

# 建筑施工手册

JIANZHU SHIGONG SHOUC

杨启华 主编

哈尔滨地图出版社  
· 哈尔滨 ·

编 委 会

主 编：张振华

编委会成员：

邓本荣	王 凯	王 克	王桂云
兰 桂	皮建新	涂建中	江 涛
江刘伍	李保欣	李金花	匡雄鹰
李玉屏	刘 全	刘琼芳	刘向红
陈顺秀	何跃进	汪春明	汪建坤
张邦辉	张伟麟	张文魁	张麦秀
胡雪清	高亚玲	唐 丽	周福秀
唐学石	华 山	彭凤英	

# 第一篇

## 土方与爆破工程

# 第一章 土的分类与鉴别

## 第一节 概 述

土方工程是建筑工程施工中主要分部工程之一，在场地平整、基础施工以及排水、降水和土壁支撑等施工中都要涉及。

### 一、土方工程的施工特点

土方工程的工程量大，施工工期长，劳动强度大。应尽量采用机械化施工。

土方施工条件复杂，多为露天作业，受气候、水文、地质的影响较大，地上、地下难以确定的因素较多。因此，在土方工程施工前，必须做好施工组织设计，选择好施工方法和机械设备，制订合理的调配方案，实行科学管理，以确保工程质量，取得良好的经济收益。

### 二、土的基本性质

#### (一) 土的组成

土由颗粒、水和空气三部分组成，日常所见到的土有干燥的、潮湿的、密实的或松散的，它们之所以呈现出不同的物理状态，都是由于颗粒、水和空气三部分所占比例不同，而这三部分之间的比例关系随着周围条件的变化而变化。

土的三相物质是混合分布的，为研究阐述方便，一般用三相图（见图1 -1）表示。

#### (二) 土的物理性质

1．土的天然含水量。土的干湿程度用天然含水量 表示，即在天然条件下，土中水的质量与颗粒质量之比的百分率，即

$$= \frac{m_w}{m_s} \times 100 \% \tag{1 -1}$$



式中： $m_w$ ——土中水的质量 (kg)；  
 $m_s$ ——土中固体颗粒的质量 (kg)。

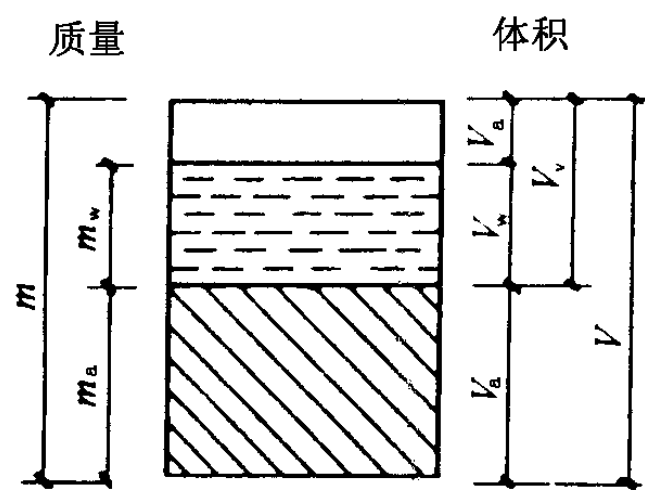


图1 -1 土的三相图  
 $m$ ——土的总质量 ( $m = m_s + m_w$ ) (kg)  
 $m_s$ ——土中颗粒的质量 (kg)  
 $m_w$ ——土中水的质量 (kg)  
 $V$ ——土的总体积 ( $V = V_a + V_w + V_s$ ) ( $m^3$ )  
 $V_a$ ——土中空气体积 ( $m^3$ )  
 $V_s$ ——土中颗粒体积 ( $m^3$ )  
 $V_w$ ——土中水的体积 ( $m^3$ )  
 $V_v$ ——土中孔隙体积 ( $V_v = V_a + V_w$ ) ( $m^3$ )

2. 土的天然密度和干密度。土在天然状态下单位体积的质量，叫土的天然密度，用  $\rho$  表示，即

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1 -2}$$

式中： $m$ ——土的总质量 (kg)；  
 $V$ ——土的总体积 ( $m^3$ )。

土的干密度是土的固体颗粒质量与土的总体积的比值，用  $\rho_d$  表示，即

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \tag{1 -3}$$

3. 土的孔隙比和孔隙率。土的孔隙比 $e$  是孔隙的体积与颗粒体积的比值，即

$$e = \frac{V_v}{V_s} \tag{1 -4}$$

土的孔隙率 $n$  是孔隙的体积与总体积的比值，用百分率表示：

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100 \% \tag{1 -5}$$

(三) 土的工程性质

1. 土的可松性与可松性系数。土体经过挖掘后，组织被破坏，体积增加，即便夯实后也不能完全恢复的性质，称为土的可松性。用可松性系数表示，即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \tag{1 -6}$$

$$K_{s'} = \frac{V_3}{V_1} \tag{1 -7}$$

式中： $K_s, K_{s'}$ ——土的最初，最后可松性系数；  
 $V_1$ ——土在天然状态下的体积 ( $m^3$ )；

$V_2$ ——土在挖出后松散状态下的体积 ( $m^3$ )；

$V_3$ ——土经压（夯）实后的体积 ( $m^3$ )。

可松性系数对于土方的调配及运输都有影响。各类土的可松性系数见表1 -1。

2．土的渗透系数。土的渗透系数指单位时间内水穿透土体的能力，用  $m/d$ （米/天）表示。由于土的渗透系数不同，将土分为透水性土（如砂土）和不透水性土（如粘土）。施工中降水和排水的速度将受其影响。一般土的渗透系数见表1 -1。

表1 -1 土的渗透系数

土的名称	渗透系数 ( $m/d$ )	土的名称	渗透系数 ( $m/d$ )
粘土	<0.005	中砂	5.00 ~20.00
亚粘土	0.005 ~0.10	匀质中砂	35 ~50
轻亚粘土	0.10 ~0.50	粗砂	20 ~50
黄土	0.25 ~0.50	圆砾石	50 ~100
粉砂	0.50 ~1.00	卵石	100 ~500
细砂	1.000 ~5.00		

第二节 土的工程分类

一、按土的开挖难易分类

土方工程施工和工程预算定额中，土是按其开挖难易程度（即土的硬度系数大小）分类的。工程上常把土分为轻、普、坚土和砂砾坚土类（见表1 -2）。再硬则称为岩石。

表1 -2 岩土的工程分类

土石分类	土石级别	土石名称	坚实系数 ( $f$ )	密度 ( $kg/m^3$ )	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	I	砂土、粉土、冲积砂土层、疏松的种植土、淤泥（泥炭）	0.5 ~0.6	600 ~1500	能用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)		粉质粘土、潮湿的黄土、夹有碎石或卵石的砂、粉土混卵石 种植土、填土	0.6 ~0.8	1100 ~1600	用锹、锄头、少许用镐翻松

续表

土石分类	土石级别	土石名称	坚实系数 (f)	密度 (kg /m <sup>3</sup> )	开挖方法及工具
三类土 (坚土)		软及中等密实粘土、重粉质粘土、砾石土干黄土、含有碎石及卵石的黄土、粉质粘土、压实填土	0.8 ~1.0	1750 ~1900	主要用镐、少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)		坚硬密实的粘性土或黄土、含碎石及卵石的中等密实粘性土或黄土、粗卵石、天然级配碎石、软泥灰岩	1.0 ~1.5	1800 ~1950	整个用镐、撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	~	硬质粘土、中密页岩、泥灰岩、白垩土、胶质不坚密砾岩、软石灰岩、贝壳石灰岩	1.5 ~4.0	1200 ~2700	用镐或撬棍、大锤挖掘，部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	~	泥岩、砂岩、砾岩、坚实页岩、泥灰岩、密实石灰岩、风化花岗岩、片麻岩、正常岩	4.4 ~10.0	2200 ~2900	用爆破方法开挖，部分用风镐
七类土 (坚石)	~	大理岩、辉绿岩、玢岩、粗及中粒花岗岩、坚实白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩、微风化安山岩、玄武岩	10.0 ~18.0	2500 ~2900	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	~X	安山岩、玄武岩、花岗岩片麻岩、坚实细粒花岗岩、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿岩、玢岩、角闪岩	18.0 ~25.0	2700 ~3300	用爆破方法开挖

注：1．土石级别是按16级土石分类法2．坚实系数f为普氏岩石强度系数。

二、按土的粒径分类

表1 -3 土的粒径分类

名 称	顽石、块石		圆 石		卵石、碎石			砾石、砂砾			砂		粉土		粘土				
粒径(mm)	800—	400—	200—	150—	100—	60—	40—	30—	20—	10—	4—	2—	1—	0.5—	0.25—	0.05—	0.01—	0.005—	0.001—

表1 -4 碎石土

土的名称	颗粒形状	土的颗粒在干燥时占全部重量的%
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于200mm 的颗粒超过全重50 %
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于20mm 的颗粒超过全重50 %
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于20mm 的颗粒超过全重50 %
角砾	棱角形为主	

注：定名时应根据表中粒径分组由大到小以最先符合者确定。

表1 -5 砂土

土的名称	土的颗粒在干燥时占全部重量的%
砾砂	粒径大于2mm 的颗粒占全重25 % ~50 %
粗砂	粒径大于0.5mm 的颗粒超过全重50 %
中砂	粒径大于0.25mm 的颗粒超过全重50 %
细砂	粒径大于0.10mm 的颗粒超过全重75 %
粉砂	粒径大于0.10mm 的颗粒不超过全重75 %

注：定名时应根据表中粒径分组由大到小以最先符合者确定。

三、按粒组的含量分类

这是国际制分类法。以粘粒（<0.002mm）、粉粒（0.002~0.02mm）和砂粒（0.02~2.00mm）三种粒级的质量百分比为基础进行的分类，共有四类十二级，见表1 -6。

表1 -6 国际制土壤质地分类

土类 名称	质地名称	I <sub>p</sub>	各粒组的质量（%）		
			粘粒 （ <0 .002mm ）	粉砂粒 0 .002 ~0 .02mm ）	砂粒 0 .02 ~2 .0mm ）
砂土类	1 砂土及壤质砂土	<1	0 ~15	0 ~15	85 —100
壤土类	2 砂质壤土	1 ~7	0 ~15	0 ~45	55 ~85
	3 壤 土		0 ~15	35 ~45	40 ~55
	4 粉砂质壤土		0 ~15	45 ~100	0 ~55
粘壤土类	5 砂质粘壤土	7 ~10	15 ~25	0 ~30	55 ~85
	6 粘壤土		15 ~25	20 ~45	30 ~55
	7 粉砂质粘壤土		15 ~25	45 ~85	0 ~40
粘土类	8 砂质粘土	10 ~17	25 ~45	0 ~20	55 ~75
	9 壤质粘土		25 ~45	0 ~45	10 ~55
	10 粉砂质粘土		25 ~45	45 ~75	0 ~30
	11 粘土	>27	45 ~65	0 ~35	0 ~55
	12 重粘土		65 ~100	0 ~35	0 ~35

第三节 土的鉴别

土的野外鉴别方法，主要靠观察和手指触摸进行野外鉴别时，可参照表17 ~ 表1 - 12 中所列的指标和方法进行。

表1 -7 土的现场鉴别方法

项次	土壤 名称	现场鉴别方法				
		在手掌中搓 捻时感觉	用放大镜看和 用眼看的情况	土的情况		搓条试验
				干的时候	湿的时候	
1	砂土	感到是砂粒	看到绝大部分是砂粒	松散	无塑性	搓不成土条
2	亚砂土	感觉有砂粒也有粘性	砂粒比粘土多	土块用手捏或抛扔时易碎	无塑性	几乎不能搓成土条，滚成的土球容易开裂和散落

续表

项次	土壤名称	现场鉴别方法				
		在手掌中搓捻时感觉	用放大镜看和用眼看的情况	土的情况		搓条试验
				干的时候	湿的时候	
3	细亚砂土	细砂粒较多也有些粘性	砂粒比粘土多	土块结合，比亚砂土坚固	无塑性	可搓成直径为5mm左右的短土条
4	粉土	大部分是干粉末	砂粒少，绝大部分是粉砂土	土块结合比亚砂土坚固	有流动性，土球经振动可成饼，在手中可成团	搓成条时表面有水渗出
5	亚粘土	没有均质的感觉，感到有砂粒，土块容易被压碎	细土末中有砂粒	用锤击和手压土块容易被碎开	能搓成比粘土较粗的短土条，能滚成小球	不易搓成长条
6	粉质亚粘土	砂粒少，小土粒易于用手捻碎	有一部分细粉砂土颗粒	土块不坚硬，锤可打成细土粒	有塑性，粘结力较大	不易搓成直径为3mm的长条
7	重亚粘土	粘土中感觉有砂粒	砂土多于粉砂土	土块不太坚硬，用锤可打成细块	有塑性，粘结力大	能搓成直径为1~2mm的长条
8	粘土	极细的均匀土块很难用手搓碎不感觉有砂粒	大多是很细的粉末，一般没有砂粒	坚硬，用锤能打碎，碎块不会散落	很容易搓成细于0.5mm的长条，易滚成小球，压成饼时边不起裂缝	能搓成直径为1mm的长条

表1 -8 粘性土潮湿程度的野外鉴别

名称	试 验 指 标	$I_L < 0$	$0 \leq I_L < 1$	$I_L \geq 1$
	潮 湿 程 度	半干硬状态	可塑状态	流塑状态
粘砂土		搅动后不易捏成团，一摇即散	搅动后能捏成团，手拍时土表稍出水，手中有湿印，用手捏之水即吸回	手拍有水流出，土体塌流成扁圆形
砂粘土		搅动后一般不能捏成饼，易成细块和粉末	搅动后能捏成饼，手拍数次不见水，但有时可稍见光泽	搅动后手拍表层出水，手上有明显湿印
粘土		搅动后能捏成饼，边上多裂口	搅动后两手相压土成饼状，粘于手掌，揭掉后掌中有湿痕	搅动后手捏有明显湿痕，并有土粘于手上

表1 -9 碎石土密实度野外鉴别

密实度	骨架颗粒含量和排列	天然坡和开挖情况	可粘性
密实	骨架颗粒含量大于总重的70 %，呈交错排列，连续接触	天然陡坡较稳定，面形状	钻进极困难 冲击钻探时，钻杆吊锤跳动剧烈 孔壁较稳定
中密	骨架颗粒含量等于总重的60 % ~70 %，呈交错排列，大部分接触	天然坡不易陡立，或陡坎下堆积物较多，但大于粗颗粒安息角 镐可挖掘，坑壁有掉块现象，从坑壁取出大颗粒处砂类土不保持凹面形状	钻进较困难 冲击钻探时，钻杆、吊锤跳动不剧烈 孔壁有坍塌现象
稍密	骨架颗粒含量小于总重的60 %，排列混乱，大部分不接触	不能形成陡坎，天然坡接近于粗颗粒的安息角 锹可挖掘，坑壁易坍塌，从坑壁取出大颗粒后砂类土即塌落	钻进较容易 冲击钻探时，钻杆稍有跳动 孔壁易坍塌

注：1．骨架颗粒系指与表相对应粒径的颗粒。  
2．碎石土的密实度，应按表列各项要求综合确定。

表1 -10 碎石类土及砂类土野外鉴别表

鉴别方法	大块碎石类土		砂类土				
	卵（碎）石土	圆（角）砾石土	砾砂	粗砂	中砂	细砂	粉砂
颗粒粗细	一半以上颗粒接近和超过蚕豆粒大小	一半以上颗粒接近和高粱粒大小	约有一半以上接近超过高粱大小	约有一半以上接近超过小米大小	约有一半以上接近超过冠花籽粒大小	颗粒较细，粗细程度与粗粉相近	颗粒较细，粗细程度与小米粉近似
干燥时状况	颗粒完全分散	颗粒完全分散	颗粒完全分散	颗粒完全分散，个别有胶结	颗粒基本分散，局部（碰撞即散）	颗粒大部分分散，少量胶结（碰撞即散）	颗粒少部分分散，大部分胶结（稍加压力亦可分散）
湿润时用手拍击	表面无变化	表面无变化	表面无变化	表面无变化	表面偶有水印	表面有水	表面有显著水印
粘着感	无粘着感	无粘着感	无粘着感	无粘着感	无粘着感	偶有轻微粘着感	有轻微粘着感

注：所列分类标准适用于较纯净的砂、卵石。

表1 -11 砂类土潮湿程度的野外鉴别

潮湿程度	稍湿	潮湿	饱和
试验指标	$S_r \leq 0.5$	$0.5 < S_r \leq 0.8$	$S_r > 0.8$
感性鉴定	呈松散状，手摸时感到潮湿	可以勉强捏成团	空隙中的水可自由渗出

表1 -12 人工填土、淤泥、黄土、泥炭的现象鉴别方法

土的名称	观察颜色	夹杂物质	形状（构造）	浸入水中的现象	湿土搓条情况	干燥后强度
人工填土	无固定颜色	砖瓦碎块、垃圾、炉灰等	夹杂物显露于外，构造无规律	大部分变为稀软淤泥，其余部分为碎瓦、炉渣，在水中单独出现	一般能搓成3mm土条，但易断，遇有杂质甚多时即不能搓条	干燥后部分杂质脱落，故无定形，稍微施加压力即行破碎



续表

土的名称	观察颜色	夹杂物质	形状（构造）	浸入水中的现象	湿土搓条情况	干燥后强度
淤泥	灰黑色，有臭味	池沼中有半腐朽的细小动植物遗体，如草根，小螺壳等	夹杂物经仔细观察可以发觉，构造常呈层状，但有时不明显	外观无显著变化，在水面出现气泡	一般淤泥质土接近轻亚粘土，故能搓成3mm土条（长至少3cm），容易断裂	干燥后体积显著收缩，强度不大，锤击时呈粉末状，用手指能捻碎
黄土	黄褐两色的混合	有白色粉末出现在纹理之中	夹杂物质常清晰显见，构造上有垂直大孔（肉眼可见）	即行崩散而分成散的颗粒集团，在水面上出现很多白色液体	搓条情况与正常的亚粘土类似	一般黄土相当于亚粘土，干燥后的强度很高，手指不易捻碎
泥炭（腐殖土）	深灰或黑色	有半腐朽的动植物遗体，其含量超过60%	夹杂物有时可见，构造无规律	极易崩碎，变为稀软淤泥，其余为植物根、动物残体，渣滓悬浮于水中	一般能搓成1~3mm土条，但残渣甚多时仅能搓成3mm以上土条	干燥后大量收缩，部分杂质脱落，故有时无定形

## 第二章 土方工程量计算

土方工程施工前，必须计算土方的工程量。但各工程的土体外形很复杂，且不规则。一般情况下，都将其假设或划分成为一定的几何形状，并采用具有一定精度而又和实际情况近似的方法进行计算。

### 第一节 基坑、基槽土方量计算

基坑土方量可按立体几何中的拟柱体（由两个平行的平面做底的一种多面体）体积公式计算（见图2 -1 ）。即：

$$V = \frac{H}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \tag{2 -1}$$

式中： H —— 基坑深度 (m) ；  
A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub> —— 基坑上、下底的面积 (m<sup>2</sup>) ；  
A<sub>0</sub> —— 基坑中截面的面积 (m<sup>2</sup>)

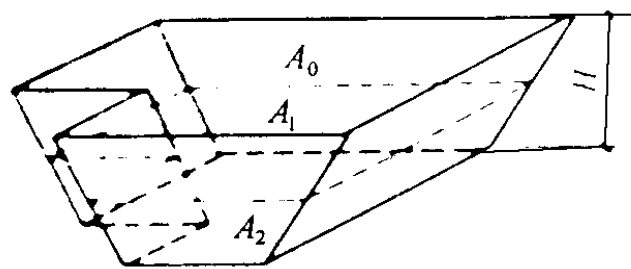


图2 -1 基坑土方量计算

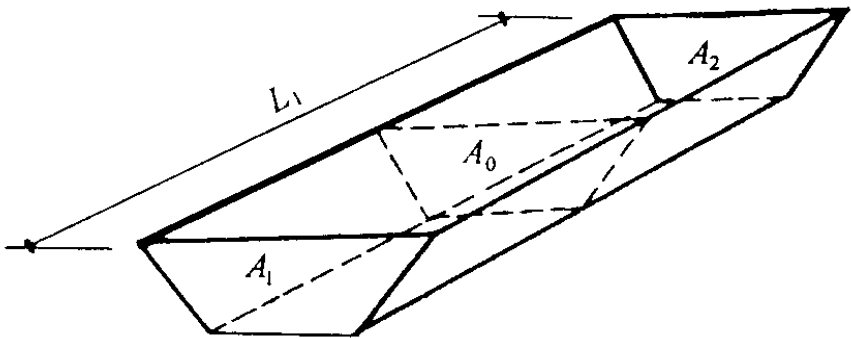


图2 -2 基槽土方量计算

基槽和路堤的土方量可以沿长度方向分段后，再用同样方法计算（见图2 -2 ）：

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2)$$

式中：V<sub>1</sub> —— 第一段的土方量 (m<sup>3</sup>) ；  
L<sub>1</sub> —— 第一段的长度 (m) 。

将各段土方量相加即得总土方量：

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + ..... + V_n$$

式中： $V_1、V_2……V_n$ ——各分段的土方量（ $m^3$ ）。

## 第二节 场地平整的土方量计算

场地平整是将天然地面改造成工程所要求的设计平面。由设计的标高与天然地面的标高之差，可得到场地各点的施工高度（填挖高度），由此计算场地平整的土方量。通常采用方格网法，其计算步骤为：

### 一、划分方格网

根据已有地形图（一般用1/500的地形图）划分成若干个方格网，尽量与测量的纵、横坐标网对应，方格一般采用20m×20m~40m×40m，将设计标高和自然地面标高分别标注在方格点的右上角和右下角。设计地面标高与自然地面标高的差值，即各角点的施工高度（填挖高度），填在方格网的左上角，挖方为“-”，填方为“+”。

### 二、计算零点位置

在一个方格网内同时有填方或挖方时，要先算出方格网边的零点位置，并标注于方格网上，连接零点就得到零线，它即是填方区与挖方区的分界线（见图2-3）。

零点的位置按比例关系计算：

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \cdot a ; \quad x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \cdot a \tag{2-2}$$

式中： $x_1、x_2$ ——角点至零点的距离（m）；  
 $h_1、h_2$ ——相邻两角点的施工高度的绝对值（m）；  
 $a$ ——方格网的边长（m）。

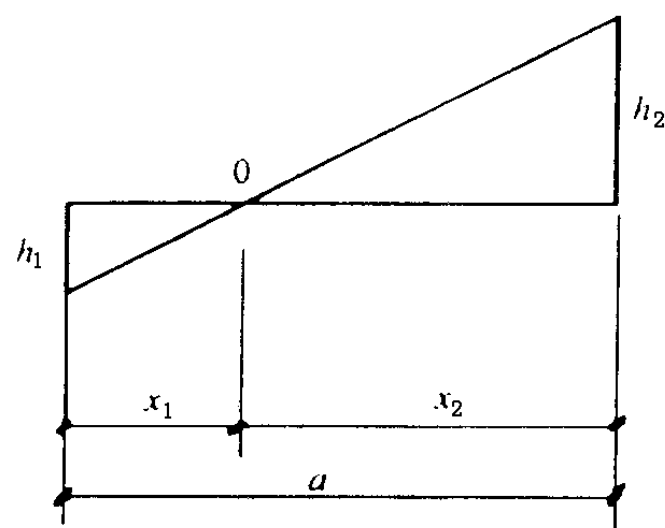


图2-3 零点位置计算图

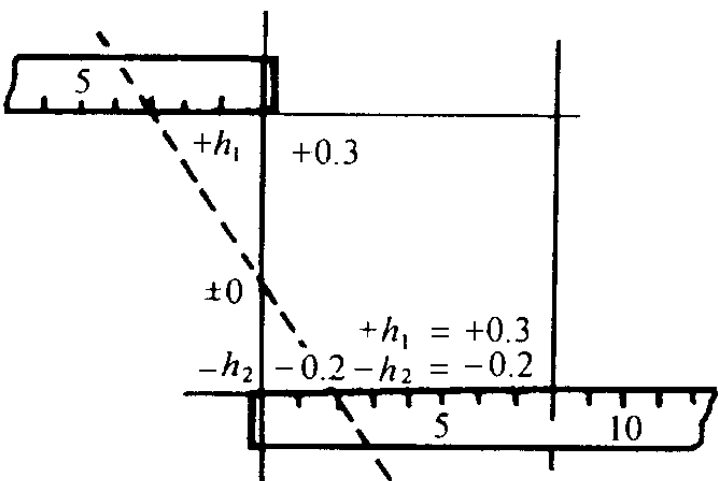


图2-4 零点位置图解法

在实际工作中，为省略计算，常采用图解法直接求出零点，如图2 -4 所示。方法是用尺在各角上标出相应比例，用直线相连，与方格相交点即为零点位置，甚为方便、直观。同时可避免计算或查表出错。

三、计算方格土方工程量

按方格网底面积图形和表2 -1 所列公式，计算各方格内的挖方量或填方量。

表2 -1 常用方格网点计算公式

项目	图式	计算公式
一点填方或挖方 (三角形)		$V_{+} = V_{-} = \frac{1}{2}bc \frac{h}{3} = \frac{bch_3}{6}$ 当 $b = c = a$ 时, $V = \frac{a^2h_3}{6}$
二点填方或挖方 (梯形)		$V_{+} = \frac{b+c}{2}a \frac{h}{4} = \frac{a}{8} (b+c) (h_1+h_3)$ $V_{-} = \frac{d+e}{2}a \frac{h}{4} = \frac{a}{8} (d+e) (h_2+h_4)$
三点填方或挖方 (五角形)		$V = \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{h}{5} = \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{h_1+h_2+h_4}{5}$
四点填方或挖方 (正方形)		$V = \frac{a^2}{4} h = \frac{a^2}{4} (h_1+h_2+h_3+h_4)$

注 :1 .a ——方格网的边长 (m) ;b、c ——零点到一角的边长 (m) ;h<sub>1</sub>、h<sub>2</sub>、h<sub>3</sub>、h<sub>4</sub> ——方格网四角点的施工高度 (m) ,用绝对值代入 ; h ——填方或挖方施工高度的总和 (m) ,用绝对值代入 ;V ——挖方或填方体积 (m<sup>3</sup>)。

2 .本表公式是按各计算图形底面积乘以平均施工高度而得出的。

四、边坡土方量计算

图2 -5 是一现场边坡的平面示意图。从图中可以看出：边坡的土方量可以划分为两种近似的几何形体进行计算，一种为三棱锥体（如体积 ~ ， ~ ），另一种为三棱柱体（如体积 。

1．三棱锥体边坡体积。如图2 -5 中的 的体积为：

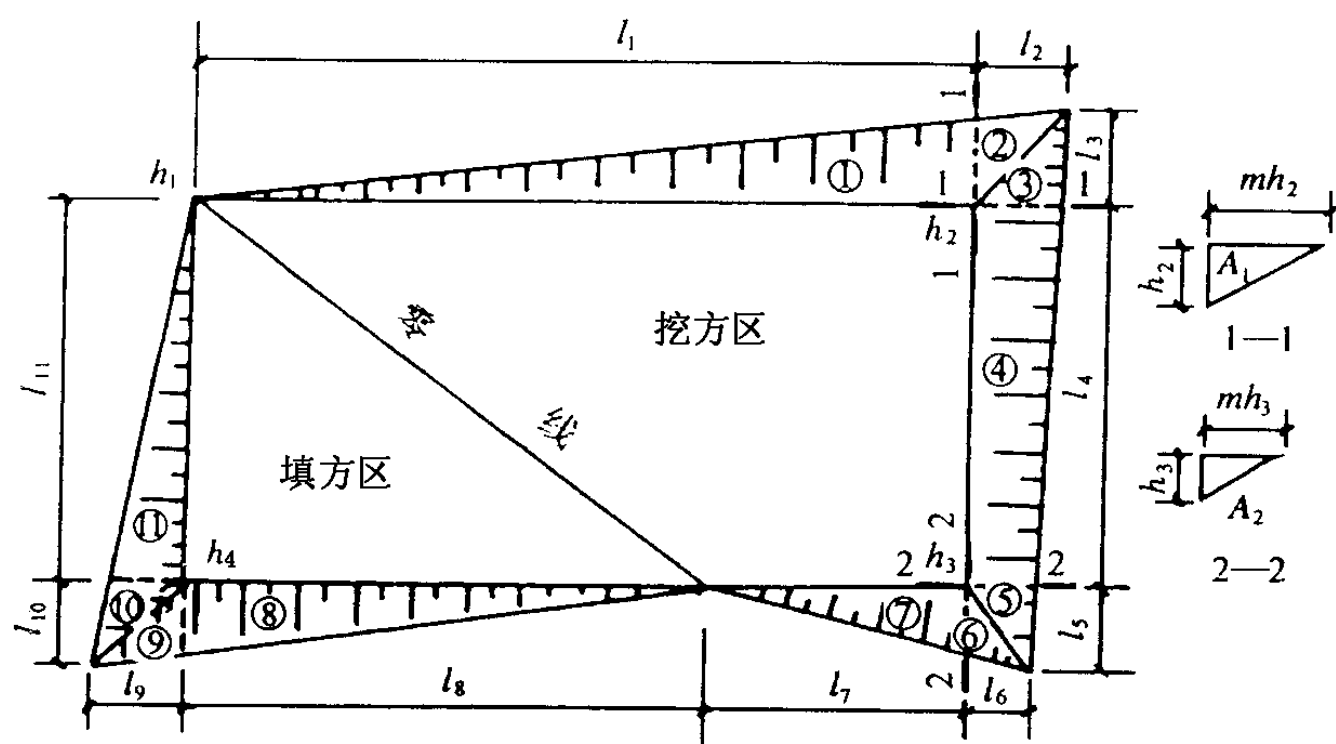


图2 -5 场地边坡平面图

$$V_1 = \frac{1}{3}A_1l_1$$

(2 -3)

式中： $l_1$ ——边坡 的长度；  
 $A_1$ ——边坡 的端面积，即

$$A_1 = \frac{h_2 (mh_2)}{2} = \frac{mh_2^2}{2}$$

式中： $h_2$ ——角点的挖土高度；  
 $m$ ——边坡的坡度系数， $m = \text{宽/高}$ 。

2．三棱柱体边坡体积。如图1 -6 中 的体积为：

$$V_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot l_4$$

(2 -4)

当两端横断面面积相差很大的情况下，则：

$$V_4 = \frac{l_4}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2)$$

(2 -5)

式中： $l_4$ ——边坡 的长度；  
 $A_1, A_2, A_0$ ——边坡 两端及中部的横断面面积，算法同上（图2 -5 剖面系近似表示，实际上，地表面不完全是水平的）。

## 五、计算土方总量

将挖方区（或填方区）所有方格计算的土方量和边坡土方量相加，即得该场地挖方和填方的总土方量。

## 第三节 土方调配

土方量计算完成后，即着手土方的调配工作。土方调配，就是对挖土的利用、堆弃和填土的取得三者之间的关系进行综合协调处理。其目的是在土方运输量或土方运输成本最低的前提下，确定填挖方区土方的调配方向和数量，以缩短工期和降低成本。

土方平衡调配，必须综合考虑工程和现场情况（含地下室、基槽、大管沟、道路基槽等）、进度要求和施工方法，经过全面研究，确定平衡调配原则之后，才可进行。

### 一、土方调配原则

- 1．力求达到挖方与填方基本平衡和就近调配，使挖方量与运距的乘积之和尽可能为最小，即土方运输量或费用最小。
- 2．土方调配应考虑近期施工与后期利用相结合、分区与全场相结合，还应尽可能与大型地下建筑物的施工相结合，以避免重复挖运和现场混乱。
- 3．合理布置挖、填方分区线，选择适当的调配方向、运输线路，使土方机械和运输车辆的性能得到充分发挥。
- 4．好土用在回填质量要求高的地区。
- 5．取土或弃土应尽量不占农田或少占农田。

总之，进行土方调配，必须根据现场具体情况、有关技术资料、工期要求、土方施工方法与运输方法，综合考虑上述原则，并经计算比较，选择经济合理的调配方案。

### 二、土方调配图表的编制

场地土方调配，需做成相应的土方调配图，如图2 -6 所示。其编制方法如下：

1．划分调配区。在场地平面图上先划出挖、填区的分界线（即零线）；再根据地形及地理条件，把挖方区和填方区适当地划分为若干调配区（其大小应满足土方机械的操作要求，例如，调配区应大于或等于机械的铲土长度）。

2．计算土方量。计算各调配区土方量，并标注在图上。

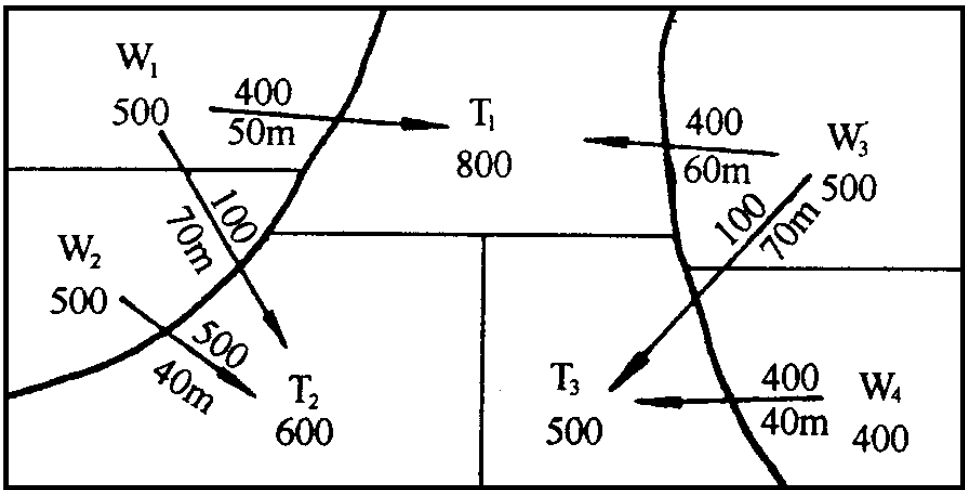


图2 -6 土方调配图

3．求出每对调配区之间的平均运距。当用铲运机或推土机平土时，平均运距即为挖方区土方重心至填方区土方重心的距离。

重心求出后，标于相应的调配区图上，用比例尺量出每对调配区的平均运输距离。

当填、挖方调配区之间的距离较远，采用汽车、自行式铲运机或其他运土工具沿工地道路或规定线路运土时，其运距应按实际运距计算。

4．进行土方调配。土方最优调配方案可采用线性规划中的“表上作业法”求得。

5．画出土方调配图。根据表上作业法得出最优调配方案，在场地土方地形图上标出调配方向、土方数量以及平均运距（见图2 -6）。

6．列出土方量平衡表。除土方调配图外，有时还需要列出土方量调配平衡表（见表2 -2）。

即图2 -6 所示调配方案的土方量调配平衡表。

表2 -2 土方量调配平衡表

挖 方 区 编 号	挖 方 数 量 (m³)	填方区编号、填方数量 (m³)			
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	合计
		800	600	500	1900
W <sub>1</sub>	500	400 <div>50</div>	100 <div>70</div>		
W <sub>2</sub>	500		500 <div>40</div>		
W <sub>3</sub>	500	400 <div>60</div>		100 <div>70</div>	
W <sub>4</sub>	400			400 <div>40</div>	
合 计	1900				

注：表中土方数量栏右上角小方格内的数字系平均运距（单位m）有时可为土方的单方运价。

在一个较大的土方工程中（如小区、工厂……等），其土方计算、平衡调配等问题，应是总平面竖向设计中的组成部分，它涉及原始地区地貌测量图、总平面布置设计图、竖向设计图等。施工单位在进行土方计算和平衡调配时，应掌握上述图纸，以便精确计算，同时根据施工实际发生的情况进行调整和确认，力求准确。



## 第三章 施工准备工作及场地平整

### 第一节 施工准备

土方工程是建筑工程施工中主要工种工程之一，包括一切土（石）方的挖掘、填筑、运输以及排水、降水等内容。

土方工程具有工程量大，施工条件复杂，受地质、水文、气象等条件影响较大。因此，在组织土方工程施工前，应作好必要的准备工作，以确保工程质量。

1. 应具备的技术资料 建设单位应向施工单位提供当地实测地形图（包括测量成果）、原有地下管线或构筑物竣工图、土石方施工图以及工程地质、气象等技术资料，以便编制施工组织设计（或施工方案），并应提供平面控制点和水准点，作为施工测量和工程验收的依据。

2. 障碍物清理 对施工区域内的所有障碍物，如已有建筑物或构筑物、道路、沟渠、通讯、电力设备、地上和地下管道、坟墓、树木等，均应施工前进行拆除或妥善处理。

3. 地表土层清理 凡是施工区域内，影响工程质量的软弱土层、腐殖土、大卵石、草皮、垃圾等应进行处理。

4. 设置排水设施 在施工区域内应设置临时性或永久性排水设施。山坡地区在较高处（离边坡上沿5 ~6m）设置截水沟，以阻止地面雨水流入挖填区域内。

5. 测量定位放线 根据规划部门测放的建筑界线、街道控制点和水准点进行土方工程施工测量及定位放线之后，方可进行土方施工。

6. 修筑临时道路 施工场地内机械行走的道路开工前要修筑好，并开辟适当的工作面，以利施工。

7. 了解现场的水文地质情况 对于山区施工，应事先了解当地地层岩石性质、地质构造和水文、地形、地貌等。如因土石方施工可能产生滑坡时，应采取措施。在陡峻山坡脚下施工，应事先检查山坡坡面情况，如有危岩、孤石、崩塌体、古滑坡体等不稳定迹象时，应作妥善处理。

8. 其他准备工作 做好现场供水、供电、搭设临时生产和生活用的设施以及施工机具、材料进场等准备工作。

第二节 场地平整

一、推土机施工

推土机是一种在拖拉机前装有推土刀的自行式机械，其主要工作特点是：操纵灵活，转移方便，所需作业面较小，行驶作业速度较快，生产效率高，能独立作业，既可开挖土方，又能短距离运土、卸土，适于运距在100m 以内的移挖作业。尤其当运距在30 ~60m 之间，采用推土机作业更为有效。

按照发动机功率的不同，推土机可分为小型、中型、大型和特大型四种等级。按照动力机的行走方式，可分为履带式推土机和轮胎式推土机。履带式附着力强，爬坡性能好，适应性强；轮胎式行驶速度高。按照推土机的操纵系统可分为液压和机械操纵两类。液压操纵系统推土铲的升降用液压传动装置来进行，动作可靠，操作方便，可借助动力机的重量强制铲刀切入土层内。机械操纵系统，推土铲的升降是利用装在动力机上的绞车和钢索滑轮组来完成的，铲刀自重较大，靠铲刀迅速下降的重力切土。按推土铲运动方式又可分为铲刀固定式和铲刀回转式，目前国产推土机的铲刀主要采用固定式，见图3 -1。国产推土机的工作性能列于表3 -1。推土机的基本作业是铲土、运土、卸土三个工作行程和空载回驶行程，见图3 -2 所示。

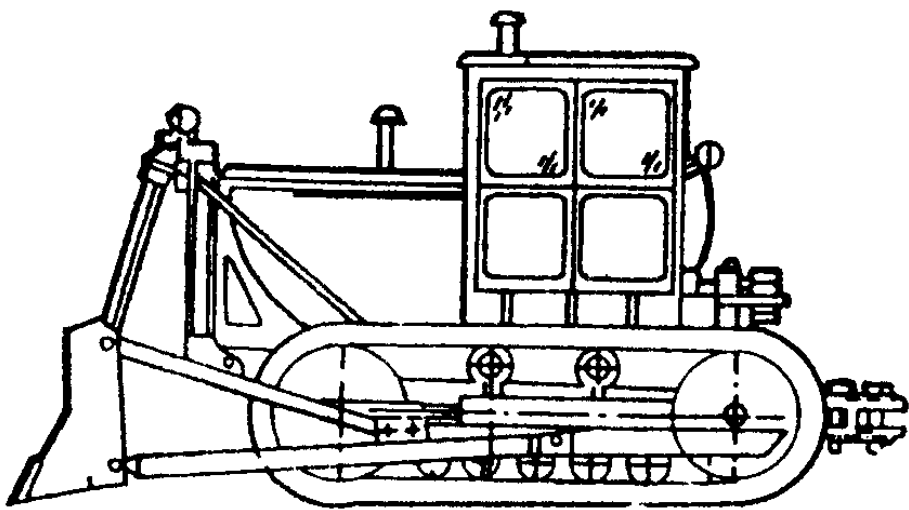


图3 -1 推土机

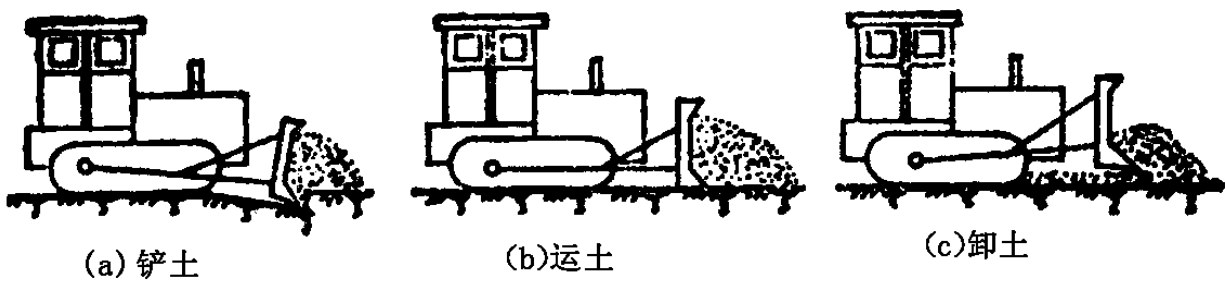


图3 -2 推土机的工作原理

表3 -1 推土机工作性能表

性能指标	推土机型号				
	T <sub>2</sub> —60	T <sub>1</sub> —100	T <sub>2</sub> —120	T <sub>2</sub> —160	
推土刀操纵系统	液压	钢索	液压	钢索	液压
推土板尺寸：					
宽度 (mm )	2280	3030	3800	3760	3856
高度 (mm )		788	1100	860	1000
切土深度 (mm )		290	180	650	350
生产率 (m <sub>3</sub> /h )			45	75 ~80	
爬坡能力 (°)			30	30	30
接地压力 (kg /cm <sup>2</sup> )			0.5	0.68	0.65
行驶速度 (km /h )					
前进	挡， 挡 3.29 ,8.09	挡， 挡 2.36 ,10.13	挡， 挡 2.36 ,10.13	挡， 挡 2.28 ,10.43	挡， 挡 2.31 ,9.23
后退	挡， 挡 3.14 ,5.00	挡， 挡 2.79 ,7.63	挡， 挡 2.79 ,7.63	挡， 挡 2.73 ,7.50	挡， 挡 3.29 ,5.64
发动机功率 (kw )	44.1 (60 马力)	73.5 (100 马力)	73.5 (100 马力)	88.2 (120 马力)	117.6 (160 马力)
外形尺寸 (长 × 宽 × 高) (mm )	4214 ×2280 ×2300	5000 ×3030 ×2992	6900 ×3810 ×3060	5340 ×3760 ×3100	5569 ×3856 ×2780
总重量 (kg )	5900	13430	1600	16200	17500

在建筑施工中，推土机适于进行以下工作： 清除石块或树木等障碍物； 铲除腐殖土，并运到附近弃土区； 切土深度不大的场地平整工作； 基坑（槽）及管沟的回填工作； 平整其它机械卸置的土堆； 配合铲运机进行助铲；配合挖土机清理场地； 拖动其它无动力的机械，如松土机、羊足碾等。

为了提高推土机的生产率，在充分考虑推土机工作条件的情况下，可采用下述的施工方法：

- 1．下坡推土法：推土机利用地面坡势进行下坡推土，借助于机械本身的重力作用，增加推土能力和缩短推土时间，因而提高生产效率。下坡推土的最大坡度，控制在15° 以内为宜。
- 2．分批集中，一次推送法：在较硬的土中，因推土机的切土深度较浅，一次铲土不多，宜采取多次铲土，分批集中，整批推送法，使铲刀前保持满载，有效地利用推土机的功率，缩短运输时间，应用这种方法，可提高生产效率12 % ~18 %。

3．并列推土法：在较大面积的施工区，用2 ~3 台推土机并列推土，推土时两铲刀相距15 ~30cm，可以减少土的散失，增大推土量，一般可使每台推土机推土量增加15 % ~20 %。并列推土时，推土机数量不宜超过三台，否则倒车不便，行驶不一致，反而影响生产效率的提高。

4．沟槽推土法：就是沿第一次推土形成的沟槽推土，前次推土所形成的土埂能阻止土的散失，从而增加推土量。

5．铲刀上附加侧板法：对于运送疏松土壤，而且运距较大时，可在铲刀两边装上侧板，增加铲刀前的土方体积。

## 二、铲运机施工

铲运机是一种能综合完成挖土、运土、卸土的土方工程机械。在建筑工程和筑路工程中，铲运机用来开挖基坑、平整场地、建筑路基、挖掘路堑等工作。宜在松土、普通土中工作，场地地形起伏不大，坡度在20°以内的大面积场地平整。多用于开挖I ~ Ⅱ类土壤，土的含水量不超过27 %，平均运距在1km 以内时，特别是运距在600m 以内，选择铲运机施工更为适宜。铲运机运转比较方便，对行驶道路要求较低。

按斗容量的不同，铲运机可分为小型 (3 ~6m<sup>3</sup>)、中型 (6 ~15m<sup>3</sup>)、大型 (15 ~30m<sup>3</sup>) 和特大型 (30m<sup>3</sup> 以上) 四种类型。常用铲运机的斗容量为0.25m<sup>3</sup> ~7m<sup>3</sup>。按铲头操纵系统分有液压操纵和机械操纵两种。按铲头卸土方式分有自由式卸土、半强制卸土和强制式卸土三种类型。按行走装置不同可分为牵引式和自行式。自行式的动力机与铲运斗组装在一起，成为独立完整的不可拆卸机型，高速特大斗容量的轮式铲运机广泛采用自行式。

图3 -3 为一种牵引式铲运机，国产铲运机的主要工作性能见表3 -2。

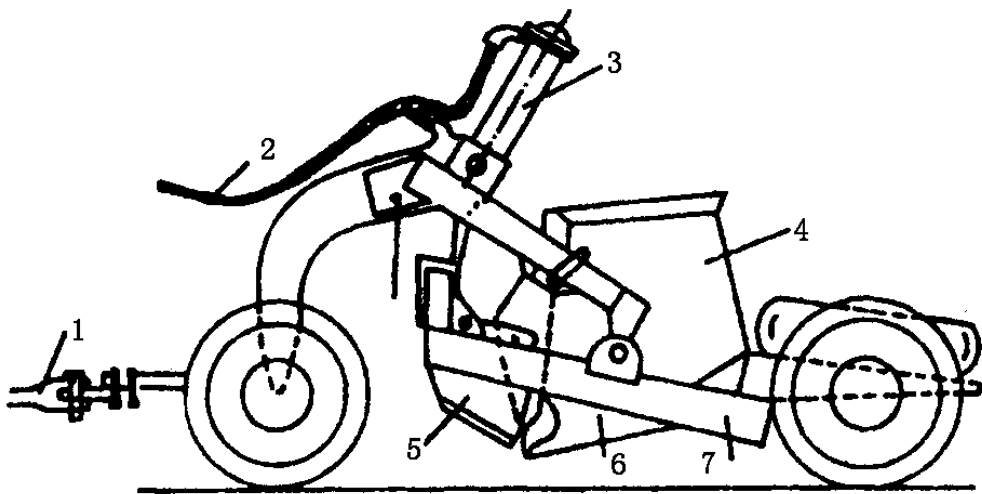


图3 -3 铲运机

- 1．牵引架2．输油管3．工作对缸4．铲斗  
5．斗门6．铲刀7．机架

表3 -2 铲运机工作性能表

性能指标	单位	铲运机型号				
		C <sub>1</sub> —6	C <sub>3</sub> —6	C <sub>4</sub> —7	C <sub>5</sub> —6	C <sub>6</sub> —2 5
铲斗容量	m <sup>3</sup>	6 4	6	7	6	2 5
堆尖容量	m <sup>3</sup>		8	9	8	2 75
铲刀宽度	mm	1800	2600	2700	2600	1900
最大切土深度	mm	350	300	300	300	150
牵引装置		拖拉机	自行式	自行式	拖拉机	拖拉机
铲斗操纵系统		液压	钢索	液压	钢索	液压
发动机功率	kw	121 3 (165 马力)	88 2 (120 马力)	117 6 (160 马力)	73 5 (100 马力)	44 .1 (60 马力)
自重	kg	20500	14000	14000	7300	1979
					(拖斗自重)	(拖斗自重)

为提高铲运机的生产效率，可根据具体条件，选择合理的开行路线，一般有如下几种：

(1) 环形路线：这是一种常用的开行路线。根据铲土和卸土的相对位置不同，有图3 -4 (a) 与图3 -4 (b) 两种情况，每一循环只完成一次铲土和卸土。当挖填交替，且相互间的距离又不大时，则可采用大环形路线〔图3 -4 (c)〕。其优点是一个循环能完成多次铲土和卸土，减少了铲运机的转弯次数，提高工作效率。但采用环形开行，要防止机件单侧磨损，应避免只向一侧转变。

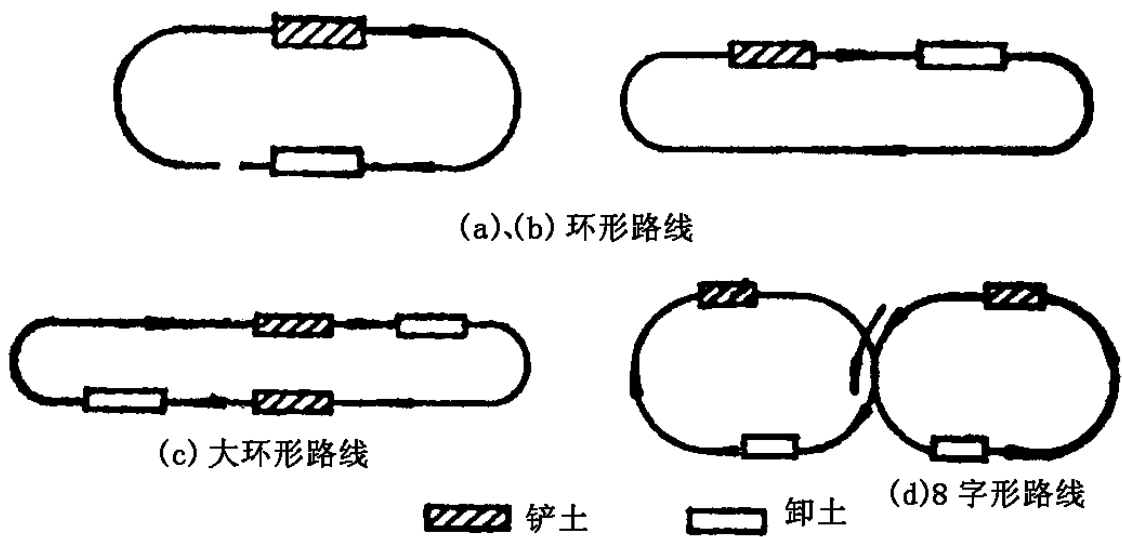


图3 -4 铲运机的开行路线

(2) 8 字形路线〔图3 -4 (d)〕：这种开行路线的铲土和卸土，轮流在两个工作面

上进行，机械上坡斜向开行，受地形坡度限制小。每一循环完成两次作业，每次铲土只转弯一次，比环形路线缩短运行时间，提高了生产效率。同时，一次循环中两次转变方向不同，机械磨损也较均匀。主要适用于取土坑较长的路基填筑，以及坡度较大的场地平整中。

为了提高生产率，除了选择合理的开行路线，还可根据具体施工条件，采用下列施工方法。

① 下坡铲土法：在有利地形下进行下坡铲土，可以利用铲运机的重量来增大牵引力，使铲斗切土深度增加，缩短装土时间，提高生产率。地面坡度以 $5^{\circ}\sim7^{\circ}$ 为宜。如自然条件不允许，则在施工中逐步创造一个下坡铲土的地形。

② 跨铲法：就是预留土埂以间隔铲土，使铲运机在铲挖两边土槽时减少向外撒土，挖土埂时增加了两个自由面，减少了阻力，铲土容易。但土埂高度不宜大于300mm，宽度以不大于拖拉机两履带间净距为宜。

③ 助铲法：在地势平坦、土质较坚硬时，可采用推土机在铲运机的尾部顶推进行助铲，可以缩短铲土时间。推土机在助铲的空余时间，可做松土或其它零星的平整工作，为铲运机施工创造条件。关键是要要求紧密配合，否则达不到预期效果。

铲运机在开挖坚硬土壤时，可在施工前用松土机进行预先松土，以减少机械磨损，提高生产效率。

故C<sub>3</sub>—6 型自行式铲运机台班生产率为445 m<sup>3</sup>/台班。

### 三、平地机施工

平地机是一种自行式铲土、刮平和整形的土工机械（见图3 -5），其铲土刮刀较推土机铲刀灵活。它能连续进行改变刮刀的平面角和倾斜角，使刮刀向一侧伸出，可以连续进行铲土、运土、大面积平地、挖沟、削边坡等作业。平地机可更换的作业装置有耙子、推土铲刀、犁扬器、延长刮刀、扫雪器等。它具有轮胎行走装置（拖式机动性差，已不再生产），机动灵活，生产效率高，被广泛采用。

国产几种常见的自行式平地机技术性能，如表3 -3 所列。

### 四、装载机

装载机的动力多为拖拉机，其工作装置为铲斗，适用于松软土的表层剥离，地面平整、场地清理和短距离的装载搬运等工作，其设备的装置如图3 -6 所示。

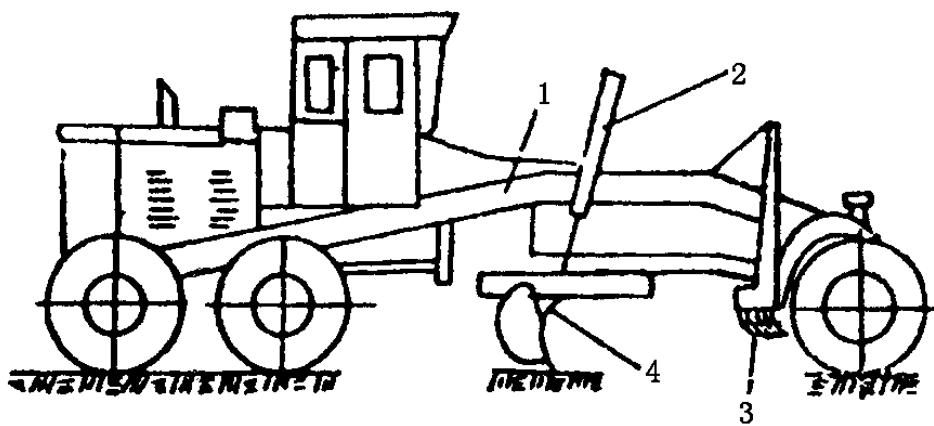


图3 -5 自行式液压平地机

1．车架2．刮土刀升降油缸3．松土器4．刮土刀

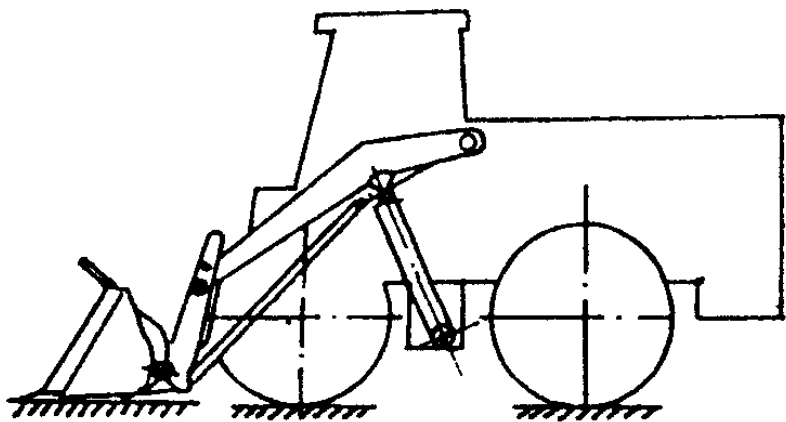


图3 -6 装载机

表3 -3 国产自行式平地机的主要技术性能

型号		P90 (P <sub>1</sub> 90 )	PY160 (P <sub>2</sub> 160 )
外廓尺寸 (长×宽×高) (mm )		8200 ×2460 ×3300	8130 ×2605 ×3210
总质量 (带齿耙) (ts)		14050	15200
发动机	型号	4146T	6120Q —1
	功率 (kW )	66 2 (90 马力)	117.7 · (160 马力)
	转速 (r/min)	1050	2000
刮 刀	刮刀尺寸 (长×高) (mm )	3700 ×540	3970 ×635
	最大提升高度 (mm )	400	350
	最大切土深度 (mm )	200	530
	侧伸距离 (mm )	380 ~660	1680 ;2145 ;2830
	铲土角 (°)	28 ~69	45 ~70
	水平回转角 (°)	360	360
	垂直面上的倾斜角 (°)	70	90
	对地垂直压力 (kN )		109.8

续表

型号		P90 (P <sub>1</sub> 90)	PY160 (P <sub>2</sub> 160)
推土板	尺寸 (可换装) (长×高) (mm)		2700 ×1010
	距地高度 (mm)		350
	入土深度 (mm)		54
工作装置操纵方式		机械式	液压式
最小回转半径	前轮不倾斜时 (mm)	1600	1060
	前轮侧倾时 (mm)	1300	
爬坡能力 (°)			20
最小离地距离 (mm)		280	
平均生产率 (m <sup>3</sup> /h)			
制造厂		天津工程机械厂	



## 第四章 施工排水及降低地下水位

### 第一节 概 述

施工排水和降低地下水位是土方工程施工的重要工作。土方开挖中的重大事故多半与水有关。一般情况下，施工排水和降低地下水位，涉及到的是地面水和浅层地下水（潜水）。潜水指地表以下第一个不透水层（隔水层）以上、具有自由水面的重力水，其自由水面的高程称为地下水位，地表至地下水位之差称为地下水埋深。地下水的运动规律可以下式表示：

$$Q = V \cdot A = K \frac{H}{L} \cdot A \tag{4 - 1}$$

式中  $Q$  ——地下水流量（ $m^3/s$ ）；  
 $V$  ——地下水流速（ $m/s$ ）（常用单位为 $cm/s$ 或 $m/d$ ，但在上式中应化为 $m/s$ ）；  
 $H/L$  ——  $H$  为地下水流程  $L$  的水头差（ $\frac{H}{L}$ 称水力坡度、水力梯度）；  
 $K$  ——渗透系数，可定义水力坡度为1 时的流速，单位与  $V$  相同；  
 $A$  ——地下水过水断面面积（ $m^2$ ）。

当地下水位为某一静水位时，基坑开挖后，坑内外形成水头差  $H$ ，水力梯度由坑外指向坑内，地下水流向基坑，当水力梯度  $i = \frac{H}{L}$  大于土的浮容重时，即

$$i > \frac{d_s - 1}{1 + e} \tag{4 - 2}$$

地下水就可能带走土体孔隙边上的粉粒、粉砂，形成流砂或管涌，以致土体淘空、边坡失稳、地面下沉，甚至使基坑开挖无法施工。因此必须采取措施，搞好施工排水、降低地下水位。地下水流量与基坑面积有关，流速与渗透系数和基坑深度有关，所以基坑愈深、面积愈大、地下水有补给来源时，施工排水和降低地下水位（降水）就愈困难。

渗透系数  $K$  值，重要的土方工程应在现场进行抽水试验，以求得含水层综合渗透系数，用于降水的各项计算。表4 -1 为一般土的渗透系数，可供参考。

表4 -1 土的渗透系数

土的名称	渗透系数K	
	m /d	cm /s
		<6 ×10 <sup>-6</sup>
粘 土	<0.005	6 ×10 <sup>-6</sup> ~1 ×10 <sup>-4</sup>
亚粘土	0.005 ~0.1	1 ×10 <sup>-4</sup> ~6 ×10 <sup>-4</sup>
轻亚粘土	0.1 ~0.5	3 ×10 <sup>-4</sup> ~6 ×10 <sup>-4</sup>
黄 土	0.25 ~0.5	6 ×10 <sup>-4</sup> ~1 ×10 <sup>-2</sup>
粉 砂	0.5 ~1.0	1 ×10 <sup>-6</sup> ~ ×10 <sup>-2</sup>
细 砂	1.0 ~5	6 ×10 <sup>-3</sup> ~2 ×10 <sup>-2</sup>
中 砂	5 ~20	4 ×10 <sup>-2</sup> ~6 ×10 <sup>-2</sup>
均质中砂	35 ~50	2 ×10 <sup>-2</sup> ~6 ×10 <sup>-2</sup>
粗 砂	20 ~50	7 ×10 <sup>-2</sup> ~8 ×10 <sup>-2</sup>
均质粗砂	60 ~75	6 ×10 <sup>-2</sup> ~1 ×10 <sup>-2</sup>
圆 砾	50 ~100	1 ×10 <sup>-1</sup> ~6 ×10 <sup>-1</sup>
卵 石	100 ~500	6 ×10 <sup>-1</sup> ~1 ×10
尤充填物卵石	500 ~1000	2X10 <sup>-2</sup> ~7X10 <sup>-2</sup>
稍有裂隙岩石	20 ~60	2 >7 ×10 <sup>-2</sup>
裂隙多的岩石	>60	

常用的降水方法可分为明排和土中深部降水，即明沟排水法和井点降水法。

第二节 明沟排水法与井点降水法

一、明沟排水法

基坑挖到接近地下水位时，没基坑四周（或中央）开挖有一定坡度、沟底比挖土面约低0.3m（基坑宽度大还要深一些）的排水沟，每隔20~40m 设置集水井（井底比挖土面低0.70~1.0m），使渗出的地下水顺排水沟汇入集水井，然后用水泵抽出基坑以外，可使基坑底面挖土为干作业。当基坑继续挖深时，排水沟和集水井均先期加深，直至挖到设计标高为止。排水沟底宽一般不小于0.30m，纵坡不小于3‰；集水井的直径或宽度一般为0.6~0.8m。排水沟和集水井最好能布设在基坑四周、基础范围以外，且位于地下水流的上游。当基坑开挖至设计标高后，集水井井底应低于坑底1~2m，井壁常用木板、竹笼加固，井底铺设0.10~0.20m 厚的碎石、粗砂反滤层，防止抽水时井底

的土被搅动、带走。抽水水泵常用离心泵或潜水电泵。集水井降水法，所需设备少、施工简便，是常用的降水方法，适用于碎石土、粗粒砂土和渗水量不大的粘性土，但对细砂、粉砂土易于发生流砂现象的情况下不宜使用。

二、井点降水法

井点降水法，就是预先将带有滤管的降水管布设在基坑周围，在基坑开挖前和开过程中用抽水设备从中抽水，使地下水位降低到基坑底面以下，防止流砂或管涌的发生，实现土方开挖的干作业。

井点降水法有：轻型井点、喷射井点、电渗井点、管井井点、深井井点等。

井点降水方法和设备选择，可根据土层的渗透系数、要求降水深度及工程特点，作技术经济比较后确定。各类井点降水法的适用范围可参考表4 -2。

表4 -2 各类井点的适用范围

项次	井点类别	土层渗透系数 (m /d )	降低水位深度 (m )
1	单层轻型井点	0.1 ~50	3 ~6
2	多层轻型井点	0.1 ~50	6 ~12
			(由井点层数而定)
3	喷射井点	0.1 ~2	8 ~20
4	电渗井点	<0.1	根据选用的井点确定
5	管井井点	20 ~200	3 ~5
6	深井井点	10 ~250	>15

上述各类井点降水法中，以轻型井点降水法应用最为广泛，下面着重叙述。

(1) 轻型井点降水法工作概况。见图4 -1。

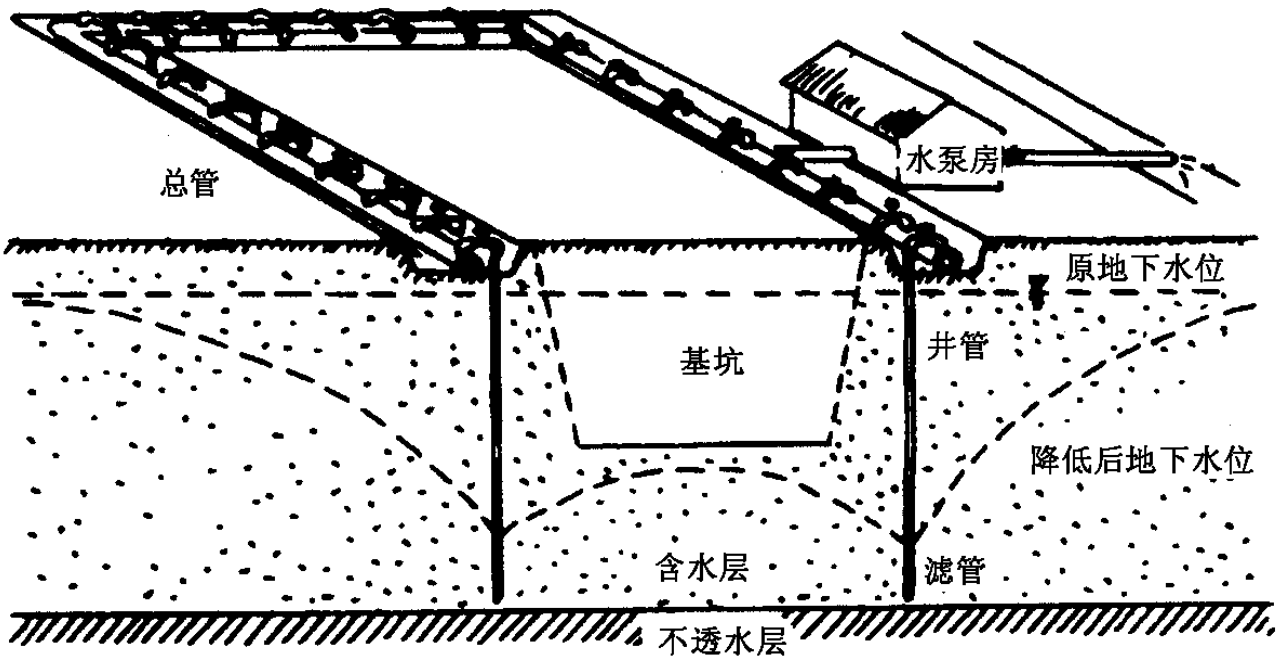


图4 -1 轻型井点降低地下水位的全貌图

2) 轻型井点设备。主要包括：井管（下段为滤管）、集水总管、水泵和动力设备等。

井管。井管长6m，滤管长1.0~1.2m，井管与滤管用螺丝套头连接。滤管构造见图4-2。滤管的骨架钢管为外径38mm或51mm的无缝钢管，管

面上钻有12mm的星棋状排列的滤孔，滤孔面积为滤管面积的20%~25%。骨架管外面包有两层孔径不同的滤网。在骨架管与滤网之间用梯形铅丝隔开，梯形铅丝沿骨架管绕成螺旋形。滤网外面再绕一层粗铁丝保护网，滤管下端为一铸铁塞头。

集水总管。集水总管为内径127mm的无缝钢管，每段长4m，总管上装有与井管联结的短接头，间距0.8m或1.2m，总管与井管以90°弯头相连接。

轻型井点系统的主机。由真空泵、离心水泵和集水箱等组成。主机系统示意图见图4-3。主机工作概况为：开动真空泵19，使集水箱10抽成一定的真空度，在真空吸力作用下，地下水经滤管1、井管2吸上经弯管和阀门进入集水总管5，由此再经过滤室8再过滤后进入集水箱10，集水箱内有一浮筒11，可沿中间导杆升降，进入集水箱的水多时，浮筒上升，开动离心泵24将集水箱内的水排出。为保证真空泵干式工作，在真空泵19与进水管14之间装有分水室16。为了对真空泵进行冷却，专设一冷却循环水泵23。



图4-2 滤管构造

1. 钢管2. 滤孔3. 梯形铅丝4. 细滤网5. 粗滤网6. 粗铁丝保护网7. 铸铁塞头8. 井管

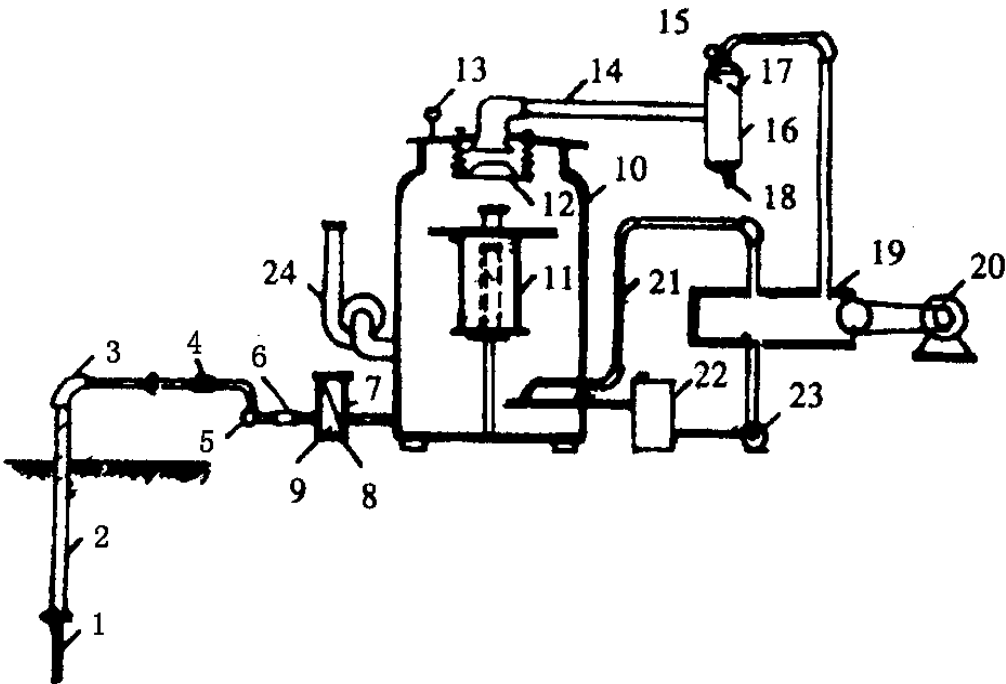


图4-3 轻型井点设备的主机部分原理图

1. 滤管2. 井管3. 弯管4. 阀门5. 集水总管6. 集水总管的闸门7. 滤网8. 过滤室9. 掏砂孔10. 集水箱
11. 浮筒12. 进气管阀门13. 真空计14. 进水管15. 真空计16. 分水室17. 挡水板18. 放水口
19. 真空泵20. 电动机21. 冷却水管22. 冷却水箱23. 冷却循环水泵24. 离心水泵

一个真空泵的负荷长度（即集水总管长度）约为100 ~120m。表4 -3 为一套轻型井点降水系统设备的技术性能。

表4 -3 轻型井点系统设备技术性能举例

系统设备	数量	性能山
离心式水泵	2 台	B 型或BA 型；抽水量 $20^3\text{ h}$ ；扬程25m；抽吸真空度7m；吸口直径50mm；电动机2.8kW，转速2900r/min；真空度100kPa；电动机5.5kW，转速1450r/min
往复式真空泵	1 台	$V_5$ ( $W_8$ ) 型或 $V_6$ 型；生产率 $4.4\text{ m}^3/\text{min}$ ；真空度100kPa；电动机5.5kw，转速r/mih
机组规格	1 套	井点管100 根；集水总管直径75 ~127mm，每节长1.6 ~4m，每套29 节；总管上接管间距0.8m，接头弯管100 根；冲射管用冲管1 根；机组外形尺寸2600mm×1300mm×1600mm，重量15 KN
降落地下水位深度		5.5 ~6.0mm

③）轻型井点系统的布置方式：

井点系统的平面布置。取决于基坑的平面形状和要求降低水位的深度，应尽可能将施工的建筑物基坑的主要部分包围在井点系统以内。开挖长而窄的沟槽可按线状布置井点，如宽度小于6m、降水深度不大于5m，可采用单排线状井点，布置在地下水流的上游侧，两端各延伸一个槽宽，见图4 -4。

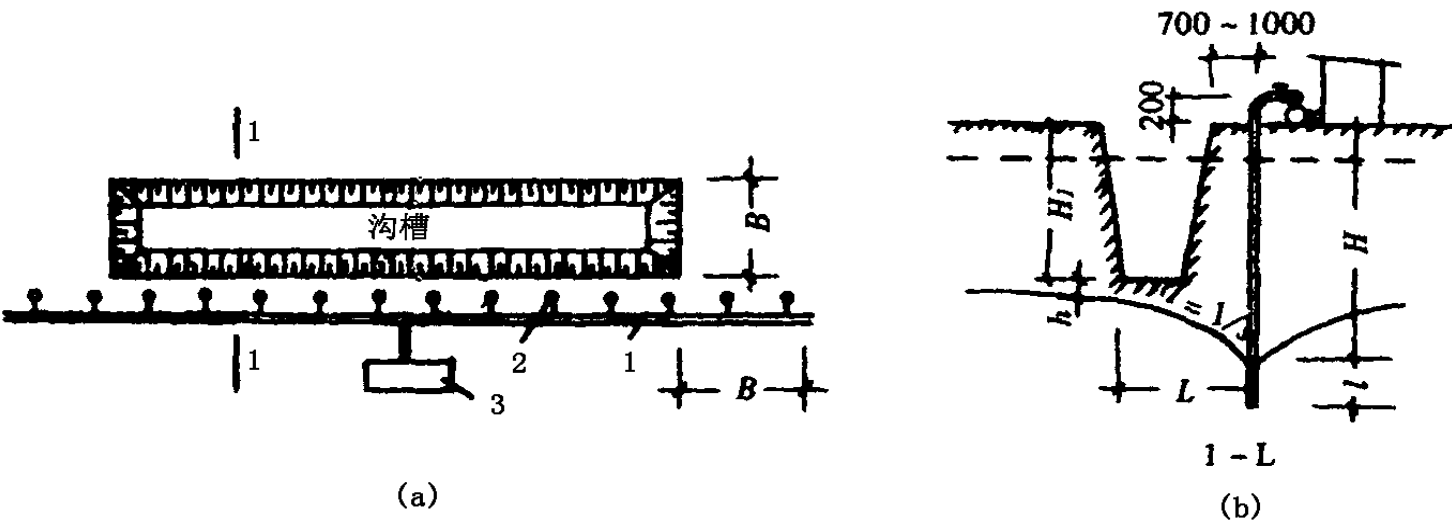


图4 -4 单排线状井点的布置图

④) 平面布置 ⑤) 高程布置

1. 总管2. 井管3. 泵站

面积较大的基坑宜用环状井点布置，或一端开口（留出进出基坑道路）的U形井点布置，环状井点的四角部分应适当加密。见图4 -5。

井管距离基坑壁应大于0.8m，防止局部漏气，破坏真空。井管间距一般为0.8 ~ 1.6m。

井点系统的高程布置。井管（不包括滤管）的埋设深度H按下式计算（图4 -5b）：

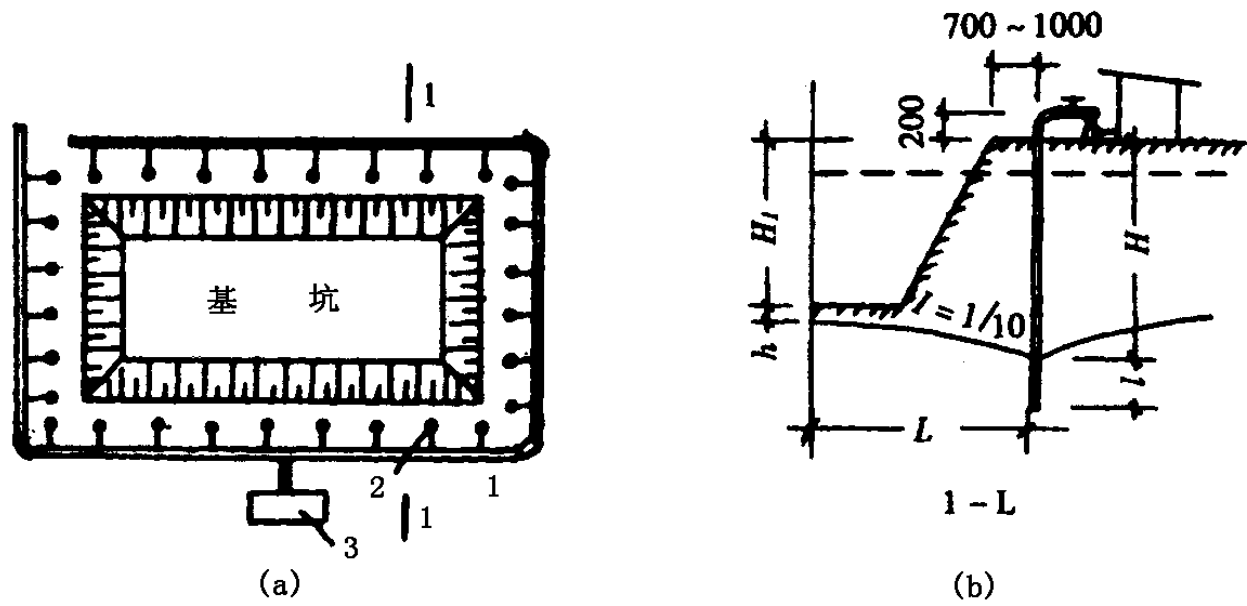


图4 -5 环状井点的布置图

(a) 平面布置 (b) 高程布置

1. 总管 2. 井管 3. 泵站

$$H = H_1 + h + iL \tag{4 -3}$$

式中  $H_1$ ——井管埋设面至基坑底的距离，m；  
 $h$ ——降低后的地下水位至基坑底的距离，m，一般为0.5 ~ 1.0m；  
 $i$ ——地下水降落坡度，环状井点取1/10，单排线状井点取1/5；  
 $L$ ——井管至基坑中心的水平距离，m。

确定井管埋设深度时，还要考虑井管一般宜露出地面0.2m。为充分利用抽吸能力，总管标高直接接近原地下水位。水泵轴心标高宜与总管齐平。各段总管和滤管宜在同一水平面上。

(4) 涌水量计算。井点系统涌水量（需抽排的地下水量）计算是以水井理论为依据的。水井位于两不透水层之间的承压含水层内的，称为承压井；水井位于无压潜水层的，称为无压井。根据井底是否到达不透水层，又可分为完整井或不完整井。四种不同类型井（见图4 -6）各有不同的涌水量计算公式。

无压完整井井点系统涌水量计算：

A. 单井涌水量：

$$Q = 1.366K \frac{(2H - S) S}{\lg R - \lg r}$$

(4 - 4)

式中  $Q$  ——单井涌水量， $\text{m}^3/\text{d}$ ；  
 $K$  ——渗透系数， $\text{m}/\text{d}$ ；  
 $H$  ——含水层厚度， $\text{m}$ ；  
 $R$  ——抽水影响半径， $\text{m}$ ；  
 $S$  ——水位降低值， $\text{m}$ ；  
 $r$  ——井点的半径， $\text{m}$ 。

抽水影响半径  $R$ ，可在现场抽水试验确定，也可按下式估算：

$$R = 1.95S \sqrt{HK}$$

(4 - 5)

B．环形井点系统涌水量：

$$Q = 1.366K \frac{(2H - S) S}{\lg R - \lg X_0}$$

(4 - 6)

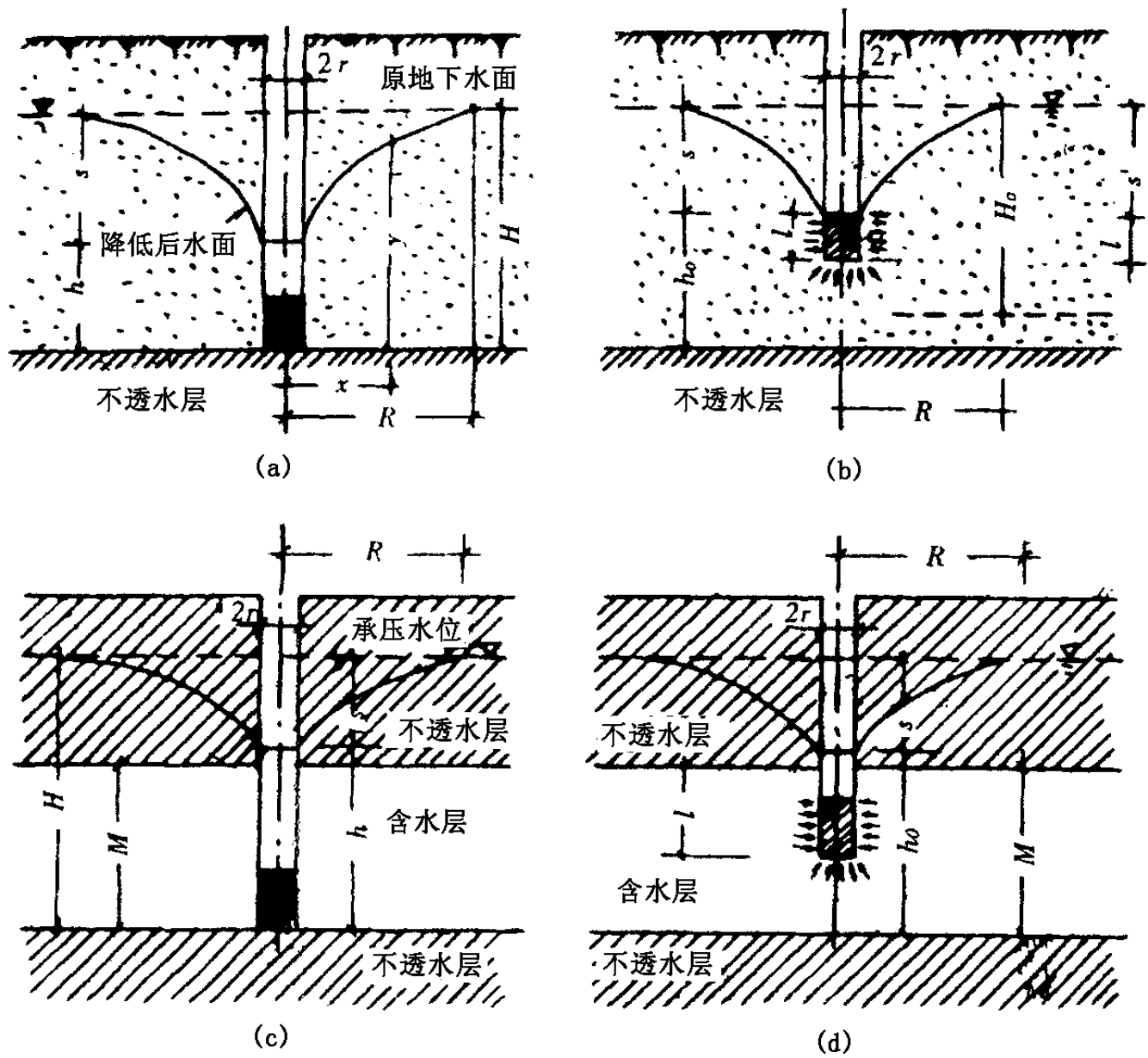


图4 -6 水井的分类

(a) 无压完整井 (b) 无压非完整井 (c) 承压完整井 (d) 承压非完整井

式中  $X_0$  ——基坑的假想半径， $\text{m}$ 。对于矩形基坑，当长宽比小于5 时，可将其化

成一个假想半径为  $X_0$  的圆形井：

$$X_0 = \frac{A}{\pi} \tag{4-7}$$

式中  $A$  ——基坑井点管所包围的面积， $m^2$ 。其它符号同上。

无压非完整井井点系统涌水量计算。为简化起见，一般仍用无压完整井的计算公式，但式中的  $H$  换成有效带深度  $H_0$ （图4-6b），环形井点系统无压非完整井涌水量计算公式为：

$$Q = 1.366K \frac{(2H_0 - S) S}{L_g R - L_g X_0} \tag{4-8}$$

$H_0$  值按表4-4 查出。

表4-4  $H_0$  值表

$S/S+L$	0.2	0.3	0.5	0.8
$H_0$	$1.3(S+L)$	$1.5(S+L)$	$1.7(S+L)$	$1.85(S+L)$

考虑地下潜水从侧面和底面同时渗入，则式（4-8）可修正为：

$$Q = 1.366K \frac{(2H_0 - S) S}{L_g R - L_g X_0} \cdot \frac{H_0 + 0.5r}{h_0} \cdot \frac{2h_0 - 1}{h_0} \tag{4-9}$$

承压完整井井点系统的涌水量：

$$Q = 2.37K \frac{MS}{L_g R - L_g X_0} \tag{4-10}$$

式中符号见图3-15（c）。

承压非完整井井点系统的涌水量：

$$Q = 2.73K \frac{MS}{L_g R - L_g X_0} \cdot \frac{M}{1 + 0.5r} \cdot \frac{2M - 1}{M} \tag{4-11}$$

式中符号见图3-15（d）

⑤）确定井点管理的数量与间距。井点管需要根数  $n$ ：

$$n = \frac{Q}{q} \times 1.1 \tag{4-12}$$

式中  $n$  ——井点管根数；

$Q$  ——井点系统水量， $m^3/d$ ；

1.1 ——考虑井点管堵塞因素的备用系数；

$q$  ——单根井点管的出水量， $m^3/d$ 。按下式计算

$$q = 65 d l^3 K \tag{4-13}$$



式中  $d$  ——滤管的直径， $m$ ；  
 $l$  ——滤管的长度， $m$ ；  
 $K$  ——渗透系数， $m/d$

井点管的间距  $D$ ：

$$D = \frac{2(L+B)}{n} \tag{4-14}$$

式中  $D$  ——井点管的平均间距， $m$ ；  
 $L$ 、 $B$  ——矩形井点系统的长度、宽度、 $m$ 。

求出的  $D$  值应  $>15d$ ，并应符合总管接头的间距（如：0.8、1.2、1.6m 等）。

⑥）轻型井点系统的埋设、安装和使用。轻型井点系统的安装和程序为：按布置方案先排放总管，再埋设井点管，用变联管将井点管与总管联接，最后安装抽水设备、试抽。井点管的埋设，一般使用冲水管冲孔，先将高压水泵的射水高压胶管连接在冲孔管，冲孔管可由滑车组悬挂在人字架上，利用0.6~0.8MPa 高压水经由冲孔管头部的三个喷水小孔以急速的射水冲刷土壤，同时将冲孔管作上下、左右转动，冲孔管边冲边下沉，在土中形成一个孔洞。孔洞必须体质垂直，孔径一般不小于300mm，孔径要上下一致，并及时在井点管与孔壁之间填灌砂滤层，至此人字架可搬至下一个冲孔位置。井点管的埋设和砂滤层的填灌，是保证轻型井点系统顺利抽水，达到降水目的的关键。砂滤层宜选用级配良好、洁净粗砂，以免堵塞滤管的网眼。砂滤层灌好后，距地面0.5~1.0m 深度内，再粘土捣实封堵，防止漏气。井点管埋设完毕，可接通总管和抽水系统试行抽水，检查有无漏水、漏气现象，出水是否正常。

使用轻型井点系统，应保证连续抽水。时抽时停，滤网易于堵塞；中途停抽，地下水位回升，可能引起边坡坍方等事故。正常出水规律是“先大后小、先浑后清”。

真空泵的真空度是判断井点系统运行是否良好的尺度，必须经常观测，造成真空度不足的原因，通常是由于管路系统连接存在漏气，应及时检查并采取措施。

井点管淤塞，一般可从听管内水流声响，手扶管壁感到振动，夏、冬季手摸管子有夏冷、冬暖的感觉等简便方法检查。如发现淤塞井点管较多，严重影响降水效果时，应逐根用高压水冲洗，或拔出重新埋设。

井点系统降水时，尚应对邻近现有建筑物进行沉降观测，如发现过大沉陷，应及时采取防护措施。

[例] 某工程地下室基坑平面尺寸如图4-7 所示。基坑底宽10m，长19m，深4.1m，挖土边坡为1:0.5。根据地质勘查资料，该处地面下0.6m 为杂填土，此层下面有6.7m 的中粗砂层，再往下为不透水的粘土层。

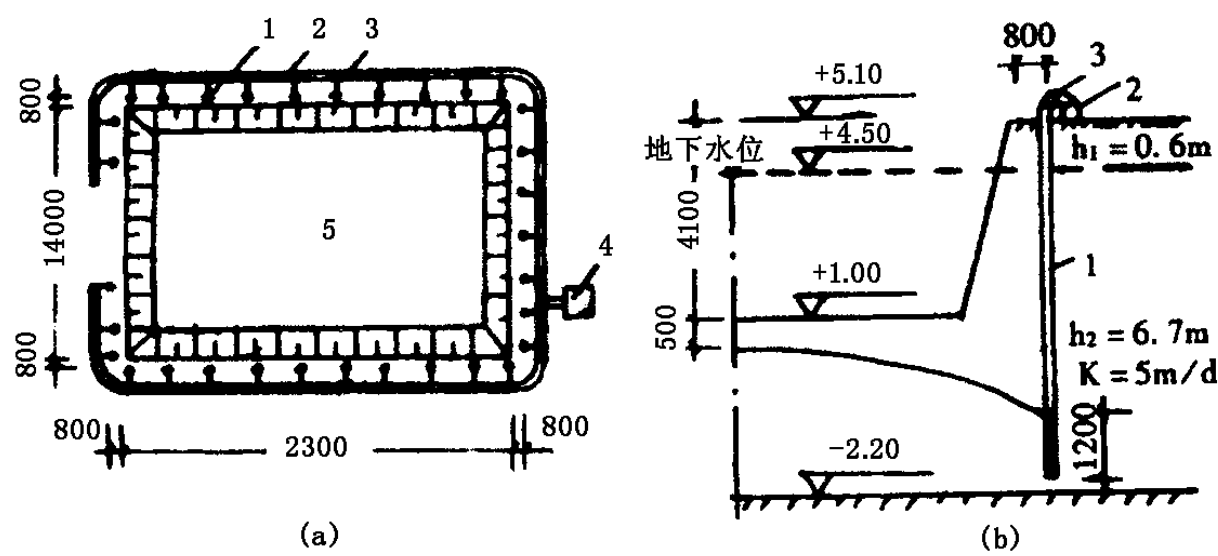


图4 -7 轻型井点位置计算实例

(a) 井点管水平布置 (b) 高程布置

1 . 井点管2 . 集水总管3 . 弯连管4 . 抽水设备5 . 基坑

现用轻型井点设备进行人工降低地下水位，然后进行机械开挖土方。试对该轻型井点系统进行施工计算。

[解] (1) 井点系统的布置。该基坑平面尺寸为14 ×23m，以布置成环状井点，井点管离边坡0.8m。要求降水深度 $s = 4.50 - 1.00 + 0.50 = 4.00\text{m}$ ，故用一级轻型井点系统即可满足要求，总管和井点布置在同一水平面上。

由井点系统布置处至下面一层不透水粘土层的深度为 $2.2 + 5.1 = 7.3\text{m}$ ，现有井点管长度为7.2m（井管长6m，滤管长1.2m），故滤管底距离不透水粘土层只差0.1m，可按无压完整井进行计算。

2) 基坑总涌水量计算：

含水层厚度： $H = 4.5 + 2.2 = 6.7\text{m}$

降水深度： $= 4.5 - 1.0 + 0.5 = 4.0\text{m}$

土的渗透系数：根据地质勘查资料，该中粗砂层渗透系数 $K = 25\text{m/d}$ ；

基坑假想半径：由于该基坑长宽比不大于5，所以可化简为一个假想半径为 $X_0$ 的圆井进行计算：

$$X_0 = \frac{A}{3.14} = \frac{(14 + 0.8 \times 2)(23 + 0.8 \times 2)}{3.14} = 11\text{m}$$

抽水影响半径： $R_0 = 1.95s \sqrt{HK}$

$$= 1.95 \times 4 \sqrt{6.7 \times 25} = 100.95\text{m}$$

基坑总涌水量按公式 (3 -35) 计算：

$$Q = 1.366K \frac{(2H_0 - s) s}{\text{Lg}R - \text{Lg}x_0}$$
$$= 1.366 \times 25 \frac{(2 \times 6.7 - 4) 4}{\text{Lg}100.95 - \text{Lg}11}$$

=1333.4m³/d

③) 计算井点管数量和间距：

单井出水量： $=65 \text{ dl}^3 \text{ K} = 65 \times 3.14 \times 0.05 \times 1.2^3 \times 25 = 35.8 \text{ m}^3/\text{d}$

井点管数量： $n = 1.1 \times \frac{Q}{q} = 1.1 \times \frac{1333.4}{35.8} = 41 \text{ 根}$

在基坑四角处井点管应加密，如考虑每个角加2根井管，则采用的井点管数量为41+8=49根。井点管间距平均为：

$D = \frac{2(24.6 + 15.6)}{49} = 1.64 \text{ m}$  (取1.6m)

布置时，为了机械挖土开行路线，宣布置成端部开口（即留3根井点管距离），因此，实际需要井点管数量为：

$n = \frac{2(24.6 + 15.6)}{1.6} = 47 \text{ 根}$

第五章 土方开挖

第一节 挖方施工

一、土方边坡

为了保持土方工程施工时土体的稳定性，防止塌方，保证施工安全，当挖方超过一定的深度时，应做边坡。

- 1．永久性挖方边坡坡度应符合设计要求，当工程地质与设计资料不符需修改边坡坡度时，应由设计单位确定。
- 2．使用时间超过一年的临时性挖方边坡坡度，应根据工程地质和边坡高度，结合当地同类土体的稳定坡度值确定。

在山坡整体稳定条件下，如地质情况良好、土（岩）质较均匀，高度在10m 以内的临时性挖方边坡坡度应按表5 -1 确定。

表5 -1 使用时间较长的临时性挖方边坡坡度值

土的类别		边坡坡度（高：宽）
砂土（不包括细砂、粉砂）		1 1.25 ~1 1.5
一般粘性土	坚硬	1 0.75 ~1 1
	硬塑	1 1 ~1 1.15
碎石类土	充填坚硬、硬塑粘性土	1 0.5 ~1 1
	充填砂土	1 1 ~1 1.5

挖土经过不同类别的土（岩）层或深度超过10m 时，其边坡可作成折线形或台阶

形。有成熟施工经验时，可不受本表限制。

3．对容易风化的岩石进行挖方时，其边坡坡度可按表5 -1 采用。在开挖时可对坡脚、坡面采取喷浆、抹面、嵌补等保护措施，并作好排水，避免在影响边坡稳定的范围内积水。

二、土方开挖

土方开挖一般宜从上到下分层分段依次进行，随时作成一定的坡度，以利泄水，并不得在影响边坡稳定的范围内积水。

弃土应尽量及时运走，如需要临时堆土，弃土堆坡脚至挖方上边缘的距离，应挖方深度、边坡坡度和土的性质确定。一般干燥密实土不小于3m，松软土不小于5m。

表5 -2 岩石边坡允许坡度

岩石类别	风化程度	允许坡度值（高：宽）	
		高度8m 以内	高度8 -15m
硬质岩石	微风化	1 0 .1 -1 0 2	1 0 2 -1 :0 35
	中等风化	1 0 21 0 35	1 0 35 -1 0 50
	强风化	1 0 35 -1 0 50	1 0 50 -1 0 .75
软质岩石	微风化	1 0 35 -1 :0 50	1 0 50 -1 0 .75
	中等风化	1 0 50 -1 0 .75	1 0 .75 -1 1 .00
	强风化	1 0 .75 -1 1 .00	1 0 .1 -1 1 25

在挖方坡上如发现岩（土）内有倾向于挖方软的弱夹层或裂缝面时，应通知设计单位采取措施，防止岩（土）下滑。

在土方开挖过程中，如发现滑坡迹象时，应立即采取下列措施：

- 1．暂停施工必要时所有人员和机械撤至安全地点。
- 2．通知设计单位提出处理措施。
- 3．根据滑动迹象设置观测点 观测滑坡体平面位移和沉降变化，并作好记录。

在滑坡地段进行的土方开挖，应做到：施工前要熟悉工程地质勘察资料，了解现场地形、地貌及滑坡迹象等情况；不宜在雨季施工；尽量遵循先整治后开挖的施工程序；

不应破坏挖方上坡的自然植被和排水系统，防止地面渗水入土体；应先作好地面和地下排水设施；严禁在滑坡体上部弃土或堆放材料；必须遵循由上至下的开挖顺序，严禁先切除坡脚；爆破施工时，应防止因爆破震动影响边坡稳定；机械开挖时，边坡坡度

应适当减缓，然后用人工修整，达到设计要求；抗滑挡土墙当应尽量在旱季施工，基槽开挖应分段跳槽进行，并加强支撑，开挖一段应及时作好挡土墙，随即作好墙后的填土工作。

第二节 基坑（槽）和管沟施工

一、基坑（槽）和管沟的边坡

- 1．当土质均匀且地下水位低于基（坑）槽或管沟底面标高时，其挖土边坡可作成直立壁不加支撑，这时挖土深度不应超过表5 -3 的规定。
- 2．地质条件良好、土质均匀且地下水位低于基坑（槽）或管沟底面标高时，挖方深度在5m 以内不加支撑的边坡最陡坡度应符合表5 -4 的规定。

表5 -3 无地下水时垂直壁不加支撑的深度

土的类别	深度 (m )
密实、中密的砂土和碎石类土（充填物为砂土）	1 .00
硬塑、可塑的粉土及粉质粘土	1 25
硬塑、可塑的粘土和碎石类土（充填物为粘性土）	1 50
坚硬的粘土	2 .00

表5 -4 深度在5 米以内不加支撑的基坑（槽）、管沟边坡的最陡坡度

土的类别	边坡坡度（高 宽）		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的砂土	1 1 .00	1 1 25	1 1 50
中密的碎石类土（充填物为砂土）	1 0 75	1 1 .00	1 1 25
硬塑的粉土	1 0 67	1 0 75	1 1 .00
中密的碎石类土（充填物为粘性土）	1 0 50	1 0 67	1 0 75
硬塑的粉质粘土、粘土	0 33	1 0 50	1 0 67
老黄土	1 0 10	1 0 25	1 0 33
软土（经井点降水后）	1 1 .00	-	-

## 二、坑（槽）壁支撑的设置

当场地的限制不能按要求放坡或因土质不好，放坡所增加土方量很大时，可采用不放坡而设置支撑的施工方法。支撑的设置，应根据开挖深度、土质条件、地下水位、施工方法、相邻建筑物和构筑物情况进行选择和设计。支撑必须牢固可靠，确保施工安全。

坑（槽）壁支撑可采用钢（木）支撑、钢（木）板桩、钢筋混凝土护坡桩和钢筋混凝土地下连续墙等。

当采用钢（木）支撑时，应随挖随撑，支撑必须牢固。施工中应经常检查，如有松动、变形等现象时，应及时加固或更换。钢（木）支撑的拆除，应按回填顺序依次进行，随拆随填土。

开挖基坑（槽）或管沟常用的木支撑有横撑式、锚碇式、斜柱式支撑等。

1．横撑式支撑 横撑式支撑适用于开挖狭窄的基坑（槽）或管沟。根据挡土板放置方式不同，可分为连续式垂直支撑、断续式水平支撑、连续式水平支撑等，见（图5 - 1）。

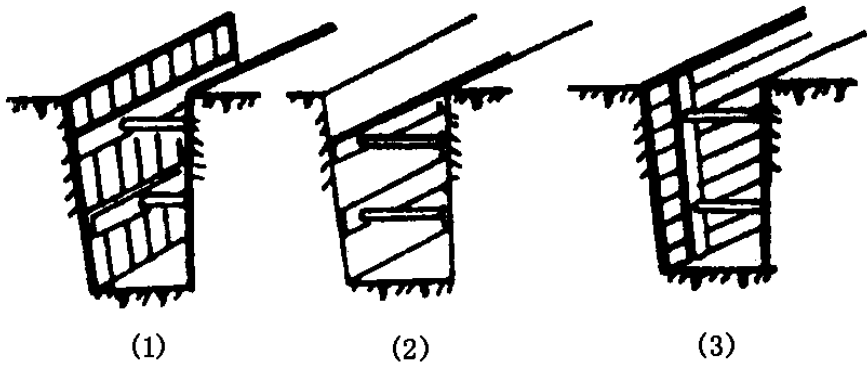


图5 -1 横梁式支撑

(1) 连续式垂直支撑；(2) 断续式水平支撑；  
(3) 连续式水平支撑

连续式垂直支撑，适用于挖掘松散的或湿度很大的土，挖土深度不限；断续式水平支撑，适用于挖掘湿度小的粘性土，挖土深度在3m 以内；连续式水平支撑（水平挡土板连续设置，中间不留空隙），适用于挖掘较潮湿或散粒的土，挖土深度在5m 以内。

2．锚碇式支撑和斜柱式支撑 当基坑宽度较大，横撑自由长度过大而稳定性不足或使用较大的机械挖土而不能安装横撑时，可采用锚碇式支撑（图5 -2）或斜柱式支撑（图5 -3）。

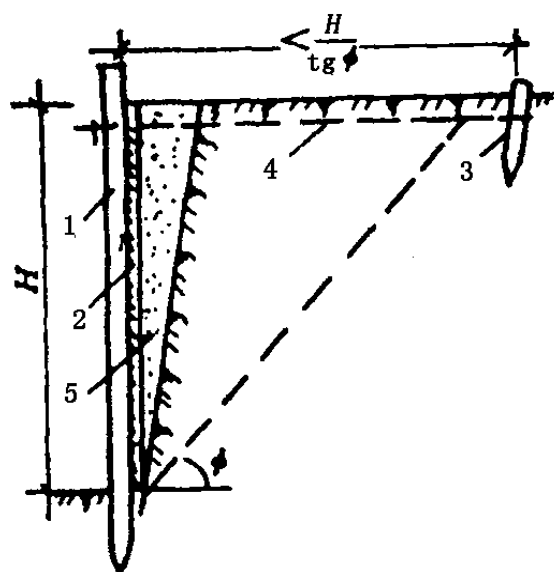


图5 -2 锚碇式支撑

- 1 . 柱桩 ;2 . 挡土板 ;3 . 锚桩 ;  
4 . 拉杆 ;5 . 回填土

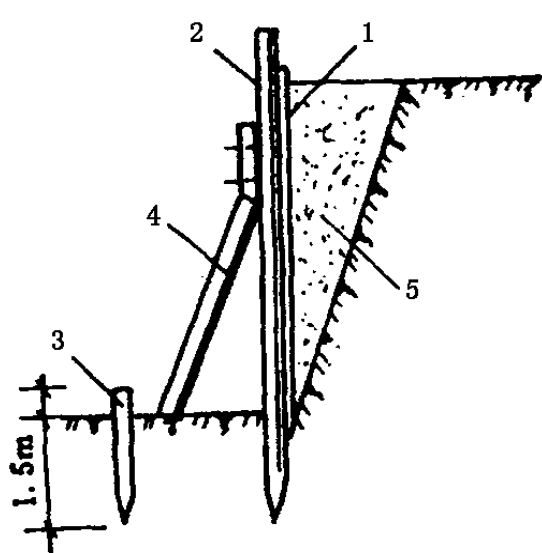


图5 -3 斜柱式支撑

- 1 . 挡土板 ;2 . 柱桩 ;3 . 撑桩 ;  
4 . 斜撑 ;5 . 回填土

挖掘较深的基坑，若地下水位较大可能出现流砂时，如未采用井点降水法施工，可采用板桩支撑。常用的板桩有木板桩、钢板桩、钢筋混凝土板桩。

### 三、基坑（槽）和管沟的开挖

基坑（槽）、管沟的开挖应连续进行，尽快完成。

施工中应采取措施，防止地面水流入坑（槽）、沟内，如坑（槽）、沟外侧围土堤或开挖水沟，以免边坡塌方或基土道破坏。

雨季施工或基坑（槽）、管沟挖好后不能及时进行下一工序施工时，应在基底以上留置15 ~30cm 一层不挖，待下一工序开始前再挖除。采用机械挖基坑（槽）、管沟时，可在基底标高以上预留一层用人工清理，其厚度应根据施工机械确定。

在挖方边坡上侧堆土成材料以及移动施工机械时，应与挖方边缘保持一定距离，以保证边坡和直立壁的稳定。当土质良好时，堆土或材料应距挖方边缘在0.8m 以外，高度不超过0.5m。

基坑（槽）和管沟在开挖过程中，应对土质情况、地下水位高度变化经常检查，作好原始记录及绘出断面图。如发现基底土质与设计不符时，需经设计等有关人员研究处理，并作出隐蔽记录。挖至基底标高，应由建设单位组织勘察、设计、施工单位检查基底土质是否符合要求，并作出检验记录。

挖土不得超过设地基底标高，发生超挖应用与基底土相同的土料填补，并夯实至要求的密度，或用碎石类土填补并夯实；重要部位超挖时，可用低标号混凝土填，并应取得设计单位同意。



### 第三节 大直径扩底墩

大直径扩底墩直径（ $d$ ）一般800 ~200mm，下部扩大头直径（ $D$ ）1000 ~3000mm，深6 ~25m。

成孔多为人工挖土，辘轳或电动葫芦提土至孔上，手推车运土至场外。孔径（ $d$ ）在1000 ~1500mm 以内的，近来也有采用机械钻孔，人工挖扩大头的方法施工。

在松软的淤泥、淤泥质土、新近回填土、砂类土和地下水位以下进行成孔时，必须有防止孔壁坍塌设计。一般可采用模板和胀圈支护；孔径超过1000mm，坍塌危险性大的，宜采用混凝土护壁。见图（5 -4）。

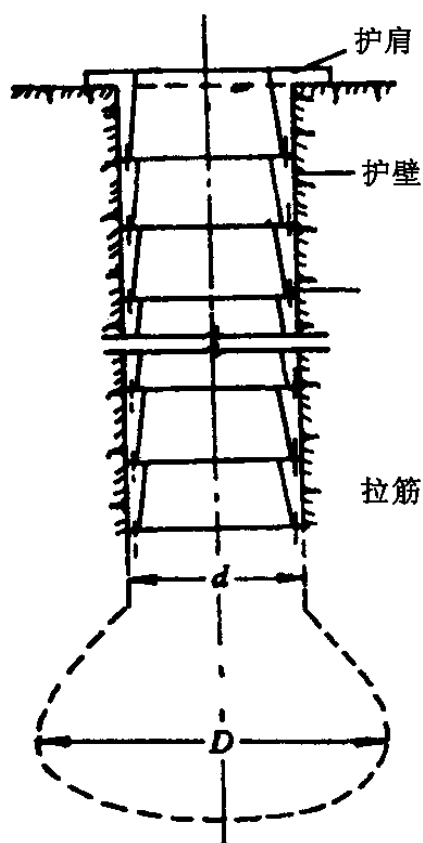


图5 -4 大直径扩底墩

有护壁措施的桩孔，每次挖进深度800 ~1000mm，程序为：人工挖土 质量检验 支护（或支模板浇灌混凝土和养护），循环进行。

在大直径扩底墩挖土施工中，因塌方、土石块下落、尤其是孔内沼气中毒窒息的伤亡事故多有发生，必须采取可靠的安全措施。

- 1．在松软土层中挖孔，必须有护壁。其方案应根据土质性质，孔壁侧压力，经设计计算确定；
- 2．挖至3m 深以下，应进行孔内通风，向孔底送入新鲜空气；每次下人之前，将点燃的蜡烛系至孔底，如熄灭，证明孔内充满有害气体，不得下人，应进行通风排气；

3. 孔下有人作业，孔上必须有人监护，并能上下互通信息，发生情况能及时采取措施；

4. 沿孔口周围设置高出地面250mm 以上的挡护板（墙），阻挡土石块等滚滑到孔内；孔内作业人员必须带安全帽；无人作业时应盖好孔口，防止行人陷入。

此处还应执行《建筑安装工程安全技术规程》。

大直径扩底墩的承载力以扩大头端承力为主，因此基底的土质必须符合设计要求，孔壁各层土质应基本符合“地质勘察报告”。孔底不得留有虚土。每个孔均应有检验记录。

在挖进中，应在桩的中心吊垂线，随时检查孔径尺寸，中心位移和孔壁的垂直度。孔深、孔径、中心沿纵横轴偏差不应超过50mm，垂直度偏差不大于 $1/200L$ （ $L$ 为桩长）。

## 第六章 填土和压实

在工程建设中，“填土和压（夯）实”是一项极其重要的工作。由于忽视该项工作，填土的土质和密实度达不到规定要求，致使一些建筑物、构筑物、管沟和道路桥梁等的填土地基或填方下沉，酿成工程裂缝、倒塌事故。至于建筑工程地面、散水坡和台阶沉降倾斜断裂的更是屡见不鲜。因此必须认真精心操作，确保“填土和压（夯）实”工程质量。

### 第一节 一般要求

#### 一、土料选用

填土的土料应符合设计要求，保证填土的承载力和稳定性。如设计无要求时，应符合下列规定：

- 1. 碎石类土、砂土和爆破石渣（粒径不大于每层铺厚的 $2/3$ ）可用于表层以下的填料；
- 2. 含水量符合压（夯）实要求的粘性土，可作各层填料；
- 3. 碎块草皮和有机质含量大于8 %的土以及硫酸盐含量大于5 %的土，仅可用于无压要求的填土；
- 4. 淤泥和淤泥质土，一般不能用作填料，但在软土或沼泽地区，经过处理含水量符合压实要求，可用于填方中的次要部位；
- 5. 土料的含水量大小，直接影响填土压（夯）实效果，填土土料的含水量应在施工控制含水量范围之内。

粘性土的施工控制含水量与最优含水量（ $W_{op}$ ）之差可选定在 -4 % ~ +2 %（使用振动碾时，可选定在 -6 % ~ +2 %）。土的控制含水量简便检验一般以手握成团落地开花为宜。

土的最优含水量（ $W_{op}$ ）可按当地经验或取  $W_p + 2$ ，粉土取14 % ~ 18 %， $W_p$ ——土

的塑限含水量。

土的最优含水量和最大干密度参见表6 -1。

表6 -1 土的最优含水量和最大干密度参考表

项次	土的种类	变动范围		项次	土的种类	变动范围	
		最佳含水量%	最大干密度 (g /cm <sup>3</sup> )			最佳含水量%	最大干密度 (g /cm <sup>3</sup> )
1	砂土	8 ~12	1.80 ~1.88	3	粉质粘土	12 ~15	1.85 ~1.95
2	粘土	19 ~23	1.58 ~1.70	4	粉土	16 ~22	1.60 ~1.80

注 :1 . 表中土的最大密度应根据现场实际达到的数字为准。

2 . 一般性的回填可不做此项测定。

二、土的压实

1 . 密实度要求

填方的密实度要求和质量指标通常以压实系数  $\rho_0$  表示。压实系数为土的控制（实际）干土密度  $d$  与最大干土密度  $d_{max}$  的比值。最大干土密度  $d_{max}$  是当最优含水量时，通过标准的击实方法确定的。密实度要求一般由设计根据工程结构性质、使用要求以及土的性质确定，如未作规定，可参考表6 -2 数值。

表6 -2 填土的压实系数  $\rho_0$ （密实度）要求

结构类型	填土部位	压实系数 $\rho_0$
砌体承重结构 和框架结构	地基主要持力层范围内	>0.96
	地基主要持力层范围以下	0.93 ~0.98
简支结构和 排架结构	在地基主要持力层范围内	0.94 ~0.97
	在地基主要持力层范围以下	0.91 ~0.93
一般工程	基础四周或两侧一般回填土	0.90
	室内地坪、管道地沟回填土	0.90
	一般堆放物件场地回填土	0.85

注：压实系数  $\rho_0$  为土的控制干密  $d$  与最大干密度  $d_{max}$  的比值。控制含水量  $w_{op} \pm 2$ 。

压实填土的最大干密度  $d_{max}$  (g /cm<sup>3</sup>) 宜采用击实试验确定，当无试验资料时，可按下式计算：

$$d_{amx} = 1 + \frac{p_w d_s}{0.10_{op} d_s}$$

式中  $\lambda$  ——经验系数，对于粘土取0.95，粉质粘土取0.96，粉土取0.97；  
 $\rho_w$  ——水的密度（g/cm<sub>3</sub>）；  
 $d_s$  ——土粒相对密度；  
 $w_{op}$  ——最优含水量（%），可按当地经验或取  $w_p + 2$ ，粉土取14~18。

2. 铺土厚度和压实遍数

填方每层铺土厚度为压实遍数视土的性质、设计要求的压实系数和使用的压（夯）实机具性能而定，一般应进行现场碾（夯）压试验确定。表6-3为压实机械和工具每层铺土厚度和所需的碾压（夯实）遍数的参考数值。利用运土工具压实填方时，参见表6-4。

表6-3 填方每层的铺土厚度和压实遍数

压实机具	每层铺土厚度（mm）	每层压实遍数（遍）
平碾	200~300	6~8
羊足碾	200~350	8~16
蛙式打夯机	200~250	3~4
推土机	200~300	6~8
拖拉机	200~300	8~16
人工打夯	不大于200	3~4

注：人工打夯时，土块粒径不应大于5cm。

表6-4 利用运土工具压实填方时，每层填土的最大厚度（m）

项次	填土方法和采用的运土工具	土的名称		
		粉质粘土和粘土	粉土	砂土
1	窄轨和宽轨火车、拖拉机拖车和其他填土方法并用机械平土	0.7	1.0	1.5
2	汽车和轮式铲运机	0.5	0.8	1.2
3	人推小车和马车运土	0.3	0.6	1.0

注：平整场地和公路的填方，每层填土的厚度，当用火车运土时不得大于1m；当用汽车和铲运机运土时不得大于0.7m。

3. 填方边坡要求

(1) 永久性填方的边坡坡度应根据填方高度、土的种类和其重要性在设计中规定。如无规定时，根据土的种类可参考表6-5采用。

表6 -5 永久性填方边坡的坡度

项次	土的种类	填方高度 (m )	边坡坡度
1	粘土类土、黄土、类黄土	6	1 1 50
2	粉质粘土、泥灰岩土	6 ~7	1 1 50
3	中砂和粗砂	10	1 1 50
4	砾石和碎石土	10 ~12	1 1 50
5	易风化的岩土	12	1 1 50
6	轻微风化、尺寸在25cm 内的石料	6 以内	1 1 33
		6 ~12	1 1 50
7	轻微风化、尺寸大于40cm 的石料，边坡用最大石块、分排整齐铺砌	12 以内	1 1 50 ~1 0 75
8	轻微风化、尺寸大于40cm 的石料，共边坡分排整齐铺砌	5 以内	1 1 50
		5 ~10	1 1 65
		>10	1 1 00

注 :1 . 当填方高度超过本表现定限值时，其边坡可做成折线形，填方下部的边坡坡度应为1 1 75 ~1 2 00。

2 . 凡永久性填方，土的种类未列入本表者，其边坡坡度不得大于H +45 °/2， 为土的自然倾斜角。

用黄土或类黄土填筑重要的填方，其边坡坡度可参考表6 -6。

表6 -6 黄土或类黄土填筑重要填方的边坡坡度

填土高度 (m )	自地面起高度 (m )	边坡坡度
6 ~9	0 ~3	1 1 75
	3 ~9	1 1 50
9 ~12	0 ~3	1 2 0
	3 ~6	1 1 50
	6 ~12	1 1 50

特殊情况或地质情况不良地段的填方边坡坡度，在以一情况下： 填方高度不大于12 m ； 填方位于坡度大于1 /2 5 的山坡上； 水中填方； 在地质不良及其复杂情况下的地段，如滑坡、长年浸水及沼泽地区等； 地基内有松软土层等等，应作个别设

计。

②）使用时间较长的临时性填方边坡坡度，当填方高度在10m 以内，可采用1 1.5，高度超过10m，可作成折线形，上部为1 1.5，下部采用1 1.75。

③）利用填土做地基时的边坡坡度根据填土的压实系数（ $\rho_0$ ）和承载力，可参考表6 -7 采用。

表6 -7 填土地基边坡坡度

填土类别	压实系数 $\rho_0$	承载力f (KPa)	边坡坡度允许值（高宽比）	
			坡高在8m 以内	坡高8 ~15m
碎石、卵石	0.94	200 ~300	1 1.5 ~1 1.25	1 1.75 ~1 1.50
砂夹石（其中碎石、卵占全重30 % ~50 %）		200 ~250	1 1.50 ~1 1.25	1 1.75 ~1 1.50
土夹石（其中碎石、卵石占全重30 % ~50 %）		150 ~200	1 1.50 ~1 1.25	1 2.00 ~1 1.50
粘性土（ $10 < I_p < 14$ ）		130 ~180	1 1.75 ~1 1.50	1 2.25 ~1 1.75

注： $I_p$ ——塑性指数。

第二节 填土方法

一、人工填土

用手推车送土，人工用铁锹、耙、锄等工具进行填土，由场地最低部分开始，由一端向另一端自下而上分层铺填，每层虚铺土厚度，用人工夯实时：砂质土不大于0.3m；粘性土为20cm；用打夯机械夯实时，不大于30cm。

深浅坑相连时，应先填深坑，相平后与浅坑全面分层填夯。如必须分段填筑，交接处填成阶梯形。最后填成高于自然地面5cm。墙基及管道回填应在其两侧用细土同时细心回填，防止墙基及管道中心线偏移。

人工夯填土一般用60 ~80kg 重的铁、砵、木夯，由4 ~8 人拉绳，二人扶夯，举高不小于0.5m，一夯压半夯，按次序进行。大面积人工回填多用打夯机夯实。两机平行时，其间距不得小于3m，在同一夯行路线上，前后间距不得小于10m。

## 二、机械填土

1. 推土机填土：自上而下分层铺填，每层虚铺厚度不宜大于300cm。推土机自行推运并刮平，来回行驶碾压，履带应重迭一半。

2. 铲运机填土：每层虚铺厚度不大于300~500mm（视压实机械性能而定），利用空车返回时将填土刮平，压实机械压实。尽量采取纵横向分层卸土，以利铲运机行驶时初步压实。

3. 自卸汽车填土：汽车运的土，用推土机推开填平，每层虚铺厚度300~500mm（视选用压实机械而定）。

## 第三节 填土和压（夯）实施工要点

1. 填方施工应从场地最低处开始，水平分层整片回填碾压（或夯实）。必须分段填筑时，每层接缝处应作成斜坡形（倾斜度大于1:1.5），碾迹重迭0.5~1.0m，上、下层错缝距离不应小于1m。接缝部位不得在基础下、墙角、柱墩等重要部位。

2. 为保证填土压实的均匀性及密实度，避免滚子下陷，在重型碾压机碾压之前，应先用轻型压实机械（如拖拉机、推土机）推平，低速行驶压4~5遍，使表面平实。采用振动平碾压实爆破石渣或碎石类土时，应先用静压，而后振压。

3. 碾压机压实填方时，应控制行驶速度，超过一定限度，压实效果显著下降，一般不应超过下列规定：平碾、振动碾2km/h；羊足碾3km/h。

4. 机械填方时，应保证边缘部位的压实质量。对不要求边坡修整的填方，边缘应宽填0.5m，对要求边坡整平拍实的填方，边缘宽填不少于0.2m。

5. 用压路机进行大面积填方碾压时，应从两侧逐渐压向中间，每次碾压轮迹应有15~20cm的重迭度，避免漏压，轮子的下沉量一般压至不超过1~2cm为度。碾压不到之处，应用人力夯或小型夯实机械配合夯实。

6. 用羊足碾碾压时，碾压方向应从填土区域的两侧逐渐压向中心，并应随时检查清除粘着于羊足碾之间土的土料。为提高上部土层质量，羊足碾压过之后，宜再用拖式平碾或压路机补充压实。

7. 用运土工具压实时，运土工具的移动须均匀分布于填筑层的全面。

8. 平碾碾压一层完后，应用人工或机械（推土机）将表层拉毛。土层表面太干时，应洒水湿润后，继续回填，以保证上、下层接合良好。



9. 人力大面积夯实填土时，夯前应初步平整，夯实时要按照一定方向进行，一夯压半夯，夯夯相连，行行相连，每遍纵横交叉，分层夯打。夯实基坑（槽）、地坪时，行夯路线应由四边开始，然后再夯中间。

10. 填方应按设计要求预留一定沉降量，以备自然下沉。如设计无要求时，可根据工程性质、填方高度、填料种类、压实系数和地基情况等因素确定，沉降量可按不超过填方高度的3 %预留。

11. 填土区如有地下水或表面滞水时，应在四周设排水沟和集水井将水位降低。已填好的土如遭受水泡应把上层稀泥铲除后，再进行下道工序。填方区应碾压成中间稍高两边稍低，以利排水。

12. 基坑（槽）和管沟的回填当基础隐蔽验收后，应立即回填。填土前应清除坑（槽）、沟内的积水和有机杂物。基础或管沟的现浇混凝土应达到一定强度，不致因填土而受损伤时，方可回填。沟槽回填顺序，应按基底排水方向由高至低分层进行，沟槽底深浅不平时，应先填深坑后，再一起分层建筑。填土时应在相对两侧或四周同时进行。

回填土料，每层铺填厚度和压实要求，应按本节填方的有关规定执行。在管道的上部和下部0.3m 内的回填土中，不应有石块、碎砖等硬杂物。在抹带接口处、防腐绝缘层或电缆周围，应使用细颗粒土回填。

回填管沟时，为防止管道中心线位移或损坏管道，应用人工先在管子周围填土夯实，并在管道两侧同时进行，直至管顶0.5m 以上，在不损坏管道的情况下，方可采用机械回填和压实。

基槽很窄无法打夯时，可用5 ~6kg 重的木锤打实或用2m 杠捣实。夯填时要防止震碎基础垫层和大放脚。为使回填土有良好的隔水作用，可在紧靠基础两侧20 ~30cm 的范围内用粘土夯实。

## 第七章 爆破原理

### 第一节 概 述

爆破是利用炸药的化学分解释放出大量气体和巨大能量，使周围介质产生剧烈的破坏。在建筑工程中，爆破技术大量用于场地平整，地下土石方工程，基坑（槽）和管沟的石方工程中。先由爆破将岩石破碎，而后用其它土方机械进行各种作业。此外，还可用爆破清除建筑场地上的树桩，拆除旧有建筑物和构筑物等。

大中型爆破工程，若在城镇、风景名胜区、重要工程设施附近进行爆破施工，施工单位必须事先编制施工作业方案和安全措施，报请县级以上主管部门批准，并征得当地公安部门同意后，方可开始爆破作业。

爆破材料均应符合现行国家标准或行业标准。必要时应进行抽查、复检，方可使用。对于过期的或对其质量有怀疑的爆破材料，必须经检验合格，才能使用。爆破材料的采购、运输、验收、储存（仓库）、领用、保管等，应遵守国家关于爆炸物品管理条例的规定，必须制定严密的规章制度，明确职责。

石方爆破应根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等情况合理选用爆破方法。其爆堆高度、石碴块径及级配、爆落范围均应与装碴方法、运输工具相适应。对爆破有要求的大型、重要爆破工程，爆破参数应通过爆破试验确定。爆破参数是指：炮孔布置、钻孔深度、孔距、排距、装药方式、起爆方法等。

爆破作业前必须做好安全准备工作：

1. 设立指挥机构，明确职责分工；
2. 爆破危险区的边界设立明显警告标志，设立警戒哨位，定人值班；
3. 对可能受到爆破影响的建设建筑物、构筑物、管线、设备等应采取安全保护措施，防止爆破震动、飞石、冲击波的破坏；
4. 防止爆破有害气体对人、畜的危害；
5. 将爆破信号、警告标志的意义和起爆时间通知当地各单位和居民，并张贴布告。

## 第二节 爆破原理

### 一、爆炸现象

炸药在起爆作用（热、火花、撞击、摩擦和振动）下能在瞬间完成化学变化，产生大量的气体和热量，并伴随高压、高温以及声响，这种现象称为爆炸。例如1kg 硝铵炸药能在大约万分之一秒的时间内完成爆炸，产生560 ~930L 气体和1880 ~4186KJ 热量，并能在爆炸地点形成高达1000 ~1500 MPa 的压力和2000 ~3000 的高温。靠近药包周围的岩石几乎同时受到冲击波的压力作用而被粉碎。由于岩石的极限抗拉强度比其极限抗压强度要低很多倍，故由拉伸所引起的破碎作用比由压缩所引起的破碎要大得多。在坚硬的岩石中，压缩的直接作用很小，往往仅在药包下留下一个残眼，而拉伸则引起岩石很大的破坏，形成爆破漏斗。

### 二、爆破作用圈

药包在土石内爆炸时，使得周围的土石受到各种不同程度的破坏。最靠近炸药处的土石受到的压力最大，反之压力逐渐变小，由此而产生爆破作用圈为：压缩圈、抛掷圈、松动圈和震动圈，见图7 -1。

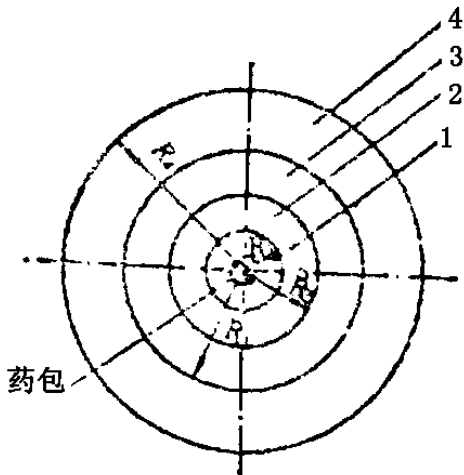


图7 -1 爆破作用圈示意图

1. 压缩圈 2. 抛掷圈  
3. 松动圈 4. 震动圈

1. 压缩圈：紧靠药包的土石，在爆破时受到的压力最大，如果是土，便被压缩成

孔隙，如果是坚硬的岩石，便被压得粉碎，这个被压缩或压碎的范围，叫压缩圈或破碎圈。

2．抛掷圈：在压缩圈以外的岩石，受到的压力比压缩圈小，虽然不致被压得粉碎，但岩石的结构被破坏，分裂成碎块，并随爆破作用力使碎块向四周运动，如果这个地带的某一部分是临空面，这些岩石碎块便向阻力小的临空面方向被抛掷出一定距离，这个区域称为抛掷圈。

3．松动圈：比抛掷圈范围更远的岩石，在爆破压力作用下，仅发生破裂而不能抛掷出去，这个范围叫松动圈，又叫破坏圈。

4．震动圈：在松动圈范围以外，爆破压力已无力破坏岩石，仅能使岩石发生震动，这个范围叫震动圈。

由药包中心向外，相应各圈的半径叫压缩半径 $R_1$ 、抛掷半径 $R_2$ 、松动半径 $R_3$ 、震动半径 $R_4$ 。各圈半径的大小与炸药的特性、药包结构、爆破方式以及介质的特性密切相关。也可用下面的经验公式估算：

$$R_i = K \sqrt[3]{Q}$$

(7 - 1)

式中  $R_i$ ——爆破作用圈半径 (m)；  
Q ——药包重量 (kg)；  
K ——与地质条件有关的常数。

各种爆破作用圈的K 值范围，可参考表7 -1。  
事实上这种圈并无明显的界限。

表7 -1 爆破作用圈的K 值范围

爆破作用圈名称	K 值范围
压缩圈 $K_1$	0.12 ~0.50
抛掷圈 $K_2$	0.50 ~1.00
破坏圈 $K_3$ (内部)	0.57 ~1.40
破坏圈 $K_3$ (地面)	1.00 ~2.40
震动圈 $K_4$	1.50 ~20.0

三、爆破漏斗

埋置在地面下的药包爆炸后，在介质中形成漏斗形状的爆破坑。虽然漏斗坑的实际形状随着岩石或土壤性质的不同以及炸药品种不同而有差别，但一般都属于倒立圆锥体形。

图7 -2 所示的爆破坑称为爆破漏斗。图中O 为炸药中心，ML 表示爆破的临空面(又叫自由面)，ON 为从炸药中心到临空面的垂直距离，叫做最小抵抗线，用 W 表示。表示倒立圆锥体的底部半径，称为爆破漏斗半径。

在爆破工程中，爆破漏斗的分类是按爆破作用指数n 的大小而定的（见表7 -2）。所谓爆破作用指数n ，就是爆破漏斗半径r 与最小抵抗线 W 的比值，即：

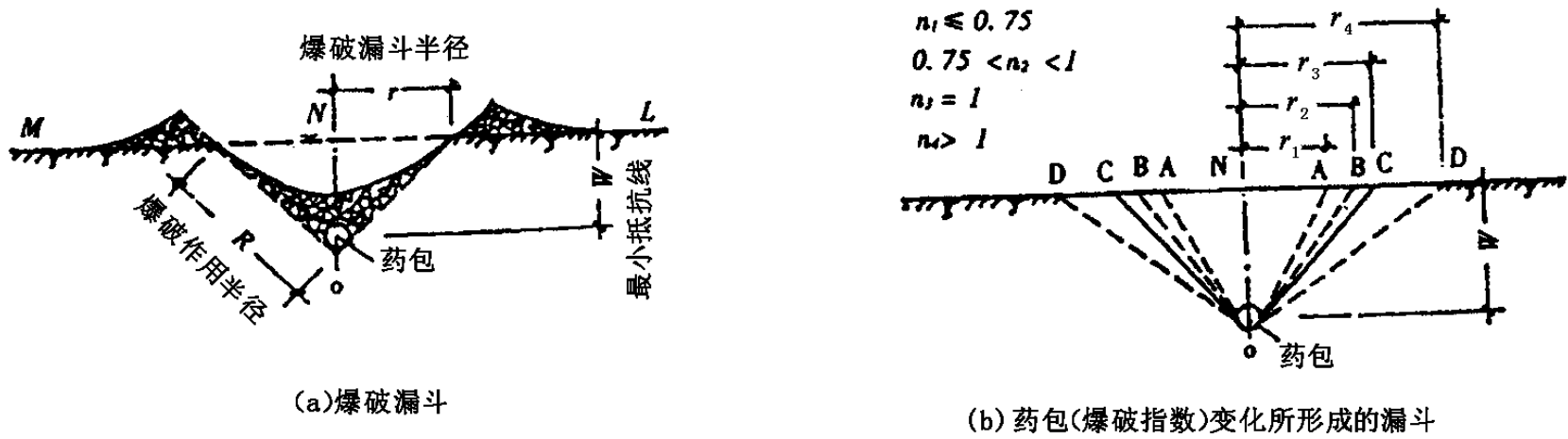


图7 -2 爆破漏斗计算简图

$$n = \frac{r}{W}$$

(7 -2 )

表7 -2 按n 值划分的爆破类型

项次	爆破类型	n	特点
1	外部爆破	0.2	药包置于岩石表面
2	松动爆破	0 < n < 0.75	爆后岩石基本不被抛出
3	标准抛掷爆破	1	r = W，爆后部分岩石被抛出
4	加强抛掷爆破	>1	r > W，爆后绝大部分岩石被抛出
5	减弱抛掷爆破	0.75 ~1	r < W，爆后大部分岩石不能从漏斗中抛出

第八章 爆破材料

爆破材料主要包括炸药和起爆材料。炸药又分为起爆药和破坏药两种。起爆材料包括雷管、导火索和传爆线等。

第一节 工程炸药的性能及起爆

一、工程炸药及其性能

火药（我国三大发明之一）的发明和应用，对人类社会起了十分重要的推动作用。人们第一次有可能利用大量廉价的能源代替人力劳动，创造幸福生活与物质财富，这个荣誉应属于我们祖国。到13 世纪才由丝绸之路经阿拉伯传入欧洲，直到18 ~19 世纪初，由于化学工业的发展，西方才出现了不同的炸药新品种。

炸药的种类很多，按炸药的物理状态，有液体、固体、粉末状、鳞片状、熔铸体、压制体和胶质等形式。工程中常用的炸药有：梯恩梯、硝铵炸药、胶质炸药及黑火药等。见表8 -1 ~ 表8 -3。

表8 -1 黑火药主要组成及性能

化学组成	性能	特性	使用范围
硝酸钾75 % ~78 % ； 硫磺 10 % ~ 12 % ； 木炭10 % ~15 %	密度：0.9 ~ 1.0g / cm <sup>3</sup> 爆力：65ml 爆炸 猛度低，遇火花或 热到280 即爆炸， 并产生大量有毒气 体	易溶于水，吸湿性强， 受潮后不能使用；敏 感性强，易燃烧，火 星可以点燃，敲打、 摩擦易引起爆炸	内部药包爆破松软岩 石和土层；开采料石 或制作导火索。不宜 作裸露爆破药包；在 有瓦斯或矿尘危险的 工作面，不准使用

第一篇  土方与爆破工程

表8 -2    几种常用国产硝铵炸药性能

炸药名称	级成成分（%）				度 (g /cm³ )	爆力 (ml )	猛度 (mm )	殉爆 距离 (cm )	抗水 性	适用范围
	硝酸 铵	梯恩 梯	木粉	其它 物质						
1 号高威力	65 3	5	铝粉4	黑索金 24 硬脂酸 钙 0 7	1 0 ~1 .1	450	13 ~21	9	良好	无瓦斯地下或露天用
1 号岩石铵 梯	83 0	14	3	-	0 95 ~ 1 05	350	13	9	差	无瓦斯地下或露天用
2 号岩石铵 梯	85 0	11	4	-	0 95 ~1 .05	320	12	8	差	无瓦斯地下或露天用
2 号岩石抗 水铵梯	85 0	11	3 2	沥青 0 4 石蜡 0 4	0 95 ~1 .05	320	12	8	好	无瓦斯地下或露天用
1 号露天铵 梯	82 0	10	8	-	0 8 ~1 0	300	11	5	差	露天爆破用
2 号露天铵 梯	86 0	5	9	-	0 8 ~1 0	280	9	4	差	露天爆破用
3 号露天铵 梯	88 0	3	9	-	0 8 ~1 0	260	8	3	差	露天爆破用
4 号露天铵 梯	85 0	-	15	-	0 9	260 ~280	8	2	差	露天爆破用
1 号煤矿铵 梯	68 0	15	2	食盐15	0 9 ~1 05	290	12	6	差	有瓦斯危险矿井用
2 号煤矿铵 梯	71 0	10	4	食盐20	0 9 ~1 05	250	10	5	差	有瓦斯危险矿井用
3 号煤矿铵 梯	67 0	10	3	食盐20	0 9 ~1 05	240	10	5	差	有瓦斯危险矿井用
14 号低密 度铵梯	68 0	硝酸铵 11	14	硝化甘油、 硝化乙二 醇7	0 65 ~0 .75	330 ~350	7 ~8	3 ~5	差	无瓦斯地下或露天用
低量硝化 铵梯	78 5	12 5	2	硝化甘油6 防水济1	0 95 ~1 .05	370	16	15	良好	无瓦斯地下或露天用
粒 状 二 萘 炸药	88 0	-	-	二硝基萘 12	1 05	360	14	4	良好	无瓦斯地下或露天用

注：碳酸铵为氧化剂；木粉、铝粉为可燃剂，铝粉作可燃剂可提高炸药威力；梯恩梯、墨索金、硝化甘油、硝化乙二醇、二硝基萘为敏感剂；食盐为消焰剂；沥青、石蜡、硬脂酸钙为抗水剂。

表8 -3 铵油、铵松蜡炸药的组成与爆炸性能

组成与性能		炸药名称				
		铵油炸药			铵松蜡作药	
		1 号	2 号	3 号	1 号	2 号
组成 (%)	硝酸铵	0 2 ±1 5	92 ±1 5	94 5 ±1 5	91 ±1 5	
	柴油	4 ±1 0	1 8 ±0 5	5 5 ±1 5	-	1 5 ±0 5
	木粉	4 ±0 5	6 2 ±1 0	-	6 5 ±1 0	5 ±0 5
	松香	-	-	-	1 7 ±0 3	1 7 ±0 3
	石蜡	-	-	-	0 8 ±0 2	0 8 ±0 2
水分 (%) 不大于		0 25	0 80	0 80	0 25	0 25
密度 (g/cm <sup>3</sup> )		0 9 ~1 0	0 8 ~0 9	0 8 ~1 0	0 9 ~1 0	0 9 ~1 0
性能	猛度 (mm) 不小于	12	钢管18	钢管18	12	12
	爆力 (ml) 不大于	300	250	250	300	310
	殉爆距离 (cm) 浸水前不小于	5	-	-	5	5
	浸水后不小于	-	-	-	4	2
	爆速 (m/s) 不低于	3300	钢管3800	钢管3800	3200	3300
包装		六盒一箱 (体积607 ×367 ×280mm ) , 每箱净重31 2kg				
有效使用期		八个月				

注 :1 . 普通硝化甘油炸药 , 在零上8 ~10 会冻结 , 冻结后非常危险 , 受轻微撞击或摩擦会引起爆炸。

2 . 耐冻硝化甘油炸药 , 在零下15 能冻结 , 冻结后同样很危险 , 在贮存及使用时 , 必须严格遵守有关安全规定。

常用以下几个指标表示炸药的爆炸性能 :

1 . 爆力与猛度 : 爆力是指炸药破坏一定量介质 (土或岩石) 的能力 , 常以铅铸扩孔试验法来确定爆力。猛度是指炸药破坏一定量介质使之成为细块的能力 , 也就是衡量炸药猛烈的程度。可用铅柱压缩试验法测定。

2 . 氧平衡 : 即炸药在爆炸分解时的氧化情况。如炸药本身的含氧量恰好等于其中可燃物完全氧化时所需的氧 , 这时称为零氧平衡。如含氧量不足 , 可燃物不能完全氧化 , 则产生有害气体一氧化碳 , 这时称为负氧平稳。如含氧量过多 , 将炸药所放出的氮也氧化成有害气体二氧化氮 , 这时称为正氧平衡。无论是正氧平衡还是负氧平衡 , 都会带来两大害处 : 一是热能量减少 , 威力降低 , 影响爆破效果 ; 二是生成有毒气体。

3 . 安定性 : 安定性即炸药在长期贮存中 , 保持其化学物理性能不变的能力。包括物理安定性和化学安定性两个方面。物理性质包括吸湿、结块、挥发、渗油、老化、冻结和耐水等。化学性质是指炸药的原有化学成分及爆炸能力。



- 4 . 敏感性：敏感性即炸药在外界能量作用下引起爆炸反应的难易程度。
- 5 . 殉爆距离：殉爆距离即爆炸的药包引起相邻药包起爆的最大间隔（m）。

二、炸药的起爆

起爆炸药都是很猛烈的炸药，一般用它们制造雷管、导爆线和起爆药包等。它具有下列特点：对简单的激发冲量很敏感。例如受到冲击、摩擦或接触火焰及电能等即能起爆；爆炸速度增加很快，而易于由燃烧转变为爆轰；具有很大的化学安定性；具有很好的松散性和压缩性。常用的起爆炸药名称和性质如表8 -4 所示。

表8 -4 起爆炸药的爆炸性能

炸药名称	爆燃点 ( )	爆速 (m /s)	爆热 (KJ /kg)	爆温 ( )	生成气 体量 (L /kg)	爆力 (ml)	猛度 (mm)	适用范围
雷汞 Hg (CNO ) <sub>2</sub>	160 ~165	5050	1549	4180	311	-	-	雷管正起爆药
选氮铅 Pb (N <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	327	5300	1590	4030	308	-	-	雷管正起爆药
史蒂酚酸铅 C <sub>6</sub> H (NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> O <sub>p</sub> b	270	4800	1616	2100	-	-	-	雷管正起爆药
特屈儿 C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> NCH <sub>3</sub>	195 ~220	7200	4564	3900	-	380	20 ~22	坑管正起爆药
黑索金 C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> N <sub>3</sub> (NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>	230	8300	5861	3850	900	520	29	雷管副起爆药，传爆线
泰安 C (OH <sub>2</sub> ONO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub>	245	8400	5861	4010	800	500	25	雷管副起爆药，传爆线

第二节 起爆器材

一、导火索

导火索是用来起爆火雷管和黑火药的起爆材料。其性能见表8 -5。

表8 -5 导火索技术指标、质量要求及检验方法

构造	技术指标	质量要求	检验方法	适用范围
内部为黑火药芯，外面依次包缠棉线和黄麻（或亚麻）、涂沥青、包纸等，外面再用棉线缠紧，涂以记潮剂，索头亦涂有防潮剂	外径：5 2 ~ 5 8mm ； 药芯直径不小于2 2mm ； 燃速：100 ~ 125s /m （缓燃导火索为180 ~210s /m ； 喷火强度：不低于50mm	1 . 粗细均匀，无折伤、变形、受潮、发霉、严重油污、剪断处散头等现象； 2 . 包裹严密，纱线编织均匀，外观整洁，包皮无松开破损； 3 . 在存放温度不超过40 、通风、干燥条件下保证期为2年	1 . 在1m 深静水中浸泡4h后，燃速和燃烧性能正常； 2 . 燃烧时无断火、过火、外壳燃烧及爆声； 3 . 使用前做燃速检查，先将原来的导火索头剪去50 ~100mm ，然后根据燃速将导火索剪到所需的长度，两端须平整，不得有毛头，检查两端药芯是否正常	可用于无瓦斯或矿尘爆炸危险的作业面

注：每盘长250 ±2m 。内包装塑料袋，外包装纸箱，每隔1000m 。

二、导爆索

又名传爆线，外表与导火索相同，但传爆速度快，其技术指标等见表8 -6 。

表8 -6 导爆索技术指标、质量要求及检验方法

构造	技术指标	质量要求	适用范围
芯药用爆速高的烈性黑索金制成，以棉线纸条为包缠物，并涂以防潮剂，表面涂以红色。索头涂有防潮剂	外径：4 8 ~6 2mm ； 爆速：不低于6506m /s ； 抗拉强度： 306kg ； 点燃：用火焰点燃时不爆燃、不起爆（应用8 号火雷管起爆）； 起爆性能：2m 长的导爆索能完全起爆一个200g 的压装梯恩梯药块	1 . 外观无破损、折伤、药粉撒出、松皮、中空现象。扭曲时不折断，炸药不散落。无油脂和油污； 2 . 在0 5m 深的水中浸24h ，仍能传爆可靠； 3 . 在 -28 ~50 内不失起爆性能； 4 . 在温度不超过40 、通风、干燥条件下，保证期为2 年	用于一般爆破作业中直接起爆2 号岩石炸药；用于深孔爆破和大量爆破药室的引爆。并可用于几个药室同时准确起爆，不用雷管。不宜用于有瓦斯、矿尘的作业面及一般炮孔法爆破

注：每卷长50 ±0 5m 。内卷装每卷用塑料袋包装，外包装用木箱，每箱500m 。

三、导爆管

由普通热塑性塑料制成，外径约3mm ，内径约1 .35mm ，内壁涂有一层以奥克托金

为主体的混合炸药。它不同于塑料导爆索，因为它工作时炸药在管内反应，管体不爆炸，对环境无破坏效应。当它被激发后，管内炸药剧烈反应，产生发光的冲击波，并以2000m/s的速度稳定地传递爆炸能量。关于导爆管的技术指标、质量要求参见表8-7。

表8-7 导爆管技术指标、质量要求

构造	技术指标	质量要求	适用范围
在半透明软塑料管内壁涂薄薄一层胶状高能混合炸药（主药为黑索金或奥克托金），涂药量为16±1.6mg/m	外径： $30\pm\begin{smallmatrix}0.1\\0.2\end{smallmatrix}$ mm 内径：1.4±0.1mm； 爆速：1650~1950m/s±50m/s； 抗拉力：25s时不低于70N；50s时不低于50N；-40℃时不低于100N； 耐静电性能：在30kV、30PF、极距10cm条件下，1min不起爆；耐温性：+50±5℃，-40±5℃时起爆、传爆可靠	1. 表面有损伤（孔洞、裂口等）或管内有杂物者不得使用； 2. 传爆雷管在连接块中能同时起爆8根塑料导爆管； 3. 在火焰作用下，不起爆； 4. 在80m深水处经48h后，起爆正常； 5. 卡斯特落锤10kg，150cm落高的冲击作用下，不起爆	适用于无瓦斯、矿尘的露天、井下、深水、杂散电流大和一次起爆多数炮孔的微差爆破作业中，或上述条件下的瞬发爆破或秒延期爆破

（一）火雷管

即普通雷管，是用导火线点燃来起爆药包时用的，它的构造如图8-1所示。

雷管外壳为纸管或金属管，内装起爆药，底部做成对称窝槽（聚能穴），使冲击波通过凹面时因折射而集中，增加起爆效果。其另一端开口，以便插入导火线。火雷管的规格性能见表8-8。火雷管的敏感度大，受撞击、摩擦、热和火花作用时，都会引起爆炸。操作时应小心谨慎。

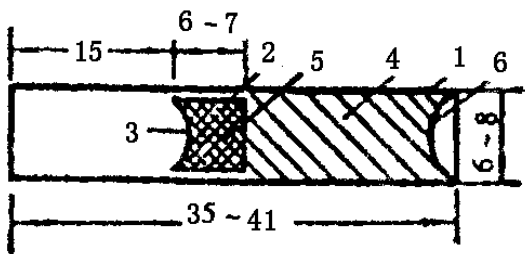


图8-1 火雷管的构造（单位：mm）

1. 管壳 2. 金属加强帽 3. 帽孔 4. 副装药 5. 正装药 6. 窝槽

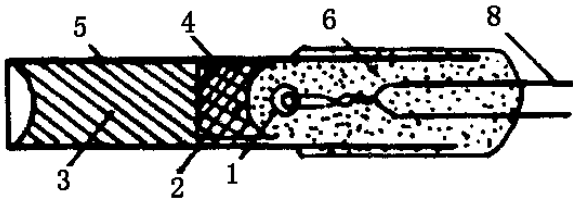
表8 -8 火雷管的规格及性能

雷管号码	6 号	8 号	8 号
雷管壳材料	铜、铝、铁	纸	
管壳（外径×全长）（mm）	6 6 ×35	6 6 ×40	7 8 ×45
加强帽（外径×全长）（mm）	6 .16 ×6 5	6 .16 ×6 5	6 25 ~6 32 ×6
特性	遇撞击、摩擦、搔扒、按压、火花、热等影响会发生爆炸；受潮容易失效		
点燃方法	利用导火索		
试验方法	外观检查：有烈口锈点、砂眼、受潮、起爆药浮出等不能使用 振 动试验：振动5min 不允许爆炸、洒药、加强帽移动 铅板炸孔：5mm 厚的铅板（6 号用4mm 厚），炸穿孔径不小于雷管外径		
适用范围	内于一般爆破工程，但在有沼气及矿尘较多的坑道工程不宜使用		
包装	内包装为纸盒，每盒100 发；外包装为木箱，每箱50 盒5000 发		
有效保证期	二年		

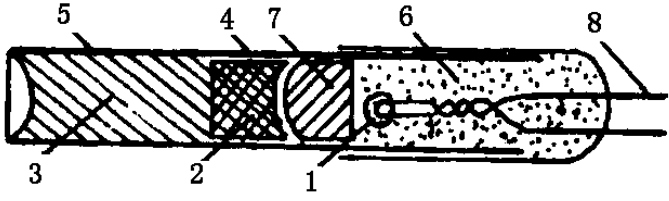
(二) 电雷管

电雷管是由普通雷管和电力引火装置所组成。电雷管通电后，电阻丝发热，使发火剂点燃，立即引起正起爆药爆炸的叫即发雷管，见图8 -2 （a），当电力引火装置与正起爆药之间放上一段缓燃剂时为迟发电雷管，见图8 -2 （b），迟发雷管又分延期电雷管和毫秒电雷管。

即发、延期及毫秒电雷管的规格、性能见表8 -9 ~ 表8 -11。



(a) 即发电雷管



(b) 延期和毫秒电雷管

图8 -2 电雷管的构造示意图

- 1．电气点火装置2．正装药3．副装药4．加强帽  
5．管壳6．密封胶和防潮涂料7．缓燃剂8．脚线

表8 -9  即发电雷管的规格及主要性能

项目		紫铜雷管		铝铁雷管		纸雷管
		6 号	8 号	6 号	8 号	8 号
规格（直径×长）(mm )		6 6 ×35	6 6 ×40	6 6 ×36	6 6 ×40	7 8 ×45
脚线长度 (mm )		750 ~1200	1000 ~1600	1500	2000	2500
性能	电阻	0 85 ~1 2	0 90 ~1 25	0 95 ~1 35	1 05 ~1 45	1 .15 ~1 55
	齐发性	20 发串联齐爆（通以1 2A 电流）				
	安全电流	0 05A （康铜桥丝） ;0 02A （镍铬桥丝）				
	发火电流	0 5 ~1 5A				
检验方法		外观检查：金属壳雷管表面有绿色斑点和裂缝、皱痕或起爆药浮出；纸壳坭管表面面有松裂，管底起爆药有碎裂以及脚线有扯断者，均不能使用 导电检查：用小型电阻表检查电阻，同一个线路中，雷管电阻差 0 2 震动试验：震动5min ，不允许爆炸、结构损坏、断电、短路 铅板炸孔 :5mm 厚的铅板（6 号用4mm 厚），炸穿孔径不小于雷管外径				
适用范围		用于一切爆破工程起爆炸药，导爆索导爆管，但在有瓦斯及矿尘爆炸危险的坑道工程不宜使用				
包装		内包装纸盒，每盒100 发；外包装木箱，每箱10 盒1000 发				
有效保证		二年				

表8 -10  迟发秒电雷管的规格及主要性能

延期时间 (s)	4	6	8	10	12
导火线长度 (mm )	26 0 ~26 5	38 0 ~39 5	52 0 ~52 5	65 5 ~66 0	77 5 ~78 0
管体长度 (mm )	63	76	90	102	114
管壳段数（段）	1 或2	1 或2	2	2	
性能	除有延期时间的要坟外，其它性能与既发电雷管相同，串联试验时，串联试验时，不要求齐爆，但要求全爆				
适用范围	用于没有沼气、爆炸气体信矿尘较多的坑道和各种爆破工程，特别适于几个雷管先后爆作时使用，如炮孔法分层爆作				

注：迟发秒电雷管的号码、管壳分段、检查方法、包装、保证期与既发电雷管相同。

表8 -11 迟发毫秒电雷管的规格及主要性能

项目		铝镁雷管	铁雷管	纸雷管
		8 号	8 号	8 号
段数		1 ~130	1 ~15	1 ~5
脚线长度 (mm )		3000	2000	2000
性能	电阻 ( )	1 6 ~20	1 5 ~3 5	4 0 ~6 0
	齐发性	20 发（铝镁管为30 发）串联齐爆通以1 5A 电流应瞬时全爆		
	安全电流	0 .1A 直流通5min 不爆炸		
	发火电流	0 7 ~1 0A		
检验方法		导电检查法：用不大于0 05A 直流电检查雷管是否导通，不导通的不能使用 铝板炸孔 :5mm 厚的铅板，炸穿孔径不小于雷管外径		
适用范围		适用于大面积爆破作业，成组或单发起爆各种锰性药包。不能用于沼气爆炸的作业面		
包装		金属管包装每盒50 发，包包装木箱每箱500 发；纸管每盒100 发，外包装木箱，每箱1000 发		
有效保证证期		二年表1 -4 -12 迟发秒电雷管的规格及主要性能		

## 第九章 药包的分类及药包量的计算

### 第一节 药包的概念与分类

用来爆破某一特定目标的炸药称为药包。

药包的分类如下：

1．按形状的不同，可分为集中药包和延长药包。集中药包以球形为标准，凡高度不超过直径4 倍的圆柱形或最长边不超过其任意最短边4 倍的直角六面体均属于集中药包；否则，就属于延长药包。

在有的爆破工程中，将药包做成“+”或“T”等几何形状（称几何药包），此时可用集中系数 来判断：

$$=0.623 \frac{\sqrt[3]{V}}{S} \quad (9-1)$$

式中 V ——药包体积，m<sup>3</sup>；

S ——药包中心至药包最远点的距离，m。

0.41 为集中药包，否则为延长药包。

2．按爆破作用可分为抛掷药包、松动药包、隐藏药包、裸露药包。当介质性质、药包埋置深度、炸药性质一定时，药包量的大小决定爆破漏斗的大小（或不形成漏斗）：

n =1.0 时的爆破漏斗的药包，称为标准药包或标准抛掷药包；

n >1.0 时，爆破漏斗为宽而浅的扩大形状，称为加强抛掷漏斗，这种药包称为加强抛掷药包；但n >3 时，则不能发生更大的抛掷作用。

0.75 <n 1.0 时，成缩小的抛掷漏斗形状，称为减弱抛掷漏斗，这种药包称为减弱抛掷药包或加强松动药包；

0.2 < n 0.75 时，介质不发生抛掷现象，只能形成凸起的漏斗，称为松动爆破漏斗，只能使岩石松动，称为松动爆破，这种药包称为松动药包；

n 0.20 时，爆破作用在岩石内部，称隐藏式爆破，这种药包称内部作用药包；

裸露药包指安置在介质临空面上的药包，如在孤石表面安置药包，粉碎孤石。

以上都是就一个自由面的情况而言，如有两个或两个以上自由面的情况下，药包爆

炸后是将两条或两条以上最小抵抗线（对应各自由面而言的  $r_i$ ）之间的岩石破碎，不致形成爆破漏斗。同样大小的药包，如能充分利用介质体的自由面，或者增辟自由面，就能更充分发挥药包的爆破效果。当介质体有几个自由面时，则破碎介质体的抛掷方向将沿最短的最小抵抗线的方向，定向爆破就利用这一规律。布置炮孔时，不使炮孔方向与最小抵抗线一致，就可使炸药发挥更大的爆破效果，因此，与自由面斜交的炮孔总是比垂直自由面的炮孔更为有利。其次，在具有两个以上自由面的介质体中布炮孔，应使对应各自由面的最小抵抗线大体相等，这样可防止向一个方向抛掷，提高爆破效果。

第二节 药包量的计算

药包内炸药的数量（重量）称药包量。

药包炸药量的计算至今并无准确的计算公式，因此，对于较大的爆破工程，宜在现场进行爆破试验，检定公式中的参数，以确定炸药用量。

一、爆破单位体积岩土炸药用量

炸药用量与其所破碎岩土的体积成正比：

$$Q = q \cdot V \tag{9-2}$$

式中  $Q$  ——炸药量，kg；

$V$  ——被破碎的岩土体积， $m^3$ ；

$q$  ——单位体积岩土的炸药用量， $kg/m^3$ 。

$q$  值与岩土的坚实程度有关，初算可查表9-1、表9-2、表9-3、表9-4。

表9-1 炸药单位消耗量 $q$  值

土的类别	一	二	三	四	五	六	七	八
$q (kg/m^3)$	0.5 ~1.0	0.6 ~1.1	0.9 ~1.3	1.2 ~1.5	1.4 ~1.65	1.6 ~1.85	1.8 ~2.6	2.1 ~3.25

注：本表以2号岩石硝铵炸药为准，当用其它炸药时，须乘以换算系数 $e$ 值。表中所列 $q$ 值是指一个自由面的情况。如为二个自由面，应乘以0.83；三个自由面乘以0.67；四个自由面乘以0.50；五个自由面乘以0.33；六个自由面乘以0.17。表中土的工程分类见表9-2。表中 $q$ 值是在药孔堵塞良好，即堵塞系数为1的情况下定出。如果堵塞不良，则应乘以堵塞系数 $d$ ，见表9-3。



表9 -2 土的工程分类

土的分类	土的级别	土的名称	坚实系数 (f)	密度 (kg /m <sup>3</sup> )	开挖方法及工具
一类土 (松软土)		砂 ;亚砂土 ;冲积砂土层 ; 种植土、淤泥	0.5 ~0.6	600 ~1500	能用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)		亚粘土 ;潮湿的黄土 ;夹 有碎石、卵石的砂 ;种植 土、填筑土及亚砂土	0.6 ~0.8	1100 ~1600	用锹、锄头挖掘 ,少许 用镐翻松
三类土 (坚土)		软及中等密实粘土 ;重亚 粘土 ;粗砾石 ;干黄土及 含碎石、卵石的黄土、亚 粘土 ;压实的填筑土 重粘 土及含碎石、卵石的	0.8 ~1.0	1800 ~1900	主要用镐、少许用锹、 锄头挖掘 ,部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)		粘土 ;粗卵石 ;密实的黄 土 ;天然级配砂石 ;软泥 灰岩及蛋白石 硬石炭纪 粘土 ;中等密实	1.0 ~1.5	1900	整个用镐、撬棍 ,然后 用锹挖掘 ,部分用楔子 及大锤
五类土 (软石)	~	的页岩、泥灰岩、白垩土 ; 胶结不紧的砾岩 ;软的石 灰岩	1.5 ~4.0	1100 ~2700	用镐 或 撬 棍、大 锤 挖 掘 ,部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	~	泥岩 ;砂岩 ;砾岩 ;坚实的 页岩、泥灰岩 ;密实的石 灰岩 ;风化花岗岩、片麻 岩	4.0 ~10	2200 ~2900	用爆破方法开挖 ,部分 用风镐
七类土 (岩石)	~	大理岩 ;辉绿岩 ;玢岩 ; 粗、中粒花岗岩 ;坚实的 白云岩、砂岩、砾岩、麻 岩、石灰岩 ;风化痕迹的 安山岩、玄武岩	10 ~18	2300 ~3100	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	~	安山岩 ;玄武岩 ;花岗片 麻岩 ;坚实的细粒花岗 岩、闪长岩、石英岩、辉长 岩、辉绿岩、玢岩	18 ~25 以上	2700 ~3300	用爆破方法开挖

注： 土的级别为相当于一般16 级土石分类级别。 坚实系数f 为相当于普氏岩石强度系数。

表9 -3 堵塞系数d 的数值

实际堵塞长度B 与计算堵塞长度B 的比值B /B		1 .00	0 .75	0 .50	0 .25	0
对土	烈性炸药	1 .0	1 .2	1 .4	1 .7	2 .0
	黑火药	1	2	4	6	12
对岩石和混凝土	烈性炸药	1 .0	1 .2	1 .4	1 .7	2 .0
	黑火药	1	2	4	6	—

表9 -4 炸药换算系数e 值表

炸药名称	型号	换算系数	炸药名称	型号	换算系数
岩石硝铵	1 号	0 .9	35 %胶质炸药	普通	1 .06
岩石销铵	2 号	1 .0	混合胶质炸药	普通	1 .0
露天硝铵	2 号、3 号	1 .14	梯恩梯		1 .05 ~1 .14
62 %胶质炸药	普通	0 .89	铵油炸药		1 .14 ~1 .36
62 %胶质炸药	耐冻	0 .89	黑火药		1 .14 ~1 .42

二、集中药包药量的计算

爆破用药量与岩土特性、临空面数量、爆破方量及现场施工条件等因素有关。通常采用集中药包的各种药包类型药包量的计算公式为：

1．标准抛掷药包 (n =1 .0)：

$$Q =e \cdot q \cdot W^3$$

(9 -3 )

式中 Q ——药包量 kg ；

q ——单位体积岩土的炸药用量 kg /m<sup>3</sup> ；

e ——与炸药性质有关的换算系数 ,因为表1 -4 -14 的q 值是以2 # 岩石硝铵炸药为准的 ,其它炸药应乘以e ；

W ——药包的最小抵抗线 m 。

2．加强松动药包及抛掷药包 (n >0 .75)：

当 W <25m 时

$$Q = (0 .4 +0 .6n^3) \cdot e \cdot q \cdot W^3$$

(9 -4 )

当 W >25m 时

$$Q = (0 .4 +0 .6n^3) \cdot e \cdot q \cdot W^3 \cdot \frac{W}{25}$$

(9 -5 )

对斜坡地面

$$Q = (0.4 + 0.6n^3) \cdot e \cdot q \cdot W^3 \cdot \frac{W \cos}{25} \tag{9-6}$$

式中各项符号意义与前述相同； $\alpha$  为山坡与水平面的交角； $\frac{W}{25}$  为重力修正系数； $\frac{W \cos}{W}$  为斜坡重力修正系数，当  $W \cos < 25$  时，不进行修正；爆破作用指数  $n$  值应小于 1.25 ~ 1.50。

3. 松动药包 ( $0.20 < n \leq 0.75$ )：

一般计算式

$$Q = 0.33e \cdot q \cdot W^3 \tag{9-7}$$

对斜坡地形或阶梯式地形

$$Q = 0.36e \cdot q \cdot W^3 \tag{9-8}$$

式中各项符号意义与前述相同。

4. 内部作用药包 ( $n \leq 0.20$ )：

$$Q = 0.8e \cdot q \cdot W^3 \tag{9-9}$$

式中各项符号意义与前述相同。

三、延长药包药量的计算

延长药包的安置方式有两种：一种是与临空面相垂直(见图9-1a)，另一种是与临空面相平行(见图9-1b)。

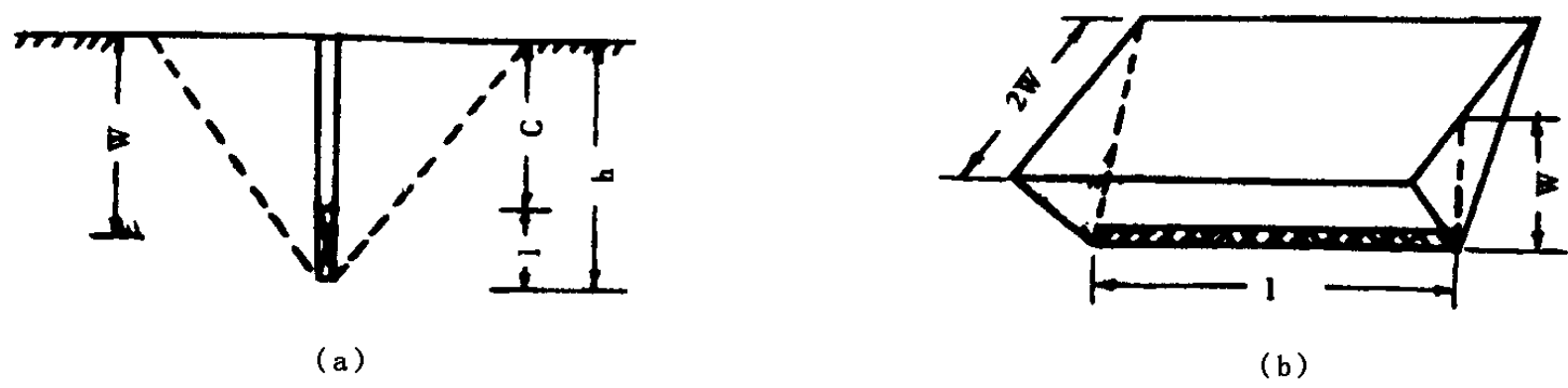


图9-1

(a)与自由面垂直的延长药包 (b)与自由面平行的延长药包  
h—炮眼深度 l—药包长度 c—药包堵塞长度 W—最小抵抗线

与临空面垂直的延长药包药量计算，完全可利用集中药包药量的计算公式，但最小抵抗线  $W$  值应取延长药包中心至临空面的垂直距离。

与临空面平行的延长药包药量计算：

$$Q = (0.4 + 0.6n^3) \epsilon \cdot q \cdot W^2 \cdot l \tag{9-10}$$

式中 $l$  为延长药包的长度 ,其余各项符号同前。

[例]在坚实的泥岩上开一个深 $1.6\text{m}$ 、直径 $42\text{mm}$  的炮孔 ,采用2 号岩石硝铵炸药(装药密度为 $0.9\text{g}/\text{cm}^3$ ) ,进行松动爆破。求在堵塞良好情况下的药包重量。

[解]由表1 -14 -15 查得坚实的泥岩为六类土 ,参考表1 -14 -15 取 $q = 1.75\text{kg}/\text{m}^3$  ,采用2 号岩石硝铵炸药 $\epsilon = 1$  ,炮孔装药长度 $l$  ,一般为炮孔深度的 $1/3 \sim 1/2$  ,现假定药包长 $l = \frac{h}{2} = \frac{1600}{2} = 800\text{mm}$  ,则堵塞物长 $C = 1.6 - 0.8 = 0.8\text{m}$   $W = 1.6 - 0.4 = 1.2\text{m}$ 。

由公式 (4 -9)得 :

$$Q = 0.33 \epsilon q W^3 = 0.33 \times 1 \times 1.75 \times 1.2^3 = 0.998\text{kg}$$

800mm 长药包重为  $\frac{\pi \times 42^2}{4} \times 800 \times 0.9 = 997\text{g} = 0.997\text{kg}$  ,与假定相符 ,堵塞长度有800mm 已充足 ,故所需药量定为1kg。

[例]一个集中药包置于坚实的砾岩下 $2.0\text{m}$  处 ,要求爆破作用指数 $n = 1.1$  ,有二个自由面 ,使用2 号岩石硝铵炸药。求堵塞系数 $d = 1.2$  时的药包重量。

[解]由表1 -4 -15 查得坚实的砾岩为七类土 ,参考表1 -4 -14 取 $q = 2.2\text{kg}/\text{m}^3$  ,有二个自由面 ,应乘以0.83 系数 ,同时已知 $W = 2.0\text{m}$   $n = 1.1$   $\epsilon = 1$   $d = 1.2$  ,由式(4 -6)得 :

$$\begin{aligned} Q &= (0.4 + 0.6n^3) \epsilon q W^3 \times 0.83 \times 1.2 \\ &= (0.4 + 0.6 \times 1.1^3) \times 1 \times 2.2 \times 2^3 \times 0.83 \times 1.2 \\ &= 21\text{kg} \end{aligned}$$

## 第十章 起爆方法

### 第一节 火花起爆与电力起爆

#### 一、火花起爆

火花起爆是以导火索燃烧时的火花引爆火雷管起爆药卷 ,再使药包爆炸。所用爆破器材有导火索、火雷管和点火材料。

1 . 火雷管起爆药卷的制作见图10 -1 。

起爆药卷就是将火雷管(或电雷管 ,电力起爆用)装入药卷内。制作起爆药卷应在专门的加工场内进行 ,只许在爆破工作点装药前制作该次爆破所需数量的起爆药卷 ,不得制成成品备用。制作时 ,解开药卷(最好是新出厂的)的一端使包皮敞开 ,将药卷捏松 ,用木棍轻轻在药卷中插一个孔 ,然后插入火雷管(连有导火索) ,收拢包皮纸 ,用细麻绳绑牢。导火索与火雷管的连接(连接后称火线雷管) :采用金属雷管 ,在导火索插入火雷管接触到加强帽时(不要猛插和转动 ,以免雷管爆炸) ,用手钳夹紧雷管口边缘5mm 处 ,使导火索固定 ,严禁用嘴咬或敲打 ;如为纸雷管 ,则用细麻绳或胶布缠紧。每卷导火索在使用前 ,应将两端各切去50mm ,并从一端切取1m 作燃速试验 ,合格后才能使用。

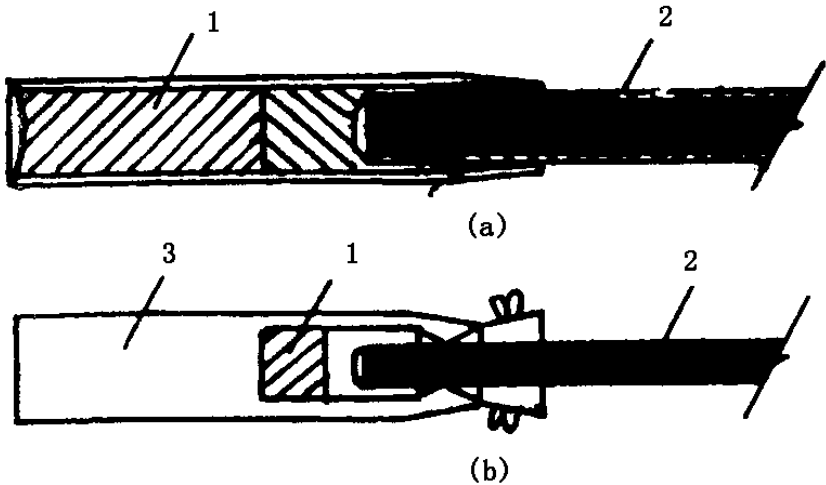


图10 -1 火花起爆雷管及起爆药包制作示意图

(a)导火索与雷管的连接 (b)雷管与药包的连接

1 . 火雷管2 . 导火索3 . 药包

2. 导火索的长度应根据点火人员在点燃全部应点燃的导火索后 ,能隐蔽到安全地点所需的时间来确定 ,且不得短于1 2m 。

导火索埋入炮孔内的长度不应超过4m 。在竖井内或点火人员撤离不便的地方爆破 ,不得采用火药起爆。导火索点火 ,宜采用一次点火 ,多人点火时 ,应有专人指挥 ,各点火人员应有明确分工 ； 人点火数超过5 个或多人点火时 ,应使用信号导火索或信号雷管控制点火时间。

3. 火药起爆应设专人计算响炮数 ,如响炮数与点火数不一致时 ,检查人员应在最后一炮响后不少于20min 方可进入爆破作业区。

4. 火花起爆操作简便 ,准备工作少 ,无需特殊设备、仪表 ,缺点为 :点燃导火索的根数受限制 ,操作人员处于爆破地点隐蔽处不够安全。

二、电力起爆

电力起爆是通过电雷管中的电点火装置 ,先使雷管内起爆药爆炸 ,再引爆药包。

1. 电力起爆用到的材料和仪表有：

电源、电线、电雷管和检查仪表等。电源通常利用放炮器(爆破仪)、干电池、蓄电池、移动式发电机、照明或动力电力线路等。电线用来连接电雷管组成电爆网络 ,一般用直径1 .13 ~1 .37mm 胶皮绝缘线或塑料绝缘线。检查仪表有小型欧姆计、伏特计、安培计、万能表及爆破电桥等。

2. 电雷管与电线的连接方式有：

(1)串联法 :适用于爆破数量不多 ,炮眼分散 ,电源电流不大的小型爆破。接线时 ,将电雷管的脚线一个接一个地连在一起 ,并将两端的两极线接至主线 ,通向电源。见图10 -2 (a) 。可用放炮器、干电池、蓄电池为起爆电源。优点 :线路简单、计算和连接方便、易于检查。缺点 :整个网路可靠性较差 ,如一个雷管发生故障 ,便会使电路中断拒爆 ;如敏感度有差别的电雷管串联在一条电路上 ,敏感度大的电雷管先发火引爆使电路中断 ,造成其它雷管拒爆。串联电爆网路的计算：

总电阻  $R =R_1 +R_2 +nr +R$  (10 -1 )

准爆电流 $I =i$  (10 -2 )

所需电压  $E =R \cdot I = (R_1 + +R_2 +nr +R ) \cdot i$  (10 -3 )

式中  $R_1$ ——主线电阻， ；  
 $R_2$ ——端线、连接线、区域线的电阻， ；  
 $n$ ——电雷管的数目；  
 $r$ ——每个电雷管的电阻， ；

$R$  ——电源的内电阻，当为照明线路或动力线路可忽略不计；  
 $i$  ——通过每个雷管的准爆电流  $A$ 。

②)并联法 适用于炮孔集中,电源容量较大,起爆很少电雷管的情况,各分支线路的电阻最好基本相同。接线时,将所有雷管的两根脚线分别接至两根主线上,或将所有雷管的其中一根脚线集合在一起,然后接在一根主线上,把另一根脚线也集合在一起,接在另一根主线上,见图10 -2 (b)。优点:各雷管的作用互不干扰,不易发生拒爆现象,如一个雷管发生拒爆,不影响整个起爆。缺点:连接较复杂,检查不方便,所用的电线多、截面大,电流消耗大,准爆总电流强度易超出电源的额定电流。如分支线路电阻相差较大时,可能产生不同时爆破或拒爆。

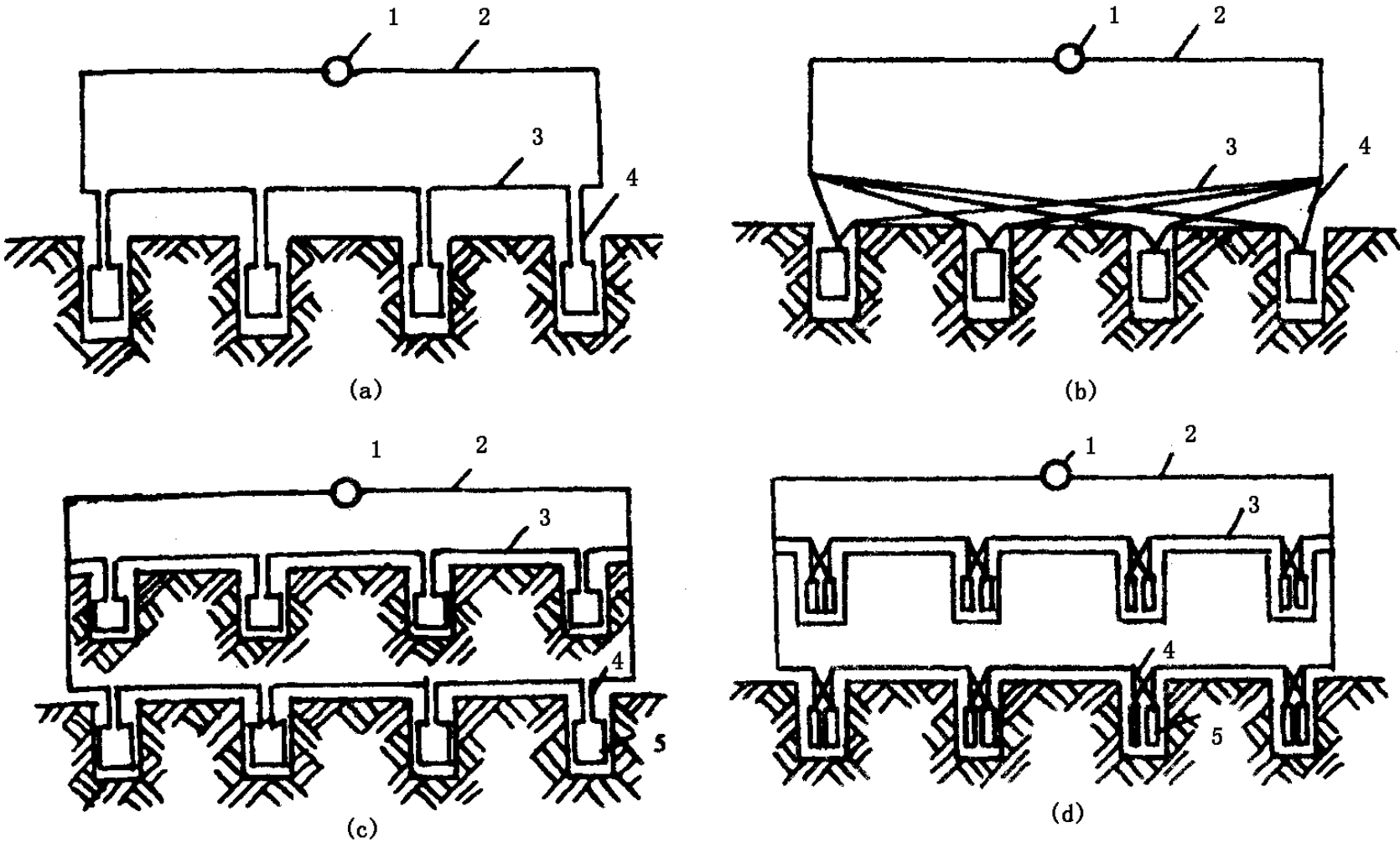


图10 -2 电雷管与电线连接方式示意图  
(a)串联法(b)并联法(c)串并联法(d)并串联法  
1. 电源2. 主线3. 联接线4. 脚线5. 电雷管

并联电爆网路的计算：

总电阻  $R = R_1 + R + \frac{1}{n}(R_2 + r)$  (10 -4 )

电路准爆电流  $I = ni$  (10 -5 )

所需电压  $E = R \cdot I = ni [R_1 + R + \frac{1}{n}(R_2 + r)]$  (10 -6 )

式中各符号意义与前述相同。

电阻平衡条件为 :各支路上的雷管电阻与端线、连接线等的电阻之和相同 ,这是并联

法的准爆条件之一。

当电源的电压为已知 ,则实际通过每个电雷管的电流强度*I* 为：

$$I = \frac{E}{n [R_1 + R + 1/n (R_2 + r)]} \quad (10 - 7)$$

3 . 串并联法 :适用于炮孔、药室组很多 ,距离较远及全部并联不足的情况 ,爆破深孔大直径药包及洞室药包。控制爆破采用分层迟发起爆布置药室时使用。接线时 ,将所有雷管分成几组 ,同一组的电雷管串联在一起 ,然后组与组之间再并联在一起 ,见图1 - 4 - 7 (c) 。优点 :同组中的电流互不干扰 ,药室中用成对的雷管 ,起爆较可靠。缺点 :线路计算和敷设较复杂 ,电线消耗量大。

串关联电爆网路的计算

$$\text{总电阻 } R = R_1 + R + \frac{1}{m} (R_2 + nr) \quad (10 - 8)$$

$$\text{电路准爆电流 } I = m \cdot i \quad (10 - 9)$$

$$\text{所需电压 } E = R \cdot I = mi [R_1 + R + \frac{1}{m} (R_2 + nr)] \quad (10 - 10)$$

如果电源电压已知 ,则实际通过每个雷管的电流*I* 为：

$$I = \frac{E}{m [R_1 + R + 1/m (R_2 + nr)]} \quad (10 - 11)$$

上述各式中 *m* 为并联支路数(或称并联群数 ,如图1 - 4 - 7c *m* =2 ) ;其它符号与前述相同。

4 . 并串联法 :又称并串并联法 ,适用于一次起爆多个药包 ,而药室又设置在很长的距离内。每个药室需设2 个以上电雷管 ,并要求进行多段延期爆破 ,或无足够的电源、电压时使用。接线时 ,将所有雷管分成几组 ,同一组的雷管并联在一起 ,然后组与组之间再串联在一起 ,见图1 - 4 - 7 (d) 。优点 :可靠性较串联大 ,可用较低电压。缺点 :线路计算和敷设较复杂 ,有一个雷管拒爆时 ,将切断一个分组的线路。

并串并联电爆网路 ,更应注意电阻平衡 ,否则很容易引起拒爆。为此 ,先算出每一个大支路的电阻：

$$R_i = \frac{m_i \cdot r}{n} + R_{2i} \quad (10 - 12)$$

- 式中 *R<sub>i</sub>*——第*i* 大支路的电阻 , ；  
*m<sub>i</sub>*——该支路药室数目 ；  
*r*——每个电雷管的电阻 , ；  
*n* ——每药室并联雷管数 ；  
*R<sub>2i</sub>*——第*i* 大支路端线、连接线、区域线的电阻 , 。



然后以其中最大电阻  $R_{\text{最大}}$  为准 ,对其它大支路加入附加电阻 ,使各大支路电阻相等。

总电阻  $R_{\text{总}} = R_1 + R + \frac{1}{N} \cdot R_{\text{最大}}$  (10 -13 )

准爆电流  $I = n Ni$  (10 -14 )

所需电压  $E = R_{\text{总}} \cdot I = n Ni (R_1 + R + \frac{1}{N} R_{\text{最大}})$  (10 -15 )

式中  $N$  为大支路数 ,其它符号同前。

如果电源电压为已知 ,则实际通过每个电雷管的电流  $I$  为 :

$$I = \frac{E}{n Ni (R_1 + R + \frac{1}{N} R_{\text{最大}})} i$$
 (10 -16 )

3 . 电力起爆注意事项 :

(1 )对于大型或重要的爆破工程 ,宜用复式网路 ,以保证爆破工程顺利进行。在同一串联网路上 ,必须使用同厂、同批、同牌号的电雷管 ,各雷管(脚线长度为2m )之间的电阻差值不得大于 :

康铜桥丝 :	铁脚线	0 .30
	铜脚线	0 .25
镍铬桥丝 :	铁脚线	0 .80
	铜脚线	0 .30

(2 )检测电雷管和电爆网路的电阻时 ,必须使用爆破电桥或专用的爆破仪表 ,其输出电流值不得大于30mA 。检测电雷管电阻 ,应在专用的加工房内或在隐蔽、僻静的地点进行 ,并应采取安全防护措施。

(3 )电爆网路中每个电雷管的准爆电流为 :

康铜桥丝电雷管 :	交流电	不小于3A
	直流电	不小于2A
镍铬桥丝电雷管 :	交流电	不小于2 .5A
	直流电	不小于1 .5A

大型爆破 ,上述电流应增加50 %。

(4 )电爆网路采用的绝缘导线 ,其绝缘性能、线芯截面积应符合设计要求。使用前 ,应进行电阻和绝缘试验。

(5 )导线连接时 ,应将线芯表面擦净 ,连接应牢固 ,不得错接、漏接和接触地面 ,严禁采用水或大地作为电爆网路的回路。

(6 )爆破区或洞室内即将运入起爆药包时 ,应将所有电气装置和动力、照明线路等完全断电 ,洞室内使用防爆安全矿灯或绝缘手电筒照明。

当爆破区内已经装人引爆药包遇有雷电时 ,应将已连接好的各主、支线端头解开 ,并

分别绝缘。当洞室内已经装入起爆药包遇有雷电时 ,应将两根导线的端头分别绝缘 ,并将导线放入洞内 ,距洞口不小于5m 。导线与地面应用绝缘物隔离。在爆破区或洞室内的所有人员应停止作业 ,迅速撤离危险区。

(7)起爆前 ,应检测电爆线路的总电阻值 ,如其与计算值差10 % 以上时 ,应查明原因并清除故障后方可起爆。

(8)起爆后 ,如发生拒爆 ,应立即切断电源 ,并将全线短路。如使用的为即发雷管 ,应在短路后不少于5 分钟 ,方可进入现场 ;如使用的为迟发雷管 ,应在短路后不小于15 分钟 ,方可进入现场。

(9)在有杂散电流、静电、感应电或高频电磁波等可能引起电雷管早爆的地区和雷击区爆破时 ,不得采用电力起爆。

## 第二节 导爆索起爆

导爆索爆速很高 ,可使群药包在瞬间同时爆炸 ;当采用延长药包或在大的峒室药包中 ,利用导爆索 ,可增大爆速 ,保证爆炸完全 ,从而提高爆炸效果。导爆索起爆法的主要优点是药包中不需放雷管 ,装药和堵塞等操作较为安全 ,准爆性能较好。缺点为成本高 ,因此 ,仅用于深孔爆破、大爆破和控制爆破 ,常与电力起爆并用。一般作法是在药室外的一段导爆索绑扎一个8 号雷管(或用电热)来起爆。

### 一、导爆索的连接方式

串联、分段并联并簇联等 ,见图10 -3 (a)、(b)、(c) 。其中串联有电力起爆串联相同的缺点 ,很少使用 ;分段并联能保证准确起爆 ,使用较广泛 ;并簇联 ,导爆索耗量大 ,仅在药包集中(如基坑(槽)、巷道爆破)中使用。

导爆索联接 ,应按出厂说明书的要求作 ,通常采用搭接法 ,搭接长度为20 ~30cm ,最短不得小于15cm ,应用细麻线或胶布绑扎牢实。支线与主线连接时 ,支线的端头必须朝着主线爆炸方向 ,其间的夹角应大于90 ° ,见图10 -3 (d)、(e) 。不得用图10 -3 (f)的连接方法 ,以免发生拒爆。导爆索网路应避免交叉布设 ,平行布设的间距不得小于20cm 。在药包内 ,导爆索的一端应卷绕成起爆束 ,如图10 -3 (g) ,以增加起爆能力。

### 二、导爆索起爆注意事项

1 . 导爆索网路中不得绕成环状或丝扣状 ,以防止导爆索破损或折断 ;在同一导爆索

网路上,应使用同厂、同批和同牌号的导爆索。

- 2. 气温高于30 时,露在地表的导爆索,要用纸或土遮盖,防止烈日爆晒。
- 3. 导爆索在接触铵油炸药的部位,必须用防油材料保护,以防药芯浸油。
- 4. 起爆导爆索网路应使用两个雷管,在一个网路上如有两组导爆索时,应同时起爆。

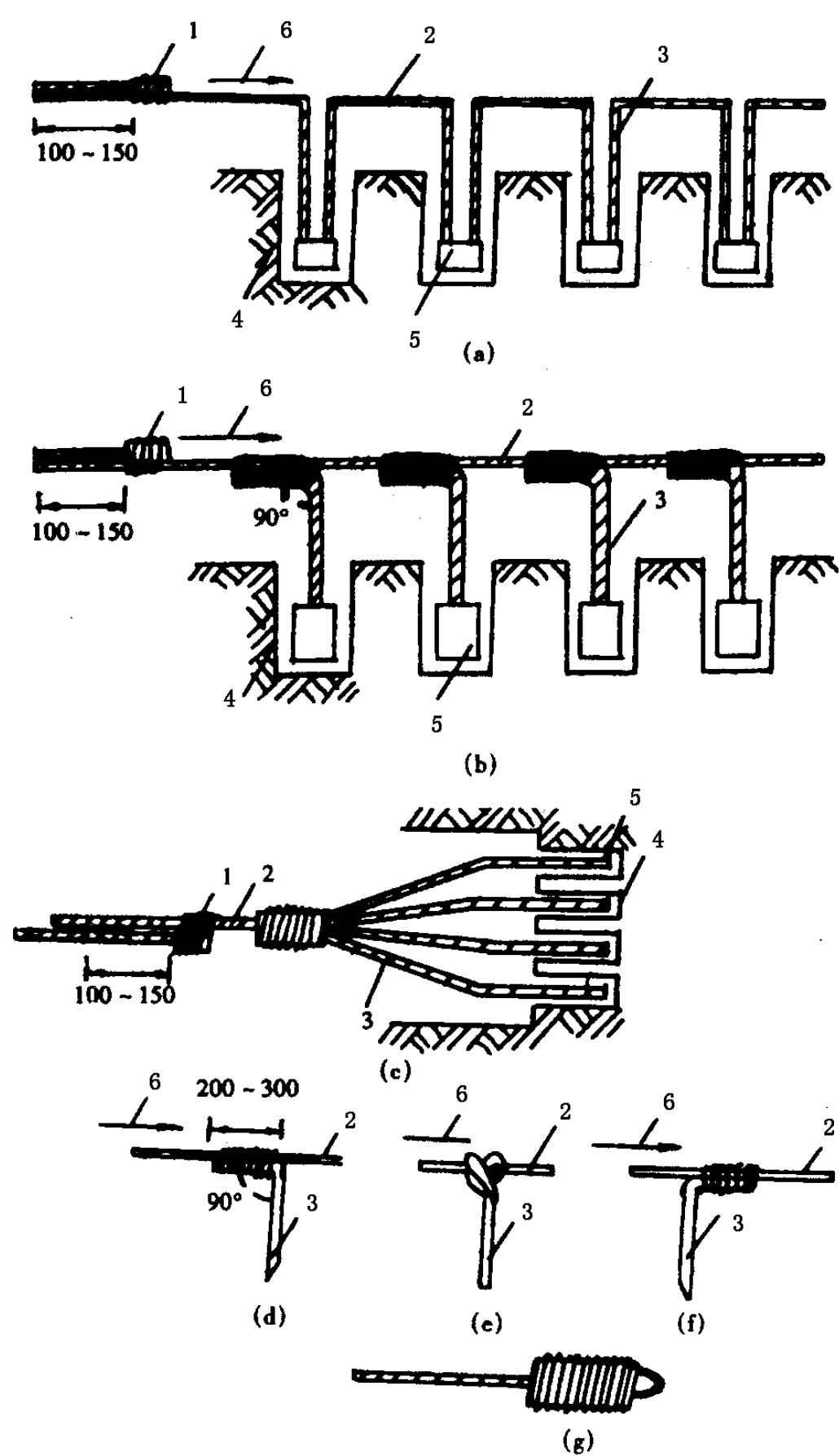


图10 -3 导爆索的连接方式示意图

(a)串联 (b)分段并联 (c)并簇联 (d)、(e)支线与主线的联接  
(f)不导爆的联接 (g)导爆索在药卷内卷成起爆束

1. 雷管2. 导爆主线3. 导爆支线4. 药室5. 药包6. 导爆方向

第十一章 爆破方法

土石方施工 ,常用的爆破方法及适用范围见表11 -1 。

表11 -1 爆破方法分类及适用范围

爆破方法	技术要点	适用范围
表面爆破	炸药直接放于岩石表面	适于爆破地面大块石、水下岩石和改造工程
浅孔爆破	钻孔直径25 ~50mm ,深0.5 ~5m	用于基坑、管沟、渠道、隧洞爆破或用于平整边坡、松动冻土和改造工程
深孔爆破	钻孔直径75 ~270mm ,深5 ~30mm	用于料场、深基坑松爆、场地整平及中型爆破岩石
药壶爆破	在浅孔或深孔底部先装少量炸药扩孔成壶形	适于爆破阶梯高度3 ~8m 的软岩石及中等坚硬岩石
洞室爆破	导洞截面为1 ×1.5m (横洞)或1 ×1.2m 竖井	适于六类以上坚硬岩石 ,竖井适于场地整平、基坑开挖松动

第一节 表面爆破法与浅孔爆破法

一、表面爆破法

表面爆破法又称裸露爆破法。这种爆破法是直接把药包放置在被爆破的岩石的坑凹(图11 -1 )处。主要是用以炸除地面上露出的孤石 ,以及大爆破中对巨石进行改炮(或称二次爆破)。采用这种爆破法不需打眼 ,但药耗量大 ,比一般浅孔爆破法多耗炸药量2 ~3倍。为了提高表面爆破的效果 ,通常将药包置于被爆破岩石的凹槽或裂缝处 ,也可将药包底部做成集中爆力穴(图11 -2 )在药包上面用草皮、湿土及不易燃烧的柔软物体加以覆盖 ,可加强对岩石的破碎。

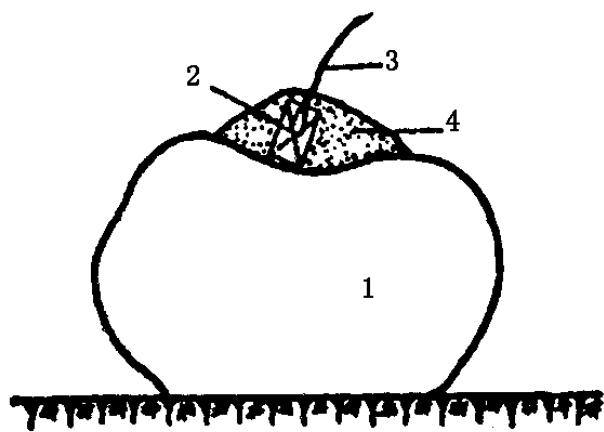


图11 -1 表面爆破法炸孤石

1 . 孤石2 . 药包3 . 导火索4 . 覆盖物

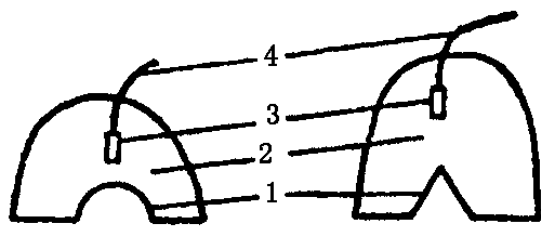


图11 -2 集中爆力穴

1 . 集中爆力穴2 . 药包3 . 雷管4 . 导火索

二、浅孔爆破法

浅孔爆破法的孔深一般为0.5~5.0m ,孔径为35~75mm 。这种药孔(或称炮孔)通常是用风钻或人工用锤、钢钎打成的。炮孔下部装药 ,大多是延长药包 ,上部堵塞。这种爆破方法操作简单 ,爆落石块较均匀。但爆破单位岩石的钻孔工作量大 ,每个炮孔爆下的石方不多 ,因此生产率较低。多用于建筑物、构筑物基坑及碎石骨料场开挖。见图11 -3。

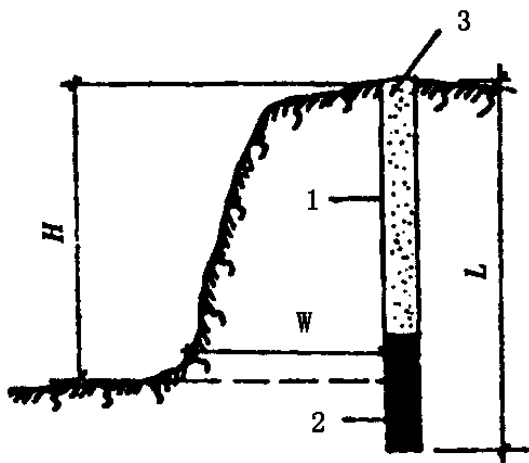


图11 -3 浅孔爆破

1 . 炮孔2 . 炸药3 . 填塞物

浅孔爆破常用参数为 :钻孔深度h :对于坚硬岩石 $h = (1.1 \sim 1.15)H$  ;对中硬岩石 $h = H$  ;对软岩石 $h = (0.7 \sim 0.9)H$  (H 为台阶高度) ;最小抵抗线 $W = (0.6 \sim 0.8)H$  ) ;炮孔间距a :用火雷管起爆时 , $= (1.4 \sim 2.0)W$  ;电雷管起爆时 , $= (0.8 \sim 2.0)W$  ,成梅花形交错布置 ;排距 $b = (0.8 \sim 1.2)W$  。

此外炮眼深度与不同的临空面及炮眼直径有关 ,见表11 -1。多排布置炮孔时 ,每炮孔抛掷爆破的药量可用下式计算 :

$$Q = e \cdot q \cdot a \cdot b \cdot h$$

(11 -1)

采用松动爆破时 ,药量用下式计算：

$$Q =0.33e \cdot q \cdot a \cdot b \cdot h \tag{11-2}$$

实际施工因炮孔多 ,不一一计算 ,装药量大致取等于炮孔深的1/3 ~1/2 左右。

表11-1 炮眼直径与炮眼深度的关系

炮眼直径 (mm)	最大炮眼深度 (m)	
	两个临空面 (梯形地形)	一个临空面 (水平地面)
32 ~35	2.5	1.5 ~2.0
35 ~40	3.5	2.0 ~2.5
40 ~45	4.0	2.3 ~2.6
50	5.0	3.0 ~3.5

[例] 台阶高H =2.2m ,采用多排炮孔松动爆破 ,岩质为五类土 ,用2 号岩石硝铵炸药e =1 。试求每一炮孔需用药量。

[解] 取h =H =2m ,W =0.7H =0.7 ×2 =1.4m a =1.4W =1.4 ×1.4 =1.96m b =W =1.4m ,五类土( )查表4—4 得q =1.6kg /m<sup>3</sup> ,由式(4—34)得：

$$Q =0.33e \cdot q \cdot a \cdot b \cdot h =0.33 \times 1 \times 1.6 \times 1.96 \times 1.4 \times 2.2 =3.18\text{kg}$$

所以每孔需用3.18kg 炸药。

第二节 深孔爆破法与药壶爆破法

一、深孔爆破法

深孔爆破法是指炮孔深度大于5m ,孔径大于75mm 的爆破 ,炮孔通常是用钻机打成的。深孔爆破法在台阶式布置中分为 :垂直深孔、倾斜深孔及水平深孔三种 ,如图11-4 所示。

垂直深孔由于钻孔方便 ,故采用较多。但炸出的石块大小不太均匀 ,且爆破后的岩坡也不够稳定。

倾斜深孔炸出的石块比垂直深孔要均匀些 ,爆破后岩坡也比较稳定 ,但在钻孔时需要打成斜孔 ,施工较困难。

水平深孔爆破后的岩石堆体比较集中 ,但钻孔困难 ,所以实际较少采用。

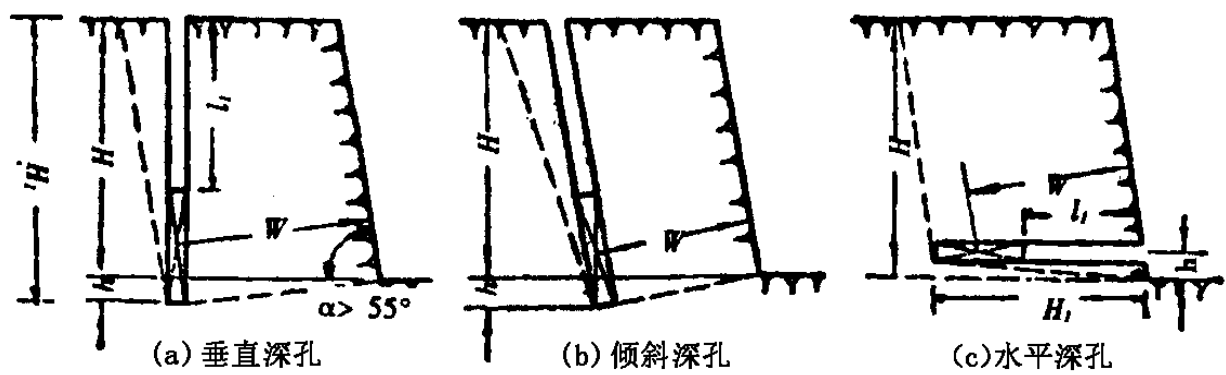


图11 -4 深孔爆破法的台阶布置

采用深孔爆破法时 ,大多数情况下是使用垂直深孔 ,孔经常用175 ~225mm ,阶梯高度 H 一般为10 ~20m 。越钻长度h 采用 (0.1 ~0.3)W 。如果阶梯较高 ,岩石较硬 ,则采用大值 ;对于中等坚硬岩石 ,则采用小值。深孔爆破法多用于场地整平和料场的开挖。

深孔爆破常用参数(图1 -4 -12)为 :孔径大于75mm ,一般为175 ~225mm ,阶梯高度 H =5 ~15m ;阶梯倾斜角a 应大于55° ;钻根长度h = (0.1 ~0.3)W 或 (0.1 ~0.15)H ,岩石较硬时取上限 ;炮孔深  $H_1 = H + h$  ,堵塞长度  $l_1$  应大于最小抵抗线长度 W 。

最小抵抗线长度 W 一般按下式估算

$$W = \frac{0.25 D^2 \cdot A \cdot H_1}{e \cdot q \cdot m \cdot H} \tag{11 -3}$$

式中 D ——炮孔直径(m) ;

A ——装药密度(kg /m<sup>3</sup>) ,一般取900kg /m<sup>3</sup> ;

H<sub>1</sub> ——预计炮孔深度(m)  $H_1 = H + h$  ;

H ——阶梯高度(m) ;

h ——铅根长度(m) ;

——装药长度系数 ,当 H <10m 时 , =0.6 ;当 H =10 ~15m 时 , =0.5 ;当 H >15m 时 , =0.4 ;

e ——炸药换算系数 ,见表4 —5 ;

q ——炸药单位消耗量(kg /m<sup>3</sup>) ,查表4 —4 。

m ——炮孔密度系数 ,一般为0.8 ~1.2 。

当采用多排或等边三角布置炮孔时 ,炮孔间距a = (0.8 ~1.2)W ;排距b =a ·sin60° = 0.87a 。每一炮孔的药量按下式计算 :

$$Q = e \cdot q \cdot V = eqaHW \tag{11 -4}$$

松动爆破时 :

$Q=0.33e^{-q}aHW$

(11-5)

式中  $V$  ——每一深孔药包所爆破的岩石体积。  
其它符号意义同前。

[例] 高坡边的场地整平,采用直径 $D=175\text{mm}$ 垂直深孔,松动爆破,阶高 $H=10\text{m}$ ,为六类( )土,用2号岩石硝铵炸药 $q=1.7\text{kg/m}^3$ 。试求每孔用药量。

[解] 预计炮孔深度 $l=10+0.5=10.5\text{m}$ ,取 $\rho=900\text{kg/m}^3$ , $\eta=0.5$ , $\mu=1$ , $\epsilon=1$ ,由式(4-31)得:

$$W=\frac{0.25\times3.14\times0.175^2\times900\times10.5\times0.5}{1\times1.7\times1\times10}=2.58\text{m}$$

钻根长  $h=0.2W=0.2\times2.58=0.5\text{m}$   
炮孔深  $l=10+0.5=10.5\text{m}$  与假定符合;  
炮孔间距  $a=W=2.58\text{m}$ 。  
由式(4-33)得:

$Q=0.33\times1\times1.7\times2.58\times10\times2.58=37.3\text{kg}$

故每孔需用药量为37.3kg。

二、药壶爆破法

药壶爆破法又称坛子炮,就是在主药包未装入炮孔前,先用少量炸药进行爆破,将炮孔底部扩大成药壶,然后埋设炸药进行爆破,其布置如图11-5所示。

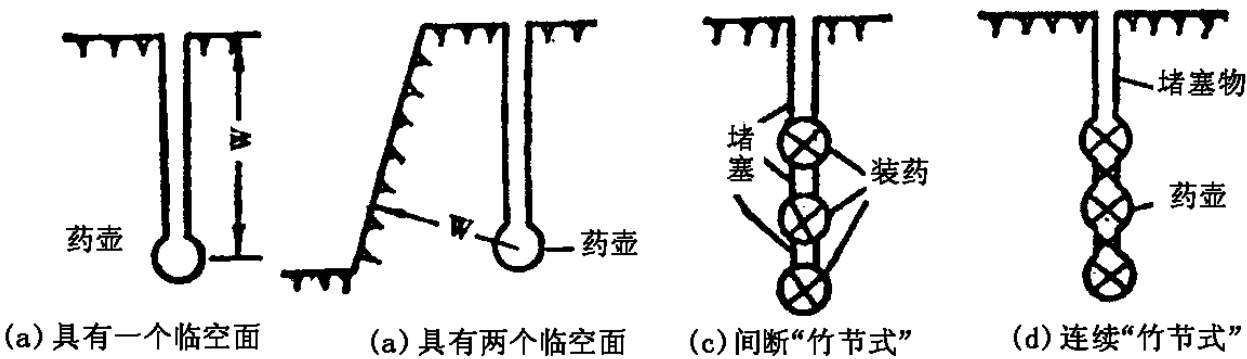


图11-5 药壶爆破法

药壶炮孔的深度不得小于2m,太浅效果不大,太深则钢钎过长扩壶掏碴困难。故一般采用2~9m。这种爆破方法的优点是:钻孔工作量少,装药多,同时把延长药包变成了集中药包,可以提高爆破效果。其缺点是:造成药壶要花费时间,爆破以后岩石碎块大小不均匀,开采骨料时废碴较多,对大石块可能还要改炮。同时药壶的炸胀以及炸胀后孔内冷却和出碴等技术问题也不易处理。为了提高岩石爆破的均匀性,可用竹节式的连续药



包或间断药包来进行爆破。

药壶爆破法多用于露天爆破阶梯高度不大于10 ~12 m ,六类以下的土石 ,可扩大装药量 ,提高爆破效果。

1 . 爆炸药壶的药量计算。药壶是用小药卷炸胀而成。炸药壶用的药包重量 $Q_1$  可用下式估算 :

$$Q_1 = \frac{Q}{P} \tag{11 -6}$$

式中  $Q$  ——每个药壶的装药量 ,可按下式计算  $Q =0.33e^{-q} \cdot W^3$  ;  
 $P$  ——炸胀系数 ,对七 ~ 八类岩石为1 ~5 ;五 ~ 七类岩石为5 ~10 ;五类岩石为10 ~ 25 ;其它符号意义同前。

炸胀药壶一般分数次进行 ,其次数及每次用药量与岩石硬度有关 ,一般粘土炸胀分2 次 ;风化岩石炸胀分3 ~5 次 ;五类岩石炸胀分2 ~4 次 ;六类岩石炸胀分3 ~5 次 ;七类岩石炸胀分5 ~7 次。算出的扩胀药量应按以下比例分次放入药壶中 :二次扩大时为1 2 ;三次扩大时为2 3 5 ;四次扩大时为1 2 4 7 。

2 . 药壶爆破。药壶爆破法常用参数为(图11 -6 ) ,药壶与欲开挖边坡之间的最小距离 $B$  :

- 对坚石或次坚石为  $(0.15 \sim 0.20)W$  ;
- 软石为  $(0.20 \sim 0.25)W$  ;
- 土质为  $(0.30 \sim 0.35)W$  。

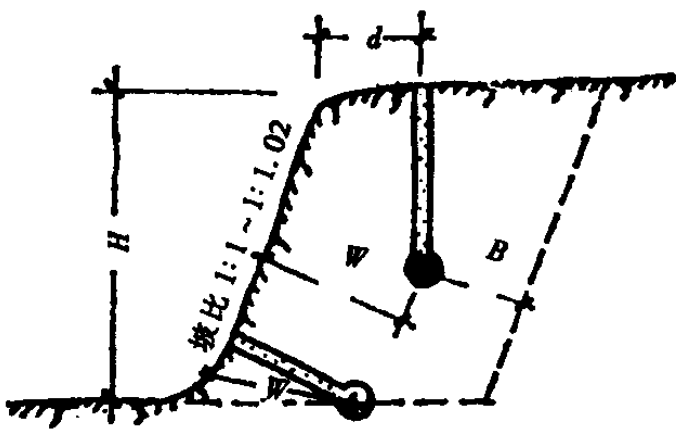


图11 -6 药壶法计算简图

炮孔至台阶边缘的距离 $d$  可按下式计算 :

$$d = \frac{W}{K_b} (\text{炮孔垂直深度} \times \text{坡比}) \tag{11 -7}$$

式中  $K_b$  ——坡比系数 ,可按表11 -2 采用。

表11 -2 坡比系数表

坡 比	系 数	坡 比	系 数	坡 比	系 数
1 1 0	0 71	1 0 7	0 82	1 0 4	0 93
1 0 9	0 75	1 0 6	0 86	1 0 3	0 96
1 0 8	0 78	1 0 5	0 89	1 0 2	0 98

炮孔间距 $a = (1.2 \sim 1.7)W$  ,一般采用 $1.5W$  ;排距 $b = (0.8 \sim 2.0)W$  ,一般采用 $1.8W$  ;最小抵抗线 $W = 0.8H$  ;堵塞长度 $l_1 = (0.5 \sim 0.9)l$  ( $l$  为孔深)。

药壶法爆破药量可按以下公式计算：

$$Q = e \cdot q \cdot W^3$$

式中  $q$  ——炸药单位消耗量( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) ,比 $q$  值小 ,按表11 -3 采用。

扩壶次数及用药量见表11 -4。

表11 -3 药壶法炸药单位消耗表K ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

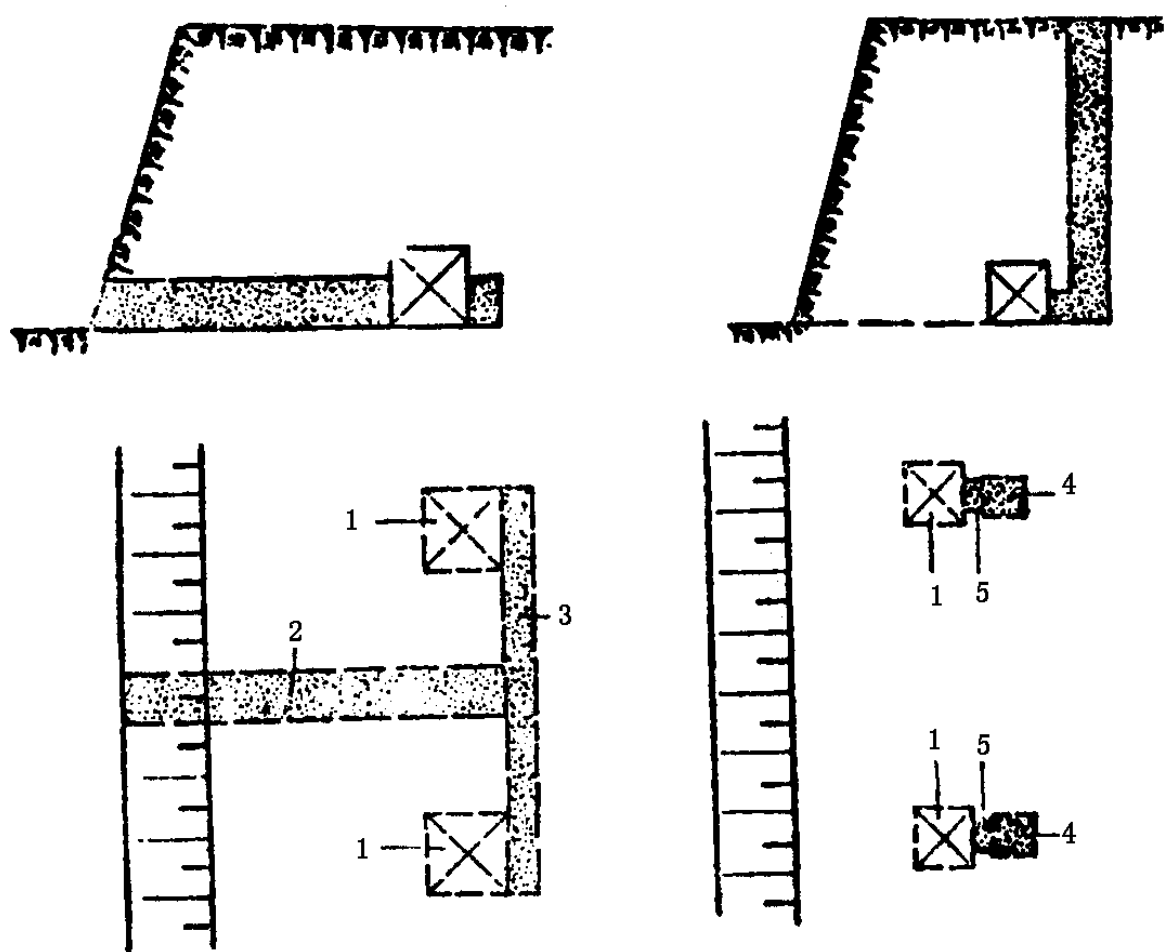
土石类别	五	六	六	七	七	
	V ~	~		X		
q	0 262	0 284	0 304	0 336	0 350	

表11 -4 扩壶次数及用药量(kg)

土的类别	扩大次数						
	1	2	3	4	5	6	7
一 ~ 四类( 级以下)	0.1 ~0.2	0.2	—	—	—	—	—
五类( ~ 级)	0.2	0.2	0.3	—	—	—	—
六类( ~ 级)	0.1	0.2	0.4	0.6	—	—	—
六 ~ 七类( ~ 级)	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0

第三节 洞室爆破法

洞室爆破法 ,又称药室爆破法 ,通常也称它为大爆破。首先开挖通往药室的导洞和药室 ,然后在药室内装大量的炸药(药包重量达几吨、几十吨 ,甚至几百吨)进行爆破。一次可爆下几千立方米以至几十万立方米的岩石。洞室爆破分平洞和竖井两种布置形式 ,如图11 -7 所示。



(a) 平洞爆破布置 (b) 竖井爆破布置

图11 -7 平洞与竖井爆破布置图

1 . 药室2 . 平洞3 . 横洞4 . 竖井5 . 通道

开挖导洞及药室 ,一般采用浅孔爆破法 ,开挖后的导洞断面与药室形状和体积应与设计相符。导洞断面尺寸随长度不同而异 ,通常采用表11 -5 所列数值。

表11 -5 导洞断面尺寸表 单位 m

竖 井				平 洞			
长度	断面	长度	断面	长度	断面	长度	断面
6 以下	1 0 ×1 2	10 ~16	1 5 ×1 5	6 以下	1 0 ×1 4	10 ~20	1 2 ×1 7
6 ~10	1 2 ×1 5	16 以上	1 5 ×1 8	6 ~10	1 2 ×1 6	20 以上	1 2 ×1 8
优点	1 . 定位测量方便 2 . 堵塞方便 ,堵塞质量高 ,对爆破效果好			1 . 通风方便 ,排烟容易 ,排水也容易 2 . 出碴和支撑工作容易 ,开挖工作进度快 ,安全性大			
缺点	1 . 通风不方便 ,较深竖井必须有机械通风设备 2 . 排水困难 ,支撑及出碴也困难 ,开挖工作进度较慢			1 . 地面平缓时 ,总的开挖工作量较多 2 . 堵塞困难 ,堵塞进度慢且质量不易保证			

洞室爆破药室的间距 $a = (0.8 \sim 1.2)W_0$  ( $W_0$  为两相邻药室最小抵抗线的平均值) ;最小抵抗线  $W = (0.6 \sim 0.8)H$  ( $H$  为药包埋置深度)。洞室爆破的药室一般接近正立方体 ,药

室容积  $V$  可按下式计算：

$$V = K_v \frac{Q}{\rho} \tag{11-8}$$

式中  $Q$  ——药包重量(kg)；  
 $\rho$  ——炸药密度(kg /m<sup>3</sup>)；  
 $K_v$  ——药室装药系数 ,一般用1 .1 ~1 .4。

一个导洞内往往有两个或三个药室 ,药室与药室之间应保持一定距离  $a$  ,由下式决定：

$$a = (0.8 \sim 1.2)W \tag{11-9}$$

为使爆破下来的大石块不多 ,最小抵抗线  $W$  与药包至地面的埋设深度  $H$  应具有如下  
的关系：

$$W = (0.6 \sim 0.8)H \tag{11-10}$$

式中  $W$  ——为两相邻药室的平均最小抵抗线长度。

当药室内装不同品种炸药 ,且各种炸药的密度相差较大时 ,药室容积可按下式计算：

$$V = K_v \left( \frac{Q_1}{\rho_1} + \frac{Q_2}{\rho_2} + \dots + \frac{Q_n}{\rho_n} \right) \tag{11-11}$$

式中  $Q_1、Q_2、\dots、Q_n$  ——药室中不同品种炸药的重量(kg)；  
 $\rho_1、\rho_2、\dots、\rho_n$  ——各种炸药的密度(kg /m<sup>3</sup>)。

## 第十二章 特种爆破技术

### 第一节 定向爆破

定向爆破是一种加强抛掷爆破。即在一定的条件下 ,使爆裂的介质朝着预定的方向集中抛掷 ,达到筑坝、填坑或挖成一定断面渠道的目的。

定向爆破主要是使抛掷爆破的最小抵抗线方向符合预期的抛掷方向 ,并且在最小抵抗线的方向再人为地造成定向坑 ,利用聚能效应 ,作为保证定向的主要手段。这样就能使抛掷更集中 ,准确性更高。造成定向坑的办法 ,在大多数情况下 ,都是利用辅助药包 ,让它在主药包起爆前先爆 ,形成一个起定向坑作用的爆破漏斗。为了避免辅助药包起爆后的爆破岩石回落到定向坑内 ,一般应在辅助药包起爆2 ~3s 后起爆主药包。如果有天然的凹面 ,也可不用辅助药包。

图12 -1 (a)是用定向爆破筑块或填平洼坑。药包埋设在一侧的山坡上(也有从两侧爆破的) ;而图12 -1 (b)是定向爆破挖渠 ,在梯形渠底两边埋辅助药包 ,中间埋主药包 ,辅助药包先起爆 ,创造定向坑 ,由于时间相差很少 ,两边爆破物尚未落下时 ,主药包起爆 ,把岩块(连同两边辅助药包的爆碎物)一齐抛向两岸 ,再稍加整理 ,即成渠道断面。

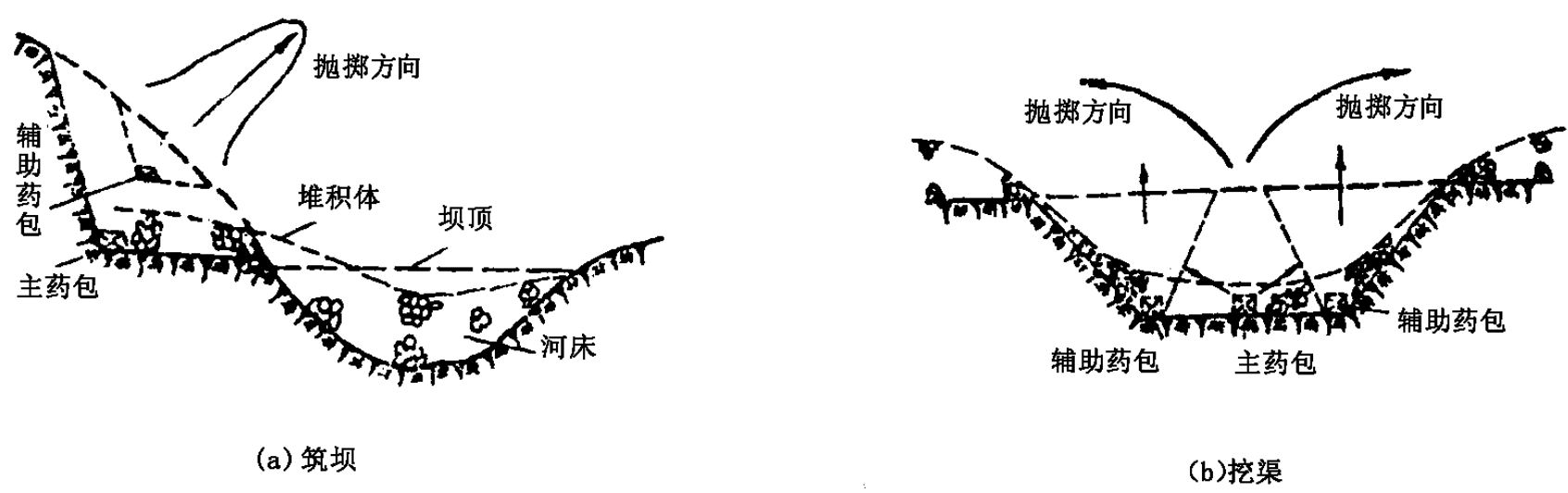


图12 -1 定向爆破筑坝挖渠示意图

定向爆破的装药量可用前面的加强抛掷爆破药包公式计算 ,在山坡上爆破时 ,要考虑一个坡度系数 ,则采用公式计算。

式中  $\alpha$  为山坡与水平面的夹角 ,其上限应小于90°。计算时应恰当选择n 值 ,如n 过小 ,抛掷距离达不到要求 ,值过大 ,则耗药量大 ,堆积物分散。据经验当抛掷率为60 %时 ,可参考表12 -1 选取 ,同排上下左右同时起爆时的药包应取相同的币值。

表12 -1 山坡坡度角  $\alpha$  与n 值的关系表

值	20 °~30 °	30 °~45 °	45 °~70 °	70 °以上
n 值	1.5 ~1.75	1.25 ~1.50	1.00 ~1.25	0.75 ~1.00

[例] 山坡采用定向加强抛掷爆破 ,山坡坡度  $\alpha=40^\circ$  ,土质为五类土 ,最小抵抗线长度  $W=9.5\text{m}$  ,用2 号岩石硝铵炸药。求抛掷率为60 %时的药包重量。

[解] 采用2 号岩石硝铵炸药 $e=1$  ,五类土查表 ,得 $q=1.5\text{kg/m}^3$  ,爆破作用指数n 由表查得 ,取 $n=1.4$  ,得

$$Q=(0.4+0.6n^3)e\cdot q\cdot W^3\cos\alpha$$
$$=(0.4+0.6\times1.4^3)\times1\times1.5\times9.5^3\cos40^\circ=2304.8\text{kg}$$

第二节 边线控制爆破

一、密孔法

为了保证获得设计要求的断面形状 ,避免超挖或欠挖 ;或者为了建筑物的修复与改建 ,需要用爆破拆除一部分而保留其余部分 ,都要进行边线控制爆破。

密孔法(图12 -2 )也称防震孔法。它是沿着设计的开挖线钻一排(或两排)很密的钻孔 ,在这些钻孔中都不装药 ,其目的是为了造成一个薄弱面 ,靠这个面反射一部分爆震波 ,从而减轻对非开挖部分的围岩或建筑物的破坏作用 ,同时 ,也控制了开挖的轮廓。

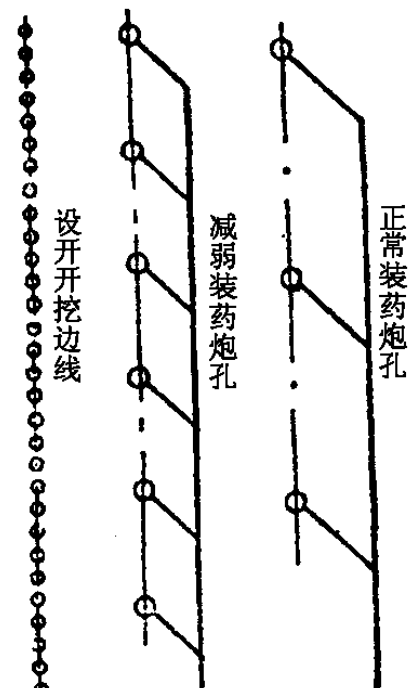


图12 -2 密孔法示意图

密孔法使用钻孔的孔距为孔径的2~4倍,孔深不宜过大(10m以内),否则钻孔偏斜不能保持在一个平面上,反而引起不良效果。紧靠密孔的一排炮孔,装药量减少50%左右,孔距则要适当加密,大约为正常装药炮孔间距的50%~75%。

密孔法的主要缺点是施工速度慢,费用也比较高,而效果又不够可靠。经验证明,在均质的层面破碎带和接合面很少的岩层中,应用效果比较好。如果层面破碎带发育或接合面多,它们本身就是天然的薄弱面,这时用密孔法效果就不显著。有时反而促进了岩体的剪切破坏。

## 二、预裂法

预裂爆破是一种常用于大劈坡和开挖深槽控制设计边线的爆破。它的特点是在开挖区爆破前,根据岩石特点,沿设计开挖线先炸出一条宽1~4cm的裂缝面。试验表明,这个缝面可将爆破开挖区传来的冲击波能量削减70%,减轻保留区的震动,切断爆区裂缝向保留区扩展,保证设计边坡的稳定和平整。

预裂爆破施工的技术要求如下:

(1)炮孔直径随钻进机具而异,通常为50~200mm。浅孔爆破用较小的孔径,深孔爆破用较大的孔径。为避免爆破时炸碎炮孔孔壁,采用不耦合装药,药卷直径要小于炮孔直径,孔径与药包直径之比称为不耦合系数,其值通常采用2~4。

(2)炮孔孔距与岩石特性、装药情况、缝壁平整度要求和孔径大小相关。通常取为孔径的8~12倍。孔径小取较大的倍数,孔径大取较小的倍数;岩石均匀完整取较大的倍数,岩石破碎取较小的倍数。

(3)线装药密度等于全孔装药重(扣除底部增加的装药量)除以装药段长度(不包括堵塞长度)。考虑到孔底部夹制作用大,为保证裂到底,便在孔底增加装药量,孔深大于10m时,底部增加的药为线装药密度的3~5倍;孔深5~10m时,增加2~3倍;3~5m时,增加1~2倍。将增加的药量均匀摊到孔底1~2m的长度上。目前使用较多的装药结构是将药包分散绑扎在传爆线上组成药串的形式,可获得高质量的预裂壁面。分散药包的相邻间距不应大于50cm和不大于药包和殉爆距离。

(4)根据不耦合原理,药包应尽可能放置于孔的中间,避免与孔壁接触。孔口留1m不装药,用粗砂或钻屑作堵塞材料,不捣实,自然填至孔口。

(5)预裂缝与松动爆破最后一排孔的距离;如果开挖区采取大孔径、大药径爆破法,到接近预裂缝的区段,应减小孔径或药径,或采取不耦合爆破(不耦合系数大于2)。最后一排孔到预裂缝的距离以0.75~1.2m较适宜。

三、光面法

光面爆破是一种用于开挖地下工程的控制爆破。其施工方法是沿设计开挖线布置小孔径、密间距的周边炮孔,采用空隙装药,进行弱震爆破,炸除松动炮孔和周边孔间保护层的岩石,形成光面。它的作用和预裂爆破的成缝机理颇为相似。其施工的主要技术措施如下所述。

(1)边孔直径 $d$ 宜在50mm 以内,其孔距大体为孔径的16 倍,孔距与最小抵抗线之比 $a/W$ ,宜在0.75 ~0.95 内,岩石的牢固系数越小取值越大,反之,取值越小。但 $W$ 以不超过0.8m 为宜。

(2)边孔装药量较一般爆破装药量少一倍以上,以保证弱震效果。既可连续装药,也可间隔装药,形成空隙药包结构。前者先在孔底装一筒标准药卷,其余用25mm 的细药卷;后者装一节0.25kg 的药卷,再每隔10 ~20cm 装0.1kg 的细药卷,可将药卷绑在竹片上。为减少炸药威力,可在2 号岩石炸药内掺入15 %的锯木屑,这时可连续装药。

(3)曲线段的周边孔孔距应加密到0.2m,并采用间孔装药,以控制曲线轮廓。为保证爆后洞壁平整,光面爆破对周边孔的钻孔精度要求甚高,施钻时应采取措施,防止钻孔偏离。

(4)光面爆破的起爆程序与预裂爆破不同,光面爆破洞挖作业是先掏槽(1 ~2 孔段),次崩落(3 ~8 孔段),后周边(9 ~12 孔段),如图12 -3 所示。段内同时起爆,段与段间分段延期起爆。

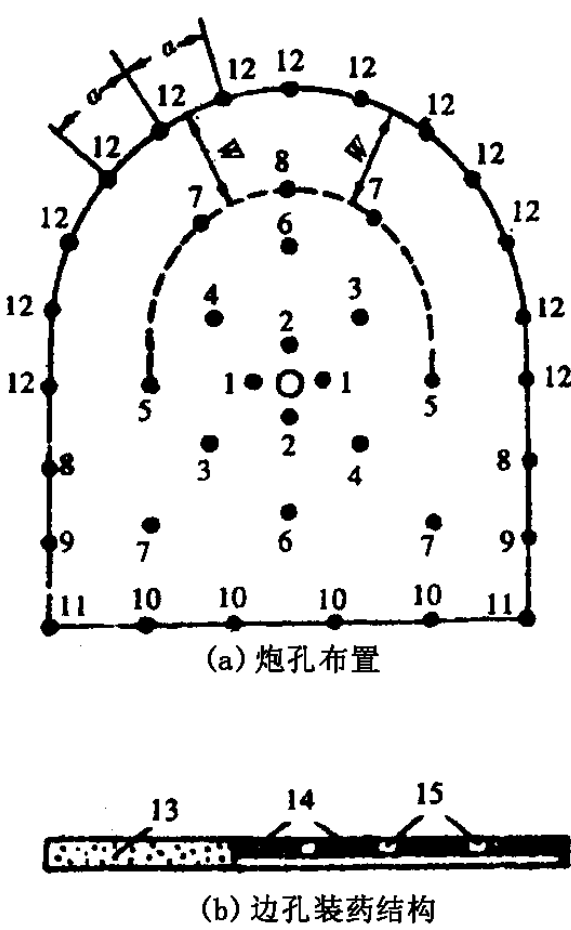


图12 -3 光面爆破洞挖布孔图

1 ~12 . 炮孔孔段编号13 . 堵塞物14 . 药卷15 . 空隙



与常规爆破方法比较 ,光面爆破的钻孔长度和炸药用量都较大 ,但由于减少了超欠挖量 ,围岩稳定性好 ,减少了临时支护、灌浆和衬砌工程量 ,从而使洞室工程的总投资大为减少。

第三节 拆除爆破

一、基础(底板)爆破

有切割式爆破和非切割式爆破两种。切割式爆破是将基础拆除一部分、保留一部分。一般采取沿切割面密布炮孔 [图12 -4 (a)] ,炮孔深度为基础(底板)厚的0.8 ~0.9 倍 ,最小抵抗线为炮孔深的0.5 ~0.7 倍 ,并要深浅一致 ,互相平行 ,在两端布置1 ~2 个导向孔 ,炮孔间距 $a$  为 $(0.8 \sim 1.0)W$  ,在各炮孔内装药或间隔装药 ,同时起爆 ,爆破裂缝将沿着炮孔连线形成较整齐的爆破面。采用多排爆破时 ,排距应随距离临空面的增大而递减 ,如第一排为 $a$  ,则第二、三、四.....排分别为 $(0.8 \sim 0.9)a$ 、 $(0.65 \sim 0.8)a$ 、 $(0.52 \sim 0.72)a$  .....。每排炮距、深度要一致 ,一般宜分排依次起爆 ,一次起爆不超过两排。当基础较厚时应分层爆破 ,每层不宜超过1.5m ,炮孔深度为每层厚的0.8 ~0.9 倍。当炮孔深度大于 $(1.5 \sim 2.0)W$  时 ,可以分层装药 ,以防爆破力过度集中 ,但层数不宜超过三层。每层内放一个电雷管 ,装药量从上到下 ,分配为 $0.3q$ 、 $0.3q$ 、 $0.4q$  ( $q$  为总装药量) ,通过导爆索将各层药同时引爆。当水平布置炮孔时 ,应有0.2 ~0.4m 厚的保护层。

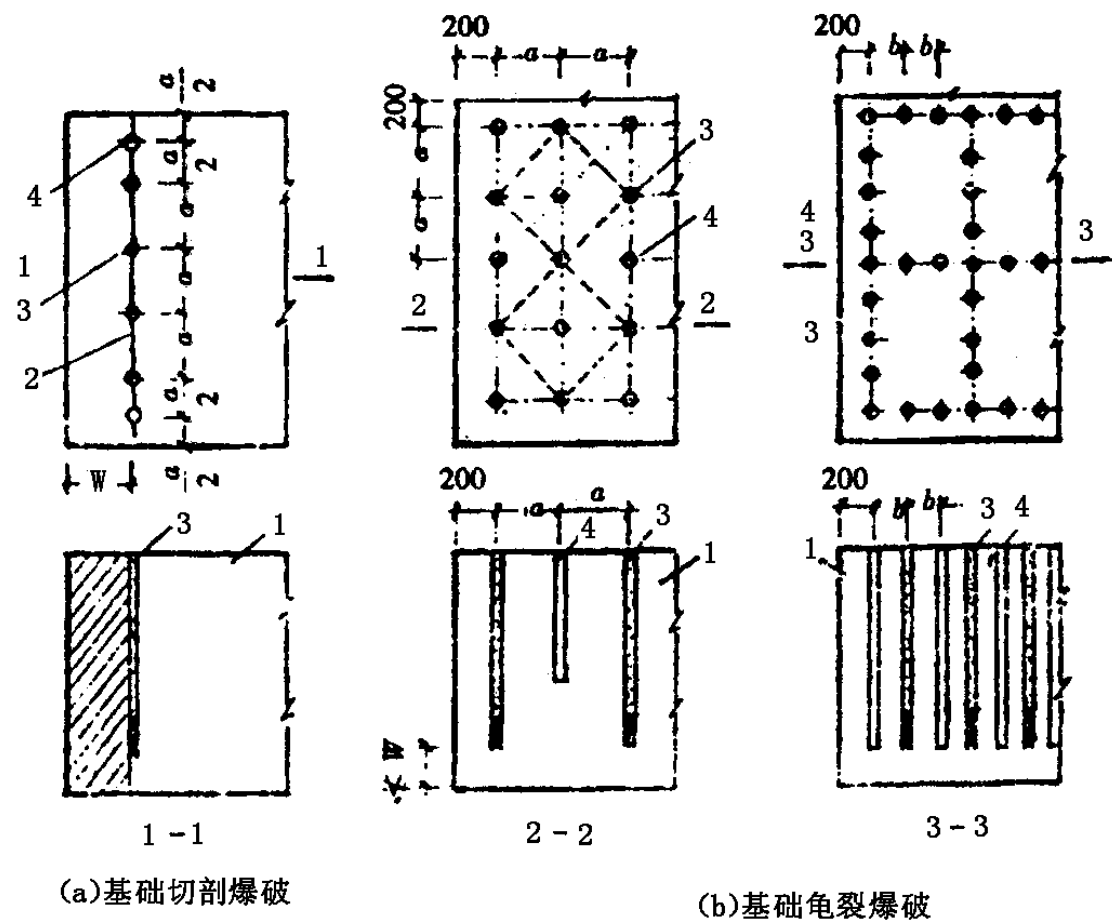


图12 -4 基础爆破

1 . 钢筋混凝土基础2 . 切割面顶线3 . 装药炮孔(主炮孔)4 . 不装药炮孔(导向炮孔)

$a = 350 \sim 500\text{mm}$   $b = 100 \sim 200\text{mm}$

非切割式爆破基础是根据基础尺寸 ,形状采取单排或多排布置〔图12 -4 (b)〕有方格形和三角形 ,炮孔间距根据基础尺寸及需龟裂碎块尺寸要求而定 ,一般为0 .1 ~0 .5m ,排距取等于抵抗线长度 ,采取间隔装药 ,每孔药50 ~100g 。

爆破前 ,应按基础埋深将周围的土壤全部挖除 ,在基础顶部及四周用草袋装土覆盖 ,四周用木挡板加以防护(距基础边缘不小于0 .5m 。靠近钢结构或需留用部分 ,须用砂袋加以保护 ,其厚度不小于0 .5m 。

爆破单位体积基础所需要的用工、用料可参考表12 -2 。

表12 -2 爆破1m<sup>3</sup> 基础所耗用的材料、人工表

类别	硝铵炸药 单位消耗量 (kg )	雷管 (个)	导火索 (m )	风钻钢 (kg )	人工 (工日)
砖砌基础	0 .30 ~0 .45	3 ~4	3 ~4	0 .25 ~0 .35	2 .0
石砌基础	0 .40 ~0 .55	3 ~4	3 ~5	0 .30 ~0 .40	2 .5
混凝土基础	0 .50 ~0 .65	4 ~5	4 ~6	0 .40 ~0 .50	3 .0
钢筋混凝土基础	0 .60 ~0 .70	5 ~6	5 ~7	0 .50 ~0 .60	4 .0

注 :砖砌基础系用石灰砂浆砌筑 ,如用水泥砂浆砌筑 ,则按石砌基础计算。

二、墙体爆破

墙体爆破多用炮孔法(或辅以裸露药包) ,爆前将门窗及屋顶拆除 ,炮孔打在屋内墙壁上 ,距地面不小于0 .5m 高 ,爆裂口高度不宜小于该处壁厚的1 .5 倍 ,炮孔直径应不小于28mm ,炮眼深度l 应等于墙厚的0 .65 ~0 .75 倍 ,炮孔间距a :当为水泥砂浆砌体时 ,为(0 .8 ~1 .2)l ;为使墙爆破后倒向一边 ,可采用上下排错开炮孔。

对于钢筋混凝土墙爆破 ,如墙为三面临空 ,则应沿墙方向将炮孔打在墙中间〔图12 -5 (a)〕 ,如墙一侧有填土(或砌体) ,则打在靠近填土(砌体)一侧墙厚1 /3 处〔图12 -5 (b)〕。炮孔深度l 应等于或稍大于墙厚的2 /3 ,外墙的炮孔最小抵抗线应朝向屋内。打孔可采取竖直劈裂法或水平成排斜劈法 ,前者采用深孔分段装药法 ,孔距为0 .4 ~0 .6m ,每孔为三段装药 ,优点是钻孔工作量和用药量小 ,多数钢筋能拉开 ,少数拉断 ,墙体破碎后能均匀抛出。水平斜劈法是在主要面一面临空时 ,在墙上打成排的水平斜孔 ,炮孔与工作面成60° ~70°交角 ,优点是墙内外双层钢筋能全暴露 ,混凝土全部破碎 ,但钻孔工作量及用药量均较大。

可用松动药包计算公式计算的炮孔装药量 q 值按表12 -3 采用。装药宜采用小直

径药卷 ,炮孔堵塞长度不宜小于最小抵抗线长度。

三、柱爆破

砖石砌体柱可打成11 ~22cm 见方的炮孔(或直径10 ~22m 的圆孔)炮孔深度L 为1 /2 柱宽 ,间距a = (1 .0 ~1 .5 )L ,排距b = (0 .75 ~1 .0 )L 。钢筋混凝土柱 ,如四面临空 ,炮孔深度为2 /3 柱宽 ,间距a 为2 /3 ~3 /4 柱宽 ,采取直线布置在柱中心 ,并避开钢筋。尺寸大于 75cm 的柱 ,采用双排孔 ,孔距1 .5 W ,排距10 ~15cm (图12 -6 )。对两面临空的外框架柱 ,布孔相同 ,但应在柱两侧砖墙上布置二排孔 ,使之先爆 ,在柱两侧创造出新的临空面。

装药量比同样材料墙砌体的消耗量增加25 %。

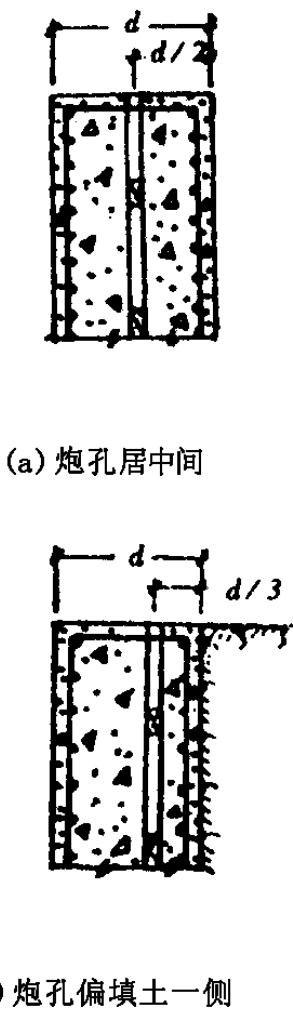


图12 -5 钢筋混凝土墙炮孔布置  
d 为墙厚

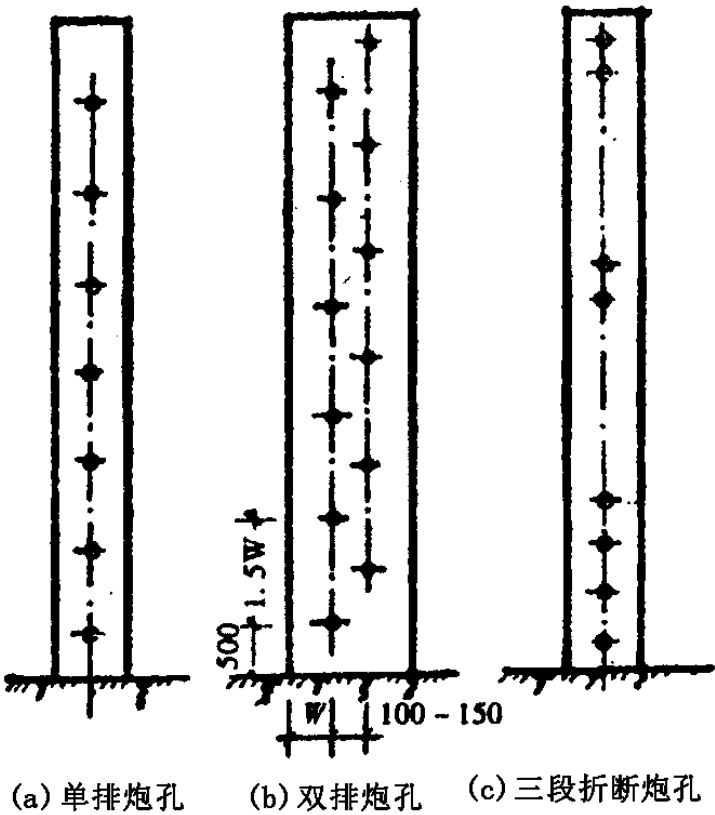


图12 -6 柱炮孔布置图

表12 -3 建筑物墙壁爆破的硝铵炸药消耗量

墙 厚(m )	孔 深(m )	硝铵炸药消耗量q (kg /m <sup>3</sup> )			
		石灰砂 浆砌体	水泥砂 浆砌体	混凝土 墙体	钢筋混 凝土墙体
0 .45	0 .30	2 .00	2 .20	2 .40	2 .60
0 .50	0 .35	1 .80	1 .98	2 .16	2 .34
0 .60	0 .40	1 .50	1 .65	1 .80	1 .95

续表

墙 厚(m )	孔 深(m )	硝铵炸药消耗量q (kg /m <sup>3</sup> )			
		石灰砂 浆砌体	水泥砂 浆砌体	混凝土 墙体	钢筋混 凝土墙体
0 .70	0 .45	1 .30	1 .43	1 .56	1 .69
0 .80	0 .55	1 .00	1 .10	1 .20	1 .30
0 .90	0 .60	0 .90	0 .99	1 .08	1 .17

装药量比同样材料墙砌体的消耗量增加25 %。

四、梁爆破

一般钢筋混凝土梁可在梁顶面沿梁长度方向打一排或二排炮孔[图12 -7 (a)]深度L为梁高的 $\frac{2}{3}$  ,间距为 $(1.0 \sim 1.5)L$  ,采用二层装药 ,每层药卷内放一个雷管 ,能使混凝土全部破碎。由于梁有较多弯起钢筋 ,可采用水平布置一排炮孔 ,位置偏于梁底部位[图12 -7 (b)]。如梁较高亦可布置二排 ,一排靠梁底 ,一排居中 ,交错布孔。

关于梁的爆破装药量一般应通过现场试验确定 ,也可参考表12 -4 选取并试爆后修正。

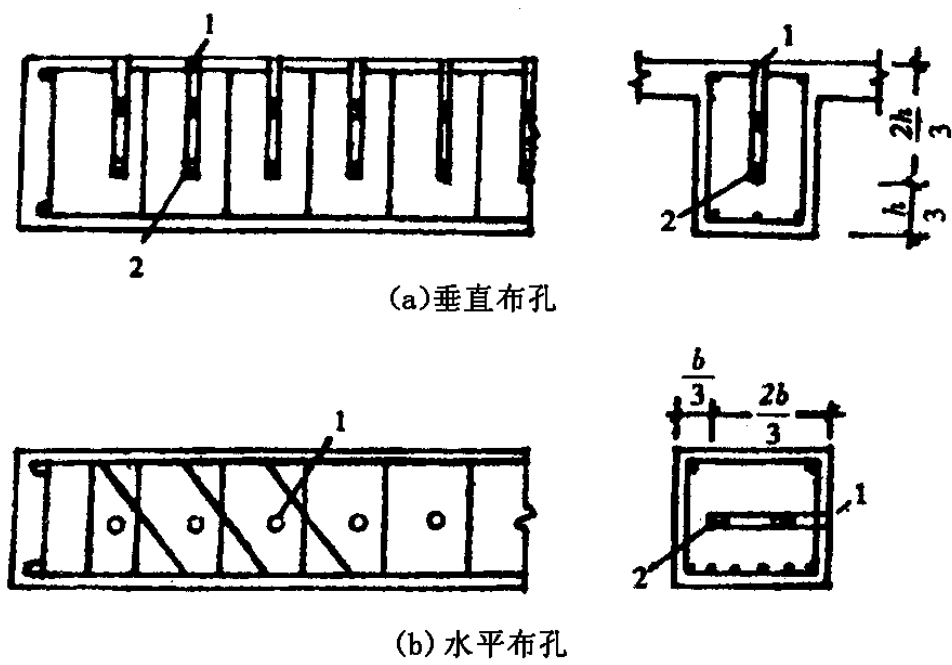


图12 -7 梁的爆破布置图

表12 -4 爆破体的单位耗药量经验参考数值

爆破结构类别	爆破体条件		耗药量q (g /m <sup>3</sup> )
爆破混凝土结构时	材质较差(无空洞)		110 ~150
	材质较好	单排切割式爆破	170 ~180
		非切割式爆破	160 ~200
爆破钢筋混凝土结构时	布筋较粗密		350 ~400
	布筋稀少或梁、柱等多面临空小截面构件		270 ~340
爆破块石混凝土结构时	较密实		120 ~160
	有空隙		170 ~210

五、板爆破

板可采取分割式爆破 ,将板爆割成能搬运的一些长条或方块。应在预定的分割线上布置一排炮孔 ,炮孔深度L 一般为0 .6 ~1 .0 倍板厚 ,孔距a 取(1 .5 ~2 .0 )L。计算药量按松动爆破公式 ,取最小抵抗线 W =a。

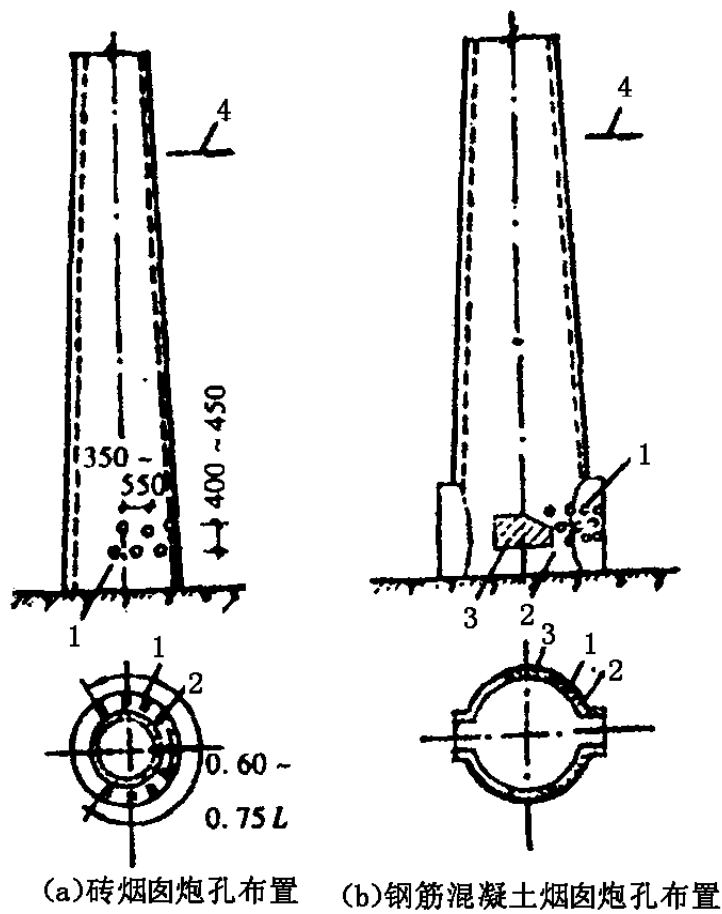


图12 -8 烟囱爆破

六、烟囱爆破

在砖烟囱的根部 ,布置几排成梅花形交错炮孔[图12 -8 (a)]。爆破范围应大于或等于筒身爆破截面处外周长L 的60 % ~75 % ,炮孔位置按放倒方向两侧均匀排列 ,高度距地面一般为0 .7 ~1 .0m 。烟囱内堆积物爆破前应予清除。钻孔分上下两排交错排列 ,孔径一般为40 ~50 mm ;孔距与孔平均装药量视砖烟囱壁厚而定(见表12 -5 )、雷管分两组引爆 ,相隔时间控制在1 /10s 左右 ,雷管为并联电路。起爆时 ,破坏烟囱围壁的一半以上 ,使重心落入被破坏空隙处 ,靠烟囱本身自重定向翻倒90 °塌落 ,散落范围约成60 °角 ,散落半径约等于烟囱实际放倒高度的1 .2 ~1 .3 倍。

表12 -5 烟囱壁厚与孔距和装药量

烟囱壁厚	一砖半厚	二砖厚	三砖半厚	三砖厚
水平孔距(mm )	350 ~400	400 ~450	450 ~500	500 ~550
每孔平均装药量(kg )	0 .23 ~0 .26	0 .31 ~0 .37	0 .40 ~0 .45	0 .48 ~0 .50

钢筋混凝土烟囱爆破[图12 -8 (b)] ,宜先在烟道口的两侧开两个梯形或楔形孔洞 ,使筒身靠三或四块板体支撑(应做强度核算)。爆破时 ,在倾倒方向前侧两个板体上布孔 ,孔距200 ~300 mm 。爆破范围、距地面高度等要求与砖烟囱基本相同 ,则爆破后烟囱将向一侧倾翻90 °倒塌。

七、金属结构爆破

金属结构物爆破一般根据结构不同厚度 ,使用不同药量。

(一)金属物厚度小于150 mm 时的爆破

一般用裸露药包 ,如炸角钢 ,槽钢或钢板 ,药量Q (kg )可按以下公式计算 :

$$Q = Ct^2B$$

(12 -1 )

式中 C ——系数 ,对钢材为0 .0077 ;对生铁为0 .005 ;

t ——金属物体厚度(cm ) ;

B ——金属物体宽度(cm )。

在室内爆炸金属物体时 ,每个药包最大不得超过2kg ,药包应紧贴地捆绑在金属物表面进行爆炸。

(二)金属物厚度大于150mm 时的爆破

一般用炮孔法爆炸 ,炮孔直径为30 ~35mm ;炮孔深度等于金属物厚度的1 /2 ~3 /4 ,炮孔间距为孔深的1 .0 ~1 .5 倍。

每一个炮孔的药量可按下式计算：

$$Q =1.5l^3 \text{ (kg)}$$

(12 -2 )

式中 l——炮孔深度(m )。

(三)金属容器爆破

一般用水压爆破法 ,在容器内装满清水 ,将防水药包用棍子悬挂在水中心 ,位于水深的2 /3 处。药包重量可按表12 -6 估算。对长方形箱子解体 ,可同时用两个药包悬挂在容器各一半面积水中进行爆炸。

表12 -6 金属容器爆破炸药需用量

箱板厚度(mm )	药包重量(kg )
15	0 .7
20	0 .8
25	1 .0

(四)铆接结构爆破。

爆破铆接钢结构 ,一般用较长的条形药包放在铆钉排上爆炸 ,药量可用下式计算：

$$Q =CT^2l \text{ (kg)}$$

(12 -3 )

或

$$Q =ql \text{ (kg)}$$

(12 -4 )

式中 C ——系数 ,为0 .0077 ；

t ——钢板厚度(cm )；

l ——铆钉排长度(cm )；

q ——铆接钢结构每1cm 长所需的药量(kg )。

第四节 其它爆破

一、水下爆破

水下爆破一般用裸露药包法或炮孔法。当用裸露药包法时 ,药包到水面的距离要等于或大于2 倍抵抗线长度 ,一般最小抵抗线长度  $W$  应等于所需炸松深度( $H$ ) ;药包间距 $a = (3 \sim 3.5)W$  ,排距 $b = (2.7 \sim 3.0)W$  。当用炮孔法时 ,孔距 $a = W$  ,但不超过 $2W$  ;排距 $b = W$  ,但不超过 $1.75W$  ,炮孔深 $l = (1.1 \sim 1.2)W$  。

水下爆破的药量按以下公式计算：

$$Q = K_w \cdot W^3$$

(12 -5 )

式中  $Q$  ——所需要的药包重量(kg)；  
 $K_w$  ——爆破 $1m^3$  岩石所需要的炸药量 ,可参考表12 -7 采用；  
 $W$  ——最小抵抗线长度(m)。

表12 -7 水下爆破炸药单位消耗量  $K_w$  (kg / $m^3$ )

土石种类	裸露药包法	炮 孔 法
疏松的砂子或流砂	2.6	0.4
坚硬的、非常密致的砂子	7.0	1.1
含砾石的岩石	3.5	0.7
含小砾石的密致的亚粘土	5.5	0.9
密致的亚粘土	8.7	1.35
坚硬的青色粘土	9.8	1.4
松石	13.5	1.53
石灰岩及其它中等硬度岩石	27.0	1.86
花岗岩及其它坚硬岩石	40.0	2.2

二、水压控制爆破

水压控制爆破(简称水爆破)是在完全封闭或未予封闭的中空构筑物中 ,进行全部或部分灌水 ,然后起爆置于水中一定深度处的药包 ,充分利用水的不可压缩性和传压效果好



的特性 ,使构筑物四周壁体均匀破碎。具有施工安全、简便、快速、经济 ,可控制声响、飞石、粉尘、有害气体以及破碎均匀、工效高(比钻孔高8 ~10 倍)、费用低(比钻孔爆破可节约90 %左右)等优点。

对于均匀圆筒形或长方形(长宽比 $a/b \leq 1.2$ )的中空构筑物或罐体 ,一般用单个中心药包 ,药包至内壁的距离 $R_w$  取等于罐体内半径[图12 -9 (a)] ,当罐体高度 $H \leq 3R_w$  时 ,则设上下层中心群药包[图12 -9 (b)]。长方形罐体的长宽比 $a/b > 1.5$  时 ,可设计分群药包。药包入水深度 $H_0$  与 $R_w$  之比应为 $H_0/R_w = 1.0$  ,同时 $H_0$  不小于 $\sqrt[3]{Q}$  ( $Q$  为药包总重量) ,药包与罐底的距离 $H_1$  同 $R_w$  之比 $H_1/R_w = 0.5$  ,水深应充满整个欲爆碎的罐体。采用群药包 ,药包群主药包的间距 $a = (1.0 \sim 1.5)R_w$ 。如在罐体壁上有加强柱 ,应另在加强柱底部设辅助药包。

水压控制爆破的装药量 ,可按以下经验公式计算 :

$$Q = K_e \cdot d \cdot R^2$$

(12 -6 )

式中  $Q$  ——药包总重量(kg) ;

$d$  ——构筑物壁厚(m) ;

$R$  ——构筑物内直径(m) ;

$K_e$  ——水压控制爆破药量系数 ,一般取1 .14 ~4 .18 。

对于边长不等的距形薄壁构筑物  $d$  与 $R$  应采用等效壁厚 $d^*$  与等效半径 $R^*$  ,可按下式计算 :

$$d^* = \frac{4(a+b)(a+d)}{3} - \frac{4ab}{3}$$

(12 -7 )

$$R^* = \frac{4ab}{3(a+b)}$$

(12 -8 )

式中  $a、b$  ——分别为矩形构筑物边长的1/2。

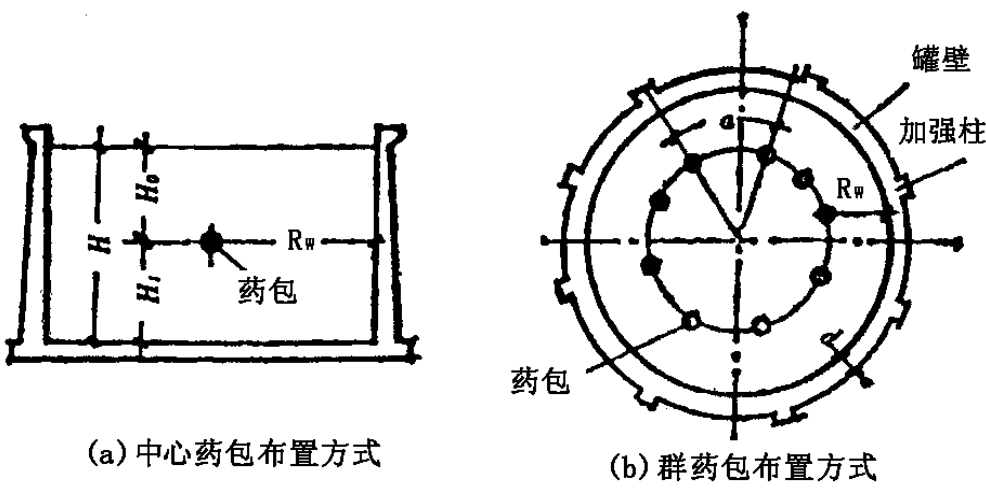


图12 -9 水压控制爆破计算简图

三、爆扩桩

爆扩成孔桩 ,系采用手摇麻花钻 ,钻机或洛阳铲先打40 ~70mm 直径导孔 ,然后在孔中放入不同直径的条形药包 ,引爆成桩孔。为提高承载能力 ,有的再在孔底部放扁球形药包 ,二次爆扩成大头做成扩大头桩。也有的成孔采用钻机或洛阳铲 ,仅在底部采用爆扩方法做成扩大头桩。爆扩桩孔用药量一般经试验确定 ,亦可参考表12 -8 采用。

表12 -8 爆扩成孔法的爆扩参数表

土的类别	土的变形模量 E (MPa )	桩身直径 d (mm )	玻璃管内径 (mm )	用药量 (kg /m )
未压实的人工填土	5	300	20 ~21	0 25 ~0 26
软塑可塑粘性土	3 ~15	300	22	0 28 ~0 29
硬塑粘性土	20	300	25	0 37 ~0 38
黄土类土	—	300	20 ~21	0 28 ~0 29
湿陷性黄土状亚粘土	—	260 ~300	20 ~21	0 28 ~0 29
湿陷性黄土状亚粘土	—	300 ~390	22 ~23	0 31 ~0 32
湿陷性黄土状亚粘土	—	390 ~440	25 ~28	0 35 ~0 39
湿陷性黄土状亚粘土	—	440 ~550	30 ~33	0 42 ~0 46

爆大头的炸药用量应经过试爆来确定 ,试爆时可按下式估算：

$$D =K \cdot ^3C$$

(12 -9 )

式中 D ——爆扩大头直径(m )；  
C ——炸药用量(kg )；  
K ——土质影响系数。

根据试验结果 ,不同土质条件下的土质影响系数列于表12 -9 。

表12 -9 土质影响系数K 值表

土的类别	变形模量 E (MPa )	天然地基 计算强度 f <sub>H</sub> (MPa )	土质影响系数 K = $\frac{\text{扩大头直径(m)}}{\sqrt[3]{\text{用药量(kg)}}}$
坡积粘土	50	0 40	0 7 ~0 9
坡积粘土、亚粘土	14	—	0 8 ~0 9
亚粘土	13 4	—	1 0 ~1 1
冲积粘土	12	0 15	1 25 ~1 30

续表

土的类别	变形模量 E (MPa )	天然地基 计算强度 f <sub>H</sub> (MPa )	土质影响系数 K = $\frac{\text{扩大头直径(m)}}{\sqrt[3]{\text{用药量(kg)}}}$
残积可塑亚粘土	18	0.20 ~0.25	1.15 ~1.30
残积可塑亚粘土	24	0.25	1.02
残积可塑亚粘土	8	0.20	1.03 ~1.21
黄土类亚粘土	0.12 ~0.14	1.19	
卵石层	0.60	1.07 ~1.18	
松散角砾	0.94 ~0.99		
稍湿亚粘土 :干密度 >1.35	0.8 ~1.0		
干密度 <1.35	1.0 ~1.2		

试爆时用药量亦可参照表12 - 10 选用 ,施工时再按试爆资料调整用药量。

表12 -10 爆大头用药量参考表

爆大头直径(m )	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
炸药用量(kg )	0.30 ~0.45	0.45 ~0.60	0.60 ~0.75	0.75 ~0.90	0.90 ~1.10	1.10 ~1.30	1.30 ~1.50

- 注 1 . 表内数值适用于地面以下深度3.5 ~9.0m 的粘性土 ,土质松软时采用小的数值 ,坚硬时采用大的数值 :
- 2 . 在地面以下2.0 ~3.0m 的土层中爆扩时 ,用药量应按表值减少20 % ~30 % ;
- 3 . 在砂类土中爆扩时 ,用药量应按表值增加10 %。

四、近人爆破

近人爆破又称静态爆破 ,是国内外近年发展的一种爆破混凝土和岩石的新技术。适用于混凝土、钢筋混凝土构筑物、基础的拆除和解体、闹市区建筑物的拆除以及石材开采。

近人爆破按使用的破碎剂不同 ,又分静态破碎剂爆破和燃烧剂爆破两类。

静态爆破又称破碎剂爆破 ,是一种无声、无震动、无烟尘、无飞石和无毒气的新型爆破 ,已广泛应用于室内设备基础和房屋钢筋混凝土柱、墙、梁、板的拆除以及贵重石材的开采。

这种爆破不用炸药、雷管及引爆器材 ,而是将一种由铝、镁、钙、铁、硅、硫、钛等氧化物磨细混合而成的灰白色粉末加入一些有机物和适量水(一般为35 % ~40 %) ,调成一种流动浆体 ,直接充填到炮孔中 ,经4 ~10h 后 ,水化反应 ,体积膨胀(约2 倍) ,产生较大的静横

向膨胀力( $>400\sim500\text{kg}/\text{cm}^2$ )而将混凝土或岩石胀裂。

静态破碎剂有多种,国内使用最多的是国家建材研究院研制生产的无声破碎剂,简称SCA (Soundless Creaking Agent)。适用的季节和温度见表12 -11 ,其钻孔参数见表12 -12 。

表12 -11 静态破碎剂(SCA )型号和使用温度

型号	SCA —	SCA —	SCA —	SCA —
使用温度	20 ~35	10 ~25	5 ~15	-5 ~8
使用季节	夏季	春秋	冬季	寒冬

表12 -12 SCA 破碎剂钻孔参数

被破碎物体		钻孔参数				SCA 使用量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
		孔径d (mm )	孔距a (cm )	抵抗线w (cm )	孔深l	
软质岩破碎		40 ~50	40 ~60	30 ~50	H	8 ~10
中、硬质岩破碎		40 ~65	40 ~60	30 ~50	1 .05H	10 ~15
软、硬质岩石切割		35 ~40	20 ~40	100 ~200	H	5 ~15
无筋混凝土		35 ~50	40 ~60	30 ~40	0 .8H	8 ~10
钢筋	基础、柱、梁	35 ~50	15 ~40	20 ~30	0 .9H	15 ~25
混凝土	墙、板	35 ~50	10 ~30	20 ~30	0 .9H	15 ~20

注 1 .H 为被破碎物体的高度。孔径一般用38 ~44mm 。

- 2 . 排距 $b = (0 .6 \sim 0 .9 )a$  ,多排孔采用梅花形布置。
- 3 . 钢筋混凝土破碎应先用电切割或气切割将箍筋切断。
- 4 . 每袋SCA 重5kg。

破碎剂要贮存在干燥处以免受潮变质失效。破碎剂配制后 ,要立即装入清理干净的炮孔中 ,需要在10min 内使用完毕。对于垂直孔 ,可直接灌入 ;对于水平孔或斜孔 ,可用干稠的破碎剂胶泥搓成条塞入 ,或用炮棍送入孔中捣实 ,或用灌浆泵压入 ,装药需填满孔。如炮孔中有水 ,可将静态破碎剂装入塑料袋保护 ,孔壁过干要适量洒水湿润孔壁 ,以保证水化反应。向下孔不必堵塞 ,水平孔和向上孔须用湿粘土堵塞。正常季节灌孔后不用覆盖 ,裂缝出现后可用适量水浇缝 ,冬期浇适量热水 ,以加速水化反应 ,促进裂缝的扩展。冬期表面要用草垫(袋)覆盖保温 ,或用电热线插入孔中通电加热 ,可以加快裂缝的产生。破碎剂填充后 ,在5 ~10h 内产生裂缝 ,且随着时间的延伸 ,裂缝越来越大 ,经20 ~30h 即可碎裂予以拆除。

被破碎的钻孔工艺参数可按下式计算：

$$L = \frac{A_c f_t \cdot}{D (1 + v) p}$$

(12 -10 )

$$N = \frac{L}{L_1}$$

(12 -11 )

式中 L ——单位面积钻孔的总长度 (mm) ；  
N ——单位面积上钻孔的孔数 (个) ；  
A<sub>c</sub> ——破碎体被破坏的面积 (mm<sup>2</sup>) ；  
f<sub>t</sub> ——被破碎体材料的抗拉强度 (MPa) ；  
——被破碎体材料开裂的经验系数 ；  
D ——钻孔直径 (mm) ；  
v ——被破碎材料的泊松比 ,一般混凝土 v =0.30 ;岩石 v =0.33 ；  
p ——SCA 产生的膨胀压 ,与时间、温度、水灰比、孔径有关 ,对混凝土和岩石的钻孔为30 ~50 MPa ,条件差时为20 MPa ；  
L<sub>1</sub> ——单孔的钻孔深度。

当单位面积钻孔的长度L 固定时 ,亦可求出需钻孔的直径D 。

表12 -13 各类材料开裂的经验系数

破碎材料种类	材料开裂的经验系数
浆砌砖、块石	0.3 ~0.6
无筋混凝土	0.5 ~0.7
钢筋混凝土	1.5 ~2.0
岩石(单、双面切割)	0.7 ~0.8
岩石(三面切割)	0.8 ~0.9

第五节 爆破操作与爆破效果

一、装药、填塞与放炮

(一)装药

炮眼打好后 ,首先检查炮眼的深度和方向是否符合要求。同时准备好炸药、起爆药包

和堵塞材料。堵塞材料用土和砂 ,比例为1 3 ,加适量水分和成炮泥待用。对平眼和上斜眼 ,可将炮泥搓成直径比炮眼直径小5 ~8mm 、长为10 ~15cm 的柱状体 ,以便于堵塞。

炮眼内的石粉杂物要清除干净 ,在装炸药前 ,先用马粪纸或铁皮将炮孔底部架空 ,或放置短木棍 ,以形成聚能药包(如图12 -10 )所示。

对于水平干孔 ,应将药包割破 ,并将药包靠孔底端的纸撕去 ,然后把药送入孔中 ,并适当压紧 ,尽量减少炸药与孔壁的孔隙 ,提高装药密度 ,保证完全爆破 ,提高爆破威力。

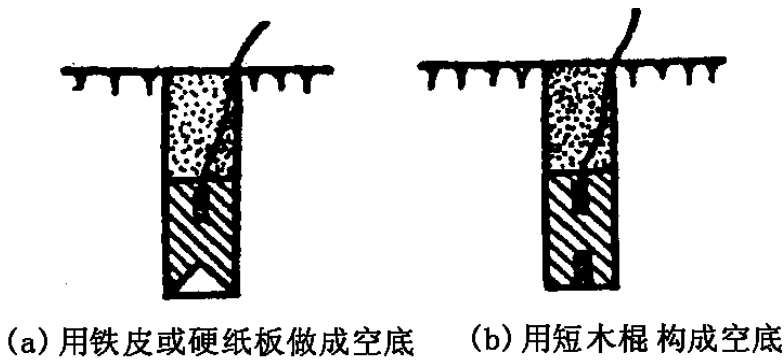


图12 -10 构成空底聚能装药

对于有水炮孔 ,当使用不吸水炸药时 ,则和干孔没有什么差别。但在使用吸湿炸药时 ,则必须保证炸药不被浸湿。在使用加工的防水药包时 ,必须小心不得将药包捣破 ,以免炸药受潮造成瞎炮。

装药时要分层压实 ,雷管位置在装药全长的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$  处(由装药上部算起)雷管聚能穴应指向孔底。当孔深较大时 ,药包要用绳子吊下 ,不允许在孔里直接丢药包 ,以免药包撞击发生危险。

(二)填塞

装药后即进行堵塞。堵塞材料应尽量就地取材。对于填塞材料的要求是 :与炮孔壁摩擦作用大 ,能结成一个整体 ,充填时易于密实 ,不漏气。直眼可用比例为1 2 的粘土粗砂堵塞 ,堵塞物要分层压紧。对于威力小的炸药 ,更应注意堵塞密实和保证堵塞长度。一般堵塞长度应大于最小抵抗线长度的10 % ~15 %。在堵塞过程中 ,要注意保护导火线不被折断 ,保证电爆时的导线绝缘良好。

(三)放炮

装药、填塞后要对爆破网路进行最后一次检查 ,同时按照爆破安全操作的有关规定设置警戒线 ,发出信号 ,撤离人员 ,最后由指挥者下令点炮员点炮。

常用的电力起爆的电源有 :

1 . 放炮器。这种爆破仪由于使用的是半导体元件 ,所以它的体积小、重量轻 ,使用很方便。除即发式爆破仪外 ,还有延发式爆破仪。采用延发式爆破仪 ,可使即发电雷管进行

多段延期爆破。

2. 干电池和蓄电池。爆破规模较小时,可用干电池或蓄电池作为起爆的电源。干电池较轻便,电压也很高,但能放出的电流却不大,为了满足各种不同连接方式的电爆网路的需要,可将数个干电池并联,以增强它的输出电流。使用干电池时要注意,每次使用前应用伏特计测量干电池的电压,以便能准确起爆。蓄电池电流较干电池充足,还可随时充电。

### 3. 照明电力线路或动力线路

照明电力线路或动力线路是电力起爆中最可靠的电源。尤其在起爆的药包多、网路复杂、准爆电流需要大的情况下,常需使用这两种电源。

## 二、提高爆破效果的方法和措施

改善和提高爆破效果,归根结底是提高爆破的有效能量利用率,根据不同的情况可以采取如下不同的措施。

### (一)合理利用临空面

实践证明,充分利用多面临空的地形,或人工创造多面临空的地形,有利于降低爆破的单位耗药量。当采用高阶梯深孔爆破时,平行坡面的斜孔爆破,由于爆破时沿坡面阻抗大体相等,且反射拉力波的作用范围增大,较之垂直炮孔,其能量利用率可提高50%。斜孔爆破,爆后边坡稳定,块度均匀,有利于提高装车效率。

### (二)采用毫秒微差爆破技术

采用毫秒迟发连续爆破法,特别是在深孔作业中,可降低单位耗药量15%~25%,且使超径大块料降低到1%以下。这种爆破法的实质在于在增大破碎岩体应力的同时,爆破连续进行,增长了应力的作用时间,不断创造临空面,从而提高了爆破的有效能量利用率。

### (三)分段装药爆破

常规的孔眼爆破,药包位于孔底,爆能集中,爆后块度不匀。为改善爆破效果,沿孔长分段装药,使爆能分布较均匀,且延长了爆压的作用时间。分段装药如图12-11所示,俗称竹节炮或竹节坛子炮。

分段装药的药包(或药壶)宜设在坚硬完整的岩层内,空穴设于软弱岩层内,且用木架支垫或砾石充填。在孔深20m以内,一般分为2~3段。分段药包中,其底部药包通常占总用药量的60%~70%。堵塞段长应大于或等于0.7倍计算抵抗线。分段装药的原理还

可用于洞室爆破中 ,国外在大爆破中采用条形装药和间隔条形装药 ,不仅可以节约洞室开挖量 ,而且有利于改善爆破效果。

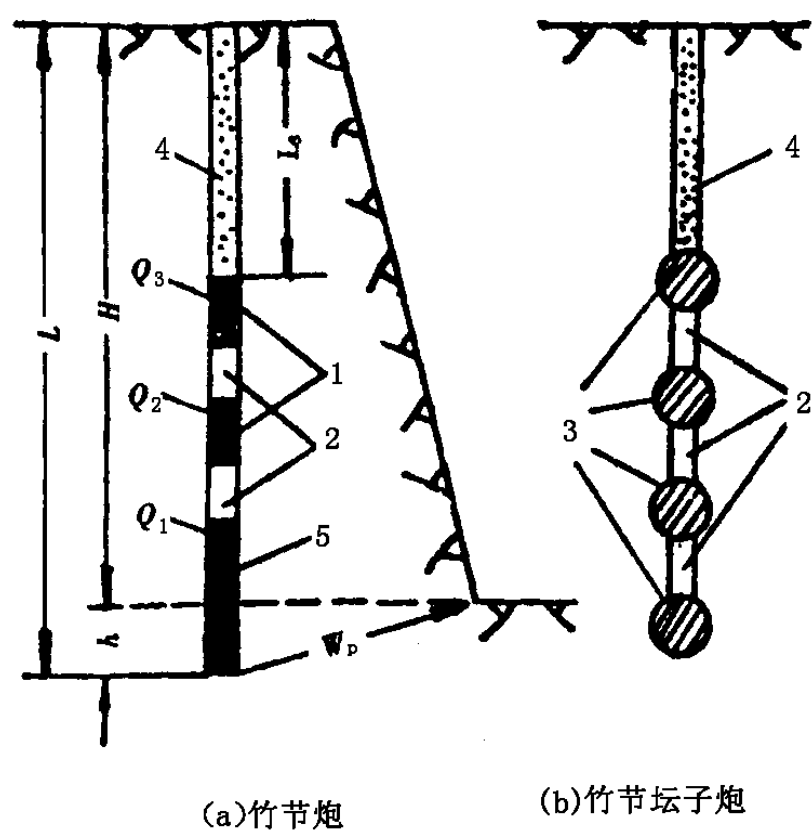


图12 -11 分段装药药包构造图

1 . 药包2 . 空穴3 . 药壶3 . 堵塞段4 . 底药包

(四)采用空隙药包

药包和孔壁(洞壁)间留一定空气间隙 ,构成空隙药包结构。由于空隙的存在 ,降低了爆炸的峰压 ,从而降低或避免了粉碎作用 ;由于空隙的存在 ,增长了爆压的作用时间 ,在最佳空隙比的情况下 ,可以获得最大的爆破冲量(爆压与爆压作用时间的乘积) ,从而提高爆破的有效能量利用率。所谓药包的空隙比 ,系指药包体积与药室体积之比。对应于最大爆破冲量的空隙比称为最佳空隙比。最佳空隙比随爆破介质和药包结构而异。

(五)保证堵塞质量和堵塞长度

实践证明 ,当爆破其它条件相同时 ,堵塞良好的爆破效果 ,比堵塞不好的可以高几倍 ,足见保证堵塞质量和堵塞长度十分重要。



## 第十三章 爆破工程的安全技术

安全在爆破工程中具有重大的意义 ,这是因为爆破作业一旦出了事故 ,将会造成重大的伤亡和破坏 ,所以必须引起高度重视 ,严格执行安全操作规程。

### 第一节 安全距离

#### 一、飞石安全距离

一般抛掷爆破个别飞石安全距离可按以下公式计算：

$$R_F = K_F \cdot 20n^2 \cdot W \tag{13 - 1}$$

式中  $R_F$  ——个别飞石的安全距离(m)；  
 $K_F$  ——与地形、地质、气候及药包埋置深度有关的安全系数 ,一般取用1.0 ~1.5 ;定向或抛掷爆破正对最小抵抗线方向时采用1.5 ;风速大且顺风时 ,或山间、垭口地形时 ,采用1.5 ~2.0 ；  
 $n$  ——爆破作用指数 ；  
 $W$  ——最小抵抗线长度(m)。

由式(13 - 1 )计算出的最小安全距离不得小于表31 -1 所列数值。

#### 二、爆破地震作用对建筑物影响的安全距离

建筑物防爆破地震波影响的安全距离可按式计算：

$$R_c = K_c a \cdot Q^3 \tag{13 - 2}$$

式中  $R_c$  ——爆破点距建筑物的距离(m)；  
 $K_c$  ——依据所保护的建筑物地基土而定的系数 ,见表13 -2 ；  
 $a$  ——依爆破作用而定的系数 ,由表13 -3 查得 ；  
 $Q$  ——一次起爆的炸药总重量(kg)。

表13 -1  爆破飞石的最小安全距离

爆破方法	最小安全距离(m )
药壶、浅孔爆破、大孔径松动爆破	200
二次爆破、抛掷爆破	400
深孔爆破、深孔药壶爆破	300
浅孔爆破法扩大药壶	50
深孔爆破法扩大药壶	100
小洞室爆破	400
直井爆破、平洞爆破	300
边线控制爆破	200
拆除爆破、一般导洞与隧道中爆破	100
基础龟裂爆破	50

表13 -2  K<sub>c</sub> 值

被保护建筑物地基的土	K <sub>c</sub> 值
坚硬密致的岩石	3 .0
坚硬有裂隙的岩石	5 .0
砾石、碎石土	7 .0
砂土	8 .0
粘土	9 .0
回填土	15 .0
流砂、煤层	20 .0

注 :药包布置在水中或含水土中时 K<sub>c</sub> 值应增加0 .5 ~1 .0 倍。

### 三、殉爆安全距离

为保证不使仓库内一处贮存的炸药爆炸 ,而引起仓库内另一处贮存的炸药发生爆炸的殉爆安全距离 ,一般可按下式计算 :

$$R_s =K_s \sqrt{Q}$$

(13 -3 )

式中  R<sub>s</sub>——殉爆安全距离(m<sup>2</sup>) ;  
K<sub>s</sub>——由炸药种类及爆破条件所决定的系数 ,可由表13 -4 查得 ;  
Q ——炸药重量(kg )。

表13 -3 系数a 的数值

爆破指数n	值	爆破指数n	a 值
0 5	1 2	2 0	0 8
1 0	1 0	3 0	0 7

注 :在地面上爆破时 ,地面震动作用可不予考虑。

如在仓库内贮存有数种不同种类的炸药 ,则殉爆安全距离可由下式计算：

$$R_s = Q_1K_{s1}^2 + Q_2K_{s2}^2 + ..... + Q_nK_{sn}^2 \tag{13 -4}$$

式中  $Q_1、Q_2、.....Q_n$ ——不同品种炸药的重量 (kg)；

$K_{s1}、K_{s2}、.....K_{sn}$ ——由炸药种类及爆破条件所决定的系数 ,由表1 -4 -42 查得。

在药库中 ,雷管与炸药必须分开贮存 ,雷管仓库到炸药仓库的安全距离可按下式计算：

$$R =0.06 \sqrt{n} \tag{13 -5}$$

式中  $R$  ——雷管库到炸药库的安全距离(m)；

$n$  ——贮存雷管数目。

表13 -4 系数K<sub>s</sub> 的数值

主动药包		被动药包			
		硝铵类炸药		40 %以上胶质炸药	
		裸露	埋藏	裸露	埋藏
硝铵类炸药	裸露	0 25	0 .15	0 35	0 25
	埋藏	0 .15	0 .10	0 25	0 .15
40 %以上胶质炸药	裸露	0 50	0 0	0 70	0 50
	埋藏	0 30	0 20	0 50	0 30

注 1．裸露安置在表面的药包 ,适用于贮藏炸药的轻型建筑及裸露堆积于空台的炸药。

2．埋藏的药包适用于爆炸材料在防护墙内贮存的情况。

3．当殉爆炸药由不同种类炸药所组成 ,计算安全距离时应根据炸药中对殉爆具有最大敏感的炸药来选择K<sub>s</sub> 的数值。

亦可由表13 -5 ~ 表13 -7 直接查出雷管仓库到炸药仓库、其它建筑物到炸药仓库以及运输炸药工具之间的安全距离。

表13 -5 雷管仓库到炸药仓库间的殉爆安全距离

仓库内的雷管数目	到炸药仓库的安全距离 (m )	仓库内的雷管数目	到炸药仓库的安全距离 (m )
1000	2 0	75000	16 5
5000	4 5	100000	19 0
10000	6 0	150000	24 0
15000	7 5	200000	27 0
20000	8 5	300000	33 0
30000	10 .	400000	38 0
50000	13 5	500000	43 0

注 如条件许可时 ,一般安全距离不小于25m 。

表13 -6 爆破材料仓库的安全距离

项目	单位	炸药库容量(t )				
		0 25	0 5	2 0	8 0	16 0
距有爆炸性的工厂	m	200	250	300	400	500
距民房、工厂、集镇、火车站	m	200	250	300	400	450
距铁路线	m	50	100	150	200	250
距公路干线	m	40	60	80	100	120

表13 -7 爆炸用品运输工具相隔最小距离

运输方法	单位	汽车	马车	驮运	人力
在平坦道路	m	50	20	10	5
上、下山坡	m	300	100	50	

四、爆破毒气的安全距离

爆破时有毒气体的影响范围 ,一般按下式计算：

$$R_g =K_g ^3 Q$$

(13 -6 )

式中 R<sub>g</sub>——爆破毒气的安全距离(m )；

K<sub>g</sub>——系数 根据有关试验资料统计 ,一般取K<sub>g</sub> 的平均值为160 ;下风时 K<sub>g</sub> 值乘

2 ；

Q ——爆破总炸药量(t)。

五、空气冲击波的安全距离。爆破防空气冲击波的安全距离可按下式计算：

$$R_B = K_B \sqrt[3]{Q}$$
 (13 -7 )

式中 R<sub>R</sub> ——空气冲击波的安全距离(亦即空气冲击波的危害半径)(m) ；

K<sub>R</sub> ——与装药条件和破坏程度有关的系数 ；

Q ——药包总重量(kg)。

表13 -8 系数K<sub>B</sub> 的数值

爆破破坏程度	安全级别	K <sub>B</sub> 值	
		裸露药包	全埋入药包
安全无损	1	50 ~150	10 ~50
偶然破坏玻璃	2	10 ~50	5 ~10
玻璃全坏 ,门窗局部破坏	3	5 ~10	2 ~5
隔墙、门窗、板棚破坏	4	2 ~5	1 ~2
砖石和木结构破坏	5	1.5 ~2	0.5 ~1.0
全部破坏	6	1.5	—

注 1 . 防止空气冲击波对人身危害时 K<sub>B</sub> 值采用15 ,一般最少用5 ~10 。

2 . 对露天松动爆破可不考虑空气冲击波的影响。对露天加强松动爆破 K<sub>B</sub> 值可取0.5 ~1.0 进行计算。

考虑建筑物允许的冲击波极限超压 P<sub>B</sub> 值 ,计算爆破空气冲击波的安全距离 R<sub>B</sub> ,可按下式计算：

当n >1 时 
$$R_B = \frac{2(1+n^2)}{P_B} \sqrt[3]{Q}$$
 (13 -8 )

当n =1 时 
$$R_B = \frac{4n^2}{P_B} \sqrt[3]{Q}$$
 (13 -9 )

式中 P<sub>B</sub> ——建筑物允许冲击波极限超压值 ;对建筑物小于0.002MPa ,对人员小于0.01MPa ；

n ——爆破作用指数。

空气冲击波的危害范围受地形因素的影响 ,在峡谷地形进行爆破 ,沿沟的纵深或沟的出口方向应增大50 % ~100 % ;在山坡一侧进行爆破对山后影响较小 ,可减少30 % ~70 %。冲击波对建筑物的影响见表13 -9 。冲击波对人员的影响见表13 -10 。

表13 -9 空气冲击波对建筑物的影响

破坏等级	建筑物破坏程度	冲击波超压 P <sub>B</sub> (MPa )
1	砖木结构完全破坏	>0.20
2	砖墙部分倒塌或缺裂 ,土房倒塌 ,木结构建筑物破坏木结构梁柱倾斜 ,部分折断 ,砖木结构屋顶掀掉 ,墙部分移动或裂缝 ,土墙裂开或局部倒塌	0.10 ~0.20
3	木隔板墙破坏 ,木屋架折断 ,顶棚部分破坏	0.05 ~0.10
4	门窗破坏 ,屋面瓦大部分掀掉 ,顶棚部分破坏	0.03 ~0.05
5	门窗部分破坏、玻璃破碎 ,屋面瓦部分破坏 ,顶棚抹灰脱落	0.015 ~0.030
6	玻璃部分破坏 ,屋面瓦部分翻动 ,顶棚抹灰部分脱落	0.007 ~0.015
7		0.002 ~0.007

表13 -10 空气冲击波对人员的影响

损伤等级	损伤程度	冲击波超压 P <sub>B</sub> (MPa )
轻微	轻微的挫伤	0.02 ~0.03
中等	听觉器官损伤 ,中等挫伤骨折等	0.03 ~0.05
严重	内脏严重挫伤 ,可引起死亡	0.05 ~0.10
极严重	可大部分死亡	>0.10

第二节 瞎炮处理与其它安全措施

一、瞎炮处理

通过点爆而未能爆炸的药包称为瞎炮。产生瞎炮不仅达不到预期的爆破效果 ,造成材料、劳力和时间的损失 ,而且会严重影响现场施工人员的人身安全。因瞎炮处置不当而造成伤亡事故是屡见不鲜的。所以 ,正确分析瞎炮产生的原因 ,研究有效的处理办法 ,十分必要。

现场施工人员可通过如下一些迹象来检查瞎炮 :炮孔外有残留的导火索 ,炮孔或平洞、竖井附近有残留电线或未爆轰的传爆线 ;炮孔附近地表有裂缝 ,而无明显的松动或抛

掷现象,炮孔或药室间有明显未爆落的间隔。瞎炮产生的原因主要是爆破器材失效或损伤,例如雷管、炸药、导火索、传爆线超过有效期失效;雷管脚线脱落或接触不良;炸药受潮(非防水炸药)遇水;导火索或传爆线药芯折断;接线错误或起爆电流、电压不足。此外,也有由于制度不严,操作不当,工作疏忽,而时常发生的瞎炮事故。为避免瞎炮发生,关键在于做好预防检查工作。使用爆破器材时应认真查对使用的有效期,认真进行质量检查,选择合理安全可靠的起爆网路,仔细地进行网路敷设,起爆前应全面检查网路情况,在爆破以后,安全检查人员应提前进场进行检查,发现瞎炮后立即设置明显的标记,制定处理方案,由炮工进场当班处理,当时间延误需由下一班处理时,应仔细做好交班工作。

工地上常用以下几种方法处理瞎炮。

1. 距瞎炮炮孔30~60cm,钻平行辅助炮孔,装药爆破。辅助炮孔的位置和方向应严格掌握。
2. 通过检验证明雷管的电阻正常,所用炸药无失效的可能,则宜重新接线起爆。
3. 若分析炸药失效,且原用炸药敏感度不高,则可将炮泥掏出,再装起爆药包爆破。
4. 散装的粉状硝铵炸药可用低压水冲出炮泥和炸药,对于不防水的包装炸药也可灌水浸泡,使其失效,再予以清除。
5. 对于深孔和洞室爆破的瞎炮处理,尽量采用重新接线起爆。洞室爆破若属起爆体内的问题,应小心清除堵塞物,取出起爆体进行检查处理,要注意邻近药包爆破后引起药室和导洞变形和错动,谨防洞顶垮塌。

## 二、爆破作业的其它安全措施

1. 爆破器材在运输中不得抛掷、撞击,严防明火接近,起爆材料和炸药应分开运输、贮存和保管,贮存地点应有足够的殉爆安全距离。
2. 在可能的范围内减小孔距、孔深,选择较小的爆破作用指数,减少装药,以减小抛掷距离和飞石数量。同时通过布孔和起爆程序的调整,改变最小抵抗线的方向,避免最小抵抗线正对居民区、重要建筑物、主要施工机械设备以及其它重要设施,例如变电站、配电房、高压线路、压气站等。
3. 在消除和减轻地震波对地面和地下建筑物及其地基的危害方面,可采用分段延期、毫秒微差起爆。前者减少一次起爆药量,后者兼有调整震动周期,使震波相互干扰的作用;也可以在保护的建筑物及其地基面对药包方向的外缘打防震孔、挖防震槽或进行预裂爆破,以减轻和截阻爆区传来的地震波。
4. 避免裸露爆破。采用埋藏式爆破,不仅节约了单位耗药量,而且对减少飞石、减轻空气冲击波有重要作用。除此而外,采用气幕防震,利用气泡压缩变形吸收能量,减轻水

冲击波对被保护目标的破坏 ,作用也十分明显。

5 . 对飞石防护 ,除采用上述有关措施外 ,还可以采用拱式、壳体式、挡板式、链式以及填土覆盖等防护措施。在平地开挖宽度不大于4m 的槽子采用拱式或壳体式覆盖最合理 ,它们可随施工的进展沿槽线移动。挡板式覆盖机动灵活 ,可以设在高于爆破对象的天然或人工的支承上 ,并距爆破对象表面不小于0.3 ~0.5m ,但爆前架设、爆后拆除费时、费工。网式、链式覆盖轻而架设简便 ,对房屋和建筑物进行防护是有效的 ,但不能避免漏网小块飞石。浅孔爆破时 ,在孔口加压土包 ,大量爆破时 ,填土覆盖被保护的建筑物是行之有效的。只不过后者覆土填筑和清除工作量大 ,要有一定的机械设备或具有足够的劳动力。

应当指出 ,在进行爆破过程中 ,从爆破器材的运输、贮存以至爆破后的场地检查和清理 ,都必须遵守有关的安全规程。遇有特殊情况 ,除经上级批准外 ,不得违背安全规程。而且应事先和经常对掌管爆破的施工人员和工人进行安全教育。

第三节 工程验收

一、爆破工程的保证项目和实测项目应符合标准要求

1 . 保证项目

柱基、基坑、基槽、管沟和水下爆破后 ,基底的岩土状态 ,必须符合设计要求。

检验方法 观察检查和检查验槽记录。

2 . 实测项目

爆破工程外形尺寸的允许偏差和检验方法应符合表13 -11 的规定。

表13 -11 爆破工程外形尺寸的允许偏差和检验方法

项次	项目	允许偏差(mm )			检验方法
		柱基、基坑 基槽、管沟	场地平整	水下爆破	
1	标高	+10 -200	+100 -300	+0 -400	用水准仪检查
2	长度、宽度 (由设计中心 线向两边量)	+200 -0	+400 -100	-1000 -0	用经纬仪、拉线和尺量检 查



续表

项次	项目	允许偏差(m m )			检验方法
		柱基、基坑 基槽、管沟	场地平整	水下爆破	
3	边坡坡度	-0	-0	-0	观察或用坡度尺检查

注 1 . 柱基、基坑、基槽、管沟和 水下爆破应将炸松的石渣清除后检查 场地平整应在整平完毕后检查。

2 . 本表项次3 的偏差系指边坡坡度不应偏陡。

检查数量 标高 :柱基抽查总数的 10 % ,但不少于5 个 ,每个不少于2 点 ;基坑每 20 m<sup>2</sup> 取1 点 ,每坑不少于2 点 ;基槽、管沟每20m 取1 点 ,但不少于5 点 ;场地平整每100 ~ 400m<sup>2</sup> 取1 点 ,但不少于10 点。长度、宽度和边坡坡度均为每20m 取1 点 ,每边不少于1 点。

## 二、爆破工程竣工所需提交的资料

- 1 . 土石方竣工图 ；
- 2 . 有关设计变更和补充设计的图纸或文件 ；
- 3 . 施工记录 ；
- 4 . 隐蔽工程验收记录 ；
- 5 . 永久性控制桩和水准点的测量结果 ；
- 6 . 质量检查和验收记录。

## 第二篇

# 地基与基础工程

# 第一章 概 述

## 第一节 地基的处理

### 一、地基与基础

任何建筑物都得建造在土层（或岩层）上，建筑物受到的各种荷载最终都将传递到该土层中去。一般以室内地坪标高（ $\pm 0.000$ ）分界，室内地坪以上称为建筑物的上部结构，室内地坪以下称为建筑物的基础，而与建筑物基础接触、受建筑物影响的那部分土层称为该建筑物的地基。

一般说，建筑物上部结构强度大、变形小，而地基土则强度低、变形大，因此要通过设置一定结构型式和尺寸的基础，承上启下，来解决这个矛盾。基础受上部结构传递的荷载和地基反力的共同作用，基础底面的反力反过来又是地基承受的荷载，使地基产生应力与变形。如果地基应力超过地基土层的允许值（承载力），或地基土层的变形超过基础、上部结构的允许幅度，则建筑物的上部结构和基础必须作相应的改变，或改变上部结构的型式、布置，或提高其刚度，或改变基础型式、扩大基础尺寸；当然，也可对地基土层进行处理，提高其承载能力、减少其压缩变形；所以，建筑物的上部结构、基础和地基三者，虽然功能各有不同，研究方法相异，但在荷载作用下，三者却是彼此联系、相互制约、共同工作的整体；从这一整体概念出发，才能较好地解决地基处理与基础工程的有关问题。

### 二、地基处理与基础工程的重要性

地基基础工程是建筑物的“根”，其重要性是不言而喻的。随着我国基本建设的发展，建设用地日趋紧张，许多建筑物不得不建造在地质条件不良、过去认为不宜利用的建筑场地上。而大（型）、重（型）、高（层）建筑和有特殊要求的建筑物日渐增多，对地基的要求越来越高，需要进行地基处理的工程数量多、技术难度大。用于地基处理与基础工程的费用在工程建设投资中占有相当大的比重。地基条件的不定因素较多，地基处理与基础工程施工的风险大，对于工程建设投资、工期、质量的控制，常起着决定性

的影响。

三、地基基础的类型

地基基础的类型有（见图1 -1）：

（1）地基内部都是良好土层，或上部有较厚的良好土层，一般将基础直接做在天然土层上，基础埋置深度小，可用普通方法施工，称为“天然地基上的浅基础”，或称为“天然地基”。

表1 -1 地基处理方法分类

分类	处理方法	原理及作用	适用范围
换土垫层法	机械辗压法	挖除浅层软弱土，分层辗压或夯实来压实土，按回填的材料可分为砂垫层、碎石垫层、灰土垫层、二灰垫层和素土垫层等。它可提高持力层的承载力，减少沉降量、消除或部分消除土的湿陷性和胀缩性、防止土的冻胀作用以及改善土的抗液化性	机械辗压法常适用于基坑面积宽大和开挖土方量较大的回填土方工程，一般适用于处理浅层软土地基、湿陷性黄土地基、膨胀土地基和季节性冻土地基 重锤夯实法一般适用于地下水位以上稍湿的粘性土、砂土、湿陷性黄土、杂填土以及分层填土地基 平板振动法适用于处理无粘性土或粘粒含量少和透水性好的杂填土地基
	重锤夯实法		
	平板振动法		
深层密实法	强夯法	强夯法系利用强大的夯击功，迫使深层土液化和动力固结而密实 挤密法系通过挤密或振动使深层土密实。并在振动挤密过程中，回填砂、砾石、灰土、土或石灰等，形成砂桩、碎石桩、灰土桩、二灰桩、土桩或石灰桩，与桩间土一起组成复合地基，从而提高地基承载力、减少沉降量、消除或部分消除土的湿陷性，改善土的抗液化性 粉体喷射搅拌法是以生石灰或水泥等粉体材料，利用粉体喷射机械，以雾状喷入地基深部，由钻头叶片旋转，使粉体加固料与原位软土搅拌均匀，使软土硬结，可提高地基承载力、减少沉降量、加快沉降速率和增加边坡稳定性	强夯法一般适用于碎石土、砂土、杂填土及粘性土、湿陷性黄土及人工填土，对淤泥质土经试验证明施工有效时方可使用。 砂桩挤密法和振动水冲法一般适用于杂填土和松散砂土，对软土地基经试验证明加固有效时方可使用灰土、二灰或土桩挤密法一般适用于地下水位以上，深度为5 ~10m 的湿陷性黄土和人工填土。 粉体喷射搅拌法和石灰桩挤密法一般都适用于软土地基
	挤密法		
	(砂桩挤密法)		
	(振动水冲法)		
	(灰土、二灰或土桩挤密法)		
	(石灰桩挤密法)		
	粉体喷射搅拌法		

续表

分类	处理方法	原理及作用	适用范围
排水固结法	堆载预压法 真空预压法 降水预压法 电渗排水法	通过布置垂直排水井，改善地基的排水条件，及采取加压、抽气、抽水和电渗等措施，以加速地基土的固结和强度增长，提高地基土的稳定性，并使沉降提前完成	适用于处理厚度较大的饱和软土和冲填土地基，但需要具有预压的荷载和时间等条件。对于厚的泥炭层则要慎重对待
化学加固法	灌浆法 混合搅拌法 (高压喷射浆法) (深层搅拌法)	通过注入水泥或化学浆液，或将水泥等浆液进行喷射或机械拌和等措施，使土粒胶结，用以改善土的性质，提高地基承载力，增加稳定性，减少沉降，防止渗漏	适用于处理砂土、粘性土、湿陷性黄土及人工填土的地基。尤其适用于对已建成的由于地基问题而产生工程事故的托换技术
加筋法	土工织物 加筋土 树根桩 碎石桩 (包括砂桩)	在软弱土层建造树根桩或碎石桩，或在人工填土的路堤或挡墙内铺设土工织物、纲带、钢条、尼龙绳或玻璃纤维等作为拉筋，使这种人工复合的土体，可承受抗拉、抗压、抗剪和抗弯作用，籍以提高地基承载力，增加地基稳定性和减少沉降。	土工织物适用于砂土、粘性土和软土。 加筋土适用于人工填土的路堤和挡墙结构 树根桩适用于各类土 碎石桩（包括砂桩）适用于粘性土，对于软土，经试验证明施工有效时方可采用
热学法	热加固法 冻结法	热加固法是通过渗入压缩的热空气和燃烧物，并依靠热传导，而将细颗粒土加热到适当温度，如温度在100 以上，则土的强度就会增加，压缩性随之降低 冻结法是采用液体氮、或二氧化碳膨胀的方法、或采用普通的机械致冷设备与一个封闭式液压系统相连接，而使冷却液在里面流动，从而使软而湿的土进行冻结，以提高土的强度和降低土的压缩性	热加固法适用于非饱和粘性土、粉土和湿陷性黄土 冻结法适用于各类土。对于临时性支承和地下水控制；特别在软土地质条件，开挖深度大于7 ~8m，以及低于地下水位的情况下，是一种普遍而有用的施工措施

- ②）对地基上部软弱土层进行加固处理，提高其承载能力，减少其变形，基础做在这种经过人工加固的土层上，称为“人工地基”。
- ③）在地基中打桩，基础做在桩上，建筑物的荷载由桩传到地基深处的坚实土层，或由桩与地基土层接触面的摩擦力承担，这种基础称为“桩基础”。
- ④）用特殊的施工手段和相应的基础型式（如地下连续墙、沉井、沉箱等）把基础做在地基深处承载力较高的土层上，称为“深基础”。

本书重点论述前两种类型地基基础工程的施工。

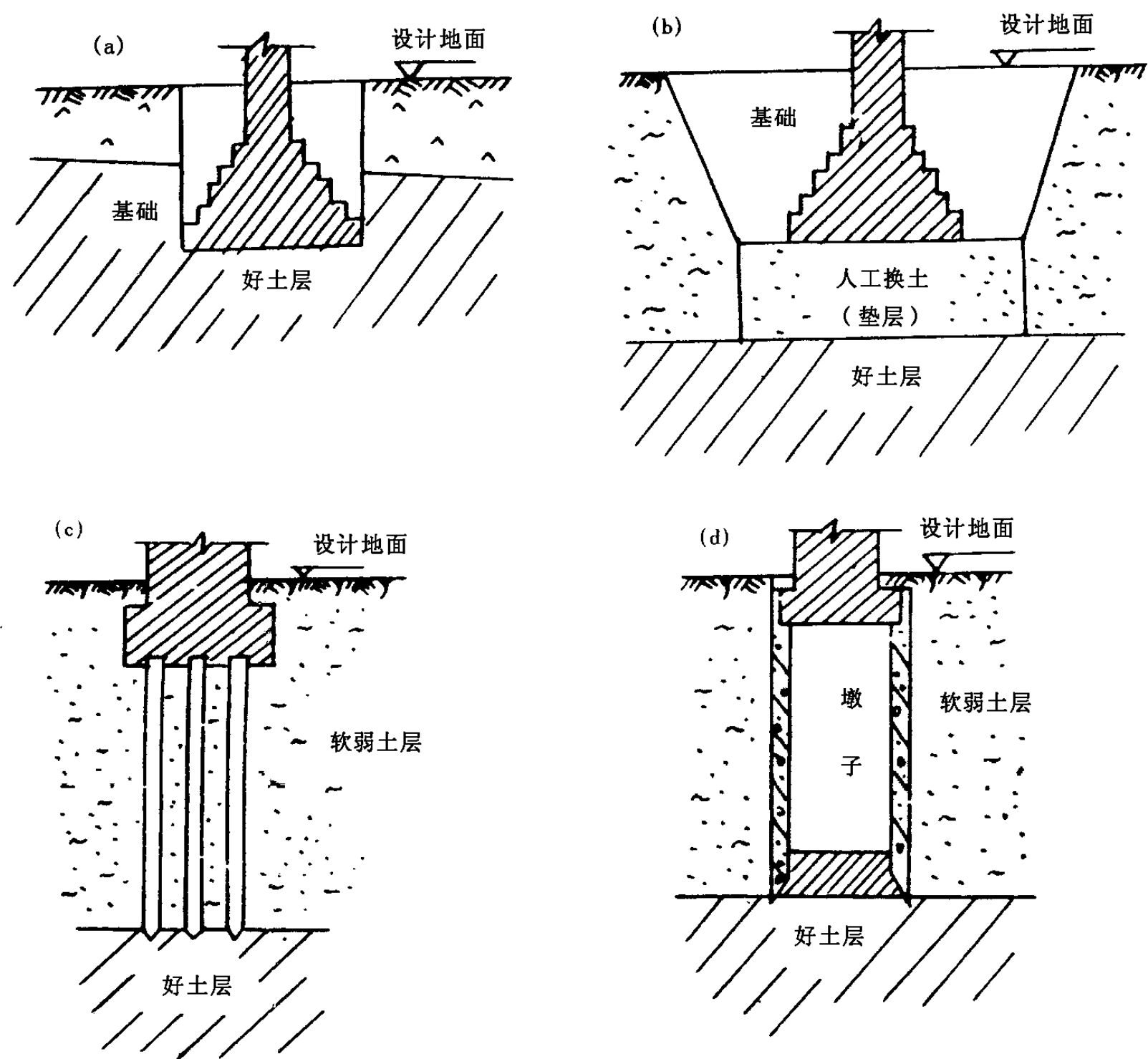


图4 -1 地基基础的类型

(a) 天然地基上浅基础 (b) 人工地基 (c) 桩基 (d) 深基础

第二节 地基处理方法的分类和适用范围

地基处理方法的分类可有多种。如按时间可分为临时处理和永久处理；按处理深度可分为浅层处理和深层处理；按处理对象土层特性可分为砂性土处理和粘性土处理，饱和土处理和非饱和土处理；按地基处理的作用机理来分类，可参考表1 -1 所示。各种地基处理方法的主要适用范围和加固效果可参考表1 -2。

表1 -2 各种地基处理方法的主要适用范围和加固效果

按处理深浅分类	序  号	处理方法	对各类软弱地基适用情况						加固效果				最大有效处理深度 (m)
			淤 泥 质 土	人 工 填 土	粘 性 土		无 粘 性 土	湿 陷 性 黄 土	降 低 压 缩 性	提 高 抗 剪 性	形 成 不 透 水 性	改 善 动 力 特 性	
					饱 和	非 饱 和							
浅层加固	1	换土垫层法	0	0	0	0		0	0	0		0	3
	2	机械碾压法		0		0	0	0	0	0			3
	3	平板振动法		0		0	0	0	0	0			1.5
	4	重锤夯实法		0		0	0	0	0	0			1.5
	5	土工织物法	0		0				0	0			1.5
深层加固	6	强夯法		0	慎重	0	0	0	0	0		0	30
	7	砂桩挤密法	慎重	0	0	0	0		0	0		0	20
	8	振动水冲法	慎重	0	0	0	0		0	0		0	30
	9	灰土（土、二灰）桩挤密法		0		0		0	0	0		0	20
	10	石灰桩挤密法	0		0	0			0	0			20
	11	粉体喷射搅拌法	0		0	0			0	0			
深层加固	12	砂井（袋装砂井、塑料板排水）堆载预压法	0		0				0	0			20
	13	真空预压法	0		0				0	0			20
	14	降水预压法	0		0				0	0			30
	15	电渗排水法	0		0				0	0			20
	16	水泥灌浆法					0		0	0	0	0	20
	17	硅化法			0		0	0	0	0	0	0	20
	18	电动硅化法	0		0				0	0	0		
	19	碱液灌浆法						0	0	0			
	20	高压喷射注浆法	0	0	0	0	0		0	0	0		40
	21	深层搅拌法	0	0	0	0	0		0	0	0		20
	22	热加固法				0		0	0	0			15
	23	冻结法	0	0	0	0	0	0		0	0		

地基处理与基础工程均属于隐蔽工程，必须严格施工质量检测，如实填写施工记录，认真做好分项、分部工程施工质量检验和质量等级评定工作，并经建设（监理）、质量监督、设计、施工单位的联合验收签证，始可进行后续工程的施工。

## 第二章 地基加固

### 第一节 填换法

当软土地基的承载力和变形满足不了建筑物的要求，而软弱土层的厚度又不很大时，采用填换法能取得较好的效果。

目前，在软土地区经常采用的是垫层法，如素土垫层、灰土垫层以及砂石垫层等等。虽然材料不同的垫层其应力分布有所差异，但从试验结果分析，其极限承载力还是比较接近的；通过沉降观测资料发现，不同材料垫层上的建筑物沉降的特点基本相似，所以各种材料的垫层都可近似地按砂垫层的计算方法进行计算。不同材料的垫层，其主要作用也与砂垫层相同，表现为：提高地基承载力、减少沉降量、加速软弱土层的排水固结以及防止冻胀等。值得指出的是，一般在钢筋混凝土基础下采用10 ~30cm 厚的混凝土垫层，主要是作基础的找平和隔离层，并为基础绑扎钢筋和建立木模等工序的施工操作提供方便，仅是施工措施，不属于地基处理。

#### 一、砂垫层和砂石垫层

适用于持力层比较软弱的地基，不宜用于加固湿陷性黄土和膨胀土地基以及不透水粘土地基。

##### （一）构造要求

砂垫层和砂石垫层的厚度，应以作用在垫层底面处土的自重应力与附加应力之和不大于软弱土层的容许承载力来确定。一般为0.5 ~2.5m，但不宜于3m，垫层的顶宽度一般较基础底面每边大0.4 ~0.5m，底宽可与其顶宽相同，也可和基础底宽相同，大面积垫层宽度常按自然倾斜角确定（图2 -1）。

##### （二）材料要求

垫层材料应使用颗粒级配良好、质地坚硬的中砂、粗砂、砾砂、卵石或碎石。砂砾



中石子的含量不应大于50 %，石子最大粒径不大于50mm。砂、石中均不得含有草根、垃圾等有机杂物，含泥量不大于5 %（用作排水垫层时不应大于3 %）。

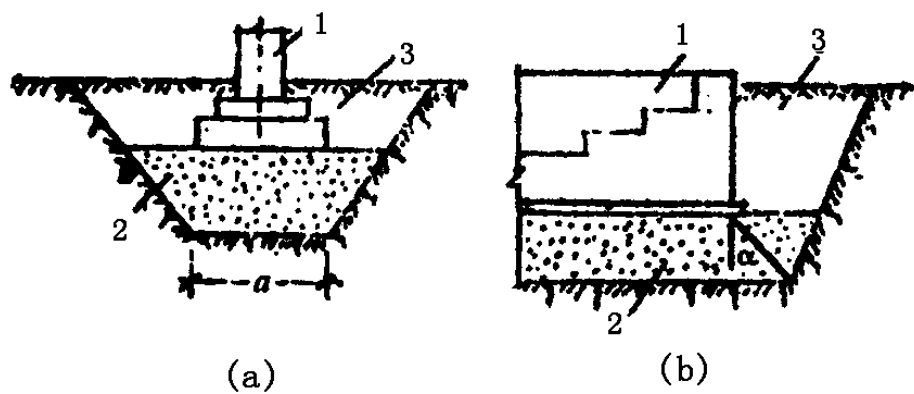


图2 -1 砂或砂石垫层

1. 基础 2. 砂或砂石垫层 3. 回填土 a. 基础底宽 α. 砂或砂石垫层的自然倾角

(三) 施工要点

- 1. 施工前应先验槽、清除浮土，基坑、基槽的边坡必须稳定（要有一定的坡度以防塌方），槽底和两侧如有孔洞、沟、井等应先填实。
- 2. 人工级配的砂、石材料应按级配要求拌和均匀，再铺填捣实。
- 3. 开挖基坑铺设砂垫层时，必须避免扰动软弱土层的表面，基坑开挖后应及时回填，不应暴露过久或浸水，并防止践踏坑底。
- 4. 砂、石垫层底面应铺设在同一标高上，如深度不同时，基坑地基土面应挖成踏步或斜坡搭接，搭接时应注意捣实，施工时应按先深后浅的顺序进行。
- 5. 分段施工时，接头处应做成斜坡，每层错开0.5~1.0m，并应充实捣实。
- 6. 捣实砂石垫层时，应注意不要破坏基坑底面和侧面土的强度，对基坑下灵敏度大的地基土，在垫层最下一层宜先铺设一层15~20cm的松砂，只用木夯夯实，不得使用振捣器，以免破坏基底土的结构。
- 7. 采用细砂作为垫层的填料时，应注意地下水的影响，且不宜使用平振法、插振法和水撼法。
- 8. 砂垫层施工中的关键是将其加密到设计要求的密实度，垫层应分层铺设、分层压实，施工要点见表2 -1。
- 9. 冬季施工时，不得采用夹有决块的砂石作垫层，并采取相应的措施防止砂石内水分冻结。

表2 -1 砂垫层和砂石垫层每层铺设厚度及最佳含水量

捣实方法	每层铺设厚度 (mm )	施工时最佳含水量 ( % )	施工说明	备注
平振法	200 ~250	15 ~20	1 . 用平板式振捣器往复振捣，往复次数以简易测定密实度合格为准 2 . 振捣器移动时，每行应搭接1 $\beta$ ，以防振动面积不搭接	不宜用于细砂或含泥量较大的砂所铺筑的砂垫层
插振法	振捣器插入深度	饱和	1 . 用插入式振捣器 2 . 插入间距可根据机械振幅大小决定，不大于振捣器有效半径的1 .4 倍 3 . 不应插至下面粘土层 4 . 应有控制地淋水和排水	不宜用于细砂或含泥量较大的砂所铺筑的砂垫层
水撼法	250	饱和	1 . 注水高度略超过铺设面层 2 . 用钢叉摇撼捣实，插入点间距100mm，插入深度应为砂垫层的厚度 3 . 每层往复振撼3 ~4 遍，直至钢叉自0 .5m 高自由落下，插入深度不超过100mm 为止 4 . 钢叉分四齿，齿间距80mm，长300mm，木柄长900mm，重4kg 5 . 水撼完毕，应将多余水徐徐排出	不得使用于湿陷性黄土、膨胀土
夯实法	150 ~200	8 ~12	1 . 用木夯或机械夯 2 . 木夯重40kS，落距500mm 3 . 一夯压半夯，全面夯实	适用于砂石垫层
碾压法	150 ~350	8 ~12	1 . 6 ~10t 压路机往复碾压，碾压次数以达到要求的密实度为准	适用于地下水位以上、大面积的砂石垫层

二、素土垫层

素土垫层是先挖去基坑下的部分土层或分部土层（一般是挖去软土），然后回填素土，分层夯实而成。素土垫层一般适用于处理湿陷性黄土和杂填土地基。

（一）垫层厚度

- 1 . 软土地基上的垫层厚度。一般是根据垫层底部软弱土层的承载力决定，应使垫层传给软弱土层的压力不超过软弱土层顶部的承载力，一般不宜大于3m。
- 2 . 湿陷性黄土地基的垫层厚度。对于非自重湿陷性黄土地基，当以降低湿陷等级为主时，其垫层厚度以达到降低后的湿陷等级为准，根据试验结果，矩形基础的垫层厚度一般取0 .8 ~1 .0 倍的基底宽，条形基础的垫层厚度一般取1 .0 ~1 .5 倍的基底宽；当考虑消除地基全部湿陷量时，地基处理至附加压力等于土自重压力25 % 的深度处，一

般矩形基础取1.0~1.5 倍的基底宽，条形基础取1.5~2.0 倍的基底宽。对于自重湿陷性黄土地基，需全部处理湿陷性土层，才能保证地基浸水时不出现湿陷变形。但这种处理方式一般处理厚度较大，不宜采用。近年来国内多采用强夯或桩基等方法，既经济又安全。

(二) 垫层宽度

1. 软土垫层地基上的垫层宽度。当其侧面土质较好时，垫层宽度略大于基底宽度即可；当侧面土质较差时，垫层宽度不足会引起侧面软土变形，此时应根据侧面土的容许承载力按下列各式计算垫层宽度。

$$[R] \geq 20 \text{ 时} \qquad B = B + (0 \sim 0.36) h \qquad (2-1)$$
$$20 > [R] \geq 20 \text{ 时,} \qquad B = B + (0.6 \sim 1.0) h \qquad (2-2)$$
$$[R] < 12 \text{ 时,} \qquad B = B + (1.6 \sim 2.0) h \qquad (2-3)$$

式中[R] ——侧面土的容许承载力 (10kPa) ；  
B ——垫层底部宽度 (m) ；  
h ——垫层厚度 (m) ；  
B ——基底宽度 (m) 。

2. 湿陷性黄土地基的垫层宽度。可按下述方法之一确定。

- (1) 垫层厚度小于2m 时，每边加宽不小于垫层厚度的1/3，且不小于30cm ；垫层厚度大于2m 时，应适当加宽。
- (2) 按0.2B~0.3B 选取，但不小于30cm，也不大于70cm。
- (3) 按下式确定

$$B = B + 2h \cdot \text{tg}$$
$$(2-4)$$

式中 ——应力扩散角，与土的干质量密度和含水量有关，一般为22°~25°。

三、碎石类垫层

用碎石垫层来处理软弱地基，是工业建筑中应用较多的一种地基加固方法。工程实践表明，碎石有足够的强度，用作人工地基，其固结速度快，下沉能及早完成，变形模量大，稳定性好，而且垫层本身还可起排水层的作用，加速下部土层的固结和沉降。

(一) 材料要求

碎石或卵石要求质地坚硬、密致、未风化，吸水率不大于5%，含泥量不大于5%；碎石粒径，如分级时为5~40mm，混合时其粒径控制不大于虚铺厚度的2/3。使用矿渣层时，若小面积铺填，粒径为20~60mm，若大面积铺填最大粒径不超过200mm，且泥

土及有机质的含量不大于5 %。垫层的底部及四周应设一层20 ~30cm 的砂框，以防止地基土与碎石互相挤入引起沉陷。

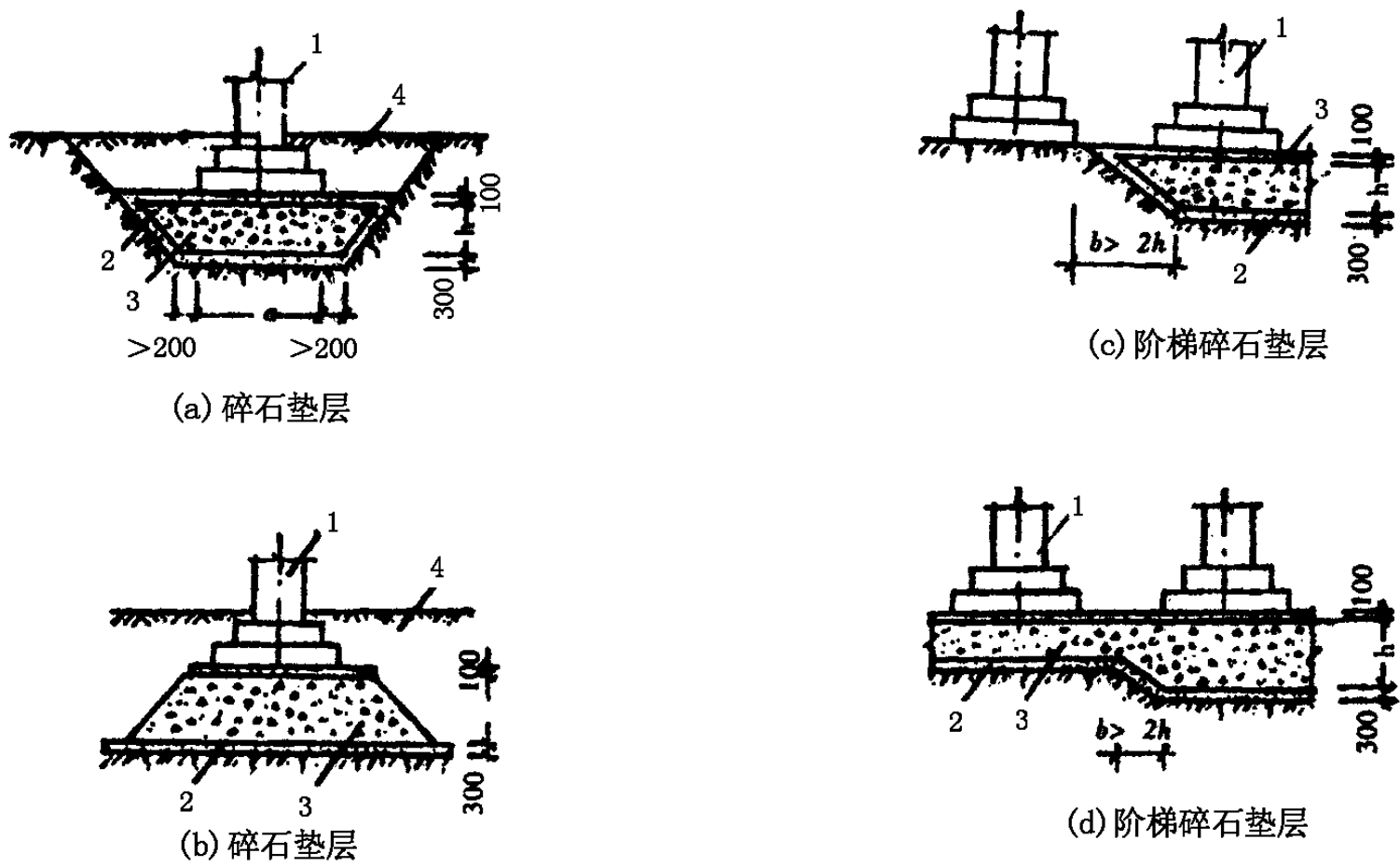


图2 -2 碎石垫层型式

1 . 基础 2 . 砂框 3 . 碎石 4 . 回填土 h . 垫层厚度 b . 阶梯宽

(二) 施工要点

- 1 . 施工时，先将软弱土层挖除至天然好土，然后做砂框并振实，垂直砂框可与垫层同时施工。其一般结构如图2 -2 (a)、(b) 所示。
- 2 . 垫层应分层铺设，若碎石垫层与天然地基相邻，可按图2 -2 (c) 施工；若软弱土层厚度不同，垫层应做成阶梯状，如图2 -2 (d) 所示。
- 3 . 垫层压实，一般用碾压法或振捣法，碾压法采用8 ~10t 的压路机或用拖拉机牵引5t 的平碾分遍碾压，每层铺设厚度为250 ~330mm，推平反复碾压4 ~6 遍，每遍重复半个轮宽；小面积垫层的压实，一般采用振捣法，每层铺设厚度为200 ~250mm，振捣3 ~4 遍，用平板振捣器振实时，单位面积振捣的时间不得少于60s。碎石类垫层碾压后取样测得的干质量密度应为2100kg 左右。

四、灰浆碎砖三合土垫层

(一) 材料要求

石灰用未粉化的块灰临时加水开化，砂用粗砂、中砂或泥砂，不得含有有机杂物，

碎砖粒径为20 ~60mm。

(二) 施工要点

- 1. 灰浆碎砖三合土常用体积配合比为：石灰：砂或粘性土：碎砖 =1 :2 :4 或1 :3 :6。
- 2. 铺设厚度，第一层为220mm，以后每层为200mm，每层均夯成150mm。
- 3. 如刚打完三合土，即遇雨水冲刷或积水过多，表面灰浆被冲去时，应在排除积水后，再重新浇灰浆夯打坚实。

五、灰土垫层

灰土垫层取材容易，费用低且施工简单，适用于加固2m 以内的各种地基。

(一) 材料要求

凡有机质含量不大的粘性土都可作灰土土料，应尽量采用地基槽挖出的土料，表面耕植土不宜采用。土料应过筛，粒径不大于15mm。

(二) 施工要点

- 1. 灰土常用体积配合比为：石灰：土 =2 :8 或3 :7。
- 2. 灰土施工时应适当控制其含水量，灰土应拦和均匀，颜色一致，含水量以用手紧握土料成团，手指轻捏即碎为宜。灰土拌好后应及时铺好夯实，铺土厚度见表2 -2。

表2 -2 灰土铺土厚度

夯实机具的种类		夯重 (kg )	灰土虚铺厚度 (mm )	说 明
人力夯	小木夯	5 ~10	150 ~250	人力送夯，举高过膝，一夯压半夯，夯实遍数不少于4遍，夯实后约80 ~150mm
	石夯、木人夯	40 ~80	200 ~300	落距不小于600mm，夯实遍数不少于4遍，夯实后约100 ~150mm
轻型机械夯			200 ~250	蛙式夯、爆炸夯，夯实遍数不少于4遍，夯实后约100 ~150mm
压路机		(机重) 6 ~10t	200 ~300	大面积用，夯实不少于4遍

表2 -3 灰土质量标准

土料种类	灰土最小干密度 (kg /cm <sup>3</sup> )
粉土	1 .55
粉质粘土	1 .50
粘土	1 .45

3．分段施工时，不得在墙角、柱墩等处接缝，上下相领两层灰土的接缝间距不得小于500mm，接缝处的灰土应充分夯实。每次铺土时，应从留槎处向前伸出0.5～0.6mm。当灰土基础高度不同时，应做成阶梯形，阶梯宽不小于500mm。

(三) 质量要求

灰土应逐层用环刀取样，测定干容重，其大小应按设计规定或不小于表2 -3 所列。

六、工程验收

(一) 保证项目

1．基底的土质必须符合设计要求。

检验方法 观察检查，检查验收记录。

2．灰土、砂、砂石和三合土的干土的重力密度或贯入度必须符合设计要求和施工规范的规定。

检验方法 观察检查和检查分层试（检）验记录。

(二) 基本项目

1．灰土、砂、砂石和三合土的配料、分层虚铺厚度及夯压程度应符合以下规定

合格：配料正确，拌合均匀，虚铺厚度符合规定，夯压密实。

优良：配料正确，拌合均匀，虚铺厚度符合规定，夯压密实，灰土与三合土表面无松散和起皮。

检查数量 柱坑按总数抽查10%，但不少于5个；基坑、沟槽每10m<sup>2</sup> 抽查1处，但均不少于5处。

检验方法 观察检查。

2．灰土、砂、砂石和三合土的留槎和接槎应符合下列规定

合格：分层留槎位置正确，接槎密实。

优良：分层留槎位置、方法正确，接槎密实、平整。

检查数量 不少于5 个接槎处，不足5 处时，逐个检查。

检查方法观察和尺量检查。

(三) 允许偏差项目

灰土、砂、砂石和三合土地基的允许偏差和检验方法应符合表2 -4 的规定。

企业正常生产年份年利润为68 .97 万元、年平均利润为63 .418 万元。

3 . 财务现金流量表

全部投资现金流量表，以投资视为自有资金，不考虑利息计算。表中经营成本是从生产成本中扣除折旧维修费和流动资金利息得出的。

项目内部收益率（见表2 -5 ）。

表2 -4 灰土、砂、砂石和三合土地基的允许偏差和检验方法

项次	项 目		允许偏差 (mm )	检验方法
1	顶面标高		±15	用水准仪或拉线和尺量检查
2	表面平整度	灰土	15	用2m 靠尺和楔形塞尺检查
		砂、砂石、三合土	20	

序号	年 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合计
	项 目											
(一)	流出											
	1 . 固定资产投资	123 3	28 4	2 00								153 70
	2 . 流动资金投资	185 25		61 75								247 00
	3 . 经营成本	525 46	525 46	691 29	691 29	691 29	691 29	691 20	691 29	691 29	691 29	6581 24
	4 . 销售税金	31 46	31 46	41 95	41 95	41 95	41 05	41 95	41 95	41 95	41 95	298 52
	流出小计	865 47	585 32	796 99	733 24	733 24	733 24	733 24	733 24	733 24	733 24	7380 46
(二)	净现金流量	-248 58	31 57	25 52	89 27	89 27	89 27	89 27	89 27	89 27	372 57	116 70
(三)	净现金流量累计	-248 58	-217 01	-191 49	-102 22	-12 95	76 32	165 59	254 86	344 13	716 70	
	折现率为10 %的净现值	-225 96	26 08	19 17	60 97	55 44	56 35	45 8	41 70	37 85	143 81	255 21
9		4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4
(四)	全部投资回收期 =5 + $\frac{12\ 95}{89\ 27}$ =5 .145 （年）											

表2 -5 项目内部收益率

年份	净现金流量	贴现率26 %		贴现率27 %	
		贴现因素	现值	贴现因素	现值
1	-248 58	0 794	-197 37	0 787	-195 63
2	31 57	0 630	19 89	0 620	19 57
3	25 52	0 500	12 76	0 488	12 45
4	89 27	0 397	35 44	0 384	34 28
5	89 27	0 315	28 12	0 303	27 05
6	89 27	0 250	22 32	0 238	21 25
7	89 27	0 198	17 68	0 188	16 78
8	89 27	0 157	14 02	0 148	13 21
9	89 27	0 125	11 16	0 116	10 36
10	372 57	0 099	36 88	0 092	34 28
合 计	716 70		0 90		-6 4

第二节 重锤夯实法

一、基本要求

该法适用于地下水位0 .8m 以上稍湿的粘性土、砂类土、湿陷性黄土、杂填土和分层填土地基。其主要设备为夯锤和起重机械，夯锤用200 号钢筋混凝土制作，重量为1 .5 ~3t，锤重与底面积的关系应符合锤重在底面上的单位静压力为0 .15 ~0 2kg /cm<sup>2</sup>，形状采用圆台体，锤底直径为1 .13 ~1 5m；起重机械可采用履带式起重机、打桩机、桅杆式起重机以及龙门起重机等，当直接用吊索吊夯锤时，起重机的起重能力取锤重的3 倍，当采用脱落夯锤的吊钩时，起重能力取锤重的1 5 倍。

二、施工要点

1．地基重锤夯实前，应在建筑地段附近进行试夯，选定夯锤重量、底面直径和落距，以便确定最后下沉量及相应的最少夯击遍数和总下沉量。对粘性土和湿陷性黄土，



最后下沉量一般取10 ~20mm ；对砂类土 ，取5 ~10mm 。在起重能力相同的条件下 ，以采用较重的夯锤为宜。落距可取2.5 ~4.5m ，夯击遍数一般为8 ~12 遍。加固深度一般为1.2m 。

2 . 由于基槽（坑）底面边角不易夯打密实，故应适当增大夯实宽度；槽（坑）边坡应适当放缓，夯实前槽（坑）底面应高出设计标高，预留土层厚度为试夯时的总下沉量再加50 ~100mm 。

3 . 试夯及地基夯时，应使土体保持在最佳含水量范围，最佳含水量一般由室内击实试验确定。工地简易测试方法是，用手握紧后，松手土不散，易变形而挤不出水，抛在地上即呈碎裂时为土最佳含水量的一般状态。

4 . 在条形基槽和大面积基坑内夯打时，应按一夯挨一夯的顺序进行，一次循环中同一夯位应连夯两个，下一循环的夯位应与前一循环的夯位错开0.5 倍的夯锤直径。在较小面积的独立柱基基坑内夯打时，一般采用先周边后中间或先外后里的顺序进行。

三、工程验收

（一）保证项目

1 . 重锤夯实地基的密实度和夯实深度必须达到设计要求

检验方法 检查试杂记录和夯实施工记录。

2 . 重锤夯实地基的最后下沉量和总下沉量必须符合设计要求和施工规范的规定

检查数量：独立基础每个不少于1 处，基槽每30m<sup>2</sup> 不少于1 处，整片地基每500m<sup>2</sup> 不少于1 处。

检验方法：用水准仪检查和检查施工记录。

（二）允许偏差项目

重锤夯实地基的允许偏差和检验方法应符合表2 -6 的规定。

表2 -6 重锤夯实地基的允许偏差和检验方法

项 目	允许偏差 (mm )	检验方法
顶面标高	±20	用水准仪或拉线和尺量检查

检查数量 独立基础每个不少于1 处，基槽每30m<sup>2</sup> 不少于1 处，整片地基每50m<sup>2</sup> 不少于1 处。

检查方法 用水准仪检查和检查施工记录。

第三节 强夯法

一、基本要求

强夯法是起重机械吊起重8 ~30t 的夯锤，从6 ~30m 的高处自由落下，给地基以强大能量的夯击，迫使土体颗粒重新排列，排除孔隙中的气体和水，从而提高地基土的强度，降低其压缩性。该法主要适用于加固碎石土、碎土、粘性土、黄土、高填土及杂填土等地基。强夯法所产生的瞬时沉降为400 ~500mm，地基压缩性可降低2 ~10 倍，地基承载力可提高2 ~5 倍，造价比桩基约低24 % ~50 %。

(一) 锤重及落距

通常根据要求加固土层的深度（即影响深度）H（m）按下列经验公式选定强夯法所用的锤重Q（t）和落距h（m）

$$H = K \sqrt{Qh} \quad (2-5)$$

式中 K ——经验系数，一般取0.5 ~0.8。

锤重一般用8、10、12、16、25t，落距一般不小于6m，通常采用8、9.5、10、13、18、20、25m 等。夯锤可用钢或钢板为外壳内部填筑混凝土制成（图2-3）。锤底尺寸取决于土层，对于砂质土或碎石类土，锤底面积宜为3 ~4m<sup>2</sup>；对于粘性土或淤泥质土等软弱粘性土，不宜小于6m<sup>2</sup>。

(二) 夯击点布置

一般按正方形或梅花形网络布置，其间距应根据基础布置、加固土层厚度和土质而定，加固深度大、土质软、单击能量大者，其间距应大些，反之应小些。一般为5 ~15m。

(三) 夯击遍数

夯击遍数一般为2 ~5 遍，前2 ~3 遍为“间夯”，最后一遍为低能量的“满夯”，每个夯击点的夯次数为3 ~10 击，最后一遍只夯1 ~2 击。

(四) 两遍之间的时间间隔

一般为1 ~4 周，对于粘性土或冲积土通常为3 周，若地下水位在5m 以下，土质条件较好，可间隔1 ~2d 或连续进行。

(五) 加固范围

对于重要的工程，应比设计的地基长、宽各增加一个加固深度H ；对于一般的建筑物，在离地基轴线以外3m 布置一圈夯击点即可。

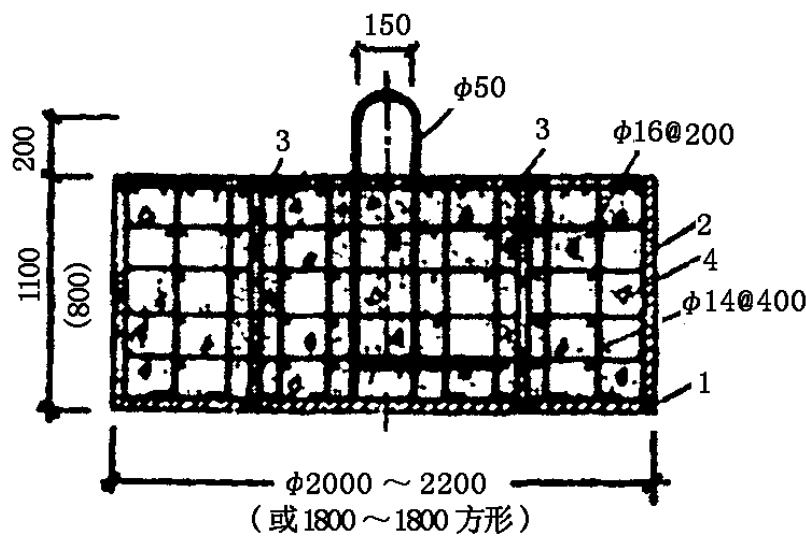


图2 -3 混凝土夯锤

1 . 钢底板，厚300mm 2 . 钢外壳，厚18mm 3 . 159 ×5 钢管6 个 4 #30 钢筋混凝土，钢筋A3F

二、施工要点

- 1 . 施工前场地必须进行地质勘探，并通过现场实验性施夯，确定强夯技术参数。
- 2 . 确定建筑物的位置，定出加固处理范围，清除处理范围内的一切地下障碍，平整场地，做好排水。
- 3 . 强夯应分段进行，顺序是从边缘夯向中央，以减少侧向压力对附近地区的影响。如图2 -4 所示。

16	13	10	7	4	1
17	14	11	8	5	2
18	15	12	9	6	3
18	15	12	9	6	3
17	14	11	8	5	2
16	13	10	7	4	1

图2 -4 强夯顺序

- 4 . 夯击时，重锤应保持平稳、夯位准确，如错位或坑底倾斜过大，宜用砂土将坑

底整平才能进行下一次夯击。

5．每夯击一遍后，应测量场地平均下沉量然后用土将夯坑填平，方可进行下一遍夯击，最后一遍的场地平均下沉量必须符合要求。

6．做好强夯施工记录。

三、质量检查

应检查施工记录及各项技术参数，并应在夯击过的场地上选点检查。一般可用标准贯入、静力触探等方法。检查点数每个建筑物不少于3 处，检测的深度和位置按设计要求确定。

四、工程验收

(一) 保证项目

1．强夯地基施工的锤重、落距、夯击点布置及各夯击点的夯击次数必须符合设计要求。

检验方法 观察检查和检查施工记录。

2．强夯的夯击遍数和两遍之间的间隔时间必须符合设计要求和施工规范规定。

检验方法 观察检查和检查施工记录。

(二) 允许偏差项目

强夯地基的允许偏差和检验方法应符合表2 -7 的规定。

检查数量 按夯击点数量抽查5 %。

表2 -7 强夯地基的允许偏差和检验方法

项次	项目	允许偏差 (mm )	检验方法
1	夯击点中心位移	150	用经纬仪或拉线和尺量检查
2	顶面标高	±20	用水准仪或拉线和尺量检查
3	表面平整度	30	用2m 靠尺和楔形塞尺检查

第四节 砂桩或砂井

砂桩和砂井都是在地基中形成柱体（图2 -5 ），两者不同的是，砂桩的主要作用是

挤密其周围的软弱和松散土层使之与桩共同组成基础的持力层，以提高地基的强度和减少地基变形，多用于加固砂土地基和杂填土地基；而砂井的主要作用是加速饱和软粘土的排水固结，使地基沉降及早完成和稳定，同时可提高地基的抗剪强度和承载力，多用于加固饱和软粘土。

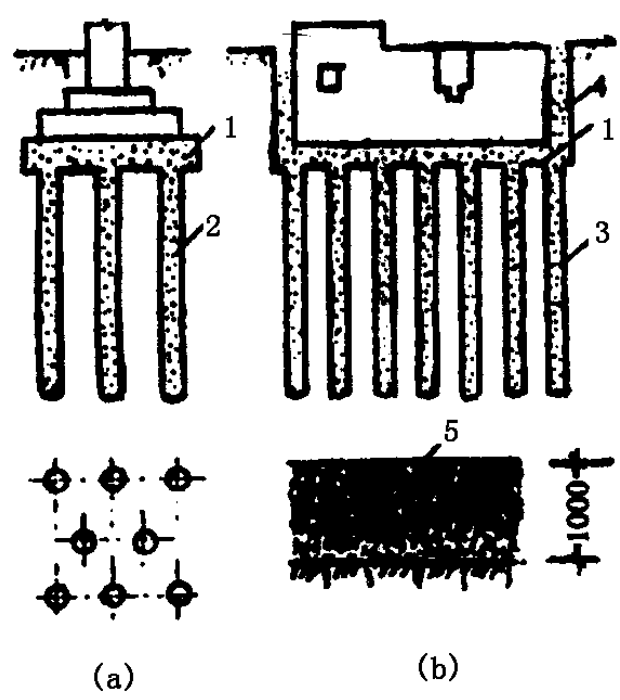


图2 -5 砂桩、砂井示意图  
1. 砂垫层2. 砂桩  
3. 排水砂井4. 垂直砂层  
5. 排水砂垫层构造

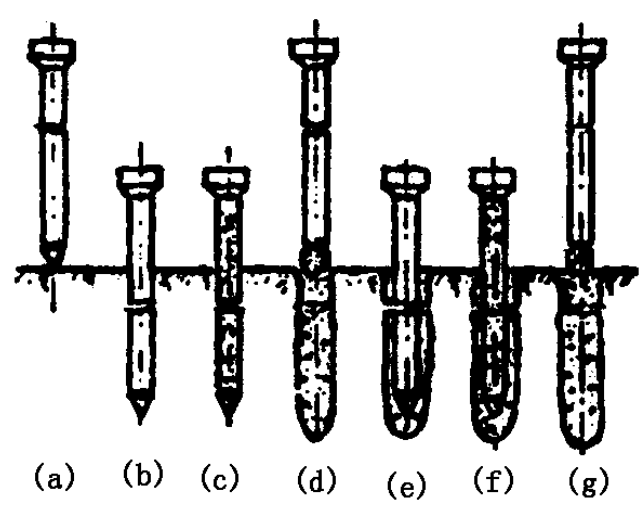


图2 -6 砂桩施工工艺图  
(a) 桩架就位，桩尖插在样桩上  
(b) 打到设计标高 (c) 灌注黄砂  
(d) 拔起桩管，活瓣桩尖就开，黄砂留在桩孔内 (e) 再将桩管打到设计标高 (f) 灌注砂 (g) 拔起桩管

一、基本要求

- 1. 砂桩直径通常可取为220 ~500mm，最大可达800mm，间距为1.8 ~4.0 倍砂桩直径，深度一般7 ~8m，加固宽度不小于基础宽度的1.2 倍，每边放出不少于0.5m，顶部须设置0.2 ~0.3m 的砂垫层，桩群按等边三角形布置。
- 2. 砂井直径一般为300 ~500mm，间距7 ~8 倍的砂井直径，加固深度应达到压缩层的下限处，最外排砂井轴线到地基外边缘的距离应不小于1.5 倍的砂井直径，砂井顶部须设置0.4 ~1.0m 的排水砂垫层。
- 3. 材料要求用天然级配的中砂或粗砂，含泥量小于5%，也可用含泥量小、粒径小于10mm 的石屑、矿渣和砂砾等。含水量在饱和土中采用饱和状态，在非饱和土或填土中为7% ~9%，不得含有草根等有机杂物。

二、施工要点

- 1. 砂桩、砂井多用振动沉桩机，振动力宜为3 ~7t，另备一台起重机拔管。施工方

法与混凝土及钢筋混凝土基本相同。

2. 打桩时在基底标高以上应留0.5~1m 的覆土，待打完砂桩后再挖至设计标高。

3. 打桩方式，先用振动沉桩机打入下端装有自由脱落的混凝土桩靴或活瓣式桩靴，将桩沉入到设计深度后，即吊起桩锤，在桩管中灌入砂子，然后将桩管徐徐拔出，其速度控制在1~1.5m/s。整个过程如图2-6 所示。

4. 打桩顺序，应从外围或两侧向中间进行，砂井间距较大可逐排进行。

5. 砂桩必须保持成桩的连续性，不断桩、不缩颈。桩的垂直度应小于0.01 倍的桩长，平面位移应小于0.5 倍的桩径。

## 第五节 灰土桩挤密地基

灰土挤密桩是将钢管或木桩打入土中，将桩拔出后形成桩孔，然后在桩孔中回填2:8 或3:7 的灰土夯实而成。适用于加固地下水位以上的杂填土、湿陷性黄土、新填土及含水率较大的软弱土地基。灰土挤密桩的初期作用与砂桩相似，后期灰土硬结后，可起部分刚性桩的作用，能提高承载力1~2.5 倍。

### 一、基本要求

灰土挤密桩直径一般用250~600mm，深度4.5~10m。采用等边三角形呈梅花状排列，桩距为有效挤密范围，一般为2.5~3 倍的桩径（图2-7）。

### 二、施工要点

1. 施工前应进行场地平整、放线、定位以及确定打桩次序等准备工作。

2. 根据设备条件选用成孔方法（爆扩法、冲击法或沉管法）。

3. 可用机械或人工进行桩孔回填灰土的夯实。一般用人工将拌好的灰土分层填入孔内夯实，每层铺土厚度为200~250mm，每层均以量斗定量向桩孔内下料。夯实前应先测定灰土达到所需干质量密度时的夯击次数。

4. 灰土桩应打一孔填一孔，若夯填速度较慢，可隔几个桩位跳打，以免桩孔因振动挤压而缩孔或坍孔。

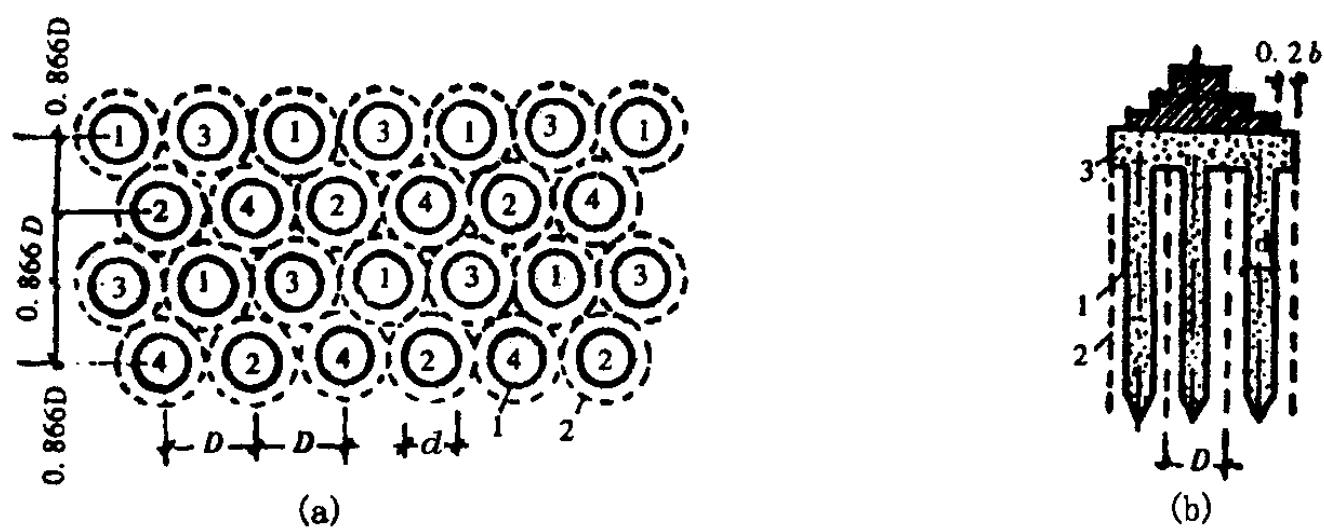


图2 -7 灰土桩打桩顺序及构造  
d . 桩径 D . 桩距 b . 基础宽度 、 、 、 打桩顺序  
1 . 灰土桩 2 . 桩的有效挤密范围 3 . 垫层

三、质量要求

桩位正确，深度符合要求。夯实密度要求可按灰土最大干质量密度控制（一般不小于1.55t/m³），桩间挤密土的最大干质量密度不小于1.5t/m³。

四、挤密桩工程验收

适用于砂桩、土桩、灰土桩及碎石桩等挤密工程。

（一）保证项目

- 1 . 挤密桩的桩数、孔径、填料质量及配合比必须符合设计要求或施工规范的规定。  
检验方法：观察检查和检查施工记录、试验报告。
- 2 . 桩身的密实度必须符合设计要求或施工规范的规定，压实系数（ $\rho$ ）一般为0.93~0.95。

检验方法 标准贯入、轻便触探试验检查，检查试验、施工记录。

检查数量 夯填质量，应采用随机抽样检查。抽样检查的数量，应不少于桩孔数的2%，同时每工作班至少应抽查一根。

（二）允许偏差项目

- 1 . 挤密桩的允许偏差和检验方法应符合表2 -8 规定。  
检查数量 按桩数抽查5%。

表2 -8 挤密桩的允许偏差和检验方法

项 次	项 目		允许偏差 (mm )	检验方法
1	成孔中心位移		50	用经纬仪或拉线和尺量检查
2	成孔垂直度		1 .5H /100	用测斜仪或吊线和尺量检查
3	桩径	沉管法	-20	尺量检查
		爆扩法	±50	
		冲击法	±100 -50	
4	深度	沉管法	100	
		爆扩法	300	
		冲击法	300	

注：H 为成孔深度。

第六节 深层搅拌法

深层加固法是用水泥浆或水泥砂浆作为固化剂，由深层搅拌机在基础深部就地将土壤的水泥浆充分拌和，通过软土和水泥浆拌和后凝结成桩体、墙体或块体，使土壤固结，以提高地基强度的一种方法。该法适用于加固深厚的软土地基，对超软土效果更佳。具有无振动、无噪音、无污染和对邻近建筑物影响小等特点。

一、基本要求

水泥用量一般为加固土重的7 % ~15 %，水泥掺入量为110 ~160kg /m<sup>3</sup>（土）；若用水泥砂浆，水泥砂浆的配合比以1 :1 或1 :2 为宜，同时掺入0 .2 % ~0 .25 %水泥重的木质素磺酸钙减水剂、1 %水泥重的硫酸钠和2 %水泥重的石膏。水灰比为0 .43 ~0 .5，水泥浆稠度为1 ~14cm。

二、施工要点

- 1．先进行深层搅拌机的定位，然后以0 .38 ~0 .75m /min 的速度下沉至加固深度。
- 2．以0 .3 ~0 .5m /min 的速度均匀提起搅拌机，同时开动砂浆泵将砂浆不断压入土体中，且由搅拌叶片将水泥浆与软土搅拌，如此一边搅拌，一边喷浆，一边提升直到地面。



3. 以上 (1)、(2) 步骤进行两次即完成一根桩体加固。同时可根据具体情况，将一根根桩体组成所需的加固体，工艺流程见图2 -8。

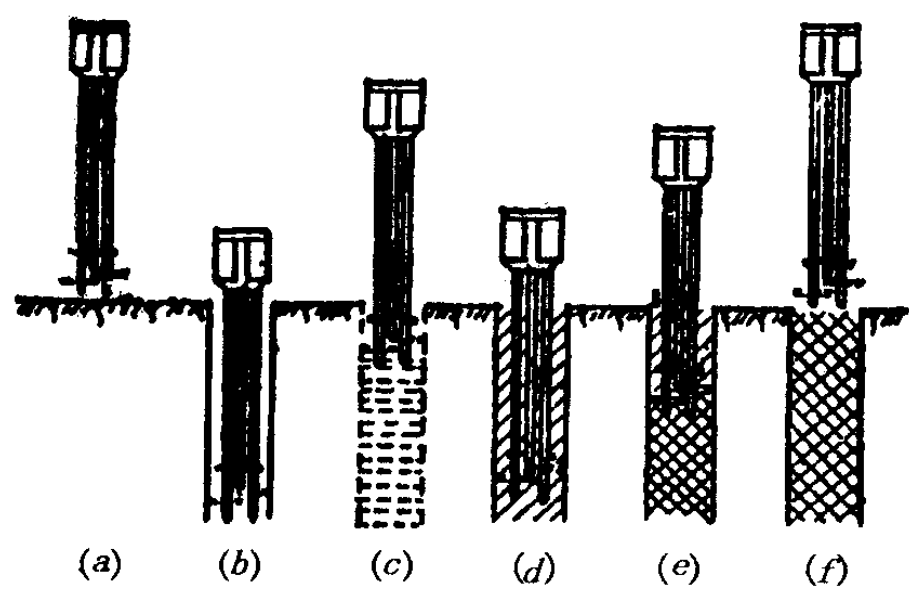


图2 -8 深层搅拌法工艺流程

(a) 定位下沉 (b) 沉入到达设计深度 (c) 喷浆搅拌提升  
(d) 原位重复搅拌下沉 (e) 重复搅拌提升 (f) 加固成柱

### 三、工程验收

#### (一) 保证项目

- 1. 填料材产品种、规格、配合比和注浆量必须符合设计要求。  
检查方法 观察检查，检查出厂证明、试验报告和施工记录。
- 2. 固结体数量、直径、高度和强度必须符合设计要求。  
检验方法 观察尺量和检查、均匀度施工记录；钻机取样、标准贯入和开挖检查。

#### (二) 允许偏差项目

- 1. 固结体中心位移不大于0.2D（固结体直径）。
- 2. 固结体直径、高度和顶面标高  $\pm 50\text{mm}$ 。

#### (三) 检查数量

抽查固结体总数的5 %。

第七节 旋喷法

一、基本特点

旋喷法是通过钻杆端头的特殊喷头，用高压泵浆水泥浆以高速水平喷入土体，借助液体的冲击力切削土层，同时钻杆一面以 $20\text{r/min}$  的速度旋转，一面以 $0.15\sim0.3\text{m/min}$  的速度徐徐提升，使水泥浆与土体充分拌和固结，从而提高地基强度。该法适用于砂土、粘性土、淤泥、黄土及人工填土等的地基加固。

旋喷法施工有单管法、二重管法和三重管法三种形式。单管法喷射时，高压浆液射流在土体中衰减大，破碎土体的有效射程短，成桩直径小，一般为 $0.3\sim0.8\text{m}$ ；采用三重管法时，由于高压射流的作用，使地基中一部分土粒随水、气排出地面，高压浆随之填充空隙，因而成桩直径较大，一般为 $1.0\sim2.0\text{m}$ ；二重管法其成桩直径介于两者之间，一般为 $1.0\text{m}$  左右。加固范围和深度由设计计算决定，其形状可用调节喷嘴的旋转速度、提升速度、喷射压力和喷浆量来控制，可喷成图2 -9 所示的几种形状。

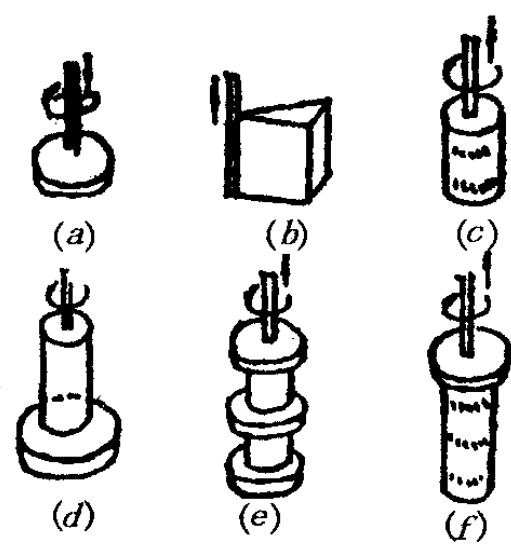


图2 -9 各种形状的固结体

(a) 圆盘状    (b) 墙壁状    (c) 圆柱状    (d) 大底状    (e) 糖葫芦状    (f) 大帽状

二、施工机械

其主要施工机械包括高压泵、钻机、浆液搅拌器等，见表2 -9。

表2 -9 旋喷施工主要机械设备

设备名称		规格性能	用途	备注
单管法	高压泥浆泵	1) SNC —H300 型黄河牌压浆车 ;2 ) ACF —700 型压浆车	旋喷注浆	1 . 钻机的转速和提 升 速 度 , 根据 需 要 应 附 设 调 速 装 置 , 或 增 设 慢 速 卷 扬 机 ; 2 . 二 重 管 法 用 高 压 泥 浆 泵、空 气 压 缩 机 和 高 压 胶 管 , 可 参 照 下 列 规 格 选 用 ; 3 . 其 它 尚 需 配 备 搅 拌 罐 和 各 种 压 力、流 量 仪 表
	钻机	无锡30 型钻机 ; XJ100 型振动钻机	旋喷用	
	旋喷管	单管 , 42mm 地 质 钻 杆 , 喷 嘴 直 径 3 2 ~ 4 0mm	注浆成桩	
	高压胶管	工 作 压 力 310kg /cm <sup>2</sup> , 90kg /cm <sup>2</sup> , 内 径 19mm	高压水泥浆用	
二重管法	高压泵	3W7 -B <sub>4</sub> 高 压 柱 塞 泵 ; SNC —H300 型黄 河 片 压 浆 车 ; ACF —700 型 压 浆 车	高压水助喷	
	泥浆泵	BW250 /50 型 , 压 力 30 ~ 50kg /cm <sup>2</sup> , 排 量 150 ~ 200l /min ; 200 /40 型 , 压 力 40kg /cm <sup>2</sup> , 排 量 120 ~ 200l /min ; ACF —700 型 压 浆 车	旋喷注浆	
	空压机	压 力 5 . 5 ~ 7kg /cm <sup>2</sup> , 排 量 6 ~ 9m <sup>3</sup> /min	旋喷用气	
	钻机	无锡30 型钻机 ; XJ100 型振动钻机	旋喷、钻孔用	
	旋喷管	三重管 , 见 图 2 - 11	水、气、浆成桩	
	高压胶管	工 作 压 力 310kg /cm <sup>2</sup> 、90kg /cm <sup>2</sup> 、内 径 19mm	高压水泥浆用	

三、施工要点

1 . 单管法和二重管法可用旋喷管射水成孔至设计深度后 , 再一边提升一边旋喷。

表2 -10 旋喷施工主要参数

项目		单管法	二管法	三管法
参 数	喷嘴孔径 (mm )	2 ~3	2 ~3	2 ~3
	喷嘴个数 (个)	2	1 ~2	1 ~2
	旋转速度 (r /min )	20	10	5 ~15
	提升速度 (m /min )	2 ~2 . 5	1	0 . 5 ~1 . 5
浆液配比		水 : 水泥 : 陶土 : 碱 =1 ~1 . 5 : 1 : 0 . 03 : 0 . 0009		

三重管法需先用钻机或振动打桩机钻成直径150 ~210mm 的孔 , 然后三重旋喷管插入孔内进行旋喷 , 常用喷嘴形式如图2 -10 所示。

2 . 喷射时应先达到预定的喷射压力和喷浆量 , 然后再徐徐提升旋喷管。

3 . 喷嘴直径、提升速度、旋喷速度等见表2 -10 , 或由现场试验确定。

4 . 喷射施工时 , 应先达到预定的喷射压力、喷浆量后 , 再逐渐提升旋喷管 , 施工

流程如图2 -11 。

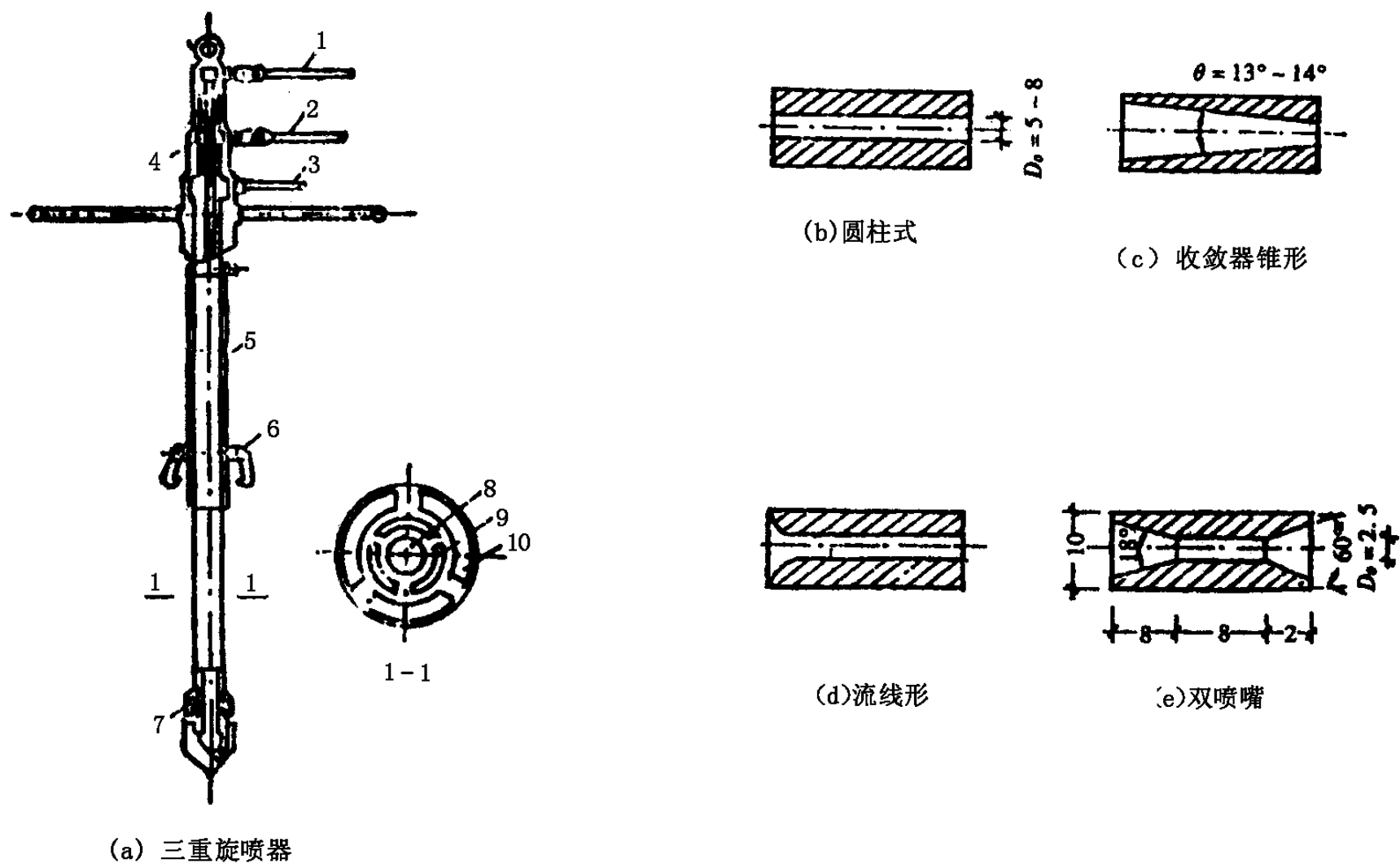


图2 -10 三重管旋喷器及喷嘴形式

- 1 . 水泥浆胶管 2 . 高压水胶管 3 . 压缩空气胶管 4 . 旋转器 5 . 旋喷管  
6 . 卡具 7 . 喷头 8 . 水泥浆管 9 . 高压水管 10 . 压缩代气管

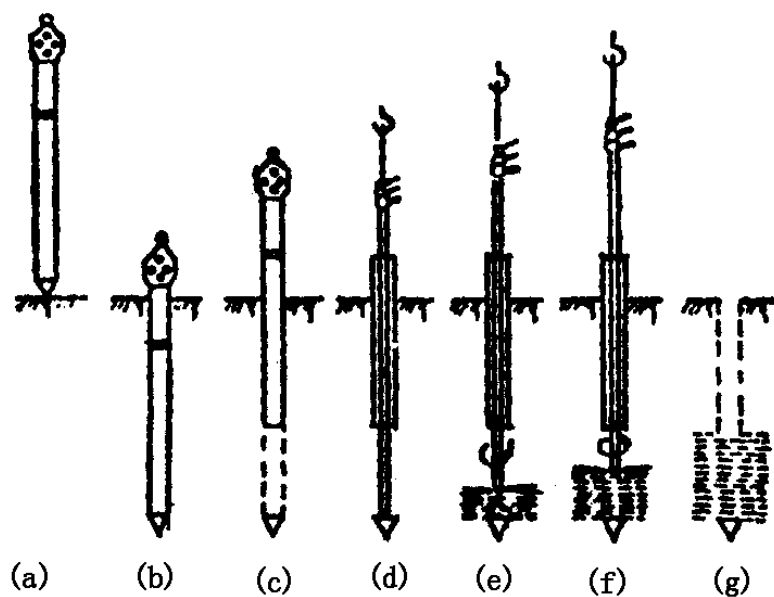


图2 -11 旋喷施工流程图

- (a) 振动打桩机就位 (b) 桩管打入土中 (c) 拔起一段套管 (d) 拆除地面上套管，插入旋喷管  
(e) 旋喷 (f) 自动提升旋喷管 (g) 拔出旋喷管与套管

5 . 喷浆量可按下式计算：

$$Q = \frac{H}{q} (1 + ) \tag{2-6}$$

式中Q ——根桩浆液用量 (L) ；  
H ——旋喷长度 (m) ；  
——旋喷管提升速度 (m /min) ；  
q ——泵的排浆量 (L /min) ；  
——浆液损失系数，一般为0 .1 ~0 2 。

6 . 相邻两桩施工间隔时间不应小于48h ，间距不小于4 ~6m 。施工完毕后应即时清洗管路，防止凝固堵塞。

四、工程验收

(一) 保证项目

- 1 . 水泥的品种、标号、水泥浆的水灰比和外加剂的品种、掺量必须符合设计要求。  
检验方法：观察检查和检查出厂证明、试验报告。
- 2 . 旋喷深度、直径及旋喷体强度必须符合设计要求。  
检验方法：钻机取样、标准贯入、平板荷载试验、开挖检查和检查施工记录。

(二) 实测项目

旋喷地基的允许偏差和检验方法应符合表2 -11 的规定。  
检查数量：按桩数抽查5 %。

表2 -11 旋喷地基的允许偏差和检验方法

项 次	项 目	允许偏差 (mm )	检 验 方 法
1	桩位中心位移	50	拉线和尺量检查
2	旋喷管垂直度	1 5H /100	用测斜仪或吊线和尺量检查

注：H 为旋喷管长度。

第八节 碱液法

一、基本特点

碱液加固地基是将一定浓度、温度的碱液借自重灌入黄土中，与黄土中的二氧化硅

(含量约60 %) 及三氯化铝 (含量约10 ~15 %) 化学反应生成钠硅酸盐、铝酸盐及钙硅酸盐复合物, 牢固地胶结着土颗粒, 从而提高土的强度。根据试验, 经加固后土的极限抗压强度约可提高10 倍, 达到0.5kPa 左右。湿陷性显著减小, 水稳性良好, 工料费仅为硅化法的1/3。该法适用于湿陷性黄土地基, 其它粘性土、素填土及地下水位以下的黄土地基, 经试验证明有效时也可采用。但长期受酸性污水浸蚀的地基, 不宜采用。

## 二、材料要求

碱液加固地基, 根据不同成分的土, 可分别采用NaOH 单液, 或NaOH 和CaCl<sub>2</sub> 双液, 一般对于钙、镁离子饱和的粘性土, 只用单液加固。

NaOH 溶液可用浓度较大的烧液 (NaOH >30 %) 或固体烧碱加水配制, 对于NaOH 含量大于50g/L 的工业废碱液和用土碱及石灰烧煮的土烧碱液, 经试验证明有效时也可采用。配制好的碱液中其不溶性杂质含量不宜超过1.0g/L, NaCO<sub>3</sub> 含量不应超过NaOH 的5 %。NaCl<sub>2</sub> 溶液要求其杂质不得超过60g/L, 而悬浮颗粒不得超过1 %, 溶液的pH 不得小于5.5~6.0。

## 三、施工要点

1. 应先在实地进行单孔灌注加固试验, 以确定单孔加固半径、溶液灌注速度、溶液要求的温度及灌注量等技术参数。

2. 灌注孔可用洛阳铲或麻花钻成孔, 也可用带有尖端的钢管打入土中, 然后拔出钢管成孔, 直径一般为50~70mm。先在孔中用粒径5~10mm 小石子填至注液管下端标高。然后插注液管, 管用直径20mm 的白铁管, 下部钻有孔眼, 直径为3~4mm, 沿管长每20cm 钻一圈 (3~4 个孔眼)。

3. 当灌注孔深度小于3m 时, 注液管底部以上30cm 周围应用小石子填充, 大于3m 时, 管底以上填小石子高度应适当增大。30cm 以上直至地面用素土填充并夯实, 当加固深度超过5m 时, 应采用一次灌注或分层灌注, 以保证加固的均匀性。

4. 加固时, 灌注孔应分期分批间隔打设和灌注, 同一批打设的灌注孔, 其间距应根据土质条件采用2~3m, 每孔必须灌注完全部溶液后, 才可打设相邻的灌注孔。

5. 碱液加固多采用不加压的自渗方式灌注, 溶液宜采取加热 (90~100 ) 和保温措施, 温度愈高强度增长愈快, 土颗粒愈细反应愈完善, 强度亦高。其灌注顺序为:

(1) 单液法, 先灌注浓度较大 (100 %~130 %) 的NaOH 液溶, 接着灌注较稀 (50 %) 的NaOH 溶液, 灌注应连续进行, 不应中断。

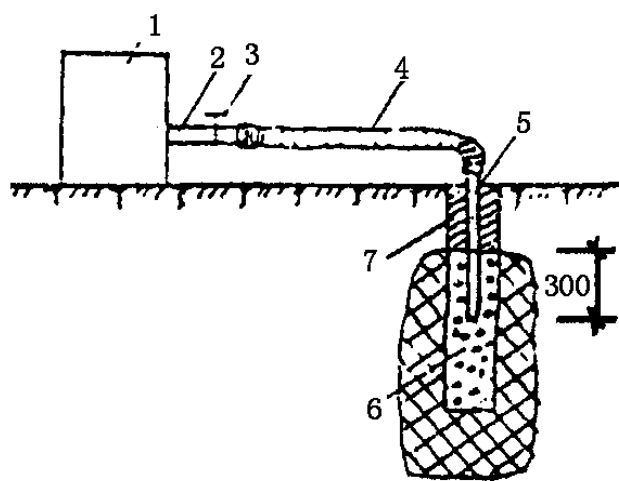


图2 -12 碱液加固

简易装置1．汽油桶2．20mm 铁管3．阀门4．25mm 胶皮管  
5．20mm 注液钢管6．小石子7．填实素土

2) 双液法，按单液法灌完NaOH 溶液后，间隔4h 至一昼夜再灌注CaCl<sub>2</sub> 溶液。CaCl<sub>2</sub> 溶液同样先浓 (100 % ~130 %) 后稀 (50 %)。为加快渗透、硬化，溶液灌注完毕后，可在灌注孔中通入1 ~1.5atm 的蒸汽进行加温约1h。加固简易装置如图2 -12 所示。

第三章 浅埋基础

第一节 概 述

基础底面埋在设计地面下的深度，称为基础的埋置深度。浅埋基础简称浅基础，是相对于深基础（桩基、沉井、沉箱、地下连续墙）而言、埋置深度较浅（例如埋深3 ~ 5m 以内）的基础工程。浅埋基础可做在天然地基上，也可做在经地基处理后的人工地基上。

表3 -1 柱的插入深度 $H_1$  (mm )

矩形或工字形柱				单肢管柱	双肢柱
$h < 500$	$500 \leq h < 800$	$800 \leq h < 1000$	$h \geq 1000$		
$H_1 = (1 \sim 1.2) h$	$H_1 = h$	$H_1 = 0.9h \geq 800$	$H_1 = 0.8h \geq 1000$	$H_1 = 1.5D \geq 500$	$H_1 = (1.3 \sim 2.3) h_A$ $= (1.5 \sim 1.8) h_B$

注：  $h$  为柱截面长边尺寸； $D$  为管柱的外直径； $h_A$  为双肢柱整个截面长边尺寸； $h_B$  为双肢柱整个截面短边尺寸； 柱轴心受压或小偏心受压时， $H_1$  可适当减小，偏心矩 $e_0 > 2h$ （或 $e_0 > 2D$ ）时， $H_1$  应适当加大。

表3 -2 基础的杯底厚度和杯壁厚度

柱截面长边尺寸 $h$ (mm )	杯底厚度 $a_1$ (mm )	杯壁厚度 $t$ (mm )
$h < 500$	150	150 ~200
$500 \leq h < 800$	200	200
$800 \leq h < 1000$	200	300
$1000 \leq h < 1500$	250	350
$1500 \leq h \leq 2000$	300	400

注： 双肢柱的 $a_1$  值，可适当加大。 当有基础梁时，基础梁下的杯壁厚度应满足其支承宽度的要求。 柱子插入杯口部分的表面，应尽量凿毛。柱子与杯口之间的空隙，应用细石混凝土（比基础混凝土强度等级高一级）密实充填，其强度达到基础设计强度的70 %以上（或采取其他相应措施）时，方能进行上部吊装。



一、浅基础的基本结构型式有

(一) 柱下单独基础

如图3 -1 ，为桩基础的基本型式，所用材料与桩的材料和荷重大小有关，常用砖石、混凝土或钢筋混凝土。预制钢筋混凝土柱的柱下单独基础，一般做成杯形基础，见图3 -1 ，其尺寸规定见表3 -1 和表3 -2 。

(二) 墙下条形基础

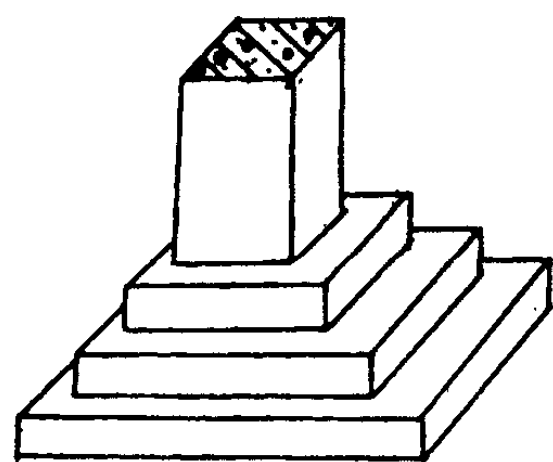


图3 -1 柱下单独基础

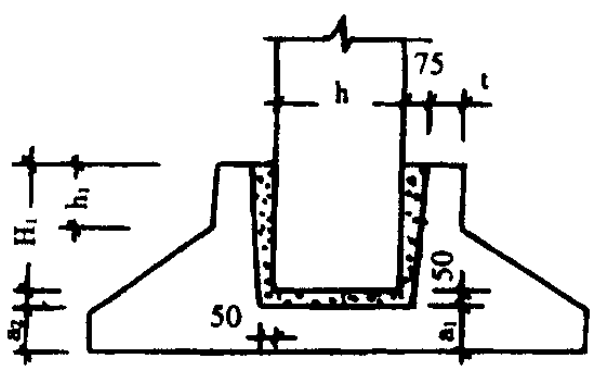


图3 -2 预制钢筋混凝土

柱单独基础示意（单位：mm）

注：t 200（轻型柱可用150）；a<sub>1</sub> 200（轻型柱可用150）；a<sub>2</sub> a<sub>1</sub>。

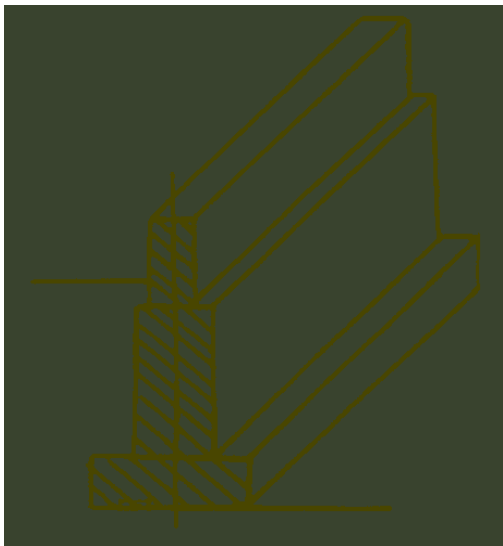


图3 -3 墙下条形基础

承重墙下的基础通常做成连续的长条形，称为条形基础，见图3 -3。

(三) 连续板基础

当柱和墙传来的荷载很大，或地下水位常年在地下室地坪以上，往往需要将整个房屋（或地下室）的底面做成一连续的钢筋混凝土板，作为房屋的基础，称为连续板基础，或称片筏基础、满堂基础，见图3 -3、图3 -3。

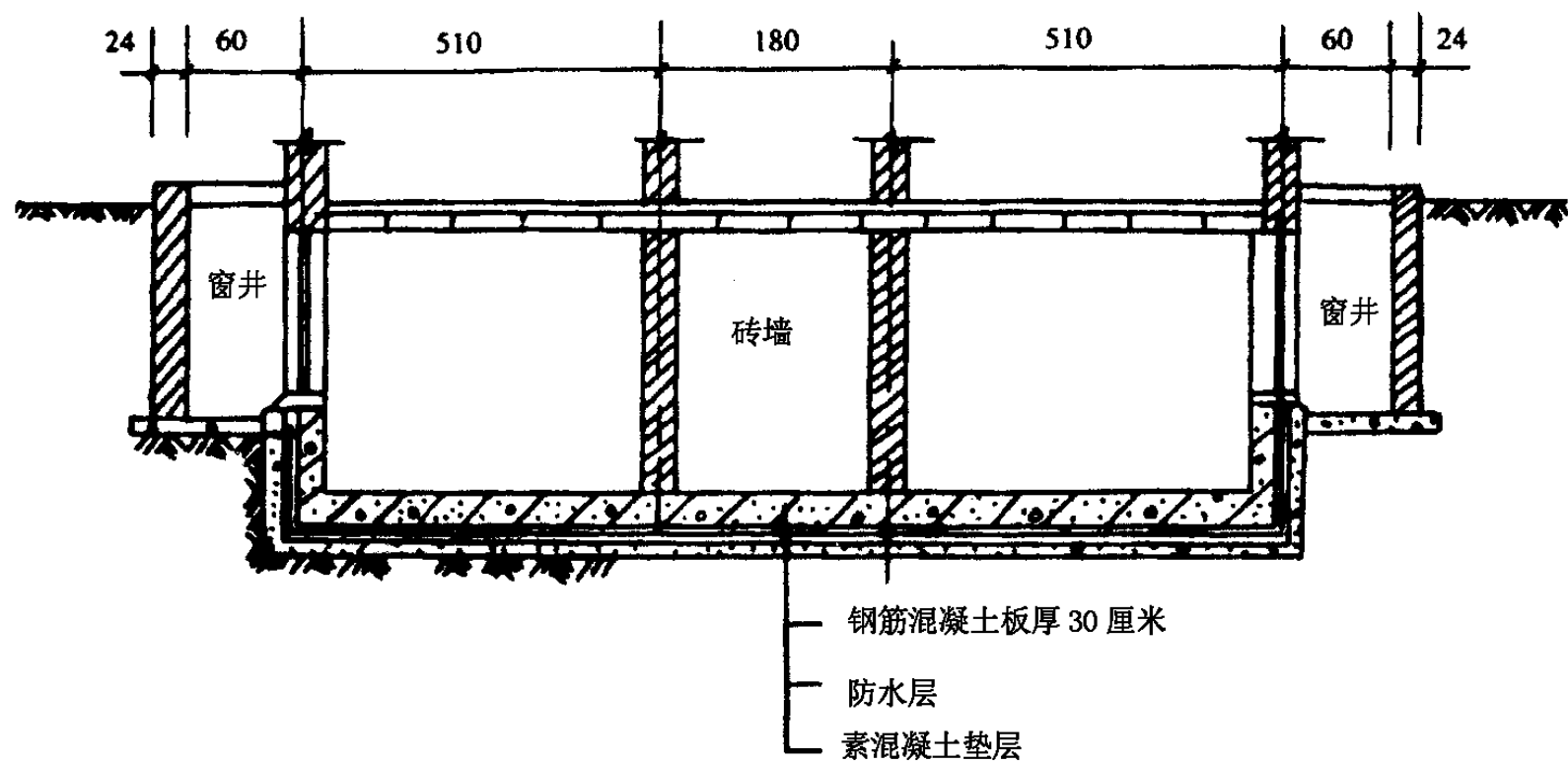


图3 -4 地下室的连续板（满堂）基础（单位 :cm ）

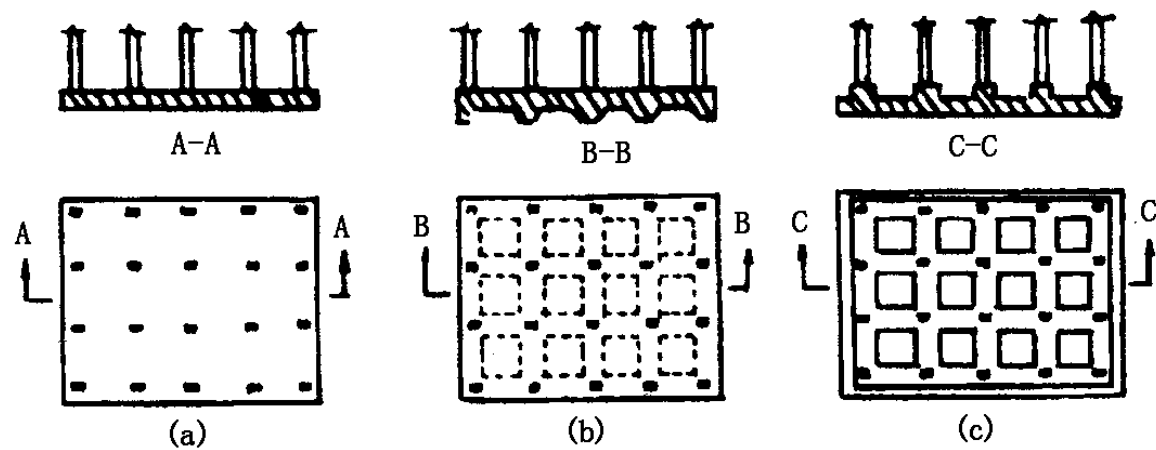


图3 -5 片筏基础

(a) 平板式 (b)、(c) 梁板式

(四) 箱形基础

由钢筋混凝土底板、顶板、纵横墙组成的整体结构，刚度很大，用作高层建筑的基础。

上述柱下单独基础和墙下条形基础，只是就一般情况而言的。为了将建筑物的荷载安全可靠地传给地基，保证地基不发生强度破坏或产生过大的变形，并充分利用地基的

承载能力，因此，根据建筑物特点和地基土层情况的不同，浅基础的结构型式还可在上述基本结构型式之外作变通的选择。例如：当柱子荷载较大而地基土层承载力又较低，柱下单独基础需要很大的基底面积，此时，将一排柱子做成柱下钢筋混凝土条形基础（图3 -6）或柱下钢筋混凝土十字形基础（图3 -7），就是合宜的；当建筑物较轻、承重墙荷载不大、做基础的好土层又较深的情况下，做墙下条形基础就可能不够经济，此时可在墙下加一根钢筋混凝土过梁，将基础做成墙下单独基础（图3 -8）；为了改善基础受力性能，基础的形式可以不做成台阶形的扩大式，而做成各种形式的钢筋混凝土壳体（图3 -9），称为壳体基础。

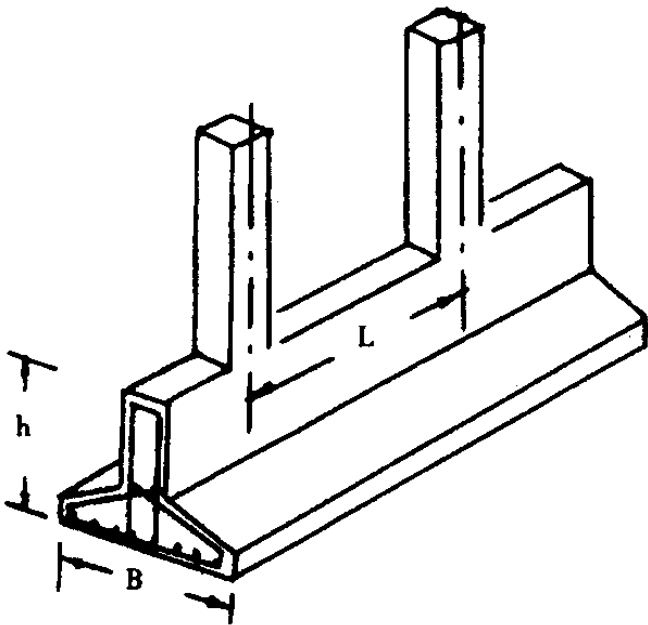


图3 -6 柱下条形基础

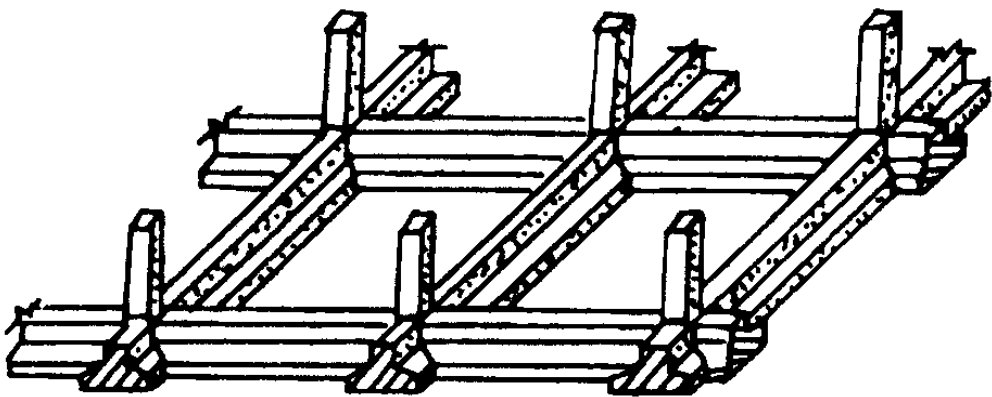


图 3-7 柱下十字形基础

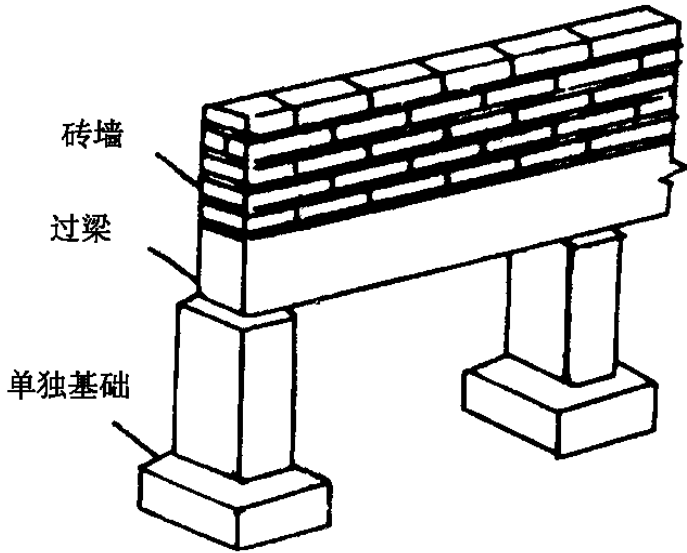


图3 -8 墙下单独基础（有钢筋混凝土过梁）

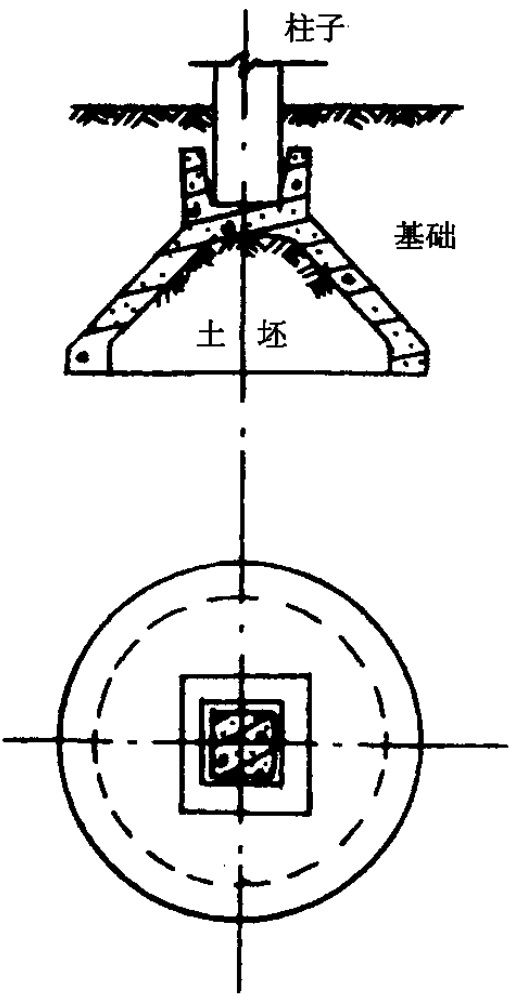


图3 -9 壳体基础

二、刚性基础和柔性基础

基础承受柱子、墙体传来的荷载，基底受到地基反力，其工作条件像个倒置的两边外伸悬臂梁（见表3 -3）。靠柱边、墙边、断面高度突变处容易发生弯曲、受拉开裂而破坏。用砖、石、素混凝土、灰土等抗拉性能很差的材料做成的基础称为刚性基础（即不允许弯曲变形的基础）。为了控制刚性基础不因弯曲所产生的拉应力超过材料抗拉强度而破坏，就要求刚性基础有足够的厚度（高度），即限制基础外伸长度 $b$  和基础高度 $H$  的比值不超过规定的容许比值。各种材料所容许的 $b/H$  值见表3 -3。从图3 -11 可以看出， $b/H$  的比值就是角度。的正切 $\text{tg} = b/H$ ，与容许的 $b/H$  比值相对应的角度称为该种材料基础的刚性角。为便于施工，刚性基础一般均做成台阶形，显然，为满足刚性角的要求，从基础各级台阶内缘以角向下、向外引出的斜线与基底的交点必须在基础边缘之外，或恰好在基础边缘（如图3 -11b）；而图3 -11a 台阶转折点引出的斜线将在基础边缘之内（或者说台阶转折点均在柱、墙边缘引出的斜线之内），因此这个基础断面是不安全的。

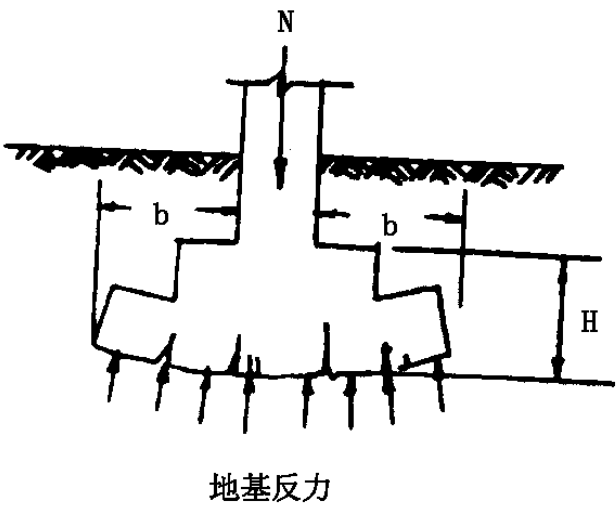


图3 -10 刚性基础的受力破坏简图

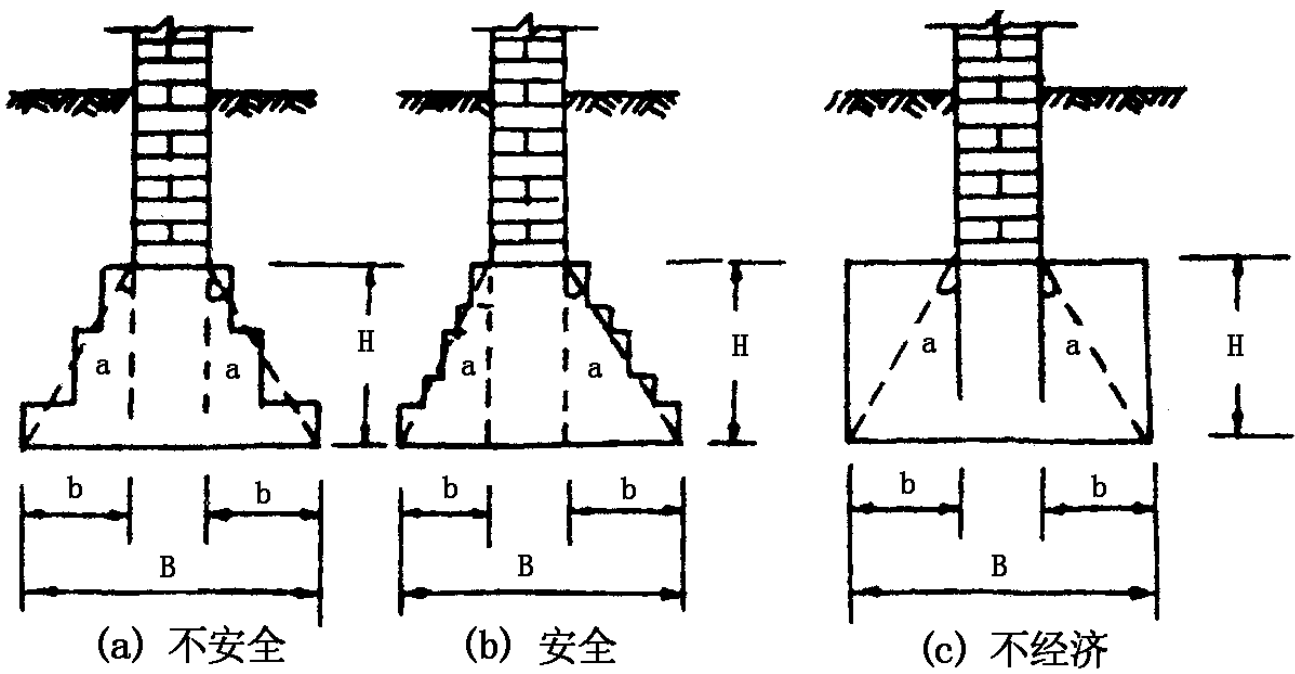


图3 -11 刚性基础

刚性基础可用于五层和五层以下的一般民用建筑和墙承重的轻型厂房；其中三合土基础不宜超过四层；如超过此限度，必须进行基础强度验算和论证。

表3 -3 刚性基础的质量要求和b /H 的最大值

基础名称	质量要求		b /H		
			p ≤ 100	100 <p ≤ 200	200 <p ≤ 300
混凝土基础	混凝土强度等级C10		1 : 1.00	1 : 1.00	1 : 1.25
	混凝土强度等级C7.5		1 : 1.00	1 : 1.25	1 : 1.50
毛石混凝土基础	混凝土强度等级C5 ~C10		1 : 1.00	1 : 1.25	1 : 1.50
砖基础	砖强度级别	砂浆强度等级 M5.0	1 : 1.50	1 : 1.50	1 : 1.50
	不低于 MU7.5	砂浆强度等级 M1.0 ~M2.5	1 : 1.50	1 : 1.50	
毛石基础	M2.5 ~M5.0 砂浆		1 : 1.25	1 : 1.50	
	M1.0 砂浆		1 : 1.50		
灰土基础	3 : 7 或2 : 8 （体积比）灰土，每层虚铺22 ~25cm 夯至15cm ；夯筑后干容重： 轻亚粘土 1.55g /cm <sup>3</sup> ； 亚粘土 1.50g /cm <sup>3</sup> ； 粘土 1.45g /cm <sup>3</sup> ； 灰土 28d 极限抗压强度不低于 0.8MPa		1 : 1.25	1 : 1.50	
三合土基础	1 : 2 : 4 或1 : 3 : 6 （白灰：砂：骨料，体积比），每层约虚铺 22cm 夯至15cm		1 : 1.50	1 : 2.00	

注：p——基底压力（kN /m<sup>2</sup>）。C10——混凝土强度等级（按 GB50204 - 92 ），即设计标号约100 号。MU7.5——砖强度等级，约相当于75 号砖。M2.5——砂浆强度等级，约相当于25 号砂浆。

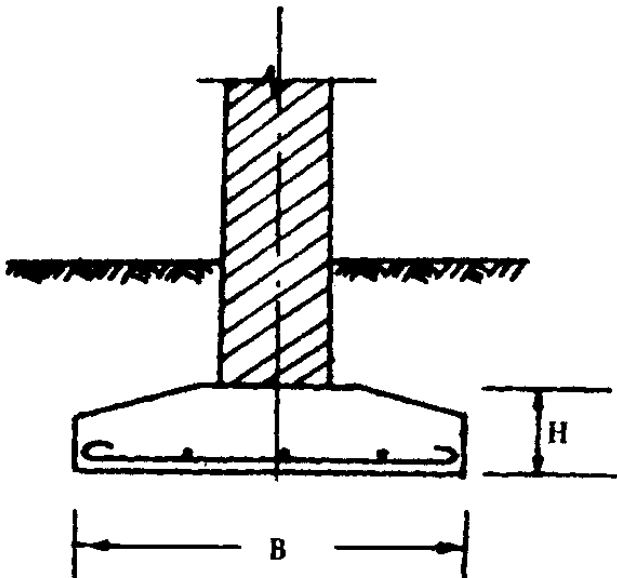


图3 -12 柔性基础——钢筋混凝土基础

为防止基础发生弯曲破坏，可采用钢筋混凝土基础，在基础内配置一定数量的钢筋抗弯曲拉应力，使基础可以产生一些弯曲而不致破坏，这种基础称为柔性基础（或称板式基础），见图3 -12。基础边缘高度 $H$ 一般不小于20cm；台阶形基础每阶高度一般为30 ~50cm；基础底板受力钢筋最小直径不宜小于8mm，间距不宜大于20cm；当有垫层时钢筋保护层厚度不宜小于3.5cm，无垫层时不宜小于7cm；混凝土强度等级不宜低于C15。

### 三、基础的材料要求

基础埋在土中，经常受潮，还易受侵蚀；基础是建筑物的隐蔽部分，破坏了不容易发现，也难于修复。因此，用于基础的材料必须有足够的强度和耐久性。

1. 砖和砂浆：砌基础所用的砖和砂浆的强度等级，根据地基土的潮湿程度和是否属于寒冷地区而有不同的要求。砖的强度等级：严寒地区不低于MU10（地基土很潮湿的MU15；饱和的MU20）；一般地区不低于MU7.5（地基土很潮湿的MU10，饱和的MU15）。砌基础砂浆宜用水泥砂浆，强度等级不宜低于M5.0。不得用灰砂砖、轻质砖。

2. 砌石。料石（经加工的规则石块）、毛石、大漂石有相当高的强度和抗冻性，是基础的良好材料。基础用石料应选用质地坚硬、不易风化的岩石，石块厚度不宜小于15cm，强度应在20MPa以上。砂浆宜用水泥砂浆，强度等级不宜低于M5.0。

3. 混凝土。混凝土的耐久性、抗冻性和强度均较好，且便于施工。混凝土比砖、石有较大的刚性角，因此，同样的基础宽度，混凝土基础高度可较砖、石基础小一些。混凝土强度等级一般采用C7.5、C10。为节约水泥，可在混凝土中掺加大小适当的毛石20%~30%，称为毛石混凝土基础。

4. 钢筋混凝土。一般钢筋混凝土基础，混凝土强度等级应不低于C15；壳体基础的混凝土强度等级应不低于C20。

5. 灰土在水中硬化慢，早期强度低；早期抗冻性也较差；抗水性差。所以灰土用作基础材料，一般只用于地下水位以上。

新建基础与原有建筑物的基础距离很近时，则为保证相邻原有建筑物的安全和正常使用，新建基础基底标高宜高于或等于相邻原有建筑物基础的基底标高；如新建基础基底标高低于相邻原有建筑物基础的基底标高（ $H$ ），则新建基础必须与原有建筑物基础保持一定距离，两者净距 $L$ 应大于 $H$ 的1~2倍。如不能满足这一要求，施工时应采取确实可靠的措施，以免影响邻近原有建筑物基础的稳定性。

## 第二节 基础弹线与毛石基础

### 一、基础弹线

基础弹线即基础施工放样。垫层施工完成后，即可进行基础弹线工作。弹线之前应先将垫层表面清扫干净，并进行一次抄平，检查垫层顶面是否与设计标高相符。

根据建筑物平面坐标控制点，在安设的龙门板上定出各条轴线的标钉。基础弹线时先以龙门板上的轴线标钉为准用线绳拉通，此线即为基础的中心轴线，沿线绳挂线锤在垫层表面定出轴线的投影点，用墨线弹出这些投影点的连线，即为基础轴线。一般是先弹出外墙轴线，然后根据基础图的尺寸，用钢尺量出各内墙的轴线位置，并弹出内墙轴线。为施工方便，再在轴线的两边弹出基础扩大部分边线（大放脚边线）。基础轴线和边线弹出后，还应根据龙门板或轴线控制桩（引桩）上测设的  $\pm 0.0$  标高，用水准仪引测基础面的设计标高，并划线标明。在施工前还应按设计要求进行全面复核一次。

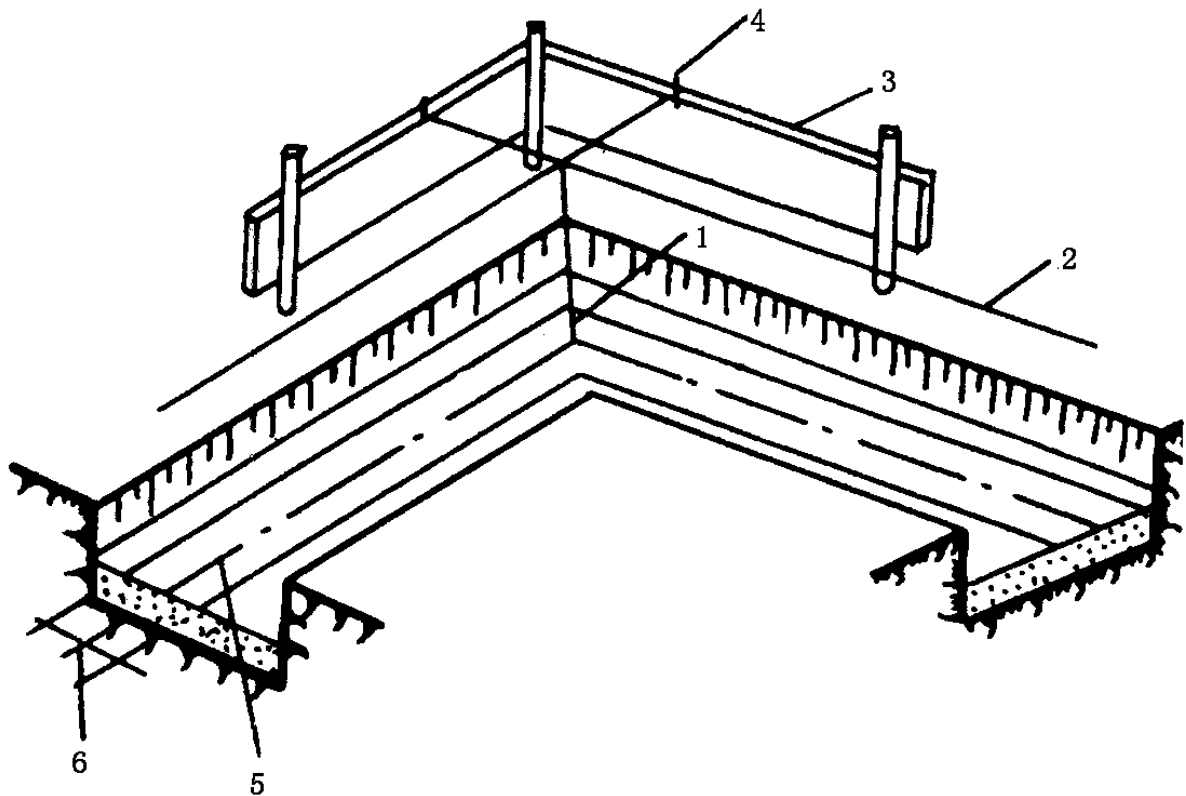


图3 -13 基础弹线

1 . 线锤 2 . 线绳 3 . 龙门板 4 . 轴线钉 5 . 墙中心线 6 . 基础边线

## 二、毛石基础

毛石基础是用不规则块石和砂浆砌筑而成（见图3 -14）。一般在山区建筑物基础中用得较多，可就地取材，较为经济。

### （一）材料

用于砌筑基础的毛石，其强度和容重应满足设计要求。块体大小一般以宽和高为20 ~30cm、长为30 ~40cm 较为合适；块体太大，搬运和操作不便，块体太小，费工费料（多用砂浆），且影响基础整体强度。砌筑用砂浆常用M5.0 水泥砂浆。

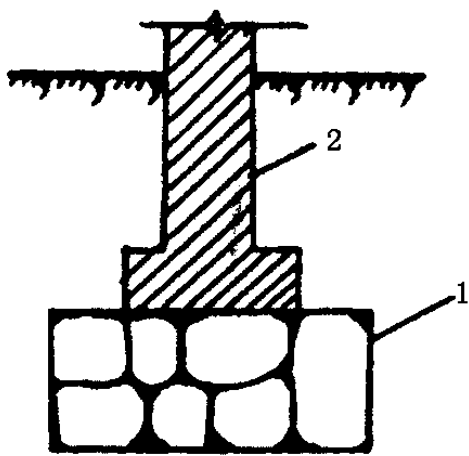


图3 -14 毛石基础  
1. 毛石基础 2. 基础墙

### （二）施工

1. 基槽先打好底夯，弹出基础轴线、边线，然后在适当位置立上皮数杆（图3 -15），拉上准线。毛石应根据皮数杆上的准线分层砌筑（一般每层30cm 左右）。

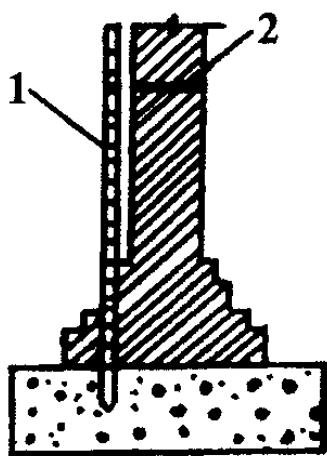


图3 -15 基础皮数杆（小皮数杆）  
1. 皮数杆（小皮数杆） 2. 防潮层

2. 在砌第一层石块时，要按弹出的基础边线，选择较方正的石块，先砌转角处的角石，角石的两边要与准线相齐，四角的角石要大致相同。角石砌好后即把准线移到角



石上，再砌里外两面的面石，面石要表面方正，并使方正面外露。最后砌中间部分的腹石，腹石要按石块形状交错砌筑，使石块间的缝隙最小。砌筑第一层应选较大的且较平整的石块铺平、坐浆，并将大面向下。这是因为第一层石块是建筑物的根基，位置是否正确，砌筑是否稳固，对以后的砌筑有很大影响。

3．砌第二层以上时，每砌一块石，应先铺好砂浆，再铺块石；上下两层石块的竖缝互相错开，并力求顶顺交错排列，内外搭砌，避免通缝，不得采用外面侧立石块中间填心的砌筑方法。

4．毛石砌体的灰缝厚度为2 ~3cm，砂浆应饱满，石块间较大的空隙应先填塞砂浆后用碎石块嵌实，不得采用先摆碎石块后塞砂浆或干填碎石块的做法。

5．毛石基础的扩大部分如做成阶梯形，上级阶梯的石块应至少压砌下级阶梯的1 / 2，相邻阶梯的毛石应相互错缝搭砌。

6．毛石基础的临时间断处，应留阶梯形斜槎，其高度不应超过1 20m。每砌完一层，必须校对中心线，检查有无偏斜现象，如发现偏差超过规范要求，应立即纠正。每日砌筑高度不宜超过1 20m。基础砌好后，毛石外露部分应进行抹灰或勾缝。

(三) 质量要求

1．砌体砂浆应密实饱满，组砌方法应正确，不得有通缝。墙面每0.7m<sup>2</sup> 内，应砌入丁石一块，水平距离不应大于2 米。

2．砂浆平均强度不低于设计要求的强度等级，任意一组试块的最低值不得低于设计强度等级的75 %。

3．砌体的允许偏差见表3 -4。

表3 -4 毛石基础尺寸和位置对设计的允许偏差

序 号	项 目	允许偏差 (mm )
1	砌体厚度	+30
2	基础顶面标高	±25
3	轴线位移	20

第三节 砖基础

砖基础是由垫层、基础砌体的扩大部分（俗称大放脚）和基础墙三部分组成，见图

3 -16。一般适用于土质较好，地下水位较低（在基础底面以下）的地基上。

基础墙下砌成台阶形的基础砌体的扩大部分，有二皮一收的等高式（图3 - 16a）和一皮一收与两皮一收相间的间隔式（图3 - 16b）两种砌法。间隔式砌法用料较省。每次收进时，两边各收1 /4 砖长（约6cm）。

## 一、施工

1．先在垫层上弹出墙轴线和基础砌体的扩大部分边线，然后在转角处、丁字交接处、十字交接处及高低踏步处立基础皮数杆（皮数杆上画出了砖的皮数、大放脚退台情况以及防潮层位置）。皮数杆应立在规定的标高处，因此，立皮数杆时要利用水准仪进行抄平。

2．砌筑前，应先用干砖试摆，以确定排砖方法和错缝的位置，砖砌体的水平灰缝厚度和竖向灰缝宽度一般控制在8 ~12mm。

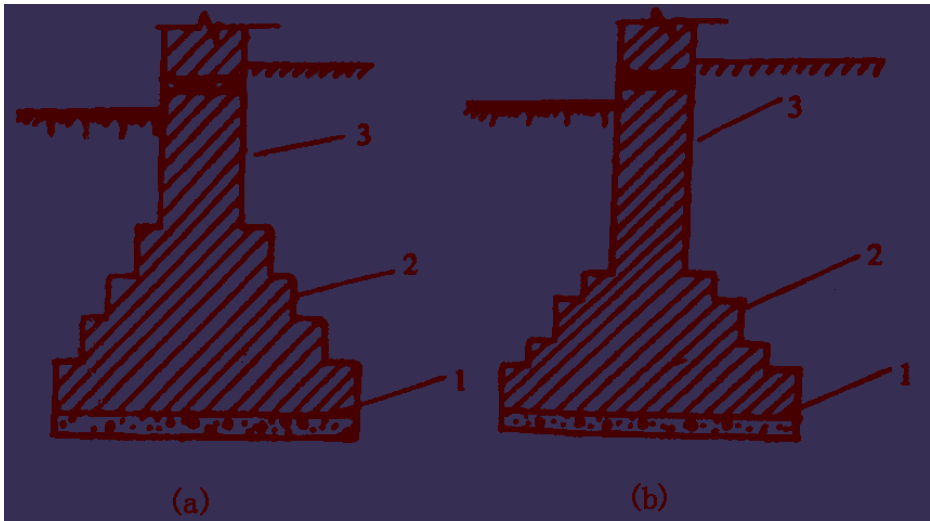


图3 -16 砖基础

(a) 等高式 (b) 间隔式

1．垫层2．基础砌体的扩大部分3．基础墙

3．砌筑时，砖基础的砌筑高度是用皮数杆来控制的，如发现垫层表面水平标高有高低偏差时，可用砂浆或细石混凝土找平后再开始砌筑。如果偏差不大，也可在砌筑过程中逐步调整。

4．砌大放脚时，先砌好转角端头，然后以两端为标准拉好线绳进行砌筑。

5．砌筑不同深度的基础时，应先砌深处，后砌浅处，在基础高低处要砌成踏步式，踏步长度不小于1m，高度不大于0.5m。

6．基础中若有洞口、管道等，砌筑时应及时正确按设计要求留出或预埋。

二、质量要求

1．砌体砂浆必须密实饱满，水平灰缝的砂浆饱满度不得低于80 %。

表3 -16 砖基础尺寸和位置对设计的允许偏差

序 号	项 目	允许偏差 (mm )
1	基础顶面标高	±15
2	轴线位移	10
3	表面平整 (2m 内)	8
4	水平灰缝平直 (10m 内)	10

2．砂浆试块的平均强度不得低于设计的强度等级，任意一组试块的最低值不得低于设计强度等级的75 %。

3．组砌方法应正确，不应有通缝，转角处和交接处的斜槎和直槎应通顺密实。直槎应按规定加拉结条。

4．预埋件、预留洞应按设计要求留置。

5．砖基础的允许偏差见表3 -16 。

第四节 混凝土与毛石混凝土基础

混凝土与毛石混凝土基础适于三层以上的房屋建筑，特别是地基地下水位较高或土层较潮湿的情况下。混凝土与毛石混凝土基础可做成阶梯形，或边缘有一定厚度、带斜面的截锥形。

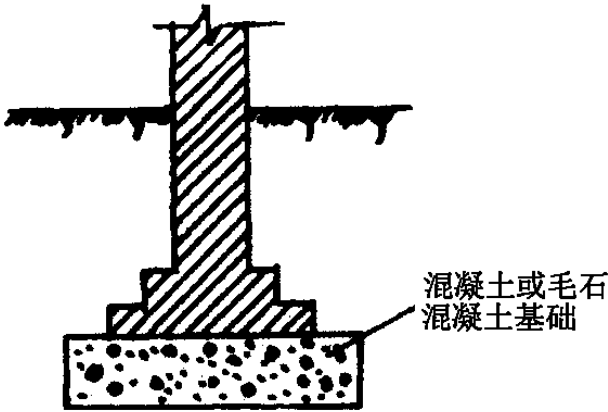


图3 -17 混凝土或毛石混凝土基础

一、 施工

- 1. 基槽经过检验、抄平，弹出基础轴线和边线，立模板或不立模板（原槽浇筑），即可开始浇筑混凝土。
- 2. 基础混凝土应分层浇筑，使用插入式振捣器捣实。
- 3. 对于阶梯形基础，每一阶内应再分层浇捣；特别注意基础阴角极易缺浆，可按图3 -18 处理，先在分级模板内外浇筑成坡状然后振捣成平整。

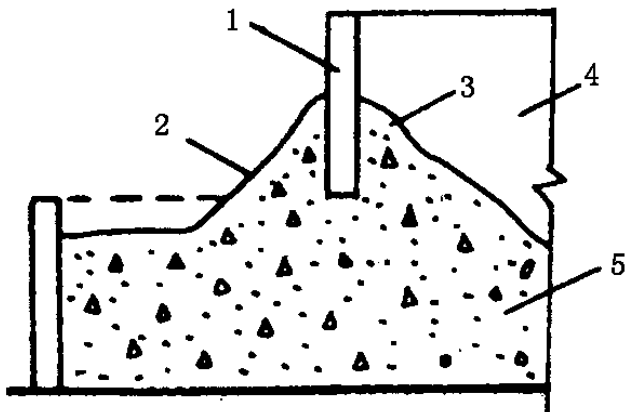


图3 -18 浇筑台阶式基础的阴角处理

- 1. 分级模板2、3. 分级模板两侧已浇混凝土4. 未浇混凝土5. 已浇筑好混凝土
- 4. 对于锥体形基础，其斜面部分的模板要逐步地随浇捣随封钉，并注意边角处混凝土的捣实。
- 5. 独立基础一般应连续一次浇捣完毕，不允许留施工缝，以保证其整体性。
- 6. 基础上有插筋时，在混凝土浇捣过程中要保持插筋位置固定，不发生位移。
- 7. 在浇筑混凝土时，投入20 ~30 %的毛石（体积比），这种基础称为毛石混凝土基础。投石时要注意每块毛石周围应包有足够的混凝土，以保证毛石混凝土基础的强度。
- 8. 混凝土浇捣完毕，终凝后，混凝土外露部分要用草袋、水泥袋等加以覆盖，浇水养护。

二、 质量要求

- 1. 混凝土试块的平均强度不得低于设计要求的强度等级，任意一组试块的最低值不得低于设计强度等级的85 %。
- 2. 混凝土应振捣密实，表面缺陷应符合规定。
- 3. 混凝土基础的允许偏差见表3 -6。

表3 -6 混凝土基础位置和尺寸的允许偏差

序 号	项 目	允许偏差 (mm )
1	轴线位移	10 (独立基础) 15 (基 础)
2	横截面尺寸	+8 -5
3	表面平整	8

第五节 钢筋混凝土基础

钢筋混凝土基础适用于建筑物上部结构荷载大、地基较软弱的情况，应用广泛。上述单独基础、条形基础、连续板基础、箱形基础等均可用钢筋混凝土来建造。钢筋混凝土基础施工和所有钢筋混凝土结构工程施工一样，主要工序有：建基面（或施工缝）处理、模板、钢筋、伸缩缝及埋件、混凝土浇筑、养护、拆模等，较详细地叙述见本书第六部分。

一、钢筋混凝土条形基础

钢筋混凝土条形基础一般用于混合结构民用房屋建筑的承担重墙下，由素混凝土垫层、钢筋混凝土底板、大放脚、基础墙所组成（见图3 -19）；如基底土质较好而又较干燥时，也可不做混凝土垫层，而在夯实的基土面上浇筑钢筋混凝土底板（基础）。

钢筋混凝土条形基础的主筋（受力筋）沿墙体横向布置在基础底面，分布筋沿纵向布置。垫层干硬后，即可在垫层上弹线放样、绑扎钢筋，钢筋绑扎好之后，要用水泥垫块垫起，留出钢筋保护层；安装模板时，应先核对纵横轴线和标高，模板要求：板缝严密平整，支撑牢固。浇筑混凝土前，仓内泥土、杂物、积水应清除干净，模板、钢筋上的油污应予擦除，模板浇水湿润或涂脱模剂。浇筑混凝土应防止堆积、及时平仓、分层浇捣密实；基础上有插筋时，应保证其位置准确。混凝土浇筑完毕、终凝以后，表面应加覆盖、洒水养护，使混凝土处于充分的湿润状态，正常气温条件下，养护时间不少于7 天。

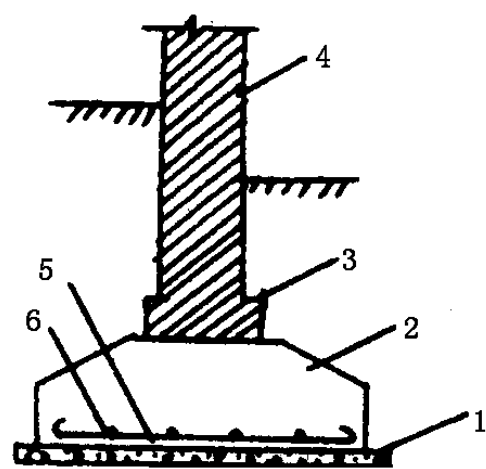


图3 -19 钢筋混凝土条形基础

1．素混凝土垫层2．钢筋混凝土底板3．砖砌大放脚4．基础墙5．受力筋6．分布筋

## 二、钢筋混凝土杯形基础

钢筋混凝土杯形基础（图3 -20）一般用于装配式单层或多层厂房的柱基。其模板与阶形独立基础模板相似，所不同的就是在杯口位置上要安上杯芯模（图3 -21），杯芯模两侧钉上轿杠，搁置在上阶模板上。如下阶顶面带有坡度，则应在上阶模板两侧钉上轿杠，轿杠端头上加钉托木，搁置在下阶模板上。当近旁为基坑壁时，则可在基坑壁上贴垫木，斜撑和平撑撑于垫木与侧板木档之间（图3 -22）。杯形基础施工方法及要求，除上述钢筋混凝土条形基础施工中所谈到一些外，尚应注意以下几点：

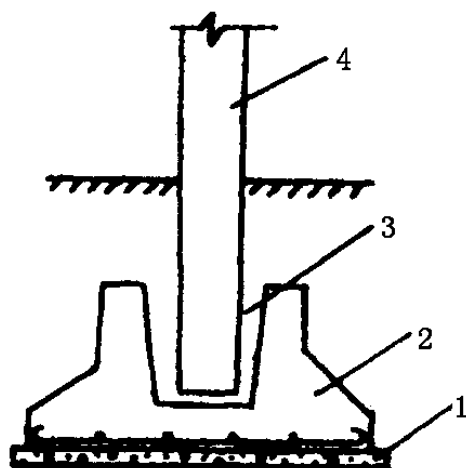


图3 -20 杯形基础

1．垫层2．杯形基础3．杯口4．钢筋混凝土柱子

- 1．混凝土一般应按台阶高度分层浇筑，并用插入式振捣器振实。
- 2．在杯芯模板底部留排气孔，以避免杯底发生空鼓。
- 3．浇捣杯口混凝土时，应特别注意杯口模板尺寸和位置的准确性，以利柱子的安装。由于杯口模板仅上端固定，因此浇捣混凝土应在杯口四周对称地进行，采用对称下料、对称捣固（或两对面交替）的方法。以免将杯口模板挤向一侧。
- 4．杯形基础在浇筑时，应注意将杯底混凝土面比设计标高降低5cm 左右，以使柱子制作长度有误差时便于调整。

5．在基础拆除模板或基坑回填土后，应根据轴线控制桩在杯口上表面弹出柱子中心线位置，以作为柱子安装固定及校正位置的依据。在杯口内侧弹一标高控制线（杯口水平线、高程线），用作控制杯口底抄平的标高。

三、质量要求

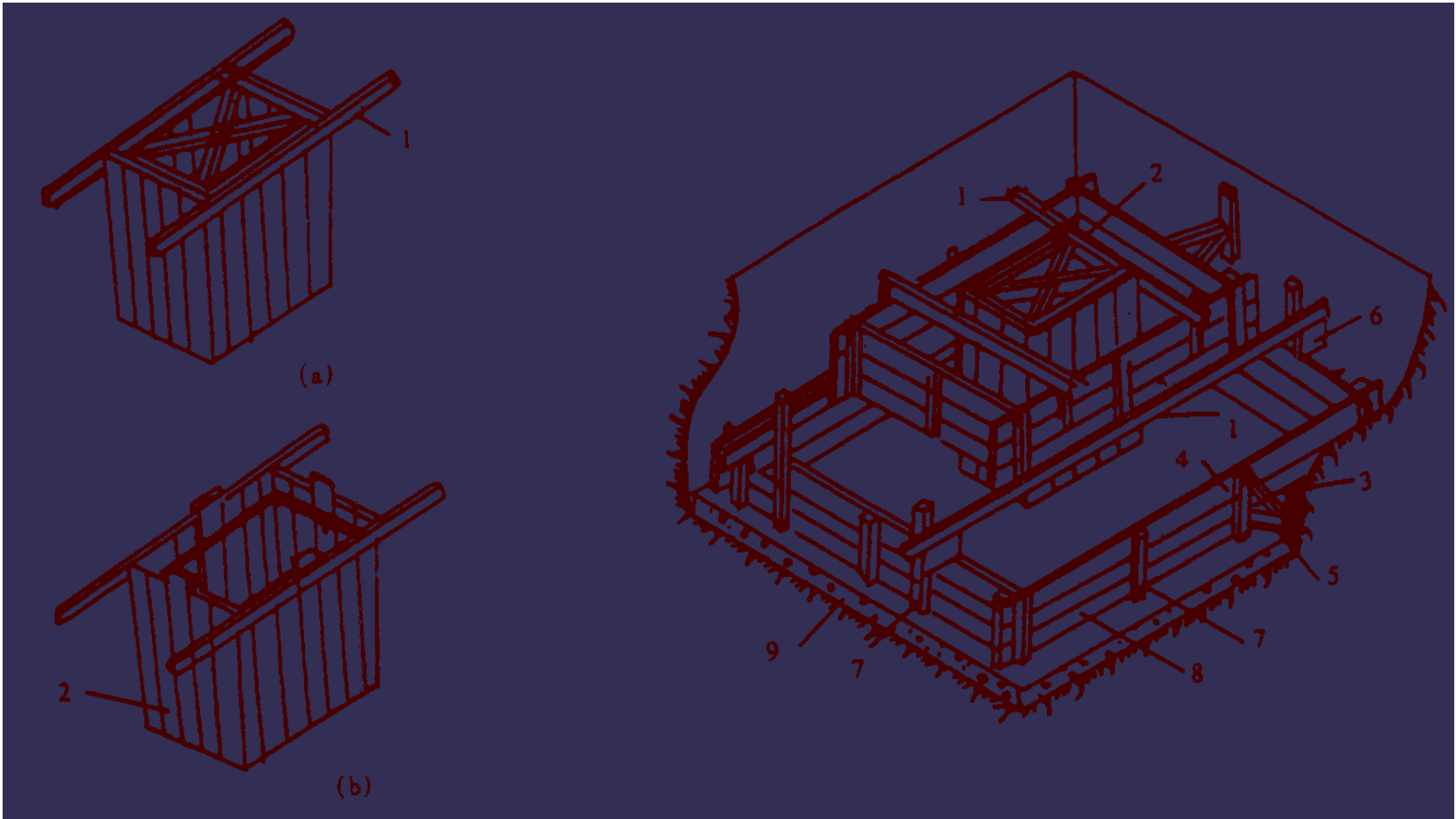


图3 -21 杯芯模  
(a) 整体式 (b) 装配式  
1．轿杠2．抽芯板

图3 -22 杯形基础模板组装图  
1．轿杠2．杯芯模3．斜撑  
4．垫木5．平撑6．托木  
7．木档8．侧板9．垫层

钢筋混凝土基础施工的质量要求与混凝土基础基本相同，其允许偏差见表3 -7。

第六节 浅基础的工程验收

浅基础的砖、石、混凝土和钢筋混凝土基础的“保证项目”、“基本项目”参见第四章钢筋混凝土工程、第五章砌筑工程执行。

允许偏差项目应按表3 -8 要求进行。

第二篇  地基与基础工程

表3 -7 钢筋混凝土基础位置和尺寸的允许偏差					
项次	项目	允许偏差 (mm )	项次	项目	允许偏差 (mm )
1	轴线位移 基础 独立基础	15 10	4	表面平整（用2m 直尺检查）	8
			5	预埋设施中心线位移	10
				预埋件	
2	杯底标高	-10	5	预埋螺栓	5
				预埋孔	5
3	截面尺寸	+8 -5	6	预留洞中心线位移	15

表3 -8  浅基础的允许偏差和检验方法								
项次	项目	砖砌基础	石砌基础			混凝土基础		检验方法
			毛石	毛料石	粗料石	独立基础	其他基础	
1	轴线位移	10	20	20	15	10	15	尺量检查
2	顶面标高	±15	±25	±25	±15	±15	±15	水准仪和尺量检查
3	截面尺寸	±15	+30 -0	+30 -10	+15 -0	+15 -10	+15 -10	尺量检查

检查数量  独立基础抽查10 %，但不少于3 个；带形基础每30 ~50m 抽查1 处（每处3 ~5 m），但不少于3 处。



## 第四章 桩基础工程

当建筑物的地基处于较厚的软弱土层时，难以承受上部荷载，如全部更换软弱土层，土方量过大，此时采用桩基础较为经济可靠，高层建筑为了控制沉降量和倾斜度，也采用桩基础。桩基础由桩和承台两部分组成。桩按受力情况分为端承桩和摩擦桩两种，见（图4 -1）。端承桩是穿过软弱土层达到深层坚实土的一种桩，上部结构荷载主要由桩端阻力承受。施工时以控制贯入度为主，桩尖进入持力层深度或桩尖标高可作参考；摩擦桩只打入软弱土层一定深度，将软弱土层挤实，以提高土壤的密实度及承载能力，上部结构的荷载由桩端阻力和桩身侧面与土之间的摩擦力共同承受，且以摩擦力为主，施工时以控制桩尖设计标高为主，贯入度可作参考。

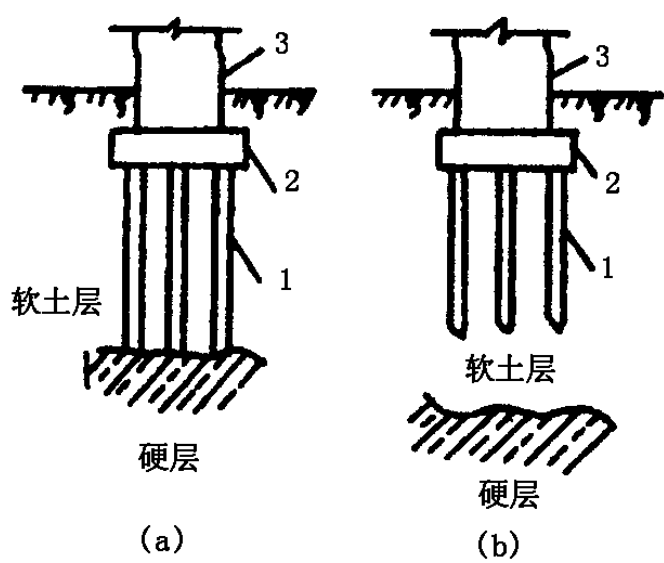


图4 -1 桩基础

1 - 桩 ; 2 - 承台 ; 3 - 上部结构

(a) 端承桩 ; (b) 摩擦桩

桩按施工方法分为预制桩和灌注桩。预制桩按桩沉入土中的方法不同，分为打入桩、静力压桩、振动沉桩和水冲沉桩等；灌注桩是先成孔，然后放入钢筋骨架，再浇混凝土而成的桩。灌注桩按成孔方法不同，有泥浆护壁成孔、干作业成孔、套管成孔、爆扩成孔和人工挖孔等几种灌注桩。

第一节 钢筋混凝土预制桩

钢筋混凝土预制桩有实心桩和管桩两种。实心桩为便于制作多做成方形截面；管桩是在预制厂内采用离心法生产的空心圆柱形截面桩。

一、制作

钢筋混凝土预制桩（简称预制桩，下同）的钢筋骨架的主筋宜采用对焊。主筋接头配制在同一截面内的不得超过50 %（闪光对焊、电弧焊）；同一根钢筋两个接头的距离应大于30 倍主筋直径，并不小于500mm。预制桩钢筋骨架的允许偏差应符合表4 -1 的规定。

表4 -1 预制桩的钢筋骨架允许偏差

项 次	项 目	允许偏差 (mm )
1	主筋间距	±5
2	桩尖中心线	10
3	箍筋间距或螺旋筋的螺距	±20
4	吊环沿纵轴线方向	±20
5	吊环沿垂直于纵轴线方向	±20
6	吊环露出桩表面的高度	-0 ~ +10
7	主筋距桩顶距离	±10

预制桩的混凝土不应低于C30，应由桩顶向桩尖连续浇筑，严禁中断。同一配合比的混凝土在与桩身相同条件下养护的试块，每班不少于一组，标准养护的试块留置数量应每100 m<sup>3</sup> 不少于一组。用于锤击的预制桩的粗骨料，应用碎石或碎卵石，粒径宜为5 ~40mm。重叠法制作预制柱时，应符合下列规定：

- 1．场地应平整、坚实，不得产生不均匀沉降；
- 2．预制桩的底模必须平整、坚实；
- 3．桩与邻庄、底模间的接触面不得粘结；
- 4．桩在拆模时不得损坏棱角；
- 5．上层桩或邻桩的浇筑，必须在下层桩或邻桩的混凝土达到设计强度30 %以后，方可进行；
- 6．桩的重叠层数，应根据具体情况确定，一般不宜超过四层。

二、桩的质量检验

(一) 桩的外观质量应符合下列要求：

- 1．桩的表面应平整、密实，掉角的深度不应超过10mm，且局部蜂窝和掉角的缺损总面积不得超过该桩表面积的0.5%，且不得过分集中。
- 2．由于混凝土收缩产生的裂缝，深度不得大于20mm，宽度不得大于0.25mm；横向裂缝长度不得超过边长的一半（管桩或多角形桩不得超过直径或对角线的1/2）。
- 3．桩尖和桩顶处不得有蜂窝、麻面、裂缝和掉角。
- 4．验收应在制作地点进行，除检验实物质量外，还应检查桩的出厂合格证，并与实物相对照，是否相符。在检验之前不得进行修补。

(二) 桩制作的允许偏差应符合表4-2 要求。

表4-2 桩制作的允许偏差		
桩 类	项 目	允许偏差 (mm)
钢筋混凝土预制桩	横截面边长	±5
	桩顶对角线之差	10
	保护层厚度	±5
	桩身弯曲矢高	不大于1‰桩长，且不大于20
	桩尖中心线	10
	桩顶平面对桩中心线的倾斜	3
	锚筋预留孔深	-0 ~ +20
	浆锚预留孔位置	5
	浆锚预留孔径	±5
	锚筋孔的垂直度	1 %
钢筋混凝土预制管桩	直径	±5
	管壁厚度	-5
	抽芯圆孔平面位置对桩中心线	5
	桩尖中心线	10
	下节或上节桩的法兰对中心线的倾斜	2
	中节桩两个法兰对桩中心线倾斜之和	3
混凝土桩的钢筋骨架	主筋间距	±5
	桩尖中心线	10
	箍筋间距或螺旋筋的螺距	±20
	吊环沿纵轴线方向	±20
	吊环沿垂直于纵轴线方向	±20
	吊环露出桩表面的高度	-0 ~ +10
	主筋距桩顶距离	±10
	桩顶钢筋网片	±10
	多节桩锚固钢筋长度	±10
	多节桩锚固钢筋位置	5
	多节桩预埋铁件	±3
钢管桩	外径：管端部	±5 %外径
	管身部	±1 %外径
	长度	-0
	矢高	0.1 %桩长
	管端平整度	2
	管端平面与管身中心线的倾斜	2

续表

桩 类	项 目	允许偏差 (mm )
钢筋混凝土板桩	横截面相对两边之差	5
	凸樁画凹樁	±3
	保护层厚度	±5
	桩尖对桩轴线位移	10
	桩身弯曲矢高	不大于0.1 % 桩长，且 不大于10
木板桩	厚度	-10
	凸樁或凹樁	±2
	桩身弯曲矢高	不大于0.3 桩长
木桩	木桩的梢径	-20
	桩身弯曲的矢高	不大于0.3 % 桩长

三、 桩的吊起、搬运和堆放

混凝土预制桩应达到设计强度的70 % 以上方可起吊，达到设计强度的100 % 才能运输和打桩，如需提早吊运，必须采取措施并经过验算合格方可进行。桩在起吊和搬运时，必须作到平稳并不得损坏。吊点位置应符合设计要求。搬运到现场后（包括现场预制桩），桩在堆放时，地面平整、坚实，不得产生不均匀沉降；垫木与吊点的位置应相同，并应保持在同一水平面上；各层垫木应上下对齐，最下层的垫木应适当加宽；堆放层数应根据具体情况确定，一般不超过4 层。

四、 沉桩

（一） 施工准备

- 1．根据设计图纸、工程地质、水文情况、地形地貌、地下探测、试桩和施工条件等资料，认真编制切实可行的打桩方案，其内容应包括：施工方法；需用机具；打桩顺序和进度；施工平面布置；预制桩的制作、运输、堆放；保证质量和安全技术措施；劳动组织以及材料、水电供应计划等。
- 2．清除现场妨碍施工的高空和地下障碍物，如地下管线，旧有基础，地面上电杆、电线、树木等。
- 3．整平打桩范围内场地，周围作好排水沟；修建现场临时道路。
- 4．设置防震措施。对邻近原有建筑物（构筑物）和地下管线，认真细致查清结构和基础等情况，并研究采取适当的隔震、减震措施。如采取在附近挖防震沟、打隔离板

桩、设袋装砂井排水及控制打桩方向、打桩进度等措施，有条件的，还可采取预钻孔打桩或无振动的钻孔灌注桩方法施工。

5. 作好测量控制网、水准基点，按平面放线定位（包括埋桩尖）。桩基和板桩轴线偏差控制在20mm 以内，单排桩的轴线偏差控制不大于10mm，并在打桩过程中经常进行复核，避免因土质挤压位移。设置水准点的数量要求不少于2 个，且应设在不受打桩影响的地方。

6. 根据打桩平面布置，设置必需的临时设施，安装水电线路，并接通水、电，进行试水、试电。预制桩按平面堆放在打桩场地附近，或就地叠捣预制。

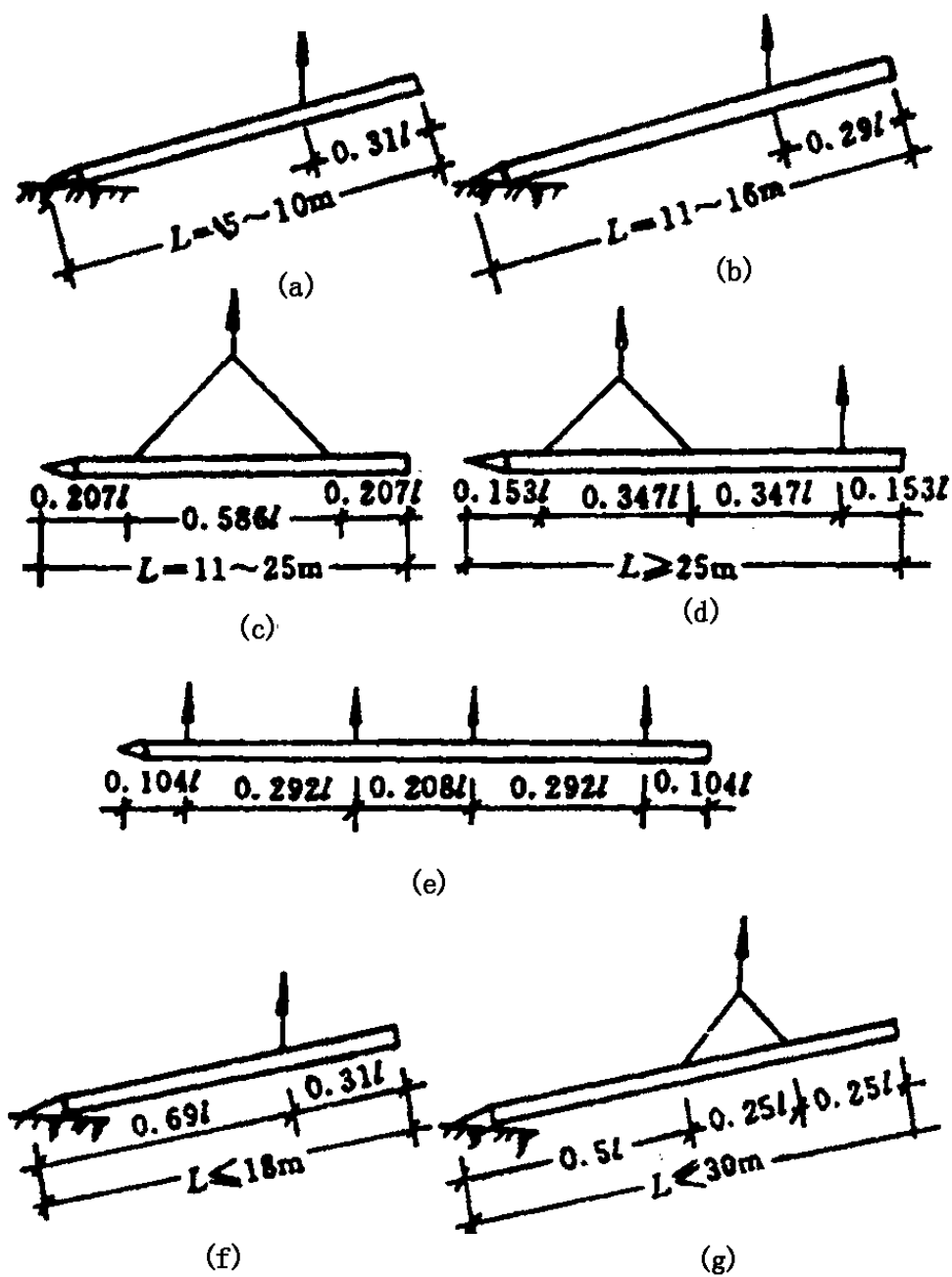


图4 -2 预制桩吊点位置

(a)、(b) 一点吊法；(c) 两点吊法；(d) 三点吊法；(e) 四点吊法；  
(f) 预应力管桩一点吊法；(g) 预应力管桩两点吊法

(二) 接桩

长桩受运输条件或桩架高度限制，将桩分成数节制作，沉桩时需接桩。接头方式：实心桩可采用角钢焊接、硫磺胶泥锚接，管桩用法兰螺栓连接，见（图4 -3）。硫磺胶泥适用于软弱土层。

1．焊接接桩

当桩下段沉至离地面0.8~1.5m时，即吊上节桩，对准后用电焊点焊固定连接角钢，如有间隙用铁片垫实焊牢（预埋角钢宜用低碳钢，焊条宜用结422）。然后进行对角分段焊接。节点在焊接前要清除预埋件表面的污泥杂物，焊缝应连续饱满，焊时最好两人对角进行，以减少变形和残余应力。

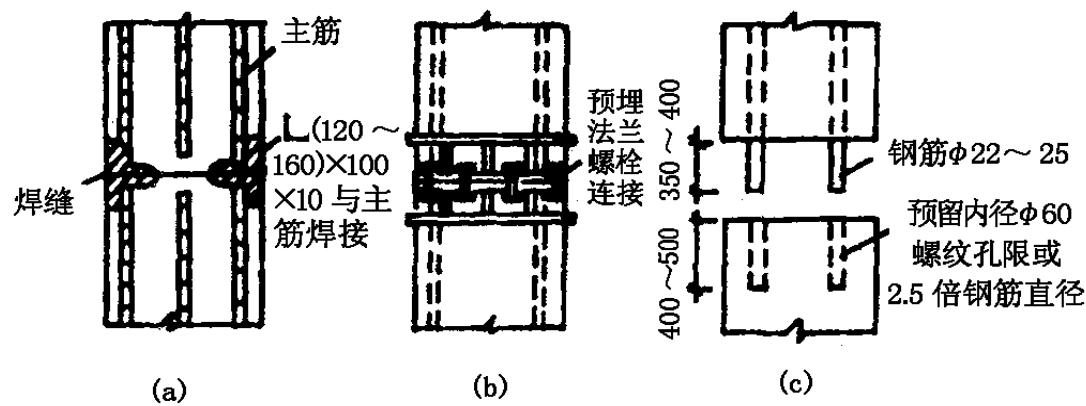


图4 -3 桩的接头型式

(a) 焊接连接；(b) 管桩螺栓连接；(c) 硫磺胶泥锚筋连接

2．法兰接桩

上下节对准后用螺栓拧紧螺帽，有间隙时用石棉或纸板衬垫。经锤击数次后再拧紧螺帽一次，然后焊死螺帽。预埋钢板及螺栓应采用低碳钢。

3．硫磺胶泥锚接

是在上节桩的下端伸出 22 ~ 25 钢筋，下节桩的上端预留 56 ~60 内螺纹的锚筋孔，接桩时，使上节桩的四根锚筋插入下节桩的锚筋孔内，其间用硫磺胶泥予以胶结。操作时，要求上下节桩的中心线偏差不得大于10mm，节点弯曲矢高不得大于1‰桩长，然后将上节桩稍提升20cm，用夹箍夹紧。将熔化的硫磺胶泥迅速注满锚筋孔内并溢出桩面，然后迅速将上节桩落下。当硫磺胶泥冷硬（需停歇时间见表4 -3）并拆除夹箍后，即可继续施打。

硫磺胶泥的施工配合比及物理力学性能参见表4 -4。

浆锚法施工注意事项：

- 1．锚接前应检查锚筋长度、锚孔深度和平面位置，锚筋应清刷干净、调直，锚筋孔内螺纹应完好、无积水、杂物和油污。
- 2．桩的运输、起吊要注意避免碰弯节点锚筋，损伤连接面混凝土，必要时采取保护措施。
- 3．浇注硫磺胶泥的温度，应控制在规定范围内（一般145 左右），浇注时间不得

超过2min。

4．接桩用的夹箍，应有一定强度和刚度，以保证节点密实与桩的整体性。

表4 -3 硫磺胶泥灌注后需停歇的时间

桩截面 (mm )	不同气温下的停歇时间 (min )				
	0 ~10	11 ~20	21 ~30	31 ~40	41 ~50
400 ×400	6	8	10	13	17
450 ×450	10	12	14	17	21
500 ×500	13	15	18	21	24

(三) 钢筋混凝土桩沉桩

沉桩的方法主要有锤击法、振动法、静力压桩和钻孔沉桩法。

沉桩前，应在桩的侧面或桩架上设置标尺；打桩时，桩帽或送桩帽与桩周围的间隙为5 ~10mm ；锤与桩帽、桩帽与桩之间应有相应的弹性衬垫；桩帽、桩锤和桩身应在同一中心线上；桩在插入时的垂直度偏差，不得超过0.5 % ；送桩的桩孔，应立即回填密实。打桩顺序应按施工组织设计规定的顺序进行。如施工组织设计无规定时，可根据桩的密集程度选择自中间向两个方向对称进行，或自中间向四周进行，或由一侧向单一方向进行。打桩时，宜先深后浅，先大后小，先长后短。

表4 -4 硫磺胶泥的配合比及物理力学性能

配合比 (重量比)							物理力学性能							
硫磺	水泥	石墨粉	粉砂	石英砂	聚硫胶	聚硫甲胶	密度 (kg /m³)	吸水率 (%)	弹性模量 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	抗压强度 (MPa)	抗折强度 (MPa)	握裹强度 (MPa)	
													钢筋与螺纹	混凝土与螺纹孔
44 60	11	5	44	34 3	1	0.7	2280 ~2320	0.12 ~ 0.24	5 ×10 <sup>4</sup>	4	40	10	11	4

注：1．热变性：在60℃以下不影响强度；热稳定性：92 %2．疲劳强度：取疲劳应力0.38 经200 万次损失20 %。

打桩的控制原则：

- 1．桩尖位于坚硬、硬塑的粘性土、碎石土、中密以上的砂土或风化岩等土层时，以贯入度控制为主，桩尖进入持力层深度或桩尖标高可作参考；
- 2．贯入度已达到而桩尖标高未达到时，应继续锤击3 阵，其每阵10 击的平均贯入度不应大于规定的数值；
- 3．桩尖位于其他软土层时，以桩尖设计标高控制为主，贯入度可作参考；

4. 打桩时，如控制指标已符合要求，而其他的指标与要求相差较大时，应会同有关单位研究处理。

5. 贯入度应通过试桩确定，或做打桩试验与有关单位确定。

### (1) 锤击法沉桩

用桩架的导滑夹具或桩箍将桩嵌固在桩架两导柱中，垂直对准桩位中心，缓缓放下插入土中，待桩位置及垂直度校正后即可将锤连同桩帽压在桩上同时应在桩的侧面或桩架上设置标尺，并做好记录，始可击桩，如桩头不平时，用麻袋或厚纸板垫平，亦可先用环氧砂浆补抹平整。开始打桩应起锤轻压或轻击数锤，观察桩身、桩架、桩锤等垂直一致后，即可转入正常施打。开始打桩时，落距应较小，入土一定深度待桩稳定后，再按需求的落距进行施打。

沉桩应用适合桩头尺寸的桩帽和弹性衬垫，以缓和打桩时的冲击和使打桩应力均匀分布，延长撞击的持续时间以利桩的贯入。桩帽用铸钢或钢板制成，锤垫多用硬木或白棕绳圈盘而成，桩垫多用松木或纸垫或酚醛层压塑料、合成橡胶等。桩帽与桩接触的表面须平整，与桩身应在同一直线上，以免打桩时产生偏斜。桩锤本身带帽者，只须在桩顶护以绳垫或木块。若桩须深送入土时，应用送桩。送桩用坚硬的木料或钢铁制成，长度和直径视需要而定，使用时，将送桩放于桩顶头上，使与桩在同一垂线上，锤击送桩，将桩慢慢打入土中。打桩顺序，根据桩的密集程度、基础设计标高、桩的规格、桩架移动的方便以及现场地形等而定。对密集的桩应采取自中间向两个方向对称进行，或由中间向四周或由一侧向单一方向进行；对基础标高不一的桩，宜先深后浅；对不同规格的桩，宜先大后小，先长后短，以使土层挤密均匀和避免位移偏斜。

沉桩过程中，要经常注意桩身有无位移和倾斜现象，如发现问题应及时纠正。桩将沉至要求深度或到达硬土层时，落锤高度一般不宜大于1m，以免打烂桩头。沉桩过程中作好沉桩施工记录，至接近设计要求时，即可对贯入度或入土标高进行观测，至达到设计要求为止。然后移桩机至新桩位。

### (2) 振动沉桩

振动沉桩与锤击沉桩方法基本相同，不同的是用振动箱代替桩锤。操作时，桩机就位后吊起桩插入桩位土中，使桩头套入振动箱连固桩帽或液压夹桩器夹紧，便可参照锤击法启动振动箱进行沉桩与设计要求的深度。沉桩宜连续进行，以防停歇时间过久而难于沉入。一般控制最后三次振动（加压），每次10min 或5min，测出每分钟的平均贯入度，不大于设计规定的数值即符合要求。摩擦桩则以沉桩深度符合设计要求为度。沉桩时，如发现持力层以上有中密以上的细砂、粉砂、重粘砂等硬夹层，其厚度在1m 以上时，可能会发生沉入时间过长或穿不过现象，硬性打入较易损坏桩头的桩机，影响质量，此时应会同设计部门共同研究采取措施。



振动沉桩注意事项：

桩帽或夹桩器必须夹紧桩头，以免滑动，否则会影响沉桩效率，损坏机具，同时也不安全；

桩架顶滑轮、振动箱和桩纵轴必须在同一垂直线上。

### ③ 静力压桩

静力压桩适用于软弱土层，压桩时，压桩机应配足额定的总重量；插桩的倾斜不得大于0.5%；桩帽、桩身和送桩的中心线应重合；节点处理应符合桩的节点处理的规定；在压同一根桩时，各工序应连续施工，并做好施工记录。遇到下列情况应停止压桩，并及时与有关单位研究处理后压桩，桩身发生较大幅度移位、倾斜，压入过程中桩身突然下沉或倾斜；桩顶混凝土破坏或压桩阻力剧变。

### ④ 钻孔沉桩

国内外打桩的理论研究和实践表明，在软土地基打入大量预制桩，特别是密集群桩施工时，桩区和附近相当范围内（30~40m）的土体将产生大量的隆起和水平位移，而且由于邻桩相互挤压导致桩位偏移，影响工程质量。当在城市改造工程中，在已有建筑群中沉桩时，还会严重危害邻近的地下管线、地面交通道路的建筑物的安全。

此外，遇到坚硬土层或某种特殊情况，桩打（压）不下去，而与要求标高相差较大，必须继续下沉。

在上述两种情况采取先钻孔达一定深度，先植桩再进行沉桩。

选用钻打桩机进行。该机一侧配挂筒式柴油桩锤，另一侧配挂长螺杆螺旋钻。

施工时，桩机就位后，先将钻机转至桩架正前方对准桩位，开动桩机徐徐钻进，同时经由出土斗排土外运。钻时要注意保证钻杆不停地旋转，以防卡钻。钻孔至预定标高后即可清孔提钻，然后清理钻孔地面附近积布余土，再将桩机水平旋转，桩机导轨定位，插桩于孔中施打。一般钻孔深度为8~10m，钻孔后应在半小时内插桩施打，避免塌孔。

沉桩过程中，遇到下列情况应暂停并与有关单位研究处理：

贯入度剧变；

桩身突然发生倾斜，移位或严重回弹；

桩顶或桩身出现严重裂缝或破碎。

桩的最后贯入度应在下列条件下测量：

锤的落距符合规定；

桩帽和弹性垫层等正常；

锤击没有偏心；

桩顶没有破坏或破坏处已凿平。

沉桩常遇问题的分析及处理见表4 -5。  
钢筋混凝土打入桩必须认真做好施工记录。

五、沉桩工程检查验收

1．保证项目：

(1) 钢筋混凝土预制桩、木桩、钢板桩、钢管桩的质量必须符合设计要求和施工规范的规定。

检验方法：观察检查和检查出厂合格证。

(2) 打（压）桩的标高或贯入度、桩的节点处理必须符合设计要求和施工规范的规定。

检验方法：观察检查和检查施工记录、试验报告。

表4 -5 沉桩常遇问题的分析及处理

常遇问题	主要原因	防止措施及处理方法
桩头打坏	桩头强度低，配筋不当，保护层过厚，桩顶不平；锤与桩不垂直，有偏心；锤过轻，落锤过高，锤击过久，使桩头受冲击才不均匀；桩帽顶尖变形大，凹凸不平	加桩垫，楔平桩头；低锤慢击或垂直度纠正等处理 严格按质量标准进行桩的制作；桩帽变形进行纠正
桩身扭转或位移	桩尖不对称；桩身不正直	可用棍撬慢锤低击纠正；偏差不大，可不处理
桩身倾斜或位移	桩尖不正，桩头不平；遇横向障碍物压力；土层有陡的倾斜角；桩帽与桩身不在同一直线上；桩距太近，邻桩打桩土体挤压	偏差过大，应拔出移位再打或作补桩；入土不沉（<1m）偏差不大时，可用木架顶正，再慢锤打入纠正；障碍物不深时，可挖除回填后再打或作补桩处理
桩身破裂	桩质量不符设计要求，遇硬土层硬性施打	加钢夹箍用螺栓拧紧后焊固补强，如符合贯入度要求，可不处理
桩涌起	遇流砂或较软土层，或饱和淤泥层	将浮起量大的重新打入，经静载荷试验，不合要求的进行复打或重打
桩急剧下沉	遇软土层，土洞：接头破裂或桩尖劈裂；桩身弯曲或有严重的横向裂缝；落锤过高，接桩不垂直	将桩拔起检查改正重打，或在靠近原桩位补桩处理；加强沉桩前的检查，不符合要求及时更换或处理
桩不易沉入或达不到设计标高	遇旧埋设物，坚硬土夹层或砂夹层；打桩间隙时间过长，摩阻力增大；定错桩位	遇障碍物或硬土层，用钻孔机钻透后再打入。或边射水边打入；根据地质资料正确选择桩长
桩身跳动，桩锤回弹	桩尖遇树根或坚硬土层；桩身过曲，接桩过长；落锤过高	检查原因，采取措施穿过或避开障碍物；如入土不深应拔起避开或换桩重打

常遇问题	主要原因	防止措施及处理方法
接桩处松脱开裂	连接处表面清理不干净，有杂质、油污；连接铁件不平或法兰平面不平，有较大间隙，造成焊接不牢或螺栓拧不紧；硫磺胶泥配比不当，未按操作规程熬制，接桩处有曲折	接桩表面杂质，油污清除干净；连接铁件不符合要求的经修正后才用；两节桩应在同一直线上，焊接或螺栓拧紧后锤击几下检查合格后再施打；硫磺胶泥严格按操作规程操作，配合比应先经试验

2．实测项目：

- (1) 检查数量，按不同规格桩数各抽查10 %，但均不少于3 根。
- (2) 打（压）桩的允许偏差和检验方法应符合表4 -6 的规定。

表4 -6 打（压）桩的允许偏差和检验方法

项次		项    目		允许偏差 (mm )	检验方法
1	方、管、圆柱 中心位置偏移	有基础 梁的桩	垂直基础梁的中心方向	100	用经纬仪或拉 线和尺量检查
			沿基础梁的中心线方向	150	
2		桩数为1 ~2 根或单排桩		100	
3		桩数为3 ~20 根		D /2	
4		桩数多于20 根	边缘桩		
			中间桩	D	
5	板桩	位置偏移		100	
		垂直度		H /100	

注：D 为桩的直径或截面边长；H 为桩长。

第二节 钢筋混凝土灌注桩

钢筋混凝土灌注桩按桩身成孔工艺不同可分为泥浆护壁成孔灌注桩、干作业成孔灌注桩、套管成孔灌注桩和爆扩成孔灌注桩。所有灌注桩在施工前均应作好必要的施工准备工作，其主要内容有：灌注桩施工前应具备必要的技术资料（工程地质资料，基础工程施工图，场地内和邻近区域内高压电缆、电话线，地下管线，地下构筑物及危险房屋等，主要施工机械及配套设备的技术性能，桩基工程的施工技术措施及有关荷载试验资料等）、场地平整、复核基线、设水准点及定桩位、试成孔（不少于2 个）、制备钢筋笼等。

一、一般规定

成孔设备就位后，必须平整、稳固，确保施工中不发生倾斜、移位。为准确控制钻孔深度，应在桩架或管架上标出控制深度的尺，以便在施工中加以观测、记录。泥浆护壁成孔、干作业成孔、套管成孔及爆扩成孔的工艺及适用范围，应按表4 -7 选用。灌注桩成孔的控制深度应符合下列要求：摩擦桩必须保证设计桩长，当采用沉管法成孔时，桩管入土深度的控制以标高为主，并以贯入度为辅；端承桩，当采用钻、挖、冲成孔时，必须保证桩端进入硬土层，桩管入土深度的控制以贯入度为主，以设计标高为辅。灌注桩用钢筋笼的直径除按设计要求外，套管成孔的桩，应双套管内径小60 ~ 80mm ；用导管灌注水下混凝土的桩，应比导管连接处的外径大100mm 以上。钢筋笼在制作、运输和安装过程中，应采取措施防止变形，并应有保护层垫块。钢筋笼吊放入孔时，不得碰孔壁，灌注混凝土时，应采取措施固定钢筋笼位置。钢筋保护层的允许偏差，当水下灌注混凝土的桩为±20mm ；非水下灌注混凝土的桩为±10mm 。混凝土的粗骨料（不包括爆扩桩）粒径，卵石不宜大于50mm ，碎石不宜大于40mm ，配筋的桩不宜大于30mm ，并不宜大于钢筋最小净距的1/3。混凝土坍落度：水下灌注的宜为16 ~ 22cm ，干作业成孔的宜为8 ~10cm ；套管成孔的宜为6 ~8cm 。

灌注桩各工序应连续施工，浇筑后的桩顶应高出设计标高，并予以保护，浮浆层应凿除。当气温低于0 以下浇筑混凝土时，应采取保温措施，浇筑时，混凝土的温度不低于正5 。在桩顶混凝土未达到设计强度50 %以前不得受冻，当气温低于30 时，应根据具体情况对混凝土采取缓凝措施。灌注桩的实际混凝土浇筑量不得少于桩孔计算的体积。套管成孔的灌注桩，通过浮标观测的任何一段桩身平均直径与设计直径之比严禁小于1。混凝土浇筑时，同一配合比的试件，每班不得少于一组。

表4 -7 灌注桩适用范围

项次	项目		适用范围
1	泥 浆 护 壁 成孔	冲抓 冲击 回转钻	碎石土、砂土、粘性土及风化岩
		潜水钻	粘性土、淤泥、淤泥质土及砂土
2	干作业成孔	螺旋钻	地下水位以上的粘性土、砂土及人工填土
		钻孔扩底	地下水位以上的坚硬、硬塑的粘性土及中密以上的砂土
		机动洛阳铲(人工)	地下水位以上的粘性土、黄土及人工填土
3	套管成孔	锤击振动	可塑、软塑、流塑的粘性土，精密及松散的砂土
4	爆扩成孔		地下水位以上的粘性土、黄土、碎石土及风化岩

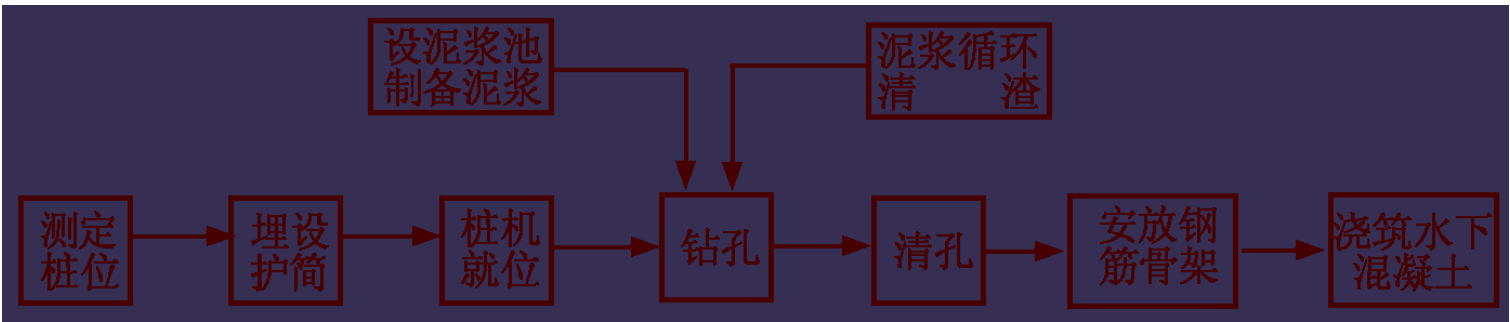


图4 -4 泥浆护壁成孔灌注桩施工工艺过程

二、 泥浆护壁成孔灌注桩

泥浆护壁成孔灌注桩一般宜用于粘性土、淤泥、砂土，不宜用于碎石土地基。泥浆护壁成孔灌注桩是用钻孔机械进行钻孔，在钻孔过程中为了防止孔壁坍塌，在孔中注入泥浆（或注入清水造成泥浆）保护孔壁，钻孔达到深度后，进行清孔，然后安放钢筋骨架，进行水下灌注混凝土而成桩。

泥浆护臂成孔灌注桩所用的成孔机械有冲抓、冲击钻机、回转钻机及潜水钻机等。其施工工艺如（图4 -4）所示。

（一）冲击机成孔

通过卷场机悬吊冲锤的冲击力把硬质或岩层破碎成孔，泥渣部分挤入孔壁，大部分用掏渣筒掏出。操作时，要先在孔口埋设护筒，然后冲孔机就位，使冲锤中心对准护筒中心，开始应低锤密击，锤高0.4~0.6m，并及时加片石、砂砾（或石子）和粘土泥浆护壁，使孔壁挤压密实，直至孔深达护筒底以下3~4m后，才可加快速度，将锤提高至1.5~2.0m以上转入正常冲击，并随时测定和控制泥浆比重。当在粘土和亚粘土层中冲击时，应采用中小冲程（0.5~1.0m）冲孔，并补充稀泥浆或清水，避免糊钻；如地下水位低，要加水补充，发现漏水及时补充，并应保持孔内水位高于地下水位1.5m左右，以防坍孔；遇岩层表面不平或倾斜，应抛入20~30cm厚块石，使孔底表面略平，然后低锤快击使成一紧密平台后，再进行正常冲击，同时泥浆相对密度（比重）可降到1.2左右，以减少粘锤阻力，但又不能过低，避免岩渣浮不上来，掏渣困难。在各类土层中的冲程和泥浆相对密度（比重）关系见表4 -8。

在冲孔过程中被冲碎的石渣，一部分和泥浆挤入孔壁空隙中，大部分由掏渣筒清除出外。在开孔阶段，尽量使石渣挤密孔壁而不掏渣，但冲至4~5m深度以后，则要开始掏渣，每次约4~5桶，要及时加水保持孔内水位的高度以防坍孔。每次掏完石渣后，即向孔内加护壁泥浆，恢复泥浆正常浓度，这样反复进行冲孔、掏渣，直至要求深度。

表4 -8 冲程和泥浆相对密度（比重）

项次	项目	冲程（m）	泥浆相对密度（比重）	备注
1	在护筒中及护筒脚下3m 以内	0.9 ~1.1	1.1 ~1.3	土层不好时宜提高泥浆相对密度比重，必要时加小片石和粘土块
2	粘土	1 ~2	清水	或稀泥浆，经常清理钻头上泥块
3	砂土	1 ~2	1.3 ~1.5	抛沾土块勤冲勤掏渣，防坍孔
4	砂卵石	2 ~3	1.3 ~1.5	加大冲击能量，勤掏渣
5	风化岩	1 ~4	1.2 ~1.4	加大冲击能量，勤掏渣
6	坍孔回填重成孔	1	1.3 ~1.5	反复冲冲，加粘土块及片石

冲孔方法优点是：设备简单，操作方便，适应范围较广，对于有孤石的砂卵石层、坚硬土层、岩层等均有效，对流砂层亦能克服，而且孔壁可较坚实，避免坍方。

（二）冲抓锥成孔

先在现场放线定桩位、埋设护筒，然后桩机就位，将冲抓锥钻头对准护筒中心，松开卷筒刹车，钻头即张开抓片自由下落冲入土中，再开动卷扬机提起钻头，这时抓片闭合抓土和钻头整体提升至地面将土屑卸出，依次循环成孔。在一般松散土层（如腐蚀土、砂土、粘土等）钻进时，冲抓进尺较快，冲抓高度宜控制在1.0 ~1.5m；当在坚实的砂卵石层中钻进困难时，可加大冲抓锥重量或提高锥高度至2 ~3m；当遇到坚硬岩层时，则宜换用冲击锥钻进。

（三）潜水钻机成孔

开钻前要做好准备工作，包括平整场地，放线定桩位，挖泥浆地、沉淀地或排浆水沟，确定钻机移位路线和方法，接通水、电源，安装水泵设备、轨道和桩架，埋设护筒（土质较好时可不埋设），准备必要数量的粘土（根据地质情况而定），配制适合浓度要求的护壁泥浆。

当准备好后，用第一节钻杆（每节长约5m，按钻进深度用钢销连接）接好钻机，另一端接上钢丝绳，吊起潜水电钻对准护筒中心，徐徐放下至土面，先空转，然后缓慢钻入土中，至整个潜水电钻基本入土内，观察检查正常后才正式开始钻进。每钻进一节吊杆，即接下一节以便迅速继续钻进，直至符合要求深度为止，其施工工艺如（图4 - 5）所示。

潜水钻机成孔排渣有两种方式：

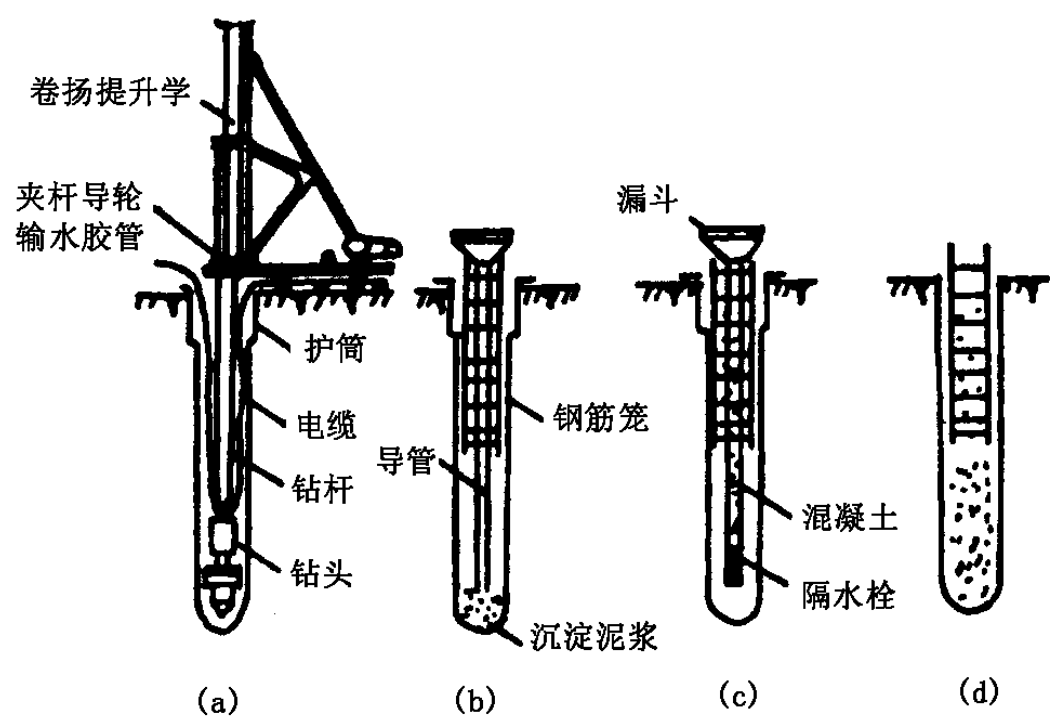


图4 -5 泥浆护壁成孔灌注桩施工工艺

（a）成孔；（b）下导管，钢筋笼；（c）灌注水下混凝土；（d）成桩

正循环排渣法 系用3PN 泥浆泵将泥浆水或清水压向钻机中心送水管或钻机侧壁的分叉管射向钻头，然后徐徐下放钻杆，破土钻进（图4 -6），当钻至设计标高后，电机可以停止运转（视地层情况及钻头转速而异），但3PN 泥浆泵仍继续工作，正循环排泥，直至孔内泥浆比重达1.1 ~1.15 左右，方停泵提升钻机，然后迅速移位，进行下道工序。本法除卵石层外均可采用。

反循环排渣法 实现反循环排渣作业方法一般有压缩空气反循环法、泵举反循环法、泵吸反循环法三种，以前两种使用较多。

压缩空气反循环法配备9m<sup>3</sup>/min 空气压缩机一台，38mm 高压风管配合。泥浆池水位应高于钻孔水位，以便经沉淀的泥浆或清水流入孔内，实现循环作业。一般地面以下6m 仍采用正循环操作，当压风口浸到6 ~7m 时，才开始反循环操作，此时只须卸开与3PN 泵连接的75mm /150mm 变径管，即可压风作业，但注意风压不宜超过0.5MPa，作到连续均匀出泥。当钻至设计标高后，钻机停止运转，压风出浆继续工作直至泥浆比重至规定浓度为止。

泵举反循环法（图4 -7）为反循环排渣中最为先进的方法之一，因砂石泵随主机一起潜入孔内，可迅速将切碎泥渣排出孔外，钻头不必搅动切碎成为浆状，钻进效率很高。它系将潜水砂石泵电机，开钻时采用正循环开孔，当钻深超过砂石泵叶轮位置以后，即可启动砂石泵同主机连接，开钻时采用正循环开孔，当钻深超过砂石泵叶轮位置以后，即可启动砂石泵电机，开始反循环作业。当钻至设计标高后，停止钻进，砂石泵继续排泥，至要求浓度为止。

施工注意事项：

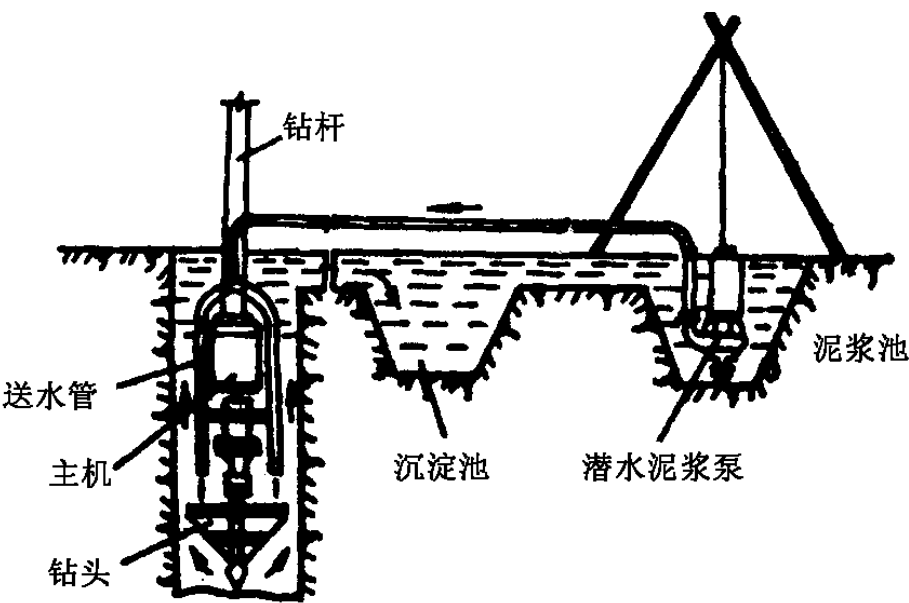


图4 -6 正循环排渣

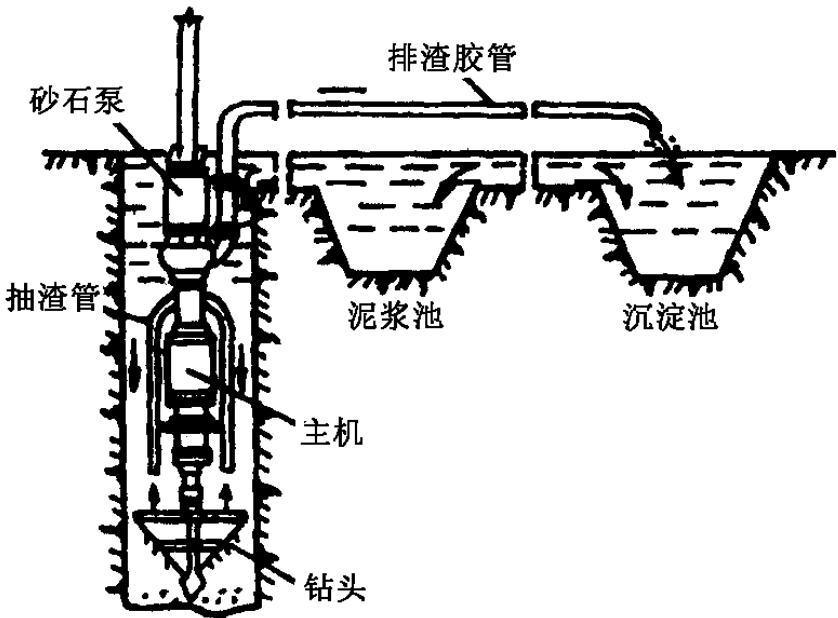


图4 -7 泵举反循环排渣

钻进应严密监视电流表指针数字，电流表不得超过规定数值。同时要注意使电缆、水管与钻杆下放速度同步进行，以防造成电缆，水管被钻头绞断的危险，在接换钻杆时，尤要注意防止电缆和水管因自重而下垂孔内；

钻进过程中要加强检查，发现偏斜及时纠正，方法是将钻头提升至开始偏斜处慢速扫孔削正；

随时注意钻机操作有无异常情况，如发现摇晃、跳动或钻进困难，可能遇到硬层或一边软一边硬土层碰撞摇动所致，此时要放慢进尺，待穿过硬层或不均匀土层后方可正常钻进；

钻孔过程中应严格控制护筒内外水位差，必须使孔内水位高于地下水位，以防坍孔；

应严格控制钻进速度，如钻机转速高，泥浆比重大，钻进过快，切削出的泥块块大，未成浆，对钻机产生较大阻力，有可能使电机超负荷而损坏，或抽水齿轮磨损或使钻杆折断等。同时钻进速度要与制浆，排渣能力相适应，一般钻进速度要低于供泥浆和排渣速度，避免造成埋钻。

(四) 埋设护筒

护筒的作用是固定桩孔位置，保护孔口，提高孔内水位，防止地面水流入，增加孔内静水压力以维护孔壁稳定，并兼作钻进导向。护筒可用混凝土预制、钢板卷制，要求有足够的刚度。

护筒内径应大于钻头直径，当用回转钻时，宜大于100mm；当用冲击钻和潜水电钻时，宜大于200mm。护筒埋设深度，根据土质和地下水位而定，在粘性土中不宜小于1m；在砂土中不宜小于1.5m，并应保持孔内泥浆面高出地下水位1m以上，受江河水



位影响的工程，应严格控制护筒内外的水位差，在护筒顶部应开设1~2个溢浆口。埋护筒方法可采用打入法或挖埋法，前者适用钢护筒，后者适用于混凝土护筒。埋护筒时，在桩位打入或挖坑将护筒埋入坑口，一般不宜高出地面30~40cm，或高出地下水位1.5m以上；使孔内泥浆面保持高于孔外水位或地面，并须使孔内水头经常稳定以利护壁。要求护筒中心与桩位中心线偏差不得大于50mm。护筒与孔壁之间用钻土分层填实，以防地面水流入，又能固定护筒。当灌注桩混凝土达到设计强度的25%以后，方可拆除护筒。

### （五）护壁泥浆与清孔

在钻进过程中，应随时补充泥浆，调整泥浆比重。泥浆作用：

1. 泥浆夹带被钻头削碎的土颗粒不断从孔底溢出孔口，达到连续钻进连续排土。
2. 加固保护孔壁，防止地下水渗入造成坍孔。

在粘土和粉土中成孔时，可用水泵喷射清水，使清水和孔中钻头切削下来的土颗粒混成泥浆，称自造泥浆护壁，排渣泥浆的比重应控制在1.1~1.2；在易坍孔的砂土和较厚的夹砂层中成孔时，应设置循环泥浆池和泥浆泵，用比重为1.1~1.3的泥浆护壁，在穿过砂夹卵石层时，应提高泥浆比重为1.3~1.5。

泥浆可就地选择塑性指数 $I_p \geq 17$ 的粘土调制，并经常测定泥浆比重、粘度、含砂率和胶体率。泥浆护壁成孔的灌注桩，当孔壁土质较好不易坍孔时，可用空气吸浆机清孔；原土造浆的孔，清孔后泥浆比重应控制在1.1左右；当孔壁土质较差时，宜用泥浆循环清孔，清孔后的泥浆比重应控制在1.15~1.25。在清孔过程中，必须及时补给足够的泥浆，并保持浆面稳定。

### （六）混凝土浇筑

泥浆护壁成孔灌注桩混凝土为水下施工，应采用导管导入孔底灌注。

导管用直径200~300mm的钢管制作，接头密封良好和便于拆装。导管的第一节底管长度一般应 $\geq 4$ m。

开始浇注时，必须保证管底端能埋入混凝土中800~1300mm，并始终保持管底端埋入混凝土中深度不小于800mm；浇注混凝土前，导管下端必须用球、塞等封口隔水，严防泥浆灌入导管，影响混凝土质量。管每提升之前，应摇动，确保混凝土密实。

(七) 泥浆护壁成孔灌注桩施工常遇问题和处理方法见表4 -9。

表4 -9 泥浆护壁成孔灌注桩常遇问题及预防措施与处理方法

常遇问题	原因分析	预防措施与处理方法
坍孔壁（在成孔过程中孔壁的土不同程度地坍塌）	①）提升、下落冲锤、掏渣筒和放钢筋骨架时碰撞孔壁。 ②）护筒周围未用粘土填封紧密而漏水或埋置太浅 ③）未及时向孔内加清水或泥浆，孔内泥浆面低于孔外水位，或泥浆比重偏低 ④）遇流砂、软淤泥、硫碎地层；在松软砂层钻进时，进尺太快	①）提升、下落冲锤和掏渣筒、钢筋骨架时保持垂直上下 ②）用冲孔机时，开孔阶段保持低锤密击，造成坚固孔壁后再恢复正常冲击 ③）清孔完立即灌筑混凝土轻度坍孔，加大泥浆比重和提高水位；严重坍孔，用粘土，泥膏投入，待孔壁稳定后采用低速重新钻进。
钻孔偏移倾斜（在钻孔过程中出现孔位偏移或孔身倾斜）	①）桩架不稳，钻杆导架不垂直，钻机磨损，部件松动 ②）土层软硬不均 ③）冲孔机成地遇探头石或基岩倾斜未处理	①）将桩架重安装牢固，并对导架进行水平和垂直校正，检修钻孔设备 ②）如有探头石，宜用钻机钻透，用冲孔机时，用低锤密击，把石打碎，基岩倾斜时，投入块石使表面路子，用锤密打 偏斜过大时，填入石子粘土，重新钻进，控制钻速，慢速提升下降往复扫孔纠正
吊脚桩（孔底残留石渣过多；孔脚涌进泥砂或坍壁泥土落在孔底）	①）清孔后泥浆比重过小，孔壁坍塌或孔底涌进泥砂，或未立即灌混凝土 ②）清渣未净，残留石渣过厚 ③）吊放钢筋骨架、导管等物碰撞孔壁，使泥土坍落孔底	①）做好清孔工作，达到要求，立即灌注混凝土 ②）注意泥浆浓度和使孔内水位经常高于孔外水位 ③）注意孔壁，不让重物碰撞
夹泥（在桩身的混凝土内混进泥土或夹层）	灌筑混凝土时，孔壁泥土坍下，落在混凝土内	①）灌筑混凝土时避免碰撞孔壁 ②）控制孔内水位高于孔外水位 ③）如泥土坍塌在桩内混凝土上时，应将泥土清除干净后，再继续灌筑混凝土
梅花孔（冲孔成型时，孔形不圆成梅花瓣形状）	①）冲孔机转向环失灵，冲锤不能自由转动 ②）泥浆太稠，阻力太大3）提锤太低，冲锤得不到转动时间， ③）提锤太低，冲锤得不到转动时间，换不了方位	①）经常检查吊环，保持灵活 ②）勤掏渣，适当降低泥浆稠度 ③）保持适当的提锤高度，必要时辅以人工转动
卡锤（冲孔时，冲锤在孔内卡住提不出来）	①）冲锤在孔内遇到大的探头石（叫上卡） ②）冲锤磨损过甚，孔径成梅花形，提锤时，锤的大径被孔的径卡住（叫下卡） ③）石块落在孔内，夹在锤与孔壁之间	①）上卡时，用一个半截冲锤冲打几下，使锤脱离卡点，掉落孔底，然后吊出 ②）下卡时，可用小钢轨焊成T字形构，将锤一侧拉紧后吊起 ③）被石块卡住时，可用上法提出冲锤

续表

常遇问题	原因分析	预防措施与处理方法
流砂（冲孔时大量流砂涌塞柱底）	孔外水压力比孔内大，孔壁松散，使大量流砂涌塞桩底	流砂严重时，可抛入碎砖石、粘土，用锤冲入流砂层，做成泥浆结块，使成坚厚孔壁，阻止流砂涌入
不进尺（钻孔时，钻机不下落或进展极慢）	① 钻头粘满粘土块，排渣不畅，钻头周围堆积土块 ② 钻头合金刀具安装角度不适当，刀具切土过浅；泥浆比重过大；钻头配重过轻	① 加强排渣，降低泥浆比重 ② 重新安排刀具角度、形状、排列方向，加大配重

三、干作业成孔的灌注桩

干作业成孔灌注桩，一般采用螺旋钻机成孔后，放入钢筋骨架浇筑混凝土而成。

当螺旋钻机成孔时，应保持钻杆垂直、位置正确，防止钻杆晃动而引起扩大孔径及增加孔底虚土，钻进速度应根据电流值变化，应及时调整。钻机钻进过程中，应随时清理孔口积土，遇到地下水、塌孔、缩孔等异常情况时，应同有关单位研究处理。成孔达到设计深度后，孔口应予以保护。

在浇筑混凝土之前，应先放置钢筋笼并再次测量孔内虚土厚度。浇筑时，应随浇随捣，每次浇筑高度不得大于1.5m。

钻孔扩底部分的施工除直径部分符合设计要求外，扩底部分应根据电流值或油压值，随时调节护孔片切削土量，钻进速度不宜大于50cm/min，防止出现超负荷现象；扩底部分直径应符合设计要求。孔底经扫膛空转后，孔底的虚土厚度应满足工程验收时的要求。在扩底过程中，如遇地下水或塌孔等情况时，应会同有关单位研究处理。在浇筑混凝土时，第一次应浇至扩底部分的顶面，随即振捣密实。混凝土塌落度可视土的含水量采用4~6m。

四、套管成孔灌注桩

套管成孔灌注桩系采用振动沉桩机或锤击打桩机，将带有活瓣式桩靴或预制钢筋混凝土桩尖的钢管沉入土中，然后边浇筑混凝土边振动或锤击拔管而成。前者称为振动沉管注桩，后者称为锤击沉管灌注桩。

（一）振动沉管灌注桩

施工前，应根据土质情况选择适用的振动打桩机，桩尖采用活瓣式（图4-8）。施工时先安装好桩机，将桩管对准桩位中心，桩尖活瓣合拢，放松卷扬机钢丝绳，利用振

动机及桩管自重，把桩尖压入土中，勿使偏斜，即可启动振动箱沉管。施工工艺如图(4 -9) 所示。

沉管过程中，应经常探测管内有无地下水或泥浆，如发现水或泥浆较多，应拔出桩管，检查活瓣桩尖缝隙是否过疏，漏进沙水，如过疏应加以修理，并用砂回填桩孔后重新沉管，如再发现有小量水时，一般可在沉入前先灌入0 .1m<sup>3</sup> 左右的混凝土或砂浆封堵活瓣桩尖缝隙再继续沉入。

沉管时为了适应不同土质条件，常用加压方法来调整土的自振频率。桩尖压力改变可利用卷扬机有轮钢丝绳把桩架的部分重量传到桩管上，并根据钢管沉入速度，随时调整离合器，防止桩架抬起发生事故。

桩管沉到设计位置后，停止振动，用上料斗将混凝土灌入桩管内，一般应灌满桩管或略高于地面。

开始拔管时，先启动振动箱片刻再拔管，并用吊钎探测得桩尖活瓣确已张开，混凝

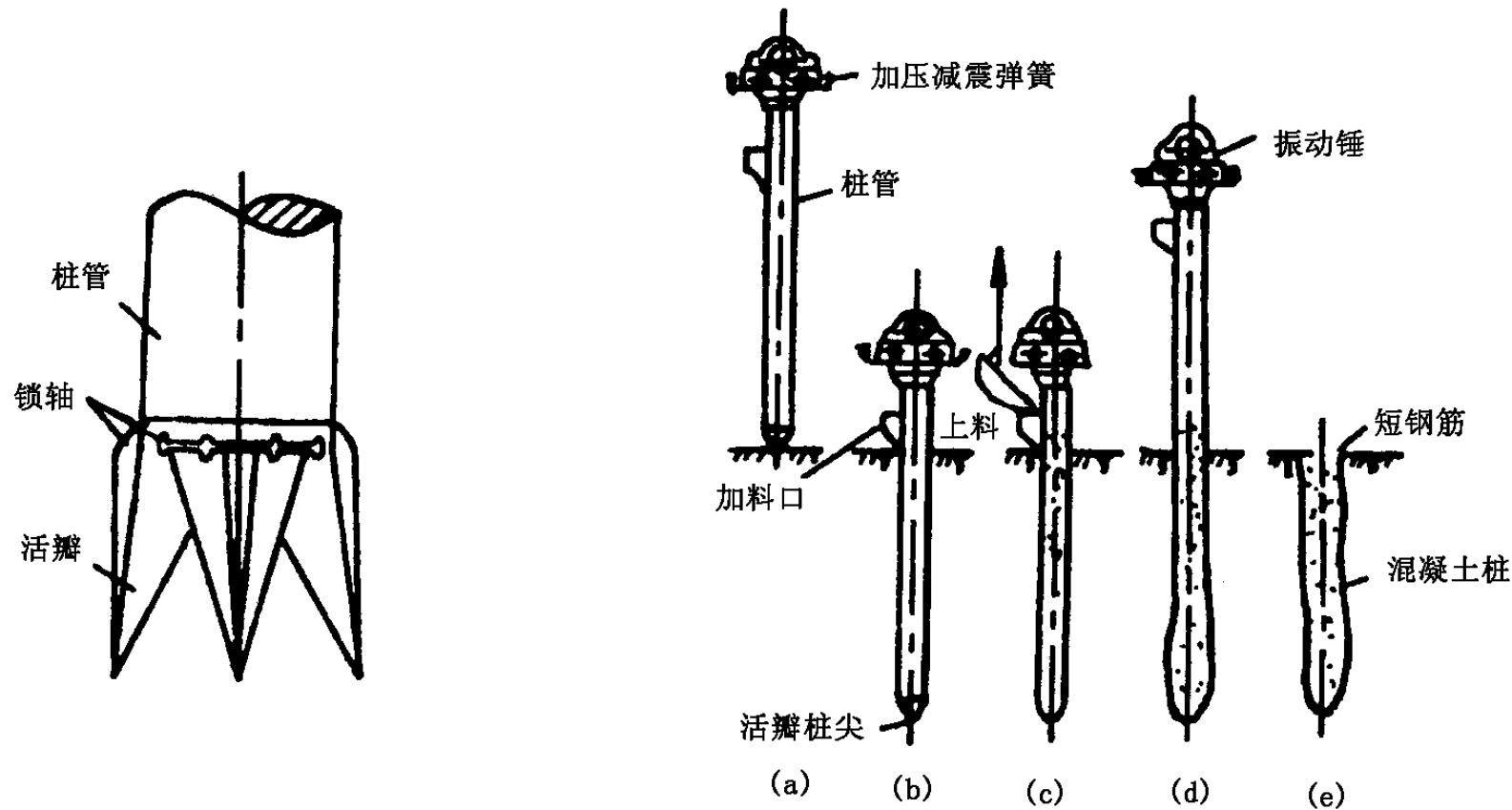


图4 -8 活瓣桩尖示意图

图4 -9 振动沉管灌注桩施工工艺

(a) 桩机就位；(b) 振动沉管；(c) 浇筑混凝土；(d) 边拔管边振动边浇筑混凝土；  
(e) 成桩

土已从桩管流出以后，方可继续抽拔桩管，边拔边振，拔管速度：对于用活瓣桩尖者，不宜大于2 .5m /min，对于预制钢筋混凝土桩尖者，不宜大于4m /min。拔管方法一般宜采用单打法，每拔起0 .5 ~1 .0m 停拔，振动5 ~10s，再拔管0 .5 ~1 .0m，振动5 ~10s，如此反复进行，直至地面。在拔管过程中，桩管内应至少保持2m 以上高度的混凝土，或不低于地面，可用吊钎探测，不足时要及时补灌，以防混凝土中断，形成缩颈。

振动灌注桩的中心距不宜小于桩管外径的4 倍，相邻的桩施工时，其间隔时间不得

超过水泥的初凝时间，中间需停顿时，应将桩管在停歇前先沉入土中。

由于振动使土层受到扰动，会大大降低地基强度，因此，当是软粘土和淤泥质土时，土层最少需养护一个月，砂层和硬土层中需养护半个月，才能恢复强度。

(二) 锤击沉管灌注桩

操作时，先将桩机就位，吊起桩管，对准预先埋好的预制钢筋混凝土桩尖（图4 - 10），放置麻（草）绳垫于桩管与桩尖连接处，以作缓冲层和防止地下水进入。然后缓慢放下桩管，套入桩尖，压入土中。上端扣上桩帽，检查桩管与桩锤、桩架等在一垂直线上，即可起锤沉桩。先用低锤轻击，观察无偏斜后，才正式施打，直至符合设计要求深度。其施工工艺如（图4 -11）所示。

检查管内无泥浆或水进入，即可灌筑混凝土。当混凝土灌满桩管就可开始拔管。拔管注意均匀，第一次拔管高度控制在能容纳第二次所需的混凝土灌量为限，不宜拔管过高。拔管时应保持连续密锤低击不停，并控制拔管速度，一般土质每分钟不大于1m；淤泥和淤泥质土不大于0.8m。整个拔管过程中必须保持连续低锤密击，锤击次数尽量控制在每分钟70次以上。拔管时还经常用吊钎（浮标）探测混凝土落下的扩散情况，注意使管内的混凝土量保持略高于地面，直到全管拔完为止。

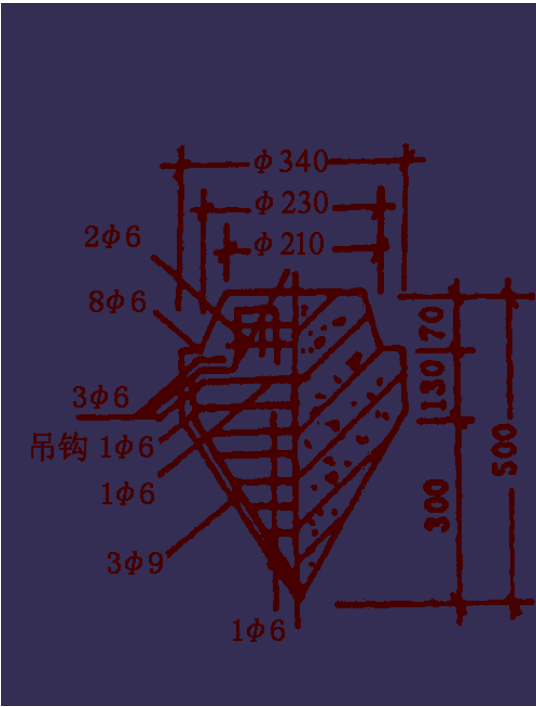


图4 -10 钢筋混凝土预制  
桩尖示意图

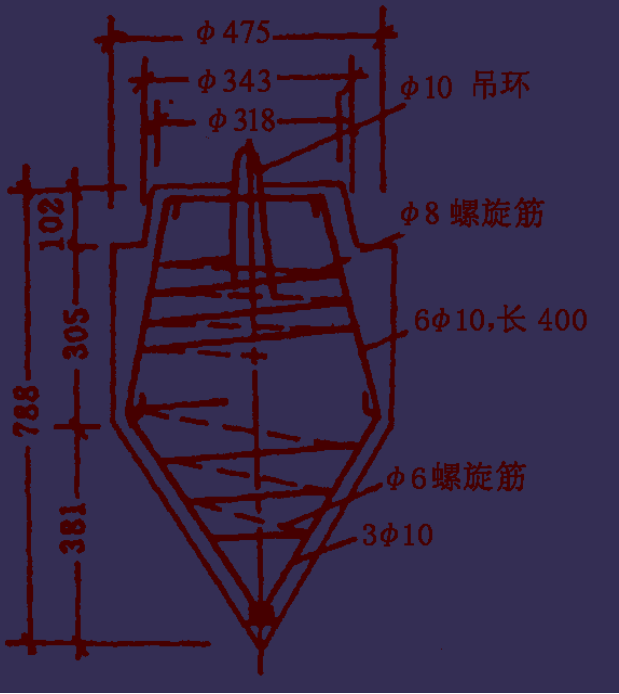


图4 -11 锤击沉管灌注桩施工工艺  
a) 就位；b) 锤击沉管；c) 开始灌筑混凝土；  
d) 边拔管、边锤击、边继续浇筑混凝土；  
e) 放钢筋笼，继续浇筑混凝土；f) 成桩

桩的中心距在5 倍桩管外径以内或小于2m 时，均应跳打，中间空出的桩须待邻桩混凝土达到设计强度50 % 以后，方可施打。

(三) 扩大灌注桩

为了扩大桩径，提高承载力，减少桩数或减小承台面积，或发现或怀疑有缩颈、夹泥及其他缺陷等等采取补救措施时，对振动沉管灌注桩常采用翻插法；对锤击沉管灌注桩常采用复打法。

1. 翻插法 在振动桩管拔管过程中，桩管每拔起0.5~1.0m，再把桩管下沉0.3~0.5m（或不大于活瓣桩尖长度的2/3），如此反复进行，直至地面。翻插法的桩截面比桩管扩大50%左右，但在坚硬土层中易损坏活瓣桩尖，不宜采用。

2. 复打法 它是在第一次打完并将混凝土灌筑到桩顶设计标高，拔出桩管，清除管外壁的污泥和柱孔周围地面上浮土后，立即在原桩位再埋预制桩尖作第二次沉管，使未凝固的混凝土向四周挤压扩大桩径，然后灌筑第二次混凝土。拔管方法与第一次相同。施工时要注意：

- 桩管每次打入时，中心线应重合；
- 必须在第一次灌筑的混凝土初凝以前完成复打工作；
- 复打前，应把桩管外壁的污泥清除。

当作为补救措施时，可采用半复打法或局部复打法。如缺陷在桩的下半段，则第一次灌筑到半桩长（另加1m 以防复打时上段土塌落影响质量）时，即拔出桩管，再合拢桩尖活瓣或加预制钢筋混凝土桩尖，在原孔中再沉到底，进行第二次灌筑混凝土到顶（图4 -12a）；如缺陷在桩的上半段，则第一次混凝土灌筑到顶后，第二次再将桩管沉到1/2 桩长，即灌筑第二次混凝土到顶（图4 -12b）；当在饱和的淤泥或淤泥质软土，则宜采用全桩长的复打（图4 -12c）。

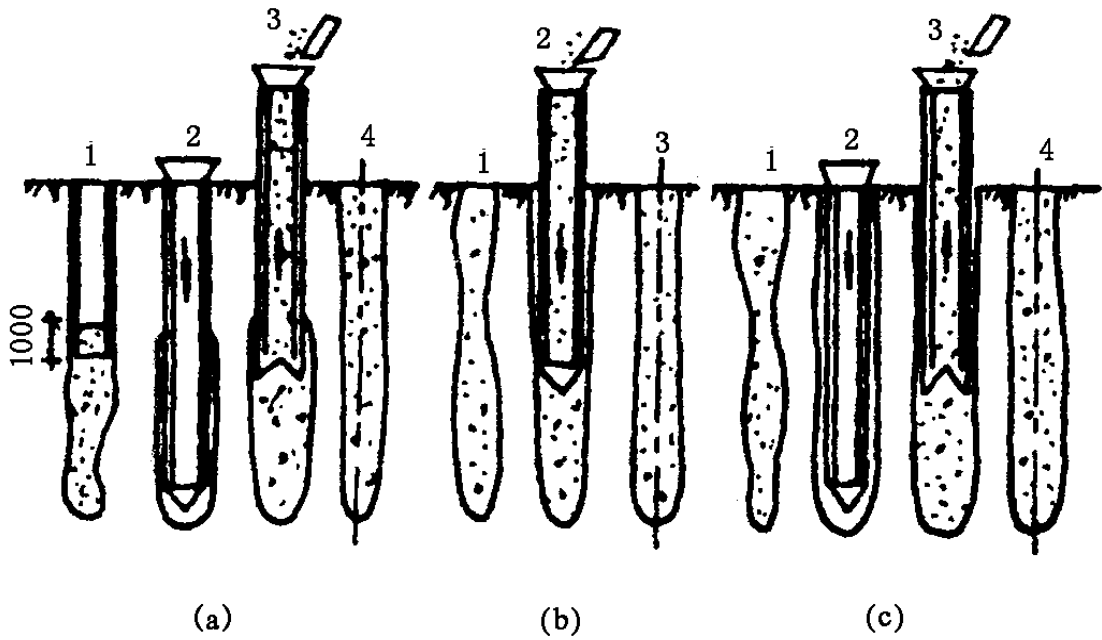


图4 -12 复打法示意图

(a) 下半段桩复打；(b) 上半段桩复打；(c) 全桩复打

(四) 混凝土浇筑

套管成孔灌注桩的混凝土标号要求不低于C15，骨料粒径不大于30mm，坍落度6~8m。

控制拔管时，管内混凝土的下落情况，可用“浮标”方法测定充盈系数，即在桩管内设浮标（重物），使浮在混凝土表面，用以测定混凝土在桩管内的标高（图4 - 13）。测定方法如下：

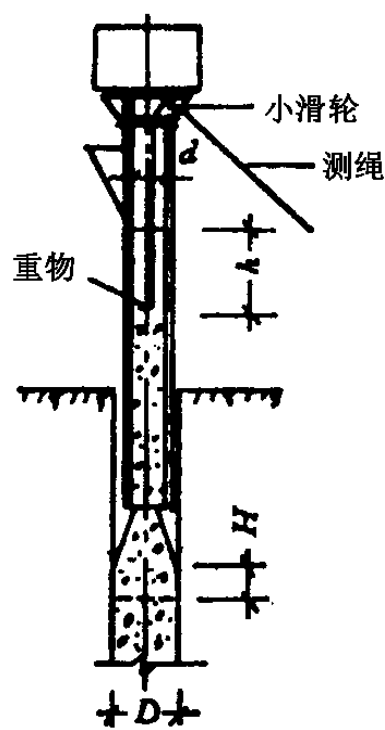


图4 - 13 浮标法测定桩管内充盈系数

每次拔管高度为H 时，用一根刻着1m 一个标记的浮标拉绳可测出桩管内混凝土的落下高度h，由于混凝土要补充管壁体积，故h 较H 高。h /H 的比值可按实际使用的桩管的内径和外径计算求得。

例如：管内径d =320mm，外径D =370mm。

则：

$$h \times \frac{d^2}{4} = H \times \frac{D^2}{4}$$
$$h = \frac{D^2}{d^2} \times H = \frac{370^2}{320^2} \times H = 1.34 H$$

通过h /H 的比值，可计算出混凝土正常浇筑量，如高于正常数，则表示混凝土扩散（即桩身直径D 增大）；如果低于正常数，则表示有缩颈现象（即直径D 缩小）。低得不多，可不作处理；但如降低很多，则应注意，及时采用复打或局部复打法来处理。

(五) 套管成孔灌注桩施工要点

- 1. 沉桩管时，要注意“密锤低击”。抽桩管时，更要注意“密锤慢抽”或“密振慢抽”。抽桩管过急，易引起质量事故。
- 2. 在持力层以上的土层中，含饱和水的重砂粘土和粘性土层，在灌注混凝土时，

桩身可能发生严重缩颈，甚至出现断桩。在编制施工方案时，应针对这些问题提出相应技术措施（可参考常遇问题 and 处理方法）。

3．沉管时应连续进行，不宜停歇过久，以免摩阻力增大，导致下沉困难。如持力层以上有中密的粉细砂、重砂粘土等硬夹层，其厚度在1m 以上时，可能发生沉桩时间过长或穿不过，这时管内就会涌进砂土，影响质量，桩机又易损坏。施工时可采取先用钻机预先钻穿，硬层较薄的可在桩周射水助沉。如发现硬夹层厚度超过2m 时，可考虑利用该夹层作为桩基持力层。

4．将桩管上下翻插，将混凝土向四周挤压，施工时应慎重注意操作，防止泥浆混入桩内，造成夹泥桩。

5．采用跳打还是连打，要根据土质情况而定。跳打法的打桩次序是打一根空出邻近一根进行。空出的桩须待已完成的邻桩混凝土达到设计强度的50 % 以后方可施工，以减轻对邻桩的挤压力，防止断裂事故发生。跳打法对一般粘性土地基是较有效的，但在饱和的淤泥，仍有可能发生断裂事故，遇此情况，可用控制时间的连打方法，即规定必须在邻桩混凝土终凝以前，把桩施工完毕，一个桩基范围内的几根桩，应在当天内打完。

6．在地下水位以下的砂类土层施工，要注意活叶尖的缝隙应吻合严密，以防大量进入砂、水，造成桩身混凝土发生离析夹砂，桩顶冒浆，严重影响质量。在饱和深水砂土中沉桩更应注意，沉桩前，应在活叶缝尖内可先灌0 .1m<sup>3</sup> 砂浆或混凝土作为封底。

7．复打扩大桩时，应注意将钢管外壁粘污的淤泥清除干净，防止复打时带人桩内。清除方法是用 10 钢筋或板圈，拔管时夹在钢管外就能刮去外壁的淤泥。

(六) 套管成孔灌注桩施工常遇问题 and 处理方法

见表4 -10 。

表4 -10 套管成孔灌注桩常遇问题 and 处理方法

常遇问题	原因分析	预防措施与处理方法
有隔层（桩中部悬空或有泥水隔断）	桩管径小 混凝土骨粒粒径过大，和易性差 拔管速度过快，复打时套管外壁泥浆未刮除干净	严格控制混凝土坍落度不小于6 ~ 8an，骨料粒径不大于30mm 拔管时密锤慢击，控制拔管速度不大于1m /min（淤泥中不大于0 .8m /min） 复打时将套管外壁泥土除净混凝土桩探测发现有隔层时，采用复打法处理



续表

常遇问题	原因分析	预防措施与处理方法
断桩（裂缝是水平的或略有倾斜，一般均贯通全截面。常位于地面以下1～3m 深不同的软土层交接处）	桩中心距过近，打邻桩时受挤压（水平力及抽管上拔力）断裂 混凝土终凝不久，强度弱时，受振动和外力扰动	控制桩的中心距大于 5 倍桩直径 混凝土终凝不久，强度还低时，尽量避免振动和外力干扰 有些土质可用跳打法施工，以减轻邻桩的挤压力。有些条件很差的土质，例如饱和水的淤泥，虽用跳打法仍未能解决断裂时，可用控制时间方法施工 检查发现断桩，应将断的桩段拔去，略增大面积，或加铁箍接驳，清理干净后，再重新灌筑混凝土补做桩段
缩颈（部分桩径缩小，面积不符合要求）	在饱和淤泥或淤泥质软土层中沉桩管时，土受强制扰动挤压，产生孔隙水压，桩管拔出后，挤向新浇灌的混凝土，使部分桩径缩小 施工抽管过快，管内混凝土量少，稠度差，出差扩散性差 桩间距过小，挤压成缩颈 桩身在上下土层条件不同，混凝土的凝固速度也不同，在上下段临界之间引起缩颈	施工中控制拔管速度，采取“慢抽密振”或慢抽密击方法 管内爆凝土必须略高于地面，保持有足够重压力，使混凝土出管扩散正常。 应派专人经常测定混凝土落下情况（可用浮标测定法），发现问题及时纠正，一般可用复打法或翻插法处理
夹泥桩（混凝土内有泥夹层，截面积缩小，强度减弱，影响承载能力）	同缩颈的第1 点 拔管过程中采用翻插，翻插法施工不适用于饱和的淤泥软土层，不但效果不好，而且常产生夹泥现象，又因上下抽桩，也会影响邻桩质量	拔管时要轻锤密击或密振，均匀地慢抽。在通过特别软弱的土层时，可适当停抽密击或停抽密振。但不要停得过久，否则混凝土会堵塞管中不落下 在淤泥或淤泥质土层，抽管速度不宜超过0.8m /min
吊脚桩（桩底的混凝土隔空，或混进泥砂形成软弱底层）	预制桩尖的混凝土质量差，强度不足，被锤冲破挤入桩管内，被拔管时振动不够，桩尖未压出来，拔至一定高度时，桩尖才落下来，但卡在硬土层，不到底而造成吊脚 预制混凝土桩尖破缩入桩管内，泥砂与水挤入管中，没有发觉，灌混凝土做成吊脚 桩尖活瓣沉到硬层受土压实或土粘性大，抽管时活瓣不张开，至一定高度时才张开，混凝土下落但不密实，有空隙	严格检查预制混凝土桩尖的强度和规格，防止桩尖压入桩管 为防止活瓣不张开，可采用“密振慢抽”办法，开始拔管50Qn 范围内，可将桩管翻插几下，然后再正常拔管 沉管时用吊钎检查探测桩尖入土是否有缩入管内。如发现有，应及时拔出纠正或将孔回填砂后重新再沉管。如混凝土离脚较高才落下，即应进行重打 采用活瓣桩尖时，同样在拔管过程中注意探测混凝土下落情况，鉴别活瓣是否已张开。如抽管离脚，混凝土仍不下落时，即应停止抽管，多振或密击使混凝土落下

续表

常遇问题	原因分析	预防措施与处理方法
桩尖进水进泥砂 (沉管时，桩管尖部进水进泥砂)	地下水量多，压力大 桩尖活瓣缝隙大，预制桩尖与桩管接口软垫不紧密或桩尖被打坏 沉桩时间过长	地下水量大时，桩管沉至地下水位以上应以水泥砂浆灌入管内0.5m作封底，并再灌1m高混凝土，然后打下。少量进水（<20cm）可不处理，灌混凝土时，第一罐混凝土可酌减用水量 将桩管拔出，检查桩尖活瓣是否松动，缝隙是否严密，预制桩尖是否破烂或缩进桩管内，或接口的防水软垫不紧密等，修复改正后，将孔用砂回填后重新沉管
卡管（拔管时被卡住，拔不出来）	沉管时穿过较厚硬夹层，用时间过长，一般超过40min就难拔管 活页瓣的铰链过于凸出，卡于夹层内	发现有卡管现象，应在夹层处反复抽动2、3次，然后拔出桩管扎好桩尖，重新再打入，并争取时间尽快浇筑混凝土后立即拔管，缩短停歇时间 施工前，对活叶铰链作检查，修去凸出部分

桩柱直径（d）一般为200~350mm，用冲抓锥成孔或爆扩成孔的桩柱，直径为550~1200mm。

扩大头直径（D）根据地基强度决定，一般取桩柱直径的3~4倍。

埋置厚度（H）一般为3~6m，最深不宜超过10m。

五、爆扩成孔灌注桩

爆扩成孔灌注桩是用机钻或爆扩成孔，在孔底放入炸药包，孔内浇灌适量混凝土，然后通电引爆成扩大头，再放置钢筋骨架，灌注桩柱混凝土，即形成一根钢筋混凝土爆扩桩。桩体由桩柱和扩大头两部分组成。利用扩大头来增加承载能力，可承受中心、偏心、抗压、抗拔、抗推等载荷。常用型式如图4-14所示。

（一）爆扩灌注桩的一般构造要求（图4-15）

桩的最小间距（s），在硬塑和可塑状态粘土中不小于1.5D；在软塑状粘土或人工回填土中应不小于1.8D。当桩数很多而基础平面尺寸较小时，可将扩大头上下交错布置，但相邻两桩的扩大头标高差不宜小于1.5D。

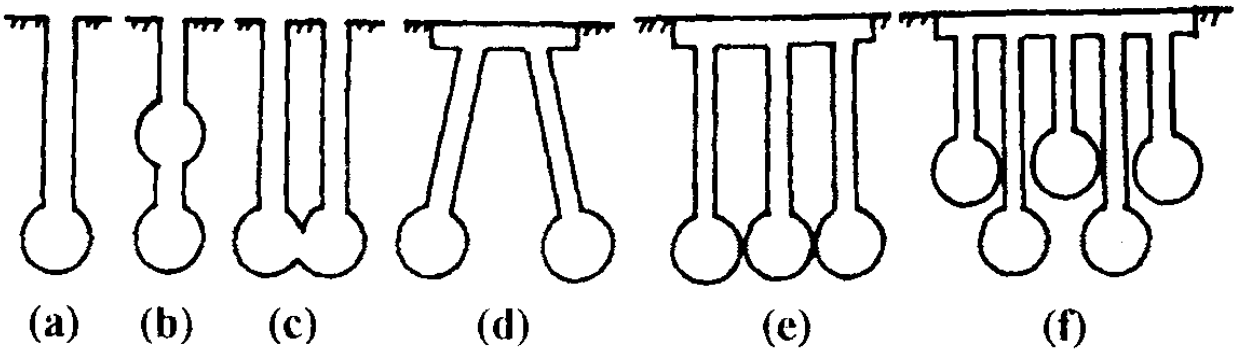


图4 -14 爆扩灌注桩形式

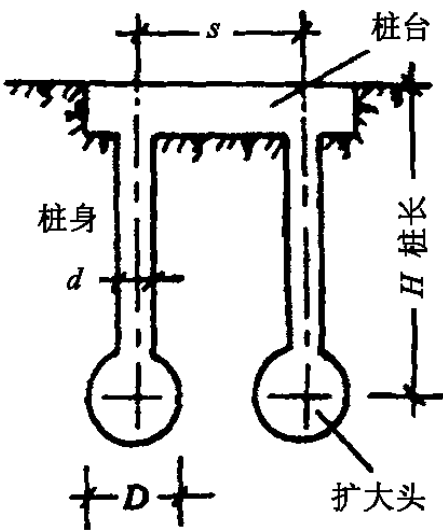


图4 -15 爆扩桩构造示意图

(a) 单大头桩；(b) 串联桩；(c) 双柱并联桩；  
(d) 斜桩；(e) 群桩；(f) 扩大头埋深交错布置

(二) 成孔机械和成孔方法

爆扩桩的成孔，可根据土质情况、场地条件、选择适用的成孔机具和方法，表4 - 11 可供参考。

(三) 爆扩成孔灌注桩施工要点

爆扩桩施工时，桩孔的底部，应达到设计扩大头的中心标高。扩大头的爆扩，宜采用硝铵炸药和电雷管进行。同一工程施工宜用同一种类的炸药和雷管。炸药用量经计算

表4 -11 爆扩桩成孔方法和适用范围

成孔方法	成孔机械	适用地质条件	适用施工条件
人工成孔法	洛阳铲 手摇钻	适用于不太坚硬的粘性土或黄土类土	在没有电源和场地不平整地区适用于大小面积施工
机钻成孔法	螺旋钻	适用于透水速度较小的粘性土	适用于大、小面积施工，并可施工斜桩
打拔管成孔法	打桩机	适用于各种土质条件，如地下水位高的新填土、软弱粘性土、淤泥等	适用于离建筑物较远地区大面积施工，不适于流砂层
冲抓锥成孔法	用冲抓锥冲击和抓土	适用于含有坚硬夹杂物的粘性土、大块碎石类土、砂卵石类土	适用于大、小面积施工，并可施工斜桩
爆扩成孔法	用洛阳铲、钢钎或手摇麻花钻等打导孔，放入炸药管爆扩成孔	适用于一般没有地下水粘性土	适用于大、小面积施工，并可施工斜桩



第二篇 地基与基础工程

个。通过试验，检验扩大头的尺寸是否符合设计要求。试爆用药量可按表4 -13 选用。

表4 -13 爆扩桩用药量

项 次	项 目	用药量 (kg )
	扩大头直径 (m )	
1	0.6	0.30 ~0.5
2	0.7	0.5 ~0.0
3	0.8	0.60 ~0.75
4	0.9	0.5 ~0.90
5	1.0	0.0 ~1.10
6	1.1	1.10 ~1.0
7	1.2	1.30 ~1.0

注： 表内数值适用于地面以下深度 5 ~9.0m 的粘性土，土质软松时采用较小值，坚硬时采用较大值；  
在地面以下2 ~3m 的土层中爆扩时，用药量应按表中减少20 % ~30 % ；  
在砂土中爆扩时用药量应按表中增加10 %

表4 -14 振动沉管灌注桩施工记录

施工单位				××建筑工程公司(分包××桩基工程公司)						配筋情况		竖向筋5 12L =3000mm , 6 螺旋箍螺距200mm					
工程名称				×××20 号住宅			锤重量			2 5t		桩尖类型			活瓣式		
钻机类型				北京601			激振力			250kN		设计桩长			9000mm		
桩管规格				300 L =16000mm			加压能力			300kN		设计桩径			420mm		
混凝土标号				C18			场地地坪标高			125 5 ~126 2m		混凝土坍落度			50 ~70mm		
序号	桩位编号	施工日期	桩管入土深度(m)	最后二个二分		沉管时间		拔管速度(min)		钢筋笼		复打情况		管内渗入水泥深度(m)	混凝土灌注量(m³)	灌注充盈系数(k)	备注
				钟贯入深度	深度	总时	最后	每米	总长	位置	标高	次数	复打深度				
1	25	1 5	9 5	1 2m	0 8m	12	2 5	1 5	9 65	偏中20mm	125 8 122 8 ~m	1	8 5	55	1 44	1 10	
工程负责人				×××		工 长		×××		质量检查员		×××		记录员		×××	

当桩距小于扩大头直径的1.5 倍时，应同时引爆。引爆时，距爆扩桩位15m 的范围内应做好危险警戒，不得有人停留或穿行；经专职人员发出装药信与后，爆破人员方可

安装药包，药包应放在桩孔底面中心，在药包上填砂和检验引爆线路完好后，浇压爆混凝土，其数量不宜超过扩大头体积的50 %；经专职人员检查现场安全无误后，方可发出引爆信号；对于瞎炮，应由专职人员检查，并设法引爆，或采取措施予以破坏药包。因瞎炮及其他原因未制成的桩，应会同有关单位研究处理。

爆扩桩的混凝土的强度等级不低C15，骨料粒径不宜大于50mm。压爆混凝土的坍落度宜为10 ~14cm（视土质而定，粘土时采用小值），引爆后浇筑的混凝土坍落度宜为8 ~12cm。浇筑压爆混凝土后，应尽快引爆，其间隔时间不宜超过30min。引爆后应连续浇筑混凝土。

## 七、灌注桩的质量检查验收

### 1．保证项目

（1）灌注桩所用的材料和混凝土强度必须符合设计要求和施工规范的规定。

检验方法：观察检查和检查材料合格证、试验报告。

（2）成孔的深度和桩孔直径必须符合设计要求。以摩擦力为主的桩，沉渣厚度严禁大于300mm；以端承力为主的桩，沉渣厚度严禁大于100mm。

检验方法：观察检查和检查施工记录。

（3）实际浇筑的混凝土量严禁小于计算体积，套管成孔灌注桩任意一段平均直径与设计直径之比严禁小于1。

检验方法：观察检查和检查施工记录。

（4）浇注后的桩顶标高及浮浆处理必须符合设计要求和施工规范的规定。

检验方法：观察和尺量检查。

### 2．实测项目

（1）检查数量按各种桩数抽查10 %，但不少于3 根。

（2）灌注桩的允许偏差和检验方法应符合表4 -15 的规定。

### 3．桩的承载力

桩基工程验收除满足上述要求外，单桩承载力必须满足设计要求。

单桩承载力通过静载荷试验确定。

表4 -15 灌注桩的允许偏差和检验方法						
项次	项 目				允许偏差 (mm )	检验方法
1	钢筋笼	主筋间距			±10	尺量检查
2		箍筋间距			±20	
3		直径			±10	
4		长度			±100	
5	桩的位置偏移	泥浆护壁成孔、干成孔、爆扩成孔、灌注桩	垂直于桩基中心线	1 ~2 根桩	D /6 且不大于200	拉线和尺量检查。
				单排桩		
				群桩基础的桩		
			沿桩基中心线	条形基础的桩	D /4 且不大于300	
				群桩基础的中间桩		
		套管成孔注桩	1 ~2 根或单排桩		70	拉线和尺量检查
			3 ~20 根桩基的桩		D /2	
			桩数多于20 根	边缘桩	D /2	
				中间桩	D	
6	垂直度				H /100	吊线和尺量检查

注：D 为桩的直径；H 为桩长。

# 第三篇

## 砌体工程



# 第一章 砌体材料

## 第一节 砖与砌块

### 一、砖

砌体工程用的砖品种繁多，呈矩形体，标准砖尺寸是：240mm ×115mm ×53mm；外观要求没有弯曲、缺棱、掉角、裂纹等缺陷；剖开断面没有影响强度的有害杂质和过大的孔洞。一般砖的吸水率不能太高，不易受冻融的破坏。砖的标号是根据标准试验方法所测得的试件抗压标准强度来划分的。砖的强度等级可分为 MU30、MU25、MU20、MU15、MU10 和 MU7.5 六级。

砖有实心的和空心的，承重的和非承重的。空心砖又按砌筑孔洞方向分竖孔和水平孔两种，如图1 -1 所示。还有专用于砌筑拱形屋盖的异形空心砖，如图1 -2 所示。由于这种砖之间的互相咬合，可以起临时悬挂作用，施工中能够省去大量支撑模板。

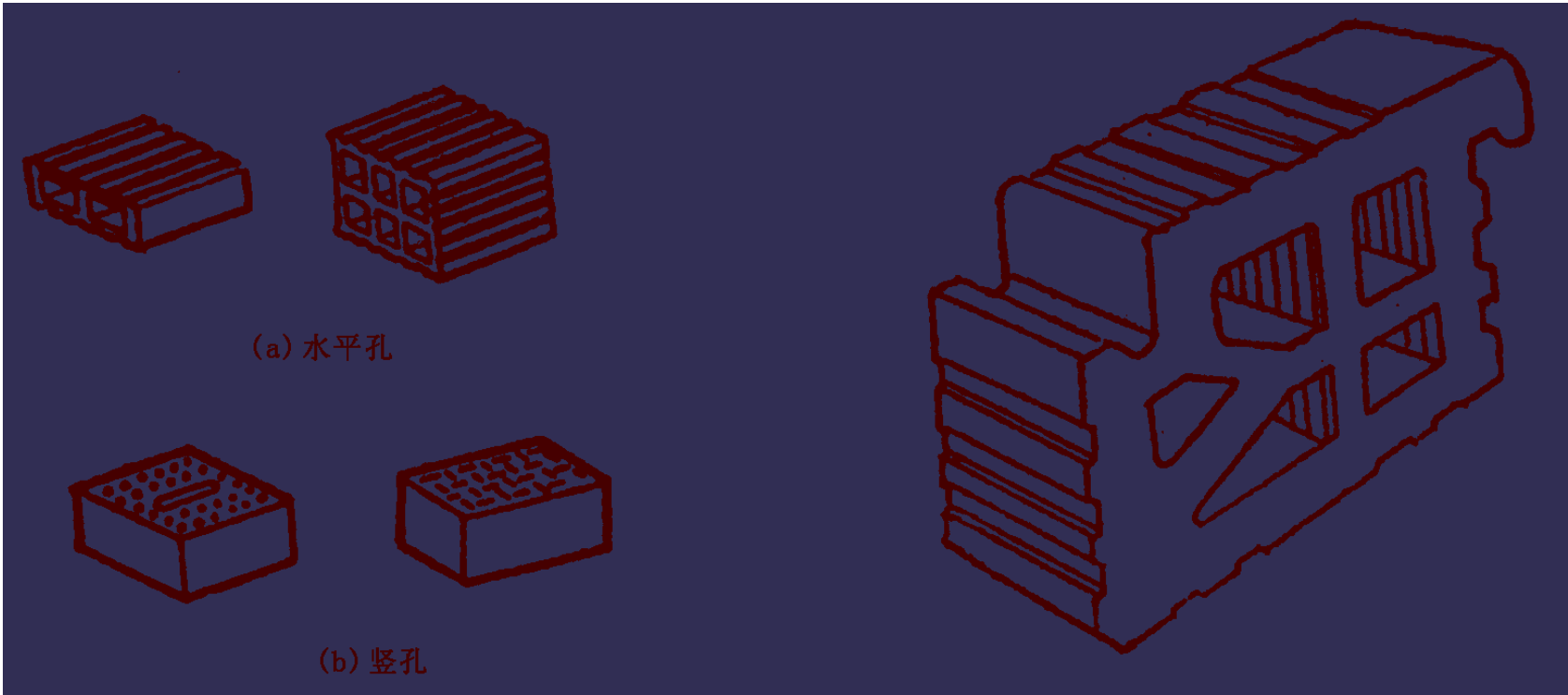


图1 -1 空心砖种类

图1 -2 拱壳空心砖

表1 -1   普通粘土砖的外观等级指标

序号	项    目	指    标 (mm)		
		特    等	一    等	二    等
1	尺寸偏差不超过			
	长    度	±4	±5	±6
	宽    度	±3	±4	±5
	厚    度	±2	±3	±3
2	两个条面的厚度相差不大于	2	3	5
3	弯曲不大于	2	3	5
4	杂质在砖面上造成的凸出高度不大于	2	3	5
5	缺棱掉角的三个破坏尺寸不得同时大于	20	20	30
6	裂纹长度不大于			
	a . 大面上宽度方向及其延伸到条面的长度	70	70	110
	b . 大面上长度方向及其延伸到顶面上的长度或条面面上水平裂纹的长度	100	100	150
7	颜色（一条面和一顶面）	基本 - 致		
8	完整面不得少于	一条面和一顶面	一条面和一顶面	
9	混等率（指本等中混入该等以下各等产品的百分数）不得超过（%）	5	10	15

注：完整面：要求裂纹宽度中有大于1mm 的长度不得超过30mm ，缺棱掉角在条、顶面上造成的破坏面不得同时大于10mm ×20mm 。

表1 -2  普通粘土砖的标定规格及技术要求

规格 (mm )	各部位名称 说    明	强度 等级	抗压强度 (MPa )		抗折强度 (MPa )		泛霜 试验	抗冻性
			五块平均 值不小于	单块最小 值不小于	五块平均 值不小于	单块最小 值不小于		
240 ×115 ×53	大面： 240 ×115 的面 条面： 240 ×53 的面 顶面： 115 ×53 的面	MU30	30	21	6 0	3 9	每 块 砖 样 不 出 现 起 砖 粉、 掉 屑 和 脱 皮 现 象	每块砖样均须 符合下列要求： 1．干重损失不 大于2 % 2．被冻裂砖样 的裂纹长度不 大于表6 -1 中 (6 ) 的二等砖 规定
		MU25	25	18	5 0	3 3		
		MU20	20	140	4 0	2 6		
		MU15	15	10	3 .1	2 0		
		MU10	10	6	2 3	1 3		
		MU7 5	7 5	4 5	1 8	1 .1		

注：若试验结果数值中有一项达不到四个强度等级要求指标之一者，应予降级。

表1 -3  承重粘土空心砖的强度规格

代号	强度等级	抗压强度 (MPa )		抗折荷重 (kN )		规格 (mm )
		五块平均值 不小于	单块最小 值不小于	五块平均值 不小于	单块最小 值不小于	
kM1	MU20	20	14	9 45	6 .15	190 ×190 ×90
KP1	MU15	15	10	735	475	240 ×115 ×90
	MU10	10	6 0	5 30	3 .10	
KP2	MU7 5	7 5	4 5	4 30	2 60	240 ×180 ×115

注：1．横列四项指标有一项达不到时，应予降级。  
2．抗折荷重栏所列指标系试验结果乘以规定系数之值。

第三篇 砌体工程

表1 -4 空心砖等级指标

项 目	指 标 (mm )		备 注
	一 等	二 等	
1 . 尺寸允许偏差不大于			凡有下列缺陷之一者不能称为完整面： 1 缺棱、掉角或在条、顶面上造成的破坏面同时大于20 ×30mm ； 2 . 裂缝宽度超过1mm ，长度超过70mm ； 3 . 有严重的焦花或沾底
(1 ) 尺寸为为240、190、180mm	±5	±7	
(2 ) 尺寸为115mm	±4	±5	
(3 ) 尺寸为90mm	±3	±4	
2 . 裂纹的长度不大于			
(1 ) 大面上深入孔壁15mm 以上的宽度方向裂纹	100	±140	
(2 ) 大面上深入孔壁15mm 以上的长度方向裂纹	120	160	
(3 ) 条、顶面上的水平裂纹长度不大于	120	160	
3 . 缺棱、掉角的三个破坏尺寸不得同时大于	30	40	
4 . 杂质在砖面上造成的凸出高度不大于	5	5	
5 . 完整面不得少于	一条面和一顶面	一条面或一顶面	
6 . 混等率（指本等级中混入该等以下各级产品的百分数）不得超过	10 %	10 %	

表1 -5 一些代用砖的简要资料

品名	规格 (mm ) (长×宽×厚)	抗压强度 (MPa )	抗折强度 (MPa )	容重 (kg /m <sup>3</sup> )	主要原料及简要工艺	适用范围
蒸 灰 压 砂 砖	240 ×115 ×53	(平均值)	(平均值)	1700 ~1800	用石灰、砂子、石膏压制成型、利用石灰窑废气碳化而成	150 号砖：用于基础及其它受潮部位100号砖：用于防潮层以上部位75 号砖：用于低标准建筑
	标号 MU25	25 .0	—			
	MU15	20 .0	40			
	MU10	15 .0	30			
	MU7 5	10 .0	22			
		7 .5	18			
炉 渣 或 煤 渣 砖	240 × ×53			1500 ~1800	用炉渣或煤渣加石灰、电石渣、石膏等成型后蒸养	标号低于150 号不宜用于基础或勒脚部位
	标号 MU20	20	4 .0			
	MU15	15	3 .5			
	MU10	10	2 .3			
粉 煤 灰 砖	240 ×115 ×53				粉煤灰、炉渣或煤矸石灰等及生石灰、石膏加水拌，经压制蒸养	用法同炉渣砖
	标号 MU15	15	3 .1			
	MU10	10	2 .3			
	MU7 5	7 5	1 .8			

续表

品名	规格 (mm ) (长×宽×厚)	抗压强度 (MPa )	抗折强度 (MPa )	容重 (kg /m <sup>3</sup> )	主要原料及简要工艺	适用范围
页岩 砖	深红 (桂林产) 240 ×115 ×53	181	39	2 .4kg /块	用碳质岩及泥页岩 经粉碎、成型、焙 烧而成	用法同炉渣砖
	带黑 (重庆产) 240 ×115 ×53	150	31	2 .7kg /块		
尾矿 砖	240 ×115 ×53	>150	>40	1950 ~2000		不宜用于400 以上的 部位
矿渣 砖	240 ×115 ×53	200 100 ~150	30 —	2300 2100		适用于地下和水下 建筑，不 宜 用 于 250 以上部位
缸砖	240 ×115 ×53	100 ~150	20 ~30	1800		适用于公共场所铺 地用
条 粘 砖 土 红	240 ×115 ×53	>100				适用于各种公用、 民用建筑铺地用

二、砌块

混凝土砌块按其块体特征，可分为空心砌块和实心砌块和轻混凝土砌块两大类。凡平行于砌块承重面的轻混凝土截面积小于毛面积75 % 者属于空心砌块，等于或大于75 % 者称实心砌块。空心砌块的空心率一般为30 % ~50 % ，取决于砌块的宽度、纵肋及横肋的厚度以及孔洞的形状，在实际应用中，空心砌块比实心砌块的用量多、用途更广泛。实心砌块主要用于有特殊需要的结构和部位，如承受较大荷载的结构部位、承重墙顶部或局部承压层；提高防火要求的部位；污水井或有防渗要求的槽池等。铺地砌块和护坡砌块也多用实心砌块。

按混凝土砌块的密度分，有普通混凝土砌块和轻混凝土砌块两大类，普通混凝土砌块系用以碎石、卵石、石屑、山砂、河砂等为集料配制的普通混凝土加工而成；轻混凝土砌块系用以火山渣、浮石、膨胀珍珠岩、煤渣、水淬矿渣、自然煤矸石、各种陶粒为集料配制的轻混凝土加工而成。普通混凝土砌块的密度一般为1100 ~1500kg /m<sup>3</sup>，轻混凝土砌块的密度一般为700 ~1000kg /m<sup>3</sup>，砌块的密度不仅同所用混凝土的密度有关，而且还随砌块的空心率大小而异。各种材质砌块的规格、强度、性能见表1 -6 ~ 表1 -18。

混凝土砌块按其用途分，又可分许多种类。但因各种砌块的用途不是截然区分的，而且同一种砌块兼有几种功能，故只能大体分成：

表1 -6  砌块的外观质量和尺寸允许偏差（mm）

项 目			指 标 (mm)	
			一等品 (B)	合格品 (C)
外观质量	表面疏松		不允许	
	贯穿面棱的裂缝		不允许	
	任一面上的裂缝长度，不得大于裂缝方向砌块尺寸的		1/3	
	石灰团、石膏团		直径大于5 的，不允许	
	粉煤灰团、空洞和爆裂		直径大于30 的不允许	直径大于50 的不允许
	局部突起高度		10	15
	翘曲		6	8
	缺棱掉角在长、宽、高三个方向上投影的最大值		30	50
高低差		长度方向	6	8
		宽度方向	4	6
尺寸允许偏差		长度	+4 ， -6	+5 ， -10
		高度	+4 ， -6	+5 ， -10
		宽度	±3	±6

表1 -7  承筑小砌块的规格

砌块名称	外形尺寸（mm）			最小壁、肋厚度（mm）
	长	宽	高	
主规格砌块 辅助规格砌块	390	190	190	30
	290	190	190	30
	190	190	190	30
	90	190	190	30

注：1．对于非抗震设防地区，混凝土小型砌块的壁、肋厚度可允许采用27mm。

2．非承重砌块的宽度可以为90～190mm，最小壁、肋厚度可以减少为20mm。

3．混凝土小型砌块的空心率、孔洞形状是否封底或半封底以及有无端槽等，可视各地区具体情况而定。

第三篇  砌体工程

表1 -8  空心小砌块的性能

砌块类别	强啡等级	抗压强度 (MPa )		性能	项 目	指 标
					表观密度 (kg /m <sup>3</sup> )	1150
		线膨胀系数 (1 / )	1 ×10 <sup>-4</sup>			
		干缩值 (mm /m )	2 .3 ~4 .5			
		吸水率 (%)	6 .0 ~8 .5			
		软化系数	0 .80 ~1 .05			
承重砌块	MU15	15 .0	12 .0	热工性能	热阻值R <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> ·K /W )	
	MU10	10 .0	8 .0		单排孔砌块	0 .15
	MU7 .5	7 .5	6 .0		双排孔砌块	0 .39
	MU5	5 .0	4 .0		衰减倍数：	
	MU3 .5	3 .5	2 .8		单排孔砌块	3 .27
					双排孔砌块	5 .20
非承重砌块	MU3 .0	3 .0	2 .5		延尺时间 (h )	
					单排孔砌块	3 .3
					双排孔砌块	5 .0

注：1．当五块平均值或单块最小值中有一项达不到要求时，应降低强度等级使用。  
2．砌块养护龄期不足28d 者，不宜出厂。

表1 -9  空心小砌块外观质量标准

检验项目	合格指标		备    注
	一等品	二等品	
尺寸的允许偏差 (mm )			非承重砌块在有试验数据的条件下，最小外壁厚和最小肋厚要不受限制
长度	±3	±3	
宽度	±3	±3	
高度	±3	±3	
最小外壁厚	30	30	
最小肋厚	25	25	
弯    曲	2	3	
缺棱掉角：			
个数	2	2	
三个方向投影方寸之最小值	20	30	
裂纹延伸的投影尺寸累计	20	30	

表1 -10 中型空心砌块强度、规格

标号	抗压强度 (MPa)	规 格 (mm)				备 注
		长度	高度	厚度	壁肋厚度	
MU3.5	3.43	500	400	200	25	砌块铺浆面一般应封闭
MU5	4.9					
MU7.5	7.36	600	450			
MU10	9.81	800	800			
MU15	14.72	1000	900	400		

表1 -11 中型空心砌块的外观和尺寸偏差要求

项 目			指 标
尺寸允许偏差 (mm)			+5
			-10
			+5
			-3
			+5
			-10
			+5
			-3
侧面弯曲值 (mm) 不得大于			5
每两面对角线之差 (mm) 不得大于			10
缺棱	在三个方向的投影尺寸 (mm) 不得同时大于	棱长方向 其它方向	100 砌块壁厚
掉角	在三个方向的投影尺寸不得同时大于	高度方向 其它方向	1/10 砌块高度 砌块壁厚
两端面高度之差 (mm) 不得大于			10
贯穿壁的裂缝长度不得大于			1/10 砌块高度
贯穿肋的裂缝			不允许
表面疏松			不允许
吸孔			不允许



表1 -12  火山渣混凝土砌块性能比较

编号	胶凝材料组成 (kg /m <sup>3</sup> )			砌块表 观密度 (kg /m <sup>3</sup> )	砌块抗 压强度 (MPa)	吸水率 (%)	软化 系数	碳化 系数	M <sub>25</sub> 抗冻 强度损失 (%)
	水泥	粉煤灰 胶结料	磨细粉 煤灰						
1 -b	180	270	0	960	4.5	20.3	0.84	0.73	6.0
2 -c	300	0	200	956	4.4	16.9	1.00	0.74	10.4

表1 -13  火山渣混凝土空心小砌块的规格

型    号		规    格 (mm)			外形体积 (m <sup>3</sup> )	空洞率 (%)	每块重量 (kg)	备    注
		长	宽	高				
外墙	K <sub>1</sub>	290	300	190	0.0165	34	15.95	主块
	K <sub>2</sub>	290	140	190	0.0077	28	8.12	
内墙	K <sub>3</sub>	290	190	190	0.0105	37	11.88	主块
	K <sub>4</sub>	140	190	190	0.0051	30	6.48	
	K <sub>5</sub>	490	190	190	0.0177	41	18.72	
	K <sub>6</sub>	340	190	190	0.0123	39	13.50	丁字块
	K <sub>7</sub>	290	190	190	0.0132	27	17.28	
隔墙	K <sub>8</sub>	290	90	190	0.005	26	5.37	主块
	K <sub>9</sub>	140	90	190	0.0024	30	2.67	
圈梁	K <sub>10</sub>	190	300	190	0.0108		7.13	
	K <sub>11</sub>	190	190	240	0.0087		6.9	

表1 -14  超轻陶粒混凝土空心小砌块的性格、性能

型    号	规    格 (mm)			空心率 (%)	每块重 (kg)	表观密度 (kg /m <sup>3</sup> )	备    注
	长	宽	高				
A	390	190	190	39.7	8.6	580 ~650	外墙砌块
B	190	190	190	35.0	4.2	580 ~650	
C	390	90	190	12.6	4.4	650 ~670	
D	190	90	190	11.0	2.1	650 ~670	内墙砌块

第三篇  砌体工程

表1 -15    煤矸石混凝土空心小砌块的规格及尺寸参数

砌块种类	型号	规格 (mm )			外形体积 (m <sup>3</sup> )	体积 (m <sup>3</sup> )	空心率 (%)	备  注
		长	宽	高				
外墙块	K <sub>1</sub>	290	290	190	0 .016	0 .0098	38 .88	主块
	K <sub>2</sub>	290	290	190	0 .016	0 .0097	39 .54	辅助1
	K <sub>3</sub>	140	290	190	0 .0077	0 .0050	34 .81	辅助2
内墙块	K <sub>4</sub>	390	190	190	0 .0141	0 .0079	50 .66	主块
	K <sub>5</sub>	190	190	190	0 .0069	0 .0039	43 .90	辅助1
	K <sub>6</sub>	90	190	190	0 .0032	0 .0025	21 .68	辅助2
圈梁块	K <sub>7</sub>	190	290	190	0 .0105	0 .0051	—	外墙
	K <sub>8</sub>	190	190	190	0 .0069	0 .0029	—	内墙
实心块	K <sub>9</sub>	190	140	40	0 .00106	0 .00106	—	

表1 -16    炉渣混凝土空心小砌块规格

型  号		构造尺寸 (mm ) (长 × 宽 × 高)	空心率 (%)	重量 (kg /块)
190 -1		390 ×190 ×190	49 .7	12 .1
190 -2		190 ×190 ×190	45 .0	6 .5
190 -3		90 ×190 ×190	34 .4	3 .6
90 -1		390 ×90 ×190	38 .4	7 .0
90 -2		190 ×90 ×190	34 .4	3 .6
90 -3		90 ×90 ×190		2 .6 性能
性    能	砌块抗压强度		(MPa )	3 .5
	表观密度		(kg /m <sup>3</sup> )	900
	软化系数			0 .90
	收缩率		(%)	0 .034
	190mm 厚墙体热阻		(m <sup>2</sup> ·K /W )	0 .29

表1 -17  加气混凝土砌块的性能、规格

强度级别		10	25	35	50	75	备 注	
立方体抗压强度 <sup>1)</sup> (MPa)		平均值	1 0	2 5	3 5	5 0		7 5
		最小值	0 8	2 0	2 8	4 0		6 0
密度级别		03	04 05	05 06	06 07	07 08	1．立方体抗压强度是 采 用 100mm × 100mm ×100mm 立方体试件，含水率为 25 % ~45 %时测定的抗压强度。 2．特殊要求时采用	
干燥收缩值	温度50 ±1 相对湿度28 % ~32 % 条件下测定	(mm /m )	0 8					
	湿度20 ±2 ，相对湿度41 % ~45 % 条件下测定 <sup>2)</sup>		0 5					
抗冻性	重量损失 (%)		5					
	强度损失 (%)		20					
常用规格尺寸 (mm )								
长 度		600						
高 度		200、250、600						
厚 度		75、100、125、150、175、200、250						

表1 -18  粉煤灰砌块规格

项    目	主规格 (mm )		备    注
长    度 高    度 厚    度	800、1180 380 180、190、200、240		其它规格可由省市、自治区主管部门组织有关单位制订
抗压强度 (MPa)	10 号	3 块试件平均值 10 ，其中1 块最小值 8	
	15 号	3 块试件平均值 15 ，其中1 块最小值 12	

(一) 墙用砌块

墙用砌块是混凝土砌块中的主要品种，这种砌块除用于砌块建筑的墙体外，还可用于砌筑挡土墙、高速公路音障及其它砌块构筑物。在墙用砌块中，又可细分为结构型砌块、构造型砌块、装饰型砌块和功能型砌块。

1. 结构型砌块

结构型砌块又可分为承重砌块和非承重砌块两种。承重砌块的主规格为390 ×190 ×190mm，配以3~4种辅助规格，即可组成墙用砌块的基本系列（见图1-3）。非承重砌块主要用于填充墙、间隔墙等只承受自重的墙体，砌块的强度等级可适当低一些，一般不低于MU2.8即可。非承重砌块的块型规格可与承重砌块相同，常用于内部间隔墙（见图1-4）。

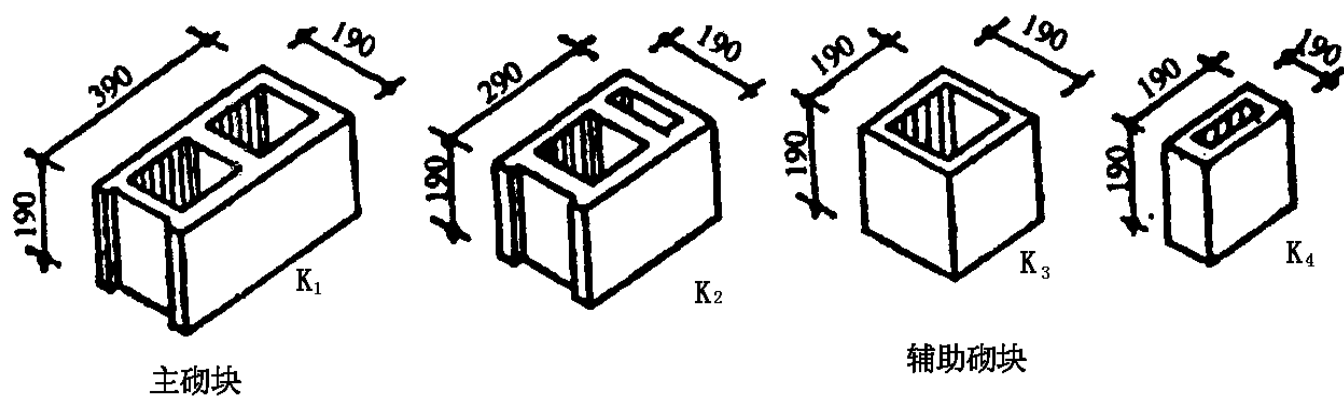


图1-3 承重墙用基本砌块示例

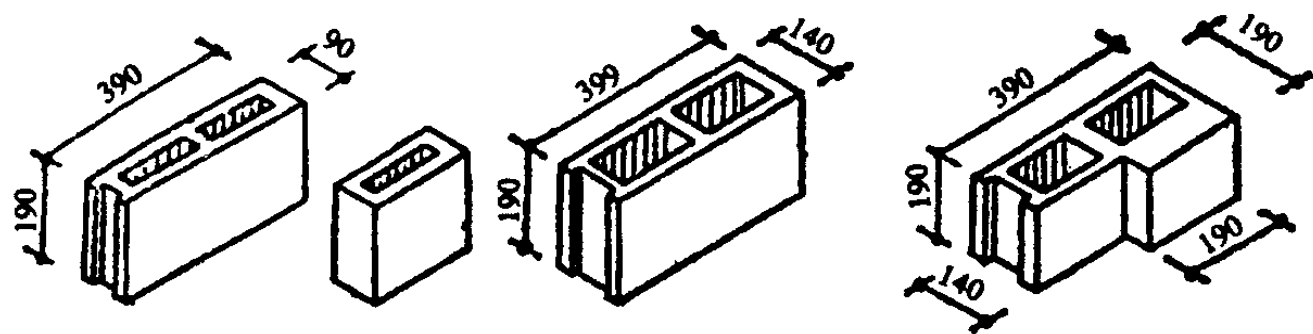


图1-4 非承重墙用砌块示例

2. 构造型砌块

构造型砌块是泛指适应墙体某些部位的特殊构造要求而制作的砌块。如过梁砌块、圈梁砌块、门窗砌块、控制缝砌块、柱用砌块及楼（屋）面砌块等。

过梁砌块、圈梁砌块一般呈U字形断面，以便于配置钢筋并浇注混凝土（图1-5）。采用过梁砌块、圈梁砌块既可在施工中不支模板，还可使过梁、圈梁的外观与墙面一致。

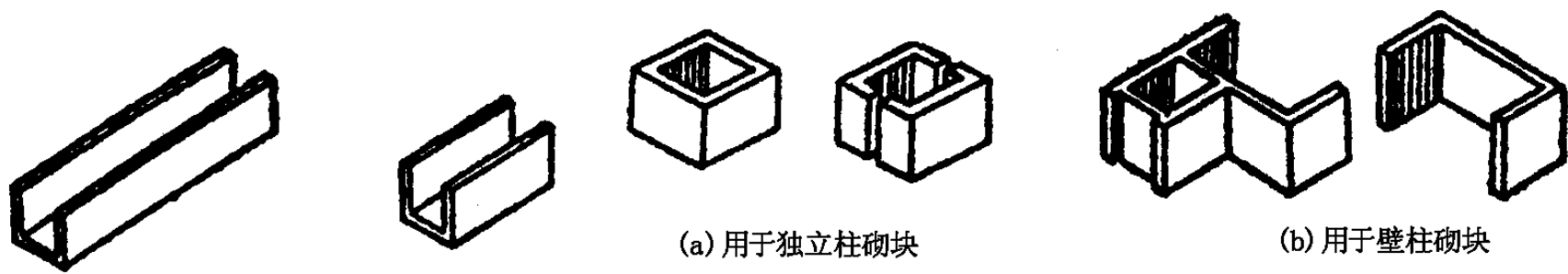


图1 -5 过梁、圈梁砌块示例

图1 -6 柱用砌块示例

柱用砌块可用以砌筑独立柱、壁柱以及轻荷载的吊车梁柱等（图1 -6 ），在砌块孔洞中配置钢筋浇注混凝土。

楼（层）面砌块可与混凝土 形小梁组合成楼（屋）面结构，代替混凝土多孔楼板或屋面板，具有重量轻、用钢量少、隔热性能好、施工方便等优点，它能与墙用砌块配套形成以砌块为主体的、完整的混凝土砌块建筑。一般组合楼（屋）面的小梁的中距为500 ~800mm（图1 -7 ）。

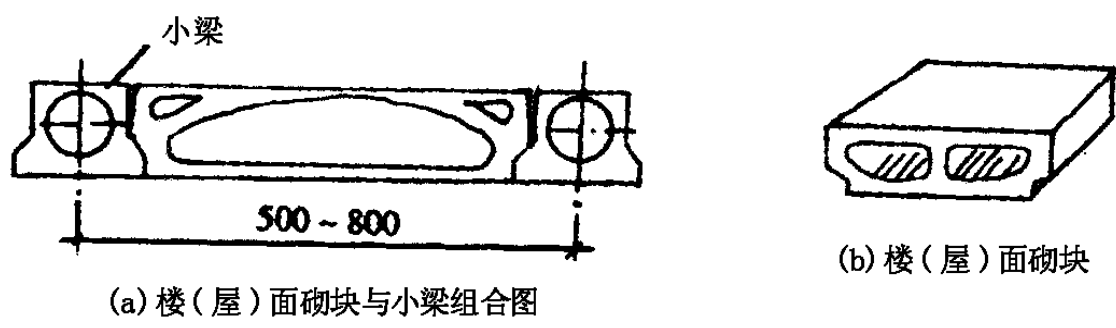


图1 -7 楼（屋）面砌块示例

门窗砌块、控制缝砌块的规格与墙用承重砌块相同。主要区别是在砌块端部（图1 -8 ）。另外，尚有烟囱砌块、窗台砌块、开口端砌块及压顶砌块等（图1 -9 ）。用于砌块建筑的有关构造部位。

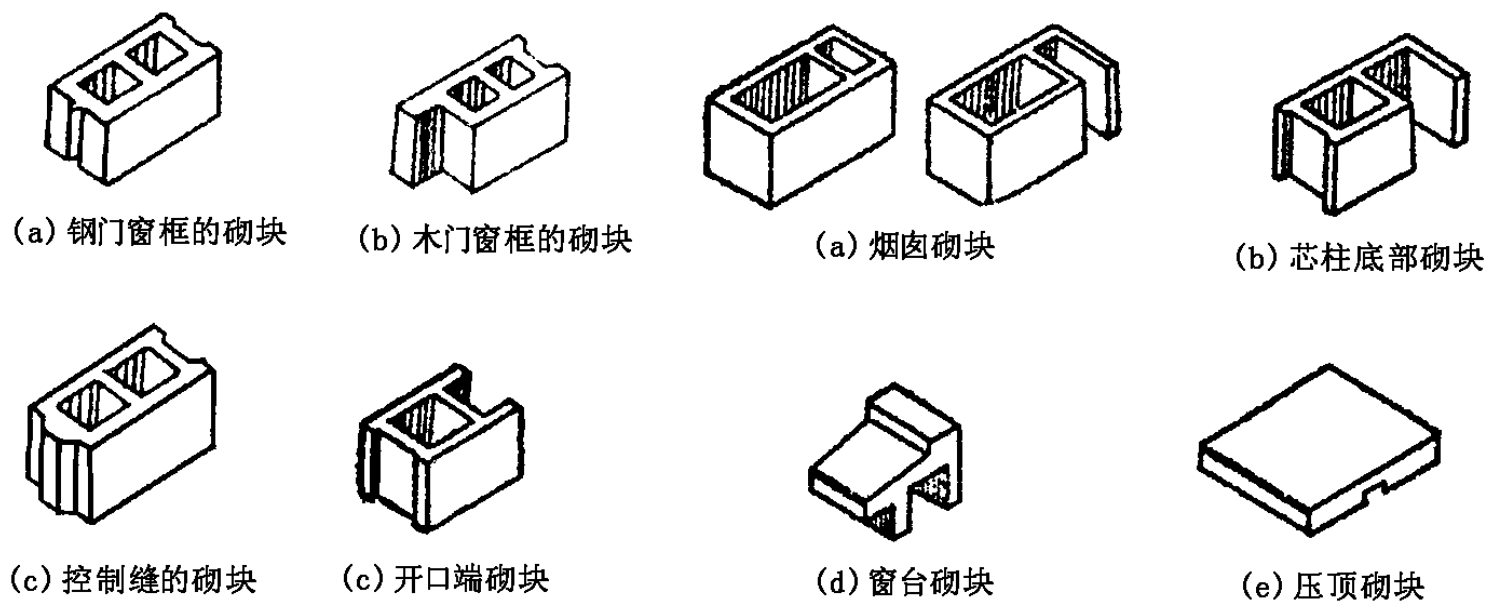


图1 -8 门窗砌块、控制缝砌块示例

图1 -9 烟囱砌块等构造砌块示例

### 3. 装饰型砌块

装饰型砌块是现代砌块建筑中最流行的一种砌块，它可广泛用于砌块建筑的室内、外墙体，产生极好的艺术效果，使砌块建筑的身价倍增。装饰型砌块可以采用劈裂、模制、琢毛、磨光、塑压及贴面等多种工艺加工，建筑师通过变换混凝土的原材料种类、设计图案式样、选择色调以及在砌筑时使用不同种类砌块进行组合，可使砌块建筑千姿百态。具有较高的建筑艺术风格。

### 4. 功能型砌块

功能型砌块是为改善混凝土砌块某些使用功能而特殊加工的一些砌块。主要的有绝热砌块、吸声砌块、抗震砌块等。

采用轻混凝土砌块砌墙，是提高墙体热阻的措施之一。此外，还可单独采用或同时采用多排孔砌块、填塞绝热材料的砌块，以改善砌块墙体的保温、隔热效果。

吸声砌块是用于音质要求较高的建筑物墙体的一种专用砌块，多在剧院、音乐厅、礼堂等墙体中应用。

抗震砌块是利用砌块块型产生自锁作用以提高砌体抗剪能力。

## （二）铺地砌块

铺地砌块是混凝土砌块中的一类主要产品，广泛用于铺砌广场、人行道、庭院、林荫道、码头、仓库、停车场、小区便道等的地面，也常用于铺砌道路路肩、山坡护脚、江河堤岸等斜铺地面。铺地砌块一般为实心砌块，用强度较高的混凝土制作，以提高铺地砌块的耐磨性能。铺地砌块可加工成不同的形状和颜色，铺砌和更换都很方便。

## （三）花格砌块

花格砌块一般都是薄型混凝土制品，且有专门用途，故另分一类。花格砌块广泛用于砌筑围墙、户外映壁、长廊侧墙、室内隔断、楼梯间内外墙等，兼有分隔空间、遮阳、挡风及装饰作用。砌块侧面镂空的图案可用专门设计的模具加工制作，可加工成不同的形状、尺寸和色彩。花格砌块虽不承受外加荷载，但宜用较高标号的混凝土加工，砌块表面也要求比较光洁。

## （四）筒仓砌块

筒仓砌块是一种专门用途的空心砌块，顶面呈扇形，砌块为弧形。这种砌块的块形大小、扇形曲率半径、空心率等按不同构筑物的设计而异，主要用于建筑圆形筒仓、水池及其它贮罐等。

第二节 石材与砂浆

一、石材

砌筑用石料分为卵石、毛石、料石三类。毛石又分乱毛石、平毛石。乱毛石指形状不规则的石块；平毛石指形状不规则但有两个平面大致平行的石块。料石按其加工面的平整程度分为细料石、半细料石、粗料石和毛料石四种。毛料石一般不加工或仅稍加修整，厚度不小于20cm，长度为厚度的1.5~3倍。粗料石表面凹凸深度要求不大于2cm；半细料石不大于1cm；细料石经细加工，表面凹凸深度要求不大于0.2cm。常用石材的种类、性质，用途及产地以及砌筑用石料的各面加工要求及允许偏差见表1-19到1-20。

按质量密度分为轻石和重石两类：质量密度不大于1800kg/m³者为轻石，质量密度大于1800kg/m³者为重石。石料的强度等级有MV<sub>100</sub>、MV<sub>80</sub>、MV<sub>60</sub>、MV<sub>50</sub>、MV<sub>40</sub>、MV<sub>30</sub>、MVV<sub>20</sub>、MV<sub>15</sub>和MV<sub>10</sub>。石料的抗冻性指标是用冻融循环次数表示，在规定的冻融循环数(15、20或50次)时，无贯穿裂缝，重量损失不超过5%，强度减少不大于25%，则抗冻性合格。粗料石、半细料石、细料石的厚度和宽度均不小于20cm，长度不大于厚度的3倍。常用于墙身、踏步、地坪、纪念碑等。

表1-19 砌筑石料的加工要求


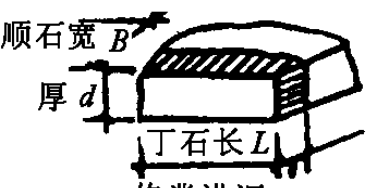

项次	料石种类	外露面积及相接周边的表面凹入深度	表面凹入深度叠切面和接砌面的	备 注
1	细料石	不大于2mm	不大于10mm	相接周边的表面系指叠砌面、接砌面与外露面相接处20~30mm范围内的部分
2	半细料石	不大于10mm	不大于15mm	
3	粗料石	不大于20mm	不大于20mm	
4	毛料石	稍加修整	不大于25mm	

表1-20 料石加工的允许偏差

项次	料石种类	允许偏差		备 注
		宽度、厚度 (mm)	长度 (mm)	
1	细料石、半细料石	±3	±5	如设计有特殊要求，应按设计要求加工
2	粗料石	±5	±7	
3	毛料石	±10	±15	

石材的种类及用途和常用石材的性质、用途、产地见表1-21和表1-22。

表1 -21 石材的种类及用途

石材种类	说明及用途
毛 石 (又名片石、乱毛石、乱石等)	<div><div><div>片石</div><div>厚</div><div>≥150</div></div><p>一般为打眼放炮所采得的石料，块体大小不一，形状不很规则，经过稍加修整可以有一、二个较平整的面。它的规格有两种：一种以它的长度区分，最小约100mm，最大约700mm。另一种以重量区分：块体重量在50kg 以上的为大毛石，是砌筑基础、挡土墙、护坡等砌体的主要材料；重量在50kg 以下的为一般毛石；重量小于15kg 的为小毛石，为一般砌体材料和辅助砌体材料，也可用于铺砌地面、地面垫层、散水坡、排水沟、拱圈及拱座等工程。</p><p>形状过于细长、扁薄和尖锥形、圆形的毛石，要经过改制后使用</p></div>
毛料石 (又名块石、方块石、码石等)	<div><div><div><div>顺石宽 B</div><div>厚 d</div><div>丁石长 L</div><div>修凿进深 t&gt;70</div></div><div><div>丁石长 L</div><div>厚 d</div><div>丁石宽 B</div><div>修凿进深 t&gt;70</div></div></div><p>形状大致方正，厚度不小于200mm。长宽不小于厚度，顶面及底面应较为平整，需打去锋棱凸角。用作镶面时丁石的长度不应短于顺石宽度的1.5 倍。表面四周应加修整，其修整进深不小于70mm，表面凹入不大于20mm。尾部不加修整，但应较修整部分略微缩小。</p><p>一般用于砌筑要求较高的勒脚、墙体、挡土墙、护坡、桥墩台的镶面工程等</p></div>
粗料石 (又名粗凿石、毛条石、整毛石等)	<div><div></div><p>它的外观较规则，六面比较方正，其清凿的程度，在修凿处石面凹入深度不超过15mm，每100mm 凿痕约3 ~4 条，凿痕不一定平行，只要求凿平用作镶面石。</p><p>用作镶石的正面宽度：丁石不小于其厚度；顺石不小于其厚度的1.5 倍；角石一边不小于其厚度，另一边不小于其厚度的1.5 倍。尾部长度：丁石不小于其厚度的2 倍，顺石不小于其厚度。</p><p>由表面向内修凿刹口的深度，不得小于100mm。</p><p>在工程中用于砌筑基础、墙体和各种砌体；在桥墩中用作破水体的镶面及桥墩的分水体等工程</p></div>



续表

石材种类	说明及用途
半细料石 (又名毛方石、方料石、加工石、方料石、方正石等)	<div></div> <p>它的外形比较规则，六面比较方正，规格尺寸要求严格，是粗、细加工的胚料。在实际需要尺寸之外，其宽长各向必须另加20mm 左右的加工余量。</p> <p>受压强度不小于<math>2100\text{kg}/\text{cm}^2</math>，厚度不小于20mm 并不小于其长度的<math>1/3</math>，但其清凿程度在修凿处石面凹入深度不超过10mm，每100mm，凿痕约5~6条，可用作表面加工要求高的墙体、梁、柱、门窗框、过梁、花台等和各种石材构件。外观要求色泽均匀，石质坚实，没有岬痕和缺点。必须根据设计要求有计划地组织开采</p>
块石拱石、粗凿拱石、毛石拱石	<div></div> <p>形状成楔形或长方形，加工程度分别比照块石、粗凿石、毛方石采用，但最小宽度不小于200mm。(1)毛方石拱的凿面凹入的深度应在10mm 以内，其灰缝宽度为10~15mm，一般用于10m 以上的跨度。(2)粗凿拱石的凿面凹入深度应在15mm 以内，其灰缝宽度为15~20mm，一般用于10m 及10m 以下的跨度。(3)3m 以下跨度的拱涵可采用块石砌筑，凿面凹入深度不得大于20mm，灰缝宽度不得大于30mm</p>
花岗石饰面板	<p>花岗石饰面板一般多用于建筑物的内外墙面、立柱、墙裙、地、楼面、檐口、腰线、勒脚、基座、踏步等。</p> <p>板的具体规格可根据各工程需要进行加工订货，厚度分为20、25、30mm 三种，表面加工程度分为粗面板及磨光板两种。通常供应的厚度以20mm 为多。颜色分为：北京生产的有白带黑点、白带红黑点、红色及青色；青岛生产的有朝霞及万年青；济南生产的有纯黑、黑地白花、黑地满天星及紫红地黑白花</p>

续表

石材种类	说明及用途
大理石饰面板	<p>大理石饰面板一般适用于高级建筑物的装饰工程，如内墙面、主柱、地面、楼面、扶梯以及纪念碑等贴面等。</p> <p>各厂供应的厚度以20mm 的矩形或正方形居多，特殊尺寸及厚度为15 ~35mm ，需要定制。</p> <p>颜色视各厂生产而异：沈阳生产的有丹东绿及铁岭红；北京生产的有汉 白玉等13 种颜色。其它各省市如广东、河南、山东、湖北、云南、陕西、安徽、江苏、上海市等地均生产有各种颜色的大理石</p>

注：尚有细料石一种，受压极限强度在80MPa  $\text{cm}^2$  以上，其厚度不小于长度之半，除设计文件有特别规定者外，一般均不使用。

表1 -22 常用石材的性质、用途及产地参考表

名 称	主要质量指标			主要性质	用途	主要产地
	项 目		指 标			
花岗岩 (俗称豆渣石)	容重 (kg /cm <sup>3</sup> )		2500 ~2700	主要成分为石英、长石、云母，耐腐蚀，硬度大，可磨光如售多量云母时，则质地较软，不耐火耐用年限：75 ~200 年	多用于基础、桥梁、台阶、衬面、水利及也可制作纪念碑如天安门人民英雄纪念碑	花岗岩产地分布较广，多为灰白或肉红色。在黑龙江省延寿地区尚产棕色，大兴安岭地区产黑及白色，山东产黑及黄色，湖南、浙江产灰绿色等
	强度 (kg /cm <sup>2</sup> )	抗压	120.0 ~2700			
		抗折	8.5 ~15.0			
		抗剪	13.0 ~19.0			
	吸水率 (%)		<1			
	膨胀系数 (10 <sup>-6</sup> / )		5.6 ~7.34			
石灰岩 (俗称青条石)	容重 (kg /cm <sup>3</sup> )		1000 ~2600	CaCO <sub>3</sub> 含量在95 % 以上，虽强度较高，但能溶解于水，不耐酸，抗火性较好，色泽多为暗灰色及蓝灰色  耐用年限：20 ~40 年	多用作基础、墙身、筑路、混凝土骨料等及水泥、石灰的原料，但强度相差甚大，选用时须特别注意	分布极广，全国各处均有出产
	强度 (kg /cm <sup>2</sup> )	抗压	22.0 ~140.0			
		抗折	1.8 ~20.0			
		抗剪	7.4 ~14.0			
	吸水率 (%)		2 ~6			
	膨胀系数 (10 <sup>-6</sup> / )		6.75 ~6.77			

续表

名 称	主要质量指标			主要性质	用途	主要产地
	项 目		指 标			
砂 岩 (俗称青条石)	容重 (kg /cm <sup>3</sup> )		2200 ~2500	质 坚 , 耐 火 , 有灰、黄、白、 淡红等色耐久 性因品种不同 相差校大  耐用年限20 ~ 2000 年	多用于基础、 墙身、衬面 、 阶石、人行道、 纪念碑及其它 装饰石材等	产地分布较广， 山东掖县产纯 白色者，名白 粒岩，俗称白 玉石，北京故 宫台阶及人民 英雄纪念碑台 阶即用此石
	强度 (kg /cm <sup>2</sup> )	抗压	47.0 ~140.0			
		抗折	3.5 ~14.0			
		抗剪	8.5 ~18.0			
	吸水率 (%)		<10			
	膨胀系数 (10 <sup>-6</sup> / )		9.02 ~11.2			
大理岩 (俗称大理石)	容重 (kg /cm <sup>3</sup> )		2600 ~2700	组织细密、坚 实，不耐风化， 可磨光，颜色 品种繁多  耐用年限：40 ~100 年	多用于装饰材 料、踏 步、地 面、墙 面、柱 面、柜 台、栏 杆、电气绝缘 板等	山 东、云 南、 河 北、湖 北、 辽宁等
	强度 (kg /cm <sup>2</sup> )	抗压	70.0 ~110.0			
		抗折	6.0 ~16.0			
		抗剪	7.0 ~12.0			
	吸水率 (%)		<1			
	膨胀系数 (10 <sup>-6</sup> / )		6.5 ~10.12			

二、砂浆

(一) 砌浆的类型

砌筑砂浆根据其组成材料有水泥砂浆（水泥、砂子、水）石灰砂浆（石灰膏、砂子、水）、混合砂浆（水泥、石灰膏、砂子、水）、粘土砂浆（粘土、砂子、水）及石灰粘土砂浆（石灰膏、粘土、砂子、水）等。什么建筑、什么部位用什么砂浆，应由设计决定。一般楼房的基础砌筑多用水泥砂浆，墙身砌筑可视具体情况用其它砂浆。

石灰砂浆宜用于干燥环境中的砌体和干土中的基础，以及强度要求不高的砌体，不宜用于潮湿环境中的砌体及湿土中的基础。因为石灰是气硬性胶凝材料，在潮湿环境中，石灰膏不但难以结硬，而且还会出现溶解流散现象。水泥砂浆和混合砂浆宜用于砌筑潮湿环境以及强度要求较高的砌体。但对于湿土中的砖石基础一般只用水泥砂浆，最好不用混合砂浆，因为水泥是水硬性材料，不仅能在潮湿环境结硬，而且还可在水中结硬。目前砖石基础多用50 号水泥砂浆；多层房屋的墙用25 号或50 号混合砂浆；砖柱、

砖拱、钢筋砖过梁用50 号或100 号水泥砂浆；二层楼房或平房可用石灰砂浆；简易房屋可采用石灰粘土砂浆。

(二) 砂浆用料

1．水泥：

水泥是砂浆的主要胶凝材料，常用的水泥品种有普通水泥、矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥等。水泥标号应为砂浆强度等级的4 ~5 倍。一般采用中等标号的水泥配制砂浆较好。

2．砂

常用河砂、山砂、海砂等作砂浆中的骨料。砌筑砂浆多用中砂过筛，粗砂不便操作使用，细砂拌制的砂浆强度低。天然砂中含一定量的粘土、淤泥、灰尘和杂物，会影响砌筑质量，故施工现场要求砂子堆放在地形较高处，以防泥水浸入。

3．石灰

石灰是将含碳酸钙（CaCO<sub>3</sub>）为主的石灰石或贝壳等材料煅烧至800 ~1000 后所得的未烧结的产品。主要用于砌筑、粉刷、拌制三合土以及路基或地基加固等。有气硬性石灰和水硬性石灰两种。建筑工程上说的石灰，系指气硬性石灰。其分类见表1 -23。

表1 -23 石灰的分类

按成品形成分类		按化学成分分类			按熟化程度分类	
名称	说明	名称	CaO 含量 (%)	MgO 含量 (%)	名称	熟化速度 (min)
块 灰	块状白色成品，其成分绝大部分aO 及MgO	高钙质石灰	>90	<7	块熟石灰	<10
生石灰粉	将块灰碾细后所得的成品	钙质石灰	85 ~90	<7	中熟石灰	<10 ~30
水化石灰 (消石灰)	将块灰淋水熟化后得粉末状成品	镁质石灰	>75	>7	缓熟石灰	<30
石灰浆	将块灰加足量的水，经熟化后所得厚浆状成品	高镁质石灰 (白云石质石灰)	<75	>25		

第三篇 砌体工程

石灰在使用前经淋制成石灰膏，主要用以配制成砌筑砂浆或抹灰砂浆，其次也用于拌制灰土地基、三合土等。关于石灰体积与重量的换算见表1 -24，石灰含水率与稠度关系换算见表1 -25，每 m<sup>3</sup> 石灰砂浆用料见表1 -26。

表1 -24 石灰体积的重量的换算

石灰组成 (块末)	在密实状态下每 m <sup>3</sup> 石灰重量 (kg)	每 m <sup>3</sup> 熟石灰用生 石灰数量 (kg)	每1000kg 生石灰消 解后的体积 (m <sup>3</sup> )	每 m <sup>3</sup> 石灰膏用 生石灰数量 (kg)
10 :0	1470	355 .4	2 .814	—
9 :1	1453	369 .6	2 .706	—
8 :2	1439	382 .7	2 .613	571
7 :3	1426	399 .2	2 .505	602
6 :4	1412	417 .3	2 .396	636
5 :5	1395	434 .0	2 .304	674
4 :6	1379	455 .0	2 .195	716
3 :7	1367	475 .5	2 .103	736
2 :8	1354	501 .5	1 .994	820
1 :9	1335	526 .0	1 .902	—
0 :10	1320	557 .7	1 .793	—

注：(1) 表列生石灰成分以北京周口店石灰为准。

(2) 1957 年国家预算定额规定1m<sup>3</sup> 石灰膏需3 :7 石灰600kg。

表1 -25 石灰膏含水率与稠度关系换算表

稠 度 (cm )	含水率 (%)	稠 度 (cm )	含水率 (%)
1	32	10	50
2	34	11	52
3	36	12	54
4	38	13	56
5	40	14	58
6	42	15	60
7	44	16	62
8	46	17	64
9	48	18	66

表1 -26 每m³ 石灰砂浆用料参考表

配合比（体积比）		1 1	1 2	1 2 5	1 3	1 3 5
名称	单位	数 量				
生石灰	kg	411 0	282 .1	242 .4	213 2	189 9
净干砂	m³	0 640	0 879	0 44	0 996	1 036
水	m³	0 455	0 382	0 364	0 341	0 358

4 . 石膏

石膏也有生熟两种，用于砌筑的石膏是用生石膏烧至100 以上而不超过190 时，约失去3 /4 水分，即成为半水石膏 ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ )。若温度升高到190 以上，可失去全部水分而成为无水石膏 ( $\text{CaSO}_4$ )。半水石膏和无水石膏统称为熟石膏。

熟石膏的品种很多，用于建筑上的石膏是将生石膏烧至150 ~170 的半水石膏，磨成细粉，将其与水调合后使用。它凝固快，并能在空气中硬化。

5 . 拌和用水

拌和砂浆用水必须是清洁的水，一般是自来水、井水、塘水和河、湖水的水（淡水）。不得用含有酸、碱类和油污、杂质的腐臭脏水。

（三）砂浆的技术性能

砂浆拌制后，应有良好的和易性（即流动性和保水性，亦称稠度）；硬化后有一定强度。砖砌砂浆的稠度参见表1 -27。其强度等级见表1 -28。

表1 -27 砖筑砂浆稠度

项 次	砌体种类	砂浆稠度 (cm )	备 注
1	实心砖墙、柱	7 ~10	1．砂浆稠度以沉入度计。 2．室外气温较高时，适当增大些流动性
2	实心砖平拱	5 ~7	
3	空心砖墙、柱	6 ~8	
4	空斗砖墙、砖筒拱	5 ~7	
5	石砌体	3 ~5	

表1 -28 砌筑砂浆强度等级

强度等级	抗压极限强度 (MPa )
M0 4	0 4
M1	1 0
M2 5	2 5
M5	5 0
M7 5	75
M10	10 0
M15	15 0

表1 -29 经验系数K

<div><div>M<sub>28</sub></div><div>R<sub>c</sub><sup>b</sup></div></div>	1 0	2 5	5 0	7 5	10 0
42 5	0 417	0 591	0 735	0 827	0 898
32 5	0 438	0 624	0 780	0 882	0 963
27 5	0 451	0 648	0 813	0 922	1 009
22 5	0 73	0 679	0 857	0 977	1 074

注：系数K 系换算得到，需经试验验证。

（四）砂浆的配制

砌筑砂浆的配合比，一般通过试验或查现成表格确定。或通过公式计算出每 m<sup>3</sup> 砂浆中水泥、石灰膏、砂子等材料的用量及其配合比例，再经试验调整确定。

1．计算出试配强度：

$$M_{配}=1.15 M_{28}$$

(1 -1 )

式中 M<sub>配</sub>——试配强度 (MPa)；

M<sub>28</sub>——砂浆28d 的设计强度 (MPa)；

1.15 ——强度提高系数。

2．计算水泥用量Qc (kg)：

$$Q_c=\frac{M_{配}}{K \cdot R_c^b} \times 1000$$

(1 -2 )

K ——经验系数，可参考表1 -6 -29 选用。

一般水泥密度为1200 ~1300kg /m<sup>3</sup>。

3. 计算石灰膏（或粘土膏）用量D。如配制混合砂浆，需掺入石灰膏或粘土膏时，其用量可按下列式计算：

$$D = 350 - Q_c \tag{1-3}$$

式中 D —— $1\text{m}^3$  砂浆中石灰膏（或粘土膏）的用量（kg）；

$Q_c$  ——水泥用量（kg）；

350 ——经验系数，在确保砂浆和易性的情况下可作适当调整，调整范围为250 ~ 350。所用石灰膏的稠度为12cm，粘土膏应为14 ~ 15cm。一般石灰膏密度为1200 ~ 1400kg / $\text{m}^3$ 。

4. 砂用量S：砂浆中砂的用量与砂的含水率有关。对含水率为2 % 的中砂，配制 $1\text{m}^3$  砂子需用 $1\text{m}^3$  砂子；含水率为0 的砂，则配制 $1\text{m}^3$  砂浆需用 $0.9\text{m}^3$  的砂，如含水率大于2 % 时，则需用 $1.1 \sim 1.25\text{m}^3$  砂子。一般砂密度为1400 ~ 1600kg / $\text{m}^3$ 。

5. 用水量：因砂浆的强度主要取决于水泥标号 and 水泥用量，与水灰比无关，砂浆中的用水量应满足流动性要求，并控制在稠度规定范围内即可。

6. 确定配合比：将 $1\text{m}^3$  砂浆中的水泥用量、掺合料及砂子重量分别除以水泥用量，即为重量配合比，即：

$$\text{水泥石灰膏砂} = 1 \frac{D}{Q_c} \frac{1400 \sim 1600}{Q_c}$$

将水泥和掺合料的用量折算成体积 $V_c$ ，和 $V_D$ ，砂子体积为 $1\text{m}^3$ ，然后分别除以水泥的体积 $V_c$ ，得体积配合比，即：

$$\text{水泥石灰膏砂} = \frac{V_c}{V_c} \frac{V_D}{V_c} \frac{1}{V_c}。$$

7. 试配与调整：一般以2 ~ 3 个不同的水泥用量，配成2 ~ 3 个不同配合比的砂浆，经试验选择出强度与和易性适合的砂浆配合比作为施工配合比。

[例] 用425 号水泥，含水率为2 % 的中砂，掺用石灰膏配制强度5MPa 混合砂浆，试计算每 $\text{m}^3$  混合砂浆的各种材料用量及配合比。

[解] (1) 计算试配强度：

$$M_{\text{配}} = 1.15 M_{28} = 1.15 \times 5 = 5.8 \text{ MPa}$$

(2) 计算水泥用量K 值查表1 - 6 - 29 得

$$K = 0.735$$

$$Q_c = \frac{M_{\text{配}}}{K \cdot R_c^b} \times 1000 = \frac{5.8}{0.735 \times 42.5} \times 1000 = 186 \text{ kg}$$

(3) 石灰膏用量：

$$D = 350 - Q_c = 350 - 186 = 164 \text{ kg}$$



(4) 砂子用量：

$S = s \cdot V_s = 1500 \times 1 = 1500\text{kg}$

(5) 配合比：由计算得强度5MPa 混合砂浆材料用量：水泥186kg；石灰膏164kg；砂1500kg。（水泥密度为1300kg /m<sup>3</sup>，石灰膏密度为1350kg /m<sup>3</sup>）。

重量配合比为：

水泥石灰膏砂 =  $\frac{186}{186} \frac{164}{186} \frac{1500}{186} = 1 \ 0.88 \ 8.0$

体积配合比为：

水泥的体积： $\frac{186}{1300} = 0.143\text{m}^3$

石灰膏体积： $\frac{164}{1350} = 0.12\text{m}^3$

故 水泥 石灰膏 砂 =  $\frac{0.143}{0.143} \frac{0.12}{0.143} \frac{1}{0.143} = 1 \ 0.84 \ 7.0$

(6) 试配与调整：配合比计算的结果，通过试配，符合要求，不需调整。  
常用砌筑砂浆的参考配合比见表1 -30 ~ 表1 -36。

表1 -30 常用砌筑砂浆配合比参考表

砂浆 强度 等级	重量配合比			材料用量 (kg /m <sup>3</sup> )			外加剂 掺量 (%)	说 明
	水泥	石灰膏	砂子	水泥	石灰膏	砂子		
M1 0	1	1 53 ~1 57	17 0 ~15 3	85 ~95	130 ~150	1430 ~1450	1 ~3	石灰膏稠度为 12cm，机械拌 合，水泥标号 为425 号
M2 5	1	0 92 ~1 00	12 0 ~11 2	120 ~130	110 ~130	1430 ~1450	1 ~2	
M5 0	1	0 52 ~0 58	8 53 ~7 63	170 ~190	90 ~110	1430 ~1450	1 ~2	
M7 5	1	0 33 ~0 39	6 9 ~6 3	210 ~230	70 ~90	1430 ~1450	1	
M10 0	1	0 15 ~0 22	5 6 ~5 2	260 ~280	40 ~60	1430 ~1450	0	

表1 -31 水泥石灰砂浆配合比

水泥标号	砂浆强度等级			
	M10	M7 5	M5	M2 5
425	1 0 3 5 5	1 0 6 6 7	1 1 8 6	1 2 1 13 6
325	1 0 1 4 8	1 0 3 5 7	1 0 7 7 1	1 1 7 11 5
275		1 0 2 5 2	1 0 6 6 8	1 1 5 10 5

第三篇  砌体工程

表1 -32  常用石灰砂浆、石灰粘土砂浆配合比

种  类	配合比（重量计）	R <sub>28</sub> （MPa）
石灰砂浆	石灰膏：砂 =1 :0 5 ~0 6	0 .4
	石灰粉：砂 =1 0 6	0 .4
石灰粘土砂浆	石灰膏：粘土：砂 =1 :0 3 4 ~6	0 .4
	石灰粉 粘土 砂 =1 0 3 5 ~7	0 .4
粘土砂浆	粘土 砂 =1 0 3 ~0 4	0 2 ~0 4

表1 -33  水泥粉煤灰砂浆配合比

砂浆强度等级	水泥标号	重量配合比水泥 粉煤灰 砂
M5	325	1 1 5 8 34
	425	1 1 5 10 02
M7 .5	325	1 1 1 5 96
	425	1 1 1 7 29
M10	325	1 0 8 4 63
	425	1 0 8 5 62

表1 -34  空斗墙砌筑砂浆配合比

砂浆种类	配合比
水泥石灰砂浆	水泥 石灰膏 中砂 =1 1 5 7 5（重量比）
石灰砂浆	石灰膏 中砂 =1 2 ~2 5
胶  泥	水泥 石灰膏 粘土 =1 2 6

表1 -35  土坯墙砌筑砂浆配合比

种    类	配合比（体积比）	备    注
草泥浆	每m <sup>3</sup> 制坯泥浆加稻草（或麦秸）20 ~25kg	砌筑平房用
黄土泥浆	1 2 ~2 5（黄土：砂），土含砂率 < 20 %或1 1 2 ~1 5（黄土：砂），土含砂率20 % ~30 %	砌筑平房用

续表

种 类	配合比（体积比）	备 注
胶泥	1 3 （石灰膏：泥膏）	变形较大，砌筑平房用
粘土砂浆	1 0 3 ~0 5 或1 3 ~4 （粘土 砂）	砌筑平房用
M0 4 石灰粘土砂浆	1 0 3 ~0 5 3 ~5 （石灰 泥膏 砂）	砌筑楼房用
M1 0 混合砂浆	1 1 35 14 4 （水泥 石灰膏 砂）	砌筑楼房用
M2 5 混合砂浆	1 4 1 05 14 5 （水泥 石灰膏 砂）	砌筑楼房用

表1 -36 卵石墙砌筑砂浆配合比

种 类	配 合 比	备 注
石灰粘土砂浆	1 1 5 ~3 （石灰 粘土或砂）	强度发展慢
石灰炉渣粘土砂浆	1 1 3 （石灰 炉渣 粘土或砂）	强度发展较快
石灰炉渣砂浆	1 1 ~3 （石灰 炉渣）	强度发展快而高
石灰炉渣砂浆	1 0 5 3 （石灰膏：黄泥膏 炉渣） 每m <sup>3</sup> 砂浆中另加水泥60 ~70kg	

（五）砂浆的搅拌与使用要求

拌制砂浆的方法可以是人工拌制或机械搅拌，但必须搅拌均匀。水泥或水泥石灰砂浆随着水泥水化作用的进展，而逐渐失去其流动性逐渐凝结硬化，当再加水后拌合使用时，其强度会降低。所以拌制好的水泥砂浆和水泥石灰混合砂浆必须分别在2 小时和3 小时之内（初凝以前）用完；当气温超过30 时，水泥砂浆和水泥石灰混合砂浆必须分别在3h 和4h 之内使用完，严禁用过夜砂浆。

## 第二章 砖砌体的施工

### 第一节 砖墙施工

#### 一、砖的准备

砖要按规定及时进场，按砖的标号、外观、几何尺寸进行验收，并应检查出厂合格证。常用的粘土砖在砌筑前，要先浇水湿润，这是在一般情况下必不可少的一道工序，因为它直接影响砌体的质量和砌筑的效率。砖湿润后，能使灰缝中砂浆的水分不会很快地被砖吸去，从而使砂浆的强度能正常地增长。它同时可以增强砖面与砂浆之间的粘结力。另外还可以使砂浆在砌筑过程中保持一定的流动性，因而便于操作，有利于保证砌体的砂浆饱满度。

按规范中规定，粘土砖的含水率宜为10 ~15 %，而砖的饱和含水率是20 %。灰砂砖及粉煤灰砖一般不需要进行浇水湿润即可获得较高的砌体强度。这两种砖在砌筑时的理想含水率为5 % ~8 %。而自然状态下一般即为5 % ~7.5 %。如在高温期，进行湿润必须提前浇水。

#### 二、砖墙的砌筑工艺

砖墙的砌筑工艺一般为：抄平、放线 立皮数杆 （立门口） 排砖撂底 盘角、挂线 铺灰砌砖 勾缝、清理等。

##### 1. 抄平、放线

为了保证建筑物平面尺寸和各层标高的正确，砌筑前应认真做好抄平、放线工作，准确地定出各层楼面的标高和墙柱的轴线位置，以作为砌筑时的控制依据。底层的标高放在防潮层上。各楼层标高引至楼板边缘或墙上。先放出墙轴线，再根据轴线放出砌墙轮廓线及门洞位置。

2．立皮数杆

皮数杆应立在墙的转角、内外墙交接处、楼梯间及墙面变化较多的部位。皮数杆一般是用5cm x7cm 的方木做成，上面划有砖的皮数、灰缝厚度；门窗、楼板、圈梁、过梁等构件位置及建筑物各种预留洞口高度，它是墙体竖向尺寸的标志，如图2 -1 所示。要每隔10 ~15m 立一根。立皮数杆时，要用水准仪定出室内地坪±0 .00 位置，使皮数杆上的±0 .00 与房屋±0 .00 相吻合。

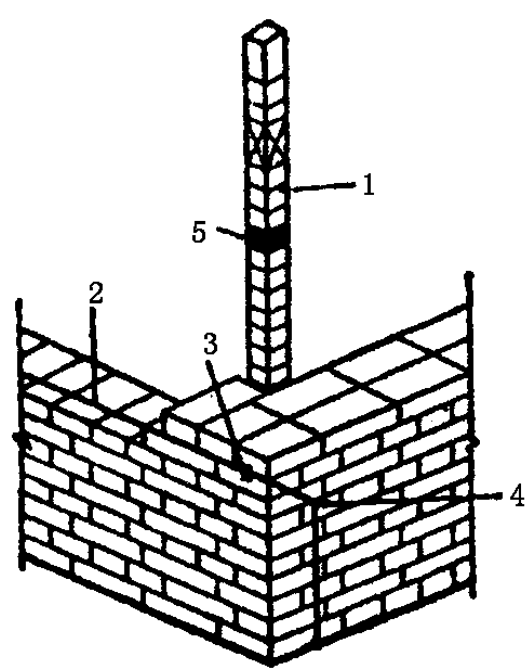


图2 -1 皮数杆

1．皮数杆2．准线3．竹片4．元钉5．窗下框

3．撂底

撂底（也称摆砖样）是指在墙基面上，根据墙身长度（按门、窗洞口）和叠砌方式，先用砖块试摆，使其符合模数。符合要求后，才能进行正式砌筑。撂底是在防潮层上（或地下室顶板上）排砖，第一皮砖排法一般两山墙排丁砖，前后檐墙排条砖。山墙两大角排砖必须对称。

4．盘角

又称把大角，一般由经验丰富的工人担任。其做法是先盘砌五皮大角，找平吊直。砌大角要选择平直、方整的砖块，用七分头搭接错缝进行砌筑，使墙角处竖缝错开。为使大角做到垂直，开始砌筑的几皮砖，一定要用线锤与托线板将它校直作为以后向上砌筑引直的依据，标高与皮数的控制要和皮数杆相符。大角是砌墙的关键，因此，开始砌筑时必须认真对待。

5．挂线

盘角完后，要进行挂线，以便砌筑墙的中部墙体。挂线时，两端必须将线拉

紧。线挂好之后，在墙角处用别棍（小木片或22号火烧丝）别住，防止线陷入灰缝中去。在砌墙过程中要经常用眼穿一下，检查有无砖顶线或小线中部塌腰地方。为检查顶线和塌腰，在中间设腰线砖。

6. 立门窗

安装门窗口的方法有两种：一种是预先把门窗口立上，然后砌墙，这种方法叫压口。采用压口时应使门窗口在砌墙过程中保证位置、垂直度准确，并用斜撑加以临时固定。另一种是在砌墙时预留出洞口，待墙砌筑后塞入门窗口，这种方法叫后塞口。后塞口时要使洞口每边比门窗口放宽1cm，即洞口总宽度较门窗口大2cm。砌墙时埋入防腐木砖（木门窗时）或铁脚（钢门窗时），以便安装门窗时固定用。

7. 铺灰砌砖

砌砖时必须跟线走，俗话说：“上跟线、下跟楞，左右相跟要对平。”就是说砖的上楞边与线约距离1mm，下楞边要与下层已砌好的砖楞平，左右、前后砖的位置要准确，上下层砖要错缝，一顺一丁组砌时隔层竖缝对直。铺灰不能半边厚半边薄，造成砖面倾斜，砌筑时应做到“三层一吊，五层一靠”，即每砌三皮砖用线锤吊直检查，每五层用靠尺板靠一靠墙角垂直度。超过允许偏差值，应拆除重砌。

8. 勾缝、墙面清理

勾缝的型式有平缝、凹缝、斜缝、凸缝等，常用的是凹缝和平缝。勾缝要求横平竖直，深浅一致，搭接平整并压实抹光。不得有瞎缝、丢缝、裂纹和粘结不牢等现象。勾缝完毕后应用笤帚清扫墙面。

三、砌砖基本方法

由于砖砌体一般是由普通标准砖砌筑成整体结构，使之承受垂直及一定的水平荷载，因此要求砖在砌筑时要“横平竖直，砂浆饱满，上下错缝，接槎可靠”。

1. 三一砌砖法

亦称大铲砌砖法，又叫满铺满挤操作法。操作时，用右手拿大铲，在灰桶挖一铲砂浆，同时左手选一块砖，把灰浆反手铺在墙上，略微推开摊平（铺灰长度为一块砖），左手将砖按砌在砂浆面上，并稍用力挤一点浆到顶头立缝，再揉一揉。随手刮去挤出的砂浆。这种方法因一块砖，一铲灰，一揉挤，故称三一砌砖法。优点是灰缝容易饱满，粘结力好，墙面整洁；缺点是工人劳动强度大。

2. 挤浆砌筑法

有单手挤浆和双手挤浆两种。单手挤浆：砌顺砖时，左手拿砖，在离前面砖6 ~

7cm 处将砖放下，稍稍用力将砖沿水平向前挤至头缝1cm 左右摆正放稳，再用力压平至拉线标高。砌丁砖时，左手拿砖横挤前移，砖口略呈斜向，挤到砖头缝1cm 左右时把砖摆正放平，压至拉线标高。砌筑过程中，右手用瓦刀随时将挤出墙面的砂浆刮起，甩到砖缝里。双手挤浆：基本上与单手挤浆法相同。操作时，双手各拿一块砖，靠墙的手先挤砌，摆正放平，另一只手跟着挤砌。当挤砌完1m 长时，应随手将挤出墙面的砂浆刮起抹到头缝里。这是先铺一定长度的砂浆，后将砖挤砌成墙。这种方法灰缝饱满，效率高，但劳动强度大，墙面易脏。

3．满口灰法

将砖块底面及需要连接的砖面用瓦刀抹满砂浆，不留空隙，然后用力把砖按砌在墙上，至拉线标高，挤出的砂浆随手用瓦刀刮起，抹在砖面或头缝里。这种方法，砖墙的质量好，砌体整体强度高，墙面整洁。但费工费办、工效低。仅适用于砖墙的特殊部位（如暖墙、烟囱等）。

4．蛻尺铺灰砌砖法

又叫座浆砌砖法。此法操作时，利用厚度与水平灰缝一样的蛻尺（如图2 -2 所示）靠在墙的上沿边口，中间将砂浆摊成一个砂浆带，砂浆带较墙厚16 ~20mm，每次铺灰长不超过1m，砌砖时，用左手拿砖，右手用瓦刀在灰槽内挑点砂浆刮于砖的顶头，将砖按砌在墙上，摆正放平。这种方法能使砌体的水平灰缝做到砂浆饱满，厚薄均匀，墙面整洁美观。清水墙砌筑采用此法最好。



图2 -2 蛻尺

5．“2381 ” 砌砖法

“2381 ” 砌砖法，是在系统观察国内各种砌砖方法的基础上总结出来的，它是由二种步法、三种身法、八种铺灰手法和一种挤浆动作所组成的一套符合人体正常活动规律的先进砌砖工艺。其具体操作方法如下：

(1) 步法。采用两种步法，即丁字步和并列步。

瓦工在操作中，人背向砌筑前进方向，砌筑开始时，站立成丁字步，右腿向后靠近灰槽，左腿在前靠近墙体，人体斜对砌筑面，两腿间距约50 ~70cm，形成丁字状步法。且随铲灰拿砖到转身铺灰挤浆，仅以人体重心在前后腿之间来回摆动，就可以完成约1m 长左右的墙体砌筑。当砌至近身处，将左腿沿墙体后撤一步，人体随左腿的后撤转身成正对墙面，变成并列步站立。在这个位置，操作者又可砌筑50cm 长的墙体。这就完成了由丁字步到并列步两种步法砌筑1.5m 长墙体的循环。完成第一循环后，再进入第二循环。这样操作的整个过程很有规律，不易产生疲劳。因为一个循环正好完成1.5m 长的墙体砌筑，所以灰槽布置的间距也以1.5m 为准，灰槽间放置双列排砖。

②）身法。身法是指砌砖操作时弯腰动作的变化规律。腰部动作是随步法而定。采用的三种身法是：丁字步与并列步的侧身弯腰、丁字步正弯腰和并列步正弯腰。在站立成丁字步后右腿靠近灰槽时铲灰采取正弯腰，同时拿砖。该动作是在瞬间完成的，腰部劳动强度较轻微。铲灰拿砖侧身弯腰形成一个趋势，转身时利用右腿伸直，将身体的重心推向左腿，形成丁字步弯腰进行铺灰砌砖。当砌至近身处的右腿后撤，使砌砖侧身弯腰转身为并列步正弯腰，这种使弯腰动作变成由腰、腿、肩多部位肌肉组成的复合动作，使单一弯腰动作变成三种不同的弯腰姿势的交替活动，有利于减轻腰部劳动强度。

③）手法。根据砌筑部位的远、近、高、低和丁砖、条砖的不同变化采用八种铺灰手法，即砌条砖的甩、扣、泼、溜和砌丁砖时的扣、溜、泼、一带二。这八种铺灰手法具有动作简单、一次成形的优点，可使动作迅速，上一工序为下一工序创造条件，相应减少了弯腰静停的持续时间。

④）挤浆。砌砖时，利用手指揉动，使落在灰条上的砖产生轻微的颤动，砂浆受振后液化，砂浆中的水泥浆颗粒充分浸入到砖的表面，这一挤浆动作，能产生良好的吸附粘结作用。

四、砖墙搭砌

砖砌体的搭砌，要求上下错缝，内外搭接，以保证砌体的整体性；同时组砌要有规律，以提高砌筑效率，减少砍砖，以节约材料。

砌入墙内的砖，由于放置位置不同，又分为卧砖（也称顺砖或眠砖）、陡砖（也称侧砖）、立砖以及顶砖，如图2 -3 所示。

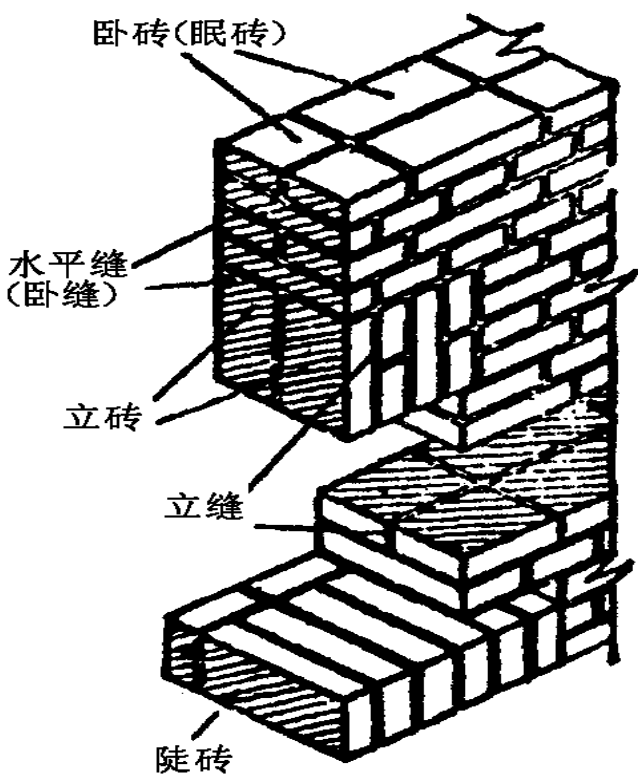


图2 -3 卧砖、陡砖、立砖图



常见的砖在墙体中的位置变换排列，有以下几种：

- 1. 一顺一丁法：又叫满丁满条法：它是上下皮竖缝都错开 $1/4$  砖长（6cm），见图2 -4（a）。这种砌法各皮间错缝搭接牢靠，砖墙整体性好；操作变化小，容易掌握；砌浆时墙面容易控制平直。存在的问题是竖缝不易对齐；在墙的转角、丁字接头、门窗洞口等处都要砍砖，因此砌筑效率受到一定限制。
- 2. 砂包式砌法：又称十字式或梅花式（梅花丁）砌法。在同一皮砖层内一块顺砖一块丁砖间隔砌筑（转角处不受此限），上下两皮砖间竖缝错开 $1/4$  砖长，丁砖在四块顺砖中间形成梅花形，见图2 -4（b）。

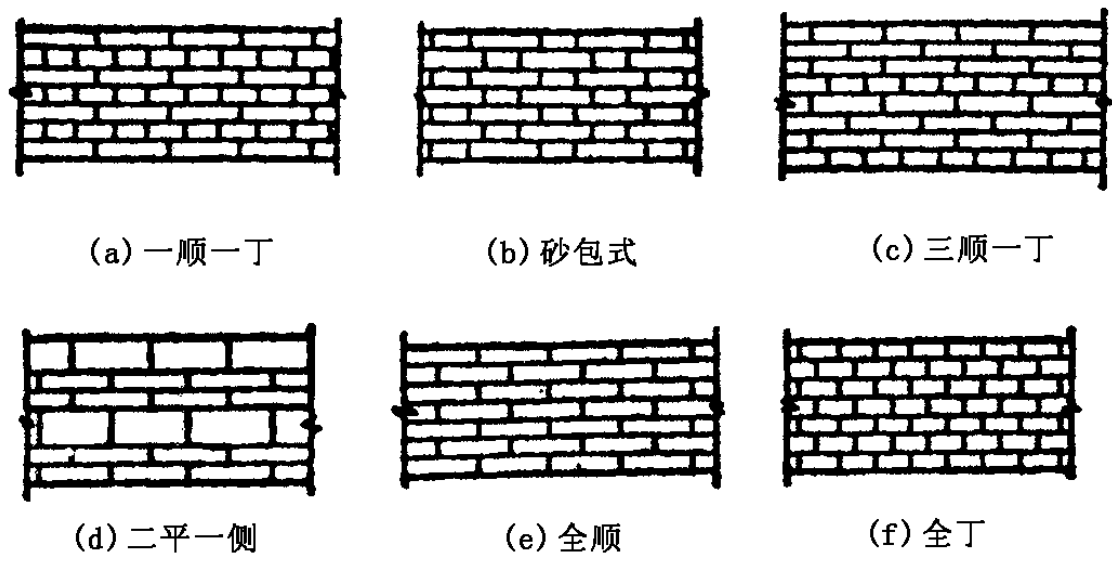


图2 -4 砖墙组砌方法

该砌法内外竖缝每皮都错开，故受压时整体性好；墙面容易控制平整，竖缝易于对齐，外形整齐美观；特别是当砖长、宽比例出现差异时竖缝易控制。存在的缺点是：因丁、顺交替砌筑，操作时容易搞错；砌筑费工，效率低。

- 3. 三顺一丁与五顺一丁砌法：由三皮顺砖与一皮丁砖相互交替叠砌而成。上下皮顺砖搭接为 $1/2$  砖长，顺砖与丁砖搭接为 $1/4$  砖长。同时要求檐墙与山墙的丁砖层不在同一皮，以利于搭接，见图2 -4（c）。

这种砌法在墙面上露出条面较多，丁面少，故露出的砖数少于一顺一丁法。同时在墙内的转角、丁字与十字接头、门窗洞口砍砖较少，可提高工效。但顺砖层较多，反面墙面的平整不易控制。

五顺一丁砌法仅在两个丁砖层中间多砌两皮顺砖，其优缺点与三顺一丁砌法相同。

- 4. 二平一侧法：是两皮砖平砌与一皮侧砖顺砌相隔砌成的一种方法。此法主要用于18cm 厚的外墙或内墙。两个平砌层竖缝错开 $1/2$  砖长；平砌层与侧砖竖缝错开 $1/4$  或 $1/2$  砖长，见图2 -4（d）。

5. 全顺砌法：全部用顺砖砌筑，上下皮竖缝相互错开 $1/2$  砖长。这种砌法仅用于砌半砖墙 见图2 -4 (e)。

6. 全丁砖法：全部用丁砖砌筑，上下皮竖缝相互错开 $1/4$  砖长。这种砌法仅用于圆弧形砌体（如水池、烟囱、水塔等），见图2 -4 (f)。

7. 三三一砌法：又称三七缝法。在同一皮砖层里三块顺砖一块丁砖交替砌成。上下皮叠砌时，上皮的丁砖应对下皮第二块顺砖中间，上下两皮砖的搭接长度为 $1/4$  砖长，如图2 -5 所示。

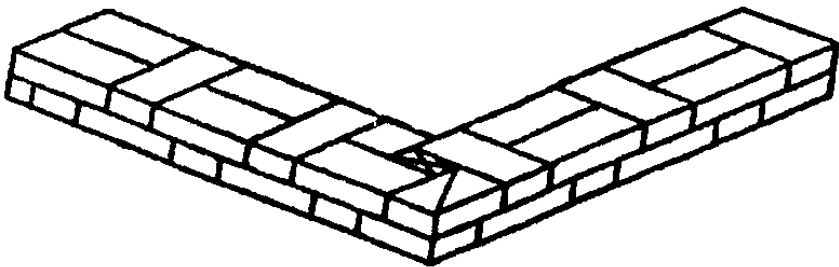


图2 -5 三七缝法

采用这种砌法的优点是，正反面墙较平整，可节约抹灰材料。但施工时在转角及洞口附近砍砖较多，因此在长度不大的窗间墙排砖不方便，工效较低。又因丁砖少致使砖墙整体性较差。

8. 空斗墙砌法：分为无眠空斗墙和有眠空斗墙。

(1) 无眠空斗墙：是由两块砖侧砌的平行壁体及互相间用侧砖丁砌横向连接的砌筑方法，又分单丁砌法和双丁砌法两种，图2 -6 (a) 所示为双丁砌法。

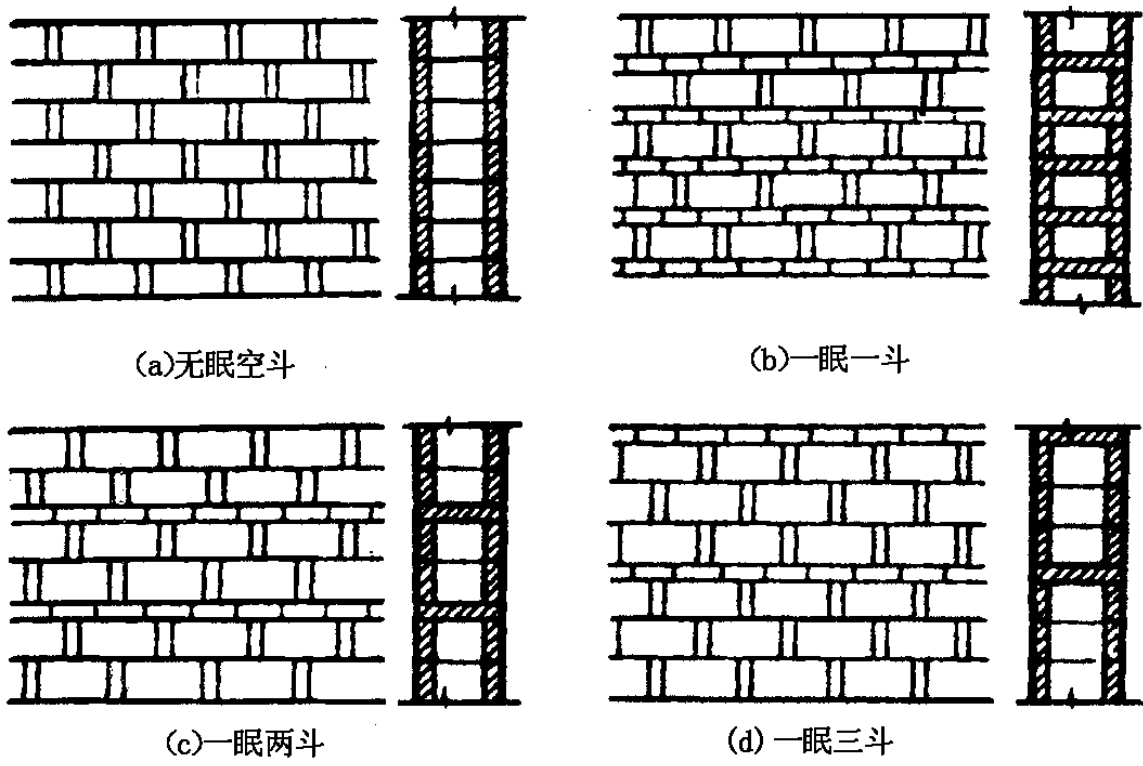


图2 -6 空斗墙类型

(2) 有眠空斗墙：是将砖侧砌（称“斗”）与平砌（称“眠”）相互交替叠砌而成。形式有一斗一眠以及“一眠两斗”、“一眠多斗”等数种型式，如图2 -6 (b)、(c)、

(d) 所示，系隔一皮或数皮斗砖砌一皮眠砖，横向拉结较好，同时使墙内空气间层上下隔绝，墙厚均为24cm。

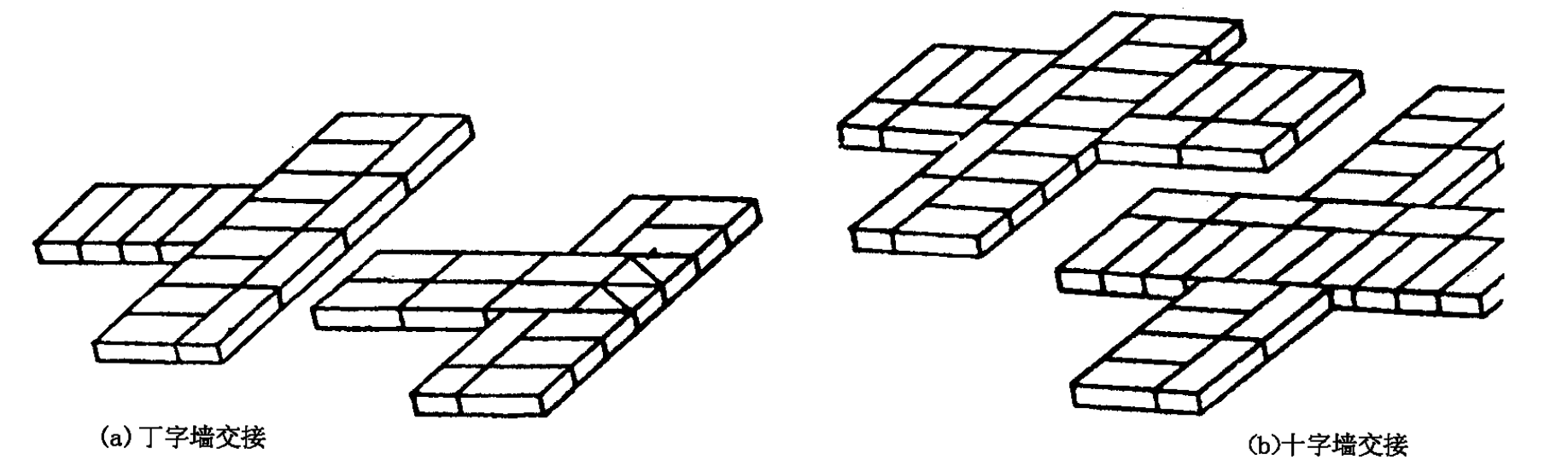


图2 -7 十字墙交接和丁字墙交接

9. 砖墙接搓：为了保证建筑物砖墙的整体性，砌筑时应尽量使内外墙同时砌筑。砖墙转角处的连接可采用图2 -7 所示的十字墙交接和丁字墙交接方式。但实际操作中又很难做到同时砌筑，故需在墙身留槎作临时间断。实心砖墙在转角和内外墙交接处应砌成斜槎（踏步槎），斜槎长度 墙高的 $2/3$ ，见图2 -8。最好不留直槎，确有困难时，留直槎应设拉结筋。其数量为每 $1/2$  砖厚不少于一根，一般用 6mm 的钢筋。间距沿墙高 50cm，埋入长度从墙的留槎处起，每边均 50cm，其末端尚应另加90°弯钩，见图2 -9。墙的转角处不得留直槎。仅起隔断作用而不承重的隔墙与墙如不能同时砌筑时，可留直槎，应于墙的灰缝中预埋拉结筋，构造同上。但每道不得少于2 根钢筋，见图2 -10。若纵横均为承重墙时，在丁字接头处留槎，可在接槎处下部砌成斜槎（踏步槎），高约为 $1/3$  接槎高。上部留直槎，并加设拉结筋，拉结筋一般用 6mm 以下钢筋，其埋入长度从墙的留槎处起，均 50cm，见图2 -11。

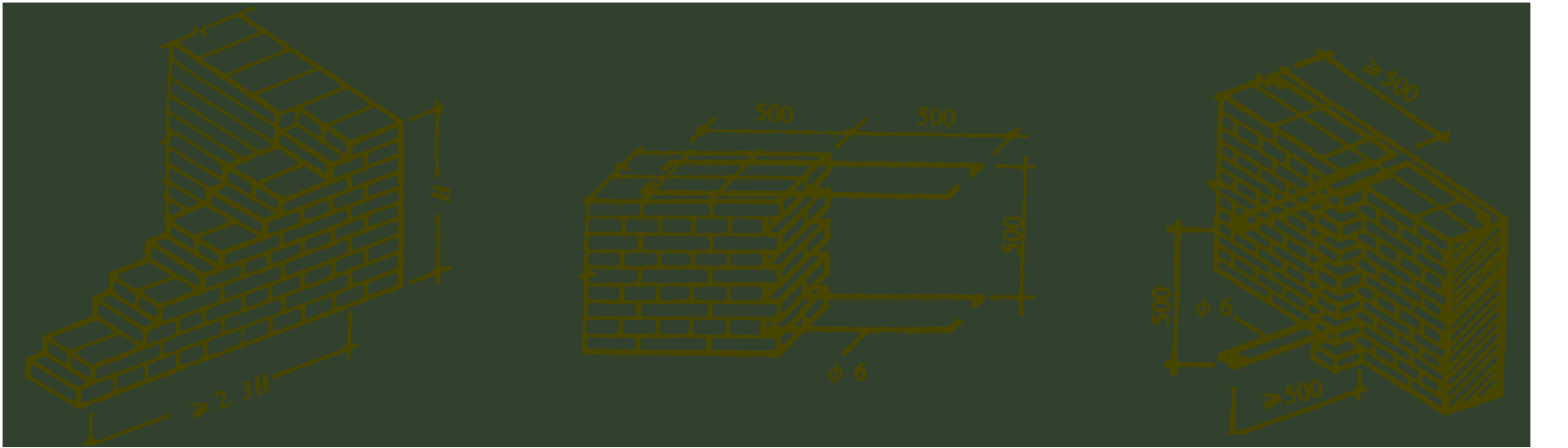


图2 -8 斜槎

图2 -9 直槎加拉结条

图2 -10 隔墙与墙的连接

10. 空心砖墙砌法：空心砖墙有整砖侧砌、整砖平砌、一砖半平砌等（图2 -12）。

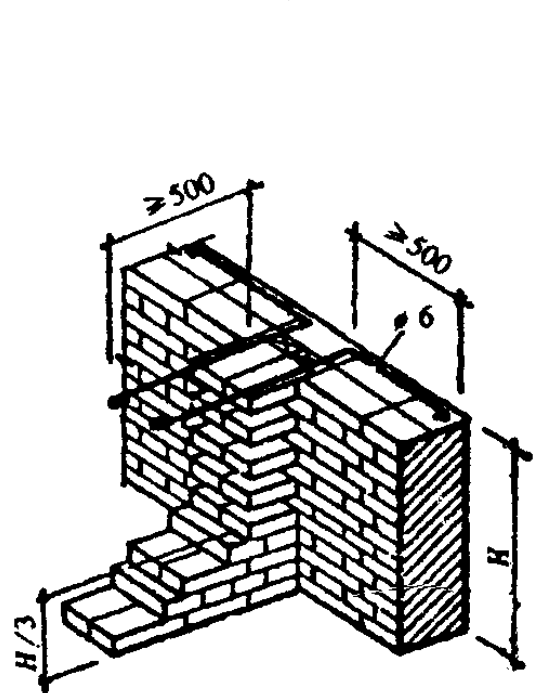


图2 -11 承重墙丁字接头处留槎

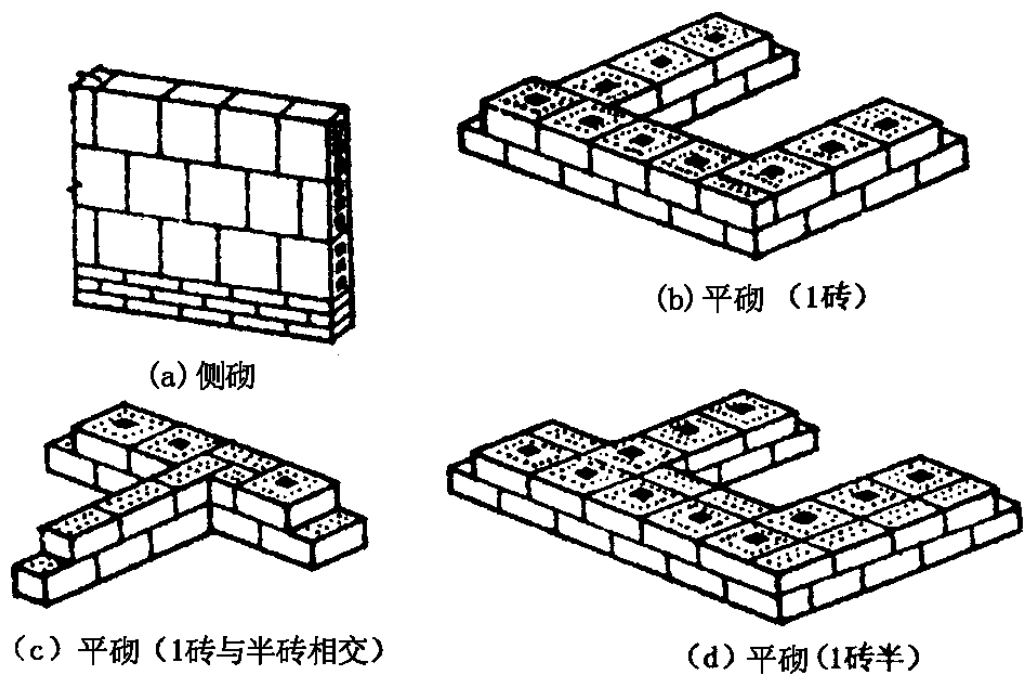


图2 -12 空心砖墙砌法

整砖侧砌是使砖的孔洞呈水平方向，仅适用于砌不承重的隔墙。整砖平砌是使砖的孔洞呈垂直方向，可砌成承重墙，一砖或一砖半厚。混合平砌又称沙包式 是用整砖和半砖相间砌成，这种砌法在立面上比较整齐，但砌筑时费工。整砖侧砌和整砖平砌上下皮竖缝均错开1/2 砖长。混合平砌上下皮竖缝错开1/4 砖长。

空心砖墙的施工，要注意以下几点：

- (1) 每层隔墙的底部应至少砌3 皮实心砖。外墙勒脚部分也应砌实心砖。
- (2) 当墙较长较高时，应在墙中加砌实心砖带或铺设拉结条。实心砖带至少砌3 皮。拉结条可用 8 钢筋，整砖厚加3 根，半砖厚加2 根。
- (3) 空心砖不宜砍凿，不够整砖时，可用实心砖补砌。
- (4) 墙中洞口、预埋件和管道处，应用实心砖砌筑，并应在砌筑时正确留出或预埋。
- (5) 门口两侧一砖范围内，应用实心砖砌筑。

## 第二节 砖过梁与圈梁

### 一、砖过梁

砖过梁的施工要求如表2 -1 所示。

第三篇 砌体工程

表2 -1 砖过梁施工要求

序号	项目	内 容
1	砖砌平拱式过梁	<p>①) 组砌形式。</p> <p>用整砖侧砌而成，拱厚度一般等于墙厚，高度为一砖或一砖半，拱脚部分伸入墙内20 ~30mm，并在拱底有1 %的起拱，如图2 -13 所示。</p> <p>②) 施工要点。</p> <p>砖砌平拱过梁的跨度，不宜超过1.8m（多用于跨度小于1m 的门窗洞口上），对有较大振动荷载或可能产生不均匀沉降的房屋，不宜用作门窗过梁。</p> <p>砖砌平拱用竖砖砌筑部分的高度，不应小于240mm，厚度等于墙厚。</p> <p>砖不应低于 MU7.5，砂浆不低于 M5。</p> <p>在过梁底处支设模板，模板中部应有1 %的起拱。在模板面上画出砖及灰缝位置，务使砖的块数为单数。</p> <p>在拱脚的两边的墙端应砌筑斜面，斜面的斜度为1/4 ~1/6。应从两边对称向中间砌筑，正中一块应挤紧。灰缝应砌成楔形缝。灰缝的宽度，在过梁的底面不应小于5mm；在过梁的顶面灰缝宽：240mm 砖拱为15mm；370mm 砖拱为20mm。拱脚下面应伸入墙内20 ~30mm，砂浆强度达到50 %方可拆底模</p>
2	弧拱式砖过梁	<p>①) 组砌形式。</p> <p>组砌形式与平拱基本相同，只是外形呈圆弧形，如图2 -14 示。</p> <p>②) 施工要点。</p> <p>砌筑方法与平拱基本相同，用于跨度1 ~3m 的门窗洞口上。砌筑时，模板应根据设计要求做成圆弧形。灰缝砌成放射状，下部灰缝宽度不宜小于5mm，上部灰缝宽度不宜大于25mm。也可用加工好的楔形砖来砌，此时灰缝宽度应上下一致，控制在8 ~10mm 左右。灰缝砂浆强度达到设计强度的50 %以上，方可拆模。</p> <p>弧拱不适用于对有较大振动荷载或可能产生不均匀沉降的房屋，不宜用作门窗过梁</p>
3	钢筋砖过梁	<p>由砖平砌而成，底部配置 6 ~ 8 钢筋，每半砖放1 根，但不少于3 根，两端伸入墙内240mm，且要做90°弯钩，向上钩进砖缝，如图2 -15 所示。</p> <p>②) 施工要点。</p> <p>用于跨度不大于2m 的门窗洞口上，对有较大振动荷载或可能产生不均匀沉降房屋，不应用作门窗过梁。</p> <p>砌筑时在过梁底支设模板，中间起拱，拱高为跨度的0.5 % ~1 %，上铺20 ~30mm 厚 M10 砂浆层，将钢筋置于砂浆层上，均匀摆开，接着逐层平砌砖块，最下一皮用丁砖砌筑。也可在模板上先砌一皮丁砖层，再放钢筋，逐层平砌砖，钢筋弯钩要向上钩住砖块，在过梁范围内应用一顺一丁砌法与砖墙同时砌筑，砂浆强度提高一级，并不低于 M5，砌筑高度应不少于6 皮砖或跨度的1/4，过梁底模板拆除要求与平拱式过梁相同</p>

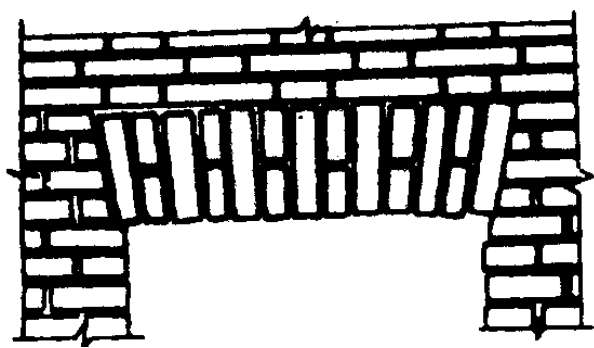


图2 -13 砖砌平拱式过梁

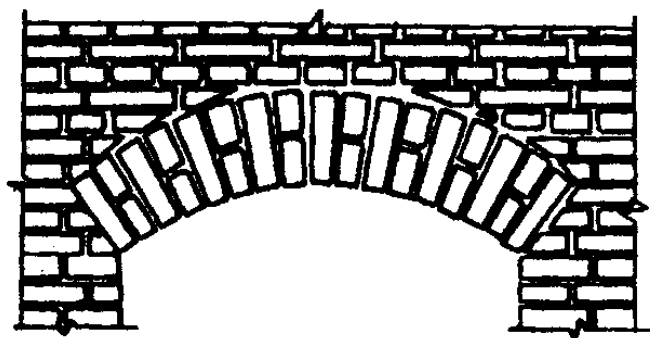


图2 -14 弧拱式砖过梁

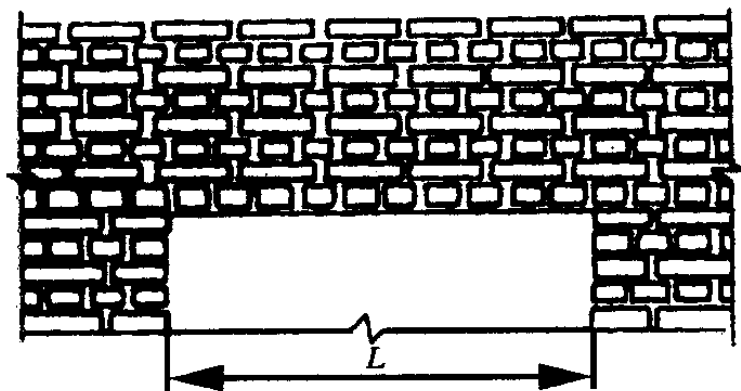


图2 -15 钢筋砖过梁

二、圈梁

圈梁的设置及构造要求如表2 -2 所示。

表2 -2 圈梁的设置及构造要求

序号	项目	内 容
	设置圈梁的必要性	为了增强房屋的整体刚度，防止由于地基的不均匀沉降或较大振动荷载等对房屋引起的不利影响，在墙中设置钢筋混凝土或钢筋砖圈梁
2	多层粘土砖房的现浇钢筋混凝土圈梁设置	<p>(1) 装配式钢筋混凝土楼、房盖或木楼、屋盖的砖房，横墙承重时，应按表2 -3 的要求设置圈梁，纵墙承重时每层均应设置圈梁，且抗震横墙上的圈梁间距应比表内要求适当加密。</p> <p>(2) 现浇或装配整体式钢筋混凝土楼、屋盖与墙体有可靠连接的房屋，可不另设圈梁，但楼板应与相应构造柱用钢筋可靠连接</p>

续表

序号	项目	内 容
3	底层框架和多层内框架砖房	<p>(1) 底层框架和多层内框架砖房采用装配式钢筋混凝土楼、屋盖的楼层，均应设圈梁；采用现浇或装配式钢筋混凝土楼板时，可不另设圈梁，但楼板应与相应的构造柱用钢筋可靠连接。</p> <p>(2) 底层框架砖房的底层楼盖和多层内框架砖房的屋盖，应采用现浇或装配整体式钢筋混凝土板</p>
4	单层钢筋混凝土柱厂房的砖围护墙的圈梁设置	<p>(1) 梯形屋架端部上弦和柱顶的标高处应各设一道，但屋架端部高度不大于900mm 时可合并设置在上部。</p> <p>(2) 设防烈度为8 度和9 度时，应按上密下稀的原则沿墙高每隔4m 左右在窗顶增设圈梁一道。</p> <p>(3) 山墙沿屋面应设钢筋混凝土卧梁，并与屋架端部上弦标高处的圈梁连接。</p> <p>(4) 圈梁的截面宽度宜与墙厚相同，圈梁高度不应小于180mm ，其配筋，设防烈度为6 ~8 度时不应少于4 12 ,9 度时不应少于4 14。</p> <p>(5) 厂房转角处柱顶圈梁在端开间范围内的纵筋 ,6 ~8 度时不宜小于4 14 ,9 度时不宜少于4 16 ，转角两侧各1m 范围内蹬箍筋直径不宜小于 8 ，间距不宜大于100mm ；各圈梁在转角处应增设不少于3 根且直径与纵筋相同的水平八字拉接筋。</p> <p>(6) 圈梁应与柱或屋架牢固连接，山墙卧梁应与屋面板拉结；顶部圈梁与柱连接的锚拉钢筋不宜少于4 12 ，且锚固长度不宜少于35 倍钢筋直径</p>
5	单层空旷房屋	<p>(1) 单层空旷房屋的大厅柱（墙）顶标高处应设置现浇圈梁，并宜沿墙高每隔3m 左右增设一道圈梁，梯形屋架端部高度大于900mm 时，还应在上弦标高处增设一道圈梁，其截面高度不宜小于180mm ，宽度宜与墙厚相同，配置不少于4 12 ，箍筋间距不宜大于200mm 。大厅与附属房屋不设防震缝时，应在同一标高处设置封闭圈梁并在交接处拉通，墙体交接处应沿墙高每塌500mm 设置2 6 拉结钢筋，且每边伸入墙内不宜小于1m 。</p> <p>(2) 山墙应沿屋面设置钢筋混凝土卧梁，并应与屋面构件锚拉</p>
6	多层粘土砖房的现浇钢筋混凝土圈梁构造	<p>(1) 圈梁宜连续地设在同一水平面上，并形成封闭状；当圈梁被门窗洞口截断时，应在洞口上部增设相同截面的附加圈梁。附加圈梁与圈梁的搭接长度不应小于其垂直间距的2 倍，且不得小于1m ，如图2 -16 所示。</p> <p>(2) 钢筋混凝土圈梁的宽度宜与墙厚相同，当墙厚<math>b \geq 240\text{mm}</math> 时，其宽度不宜小于<math>2b/3</math> 。圈梁高度不应小于120mm 。纵向钢筋不宜少于4 8 ，绑扎接头的搭接长度按受拉钢筋考虑，箍筋间距不宜大于300mm - 如图2 -17 所示，配筋应符合表2 -4 的要求。</p> <p>(3) 基础圈梁，截面高度不应小于180mm ，配筋不应少于4 12</p>

续表

序号	项目	内 容
7	钢筋砖圈梁	钢筋砖圈梁应采用不低于 M5 的砂浆砌筑，圈梁高度为4 ~6 皮砖。纵向钢筋不宜少于6 6，水平间距不宜大于120mm，分上下两层设在圈梁顶部和底部的水平灰缝内，如图2 -18 所示
8	圈梁兼作过梁	圈梁兼作过梁时，过梁部分的钢筋应按计算单独配置

表2 -3 砖房现浇钢筋混凝土圈梁设置要求

序号	墙类	抗震烈度		
		6、7 度	8 度	9 度
1	外墙及内纵墙	屋盖处及隔层楼盖处	屋盖处及每层楼盖处	屋盖处及每层楼盖处
2	内横墙	同上；屋盖处间距不应大于7m；楼盖处间距不应大于15m；构造柱对应部位	同上；屋盖处沿所有横墙，且间距不应大于7m，楼盖处间距不应大于7m，构造柱对应部位	同上；各层所有横墙

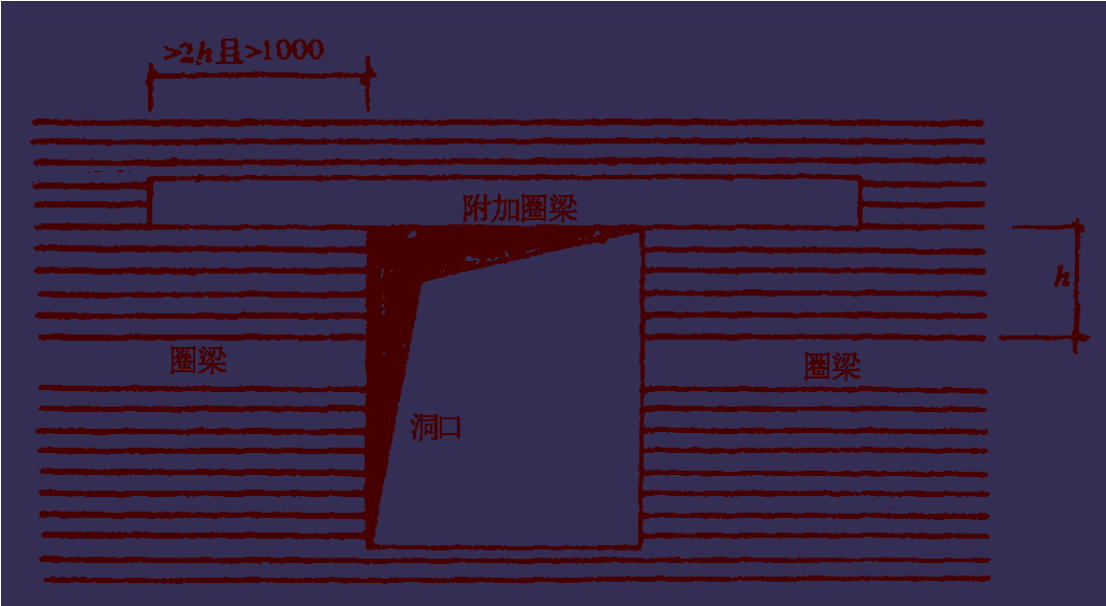


图2 -16 圈梁被截断时的补强构造



表2 -4 圈梁配筋要求

序号	配 筋	抗震烈度		
		6、7 度	8 度	9 度
1	最小纵筋	4 8	4 10	4 12
2	最大箍筋间距 (mm )	250	200	150

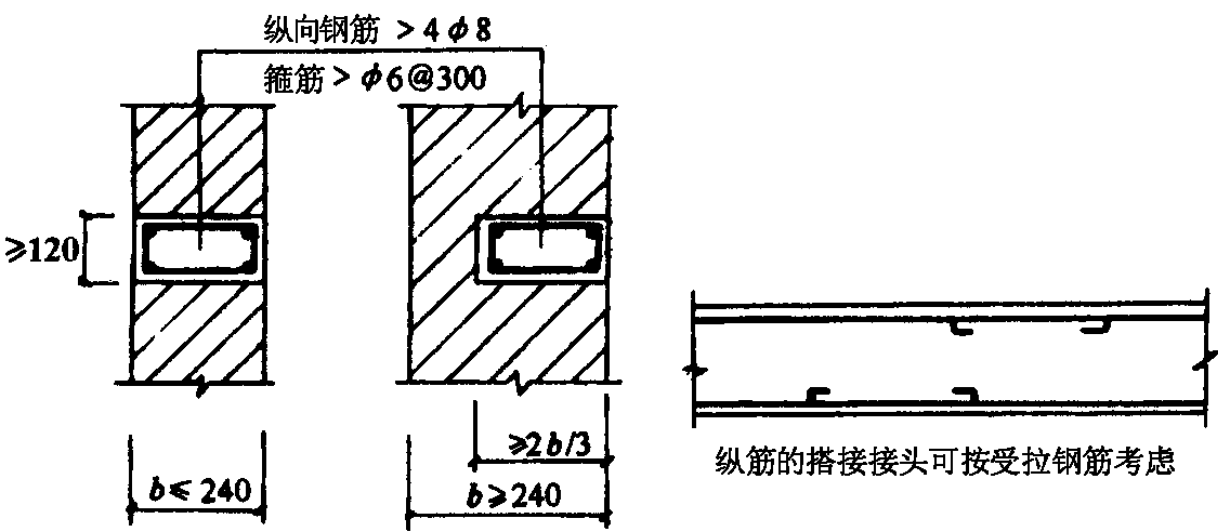


图2 -17 圈梁的最小截面及配筋

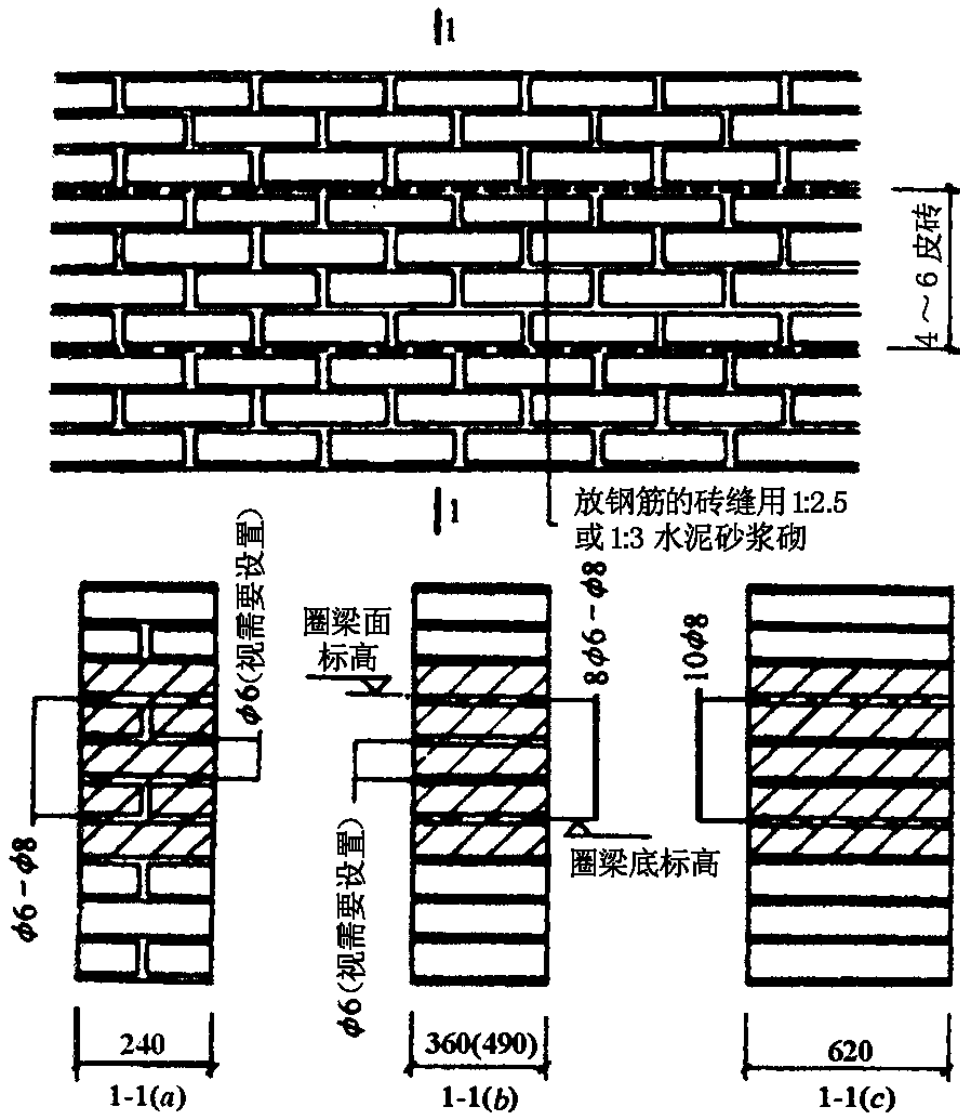


图2 -18 砖圈梁的配筋构造

第三节 构造柱与砖烟囱

一、构造柱

钢筋混凝土构造柱的设置及构造、施工要求如表2 -5 所示。

表2 -5 构造柱的设置、构造及施工

序号	项 目	内 容
1	多层粘土砖房	<p>(1) 多层粘土砖房，应按下列要求设置钢筋混凝土构造柱（以下简称构造柱）：</p> <p>构造柱设置部位，一般情况下应符合表2 -6 的要求。</p> <p>外廊式和单面走廊式的多层砖房，应根据房屋增加一层后的层数，按表3 — 102 要求设置构造柱，且单面走廊两侧的纵墙均应按外墙处理。</p> <p>教学楼、医院等横墙较少的房屋，应根据房屋增加一层后的层数，按1) 或2) 款的要求设置构造柱。</p> <p>(2) 多层粘土砖房构造柱，应符合下列要求：</p> <p>构造柱最小截面可采用240mm ×180mm，纵向钢筋宜采用4 12，箍筋间距不宜大于250mm 且在柱上下端宜适当加密；7 度超过六层、8 度超过五层，和9 度时，构造柱纵向钢筋宜采用4 14，箍筋间距不应大于200mm；房屋四角的构造柱可适当加大截面及配筋。</p> <p>构造柱与墙连接处宜砌成马牙槎，并应沿墙高每隔500mm 设2 6 拉结钢筋，每边伸入墙内不宜小于1m。</p> <p>构造柱应与圈梁连接；隔层设置圈梁的房屋，应在无圈梁的楼层增设配筋砖带。仅在外墙四角设置构造柱时，在外墙上应伸过一个开间，其他情况应在外纵墙和相应横墙上拉通，其截面高度不应小于四皮砖，砂浆强度等级不应低于 M5。</p> <p>构造柱可不单独设置基础，但应伸入室外地面下500mm，或锚入浅于500mm 的基础圈梁内。</p> <p>(3) 对于纵墙承重的多层砖房，当需要在无横墙处的纵墙中设置构造柱时，应在楼板处预留相应构造柱宽度的板缝，并与构造柱混凝土同时浇灌，做成现浇混凝土板带。现浇混凝土板带的纵向钢筋不少于4 12，箍筋间距不宜大于200mm</p>

续表

序号	项 目	内 容
2	底框架砖房及多层内框架砖房	<p>(1) 底层框架砖房的上部，应根据房屋总层数按表2 -6 设置构造柱；构造柱最小截面为240mm ×240mm 。竖筋不少于4 14 ，箍筋 6 间距不大于200mm 。</p> <p>(2) 多层内框架砖房的下列部位，应设置构造柱； 外墙四角和楼、电梯间四角。</p> <p>6 度不低于五层时 ,7 度不低于四层及8 度不低于三层时，抗震墙两端和无组合柱的外纵、横墙对应于中间柱到轴线的部位。</p> <p>(3) 多层内框架构造柱的最小截面为240mm ×240mm ，其竖筋不少于4 14 ，箍筋为 6 ，间距不大于200mm</p>
3	单层空旷房屋	<p>单层空旷房屋的组合柱、构造柱设置应符合下列要求：</p> <p>(1) 大厅的砖柱宜采用组合柱，柱上端钢筋应锚入屋架底部的钢筋混凝土圈梁内，组合柱的纵向钢筋，应按计算确定；并在设防烈度为7 度时不应少于4 12 ,8 度和9 度时不少于6 14 。</p> <p>(2) 舞台口横墙两侧及墙两端应设置构造柱或钢筋混凝土柱。</p> <p>(3) 抗震烈度为6 ~8 度时，舞台口大梁上的承重墙每隔4m 设一根立柱，并应沿墙高每隔3m 设一道墙梁；立柱的截面尺寸、配筋及其与墙体的拉接应符合多层砌体房屋的构造柱要求。</p> <p>设防烈度为9 度时舞台口大梁上的砖墙不宜承重。</p> <p>(4) 大厅墙体交接处应沿墙高每隔500mm 设置2 6 拉接钢筋，且每边伸入墙内不宜小于1m 。</p> <p>(5) 山墙应设置构造柱或组合砖柱，其截面和配筋应根据计算确定，并分别不宜小于排架柱或纵墙砖柱，并应通到山墙的顶端与卧梁连接</p>
4	构造柱的连接	<p>(1) 构造柱与圈梁相交的节点应适当加密构造柱的箍筋，加密范围在圈梁上、下均不应小于500mm 或1 /6 层高，箍筋间距不宜大于100mm 。</p> <p>(2) 当构造柱设置在无横墙的进深梁墙垛处时，应将构造柱与进深梁连接。构造柱与现浇钢筋混凝土进深梁连接节点可按图2 -18a) 采用；与预制装配式进深梁连接节点构造可按图2 -18b) 采用；当使用预制装配式叠合梁时连接节点构造可按图2 -18c) 采用。</p> <p>(3) 与构造柱连接的进深梁跨度宜小于6.6m 。对截面高度大于300mm 的进深梁，在梁端各1.5 倍进深梁截面高度范围内宜加密箍筋。当进深梁跨度大于6.6m 时，不得用钢筋混凝土构造柱替代承重柱和进深梁垫块的作用。</p> <p>(4) 当预制进深梁的宽度大于构造柱的宽度时，构造柱的纵向钢筋可弯曲绕过进深梁，伸入上柱与上柱钢筋搭接。当钢筋的折角小于1 /6 时，可采用图2 -19a) 的搭接方式。当钢筋的折角大于1 /6 时，可采用图2 -19b) 的搭接方式</p>

续表

序号	项 目	内 容
5	其 他	<p>(1) 构造柱的混凝土强度等级应 C15。</p> <p>(2) 房屋四角的构造柱可适当加大截面及配筋。</p> <p>(3) 7 度时层高超过3.6m 或长度大于7.2m 的大房间，及8 度和9 度时，外墙转角及内外墙交接处，当未设构造柱时，应沿墙高每隔500mm 配置2 6 拉接钢筋，并每边伸入墙内不宜小于1m。</p> <p>(4) 斜交抗震墙交接处应增设构造柱，且构造柱有效截面面积不小于240mm ×180mm。在斜交抗震墙段内设置的构造柱间距不宜大于抗震墙层间高度。</p> <p>(5) 突出屋顶的楼、电梯间，构造柱应伸到顶部，并与顶部圈梁连接，内外墙交接处应沿墙高每隔500mm 设2 6 拉接钢筋，且每边伸入墙内不应小于1m。</p> <p>(6) 构造柱应沿整个建筑物高度对正贯通，严禁层与层之间构造柱出现错位。但有局部突出建筑物顶面的水箱间、楼梯等屋顶间构造柱不能自下部建筑伸出时，应将局部突出房间四角构造柱插入主建筑物顶层墙体内，插入长度为顶层层高，且应与房间顶层和下一层圈梁相联。</p> <p>(7) 构造柱的竖向钢筋末端应作成弯钩，接头可以采用绑扎。竖向钢筋可在圈梁上皮40d (d 为纵向钢筋直径) 以上处全部断开，接头钢筋搭接长度为40d。用22 #铁丝绑扎三道。</p> <p>(8) 构造柱变截面时可采用插筋法，但必须满足锚固长度 (I 级钢筋 30d)，也可采用主筋沿6 1 弯折向上。</p> <p>(9) 构造柱的箍筋开口处应弯成135°弯钩，且平直部分 10d。各个箍筋135°弯钩处朝向应交替放置。</p> <p>(10) 构造柱混凝土保护层宜为20mm，且不小于15mm。</p> <p>(11) 构造柱从基础到顶层必须垂直，对准轴线，其尺寸的允许偏差见表3—103。在逐层安装模板前，必须根据柱轴线随时校正竖筋的位置和垂直度。</p> <p>(12) 构造柱旁120mm 或240mm 门垛，可留置小马牙槎或直槎，但应将拉接筋伸入门垛水平灰缝中和构造柱内240mm (90°弯钩)</p>

续表

序号	项 目	内 容
6	施工要点	<p>(1) 按施工顺序进行施工：绑扎钢筋 砌砖墙 支模 浇筑混凝土柱。</p> <p>(2) 马牙槎应符合要求，砌筑时先进后退要勤吊靠，保证构造柱的垂直度，且要保证构造柱的截面尺寸。</p> <p>(3) 构造柱的模板可用木模或钢模。在每层砖墙砌好后，立即支模。模板必须与所在墙的两侧严密贴密，支撑牢靠，防止胀模和板缝漏浆。</p> <p>(4) 在浇灌混凝土前，必须将砖砌体和模板浇水润湿，并将模板内的落地灰、砖渣和其他杂物清除干净。在砌墙时，应在各层柱底部（圈梁面上）以及该层二次浇灌段的下端位置，留出2 皮砖的洞眼作清扫口。清除完毕应立即封闭洞眼。</p> <p>(5) 构造柱的骨料的最大粒径不宜大于20mm，混凝土坍塌度宜为50 ~ 70mm，以保证浇捣密实。亦可根据施工条件、季节不同，在保证浇捣密实的情况下加以调整。混凝土随伴随用，拌合好的混凝土应在1.5h 内浇灌完，超过1.5h 的混凝土不得使用，并不得再次拌合后使用。</p> <p>(6) 构造柱的混凝土浇灌可以分段进行，每段高度不宜大于2.0m，或每层分二次浇灌。在施工条件好并能确保浇灌密实时，亦可每层一次浇灌。预制大梁、圈梁和构造柱的接头处，则必须在同一层内一次浇灌。</p> <p>(7) 浇灌构造柱混凝土前，应先浇灌10 ~15mm 厚水泥砂浆，后浇灌混凝土，振捣密实，防止烂根。不许用灰斗直接对着构造柱浇灌，以防胀模和箍筋成堆。</p> <p>(8) 浇捣构造柱混凝土时，宜用插入式振捣棒，分层捣实。振捣棒随振随拔，每次振捣层的厚度不应超过振捣棒长度的1.25 倍。振捣时，振捣棒应避免直接碰触砖墙，并严禁通过砖墙传振。</p> <p>(9) 钢筋应除锈、调查。对预留的伸出钢筋，不应在施工中任意弯折。如有歪斜，应在浇灌混凝土前校正到正确位置。箍筋应按要求位置与竖筋用22<sup>#</sup>铁丝绑扎牢固。</p> <p>(10) 在冬期施工时，要注意清除模板内和砖上的冰渣。混凝土外加抗冻剂的选择和掺量须按有关规定确定。对已浇好的混凝土，要采用保温措施，避免受冻。</p> <p>(11) 雨季施工时应有防雨措施，下雨时不宜露天浇灌混凝土。未下雨而露天浇灌的混凝土也要及时覆盖，以防雨水冲刷。</p> <p>(12) 在砌完一层墙后和浇灌该层构造柱混凝土前，应及时对已砌好的独立墙片加稳定支撑。必须在该层构造柱混凝土浇完之后，才能进行上一层的施工。</p> <p>(13) 预制进深梁的梁垫可以与构造柱的混凝土同时浇灌。现浇混凝土进深梁与梁垫应分开浇灌。大跨度预制进深梁安装完后，浇灌与其连接的钢筋混凝土圈梁，再安装楼（屋）盖</p>

表2 -6 砖房构造柱设置要求

序号	房屋层数				各种层数和烈度均设备的部位	随层数或烈度变化而增设的部位
	6 度	7 度	8 度	9 度		
1	四、五	三、四、	二、三		外墙四角，错层部位横墙与外纵墙交接处，较大洞口两侧，大房间内外墙交接处	7 ~9 度时，楼、电梯间的横墙与外墙交接处
2	六~八	五、六	四	二		隔开间横墙（轴线）与外墙与内纵墙交接处。 7 ~9 度时，楼、电梯间墙与外墙交接处。
3		七	五、六	三、四		内墙（轴线）与外墙交接处，内墙局部较小墙垛处。 7 ~9 度时，楼、电梯间横墙与处墙交接处。9 度时内纵墙与横墙（轴线）交接处。

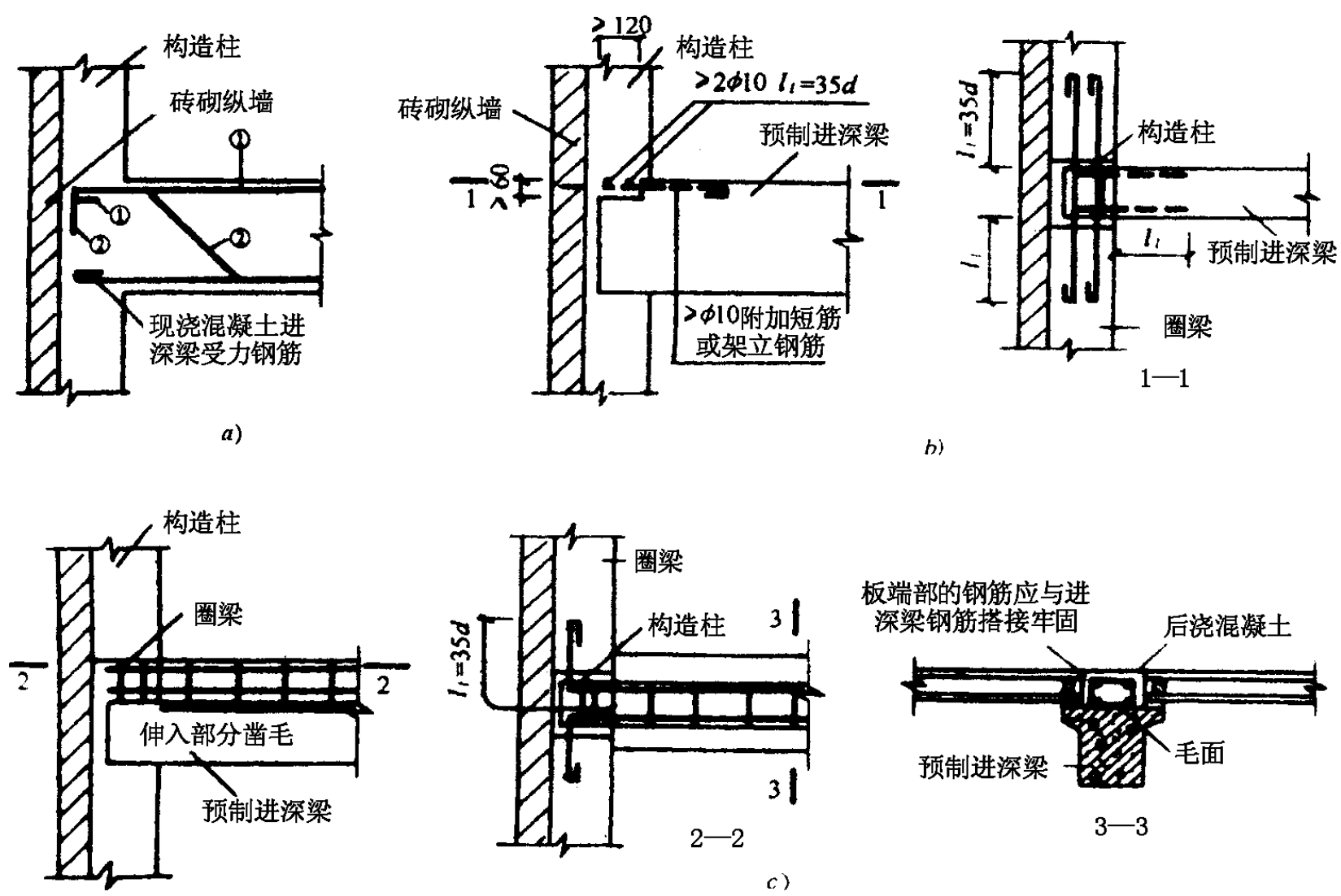


图2 -19 构造柱与梁连接示意

a) 与现浇钢筋混凝土进深梁连接节点 ;b) 预制装配式进深梁连接节点 ;  
c) 与预制装配式叠合梁连接节点

注 :1 . 当梁内不设弯起钢筋时 , 可将 号架立钢筋端部做成图c ) 的22 剖面型式锚固在圈梁中 ;  
2 . 单位为 mm ;  
3  $l_1$  为钢筋锚固长度。

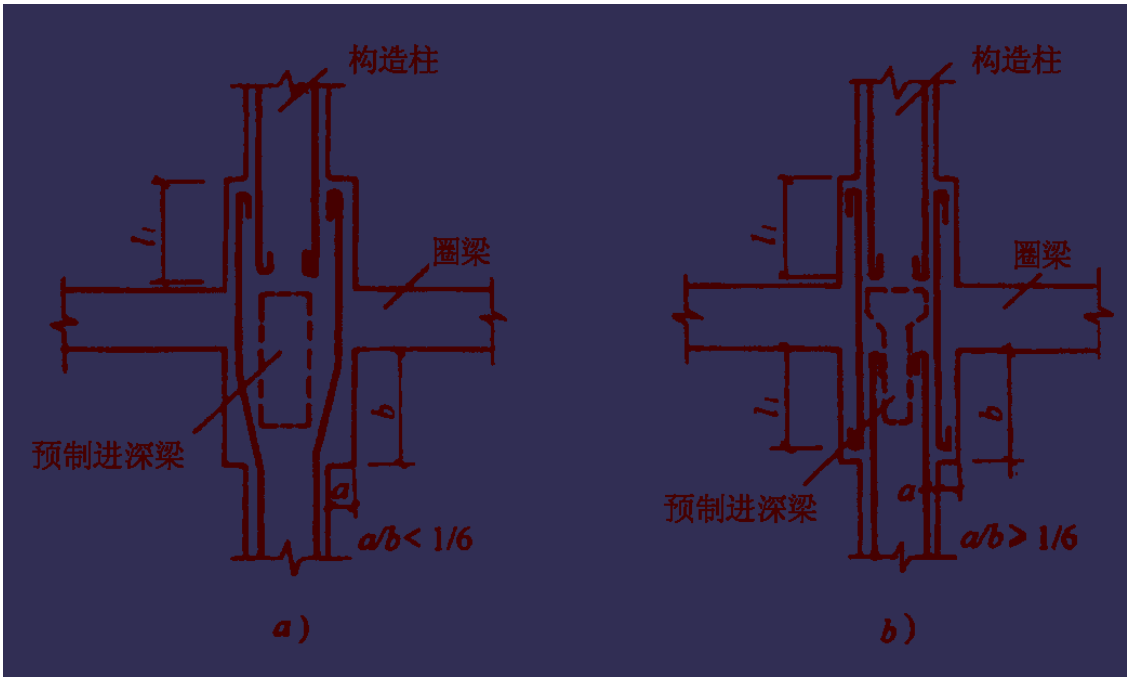


图2 -20 预制进深梁宽度大于构造柱  
宽度时构造柱的钢筋搭接示意  
a ) 钢筋折角外伸搭接法 ;b ) 插筋搭接法  
注 : $l_1$  为钢筋锚固长度。

表2 -7 钢筋混凝土构造柱尺寸允许偏差 (mm )

序号	项目			允许偏差	检查方法
1	柱中心线位置			10	用经纬仪检查
2	柱层间错位			8	用经纬仪检查
3	垂直度	每层		15	用经纬仪或吊线法检查
4		全高	10m 以下	20	用经纬仪或吊线法检查
5			10m 以上	10	用吊线法检查

二、砖烟囱

砖烟囱施工如表2 -8 所示。

表2 -8 砖烟囱施工

序号	项 目	内 容
1	一般规定	<p>(1) 本节适用于普通类型的独立圆形断面砖烟囱。设防烈度6 度时为 、 类场地 ;7 度和8 度时为 、 类场地 , 且高度不超过60m 的烟囱 , 可采用配筋砖烟囱 ;6 度时 、 类场地的砖烟囱可按非抗震设计的有关规定执行。</p> <p>(2) 砖烟囱上部的最小配筋要求 , 应符合表1 -6 -46 的规定 , 并宜有一半钢筋延伸到下部 ; 当砌体内有环向温度钢筋时 , 环向配筋可适当减少。</p> <p>(3) 砖烟囱顶部应设置钢筋混凝土圈梁 , 8 度时在总高度的2 /3 处还宜加设钢筋混凝土圈梁一道 , 圈梁截面高度不宜小于180mm , 宽度不宜小于筒壁厚度的2 /3 且不宜小于240mm , 纵筋不宜小于4 12 , 箍筋间距不应大于250mm 。</p> <p>(4) 砖烟囱钢筋端部应设弯钩 , 搭接长度不应小于40 倍钢筋直径 , 搭接长度的范围内宜用铅丝绑牢 ; 贯通的竖向钢筋应锚入顶部圈梁内 , 不贯通的竖向钢筋端部应锚入砌体中预留孔内并用砂浆填实。</p> <p>(5) 爬梯宜在离地面2.5m 处开始设置 , 直至烟囱顶端。爬梯宜设置在常年风向的上风向 , 宜用 20 ~ 25 圆钢弯成 , 每隔5 皮砖左右埋置一个。烟囱高度为40 ~60m 时 , 在上半段应设置爬梯围栏 , 烟囱高度大于40m 时 , 尚应在爬梯上每隔20m 设置一活动休息板。</p> <p>(6) 烟囱避雷器的零件应焊接牢固 , 避雷器的接地极宜在基坑回填前埋设。避雷器安装完成后 , 应检查接地电阻 , 其数值不得大于设计要求。施工期间应注意防雷。</p> <p>(7) 钢筋混凝土烟囱与烟道之间应设防震缝 , 其宽度应符合下列要求 :</p> <p>烟道高度不超过15m 时可采用50mm 。</p> <p>烟道高度超过15m 时 , 设防烈度为6 、 7 、 8 和9 度时 , 每增高5 、 4 、 3 和2m , 宜相应加宽15mm</p>
2	材料要求	<p>(1) 砖烟囱筒壁应用标准或异型的优等烧结普通砖砌筑。其强度等级和抗冻性指标应符合设计要求。</p> <p>(2) 砌筑在筒壁外表面的砖 , 应选用无裂缝且至少有一端是棱角完整的。</p> <p>(3) 筒身砖材应选用 MU10 以上红砖或楔形砖 , 要求尺寸一致 , 棱角整齐 , 火候充足 , 无裂缝、翘曲等疵病。也可使用普通红砖要按筒身高度、半径分段计算规格 , 制成样板 , 在砖的一个侧面加工成楔形 , 以使灰缝均匀适度。</p> <p>(4) 砌筑砂浆用 M2.5 、 M5 、 M10 水泥混合砂浆 , 并用机械拌制。</p> <p>(5) 粘土砖内衬 , 当烟气温度在400 以内 , 用 M2.5 混合砂浆砌筑 ; 高于400 , 应用1 : 1 或1 : 1.5 粘土砂浆砌筑 ; 耐火砖内衬砌筑灰浆一般用1 : 1 : 3 (水泥 : 耐火泥 : 砂) 或1 : 1.5 ~2 (耐火泥 : 耐火砖砂) , 或用耐火生粘土30 % ~35 % 和粘土熟料70 % ~65 % , 调水配成。砌硅藻土砖用1 : 1.5 ~2 (耐火生粘土 : 砂) 耐火粘土砂浆</p>



续表

序号	项 目	内 容
3	施工机具方法	<p>砖烟囱施工机具、方法按所采用砌筑脚手不同分为：</p> <p>①）外脚手施工法：沿烟囱外围搭设双排或三排脚手架作为砌筑操作平台及上料提升架。适用于砌筑30m 以下的烟囱。</p> <p>②）外部提升式脚手施工法：在筒身外设钢管或型钢构架式龙门架一座，或按等边三角形立三座竖井架，用脚手杆联成整体，高度比烟囱高5 ~8m ，并拉缆风绳。在筒身与龙门架（或竖井架）之间（宽0.8 ~1.2m ）悬吊提升式外操作台（图2 -21），用卷扬机（竖井架用倒链）提升操作台进行操作。适于30m 以下的烟囱施工。</p> <p>③）内脚手竖井架与升降工作台施工法：在烟囱内设木或钢制竖井架，作为运输材料、悬挂工作台，人员上下及定中心用。在井架上用8 ~12 个1 ~3t 倒链提升升降式工作台（图2 -22），供施工操作和堆放材料，随着筒身升高，用倒链不断提升工作台。适用于砌筑40m 以上，顶部口径大于2m 的烟囱</p>
4	筒身内衬砌筑方法	<p>①）砌筑前，应先在基础上排砖，外径小于7m ，采用顶砌；大于7m 的勒脚和筒身可采用顺砌或一顺一丁砌法（图2 -23），上下与内外砖缝应交错，上下两皮辐射砖缝错开1/4 砖，环状砖缝错开1/2 砖。筒身为一砖时，应用整砖，其余可用1/2 砖，但上下层与整砖交替砌筑；水平灰缝应为8 ~10mm ，垂直灰缝厚为5 ~15mm ，垂直缝里口不小于5mm ，外口不大于15mm ，砂浆饱满度应达到95 %以上。</p> <p>②）砌筑可用刮浆法或挤浆法，不宜采用灌浆法，每砌3 ~5 皮砖应随即勾缝，内壁灰缝要刮平，外壁勾平缝或凹缝。</p> <p>③）筒身每砌完一步架（1.2m ），应检查一次筒身中心线、圆周、垂直度和坡度。测中心线，系以大线锤对准基础中心点，上端固定在筒壁木杠或井架横梁上，以此作中心轴线，用带水平尺的木杆测定半径，尺杆按每砌5 ~10 皮砖检查一次，控制圆周、垂直度和坡度。采用插杆式工作台施工，用图2 -23 所示工具来控制，用铁水平检查上口水平，发现过大偏差，及时纠正。</p> <p>④）筒身上埋设件应于砌砖时埋入，不得砍凿筒身。</p> <p>⑤）内衬砌筑一般与筒身同时进行，亦可在筒身完成后进行。半砖内衬用顺砌法，互相咬槎1/2 砖，一砖厚用丁砌或丁顺分层砌法，互相咬槎1/4 砖。</p> <p>⑥）内衬应逐层砌筑，不得用齿形或阶梯接缝。内皮表面要平整。筒身与内衬之间的空隙不得落入砂浆或砖屑，当填隔热材料时，每4 ~5 皮砖应填塞一次，并轻捣实，每隔2 ~2.5m 砌一皮减荷带。每隔10 皮砖在水平距离1m 左右挑出一砖与筒壁相顶，顶砖与筒壁之间留10mm 的温度缝，上下两层顶砖应错开</p>

续表

序号	项 目	内 容
5	允许偏差	(1) 砖烟囱中心线垂直度允许偏差如表2 -10 所示。 (2) 砖烟囱内衬灰缝厚度的允许增大值和允许增大灰缝的数量如表2 -11 所示。 (3) 砖烟囱筒身砌体尺寸的允许偏差如表2 -12 所示

表2 -9 砖烟囱上部的最小配筋要求

序号	配筋方式	烈度和场地类别		
		6 度 、 类场地	7 度 、 类场地	7 度 、 类场和地和 8 度 、 类场地
1	配筋范围	由0 .5H 到顶部		H ≤30m 时全高 H >30m 时由0 .4H 到顶部
2	竖向配筋	8 ，间距500 ~700mm 且不少于6 根	10 ，间距500 ~700mm ，且不少于6 根	
3	环向配筋	8 ，间距500mm		8 ，间距300mm

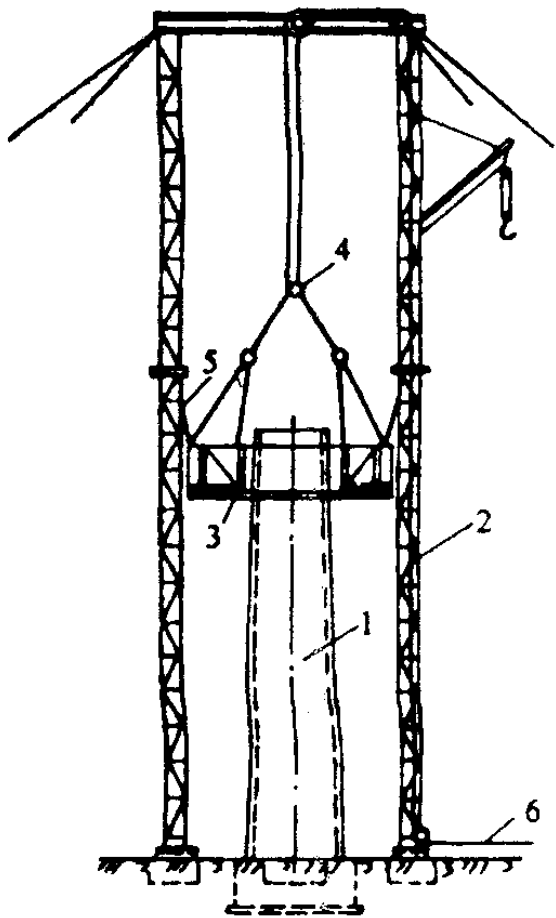


图2 -21 龙门架及提升式外操作台  
1 - 砖烟囱 ;2 - 龙门架或钢竖井架 ;  
3 - 提升式操作台 ;4 - 提升滑轮系统 ;  
5 - 临时挂钩或倒链 ;6 - 接卷扬机或铰磨

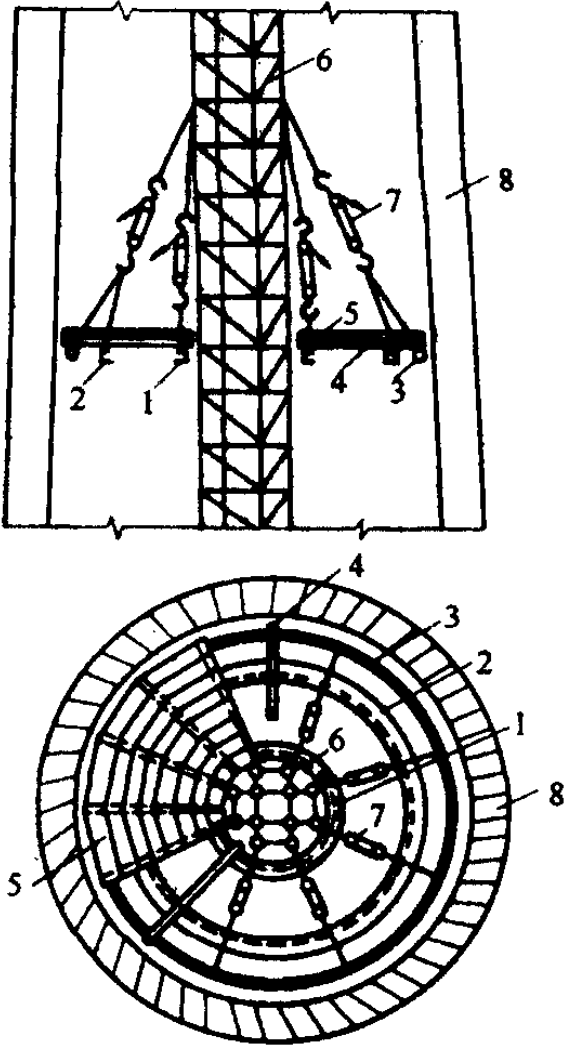


图2 -22 竖井架与升降式内工作台  
1 - 内槽钢圈 ;2 - 外槽钢圈 ;3 - 附加圆钢圈 ;  
4 - 木楞 (60mm ×100mm 或90mm ×120mm ) ;  
5 - 铺 木板 (60mm 厚 ) ;6 - 竖井架 ;7 - 倒 链 ;  
8 - 筒壁

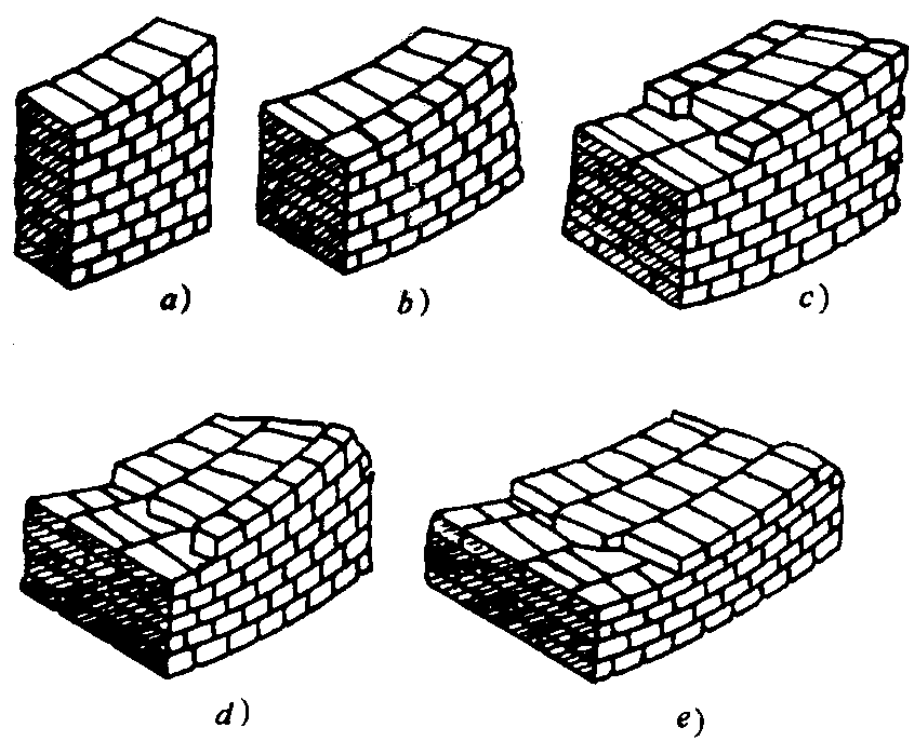


图2 -23 筒身砖层排列

a) 一砖 ;b) 一砖半 ;  
c) 二砖 ;d) 二砖半 ;  
e) 三砖

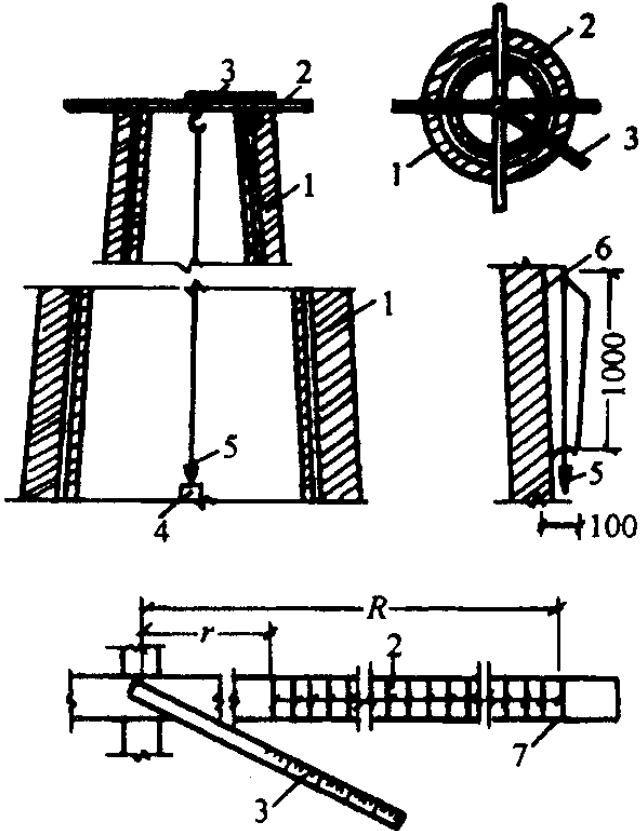


图2 -24 检查烟囱工具

1 - 筒壁 ;2 - 十字杠 ;3 - 活动轮杆 ;4 - 中心桩 ;  
5 - 线锤 ;6 - 检查坡度靠尺板 ;7 - 每米收分刻度  
R - 基础上口外径 ;r - 烟囱顶外径

表2 -10 砖烟囱中心线垂直度允许偏差

序号	筒身标高	允许偏差
1	20m	35mm
2	40m	50mm
3	60m	65mm
4	80m	75mm
5	100m	85mm

注 :1 . 表中允许偏差值系指一座烟囱在不同标高的允许偏差 ;  
2 . 中间值用插入法计算 ;  
3 . 每砌筑1 2m 高度检查一次 , 对检查出的偏差 , 应在砌筑过程中逐渐纠正。

表2 -11 砖烟囱内衬灰缝厚度的允许增大值和允许增大灰缝的数量

序号	内衬 的种类	灰缝厚度 (mm )	灰缝厚度允许 增大值 (mm )	在5m <sup>2</sup> 的表面上抽查10 处 允许增大灰缝的数量 (处)
1	烧结普通砖	8 +4		
2	粘土质耐火砧 和耐酸砧	4	+2	

注 : 内衬表面上的局部凸凹不平 , 沿半径方向不得超过30mm 。

表2 -12 砖烟囱筒身砌筑尺寸的允许偏差

序号	名 称	允许偏差值
1	筒身高度	筒身全高的0 .15 %
2	筒身任何截面上的半径	该截面筒身半径的1 % ，且不超过30mm
3	筒身内外表面 的局部凸凹不平（沿半径 方向）	该截面筒 身半径 的1 % ，且不超过30mm
4	烟道口的中心线	15m m
5	烟道口的标高	20m m
6	烟道口的高度和宽度	-20m m

注：应每砌筑1 2m 高度检查一次半径，对检查出的偏差，应在砌筑过程中逐渐纠正。

第四节 砖墙面勾缝

砖墙面勾缝应符合表2 -13 的要求。

表2 -13 砖墙面勾缝要求

序号	项目	内容
1	准备工作	砌墙面勾缝前，应做好下列准备工作： ①）每砌完一步架清水墙，应及时划缝及清理墙面粘结的砂浆、泥浆和杂物等。勾缝前应再次清理，并洒水湿润。 ②）开凿瞎缝，并对缺棱掉角的部位用与墙面相同颜色的砂浆修补平整。 ③）将脚手眼内清理干净并洒水湿润，用与墙面强度等级相同的砖和砂浆补砌严密
2	采用材料	砖墙勾缝一般采用1 1 5 水泥砂浆（水泥 细砂）。勾缝完毕后应清扫墙面
3	勾缝形式	勾缝形式有平缝、斜缝、凹、凸缝等，凹缝深度一般为4 ~5mm ，如图2 - 25 所示
4	质量要求	墙面勾缝应横平竖直，深浅一致、接缝平整并压实压光，不得有丢缝、开裂和粘结不牢现象

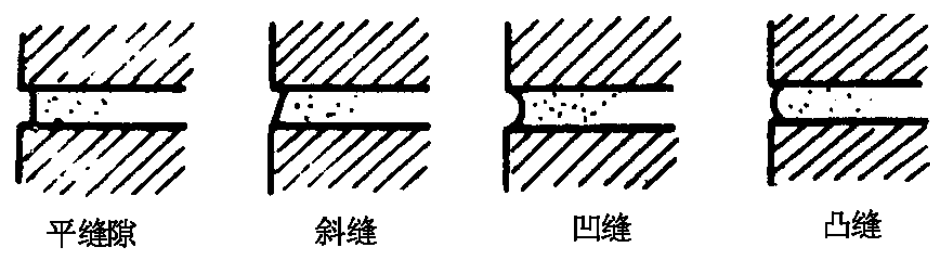


图2 -25 砖墙勾缝形式

## 第五节 质量要求及检验评定标准

### 一、保证项目

(1) 砖的品种、强度等级必须符合设计要求。

检验方法：观察检查、检查出厂合格证或试验报告。

(2) 砂浆品种必须符合设计要求，强度必须符合下列规定：

同品种、同标号砂浆各组试块的平均强度不小于 $f_{m\ k}$ 。

任意一组试块的强度不小于 $0.75f_{m\ k}$ 。

检验方法：检查试块试验报告。

注：砂浆强度按单位工程内同品种、同标号砂浆为同一验收批评定。当单位工程中同品种、同标号砂浆按取样规定，仅有一组试块时，其强度不应低于 $f_{m\ k}$ 。

(3) 砌体砂浆必须密实饱满，实心砖砌体水平灰缝的砂浆饱满度不小于80 %。检查数量：每步架抽查不少于3 处。检验方法：用百格网检查砖底面与砂浆的粘结痕迹面积，每处掀3 块砖取其平均值。

(4) 外墙的转角处严禁留直槎，其他临时间断处，留槎的做法必须符合本章的规定。

检验方法：观察检查。

### 二、基本项目

(1) 砖砌体上下错缝应符合以下规定：

合格：砖柱、垛无包心砌法；窗间墙及清水墙面无通缝；混水墙每间（处）4 ~6 皮砖的通缝不超过3 处。

优良：砖柱、垛无包心砌法；窗间墙及清水墙面无通缝；混水墙每间（处）无4 皮

砖的通缝。

检查数量：外墙，按楼层（或4m 高以内）每20m 抽查1 处，每处3 延长米，但不少于3 处；内墙，按有代表性的自然间抽查10 %，但不少于3 间。

检验方法：观察或尺量检查。

注：通缝系指上下二皮砖搭接长度小于25mm。

2）砖砌体接槎应符合以下规定：

合格：接槎处灰浆密实，缝、砖平直，每处接槎部位水平灰缝厚度小于5mm 或透亮的缺陷不超过10 个。

优良：接槎处灰浆密实，缝、砖平直，每处接槎部位水平灰缝厚度小于5mm 或透亮的缺陷不超过5 个。

检查数量：同第（1）条的规定。

检验方法：观察或尽量检查。

3）预埋拉结筋应符合以下规定：

合格：数量、长度均应符合设计要求和本章的规定，留置间距偏差不超过3 皮砖，

优良：数量、长度均应符合设计要求和本章的规定，留置间距偏差不超过1 皮砖。

检查数量：同第（1）条规定。

检验方法：观察或尺量检查。

4）留置构造柱应符合以下规定。

合格：留置位置应正确，大马牙槎先退后进；残留砂浆清理干净。

优良：留置位置应正确，大马牙槎先退后进；上下顺直；残留砂浆清理干净

检查数量：同第（1）条规定。

检验方法：观察检查。

5）清水墙面应符合以下规定：

合格：组砌正确，刮缝深度适宜，墙面整洁。

优良：组砌正确，竖缝通顺，刮缝深度适宜、一致，楞角整齐，墙面整洁美观。

检查数量：同第（1）条的规定。

检验方法：观察检查。

### 三、允许偏差项目

砖砌体的尺寸和位置的允许偏差如表2 -14 所示。

表2 -14 砖砌体的尺寸和位置的允许偏差

序号	项目			允许偏差			检验方法
				基础	墙	柱	
1	轴线位移			10	10	10	用经纬仪复查或检查施工测量记录
2	基础顶面和楼面标高			±15	±15	±15	用水平仪复查或检查施工测量记录
3	墙面垂直度	每层		—	5	5	用2m 托线板检查
		全高	小于或等于10m	—	10	10	用经纬仪或吊线和尺检查
			大于10m	—	20	20	
4	表面平整度		清水墙、柱	—	5	5	用2m 直尺和楔形塞尺检查
			混水墙、柱	—	8	8	
5	水平灰缝平整度		清水墙	—	7	—	拉10m 线和尺检查
			混水墙	—	10	—	
6	水平灰缝厚度 (10 皮砖累计数)			—	±8	—	与皮数杆比较，用尺检查
7	清水墙游丁走缝			—	20	—	吊线和尺检查，以每层第一皮砖为准
8	外墙上下窗口偏移			—	20	—	用经纬仪和吊线检查以底层窗口为准
9	门窗洞口宽度 (后塞口)			—	±5	—	用尺检查

## 第三章 石砌体施工

### 第一节 毛石墙施工与卵石墙施工

#### 一、毛石墙施工

毛石砌体所用石料应质地坚硬，强度等级不低于 MU20，厚度不小于 150mm，无风化剥落和裂缝等疵病，建筑一般平房，可使用石灰砂浆，建筑两层以上房屋应采用水泥砂浆。

毛石墙砌筑前要选石、做面、放线、立皮数杆、拉准线等。施工要点如下：

1．选石是从石料中选取在应砌的位置上适宜大小的石块，并有一个面作为墙面，原则是“有面取面，无面取凸”。做面是把凸部或不需要的部分用铁锤打掉，做成一个面然后砌入墙中。

2．根据基础的中心线放出墙身里外边线，挂线分皮卧砌，每皮高约 250 ~ 350mm。砌筑方法应采用铺浆法，较大的平毛石先砌转角处、交接处和门洞处，再向中间砌筑。砌前应先试摆，使大小石搭配，大面平放，外露面要平齐，斜口朝内，逐块卧砌坐浆，使砂浆饱满。石块间较大的空隙应先填塞砂浆后用碎石嵌实。灰缝宽度一般控制在 20 ~ 30mm 以内，铺灰厚度 40 ~ 50mm。

3．砌筑时，石块上下皮应互相错缝，内外交错搭砌避免出现重缝、干缝、空缝和孔洞，同时应注意合理摆放石块，不应出现图 3 - 1 所示类型砌石，以免砌体承重后发生错位、劈裂、外鼓等现象。

4．如砌筑时毛石的形状和大小不一，难以每皮砌平，亦可采取不分皮砌法，每隔一定高度大体砌平（图 3 - 2）。

5．为增强墙身的横向力，毛石墙在每 0.7m<sup>2</sup> 墙面至少应设置一块拉结石。拉结石应均匀分布，互相错开（图 3 - 3）。在同皮内的中距不应大于 2m。拉结石长度，如墙厚等于或小于 40cm，应等于墙厚；墙厚大于 40cm，可用两块拉结石内外搭接，搭接长度



不应小于15cm 且其中一块长度不应小于墙厚的2/3。

6．安放在转角处的“角石”应呈直角，见图3 -4。丁字接头应选取较为平整的长方形石块，长短纵横上下皮相互错缝咬住槎，不能通缝。见图3 -5。

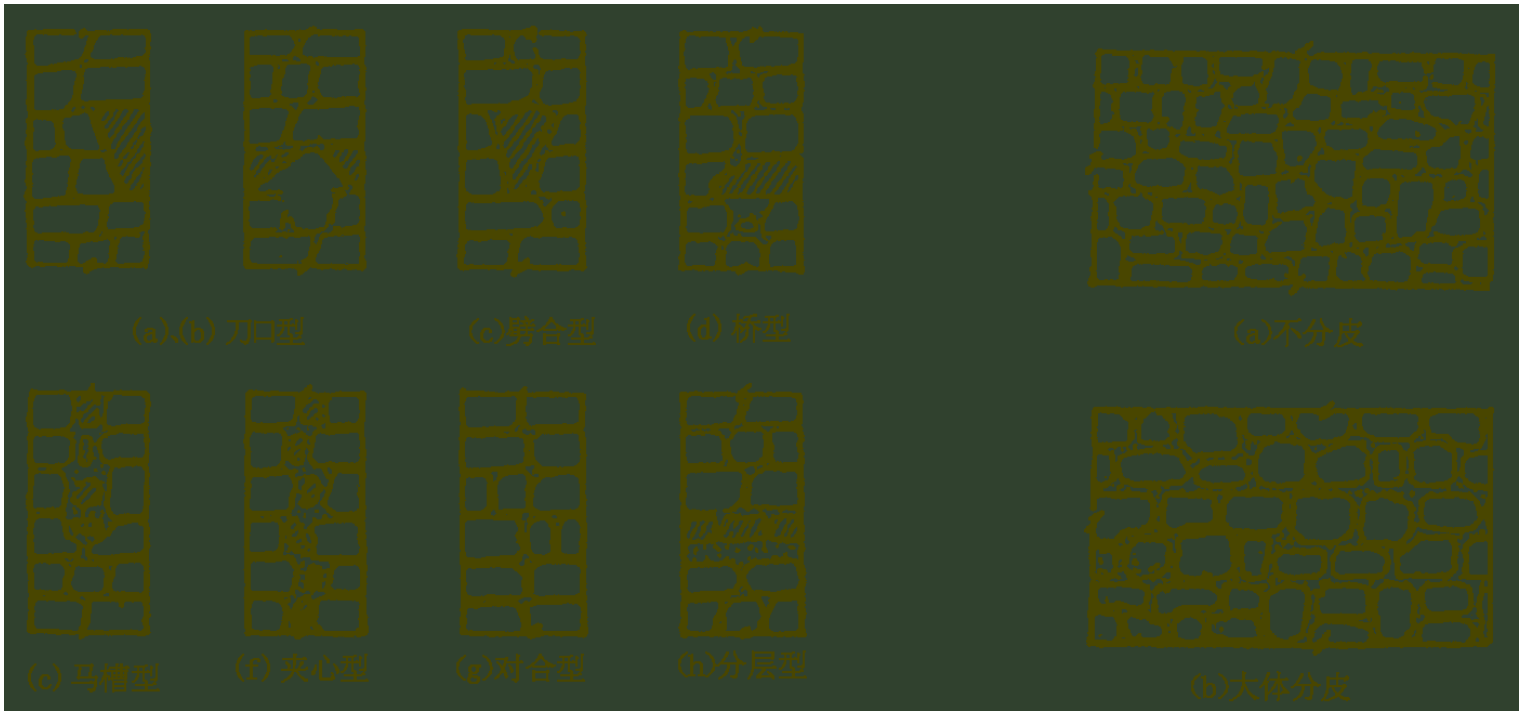


图3 -1 错误的砌石类型

图3 -2 毛石墙不分皮砌法

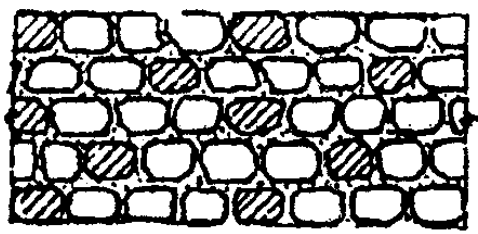


图3 -3 拉结石设置

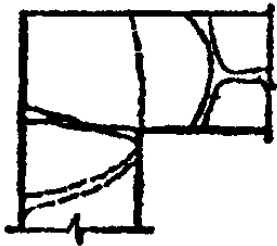


图3 -4 转角墙

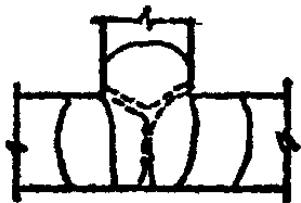


图3 -5 丁字搭接

7．毛石砌体每日砌筑高度不应超过1.2m，正常气温下，停歇4h 后可继续垒砌。每砌1.2m 应大致找平一次，中途停工时，石块缝隙内应填满砂浆，但该层上表面须待继续砌筑时再铺砂浆。砌至楼层高度时，应全面找平。

8．第一层石块应大面向下，其余各层应利用自然形状相互搭接紧密，并要选择比较平整的一面砌朝外面，较大空隙用碎石填塞。上下石块要相互错缝，内外搭接，墙中不应放斜面石和全部对分石，见图3 -6。不得采用外面侧立石块中间填心的砌法。整个墙体应分层砌筑，每层厚大约30 ~40cm，如不能同时砌筑，应留梯形斜槎（图3 -7），其高度不应超过1.2m，不得留锯齿形直槎。砌体灰缝控制在20 ~30mm 左右，每天砌筑高度 1.2m。

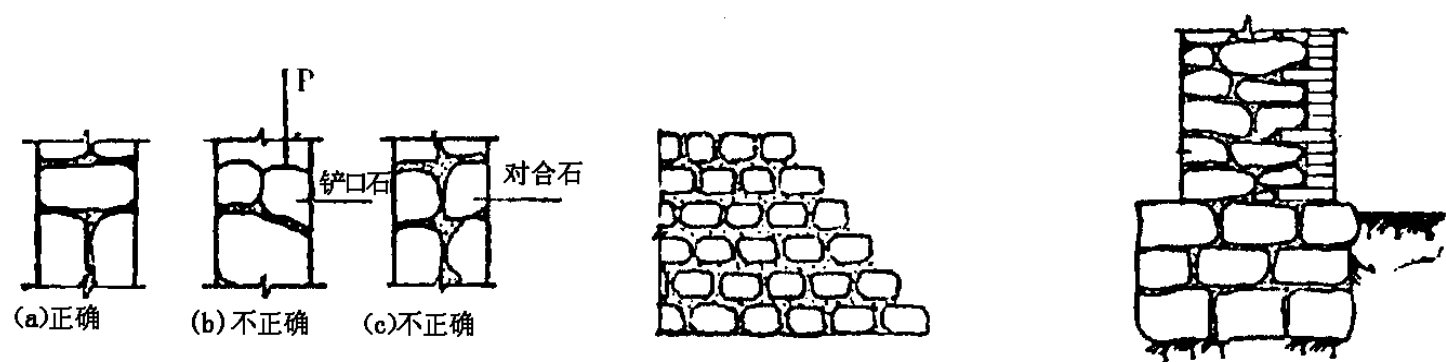


图3 -6 毛石墙砌筑      图3 -7 斜槎留法      图3 -8 毛石与砖组合墙

9．如果砌毛石与砖的组合墙时，毛石与砖同时砌筑，并每隔4 ~6 皮砖加砌一皮丁砖层，使其与毛石砌体拉接（图3 -8）。墙中门窗洞可砌砖平拱或放置钢筋混凝土过梁，并应与窗框间预留1cm 下沉高度。

10．石墙勾缝应保持砌合的自然缝，一般采用凸缝或平缝。勾缝砂浆采用1 :1 5 水泥砂浆或水泥石灰砂浆。

## 二、卵石墙施工

常用于建筑2 ~3 层民用建筑和工业辅助建筑的围护墙，以及用于砌筑护坡、挡土墙等。墙厚一般为30cm。

一般要用质地坚硬、表面洁净、不易风化并具有一定扁平程度的大卵石，砌筑砂浆多用人工拌和，流动度2 ~5cm。

卵石墙的砌筑有人字砌法和品字砌法两种（图3 -9）。

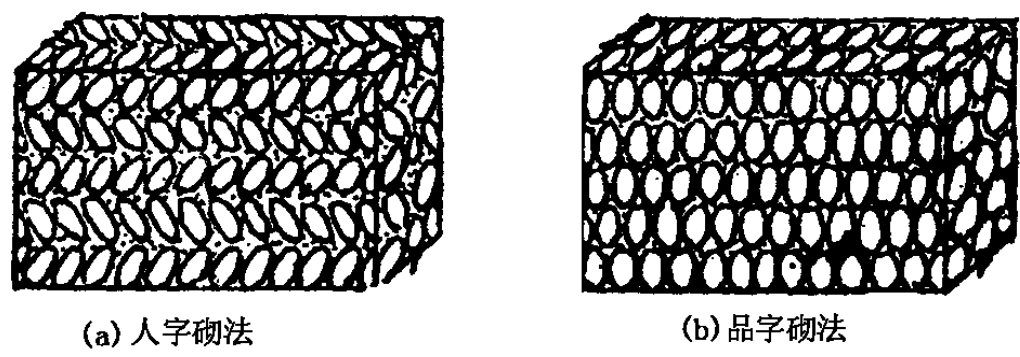


图3 -9 卵石墙砌法

“人”字砌法：墙体平、立面上砌筑卵石为“人”字形组砌。砌筑多用双面挂线，先用较大较方整毛石或平整大卵石或砌体，砌于转角处，作标石或联结石，双面挂线后按线铺砌。铺放卵石时，在平面上应大面向外，在立面上应大头向上。卵石与卵石斜向靠紧接触，下部坐于砂浆层上，一层砌完后，上铺30mm 厚砂浆，再用同样方法靠紧接触，只是卵石铺砌斜度与下层相反。内外卵石间隙可用小卵石填心，日砌高度以0.5 ~

0.7m 为宜。

“品”字砌法：卵石平放，平面和立面上卵石均为“品”字形交错。先用较大较方整石块砌四大角兼作标石，然后双面挂线，卵石铺放大面向下，小头向内，先铺砂浆后砌卵石，并用碎石渣填塞平稳，使上下卵石接触。

## 第二节 料石墙施工

### 一、料石墙的砌筑

用于镶面的粗料石的外露面应加以修凿，可修凿成粗凿面（石料表面凹入深度不超过15mm），或加凿边框，边框用扁钻铲平，宽30~50mm，中间部分可为天然面或粗凿面，但不应高出边框20mm。在粗料石墙砌筑前应按石料及灰缝厚度计算好层数，使其符合竖向尺寸。砌筑时，每一行中必须是一顶一顺排列，厚度不小于200mm，长度不大于厚度的3倍。每一行的垂直灰缝必须错开，错缝一般不小于100mm，灰缝的厚度为15~200mm，砌体应用铺浆法砌筑，垂直缝中应填满砂浆并插捣至溢出为止。砌体的转角处或交接处应用石块相互搭砌。如交接处搭砌有困难时，则应在每一楼层范围内至少设置钢筋网2道。

### 二、条石墙的砌筑

条石墙用的石材宽度一般为200~300mm，外露面有细凿面和不凿面。墙体排列方法采用单皮顺砌，上下皮必须错缝搭接，搭接长度不小于该条石的1/3。双轨条石排列也是顺砌，但上下左右竖缝均应错开。在条石墙砌筑前应按墙体厚度、设计要求，预先计算层数和选定排列方法、尺寸。砌筑时应用铺浆法砌筑，铺浆厚度40~50mm，灰缝厚度200mm，竖缝应用砂浆填灌插捣至溢出为止。对于双轨条石墙由厚薄不同的两种条石砌成，一皮为内薄外厚，另一皮为内厚外薄，上下皮石块内外交错，交错的搭接长度应大于100mm。

## 第四章 砌块砌体施工

### 第一节 施工准备

#### 一、材料

- 1. 砌块：按照建筑平面、层高等模数的要求，选用适当规格的砌块，这样在施工中就可做到不镶砖和少镶砖。断折、缺损的砌块不宜使用，有裂缝的砌块不宜用在承重墙和清水墙上。了解最大砌块的尺寸、单块重量，以便确定砌块的运输方式。砌筑时要提前浇水湿润，并清除表面尘土。
- 2. 砖：当砌块模数不能符合设计尺寸要求时，应用普通砖来镶砌调整。
- 3. 砂浆材料：水泥、砂、掺合料等。
- 4. 木砖、拉结筋、埋件。

#### 二、场地

砌块比砖大得多、重得多；有多种规格；搬运不便。因此，场地布置很重要。

砌块堆放场地和运输道路应平整、夯实，铺垫砂石或煤渣，开沟排水。砌块的堆放，要考虑砌块如何运送到砌筑地点和配合操作顺序，尽可能避免二次搬运。砌块规格、数量要配套、备足，不同规格的砌块应分别堆放，堆垛上应有标志，垛间应留有通道。砌块应上下皮交错叠放，堆放高度不宜超过3m。

根据选用运输机具和吊装工艺，做好场地平面布置。砌块堆垛应布置在吊装机具行走路线的有效回转半径和高度范围之内。

第二节 施工技术

一、砌块排列

认真阅读图纸，按砌块规格、灰缝厚度，绘制砌块排列图，同时画好皮数杆。放出第一皮砌块的轴线、边线、洞口线和分块线后，应抄平、立好皮数杆。

砌块排列的原则和作法是：

- 1．尽量采用主规格砌块，使墙体有较好的整体性和稳定性，并做到砌块对称、立面美观。不足一块时可用次规格替代，尽量做到不镶砖。
- 2．砌块应错缝搭接，搭接长度：中型砌块不得小于块高的 $1/3$ ，并不得小于15cm；小型砌块不得小于9cm。当达不到搭接长度要求时，应设2 4 钢筋网片联结加固，网片两端离该垂直灰缝的距离不得小于30cm。
- 3．纵横交接处应分皮交错搭砌。纵横墙及转角处要隔皮相互咬槎（图4 -1）。必须镶砖时，应分散布置。

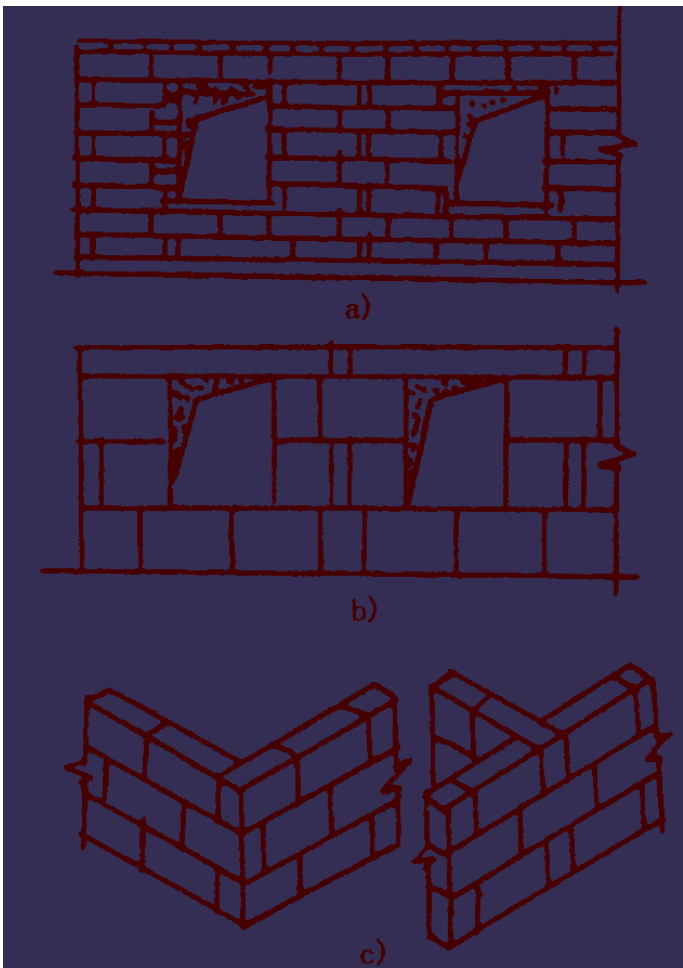


图4 -1 中型砌块排列示意图

a)、b) 中型砌块排列图 c) 砌块拼接示意

4. 层高不同的房屋应分层排列，有圈梁的要排列到圈梁底。如果砌块尺寸不符合楼层高度，则可在砌块顶部砌砖补齐；有圈梁时，也可用加厚圈梁混凝土来调节高度。

二、砌筑工艺顺序

阅读施工图 砌块排列 施工准备 找出墨斗线位置、立皮数杆 将预先浇好水的砌块吊至指定位置 根据墨线摊铺砂浆 砌块就位、找正 灌嵌竖缝 砖镶砌 质检后勾缝 清扫墙面 清扫工作面。

三、砌筑要点

- 1. 砌块吊装前宜大堆浇水湿润，并将表面浮渣、泥土、脏物清除，垂直堆放。
- 2. 砌块安装前，应核对楼地面标高，内外墙测量及弹线，划出墙身边线、门洞尺寸线、第1皮砖块的排砌位置。
- 3. 砌块墙应从转角处或定位砌块开始砌筑；安砌顺序一般为先外墙后内墙，先远后近，从下而上按流水分段安砌；在一个吊装半径范围内，内外墙必须同时砌筑；砌块应逐皮均匀地安砌，不应集中安砌一处；附墙垛应与墙体同时砌筑交错搭接。如必须留槎，应留阶梯形斜槎（踏步槎）。
- 4. 砌筑砌块宜用混合砂浆，强度等级不低于M2.5，稠度5~8cm。铺砂浆可用瓦刀或配合摊灰尺铺平，砂浆厚度1~2cm（有配筋的水平缝1.5~2.5cm），铺灰长度较砌块长些，宽度宜缩进墙面约5mm。
- 5. 安砌时将砌块平整的一面朝向正面，放在铺好的砂浆上，以准线校正砌块的位置和平整度，较大的砌块可用水平尺校正。砌块安装时要防止偏斜及碰掉棱角，防止挤走已铺好的砂浆。砌筑过程中，要经常用托线板及水平尺检查砌块的垂直度和平整度；小量偏差可用瓦刀或撬棒拨正，较大偏差应吊起（抬起）后重新安放，同时将原铺砂浆铲除重新铺砂浆。
- 6. 砌完两块以上的砌块以后，应用夹板夹住进行竖缝灌浆。小型砌块灰缝8~12mm，中型砌块15~20mm。如竖缝宽度大于3cm，应支工具式模板，用细石混凝土灌实。砂浆饱满度水平灰缝不得低于90%，竖缝不得低于60%。应做到灰缝横平竖直。灌竖缝后即用原浆勾缝。灌完竖缝后的砌块，不得撞碰或撬动，如有移动，应重新铺砌。
- 7. 空心砌块墙可在外墙转角处、楼梯间四角的砌体孔洞内设置不小于12的竖向钢筋，此筋贯通全部墙身高度，并锚固于基础和楼层屋盖圈梁内，钢筋接头用电焊焊

接，如用绑扎接头，其搭接长度不得小于35d（d 为钢筋直径）。该处砌块孔洞应用细石混凝土浇捣密实。每次灌孔高度比砌块顶面低10cm 左右。

8．门窗框用铁钉固定在嵌入砌块或灌浆槽的楔形木樁上，亦可利用铁脚或螺栓固定。

9．砌块墙与后砌半砖墙交接处，应在沿墙高80cm 左右的水平灰缝内设置2 4mm 钢筋网片，伸入砌块墙两侧及半砖墙的长度不得小于30cm。设有构造柱的砌块墙，墙与柱之间应沿墙高在每皮水平灰缝中设2 6mm 钢筋联结，埋入墙内长度不小于1m；构造柱还应与圈梁联结。

10．空心砌块上端应封顶。为防止外墙渗漏，墙面宜抹灰。

第三节 质量检验表

表4 -1 砌块墙体的允许偏差和检验方法

项次	项 目	允许偏差（mm）	检查方法
1	轴线位移	10	用经纬仪、水平仪复查或检查施工记录
2	基础或楼面标高	±15	同上
3	每楼层垂直度	5	用吊线法检查
	全高垂直度（<10m）	10	用经纬仪或吊线、尺检查
	全高垂直度（>10m）	20	同上
4	表面平整：中型砌块墙	10	
	小型砌块墙：清水墙	5	■ 用2m 靠尺和塞尺检查
	混水墙	8	
5	清水墙水平灰缝平直度	7	灰缝上口处用10m 长的张拉直并用尺检查
	混水墙水平灰缝平直度	10	
6	水平灰缝厚度：中型砌块墙	10	用尺检查
	小型砌块墙	+10。 -5	用尺检查（连续5 皮砌块累计数）
		±10	
7	垂直灰缝宽度：中型砌块墙	+10， -5	用尺检查
		>30（细石混凝土）	

续表

项次	项 目	允许偏差（mm）	检查方法
8	小型砌块墙	±15	用尺检查（连续5 皮砌块累计数，包括凹面深度）
	门窗洞口宽度（后塞框）：	+10 ,5	用尺检查
	中型砌块墙	±50	用尺检查
9	小型砌块墙		
	中型砌块清水墙游丁走缝	20	用吊线和尺检查



## 第五章 砌筑用脚手架

砌筑用脚手架是墙体砌筑过程中堆放材料和工人进行操作的临时设施。工人在地面或楼面上砌筑砖墙时，劳动生产率受砌体的砌筑高度影响。在距地面0.6m左右时生产率最高，砌筑高度低于或高于0.6m时生产率下降，砌筑到一定高度，不搭设脚手架则砌筑工作即不能进行。考虑砌筑工作效率及施工组织等因素，每次搭设脚手架的高度确定为1.2m左右，称为“一步架高度”，又叫做砖墙的可砌高度。在地面或楼面上砌墙，砌到1.2m高度左右要停止砌砖，搭设脚手架后再继续砌筑。

砌筑用脚手架按常用材料分有木、竹脚手架及金属脚手架；按搭设位置分为外脚手架、里脚手架及悬挂脚手架。砌筑用脚手架要满足以下基本要求：

(1) 有足够的面积，能满足工人操作、材料堆放及运输的需要。脚手架的宽度一般为2m左右，最小不得小于1.5m。

(2) 有足够的强度、刚度及稳定性。在施工期间，在各种荷载作用下，脚手架不变形、不摇晃、不倾斜。脚手架的使用荷载，取脚手板上实际作用荷载，其控制值为均布荷载不超过 $2700\text{N/m}^2$ （砌筑用脚手架）。在脚手架上堆砖，只许单行侧摆三层。脚手架荷载变动性较大，一般在计算时按容许应力计算，取安全系数 $k=3$ 。脚手架所用材料的规格、质量应经过严格检查，符合有关规定；脚手架的构造应合乎规定，搭设要牢固，有可靠的安全防护措施，并在使用过程中应经常检查。

(3) 脚手架应搭拆简单，搬运方便，能多次周转使用。

(4) 因地制宜，就地取材，尽量节约材料。

脚手架的种类较多，现仅介绍几种常用的型式。

### 第一节 外脚手架

外脚手架是在建筑物的外侧（沿建筑物周边）搭设的一种脚手架，即可用于外墙砌筑，又可用于外装修施工。外脚手架所费工料较多，其主要型式有：多立杆式脚手架、桥式脚手架及框式脚手架等。

一、多立杆式脚手架

多立杆式脚手架按所用材料分类，有木、竹脚手架及钢管、角钢脚手架。钢管扣件式外脚手架安装拆卸方便，周转次数多，目前被广泛采用。

多立杆式外脚手架有单排、双排两种。单排脚手架仅在脚手架外侧设一排立杆，其小横杆一端与大横杆连接，另一端搁在墙上。单排脚手架节约材料，但稳定性较差，且在墙上留有架眼，其搭设高度及使用范围也受一定的限制。双排脚手架在脚手架的里外两侧均设有立杆，稳定性较好，但较单排脚手架费工费料。

钢管扣件式脚手架（图5 -1）由钢管和扣件组成。扣件为钢管与钢管之间的连接件，其基本形式有三种：直角扣件、对接扣件和回转扣件（图5 -2），用于钢管之间的直角连接、直线对接接长或成一定角度的连接。

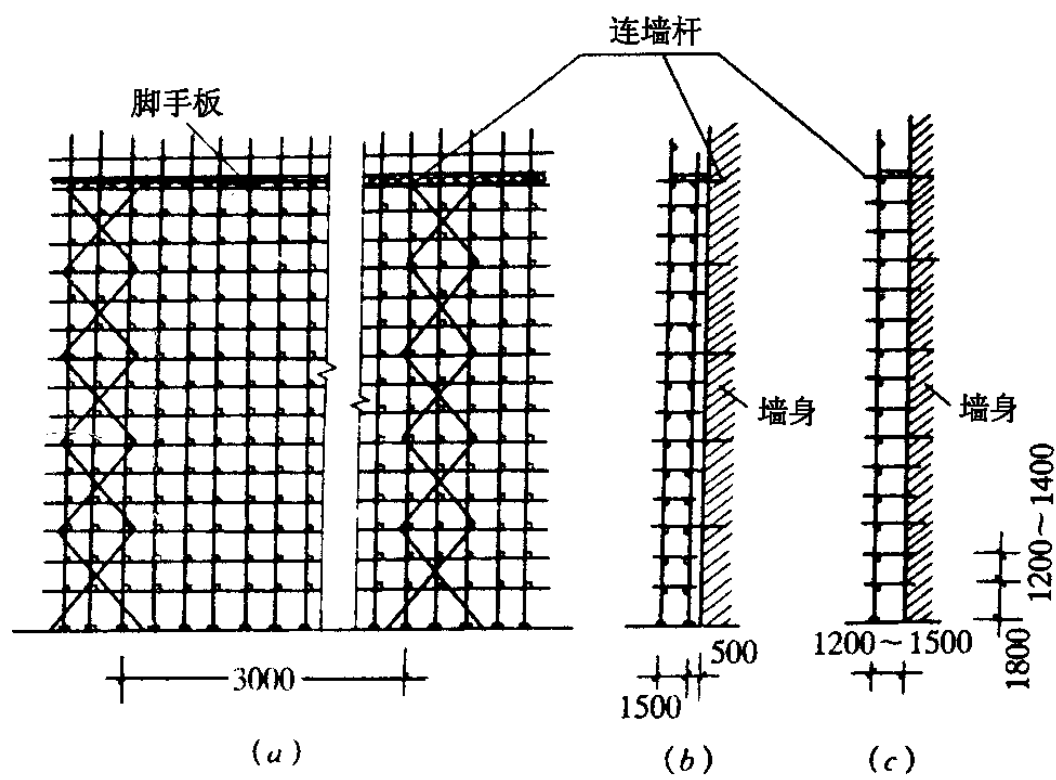


图5 -1 钢管扣件式脚手架

(a) 正立面图；(b) 侧立面图（双排）；(c) 侧立面图（单排）

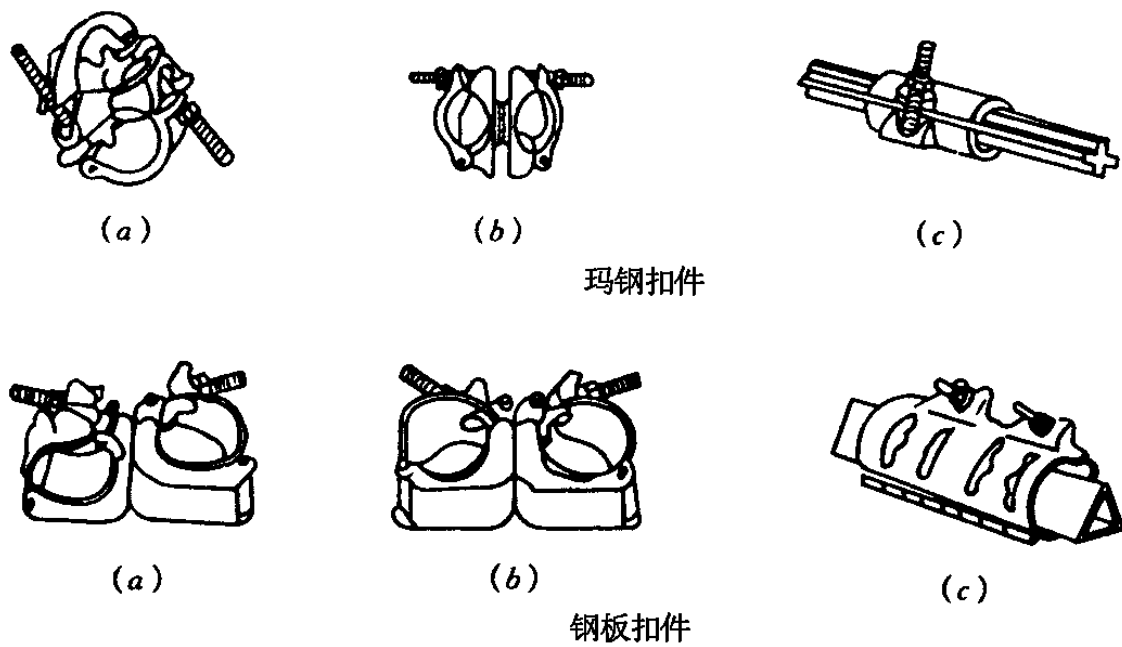


图5 -2 扣件

(a) 直角扣件；(b) 回转扣件；(c) 对接扣件

钢管扣件式脚手架的主要构件有：立杆、大横杆、小横杆、斜杆和底座等，一般均采用外径48mm，壁厚3.5mm的焊接钢管。立杆、大横杆、斜杆的钢管长度4~6.5m，小横杆的钢管长度2.1~2.3m。底座有两种，一种用厚8mm、边长150mm的钢板做底板，用外径60mm，壁厚3.5mm，长150mm的钢管做套筒，二者焊接而成（图5-3）；另一种是用可锻铸铁铸成，底板厚10mm，直径150mm，插芯直径36mm，高150mm。

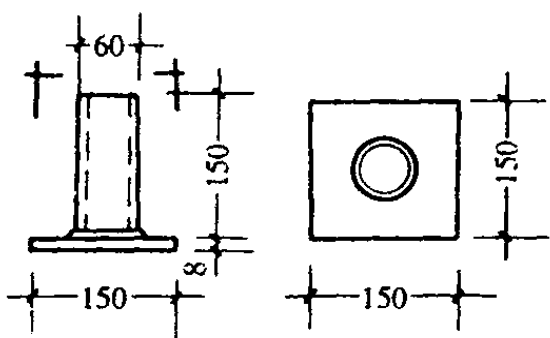


图5-3 脚手架底座

钢管扣件式单排脚手架搭设高度不超过30m，不宜用于半砖墙、轻质空心墙、砌块墙体。

钢管扣件式脚手架的立杆间距、大横杆步距和小横杆间距可按表5-1选用，最下一个步距可放到1.8m。剪刀撑在脚手架两端部双跨内设置，并在脚手架中间部位每隔30m净距双跨设置。

钢管脚手架除用扣件连接以外，还可用螺栓连接或采用承插式方法连接。前者是用螺栓代替连接用的扣件，后者是在立杆上焊承插套管，在横杆上焊插栓，用承插方式组装而成。

表5-1 钢管扣件式脚手架构造参数 m

用途	脚手架类型	里立杆距墙面距离	立杆间距		操作层小横杆间距	大横杆步距/m	小横杆挑向墙面的悬臂
			横向距墙面	纵向			
砌筑	单排	-	1.2~1.5	2.0	0.67	1.2~1.4	-
	双排	0.5	1.5	2.0	1.0	1.2~1.4	0.4~0.45
装修	单排	-	1.2~1.5	2.2	1.1	1.6~1.8	-
	双排	0.5	1.5	2.2	1.1	1.6~1.8	0.35~0.45

二、桥式脚手架

桥式脚手架由桥架和支承架组成。支承架的型式有：钢管扣件井式支承架，定型钢排组成的井式支承架，木杆井式支承架等。图5 -4 为钢管扣件井式支承架。

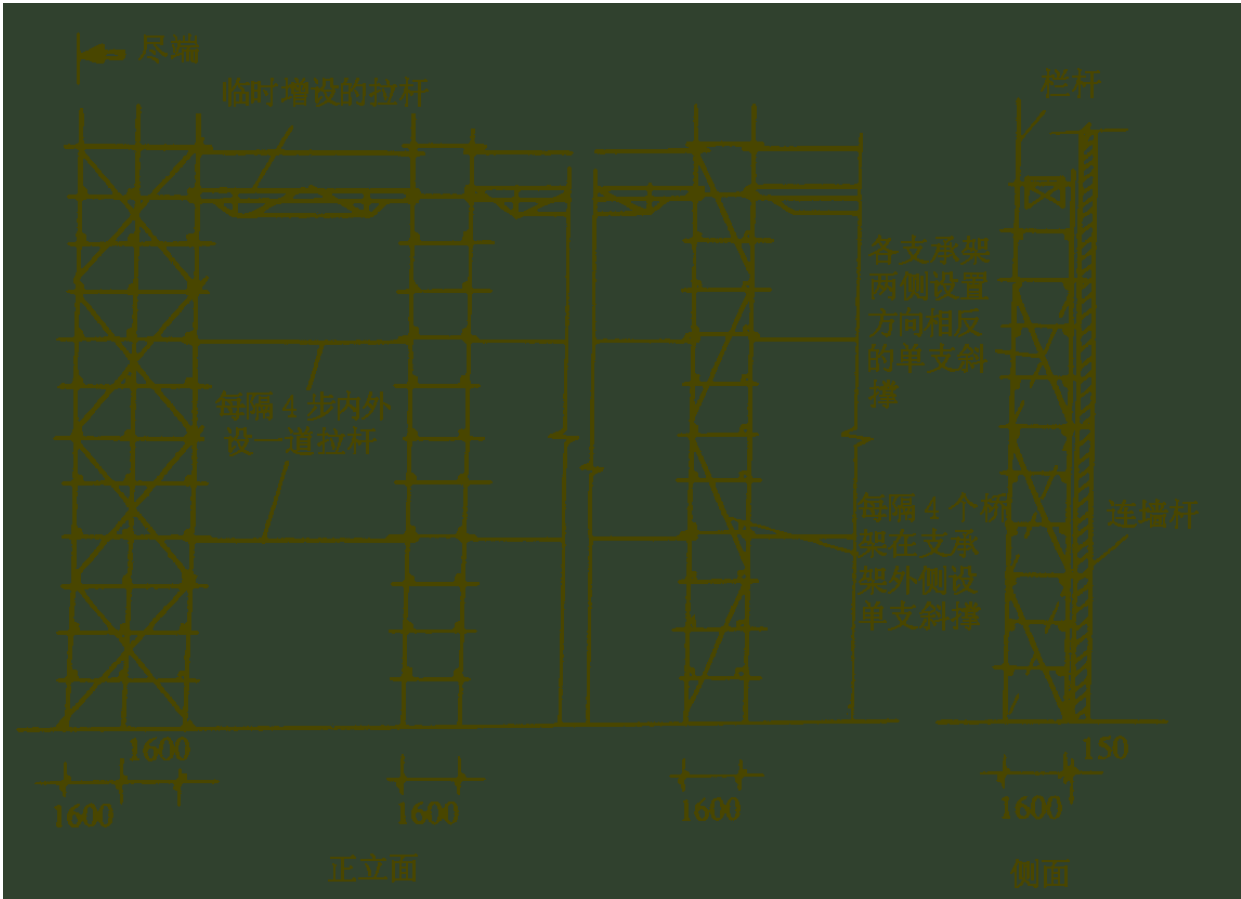


图5 -4 钢管扣件式支承架桥式脚手架

桥架又称桁架式工作平台，是由两榀桁架用水平横杆和剪刀撑连接组装，并在上面铺设脚手板而成。常用的桥架长度为3.6m、4.5m、6m 等。桥架的构造如图5 -5 所示。

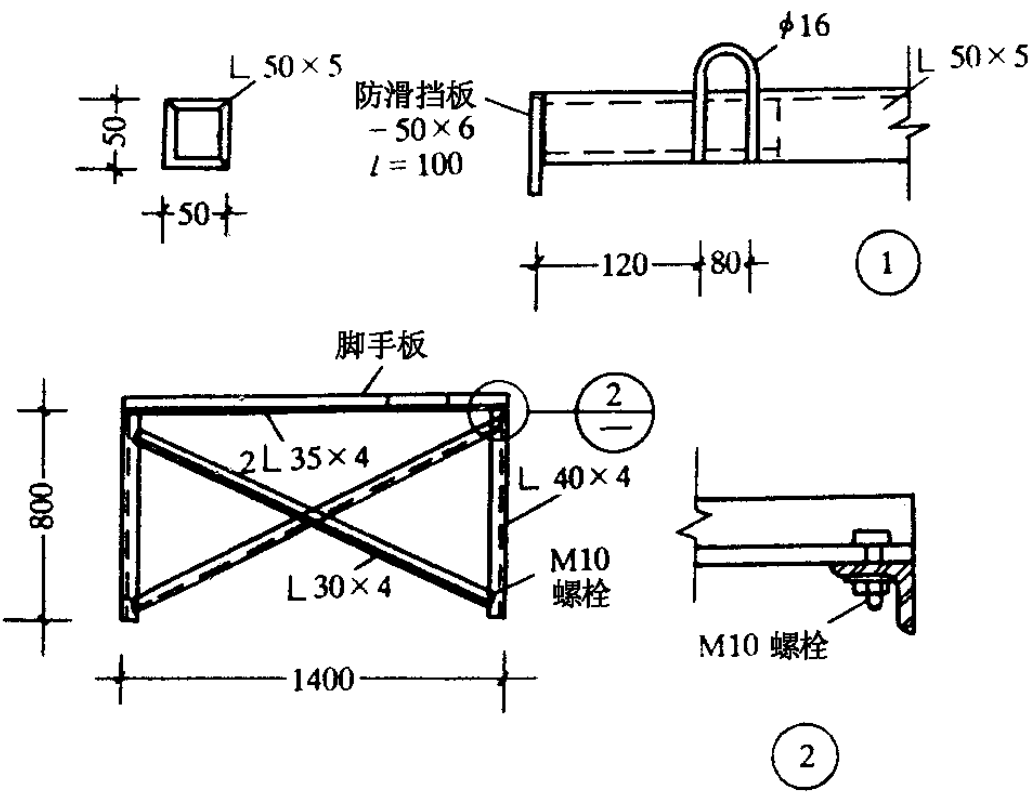


图5 -5 型钢桁架构成的桥架

桥式脚手架与多立杆式脚手架相比，减少了立杆数量，并可利用井架运送材料。桁架可以自由升降，升降的工具可采用倒链、滑轮、小型卷扬机等。升降时的吊挂点要有足够的高度（一般2~3步架高）。在升降过程中保持一端高，一端低，低端搁置后，将高端放到支承架的横杆上，如图5-6所示。

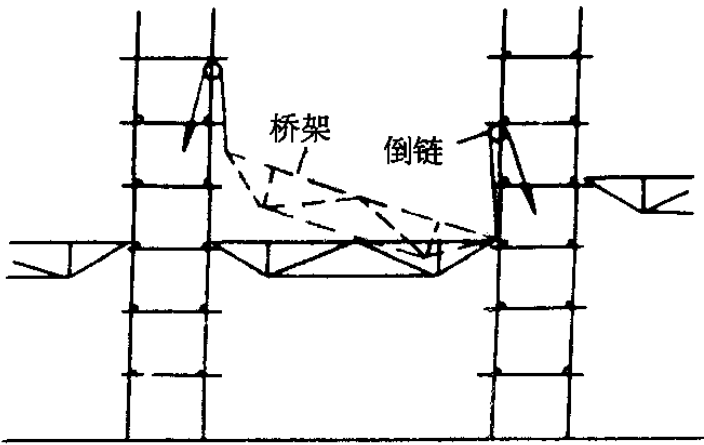


图5-6 用倒链提升桥架

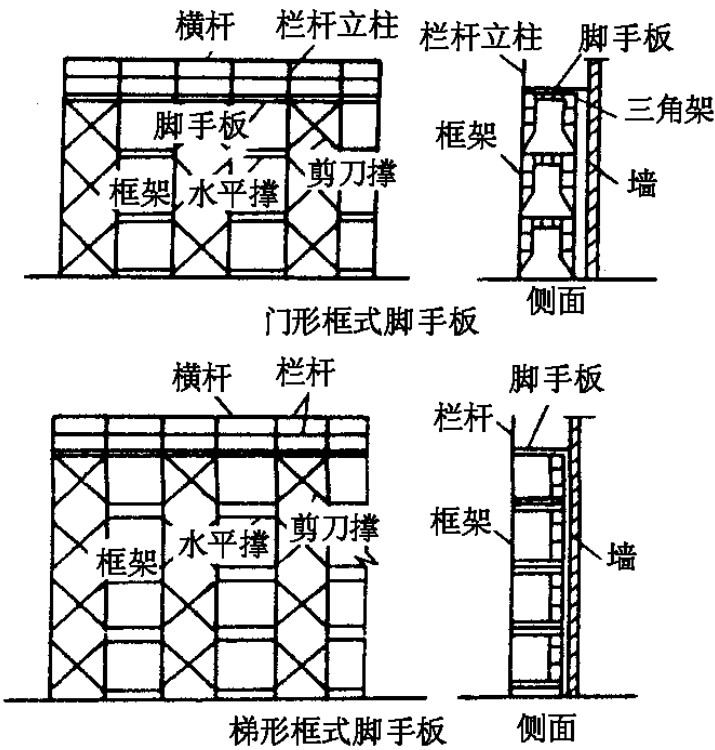


图5-7 框式脚手架搭设示意图

三、框式脚手架

框式脚手架是由钢管制成的框架和剪刀撑、水平撑、栏杆、三角架和底座等部分组成，搭设高度在20m 以内，如图5-7 所示。

框架有门形及梯形两种，如图5-8 所示。

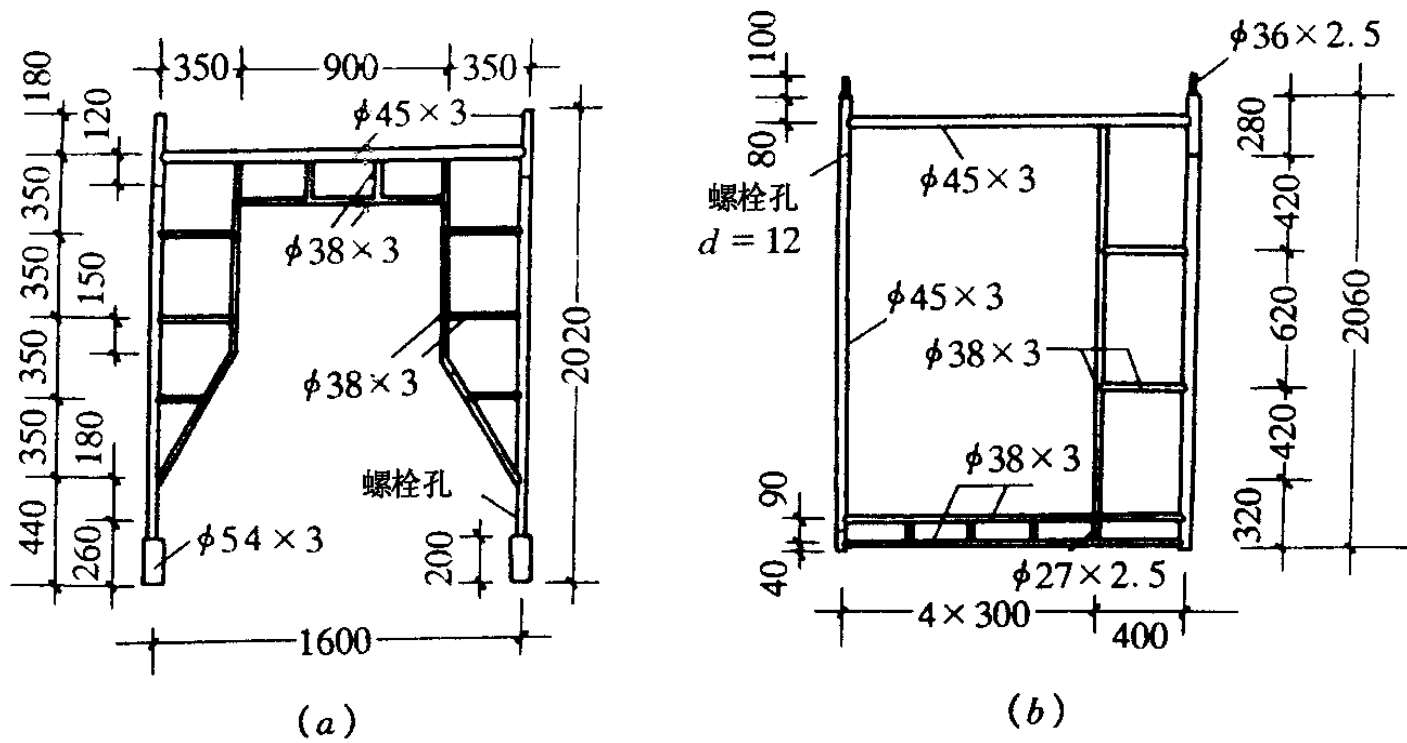


图5-8 框架结构图

框式脚手架搭设时，框架垂直于墙面，沿墙框架纵向间距1.8m，框架与框架间，隔跨分别设内外剪刀撑及水平撑（见图5-7）。框架内立柱与墙的距离，采用三角架时（三角架安装在靠墙的一边框架立柱上，上铺脚手板），为50~60cm；不用三角架时为5~15cm。

为了保证脚手架的整体稳定，在脚手架与建筑物之间设置连墙点。连墙点的布置：竖向每三步架高，纵向每六个框架设置一处，其做法如图5-9所示。

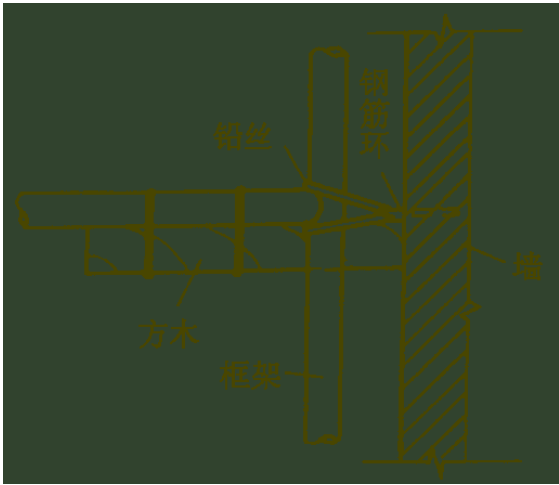


图5-9 框架与墙的连接

## 第二节 里脚手架

里脚手架是搭设在建筑物内部的一种脚手架，一般用于墙体高度不大于4m的房屋。混合结构房屋墙体砌筑多采用工具式里脚手架，将脚手架搭设在各层楼板上，待砌完一个楼层的墙体，即将脚手架全部运到上一个楼层上。使用里脚手架，每一层楼只需搭设2~3步架。里脚手架所用工料较少，比较经济，因而被广泛采用。但是，用里脚手架砌外墙时，特别是清水墙，工人在外墙的内侧操作，要保证外侧砌体表面平整度、灰缝平直度及不出现游丁走缝现象，对工人在操作技术上要求较高。

工具式里脚手架有折叠式、支柱式、门架式等多种型式。

### 一、折叠式里脚手架

#### 1. 角钢折叠式里脚手架。

角钢折叠式里脚手架搭设间距不超过2m，可搭设两步架，第一步为1m，第二步为1.65m，如图5-10所示。

#### 2. 钢管折叠式里脚手架（搭设间距不超过1.8m）。

3. 钢筋折叠式里脚手架（搭设间距不超过1.8m）。

二、支柱式里脚手架

支柱式里脚手架由若干个支柱和横杆组成，上铺脚手板。支柱间距不超过2m。支柱式里脚手架的支柱有套管式支柱及承插式支柱。

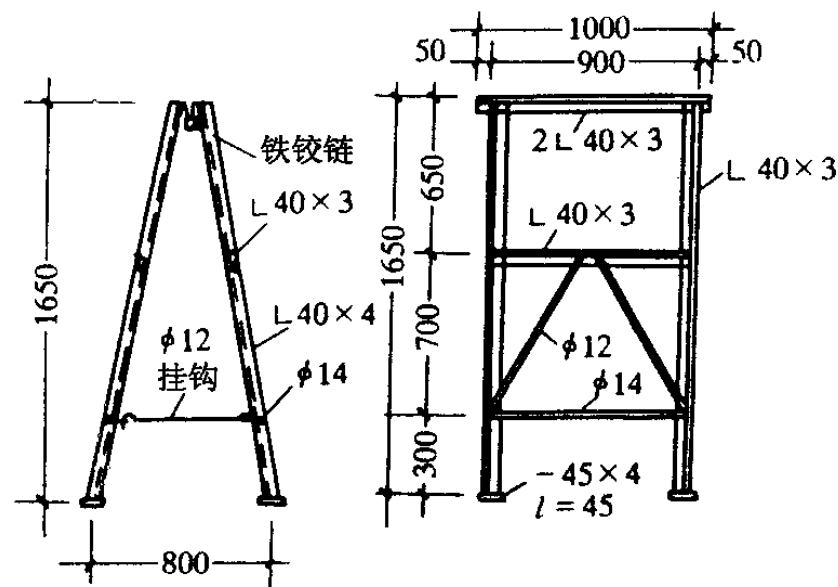


图5 -10 角钢折叠式里脚手架

1. 套管式支柱

套管式支柱（图5 -11）由立管、插管组成，插管插入立管中，以销孔间距调节脚手架的高度，是一种可伸缩式的里脚手架，其架设高度为1.57 ~2.17m。

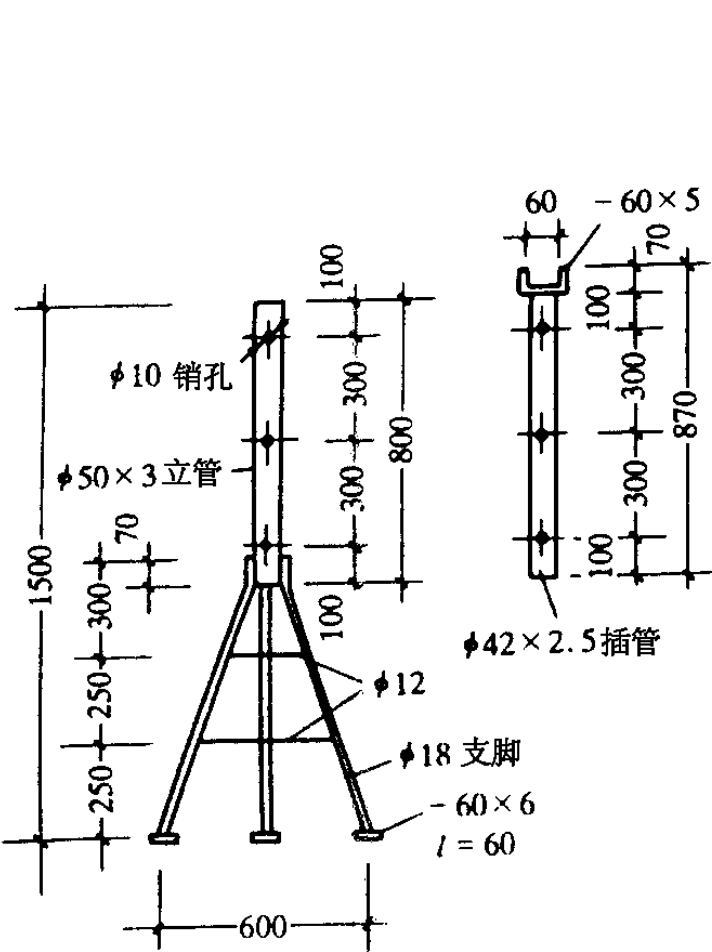


图5 -11 套管式支柱里脚手架

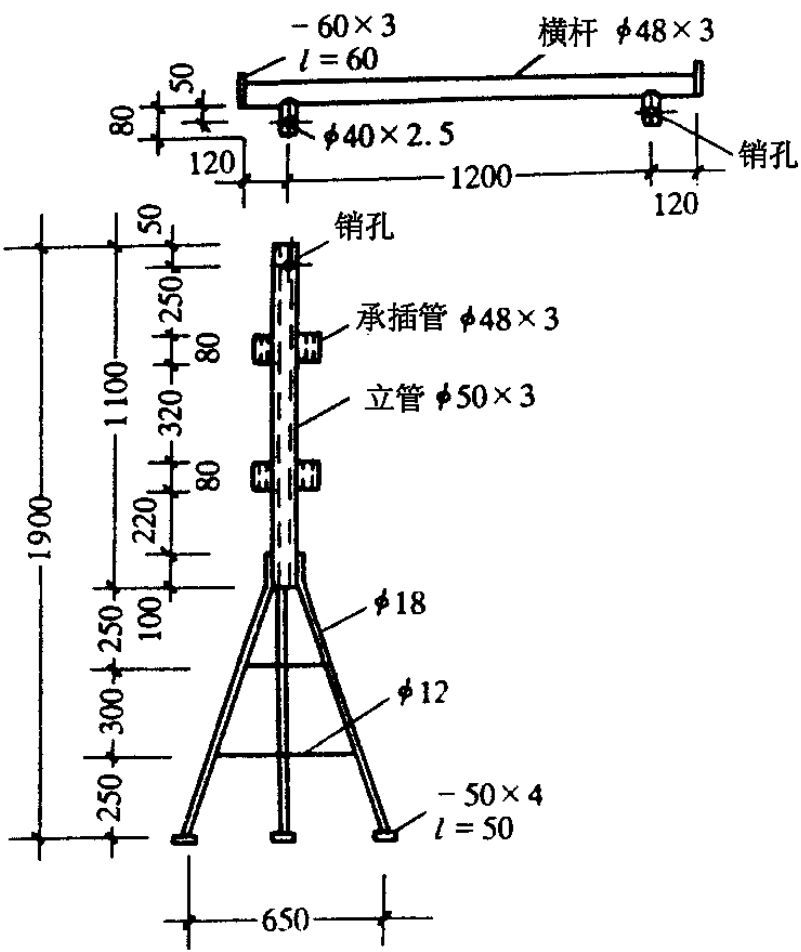


图5 -12 承插式支柱里脚手架

2．承插式支柱

如图5 -12 所示，在支柱立管上焊承插管，横杆的销头插入承插管中，横杆上面铺脚手板。

三、门架式里脚手架

门架式里脚手架由A 型支架与门架组成，如图5 -13 所示。

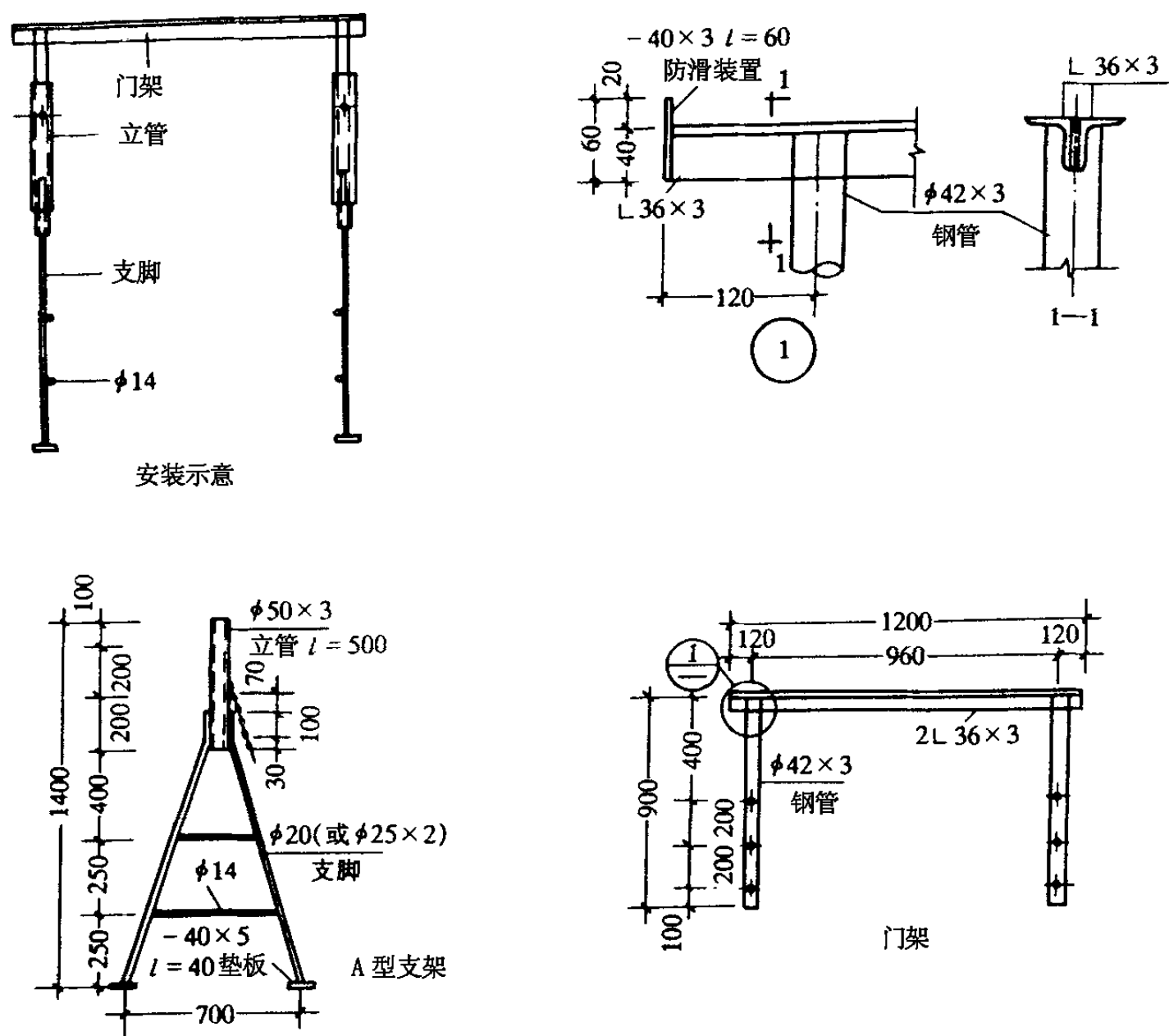


图5 -13 门架式里脚手架

第三节 悬挂式脚手架

悬挂式脚手架是悬挂在房屋结构上的一种脚手架。一种是利用吊索将桁架式工作台悬吊在屋面或柱上设置的挑梁或挑架上，主要用于工业厂房或框架结构的围护墙砌筑；另一种是在柱子上挂设支架，在支架上铺脚手板或搁置桁架式工作台，用于围护墙砌筑。

图5 -14 是在屋顶上设置挑梁、挑架的几种形式。图5 -15 是在柱顶设挑架的两种形式。



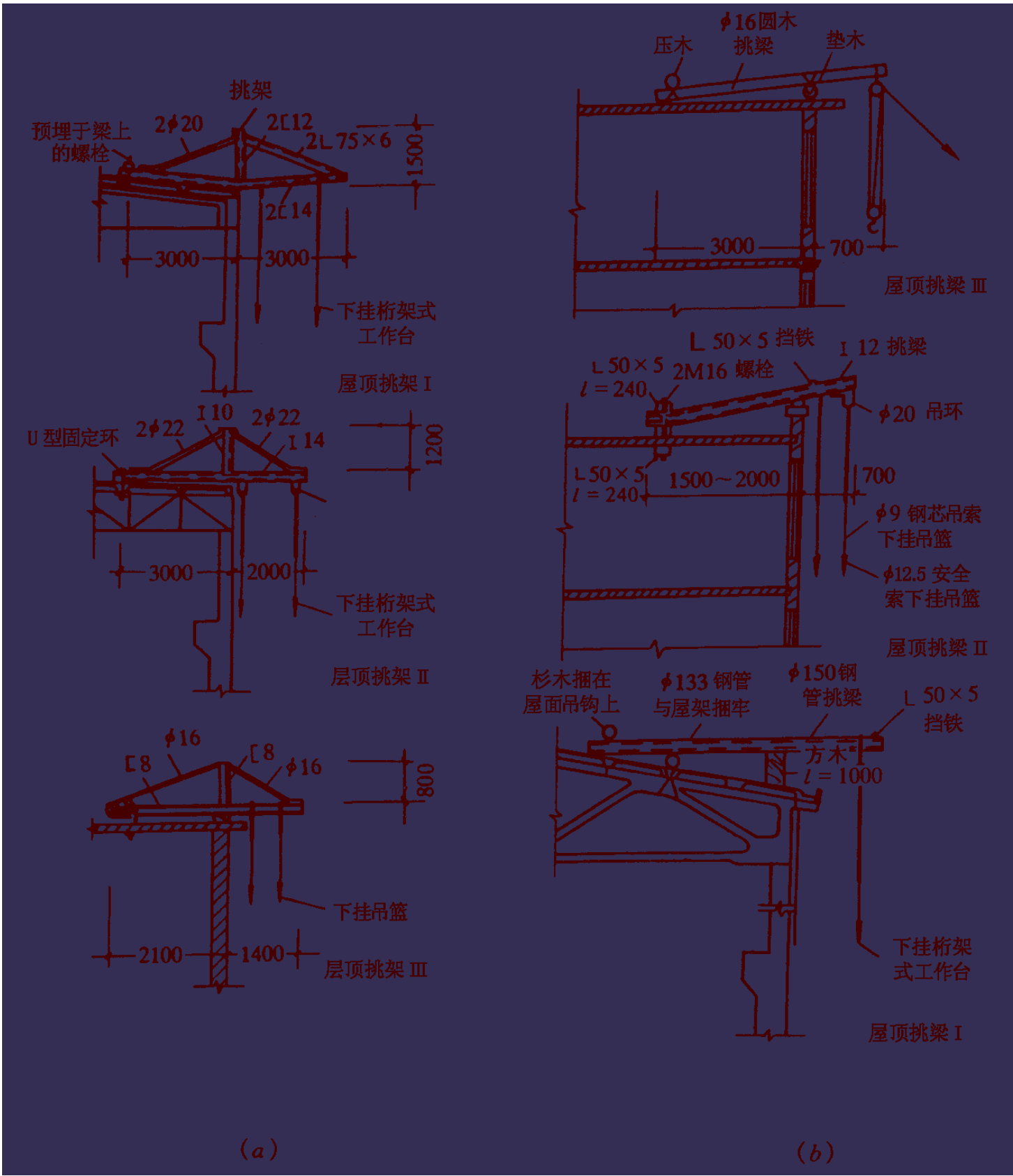


图5 -14 屋顶挑架、挑梁 (a) 屋顶挑架；(b) 屋顶挑梁

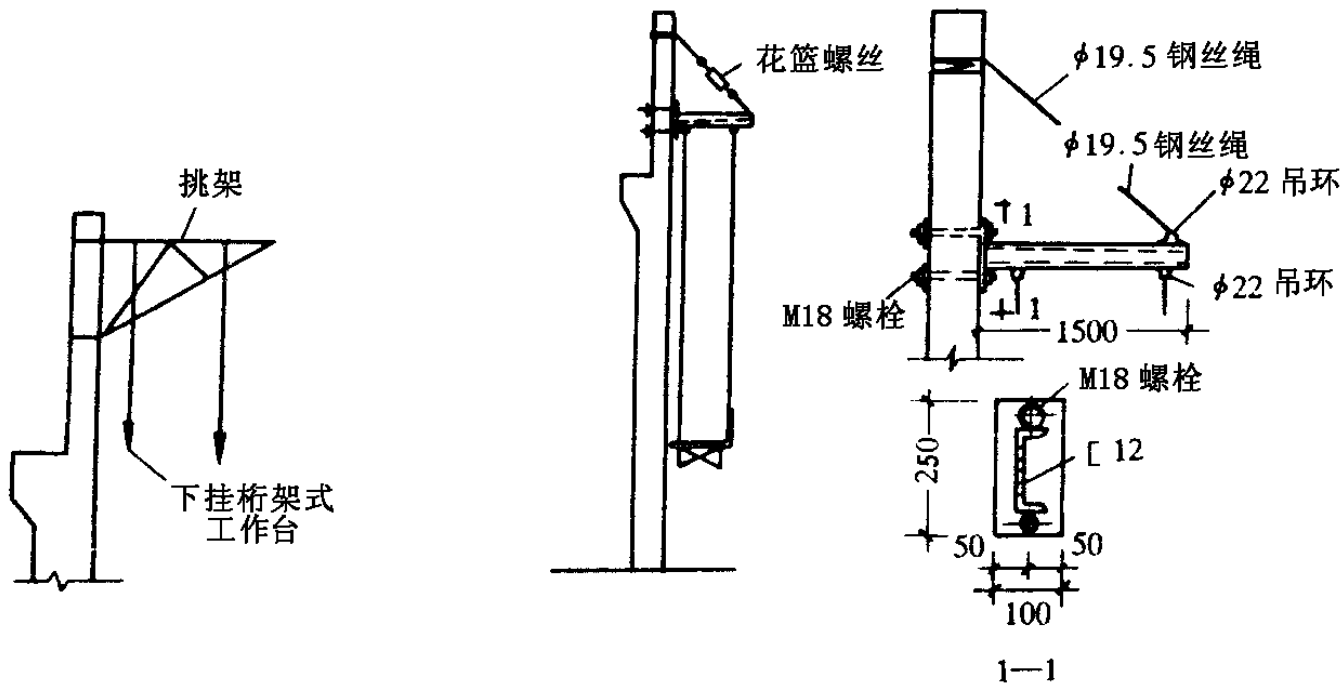


图5 -15 柱顶挑架

所有挑梁、挑架、吊索都应经过计算，固定方法要牢固可靠。屋顶上的挑梁、挑架必须控制平衡。脚手架的升降方法，可用手扳葫芦连续升降、电动卷扬机升降、液压提升及手动工具分节提升等。

第四节 砌筑工程垂直运输

砌筑工程垂直运输量很大，在施工过程中不仅要运输大量的建筑材料（砖、砂浆等），而且要运输大量的施工工具和各种预制构件。目前使用的垂直运输工具主要有：轻型塔式起重机，带起重臂的井架（设内外吊盘），龙门架，独杆提升架等。

一、井架

井架是砌筑工程垂直运输的常用设备之一。图5 - 16 (a) 是一种带起重臂和内吊盘的井架，起重臂的起重能力为5 ~20kN。由于有较大的外伸臂，材料、工具及预制构件可直接运至操作地点。

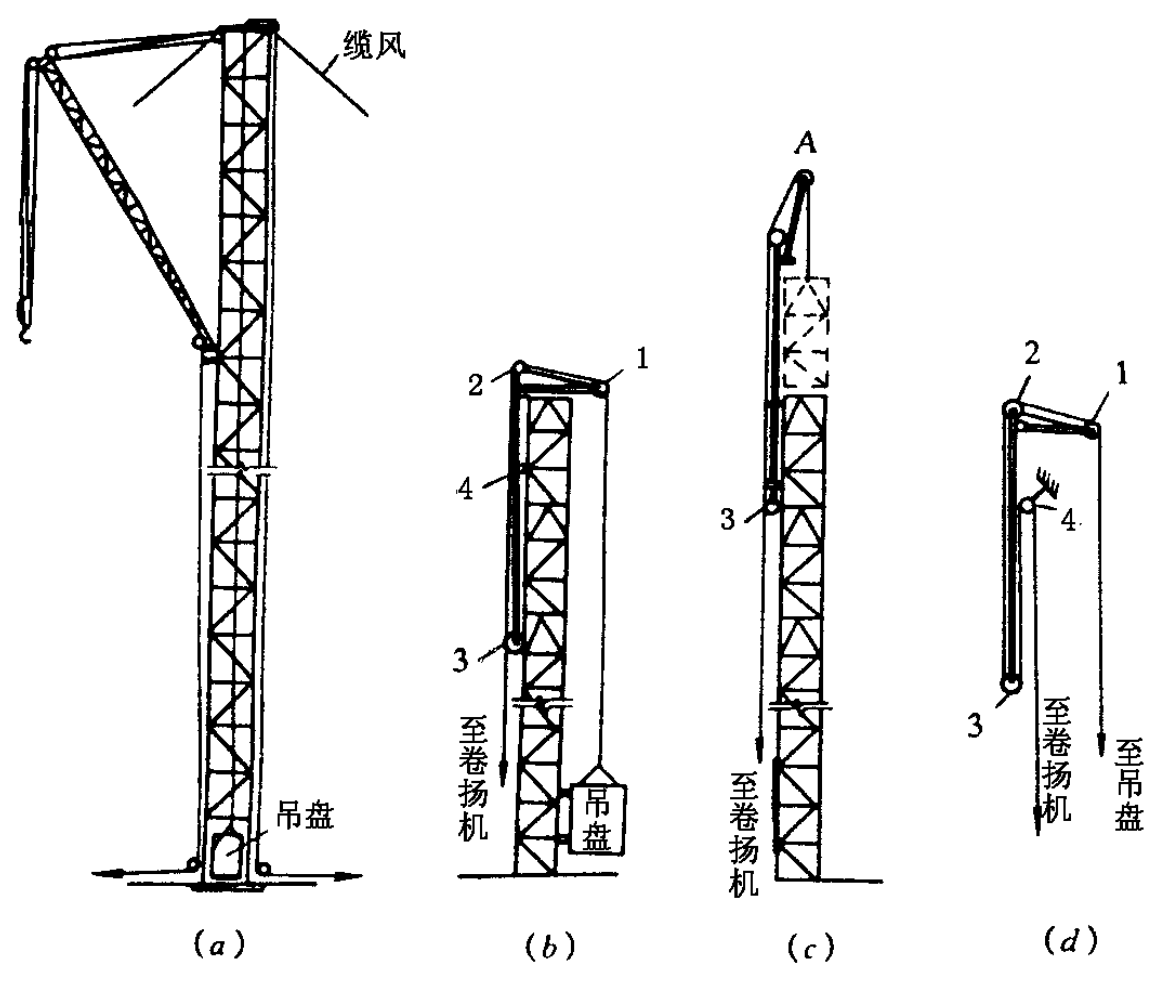


图5 - 16 垂直运输井架

图5 - 16 (b) 是一种自升式带外吊盘的井架。井架上端设有小拔杆，用于井架的

接高。接高井架时，先将拔杆提升（图5 -16c ），提升方法是摘下吊盘，由滑轮2 处引下钢丝绳，绕过滑轮3、4 接至卷扬机，开动卷扬机，拔杆徐徐上升至A 处停止，把拔杆用卡钩固定在井架上，从滑轮4 处取下钢丝绳，并使钢丝绳恢复至起重位置。接井架时，先在起重钢丝绳上系上井架的一个标准节，并距标准节约一个拔杆活动臂长处，在钢丝绳上绑一碰棍，开动卷扬机提起标准节，钢丝绳上的碰棍与滑轮1 相碰时，拔杆活动臂逐渐抬起，标准节与井架靠拢就位，井架接高（图5 -16c）。

二、龙门架

龙门架是由两根立杆及横梁（又称天轮梁）组成的门式架。在龙门架上装设滑轮、导轨、吊盘，进行材料、机具、小型预制构件的垂直运输，如图5 -17 所示。

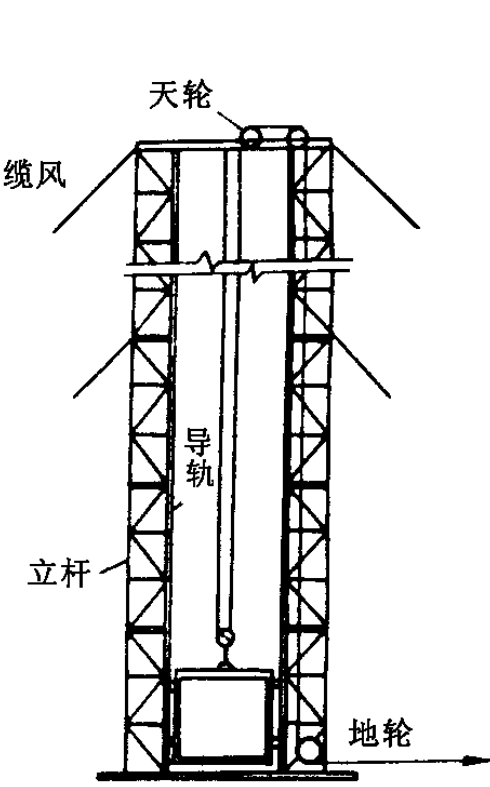


图5 -17 龙门架

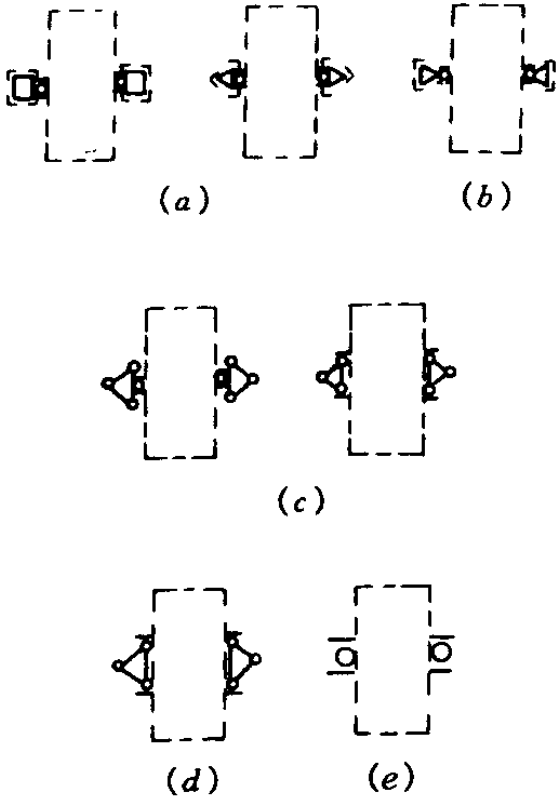


图5 -18 龙门架类型

- (a) 角钢组合立杆；(b) 角钢管组合立杆；  
(c) 钢管组合立杆；(d) 圆钢组合立杆；  
(e) 钢管龙门架

龙门架构造简单，制作容易，装拆方便，常用于多层建筑施工。龙门架的立杆有组合立杆及钢管龙门架，其型式如图5 -18 所示。

三、独杆提升架

独杆提升架有双摇臂木拔杆、双摇臂钢拔杆、槽钢立杆提升架、格构式立杆提升架墙头吊等。提升的方式有吊笼和摇臂形式。

# 第四篇

## 混凝土结构工程

## 第一章 模板工程

模板工程的施工包括模板的选材、选型、设计、制作、安装、拆除和周转等过程。模板工程是混凝土结构工程的重要组成部分，特别在现浇混凝土结构工程施工中占有主导地位，决定施工方法和施工机械的选择，直接影响工期和造价。

### 第一节 模板的基本要求和种类

#### 一、模板的基本要求

模板系统包括模板、支撑和紧固件三个部分。它是保证混凝土在浇筑过程中保持正确的形状和尺寸，是混凝土在硬化过程中进行防护和养护的工具：为此，模板和支撑必须符合下列要求：保证工程结构和构件各部位形状尺寸和相互位置的正确；其承载能力、刚度和稳定性足够，能可靠地承受新浇混凝土的自重和侧压力，以及施工荷载；构造简单、装拆方便，并便于钢筋的绑扎、安装和混凝土的浇筑、养护；模板的连接不应漏浆；能多次周转。

近年来，愈来愈多的工程要求浇注成清水混凝土或对混凝土的表面有较高要求。这就对模板提出了新的要求：一是要求模板板面具有一定的硬度和耐摩擦、耐冲击、耐碱、耐水及耐热性能；二是要求模板板面面积大、重量轻、表面平整，能浇注成表面平整光洁的清水混凝土。

#### 二、模板的种类

模板的种类很多，按材料分类，可分为木模板、钢木模板、胶合板模板、钢模板、塑料模板、玻璃钢模板、铝合金模板等。

按结构的类型分为：基础模板、柱模板、楼板模板、楼梯模板、墙模板、壳模板和烟囱模板等多种。

按施工方法分类，有现场装拆式模板、固定式模板和移动式模板。现场装拆式模板

是按照设计要求的结构形状、尺寸及空间位置在现场组装，当混凝土达到拆模强度后即拆除模板。现场装拆式模板多用定型模板和工具式支撑；固定式模板多用于制作预制构件，是按构件的形状、尺寸于现场或预制厂制作，涂刷隔离剂，浇筑混凝土，当混凝土达到规定的强度后，即脱模、清理模板，再重新涂刷隔离剂，继续制作下一批构件。各种胎模（土胎模、砖胎模、混凝土胎模）即属于固定式模板；移动式模板是随着混凝土的浇筑，模板可沿垂直方向或水平方向移动，如烟囱、水塔、墙柱混凝土浇筑采用的滑升模板、爬升模板、提升模板、大模板，高层建筑楼板采用的飞模，筒壳混凝土浇筑采用的水平移动式模板等。

随着新结构、新技术、新工艺的采用，模板工程也在不断发展，其发展方向是：构造上由不定型向定型发展；材料上由单一木模板向多种材料模板发展；功能上由单一功能向多功能发展。由于模板的发展，使混凝土结构模板逐步实现定型化、装配化、工具化，大量节约了模板材料，尤其是木材，提高了模板的周转率，降低了工程成本，加快了工程进度。近年来，采用大模板、滑升模板、爬升模板施工工艺，以整间大模板代替普通模板进行混凝土墙板结构施工，不仅节约了模板材料，还大大提高了工程质量和施工机械化程度，甚至使模板本身形成了建筑体系。支撑系统逐渐向与脚手架通用性的工具化方向发展。

## 第二节 木模板与支撑

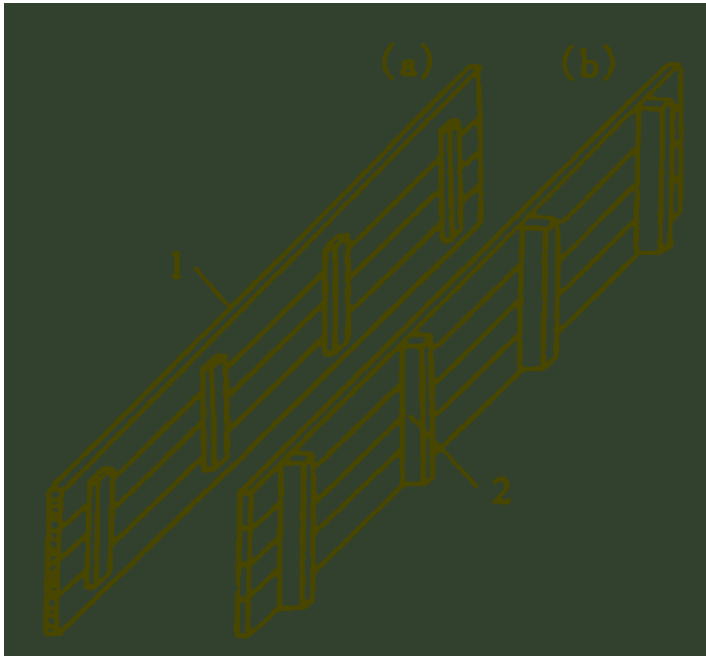
木模板及其支撑系统一般在加工厂或现场木工棚制成元件，然后再在现场拼装。图1 -1 是基本元件之一，通常称拼板。拼板的板条厚度一般为25 ~50mm，宽度不宜超过200mm，以保证干缩时缝隙均匀，浇水后易于密缝，受潮后不易翘曲。但梁底板的板条宽度则不受限制，以减少拼缝，防止漏浆。

### 一、柱子模板

柱模板由两块相对的内拼板夹在两块外拼板之内组成，如图1 -2 (a) 所示。亦可用短横板（门子板）代替外拼板钉在内拼板上，如图1 -2 (b) 所示。有些短横板可先不钉上，作为混凝土的浇筑孔，待浇至其下口时再钉上。

柱模板底部开有清理孔。沿高度每隔约2m 开有浇筑孔。柱底部一般有一钉在底部混凝土上的木框，用来固定柱模板的位置。为承受混凝土侧压力，拼板外要设柱箍，柱箍可为木制、钢制或钢木制。柱箍间距与混凝土侧压力大小、拼板厚度有关，由于侧压

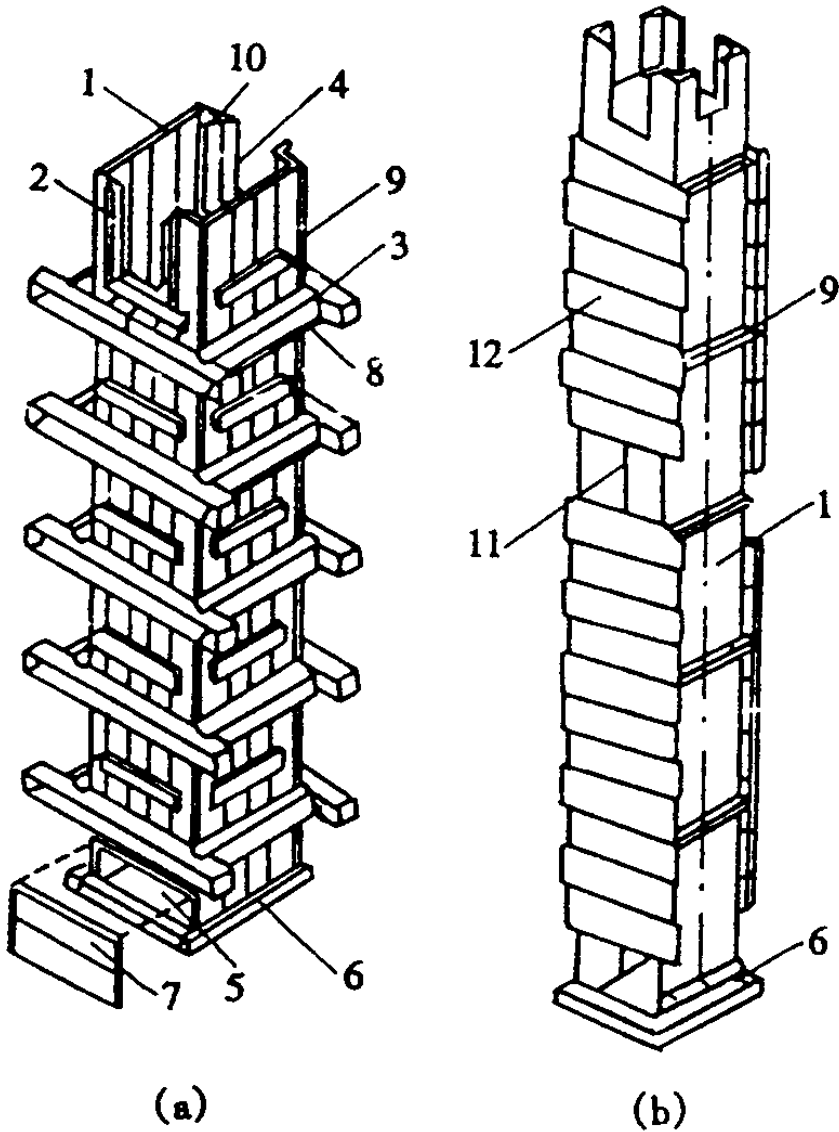
力是下大上小，因而柱模板下部柱箍较密。柱模板顶部需要开有与梁模板连接的缺口。



(a) 一般拼板；(b) 梁侧板的拼板

图1 -1 拼板的构造

1—板条 ;2—拼条



(a) 拼板柱模板；(b) 短横板柱模板

图1 -2 柱模板

1—内拼板 ;2—外拼板 ;3—柱箍 ;4—梁缺口 ;  
5—清理孔 ;6—木框 ;7—盖板 ;8—拉紧螺栓 ;  
9—拼条 ;10—三角木条 ;11—浇筑孔 ;12—短横板

二、梁、楼板模板

梁模板主要由底模、侧模、夹木及其支架系统组成，如图1 -3 所示。底模板用长条模板加拼条拼成，或用整块板条。为承受垂直荷载，在梁底模板下每隔一定间距(800 ~1200mm)用顶撑（琵琶撑）顶住。顶撑可以用圆木、方木或钢管制成。顶撑底要加垫一对木楔块以调整标高和楔紧顶撑。为使顶撑传下来的集中荷载均匀地传给地面，在顶撑底加铺垫板。多层建筑施工中，应使上、下层的顶撑在同一条竖向直线上。顶撑之间应用纵横向的水平撑或剪刀撑拉结成整体，以防顶撑失稳。侧模板用长板条加拼条制成，为承受混凝土侧压力，底部用夹木固定，上部由斜撑和水平拉条固定（与楼板模板同时安装时，可利用楞木固定）。

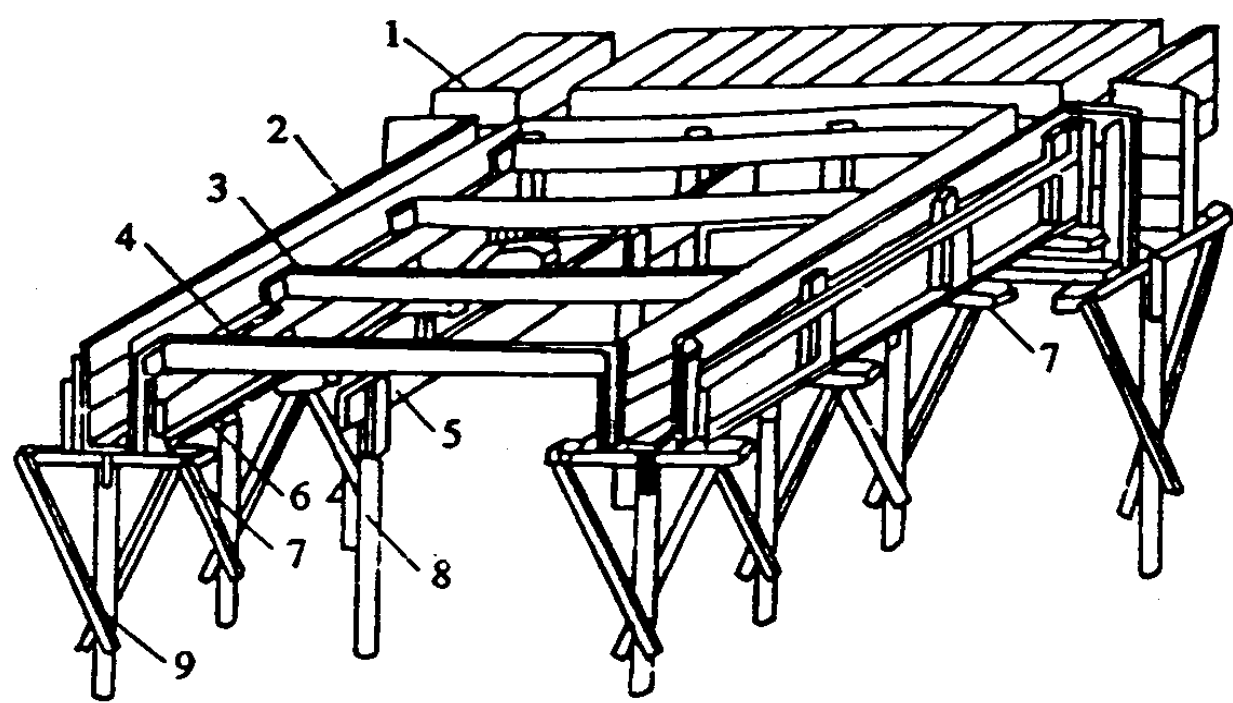


图1 -3 有梁楼板模板

- 1—楼板模板 ;2—梁侧模板 ;3—楞木 ;4—托木 ;  
5—杠木 ;6—夹木 ;7—短撑木 ;8—立柱 ;9—顶撑

如图1 -3，楼板模板的底模用木板条或用定型模板拼成，铺设在楞木上。楞木搁置在梁模板外的托木上，若楞木面不平，可以加木楔调平。当楞木的跨度较大时，中间应加设立柱。立柱上钉通长的杠木。底模板应垂直于楞木方向铺钉，应适当调整楞木间距来配合定型模板的规格。

在主梁、次梁模板安装完毕后，才可安装托木、楞木及楼板底模。

如梁或板的跨度等于或大于4m，应使梁或板底模板起拱，防止新浇筑混凝土的荷载使跨中模板下挠。如设计无规定时，起拱高度宜为全跨长度的1 /1000 ~3 /1000（木模板为1.5 /1000 ~3 /1000；钢模板为1 /1000 ~2 /1000）。



第三节 组合钢模板与支撑

组合钢模板通过各种连接件和支承件可组合成多种尺寸和几何形状，以适应各种类型建筑物的梁、柱、板、墙、基础等构件施工所需要的模板，也可用其拼成大模板、滑模、筒模和台模等。施工时可在现场直接组装，亦可预拼装成大块模板或整个构件模板，用起重机吊运安装。

一、组合钢模板的组成

组合钢模板是由模板、连接件和支承件组成。

模板包括平面模板、阴角模板、阳角模板、连接角模，如图1 -4 所示，此外还有倒棱模板、梁腋模板、柔性模板、搭接模板、可调模板及嵌补模板等专用钢模板。采用

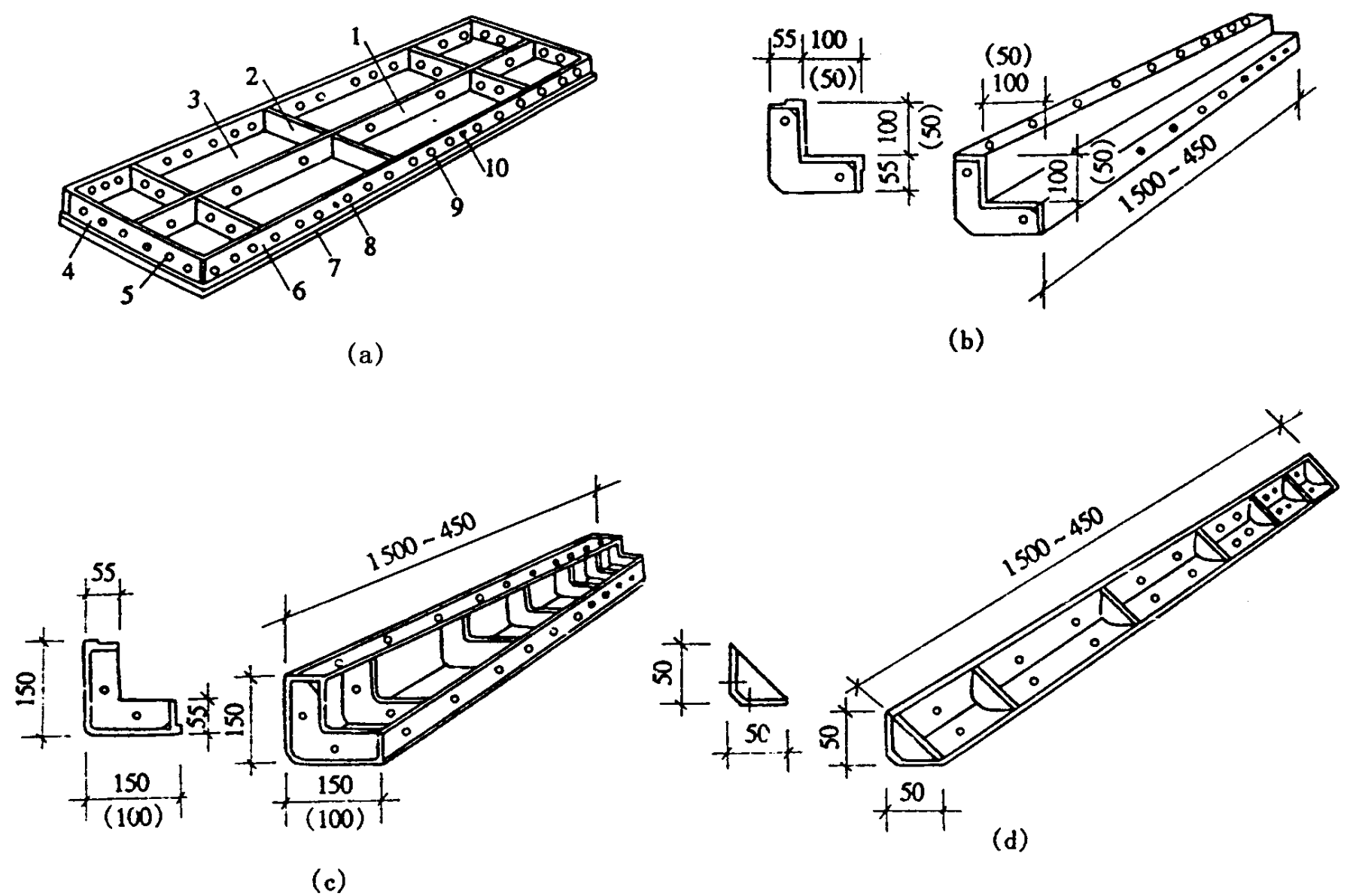
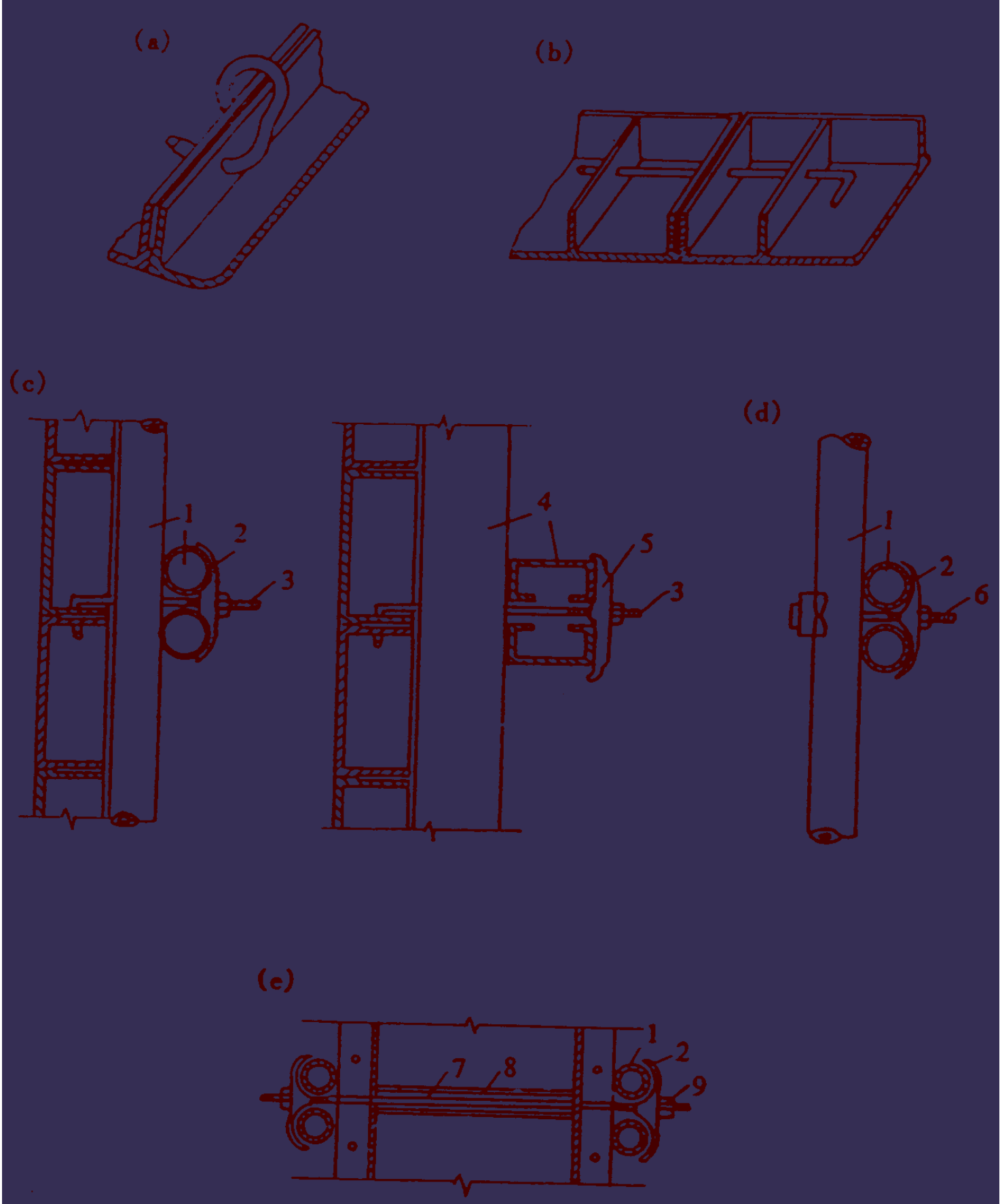


图1 -4 钢模板类型

1 —中纵肋 ;2 —中横肋 ;3 —面板 ;4 —横肋 ;5 —插销孔 ;  
6 —纵肋 ;7 —凸棱 ;8 —凸鼓 ;9 —U 形卡孔 ;10 —钉子孔

模数制设计，通用模板的宽度模数以50mm 进级，有100，150，200，250，300mm 五种规格尺寸；长度模数以150mm 进级，有450，600，750，900，1200，1500mm 六种规格尺寸。

组合钢模板的连接件包括：U 形卡、L 形插销、钩头螺栓、对拉螺栓、紧固螺栓和扣件等，如图1 -5 所示。



(a) U 形卡连接；(b) L 形插销连接；(c) 钩头螺栓连接；

(d) 紧固螺栓连接；(e) 对拉螺栓连接

图1 -5 钢模板连接件

1 —圆钢管钢楞；2—3 形扣件；3—钩头螺栓；4—内卷边槽钢钢楞；5—蝶形扣件；

6—紧固螺栓；7—对拉螺栓；8—塑料套管；9—螺母

U 形卡（12）用于相邻模板的拼接，其安装距离不大于300mm，即每隔一孔卡插一个，安装方向一顺一倒相互错开，以抵消因打紧U 形卡可能产生的位移。L 形插销（12， $l=345\text{mm}$ ）用于插入钢模板端部横肋的插销孔内，以加强两相邻模板接头处的刚度和保证接头处板面平整。钩头螺栓（12， $l=205, 180\text{mm}$ ）用于钢模板与内外钢楞的加固，安装间距一般不大于600mm，长度应与采用的钢楞尺寸相适应。紧固螺栓（12， $l=180\text{mm}$ ）用于紧固内外钢楞：对拉螺栓（M12，M14，M16）用于连接墙壁两侧模板，保持模板与模板之间的设计厚度，并承受混凝土侧压力及水平荷载，使模板不变形。扣件用于钢楞与钢楞或与钢模板之间的扣紧，按钢楞的不同形状，分别采用蝶形扣件和“3”形扣件。

定型组合钢模板的支承件包括：柱箍、钢楞、钢支架、斜撑、钢桁架、梁卡具等。

钢桁架如图1 -6 所示，其两端可支承在钢筋托具、墙、梁侧模板的横档以及柱顶横挡上，用以支承梁或板的底模板。图1 -6（a）所示为整榀式，一榀桁架的承载能力约为30kN（均匀放置）；图1 -6（b）所示为组合式桁架，可调范围为2.5~3.5m，一榀桁架的承载能力约为20kN（均匀放置）。

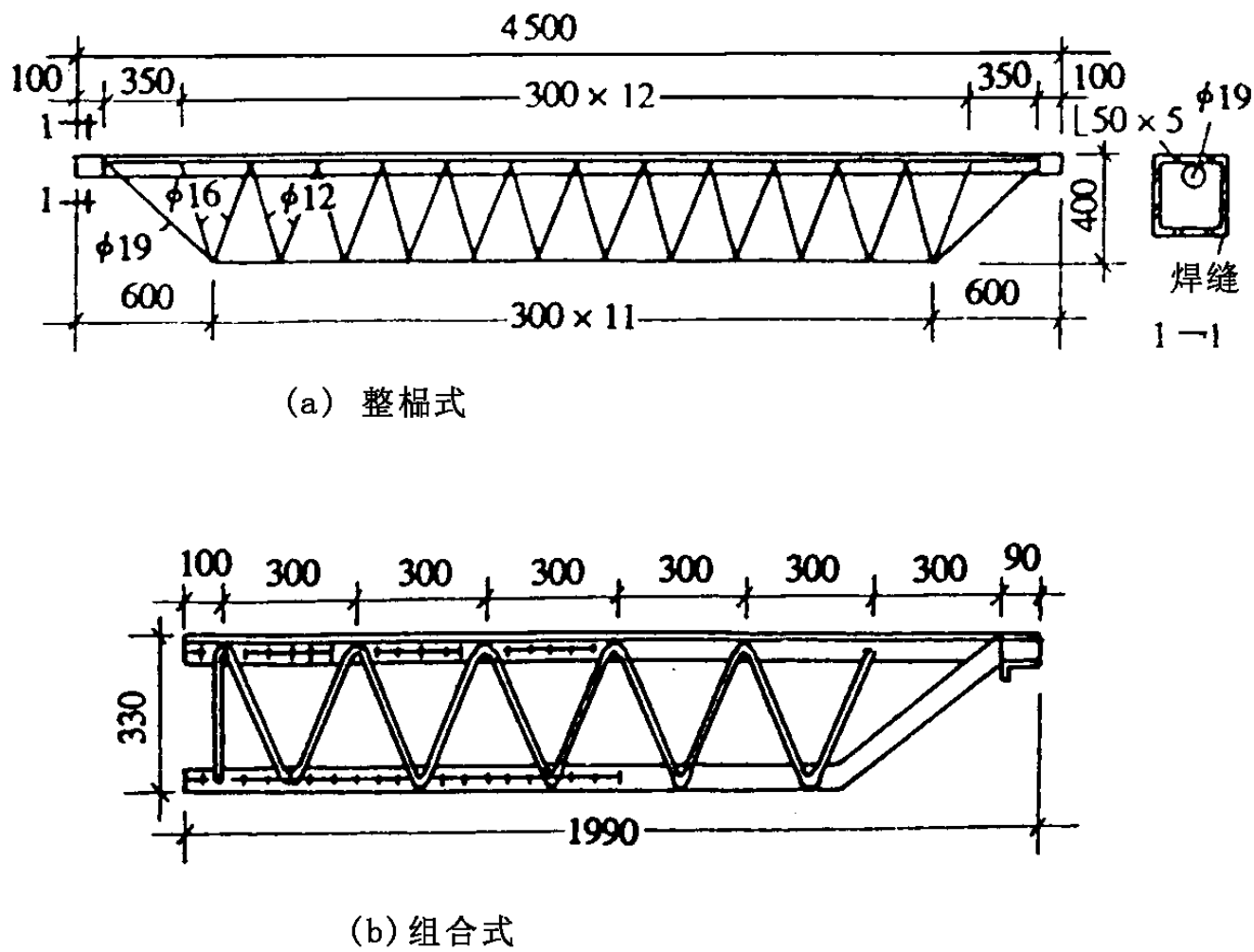
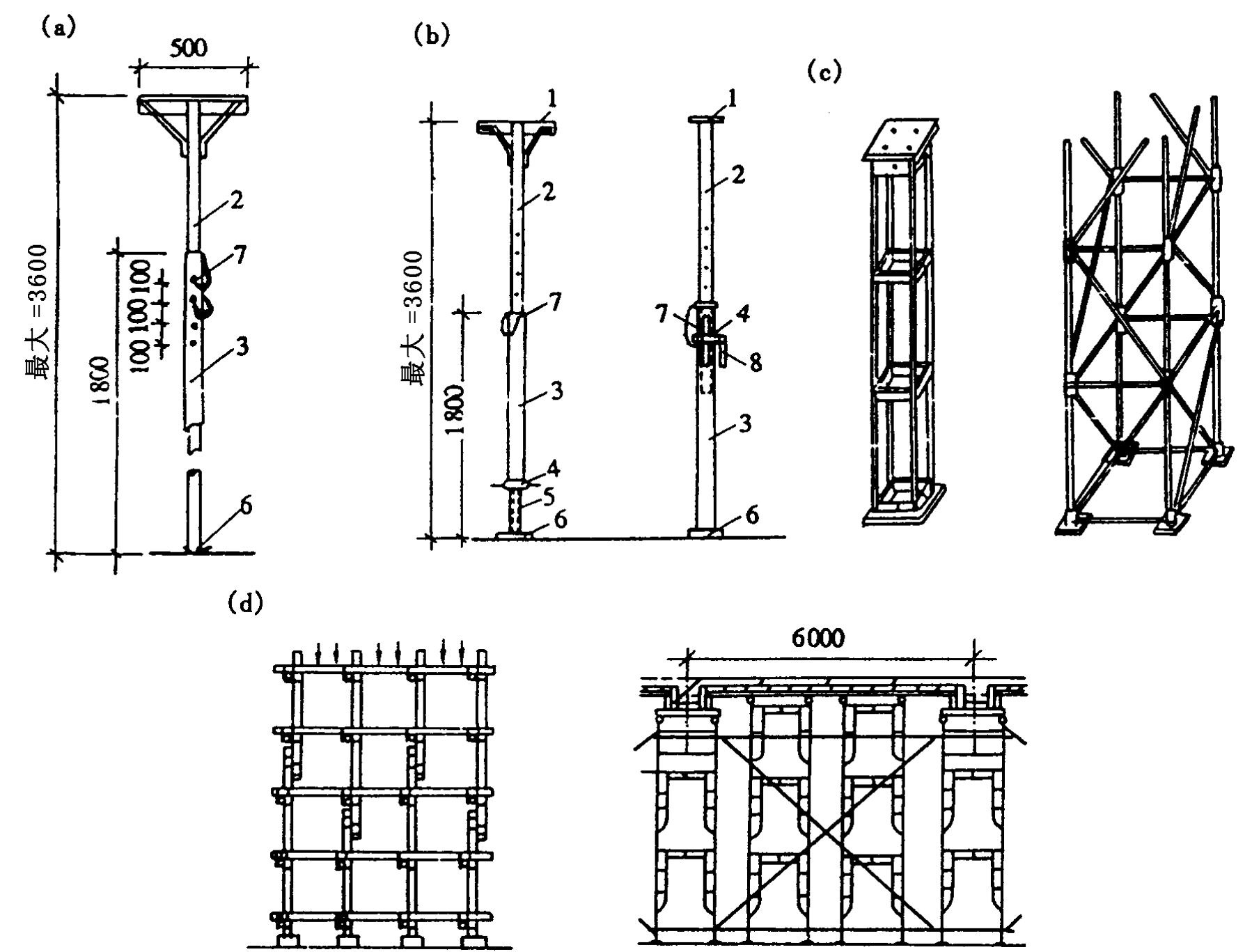


图1 -6 钢桁架示意图

钢支架用于支承由桁架、模板传来的垂直荷载。钢管支架如图1 -7（a）所示，它由内外两节钢管制成，其高低调节孔距模数为100mm，支架底部除垫板外，均用木楔调整，以利于拆卸。另一种钢管支架本身有调节螺杆，能调节一个孔距的高度，使用方

便，但成本略高，如图1 -7 (b) 所示。当荷载较大，单根支架承载力不足时，可用组合钢支架或钢管井架（如图1 -7 (c) 所示），还可用扣件式钢管脚手架、门式脚手架作支架（如图1 -7 (d) 所示）。

由组合钢模板拼成的整片墙模或柱模，在吊装就位后，应用斜撑调整和固定其垂直位置。斜撑构造如图1 -8 所示。



(a) 钢管支架；(b) 调节螺杆钢管支架；(c) 组合钢支架和钢管井架；(d) 扣件式钢管和门型脚手架支架

图1 -7 钢支架

1—顶板；2—插管；3—套管；4—转盘；5—螺杆；  
6—底板；7—插销；8—转动手柄

钢楞即摸板的横档和竖档，分内钢楞和外钢楞。内钢楞配置方向一般应与钢模板垂直，直接承受钢模板传来的荷载，间距一般为700 ~900mm。外钢楞承受内钢楞传来的荷载，或用来加强模板结构的整体刚度和调整平直度。钢楞一般用圆钢管、矩形钢管、槽钢或内卷边槽钢，而以钢管用得较多。

梁卡具，又称梁托架，用于固定矩形梁、圈梁等构件的侧模板，可节约斜撑等材

料。也可用于侧模板上口的卡固定位，其构造如图1 -9 所示。

柱箍可采用角钢、槽钢、圆钢管。

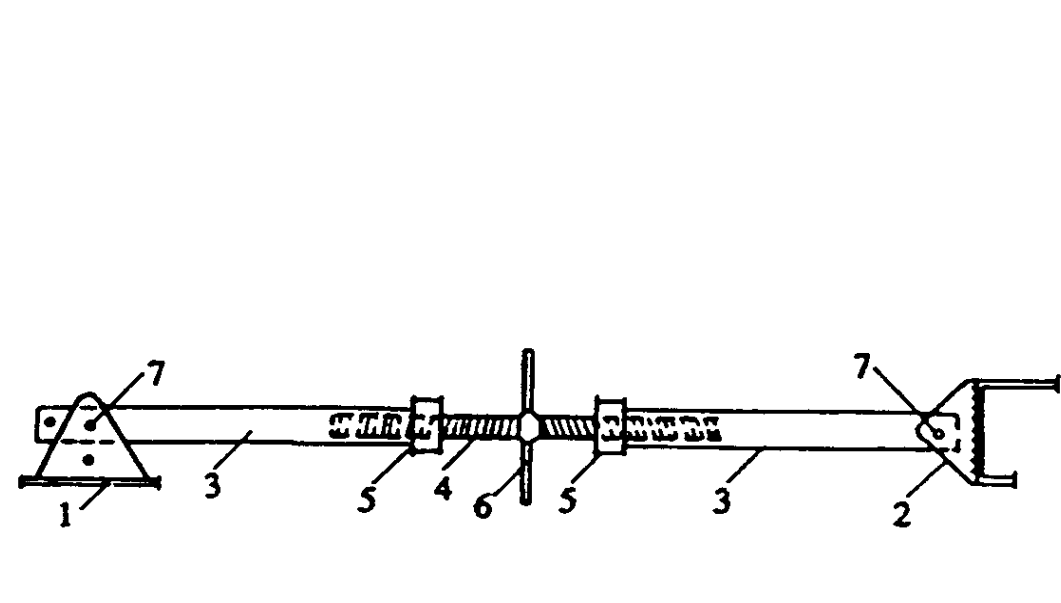


图1 -8 斜撑

1—底座 ;2—顶撑 ;3—钢管斜撑 ;4—花篮螺丝 :  
5—螺母 ;6—旋杆 ;7—销钉

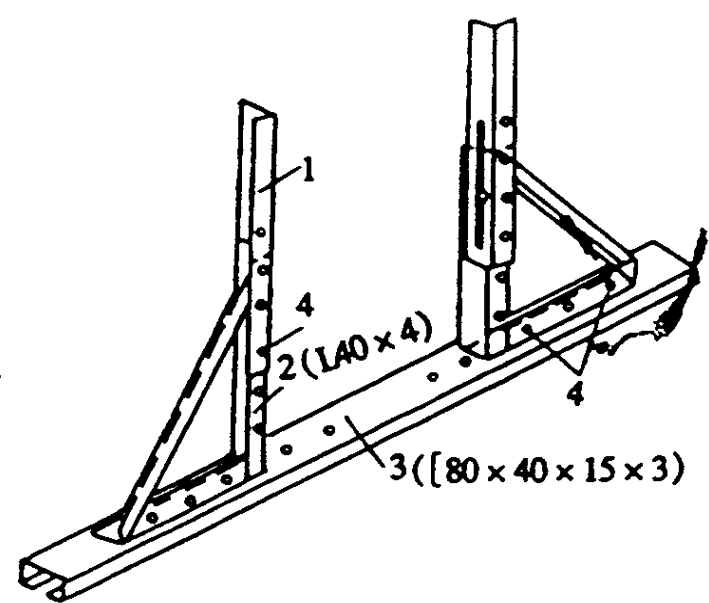


图1 -9 组合梁卡具

1—调节杆 ;2—三角架 ;3—底座 ;4—螺栓

二、配板设计

配板时，宜选用大规格的钢模板为主板，其他规格的钢模板作补充，以使木材拼镶补量最少。

合理使用转角模板。对于构造上无特殊要求的转角，可不用阳角模板，一般可用连接角模代替。阴角模板宜用于长度大的转角处，柱头、梁口及其他短边转角部位，如无合适的阴角模板，也可用55mm 厚的方木条代替。

钢模板尽量采用横排或竖排，尽量不用横竖兼排的方式，因为这样会使支承系统布置困难。长向接缝宜采用错开布置，以增加模板结构的整体刚度。

为设置对拉螺栓或其他拉筋，需要在钢模板上钻孔时，应使钻孔的模板能多次周转使用。并应采取措施减少和避免在钢模板上钻孔。

绘制组合钢模板的配板图时，应在配板图上标出钢模板的位置、规格、型号和数量。对于预组装的整体模板，应标绘出其分界线。有特殊构造时，应加以标明。预埋件和预留孔洞的位置，应在配板图上标明，并注明其固定方式。为减少差错，在绘制配板图前，可先绘出模板放线图（指模板安装完毕后的平面图和剖面图，是根据施工模板需要将有关图纸中对模板施工有用的尺寸综合起来，绘在同一个平、剖面图中）。

### 三、支承系统布置

模板的支承系统应根据模板的荷载和部件的刚度进行布置。内钢楞的配置方向应与钢模板的长度方向相垂直，直接承受钢模板传递的荷载，其间距按荷载数值和钢模板的力学性能计算确定。外钢楞承受内钢楞传递的荷载或用以加强钢模板结构的整体刚度和调整平直度。

内钢楞悬挑部分的端部挠度应与跨中挠度大致相等，悬挑长度不宜大于400mm，支柱应着力在外钢楞上。

对于一般柱、梁模板，宜采用柱箍和梁卡具作支承件；对于断面较大的柱、梁，宜用对拉螺栓和钢楞。

模板端缝齐平布置时，一般每块钢模板应有两个支承点，错开布置时，其间距可不受端缝位置的限制。

对于同一工程中可多次使用的预组装模板，宜采用钢模板和支承系统连成整体的模架。整体模架可随结构部位及施工方式而采取不同的构造形式。

支承系统应经过设计计算，保证具有足够的强度和稳定性。当支柱或其节间的长细比大于110时，应按临界荷载进行核算，安全系数可取3~3.5。

支承系统中，对连续形式和排架形式的支柱应适当配置水平撑与剪刀撑，保证其稳定性。

### 四、组合钢模板的构造与安装

#### 1. 柱模板

柱模板的构造如图1-10所示，由四块拼板围成，四角由连接角模连接。每块拼板由若干块钢模板组成，若柱甚高，可根据需要在柱中部设置混凝土浇筑孔。浇筑孔的盖板，可用钢模板或木板镶拼。柱的下端也可留垃圾清理口。

柱模板安装前，应沿边线先用水泥砂浆找平，并调整好柱模板安装底面的标高，如图1-11(a)。若不用水泥砂浆找平，也可沿边线用木板钉一木框，在木框上安装钢模板。边柱的外侧模板需支承在承垫板条上，板条要用螺栓固定在下层结构上，如图1-11(b)。

柱模板现场拼装时，先安装最下一圈，然后逐圈而上直至柱顶。混凝土浇筑孔的盖板也同时安装，为便于以后取下及安装盖板，可在盖板下边及两侧的拼缝中夹一薄铁片。钢模板拼完经垂直校正后，便可装设柱箍，并用水平及斜向拉杆（斜撑）保持柱模

板的稳定。

场外预拼装时，在场外设置一钢模板拼装平台，将柱模板按配置图预拼成四片，然后运往现场安装就位，用连接角模连接成整体，最后装上柱箍。

2．梁模板

梁模板由三片模板组成，底模板及两侧模板用连接角模连接（图1 - 12 ），梁侧模板顶部则用阴角模板与楼板模板相接。整个梁模板用支架支承。支架应支设在垫板上，垫板厚5mm，长度至少要能连续支承三个支架。垫板下的地基必须坚实。

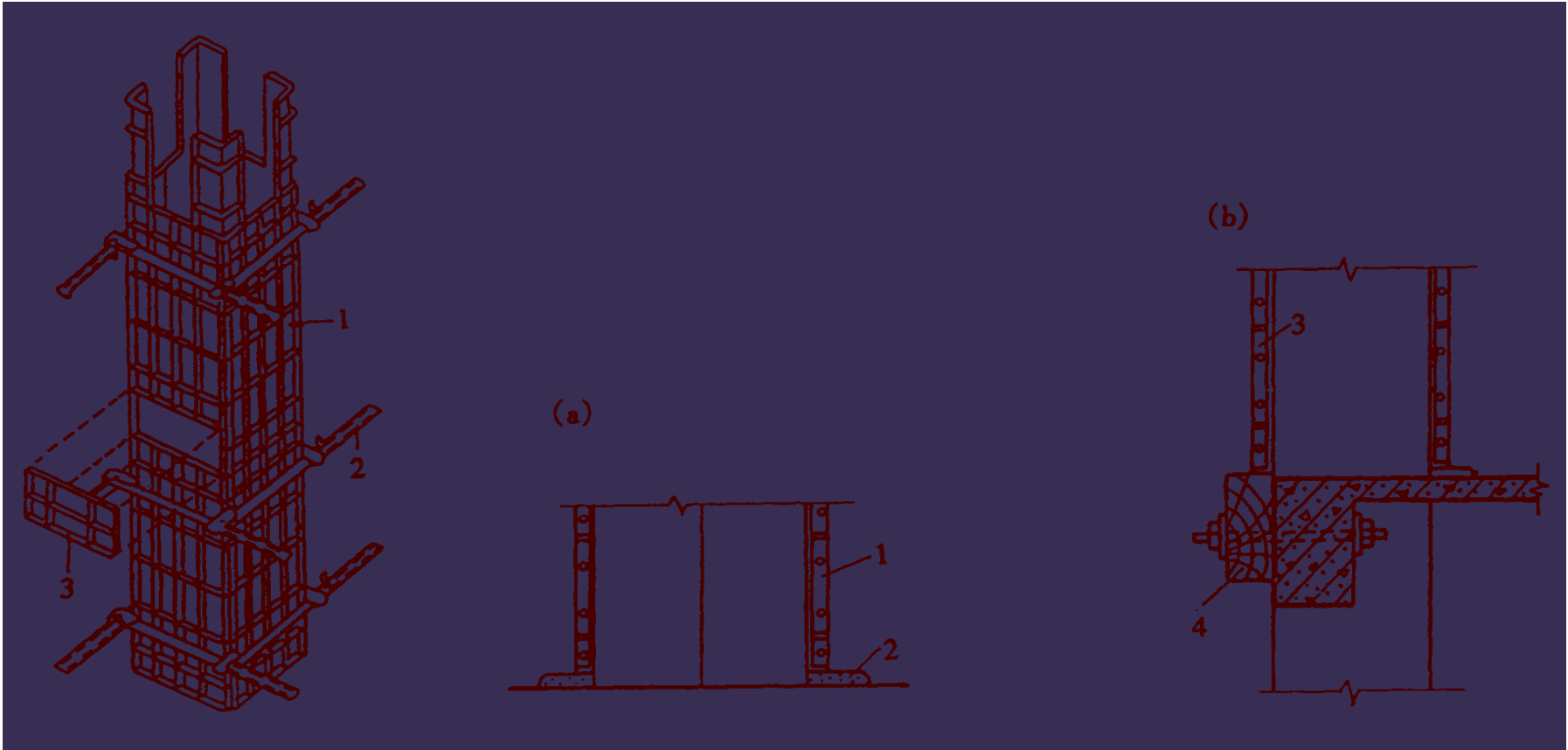


图1 -10 柱模板

图1 -11 柱模板安装

1—平面钢模板 ;2—柱箍 ;3—浇筑孔盖板

1—柱模板 ;2—砂浆找平层 ;3—边柱外侧模板 ;4—承垫板条

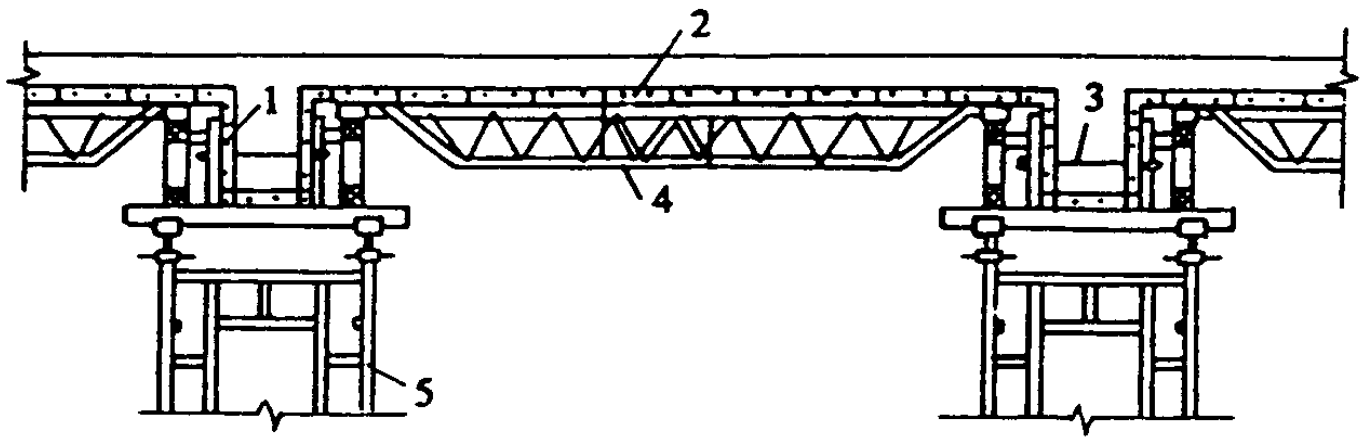


图1 -12 梁、楼板模板

1—梁模板 ;2—楼板模板 ;3—对拉螺栓 ;4—伸缩式桁架 ;5—门形支架

为了抵抗新浇筑混凝土的侧压力，并保持一定的梁宽，两侧模板之间根据需要设置对拉螺栓。

梁模板一般在钢模板拼装平台上按配板图拼成三片，用钢楞加固后运往现场安装。安装底模板前，应先立好支架，调整好支架顶的标高，跨度等于和大于4m 的梁要起拱，起拱高度宜为全跨长度的1 /1000 ~2 /1000。支架以水平拉杆及斜向拉杆加固，再将梁底模板安装在支架顶上，最后安装梁侧模板。

梁模板也可以采用整体安装的办法，即在钢模拼装平台上，将三片钢模用钢楞、对拉螺栓等加固稳定后，放入梁的钢筋，运往工地用起重机吊装入位。

3 . 楼板模板

楼板模板由平面钢模板拼装而成，其周边用阴角模板与梁或墙模板相连接。楼板模板用钢楞及支架支承，为了减少支架用量，扩大板下施工空间，宜用伸缩式桁架支承，如图1 -12。

先安装梁模板支承架、钢楞或桁架后，再安装楼板模板。楼板模板的安装可以散拼，即在已安装好的支架上按配板图逐块拼装，也可以整体安装。

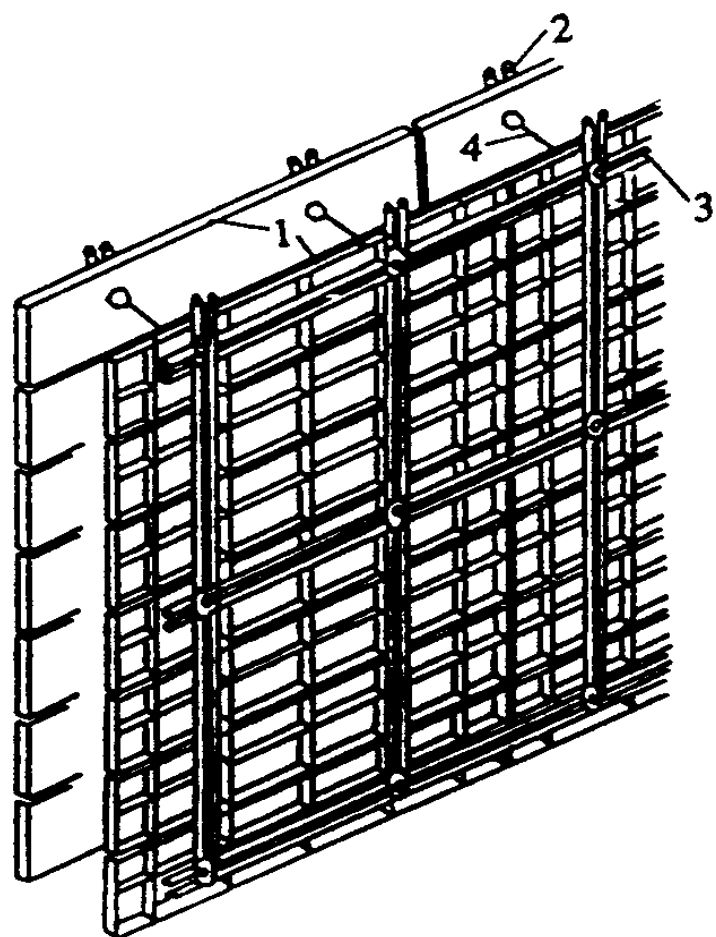


图1 -13 墙模板

1—墙模板 ;2—竖楞 ;3—横楞 ;4—对拉螺栓

4 . 墙模板

墙模板（图1 -13）由两片模板组成，每片模板由若干块平面模板拼成，这些平面模板可横拼也可竖拼，外面用竖横钢楞加固，并用斜撑保持稳定，用对拉螺栓（或称钢拉杆）以抵抗混凝土的侧压力和保持两片模板之间的间距（墙厚）。

墙模板安装，首先沿边线抹水泥砂浆作好安装墙模板的基底处理。钢模板可以散



拼，即按配板图由一端向另一端、由下向上逐层拼装，也可以拼装成整片安装。

墙的钢筋可以在模板安装前绑扎，也可以在安装好一边的模板后再绑扎钢筋，最后安装另一边的模板。

## 第四节 胶合板模板与支撑

### 一、胶合板模板

木胶合板模板具有重量轻；面积大；不受季节、地区和环境温度条件的影响；在边框上铺设或镶嵌胶合板很容易，加工费用低；现场使用时，板缝和板面上的孔洞容易处理；可多次周转使用；模板的强度、刚度好，浇筑混凝土的表面平整度高，国外现浇混凝土工业化模板普通使用胶合板做板面。为了提高胶合板的使用寿命和表面平整度，不少胶合板产品都在表面涂覆热压了一层酚醛树脂或其他耐磨防水材料。我国木材资源贫乏，而竹材资源丰富，故制作了竹胶合板。竹胶合板强度、刚度、硬度和耐冲击性能都比木材好，价格比木胶合板低。竹胶合板在水泥浆中浸泡、受潮后不变形，模板拼缝严密，加工方便，可锯刨、打钉，适应性强，应用也越来越广泛。

胶合板与大梁、小梁组合形成梁板组装式模板，如图1 -14 所示。大、小梁和支撑的结构形式和制造材料有所不同，但在组装框架时，梁卡是必不可少的配件，其构造形式和使用方法由大、小梁的结构决定，均用螺栓定位。

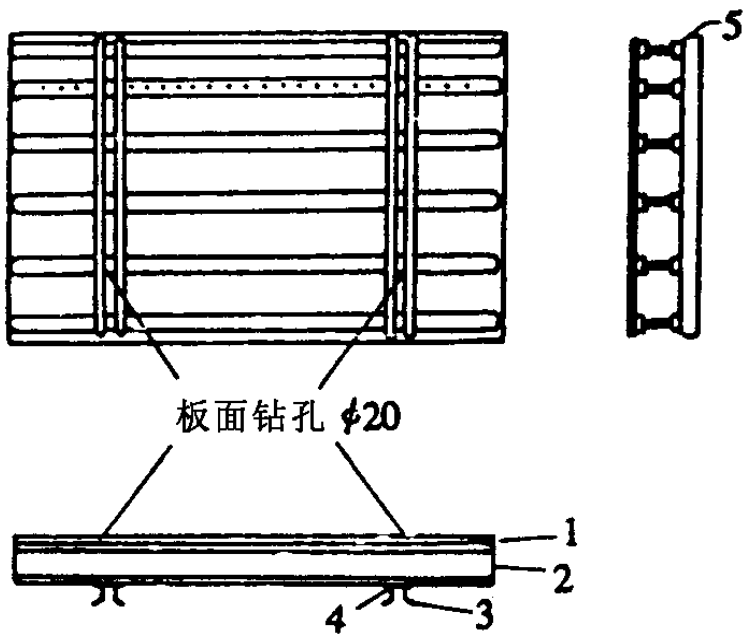


图1 -14 胶合板模板组装设计图

1—胶合板；2—小梁；3—大梁；  
4—梁卡；5—吊钩孔

小梁是梁板组装式模板中使用最多的构件，其排列间距一般是300mm。可使用木工字梁和铝木组合梁，也有采用 C形钢板梁或钢木组合梁，见图1 -15。

用梁卡组装框架时，大梁的布置方向与小梁垂直，其间距由新浇混凝土的侧压力和小梁的结构性能决定，一般为1.0m 左右。图1 -16 ~1 -18 所示的是几种大梁产品的构造形式及其配件的使用方法。图1 -16 是梁板组装式模板中使用的双槽钢大梁及其配件。凡是采用木工字梁做小梁的，其大梁多数用 C10 槽钢制作，不同之处是分布在大梁两端的孔洞形状及相应的锥形销的形式，有圆孔、椭圆孔和菱形孔洞，但其功能都相同。当大梁需要接长时或两块组装好的模板之间需要紧密连接以防漏浆时，将开有相同孔洞的大梁连板的两端分别插入相应的大梁端部。因为大梁和大梁连板上的孔距不相等，所以孔洞不会重合。但仍有少数孔洞欲重合，此时可将锥形销用手锤打入欲重合的孔洞内强制它们的重合，进而可靠地接长大梁或连接模板。由于锥形销具有斜面自锁的功能，所以它们不易自行脱落，但在拆模时用手锤从反向敲打时很容易脱落。

图1 -17 是梁板组装式模板中使用的组合式轻型大梁，槽形部件采用铝合金板材冲压轧制，使用螺栓临时连接，用完后可拆散解体。这种模板的框架已完全铝合金化，因而是最轻的一种梁板组装式模板。

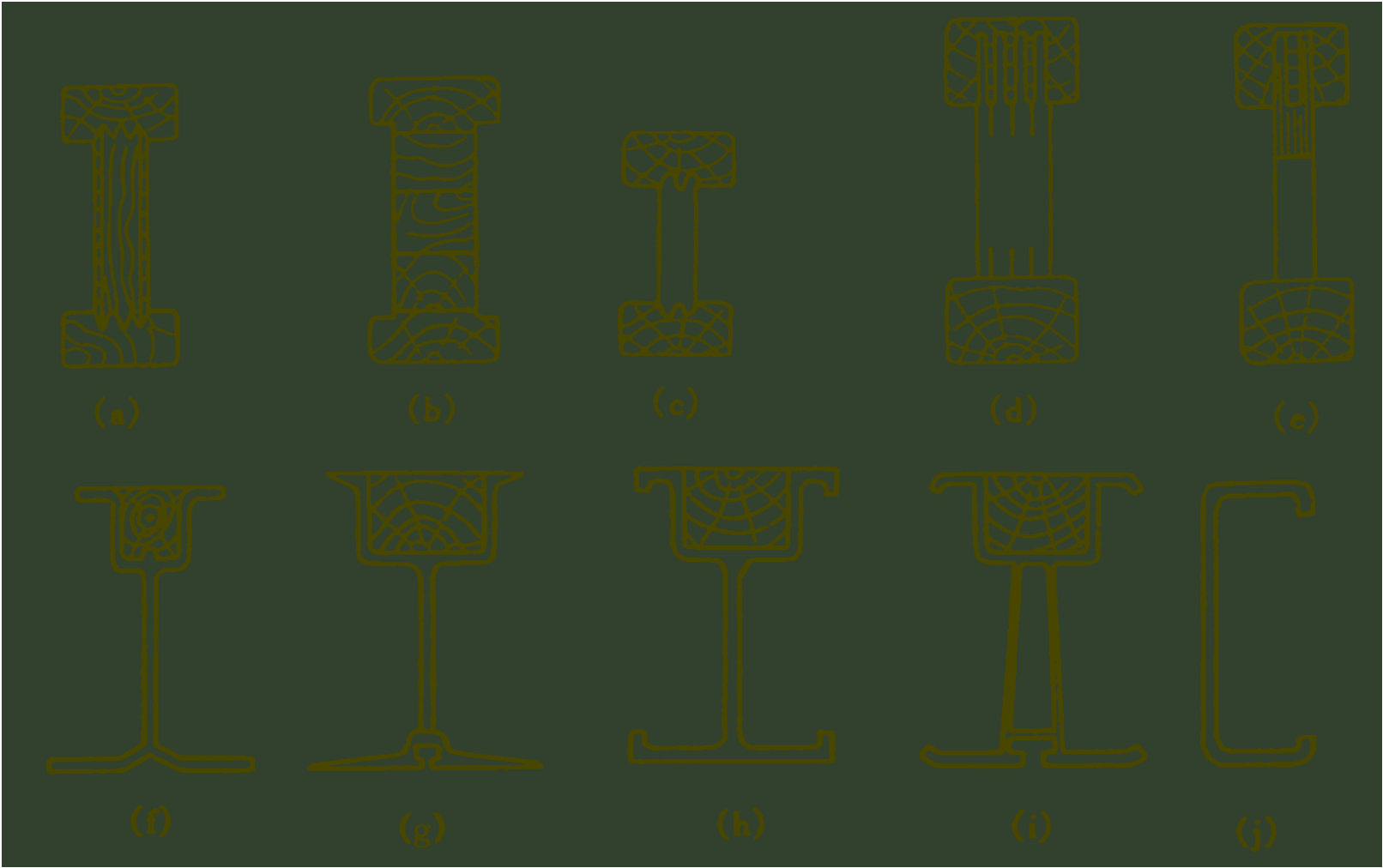


图1 -15 几种小梁的结构示意图

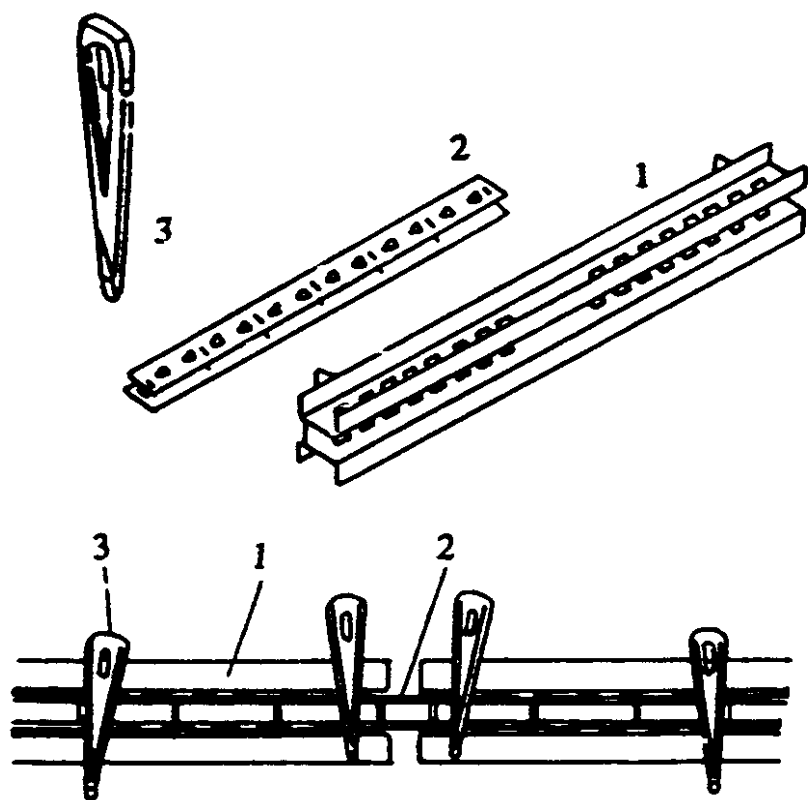


图1 -16 一种双槽钢大梁及其配件和使用方法示意图  
1—大梁 ;2—大梁连板 ;3—锥形销

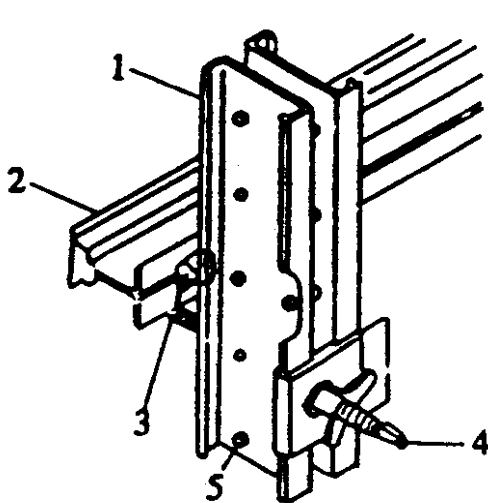


图1 -17 一种组合式轻型大梁及其使用方法示意图  
1—大 梁 ;2—小梁 ;  
3—梁卡 ;4—模板对穿拉杆

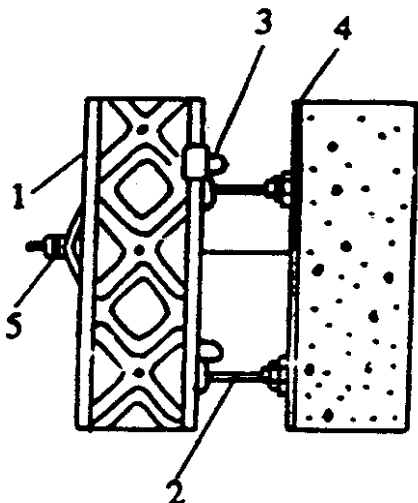


图1 -18 一种多功能大梁使用示意图  
1—大 梁 ;2—小梁 ;  
3—梁卡 ;4—板面  
5—模板对穿拉杆

图1 -18 是梁板组装式模板中所用的一种多功能大梁。这种大梁都是先用薄钢板冲压轧制成带圆孔或方孔的槽形部件，然后再两两相对焊接或用螺栓连接成形，还能做模板的斜支撑、水平结构中的垂直支撑和地基施工时的水平支撑等构件。

梁板组装式模板组合装配时，根据施工图首先绘制组装设计图，确定每一块模板的形状和尺寸，列出所需的大、小梁构件和板面用胶合板以及梁卡等配件的规格、型号、数量明细表。在现场组装时，根据组装设计图先在地上划线摆放大梁，然后再将小梁依次摆放在大梁上，并用梁卡固定，形成一个井字形框架，最后再铺设胶合板，并用自攻螺丝或铁钉固定。

## 二、钢框胶合板模板

钢框胶合板模板以钢材或铝材为框架，木胶合板或竹胶合板为面板，亦称板块组合式模板。支撑其板面的框架均在工厂铆焊定型，施工现场使用时，只进行板块式模板单元之间的组合。

板块式模板的框架一般为矩形，在框架上镶入板面后像一扇门。习惯把在结构上起大梁作用的框架周边称作边框，而把边框内起小梁作用的肋条称作横肋或竖肋，见图1 -19。

板块式组合模板依据其模板单元面积和重量的大小，可分为轻型和重型两种。在结

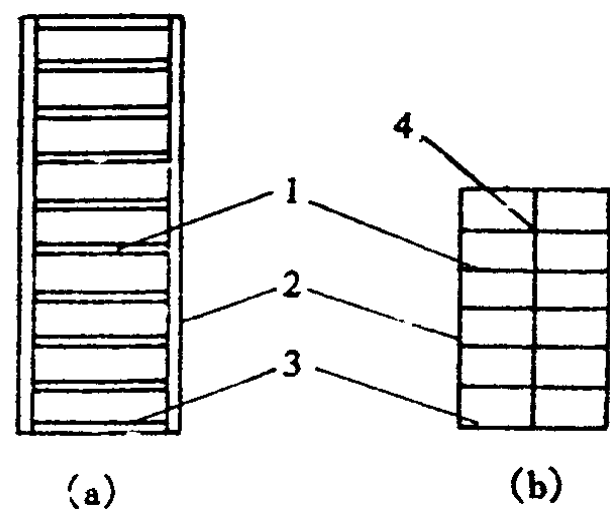
构造上，这两种模板的主要区别是边框的截面形状不同。轻型边框是板式实心截面，而重型边框是箱形空心截面。

1. 轻型板块组合式模板

轻型板块组合式模板的横、竖肋，常见有一字形、T形、L形、Z形等。不同产品的模板主要区别是其边框的截面形状和模板单元之间的组合卡具。

边框的截面高度有55，63，65，70，75mm或80mm几种，边框高度越大，整块模板的结构刚度也越大。厚度一般为3~5mm。边框上开设许多用于组合卡具穿插的孔洞，常见有圆孔、矩形孔、蝶形孔或椭圆孔。图1-20是几种常见的边框截面。这些边框上部都带有与胶合板周边形状相吻合的L形台阶（或称板面密封线），板面周边密封采用弹性密封胶。

组合卡具有U形卡、插销式和插板式等。U形卡具与组合钢模板使用之卡具相同。插板式和插销式组合卡具除了具有连接模板的功能外，还能穿插安装模板之间的对穿拉杆，承受新浇混凝土的侧压力，但也给模板边框的轧制增加了难度，如图1-21。目前较为先进的组合卡具是十字旋转销，见图1-22。在圆柱销的头部插入固定一个键式销后构成了十字形，其截面与模板边框上的蝶形孔相吻合，在尾部焊接一个把手。使用时，先将十字头插入两两重合的蝶形孔内，然后再将把手旋转90°即可，反之即可拆除。这种卡具装拆速度快，可靠性强，降低了劳动费用。



(a) 重型；(b) 轻型

图1-19 板块组合式模板单元简图

1—横肋；2—边框；3—板面；4—竖肋

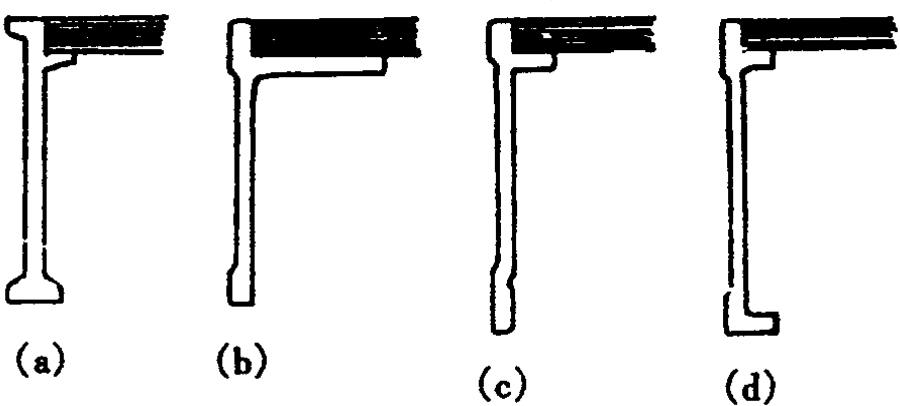


图1-20 几种常见的边框截面

2. 重型板块组合式模板

重型板块组合式模板单元的边框为箱型空心截面，一般没有竖肋。横肋截面也比较简单，常见的有口形、**几**形和**[**形等几种。板面用胶合板，厚度一般为15~21mm。

板块基本规格较少，模板单元的基本宽度在1m 左右，最小宽度一般在0.3m 以上。在施工现场组合使用时，小于0.3m 的缝隙用胶合板或木材拼补。基本高度一般不超过2.7m，如图1-23。



(a) 插销式组合卡具；(b) 插板式组合卡具；  
(c) 插板式组合卡具应用示意图

图1-21 两种常见的组合卡具

图1-22 十字旋转销的  
构造和使用示意图

1—圆柱销；2—键式销；3—弹簧垫圈；  
4—把手；5—模板边框；6—蝶形孔；  
7—模板板面

重型板块模板边框的截面高度一般为100~140mm，宽度50mm左右，周边厚度一般为3mm，用钢材或铝合金材料轧制或挤压成型，见图1-24。边框上只有对穿拉杆预留孔而没有组合卡具穿插孔。其组合卡具结构构造都巧妙地利用了机械摩擦和斜面自锁的原理。图1-25是卡具构造及使用示意图。

重型板块式模板单元的强度高，刚度大，许用侧压力都在60kN/m<sup>2</sup>以上。在组合时，组合卡具用量很少。重型板块式模板既有梁板式模板板面接缝少、整体刚度大的特点，又具有轻型板块模板灵活通用的优点，是国外较受关注的一种模板形式。但板块式模板在组合和使用时都是边框之间的接触，因此，对框架的加工质量，特别是几何尺寸要求很高，而梁板式模板的组装和构件的加工难度低得多。

### 三、支撑构件

水平层结构模板中大量使用的支撑构件与脚手架、木模板支撑、组合钢模板支撑都可以通用，常用的支撑构件有套管式、扣接式和门架式三种。

1. 套管式

套管式支撑是一种独立式支撑构件，国内已经普通应用。目前对套管式支撑构件上的微调装置进行了改进，常见的有封闭式和开放式两种，见图1 -26。此外，在支撑构件的底部还附设了一套可折叠的三角架，增加了支撑面积，提高了稳定性和支、拆模板的速度。常见的有管式三角架和板式三角架两种，见图1 -27。

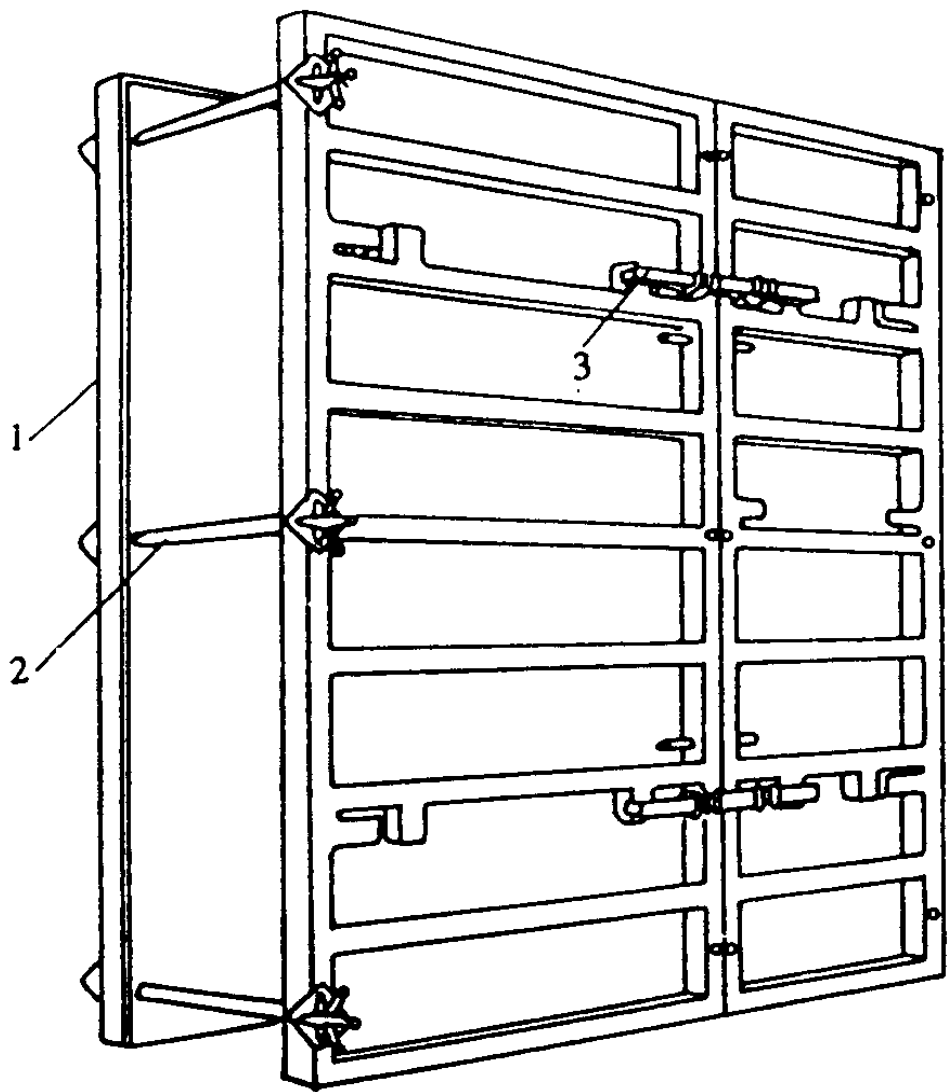


图1 -23 重型板块组合式板板组合使用示意图

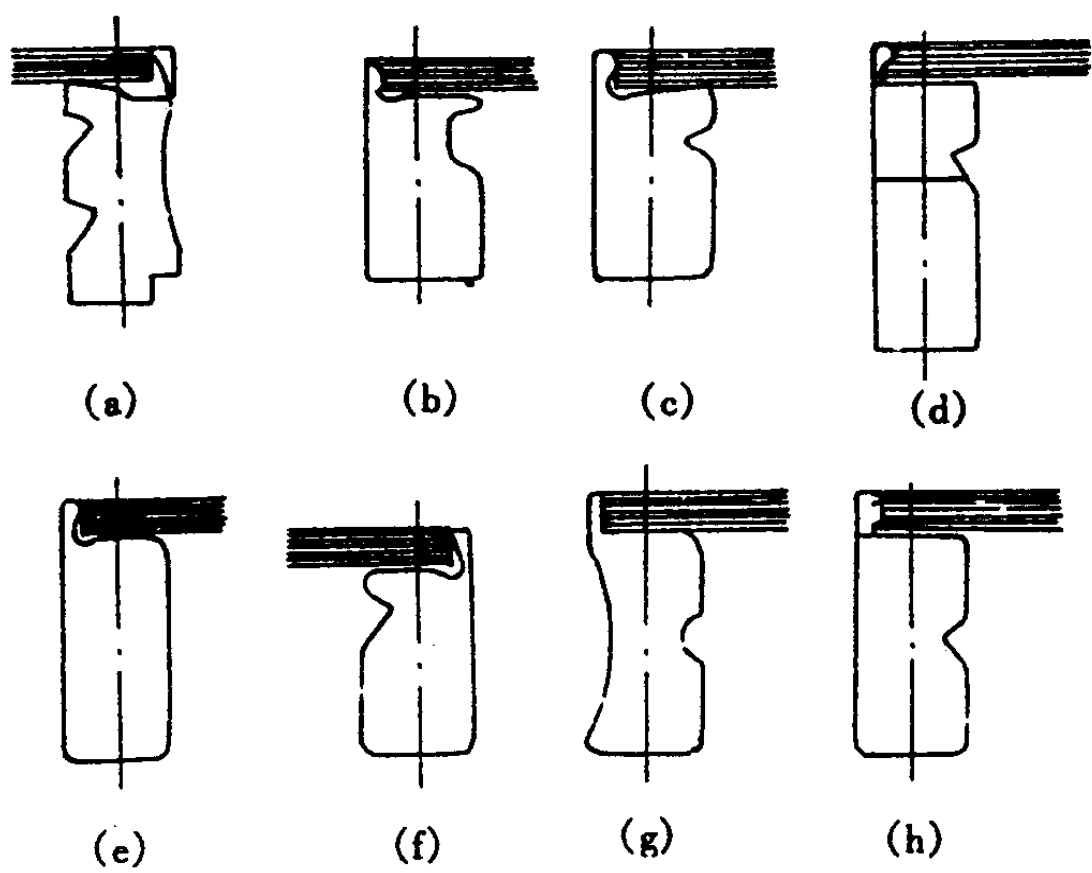
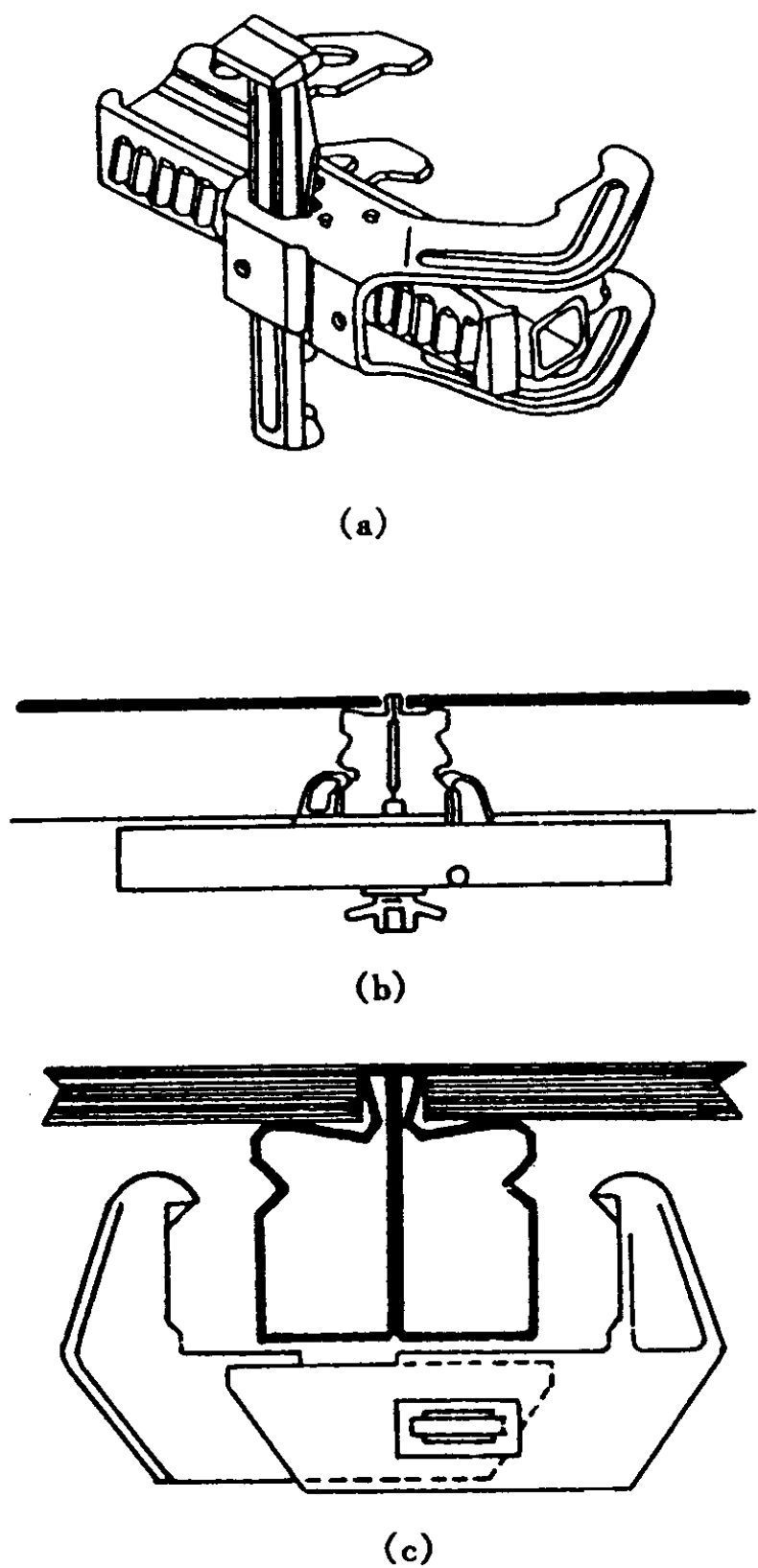


图1 -24 几种典型的重型板块式模板边框截面



(a) 重型板块组合式模板的专用组合卡具；  
(b) 一种重型板块组合式模板组合示意图；  
(c) 一种重型板块组合式模板组合示意图；

图1 -25 卡具构造及使用示意图

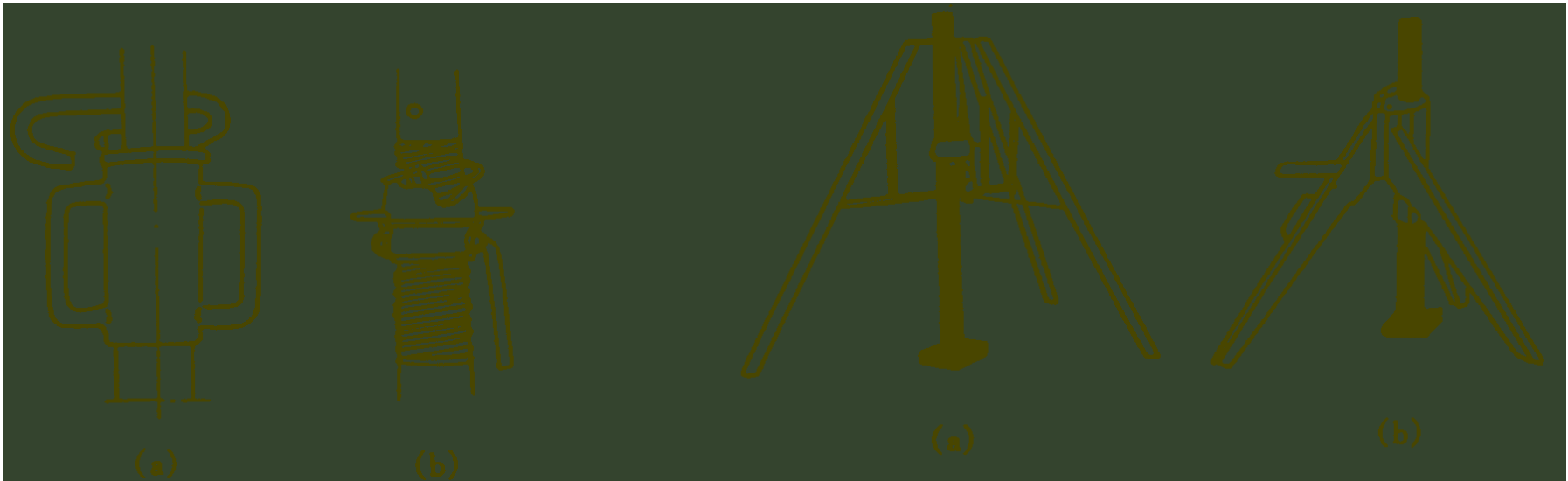
2．扣接式

扣接式（碗扣式）支撑在高度方向上的微调是由设在其顶部或底部的螺杆、螺母装置完成的，在不同的高度上设有若干固定扣接点，在同一扣接点上可同时与四根水平拉杆或斜拉杆扣接，既可用于水平层结构模板的支撑，又可用作脚手架，是一种标准化的多功能支撑。扣接形式有U形卡式和碗扣式。最先进的是德国的RUX扣接式支撑，在同一高度上可同时与来自八个方向上的水平拉杆或斜拉杆扣接。

3．门架式

门架式支撑又称H形支撑，一般用两樘门形构件在高度方向插接使用，微调装置

与扣接式支撑相同，纵、横方向上仍有斜拉杆和剪刀撑构件。由于其微调整装置是可拆的，所以既可用于水平层模板的支撑，又可用作脚手架，也是一种多功能支撑。



(a) 封闭式；(b) 开放式  
图1 -26 常见的微调装置示意图

(a) 管式三角架；(b) 板式三角架  
图1 -27 常见的三角架示意图

第五节 大模板

大模板是一种工具式大型模板，配以相应的起重吊装机械，通过合理的施工组织，可以工业化生产方式在施工现场浇筑混凝土墙体结构。

大模板工程施工的特点是：以建筑物的开间、进深、层高为标准化的基础，以大模板为主要手段，以现浇混凝土墙体为主导工序，组织进行有节奏的均衡施工。采用这种施工方法，施工工艺简单，工程进度快，机械化施工程度高，劳动强度低，装修湿作业少，结构整体性和抗震性好，因此具有较好的技术经济效果。为此，要求建筑和结构设计能做到标准化，以使模板能做到周转通用。我国目前的大模板工程大体分为三类：外墙预制内墙现浇；内外墙全现浇；外墙砌砖内墙现浇。

大摸板由面板、加劲肋、竖楞、支撑桁架、稳定机构及附件组成（图1 -28）。

面板要求平整、刚度好。可用钢板或胶合板制作。面板设计由刚度控制。加劲肋的作用是固定面板，把混凝土侧压力传递给竖楞。当加劲肋间距 $l$ 与面板厚度 $t$ 之比 $l/t \leq 100$ 时，按小挠度连续板计算，否则按大挠度板计算。在小挠度连续板中，按照加劲肋布置方式，又分单向板和双向板。按单向板设计，只有水平（或垂直）加劲肋，加工容易，但刚度小，耗钢量大；按双向板设计，则水平肋、垂直肋皆有，面板刚度大，结构



合理，但加工复杂、焊缝多易变形。加劲肋一般用 65 角钢或 [65 槽钢。间距一般为 300 ~500mm。

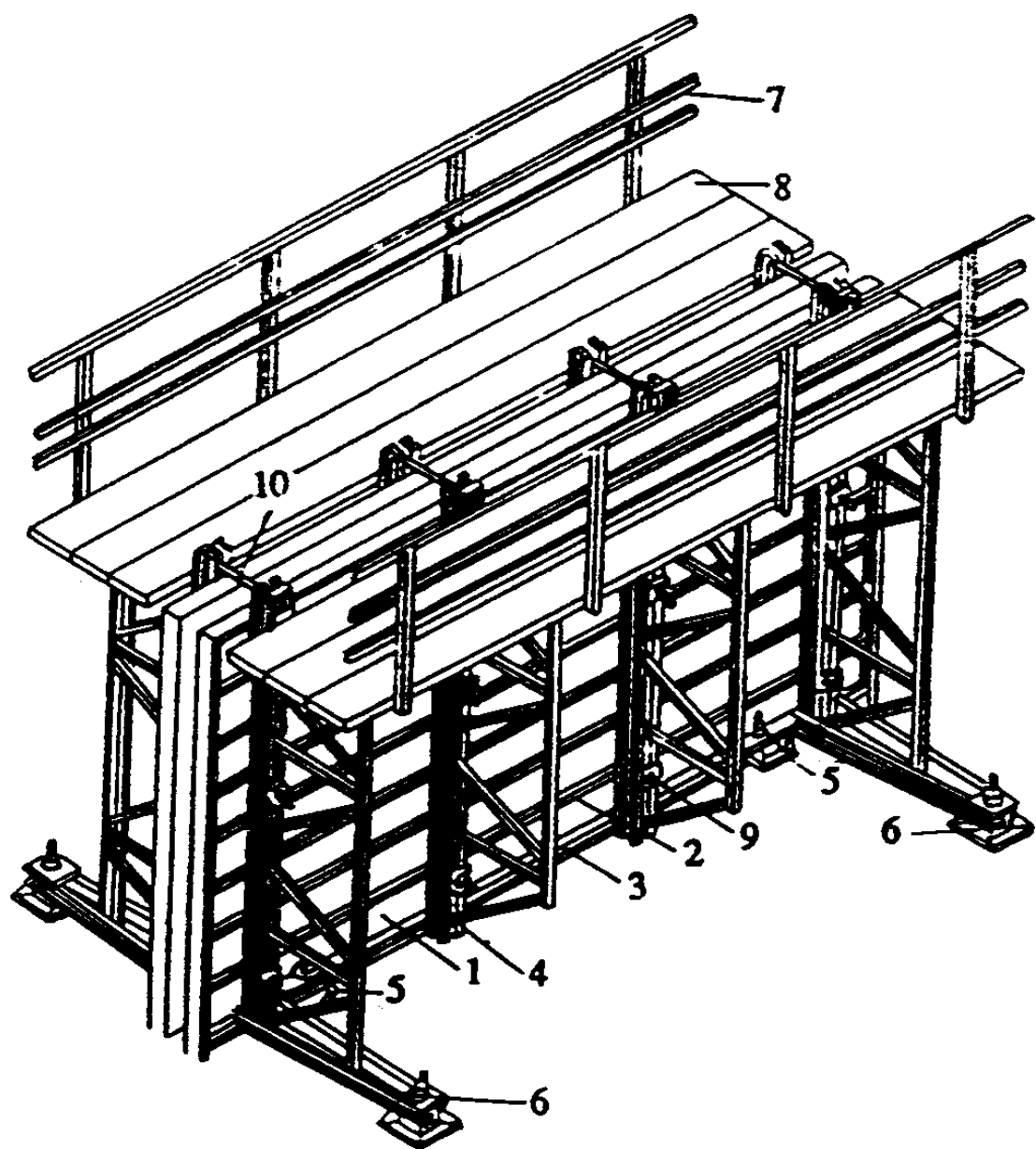


图1 -28 大模板构造示意图

1—面板 ;2—水平加劲肋 ;3—支撑桁架 ;4—竖楞 ;5—调整水平用的螺旋千斤顶 ;  
6—调整垂直用的螺旋千斤顶 ;7—栏杆 ;8—脚手板 ;9—穿墙螺栓 ;10—卡具

竖楞是穿墙螺栓的固定点，承受传来的水平力和垂直力。一般用背靠背的两个 [65 或 [80 槽钢，间距约为1 ~1.2m。

亦可用定型组合钢模板拼装成大模板，用后拆卸仍可用于其他构件，机动灵活，亦有许多优点。

大模板的组合方案取决于结构体系。当外墙为预制墙板或砌筑者，多用平模方案，即一面墙用一块平模。平模方案要求横墙与纵墙混凝土分两次浇筑，增加了工序和竖直施工缝，但模板装拆方便、加工简便、通用灵活，且墙面平整，装修修补工作量小。平模端部连接节点见图1 -29。当内、外墙皆现浇，或内纵墙与横墙同时浇筑者，多用小角模和大角模方案。小角模方案是以平模为主，转角处用 100 ×10 的小角模，如图1 -30 所示。小角模拼缝多，加工精度要求高，模板安装困难。大角模组合方案，即一个

房间四面墙的内模板用四个大角模组合而成，成为一个封闭体系，如图1 -31 所示。大角模稳定，但在相交处如组装不平会在墙壁螺旋千斤顶中部出现凹凸线条。个别情况还有用筒子模进行施工，将四面墙模板联成整体就成为筒子模。如图1 -32 所示。

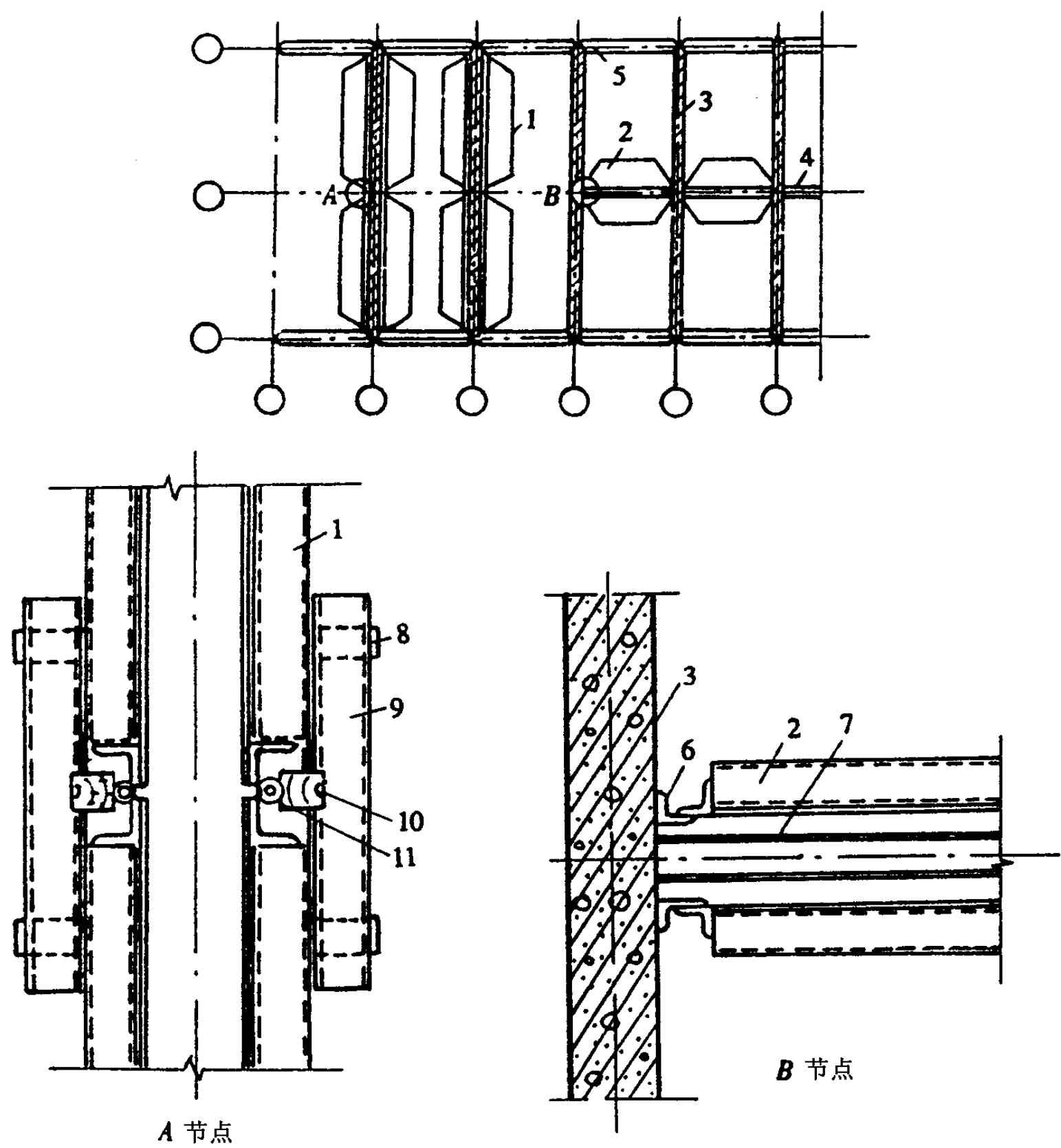


图1 -29 平模端部节点示意图

1—横墙平模 ;2—纵墙平模 ;3—横墙 ;4—纵墙 ;5—预制外墙板 ;6—补缝角模 ;7—拉结钢筋 :  
8—夹板支架 ;9—  $\beta$  夹板 ;10—木楔 ;11—钢管

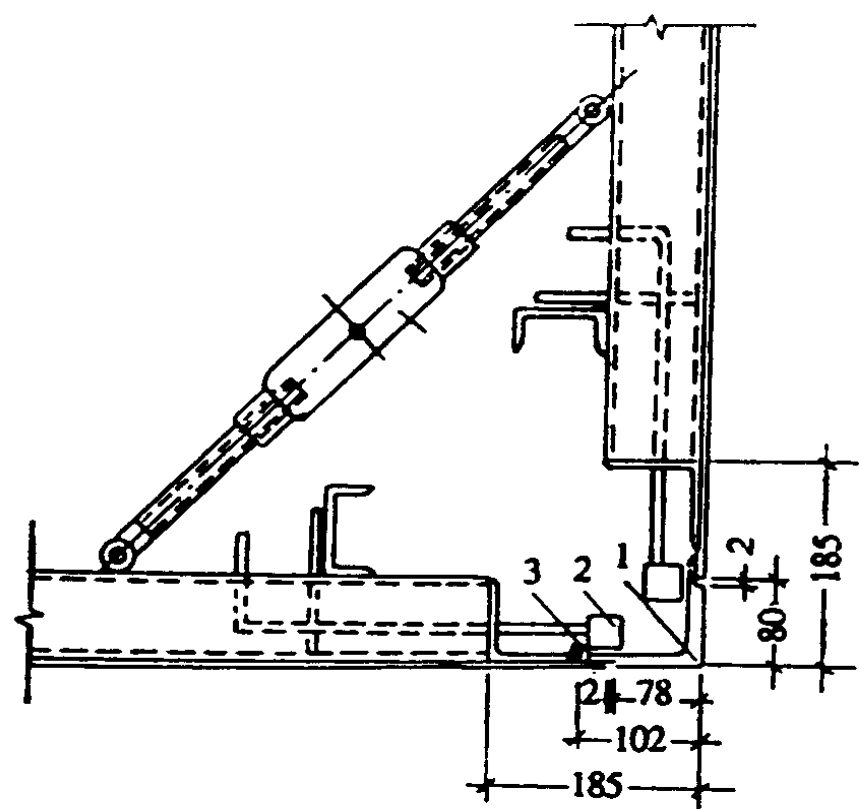


图1 -30 小角模的联接

1—小角模 ;2—偏心压杆 ;3—合页

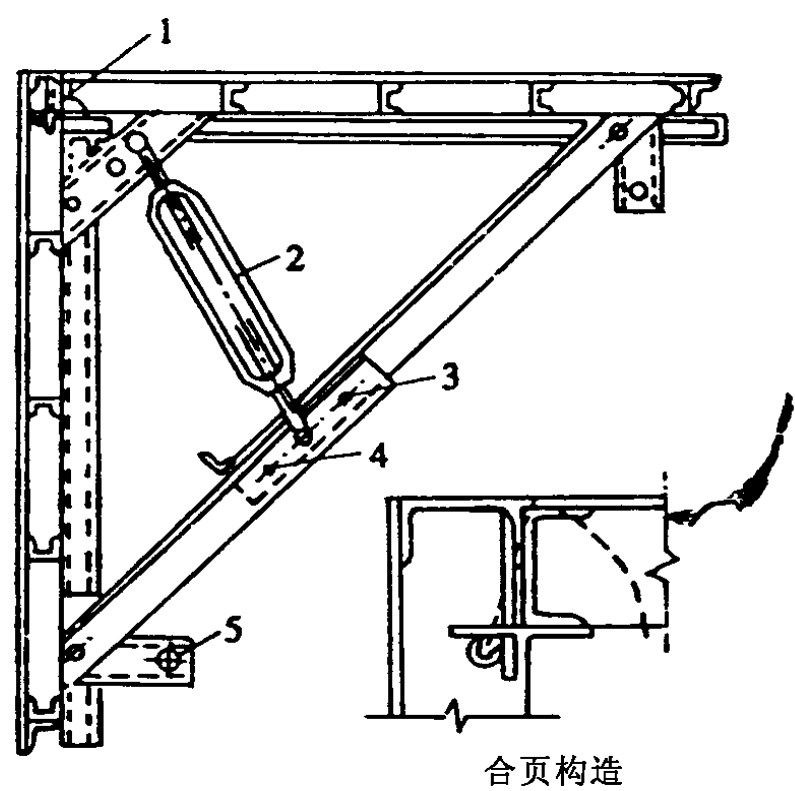


图1 -31 大角模构造示意图

1—合页 ;2—花篮螺丝 ;3—固定销子 ;  
4—活动销子 ;5—调整用

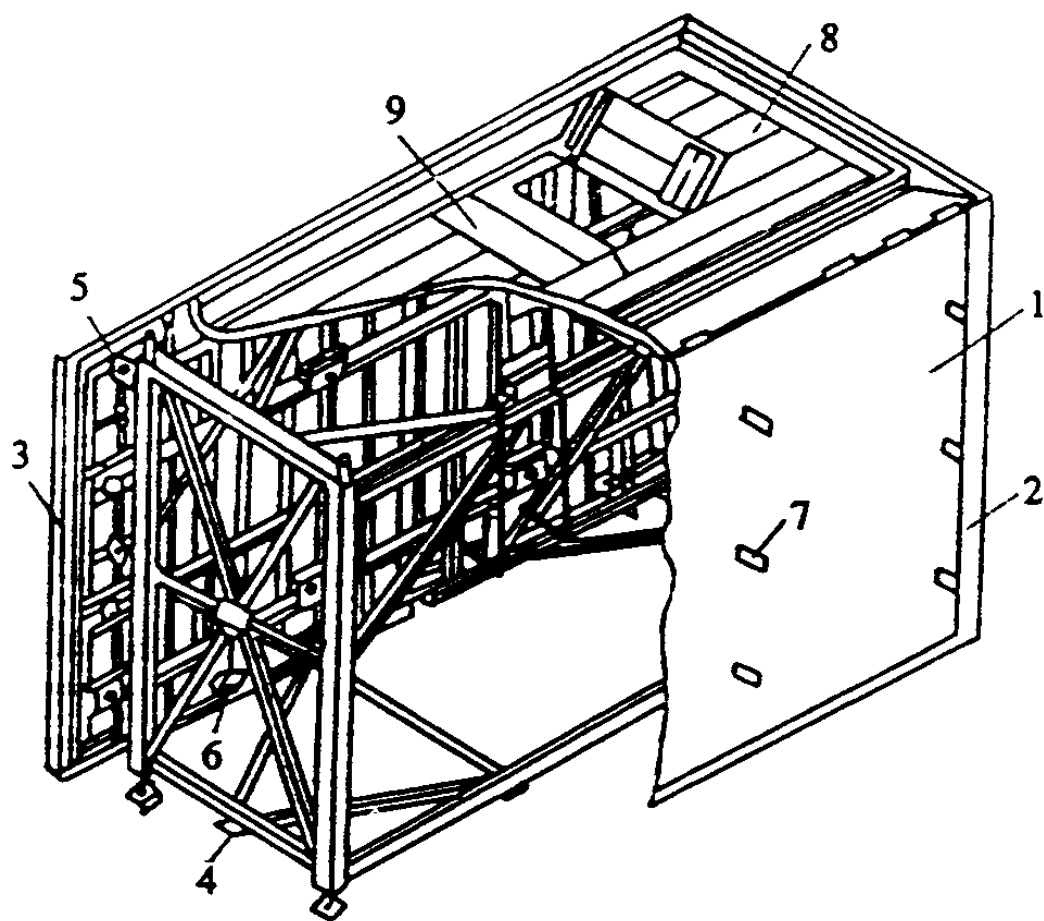


图1 -32 筒子模

1—模板 ;2—内角模 ;3—外角模 ;4—钢架 ;  
5—挂轴 ;6—支杆 ;7—穿墙螺栓 ;8—操作平台 ;9—出入孔

大模板之间的连接，内墙相对的两块平模，是用穿墙螺栓拉紧，顶部的螺栓亦可用卡具代替（图1 -33 ）。外墙的内外模板连接方式有两种，一般是在外模板的竖楞上焊一槽钢横梁，用其将外模板悬挂在内模板上（图1 -34 ）；有时亦可将外模板支承在附

墙式外脚手架上。大模板堆放时，应将板面后倾一定角度，以防止其倾倒伤人。

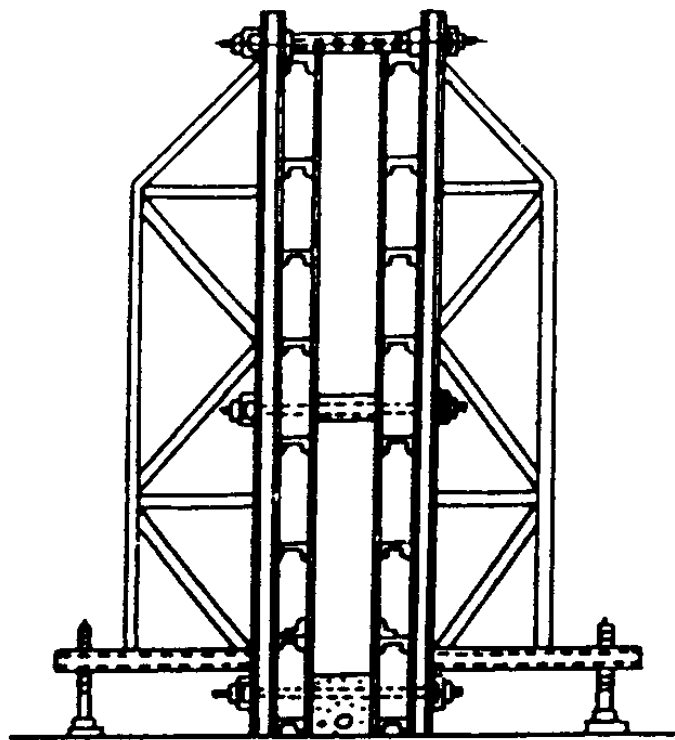


图1 -33 内墙大模板的连接

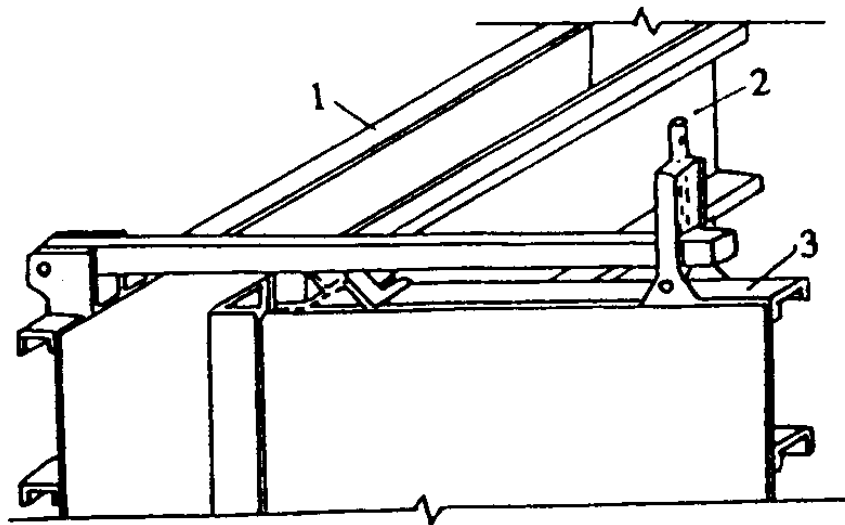


图1 -34 悬挑式外模

1—外墙的外模 ;2—外墙的内模 ;3—内墙模板

## 第六节 滑升模板

滑升模板（又称滑动模板）施工是现浇混凝土工程中机械化施工程度较高的工艺之一。

滑升模板的施工是按照建筑物的平面布置，从地面开始沿墙、柱、梁等构件的周边，一次装设高为1.2m 左右的模板，随着在模板内不断浇筑混凝土和绑扎钢筋，利用一套提升设备将模板不断向上提升，由于出模的混凝土自身强度能承受本身的重量和上部新浇混凝土的重量，所以能保持其已获得的形状而不会塌落和变形。这样，随着滑升模板的不断上升，在模板内分层浇筑混凝土，连续成型，逐步完成建筑物构件的混凝土浇筑。滑升模板装置如图1 -35 所示。

滑升模板施工从20 世纪初创始以来，主要用于筒壁构筑物（烟囱、水塔等）施工，随着技术的进步，这项工艺应用的范围也不断扩大。滑升结构物的类型，已由构筑物发展到高层和超高层建筑物；滑升结构的截面形式，也由等截面发展到变截面，又由变截面发展到变坡变径。

滑升模板施工的主要优点是：

(1) 大量节约模板和脚手架，节省劳动力，降低施工费用。由于施工时只需安装一

次模板和操作平台，且模板高度仅为1 2m 左右，就能完成整个建筑物从底至顶的全部混凝土浇筑工作。因而大大节省了模板和脚手架的材料用量，显著减少了支模、拆模、搭脚手架等工作所消耗的劳动量，从而降低了施工费用。

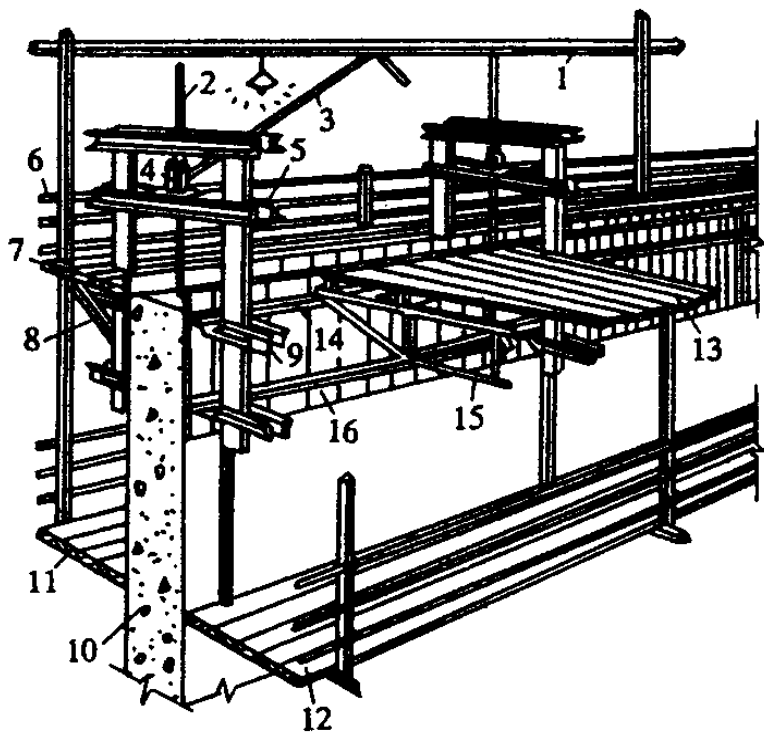


图1 -35 滑模装置总图

- 1—支架 ;2—支承杆 ;3—油管 ;4—千斤顶 ;5—提升架 ;6—栏杆 ;7—外平台 ;  
8—外挑架 ;9—收分装置 ;10—混凝土 ;11—外吊平台 ;12—内吊平台 ;13—内平台 ;  
14—上围圈 ;15—桁架 ;16—模板

- ②）加快施工速度，缩短工期。由于大量减少支、拆模，搭、拆脚手架等工作，而绑扎钢筋、浇筑混凝土和模板滑升等工序又密切配合，从而提高了工作效率，大大加快了施工速度，缩短施工工期。
- ③）提高工程质量，保证结构的整体性。由于混凝土的浇筑工作始终在模板上口进行，易于操作捣实，使混凝土表面更加密实平整，从而提高了混凝土的施工质量和结构的整体性。
- ④）有利于安全施工。由于操作人员的操作都是在操作平台和吊脚手架上进行的，安全设施齐备，故施工安全可靠。

## 一、滑升模板系统的装置与设备

滑升模板系统主要由模板系统、操作平台系统和提升系统三大部分组成：

### （一）模板系统

模板系统包括模板、围圈、提升架等。

1．模板（又称围板）

模板的作用是确保混凝土按照设计要求的结构形体尺寸准确成型，并承受新浇筑混凝土的侧压力、冲击力和在滑升时混凝土对模板产生的摩阻力；另外，还要保证结构内的配筋、门窗洞口模板、预埋管线等能顺利地从模板上口安装施工。

模板可用钢材、木材或钢木混合材料制成。目前使用的模板以钢模板为多。

钢模板可采用厚2~3mm的钢板冷压成型，或用2~3mm钢板与L30~L50角钢制成(图1-36)。通常模板的宽度为300~500mm，亦可配以少量宽度为200mm、150mm的模板，以组装及拆卸方便为宜，高度一般为1.0~1.4m。

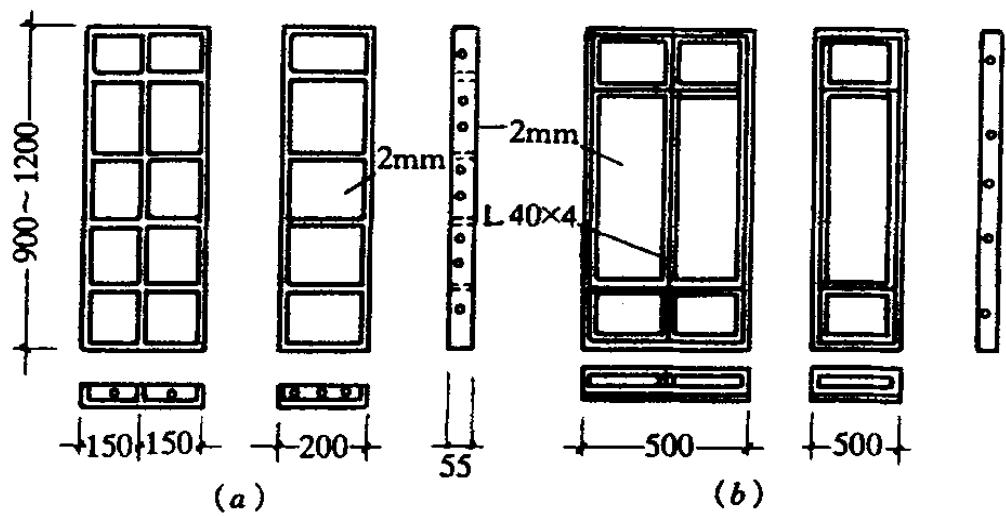


图1-36 钢模板示意图

(a) 压轧钢模板示意图；(b) 焊接钢模板示意图

为了减少滑升时模板与混凝土的摩阻力，便于脱模，模板安装后其内外模板应形成上口小下口大的锥度（倾斜度），并使模板高在下口以上1/4~1/2高度处的净间距为结构截面的设计厚度。单边模板的锥度为0.3%~0.5%（图1-37）。

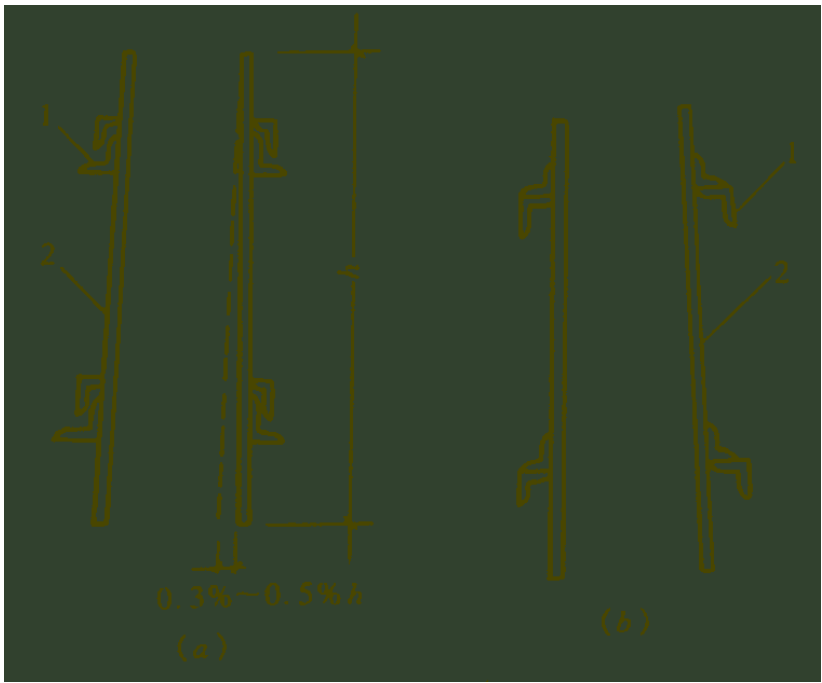


图1-37 模板安装锥度和与围圈连接示意图

(a) 模板挂在围圈上；(b) 模板搁置在围圈上

1—围圈；2—模板；h—模板高度

模板支承在围圈上，与围圈的连接一般有两种方法：一种是模板挂在围圈上；另一种是模板搁置在围圈上（图1 -37）。前者装拆稍费事，后者装拆方便，但需有相应措施固定。

2．围圈（又称围檩）

围圈在模板外侧横向布置，一般上下各布置一道，分别支承在提升架的立柱上。

围圈的作用是固定模板的位置，保证模板所构成的几何形状不变，承受由模板传来的水平力（新浇筑混凝土的侧压力、冲击力和风荷载）和垂直力（一般为滑升时的摩阻力）。有时，围圈还可能承受操作平台及挑平台传递的荷载。围圈把模板和提升架联系在一起，构成模板系统，当提升架提升时，通过围圈带动模板，使模板随之向上滑升。

围圈可用角钢、槽钢或工字钢制作，一般采用75 ×6 的角钢或8 号、10 号槽钢制成。

上下围圈的间距视模板的高度而定，以能使模板在受力时变形最小为原则。对高度为1 ~1.2m 的模板，上下围圈的间距宜在500 ~700mm。上围圈离模板上口不宜大于250mm，以保证模板不会因振捣混凝土而变形，下围圈离模板下口可稍大，但也不宜大于300mm。

当提升架之间的距离较大时（大于2.5m），或操作平台的桁架直接支承在围圈上时，可在上下围圈之间加设腹杆，形成平面相架，以提高承受竖向荷载的能力。为了使围圈能重复使用，腹杆与围圈宜做成装配式（图1 -38），不宜采用固定焊接连接。

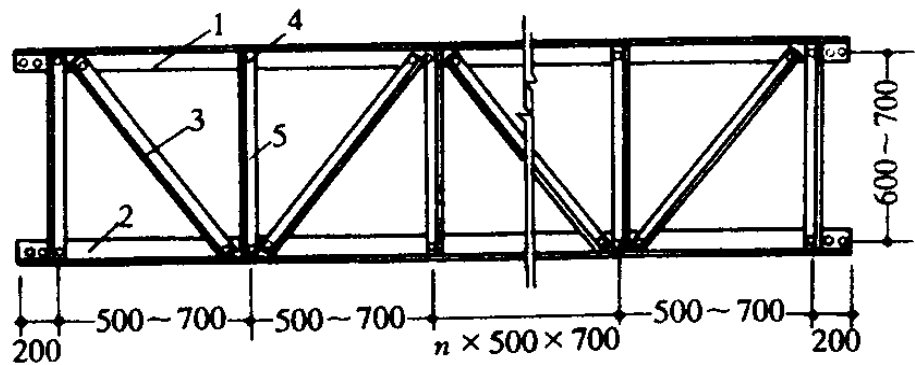


图1 -38 围圈桁架构造示意图

1 —上围圈 ;2 —下围圈 ;3 —斜腹杆 ;4 —垂直腹杆 ;5 —连接螺栓

3．提升架

提升架（又称千斤顶架或门架）的作用是固定围圈的位置，防止模板的侧向变形；承受作用于整个模板上的竖向荷载；将模板系统和操作平台系统连成一体，并将模板系统和操作平台的全部荷载传递给千斤顶和支承杆。因此，提升架在模板系统中是个关键的部件。

提升架由立柱、横梁、支承围圈的支托和支承操作平台的支托等各部件组成。为了

适应墙（柱）截面尺寸的变化，提升架宜采用拼装式。立柱可用12~16号槽钢，可做成单肢式、格构式或桁架式。横梁一般用12号槽钢，有单横梁（一般称“ ”型架）和两横梁（一般称“开型架”）两种。立柱与横梁的连接方式有两种，一是全部采用螺栓连接，二是一端采用焊接另一端采用螺栓连接。提升架见图1-39。

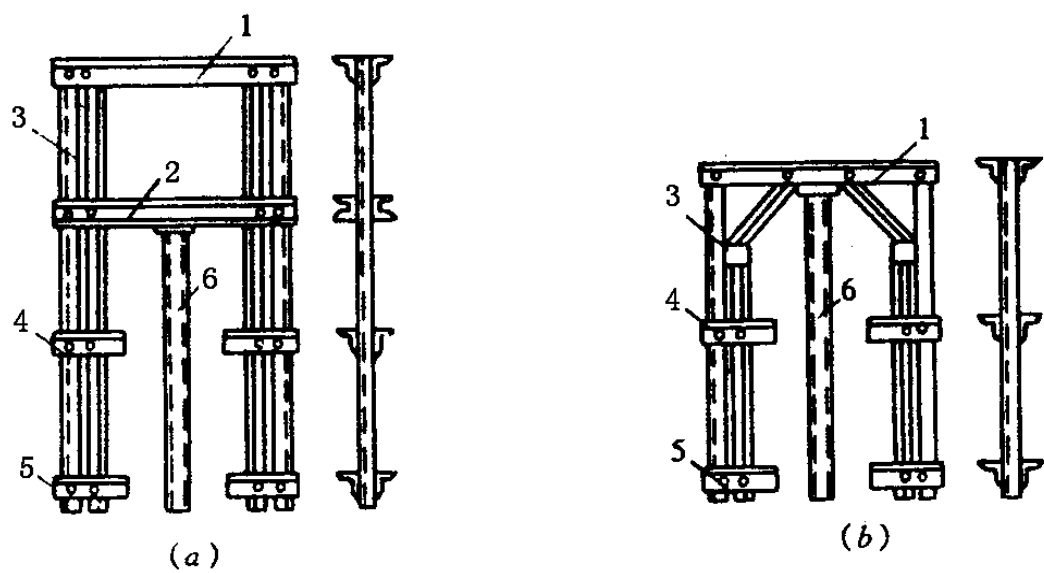


图1-39 钢提升架示意图

(a) 两横梁；(b) 单横梁

1—上横梁；2—下横梁；3—立柱；4—上围圈支托；5—下围圈支托；6—套管

4. 套管

套管的作用是使支承杆能回收再使用。套管的内径一般比支承杆直径大2~5mm，套管上端与提升横梁相连，下端与模板下口齐平。将支承杆套在套管内，当提升架提升时，套管亦随之上升，支承杆周围与结构混凝土之间留有空隙，使支承杆与混凝土不相粘结，待施工完毕后，可将支承杆拔出。

套管与提升架横梁的连接方式，最好能保证套管在必要时可自由转动，以避免停滑时套管与混凝土粘结。套管外表面应确保顺直光滑，若有条件，套管的外径也可加工成上大下小，便于提升。

(二) 操作平台系统

操作平台又称工作平台，主要包括主操作平台、外挑操作平台、吊脚手架等。在施工需要时，还可设置上辅助平台（图1-40）。它是供材料、工具、设备堆放和施工人员进行操作的场所。其承载大，要求具有足够的强度和刚度。

1. 主操作平台

主操作平台既是施工人员进行绑扎钢筋、浇筑混凝土和提升模板的操作场所，也是材料、工具、设备等堆放的场地。其承受的荷载基本是动荷载，且变化幅度较大，应安放比较平稳牢靠。但是，由于楼板跟随施工的需要，要求操作平台采用活动式，便于反



复揭开，进行楼板施工。故操作平台的设计，要考虑既能揭开方便，结构又要牢稳可靠。

活动式平台板宜用型钢作框架，上铺多层胶合板或木板，再铺设铁板保护。平台板的尺寸大小，可根据吊装能力及型钢规格而定。

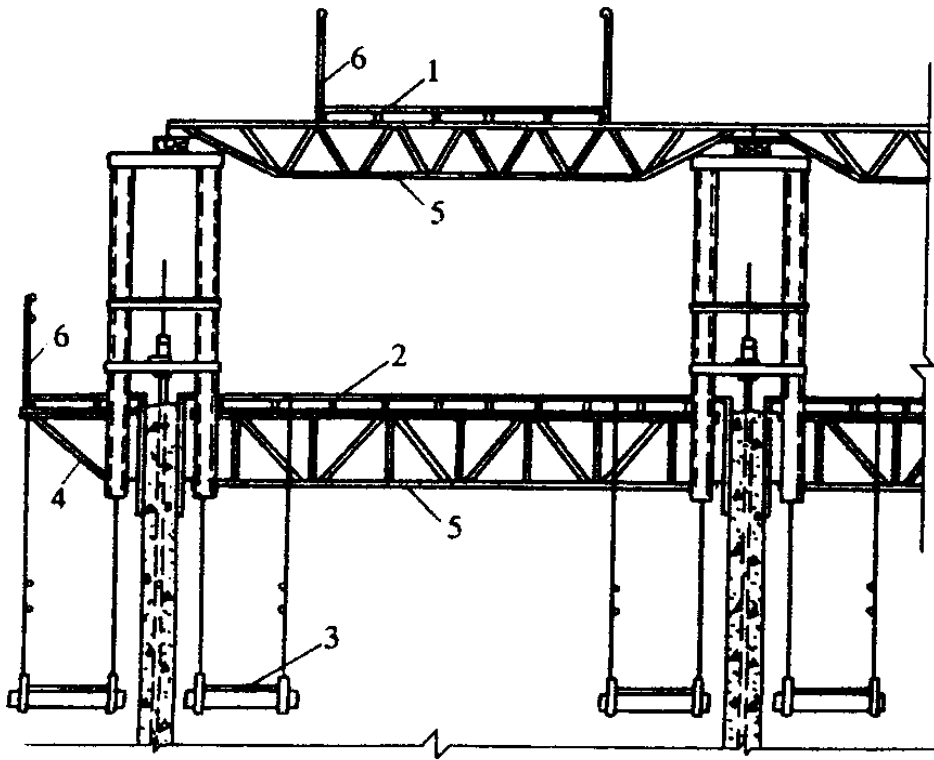


图1 -40 操作平台系统示意图

1—上辅助平台；2—主操作平台；3—吊脚手架；  
4—三角挑架；5—承重桁架；6—防护栏杆

2．外挑操作平台

外挑操作平台一般由三角挑架、楞木和铺板组成。外挑宽度为0.8~1.0m。为了操作安全，在其外侧需设置防护栏杆。三角挑架可支承在提升架立柱上或挂在围圈上。三角挑架应用钢材制作，其构造与连接方法如图1 -41 所示。

3．吊脚手架

吊脚手架又称下辅助平台或吊架子，是供检查墙（柱）混凝土质量并进行修饰、调整和拆除模板（包括洞口模板），引设轴线、高程及支设梁底模板等操作之用。外吊脚手架悬挂在提升架外侧立柱和三角挑架上，内吊脚手架悬挂在提升架内侧立柱和操作平台上。外吊脚手架可根据需要悬挂一层或多层。

吊脚手架的吊杆可用 16~18 的圆钢或50×4mm 的扁钢制成，也可采用柔性链条。吊脚手架的铺板宽度一般为600~800mm。为保证安全，每根吊杆必须安装双螺母予以锁紧，其外侧应设防护栏杆挂设安

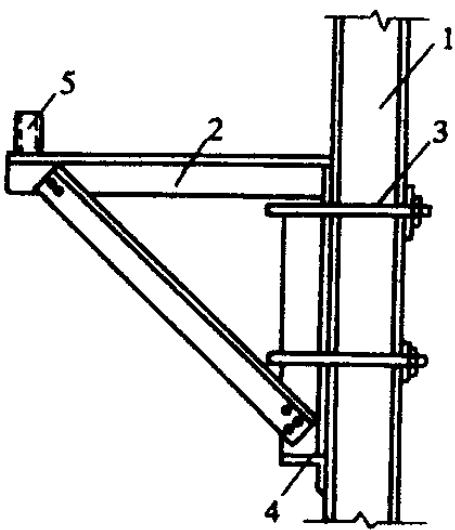


图1 -41 三角挑架构造

1—立柱；2—角钢三角挂架；  
3—U形螺栓；4—支托；  
5—1in管

全网。

4．上辅助平台

当操作平台的操作高度不够或操作面过小，必要的材料、工具、设备堆放不下，混凝土运送不便时，则需在操作平台上部设置上辅助平台。上辅助平台要根据工作需要情况可局部设置。但由于它的高度较高，本身不够稳定，且对塔式起重机运材料妨碍较大，又给模板系统带来较多不利，故无特殊需求，不宜轻易采用。

(三) 提升系统

提升系统是承担全部滑升模板装置、设备及施工荷载向上滑升的动力装置，由支承杆、千斤顶、液压控制系统和油路等组成。

提升系统的工作原理是：由电动机带动油泵，将油液通过换向阀、分油器、截止阀及管路，输送到各台千斤顶（图1 -42）。在不断供油、回油的过程中，使千斤顶活塞不断地压缩、复位，将全部滑升模板装置向上提升到需要高度。

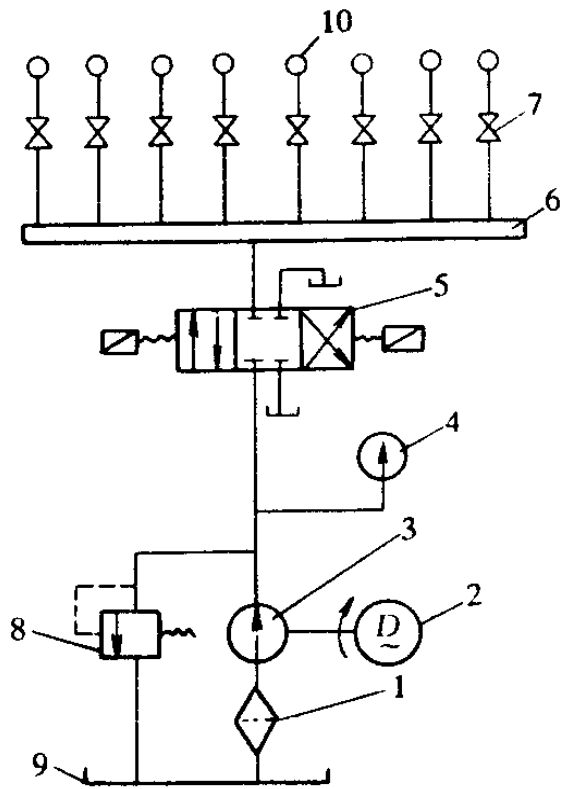


图1 -42 提升系统液压控制装置原理图

1—滤油器；2—单向回转交流电动机；3—油泵；4—压力表；5—换向阀；6—分油器；  
7—截止阀（针型阀）；8—溢流阀；9—油箱；10—千斤顶

1．千斤顶

液压滑升模板施工所用的千斤顶为专用穿心式千斤顶，按其卡头型式不同可分为钢珠式（图1 -43）和楔块式（图1 -44）。目前以小型液压千斤顶应用最广泛。其技术性能见表1 -1。

表1 -1 小型液压千斤顶的主要技术参数

项 目		单位	型号及参数		
			GYD -35 型	QYD -35 型	TYD -35 型
理论行程		mm	35	40	35
实际行程	负荷35kN	mm	>20	>3 8	>20
	负荷15kN		>30		>30
最大工作压力		MPa	8	8	8
内排油压力		MPa	0 3	0 3	0 3
最大起重量		t	3 5	3 5	3 5
工作起重量		t	1 5	1 5	1 5
重量		kg	13	14	13
外型尺寸 (长×宽×高)		mm	160 ×160 ×245	160 ×160 ×280	160 ×160 ×245

注：GYD -35 型适用于圆钢作支承杆，QYD -35 型适用于圆钢和螺纹钢作支承杆。

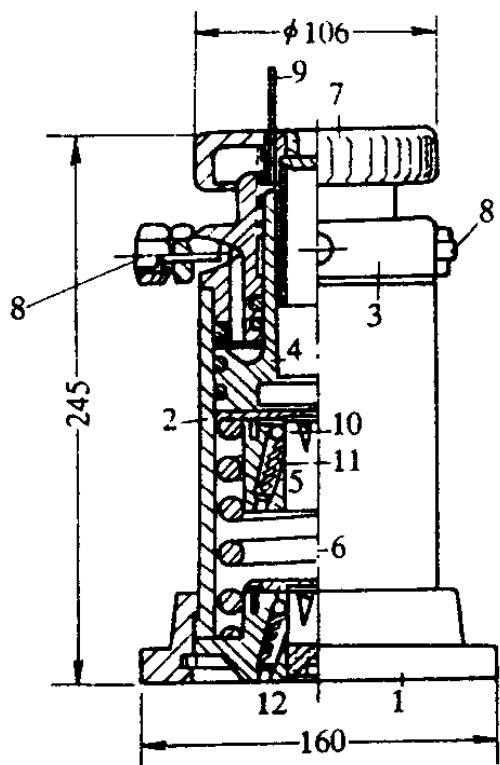


图1 -43 钢珠式液压千斤顶

1—底座；2—缸筒；3—缸盖；4—活塞；5—上卡头；  
6—排油弹簧；7—行程调整帽；8—油嘴；9—行程  
指示杆；10—钢珠；11—卡头小弹簧；12—下卡头

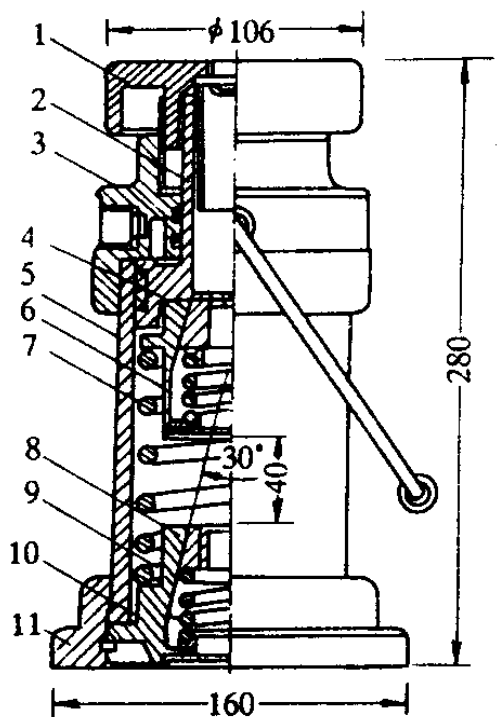


图1 -44 楔块式液压千斤顶

1—行程调整帽；2—活塞；3—缸盖；4—上卡头块；  
5—缸筒；6—上卡块座；7—排油弹簧；  
8—下卡头块；9—弹簧；10—下卡块座；11—底座

以钢珠式液压千斤顶为例说明液压千斤顶的工作原理。见图1 -45。

施工时，液压千斤顶是安装在提升架横梁上，支承杆插入千斤顶的中心孔内。提升时，利用油泵，通过控制阀门和输油管，把油液从千斤顶的进油口压入活塞和缸盖之间

进行加压（图1 -45a）。加压时，由于上卡头（与活塞联成一体）内的小钢珠与支承杆产生自锁作用，使上卡头与支承杆锁紧，因此活塞不能下行。于是在油压力作用下，缸筒连带底座和下卡头便被向上顶起，相应地带动提升架等整个滑升模板上升。当上升到下卡头紧靠上卡头时，即完成一个工作行程（图1 -45b）。这时排油弹簧处于压缩状态，上下卡头承杆承受着滑升模板的荷载。当油泵停止供油，进行回油时，油压力被解除，在排油弹簧的弹力作用下，把活塞推举向上，油便从进油口排出。在排油开始的瞬间，下卡头由于小钢珠和支承杆的自锁作用，与支承杆锁紧，使缸筒和底座不能下降，接替支承着上卡头所承受的荷载（图1 -45c）。当活塞上升到上止点后，排油工作亦即完毕，这时千斤顶便完成一次上升的工作循环。一个工作循环千斤顶只上升一次，行程约3cm。排油时千斤顶既不上升，也不下降。通过不断地进油、排油，重复工作循环，上下卡头先后交替地锁紧支承杆，千斤顶不断向上爬升，模板也就被带着不断向上滑升。

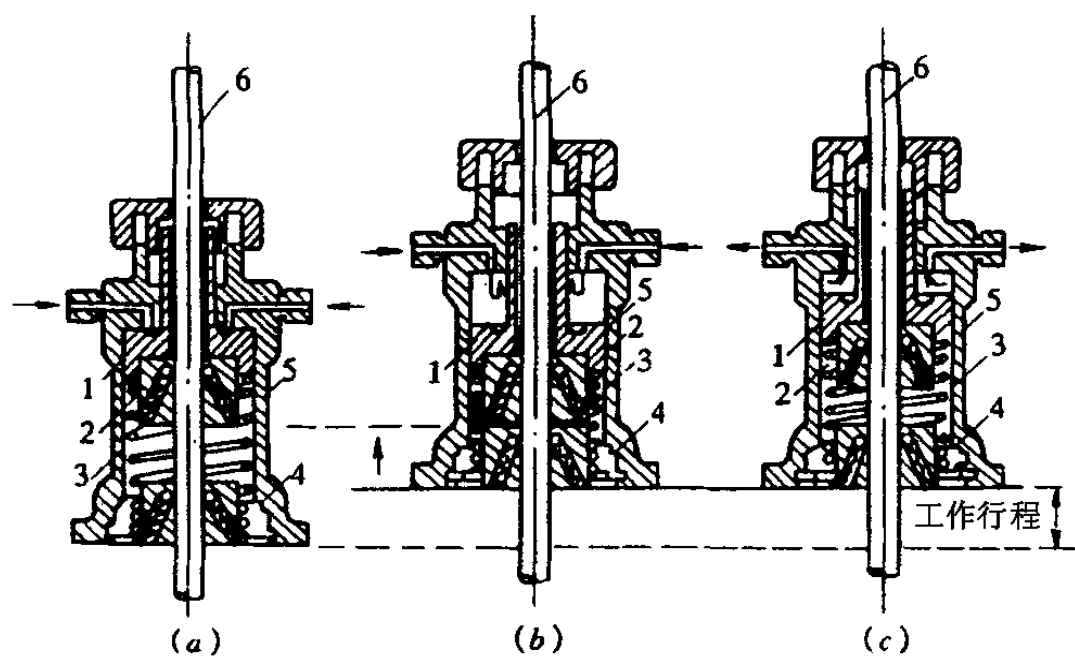


图1 -45 液压千斤顶工作原理

(a) 进油；(b) 上升；(c) 排油

1—活塞；2—上卡头；3—排油弹簧；4—下卡头；5—缸筒；6—支

2．支承杆

支承杆又称爬杆，是千斤顶向上爬升的轨道，又是滑升模板装置的承重支柱，承受着施工过程中的全部荷载。

支承杆一般采用直径为25mm 的Q235A 圆钢筋。当采用楔块式千斤顶时，亦可用螺纹钢筋。钢筋要经过冷拉调直，其冷拉率不得大于3 %。为便于施工，支承杆的长度一般为3 ~5m，宜用无齿锯或锯条切割，不应采用切断机剪切。支承杆接长时相邻的接头要互相错开，使在同一标高上的接头数量不超过25 %，以防止接长支承杆的工作量过

于集中而削弱滑模结构的支承能力。因此，最下一段支承杆开始时至少应做成四种不同长度，长度差可以50cm 为一档，以后即可用同一长度的支承杆接长。

支承杆连接的方式有三种，见图1 -46。

(1) 焊接连接。即将上下支承杆轴线对准，接头采用单面或双面坡口焊牢，然后锉平焊口即可。其优点是接口加工简单，但现场焊接量大。

(2) 榫接连接。即将接头的两端加工成榫套，连接时将短钢销插入下面支承杆的榫套上，再将上面的支承杆套在短钢销上。榫接连接的另一种方式是将上下两支承杆分别加工成母子榫。榫接连接施工方便，但受力性能较差，加工精度要求较高，在滑升过程中易被千斤顶卡头带起，一般不宜提倡。

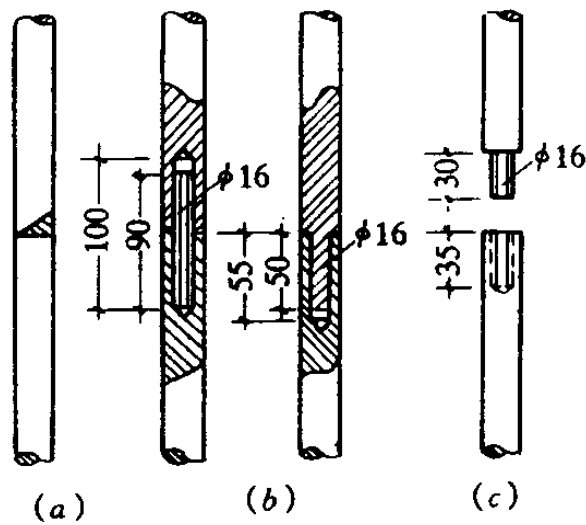


图1 -46 支承杆的连接方式

(a) 焊接连接；(b) 榫接连接；(c) 丝扣连接

(3) 丝扣连接。即在上下支承杆接头的两端分别加工成螺丝头和螺丝孔，连接时，将上支承杆的螺丝头旋入下支承杆的螺丝孔内。丝扣连接操作简单、安全可靠、效果较好，但要用管钳扭紧。这种连接大多用于支承杆外加套管的滑升模板施工中，以便施工完毕后，拔出支承杆重复使用，这种支承杆称为工具式支承杆。

3. 液压控制装置

液压控制装置又称液压控制台，是整套滑模装置的控制中心，主要由电动机、油泵、换向阀、溢流阀、液压分配器和油箱等组成，如图1 -47 所示。其工作过程为：电动机带动油泵运转，将油箱中的油液通过溢流阀控制压力后，经换向阀输送到液压分配器，然后，经油管将油液输入千斤顶，使千斤顶沿支承杆爬升。当活塞走满行程后，换向阀变换油液的流向，千斤顶的油液从输油管、液压分配器，经换向阀返回油箱。每一个工作循环，可使千斤顶带动模板爬升一个行程。

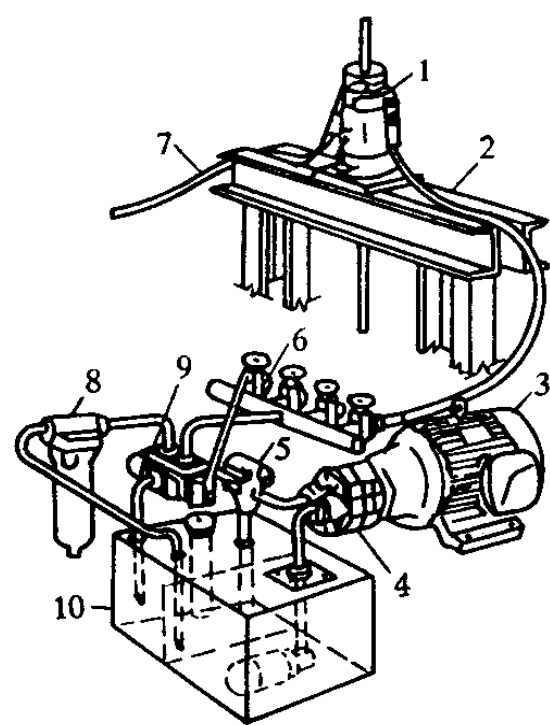


图1 -47 液压传动系统示意图

1—液压千斤顶 ;2—提升架 ;3—电动机 ;4—油泵 ;5—溢流阀 ;6—液压分配器 ;  
7—油管 ;8—滤油器 ;9—换向阀 ;10—油箱

4 . 油路系统

油路系统是连接控制台到千斤顶的通路，主要由油管、管接头、液压分配器和截止阀等元件组成。液压滑模中，油路布置的原则应是力求管路最短，并使点控制台至各千斤顶的管路长短尽量一致，其布置形式据具体情况采用串联、并联或混联。

二、滑升模板施工工艺

滑升模板施工与其他施工方法的不同点之一是连续作业，即模板一次组装完成，建筑物竖向结构施工最少一个楼层一次完毕，一般情况下，中途不作停歇。因此，各项材料、机具、设备、劳动力以及水、电配合等，都必须按照连续施工的要求，认真细致地作好准备，并严格按照施工组织设计和有关操作技术规定进行施工，否则将给施工带来困难，甚至影响工程质量。

（一）滑升模板的组装

1 . 组装前的准备工作

- （1）清理现场，将基础上的泥土、残渣清理干净，理顺和清洗基础上的插筋。
- （2）引测标准轴线桩和设立垂直度控制点。
- （3）弹出结构轴线、构件轮廓线和门窗、提升架等位置线。
- （4）按有关制作标准检查模板等部件，并进行试组装后，按不同规格、型号和安装先后顺序分别堆放整齐。

⑤) 安装垂直运输机械。

⑥) 进行液压设备的试车、试压检查。其中：

千斤顶。试压12MPa 以上持压5min 不渗漏；回油后，活塞复位顺利，无不复位或过慢复位现象；卡头锁固的回降量（在1.2 倍允许承载力作用下），钢珠式千斤顶不大于5mm，楔块式千斤顶不大于3mm；重复试验三次，将行程量和同步相近的放在一组，并调整其行程，使在相同荷载作用下的行程差不大于2mm。

油管（包括接头）。将若干根油管连接，加压至15MPa，经5min 无渗漏或接头脱落为合格。

液压控制装置。在现场试车，检查各压力表的灵敏度和各元件工作情况是否正常。

### 2. 组装顺序

①) 绑扎首段竖向钢筋和模板高度范围内的水平钢筋 孔洞模板、预埋管线和铁件也应同时完成。超过模板高度的水平钢筋和首段以后的竖向钢筋，在模板滑升后，随滑随绑。

②) 安装搭设临时组装平台。

③) 安装提升架 按照提升架的布置，按型号安放在设计位置。安放提升架时，要使各提升架都在同一水平面上，要用水平尺和线锤等检查其水平和垂直度，用仪器检查其中心位置，然后临时进行支撑固定。

④) 安装围圈 将围圈按先内后外、先上后下的顺序与提升架立柱锁紧固定，并将围圈连成整体。安装围圈时，要随时校核提升架的水平、垂直和中心位置，并检查内、外围圈的间距，无误后再拆除临时支撑。另外，将操作平台和内吊脚手架的部件运入附近，以备安装。

⑤) 安装模板 安装模板前应在其表面涂隔离剂，然后按先内后外的顺序安装。剪力墙结构，在安装一侧模板并绑扎好首段竖向钢筋后，方可安装另一侧模板。

模板的安装，必须保证其几何形状和尺寸的准确，各连接点必须牢固，要有足够的刚度，保证正确的倾斜度，既不允许过大，也不允许过小。

加强模板整体刚度的方法，可采用沿轴线方向用双根通长型钢（一般为 [16）将提升架上横梁锁牢。模板的倾斜度可采用改变围圈的间距来调整，即在制作和组装围圈时，使下围圈的间距大于上围圈的间距。

⑥) 安装操作平台 安装操作平台时，各节点的连接必须牢固。平行布置的平台桁架，相邻之间应设水平支撑；两端跨的桁架之间，应设置垂直支撑。当平台桁架两端支承在围圈上时，应设置托架（图1 - 48）。当框架结构的梁模板采用桁架式围圈时，必

须与柱子围圈连接牢固，以保证垂直荷载传递，并要有一定侧向刚度，以抵抗浇筑混凝土时产生的水平侧压力。

平台铺板应与模板上口齐平或略高于模板上口，活动部分必须保证揭板方便、挂钩吊环必须上下灵活。在平台铺板部位，应留有上下入孔，孔洞应设置盖板，以确保安全。

平台铺板前，应将内吊脚手架运入平台下部，以防铺板后不便运入。外挑平台应安装牢固，铺板严实。

内、外吊脚手架，应待滑升起步后跟随安装。内、外操作平台和内、外吊脚手架均应设置高度不小于1.2m的防护栏杆，并挂安全网。

⑦) 安装电气设备 将操作平台上、下的各种用电线路敷设好，其中包括闸箱布置、照明设施的架设等。供电线路必须作好绝缘保护，加设套管，并沿提升架横梁上的通长槽钢作隐蔽敷设。

⑧) 安装提升设备并检查其运转情况 千斤顶的安装应按设计要求就位，将行程近似的千斤顶尽量安设在同一组油路内，以利调整升差。安装后，要用线锤校核千斤顶的垂直度，如有偏差，应用垫片找正，并垫实垫牢。

安装油管时，应先逐根吹通，防止有脏物堵塞油管，管接头应擦净，不得存有脏物、灰尘，以免造成接头漏油或把油液混脏。高压橡胶油管如需转弯，其弯曲半径不小于胶管直径的9~10倍，不得在接头处弯曲，接头至弯曲部位的距离，应为胶管直径的6倍以上。接头处应套上塑料管加以保护。

液压控制装置在安装前应先试运转，查看油泵的转动方向是否正确，信号是否灵敏。然后按设计位置、方位放稳，下脚垫实。将分组油管与液压控制装置连接后，进行管路充油排气工作。充油时，油路上千斤顶的截止阀应全部打开，使每个千斤顶内充满油液，当分组油路放气阀门排出油时，说明管路油已满，再将该阀门关闭。

最后，按产品说明书进行总试压工作，加压至10MPa，作5次循环，检查油泵、换向阀、千斤顶及油路工作情况，调整好溢流阀，使一切均合格。凡试运转不合格者，应进行拆换。

⑨) 安装支承杆 液压控制装置试运转合格后，才能安装支承杆。支承杆应位于千斤顶穿心孔中心，并用线锤找正。支承杆下端应顶实在下面的支承点。当采用工具式支承杆时，其下端应插入特制的钢靴或预制混凝土靴中。

3. 组装质量标准

滑动模板组装后，应按表1-2 进行检查。

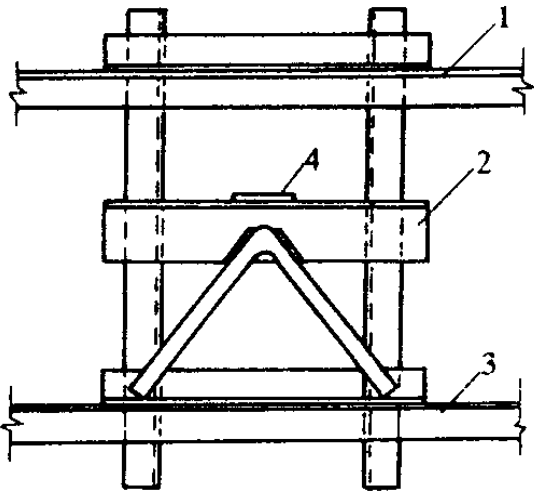


图1 -48 围圈上支承桁架用的托架

1—上围圈 ;2—托架 ;  
3—下围圈 ;4—支座垫板



表1 -2 滑动模板组装后检查项目

内 容		允许偏差/mm
模板中心线与相应位置结构中心线的偏差		3
围圈位置偏差	水平方向	3
	垂直方向	3
提升架的垂直偏差	平面内	3
	平面外	2
安放千斤顶的提升架横梁相对标高偏差		5
考虑倾斜度后模板尺寸的偏差	上 口	-1
	下 口	+2
千斤顶安装位置的偏差	提升架平面内	5
	提升架平面外	5
圆模直径、方模边长的偏差		5
相领两块模板平面平整偏差		2
操作平台水平度		20

(二) 钢筋绑扎、浇筑混凝土和提升模板

模板组装完毕并检查合格后，即可进入滑模施工阶段。

施工前，应根据施工组织设计或施工方案的要求，做好各项施工准备工作，如现场施工用水、用电的布置；临时道路的修建；施工机具的配置；材料、半成品的进场、堆放；混凝土配合比的试配和选定；劳动组织的选定等。

滑升模板施工后，绑扎钢筋、浇筑混凝土和提升模板这三项主要工序要互相衔接、重复循环地连续进行。其他工序，如检测中心线和垂直度，调整升差，接长或加固支承杆，支设梁底模板，预埋铁件和预留孔洞，修补混凝土表面及特殊部位处理等，均应穿插进行。

1．钢筋的绑扎、连接和预埋件留设

首段钢筋的绑扎和预埋件的留设应在模板组装前进行，以后随模板滑升跟随进行。钢筋绑扎和预埋件留设的施工速度要与浇筑混凝土的速度相配合，合理划分区段进行，并应随时进行检查，以免发生错漏。

钢筋加工的长度，应根据工程具体情况确定。竖向钢筋的长度，以楼层高度为宜，

一般不宜大于6m（直径在20mm 以上时可达6~8m，直径小于12mm 时不宜超过4m）。钢筋上端不宜设置弯钩；水平钢筋不宜过长，一般不宜大于7m。墙体的水平钢筋长度，以一个轴线间距作为一个水平配筋单元为宜。

大直径受拉钢筋，一般应采用焊接，不应采用搭接方法。

由于结构设计竖向加强配筋的位置，有些甚至需要从提升架横梁空档中穿过，因此，钢筋接头宜采用气压焊接，以不妨碍提升架横梁的上升。

凡带弯钩的钢筋，绑扎时弯钩不得朝向模板面，以防止弯钩卡住模板。

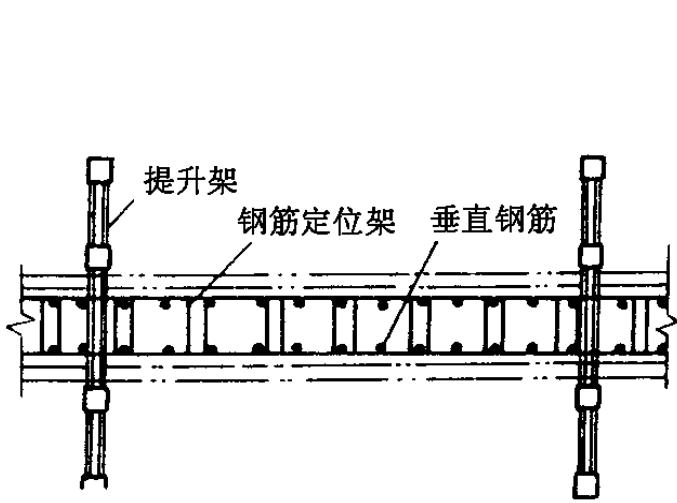


图1 -49 垂直钢筋定位

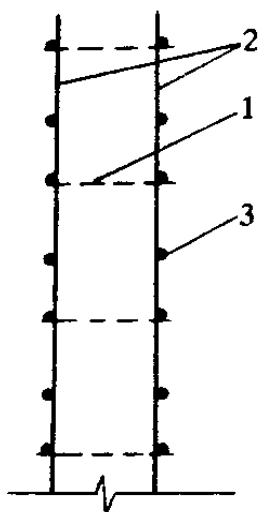


图1 -50 双排钢筋固定短筋

1—定位筋；2—竖向筋；3—水平筋

绑扎钢筋时，要采取相应的措施来保证钢筋位置的准确，如竖向钢筋可利用提升架横梁上的通长槽钢设置定位设施（图1 -49），墙体双排钢筋可在一定距离焊以短筋（图1 -50）或用“S”形筋予以定位；柱子钢筋在一定高度绑临时定位箍筋等；梁的钢筋可以采取边滑升边绑扎方法，为便于水平钢筋的绑扎，箍筋宜作成上开口形式；也可将提升架集中布置在梁的两端柱子部位，采用整体预制钢筋骨架就位。

墙体的水平钢筋、柱子箍筋，必须随模板滑升，在模板上口、提升架下横梁以下空间同步进行施工，并在已浇筑混凝土以上最少保留一道水平配筋，以此作为以上水平配筋位置的控制标志。

当支承杆作为结构受力钢筋时，其接头处的焊接质量必须满足钢筋焊接规范的要求。

预埋件的留设位置、型号、数量必须准确，其固定方法可采用与结构主筋焊接或绑扎，连接必须牢固。安放位置要求较高的预埋件，应用线锤或经纬仪定位。

2．混凝土的浇筑

(1) 混凝土的配制

混凝土的配制除应满足设计要求的强度等级外，尚应满足滑模的施工要求。因此，

要根据模板的滑升速度、现场的气温变化情况、原材料的情况等，试配几种配合比，以找出在不同气温条件下的混凝土初凝、终凝时间及强度增长曲线，供施工选用。

水泥的品种应根据施工环境温度的变化选用，高温宜选用凝结速度较慢的水泥，低温宜选用凝结较快、早期强度较高的水泥。混凝土的坍落度，当采用机械振捣时，以6~10cm为宜；采用人工振捣时，可适当增加。为了在不增加水泥用量和不降低混凝土强度的前提下，增大混凝土的坍落度，应采取掺加外加剂的办法。气温过高时，宜加入缓凝剂、减水复合外加剂；气温过低时，宜加入高效减水剂和低温早强、抗冻剂。

### 2) 混凝土凝结时间和出模强度的控制

滑模施工为了能减少混凝土对模板的摩阻力，保证出模混凝土的质量，即既有一定的强度，不塌陷，不变形，不被拉裂，又便于抹光，必须根据滑升速度适当控制混凝土的凝结时间，使出模的混凝土强度达到最优出模强度。根据滑模施工的技术条件，要求每小时平均滑升速度不能低于10cm，且浇筑上一层混凝土时，下一层混凝土仍处于塑性状态，故在设计混凝土配合比时，混凝土的初凝时间宜控制在2~4h左右，终凝时间宜控制在4~7h左右。混凝土的出模强度宜控制在 $0.2 \sim 0.4 \text{ N/mm}^2$ （贯入阻力值为 $0.3 \sim 1.05 \text{ kN/cm}^2$ ）。

### 3) 混凝土的浇筑

浇筑混凝土时，应先合理划分区段，使每段的浇筑数量和时间大致相同，并固定人员负责。应严格执行分层浇筑，分层振捣，均匀交圈的方法，使混凝土表面基本保持在同一水平面上，防止出现因混凝土表面高低不一，致使出模强度不一的问题。

混凝土初浇筑时（滑模组装后初升前的首次浇筑），浇筑高度可适当增加（一般为600~700mm，分2~3层浇筑），但必须在混凝土初凝前完成。当模板初升后进入随升随浇阶段时，每个浇筑层厚度以200mm左右为宜，框架柱的每个浇筑层厚度可增大到30cm。每个浇筑层的施工时间宜控制在2h左右。

预留孔洞、门窗口和管道等两侧的混凝土应对称均衡浇筑，以防挤动。人模的混凝土不得只向模板一侧倾倒，造成模板变形。

浇筑混凝土的顺序，应尽可能先浇筑结构相对复杂、施工比较困难的部位，截面较大的部位，受阳光直射的部位等；每层混凝土浇筑的方向，应有计划地、均匀地交替调整变换，防止结构出现粘模、塌陷、倾斜和扭转。

混凝土的振捣，可采用机械或人工捣实。机械振捣时，应采用小型振动器。振捣时，振动器不要接触钢筋、模板和支承杆，插入下一层混凝土内的深度，宜小于50mm。

正常滑升时，新浇筑混凝土表面与模板的上口，宜保持50~100mm的距离，防止模板提升时将混凝土带起。

在浇筑混凝土的同时，应随时清理粘附在模板内表面的砂浆，保持模板洁净，防止

结硬后增加滑升的摩阻力。

在滑升的过程中，应随时检查出模后的混凝土强度情况。一般用指压法检查其表面；凡指按稍显指痕但不粘手、不深陷者为合格；表面粘手、深陷者，说明强度不够，应暂缓提升；表面较硬且无指痕者，说明强度过高，应加快提升。

出模的混凝土应及时养护，可采用喷水养护，也可在混凝土表面喷薄膜养生液养护。

当剪力墙结构的外墙采用单一材料轻骨料混凝土时，每个浇筑层厚度应控制在250mm左右，入模前混凝土应进行二次拌合，防止发生离析。内、外墙体不同品种混凝土的交接处理，宜采取隔离措施（如筛网），先浇筑一步（200~250mm）内墙普通混凝土、接着浇筑一步外墙轻骨料混凝土的方法。

3．模板的滑升

模板的滑升分初升、正常滑升、末升三个阶段，各个阶段对施工有不同的要求。

(1) 初升阶段

初浇混凝土高度达到600~700mm，且从初浇混凝土开始，时间经过6h左右，即可进行试滑，此时将全部千斤顶升起约50~60mm（1~2个行程）。试滑的目的是观察混凝土的凝结情况，判断混凝土能否脱模，提升时间是否适宜。

当试滑结果表明可以滑升时，即可进入模板的初升阶段，将模板升高200~300mm，并立即对模板系统进行全面检查、调整，然后转入正常滑升阶段。

(2) 正常滑升阶段

正常滑升阶段是滑升模板施工的主要阶段。此时钢筋的绑扎、管线的敷设、门窗洞口模板的安装、支承杆的连接和加固处理等工序，应与混凝土浇筑配合进行。

正常滑升时的初期提升速度，应稍慢于混凝土浇筑速度，以便入模混凝土的高度能逐步接近模板上口，当距模板上口约100mm时，便可按正常速度提升。

正常滑升时，其分层滑升高度与混凝土分层浇筑高度相配合，一般为200~300mm，提升宜在混凝土振捣后进行。每次提升的间隔时间，一般不宜超过1~1.5h。

模板的滑升速度：

当支承杆无失稳可能时，按混凝土的出模强度控制，可按式（1-1）确定：

$$v = \frac{h - d}{t} \tag{1-1}$$

式中 v ——模板滑升速度，m/h；

h ——模板高度，m；

——每个浇筑层厚度，m；

d ——混凝土浇筑满后，其表面到模板上口的距离，取0.05~0.1m；

t——混凝土达到出模强度所需的时间，h。

当支承杆受压时，按支承杆的稳定条件控制模板的滑升速度，可按经验公式（1 - 2）确定：

$$v = \frac{10.5}{t \cdot k \cdot P} + \frac{0.6}{t} \tag{1 - 2}$$

式中 v——模板滑升速度，m/h；

P——单根支承杆的荷载，kN；

t——在作业班的平均气温条件下，混凝土强度达到0.7~1.0N/mm<sup>2</sup>所需的时间，h，由试验确定；

k——安全系数，取k=2。

当以施工过程中的工程结构整体稳定来控制模板的滑升速度时，应根据工程结构的具体情况计算确定。

在气温较高的情况下，为了减少混凝土与模板的粘结力，除应尽量缩小停滑间隔时间外，可在两次滑升的间隔时间内，适当增加1~2次模板的提升，每次提升1~2个行程。

在滑升过程中，应随时检查模板系统、液压系统的工作情况，尽量减少升差。为了减少各千斤顶的升差，可在每根支承杆上间隔一定的标高，设置水平标志，相邻两个千斤顶的高差，一般不得大于10mm。

操作平台在滑升过程中保持水平状态，是确保建筑物中心线不偏移的重要措施。操作平台的最大高差，应视一次滑升面积大小而定，当操作平台面积小于100m<sup>2</sup>时，应小于20mm；面积小于300m<sup>2</sup>时，应小于40mm；面积大于300m<sup>2</sup>时，应小于60mm。

为使建筑物的垂直度、扭转偏差能得到及时纠正，在每个作业班中，应对建筑物的中心线和扭转情况至少进行2~3次检查。

在滑模施工中，因气候或其他特殊情况需要暂停施工时，应尽量将一个浇筑高度的混凝土基本找平，且模板不能绝对停止滑升。这时应根据具体情况，仍应每隔0.5h左右提升一次（一个行程），直至最上层混凝土已凝固（约4h以上），与模板不粘结为止。故模板既不宜滑升过多，更不能滑空。当模板内存留混凝土过少，在继续浇筑混凝土时，易出现结构表面错台现象（俗称穿裙子），此时应在混凝土脱模后及时进行修整。

停滑时，要及时清除粘附在模板内表面的灰浆，并刷隔离剂保护。继续恢复施工时，应对模板系统和提升系统进行检查，混凝土水平接缝的处理，应按规范要求执行。

③ 末升阶段

当模板滑升到距建筑物顶部约1m左右时，应放慢速度提升，并在距建筑物顶部200mm标高以前，随浇筑随做好抄平、找正工作，以保证最后一层混凝土均匀交圈，确

保顶部标高及位置正确。混凝土未浇完后，尚应继续滑升，直至模板与混凝土脱离不致被粘住为止。

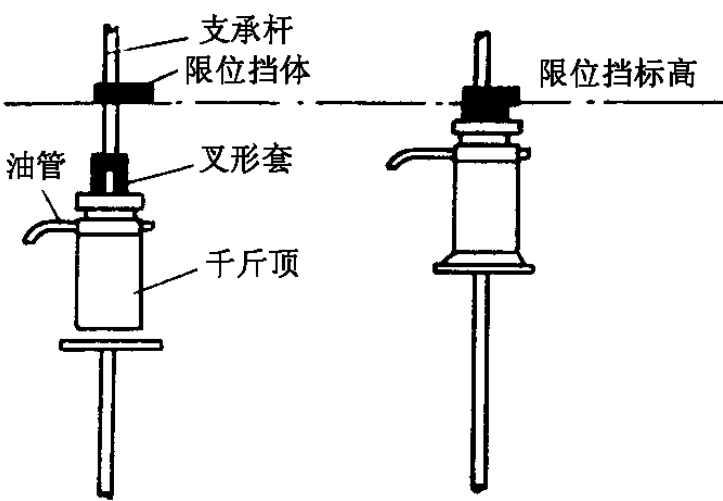
(三) 垂直偏差的控制

在滑模施工过程中，产生垂直偏差的因素比较复杂，如千斤顶爬升不同步，操作平台负荷不均匀，混凝土浇筑不均匀，摩阻力大小不同，局部支承杆失稳，部分荷载长期定向作用，风荷载作用和日照产生温差等。因此，在施工过程中，必须经常观测并采取切实有效的措施进行控制。

1. 预防的方法

(1) 控制水平度

在滑升过程中，模板系统能否保持水平上升，将直接影响建筑物的垂直度。因为，当建筑物出现向某侧位移的垂直偏差时，往往滑模系统的同一侧也出现负水平偏差。因此，控制水平度，随时掌握各千斤顶的升差情况，及时进行调整处理，是防止产生垂直偏差的有效措施。其中比较有效且普遍采用的方法是限位卡调平。在千斤顶上改制增设一个调平装置，该装置由叉形套和限位挡体两部分组成。叉形套的两条腿，通过千斤顶调节帽上改制的缺口，伸入千斤顶内与活塞上端直接接触；限位挡体按调平要求的标高（每隔250 ~500mm，即相当于一个浇筑层）固定在支承杆上。限位卡见图1 -51。



(a) 叉形套未达限位挡体标高千斤顶上升

(b) 叉形套被限位挡体顶住千斤顶停止工作

图1 -51 限位卡调平

当叉形套随着千斤顶爬升到限位挡体的标高时，叉形套被挡体顶住，则叉形套压住千斤顶活塞，使其不能排油复位继续爬升，从而起到自动限位的作用。

这种方法，不仅可以保持模板系统水平上升，亦可有意识地制造升差，进行垂直偏差的调整。

2) 采用仪器随时观测垂直度

以往多用吊线锤方法和经纬仪观测方法观测垂直度。前者是从模板上用卷线筒吊挂有一定重量的圆锥体，根据锥尖偏离观测点的方向和距离，测出偏差的方向和数值；后者是在建筑物角部的模板上，沿纵横方向水平各固定一根一定长度的测杆，在地面上用经纬仪观测测杆，确定垂直偏差的方向和数值。近年来多用激光铅直仪来测量垂直偏差。

用激光铅直仪观测垂直度有两种方法。一种是与普通经纬仪相似，即从设在滑模转角处的标尺上观看光斑的所在位置，来确定是否垂直及偏差的大小；另一种方法是将激光经纬仪设在地面上（图1 -52），在操作平台上对应处设一激光靶。激光靶可用毛玻璃或在玻璃板上附一层描图纸，绘制十字线和同心环线，这样在操作平台上就可以通过激光靶直接测出垂直偏差的方向和数值。观测时，可将靶面装在一个遮光筒内，其内壁涂黑，以防日光干扰。

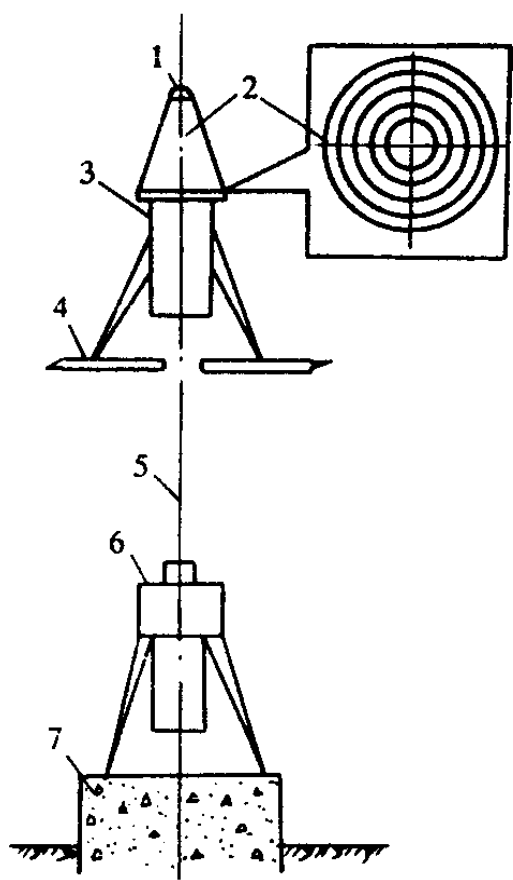


图1 -52 激光靶示意图

1—观测口 ;2—激光靶 ;3—遮光筒 ;4—操作平台 ;  
5—激光束 ;6—激光经纬仪 ;7—混凝土底座

建筑物垂直度的允许偏差：对建筑物全高而言，当高度在10m 以下时，不得大于10mm ;10m 以上时，不得大于高度的0.1 %，且最大不得超过50mm。对每层而言，当层高小于或等于5m 时，不得超过5mm，当层高大于5m 时，不得大于层高的0.1 %。为了使建筑物的垂直度偏差不超过允许值，在施工过程中必须加强观测。一般对于连续变

截面和整体刚度较小的结构（如烟囱、水塔、独立柱、小型框架等），每提升一个浇筑高度便应观测一次；对整体刚度较大的结构，每滑升1m 至少应观测一次。

2. 纠正的方法

当垂直偏差超过5mm 时，应及早查出原因，加以纠正。纠正的方法有以下几种。

(1) 平台倾斜调整法

当建筑物出现向一侧位移垂直偏差时，一般操作平台同一侧也会出现负水平偏差。此时，将该侧千斤顶升高，使操作平台倾斜（倾斜度控制在1 % 以内）。操作平台倾斜一例每次抬高不宜超过千斤顶两个行程。抬高一次，滑升1 ~2 个浇筑高度，然后观测平台轴线的回复情况，如此反复直到平台接近正确位置。及时恢复平台的水平度，此时模板装置也逐步回到原来结构设计的轴线位置，垂直偏差逐渐消除，在此同时，应将千斤顶升差过大的原因找出，同时进行处理，以保证以后提升系统同步工作。

(2) 撑杆顶轮施加外力调整法

利用撑杆顶轮来强制纠正建筑物的倾斜方法如图1 -53。顶轮吊杆悬挂在提升架立柱上，撑杆上端与操作平台桁架相连。当操作平台产生平移，建筑物发生倾斜时，在建筑物相应的一边外侧的几个相对称阴角处设置撑杆顶轮，随着模板的滑升。同时旋转调节螺杆，使撑杆伸长。让顶轮顶住已出模并具有一定强度的混凝土侧壁上，从而使操作平台推回到原设计轴线位置，达到纠偏的目的。

这种方法也可以用于建筑物扭转的纠正。当建筑物为矩形、正方形或多边形时，在操作平台四角同时安设若干根撑杆，只要使撑杆伸长时能同时对操作平台产生与其扭转方向相反的旋转力矩，即可达到纠正的目的。

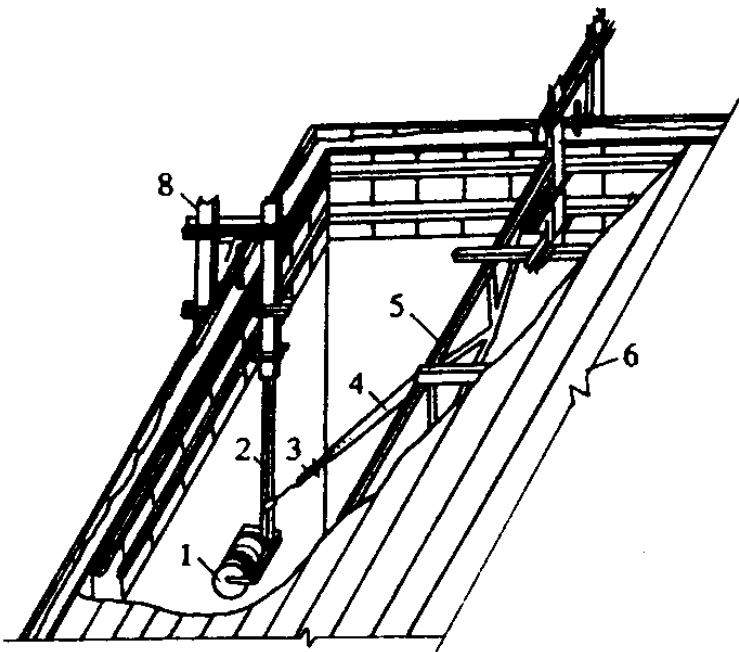


图1 -53 采用撑杆顶轮纠正建筑物倾斜

1—顶轮 ;2—顶轮吊杆 ;3—调节螺杆 ;4—撑杆 ;5—操作平台桁架 ;  
6—平台铺板 ;7—支承杆 ;8—提升架



③ 其他调整方法

可采取在操作平台平移方向相反的一边堆放重物的方法或调整混凝土的浇筑方向和顺序的方法等来纠正建筑物的垂直偏差。

(四) 变截面的处理

高层和超高层建筑的墙、柱结构断面尺寸，设计时往往自下而上存在变化。因此，在滑升模板设计时，要考虑到施工的需要，以适应结构构件截面的变化。

1. 墙体变截面处理

(1) 加衬模法 加衬模的方法是在原组装好的模板内侧加设一层与拟减小的尺寸相适应厚度的衬模。

提升架和围圈在组装时，先按结构构件最大截面尺寸设置。滑升到截面变小处，暂停浇筑混凝土，将模板向上空滑到待下口达到变截面标高处，然后将内衬模与原有模板连成整体再向上浇筑混凝土、提升（图1 -54）。

这种方法较简单，适应双、单面尺寸的变化，但截面尺寸控制精度较差。衬模与原有模板需连接牢固，衬模的接缝要严密，以防灰浆渗入硬结，造成衬模变形，影响质量。

(2) 调整围圈法 这种方法是在提升架立柱上设置丝杠或顶丝调整装置，调整围圈的位置，将模板调整至变截面要求的厚度（图1 -55）。该法适用于双、单面尺寸的变

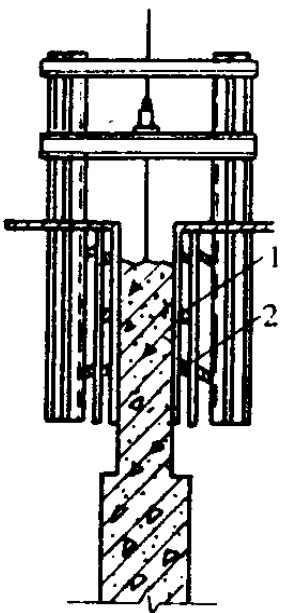


图1 -54 加内衬模变截面  
1—内衬模；  
2—原有模板

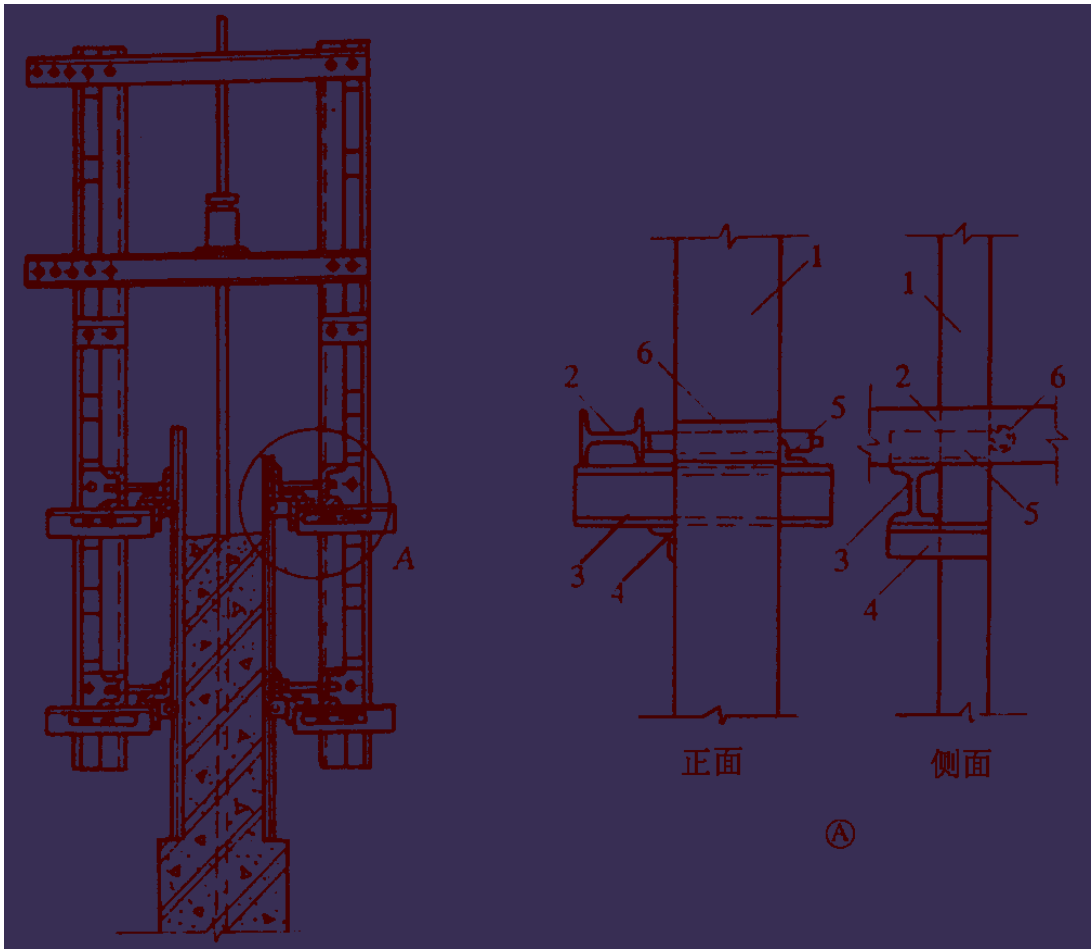


图1 -55 调整围圈变截面

1—提升架立柱；2—围圈；3—围圈托梁；4、5—围圈托梁卡件（滑道）；6—丝杠

化，但提升架立柱构造复杂，丝杠加工精度要求较高，竖向刚度较差。

③）衬模与调整围圈结合法 由于变截面时，模板空滑高度较高，支承杆脱空长度较大，要对支承杆进行加固处理，否则易影响操作平台的稳定。为此，可以采取衬模与调整围圈结合的方法（图1 -56）。

④）调整提升架立柱法 这种方法是不改动提升架立柱、围圈、横板之间的连接构造，只是在提升架横梁上增设顶丝调整装置，调整提升架立柱间距，以满足结构变截面的需要（图1 -57）。

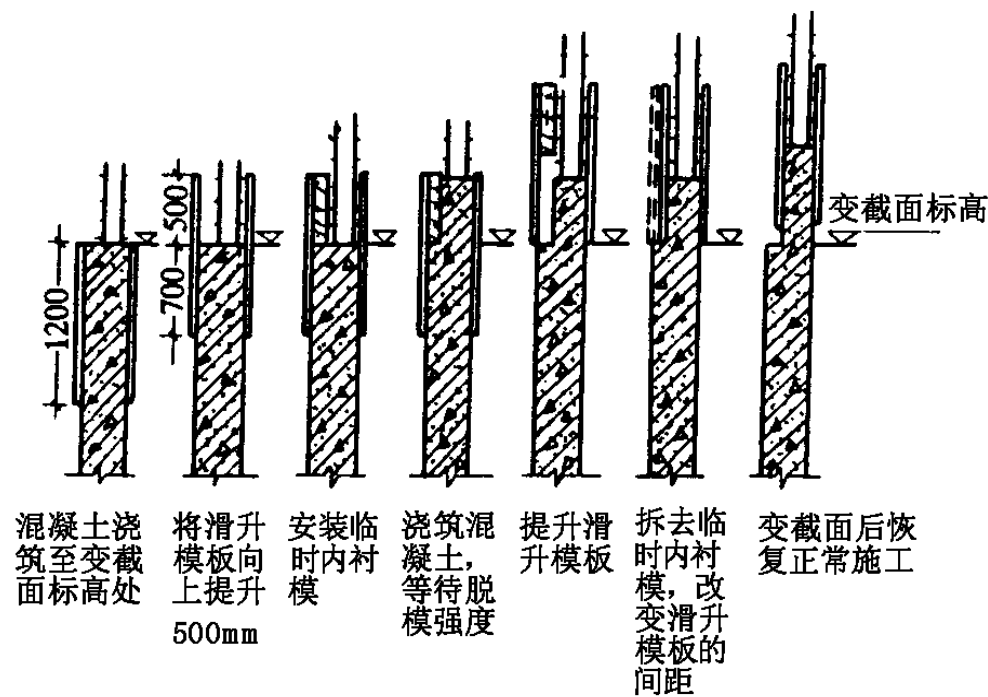


图1 -56 衬模与调整围圈结合变截面

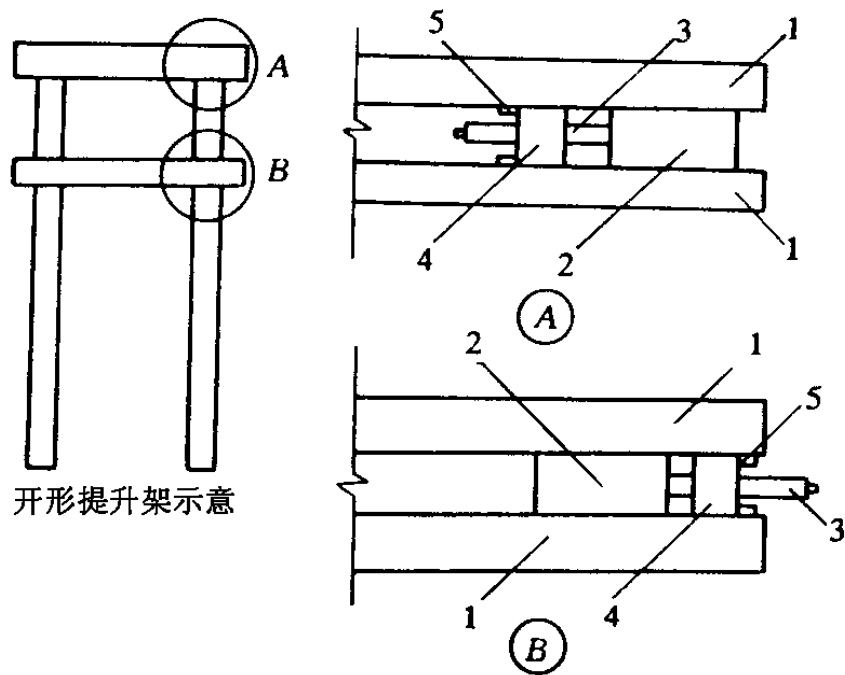


图1 -57 提升架横梁调整装置

“A ” —上横梁；“B ” —下横梁；

1 —提升架横梁；2 —提升架立柱；3 —顶丝；4 —顶丝座；5 —挡块

采用此方法可适应截面单、双面任意尺寸的变化，但提升架横梁构造复杂，且调整后的控制精度较差。

这种方法适用于“开”型提升架。为了适应结构断面单侧变化较大时的需要，提升架横梁连接千斤顶的螺栓孔，要事先留好需要的数量，螺栓孔距不能大于提升架横梁顶丝可调范围尺寸的1/2；调整提升架立柱位置之前，要先将操作平台桁架支座节点螺栓松开，同时进行临时支撑，不使荷载仍由提升架立柱承担；当提升架立柱位置调整后，应立即将立柱与横梁连接固定。顶丝紧固牢靠，使立柱必须保持垂直。操作平台桁架支座与调整后的提升架立柱连接后，方可拆除临时支撑。

2. 柱子变截面处理

(1) 一面缩小的处理 在需要变截面处，模板先空滑，并对支承杆进行加固，然后在原来柱模内按需要改变的尺寸填焊角钢，再插入钢制堵头板（图1 -58）。

(2) 两个方向缩小的处理 当柱子需在两个方向缩小截面时，应在设计模板和围圈时就加以考虑。在滑升到变截面处、将模板空滑，然后将原有柱角模拆除，换上适应的新角模，并按需要的尺寸重新组装。

当对柱子变截面处理时应当注意的是：

模板空滑不宜太高，仅使模板下口距变截面标高为50mm，便于清理表面残屑即可。如有不变截面的柱，在变截面柱空滑时，可以继续浇筑混凝土；由于支承杆多集中布置在柱截面内，因此，在布置支承杆时，要考虑变截面的因素，尽量做到截面变化时支承杆位置不变。如需变换支承杆位置时，应在模板空滑前进行，使支承杆未变位前，即将其荷载逐步传递给变截面后位于新位置的支承杆承受。采取的方法是：先将需变换位置半数的支承杆提前3m 插入，余下半数支承杆在滑到梁底时再插入；支承杆的加固应在模板空滑时同时进行，其方法见图1 -59。

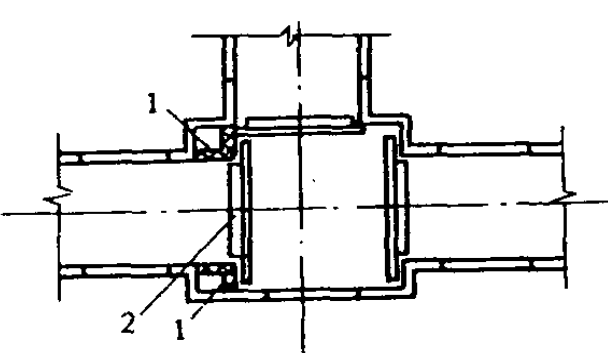


图1 -58 加焊角钢插入堵头板变截面

1—加焊角钢；2—插入堵头板

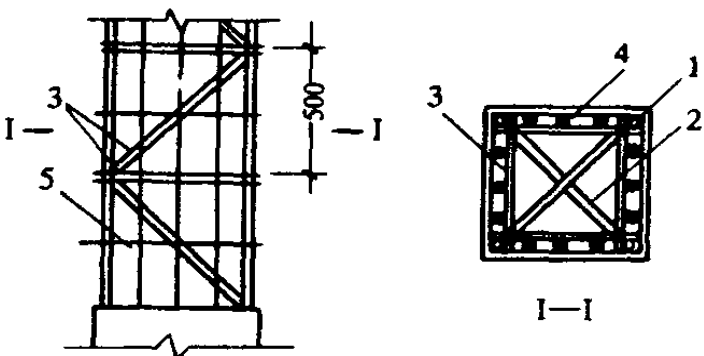


图1 -59 柱子支承杆加固

1—支承杆；2—加固筋（25，@500）；  
3—加固筋（16）；4—柱筋；5—箍筋

### （五）混凝土表面的修补和养护

在滑升模板施工过程中由于种种原因，滑出的混凝土表面往往会出现不平，缺棱掉角，蜂窝麻面，小裂缝，甚至较大裂缝和狗洞等质量问题，故必须进行脱模的处理工作。这一项工作应在混凝土脱模后立即进行。

混凝土表面不平时，一般只需用木抹子将不平部分搓平，用铁抹子将原浆抹平压光即可；缺棱掉角处，可用砂浆修整；蜂窝、麻面及小裂缝处，应立即将松动的混凝土清除，再用同配合比砂浆或细石混凝土填平压实抹光；较大的裂缝、狗洞，应根据具体情况进行修补，或支模补浇筑后抹平。

滑出的混凝土当呈现发白干燥状态时，应利用模板组装时已安装的水管进行洒水养护，洒水次数随气温而定。夏季施工时，更应注意养护，为了降温和遮挡日照，必要时应悬挂草席或麻包遮盖模板，以避免直射。

混凝土的养护也可采用薄膜养护的方法。待混凝土滑出模板后，随即用原浆抹平，然后喷涂薄膜养护剂。

### （六）滑升模板装置的拆除

滑升模板的拆除属于高空作业，拆除前必须制定拆除方案，拟定好拆除顺序和方法，以确保安全和质量。提升系统的拆除可在操作平台上进行，只要先切断电源，外防护齐全（千斤顶拟留待与模板系统同时拆除），不会产生安全问题。操作平台系统，只有活动操作平台能在有外防护时拆除，其他部分均为高空作业。

（1）模板系统及千斤顶和外挑梁、外吊架的拆除，宜采用按轴线分段整体拆除的方法。总的原则是，先拆外墙（柱）模板（提升架、外挑架、外吊架一同整体拆下）；后拆内墙（柱）模板。

（2）若条件不允许时，模板必须高空解体散拆。高空作业危险性较大，除在操作层下方设置卧式安全防护网，危险作业人员系好安全带外，必须编制好详细、可行的施工方案。一般情况下，模板系统解体前，拆除提升系统及作业平台系统的方法与分段整体拆除相同。

高空解体散拆模板必须掌握的原则是：在模板解体散拆的过程中，必须保证模板系统的总体稳定和局部稳定，防止模板系统整体或局部倾倒塌落。因此，制定方案、技术交底和实施过程中，应有专人统一组织、指挥。

## 三、水平结构的施工

水平结构主要包括梁、楼（顶）板，阳台等。高层、超高层建筑的水平结构，为了

提高建筑结构的抗震性能和整体刚度，一般多采用现浇钢筋混凝土。其施工工艺有逐层空滑楼板并进施工（又称逐层封闭法）、先滑墙体楼板跟随施工和先滑墙体楼板降模施工等。目前采用逐层封闭法较多。

（一） 楼板并进施工（逐层封闭法）

逐层封闭法是施工一层墙体（或柱、梁），随即现浇一层楼板，如此逐层进行施工，使每层结构处于封闭状态。这种方法已将滑模连续施工改变为分层间断施工，因此每层均存在初滑、正常滑升和末滑三个阶段。

1．框架 - 剪力墙结构逐层封闭法

梁、墙、柱同时组装并相互连通。由于梁在施工中是间断的，垂直方向不连续，因此，在梁端头部位设置堵头板（图1 -60 ）。当只施工柱、墙时，用堵头板将梁的端头隔断，仅在墙、柱内浇混凝土，梁的模板处于空滑状态，此时梁的支承杆需进行加固处理。当模板滑行到梁底标高时，将堵头板的插销拔去或收进活动挂钩，并在柱、墙主筋上焊一短钢筋头，用以阻止堵头板上移。当柱、墙、梁模板继续向上滑升时，堵头板不动，逐渐从模板下脱出，这样，墙、梁、柱模板互相连通，在绑扎钢筋后，即可同时浇筑梁、墙、柱混凝土。

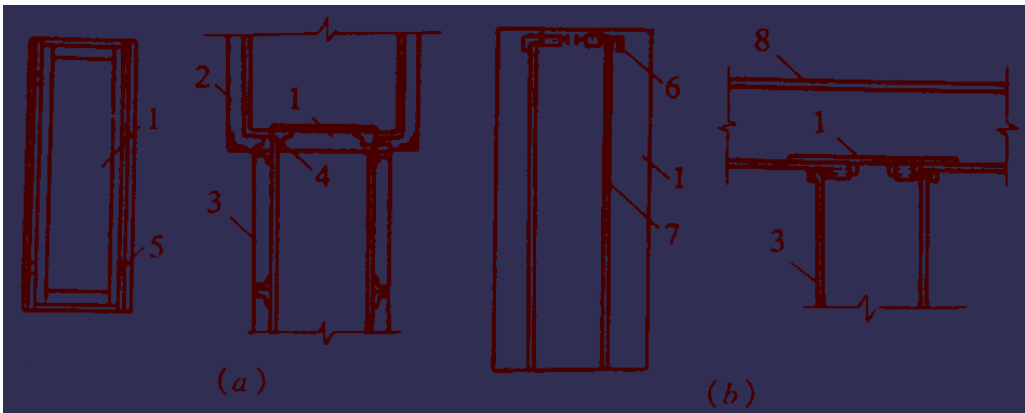


图1 -60 梁堵头板构造

(a) 插销式；(b) 活动挂钩式

1—堵头板；2—柱模板；3—梁模板；4—插销；5—插销孔；6—活动挂钩；7—加劲肋；8—墙模板

当梁模板滑升到梁内混凝土表面距模板上口为楼板厚度时，停止浇筑混凝土，墙、柱、梁模板继续向上空滑至模板下口脱空高度等于或稍大于楼板厚度时，吊开操作平台板，进行现浇板的支模、绑扎钢筋和浇筑混凝土施工。

2．剪力墙结构逐层封闭法

当墙体混凝土浇筑到楼板底标高后，停止浇筑混凝土，模板开始空滑，使模板下口距墙表面的距离等于楼板的厚度，吊开操作平台。然后支楼板模板，绑扎钢筋，浇筑楼板混凝土（图1 -61 ）。

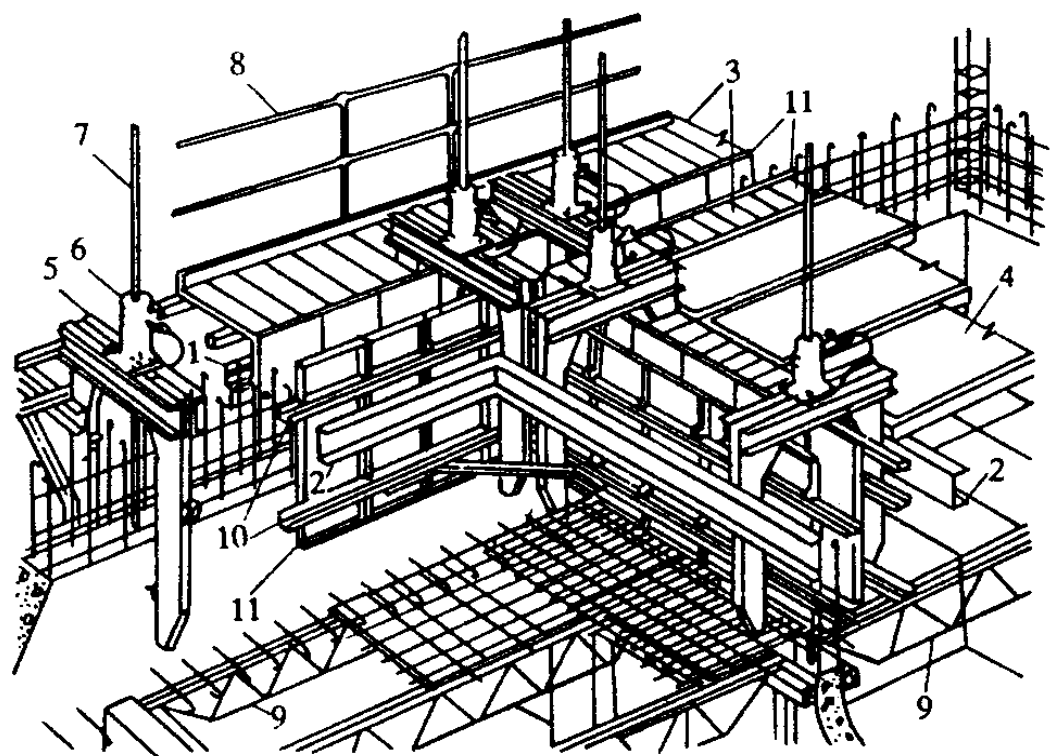


图1 -61 剪力墙结构逐层封闭施工

1—外挑架 ;2—操作平台托梁 ;3—外挑平台 ;4—操作平台盖板 ;5—提升架 ;  
6—千斤顶 ;7—支承杆 ;8—防护栏 ;9—操作平台桁架 ;10—围圈 ;11—模板

在模板空滑时，事先应验算操作平台支承系统在操作平台自重、施工荷载和风荷载等共同作用下的稳定性。

全部内外墙模板均需脱空。为了保证滑模装置支承系统的稳定，应将外墙外侧模板和电梯井、楼梯间部分内侧模板的下端（包括提升架立柱）至少加长300 ~350mm（图1-62），保证建筑物外周模板与墙体有足够的锚固部分。并对支承杆进行必要的加固。

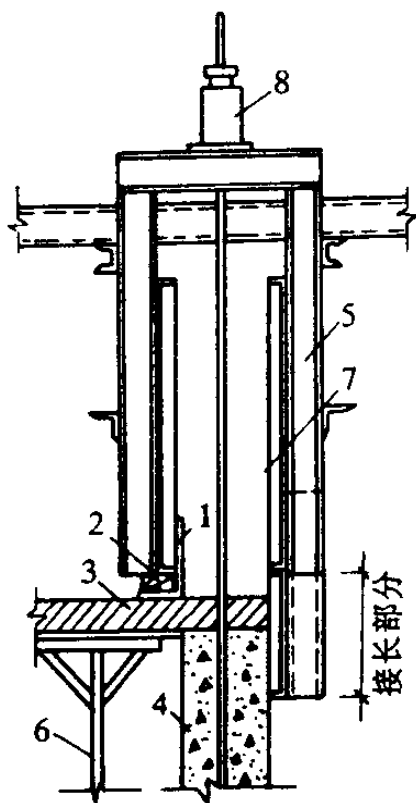


图1 -62 外墙外侧、楼（电）梯间内侧模板加长

1—铁皮 ;2—木楔 ;3—已浇筑的楼板 ;4—外墙或楼（电）梯间墙壁 ;  
5—提升架立柱 ;6—支柱 ;7—模板 ;8—千斤顶

如结构平面布置局部有大梁，当梁高超过500mm 时，宜采取框架—剪力墙结构逐层封闭的方法施工。反之，可采取梁与楼板同时浇筑混凝土的方法施工，即在墙体施工时，在梁位预留梁的支座空挡，并用钢板网作模板隔挡，钢板网可拉在梁的配筋上。

凡属脱空的墙、柱模板，均应在适当部位成对增加附墙（柱）杆，夹住已浇筑的墙（柱）体。附墙（柱）杆可用型钢制作，与模板一起挂在围圈上。

（二） 楼板跟随施工

楼板跟随施工是当墙体连续滑升浇筑混凝土数层后，楼板自下而上插入逐层施工。楼板施工的模板、钢筋、混凝土等材料，可由设置在外墙门窗口的受料平台转运至室内施工。

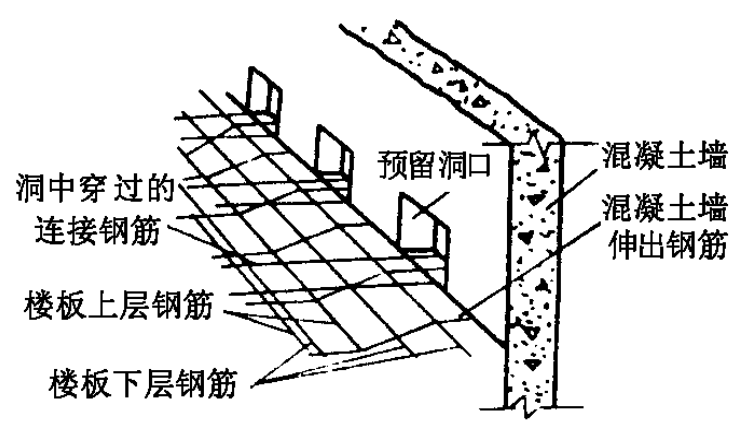


图1 -63 钢筋混凝土键连接

1． 楼板与墙体的连接

楼板与墙体一般采用钢筋混凝土键连接。即在楼板标高位置，沿墙体每隔一定距离预留孔洞，将相邻两间的楼板主筋，由孔洞穿过并与楼板钢筋连成整体，然后浇筑楼板混凝土（图1 -63）。

这种方法可用于双跨或多跨连续密肋梁板或平板，主要作受力方向的支座节点。孔洞的尺寸可按设计要求确定，一般宽度为200 ~400mm，高度比楼板厚度大50mm，孔洞间距应大于500mm。

2． 楼板模板的支设方法

在已滑升浇筑完的梁或墙的楼板位置上，利用钢销作临时支承（图1 -64），在钢销上支设模板，逐层由下而上施工。亦可采用支柱方法支设模板。

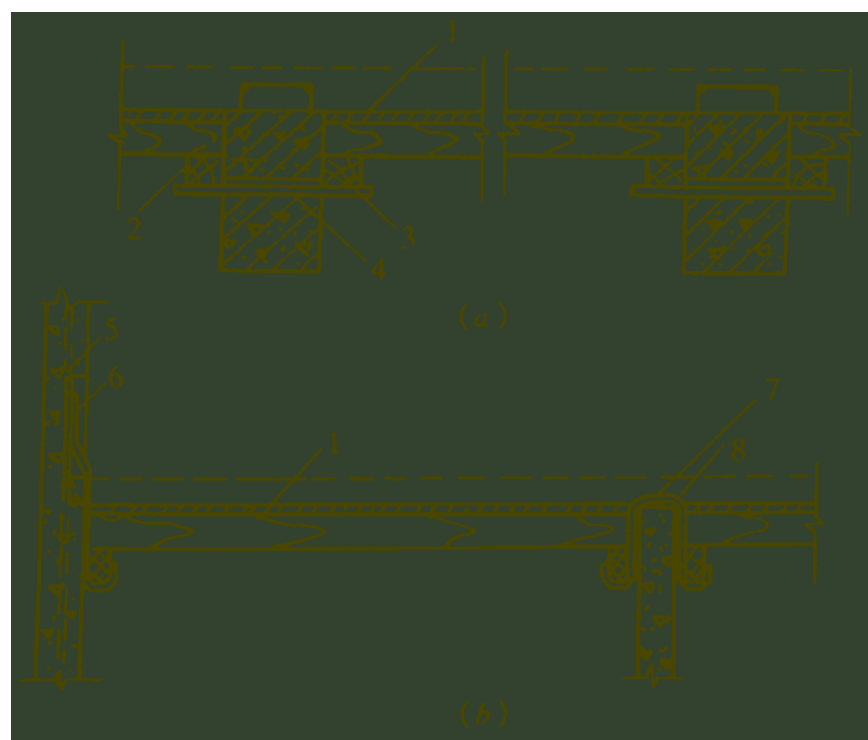


图1 -64 钢销临时支承支模方法

(a) 横梁支模；(b) 挂钩支模

1—楼板模板；2—方木；3—28 钢筋；4—梁内预埋管（30）；  
5—支承杆；6—单向挂钩；7—双向挂钩；8—垫板

（三） 楼板降模施工

楼板降模施工是当墙体连续滑升到一定高度（一般不超过10 层为一个降模段），将事先按每个房间组装好的楼板模板，从底层用卷扬机或其他提升设备提升到要求高度，用吊杆悬吊在墙体预留孔洞部位，采用“楼板跟随施工”工艺，将楼板模板调平并支设固定，即可进行楼板施工。当该层楼板混凝土达到拆模强度要求时，可用接长吊杆的办法将楼板模板降到下一层位置（每层楼板均留吊杆孔，以便吊杆接长，楼板模板下降）施工。如此直到这一个降模段的楼板全部施工完毕，再将楼板模板移到第二个降模段施工。

采用这种方法施工，在设计提升系统时，要考虑增加了楼板模板的负荷。

外挑阳台和走道，无论是现浇或预制，均可采用上述方法施工。当采用预制构件时，可采用在墙体预留孔洞的方法，将构件的甩筋插入墙体孔洞内，与楼板的主筋焊接，然后浇筑混凝土。

楼板降模施工是一种高处作业，应采取有效的安全措施。

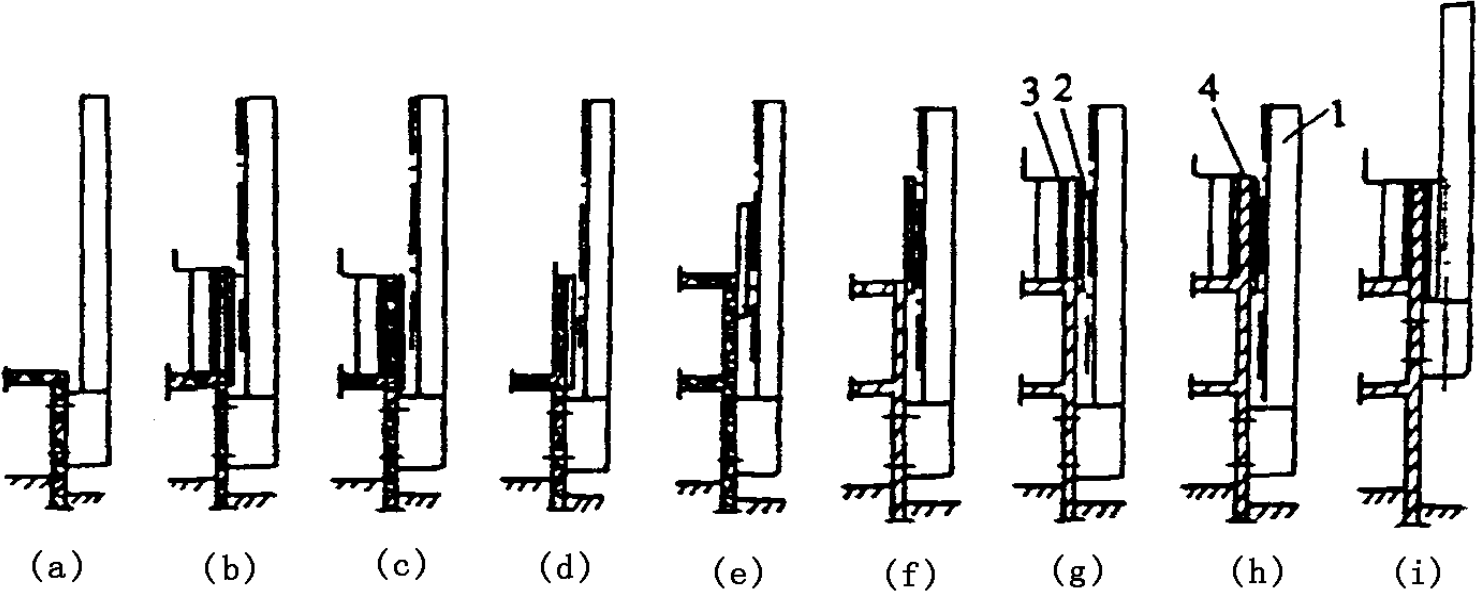


第七节 爬升模板与飞模

一、爬升模板

爬升模板（即爬模），是一种适用于现浇混凝土竖直或倾斜结构施工的模板，可分为“有架爬模”（即模板爬架子、架子爬模板）和“无架爬模”（即模板爬模板）两种。

有架爬升模板的工艺原理，是以建筑物的混凝土墙体结构为支承主体，通过附着于已完成的混凝土墙体结构上的爬升支架或大模板，利用连接爬升支架与大模板的爬升设备，使一方固定，另一方作相对运动，交替向上爬升，完成模板的爬升、下降、就位和校正等工作。其施工程序见图1 -65。



(a) 头层墙完成后安装爬升支架；(b) 安装外模板悬挂于爬架上，绑扎钢筋，悬挂内模；(c) 浇筑第二层墙体混凝土；  
(d) 拆除内模板；(e) 第三层楼板施工；(f) 爬升外模板并校正，固定于上一层；  
(g) 绑扎第三层墙体钢筋，安装内模板；(h) 浇筑第三层墙体混凝土；(i) 爬升爬架，将爬架固定于第二层墙上

图1 -65 爬升模板工程程序图

1—爬升支架；2—外模板；3—内模板；4—墙体

爬升模板由大模板、爬升支架和爬升设备组成（图1 -663）。大模板上装有吊环或千斤顶座和爬杆支座架等爬升装置，用于安装和固定爬升设备（电动葫芦、倒链和单作用千斤顶）。爬升支架由支承架、附墙架（底座）以及吊模扁担、爬升爬架的千斤顶架（或吊环）等组成。爬升支架为承重结构，主要依靠附墙架固定在下层已有一定强度的混凝土墙体结构上，并随着施工层的上升而升高，主要起到悬挂模板、爬升模板和固定

模板的作用。因此，爬升支架要具有一定的强度、刚度和稳定性。爬升支架顶端高度，一般要超出上一层楼层高度0.8~1.0m，以保证模板能爬升到待施工层位置的高度。爬升支架的总高度（包括附墙架）一般应为3~3.5个楼层高度，其中附墙架应设置在待拆模板层的下一层。附墙架与墙体的连接应采用不少于4只附墙连接螺栓。爬升模板装有外附脚手架和悬挂脚手架，供模板的拆模、爬升、安装就位、校正固定、墙面清理和装修等使用，故可不需搭设脚手架。

无架爬模将在下册《高层建筑施工》中介绍。

二、飞模

飞模又称台模、桌模，如图1-67所示。飞模主要由平台板、支撑系统（包括梁、支架、支撑、支腿等）和其他配件（如升降和行走机构等）组成。飞模适用于大开间、大柱网、大进深的现浇混凝土楼盖施工，尤其适用于现浇板柱结构（无柱帽）楼盖施工。

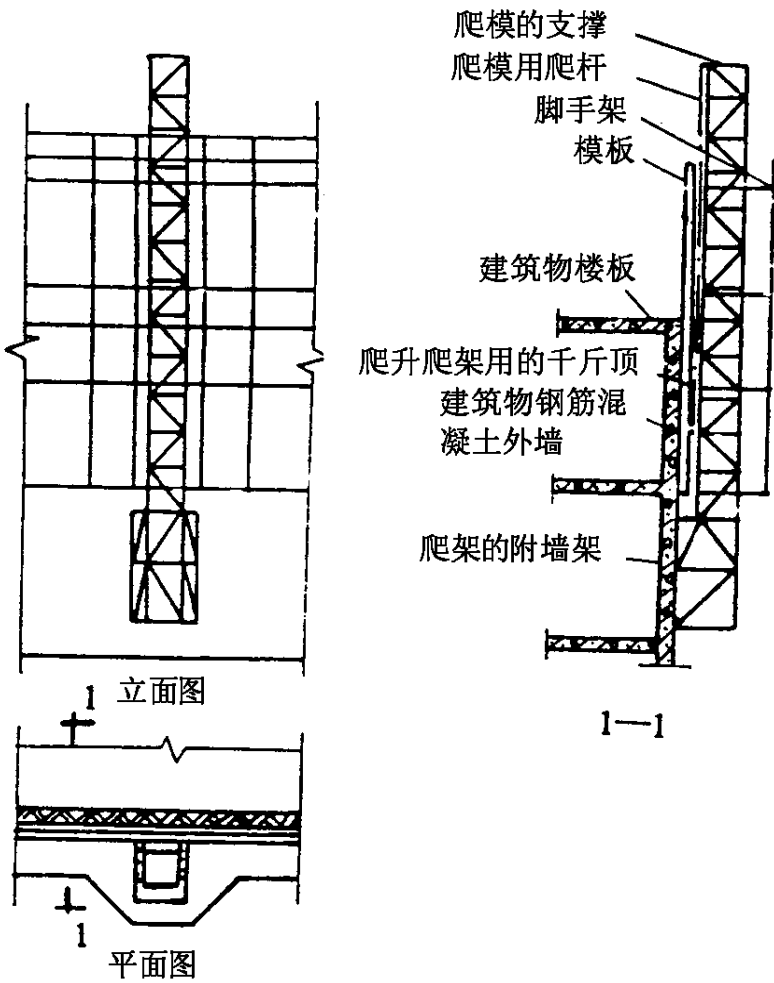


图1-66 爬升模板构造

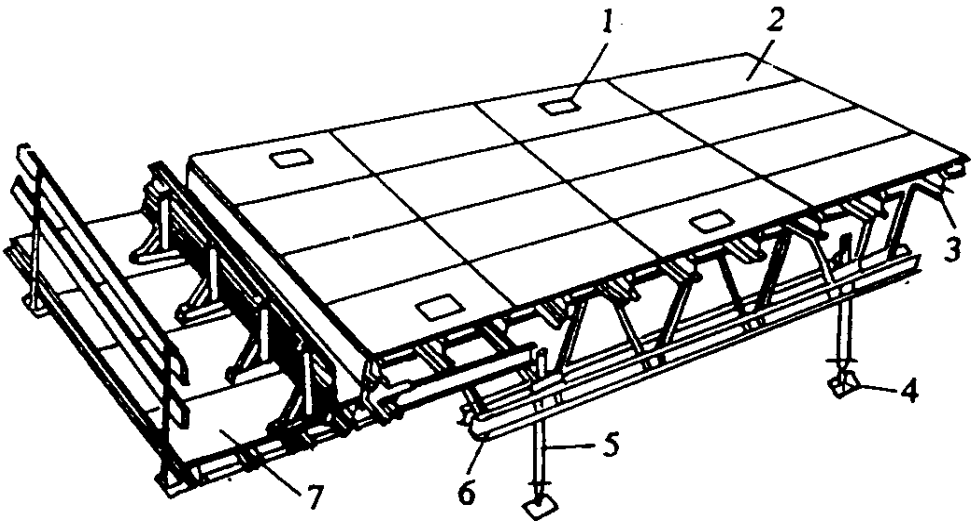


图1-67 铝合金桁架式飞模

1—吊点；2—面板；3—铝龙骨（搁栅）；4—底座；  
5—可调钢支腿；6—铝合金桁架；7—操作平台

飞模按其支承方式分类，如图1-68所示。我国目前采用较多的是伸缩式支腿飞模。飞模除用铝合金制作外，也可用定型组合钢模板、钢框胶合板和普通钢管拼装而

成。飞模仅需楼面混凝土达到规定强度后，降落台面，将飞模推出墙面，再用起重机整机吊运至上一层或其他施工段即可重复使用。

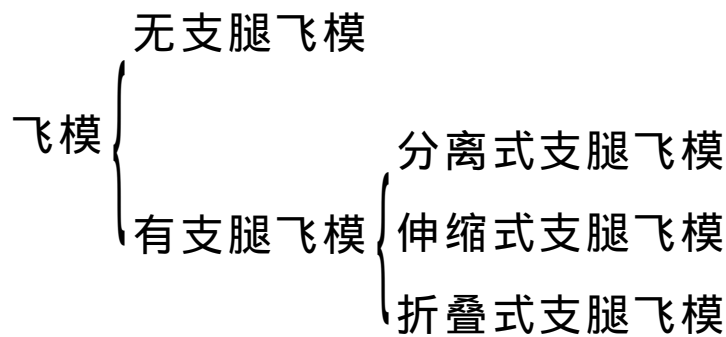


图1 -68 飞模分类

除外，尚有隧道模、提模、塑料模板、模壳、玻璃钢模板和永久性模板等，可根据工程特点选择使用。滑模、爬模的设计计算详见下册 《高层建筑施工》。

## 第八节 模板设计

常用的木拼板模板和定型组合钢模板，在其经验适用范围内一般不需进行设计验算，但对重要结构的模板、特殊形式的模板或超出经验适用范围的一般模板，应进行设计或验算，以确保工程质量和施工安全，防止浪费。

模板和支撑系统的设计应根据工程结构形式、荷载大小、地基土类别、施工设备和材料供应等条件进行。设计内容一般包括选型、选材、配板、荷载计算、结构设计、拟定制作安装和拆除方案、绘制模板施工图等。

### 一、荷载计算

模板及支撑的设计应考虑下列各项荷载：

- 1．模板及其支撑自重；
- 2．新浇筑混凝土自重；
- 3．钢筋自重；
- 4．施工人员及施工设备荷载；
- 5．振捣混凝土时产生的荷载；
- 6．新浇筑混凝土对模板侧面的压力；
- 7．倾倒混凝土时产生的荷载。

上述各项荷载应根据不同的结构构件，按表1 -3 规定进行荷载效应组合。

表1 -3 参与模板及其支撑荷载效应组合的荷载

模板类别	参与组合的荷载项	
	计算承载能力	验算刚度
平板和薄壳的模板及支撑	， ， ，	， ，
梁和拱模板的底板及支撑	， ， ，	， ，
梁、拱、柱（边长 300mm）、墙（厚 100mm）的侧面模板	，	
大体积结构、柱（边长 >300mm）、墙（厚 >100mm）的侧面模板	，	

上述各项荷载的标准值按下列规定计算：

模板及其支撑自重标准值 应根据模板设计图确定。肋形楼板及无梁楼板模板的自重标准值，可按表1 -4 采用。

表1 -4 楼板模板自重标准值 (kN /m<sup>2</sup>)

模板构件名称	木模板	定型组合钢模板	钢框胶合板模板
平板的模板及小楞	0 3	0 5	0 4
楼板模板（其中包括梁的模板）	0 5	0 75	0 6
楼板模板及其支架 (楼层高度为4m 以下)	0 75	1 .1	0 .95

新浇筑混凝土自重标准值 对普通混凝土可采用24kN /m<sup>3</sup>，对其他混凝土可根据实际重力密度确定。

钢筋自重标准值 根据设计图纸确定。对一般梁板结构每立方米混凝土的钢筋自重标准值为：楼板1 .1kN ；梁1 .5kN 。

施工人员及设备荷载标准值 计算模板及直接支承模板的小楞时，对均布活荷载取2 .5kN /m<sup>2</sup>，另应以集中荷载2 .5kN 再行验算；比较两者所得的弯矩值，按其中较大者采用。计算直接支承小楞结构构件时，均布活荷载取1 .5kN /m<sup>2</sup>。计算支撑立柱及其他支承结构构件时，均布活荷载取1 .0kN /m<sup>2</sup>。大型浇筑设备如上料平台、混凝土输送泵等按实际情况计算；混凝土堆集料高度超过100mm 以上者按实际高度计算；模板单块宽度小于150mm 时，集中荷载可分布在相邻的两块板上。

振捣混凝土时产生的荷载标准值 对水平面模板可采用2 .0kN /m<sup>2</sup>；对垂直面模板可采用4 .0kN /m<sup>2</sup>（作用范围在新浇筑混凝土侧压力的有效压头高度之内）。

新浇筑混凝土对模板侧面压力标准值 影响混凝土对模板侧面压力的因素很多，如混凝土密度、凝结时间、混凝土的坍落度和掺缓凝剂等。采用内部振动器，浇筑速度在6m/h 以下的普通混凝土及轻骨料混凝土，其新浇筑的混凝土作用于模板的最大侧压力标准值，可按下列二式计算，并取二式中的较小值：

$$F =0.22r_c t_0^{1/2} v^{\frac{1}{2}}$$

(1 -3)

$$F =r_c H$$

(1 -4)

式中 F ——新浇筑混凝土对模板的最大侧压力标准值 (kN /m<sup>2</sup>) ；

r<sub>c</sub> ——混凝土的重力密度 (kN /m<sup>3</sup>) ；

t<sub>0</sub> ——新浇混凝土的初凝时间 (h)，可按实测确定。当缺乏试验资料时，可采用

t<sub>0</sub> =200 / (T +15) 计算 (T 为混凝土的温度，℃) ；

v ——混凝土的浇筑速度 (m/h) ；

H ——混凝土侧压力计算位置处至新浇筑混凝土顶面的总高度 (m) ；

γ<sub>1</sub> ——外加剂影响修正系数，不掺外加剂时取1.0，掺具有缓凝作用的外加剂时取1.2 ；

γ<sub>2</sub> ——混凝土坍落度影响修正系数，当坍落度小于30mm 时，取0.85 ；50 ～90mm 时取1.0 ；110 ～150mm 时，取1.15 。

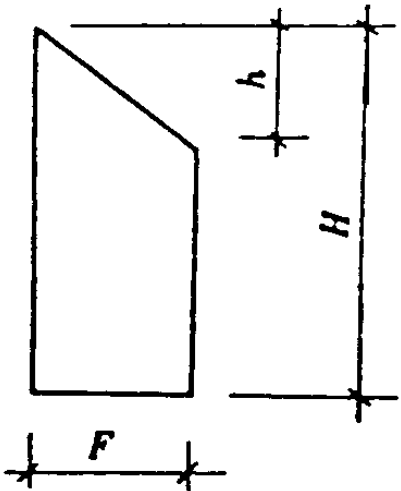


图1 -69 混凝土侧压力分布图

混凝土侧压力的计算分布图形如图1 -69 所示，其中，h =F /r<sub>c</sub> (h 为有效压头高度，单位为m)。

倾倒混凝土时产生的荷载标准值 垂直面模板产生的水平荷载标准值可按表1 -5 采用。

表1 -5 倾倒混凝土时产生的水平荷载标准值 (kN /m<sup>2</sup>)

向模板内供料方法	水平荷载
溜槽、串筒或导管	2
容量小于0.2m <sup>3</sup> 的运输器具	2
容量为0.2 ～0.8m <sup>3</sup> 的运输器具	4
容量为大于0.8m <sup>3</sup> 的运输器具	6

注：作用范围在有效压头高度以内。

计算模板及其支撑时的荷载设计值，应采用荷载标准值乘以相应的荷载分项系数求得，荷载分项系数应按表1 -6 采用。

表1 -6 荷载分项系数

项次	荷载类别	1
1	模板及支撑自重	
2	新浇筑混凝土自重	
3	钢筋自重	1.2
4	施工人员及施工设备荷载	
5	振捣混凝土时产生的荷载	1.4
6	新浇筑混凝土对模板侧面的压力	1.2
7	倾倒混凝土时产生的荷载	1.4

二、结构计算规定

模板及其支撑属临时性结构，设计时可根据规范中规定的安全等级为第三级的结构构件来考虑。钢模板及其支架的设计应符合现行国家标准《钢结构设计规范》的规定，其截面塑性发展系数取1.0；其荷载设计值可乘以系数0.85 予以折减。采用冷弯薄壁型钢应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》的规定，其荷载设计值不应折减。木模板及其支撑的设计应符合现行国家标准《木结构设计规范》的规定；当木材含水率小于25 % 时，其荷载设计值可乘以系数0.9 予以折减。

为保证结构构件表面的平整度，模板必须有足够的刚度，验算时其最大变形值不得超过下列规定：

- 1．对结构表面外露的模板，为模板构件计算跨度的1/400；
- 2．对结构表面隐蔽的模板，为模板构件计算跨度的1/250；
- 3．支撑的压缩变形值或弹性挠度，为相应的结构计算跨度的1/1000。

支撑的立柱或桁架应保持稳定，并用撑拉杆件固定。

为防止模板及其支撑在风荷载作用下倾倒，应从构造上采取有效措施，如在相互垂直的两个方向加水平及斜拉杆、缆风绳、地锚等。当验算模板及支架在自重和风荷载作用下的抗倾倒稳定性时，应符合有关的专门规定。

## 第九节 模板的拆除

### 一、早拆模板体系

早拆模板原理是基于短跨支撑早期拆模思想。利用柱头、立柱和可调支座组成竖向支撑，支撑于上下层楼板之间，使原设计的楼板跨度处于短跨（立柱间距  $< 2\text{m}$ ）受力状态，在混凝土楼板的强度达到规定标准强度的50 %（常温下3 ~4d），即可拆除梁、板模板及部分支撑。柱头、立柱及可调支座仍保持支撑状态。当混凝土强度增大到足以在全跨条件下承受自重和施工荷载时，再拆去全部竖向支撑。

#### 1. 早拆模板体系构造

早拆模板体系柱头为精密铸钢件，柱头顶板（50mm ×150mm）可直接与混凝土接触，两侧梁托可挂住梁头，梁托附着在方形管上，方形管可上下移动115mm，方形管在上方时，可通过支承板锁住，用锤敲击支承板则梁托随方形管下落（图1 -70）。

模板主梁是薄壁空腹结构，上端带有70mm 的凸起，与混凝土直接接触（图1 -71）。当梁的两端梁头挂在柱头的梁托上时，将梁支起，即可自锁而不脱落。模板梁悬臂部分（图1 -72）挂在柱头的梁托上支起后，能自锁而不脱落。

可调支座插入立柱的下端，与地面（楼面）接触，用于调节立柱的高度，可调范围为0 ~50mm（图1 -73）。

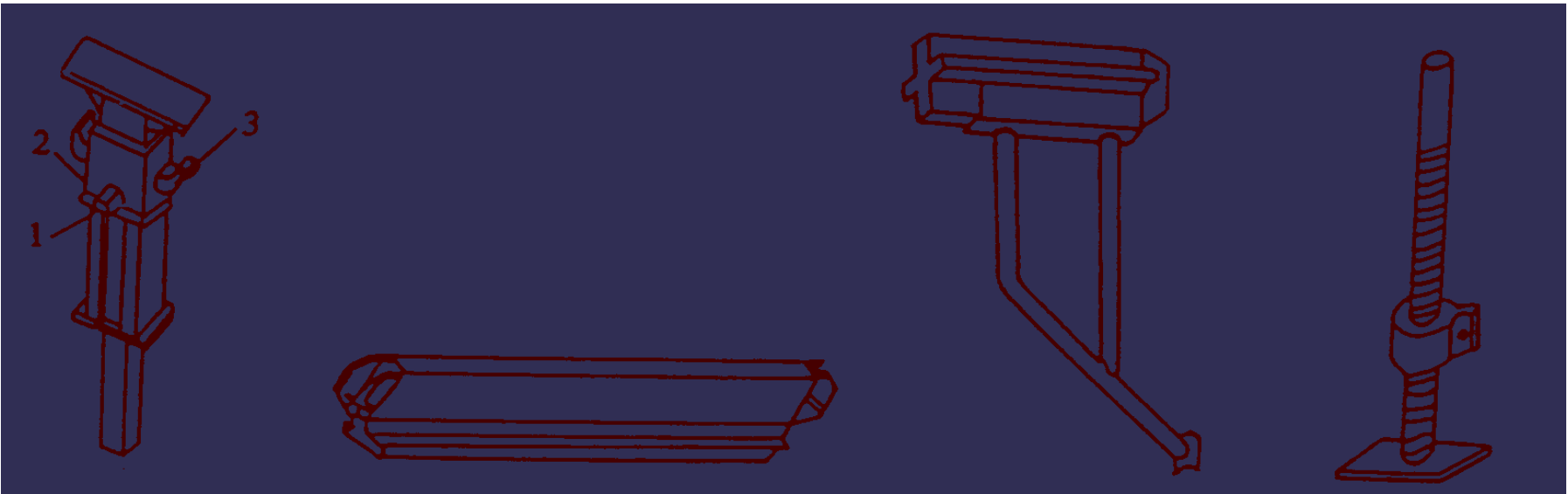


图1 -70 早拆柱头      图1 -71 模板主梁      图1 -72 模板悬臂梁      图1 -73 可调支座

1—支承板 ;2—方形管 ;3—梁托

支撑可采用碗扣式或扣件式钢管支撑。模板可用钢框胶合板模板或其他模板，模板边框高度为70mm。

2. 早拆模板体系的安装与拆除

先立两根立柱，套上早拆柱头和可调支座，加上一根主梁架起一门架，然后再架起另一门架，用横撑临时固定，依次把周围的梁和立柱架起来，再调整立柱高度和垂直度，并锁紧碗扣接头，最后在模板主梁间铺放模板即可。图1 -74 为安装好的早拆模板体系示意图。

模板拆除时，只需用锤子敲击早拆柱头上的支承板，则模板和模板梁将随同方形管下落115mm，模板和模板梁便可卸下来，保留立柱支撑梁板结构（图1 -75）。当混凝土强度达到后，调低可调支座，解开碗扣接头，即可拆除立柱和柱头。采用早拆模板体系可加快模板与支撑的周转，节省模板和支撑，具有良好的经济效益。

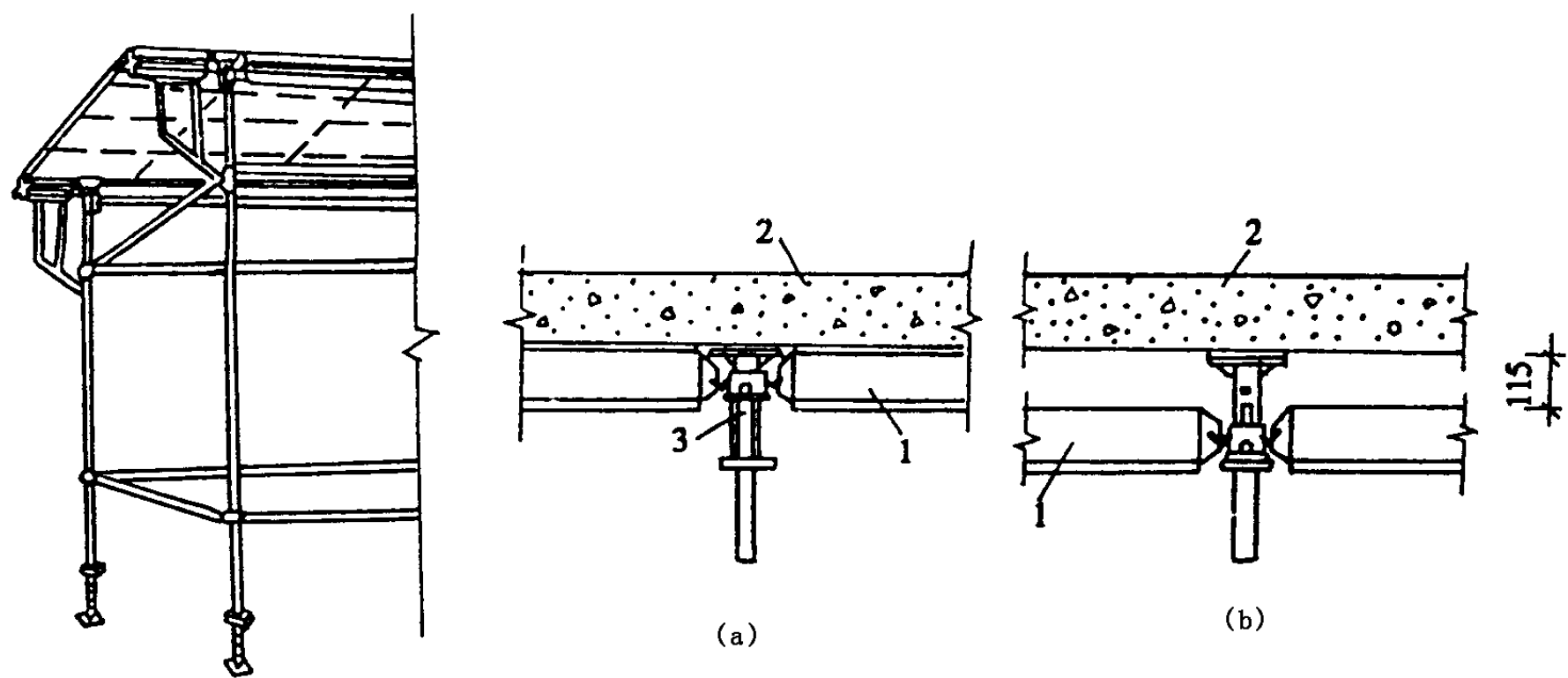


图1 -74 早拆模板体系示意图

(a) 支模状态；(b) 拆模状态

图1 -75 早期拆模方法

1 - 模板主梁 ;2 - 现浇楼板 ;3 - 早拆柱头

二、现浇混凝土结构模板的拆除

模板的拆除日期取决于混凝土的强度、各个模板的用途、结构的性质、混凝土硬化时的气温。及时拆模，可提高模板的周转率，也可以为其他工作创造条件。但过早拆模，混凝土会因强度不足以承担本身自重，或受到外力作用而变形甚至断裂，造成重大的质量事故。

侧模板应在混凝土强度能保证其表面及棱角不因拆除而受损坏时，方可拆除。



底模板应在与混凝土结构同条件养护的试件达到表1 -7 规定强度标准值时，方可拆除。

表1 -7 现浇结构拆模时所需混凝土强度

结构类型	结构跨度 (m )	按设计的混凝土强度标准值的百分率计 (%)
板	2	50
	>2 , 8	75
	>8	100
梁、拱、壳	8	75
	>8	100
悬臂构件	2	75
	>2	100

注：本规范中“设计的混凝土强度标准值”系指与设计混凝土强度等级相应的混凝土立方体抗压强度标准值。

拆模顺序一般是先支后拆，后支先拆，先拆除侧模板，后拆除底模板。重大复杂模板的拆除，事前应制定拆模方案。对于肋形楼板的拆模顺序：柱模板—楼板底模板—梁侧模板—梁底模板。

多层楼板模板支架的拆除，应按下列要求进行：上层楼板正在浇筑混凝土时，下一层楼板的模板支架不得拆除，再下一层楼板模板的支架，仅可拆除一部分；跨度4m 及4m 以上的梁下均应保留支架，其间距不得大于3m 。

拆摸时，应尽量避免混凝土表面或模板受到损坏，注意整块下落伤人。拆下来的模板，有钉子时，要使钉尖朝下，以免扎脚。拆完后，应及时加以清理、修理，按种类及尺寸分别堆放，以便下次使用。对定型组合钢模板，倘若背面油漆脱落，应补刷防锈漆。已拆除模板及其支架结构的混凝土，应在其强度达到设计强度标准值后，才允许承受全部使用荷载。当承受施工荷载产生的效应比使用荷载更为不利时，必须经过核算，加设临时支撑。

## 第二章 钢筋工程

### 第一节 钢筋的种类和质量控制

#### 一、钢筋的种类和性能

钢筋混凝土结构中所用的钢筋，主要有热轧钢筋、余热处理钢筋、冷轧带肋钢筋、冷拔钢筋、冷轧扭钢筋和钢绞线等。

##### 1．热轧钢筋

热轧钢筋是经热轧成型并自然冷却的成品钢筋，可分为热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋两种。热轧光圆钢筋为Ⅰ级钢筋；热轧带肋钢筋又分为月牙肋钢筋和等高肋钢筋，月牙肋钢筋为Ⅱ、Ⅲ级钢筋，等高肋钢筋为Ⅳ级钢筋。

月牙肋钢筋的横肋纵断面呈月牙形，与纵肋不相交；等高肋钢筋的横肋纵断面高度相等，与纵肋相交。如图2 -1 所示。带肋钢筋的横肋与钢筋轴线夹角不应小于 $45^{\circ}$ ，横肋的间距不得大于钢筋公称直径的0.7 倍。

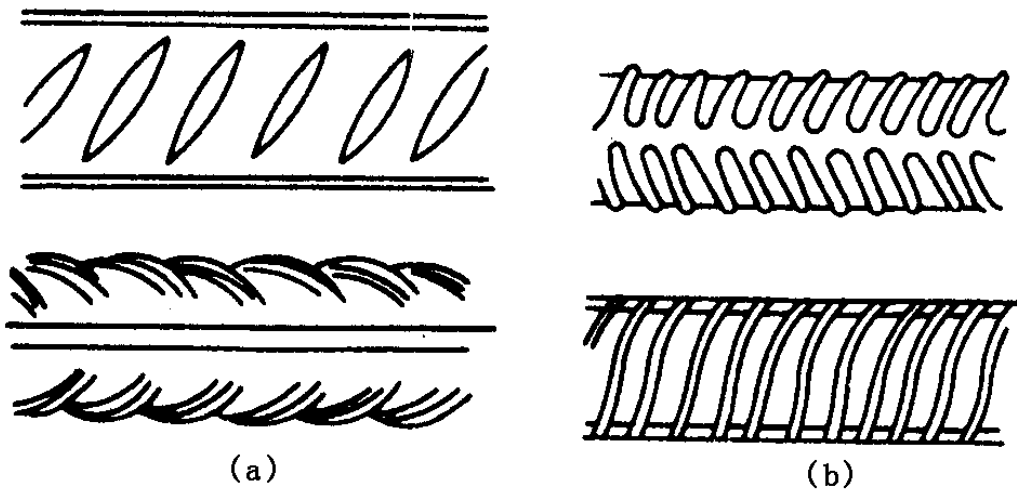


图2 -1 热轧带肋钢筋

(a) 月牙肋钢筋；(b) 等高肋钢筋

热轧钢筋的力学性能与工艺性能，应符合表2 -1 的规定。

表2 -1 热压钢筋的力学性能与工艺性能

表面形式	钢筋级别	强度等级代号	公称直径 /mm	屈服点 $s$ /MPa	抗拉强度 $b$ /MPa	伸长率 / %	冷弯性能	
				不小于			弯曲角度	弯心直径
光圆		R235	8 ~20	235	370	25	180 °	3d
月牙肋		RL335	8 ~25	335	510	16	180 °	3d
			28 ~40		490		180 °	4d
		RL400	8 ~25	400	570	14	90 °	3d
			28 ~40				90 °	4d
等高肋		RL540	10 ~25	540	835	10	90 °	5d
			28 ~32				90 °	6d

注 :d ·钢筋公称直径。

2 . 余热处理钢筋

余热处理钢筋是经热轧后立即穿水，进行表面控制冷却，利用钢筋芯部余热自身完成回火处理的成品钢筋。此种钢筋表面形状为月牙肋，强度级别为 级。

余热处理钢筋的力学性能和工艺性能，应符合表2 -2 的规定。

表2 -2 余热处理钢筋的力学性能和工艺性能

表面形式	钢筋级别	强度等级代号	公称直径 /mm	屈服点 $s$ /MPa	抗拉强度 $b$ /MPa	伸长率 / %	冷弯性能	
							弯曲角度	弯心直径 (D )
月牙肋		KL400	8 ~25	440	600	14	90 °	3d
			28 ~40				90 °	4d

3 . 冷轧带肋钢筋

冷轧带肋钢筋是由热轧钢筋（直径12mm 以下）经冷轧或冷拔缩径后，在其表面冷轧成三面有肋的钢筋。此种钢筋表面形状为月牙肋。

冷轧带肋钢筋的力学性能和工艺性能，应符合表2 -3 的规定。

表2 -3 冷轧带肋钢筋的力学性能和工艺性能

级别代号	屈服强度	抗拉强度	伸长率不小于（%）		冷弯180°，D 弯心直径d 钢 筋公称直径	应力松弛 <sub>kn</sub> =0.7 <sub>b</sub>	
	<sub>0.2</sub> /MPa	<sub>b</sub> /MPa	10	100		1000h 不 大于（%）	10h 不 大于（%）
	不小于	不小于					
LL550	500	550	8	—	D =3d	—	—
LL650	520	650	—	4	D =4d	8	5
LL800	640	800	—	4	D =5d	8	5

4．冷拉钢筋

冷拉钢筋是用热轧钢筋在常温下进行强力拉伸，使拉力超过屈服点  $s$ ，使其产生新的更高屈服点的一种新钢筋。

冷拉钢筋的力学性能和工艺性能，应符合表2 -4 的规定。

表2 -4 冷拉钢筋的力学性能和工艺性能

钢筋级别	公称直径 d /mm	屈服点 $s$ / (N /mm <sup>2</sup> )	抗拉强度 $b$ / (N /mm <sup>2</sup> )	伸长率 $_{10}$ / %	冷弯性能	
		不小于			弯曲角度	弯心直径 (D)
冷拉 级	6 ~12	280	370	11	180 °	3d
冷拉 级	8 ~25	450	510	10	90 °	3d
	28 ~40	430	490	10	90 °	4d
冷拉 级	8 ~40	500	570	8	90 °	5d
冷拉 级	10 ~28	700	835	6	90 °	5d

注：直径大于25mm 的冷拉 ~ 级钢筋，冷弯弯心直径应增加1d。

5．冷拔钢丝

冷拔钢丝是用直径8mm 以下的热轧钢筋，以强力拉拔的方法，在常温下通过特制的钨合金拔丝模，多次缩径而制成，其强度显著提高 (40 % ~90 % )，呈硬钢性质。

冷拔钢筋的力学性能与工艺性能，应符合表2 -5 的规定。

表2 -5 冷拔钢丝的力学性能与工艺性能

钢丝种类		钢丝直径 /mm	抗拉强度 $b$ / (N /mm <sup>2</sup> )		伸长率 $_{100}$ / %	反复弯曲 (180 °) 次数
			组	组		
			不小于			
冷拔低 碳钢丝 ( <sup>b</sup> )	甲级	5	650	600	3	4
		4	700	650	2.5	4
	乙级	3—5	550		2	4
冷拔低合金钢丝		5	800		4	4

6．冷轧扭钢筋

冷轧扭钢筋是用低碳钢筋（含碳量低于0.25 %）经冷轧扭工艺制成，其表面呈连续的螺旋形，如图2 -2 所示。

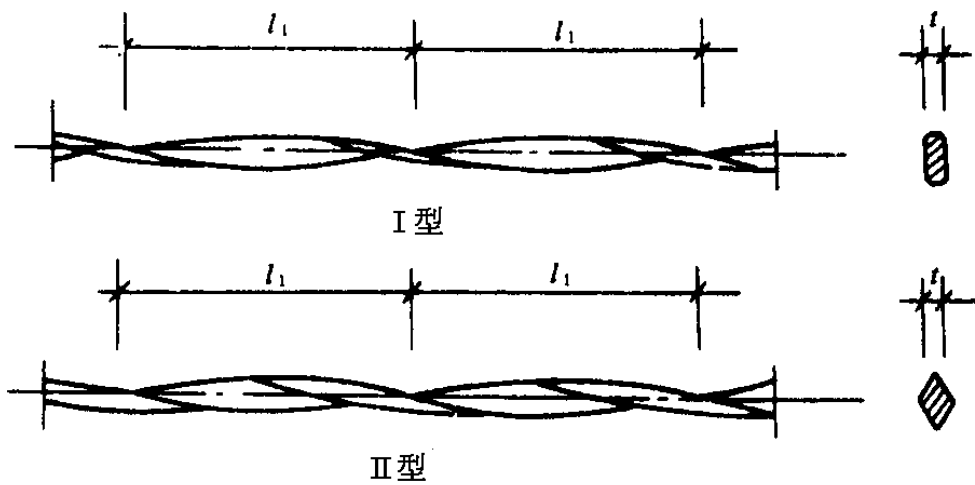


图2 -2 冷轧扭钢筋形状  
t 为轧扁厚度； $l_1$  为节距

冷压扭钢筋的规格及力学性能，应符合表2 -6 的规定。

表2 -6 冷轧扭钢筋的规格及力学性能

标志直径 /mm	公称截面 面积/mm <sup>2</sup>	等效直径 /mm	截面周长 /mm	轧扁厚度 /mm	节距 /mm	抗拉强率 /MPa	
I 型	6 5	29 5	6 1	23 4	3 7	75	580
	8 0	45 3	7 6	30 0	4 2	95	
	10 0	68 3	9 2	36 4	5 3	110	
	12 0	93 3	10 9	42 5	6 2	150	
	14 0	132 7	13 0	49 2	8 0	170	
型	12 0	97 8	11 2	51 5	8 0	145	580

注：1) I 型为矩形截面，II 型为菱形截面；  
2) 等效直径由公称截面面积等效为圆形截面的直径。

二、钢筋的质量控制

钢筋的质量是保证钢筋混凝土质量的关键，根据 《混凝土结构工程施工与验收规范》（GB50204 - 92 ）的规定，混凝土结构中所采用的钢筋质量，应符合现行国家标准；钢筋应有出厂质量证明书，试验报告单，钢筋表面或每捆（盘）钢筋均应有标志；钢筋进场时应按炉（批）号及直径d 分批检验，检验的内容包括：查对标志；外观检查，并按现行国家有关标准的规定抽取试样，作力学性能与工艺性能试验，完全合格后方可使用。

钢筋在加工过程中，如发现脆断、裂纹、焊接性能不良或力学性能不正常等现象，应根据现行国家标准对钢筋进行化学成分或其他专项检验。

### （一）混凝土结构工程用钢筋（钢丝）的检验

#### 1. 钢筋外观检查

钢筋外观检查，主要包括：直径、标牌、外形、长度、批号、弯曲、裂痕、锈蚀等项目。如发现异常现象（包括加工过程中有脆断、裂纹、焊接性能不良等），应拒绝使用。

#### 2. 钢筋力学性能检验

混凝土结构工程用的钢筋，对其力学性能的检验主要包括：屈服点、抗拉强度、伸长率和冷弯四项指标，均应符合现行国家标准的规定。有下列使用情况时，还应增加相应的检验项目：

（1）有附加保证条件的混凝土结构中的配筋，如有化学成分严格要求的配筋。

（2）对高质量的热轧带肋钢筋，应有反向弯曲检查项目和屈服强度数据；用于抗震要求较高的主筋，应有屈服的数据。

（3）预应力混凝土所用的钢丝，应有反复弯曲次数和松弛技术指标；钢绞线应有屈服负荷和整根破坏荷载的技术指标。

### （二）对钢筋代换的质量要求

1. 钢筋的级别、种类和直径必须按设计要求进行配置。钢筋确实需代换时，必须取得设计单位的同意，并应签署设计变更通知书。

2. 对不同种类钢筋的代换，应按钢筋受拉承载力设计值相等的原则进行；对相同种类和级别的钢筋代换，应按等面积原则进行。

3. 当构件受抗裂、裂缝宽度或挠度的控制时，在钢筋代换后；必须重新进行抗裂、裂缝宽度或挠度的验算，并符合原设计要求。

4. 无论是何种钢筋代换，均应满足混凝土结构设计规范中所规定的钢筋间距、锚固长度、最小钢筋直径、最少根数、工艺性能等要求。

5. 对重要的受力构件，不宜用Ⅰ级光圆钢筋代换变形（带肋）钢筋。

6. 对有抗震要求的框架，不宜以强度等级较高的钢筋代替原设计中的钢筋。

## 第二节 钢筋翻样与配料

为了确保钢筋配筋和加工的正确性，事先应根据结构施工图画出相应的钢筋翻样图并填写配料单。

## 一、钢筋翻样图

除了简单的砖混住宅可以直接根据结构施工图进行钢筋工程施工以外，现浇混凝土结构施工均应有钢筋翻样图（实质为钢筋施工图）。

钢筋翻样图依照结构配筋图作成。一般把混凝土结构分解成柱、梁、墙、楼板、楼梯等构件、根据构件所在的结构层次，以一种构件为主，画出其配筋，并把分散于建筑、结构施工图中对该构件钢筋的配筋、连接和安装等要求都集中反映到该构件的翻样图上。钢筋翻样图中构件的各钢筋均应编号，标明其数量、强度等级、直径、间距、锚固长度、接头位置以及搭接长度等。对于形状复杂的钢筋和结构节点密度大的钢筋，在钢筋翻样图上，还应画出其细部加工图和细部安装图。

钢筋翻样图既是编制配料加工单和进行配料加工的依据，也是钢筋工绑扎、安装钢筋的依据，还是工程项目负责人检查钢筋工程施工质量的依据。

## 二、钢筋配料

钢筋配料就是根据结构施工图，分别计算构件各钢筋的直线下料长度、根数及重量，编制钢筋配料单，作为备料、加工和结算的依据。

结构施工图中所指钢筋长度是钢筋外边缘至外边缘之间的长度，即外包尺寸，这是施工中度量钢筋长度的基本依据。钢筋加工前按直线下料，经弯曲后，外边缘伸长，内边缘缩短，而中心线不变。这样，钢筋弯曲后的外包尺寸和中心线长度之间存在一个差值，称为“量度差值”。在计算下料长度时必须加以扣除。否则势必形成下料太长，造成浪费；或弯曲成型后钢筋尺寸大于要求，造成保护层不够；甚至钢筋尺寸大于模板尺寸而造成返工。因此，钢筋下料长度应为各段外包尺寸之和减去各弯曲处的量度差值，再加上端部弯钩的增加值。

### 1．钢筋弯曲处的量度差值

钢筋弯曲处的量度差值与钢筋弯心直径及弯曲角度有关。

90°弯曲时按施工规范有两种情况，即Ⅰ级钢筋其弯心直径  $D = 2.5d_0$ ，Ⅱ级钢筋弯心直径  $D = 4d_0$ ，如图2 -3 所示，其每个90°弯曲的量度差值为：

$$AC + CB - \overset{\frown}{ACB} = 2 \left( \frac{D}{2} + d_0 \right) - \frac{1}{4} (\pi D + \pi d_0) = 0.215D + 1.215d_0$$

当弯心直径  $D = 2.5d_0$  代入上式，得量度差值为  $1.75d_0$ ；

当弯心直径  $D = 4d_0$  代入上式，得量度差值为  $2.07d_0$ 。

为了计算方便，两者都近似取  $2d_0$ 。同理可得，45°弯曲时的量度差值为  $0.5d_0$ ；60°

弯曲时的量度差值为 $0.85d_0$ ； $135^\circ$ 弯曲时的量度差值为 $2.5d_0$ 。

2．钢筋弯钩增加长度

根据规范规定，Ⅰ级钢筋两端应做 $180^\circ$ 弯钩，其弯心直径 $D=2.5d_0$ ，平直部分长度为 $3d_0$ ，如图2 -4 所示。度量方法以外包尺寸度量，其每个弯钩增加长度为：

$$\begin{aligned} EF &= ABC + EC - AF = \frac{1}{2} (D + d_0) + 3d_0 - \left( \frac{D}{2} + d_0 \right) \\ &= \frac{1}{2} (2.5d_0 + d_0) + 3d_0 - \left( \frac{2.5d_0}{2} + d_0 \right) = 6.25d_0 \text{ (已考虑量度差值)} \end{aligned}$$

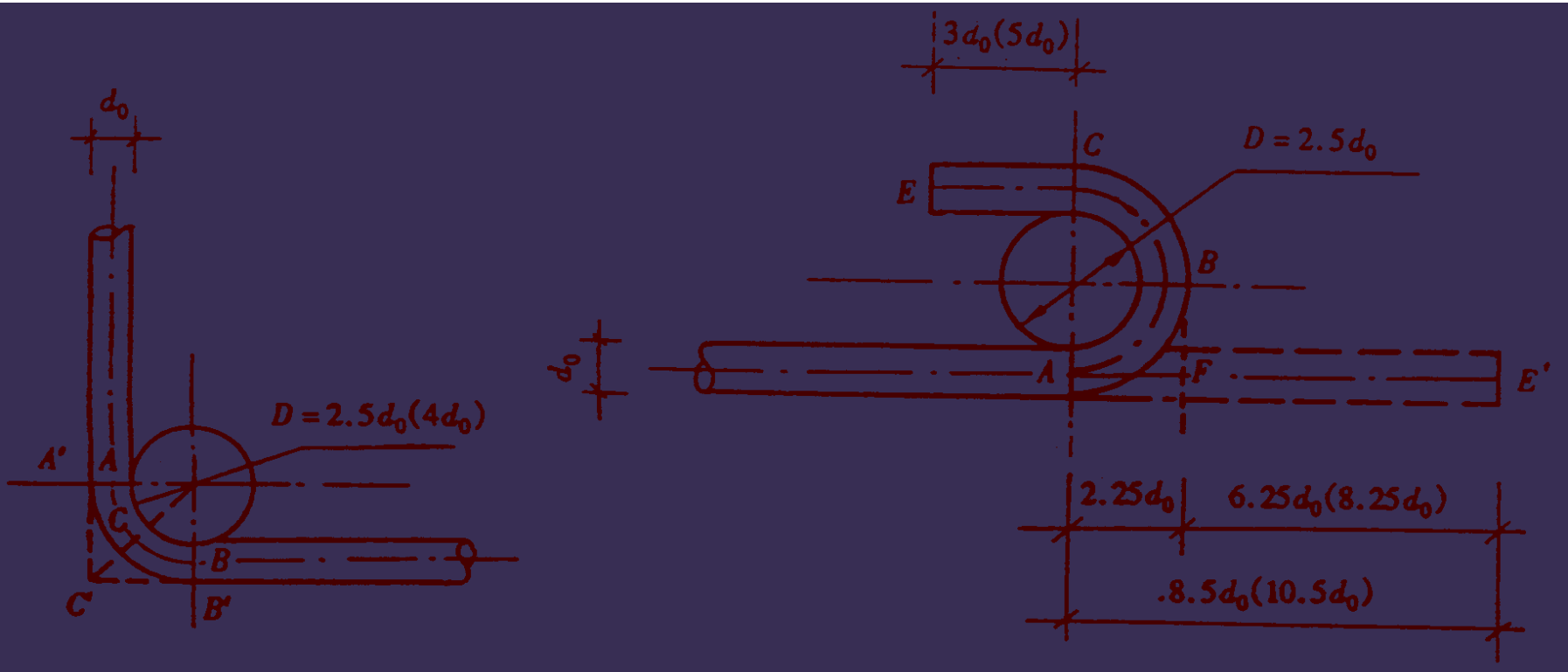


图2 -3 钢筋弯曲 $90^\circ$ 尺寸图

图2 -4 钢筋弯曲 $180^\circ$ 尺寸图

3．箍筋弯钩增加值

箍筋末端的弯钩形式如图2 -5 所示。一般结构可按图2 -5 (b)，(c) 形式加工；有抗震要求和受扭的结构，应按图2 -5 (a) 形式加工。当设计无具体要求时，用Ⅰ级钢筋或冷拔低碳钢丝制作的箍筋，其弯钩的弯心直径应大于受力钢筋直径，且不小于箍筋直径的2.5 倍；弯钩平直部分的长度，对一般结构，不宜小于箍筋直径的5 倍，对有抗震要求的结构，不应小于箍筋直径的10 倍。

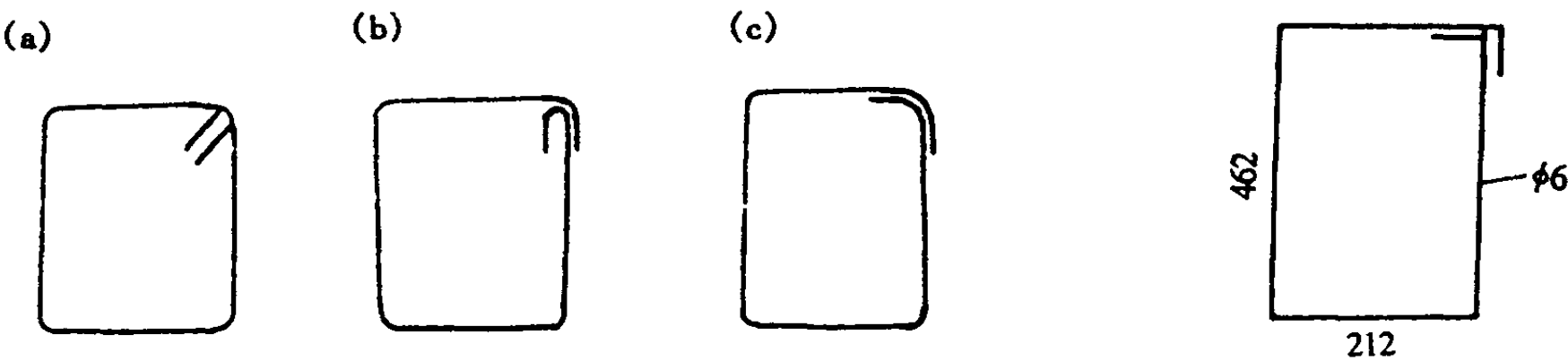


图2 -6 箍筋外包尺寸图

图2 -5 箍筋示意图



箍筋弯90°/90°弯钩时，两个弯钩增值为： $2 \times (0.285D + 4.785d_0)$ ，当取 $D = 2.5d_0$ ，平直段为 $5d_0$ 时，两个弯钩增加值可取 $11d_0$ ；

箍筋弯90°/180°弯钩时，两个弯钩增加值为： $(1.07D + 5.57d_0) + (0.285D + 4.785d_0) = 1.355D + 10.355d_0$ ，当取 $D = 2.5d_0$ ，平直段为 $5d_0$ 时，两个弯钩增加值取 $14d_0$ ；

箍筋弯135°/135°弯钩时，两个弯钩增加值为： $2 \times (0.68D + 5.18d_0)$ ；当取 $D = 2.5d_0$ ，平直段取 $5d_0$ 时，两个弯钩增加值取 $14d_0$ 。

4．钢筋的计算机翻样及优化下料

钢筋的计算机翻样通常可分两步进行：第一步是结构构件内钢筋翻样；第二步是钢筋加工翻样。

结构构件内钢筋翻样，实质上是通过计算机求出钢筋的外包尺寸。计算机软件将常用结构构件（如梁、柱、板、墙、桩、基础、楼梯等）在翻样时要考虑的混凝土保护层、钢筋的锚固、钢筋的接头、钢筋的最小配筋率等因素，以及这些因素又随着构件、使用环境、钢筋类型、直径、混凝土强度等级的变化情况都存入计算机内。由人工输入构件名称、规格及钢筋名称等因素，计算机当即显示翻样时要考虑的因素，并在使用者操作下，计算机即可自动翻样。

由于钢筋弯曲、弯钩会引起钢筋长度的变化。弯曲角度和钢筋直径的不同，以及箍筋端部弯钩形式的不同，下料长度的变化也不同。钢筋加工翻样就是要确定这些因素，计算钢筋的下料长度。上述这些变化因素及相应的计算方法都已存入计算机内。构件翻样结束后，计算机自动转到加工翻样，显示出钢筋加工翻样的因素，在使用者操作下自动完成加工翻样，计算机可将结果汇总打印出来。经过加工翻样的钢筋，有若干种长度和不同的数量要求，而钢筋原材料长度是固定的，如何在这个固定长度上合理截取各种要求的翻样长度，达到充分利用这根钢筋，减少余料，这就是优化下料。优化下料是一个数学问题，可编成一个程序来求解问题的最优解。给定库存钢筋的长度和根数，优化软件可根据翻样钢筋长度和根数给出一个下料方案。这个下料方案，其材料利用率可达98 %以上。

钢筋翻样与优化下料的框图见图2 -7。

5．配料计算注意事项

在设计图纸中，钢筋配置的细节问题没有注明时，一般可按构造要求处理。

配料计算时，要考虑钢筋的形状和尺寸在满足设计要求的前提下有利于加工安装。

配料时，还要考虑施工需要的附加钢筋。例如，后张预应力构件预留孔道定位用的钢筋井字架、基础双层钢筋网中保证上层钢筋网位置用的钢筋撑脚、墙板双层钢筋网中

固定钢筋间距用的钢筋撑铁、柱钢筋骨架增加四面斜撑等。

三、钢筋代换

当施工中遇有钢筋品种或规格与设计要求不符时，可参照以下原则进行钢筋代换：  
等强度代换，不同种类的钢筋代换，按抗拉设计值相等原则进行代换；  
等面积代换，相同种类和级别的钢筋代换，应按等面积原则进行代换。

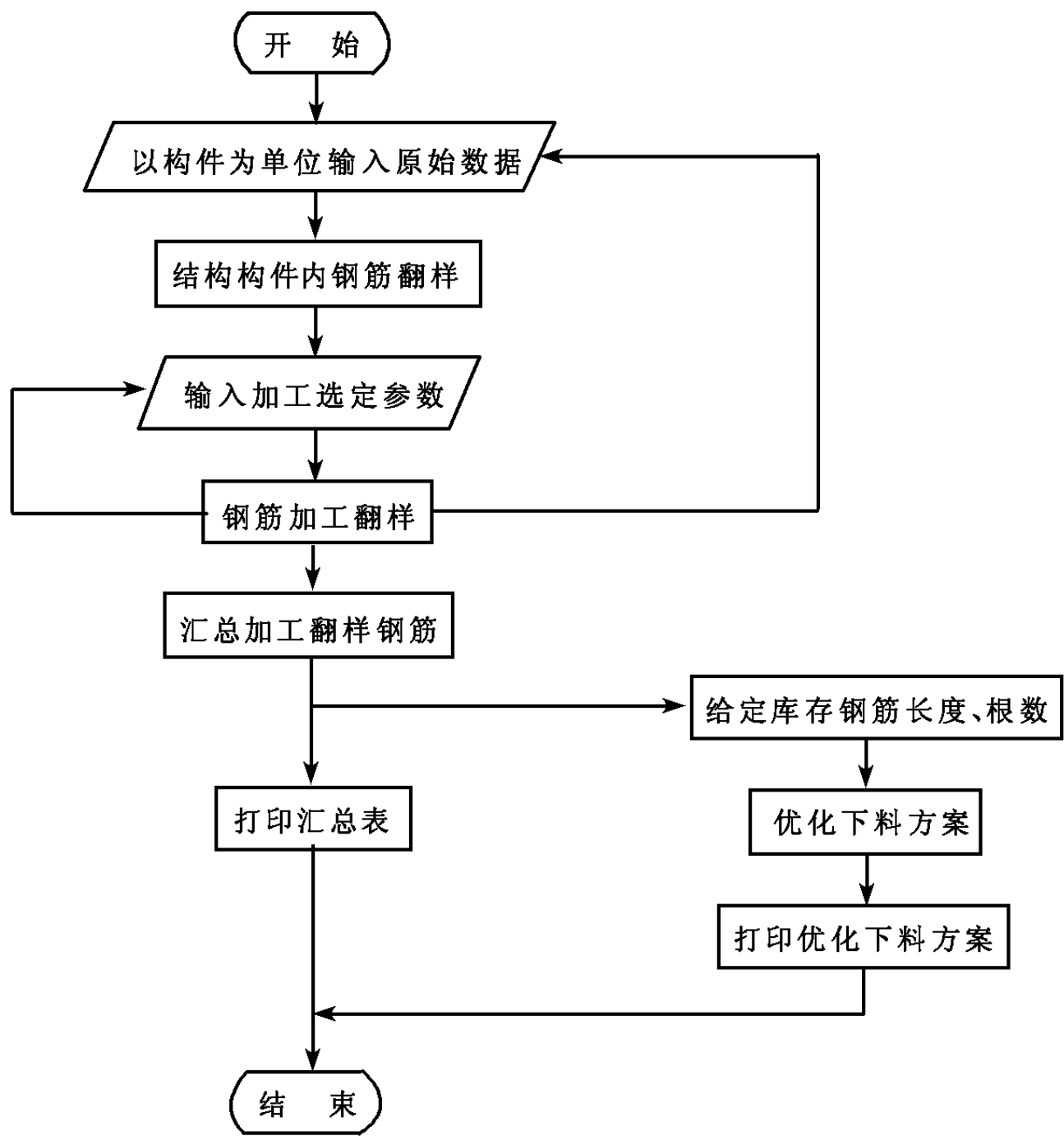


图2 -7 钢筋翻样与优化下料框图

1．等强度代换方法

如设计图中所用的钢筋设计强度为 $f_{y1}$ ，钢筋总面积为 $A_{s1}$ ，代换后的钢筋设计强度为 $f_{y2}$ ，钢筋总面积为 $A_{s2}$ ，则应使

$$A_{s1} \cdot f_{y1} = A_{s2} \cdot f_{y2} \tag{2 -1}$$

即

$$n_1 \cdot \frac{d_1^2}{4} \cdot f_{f1} = n_2 \cdot \frac{d_2^2}{4} \cdot f_{f2} \tag{2 -2}$$

$$n_2 = \frac{n_1 d_1^2 \cdot f_{f1}}{d_2^2 \cdot f_{f2}}$$

(2 -3 )

式中  $n_2$ ——代换钢筋根数；  
 $n_1$ ——原设计钢筋根数；  
 $d_2$ ——代换钢筋直径；  
 $d_1$ ——原设计钢筋直径。

2 . 等面积代换方法

$$A_{s1} = A_{s2}$$

(2 -4 )

即

$$n_2 = n_1 \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

(2 -5 )

式中符号同上。

钢筋代换后，有时由于受力钢筋直径加大或根数增多而需要增加排数，则构件截面的有效高度 $h_0$  减少，截面强度降低。通常对这种影响可凭经验适当增加钢筋面积，然后再作截面强度复核。

对于矩形截面的受弯构件，可根据弯矩相等，按下式复核截面强度：

$$N_2 \left( h_{02} - \frac{N_2}{2f_{cm} \cdot b} \right) = N_1 \left( h_{01} - \frac{N_1}{2f_{cm} \cdot b} \right)$$

(2 -6 )

式中  $N_1$ ——原设计的钢筋拉力， $N_1 = A_{s1} \cdot f_{y1}$  ( $A_{s1}$  ,  $f_{y1}$  符号含义同上)；  
 $N_2$ ——代换钢筋拉力， $N_2 = A_{s2} \cdot f_{y2}$  ；  
 $h_{01}$ ——原设计钢筋的合力点至构件截面受压边缘的距离（即构件截面的有效高度）；  
 $h_{02}$ ——代换钢筋的合力点至构件截面受压边缘的距离；  
 $f_{cm}$ ——混凝土的弯曲抗压强度设计值，对C20 混凝土为11N /mm<sup>2</sup> ；对C30 混凝土为16 .5N /mm<sup>2</sup> ；  
 $b$ ——构件截面宽度。

3 . 钢筋代换注意事项

钢筋代换时，应征得设计单位同意，并应符合下列规定：

对重要受力构件，如吊车梁、薄腹梁、桁架下弦等，不宜用Ⅰ级光面钢筋代换变形钢筋，以免裂缝开展过大。

钢筋代换后，应满足混凝土结构设计规范中所规定的钢筋间距、锚固长度、最小钢筋直径、根数等要求。

当构件受裂缝宽度或挠度控制时，钢筋代换后应进行刚度、裂缝验算。

梁的纵向受力钢筋与弯起钢筋应分别代换，以保证正截面与斜截面强度。偏心受压构件（如框架柱、有吊车的厂房柱、桁架上弦等）或偏心受拉构件作钢筋代换时，不取整个截面配筋量计算，应按受力面（受拉或受压）分别代换。

有抗震要求的梁、柱和框架，不宜以强度等级较高的钢筋代换原设计中的钢筋。如必须代换时，其代换的钢筋检验所得的实际强度，尚应符合抗震钢筋的要求。

预制构件的吊环，必须采用未经冷拉的Ⅰ级热轧钢筋制作，严禁以其他钢筋代换。

### 四、钢筋加工、绑扎与安装

钢筋加工的形状、尺寸必须符合设计要求。钢筋的表面应洁净、无损伤，油渍、漆污和铁锈等应在使用前清洗干净。带有颗粒状或片状老锈的钢筋不得使用。

钢筋的调直利用冷拉进行，采用冷拉方法调直钢筋时，Ⅰ级钢筋的冷拉率不宜大于4%；Ⅱ级钢筋的冷拉率不宜大于1%；冷拔低碳钢丝在调直机上调直后，其表面不得有明显擦伤，抗拉强度不得低于设计要求。粗钢筋还可采用锤直和扳直的方法调直；直径为4~14mm的钢筋可采用调直机进行调直。目前定型的钢筋调直机主要有GJ<sub>4</sub>-4/14（TQ4-14）和GJ<sub>4</sub>-4/8（TQ4-8）两种型号，它具有钢筋除锈、调直和切断三项功能。

钢筋除锈可用钢丝刷、砂盘和酸洗等方法，目前常用电动除锈机除锈或喷砂除锈。经冷拉或机械调直的钢筋，一般不必再除锈，如保管不良，产生鳞片状锈蚀时，仍应进行除锈：

钢筋下料时须按下料长度进行剪切。钢筋剪切可采用钢筋剪切机和电动切割机：前者多用于预制加工厂；后者多用于现场。直径大于40mm的钢筋需用氧气乙炔火焰或电弧割切。

钢筋弯曲时，应按弯曲设备的特点及工地习惯进行划线，以便弯曲成所规定的（外包）尺寸。当弯曲形状比较复杂的钢筋时，可先放出实样，再进行弯曲。钢筋弯曲宜采用弯曲机进行。当直径小于25mm时，现场也可采用扳钩弯曲。

钢筋绑扎和安装之前，先熟悉施工图纸，核对成品钢筋的钢号、直径、形状、尺寸和数量是否与配料单、料牌相符，研究钢筋安装和有关工种的配合顺序，准备绑扎用的铁丝、绑扎工具、绑扎架等。

为缩短钢筋安装的工期，减少钢筋施工中的高空作业，在运输、起重等条件的允许下，钢筋网和钢筋骨架的安装应尽量采用先预制绑扎，后安装的方法。

钢筋绑扎用的铁丝，可采用<sup>#</sup>20~<sup>#</sup>22铁丝（火烧丝）或镀锌铁丝（铅丝），其中<sup>#</sup>22铁丝只用于绑扎直径12mm以下的钢筋。

钢筋绑扎程序是：划线—摆筋—穿箍—绑扎—安放垫块等。划线时应注意间距、数量，标明加密箍筋位置。板类摆筋顺序一般先排主筋后排负筋；梁类一般先摆纵筋。摆放有焊接接头和绑扎接头的钢筋应符合规范规定。有变截面的箍筋，应事先将箍筋排列清楚，然后安装纵向钢筋。

钢筋绑扎应符合下列规定：

钢筋的交点须用铁丝扎牢。

板和墙的钢筋网片，除靠外围两行钢筋的相交点全部扎牢外，中间部分的相交点可相隔交错扎牢，但必须保证受力钢筋不发生位移。双向受力的钢筋网片，须全部扎牢。

梁和柱的箍筋，除设计有特殊要求外，应与受力钢筋垂直设置。箍筋弯钩叠合处，应沿受力钢筋方向错开设置。

柱中的竖向钢筋搭接时，角部钢筋的弯钩应与模板成 $45^{\circ}$ （多边形柱为模板内角的平分角；圆形柱应与柱模板切线垂直）；中间钢筋的弯钩应与模板成 $90^{\circ}$ ；如采用插入式振捣器浇小型截面柱时，弯钩与模板的角度最小不得小于 $15^{\circ}$ 。

板、次梁与主梁交叉处，板的钢筋在上，次梁的钢筋居中，主梁的钢筋在下，如图2 -8 (a)；当有圈梁或垫梁时，主梁的钢筋在上，如图2 -8 (b) 所示。

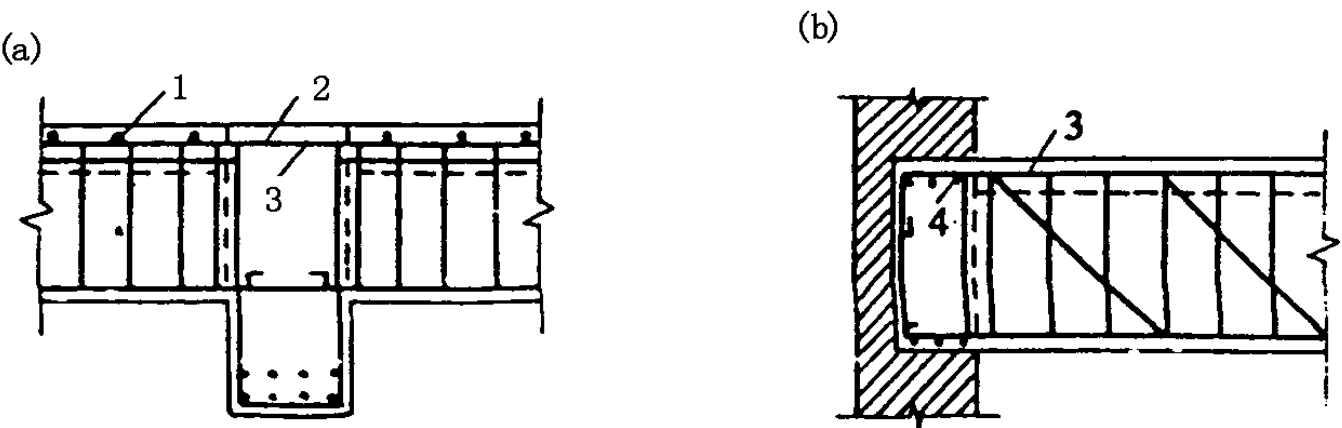


图2 -8 交叉处钢筋布设

1 - 板的钢筋 ;2 - 次梁钢筋 ;3 - 主梁钢筋 ;4 - 垫梁钢筋

控制混凝土的保护层可用水泥砂浆垫块或塑料卡。水泥砂浆的厚度，应等于保护层厚度。垫块的平面尺寸：当保护层厚度等于或小于 $20\text{mm}$  时为 $30\text{mm} \times 30\text{mm}$  ；大于 $20\text{mm}$  时为 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$  。在垂直方向使用垫块，应在垫块中埋入 $\#20$  铁丝，把垫块绑在钢筋上。塑料卡的形状有塑料垫块和塑料环圈两种，如图2 -9 所示。塑料垫块用于垂直构件（如梁、板），在两个方向均有凹槽，以便适应两种保护层厚度；塑料环圈用于垂直构件（如柱、墙），使用时钢筋从卡嘴进入卡腔，由于塑料环圈有弹性，可使卡腔的大小能适应钢筋直径的变化。

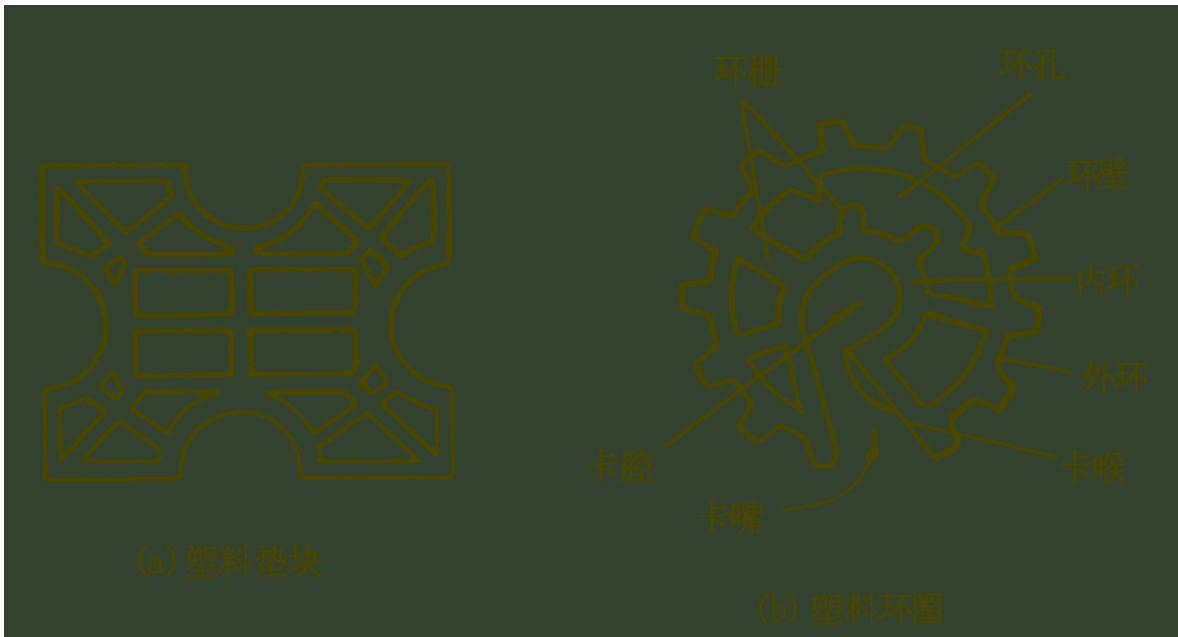


图2 -9 控制混凝土保护层用的塑料卡

钢筋安装完毕后，应检查下列方面：

- 根据设计图纸检查钢筋的钢号、直径、形状、尺寸、根数、间距和锚固长度是否正确，特别是要注意检查负筋的位置；
- 检查钢筋接头的位置及搭接长度是否符合规定；
- 检查混凝土保护层是否符合要求；
- 检查钢筋绑扎是否牢固，有无松动变形现象；
- 钢筋表面不允许有油渍、漆污和颗粒状（片状）铁锈；
- 安装钢筋时的允许偏差，不得大于规范规定。

钢筋工程属于隐蔽工程，在浇筑混凝土前应对钢筋及预埋件进行验收，并作好隐蔽工程记录。

五、钢筋配料单

对于钢筋翻样图中编了号的各钢筋进行配料时，必须根据混凝土结构设计规范 (GBJ10 -89 ) 及混凝土结构工程施工及验收规范 (GB50204 - 92 ) 中对混凝土保护层、钢筋弯曲、弯钩等规定计算其下料长度。

钢筋在结构施工图中注明的尺寸是其外轮廓尺寸，即外包尺寸。钢筋在加工前呈直线状下料，加工中弯曲时，外皮伸长，内皮缩短，只有轴线长度不变。因此，钢筋外包尺寸与轴线长度之间存在一个差值，称为“量度差值”。其大小与钢筋直径和弯心直径以及弯曲的角度等因素有关。

级钢筋为光面钢筋，末端一般要求作180°弯钩（图2 -10a）； 、 级钢筋为变形钢筋，末端不需弯钩，但由于锚固长度原因，常要求作90°或135°弯折（图2 -10b , c）。

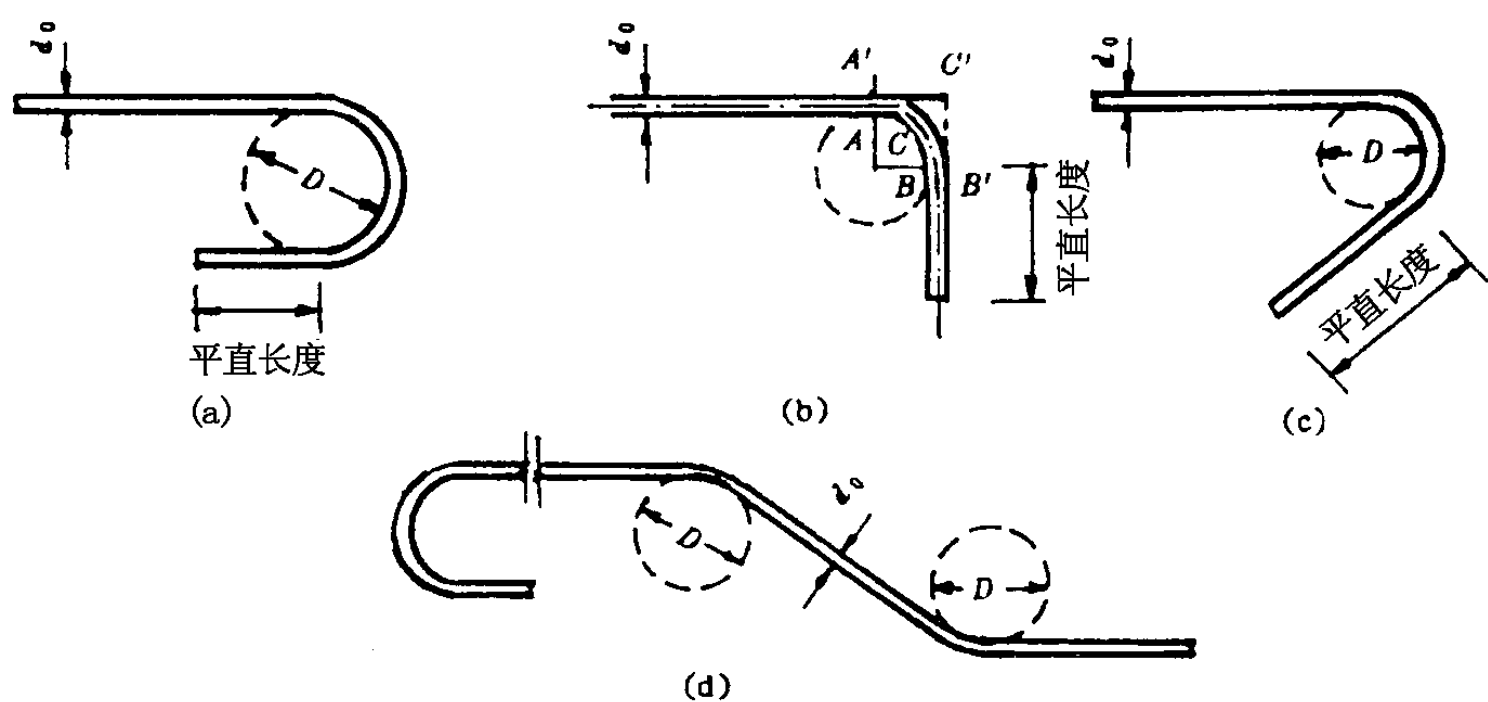


图2 -10 钢筋末端弯折及中间弯曲示意图

(a) 弯180°；(b) 弯90°；(c) 弯135°；(d) 弯45°

级钢筋末端弯折90°，当弯心直径为4d 时，其量度差值计算如下（图2 -10b）：

外包尺寸： $\overline{BC} + \overline{CA} = 2 \times 3d = 6d$

中心线弧长： $\overset{\frown}{ABC} = \frac{(4 + 1) d}{4} = 3.93d$

量度差值： $6d - 3.93d = 2.07d$ （取2d）

同理，级钢筋末端弯折135°，量度差值为3.0d；级钢筋末端作180°弯钩，平直部分为3d，弯心直径为2.5d，每个弯钩需增加的量度差值为6.25d。

各种钢筋中间弯折，其弯心直径为5d（图2 -10d）时，弯折角度为45°、60°、90°时的量度差值分别为0.5d、d、2d。

直线钢筋的下料长度等于其外包尺寸；弯起钢筋的下料长度等于各段外包尺寸之和，减去中间弯折处的量度差值，再加上两端弯钩处的平直长度。

计算钢筋下料长度后，即可编制钢筋配料单（表2 -7），作为材料准备和钢筋加工的依据。

表2 -7 某梁钢筋配料单

构件名称	钢筋 编号	简图	直径 (mm)	钢筋 代号	下料长度 (mm)	单位 根数	合计根数	总重 (kg)
L1 梁 计5 根			16		6774	2	10	107
			16		7170	1	5	72
			10		6715	2	10	42

第三节 钢筋加工

一、钢筋冷拉与冷拔

钢筋冷加工的方法有冷拉或冷拔。通过冷加工能提高钢筋的强度，我国自50 年代起即推广此项技术，是节约钢筋的一项重要技术措施。冷拉还能完成钢筋的调直和除锈。

钢筋由许多非常小的金属晶体组成，其外形多为不规则的颗粒状，故又称为“晶粒”。钢筋在屈服点以下的弹性范围内受力，金属内部的晶粒仅发生了弹性的伸长或歪扭，外力除去后，变形即可恢复。但当外力超过屈服点后，钢筋内部的晶粒产生了压扁或拉长的不可恢复的变形。随着变形量的增大，晶粒破碎，滑移面的塑性变形抗力迅速增大，使钢筋强度提高，但塑性下降，产生所谓的“变形硬化”现象。这就是钢筋冷加工后能提高强度的基本原理。

(一) 钢筋冷拉

钢筋冷拉是将Ⅰ~Ⅲ级热轧钢筋在常温下强力拉伸，拉力应超过屈服点，使钢筋产生塑性变形。图2 -11 中a 点为屈服点，强力拉伸至c 点后放松，应力—应变曲线沿直线 $co_1$  降至 $o_1$  点。如果立即重新加荷，应力—应变曲线沿着 $o_1cde$ ，变化，并在c 点出现新的屈服点。

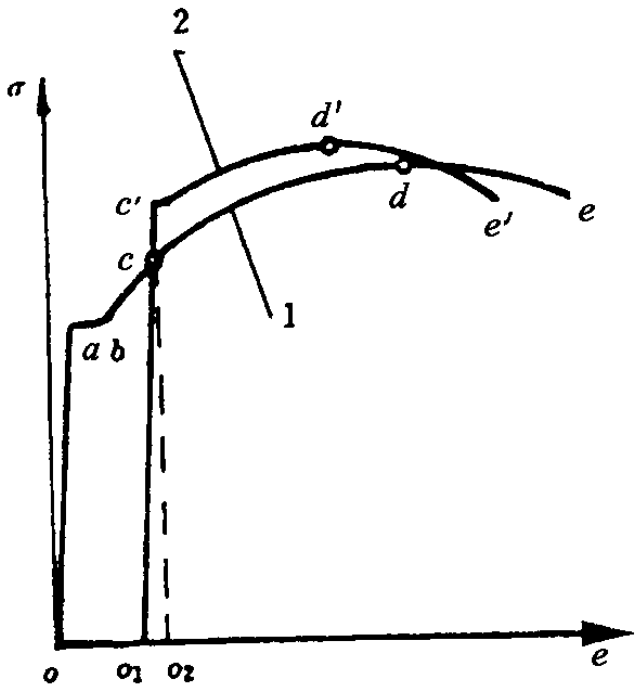


图2 -11 冷拉钢筋应力—应变曲线  
1 - 未冷拉 ;2 - 经冷拉时效



钢筋冷拉后有内应力存在，内应力会促使钢筋内的晶体组织调整，经过一段时间的调整，屈服强度又进一步提高，这种现象称为“时效”。钢筋经冷拉和时效后，再行加荷，则新的应力 - 应变曲线将沿着 $o_1c d e$  变化，屈服点进一步提高到 $c$  点。此时，钢筋屈服强度提高了，塑性进一步降低。Ⅰ、Ⅱ级钢筋时效过程在常温下（称自然时效）须经15 ~20d 方能完成，但在100℃ 下（称人工时效）只需2h 即可完成。Ⅲ、Ⅳ级钢筋必须通电加热到150 ~200℃，保持15 ~20min，方能完成时效过程。

1．冷拉方法

钢筋的冷拉方法有控制应力法和控制冷拉率法两种。对不能分清炉批号的热轧钢筋，不应采取控制冷拉率法。

（1）控制应力法。采用控制应力法冷拉钢筋时，其冷拉控制应力按表2 -8 规定的值取用。冷拉时还应检查钢筋的冷拉率，其最大值应小于表2 -8 中的规定值，若超过应进行力学性能检验。冷拉多根焊接起来的钢筋时，除检查总长度的冷拉率，还应分别检查各根钢筋的冷拉率。

表2 -8 冷拉控制应力及最大冷拉率

钢筋级别	钢筋直直径 (mm )	冷拉控制应力 (N /mm <sup>2</sup> )	最大冷拉率 (%)
	12	280	10.0
	25	450	5.5
	28 ~40	430	
Ⅲ级	8 ~40	500	5.0
Ⅳ级	10 ~28	700	4.0

（2）控制冷拉率法。采用控制冷拉率法冷拉钢筋时，其冷拉率必须由试验确定。试验方法为在同炉批的钢筋中，抽取不少于4 个试样，按表2 -9 的冷拉应力拉伸钢筋，测定试样的冷拉率，取其平均值作为该批钢筋实际采用的冷拉率。若试样的平均冷拉率小于1 %时，考虑到该批钢筋的抗拉强度必定较高，冷拉至1 %不会影响钢筋材质，仍按1 %采用。

表2 -9 测定冷拉率时钢筋的冷拉应力

钢筋级别	钢筋直径 (mm )	冷拉谋取应力310
Ⅲ级	12	310
	25	480
	28 ~40	460
Ⅳ级	8 ~40	530
Ⅳ级	10 ~28	730

2 . 冷拉设备

冷拉设备主要由拉力装置、承力结构、钢筋夹具和测力装置等组成，如图2 - 12 所示。

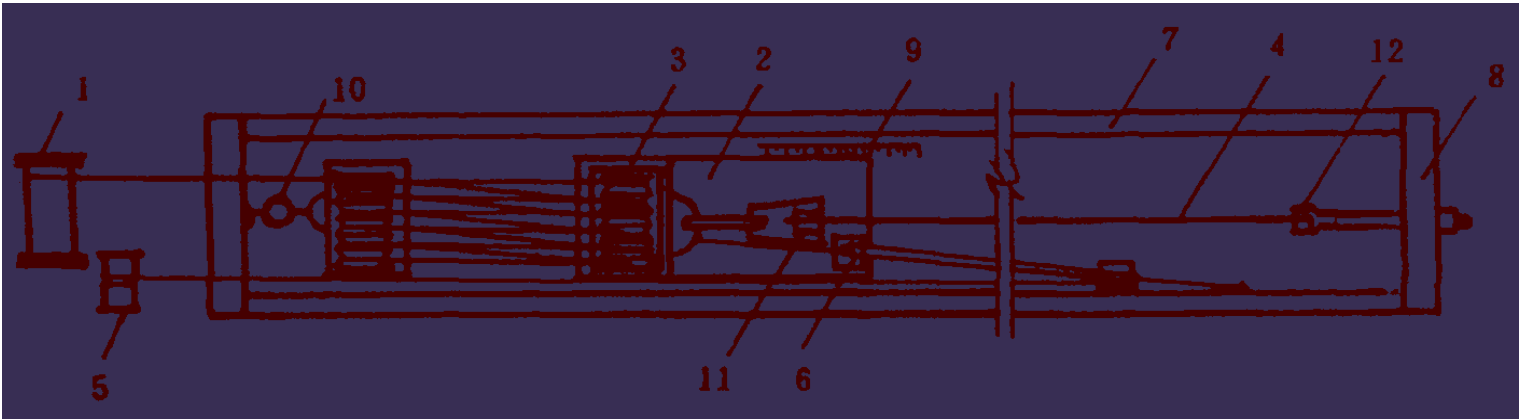


图2 - 12 冷拉设备

1 - 卷扬机 ; 2 - 张拉小车 ; 3 - 冷拉用滑轮组 ; 4 - 钢筋 ; 5 - 小车回程用卷扬机 ; 6 - 小车回程用滑轮组 ; 7 - 钢筋混凝土压杆 ; 8 - 横梁 ; 9 - 标尺 ; 10 - 电子秤传感器 ; 11 - 张拉端夹具 ; 12 - 固定端夹具

拉力装置由卷扬机、张拉小车及滑轮组等组成。承力结构可采用钢筋混凝土压杆（又称冷拉槽）或地锚。测力装置可采用电子秤传感器或弹簧测力计等。

冷拉设备的能力应大于钢筋的冷拉力。为使钢筋充分变形，冷拉速度宜控制在0.5~1m/min。

3 . 质量检验

冷拉钢筋先作外观检查，要求表面不应发生裂缝或局部颈缩现象。其次作机械性能试验，从每批冷拉钢筋中选取二根钢筋，在钢筋上各取一个拉力试样和一个冷弯试样，分别按规定进行试验和评定。

(二) 钢筋冷拔

冷拔是使直径6~8mm 的热轧低碳钢圆盘条钢筋在常温下强力通过特制的钨合金拔丝模孔（图2 - 13），在拉伸与压缩的共同作用下，产生塑性变形。因钢筋内部晶粒的变化比冷拉更大，从而使强度大幅度提高，但塑性降低，呈硬钢性质。

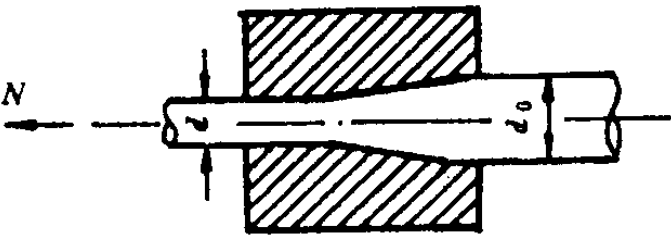


图2 - 13 钢筋冷拔示意图

冷拔的工艺流程为：钢筋轧头 除皮 拔丝。轧头是用一对轧棍将钢筋端部轧细，

以便钢筋通过拔丝模孔口。除皮是使钢筋通过三个变向槽轮，由反复弯曲除去表面的氧化皮或锈层。拔丝时，钢筋需通过润滑剂进入拔丝模。润滑剂常用生石灰100kg、动物油20kg、石蜡5kg、肥皂10 ~15 条、水适量配制而成。

影响钢筋冷拔质量的主要因素为原材料质量和冷拔总压缩率。冷拔总压缩率是指：由盘条拔至成品钢丝的横截面总压缩率，即

$$= \frac{d_0^2 - d^2}{d_0^2} \times 10\% \tag{2-7}$$

式中  $d_0$ ——盘条钢筋直径 (mm)；  
 $d$ ——成品钢丝直径 (mm)。

冷拔总压缩率较大，钢丝的抗拉强度越高，但塑性越低。一般后道钢丝的直径约为前道钢丝直径的0.85 ~0.9。5 冷拔低碳钢丝宜用 8 盘条拔制；4 与 3 钢丝宜用 6.5 盘条拔制。

二、钢筋调直、切断和弯曲

钢筋的调直方法有机械调直和人工调直两种。通常直径在10mm 以下的盘圆钢筋用调直机或卷扬机调直；直径在10mm 以上的直条粗钢筋用锤击法人工调直。当采用冷拉方法调直钢筋时，必须注意控制冷拉率，Ⅰ级钢筋不得超过4%，Ⅱ、Ⅲ级钢筋不得超过1%。

钢筋的切断通常用切断机。切断机分机械传动和液压传动两类，可切断直径为6 ~40mm 左右的钢筋。切断钢筋时应注意先断长料，后断短料，受力钢筋下料长度的允许偏差为 ±10mm。

钢筋可采用弯曲机机械弯曲成型，以减轻劳动强度，提高工效，保证质量。钢筋弯曲机常有三个工作速度，低速宜弯直径为24 ~40mm 的钢筋，中速宜弯直径为18mm 以下的钢筋。钢筋弯曲时，注意弯曲直径不宜过小，具体要求见前述的钢筋量度差值部分。

第四节 钢筋连接

钢筋连接方法有：绑扎连接、焊接连接和机械连接。绑扎连接由于需要较长的搭接长度，浪费钢筋，且连接不可靠，应限制使用。焊接连接的方法较多，成本较低，质量可靠，宜优先选用。机械连接无明火作业，设备简单，节约能源，不受气候条件影响，

可全天候施工，连接可靠，技术易于掌握，适用范围广，尤其适用于现场焊接有困难的场合。

一、绑扎连接

绑扎连接钢筋搭接处，应在中心及两端用 #20 ~ #22 铁丝扎牢，受拉钢筋绑扎连接的搭接长度，应符合表2 -10 的规定；受压钢筋绑扎连接的搭接长度，应取受拉钢筋绑扎连接搭接长度的0.7 倍。受拉区域内，Ⅰ级钢筋绑扎接头的末端应做弯钩，Ⅱ、Ⅲ级钢筋可不做弯钩。直径不大于12mm 的受压Ⅲ级钢筋的末端，以及轴心受压构件中任意直径的受力钢筋的末端，可不做弯钩，但搭接长度不应小于钢筋直径的35 倍。搭接长度的末端距钢筋弯折处，不得小于钢筋直径的10 倍，接头不宜位于构件最大弯矩处。

表2 -10 受拉钢筋绑扎接头的搭接长度

项次	钢筋类型	混凝土强度等级		
		C20	C25	C30
1	Ⅰ级钢筋	35d	30d	25D
2	Ⅱ级钢筋	45d	40d	35d
3	Ⅲ级钢筋	55d	50d	45d
4	低碳冷拔钢丝	300mm		

- 注：1．当Ⅰ级钢筋直径 $d > 25\text{mm}$  时，其受拉钢筋的搭接长度应按表中数值增加5d 采用。
- 2．当螺纹钢筋直径 $d \leq 25\text{mm}$  时，其受拉钢筋的搭接长度应按表中数值减少5d 采用。
- 3．当混凝土在凝固过程中易受扰动时（如滑模施工），受力钢筋的搭接长度宜适当增加。
- 4．在任何情况下，纵向受拉钢筋的搭接长度不应小于300mm，受压钢筋的搭接长度不应小于200mm。
- 5．轻骨料混凝土的钢筋绑扎接头搭接长度应按普通混凝土搭接长度增加5d（低碳冷拔钢丝增加50mm）。
- 6．当混凝土强度等级低于C20 时，对Ⅰ、Ⅱ级钢筋最小搭接长度应按表中C20 的相应数值增加10d。
- 7．有抗震要求的框架梁的纵向钢筋，其搭接长度应相应增加，对Ⅱ级抗震等级相应增加10d；对Ⅲ级抗震等级相应增加5d。
- 8．直径不同的钢筋搭接接头，以细钢筋的直径为准。

各受力钢筋之间采用绑扎接头时，绑扎接头位置应相互错开。从任一绑扎接头中心至搭接长度 $l_1$  的1.3 倍区段范围内（图2 -14）有绑扎接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积百分率，应符合下列规定：Ⅰ受拉区不得超过25 %；Ⅱ受压区不得超过50 %。绑扎接头中钢筋的横向净距 $s$  不应小于钢筋直径 $d$  且不应小于25mm（图2 -14）。采用绑扎骨架的现浇柱，在柱中及柱与基础交接处，其接头面积百分率，经设计

单位同意，可适当放宽。绑扎接头区段 $l$ 长度范围内，当接头受力钢筋截面面积百分率超过规定时，应采取专门措施。

二、焊接连接

钢筋焊接方法有：闪光对焊、电弧焊、电渣压力焊和电阻点焊。此外还有预埋件钢筋和钢板的埋弧压力焊及近些年推广的钢筋气压焊。

受力钢筋采用焊接接头时，设置在同一构件内的焊接接头应相互错开。在任一焊接接头中心至长度为钢筋直径 $d$ 的35倍，且不小于500mm的区段 $l$ 内（图2 -15），同一根钢筋不得有两个接头：在该区段内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率，应符合下列规定： 非预应力筋、受拉区不宜超过50 %；受压区和装配式构件连接处不限制。 预应力筋受拉区不宜超过25 %，当有可靠保证措施时，可放宽至50 %；受压区和后张法的螺丝端杆不限制。

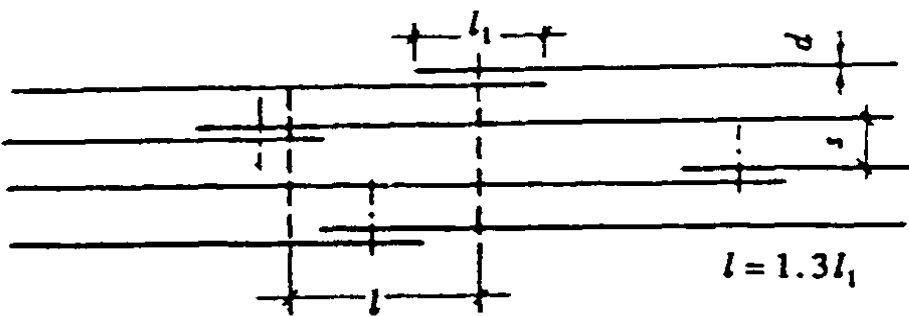
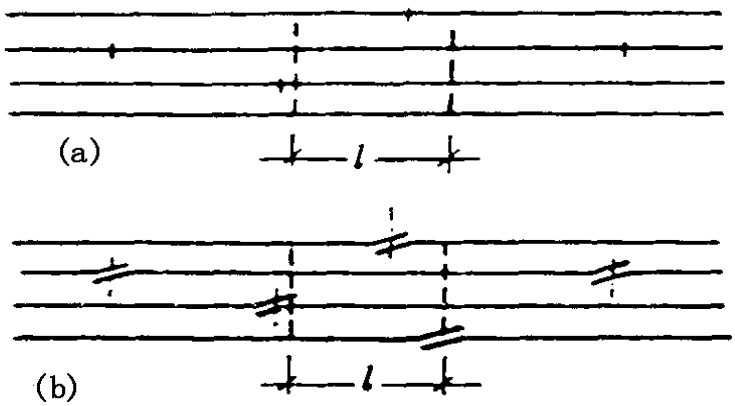


图2 -14 受力钢筋绑扎接头

图中所示 $l$ 区段内有接头的钢筋面积按两根计。



(a) 对焊接头；(b) 搭接焊接头

图2 -15 焊接接头设置

图中所示 $l$ 区段内有接头的钢筋面积按两根计。

1. 闪光对焊

闪光对焊适用于焊接直径为10 ~40mm 的热轧I ~ 级钢筋；直径为10 ~25mm 的热轧 级钢筋和余热处理 级钢筋以及预应力钢筋与螺丝端杆的焊接。热轧钢筋宜优先采用闪光对焊。

钢筋闪光对焊（图2 -16）是将两钢筋安放成对接形式，利用电阻热使接触点金属熔化，产生强烈飞溅，形成闪光，迅速施加顶锻力完成的一种压焊方法。

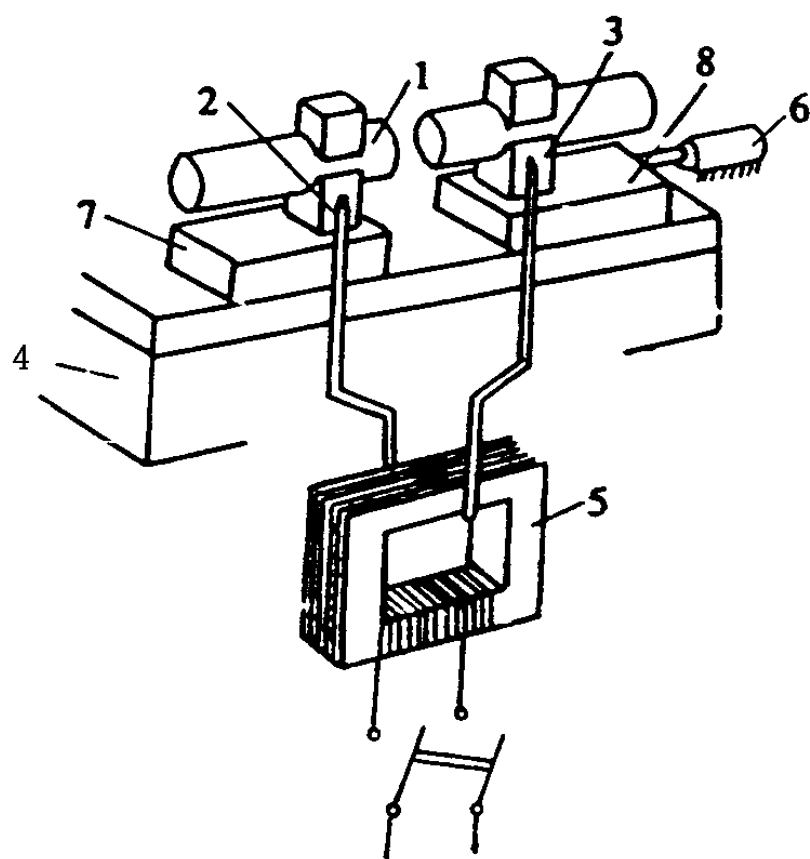


图2 -16 钢筋闪光对焊原理

1—焊接的钢筋 ;2—固定电板 ;3—可动电板 ;4—机座 ;  
5—变压器 ;6—平动顶压机构 ;7—固定支座 ;8—滑动支座

钢筋闪光对焊工艺可分为：连接闪光焊、预热闪光焊、闪光预热闪光焊三种，工艺过程如图2 -17 所示。当钢筋直径小于25mm，钢筋级别较低时可采用连续闪光焊；当钢筋直径大于25mm，且钢筋端面较平整时宜采用预热闪光焊；当钢筋直径大于25mm，且钢筋端面不平整时应采用闪光预热闪光焊；对 级钢筋有时在焊接后进行通电热处理。

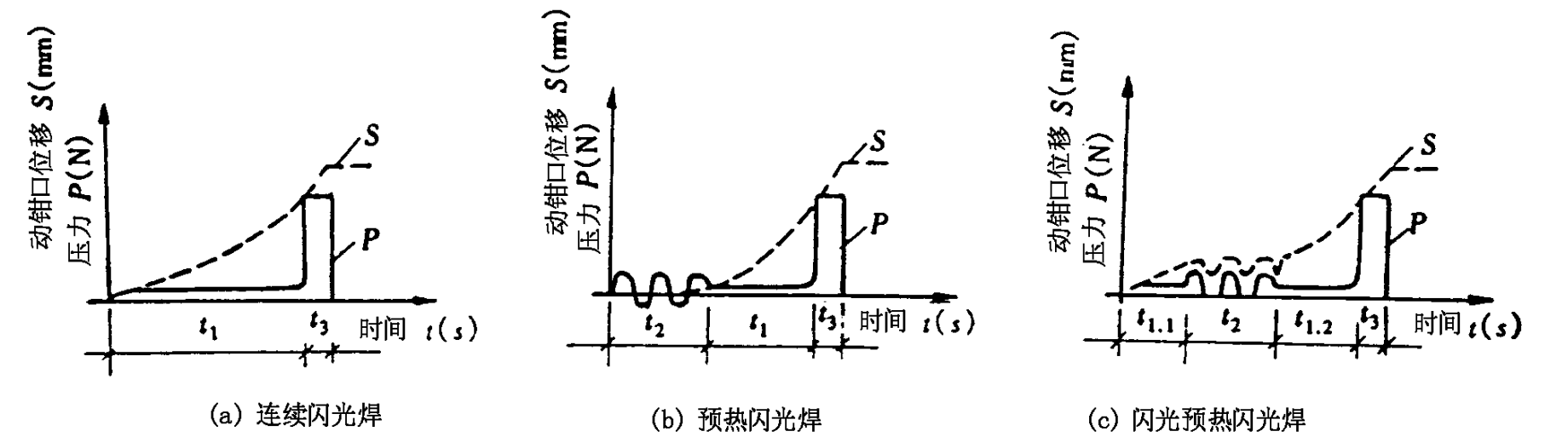


图2 -17 钢筋闪光对焊工艺过程图解

$t_1$ —闪光时间 ; $t_{1.1}$ —一次闪光时间 ; $t_{1.2}$ —二次闪光时间 ; $t_2$ —预热时间 ; $t_3$ —顶锻时间

闪光对焊时，应选择调伸长度、烧化留量、顶锻留量以及变压器级数等焊接工艺参数。连续闪光焊时的留量应包括烧化留量、有电顶锻留量和无电顶锻留量（图2 -18）；闪光预热闪光焊时的留量应包括：一次烧化留量、预热留量、二次烧化留量、有电顶锻留量和无电顶锻留量（图2 -19），这些工艺参数的取定，取决于钢筋的级别和直径的大小。

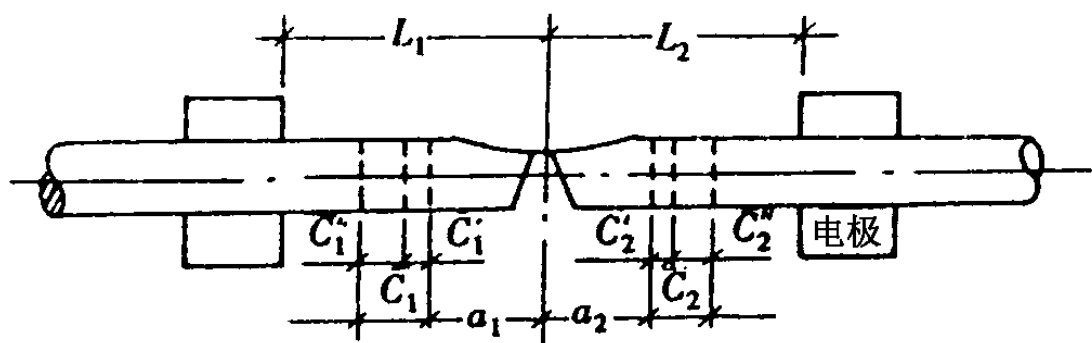


图2 -18 钢筋连续闪光焊留量图解

$L_1 ,L_2$ —调伸长度 ; $a_1 +a_2$ —烧化留量 ; $C_1 +C_2$ —顶锻留量 ; $C_1 +C_2$ —有电顶锻留量 ; $C_1 +C_2$ —无电顶锻留量

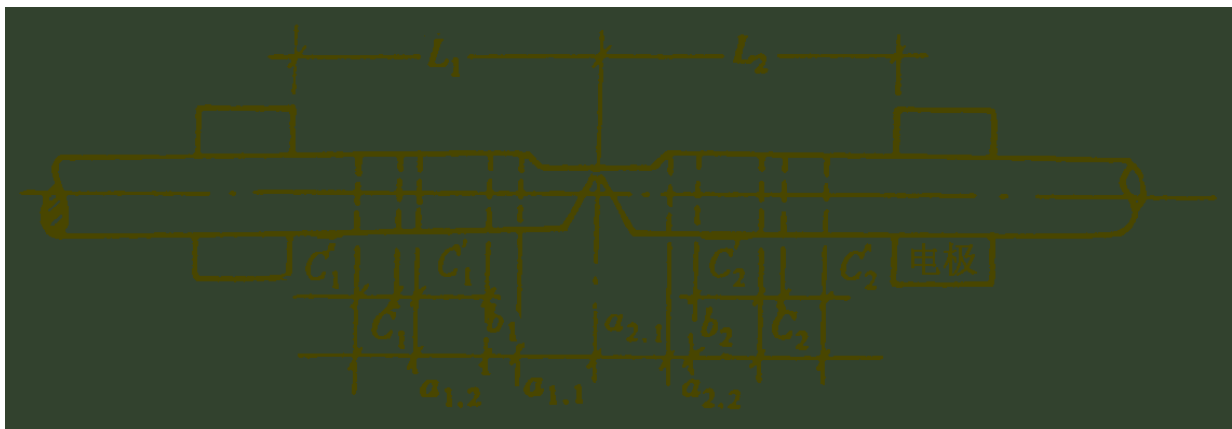


图2 -19 钢筋闪光—预热—闪光焊留量图解

$L_1 ,L_2$ —调伸长度 ; $a_{1,1} +a_{2,1}$ —一次烧化留量 ; $a_{1,2} +a_{2,2}$ —二次烧化留量 ; $b_1 +b_2$ —预热留量 ; $C_1 +C_2$ —顶锻留量 ; $C_1 +C_2$ —有电顶锻留量 ; $C_1 +C_2$ —无电顶锻留量

闪光对焊接头的质量检验，应分批进行外观检查和力学性能试验，并应按下列规定抽取试件：

在同一台班内，由同一焊工完成的300 个同级别、同直径钢筋焊接接头，应作为一批。当同一台班内焊接的接头数量较少，可在一周之内累计计算；累计仍不足300 个接头，应按一批计算；外观检查的接头数量，应从每批中抽查10 %，且不得少于10 个；力学性能试验时，应从每批接头中随机切取6 个试件，其中3 个做拉伸试验，3 个做弯曲试验。

闪光对焊接头外观检查结果，应符合下列要求：接头处不得有横向裂纹；与电极接触处的钢筋表面，Ⅰ级钢筋焊接时不得有明显烧伤；Ⅱ级钢筋焊接时不得有烧伤；低温闪光对焊时，对于Ⅰ级钢筋，均不得有烧伤；接头处的弯折角不得大于4°；接头处的轴线偏移，不得大于钢筋直径的0.1 倍，且不大于2mm。外观检查结果，当有1 个接头不符合要求时，应对全部接头进行检查，剔出不合格接头，切除热影响区后重新焊接。

闪光对焊接头拉伸试验结果应符合下列要求：3 个热轧钢筋接头试件的抗拉强度均

不得小于该级别钢筋规定的抗拉强度；余热处理 级钢筋接头试件的抗拉强度均不得小于热轧 级钢筋抗拉强度570MPa；应至少有2 个试件断于焊缝之外，并呈延性断裂。当试验结果有1 个试件的抗拉强度小于上述规定值，或有2 个试件在焊缝或影响区发生脆性断裂时，应再取6 个试件进行复验，复验结果，当仍有1 个试件的抗拉强度小于规定值时，或有3 个试件断于焊缝或热影响区，呈脆性断裂，应确认该批接头为不合格品。

闪光对焊接头弯曲试验时，应将受压面的金属毛刺和镦粗变形部分消除，且与母材的外表齐平。焊缝应处于弯曲中心点，弯心直径和弯曲角度应符合表2 -11 规定。当弯至90°，至少有2 个试件不得发生脆断。当试验结果有2 个试件发生脆断时，应再取6 个进行复验。复验结果，当仍有3 个试件发生脆断，应确认该批接头为不合格品。

表2 -11 闪光对焊接头弯曲试验指标

钢筋级别	弯心直径	弯曲角 (°)
级	2d	90
级	4d	90
级	5d	90
级	7d	90

- 注 :1 d 为钢筋直径 (mm) ；
- 2 . 直径大于25mm 的钢筋对焊接头，弯曲试验时弯心直径应增加1 倍钢筋直径。

2 . 电弧焊

电弧焊是以焊条作一极，钢筋为另一极，利用焊接电流通过产生的电弧热进行焊接的一种熔焊方法。电弧焊广泛用于钢筋接头、钢筋骨架焊接、装配式结构接头焊接、钢筋与钢板的焊接及各种钢结构焊接。

电弧焊的接头形式有：帮条焊（单面焊缝或双面焊缝）、搭接焊、坡口焊（平焊或立焊）、窄间隙焊和熔槽帮条焊，如图2 -20 所示。钢筋窄间隙电弧焊是将两钢筋安放成水平对接形式，并置于U 形铜模内，中间留有少量间隙，用焊条从接头根部引弧，连续向上焊接完成的一种电弧焊方法。与其他电弧焊接头相比，可减少帮条钢筋和垫板材料，减少焊条用量，降低焊接成本。帮条焊、搭接焊适用于焊接直径为10 ~40mm 的热轧I ~ 级钢筋和直径为10 ~25mm 的余热处理 级钢筋。熔槽帮条焊适用于焊接直径为20 ~40mm 的热轧 ~ 级钢筋和直径25mm 的余热处理 级钢筋；坡口焊适用于焊接直径为18 ~40mm 的热轧 ~ 级钢筋和直径18 ~25mm 的余热处理 级钢筋；窄间隙焊适用于直径为16 ~40mm 的热轧钢筋。

电弧焊所用的焊条，其性能应符合规定，型号应根据设计确定；若设计无规定时，可按表2 -12 选用。



表2 -12 钢筋电弧焊焊条型号

钢筋级别	电弧焊接头形号			
	帮条焊搭接焊	坡口焊熔槽 帮条焊预埋 伯穿孔塞焊	窄间隙焊	钢筋与钢板 搭接焊预埋 件T 型角焊
I	E4303	E4303	E4316 E4315	E4303
	E4303	E5003	E5016 E5015	E4303
	E5003	E5503	E6016 E6015	—

注：窄间隙焊不适用于余热处理 级钢筋。

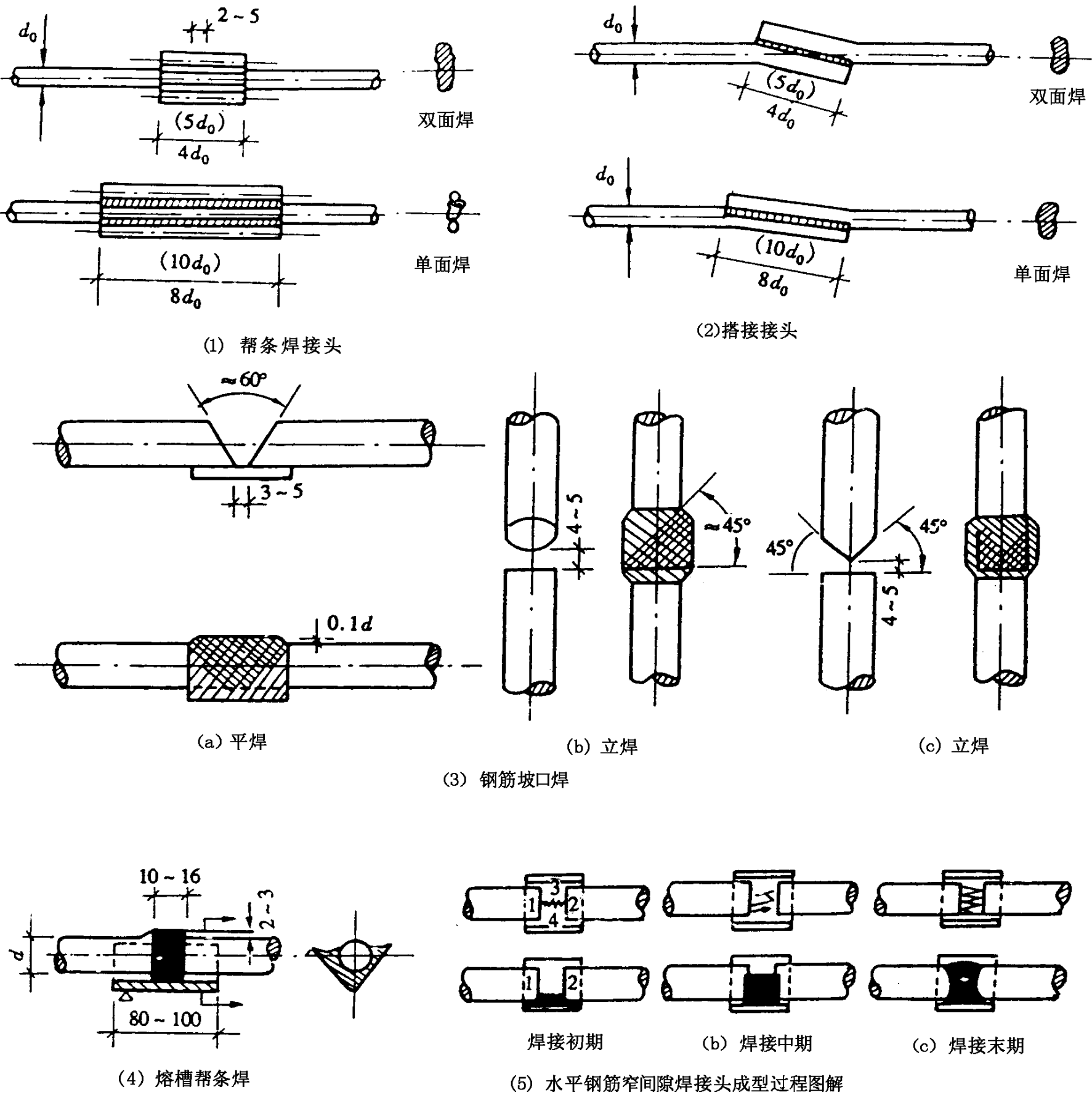


图2 -20 电弧焊的接头形式

电弧焊机有直流与交流之分，常用交流弧焊机。焊接电流应根据钢筋直径和焊条直径进行选择。

帮条焊和搭接焊，焊缝长度 $l$ 不应小于帮条或搭接长度，帮条或搭接长度如表2 - 21 ；焊缝厚度 $s$  不应小于主筋直径的0.3 倍；焊缝宽度 $b$  不应小于主筋直径的0.7 倍，如图2 -21。焊接时，引弧应在垫板、帮条或形成焊缝的部位进行，不得烧伤主筋；焊接地线与钢筋应接触紧密；焊接过程中应及时清渣，焊缝表面应光滑，焊缝余高平缓过渡，弧坑应填满。

熔槽帮条焊时，角钢边长宜为40 ~60mm ，长度宜为80 ~100mm ；钢筋端部应加工平整；两钢筋间隙应为10 ~16mm ；从接缝处垫板引弧后连续施焊，并使钢筋端部熔合，防止未焊透、气孔或夹渣；焊接过程中应停焊清渣一次；焊平后，再进行焊缝余高的焊接，其高度不得大于3mm ；钢筋与角钢垫板之间，应加焊侧面焊缝1 ~3 层，焊缝应填满，表面应平整。

表2 -13 钢筋帮条长度

项次	钢筋级别	焊缝形式	帮条长度 $l$
1	Ⅰ级	单面焊	8d
		双面焊	4d
2	Ⅱ级	单面焊	10d
		双面焊	5d

注 :d 为钢筋直径。

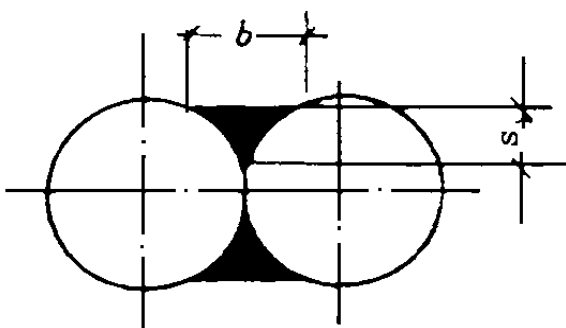


图2 -21 焊缝尺寸示意图

$b$  - 焊缝宽度 ; $s$ —焊缝厚度

水平钢筋窄间隙焊要求钢筋端面应平整；应选用低氢型碱性焊条，焊条应按说明书的要求烘焙，并放入保温筒内保温使用；焊至端面间隙的4/5 高度后，焊缝应逐渐扩宽；当熔池过大时，应改连续焊为断续焊，避免过热；焊缝余高不得大于3mm ，且应平缓过渡至钢筋表面。

坡口焊工艺要求：焊接根部、坡口端面以及钢筋与钢板之间均应熔合。焊接过程中应经常清渣。钢筋与钢垫板之间，应加焊2 ~3 层侧面焊缝；宜采用几个接头轮流进行

施焊；焊缝的宽度应大于V型坡口的边缘2~3mm，焊缝余高不得大于3mm，并宜平缓过渡至钢筋表面；当发现接头中有弧坑、气孔及咬边等缺陷时，应立即补焊。级钢筋接头冷却后补焊时，应采用氧乙炔焰预热。

电弧焊接头力学性能试验时，应按下列规定抽取试件：在一般构筑物中，应从成品中每批随机切取3个接头进行拉伸试验；在工厂焊接条件下，以300个同接头形式、同钢筋级别的接头作为一批；在现场安装条件下，每一至二楼层中以300个同接头形式、同钢筋级别的接头作为一批，不足300个时，仍作为一批。对拉伸试验结果的要求同闪光对焊。

电弧焊接头外观要求：焊缝表面平整，不得有凹陷或焊瘤；焊接接头区域不得有裂缝；咬边深度、气孔、夹渣等缺陷允许值及接头尺寸的允许偏差，应符合规范规定；坡口焊、熔槽帮条焊和窄间隙接头的焊缝余高不得大于3mm。

3. 电渣压力焊

电渣压力焊是将两钢筋安放成竖向对接形式，利用焊接电流通过两钢筋端面间隙，在焊剂层下形成电弧过程，产生电弧热和电阻热，熔化钢筋，加压完成的一种压焊方法。电渣压力焊适用于现浇混凝土结构中竖向或斜向（倾斜度在4:1范围内）钢筋的连接，与电弧焊比较，它工效高，成本低，在高层建筑施工中应用已取得良好的效果。

电渣压力焊可采用交流或直流焊接电流，焊机容量应根据所焊钢筋直径选定，常采用BX<sub>2</sub>-1000型焊接变压器。焊接大直径钢筋时，可将同型号、同功率的几台焊接变压器并联。焊接夹具（图2-22）应具有足够刚度，在最大允许荷载下应移动灵活，操作便利。焊剂筒的直径应与所焊接钢筋直径相适应。电压表、时间显示器应配备齐全。

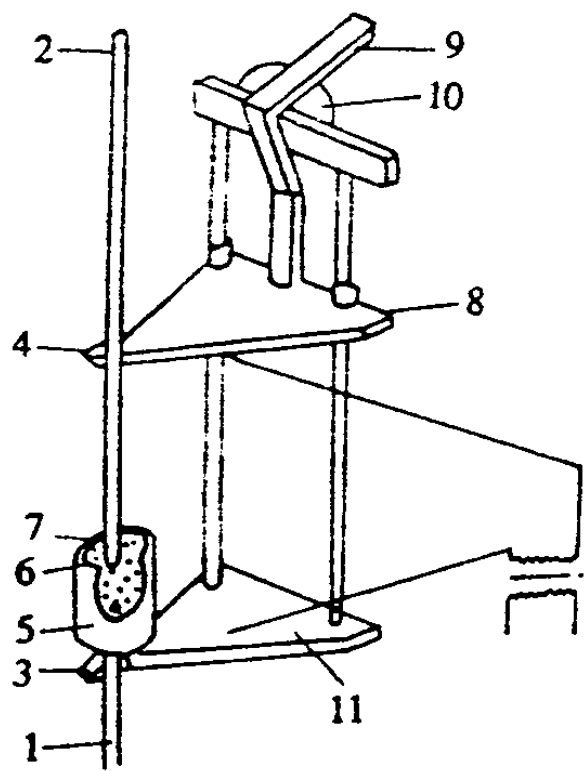


图2-22 电渣焊构造示意图

1,2—钢筋；3—固定电极；4—活动电极；5—药盒；6—导电剂；  
7—焊药；8—滑动架；9—手柄；10—支架；11—固定架

电渣压力焊工艺过程如图2 -23。要求焊接夹具的上下钳口应夹紧于上、下钢筋上：钢筋一经夹紧，不得晃动：引弧宜采用铁丝圈或焊条头引弧法，亦可采用直接引弧法：引燃电弧后，应先进行电弧过程，然后加快上钢筋下送速度，使钢筋端面与液态渣池接触，转变为电渣过程，最后在断电的同时，迅速下压上钢筋，挤出熔化金属和熔渣；接头焊毕，应停歇后，方可回收焊剂和卸下焊接夹具，敲去熔渣；四周焊包应均匀，凸出钢筋表面的高度应大于或等于4mm。

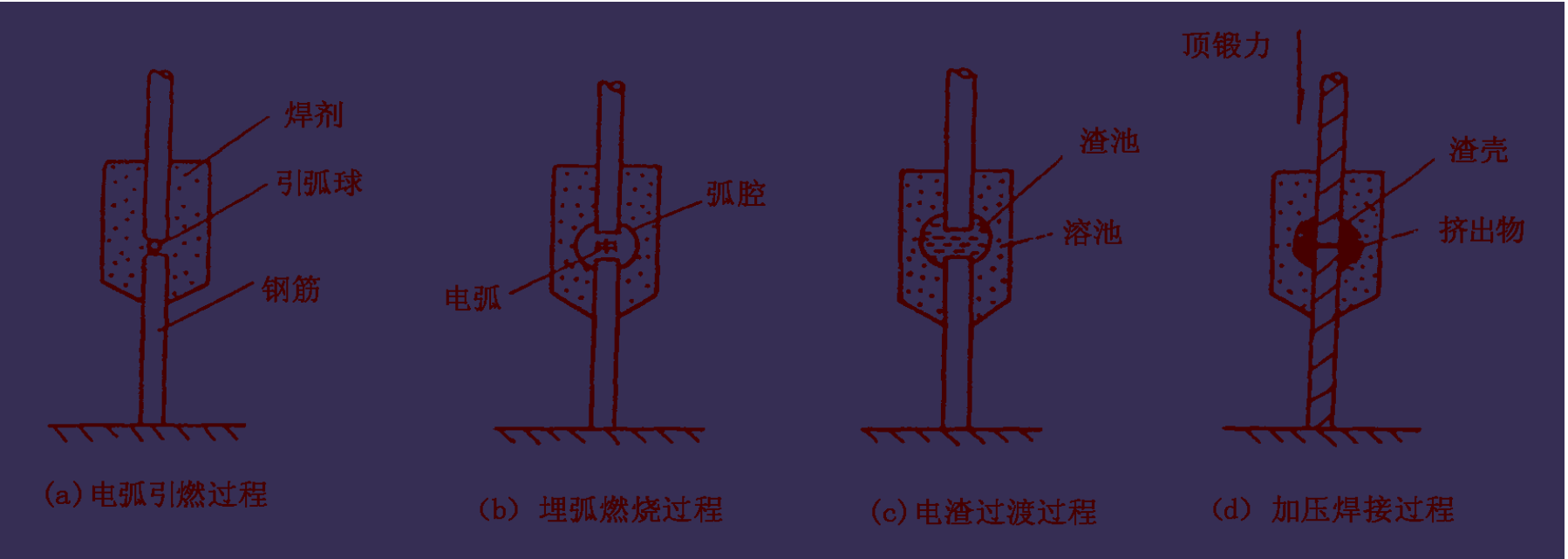


图2 -23 电渣压力焊过程

电渣压力焊焊接参数包括焊接电流、电压和通电时间，应符合表2 -14 规定。不同直径钢筋焊接时，应按较小直径钢筋选择参数，焊接通电时间可延长。

表2 -14 电渣压力焊焊接参数

钢筋直径 (mm )	焊接电流 (A )	焊接电压 (V )		焊接通电时间 (s)	
		电弧过程 U <sub>2.1</sub>	电渣过程 U <sub>2.2</sub>	电弧过程 t <sub>1</sub>	电渣过程 t <sub>2</sub>
14	200 ~220	35 ~45	22 ~27	12	3
16	200 ~250			14	4
18	250 ~300			15	5
20	300 ~350			17	5
22	350 ~400			18	6
25	400 ~450			21	6
28	500 ~550			24	6
32	600 ~650			27	7
36	700 ~750			30	8
40	850 ~900			33	9

电渣压力焊接头外观检查要求：钢筋与电极接触处，应无烧伤缺陷；接头处的弯折

角不得大于 $4^{\circ}$ ；接头处的轴线偏移不得大于钢筋直径的 $0.1$  倍，且不得大于 $2\text{mm}$ 。

电渣压力焊接头的力学性能检验，应从每批接头中随机切取 $3$  个试件做拉伸试验，且应按下列规定抽取试件：在一般构筑物中，应以 $300$  个同级别钢筋接头作为一批；在现浇多层混凝土结构中，应以每一楼层或施工区段中 $300$  个同级别钢筋接头作为一批，不足 $300$  个接头仍应作为一批。拉伸试验结果， $3$  个试件的抗拉强度均不得小于该级别钢筋规定的抗拉强度。当试验结果有 $1$  个试件的抗拉强度低于规定值，应再取 $6$  个试件进行复验，当仍有 $1$  个试件的抗拉强度小于规定，应确认该批接头为不合格品。

4 . 气压焊

气压焊是采用氧乙炔火焰或其他火焰对两钢筋对接处加热，使其达到塑性状态，或熔化状态后，加压完成的一种压焊方法。气压焊可用于钢筋在垂直位置、水平位置或倾斜位置的对接焊接：当两钢筋直径不同时，其两直径之差不得大于 $7\text{mm}$ 。

气压焊的设备包括供气装置、加热器、加压器和焊接夹具等，如图2 -24 所示。供气装置应包括氧气瓶、乙炔储气瓶（或中压乙炔发生器）、干式回火防止器、减压器及胶管等。氧气的纯度在 $99.5\%$  以上，氧气工作压力为 $0.6\sim0.7\text{MPa}$ ，乙炔的工作压力为 $0.05\sim0.1\text{MPa}$ ，氧气瓶和乙炔储气瓶应分别贮放。乙炔储气瓶的供气能力应满足现场最大直径钢筋焊接时供气量的要求；当不敷使用时，可多瓶并联使用。

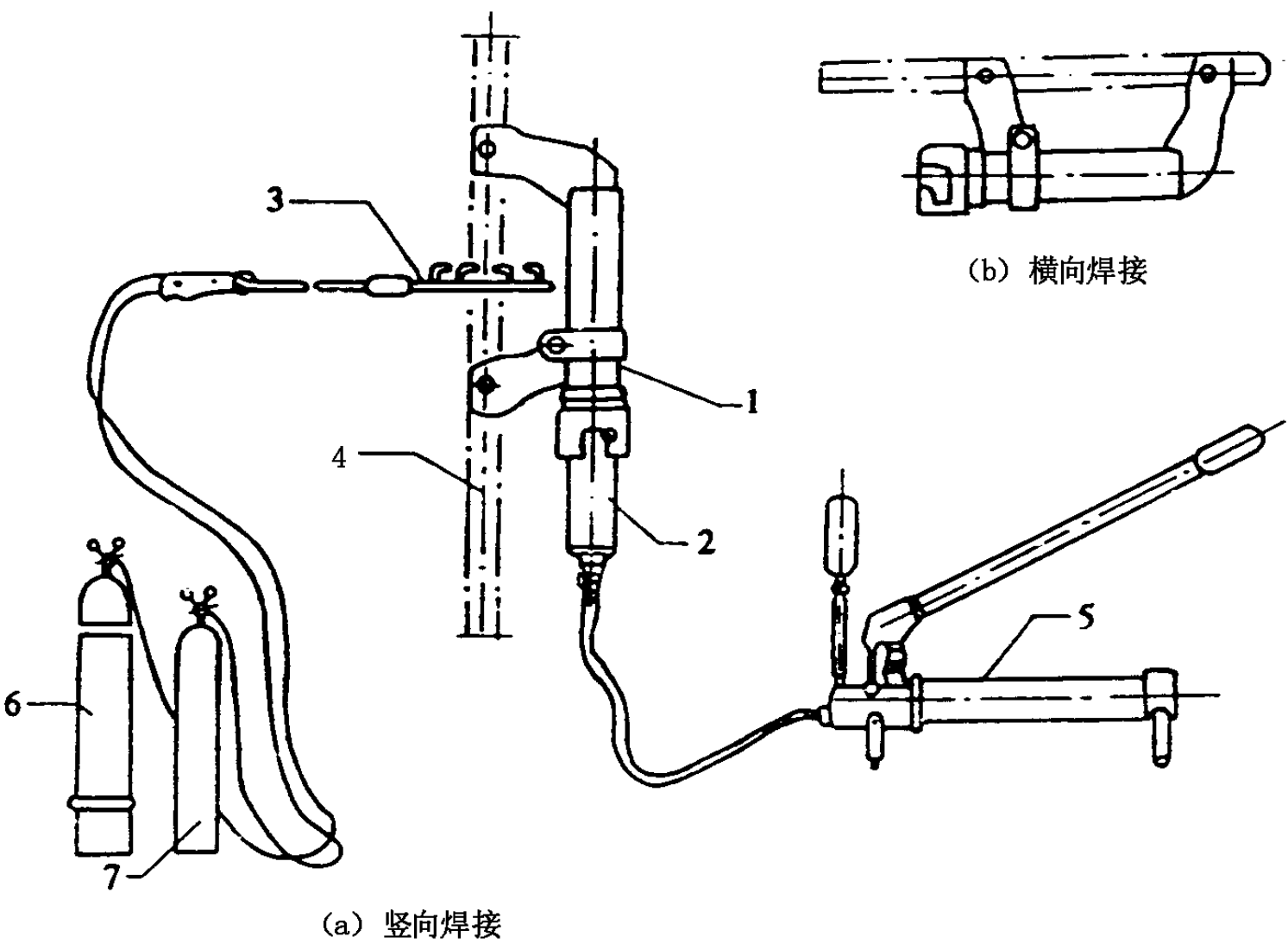


图2 -24 气压焊装置系统图

1 - 压接器 ; 2 - 顶压油缸 ; 3 - 加热器 ; 4 - 钢筋 ; 5 - 手动加压器 ; 6 - 氧气 ; 7 - 乙炔

加热一般采用多嘴环管加热器，加热器中氧乙炔混合室的供气量应满足加热圈气体消耗量的需要。多嘴环管加热器应配备多种规格的加热圈，多束火焰应燃烧均匀，调整火焰应方便。

加压器应包括油泵、油管、油压表、顶压油缸等；加压能力应大于或等于现场最大直径钢筋焊接时所需要的轴向压力；顶压油缸的有效行程应大于或等于最大直径钢筋焊接时获得所需的压缩长度。

焊接夹具应能夹紧钢筋，当钢筋承受最大轴向压力时，钢筋与夹头之间不得产生相对滑动；应便于钢筋的安装定位，并在施焊过程中保持刚度；动夹头应与定夹头同心，并且当不同直径钢筋焊接时，亦应保持同心；动夹头的位移应大于或等于现场最大直径钢筋焊接时所需的压缩长度。

气压焊施焊前，钢筋端面应切平，并宜与钢筋轴线相垂直；在钢筋端部两倍直径长度范围内若有水泥等附着物，应予以清除。其钢筋边角毛刺及端面上铁锈、油污和氧化膜应清除干净，并经打磨，使其露出金属光泽，不得有氧化现象。安装焊接夹具和钢筋时，应将两根钢筋分别夹紧，并使两根钢筋的轴线在同一直线上。钢筋安装后应加压顶紧，两根钢筋之间的局部缝隙不得大于3mm。气压焊时，应根据钢筋直径和焊接设备等具体条件选用等压法，二次加压法或三次加压法（图2 -25）焊接工艺。在两根钢筋缝隙密合和墩粗过程中，对钢筋施加的轴向压力，按钢筋横截面面积计算，应为30 ~ 40MPa。

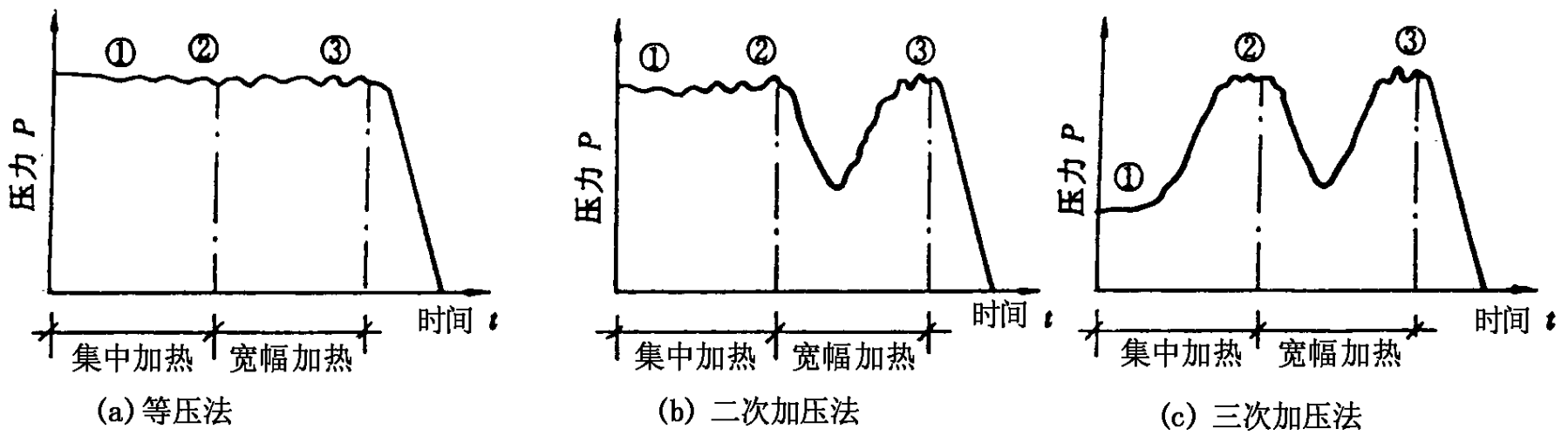


图2 -25 三种加压作业法

气压焊接头进行力学性能试验时，应从每批接头中随机切取3 个接头做拉伸试验；在梁、板的水平钢筋中，应另切取3 个接头做冷弯试验。一般构筑物中，以300 个接头为一批；现浇混凝土结构，同一楼层中应以300 个接头作为一批；不足300 个接头仍应作为一批。3 个试件的抗拉强度不得小于该级别钢筋的抗拉强度，并应断于压焊面之外，呈延性断裂。当有1 个试件不符合要求时，应切取6 个试件进行复验；复验结果，

当仍有1 个试件不符合要求，应确认该批接头为不合格品。冷弯试验时，压焊面应处在弯曲中心点，弯至90°，3 个试件均不得在压焊面发生破断，如有1 个试件不符合要求，应再切取6 个试件复验。复验结果仍有1 个试件不符合要求，应确认该批接头为不合格品。

气压焊接头应逐个进行外观检查，外观检查要求：偏心量 (e) 不得大于钢筋直径的0.15 倍（当不同直径钢筋焊接时，应按较小钢筋直径计算），且不得大于4mm，当大于规定值时，应切除重焊；两根钢筋轴线弯折角不得大于4°，当大于规定值时，应重新加热矫正；墩粗直径 (d<sub>c</sub>) 不得小于钢筋直径的1.4 倍，当小于此规定值时，应重新加热墩粗；墩粗长度 (L<sub>c</sub>) 不得小于钢筋直径的1.2 倍，且凸起部分平缓圆滑，当小于此规定值时，应重新加热墩长；压焊面偏移 (d<sub>n</sub>) 不得大于钢筋直径的0.2 倍。

### 三、机械连接

钢筋机械连接接头的类型很多，如套筒挤压接头、锥螺纹套筒接头、等强直螺纹套筒接头、熔融金属充填套筒接头、水泥灌浆充填套筒接头、受压钢筋端面平接头等。这些机械连接接头多是通过连接件的机械咬合作用或钢筋端面的承压作用，将一根钢筋的力传递至另一根钢筋上的连接方法。

钢筋机械连接接头根据静力单向拉伸性能以及高应力和大变形条件下反复拉、压性能的差异，分A，B，C 三个性能等级。通常根据钢筋在混凝土结构中的受力特征选择接头的性能等级。

钢筋接头连接件的混凝土保护层厚度应满足国家现行标准《混凝土结构设计规范》中受力钢筋混凝土保护层最小厚度的要求，且不得小于15mm。连接件之间的横向净距不宜小于25mm。受力钢筋机械连接接头的位置应相互错开。在任一接头中心至长度为钢筋直径35 倍的区段范围内，有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率，应符合下列规定： 受拉区的受力钢筋接头百分率不宜超过50 %； 在受拉区的钢筋受力小的部位，A 级接头百分率可不受限制； 接头宜避开有抗震设防要求的框架梁端和柱端的箍筋加密区；当无法避开时，接头应采用A 级，且接头百分率不应超过50 %； 受压区和装配式构件中钢筋受力较小部位，A 级和B 级接头百分率可不受限制； 接头端头距钢筋弯曲点不得小于钢筋直径的10 倍。

#### 1．带肋钢筋套筒挤压连接

套筒挤压连接工艺的基本原理是：将两根待接钢筋插入钢连接套筒，采用专用液压接钳侧向（或侧向和轴向）挤压连接套筒，使套筒产生塑性变形，从而使套筒的内周壁变形而嵌入钢筋螺纹，由此产生抗剪力来传递钢筋连接处的轴向力。套筒挤压连接有

径向挤压和轴向挤压两种（如图2 -26 ），宜用于连接直径为16 ~40mm 的Ⅱ级带肋钢筋和余热处理钢筋，对进口钢筋需进行补充试验后使用。当所用套筒外径相同时，连接钢筋直径相差不应大于5mm。钢筋间操作净距宜大于50mm。

对于Ⅱ级带肋钢筋挤压接头所用套筒材料应选用适于压延加工的钢材，其实测力学性能应符合表2 -15 的要求。设计连接套筒时，套筒的承载力应符合下列要求：

$$f_{slyk}A_{sl} \geq 1.10f_{yk} \cdot A_s \tag{2 -8}$$

$$f_{sltk}A_{sl} \geq 1.1f_{tk} \cdot A_s \tag{2 -9}$$

- 式中  $f_{slyk}$ ——套筒屈服强度标准值（N/mm<sup>2</sup>）；  
 $f_{sltk}$ ——套筒抗拉强度标准值（N/mm<sup>2</sup>）；  
 $f_{yk}$ ——钢筋屈服强度标准值（N/mm<sup>2</sup>）；  
 $f_{tk}$ ——钢筋抗拉强度标准值（N/mm<sup>2</sup>）；  
 $A_{sl}$ ——套筒的横截面面积（mm<sup>2</sup>）；  
 $A_s$ ——钢筋的横截面面积（mm<sup>2</sup>）。

挤压前应做下列准备工作：钢筋端头的锈皮、泥沙、油污等杂物应清理干净；应对套筒作外观尺寸检查；对钢筋与套筒进行试套，如钢筋有马蹄、弯折或纵肋尺寸过大者，应预先矫正或用砂轮打磨；对不同直径钢筋的套筒不得相互串用；钢筋连接端应划出明显定位标记，确保在挤压时和挤压后可按定位标记检查钢筋伸入套筒内的长度。

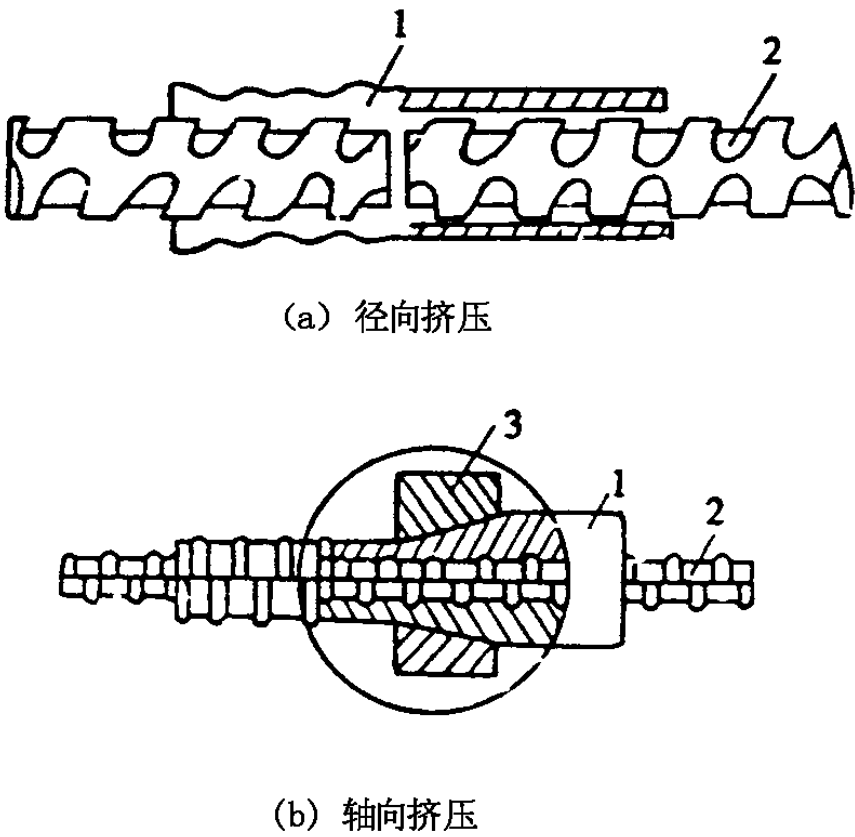


图2 -26 钢筋挤压连接

1 - 钢套筒 ;2 - 变形钢筋 ;3 - 压模



径向挤压连接主要设备包括挤压机、超高压油泵、平衡器、吊挂小车、划线标志工具及检查压痕卡板等（图2 -27）。径向挤压机有YJ 型和CY 型，YJ650 型挤压机（最大挤压力为650kN）用于直径32mm 以下钢筋的连接；YJ800 型（最大挤压力800kN）用于直径32mm 以上钢筋。CY 型挤压机系列为CY16 ~CY40 共分七种型号规格，其最大工作压力为32 ~150MPa，整机功率0.8 ~1.5kW，压接钳重8.5 ~24kg。

表2 -15 套筒材料的力学性能

项目	力学性能指标
屈服强度 (N /mm <sup>2</sup> )	225 ~350
抗拉强度 (N /mm <sup>2</sup> )	375 ~500
延伸率 (%)	20
硬度 (HRB)	60 ~80
或 (HB)	102 ~133

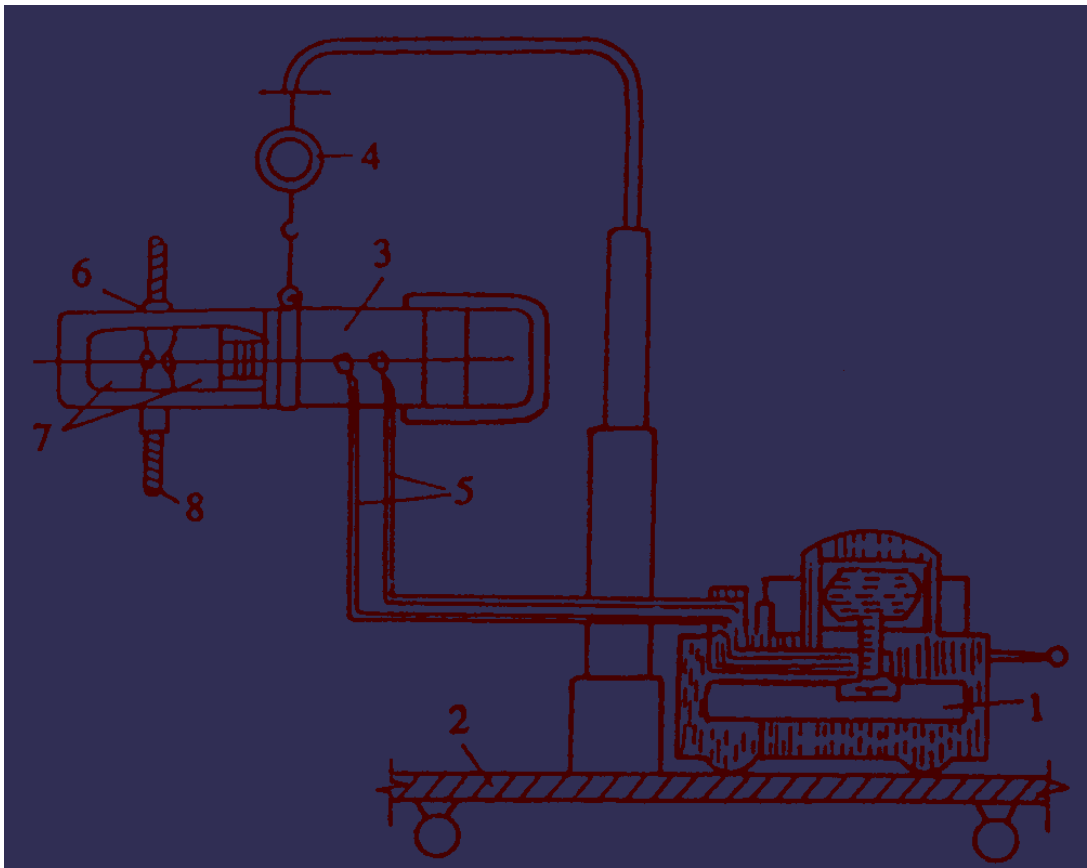


图2 -27 钢筋径向挤压连接设备示意图

- 1 - 超高压泵站 ;2 - 吊挂小车 ;3 - 挤压机 ;4 - 平衡器 ;  
5 - 超高压软管 ;6 - 钢套筒 ;7 - 模具 ;8 - 钢筋

工程中应用带肋钢筋套筒挤压接头时，应由该技术提供单位提交有效的形式检验报告。并在钢筋连接工程开始前及施工过程中，对每批进场钢筋进行挤压连接工艺检验，

工艺检验应符合下列要求：每种规格钢筋的接头试件应不少于三根；接头试件的钢筋母材应进行抗拉强度试验，三根接头试件的抗拉强度均应符合规定；对于A级接头，试件抗拉强度尚应大于等于0.9倍钢筋母材的实际抗拉强度 $f_{st}$ 。计算实际抗拉强度时，应采用钢筋的实际横截面面积。

挤压接头的现场检验按验收批进行。同一施工条件下采用同一批材料的同等级、同型式、同规格接头，以500个为一个验收批进行检验和验收，不足500个也作为一个验收批。对每一验收批，均应按设计要求的接头性能等级，在工程中随机抽3个试件做单向拉伸试验，作出评定。当3个试件检验结果均符合要求，该验收批为合格。如有1个试件的抗拉强度不符合要求，应再取6个试件进行复验。复验中仍有一个试件检验结果不符合要求，则该验收批单向拉伸检验为不合格。

挤压接头外观质量检验取样：每一验收批中随机抽取10%挤压接头进行检验，如外观质量不合格数少于抽检数的10%，则外观质量评为合格。如不合格数超过抽检数据的10%时，应对该批接头逐个复验。外观质量要求：挤压后套筒长度应为原套筒长度的1.10~1.15倍；或压痕处套筒的外径波动范围为原套筒外径的0.8~0.9倍；压痕道数应符合形式检验确定的道数；接头处弯折不得大于4°；挤压后套筒不得有肉眼可见裂缝。

### 2. 钢筋锥螺纹连接

钢筋锥螺纹连接是把钢筋的连接端加工成锥形螺纹（简称丝头），通过锥螺纹连接套把两根带丝头的钢筋按规定的力矩值连接成一体钢筋的连接方法。

锥螺纹连接接头的钢筋应先调直再下料；切口端面应与钢筋轴线垂直，不得有马蹄形或挠曲；不得用气割下料；提供锥螺纹连接套应有产品合格证；两端锥孔应有密封盖；套筒表面应有规格标记，进场时施工单位应进行复验。

钢筋锥螺纹丝头的加工锥度、牙形、螺距等必须与连接套的锥度、牙形、螺距一致，且经配套的量规（牙形规、卡规、环规、塞规如图2-28所示）检测合格。加工时，应采用水溶性切削润滑液；当气温低于0℃时，应掺入15%~20%亚硝酸钠。不得用机油作润滑液或不加润滑液套丝。经自检合格的钢筋丝头，应对每种规格加工批量随机抽检10%，且不少于10个，并填写加工检验记录；如有一个丝头不合格，即应对该加工批全数检查，不合格丝头应重新加工经再次检验合格方可使用。已检验合格的丝头应加以保护。钢筋一端丝头应戴上保护帽，另一端按规定的力矩值拧紧连接套，扣上塑料封盖，并按规格分类堆放整齐待用。

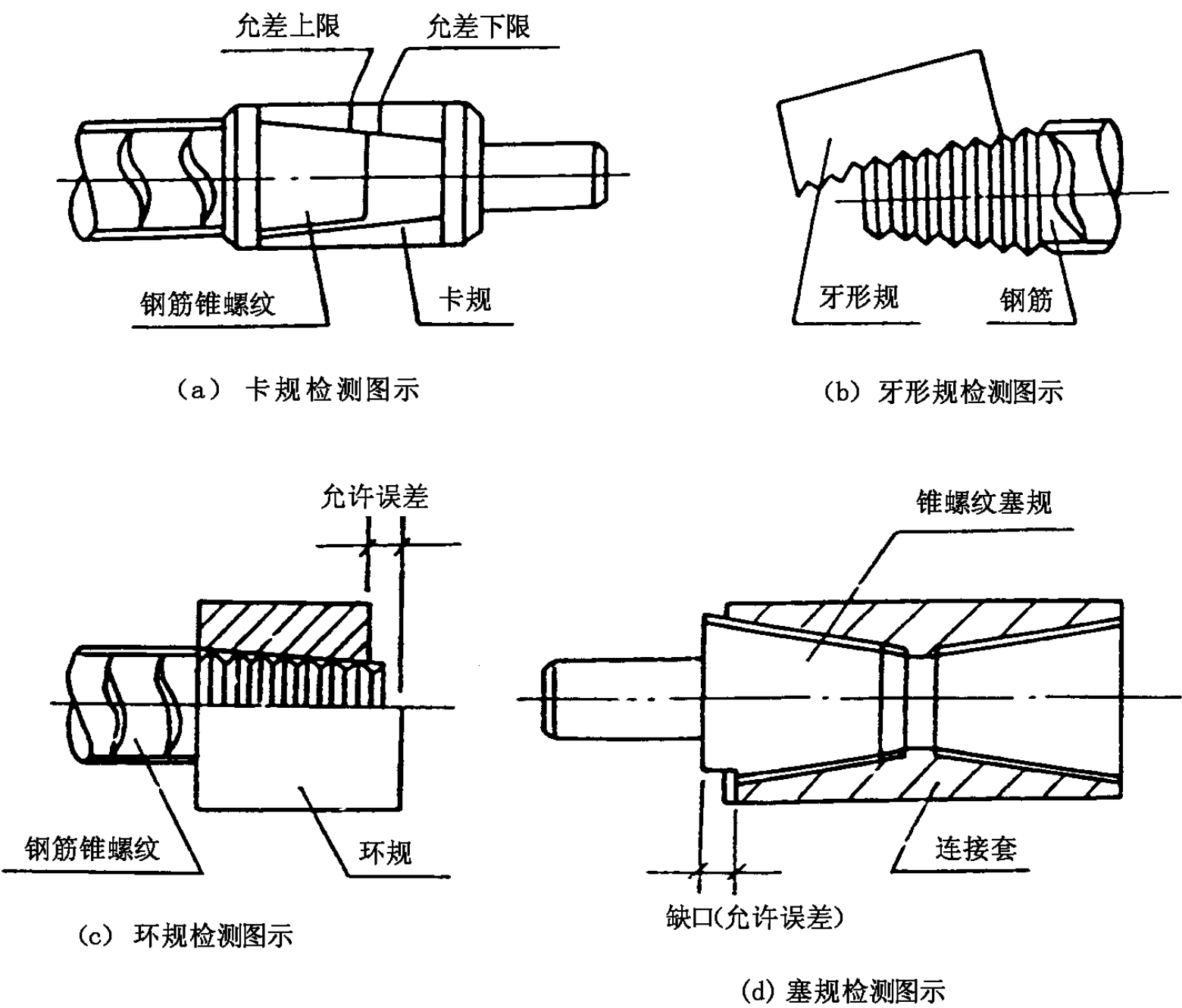


图2 -28 量规检测图示

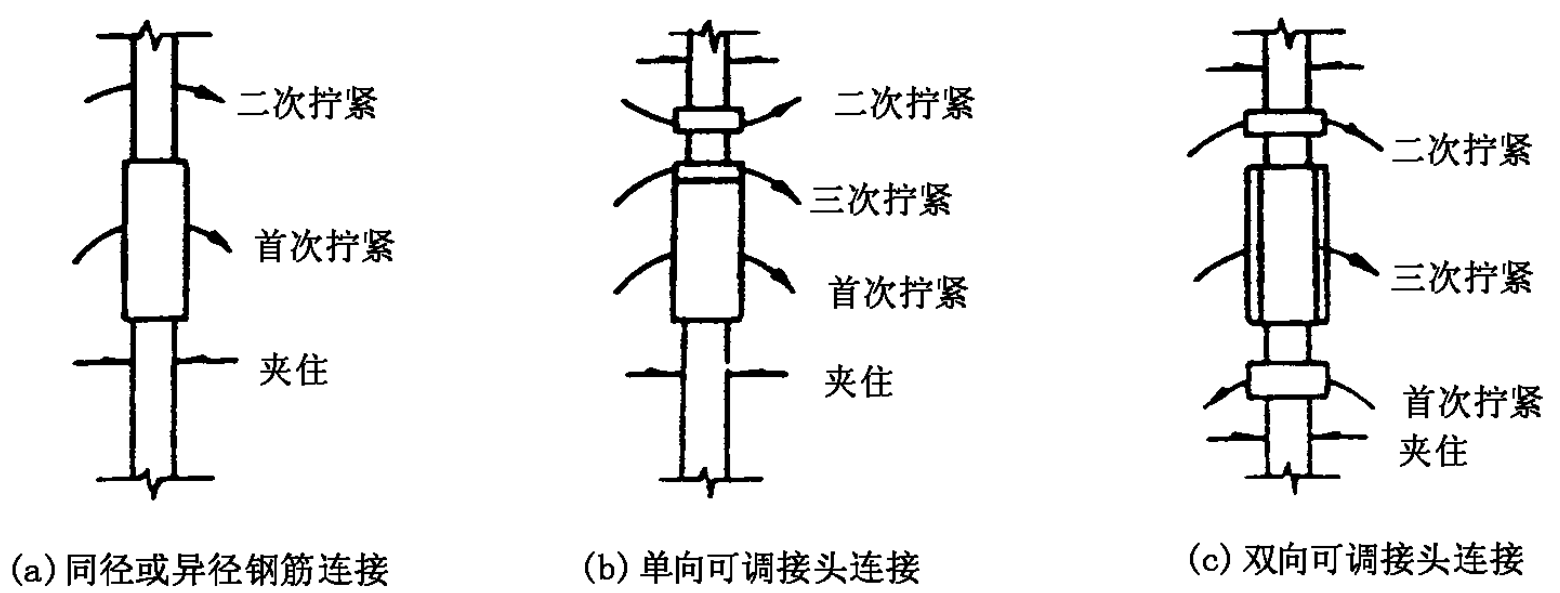


图2 -29 钢筋连接方法图

连接钢筋时，钢筋规格和连接套的规格应一致，并确保钢筋和连接套的丝扣干净完好无损。采用预埋接头时，连接套的位置、规格和数量应符合设计要求。带连接套的钢筋应固定牢，连接套的外露端应有密封盖。连接时必须用力矩扳手拧紧接头，如图2 - 29。力矩扳手的精度为  $\pm 5\%$ ，要求每半年用扭力仪检定一次。连接钢筋应对正轴线将

钢筋拧入连接套，然后用力矩扳手拧紧。接头拧紧值应满足表2 -16 规定的力矩值，也不得超拧。拧紧后的接头应作上标记。质量检验与施工安装用的力矩扳手应分开使用，不得混用。

表2 -16 连接钢筋拧紧力矩值

钢筋直径 (mm )	16	18	20	22	25 ~28	32	36 ~40
扭紧力矩 (N ·m )	118	145	177	216	275	314	343

以质量检验的力矩扳手，按表2 -16 规定的接头拧紧值抽检接头的连接质量。抽检数量：梁、柱构件按接头数15 %，且每个构件的接头抽检数不得少于一个接头；基础、墙、板构件按各自接头数，每100 个接头作为一个验收批，不足100 个也作为一个验收批，每批抽检3 个接头。抽检的接头应全部合格，如有一个接头不合格，则该验收批接头应逐个检查，对查出的不合格接头应进行补强。

其他抽样数和检验方法同套筒挤压接头。

3．钢筋等强直螺纹套筒连接

钢筋等强直螺纹套筒连接与钢筋锥螺纹套筒连接的技术原理相比，相同之处都是通过钢筋端头螺纹与套筒内螺纹合成钢筋接头，主要区别在钢筋等强技术效应上。钢筋等强直螺纹套筒连接有两种形式：一种是在钢筋端头先采用对辊滚压，使钢筋端头应力大增，而后采用冷压螺纹（滚丝）工艺加工成钢筋直螺纹（螺纹应力二次增强）端头，套筒采用快速成孔切削成内螺纹钢套筒，简称为滚压直螺纹接头或滚压切削直螺纹接头；另一种是在钢筋端头先采用设备顶、压增径（墩头），使钢筋端头应力大增，而后采用套丝工艺加工成等直径螺纹端头，套筒采用快速成孔切削成内螺纹钢套筒，简称为墩头直螺纹接头或墩粗切削直螺纹接头。无论采用滚压，还是采用墩粗工艺使被接钢筋的端头均匀地预加应力，这两种方法都能有效地增强钢筋端头母材强度，可等同于钢筋母材强度而设计的直螺纹接头。这种接头形式使结构强度的安全度和地震情况下的延性具有更大的保证，钢筋混凝土截面对钢筋接头百分率可放宽，大大地方便了设计与施工；等强直螺纹接头施工仅采用普通扳手旋紧即可，对丝扣少旋1 ~2 扣不影响接头强度，省去了锥螺纹力矩扳手检测和梳密质量检测的繁杂程序，可提高施工工效；套筒丝距比锥螺纹套筒丝距少，可节省套筒钢材；此外，尚有设备简单、经济合理、应用范围广等优点。

等强直螺纹连接套筒的类型有：标准型（用于Ⅰ、Ⅱ级带肋钢筋）、扩口型（用于钢筋难于对接的施工）、变径型（用于钢筋变径时的施工）、正反丝扣型（用于钢筋不能

转动时的施工)。套筒的抗拉设计强度不应低于钢筋抗拉设计强度的1.2倍。为确保接头强度大于现行国家标准中A级标准，接头抗拉设计强度应取钢筋母材实测抗拉强度( $f_{st}^0$ )，或取钢筋母材标准抗拉强度的1.10倍 ( $1.10f_{tk}$ )。

第五节 钢筋绑扎与安装

一、钢筋绑扎

1. 钢筋交叉点绑扎

钢筋的交叉点应采用20~22号铁丝绑扎，其中22号铁丝只适用于绑扎直径12mm以下的钢筋。铁丝的长度可参考表2-17。

表2-17 钢筋绑扎铁丝长度参考表 (mm)

钢筋直径 (mm)	3~5	6~8	10~12	14~16	18~20	22	25	28	32
3~5	120	130	150	170	190				
6~8		150	170	190	220	250	270	290	320
10~12			190	220	250	270	290	310	340
14~16				250	270	290	310	330	360
18~20					290	310	330	350	380
22						330	350	370	400

板和墙的钢筋网，除靠近外围两行钢筋的交叉点全部绑牢外，中间部分交叉点可间隔交错绑牢，但必须保证受力钢筋不产生位移；双向受力钢筋，必须将全部交叉点绑牢。

当钢筋交叉点采用顺扣绑扎时，相邻交叉点顺扣方向应相互呈八字形（图2-30）。

梁和柱的箍筋，应与受力钢筋垂直设置；箍筋弯钩叠合处，应沿受力钢筋方向错开设置板、次梁与主梁交接处，板的钢筋在上，次梁钢筋居中，主梁钢筋在下（图2-31）。

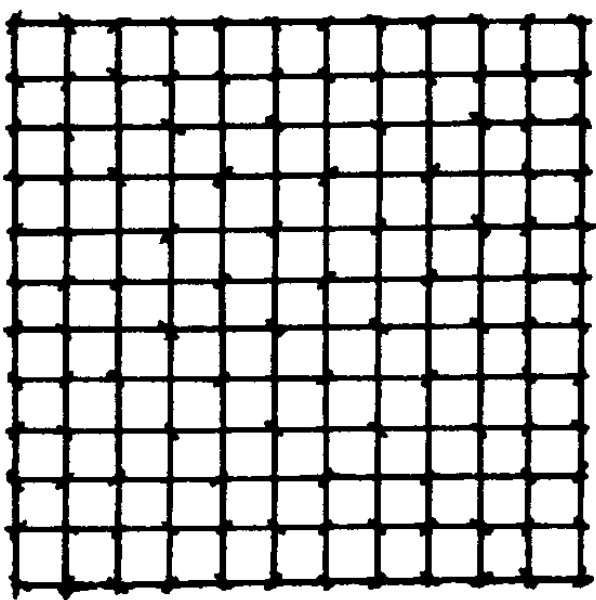


图2 -30 钢筋网顺扣绑扎方向

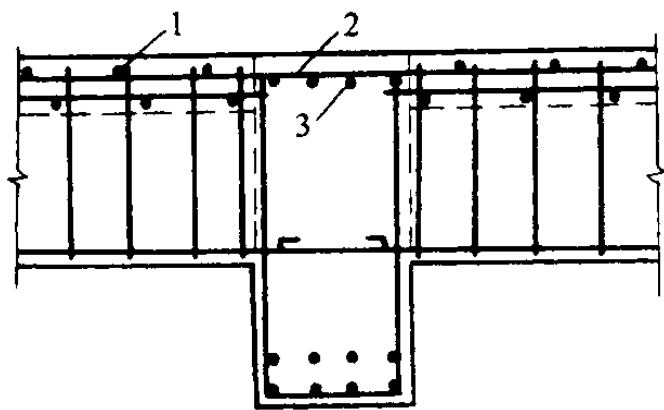


图2 -31 板、次梁与主梁交接处钢筋绑扎

1 - 板钢筋 ;2 - 次梁钢筋 ;3 - 主梁钢筋

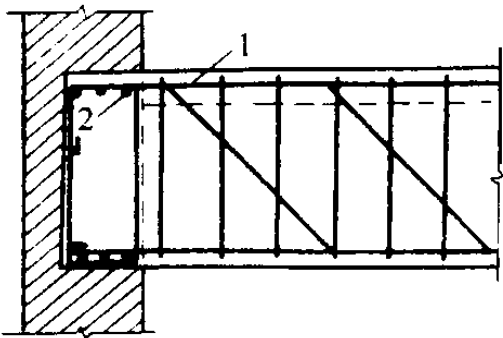


图2 -32 主梁与圈梁交接处钢筋绑扎

1 - 主梁钢筋 ;2 - 圈梁钢筋

主梁与圈梁交接处，主梁钢筋在上，圈梁钢筋在下（图2 -32 ）。绑扎网和绑扎骨架外形尺寸的允许偏差，应符合表2 -18 的规定。

表2 -18 绑扎网和绑扎骨架的允许偏差

项目		允许偏差 (mm )
网的长、宽		±10
网眼尺寸		±20
骨架的宽及高		±5
骨架的长		±10
箍筋间距		±20
受力钢筋	间 距	±10
	排 距	±5

2 . 钢筋的绑扎接头

钢筋搭接处应在中心和两端用铁丝绑牢。

受拉钢筋绑扎接头的搭接长度，应符合表2 -19 的规定。受压钢筋绑扎接头的长度，应取受拉钢筋绑扎接头搭接长度的0.7 倍。

表2 -19 受拉钢筋绑扎接头的搭接长度

钢筋类别		混凝土强度等级		
		C20	C25	高于 C25
级钢筋		35d	30d	25d
月牙纹	级钢筋	45d	40d	35d
	级钢筋	55d	50d	45d
冷拔低碳钢筋		300nm m		

注： 当 、 级钢筋直径d 大于25mm 时，其受拉钢筋的搭接度应按表中数值增加5d 采用；  
当混凝土在凝固过程中受力钢筋易受扰动时，其搭接长度宜适当增加；  
在任何情况下，纵向受拉钢筋的搭接长度不应小于300mm ；受压钢筋的搭接长度不应小于200mm ；  
轻骨料混凝土的钢筋绑扎接头搭接长度应按普通混凝土搭接长度增加5d ，对冷拔低碳钢丝增加50mm ；  
当混凝土强度等级低于C20 时， 、 级钢筋的搭接长度应按表中C20 的数值相应增加10d ，级钢筋不宜采用；  
对有抗震要求的受力钢筋的搭接长度，对一、二级抗震等级应增加5d ；  
两根直径不同钢筋的搭接长度，以较细钢筋的直径计算。

受拉区域内， 级钢筋绑扎接头的末端应做弯钩， 、 级钢筋可不做弯钩。  
直径不大于12mm 的受压 级钢筋的末端，以及轴心受压构件中任意直径的受力钢筋的末端，可不做弯钩，但搭接长度不应小于钢筋直径的35 倍。  
搭接长度的末端距钢筋弯折处，不得小于钢筋直径的10 倍，接头不宜位于构件最大弯矩处。

在柱中竖向钢筋搭接时，角部钢筋的弯钩平面与模板面的夹角，对矩形柱应为45°角；对多边形柱应为模板内角的平分角；对圆形柱钢筋的弯钩平面应与模板的切平面垂直；中间钢筋的弯钩平面应与模板面垂直。

各受力钢筋之间的绑扎接头位置应相互错开。从任一绑扎接头中心至搭接长度 $l_1$  的1.3 倍区段范围内，有绑扎接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积百分率应符合下列规定：

- ① 受拉区不得超过25 % ；
- ② 受压区不得超过50 %。

绑扎接头中钢筋的横向净距s 不应小于钢筋直径d ，且不应小于25mm （图2 -33 ）。

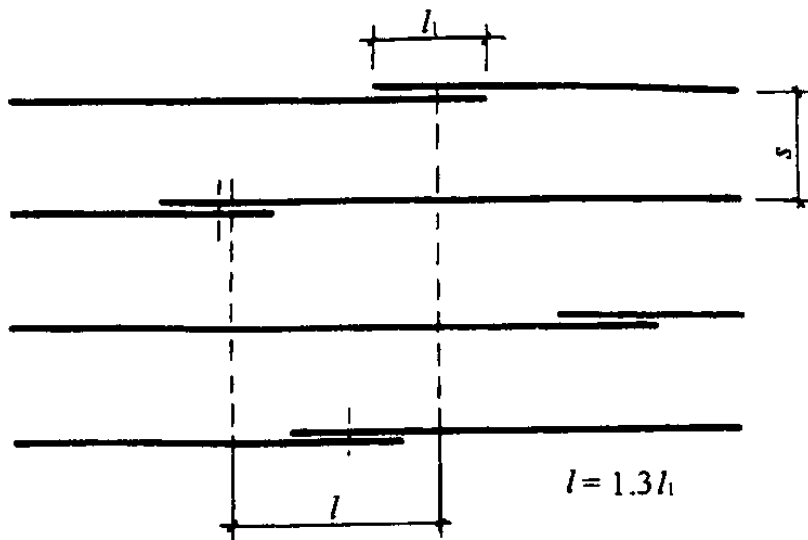


图2 -33 受力钢筋绑扎接头位置

注：图中所示l 区段内有接头的钢筋面积按两根计。

在绑扎骨架中，绑扎接头搭接长度范围内，当搭接钢筋为受拉时，其箍筋的间距不应大于5d，且不应大于100mm。当搭接钢筋为受压时，其箍筋间距不应大于10d，且不应大于200mm。

3．钢筋焊接骨架和焊接网绑扎

钢筋焊接骨架和焊接网采用绑扎连接时，受拉焊接骨架和焊接网在受力钢筋方向的搭接长度，应符合表2 -20 的规定；受压焊接骨架和焊接网在受力钢筋方向的搭接长度，可取受拉焊接骨架和焊接网在受力钢筋方向的搭接长度的0.7 倍。

焊接网在非受力方向的搭接长度，宜为100mm。

表2 -20 受拉焊接骨架和焊接网绑扎接头的搭接长度

钢筋类别		混凝土强度等级		
		C20	C25	高于05
级钢筋		30d	25d	20d
月牙纹	级钢筋	40d	35d	30d
	级钢筋	45d	40d	35d
冷拔低碳钢丝		250mm		

注： 搭接长度除应符合本表规定外，在受拉区不得小于250mm，在受压区不得小于200mm；  
当混凝土强度等级低于C20 时， 级钢筋的搭接长度不得小于40d， 级钢筋的搭接长度不得小于50d；  
当月牙纹钢筋直径d 大于25mm 时，其搭接长度应按表中数值增加5d；  
当混凝土在凝固过程中受力钢筋易受扰动时，其搭接长度宜适当增加；  
轻骨料混凝土的焊接骨架和焊接网绑扎接头的搭接长度，应按普通混凝土搭接长度增加5d，对冷拔低碳钢丝增加50mm；  
当有抗震要求时，对一、二级抗震等级应增加5d。

焊接骨架和焊接网的接头，不宜位于构件的最大弯矩处。



焊接骨架和焊接网在构件宽度内，其接头位置应错开。在绑扎接头区段 $l$ 内，受力钢筋截面面积不得超过受力钢筋总截面面积的50 %。

二、钢筋安装

钢筋骨架应分段安装，每段长度以6 ~12m 为宜。吊点位置应根据骨架的长度、重量及刚度而定，跨度小于6m 的钢筋骨架宜采用两点起吊；跨度大、刚度差的钢筋骨架宜采用横吊梁四点起吊。为了防止吊点处钢筋受力变形，可采取兜底吊或加短钢筋加固吊点处（图2 -34）。

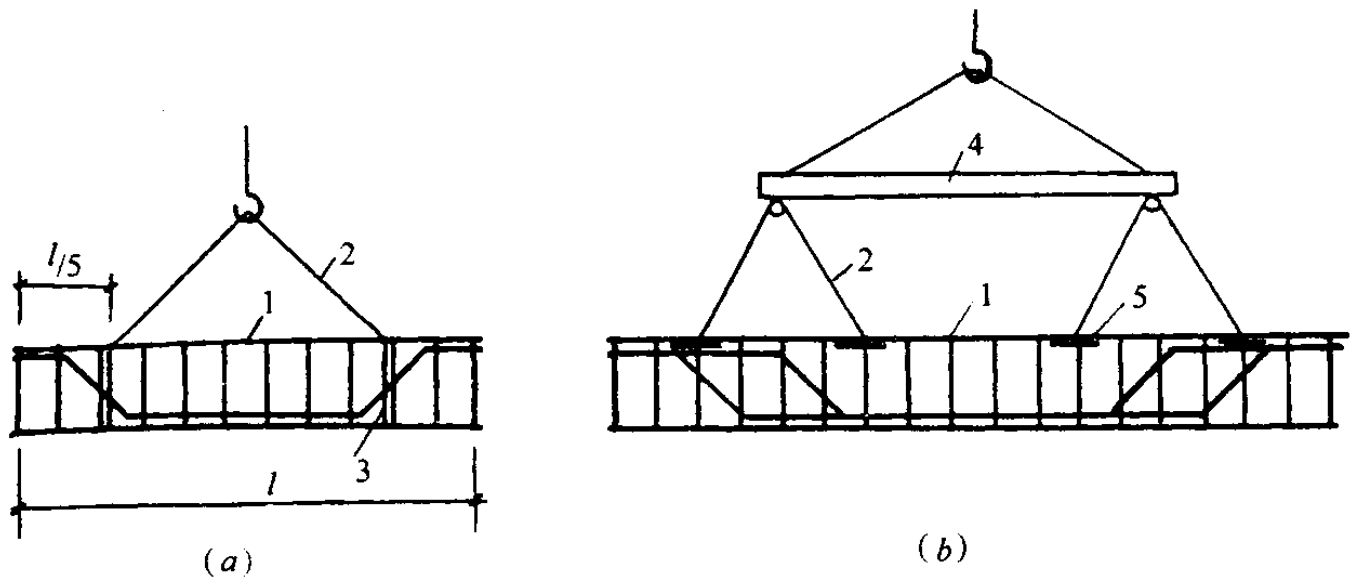


图2 -34 钢筋骨架的起吊

(a) 两点起吊；(b) 用横吊梁四点起吊

1 - 钢筋骨架；2 - 吊索；3 - 兜底索；4 - 横吊梁；5 - 短钢筋

钢筋网应分块安装，每块面积以6 ~20m<sup>2</sup> 为宜。为了防止钢筋网在安装过程中变形，应在钢筋网上加绑八字加固钢筋，此加固钢筋在钢筋网就位后拆去（图2 -35）。

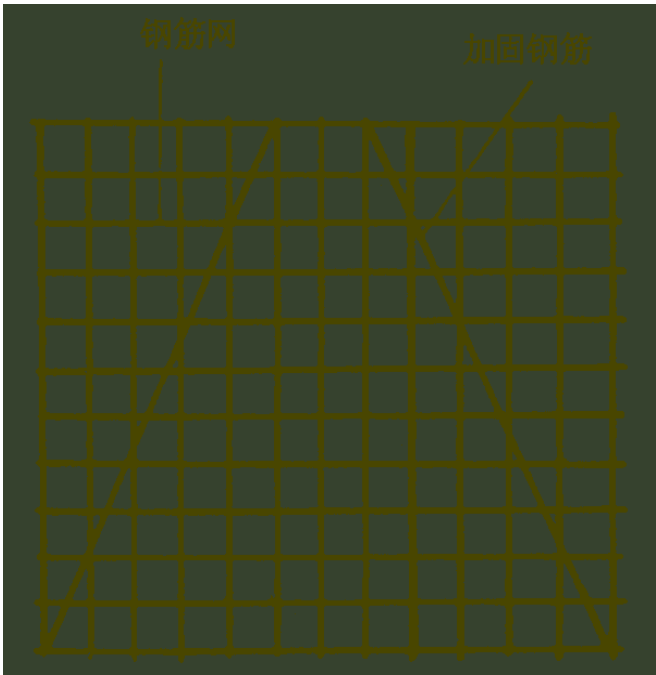


图2 -35 钢筋网加固

为了保证受力钢筋有足够的混凝土保护层，在钢筋安装之前，应制作好保护层水泥垫块，垫块厚度等于保护层厚度。梁、板等钢筋骨架或钢筋网的水泥垫块应事先按钢筋安装位置放在模板上；柱、墙等钢筋骨架或钢筋网的水泥垫块应挂在钢筋骨架或钢筋网上。不得用石子代替水泥垫块。

安装钢筋时，配置的钢筋级别、直径、根数和间距均应符合设计要求。绑扎或焊接的钢筋网和钢筋骨架，不得有变形、松脱和开焊。钢筋位置的允许偏差，应符合表2 - 21 的规定。

表2 -21 钢筋位置的允许偏差

项次	项目		允许偏差 (mm )	检验方法
1	受力钢筋的排距		±5	尺量两端中间各一点取最大值
2	钢筋弯起点位置		20	尺量检查
3	箍筋、横向 钢筋间距	绑扎骨架	±20	尺量连续三档取其最大值
		焊接骨架	±10	
4	焊接预埋件	中心线位置	5	尺量检查
		水平高差	+3 , -0	
5	受力钢筋 的保护层	基础	±10	尺量检查
		柱、梁	±5	
		板、墙、壳	±3	

## 第三章 混凝土工程

### 第一节 混凝土及其配合比

#### 一、混凝土概述

工业与民用房屋和一般构筑物的混凝土结构，应采用由水泥、普通碎（卵）石、砂和水配制的质量密度为 $1950 \sim 2500\text{kg/m}^3$ 的普通混凝土或采用由水泥、轻粗骨料、轻细骨料（或普通砂）和水配制的质量密度小于 $1950\text{kg/m}^3$ 的轻骨料混凝土。

配制混凝土所用的水泥，应采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥（GB175 - 92）；矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥或粉煤灰硅酸盐水泥（BG1345 - 6 - 92），必要时也可采用其他品种水泥，水泥的性能指标必须符合现行国家有关标准的规定。

水泥进场必须有出厂合格证或进场试验报告（强度、凝结时间、安定性、细度、烧失量、三氧化硫、氧化镁七个指标均应填写清楚，不应遗漏），并应对其品种、标号、包装或散装仓号、出厂日期等检查验收。当对水泥质量有怀疑或水泥出厂超过三个月（快硬硅酸盐水泥超过一个月）时，应复查试验，并按试验结果使用。

普通混凝土和轻骨料混凝土所用的粗细骨料，应符合国家现行有关标准的规定。混凝土用的粗骨料，其最大颗粒粒径不得超过结构截面最小尺寸的 $1/4$ ，且不得超过钢筋间最小净距的 $3/4$ 。对混凝土实心板，骨料的最大粒径不宜超过板厚的 $1/2$ ，且不得超过 $50\text{mm}$ 。骨料应按品种、规格分别堆放、不得混杂，骨料中严禁混入煅烧过的白云石或石灰块。

拌制混凝土宜采用饮用水。当采用其他来源水时，水质必须符合国家现行标准《混凝土拌合用水标准》的规定。

钢筋混凝土和预应力混凝土，均不得采用海水拌制。

混凝土中掺用的外加剂，应符合下列规定：

- 1．外加剂的质量应符合现行国家标准的要求；

2. 外加剂的品种及掺量必须根据对混凝土性能的要求、施工及气候条件、混凝土所采用的原材料及配合比等因素经试验确定；

3. 在蒸汽养护的混凝土和预应力混凝土中，不宜掺用补气剂或补气减水剂；

4. 当掺用含氯盐外加剂时，应符合冬期施工有关掺氯盐的规定。

在采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥拌制的混凝土中，可掺用混合材料。混合材料的质量应符合国家现行标准的规定，其掺量应通过试验确定。

二、混凝土配合比

1. 混凝土施工配合比应根据设计的混凝土强度等级和质量检验以及混凝土施工和易性的要求确定，并应符合合理使用材料和经济的原则，对有抗冻、抗渗等要求的混凝土，尚应符合有关的专门规定。

2. 普通混凝土和轻骨料混凝土的配合比，应分别按国家现行标准《普通混凝土配合比设计技术规程》和《轻集料混凝土技术规程》进行计算，并通过试配确定。普通混凝土施工配合比计算的步骤如下：(1) 计算出混凝土的施工配置强度 $f_{cu,0}$ ；(2) 按 $f_{cu,0}$ 计算出所要求的水灰比值；(3) 选取每立方米混凝土的用水量，并由此计算出混凝土的单位用水量；(4) 选取合理的砂率值；(5) 计算出粗、细骨料的用量、定出供试配用的配合比。

3. 混凝土的施工配置强度可按式(3-1)确定：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.65\sigma \tag{3-1}$$

式中  $f_{cu,0}$ ——混凝土的施工配置强度 (N/mm<sup>2</sup>)；

$f_{cu,k}$ ——设计的混凝土强度标准值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$\sigma$ ——施工单位的混凝土强度标准差 (N/mm<sup>2</sup>)。

4. 施工单位的混凝土强度标准差应按下述规定确定：

(1) 当施工单位具有近期的同一品种混凝土强度材料时，其混凝土强度标准差 应按下列公式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - N \mu_{cu}^2}{N - 1}} \tag{3-2}$$

式中  $f_{cu,i}$ ——统计周期内同一品种混凝土第*i*组试件的强度值 (N/mm<sup>2</sup>)

$\mu_{cu}$ ——统计周期内同一品种混凝土*N*组强度的平均值 (N/mm<sup>2</sup>)；

*N*——统计周期内同一品种混凝土试件的总组数，*N* ≥ 25。

注：“同一品种混凝土”系指混凝土强度等级相同且生产工艺和配合比基本相同的混凝土；

对预拌混凝土厂和预制混凝土构件厂，统计周期可取为一个月；对现场拌制混凝土的施工单位，统计周期可根据情况确定，但不宜超过三个月：

当混凝土强度等级为C20 或C25 时，如计算得到  $<2.5\text{N/mm}^2$ ；取  $=2.5\text{N/mm}^2$ ；当混凝土强度等级高于C25 时，如计算得到的  $<3\text{N/mm}^2$ ，取  $=3.0\text{N/mm}^2$ 。

2) 当施工单位不具有近期的同一品种混凝土强度资料时，其混凝土强度标准差可按表3 -1 取用。

表3 -1 值 (N/mm<sup>2</sup>)

混凝土强度等级	低于C20	C20 ~C35	高于C35
	4.0	5.0	6.0

注：在采用本表时，施工单位可根据实际情况，对 值作适当调整。

5. 混凝土的最大水泥比和最小水泥用量，应符合表3 -2 规定。

表3 -2 用混凝土的最大水灰比和最小水泥用量

混凝土所处的环境条件	最大水灰比	最小水泥用量kg/m <sup>3</sup>			
		普通混凝土		轻骨料混凝土	
		配筋	无筋	配筋	无筋
不受风雨影响的混凝土	不作规定	250	200	250	225
(1) 受雨雪影响的露天混凝土	0.70				
(2) 位于水中或水位升降范围内的混凝土		250	225	275	250
(3) 在潮湿环境中的混凝土：					
(1) 寒冷地区水位升降范围内的混凝土	0.65	275	250	300	275
(2) 受水压作用的混凝土	0.60				
严寒地区水位升降范围内的混凝土		300	275	325	300

注： 本表中的水灰比，对普通混凝土系指水与水泥（包括外掺混合材料）用量的比值；对轻骨料混凝土系指净用水量（不包括轻骨料一小时吸水量）与水泥（不包括外掺混合材料）用量的比值；

本表中的最小水泥用量，对普通混凝土包括外掺混合材料，对轻骨料混凝土不包括外掺混合材料；当采用人工捣实混凝土时，水泥用量应增加25kg/m<sup>2</sup>；当掺用外加剂且能有效地改善混凝土的和易性时，水泥用量可减少25kg/m<sup>3</sup>；

当混凝土强度等级低于C10 时，可不受本表的限制；

寒冷地区系指最冷月份平均气温在 -5 ~-15 之间；严寒地区系指最冷月份平均气温低于 -15 ；

防水混凝土应符合现行国家标准 《地下防水工程施工及验收规范》 的有关规定。

6. 混凝土的最大用量不宜大于550kg/m<sup>3</sup>。

7. 混凝土浇筑时的坍落度，宜按表3 -3 选用，坍落度测定方法应符合现行国家标

准 《普通混凝土拌和物性能试验方法》 的规定。

表3 -3 混凝土浇筑时的坍落度 (mm )

结构种类	坍落度
基础或地面等的垫层，无配筋的大体积结构（挡土墙基础等）或配筋稀疏的结构	10 ~30
板梁和大型及中型截面的柱子等	30 ~50
配筋密列的结构（薄壁、斗仓、筒仓、细柱等）	50 ~70
配筋特密的结构	70 ~90

注： 本表系采用机械振捣混凝土时的坍落度，当采用人工捣实混凝土时其值可适当增大；  
当需要配置大坍落度混凝土时，应掺用外加剂；  
曲面或斜面结构混凝土的坍落度应根据实际需要另行选定；  
轻骨料混凝土的坍落度，宜比表中数值减少10 ~20mm

8．泵送混凝土配合比，应符合下列规定：

- 一是骨料最大粒径与输送管内径之比，碎石不宜大于1/3，卵石不宜大于1/2.5；通过0.316mm，筛孔的砂不应少15%；砂率宜控制在40%~50%；
- 二是最小水泥用量宜为300kg/m³；
- 三是混凝土的坍落度宜为80~180mm；
- 四是混凝土宜掺加适量的外加剂。

注：泵送轻骨料混凝土的原材料选用及配合比，应通过试验确定。

9．混凝土施工配比例题

设计C20 施工配比，条件：普通425 # 水泥，碎石，最大粒径40，连续粒级；中砂，混凝土坍落度30~50mm。

确定理论施工配比（即砂石均不含水分）

a．计算混凝土施工配置强度

$f_{cu.o}=f_{cu.k}+1.645\sigma=20+1.645\times5=28.23\text{MPa}$

b．求水质比

公式：采用碎石时 $f_{cu.o}=0.46R_c\left(\frac{C}{W}-0.52\right)$

采用卵石时 $f_{cu.o}=0.52R_c\left(\frac{C}{W}-0.61\right)$

上述公式求得，其试件标准尺寸是边长200mm 立方体

GB50205 -6 -92 规范的试件标准尺寸是边长150mm 立方体

故公式右边应乘以1.05。

公式  $R_c$ ——水泥标号富裕系数，应按各地统计资料定出在尚无统计资料时可取 $K_c=1.13$  试算；

C /W ——灰水比值，  
根据上述条件代入公式：

$$28\ 23 =1\ .05 \times 0\ .46 \times 42\ .5 \times 1\ .13 \left( \frac{C}{W} - 0\ .52 \right) =23\ .196 C /W - 1\ .06$$

$$\frac{C}{W} = \frac{28\ 23 + 12\ .06}{23\ .196} =1\ .7369$$

$$\frac{C}{W} =0\ .5757 \quad 0\ .58$$

c . 选取每立方米混凝土用水量

根据坍落度和石子最大粒径选取用水量为180kg /m<sup>3</sup>

由此得出水泥用量C =180 ÷0 .58 =310kg

用重量法求混凝土施工配比

设混凝土的假定容重为2400 -180 -310 =1910kg

d . 根据水灰比大小和石子最大粒径选取砂率为35 % ；

e . 计算粗细骨料用量

砂子用量为1910 ×35 % =669kg

石子用量为1910 -669 =1241kg

理论施工配比为 水泥 砂 石 =1 2 .16

水灰比0 .58

考虑砂石含水率的影响求其实际施工配比

今现场实测砂含水率为3 % ，碎石为1 %

实际施工配比 =1 (1 +0 .03 ) ×2 .16 (1 +0 .01 ) ×4

$$=1\ 2\ 25\ 4\ .04$$

每立方米实际材料用量：

水泥 =310kg

砂 =310 ×2 .25 =697 .5kg

碎石 =310 ×4 .04 =1252 .4kg

水 =180 -669 ×0 .03 -1241 ×0 .01 =146 .89kg

求搅拌机一次投料量

设为400l 搅拌每次搅拌混凝土400 ×0 .65 =0 .26m<sup>3</sup>

则搅拌一次投料量：

水泥 =310 ×0 .26 =80 .6 81kg

砂 =81 ×2 .25 =182 .3kg

碎石 =81 ×4 .04 =327 .3kg

水 =81 ×0.58 -81 ×2.16 ×0.03 -81 ×4 ×0.01 =47 -5.25 -3.24 =38.5kg

第二节 混凝土拌制、运输和浇筑

一、混凝土拌制

1．混凝土原料每盘称量的偏差不得超过下列规定：

- 水泥、混合材料 ±2 %
- 粗细骨料 ±3 %B
- 水、外加剂 ±2 %

注：各种衡器应定期检验，保持准确；  
骨科含水率应经常测定，雨天施工应增加测定次数

2．混凝土搅拌的最短时间可按表3 -4 采用：

表3 -4 混凝土搅拌的最短时间 (s)

混凝土坍落度 (mm )	搅拌机机型	搅拌机出料量l		
		<250	250 ~500	>500
30	强制式60	90	120	
	自落式	90	120	150
>30	强制式	60	60	90
	自落式	90	90	120

注： 混凝土搅拌的最短时间系指自全部材料装入搅拌筒起，到开始卸料止的时间；  
当掺有外加剂时，搅拌时间应适当延长。  
全轻混凝土宜采用强制式搅拌机搅拌，砂轻混凝土可采用自落式搅拌机搅拌，但搅拌时间应延  
长60 ~90s ；  
采用强制式搅拌机搅拌轻骨料混凝土的加料顺序是：当轻骨料在搅拌前预湿时，先加粗细  
骨料  
和水泥搅拌30s ，再加水继续搅拌；当轻骨料在搅拌前未预湿时，先加1 /2 的总用水量和粗  
细骨



料搅拌60s，再加水泥和剩余用水量继续搅拌；  
当采用其他形式的搅拌设备时，搅拌的最短时间应按设备说明书的规定或经试验确定。

二、混凝土运输和浇筑

- 1．混凝土运至浇筑地点应符合浇筑时规定的坍落度，当有离析现象时，必须在浇筑前进行二次搅拌。
- 2．混凝土应以最少的转载次数和最短的时间从搅拌地点运至浇筑地点。混凝土从搅拌机中卸出到浇筑完毕的延续时间不宜超过表3 -5 的规定。
- 3．采用泵送混凝土应符合下列规定：
- 一是混凝土的供应，必须保证输送混凝土的泵能连续工作；二是输送管线宜直，转弯宜缓，接头应严密，如管道向下倾斜，应防止混入空气，产生阻塞；三是泵送前先用适量的与混凝土内成分相同的水泥浆或水泥砂浆润滑输送管内壁；预计泵送间歇时间超过45min 或当混凝土出现离析现象时，应立即用压力水或其他方法冲洗管内残留的混凝土；四是泵送过程中，受料斗内应具有足够的混凝土，以防止吸入空气产生阻塞。

表3 -5 混凝土从搅拌机中卸出到浇筑完毕的延续时间 (min)

混凝土强度等级	气温	
	不高于25	高于25
不高于C30	120	90
高于C30	90	60

注：对掺用外加剂或采用快硬水泥拌制的混凝土，其延续时间应按试验确定；对轻骨料混凝土，其延续时间应适当缩短。

- 4．在地基或基土上浇筑混凝土时，应清除淤泥和杂物，并应有排水和防水措施。对干燥的非粘性土，应用水湿润；对未风化的岩石，应用水清洗，但其表面不得留有积水。
- 对模板及其支架、钢筋和预埋件必须进行检查，并作好记录，符合设计要求后方能浇筑混凝土。

在浇筑混凝土前，对模板内的杂物和钢筋上的的油污等应清理干净：对模板和缝隙和孔洞应予堵严；对木模板应浇水湿润，但不得有积水。

- 5．混凝土自高处倾落的自由高度，不应超过2m。在浇筑竖向结构混凝土前，应先

在底部填以50 ~100mm 厚与混凝土内砂浆成分相同的水泥砂浆；浇筑中不得发生离析现象；当浇筑高度超过3m 时，应采用串筒、溜管或振动溜管使混凝土下落。

6．在降雨雪时不宜露天浇筑混凝土。当需浇筑时，应采取有效措施，确保混凝土质量。

7．混凝土浇筑层的厚度，应符合表3 -6 的规定。

表3 -6 混凝土浇筑层厚度 (min)

捣实混凝土的方法		浇筑层的厚度
插入式振捣		振捣器作用部分长度1 25 倍
表面振动		200
人工捣固	在基础无筋混土或配筋稀疏结构中	250
	在梁、墙板、柱结构中	200
	在配筋密列的结构中	150
轻骨料	插入式振捣	300
混凝土	表面振动（振动时需加荷）	200

8．浇筑混凝土应连续进行，当必须间歇时，其间歇时间宜缩短，并应在前层混凝土凝结之前，将次层混凝土浇筑完毕。混凝土运输浇筑及间歇的全部时间不得超过表3 -7 的规定，当超过时应留置施工缝。

表3 -7 混凝土运输、浇筑和间歇的允许时间 (min)

混凝土强度等级	气温	
	不高于25	高于25
不高于C30	210	180
高于C30	180	150

注：当混凝土中掺有促凝或缓型外加剂时，其允许时间，应根据试验结果确定。

9．采用振捣器捣实混凝土应符合下列规定：

一是每一振点的振捣延续时间，应使混凝土表面呈现浮浆和不再沉落；二是当采用插入式振捣器时，捣实普通混凝土的移动间距，不宜大于振捣器作用半径的1 5 倍，捣实轻骨料混凝土的移动间距，不宜大于其作用半径；振捣器与模板的距离，不应大于其作用半径的0 5 倍，并应避免碰撞钢筋、模板、芯管、吊环、预埋件或空心胶囊等；振捣器插入下层混凝土内的深度应不小于50mm ；三是当采用表面振动器时，其移动间距

应保证振动器的平板能覆盖已振实部分的边缘；四是当采用附着式捣器时，其设置间距就通过试验确定，并应与模板紧密连接；五是当采用振动器振实干硬性混凝土和轻骨料混凝土时宜采用加压振动的方法，压力为 $1 \sim 3\text{kN/m}^2$ 。

10. 在混凝土浇筑过程中，应经常观察模板、支架、钢筋、预埋件和预留孔洞的情况，当发现有变形、移位时，应及时采取措施处理。

11. 在浇筑与柱和墙连成整体的梁和板时，应在柱和墙浇筑完毕后停歇 $1 \sim 1.5\text{h}$ ，再继续浇筑。

梁和板宜同时浇筑砼；拱和高度大于 $1\text{m}$ 的梁等结构，可单独浇筑混凝土。

浇筑混凝土叠合构件应符合下列规定：

在主要承受静力荷载的梁中，预制构件的叠合面应有凹凸差不小于 $6\text{mm}$ 的自然粗糙面，并不得疏松和有浮浆；当浇筑叠合板时预制板的表面应有凹凸差不小于 $4\text{mm}$ 的人工粗糙面，当浇筑叠合式受弯构件时，应按设计要求确定是否设置支撑。大体积混凝土的浇筑应合理分段分层进行，使混凝土沿高度均上升；浇筑应在室外气温较低时进行，混凝土浇筑温度不宜超过 $28^\circ\text{C}$ （混凝土浇筑温度系指混凝土振捣后，在混凝土 $\pm 50 \sim 100\text{mm}$ 深处的温度）。

12. 施工缝的留置。

施工缝的位置应在混凝土浇筑之前确定，并宜留置在结构受剪力较小且便于施工的部位。施工缝的留置位置应符合下列规定：

(1) 柱，宜留置在基础的顶面，梁或吊车梁牛腿的下面、吊车梁的上面、无梁楼板柱帽的下面（图3-1）。

(2) 与板边成整体的大截面梁，留置在板底面以下 $20 \sim 30\text{mm}$ 处。当板下有梁托时，留置在梁托下部；

(3) 单向板，留置在平行于板的短边的任何位置；

(4) 有主梁、次梁的楼板宜顺着次梁方向浇筑，施工缝应留置在次梁跨度的中间 $1/3$ 范围内（图3-2）。

(5) 墙，宜留置在门洞口过梁跨中 $1/3$ 范围内，也可留在纵横墙的交接处；

(6) 双向受力楼板、大体积混凝土结构、拱、穹拱、薄壳、蓄水池、斗仓、多层刚架及其他结构复杂的工程，施工缝的位置应按设计要求留置。

13. 施工缝的处理

在施工缝处继续浇筑混凝土时，应符合下列规定：

已浇筑的混凝土，其抗压强度不应小于 $1.2\text{N/mm}^2$ ；

在已硬化的混凝土表面上，应清除水泥薄膜和松动石子以及软弱混凝土层，并加以充分湿润和冲洗干净，且不得积水；

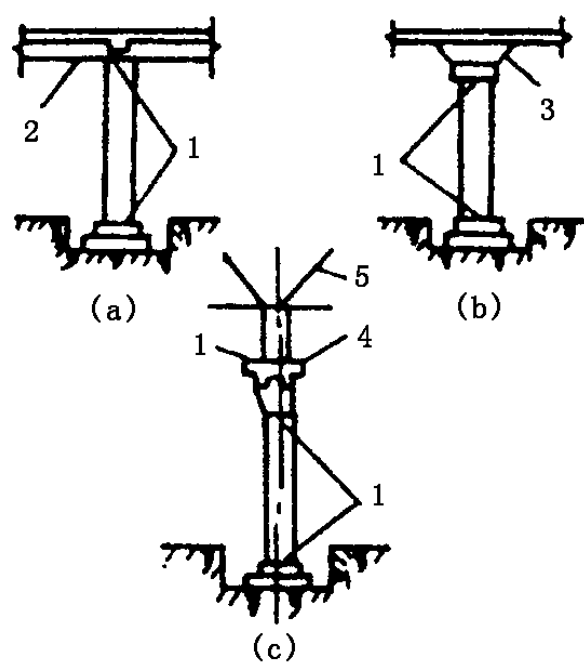


图3 -1 柱子施工缝的位置

（a）肋形楼板柱；（b）无梁楼板柱；  
（c）吊车梁柱1．施工缝；  
2．梁；3．柱帽；4．吊车梁；5．屋架

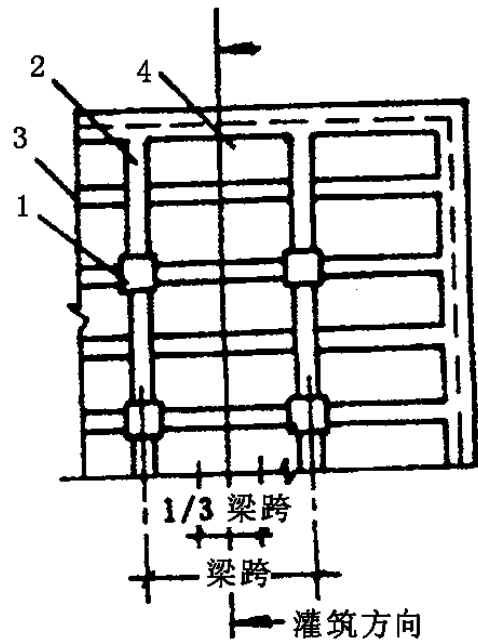


图3 -2 有梁板的施工缝位置

1．柱；2．主梁；3．次梁；4．板

在浇筑混凝土前，宜先在施工缝处铺一层水泥浆或与混凝土内成份相同的水泥砂浆；

混凝土应仔细捣实，使新旧混凝土紧密结合。

14．承受动力作用设备基础施工缝留置和处理

承受动力使用的设备基础，不应留置施工缝；必须留置时，应征得设计单位同意。  
承受动力作用的设备基础的施工缝的处理应符合下列规定：

- （1）标高不同的两个水平施工缝，其高低接合处应留成台阶形，台阶的高宽比不得大于1.0；
- （2）在水平施工缝上继续浇筑混凝土前，应对地脚螺栓进行一次观测校准；
- （3）垂直施工缝处应加插钢筋，其直径为12~16mm，长度为500~600mm，间距为500mm，在台阶式施工缝的垂直面上也应补插钢筋；
- （4）施工缝的混凝土表面应凿毛，在继续浇筑混凝土前，应用水冲洗干净，湿润后在表面上抹10~15mm厚与混凝土内成分相同的一层水泥砂浆。

15．在设备基础的地脚螺栓范围内施工缝的留置位置，应符合下列要求：

- （1）水平施工缝，必须低于地脚螺栓底端的距离应大于150mm；当地脚螺栓直径小于30mm时，水平施工缝可留置在不小于地脚螺栓埋入混凝土部分总长度的3/4处。
- （2）垂直施工缝，其与地脚螺栓中心线的距离不得小于250mm，且不得小于螺栓直径的5倍。

16．浇筑混凝土应填写施工记录。

### 第三节 混凝土自然养护

对已浇筑完毕的混凝土，应加以覆盖和浇水，并应符合下列规定：

应在浇筑完毕后的12h 以内对混凝土加以覆盖和浇水；

混凝土的浇水养护时间，对采用硅酸盐水泥，普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥拌制的混凝土，不得少于7d，对掺用缓凝型外加剂或有抗渗性要求的混凝土，不得少于14d。

浇水次数应能保持混凝土处于润湿状态：一般气温条件下（+15℃）混凝土浇筑后的最初三天白天应隔2h 浇水1 次，夜间至少2 次；在以后的养护期中，每昼夜最少4 次，在干燥气温条件下浇水次数应适当增加；当日平均气温低于5℃ 时，不得浇水。

混凝土的养护用水应与拌制用水相同。

采用塑料面覆盖养护的混凝土，其敞露的全部表面应用塑料面覆盖严密，并应保持塑料面内有凝结水。

注：混凝土的表面不便浇水、不便使用塑料布养护时，宜涂刷保护层（如薄膜养生液等），防止混凝土内部水分蒸发。

对大体积混凝土的养护，应根据气候条件采取控温措施，并按需要测定浇筑后的混凝土表面和内部温度，将温差控制在设计要求的范围以内；当设计无具体要求时，温差不宜超过25℃。

在已浇筑的混凝土强度未达到 $1.2\text{N/mm}^2$  以前，不得在其上踩踏或安装模板及支架。

### 第四节 混凝土质量问题

#### 一、混凝土缺陷修整

面积较小且数量不多的蜂窝或露石的混凝土表面，可用 $1:2\sim1:2.5$  的水泥砂浆抹平，在抹砂浆之前，必须用钢丝刷或加压水洗刷基层；

较大面积蜂窝、露石和露筋应按其全部深度凿去薄弱和混凝土层和个别突出的骨

料颗粒，然后用钢丝刷和加压水洗刷表面，再用比原混凝土强度等级提高一级的细骨料混凝土填塞，并仔细捣实。

对影响混凝土结构性能的缺陷，必须会同设计等有关单位研究处理。

二、混凝土质量检查

混凝土在拌制和浇筑过程中应按下列规定进行检查：

检查拌制混凝土所用原材料的品种、规格和用量，每一工作班至少两次；

检查混凝土在浇筑地点的坍落度，每一工作班至少两次；

在每一工作班内，当混凝土配合比由于外界影响有变动时应及时检查；

混凝土的搅拌时间应随时检查。

检查混凝土质量应进行抗压强度试验，对有抗冻抗渗要求的混凝土，尚应进行抗冻性、抗渗性等试验。

关于预拌混凝土规范有如下规定：

一是当采用预拌混凝土时，预拌厂应提供下列资料：(1) 水泥品种、标号及每立方米混凝土的水泥用量；(2) 骨料的种类和最大料径；(3) 外加剂、掺合料的品种及掺量；(4) 混凝土强度等级和坍落度；(5) 混凝土配合比和标准试件强度；(6) 对轻骨料混凝土尚应提供其密度等级。

二是采用预拌混凝土时，应在商定的交货地点进行坍落度检查，实测的混凝土坍落度与要求坍落度之间的允许偏差应符合表3 -8 要求。

表3 -8 混凝土坍落度与要求坍落度之间的允许偏差

要求坍落度	允许偏差
<50	±10
50 ~90	±20
>90	±30

评定结构件的混凝土强度，应采用标准试件的混凝土强度，即按标准方法制作的边长为150mm 的标准尺寸的立方体试件（试件应用钢模制作），在温度为20 ±3 ，相对湿度为90 %以上环境或水中的标准条件下，养护至28 天龄期按标准试验方法测得的混凝土立方体抗压强度。对采用蒸汽法养护的混凝土结构构件，其标准试件应先随同结构构件同条件蒸汽养护，再转入标准条件下养护共28d 。

确定结构构件的拆模、出池、出厂、吊装、张拉、放张及施工期间临时负荷时的混凝土强度，应采用与结构同条件养护的标准尺寸试件的混凝土强度。与结构构件同条件

养护试件的强度在不同温度、不同龄期达到标准条件养护 28d 强度的百分率可参照 GB50205 -6 -92 规范附录二；当试验结果与附录二数值相差较大时，应检查原因，确定处理方法。

实际施工中允许采用的混凝土立方体试件的最小尺寸应根据骨料的最大料径确定，当采用非标准尺寸试件时，应将其抗压强度值乘以折算系数，换算为标准尺寸试件的抗压强度值。允许试件最小尺寸及其强度折算系数应符合表3 -9 规定。

表3 -9 允许的试件最小尺寸及强度折算系数

骨料最大料径 (mm )	试件边长 (mm )	强度折算系数 (mm )
30	100	0 .95
40	150	1 .00
50	200	1 .05

用于检查结构构件混凝土质量的试件，应在混凝土的浇筑地点随机取样制作。试件的留置应符合下列规定：

- 一是每拌制100 盘且不超过100m<sup>3</sup> 的同配合比的混凝土，其取样不得少于一次；
  - 二是每工作班拌制的同配合比的混凝土不足100 盘时，其取样不得少于一次；
  - 三是对现浇混凝土结构，每一现浇楼层同配合比的混凝土，其取样不得少于一次；
- 同一单位工程每一验收项目中同配合比混凝土，其取样不得少于一次。

每次取样应至少留置一组标准试件，同条件养护试件的留置组数，可根据实际需要确定。

每组三个试件应在同盘混凝土中取样制作，并按下列规定确定该组试件的混凝土强度代表值；

- 1．当三个试件强度中最大值和最小值与中间值之差均不超过15 %，取三个试件强度平均值；
- 2．当三个试件强度中的最大值或最小值之一与中间值之差超过中间的15 %时取中间值；
- 3．当三个试件强度中的最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的15 %时，该组试件不应作为强度评定依据。

混凝土强度评定按（GBJ107 -87）《混凝土强度检验评定标准》进行。

当对混凝土试件强度代表性有怀疑时，可采用非破损检验方法或从结构、构件中钻取芯样的方法，按有关标准的规定，对结构构件中的混凝土强度进行推定，作为是否应进行处理的依据。

三、混凝土结构工程质量检验评定标准

1. 保证项目

(1) 混凝土所用的水泥、水、骨料、外加剂等必须符合施工规范和有关规定。

检验方法：检查出厂合格证或试验报告。

(2) 混凝土的配合比、原材料计量、搅拌、养护和施工缝处理必须符合施工规范的规定。

检验方法：观察检查和检查施工记录。

(3) 评定混凝土强度的试块，必须按《混凝土强度检验评定标准》(GBJ107 -87) 的规定取样、制作、养护和试验，其强度必须符合下列规定：

当混凝土的生产条件在较长时间内能保持一致，且同一品种混凝土的强度变异性能保持稳定时，应由连续的三组试件代表一个验收批，其强度应同时符合下列要求：

$$m_{fou} \quad f_{cu \cdot k} +0.7 \sigma_0 \tag{3 -3}$$

$$f_{cu \cdot min} \quad f_{cu \cdot k} -0.7 \sigma_0 \tag{3 -4}$$

当混凝土强度等级不高于C20 时，尚应符合下式要求：

$$f_{cu \cdot min} \quad 0.85f_{cu \cdot k} \tag{3 -5}$$

当混凝土强度等级高呈C20 时尚应符合下式要求：

$$f_{cu \cdot min} \quad 0.9f_{cu \cdot k} \tag{3 -6}$$

式中  $m_{fou}$ ——同一验收批混凝土强度平均值 (N /mm<sup>2</sup>)

$f_{cu \cdot k}$ ——设计的混凝土强度标准值 (N /mm<sup>2</sup>)

$\sigma_0$ ——验收批混凝土强度标准差 (N /mm<sup>2</sup>)

$f_{cu \cdot min}$ ——同一验收批混凝土强度最小值 (N /mm<sup>2</sup>)。

验收批混凝土强度的标准差，应根据前一检验期（每个检验期不应超过三个月，且在该期间内验收批总批数不得少于15 组）内同一品种混凝土试件的强度数据，按下列公式确定：

$$\sigma_0 = \frac{0.59}{m} \sum_{i=1}^m f_{cuoi} \tag{3 -7}$$

式中  $f_{cuoi}$ ——前一检验期内第i 验收批混凝土试件中强度的最大值与最小值之差；

$m$ ——前一检验期内验收批总批数。

当混凝土的生产条件不能满足 (1) 的规定，或在前一检验期内的同一品种的混凝土没有足够的强度数据（即小于45 组）用以确定验收批混凝土强度标准差时，应由



不少于10 组的试件代表一个验收批，其强度应同时符合下列要求：

$$n|f_{fcu} - {}_1S_{fcu} \leq 0.9f_{cuk}.$$
(3 -8 )

$$f_{cu .min} \geq {}_1f_{cu .k}$$
(3 -9 )

式中  $S_{fcu}$ ——本检验期验收批混凝土强度标准差 (N /m m<sup>2</sup>)，当  $S_{fcu}$  的计算值小于 0.06 $f_{cu .k}$ ，取 $S_{fcu}$  =0.06 $f_{cu .k}$ ；验收批混凝土强度标准差 $S_{fcu}$ 应按下列计算：

$$S_{fcu} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{fcu,i}^2 + nm_{fcu}^2}{n - 1}$$
(3 -10 )

式中  $f_{cu .i}$ ——验收批内第i 组混凝土试件的强度值 (N /m m<sup>2</sup>)；  
n ——验收批内混凝土试件的总组数；  
 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ ——合格判定系数，见表3 -10。

表3 -10 合格判定系数

试件组数	10 -14	15 -24	25
1	1.7	1.65	1.6
2	0.9	0.85	0.85

对零星生产的预制构件的混凝土或现场搅拌批量不大的混凝土，可采用非统计法评定，此时，验收批混凝土的强度必须同时符合下列要求：

$$m_{fcu} \geq 1.5f_{cu .k}$$
(3 -11 )

$$f_{cu .min} \geq 0.95f_{cu .k}$$
(3 -12 )

(4) 对设计不允许有裂缝的结构，严禁出现裂缝；设计允许出现裂缝的结构其裂缝必须符合设计要求。  
检验方法：观察和用刻度放大镜检查。

2. 基本项目

(1) 混凝土应振捣密实。每个检查件（处）的任何一处蜂窝面积应符合以下规定：  
合格：梁柱上一处不大于1000cm<sup>2</sup>，累计不大于2000cm<sup>2</sup>；基础、墙、板上一处不大于2000cm<sup>2</sup>，累计不大于4000Cm<sup>2</sup>。  
优良：梁柱上一处不大于200cm<sup>2</sup>，累计不大于400cm<sup>2</sup>；基础、墙、板上一处不大于400cm<sup>2</sup>，累计不大于800cm<sup>2</sup>。

检查数量：按梁、柱和独立基础的件数各抽查10 %，但均不应少于3 件；带形基础，圈梁每30 ~50m 抽查1 处（每处3 ~5m），但均不应少于3 处；墙和板按有代表性的自然间抽查10 %，礼堂、厂房等大间按两轴线为一间，墙每4m 左右高为1 个检查

层，每面为1 处，板每间为1 处，但均不应少于3 处

检验方法：尺量外露石子面积及深度。

注：蜂窝系指混凝土表面无水泥浆，露出石子深度大于5mm，但小于保护层厚度的缺陷。

②）混凝土应振捣密实 孔洞面积每个检查件（处）的任何一处孔洞，其面积均应符合以下规定：

合格：梁、柱上一处不大于40cm<sup>2</sup>，累计不大于80cm<sup>2</sup>；基础、墙、板上一处不大于100cm<sup>2</sup>，累计不大于200cm<sup>2</sup>。

优良：无孔洞。

检查数量：同1 条的规定。

检验方法：凿击孔沿周围松动石子；尽量孔洞面积及深度。

注：孔洞系指深度超过保护层厚度，但不超过截面尺寸1/3 的缺陷。

③）每个检查件（处）任何一根主筋露筋，其长度均应符合以下规定：

合格：梁、柱上的露筋长度不大于10cm，累计不大于20cm；基础、墙、板上的露筋长度不大于20cm，累计不大于40cm。

优良：无露筋。

检查数量：同1 条的规定。

检验方法：尺量钢筋外露长度。

注：露筋系指主筋没有被混凝土包裹而外露的缺陷，但梁端主筋锚固区不允许有露筋。

④）每个检查件（处）任何一处缝隙夹渣层，其长度、深度均应符合以下规定：

合格：梁、柱上的缝隙夹渣层长度和深度均不大于5cm；基础、墙、板上的缝隙、夹渣层长度不大于20cm，深度不大于5cm。

优良：无缝隙夹渣层。

检查数量：同1 条的规定。

检验方法：凿去夹渣层，尺量缝隙长度和深度。

注：①）缝隙夹渣层系指施工缝处有缝隙或夹有杂物。

②）蜂窝、孔洞、露筋、缝隙夹渣层等缺陷，在装饰前应按施工规范的规定进行修整。

3．允许偏差项目

①）现浇混凝土结构构件的允许偏差和检验方法应符合表3 -11 的规定。

表3 -11 现浇混凝土结构构件的允许偏差和检验方法

项次	项目		允许偏差 (mm )				检验方法
			单层多层	高层框架	多层大模	高层大模	
1	轴线位移	独立基础	10	10	10	10	尺量检查
		其它基础	15	15	15	15	
		柱、墙、梁	8	5	8	5	
2	标高	层高	±10	±5	±10	±10	用水准仪或尺量检查
		全高	±30	±30	±30	±30	
3	截面尺寸	基础	+15	+15	+15	+15	尺量检查
			-10	-10	-10	-10	
		柱、墙、梁	+8 - -5	±5	+5 -2	+5 -2	
4	柱墙垂直度	每层	5	5	5	5	用2m 托线板检查
		全高	H /100 且 不大于20	H /100 且 不大于20	H /100 且 不大于20	H /100 且 不大于20	用经纬仪或吊线和尺量检查
5	表面平整度		8	8	4	4	用2m 靠尺和楔形塞尺检查
6	预置钢板中心线位置偏移		10	10	10	10	尺量检查
7	预埋管、预留中心线位置偏移		5	5	5	5	
8	预埋螺栓中心线位置偏移		5	5	5	5	
9	预留洞中心线位置偏移		15	15	15	15	
10	电梯井	井筒长、宽对定位中心线	+25 -0	+25 -0	+25 -0	+25 -0	
		井筒全高垂直度	H /1000 且 不大于30	H /1000 且 不大于30	H /1000 且 不大于30	H /1000 且 不大于30	

注： H 为柱、墙全高。 滑模、升板等结构的检验应按专门规定执行。

检查数量同1 条的规定。

2）混凝土设备基础的允许偏差和检验方法应符合表3 -12 的规定。

表3 -12 混凝土设备基础的允许偏差和检验方法

项次	项目		允许偏差 (mm )	检验方法
1	坐标位置（纵横轴线）		±20	用经纬仪或拉红和尺量检查
2	不同平面的标高		+0 -20	用水准仪或拉线和尺量检查
3	平面外形尺寸		±20	尺量检查
	凸台上平面外形尺寸		+0	
			-20	
	凹穴尺寸		+20 -0	
4	平面水平度	每米	5	用水准仪或水平尺和楔形塞尺检查
		全长	10	
5	垂直度	每米	5	用经纬仪或吊线和尺量检查
		全高	10	
6	预埋地脚螺栓	标高（顶部）	+20 -0	在根部及顶端用水准仪或拉线和尺量检查
		中心距	±2	
7	埋预地脚螺栓孔	中心线位置偏移	±10	尺量纵横两个方向
		深度尺寸	+20 -0	尺量检查
		孔铅垂度	10	吊线和尺量检查
8	预埋活动地脚螺栓锚板	标高	+20	拉线和尺量检查
		中心线位置偏移	±5	
		带螺纹孔锚板平整度	2	用直尺和楔形塞尺检查
		带槽锚板平整度	5	

## 第四章 装配式混凝土结构工程

### 第一节 构件制作、运输与堆放

#### 一、构件制作

装配式混凝土结构构件的制作，可以采用台座、钢平模、机组流水、传送带流水和成组立模等方法。

制作构件的场地应平整坚实，并有排水措施；台座表面应光滑平整，在2m 长度上平整度的允许偏差为3mm，在气温变化较大的地区应留有伸缩缝。就预制构件模板用料的不同可分（1）分节脱模法（构件底模分固定模板和活动模板两部分，分节进行安装活动底模可先拆除，即底模可分节脱模）；（2）胶囊成孔法（采用胶囊充以压缩空气作内模，待混凝土初凝后，放气抽出胶囊）；（3）平卧叠浇法（利用已预制好的构件顶面做为上一层构件的底模，在侧面安装侧模板）采用此法时，待下层构件混凝土的强度达到 $5\text{N/mm}^2$ 后，方可浇筑上层构件混凝土，并应有隔离措施；（4）胎模法，胎模有土胎模、砖胎模和混凝土胎模，用胎模做预制构件的部分模板；（5）水平拉模法，是长线法上生产预应力空心板的一种工具式模板。（6）定型钢模板。

预制构件振捣成型的方法有振动法（插入式振动器、表面振动器和振动台）；振动加压法；挤压法；离心法。

预制构件成型有两种养护方法，一为常温自然养护，一为蒸汽养护。构件采用蒸汽养护应符合下列规定：

- 1．采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥配置的混凝土构件，蒸养前宜先在常温下静停2 ~6h；
- 2．升温速度，对薄壁构件（如有肋楼板、多孔楼板等），不得超过 $25\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ；对其他构件不得超过 $20\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ；对采用干硬性混凝土制作的构件，不得超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ；
- 3．恒温加热阶段应保持90 % ~100 % 的相对湿度；最高温度不得大于 $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

- 4 . 对采用先张法施工的预应力混凝土构件，其最高允许温度应根据设计要求的允许温差（张拉钢筋时的温度与台座温度之差）经计算确定；对采用粗钢筋配筋的构件，当混凝土强度养护至 $7.5\text{N/mm}^2$  以上时，对采用钢丝、钢绞线配筋的构件，当混凝土强度养护至 $10.0\text{N/mm}^2$  以上时，可不受设计要求的温差限制，按一般构件的蒸汽养护规定进行；
- 5 . 降温速度，不得超过 $10\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ；
- 6 . 构件出池后，其表面与外界的温差，不得大于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。预制混凝土构件的质量，应符合现行国家标准，《预制混凝土构件质量检验评定标准》，(GBJ321 -90 ) 合格及以下规定。

构件的验收应符合下列规定：

- 1 . 构件不得有影响结构性能或安装使用的外观缺陷；
- 2 . 构件应具有合格证，构件上应有合格标志；
- 3 . 构件尺寸的允许偏差，当设计无具体要求时应符合表4 -1 的规定。

表4 -1 构件尺寸的允许偏差 (mm )

项目			允许偏差
截面尺寸	长度	板、梁	+10 , -5
		柱 +5 ,10	
		墙板	±5
		薄腹梁、桁架	
	宽度：高度	板、梁、柱、墙板、薄腹梁、桁架	±5
肋宽、厚度			+4
			-2
侧向弯曲	梁、柱、板		$1/750$ 且 20
	墙板、薄腹梁、桁架		$1/1000$ 且 20
预埋件	中心线位置		10
	螺栓位置		5
	螺栓明露长度		+10 , -5
预留孔	中心线位置		5
预留洞	中心线位置		15
保护层厚度	板		+5 , -3
	梁、柱、墙板、薄腹梁、桁架		+10 , -5

续表

项目		允许偏差
对角线差	板、墙板	10
表面平整	板、墙板、柱、梁	5
预应力构件预留孔道位置	梁、墙板、薄腹梁、桁架	3

预制混凝土桩的制作及验收应按现行国家标准 《地基与基础工程施工及验收规范》的规定执行。

带有表面装饰的构件，其质量应符合国家现行标准 《建筑装饰工程施工及验收规范》 的有关规定。

二、构件运输和堆放

构件运输应符合下列规定：

一是构件运输时的混凝土强度，当设计无具体规定时不应小于设计的混凝土强度标准值的75 % ；

二是构件支承的位置和方法，应根据其受力情况确定，不得引起混凝土的超应力或损伤构件；

三是构件装运时应绑扎牢固，防止移动或倾倒；对构件边部或与链索接触处的混凝土，应采用衬垫加以保护；

四是运输细长构件时，行车要平稳，并可根据需要对构件设置临时水平支撑。构件堆放应符合下列规定：

堆放构件的场地应平整坚实，并具有排水措施，堆放构件时应使构件与地面之间留有一定空隙；应根据构件的刚度及受力情况，确定构件平放或立放，并应保护其稳定；

重叠堆放的构件，吊环应向上，标志应向外；其堆垛高度应根据构件与垫木的承载能力及堆垛的稳定性确定；各层垫木的位置应在一条垂直线上；

采用靠放架立放的构件，必须对称靠放和吊运，其倾斜角度应保持大于80°，构件上部宜用木块隔开。

### 第二节 构件安装

#### 一、构件安装前的准备工作

1. 构件质量检查：检查构件型号、外形尺寸、数量预埋件位置及尺寸，构件混凝土强度以及运输过程中有无损伤、掉角、裂缝、变形过大等，有无出厂合格证；

2. 检查构件安装时的混凝土强度，一般必须满足设计要求，当设计无具体要求时，不应小于设计的混凝土强度标准值的75 %；预应力混凝土构件孔道灌浆的强度，不应小于 $15\text{N/mm}^2$ 。

3. 检查支承结构。

构件安装前应在构件上标注中心线。

支承结构的尺寸、标高、平面位置和承载能力均应符合设计要求；应用仪器校核支承结构和预埋件的标高及平面位置，相差较大时应采取措施加以处理，并在支承结构上划出中心线和标高，根据需要尚应标出轴线位置，并作好记录。

#### 二、构件起吊

构件起吊应符合下列规定：

起吊点应根据设计要求，当设计无具体要求时，应根据计算确定；

在起吊大型空间构件或薄壁构件前，应采取避免构件变形或损伤的临时加固措施；当起吊方法与设计要求不同时，应验算构件在起吊过程中所产生的内力是否符合要求；

构件在起吊时，绳索与构件水平面所成夹角不宜小于 $45^\circ$ ，当小于 $45^\circ$ ，应经过验算或采用吊架起吊。

#### 三、构件安装就位与校正接头

构件安装就位后，应采取保证构件稳定性的临时固定措施；

安装就位的构件，必须经过校正后方准焊接或浇筑接头混凝土，根据需要焊后可再进行一次复查。

结构构件的校正工作应符合下列规定：



1. 应根据水准点和主轴线进行校正，并作好记录；
2. 吊车梁的校正，应在房屋结构校正和固定后进行。

构件接头的焊接应符合国家现行标准《钢结构工程施工及验收规范》和钢筋焊接及验收规程的规定；

装配式结构中承受内力的接头和接缝，应采用混凝土或砂浆浇筑，其强度等级宜比构件混凝土强度等级提高二级；对不承受内力的接缝，应采用混凝土或水泥砂浆浇筑，其强度不应低于 $15.0\text{N/mm}^2$ 。对接头或接缝的混凝土或砂浆宜采取快硬措施，在浇筑过程中必须捣实。

承受内力接头和接缝，当其混凝土强度未达到设计要求时，不得吊装上一层结构构件；当设计无具体要求时应在混凝土强度不小于 $10\text{N/mm}^2$ 或具有足够的支承时，方可吊装上一层结构构件。

已吊装完毕的装配式结构应在混凝土强度达到设计要求时，方可承受全部设计荷载。

## 第三节 构件安装工程质量检验评定标准

### 一、保证项目

1. 吊装时构件的混凝土强度、预应力混凝土构件孔道灌浆的水泥砂浆强度，以及下层结构承受内力的接头（接缝）的混凝土或砂浆的强度，必须符合设计要求和施工规范的规定。

检验方法 检查构件出厂证明及同条件养护试块试验报告。

2. 构件的型号、位置、支点锚固必须符合设计要求，且无变形损坏现象。

检验方法 观察或尺量检查和检查吊装记录。

3. 构件接头（接缝）的混凝土（砂浆）必须计量准确、浇捣密实，且认真养护，其强度必须达到设计要求或施工规范规定。

检验方法 观察检查和检查标准养护龄期28天试块试验报告及施工记录。

4. 外墙板防水构造的做法必须符合设计要求和有关的专门规定。

检验方法 观察检查。

二、基本项目

1．圆孔板堵孔及就位安装质量应符合以下规定：

合格：标高、坐浆、圆孔板堵孔、板缝宽度基本符合设计要求及施工规范的规定。

优良：标高、坐浆、圆孔板堵孔、板缝宽度符合设计要求及施工规范的规定。

2．构件接头做法应符合设计要求和施工规范的规定。

(1) 钢筋接头的焊缝长度及外观质量应符合以下规定：

合格：焊缝长度符合要求，无较大的凹陷、焊瘤、接头处无明显裂纹和气孔。咬边深度不大于0.5mm（低温焊接咬边深度不大于0.2mm）。

优良：焊缝长度符合要求，表面平整，无凹陷、焊瘤。接头处无裂纹、气孔、夹渣及咬边。

检查数量 按构件数量抽查10%，但不少于10块。

检验方法 观察或尺量检查。

(2) 钢材接头焊接质量应符合GBJ301-88 钢结构焊接工程质量检验评定标准。

三、允许偏差项目

柱、梁、屋架等构件安装的允许偏差和检验方法应符合表中的规定。大模板及装配式大板构件安装的允许偏差和检验方法应符合表中的规定。

检查数量 各种不同类型的构件各抽查10%，但均不应少于3件。

检验方法 观察或尺量检查。

## 第五章 预应力混凝土工程

### 第一节 概 述

#### 一、预应力混凝土概念

预应力混凝土是近几十年发展起来的一项新技术。我国预应力技术是在50 年代后期起步的，当时采用冷拉钢筋作预应力筋，生产预制混凝土屋架、吊车梁等工业厂房构件。70 年代在民用建筑中开始推广冷拔低碳钢丝配筋的预制预应力混凝土中小型构件。80 年代，结合我国现代多层工业厂房与大型公共建筑发展的需要，高强钢丝与钢绞线配筋的现代预应力混凝土出现，我国预应力技术从单个构件发展到预应力混凝土结构新阶段。

预应力混凝土，就是在结构承受外荷载以前，在结构受拉区预先施加预压应力，从而可以抵消一部分或全部由于结构使用阶段外荷载产生的拉应力，推迟和限制构件裂缝的开展，充分利用钢筋的抗拉能力，提高结构的抗裂度、刚度和耐久性。

预应力混凝土和普通钢筋混凝土相比，具有构件截面小、自重轻、刚度大、抗裂度高、耐久性好、省材料等优点，适用于大跨度、重荷载、长悬臂等结构，在现代建筑结构中具有广阔的应用和发展前景。

预应力混凝土按预应力度大小可分为全预应力混凝土和部分预应力混凝土。全预应力混凝土是指在全部使用荷载下，受拉边缘不允许出现压应力。它适用于要求混凝土不开裂的结构；部分预应力混凝土是指在全部使用荷载下，受拉边缘允许出现一定的拉应力或裂缝，由于其综合性能好、费用低，因而在实际工程中应用十分广泛。

#### 二、预应力混凝土施工方法

预应力混凝土按施工方法不同，可分为预制预应力混凝土、现浇预应力混凝土和叠合预应力混凝土等；按预应力筋粘结状态不同，可分为有粘结预应力混凝土和无粘结预

应力混凝土；按施加预应力方法不同，可分为机械张拉法和电热张拉法；按其施工工艺的不同，则又分为先张法和后张法，前者多用于预制构件厂，后者则用于施工现场。

三、张拉控制应力

预应力筋的张拉力大小，直接影响预应力效果。张拉力越高，建立的预应力值越大，构件的抗裂性也越好。但预应力筋在使用过程中经常处于过高应力状态下，构件出现裂缝的荷载与破坏荷载接近，往往在破坏前没有明显的警告，这是危险的。另外，如张拉力过大，造成构件反拱过大或预拉区出现裂缝，也是不利的。反之，张拉阶段预应力损失越大，建立的预应力值越低，则构件可能过早出现裂缝，也是不安全的。因此，设计人员不仅在图纸上要标明张拉力大小，而且还要注明所考虑的预应力损失项目与取值。这样，施工人员如遇到实际施工情况所产生的预应力损失与设计取值不一致，则有可能调整张拉力，以准确建立预应力值。张拉控制应力应按设计规定采用 《混凝土结构设计规范》（GBJ10 - 89）规定，预应力筋的张拉控制应力  $\sigma_{con}$ ，不宜超过表5 - 1 的数值。

表5 - 1 先张法张拉控制应力和超张拉最大应力

钢 种	张拉控制应力	超张拉最大应力
碳素钢丝：刻痕钢丝、钢绞线	$0.75f_{puk}$	$0.8f_{puk}$
冷拔低碳钢丝、热处理钢筋	$0.7f_{puk}$	$0.75f_{puk}$
冷拉热轧钢筋	$0.9f_{pyk}$	$0.9f_{pyk}$

注表中 $f_{puk}$ 、 $f_{pyk}$ 分别为预应力钢丝及预应力钢筋的标准强度值。

施工时预应力筋如需超张拉，其最大张拉控制应力  $\sigma_{con}$ ：冷拉钢筋为 $0.95f_{pyk}$ ，冷拔钢丝与热处理钢筋为 $0.75f_{puk}$ ，碳素钢丝和钢绞线为 $0.8f_{puk}$ 。但锚口下建立的预应力值不应大于 $0.85f_{pyk}$ 与 $0.75f_{puk}$ 。

四、预应力混凝土的材料

1．预应力钢筋

预应力混凝土构件中，预应力钢筋的预拉应力在制作和使用过程中，由于种种原因会产生应力损失。为了在扣除应力损失后，仍能保留足够的预应力值，需要采用较高的张拉应力，因此预应力钢筋需具有较高的强度。同时预应力钢筋还应具有一定的塑性，为了避免发生脆性破坏，要求预应力钢筋在拉断时具有一定的延伸率。特别是对处于低温环境和受冲击荷载作用的构件，预应力钢筋的选用更应注意塑性和冲击韧性。此外，

钢筋还应具有良好的加工性能，如可焊性及经冷墩或热墩后不会影响其原有的物理力学性能。对钢丝类型的钢材还要求具有低松弛和良好的粘结性能（用于先张法）。

目前国内常用的预应力钢筋有：冷拉Ⅱ级钢筋、碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线、甲级冷拔低碳钢丝、冷拔低合金钢丝、热处理钢筋等。光圆冷拔钢丝由于与混凝土的粘结锚固性能较差，故不宜用于承受动荷载作用的构件。

预应力筋的下料长度，应由计算确定。钢丝、钢绞线、热处理钢筋及冷拉Ⅱ级钢筋宜采用砂轮锯或切断机切断，不得采用电弧切割。预应力钢筋在储存、运输和安装过程中，应采取防止锈蚀及损坏措施。

2. 混凝土

预应力混凝土结构对混凝土性能的要求是：

（1）高强度。预应力混凝土需要采用较高强度的混凝土，才能建立起较高的预压应力，并可减小构件截面尺寸等，减轻结构自重。先张法构件采用较高强度的混凝土，可提高粘结强度，减小应力传递长度。

（2）收缩小、徐变小。混凝土的收缩、徐变所产生的应力损失，占总应力损失中的很大比例。采用收缩小、徐变小的混凝土，可减少应力损失。

（3）快硬、早强。为了提高台座、模具、夹具等设备的周转率，尽早施加预应力，加快施工进度，降低间接费用，预应力混凝土宜采用早期强度高的混凝土。预应力混凝土构件混凝土强度等级的选择，应考虑施加预应力的方法、构件跨度的大小、使用条件及预应力筋的类型等因素。先张法构件的混凝土强度等级一般要比后张法高，因为先张法的预应力损失大，并需尽早放张以提高台座的周转率。大跨度构件、承受动力荷载的构件宜选用较高强度的混凝土。《规范》规定预应力混凝土构件的混凝土强度不宜低于C30级，当采用碳素钢丝、钢绞线、热处理钢筋作为预应力钢筋时，混凝土强度不宜低于C40级。施加预应力时，混凝土立方体抗压强度应经计算确定，但不宜低于设计的混凝土强度等级的75 %。

第二节 先张法

先张法是在浇筑混凝土之前先张拉钢筋，将预应力钢筋穿入台座横梁或钢模的孔洞中，一端用夹具固定，另一端用千斤顶张拉。待张拉到预定的拉力后，将预应力钢筋用夹具锚固在台座横梁或钢模上，然后进行非预应力钢筋绑扎、支模、浇筑混凝土。待混凝土达到规定强度（不低于设计强度等级的75 %）后，放松预应力筋，通过钢筋与混

凝土之间的粘结力，使混凝土构件获得预压应力。图5 -1 为预应力混凝土构件先张法施工示意图。

先张法的施工工艺流程如图5 -2 所示。

先张法适用于在预制构件厂批量制造的定型的中小型构件，如空心板、吊车梁、檀条等。采用长线法生产时（100m 台座），张拉一次同时可生产大量构件，生产效率高。

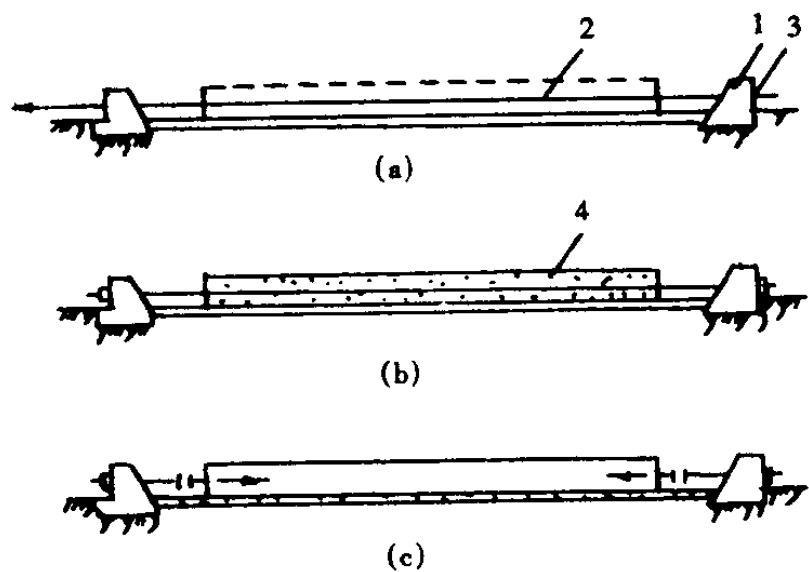


图5 -1 先张法施工顺序

(a) 张拉预应力筋 (b) 浇筑混凝土 (c) 放松预应力筋

1 . 台座 2 . 预应力筋 3 . 夹具 4 . 构件

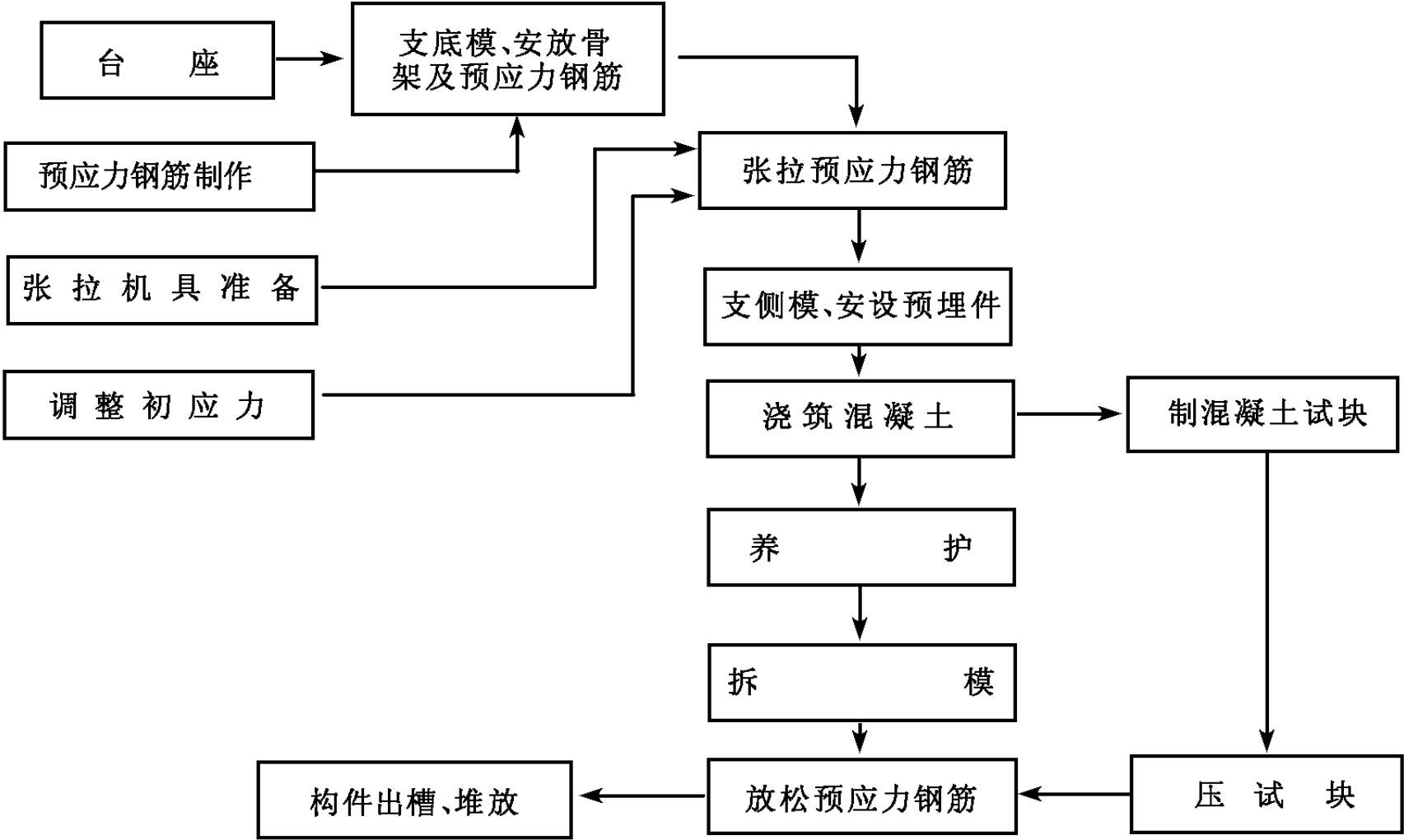


图5 -2 先张法工艺流程

先张法施工可采用台座法或机组流水法。采用台座法时，预应力筋的张拉、锚固和混凝土构件的浇筑养护以及预应力筋的放张等工序皆在台座上进行，预应力筋的张拉力由台座承受。采用机组流水法时，构件是在钢模中生产，预应力筋的张拉力由钢模承受；构件连同钢模按流水方式，通过张拉、浇筑、养护等固定机组完成每一生产过程。机组流水法需大量的钢模和较高的机械化程度，且需蒸汽养护，因此只用在批量生产的定型构件。台座法不需复杂的机械设备，能适宜多种产品生产，可露天生产、自然养护，也可采用温热养护，故应用较广。

下面着重介绍台座法生产预应力混凝土构件时的台座、夹具、张拉设备和预应力混凝土施工工艺。

一、台座

台座是先张法施工张拉和临时固定预应力筋的支撑结构，它承受预应力筋的全部张拉力。因此，台座应具有足够的强度、刚度和稳定性，同时要满足生产工艺要求。

台座按构造型式分为墩式台座和槽式台座两类。选用时根据构件种类、张拉吨位和施工条件而定。

1．墩式台座

墩式台座由传力墩、台面、横梁等组成，见图5 -3。



图5 -3 墩式台座

1．混凝土墩2．钢横梁3．局部加厚的台面

传力墩是墩式台座的主要受力结构，传力墩依靠其自重和土压力平衡张拉力产生的倾覆力矩依靠土的反力和摩阻力平衡张拉力产生的水平位移。因此，传力墩结构造型大，埋设深度深，投资较大。为了改善传力墩的受力状况，提高台座承受张拉力的能力，可采用传力墩与台面共同受力的墩式台座，采用构架式传力墩或钢筋混凝土桩基传力墩。

台面是预应力混凝土构件成型的胎模。它是由素土夯实后铺碎砖垫层，再浇筑5 ~ 8cm 厚的C15 ~C20 混凝土面层组成的。台面要求平整、光滑，沿其纵向留设3 ‰的排水坡度，以利排水。台面必须留伸缩缝，其间距尽可能考虑构件的组合模数，一般以10 ~20m 为宜。缝宽3 ~5cm，内嵌木条或浇灌沥青。

横梁是锚固夹具临时固定预应力筋的支点，也是张拉机械张拉预应力筋的支座，常采用型钢或由钢筋混凝土制作而成。横梁的挠度要求小于 $2\text{mm}$ ，并不得产生翘曲。

墩式台座的长度和宽度由场地大小、构件类型和产量而定。一般长度为100 ~ 150m，宽度为2m，又称长线台座。墩式台座张拉一次可生产多根预应力混凝土构件，减少了张拉和临时固定的工作，同时也减少了由于预应力筋滑移和横梁变形引起的预应力损失。

墩式台座的稳定性包括台座的抗倾覆和抗滑移的能力。墩式台座稳定性验算的计算简图见图5 -4。

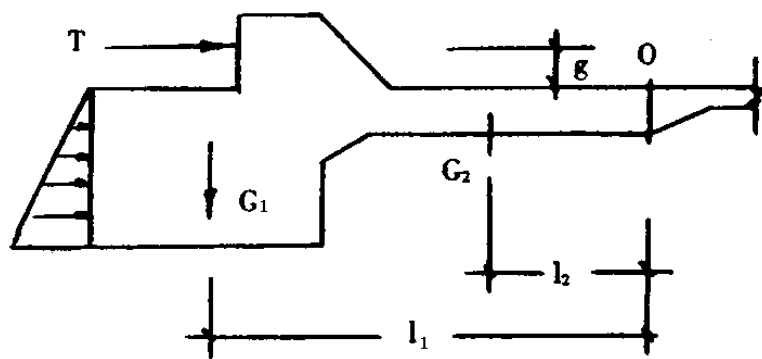


图5 -4 墩式台座抗倾覆验算简图

墩式台座的抗倾覆能力以台座的抗倾覆安全系数  $K_{00}$  表示：

$$K_0 = \frac{M_1}{M} \quad 1.5$$

式中  $M$  ——由预应力筋的张拉力  $T$  产生的倾覆力矩 (对  $O$  点取矩):  $M = T_e$ ;

T——预应力筋的张拉力；

e——张拉力T 作用点到倾覆转动点O 的力臂；

$M_1$ ——抗倾覆力矩，如不考虑压力，则：

$$M^1 = G_1 L_1 + G_2 L_2 :$$



- $G_1$ ——传力墩的自重；
- $L_1$ ——传力墩重心至倾覆转动点O 的力臂；
- $G_2$ ——传力墩外伸台面局部加厚部分的自重；
- $L_2$ ——传力墩外伸台面局部加厚部分重心至倾覆转动点O 的力臂。

墩式台座的抗滑移能力以台座的抗滑移安全系数 $K_C$  表示：

$$K_C = \frac{T_1}{T} \geq 1.3$$

- 式中  $T$ ——预应力筋的张拉力；
- $T_1$ ——抗滑移力： $T_1 = N + E_p + F$ ；
- $N$ ——台面水平反力；
- $E_p$ ——土压力 $p$ 、 $p$  的合力；
- $F$ ——摩阻力。

墩式台座的强度验算：支承横梁的传力墩牛腿，按柱子牛腿计算方法计算其配筋；墩式台座与台面接触的外伸部分，按偏心受压构件计算；台面按轴心受压杆件计算；横梁按承受均布荷载的简支梁计算。

2. 槽式台座

槽式台座由端柱、传力柱和上下横梁以及砖墙等组成，见图5 -5。

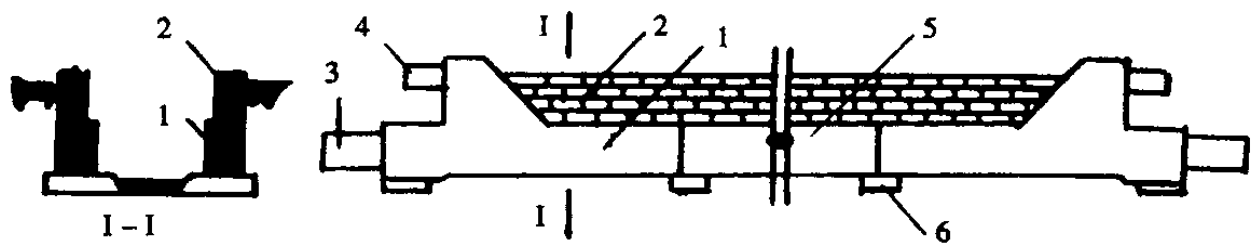


图5 -5 槽式台座

1. 钢筋混凝土端柱2. 砖墙3. 下横梁4. 上横梁5. 传力柱6. 柱垫

端柱和传力柱是槽式台座的主要受力结构，采用钢筋混凝土结构。为了便于装拆转移，端柱和传力柱常采用装配式结构，端柱长5 米，传力柱每段长6 米。

一砖厚的砖墙起挡土作用，同时又是蒸汽养护预应力混凝土构件的保温侧墙。

槽式台座长度为45 ~76m ，能够承受较大的张拉力；宽度随构件外形及制作方式而定，一般不小于1m 。适用于张拉吨位较大的大型构件，如吊车梁、屋架等。

槽式台座一般与地面相平，以便运输混凝土和蒸汽养护，但需考虑地下水位和排水等问题。端柱、传力柱的端面必须平整，对接接头必须紧密；柱与柱垫联结必须牢靠。

槽式台座亦需进行强度和稳定性计算。槽式台座端柱的抗倾覆安全系数 $K_0$  的计算

式与墩式台座相同，但其中抗倾覆力矩  $M_1$  由端柱、横梁自重及部分张拉力计算。端柱和传力柱的强度亦按钢筋混凝土结构偏心受压构件计算。

3. 简易墩式台座

生产空心板、平板等平面布筋的钢弦混凝土构件时，一般张拉力不大，可采用简易墩式台座，其构造型式如图5 -6 所示。这种台座每米宽度可承受100 ~150KN 左右的张拉力。

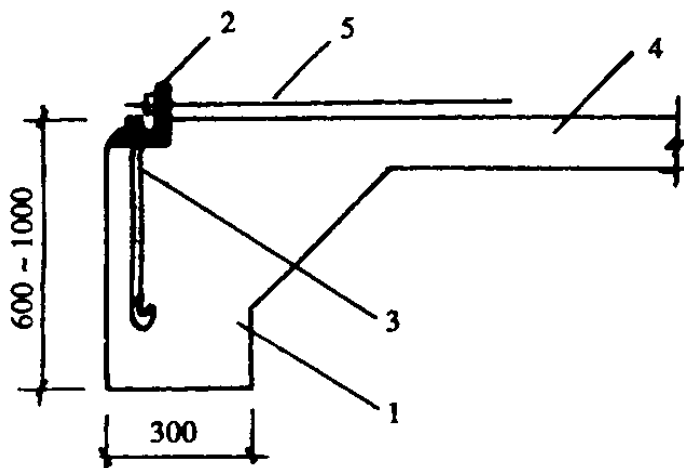


图5 -6 简易墩式台座

1. 卧梁 2. 角钢 3. 预埋螺栓 4. 混凝土台面 5. 预应力钢丝

二、 夹具

夹具是在预应力筋张拉和临时固定时用来夹持预应力筋的工具，可重复使用。先张法中使用的夹具按其用途不同分为二类：一类是将预应力筋固定在台座上的锚固夹具，另一类是张拉时夹持预应力筋的张拉夹具。

1. 钢丝锚固夹具

(1) 钢质锥形夹具。钢质锥形夹具是常用的单根钢丝夹具，适用于锚固直径3 ~ 5mm 的冷拔低碳钢丝和碳素（刻痕）钢丝。它由套筒和销子组成，如图5 -7，套筒为圆柱形，中间开圆锥形孔。销子有两种形式：一种是在圆锥形销子上留有1 ~3 个凹槽，在凹槽内刻有细齿，称为圆锥槽式夹具；另一种是在圆锥形销子上切去一块，在切削面上刻有细齿，称为圆锥齿板式夹具。这两种夹具既可以用于固定端，也可以用于张拉端。

(2) 镦头夹具。镦头夹具如图5 -8 所示，将钢丝端部冷镦或热镦形成粗头，通过承力板或梳筋板锚固。镦头夹具用于预应力钢丝固定端的锚固。

2. 钢筋锚固夹具

圆套筒三片式夹具是由夹片与套筒组成，如图5 -9，套筒的内孔成圆锥形，三个夹片互成角度120°，钢筋夹持在三夹片中心，夹片内槽上有齿纹，以保证钢筋的锚固。这种夹具适用于夹持直径为12mm、14mm 的单根冷拉 、 、 级钢筋。

3 . 张拉夹具

常用的张拉夹具有月牙形夹具、偏心式夹具和楔形夹具等，如图5 - 10。单根粗钢筋之间的连接或粗钢筋与螺杆的连接可采用钢筋连接器，图5 - 11 是套筒双拼式连接器。这种连接器由两个半圆形套筒用连接钢筋焊接而成。使用时将钢筋镦头及工具式螺杆（或另一根钢筋）用套筒套住，外箍钢圈。



图5 - 7 钢质锥形夹具

(a) 圆锥齿板式 (b) 圆锥槽式

1 . 套筒2 . 齿板3 . 锥塞

图5 - 8 固定端镦头夹具

1 . 垫片2 . 镦头钢丝3 . 承压板

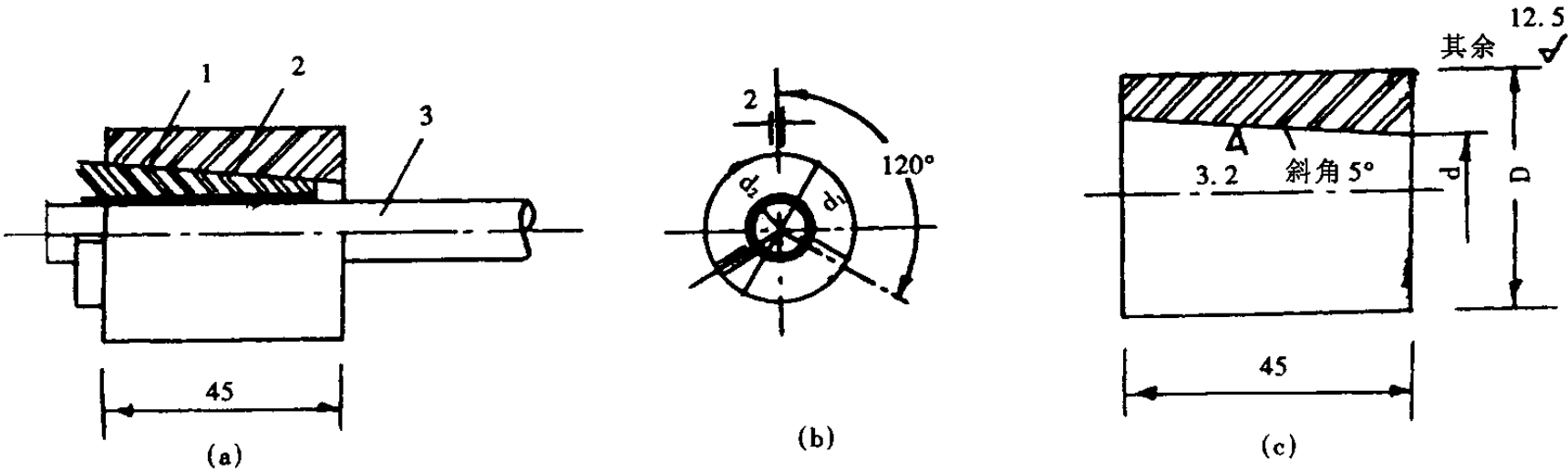


图5 - 9 圆套筒三片式夹具

(a) 装配图 (b) 夹片 (c) 套筒

1 . 套筒2 . 夹片3 . 预应力钢筋

4 . 对夹具的要求

先张法用夹具的静载锚固性能，由预应力夹具组装件（由夹具和预应力筋组装成），静载锚固试验测定的夹具效率系数 G 确定。夹具的静载锚固效率系数应符合下列要求：

$$G = \frac{F_{UG}^o}{C \cdot F_{UG}^C} \geq 0.95$$

式中  $G$  —— 夹具效率系数；

$F_{UG}^{\circ}$  —— 预应力夹具组装件的实测破断拉力 (N)；

$F_{UG}^C$  —— 预应力夹具组装件中各根预应力筋破断拉力之和 (N)；

$C$  —— 预应力筋的效率系数。对于重要的预应力混凝土工程，参照《预应力锚夹具技术标准》确定。对于一般预应力混凝土工程，当预应力筋为钢丝、钢绞线或热处理钢筋时，取  $C = 0.97$ ；当预应力筋为冷拉、 $\text{II}$ 、 $\text{III}$  级钢筋时，取  $C = 1.00$ 。

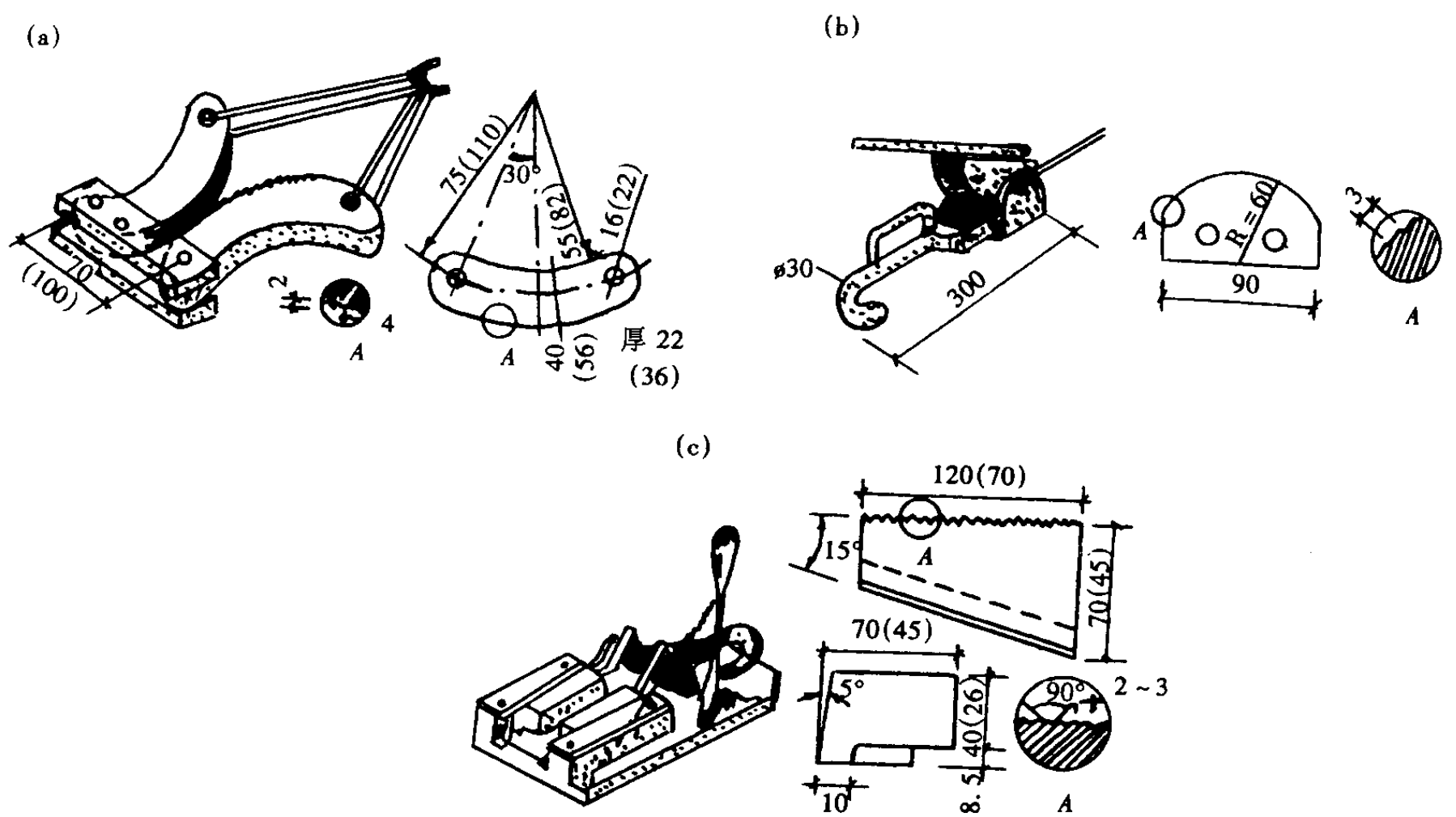


图5 -10 张拉夹具

(a) 月牙形夹具 (b) 偏心式夹具 (c) 楔形夹具

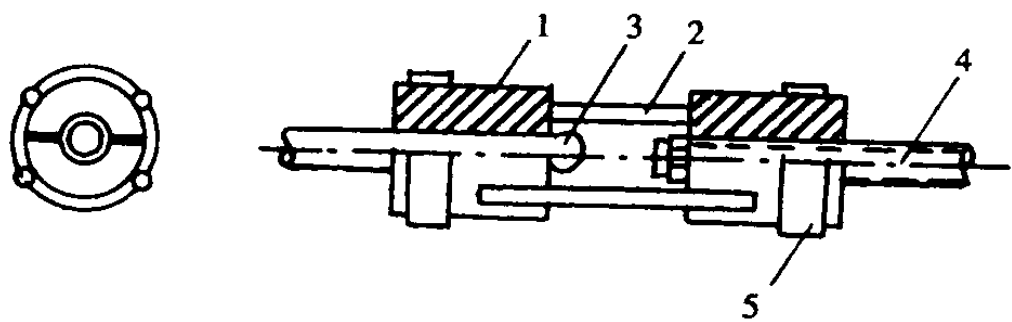


图5 -11 套筒双拼式连接器

1. 半圆套筒2. 连接筋3. 钢筋镦头4. 工具式螺丝杆5. 钢圈

除上述要求外，夹具还应具备下列性能：

(1) 在预应力夹具组装件达到实际破断拉力时，全部零件均不得出现裂缝和破坏；

(2) 应有良好的自锚性能；

③) 应有良好的放张性能。需大力敲击才能松开的夹具，必须证明其对预应力筋的锚固无影响，且对操作人员安全不造成危险时，才能采用。

先张法用的连接器，必须符合夹具的性能要求。

三、张拉设备

张拉设备要求简易可靠，控制应力准确，能以稳定的速率增大拉力。在先张法中常用油压千斤顶、卷扬机（包括电动和手动）、电动或手动螺杆张拉机具等来张拉钢筋。其中除用油压千斤顶张拉可从油压表直接求得张拉应力值外，其余张拉机具则一般用弹簧测力计、杠杆测力器、荷重控制等不同方法来量测张拉力值。也有的采用电阻应变式传感器控制张拉力，可以达到很高的精度。

图5 -12 为用油压千斤顶成组张拉钢筋的布置。

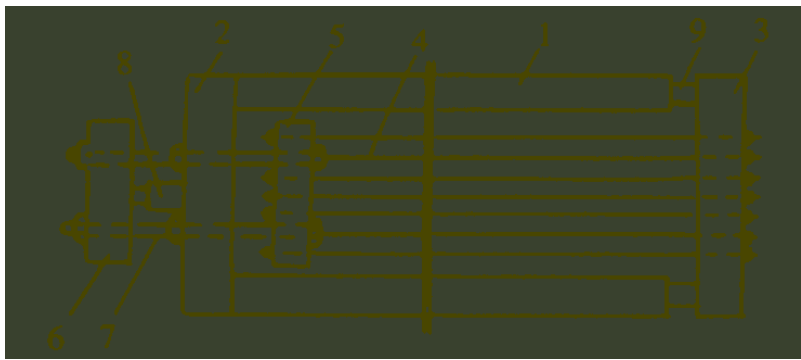


图5 -12 油压千斤顶成组张拉

1. 台座 2、3. 前后横梁 4. 钢筋 5、6. 拉力架横梁 7. 大螺丝杆 8. 油压千斤顶 9. 放松装置

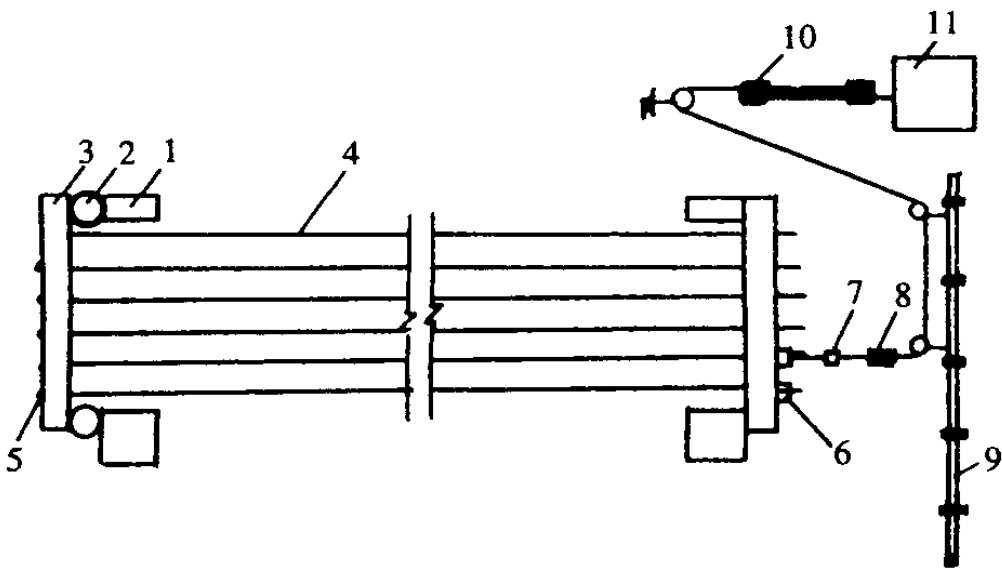


图5 -13 卷扬机张拉布置

1. 台座 2. 放松装置 3. 横梁 4. 钢筋 5. 镢头锚固 6. 穿心式夹具 7. 张拉夹具 8. 弹簧测力计 9. 固定梁 10. 滑轮组 11. 卷扬机

图5 -13 为用卷扬机进行单根钢筋张拉和用弹簧测力计测力的布置图。当台座长度较大，而一般千斤顶的行程不能满足长台座的需要时，采用此种方法较为有效。如无卷扬机时，采用倒链和滑轮组亦同样可以满足张拉要求。

图5 -14 为电动螺杆张拉机，它由螺杆5、顶杆6、张拉夹具10、弹簧测力计11 等组成。使用时，先用张拉夹具夹紧钢丝8，然后开动电动机1，通过皮带、齿轮，使齿轮螺母4（外有齿，内有螺纹）转动。由于齿轮螺母只能旋转，不能移动，故迫使螺杆作直线运动而张拉钢丝。张拉冷拔低碳钢丝用的电动螺杆张拉机张拉能力为10kN，可采用1kW 电动机，螺杆直径约30mm，螺杆行程应能适应长台座的需要（约800mm），张拉速度约每分钟1m。

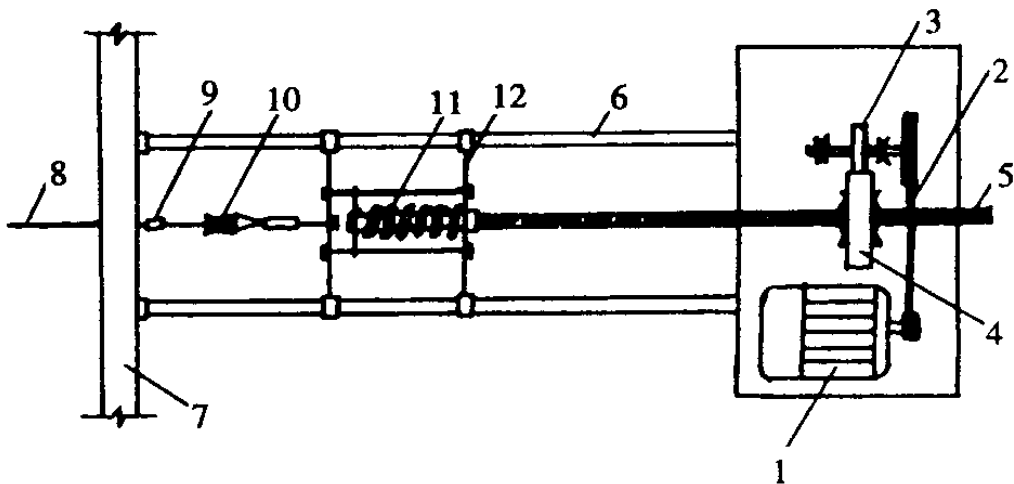


图5 -14 电动螺杆张拉机

1. 电动机2. 皮带3. 齿轮4. 齿轮螺母5. 螺杆6. 顶杆7. 台座  
横梁8. 钢丝9. 锚固夹具10. 张拉夹具11. 弹簧测力计12. 滑动架

图5 -15 为卷扬机张拉、杠杆测力装置示意图，由电动卷扬机9、杠杆测力装置及张拉夹具1 等组成，装在窄轨小车上。使用时根据钢丝的拉力，先挂好砝码6，用张拉夹具1 夹紧钢丝10 后，开动卷扬机9，即可张拉钢丝。当张拉到要求的拉力时，杠杆4 向上摆动，装在杠杆端部的断路器5 即自动脱开，卷扬机立即停车。采用杠杆测力器代替弹簧测力计，能克服因弹簧疲劳等原因造成的测力误差，缺点是杠杆制造精度要求较高。

此外，对单根钢筋的张拉还可用穿心式千斤顶、锥锚式千斤顶、拉杆式千斤顶等。

选择张拉机具时，为了保证设备、人身安全和张拉力准确，张拉机具的张拉力应不小于预应力筋张拉力的1.5 倍，张拉机具的张拉行程应不小于预应力筋张拉伸长值的1.1 ~1.3 倍。

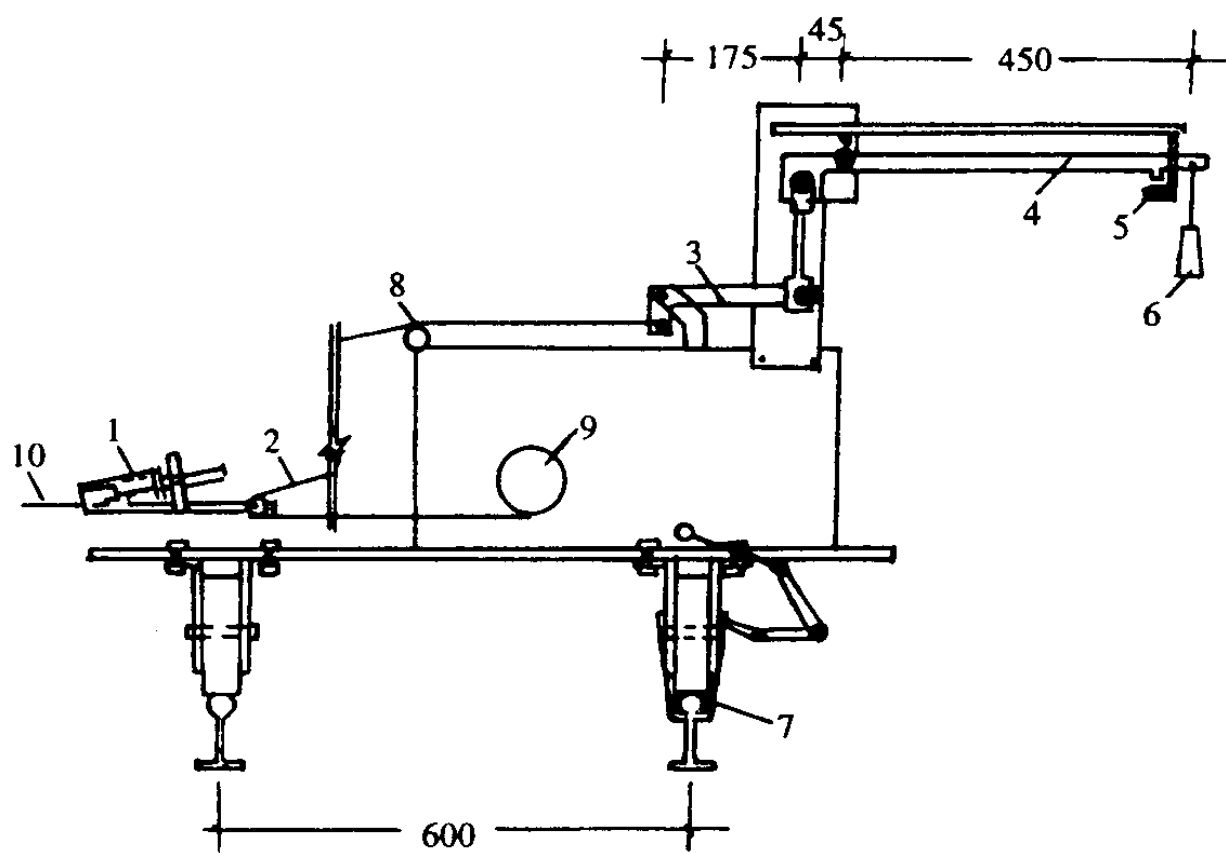


图5 -15 卷扬机张拉、杠杆测力装置示意图

1．钳式张拉夹具2．钢丝绳3 4．杠杆5．断电器6．砝码7．夹轨器8．导向轮9．卷扬机10．钢丝

## 四、先张法施工工艺

### 1．张拉前的准备工作

制作的安装定位板，检查定位板上的钻孔位置和孔径大小。预应力筋为粗钢筋时，定位板下面孔眼与台面距离必须准确，以确保钢筋的保护层厚度。

长线台座台面（或胎模）在铺放钢丝前应涂隔离剂。隔离剂不应沾污钢丝，以免影响钢丝与混凝土的粘结。如果预应力筋遭受污染，应使用适当的溶剂加以清洗。在生产过程中，应防止雨水冲刷掉台面上的隔离剂。

预应力钢丝宜用牵引车铺设。如钢丝需要接长，可借助于钢丝拼接器用20 ~22 号铁丝密排绑扎（图5 -16）。绑扎长度：对冷拔低碳钢丝不得小于40d（d 为钢丝直径）；对高强刻痕钢丝不得小于80d。预应力钢筋铺设时，钢筋之间或钢筋与螺杆之间的连接可采用钢筋连接器（图5 -17 ~5 -19）。

### 2．预应力筋的张拉

预应力筋张拉应根据设计要求进行。当进行多根成组装拉时，应先调整各预应力筋的初应力，使其长度、松紧一致，以保证张拉后各预应力筋的应力一致。



图5 -16 钢丝拼接器  
1．拼接器2．钢丝

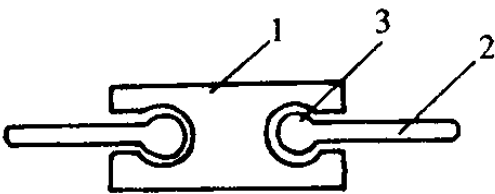


图5 -17 简易镦头钢筋连接器  
1．连接器2．预应力筋3．镦粗头

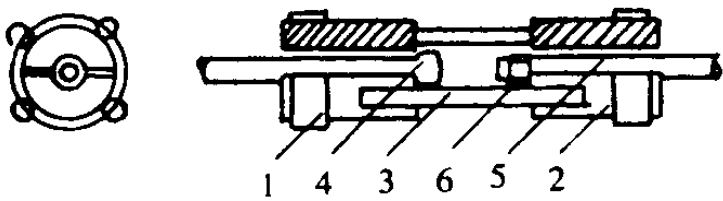


图5 -18 对拼式套筒连接器  
1．钢圈2．半圆形套筒3．连接钢筋  
4．预应力筋5．螺丝端杆6．螺母

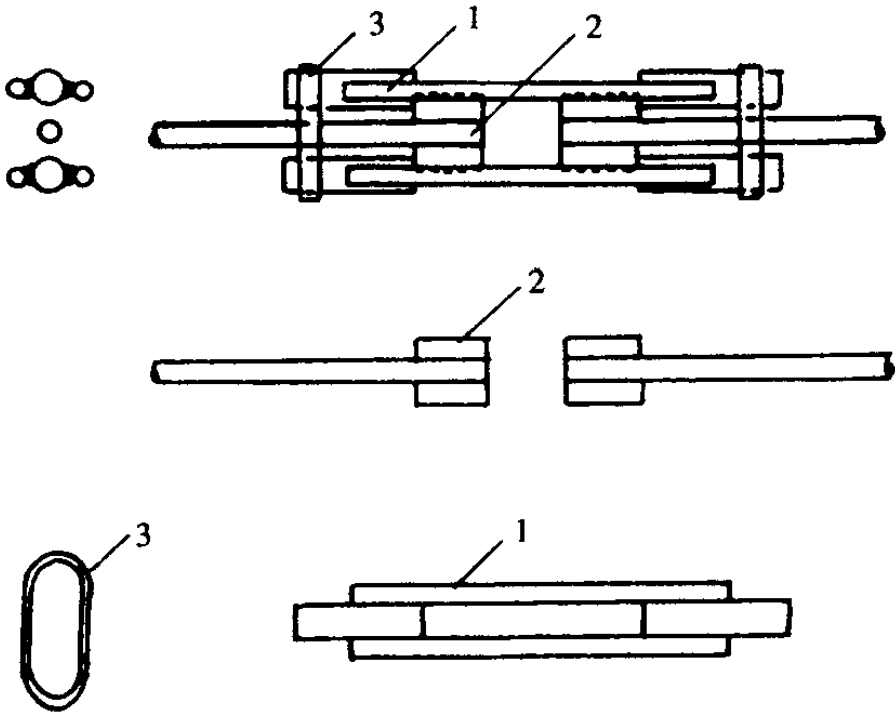


图5 -19 双拼式帮条连接器  
1．连接器2．被连接的钢筋3．钢圈

预应力筋张拉控制应力  $\sigma_{con}$  按设计规定，设计无规定时可参考表5 -2。张拉控制应力的数值影响预应力的效果，控制应力愈高，建立的预应力值则大。但控制应力过高，预应力筋处于高应力状态，使构件出现裂缝的荷载与破坏荷载接近，破坏前无明显的预



兆，这是不允许的。此外，施工中为减少由于松弛等原因造成的预应力损失，一般要进行超张拉。如果原定的控制应力过高，再加上超张拉就可能使钢筋的应力超过屈服点。为此，预应力筋的最大超张拉力，对冷拉Ⅱ级钢筋不得大于屈服点的95 %；钢丝、钢绞线和热处理钢筋不得大于标准强度的80 %。张拉后实际预应力值的偏差不得大于或小于规定值的5 %。

表5 -2 张拉控制应力值（σ<sub>on</sub>）

钢种	张拉方法	
	先张法	后张法
碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线	0.75f <sub>pu</sub> k	0.70f <sub>pu</sub> k
冷拔低碳钢丝、热处理钢筋	0.70f <sub>pu</sub> k	0.65f <sub>pu</sub> k
冷拉热轧钢筋	0.90f <sub>pv</sub> k	0.85f <sub>pv</sub> k

注：钢筋标准强度f<sub>pu</sub>k 及f<sub>pv</sub>k。 在下列情况下，表中的数值允许提高0.05f<sub>pu</sub>k 或0.05f<sub>pv</sub>k：AA．为了提高构件制作、运输及吊装阶段的抗裂度而设置在使用阶段受压区的预应力钢筋。B．为了部分抵消由于应力松弛、摩擦、钢筋分批张拉以及预应力钢筋与张拉台座之间的温差因素产生的预应力损失。

碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线、热处理钢筋、冷拔低碳钢丝的张拉控制应力 σ<sub>on</sub>，不应小于0.4f<sub>pu</sub>k；冷拉热轧钢筋的张拉控制应力值 σ<sub>on</sub> 不应小于0.5f<sub>pv</sub>k。

张拉程序可按下列程序之一进行：

0 ———→ 105 % σ<sub>on</sub>  $\xrightarrow{\text{持荷2min}}$  σ<sub>on</sub> ；  
或 0 ———→ 103 % σ<sub>on</sub>。

建立上述张拉程序的目的是为了减少松弛损失。所谓“松弛”，即钢材在常温高应力状态下具有不断产生塑性变形的特点。松弛与控制应力大小和延续时间有关，松弛损失随着时间的延续而增加，但在第一分钟内可完成损失总值的50 %左右，24h 内则可完成80 %。上述张拉程序，如先超张拉5 % σ<sub>on</sub> 再持荷2min，则可减少50 %以上的松弛损失。超张拉3 % σ<sub>on</sub>，亦是為了弥补预应力钢筋的松弛等原因所造成的预应力损失。

用应力控制张拉时，为了校核预应力值，在张拉过程中应测出预应力筋的实际伸长值。如实际伸长值大于计算伸长值10 % 或小于计算伸长值5 %，应暂停张拉，查明原因。预应力筋的计算伸长值 L 按下式计算：

$$L = \frac{N_p \cdot L}{A_p \cdot E_s}$$

式中 N<sub>p</sub> ——预应力筋的平均张拉力（kN），对曲线筋取张拉端的拉力与跨中扣除孔道摩擦损失后的拉力的平均值；

L ——预应力筋的长度（mm）；

Ap ——预应力筋的截面面积 (mm<sup>2</sup>) ;  
Es ——预应力筋的弹性模量 (kN /mm<sup>2</sup>)。

预应力筋的实际伸长值，宜在初应力约为10 % σ<sub>on</sub> 时量测，并应加上初应力以下的推算伸长值。

张拉时应以稳定的速度逐渐加大拉力，并使拉力传到台座横梁上，而不应使预应力筋或夹具产生次应力（如钢丝在分丝板、横梁或夹具处产生尖锐的转角或弯曲）。锚固时，敲击锥塞或楔块应先轻后重，与此同时，倒开张拉机，放松钢丝，两者应密切配合，既要减少钢丝滑移，又要防止锤击力过大，导致钢丝在锚固夹具与张拉夹具处受力过大而断裂。张拉设备应逐步放松。为避免台座承受过大的偏心力，应先张拉靠近台座截面重心处的预应力筋。

张拉完毕，预应力筋对设计位置的偏差不得大于5mm，也不得大于构件截面短边边长的4 %。

多根钢丝同时张拉时，断裂和滑移的钢丝数量，不得超过结构同一截面钢材总根数的5 %，且严禁相邻两根预应力钢丝断裂或滑脱。构件在浇筑混凝土前发生断裂或滑脱的预应力钢丝必须予以更换。

同时张拉多根预应力钢丝时，应预先调整初应力，使其相互间的应力一致。张拉后应抽查钢丝应力值，其偏差不得大于设计规定预应力值的 ±5 %。测定钢丝的应力可用测力计，其原理如图5 -20 所示：在受拉钢丝的某一段L 设两支点A、B，在AB 段中点加一横向力P，则钢丝的挠度f 和其拉力N 的关系式为：

$$N = \frac{P \cdot L}{4f}$$

若L 取定值，f 为常数，则N 与P 成正比。2CN -1 型钢丝测力计（图5 -21）就是依此原理制成的。使用时，先用挂钩2 钩住钢丝，旋转螺丝，使测头与钢丝接触，此时表4 表5 的读数均为零，进一步旋转螺丝9，使挠度百分表4 的读数达到某一常数（实验确定）时，从测力百分表5 的读数便可知钢丝的拉力N。该测力计的精度为2 %，使用前应经过标定。实际施工中，亦可根据敲击钢丝发出的声音来差别钢丝的应力是否一致。

3．混凝土的浇筑与养护

确定混凝土的配合比时，应考虑尽量减少混凝土的收缩和徐变，以减少其预应力损失。

预应力筋张拉、绑扎和立模工作完成之后，即应浇筑混凝土，每条生产线应一次浇筑完毕。为保证钢线与混凝土有良好的粘结，浇筑时振动器不应碰钢丝。混凝土未达到一定强度前也不允许碰撞或踩动钢丝。

预应力混凝土可采用自然养护或湿热养护。当预应力混凝土进行湿热养护时，应采

取正确的养护制度以减少由于温差引起的预应力损失。预应力筋张拉后锚固在台座上，温度升高后预应力筋膨胀，而台座的温度和长度无变化，因而预应力筋的应力减少。如果在这种情况下混凝土逐渐硬结，而预应力筋由于温度升高而引起的应力减少则永远不能恢复，这就是温差引起的应力损失。为了减少这种应力损失，应使混凝土在达到一定强度（粗钢筋配筋时为7.5MPa，钢丝、钢绞线配筋时为10MPa）之前，将温差限制在一定范围内（一般不超过20℃）。以机组流水法或传送带法用钢模制作预应力混凝土构件，湿热法养护时由于钢模与预应力筋同样伸缩，故不存在因温差而引起的预应力损失。

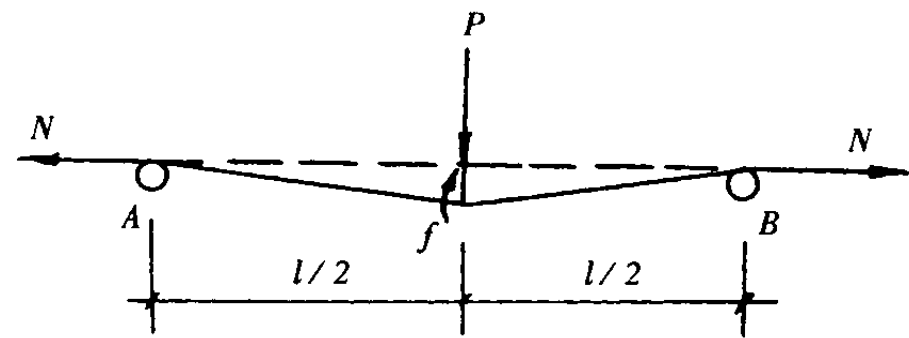


图5 -20 钢丝测力计原理

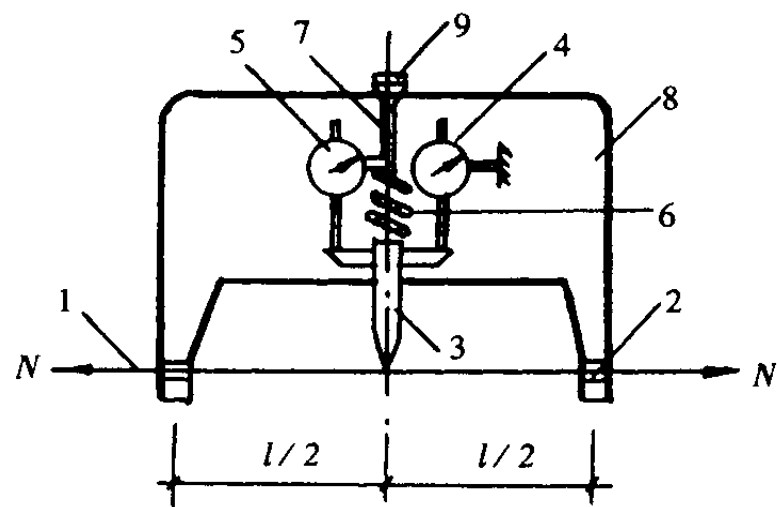


图5 -21 2CN—1 型钢丝测力计

- 1 . 钢丝2 . 挂钩3 . 测头4 . 测挠度百分表  
5 . 测力百分表6 . 弹簧7 . 推杆8 . 表架9 . 螺丝

4 . 预应力筋放张

放张预应力筋时，混凝土强度必须符合设计要求。如设计无要求时，不得低于设计的混凝土强度标准值的75 %。放张过早会由于预应力筋回缩而引起较大的预应力损失。

(1) 放张方法。配筋不多的中小型钢弦混凝土构件，钢丝可用砂轮锯或切断机切断等方法放张。配筋多的钢弦混凝土构件，钢丝应同时放张，如逐根放张，则最后几根钢丝将由于承受过大的拉力而突然断裂，易使构件端部开裂。放张后预应力筋的切断顺序，一般由放张端开始，逐次切向另一端。

预应力筋为钢筋时，对热处理钢筋及冷拉Ⅲ级钢筋，不得用电弧切割，宜用砂轮锯或切断机切断。数量较多时，应同时放张，可用油压千斤顶、砂箱、楔块等装置，如图5 -22 所示。

(2) 放张顺序。对轴心受压构件（压杆、桩等），所有预应力筋应同时放张。对偏心受压构件（梁），应先同时放张预压力较小区域的预应力筋，再同时放张预压力较大区域的预应力筋。如不能满足上述要求时，应分阶段、对称、相互交错进行放张，以防止在放张过程中，构件产生翘曲、裂纹及预应力筋断裂等现象。

放张前，应拆除侧模，使放张时构件能自由压缩，否则将损坏模板或造成构件开裂。对有横肋的构件（如大型屋面板），其横肋断面应有合宜的斜度，或采用活动模板，以免放张钢筋时，构件端肋开裂。



图5 -22 预应力筋放张装置

(a) 千斤顶放张装置 (b) 砂箱放张装置 (c) 楔块放张装置

1．横梁2．千斤顶3．承力架4．夹具5．钢丝6．构件7．活塞8．套箱9．套箱底板10．砂11．进砂口（ 25 螺丝）12．出砂口（ 16 螺丝）13．台座14、15．钢固定楔块16．钢滑动楔块17．螺杆18．承力板19．螺母

第三节 后张法

后张法是先制作混凝土构件，并在构件中按预应力筋的位置预留出孔道，待构件混凝土强度达到规定数值后，穿入预应力筋，用张拉机具进行张拉，并利用锚具将张拉完毕后的预应力筋锚固在构件端部。预应力筋的张拉力，通过构件端部的锚具传给混凝土，使其产生预压应力。张拉锚固后，立即在预留孔道内灌浆，使预应力筋不受锈蚀，并与构件形成整体。图5 -23 为预应力混凝土后张法生产示意图。

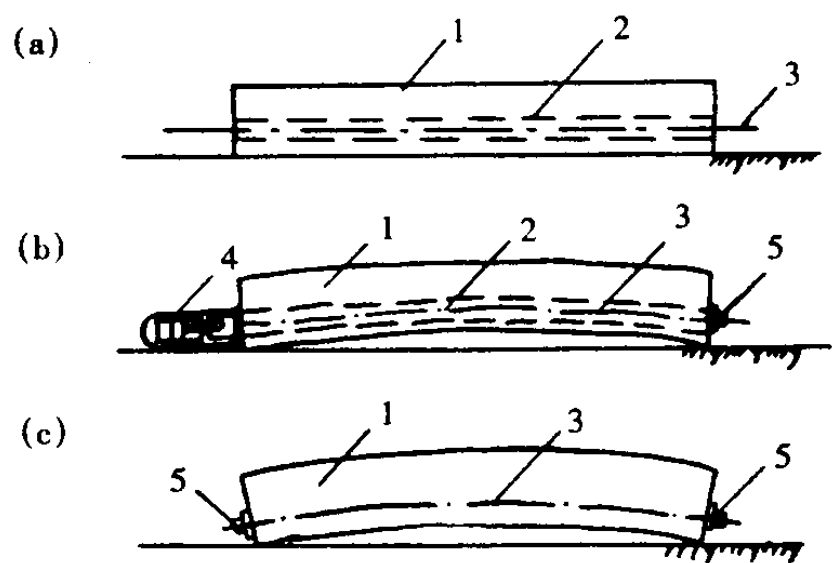


图5 -23 预应力混凝土后张法生产示意图

(a) 制作混凝土构件 (b) 张拉钢筋 (c) 锚固和孔道灌浆  
1. 混凝土构件 2. 预留孔道 3. 预应力筋 4. 千斤顶 5. 锚具

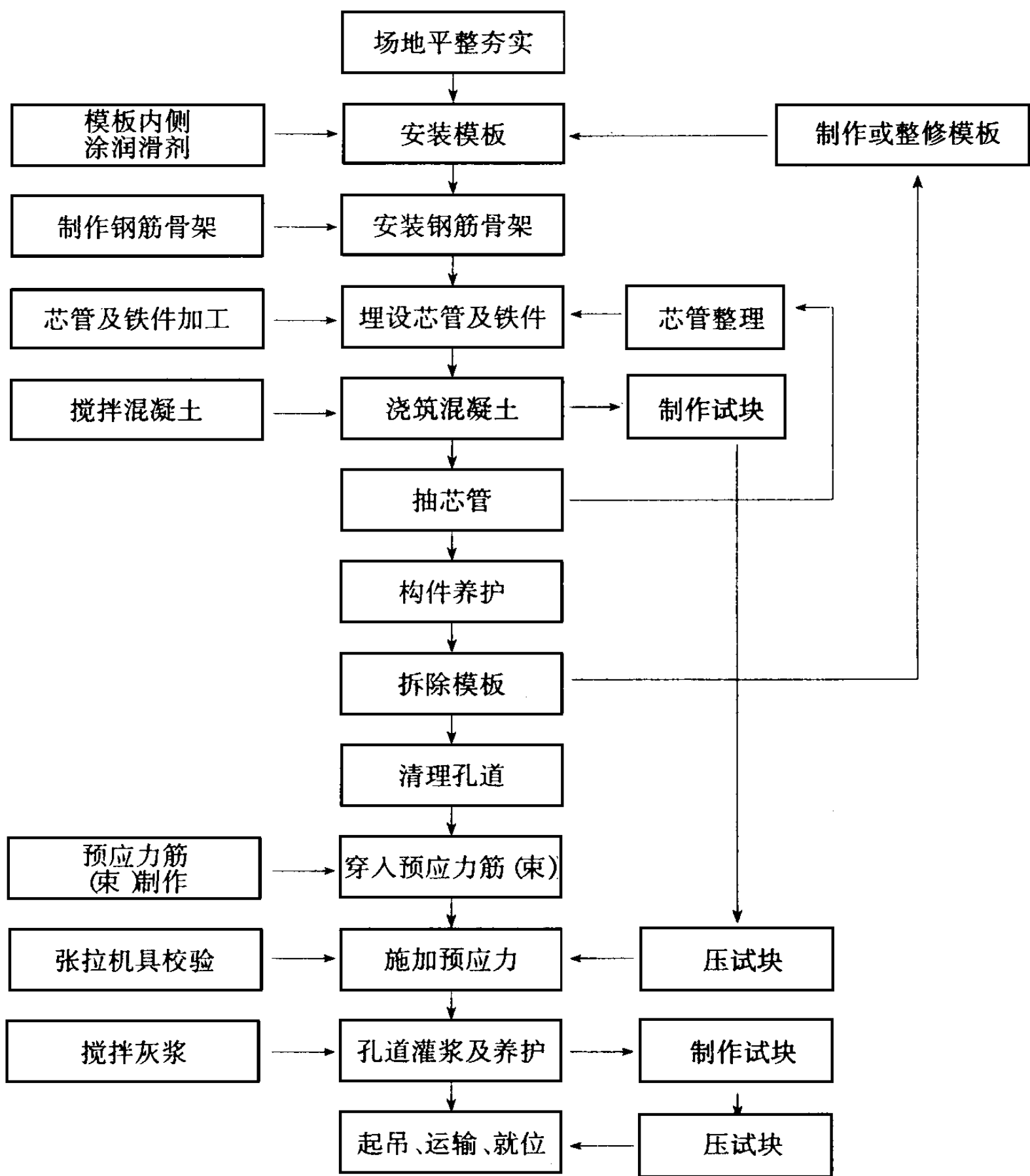


图5 -24 后张法生产工艺流程示意图

后张法的生产工艺流程见图5 -24 。

后张法的优点是直接在构件上张拉，不需要专门的台座；现场生产，可避免构件的长途搬运，所以适宜于在现场生产大型构件，特别是大跨度构件，如薄腹梁、吊车梁和屋架等。后张法还可作为一种预制构件的拼装手段，可先在预制厂制作小型块体，运到现场后，穿入钢筋，通过施加预应力拼装成整体。但后张法需要在钢筋两端设置锚具，永远留在构件上，不能重复使用，耗用钢材较多，且要求加工精密。同时，由于留孔、穿筋、灌浆及锚具部位预压应力集中处需加强配筋等原因，使构件端部构造和施工操作都比先张法复杂，故造价一般比先张法高。

一、锚具和预应力筋的制作

在后张法中，预应力筋、锚具和张拉机具是配套使用的。后张法中常用的预应力筋有：单根粗钢筋、钢筋束（或钢绞线束）和钢丝束三类，它们是由冷拉 ~ 级钢筋、碳素钢丝和钢绞线制成的。锚具按其锚固性能分为两类： 类锚具和 类锚具。

类锚具适用于承受动、静载的无粘结或有粘结的预应力混凝土结构， 类锚具仅适用于有粘结预应力混凝土结构，且锚具只能处于预应力筋应力变化不大的部位。

、 类锚具的静载锚固性能，由预应力锚具组装件（由锚具的全部零件和预应力筋组装成）静载试验测定的锚具效率系数  $A$  和破断时的总应变  $u$  确定

类锚具： $A \geq 0.95$   
 $u \geq 2.0\%$

类锚具： $A \geq 0.9$   
 $u \geq 1.7\%$

锚具效率系数  $A$  按下式计算：

$$A = \frac{F_{u,A}}{c \cdot F_{u,C,A}}$$

式中  $F_{u,A}$ ，——预应力锚具组装件的实测破断拉力；  
 $F_{u,C,A}$  ——预应力锚具组装件中各根预应力筋破断拉力之和；  
 $c$ ——预应力筋的效率系数，取值同先张法。

类锚具组装件，除必须满足静载锚固性能外，尚须满足循环次数为200 万次的疲劳性能试验。如用在抗震结构中，还应满足循环次数为50 次的周期荷载试验。

此外，锚具尚应具有下列性能：在预应力锚具组装件达到实际破断拉力时，全部零件均不得出现裂缝和破坏；除能满足分级张拉和补张拉外，尚宜具有能放张预应力筋的性能；锚具或其附件上宜设置灌浆孔。

1. 单根粗钢筋

(1) 锚具。单根粗钢筋的预应力筋，张拉端一般用螺丝端杆锚具，固定端一般用帮条锚具或镦头锚具。

螺丝端杆锚具由螺丝端杆和螺母及垫板组成，见图5 -25。螺丝端杆与预应力筋对焊连接，张拉设备张拉螺丝端杆用螺母锚固。这种锚具适用于直径18 ~36mm 的 、级钢筋。螺丝端杆与预应力筋的焊接，应在预应力钢筋冷拉以前进行。预应力筋进行冷拉时，螺母应在端杆的端部，使拉力由螺母传至端杆和预应力筋。

帮条锚具是由一块方形或圆形衬板与三根互成120°的帮条焊接而成，见图5 -26。适用于锚固直径在12 ~40mm 的冷拉 、级钢筋。帮条应在预应力筋冷拉前焊接。

镦头锚具是由镦头和垫板组成。当预应力筋直径在22mm 以内时，端部镦头可用对焊机热镦，将钢筋及紫铜棒夹入对焊机的两电极中，使钢筋端面与紫铜棒接触，进行脉冲式通电加热，当钢筋加热至紫红色呈可塑状态时，即逐渐加热加压，直至形成镦头为止，见图5 -27。当钢筋直径较大时可采用加热锻打成型。

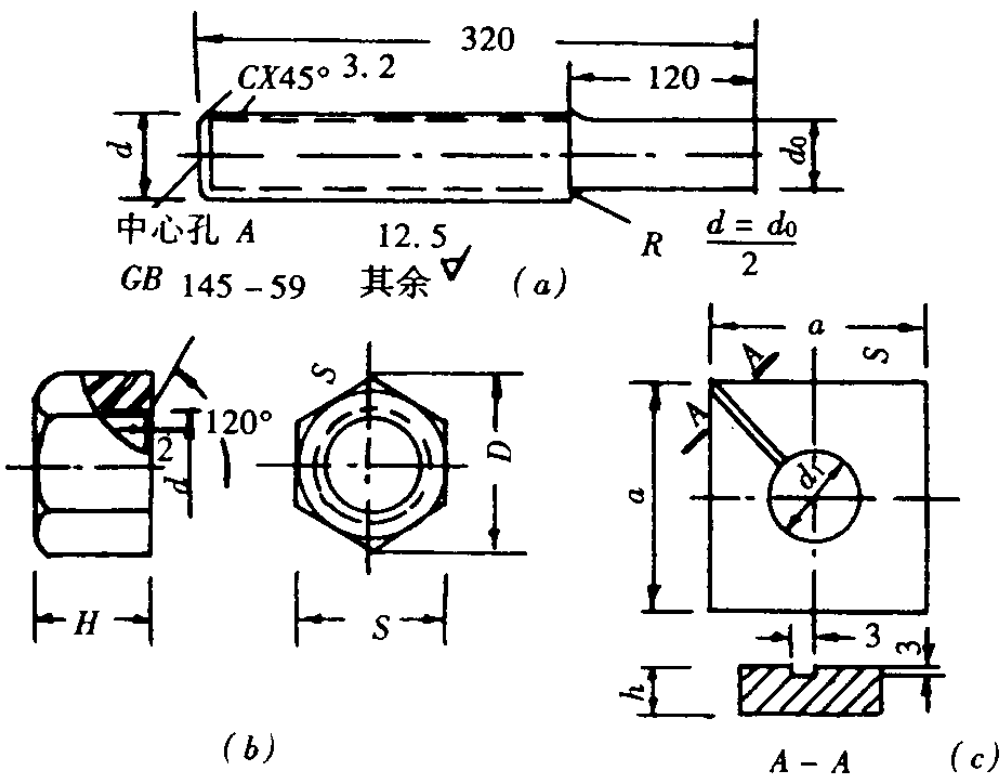


图5 -25 螺丝端杆锚具

(a) 螺丝端杆 (b) 螺母 (c) 垫板

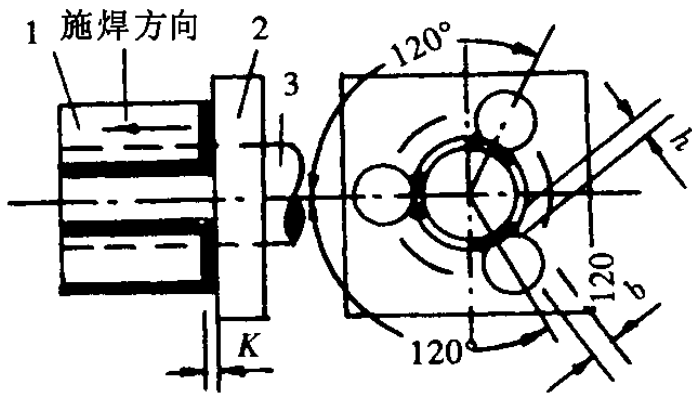


图5 -26 帮条锚具

1. 帮条2. 衬板3. 主筋

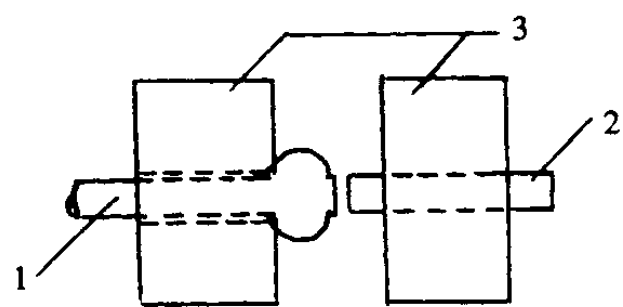


图5 -27 钢筋热镦示意图

1 . 钢筋2 . 紫铜棒3 . 电极

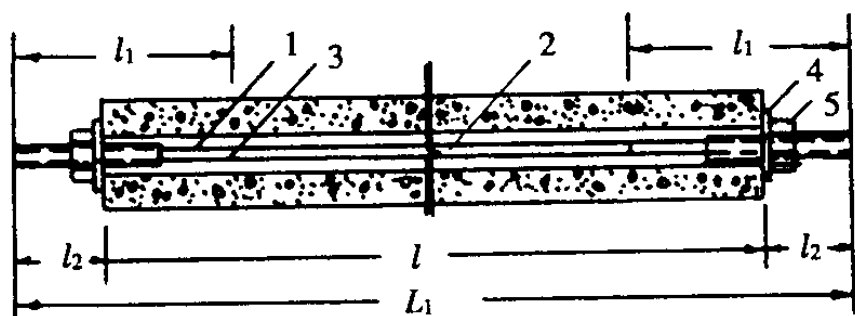


图5 -28 粗钢筋下料长度计算示意图

1 . 螺丝端杆2 . 预应力钢筋  
3 . 对焊接头4 . 垫板5 . 螺母

②) 预应力筋制作。单根粗钢筋预应力筋的制作，包括配料、对焊、冷拉等工序。预应力筋的下料长度应计算确定，计算时要考虑结构的孔道长度、锚具厚度、千斤顶长度、焊接接头或镦头的预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值等。现以两端用螺丝端杆锚具预应力筋为例，说明其下料长度的计算（图5 -28）如上：

预应力筋的成品长度（即预应力筋和螺丝端杆对焊并经冷拉后的全长） $L_1$ ：

$$L_1 = L + 2L_2$$

预应力筋（不包括螺丝端杆）冷拉后需达到的长度 $L_0$ ：

$$L_0 = L_1 - 2L_1$$

预应力筋（不包括螺丝端杆）冷拉前的下料长度 $L$ ：

$$L = \frac{L_0}{1 + \frac{\Delta L}{L_0}} + n \cdot \Delta L$$

式中  $L$  ——构件的孔道长度；

$L_2$  ——螺丝端杆伸出构件外的长度；

张拉端： $L_2 = 2H + h + 5\text{mm}$ ；

锚固端： $L_2 = H + h + 10\text{mm}$ ；

$L_1$  ——螺丝端杆长度，一般为320mm；

——预应力筋的冷拉率（由试验确定）；

——预应力筋的冷拉弹性回缩率（一般为0.4%~0.6%）；

$n$  ——对焊接头数量；

——每个对焊接头的压缩量（一般为20~30mm）；

$H$  ——螺母高度；

$h$  ——垫板厚度。

2. 钢筋束和钢绞线束

(1) 锚具。钢筋束和钢绞线束目前使用的锚具有JM 型、XM 型和镦头锚具等。



JM 型锚具由锚环与六片夹片组成，见图5 -29。夹片呈扇形，用两侧的半圆槽锚固预应力筋。为增加夹片与预应力筋之间的摩擦，在半圆槽内刻有截面为梯形的齿痕，夹片背面的坡度与锚环一致。锚环分甲型和乙型两种，甲型锚环为具有锥形内孔的圆锥体，外形比较简单，使用时直接放置在构件端部的垫板上；乙型锚环在圆柱体外部增添正方形肋板，使用时，锚环直接预埋在构件的端部，不另设置垫板。

JM 型锚具可用于锚固3 ~6 根直径为12mm 的光圆或螺纹的钢筋束，也可用于锚固5 ~6 根直径为12mm 或15mm 的钢绞线束。JM 锚具也可以作工具锚重复使用，但如发现夹筋孔的齿纹有轻度损伤时，即应改为工作锚使用。

XM 型锚具是一种新型锚具。它既可用于锚固钢绞线束，又可用于锚固钢丝束；既可锚固单根预应力筋，又可锚固多根预应力筋；当用于多根预应力筋时，既可单根张拉，逐根锚固，又可成组张拉，成组锚固；它既可用作工作锚，又可用作工具锚。XM 型锚具通用性好，锚固性能可靠，施工方便，且便于高空作业。XM 型锚具由锚环和三块夹片组成，见图5 -30。

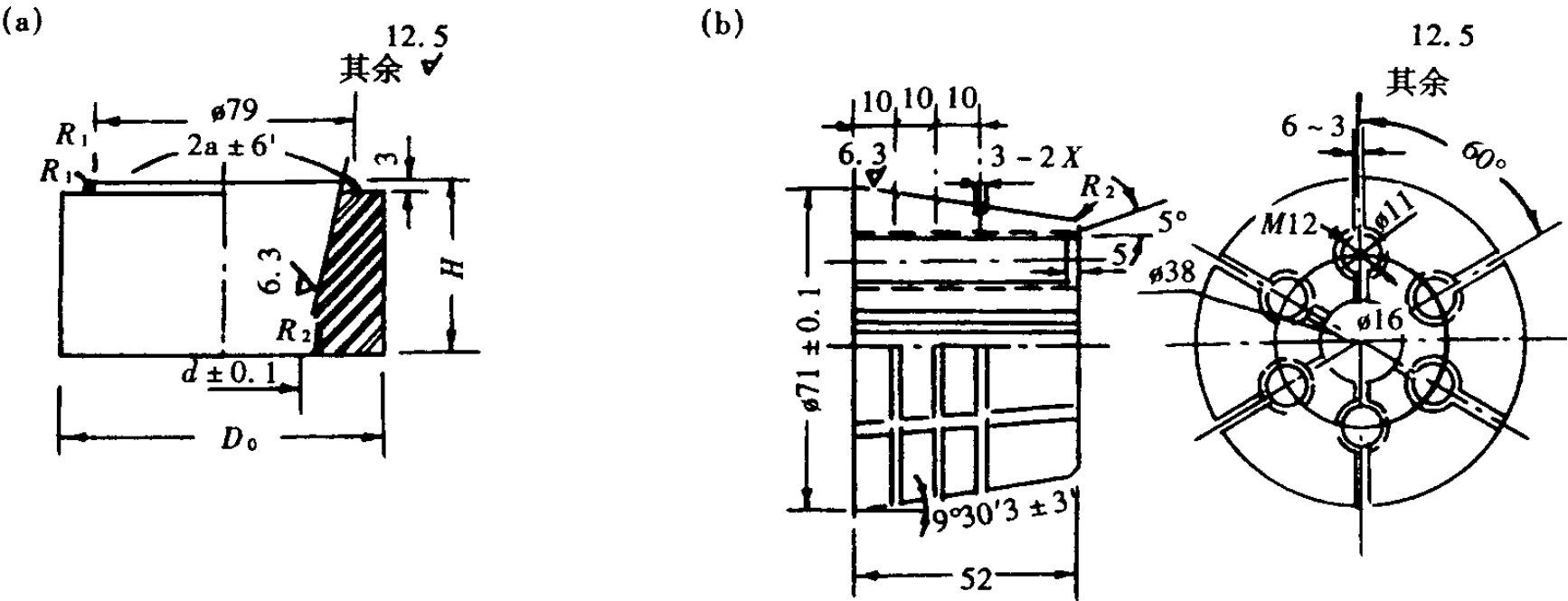


图5 -29 JM 型锚具

(a) 锚环 (b) 绞JM -12 -6 夹片



图5 -30 XM 型锚具

(a) 单根XM 型锚具 (b) 多根XM 型锚具

1. 夹片 2. 锚环 3. 锚板

XM 型锚具的锚环用45 号钢制作，夹片为120 均分的三片式夹片，夹片的开缝沿轴向有倾斜角，倾斜角的方向与钢绞线的扭角相反，以确保夹片能夹紧钢绞线或钢丝束中每一根外围钢丝，形成可靠的锚固。XM 型锚具在充分满足自锚条件下，夹片的锥面选用了较大的锥角，使XM 型锚具可兼作工具锚。作工具锚用时，张拉前在夹片与锚环之间加垫一层厚约0.5mm 的普通塑料薄膜（品种不限），张拉完毕后用锤轻轻一击，即可松开锚具重复使用。当夹片与锚环之间的摩擦角小于夹片的锥角时，张拉完毕，张拉力消失，在反推力作用下，即能自动松开夹片。XM 型锚具变形和钢筋回缩值经实测：有顶压时为4mm，无顶压时为8mm。

2) 钢筋束、钢绞线束的制作。钢筋束所用钢筋一般是成盘圆状供应，长度较长不需对焊接长。钢筋束预应力筋的制作工序一般是：开盘冷拉 下料 编束。

当采用JM 型、XM 型锚具，用穿心式千斤顶张拉时，钢筋束和钢绞线束的下料长度L，应等于构件孔道长度加上两端为张拉、锚固所需的外露长度，如图5 -31 所示，按下式计算：

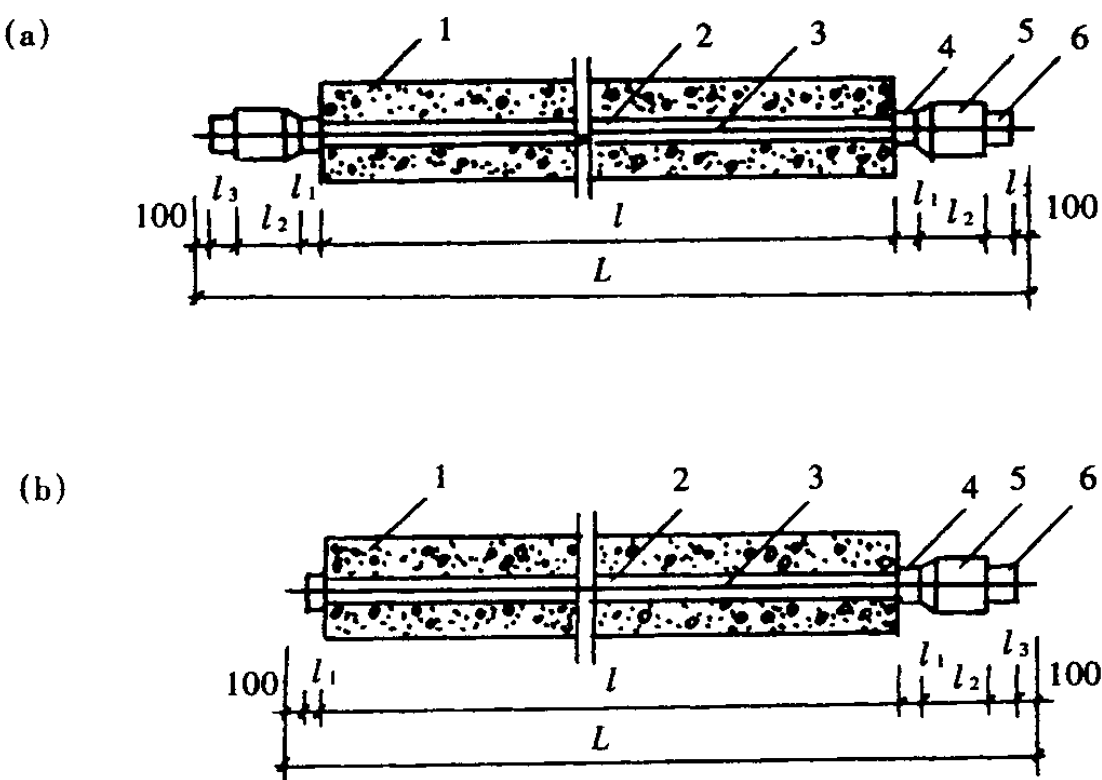


图5 -31 钢筋束、钢绞线束下斜长度计算简图

(a) 两端张拉 (b) 一端张拉

1. 混凝土构件 2. 孔道 3. 钢绞线 4. 夹片式工作锚 5. 穿心式千斤顶 6. 夹片式工具锚

两端张拉时： $L = l + 2(l_1 + l_2 + l_3 + 100)$

一端张拉时： $L = l + 2(l_1 + 100) + l_2 + l_3$

式中 l —— 虚构件的孔道长度 (mm)；

$l_1$  —— 工作锚厚度 (mm)；

$l_2$ ——穿心式千斤顶长度 (mm)；

$l_3$ ——夹片式工具锚厚度 (mm)。

热处理钢筋、冷拉 级钢筋及钢绞线下料切断时，宜采用切断机或砂轮锯切断，不得采用电弧切割。钢绞线切断前，在切口两侧各50mm 处，应用铅丝绑扎，以免钢绞线松散。

钢绞线束或钢筋束预应力筋的编束，主要是为了保证穿入构件孔道中的预应力筋束不发生扭结。编束工作是将钢筋或钢绞线理顺后，用铅丝每隔1m 左右绑扎成束，在穿筋时尽可能注意防止扭结。

3. 钢丝束：

(1) 锚具。钢丝束一般由几根到几十根直径3 ~5mm 平行的碳素钢丝组成。目前采用的锚具有钢质锥形锚具、XM 型锚具和钢丝束镦头锚具等。

钢质锥形锚具（又称弗氏锚具）由锚环和锚塞组成，用于锚固以锥锚式双作用千斤顶张拉的钢丝束。钢丝分布在锚环锥孔的内侧，由锚塞塞紧锚固。锚环内孔的锥度应与锚塞的锥度一致。锚塞上刻有细齿槽，夹紧钢丝防止滑动，见图5 -32。锥形锚具的主要缺点是当钢丝直径误差较大时，易产生单根滑丝现象，且滑丝后很难补救。如用加大顶锚力的办法来防止滑丝，过大的顶锚力易使钢丝咬伤。钢丝锚固时呈辐射状态，弯折处受力较大。

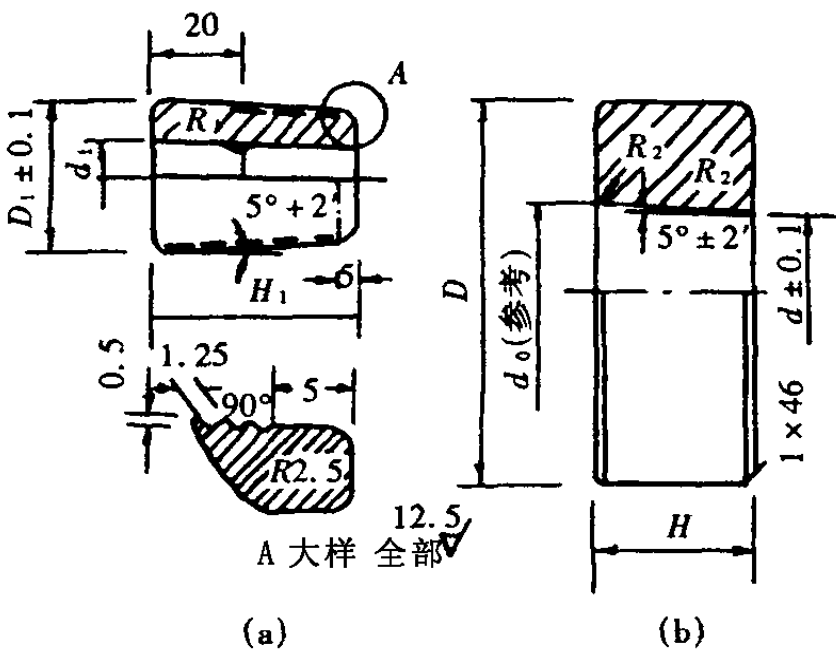


图5 -32 钢质锥形锚具  
(a) 锚塞 (b) 锚环

钢丝束镦头锚具用于锚固12 ~54 根 5 碳素钢丝的钢丝束，分DM5A 型和DM5B 型两种。DM5A 型用于张拉端，由锚杯和螺母组成；M5B 型用于固定端，仅有一块锚板，见图5 -33。锚杯与锚板用45 号钢制作，螺母用30 号钢制作。锚杯内外壁均有丝扣，

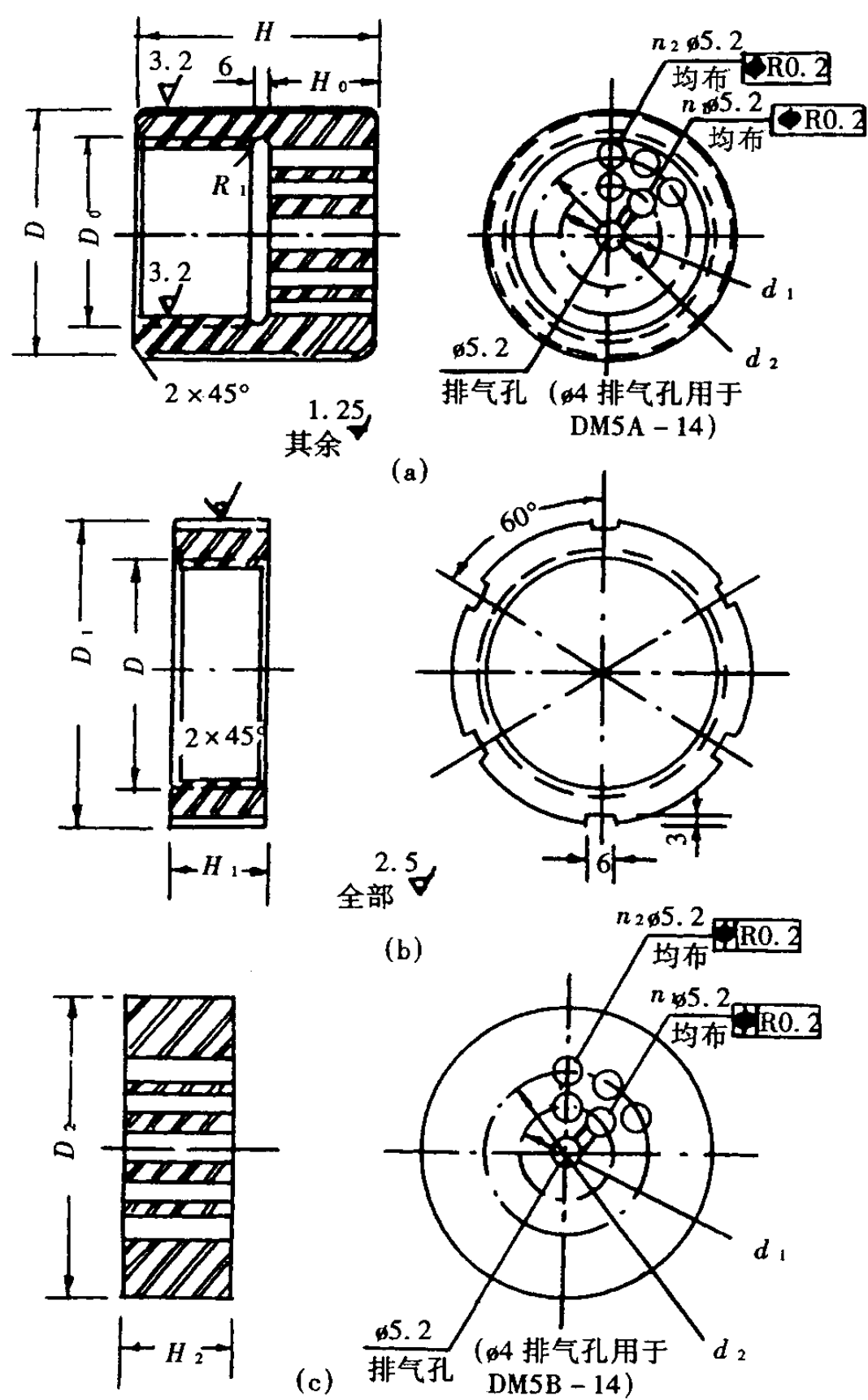


图5 -33 锚头锚具

(a) DM5A 锚杯 (b) DM5A 螺母 (c) DM5B 锚板

内丝扣用于连接张拉螺丝杆，外丝扣用于拧紧螺母锚固钢丝束。锚杯和锚板四周钻孔，以固定锚头的钢丝，孔数和间距由钢丝根数而定。钢丝用LD -10 型液压冷锚器（图5 -34）进行锚头。钢丝束一端可在制束时将头锚好，另一端则待穿束后锚头，故构件孔道端部要设置扩孔。张拉时，张拉螺丝杆一端与锚杯内丝扣连接，另一端与拉杆式千斤顶的拉头连接。当张拉到控制应力时，锚杯被拉出，则拧紧锚杯外丝扣上的螺母加以锚固。

2) 钢丝束的制作。随着锚具型式不同，钢丝束制作方法也有差异。一般需经下料、编束和安装锚具等工序。

当用钢质锥形锚具、XM 型锚具时，钢丝束的制作和下料长度计算基本上与钢筋束相同。当用钢丝束墩头锚固，采用一端张拉时，钢丝的下料长度L，可按图5 - 35 所示，用下式计算：

$$L = L_0 + 2a + 2 \times 0.5 (H - H_1) - L - C$$

- 式中 L<sub>0</sub> ——孔道长度；  
a ——锚板厚度；  
——钢丝墩头留量（取钢丝直径的2 倍）；  
H ——锚杯高度；  
L ——张拉时钢丝伸长值；  
C ——混凝土弹性压缩（当其值很小时可略去不计）。

当采用钢丝束墩头锚具时，钢丝束制作时必须等长下料，同束钢丝中下料长度的相对差值应控制在L /5000 以内，且不得大于5mm（L 为钢丝下料长度）。

钢丝下料后，应逐根理顺进行编束。用墩头锚具时，根据钢丝分圈布置的特点，编束时首先将内圈和外圈钢丝分别用铁丝顺序绑扎，然后将内圈钢丝放在外圈钢丝内扎牢。钢丝束编好后，先在一端套上锚杯或锚板并完成墩头工作，另一端的墩头，待钢丝束穿过孔道后再进行。用钢质锥形锚具时，在平整场地上先把钢丝理顺平放，然后在其全长每隔1m 左右用22 号铅丝编成帘子状（图5 - 36），再每隔1m 放一个按锚塞直径制成的螺丝衬圈，并将编好的钢丝绕衬圈围成圆束绑扎牢固。



图5 -34 LD10 型钢丝墩头器构造图

- 1．油嘴2．缸体3．顺序阀4 O 型密封圈5．回油阀6、7．- Yx 型密封圈8．墩头活塞回程 弹簧9．夹紧活塞回程弹簧  
10．墩头活塞11．夹紧活塞12．墩头模13．锚环14．夹片张开弹簧15．夹片16．夹片回程弹簧

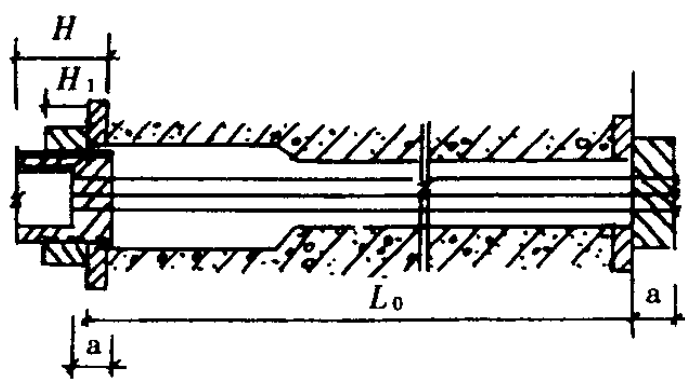


图5 -35 用镦头锚具时钢丝下料长度计算简图

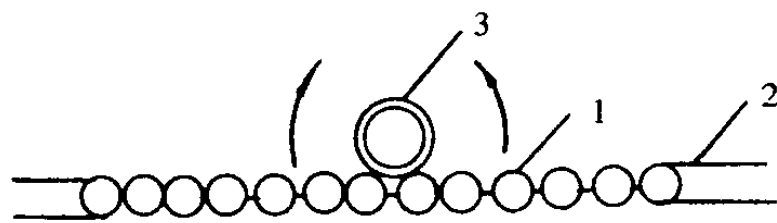


图5 -36 钢丝束的编束  
1 . 钢丝2 . 铅丝3 . 衬圈

二、张拉机具设备

后张法用的张拉机具设备主要由液压千斤顶、高压油泵和外接油管三部分组成。

1 . 液压千斤顶

目前常用的张拉预应力筋的液压千斤顶有拉杆式千斤顶（代号YL）、穿心式千斤顶（代号YC）和锥锚式千斤顶（代号YZ）三种。液压千斤顶的额定张拉力为180 ~ 5000KN。

① YL 型千斤顶。YL 型千斤顶主要适用于张拉采用螺丝端杆锚具的粗钢筋和钢丝束、采用镦头锚具的钢丝束。常用的有YL—60 型千斤顶。

② YC 型千斤顶。YC 型千斤顶适用于张拉采用JM12 型、XM 型的预应力钢丝束、钢筋束和钢绞线束。配置撑脚和拉杆等附件后，又可作为拉杆式千斤顶使用。在该千斤顶前端装上分束顶压器，并在千斤顶与撑套之间用钢管接长后可作为YZ 型千斤顶使用，张拉钢质锥形锚具。因此，YC 型千斤顶是目前最常用的张拉千斤顶之一。YC 型千斤顶的张拉力，一般有180KN、200KN、600 KN、1200KN、3000KN，张拉行程由150mm 至800mm 不等。

③ YZ 型千斤顶。YZ 型千斤顶主要用于张拉钢丝束、钢筋束或钢绞线束。YZ 型千斤顶在使用过程中，松楔的劳动强度大，且不安全。因此，其中YZ—85 型千斤顶在千斤顶上增设退楔翼片，使该千斤顶具有张拉、顶锚、退锚三种功能，从而提高了工作效率，降低了劳动强度。YZ—85 型千斤顶构造见图5 -37。

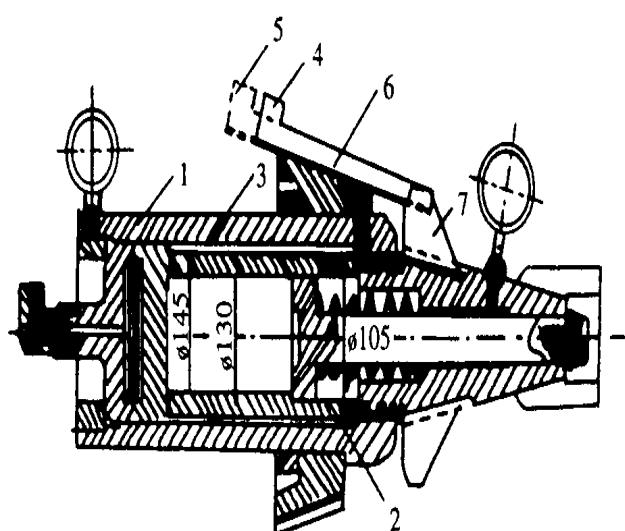


图5 -37 YZ—85 千斤顶构造图

1．主缸2．副缸3．退楔缸4．楔块（张拉时位置）5．楔块（退出时位置）6．锥形卡环7．退楔翼片

2．电动高压油泵。电动高压油泵的类型较多，图5 -38 所示为ZB4 /500 型电动高压油泵，它由泵体、控制阀和车体管路等部分组成。

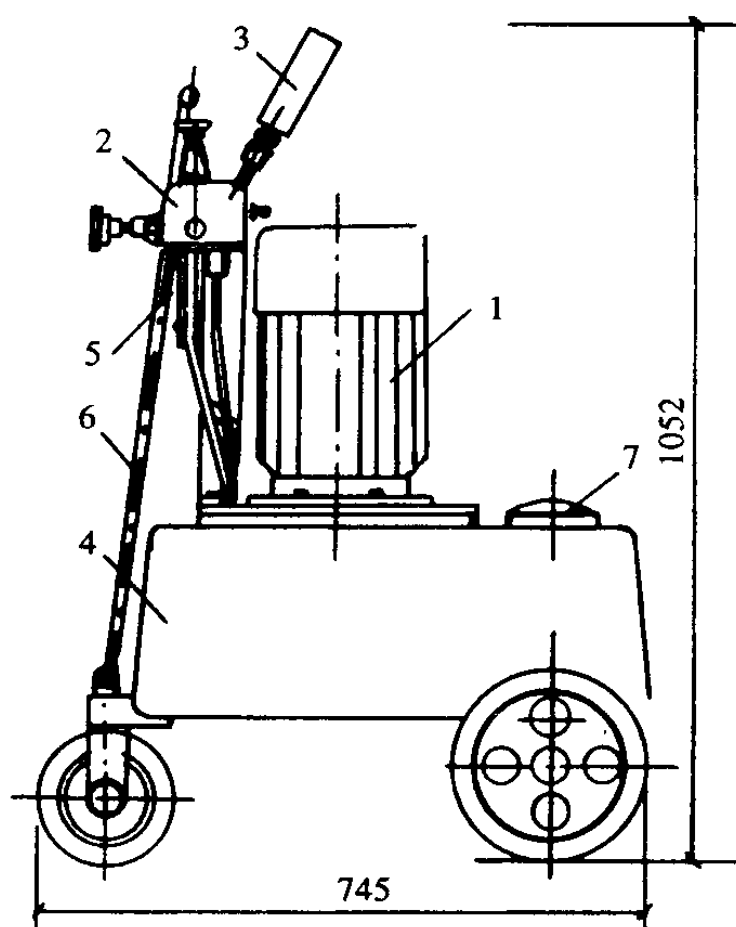


图5 -38 ZB4 /500 型电动高压油泵

1．电动机及泵体2．控制阀3．压力表4．油箱小车5．电气开关6．拉手7．加油口

3．千斤顶校验。用千斤顶张拉预应力筋时，张拉力主要用油泵上的压力表读数表达。压力表所表明的读数，表示千斤顶主缸活塞单位面积上的压力值。理论上，将压力表读数乘以活塞面积，即可求得张拉力的大小。设预应力筋的张拉力为N，千斤顶的活塞面积为F，则理论上的压力表读数P，可用下式计算：

$$P = \frac{N}{F}$$

但是，实际张拉力往往比上式的计算值小，主要是有一部分力被活塞与油缸之间的摩阻力所抵消，具体数值很难计算确定，因此，施工中常采用张拉设备配套校验的方法，直接测定千斤顶的实际张拉力与压力表读数间的关系，制成表格或绘制成P 与N 的关系曲线，供施工中直接查用。千斤顶校验时，千斤顶与压力表一定要配套检验，压力表的精度不宜低于1.5 级，校验用的试验机或测力计精度不得低于±2 %。张拉设备的检验期一般不超过半年。

### 三、后张法施工工艺

1. 孔道留设 预应力筋的孔道形状有直线、曲线和折线三种。孔道直径取决于预应力筋和锚具。对于粗钢筋，孔道直径应比预应力筋外径、钢筋对焊接头外径大10 ~ 15mm ；对于钢丝或钢绞线，孔道的直径应比预应力束外径或锚具外径大5 ~10mm ，且孔道面积应大于预应力筋面积的两倍。凡需要起拱的构件，预留孔道宜随构件同时起拱。

孔道的成型可采用钢管抽芯、胶管抽芯和预埋波纹管等方法。对孔道成型的基本要求是：孔道的尺寸与位置准确，孔道平顺，端部预埋件钢板应垂直孔道中心线等。

(1) 钢管抽芯法。钢管抽芯用于直线孔道。钢管表面必须圆滑，预埋前应除锈、刷油。如用弯曲的钢管，转动时会沿孔道方向产生裂缝，甚至塌陷。钢管在构件中用钢筋井字架固定位置，井字架间距不宜大于1.0m ，与钢筋骨架扎牢。每根钢管长度最好不超过15m 。较长构件可用两根钢管，其接头处用0.5mm 厚铁皮套管连接（图5 -39 ），套管内表面要与钢管外表面紧密结合，以防漏浆堵塞孔道。钢管一端钻16mm 小孔，以备插入钢筋棒转动钢管。抽管前每隔10 ~15 分钟应转管一次。如发现表面混凝土产生裂纹，用铁抹子压实抹平。

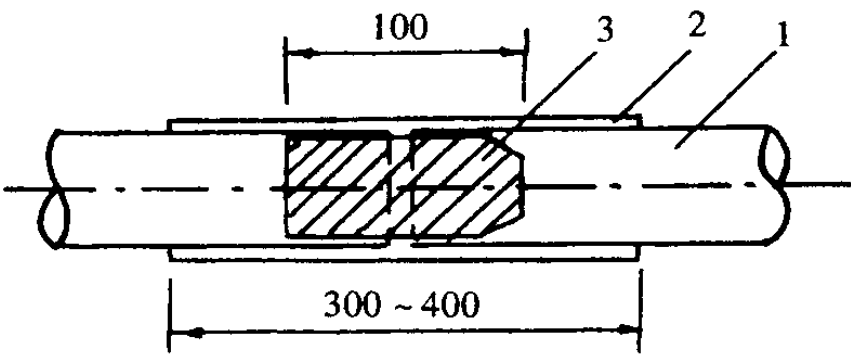


图5 -39 钢管连接方式

1. 钢管2. 白铁皮套管3. 硬木塞

抽管时间与水泥品种、气温和养护条件等有关。抽管宜在混凝土初凝之后、终凝之



前进行，以用手指按压混凝土表面不显指纹为宜。抽管过早，会造成坍孔事故；太晚，混凝土与钢管粘结牢固，抽管困难，甚至抽不出来。常温下抽管时间约在混凝土浇筑后3~5小时。

抽管顺序宜先上后下地进行。抽管方法可用人工或卷扬机，抽管时必须速度均匀，边抽边转，并与孔道保持在一直线上。抽管后，应及时检查孔道情况，并做好孔道清理工作，以防止以后穿筋困难。

②) 胶管抽芯法。留孔用胶管一般采用5~7层帆布夹层，壁厚6~7mm的普通橡胶管。此种胶管可用于直线、曲线或折线孔道。使用前把胶管一头密封，勿使漏水漏气。密封的方法是将胶管一端外表面削去1~3层胶皮及帆布，然后将外表面带有粗丝扣的钢管（钢管一端用铁板密封焊牢）插入胶管端头孔内，再用20号铅丝与胶管外表面密缠牢固，铅丝头用锡焊牢。胶管另一端接上阀门，其方法与密封端基本相同。

短构件留孔，可用一根胶管对弯后穿入两个平行孔道。长构件留孔，必要时可将两根胶管用铁皮套管接长使用。套管长度以400~500mm为宜，内径应比胶管外径大2~3mm。固定胶管位置用的钢筋井字架，间距不宜大于0.5m，并与钢筋骨架扎牢。然后充水（或充气）加压到0.5~0.8N/mm<sup>2</sup>，此时胶管直径可增大约3mm。浇筑混凝土时，振动棒不要碰胶管，并应经常检查水压表的压力是否正常，如有变化必须补压。抽管前，先放水（或气）降压，待胶管断面缩小与混凝土自行脱开即可抽管。抽管时间比抽钢管略迟。抽管顺序一般为先上后下，先曲后直。

③) 预埋波纹管法。预埋波纹管是采用镀锌双波纹金属软管永久地埋设在构件中而形成预留孔道。这种管是由镀锌薄钢带经压波后卷成，具有重量轻、刚度好、弯折方便、连接容易、与混凝土粘结良好等优点，可作成各种形状的孔道，并可省掉抽管工序。每根管长一般为4~6m，也可根据需要长度在现场加工。波纹管在1kN径向力作用下不会变形，使用前应作灌水试验，检查有无渗漏现象。

波纹管的安装，宜事先在梁的侧模上弹线，以孔底为准。波纹管的固定，采用钢管井字架，并用铁丝绑牢。井字架间距不宜大于0.5m，曲线孔道时应加密。波纹管的连接，采用大一号同型波纹管，接头管长度为200mm，用密封胶带或塑料垫塑管封口（图5-40）。

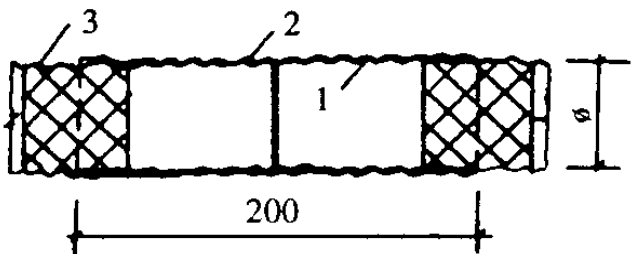


图5-40 波纹管的连接

1. 波纹管 2. 接头管（大一号波纹管） 3. 密封胶带

波纹管使用时应尽量避免反复弯曲，以免管壁开裂；同时应防止电焊火花烧伤管壁。波纹管安装后应检查管壁有无破损、接头是否密封等，并及时用胶带修补。

在构件两端及跨中应设置灌浆孔，其孔距不宜大于12m（预埋波纹管时不宜大于30m）。曲线孔道的曲线波峰部位宜设置排气孔。孔道灌浆时，其两端应排气通顺，以保证孔道灌浆密实性。因此，在锚具上一般留有排气孔。

2. 预应力筋张拉

用后张法张拉预应力筋时，构件的混凝土强度应符合设计要求；当设计无要求时，应不低于设计强度标准值的75 %。

(1) 张拉顺序和张拉制度。预应力筋的张拉顺序，应使混凝土不产生超应力，构件不扭转与侧弯，结构不变位等。因此，分批、分阶段、对称地张拉是一项重要的原则。同时，还应考虑到尽量减少张拉设备的移动次数。图5 -41 所示是预应力混凝土屋架下弦预应力筋的张拉顺序。图5 -41 (a) 所示预应力筋为二束，采用一端张拉方法，用两台千斤顶分别设置在构件两端，一次张拉完成；图5 -41 (b) 所示预应力筋为四束，需要分两批张拉，用两台千斤顶分别张拉对角线上的两束，然后张拉另两束；图5 -42 是预应力混凝土吊车梁预应力筋的张拉顺序（采用两台千斤顶）。上部两束直线预应力筋一般先张拉，下部四束曲线预应力筋采用两端张拉方法分批进行张拉。为使构件对称受力，每批两束先按一端张拉方法进行张拉，待两批四束均进行一端张拉后，再分批进行另一端补张拉，以减少先批张拉的所受的弹性压缩损失。采用分批张拉时，应计算分批张拉的弹性回缩造成的预应力损失值，分别加到先张拉预应力筋的张拉控制应力值内，或采用同一张拉值逐根复位补足。

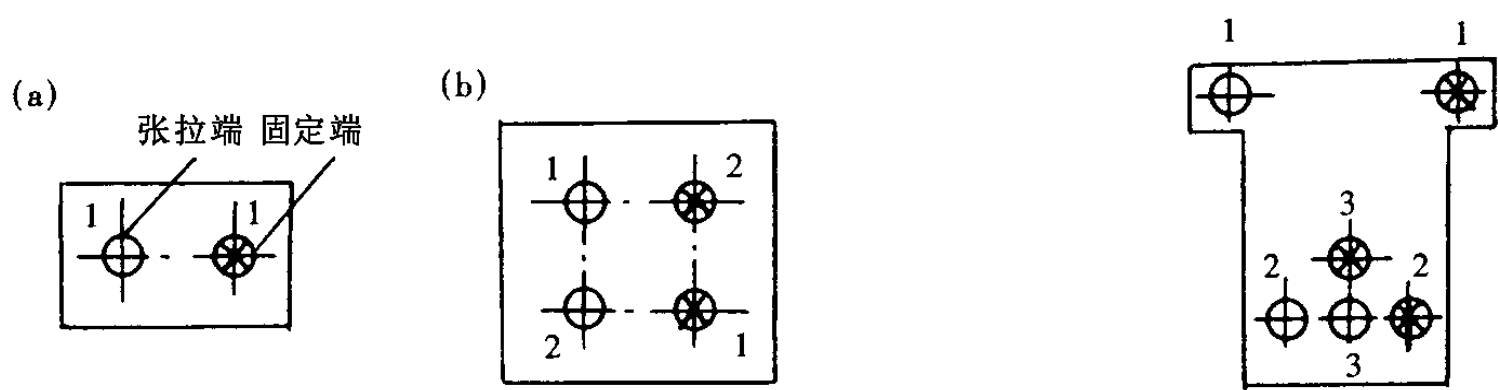


图5 -41 屋架下弦杆预应力筋张拉顺序 图5 -42 吊车梁预应力筋的张拉顺序  
(a) 两束 (b) 四束  
图中 :1、2 为预应力筋分批张拉顺序 图中 :1、2、3 为预应力筋的分批张拉顺序

为了减少预应力筋与预留孔壁摩擦而引起的应力损失，对于轴芯成型孔道，曲线预

应力筋和长度大于24m 的直线预应力筋，应在两端张拉；长度等于或小于24m 的直线预应力筋，可在一端张拉。预埋波纹管孔道，曲线预应力筋和长度大于30m 的直线预应力筋，宜在两端张拉；长度等于或小于30m 的直线预应力筋，可在一端张拉。在同一截面中有多根一端张拉的预应力筋时，张拉端宜分设在构件的两端。当两端同时张拉一根（束）预应力筋时，为减少预应力损失，宜先在一端锚固，再在另一端补足张拉力后进行锚固。

预应力筋的张拉程序，主要根据构件类型、张锚体系、松弛损失取值等因素确定。用超张拉方法减少预应力筋的松弛损失时，预应力筋的张拉程序宜为：

$$0 \longrightarrow 105 \% \sigma_{on} \xrightarrow{\text{持荷2min}} \sigma_{on}$$

采用上述张拉程序时，千斤顶应回油至稍低于  $\sigma_{on}$ ，再进油至  $\sigma_{on}$ ，以建立准确的预应力值。

如果预应力筋的张拉吨位不大，根数很多，而设计中又要求采用超张拉以减少应力松弛损失，则其张拉程序可为：

$$0 \longrightarrow 103 \% \sigma_{on}$$

2) 预应力值的校核和伸长值的测定。预应力筋在张拉之前，应按设计张拉控制应力和施工所需的超张拉的要求计算总张拉力，可按下式计算：

$$N_p = (1 + P) (\sigma_{on} + p) A_p$$

- 式中  $N_p$  ——预应力筋的总张拉力 (kN)；
- $P$  ——超张拉百分率 (%)；
- $\sigma_{on}$  ——张拉控制应力 (kN /mm<sup>2</sup>)；
- $A_p$  ——同一批张拉的预应力筋面积 (mm<sup>2</sup>)；
- $p$  ——分批张拉时，考虑后批张拉对先批张拉的混凝土产生弹性回缩影响所增加的应力值（对后批张拉时，该项为零；仅有一批张拉时，该项为零）。

为了解预应力值建立的可靠性，需对预应力筋的应力及损失进行检验和测定，以便在张拉时补足和调整预应力值。检验应力损失最方便的方法，在后张法中是将钢筋张拉24 小时后，未进行孔道灌浆以前，重复拉一次，测读前后两次应力值之差，即为钢筋的预应力损失（并非应力损失的全部，但已完成很大部分）。

用应力控制方法张拉时，还应测定预应力筋的实际伸长值，以对预应力筋的预应力值进行校核。预应力筋实际伸长值的测定方法与先张法相同。

3．孔道灌浆

预应力筋张拉后，利用灰浆泵将水泥浆压灌到孔道中去，其作用有二：一是保护预应力筋，以免锈蚀；二是使预应力筋与构件混凝土有效的粘结，以控制超载时裂缝的宽

度，并减轻两端锚具的负荷状况。因此，必须重视孔道灌浆施工的质量。

预应力筋张拉后，孔道应尽快灌浆。用连接器连接的多跨度连续预应力筋的孔道灌浆，应张拉完一跨随即灌注一跨，不应在各跨全部张拉完毕后，一次连续灌浆。

孔道灌浆应采用标号不低于425 号普通硅酸盐水泥配置的水泥浆；对空隙较大的孔道，可采用水泥砂浆灌浆。水泥浆和砂浆强度标准值不应低于 $20\text{N/mm}^2$ ，水泥浆的水灰比为 $0.4 \sim 0.45$ ，搅拌后3h 泌水率宜控制在2 %，最大不得超过3 %。

为增加孔道灌浆的密实性，在水泥浆中可掺入占水泥重量0.25 %的木质素磺酸钙，或占水泥重量0.05 %的铝粉。

灌浆前，用压力水冲洗和湿润孔道。用电动或手动灰浆泵进行灌浆。灌浆工作应缓慢均匀地进行，不得中断，并应排气通顺。在孔道两端冒出浓浆并封闭排气孔后，宜再继续加压至 $0.5 \sim 0.6\text{MPa}$ ，稍后再封闭灌浆孔。灌浆顺序应先下后上，以避免上层孔道漏浆而把下层孔道堵塞。对不掺外加剂的水泥浆，可采用二次灌浆法，以提高孔道灌浆的密实性。

## 第四节 无粘结预应力与电热法

### 一、无粘结预应力

在后张法预应力混凝土中，可分为有粘结预应力和无粘结预应力两种。有粘结的预应力是常规作法，张拉后通过孔道灌浆使预应力筋与混凝土粘结。前述“（二）先张法”及“（三）后张法”都是指有粘结预应力。后张法无粘结预应力混凝土的作法是：在预应力筋外表面刷涂料，用油纸包裹，再套以塑料套管，与非预应力钢筋一样，按设计位置铺设在模板内。浇筑混凝土。待混凝土达到一定强度后，在张拉端以构件为支座张拉无粘结预应力筋，然后用锚具锚固。无粘结预应力的优点是不需预留孔道，施工简单，摩擦力小，预应力筋可采用曲线配筋，布置灵活。其缺点是预应力筋的强度不能充分发挥（一般要降低10 % ~20 %），锚具的要求较高。目前主要用在双向连接平板和密肋板中。

#### （一）无粘结预应力筋制作

无粘结预应力筋由预应力钢丝束（钢绞线）、涂料层和外包层以及锚具等组成。

### 1. 原材料选择

无粘结预应力筋的钢材，一般选用7根 $\phi 5$ 高强钢丝组成钢丝束，也可选用7 $\phi 4$ 或7 $\phi 5$ 钢绞线。

涂料层的作用是使预应力筋与混凝土隔离，减少张拉时的摩擦损失，防止预应力筋腐蚀等。因此，对涂料要求有较好的化学稳定性、韧性；在 $-20 \sim +70$ 温度范围内，不裂缝、不变脆、不流淌；并能更好地粘附在钢筋上，对钢筋和混凝土无腐蚀作用；不透水、不吸湿；润滑性好，摩擦阻力小。常用的涂料层有防腐沥青和防腐油脂。

无粘结用的外包层在 $-20 \sim +70$ 温度范围内，不脆化，化学稳定性高；有足够的韧性，抗磨性强；对周围材料无侵蚀作用，以保证预应力筋在运输、储存、铺设和浇筑混凝土过程中不会发生不可修复的破坏。无粘结筋的外包层、可用塑料布或者高压聚乙烯塑料制作。

制作单根无粘结筋时，宜优先选用防腐油脂作涂料层，其塑料外包层应用塑料注塑机注塑成形。防腐油脂应充足饱满，外包层应松紧适度。成束无粘结筋可用防腐沥青或防腐油脂作涂料层，当使用防腐沥青时，应用密缠塑料带作外包层，塑料带各圈之间的搭接宽度应不小于带宽的 $1/4$ ，缠绕层数不应少于两层。防腐油脂涂料层无粘结筋的张拉摩擦系数不应大于0.12，防腐沥青涂料层无粘结筋的张拉摩擦系数不应大于0.25。

### 2. 锚具

无粘结预应力构件中，锚具是把预应力筋的张拉力传递给混凝土的工具。因此，无粘结预应力筋的锚具不仅受力比有粘结预应力筋的锚具大，而且承受的是重复荷载。因而对无粘结预应力筋的锚具有更高的要求。无粘结筋的锚具性能，应符合Ⅲ类锚具的规定。

我国主要采用高强钢丝和钢绞线作为无粘结预应力筋。高强钢丝预应力筋主要用墩头锚具；钢绞线作为无粘结预应力筋，则可采用XM型锚具。

### 3. 无粘结预应力筋的制作

无粘结预应力筋的制作，一般采用缠纸工艺和挤压涂层工艺两种。

(1) 缠纸工艺。无粘结预应力筋制作的缠纸工艺是在缠纸机上连续作业，完成编束、涂油、墩头、缠塑料布和切断等工序。缠纸机的工作示意图如图5-43所示。

制作时，钢丝放在放线盘上，穿过梳子板汇集成束，成束钢丝通过油枪均匀涂油，涂油钢丝穿入锚杯用冷墩机冷墩锚头，带有锚杯的成束钢丝用牵引机牵引向前，与此同时开动装有塑料布条的缠纸转盘，钢丝束边前进边缠绕塑料布条。塑料布条的宽度根据钢丝束直径大小而定，一般宽度为50mm。当钢丝束达到需要长度后，进行切割，成为一完整的无粘结预应力筋。

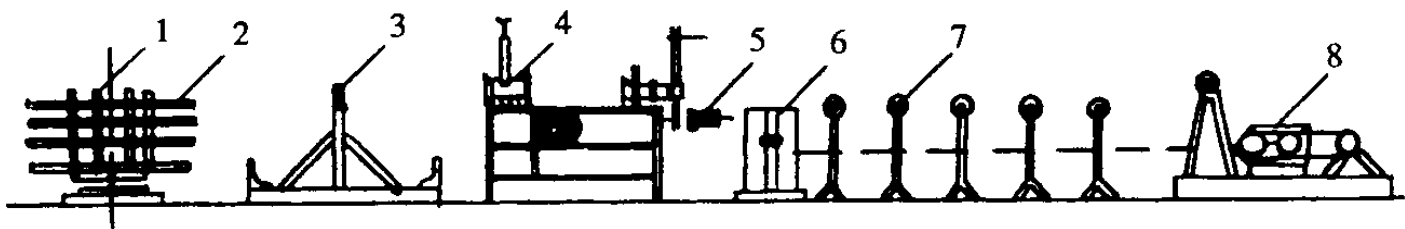


图5 -43 无粘结预应力筋缠纸工艺流程图

1．放线盘2．盘圆钢丝3．梳子板4．油枪5．塑料布卷6．切断机7．滚道台8．牵引装置

2) 挤压涂层工艺。挤压涂层工艺制作无粘结预应力筋的流水工艺如图5 -44 所示。挤压涂层工艺主要是钢丝通过涂油装置涂油，涂油钢丝束通过塑料挤压机涂刷塑料薄膜，再经冷却筒模成型塑料套管。这种无粘结筋挤压涂层工艺与电线、电缆包裹塑料套管的工艺相似。无粘结预应力筋挤压涂层工艺的特点是效率高，质量好，设备性能稳定。

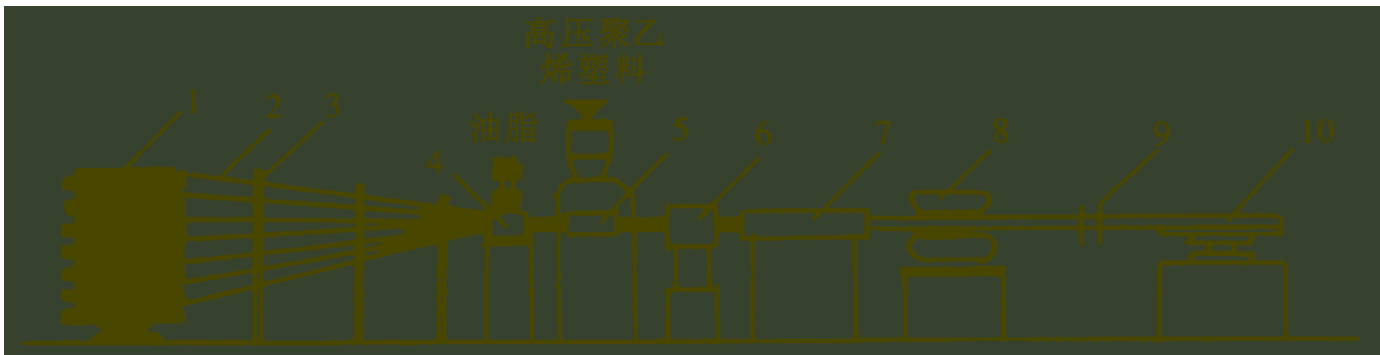


图5 -44 挤压涂层工艺流水线图

1．放线盘2．钢丝3．梳子板4．给油装置5．塑料挤压机机头  
6．风冷装置7．水冷装置8．牵引机9．定位支架10．收线盘

(二) 无粘结预应力施工工艺

下面主要介绍无粘结预应力构件制作工艺中的几个主要问题，即无粘结预应力筋的铺设、张拉和锚头处理。

1．无粘结预应力筋的铺设

无粘结预应力筋使用前，应逐根进行检查外包层的完好程度，对有轻微破损者，可包塑料带补好，对破损严重者应予以报废。铺设双向配筋的无粘结预应力筋，应先铺设标高低的钢丝束，再铺设标高较高的钢丝束，以避免两个方向的钢丝束相互穿插，钢丝束的曲率，可用铁马凳（或其他构造措施）控制。钢丝束就位后，标高及水平位置经调整、检查无误后，用铅丝与非预应力钢筋绑扎牢固，防止钢丝束在浇筑混凝土施工过程中位移。

2 . 无粘结预应力筋的张拉

无粘结预应力筋的张拉与后张法带有螺丝端杆锚具的有粘结预应力钢丝束张拉相似。张拉程序一般采用 $0 \rightarrow 1.03 \sigma_{con}$ 。由于无粘结预应力筋一般为曲线配筋，故应采用两端同时张拉。无粘结预应力筋的张拉顺序，应根据其铺设顺序，先铺设的先张拉，后铺设的后张拉。

无粘结预应力筋配置在预应力平板结构中往往很长，如何减少其摩阻损失值是一个重要的问题。影响摩阻损失值的主要因素是润滑介质、外包层和预应力筋截面形式。其中润滑介质和外包层的摩阻损失值，对一定的预应力束而言是个定值，相对较稳定。而截面形式则影响较大，不同截面形式其离散性是不同的，但如果能保证截面形状在全部长度内一致，则其摩阻损失值就能在一很小范围内波动。否则，因局部阻塞就有可能导致其损失值无法预测，故预应力筋的制作质量必须保证。摩阻损失值，可用标准测力计或传感器等测力装置进行测定。成束无粘结筋正式张拉前，宜先用千斤顶往复抽动1 ~ 2 次，以降低张拉摩擦损失。

无粘结筋张拉过程中，当有个别钢丝发生滑脱或断裂时，可相应降低张拉力，但滑脱或断裂的根数，不应超过结构同一截面钢丝总根数的2 %。对于多跨双向连续板，其同一截面应按每跨计算。

3 . 锚头处理

无粘结预应力筋由于一般采用镦头锚具，锚头部位的外径比较大，因此，钢丝束两端应在构件上预留有一定长度的孔道，其直径略大于锚具的外径。钢丝束张拉锚固以后，其端部便留下空腔，并且该部分钢丝没有涂层，为此必须有严格的密封防护措施，严防水汽进入，锈蚀预应力筋。

在无粘结筋张拉完毕后，应立即用防腐油脂或环氧树脂水泥砂浆，通过锚具或其附近上的灌注孔，将锚头部位张拉成形的空腔全部灌注密实。最后，用C30 细石混凝土将端部封闭。

二、电热法

电热法张拉预应力钢筋是利用钢筋热胀冷缩的原理来实现的，使低电压强电流（二次电压为30 ~60 伏特、二次电流为1.5 ~4 安培/毫米<sup>2</sup>）通过预应力钢筋，由于钢筋电阻较大（0.11 ~0.15 欧姆毫米<sup>2</sup>/米），致使预应力钢筋发热沿其轴线纵向伸长。待钢筋受热沿轴线纵向伸长到设计规定数值时，随即锚固钢筋，并切断电源，任其冷却回缩，对混凝土构件产生预压应力。

电热法施工有先张法和后张法两种方法。在后张法中，它既可采取预留孔道的方

法，又可采用不留孔道的方法。不留孔道时，系在预应力筋表面浸涂一层热塑涂料（如沥青、硫磺砂浆等），当钢筋通电发热时，热塑涂料遇热熔化，钢筋即可自由伸长；当电热法张拉预应力筋完毕，热塑涂料又随钢筋温度的下降而硬化，使预应力筋与构件形成整体。

电热法的优点是：设备简单，操作方便，劳动强度低。电热法张拉预应力筋的同时对冷拉钢筋起到电热时效作用，使钢筋的强度有所提高。电热法施工预应力筋与构件孔道间摩擦应力损失为零，同时当预应力值建立起来后，第一批应力损失和电热工艺的特殊损失已经完成，所以电热法张拉预应力筋，可以获得较高的预应力值，提高了构件的抗裂度。电热法不仅适用于直线配筋构件，而且更适用于曲线配筋构件和高空作业、张拉框架结构。采用电热法张拉预应力筋工艺，预应力形成的过程较长，部分预应力损失已经完成，因而预应力筋出现的最大预应力值，必定小于控制应力，因而施工较为安全。

电热法适用于冷拉Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级钢筋配筋的构件。由于电热法是用预应力筋沿轴线的纵向伸长来控制预应力值，往往因钢筋材质不均不易控制，因此电热法张拉的预应力筋，每批构件必须根据规定进行必要数量的机械校核，摸索出钢筋伸长与应力间的规律，作为电热法张拉预应力筋的依据。

（一）电热法预应力钢筋伸长值的计算

电热法张拉预应力钢筋是以控制钢筋的伸长值来建立必需的预应力值，因此正确的计算电热张拉预应力钢筋的伸长值  $L$  是电热法施工的关键。预应力钢筋电热时所需要的伸长值  $L$ ，可按下式计算：

对于先张法施工

$$L = \frac{p_{0l}}{E_{sl}} +$$

对于后张法施工

$$L = \frac{P_l}{E_s} +$$

式中  $L$  ——电热法张拉预应力钢筋的伸长值（mm）；  
 $p_{0l}$  ——预应力钢筋在台座上建立的最大应力， $p_{0l} = 0.9f_{pyk}$ ；  
 $P_l$  ——预应力钢筋在构件上建立的最大应力， $P_l = 0.8f_{pyk}$ ；  
 $l$  ——预应力钢筋的长度（mm）；  
 $E_s$  ——钢筋的弹性模量（KN/mm<sup>2</sup>）；  
——电热张拉工艺附加伸长值，按表5 -3 采用。



若机械张拉改为电热张拉时，先张法施工  $p_o$  按  $\sigma_{on} - \sigma_{1l}$  取值，后张法施工  $p_{1l}$  按  $\sigma_{on} - \sigma_{1l}$  取值。其中： $\sigma_{on}$  为机械张拉时预应力筋的张拉控制应力； $p_{1l}$  为第一批（混凝土预压前发生的）应力损失，即：

$\sigma_{1l} = \sigma_{13} + \sigma_{14}$

式中  $\sigma_{13}$  ——由预应力筋与台座间温差  $t$ （ $^{\circ}C$ ）引起的应力损失： $\sigma_{13} = 20 t$ （ $N/mm^2$ ）；

。IP 50.0 = $\sigma_{41}$  法张后； $\sigma_{1op}$  50.0 = $\sigma_{41}$  法张先：失损力应的起引弛松力应筋钢力应

表5 -3 电热张拉工艺附加伸长值（厘米）

引起预应力损失的因素		先张法	后张法
锚具变形值	螺帽锚具缝隙	0.1	
	每块先加垫板缝隙	0.1	
	绑条锚具	0.1	
	镦头锚具：光圆钢	0.1	
	螺纹钢	0.2	
	块体之间的缝隙	-	0.2
	锚具与混凝土直接接触	-	0.1
台座或混凝土弹性压缩		按实测	$E_c \sigma_1 = \frac{1}{E_s}$
钢筋不直和热塑变形		0.00015l 或 $300l \mu E_s$	
曲线筋在孔道位置的附加损失		0.0001l	
钢筋长不等，挡板锚具倾斜等		视具体情况而定	
贮液池的环向预应力筋的分批张拉损失		-	$0.5 E_c \sigma_1 = \frac{1}{E_s}$

注： $E$  ——钢筋弹性模量  $E_s$  与混凝土弹性模量  $E_c$  之比： $E = E_s / E_c$ ；  
 $\sigma_1$  ——由预加应力使混凝土产生的正应力；  
 $l$  ——预应力钢筋的长度（cm），计算混凝土弹性压缩的附加伸长时， $l$  应取构件长度（cm）；  
 $\mu$  ——预应力钢筋的含钢率。

(二) 预应力钢筋电热时的温度计算

当预应力钢筋通电张拉达到计算伸长值  $L$  时，预应力钢筋升高的温度为：

$T = \frac{L}{\alpha l}$

式中  $T$  ——预应力钢筋升高的温度（ $^{\circ}C$ ）；

$L$  ——预应力钢筋的伸长值（mm）；

——钢筋的线膨胀系数，取  $\alpha = 0.000012$  ；

$l$ ——预应力钢筋的长度 (mm)。

预应力钢筋电热张拉后的温度为：

$$T = T_0 + \Delta T$$

式中  $T$  ——预应力钢筋电热张拉后的温度 (°C)；

$T_0$ ——预应力钢筋电热张拉时的环境温度 (°C)。

冷拉钢筋电热张拉时电热温度  $T$  不宜超过下列数值：冷拉Ⅰ级钢筋， $T$  不超过 250 °C；冷拉Ⅱ级钢筋， $T$  不超过 300 °C；冷拉Ⅲ级钢筋， $T$  不超过 400 °C。电热温度  $T$  过高，会使构件混凝土强度降低。

（三）电热设备的计算与选择

电热设备的选择，包括电热变压器（或弧焊机）、导线和夹具的选择。

1．变压器的选择

变压器所需功率可按下列近似公式计算：

$$P = \frac{G \cdot C \cdot T}{380t}$$

式中  $P$  ——变压器的功率 (kVA)；

$G$  ——预应力钢筋加热部分的重量 (kg)；

$C$  ——钢筋的热容量系数，取  $C = 0.11 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$  ；

$t$ ——预应力钢筋的通电加热时间 (h)。

计算所得的  $P$  值，应考虑铁耗和铜耗的损失，在确定变压器的设计容量时，一般将计算  $P$  值乘以 1.08 ~ 1.15 的系数。

预应力钢筋加热至所需温度的电能消耗，可近似按下列公式计算：

$$W = \frac{G \cdot C \cdot T}{570} \quad (\text{千瓦} \cdot \text{小时})$$

根据以上计算结果，即可选择电热设备。电热设备可选用低压变压器或弧焊机等。选择变压器时，功率应大于 45 千伏安，一次电压为 220 ~ 380 伏特，二次电压为 30 ~ 65 伏特。预应力钢筋中的电流密度不得小于下列数值：

冷拉Ⅰ级钢筋，电流密度不小于 120 安培/厘米<sup>2</sup>；

冷拉Ⅱ级钢筋，电流密度不小于 150 安培/厘米<sup>2</sup>；

冷拉Ⅲ级钢筋，电流密度不小于 200 安培/厘米<sup>2</sup>；

图5 - 45 为用变压器电热钢筋的接线图。若选用弧焊机时，往往二次电压能满足要求，若二次电流不能满足，此时可采用多台同型号的弧焊机并联使用。当数台弧焊机并

联后，电压电流都能满足要求时，则可将钢筋串联（图5 -45b）。若弧焊机数量有限或电流较小，为减小电阻，提高电流，缩短电热时间，可将钢筋并联（图5 -45c）。

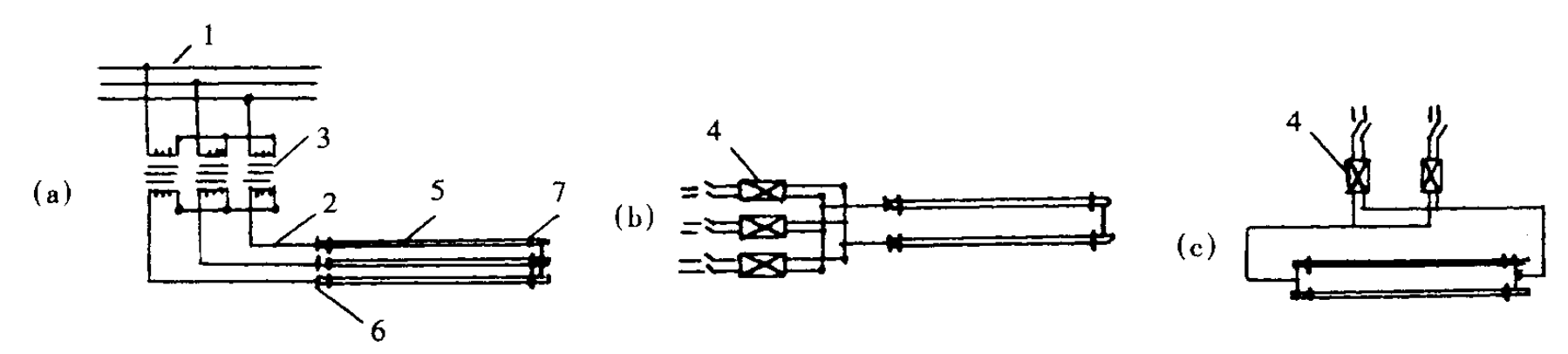


图5 -45 电张法接线图

① 三相变压器星形接线 ② 弧焊机并联、钢筋串联 ③ 弧焊机、钢筋均并联  
 1．一次导线2．二次导线3．三相变压器4．弧焊机5．预应力筋6．接线夹具7．锚具

2．导线和夹具的选择

从电源接到变压器的一次导线，可采用普通绝缘硬铜线。变压器到预应力筋的二次导线，最好采用绝缘软铜丝绞线。二次导线应尽量缩短，以减少导线的电阻。二次导线的安全截面，可根据二次电流大小选用。采用铜线时，其电流密度不宜超过5 安培/毫米<sup>2</sup>；采用铝线时，其电流密度不宜超过3 安培/毫米<sup>2</sup>。

二次导线与预应力钢筋应用接线夹具连接（图5 -46）。要求夹具导电性能好，接头处电阻小，接触良好，构造简单，便于装拆。夹具宜用紫铜材料制作，要与钢筋夹紧并需除去铁锈，以减少电阻，加速电热过程。

（四）电热法施工工艺

电热法的施工工艺流程如图5 -47 所示。

电热法张拉的预应力钢筋锚具，一般采用螺丝端杆锚具、帮条锚具或镦头锚具，后两种应配有U 形垫板。为保证端杆螺纹不损坏，在运输和穿筋过程中，应用胶布或油纸包住螺纹。

在通电张拉预应力钢筋前，应用绝缘纸垫在预应力钢筋端部垫板与构件端部预埋铁件之间，以防止通电时由于预应力钢筋与预埋铁件接触而产生分流和短路现象。分流现象表现为电流不能集中地通过预应力钢筋，而有部分电流通过非预应力钢筋；短路现象表现为电流不能通过预应力钢筋的全长。预应力钢筋产生分流或短路时，钢筋伸长缓慢，构件温度将升高，这时应停电采取措施后，再继续进行电热张拉。

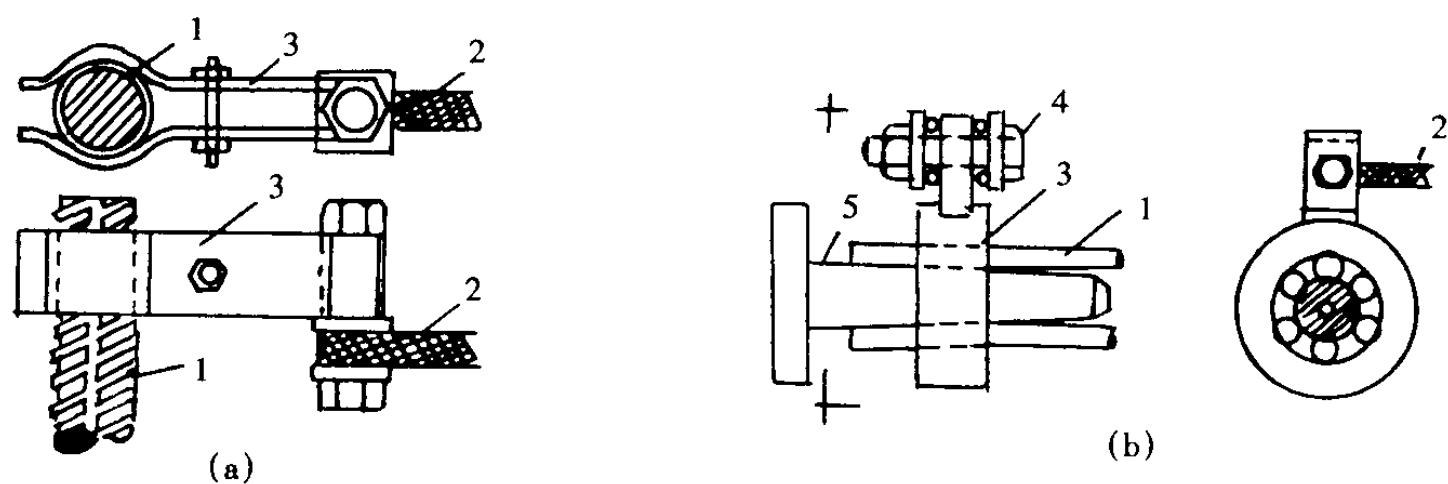


图5 -46 电夹具

(a) 单根钢筋电夹具 (b) 钢筋束电夹具

1. 钢筋2. 二次导线3. 铜电夹具4. 螺栓5. 钢楔

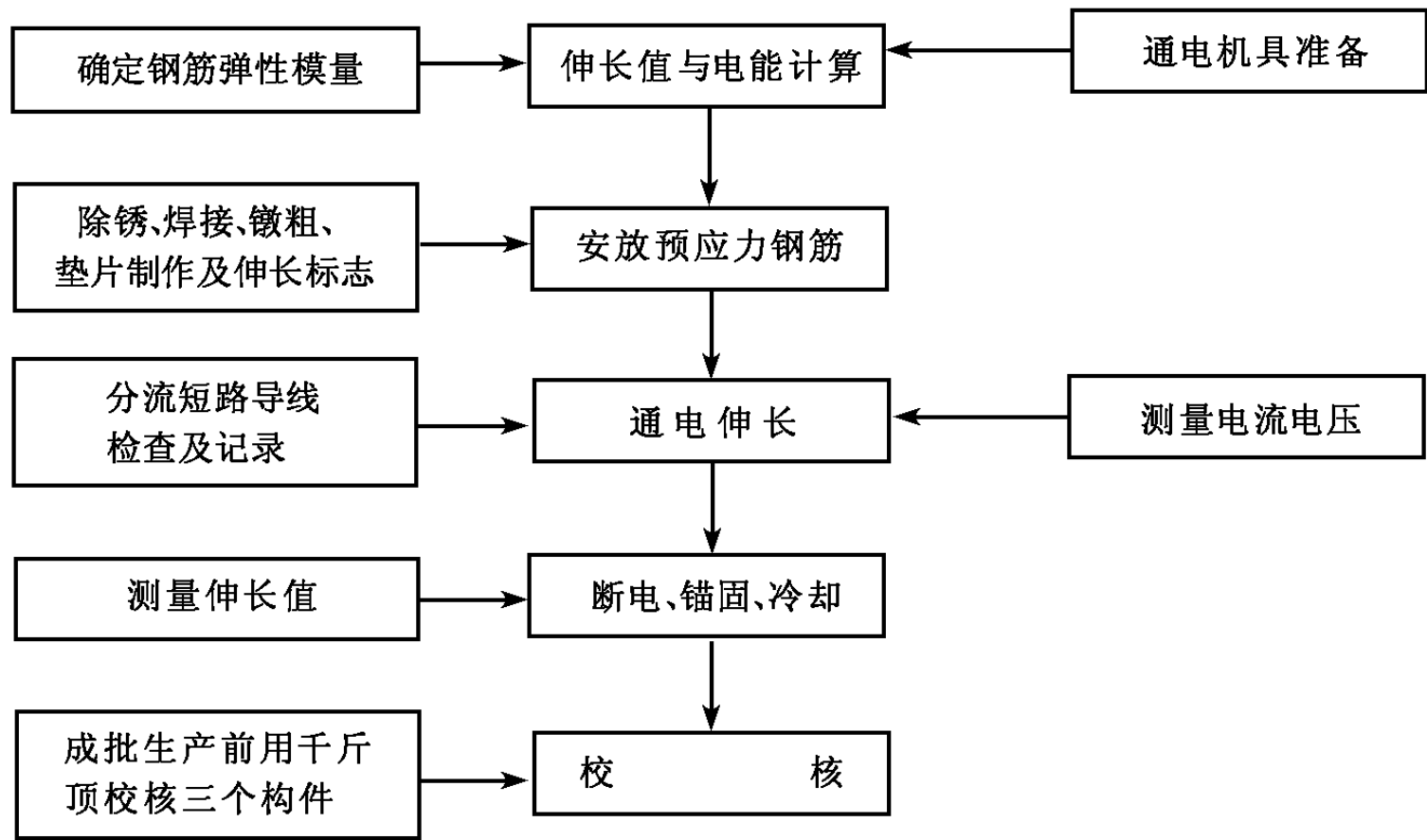


图5 -47 电热法施工工艺流程

穿入预应力钢筋接好导线后，应拧紧螺母，以消除垫板松动及钢筋不直的影响，并保证钢筋有相同的初应力。张拉时，应使钢筋能自由移动，在张拉端刻上标志，以便测量伸长值。在通电张拉过程中，应随着钢筋的伸长，随时拧紧螺母，或及时垫入不同厚度的U形垫板。钢筋伸长到需要长度后，立即断电，拧紧螺母或插入足够数量的U形垫板。然后将预应力钢筋、垫板、螺母及预埋铁件互相焊牢，以保证安全。待钢筋冷却后再灌筑混凝土或进行孔道灌浆。

预应力钢筋电热张拉过程中，要随时采用钳形电流表测定电流，用半导体点温计或变色测温笔测定预应力钢筋的表面温度。

电热张拉预应力钢筋，反复加热的次数不宜超过三次。因电热次数过多，会使钢筋

失去冷强效应，降低钢筋强度。

电热张拉预应力钢筋，必要时还需用千斤顶来校核所建立的预应力值。校核应该在钢筋冷却后立即进行。当千斤顶将螺母刚拉离端部锚板的一瞬间记下压力表上的读数，此即建立的预应力值，将此值与计算值作对比，其偏差不得超过 +10 % 或 -5 %。预应力钢筋应力校核标准（计算值），必须考虑相应阶段的预应力损失，按下列规定取值：电热张拉先张法构件，取值为  $\sigma_{ol} - 14$ ；电热张拉后张法构件，取值为  $\sigma_l - 14$ 。

(五) 安全技术和注意事项

- (1) 电热张拉时如发生碰火现象应立即停电，重新绝缘或夹紧接头后再通电。
- (2) 在通电过程中，如发现钢筋伸长很慢，而构件混凝土温度升高很快，电热设备发生噪音、导线发热等现象，应停电检查原因。此时可能产生分流，可用摇表摸清分流部位进行处理。
- (3) 在电张中，应经常检查和测量一次二次导线的电压、电流、钢筋和孔道的温度、通电时间等。如果通电时间较长，构件混凝土发热，钢筋伸长缓慢或不再伸长时，必须停电，待钢筋冷却后，加大电流进行。
- (4) 电张构件的两端必须设置安全防护措施。
- (5) 操作人员必须穿胶鞋，带绝缘手套；操作时应站在构件的侧面。

# 第五篇

## 木结构工程

# 第一章 材 料

## 第一节 木 材

### 一、使用条件

- 1. 承重木结构应在正常温度和湿度环境中的房屋结构和构筑物中使用
- 2. 凡处于下列生产、使用条件的房屋和构筑物不应采用木结构：
  - (1) 极易引起火灾
  - (2) 受生产性高温影响，木材表面温度高于50
  - (3) 经常受潮且不易通风

### 二、树种选用

#### 1. 常用树种

承重结构用的木材，应从表1 -1 所列的树种中选用。主要的承重构件宜采用针叶材；重要的木制连接件应采用细密、直纹、无节和无其他缺陷的耐腐的硬质阔叶材

#### 2. 新利用树种

在确保工程质量的前提下，可逐步扩大树种的利用。当采用新利用树种木材作承重结构时，可按表1 -3 的要求进行设计

#### 3. 木材强度检验标准

当取样检验一批木材的强度等级时，可根据其弦向静曲强度的检验结果进行判定。对于承重结构用材，应要求其检验结果的最低强度不得低于表1 -4 的数值

三、材质等级标准

1．材质等级

(1) 承重结构用的木材，其材质分为三级。设计时，应根据构件的受力种类按表5-6 的要求选用适当等级的木材

选用的各等级木材的材质标准，应符合表1 -7、表1 -8、表1 -9 及表1 -10 的规定

(2) 胶合木结构用的木材材质，亦分为三级。设计时，应根据胶合木构件的受力种类和部位，按表1 -6 的要求选用适当等级的木材

2．材质标准

- (1) 承重结构方木材质标准如表1 -7 所示
- (2) 承重结构板材材质标准如表1 -8 所示
- (3) 承重结构原木材质标准如表1 -9 所示
- (4) 胶台木结构板材材质标准如表1 -10 所示
- (5) 细木制品用木材的材质标准如表1 -11 所示

四、木材含水率

- 1．我国53 个城市木材平衡含水率平均值如表1 -12 所示
- 2．木构件和木制品含水率限值如表1 -13 所示
- 3．各种木材制作时的预留干缩量如表1 -14 所示

表1 -1 常用树种木材的强度设计值和弹性模量 (单位：N /mm<sup>2</sup>)

序号	强度等级	组别	适用树种	抗弯 f <sub>m</sub>	顺纹抗压及承压 f <sub>c</sub>	顺纹抗拉 f <sub>t</sub>	顺纹抗剪 f <sub>v</sub>	横纹承压 ,f <sub>c</sub> ,90			弹性横量 E
								全表面	局部表面及齿面	拉力螺栓垫板下面	
1	TC17	A	柏木	17	16	10	1.7	2.3	3.5	4.6	10000
2		B	东北落叶松		15	9.5	1.6				
3	TC15	A	铁杉、油杉	15	13	9	1.6	2.1	3.1	4.2	10000
4		B	鱼鳞云杉、西南云杉		12	9	1.5				



续表

序号	强度等级	组别	适用树种	抗弯 $f_m$	顺纹抗压及承压 $f_c$	顺纹抗拉 $f_t$	顺纹抗剪 $f_v$	横纹承压, $f_{c,90}$			弹性横量 $E$
								全表面	局部表面及齿面	拉力螺栓垫板下面	
5	TC13	A	油松、新疆落叶松、云南松、马尾松	13	12	8.5	1.5	1.9	2.9	3.8	10000
6		B	红皮云杉、丽江云杉、红松、樟子松		10	8.0	1.4				9000
7	TC11	A	西北云杉、新疆云杉	11	10	7.5	1.4	1.8	2.7	3.6	9000
8		B	杉木、冷杉		10	7.0	1.2				
9	TB20	—	栎木、青冈	20	18	12	2.8	4.2	6.3	8.4	12000
10	TB17	—	水曲柳	17	16	11	2.4	3.8	5.7	7.6	11000
11	TB15	—	锥栗（栲木）、桦木	15	14	10	2.0	3.1	4.7	6.2	10000

- 注：1．对位于木结构端部（如接头处）的拉力螺栓垫板，其计算中所取的木材横纹承压强度设计值，应按“局部表面及齿面”一栏的数值采用；
- 2．木材树种归类说明见表5 -31 ；
- 3．当采用原木时，若验算部位未经切削，其顺纹抗压和抗弯强度设计值和弹性模量可提高15 % ；
- 4．当构件矩形截面的短边尺寸不小于150mm 时，其抗弯强度设计值可提高10 % ；
- 5．当采用湿材时，各种木材的横纹承压强度设计值和弹性模量，以及落叶松木材的抗弯强度设计值宜降低10 % ；
- 6．在表1 -2 所列的使用条件下，表1 -1 木材的强度设计值和弹性模量，应乘以表1 -2 的调整系数。

表1 -2  木材强度设计值和弹性模量的调整系数

序号	使用条件	调整系数	
		强度设计值	弹性模量
1	露天结构	0.9	0.85
2	在生产性高温影响下，木材表面温度达40 ~50	0.8	0.8
3	恒荷载验算（注1）	0.8	0.8
4	木构筑物	0.9	1.0
5	施工荷载	1.3	1.0

- 注：1．仅有恒荷载或恒荷载所产生的内力超过全部荷载所产生的内力的80 % 时，应单独以恒荷载进行验算；
- 2．当若干条件同时出现，表列各系数应连乘。

表1 -3  新利用树种木材的强度设计值和弹性模量                  (单位 :N /mm<sup>2</sup>)

序号	强度等级	树种名称	抗弯 f <sub>m</sub>	顺纹 抗压 及承压 f <sub>c</sub>	顺纹 抗剪 f <sub>v</sub>	横纹承压f <sub>c</sub> ,90			弹性 模量 E
						全 表面	局部表 面及齿面	拉力螺栓 垫板下面	
1	TB15	槐木、乌墨	15	13	1 8	2 8	4 2	5 6	9000
		木麻黄			1 6				
2	TB13	柠檬桉、隆缘桉、蓝桉	13	12	1 5	2 4	3 6	4 8	8000
		檫木			1 2				
3	TB11	榆木、臭棒、桤目	11	10	1 3	2 .1	3 2	4 .1	7000

注：杨木和拟赤杨顺纹强度设计值和弹性横量可按TB11 级数值乘以0 9 采用；横纹强度设计值可按TB11 级数值乘以0 6 采用。若当地有使用经验，也可在此基础上作适当调整。

表1 -4  木材强度检验标准

序号	木材种类	针叶材				阔叶材				
1	强度等级	TC11	TC13	TC15	TC17	TB11	TB13	TB15	TB17	TB20
2	检验结果的最低强度值 (N /mm <sup>2</sup> ) 不得低于	48	54	60	74	58	38	81	92	104

表1 -5  木构件材质等级

序号	构件类别	材质等级
1	受拉或拉弯构件	
2	受弯或压弯构件	
3	受压构件及交要受弯构件（如吊顶小龙骨等）	

注：1．屋面板、挂瓦条等次要构件可根据各地习惯选材，不统一规定其材质等级；  
2．本表中木材材质等级系按承重结构的受力要求分级，其选材应符合表1 -7、表1 -8、表1 -9、表1 -10 的规定，不得用一般商品材的等级标准代替。

表1 -6 胶合木构件的材质等级

序号	构件类别	材质等级	木材等级配置图
1	受拉或拉弯构件	g	
2	受压构件（不包括拱和桁架的上弦）	g	
3	拱或桁架的上弦以及高度不大于500mm 的胶合梁 (1) 构件上下边缘各0.1h 的区域，且不少于两层板 (2) 其余部分	g g	
4	高度大于500mm 的胶合梁 (1) 梁的受拉边缘0.1h 区域，且不少于两层板 (2) 距梁的受拉边缘0.1h 至0.2h (3) 梁的受压边缘0.1h 区域，且不少于两层板 (4) 其余部分	g g g g	
5	侧立腹板工字梁 (1) 受拉翼缘板 (2) 受压翼缘板 (3) 腹板	g g g	

注 :1 h——截面高度；  
2 . 同表1 -5 注 。

表1 -7 承重结构方木材质标准

序号	缺陷名称	材质等级		
1	腐朽	不容许	不容许	不容许
2	木节 在构件任一面任何150mm 长度上所有木节 尺寸的总和，不得大于所在面宽的	1 B  (连接部位为1 A )	2 B	1 D

续表

序号	缺陷名称	材质等级		
3	斜纹 任何1m 材才上平均倾斜高度，不得大于	50mm	80mm	120mm
4	髓心	应避开受剪面	不限	不限
5	裂缝 (1) 在连接的受剪面上	不容许	不容许	不容许
	(2) 在连接部位的受剪面附近，其裂缝深度（有对面裂缝时用两者之和）不得大于材宽的	1/4	1/3	不限
6	虫蛀	容许有表面虫沟，不得有虫眼		

注：1．对于死节（包括松软节和腐朽节），除按一般木节测量外，必要时尚应按缺孔验算。若死节有腐朽迹象，则应经局部防腐处理后使用；

2．木节尺寸按承重于构件长度方向测量。木节表现为条状时，在条状的一面不量（图1 - 1），直径小于100mm 的活节不量。

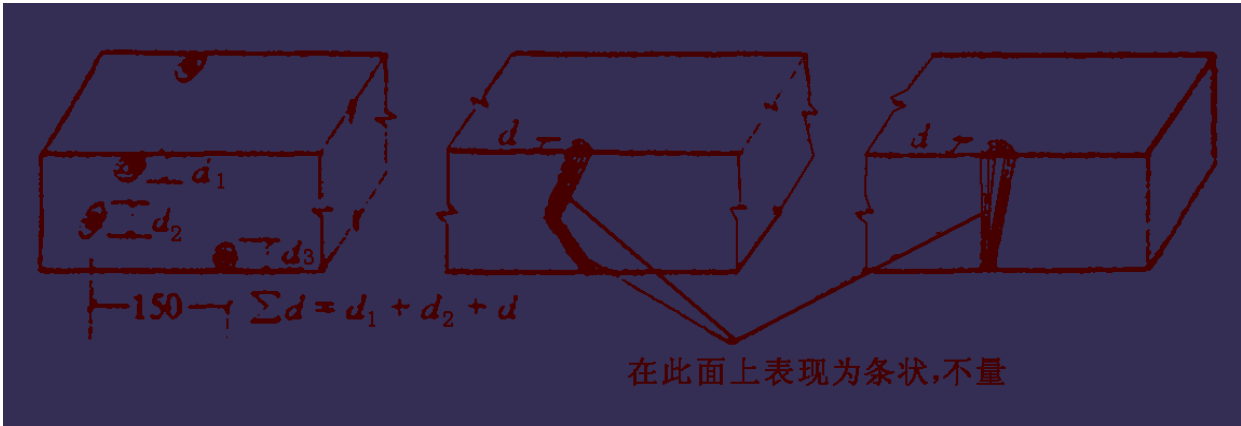


图1 -1 木节量法

表1 -8 承重结构板材材质标准

序号	缺陷名称	材质等级		
1	腐朽	不容许	不容许	不容许
2	木节 在构件任一面任何150mm 长度上所有木节尺寸的总和，不得大于所在面宽的	1/4 (连接部位为1/5)	1/3	2/5
3	斜纹 任何1m 材长上平均倾斜高度，不得大于	50mm	80mm	120mm
4	髓心	不容许	不容许	不容许

续表

序号	缺陷名称	材质等级		
5	裂缝 在连接部位的受剪面及其附近	不容许	不容许	不容许
6	虫蛀	容许有表面虫沟，不得有虫眼		

注：同表1 -7 注

表1 -9  承重结构原木材质标准

序号	缺陷名称	材质等级		
1	腐朽	不容许	不容许	不容许
2	木节 (1) 在构件任何150mm 长度上沿周长所有木节尺寸的总和，不得大于所测部位原木周长 (2) 每个木节的最大尺寸，不得大于所测部位原木周长的	1 /4 1 /10 (连接部位为1 /2)	1 /3  1 /6	不限  1 /6
3	扭纹 小头1m 材长上倾斜高度不得大于	80mm	120mm	150mm
4	髓心	应避开受剪面	不限	不限
5	虫蛀	容许有表面虫沟，不得有虫眼		

注：1．同表1 -7 注1；  
2．木节尺寸按垂直于构件长度方向测量，直径小于10mm 的活节不量；  
3．对于原木的裂缝，可通过调整其方位（使裂缝尽量垂直于构件的受剪面）予以使用。

表1 -10  胶合木结构板材材质标准

序号	缺陷名称	材质等级		
1	腐朽	不容许	不容许	不容许
2	木节 (1) 在木板任一面任何150mm 长度上所有木节尺寸的总和，不得大于所在面宽的 (2) 在木板指接及其两端各100mm 范围内	1 /3 不容许	2 /5 不容许	1 /2 不容许
3	斜纹 任何1m 材长上平均倾斜高度，不得大于	50mm	80mm	150mm
4	髓心	不容许	不容许	不容许
5	裂缝 (1) 木板窄面上的裂缝，其深度（有对面裂缝用两者之和）不得大于板宽的 (2) 木板宽面上的裂缝，其深度（有对面裂缝时用两者之和）不得大于板厚的	1 /4 不限	1 /3 不限	1 /2 对侧立腹板工字梁的腹板：1 /3，对其他板材不限
6	虫蛀	容许有表面虫沟，不得有虫眼		

续表

序号	缺陷名称	材质等级		
7	涡纹 在木板指接及其两端各100mm 范围内	不容许	不容许	不容许

注 :1 . 同表1 -7 注1 ；  
2 . 按本表选材配料时，尚应注意避免在制成的胶合构件的连接受剪面上有裂缝；  
3 . 对于有过大缺陷的木材，可截去缺陷部分，经重新接长后按所定级别使用。

表1 -11 细木制品用木材材质标准

序号	制 品 名 称			门 窗 扇 的 立 挺、冒 头、中 冒 头			窗 棧、压 条、门 窗 及 气 窗 的 线 角、通 风 管 立 挺、 披 水			门 心 板			门 窗 框		
	等 级														
木 材 缺 陷															
1	活 节	节 径	不 计 个 数 时 应 小 于 (mm )	10	15		5			10	15	20	10	15	20
			计 算 个 数 时 不 应 大 于	材 宽 的			材 宽 的			(mm )			材 宽 的		
				1 / 4	1 / 3		1 / 4	1 / 3		20	30	40	1 / 3		1 / 2
		个 数	任 何 1 延 米 中 不 应 超 过	2	3	4	0	2	3	2	3	5	3	5	6
2	死 节			允 许 ， 包 括 在 活 节 总 数 中			不 允 许			允 许 ， 包 括 在 活 节 总 数 中					
3	髓 心			不 露 出 表 面 的 ， 允 许			不 允 许			不 露 出 表 面 的 ， 允 许					
4	裂 缝			深 度 及 长 度 不 得 大 于 厚 度 及 材 长 的			不 允 许	允 许 可 见 裂 缝	允 许 可 见 裂 缝	允 许 可 见 裂 缝			深 度 及 长 度 不 得 大 于 厚 度 及 材 长 的		
			1 / 6	1 / 5	1 / 4								1 / 5	1 / 4	1 / 3
5	斜 纹、斜 率 不 大 于 (%)			6	7	10	4	5	6	15	不 限		10	12	15
6	油 眼			、 级 非 正 面 允 许、 级 不 限											
7	其 他			浪 形 纹 理、圆 形 纹 理、偏 心 及 化 学 变 色 允 许											

注： 级品不允许有虫眼， 、 级品允许有表层的虫眼。

表1 -12  我国53 个城市木材平衡含水库平均值

序号	地名	晚冬～初春			初夏			初秋			晚秋～冬初			全年平均		
		平均 温度 /  (%)	平均 相对 湿度 /  (%)	木材 平衡 含水 率 /  (%)	平均 温度 /  (%)	平均 相对 湿度 /  (%)	木材 平衡 含水 率 /  (%)	平均 温度 /  (%)	平均 相对 湿度 /  (%)	木材 平衡 含水 率 /  (%)	平均 温度 /  (%)	平均 相对 湿度 /  (%)	木材 平衡 含水 率 /  (%)	平均 温度 /  (%)	平均 相对 湿度 /  (%)	木材 平衡 含水 率 /  (%)
1	克山	-3.1	61	12	18.8	71	13.3	20	78	15.1	1.7	72	14.4	0.7	71	14.3
2	齐齐哈尔	-0.9	54	10.9	20	68	12.5	21.9	72	13.1	3.8	68	13.4	2.9	63	12.9
3	佳木斯	-0.6	62	12.1	20.5	72	13.2	21.7	78	15	4.1	170	13.8	3.1	69	13.7
4	哈尔滨	0.2	58	11.6	19.6	71	13.2	22.3	76	14.5	4.9	68.7	13.6	3.7	69	13.6
5	牡丹江	0.1	60.5	12	18.1	73	13.9	21.2	78	15.1	4.8	72.3	14.4	3.4	70	13.9
6	长春	1.2	54.5	10.9	19.8	73	13.8	21.9	80	15.7	5.9	70	13.8	4.7	68	13.3
7	四平	1.9	55	11	20.2	72	13.5	22.3	79	15.3	6.7	70.7	13.9	5.7	68	13.2
8	沈阳	4	58.5	11.5	21.4	73	13.8	23.9	80	15.6	8.8	73	14.1	7.6	69	13.4
9	旅大	5.7	58.5	11.5	20	75	14.3	24.1	83	16.9	13.1	68.7	13.2	10.2	68	13.0
10	乌兰浩特	0	45	9.5	20.3	60	11.0	22.0	66	12.1	4.4	59.7	11.7	4.1	57	11.2
11	包头	3.7	43	9.1	20.6	51	9.4	20.7	69	12.8	7.8	57.7	11.2	6.4	55	10.7
12	乌鲁木齐	1.9	76	15.1	20.9	48	8.8	22.4	43	8.0	7.1	60	11.9	5.2	62	12.1
13	银川	6.6	50	9.9	22.1	54	9.6	21.7	72	13.5	8.7	67	12.9	8.6	61	11.8
14	兰州	8.6	49.5	9.8	21.2	51	9.3	21.4	63	11.4	9.3	64.7	12.4	9.4	59	11.3
15	西宁	5.2	48.5	9.8	16	60	11.1	16.8	69	13.0	6.4	64	12.5	5.9	59	11.5
16	西安	10.5	69	13.6	26.1	56	9.8	25	78	15.0	13.4	78	15.7	13.2	74	14.3
17	北京	8.7	48.5	9.6	24.1	62	11.1	24.5	80	15.6	12.1	64.7	12.3	11.6	60	11.4
18	天津	8.5	55	10.7	24	66	11.9	25.4	79	15.2	13.2	68.7	13.1	11.9	64	12.1
19	太原	6.9	50.5	10.0	21.5	59	10.6	21.8	77	14.5	9.2	67.7	13.1	9.1	61	11.7
20	济南	10.9	52	10.1	26.1	56	9.8	25.8	79	12.2	15.1	68	11.8	13.9	62	11.7
21	青岛	7.0	69	13.5	20.1	83	17.1	25.1	86	18.3	15.4	70.3	13.4	12.1	74	14.4
22	徐州	10.4	65.5	12.6	26	65	11.6	26.2	83	16.7	15.2	70.7	13.5	13.9	72	13.9
23	南京	11.3	73	14.3	24.5	78	15	27.9	80	15.4	17.2	76	14.8	15.3	76	14.9
24	上海	10.6	79	16	23.5	85	17.9	27.9	83	16.6	18.2	77.7	15.2	15.6	80	16
25	芜湖	12.5	79	16.1	25.2	81	16	28.3	81	15.7	17.7	78	15.3	16.1	74	15.8

续表

序号	地名	晚冬～初春			初夏			初秋			晚秋～冬初			全年平均		
		平均	平均	木材	平均	平均	木材	平均	平均	木材	平均	平均	木材	平均	平均	木材
		温度 / (%)	相对 湿度 (%)	平衡 含水 率 (%)	温度 / (%)	相对 湿度 (%)	平衡 含水 率 (%)	温度 / (%)	相对 湿度 (%)	平衡 含水 率 (%)	温度 / (%)	相对 湿度 (%)	平衡 含水 率 (%)	温度 / (%)	相对 湿度 (%)	平衡 含水 率 (%)
26	杭州	11.8	81	16.5	24.8	82	16.4	28.3	81	15.7	17.8	82	16.4	16.2	81	16.5
27	温州	13	85.5	18.7	24.7	89	19.9	27.9	84	17	20.1	79	15.6	17.9	83	17.3
28	崇安	14.2	81.5	16.8	24.8	81	15.9	27.1	76	14.3	19.6	73	13.9	17.8	77	15
29	南平	16.3	81	16.5	26.2	83	16.7	28.1	78	14.9	20.6	79	15.4	19.3	80	16.1
30	福州	15.1	182	17	26.1	84	17.1	28.4	78	14.8	21.7	74	13.9	19.5	79	15.6
31	永安	17	82	17	26.3	79	15.1	27.3	78	14.9	19.8	79.7	14.7	19	81	16.3
32	厦门	16.6	81	16.5	26.5	85	18	28.4	79	15	23.5	72	13.4	21	78	15.2
33	郑州	11	66	12.7	26.5	58	10.2	25.5	77	14.6	14.9	68.7	13	14.5	66	12.4
34	洛阳	11.1	64	12.5	26.5	57	10	25.5	81	15.9	15.5	65.3	12.2	14.2	67	12.7
35	宜昌	13.4	77.5	15.4	25.6	78	15	27.1	63	11.1	18.2	71	13.5	16.9	77	15.1
36	武汉	12.7	79.5	16	26.1	79	15.2	28.4	79	15	17.7	75.3	14.6	16.4	78	15.4
37	长沙	13.1	85	18.7	26.5	80	15.5	28.9	76	14.3	18.7	77.7	15.2	17.1	81	16.5
38	衡阳	13.4	87.5	19.8	26.7	79	15.1	29.5	74	13.6	19.2	82.3	16.9	17.8	82	16.9
39	九江	12.7	79.5	16.1	25.6	82	16.3	28.9	79	15	18.4	77	15	16.8	79	15.8
40	南昌	12.4	83.5	17.1	26	82	16.3	29.2	76	14.1	18.9	76	14.7	17.5	80	16.0
41	桂林	15.1	80.5	16.4	26.7	79	15.1	28	78	14.8	21	68	12.5	19	75	14.4
42	南宁	19.2	82.5	17	27.7	82	16.2	27.9	83	16.5	23.2	74.3	14	21.8	79	15.4
43	广州	19.5	83.5	17.5	27.4	85	17.5	28.4	82	16.1	23.7	72	13.4	22	78	15.1
44	海口	24.4	85	17.8	28.5	82	16.1	27.9	85	17.5	24.8	83.3	17.3	24	84	17.3
45	昌都	6.5	46	10.5	14.9	65	12.2	14.6	70	13.3	7.9	60	11.7	7.6	53	10.3
46	成都	14.7	75.5	14.7	24.3	79	15.2	25.5	83	16.8	17.1	84	17.8	16.7	80	16.0
47	雅安	14.4	76.5	15	23.9	75	14.1	24.9	81	16	16.7	83.7	17.6	16.3	79	15.7
48	重庆	16	76	14.8	26	77	14.7	27.9	78	14.8	18.9	83	17.3	18.5	80	15.9
49	康定	5.9	65	12.7	13.1	80	16.2	14.9	79	15.7	7.4	77	15.8	7	71	13.9
50	宜宾	16.8	77.5	15.2	25.6	79	15.2	27	81	15.9	18.9	84	18	18.6	81	16.3
51	昆明	15.8	55	10.3	19.6	78	15.2	19.8	81	16.3	15.2	79	15.9	15.3	71	13.5
52	贵阳	13.4	76	15	22.6	78	15	23.9	79	15.3	16.3	78.7	15.6	15.5	78	15.4
53	拉萨	6.6	35	7.7	15.6	55	10.2	14.3	67	12.7	8.2	46	9.4	7.8	42	8.6

注：晚科～初春：3月～4月；初夏：6月；初秋：8月；晚秋～冬初：9月～11月；全年平均指1～12月。



表1 -13 木材含水率要求

序号	构件名称	含水率（不大于%）
1	原木或方木结构	25
2	板材结构及受拉构件的连接板	18
3	木制连接件，结构构件的样板	15
4	胶合木结构	15
5	门窗及其他细木制品的木材	12

注：1．含水率为构件全截面的平均值；

2．胶合木结构同一构件各木板间的含水率差别不应大于5 %；

3．门窗及其他细木制品指窑干木材，当受条件限制，除东北落叶松、云南松、马尾松、桦木等易变形的树种外，亦可采用气干木材，其制作时的含水率不应大于当地的平衡含水率；

4．结构构件的样板，其含水率不应大于15 %，且应用木纹平直不易变形的木材。

表1 -14 板方材预留干缩量

序号	板方材厚度/mm	预留干缩量/mm	序号	板方材厚度/mm	预留干缩量/mm
1	15 ~25	1	5	130 ~140	5
2	40 ~60	2	6	150 ~160	6
3	70 ~90	3	7	170 ~180	7
4	100 ~120	4	8	190 ~200	8

注：1．落叶松、木麻黄等树种的木材，应按表中规定加大干缩量30 %；

2．本表适用于供应原木并在工地进行锯割和自然干燥时按设计尺寸预留的干缩量。

第二节 木结构用钢材、钉和螺栓

一、钢材

- 1．承重木结构中用的钢材，宜采用符合国家现行的《碳素结构钢》规定的Q235钢。对于承受振动荷载或计算温度低于-30 的结构，宜采用Q235 钢
- 2．螺栓材料应采用符合国家现行《碳素结构钢》规定的Q235 钢
- 3．钢构件焊接用的焊条，应符合国家现行《碳钢焊条》及《低合金钢焊条》规定

的要求。焊条的型号应与主体金属强度相适应

4. 用于承重木结构中的钢材，应具有抗拉强度、伸长率、屈服点和硫、磷含量的合格保证。对焊接的构件还应具有碳含量的合格保证

钢木桁架的圆钢下弦，直径d 不小于20mm 的拉杆或计算温度低于 -30 条件下的钢构件，还应具有冷弯试验的合格保证

## 二、钉和螺栓

### 1. 圆钉

(1) 圆钢钉，又名铁钉。用于钉固木竹器材。各种钉固对象适用的圆钉长度大致为：家具、竹器、乐器及文教用具等为10 ~20mm ；墙壁内的板条、木制农具，一般为20 ~25mm ；一般包括本箱为30 ~50mm ；地板、牲畜棚等为50 ~60mm ；屋面橡木及混凝土木模为70mm ；模型泥芯为60 ~100mm ；防台防汛和桥梁工程、修建土木结构房屋为100 ~150mm

圆钢钉规格和质量如表1 -16 所示

(2) 水泥钢钉。木泥钢钉主要用于将制品钉在水泥墙壁或制件上水泥钢钉的规格如表1 -16 所示

(3) 扁头圆钢钉，又名扁头钉、地板钉、木模钉等。扁头圆钢钉主要用于木模制作、钉地板及家具等需将钉帽埋入木材的场合

扁头圆钢钉的规格和质量如表1 -17 所示

(4) 拼合用圆钢钉，又名拼钉、两头尖钉、枣核钉等，如图1 -2 所示。拼合用圆钢钉通用于木箱、家具、农具、门扇等需要拼合木板时作销钉用

拼合用圆钢钉的规格、质量如表1 -18 所示

### 2. 其他钉类

(1) 扒钉。扒钉的外形如图1 -3 所示，其规格、质量如表1 -19 所示

(2) 骑马钉，又名止钉、U 字钉等。骑马钉的外形如图1 -4 所示，主要用于固定金属板网、金属丝网及刺丝或室挂线等，也可用于固定绑木箱的钢丝

骑马钉的规格、重量如表1 -20 所示

### 3. 木螺钉

各种木螺钉外形如图1 -5 所示：其中如图1 -5a、b 所示为沉头木螺钉，主要用以把各种材料的制品固定在木质制品上，螺钉被拧紧后，钉头表面可与制品表面相平，适用于要求钉头不露出制品表面之处；图1 -5c、d 所示为圆头木螺钉（又称半圆头木螺

钉)，钉头底部平面面积较大，钉头不易陷入制品里面，适用于允许钉头露出制品表面之处；图1 -5e、f 所示为半沉头木螺钉，半沉头木螺钉与沉头木螺钉相似，但它被拧紧后，钉头略微露出制品表面，这种螺钉可以增强钉头的强度，并可以起装饰作用，多用于须有装饰效果之处

木螺钉的规格如表1 -23 所示

4 . 螺栓

(1 ) 普通六角头螺栓 (C 级)。普通六角头螺栓 (C 级) 外形如图1 -6 所示，螺栓规格如表1 -22 所示

(2 ) 方头螺栓 (C 级)。方头螺栓 (C 级) 外形如图5 -7 所示，方头螺栓规格如表5 -25 所示。

表1 -15 圆钢钉的规格、质量

序号	钉长 /mm	钉杆直径/mm			千只约重/kg			千克约数/只		
		重型	标准型	轻型	重型	标准型	轻型	重型	标准型	轻型
1	10	1 .10	1 .00	0 .90	0 .079	0 .062	0 .045	12660	16200	20040
2	13	1 .20	1 .10	1 .00	0 .120	0 .097	0 .080	8330	10310	12460
3	16	1 .40	1 .20	1 .10	0 .207	0 .142	0 .119	4830	7040	8380
4	20	1 .60	1 .40	1 .20	0 .324	0 .242	0 .177	3090	4130	5630
5	25	1 .80	1 .60	1 .40	0 .511	0 .359	0 .302	1960	2532	3300
6	30	2 .00	1 .80	1 .60	0 .758	0 .600	0 .473	1320	1666	2110
7	35	2 .20	2 .00	1 .80	1 .069	0 .860	0 .700	943	1157	1430
8	40	2 .50	2 .20	2 .00	1 .56	1 .19	0 .990	641	837	1010
9	45	2 .80	2 .50	2 .20	2 .22	1 .73	1 .34	450	577	744
10	50	3 .10	2 .80	2 .50	3 .02	2 .42	1 .92	331	414	520
11	60	3 .40	3 .10	2 .80	4 .35	3 .56	2 .90	230	281	345
12	70	3 .70	3 .40	3 .10	5 .94	5 .00	4 .15	168	200	241
13	80	4 .10	3 .70	3 .40	8 .30	6 .75	5 .71	120	148	175
14	90	4 .50	4 .10	3 .70	11 .30	9 .35	7 .63	88 .5	107	131
15	100	5 .00	4 .50	4 .10	15 .50	12 .50	10 .40	64 .5	80 .1	96 .5
16	110	5 .50	5 .00	4 .50	20 .90	17 .00	13 .70	47 .8	59 .0	72 .8
17	130	6 .00	5 .50	5 .00	29 .10	24 .30	20 .00	34 .4	41 .2	49 .9
18	150	6 .50	6 .00	5 .50	39 .40	33 .30	28 .00	25 .4	30 .0	35 .7
19	175	—	6 .50	6 .00	—	45 .70	38 .90	—	21 .9	25 .7
20	200	—	—	6 .50	—	—	52 .10	—	—	19 .2

注：本表摘自 《圆钢钉》 (GB349 —88 )。

表1 -16 水泥钢钉的规格

钉长/mm	10	13	15	20	25	30	35	40	45
直径/mm	1 2	1 6	1 6	1 8	2 2	2 5	2 8	3 2	3 6
钉长/mm	50	60	70	80	90	100	110	130	150
直径/mm	4 0	4 5	5 0	5 5	6 0	6 5	7 0	8 0	9 0

注：钢钉需经热处理，硬度为HRA74 -78。

表1 -17 扁头圆钢钉的规格、质量

序号	钉长/mm	35	40	50	60	80	90	100
1	钉杆直径/mm	2 0	2 2	2 5	2 8	3 2	3 40	3 8
2	千只约重/kg	0 95	1 .18	1 .75	2 90	4 .70	6 40	8 50

表1 -18 拼合用圆钢钉的规格、质量

序号	钉长L /mm	25	30	35	40	45	50	60
1	钉杆直径d /mm	1 6	1 8	2 0	2 2	2 5	2 8	2 8
2	千只约重/kg	0 36	0 55	0 79	1 08	1 52	2 00	2 40

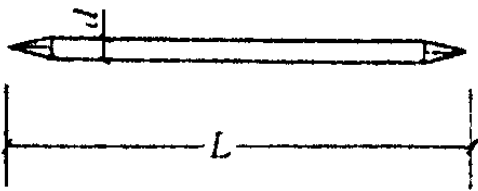


图1 -2 拼合用圆钢钉

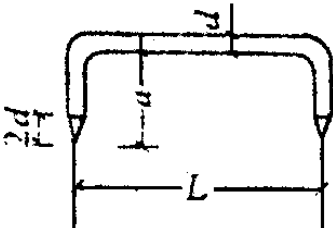


图1 -3 扒钉式样

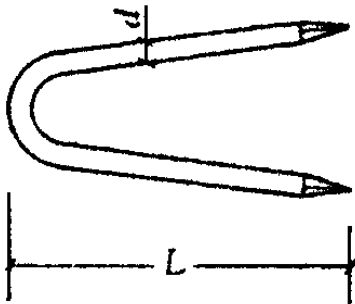


图1 -4 骑马钉

表1 -19 扒钉的规格、质量

序号	扒钉 直径 d /mm	弯钩 长度 a /mm	扒钉长度L /mm						
			200	250	300	350	400	450	500
			扒钉重量/kg						
1	8	60	0 .070	0 082	0 093				
2	10	60	0 128	0 148	0 168	0 188			
3	12	80	0 310	0 355	0 400	0 445			
4	14	100	0 467	0 527	0 587	0 647	0 707		
5	16	100	0 606	0 586	0 766	0 846	0 926	1 006	1 086
6	18	120	—	0 943	1 043	1 143	1 243	1 343	1 443

表1 -20 骑马钉的规格、质量

序号	钉长L /mm	13	16	20	25	30
1	钉杆直径d /mm	1.8	1.8	2.0	2.2	2.5
2	大端宽度B /mm	8.5	10.0	12.0	13.0	14.5
3	小端宽度b /mm	7.0	8.0	8.5	9.0	10.5
4	千只约重/kg	0.48	0.61	0.89	1.36	2.43
5	用途	主要用于固定金属板网、金属丝网或室内挂镜线等				

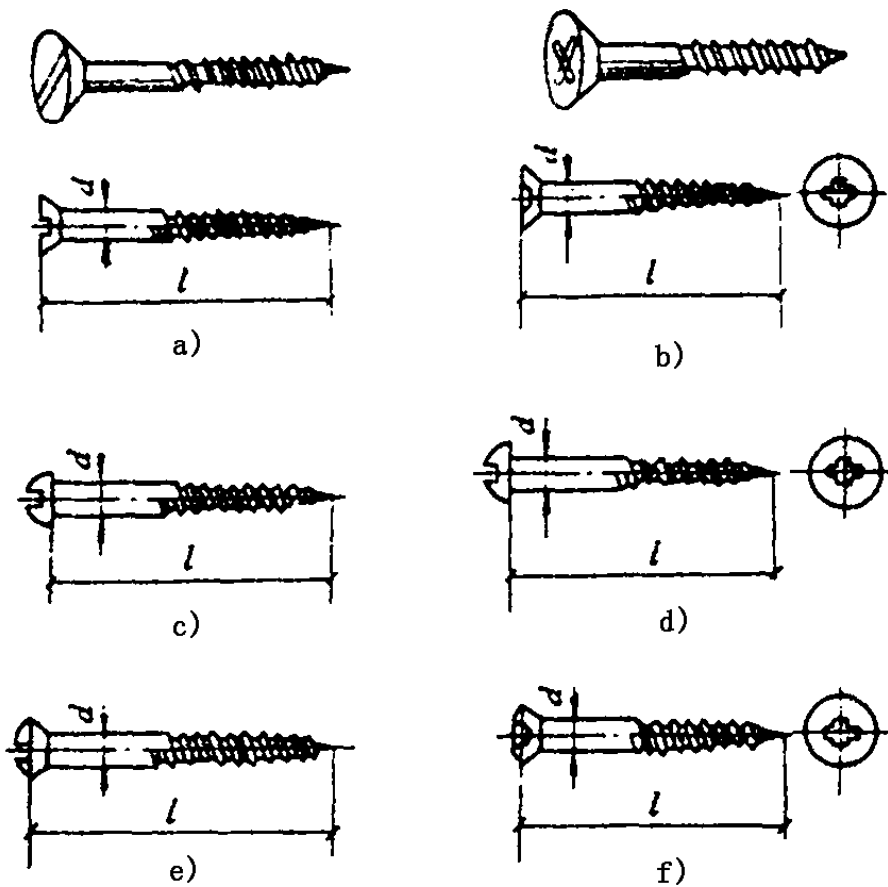


图0

图1 -5 木螺钉

- a) 开槽沉头木螺钉b) 十字槽沉头木螺钉c) 开槽圆头木螺钉  
d) 十字槽圆头木螺钉e) 开槽半沉头木螺钉f) 十字槽半沉头木螺钉

表1 -21 公制木螺钉规格表

序号	直径d /mm	开槽木螺钉钉长L /mm			十字槽木螺钉	
		沉头	圆头	半沉头	十字槽号	钉长L /mm
1	1.6	6 ~12	6 ~12	6 ~12	—	—
2	2	6 ~16	6 ~14	6 ~16	1	6 ~16
3	2.5	6 ~25	6 ~22	6 ~25	1	6 ~25
4	3	8 ~30	8 ~25	8 ~30	2	8 ~30

续表

序号	直径d /mm	开槽木螺钉钉长L /mm			十字槽木螺钉	
		沉头	圆头	半沉头	十字槽号	钉长L /mm
5	3.5	8 ~40	8 ~38	8 ~40	2	8 ~40
6	4	12 ~70	12 ~65	12 ~70	2	12 ~70
7	(4.5)	16 ~85	14 ~80	16 ~85	2	16 ~ 85
8	5	18 ~100	16 ~90	18 ~100	2	18 ~100
9	(5.5)	25 ~100	22 ~90	30 ~100	3	25 ~100
10	6	25 ~120	22 ~120	30 ~120	3	25 ~120
11	(7)	40 ~120	38 ~120	40 ~120	3	40 ~120
12	8	40 ~120	38 ~120	40 ~120	4	40 ~120
13	10	75 ~120	65 ~120	70 ~120	4	70 ~120

注 :1 . 钉长系列 (mm) :6 , 8 , 10 , 12 , 14 , 16 , 18 , 20 , (22) , 25 , 30 , (32) , 35 , (38) , 40 , 45 , 50 , (55) , 60 , (65) , 70 , (75) , 80 , (85) , 90 , 100 , 120 ;  
2 . 括号内的直径和长度 , 尽可能不采用。

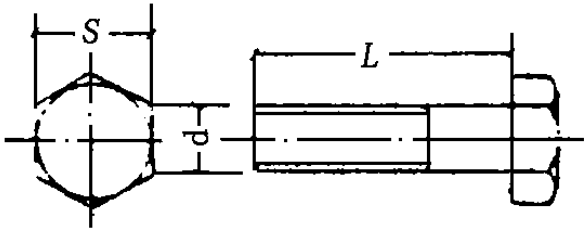


图1 -6 普通六角头螺栓

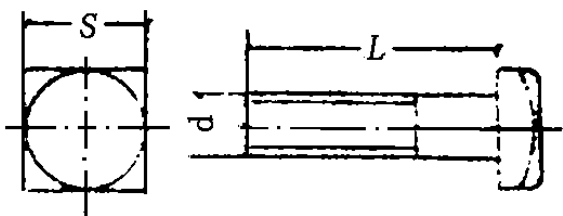


图1 -7 方头螺栓

表1 -22 普通六角头螺栓规格

序号	螺纹规格 d /mm	螺杆长度L /mm		序号	螺纹规格 d /mm	螺杆长度L /mm	
		GB5780 部分螺纹	GB5781 全螺纹			GB5780 部分螺纹	GB5781 全螺纹
1	M5	25 ~50	10 ~40	13	M30	90 ~300	60 ~100
2	M6	30 ~60	12 ~50	14	(M33)	130 ~320	65 ~360
3	M8	35 ~80	16 ~65	15	M36	110 ~300	70 ~100
4	M10	40 ~100	20 ~80	16	(M39)	150 ~400	80 ~400

续表

序号	螺纹规格 d /mm	螺杆长度L /mm		序号	螺纹规格 d /mm	螺杆长度L /mm	
		GB5780 部分螺纹	GB5781 全螺纹			GB5780 部分螺纹	GB5781 全螺纹
5	M12	45 ~120	25 ~100	17	M42 *	160 ~420	80 ~420
6	(M14 )	60 ~140	30 ~140	18	(M45 )	180 ~440	90 ~440
7	M16	55 ~160	35 ~100	19	M48 *	180 ~480	100 ~480
8	(M18 )	80 ~180	35 ~180	20	(M52 )	200 ~500	100 ~500
9	M20	65 ~200	40 ~100	21	M56 *	220 ~500	110 ~500
10	(M22 )	90 ~220	45 ~220	22	(M60 )	240 ~500	120 ~500
11	M24	80 ~240	50 ~100	23	M64 *	260 ~500	120 ~500
12	(M27 )	100 ~260	55 ~280				

注 :1 . 螺纹规格栏中 , 带括号的为尽可能不采用的规格 , 带 \* 记号的为通用规格 , 其余的均为商品规格 ;

2 . 螺杆长度系列 (mm ) :6 , 8 , 10 , 12 , 16 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 45 , 50 , (55 ) , 60 , (65 ) , 70 , 80 , 90 , 100 , 110 , 120 , 130 , 140 , 150 , 160 , 180 , 200 , 220 , 240 , 260 , 280 , 300 , 320 , 340 , 360 , 380 , 400 , 420 , 440 , 460 , 480 , 500 , 带括号的长度尽可能不采用 ;

3 . 螺纹公差 :GB5780 为8g , GB5781 为6g ;

4 . 机械性能等级 :d 39 的为4 6 , 4 8 级 ;d 39 的按协议 ;

5 . 本表摘自 GB5780 —86 、 GB5781 —86 。

表1 -23 方头螺栓规格

序号	螺纹规格d	方头边宽S	螺杆长度L	序号	螺纹规格d	方头边宽S	螺杆长度L
	(mm )				(mm )		
1	M10	16	40 ~100	8	M24	36	80 ~240
2	M12	18	45 ~120	9	(M27 )	41	90 ~260
3	(M14 )	21	50 ~140	10	M30	46	90 ~300
4	M16	24	55 ~160	11	M36	55	110 ~300
5	(M18 )	27	60 ~180	12	M42	65	130 ~300
6	M20	30	65 ~200	13	M48	75	140 ~300
7	(M22 )	34	70 ~220				

注 :1 . 带括号的螺纹规格和螺杆长度尽可能不采用 ;

2 . 螺杆长度系列 (mm ) :20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 45 , 50 , 55 , 60 , (65 ) , 70 , 75 , 80 , 90 , 100 , 110 , 120 , 130 , 140 , 150 , 160 , 180 , 200 , 220 , 240 , 260 , 280 , 300 ;

3 . 螺纹公差 :8g ;

4 . 机械性能等级 :d 39 为4 8 级 , d >39 者按协议 ;

5 . 本表摘自 GB8 —88 。

### 第三节 木结构用胶粘剂

#### 一、结构用胶

1. 承重结构使用的胶，应保证其胶合强度不低于木材顺纹抗剪和横纹抗拉的强度。胶连接的耐水性和耐久性，应与结构的用途和使用相适应

2. 对于在使用中有可能受潮的结构以及重要的建筑物，应采用耐水胶（如苯酚甲醛树脂胶等）；对于在室内正常温、湿度环境中使用的一般胶合木结构，可采用中等耐水性胶（如脲醛树脂或尿素甲醛树脂等）

承重结构用胶，除应具有出厂合格证明外，还应在使用前按有关的规定检验其胶粘能力

#### 二、木工常用胶粘剂的特点及用途

##### （一）耐水性胶粘剂

###### 1. 间苯二酚甲醛胶粘剂

###### （1）特点

粘结强度高，沾结性能优良，可在常湿或中湿下固化，故操作方便，粘结层坚而不脆，可在 -40 ~100 温度条件下使用，但价格较高，且对木材污染严重

###### （2）用途

多用于承受较重荷载的木结构，以及在露天等苛刻条件下使用的木结构。如建筑用的层合梁、弓形屋架等

###### 2. 酚醛树脂胶粘剂

###### （1）特点

粘结强度、耐水性、耐候性优异，耐老化、耐热性好，价格适中，但对木材有明显污染。是我国用于经常受潮结构的主要胶料

###### （2）用途

适用于建筑木结构的粘结、木工装配粘合，以及胸合板等木制品的生产



(二) 半耐水性胶粘剂

1. 聚醋酸乙烯胶粘剂（白乳胶）

(1) 特点

耐潮湿，较耐冷水，不耐热水，粘接件不能在露天条件下使用，温度在60 ~80条件下软化，粘结强度降低，在长期受连续荷载下，粘结层会产生较大的塑性变形

(2) 用途

用于木板拼合，木装修粘结，以及碎木层压材、人造板材生产等，应用极为广泛

2. 脲醛树脂胶粘剂

(1) 特点

能溶于水，不需有机溶剂，常温或加热条件下均能自行固化，故使用方便，固化后无色，不污染木材。粘结强度比动物胶高，粘结层耐热、耐潮湿、耐微生物，但其耐热性、耐沸水性、耐老化性均低于酚醛胶粘剂

(2) 用途

主要用于大批量的木材粘结生产，制造胶合板、夹芯板和木层压材，也可用于一般木作工程的粘结

3. 酪素胶粘剂

(1) 特点

无毒，抗震性好，可在低温条件下操作固化，粘结强度较好，但耐水性、抗腐蚀性差，固化时间较长

(2) 用途

是一种非结构性胶粘剂，可用于粘结木材。但目前牛奶供应不足，货源有困难

4. 三聚氰胺脲醛树脂胶粘剂

(1) 特点

是一种改善了的脲醛树脂胶粘剂，大大提高了耐水性能和耐热性能

(2) 用途

可用于使用期较短的露天木结构和一些非永久性结构

三、常用木工胶粘剂的配制

(一) 酪素胶粘剂

酪素是从牛乳中提取的蛋白质，用氢氧化钙与酪素配合，使酪素变成不可逆性的蛋

白质钙盐，因而具有耐水性。同时氢氧化钙与钠盐并用，还能使胶液有较长的活性期。其标准配方如下：

1．脲素胶粘剂的标准配方（g）

脲素	100
氢氧化钙	20 ~30
苛性钠或硅酸钠	0.275 克当量 0.54 ~0.81 克当量相当于苛性钠11g)
水	250 ~500

2．耐水脲素胶粘剂的配合比（质量比）（g）

（1）配方1

脲素	75.0
氢氧化钙	13.5
苛性钠	8.2
氟化钠	2.2
液体石蜡	1.1
水	180

（2）配方2

脲素	100
氢氧化钙	20 ~30
水	50 ~200
硅酸钠	70
氯化铜或硫酸铜	2 ~3

（二）脲醛树脂胶粘剂

配制常温固化胶粘剂所用的脲醛树脂，系尿素与甲醛以较高的摩尔分数，在弱碱性介质中缩聚而成。这类树脂浓度较高（固体含量55 %），加入固化剂即成脲醛树脂胶粘剂。常用固化胶粘剂配方如表1 -24 所示

粉末状脲醛树脂可以与氯化铵等配制成常温固化脲醛树脂胶粘剂，其配方如表1 -25 所示。常用脲醛树脂的牌号和物化性能如表1 -26 所示

（三）酚醛树脂胶粘剂

酚醛树脂系由苯酚与甲醛，在催化剂氢氧化钠作用下，进行缩聚而得的一种红棕色醇溶性粘稠液体。其配合比为：

苯酚	1
----	---

甲 醛                    1 . 5

三、常用木工胶粘剂的配制

氢氧化钠                0 .05 （克分子）

乙醇                    适量

常温固化酚醛树脂胶粘剂，系在酚醛树脂中加入苯磺酸、甲苯磺酸、石油磺酸等固化剂配制而成，其配方如表1 -27 所示。

表1 -24  常温固化胶粘剂配方（质量比）

配方1		配方2			
浓缩脲醛树脂	100	组成	10 ~20	20 ~30	30 ~40
液态氯化铵溶液	12	液态脲醛树脂	100	100	100
面粉	10 ~20	氯化铵（粉末）	2 .5 ~1 .5	1 .5 ~0 .8	0 .7 ~0 .05
		表中温度值为粘结操作环境温度			

表1 -25  常温固化脲醛树脂胶粘剂的配方（质量比）

序 号	组 分	常温固化		高温固化	
1	粉末状脲醛树脂	100	100	100	100
2	水	100	120	100	120
3	豆粉	—	20	—	20
4	20 %氯化铵溶液	10	10	5	5

表1 -26  常用脲醛树脂的牌号和物化性能

序号	物化性能	5011	NQ -63	GNS -65	NQ -45	NQ -64	泡沫尿素
1	尿素 甲醛（摩尔分数）	1 2 0	1 1 9	1 1 8	1 1 7	1 1 6	1 1 8
2	树脂含量/%	58 ~60	65 ~67	58 ~60	45 ~47	63 ~65	44 ~46
3	恩氏粘度	86 ~106	50 ~80	86 ~130	8 ~20	30 ~70	13 ~22
4	pH 值	7 .4 ~7 .6	6 .8 ~7 .0	6 .8 ~7 .1	6 .8 ~7 .0	6 .8 ~7 .0	6 .8 ~7 .0
5	游离醛含量/%	2 ~3	2 ~3	1 .5	1 .8 ~2 .2	0 .7 ~1 .3	1 .5
6	活性期（20℃）/min	40 ~70	120 ~180	240	120 ~180	180 ~300	240
7	储存期（20℃）/d	30 ~60	30 ~60	30 ~60	15 ~30	40 ~50	30 ~60

表1 -27    常温固化酚醛树脂胶粘剂的配方（质量比）

序号	配方	组分	配合比		
1		操作环境温度	15	20	25
		醇溶性酚醛树脂	100	100	100
		苯磺酸	12	9	6
2		醇溶性酚醛树脂 石油磺酸	常温固化		60    固化
			100		100
			<u>1800 ~2100</u>		<u>1600</u>
			为石油磺酸酸值，一般为65 ~90		
3		醇溶性酚醛树脂 石油磺酸 苯磺酸			
			100		100
			10 ~20		10 ~20

## 第二章 木材的干燥

### 第一节 木材名称

1. 经归类的木材名称

东北落叶松包括兴安落叶松和黄花落叶松（长白落叶松）两种铁杉包括铁杉、云南铁杉及丽江铁杉

西南云杉包括麦吊云杉、油麦吊云杉、巴泰云杉及产于四川酩的紫果云杉和云杉

红松包括红松、华山松、广东松、台湾及海南五针松

西北云杉包括产于甘肃、青海的紫果云杉和云杉

冷杉包括各地区产的冷杉属木材，有苍山冷杉、冷杉、岷江冷杉、杉松冷杉、臭冷杉、长苞冷杉等

栎木包括麻栎、槲栎、柞木、小叶栎、辽东栎、抱栎、栓皮栎等

青冈包括青冈、小叶青冈、竹叶青冈、细叶青冈、盘克青冈、滇青冈、福建青冈、黄青冈等

桐木包括柄果桐、脚板桐、包桐、石栎、茸毛桐（猪栎）等

锥栗包括红锥、米槠、苦槠、罗浮锥、大叶锥（钩栗）、栲树、南岭锥、南山锥、吊成锥、甜槠等

桦木包括白桦、硕桦、西南桦、红桦、棘皮桦等

2. 东北一般称为白松的木材，实际上包括鱼鳞云杉、红皮云杉、沙松冷杉及臭冷杉四种，由于各树种的材性差异颇大，因此不采用白松的统称而分别列出

3. 为了简化叙述，还采用了“软木松”和“硬木松”两个名称，以概括某些树种。软木松系指五针松类，如红松、华山松、广东松、台湾或海南五针松等。硬木松系指二针或三针松类，如马尾松、云南松、赤松、樟子松、油松等

## 第二节 常用木材的主要特性

- 1. 落叶松：干燥较慢、易开裂，早晚材硬度及干缩差异均大，在干燥过程中容易轮裂，耐腐性强
- 2. 铁杉：干燥较易，干缩小至中，耐腐性中等
- 3. 云杉：干燥易，干后不易变形，干缩较大，不耐腐
- 4. 马尾松、云南松、赤松、樟子松、油松等：干燥时可能翘裂，不耐腐，最易受白蚁危害，边材蓝变色最常见
- 5. 红松、华山松、广东松、海南五针松、新疆红松等，干燥易，不易开裂或变形，干缩小，耐腐性中等，边材蓝变色最常见
- 6. 栎木及槲木：干燥困难，易开裂，干缩甚大，强度高甚重甚硬，耐腐性强
- 7. 青冈：干燥难，较易开裂，可能劈裂，干缩甚大，耐腐性强
- 8. 水黄柳：干燥难，易翘裂，耐腐性较强
- 9. 桦木：干燥较易，不翘裂，但不耐腐

## 第三节 自然干燥

### 一、自然干燥法分类

#### 1. 原木水平堆积法

一般采用实堆法，即将原木顺序放在堆基上。此法垛内空气不太流通，须定期翻垛。也可采用分层纵横交叉堆积原木，每层原木间要留30 ~50mm 的间隙，下部大些，往上逐层减小，堆垛长和宽等于原木长度，堆高一般不超过3m，往上逐渐收小，以求堆垛稳定，顶部宜作遮盖，以防日晒雨淋，如图2 -1 所示

#### 2. 板方材水平堆积法

一般采用分层纵横交叉堆积，即将板方材分层地互相垂直堆成整垛。也可在各层板方材之间设垫条，所用垫条厚度一致，上下垫条应在同一垂线上。垛顶要遮盖，最好有12 %的坡度，以利排水。顶盖周边应伸出堆垛500 ~750mm，如图2 -2 所示

3.X 形垂直堆积法

适用于尺寸较小的针叶树材、软阔叶树材和不易裂的硬阔叶树材，且数量较少，又急需干燥者，如图2 -3 所示

4．三角形水平堆积法

适用于尺寸较小的针叶树材、软阔叶树材和不易裂的硬阔叶树材，且数量较少，又急需干燥者，如图2 -4 所示

5．交搭水平堆积法

适用于尺寸较小的针叶树材、软阔叶树材和不易裂的硬阔叶树材，且数量较少，又急需干燥者，如图2 -5 所示

6．交替水平堆积法

适用于尺寸较小的针叶树材、软阔叶树材和不易裂的硬阔叶树材，且数量较少，又急需干燥者，如图2 -6 所示

二、自然干燥的一般要求

- 1．堆积极场地必须清除杂草，然后用砂子或炉渣垫平，要求场地平整，并有一定的坡度，以利排除积水
  - 2．材堆底部应有适当高度（不小于400mm）的堆基，堆基可用砖墩或垫木
  - 3．每层木料都用厚度相同的垫木隔开，以利通风。上部应遮盖，以防日晒雨淋，迎风亦需用席子挡风，以免木材端头开裂
  - 4．为防止木材开裂，可在木材端面刷涂料。可采用以下几种涂料：
    - (1) 聚醋酸乙烯乳液；
    - (2) 45 %浓度的脲醛树脂加等量的竣甲基纤维素钠（纤维素钠以1 20 调成糊状）和化胺2 %；
    - (3) 45 %浓度的脲醛树脂加氯化铵2 %
- 使用时，任选其中一种防裂涂料，涂刷于木材两端，一次完成。这几种涂料，干后呈透明薄膜，具有胶着力强、防裂效果好、涂料不流失、端部标记清晰可见等优点
- 5．木材应按树种、规格和干湿情况，区别分类堆垛

三、干燥木材所需时间

采用自然干燥法干燥木材时，应根据干燥季节、材种及板厚，并考虑不同地区的温度及湿度条件，确定木材干燥后所需的大约天数

表2 -1 为木材经天然干燥含水率由60 %降低到15 %时所需的概约时间



图2 -1 原木水平堆积法      图2 -2 板方材水平堆积法      图2 -3 X形垂直堆积法  
1 —顶盖2 —垫条3 —堆基

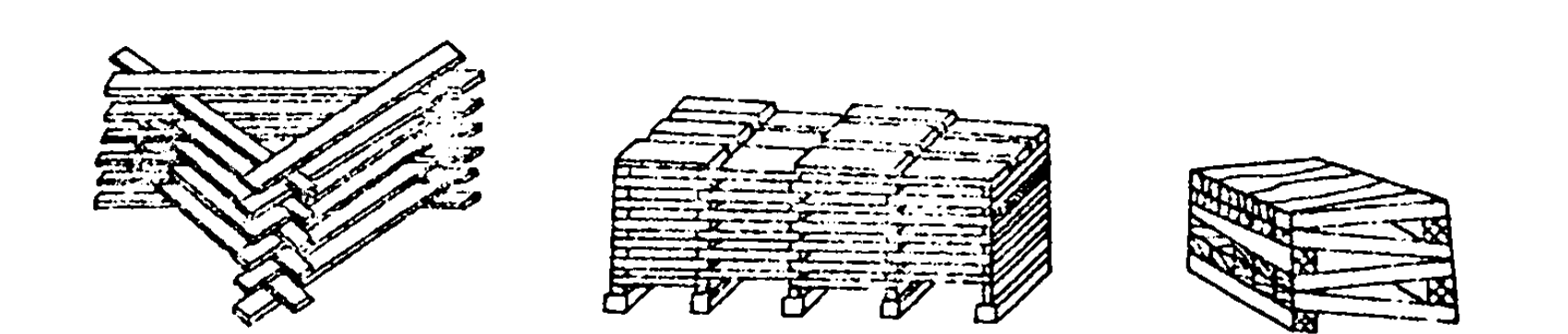


图2 -4 三角形水平堆积法      图2 -5 交搭水平堆积法      图2 -5 交替水平堆积法

表2 -1 木材天然干燥含水率由60 %降到15 %所需的概约时间

序号	树种	干燥季节	板厚20 ~40mm			板厚50 ~60mm		
			最长/d	最短/d	平均/d	最长/d	最短/d	平均/d
1	红松	晚冬 (3 月) ~ 初春 (4 月)	68	41	52	102	90	96
		初夏 (6 月)	29	9	19	45	38	42
		初秋 (8 月)	50	36	43	06	64	85
		晚秋 (9 月) ~ 冬初 (11 月)	86	22	54	176	168	172
2	落叶松	晚冬 ~ 初春	69	39	54	148	128	138
		初夏	63	37	50	60	43	52
		初秋	80	52	66	170	75	122
		晚秋 ~ 冬初	125	57	91	203	167	185
3	白松	初夏	17	9	13	103	30	67
		初秋	31	21	26	59	49	54



续表

序号	树种	干燥季节	板厚20 ~40mm			板厚50 ~60mm		
			最长/d	最短/d	平均/d	最长/d	最短/d	平均/d
4	水曲柳	晚冬 ~ 初春	69	48	59	192	84	138
		初夏	62	15	39	121	111	116
		初秋	72	39	56	157	130	144
		晚秋 ~ 冬初	143	77	110	175	87	131
5	紫椴	初夏	13	10	12			
		初秋	35	34	35	81	74	78
		晚秋 ~ 冬初	32	17	28			
6	裂叶榆	晚冬 ~ 初春	48	32	40	110	96	103
		初夏	16	15	16	121	34	78
		初秋	36	30	33	105	83	94
		晚秋 ~ 冬初	48	31	40			
7	桦木	晚冬 ~ 初春	60	45	53	175	85	130
		初夏	25	20	23	155	65	110
		初秋	85	46	66	179	120	150
		晚秋 ~ 冬初	97	95	96	195	161	178
8	山杨	晚冬 ~ 初春	67	36	52	110	90	100
		初秋	43	36	40	196	189	193
		晚秋 ~ 冬初	45	30	38	174	111	143
9	核桃楸	晚冬 ~ 初春	67	36	52	110	90	100
		初夏	20	17	19	63	62	63
		初秋	49	40	45	120	109	115
		晚秋 ~ 冬初	73	30	52	163	110	137
10	色木	初夏	30	26	28	150	100	125
		初秋	65	49	57	229	227	228
		晚秋 ~ 冬初	59	57	58	170	130	150

注：本表系森林工业研究所在北京地区进行天然干燥的数据。在温度及湿度等气候条件类似的地区可参考使用。

## 第四节 人工干燥

### 一、烟熏（地坑）干燥法

#### 1. 干燥方法

将木材堆放在干燥窑或地坑的墩上，在窑（坑）底均匀铺纯干锯屑，点燃锯屑缓慢均匀燃烧，利用烟产生的热量（不得有火焰急火），通往材堆底烘烤，使木材干燥（图5-14），干燥所需时间可通过试验决定，一般4~7d，自燃冷却后取出使用

#### 2. 适用范围

适于现场小规模及一般条件差的木材加工厂使用，干燥70mm厚以下的针叶树材，厚30mm以下的阔叶树材

#### 3. 优缺点

- ① 设备简单，操作容易，燃料来源方便，投资少，成本低
- ② 燃烧较难控制，干燥时间稍长，质量较差
- ③ 管理要求严格，并要注意防火

### 二、水浸干燥法

#### 1. 干燥方法

将木材浸入水中15~3d，充分溶去树脂，然后取出锯割成材，进行风干或烘干处理

#### 2. 适用范围

适用含水较高，不需短期内使用的木材

#### 3. 优缺点

本法能减少木材变形，以风干法缩短一半时间，但强度稍有降低

### 三、水煮法

#### 1. 干燥方法

将木材放在槽中加水蒸煮1~5h，然后取出码垛风干或烘干，以加快干燥速度，减

少干燥变形

2. 适用范围

用于难干的硬阔叶树材干燥前的处理及少量使用

3. 优缺点

- (1) 设备复杂、成材一高
- (2) 干燥质量好
- (3) 可加快难以干燥的硬木干燥时间
- (4) 只可在小范围内使用

四、蒸汽干燥法

1. 干燥方法

木材堆放在密闭的干燥室内，通入蒸汽或通过散热器使用漫度逐渐升到60 ~70℃，并保持一定时间（12 ~ 72h）使水分蒸发，然后取出进行风干或烘干

2. 适用范围

适于生产集、能力较大、产品定型且有锅炉装置的木材加工厂使用

3. 优缺点

- (1) 设备较复杂，能耗大
- (2) 易于调节窑温；干燥质量好
- (3) 干燥时间短，安全可靠，质量好

五、热风干燥法

1. 干燥方法

用鼓风机将空气通过被烧热的管道，吹进窑内，从窑底下部风道均匀散发出来，经过木又从上部及风道回到鼓风机，把木材的水分蒸发出来，达到使木材干燥

2. 适用范围

适于一般的木材加工企业

3. 优缺点

- (1) 设备较简单；不需锅炉及管道等设备
- (2) 干燥时间较短，干燥质量好
- (3) 建窑投资少

## 六、烟道加热干燥法

### 1. 干燥方法

在干燥窑内的地面上砌筑烟道，外面生炉子，通过室内地面及墙面的烟进散发热量，使室内温度升高，将木材烘干

### 2. 适用范围

适于中小型企业，多用于小型木材加工厂

### 3. 优缺点

- (1) 设备简单：投资较少
- (2) 干燥成本较低
- (3) 木材干燥不均匀，干燥周期长，质量不易控制

## 七、瓦斯加热干燥法

### 1. 干燥方法

燃烧煤或木屑产生瓦斯，直接通入烘干窑内通过燃烧室在陶土管中燃烧干燥木材，木材在窑内按水平堆积法放置，使木材接触热量面积大，易于干燥

### 2. 适用范围

适于生产能力较大的木材加工厂

### 3. 优缺点

- (1) 设备简单，易于施行
- (2) 热量损失少，成本低
- (3) 窑温易控制，干燥质量较好

## 八、土煤气加热干燥法

### 1. 干燥方法

利用煤气发生炉产生煤气，通过燃烧室在陶土管中燃烧，并由灼热的陶土管表面辐射热能，通过流动的气体质点的对流传热，将木材干燥

### 2. 适用范围

适于小型木材加工厂使用，宜于烘干松木

3 . 优缺点

- ① ) 本法一次投资少 , 设备简单 , 成本低
- ② ) 干燥速度较快 , 燃料耗用少 , 干燥成本低

九、红外线干燥法

1 . 干燥方法

利用可以放射红外线的辐射热源 ( 反射镜灯泡、金属网、陶瓷等 ) 对木材进行热辐射 , 使木材吸收辐射热能 , 进行干燥

2 . 适用范围

适于干燥较薄的木材

3 . 优缺点

- ① ) 设备简单 , 基准易调节、干燥
- ② ) 干燥周期短 , 成本低 , 一次投资少
- ③ ) 如用灯泡干燥时 , 耗电量 大 , 加热欠均匀

十、石蜡干燥法

1 . 干燥方法

将木材置于盛石蜡油的槽内加热 , 直到木材纤维所获得的温度与槽内石蜡油的温度相同为止 , 当木材温度达到 120 ~130 时 , 木材中的水分析出 , 而使木材干燥。

2 . 适用范围

适用于大、中型木材加工厂

3 . 优缺点

- ① ) 大大缩短了干燥时间 , 一般仅需 3 ~8h
- ② ) 干燥质量好 , 且不产生裂缝
- ③ ) 降低吸湿性 , 提高抗腐性
- ④ ) 需耗用大量石蜡油

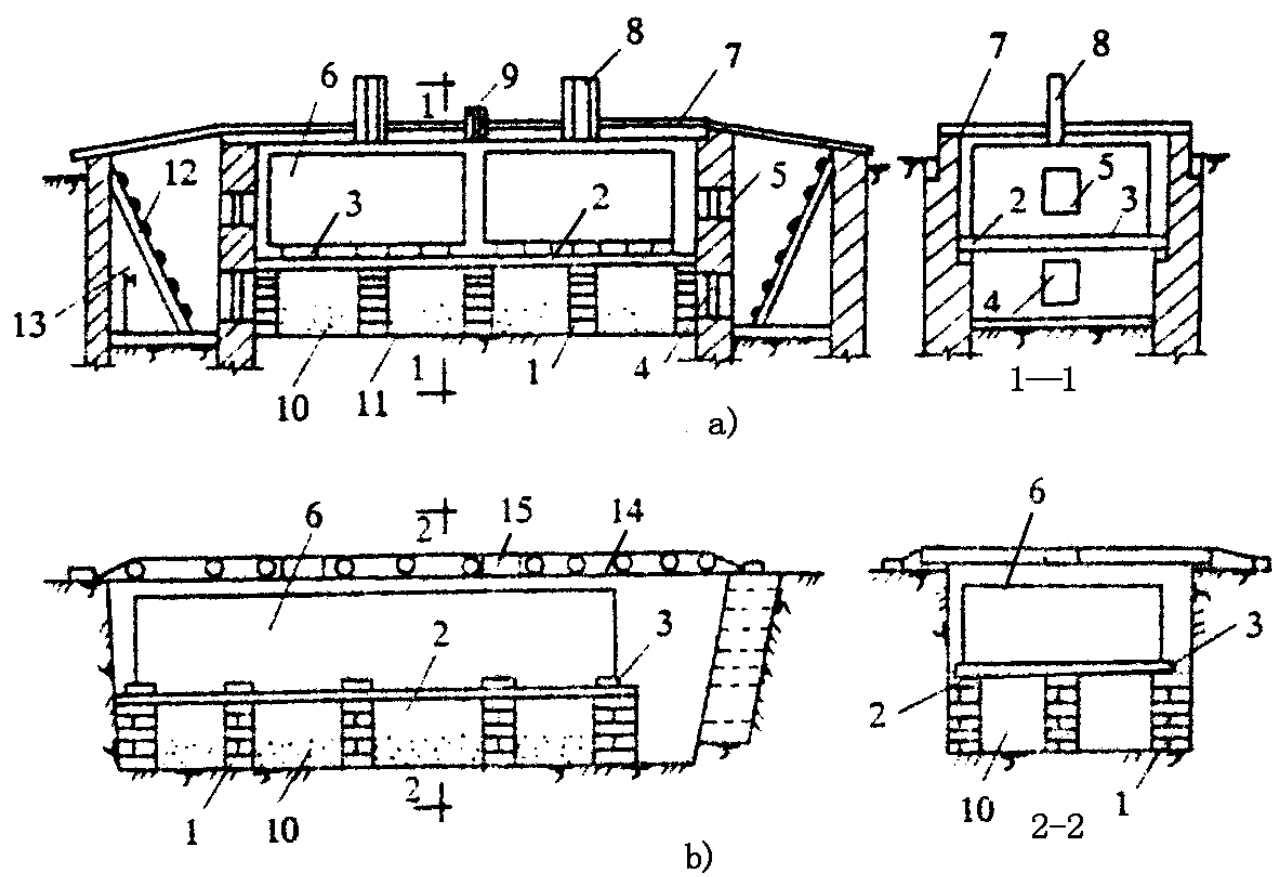


图2 -7 干燥窑（坑）构造

a) 烟熏干燥室b) 简易土坑干燥室

- 1—砖墩2—纵梁3—横梁4—进出口5—检查口6—材堆7—盖板  
8—排气筒9—测温孔10—锯屑11—点火坑12—梯子13—水管  
14—临时护盖15—排气孔

### 第三章 木结构的防腐、防虫和防火

#### 第一节 木结构的防腐与防虫

##### 一、从构造上采取的防潮通风措施

为防止木结构受潮而引起木材腐朽，设计时必须从构造上采取下列防潮和通风措施：

- 1．应在桁架和大梁的支座下设置防潮层，在木柱下设置柱墩，并严禁将木柱直接埋入土中
- 2．为保证木结构有适当的通风条件，不应将桁架支座节点或木构件封闭在墙、保温层或其他通风不良的环境中，构件的周边（除支座面外）及端部均应留出不小于50mm 的空隙，如图3 -1 和图3 -2 所示

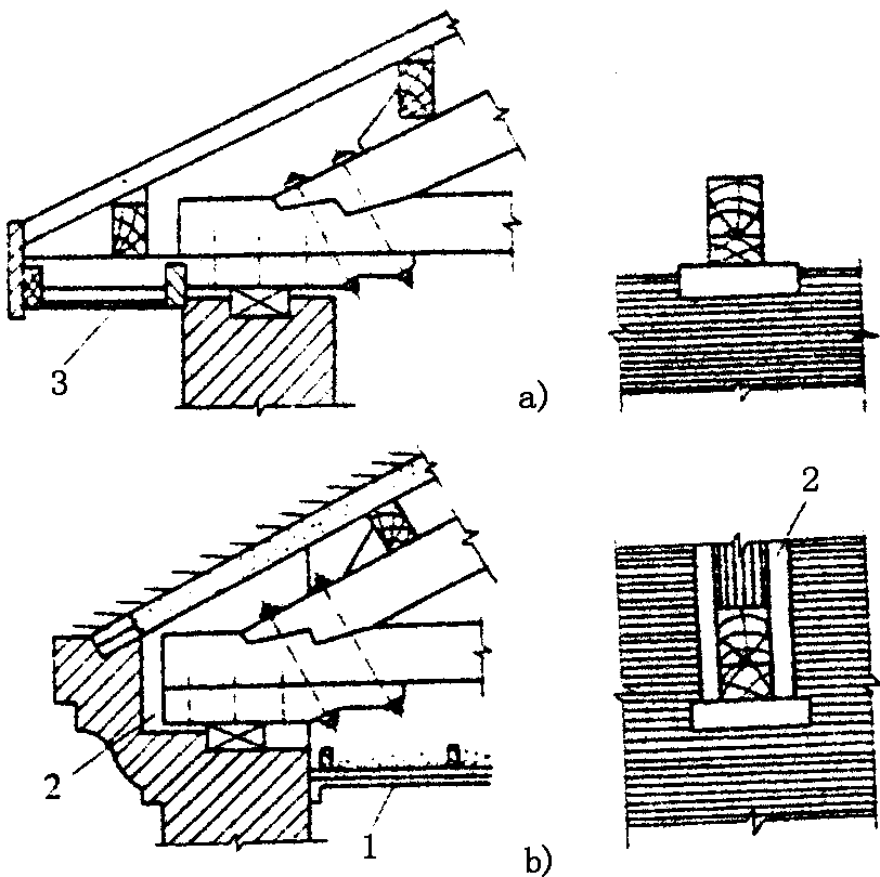


图3 -1 外排水屋盖支座节点通风构造示意

1—吊顶2—空隙3—疏钉板条

处于房屋隐蔽部分的木结构，应设通风孔洞

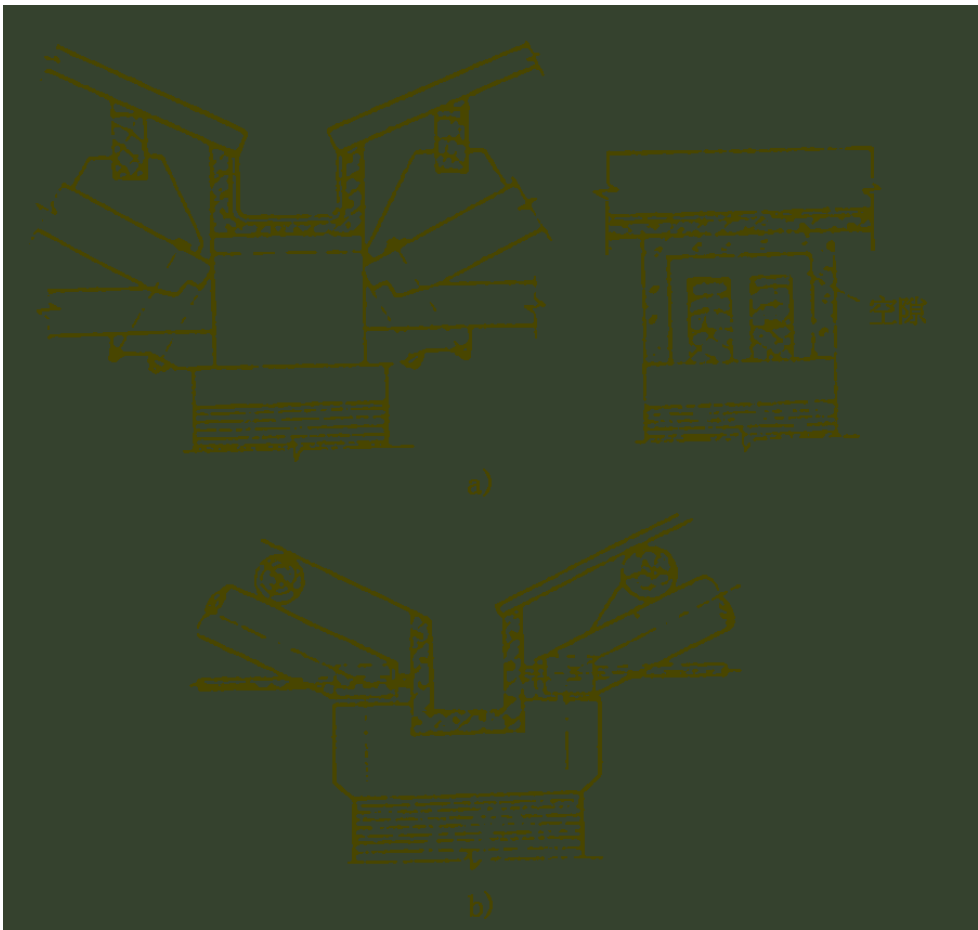


图3 -2 内排水屋盖支座节点通风构造示意

对露天结构在构造上应避免任何部分有积水的可能，并应在构件之间留有空隙（连接部位除外），使木材易于通风干燥

3．为防止木材表面产生水气凝结，当室内外温差很大时，房屋的围护结构（包括保温吊顶），应采取有效的保温和隔气措施

## 二、防腐防虫措施

1．木结构构造上的防腐、防虫措施，除应在设计图纸中加以说明外，还应要求在施工的有关工序交接时，检查其施工质量，如发现问题应立即纠正

2．对下列情况，除从结构上采取通风防潮措施外，还应采用药剂处理

- (1) 露天结构
- (2) 内排水桁架的支座节点处
- (3) 檩条、搁栅等木构件直接与砌体接触的部位
- (4) 在白蚁容易繁殖的潮湿环境附近使用木构件
- (5) 虫害严重地区使用马尾松、云南松以及新利用树种中易感染虫害的木材
- (6) 在主要承重结构中使用不耐腐的树种木材

常用的药剂配方及处理方法，可按表3 -1、表3 -2 采用

虫害主要指白蚁、长蠹虫、粉蠹虫及天牛等的蛀蚀

实践证明，沥青只能防潮，防腐效果很差，不宜单独使用

3．当以防腐、防虫药剂处理木构件时，应按设计指定的药剂成分、配方及处理方



法采用。若受条件限制而需改变药剂或处理方法时，应征得设计单位同意，并从表3 -1、表3 -2 中选择代用的方案

在任何情况下，均不得使用未经鉴定合格的药剂

4．木构件（包括胶合木构件）的机械加工应在药剂处理前进行。木构件经防腐，防虫处理后，应避免重新切割或钻孔。若由于技术上的原因，确有必要作局部修整时，必须对木材暴露的表面，涂刷足够的药剂

5．木材应先胶合后进行药剂处理。当采用耐水性胶时，可选用浸渍法或涂刷法处理。若为中等耐水性胶，则宜采用涂刷法

三、检查和施工记录

在使用药剂处理木构件的前后，应作下列检查和施工记录：

- 1．木构件处理前的含水率及木材表面清理的情况
- 2．药物出厂的质量合格证明或检验记录
- 3．药剂调制时间、溶解情况及用完时间
- 4．药液透入木材的深度和均匀性
- 5．木材每单位体积（对涂刷法以每单位面积计）吸收的药量

表3 -1 木材常用的防腐防虫药剂

序号	药剂类别	药剂代号	药剂名称	配方组成（%） （按质量计）		处理液浓度 （%）	药剂特点及适用范围
1	水剂	W -1	硼酚合剂	硼酸	30	5 ~6	不耐水；仅适用于室内条件下的防腐防虫处理
				硼砂	35		
				五氯酚钠	35		
2		W -2	氟酚合剂	五氯酚钠	60	4 ~5	较耐水；对白蚁的效力较大，适用范围同上
				氟化钠	35		
				碳酸钠	5		
3		W -3	铜 铬 硼 合 剂	硫酸铜	35	5 ~6	耐水；对木腐菌的效力较大，但处理的木材呈褐色，适用于室内外条件
				重铬酸钠	40		
				硼酸	25		
4		W -4A	铜 铬 砷 合 剂（A 型）	硫酸铜	33	4 ~5	耐水；具有持久而稳定的防腐防虫效力，适用于室内外条件
				重铬酸钠	56		
				五氧化二砷	11		
5		W -4B	铜 铬 砷 合 剂（B 型）	硫酸铜	22		同上。更适用于白蚁危害严重的地区
				重铬酸钠	33		
				五氧化二砷	45		

续表						
序号	药剂类别	药剂代号	药剂名称	配方组成（%） （按质量计）	处理液浓度 （%）	药剂特点及适用范围
6	油剂	OS -1	五 氧 酚 林 丹合剂	五氯酚5 林丹1 柴油或 葱油94	—	耐水；防腐防虫效力可靠持久。可用于处理与砌体接触的木构件。如采用葱油溶剂，则仅可用于室外
7		OS -2	木 材 防 腐 油或葱油	煤焦油的蒸馏物	—	耐水；防腐防虫效力稳定而持久，但有恶臭，仅限于室外使用
8	乳剂	E -1	二 氯 苯 醚 菊脂	二氯苯醚菊脂 10 溶剂及乳化剂 90	0 .1	为低毒高效杀虫剂。对昆虫有强烈触杀效力，但对直菌无效
9	浆膏	P -1	氟化钙浆	氟化钠 40 砷酸钠或亚砷酸钠 10 3 号石油沥青 22 柴油 28		药剂借扩散作用渗入木材。适用于局部的防腐防虫处理，如柱脚、屋架支座节点、构件与砌体接触面等，效果十分显著

注：1．装饰用材如仅为预防粉蠹虫类为害，W -1 配方中可不加五氯酚钠；

2 .W -3、W -4A 和 W -4B 配方中的重铬酸钠也可改用重铬酸钾；

3．如仅为防治虫害，除E -1 外，还可试用溴氰菊脂、氯氰菊脂和杀灭菊脂等低毒高效的新型杀虫剂；

4．市售的其他药剂，如具有主管部门颁发的许可证，也可采用；

5．药剂和油类的运输、装卸、储存和使用，均应严格遵守有关部门颁发的技术安全规定，做好防护工作，以确保安全。

表3 -2  防腐、防虫药剂及其处理方法选用

序号	木材的耐腐性等级	环境分类	药剂及其处理方法					
			加压浸渍		热冷槽或常温常压浸渍		喷或涂	
			药剂代号	吸收量/ (kg /m <sup>3</sup> )	药剂代号	吸收量/ (kg /m <sup>3</sup> )	药剂代号	用量/ (kg /m <sup>2</sup> )
1	不耐腐		OS -2	130 ~160	OS -2	100 ~160	P -1	0.7 ~1.0
			W -3	10 ~12	OS -1	80 ~120	OS -1	0.3 ~0.4
			W -4A , W -4B	6 ~8	W -3	10 ~14	—	—
2			W -1 , W -2	6 ~8	W -1 , W -2	4 ~6	OS -1	0.3 ~0.4
			W -3	8 ~10	W -3	6 ~10	—	—
			W -4A	4 ~6	—	—	—	—

续表

序号	木材的耐腐性等级	环境分类	药剂及其处理方法					
			加压浸渍		热冷槽或常温常压浸渍		喷或涂	
			药剂代号	吸收量/ (kg /m <sup>3</sup> )	药剂代号	吸收量/ (kg /m <sup>3</sup> )	药剂代号	用量/ (kg /m <sup>2</sup> )
3	不耐腐		W -1 , W -2	6 ~8	W -1 , W -2	4 ~6	—	—
			W -3	6 ~8	W -3	6 ~8	—	—
4	中等耐腐及耐腐		OS -2	100 ~130	OS -1	80 ~120	OS -1	0.3 ~0.4
			W -3	8 ~10	OS -2	100 ~160	P -1	0.7 ~1.0
			W -4A , W -4B	4 ~6	W -3	8 ~12	—	—
5			W -1 , W -2	4 ~6	W -1 , W -1	4 ~6	OS -1	0.3 ~0.4
			W -3	6 ~8	W -3	4 ~6	—	—
			W -4A	3 ~4	—	—	—	—
6	易蛀虫		OS -2	130 ~160	OS -1	80 ~120	P -1	0.7 ~1.0
W -4B			6 ~8	W -3	10 ~14	—	—	
7			W -1 , W -2	6 ~8	W -1 , W -2	4 ~6	OS -1	0.3 ~0.4
			W -2B	4 ~6	—	—	E -1	0.1
			W -1 , W -2	6 ~8	W -1 , W -2	4 ~6	E -1	0.1

注 :1 . 环境分为三类 :Ⅰ 类为露天及室内不露明的潮湿环境 , 如与地面或砌体接触的木构件 ;  
Ⅱ 类为室内露明但易受潮的环境 , 如厕所、浴室及某些生产性房屋 ; Ⅲ 类为室内通风干燥的环境 ;

2 . 当采用中等耐腐木材时 , 位于三类环境中的木构件 , 一般建筑物可不用防腐剂处理 ; 但对重要建筑物仍应按表中 Ⅲ 类环境要求进行防腐处理 ; 在 Ⅲ 类环境中使用耐腐木材时 , 可不用防腐剂处理 ;

3 . 水剂吸收量指干盐量 , 油剂吸收量包括溶剂在内 ;

4 . 由于承重构件使用的木材种类及截面尺寸较多 , 防腐、防虫药剂的渗透深度未作统一规定 , 但在 Ⅱ 、 Ⅲ 类环境中要求边材渗透90 % 以上 ;

5 . 当采用 W -1 药剂并用热冷槽法处理时 , 热槽中只用砌砂溶液 , 不加硼酸和五氯酚钠 , 以免其中某些成分挥发 , 影响车间卫生。

## 第二节 木结构的防火

### 一、应遵守的国家规范和构造措施

为了防止木结构遭受火灾的危险，在设计上除应遵守国家现行《建筑设计防火规范》的规定外，尚应采取下列构造措施：

1．在有火源的房屋内，须设置防止火焰、火星及辐射热危害的防火设施（如防火隔墙、防火幕、石棉隔板等），使木结构与火源隔开，被隔开的木结构仍应具有通风条件，不得将结构包裹在防火层内

2．当房屋中有采暖或炊事的砖烟囱时，与木构件相邻部位的烟囱壁厚度应加厚至240mm

烟囱外表面与木构件之间的净距，不应小于下列规定：

对于砖或混凝土烟囱 120mm

对于金属烟囱 240mm

当烟囱穿过木屋盖的吊顶时，在烟囱周围500mm 范围内，不得采用可燃材料作保温层

3．当房屋有采暖管道通过木构件时，其管壁表面应与木构件保持不小于50mm 的净距（若采暖管道的温度超过100℃，此净距尚应适当加大）或用非燃烧材料隔热

4．木屋盖吊顶内的电线，应采用金属管配线，或使用带金属保护层的绝缘导线。白炽灯、卤钨灯、荧光高汞灯及其镇流器等不应直接安装在木构件上

5．有可能遭受火灾危险的木结构，宜采用刨光的方木（包括胶合木）或原木制作；木屋盖的吊顶及木隔墙等应采用抹灰或设置水泥石棉板、石膏板等防火措施；保温和隔音材料宜采用非燃烧材料（如矿棉、炉渣等）制作

### 二、木材防火涂料

1．对有可能遭受火灾危险的建筑物以及对防火要求较高的木结构，除应在构造上采取防火措施外，尚宜用防火涂料进行处理

2．承重木结构使用的防火涂料，应是对人畜无毒，且经消防部门鉴定合格、批准生产的产品

3．木材防火涂料

(1) 丙烯酸乳胶涂料。每平方米的用量不得少于0.5kg。这种涂料无抗水性，可用于顶棚、木屋架及室内细木制品

(2) 聚乙烯涂料。每平方米的用量不得少于0.6kg。这种涂料有抗水性，可用于露天构件上

(3) 酚醛防火漆。型号为F60-1，能起延迟着火的作用，每平方米用量不少于0.12kg，适用于公共建筑或纪念性建筑的木质或金属表面

(4) 过氯乙烯防火漆。分为G60-1 过氯乙烯防火漆与G60-2 过氯乙烯防火底漆两种。漆膜内含有防火剂和耐温原料，在燃烧时漆膜内的防火剂会因受热产生烟气，起熄灭和减弱火势的作用。适用于公共建筑或纪念性建筑的木质表面。一般涂防火漆两度，每度间隔24h，等完全干后再涂防火面漆1~2度。防火漆如粘度太大可用二甲苯稀释，但不能与其他油漆品种混合，否则会影响质量。贮存期为6个月。每平方米用量为0.6~0.7kg

(5) 无机防火漆（水玻璃型）。系以水玻璃及耐火原料等制成的糊状物，施工方便，干燥性能良好，漆膜坚硬，可防止燃烧并且抵抗瞬间火焰。多用于建筑物内的木质面、木屋架、木隔板等。但不耐水，故不能用在室外

三、木材防火浸渍剂的特性及适用范围

木材防火浸渍剂的特性及适用范围如表3-3 所示

四、配方

- 1．木材阻燃浸渍剂配方如表3-4 所示
- 2．木材阻燃涂料配方及使用方法如表3-5 所示

表3-3 木材防火浸渍剂的特性及适用范围

序号	名称	配方组成（%）	特性	适用范围	处理方法
1	铵氟合剂	磷酸铵27 硫酸铵62 氟化钠11	空气相对湿度超过80 %时易吸湿降低 木材强度10 % ~15 %	不受潮 的木结构	加压浸渍

续表					
序号	名称	配方 组成（%）	特性	适用范围	处理方法
2	氨基树脂 1384 型	甲醛46 尿素4 双氰胺18 磷酸32	空气相对湿度100 % 以下，温度为25 时，不吸湿，不降低木材强度	不受潮的 细木制品	加压浸渍
3	氨基树脂 OP144 型	甲醛26 尿素5 双氰胺7 磷酸28 氨水34	空气相对湿度85 % 以下，温度为20 时，不吸湿，不降低木材强度	不受潮的 细木制品	加压浸渍

注：木材防火浸渍等级的要求分为三级：

一级浸渍——吸收量应达80kg /m<sup>3</sup>，保证木材无可燃性；

二级浸渍——吸收量应达48kg /m<sup>3</sup>，保证木材缓燃；

三级浸渍——吸收量应达20kg /m<sup>3</sup>，在露天火源作用下，能延迟木材燃烧起火。

表3 -4  木材阻燃浸渍剂配方

序号	主要成分及配合比 (按重量比)		配制方法	浸渍量/ (kg /m <sup>2</sup> )	处理方法	应用 范围
1	水溶APP 渗透剂 水	10 ~20 0.3 ~0.5 88 ~90	水溶 APP 加水搅拌半小 时，静置4h，过滤取清 液，边加渗透剂边搅拌	5 ~6	常漫压浸 渍或加 压浸渍	室内 木构件
2	( ) ( ) 水	<div>二氰二铵30 ~70 三聚磷酸钠70 ~80 20 80</div>	组分（ ）中两成分按 比例混合，取混合物20 份溶于80 份水中	6 ~8	常温常 压浸渍或 加压浸渍	室内 木构件
3	氟化物 30 尿素 多磷酸铵	<div>氟化钠 氟硅酸钠 氟硅酸铵 10 ~ 30 ~60 30 ~60</div>	氟化物（取一种或二至 三种的混合物均可）按 比例与尿素、多磷酸铵 混合，加水配成浓度为 20 %的溶液	6 ~8	常温常 压浸渍或 加压浸渍	室内 木构件

第五篇 木结构工程						
表3 -5 木材阻燃涂料配方及使用方法						
序号	涂料名称	主要成分及配合比（按重量计）	用量/ (kg /m <sup>2</sup> )	阻燃指标	使用方法	应用范围
1	膨胀型 过氯乙烯 防火 涂料	过氯乙烯 氰化橡胶 <sup>■</sup> 5 -10 磷酸铵 <sup>■</sup> 16.5 ~26.5 号阻燃成分 钛白粉 1 ~3 复合助剂 3 ~6 轻溶剂油或二甲苯74.5	0.5	氧指数： 60 火 燃 传播值： 10	先将涂料充分搅匀， 若太干可用轻溶剂油 或二甲苯稀释。喷、 涂、刷均可。喷涂前 应将木材表面打磨干 净，每隔8h 喷一次， 一般喷涂三次即可达 到要求，然后再刷一 道清漆	室内外木 构件。该 涂料除有 阻燃作用 外，还可 兼作装饰 性涂料
2	改性氨 基膨胀 型防火 涂料	氨基树脂 <sup>■</sup> 30 .4 酚醛树脂 <sup>■</sup> 号阻燃充分 38.1 钛白粉 5.0 液态助剂 2.85 复合固体助剂 1.42 磷钼酸铵 0.03 200 号溶剂汽油 22.2	0.5	氧指数： 38 火 燃 传 播 值： 10	使用时充分搅伴若太 稠可用200 号溶剂汽 油稀释。每隔24h 涂 刷一次，一般涂3 ~5 次即可达到要求	室内外木 构件及纤 维板等建 筑材料

第四章 常用木工机械

第一节 常用圆锯机和钻孔机

一、常用圆锯机

常用圆锯机主要规格及技术性能如表4 -1 所示。

表4 -1 常用圆锯机主要规格与技术性能

序号	项 目	型 号					
		MJ263	MJ104	MJ225	MJ106	MJ109	MJ217
1	锯片直径/mm	275	400	500	600	915	500 ~700
2	最大锯载宽度/mm	220	280	400	280	—	350
3	最大锯载厚度/mm	40	100	120	220	250	150
4	锯片转速 <i>r</i> /min	4700	3000	2800	1500	1400	1535
5	电动机功率 <i>k</i> W	2 2	3	4	4	13	13
6	重量/kg	300	330	475	400	680	850
7	用途	横 向 锯 切、 以 锯代刨	纵 向 横 向 锯 割 板、 方 材	纵、 横、 斜 切 割 板方材	纵 向 横 向 锯 割 板方材	纵 向 锯 为 主 锯 割边条	横 向 锯 断 板、 方材
8	外形尺寸 长×宽×高 (mm )	900 ×800 ×977	1120 ×710 ×1120	1200 ×900 ×1200	1251 ×760 ×1270	1950 ×1400 ×1240	4100 ×900 ×1600



二、常用钻孔机

常用钻孔机主要规格及技术性能如表4 -2 所示。

表4 -2 常用钻孔机主要规格与技术性能

序号	项 目	型 号			
		MK515	M K672	M K303	M K362
1	最大钻孔直径/mm	50	25	宽6 16 30	32
2	最大钻孔深度/mm	120	100	175	120
3	最大铣槽长度/mm	200	200	40 ~430	520
4	最大铣槽深度/mm	120			
5	主轴转速r /min	3000 ~4500	2890	3000	2850
6	电动机功率/kW	1 .7	1 .7	2 8	1 5
7	主要用途	立式单轴可钻铣孔槽，适用于门窗打眼等			

第二节 常用开榫机、电钻与压刨床

一、常用开榫机

常用开榫机规格及技术性能如表4 -3 所示。

表4 -3 常用开榫机规格与技术性能

序号	项 目	型 号			
		MX518	MX519	M X5110	M X526A
1	最大铣削厚度/mm	80	100	10 ~32	—
2	最大铣削宽度/mm	60	—	300	—
3	最大铣削榫槽宽度/mm	10 ~16	16	16	—
4	最大铣削榫槽长度/mm	48	—	80	—

续表

序号	项    目	型        号			
		MX518	MX519	MX5110	MX526A
5	工作台尺寸、长×宽 (mm )	1000 ×800	1120 ×900	1060 ×800	900 ×810
6	主轴最大升降高度/mm	100	100	620	
7	电机功率/kW	4.5	4.5	5.5	2 ~4.5
8	用途	用于裁口起线、开榫、铣削各种曲线零件			

## 二、常用电钻

常用电钻规格及技术性能如表4 -4 所示。

表4 -4  常用电钻规格与技术性能

序号	项    目	型        号				
		JIZZ -6	JIZ -6	JIZH -10	JIZH -13	JIZHS -8 /13
1	最大钻孔直径/mm	6	6	10	13	8 /13
2	输入功率/kW	0.25	0.25	0.43	0.43	0.43
3	钻头转速 (r /min )	1200	1200	700	500	1100 /500
4	重量/kg	1.2	1.2	2.5	2.5	3

## 三、常用压刨床

常用压刨床规格及技术性能如表4 -5 所示。

表4 -5  常用压刨床规格与技术性能

序号	项    目	型        号					
		MB103	MB106	MB106A	MB1065	MB206	MB403
1	最大刨削宽度/mm	300	600	630	650	600	300
2	最大刨消厚度/mm	120	100	200	200	100	125

第五篇 木结构工程							
续表							
序号	项 目	型 号					
		MB103	MB106	MB106A	MB1065	MB206	MB403
3	最短刨削长度/mm	200	300	290	200	200	400
4	刀轴转速/ (r /min)	4000	4250	6000	4000	4250	2900
5	送料速度 (m /min0)	8	10 ~20	7 ~32	10 ~20	10 ~20	6、8、11
6	电机功率/kW	2.8	7.5	7.25	7.5	11.5	22.3
7	用途	一定厚度的细木加工	大量刨削木板，有安全装置	大量刨削木板，有安全装置	大量刨削木板	大量刨削木板，上下两面一次刨光	可四面刨削木材
8	外形尺寸长×宽×(mm)	600×840×1120	125×1340×1140	1200×1360×1420	1310×770×1140	1250×1340×1140	2250×1350×1512
9	重量/kg	400	1000	1200	950	1250	2390

## 第五章 木结构的连接

### 第一节 齿连接

#### 一、单齿正榫结合

单齿正榫结合如图5 -1 所示

构造要求如下：

- 1．承压面与上弦轴线垂直
- 2．上弦轴线通过承压面中心
- 3．下弦中心，方木：通过齿槽下净截面中心；圆木：通过下弦截面中心
- 4．上、下弦轴线与墙身轴线交汇于一点上
- 5．受剪面避开木材髓心
- 6．上、下弦间不受力的交接缝的上口宜留出约5mm 的间隙

#### 二、双齿正榫结合

双齿正榫结合如图5 -2 所示

构造要求如下：

- 1．承压成与上弦轴线垂直
- 2．上弦轴线由两齿中间通过
- 3．下弦轴线，方木：通过齿槽下净截面中心；圆木：通过下弦截中心
- 4．上、下弦轴线与墙身轴线交汇于一点上
- 5．受剪面避开木材髓心
- 6．上、下弦间不受力的交接缝的上口，宜留出约5mm 的间隙
- 7．适用于跨度8 ~12m

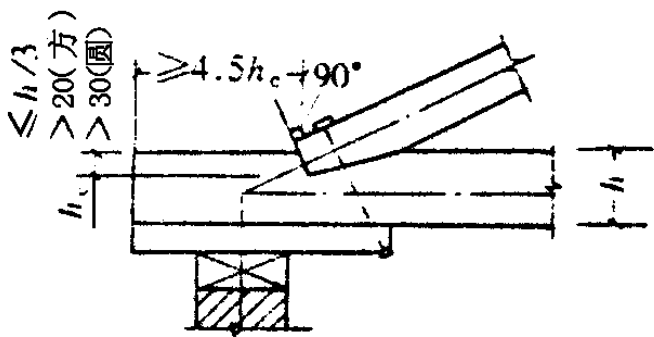


图5 -1 单齿正榫结合示意

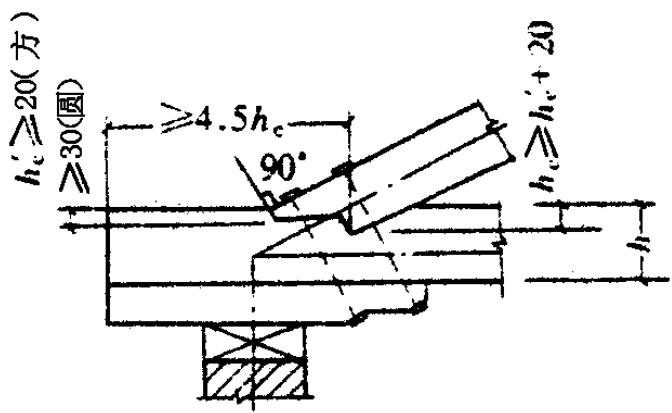


图5 -2 双齿正榫结合示意

第二节 钉连接

一、钉连接简述

钉连接是木构件中最简单、操作最方便的一种形式，一般有单剪连接与双剪连接两种图5 -3 中 ,a 为构件被钉穿的厚度（在未被钉穿的构件中，应扣除钉头长度1.5d）；c 是中部构件的厚度，或单剪连接中较厚构件的厚度；d 是圆钉直径

二、应符合的规定

- 1．钉的直径、长度和排列间距应符合设计的要求。当设计无要求时，可采用齐列、错列或斜列布置（图5 -4），其最小间距应符合表5 -1 的要求。每一个节点中，不得少于两颗钉
- 2．当钉的直径大于6mm 时，或采用易劈裂的树种木材（如落叶松，硬质阔叶树种等）时，均应预先钻孔，孔径取钉径的0.8 ~0.9 倍，孔深应不小于钉入深度的0.6 倍
- 3．扒钉直径直取6 ~10mm

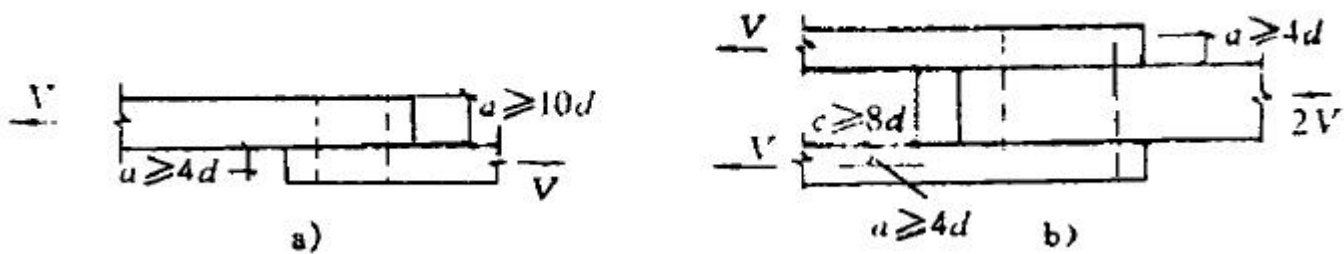


图5 -3 钉连接法

a) 单剪连接 b) 双剪连接

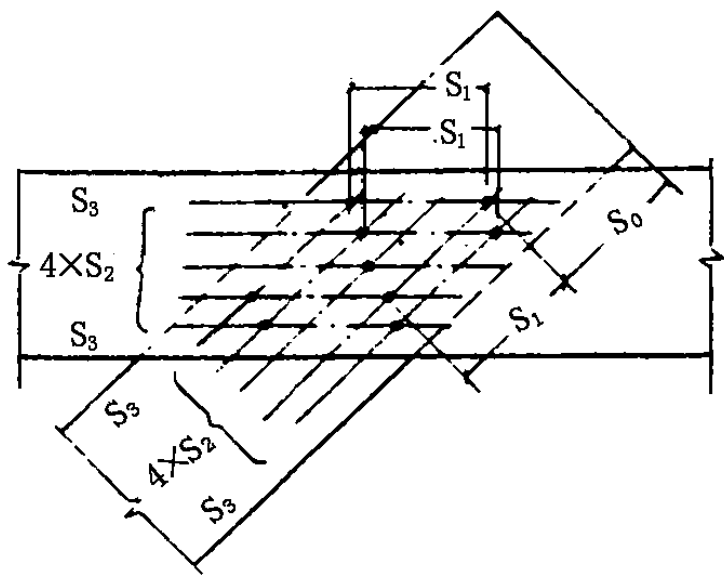


图5 -4 钉连接的斜列布置

表5 -4 钉排列的最小间距

a	顺 纹		横 纹		
	中距	端距	中距 $s_2$		边距 $s_3$
	$s_1$	$s_0$	齐列	错列或斜列	
$a \leq 10d$	15d				
$10d > a > 4d$	按插值	15d	4d	3d	4d
$a = 4d$	25d				

- 注 :1  $d$ —钉的直径 , $a$ —构件被钉穿的厚度 ;
- 2 . 对于软质阔叶材 , 其顺纹中距和端距应按表中规定增加25 % ; 对于硬质阔叶材和落叶松 , 若无法预先钻孔 , 不应采用钉连接 ;
- 3 . 常用钉子为70 ~200mm ,  $d = 3.4 \sim 6.5\text{mm}$  , 选用钉子时 ,  $d$  不应超过贯穿木板厚度的 $1/4$  , 并根据每一剪面的设计承载力 $N_v$  计算确定钉的直径和数量。

第三节 螺栓连接

一、螺栓连接简述

螺栓连接常用于檩条接长 , 屋架上、下弦接长等 , 分为单剪连接和双剪连接 (图5 -5 )。图中 $a$  为边部构件的厚度或单剪连接中较薄构件的厚度 ,  $c$  代号同钉连接 ,  $d$  为

螺栓直径

二、应符合的规定

- 1. 受压接头的承压面应与构件的轴线垂直锯平，不应采用斜搭接头（图5 -6）螺栓连接中木构件的最小厚度如表5 -2 所示。
- 2. 螺栓的排列应按两纵行齐列或错列布置（图5 -7），并应避开木材髓心。受拉构件端部布置螺栓的区段及其连接板的木节尺寸的限值应符合表5 -7、表5 -8、表5 -9 中Ⅰ等材连接部位的规定。

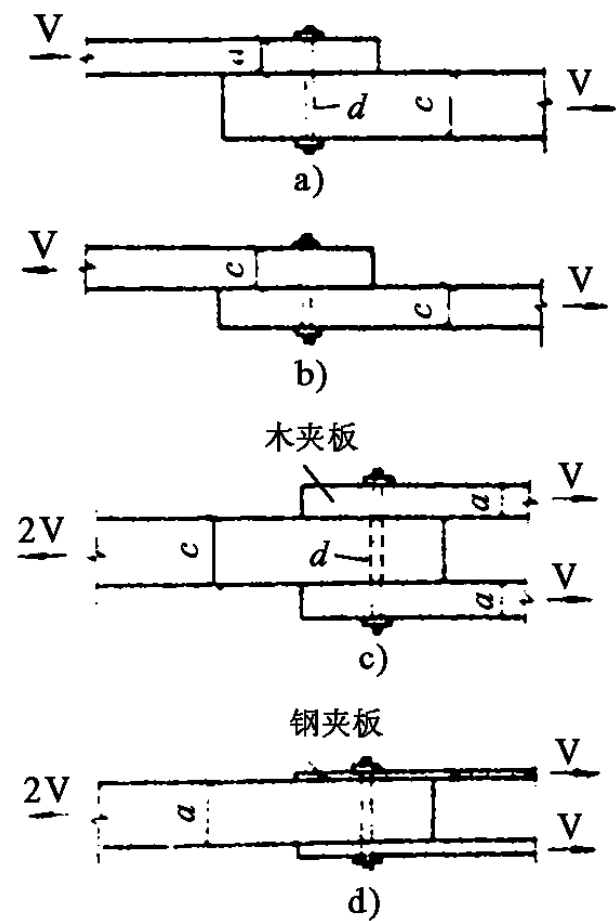


图5 -5 螺栓连接法  
a)、b) 单剪连接c)、d) 双剪连接

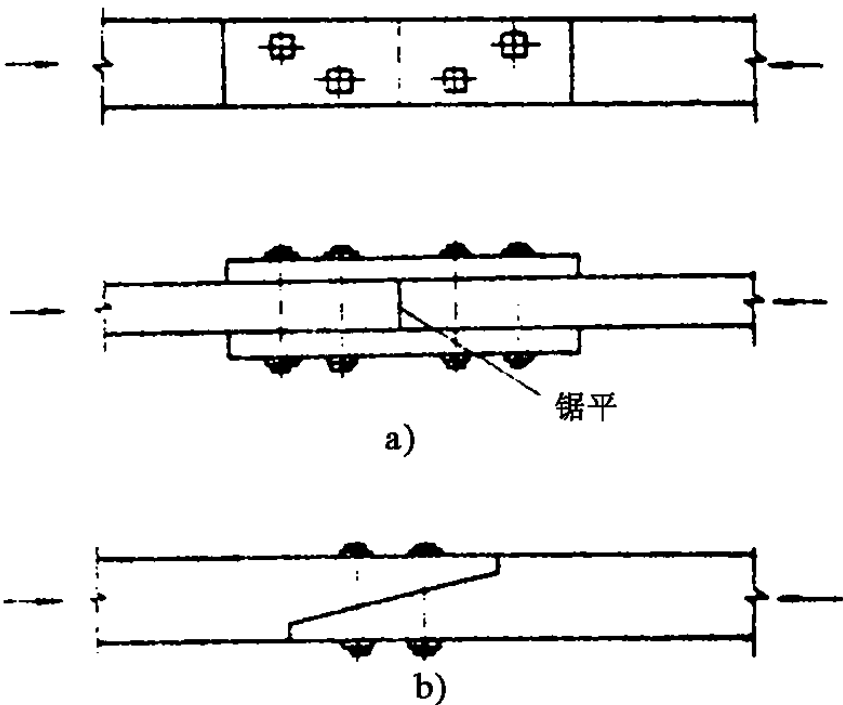


图5 -6 受压接头的构造  
a) 正确b) 错误

- 3. 螺栓排列的最小间距应符合表5 -3 的要求
- 4. 采用木夹板螺栓连接的接头及用螺栓拼合的木构件钻孔时，应按设计的要求，将各部分定位并临时固定，然后用电钻一次钻通。当采用钢夹板或钢填板而不能一次钻通时，应采取措施，保证各部位对应孔位完全一致。受剪螺栓（如连接受拉木构件接头的螺栓）的孔径不应大于螺栓直径1mm；系紧螺栓（如系紧受压木构件接头夹板的螺栓）的孔径可大于螺栓直径2mm。
- 5. 受拉、受剪和系紧螺栓的垫板尺寸应符合设计要求，并不得用两块或多块垫板来达到设计要求的厚度。

受拉螺栓的垫板尺寸如设计无要求，可根据螺栓直径和所用树种从表5 -4 中查得

- 6．受剪螺栓和系紧螺栓的垫板尺寸如设计无要求，应符合下列规定；
- (1) 厚度不应小于 $0.25d$ （ $d$  为螺栓直径），且不应小于 $4\text{mm}$ ；
  - (2) 正方形垫板的边长和圆形垫板的直径，均不应小于 $3.5d$

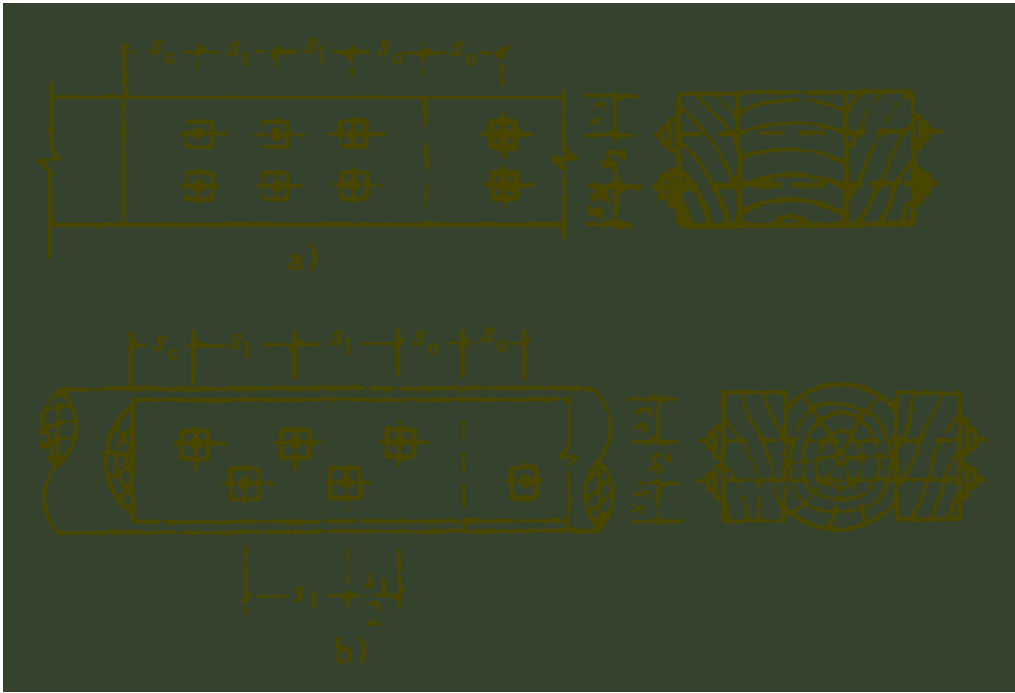


图5 -7 螺栓的排列

a) 两纵行齐列b) 两纵行错列

表5 -2 木构件的最小厚度

序号	连接形式	螺栓连接	
		$d < 18\text{mm}$	$d \geq 18\text{mm}$
1	双剪连接	$c \geq 5d$	$c \geq 5d$
		$c \geq 5d$	$c \geq 5d$
2	单剪连接	$c \geq 7d$	$c \geq 7d$
		$a \geq 2.5d$	$c \geq 4d$

表5 -3 螺栓排列的最小间距

序 号	构造特点	顺 纹		模 纹	
		端距	中距	边距	中距
		$s_0$ 和 $s_e$	$s_1$	$s_3$	$s_2$
1	两纵行齐列	7d	7d	3d	3.5d
2	两纵行错列		10d		2.5d

注： $d$ —螺栓直径；

当采用湿材制作时，木构件顺纹端距 $s_0$ 应加大 $70\text{mm}$ 。

当采用钢夹板时，钢板上的端距 $s_e = 2d$ ；边距 $s_3 = 1.5d$ 。



表5 -4  受拉螺栓的垫板尺寸

序号	螺栓直径 d /mm	正方形垫板尺寸/mm			
		木材容许横纹承压应力/ (N /mm <sup>2</sup> )			
		4 6	4 2	3 8	3 6
1	12	60 ×6	60 ×6	60 ×6	60 ×6
2	14	70 ×7	70 ×7	70 ×7	70 ×7
3	16	80 ×8	80 ×8	90 ×8	90 ×8
4	18	80 ×9	90 ×9	90 ×9	90 ×9
5	20	90 ×10	100 ×10	100 ×10	100 ×10
6	22	100 ×11	110 ×11	120 ×11	120 ×11
7	25	120 ×12	120 ×12	130 ×12	130 ×12
8	28	130 ×15	140 ×15	150 ×15	150 ×15
9	30	140 ×15	150 ×15	160 ×15	160 ×15
10	32	150 ×16	150 ×16	170 ×16	170 ×16
11	36	170 ×18	180 ×18	190 ×18	190 ×18
12	38	180 ×20	190 ×20	200 ×20	200 ×20

注 :1 . 钢材用Q235 钢 ;  
2 . 木材容许横纹承压应力 , 可按表5 -2 查得。

## 第六章 木屋架和屋面木基层

### 第一节 木屋架

#### 一、木屋架的制作

##### 1. 木屋架放大样

(1) 由木材制成的桁架式屋盖构件，称为木屋架。首先熟悉设计图纸，了解结构情况、几何尺寸、各节点要求（各杆受力轴线在节点处应交于一点）、起拱高度（若设计无明确要求时，可取跨度的 $1/200$ ）、杆件断面、吊杆和螺栓尺寸等

(2) 在平地或木板上，放出半榀屋架的大样（指屋架完全对称时），各节点均按设计图纸绘出足尺实样，制作样板

(3) 足尺大样的尺寸必须用同一钢尺量度，经校核后，对设计尺寸的允许偏差不应超过表6 -1 中规定的限值，方可套制样板

##### 2. 木屋架套样板

(1) 样板要用木纹平直、不易变形和干燥（含水率低于18 %）的木材制作

(2) 套样板时，先按照各杆件的高度（或宽度）分别将样板开好，两边刨光，然后放在大样上，将杆件的榫齿、榫槽、螺栓孔等位置及形状画在样板上，按形状正确锯割后再修光

(3) 样板配好后，放在大样上试拼，再检查其是否与大样一致。最后在样板上弹出轴线

(4) 样板对足尺大样的允许偏差不应大于 $\pm 1\text{ mm}$ ，经检验合格后方准使用

(5) 所有样板须用油漆或墨水标注名称，依次编号，并由专人保管，防止受潮或损坏，在使用过程中，应经常检查是否变形，以便及时修整或重制

##### 3. 木屋架选料

(1) 木结构的用料，必须符合国家对各类木材缺陷的允许程度和各类构件使用木材

的等级范围等各项规定，严格遵守制作承重木结构用的木材质量标准，满足表1 -7、表1 -8、表1 -9 的规定

② 当上、下弦材料相同和截面相同时，应当把好的木材用于下弦

③ 对下弦木料，应将材质好的一端放在端节点；对上弦木料，应将材质好的一端放在下端

④ 对方木上弦，应将材质好的一面向下；对有微弯的原木上弦，应将弯背向下；用原木做下弦时，应将弯背向上

⑤ 上弦和下弦杆件的接头位置应错开，下弦接头最好设在中部。如用原木时，大头应放在端节头一端

⑥ 选料时应考虑以下几点：

上弦：上弦与下弦比较，下弦重要；

上段与下段比较，下段重要。

上面与下面比较，下面重要。

下弦：中间与两端比较，两端重要；

上面与下面比较，下面重要（在中间）。

端节点：上面与下面比较，上面重要。

⑦ 选用材料时，还要考虑木材的规格，适当调配，避免发生大材小用、长材短用、优材劣用等情况

⑧ 不得将有缺陷的木材用于支座端节点的榫结合处

⑨ 选夹板料时，必须选用优等材制作

4．采用湿材制作屋架的主要技术措施

① 使用湿材做屋架时，宜选用钢木屋架

② 采用湿材制作木屋架应进行防腐处理，并注意构造上的通风

③ 用湿材做屋架宜采用原木，如采用方木时，宜用“破心下料”的方木，如图6 -1 所示

④ 采用湿材方料作下弦时，可将方料剖开髓心向外，以 12 螺栓结合，如图6 -2 所示

⑤ 端节点处下弦髓心应向下，以避开剪切面

⑥ 端节点齿连接的剪面长度应比计算值加大50mm

⑦ 屋架的受拉腹杆应采用圆杆，以便于调整

⑧ 当下弦采用湿材制作时，木夹板厚度应取下弦宽度的2/3

⑨ 为了防止端节点处沿剪切面裂开，可在下弦端头下面500mm 的长度内锯开一

条深20mm的竖向锯口，如图6-3，使其沿此口开裂，而不致降低剪切面的承载能力

### 5. 画线、下料

(1) 采用样板画线时，对方木杆件应先弹出杆件轴线；对原木杆件，先砍平找正后弹十字线及中心线

(2) 将已套好样板上的轴线与杆件上的轴线对准，然后按样板画出长度、齿及齿槽等

### 6. 锯榫、打眼

(1) 节点处的承压面必须平整、严密；齿连接或构件接头处，不得采用凸凹榫（图6-4）

(2) 榫肩应长出5mm，以备拼装时修整

(3) 上、下弦杆之间在支座节点处（非承压面）宜留空隙，一般约为10mm；腹杆与上下弦杆结合处（非承压面）亦宜留10mm的空隙

(4) 原木屋架的节点，要用锯锯出抱肩（上弦与斜杆的交点）

(5) 钻螺栓孔的钻头要直，其直径应比螺栓直径大0.5~1mm，钻头与木料面应垂直。每钻入50~60mm后，需要提出钻头，加以清理，眼内不得留有木渣

(6) 在钻孔时，先将所要结合的杆件按正确位置叠合起来，并加以临时固定，然后用钻子一气钻透，以提高结合的紧密性

(7) 对于拉力螺栓，其螺栓孔的直径可比螺栓直径略大1~3mm，以便于安装

### 7. 屋架拼装

(1) 在平整的地上先放好垫木，把下弦杆在垫木上放稳，然后按照起拱高度将中间垫起，两端固定，再在接头处用夹板和螺栓夹紧

(2) 下弦拼接好后，即安装中柱，两边用临时支撑固定，再安装上弦杆

(3) 最后安装斜腹杆，从桁架中心依次向两端进行，然后将各拉杆穿过弦杆，两头加垫板，拧上螺母

(4) 如无中柱而是用钢拉杆的，则先安装上弦杆，而后安装斜杆，最后将拉杆逐个装上

(5) 各拉杆安装完毕并检查合格后，再拧紧螺帽，钉上扒钉等铁件，同时在上弦杆上标出檩条的安放位置，钉上三角木

(6) 在拼装过程中，如有不符合要求的地方，应随时调整或修改

(7) 在加工厂加工试拼的桁架，应在各杆件上用油漆或墨编号，以便拆卸后运至工地，在正式安装时不致搞错。在工地直接拼装的桁架，应在支点处用垫木垫起，垂直竖立，并用临时支撑支柱，不宜平放在地面上

⑧) 所用钢材的钢号应符合设计要求。钢件的连接均应用电焊，不应用气焊或锻接  
拉杆接头如图6 -5 所示。当采用闪光对焊时，对焊接头应经过冷拉检验。所有钢件均应除锈，并涂防锈漆

⑨) 钢木桁架的圆钢下弦、桁架的主要受拉腹杆（如三角形豪式桁架的中央拉杆和芬克式钢木桁架的斜拉杆等）、受振动荷载的拉杆、直径 20mm 的拉杆，螺栓必须用双螺帽；螺杆伸出螺帽的长度不应小于螺栓直径的0.8 倍

8 . 木屋架制作的允许偏差

木屋架制作的允许偏差如表6 -2 所示

二、木屋架的吊装

1 . 木屋架制作、装配完毕后，应根据设计要求进行检查，记录材料质量、结构及其构件尺寸的正确程度及构件的制作质量，验收合格后方准吊装

2 . 木结构吊装前应做好下列准备工作：

- (1) 修整运输过程中造成的缺陷
- (2) 拧紧所有螺栓（包括圆钢拉杆）的螺帽
- (3) 根据结构的形式和跨度，合理地确定吊点，并按翻转和提升时的受力情况进行加固。经试吊证明结构确具足够的刚度
- (4) 采取防止构件错位和连接松动的措施
- (5) 在墙、柱上测出标高，然后找平，并弹出中心线位置，安放好混凝土垫块或涂刷防腐剂的垫木，安装好固定螺栓
- (6) 对跨度大于15m 采用圆钢下弦的钢木屋架，应采取措施防止就位后对墙、柱产生推力
- (7) 吊装用的一切机具、绳、钩必须事先检查合格后方可使用

3 . 试吊：吊装时应由有经验的起重工指挥，当屋架起吊离开地面300mm 后，应停车进行结构、吊装机具、缆风绳、地锚坑等的检查，没有问题才可继续施工

4 . 第一榀屋架吊上后，应立即找中、找直、找平，并用临时拉杆（或支撑）将其固定，待第二榀屋架吊上后，立即装钉上脊檩，作为联系构件，并装上剪刀撑。支撑与屋架应用螺栓连接，不得采用钉连接或抵承连接

5 . 所有屋架铁件、垫木以及屋架和墙接触处，均需在吊装前涂刷防腐剂；有虫害（指白蚁 长蠹虫、粉蠹虫及家天牛等）地区应作防虫处理

6 . 在一般情况下，屋架端头应加锚固螺栓，以加强屋盖与墙身的联系，屋架吊装校正完毕后，应将屋架端头锚固螺栓上的螺母应逐个拧紧

7．木结构安装位置的允许偏差

木结构安装位置的允许偏差如表6 -3 所示

表6 -1 足尺大样的偏差限值

序号	结构跨度/m	跨度偏差/mm	结构高度偏差/mm	节点间距偏差/mm
1	15	±5	±2	±2
2	>15	±7	±3	±2

表6 -2 木屋架制作的允许偏差

序号	项 目			允许偏差 (mm )
1	构件截面尺寸	方木构件高度宽度		-3
		板材厚度宽度		-2
		原木构件梢径		-5
2	结构长度	长度不大于15m		±10
		长度大于15m		±15
3	屋架高度	跨度不大于15m		±10
		跨度大于15m		±15
4	受压或压弯构件纵向弯曲	方木构件		l /500
		原木构件		l /200
5	弦杆节点间距			±5
6	齿连接刻槽深度			±2
7	支座节点受剪面	长度		-10
		宽度	方木	-3
			原木	-4
8	螺栓中心间距	进孔处		±0 2d
		出孔处	垂直木纹方向	±0 5d 且不大于4B /100
			顺木纹方向	±1d
9	钉进孔处的中心间距			±1d
10	屋架起拱			+20
				-10

注 :d 为螺栓或钉的直径 ;l 为构件长度 ;B 为板束总厚度。

表6 -3 木结构安装位置的允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	结构中心线的间距	$\pm 20$ (mm)
2	结构的垂直度	$H/200$ 且不大于15
3	受压或受弯构件纵向弯曲	$L/300$
4	支座轴线对支承面中心位移	$\pm 10$ (mm)
5	支座标高	$\pm 5$ (mm)

注：H 为屋架柱的高度；L 为构件长度。

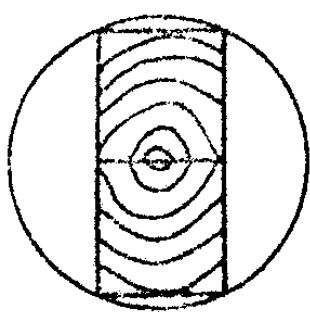


图6 -1 “破心下料”的方木

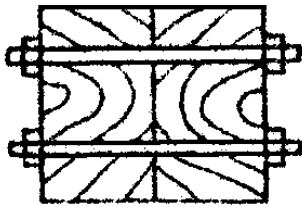
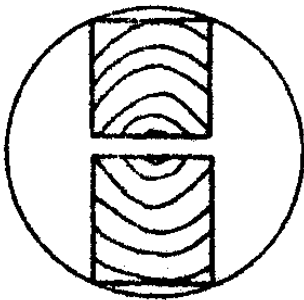


图6 -2 螺栓接合



图6 -3 竖向锯口

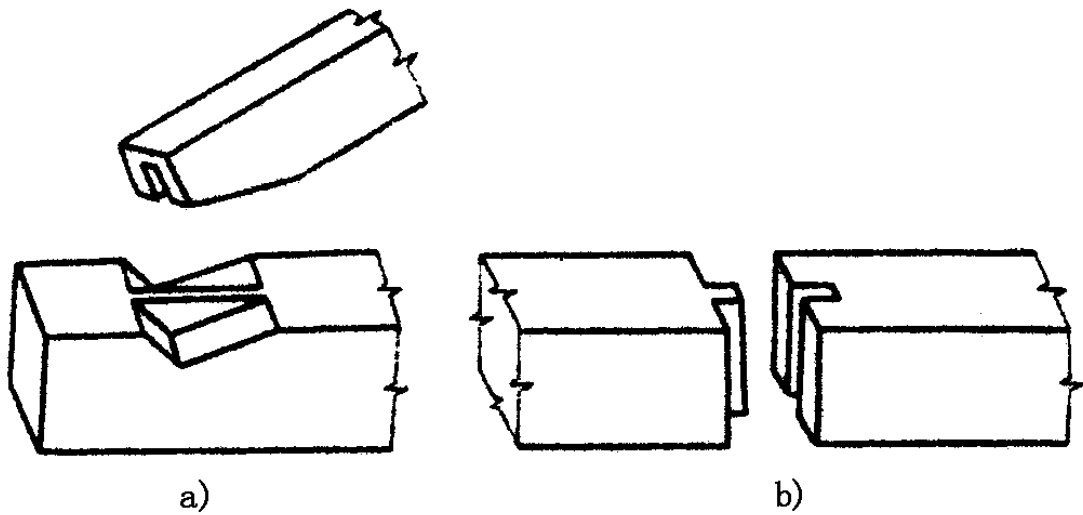


图6 -4 不允许用的凸凹榫  
a) 齿连接b) 构件接头

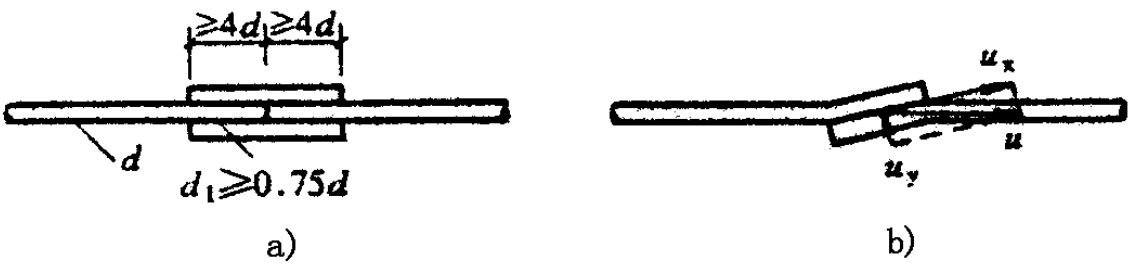


图6 -4 圆钢拉杆的接头  
a) 正确的构造 b) 错误的构造

## 第二节 屋面木基层

### 一、屋面木基层

屋面防水层与屋架之间的木构件系统，一般由挂瓦条、屋面板、椽条、檩条等组成

### 二、木檩条

1. 目前常用的檩条有简支檩、悬壁檩、连续檩等
2. 檩条的选择，必须符合承重木结构的材质标准
3. 屋脊檩条必须选用好料，带疤痕等缺陷的檩条，且缺陷在允许范围内时，一般宜用于檐檩
4. 料挑选好后，进行找平、找直，加工开榫、分类堆放
5. 檩条与屋架交接处，需用三角托木（爬山虎）托柱，每个托木至少用两个100mm 长的钉子钉牢在上弦上，托木高度不得小于檩条高度的 $2/3$ ，长度不小于150mm
6. 屋架及天窗脊点和其他上弦节点或其附近的檩条、支撑架节点处的檩条，应与屋架上弦及山墙锚固。锚固方法可用螺栓或卡板。螺栓直径设计无要求时，可在12 ~ 16mm 范围内选用
7. 有挑檐木者，必须在砌墙时将挑檐木放上，并用砖压砌稳固
8. 安好后的檀条，所有上表面应在同一平面上，同一行檀条应顺直。如设计有特殊要求者，应按设计画出曲度
9. 檀条必须按设计要求正放（单向弯曲）或斜放（双向弯曲）；要求坡面平整，同一行檀条要通直

### 三、木椽条

1. 椽条应按设计要求选用方椽或圆椽，其间距应按设计规定放置
2. 椽条应连续通过两跨檀距，并用钉子与檀条钉牢
3. 椽条端头在檀条上应互相错开，不得采用斜搭接的形式
4. 采用圆椽条或半圆椽条时，椽条的小头应朝向屋脊



5. 椽条装钉后，要求坡面平整，间距符合要求

四、木屋面板持瓦条

1. 屋面板宽不宜大于150mm，一般厚度为15~20mm，并按设计要求宽铺或稀铺；铺钉时，应在屋脊两侧对称铺钉

2. 屋面板接头不得全部钉于一根檩条上，每段接头的长度不得超过1.5m，板子要与檩条（或椽条）钉牢

3. 钉屋面板的钉子长应为板厚的2倍，板在檩条上至少钉两个钉子

4. 全部屋面板铺完后，应顺檐口弹线，待钉完三角条后锯齐

5. 防潮油毡应由檐口向屋脊铺设，搭接长度不小于100mm

6. 屋面顺水条应垂直屋脊钉在油毡上，一般间距为400~500mm，在油毡接头处增加一根顺水条予以压住，钉子应钉在板上

7. 钉挂瓦条前，应根据瓦的规格从檐口往上按屋面坡度进行分档，间距应大小一致，档间距离不大于300mm，屋脊地方不得留半块瓦。钉檐口第一档挂瓦条时，必须拉线，防止弯曲不直。挂瓦条上的圆钉间跑一般为500mm，但在瓦条接头处50mm左右应钉圆钉一个

8. 檐口第一根瓦条应较一般高出一片瓦的厚度，第一排瓦应探出檐口50~60mm

9. 挂瓦条须用50mm长的钉子钉在顺水条上，不能直接钉在油毡上，如赶不上顺水条档子时，在接头处加顺水条一根，接头须锯齐。斜沟、斜脊的瓦条弹出线后，应先钉两边的边口

10. 封檐板的宽度大于300mm时，背面应穿木带，宽度小于300mm时，背面刻檐两道，以防扭翘。接头应做成楔形企口榫，下端留出30mm，以免下面露榫

11. 钉封檐板时，在两头的挑檐木上确定位置，拉上通线再钉线，钉子长度应大于板厚的两倍，钉帽要砸扁，并钉入板内3mm

五、允许偏差

屋面木骨架的允许偏差如表6-4所示

表6 -4  屋面木骨架的允许偏差

序号	项    目		允许偏差 /mm
1	檩    条、 椽条	方木截面	-2
		原木梢径	-5
		间距	-10
		方木上表面平直	4
		原木上表面平直	7
		悬臂檩接头位置	l/50
2	油毡搭接宽度		-10
3	挂瓦条间距		±5
4	封山、封檐板 平直	下边缘	5
		表面	8

注：l 为檩条跨度。

# 第六篇

## 钢结构工程

# 第一章 材料选用与设计指标

## 第一节 材料选用

### 一、钢材牌号和材性

1. 为保证承重结构的承载能力和防止在一定条件下出现脆性破坏，应根据结构的重要性、荷载特征、结构形式、连接方法、钢材厚度和环境温度等因素综合考虑，选用合适的钢材牌号和材性。

2. 承重结构的钢材宜选用Q235 钢、Q345 钢、Q390 钢和 Q420 钢，其质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》和《低合金高强度结构钢》的规定。当采用其他牌号的钢材时，尚应符合相应有关标准的规定和要求。

### 二、不宜采用 Q235 沸腾钢

下列规定的承重结构和构件不宜采用 Q235 沸腾钢：

#### 1. 焊接结构

(1) 直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构。

(2) 室外空气温度低于 -20℃ 时的直接承受动力荷载或振动荷载但可不验算疲劳的结构以及承受静力荷载的受弯及受拉的重要承重结构。

(3) 室外空气温度等于或低于 -30℃ 的所有承重结构。

#### 2. 非焊接结构

室外空气温度等于或低于 -20℃ 的直接承受动力荷载且需要验算疲劳的结构。

室外空气温度系指现行国家标准《采暖通风和空气调节设计规范》中所列出的最低日平均温度对采暖房屋内的结构可按该值提高10℃ 采用。

### 三、合格保证

1. 承重结构的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证，对焊接结构尚应具有碳含量的合格保证。
2. 焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构的钢材还应具有冷弯试验的合格保证
3. 对于需要验算疲劳的以及重要的受拉或受弯的焊接结构的钢材，应具有常温冲击韧度的合格保证。当室外空气温度等于或低于 -10℃ 但高于 -20℃ 时，Q235 钢应具有 0℃ 冲击韧度的合格保证；对 Q345 钢、Q390 钢和 Q420 钢应且有 -20℃ 冲击韧度的合格保证。当室外空气温度等于或低于 -20℃ 时，对 Q235 钢应具有 -20℃ 冲击韧度的合格保证；对 Q345 钢、Q390 钢和 Q420 钢应具有 -40℃ 冲击韧度的合格保证。
4. 对于需要验算疲劳的非焊接结构的钢材亦应具有常温冲击韧度的合格保证，当室外空气温度等于或低于 -20℃ 时，对 Q235 钢应具有 0℃ 冲击韧度的合格保证；对 Q345 钢、Q390 钢和 Q420 钢应具有 -20℃ 冲击韧度的合格保证。

### 四、钢铸件

钢铸件采用的铸钢材质应符合现行国家标准《一般工程用铸造碳素钢》的规定。

### 五、焊接承重结构

当焊接承重结构为防止钢材的层状撕裂而采用 Z 向钢时，其材质应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》的规定。

### 六、外露环境

对处于外露环境，且对大气腐蚀有特殊要求的或在腐蚀性气态和固态介质作用下的承重结构，宜采用耐候钢，其质量要求应符合现行国家标准《焊接结构用耐候钢》的规定。

### 七、钢结构连接材料应符合的要求

1. 手工焊接采用焊条，应符合现行国家标准《碳钢焊条》或《低合金钢焊条》的规定。选择的焊条型号应与主体金属强度相适应。对直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构，宜采用低氢型焊条。

2. 自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂应与主体金属强度相适应，并应符合现行国家标准中焊接用焊丝和焊剂的规定。
3. 普通螺栓应符合现行国家标准《六角头螺栓—C 级》和《六角头螺栓—A 级和B 级》的规定。
4. 高强度螺栓应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈与技术条件》或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》的规定。
5. 铆钉应采用现行国家标准《标准件用碳素钢热轧圆钢》中规定的BL2 或BL3 钢制成。
6. 锚栓可采用现行国家标准《碳素结构钢》中规定的Q235 钢或《低合金高强度结构钢》中规定的Q345 钢制成。

第二节 设计指标

一、钢材强度设计值

钢材的强度设计值（材料强度的标准值除以分项系数），应根据钢材厚度或直径按表1 -1 采用。钢铸件的强度设计值应按表1 -2 采用。连接的强度设计值应按表1 -3 至表1 -5 采用。

二、强度设计值折减系数

计算下列情况的结构构件或连接时，表1 -1 至表1 -5 规定的强度设计值应乘以相应的折减系数如下：

1. 单面连接的单角钢
- (1) 按轴心受力计算强度和连接 0.85

(2) 按轴心受压计算稳定性

等边角钢 0.6 +0.0015λ：但不大于10

短边相连的不等边角钢 0.5 +0.0025λ，但不大于1.0

长边相连的不等边角钢 0.70

为长细比，对中间无连系的单角钢压杆，应按最小回转半径计算，当 λ <20 时，取 λ =20

2 . 跨度等于或大于60m 桁架的受压弦杆和端部受压腹杆	0 .95
3 . 无垫板的单面施焊对接焊缝	0 .85
4 . 施工条件较差的高空安装焊缝和铆钉边接	0 .90
5 . 沉头和半沉头铆钉连接	0 .80
注：当几种情况同时存在时，其折减系数应连乘	

三、钢材和铸钢件的物理性能

钢材和铸钢件的物理性能指标应按表1 -6 采用

表1 -1 钢材的强度设计值

序号	钢材		抗拉、抗压和抗弯	抗剪	端面承压（朝平顶紧）
	牌号	厚度或直径/mm	f	f <sub>v</sub>	f <sub>ce</sub>
1	Q235 钢	16	215	125	325
		>16 ~40	205	120	
		>40 ~60	200	115	
		>60 ~100	190	110	
2	Q345 钢	16	310	180	400
		>16 ~35	295	170	
		>35 ~50	265	155	
		>50 ~100	250	145	
3	Q390 钢	16	350	205	415
		>16 ~35	335	190	
		>35 ~50	315	180	
		>50 ~100	295	170	
4	Q420 钢	16	380	220	440
		>16 ~35	360	210	
		>35 ~50	340	195	
		>50 ~100	325	185	

注：表中厚度系指计算点的厚度。

表1 -2 钢铸件的强度设计值 (单位 :N /mm<sup>2</sup>)

序号	钢号	抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 f <sub>v</sub>	端面承压 (刨平顶紧) f <sub>ce</sub>
1	ZG200 —400	155	90	260
2	ZG230 —450	180	105	290
3	ZG270 —500	210	120	325
4	ZG310 —570	240	140	370

表1 -3 焊缝的强度设计值 (单位 :N /mm<sup>2</sup>)

序号	焊接方法和 焊条型号	构件钢材		对接焊缝				角焊缝
		牌号	厚度或 直径/ mm	抗压 f <sub>c</sub> <sup>w</sup>	焊缝质量为下列等 级时 , 抗拉f <sub>t</sub> <sup>w</sup>		抗剪 f <sub>t</sub> <sup>w</sup>	抗拉、抗压 和抗剪 f <sub>f</sub> <sup>w</sup>
					一级、二级	三级		
1	自动焊、半 自动焊和E43 型焊条的手 工焊	Q235 钢	16	215	215	185	125	160
			>16 ~40	205	205	175	120	
			>40 ~60	200	200	170	1165	
			>60 ~100	190	190	160	110	
2	自动焊、半 自动焊和E50 型焊条的手 工焊	Q345 钢	16	310	310	265	180	200
			>16 ~35	295	295	250	170	
			>35 ~50	265	265	225	155	
			>50 ~100	250	250	210	145	
3	自动焊、半 自动焊和E55 型焊条的手 工焊	Q390	16	350	350	300	205	220
			>16 ~35	335	335	285	190	
			>35 ~50	315	315	270	180	
			>50 ~100	295	295	250	170	
4	自动焊、半 自动焊和E55 型焊条的手 工焊	Q420	16	380	380	320	220	220
			>16 ~35	360	360	305	220	
			>35 ~50	340	340	290	195	
			>50 ~100	325	325	275	185	

注 :1 . 自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂 , 应保证其熔敷金属抗拉强度不低于相应手工焊焊条的数值 ;

2 . 焊缝质量等级应符合表1 -16 的规定 ;

3 . 对接焊缝抗弯受压区强度设计值取f<sub>c</sub> , 抗弯受拉区强度设计值取f<sub>t</sub>。



表1 -4 螺栓连接的强度设计值

(单位 :N /mm<sup>2</sup>)

序号	螺栓的钢材牌号 (或性能等级) 和构件的钢材牌号		普通螺栓						螺栓	承压型连接	
			C 级螺栓			A 级、B 级螺栓				高强度螺栓	
			抗拉 $f_t^b$	抗剪 $f_v^b$	承压 $f_c^b$	抗拉 $f_t^b$	抗剪 $f_v^b$	承压 $f_c^b$		抗拉 $f_t^a$	抗剪 $f_v^b$
1	普通螺栓	4 6 级 ,4 8 级	170	130	—	—	—	—	—	—	—
		8 8 级	—	—	—	350	250	—	—	—	—
2	锚栓	Q235 钢	—	—	—	—	—	—	140	—	—
		Q345 钢	—	—	—	—	—	—	180	—	—
3	承压型连接	8 8 级	—	—	—	—	—	—	—	250	—
	高强度螺栓	10 9 级	—	—	—	—	—	—	—	310	—
4	构件	Q235 钢	—	—	305	—	—	400	—	—	465
		Q345 钢	—	—	385	—	—	510	—	—	590
		Q390 钢	—	—	400	—	—	530	—	—	615
		Q420 钢	—	—	425	—	—	560	—	—	655

注 :1 . A 级螺栓用于d 24mm 和l 10d 或l 150mm (按较小值) 的螺栓 :B 级螺栓用于d >24mm 或l >10d 或l >150mm (按较小值) 的螺栓。d 为公称直径 ,l 为螺杆公称长度 ;

2 . A 、 B 级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度 ,C 级螺栓孔的允许偏差和孔壁表面粗糙度 , 均应符合表6 -23、表6 -24 的有关要求。

表1 -5 铆钉连接的强度设计值

(单们 :N /mm<sup>2</sup>)

序号	铆钉钢号和构 件钢材牌号		抗拉 (钉头拉脱) $f_t^r$	抗剪 $f_v^r$		承压 $f_c^r$	
				类孔	类孔	类孔	类孔
1	铆钉	BL2 或BL3	120	185	155	—	—
2	构件	Q235 钢	—	—	—	445	360
		Q345 钢	—	—	—	565	460
		Q390 钢	—	—	—	590	480

注 :1 . 孔壁质量属于下列情况者为I 类孔 :

a . 在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔 ;

b . 在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔 ;

c . 在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径 , 然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔。

2 . 在单个零件上一次冲成或不用钻模钻成设计孔径的孔属于 类孔。

表1 -6 钢材和钢铸件的物理性能指标

弹性模量 E / (N /mm <sup>2</sup> )	剪变模量 G / (N /mm <sup>2</sup> )	线膨胀系数 / (以每 计)	质量密度 / (kg /m <sup>3</sup> )
206 ×10 <sup>3</sup>	79 ×10 <sup>3</sup>	12 ×10 <sup>-6</sup>	7850

## 第二章 钢构件的制作

### 第一节 放样、号料和切割

#### 一、放样

- 1. 放样工作包括：核对构件各部分尺寸及安装尺寸和扎距：以1:1的大样放出节点：制作样板和样杆作为切割、弯制、铣刨、制孔等加工的依据。样板一般用0.50~0.75mm的铁皮或塑料板制作：样杆一般钢皮或扁铁制作。长度较短时可用木尺杆。
- 2. 放样应设置专门的钢平台，平台应平整、量线准确、清晰。
- 3. 放样和号料应根据工艺要求预留制作和安装时的焊接收缩余量（表2-1）及切割、刨边和铣平等加工余量。
- 4. 放样和样板（样杆）的允许偏差应符合表2-2的规定。

#### 二、号料

- 1. 号料工作包括：检查核对材料；在材料上划出切割、铣、刨、弯曲、钻孔等加工位置：打冲孔：标出零件编号等。
- 2. 号料应统筹安排，长短搭配，先大后小，或套材号料：对焊缝较多、加工量大的构件，应先号料，同一构件需要拼料时，必须同时号料。当工艺有规定时，吨按规定的方向取料。
- 3. 在焊接结构上号孔，应在焊接完毕经整形以后进行，孔眼应距焊缝边缘50mm以上。
- 4. 号料的允许偏差应符合表2-3的规定。

#### 三、切割

- 1. 钢材切割方法，对碳素结构钢、低合金结构钢可采用机械切割（包括冲剪、密

- 切、车、铣刨、锯啮等。下同)、砂轮切割、气割或等离子切割等。
- 2．切割前应将钢材切割区域表面的铁锈、污物等清理干净，气割后应清除熔渣和飞溅物。
- 3．气割的允许偏差应符合表2 -4 的规定。
- 4．机械剪切的零件，其钢板厚度不宜大于12.0mm，剪切面应平整机械剪切的允许偏差应符合表2 -5 的规定。
- 5．碳素结构钢在环境温度低于 -20℃，低合金结构钢在环境温度低 -15℃ 时，不得进行剪切、冲孔。

表2 -1 焊接收缩余量

序号	结构类型	焊件特征和板厚	焊缝收缩量/mm
1	钢板对接	各种板厚	长度方向每米焊缝0.7， 宽度方向每个接口1.0
2	实腹结构及焊接H型钢	断面高小于等于1000mm，且板厚小于等于25mm	四条纵焊缝每米共缩0.6，焊透梁高收缩1.0， 每对加劲焊缝，梁的长度收缩0.3
		断面高小于等于1000mm，且板厚大于25mm	四条纵焊缝每米共缩1.4，焊透梁高收缩1.0， 每对加劲焊缝，梁的长度收缩0.7
		断面高大于1000mm 的各种板厚	四条纵焊缝每米共缩0.2，焊透梁高收缩1.0， 每对加劲焊缝，梁的长度收缩0.5
3	格构式结构	屋架、托架、支架等	接头焊缝每个接口为1.0，搭接贴角焊每米
4		轻型桁架	0.5，
		实腹柱及重型桁架	搭接由角焊缝每米0.25，
5	圆筒型结构	板厚小于等于16mm	直焊缝每个接口周长收缩1.0，环焊缝每个接口周长收缩1.0，
		板厚大于16mm	直焊缝每个接口周长收缩2.0，环焊缝每个接口周长收缩2.0，

表2 -2 放样和样板（样杆）的允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	平行线距离和分段尺寸	±0.5mm
2	对角线差	1.0mm
3	宽度、长度	±0.5mm
4	孔距	±0.5mm
5	加工样板的角度	±20

表2 -3 号料的允许偏差（mm）

序号	项目	允许偏差
1	零件外形尺寸	±1.0
2	孔距	±0.5

表2 -4 气割的允许偏差（单位：mm）

序号	项目	允许偏差
1	零件宽度、长度	±3.0
2	切割面平面度	0.05t 且不大于2.0
3	割纹深度	0.2
4	局部缺口深度	1.0

注：t 为切割面厚度。

表2 -5 机械剪切的允许偏差（单位：mm）


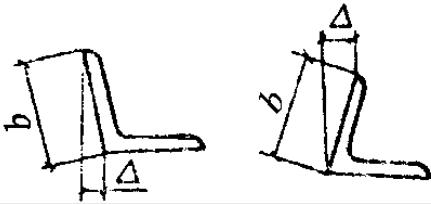
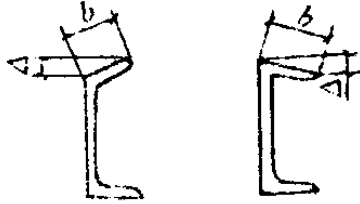
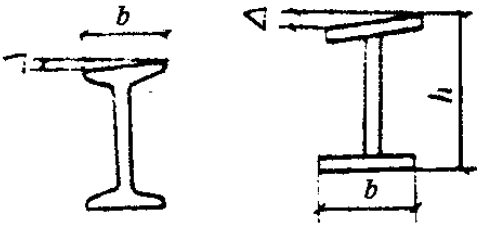
序号	项目	允许偏差
1	零件宽度、长度	±3.0
2	边缘缺棱	1.0
3	型钢端部垂直度	2.0

第二节 原材料矫正、成形及加工

一、矫正

1．钢材变形值超过表2 -6 规定时应进行平直，矫正，矫正后的钢材表面，不应有明显的凹面或损伤，划浪深度不得大于0.5mm，且应符合下列规定： 锈蚀、麻点或划痕等缺陷的深度不得大于该钢材厚度负偏差值的1/2； 表面锈蚀应符合国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和涂锈等级》（GB8923—88）规定的A、B、C级。钢材矫正后的允许偏整，应符合表2 -6 的规定。

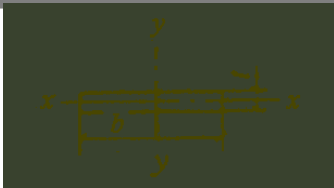
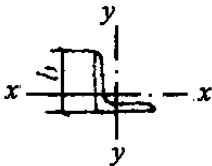
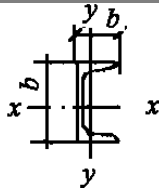
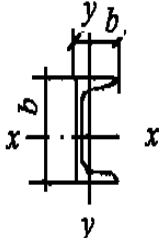
表2 -6 钢材矫正后的允许偏差 (单位：mm)

序号	项目		允许偏差	图例
1	钢板的局部平面度	t ≤14	1.5	
2		t >14	1.0	
3	型钢弯曲矢高		$l/1000$ 5.0	
4	角钢肢的垂直度		$\frac{b}{80}$ 双肢栓角钢的角度不得大于90°	
5	槽钢翼缘对腹板的垂直度		$\frac{b}{100}$	
6	工字钢、H型钢翼缘对腹板的垂直度		$\frac{b}{100}$ 2.0	

2．型材冷弯曲的主要工艺方法有压弯、滚弯、顶弯、拉弯等。各种工艺方法均应按型材的截面形状、材质规格及弯曲半径制作相应的胎模，经试弯符合要求，方准正式加工。

3．钢结构零件、部件在冷矫正和冷弯曲的冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高宜符合表2 -7 的规定。

表2 -7 冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高的允许值

序号	钢材类别	图例	对应轴	矫正		弯曲	
				r	f	r	f
1	钢板扁钢		x -x	50t	$\frac{l^2}{400t}$	25t	$\frac{l^2}{200t}$
2			y -y 仅对扁钢轴线	100b	$\frac{l^2}{800b}$	50b	$\frac{l^2}{400b}$
3	角钢		x -x	90b	$\frac{l^2}{720b}$	45b	$\frac{l^2}{360b}$
4	槽钢		x -x	50t	$\frac{l^2}{400h}$	25h	$\frac{l^2}{200h}$
5			y -y	90b	$\frac{l^2}{720b}$	45b	$\frac{l^2}{360b}$
6	工字钢		x -x	50h	$\frac{l^2}{400h}$	25h	$\frac{l^2}{200h}$
7			y -y	50b	$\frac{l^2}{400b}$	25b	$\frac{l^2}{200b}$

注：r 为曲率半径；f 为弯曲矢高；l 为弯曲弦长；t 为钢板厚度。

4．碳素结构钢在环境温度低于 -16 、低合金结构钢在环境温度低于 -12 时，不得进行冷矫正和冷弯曲。

5．碳素结构钢和低合金结构钢在加热矫正时，加热温度应根据钢材性能选定，但不得超过900 。低合金结构钢在加热矫正后应缓慢冷却。

6．当零件采用热加工成形时，加热温度宜控制在900 ~1000 ；碳素结构钢在温度下降到700 之前、低合金结构钢在温度下降到800 之前，应结束加工；低合金结构钢应缓慢冷却。

7．弯曲成形的零件应采用弧形样板检查。当零件弦长小于或等于1500mm 时，样板弦长不应小于零件弦长的2/3 ；零件弦长大于1500mm 时，样板弦长不应小于1500mm 。成形部位与样板的间隙不得大于2.0mm 。

二、边缘加工

- 1．钢吊车梁、翼缘板、支座支承面等图纸要求的加工面；焊接坡口；尺寸要求严格的加劲板、隔板、腹板和有孔跟的节点板；以及由于切割下料产生硬化边缘或采用气割等离子弧切割方法切割下料产生带有害组织的热影响区，一般均需要边缘加工。
- 2．边缘加工可采用刨边规（或刨床）刨边、端面铣床铣削、砂轮磨边或风铲边等方式。
- 3．气割或机械剪切的零件，需要进行边缘加工时，其刨削量不变小于2.0mm。
- 4．边缘加工的允许偏差应符合表2-8 的规定。

表2-8 边缘加工的允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	零件宽度、长度	±1.0mm
2	加工边直线度	$l/3000$ 且不大于2.0mm
3	相邻两边夹角	±6
4	加工面垂直度	$0.025t$ 且不大于0.5mm
5	加工面表面粗糙度	50

5．焊缝坡口尺寸应按工艺要求确定。

三、管球节点加工

- 1．螺栓球宜热锻成型，不得有裂纹、叠皱、过烧。
- 2．螺栓球加工的允许偏差应符合表2-9 的规定。

表2-9 螺栓球加工的允许偏差

序号	项目		允许偏差
1	圆度	$d \leq 120\text{mm}$	1.5mm
2		$d > 120\text{mm}$	2.5mm
3	同一轴线上两铣平面平行度	$d \leq 120\text{mm}$	0.2mm
4		$d > 120\text{mm}$	0.3mm
5	铣平面距球中心线距离		±0.2mm
6	相邻两螺孔中心线夹角		±30
7	两铣平面与螺栓孔轴线垂直度		$0.005r\text{mm}$

注：r 为螺栓球半径；d 为螺栓球直径。



3．焊接球宜采用钢板热压成半圆球，表面不得有裂纹、折皱，并应经机械加工坡口后焊成圆球。

4．焊接球的允许偏差应符合表2 -10 的规定。

表2 -10 焊接球的允许偏差 (单位：mm)

序号	项目	允许偏差
1	直径	$\pm 0.005d$
2	圆度	2.5
3	壁厚减薄量	$0.13t$ 且不大于1.5
4	两半球对口错边	1.0

5．网架钢管杆件直端宜采用机床下料，管口曲线宜采用自动切管机下料。钢管杆件加工的允许偏差应符合表2 -11 的规定。

表2 -11 钢管杆件加工的允许偏差 (单位：mm)

序号	项目	允许偏差
1	长度	$\pm 1.0$
2	端面对管轴的垂直度	$0.005r$
3	管口曲线	1.0

四、端部铣平

1．端部铣平的允许偏差应符合表2 -12 的规定。

表2 -12 端部铣平的允许偏差 (单位：mm)

序号	项目	允许偏差
1	两端铣平时构件长度	$\pm 2.0$
2	两端铣平时零件长度	$\pm 0.5$
3	铣平面的平面度	0.3
4	铣平面对轴线的垂直度	$1/1500$

2．外露铣平面应涂防锈油保护。

五、摩擦面处理

1．高强度螺栓摩擦面处理后的抗滑移系数值应符合设计的要求。

- 2. 采用砂轮打磨处理摩擦面时，打磨范围不应小于螺栓孔径的4 倍，打磨方向宜与构件受力方向垂直。
- 3. 经处理的摩擦面，出厂前应按批作抗滑移系数试验，最小值应符合设计的要求，出厂时应按批附3 套与构件相同材质，相同处理方法的试件，由安装单位复验抗滑移系数。在运输过程中试件摩擦面不得损伤。
- 4. 处理好的摩擦面，不得有飞边、毛刺、焊疤或污损等。

第三节 制 孔

一、制孔方法

- 1. 构件上的螺栓孔，应用钻孔或冲孔方法。
- 2. 构件钻孔前应进行试钻；经检查认可，方可正式钻孔。钻制精度要求较高的群孔，可借助经检验合格的钻模制孔，为提高生产率，允许将同种规格的板件叠合在一起钻孔，但必须卡牢或点固焊：成对或成副的构件，宜成对或成副钻孔，以利装配。
- 3. 构件冲孔时，应装好冲模，检查冲模之间间隙是否均匀一致，并用与构件相同的材料试冲，经检查质量符合要求后，再正式冲孔。冲孔的孔径应大于饭厚。
- 4. 大批量冲孔时，应按批抽查孔的尺寸及孔的中心距，以便及时发现问题及时纠正。
- 5. 碳素结构钢在珠境温度低于 -20 、低合金结构钢在环境温度低于 -15 时，不得进行。

二、冲孔质量要求

- 1.A、B 级螺栓孔 (I 类孔)，应具有 H12 的精度，孔壁表面粗糙度  $R_s$ 。不应大于  $12.5\mu m$ 。
  - (1) A、B 级螺栓孔、H12 精度，是根据现行国家标准《紧固件公差、螺栓、螺钉和螺母》和《公差与配合》(GB11800、GB1801、GB1804) 的分级规定确定的。
  - (2)  $R_a$  具根据现行国家标准《表面粗糙度参数及其数值》(GB1031) 确定的。
- 2.C 组螺栓孔 (Ⅱ类孔)，孔壁表面粗糙度  $R_a$ 。不应大于  $25\mu m$ ，允许偏差应符合表2-13 的规定。

- 3 . 螺栓孔孔距的允许偏差应符合表2 -14 的规定。
- 4 . 螺栓孔的允许偏差超过表2 -13、表2 -14 的规定时，不得采用钢块填塞，可采用与母材材质相匹配的焊条补焊后重新制孔。
- 5 . 螺栓孔的分组应符合下列规定：
- (1) 在节点中连接板与一根杆件相连的所有螺栓孔为一组。
- (2) 对接接头在拼装板一侧的螺栓孔为一组。
- (3) 在两相邻节点或接头间的螺栓孔为一组，但不包括 (1)、(2) 上述两款所规定的螺栓孔。
- (4) 受弯构件翼缘上的连续螺栓孔，每米长度范围内的螺栓孔为一组。

表2 -13 C 级螺栓孔的允许偏差 (单位：mm )

序号	项目	允许偏差
1	直径	+1.0
		0
2	圆度	2.0
3	垂直度	0.03t 且不大于2.0

表2 -14 螺栓孔孔距的允许偏差 (单位：mm )

序号	项目	允许偏差			
		500	501 ~1200	1201 ~3000	>3000
1	同一组内任意两孔间距离	±1.0	±1.5	—	—
2	相邻两组的端孔间距离	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0

第四节 变形矫正

一、手工矫正法

1 . 矫正方法

用锤击的方法进行，锤子用木锤、铜锤或橡胶锤，如采用钢锤时，应设锤垫避免直接打击构件。根据型钢截面尺寸和板料厚度合理选择锤的大小，并根据变形情况确定锤

击点和镇击着力轻重程度，打锤下落要平，矫正后的钢材表面不应有明显的凸凹和损伤，锤痕深度不应大于0.5mm。

2. 适用范围

适用于薄板件或截面比较小的型钢构件。碳素结构钢在环境温度低于 -16℃、低合金结构钢在环境温度低于 -12℃ 时，不得采用本法，以免产生裂纹。

二、机械矫正法

1. 矫正方法

板料变形用多辊平板机往复辊轧矮正，当单靠辊轧难以矫正或矫直时，可视情况在两侧或中部垫0.5~2.0mm 左右，长度与板料等长的软钢板作为垫板矫平；对小板料，可在轧辊之间放置20~25mm 厚的钢板，然后将被矫正的小板料排列在大钢板上进行矫平。对于个别小板料在辊轧过程中，应翻动几次，以便矫平。对型钢变形宜用型钢调直机进行。

2. 适用范围

适用于一般板件和型钢构件的变形矫正。碳素结构钢在环境温度低于 -16℃、低合金结构钢在环境温度低于 -12℃ 时，不得采用，以免产生裂纹。

三、火焰矫正法

1. 矫正方法

用氧乙炔焰或其他火焰对构件或成品变形部位进行矫正，加热方式有点状加热、线状加热和三角形加热三种（图2-1）。点状加热加热点的直径一般为10~30mm，点距为5~100mm；线状加热，加热线的宽度应控制在工件厚度的0.5~2.0倍范围内，三角形加热的三角加热面的高度与底边宽度应控制在型材高度的1/5~2/3范围内，三角顶在内侧，低在外侧。加热温度宜控制在900~1000℃；碳素结构钢在温度下降到700℃之前、低合金结构钢在温度下降到800℃之前，应结束加工；低合金结构钢应缓慢冷却，不得浇冷水。矫正时应将工件垫平，分析变形原因，正确选择加热点、加热温度和加热面积等，同一加热点的加热次数不宜超过3次。

2. 适用范围

点状加热适于矫正板料弯曲和凸凹不平；线状加热适于矫正厚板的角变形和圆弧弯曲变形；三角形加热适于型材及构件及屋架、吊车梁等成品的局部变形矫正。火焰矫正

变形一船只用于低碳钢，对于中碳钢和有色金属，由于变形而产生裂纹不得采用。



图2 -1 火焰矫正的加热方式

a) 点状加热b) 线状加热c)、d) 三角形加热

四、混合矫正法

1. 矫正方法

用矫正胎藉压力机（撑直机、油压机、冲压机）或用大板子用吊车进行矫正，亦可用小型液压千斤顶（或丝杠千斤顶）或加荷横梁配合热烤对构件成品进行顶压加压矫正（图2 -2 ）。对成批型材，可采取在现场制作支架，以千斤顶作动力进行矫正。

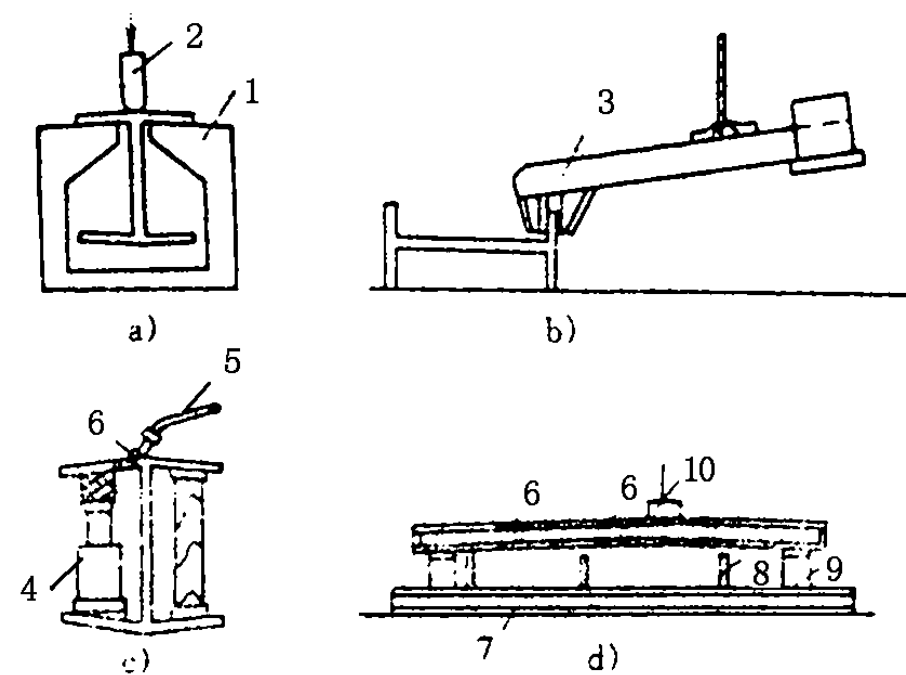


图2 -2 钢构件、产品矫正

a) 用矫正胎加压矫正b) 用大板子扳边矫正c) 用千斤顶配合热烤矫正d) 横梁加荷配合热烤矫正

1 - 矫正胎2 - 压力机加压3 - 大板子4 - 液压千斤顶5 - 烤枪

6 - 加热带7 - 平台8 - 标准平板9 - 支座10 - 加荷横梁

2. 适用范围

适于型材、钢构件、工字梁、吊车梁、构架式构件进行局部或整体变形矫正。碳素结构钢在环境温度低于  $-16^{\circ}\text{C}$ ，低合金结构钢在环境温度低于  $-12^{\circ}\text{C}$ ，不得采用。

第五节 组装和连接

一、 组装

- 1. 组装前，零件、部件应经检查合格；连接接触面和沿焊缝边缘每边30 ~50mm 范围内的铁锈、毛刺、污垢、冰雪等应清除干净。
- 2. 板材、型材的拼接，应在组装前进行；构件的组装应在部件组装、焊接、矫正后进行。
- 3. 焊接连接组装的允许偏差应符合表2 -15 的规定。
- 4. 组装顺序应根据结构型式、焊接方法和焊接顺序等因素确定。
- 5. 构件的隐蔽部位应焊接、涂装，并经检查合格后方可封闭：完全密闭的构件内表面可不涂装。
- 6. 桁架结构杆件轴线交点的允许偏差不得大于30mm。
- 7. 当采用夹具组装时，拆除夹具时不得损伤母材：对残留的焊疤应修磨平整。
- 8. 顶紧接触面应有75 %以上的的面积紧贴，用0.3mm 塞尺检查，其塞入面积应小于25 %，边缘间隙不应大于0.8mm。

二、 焊接和焊接检查

- 1. 施工单位对其首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等，应进行焊接工艺评定，并应根据评定报告确定焊接工艺。  
焊接工艺评定应按国家现行的《建筑钢结构焊接规程》和《钢制压力容器焊接工艺评定》的规定进行。
- 2. 焊工应经过考试并取得合格证后方可从事焊接工作。合格证应注明施焊条件、有效期限。焊工停焊时间超过6 个月，应重新考核。
- 3. 焊接时，不得使用药皮脱落或焊芯生锈的焊条和受潮结块的焊剂及已熔烧过的渣壳

4. 焊丝、焊钉在使用前应清除油污、铁锈。
5. 焊条、焊剂和栓钉用焊接瓷环，使用前应按产品说明书规定的烘焙时间和温度进行烘焙。保护气体的纯度应符合焊接工艺评定的要求。低氢型焊条经烘焙后应放入保温筒内，随用随取。
6. 施焊前，焊工应复查焊件接头质量和焊区的处理情况。当不符合要求时，应经修整合格后方可施焊。
7. 对接接头、T 形接头、角接接头、十字接头等对接焊续及对接和角接组合焊缝，应在焊缝的两端设置引弧和引出板，其材质和坡口形式应与焊件相同。引弧和引出的焊缝长度：埋弧焊应大于50mm：手工电弧焊及气体保护焊应大于20mm。焊接完毕应采用气割切除引弧和引出板，并修磨平整，不得用锤击落。
8. 焊按时，焊工应遵守焊接工艺，不得自由施焊及在焊道外的母材上引弧
9. 角焊缝转角处宜连续角施焊，起落弧点距焊缝端部宜大于10.0mm（图2 -3a）：角焊缝端部不设置引弧和引出板的连续焊缝，起落弧点距焊缝端部宜大于10.0mm（图2 -3b），弧坑应填满。

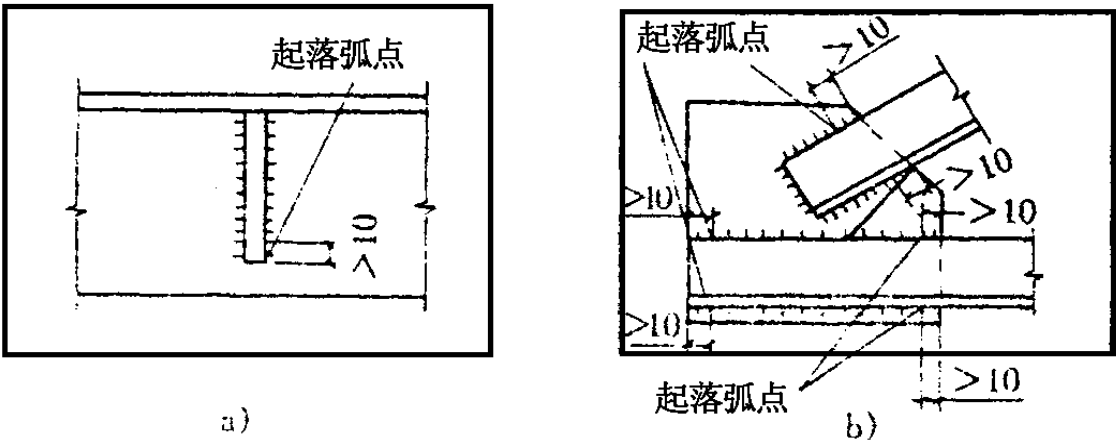


图2 -3 起落弧点位置

10. 厚度大于50mm 的碳素结构钢和厚度大于36mm 的低合金结构钢，施焊前应进行预热，焊后应进行后热。预热温度宜控制在100 ~150：后热温度应由试验确定。预热区在焊道两侧，每侧宽度均应大于焊件厚度的2 倍，且不应小于100mm。
- 环境温度低于0 时，预热、后热温度应根据工艺试验确定。
11. 多层焊接宜连续施焊，每一层焊道焊完后应及时清理检查，消除缺陷后再焊。
12. 焊成凹形的角焊缝，焊缝金属与母材间应平缓过渡：加工成凹形的角焊缝，不得在其表面留下切痕。
13. T 形接头、上字接头、角接接头等要求熔透的对接和角接组合焊缝，其焊脚尺寸不应小于 $t/4$ （图2 -4a、b、c）：重级工作制和起重量大于或等于50t 的中级工作制

吊车梁腹板与上翼缘的连接焊缝的焊脚尺寸为 $t/2$ （图2 -4d），且不应大于10mm。

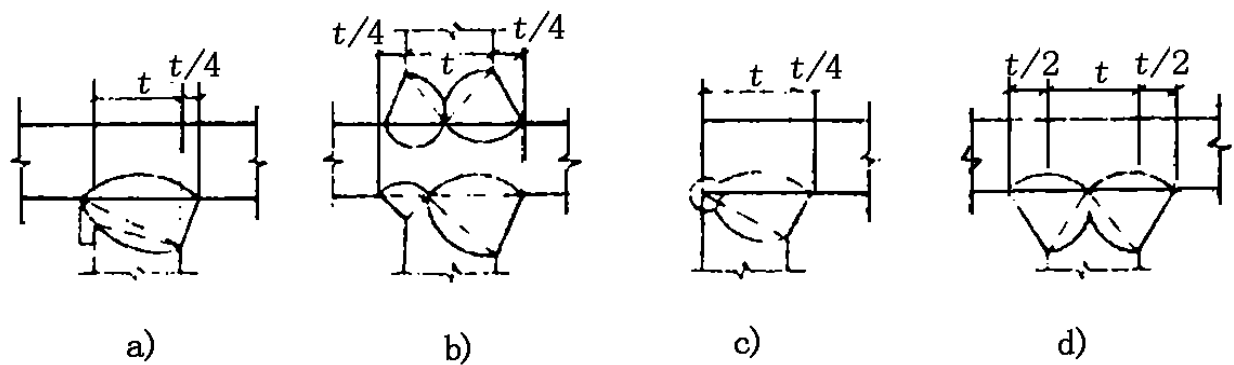


图2 -4 焊脚尺寸

14．定位焊所采用的焊接材料型号，应与焊件材质相匹配；焊缝厚度不宜超过设计焊缝厚度的 $2/3$ ，且不应大于8mm，焊脚长度不宜小于25mm，定位焊位置应布置在焊道以内，并应由持合格证的焊工施焊。

15．焊缝出现裂纹时，焊工不得擅自处理，应查清原因，订出修补工艺后方可处理。

16．焊缝同一部位的返修次数，不宜超过两次。当超过两次时，应按返修工艺进行。

17．焊接完毕，焊工应清理焊缝表面的熔渣及两侧的飞溅物，检查焊缝外观质量。检查合格后应在工艺规定的焊缝及部们打上焊工钢印。

18．碳素结构钢应在焊缝冷却到环境温度、低合金结构钢应在完成姆接24h 以后，方可进行焊缝探伤检验。

19．焊缝外形尺寸应符合现行国家标准（GB10854）《钢结构焊缝外形尺寸》的规定。

20．焊接接头内部缺陷分级应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》的规定。焊缝质量等级及缺陷分级应符合表2 -16 的规定。

21．局部探伤的焊缝，有不允许的缺陷时，应在该缺陷两端的延伸部位增加探伤长度，增加的度不应小于该焊缝长度的10%，且不应小于200mm；当仍有不允许的缺陷时，应对该焊缝百分之百探伤检查。

22．栓钉焊焊后应进行弯曲试验检查，检查数量不应少于1%；当用锤击焊钉（螺柱）头，使其弯曲至30°时，焊缝和热影响区不得有肉眼可见裂纹。

### 三、焊接H 型钢

1．翼缘板和腹板应采用半自动或自动气割机进行切割，切割面质量应符合本节的有关规定。



- 2．当翼缘板需要拼接时，可按长度方向拼接；腹板拼接，拼接缝可为“十”字型或“T”字型；翼缘板拼接缝和腹板拼接缝的间距应大于200mm；拼接焊应在H型钢组装前进行。
- 3．焊缝质量应符合设计的要求和本节的有关规定。
- 4．焊接H型的允许偏差应符合表2 -17 的规定。

表2 -15 焊接连接组装的允许偏差 (单位：mm)

序号	项目		允许偏差	图例
1	对口错边 ( )		$t/10$ 且不大于3.0	
2	间隙 (a)		$\pm 1.0$	
3	搭接长度 (a)		$\pm 50$	
4	缝隙 ( )		1.5	
5	高度 (y)		$\pm 2.0$	
6	垂直度 ( )		$b/100$ 且不大于2.0	
7	中心偏移 (e)		$\pm 2.0$	
8	钢错位	连接处	1.0	
9		其他处	2.0	
10	箱形截面高度 (h)		$\pm 2.0$	
11	宽度 (b)		$\pm 2.0$	
	垂直度 ( )		$b/200$ 且不大于3.0	

表2 -16 焊缝质量等级及缺陷分级 (单位：mm)

序号	焊缝质量等级		一级	二级	三级
1	内部缺陷	评定等级			—
2	超声波	检验等级	B 级	B 级	—
3	探伤	探伤比例	100 %	20 %	—

续表

序号	焊缝质量等级		一级	二级	三级
4	外观缺陷	未焊满（指不足设计要求）	不允许	0.2 +0.02t 且小于等于1.0	0.2 +0.04t 且小于等于2.0
5				每100 焊缝内缺陷总长小于等于25	
6		根部收缩	不允许	0.2 +0.02t 且小于等于1.0	0.2 +0.04t 且小于等于2.0
7				长度不限	
8		咬边	不允许	0.05t 且小于等于0.5 ； 连续长度小于等于100 ， 且焊缝两侧咬边总长小于等于10 %焊缝金长	0.1t 且小于等于1.0 ， 长度不限
9		裂纹	不允许		
10		弧坑裂纹	不允许		允许存在个别长小于等于5.0 的弧坑裂纹
11		电弧擦伤	不允许		允许存在个别电弧擦伤
12		飞溅	清除干净		
13		接头不良	不允许	缺口深度小于等于0.05t ，且小于等于0.5	缺口深度小于等于0.1t ； 且小于等于1.0
14				每米焊缝不得超过1 处	
15		焊瘤	不允许		
16		表面夹渣	不允许		深 0.2t 长 0.5t 且小于等于20
17		表面气孔	不允许		每50 长度焊缝内允许直径小于等于0.4t ，且小于等于3.0 气孔2 个 ；孔距大于等于6 倍孔径
18		角焊缝厚度不足 (按设计焊缝厚度计)	—		0.3 +0.05t 且小于等于2.0 每1000.0 焊缝长度内缺陷总长小于等于25.0
19		角焊缝焊脚不对称	—		差值 2 +0.2h

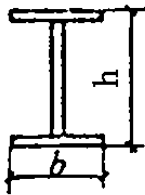
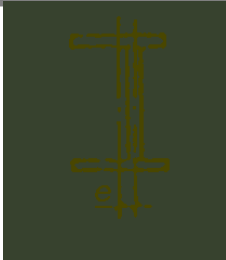
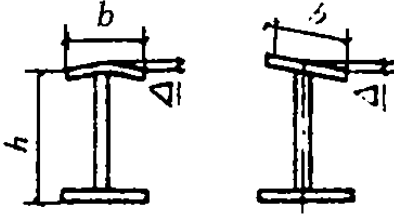
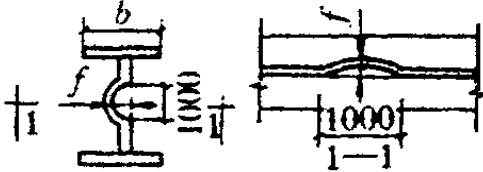
注：1．超声波探伤用于全熔透焊缝，其探伤比例按每条焊缝长度的百分数计，且不小于200mm ；

2．除注明角焊缝缺陷外，其余均为对接、角接焊缝通用；

3．咬边如经磨削修整并平滑过渡，则只按焊缝最小允许厚度值评定；

4．表内t 为连接处较薄的板厚。

表2 -17 焊接H 型钢的允许偏差 (单位 :mm )

序号	项目		允许偏差	图例
1	截面 高度 (h)	h <500	±2 .0	
2		500 h 1000	±3 .0	
3		h >1000	±4 .0	
4	截面宽度 (b)		±3 .0	
5	腹板中心偏移		2 .0	
6	翼缘板垂直度 ( )		$b/100$ 3 .0	
7	弯曲矢高		$l/1000$ 5 .0	
8	扭曲		$h/250$ 5 .0	
9	腹板局部 平面度	t <14	3 .0	
10	(f)	t 14	2 .0	

第六节 成品涂装与编号

一、表面处理

- 1 . 钢构件的除锈和涂装应在制作质量检验合格后进行。
- 2 . 钢构件防腐前 , 应将表面锈皮、毛刺、焊渣飞溅物 , 油污等清除干净。一般用钢丝刷、砂布、铲刀手工拆除 , 或用电动钢丝刷、喷砂、抛丸法除锈 , 至露出金属表面为止。油污用汽油、苯类溶剂清洗干净 , 清除后应立即刷 ( 喷 ) 防腐涂料 , 否则应保证表面和环境干燥 , 或涂磷化底漆或经磷化处理。

- 3．钢构件表面的除锈方法和除锈等级应符合表2 -18 的规定，其质量要求应符合现行国家标准 《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》 的规定。
- 4．构件表面除锈方法与除锈等级应与设计采用的涂料相适应。

二、 涂料涂装

涂料、涂装遍数、涂层厚度均应符合设计的要求。当设计对涂层厚度无要求时，宜涂装4 ~5 遍；涂层干漆膜总厚度：室外应为150 μm，室内应为125 μm，其允许偏差为 -25 μm。涂装工程由工厂和安装单位共同承担时，每遍涂层干漆膜厚度的允许偏差为 -5 μm。当设计对涂层厚度有要求时，设计最低涂层干漆膜厚度加允许偏差的绝对值即为涂层的要求厚度，其允许偏差应符合设计对涂层厚度无要求时的规定。当天使用的涂料应在当天配置，并不得随意添加稀释剂。

三、 涂装施工

- 1．涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求，当产品说明书无要求时，环境温度宜在5 ~38 之间，相对湿度不应大于85 %。构件表面有结露时不得涂装。涂装后4h 内不得淋雨。
- 2．施工图中注明不涂装的部位不得涂装。安装焊缝处应留出30 ~50mm 暂不涂装。
- 3．涂装应均匀，无明显起皱、流挂，附着应良好。
- 4．当喷涂防火涂料时，应符合国家现行的 《钢结构防火涂料应用技术规程》 (CECS24) 的规定。

四、 编号

涂装完毕后，应在构件上标注构件的原编号。大型构件应标明重量、重心位置和定位标记。

表2 -18 除锈方法和除锈等级

除锈方法	喷射或抛射除锈			手工和动力工具除锈	
除锈等级	Sa2	Sa2 $\frac{1}{2}$	Sa3	St2	St3

注：当材料和零件采用化学除锈方法时，应选用具备除锈、磷化、钝化两个以上功能的处理液，其质量应符合现行国家标准 《多功能钢铁表面处理液通用技术条件》 的规定。

第七节 钢构件验收

一、允许偏差

钢构件制作完成后，应按照施工图和本表的规定进行验收。钢构件外形尺寸的允许偏差应符合表2 - 19 至表2 - 26 的规定

表2 - 19 单层钢柱外形尺寸的允许偏差 (单位：mm)

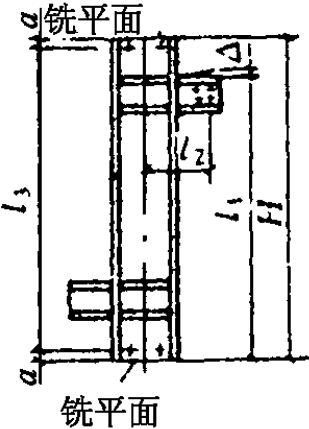
序号	项目		允许偏差	图例
1	柱底面到柱端与桁架连接的最上一个安装孔距离 (l)		$\pm l/1500$ $\pm 15.0$	
2	柱底面到牛腿支承面距离 (l1)		$\pm l1/2000$ $\pm 8.0$	
3	受力支托表面到第一个安装孔距离 (a)		$\pm 1.0$	
4	牛腿面的翘曲 ( )		2.0	
5	柱身弯曲矢高		$H/1000$ 12.0	
6	柱身扭曲	牛腿处	3.0	
7		其他处	8.0	
8	柱截面几何尺寸	边接处	$\pm 3.0$	
9		其他处	$\pm 4.0$	
10	翼缘板对腹板的垂直度	连接处	1.5	
11		其他处	$b/100$ 5.0	
12	柱脚底板平面度		5.0	
13	柱脚螺栓孔中心对柱轴线的距离		3.0	

二、具备资料

钢构件出厂时，应提交下列资料：

- 1．产品合格证
- 2．施工图和设计变更文件，设计变更的内容应有施工图中相应部位注明
- 3．制作中对技术问题处理的协议文件
- 4．钢材、连接钢材和涂装材料的质量证明书或试验报告
- 5．焊接工艺评定报告
- 6．高强度螺栓摩擦面抗滑移系数试验报告，焊缝无损检验报告及涂层检测资料
- 7．主要构件验收记录
- 8．预拼装记录
- 9．构件发运和包装清单

表2 -20 多节钢柱外形尺寸的允许偏差 (单位：mm )

序号	项目		允许偏差	图例
1	一节柱高度 (H )		±3 0	
2	两端最外侧安装孔距离 (l3 )		±2 0	
3	柱底铣平面到牛腿支承面的距离 (l1 )		±2 0	
4	铣平面到第一个安装孔距离 (d )		±1 0	
5	柱身弯曲矢高 (f )		H /1500 5 0	
6	一节柱的柱身扭曲		H /250 5 0	
7	牛腿端孔到柱轴线距离 (l2 )		±3 0	
8	牛腿的翘曲 ( )	l2 ≤ 1000	2 0	
9		l2 >1030	3 0	
10	柱截面尺寸	连接处	±3 0	
11		其他处	±4 0	
12	柱脚底板平面度		5 0	

续表

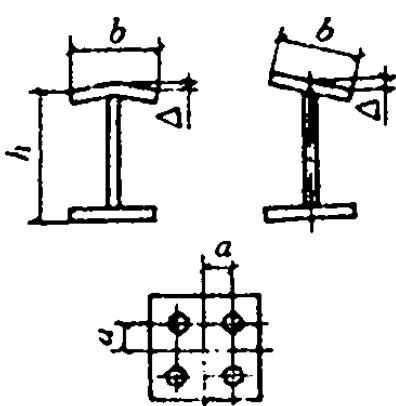
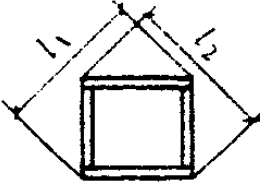

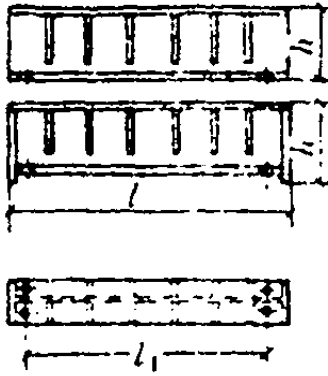
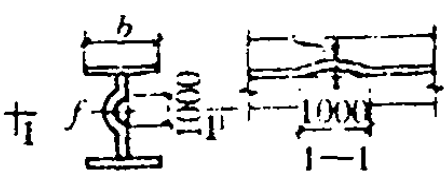
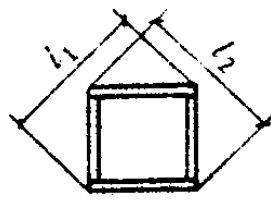
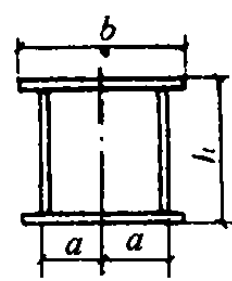
序号	项目		允许偏差	图例
13	翼缘板对腹板的垂直度	连接处	1.5	
14		其他处	$b/100$ 5.0	
15	柱脚螺栓孔时柱轴线的距离 (d)		3.0	
16	箱形截面连接处对角线差		3.0	
17	柱身板平面度		$h(b)/150$ 5.0	

表2 -21 焊接实腹钢梁外形尺寸的允许偏差 (单位 :mm )

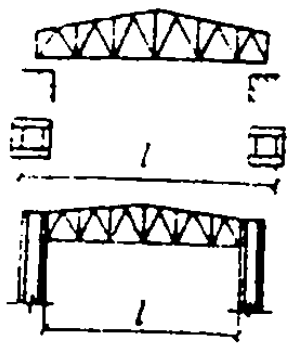
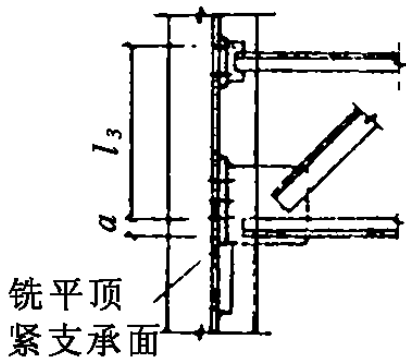
序号	项目		允许偏差	
1	梁长度 (l)	端部有凸缘支座板	0 -5.0	
2		其他形式	$\pm l/2500$ $\pm 10.0$	
3	端部高度 (h)	$h \leq 2000$	$\pm 2.0$	
4		$h > 2000$	$\pm 3.0$	
5	两端最外侧安装孔距离 (l <sub>1</sub> )		$\pm 3.0$	
6	拱度	设计要求起拱	$\pm l/5000$	
7		设计未要求起拱	10.0 -5.0	
8	侧弯矢高		$l/2000$ 10.0	
9	扭曲		$h/250$ 10.0	

续表

序号	项目		允许偏差	
10	腹板局部平面度	$t \leq 14$	5.0	
11		$t > 14$	4.0	
12	翼缘板对腹板的垂直度		$b/100 \leq 3.0$	
13	吊车梁上翼缘板与轨道接角面平面度		1.0	
14	箱形截面对角线差		5.0	
15	两腹板至翼缘板中心线距离 (a)	连接处	1.0	
16		其他处	1.5	

注：吊车梁不得下挠。

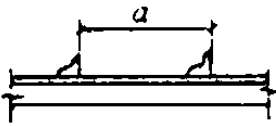
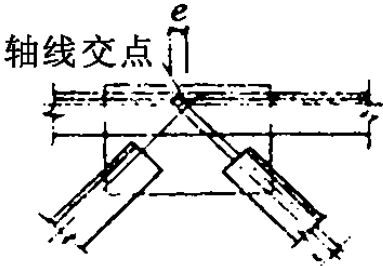
表2 -22 钢桁架外形尺的允许偏差 (单位：mm)

序号	项目		允许偏差	图例
1	桁架跨度最外端两个孔，或两端支承处最处侧的距离 (l)	$l \leq 24\text{m}$	+3.0 -7.0	
2		$l > 24\text{m}$	+5.0 -10.0	
3	桁架跨中高度		$\pm 10.0$	
4	桁架跨中拱度	设计要求起拱	10.0	
5		设计未要求起拱	-5.0	
6	支承面到第一个安装孔距离 (a)		$\pm 1.0$	
7	相邻节间弦杆的弯曲		$l/1000$	

铣平顶  
紧支承面



续表

序号	项目	允许偏差	图例
8	檩条连接支座间距 (a)	±5.0	
9	杆件轴线交点错位 (e)	3.0	

注：吊车桁架严禁下挠。

表2 -23 钢管构件外形尺寸的允许偏差 (单位：mm)

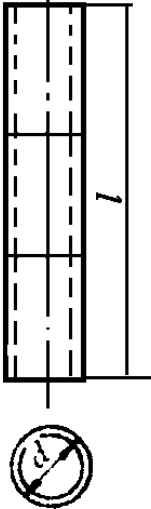
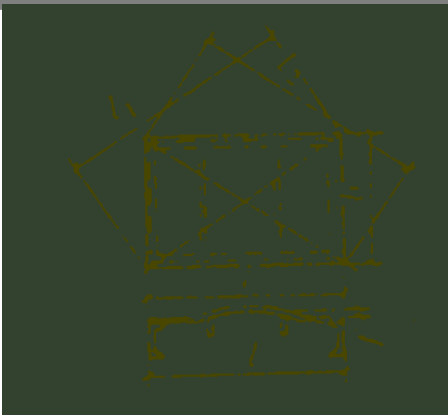
序号	项目	允许偏差	图例
1	直径 (d)	±d /500 ±5.0	
2	构件长度 (l)	±3.0	
3	管口圆度	d /500 5.0	
4	端面对管轴的垂直度	d /500 3.0	
5	弯曲矢高	l /1500 5.0	
6	对口错边	t /10 3.0	

表2 -24 钢平台、钢梯和防护钢栏杆外形尺寸的允许偏差 (单位：mm)

序号	项目	允许偏差	图例
1	平台长度和宽度	±5.0	
2	平台两对角线差  l <sub>1</sub> -l <sub>2</sub>		
3	平台表面平面度 (1m 范围内)	6.0	

续表

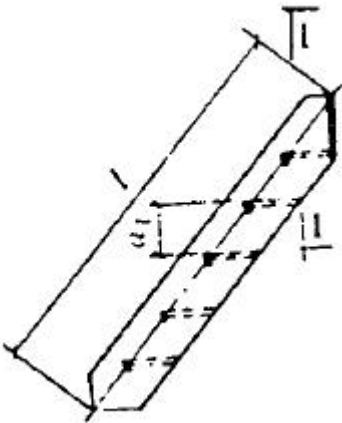
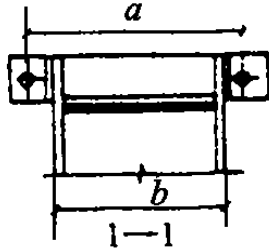
序号	项目	允许偏差	图例
4	梯梁长度 (l)	±5.0	
5	钢梯宽度 (b)	±5.0	
6	钢梯安装孔距离 (a)	±3.0	
7	梯梁纵向挠曲矢高	l/1000	
8	踏步间距 (a₁)	±5.0	
9	栏杆高度	±5.0	
10	栏杆立柱间距	±10.0	

表2 -25 墙架、支撑系统钢构件的允许偏差 (单位：mm)

序号	项目	允许偏差	图例
1	构件长度 (l)	±5.0	
2	构件两端最外侧安装孔距离 (l₁)	±3.0	
3	构件弯曲矢高	l/1000 10.0	

表2 -26 钢网架外形尺寸的允许偏差 (单位：mm)

序号	项目		允许偏差
1	拼装单元节点中心偏移		2.0
2	小拼装单元为单锥体	弦杆长度	±2.0
3		上弦对角线差	3.0
4		锥体高	±2.0
5	条分块网架单元长度	20m	±10.0
6		>20m	±20.0
7	多跨连续点支承时，分条分块网架单元长度	20m	±5.0
8		>20m	±10.0

## 第三章 钢结构的安装及工程验收

### 第一节 钢结构安装的施工要点

#### 一、一般规定

1. 钢结构安装应按施工组织设计进行。安装程序必须保证结构的稳定性和不导致永久性变形。
2. 安装前，应按构件明细表核对进场的构件，查验产品合格证和设计文件；工厂预拼装过的构件在现场组装时，应根据预拼装记录进行。
3. 钢结构安装过程中、制孔、组装、焊接和涂装等工序的施工均应符合本书的有关规定。
4. 钢构件在运输、存放和安装过程中损坏的涂层以及安装连接部位应按本书的有关规定补涂。结构面层涂装应在安装完成后进行。
5. 设计要求对钢结构进行结构试验时，试验应符合相应的设计文件要求。
6. 钢构件吊装前应清除其表面上的油污、冰雪、泥沙和灰尘等杂物。
7. 吊车梁的受拉翼缘或吊车桁架的受拉弦杆上不得焊接悬挂物和卡具等。

#### 二、基础和支承面

1. 钢结构安装前应对建筑物的定位轴线、基础轴线和标高、地脚螺栓位置等进行检查，并应进行基础检测和办理交接验收。当基础工程分批进行交接时，每次交接验收不应少于一个安装单元的柱基基础，并应符合下列规定：
  - (1) 基础混凝土强度达到设计要求。
  - (2) 基础周围回填夯实完毕。
  - (3) 基础的轴线标志和标高基准点准确、齐全。
2. 基础顶面直接作为柱的支承面和基础顶面预埋钢板或支座作为柱的支承面时，

其支承面、地脚螺栓（锚栓）的允许偏差应符合表3 -1 的规定。

表3 -1 支承面、地脚螺栓（锚栓）的允许偏差 (单位：mm )

序号	项目		允许偏差
1	支承面	标高	±3 .0
2		水平度	1 /1000
3	地脚螺栓 (锚栓)	螺栓中心偏移	5 .0
4		螺栓露出长度	+20 .0 0
5		螺纹长度	+20 .0 0
6	预留孔中心偏移		10 .0

3．钢柱脚采用钢垫板作支承时，应符合下列规定：

（1）钢垫板面积应根据基础混凝土的抗压强度、柱脚底板下细石混凝土二次浇灌前柱底承受的荷载和地脚螺栓（锚栓）的紧固拉力计算确定。

（2）垫板应设置在靠近地脚螺栓（锚栓）的柱脚底板加筋板或柱肢下，每根地脚螺栓（锚栓）侧应设1 ~2 组垫板，每组垫板不得多于5 块。垫板与基础面和柱底面的接触应平整、紧密。当采用成对斜垫板时，其叠合长度不应小于垫板长度的2 /3。二次浇灌混凝土前垫板间应焊接固定。

（3）采用座浆垫板时，应采用无收缩砂浆。柱子吊装前砂浆试块强度应高于基础混凝土强度一个等级。座浆垫板的允许偏差应符合表3 -2 的规定。

表3 -2 座浆垫板的允许偏差 (单位：mm )

序号	项目	允许偏差
1	顶面标高	0
		-3 .0
2	水平度	1 /1000
3	位置	20 .0

4．钢结构安装在形成空间刚度单元后，应及时对柱底板和基础顶面的空隙采用细石混凝土二次浇灌。

三、安装和校正

1．钢结构安装前，应对钢构件的质量进行检查。钢构件的变形、缺陷超出允许偏

差时，应进行处理。

2．钢结构安装的测量和校正，应根据工程特点编制相应的工艺。厚钢板和异种钢板的焊接，高强度螺栓安装、栓钉焊和负温度下施工等主要工艺，应在安装前进行工艺试验，编制相应的施工工艺。

3．钢结构采用扩大拼装单元进行安装时，对容易变形的钢构件应进行强度和稳定性验算，必要时应采取加固措施。

钢结构采用综合安装时，应划分成若干独立单元。每一单元的全部钢构件安装完毕后，应形成空间刚度单元。

4．大型构件或组成块体的网架结构，采用单机或多机抬吊安装及高空滑移安装时，吊点必须经计算确定。

5．钢结构的柱、梁、屋架、支撑等主要构件安装就位后，应立即进行校正、固定。当天安装的钢构件应形成稳定的空间体系。

6．钢结构安装、校正时，应根据风力、温差、日照等外界环境和焊接变形等因素的影响，采取相应的调整措施。

7．利用安装好的钢结构吊装其他构件和设备时，应征得设计单位同意，并应进行验算，采取相应措施。

8．设计要求顶紧的节点，接触面应有70 %的面紧贴。用0.3mm 厚塞尺检查，可插入的面积之和不得大于接触顶紧总面积的30 %；边缘最大间隙不应大于0.8mm。

## 四、高层钢结构的安装

1．柱、梁、支撑等构件的长度尺寸应包括焊接收缩余量和荷载使柱产生的压缩变形值。

2．柱安装时，每节柱的定位轴线应从地面控制轴线直接引上，不得从下层柱的轴线引上。

3．楼层标高可采用相对标高或设计标高进行控制，并应符合下列规定：

(1) 当采用设计标高进行控制时，应以每节柱为单位进行柱标高的调整，使每节柱的标高符合设计的要求。

(2) 建筑物总高度的允许偏差和同一层内各节柱的柱顶高度差应符合表3-8 的规定。

4．安装使用的塔式起重机与主体结构相连接时，其连接装置必须进行计算，并应根据施工荷载对主体结构的影响，采取相应的措施。

5．楼面压型钢板安装前，应在钢梁上放出压型钢板的定位线，相邻压型钢板端部

的波形槽口应对正。

6. 安装时，必须控制楼面的施工荷载，施工荷载和冰雪荷载严禁超过梁和楼板的承载能力。

7. 同一流水作业段、同一安装高度的一节柱，当各柱的全部构件安装、校正、连接完毕并验收合格后，方可从地面引放上一节柱的定位轴线。

### 五、连接和固定

1. 钢构件的连接接头，应经检查合格后方可紧固或焊接。

2. 安装使用的临时螺栓和冲钉，在每个节点上层入的数量，应根据安装过程所承受的荷载计算确定，并应符合下列规定：

(1) 不应少于安装孔总数的 $1/3$ 。

(2) 临时螺栓不应少于2个。

(3) 冲钉不宜多于临时螺栓的30%。

(4) 扩钻后的A、B级螺栓孔不得使用冲钉。

3. 永久性的普通螺栓连接应符合下列规定：

(1) 每个螺栓一端不得垫2个及以上的垫圈，并不得采用大螺母代替垫圈。螺栓拧紧后，外露螺纹不应少于2个螺距。

(2) 螺栓孔不得采用气割扩孔。

4. 安装焊缝的质量应符合设计的要求。

5. 安装定位焊缝应符合表3-3 序号2之(14)的规定。当承受荷载时，焊点数量、厚度和长度应由计算确定。

6. 焊接和高强度螺栓并用的连接，当设计无特殊要求时，应按先栓后焊的顺序施工。

7. 由制造厂处理的钢构件摩擦面，安装前应复验所附试件的抗滑移系数，合格后方可安装。现场处理的构件摩擦面，抗滑移系数应按国家现行标准《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程》的规定进行试验，并应符合设计的要求。

8. 钢构件拼装前，应清除飞边、毛刺、焊接飞溅物。摩擦面应保持干燥、整洁，不得在雨中作业。

9. 高强度螺栓连接的板叠接触面应平整。当接触有间隙时，小于1.0mm的间隙可不处理；1.0~3.0mm的间隙，应将高出的一侧磨成1:10的斜面，打磨方向应与受力方向垂直；大于3.0mm的间隙应加垫板，垫板两面的处理方法应与构件相同。

10. 高强度螺栓连接副应按批号分别存放，并应在同批内配套使用。在储存、运输

和施于过程中不得混放、混用，并应轻装、轻卸，防止受潮、生锈、玷污和碰伤

11．施工前，高强度大六角头螺栓连接副应按出厂批号复验扭距系数，其平均值和标准偏差应符合国家现行标准《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程》的规定；扭剪型高强度螺栓连接副应按出厂批号复验预拉力，其平均值和变异系数应符合国家现行标准《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程》的规定

12．安装高强度螺栓时，螺栓应自由穿入孔内，不得强行敲打，并不得气割扩孔。穿入方向宜一致并便于操作。高强度螺栓不得作为临时安装螺栓

13．高强度螺栓的安装应按一定顺序施拧，宜由螺栓群中央顺序向外拧紧，并应在当天终拧完毕

14．高强度螺栓的拧紧，应分初拧和终拧：对于大型节点应分初拧、复拧和终拧。复拧扭距应等于初拧扭矩

15．扭剪型高强度螺栓的初拧扭矩宜按下列公式计算；终拧应采用专用扳手将尾部梅花头拧掉

$$T_o = 0.065P_c \cdot d \tag{6-1}$$

$$P_c = P + p \tag{6-2}$$

式中  $T_o$ ——初拧扭矩 (N·m)；  
 $P_c$ ——施工预拉力 (KN)；  
 $P$ ——高强度螺栓设计预拉力 (KN)；  
 $p$ ——预拉力损失值 (kN)，宜取设计预拉力的10 %；  
 $d$ ——高强度螺栓螺纹直径 (mm)

(16) 高强度大六角头螺栓的初拧扭矩宜为终拧扭矩的50 %；终拧扭矩应按下列公式计算：

$$T_c = K \cdot P_o \cdot d \tag{6-3}$$

$$P_o = P + p \tag{6-4}$$

式中  $T_c$ ——终拧扭矩 (N·m)；  
 $K$ ——扭矩系数

(17) 高强度大六角头螺栓施拧采用的扭矩扳手和检查采用的扭矩扳手，在每班作业前后，均应进行校正，其扭矩误差应分别为使用扭矩的 ±5 %和3 %

(18) 扭剪型高强度螺栓终拧结束后，应以目测尾部梅花头拧掉为合格；高强度大六角头螺栓终拧结束后，宜采用0.3 ~0.5kg 的小锤逐个敲检，且应进行扭矩抽查，欠拧或漏拧者应及时补拧，超拧者应予更换

(19) 高强度大六角头螺栓扭矩检查应在终拧1h 以后、24h 以内完成。扭矩检查时，

应将螺母退回30o5 ~50o ，再拧至原位测定扭矩，该扭矩与检查扭矩的偏差应在检查扭矩的±10 % 以内。检查扭矩应按下式计算：

$$T_{ch} = K \cdot P \cdot d$$

(6 -5 )

式中 T<sub>ch</sub>——检查扭矩 (N ·m )

六、安装偏差检测

- (1) 钢结构安装偏差的检测，应在结构形成空间刚度单元并连接固定后进行
- (2) 构件安装的允许偏差应符合表3 -3 至表3 -7 的规定
- (3) 高层钢结构安装的允许偏差应符合表3 -8 的规定

表3 -3 钢柱安装的允许偏差 (单位：mm )

序号	项目			允许偏差	图例
1	柱脚底座中心线对定位轴线的偏移			5.0	
2	柱基准点标高	有吊车梁的柱		+3.0 -5.0	
3		无吊车梁的柱		+5.0 -8.0	
4	挠曲矢高			$H/1000$ 15.0	
5	柱轴线垂直度	单层柱	$H \leq 10\text{m}$	10.0	
6			$H > 10\text{m}$	$H/1000$ 25.0	
7		多节柱	底层柱	10.0	
8			柱全高	35.0	



表3 -4 钢吊车梁安装的允许偏差 (单位 :mm )

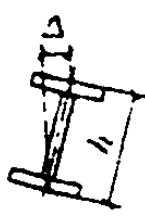
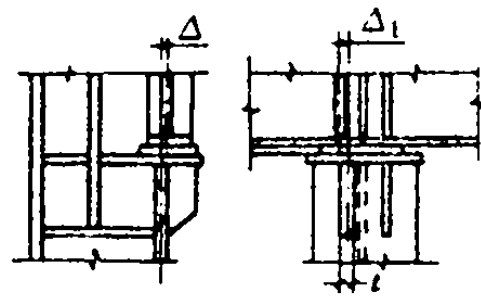
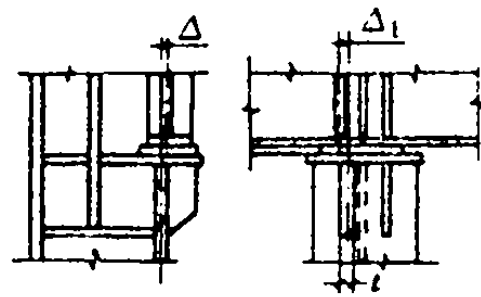

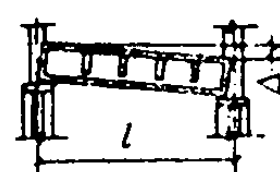
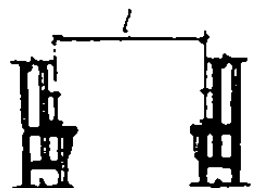


序号	项目		允许偏差	图例
1	梁跨中垂直度		$h/500$	
2	挠曲	侧向	$l/1000$ 10.0	
3		垂直方向	+10.0 0	
4	两端支座中心位移 ( )	安装在钢柱上，对牛腿中心的偏移	5.0	
5		安装在混凝土柱上对定位轴线偏移	5.0	
6	吊车梁支座加劲板中心与柱子承压加劲板中心偏移 ( t )		$t/2$	
7	同跨间内同一横截面吊车梁顶面高差	支座处	10.0	
8		其他处	15.0	
9	同列相邻两柱间吊车梁顶面高差		$l/1500$ 10.0	
10	同跨间任一截面的吊车梁中心跨距		$\pm 10.0$	
11	相邻两吊车梁接头部	中心错位	3.0	
12		顶面高差	1.0	
13	轨道中心对吊车梁腹板轴线的偏移		10.0	

表3 -5 钢桁架安装的允许偏差 (单位 :mm )

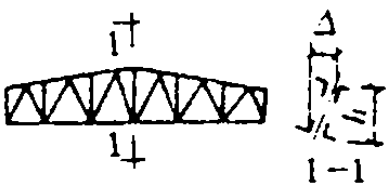
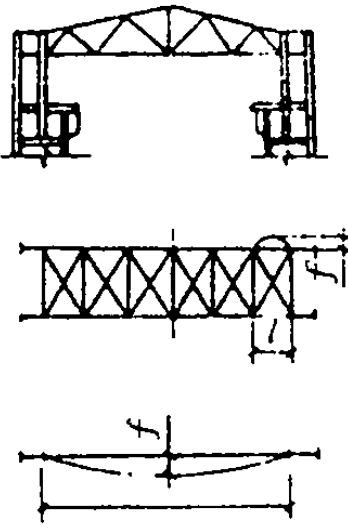
序号	项目	允许偏差	图例
1	跨中的垂直度	$h/250$ 15.0	
2	桁架及其受压弦杆的侧向弯曲矢高 (f)	$l/1000$ 10.0	
3	当安装在混凝土柱上时，支座中心对定位轴线偏移	10.0	
4	桁架间距 (采用大型混凝土屋面板时)	$\pm 10.0$	

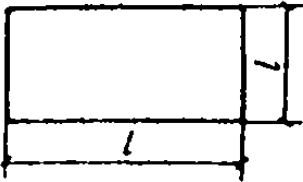
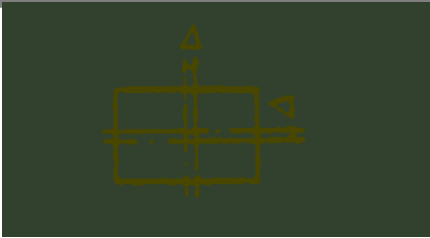

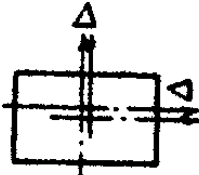
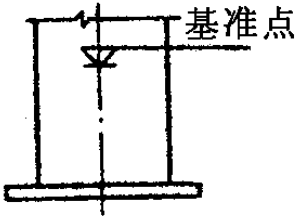
表3 -6 钢平台、钢校梯和防护钢栏杆安装的允许偏差 (单位 :mm )

序号	项目	允许偏差
1	平台标高	$\pm 10.0$
2	平台梁水平度	$l/1000$ 20.0
3	平台支柱垂直度	$H/1000$ 15.0
4	承重平台梁侧向弯曲	$l/1000$ 10.0
5	承重平台梁垂直度	$h/250$ 15.0
6	栏杆高度	$\pm 10.0$
7	栏杆立柱间距	$\pm 10.0$
8	直梯垂直度	$l/1000$ 15.0


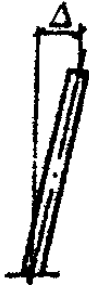
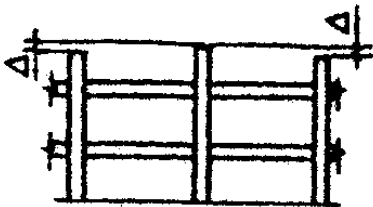
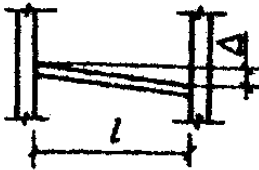
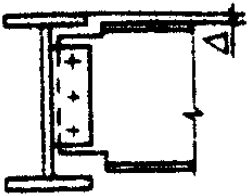
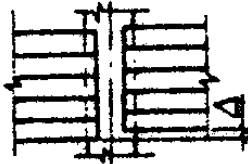

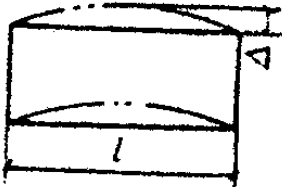
表3 -7 钢网架结构安装的允许偏差 (单位：mm)

序号	项目		允许偏差
1	纵横向长度l		l /2000 30.0
2	支座中心偏移		l /3000 30.0
3	周边支承架	相邻支座（距离为lt）高差	lt /400 15.0
		支座最大高差	30.0
4	多点支承网架相邻支座（距离为l <sub>1</sub> ）高差		l <sub>1</sub> /800 30.0
5	杆件轴线直线度		l <sub>1</sub> /1000 5.0

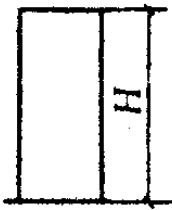
表3 -8 高层钢结构安装的允许偏差 (单位：mm)

序号	项目	允许偏差	图例
1	钢结构定位轴线	± /20000 ±3.0	
2	柱子定位轴线	1.0	
3	地脚螺栓偏移	2.0	
4	底层柱柱底轴线对定位轴线偏移	3.0	
5	底层柱基准点标高	±2.0	

续表

序号	项目	允许偏差	图例
6	上、下柱连接处的错口	3 0	
7	单节柱的垂直度	$H/1000$ 10 0	
8	同一层柱的各柱顶高度差	5 0	
9	同一根梁两端顶面高差	$l/1000$ 10 0	
10	主梁与次梁表面高差	±2 0	
11	压型钢板在钢梁上相邻列的错位	10 0	
12	主体结构整体垂直度	(由各节柱的倾斜算出) $H/2500 + 10 0$ 50 0	
13	主体结构整体平面弯曲	(由各层产生的偏差算出) $l/1500$ 25 0	

续表

序号	项目		允许偏差	图例
14	主体结构总高度	用相对标高控制安装	$\pm \sum_{i=1}^n (h_i + z_i + w_i)$	
		用设计标高控制安装	$\pm H/1000$ $\pm 30.0$	

注：  $h_i$  为柱子长度的制造允许偏差；  $z_i$  为柱子长度受荷载后的压缩值；  $w_i$  为柱子接头焊缝的收缩值； $n$  为柱子节数。

第二节 钢构件运输、存放及工程验收

一、钢构件运输和存放

1．运输

- (1) 钢构件应根据钢结构的安装顺序，分单元成套供应。
- (2) 运输钢构件时，应根据钢构件的长度、重量选用车辆；钢构件在运输车辆上的支点、两端伸出的长度及绑扎方法均应保证钢构件不产生变形、不损伤涂层。

2．存放

钢构件存放场地应平整坚实，无积水。钢构件应按种类、型号、安装顺序分区存放；钢构件底层垫枕应有足够的支承面，并应防止支点下沉。相同型号的钢构件叠放时，各层钢构件的支点应在同一垂直线上，并应防止钢构件被压坏和变形。

二、工程验收

1．验收时间

钢结构工程的验收，应在钢结构的全部或空间刚度单元部分的安装工作完成后进行。

2．应具备的验收资料

工程验收，应提交下列资料：

- (1) 钢结构工程竣工图和设计文件。

- ②) 安装过程中形成的与工程技术有关的文件。
- ③) 安装所采用的钢材、连接材料和涂料等材料质量证明书或试验、复验报告。
- ④) 工厂制作构件的出厂合格证。
- ⑤) 焊接工艺评定报告。
- ⑥) 焊接质量检验报告。
- ⑦) 高强度螺栓抗滑移系数试验报告和检查记录。
- ⑧) 隐蔽工程验收记录。
- ⑨) 工程中间检查交接记录。
- ⑩) 结构安装检测记录及安装质量评定资料。
- ⑪) 钢结构安装后涂装检测资料。
- ⑫) 设计要求的钢结构试验报告。

## 第四章 轻型钢结构

### 第一节 结构型式和构造

#### 一、组成

轻型钢结构系采用圆钢筋、小角钢（小于L45 ×4 的等肢角钢或小于L56 ×36 ×4 的不等肢角钢）和薄钢板（其厚度一般不大于4mm）等材料组成的简易钢结构。包括轻型屋盖的屋架、檩条、支柱和施工用的支承托架等。

#### 二、型式和构造

##### 1. 结构型式

轻型钢屋架型式有芬克式、三铰拱式及梭形等（图4 - 1a、b、c）。跨度4.8 ~ 6.0m，最大9.0m，开间3.0 ~ 3.6m。上弦多用小型角钢，下弦腹杆用圆钢筋或小型单角钢。

轻型檩条和托架，截面为工字形或棱形，跨度4.0 ~ 4.8m。对压杆多用小型角钢，拉杆和压力很小的杆件用圆钢筋（图4 - 1d）。

支柱用型钢或单根钢管，下焊底座，上焊柱头。

##### 2. 节点构造

用节点构造如图4 - 2。轻型结构的桁架，在节点处应使杆件重心线交会于一点，圆钢与圆钢、圆钢与钢板（或型钢）之间的贴角焊缝厚度，不应小于0.12 倍直径（当焊接的两圆钢直径不同时，取平均值或3mm），并不大于1.2 倍钢板厚度，计算长度不应小于20mm。构件的最小尺寸：钢板厚度不宜小于4mm；圆钢筋直径对屋架杆件为12mm；檩条杆件和檩条间拉条为8mm，支撑杆件为16mm。

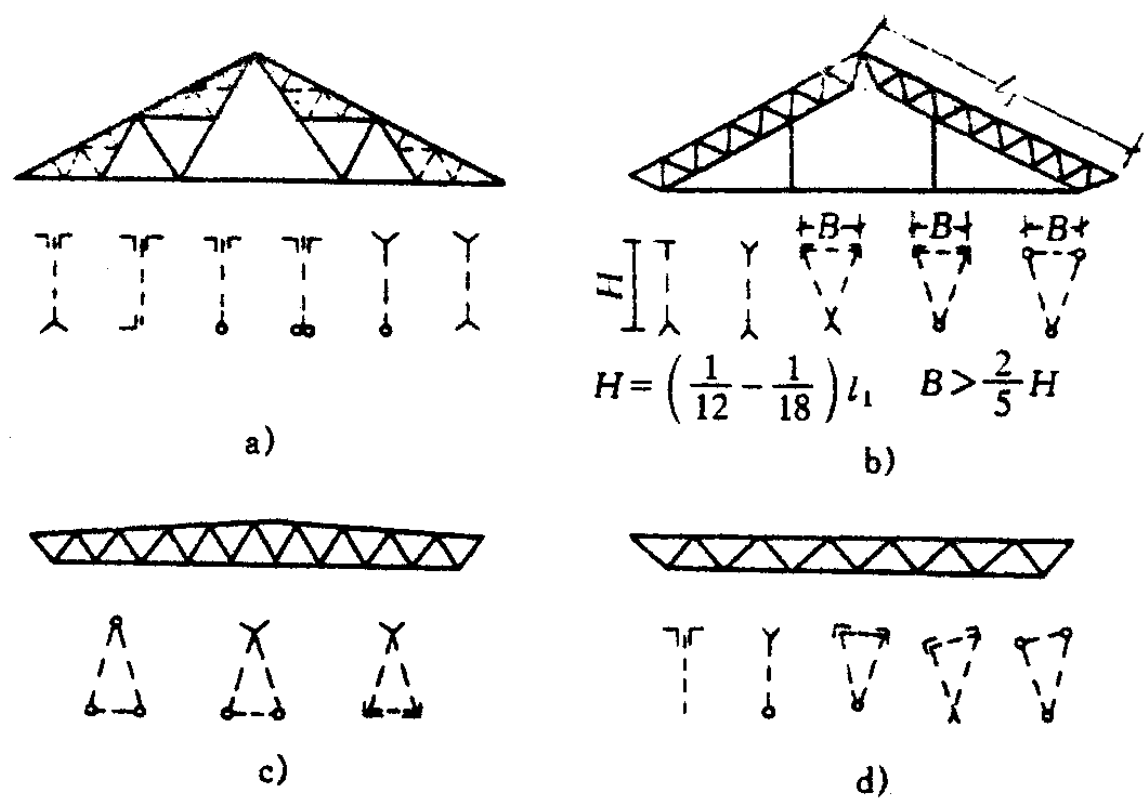


图4 -1 轻型钢屋架、檩条和托架

a) 芬克式轻型钢屋架 b) 三铰拱式轻型钢屋架 c) 梭形轻型钢屋架 d) 轻型檩条和托架

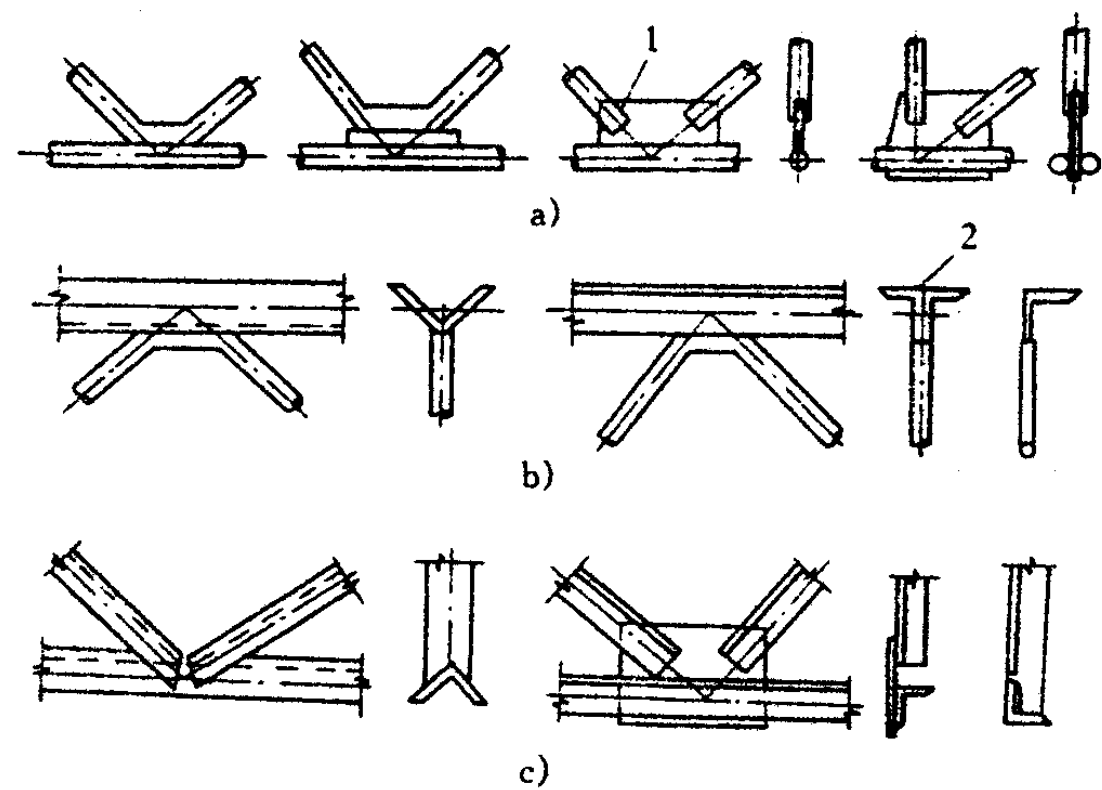


图4 -2 轻型钢屋架节点构造

a) 圆钢与圆钢的连接构造 b) 圆钢与角钢的连接构造 c) 单肢角钢的连接构造

1—圆钢插入后焊接 2—二角钢相拼后焊接

### 三、适用范围

适用于简易住宅、加工房及仓库等房屋。芬克式和三铰拱式轻型钢屋架适用于陡坡轻型屋面；梭形轻型钢屋架适用于平坡屋面。

具有取材方便，结构轻巧、美观，用钢量少 ( $8 \sim 15\text{kg}/\text{m}^2$ )。制作和安装可用较简单的设备，运输方便（人工可以进行），装拆容易，价格便宜等优点。



## 第二节 制作及安装

### 一、构件整平

1. 轻型型钢和圆钢，在运输、堆放过程中常产生弯曲或翘曲变形，配料前矫直、整平。
2. 矫正一般用顶撑、杠杆压力机或顶床，并加模垫使其达到合要求。

### 二、放样号料

1. 放样号料应在平整平台或平整水泥地面上进行。平台常用钢板搭设，要求稳固，高差不大于3mm。
2. 以1:1的尺寸放样，要求具有较高精度。桁架的杆件重心线，在节点处应交于一点，以避免偏心，影响承载力。上下弦应同时起拱，竖腹杆尺寸保持不变，并按放样尺寸用铁皮（或油毡纸）制作样板，或用铁皮（扁铁）制作样杆。
3. 号料时要根据杆件长度留出1~4mm的切割余量。号料允许偏差如表4-1所示。

### 三、下料成型

1. 切割宜用冲剪机、无齿锯或砂轮锯等进行。特殊形状可用氧乙炔气割，宜用小口径喷嘴，端头要求打磨，整修平整，并打坡口。
2. 杆件钻孔应用电钻或钻床藉钻模制孔，不得用气割成孔。
3. 圆钢筋弯曲宜用热弯加工，弯曲部分在炉中或用氧乙炔焰加热至900~1000℃后锻打成型；小直径亦可用冷加工。蛇形腹杆通常以两节以上为一个加工单件，以保证平整和减少节点焊缝和结构偏心。

### 四、结构组装

1. 桁架组装应在坚实平整的拼装台上进行。宜放样组装，并焊适当定位钢板（型钢）或用胎模，以保证杆件精度。
2. 桁架组装顺序是：先上、下弦杆，然后连接腹杆，最后端支座，双角钢桁架，

先按放样将一面组装焊好，然后翻身组装并焊另一面，翻身时应适当加固。

3. 组装时在构件表面的中心线偏差不得超过3mm，连接孔中心的误差不得大于2mm。

4. 杆件截面由三根杆件组成的空间结构（加梭形桁架，可先装配成单片平面结构，然后用装配点焊进行组合）。

5. 组装接头的连接板必须平整，连接表面及沿焊缝位置每边30~50mm范围内的铁锈毛刺和污垢、油污必须清除干净。

## 五、结构焊接

1. 焊接一般宜用小直径焊条（2.5~3.5mm）和较小电流进行，防止发生咬肉和焊透等缺陷当有多种焊缝时，相同电流强度焊接的焊缝宜同时焊完，然后调整电流强度焊另一种焊缝。

2. 焊接次序宜由中央向两侧对称施焊，对焊缝不多的节点，应一次施焊完毕，并不得在焊缝以外的构件表面和焊缝的端部起弧和灭弧。

3. 对于檩条等小构件，可使用一些辅助固定卡具或夹具或辅助定位板，以保证结构的几何尺寸正确。

4. 焊接时应采取预防变形措施结构。

## 六、安装

1. 屋盖系统的安装顺序一般是：屋架 屋架垂直支撑 檩条、檩条拉条 屋架间水平支撑 轻型屋面板。逐节间、逐件地进行安装。

2. 屋盖构件可用独脚桅杆或轻型吊车垂直起吊和就位，构件起吊应根据情况采取辅助吊架、多点绑扎或加固措施，以保证不变形。

3. 安装时檩条的拉杆应先预张紧，以增加屋面刚度，并传递屋面荷载，但应避免过紧，而使檩条侧向变形。屋架上弦水平支撑应在屋架与檩条安装完后拉紧，以增强屋盖刚度。

4. 当吊车的起重高度起重量满足要求时，亦可用整体安装法，可每两榀屋架一组预组装，将支撑檩条、屋面板安上，采取一节间隔一节间整体吊装就位，以提高吊车和安装效率。两组整体屋盖间，组装半榀屋盖，在跨外两侧吊装。

5. 屋盖系统构件安装完后，应将现场焊缝接头检查一遍，点焊和漏焊的安装焊缝应补焊或修正，然后由上而下铺设轻型屋面板，要求紧密不透缝。

6 . 现场安装成品的堆放、保护和结构防腐处理同普通钢结构。

第三节 钢结构加工机械

一、常用剪机和联合剪冲机

常用剪机技术性能如表4 -1 所示，联合剪冲机技术性能如表4 -2 所示。

表4 -1 常用剪机技术性能

序号	剪机型号	技术参数				
		剪板尺寸 (厚×宽) (mm )	剪切角度	空行程次数/ (次/min )	后挡料架 调节范围 /mm	电机功率 /kw
1	Q1t -3 ×1200	3 × 1200	2 23	56	350	3 .0
2	Q11 -6 ×2500	6 ×2500	2 30	38	460	7 .5
3	Q1l -13 ×2500	13 ×2500	3 30	30	460	15 .0
4	Q11 -20 ×2500	20 ×2500	3 24	18	60 ~750	30 .0
5	Q11 。 25 ×3800	25 ×3800	4 7	6	50	70 .0

表4 -2 联合剪冲机技术性能

序号	项目	技术规格							
		剪板厚度 /mm	行程次数/ (次/min )	可剪最大尺寸/mm			冲孔直径 /mm	冲孔板厚 /mm	电机功率 /kW
				圆钢	方钢	角钢			
1	Q24 -10	10	40	30	28 ×28	80X8	22	10	2 .2
2	Q34 -16	16	27	45	40 ×40	120 ×12	26	16	5 .5
3	QA34 -25	25	25	6	55 ×55	150 × 18	35	25	7 .5
4	Q35 -16 (带模)	16	36	45	40 ×40	125 × 12	28	16	4 .0

二、液压矫正弯曲机

液压矫正弯曲机技术性能如表4 -3 所示。

表4 -3 液压矫正弯曲机技术性能

公称 压力 kN	工作液体 压力 / (N /mm <sup>2</sup> )	最大 行程 /mm	机床 中心高 /mm	滑块工作台 尺寸 (高×宽) (mm)	滑块行程速度/ (mm /min)			冲头与滑块 间距 /mm		两垫块间 调整距离 /mm		支承机 构调整 距离 /mm	电机 功率 kW
					工作	空程	回程	最大	最小	最大	最小		
2000	25	450	180	460 ×450	300	1250	5300	425	75	1800	300	15	13

三、刨边机

刨边机技术性能如表4 -4 所示。

表4 -4 刨边机技术性能

最大刨削尺寸 (长×宽) (mm)	刀架最大 回专角度/ (°)	刀架数/ 个	最大牵引力/ kN	电动机功率kW	
				主电动机	总容量
1200 ×80	±25	2	60	17	23 .18

四、自动埋弧焊机和半自动CO<sub>2</sub> 气体保护焊机

自动埋弧焊机型号及技术性能如表4 -5 所示，半自动CO<sub>2</sub> 气体保护焊机规格、技术性能和适用范围如表4 -6 所示。

表4 -5 自动埋弧焊机型号及技术性能

序号	型号		MZ -1000	MZ <sub>2</sub> 1000	HZ <sub>2</sub> ~1500
1	控制箱电源电压/V		380	220 /380	220 /380
2	焊接电流/A		400 ~1200	200 ~1000	400 ~1500
3	焊丝直径/mm		3 ~6	1 .6 ~5	3 ~6
4	焊接速度	/ (m /h)	15 ~17	16 ~126	13 .5 ~112
5	丝速度		30 ~13 )	52 ~403	28 .5 ~225

续表

序号	型号			MZ -1000	MZ <sub>2</sub> 1000	HZ <sub>2</sub> ~1500
6	焊丝送给速度的调节方法			电位器调节	调换齿轮	调换齿轮
7	机头 调节 位移	左右旋角	/°	90	-	180
8		向前倾斜角		45	-	-
9		侧面倾斜角		+45	45	±45
10		垂直方向位移	/mm	85	-	-
11		横向位移		±30	-	-
12	焊丝盘可容纳焊丝重量/kg			12	8	12
13	焊剂漏斗可容纳焊剂重量/kg			12	6 5	12
14	适用范围			供自动埋弧焊用，焊缝与水平面倾斜角不大于15°	供交流或直流自动埋弧焊用。可焊接对接焊缝、搭接焊缝、角焊缝及环缝	供交流或直接自动埋弧焊用。可焊接时接焊缝、搭接焊缝、角焊缝及环缝

表4 -6 半自动CO<sub>2</sub> 气体保护焊机规格、技术性能和适用范围

序号	型号	NSC -200	NBC <sub>1</sub> -300	NBC <sub>1</sub> -500 -1
1	电源电压/V	380	380	380
2	工作电压/V	17 ~30	17 ~30	15 ~40
3	额定输入容量/kVA	5 4	11	37
4	额定负载持续率/%	70	70	60
5	焊接电源调节范围/A	40 ~200	50 ~300	50 ~500
6	最大焊接电流/A	200	300	500
7	焊丝送进速度 (m/h)	90 ~540	120 ~380	480
8	焊丝直径 (m/h)	0 5 ~1 2	0 5 ~1 4	1 2 ~2 0
9	调压方式	受压器抽头式	可控硅式	磁放器式
10	送丝方式	拉丝式	推丝式	推丝式
11	焊丝装载量/kg	7	-	-
12	适用范围	用于低碳钢、低合金钢的薄板焊接	用于低碳钢低合金钢的焊接	用于低碳钢、低合金的焊接6 5 5 钻床

五、钻床

钻床技术性能如表4 -7 所示。

表4 -7 钻床技术性能

序号	型号	最大钻孔	主轴端面	主轴中心线	主轴转速				电机容量 kW
		直径 × 跨度 (mm )	到底座距离 /mm	到立柱表面 距离/mm	级数	范围/ (r /min )	级数	范围/ (r /min )	
1	Z3040	40 ×1600	340 ~1250	350 ~1600	16	25 ~2000	16	0 .04 ~3 2	4 .78
2	Z3080	80 ×2500	550 ~1800	500 ~2500	16	25 ~2500	18	0 .04 ~3 3	11 .725
3	立式Z535	35	705 ~1130	300	9	68 ~1100	11	0 .11 ~1 .6	4 .625

六、手提式单相电钻和手砂轮机

手提式单相电钻J12 系列性能如表4 -8 所示，手砂轮机技术性能如表4 -9 所示。

表4 -8 手提式单相电钻J12 系列性能

序号	型号	J12 -6	J12013	J12 -19	J12 -23
1	最大钻孔直径/mm (45 号中碳钢)	6	13	19	23
2	额定电压/V	240 /220 110 /36	240 /220 110 /36	240 /220	240 /220
3	额定电流/A	1.1 /1 2.2 /5.6	2.1 /2.2 4.4 /11	3.3 /3.6	4.7 /5.1
4	额定输入功率/W	230	440	740	1000
5	钻轴额定转速 (t /min )	1200 720 (36V )	500 300 (36V )	330	250
6	频率/Hz	50 ~60	50 ~60	50 ~60	50 ~60
7	净重/kg	1.8	4.5	7.5	7.5

表4 -9 手砂轮机技术性能

序号	型号	手砂轮机型号		
		S -10	S -60	S -150
1	最大砂轮直径/mm	40	60	树脂150 ，粘土125
2	空转转速 (r /min )	17000 ~20000	12600 ~15400	4500
3	空转耗气量 (m <sup>3</sup> /min )	0 .4	0 .8	0 .95
4	负荷转速 (r /min )	-	7000	3100
5	负荷耗气量 (m <sup>3</sup> /min )	-	0 .7	1 .7
6	功率/W	373 .0	522 .0	1019 .0
7	工作气压/ (N /mm <sup>2</sup> )	0 .5	0 .5	0 .5
8	气管内径/mm	6 .35	13 .0	16 .0
9	自重/kg	0 .7	1 .7	6 .9
10	全长/mm	177 .0	347 .0	584 .0
11	主要用途	小孔及胎模具修理	工作磨光及胎模具修理	清除毛刺、磨光焊缝

# 第七篇

## 建筑楼地面工程



# 第一章 楼地面工程概述

## 第一节 楼地面工程的构造层次和作用

楼地面工程是房屋建筑中不可缺少的一个分部工程。在房屋中都有楼面和地面给人们生产和生活需要使用。楼面和地面的区别是：地面之下最基层的是基土；楼面之下最基层是架于空间的结构层。地面工程还包含室外散水、明沟、踏步、台阶、坡道等。

### 一、楼、地面的构造层次

- 1. 面层：它是直接与人们使用要求相符合的；承受各种物理和化学作用的表面层；也是楼、地面名称取名的一层。如水磨石地面，则是以水磨石为表面层的一种楼、地面面层。
- 2. 结合层：它是面层与下一构造层次相联结的中间层，也可作为面层的弹性基层。
- 3. 找平层：在垫层上、结构楼板上、填充层（轻质、松散材料做成的一层）上起整平、找坡或加强作用的构造层。
- 4. 填充层：是在建筑楼、地面上起隔音、保温、找坡或敷设暗管线路等作用的构造层。
- 5. 隔离层：它是防止建筑物楼地面上各种液体（包括油液）或地下水、潮气渗透地面等作用的构造层。如仅防止地下潮气透过地面的也可称作防潮层。这是最近国家标准根据过去对楼地面使用中，总结出来而增加的层次。
- 6. 垫层：垫层是仅用于地面上，它是承受和传递地面荷载至基土上的构造层。
- 7. 基土：是地面底下最基层的一层。它置于垫层之下，是经过夯实或地基加强，或软土层地基表面进行加固处理的土层。

楼地面构造层次的示意图见图1 -1 (a)、(b)。

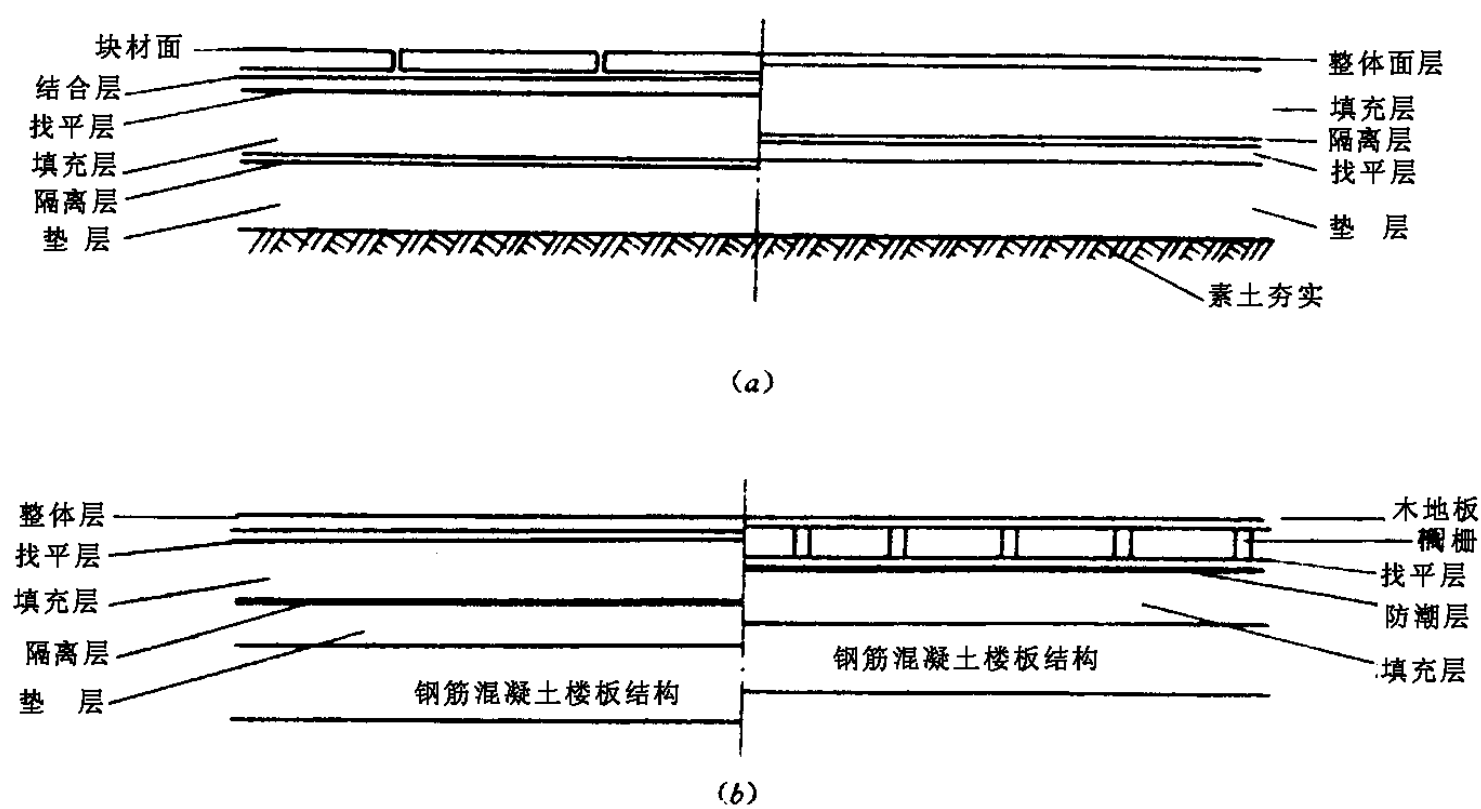


图1 -1 楼面与地面的构造层次示意  
(a) 地面；(b) 楼面

## 二、楼、地面的作用

楼、地面在房屋建筑中的作用可分为：

- 1．分隔作用：墙体在建筑中把空间分成小间，以符合使用要求；那么楼、地面也是把竖向空间分成层次的分隔。对地面来讲，也是把泥土和干净的房间进行分隔。这种分隔达到对人们使用要求的满足。
- 2．符合使用要求的作用：尤其楼地面的面层，更是人们生产、生活所必须接触的。如为了表面耐磨又光滑，人们采用磨光花岗石板块铺贴地面、楼面；或用水磨石地面或楼面。为了舒适保暖，人们可以采用木地板。工厂厂房的地面可以做成混凝土面层；有些仓库要做成不发火地面的面层。总之面层的构造都是根据使用者或生产工艺等要求确定的。由于楼、地面面层制作的灵活性，多样性满足了使用要求，达到了符合使用要求的作用。
- 3．加强及保护作用：这主要是指对楼面的结构层及地面的土层。假如楼面的钢筋混凝土结构层直接使用，经过长时间的磨损，那么必然钢筋外露、结构削弱，所以做上各种构造层次是对结构层的加强和保护。对地面来说虽无所谓对基土需要保护，但加强的作用是无可非议的。虽然可以用原始的土面做地面，但在现代建筑中是不可能的，任何的地面都要比土地面更完美些。
- 4．其他作用：如地面、楼面的构造层次中有填充层，它可以起到隔音、保温、找

坡、敷设管线的作用；隔离层可以起到防水、防潮、防渗的作用。还有在建筑物中地面也起到清洁作用，由于有了楼、地面面层，使清扫、冲洗上创造了方便，保证了使用的清洁，这也是现代建筑中没有楼、地面工程所不可想象的。

## 第二节 楼地面工程的施工准备及一般规定

### 一、施工现场技术准备

- 1. 抄平放线，统一标高。检查各个房间的地坪标高，并将统一水平标高线弹在各间四壁上（一般离地面50cm 处）；
- 2. 处理地面垫层下的地基土；
- 3. 进行楼面板板面下的灌筑和清理工作；
- 4. 检查预留孔洞和预埋管件的位置、标高及固定情况。

### 二、地基土的处理

- 1. 地面下的基土要求均匀密实。如为填土或土层结构被破坏，应予压实。对淤泥、淤泥质土及杂填土、冲填土等软弱土质，必须按设计要求更换或加固。
- 2. 填土可采用机械或人工方法分层压实，其具体施工要求参见本手册“土方工程施工”。
- 3. 夯实的质量要求：夯实的表面应平整。基土表面的平整度可用2m 的直尺检查，其允许偏差为15mm ；基土表面的标高应符合设计要求。
- 4. 碎料的处理：若用碎石、卵石或碎砖等做地基表面处理，其粒径应为40 ~ 60mm ，并应将其铺成一层，采用机具压（夯）进适当湿润的土中，其压进深度不应小于40mm 。不得在冻土上进行压实工作。

### 三、楼地面工程施工的一般规定

- 1. 楼、地各个构造层次所采用的材料、建筑产品的品种、规格、配合比、标号或强度等级都应按设计要求和 《建筑地面工程施工及验收规范》 的规定选用，并应符合现行的有关产品标准的规定。此外，对进场的材料要进行质量抽样复验，确认合格后方可

使用。再有各层采用的拌合料的配合比或强度等级应由试验确定。

2. 建筑楼、地面各层的厚度和连接件（如接合用的、镶边用的）的构造，应符合设计要求和规范的规定。

3. 位于楼、地面工程之下的沟槽、暗管（楼面的电线管）等，应待这类工程完工后，经检验合格并做了隐蔽工程记录之后，才可进行楼、地面工程的施工。

4. 楼、地面工程中各层的铺设施工，应待其下一层符合了规范规定后才可进行该层施工。

5. 所有构造层次的施工，应考虑符合该类施工的温度要求。如用水泥或石灰作拌合料的，环境温度不应低于5℃；采用沥青胶结料作结合层的，则环境温度也不应低于5℃；采用胶粘剂粘贴塑料板、木板等，则环境温度不应低于10℃等等。

6. 凡构造层中有水泥混凝土和水泥砂浆材料的，均应制作试块，进行养护（标准养护），然后作强度检验。其试块制作的组数是按以下规定执行：

每一层楼、地面工程不应少于一组；

当每一层楼、地面工程面积超过1000m<sup>2</sup>时，每增加1000m<sup>2</sup>各增做一组试块，不足1000m<sup>2</sup>按1000m<sup>2</sup>计算。

当配合比改变时，即使该层已做试块，亦应相应的制作试块组数。

7. 在夯实的基土上铺设有坡度的地面时，应在基土上修出要求的坡度。如在楼面上做有坡度的面层，应按结构的起坡或利用填充层（或找平层）找坡达到设计所要求的坡度。

8. 楼、地面工程的面层施工完毕后，应对其采取保护措施，防止面层被破坏。

9. 凡在楼、地面工程施工中，使用有害于健康及易引起火灾的危险材料，应按国家有关的防毒、防火和安全技术规定执行。

第二章 垫层施工

第一节 砂和砂石垫层的施工

一、用料要求

砂和天然砂石中不得含有草根等有机杂质，石子的最大粒径不得大于垫层厚度的2/3。冻结的砂和天然砂石不得使用。

二、施工要点

垫层必须摊铺均匀，其机具选用、夯实方法、每层虚铺厚度及含水量的要求见表2-1。

表2 -1 施工方法的选择

捣（或夯）实机具	每层铺设厚度（mm）	含水量（%）	捣（或夯）实要求
表面振动器	200 ~250	15 ~20	往复振捣
内部振动器	振动器插入深度	饱和	不应插至基土上：振捣完毕后，所留空洞应用砂填塞
木夯或机械夯	150 ~200	8 ~12	要一夯压半夯全面夯实
压路机	250 ~300	8 ~12	往复碾压

第二节 灰土垫层施工

一、材料要求

1．土：一般为粘土（或亚粘土、轻亚粘土），不得含有有机杂质，使用前应过筛，

其粒径不得大于15mm。

2．消石灰：应采用生石灰块，使用前3～4天施水消解成粉末，其粒径不应大于5mm。

3．配合比（体积比）：一般为2∶8或3∶7。

二、施工要点

1．灰土拌合料应拌和均匀，颜色一致，湿度以用手紧握成团，用手指轻捏即可成粉末为宜。

2．灰土拌合料应分层铺平夯实，每层虚铺厚度一般为150～250mm，夯实到100～15mm。灰土夯实后的最小干容重参见表2-2。

表2-2 灰土最小干容重要求

项次	土料种类	灰土最小干容重 (g/cm³)
1	轻亚粘土	1.55
2	亚粘土	1.50
3	粘土	1.45

3．夯实后的表面应平整，经适当晾干方可进行下道工序的施工。

4．上下两层灰土的接缝距离不得小于500mm。施工间歇后继续铺设前，接缝处应清扫干净，并应重叠夯实。

第三节 炉渣垫层施工

炉渣垫层是用炉渣或水泥、炉渣（或用水泥、石灰、炉渣）的拌合料铺设而成，其厚度不宜小于60mm。

一、用料要求

1．石灰：为消石灰。

2．炉渣：不应含有有机杂质及未燃尽的煤块，其粒径不得大于40mm，且不得超过垫层层度的1/2；粒径在5mm以下者，不得超过总体积的40%。

3．配合比（体积比）：

- (1) 水泥：炉渣=1 :8 ；
- (2) 水泥：炉渣：石灰=1 8 1。

二、施工要点

- 1. 炉渣水泥炉渣垫层所用的炉渣在使用前必须浇水闷透。水泥石灰炉渣垫层所用的炉渣在使用前也必须先泼石灰浆或用消石灰拌和浇水闷透。闷透时间均不得少于5天。
- 2. 拌合物必须搅拌均匀，颜色一致，加水量以拌好后能手捏成团，铺设时表面不至呈现泌水现象。
- 3. 炉渣拌合料每层虚铺厚度应不大于160mm，压实后的厚度不应大于虚铺厚度的3/4。铺设时用振动器或滚筒、木拍等压实。
- 4. 垫层施工后，应避免受水浸湿。常温条件下，水泥炉渣垫层施工后至少养护2天；水泥石灰炉渣垫层至少养护7天，方可进行下一工序。

第四节 三合土垫层施工

三合土垫层是用石灰、碎料（碎砖、不分裂的冶炼矿碴、碎石、卵石等）和砂（也可掺入少量粘土）的拌合料铺设而成。其厚度一般不小于100mm。

一、材料要求

- 1. 石灰：为消石灰。
- 2. 碎料：其抗压极限强度不应小于5MPa，粒径应为20 ~60mm，且不得大于垫层厚度的2/3。碎料内不得夹有杂物。
- 3. 砂或粘土：不得含有草根、贝壳等有机杂物。
- 4. 配合比（体积比）：一般采用1 2 4 或1 3 6（消石灰 砂或粘土 碎料）。

二、施工要点

- 1. 采用先拌合后铺设的方法时，拌合应均匀一致，每层虚铺厚度不应大于150mm，并应铺平夯实，夯实后的厚度一般为虚铺厚度的3/4。
- 2. 采用先铺碎料后灌浆的方法时，碎料应分层铺设，并适当洒水湿润。每层虚铺

厚度不应大于120mm，并应铺平拍实，然后灌以1 2 ~1 4（体积比）的石灰砂浆，再行夯实。

3．三合土可采用人力夯或机械夯，夯打应密实，表面应平整。在最后一遍夯打时，宜浇浓石灰浆，待表面灰浆晾干后，方可进行下道工序施工。表面平整度的允许偏差不得大于20mm。

## 第五节 混凝土垫层施工

混凝土垫层是用强度等级大于或等于C10 的混凝土铺设而成，其厚度应大于或等于60mm。

### 一、材料要求

材料及配合比参见本书“混凝土工程”，骨料粒径不得大于垫层厚度的1/4。

### 二、施工要点

- 1．浇筑混凝土垫层前，如基土为干燥的非粘性土，基层应洒水湿润。
  - 2．灌筑大面积混凝土垫层时，应纵横6 ~10m 设中间水平桩以控制厚度。
  - 3．垫层边长超过3m 时，应分仓进行浇筑，其宽度一般为3 ~4m，分仓缝应结合变形缝的位置、不同材料的地面与楼面面层的连接处和设备基础的位置等划分。
  - 4．混凝土强度达到1 2MPa 以后，才能在其上面进行面层施工。
- 混凝土的搅拌、振捣、养护方法及要求参见本书“混凝土工程”。



## 第三章 找平层、隔离层和填充层

### 第一节 找平层的施工

找平层是为了施工的面达到比较平整的一层构造层。这是因为地面、楼面的面层的平整度要求较高，如直接做在垫层或填充层上达不到要求，则找平层在其中起到协调缓解的作用。另外，找平层也可以使其下部的构造层达到形成整体的作用。

目前找平层可用水泥砂浆、细石混凝土、沥青砂浆和沥青混凝土做成。

#### 一、对找平层所用的材料要求为

- 1. 水泥：宜采用普通硅酸盐水泥，也可用矿渣硅酸盐水泥，以前者为优先。标号不应低于325 号。
- 2. 砂：应采用中砂或中粗砂，含泥量不大于3 %。
- 3. 石子：可采用碎石或卵石，其最大粒径不大于找平层厚度的2 /3。
- 4. 沥青：采用石油沥青，其软化点按“环球法”试验时宜为50 ~60 ，但不得大于70 。
- 5. 水泥砂浆配合比采用体积比，水泥 砂为1 3；混凝土配合比由计算和试验而定，其强度等级应不低于C15；沥青砂浆配合比采用重量比，一般沥青 砂和粉料（粉料可用粉煤灰）为1 8；沥青混凝土的配合比也是需经计算和试验确定。

#### 二、找平层的施工要点

##### 1. 水泥砂浆、水泥混凝土找平层

水泥砂浆找平层一般为水泥类面层或结合层时用，其厚度最多不超过30mm。水泥混凝土找平层往往用于预制楼板面及嵌板缝。这种找平层我们过去往往称为垫层，用细石（或豆石）作为粗骨料。其上可做水泥砂浆面层，也可粘贴块材面料等，其厚度最小不少于30mm。

(1) 水泥砂浆找平层铺设时，应将其下面一层的表面清理干净，并用水将结构层（一般是现浇钢筋混凝土楼板）清刷露出本色，随着其潮湿情况下用水灰比为0.4~0.5的纯水泥浆在结构层上刷一遍浆，应随铺抹，随刷浆。切记不要先刷好，结果浆干了，不但不起增加粘结的作用，反而成了隔离层，引起找平层脱壳。

铺设找平层应按弹出的水平线及中间的灰饼为依据，灰饼是以水平线拉线做出的。质量要求高的找平层（如水磨石面层下的找平层），其平整度一般为2m托线板检查表面凹凸不超过3mm，才能保证为水磨石面层的平整要求2m托线板不超过2mm凹凸的规定。

铺好之后，应先用刮杠刮平，刮中应有压的力量使之密实，再用木抹子抹槎平整，并用托线板检查平整度。找平层完成后12h内浇水养护，至少3d，待有强度后才可施工上面一层。

(2) 细石（豆石）混凝土找平层铺设时，同样要对基层进行清理，也最好用水将结构层（一般是预制多孔板）表面清净露出本色。然后在施工前洒水湿润，也可用纯水泥浆在结构层表面刷一遍后铺设细石混凝土。铺设时应按设计要求的厚度铺平，对应所给出的水平线进行操作。操作方法先用铁锹铺拍到大致平整，拍可以达到密实效果。然后用刮杠刮平，木抹子抹平。细石混凝土找平层其平整度一般要求用2m托线板检查表面凹凸不应超过5mm，要求高些的不超过3mm。随后也是浇水养护。

### 2. 沥青砂浆及沥青混凝土找平层

该类找平层目前工程中较少见，一般用于沥青砂浆面层，或沥青不发火地面时采用。也有的利用该种找平层起防水、防潮作用。

铺设该类找平层首先应把基层清理干净，但不能用水刷，为便于粘结可先刷一道冷底子油。拌合前应按配比使计量准确，拌和要均匀，如有拌合该类材料的机械，用机拌最好。在常温下，拌合料的温度应为140~170℃，人工拌时常采用把铁板架起，在其下升火使拌和温度在150℃左右，拌好后运至施工地点到铺压密实完成工序时，其温度要不低于60℃。

拌合料铺好后，有条件的可用有加热设备的碾压机具压实；如无机械，一般采用厚30~50mm钢板做成的带长把的“大烙铁”加温后抹压压实抹平。要求每层虚铺厚度不宜大于30mm。如面积较大，施工有间歇，则在继续铺设时，应将已完成部分的边缘加热，接槎处施工后应压实至看不出接缝为止。

当该类找平层上要做水泥类面层或用水泥类材料做结合层时，该找平层表面应洁净，干燥，并用同类沥青或沥青玛蹄脂涂刷1.5~2mm厚（涂刷温度应大于160℃），并随即将粒径为2.5~5mm的细石（或豆石）经清洗及预热至50~60℃，撒到涂刷的沥青或沥青玛蹄脂上，压入1~1.5mm，使细石粘牢，把多余的扫走，成为以后水泥类面

层或粘结层的基层，可以达到粘结牢固的目的。

沥青砂浆及沥青混凝土找平层，完成后不需要养护，但需要保护。不让弄脏，不让损坏（如凿坑、掉块等），直至上层施工开始为止。

## 第二节 隔离层和填充层的施工

### 一、隔离层的施工

隔离层的作用是两个，一个是防水防潮；一个是防止油渗。防油渗时它是作为防油渗面层下面的加强层，是防止面层万一有一点疏忽，而在其底下做这层隔离层，对下部构造层和结构基层的防止污染均有保证。现将防水隔离层和防油渗隔离层的施工分别进行介绍：

1. 防水隔离层的施工：防水隔离层在第九章中楼层间的防水施工已讲了一些，现根据地面施工新规范的要求，再补充讲清楚。

(1) 凡需做防水隔离层的，要求设计时该部位楼面结构应采用现浇钢筋混凝土，或整块的（即整间大的）预制钢筋混凝土板。这是我们施工员在学图审图时必须注意的一点。同时要求该板的混凝土强度等级不应小于C20。并在四周支承处，除门洞口外，均应设置向上翻的边梁，梁高应 120mm，梁宽应 100mm。并要求施工时结构层标高和预留孔洞的位置必须准确。因此在施工准备工作中，学图时要看一下该处楼面层的构造，再核算一下结构标高是否正确。这是需要补充的第一点。

(2) 当隔离层采用水泥砂浆或水泥混凝土的找平层（有一定泛水）时，要在该类拌合物中掺防水剂。目前有一种JJ91 硅质密实剂，可以作为防水剂在水泥砂浆和水泥混凝土中掺加，掺入量为水泥重量的10%。但这时水泥砂浆层的厚度要增厚，不少于30mm，水泥混凝土（细石）厚度亦要求有50mm厚。并在水泥终凝前应完成不少于2次的压光操作，如上面做块材面层，则压光密实后再用木抹子搓毛以利结合。

(3) 如用铺设防水材料作隔离层时，要对穿过楼板面的管道四周用防水材料向上铺涂，并超过套管的上口；四周墙应向上涂铺高出面层20~30cm。阴阳角、管子根、地漏处要增加涂铺加强层。防水层铺设要求在第九章中已介绍。铺设完毕后，应作蓄水检验，蓄水深度宜为20~30mm，在24小时内无渗漏为合格。并应作记录备案。当蓄水检验后即应继续做上一层施工，并在施工中防止碰坏，才能保证防水作用。

(4) 凡在防水层上（即隔离层上）要铺设水泥类面层或结合层前，其表面应洁净、

干燥，并在上面涂刷同类胶结料再将预热的绿豆砂撒上，压入 $1 \sim 1.5\text{mm}$ ，使表面毛糙和便于和水泥类面层或结合层粘结牢固。

以上四点也是对第九章楼层间防水层（现称为地面、楼面的隔离层中类型之一）的补充说明。

### 2. 防油渗隔离层的施工：

(1) 防油渗隔离层所用的材料必须符合设计要求。采用的材料应符合现行的产品标准的规定，施工前应抽样到国家法定的检测单位进行检测。

(2) 防油渗隔离层采用防油渗混凝土时，其要求所用材料为：

水泥：应采用425号及425号以上纯硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，要求不过期，无结块。

砂：采用中砂，平均粒径在 $0.35 \sim 0.38\text{mm}$ ，不含泥块杂质。

石子：采用 $5 \sim 40\text{mm}$ 粒径符合筛分曲线的碎石，质地要坚硬，组织致密，吸水率小，空隙率不大于43%。做楼面隔离层时可用 $5 \sim 15\text{mm}$ 粒径。

水：饮用水、自来水。

外加剂：可用三种，一种为氢氧化铁，需由试验室配制，其掺量按固体物质计算，为水泥重量的1.5%~3%；一种是三氯化铁的混合剂，也由试验室配制，施工时按水泥用量的1.5%（固体含量折算）和水泥用量的0.15%的木糖浆（以固体含量计算）分别掺入混凝土拌和水中进行搅拌混凝土；再一种是三乙醇胺复合剂，在混凝土中掺入按水泥重量计算的0.05%的三乙醇胺和0.5%的氯化钠。施工时可根据设计或材料条件选择其中一种进行掺加。

防油渗混凝土隔离层施工时应注意：计量准确，严格掌握水灰比，注意扣除其他物质中的含水量；要求充分搅拌不少于2min；在运输和卸料时要采取措施防止混凝土分层；浇捣时下料应均匀，粗细骨料分布合适，不得使粗骨料过分集中；如厚度较厚的应分层浇筑，一般做地坪隔离层厚度为 $50\text{mm}$ ，主要应按设计要求确定。浇筑中要振捣密实，应用平板振动器，应注意养护，在振捣密实和表面抹平、压光后，冬期应及时做好保温工作，覆盖薄膜和保温材料；夏季应在混凝土浇筑抹平后12h内再进行洒水养护，养护期间表面不得脱水，养护期至少14d。

凡采用防油渗混凝土做隔离层时，其内不得敷设各种管线。

(3) 采用一布二胶防油渗胶泥做隔离层时，胶泥必须符合设计要求，并抽检合格，布可用玻璃纤维网眼布。施工时和做防水层一样，但总厚度应保证 $4\text{mm}$ 。应注意的是玻璃布的搭接宽度应 $100\text{mm}$ ，与墙、柱连接处的涂刷应向上翻边约 $30 \sim 40\text{mm}$ ，工序完成后应进行检查，符合要求后，才可做下道施工。有的施工为了防油渗胶泥能与其下面基层粘结得好，一般先刷一遍防油渗胶泥的冷底子油，该冷底子油应由试验室配制并封

闭存放备用。

## 二、填充层的施工

填充层主要起保温、隔声、找坡作用，有了填充层在楼面上敷设暗线管也比较方便。填充层所用的材料应符合设计要求。

1. 常用的填充层材料：

(1) 炉渣：一般要求不含有机杂质，石块、土块、重矿渣块、未燃尽的煤块。当作楼层的填充层时粒径最大不大于20mm。

(2) 膨胀蛭石：蛭石是一种复杂的铁、镁含水硅酸铝酸类矿物，是水铝云母类矿物中的一种矿石。膨胀蛭石系由蛭石经过晾干、破碎、筛选、锻烧、膨胀而成。堆积密度为80 ~200kg /m<sup>3</sup>。

(3) 膨胀珍珠岩：前面已介绍过。堆积密度为120 ~160kg /m<sup>3</sup>。

(4) 细石（豆石）混凝土：目前一般住宅在面层以下用它做填充层的颇多。

这些材料中，前三种均为散状的保温及隔声材料。常常在楼面中采用水泥为相结合的拌合材料，做成水泥炉渣、水泥膨胀蛭石、水泥膨胀珍珠岩等整浇层。关于水泥炉渣、水泥膨胀珍珠岩的施工，前面均已介绍过。所以在这里我们主要对水泥膨胀蛭石填充层（起隔热保温、隔音作用）的施工作些介绍。

2. 现浇水泥蛭石填充层的施工：现浇水泥蛭石填充层，是以膨胀蛭石为集料，以水泥为胶凝材料，按一定配合比配制搅拌而成。可用于楼面荷载在4kN /m<sup>2</sup> 以内的楼面填充面。

(1) 使用的材料要求：

水泥：应选择标号为325 号及325 号以上强度的水泥；选用早期强度高的水泥品种，如普通硅酸盐水泥。水泥质量要求同混凝土。

膨胀蛭石：颗粒可选用5 ~20mm 的颗粒级配，达到减轻质量密度，增高强度的作用。对蛭石存放要避风雨，搬运时要防止压榨，堆放高度不宜超过1m。

采用的配合比是体积比，以水泥 蛭石：水分有1 :10 4 ;1 10 3 两种。采用425 号硅酸盐水泥，每m<sup>3</sup> 用量约130 ~140kg，膨胀蛙石每m<sup>3</sup> 实体用1.3m<sup>3</sup> 堆积料。经4d 养护其抗压强度大致可达0.3 ~0.35MPa。

在配合比中主要要控制水灰比，由于膨胀蛭石的吸水率高，吸水速度快，水灰比过大会造成施工水分排出的时间长，造成强度降低；但如果水灰比过小，又会造成表面龟裂，同样使强度不高。现场检验的办法是：将拌好的水泥蛭石浆用手捏成团不散，并稍有水泥浆水往下滴时为合适。

2) 施工应注意事项：蛭石由于易碎，破损率大，所以搅拌方式采用人工拌和为宜，方法是先将水和水泥拌成均匀的浆体，然后用小桶将水泥浆均匀地泼在计量算好的膨胀蛭石体上，随泼随拌，并拌和均匀。

由于膨胀蛭石吸水快的特点，施工时最好把水泥、蛭石先运到需铺设地点，按计量准备好蛭石，然后拌好水泥浆，随浇浆随拌同时随即铺设好，这样可以确保水灰比和工程质量。铺设时虚铺厚度应为设计厚度的1.3倍，然后用木拍拍实用木抹子抹平至设计厚度（假如设计厚度为100mm，那么虚铺应铺130mm）。

水泥蛭石填充层完成后，应立即在其上面抹找平层，不要分成两个阶段施工。如用水泥砂浆找平层，一般采用425号普通水泥，配合比为水泥 粗砂 细砂 =1 2 1（体积比），稠度为7~8cm（即稀些成粥状）。找平层抹好后，经24h可以稍稍洒水湿润养护一周即可。

凡面积较大的楼面浇筑时可根据现场实际结构情况，进行分仓施工。以达到不同变形、伸缩的需要。水泥蛭石表面的平整度以2m托线板检查不大于5mm凹凸为合格。

## 第四章 面 层

### 第一节 混凝土面层和水泥砂浆面层施工

#### 一、混凝土面层施工

1. 构造做法：混凝土面层常用C20 细石混凝土和C15 混凝土提浆抹光两种做法。  
如图4 -1。

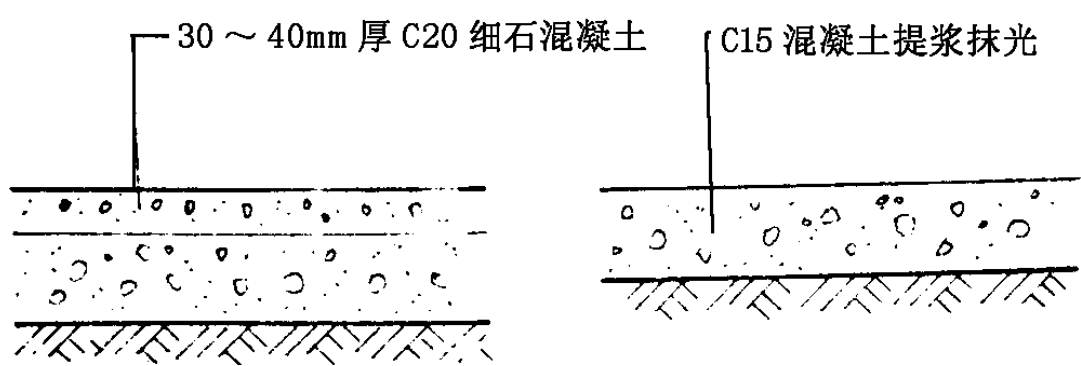


图4 -1 混凝土面层

#### 2. 材料要求

- (1) 水泥：应用不低于325 号的普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥；
- (2) 砂：应用粗砂或中砂，含泥量不大于3 %；
- (3) 石子：用碎石或卵石，含泥量不大于2 %，其粒径不应大于15m m 和面层厚度的2/3 ；
- (4) 配合比：参见本书“混凝土工程”。混凝土的坍落度应不大于3cm 。

#### 3. 施工要点：

- (1) 垫层或找平层表面应粗糙、洁净、湿润；在预制钢筋混凝土板上铺设，若表面光滑应予凿毛。
- (2) 铺设前，应用木板隔成宽度不大于3m 的条形区段，并以木板作为厚度标准。

- ③ 铺设时，应先在表面均匀刷水灰比为0.4~0.5的水泥浆一道，随刷随铺混凝土，通过刮尺找平，用表面振捣器振捣密实。然后进行抹平和压光。
- ④ 混凝土面层应在初凝前完成抹平工作，终凝前完成压光工作。
- ⑤ 浇筑C15混凝土面层兼垫层时，可采用随捣随抹的方法，必要时加适量的1:2~1:2.5水泥砂浆抹平压光。

二、水泥砂浆面层施工

1. 构造做法：

水泥砂浆面层有两种做法。如图4-2示。

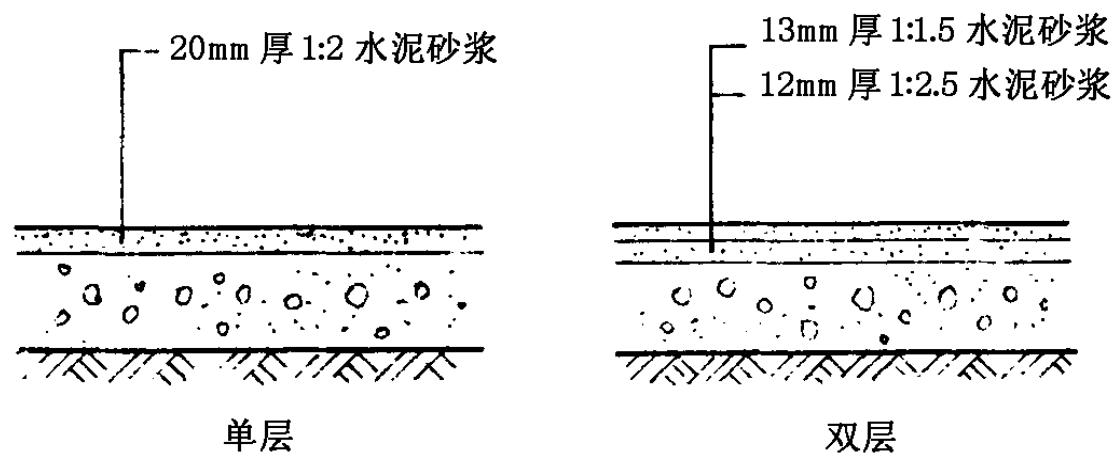


图4-2 水泥砂浆面层

2. 材料要求

- ① 水泥：不低于325号的普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥（如用石屑代砂时，水泥标号不低于425号）。
- ② 砂：应用中砂或粗砂，含泥量不大于3%。
- ③ 石屑（代砂）：含泥量不大于3%，粒径为3~6mm。
- ④ 配合比（体积比）：一般为1:2和1:3（水泥:砂）两种。水泥砂浆稠度小于3.5cm，以手捏成团稍出浆为合适。

3. 施工要点

- ① 基层处理同混凝土面层。
- ② 水泥砂浆必须拌合均匀，颜色一致。
- ③ 水泥砂浆应随铺随拍实，抹平工作应在初凝前完成，压光工作应在终凝前完成。
- ④ 水泥砂浆面层如遇管道等产生局部过薄处；必须采取防止开裂措施，符合设计要求后，方可继续施工。



⑤) 面层压光经一昼夜以后，用锯末或草袋覆盖洒水养护，每天两次，不少于7天；或筑堤分格贮水养护10 ~14 天。

⑥) 以石屑代砂铺设水泥石屑面层的施工同水泥砂浆面层要求，其配合比为1 2，水灰比为0.3 ~0.4。要做好压光和养护工作。

4. 水泥砂浆面层常见疵病及消除方法参见表4 -1。

表4 -1 水泥砂浆面层常见疵病原因及消除方法

疵病	原因分析	消除方法	补救措施
起砂 (地面表面不光滑、不坚实，面层有松动的水泥及砂粒，或成片水泥硬壳剥落，露出松散的水泥和砂子)	(1) 水泥标号不够；砂子粒度过细，含泥量过大 (2) 砂浆水灰比过大 (3) 地面压光遍数不够，时间过早或过迟 (4) 养护不足或过晚，或早期受冻 (5) 地面尚未达到足够强度时就进行其他工序	(1) 采用标号不低于325号新鲜水泥；砂子用粗砂或中砂，含泥量不超过3 % (2) 控制水灰比，保证砂浆稠度不大于3.5cm (3) 掌握好压光时间 (4) 加强养护，防止早期受冻 (5) 地面强度达4.9MPa后方可上人做下道工序	小面积起砂，用磨石子机将起砂部位水磨，直至露出坚硬表面 大面积起砂，用107 胶水泥厚质涂料嵌涂刮压光
起皮 (表层起皮剥落，深度达2 ~3mm)	(1) 撒干水泥面压光 (2) 面层收压过晚 (3) 砂浆表面早期受冻或反复循环冻融 (4) 养护浇水过早	(1) 表面泌水撒干水泥砂面压光 (2) 及时压光不过夜 (3) 保持环境温度在0 以上，或砂浆中掺早强抗冻剂 (4) 按规定掌握好浇水养护时间	将起皮部分铲去，用107 胶水泥厚质涂料涂刮压光
空鼓(起壳) 面层与基层或基层与垫层的结合面间出现脱离现象，受力后开裂，严重时大量剥落)	(1) 基底回填土局部下沉 (2) 混凝土基层振捣不实，表面骨料颗粒松散，粘结性差或凹凸不平。砂浆面层厚薄不均，造成过薄部分空鼓 (3) 基层未清理干净或过分光滑、干燥 (4) 结合层扫浆不匀，积水、积浆或过于 (5) 冬期加热养护时局部温度过高	(1) 回填土严格分层均匀夯实 (2) 基层混凝土振捣密实使平整，不平外用砂浆找平，控制高差在10mm 内 (3) 基层扫净，提前一天浇水湿润 (4) 结合层水泥浆水灰比控制在0.4，随浇随扫均匀，做到不积水、积浆、无干斑 (5) 冬期养护避免局部温度过高	将空鼓部分凿去，清理干净，提前一天浇水湿润，修补时先在底面和四周刷掺107 胶水泥浆一遍，然后用相同材料的拌合料按规定程序填补养护

续表

疵病	原因分析	消除方法	补救措施
开裂 （在面层出现局部或通长的裂缝，连底裂缝和表面裂缝，不规则的水裂、干缩等多种）	<p>（1）水泥安定性差；砂子粒度过细；砂浆搅拌不均，稠度过大；拌合物泌水</p> <p>（2）楼板座灰不实，灌缝不实，插筋锚固不好</p> <p>（3）未及时压光；面层厚薄不一。收缩不均和产生空鼓</p> <p>（4）基层过干燥，环境温度过高，受风吹和阳光曝晒。未及时浇水养护</p> <p>（5）地面面积过大，未设收缩缝，由于温度变形引起裂缝</p> <p>（6）基层强度不够，施工荷载过大</p>	<p>（1）选用安定性合格的水泥，砂用粗砂或中砂，采用半干硬性砂浆，及时压实，砂浆搅均，不使稠度过大</p> <p>（2）楼板安装要硬找平软座灰，楼板间灌缝要分二次灌严灌实，插筋锚实</p> <p>（3）面层及时抹压；找平基层使面层厚薄一致；处理好基层防止空鼓</p> <p>（4）基层湿透，表面压光，终凝之后用湿锯末覆盖，及时浇水养护</p> <p>（5）房间面积过大时，进行分格铺抹</p> <p>（6）严格控制楼面施工荷载</p>	<p>针对裂缝原因进行修补。温度收缩、徐变等结构变形引起的裂缝，缝较小不影响使用功能的可不处理；缝较大面可用同色107胶水泥浆批嵌</p> <p>外荷载引起的裂缝，影响结构强度和刚度时，应进行加固处理</p>

第二节 涂塑彩色水泥面层和水磨石面层

一、涂塑彩色水泥面层施工

涂塑彩色水泥面层是将水泥、颜料及聚乙烯醇缩甲醛胶（又称107胶）配成的彩色厚质涂料涂布于水泥地面上，形成表面光洁、色彩优美、耐磨的地面面层。

1. 材料要求

- （1）107胶：无色透明胶状液体，比重为1.03~1.05，固体含量9~10%，pH值7~8，不得有悬浮、沉淀物，储存在密闭器内备用。
- （2）水泥：无结块的325或425号普通硅酸盐水泥。
- （3）颜料：具有染色力、耐碱、耐光性强的氧化铁系颜料，细度要求通过2300孔/cm<sup>2</sup>筛。一般常用氧化铁红、氧化铁黄、氧化铬绿，含水率不大于2%。
- （4）蜡：用地板蜡。

⑤）配合比：可参见表4 -2。

表4 -2 涂塑彩色水泥面层施工配合比（重量比）

项目	325 号普通水泥	107 胶	颜料	水
底层	1	0.30	0	0.40
面层	1	0.20	0.05	0.35
底层	1	0.25	0	0.35
面层	1	0.20	0	0.45
底层	1	0.25	0.03	0.40
面层	1	0.20	0.035	0.50

2．施工要点

①）将基层残留砂浆、浮灰、油渍洗刷干净，对于凹凸不平及裂缝起砂处，用水泥及107 胶配制成的腻子嵌平修补，配合比为水泥：107 胶：水 =1 0.15 ~0.2 0.35 ~0.45。

②）涂料配制：先将水与颜料搅拌均匀，用1600 孔/cm<sup>2</sup> 筛过滤，然后加入107 胶搅拌均匀，再掺入水泥搅拌成糊状即可使用。涂料应随调随用，调制好的涂料应在1 小时内用完。

③）涂抹一般分4 层（1 底层3 面层），每层厚度0.5 ~0.6mm，总厚2 ~2.5mm。

抹时用橡皮刮板将涂料用力均匀涂在基层上，使结合密实。要求每遍涂刮方向为纵横交错，并注意找平与接槎，每遍间隔时间约为1 ~2 小时（以手指轻按无指痕即可），每遍涂层稍干后用0 号砂纸磨去明显刮板印子。

④）最后一遍要仔细抹平压光，涂刮后隔天用0 号砂纸或油磨石磨平至感觉光滑为止。

⑤）面层做完后24 小时，要用喷壶洒水养护，每天3 ~4 次，不少于7 天。

⑥）若要求花纹，在面层干后（约1 ~2 天），按设计图案划格弹线，用炭素铅笔将线加粗加深或绘木纹，或用刀具刻划出纹路。待涂层完全干透（一般3 天以上）后，表面先用有色氯偏乳液刷一遍，第二遍用透明氯偏乳液或清漆罩面，使用前打蜡二遍，第一遍干后再打第二遍，稍干后用干布擦均擦光亮。

⑦）涂刷时室内气温必须在10 以上，湿度不能太大。

二、水磨石面层施工

1．构造做法：见图4 -4 示。

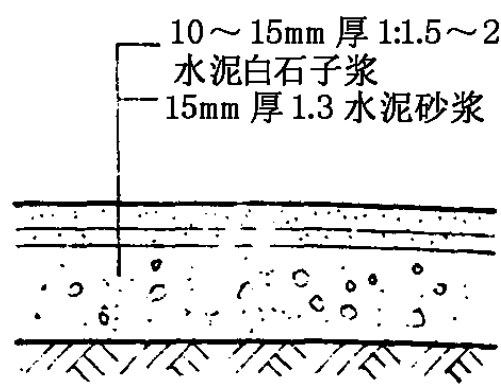


图4 -4 水磨石面层

2 . 材料要求

- (1) 水泥：标号不低于425 号的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或白水泥。
- (2) 石粒：坚硬可磨的岩石（如白云石、大理石等）。石粒应洁净无杂质，粒径一般为4 ~12mm 。
- (3) 颜料：宜用耐光、耐碱的矿物颜料，掺入量不宜大于水泥重量的12 %。
- (4) 配合比：拌合料的配合比宜采用1 1.5 ~1 2 （水泥 石料）。

3 . 施工要点

- (1) 施工顺序：一般应先完成顶棚、立墙抹灰，后做水磨石地面和踢脚板。也可在水磨石地面磨光二遍后进行顶棚、立墙抹灰，但地面须加保护措施。
- (2) 水磨石面层宜在找平层的水泥砂浆抗压强度达到1.2MPa 后铺设。
- (3) 水磨石面层铺设前，应在找平层上按设计要求的分格或图案设置铜条、铝条或玻璃嵌条，用素水泥浆将其嵌牢，高度比嵌条低3mm （见图4 -4 ）。分格嵌条应上平一致，接头严密。分格嵌条规格见表4 -3 。

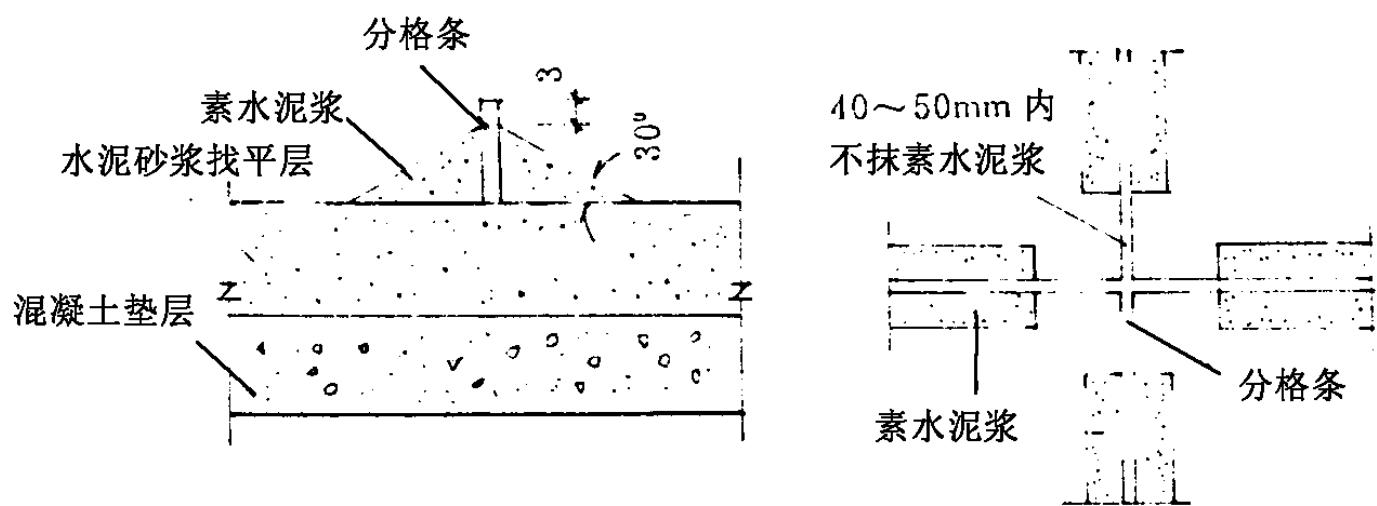


图4 -4 分格嵌条设置

表4 -3 水磨石面层分格嵌条规格 (mm )

种类	铜条	铝条	玻璃条
长 × 宽 × 厚 (mm )	1200 ×10 ×1 ~2	1200 ×10 ×1 ~2	不限 ×10 ×3

④）铺设前应在找平层表面刷一遍与面层颜色相同的水灰比为0.4 ~0.5 的水泥浆做结合层随刷随铺搅拌均匀的拌合料。铺设高度应比嵌条略高1 ~2mm ，石子须分布均匀，表面平整。

⑤）铺设完应用滚筒压实。待表面出浆后，再用抹子压平。在滚压过程中，如发现表面石子偏少，可在水泥浆较多处撒石子并拍平，增加美观。次日开始养护。

⑥）在同一面层上采用几种图案时，应先做深色，后做浅色，先做大面，后做镶边。待前一种色浆凝固后，再抹后一种色浆，不要几种颜色的色浆同时铺设。

⑦）开磨时间以石碴不松动为准。开磨前宜先试磨，一般开磨时间见表4 -4。要随磨随洒水，确保磨盘下有水，同时要随时清扫磨石浆。当开磨时间过晚，面层过硬时，可在磨盘下撒少量的砂子（过窗砂）助磨。各遍磨石要求见表4 -5。

⑧）上蜡：

a．水磨石面层的涂草酸和上蜡工作，应不影响面层质量，并在其它工序全部完成后进行。

b．蜡的熬制：用川蜡500g、煤油2000g 放在桶里经130 （冒白烟）熬制，同时加松香水300g 鱼油50g 调制而成。

c．将蜡包在薄布内，在面层上涂薄薄一层，待干后再用钉有细帆布（或麻布）的木块代替油石装在磨石机的磨盘上进行研磨，直到光滑洁亮为止。

d．上蜡后铺锯末进行养护。

表4 -4 水磨石面层开磨时间

序号	平均温度 ( )	开磨时间 (d)	
		机磨	人工磨
1	20 ~30	2 ~3	1 ~2
2	10 ~20	3 ~4	1.5 ~2.5
3	5 ~10	5 ~6	2 ~3

注：天数以水磨石压抹光后算起。

表4 -5 现制水磨地面磨石要求

遍数	选用的磨石	要 求 及 说 明
一	60 ~90 号粗金刚石	1．磨匀磨平，使全部分恪嵌条外露 2．磨后要将泥浆冲洗干净，稍干后随即涂擦一道同色水泥浆，用以填补砂眼、个别掉落石碴部位要补好 3．不同颜色的磨面，应先涂擦深色浆，后涂浅色浆 4．涂擦色浆后养护2 ~3 天
二	90 ~120 号金刚石	磨至表面光滑为止，其它同第一遍2、3、4 条
三	200 号金刚号	1．磨至表面石子粒粒显露，平整光滑，无砂眼细孔 2．用水冲洗后涂草酸溶液（热水 草酸 =1 0 .35），重量比，溶化冷却后用）一遍
四	240 ~300 号油石	研磨至出白浆表面光滑为止，用水冲洗晾干

第三节 板块面层和塑料板面层施工

一、板块面层施工

1．构造作法：如图4 -5。

其中：

a．板块面层一般为陶瓷锦砖、大理石、碎块大理石、水泥花砖以及混凝土、水磨石等预制块；

b．结合层一般有砂结合层（厚度为20 ~30mm）、水泥砂浆结合层（厚度为10 ~15mm）、沥青玛 瑙脂结合层（厚度为2 ~5mm）。

2．材料要求

①）板块：应按颜色和花纹分类，有裂缝、掉角和表面上有缺陷的板块，应予剔出，标号和品种不同的板块不得混杂使用。

大理石、水磨石、混凝土、水泥花砖板块的质量要求见表4 -6。

②）砂、水泥：见本章水泥砂浆面层。

③）沥青玛蹄脂：宜用石油沥青与纤维、粉状填充料配制。纤维填充料一般采用过

2.5mm 筛子的6 级石棉和锯木屑。石棉含水率不大于7 % ；锯木屑含水率不大于12 %。粉状填充料为松散的，其粒径不大于0.3mm。在沥青玛碲脂中，沥青的重量应为：用纤维填充料不大于90 % ；用粉状填充

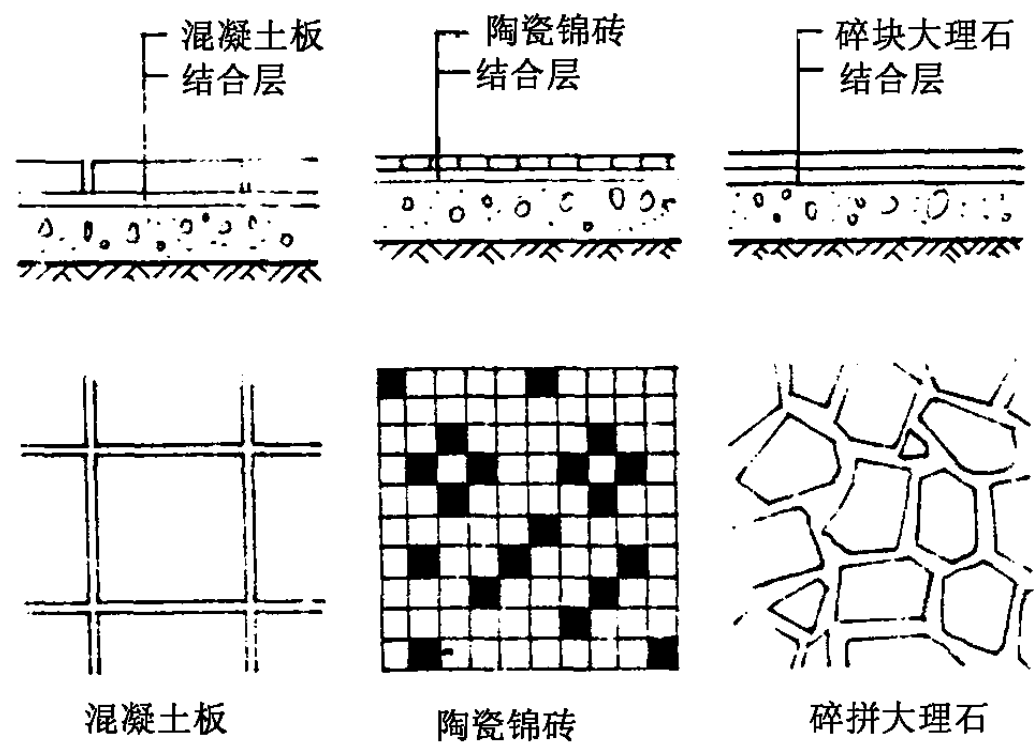


图4 -5 板块面层

料不大于75 %。

(4) 水泥砂浆配合比：

- a．铺砌大理石、水磨石、陶瓷锦砖等板块时，采用1 2 水泥砂浆；
- b．铺砌水泥花砖、混凝土等板块板时，采用1 3 水泥砂浆。

表4 -6 预制板块质量要求

种类	允许偏差 (mm )			外观要求
	长 (宽) 厚	厚度	平整度	
大理石水磨石	+0 -1	±1	±0.5	大理石板块表面要求光滑明亮，无刀痕旋纹水磨石板块表面要求石子均匀，颜色一致，无旋纹气孔
水泥花砖	±1	±1	±0.5	水泥花砖板块表面要求光滑，图案花纹正确，颜色一致混凝土板块表面要求密实，无麻面、裂纹和脱
混凝土板块	±2.5	±2.5	±1	各种板块应边角方正，无扭曲缺角、掉边

注：平整度是用2m 直尺检查时的空隙。

3．施工要点：

(1) 在砂结合层上铺设板块：铺砌前，砂结合层应洒水压实，并用刮尺找平。然后拉线铺砌；

(2) 在水泥砂浆结合层上铺设板块：

a．混凝土、水磨石、大理石和水泥花砖等板块应在铺设前用水湿润，其表面无明水方可铺设。

b．基层处理同混凝土面层。

c．结合层和板块应分段同时铺砌，铺砌时不应采用挤浆方法。板块间和板块与结合层间以及在墙角、镶边和靠墙处，均应紧密贴合。板块与结合层之间不得有空隙，亦不得在靠墙处用砂浆填补代替板块。

d．板块的铺砌工作，应在砂浆凝结前完成。铺砌时，要求板块平整、镶嵌正确。施工间歇后继续铺设前，应将已铺砌的板块下挤出的结合层材料予以清除。

e．铺砌后1 ~2 昼夜应以稀水泥浆或1 : 1 稀水泥砂浆（水泥 细砂）填缝。面层上溢出的水泥浆或水泥砂浆应在凝结前予以清除，待缝隙内的水泥凝结后，再将面层清洗干净。

f．大理石面层铺设前，应先按图案纹理试拼编号。铺砌时，要求表面平整密实。铺砌后，待水泥砂浆强度达到设计强度的60 ~70 %后，方可打蜡达到光滑洁亮。

g．碎拼大理石面层，铺设前应挑选颜色协调，厚薄一致的碎块大理石，并用水泥砂浆填补块料间隙。

h．陶瓷锦砖铺贴粘牢后，应用水润湿背纸，掀去背纸，用白水泥浆勾缝。

(3) 在沥青玛蹄脂结合层上铺设板块：

a．铺砌前，应在板块底面和侧面涂刷同类材料的冷底子油一遍，并保持干燥洁净

b．铺砌时，应的摊铺热沥青玛蹄脂后随即进行，并采用挤浆法铺砌。

c．施工间歇后继续铺砌时，应将已铺砌的板块下挤出的沥青玛蹄脂予以清除。

(4) 面层板块间的缝隙宽度应符合下列规定：

a．大理石面层不应大于1mm ；

b．水泥花砖和水磨石面层不应大于2mm ；

c．预制混凝土板块面层不应大于6mm 。

二、塑料板面层的施工

1．塑料板面层是用聚氯乙烯或石棉塑料板以胶粘剂铺贴而成，其基层常用1 : 3 水



泥砂浆（找平层）。其构造做法如图4 -6 示。

2 . 材料要求

(1) 塑料板：应平整、光滑、无裂纹、色泽均匀、厚薄一致、边缘平直、板内不允许有杂物和气泡，并须符合相应产品的各项技术指标。

(2) 胶粘剂：其选用应根据基层所铺材料和面层使用要求，通过试验后确定。胶粘剂应存放在阴凉通风、干燥的室内。出厂三个月后应取样试验，合格后方可使用。胶粘剂目前主要有：乙烯类（聚醋酸乙烯乳液）、氯丁橡胶型、聚胺脂、环氧树脂、合成橡胶溶剂型、沥青类等。

(3) 焊条：等边三角形或圆形，其表面应平整光洁、无孔眼、节瘤、皱纹、颜色均匀一致。其成分和性能应与被焊的板相同。

(4) 乳液：采用107 胶（聚乙烯醇缩甲醛）水泥乳液，配合比（重量比）为1 0 5 ~0 8 6 ~8（水泥 107 胶 水）。

(5) 乳液腻子：石膏乳液腻子的配合比（体积比）为 石膏 土粉 聚醋酸乙烯乳液 水 =2 2 1 适量。滑石粉乳液腻子的配合比（重量比）为 滑石粉 聚醋酸乙烯乳液 水 羧甲基纤维素溶液 =1 0 2 ~0 25 适量 0 .1。

(6) 底胶：按原胶粘剂（非水溶性）的重量加10 % 汽油（65 号）和10 % 的醋酸乙脂（或乙酸乙酯）搅拌均匀即可。如用水溶性胶粘剂，可用原胶加适量的水性溶剂搅拌均匀。

3 . 施工要点

(1) 塑料板面层施工时的室内相对湿度不应大于80 %。

(2) 塑料板在试铺前，应进行处理。软质稀氯乙烯板应作预热处理，宜放入75 左右的热水浸泡10 ~20 分钟，至板面全部松软伸平后取出晾干待用，但不得用炉火或电热炉预热；半硬质聚氯乙烯板一般用丙酮 汽油（1 8）混合溶液进行脱脂除蜡。

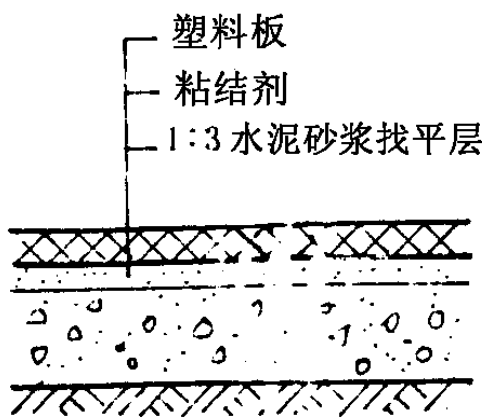


图4 -6 塑料板面层

(3) 在掺有水泥拌合物的基层上铺贴塑料板面层，其表面必须平整、坚硬、干燥、

无油脂及其它杂质（包括砂粒），含水率不应大于8 %。如用麻面，宜采用乳液腻子等修补平整，再用水稀释的乳液涂刷一遍，以增加基层的整体性和粘结力。基层表面用2m 直尺检查的允许空隙不得超过2mm。

(4) 塑料板面层应根据设计要求，在基层表面上进行弹线、分格、定位（如图4 - 7）并距墙面留出200 ~300mm 以做镶边。

(5) 塑料板接缝处应进行坡口处理。粘接时坡口做成同向顺坡，搭接宽度不小于30mm，焊接时做成“V”形坡口，坡口角；板厚10 ~20mm 时。 $\beta = 65^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ；板厚2 ~ 8mm， $\beta = 75^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 。如图4 - 8 示。

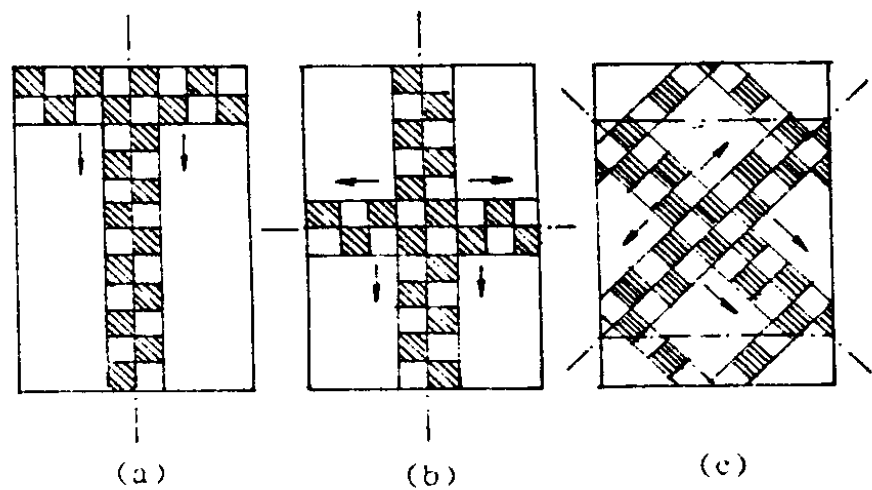


图4 -7 定位方法

(a) T 字定位法；(b) 十字定位法；(c) 对角定位法 铺贴方向

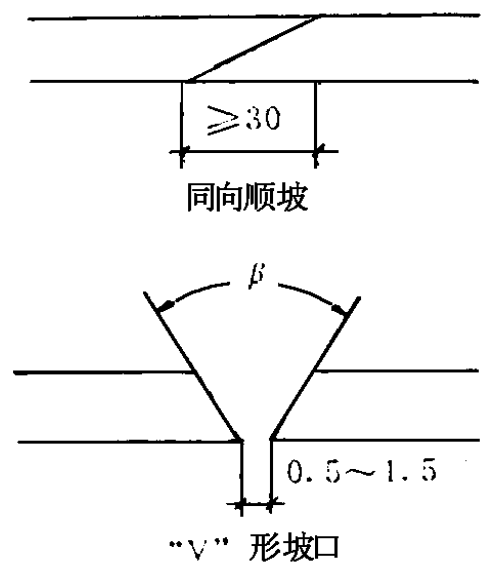


图4 -8 接缝坡口处理

(6) 塑料板铺贴前应先试铺编号。铺贴时，应将基层表面清扫干净，涂刷一层薄而匀的底子胶，待其干燥后即按弹线位置沿轴线由中央向四周铺贴。

(7) 塑料板铺贴时，基层表面涂刷的胶粘剂必须均匀，并超过分格线10mm，涂刷厚度应控制在1mm 以内；塑料板背面亦应均匀涂刮胶粘剂，待胶层干燥到不粘手（约10 ~20 分钟）即可铺贴，应一次就位准确，粘贴密实。

踢脚板的铺贴要求和面层相同。

(8) 软质塑料板在基层上粘接后，缝隙如须焊接，一般须经48 小时后方可施焊，并应采用热空气焊，空气压力应控制在0.08 ~0.1MPa，温度控制在180 ~250。焊缝间应以斜槎搭接，脱焊部分；应予补焊，焊缝凸起部分应予修平。

#### 4. 质量要求

(1) 表面平整、光滑、无皱纹并不得翘边和鼓泡；

(2) 色泽一致、接缝严密、四边顺直，脱胶处不得大于20cm<sup>2</sup>，其相隔间距不得小于500mm

③) 与管道结合处应严密，牢固、平整；

④) 焊缝应平整光滑、洁净、无焦化变色、无斑点、无焊瘤和起鳞等现象，凹凸不得大于±0.6mm，焊缝的抗拉强度不得少于料板强度的75%；

⑤) 踢脚板上口应平直，拉5m线检查（不足5m拉通线检查），允许偏差为±3mm。侧面平整接缝严密，阴阳角做成直角或圆角。

# 第八篇

## 防水工程

第一章 屋面防水工程

据调查，由于材料原因引起渗漏的比率约为20 %，由于施工方面的因素造成房屋渗漏的比率为50 %左右。建筑业中常用的俗语“三分材料，七分施工”，可见防水工程施工质量的好坏直接影响工程的使用寿命。

防水材料在建筑材料中属于功能性材料，主要目的是为了防潮、防渗、防漏（尤其是防漏）。依据防水材料的外观形态，建筑防水材料一般分为：防水卷材、防水涂料、密封材料、刚性防水材料四大类，其分类情况见图1 -1、图1 -2、图1 -3 及图1 -4。

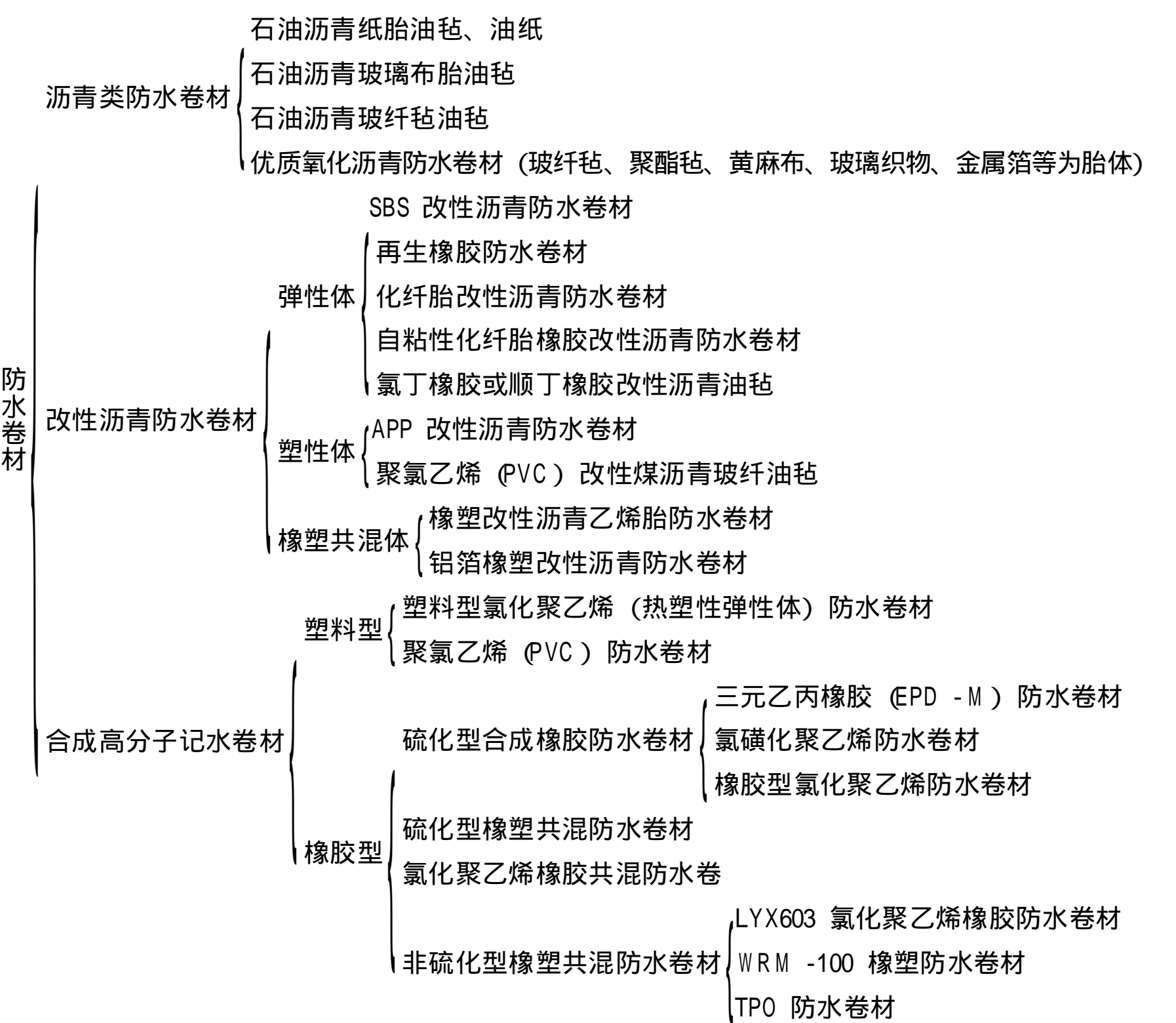


图1 -1 防水卷材分类图

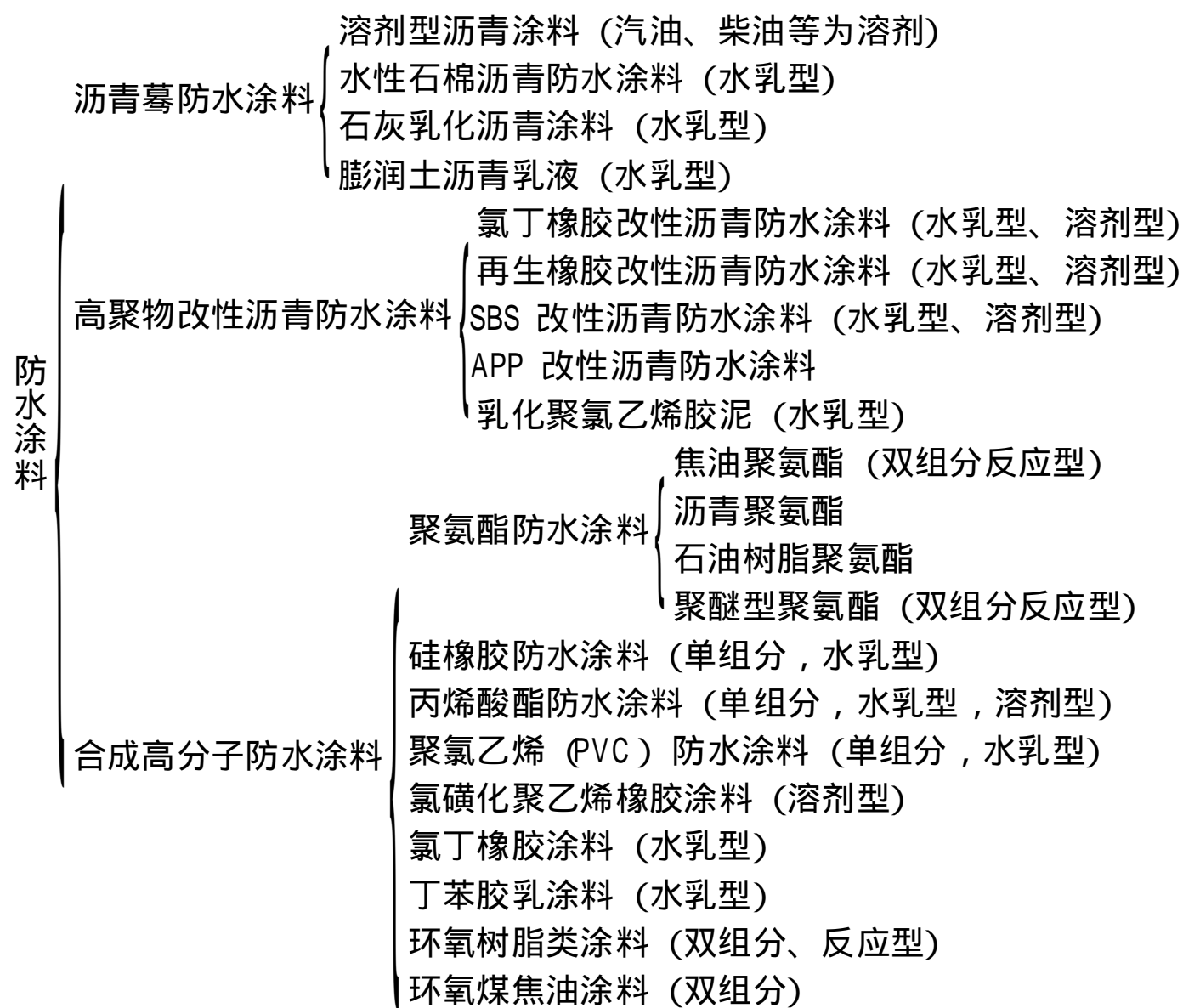


图1 -2 防水涂料分类图

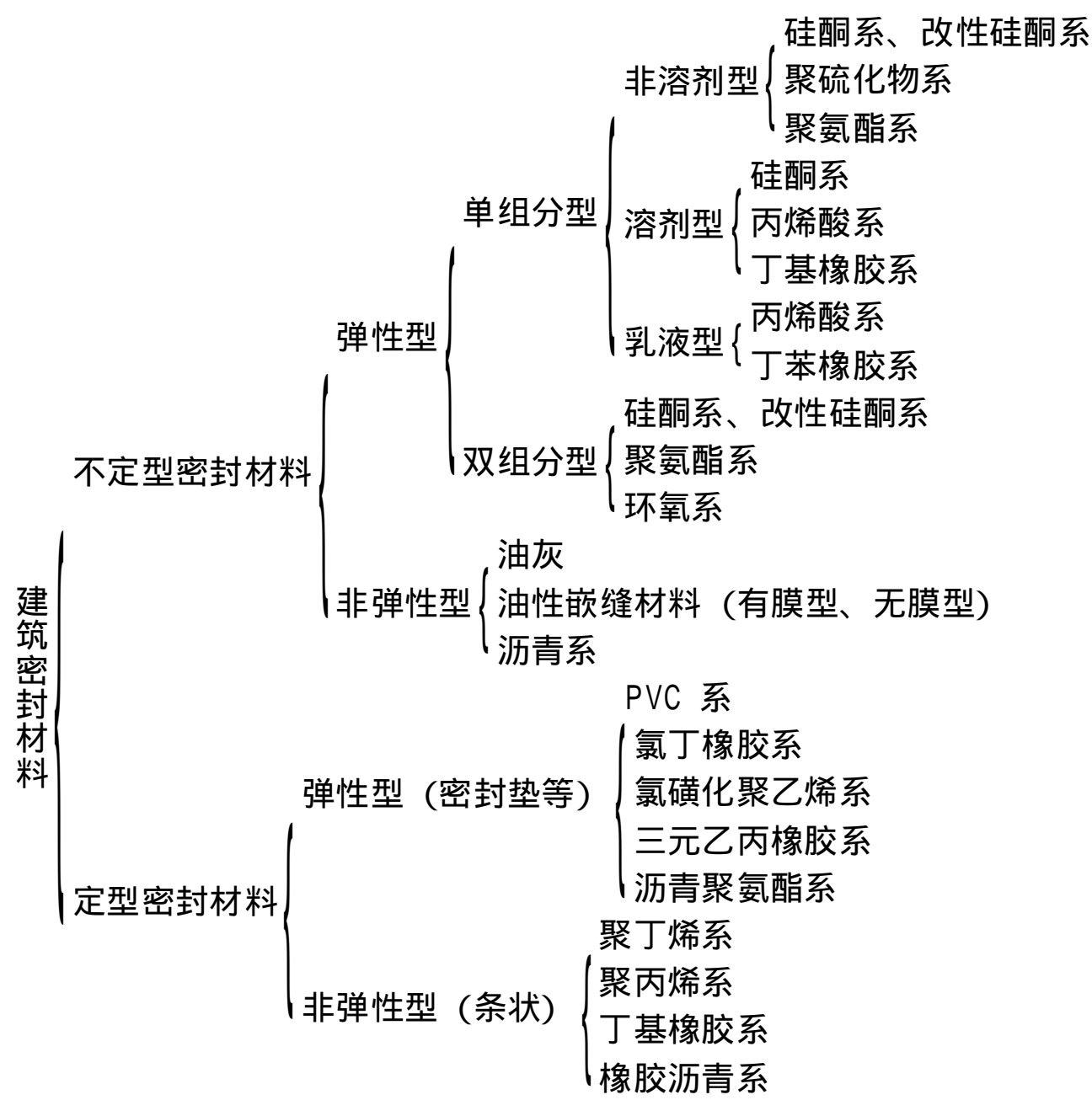


图1 -3 建筑密封材料分类图

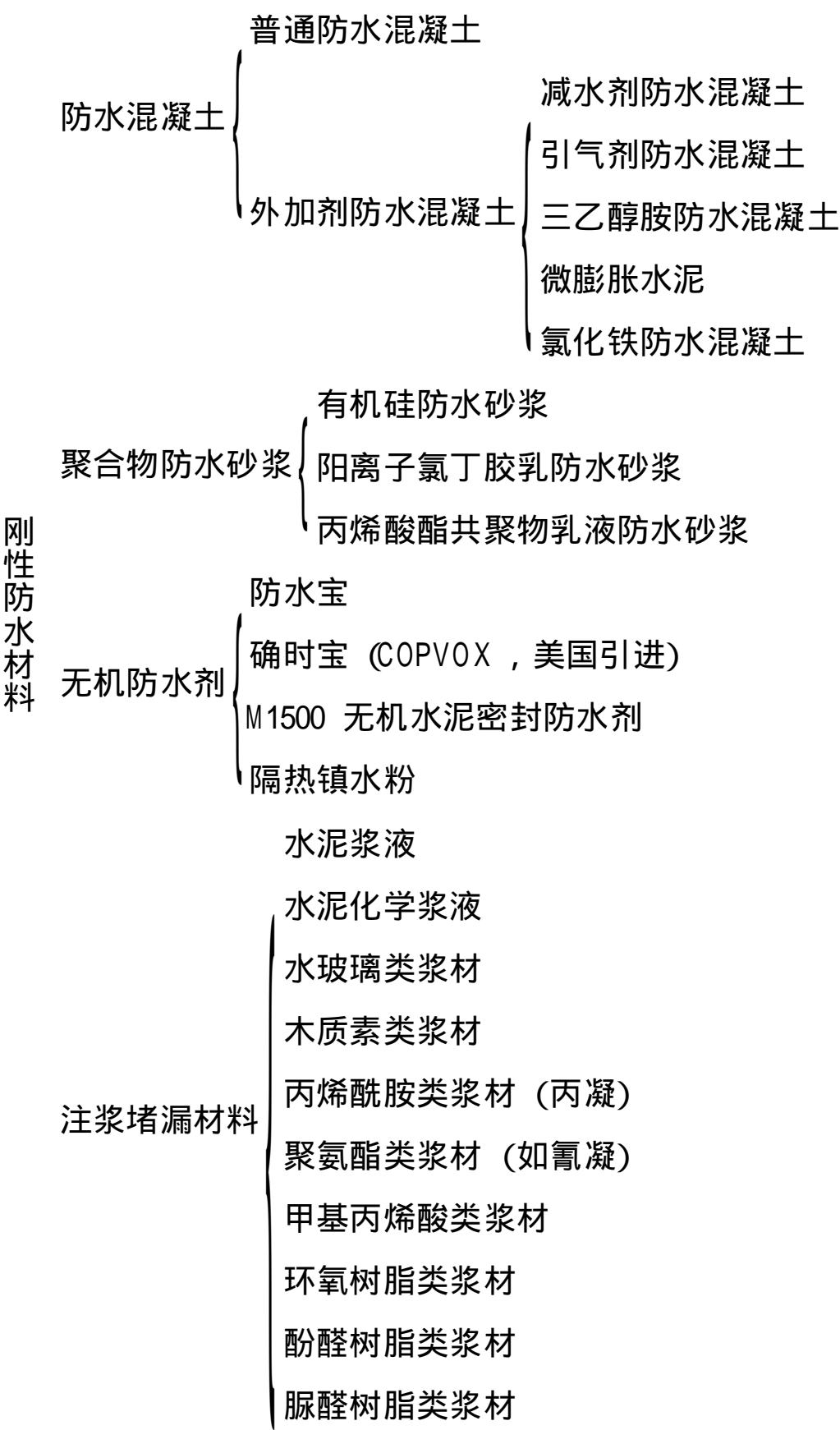


图1 -4 刚性防水材料分类图

第一节 屋面卷材防水工程施工过程控制

一、屋面卷材防水施工的一般规定

卷材防水屋面适用于屋面防水等级为 - 级的工业与民用建筑。

铺设屋面隔气层和防水层时，其基层表面应压实平整，排水坡度应符合设计要求，采用水泥砂浆找平层时，水泥砂浆抹平收水后应二次压光，充分养护不得有酥松、起

砂、起皮现象。

基层与突出屋面结构（女儿墙、立墙、天窗壁、变形缝、烟囱等）的连接处，以及基层的转角处（水落口、檐口、天沟、檐沟、屋脊等），均应做成圆弧。圆弧半径应根据卷材种类按表1 -1 选用。内部排水的水落口周围应做成略低的凹坑。

表1 -1 转角处圆弧半径

卷材种类	圆弧半径 (mm)
沥青防水卷材	100 ~150
高聚物改性沥青防水卷材	50
合成高分子防水卷材	20

铺设屋面隔气层和防水层前，基层必须干净、干燥。

（一）采用基层处理剂时，其配制与施工应遵守的规定

- 1．基层处理剂的选择应与卷材的材性相容。
- 2．基层处理剂可采取喷涂法或涂刷法施工。喷涂应均匀一致，如喷、涂二遍时，第二遍喷、涂必须在第一遍干燥后进行，待最后一遍喷涂干燥后，方可铺贴卷材。
- 3．喷涂大面基层处理剂前，应用毛刷对节点、周边、拐角处先行涂刷。

（二）卷材铺设方向应遵守的规定

- 1．屋面坡度小于3 %时，卷材宜平行屋脊铺贴。
- 2．屋面坡度在3 % ~15 %之间时，卷材可平行或垂直屋脊铺贴。
- 3．屋面坡度大于15 %或屋面受震动时，沥青防水卷材应垂直屋脊铺贴。高聚物改性沥青防水卷材和合成高分子防水卷材可平行或垂直屋脊铺贴。
- 4．上下层卷材不得相互垂直铺贴。

屋面防水层施工时，应先做好节点、附加层和屋面排水比较集中的部位（屋面与水落口接连处、檐口、天沟、檐沟、屋面转角处、板端缝等）的处理，然后由屋面最低处向上施工。铺贴天沟、檐沟卷材时，宜顺天沟、檐沟方向，尽量减少搭接。

卷材搭接的方法、宽度和要求，一般是根据屋面坡度、主导风向、卷材的材性决定，铺贴卷材一般采用搭接法，上、下层及相邻两幅卷材的搭接缝应错开。平行于屋脊的搭接缝应顺水流方向搭接；垂直于屋脊的搭接缝应顺主导风向搭接。各种卷材搭接宽度应符合表1 -2 要求。



第八篇 防水工程

高聚物改性沥青防水卷材和合成高分子防水卷材的搭接缝，宜用材性相容的密封材料封严。

叠层铺设的各层卷材，在天沟与屋面的连接处，应采用叉接法搭接，搭接缝应错开，接缝宜留在屋面或天沟侧面，不宜留在沟底。铺贴卷材时不得污染檐口的外侧和墙面。

表1 -2 卷材搭接宽度表

搭接方向		短边搭接宽度（mm）		长边搭接宽度（mm）	
卷 材 种 类	铺 贴 方 法	满粘法	空铺法 点粘法 条粘法	满粘法	空铺法 点粘法 条粘法
沥青防水卷材		100	150	70	100
高聚物改性沥青防水卷材		80	100	80	100
合成高分子防水卷材	粘结法	80	100	80	100
	焊接法	50			

找平层的厚度和技术要求应遵守表1 -3 的规定。

表1 -3 找平层厚度和技术要求

类别	基层种类	厚度（mm）	技术要求
水泥砂浆 找平层	整体混凝土	15 ~20	1 25 ~1 3（水泥：砂） 体积比，水泥标号不低 于325 号
	整体或板状材料保温层	20 ~25	
	装配式混凝土板、松散材料保温层	20 ~30	
细石混凝土 找平层	松散材料保温层	30 ~35	混凝土强度等级C15
沥青砂浆 找平层	整体混凝土	15 ~20	1 8（沥青 砂）重量比
	装配式混凝土板、整体或板状材料保温层	20 ~25	

找平层宜留设分格缝，缝宽宜为20mm，并嵌填密封材料，分格缝兼作排汽屋面的排汽道时，可适当加宽，并应与保温层连通。

分格缝应留设在板端缝处，其纵横最大间距为：找平层采用水泥砂浆、细石混凝土

时，不宜大于6m，找平层采用沥青砂浆时，不宜大于4m。

水落管距离墙面不应小于20mm，其排水口距散水坡的高度，不应大于20mm。水落管应用管箍与墙面固定，接头的承插长度不应小于40mm。水落管经过的带形线脚、檐口线等墙面突出部位处宜用直管，并应预留缺口或孔洞，如必须采用弯管绕过时，弯管的接合角应为钝角。

二、屋面卷材防水工程材料要求

(一) 沥青防水卷材的质量要求

沥青防水卷材的质量应符合下列要求：

沥青防水卷材的外观质量和规格应符合表1 -4、表1 -5 的要求，沥青防水卷材的物理性能应符合表1 -6 的要求。

表1 -4 沥青防水卷材的外观质量

项目	判断标准
孔洞、划伤	不允许
露胎、涂盖不均	不允许
折纹、折皱	距卷芯1000mm 外，长100mm 以上不允许
裂纹	距卷芯1000mm 外，10mm 以上不允许
裂口、缺边	20mm 以内的边缘裂口或长50mm，深20mm 内，每卷不超过四处
接头	每卷不允许超过一处

表1 -5 沥青防水卷材规格

标号	宽度 (mm)	面积 (m <sup>2</sup> )	卷重 (kg)	
350	915	20 ±0.3	粉毡	28.5
	1000		片毡	31.5
500	915	20 ±0.3	粉毡	39.5
	1000		片毡	42.5

表1 -6 沥青防水卷材的物理性能

项 目		性 能 要 求	
		350 号	500 号
拉力25 ±2 时纵向不小于N		340	440
耐热度85 ±2 ,2h		不流淌	无集中性气泡
柔性18 ±2		绕 20mm 圆棒无裂纹	绕 25mm 圆棒无裂纹
不透水性	压力不小于 MPa	0 .10	0 .15
	保持时间不小于 min	30	30

（二）高聚物改性沥青防水卷材的质量要求

高聚物改性沥青防水卷材的质量应符合下列要求：

高聚物改性沥青防水卷材的外观质量和规格应符合表1 -7、表1 -8 的要求，高聚物改性沥青防水卷材的物理性能应符合表1 -9 的要求。

表1 -7 高聚物改性沥青防水卷材外观质量

项 目	判 断 标 准
断裂、皱折、孔洞、剥离	不允许
边缘不整齐、砂砾不均匀	无明显差异
胎体未浸透、露胎	不允许
涂盖不均匀	不允许

表1 -8 高聚物改性沥青防水卷材规格

厚度 (mm )	宽度 (mm )	长度 (m )
2 .0	1000	15 .0 ~20 .0
3 .0	1000	10 .0
4 .0	1000	7 .5
5 .0	1000	5 .0

表1 -9 高聚物改性沥青防水卷材物理性能

项 目		性 能 要 求			
		类	类	类	类
拉伸性能	拉力不小于N400	400	50	200	
	延伸率不小于%	30	5	200	3
耐热度85 ±2 2h		不流淌，无集中性气泡			
柔性 -5 ~25		绕规定直径圆棒无裂纹			
不透水性	压力不小于 MPa	0 2			
	保持时间不小于 min	30			

（三）合成高分子防水卷材的质量要求

合成高分子防水卷材的质量，应符合表1 -10 ~1 -12 的要求。

表1 -10 合成高分子防水卷材的外观质量要求

项目	外观质量要求
折痕	每卷不超过2 处，总长度不超过20mm
杂质大于0 5mm	颗粒不允许
胶块	每卷不超过6 处，每处面积不大于4mm <sup>2</sup>
缺胶	每卷不超过6 处，每处不大于7mm，深度不超过本身厚度的30 %

表1 -11 合成高分子防水卷材规格

厚度（mm）	宽度（mm）	长度（mm）
1 0	1000	20 0
1 2	1000	20 0
1 2	1000	20 0
1 5	1000	20 0
2 0	1000	20 0

表1 -12 合成高分子防水卷材的物理性能

项 目		性 能 要 求		
		类	类	类
拉伸强度		7 MPa	2 MPa	9 MPa
断裂伸长度		450 %	100 %	10 %
低温弯折性		-40	-20	-20
		无 裂 纹		
不透水性	压力	0.3 MPa	0.2 MPa	0.3 MPa
	保持时间	30min		
热老化保持率	拉伸强度	80 %		
(80 ±2 、168h )	断裂伸长率	70 %		

三、屋面卷材防水细部构造

（一）天沟、檐沟防水构造

天沟、檐沟防水构造应遵守下列规定：

- 1．天沟、檐沟应增铺附加层，如采用沥青防水卷材应增铺一层卷材；如采用高聚物改性沥青防水卷材或合成高分子防水卷材，宜采用防水涂膜增强层；
- 2．天沟、檐沟与屋面交接处的附加层宜空铺，空铺宽度应为200mm（图1 -5）。

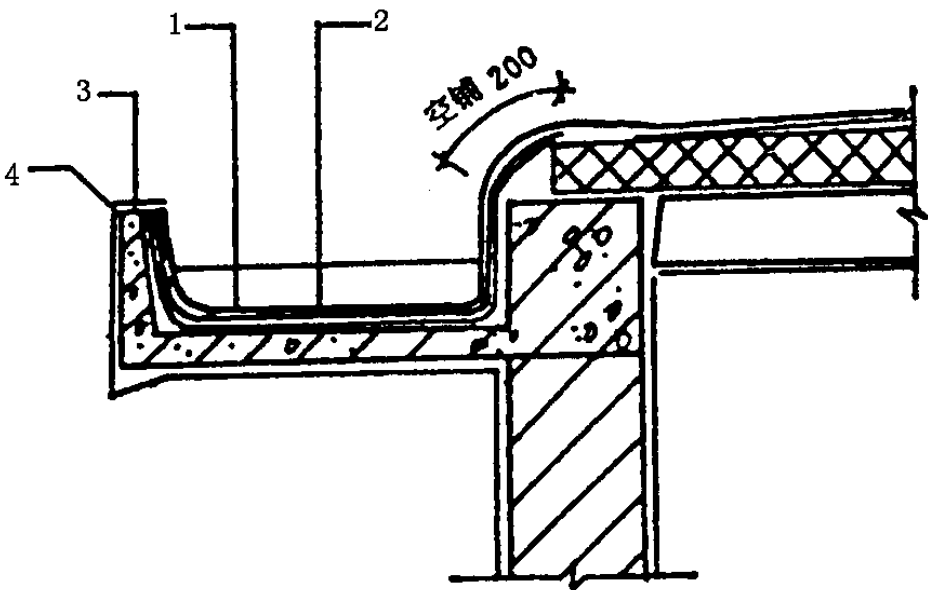


图1 -5 檐 沟

1．防水层 ;2．附加层 ;3．水泥钉 ;4．密封材料

- 3. 天沟、檐沟卷材收头，应固定密封（图1 -6）。
- 4. 高低跨内排水天沟与立墙交接处应采取能适应变形的密封处理（图1 -7）。

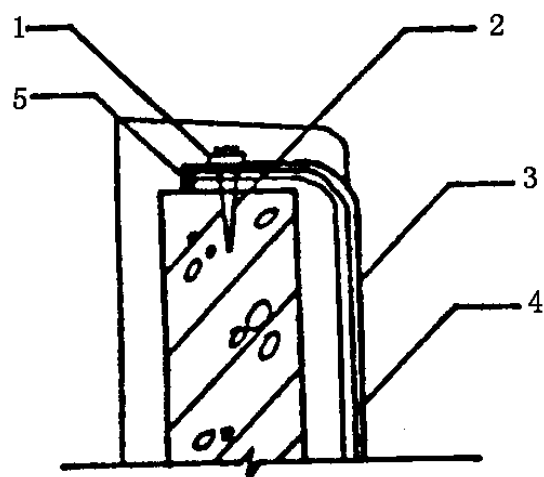


图1 -6 檐沟卷材收头

- 1. 钢压条 ;2. 水泥钉 ;3. 防水层
- 4. 附加层 ;5. 密封材料

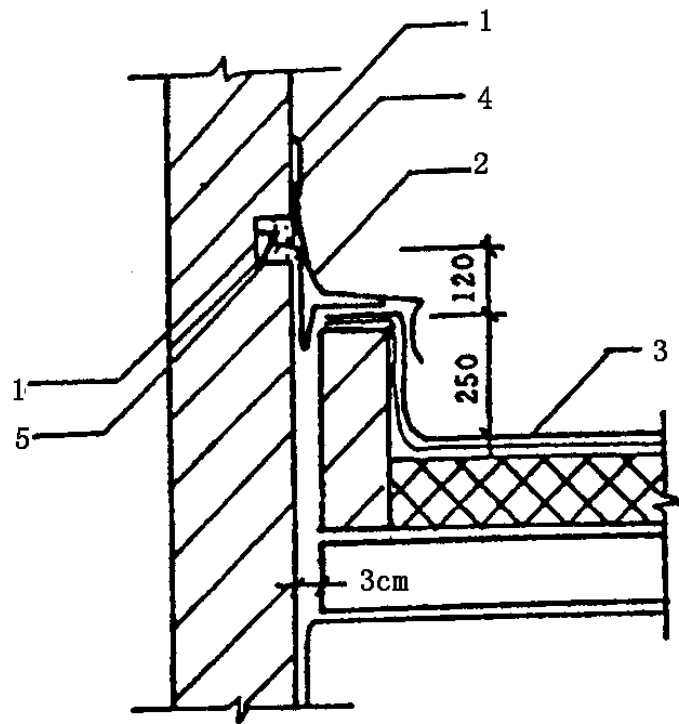


图1 -7 高低跨变形缝

- 1. 密封材料 ;2. 金属或高分子盖板 ;
- 3. 防水层 ;4. 金属压条钉子固定 ;5. 水泥钉

无组织排水檐口800mm 范围内卷材应采取满贴法，卷材收头应固定密封（图1 -8）。

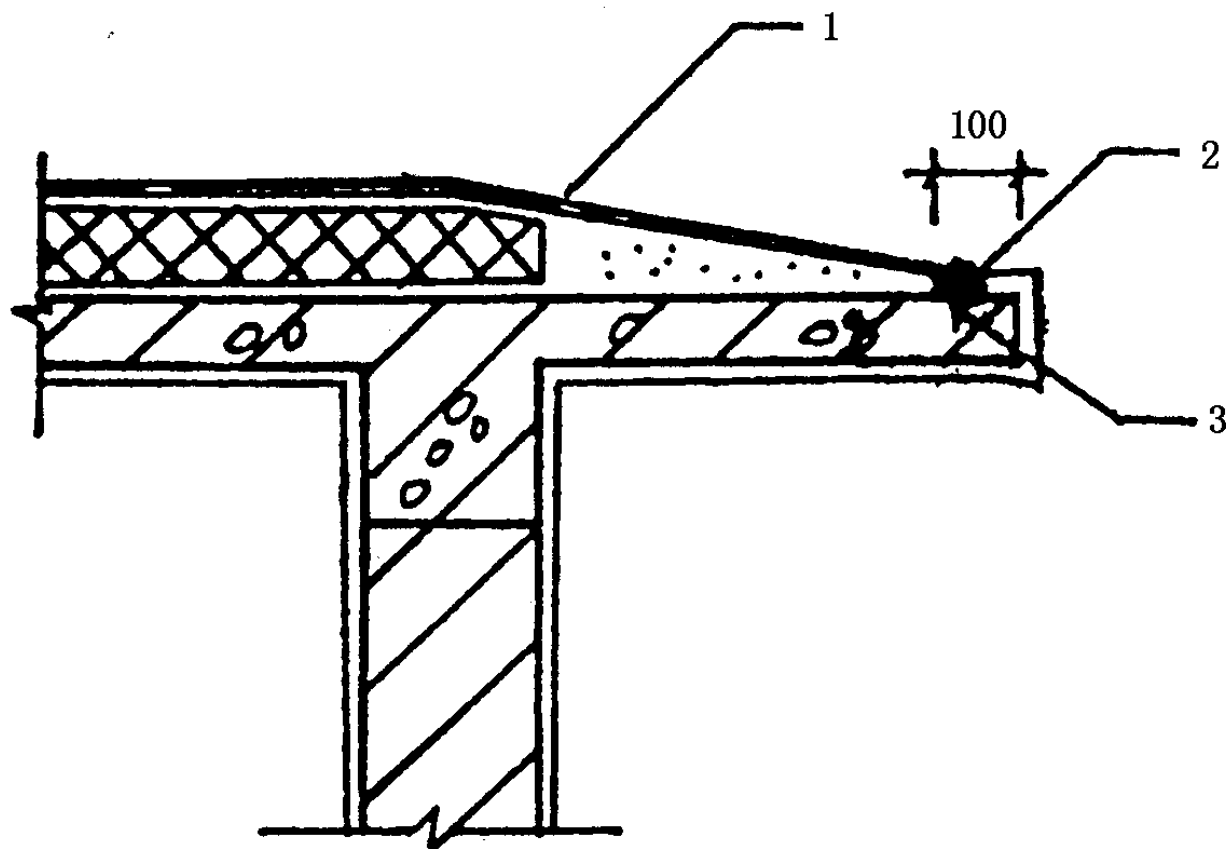


图1 -8 无组织排水檐口

- 1. 防水层 ;2. 密封材料 ;3. 水泥钉

(二) 泛水防水构造

泛水防水构造应遵守下列规定：

1．铺贴泛水处的卷材应采取满贴法。泛水收头应根据泛水高度、泛水墙体材料确定收头密封形式。

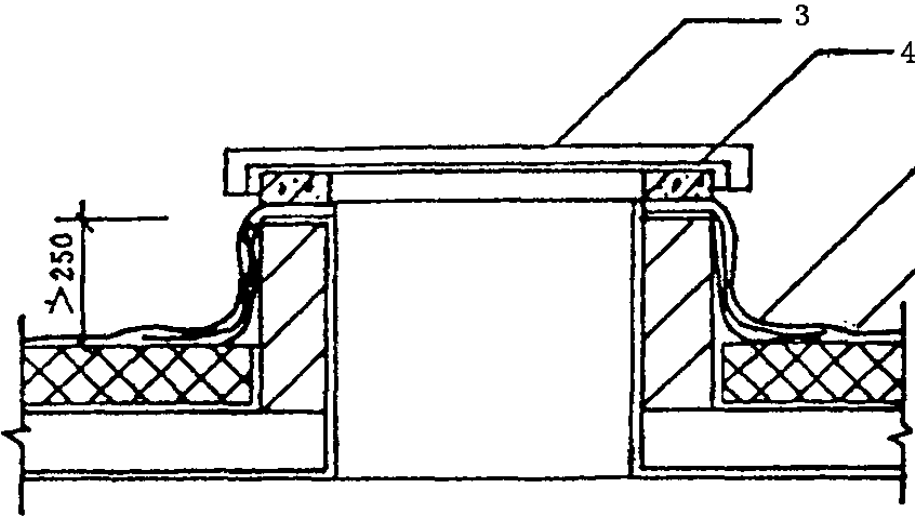


图1 -9 卷材泛水收头

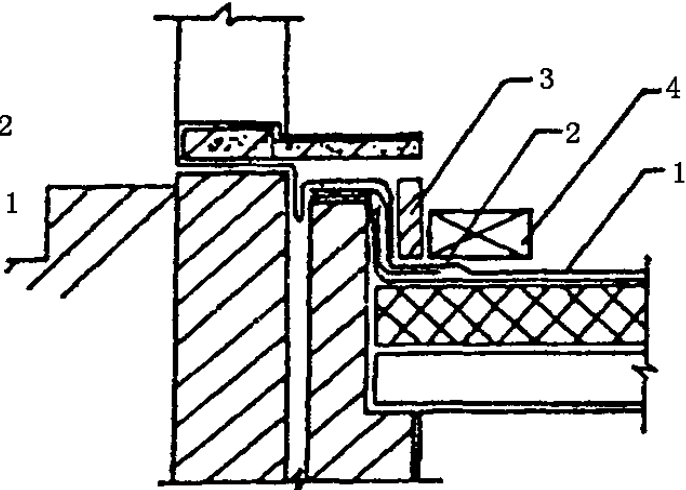


图1 -10 砖墙卷材泛水收头

1．附加层；2．防水层；3．压顶；4．防水处理 1．密封材料；2．附加层；3．防水层；4．水泥钉；5．防水处理

(1) 墙体为砖墙时，收头卷材可直接铺压在女儿墙压顶下，压顶应做防水处理（图1 -9）；也可在砖墙上留凹槽，卷材收头应压入凹槽内固定密封，凹槽距屋面找平层最低高度不小于250mm，凹槽上部的墙体亦应做防水处理（图1 -10）。

(2) 墙体为混凝土时，卷材的收头可采用金属压条钉压，并用密封材料封固（图1 -11）。

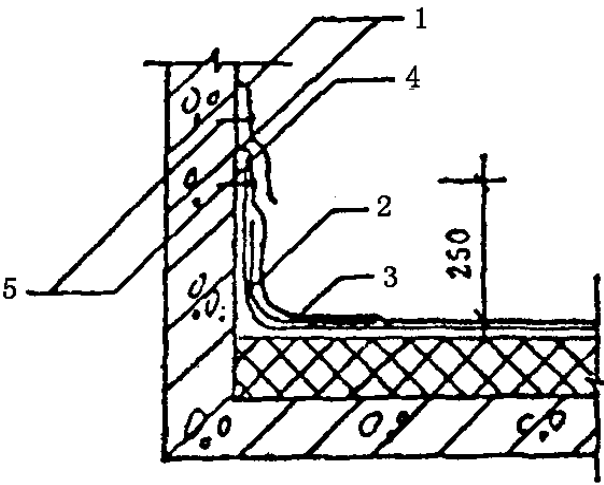


图1 -11 混凝土墙卷材泛水收头

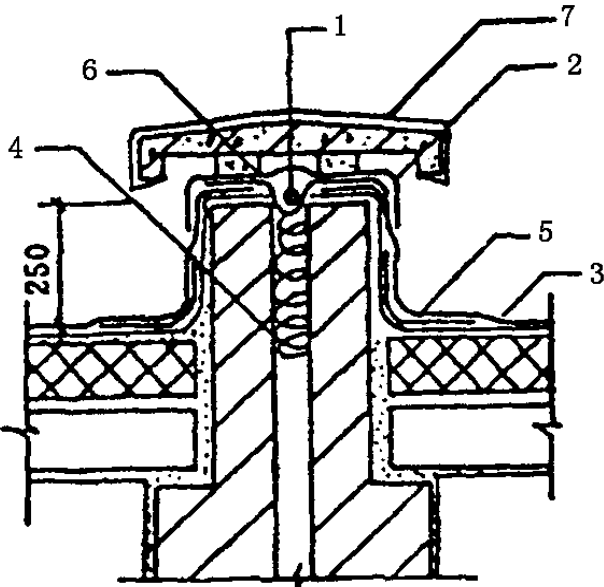


图1 -12 变形缝防水构造

1．密封材料；2．附加层；3．防水层 1．衬垫材料；2．卷材封盖；3．防水层；4．附加层  
4．金属合成高分子盖板；5．水泥钉 5．沥青麻丝；6．水泥砂浆；7．混凝土盖板

2. 泛水宜采取隔热防晒措施，可在泛水卷材面砌砖后抹水泥砂浆或细石混凝土保护，亦可采用涂刷浅色涂料或粘贴铝箔保护层。

变形缝内宜填充泡沫塑料或沥青麻丝，上部填放背衬材料，并用卷材封盖，然后在顶部如扣混凝土盖板或金属盖板（图1 -12）。

（三）水落口防水构造

水落口防水构造应遵守下列规定：

- 1. 水落口杯宜采用铸铁、塑料制品；
- 2. 水落口杯埋设标高应考虑水落口设防时增加的附加层、柔性密封层的厚度及排水坡度加大的尺寸；
- 3. 水落口周围直径500mm 范围内坡度不应小于5 %，并应用防水涂料或密封材料涂封，厚度不小于2mm。水落口杯与基层接触处应留宽20mm，深200mm 凹槽，嵌填密封材料（图1 -13、图1 -14）。

女儿墙、山墙可采用现浇混凝土、预制混凝土压顶，也可采用金属制品或合成高分子卷材封顶。

（四）反梁过水孔构造

反梁过水孔构造应遵循下列规定：

- 1. 根据排水坡度要求留设反梁过水孔，图纸应注明孔底标高；
- 2. 留置的过水孔高度不小于150mm，宽度不小于250mm；采用预埋管做过水孔时，

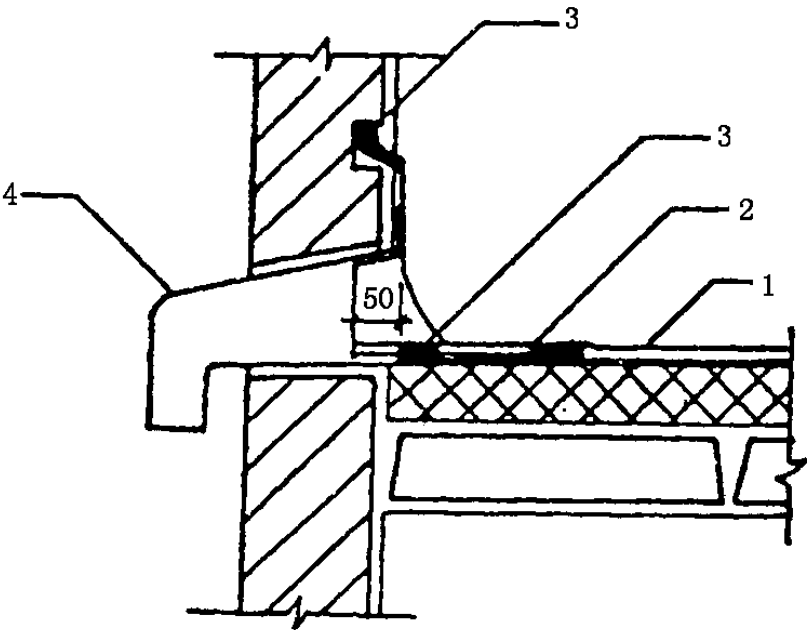


图1 -13 横式水落口

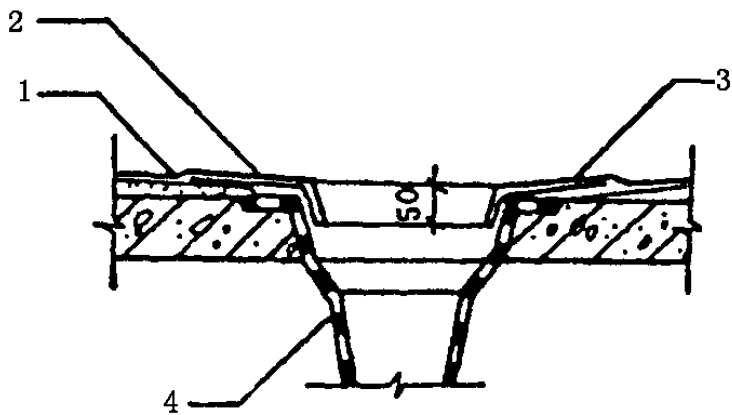


图1 -14 直式水落口

1. 防水层 ;2. 附加层 ;3. 密封材料 ;4. 水落口    1. 防水层 ;2. 附加层 ;3. 密封材料 ;4. 水落口杯



管径不得小于75mm ；

3 . 过水孔可采用防水涂料、密封材料防水。预埋管道两端周围与混凝土接触处应留凹槽，用密封材料封严。

伸出屋面管道周围的找平层应做成圆锥台，管道与找平层间应留凹槽，并嵌填密封材料，防水层收头处应用金属箍箍紧，并用密封材料封严（图1 -15 ）。

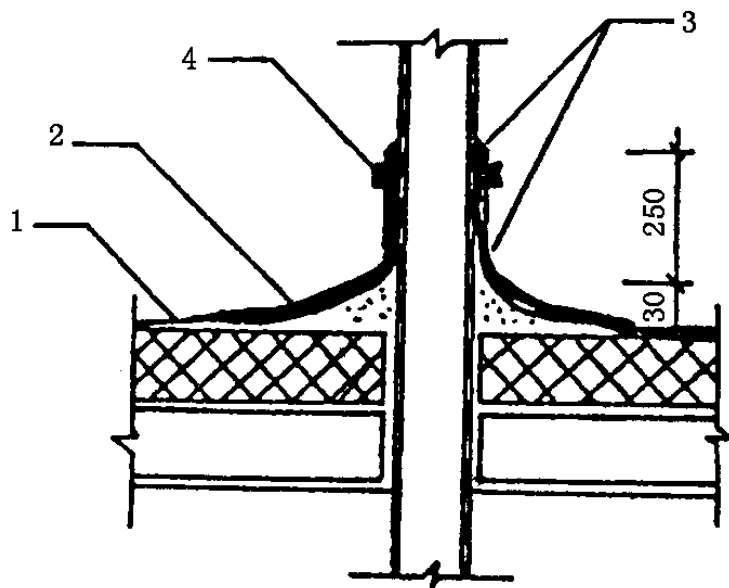


图1 -15 伸出屋面管道防水构造

1 . 防水层 ;2 . 附加层 ;3 . 密封材料 ;4 . 金属箍

屋面垂直出入口防水层收头应压在混凝土压顶圈下（图1 -16 ）；水平出入口防水层收头应压在混凝土踏步下，防水层的泛水应设护墙（图1 -17 ）。

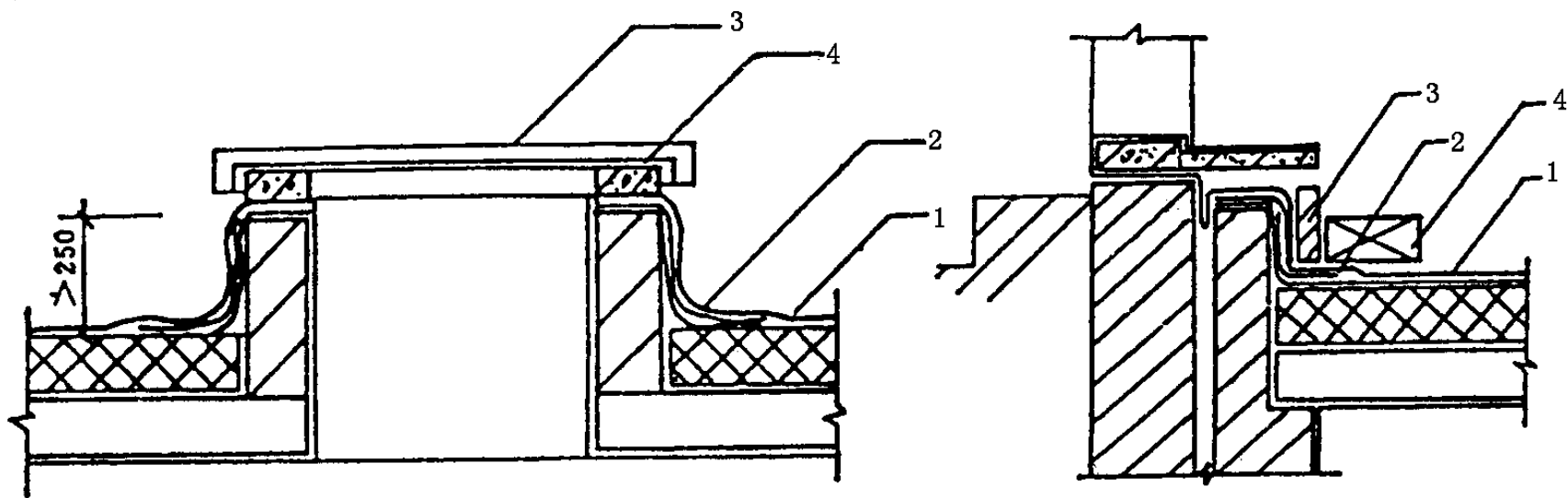


图1 -16 垂直出入水防水构造

1 . 防水层 ;2 . 附加层 ;3 . 入孔盖 ;  
4 . 混凝土压顶围护墙（图1 -17 ）。

图1 -17 水平出入口防水构造

1 . 防水层 ;2 . 附加层 ;3 . 护墙 ;4 . 踏步

四、沥青防水卷材施工过程控制

(一) 材料准备

1．油毡：一般采用不低于350 号的石油沥青纸胎油毡，对抗裂性和耐久性要求较高的卷材屋面防水层。可采用500 号沥青防水卷材；也可选用石油沥青麻布油毡、沥青玻璃布油毡，再生胶防水卷材。

2．沥青胶结材料：用一种或两种标号的建筑石油沥青时，一定按施工要求的配合比重量进行熔合，经熬制脱水后，方可作为胶结材料。

(1) 配制沥青玛帝脂，应遵守以下规定：

玛帝脂的选用、调制和技术标准，及其性能应遵照相关文章选定及应用。

为了提高沥青的耐热度、韧性和抗老化性能，在熔融后的沥青中掺入适当品种和数量的填充材料，配制成沥青胶结材料。施工过程中应严格控制玛帝脂的耐热度及相应的软化点和柔韧性。

石油沥青胶结材料在熬制时，加热温度和使用温度应符合表1 -13 所示。

表1 -13 熬制石油沥青胶结材料的最高温度和工作温度

类 别	加热温度 ( )	工作温度 ( )	备 注
建筑石油沥青胶结材料 (玛帝脂) 普通石油沥青或掺配建筑石油沥青的普通沥青胶结材料	不应高于240 不应高于280	不宜低于190 不宜低于240	加热时间3 ~4h 为宜

冷玛帝脂使用时应搅匀，稠度太大时可加入少量溶剂稀释搅匀。

(2) 溶剂：配制冷底子油用的溶剂有轻柴油、煤油、汽油及葱油和苯等（焦油沥青冷底子油中，只能使用葱油和苯溶剂）。

(3) 冷底子油的配制

配合成分为（重量比）石油沥青 汽油 =30 70（用于已硬化干燥的水泥砂浆基层上；石油沥青 煤油（轻柴油） =40 60（涂刷在终凝前的水泥砂浆基上）。

配制将石油沥青加热熔融后（160 ~200 ）冷却到140 时，在不断搅拌下，将溶化的沥青形成细流，慢慢注入溶剂中。注入时，应不停地搅拌直至沥青完全溶解形成

均一体系为止。

冷底子油的干燥时间，视其用途而定。

- a. 在水泥基层上涂刷的慢挥发性冷底子油为12 ~48h。
- b. 在水泥基层上涂刷快挥发性冷底子油为5 ~10h。

### (二) 施铺技术控制要点

- 1. 将沥青油毡上的云母片或滑石粉清除干净，然后反面松松地卷好，直立存放备用。
- 2. 铺贴沥青油毡，必须采用同一性质的沥青胶结材料。
- 3. 玛帝脂软化点测试值的允许偏差为  $\pm 5$  。
- 4. 沥青胶结材料工作温度，允许偏差值为  $-10$  。
- 5. 基层应牢固、无松动、表面应干燥、洁净。
- 6. 涂刷冷底子油宜在铺贴油毡前1 ~2d 进行，冷底子油应涂刷均匀。

### (三) 铺贴沥青防水卷材

每层热玛帝脂的厚度宜为1 ~1.5mm；冷玛帝脂的厚度宜为0.5 ~1mm。面层厚度：热玛帝脂宜为2 ~3mm。冷玛帝脂宜为1 ~1.5mm。玛帝脂应涂刮均匀，不得过厚或堆积。

### (四) 卷材铺贴应符合的规定

#### 1. 细部节点

(1) 水落口、天沟、檐沟、檐口等节点质量符合验收标准，达到设计要求和施工规范的规定。经验收合格后，方可施铺防水卷材。

(2) 排气屋面的排气道应纵横贯通，不得堵塞。铺贴卷材时，应避免玛帝脂流入排气道内。

#### 2. 铺贴顺序

(1) 同跨屋面卷材铺贴方向应根据屋面坡度或屋面受震动情况而定。

(2) 当坡度小于3 % 时，应平行屋脊铺贴，压边要顺水流方向，接头要顺主导风向。

(3) 每层卷材搭接宽度、长边不应小于70mm，短边不应小于100mm。

(4) 屋面坡度在3 ~15 % 时，可采用平行或垂直屋脊铺贴，但上下两层油毡不得互相垂直铺贴。

(5) 坡度大于15 % 或受震动较大的应垂直于屋脊铺贴，压边要顺主导风向，接头

要顺水流方向，并应使卷材铺过屋脊200mm 以上，其搭接宽度与平行屋脊铺贴相同。

⑥) 在无保温层的装配式预制板屋面上，为了避免结构变形而将卷材防水层拉开，应沿屋面板的端缝先单边点粘一层卷材，每边的宽度不应小于100mm，或采取其他能增大防水层延伸变形的措施，然后再铺贴屋面卷材。

⑦) 选择不同性质的胎体和性能的卷材共同使用时，应将高性能的卷材放在面层。

### 3. 搭接及铺贴

①) 铺贴卷材时，应随刮涂玛帝脂随铺卷材，并应展平压实。其玛帝脂的厚度应控制在1~1.5mm，边浇油边均匀用力滚铺；滚铺时，应赶挤出气泡，并及时将挤出的沥青胶刮去，将卷材压紧粘牢。

②) 浇油法实铺卷材浇油宽度应比卷材短边宽出10~20mm。

③) 卷材应采用搭接法铺贴，上下两层及相邻两幅卷材的搭接缝均应相互错开。搭接缝应错开幅度的 $1/3 \sim 1/2$ 。

### (五) 注水试验

是指有组织排水屋面，应严格执行蓄水方法对铺设的防水卷材屋面进行试验验收

注水前应先将排泄口封好，然后注水至泛水檐处，其注水深度不应小于250mm；静止蓄水24h后，进行全面检查，如无渗漏，方可认证该屋面防水层合格，并记录入档。

无女儿墙的屋面。应经过一个雨季的考核检查，无渗漏为合格。

### (六) 保护层应符合的要求

保护层能够延长卷材防水屋面的使用年限，必须认真做好保护层。

1. 卷材防水屋面铺贴经检验合格后，应将防水层表面清理干净，方可施铺保护层。

2. 豆砂保护层作法：

①) 将清洁的绿豆砂预热至100℃左右。

②) 随刮涂2~3mm厚的热玛帝脂，随铺撒热绿豆砂。绿豆砂应铺撒均匀并应加滚压，使其与玛帝脂粘结牢固，未粘结的绿豆砂应清除。

③) 绿豆砂的质量要求，豆砂的粒径为3~5mm，色浅，耐风化，颗粒均匀。

3. 云母或蛭石保护层作法

操作方法：用云母或蛭石作保护层时，应筛去粉料，铺设时应随刮涂冷玛帝脂随撒铺云母或蛭石。撒铺应均匀，不得露底，待溶剂基本挥发后，再将多余的云母或蛭石清除干净。

4. 水泥砂浆保护层作法：

用水泥砂浆作保护层时，表面应抹平压光，并应设表面分格缝，分格面积宜为

- 1 m<sup>2</sup>。
- 5．用板块作保护层作法：
- 用板块材料作保护层时，板块应铺设平稳，并留设分格缝。分格面积不宜大于1 m<sup>2</sup>，分格缝宽度不宜小于20 mm。
- 6．细石混凝土保护层作法
- 用细石混凝土作保护层时，混凝土的强度等级应符合设计要求，铺设振捣必须密实，表面应抹平压光，并应留设分格缝。
- 7．刚性保护层与女儿墙及其突出屋面的构造物之间，均应预留宽度为30 mm 的空隙并应嵌填防水密封材料。
- 水泥砂浆、板块或细石混凝土保护层与防水层之间，应设置隔离层，隔离层应平整，起到完全隔离的作用。

(七) 质量标准

- (1) 冷底子油涂刷均匀。
- (2) 防水卷材铺贴方法、压按顺序和搭接长度符合施工规范规定，粘结牢固、无滑移、起泡、皱折、翘曲等缺陷。
- (3) 排水符合设计要求，无积水，排水畅通。
- (4) 屋面卷材防水层，严禁有渗漏现象。

五、高聚物改性沥青防水卷材施工

(一) 材料准备

- 1．主体材料
- 高聚物改性沥青卷材主要包括SBS 改性沥青柔性油毡、化纤胎铝箔塑胶改性沥青油毡、塑性沥青聚脂油毡、APP 改性沥青油毡等防水卷材。上述高聚物改性沥青防水卷材的各项技术性能指标应符合项规定的要求。见表1 -7、1 -8、1 -9 所示。

表1 -14 施工机具表

机具名称	规格	用途
小平铲	小型	清理基层用
扫帚	普通	清理基层用

续表		
机具名称	规格	用途
高压吹风机	300 W	清理基层用
汽油喷灯	3L	粘接油毡用
压子	小型	压实油毡用
剪刀	普通	剪裁油毡用
手持压辊	40 ×50mm	压实

2．辅助材料

工业汽油。主要用于热熔施工时汽油喷灯的燃料。

3．施工机具

高聚物改性沥青卷材的施工机具，应参照表1 - 14 所示。

（二）作业条件

- 1．屋面找平层应平整光洁，坡度必须符合设计要求，不允许有起砂，掸灰和凸凹不平等缺陷。
- 2．找平层的含水率不宜大于9 %。
- 3．找平层严禁有积水部位，可采用泼水检验方法，认证找平层的平整程度。
- 4．找平层与突出屋面构筑物相连接的阴角（转角）处应符合相关要求。
- 5．排气屋面施工应符合相关内容的要求。

（三）冷粘法铺贴防水卷材施工要点

- 1．胶粘剂涂刷应均匀，不漏底、不堆积。空铺法、条铺（粘）法、点粘法，均应按设计规定的位置与面积涂刷胶粘剂。
- 2．涂刷胶粘剂必须根据胶粘剂的性能，控制胶粘剂的涂刷与卷材铺贴的间隔时间。
- 3．铺贴卷材时，应及时排除卷材下面的空气，并应辊压粘贴牢固。
- 4．卷材铺贴应严格平整顺直，搭接尺寸必须准确，不得有扭曲和皱折。搭接部位的接缝应满涂胶粘剂，并用辊压粘结牢固，溢出的胶粘剂应立即刮平封口；也可采用热熔法接缝。
- 5．接缝口应采用密封材料封严，宽度不应小于10mm 。

（四）热熔法铺贴卷材施工要点

- 1．严格控制火焰加热器的喷嘴与卷材面的距离，一般以火焰距卷材受热面55mm 左

右为宜，严防烧坏胎体和烧焦胶质。幅宽内的加热应均匀，以卷材表面熔融至光亮黑色为度。待油毡表面熔化后，即缓慢地滚压卷材。

2. 滚铺卷材时，应注意及时排除卷材下面的空气，使卷材平展，不得有皱折，并应用辊压粘结牢固。

3. 搭接接缝部位，应趁卷材尚未冷却时，用铁抹子挤压溢出的热熔改性沥青以刮封接口，再用喷灯均匀细致密封好。

4. 铺贴卷材时应严格控制平整顺直，搭接尺寸必须准确，不得扭曲。

5. 采用条粘法时，每幅卷材每边的粘贴宽度不应小于150mm。

### (五) 自粘铺设卷材施工要点

1. 铺贴卷材时，应在基层的表面上均匀地涂刷一道基层处理剂，待干燥之后及时铺贴卷材。

2. 铺设时，应将自粘胶底面的隔离纸全部撕掉，确保胶粘剂表面洁净。

3. 铺贴时应及时排除卷材下面的空气，辊压粘结牢固，并使之平整顺直，搭接尺寸准确，不得有扭曲和皱折。搭接部位宜采用热法粘贴牢固，并将溢出的自粘胶刮平封口密实。

4. 接缝口应用密封材料封严，宽度不应小于10mm。

5. 对立面、大坡面应采用加热后粘贴牢固。

### (六) 高聚物改性沥青防水卷材屋面保护层作法

1. 采用浅色涂料作保护层时，应待卷材铺设完，并经验收合格后，将其面层清扫干净，方可涂刷保护层涂料。涂层应与卷材粘结牢固，厚薄均匀，不得漏涂。

2. 采用刚性材料作保护层时，按前面相关内容的规定。

### (七) 施工作业条件

1. 严禁在雨天、雪天，及五级及五级以上大风天中施工；气温低于0℃时不宜施工。

2. 施工中途下雨、下雪时，应做好已铺卷材周边的防护工作。

3. 热熔法施工气温不宜低于-10℃。

### (八) 质量标准

1. 屋面防水层不应有积水和渗漏现象。检查积水和渗漏可在雨后进行，有组织排水屋面可用蓄水方法检查。

2. 铺粘的卷材接头和细部构造必须符合设计要求和施工规范的规定。卷材应粘接

牢固，封密严密，不允许存在皱折、空鼓、翘边、脱层或滑移等缺陷。

3. 排水口周围、檐口部位或卷材防水层的末端收头处，必须粘结牢固，密封良好。

(九) 成品保护

1. 已铺好的卷材防水屋面防水层，应严防施工机具和尖硬物件硌坏。

2. 铺设防水卷材应精心操作，严防胶粘剂污染已做好的装饰面、墙壁、檐口和门窗等部位。

3. 施铺完工后，应进行清除工作，及时将屋面清扫干净，排水口和排水沟等处不得有杂物堵塞，以确保排水畅通。

(十) 安全措施

1. 施工所用材料均属易燃品，存放地点和施工现场，必须加强防火工作，严禁烟火，并应具备适量的干粉灭火器。

2. 施工用具使用后，应及时用汽油等有机溶剂清洗干净。

3. 操作人员必须佩戴安全带及防护用品，施工现场的屋面四周应设置防护设施。

六、合成高分子防水卷材施工过程控制

(一) 材料性能

1. 三元乙丙橡胶防水卷材

三元乙丙橡胶防水卷材，是以乙烯、丙烯和双环戊二烯三种单体共聚合成的三元乙丙橡胶为主体，掺入适当量的丁基橡胶、硫化剂、促进剂、软化剂、补强剂和填充剂等，加工制成的高弹性的防水材料。

其特点是耐老化、使用寿命长、拉伸强度高、延伸率大；对基层的伸缩或开裂变形适应性强。

特性

(1) 耐老化性能好，使用寿命长。

由于三元乙丙橡胶分子结构中的主键上没有双键的特殊结构稳定性。所以，主键上不易发生断裂，这是抗老化性能的根本原因。

(2) 拉伸强度高、伸长率大，对抗伸缩或开裂变形的适应性强。

(3) 三元乙丙橡胶防水卷材的拉伸强度为7.36MPa，断裂伸长率为450%，所以，它的抗裂性能极好，能适应变形较大的防水工程的需要。

(3) 耐高低温性能好。



三元乙丙橡胶防水卷材的冷脆温度低、耐热性好、耐候性好，可以在严寒或酷热的气候环境中长期使用。

(4) 适用于单层防水层、冷施工。

施工工序简化、提高施工效率、减少环境污染、改善施工作业条件。

(5) 适用范围

三元乙丙橡胶防水卷材适用于屋面防水层、也可用于有保护层的屋面，室内地面、厕浴间、厨房间及地下室、贮水池、隧道及其市政工程防水等。

2. 再生橡胶防水卷材

再生橡胶防水卷材，系由废旧橡胶粉掺入适量的石油沥青和化学助剂，进行高温、高压的脱硫处理后，再掺入一定量的填充剂（材料）经过胶炼，压延制成的一种质地柔软，具有弹塑性能的防水材料。

再生橡胶防水卷材，具有延伸率大、低温柔性好，耐磨蚀性强、耐水性及耐热稳定性好的特点。

(二) 材料准备

1. 主体材料

高分子防水卷材主要包括三元乙丙橡胶防水卷材、氯化聚乙烯——橡胶共混防水卷材、氯化聚乙烯防水卷材、氯磺化聚乙烯防水卷材以及聚氯乙烯防水卷材、再生胶防水卷材。

2. 配套材料

(1) 基层处理剂：以聚氨酯—煤焦油系的二甲苯溶液或氯丁橡胶乳液等组成。

基层处理剂的作用是隔绝基层渗透来的水分和提高基层表面与合成高分子防水卷材之间的粘结能力。它相当石油沥青防水施工的冷底子油，因此，又称底胶。

(2) 基层胶粘剂：一般可采用氯丁橡胶和叔丁基酚醛树脂为主要成分制成的胶粘剂（如404 胶等）。

这种胶粘剂主要用于防水卷材与找平层之间的粘结。其粘结剥离强度应大于50N / 25 mm。

(3) 卷材接缝胶粘剂：以氯化丁基橡胶。丁基橡胶或氯丁橡胶和硫化剂、促进剂、填充剂、溶剂等配制而成的双组分或单组分常温硫化型的胶粘剂。如为双组分时则A 液和B 液分别包装，施工时可将A 液和B 液按1 1 的比例配合，用搅拌器搅拌均匀，即可涂施。

它主要用于卷材接缝粘结的专用胶粘剂。

（4）卷材接缝密封剂：施粘时可选用单组分氯磺化聚乙烯密封膏或双组分聚氨酯密封豪等材料作接缝的密封剂。

它主要用于卷材与卷材搭接接缝边缘，以及卷材末端收头部位的密封处理。

（5）表面着色剂：它是以三元乙丙橡胶溶液或聚丙烯酸酯乳液与铝粉（或铬绿、钛青绿）等混合、研磨加工制成，为银色或绿色的着色剂。

主要用于卷材防水层的保护层，将着色剂涂刷在卷材防水层上，可以达到反射阳光、降低顶层室内温度 and 美化屋面的作用。

3．合成高分子防水卷材施工的配套材料，见表1 -15。

表1 -15 合成高分子防水卷材配套材料

材料名称	用途	颜色	溶量 (kg /桶)	用量 (kg /m <sup>2</sup> )	备 注
聚氨脂底胶	基层处理剂	甲料：黄褐色胶本 乙料：黑色胶体	18 17	0 2	
氯丁系胶粘剂 (如404 胶)	基层与胶材粘结剂	黄色混浊胶体	15	0 4	亦可用BRICIJ -4
丁基粘结剂	卷材接缝粘结剂	A 料：黄色胶体 B 料：黑色胶体	17 17	0 .1	亦可用BRICIJ -6
表面着色剂	表面着色	银色涂料	17	0 2	分水乳型和溶剂型两种
聚氨脂膜材料	接缝增补密封剂	甲料：黄褐色胶体 乙料：黑色胶体	18 24	0 .1	

4．辅助材料

- （1）二甲苯：基层处理剂的稀释剂和工具清洗剂。
- （2）乙酸乙酯：主要用于洗手及清除被胶粘剂等污染的部位。

5．施工机具准备

合成高分子防水卷材施铺，一般应备有电动搅拌器，高压吹风机、滚动刷、手持压辊、剪刀、直尺等工具。

（三）施工作业条件

1．基层处理

- （1）找平层的做法和要求，见表1 -3。如无保温层的预制屋面板接头部位高低参

差不齐或凹坑较大时，应采用掺水泥用量的20 %107 胶的1 2 5 ~1 3 的水泥砂浆修整平顺。

②）基层与突出屋面结构的细部处理，应符合表1 -1 要求。

③）找平层的坡度应符合表1 -16 要求。

表1 -16 平顶基层坡度要求

项目	坡度要求
平顶层基层坡度	1 % ~2 %
天沟纵向坡度	不小于5 ‰
自由排水的糊口200 ~500mm 范围内	不小于15 ‰

④）基层必须干燥，含水率一般应小于9 %。

⑤）铺贴卷材防水层以前，应将基层清扫干净。对突出屋面的结构阴阳角、管道根、排水口等部位更应认真清理干净，如发现油污、铁锈等，要用砂纸、钢丝刷或溶剂清除洁净。

(四) 合成高分子防水卷材施工要点

1．施工工艺流程

合成高分子防水卷材单层外露防水构造。包括预制钢筋混凝土屋面板、保温层、水泥砂浆找平层、基层处理剂、基胶粘剂、高分子防水卷材、表面着色剂。

2．施工操作要点

①）基层处理剂施涂。

基层处理剂配制。将聚氨酯涂膜防水材料的甲料、乙料、二甲苯胺按1 1 5 :3 比例配合搅拌均匀。

基层处理剂施涂操作方法。用长把滚刷蘸满配制好的基层处理剂均匀地涂布在基层表面上，待4h 以上干燥后，方可进行下道工序的施工。也可用喷浆机喷涂含固量为40 %、pH 值为4、粘度为0 .01Pa ·S 的阳离子氯丁胶乳。喷涂时要求厚薄均匀，经12h 左右干燥后（视温度和湿度而定），方可进行下道工序施工。

②）细部增强处理

对于屋面易产生渗漏的部位，如平屋面的阴阳角、排水口、通气孔的根部等，在施铺防水卷材前，应采用聚氨酯涂膜防水材料或常温自硫化的丁基橡胶胶粘带进行增强处理。

聚氨酯涂膜防水材料的配制，是将聚氨酯甲料和乙料按1 1 5 的比例配合搅拌均匀、备用的。

施涂操作方法，是将配制好的涂膜料均匀涂刷在阴阳角、排水口和通气孔根部四周，涂刷宽度以距中心200mm 以上，厚度以1.5mm 以上为宜。涂刷固化24h 以上，待涂膜坚固后，方可进行下道工序。

用常温自硫化丁基橡胶胶粘带处理的方法是将胶粘带按图1 -18 前裁好，并粘贴在预定的基层上。

③ 基层胶粘剂施涂

涂布基层胶粘剂。胶粘剂为氯丁橡胶系胶粘剂（如404 胶等）。施涂前应用手持电动搅拌器搅拌均匀然后施涂。

施涂操作方法

a. 首先将卷材展开摊铺在平整干净的基层上，用长把滚刷蘸满胶粘剂，均匀涂布在卷材表面上。但沿搭接缝部位宽100mm 处不得涂胶，涂布厚薄要均匀，不得漏涂。涂布胶粘剂后，应静置10 ~20min ，待胶膜干燥到指触基本不粘手时，将卷材用纸筒芯卷好，即可进行铺设。

b. 基层表面涂布胶粘剂，用长把滚刷蘸满胶粘剂，均匀涂布在基层处理剂已基本干燥和洁净的表面上。涂布要均匀，切忌在一处反复涂刷，以免将底胶“咬”起。涂布后，待10 ~20min 干燥后，指触基本不粘手指时，即可铺设卷材。

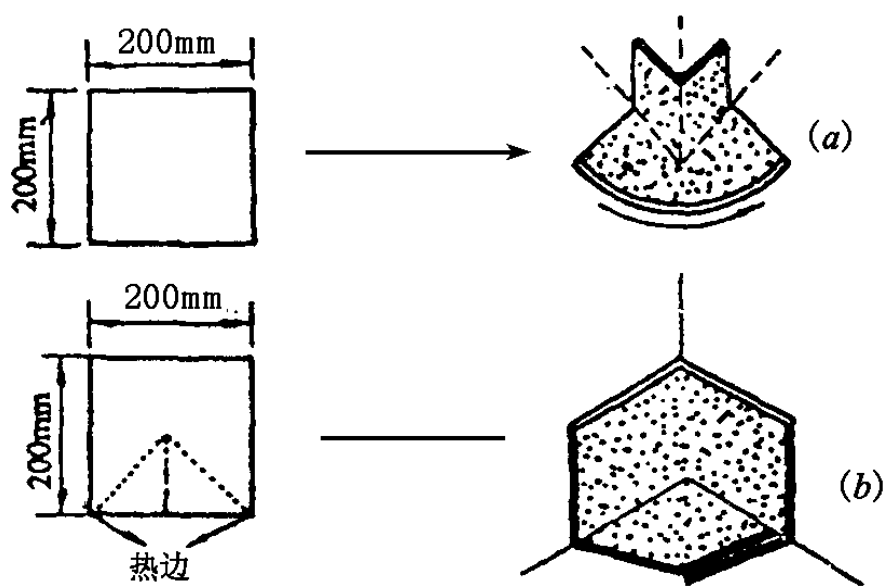


图1 -18 阴阳角采用胶粘带作附加增强层  
(a) 阳角；(b) 阴角

④ 铺设卷材

《屋面防水工程技术规范》（GB50207 -94 ）的规定。

合成高分子防水卷材施工时，基层应干燥。板缝应清理干净，浇缝必须密实。板端

嵌缝密封材料必须粘结牢固、封闭严密；基层处理剂必须涂刷均匀。

采用多组份涂料应按配合比准确计量，搅拌均匀，已配成的多组份涂料应及时使用。

夹铺胎体增强材料时，应严格控制位于胎体下面的涂层厚度，一般不宜小于1mm。

### 施铺卷材的顺序

施铺卷材应按先高后低、先远后近的顺序进行；施铺防水卷材屋面的防水层时，应先施铺排水比较集中的部位（如排水口、据口、天沟等处），按标高由低到高的顺序施铺。

### 卷材的配置

施铺防水卷材应将卷材顺长方向进行配置，使卷材长向与水流向坡度垂直。卷材的搭接要顺水流坡度方向，严禁与水流成逆向配置。

### 卷材的铺贴

卷材的铺贴应根据卷材配置方案，从流水下坡开始，先弹出基准线，将已涂布胶粘剂的卷材圆筒中，插入一根 430 ×1500mm 的铁管，由两人分别手持铁管两端，将卷材的一端粘贴固定在预定部位，再沿基准线铺展卷材。

施铺时，严禁将卷材拉得过紧，更不允许拉伸卷材，也不允许有皱折现象。铺粘时每间隔1m 对准标准线粘贴一下，以此顺序，边对线边铺贴，以使施铺卷材平整顺直。

立面与平面相连部位的卷材，应由平面向立面铺贴，并要使卷材紧贴阴角，严禁出现空鼓现象。

卷材铺展后应及时用干净松软的长把滚刷从卷材的一端开始朝卷材的横方向顺序用力液压一遍，并应认真地排除卷材底下的空气，使卷材铺贴牢固。

滚压。排除空气后，平面部位应用外包橡胶的长300mm、重30 ~40kg 的铁辊滚压一遍，使其粘结牢固，垂直部位（立面）用手压辊滚压粘牢。

### 卷材铺展后接缝的粘贴

a. 卷材的接缝宽度一般为100mm，在搭接缝部位每隔500 ~600mm 处，用氯丁系橡胶胶粘剂涂刷一道，基本干燥后，将搭接部位的卷材翻开，先作临时粘结固定。

b. 粘结剂的配制。用丁基橡胶胶粘剂的A、B 两个组分，按1 : 1 的比例配合搅拌均匀，备用。

c. 接缝粘贴。用油刷均匀地将配合好胶粘剂涂刷在翻开卷材接缝的两个粘结面上，涂胶量以0.5 ~0.8kg/m<sup>2</sup> 为宜。干燥20 ~30min 指感基本不粘时，即可进行粘合。粘合时应从一端开始，一边压合一边驱除空气。粘合后要及时用手持压辊顺序认真地滚压一遍，接缝处不允许有气泡或皱折存在。凡三层重叠处的接缝，都必须填充密封膏进行封闭。

d. 卷材端头收头处理

防水卷材端头收头处理是防水层的关键的环节。为了防止卷材末端收头和搭接缝边缘的剥落或渗漏，在收头部位必须用单组分氯磺化聚乙烯或聚氨酯密封膏封闭严密，并在末端收头处用掺有水泥量20 %107 胶的水泥砂浆进行压缝处理。

保护层涂刷

防水层铺设完经验收合格后，方可进行涂刷着色剂。

a. 涂刷着色剂前，应将防水卷材表面清扫干净做到无粉尘、杂物等，再用长把滚刷均匀涂布银（绿）色的表面着色剂。

b. 则性保护层、作法见前面相关内容。

(五) 质量标准

- 1. 着色剂保护层与卷材粘附必须牢固，覆盖应严密，颜色均匀一致，不得有漏底、脱皮等现象。
- 2. 其他规定与高聚物改性沥青防水卷材相同。

(六) 施工注意事项

- 1. 高分子防水卷材以及辅助材料、基层处理剂、胶粘剂、着色剂均属易燃物质。所以，这些物资的存放和施工均应采取防火措施，严禁接近烟火。同时要配备消防器材。
- 2. 雨天和基层受雨水浸泡后尚未干燥时，严禁施铺防水卷材。
- 3. 施工操作者必须注意防水层保护工作，以免损坏防水层。

第二节 屋面涂膜防水工程施工

一、屋面涂膜防水施工的一般规定

(一) 涂膜防水屋面的适用范围

涂膜防水屋面主要适用于屋面防水等级为 、 级的工业与民用建筑，亦可用作、 级屋面多道防水设防的一道防水层。

按屋面防水等级和设防要求选择防水涂料。对易开裂、渗水的部位，应留同凹槽嵌

填密封材料，并增设一层或一层以上带有胎体增强材料的附加层。

涂膜防水层的基层请参考“卷材防水屋面”基层做法，找平层应设分格缝，缝宽宜为20mm，并留设在板的支承处，间距不宜大于6m，分格缝应嵌填密封材料，转角处应抹成圆弧形，半径不小于50mm。

(二) 防水涂料的特性

1. 防水涂料具有以下共同特点

(1) 防水涂料在施工固化前呈粘稠状液态，不仅能在水平面上施涂，还能在异形复杂的表面上施涂，形成无缝的完整的防水膜。

(2) 防水涂料施涂操作简单，可改善劳动条件。形成的防水膜涂层自重小，适用于轻型屋面等防水。

(3) 形成的防水膜具有较好的延伸性、耐水性和耐候性。

(4) 涂布的防水涂料，既是防水层的主体材料，又是粘结剂，特别对于治理渗漏是一种良好的防水材料。

(5) 防水涂料的施涂采用刷子、刮板等逐层涂刷或涂刮，故难以控制涂膜的厚度。所以，必须认真了解涂料的性质、特点和使用方法，以提高施涂工艺、保证工程质量。

2. 按防水涂料类型与材质个性根据涂料的液态类型，可分为溶剂型、水乳型和反应型三大类，其性能分述如下。

(1) 溶剂型

这类涂料的成膜主体物质为溶解于有机溶剂中的高分子材料，这些高分子物质以分子状态存在于溶液中。

特性

这类涂料通过溶剂的挥发，经过高分子的物质分子键的接触和搭接过程而结膜。

由于溶剂为有机物，易挥发，涂料干燥快，结膜薄而致密。

由于溶剂挥发性强，所以，这类涂料易燃、易爆、有毒。为此，在施涂、运输和贮存过程中，要注意安全。特别要注意环境的污染。

(2) 水乳型

这类涂料成膜的物质高分子材料以极微小的颗粒（不是呈分子状态）稳定悬浮（而不是溶解）在水中。

特性

通过溶液中的水分蒸发，经过固定微粒接触，变形等过程而结膜。

这类涂料成膜的致密性比溶剂型涂料低，一般不宜在5℃以下的条件施涂。

可在稍为潮湿的基层上施涂。

这类涂料为无毒、不燃，使用比较安全；操作简便，不污染环境。

### ③）反应型

这类涂料中主要成膜物质高分子材料以预聚物液态形式存在，以双组分或单组分构成涂料，不含溶剂。

#### 特性

通过液态的高分子预聚物与相应物质发生化学反应，由液态变成固态物（结膜）。

一次结成较厚的涂膜，无收缩，涂膜致密性好。

双组份涂料在现场配料必须准确，搅拌均匀，才能确保施涂质量。

### （三）涂料品种选择应遵守的规定

1．根据当地历年最高、最低气温、屋面坡度，使用条件等因素，应选择耐热度、低温柔性相适应的涂料；

2．根据地基变形程度、结构形式、当地温度、日温差和震动等因素，应选择延伸性能相适应的涂料；

3．根据屋面防水涂膜的暴露程度，应选择耐紫外线、热老化保持率相适应的涂料。

涂膜防水层的厚度：沥青基防水涂膜在Ⅲ级屋面上单独使用时不应小于8mm，在Ⅱ级屋面上或复合使用时不宜小于4mm；高聚物改性沥青防水涂膜不应小于3mm，在Ⅲ级屋面上复合使用时，不宜小于1.5mm；合成高分子防水涂膜不应小于2mm，在Ⅲ级屋面上复合使用时，不宜小于1mm。

当屋面结构采用装配式混凝土板时，板端缝应进行柔性密封处理，非保温屋面的板缝上应预留凹槽，并嵌填密封材料；在找平层分格缝增设带胎体增强材料的空铺附加层，其宽度以200~300mm为宜。

防水涂膜应分层分遍涂布，待先涂的涂层干燥成膜后，方可涂布后一遍涂料，需铺设胎体增强材料时屋面坡度小于15%可平行屋脊铺设；屋面坡度大于15%应垂直于屋脊铺设，并由屋面最低处向上操作。胎体长边搭接宽度不得小于50mm，短边搭接宽度不得小于70mm，采用二层胎体增强材料时，上下层不得互相垂直铺设，搭接缝应错开，其间距不应小于1/3幅宽。

天沟、檐沟、檐口、泛水等部位，均应加铺有胎体增强材料的附加层。水落口周围与屋面交接处，应作密封处理，并加铺两层有胎体增强材料的附加层。涂膜伸入水落口的深度不得小于50mm。

涂膜防水层的收头应用防水涂料多遍涂刷或用密封材料封严，在涂膜实干前，不得在防水层上进行其它施工作业，涂膜防水屋面上不得直接堆放物品。



(四) 防水涂料施涂应遵守的规定

- 1．防水涂料涂膜防水层的基层（结构层、保温层、找平层）均应符合相关规定，经验收合格后方可进行施涂。
- 2．涂膜防水的天沟、檐口、女儿墙、变形缝、泛水、落水口及其突出屋面结构物等细部处理，均应增设有胎体增强材料的附加层，水落口周围与屋面交接处，应用嵌缝防水密封油膏做密封处理，并应加铺两层附加层。
- 3．涂膜防水层应分层施涂，待底层干燥成膜后，方可进行下一道涂刷防水涂料。两层之间应洁净、干燥，防止涂膜分层或脱皮。
- 4．铺设防水层胎体增强材料，及其铺设方法，见相关条有关要求。
- 5．涂膜防水层收头部位，应保证与基层粘结牢固，且宜多遍涂刷或用密封材料封严。
- 6．涂膜防水层厚度，应符合表1 -17 的规定。

表1 -17 涂膜防水层厚度

涂膜防水层类别	防水层厚度 (mm )	
	单 独	复 合
高聚物改性沥青防水涂料	不应小于3	不应小于1.5
合成高分子涂料	不应小于2	不应小于1

二、屋面涂膜防水工程材料要求

(一) 沥青基防水涂料

沥青基防水涂料的质量应符合表1 -18 的要求。

表1 -18 沥青基防水涂料质量要求

项 目		质 量 要 求
固体含量不小于 %		50
耐热度80 5h		不流淌起泡和滑动
柔性10 ±1		4mm 厚，绕 20mm 圆棒，无裂纹、断裂
不透	压力不小于 MPa	0.1
水性	保持时间不小于 min	30 不渗透
延伸性20 ±2 拉伸不小于 mm		4.0

(二) 高聚物改性沥青防水涂料

高聚物改性沥青防水涂料质量应符合表1 - 19 的要求。

表1 -19 高聚物改性沥青防水涂料质量要求

项 目		质 量 要 求
固体含量不小于 %		43
耐热度80 5h		无流淌、起泡和滑动
柔性 -10		3mm 厚、绕 20mm 圆棒，无裂纹、断裂
不透水性	压力不小于 MPa	0 .1
	保持时间不小于 min	30 不渗透
延伸20 ±2 拉伸不小于 mm		4 5

(三) 合成高分子防水涂料

合成高分子防水涂为的质量应符合表1 -20 的要求。

表1 -20 合成高分子防水涂料质量要求

项 目	质 量 要 求	
固体含量不小于 %	94	65
拉伸强度不小于 MPa	1 .65	0 .5
断裂延伸率不小于 %	300	400
柔性	-30 弯折无裂纹	-20 弯折无裂纹
不透压力不小于 MPa	0 .3	0 .3
水性保持时间不小于 min	30 不渗透	30 不渗透

(四) 胎体增强材料

胎体增强材料的质量应符合表1 -21 的要求。

表1 -21 胎体增强材料质量要求

项 目		质 量 要 求		
外观		均匀、无团状、平整无折皱		
拉力不小于 N /50mm	纵向	150	45	90
	横向	100	35	50
延伸率不小于%	纵向	10	20	3
	横向	20	25	3

三、屋面涂膜防水工程细部构造

(一) 天沟、檐沟的涂膜防水层

天沟、檐沟与屋面交接处的附加层宜空铺，空铺的宽度为200 ~300mm（图1 -19）。屋面设有保温层时，天沟、檐沟处宜铺设保温层。檐口处涂膜防水层的收头，应用防水涂料多遍涂刷或密封材料封严（图1 -20）。

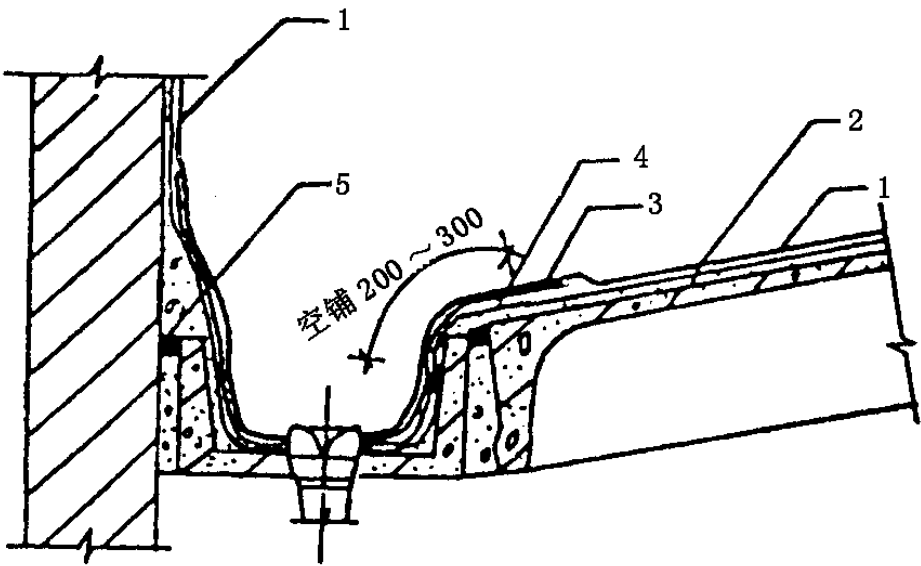


图1 -19 天沟、檐沟构造

1．涂膜防水层 ;2．找平层 ;3．有胎体增强材料的加层 ;4．空铺附加层 ;5．密封材料

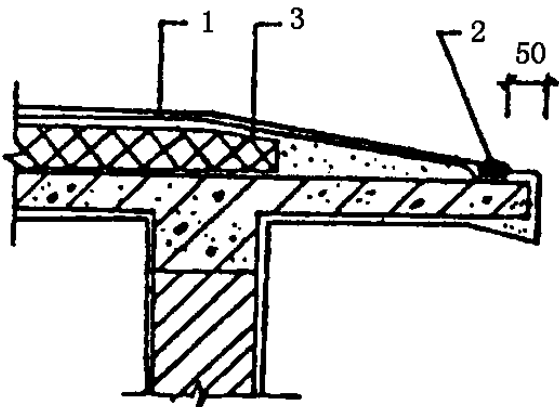


图1 -20 檐口构造

1．涂膜或密封材料防水层 ;  
2．密封材料 ;3．保温层

(二) 泛水处的涂膜防水层

泛水处的涂膜宜直接涂刷至女儿墙的压顶下，收头处理应用防水涂料多遍涂刷封严，压顶应做防水处理（图1 -21 ）。

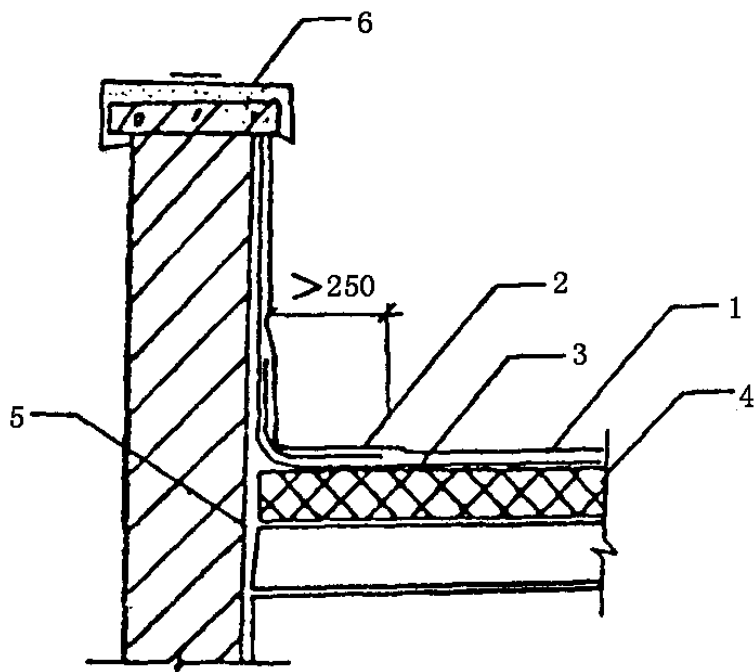


图1 -21 泛水构造

- 1 . 涂膜防水层 ;2 . 有胎增强材料的附加层 ;
- 3 . 找平层 4 . 保温层 5 . 密封材料 6 . 防水处理

(三) 变形缝的涂膜防水层

变形缝内应嵌填泡沫塑料或沥青油麻丝，其上放衬垫材料，并用卷材封盖，顶部应加扣混凝土盖板或金属盖板（图1 -22 ）。

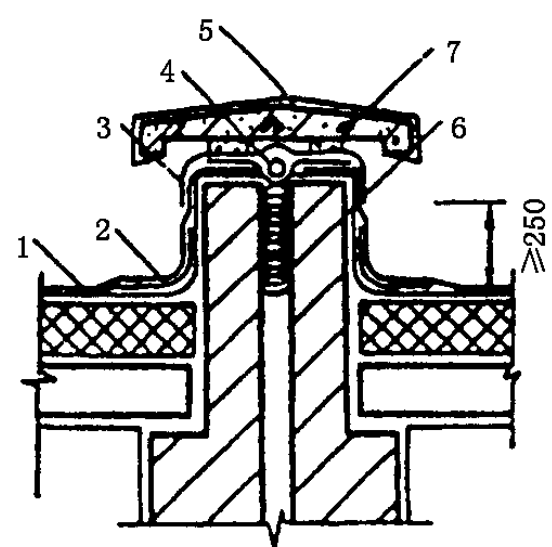


图0

图1 -22 变形缝构造

- 1 . 涂膜防水层 ;2 . 有胎体增强材料的附加层 ;3 . 卷材封盖 ;
- 4 . 衬垫材料 ;5 . 混凝土盖板 ;6 . 沥青麻丝 ;7 . 水泥砂浆

### 四、涂膜防水工程施工工艺

#### (一) 屋面的板缝处理

沥青基防水涂膜施工，应在屋面基层表干后方可进行涂膜施工操作。

屋面的板缝处理应遵守下列规定：

1. 板缝应清理干净，细石混凝土应浇捣密实，板端缝中嵌填的密封材料应粘结牢固，封闭严密；
2. 抹找平层时，分格缝应与板端缝对齐，均匀顺直，并嵌填密封材料；
3. 涂层施工时，板端部位空铺的附加层，每边距板缝边缘不得小于80mm。

#### (二) 沥青基防水涂膜

沥青基防水涂膜施工应遵守下列规定：

1. 基层处理剂应涂刷均匀，覆盖完全，干燥后方可进行涂膜施工；
2. 防水涂膜应由两层以上涂层组成。其总厚度必须达到设计要求和本节中“一般规定”中的要求；
3. 涂层应厚薄均匀，表面平整；
4. 涂层中夹铺胎体增强材料时，宜边涂边铺胎体；胎体应刮平并排除气泡，胎体与涂料应粘合良好。在胎体上涂布涂料时，应使涂料浸透胎体，覆盖完全。不得有胎体外露现象；
5. 施工顺序应先作节点、附加层，然后再进行大面积涂布；
6. 屋面转角及立面的涂层，应薄涂多遍，不得有流淌堆积现象；
7. 当用细砂、云母或蛭石等撒布材料作保护层，应筛去粉料。在涂刮最后一遍涂料时，边涂边撒布均匀，不得露底。涂料干燥后，将多余的撒布材料清除。

#### (三) 高聚物改性沥青防水涂膜施工

采用溶形涂料时，基层应干燥，屋面基层的干燥程度、视所用涂料特性而定。（屋面板缝处理参考沥青基板缝处理方法），基层处理剂应充分搅拌，涂刷均匀，覆盖完全，干燥后方可进行涂膜施工。大面积施工前先作节点、附加层，然后最上层涂层的涂刷不应少于两遍，厚度不应小于1mm。保护层按沥青基防水涂膜做法施工。

#### (四) 防水涂料施工的质量标准

1. 防水涂料质量，应符合国家现行技术标准和施工规范的有关的规定。

(1) 《聚氨酯防水涂料》(JC 500 -92) 和 《聚氯乙烯防水涂料》(DB21 /T -695 -93) 的相关规定。

(2) 《屋面工程技术规范》(GB50207 -94) 的规定。

2. 沥青基防水涂料的质量应符合表1 -22 的要求。

表1 -22 沥青基防水涂料质量要求

项 目		质 量 要 求
固体含量		50 %
耐热度 (80 ,5h)		无流淌、起泡和滑动
柔性 (10 ±1 )		4mm 厚 , 绕 20mm 圆棒无裂纹、断裂
不透 水性	压力	0 .1MPa
	保持时间	30min 不渗透
延伸 (20 ±2 拉伸)		4 .0mm

3. 高聚物改性沥青防水涂料的质量应符合表1 -23 的要求。

表1 -23 高聚物改性沥青基防水涂料质量要求

项目		质量要求
固体含量		43 %
耐热度 (80 ,5h)		无流淌、起泡和滑动
柔性 ( -10 )		3mm 厚 , 绕 20mm 圆棒无裂纹、断裂
不透水性	压 力	0 .1MPa
	保持时间	30min 不渗透
延伸 (20 ±2 拉伸)		4 .5mm

4. 合成高分子防水涂料的质量应符合表1 -24 的要求。

表1 -24 合成高分子防水涂料质量要求

项 目		质量要求	
固体含量		94 %	6 %
拉伸强度		1 .6MPa	0 .5bnPa
断裂延伸率		300 %	400 %
柔性		—30 弯折无裂纹	—20 弯折无裂纹
不透水性	压力	0 .3MPa	0 .3MPa
	保持时间	30ndn 不渗透	30min 不渗透

注： 类为反应固化型， 类为挥发固化型

5．胎体增强材料的质量应符合表1 -25 的要求。

表1 -25 胎体增强材料质量要求

项 目		质量要求		
外观		均匀、无团状，平整无折皱		
拉力（宽50mm）	纵 向	150N	45N	90N
	横 向	100N	35N	50N
延伸率	纵 向	10 %	20 %	3 %
	横 向	20 %	25 %	3 %

注： 类为聚酯无纺布， 类为化纤无纺布， 类为玻纤网布。

### 第三节 屋面刚性防水工程施工过程控制

#### 一、屋面刚性防水工程细部构造

刚性防水屋面主要适用于屋面防水等级为 级的工业与民用建筑，也可用作 、 级屋面多道防水设防中的一道防水层，不适用于设有松散材料保温层的屋面以及受较大

震动或冲击的建筑。

应根据屋面防水设防要求、地区条件和建筑结构特点选择不同的刚性防水做法，刚性防水屋面的结构层宜为整体现浇的钢筋混凝土，当屋面结构层采用装配式钢筋混凝土板时，应用强度等级不小于C20 的细石混凝土灌缝，灌缝的细石混凝土宜掺微膨胀剂，当屋面板板缝宽度大于40mm 或上窄下宽时，板缝内必须设置构造钢筋，板端缝应进行密封处理。刚性防水层应设置分格缝，分格缝纵横间距不宜大于6m，分格缝内必须嵌填密封材料。

刚性防水层与山墙、女儿墙以及突出屋面结构的交接处均应做柔性密封处理，细石混凝土防水层与基层间宜设置隔离层，隔离层可采用纸筋、麻刀灰、低标号砂浆、干铺卷材等材料。防水层的细石混凝土宜掺膨胀剂、减水剂、防水剂等外加剂，并必须用机械搅拌、机械振捣、天沟、檐沟应用水泥砂浆找坡，找坡厚度大于20mm 时，宜采用细石混凝土，刚性防水层内严禁埋设管线。

块体刚性防水层应用1 3 水泥砂浆铺砌，块体之间的缝宽应为12 ~15mm，座浆厚度不应小于25mm，面层应用1 :2 水泥砂浆，厚度不应小于12mm，水泥砂浆中必须掺入防水剂。

（一）普通细石混凝土

普通细石混凝土和补偿收缩混凝土防水层的分格缝宽度宜为20 ~40mm，分格缝中嵌填密封材料，上部铺贴防水卷材（图1 -23、图1 -24）。细石混凝土防水层与天沟、檐沟的交接处应留凹槽，并密封材料封严（1 -25）。

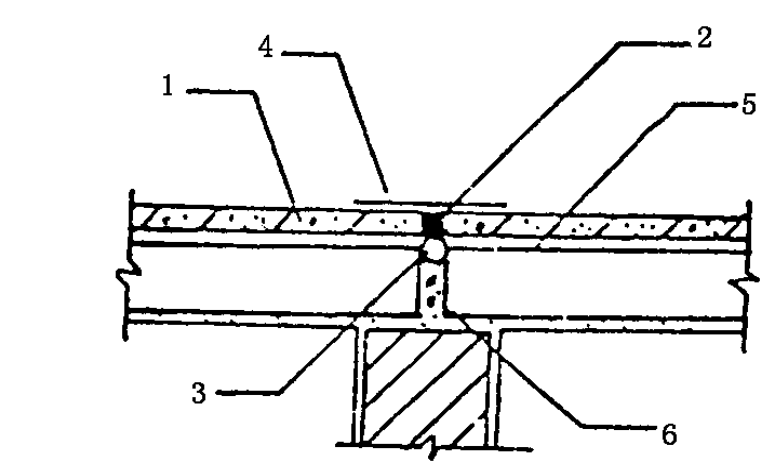


图0

图1 -23 分格缝构造（一）

- 1 . 刚性防水层 ;2 . 密封材料 ;  
4 . 防水卷材 ;5 . 隔离层 ;6 . 细石混凝土

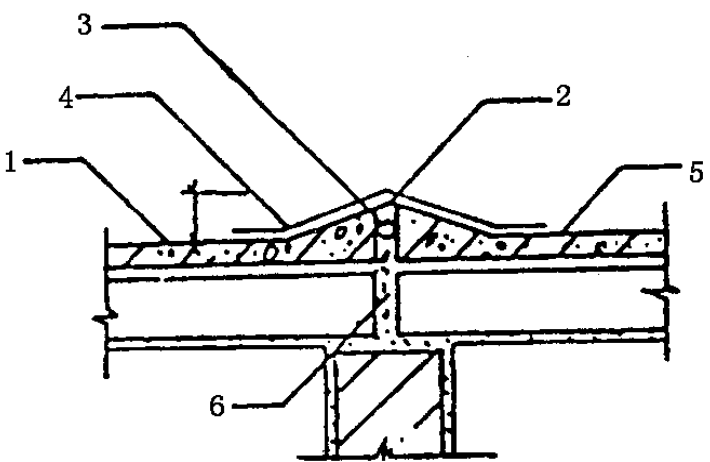


图1 -24 分格缝构造（二）

- 1 . 刚性防水层 ;2 . 密封材料 ;3 . 衬垫材料 ;  
4 . 防水卷材 ;5 . 隔离层 ;6 . 细石混凝土

刚性防水层与山墙、女儿墙交接处应留设定30mm 的缝隙，并用密封材料嵌填；泛



水处应铺设卷材或涂膜附加层（图1 -26）。

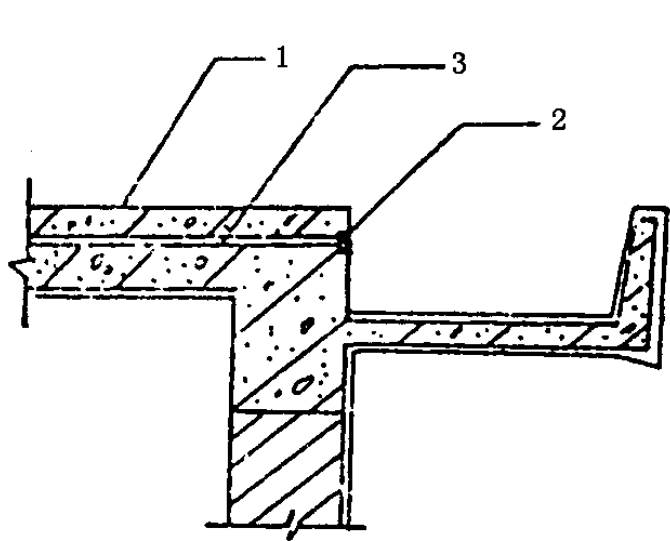


图0

图1 -25 檐沟构造

1. 细石混凝土防水层 ;2. 密封材料 ;3. 隔离层

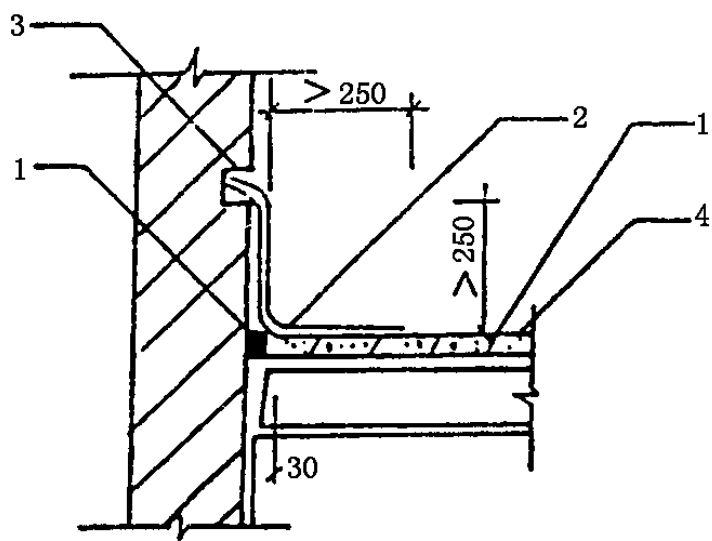


图1 -26 泛水构造

1. 刚性防水层 ;2. 防水卷材或涂膜 ;  
3. 密封材料 ;4. 隔离层

(二) 泛水构造

收头做法参考“卷材泛水收头”施工方法，刚性防水层与变形缝两侧墙体交接处应留设宽30mm 的缝隙，用密封材料嵌填；泛水处应铺设卷材或涂膜附加层；变形缝中应填充泡沫塑料或沥青麻丝，其上填放衬垫材料，并用卷材封盖，顶部加扣混凝土或金属盖板（图1 -27）。

伸出屋面管道与刚性防水层交接处应留设缝隙，用密封材料嵌填，并加设柔性防水附加层，收头处应固定密封（图1 -28）。

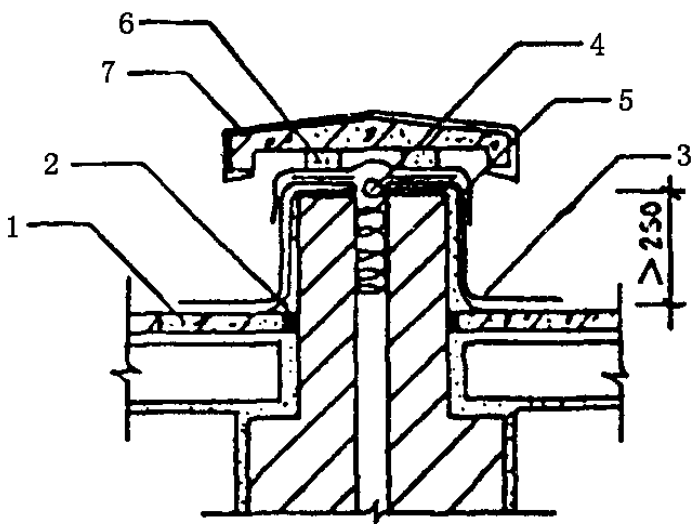


图0

图1 -27 变形缝构造

1. 刚性防水层 ;2. 密封材料 ;3. 防水卷材 ;  
4. 衬垫材料 ;5. 沥青麻丝 ;6. 水泥砂浆 ;  
7. 混凝土盖板

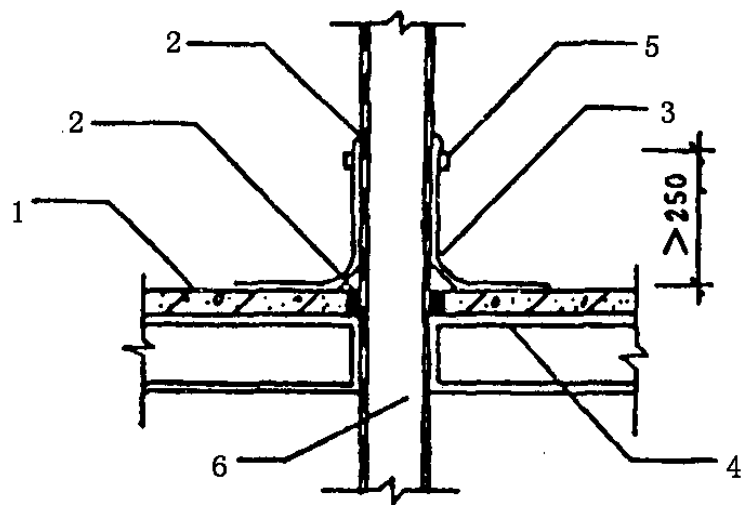


图1 -28 伸出屋面管道防水构造

1. 刚性防水层 ;2. 密封材料 ;  
3. 卷材（涂膜）防水层 ;4. 隔离层 ;  
5. 金属箍 ;6. 管道

水落口参照“卷材防水水落口防水构造有关规定。”

## 二、普通细石混凝土和块体刚性防水施工过程控制

### （一）普通细石混凝土防水施工

混凝土水灰比不应大于0.55，每立方米混凝土水泥最小用量不应小于330kg，含砂率宜为35%~40%，灰砂比应为1.2~2.5。细石混凝土防水层中的钢筋网片，施工时应放置在混凝土内的上部。

分格缝截面宜做成上宽下窄，分格条安装位置应准确，起条时不得损坏分格缝处的混凝土。分格应设置在屋架或承重墙上，横向分格缝间距为3~6m，纵向间距6m，分格缝应与板缝对应，分缝间的面积以20m<sup>2</sup>为宜。分格缝嵌缝处理见（图1-29）（图1-30）处理方法。

普通细石混凝土中掺入减水剂或防水剂时，应准确计量投料顺序得当，搅拌均匀。

混凝土搅拌时间不应少于2min。混凝土运输过程中应防止漏浆和离析。每个分格板块的混凝土必须一次浇筑完成，严禁留施工缝；抹压时严禁在表面洒水、加水泥浆或撒于水泥。混凝土收水后应进行二次压光。

混凝土浇筑12~24h后即应进行养护，养护时间不应少于14d，养护初期屋面不得上人。

防水层的节点施工应符合设计要求。预留孔洞预埋件位置应准确，安装管件后，四周应按设计要求嵌填密实。

### （二）块体刚性防水施工

水泥砂浆中防水剂的掺量必须准确，并用机械搅拌均匀，随拌随用。铺抹底层水泥砂浆防水层时应均匀连续，不得留施工缝。

当块材为粘土砖时，铺砌前应浸水湿透，铺砌宜连续进行，缝内挤浆高度宜为1/2~2/3块材厚；铺砌必须间断时，块材侧面的残浆应清理干净；粘土砖铺砌形成应为直行平砌，并与板缝垂直，严禁人字形铺设。

块体铺设后，在铺砌砂浆终凝前严禁上人踩踏。面层施工时，块材之间的缝隙应用水泥砂浆灌满填实，面层水泥砂浆应二次压光，做到抹平压实。

面层施工完成后12~24h即可进行养护，养护时间不少于7d，养护初期屋面不得上人。防水层的节点应符合设计要求，预留孔洞和预埋件位置应准确，安装管件后，四周应按设计要求嵌填密实。

## 第二章 地下防水工程

目前，地下工程的防水方案主要有以下三类：(1) 采用防水混凝土结构，用调整混凝土配合比或掺外加剂等方法，来提高混凝土本身的密实性和抗渗性，使之成为具有一定防水能力（能满足地下工程的防水等级要求）的整体式混凝土或钢筋混凝土结构，同时它还能承重；(2) 在地下结构物表面另加防水层，使地下水与结构物隔离，以达到防水的目的。常用的防水层有水泥砂浆防水层、卷材防水层、沥青胶结材料防水层、涂料防水层、金属防水层等；(3) 排水方案，即采用渗排水、盲沟排水等措施，把地下水排走，以达到防水的目的。为了增加防水效果，达到规定的防水等级标准，必要时可采用多道防水的方案，如在防水混凝土结构上加贴卷材防水层（或沥青胶结材料防水层）形成两道防水的方案；也可采用防水加排水两种措施，即“防排结合”方案。

地下防水工程的防水混凝土结构、各种防水层及渗排水和盲沟排水均应在地基或结构验收合格后施工。

地下防水工程施工期间，应继续做好排除地面水和降低地下水位工作，以保持基坑内土体干燥，具有良好的施工条件。否则，不但影响施工质量，而且还会引起基坑塌方事故。防水工程施工期间，地下水位应降低至防水工程底部最低标高以下，不小于300毫米，直至防水工作全部完成为止。基坑周围的地面水必须排除或控制，不得流入基坑。基坑中不应积水，如有积水，应予排除，严禁带水或带泥浆进行防水工程施工。排水时应避免基土流失。

地下防水层需有管道、设备或预埋件穿过时，应在穿过处做好防水处理。地下防水层施工完成后，应避免再在其上凿眼打洞。

### 第一节 混凝土结构防水工程施工

防水混凝土结构是指本身具有一定防水能力的整体式混凝土或钢筋混凝土承重结构，应采用普通防水混凝土或掺外加剂的防水混凝土。防水混凝土在侵蚀性介质中使用时，其耐蚀系数不应小于0.8。

## 一、材料要求

1. 水泥：标号不宜低于32.5MPa。在不受侵蚀性介质和冻融作用时，宜采用普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥。如掺入外加剂，亦可采用矿渣硅酸盐水泥。如受侵蚀性介质作用时，应按设计要求选用水泥。

在受冻融作用时，应优先选用普通硅酸盐水泥，不宜采用火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥。

2. 砂、石：混凝土所用的砂、石技术指标除应符合《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》(JGJ52-79)和《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》(JGJ53-79)的规定外，尚应符合下列规定：石子最大粒径不宜大于40毫米，所含泥土不得呈块状或包裹石子表面，吸水率不大于1.5%。

3. 水：不含有害物质的洁净水。

4. 外加剂：应根据具体情况采用减水剂、加气剂、防水剂及膨胀剂等。

## 二、防水混凝土的配合比

防水混凝土的配合比应通过试验选定。选定配合比时，应按设计要求的抗渗标号提高0.2MPa。其它各项技术指标应符合下列规定：

- 1. 每立方米的水泥用量（包括粉细料在内）不少于320kg；
- 2. 含砂率以35%~40%为宜，灰砂比应为1:2~1:2.5；
- 3. 水灰比不大于0.6；
- 4. 坍落度不大于5cm，如掺用外加剂或采用泵送混凝土时，不受此限；
- 5. 掺用引气型外加剂的防水混凝土，其含气量应控制在3%~5%。

## 三、防水混凝土的施工

由于防水混凝土结构处在地下或水下这一复杂环境，长期承受地下水的作用，所以对防水混凝土结构除精心设计、合理选材和选好防水混凝土配合比外，关键还在精心施工，确保防水混凝土的施工质量。施工过程中混凝土的拌制、运输、浇筑以及养护等都直接影响着防水混凝土工程的质量。必须遵照国家标准《地下防水工程施工及验收规范》(GBJ208-83)的规定，严格把好施工中每一环节的质量关，使大面积防水混凝土以及每一细部节点处均不渗不漏，达到要求的防水等级标准。

防水混凝土所用的模板，除满足一般要求外，应特别注意模板拼缝严密，支撑牢

固。一般不宜用螺栓或铁丝贯穿混凝土墙固定模板，以防止由于螺栓或铁丝贯穿混凝土墙而引起渗漏水。当墙较高需用螺栓贯穿混凝土墙固定模板时，应采取止水措施。一般可采用螺栓加焊止水环、套管加焊止水环和螺栓加堵头的方法，如图2 -1 所示。

为了有效地保护钢筋和阻止钢筋的引水作用，迎水面防水混凝土的钢筋保护层厚度不得小于30mm。底板钢筋不得接触混凝土垫层。结构内部的各种钢筋以及绑扎铁丝，均不得接触模板。

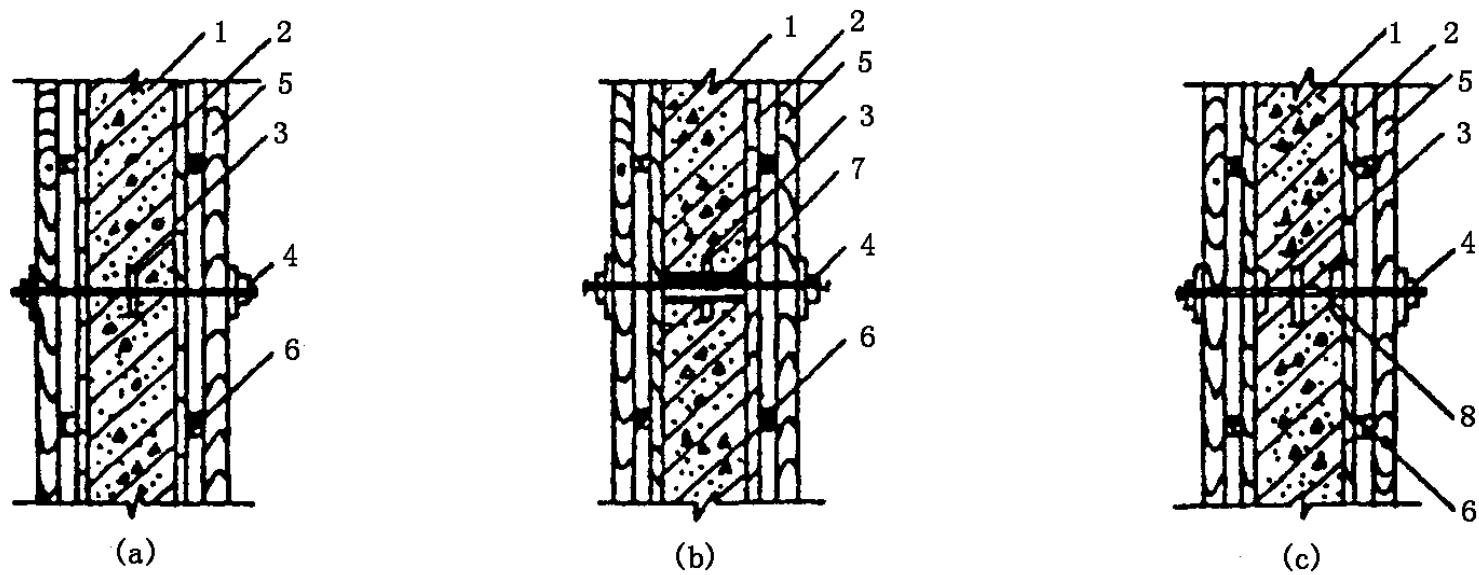


图2 -1 螺栓穿墙止水措施

(a) 螺栓加焊止水环 (b) 套管加焊止水环 (c) 螺栓加堵头

1. 防水建筑 ;2. 模板 ;3. 止水环 ;4. 螺栓 ;5. 水平加劲肋 ;6. 垂直加劲肋7. 预埋套管 (拆模后将螺栓拔出，套管内用膨胀水泥砂浆封堵) 8. 堵头 (拆模后将螺栓沿平凹坑底割去，再用膨胀水泥砂浆封堵)

为了增加混凝土的均匀性，防水混凝土应用机械搅拌，搅拌时间不应少于2 分钟。掺外加剂的防水混凝土应根据外加剂的技术要求选用搅拌时间，如加气剂防水混凝土的搅拌时间应为2 ~3 分钟。防水混凝土在运输、浇筑过程中，应防止漏浆和离析。浇筑时应严格做到分层连续进行，每层厚度不宜超过300 ~400mm，两层浇筑的时间间隔一般不超过2 小时。防水混凝土应用机械振捣密实。

施工缝是防水混凝土结构容易发生渗漏的薄弱部位，底板混凝土应连续浇筑，不得留施工缝。墙体一般只允许留水平施工缝，其位置不应留在剪力与弯矩最大处或底板与侧壁交接处，一般直留在高出底板上表面不不于200mm 的墙身上。墙体设有孔洞时，施工缝距孔洞边缘不宜小于300mm。如必须留垂直施工缝时，应留结构的变形缝处。施工缝接缝形式有：凸缝、高低缝和钢板止水板等 (图2 -2)。在施工缝上继续浇筑混凝土前，应将施工缝处的混凝土表面凿毛，清除浮粒和杂物，用水冲洗干净，保持湿润，再铺上一层厚20 ~25mm 的水泥砂浆，水泥砂浆所用的材料和灰砂比应与防水混凝土的材料和灰砂比相同，施工缝上下两层混凝土浇筑间隔时间不能太长，以免接缝处新旧混凝土收缩值相差过大而产生裂缝。

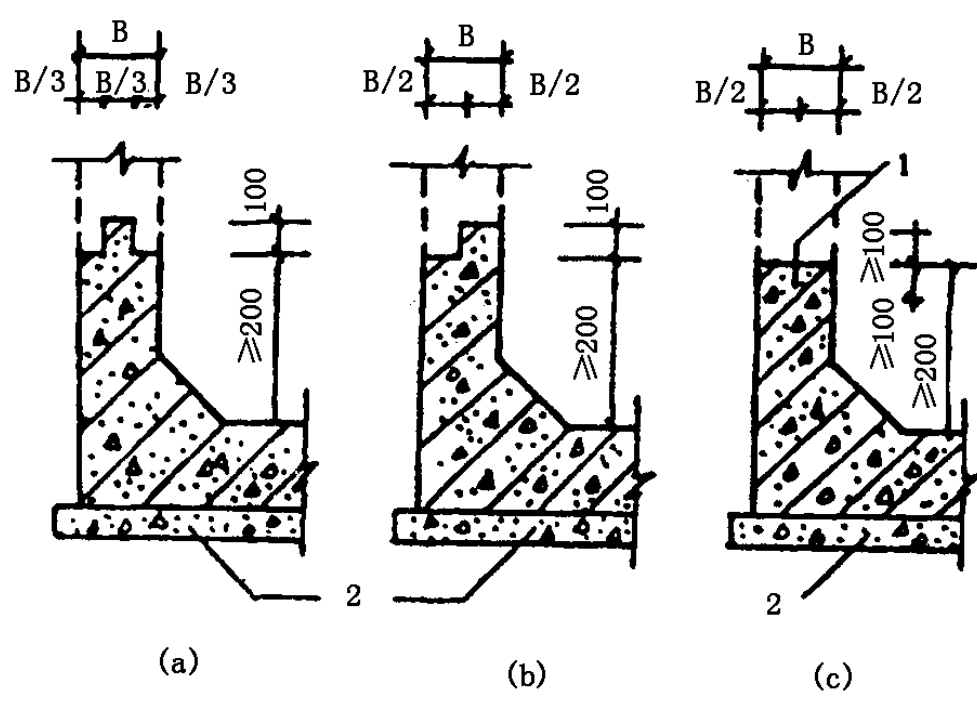


图2 -2 施工缝接缝形式

(a) 凸缝 (b) 高低缝 (c) 钢板止水板

1. 钢板止水板 ;2. 底板

在防水混凝土结构中有密集管群穿过处、预埋件或钢筋稠密处，浇筑混凝土有困难时，应采用相同抗渗标号的细石混凝土浇筑。预埋大管径的套管或面积较大的金属板时，应在其底部开设浇筑振捣孔，以利排气、浇筑和振捣。防水混凝土结构中的预埋铁件、穿墙管道等部位，均为可能导致渗漏水的薄弱之处，均应采取防水处理措施。预埋件的防水作法见图2 -3，穿墙管道防水处理作法见图2 -4。固定设备用的锚栓等预埋件，应在浇筑混凝土前埋入。防水混凝土浇筑后严禁打洞。如必须在混凝土中预留锚孔时，预留孔底部须保留至少150mm 厚的混凝土。当预留孔底部的厚度小于150mm 时，应采取局部加厚措施，见图2 -5。

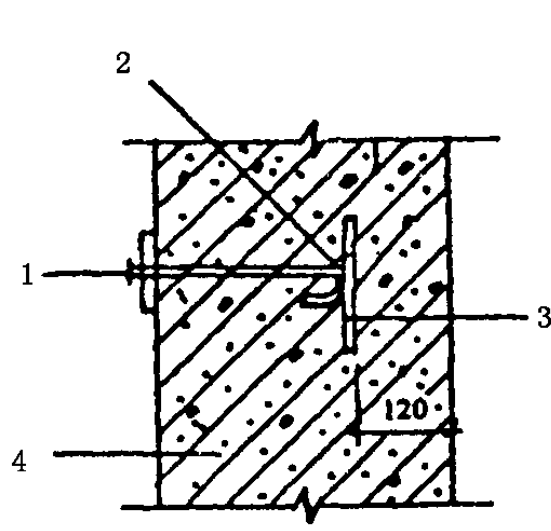


图2 -3 预埋件防水处理

1. 预埋螺栓 ;2. 焊缝  
3. 止水钢板 ;4. 防水混凝土结构

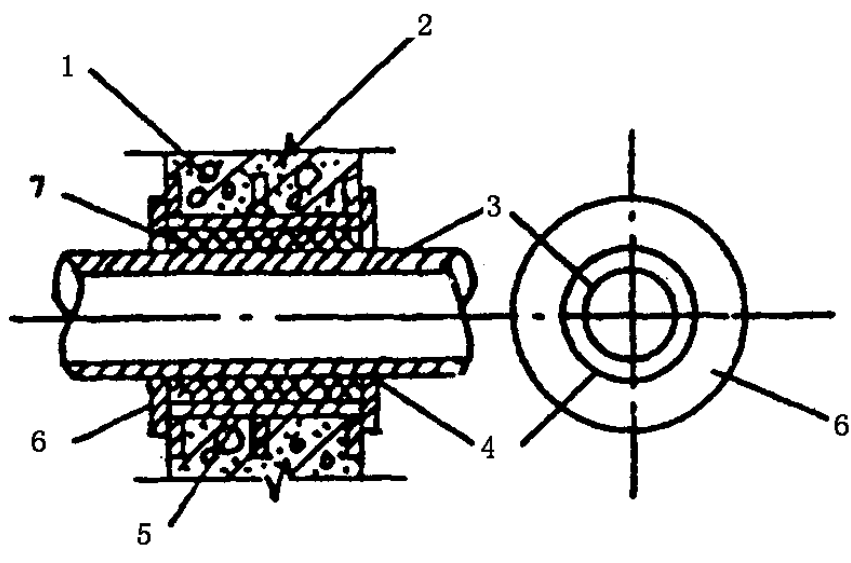


图2 -4 穿墙管道防水处理

1. 防水结构 ;2. 止水环 ;3. 管道 ;4. 焊缝  
5. 预埋套管 ;6. 封口钢板 ;7. 沥青玛帝脂

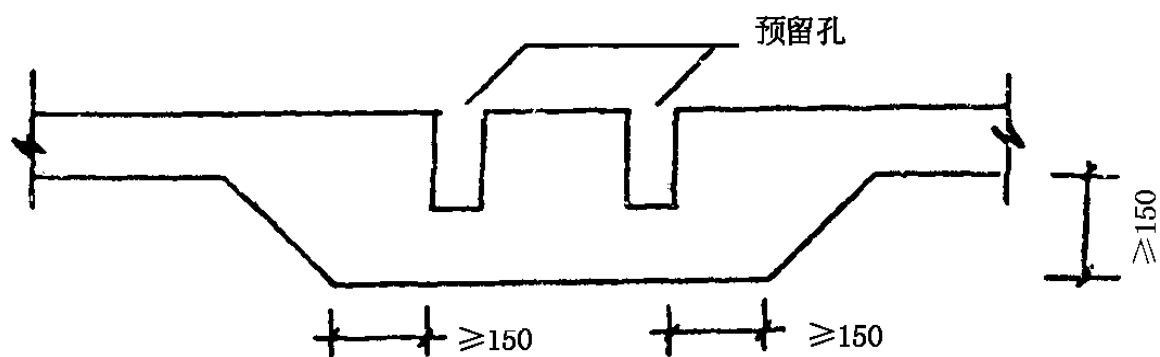


图2 -5 混凝土局部加厚

防水混凝土的养护条件对其抗渗性有重要影响，因为防水混凝土中胶合材料用量较多，收缩性大，如养护不良，易使混凝土表面产生裂缝而导致抗渗能力降低。因此，在常温下，防水混凝土终凝后（一般浇后4 ~6 小时），就应在其表面覆盖草袋并经常浇水养护，保持湿润，以防止混凝土表面水分急剧蒸发，致使混凝土表面产生干裂，失去防水能力。防水混凝土的养护时间不得少于14 昼夜。

防水混凝土结构拆模时，必须注意结构表面与周围气温的温差不应过大（不得超过15 ），否则会由于混凝土结构表面局部产生温度应力而出现裂缝，影响混凝土的抗渗性。拆模后应及时进行回填土，以避免因于缩和温差产生裂缝，有利于混凝土后期强度的增长与抗渗性提高。

防水混凝土冬期施工，宜采用暖棚法，并应符合国家标准《钢筋混凝土工程施工及验收规范》（GBJ204 -83）第七章冬期施工的有关规定。防水混凝土不宜采用电热法养护。采用蒸汽养护时，不宜直接向混凝土喷射蒸汽，但应保持混凝土结构有一定的湿度，防止混凝土早期脱水，并应采取措施排除冷凝水和防止结冰。

## 第二节 地下水泥砂浆防水层施工

水泥砂浆防水层分为掺外加剂的水泥砂浆防水层和刚性多层作法防水层两种，适用于地下砖石结构的防水层及防水混凝土结构的加强层。两种水泥砂浆防水层构造做法如图2 -6 。常用外加剂有氧化铁防水剂、膨胀剂与减水剂等。

### 一、材料要求

水泥砂浆防水层所用的材料应符合下列规定：

- 1．水泥：宜采用普通硅酸盐水泥或膨胀水泥，亦可采用矿渣硅酸盐水泥，在受侵

- 蚀性介质作用时，水泥砂浆防水层所用的水泥应按设计要求选用；
- 2．外加剂：宜采用氯化物金属盐类防水剂、膨胀剂或减水剂；
  - 3．砂：应符合《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》（JGJ52 -79）的规定；
  - 4．水：不含有害物质的洁净水。

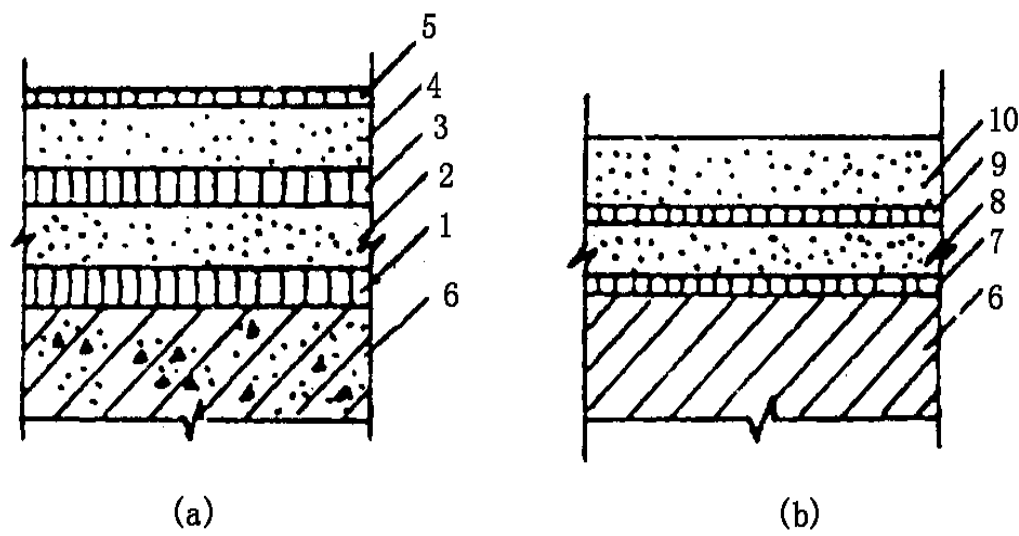


图2 -6 水泥砂浆防水层构造做法

(a) 刚性多层做法防水层 (b) 氯化铁防水砂浆防水层构造

1、3．素灰层 ;2、4．水泥砂浆层 ;5、7、9 水泥浆  
6．结构基层 ;8．防水砂浆垫层 ;10．防水砂浆面层

水泥砂浆和水泥浆的配合比应根据防水要求、原材料性能和施工方法确定，施工时必须严格掌握，可按表2 -1 选用。

表2 -1 配合比表

序号	名称	配 合 比		水灰比	稠度 (cm )	备 注
		水 泥	砂			
1	水泥浆	按工程需要定量	-	0.37 ~0.40	-	
2	水泥浆	按工程需要定量	-	0.55 ~0.60	-	
3	水泥砂浆	1	2.5	0.60 ~0.65	7.8	

掺外加剂或使用膨胀水泥的水泥砂浆，其配合比应按有关技术规定执行。  
水泥砂浆应随拌随用。



## 二、水泥砂浆防水层施工

水泥砂浆防水层分为外抹面防水（迎水面）和内抹面防水（背水面）。水泥砂浆防水层无论迎水面或背水面，其高度均应超出室外地坪不小于150mm。防水层的施工程序，一般是先抹顶板，再抹墙面，后抹地面。

水泥砂浆防水层施工时，气温不应低于5℃，且基层表面应保持正温度。如低于此温度时施工，则应采取防冻措施。掺用氯化物金属盐类防水剂及膨胀剂的防水砂浆，不应在35℃以上或烈日照射下施工。

### 1. 基层处理

基层处理是保证防水层与基层表面结合牢固，不空鼓和不透水的<sup>①</sup>关键。它包括清理、浇水、补平等工序，使基层表面平整、坚实、粗糙、清洁并充分湿润，但不得有积水。

对混凝土基层，拆模后应立即将表面清理干净，用钢丝刷将混凝土表面刷毛。当基层表面凹凸不平的深度大于10mm时，应用素灰和水泥砂浆分层找平。抹完后将砂浆表面扫毛。

对砖砌体基层，需将砖墙表面残留的灰浆等污物清除干净，以保证防水层与墙面牢固<sup>②</sup>粘结。对于石灰砂浆或混合砂浆砌筑的砖砌体，还须将砌体灰缝剔成10mm的直角沟槽，以增加防水层与砖砌体的粘结强度。水泥砂浆砌筑的砖砌体，可不必剔缝。

基层处理后必须浇水，使基层表面充分湿润而无积水，以利防水层与基层粘结牢固。如果浇水不足，素灰层中的水分被基层吸收，使防水层水泥水化作用不能充分进行，影响其强度和抗渗性。所以要求基层表面浇水充分湿透，使抹上灰浆后没有吸水现象。

### 2. 刚性多层做法防水层施工方法

刚性多层做法防水层，在迎水面宜用五层交叉抹面作法，在背水面直用四层交叉抹面作法：

第一层（素灰层，厚2mm，水灰比0.37~0.4）主要起防水作用，同时还起着封闭结构基层细小孔隙与毛细管通路，并使基层与防水层紧密粘结的作用。施工时先将混凝土基层浇水湿润后，抹一层1mm厚素灰，用铁抹子往返抹压5~6遍，使素灰填实混凝土基层表面的空隙，以增加防水层与基层的粘结力。随即再抹1mm厚的素灰均匀找平，并用毛刷横向轻轻刷一遍，以便打乱毛细孔通路，并有利于和第二层结合。在第一层初凝期间做第二层。

第二层（水泥砂浆层，厚4~5mm，灰砂比1:2.5，水灰比0.6~0.65）因有一定的

厚度和强度，又和素灰层粘结紧密，有利于素灰层抵抗水泥在硬化过程中由于收缩产生裂缝的可能性，并且可用砂浆层的水分来养护素灰层。因此，砂浆层主要起着对素灰层的保护、养护和加固（骨架）作用。在初凝的第一层上轻轻抹压水泥砂浆，使砂粒能压入素灰层（注意不要压穿素灰层），以便两层间结合牢固，在水泥砂浆层初凝前，用扫帚将砂浆层表面扫成横向条纹，待其终凝并具有一定强度（一般隔一夜）做第三层。

第三层（素灰层，厚2mm，水灰比0.37~0.4）的作用及操作方法与第一层相同。若第二层水泥砂浆层在硬化过程中析出游离的氢氧化钙形成白色薄膜时，需刷洗干净，以免影响粘结。

第四层（水泥砂浆层，厚4~5mm）的作用与第二层相同，按照第二层作法操作。在水泥砂浆硬化过程中，用铁抹子分次抹压5~6遍，以增加密实性，最后压光表面。

第五层（水泥浆层，厚1mm），刚性多层做法防水层若在迎水面时，需在第四层水泥砂浆抹压两遍后，用毛刷均匀涂刷水泥浆一道，随第四层抹压至表面压光。

砖石墙面防水层的做法，第一层是刷水泥浆一道，厚约1mm，用木板毛刷分段往返涂刷均匀后，立即做第二层。第二至五层操作方法和要求与混凝土墙面防水层相同。

刚性多层做法防水层每层宜连续施工，各层紧密结合不留施工缝。如必须留施工缝时，应留成阶梯坡形槎，其接槎的层次要分明（图2-7）。不允许水泥砂浆和水泥砂浆搭接，而应先在阶梯坡形槎处均匀涂刷水泥浆一层，以保证按槎处粘结不透水，然后依照层次顺序操作，层层持接紧密。接槎位置一般宜在地面上，亦可留在墙面上，但均需离开阴阳角处200mm。

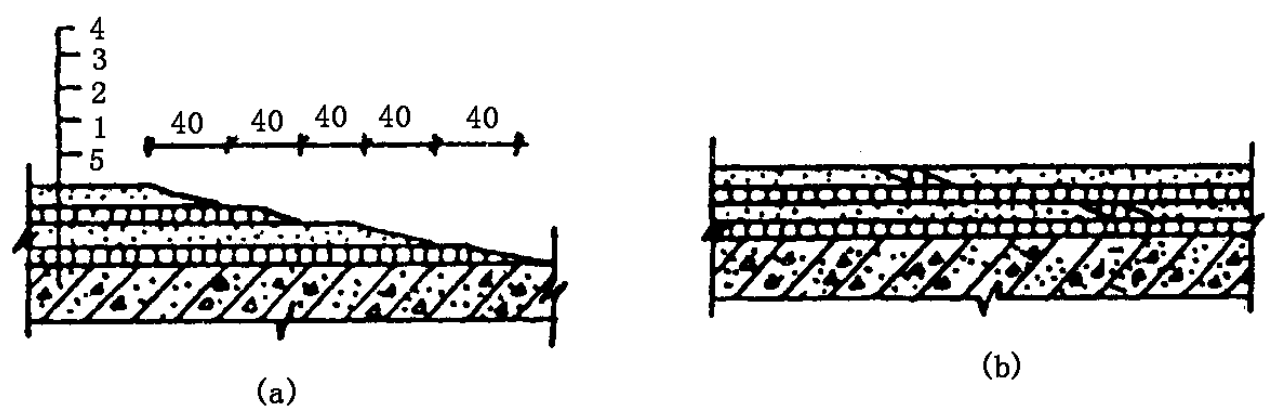


图2 -7 防水层留槎与接槎方法

①) 留槎方法 ②) 接槎方法

1、3. 素灰层 ;2、4. 砂浆层 ;5. 结构基层

防水层的阴阳角均应做成圆弧形或钝角。圆弧半径为：阳角10mm，阴角50mm。

手工铺抹或机械喷涂施工的水泥砂浆防水层在凝结后应立即进行养护。养护时的环境温度不宜低于5℃，并应保持防水层湿润。使用普通硅酸盐水泥，养护时间不应少于

7 昼夜；使用矿渣硅酸盐水泥时，养护时间不应少于14 昼夜，在此期间不得受静水压作用。

3．氯化铁防水砂浆防水层施工

氯化铁防水砂浆防水层的构造做法见图2 -6 (b)。施工操作时，在清理好的基层上先刷一道水泥浆，接着分两遍抹垫层防水砂浆，厚度共12mm。在砖石砌体墙面上抹第一遍垫层防水砂浆时，应将砂浆压紧，挤入缝隙内，与墙砌体结合成一体。待砂浆初凝时，再用木抹子（木蟹）均匀揉压一遍，形成麻面。第一遍垫层防水砂浆阴干后，按同样方法抹第二遍垫层防水砂浆，表面应压光。

在抹完垫层防水砂浆后（约12 小时），再刷一道水泥浆，随刷随抹第一遍面层防水砂浆。待砂浆阴干后再抹第二遍面层防水砂浆，面层防水砂浆厚度共13mm（每遍抹灰厚度不超过7mm）。面层防水砂浆抹完后，在终凝前应反复多次抹压密实，表面应压光。防水砂浆面层抹完凝结后应立即进行养护，按规范要求做好养护工作。

第三节 地下卷材防水层施工

卷材防水层是用沥青胶将几层油毡铺贴在整体的混凝土结构上或整体的水泥砂浆找平层上或沥青砂浆找平层上。卷材防水层的防水性能较好，具有良好的韧性，能适应结构振动和微小变形，不致拉裂，并能抵抗酸碱盐溶液的侵蚀。但卷材机械强度低，若结构基层不坚固，则卷材防水层容易在外力作用下发生变形、开裂而影响防水效果，且卷材吸水率大，耐久性差，发生渗漏时难于修补。

一、材料要求

地下防水使用的卷材要求强度高，延伸率大，具有良好的韧性和不透水性，膨胀率小而具有良好的耐腐蚀性，应尽量采用沥青矿棉纸油毡、沥青玻璃布油毡、沥青石棉纸油毡、无胎油毡等。

铺贴卷材用的沥青胶结材料的配合比、调制方法、试验方法应符合国家标准《屋面工程施工验收规范》（GBJ207 -83）附录一的有关规定。铺贴石油沥青卷材必须用石油沥青胶结材料，铺贴焦油沥青卷材必须用焦油沥青胶结材料。沥青胶结材料的加热温度和使用温度应符合国家标准《屋面工程施工及验收规范》（GBJ207 -83）第2 2 .11 条的有关规定。所用沥青的软化点应较基层及防水层周围介质可能达到的最高温度高出20~25℃，且不低于40℃。在侵蚀性环境中宜用加填充料的沥青胶结材料（即玛帝脂），

填充料应耐腐蚀，如耐酸的矿物粉（石英粉、角闪石棉、辉绿岩粉等）、耐碱的矿物粉（滑石粉、石灰石粉等）。

### 二、铺贴卷材的基层表面要求

1. 基层必须牢固，无松动现象；
2. 基层表面应平整，其平整度为：用2m 长直尺检查，基层与直尺间的最大空隙不应超过5mm，且每米长度内不得多于2 处，空隙仅允许平缓变化；
3. 基层表面应清洁干净。卷材铺贴前宜使基层表面干燥；
4. 基层表面的阴阳角处，均应做成圆弧形或钝角；
5. 基层尚应符合国家标准《屋面工程施工及验收规范》（GBJ207 -83）相关内容的规定。
6. 铺贴卷材前，宜使基层表面干燥。平面铺贴卷材，基层表面干燥有困难时，第一层卷材可用沥青胶结材料铺贴在潮湿的基层上，但应使卷材与基层贴紧。必要时卷材层数应比设计增加一层。
7. 立面铺贴卷材时，基层表面应满涂冷底子油，待冷底子油干燥后，即可铺贴卷材。而在平面上，由于卷材防水层上面压有底板或保护层，不会产生滑脱或流淌现象，因此基层表面可不涂冷底子油。

### 三、卷材的铺贴方法

将卷材防水层铺贴在地下防水结构的外侧（迎水面）称为外防水。这种防水层的铺贴卷材可以借助土压力压紧，并与承重结构一起抵抗地下水的渗透和侵蚀作用，防水效果良好。外防水的卷材防水层的卷材铺贴方法，按其与地下防水结构施工的先后顺序分为外防外贴法（简称外贴法）与外防内贴法（简称内贴法）两种。

1. 外贴法（图2 -8）外贴法是先铺贴底层卷材，四周留出卷材接头，然后浇筑底板和墙身混凝土，待侧模拆除后再铺贴四周防水层，最后砌筑保护墙。

外贴法的施工顺序是：首先在混凝土底板垫层上抹水泥砂浆找平层，待干燥后，铺贴底板卷材防水层并伸出墙身，留出与墙身卷材搭接的接头。为避免伸出卷材接头受损，在铺贴底板卷材前，先在垫层周围砌筑保护墙。保护墙由两部分组成，下部为永久性保护墙，其高度不小于底板厚度加200 ~500mm；上部为临时性保护墙，用石灰砂浆砌筑，高度一般为： $150 \times (\text{油毡层数} + 1) \text{ mm}$ 。在保护墙上抹石灰砂浆找平层，并将卷材防水层牢固粘贴在永久性保护墙和垫层上。在临时保护墙上应将卷材防水层临时贴

附，并将接头分层临时固定在保护墙最上端。为了防止绑扎钢筋、浇筑混凝土时撞坏或穿破防水层，当底板的卷材铺贴后，应铺设30~50mm厚的1:3水泥砂浆或细石混凝土保护层，对贴在保护墙上的卷材防水层应抹低强度砂浆保护层，然后才进行底板和墙身的混凝土施工。利用临时保护墙作为混凝土的外模板，待墙身施工完毕做防水层前，将临时保护墙拆除，清除砂浆，并将卷材剥出用喷灯微热烘烤，逐层揭开，清除卷材表面浮灰及污物，注意切勿将卷材损坏。然后，在防水结构外墙外表面上补抹水泥砂浆找平层，刷冷底子油，将卷材分层错搓搭接向上铺贴。上层卷材盖过下层卷材不应小于150mm，如图2-9。最后，继续向上砌筑永久性保护墙。

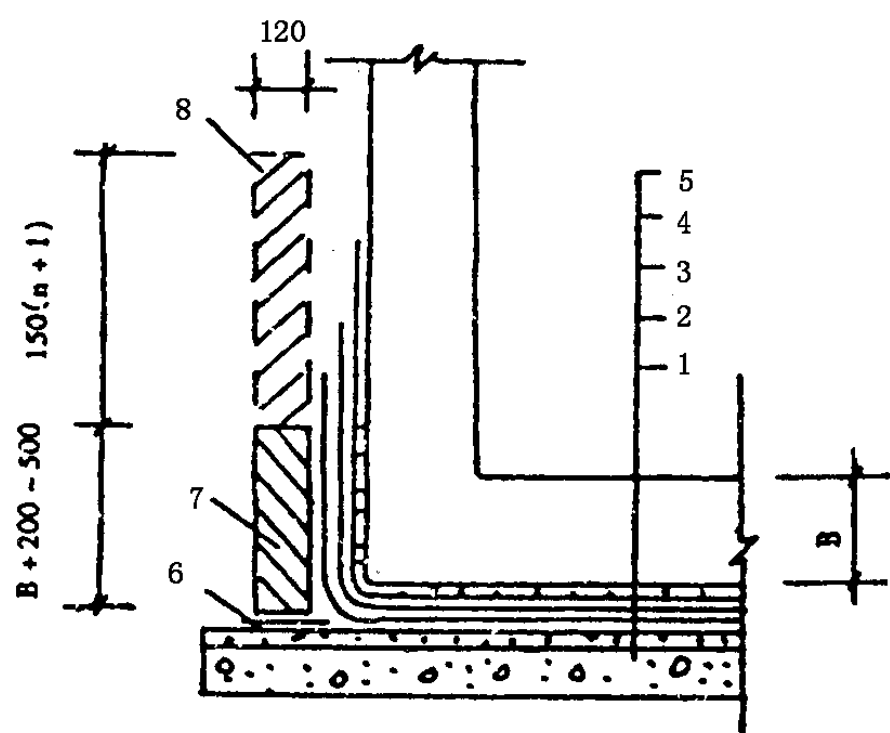


图2-8 外贴法

1. 垫层 ; 2. 找平层 ; 3. 卷材防水层  
4. 保护层 ; 5. 构筑物 ; 6. 油毡  
7. 永久性保护墙 ; 8. 临时性保护墙

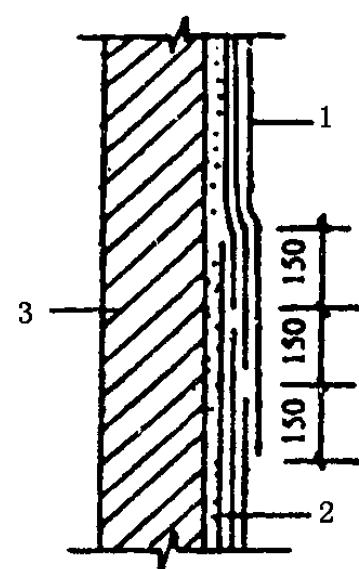


图2-9 阶梯形接缝

1. 卷材防水层 ; 2. 找平层 ; 3. 墙体结构

为使卷材防水层与基层表面紧密贴合，在保护墙与垫层的找平层间用一层油毡隔开，同时保护墙本身在长度方向也应分段断开，每段长度5m左右。保护墙与防水层之间的空隙用水泥砂浆填实，避免卷材变形。

2. 勾贴法 (图2-10)。内贴法是在地下构筑物未做以前，先在地下构筑物四周砌筑保护墙，然后沿保护墙墙面和底层铺贴卷材防水层，再进行地下构筑物施工。

内贴法的施工顺序是：在混凝土底板垫层做好后，先在四周砌筑铺贴卷材防水层用的永久性保护墙；在垫层和保护墙上抹水泥砂浆找平层；待找平层干燥后，涂刷冷底子油一道；然后铺贴卷材防水层。为了便于施工操作，且避免在铺贴墙面卷材时，使底板

底面的卷材防水层遭受损伤，应先贴垂直面，后贴水平面。贴墙面卷材时，应先贴转角，后贴大面。铺贴完毕，再做卷材防水层的保护层。垂直面的保护层做法是：在墙面上涂刷防水层的最后一层沥青胶结材料时，趁热粘上干净的热砂或散麻丝，使防水层表面粗糙，冷却后随即铺抹一层10 ~20mm 厚的1 :3 水泥砂浆保护层。水平面上卷材防水层的保护层做法与外贴法时做法相同。保护层做完后，再进行构筑物的底板与墙身施工。

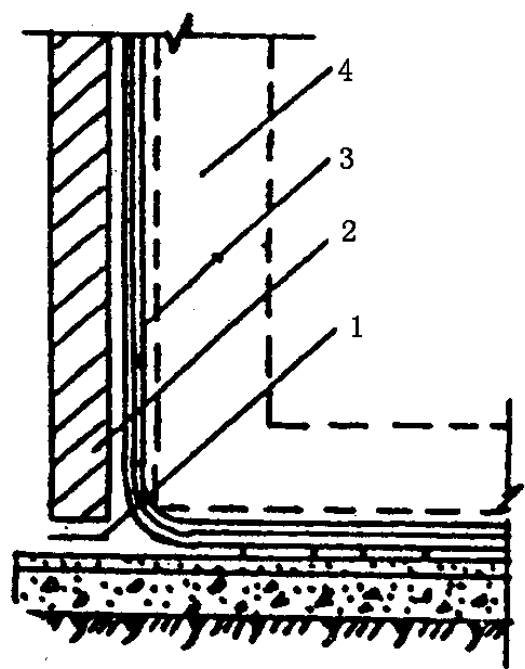


图2 -10 内贴法施工示意图

1 . 平铺油毡层 ;2 . 砖保护墙 ;3 . 油毡防水层 ;4 . 待施工的地下构筑物

四、卷材铺贴要求

铺贴卷材应符合下列规定：

- 1 . 粘贴卷材的沥青胶结材料的厚度一般为1.5 ~2.5mm ；
- 2 . 卷材的搭接长度：长边不应小于100mm ，短边不应小于150mm 。上下两层和相邻两幅卷材的接缝应错开1/2 ~1/3 幅宽，上下层卷材不得相互垂直铺贴；
- 3 . 在立面与平面的转角处，卷材的接缝应留在平面上距立面不小于600mm 外，见图2 -11 ；
- 4 . 在所有转角处均应铺贴附加层。附加层可用两层同样的卷材或一层抗拉强度较高的卷材（如：无胎油毡、沥青玻璃布油毡）。附加层应按加固处的形状仔细粘贴紧密，见图2 -11 ；
- 5 . 粘贴卷材时应展平压实，卷材与基层和各层卷材间必须粘结紧密，多余的沥青胶结材料应挤出，搭接缝必须用沥青胶结材料仔细封严。最后一层卷材贴好后，应在其表面上均匀地涂刷一层厚为1 ~1.5mm 的热沥青胶结材料。

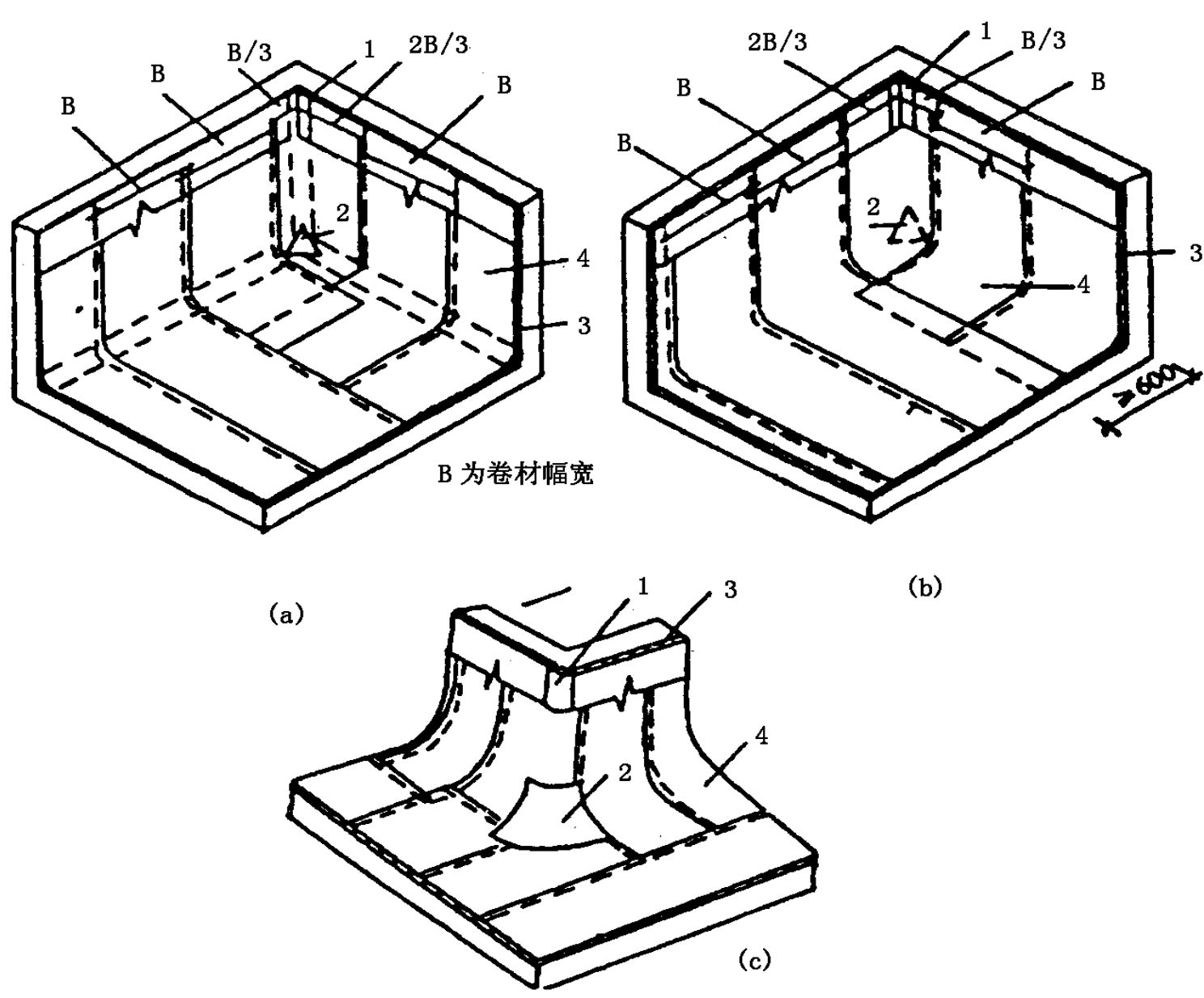


图2 -11 转角的卷材铺贴法

(a) 阴角的第一层卷材铺贴法 (b) 阴角的第二层卷材铺贴法

(c) 阳角的第一层卷材铺贴法

1. 转折处卷材附加层 ;2. 角部附加层 ;3. 找平层 ;4. 卷材

五、特殊部位的防水处理

1. 穿过防水层的管道埋设件与卷材防水层连接处做法见图2 -12。为了避免因结构沉降造成管道折断，应在管道穿过结构部位埋设套管，套管上附有法兰盘，套管应于浇筑混凝土前按设计要求预埋准确，加以固定。卷材防水层应粘贴在套管的法兰盘上，粘贴宽度至少为100mm，并用夹板将卷材压紧。粘贴前应将法兰盘及夹板上的法埃和铁锈清理干净，刷上沥青。夹紧卷材的夹板下面，应用软金属片、石棉纸板、无胎油毡或沥青玻璃布油毡衬垫。

2. 变形缝（伸缩缝、沉降缝、防震缝等）的处理。在变形缝处应增加沥青玻璃丝布油毡或无脂油毡做的附加层。在结构厚度的中央埋设止水带，止水带的中心圆环应正

对变形缝中间。变形缝中用浸过沥青的木丝板填塞，并用油膏嵌缝，见图2 - 13。

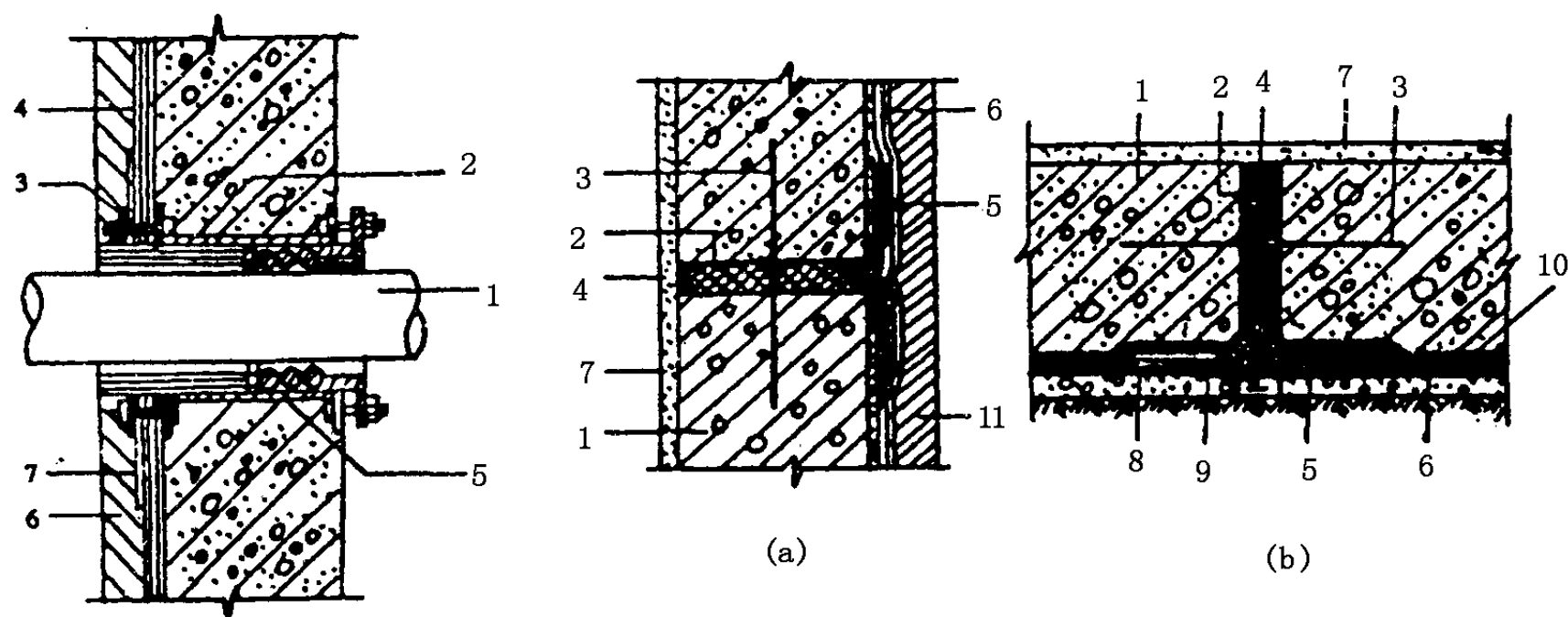


图2 - 12 卷材防水层与管道埋设件连接处做法

- 1. 管道 ; 2. 套管
- 3. 夹板 ; 4. 卷材防水层
- 5. 填缝材料 ; 6. 保护墙
- 7. 附加卷材层衬垫

图2 - 13 变形缝处防水做法  
(a) 墙体变形缝 (b) 底板变形缝

- 1. 需防水结构 ; 2. 浸过沥青的木丝板 ; 3. 止水带
- 4. 填缝油膏 ; 5. 卷材附加层 ; 6. 卷材防水层
- 7. 水泥砂浆面层 ; 8. 混凝土垫层 ; 9. 水泥砂浆找平层
- 10. 水泥砂浆保护层 ; 11. 保护墙

第四节 沥青胶结材料地下防水层施工

沥青胶结材料（沥青胶）是由石油沥青或焦油沥青与填充料按一定比例混合熬制而成的一种胶结材料。沥青胶结材料防水层主要用于防水混凝土结构或水泥砂浆防水层上，作为附加防水层。沥青胶结材料防水层一般涂2 层，每层厚度1.5 ~2.0mm。

沥青胶分热沥青胶和冷沥青胶两种，其配合比应由试验决定，表2 - 2、表2 - 3、表2 - 4 所列的配合比仅供参考。填充料的主要作用是增加沥青胶抗老化的性能，并能改善耐热度、柔韧性和粘结力，避免产生流淌、脆裂现象，同时还可节约沥青材料，降低工程成本。若防水层处于侵蚀性介质中，应采用相应的耐腐蚀填充料，如角闪石棉、辉绿岩粉、石英粉、滑石粉、石英石粉等耐酸耐碱的矿物粉。沥青胶所用的沥青，其软化点应较基层及防水层周围介质可能达到的最高温度高出20 ~25℃，且不低于40℃。



表2 -2  热石油沥青胶配合比参考表

耐热度 (    )	沥青牌号			填    充    料					催化剂 (占沥青重量%)
	10	30	60	滑石粉	大白粉	烟灰	石棉粉	石棉绒	
70	70	-	-	30	-	-	-	-	-
70	60	-	10	20	-	-	-	10	-
70	70	5	-	25	-	-	-	-	-
70	65	10	-	25	-	-	-	-	-
70	80	-	-	20	-	-	-	-	-
75	70	-	-	30	-	-	-	-	硫酸铜1 .5 %
75	65	-	5	30	-	-	-	-	-
75	75	-	-	-	-	-	25	-	-
75	60	10	-	-	30	-	-	-	-
75	-	72	-	-	-	20	-	-	-
75	50	20	-	-	30	-	-	-	-
80	70	-	-	30	-	-	-	-	氯化锌1 .5 %
80	70	-	-	-	30	-	-	-	氯化锌1 .5 %
80	75	-	-	25	-	-	-	-	-
85	80	-	-	20	-	-	-	-	氯化锌1 .0 %

表2 -3  热焦油沥青胶配合比参考表

耐热度	煤沥青	煤焦油	填充料		附加剂		
			滑石粉	石棉粉	硬脂粉	葱油	桐油
55	50	15	-	30	-	-	5
55	45	20	-	30	-	5	-
60	52	15	-	30	-	3	-
60	50	20	-	24	6	4	-
65	55	15	-	25	-	-	5
65	60	20	12	-	4	4	-

表2 -4 冷沥青胶配合比参考表

项次	10 号石油沥青	绿油	轻柴油	熟石灰粉	6 ~7 级石棉	油酸
1	50	24	-	15	10	1
2	50	-	25 ~27	14 ~15	7 ~10	1
3	55	24	-	20	-	1
4	50	24	-	25	-	1

注 :1、2 项适用于夏天或气温较高的地方 ,3、4 项适用于秋冬或较寒冷的地方。

热沥青胶在熬制时，是先将8 ~10cm 大小的沥青碎块放入锅中均匀加热至160 ~180 ℃，使其熔化脱水至不再起泡沫时，除去杂物，再慢慢加入预热干燥的填充料，不停地搅拌均匀，直至达到表2 -5 中规定的温度时即可使用。沥青胶熬制的温度，必须严格控制，温度过高，柔韧性降低，易于老化和冻裂；温度过低，则熬制不均，不易涂刷，会影响防水层的质量。

冷沥青胶的配制，是先在溶剂中掺入定量的油酸，然后缓慢注入熔化脱水并冷却至120 ~140 ℃的石油沥青中，经充分搅拌至全部熔化，待温度降到70 ~80 ℃，再在沥青溶液中加入已预热干燥的熟石灰粉和石棉，搅拌均匀后即可使用。

表2 -5 热沥青胶的加热温度与使用温度

类 别	加热温度（ ℃ ）	使用温度（ ℃ ）
普通石油沥青胶材料（高蜡沥青）或掺配建筑石油沥青的普通石油沥青胶结材料	不应高于280	不宜低于240
建筑石油沥青胶结材料	不应高于240	不宜低于190
焦油沥青胶结材料	不应高于180	不宜低于140

冷底子油的配合比可参考表2 -6，表中汽油和苯属快挥发性溶剂；绿油 and 煤油属慢挥发性溶剂。配制焦油沥青的冷底子油，只能用苯或葱油作溶剂。冷底子油的配制方法有热配法和冷配法两种。热配法是先将沥青加热熔化脱水后，待冷却至一定温度（石油沥青为70 ℃，焦油沥青为60 ℃）时，再缓缓加入溶剂，搅拌均匀即成。冷配法是将沥青打碎成小块后，按重量比加入溶制中，不停地搅拌至沥青全部溶化为止。

由于石油沥青与焦油沥青两者化学成分和性能以及胀缩的不同，施工时不得混用，以免发生沉淀、分离、变质等现象。所以，采用石油沥青胶结材料防水层需用石油沥青冷底子油打底，采用焦油沥青胶结材料防水层需用焦油沥青冷底子油打底。

沥青胶结材料防水层施工时，基层表面应平整、密实、洁净。基层表面应满涂冷底子油，并宜使其干燥。

沥青胶结材料防水层一般应涂刷2 ~3 遍以上，要求涂刷均匀，没有凸凹不平，鼓起或脱落现象。

表2 -6 冷底子油参考配合比

用途	沥青（重量%）			溶剂（重量%）		
	10 号或30 号石油沥青	60 号石油沥青	软化点50 ~ 70 焦油沥青	轻柴油或煤油	汽油	苯或绿油葱油
涂 刷 在 终 凝 前 水 泥 砂 浆 基 层 上	40	-	-	60 45	-	-
	-	55	-		-	-
	-	-	50		-	50
涂 刷 在 已 硬 化 干 燥 水 泥 砂 浆 基 层 上	50	-	-	50	-	-
	-	30	-	-	70	-
	-	60	-	-	-	40
	-	-	55	-	-	45

沥青胶结材料防水层可在气温不低于 -20 时施工，如温度过低，必须采取保温措施。在炎热季节施工时，为避免烈日曝晒引起沥青流淌，应采取遮阳措施。

第五节 地下金属防水层施工

一、材料要求

金属防水层所用的钢板和焊条的规格及材性均应符合设计要求。

钢板的拼接或钢板与需防水结构金属连接件的连接，均应采用焊接。

金属防水层采用4mm 以上的钢板时，其焊接质量及技术要求应按国家标准 《钢结构工程施工及验收规范》（GBJ205 -83）的有关规定执行。防水层采用4mm 及其以下的钢板时，其焊接质量及技术要求按有关的专门规程执行。

金属防水层应加保护，所用保护材料应符合设计要求。

竖向钢板的垂直接缝应相互错开。

## 二、金属防水层施工

金属防水层一般铺设在防水结构的内部。浇筑防水结构混凝土前铺设金属防水层时，拼接好的金属防水层应与防水结构的钢筋焊牢，或在金属防水层上焊以一定数量的锚件，以便与混凝土或砌体连接牢固。金属防水层可作模板使用，但应用临时支撑加固。在已作好的防水结构上铺设金属防水层时，钢板应连续焊在混凝土或砌体中的预埋件上。如金属防水层先焊成箱体，再整体吊装就位时，应在其内部加设临时支撑，防止箱体变形。

钢板的拼缝焊好后，应用探伤仪、气泡法、真空法、煤油渗透法等检验焊缝的严密性，如发现焊缝不合格或有渗漏现象，应予修整或补焊，直至合格为止。

金属防水层应与防水结构紧密贴合。如先施工防水结构，后铺设金属防水层时，其焊缝经检查合格后，应将金属防水层与防水建筑间的空隙用水泥砂浆灌严。

金属防水层与卷材防水层相连时，应将卷材防水层夹紧在钢板与夹板中间，夹板宽度不小于100mm，夹板下涂沥青胶，并用沥青玻璃布油毡、再生胶油毡或较金属片衬垫，然后用螺栓紧固。螺栓应焊在金属防水层上或预埋在混凝土中。

## 第六节 厨卫间防水

厨卫间，一方面由于用水频繁、地面容易积水；另一方面，住宅的卫生间面积较小，器具较多，穿越楼板的管道较多，施工中难以操作的死角多，给厨卫间防水造成困难。厨卫间防水工程除了设计上予以重视，采取必要的构造措施以外，施工工艺和施工质量控制显得格外重要。厨卫间防水工程是建筑物防水工程中的一个关键项目。

### 一、器具的安装

#### （一）地漏安装

地漏的集水口要低于厨卫间地面（最低处）5~10mm，安装好后及时填筑细石混凝土固定，地漏集水中要做塞口防护，防止掉入杂物堵塞管道，地漏的处理见图2-14。

#### （二）蹲式大便器安装

大便器与下水接口衔接要直插，衔接长度要足够，处理方法同地漏。排水管接口隐

蔽前，需试水检查。大便器与冲洗管接口采用绑扎型时，胶皮碗应采用 #14 铜丝二道扎牢；采用非绑扎型时，可按图2 -15 施工，冲洗横管安装时，如果横管伸入太多，会阻碍冲洗水流；离得太远或位置不正，接口就会漏水。

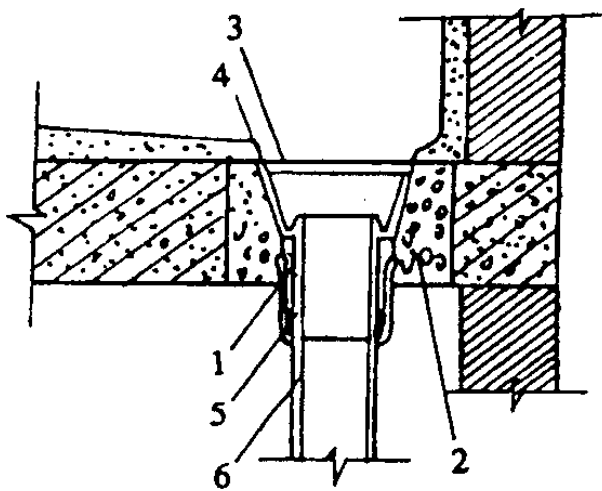


图2 -14 地漏处理

- 1 - 水泥熟石膏氯化钙抹口（或水泥捻口）；
- 2 -200 号细石混凝土 ;3 - 地漏 ;4 - 面层；
- 5 - 油麻丝 ;6 - 铸铁管

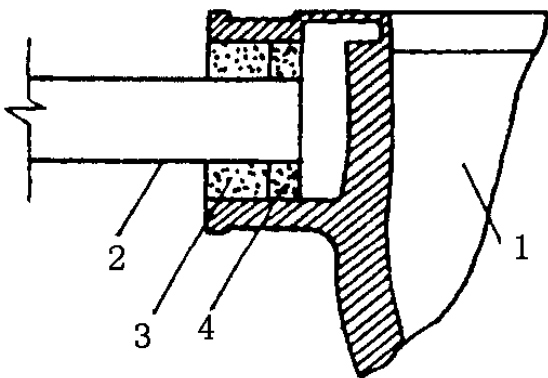


图2 -15 大便器与冲洗管接口

- 1 - 大便器 ;2 - 冲洗管；
- 3 -1 2 水泥砂浆 ;4 - 油麻丝

（三）浴盆安装

浴盆底的地面比卫生间地面高出10 ~20mm，并且按3 %找坡使积水排向卫生间地漏；浴盆靠卫生间地漏一侧可留检修门和排水孔，以供日后检查；浴盆所靠的墙面需做防水层，防水层应高出浴盆500 ~600mm；浴盆与墙面结合处可用密封胶嵌填，以防渗漏。

二、地面防水层施工

厨卫间地面的找平层施工与屋面的找平层施工基本相同。管道根部、阴角、阳角部位均要做成半径30 ~50mm 的圆弧过渡，用专用抹子抹光压实。

厨卫间地面防水层有刚性防水层、柔性防水层、涂膜防水层三种形式，防水层的施工方法与屋面防水层的施工大体相近。

由于厨卫间面积小，用水量大，长时间处于潮湿状态，因此，地面排水坡度显得更为重要，一般要求蹲位大便器、地漏要比地面低5 ~10mm。地面面层做完后再做墙面面层。现浇楼板施工时为防止墙根渗水，构造上可采用混凝土反边做法，如图2 -16 所示。

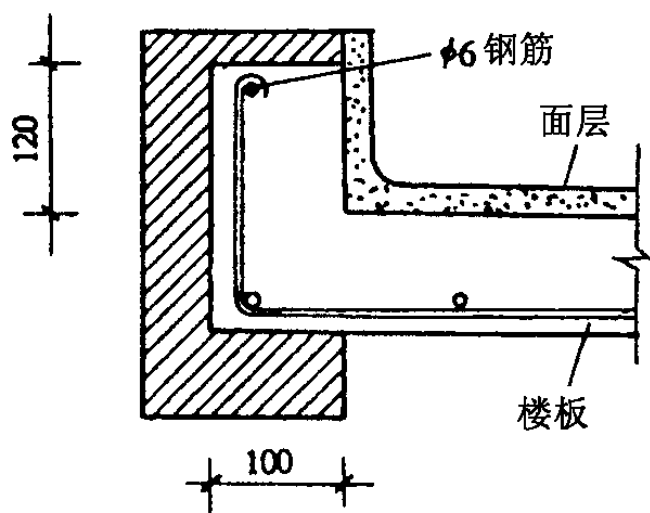


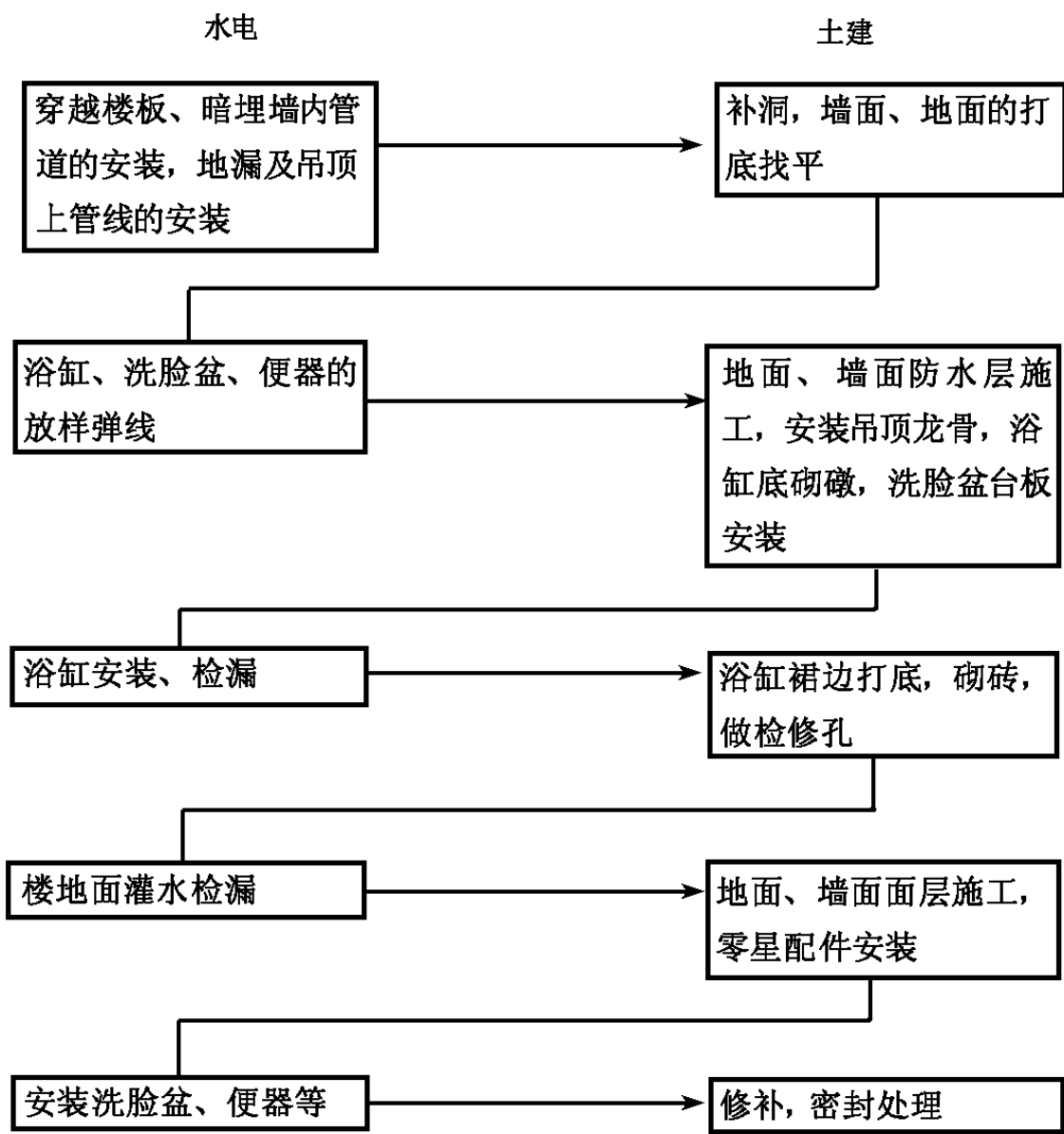
图2 -16 卫生间现浇楼板反边

厨卫间地面防水层施工完，应做蓄水试验。蓄水24h，观察无渗漏后，再做卫生间的面层装修。

三、防水工程施工中工种的配合

厨卫间容易产生渗漏，除了由于其构造复杂、施工困难等原因造成质量难以控制以外，各工种之间的配合问题，也是产生质量问题的重要因素之一。因此，在防水施工中要重视工种、工序之间的组织，使之配合、搭接有序，确保工程的质量。

在一般情况下，以下的工艺流程可供参考：



# 第九篇

## 装饰工程

第一章 抹灰工程

第一节 抹灰工程的分类及组成

一、抹灰工程的分类

根据使用材料、面层做法、施工工序和装饰效果的不同，抹灰工程可分为一般抹灰和装饰抹灰。

1．一般抹灰

一般抹灰适应于石灰砂浆、水泥混合砂浆、水泥砂浆、麻刀石灰、纸筋石灰、石膏灰等抹灰工程的施工。根据质量要求和主要工序的不同，一般抹灰又可分为高级抹灰、中级抹灰和普通抹灰三级，其适用范围、主要工序及外观质量要求，见表1 -1。

表1 -1 一般抹灰的级别、适用范围、主要工序和外观质量要求

级 别	适用范围	主要工序	外观质量要求
高级抹灰	适用于大型公共建筑、纪念性建筑物（如影剧院、礼堂、宾馆、展览馆等和高级住宅）以及有特殊要求的高级建筑物等	一层底层、数层中层和一层面层。阴阳角找方，设置标筋，分层赶平，表面压光	表面光滑；洁净，颜色均匀，无抹纹，灰线平直挤正、清晰美观
中级抹灰	适用于一般居住、公共和工业建筑（如住宅、宿舍、办公楼、教学楼）以及高级建筑物中的附属用房	一层底层、一层中层和一层面层（或一层底层和一层面层），阴阳角找方，设置标筋，分层赶平、修整，表面压光	表面光滑、洁净，接槎平整，灰线清晰顺直
普通抹灰	适用于简易住宅、大型设施和非居住性的房屋（如汽车库、仓库、锅炉房）以及建筑物中的地下室、储藏室等	一层底层和一层面层（或不分层一遍成活）。分层赶平、修整，表面压光	表面光滑、洁净，接槎平整



2 . 装饰抹灰

装饰抹灰主要包括水刷石、干粘石等。

二、抹灰的组成

抹灰层一般由底层、中层和面层组成。底层主要起与基层粘结作用，中层主要起找平作用，面层主要起装饰美化作用。抹灰的组成、作用、基层材料和一般做法，见表1-2。

表1 -2 抹灰的组成、作用、基层材料和一般做法

层次	作用	基层材料	一般做法
底层	主要起与基层粘结作用兼起初步找乎作用。砂浆稠度为10 ~12cm	砖墙基层	室内墙面一般采用石灰砂浆、石灰炉渣浆打底 外墙门窗洞口的外侧壁，屋檐、勒脚、压檐墙等湿度较大的房间和车间的抹灰，宜用水泥砂浆或水泥混合砂浆
		混凝土基层	宜先刷一道素水泥浆，用水泥砂浆或水泥混合砂浆打底 高级装饰顶板宜用乳胶水泥砂浆打底
		加气混凝土基层	宜用水泥混合砂浆或聚合物水泥砂浆，打底前可先刷一道107 胶封闭基层
		硅酸盐砌块基层	宜用水泥混合砂浆打底
		木板条、苇箔、金属网基层	宜用麻刀石灰砂浆或纸筋石灰砂浆打底，并将灰浆挤入基层缝隙内，以加强拉结
		平整光滑的混凝土基层，如大板、大模板基层	可不抹灰，采用刮腻子处理
中层	主要起找平作用，砂浆稠度为7 ~8cm		基本与底层相同，砖墙则采用麻刀石灰砂浆或纸筋石灰砂浆 根据施工质量要求可以一次抹成，也可以分遍进行
面层	主要起装饰美化作用，砂浆稠度为10cm		要求大面子整、无裂纹，颜色均匀 室内一般采用麻刀灰、纸筋灰或玻璃丝灰，高级墙苗用石膏灰和水泥砂浆面层。装饰抹灰采用拉毛灰、拉条灰、扫毛灰等，保温隔热墙面用膨胀珍珠岩灰 室外常用水泥砂浆、水刷石、干粘石等

### 三、抹灰砂浆的选用

抹灰工程选用的砂浆品种，应按设计要求选用，如设计无要求，应符合下列规定：

- 1. 外墙门窗洞口的外侧壁、屋檐、勒脚、压檐墙等的抹灰，用水泥砂浆或水泥混合砂浆。
- 2. 湿度较大的房间和车间的抹灰，用水泥砂浆或水泥混合砂浆。
- 3. 混凝土板或墙的底层抹灰，用水泥砂浆、水泥混合砂浆或聚合物水泥砂浆。
- 4. 硅酸盐砌块、加气混凝土块和板的底层抹灰，用水泥混合砂浆或聚合物水泥砂浆（基层可先刷一道107 胶封闭基层）。
- 5. 板条、金属网顶棚及墙的底层和中层抹灰，用麻刀石灰砂浆或纸筋石灰砂浆。

### 四、抹灰层的厚度

抹灰层应采取分层涂抹的方法，以便控制抹灰厚度，增强抹灰层与基层的粘结牢固，保证抹灰质量。若一层抹灰厚度太大，由于抹灰层内外干燥速度不一致，容易使面层出现干裂、起鼓和脱落。

#### 1. 抹灰层的平均总厚度

抹灰层的平均总厚度，应根据工程部位、基体材料和抹灰等级等来确定，并不得大于下列数值：

- (1) 顶棚。板条、空心砖、现浇混凝土为15mm；预制混凝土为18mm；金属网为20mm。
- (2) 内墙。高级抹灰为25mm；中级抹灰为20mm；普通抹灰为18mm。
- (3) 外墙。外墙为20mm；勒角及突出墙面部位为25mm。
- (4) 石墙。石墙为35mm。

#### 2. 每层厚度

每层抹灰厚度，应根据工程部位、基体材料、砂浆种类、质量等级及施工环境的气候条件来确定。每层的控制厚度如下：

- (1) 抹水泥砂浆每层厚度宜为5~7mm。
- (2) 抹石灰砂浆和水泥混合砂浆每层厚度宜为7~9mm。
- (3) 抹灰面层采用麻刀石灰、纸筋石灰、石膏灰时，经赶平、压实后，其厚度麻刀石灰不得大于3mm；纸筋石灰、石膏灰不得大于2mm。
- (4) 混凝土大板和大模板建筑的内墙面及楼板底面，宜用腻子分遍刮平，各遍应粘

结牢固，总厚度为2 ~3mm。

⑤）板条、金属网顶棚和墙抹灰的底层和中层，宜用麻刀石灰砂浆或纸筋石灰砂浆，各遍应分遍成活，每遍厚度为3 ~6mm。

## 第二节 抹灰工程施工工艺

### 一、作业条件

- 1．屋面防水或上层楼面面层已完工，不得渗漏。
- 2．主体工程已经检查验收并达到相应的质量要求。
- 3．门窗框安装位置正确，与墙连接牢固，连接处缝隙填嵌密实。

连接处缝隙可采用1 3 水泥砂浆或1 1 6 水泥混合砂浆分层嵌塞密实。若缝隙较大时，窗口的填塞砂浆中应掺入少量麻刀，门口则应设铁皮保护。

- 4．各层管道应安装完毕并检查验收合格。

管道穿越的墙洞和楼板洞已填嵌密实，散热器和密集管道等背后的墙面抹灰，宜在散热器和管道安装前进行。

- 5．冬季施工时，若无防冻措施，抹灰的环境温度不宜低于5 。

### 二、基层处理

- 1．砖石、混凝土等基体表面的灰尘、污垢和油渍等应清除干净，并洒水润湿。
- 2．平整光滑的混凝土表面，如设计无要求时，可不抹灰，用刮腻子处理。如设计要求抹灰时，应进行凿毛处理后，方可进行抹灰施工。

3．木结构与砖石结构、混凝土结构等相接处基体表面的抹灰，应先铺钉金属网，并绷紧钉牢，金属网与各基体的搭接宽度不应小于100mm。

4．预制钢筋混凝土楼板顶棚，在抹灰前，应剔除灌缝混凝土凸出部分及杂物，然后用刷子蘸水把表面残碴和浮灰清理干净，刷掺水重10 %的107 胶水泥浆一道，再用1 0 3 3 水泥混合砂浆将顶缝抹平，过厚应分层勾抹，每遍厚度宜在5 ~7mm。

### 三、浇水润湿

为确保抹灰砂浆与基体表面粘结牢固，防止干燥的抹灰基体吸水过快而造成抹灰砂

浆脱水形成急干，影响底层砂浆与墙面的粘结力，致使抹灰层空鼓、裂缝、脱落等质量问题，抹灰前，除对抹灰基层进行必要的处理外，还需浇水润湿。

浇水的方法：将水管对着砖墙上部缓缓左右移动，使水沿砖墙面从上部缓慢流下，使墙面全部润湿为一遍，渗水深度以8 ~10cm 为宜，厚度12cm 以上的砖墙，应在抹灰前一天浇水，12cm 厚砖墙浇水一遍，240 厚以上砖墙浇水两遍，6cm 厚砖墙用喷壶喷水即可。切勿使砖墙处于饱和状态。

加气混凝土表面孔隙大，其毛细管为封闭性和半封闭性，阻碍了水分的渗透速度。它同砖墙相比，吸水速度约慢3 ~4 倍。因此，应提前两天进行浇水，每天两遍以上，使渗水深度达8 ~10mm 。

混凝土墙体吸水率低，浇水可少一些。

此外，各种基层浇水程度，还与施工季节、气候和室内操作环境有关，因此应根据施工环境条件酌情掌握。

四、内墙一般抹灰的施工方法

内墙一般抹灰的施工工艺流程为：做标志块 标筋（冲筋） 阴阳角找方 做护角 底层及中层抹灰 面层抹灰（罩面灰）。

1．做标志块（贴灰饼）

先用托线板全面检查墙体表面的垂直平整程度，根据检查的实际情况及抹灰总的平均厚度规定来决定墙面抹灰厚度。接着在2m 左右高度，在距离墙两边阴角10 ~20cm 处，用底层抹灰砂浆（也可以用1 3 水泥砂浆或1 3 9 水泥混合砂浆）各做一个标志块，厚度为抹灰层厚度（一般为1 ~1.5），大小5cm 见方。以这两个标志块为依据，再用托线板靠、吊垂直确定墙

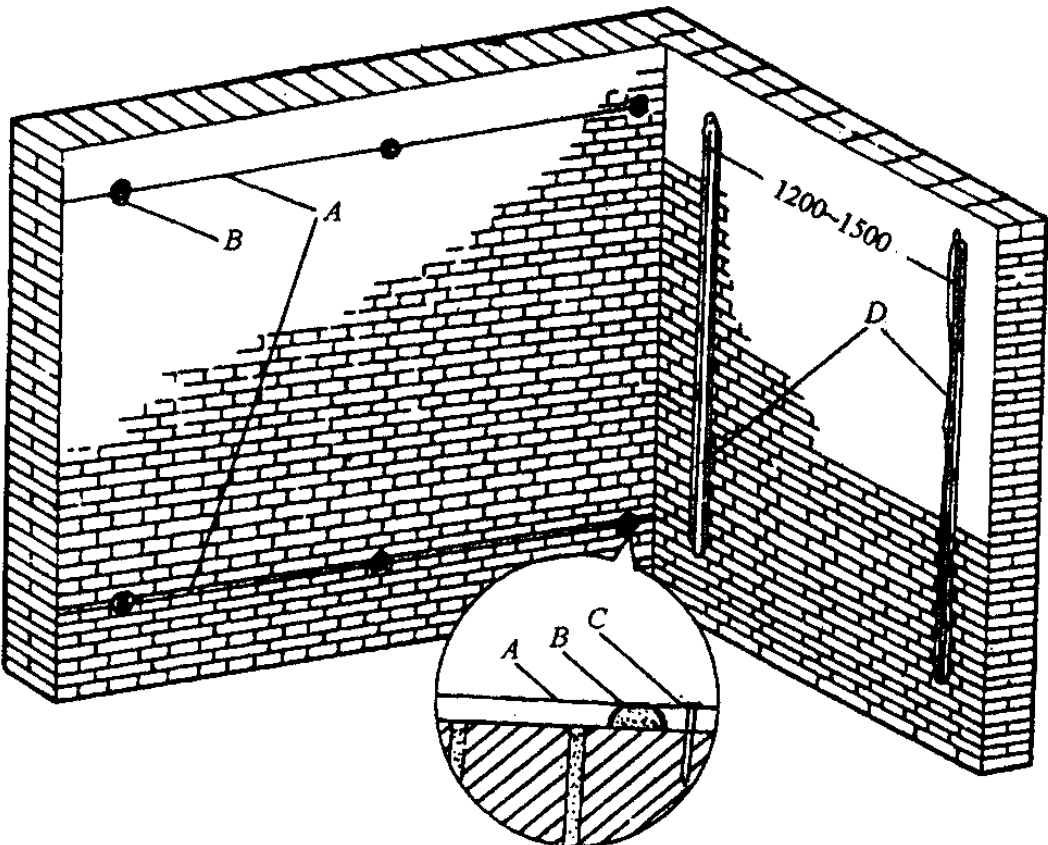


图1 -1 挂线做标志块及标筋

A．引线；B．灰饼（标志块）；C．钉子；D．冲筋

下部对应的两个标志块的厚度，其位置在踢脚板上口，使上下两个标志块在一条垂直线上。标准标志块做好后，再在标志块附近墙面钉上钉子，拉水平通线，然后按间距1.2 ~1.5m 左右加做若干标志块，见图1 -1。凡窗口、垛角处必须做标志块。

2．标筋

标筋也叫冲筋，出柱头，就是在上下两个标志块之间先抹出一条长梯形灰埂，其宽度为10cm 左右，厚度与标志块相平，作为墙面抹底子灰填平的标准。其做法是在上下两个标志块中间先抹一层，再抹第二遍凸出成八字形，要比灰饼凸出1cm 左右，然后用木杠紧贴灰饼左上右下回来回搓，直至把标筋搓得与标志块一样平为止。同时要将标筋的两边用刮尺修成斜面，使其与抹灰层接槎顺平。标筋用砂浆，应与抹灰底层砂浆相同，标筋做法见图1 -1。操作时应先检查木杠是否受潮变形，如果有变形应及时修理，以防止标筋不平。

3．阴阳角找方

中级抹灰要求阳角找方。对于除门窗口外，还有阳角的房间，则首先要将房间大致规方。其方法是先在阳角一侧墙面做基线，用方尺将阳角先规方，然后在墙角弹出抹灰基准线，并在基准线上下两端挂通线做标志块。高级抹灰要求阴阳角都要找方，阴阳角两边都要弹基线，为了保证阴阳角方正垂直，必须在阴阳角两边都要做标志块和标筋。

4．做护角

室内墙面、柱面的阳角和门窗洞口的阳角抹灰要求线条清晰、挺直，并防止碰坏。因此，不论设计有无规定，都必须做护角。护角做好后，也起到标筋的作用。

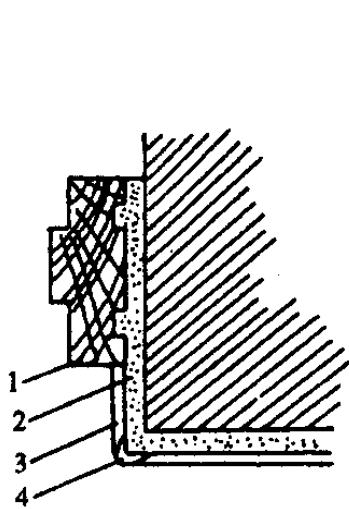


图1 -2 护角

1．窗口2．墙面抹灰3．面层4．水泥护角

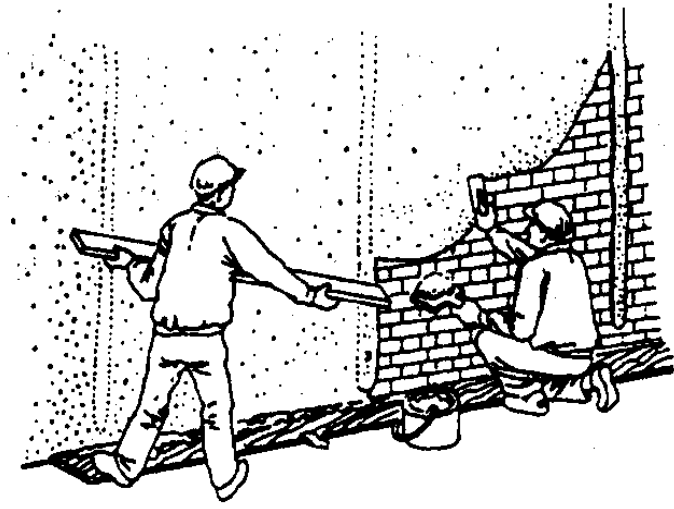


图1 -3 刮杠示意

护角应采用1 2 水泥砂浆，一般高度不应低于2m ，护角每侧宽度不小于50mm ，见图1 -2。

抹护角时，以墙面标志块为依据，首先要将阳角用方尺规方，靠门框一边，门框离墙面的空隙为准，另一边以标志块厚度为依据。最好在地面上划好准线，按准线粘好靠尺板，并用托线吊直，方尺找方。然后，在靠尺板的另一边墙角面分层抹1 2 水泥砂

浆，护角线的外角与靠尺板外口平齐；一边抹好后，再把靠尺板移到已抹好护角的一边，用钢筋卡子稳住，用线垂吊直靠尺板，把护角另一面分层抹好。再轻轻地将靠尺板拿下，待护角的棱角稍干时，用阳角抹子和水泥浆捋出小圆角。最后在墙面用靠尺板按要求尺寸沿角留出5cm，将多余的砂浆以40度斜面切掉以便于墙面抹灰与护角接槎。

窗洞口一般虽不要求做护角，但同样也要方正一致，棱角分明，平整光滑。操作方法与做护角相同。

5. 抹底层和中层灰

底层与中层抹灰在标志块、标筋及门窗口做好护角后即可进行。这道工序也叫装档或乱糙。方法是将砂浆抹于墙面两标筋之间，底层要低于标筋，待收水后再进行中层抹灰，其厚度以垫平标筋为准，并使其略高于标筋。

中层砂浆抹完后，即用中、短木杠按标筋刮平。局部凹陷处应补抹砂浆，然后再刮，直至普遍平直为止如图1 -3。紧接着用木抹子搓磨一遍，使表面平整密实。

墙的阴角，先用方尺上下核对方正，然后用阴角器上下抽动扯平，使室内四角方正，见图1 -4。

6. 面层抹灰

面层抹灰俗称罩面，一般室内砖墙面层常用纸筋石灰、麻刀石灰、石灰砂浆及刮大白腻子等。面层抹灰应在底灰稍干后进行，底灰太湿会影响抹灰面平整，还可能“咬色”；底灰太干，则容易使面层脱水太快而影响粘结，造成面层空鼓。

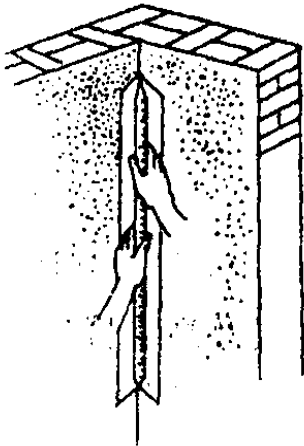


图1 -4 阴角的扯平找直

(1) 纸筋石灰面层抹灰。

纸筋石灰面层，一般应在中层砂浆六至七成干后进行。如果底层砂浆过于干燥，应先洒水润湿，再抹面层。抹灰操作一般使用钢皮抹子或塑料抹子，两遍成活，厚度2 ~3mm。一般由阴角或阳角开始，自左向右进行，两人配合操作，一人先竖向（或横向）薄薄抹一层，要使纸筋石灰与中层紧密结合，另一人横向（或竖向）抹第二层（两人抹灰的方向应垂直），抹平，并要压光溜平。压平后，如用排笔或扫帚蘸水横扫一遍，使表面色泽一致，再用钢皮抹子压实、揉平、抹光一次，则面层更为细腻光滑。阴阳角分别用阴阳角抹子捋光，随手用毛刷子蘸水将门窗边口阳角、墙裙和踢脚板上口刷净。纸筋石灰罩面的另一种做法是：二遍抹后，稍干就用压子式塑料抹子顺抹子纹压光，经过一段时间，再进行检查，起泡处重新压平。

麻刀石灰面层抹灰的操作方法与纸筋石灰面层抹灰相同。但麻刀与纸筋纤维的粗细有很大区别，纸筋容易捣烂，能形成纸浆状，故制成的纸筋石灰比较细腻，用它做罩面灰厚度可达到不超过2mm 的要求。而麻刀的纤维比较粗，且不易捣烂，用它制成的麻刀石灰抹面厚度按要求不得大于3mm 比较困难，如果厚了，则面层易产生收缩裂缝，影响工程质量，为此应采取上述两人操作的方法。

(2) 石灰砂浆面层抹灰。

石灰砂浆面层，应在中层砂浆五至六成干时进行。如中层较干时，须洒水润湿后再进行。操作时，先用铁抹子抹灰，再用刮尺由下向上刮平，然后用木抹子搓平，最后用铁抹子压光成活。

③）刮大白腻子。

内墙面面层可不抹罩面灰，而采用刮大白腻子。其优点是操作简单，节约用工。面层刮大白腻子，一般应在中层砂浆干透，表面坚硬呈灰白色，且没有水迹及潮湿痕迹，用铲刀刻划显白印时进行。大白腻子的配合比为：大白粉 滑石粉 聚醋乙烯乳液 羧甲基纤维素溶液（浓度5 %） =60 40 2 ~4 75 （质量比）。调配时，大白粉、滑石粉、羧甲基纤维素溶液应提前按配合比搅匀浸泡。

面层刮大白腻子一般不少于两遍，总厚度1mm 左右。操作时，使用钢片或胶皮刮板，每遍按同一方向往返刮。

头道腻子刮后，在基层已修补过的部位应进行复补找平，待腻子干后，用0 号砂纸磨平，扫净浮灰。待头道腻子干燥后，再进行第二遍。分层做法及施工要点：根据墙体基层（基体）的不同，内墙抹灰的分层做法及施工要点，见表1 -3。

五、外墙一般抹灰的施工方法

外墙一般抹灰的施工工艺流程为：找规矩 粘分格条 抹灰。

1．找规矩

外墙面抹灰与内墙抹灰一样要挂线做标志块、标筋。但因外墙面由檐口到地面，抹灰看面大，门窗、阳台、明柱、腰线等看面都要横平竖直，而抹灰操作则必须一步架一步架往下抹。因此，外墙面抹灰找规矩要在四角先挂好自上而下的垂直通线（多层及高层楼房应用钢丝线垂下），然后根据抹灰厚度弹上控制线，再拉水平通线，并弹水平线做标志块，然后做标筋。

2．粘分格条

为避免罩面砂浆收缩后产生裂缝，而影响墙面美观，应在中层灰6 ~7 成干后，按要求弹出分格线，粘贴分格条。分格条在使用前要用水泡透，这样既便于粘贴又能防止分格条在使用时变形。另外，分格条因本身水分蒸发而收缩有利与最终的起出，又能使分格条两侧的灰口整齐。粘分格条时，用铁皮抹子将素水泥浆抹在分格条的背面，即可粘贴分格条。水平分格条宜粘贴在平线下口，垂直分格线粘贴在垂线的左侧。粘结完一条竖向或横向的分格条后，应用直尺校正其平整，并将分格条两侧用水泥浆抹成八字形斜角（若是水平线应先抹下口）。当天抹面的分格条，两侧八字形斜角可抹成45 度，如图1 -5 （1）所示；当天不抹面的“隔夜条”，两侧八字形斜角应抹得陡一些，可抹成60 度角如图1 -5 （2）。分格条要求横平竖直，接头平整，不得有错缝或扭曲现象。分格缝宽窄和深浅应均匀一致。

表1 -3 常见内墙抹灰的分层做法及施工要点

名称	适用范围	项次	厚度/mm	施工要点	注意事项	
石灰 砂浆 抹灰	砖墙 基层	1	1 2 8（石灰膏 砂 粘土）砂浆（或1 3 石灰粘土萆秸灰）抹底、中层  1 2 ~2 5 石灰砂浆面层压光（或纸筋石灰）	13  (13 ~15 )  6  2 或3 )	石灰砂浆的抹灰早，应待前一层七至八成干后，方可涂抹后一层	
		2	1 2 5 石灰砂浆抹底层 1 2 5 石灰砂浆抹中层 在中层还潮湿时刮石灰膏	7 ~97 ~91	中层石灰砂浆用木抹子搓平稍干后，立即用铁抹子来回刮石灰膏，达到表面光滑平整，无砂眼，无裂纹，愈薄愈好  石灰膏刮后2h，未干前再压光一次	待底层六至七成干后，方可抹中层
		3	1 3 石灰砂浆抹底层 1 3 石灰砂浆抹中层 1 1 石灰木屑（或谷壳）抹面层	7 7 10	锯木屑过5mm 孔筛，使用前石灰膏与木屑拌合均匀，经钙化24h，使木屑纤维软化  适用于有吸音要求的房间	
		4	1 2 石灰砂浆抹底、中层 待中层灰稍干，用1 1 石灰砂浆随抹随搓平压光	13 6		
	加气 混凝土基层	5	1 3 石灰砂浆抹底层 1 3 石灰砂浆抹中层 刮石灰膏	7 7 1	墙面浇水湿润，刷一道107胶 水 =1 3 ~4 溶液后，随即抹灰	底层灰一定要达到七至八成干后，再湿润墙抹中层
水泥 混合 砂浆 抹灰	砖墙 基层	6	1 1 6 水泥白灰砂浆抹底层  1 1 6 水泥白灰砂浆抹中层  刮石灰膏	7 ~9  7 ~9  1	刮石灰膏见第2 项	水泥混合砂浆的抹灰层，应待前一层抹灰凝结后，方可涂抹后一层
		7	1 1 3 5（水泥 石灰膏 砂 于 木屑）分二遍成活，木抹子搓平	15 ~18	适用于有吸音要求的房间  木屑要求同第3 项	



第九篇 装饰工程						
续表						
名称	适用范围	项次	厚度 /mm	施工要点	注意事项	
水泥混合砂浆抹灰	砖墙基层	8	1 0 3 3 水泥石灰砂浆抹底层 1 0 3 3 水泥石灰砂浆抹中层 1 0 3 3 水泥石灰砂浆罩面	7  7 5	如为混凝土基层，要先刮水泥浆（水灰比0.37～0.40）或洒水泥砂浆处理，随即抹灰：	用于做油漆墙面抹灰
	混凝土基层、石墙基层	9	1 3 水泥砂浆抹底层 1 3 水泥砂浆抹中层 1 2 5 水泥砂浆罩面	5～7 5～7 5	混凝土表面先刮水泥浆（水灰比0.39～0.40）或洒水泥砂浆处理 抹灰方法与砖墙基层相同	
水泥砂浆抹灰	砖墙基层	10	1 3 水泥砂浆抹底层 1 3 水泥砂浆抹中层 1 2 5 或1 2 水泥砂浆罩面	5～7 5～7 5	适用于潮湿较大的砖墙，如墙裙、踢脚线等 底层灰要压实，找平层（中层）表面要扫毛，待中层五至六成干时抹面层 抹成活后要浇水养护	水泥砂浆抹灰层应待前一层抹灰层凝结后，方可涂抹后一层 水泥砂浆不得涂抹在石灰砂浆层上
		11	1 2 5 水泥砂浆抹底层 1 2 5 水泥砂浆抹中层 1 2 水泥砂浆罩面	5～7 5～7 5	适用于水池、窗台等部位抹灰 水池抹灰要找出泛水 水池罩面时侧面、底面要同时抹完，阳角要用阳角抹子捋光，阴角要用阴角抹子捋光，形成一个整体	
水泥砂浆抹灰	加气混凝土基层	12	1 5 =107 胶水 1 3 水泥砂浆打底 1 2 5 水泥砂浆罩面	5  5	抹灰的墙面要浇水湿润 107 胶溶液要涂刷均匀 薄薄地刮一道底子（简称“铁板糙”）后再抹底子灰 打底后隔2d 罩面	
聚合物水泥砂浆抹灰	加气混凝土砌块基层	13	1 1 4 水泥石灰砂浆用107 胶水溶液拌制聚合物砂浆抹底层、中层 1 3 水泥砂浆用含7 %107 胶水溶液拌制聚合物水泥砂浆抹面层	10  8	抹灰前，将加气混凝土表面清扫干净，并涂刷一遍107 胶水溶液（胶水=1 3 ~4），随即抹灰。涂刷的目的，是封闭基层的毛细孔，使砂浆不早期脱水，同时又增强了砂浆抹灰层与加气混凝土表面的粘结能力 严格控制抹灰分层厚度，底层灰要先抹薄薄一层，表面应“刮糙”，底层抹后接着抹中层灰，待五至六成干时，再抹罩面，适当干燥后要及时压实压光	加气混凝土基层表面均较干燥且吸水率大，如基层不事先进行处理，不但抹灰操作困难，而且会因砂浆抹灰层早期脱水而产生干缩裂缝，因此凡加气混凝土基层（包括下述加气混凝土条板基层），必须认真涂刷胶水溶液

第九篇 装饰工程						
续表						
名称	适用范围	项次	厚度 /mm	施工要点	注意事项	
纸筋灰（或麻刀灰、玻璃丝灰）抹灰	加气混凝土砌块或加气混凝土条板基层	14	1 3 9 水泥石灰砂浆抹底层 1 3 石灰砂浆抹中层 纸筋石灰或麻刀石灰罩面	3  7 ~9 2 或3	基层处理同第13 项 抹灰操作时，分层抹灰厚度应严格按左列数值控制，不要过厚，因为砂浆层越厚，产生空鼓、裂缝的可能性越大 小拉毛完成后，用喷雾器喷水养护2 ~3d 待找平层六至七成干后，喷水润湿，进行罩面 罩面时高级装饰宜分两遍成活	抹灰砂浆稠度要适宜 抹灰后避免风干过快，要将外门窗封闭，加强养护
		15	1 0 2 3 水泥石灰砂浆喷涂成小拉毛· 1 0 5 4 水泥砂浆找平(或采用机械喷涂抹灰) 纸筋石灰或麻刀石灰罩面	3 ~5  7 ~9 2 或3		
		16	1 3 石灰砂浆抹底层 1 3 石灰砂浆抹中层 纸筋石灰或麻刀石灰罩面	4 4 2 或3		
		17	1 3 9 水泥石灰砂浆找平 1 5 (107 胶 水) 溶液涂刷表面 抹纸筋灰罩面	3 ~5  2	用水泥石灰砂浆补好缺棱掉角及不平处 将墙面湿润 涂刷107 胶水，亦可采用将107 胶与纸筋灰拌合(掺量为10 %) 进行打底 罩面灰宜分二遍成活，第一遍薄薄刮一遍，第二遍找平压光	
	砖墙基层	18	1 2 5 石灰砂浆抹底层 1 2 5 石灰砂浆抹中层 纸筋石灰或麻刀石灰罩面	7 ~9 7 ~9 2 或3		
		19	1 1 6 水泥石灰砂浆抹底层 1 1 6 水泥石灰砂浆抹中层 纸筋石灰或麻刀石灰罩面	7 ~9  2 或3		

第九篇 装饰工程						
续表						
名称	适用范围	项次	厚度 /mm	施工要点	注意事项	
纸筋石灰（或麻刀灰、玻璃丝灰）抹灰	板条 苇箔 基层	20	麻刀灰掺10 %水泥打底 1 2 5 石灰砂浆（砂子过3mm 筛）紧压入底灰中（本身无厚度） 1 2 5 石灰砂浆找平层 纸筋石灰（或麻刀石灰罩面）	3   6 2	板条抹灰时，底子灰要横着板条方向抹。苇箔抹灰时，底子灰要顺着苇箔方向抹，并挤入缝隙 第二道小砂子灰要紧跟头道底子灰抹，并压入底子灰中，无厚度 第二道灰六至七成干时，开始抹第三道找平层，顺着板条、苇箔的方向，用软刮尺刮平、冲筋、刮杠 第四道待第三道六至七成干时，顺着板条苇箔方向抹，接搓平整，抹纹顺直 在大面积的板条顶棚抹灰时，要加麻钉。即用25cm 的麻丝栓在钉子上，钉在吊顶的木龙骨上，每30cm 一颗，每两根龙骨麻钉错开15cm ，并用砂浆把麻粘成燕尾形	抹灰砂浆稠度要适宜 抹灰后避免风干过快，要将外门窗封闭，加强养护
	混凝土基础	21	1 0 3 3 水泥石灰砂浆抹底层（或用1 3 9 ,1 0 5 4 ,1 1 6 水泥石灰砂浆视具体情况而定） 用上述配合比抹中层 纸筋石灰或麻刀石灰罩面	7 ~9  7 ~9 2 或3		
	混凝土大板或大模板建筑内墙基体	22	聚合物水泥砂浆或水泥混合砂浆喷毛打底 纸筋石灰或麻刀石灰罩面	1 ~3  2 或3	当前混凝土多使用钢模板，尤其大板和大模板混凝土施工时，由于涂刷各种隔离剂，表面光滑而影响抹灰与基层粘结，因此要对基层进行处理，即用107 胶水（胶 水 =1 20 ）处理，方法是将基层表面喷匀不漏喷，使胶水渗入基体表面1 ~1 5mm	
膨胀珍珠岩水泥砂浆抹灰	混凝土大板或大模板建筑内墙基层	23	聚合物水泥砂浆或水泥混合砂浆喷毛打底 水泥石灰膏膨胀珍珠岩用中级粗细颗粒经混合级配，重力密度为80 ~15kg / m <sup>3</sup> 罩面	1 ~3  2	基层处理后再抹灰或用挤压式砂浆泵喷毛打底	膨胀珍珠岩水泥砂浆要随抹随压，抹灰层要愈薄愈好，并且用铁压子压至平整光滑为止

## 第九篇 装饰工程

续表

名称	适用范围	项次	厚度 /mm	施工要点	注意事项	
大白 腻子 罩面	混凝土基层、大模板或大板混凝土基层	24	<p>石膏腻子 [石膏 聚醋酸乳液 甲基纤维素溶液 (浓度为5%) =100 5 ~6 60 (质量比)] 填缝补角</p> <p>大白腻子 (大白粉 滑石粉 乳液 浓度5%的甲基纤维素溶液 =60 40 2 ~4 75 ) 满刮三遍</p>	<p>0 ~1</p> <p>2 ~3</p>	<p>基层处理如第21、22、23 项</p> <p>施工流程是：基层处理 基层修补 满刮大白腻子 修补 打磨 腻子成活</p> <p>基层处理后，找补石膏腻子，方法是用钢片刮板或胶皮刮板将基层表面0.5mm 以上的蜂窝凹陷，及高低不平处刮实，再横抹竖起满刮一遍（表面光滑的可以不刮）</p> <p>满刮大白腻子时，要用胶皮刮板，分遍刮平，操作时按同一方向往返刮，刮板要拿稳，吃灰量要一致，注意上下左右接槎时，两刮板间要干净，不允许留浮腻子，甩槎都赶到阴角处，且要找直阴角和阳角，要用直尺和方尺检查，不要有碎弯</p> <p>头道腻子刮后干燥即要用0 号砂纸打磨至平整光滑，二遍腻子同样要磨平</p>	<p>基层处理时胶水比例要根据基层光滑程度灵活掌握用胶量，即越光滑的基层，胶量较大</p> <p>刮腻子时要防止沾上和混进砂粒等杂物</p>
大白 腻子 罩面	砖墙基层	25	<p>1 2 5 石灰砂浆 (或1 1 6 水泥石灰砂浆) 抹底层、中层</p> <p>面层刮大白腻子</p>	<p>10 ~15</p> <p>1</p>	<p>底层和中层抹灰如第2 项</p> <p>刮大白腻子如第24 项</p>	
粉刷 石膏 抹灰	高级装饰墙 (顶) 面	26	<p>厚度小于5mm 可直接用面层型粉刷石膏</p> <p>厚度5 ~20mm ，先用底层型打底，再抹面层型</p>		<p>料浆采用质量比。面层型水灰比0.4，先搅拌2 ~5min，静置15min 左右，再二次搅拌使用。底层型配合比为水 粉刷石膏 砂 = 0.5 ~0.6 1 1，先用水与粉刷石膏搅拌均匀，再加砂子搅拌</p>	

续表

名称	适用范围	项次	厚度 /mm	施工要点	注意事项	
石膏灰抹灰	高级装饰的墙面	27	1 2 ~3 麻刀石灰抹底层、中层 13 6 4 (石膏粉 水 石灰膏) 罩面分两遍成活，在第一遍未收水时即进行第二遍抹灰，随即用铁抹子修补压光两遍，最后用铁抹子溜光至表面密实光滑为止	底层6        中层7  2 ~3	底层、中层抹灰用麻刀石灰，应在20d 前化好备用，其中麻刀为白麻丝，石灰宜用2 8 块灰，配合比为，麻刀 石灰 =7 5 1300 (质量比) 石膏一般宜用乙级建筑石膏，结硬时间为5min 左右 ,4900 孔筛余量不大于10 % 罩面石膏浆配制时，先将石灰膏做缓凝剂加水搅拌均匀，随后按比例加入石膏粉，随加随拌合，稠度为10 ~12cm 即可使用。 其他缓凝剂： (a) 按石膏质量加入1 % ~ 2 %硼砂 (b) 牛皮胶水溶液 :1kg 牛皮胶完全溶解后加入70kg 水拌匀即可使用 抹灰前，基层表面应清扫并浇水润湿 石膏浆应随用随拌、随抹，墙面抹灰要一次成活，不得留接槎 基层不宜用水泥砂浆或混合砂浆打底，亦不得掺用氯盐，以防泛潮面层脱落	罩面石膏灰不得涂抹在水泥砂浆层上

注：本表所列配合比无注明者均为体积比。

3 . 抹灰

外墙抹灰层采用水泥砂浆时，配合比为水泥 砂 =1 3 ；采用水泥混合砂浆时，配合比为水泥 石灰 砂 =1 1 6。底层砂浆具有一定强度后，再抹中层，抹中层时用木杠、木抹子刮平压实，扫毛，浇水养护。抹面层时，先用1 2 5 水泥砂浆薄薄刮一遍；第二遍再与分格条抹齐平，然后按分格条厚度刮平、搓实、压光，再用刷子蘸水按同一方向轻刷一遍，以达到颜色一致，并清刷分格条上的砂浆，以免起条时损坏抹面。起出分格条后，随即用水泥砂浆把缝勾齐。

室外抹灰面积较大，不易压光罩面层的抹纹，所以一般用木抹子搓成毛面，搓平时要用力均匀，先以圆圈形搓抹，再上下抽拉，要方向一致，以使面层纹路均匀。抹灰完成24h 后开始淋水养护7d 为宜。

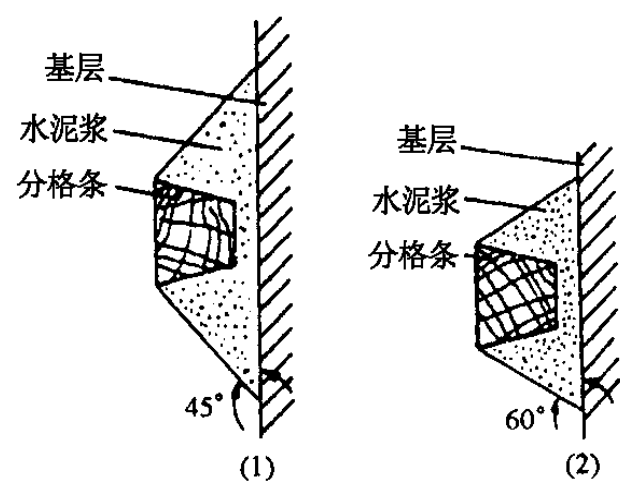


图1 -5 分格条两侧斜角示意

- (1) 当日起条者做45 度角；
- (2) “隔夜条” 做60 度角

外墙抹灰时，在窗台、窗楣、雨棚、阳台、檐口等部位应做流水坡度。设计无要求时，流水坡度10 % 为宜，流水坡下面应做滴水槽，滴水槽的宽度和深度均不应小于10mm。要求棱角整齐，光滑平整，起到挡水的作用。

## 六、加气混凝土墙体的抹灰施工工艺

加气混凝土是一种新型建筑材料，其制品有砌块、屋面板和内外墙板，其材料特性有容重轻、保温性能好、质轻多孔、便于加工和原材料广泛、价格低廉等特点。其墙体的内外饰面，是加气混凝土应用技术的重要内容之一，是用好、保护好该制品的关键。

由于加气混凝土的吸水性有先快后慢、容量大而延续时间长的特点，所以对基体表面必须进行处理。如采用浇水润湿墙面，如前所述，浇水量应以渗水深度8 ~10mm 为宜，每遍浇水之间的间隔，在常温下不得少于15min。抹灰前1h 最后一遍浇水（或喷水），并立即刷素水泥浆一道，随即开始抹灰，不得在素水泥浆干燥后再进行抹灰。如采用涂刷107 水泥胶浆时，应注意涂刷均匀，不得漏刷。涂刷107 水泥胶浆后，应立即抹灰，不得在浆面干燥后再抹。如采用将基体表面刮糙的方法，可用铁抹子在墙面刮成鱼鳞状，深度3 ~5mm，浇水后立即抹灰。如采用在墙面上满挂钢丝网时，浇水后即可抹灰。加气混凝土墙体的抹灰操作方法与前述的墙体抹灰方法相同，但应注意以下事项：

- 1．在基层表面处理完毕后，应立即进行抹底灰。
- 2．底灰材料应选用与加气混凝土材料性能相适应的抹灰材料，如强度、弹性模量和收缩值等应与加气混凝土性能相近。一般是用1 3 9 水泥混合砂浆薄抹一层，接着用1 3 石灰砂浆抹第二遍。底层厚度为3 ~5mm，中层厚度为8 ~10mm，按照标筋，用大杠刮平，用木抹子搓平。

3. 每层每次抹灰厚度应小于10mm，如找平有困难而需要增加厚度，则应分层分次逐步加厚，每次间隔时间，应待第一次抹灰层终凝后进行，切忌连续流水作业。

4. 大面抹灰前的“冲筋”砂浆及修补找平砂浆，应与大面抹灰砂浆一致，切忌采用高标号砂浆。

5. 外墙抹灰应进行养护。

6. 外墙抹灰不宜冬季施工。

7. 底灰与基层表面应粘结良好，不得空鼓、开裂。防止空鼓、开裂的措施目前有三种，一是在基层上涂刷一层“界面处理剂”，常用的界面处理剂有YJ-302型混凝土界面处理剂等，以封闭基层；二是在砂浆中掺入胶结材料，即用107胶水溶液或其他粘结剂，以改善砂浆的粘结性能；三是涂刷“防裂剂”，其方法是：将基层表面清理干净，提前用水湿润，即可抹底灰，待底层灰修整、压光并收水时，在底层灰表面及时刷或喷一道专用的防裂剂，接着抹中层灰，同样方法，在中层灰表面刷或喷一道专用的防裂剂后，再抹面层灰。如果在其面层上再刷一道防裂剂，见湿而不流，则效果更佳。

## 七、装饰抹灰

### 1. 水刷石

水刷石的工艺流程为：抹灰中层验收 弹线、粘贴分格条 抹面层石粒浆 刷洗面层 起分格条及浇水养护。

水刷石的基层处理和基层抹灰、中层抹灰的操作方法与一般抹灰相同，抹好的中层表面要划毛。

(1) 抹面层石粒浆。待中层抹灰六至七成干并经验收合格后，按设计要求弹线，贴分格条，然后洒水润湿，紧接着刷水灰比为0.37~0.40的素水泥浆一道，随即抹面层石粒浆，石粒浆稠度以5~7cm为宜。石粒应颗粒均匀、坚硬，色泽一致、洁净。抹面层时，应一次成活，随抹随用铁抹子压紧、揉平，但不要把石粒压的过死。每一块方格内应自下而上进行，抹完一块后，用直尺检查其平整度，不平处应及时修补并压实平整。同一平面的面层要求一次完成，不宜留施工缝；如必须留施工缝，应留在分格条的位置上。

(2) 刷洗面层。待面层六至七成干后，即可刷洗面层。冲洗是确保水刷石质量的重要环节之一，冲洗不净会使水刷石表面颜色发暗或明亮不一。

喷刷分两遍进行：第一遍先用软毛刷蘸水刷掉面层水泥浆露出的石碴，第二遍紧跟用手压喷浆机或喷雾器将四周相邻部位喷湿，然后按由上往下的顺序喷水，使石碴露出表面 $1/3 \sim 1/2$ 粒径，达到清晰可见、分布均匀即可。

喷刷后，随即起出分格条，并用素水泥浆将缝修补平直。

外墙窗台、窗楣、雨篷、阳台、压顶、檐口及突腰线等部位，也与一般抹灰一样，应在上面做流水坡度，下面做滴水槽或滴水线。滴水槽的宽度和深度均不应小于10mm。

### 2. 干粘石

干粘石是将彩色石粒直接粘在砂浆层上的饰面做法，其施工操作比水刷石简单。其工艺流程是：中层抹灰验收 弹线、粘贴分格条 抹粘结层砂浆 撒石粒、压平 起分格条并修整。

干粘石的基层处理和底层抹灰、中层抹灰与水刷石相同。

(1) 抹粘结层。待中层抹灰六至七成干并经验收合格后，应按设计要求弹线、粘贴分格条（方法同外墙抹灰），然后洒水润湿，刷素水泥浆一道，接着抹水泥砂浆粘结层。粘结层砂浆稠度以6~8cm为宜。粘结层施工后用刮刀刮平，要求表面平整、垂直，阴阳角方整。

(2) 撒石粒、拍平。粘结层抹完好，待干湿情况适宜时即可手甩石粒，然后随即用铁抹子将石子均匀的拍入到粘结层。甩石粒应遵循“先边角后中间，先上面后下面”的原则。拍压时，用力要合适，一般以石粒嵌入砂浆的深度不小于粒径的 $1/2$ 为宜。对于墙面过稀或过密处，一般不宜补甩，应将石粒用抹子（或手）直接补上或适当剔除。

(3) 修整。当墙面达到表面平整、石粒饱满时，即可起分格条。对局部有石粒下坠、不均匀、外露尖角太多或表面不平整等不符合质量要求的地方要立即修整、拍平，分格条处应用水泥浆修补，以求表面平整、色泽均匀、线条顺直清晰。



## 第二章 饰面工程

### 第一节 饰面板材料质量要求

- 1. 饰面板、饰面砖应表面平整、边缘整齐，棱角不得损坏，并应具有产品合格证；进场时，应按厂牌、型号、规格和颜色进行验收，必要时选砖，并分类存放备用。
- 2. 安装饰面板用的铁制锚固件、连接件，应镀锌或经防锈处理。镜面和光面的大理石、花岗石饰面板，应用铜或不锈钢制的连接件。
- 3. 天然大理石、花岗石饰面板表面不得有隐伤、风化等缺陷，不宜采用易褪色的材料包装。
- 4. 预制人造石饰面板，应表面平整，几何尺寸准确，面层石粒均匀、洁净、颜色一致。
- 5. 外墙釉面砖，无釉面砖，表面应光洁，质地坚固，尺寸、色泽一致，不得有暗痕和裂纹，其性能指标均应符合现行国家标准的规定，吸水率不得大于10 %。
- 6. 金属装饰板表面应平整、光滑，无裂缝和皱折，颜色一致，边角整齐，涂层厚度均匀。龙骨的规格、尺寸以及保温材料的品种、密度、导热性，均应符合设计要求。
- 7. 陶瓷锦砖及玻璃锦砖应质地坚硬，边棱整齐，尺寸正确。锦砖脱纸时间不得大于40 分钟。
- 8. 施工时所用胶结材料的品种、掺合比例应符合设计要求并具有产品合格证。
- 9. 拌制砂浆应用不含有害物质的洁净水。

### 第二节 饰面板安装工艺

饰面板的安装包括天然石材（如大理石、花岗石、青石板等）和人造饰面板（如人造大理石、预制水磨石、预制水刷石等）安装。根据规格大小的不同，饰面板的安装主要有粘贴法、挂贴法和干挂法等施工方法。

一、饰面板安装前的施工准备工作

饰面板安装前的施工准备工作，主要包括放施工大样图、选板与预拼、基层处理等。

1．放施工大样图

饰面板安装前，应根据设计图纸，核实结构的实际偏差，墙面应先检查基体墙面垂直平整情况，偏差较大的应剔凿或修补，超出允许偏差的，则应在保证基体与饰面板表面距离不小于5cm 的前提下，重新排列分块；柱面应先测量出柱的实际高度和柱子中心线，以及柱与柱之间上、中、下部水平通线，确定出柱饰面板看面边线，才能决定饰面板分块规格尺寸；对于复杂墙面（如楼梯墙裙、圆形及多边形墙面等），则应实测后放足尺大样校对；对于复杂形状的饰面板（如梯形、三角形等），则要用黑铁皮等材料放足尺大样。根据上述墙、柱校核实测的规格尺寸，并将饰面板间的接缝宽度包括在内（如设计无规定时，应符合表2 -1 的规定），计算出板块的排档，并按安装顺序编上号，绘制方块大样图以及节点大样详图，作为加工定货及安装的依据。

表2 -1 饰面板的接缝宽度

项 次	名 称		按缝宽度/mm
1	天然石	光面、镜面	1
2		粗磨面、麻面、条纹面	5
3		天然面	10
4	人造石	水磨石	2
5		水刷石	10

2．选板与预拼

选板工作主要是对照施工大样图检查复核所需板材的几何尺寸，并按误差大小归类；检查板材磨光面的缺陷，并按纹理和色泽归类。对有缺陷的板材，应改小使用或安装在不显眼处。选材必须逐块进行，对于有破碎、变色、局部缺陷或缺棱掉角者，一律另行堆放。破裂板材，可用环氧树脂胶粘剂粘结，其配合比见表2 -2。粘接时，粘接面必须清洁干燥，两个粘接面涂胶厚度0.5mm 左右，在15℃以上环境下粘结，并在相同温度的室内环境下养护，养护（固结）时间不得少于3d。对表面缺边少棱、坑洼、麻点的修补可刮环氧树脂腻子，其配合比见表13.5，并在15℃以上室内养护1d 后，用0 号砂纸轻轻磨平，再养护2 ~3d 后，打蜡出光。

表2 -2 环氧树脂胶粘剂与环氧树脂腻子配合比

材料名称	质量配合比	
	胶粘剂	腻子
环氧树脂E44 (6101)	100	100
乙二胺	6 ~8	10
邻苯二甲酸二丁脂	20	10
白水泥	0	100 ~200
颜料	适量（与修补材颜色相近）	适量（与修补材颜色相近）

选板和修补工作完成后，即可进行试拼。试拼经过有关方面的认同后，方可正式安装施工。

3．基层处理

饰面板安装前，对如墙、柱等基体进行认真处理，是防止饰面板安装后产生空鼓、脱落的关键工序。基体应具有足够的稳定性和刚度。基体表面应平整粗糙，光滑的基体应平整粗糙，光滑的基体表面应进行凿毛处理，凿毛深度应为0.5 ~1.5cm，间距不大于3cm。基体表面残留的砂浆、尘土和油渍等，应用钢丝刷刷净并用水冲洗。

二、粘贴法施工工艺

当饰面板材的面积小于400mm ×400mm，厚度小于12mm，且安装高度不超过3m时，可采用粘贴施工方法。

粘贴施工方法包括基层处理、抹底子灰、定位弹线和粘贴饰面板四道主要工序。

- 1．基层处理。基层处理方法，同本节施工准备中的相应要求。
- 2．抹底灰。抹厚为12mm 的1 3 水泥砂浆，找规矩，用短木杠刮平，并划毛。
- 3．定位弹线。按照设计图纸和实际粘贴的部位，以及所用饰面板的规格、尺寸，弹出水平线和垂直线。为保证板缝严密、不渗水，弹线时应考虑饰面板的接缝宽度，饰面板的接缝宽度应符合设计要求。
- 4．粘贴饰面板。先在抹好的底灰上洒水润湿，并在将要粘贴的面上薄薄的刮一道素水泥浆，然后将挑选好的、经过湿润并晾干的饰面板背面抹上2 ~3mm 厚的素水泥浆，并在水泥浆中加入适量的107 胶进行粘贴，贴上后用木锤轻轻敲击，使之固定。粘贴时，应随时用靠尺找平找直，并采用支架稳定靠尺，随即将流出的砂浆擦掉，以免玷污邻近的饰面。

粘贴饰面板也可用胶粘剂直接镶贴，胶粘剂配合比为：环氧树脂 乙二胺 邻苯二甲酸二丁酯 颜料 =100 6 8 20 适量。其操作方法与上述方法相同。

### 三、挂贴法施工工艺

#### 1．绑扎钢筋网片。

按施工大样图要求的横竖距离焊接或绑扎安装用的钢筋骨架。其方法是：先剔凿出墙面或柱面结构施工时的预埋钢筋，使其外露于墙、柱面，然后连接绑扎（或焊接）8mm 竖向钢筋（竖向钢筋的间距，如设计无规定，可按饰面板宽度距离设置），随后绑扎横向钢筋，其间距要比饰面板竖向尺寸低2~3cm 为宜，如图2-1 所示。如基体未预埋钢筋，可使用电锤钻孔，孔径为25mm，孔深90mm，用 M16 膨胀螺栓固定预埋铁，然后再按前述方法进行绑扎或焊接竖筋和横筋。

#### 2．钻孔、剔槽、挂丝。

在板材截面（侧面）上钻孔打眼，孔径5mm 左右，孔深15~20mm，孔位一般距板材两端 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{3}$ 。直孔应钻在板厚度中心（现场钻孔应将饰面板固定在木架上，用手电钻直对板材应钻孔位置下钻，孔最好定货时由生产厂家加工）。如板材 600mm，则应在中间加钻一孔，再在板背的直孔位置，距板边8~10mm 打一横孔，使直孔和横孔连通成“牛轭孔”。钻孔后，用合金钢錾子在板材背面与直孔正面轻打凿，剔出深4mm 小槽，以便挂丝时绑扎丝不能露出，以免造成拼缝间隙。依次将板材翻转再在背面打出相应的“牛轭孔”，亦可打斜孔，即孔眼与石板材成35°。另一种常用的钻孔方法是：只打直孔，挂丝后孔内充填环氧树脂或用铅皮卷好挂丝挤紧，再灌入粘接剂将挂丝嵌固于孔内。近年来，亦有在装饰板材厚度面上与背面的边长 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$  出锯三角形锯口，再锯口内挂丝。各种钻孔，如图2-2 所示。挂丝宜用铜丝或不锈钢丝。

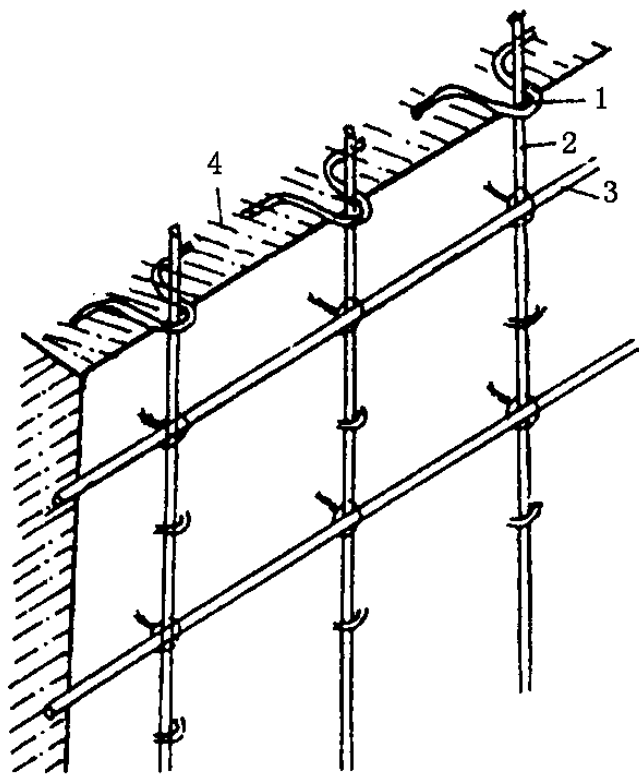


图2-1 墙面、柱面绑扎钢筋图

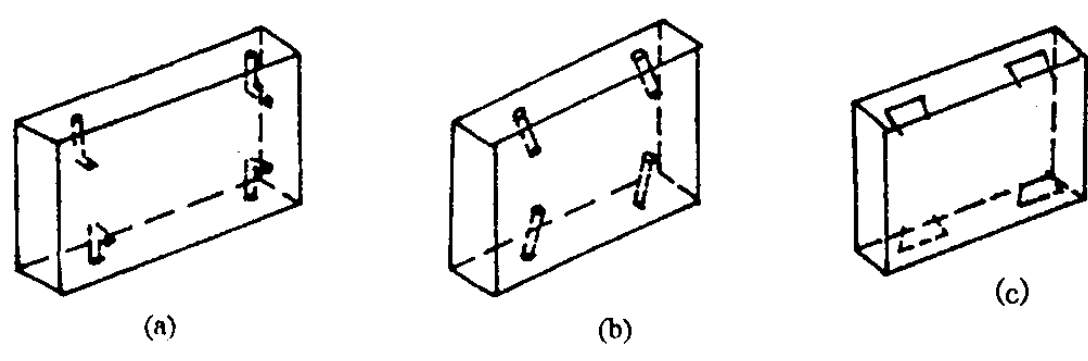


图2 -2 饰面板各种钻孔

(a) 牛轭孔；(b) 斜孔；(c) 三角形锯口

3. 安装饰面板。

安装饰面板时应首先确定下部第一层板的安装位置。其方法是用线锤从上至下吊线，考虑留出板厚和灌浆厚度以及钢筋网焊绑所占的位置，来准确确定出饰面板的位置，然后将此位置投影到地面，再墙下边划出第一层板的轮廓尺寸线，作为第一层板的安装基准线。依次基准线，在墙、柱上弹出第一层板的标高（即第一层板下沿线），如有踢脚板，应将踢脚板的上沿线弹好。根据预排编号的饰面板材对号入座，进行安装。其方法是：理好铜丝，将石板就位，并将板材上口略上后仰，单手深入板材后把石板下口铜丝扭扎于横筋上（扭扎不宜过紧，只要绑牢不脱即可），然后将板材扶正，将上口铜丝扎紧（如用挂钩则应将尾端深入板材孔中，另端钩住横筋），并用木楔塞紧垫稳，随后用靠尺与水平尺检查表面平整与上口水平度，若发现问题，上口用木楔调整，板下沿加垫铁皮或铅条，使表面平整并与上口水平。完成一块板的安装后，其他依次进行。柱面可按顺时针方向逐层安装，一般先从正面开始，第一层装毕，应用靠尺、水平尺调整垂直度、平整度和阴阳角方正，保证板材间距均匀，上口平直。墙面、柱面板材安装固定方法，如图2 -3 所示。

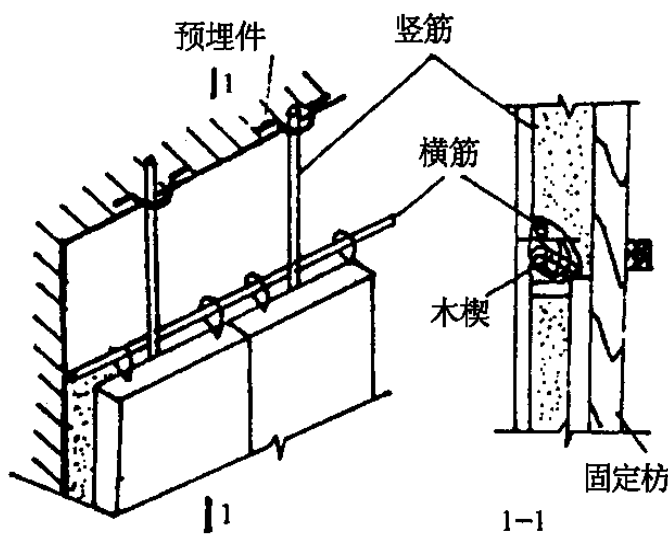


图2 -3 饰面板材安装固定

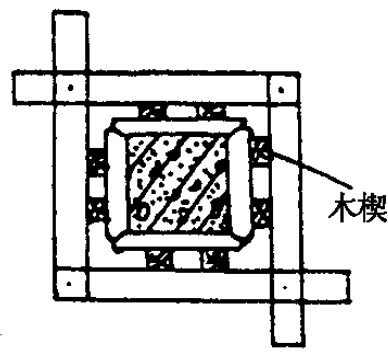


图2 -4 柱饰面临时固定

板材自上而下安装完毕后，为防止水泥砂浆灌缝时板材游走、错位，必须采取临时固定措施。固定方法视部位不同灵活采用，但均应牢固、简便。例如，柱面固定可用方木或小角钢，依柱饰面截面尺寸略大30 ~50mm 夹牢，然后用木楔塞紧，如图2 -4 所示。小截面柱尚可用麻绳裹缠。

外墙面固定板材，应充分运用外脚手架的横、立杆，以脚手架作支撑点，在板面设横木枋，然后用斜木枋支顶予以撑牢。

内墙面，由于无脚手架作为撑点，目前比较普遍采用的是用纸或熟石膏外贴。石膏在调制时应掺入20 %的水泥加水搅拌成粥状，在已调整好的板面上将石膏水泥浆贴于板缝处。由于石膏水泥浆固结后有较大的强度且不易开裂，所以每个拼缝固定后就成为一个支撑点，起到临时固定的作用（浅色板材，为防止水泥污染，可掺入白水泥），但较大板材或门窗漩脸饰面适应起拱1 %左右。

4 . 灌浆。

板材经校正垂直、平整、方正后，临时固定完毕，即可灌浆。灌浆一般采用1 3 水泥砂浆，稠度8 ~15cm，将盛砂浆的小桶提起，然后向板材背面与基体间的缝隙中徐徐注入。注意不要碰动石板，全长均匀满灌，并随时检查，不得漏灌，板材不得外移。灌浆宜分层灌入。第一层灌入高度 150mm，并应  $\frac{1}{3}$  板材高。灌时用小铁钎轻轻插捣，切忌猛捣猛灌。一旦发现外胀，应拆除板材重新安装。第一层灌完1 ~2 小时后，检查板材无移动，确认下口铜丝与板材均已锚固，再按前法进行第二层灌浆，高度为100mm 左右，即板材 $\frac{1}{2}$  高度。第三层灌浆应低于板材上口50mm 处，余量作为上层板材灌浆的接缝（采用浅色大理石或其他饰面板时，灌浆应用白水泥、白石屑，以免透底，影响美观）。

5 . 清理。

第三次灌浆完毕，待砂浆初凝后，即可清理板材上口的余浆，并用棉丝擦干净，隔天再清理板材上口木楔和有碍安装上层板材的石膏。以后用相同的方法把上层板材下口的不锈钢丝或铜丝栓在第一层板材上口，固定在不锈钢丝或铜丝处，依次进行安装。

6 . 嵌缝。

全部大理石安装完毕后，应将表面清理干净，并按板材颜色调制水泥色浆嵌缝，边嵌边擦干净，使缝隙密实干净，颜色一致。安装固定后的板材，如面层光泽受到影响，要重新打蜡上光，并采取临时措施保护棱角。

四、干挂法施工工艺

干挂法的操作工艺包括选材、钻孔、基层处理、弹线、板材铺贴和固定五道工序。

除钻孔和板材固定工序外，其余做法均同前。

1．钻孔。

由于相邻板材是用不锈销钉连接的，因此钻孔位置一定要准确，以便使板材之间的连接水平一致、上下平齐。钻孔前应在板材侧面按要求定位后，用电钻钻成直径为5mm，孔深12~15mm的圆孔，然后将直径为5mm的销钉插入孔内。

2．板材的固定。

用膨胀螺丝将固定和支撑板块的连接件固定在墙面上，如图2-5所示。连接件是根据墙面与板块销孔的距离，用不锈钢加工成L型。为便于安装板块时调节销孔和膨胀螺栓的位置，在L型连接件上留槽型孔眼，待板块调整到正确位置时，随即拧紧膨胀螺丝螺帽进行固结，并用环氧树脂胶将销钉固定。

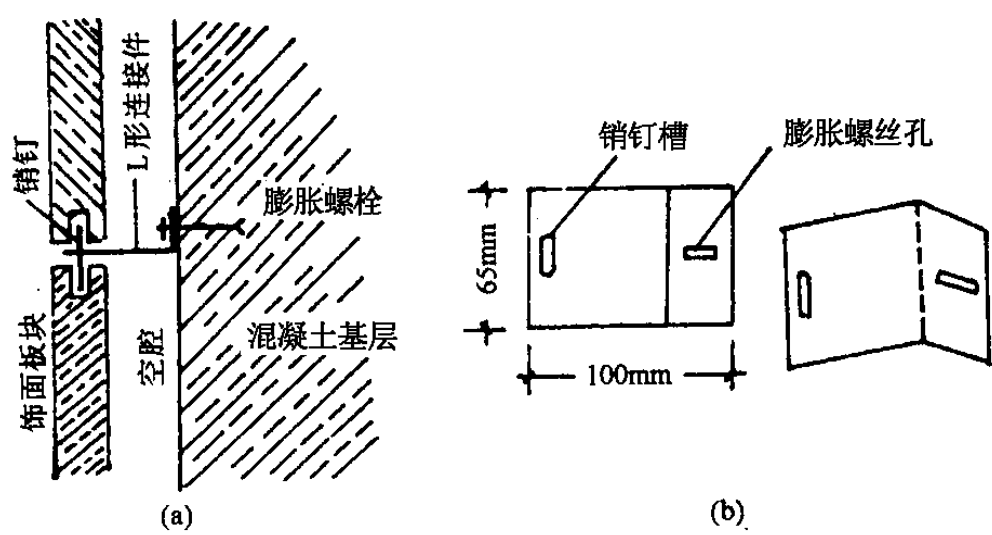


图2-5 用膨胀螺丝固定板材

(a) 板材的固定；(b) L型连接件

第三节 饰面砖施工工艺

饰面砖镶贴一般是指釉面砖、外墙面砖、陶瓷锦砖和玻璃马赛克的镶贴。

一、饰面砖镶贴的施工准备

1．基层处理

镶贴饰面层都需要找平层。找平层的优劣，是保证饰面层镶贴质量关键，而基层处理又是做好找平层的前提。

### (1) 混凝土表面处理。

当基体为混凝土时，先剔凿混凝土基体上凸出部分，使基体基本保持平整、毛糙，然后用火碱水或洗涤剂配以钢丝刷将表面上附着的脱模剂、油污等清除干净，最后用清水刷净。基体表面如有凹入部件，需用1 2 或1 3 水泥砂浆补平。如为不同材料的结合部位，例如填充墙与混凝土面结合处，还应用钢板网压盖接缝，射钉钉牢。为防止混凝土表面与抹灰层结合不牢，发生空鼓，尚可采用30 %的107 胶加70 %水拌合的水泥素浆，在基体表面满涂一道，以增加结合层的附着力。光滑的混凝土面，须用钢尖或扁錾凿坑处理，使表面粗糙。打点凿毛应注意两点：一是受凿面积 70 %（即每1m<sup>2</sup> 面积大点200 个）；二是凿点后，应清理凿点面，由于凿点中必然产生凿点局部松动，必须用钢丝刷清刷一道，并用清水冲洗干净，防止产生隔离层。

### (2) 加气混凝土表面处理。

砌块内墙应在基体清净后，先刷107 胶水溶液一道，然后为保证块料镶贴牢固，最好再满钉丝径0.7mm、孔径32mm×32mm 或以上的机制镀锌铁丝网一道。钉子用 6 “U” 型钉@ 600mm 钉一个，梅花型布置。

### (3) 砖墙表面处理。

当基体为砖砌体时，应用钢錾子剔除砖墙面多余灰浆，然后用钢丝刷清除浮土，并用清水将墙体充分湿水，使润湿深度约2 ~3mm。

## 2. 找平层施工

(1) 贴饼、冲筋。找平层应吊垂线，贴灰饼。外墙面作找平层时，应在房屋小角用经纬仪和线锤，按找平层厚度，从顶到底测定垂直线，沿垂线做标志，贴灰饼。垂直线应一次吊线，严禁两次吊线。外柱到顶的外墙，每个外柱边角必须吊线（即柱面双线），做双灰饼，然后再根据垂直线拉横向通线，沿通线每隔1200 ~1500mm 做灰饼；同时应放在门窗或阳台等处拉横向通线，找出垂直方正后，贴好灰饼。应特别注意各层楼的阳台和窗口的水平向、竖向和进出方向必须“三向”成线。

连通灰饼进行冲筋，作为找平层砂浆平整度和垂直度的标准。外墙面局部镶贴饰面砖时，应对相同水平部分拉通线，对相同的垂直面吊线锤，进行贴灰饼、冲筋。内墙面应在四角吊垂线、拉通线，确定抹灰厚度后贴灰饼、连通灰饼（竖向、水平向）进行冲筋，作为内墙找平层砂浆垂直度和平整度的标准。

### (2) 抹底层砂浆。

材料。用1 3 水泥砂浆或1 1 4 混合砂浆，严格控制找平层砂浆的稠度。

湿水。基层抹灰必须充分润湿基体，严禁在干燥的混凝土或砖墙上抹砂浆找平层。因为干燥的墙面，尤其当混凝土或砖砌体表面温度较高时，紧贴基体的砂浆很快被



集体吸干水分，使贴靠基体的砂浆失水而引起基层抹灰脱壳和出现缝裂而影响质量。

基层抹灰（即找平层抹灰）。基层抹灰的质量，要控制好垂直及平整度。要分层抹灰，每一层厚度不宜太厚，一般 7mm，局部加厚部位应加挂钢丝网。抹灰时应快抹快找平，不得反复揉压，造成人为空鼓。为克服混凝土基层抹灰易于空鼓，可在抹灰前在基体表面刷界面胶粘剂，如 YJ -302 和改性环氧树脂 EE -1、EE -2、EE -3 等。抹外墙面的找平层时，尚应注意墙面的窗台、腰线、阳角及滴水线等部位饰面层镶贴排砖方法和换算关系，正面砖要往下突3mm 左右，底面砖要做出流水坡度，如图2 -6 所示。

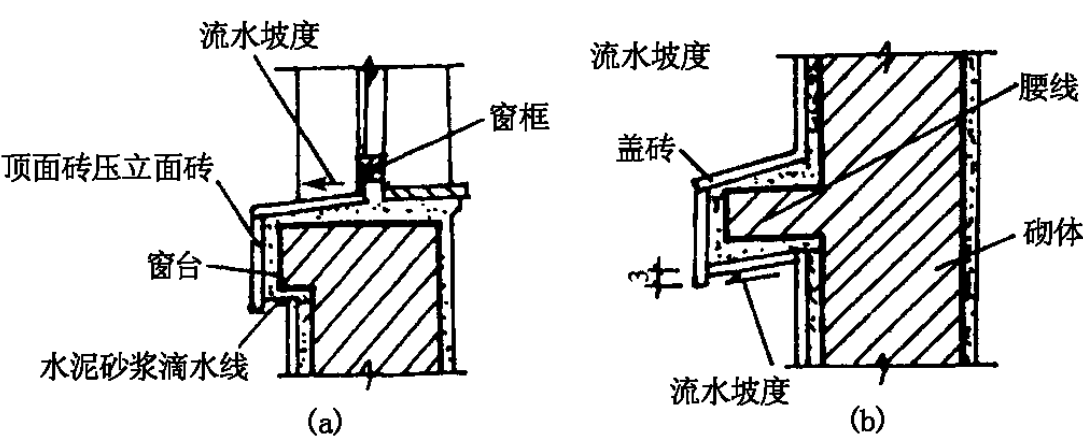


图2 -6 窗台、腰线找平示意图

(a) 窗台；(b) 腰线

养护。在找平层完成后，应洒水养护，一般3 ~7 天。

③ 抹中层砂浆。找平层抹灰完成后，在铺镶块料的前一天，再用1 2 水泥砂浆或1 1 4 水泥石灰砂浆批满。中层砂浆为精找平，一般厚 5mm，以解决基层抹灰找平回缩产生的不平，保证找平层平整度。

3 . 作业条件

在块料饰面材料铺贴安装前，必须完成下列技术准备：

- (1) 主体结构已进行中间验收，并确认合格，同时饰面施工的上层楼板或屋面应已完工不漏，全部饰面材料按计划数量验收入库。
- (2) 找平层拉线贴灰饼和冲筋已做完，大面积底糙完成，基层经自检、互检、交接检、墙面平整度、垂直度合格。
- (3) 突出基体表面之钢筋头、钢筋混凝土垫头、梁头已剔平，脚手洞眼已封堵完毕。
- (4) 水暖管道经检查无漏敷，试压合格，墙洞封闭，电管埋设完毕，壁上灯具支架做完，预埋件无遗漏。

⑤) 门窗框及其他木制、钢制、铝合金埋件按正确位置预埋完毕，标高符合设计要求。配电嵌柜等嵌入件已嵌入指定位置，周边用水泥沙浆嵌固完毕，扶手栏杆装好。

二、内墙饰面砖的镶贴

1. 弹线分格

弹线分格是在精找平层上用粉线弹出饰面砖分格线。弹线前应根据镶贴墙面长、宽尺寸，将纵、横面砖的皮数划出皮数杆，定出水平标准。

(1) 弹水平线。对要求面砖贴到顶的墙面，应先弹出顶棚边或龙骨下标高线，按饰面砖上口镶贴伸入吊顶线内25mm 计算，确定面砖铺贴上口线，然后从上往下按整块饰面砖的尺寸分划到最下面的饰面砖。当最下面砖的高度小于半块砖时，最好重新分划，使最下面一层面砖高度大于半块砖。重新排饰面砖出现的超出尺寸，可将面砖伸入到吊顶内。

(2) 弹竖向线。最好从墙面一侧端部开始，以便将不足模数的面砖贴于阴角或阳角处。弹线分格示意，如图2 -7 所示。

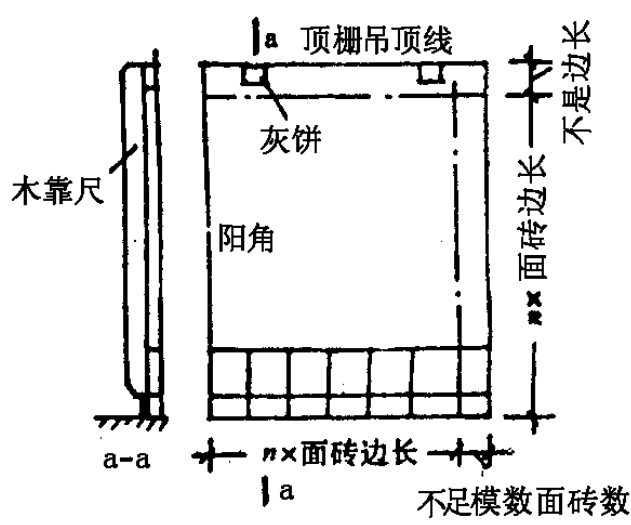


图2 -7 饰面砖弹线分格示意图

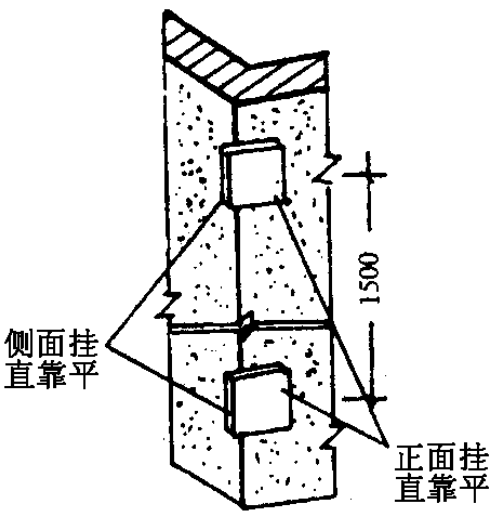


图2 -8 双面吊直示意图

2. 选砖

为保证镶贴质量，必须在镶贴前按颜色的深浅不同进行挑选，然后再对其几何尺寸大小进行分选。挑选饰面砖几何尺寸的大小，可采用自制分选套模。套模根据饰面砖几何尺寸及公差大小做成几种“ ”醒目框钉在木板上，将砖逐块放入木框，即能分选出大、中、小，以此分类堆放备用。在分选饰面砖的同时，还必须挑选配件砖，如阴角条、阳角条、压顶等。

3. 浸砖

分级归类的饰面砖，在铺贴前应充分浸水，防止干砖铺贴上墙后，吸收灰浆中的水

分，致使砂浆结晶硬化不全，造成粘贴不牢或面砖浮滑。一般浸水时间不少于2h，取出阴干到表面无水膜，通常为6h左右，以手摸无水感为宜。

4．做灰饼

在贴釉面砖的找平层上，用废面砖按铺贴厚度，在墙面上上下左右作灰饼，并以废砖楞角作为基准线，上下用靠尺吊直，横向用靠尺或小线拉平。灰饼间距一般为1500mm。阳角处除正面作灰饼外，侧面亦相应应有灰饼，即所谓的双面挂直，如图2 -8 所示。

5．铺贴方法

(1) 预排面砖。

在同一墙面最后只能留一行（排）非块状饰面砖，非整块面砖应排在紧靠地面上或不显眼的阴角处。排砖时可用调整砖缝宽度的方法解决，一般饰面砖缝宽可在1 ~ 1.5mm 中变化。凡有管线、卫生设备、灯具支撑等时，面砖应裁成“ ”形口套入，再将裁下的小块截去一部分，原砖套入“ ”口嵌好，严禁用几块零砖拼凑。内墙面砖镶贴排列方法，主要有直缝镶贴和错缝镶贴（此法第一块砖隔行应有半砖），如图2 -9 所示。

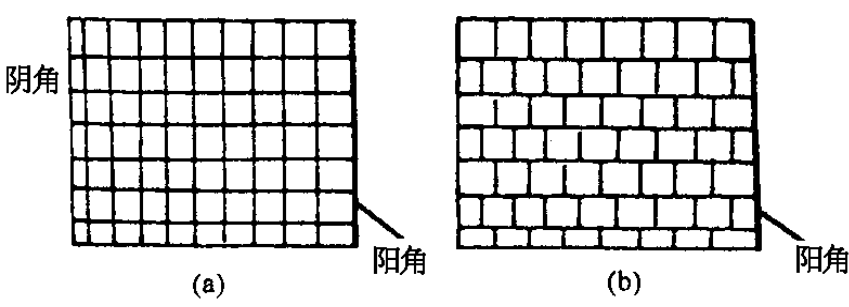


图2 -9 内墙饰面砖贴法示意图

(a) 直缝；(b) 错缝

当外形尺寸较大而饰面砖偏差又较大时，采用大面积密缝镶贴法效果不好。因饰面砖尺寸不一，极易造成缝线游走、不直，以致不好收头交圈。这种砖最好用调缝拼法或错缝排列比较合适。这样，即可解决面砖大小不一的问题，又可对尺寸不一的面砖分排镶贴。

(2) 铺贴。

饰面砖结合层用砂浆。这类砂浆主要有三种：(a) 水泥砂浆：以配比为1 2 或1 3 水泥砂浆为宜，砂宜取细度模数 <2.9 之细砂。(b) 水泥石灰砂浆：在1 2 或1 3 水泥砂浆中加入少量石灰膏，以增加粘贴砂浆的保水性与和易性。(c) 在贴面水泥砂浆中最好加入107 胶，其配合比（质量比）为：水泥 砂 水 107 胶 =1 2.5 0.44 0.03。

铺贴。大面积铺贴的顺序是：由下往上，从阳角开始水平方向逐一铺贴，以弹好

的地面水平线为基准，嵌上直靠尺或八字形靠尺条，第一排饰面砖下口应紧靠直靠尺条上沿，保证基准行平直。如地面有踢脚板，靠尺条上口应为踢脚板上沿位置，以保证面砖与踢脚板接缝美观。镶贴时，用铲刀在砖背面刮满界面粘结砂浆，再准确镶嵌贴面位置，然后用铲刀木柄轻轻敲击饰面砖表面，使其落实镶贴牢固，并将挤出的砂浆刮净。饰面砖粘结砂浆厚度应大于5mm，但不宜超过8mm。

在镶贴中，应随贴随敲击随用靠尺检查表面平整度和垂直度。检查发现高出标准砖面时，应立即压砖挤浆；如已形成凹陷，必须揭下重新抹灰再贴，严禁从砖边塞砂浆，以免造成空鼓。如遇饰面砖几何尺寸差异较大，应在铺贴中注意调整。最佳的调整方法是将相近尺寸的饰面砖贴在一排上，但铺最上面一排时，应保证砖上口平直，以便最后贴压条砖。无压条砖时，最好在上口贴圆角面砖，如图2 -10 所示

在大面积采用107 胶砂浆镶贴饰面砖时，可用滑动格片木直尺辅助镶贴。其做法是：在墙面下端固定一水平木滑尺，另做一木直尺在其上安小分格片，并在直尺中部开槽，槽中嵌入木滑条。垂直的木直尺可沿木滑条平行移动。木直尺小分格片用铝片或铁片钉成，分格片间距应等于饰面砖和每一条水平缝尺寸之和。格片伸出直尺2 ~3cm，木直尺上钉小格片的范围约1m，如图2 -11 所示。

在有脸盆镜箱的墙面，应按脸盆上下水管部位分中，往两边排砖；肥皂盒可按预定尺寸和砖数排砖（见图13 .17）。

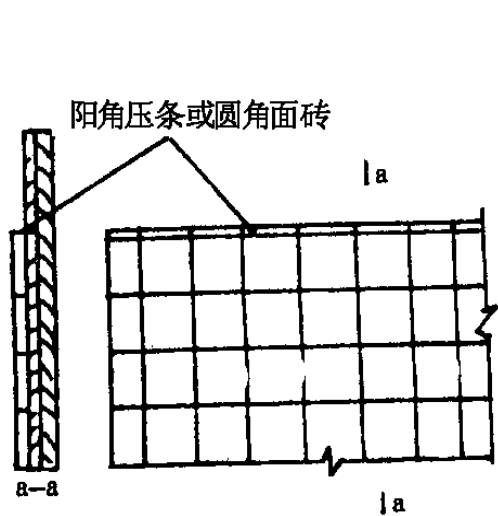


图2 -10 圆角面砖铺贴示意图

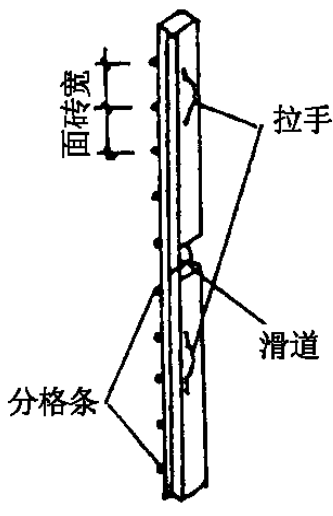


图2 -11 滑动格片木直尺

嵌缝、擦洗。饰面砖铺贴完毕后，应用棉纱头蘸水将砖面拭净，同时用与饰面砖颜色相同的水泥（彩色面砖应加同色颜料）嵌缝，嵌缝中务必注意应全部封闭缝中镶贴时产生的气孔和砂眼。嵌缝后，应用纱头蘸水仔细擦拭干净。如饰面砖砖面污染严重，可用稀盐酸刷洗后，再用清水冲洗干净。

### 三、外墙面砖的镶贴

外墙面砖的镶贴一般分为选砖、预排、弹线分格、镶贴、勾缝等工序。

#### 1. 选砖、预排

(1) 选砖。根据设计图纸的要求，对面砖进行分选。首先按颜色分选一遍，然后再用自制套模对面砖的大小、厚薄进行分选归类。

(2) 预排。外墙面砖预排主要是确定面砖的排列方法和砖缝的大小。外墙面砖镶贴排砖方法较多，常用的矩形面砖排列有矩形长边水平排和竖直排列两种；按砖缝宽度，又可分为密缝排列（缝宽1 ~3mm）与疏缝排列（缝宽大于4mm，但一般小于20mm）。此外，还可采用密缝、疏缝，按水平、竖直方向相互排列，如图2 -13 所示。

预排中应该遵循如下原则：凡阳角部位都应是整砖，且阳角处正立面整砖应盖住侧立面整砖。对大面积墙面砖的镶贴，除不规则部位外，其他都不裁砖。除柱面镶贴外，其余阳角不得对角粘贴，如图2 -14 所示。

在预排中，对突出墙面的窗台、腰线、滴水槽等部位排砖，应注意台面砖须作出一定的坡度，一般 $i=3\%$ ；台面砖盖立面砖。底面砖应贴成滴水鹰嘴，如图2 -15 所示。

预排外墙面砖还应核实外墙实际尺寸，以确定外墙找平层厚度，控制排砖模数（即确定竖向、水平、疏密缝宽度及排列方法）。此外，还应注意外墙面砖的横缝应与门窗漩脸和窗台相平；门窗洞口阳角处排横砖。

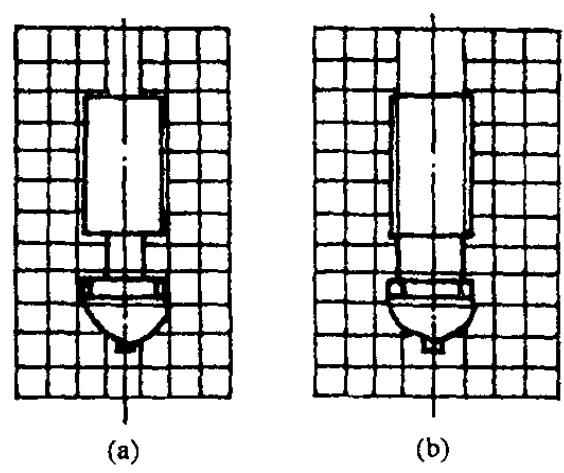


图2 -12 卫生设备外面  
砖镶贴示意图  
(a) 皂盒占位为单数面砖分法；  
(b) 皂盒占位为双数面砖分法

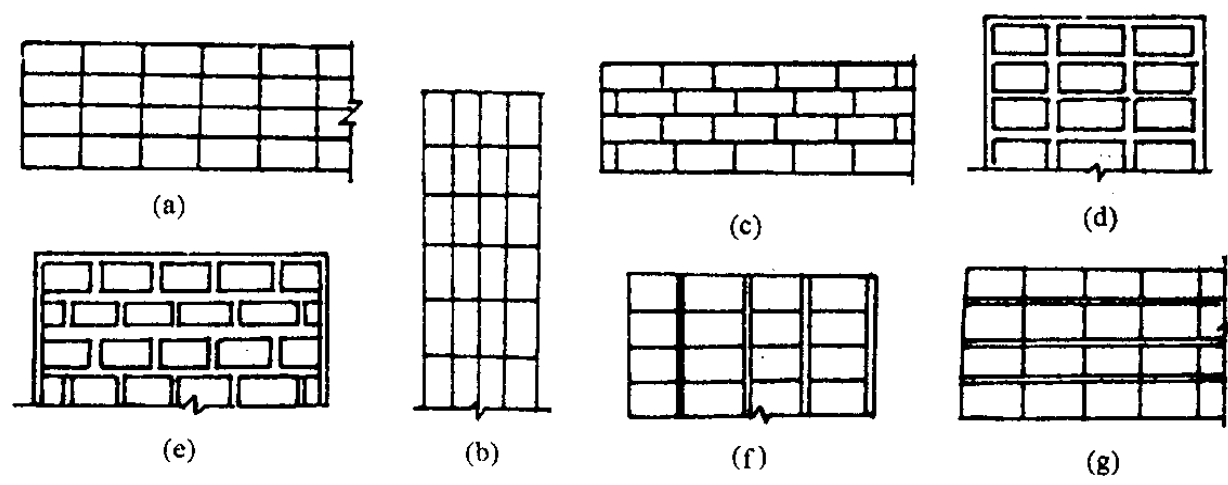


图2 -13 外墙矩形面砖排缝示意图

(a) 长边水平密缝；(b) 长边竖直密缝；(c) 密缝错缝；(d) 水平、竖直密缝；  
(e) 疏缝错缝；(f) 水平密缝、竖直密缝；(g) 水平疏缝、竖直密缝

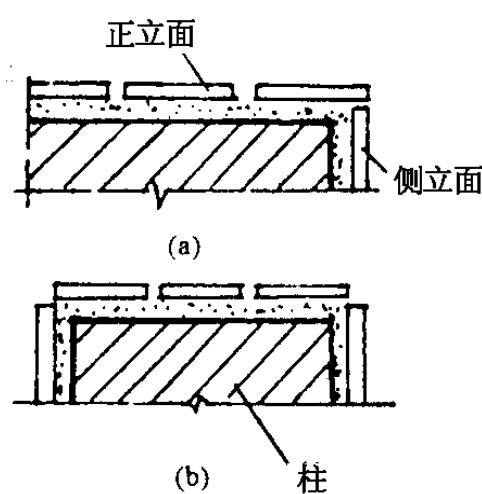


图2 -14 外墙阳角镶贴排砖示意图

(a) 阳角盖砖关系；(b) 柱面对角粘贴关系

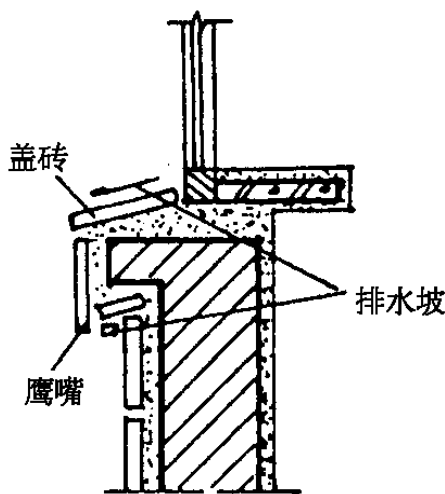


图2 -15 外窗台线脚面砖镶贴示意图

窗间墙应尽可能排整砖，直缝有困难时，可考虑错缝排列，以求的墙砖对称效果。

2. 弹线分格

弹线与做分割条应根据预排画出大样图，按缝的宽窄大不做出分格条，作为镶贴面砖的基准线。弹线的步骤如下：

- (1) 外墙阳角处，大角用大于5kg 的线锤吊垂线，并用经纬仪校核，最后用花篮螺栓将线锤吊正的钢丝固定绷紧上下端，作为找准基线。
- (2) 以阳角基线为准，每隔1500 ~2000mm 作标志块定出阳角方正，抹上隔夜“铁板糙”（即俗称“整糙”）。
- (3) 在精抹面层上，按预排大样先弹出顶面水平线，在墙面的每一部分，根据外墙水平方向面砖数，每隔约1000mm 弹一垂线。
- (4) 在层高范围内，按预排面砖实际尺寸和块数，弹出水平分缝，分层皮数（或先做皮数杆，再按皮数杆弹分层线）。

### 3. 镶贴

镶贴面砖前也要做标志块，其挂线方法与釉面砖相同，并应先将墙面清扫干净，清除妨碍铺贴面砖的障碍物，检查平直度是否符合要求。镶贴顺序应自上而下分层分段进行，每段内镶贴程序应是自下而上进行，而且要先贴附墙柱后贴墙面再贴窗间墙。镶贴时，先按水平线垫平八字尺或直靠尺，操作方法基本与釉面砖相同。铺贴的砂浆一般为1 2 水泥砂浆或掺入不大于水泥质量15 % 的石灰膏的水泥混合砂浆，砂浆的稠度要一致，避免砂浆上墙后流淌。抹灰厚度一般为6 ~10mm，贴完一行后，须将每块面砖上的灰浆刮净。如上口不在同一直线上，应在面砖的下口垫小木片，尽量使上口在同一直线上，然后在上口放分隔条，即控制水平缝的大小与平直，又可防止面砖向下滑移，随后再进行第二皮面砖的铺贴。

竖缝的宽度与垂直完全靠目测控制，所以在操作中要特别注意随时检查，除依靠墙面的控制线外，还应该经常用线锤检查。如竖缝是离缝，在粘贴时对挤入竖缝处的灰浆要随手清理干净。

分格条应在隔夜后起出，起出后的分格条应清洗干净，方能继续使用。门窗铰脸、窗台及腰线镶贴面砖时，要先将基体分层刮平，表面随手划纹，待七至八成干时再撒水抹2 ~3mm 厚的水泥浆（最好采用掺水泥重的10 % ~15 % 的107 胶的聚合物水泥浆），随即镶贴面砖。为了使面砖镶贴牢固，应采用T 行托板做临时支撑，隔夜后拆除。窗台及腰线上盖面砖镶贴时，要先在上面用稠度小的砂浆满刮一遍，抹平后，撒一层干水泥灰面（不要太厚），略停一会见灰面已湿润时，随即铺贴，并按线找直揉平，垛角部位，在贴完面砖后，要用方尺找方。

### 4. 勾缝、擦洗

在完成一个层段的墙面并检查合格后，即可进行勾缝。勾缝用1 1 水泥砂浆，砂子要过窗纱筛或水泥浆分两次进行嵌实，第一次用一般水泥砂浆，第二次按设计要求用彩色水泥浆或普通水泥浆勾缝。勾缝可做成凹缝（尤其是离缝分格），深度3mm 左右。面砖密缝处用和面砖相同颜色的水泥擦缝，勾缝材料硬化后将面砖表面清洗干净。如有污染，可用浓度为10 % 的盐酸刷洗，再用水冲净。

## 四、陶瓷锦砖（陶瓷马赛克）的镶贴

### 1. 排砖、分格和放线

陶瓷锦砖的施工排砖、分格，是按照设计图纸要求，根据门窗洞口，横竖装饰线条的布置，首先明确墙角、墙垛、出檐、线条、分格（或界格）、窗台等节点的细部处理，

按整砖模数排砖确定分格线，绘制出细部构造详图，再按排砖模数和分格要求，绘制出墙面施工大样图，以保证墙面完整和镶贴各部位操作顺利。

底子灰抹好划毛经浇水养护后，根据节点细部详图和施工大样图，先弹出水平线和垂直线，水平线按每方陶瓷锦砖一道，垂直线最好也是每方一道，也可二至三方一道，垂直线要与房屋大角以及墙垛中心线保持一致。如有分格时，按施工大样图规定的留缝宽度弹出分格线，按缝宽备好分格条。

2. 镶贴

镶贴陶瓷锦砖时，一般由下而上进行，按已弹好的水平线安放八字靠尺或直靠尺，并用水平尺校正垫平。一般是两人协同操作，一人在前洒水润湿墙面，先刮一道素水泥浆，随即抹上2mm 厚的水泥浆为粘结层，并掺适量的107 胶；另一人将陶瓷锦砖铺在木垫板上，纸面向下，锦砖背面朝上，先用湿布把底面擦净，用水刷一遍，再刮素水泥浆，将素水泥浆刮至陶瓷锦砖的缝隙中，砖面不要留砂浆，再将一张张陶瓷锦砖沿尺粘贴在墙上。

另一种操作方法是：一人在润湿后的墙面打抹纸筋混合灰浆（其配合比纸筋 石灰水泥 =1 1 8，制作时先把纸筋与石灰膏搅匀，过3mm 筛，再与水泥浆搅匀）2 ~3mm，用靠尺板刮平，再用抹子抹平整；另一人将陶瓷锦砖铺在木垫板上，底面朝上，缝里灌细砂，用软毛刷刷净底面，再用刷子稍刷一点水，抹上薄薄一层灰浆，如图2 - 16 所示。

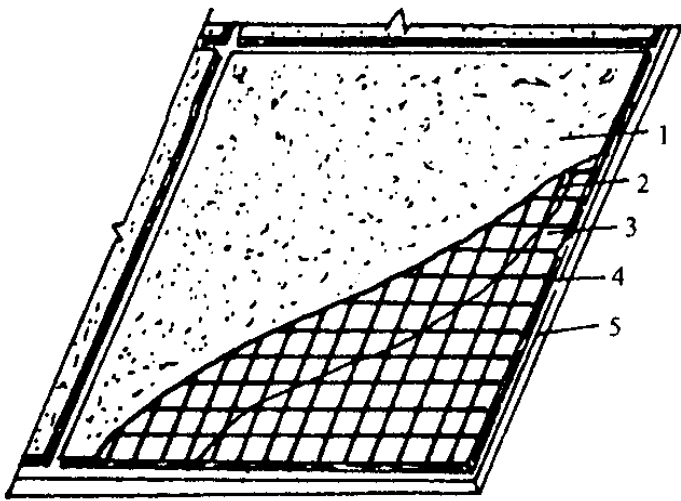


图2 - 16 缝中灌砂做法  
1. 砂浆2. 细砂3. 陶瓷锦砖底面  
4. 陶瓷锦砖护面纸5. 木垫板

上述工作完成后，即可在粘结层上铺贴陶瓷锦砖。铺贴时，双手执在陶瓷锦砖上方，使下口与所垫的八字靠尺（或靠尺）齐平，由下往上贴，缝要对齐，并注意使每张之间的距离基本与小块陶瓷锦砖缝隙相同，不宜过大或过小，以免造成明显的接槎，影



响美观。

3．揭纸

陶瓷锦砖贴于墙面后，一手将硬木拍板放在已贴好的陶瓷锦砖面上，一手用小木锤敲击木拍板，将所有的陶瓷锦砖满敲一遍，使其平整，然后将陶瓷锦砖护面纸用软刷子刷水润湿，等护面纸吸水泡开（立面镶贴纸面不易吸水，可往盛清水的桶中撒几把干水泥并搅匀，再用刷子蘸水润纸，纸面较易吸水，可提前泡开），既开始揭纸。揭纸时要仔细，有顺序地、慢慢地撕，如发现有小块陶瓷锦砖随纸带下（如只是个别几粒），在揭纸后要重新补上；如随纸带下的数量较多，说明护面纸还未充分泡开，胶水尚未溶化，这时应用抹子将其重新压紧，继续刷水润湿护面纸，直到撕纸无掉粒为止。

4．调整

揭纸后要检查缝的大小，不合要求的缝必须拨正。调整砖缝的工作，要在粘结层砂浆初凝前进行。拨缝的方法是：一手拨缝时将开刀放于缝间，一手用抹子轻敲开刀，逐条按要求将缝拨匀、拨正，使陶瓷锦砖的边口以开刀为准排齐。拨缝后用小锤敲击木拍板将其拍实一遍，以增强与墙面的粘结。

5．擦缝

待粘结水泥浆凝固后，用素水泥浆找补擦缝。其方法是：先用橡皮刮板将水泥浆在陶瓷锦砖表面刮一遍，嵌实缝隙，接着加些干水泥，进一步找补擦缝，全面清理擦干净后，次日喷水养护。擦缝用水泥，如为浅色陶瓷锦砖应使用白水泥。

第四节 金属饰面板安装工艺

一、铝合金饰面板安装

1．放线

放线是铝合金饰面板安装的重要环节。首先要将支承骨架安装位置准确地按设计图要求弹至主体结构上详细标定出来，为骨架安装提供依据。因此，放线、弹线前应结基体结构几何尺寸进行检查，如发现有较大误差，应会同各方进行处理。达到放线一次完成，使基层结构的垂直与平整度满足骨架安装平整度和垂直度要求。

2．安装固定连接件

型钢、铝材骨架的横、竖杆件是通过连接件与结构基体固定的。连接件常与墙面上

打膨胀螺栓或与结构预埋铁件焊接方法固定，一般用膨胀螺栓固定连接件较为灵活，尺寸易于控制。

连接件必须牢固，安装固定后应做隐蔽检查记录（包括连接焊缝长度、厚度、位置；膨胀螺栓的埋置标高位置、数量与嵌入深度），必要时还应作抗拉、抗拔测试，以确定其是否达到设计要求。

连接件表面应作防锈、防腐处理，连接焊缝隙必须涂刷防锈漆。

### 3. 安装固定骨架

骨架安装前必须先进行防锈处理，安装位置应准确无误，安装中应随时检查标高，中线位置。对于面积较大，层高较高的外墙铝板饰面骨架竖杆，必须用线锤和仪器测量校正，保证铅直和平整，还应作好变截面、沉降、变形缝处细部处理，为饰面铝板顺利安装创造条件。

### 4. 铝合金装饰板的安装

(1) 直接安装固定：即将铝合金板块用螺栓直接固定在型钢上。

(2) 利用铝合金板材压延、冲压成型的特点，作成各种形状，然后将其压卡在特制的龙骨上。

两种安装方法相互比较，前者耐久性好，常用于外墙壁饰面工程，后者施工方便，适宜室内墙面装饰。铝合金饰面根据材料品种的不同，其安装方法也各不相同，其安装方法如下：

铝合金板条安装。

铝合金饰面板条一般宽度 150mm，厚度 >1mm，标准长度为6m。一般已作氧化镀膜处理。板条通过焊接型钢骨架用膨胀螺栓与结构连接或通过铁件与建筑物主体结构上的埋件焊接固定。

当饰面面积较大时，焊接骨架可按板条宽度增加布置角钢横、竖肋杆，一般间距以 500mm 为宜，此时铝合金板条用自攻螺钉直接拧固于骨架上。此种板条的安装，由于采用后条扣压前条的构造方法，可使前块板条安装固定的螺钉被后块板扣压遮盖，从而达到使螺钉全部暗装的效果，既美观，又对螺钉起保护作用。安装板条时，可在每条板扣嵌时留5 ~6mm。空隙形成凹槽，增加扣板起伏，加深立面效果。安装构造见图2 -17。

复合铝合金隔热墙壁板安装。复合铝合金隔热板均为蜂窝中空状，系由厂家模具拉伸成型。

a. 成型复合蜂窝隔热板，周边用异型边框嵌固，使之具有足够刚度，并用PVC 泡沫塑料填充空隙，聚胺酯密封胶封堵防水。此种饰面板的安装构造，由埋墙膨胀螺栓固定角钢，方钢管立柱则用螺栓与角钢相联，并在方钢管上用螺栓固定型钢连接件，将嵌

有复合蜂窝隔热板的异形钢框用螺栓固定在空心方形钢立柱上，即形成饰面墙板。

b. 成型复合蜂窝隔热板，在生产时即将边框与固定连接件一次压制成型，边框与蜂窝板连接嵌固密封。安装方法是角钢与墙体连接，U 形吊挂件嵌固在角钢内与穿螺栓连接。U 形吊挂件与边框间留有一定空隙，用发泡PVC 填充，两块板间留20m。缝，用一块成形橡胶带压死防水。

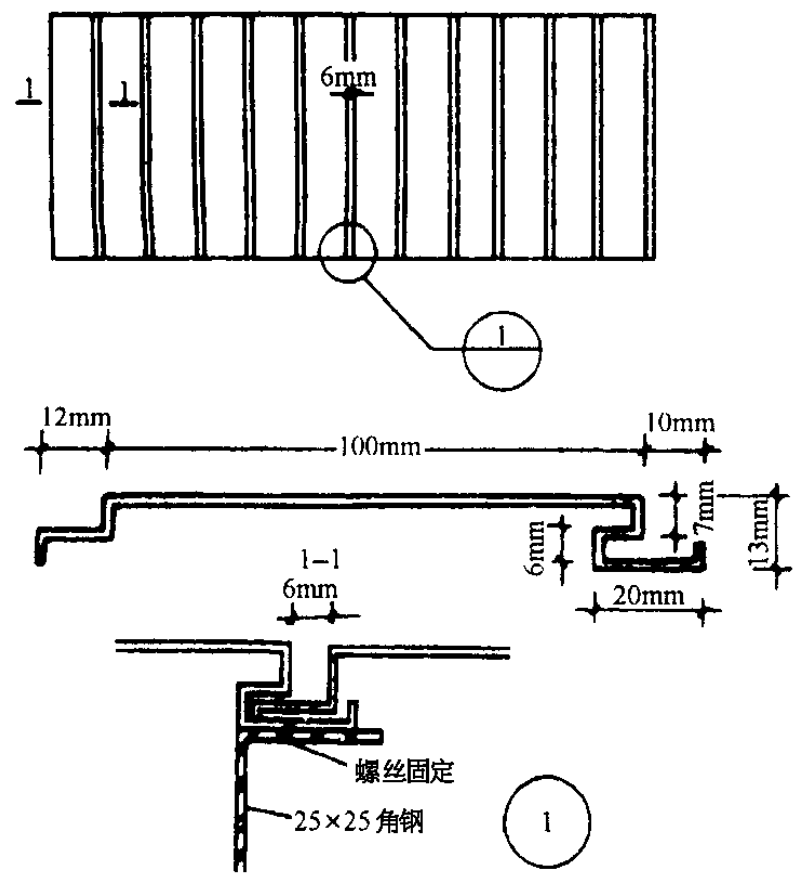


图2 -17 铝合金板条安装示意图

5. 铝合金板装饰的收口构造处理

无论何种饰面，对于边角、沉降缝、伸缩缝和压顶等特殊部位均需做细部处理。这类处理，首先是满足建筑结构的功能；其次必须与建筑装饰协调，起到烘托饰面美观的作用，因此，收口较为细致。

铝型材，具有易于延展成型，可作成复杂剖面，加之镀彩处理等特点，也可满足美观效果。因此给细部处理提供了条件。以下介绍几种特殊部位构造处理方法。

- (1) 转角处理。构造比较简单的转角处理是用1.5 ~2.0 的铝合金板与外墙板用螺栓固定即可，更换也很简便，见图2 -18。
- (2) 水平部位处理：窗台、女儿墙的上部，均属于水平部位的压顶处理，即用铝合金板盖住，使之能阻挡风雨浸透。水平盖板的固定，一般先在基层焊上钢骨架，然后用螺栓将盖板固定在骨架上。板的接长部位宜留5mm 左右的间隙，并用密封胶密封。
- (3) 边缘部位处理：墙面边缘部位的收口处理，是用铝合金成形板将墙板端部及龙骨部位封住。

(4) 墙下端处理：墙面下端的收口处理，是用一条特制的披水板，将板的下端封住，同时将板与墙之间的间隙盖住，防止雨水渗入室内。

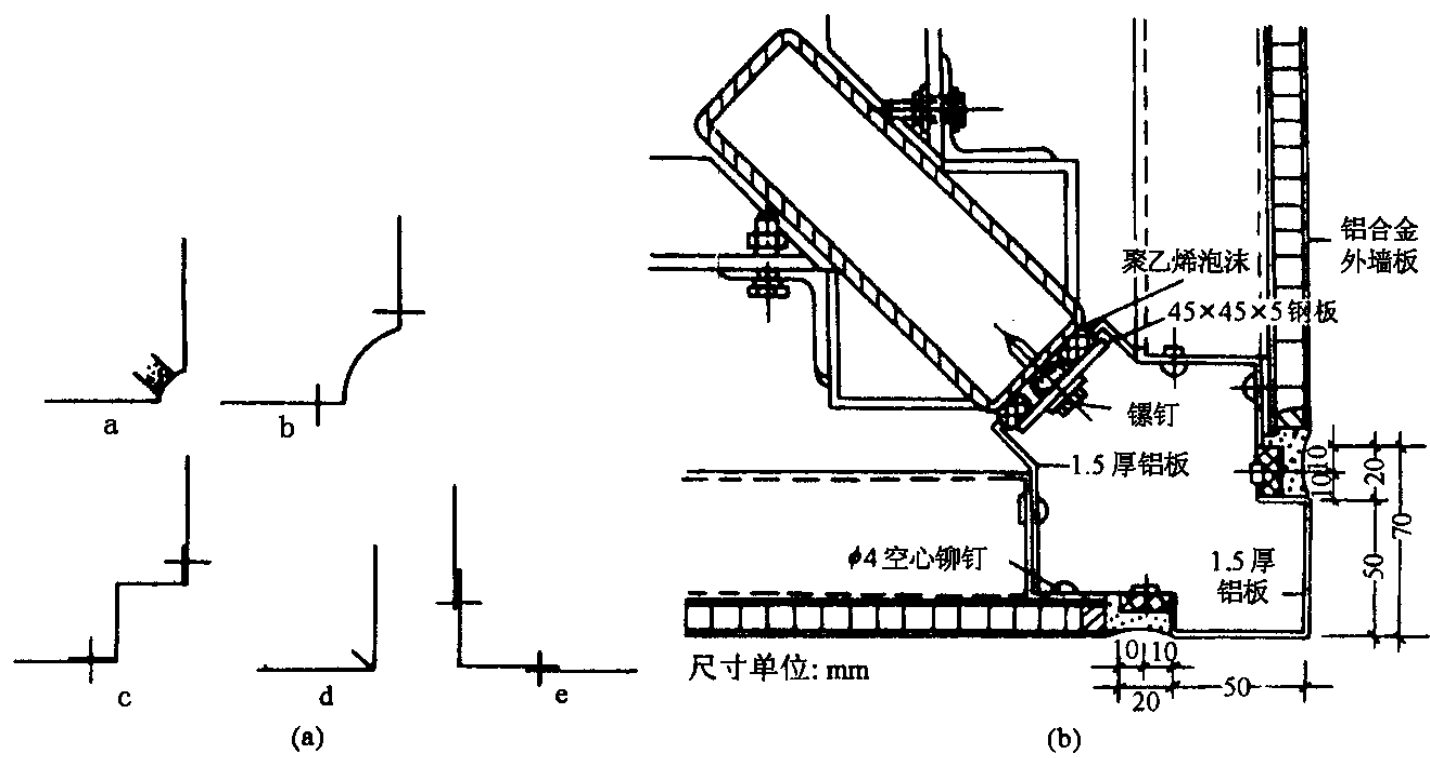


图2 -18 转角局部处理

(5) 伸缩缝、沉降缝的处理：伸缩缝、沉降缝的处理，首先要适应建筑物伸缩、沉降的需要，同时也应考虑装饰效果。另外，此部位也是防水的薄弱环节，其构造节点应周密考虑。一般可用氯丁橡胶带作连接和密封。

二、不锈钢饰面安装施工

不锈钢或彩色不锈钢饰面板主要用于厅堂的墙面和柱面饰面。不锈钢或彩色不锈钢饰面板的安装方法与铝合金饰面板相同。

1. 施工程序

不锈钢或彩色不锈钢饰面板的施工程序为：放线 骨架的连接件 固定骨架 安装不锈钢或彩色不锈钢饰面板 收口构造处理。

2. 施工工艺

(1) 放线：放线就是在基层上弹出骨架的位置。放线前应仔细检查结构的施工质量，如果结构的垂直度和平整度误差较大，将会影响骨架的垂直度与平整度。放线要求准确，最好一次放完。如有误差，应及时调整。

(2) 固定骨架的连接件：骨架的横竖杆件是通过连接件与结构固定的。连接件可通过与预埋件焊接或膨胀螺栓与结构连接。因采用膨胀螺栓连接的方式比较灵活而且误差小，比较易保证质量，故而应用较多。

③）固定骨架：骨架应先进行防腐处理。安装骨架的位置要正确，结合要牢固。安装后要检查中心线和表面平整度，为保证不锈钢板的质量打好基础。

④）安装不锈钢饰面板：不锈钢饰面板的安装和固定方式与铝合金板大致相同，一般是将不锈钢板条采用螺钉直接拧到型钢或木骨架上，柱面板的固定方法参见图2 - 19。

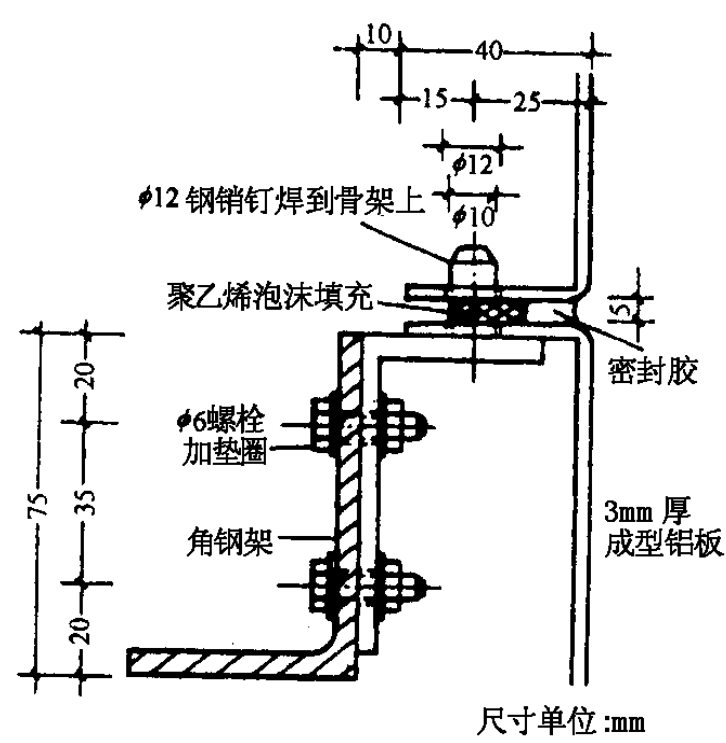


图2 - 19 铝合金柱面板固定示意图

⑤）收口构造处理：参见铝合金饰面板装饰的收口构造处理中的有关内容。

三、彩色涂层钢板安装施工

1．施工程序

彩色涂层钢板安装施工程序为：预埋连接件 立墙筋 安装墙体 板缝处理。

2．施工工艺

①）预埋连接件：在砖墙中预埋木砖或者带螺栓的预制混凝土砌块；在混凝土墙体中可埋入 8 ~10 钢筋套扣螺栓，也可预埋钢板。所有预埋件的间距应与墙筋间距一致。

②）立墙筋：在墙筋表面上拉水平线、垂直线，确定预埋件的位置。竖向墙筋间距约为900mm，横向墙筋间距约为500mm。竖向布板时可不设竖向墙筋，横向板时可不设横向墙筋，而将横向墙筋间距缩小到500mm。预埋件、墙筋的位置应与钢板、异形板规格尺寸一致，以减少二次加工。墙筋的材料可采用 30mm ×30mm ×3mm 的角钢或 [25mm ×12mm ×4mm 的槽钢或30mm ×50mm 的木条。墙筋与预埋件的连接方法可采用铁钉、螺栓或焊接等。在墙角、窗口等部位均应设墙筋，以免端部悬空。墙筋、预埋件应进行防腐、防火和防锈处理，以增加其耐久性。

③) 安装墙板：开工前，应先检查色彩涂层钢板是否符合设计要求，颜色是否一致，尺寸规格是否齐全。为了保证施工质量，施工时应按下述要求操作：

要按照设计节点详图进行安装，安装前要仔细检查墙筋位置，计算板材及缝宽，要进行排板、划线定位。

灵活使用异形板，特别是窗口和转角处使用异形板可简化施工，且可增加防水效果。

墙板与墙筋采用铁钉、螺栓和木卡条连接。安装墙板的顺序是按节点的连接接口方式确定，顺一个方向连接。

## 第三章 裱糊工程

### 第一节 概 述

壁纸、墙布是目前较常用的一种装饰材料。裱糊工程就是把壁纸、墙布用胶粘剂裱糊到内墙、顶棚和室内其他构件表面上。

裱糊工程在我国有着悠久的历史，它可以替代传统的抹灰、涂料等装饰，由于它有如下诸多的特点，所以很受欢迎。

- (1) 装饰效果好：由于裱糊材料色泽丰富，图案美观且变化多样，富有优良的质感和立体感。只要经过精心设计，可以得到适合于各种使用环境的花色图案。
- (2) 多功能性：壁纸、墙布除了具有较好的装饰效果外，还具有吸音、隔热、发光、防菌、防霉、耐水等多种功能，更具有实用性。
- (3) 维修简便：大多数墙纸都有一定的耐擦性和防污染性，容易清洗，保持清洁。用久之后，调换更新比抹灰、涂料更容易和方便。
- (4) 耐久、只要保养得当，多数壁纸的寿命比涂料长。

#### 一、常用的裱糊材料

裱糊工程中常用的材料有普通壁纸、塑料壁纸、纺织纤维壁纸、金属面壁纸、发光壁纸、玻璃纤维墙布、无纺墙布、锦缎墙布和胶粘剂。

普通壁纸系纸面纸基，透气性好，价格便宜，但不耐水、易断裂，现已很少采用。

塑料壁纸是以纸为基层，以高分子塑料薄膜为面层，经复合、印花、压花等工序而制成。其品种有普通型、发泡型、特种型等。如在塑料中掺发泡剂，印发后加热发泡，壁纸表面呈凹凸花纹，具有立体感，并兼有吸音效果，特种型具有防水、防火、防静电、灭菌等功能。

纺织纤维壁纸中由棉、毛、麻、丝等天然纤维制成的各种色泽花式的粗细纱或织物再与基层贴合而成。该壁纸无毒、吸音、透气、防静电，特别是天然纤维以它丰富质感

产生诱人的装饰效果，有贴近自然之感。但防污和可洗性能较差。

金属面壁纸是以纸为底层，以电化铝箔为面，表面的花饰具有不锈钢、黄铜等金属质感与光泽，产生金碧辉煌、庄重大方之效果，而且耐无化、可洗擦。

发光壁纸以人造纤维织物浸渍难燃蓄光物制成。用普通光源照射3 ~4 min 后可发光达30 ~40 min，并可半永久性反复蓄发光。可解决突发性事故等停电问题。

玻璃纤维墙布是以玻璃纤维布为基层，表面涂上耐磨树脂，印上彩色图案的新型墙布。

无纺墙布是采用棉、麻等天然纤维或涤、腈等合成纤维，经过无纺成型、上树脂、印刷彩色花纹而成的一种高级装饰墙布。

塑料壁纸、玻纤墙布和无纺墙布都是目前日益广泛采用的内墙装饰材料，具有可擦洗、耐光、耐老化、颜色稳定、无毒、防霉、施工简单等特点，且花纹图案丰富多彩，富有质感。适用于粘贴在抹灰层、混凝土基层、纤维板、石膏板和胶合板表面。

锦缎墙布是丝织物的一种，花纹图案绚丽多彩、古典精致，可创造一种高雅的环境。但价格昂贵，不能擦洗，易长霉，因此只适用于高级宾馆或豪华装饰场所。

胶粘剂应按壁纸或墙布的品种选配。胶粘剂应具有防腐、防霉、防潮、耐久等性能以及要求施工方便，有一定柔性以适应基层和壁纸或墙布的伸缩变形。

二、裱糊工程施工的基本条件

在进行裱糊工程前应将抹灰、涂料等工程做完成，楼地面施工结束，水、电、空调及其他设备安装完毕。对于装饰要求较高的裱糊工程应先作样板间，经有关单位鉴定合格后方可进行施工。

第二节 裱糊工程施工

一、裱糊工程的主要工序

裱糊工程施工是以基层对象，裱糊材料不同而确定不同的工序。否则将难以保证施工质量。壁纸、墙布的主要操作工序如表3 -1 所示。



表3 -1 裱糊的主要工序

项次	工序名称	抹灰面、混凝土面				石膏板面				木料面			
		复合 壁纸	PVC 壁纸	墙布	带背胶 壁纸	复合 壁纸	PVC 壁纸	墙布	带背胶 壁纸	复合 壁纸	PVC 壁纸	墙布	带背胶 壁纸
1	清扫基层、填补缝隙、磨砂纸	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	接缝处糊条					+	+	+	+	+	+	+	+
3	找补腻子、磨砂纸					+	+	+	+	+	+	+	+
4	满刮腻子、磨平	+	+	+	+								
5	涂刷涂料一遍								+	+	+	+	
6	涂刷底胶一遍	+	+	+	+	+	+	+	+				
7	墙面划准线	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	壁纸浸水润湿		+		+		+		+		+		+
9	壁纸涂刷胶粘剂	+				+				+			
10	基层涂刷胶粘剂	+	+	+		+	+	+		+	+	+	
11	纸上墙、裱糊	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	拼缝、搭接、对花	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	赶压胶粘剂、气泡	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14	裁边		+				+				+		
15	擦净挤出的胶液	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	清理修整	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

- 注：1．摘自《建筑装饰工程施工验收规范》JGJ73 -91。
- 2．表中“+”号表示应进行的工序。
- 3．不同材料的基层相接处应糊条。
- 4．混凝土表面和抹灰表面必要时可增加满刮腻子数遍。
- 5．“裁边”工序，在使用宽为920，1000，1100mm 等需重叠对花的PVC 压延壁纸时进行。

二、裱糊工程施工

（一）基层处理

基层处理的质量直接影响到裱糊工程的装饰效果及耐久性。裱糊工程基层的要求是：坚实牢固，表面光洁，不得有疏松、掉粉、飞刺、麻点、砂粒和裂缝；阴阳角应顺直；颜色一致。操作时应根据不同的基层材料分别采取不同的措施。若是旧墙改造更应

注意。施工过程如下：

1. 清除基层表面的污垢、尘土。
2. 视基层实际情况，采用局部刮腻子或满刮一遍腻子或满刮数遍腻子。
3. 每遍腻子干后，用砂纸磨平，并用抹布擦净表面灰粒。
4. 必要时可喷刷一遍涂料，作封闭处理，待干燥后再作裱糊。其作用是防止基层吸水太快，引起胶粘剂胶水，影响壁纸的粘结性。对吸水率特别大的基层，如纸面石膏板，可喷刷两遍涂料。涂料不宜过厚，要均匀一致。

### （二）弹线

1. 要横平竖直，图案端正。每个墙面第一张纸都要弹线找直，作为裱糊时的准线，第二张起，先上后下对缝依次裱糊。裱糊顶棚时，也应先弹一条能起准线作用的直线。
2. 对于无窗口的墙面，可挑一个近窗台的角落，在距壁纸幅宽5cm处弹垂线。对于有窗口的墙面，为了使壁纸花纹对称，应在窗口弹好中线，再往两边分线；如果窗口不在中间，为保证窗间墙的阳角花饰对称，应弹窗间墙中心线，由中心线向两侧再分格弹垂线。

### （三）裁纸

壁纸、墙布裁割时，要根据材料的规格及墙面尺寸，统筹规划，分类选配分幅拼花裁切，并编上号，以便按顺序粘贴。裁纸最好由专人负责，在工作台上进行。如果是大、中卷壁纸，为了拉纸方便，宜将成卷的壁纸放在一个架上，用一根铁棍或钢管穿过壁纸卷的轴心。

壁纸、墙布的下料长度应比裱贴部位的尺寸略长1~3cm。如果壁纸、墙布带花纹图案时，应先将上口的花饰全部对好，应特别小心裁割，不得错位。切割时刀刃贴紧尺边，尺子压紧壁纸，用力均匀，一气呵成，中间不得停顿或变换持刀角度。裁切后的纸边应平直整齐，不得有毛刺。注意裁切后的壁纸要卷起平放，不得立放。

### （四）润纸

不同的壁纸、墙布对润纸的反应也不一样，反应比较明显的是纸胎的塑料壁纸。玻璃纤维基材，遇水无伸缩性，故裱糊前无需进行润纸。无纺贴墙布也无需润纸。

1. 塑料壁纸遇水膨胀，约5~10min胀足，干后自行收缩。其幅宽方向的膨胀率为0.5%~1.2%，收缩率为0.2%~0.8%。若不考虑这个特性，那末裱糊后的壁纸必然出现气泡、皱折等质量通病。因此必须将塑料壁纸在水槽中浸泡2~3min，进行闷水处理，取出后抖掉余水，静置20min或用排笔刷水后浸10min，这样，壁纸粘贴后会随着

水分的蒸发而收缩、绷紧。

2. 复合纸质壁纸由于湿后强度较差，裱糊前严禁进行闷水处理。为达到软化壁纸的目的，可在壁纸背面均匀刷胶粘剂，然后胶面对胶面对叠，放置4~8min，即可上墙裱糊。

3. 纺织纤维壁纸不能在水中浸泡，而是先在壁纸背面用湿布稍揩一下再粘贴。壁纸在裱糊前，应取一小条壁纸进行试贴，隔日观察接缝效果及纵向、横向收缩情况。

### （五）刷胶粘剂

涂刷要薄而匀，严防漏刷。墙面阴角处应墙刷1~2遍胶粘剂。

1. 带背胶壁纸，可将裁好后的壁纸浸泡于水槽中，然后由底部开始，图案面向外，卷成一卷，1min后即可上墙裱糊。壁纸背后及墙面均无需刷胶粘剂，但裱糊顶棚时，带背胶的壁纸应涂刷一层稀释的胶粘剂。

2. PVC壁纸应在基层涂刷胶粘剂，仅在裱糊顶棚时，基层和壁纸背面均应涂刷胶粘剂。刷胶时，基层表面涂胶宽度要比壁纸宽约3cm，一般抹灰面用胶量为 $0.15\text{kg}/\text{m}^2$ 左右，气温较高时用量相对增加。塑料壁纸背面刷胶的方法是：背面刷胶后，胶面与胶面对迭，可避免胶干得太快，也便于上墙。

3. 对于较厚的壁纸、墙布，如植物纤维壁纸、化纤贴墙布，为了增加粘结效果，应对基层与背面双面刷胶。

4. 玻璃纤维墙布，无纺贴墙布无需在背面刷胶，可直接将胶粘剂涂于基层上。墙布背面清理干净，即可裱糊。因为这些墙布有细小孔隙，本身吸水很少，如果背面刷胶，则胶粘剂会印透表面，出现胶痕而影响美观。基层刷胶时，玻璃纤维墙布用胶量约 $0.12\text{kg}/\text{m}^2$ （抹灰墙面），无纺贴墙布用胶量约 $0.15\text{kg}/\text{m}^2$ （抹灰墙面）。

5. 由于锦缎柔软，极易变形，裱糊前，应先在锦缎背面衬糊一层宣纸，使锦缎挺括易于操作。最后再在基层上涂刷胶粘剂。

### （六）裱糊

裱糊的原则是：先垂直面后水平面；先细部后大面；先保证垂直后对花拼缝；垂直面是先上后下，先长墙面后短墙面；水平面是先高后低。具体做法如下：

1. 从墙面所弹垂线开始至阴角处收口。一般顺序是挑一个近窗台角落向背光处依次裱糊，这样在接缝处不致出现阴影，影响操作。

2. 无图案的壁纸，裱贴时可采用搭接法裱贴。其方法是：相邻两幅在拼缝处，后贴的一幅压前一幅3cm左右，然后用钢尺与活动剪纸刀在搭接范围内的中间，将双层壁纸切透，再将切掉的两小条壁纸撕下。最后用刮板从上向下均匀地赶胶，排出气泡，并

及时用湿布擦掉多余胶液。一般需擦拭两遍，以保持壁纸纸面干净。较厚的壁纸须用胶滚或钢板刮刀进行滚压、赶平。发泡壁纸及复合壁纸则严禁使用刮板赶压，只可用毛巾、海绵或毛刷赶平，以免赶平花型或出现死褶。

3. 对于有图案的壁纸，为了保证图案的完整性和连续性，裱贴时可采取拼接法。拼贴时先对图案，后拼缝。从上至下图案吻合后，再用刮板斜向刮胶，将拼缝处赶密实，然后从拼缝处刮出多余胶液，并用湿毛巾擦干净。对于需要重叠对花的壁纸，应先裱贴对花，待胶粘剂干到一定程度后，用钢尺对齐裁下余边，再刮压密实。用刀时下力要匀，一次直落，避免出现刀痕或搭接起丝现象。

4. 裱糊拼贴时，阴角处接缝应搭接，阳角处不得有接缝，应包角压实。

5. 普通壁纸可用其它纸衬托进行裱糊，以保证壁纸的挺括及防止纸面污染。

6. 墙面明显处应用整幅壁纸并统一预排花，不足一幅的应裱糊在较暗或不明显的部位。与挂镜线、踢脚板和贴脸等部位的连接应紧密，不得有缝隙。

### （七）修整

若发现局部不合格，应及时采取补救措施。如纸面出现皱纹、死褶时，应趁壁纸未干，用湿毛巾抹拭纸面，使壁纸润湿后，用手慢慢将壁纸舒平，待无皱折时，再用橡胶滚或胶皮刮板赶平。若壁纸已干结，则要撕下壁纸，把基层清理干净后，再重新裱贴。

### （八）操作注意事项

1. 玻璃纤维墙布和无纺贴墙布盖底力稍差，如基层颜色较深时，应满刮石膏腻子，或在胶粘剂中适当掺入（10 %左右）白色涂料，如白色乳胶漆等。相邻部位的基层颜色较深时，更应注意颜色一致的处理，以免裱糊后色泽有差异。裱糊锦缎的基层处理，应保证基层平整，彻底干燥，以防裱糊后发霉。普通壁纸较薄，对基层平整度要求较高，否则不易保证纸面美观。

2. 由于墙角与地面不一定垂直，故裱糊时不能以墙角为准，应严格按弹线法保证第一幅墙纸或墙布与地面垂直，然后依次裱糊。每次裱糊二、三幅后，要用线坠检查垂直，防止误差积累。对于阴阳角、线脚以及偏斜过多的地方，可以裁开拼接或进行搭接，对花要求可略放宽。但切忌将壁纸、墙布横向硬拉，以免歪斜甚至脱落。

3. 遇有墙面卸不下来的设备或附件，裱糊时可在壁纸上剪口裱上去。方法是将壁纸轻轻糊于突出物件上，找到中心，从中心往外剪，使壁纸舒平裱于墙面上。然后用笔轻轻标出物件的轮廓位置，慢慢拉起多余的壁纸，剪去不需要的部分，四周不得有缝隙。

4. 对于常处于潮湿状态的墙面应用防霉壁纸；对于收缩大的壁纸宜用水分少的强

力胶；对于较厚的壁纸、墙布在拐弯处要用强力胶，以防脱开。

5．如果室中有较宽大壁炉等，而壁纸的图案是大型的或有明显的主题，宜从这面特别墙的中央弹线，向两边依次裱贴，以取得平衡感。

第三节 裱糊工程质量标准及检验方法

裱糊工程的质量标准和检验方法见表3 -2。

表3 -2 裱糊工程质量标准和检验方法

保证项目	质 量 要 求				检验方法
	墙纸、墙布必须粘贴牢固，无空鼓、翘边、皱折等缺陷				观察或用手轻触检查
基本项目	项次	项目	等级	质量要求	观察检查
	1	裱糊表面	合格	色泽一致，无斑污	
			优良	色泽一致，无斑污，无胶痕	
	2	各幅拼接	合格	横平竖直，图案端正，接缝处图案花纹基本吻合。阳角处无接缝	
			优良	横平竖直，图案端正，接缝处图案花纹基本吻合，距墙1 5m 处正视，不显接缝。阴角处搭接顺光，阳角处无接缝	
	3	裱糊与挂镜线、踢脚线交换	合格	交接紧、无漏贴，不糊盖需拆卸的活动件	
			优良	交接紧密、无缝隙、无漏贴和补贴，不糊盖需拆卸和活动件	

注：检查数量，按有代表性的自然间抽查10 %，过道按10 延长米；厂房、礼堂等大间按两轴线为一间，但不少于3 间。

## 第四章 油漆涂料工程

油漆是指涂刷在建筑结构表面能够干结成膜的有机涂料，过去大多数涂料是以油料为原料制备的，故称“油漆”；而今以合成树脂和乳液为原料的涂料，比以油料为原料的涂料要多得多，但“油漆”这个名称沿用已久，人们仍习惯地将人工制造的涂料统称“油漆”。本书以“油漆涂料”概括所有的涂料。

油漆涂料在建筑施工中应用十分广泛，如门窗、地面、天棚、屋面、栏杆、扶手和金属铁件等。这些部件涂刷油漆涂料后能提高构件的使用寿命、清洁卫生和美化环境的效果。因为油漆涂料的涂膜薄而坚固，使得构件表面与外界空气、水和其它浸蚀性物质相隔绝，从而达到木材防腐、防潮和钢材防锈的效果。油漆涂料工程是建筑施工中的最后一道工序，其质量的优劣直接影响建筑物的清洁美观。因此，应精心操作，细心施工，保证工程质量。

### 第一节 油漆涂料的组成和种类

#### 一、油漆涂料的组成

油漆涂料是一种胶体溶液，也是一种混合剂，主要是由粘结剂、溶剂（稀释剂）、颜料和其它辅助材料（催干剂、增塑剂、固化剂等）组成的。粘结剂常用桐油、梓油、亚麻仁油和树脂等，它是油漆涂料硬化后形成涂膜的主要成分；溶剂又称稀释剂，常用松香水、酒精等，它是用来稀释油漆涂料的，掺量过多会影响油漆涂料的光泽；颜料常用的是矿物颜料，它使油漆涂料具有色彩，同时提高油漆的密实性，减少收缩，改善涂膜的耐水性和稳定性；作为辅助材料的催干剂可加速油漆涂料的干燥，防潮剂可防止油漆涂料发白，固化剂可使油漆涂料固化加快。油漆涂料品种繁多，使用时应按其性质和用途加以认真选择。

## 二、油漆涂料的种类

建筑工程常用的油漆涂料种类有：

### 1．清油

清油又称鱼油、熟油或调漆油。多用于稀释厚漆和红丹防锈漆、或作打底涂料、配腻子等，也可单独涂刷金属或木材表面，但干燥快、涂膜柔韧，易发粘。

### 2．厚漆

厚漆又称铅油。漆膜柔软，粘结性好，但光亮度、坚硬性较差。广泛用作各种面漆前的涂层打底，或单独用作要求不高的木材、金属表面涂敷。使用时加适量清油溶剂稀释。

### 3．油性调合漆

油性调合漆干燥时间长，漆膜较软，但附着力强，耐大气作用好，不易粉化、龟裂，适用于室内外面层涂刷。

### 4．磁性调合漆

磁性调合漆漆膜较硬，光亮平滑，耐水洗，但抗气候变化能力差，易失光、龟裂和粉化，适用于室内面层涂刷。

### 5．油质清漆

油质清漆又称凡立水。漆膜干燥快，透明光泽好，适用于木门窗、板壁及金属表面涂刷。

### 6．挥发性清漆

挥发性清漆又称泡立水。漆膜干燥快，坚硬光亮，但耐水、耐热、抗气候变化能力差，易失光，适用于室内木质面层打底涂刷。

### 7．油质防锈漆

常用的油质防锈漆有红丹油性防锈漆，漆膜充分干燥后附着力和柔韧性好，渗透性和湿润性好，但漆膜柔软，干燥慢，适用于各种金属表面防锈。

### 8．树脂防锈漆

树脂防锈漆常用的有红丹酚醛防锈漆、锌黄醇酸防锈漆等，均有良好的防锈性能，适用于各种金属表面防锈。

### 9．聚醋酸乙烯乳胶漆

它是以水代替溶剂，以合成树脂代替植物油的新型水性涂料。它的涂膜坚硬、平整、表面无光，色彩明快柔和，附着力强，干燥快（约2 小时），耐大气污染、耐暴晒、耐水洗，对墙面干燥程度要求不高、操作简单。适用于高级建筑室内抹灰面、木材面的

面层涂刷，也可用于室外抹灰面。是一种性能良好的新型水性涂料和优良墙漆。

## 第二节 油漆涂料的施工

### 一、油漆涂料施工

油漆涂料的施工包括基层表面的处理、刷底油、抹腻子 and 涂刷油漆等工序。

#### 1．基层表面处理

油漆涂料是将其涂刷在木料、金属、抹灰层和混凝土等表面上，为了使油漆涂料与基层表面粘结牢固，节省涂料，对各种材质的表面必须进行处理。

木料基层油漆前，要求将表面上的灰尘、污垢清除干净，裂缝、毛刺、节疤和脂囊修整后需用腻子填补嵌实、刮平收净、砂纸磨光。木材应干燥，其含水率不大于12 %。

金属基层油漆前，要求将表面的灰尘、油渍、鳞皮、锈斑、焊渣、毛刺清除干净，潮湿的金属表面不得涂刷油漆。

抹灰层和混凝土基层表面油漆前，要求表面干燥洁净，其含水率不得大于8 %，不得有起皮、松散等缺陷。粗糙的表面应抹光，缝隙和小孔洞等应用腻子填平。

#### 2．刷底油

在处理好基层表面之后，刷一道底油，可使基层表面具有均匀的吸色能力，保证油漆面色泽均匀。底油常采用清油。

#### 3．抹腻子

腻子由涂料、填料（石膏粉、大白粉）、水或松香水等配制而成。油漆涂料所用的腻子，应具有塑性和易涂性，坚实牢固，不起皮，不开裂。抹腻子可消除基层表面不平整、有缝隙、孔眼等缺陷。腻子干燥后经磨平，可获得平整光滑的基层表面。油漆涂料常用的腻子配合比见表4 -1。

表4 -1 油漆涂料常用腻子配合比

名 称	用途	原料	配合比
石膏腻子	木料表面用	石膏粉	20
		熟桐油	7
		水	50



续表

名    称	用途	原料	配合比
清漆的润水粉	木料表面用	大白粉	14
		骨胶	1
		颜料（土黄、其它）	1
		水	18
清漆的润油粉	木料表面用	大白粉	24
		松香水	16
		熟桐油	2
腻子	金属表面用	石膏粉	20
		熟桐油	5
		油性腻子（或醇酸腻子）	10
		底漆	7
		水	45
乳胶腻子	混凝土及抹灰层 表面（室内用）	乳胶	1
		滑石粉或大白粉	5
		2 %羟甲基纤维素溶液	3 5

4．涂刷油漆涂料

油漆涂料施工应在其它工种施工全部完工后进行，施工环境应当清洁干净，环境温度 >10℃，相对湿度 <60 %，大风和雨雾天气不得施工。

涂刷油漆涂料的基层表面必须保持干燥，木基层表面含水率 <12 %，金属表面不得有湿气，抹灰层和混凝土表面施涂溶剂型涂料时含水率 <8 %，施涂水性和乳液涂料时含水率 <10 %。

油漆涂料的涂刷方法及操作工序，根据基层种类、油漆品种及其等级标准而定。各种基层油漆等级划分及组成见表4 -2。

表4 -2  油漆等级划分及组成

基层种类	油漆名称	油漆等级划分		
		普通	中级	高级
木材面	混色油漆	底层：干性油 面层：一遍厚漆	底层：干性漆 面层：一遍厚漆 一遍调合漆	底层：干性油 面层：一遍厚漆，一遍调合漆、一遍树脂漆
	清    漆		底层：酯胶清漆 面层：酯胶清漆	底层：酚醛清漆 面层：酚醛清漆

续表

基层种类	油漆名称	油漆等级划分		
		普通	中级	高级
金属面	混色油漆	底层：防锈漆 面层：防锈漆	底层：防锈漆 面层：一遍厚漆 一遍调合漆	
抹灰面	混色油漆		底层：干性油 面层：一遍厚漆 一遍调合漆	底层：干性油 面层：一遍厚漆、一遍调合漆、一遍无光油

涂刷油漆涂料的方法有刷涂、喷涂、擦涂、揩涂和滚涂等多种。各种方法的选择与所用油漆涂料的性质有关。

(1) 刷涂法

刷涂法是用刷子蘸油漆涂料，刷涂在物体表面上，顺木纹及光线的方向进行它的优点是设备工具简单，操作方便，用油漆省，适用性强。但缺点是工效低，不适于快干和扩散性不良的油漆施工。

(2) 喷涂法

喷涂法是用喷枪等工具，借助压缩空气的气流，将涂料喷成雾状散布到物体表面上。喷涂时每层往复进行，纵横交错，一次喷时不宜太厚，需几次喷涂，达到厚而不流。喷嘴均匀移动，离物面距离控制在250 ~350 mm。此法施工简单，工效高，漆膜分散均匀且平整光滑、干燥快。但耗料多，施工时应有防火、通风、防爆等安全措施。

(3) 擦涂法

擦涂法是用纱布包棉花团蘸漆在物面上顺木纹擦涂几遍，放置10 ~15 分钟，待漆膜稍干后，再打圈揩擦，直至均匀发亮为止。此法涂膜光亮，质量好，但费时，工效低。适用于擦涂漆片。

(4) 揩涂法

揩涂法是用布或丝团浸透油漆后揩涂在物体表面上，来回左右滚动，反复揩搓，直至均匀。此法设备简单，用料省。但费时间、工效低，用手操作易中毒。适用于生漆的涂刷。

(5) 滚涂法

滚涂法是用人造毛皮、橡皮或泡沫塑料制成滚花筒，滚上油漆后，再滚涂于物面

上，速度不宜太快。待滚筒上的油漆基本用完后，再垂直方向滚动，使其赶平，涂布均匀。此法工具简单、涂膜厚薄均匀，不流坠，质感好，适用于墙面滚花涂饰。

在整个油漆涂料的施工过程中，油漆涂料不得任意稀释，最后一遍油漆涂料不宜加催干剂。涂刷时，后一遍油漆应待前一遍油漆干燥后方可进行。

5．油漆涂料对不同基层涂刷的主要工序。

(1) 木料表面涂刷混色油漆主要工序见表4 -3。

表4 -3 木料表面施涂溶剂型混色涂料的主要工序

项次	工序名称	普通级涂料	中级涂料	高级涂料
1	清扫、起钉子、除油污等	+	+	+
2	铲去脂囊、修补平整	+	+	+
3	磨砂纸	+	+	+
4	节疤处点漆片	+	+	+
5	干性油或带色干性油打底	+	+	+
6	局部刮腻子、磨光	+	+	+
7	腻子处涂干性油	+	+	+
8	第一遍满刮腻子		+	+
9	磨光		+	+
10	第二遍满刮腻子			+
11	磨光			+
12	刷涂底涂料		+	+
13	第一遍涂料	+	+	+
14	复补腻子	+	+	+
15	磨光	+	+	+
16	湿布擦净	+	+	
17	第二遍涂料	+	+	+
18	磨光（高级涂料用水砂纸）		+	+
19	湿布擦净		+	+
20	第三遍涂料		+	+

注： 表中“+”号表示应进行的工序。 高级涂料做磨退时，宜用醇酸树脂涂料刷涂，并根据涂膜厚度增加1 ~2 遍涂料和磨退、打砂蜡、打油蜡、擦亮的工序。

(2) 木料表面涂清漆分为中级和高级两级。主要工序见表4 -4。

表4 -4  木料表面施涂清漆的主要工序

项次	工序名称	中级清漆	高级清漆
1	清扫、起钉子、除去油污等	+	+
2	磨砂纸	+	+
3	润粉	+	+
4	磨砂纸	+	+
5	第一遍满刮腻子	+	+
6	磨光	+	+
7	第二遍满刮腻子		+
8	磨光		+
9	刷油色	+	+
10	第一遍清漆	+	+
11	拼色	+	+
12	复补腻子	+	+
13	磨光	+	+
14	第二遍清漆	+	+
15	磨光	+	+
16	第三遍清漆	+	+
17	磨水砂纸		+
18	第四遍清漆		+
19	磨光		+
20	第五遍清漆		+
21	磨退		+
22	打砂蜡		+
23	打油蜡		+
24	擦亮		+

注：表中“+”号表示应进行的工序。

⑶）金属表面涂刷油漆，分为普通、中级和高级三级。主要工序见表4 -5。

表4 -5 金属表面涂刷油漆的主要工序

项次	工序名称	普通油漆	中级油漆	高级油漆
1	除锈、清扫、磨砂纸	+	+	+
2	刷防锈漆	+	+	+
3	局部刮腻子	+	+	+
4	磨光	+	+	+
5	第一遍满刮腻子		+	+
5	磨光		+	+
7	第二遍满刮腻子			+
8	磨光			+
9	第一遍油漆	+	+	+
10	复补腻子		+	+
11	磨光		+	+
12	第一遍油漆	+	+	+
13	磨光		+	+
14	湿布擦净		+	+
15	第三遍油漆		+	+
16	磨光（用水砂纸）			+
17	湿布擦净			+
18	第四遍油漆			+

注： 表中“+”号表示应进行的工序； 薄钢板屋面、檐沟、水落管、泛水等涂刷油漆，可不刮腻子。涂刷防锈漆应不少于两遍； 高级油漆做磨退时，应用醇酸磁漆涂刷，并根据漆膜厚度增加1 ~2 遍油漆和磨退，打砂蜡、打油蜡、擦亮的工序； 金属构件和半成品安装前，应检查防锈漆有无损坏，损坏处应补刷； 钢结构涂刷油漆，应符合《钢结构工程施工及验收规范（GBJ205 -83）》第五章的有关规定。

（4）抹灰和混凝土表面涂刷油漆，分为中级和高级两级。主要工序见表4 -6。

表4 -6 抹灰表面和混凝土表面涂刷油漆的主要工序

项次	工序名称	中级油漆	高级油漆	项次	工序名称	中级油漆	高级油漆
1	清扫	+	+	9	复补腻子	+	+
2	填补缝隙、磨砂纸	+	+	10	磨光	+	+
3	第一遍满刮腻子	+	+	11	第二遍油漆	+	+
4	磨光	+	+	12	磨光	+	+

续表

项次	工序名称	中级油漆	高级油漆	项次	工序名称	中级油漆	高级油漆
5	第二遍满刮腻子		+	13	第三遍油漆	+	+
6	磨光		+	14	磨光		+
7	干性油打底	+	+	15	第四遍油漆		+
8	第一遍油漆	+	+				

注： 表中“+”号表示应进行的工序； 如涂刷乳胶漆，在第一遍满刮腻子前，应刷一遍乳胶水溶液； 第一遍满刮腻子前，如加刷干性油时，应用油性腻子涂抹。

二、油漆涂料施工的质量要求

1．施涂溶剂型混色油漆涂料表面的质量应符合表4 -7 的规定。

表4 -7 溶剂型混色涂料表面质量要求

项次	项目	普通级涂料	中级涂料	高级涂料
1	脱皮、漏刷、反锈	不允许	不允许	不允许
2	透底、流坠、皱皮	大面不允许	大面和小面明显处不允许	不允许
3	光亮和光滑	光亮均匀一致	光亮光滑均匀一致	光亮足，光滑无挡手感
4	分色裹棱	大面不允许，小面允许偏差3mm	大面不允许，小面允许偏差2mm	不允许
5	装饰线、分色线平直 (拉5m 线检查，不足5m 拉通线检查)	偏差不大于3mm	偏差不大于3mm	偏差不大于1mm
6	颜色、刷纹	颜色一致	颜色一致刷纹通顺	颜色一致，无刷纹
7	五金、玻璃等	洁净	洁净	洁净

注： 大面是门窗关闭后里、外面。  
小面明显处是指门窗开启后，除大面外，视线能见到的部位。  
设备、管道喷、刷涂银粉涂料，涂膜应均匀一致，光亮足。  
施涂无光乳胶漆涂料，无光混色涂料，不检查光亮。

2 . 施涂清漆表面的质量要求应符合表4 -8 的规定。

表4 -8 清漆表面质量要求

项次	项目	中级涂料（清漆）	高级涂料（清漆）
1	漏刷、脱皮、斑迹	不允许	不允许
2	木纹	棕眼刮平、木纹清楚	棕眼刮平、木纹清楚
3	光亮和光滑	光亮足、光滑	光亮柔和、光滑无挡手感
4	裹棱、流坠、皱皮	大面允许，小面明显处不允许	不允许
5	颜色、刷纹	颜色基本一致，无刷纹	颜色一致，无刷纹
6	五金、玻璃等	洁净	洁净

## 第五章 刷浆工程

### 第一节 概 述

#### 一、刷涂料和刷浆施工的一般规定

建筑涂料对墙面、顶棚的涂装俗称涂料或涂浆

建筑装饰涂料一般由成膜物质（胶粘剂）、颜料、填料及辅助成膜材料（溶剂和各种外加剂）组成。按成膜物质的不同分为无机涂料、有机高分子涂料和有机无机复合型涂料。无机涂料的成膜物质有碱金属硅酸盐系（如钠或钾水玻璃）、胶态二氧化硅系（硅溶胶）和磷酸盐系等。有机高分子涂料有：水溶性合成树脂加水稀释为主的水溶性涂料；合成树脂（加乳化剂）以极细微粒分散于水中乳液为主的乳胶漆；高分子树脂以有机溶剂稀释为主的溶剂型涂料。水溶性和乳胶漆价格低、不易燃、无毒无怪味，有一定透气性，涂刷基层不要求很干，方便施工，装饰效果也较好。

无机类和有机类的性能各有优缺点，二者复合可扬长避短。如常将水乳型有机树脂与水溶性硅酸盐系等材料组成混合液或分散液，从而改善各自的较差性能并获得较好效果。

建筑涂料的涂刷，可以喷涂，也可辊涂、刷涂或抹涂，方便快捷、省料、效率高，还可仿形，如拉毛状、碎屑状、斑点状、柚皮状和纤维状等，表面质量高，装饰效果好。

1．刷涂料及刷浆的施工等级和产品要求，应符合设计要求和现行国家标准的规定。施工前应按设计要求选择材料和确定涂刷的标准。

2．涂刷前亦应具备油漆施工时一样的条件，且基层要求平整、干净、坚固，无污垢、油渍、砂浆流痕、起壳、脱皮、粉化等现象。

3．涂刷的基层必须干燥，混凝土、抹灰面含水率低于8 %。湿度过大的要延长干燥时间，待干后再涂，如要抢工应烘干。

4．所用的机具，事先均应清洗干净，不得将带油污、尘土等杂质混入涂料。施工



完毕或间歇时，工具应洗净或泡在相应溶剂中备用。

5. 成品涂料使用前应详细了解产品性能，并按出厂说明书施工，还应具有质保书和质保期的证明。施工中的稠度要适宜，从涂刷时既不流坠又易操作为度。双组份或多组份混合的涂料，也要按使用说明书，准确配比混合调拌均匀。用多少拌多少，并在规定时间内用完。

6. 涂刷面层要分段施工时，分段线应在墙面阴角、分格线、或水落管或管道后面留置。室内一个房间的涂刷要一次成活，不宜分段。

7. 涂刷用的腻子，应坚固，不粉化、起皮、裂缝。腻子干后要打磨平整、光滑，并清理干净。

8. 涂刷环境温度应达到说明书要求。冬期施工，室内应采暖，室温应均衡。一般冬期应在5℃以上并不得低于其要求的最低成膜温度。夏季涂刷外墙时，应避免太阳暴晒，以免发生脱皮、鼓包。涂膜未结硬前，防止雨淋、水喷、受潮。有大雨时外墙不宜施工。

## 二、材料要求和机具

涂刷所用的材料、成品、半成品应符合设计要求，以及现行有关产品的国家标准的规定。并应有品名、种类、颜色、制作时间、贮存的有效期、技术指标和产品合格证。

此外刷浆的大白粉、白水泥、可赛银、颜料都应符合使用要求。还有辅助材料如：龙须菜、牛皮胶、乳胶、田仁粉、火碱、面胶、羧甲基纤维素、107 胶、六偏磷酸钠、木质素磺酸钙、甲基硅醇钠、硬脂酸钙，等等，都应在使用有效期内。

各种浆料的配比要准确，存放时间要短，工程中应随配随用，并防止沉淀。所配腻子的易涂性应满足施工要求，干燥后坚固结实，不粉化、起皮、裂纹，能与基层、涂层有相容性。

涂刷机具一般有：空压机、喷枪、喷浆泵、手持电动搅拌器、高压胶管。手工工具有：铲刀、腻子板、辊筒、刷子、排笔、铜丝筛、料桶、料勺、人字梯、粉线袋、砂纸等。

## 第二节 刷浆施工

### 一、刷涂料和刷浆的施工工艺

刷涂料、刷浆和油漆一样，不同的施工对象和不同的涂料，其施工工艺流程是不一

样的。

刷浆主要用于室内，其工艺流程见表5 -1。

表5 -1 室内刷浆工艺流程

项次	工序名称	石灰浆		聚合物水泥浆		大白浆			可赛银浆	
		普通	中级	普通	中级	普通	中级	高级	中级	高级
1	清扫	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	用乳胶漆溶液或聚乙烯醇缩甲醛胶水溶液湿润			+	+					
3	填补缝隙、局部刮腻子	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	磨平	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	第一遍刮腻子						+	+	+	+
6	磨平						+	+	+	+
7	第二遍满刮腻子							+		+
8	磨平							+		+
9	第一遍刷浆	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	复补腻子		+		+		+	+	+	+
11	磨平		+		+		+	+	+	+
12	第二遍刷浆	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	磨浮粉							+		+
14	第三遍刷浆		+				+	+		+

- 注 :1 . 表中 “+” 号表示应进行的工序；
- 2 . 高级刷浆工程，必要时可增刷一遍浆；
- 3 . 机械喷浆可不受表中遍数的限制，以达到质量要求为准；
- 4 . 温度较大的房间刷浆，应具有防潮性能的腻子和浆料。

刷涂料工程则分为内墙和外墙薄涂料、内墙和外墙厚涂料，以及复层涂料的各种工艺，其流程见表5 -2 至表5 -7。

表5 -2   混凝土及抹灰内墙、顶棚表面薄涂料工艺流程

项次	工序名称	水  性 薄涂料		乳  液 薄涂料			溶剂型 薄涂料			无  机 薄涂料	
		普通	中级	普通	中级	高级	普通	中级	高级	普通	中级
1	清  扫	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	填补缝隙，局部刮腻子	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	磨  平	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	第一遍刮腻子	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	磨  平	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	第二遍满刮腻子		+		+	+		+	+		+
7	磨  平		+		+	+		+	+		+
8	干性油打底						+	+	+		
9	第一遍涂料	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	复补腻子		+		+	+		+	+		+
11	磨平（光）		+		+	+		+	+		+
12	第二遍涂料	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	磨平（光）					+		+	+		
14	第三遍涂料					+		+	+		
15	磨平（光）								+		
16	第四遍涂料								+		

- 注：1．表中“+”号表示应进行的工序；
- 2．机械喷涂可不受表中施涂遍数的限制，以达到质量要求为准；
- 3．高级内墙、顶棚薄涂料工艺，必要时可增加刮腻子的遍数及1 ~2 遍涂料；
- 4．石膏板内墙、顶棚薄涂料工艺，除板缝处理外，其他同本表；
- 5．湿度较高或局部遇明水的房间，应采用防水性腻子和涂料。

表5 -3   混凝土及抹灰外墙薄涂料工艺流程

项次	工序名称	乳液薄涂料	溶剂型薄涂料	无机薄涂料
1	修补	+	+	+
2	清扫	+	+	+
3	填补缝隙，局部刮腻子	+	+	+
4	磨  平	+	+	+
5	第一遍涂料	+	+	+
6	第二遍涂料	+	+	+

- 注：1．表中“+”号表示应进行的工序；
- 2．机械喷涂可不受表中涂料遍数的限制，以达到质量要求为准；
- 3．如施涂二遍涂料后，装饰效果不理想时，可增加1 ~2 遍涂料。

表5 -4 混凝土及抹灰内墙、顶棚轻质厚涂料工艺流程

项次	工序名称	珍珠岩粉厚涂料		聚苯乙烯泡沫颐 粒子原涂料		蛭石厚涂料	
		普通	小级	中级	高级	中级	高级
1	清 扫	+	+	+	+	+	+
2	填补缝隙，局部刮腻子	+	+	+	+	+	+
3	磨 平	+	+	+	+	+	+
4	第一遍满刮腻子	+	+	+	+	+	+
5	磨 平	+	+	+	+	+	+
6	第二遍满刮腻子		+	+	+	+	+
7	磨 平		+	+	+	+	+
8	第一遍喷涂厚涂料	+	+	+	+	+	+
9	第二遍喷涂厚涂料				+		+
10	局部喷涂厚涂料		+	+	+	+	+

注 :1 .表中“+”号表示应进行的工序；

2 .高级顶棚轻质厚涂料装饰，必要时增加一遍满喷厚涂料后，再进行局部喷涂厚涂料；

3 .合成树脂乳液轻质厚涂料有珍珠岩粉厚涂料、聚苯乙烯泡沫塑料粒子厚涂料和蛭石厚涂料等；

4 .石膏板顶棚轻质厚涂料工艺，除板缝处理外，其他同上表。

表5 -5 混凝土及抹灰外墙厚涂料工艺流程

项次	工序名称	合成树脂乳液厚涂料、合 成树脂乳液砂壁状涂料	无机厚涂料
1	修 补	+	+
2	清 扫	+	+
3	填补缝隙，局部刮腻子	+	+
4	磨 平	+	+
5	第一遍喷涂厚涂料	+	+
6	第二遍喷涂厚涂料	+	+

注 :1 .表中“+”号表示应进行的工序；

2 .机械喷涂可不受表中涂料遍数的限制，以达到质量要求为准；

3 .合成树脂乳液和无机厚涂料有云母状、砂粒状；

4 .砂壁状建筑涂料必须采用机械喷涂方法施涂，否则将影响装饰效果；砂粒状厚涂料宜采用喷涂方法施涂。

表5 -6  混凝土及抹灰内墙、顶棚复层涂料工艺流程

项次	工序名称	合成树脂乳液复层涂料	硅溶胶类复层涂料	水泥类复层涂料	反应固化型复层涂料
1	清扫	+	+	+	+
2	填补缝隙，局部刮腻子	+	+	+	+
3	磨平	+	+	+	+
4	第一遍满刮腻子	+	+	+	+
5	磨平	+	+	+	+
6	第二遍满刮腻子	+	+	+	+
7	磨平	+	+	+	+
8	施涂封底涂料	+	+	+	+
9	施涂主层涂料	+	+	+	+
10	滚压	+	+	+	+
11	第一遍罩面涂料	+	+	+	+
12	第二遍罩面涂料	+	+	+	+

注：1．表中“+”号表示应进行的工序；

2．如需要半球面点状造型时，可不进行滚压工序；

3．石膏板内墙、顶棚复层涂料工艺流程，除板缝处理外，其他同上表。

表5 -7  混凝土及抹灰外墙面复层涂料工艺流程

项次	工序名称	合成树脂乳液复层涂料	硅溶胶类复层涂料	水泥类复层涂料	反应固化型复层涂料
1	修补	+	+	+	+
2	清扫	+	+	+	+
3	填补缝隙，局部刮腻子	+	+	+	+
4	磨平	+	+	+	+
5	施涂封底涂料	+	+	+	+
6	施涂主层涂料	+	+	+	+
7	滚压	+	+	+	+
8	第一遍罩面涂料	+	+	+	+
9	第二遍罩面涂料	+	+	+	+

## 二、刷涂料及刷浆施工的要求与说明

1. 基层必须处理好。涂刷前应先将基层的缺棱掉角处，用1:3水泥砂浆（或聚合物水泥砂浆）修补好，表面麻面、缝隙等应用腻子填补平齐。涂刷面一定清扫干净，无灰尘、污垢、溅沫、砂浆流痕等。基层好是涂出好质量的前提。

2. 涂料要拌均匀，使色泽一致；涂时要每次薄涂，不宜过厚，所用涂料应同一室内、同一墙面，用同一批号或同一配料。

3. 工艺流程应按各表要求不少、不漏地做到。涂刷衔接要及时，相隔时间太久会显出接槎而不美观。

4. 对复层涂料（即封底层、主层、面层）的各层次涂刷时，应待前一层干燥后才能涂后一层。面层要涂两次，第二次涂时，也要待第一次涂层干燥后才能进行。其中，水泥类的主层涂层，涂好后应先干燥12h，然后洒水养护24h，再干燥12h后，才能涂面层。这是特殊的情况，我们要记住其特殊要求。

5. 涂刷面的基层必须干燥，基层要平整，表面和顺，这是保证涂刷质量的关键。我们看到过有些涂料材质很好，但基层的抹灰质量差，虽然表面也干燥了，但是在表面的平整上，又未补刮腻子，因此涂完后远看色彩不差，近看“云层片片”，一落灰尘乌糟糟，外观很差。所以基层的干燥和平整是很重要的。

## 第三节 刷涂料和刷浆的质量要求

1. 所用材料的品种、颜色应符合设计要求，材质应符合产品标准，完成的涂装色彩、效果应符合选定的色板要求。

2. 不允许出现掉粉、起皮、漏刷、透底、反碱、咬色、流坠、疙瘩等。要求颜色均匀一致，装饰线、分色线在5m长内的偏差不大于2mm，高级的为1mm。要求室内的门窗、灯具、五金等不得污染，若已污染也得擦干净。对室外的窗、门、阳台等不要求涂刷的物件均不应被污染。

3. 涂料、刷浆不得受水的侵蚀，否则会造成发花、反碱。因此施工时要防止因出现这种情况而影响质量效果。

油漆、涂料（包括刷浆）的施工，从书本上看，工序一步步，一条条的，似乎很简单。但实际上其中有不少工艺技术和手艺，需要施工管理人员在实践中去学习了解和感受。比如刮腻子这道工序，怎么是算批刮得好的，什么是算差的，操作中的步骤、手法

都有不同。这就要向有实践经验的工匠学习，观察他们的作业，才能有真的认识和得到实际的知识。这是本书无法一一详述的。所以，上述介绍只是宏观的、基本要求方面的知识。要真正掌握这方面装饰的真谛，还要理论和实践结合，知和行的统一。

## 第六章 玻璃幕墙施工

### 第一节 玻璃幕墙概述

#### 一、玻璃幕墙的分类与构造

玻璃幕墙是由金属构件与玻璃板组成的建筑外围结构。通常可分为：明框玻璃幕墙、隐框玻璃幕墙、半隐框玻璃幕墙、全玻璃幕墙等。

明框玻璃幕墙的玻璃板镶嵌在铝框内，成为四边有铝框的幕墙构件（图6 -1），幕墙构件镶嵌在横梁上，形成横梁、立柱均外露，铝框分格明显的立面。明框玻璃幕墙构件的玻璃与铝框之间必须留有空隙，以满足温度变化和主体结构位移所必须的活动空间。空隙用弹性材料（如橡胶条）填充，必要时用硅酮密封胶（耐候胶）予以密封。

隐框玻璃幕墙是将玻璃用硅酮结构密封胶（简称结构胶）粘贴在铝框上，大多数情况下，不再加金属连接件，（也有少数带金属连接件，金属扣件可作为安全措施，但容易因产生集中应力使玻璃破裂）。因此，铝框全部隐蔽在玻璃后面，形成大面积全玻璃镜面（如图6 -2）。隐框幕墙的玻璃与铝框之间完全靠结构胶粘结，幕墙采用双层中空玻璃，两片玻璃也由硅酮结构胶粘合而成。结构胶要承受玻璃的自重、玻璃所承受的风荷载和地震作用，还有温度变化的影响，因此，结构胶是隐框幕墙安全性的关键环节。

半隐框玻璃幕墙是将玻璃两对边嵌在铝框内，两对边用结构胶粘结在铝框上而形成。立柱外露、横梁隐蔽者为竖框横隐幕墙；横梁外露，立柱隐蔽者称竖隐横框幕墙。

全玻璃幕墙的外墙全使用玻璃板，支承结构都采用玻璃肋。高度不超过4.5m 的全玻璃幕墙，可以直接以下部为支承；超过4.5m 的全玻璃幕墙，宜在上部悬挂。肋玻璃通过结构硅酮胶与面玻璃粘合，如图6 -3 所示。



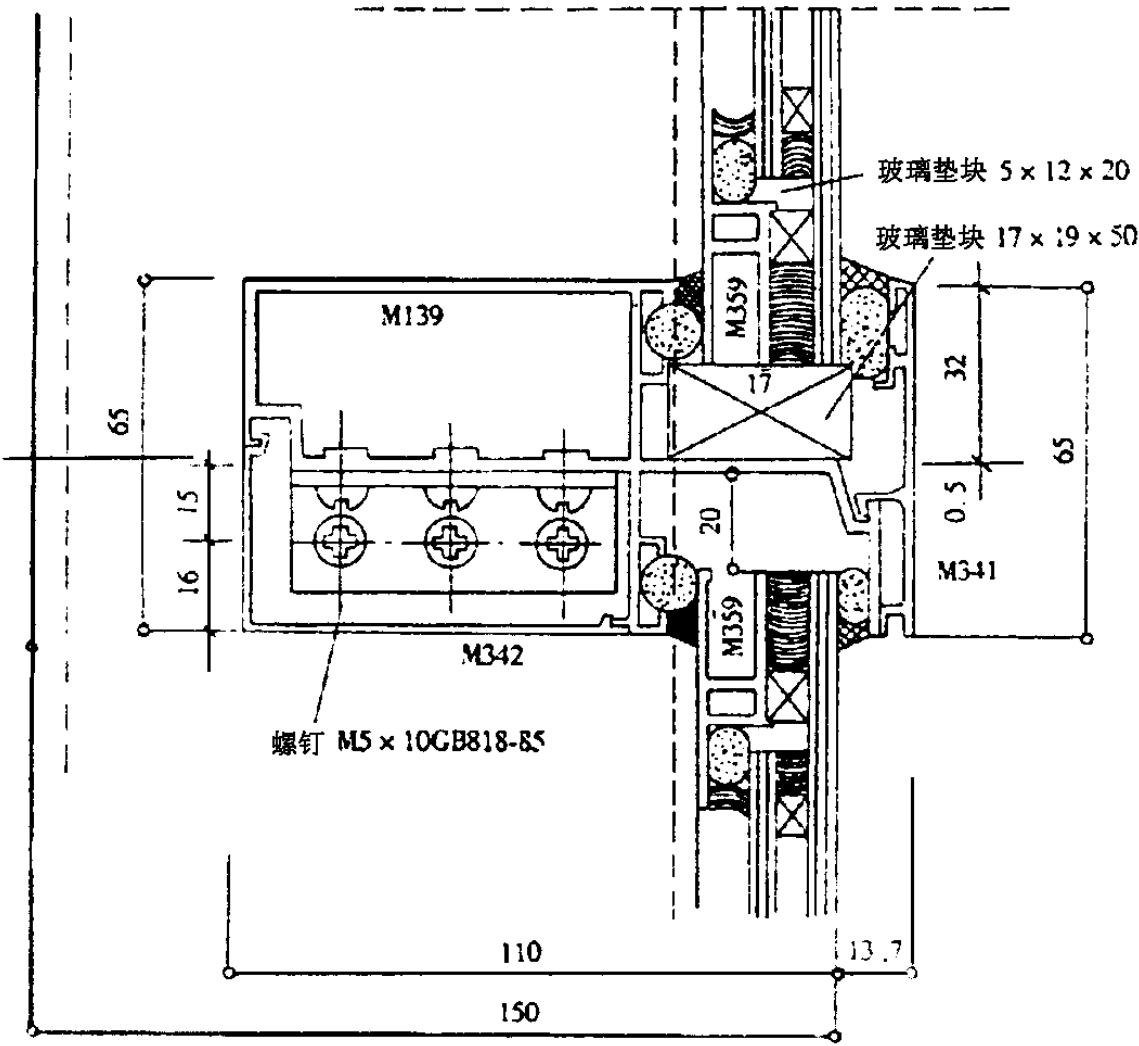


图6 -1 明框幕墙横梁节点之一（竖直剖面）

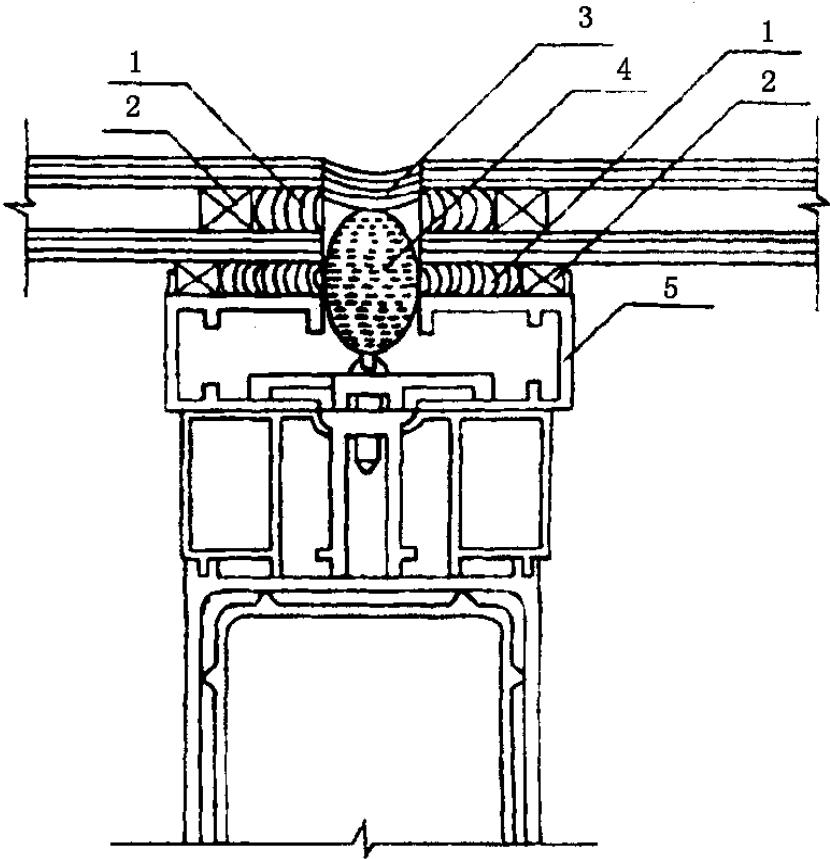


图6 -2 隐框幕墙立柱节点（水平剖面）

1—结构硅酮密封胶 ;2—垫条 ;3—耐候胶 ;  
4—泡沫棒 ;5—铝合金框

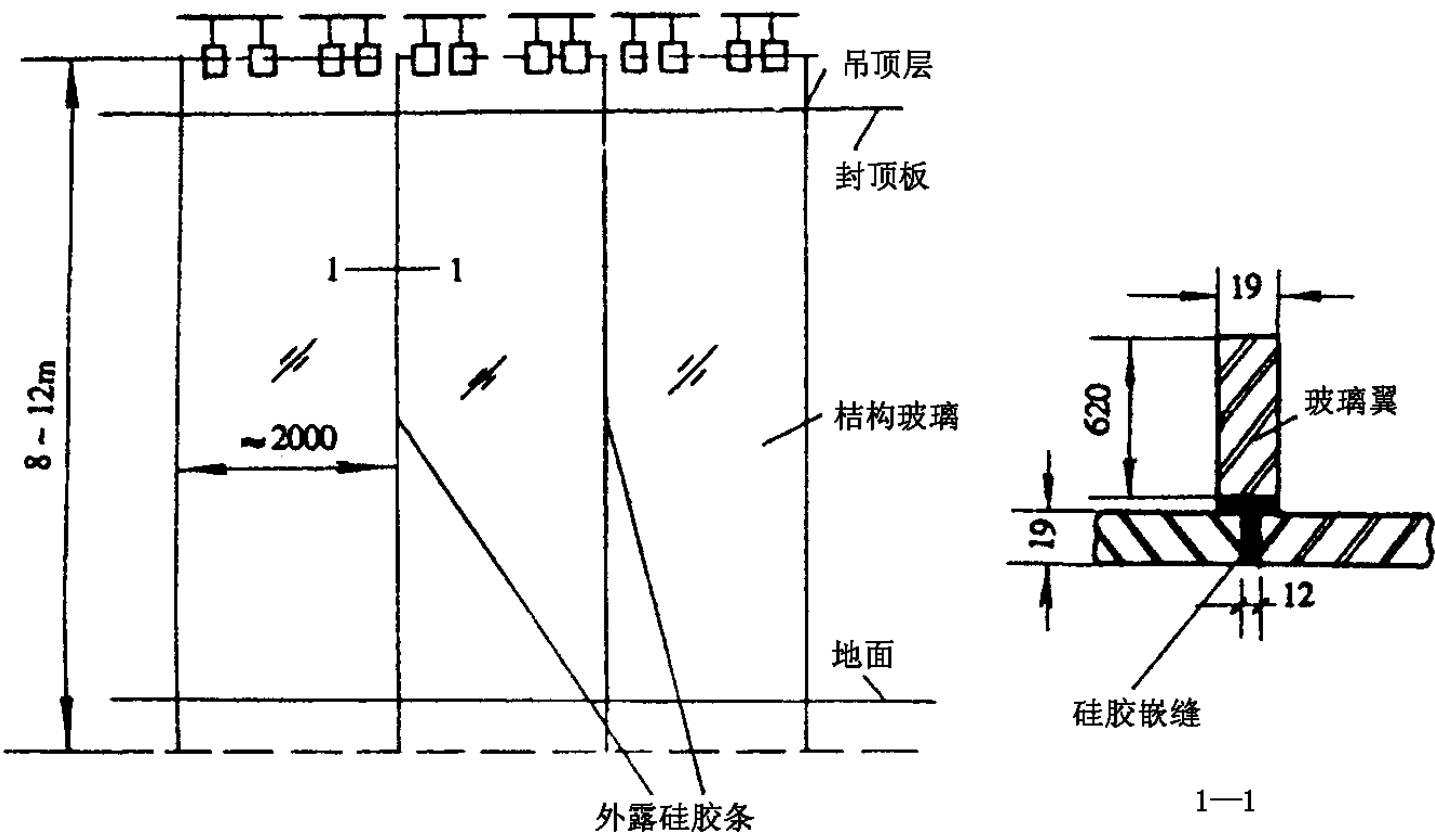


图6 -3 全玻璃幕墙构造示意图

## 二、玻璃幕墙材料

玻璃幕墙基本上有四大类型材料组成，即骨架材料、板材、密封填缝材料、结构粘结材料。这些均应选用耐候性的材料和不燃烧性材料或难燃烧性材料。

骨架材料主要是用钢材和铝合金材料。对金属材料 and 零附件（除不锈钢外）表面应进行处理。钢材应进行表面热浸镀锌处理，铝合金应进行表面阳极氧化处理。

玻璃板材有：浮法玻璃、热反射镀膜玻璃、吸热玻璃、夹层玻璃、夹丝玻璃、钢化玻璃和中空玻璃等。当采用热反射镀膜玻璃时，应采用真空磁控阴极溅射镀膜玻璃或在线热喷涂镀膜玻璃。当采用中空玻璃时，除应符合现行国家标准外，中空玻璃应采用双道密封。明框幕墙中空玻璃的密封胶应采用聚硫密封胶和丁基密封腻子；半隐框和隐框幕墙中空玻璃的密封胶应采用结构硅酮密封胶和丁基密封腻子。中空玻璃的干燥剂宜采用专用设备装填。采用夹层玻璃时，应采用聚乙烯醇缩丁醛（PVB）胶片干法加工合成的夹层玻璃。采用夹丝玻璃时，裁割后玻璃的边缘应及时进行修理和防腐处理。当加工成中空玻璃时，夹丝玻璃应朝室内一侧。所有幕墙玻璃应进行边缘处理。

玻璃幕墙采用的建筑密封材料有橡胶制品和密封胶。橡胶制品宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶等。常用密封胶（耐候胶）有：聚硫密封胶、氯丁密封胶、丙烯酸脂类密封胶和硅酮密封胶。密封胶条应挤出成形，橡胶块宜压模成形。密封胶应具有耐水、耐溶剂和耐大气老化性，并应有低温弹性、低透气率等特点。耐候硅酮密封胶应采用中性胶，并不得使用过期的耐候硅酮密封胶。

结构硅酮密封胶用于连接玻璃与玻璃、玻璃与铝材，承受风力、地震作用、自重和温度变化，在幕墙中起重要的结构作用。结构硅酮密封胶应采用高模数中性胶。结构硅酮密封胶分单组分和双组分，其性能应符合表6 -1 的规定。结构硅酮密封胶在有效期内使用，过期的结构硅酮密封胶不得使用。

表6 -1 结构硅酮密封胶的性能

项 目	技术指标	
	中性双组分	中性单组分
有效期	9 月	9 ~12 月
施工温度	10 -30	5 -4812
使用温度	-48 ~8812	
操作时间	30min	
表干时间	3h	
初步固化时间 (2512 )	7d	
完全固化时间	14 ~21d	
邵氏硬度	35 ~45 度	
粘结拉伸强度 (H 型试件)	0 .7N /mm <sup>2</sup>	
延伸率 (哑铃型)	100 %	
粘结破坏 (H 型试件)	不允许	
内聚力 (母材) 破坏率	100 %	
剥离强度 (与玻璃、铝)	5 .6 ~8 .7N /mm <sup>2</sup> (单组分)	
撕裂强度 (B 模)	4 .7N /mm <sup>2</sup>	
抗臭氧及紫外线拉伸强度	不变	
污染和变色	无污染、无变色	
耐热性	150 ~3	
热失重	10 %	
流淌性	2 .5mm	
冷变形 (蠕变)	不明显	
外观	无龟裂、无变色	
完全固化后的变位承受能力	12 .5 %	50 %

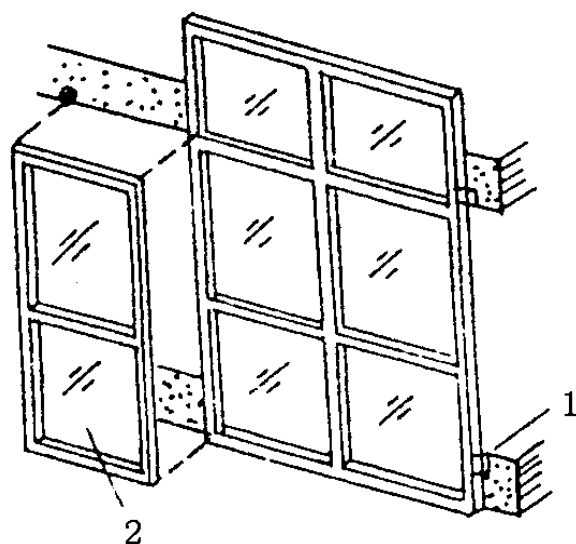


图6 -4 单元式玻璃幕墙  
1—楼板 ;2—玻璃幕墙板

当玻璃幕墙风荷载大于 $1.8\text{kN/m}^2$ 时，宜选用中等硬度的聚胺基甲酸乙酯低发泡间隔双面胶带；当玻璃幕墙风荷载小于或等于 $1.8\text{kN/m}^2$ 时，宜选聚乙烯低发泡间隔双面胶带。玻璃幕墙可采用聚乙烯发泡材料作填充材料，其密度不应大于 $0.037\text{g/cm}^3$ 。玻璃幕墙宜采用岩棉、矿棉、玻璃棉、防火板等不燃烧性或难燃烧性材料作隔热保温材料，同时应用铝箔或塑料薄膜包装的复合材料，作为防水和防潮材料。在主体结构与玻璃幕墙构件之间，应加设耐热硬质有机材料垫片，玻璃幕墙立柱与横梁之间的连接处，宜加设橡胶片，并应安装严密。

## 第二节 玻璃幕墙的安装施工

玻璃幕墙现场安装有单元式（工厂组装式）和元件式（现场组装式）两种。

### 一、单元式幕墙的安装工艺

单元式幕墙安装是将铝合金框架、玻璃、垫块、保温材料、减震和防水材料等，由工厂制成分格窗，用专用运输车运往施工现场，在现场吊装装配，与建筑物主体结构连接（图6 -4）。单元式幕墙的现场安装工艺流程如图6 -5 所示。

测量放线：其目的是确定幕墙安装的准确位置。如主体结构有偏差，应提前进行剔凿处理，根据偏差情况，调整幕墙与主体结构的间隔距离，并弹出幕墙安装位置线。

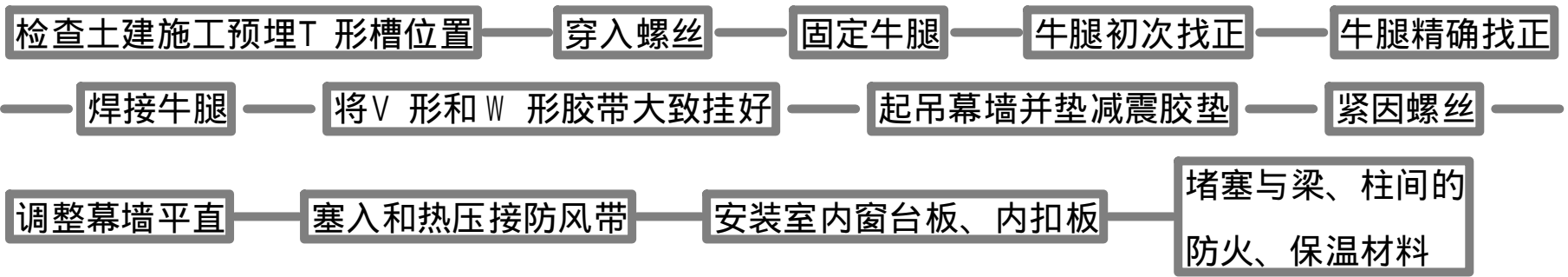


图6 -5 单元式安装工艺流程

牛腿安装：当主体结构为钢结构时，连接件可直接焊接或用螺栓固定在主体结构上；当主体结构为混凝土结构时，可采用在结构上预埋铁件或T形槽来固定连接件，或在结构上钻孔安装金属膨胀螺栓来固定连接件。牛腿安装精确、找正是幕墙施工的重要一环。

幕墙的吊装与调整：幕墙吊装应由下逐层向上进行。吊装前需将幕墙之间的V形和W形防风橡胶带暂时铺挂在外墙面上。幕墙起吊就位时，幕墙下端两块凹形轨道插入下层已安装好的幕墙上端的凸形轨道内，将螺钉通过牛腿孔穿入幕墙螺孔内，螺钉中间要垫好两块减震橡胶圆垫。幕墙上方的方管梁上焊接的两块定位块，座落在牛腿悬挑出的长方形橡胶块上，用两个六角螺栓固定。幕墙吊装就位后，通过紧固螺栓、加垫等方法进行水平、垂直、横向三个方向调整，使幕墙横平竖直，外表一致。

塞焊胶带：幕墙与幕墙之间的间隙，用V形和W形橡胶带封闭，胶带两侧的圆形槽内，用一条6圆胶棍将胶带与铝框固定。

填塞保温、防火材料：幕墙内表面与建筑物的梁柱间，四周均有约200mm间隙，这些间隙要按防火要求进行处理，用轻质防火材料充塞严实。空隙上封铝合金装饰板，下封厚度大于0.8mm的镀锌钢板，并宜在幕墙后面粘贴黑色非燃织品。

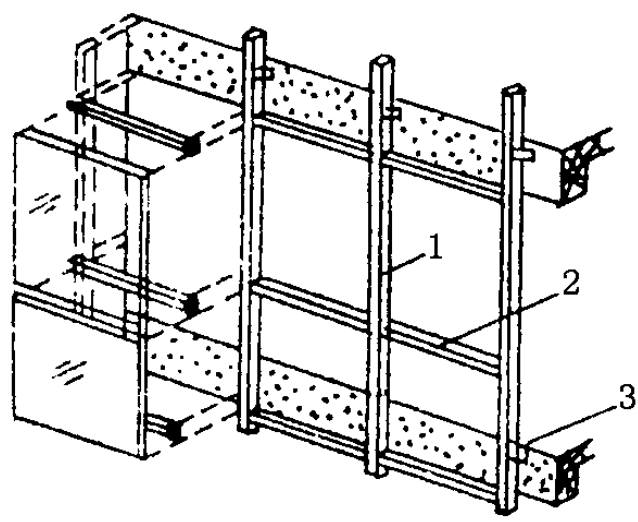


图6 -5 元件式玻璃幕墙

1—竖筋 ;2—横筋 ;3—楼板

一、元件式幕墙的安装工艺

元件式幕墙安装是将必须在工厂制作的单件材料及其他材料运至施工现场，直接在建筑物结构上逐件进和安装（图6 -6 ）。这种幕墙是通过竖向骨架（竖杆）与楼板或梁连接，并在水平方向设置横杆，以增加横向刚度和便于安装。其分块规格可以不受层高和挂网尺寸的限制。这是目前采用较多的一种方法，既适用于明框幕墙，也适用于隐框和半隐框幕墙。

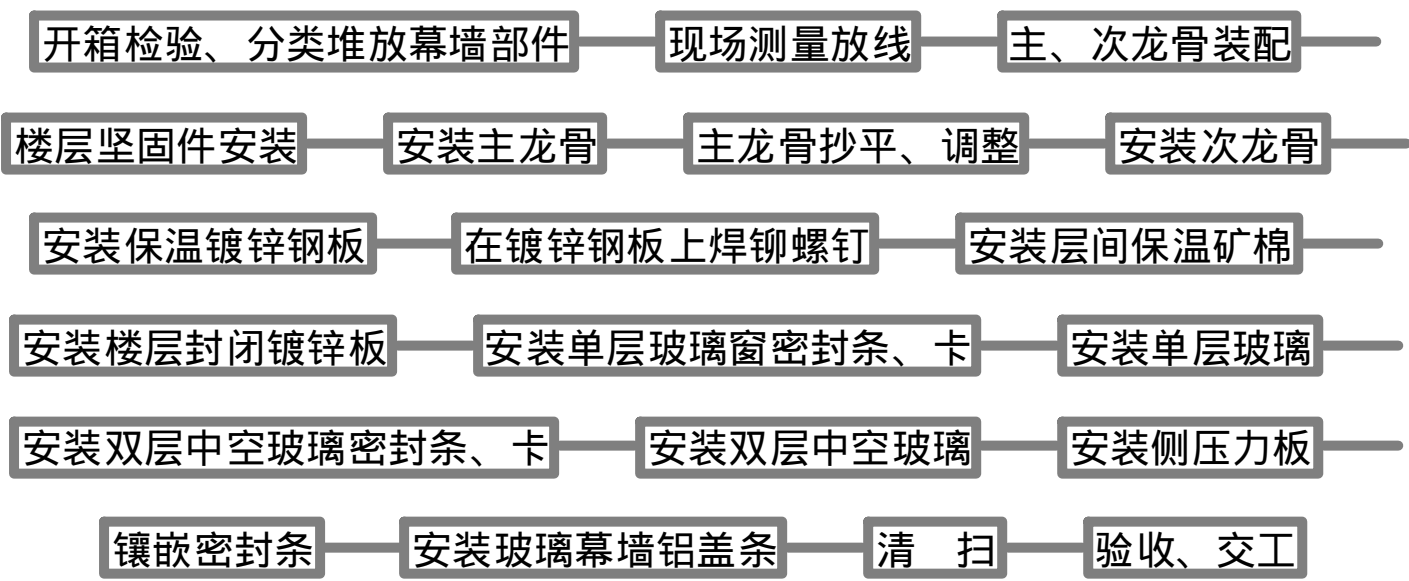


图6 -6 元件式幕墙的安装工艺流程

（一）明框玻璃幕墙安装工艺

明框玻璃幕墙安装工艺流程如图6 -7 所示。

测量放线：在工作层上放出x ,y 轴，用激光经纬仪依次向上定出轴线。再根据各层轴线定出楼板预埋件中心线，并用经纬仪垂直逐层校核，再定各层连接件的外边线，以便与主龙骨连接。

装配铝合金主、次龙骨：主要是装配好竖向主龙骨紧固件之间的连接件、横向次龙骨的连接件、安装镀锌钢板、主龙骨之间接头的内套管、外套管以及防水胶等。装配好横向次龙骨与主龙骨连接的配件及密封橡胶、垫等。

安装竖向主龙骨：常用的固定办法有两种，一种是将骨架竖杆型钢连接件与预埋铁件依弹线位置焊牢；另一种是将竖杆型钢连接件与主体结构上的膨胀螺栓锚固。连接件安装后，可进行竖杆的连接。主龙骨一般每2 层1 根，通过紧固件与每层楼板连接（图6 -7 ）。主龙骨安装完1 根，即用水平仪调平、固定。将主龙骨全部安装完毕，并复验其间距、垂直度后，即可安装横向次龙骨。主龙骨的接长采用套筒法，即用方钢管铁芯将上下主龙骨连接（图6 -8 ）。考虑到钢材的伸缩，接头应留有一定的空隙。接口宜采

用15°接口。

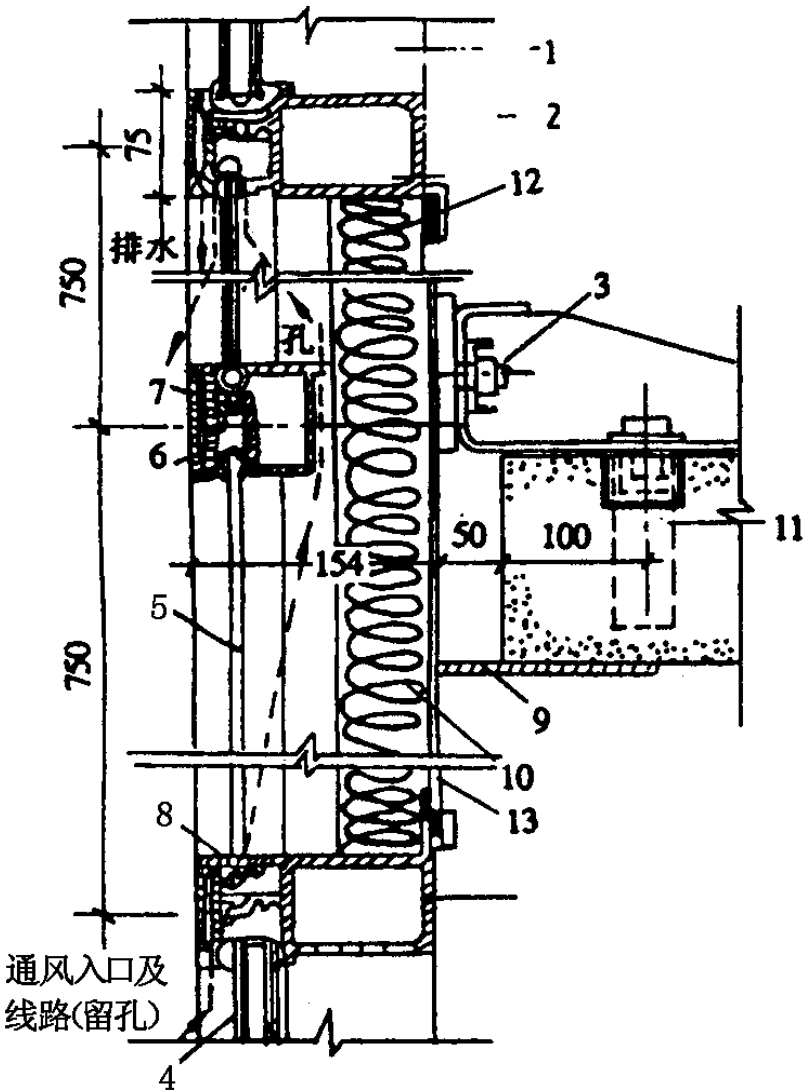


图6 -7 元件式玻璃幕墙剖面

- 1—主龙骨 ;2—横向龙骨 ;3—紧固件 ;  
4—双层中空玻璃 ;5—单层玻璃 ;6—盖板 ;  
7—装饰压条 ;8—密封垫 ;9—楼层密封钢板 ;  
10—保温 (防火) 矿棉 ;11—连接埋件 ;  
12—橡胶密封垫 ;13—镀锌钢板

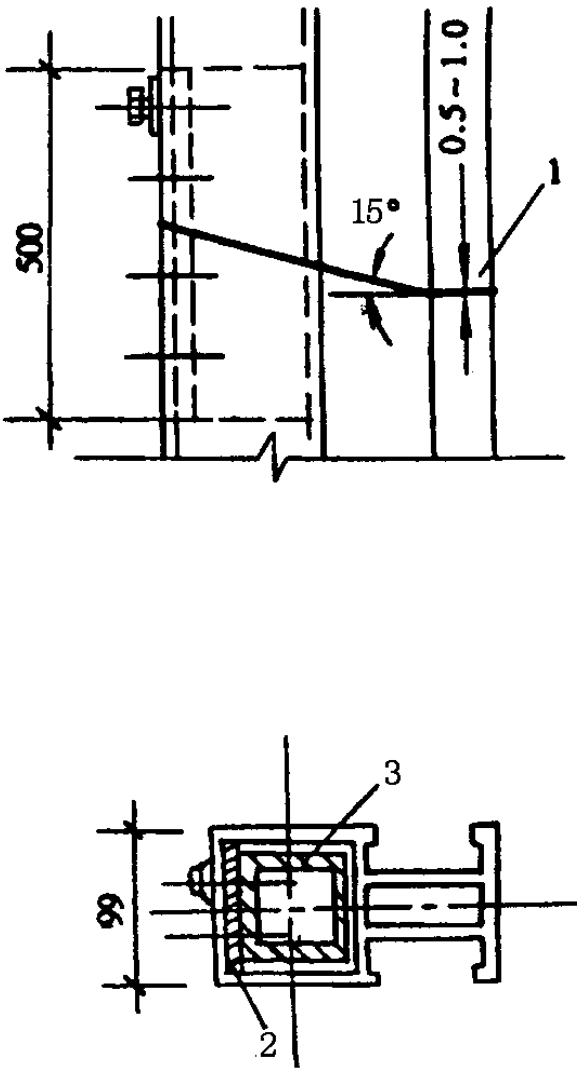


图6 -8 主龙骨接头

- 1—密封膏 ;2—固定钢板 ;  
3—80 ×80 ×4 方钢管

横向次龙骨安装：横向次龙骨与竖向主龙骨的连接采用螺栓连接。如果次龙骨两端套有防水橡胶垫，则套上胶垫后的长度较次龙骨位置长度稍有增加（约4mm）。安装时可用木撑将主龙骨撑开，装入次龙骨，拿掉支撑，则将次龙骨胶垫压缩，这样有较好的防水效果。

6 -10 安装楼层间封闭镀锌钢板（贴保温矿棉层）：将橡胶密封垫套在镀锌钢板四周，插入窗台或天棚次龙骨铝件槽中，在镀锌钢板上焊钢钉，将矿棉保温层粘在钢板上，并用铁钉、压片固定保温层。

安装玻璃：玻璃安装一般可采用人工在吊篮中进行，用手动或电动吸盘器配合安装。图6 -9 是吸盘器构造示意图。安装时，先在下框塞垫定位块，嵌入内胶条，然后

安装玻璃，嵌入外胶条。嵌胶条的方法是先间隔分点嵌塞，然后再分边嵌塞，如图6 - 10 所示。亦可采用硅酮密封胶进行封缝处理。密封胶是采用嵌缝枪嵌缝。嵌缝枪的构造如图6 - 11 所示，操作时，可将胶筒或料筒安装在手柄棒上，扳动扳机，带棘爪牙的顶杆自行顶动筒后端活塞，缓缓将未硬化的液体挤出，注入缝隙中，完成嵌缝工作。

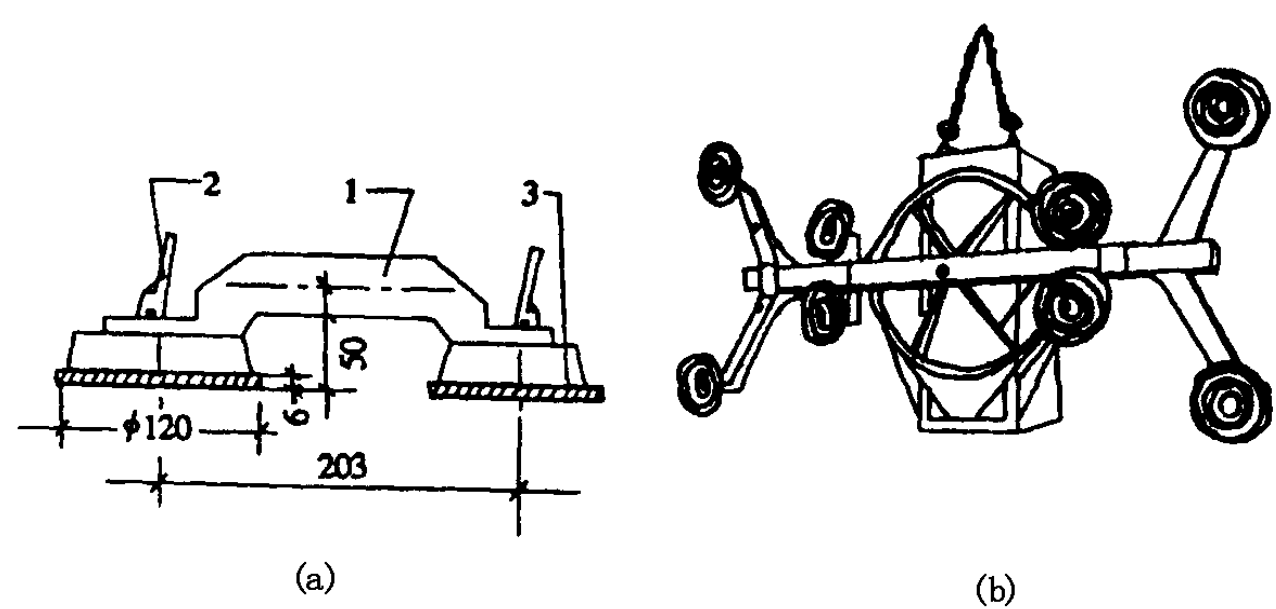


图6 -9 吸盘器示意图

1—手把 ;2—扳柄 ;3—橡胶圆盘

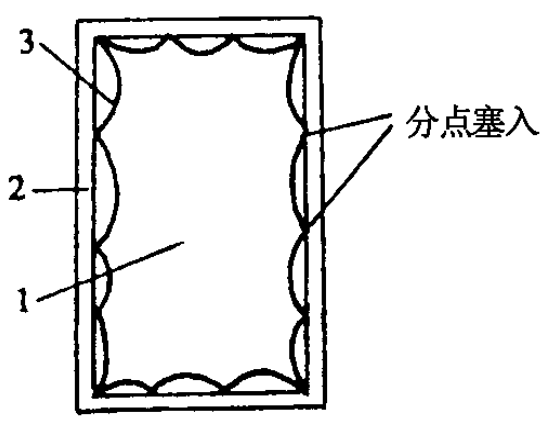


图6 -10 嵌塞胶条方法示意图

1—玻璃 ;2—铝框架 ;3—胶条

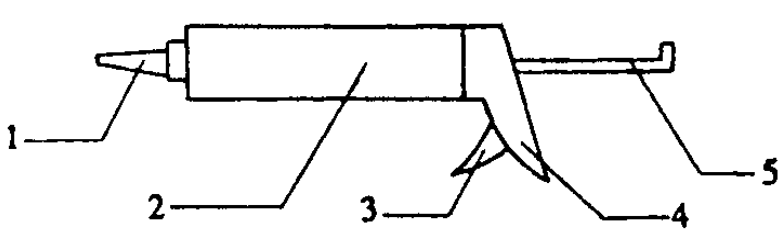


图6 -11 嵌缝枪

1—枪嘴子 ;2—成品胶筒 ;3—扳机 ;  
4—手柄体 ;5—带棘爪牙的顶杆

(二) 隐框玻璃幕墙安装工艺

隐框、半隐框玻璃幕墙的结构装配组合件应在生产车间制作，不得在现场进行。制作程序为：胶缝处清洁处理 粘贴双面贴条 注结构胶 静置养护。

隐框玻璃幕墙安装工艺流程如图6 -12 所示。

外围护结构组件的安装：在立杆和横杆安装完毕后，就开始安装外围护结构组件。在安装前，要对外围护结构件作认真检查，其结构胶固化后的尺寸要符合设计要求，同时要求胶缝饱满平整，连续光滑，玻璃表面不应有超标准的损坏及脏物。外围护结构件



的安装主要有两种形式，一为外压板固定式；二为内勾块固定式（见图6 -13）。

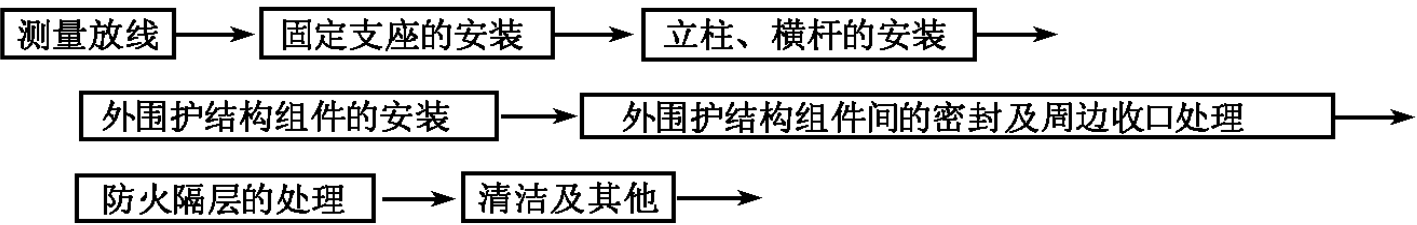


图6 -12 隐框幕墙安装工艺流程

外围护结构组件调整、安装固定后，开始逐层实施组件间的密封工序。应检查衬垫材料的尺寸是否符合设计要求。对要密封的部位必须进行表面清理。先要清除表面的积灰，再用类似二甲苯等挥发性能强的溶剂擦除表面的油污等脏物，然后用干净布再清擦一遍，以保证表面干净且无溶剂存在。放置衬垫时，要注意衬垫放置位置的正确，过深过浅都影响工程质量。间隙间的密封采用耐候胶灌注，注完后要用工具将多余的胶压平刮去，并清除玻璃面的多余粘接胶。

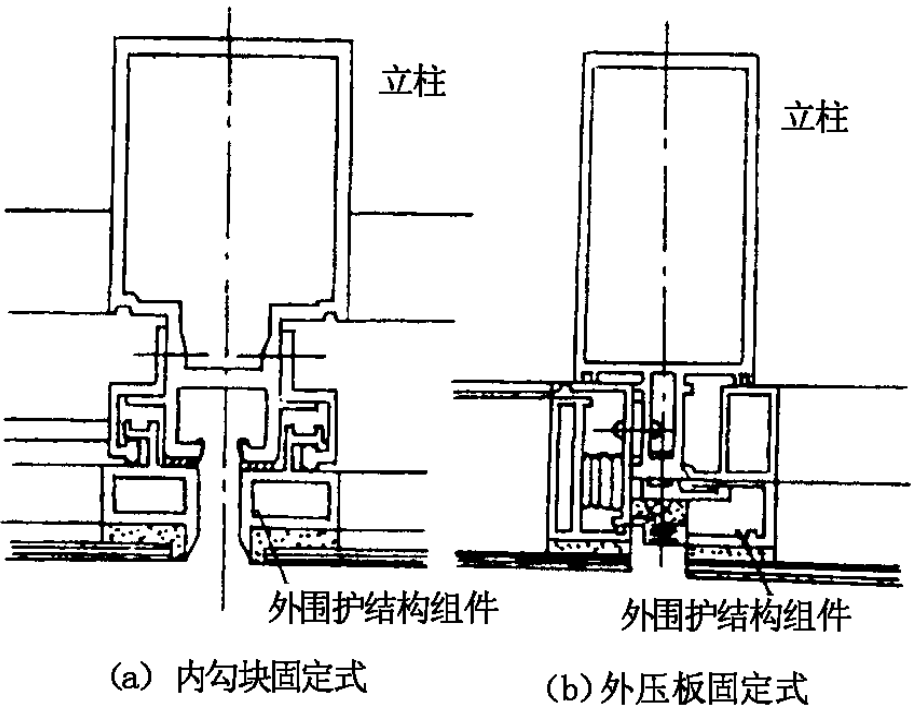


图6 -13 外围护结构组件安装形式

# 第七章 吊顶、隔墙工程

## 第一节 吊顶工程

吊顶是现代室内装饰的重要组成部分，它直接影响整个建筑空间的装饰风格与效果，同时还起着吸收和反射音响、照明、通风、防水等作用。吊顶主要由吊筋（吊杆、吊头等）、龙骨（搁栅）和饰面板（罩面板）三部分组成。

### 一、吊筋

对于现浇钢筋混凝土楼板，一般在混凝土中预埋 6 钢筋（吊环）或 #8 镀锌铁丝作为吊筋，也可以采用金属膨胀螺丝、射钉固定钢筋（钢丝、镀锌铁丝）作为吊筋，如图 7 -1 所示。射钉用射钉枪紧固，如图7 -2 所示。

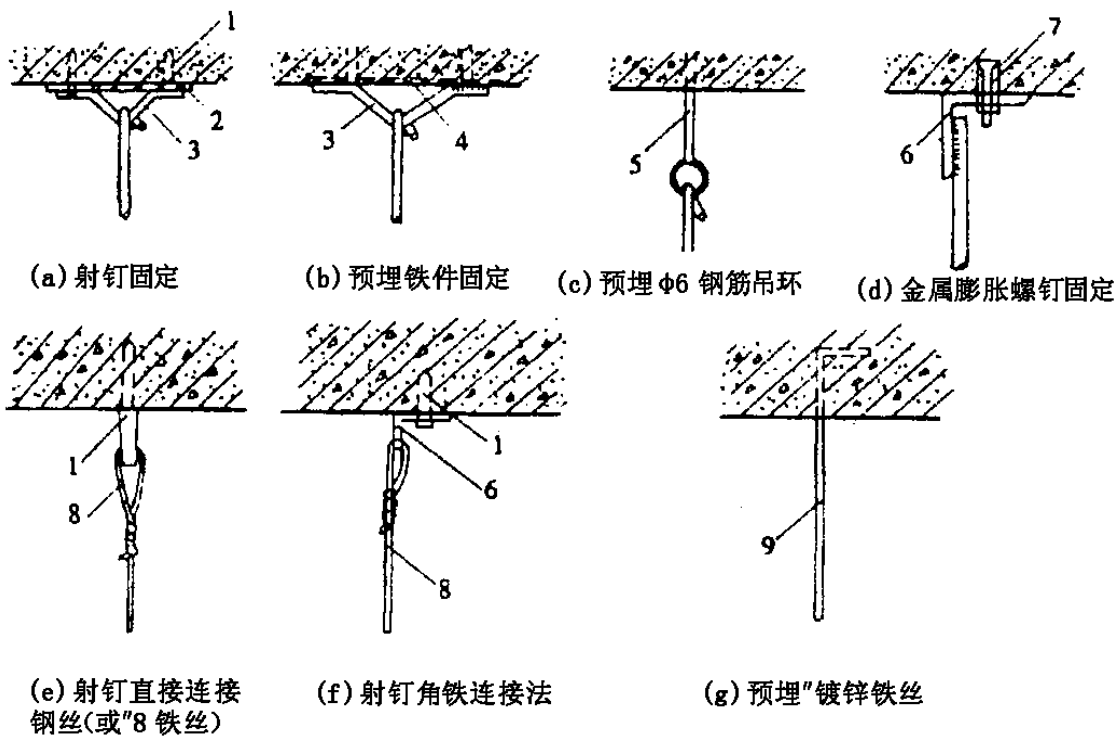
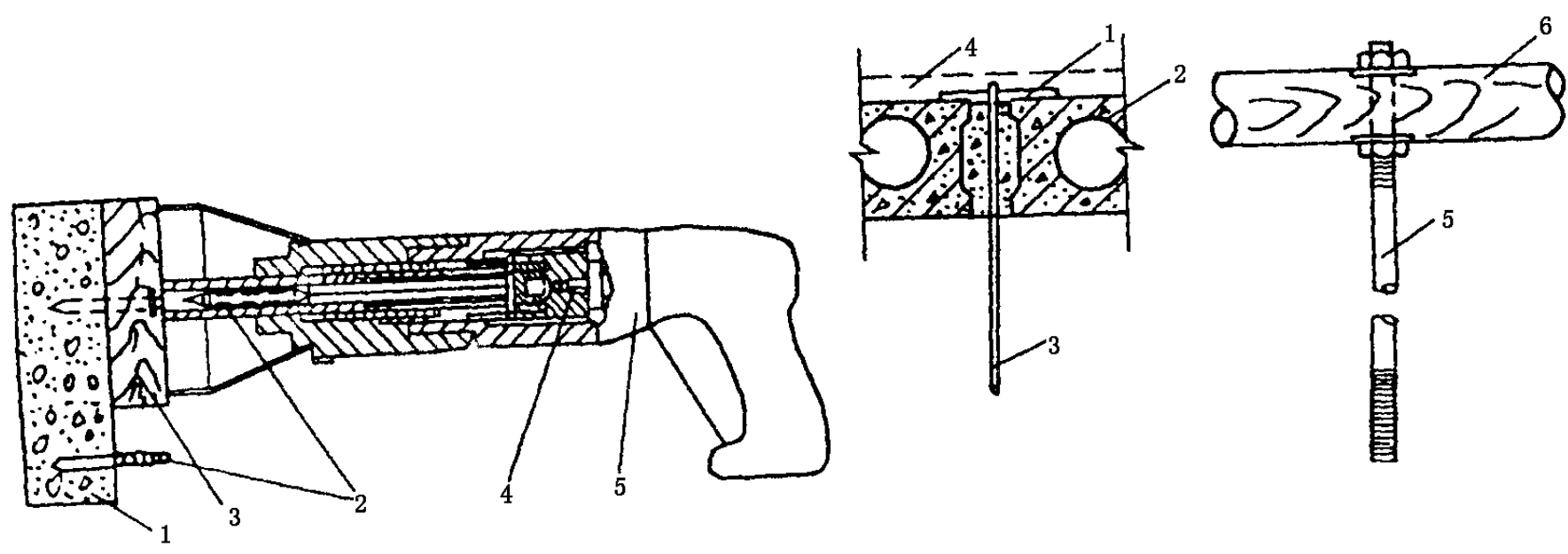


图7 -1 吊筋固定方法

1—射钉 ;2—焊板 ;3—10 钢筋吊环 ;4—预埋钢板 ;5—6 钢筋 ;6—角钢 ;  
7 . 金属膨胀螺丝 ;8—铝合金丝 ( #8 , #12 , #14 ) ;9—#8 镀锌铁丝。

对于预制楼板一般在板缝中预埋 6 钢筋或 #8 镀锌铁丝作为吊筋。坡屋顶是用长杆螺栓或 #8 镀锌铁丝吊在屋架下统作吊筋，如图7 -2 所示。吊筋的间距在1 2 ~1 5m 左右。



(a) 预制楼板吊筋固定 (b) 坡屋面长杆螺栓吊筋

图7 -2 射钉枪、射钉弹及射钉

1—基体 ;2—射钉 ;3—被固定体 ;  
4—射钉弹 ;5—射钉枪

图7 -3 预制楼板和坡屋面吊筋固定方法

1—10 或 12 钢筋 ;2—预制楼板 ;  
3—6 钢筋或 #8 镀锌铁丝 ;  
4—现浇细石混凝土 ;5—长杆螺栓 ;  
6—屋架下弦

二、龙骨安装

吊顶龙骨有木质龙骨、轻钢龙骨和铝合金龙骨。

木质龙骨由大龙骨、小龙骨、横撑龙骨和吊木等组成。

轻钢龙骨和铝合金龙骨，其断面形状有：U 形、T 形等数种，每根龙骨长2 ~3m，在现场用拼接件拼装，接头应相应错开。U 形龙骨吊顶安装示意图如图7 -4 所示。TL 形铝合金龙骨安装示意图如图7 -5 所示。轻钢龙骨和铝合金龙骨安装过程顺序为：弹性—安装大龙骨吊杆—大龙骨安装—小龙骨安装—横撑龙骨安装。

1．弹线：根据楼层标高水平线，用尺竖向量至顶棚设计标高，沿墙四周弹出顶棚标高水平线（水平允许偏差±5mm），并沿顶棚标高水平线在墙上划好龙骨分档位置线。

2．安装大龙骨吊杆：按照墙上弹出的标高线和龙骨位置线，找出吊点中心，将吊杆焊接固定在预埋件上。未设预埋件时，可按吊点中心用射钉固定吊杆或铁丝。计算好吊杆的长度，确定吊杆下端的杆高。与吊挂件连接的一端套丝长度应留有余地，并配好

螺母。

3. 大龙骨安装：将组装好吊挂件的大龙骨，按分档线位置使吊挂件穿入相应的吊杆螺栓上，拧紧螺母，然后，相接大龙骨，装连接件，并以房间为单元，拉线调整标高和平直。中间起拱高度应不小于房间短间跨度的 $1/200$ 。龙骨切割采用小型无齿锯，如图7 -6 所示。靠四周墙边的龙骨用射钉固定在墙上，射钉间距为1m。

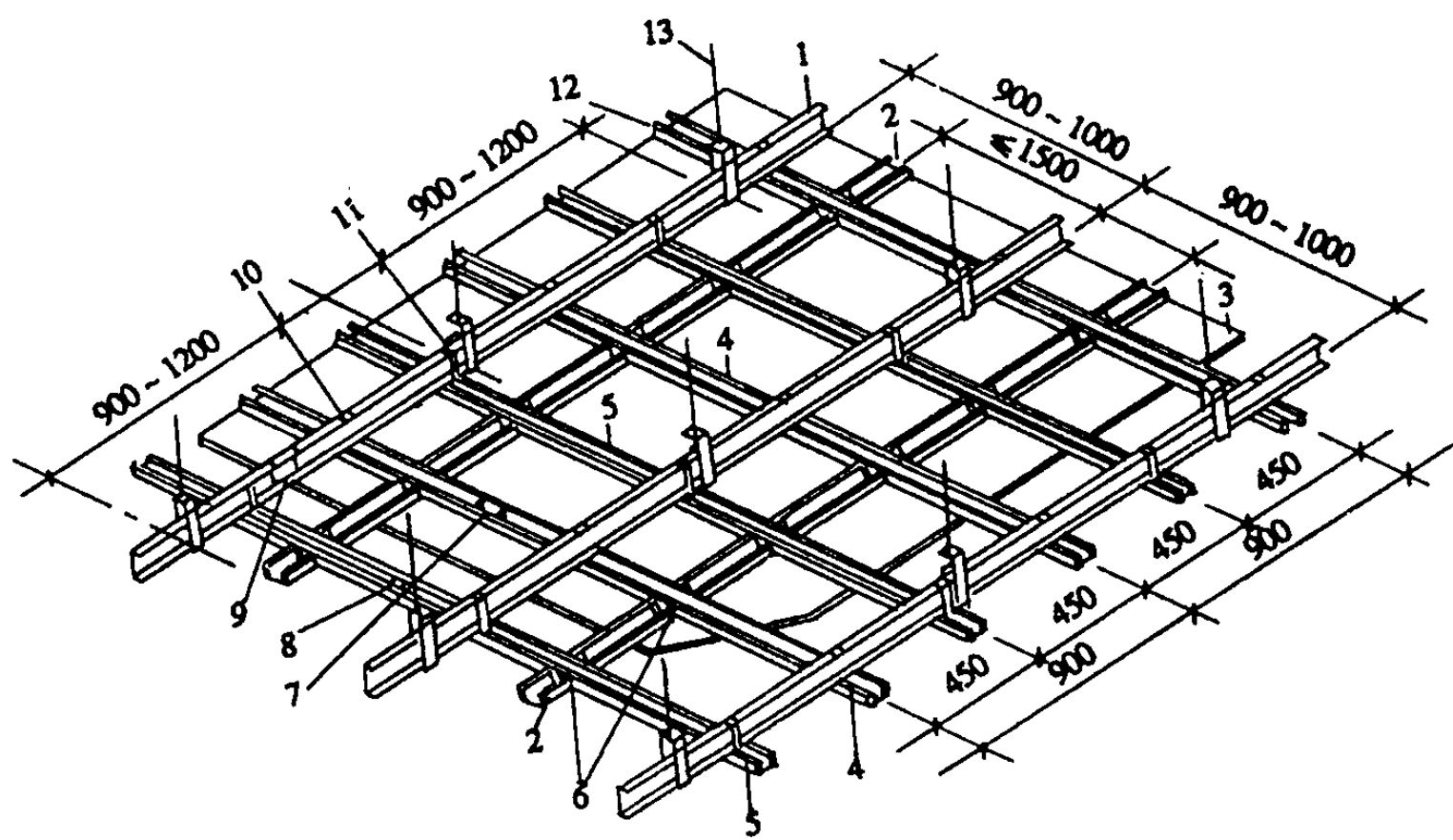


图7 -4 U 形龙骨吊顶示意图

1 -BD 大龙骨 ;2 —UZ 横撑龙骨 ;3 —吊顶板 ;4 —UZ 龙骨 ;5 —UX 龙骨 ;6 —UZ<sub>3</sub> 支托连接 ;  
7 —UZ<sub>2</sub> 连接件 ;8 —UX<sub>2</sub> 连接件 ;9 —BD<sub>2</sub> 连接件 ;10 —UZ<sub>1</sub> 吊挂 ;11 —UX<sub>1</sub> 吊挂 ;  
12 —BD<sub>1</sub> 吊件 ;13 —吊杆 8 ~ 10

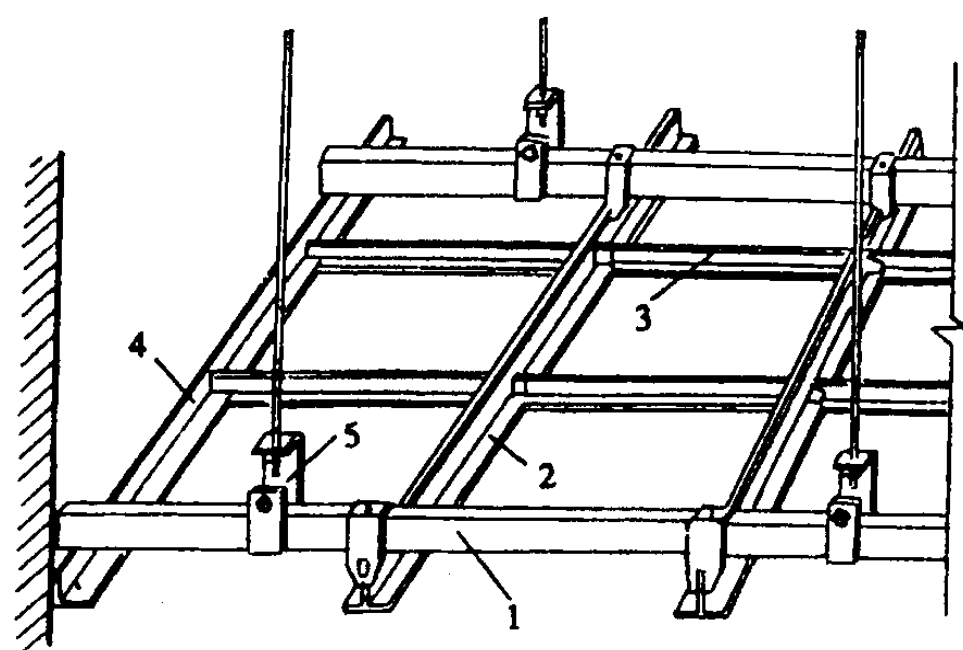


图7 -5 TL 形铝合金吊顶

1 —大龙骨 ;2 —大T ;3 —小T ;4 —角条 ;5 —大吊挂件

4. 小龙骨安装：按已弹好的小龙骨分档线，卡放小龙骨吊挂件，然后按设计规定的小龙骨间距，将小龙骨通过吊挂件垂直吊挂在大龙骨上，吊挂件U形腿用钳子卧入大龙骨内。小龙骨的间距应按饰面板的密缝或离缝要求进行安装。小龙骨中距应计算准确并应通过翻样确定。

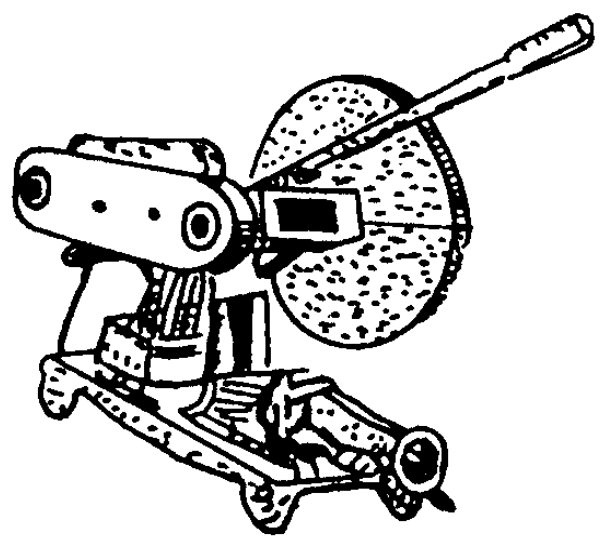


图7 -6 JBG -400 型小型无齿锯

5. 横撑龙骨安装：横撑龙骨应用小龙骨截取。安装时将截取的小龙骨的端头插入支托，扣在小龙骨上，并用钳子将挂搭弯入小龙骨内。组装好后的小龙骨和横撑龙骨底面要求平齐。横撑龙骨间距应根据所用饰面板规格尺寸确定。

### 三、罩面板安装

罩（饰）面板的尺寸是一定的，所以应按室内长度和宽度的净尺寸来安排。每个方向都应有中心线，罩面板必须对称于中心线。若板材为单数，则对称于中间的缝，不足一块的余数分布在两边。安装小龙骨和横木中，也应从中心向四个方向推进，切不可由一边向另一边分格。当吊顶上设有灯具孔和通风排气孔时，更应该通盘考虑如何组成对称排列图案。

罩面板的安装方法有以下几种：

- 1. 搁置法—将装饰罩面板直接摆放在T型龙骨组成的格框内。摆放时要按设计图案要求摆放。有些轻质罩面板，考虑刮风时会被掀起（包括空调口附近），可用木条、卡子固定。
- 2. 嵌入法—将装饰罩面板事先加工成企口暗缝，安装时将T型龙骨两肢插入企口缝内。
- 3. 粘贴法—将装饰罩面板用胶粘剂直接粘贴在龙骨上。

4. 钉固法—将装饰罩面板用钉、螺丝钉、自攻螺丝等固定在龙骨上，钉子应排列整齐。

5. 压条固定法—用木、铝、塑料等压缝条将装饰罩面板固定在龙骨上。

6. 塑料小花固定法—在板的四角采用塑料小花压角用螺丝固定，并在小花之间沿板边等距离加钉固定。

7. 卡固法—多用于铝合金吊顶，板材与龙骨直接卡接固定，不需要再用其他方法加固。

石膏罩面板用钉固法安装时，螺钉与板边距离应不小于15mm，螺钉间距以150～170mm为宜，均匀布置，并与板面垂直，钉头嵌入石膏板深度以0.5～1mm为宜，钉帽应涂刷防锈涂料，并用石膏腻子抹平；用粘贴法安装时，可用802胶粘剂。胶粘剂中应加入胶粘剂用量的70%～80%，温度为20～60℃的水，快速搅拌成浆糊状后涂在石膏板背面上，胶粘剂应涂抹均匀，不得漏涂，粘实粘牢；深浮雕嵌入法固定石膏板时，应与龙骨配套，板材安装应确保企口的相互咬接及图案花纹的吻合，嵌装时应防止相互挤压过紧和脱挂。

纸面石膏板用钉固法安装，板材应在自由状态下进行固定，防止出现弯棱、凸鼓现象，长边（即包封边）应沿纵向小龙骨铺设，小龙骨间距一般不应大于600mm，在南方潮湿地区，间距应适当减少，以300mm为宜。固定时应从一块板的中间向板的四边固定，不得多点同时作业。安装两层板时，面层板与基层板的接缝应错开，不得在同一根龙骨上接缝。板缝应按设计要求进行处理。

安装矿棉装饰吸声板时，房间内湿度不宜过大。安装时，吸声板上不得放置其他材料，防止板材受压变形。吸声板背面的箭头方向和白线方向一致，以保证花样、图案的整体性。采用复合粘贴法安装时，胶粘剂未完全固化前，板材不得有强烈震动，并应保持房间通风；采用搁置法安装时，应留有板材安装缝，每边缝隙不宜大于1mm。

钙塑装饰板用粘贴法安装时，可用401胶或氯丁胶浆-聚异氰酸脂胶（10:1），涂胶应待浆稍干后，方可把板材粘贴压紧。粘贴后应采取临时固定措施；用钉固法时，钉距不宜大于150mm，钉帽应与板面齐平，排列整齐，并用与板面颜色相同的涂料涂饰。钙塑板的交角处，用塑料小花固定时，应使用木螺丝，并在小花之间沿板边按等距离加钉固定；用压条固定时，压条应平直，接口严密，不得翘曲。

金属饰面板有金属条板、金属方板和金属格栅。条板有卡固法和钉固法两种固定方法，卡固法要求龙骨卡条形式应与条板配套（图7-7）；钉固法采用自攻螺钉固定时，后安装的板块压住前安装的板块，将螺钉遮盖，拼缝严密。方形板可用搁置法和螺钉钉固法，也可用铜丝绑扎固定法，如图7-8所示。

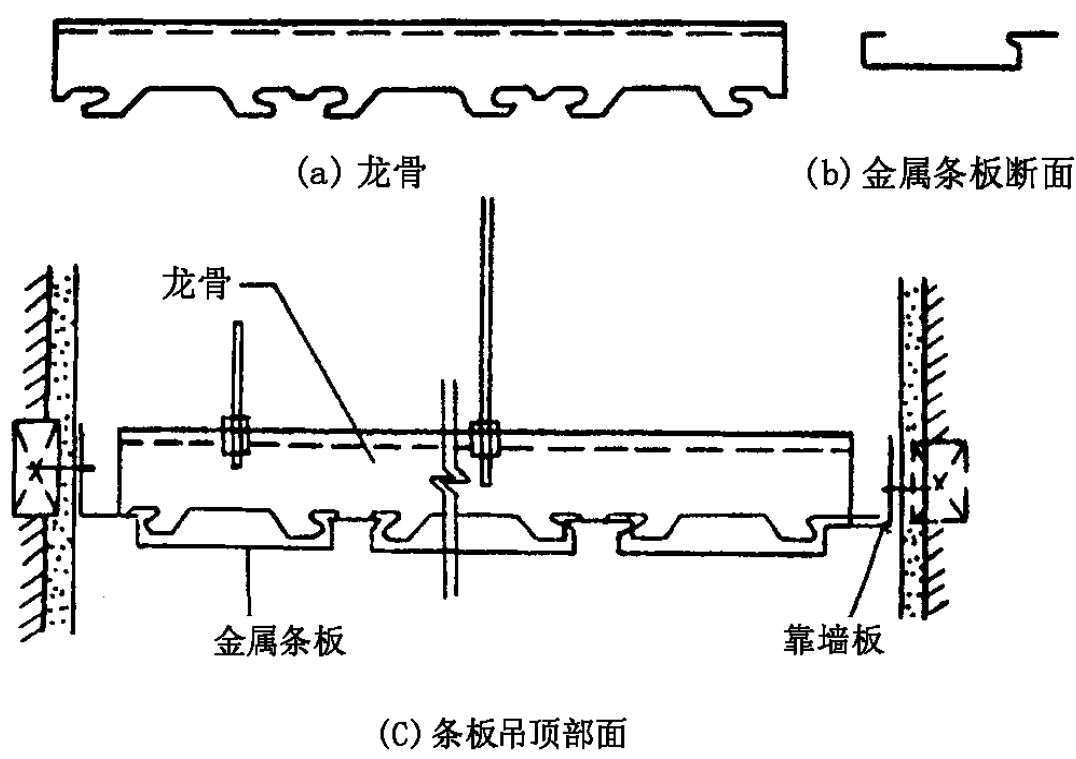


图7 -7 金属条板吊顶卡固法固定

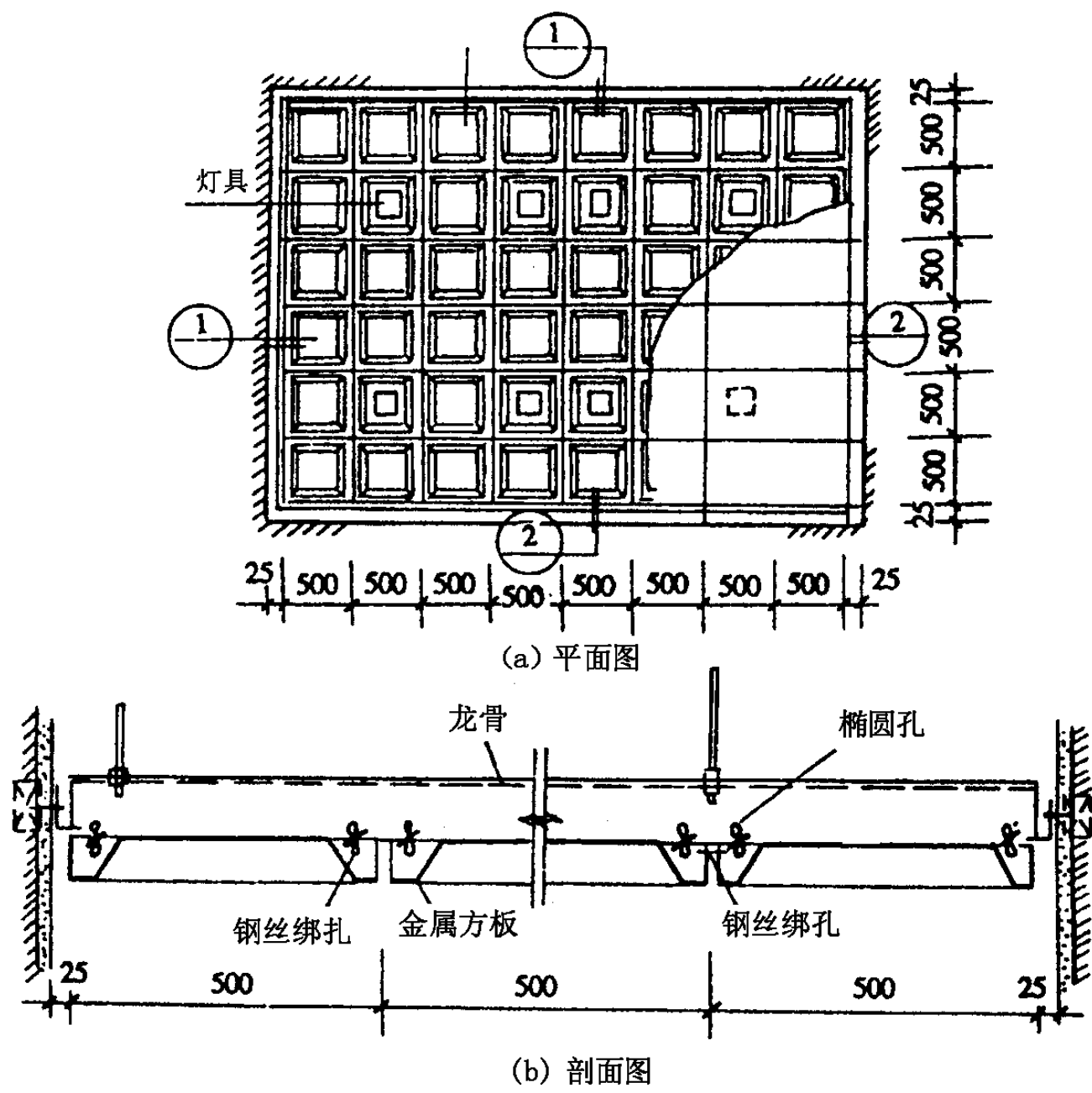


图7 -8 金属方形板吊顶铜丝绑扎法固定

罩面板安装前，吊顶内的通风、水电管道及上人吊顶内的人行道或安装通道应安装完毕；消防管道安装并试压完毕。吊顶内的灯槽、斜撑、剪刀撑等，应根据工程情况适

当布置。轻型灯具应吊在大龙骨或附加龙骨上，重型灯具或电扇不得与吊顶龙骨连接，应另设吊钩；罩面板应按规格、颜色等预先进行分类选配。罩面板安装时不得有悬臂现象，应增设附加龙骨固定；施工用的临时马道应架设或吊挂在结构受力构件上，严禁以吊顶龙骨作为支撑点。

四、质量要求

吊顶工程所用的材料品种、规格、颜色以及基层构造、固定方法等应符合设计要求。罩面板与龙骨应连接紧密，表面应平整，不得有污染、折裂、缺棱掉角、锤伤等缺陷，接缝应均匀一致，粘贴的罩面不得有脱层，胶合板不得有创透之处。搁置的罩面板不得有漏、透、翘角现象。吊顶罩面板工程质量允许偏差，应符合表7 -1 的规定。

表7 -1 吊顶罩面板工程质量允许偏差

项次	项    目	允许偏差 (mm )										检验方法	
		石膏板			无机纤维板		木质板		塑料板		纤维水泥加压板		金属装饰板
		石膏装饰板	深浮雕嵌式装饰石膏板	纸面石膏板	矿棉装饰吸声板	超细玻璃板	胶合板	纤维板	钙塑装饰板	聚氯乙烯塑料板			
1	表面平整	3			2		2	3	3	2		2	用2m 靠尺和楔形塞尺检查观感平整
2	接缝平直	3	3		3		3		4	3		<15	接5m 线检查，不足5m 拉通线检查
3	压条平直	3			3		3		3		3	3	
4	接缝高低	1			1		0.5		1		1	1	用直尺和楔形塞尺检查
5	压条间距	2			2		2		2		2	2	用尺检查



## 第二节 石膏板隔墙

用于隔墙的石膏板有纸面石膏板、防水纸面石膏板、纤维石膏板、石膏空心条板等。石膏板长度有2400 ,2500 ,2600 ,2700 ,3000 ,3300mm ,宽度有900 ,1200mm ,厚度有9 ,12 ,15 ,18 ,25mm ,板边形状有直角边、楔形边、45°侧角边。

石膏板隔墙的安装方法：先装墙面龙骨，再将石膏板采用钉固定（或用自攻螺丝固定、压条固定、粘贴固定）在龙骨上，如图7 -9 所示。

### 一、墙面轻钢龙骨的安装

在沿地、沿顶龙骨与地、顶面接触处，先要铺填橡胶条或沥青泡沫塑料条，再按规定间距用射钉（或电锤打眼固定膨胀螺栓，按中距0.6 ~1m）将沿地、沿顶龙骨固定于地面和顶面。然后将预先切截好长度的竖向龙骨，推向横向沿顶、沿地龙骨内，翼缘朝向拟安装的板材方向。竖向龙骨上下方向不能颠倒，现场切割时，只能从上端切断，接长竖向龙骨，可用U 型龙骨套在C 型龙骨的接缝处，用拉铆钉或自攻螺钉固定。

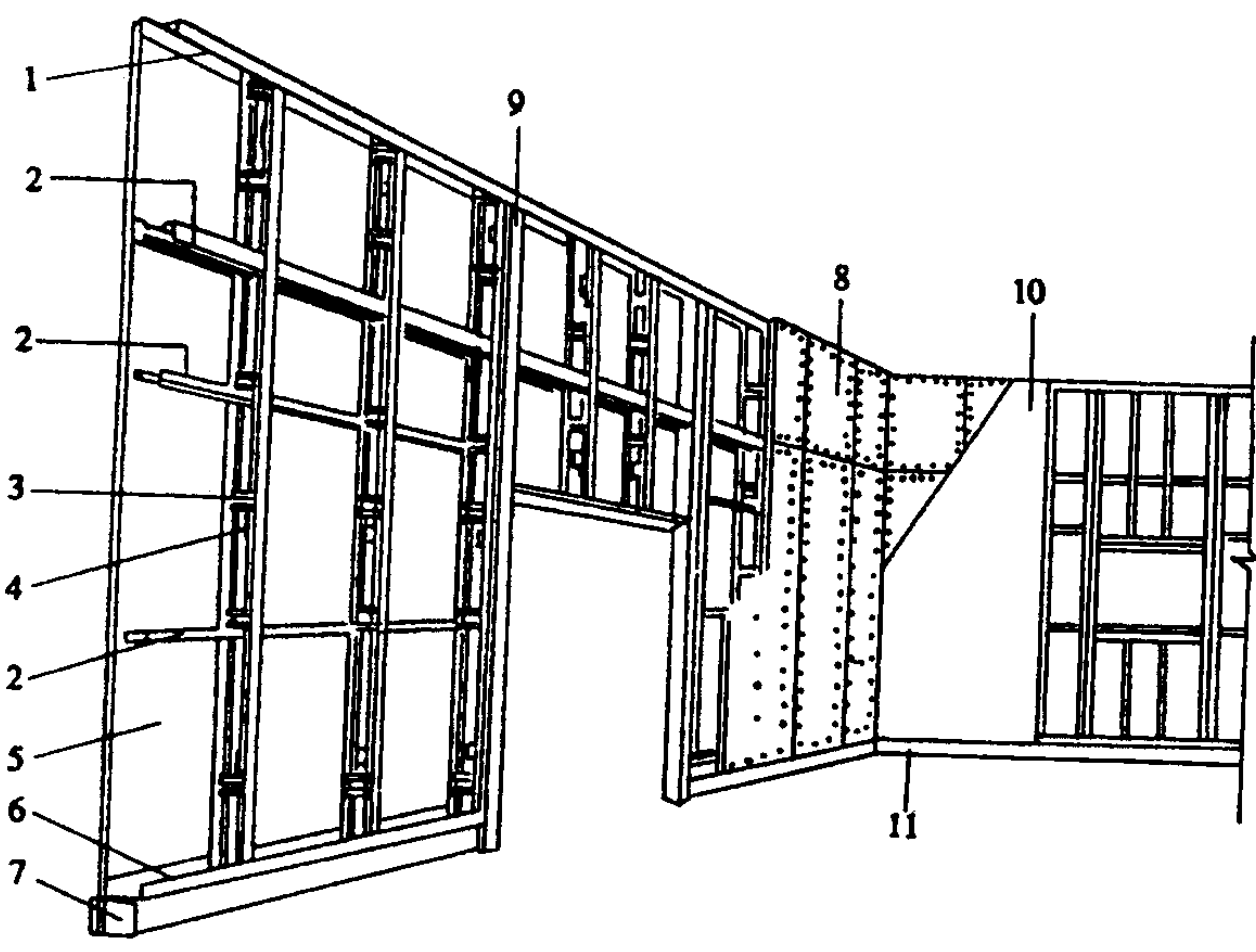


图7 -9 隔墙轻钢龙骨安装示意图

1—沿顶龙骨 ;2—横撑龙骨 ;3—支撑卡 ;4—贯通孔 ;5—石膏板 ;6—沿地龙骨 ;  
7—混凝土踢脚座 ;8—石膏板 ;9—加强龙骨 ;10—塑料壁纸 ;11—踢脚板

二、墙面板材的安装

安装板材时，要把板材贴在龙骨上用手电钻同时把板材与龙骨一起打孔，再拧上自攻螺丝。另一种安装方法是将石膏板与石膏龙骨预装成盒状墙板，而后用0.67 1 的水玻璃矿渣净浆粘接剂粘接固定。

对于空心石膏板或较厚的石膏板，安装时不用胶和龙骨，而是用一对木楔在楼地面处将板的下边楔紧，然后抹地面封闭，上边则靠抹灰时封闭，如图7 -10 所示。

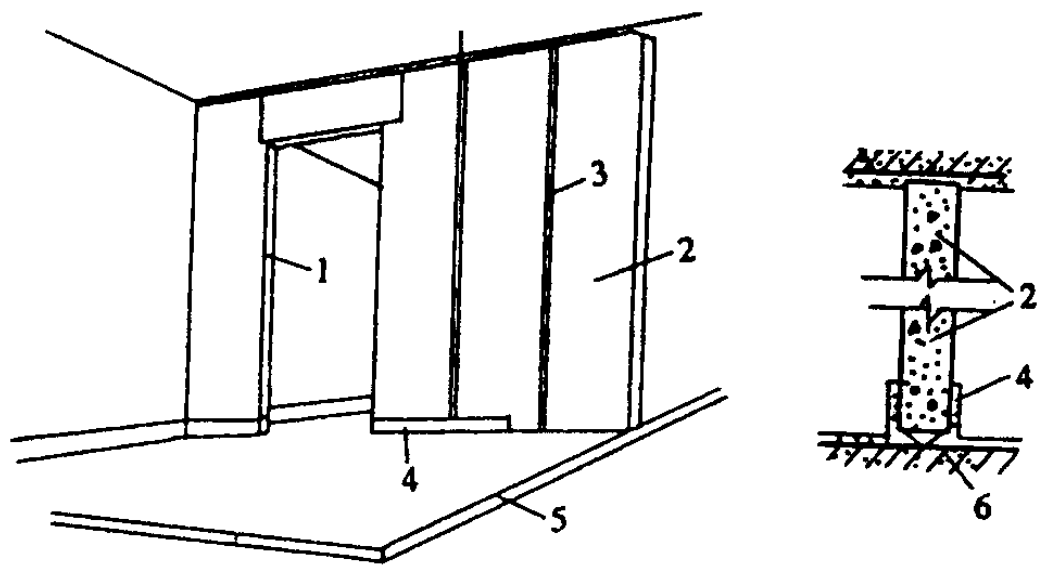


图7 -10 石膏板隔墙安装方法

1—门洞 ;2—石膏板 ;3—竖缝 ;4—踢脚线 ;5—楼板 ;6—木楔

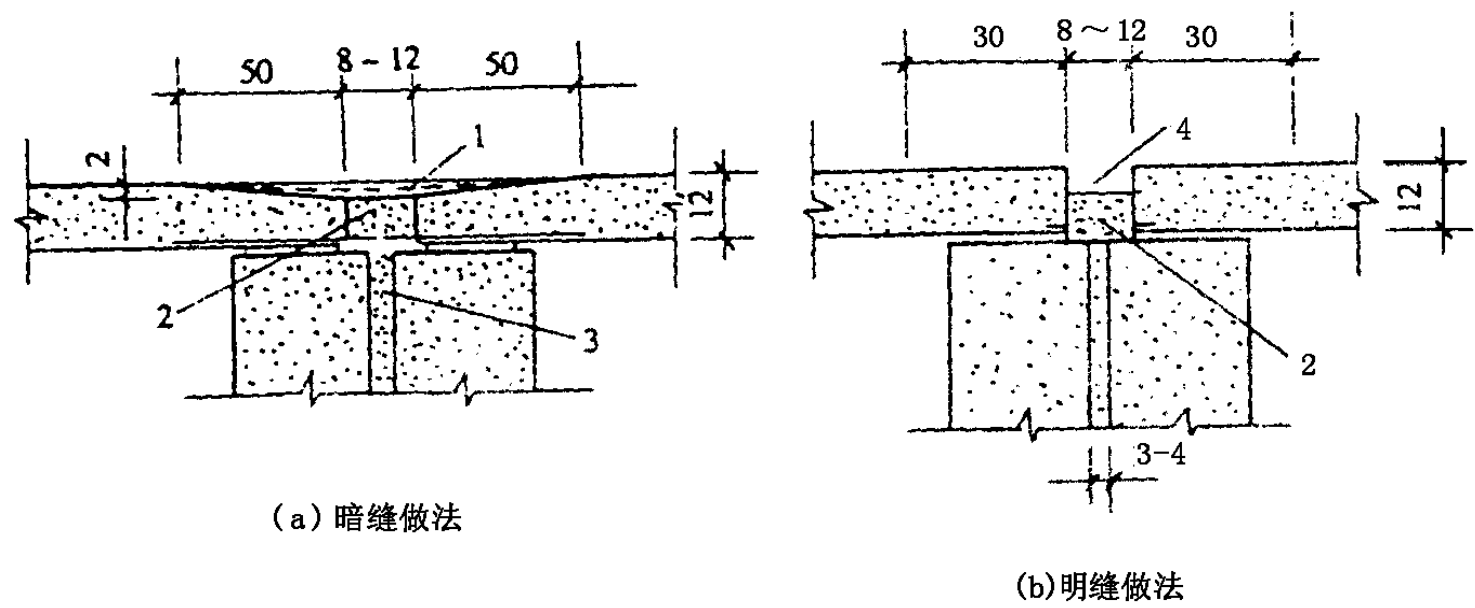


图7 -11 石膏板接缝做法

1—穿孔纸带 ;2—接缝腻子 ;3—107 胶水泥砂浆 ;4—明缝

石膏板之间的接缝分为明缝和暗缝两种做法。明缝做法适用于公共建筑等大房间，暗缝做法适用于一般居室，多数工程采用暗缝做法。暗缝做法见（图7 -11a），首先要

求石膏板有倒角，在两块石膏板拼缝处用羧甲基纤维素等调配成的石膏腻子嵌平，然后贴上50mm 宽的穿孔纸带，再用上述石膏腻子与墙面刮平。阴阳角拼缝也同样做法。这种做法板缝处有时会出现裂缝。明缝做法是用专门工具和砂浆胶合剂勾成立缝，如（图7 -11b）所示。对板缝处易于开裂的问题有遮丑作用。明缝加嵌压条，装饰效果较好。

石膏板防潮、防水性能较差，可涂刷中和甲基硅醇钠、汽油稀释熟桐油、乳化熟桐油或氯乙烯乳液等作表面处理。

# 第十篇

## 门窗工程

# 第一章 概 述

## 第一节 门窗的作用及分类

### 一、门窗的作用

门窗可分为普通门窗和特种门窗。普通门窗是指没有特种要求的常用门和常用侧窗。本书除有特别指明外，讲述的均为普通门窗。特种门窗是指有特种作用要求的门窗，如保温、隔热、隔声、防火、防射线等特种作用要求。

门和窗是建筑物的重要组成部分，是房屋围护结构中的两个部件，门和窗的制作和安装通常合称为门窗工程。

#### 1. 门的作用

门的主要作用是分隔和交通，同时还兼具通风、采光之用。在不同的情况之下，又有保温、隔声、防风雨、防风沙、防水、防火以及防射线等作用。此外，门的造型、色彩、质地、构造等，在建筑的外观、立面处理以及室内装饰中，都起着重要的作用就门的主要作用分隔和交通而言，门是人和物体进出房间和室内外的通道口，因此门的开设数量和大小，一般应由交通疏散、防火和家具、设备大小等要求由设计者确定。

#### 2. 窗的作用

窗的主要作用是采光、通风、保温、隔热、隔声、眺望、防风雨及防风沙等。有特殊的作用要求时，窗还可以防火及防放射线等。窗的装饰作用除类同于门的装饰作用外，外墙面上的窗对建筑的整体效果影响更大。

### 二、门的分类

#### （一）按门的开启方式分类

门的开启方式主要是由使用要求决定的，通常有如下几种不同方式。

### 1. 平开门

平开门，即水平开启的门。其铰链安在侧边，有单扇、双扇，有向内开、向外开之分。房间的门，一般应内开；安全疏散门一般应外开。在寒冷地区，还可以作成内、外开的双层门。平开门的构造简单，开启灵活，制作安装和维修都比较方便，为一般建筑中使用最广泛的门，如图1 -1a 所示。

### 2. 弹簧门

弹簧门形式同平开门，唯侧边用弹簧铰链或下面用地弹簧传动，开启后能自动关闭。多数为双扇玻璃门，能内、外弹动；少数为单扇或单向弹动的，如纱门。弹簧门的构造与安装比平开门稍复杂，多用于人流出入较频繁或有自动关闭要求的场所；幼儿园、托儿所等建筑中，不宜采用弹簧门。门上一般都安装玻璃，如图1 -1b 所示。

### 3. 推拉门

推拉门，亦称扯门，悬吊于门洞口上部轨道或支承于下部轨道上左右推拉滑行。推拉门有单扇或双扇，可以藏在夹墙内或贴在墙面外，占用面积较少，如图1 -1c 所示。推拉门扇刚度较大，不易变形，不占空间，但构造比较复杂，密闭不够严，一般用两个空间需扩大联系的门。在人流众多的地方，还可以采用光电管或触动式设施使推拉门自动启闭。

### 4. 折叠门

折叠门多为扇折叠，可拼合折叠推移到侧边，如图1 -1d 所示。传动方式简单者可以同平开门一样，只在门的侧边装铰链；复杂者在门的上边或下边需要装轨道及转动五金配件。这种门少占使用空间，但是构造较复杂，适用于宽度较大的门洞或空间狭小处。

### 5. 转门

转门为三或四扇门连成风车形，在两个固定弧形门套内旋转的门，如图1 -1e 所示。对防止内外空气的对流有一定的作用，可以作为公共建筑及有空气调节房屋的外门。一般在转门的两旁另设平开或弹簧门，以作为不需空气调节的季节或大量人流疏散之用。转门多用于公共建筑入口，但只能供少数人通过，不能作为疏散门使用，必须另有安全出口。转门构造较复杂，造价较高，适用于寒冷地区及有空调的建筑外门转门直径常为1650 ~2250mm。门扇为三扇或四扇，可为固定式或为可折叠式。

### 6. 卷帘门

卷帘门是用铝合金轧制成型的条形页板连接而成。开启时，有门洞上部的转动轴旋转将页板卷起。卷帘门可为单樘门，也可为连樘门。连樘门间设可拆装的竖向导轨。帘板可为页板式或空格式。高大的卷帘门上如需开小门，在下部可做一般与小门等高的硬

扇。

卷帘门启闭可手动，利用弹簧轴平衡门扇自重；也可通过链条、摇杆人工启闭或利用电动机启闭。电动卷帘门的电动机装在门的上部，卷帘门通过导轨、导轮和卷筒相连。

卷帘门开关方便，但构造复杂、造价高，一般适用于仓库、汽车库、商场等建筑的大门。

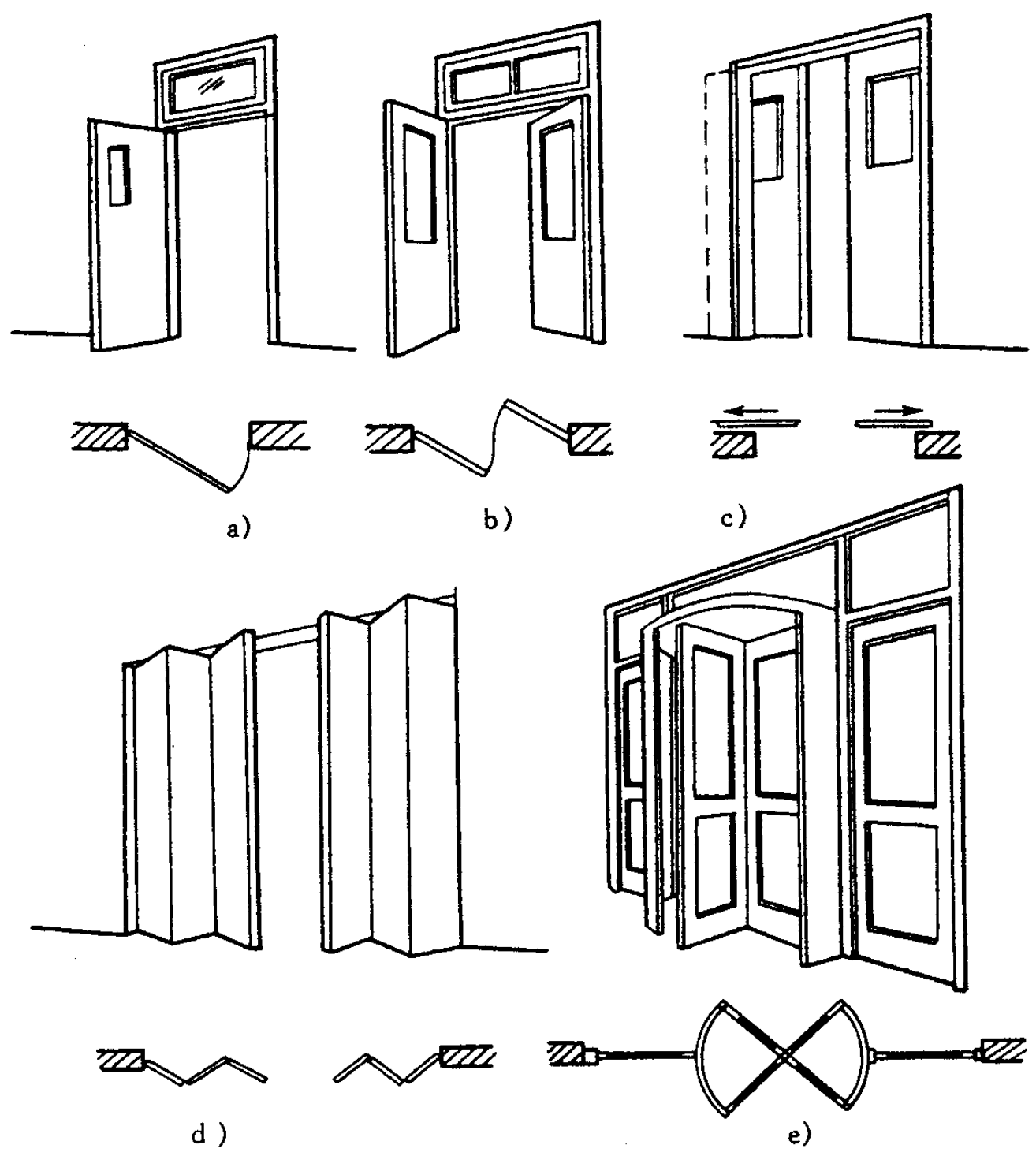


图1 -1 门的开启方式

a) 平开门b) 弹簧门c) 推拉门d) 折叠门e) 转门

(二) 按选用材料分类

1. 木门

木门应用比较普遍，但质量较大，有时容易下沉。木门门扇的做法很多，常见的有

夹板门、镶板（胶合板或纤维板）门、半截玻璃门、拼板门等。

2．钢门

钢门的框和扇，全部采用钢材制作。由于这种门较重、保温隔声能力差、关门声太大等原因，很少应用。但钢框木门或钢木组合门则广泛地应用于居住建筑中。

3．铝合金门

铝合金门是一种新型门，主要用于商业建筑和大型公共建筑物的主要出入口。表面呈银白色或青铜色，给人以轻松、舒适的感觉。

4．塑料门

塑料门是以硬质PVC 挤压成型的。具有造型美观、防腐、密封、隔热、不需涂漆维护等特点。

5．钢筋混凝土门

钢筋混凝土门的框和扇采用钢丝网水泥或钢筋混凝土制作，多用于人防地下室的密闭门。这种门的缺点是自重大，开关费力。

（三）按功能要求分类

除广泛应用的普通门外，有用于通风、遮阳的百页门，用于保温、隔热的保温门，用于隔声的隔声门，以及防火门、射线防护门等。

三、窗的分类

按窗在建筑物上开设的位置不同，可划分为侧窗和天窗两大类。设置在内外墙上的称为侧窗。设置在屋顶上的称为天窗。

（一）侧窗的类型

侧窗按所用材料和开启方式等的不同，可以分为各种类型，以适应不同的功能需要。

1．窗按开启方式分有固定窗、平开窗、转窗（上悬窗、中悬窗、下悬窗、立转窗）和推拉窗等几种基本类型，如图1 -2 所示。

① 固定窗。固定窗是将玻璃直接镶嵌在窗框上，不能开启，只用于采光及眺望。这种窗构造简单，一般用于厂房的部分侧窗、民用建筑走道等处的间接聚光或大面积玻璃窗及外门的亮子等。

② 平开窗。平开窗是将窗扇边框用铰链与窗框相连，水平开启的窗。平开窗开关方便、灵活，采光、通风都较好，在民用及工业建筑中应用最为普遍。平开窗有外开、内开、双层内开、双层内外开等不同形式。外开窗构造较简单，不占室内空间；内开窗



利于保护窗扇和擦拭玻璃，但占室内空间，同时必须做好防止雨水进入室内的披水和排水槽。

③ 转窗。转窗是绕水平轴或垂直轴旋转开启的窗。转窗分上悬窗、下悬窗、中悬窗和立转窗。转窗一般用于大型公共建筑。在大量的建筑中，常用于楼梯间、走道间接采光窗及门亮子处。

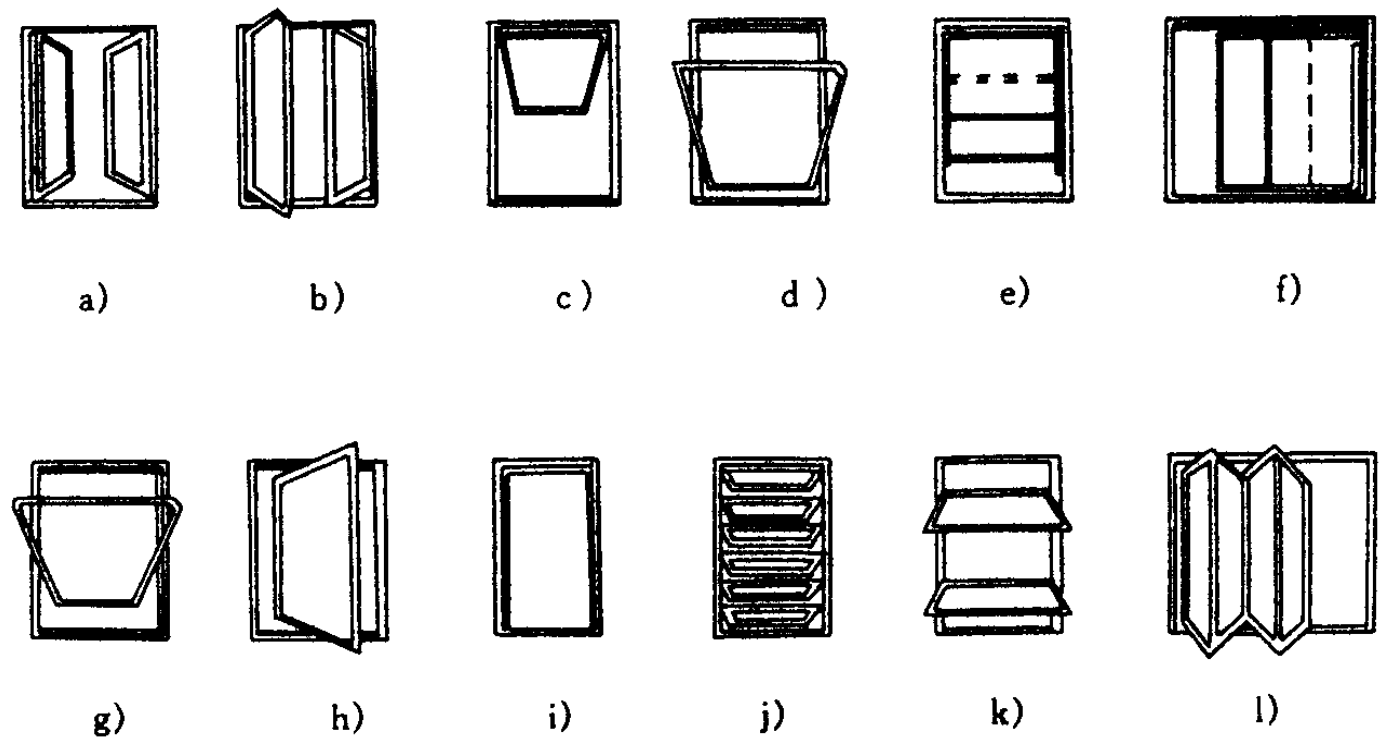


图1 -2 窗的开启方式

- a) 外平开 b) 内平开 c) 上悬 d) 下悬 e) 垂直推拉 f) 水平推拉  
g) 中悬 h) 立转 i) 固定 j) 百页 k) 滑轴 l) 折叠

上悬窗开关铰链装于窗扇上部，开启角度为30°左右。一般用风钩撑住，多用于门亮子。

中悬窗开关铰链装于窗扇两侧，开启时上部向内，下部向外。开启角度亦为30°左右，在窗框上钉有特制木板，以卡住开启后的窗扇。中悬窗多应用于大面积的工业厂房采光窗。

下悬窗开关铰链装于窗扇下部，开启角度亦为30°左右，一般采用瓜子链固定位置。这种窗关闭时采用飞机插销或一般插销就位，多用于门亮子。

立转窗可配合风向旋转到最有利的位置，以加强通风。为了遮阳、挡雨，立转窗上应设雨篷。

④ 推拉窗：推拉窗分为左右推拉窗和上下推拉窗（又叫提拉窗）两种形式。其优点是开启后不占室内空间，一般常用于食堂售饭口及收发室、民用住宅等处。窗口宽度尺寸太小不适宜做推拉窗。

2. 窗按所用的材料不同来分有木窗、钢窗、钢筋混凝土窗、铝合金窗、塑料窗等

类型

(1) 木窗。木窗用不易变形的红松或其他相近材质的木材做成。自重轻，加工制作较简单，维修方便，使用广泛。但制作木窗消耗木材多，同时木材易于腐朽，不及钢窗经久耐用。

(2) 钢窗。钢窗分为空腹和实腹两类，与木窗相比，钢窗坚固耐用，防火耐潮、断面小，采光系数大，有利于天然采光，但造价高。在我国目前木材缺乏的情况下，钢窗在房屋建筑中用得越来越普遍。

(3) 钢筋混凝土窗。钢筋混凝土窗是用C30 干硬性细石混凝土及冷拔丝制作而成的，一般只用作窗框，而窗扇采用其他材料。这种窗坚固耐久，节约木材、钢材，但安装麻烦，且自重大，因此应用较少。

(4) 铝合金窗。铝合金窗除具有钢窗的优点外，还有密封性好、不易生锈、耐腐蚀、不需要刷油漆、外观漂亮等长处，但价格较高，一般用于标准较高的建筑中。

(5) 塑料窗。塑料窗的窗扇、窗框，可以用硬质PVC 直接挤压成型，也可以用塑料包覆在木材或金属表面而制成。这种窗色彩美观，不需油漆，比较经久耐用，但价格贵，目前采用较少。随着塑料工业的发展，塑料窗将逐渐得以推广应用。

3. 窗按镶嵌材料的不同来分，有玻璃窗、纱窗、百页窗、保温窗及防风纱窗等  
玻璃窗能满足采光功能要求；纱窗在保证通风的同时，可以阻止蚊蝇进入室内；百页窗一般用于只需通风不需采光的房间，百页窗分固定的百页和活动的百页两种，活动百页窗可以加在玻璃窗外，起遮阳通风的作用。

当侧窗不能满足采光、通风要求时，可设天窗以增加采光和加强通风。

(二) 天窗的类型

按天窗构造方式的不同，可分为上凸式天窗、下沉式天窗、平天窗及锯齿形天窗四类。如图1 -3 所示。

1. 上凸式天窗。这类天窗设在屋架上弦上面，高出屋面。其特点是构造简单，但它扩大了建筑空间，增加了建筑高度和荷载。上凸式天窗包括矩形天窗、M 形天窗、三角形天窗等。使用广泛的上凸式天窗多为矩形天窗，在天窗架两侧安装上悬钢窗扇或中悬钢、木窗扇。

矩形天窗有利于通风，采光比较均匀，玻璃不易积灰，排水方便，但其质量大，造价也较高；三角形天窗采光率高，窗扇多为固定式。纵向布置的三角形天窗，室内照度的均匀性较差；横向布置的三角形天窗，室内照度的均匀性较好；M 形天窗排气性较好，同时能有一定的反射光，但内排水较复杂。

2. 下沉式天窗。下沉式天窗是将铺在屋架上弦上的部分屋面板下沉到屋架下弦处

铺设，利用屋架本身的高度组成凹嵌在屋架中间的一种天窗。这种天窗低于厂房屋面，与上凸式相比，可省去天窗架和挡风板，建筑高度低、荷载小。但屋面清扫不方便，构造也复杂，室内空间也有所降低。

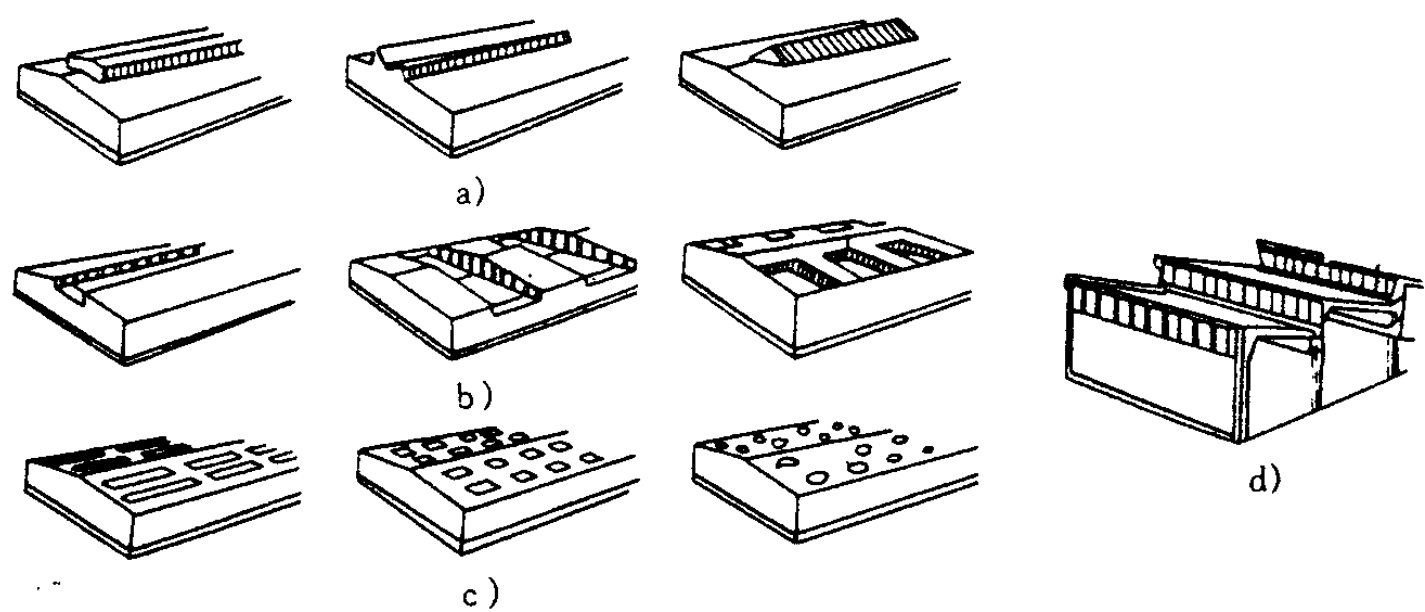


图1 -3 常见的天窗形式

a) 上凸式天窗b) 下沉式天窗c) 平天窗d) 锯齿形天窗

下沉式天窗有纵向下沉、横向下沉和天井式三种形式。纵向下沉式可两侧下沉、中间下沉或为双凹形下沉。两侧下沉排水方便。纵向下沉式天窗主要用于通风排气。这种天窗使屋架部分外露；横向下沉式天窗布置灵活，采光、通风都较好。但这种天窗避风性能较差，窗扇规格较多，屋架上弦的刚度较差；井式天窗可任意布置，它有三面或四面窗口，所以采光、通风较好。布置在侧面的井式天窗，因外墙有挡风板的作用，故通风效果好，同时便于排水和清除积灰、积雪。井式天窗井口的水平面积与垂直口面积之比应不小于0.9。井式天窗一般不设窗扇，而是设挡雨板挡雨。

3. 平天窗。平天窗是与屋面基本相平的一种天窗，平天窗没有天窗架、天窗端壁和天窗侧板等笨重构件。其构造比较简单，屋顶荷载小，布置灵活。有利于抗震，施工方便，造价也较经济，可以在各种类型的屋顶上设置。但这种天窗易积灰、积雪、凝结水等，天长日久，对采光不利。

平天窗有采光板、采光罩、采光带等形式。通风散热可由平天窗解决，也可单独设置通风屋脊。

4. 锯齿形天窗。这种天窗是结合锯齿形屋架设置。天窗一般朝北向，以避免眩光和过热。锯齿形天窗采光均匀，且因顶棚有反射光，采光效率高，一般用在纺织工厂。

## 第二节 门窗的组成

### 一、门的组成

门一般是由门框（也称门樘）、门扇、五金配件及其他附件组成，如图1 -4 所示门框一般是由两根边框和上框组成。当门较高时，上部加门亮子，需增加一根中横框。门较宽时，还需要增加中竖框，有保温、防风、防水、防风沙和隔声要求的门还应设下槛。

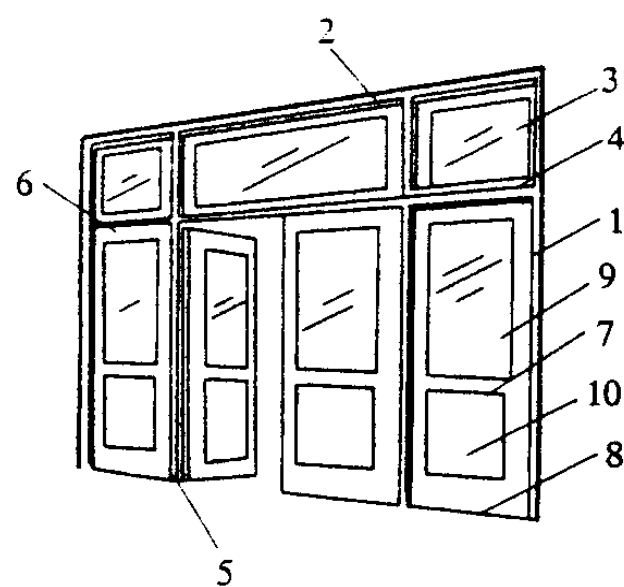


图1 -4 门的组成

1 - 边框2 一上框3 - 亮子4 - 中横框5 - 中竖框6 - 上冒头7 - 中冒头8 - 下冒头9 - 边梃10 - 门芯板

门扇一般由上冒头、中冒头、下冒头、边梃，门芯板、玻璃、百页等组成门的五金配件有铰链、插销、门锁、拉手、铁角、门碰头等，其规格比窗用五金配件大一些。

### 二、窗的组成

窗是由窗框（或称窗樘）、窗扇及五金配件等部分组成，如图1 -5 所示。窗框是由边框、上框、下框、中横框、中竖框等构成。窗扇由上冒头、下冒头、扇梃、窗芯、玻璃等构成。窗的五金配件有铰链（也称合页）、风钩、插销及拉手等。

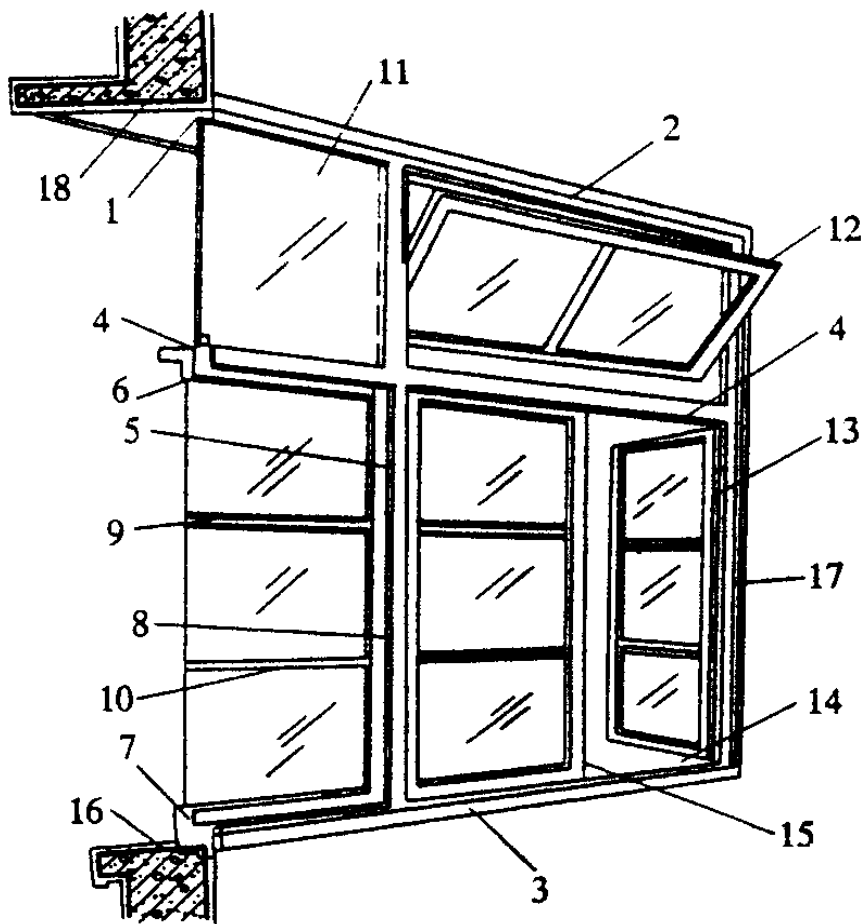


图1 -5 平开木窗的组成

- 1 - 边框2 - 上框3 - 下框4 - 中横框5 - 中竖框6 - 上冒头7 - 下冒头8 - 扇梃9 - 窗芯10 - 窗棂子  
11 - 固定亮子12 - 中悬亮子13 - 铰链14 - 风钩15 - 插销16 - 窗台17 - 贴脸板18 - 梁

三、门窗的其他附件

有的门窗还有其他附件，如：压缝条、窗台板、贴脸板、披水条、筒子板等

1．压缝条。这是10 ~15mm 见方的小木条，用于填补门窗框安于墙中产生的缝隙 ,以防止热量的损失，如图1 -6 所示。

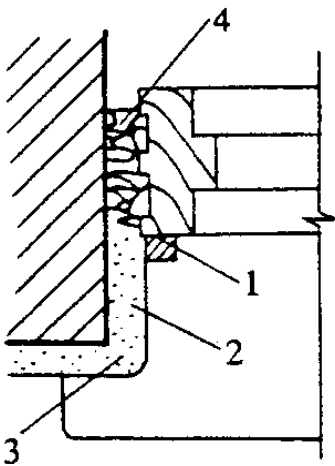


图1 -6 压缝条

- 1 - 压缝木条2 - 抹灰3 - 水泥抱角  
4 - 沥青麻丝

2．贴脸板。这是用来遮挡靠里皮安装窗扇产生的缝隙，其形状及安装方法如图1 -7 所示。

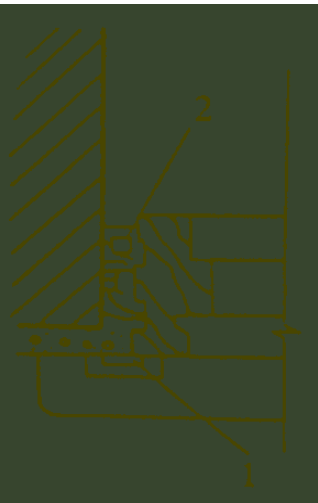


图1 -7 贴脸板  
1 - 贴脸板；  
2 - 沥青麻丝

3．披水条。这是玻璃窗为防止雨水流入室内而设置的挡水条，其形状及安装方法如图1 -8 所示。

4．筒子板。在门窗洞口的两侧墙面及过梁底部，用木板包钉镶嵌。这种装饰叫筒子板，其形状如图1 -9 所示。

5．窗台板。在窗下槛内侧设窗台板，其材料为木板、水磨石板或大理石板。窗台板厚一般为30mm 左右，挑出墙面30 ~40mm ，如图1 -10 所示。

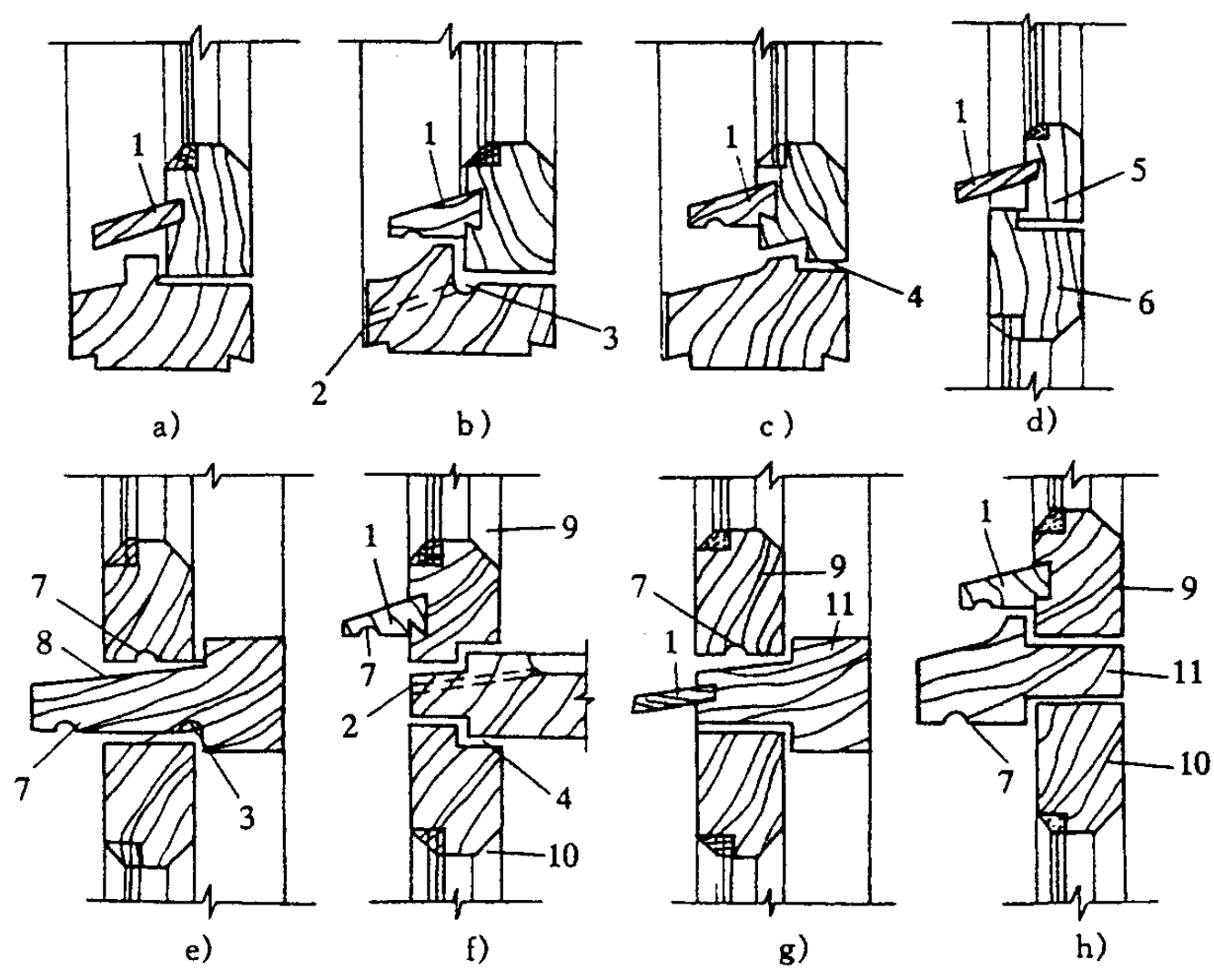


图1 -8 窗的排水构造

- a) 内开窗扇加排水板 b) 内开窗加排水及排水槽 c) 内开窗做鸳鸯口并加排水板  
d) 内开小气窗加排水板 e) 外开窗中横档做排水 f) 外开窗上窗扇做排水、窗档做  
积水槽排水孔 g) 外开窗中横挡加排水板 h) 内开窗上窗扇做排水、横挡做滴水槽  
1 - 排水板 2 - 排水孔 3 - 积水槽 4 - 鸳鸯口 5 - 气窗 6 - 窗扇 7 - 滴水槽  
8 - 中横档排水 9 - 上窗扇 10 - 下窗扇 11 - 中横档

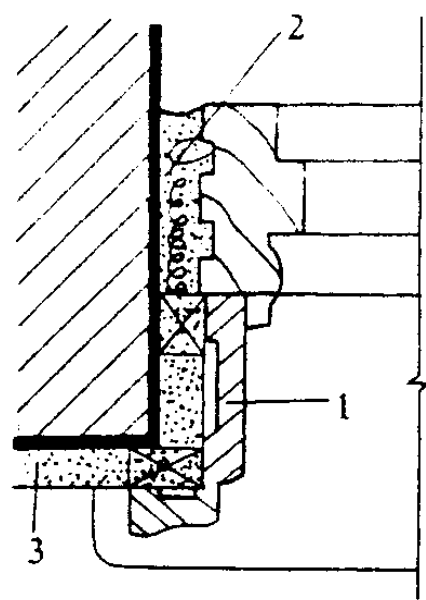


图1 -9 筒子板

- 1 - 筒子板 2 - 沥青  
麻丝 3 - 抹灰

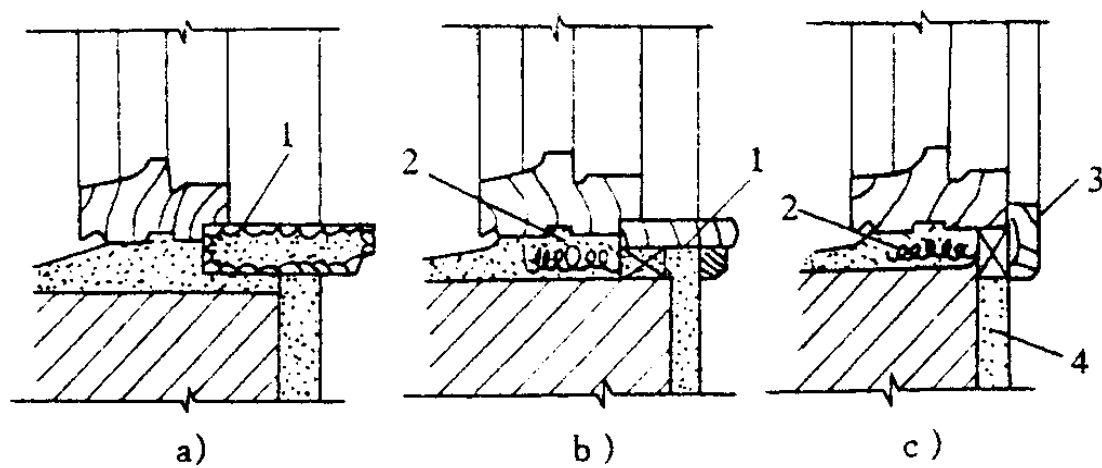


图1 -10 窗台板

- a) 水磨石窗台板 b) 木窗台板 c) 贴脸  
1 - 窗台板 2 - 沥青麻丝 3 - 贴脸 4 - 抹砂浆

## 第二章 木门窗

### 第一节 木门窗材料要求及门窗用小五金

#### 一、材质标准

木门窗及其他细木制品所用木材的要求，按各类房屋的标准分为三级，其中 级适用于旅游宾馆、纪念性建筑物等标准较高的建筑。对木材的选用标准应符合表5 -12 的规定。

#### 二、木材含水率及干燥处理

门窗及其他细木制品应采用窑法干燥的木材，含水率不应大于12 %，当受条件限制，除东北落叶松、云南松、马尾松、桦木等易变形的树种外，可采用气干木材，其制作时的含水率不应大于当地的平衡含水率，并应刷涂一遍底漆（干性油），防止受潮变形。这类门窗与砖石砌体、混凝土或抹灰层接触处及预埋木砖，都应进行防腐处理，并应设置防潮层。当采用马尾松、木麻黄、桦木等易腐朽和易虫蛀的木材制作门窗及其他细木制品时，整个构件应进行防腐、防虫处理。

门窗木材下料时的预留干缩量如表5 -15 所示。

#### 三、门窗用小五金

门窗用小五金配件种类繁多，在商品市场上均有成品出售，用户可根据需要选购。这里仅简单介绍一部分，供使用参考。

##### （一）铁三角和铁T 角

###### 1. 铁三角

用于钉在门、窗四角，加强其刚度与坚固性能。

主要规格 (mm) 为 :65、75、100、125、150 等5 种。

2. 铁T 角

用于钉在门窗冒头与边梃交叉之处，加强门窗刚度与坚固性能主要规格 (mm) 为：100、125、150 等3 种。

(二) 门窗用合页

1. 普通型合页

普通型合页又名铰链、铁铰链等。适用于一般门窗及家具上，一方固定在门框上，另一方固定在门扇边，能转动开合。

主要规格 (mm) 为 :25、38、50、65、75、90、100、125、150 等9 种。

2. 抽芯型合页

抽芯型合页又名穿芯铰链与普通型合页相同，其销子（轴）可以抽出，主要用于经常拆卸的门窗上。

主要规格 (mm) 为 :38、50、65、75、90、100 等6 种。

3. 无声合页

与普通型合页相似，但两管脚之间装有尼龙垫圈，又名尼龙垫圈合页。适用于公共建筑物门窗上，开关时门窗无声音。

主要规格 (mm) 为 :75 ×75、90 ×90、102 ×75、102 ×102 等4 种

4 .H 型合页

H 型合页又名活络式马鞍铰链。适用于需要经常脱卸而厚度较小的门扇上，分为左合页与右合页两种，分别用于左内开门和右内开门上。用于外开门上时则反之。

主要规格 (mm) 为 :80 ×50、95 ×55、110 ×55、140 ×60 等4 种。

5 .T 型合页

T 型合页又名单页尖尾铰链、单页帐篷铰链、长脚铰链等。适用于工厂大门、库门、较重箱盖及遮阳帐篷架等的转动开合。

主要规格 (mm) 为 :75、100、125、150、200、250、300 等7 种，其中250、300 的为非标准规格。

6. 弹簧合页

弹簧合页又名自由合页、弹簧铰链等。适用于装置在进出频繁的大门上，使门在开启后能自行关闭。分单管式和双管式两种，单管式只能单向开启，双管式向内向外都能开启。

主要规格 (mm) 为 :75、100、125、150、200 等5 种。



7．翻窗合页

翻窗合页又名天窗合页、转轴合页、天窗铰链等。适用于工厂、车间、住宅、农村养蚕室和公共场所等的活动气窗上。安装时，带心轴的两块页板应装在窗框两侧。其中一块带槽的无心轴页板，须装在窗扇带槽的一侧，以使翻窗窗扇可以装卸。

主要规格（mm）为：50、65、75、90、100 等5 种。

8．斜面脱卸合页

斜面脱卸合页又称斜面脱卸铰链。适用于较轻的木门及厕所等半截门上，具有利用合页的斜面和门扇的重量而使门自动关闭的特点。

主要规格（mm）为：75、100 等2 种。

9．蝴蝶合页

蝴蝶合页又称蝴蝶纱窗合页、蝴蝶弹簧铰链等。主要用于轻便的纱窗、纱门、厕所门以及医院病房等的半截门上。

主要规格（mm）为：70 一种。

10．厕所合页

厕所合页又称厕所铰链。主要用于厕所门窗安装上。

规格（mm）为：镀铬。

（三）门窗用插销

1．钢插销

钢插销又称铁插销，作门窗关闭后固定用。

主要规格（mm）为：50、65、75、100、125、150、200、250、300、350、400、450、500、550、600 等15 种。

2．蝴蝶插销

蝴蝶插销又称门用横插销，主要用于门。

主要规格（mm）为：40、50 等2 种。

3．翻窗插销

翻窗插销又名飞机插销、弹簧插销等，适用于启闭不便的高窗上，在下面用绳拉插销即能使窗扇开启。

主要规格（mm）为：50、60、70 等3 种。

4．暗插销

暗插销又名带扳手暗插销。装置在双扇门窗上，固定关闭的门窗。插销嵌装在门窗的侧面，能保持门窗外表面平齐，插销不突出外露，适用于建筑要求较高的门窗。

主要规格：(mm) 为：50、200、250、300 等4 种。

### (四) 风钩

#### 1. 风钩

风钩又名窗钩、防风钩等。装置门窗上，用来扣住开启的门窗，防止被风吹动；此外，也可做搁板支架。

风钩分为普通风钩和粗型风钩两种。

普通风钩的主要规格 (mm) 为：40、50、65、75、100、125、150、200、250、300 等10 种。

粗型风钩的主要规格 (mm) 为：75、100、125、150 等4 种。

#### 2. 铜摇头窗钩

用于高级建筑摇头窗上，材质全铜制作、抛光，市场上一般不供应，如采用此产品时，须先与厂店办理定货手续。

主要规格 (mm) 为：100、125、150、200 等4 种。

### (五) 门制

#### 1. 脚踏门制

脚踏门制又名脚踏弹簧门制插销。当弹簧门扇开启后，用脚把脚踏门制顶部向下一踏，门扇即被锁住不动，可使门扇停留在任何位置，使用方便。门制安装在门扇背面下角上。

有薄钢板门制和铸铜合金门制两类。

#### 2. 门轧头

门轧头是用以固定开启的门扇，使它不能关闭。其特点是使用方便。开门时，只要将门扇向墙壁方向一推，门扇即能固定。关闭门扇时，只须将门扇稍用力一拉，即可使钢皮轧头与底座分开。

门轧头分横式（踢脚板式）和立式（落地式）两种。横式的底座装置在墙壁或踢脚板上；立式的底座装置在靠近墙壁的地板上；三角形钢皮轧头都装置在门扇上。适用于火车、轮船的门扇上，能避免门扇自动关闭。

规格分横式901 型和立式902 型两种。

#### 3. 脚踏门钩

脚踏门钩又称橡皮头门钩、门碰头等。是用以钩住开启门的门扇，使门扇不能关闭，橡皮头用来缓冲门扇与门钩底座间的碰撞。

规格分横式和立式两种。横式的底座装置在墙壁或踢脚板上；立式的底座装置在靠近墙壁的地板上。

4 . 磁力吸门器

磁力吸门器是利用磁性原理吸住开启的门，使之不能自行关闭。安装时将吸盘座架安装在门扇下角，吸头座架可立式安装在地面上，也可横式安装在墙壁或踢脚板上。

(六) 门弹簧

1 . 门弹弓

门弹弓又名鼠尾弹簧、弹簧门弓等。适用于内外开木门上，是装在门扇中部的自动闭门器，它适宜装置在单向开启的轻便门扇上，作为短时期内或临时性的自动关闭门扇之用

规格以臂梗长度表示，有200、250、300、400、450mm 等5 种。

2 . 地弹簧

地弹簧又名地龙。地弹簧系安装在比较高级建筑物的主门型开启门扇底部的一种自动闭门器。当门扇向内或向外开启角度不到90°时，能使门扇自动关闭；当门扇转动到90°位置时，可固定不动。关门速度可调节。不需铰链配合，朝一个方向或两个方向开启的门扇都可应用。采用地弹簧的门扇具有运行平稳，寂静无声的优点，多用于影剧院、商店、宾馆等公用建筑的弹簧门扇上。

地弹簧的主要型号为：785、765、739 等。

3 . 门底弹簧

门底弹簧又名地下自动门弓，是装在门扇底部的一种小型自动闭门器，当门扇向内或向外开启不到90°时能自行关闭；当门扇开启到90°时，门扇就处于开启状态，不会自动关闭。

门底弹簧的主要型号为：横式204 型和直式105 型等2 种。

(七) 门窗拉手

1 . 小门拉手

小门拉手又名门拉手、小拉手、弓形拉手、铁皮拉手等，用于拉启门扇或抽屉等。  
主要规格 (mm) 为：75、100、125、150 等4 种。

2 . 底板拉手

用于装置在较大的门上，以便拉启  
主要规格 (mm) 为：150、200、250、300 等4 种

3. 管子拉手

用于装置在大门或车门上，除便于拉启还兼作扶手。

常用于商店、影剧院、旅店、纪念性建筑等公共建筑物的外门上。根据门扇宽度及美观需要，可横装、竖装及斜装。

主要规格（mm）为：300、350、400、450、500、550、600、650、700、750、800、850、900、950、1000 等15 种。

(八) 门锁

1. 弹子门锁

弹子门锁是装在门挺边锁门用。门锁上后，室内用执手开启，室外用钥匙开启，室内如用保险钮锁住锁舌后，室内外都不能开启。将锁舌旋进锁体内，再用保险钮锁住，门便可自由开启。带锁舌保险的锁，门锁上后，由于锁舌被锁舌保险件抵住，不能自由伸缩，锁的安全性高。带室外保险锁，门锁上后，如室外将钥匙逆时针反转一圈再拔出，室内无法开启，锁的安全性高，适用于仓库、铁栅门等处。

常用型号为：6140、6141、6144、6149、6150、6162 等6 种。

弹子门锁适用于门的厚度：型号6140、6144、6150 为38 ~57mm，型号6141、6149、6162 为40 ~58mm。

2. 简易球形门锁

适用于装在轻型门上锁门用。锁的造型美观，品种较多，可适应不同用途门的需要；锁舌上有保险机构的，关门后，锁舌不能再伸缩。

简易球形锁适用于门的厚度，除8402 型锁为30 ~40mm，8433 型锁为30 ~50mm 外，其余均为35 ~50mm。

常用型号、结构特点及用途如下：

(1) 防风门锁 (8400 型)

锁的外执手中无锁头，内执手中无旋钮，锁仅起防风作用，适用于平时不需要锁闭的门上。

(2) 壁橱门锁 (8402 型)

锁的外执手中无锁头，没有内执手，锁仅起防风（闷门）作用，适用于室内壁橱门上。

(3) 更衣室门锁 (8410 型)

锁的外执手中无锁头，平时锁仅起防风作用，如室内用旋钮将锁保险后，室外便无法开启，适用于一般更衣室门上。

(4) 浴室门锁 (8411 型)

结构与8410 型相似，但在外执手中有一小孔，如室内用旋钮将锁保险后，室外必要时可用简单的钥匙开启，适用于浴室等一类门上。

(5) 厕所门锁 (8420 型)

结构与8410 型相似，在外执手中有一扇形孔，平时孔中显示出“无人”字样，在室内用旋钮将锁保险后，孔中则显示出“有人”字样，适用于厕所门上。

(6) 厕所门锁 (8421 型)

结构与8420 型不同之处是外执手中有一小孔，当室内用旋钮将锁保险后，必要时室外可以用简单的钥匙开启，适用于厕所门上。

(7) 弹子球型门锁 (8430 型)

锁的外执手中有弹子锁头，内执手中有旋钮。平时用执手开启；如在室内用旋钮，或在室外用钥匙将锁保险后，室内外均不能转动执手；如需开锁时，在室内用旋钮，在室外用钥匙松开保险，再转动执手才能开启门锁。适用于一般需要锁闭的房门上。

(8) 弹子壁橱门锁 (8433 型)

结构与8402 型相似，但在外执手中有弹子锁头，适用于平时需要锁闭的壁橱门上。

3. 球形锁

球形锁与简易球形锁相同，多用于较高级建筑物上，适用于门的厚度均为35 ~ 45 mm

常用型号、结构特点及用途如下：

(1) 球型浴室门锁 (628 -1 型)

锁的外执手中无锁头。如在室内保险后在室外可用简单的钥匙开锁。适用于浴室、厕所、更衣室等门上。

(2) 球型门锁 (628 -2 型)

锁在外执手中有弹子锁头，内执手中有按钮。平时用执手开锁；如在室内将按钮掀进，室外即要用钥匙开锁，室内仍转动执手开启。适用于一般办公室、内居室等门上。

4. 弹子执手插销

弹子执手插销又名单舌锁、双舌锁等，常用牌号举例如下：

(1) 单舌锁：牌号为9421。锁面板形状为平口式。适用于门厚为40 ~45mm，适用于学校、机关、医院、住宅的内门。用法为按上纽，室外不能转执手，必须用钥匙；按下纽，室外可用执手开启。

(2) 单舌锁：牌号为9423 型。锁面板形状为左企口式。适用于门厚为40 ~45mm，专用于左企口门。用法同 (1)。

③) 单舌锁：牌号为9425 型。锁面板形状为右企口式。适用于门厚为40 ~45mm，专用于右企口门。用法同(1)。

④) 双舌锁：牌号为9441 型。锁面板形状为平口式。适用于门厚为38 ~45mm，适用于学校、医院、旅馆、住宅的一般大门。执手开启。

⑤) 双舌锁：牌号为9442 型。锁面板形状为平口式。适用于门厚为40 ~45mm，适用于学校、医院、旅馆、住宅的一般大门。内外均用钥匙启闭。

5. 弹子拉环插销

弹子拉环插销又名钢门锁、双舌拉环弹子插销等，常用牌号举例如下：

(1) 双舌单头锁（牌号为9431 型）及双舌双头锁（牌号为9432 型）：锁面板形状为平口式。适用于门厚为40 ~45mm，适用于学校、医院、旅馆、住宅的一般大门，用摁钮开启。

②) 双舌弹子拉环插销：牌号为9433 型。锁面板形状为企口式。适用于门厚为40 ~45mm，专用于企口门上。用摁钮开启。

6. 弹子拉手插销

弹子拉手插销又名双舌弹子插销，常用牌号举例如下：

(1) 双舌单头锁：牌号为9471 型。锁面板形状为平开式。适用于门厚为32mm，用于钢门。用法为室外用钥匙，室内用旋钮。

②) 双舌双头锁：牌号为9472 型。锁面板形状为平口式。适用于门厚为32mm，用于钢门。用法为内外均用钥匙启闭。

(九) 门锁执手及拉手

常用一些门锁执手、拉手的名称及配锁种类如下：

1. W 型

(1) 大叶片锁执手。配中型叶片执手插销9552 型。

②) 叶片锁执手。配狭型叶片执手插锁9242 型。

③) 防风执手。配中型执手插锁9405 型。

2. S 型

(1) 单头执手。配狭型弹子执手插锁9141 型。

②) 叶片锁执手。配狭型叶片执手插锁9242 型。

③) 有保险执手。配中型执手插锁9401 型。

④) 防风执手。配中型执手插锁9405 型。

3. J 型

(1) 单头执手。配中型弹子执手插锁9441、9443、9445 型。

- ②) 双头执手。配中型弹子执手插锁9442、9444、9446 型。
- ③) 单头拉手。配中型弹子插锁9417、9418 型。但不规定在锁的型号内，只作零件供应。
- ④) 双头拉手。配中型弹子插锁9417、9418 型。但不规定在锁的型号内，只作单独零件供应。
- ⑤) 单头揿钮拉手。配中型弹子拉手插锁9431、9433、9435 型。
- ⑥) 双头揿钮拉手。配中型弹子拉手插锁9432、9434、9436 型。
- ⑦) 双扇门副拉手。此拉手不规定在锁型号内，只作单独零件供应。

4 .A 型

- ①) 通长执手。配中型执手插销9405 型，配中型弹子执手插锁9441、9442、9443、9444、9445、9446 型。
- ②) 拉环执手。配中型弹子拉环插锁9471、9472、9478 型。
- ③) 木门旋钮。配中型弹子插锁9411、9413、9415、9417 型，配中型弹子拉手插锁9431、9433、9435 型，配中型弹子执手插锁9441、9443、9445 型。
- ④) 钢门旋钮。配中型弹子拉环插锁9471 型。
- ⑤) 无揿钮拉手。不配锁，单独使用。
- ⑥) 揿钮拉手。配中型弹子插锁9431、9432、9433、9434、9435、9436 型。
- ⑦) 双节执手。配中型弹子执手插锁9421、9425 型。

第二节 木门窗的型式和构造

一、木门窗的型式

(一) 木门型式

常用一些木门的型式如下：

- 1．夹板门。夹板门又称满鼓门，如图2 -1 所示，适用于卧室、办公室、教室、厕所等建筑内门。
- 2．镶板（木板或纤维板）门。如图2 -2 所示，适用于卧室、办公室、教室等一般民用建筑内、外门及浴、厕门。
- 3．半截玻璃门。如图2 -3 所示，适用于有间接采光的内门，公用建筑内、外门
- 4．双扇门。如图2 -4 所示，适用于会议室、俱乐部、仓库等较大的房间门。

- 5. 拼板门。如图2 -5 所示，适用于库房等门。
- 6. 弹簧门。如图2 -6 所示，适用于食堂、影剧院、礼堂等公用建筑正门。
- 7. 推拉门。如图2 -7 所示，适用于工业厂房及仓库等门。
- 8. 平开木大门。如图2 -8 所示，适用于工业厂房、汽车库、仓库等门。

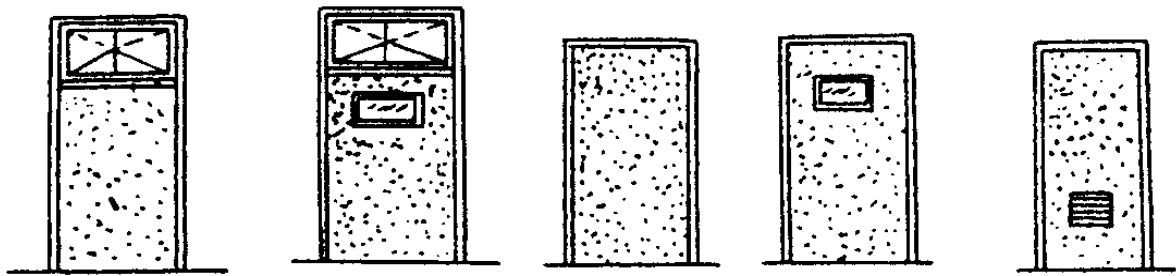


图2 -1 夹板门

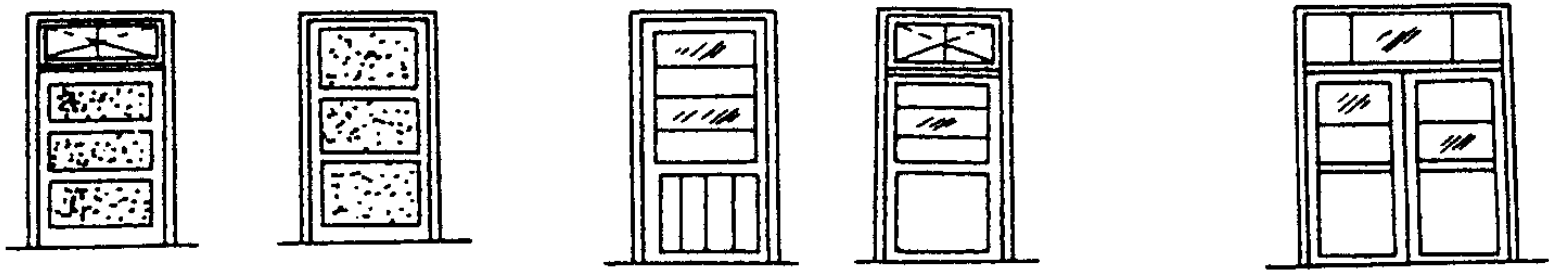


图2 -2 镶板（胶合板或纤维板）门

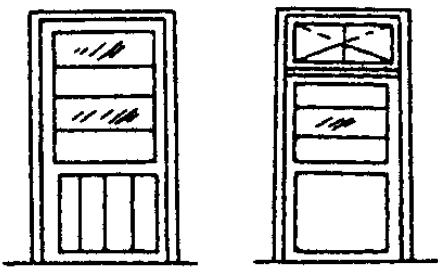


图2 -3 半截玻璃门

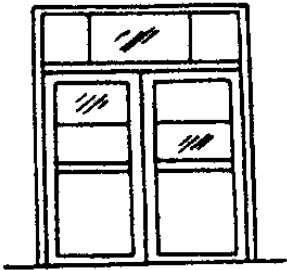


图2 -4 双扇门

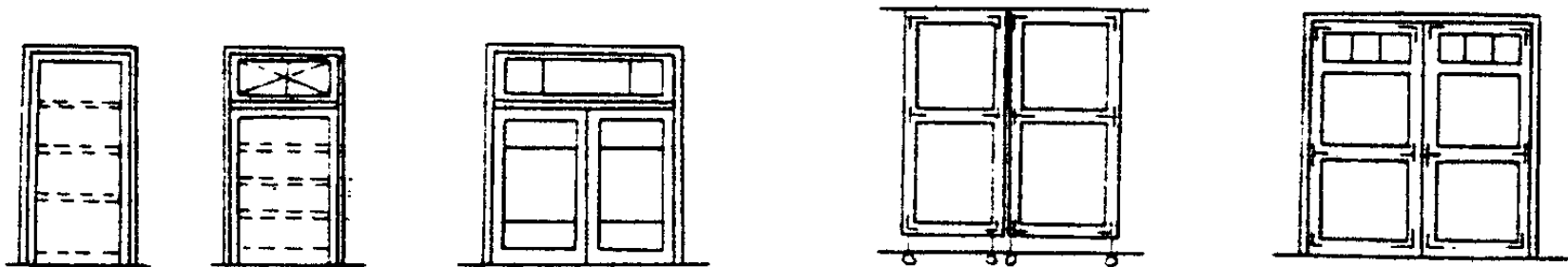


图2 -5 拼板门

图2 -6 弹簧门

图2 -7 推拉门

图2 -8 平开木大门

（二）木窗型式

常用一些木窗的型式如下：

- 1. 平开窗。平开窗的类别有单扇、双扇、三扇、四扇等，图2 -9 为双扇类别的一种型式
- 2. 立转窗。立转窗的类别有单联、双联、三联等，图2 -10 为单联类别的一种型式
- 3. 提拉窗。如图2 -11 所示为提拉窗的式样
- 4. 推拉窗。如图2 -12 所示为推拉窗的式样
- 5. 百页窗。如图2 -13 所示为百页窗的式样
- 6. 中悬窗。中悬窗的类别有单联、双联、三联等，图2 -14 为单联类别的一种型式



式。

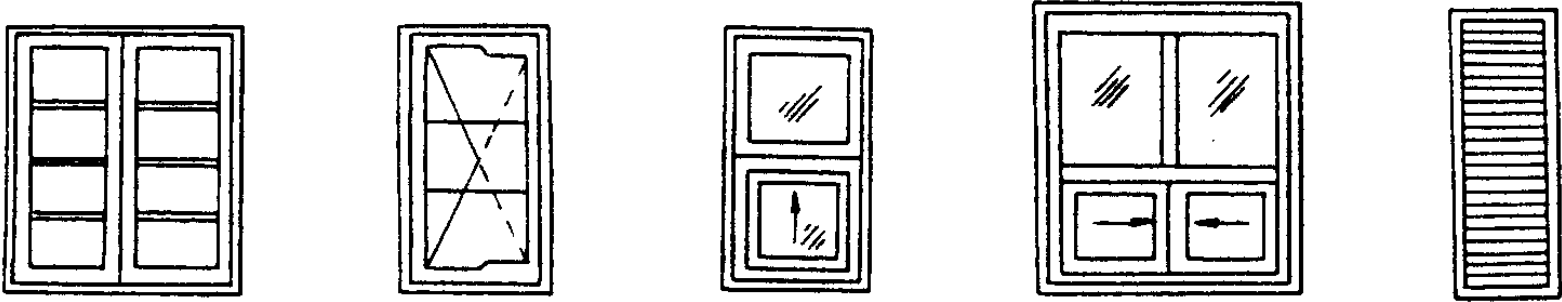


图2 -9 平开窗 图2 -10 立转窗 图2 -11 提拉窗 图2 -12 推拉窗 图2 -13 百页窗

二、木门窗的构造

(一) 木门构造

木门的基本构造是由门框（也叫门樘，是墙与门扇的联系构件）和门扇等两部分组成。当门的高度超过2 .1m 时，还要增加门上窗（又称门亮子）。

1 . 门框。门框是由上框和两根边框等组成。有门上窗时，在门扇与门上窗之间设中横框。门框各连接部位都是用榫眼连接固定的。边框与上框的连接，是在上框上打眼，边框上做榫。边框与中横框的连接是在边框上打眼，中横框两端做榫。其连接构造如图2 -15 所示。

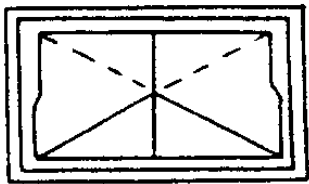


图 2-14 中悬窗

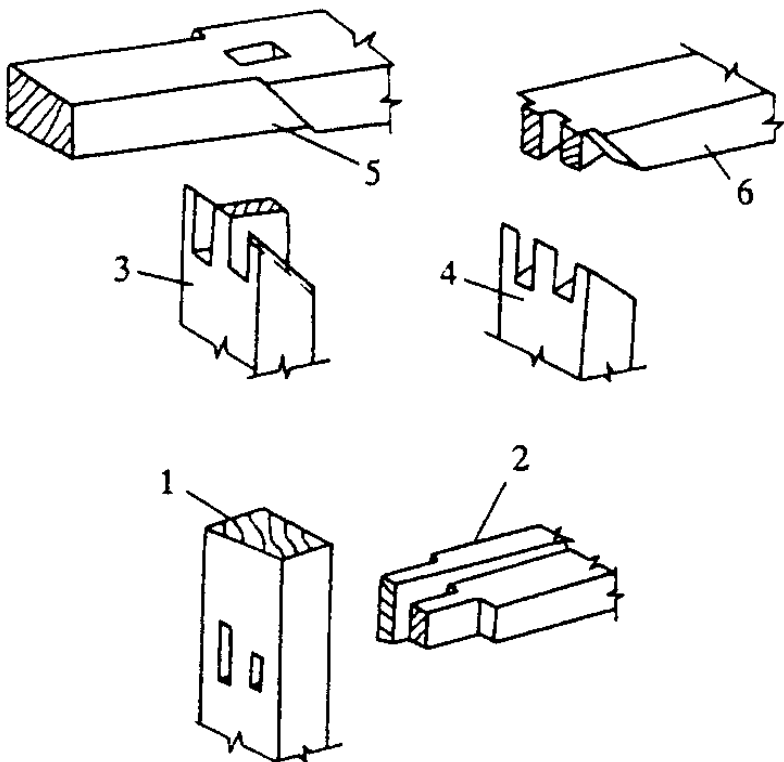


图2 -15 门边框与上框及中横框的连接示意

1 - 门边框 2 - 中横框 3 - 门边框（有走头） 4 - 门边框（无走头） 5 - 走头 6 - 门上框

2. 门扇。门扇是由上冒头、中冒头、下冒头、门边框等组成。上冒头的连接，是在门边梃上打眼，上冒头的上半部做半榫，下半部做全榫，如图2 -16 所示。门边梃与中冒头的连接构造，与上冒头的连接基本一样。门边梃与下冒头的连接，由于下冒头一般比上冒头、中冒头宽，为了连接牢固，要做两个全榫、两个半榫，门边梃上打两个全眼、两个半眼（也就是一个长槽），如图2 -17 所示。为了将门板安装于门边梃、门扇冒头之间，需在边梃和冒头上开出宽为门板厚度的凹槽，安装门扇时，可将门芯板嵌入槽中。为了防止门芯板受潮膨胀，而使门扇变形或门芯板翘鼓，门芯板装入槽内后，还应有2 ~3mm 间隙，以保证板材的胀缩余地。

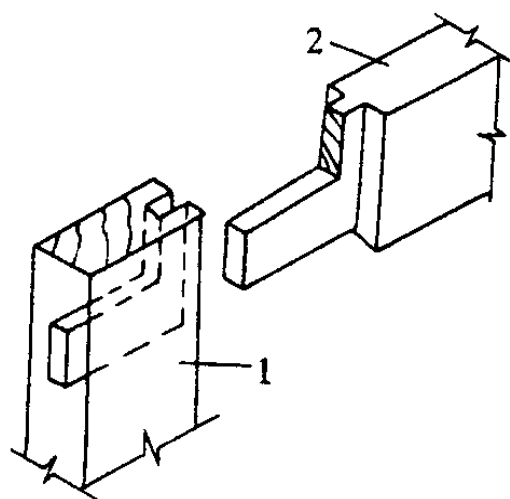


图2 -16 门边梃与上、中冒头的连接  
1 - 门边梃 2 - 上冒头（或中冒头）

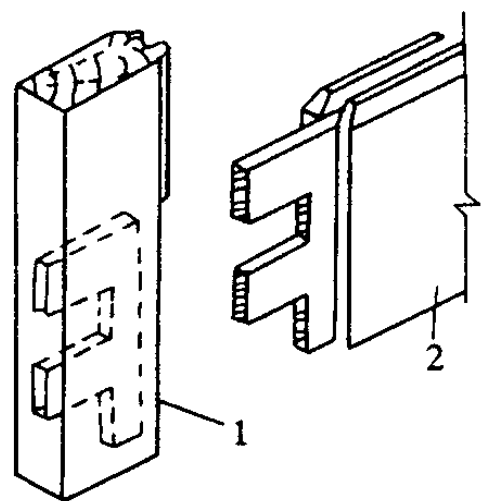


图2 -17 门边梃与下冒头的连接  
1 - 门边梃 2 - 下冒头

（二）木窗构造

木窗是由窗框（也叫窗樘，是墙与窗扇的联系构件）和窗扇等组成，在窗扇上按设计要求安装玻璃。

1. 窗框。窗框是由上框、下框、中横框、中竖框等组成。

2. 窗扇。窗扇由上冒头、下冒头、扇梃、窗芯、玻璃等组成。木窗的连接构造与门的连接构造基本相同，都是采用榫结合，在扇梃上凿眼，冒头上开榫。如果采用先立窗框再砌墙的安装方法，应在上、下框两端留出走头（延长端头），走头长度120mm。

### 第三节 木门窗制作

#### 一、制作准备

##### （一）材料

- 1. 木门窗。木材由加工厂向用户提供设计需要的树种，材质等级及含水率应符合设计或用户要求。木材也可由用户提供。
- 2. 脲醛树脂胶、催干剂、白乳胶、其他粘合胶料、钉子等。

##### （二）制作条件

- 1. 加工门窗各构件的机具齐备。
- 2. 有专门的木料干燥设施。
- 3. 门窗所需加工的尺寸、形状、数量清楚明了。
- 4. 制作门窗所需材料备齐。

#### 二、门窗制作要点

##### （一）制作程序和一般要求

- 1. 木门窗制作一般是在木料加工厂进行，其制作程序为：配料 截料 刨料 画线、凿眼 开榫、裁口 整理线角 堆放 拼装。
- 2. 榫要饱满，眼要方正，半榫的长度可比半眼的深度短2mm。拉肩不得伤榫。割角要严密、整齐。画线必须正确，线条要平直、光滑、清秀、深浅一致。刨面不得有抛痕、戗槎及毛刺。遇有活节、油节，应进行挖补，挖补时要配同样树种、同木色，花纹要近似，不得用立木塞。
- 3. 成批生产时，应先制作一榫实样。

##### （二）配料与截料

- 1. 配料、截料要特别注意精打细算，配套下料，不得大材小用、长材短用；配料时，对木方材料要进行选择，对木材的选择标准应符合表5 -12 的规定；采用马尾松、

木麻黄、桦木、杨木易腐朽、虫蛀的树种时，整个构件应作防腐、防虫药剂处理。

2．要合理的确定加工余量。宽度和厚度的加工余量，一面刨光者留2 ~3mm，两面刨光者留4 ~5mm，如长度在500mm 以下的构件，加工余量可留3 ~4mm

长度方向的加工余量如表2 -1 所示。

表2 -1 门窗构件长度加工余量

序号	构件名称	加工余量
1	门框边框	按图纸规格放长60 ~70mm
2	门窗框冒头	按图纸规格长放200mm，无走头时放长40mm
3	门窗框中冒头、窗框中竖梃	按图纸规格长放10mm
4	门窗扇梃	按图纸规格放长40mm
5	门窗扇冒头、窗棂子	按图纸规格放长10 ~15mm
6	门扇中冒头	在五根以上者，有一根可考虑做半榫
7	门芯板	按图纸冒头及扇梃内净距放长各50mm

3．门窗框料有顺弯时，其弯度一般不应超过4mm。扭弯者一般不准使用

4．青皮、倒楞如在正面，裁口时能裁完者，方可使用。如在背面超过木料厚的1 /6和长的1 /5，一般不准使用。

(三) 刨料

1．刨料前，宜选择纹理清晰、无节疤和毛病较少的材面作为正面。对于框料，任选一个窄面为正面。对于扇料，任选一个宽面为正面。

2．刨料时，应看清木料的顺纹和逆纹，应顺着木纹刨削，以免戗槎。刨削中常用尺子量测部件的尺寸是否满足设计要求，不要刨过量，影响门窗的质量。对有弯曲的木料，可以先刨凹面，把两头刨得基本平整，再用大刨子刨，即可刨平。如果先刨凸面，凹面朝下，用力刨削时，凸面向下弯，不刨时，木料的弹性又恢复原状，很难刨平。对有扭曲的木料，应先刨木料的高处，直到刨平为止。

3．正面刨平直以后，要打上记号，再刨与其垂直的一面，两个面的夹角必须是90°，一面刨料，一面用角尺测量。然后，以这两个面为准，用勒子在木料上画出所需要的厚度和宽度线。整根料刨好，这两根线也不能刨掉。检查木料是否刨好的方法是：取两根木料叠在一起，用手随便按动上面一果木料的一个角，这根木料丝毫不动，就证明这根料刨平了。检查木料尺寸是否符合要求的方法是：如果每根料的厚度是40mm，取10 根料叠在一起，量得尺寸是400mm（误差 ±4mm），其宽度方向两边都不突出。

4. 门、窗的框料，靠墙的一面可以不刨光，但要刨出两道灰线。扇料必须四面刨光，划线时才能准确。料刨好后，应按框、扇分别码放，上下对齐。放料的场地要求平整、坚实和干燥。

### (四) 门窗框、扇画线

1. 画线前应检查已刨好的木料，合格后，将料放到画线机或画线架上，准备画线。

2. 画线时应仔细看清图纸要求，和样板样式、尺寸、规格必须完全一致，并先做样品，经审查合格后再正式画线。

3. 画线时要选光面做为表面，有缺陷的放在背后，画出的榫、眼、厚、薄、宽、窄尺寸必须一致。

4. 用画线刀或线勒子画线时须用钝刃，避免画线过深，影响质量和美观。画好的线，最粗不得超过0.3mm，务求均匀、清晰。不用的线立即废除，避免混乱。

5. 画线顺序，应先画外皮横线，再画分格线，最后画顺线，同时用方尺画两端头线、冒头线、棂子线等。

6. 门窗框及厚度大于50mm的门窗扇应采用双夹榫连接。冒头料宽度大于180mm时，一般画上下双榫。榫眼厚度一般为料厚的 $1/5 \sim 1/3$ ，中冒头大面宽度大于100mm者，榫头必须大进小出。门窗棂子榫头厚度为料厚的 $1/3$ 。半榫眼深度一般不大于料宽度的 $1/3$ ，冒头拉肩应和榫吻合。

7. 门窗框的宽度超过120mm时，背面应推凹槽，以防卷曲。

### (五) 打眼

1. 打眼的凿刀应和眼的宽窄一致，凿出的眼，顺木纹两侧要直，不得错岔。

2. 打通眼时，先打背面，后打正面。凿眼时，眼的一边线要凿半线、留半线。手工凿眼时，眼内上下端中部宜稍微突出些，以便拼装时加楔打紧，半眼深度应一致，并比半榫深2mm。

3. 成批生产时，要经常核对，检查眼的位置尺寸，以免发生误差。

### (六) 拉肩、开榫

1. 拉肩、开榫要留半个墨线。拉出的肩和榫要平、正、直、方、光，不得变形。

2. 开出的樟要与眼的宽、窄、厚、薄一致，并在加楔处锯出楔子口。半榫的长度要比眼的深度短2mm。拉肩不得伤榫。

### (七) 裁口、起线

1. 起线刨、裁口刨的刨底应平直，刨刃盖要严密，刨口不宜过大，刨刃要锋利。

2. 起线刨使用时应加导板，以使线条平直，操作时应一次推完线条。
3. 裁口遇有节疤时，不准用斧砍，要用凿剔平然后刨光，阴角处不清时要用单线刨清理。
4. 裁口、起线必须方正、平直、光滑，线条清秀，深浅一致，不得戗槎、起刺或凸凹不平。

### (八) 门窗拼装成形

1. 拼装前对部件应进行检查。要求部件方正、平直，线脚整齐分明，表面光滑，尺寸、规格、式样符合设计要求。并用细刨将遗留墨线刨去、刨光。
2. 拼装时，下面用木楞垫平，放好各部件，榫眼对正，用斧轻轻敲击打入。
3. 所有榫头均需加楔。楔宽和榫宽一样，一般门窗框每个榫加两个楔，木楔打入前应粘胶鳔。
4. 紧榫时应用木垫板，并注意随紧随找平，随规方。
5. 窗扇拼装完毕，构件的裁口应在同一平面上。镶门芯板的凹槽深度应于镶入后还有2~3mm的间隙。
6. 制作胶合板门（包括纤维板门）时，边框和横楞必须在同一平面上，面层与边框及横楞应加压胶结。应在横楞和上、下冒头各钻两个以上的透气孔，以防受潮脱胶或起臃。
7. 普通双扇门窗，刨光后应平放，刻刮错口（打迭），刨平后成对作记号。
8. 门窗框靠墙面应刷防腐涂料。
9. 拼装好的成品，应在明显处编写号码，用楞木四角垫起，离地200~300mm，水平放置，加以覆盖。

## 三、质量要求

1. 木材的树种、材质等级、含水率和防腐、防虫、防腐处理必须符合设计要求和第5章的有关规定。
2. 门窗框、扇的榫槽必须嵌合严密，以胶料胶结并用胶楔加紧。
3. 小短料胶合的木门窗框、扇及胶合板门的面层必须胶结牢固，胶料品种应符合有关规定。
4. 门窗表面应平整光洁，无戗槎、刨痕、毛刺、锤印和缺棱、掉角。清油制品色泽、木纹应近似。
5. 门窗裁口、起线顺直，割角准确，交圈整齐，拼缝严密。

- 6．压纱条应平直、光滑，规格一致，与裁口齐平，额角连接密实，钉压牢固紧密，钉帽不突出。门窗纱绷紧。
- 7．木门窗制作的允许偏差，应符合表2 -2 的规定。

表2 -2  门窗制作允许偏差

序号	项    目	构件名称	允许偏差/mm		
			级	级	级
1	翘曲	框	3		4
		扇	2		3
2	对角线长度	框、扇	2		3
3	胶合板、纤维板门1m <sup>2</sup> 内平整度	扇	2		3
4	高、宽	框	+0	+0	
			-1	-2	
		扇	+1	+2	
			-0	-0	
5	裁口、线条和结合处	框、扇	0.5		1
6	冒头或棂子对水平线	扇	±1		±2

注：高、宽尺寸，框量内裁口，扇量外口。

四、成品保护

- 1．门窗框装拼完后有条件的应入库，不论是入库或露天存放，下面均应垫起200mm，码放应整齐，露天存放，上面应用塑料布遮盖。
- 2．门窗扇装拼完成后应入库，下面均应垫起200mm，码放应整齐，镶门芯板的门扇，门的端部各放一件厚度一样的木板，防止吸潮腐烂。
- 3．门窗框扇码放时应平稳轻放，不得重力猛扔，防止损坏表面及缺棱掉角。
- 4．门窗框扇平放时端部离开墙边为200 ~300mm。
- 5．装拼门窗扇时下面应用木卡将门卡牢，上面用硬质木块垫着门边，然后用锤轻轻敲打，以免损坏门边。
- 6．胶合板门钉封边时，流出门表面的胶水应用湿布抹净。
- 7．修刨胶合板门时应用木卡将门边垫起卡牢，以免损坏边缘。
- 8．门窗制成后，人不得在表面站立或放置重物。

## 第四节 木门窗安装

### 一、安装准备

#### （一）材料

- 1. 木门窗（包括纱门窗）。由生产厂家供应木门窗和扇，木材含水率不得超过12%，进场时应核对型号、尺寸、数量、木类，加工质量和出厂合格证。
- 2. 防腐剂、木螺钉、合页、插销、拉手、梃钩、门锁、锁牌等设计要求的各种小五金准备齐全。

#### （二）安装条件

- 1. 结构工程已经完成并经验收完毕，且质量符合标准要求，室内水平线已弹好。
- 2. 门窗框、扇在安装前应检查无窜角、翘扭、弯曲、劈裂、崩缺、榫槽间结合处无松离，如有上述情况要进行修理。
- 3. 门窗框进场后，组织涂料工将框靠墙的一面涂饰防腐涂料，刷油后分类码放平整，底层应垫平、垫高，露天堆存的应用塑料布遮盖好。
- 4. 门窗框安装应在砌墙前或室内、外抹灰前进行；门窗扇安装应在饰面完成后进行。

### 二、门窗框安装要点

#### （一）立口与后塞口

门窗框安装一般有先立门窗框（立口）与后塞门窗框（后塞口）两种方法。采用哪种方法可由施工单位根据具体施工情况确定“立口”是将墙砌到门窗洞口底面高度时，即将门窗框先支撑立好，再继续砌墙。为使门窗框与墙体连接牢固，门框的上框、窗框的上下框两端各伸出长约120mm 的木段砌入墙体内，同时在墙体内每隔500 ~700mm 砌入一块一半砖大小的防腐木砖，用钉子将门窗框牢牢的钉在防腐木砖上。若门窗宽度大于2m 时，还应在门窗框的上框和过梁连接牢固。连接方法是在过梁内可预埋防腐木砖，或用螺栓、扒钉等连接“立口”法的优点是门窗框与墙体的连接牢固，框与墙体之



间缝隙很小，但施工不便，稍影响砌墙速度，易碰坏门窗框或者使门窗框产生位移等。

“后塞口”是先砌墙体，按规定要求预留门窗洞口，并沿门窗高度每隔500 ~700mm预埋经防腐处理的木砖，每侧应不少于2块。门窗框塞入预留洞口后，先用木楔临时固定，要求横平竖直。校正无误后，将门窗框用钉子钉牢在砌于墙体內的防腐木砖上。

窗框和砖墙形成的缝，特别是后塞口时，缝比较宽，需进行处理。为了抗风雨，外侧须用砂浆嵌缝，甚至可另加压缝条或采用油膏嵌缝。寒冷地区，为了保温和防止灌风，窗框与砖墙的缝应用纤维或毡类如毛毡、玻璃棉、矿棉、麻丝等垫塞。为了使墙面抹灰的砂浆能与窗框嵌牢，常在窗框靠墙一面的内外二角做灰口（图2 -18a、b）。窗框内平者需做贴脸，窗框居中者，讲究的可做筒子板。贴脸和筒子板也要注意开槽防止变形（图2 -18c、d）。

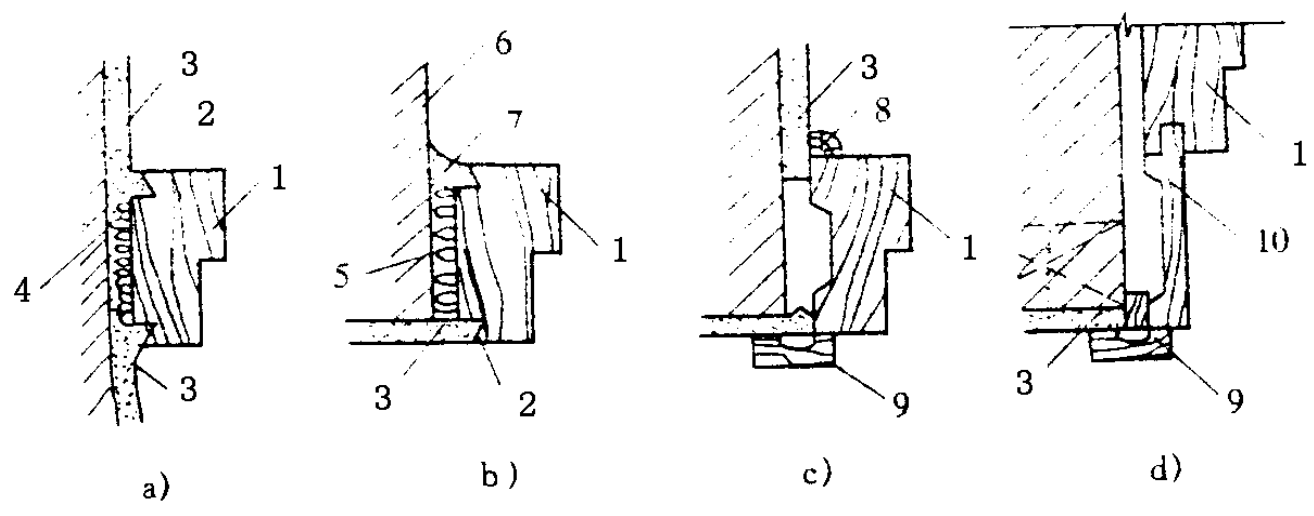


图2 -18 窗框的墙缝处理

a) 窗框做灰口抹灰b) 灰口用砂浆或油膏嵌缝c) 灰缝做贴脸和压缝条盖缝d) 墙面做筒子板和贴脸

1—窗框2—灰口3—抹灰4—纤维垫缝5—毛毡垫缝6—清水砖墙  
7—砂浆或油膏嵌缝8—压缝条9—贴脸10—筒子板

窗框与墙身结合的位置，根据使用要求和墙的材料、厚度等的不同，而有所不同。窗框可以与墙的内平面平齐，但需设贴脸板，以防止接缝处开裂掉灰，也可以将窗框与外墙表面平，还可将窗框设在墙身中部，内设窗台板，外做窗台，如图2 -19 所示。

门框与墙的连接，类高于窗框与墙的连接，一般门的悬吊重力和碰撞力均较窗为大，门框四周的抹灰极易开裂，甚至振落，因此抹灰要嵌入门樘铲口内，并做贴脸木条盖缝。贴脸一般约15 ~25mm 厚，30 ~75mm 宽，为了避免木条挠曲，在木条背后开槽可较为平服。贴脸木条与地板踢脚线收头处，一般做有比贴脸木条放大的木块，称为门蹬。考究者墙洞上、左、右三个面用筒子板包住，如图2 -20 所示。

门框与墙的结合位置，一般都做在开门方向的一边，与抹灰面齐平，这样门开启的

角度较大，如图1 -20 所示。

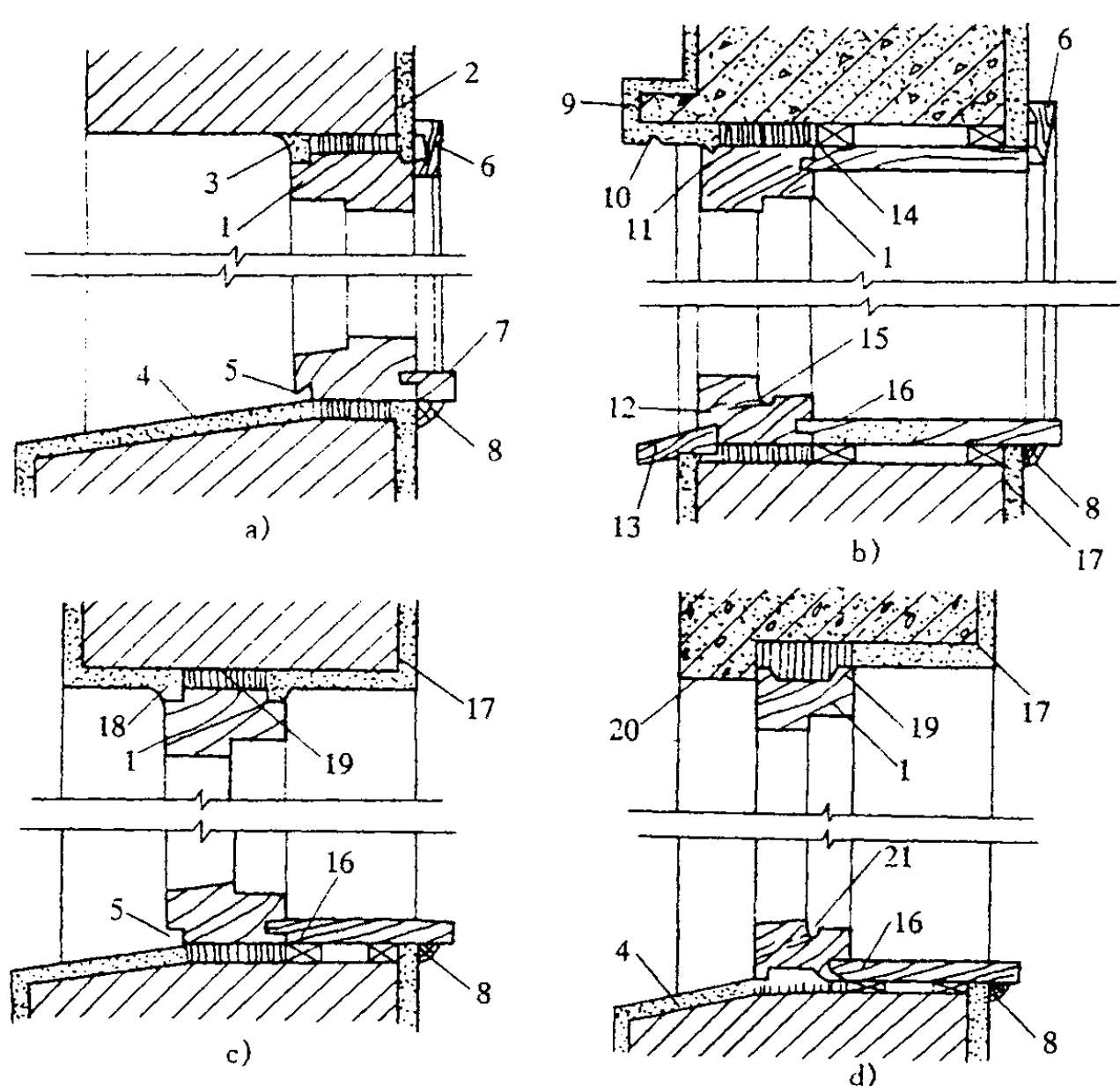


图2 -19 窗框在砖墙中的位置

a) 在墙内平 b) 在墙中部 c) 近墙外平 d) 墙外包口

- 1—窗框 2—抹灰 3—砂浆嵌缝 4—窗盘抹灰 5—滴水 6—贴脸 7—窗台 8—压缝条  
9—雨篷 10—滴水槽 11—毛毡垫缝 12—泄水管 13—披水板 14—筒子板 15—积水槽  
16—窗台板 17—内抹灰 18—外抹灰 19—纤维垫块 20—过梁包口 21—泄水水槽

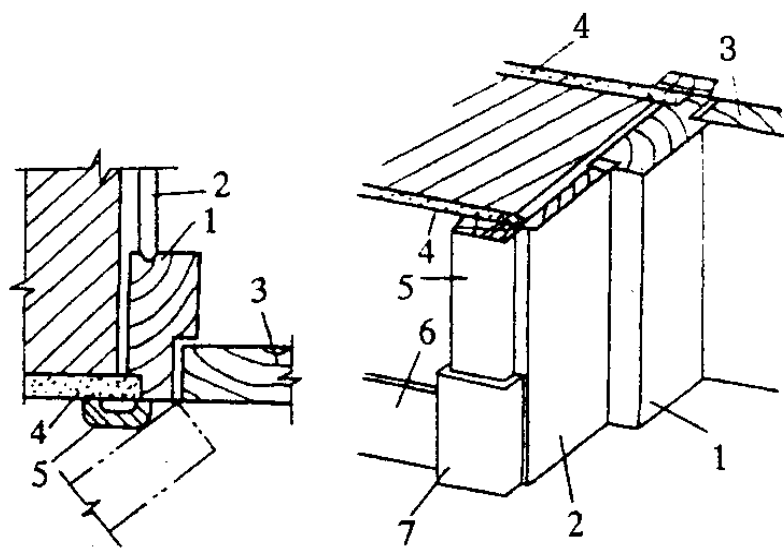


图2 -20 门与墙的结合

- 1—门框 2—筒子板 3—门扇 4—墙面抹灰  
5—贴脸 6—踢脚板 7—门蹬

### (二) 先立门窗框 (立口)

(1) 立门窗框前须对成品加以检查，进行校正规方，钉好斜拉条（不得少于2根），无下框的门框应加钉水平拉条，以防在运输和安装中变形。

(2) 立门窗框前要事先准备好撑杆、木橛子、木砖或倒刺钉，并在门窗框上钉好护角条。

(3) 立门窗框前要看清门窗框在施工图上的位置、标高、型号、门窗框规格、门扇开启方向、门窗框是里平、外平或是立在墙中等，按图立口。

(4) 立口窗框时要注意拉通线，可先立两端的门窗框，然后拉一通线，其他的框按通线竖立。这样可保证同排门框的位置和窗框的标高一致。撑杆下端要固定在木橛子上。

(5) 立框子时要用线锤找直吊正，并在砌筑砖墙时随时检查有否倾斜或移动。

### (三) 后塞门窗框 (后塞口)

(1) 后塞门窗框前要预先检查门窗洞口的尺寸、垂直度及木砖数量，如有问题，应事先修理好。

(2) 门窗框应用钉子固定在墙内的预埋木砖（木砖大小为半砖）上，每边的固定点应不少于两处，其间距应不大于1.2m。

(3) 在预留门窗洞口的同时，应留出门窗框走头（门窗框上、下框两端伸出口外部分）的缺口，在门窗框调整就位后，封砌缺口。

当受条件限制，门窗框不能留走头时，应采取可靠措施将门窗框固定在墙内木砖上。

(4) 后塞门窗框时需注意水平线要直。多层建筑的门窗在墙中的位置，应在一直线上。安装时，横竖均拉通线。当门窗框的一面需镶贴脸板，则门窗框应凸出墙面，凸出的厚度等于抹灰层的厚度。

(5) 寒冷地区门窗框与外墙间的空隙，应填塞保温材料。

(6) 立口时，一定要注意门、窗的开启方向；整个大窗更要注意上窗的位置。

## 三、门窗扇安装要点

1. 安装前检查门窗扇的型号、规格、质量是否符合要求，如发现问题，应事先修好或更换。

2. 安装前先量好门窗框的高低、宽窄尺寸，然后在相应的扇边上画出高低宽窄的线，双扇门要打迭（自由门除外），先在中间缝处画出中线，再画出边线，并保证挺宽

一致，上下冒头也要画线刨直。

3. 画好高低、宽窄线后，用粗刨刨去线外部分，再用细刨刨至光滑平直，使其符合设计尺寸要求。

4. 将扇放入框中试装合格后，按扇高的 $1/8 \sim 1/10$ ，在框上按合页大小画线，并剔出合页槽，槽深一定要与合页厚度相适应，槽底要平。

5. 门窗扇安装的留缝宽度，应符合有关标准的规定。

### 四、后塞口预安窗扇安装要点

预安窗扇就是窗框安到墙上以前，先将窗扇安到窗框上，方便操作，提高工效。其操作要点如下：

1. 按图纸要求，检查各类窗的规格、质量，如发现问题，应进行修整。

2. 按图纸的要求，将窗框放到支撑好的临时木架（等于窗洞口）内调整，用木拉子或木楔子将窗框稳固，然后安装窗扇。

3. 对推广采用外墙板施工者，也可以将窗扇和纱窗同时安装好。

4. 有关安装技术要点与现场安装窗扇要求一致。

5. 装好的窗框、扇，应将插销插好，风钩用小圆钉暂时固定，把小圆钉砸倒。并在水平面内加钉木拉子，码刹垫平，防止变形。

6. 已安好五金的窗框，将底油和第一道油漆刷好，以防止受湿变形。

7. 在塞放窗框时，应按图纸核对，做到平整方直，如窗框边与墙中预埋木砖有缝隙时，应加木垫垫实，用大木螺钉或圆钉与墙木砖联固，并将上冒头紧靠过梁，下冒头垫平，用木楔夹紧。

### 五、小五金安装要点

1. 有木节处或已填补的木节处，均不得安装小五金。

2. 安装合页、插销、L 铁、T 铁等小五金时，先用锤将木螺钉打入长度的 $1/3$ ，然后用旋具将木螺钉拧紧、拧平，不得歪扭、倾斜。严禁打入全部深度。采用硬木时，应先钻 $2/3$ 深度的孔，孔径为木螺钉直径的 $0.9$ 倍，然后再将木螺钉由孔中拧入。

3. 合页距门窗上、下端宜取立框高度的 $1/10$ ，并避开上、下冒头。安装后应开关灵活。门窗拉手应位于门窗高度中点以下，窗拉手距地面以 $1.5 \sim 1.6\text{m}$ 为宜，门拉手距地面以 $0.9 \sim 1.05\text{m}$ 为宜，门拉手应里外一致。

4. 门锁不宜安装在中冒头与立框的结合处，以防伤榫。门锁位置一般宜高出地面

900 ~950mm 。

5. 门窗扇嵌L 铁、T 铁时应加以隐蔽，作凹槽，安完后应低于表面1mm 左右。门窗扇为外开时，L 铁、T 铁安在内面；内开时安在外面。

6. 上、下插销要安在框宽的中间，如采用暗插销，则应在外挺上剔槽。

## 六、玻璃安装

操作工序：分散玻璃 清理裁口 涂抹底油灰 嵌钉固定 涂表面油灰或钉木压条。

### 1. 分散玻璃

按照安装部位所需的规格、数量分散已裁好的玻璃，分散数量以当天安装数量为准。将玻璃放在安装地点，但不得靠近门窗所开合摆动的范围之内，以免损坏。

### 2. 清理槽口

玻璃安装前，必须将门窗的裁口（玻璃槽）清扫干净。清除木屑、灰渣、胶渍与尘土等，以使油灰与槽口粘结牢固。

### 3. 涂抹底灰

在玻璃底面与裁口之间，沿裁口的全长涂抹1 ~3mm 厚的底灰，要达到均匀饱满而不间断，随后用双手把玻璃推铺平正，轻按压实并使部分油灰挤出槽口，待油灰初凝有一定强度时，顺槽口方向将多余的底灰刮平，遗留的灰渣应清除干净。

### 4. 嵌钉固定

在玻璃四边分别钉上钉子，木门窗一般使用12 ~19mm 的小圆钉，钉圆钉时钉帽要靠紧玻璃，但钉身不得靠玻璃，否则钉身容易把玻璃挤碎。所用圆钉的数量每边不少于一颗，如边长超过400mm，则每边需钉两颗，钉距不宜大于200mm。嵌钉完毕，用手轻敲玻璃，听声音鉴别是否平直，如底灰不饱满应立即重新安装。

### 5. 涂抹表面油灰

涂抹表面油灰应选用无杂质、软硬适宜的油灰。使用前，揉调均匀。涂抹后，用油灰刀从一角开始，紧靠槽口边，用力均匀，向一个方向刮成斜坡形，向反方向理顺光滑，反复修整，四角成八字形，表面不得有裂缝、麻面和皱皮，油灰与玻璃、裁口接触的边缘齐平。

在收刮油灰发现钉帽外露时，必须将钉头敲进油灰表面，钉帽不得外露。

6. 如果采用水压条固定木门窗玻璃，也须先刮抹底灰后再装玻璃。

木压条选用优质木材，不应使用黄花松等易劈裂易变形的木材。木压条的大小尺寸

应一致，光滑顺直，先涂干性油，采用割角连接（端部做成45°斜面），卡入槽口内。使用的钉子应将钉帽锤扁后才可斜向钉入木压条中，钉时要使木压条贴紧玻璃。每根木压条用钉不少于2~3枚。木压条与玻璃之间涂抹上油灰，不得有缝隙。

利用木质压条稳固玻璃的形式如图2-21所示。

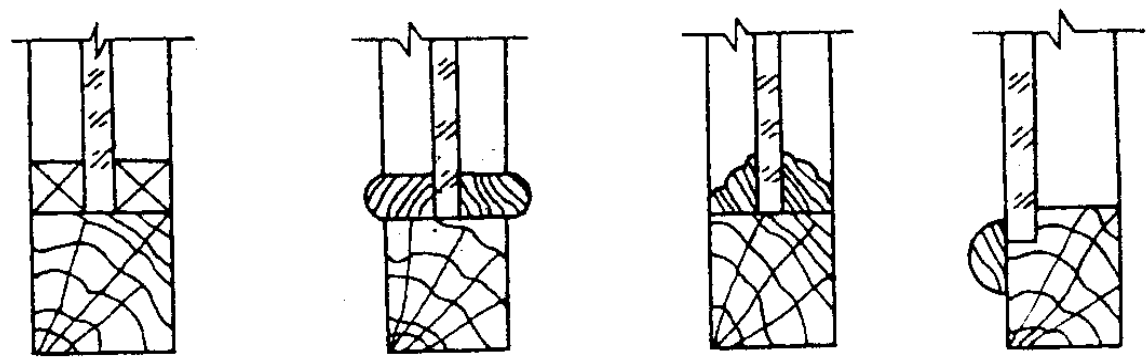


图2-21 用木压条固定玻璃的形式示例

七、质量要求

- 1. 木门窗框安装位置必须符合设计要求，安装必须牢固，固定点符合设计要求。
- 2. 木门窗框与墙体间应嵌填严密。
- 3. 木门窗扇安装要求裁口顺直，刨面平整光滑，开关灵活、稳定、无回弹和倒翘。
- 4. 木门窗小五金安装要求位置适宜，槽边整齐，槽深一致，尺寸准确。小五金安装齐全，规格符合要求，木螺钉拧紧卧平，插销开启灵活。
- 5. 木门窗放水、盖口条、压缝条、密封条的安装要求尺寸一致、平直光滑，与门窗结合牢固严密，无缝隙。
- 6. 木门窗安装的允许偏差及留缝宽度，如表2-3所示

表2-3 木门窗安装的允许偏差及留缝宽度

序号	项 目	允许偏差留缝宽度/mm	
		级	、 级
1	框的正、侧面垂直度	3	
2	框对角线长度差	2	3
3	框与扇、扇与扇接触处高低差	2	
4	门窗扇对口和扇与框间留缝宽度	1.5~2.5	
5	工业厂房双扉大门对口留缝宽度	2~5	

续表

序号	项 目		允许偏差留缝宽度/mm	
			级	、 级
6	框与扇上缝留缝宽度		1 0 ~1 5	
7	窗扇与下框间留缝宽度		2 ~3	
8	门窗与底面间留缝宽度	外门	4 ~5	
		内门	6 ~8	
		卫生间门	10 ~12	
		厂房大门	10 ~20	
9	门扇与下框间留缝宽度	外门	4 ~5	
		内门	3 ~5	

第三章  钢门窗

第一节  钢门窗材料及钢门窗用五金零件

一、钢门窗材料

（一）实腹钢门窗

实腹钢门窗是由型钢制成的钢门窗。主要采用热轧门窗框钢和小量冷轧或热轧型钢。目前框料宽度有25 系列实腹钢门窗型材、32 系列实腹钢门窗型材、40 系列实腹钢门窗型材等。

门扇板用钢板厚为1.5mm 厚。材料的钢号、化学成分和产品加工质量、五金配件质量及装配效果，均应符合现行国家标准和有关规定。

实腹钢窗料断面形状及规格如图3 -1 及表3 -1 所示。

表3 -1  实腹式钢窗料规格尺寸及用途

窗料代号	断面尺寸/mm			用    途
	a	b	d	
3201	31	32	4	窗边框料、固定窗料
4001	34.5	40	4.5	
2502	32	25	3	平开窗扇料，中悬窗下部扇料，上悬扇窗料
3202	31	32	4	
4002	34.5	40	4.5	
2503	32	25	3	中悬窗上部扇料
3203	31	32	4	
4003	34.5	40	4.5	



续表

窗料代号	断面尺寸/mm			用    途
	a	b	d	
3205	47	32	4	平开窗中横框、中竖框、固定窗料
2507	25	25	3	固定窗料、窗芯料
3507	35	20	3	固定窗料、组合窗拼料
5007	50	2	4	
3208	32	11	3	披水条

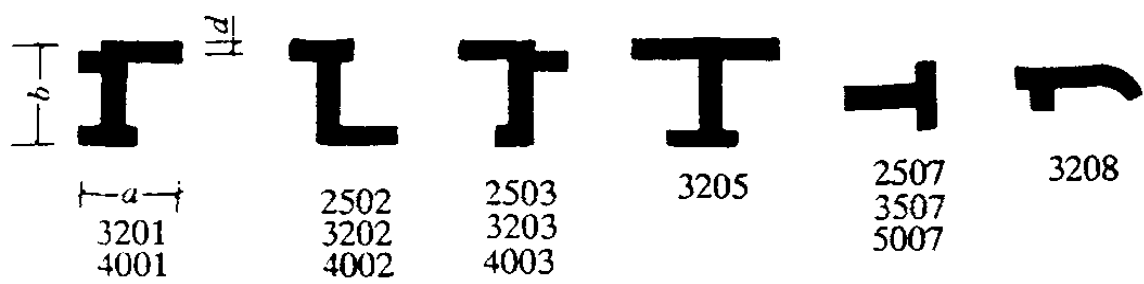


图3 -1 实腹钢窗料断面形状及规格

钢窗及腰窗玻璃、钢门腰窗分格玻璃一般采用3mm 厚净白片玻璃，大玻璃钢窗及玻璃钢门等均采用5mm 净白片玻璃。纱门窗一般采用41 孔/cm<sup>2</sup> 的金属纱。

油灰采用按质量配比为胡麻子油 桐油 石膏粉 =20 60 20 配合的油灰膏或其他优质油灰膏。

(二) 空腹钢门窗

空腹钢门窗是由薄壁空腹型钢制成的钢门窗。主要选用普通碳素钢、门框料采用高频焊接钢管等。目前框料宽度有25A 型空腹钢门窗型材。门扇板采用1mm 厚冷轧冲压槽形钢板；钢窗框料采用1.5 ~2.5mm 厚的普通低碳带钢，高频率焊接轧制成型。质量应满足有关规定。

钢门窗焊接采用二氧化碳保护焊。

空腹钢窗窗料断面如图3 -2 所示。

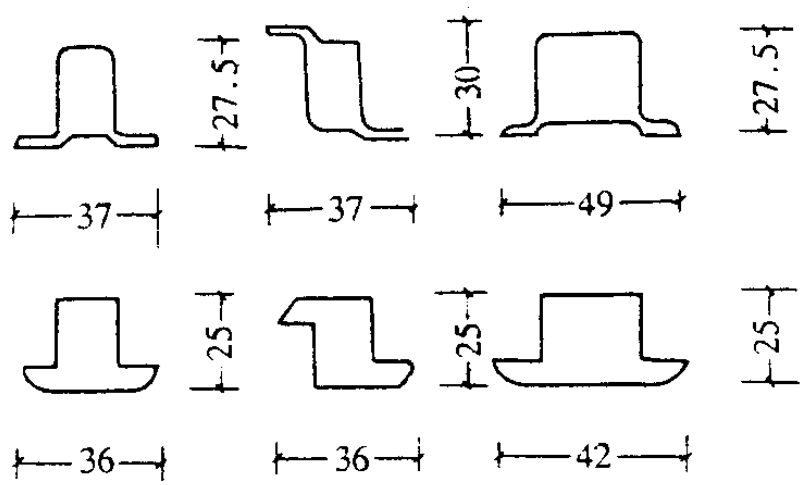


图3 -2 空腹钢窗窗料举例

涂料用红丹酚醛防锈漆：密封条为橡胶制品，均应符合有关技术标准规定。

## 二、钢门窗用五金零件

### （一）实腹钢门窗

#### 1．实腹钢门部分五金零件

##### （1）铁质零件

纱门拉手，用于内开纱门。门风钩，用于外开阳台门。暗插销，用于双开扇的门。插销拉手，用于单户阳台或不配门锁的钢门。

##### （2）铜质零件

平页合页，用于特殊要求的钢门。纱门拉手，用于内开纱门。暗插锁，用于双开扇的门。

#### 2．实腹钢窗部分五金零件

##### （1）铁质零件

左执手、右执手，用于外开启平开窗；用于内开启的双扇或单扇平开窗；用于内开启的带固定的平开窗。上套眼撑，用于上悬窗。下套眼撑，用于平页合页或角型合页的外开启平开窗。双臂内撑，用于平页合页的内开启平开窗。

##### （2）铜质零件

左执手、右执手，用于外开启平开窗；用于内开启的双扇或单扇平开窗；用于内开启的带固定的平开窗。联动左执手、联动右执手，用于窗扇高度在1500mm 以上的外开启平开窗；用于窗扇高度在1500mm 以上的双扇或单扇内开启平开窗；用于窗扇高度在1500mm 以上的带固定的内开启平开窗。上套眼撑，用于上悬窗。下套眼撑，用于平页合页或角型合页的外开启平开窗。双臂外撑，用于平页合页的外开启平开窗；用于角型合页的外开启平开窗；用于平页合页的内开启平开窗。

#### 3．带纱钢窗部分五金零件

##### （1）铁质零件

纱左执手，适用于带纱的外开平开窗。纱右执手，适用于带纱的外开平开窗。纱上套撑，适用于带纱上悬窗。纱左套撑、纱右套撑，适用于平页合页或角型合页的带纱外开平开窗。

##### （2）铜质零件

纱左执手、纱右执手，适用于带纱的外开平开窗。纱联动左执手、纱联动右执手，适用于窗扇高度在1500mm 以上的带纱的外开平开窗。纱上撑档，适用于带纱的上悬

窗。纱左撑杆、纱右撑杆，适用于平页合页的带纱外开平开窗；适用于角型合页、平页合页的带纱外开平开窗。纱左板撑、纱右板撑，适用于平页合页的双层窗的外层带纱的平开窗；适用于角型合页的双层窗的外层带纱的平开窗。纱左摇撑、纱右摇撑，适用于平页合页的双层窗的外层无密闭的平开窗；适用于角型合页的双层窗的外层无密闭的平开窗。

### (二) 空腹钢门窗

#### 1. 空腹钢门部分五金零件（铁质零件）

- (1) 平页合页。适用于单开、双开、无亮子、带亮子门。
- (2) 上套眼撑。适用于单开、双开、带亮子上悬窗门。
- (3) 下悬窗左合页。适用于单开、双开、带亮子下悬窗门。
- (4) 下悬窗右合页。适用于单开、双开、带亮子下悬窗门。
- (5) 下悬窗左连杆。适用于单开、双开、带亮子下悬窗门。
- (6) 下悬窗右连杆。适用于单开、双开、带亮子下悬窗门。
- (7) 蝴蝶插销。适用于单开、双开、带亮子下悬窗门。
- (8) 暗插销（规格500mm）。适用于双开无亮子门。
- (9) 暗插销（规格300mm）。适用于子双开、无亮子、带亮子上、下悬固定窗门。
- (10) 单头插芯门锁。适用于单开、双开钢门。
- (11) 纱门拉手。适用于单开、双开钢纱门。
- (12) 纱门弹簧合页。适用于单开、双开钢门纱门。

#### 2. 空腹钢窗部分五金零件（铁质零件）。

- (1) 圆心合页。用于中悬扇、中悬平开扇。
- (2) 平页合页。用于中悬平开扇、平开扇、平开扇带腰窗扇。
- (3) 角型（或长页）合页。用于中悬平开扇、平开扇带腰窗扇。
- (4) 套栓下撑档。用于平开扇带腰窗扇。
- (5) 套栓下撑档。用于中悬平开扇、平开带腰窗扇。
- (6) 外开执手。用于中悬平开扇、平开带腰窗扇。
- (7) 内开执手。用于平开扇、平开带腰窗扇。
- (8) 蝴蝶插销。用于中悬扇、中悬平开扇。
- (9) 扣窗合页。用于平开扇。
- (10) 扣窗扣钩。用于平开扇。
- (11) 扣窗上撑档。用于平开扇。

- (12) 扣窗下撑档 (左)。用于平开扇。
- (13) 扣窗下撑档 (右)。用于平开扇。

第二节 钢门窗种类、构造及一般规定

一、钢门窗种类

(一) 钢门种类

钢门种类可分为单扇门、双扇门、组合门及单侧连窗门、双侧连窗门等。一般门宽度700 ~1000mm 为单扇门、门宽度1200 ~1800mm 为双扇门、门宽度2700 ~3000mm 的组合门等，一般门高度2100mm、2400mm 为无亮子门，门高度2400mm、2700mm 为带亮子门，门高度3000mm、3300mm 为组合亮子门等。

(二) 钢窗种类

1. 平开窗

平开窗种类可分为单扇窗、双扇窗、三扇窗、四扇窗等。一般窗宽度600mm 为单扇窗，窗宽度900mm、1000mm、1200mm 为双扇窗，窗宽度1500mm、1800mm 为三扇窗，窗宽度1800mm、2100mm、2400mm 为四扇窗等；一般窗宽度600mm、900mm、1200mm 为无亮子窗，窗宽度1500mm、1800mm、2100mm 为有上亮子窗，窗高度2100mm、2400mm、2700mm、3000mm 为有上下亮子窗等。

2. 立转窗

立转窗种类可分为单扇窗、双扇窗、三扇窗等。一般窗宽度600mm 为单扇窗，窗宽度900mm、1200mm、1500mm 为双扇窗，窗宽度1800mm 为三扇窗等；一般窗高度1200mm、1400mm、1500mm、1600mm 为无亮子窗，窗高度1800mm、2100mm 为有上亮子窗等。

3. 组合窗

大面积的钢窗，根据需要可按基本单元窗进行组合满足需要。

## 二、钢门窗基本构造

### 1．实腹内开钢门

实腹内开钢门的基本构造如图3 -3 所示。

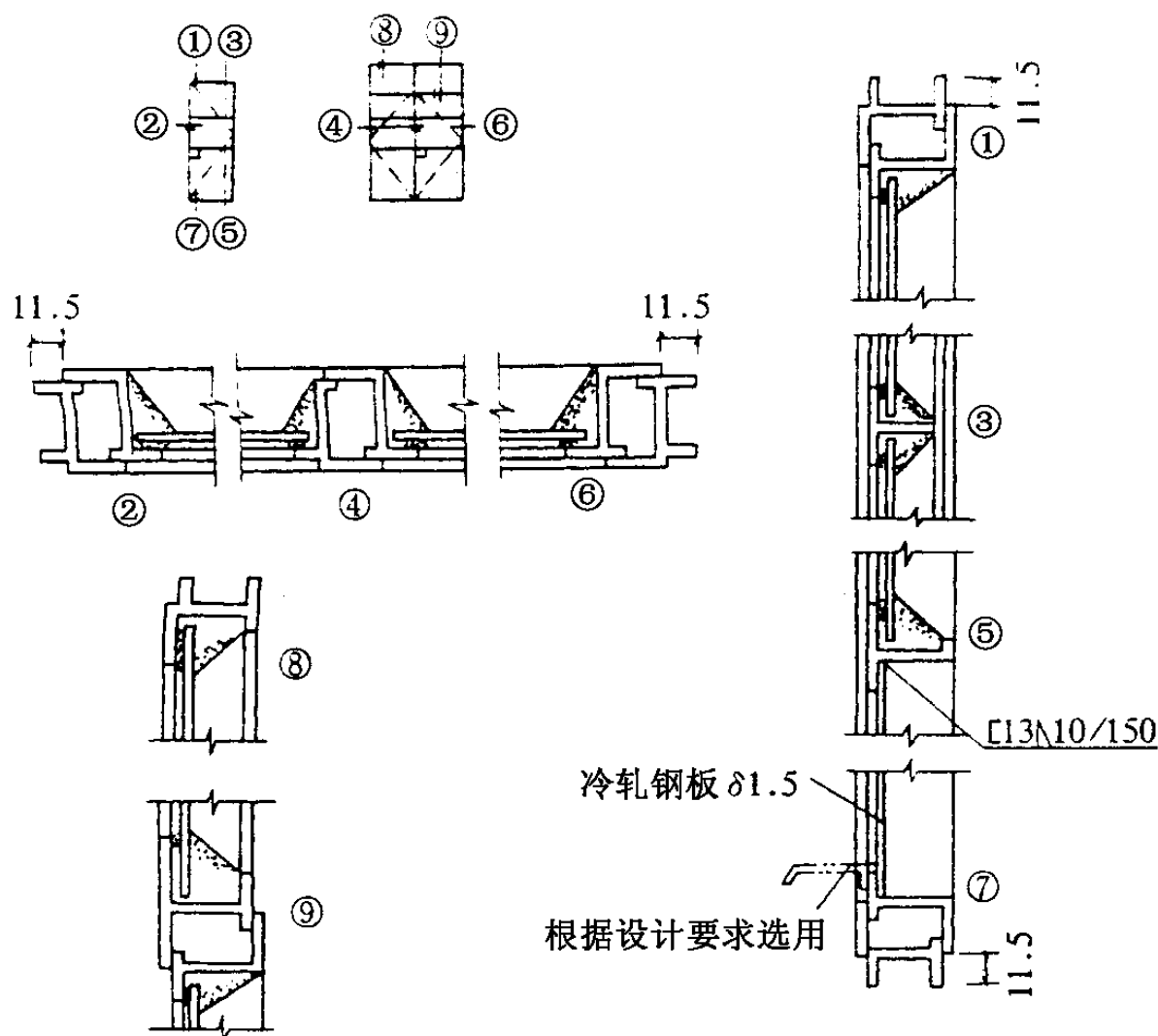


图3 -3 实腹内开钢门

### 2．实腹外开钢门

实腹外开钢门的基本构造如图3 -4 所示。

### 3．实腹单层钢窗

实腹单层钢窗的基本构造如图3 -5 所示。

### 4．实腹双层钢窗

实腹双层钢窗的基本构造如图3 -6 所示。

### 5．空腹单层钢窗

空腹单层钢窗的基本构造如图3 -7 所示。



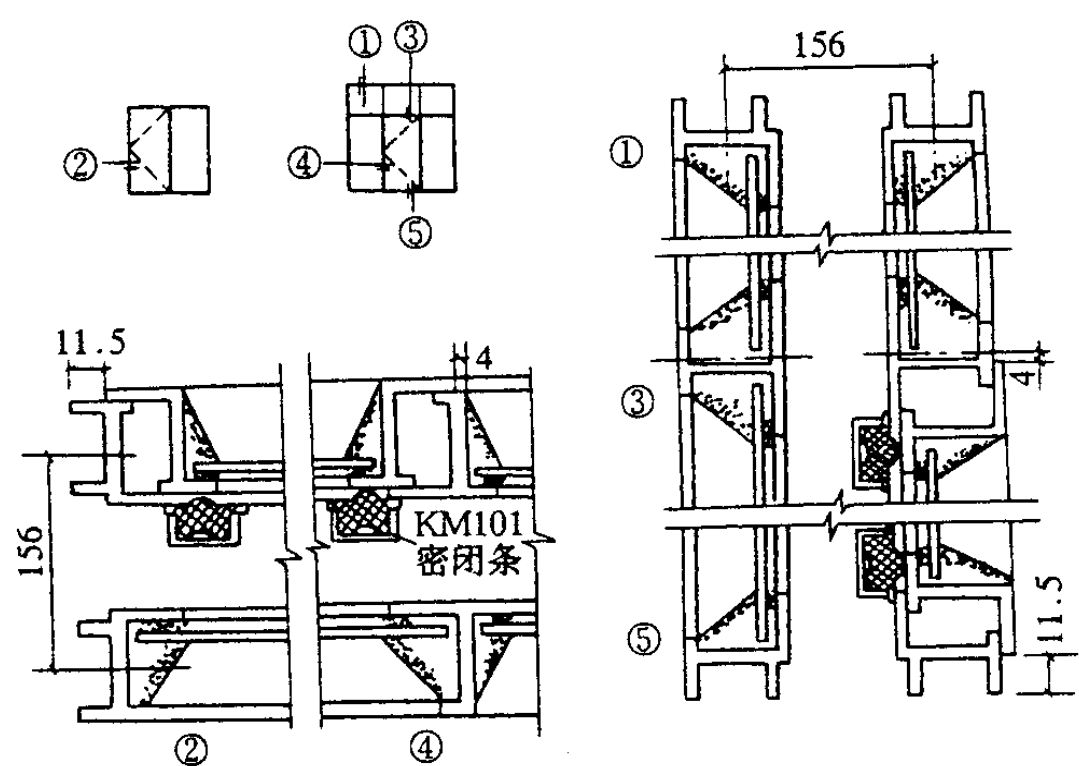


图3 -6 实腹双层钢窗

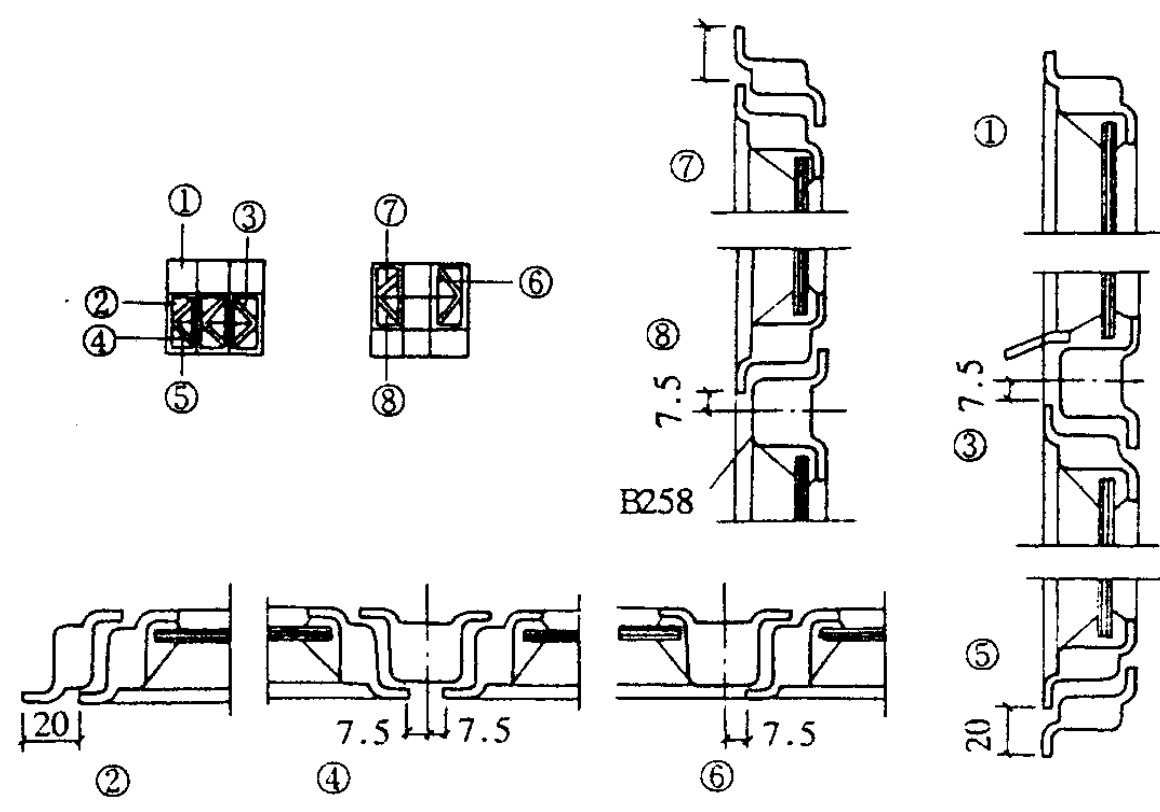


图3 -7 空腹单层钢窗

### 三、钢门窗一般规定

- 1. 钢门窗适用于一般的工业与民用建筑，当对防尘、密闭要求较高时，应选用带密封条的钢门窗；当用于潮湿和有腐蚀介质的环境时，应选择优质的抗潮湿、抗腐蚀的油漆或表面涂料，并选用符合要求的五金配件。
- 2. 应根据当地自然条件、基本风压值和建筑物所处高度，经计算后确定钢门窗的抗风压强度值，如不能满足要求时，应由设计改变拼塑料的截面尺寸。
- 3. 钢门窗一般采用普通玻璃，厚度为3 ~4mm；使用大玻璃时厚度为5 ~6mm。
- 4. 钢窗和组合钢窗的铁脚数量及位置，应按设计规定在墙体中预埋铁件。一般可

按下列要求设置：

宽度方向：当窗宽为600mm、900mm、1200mm 时，上、下各设2 个，如图3 -8a 所示。

当窗宽为1500mm、1800mm、2100mm 时，上下各设3 个，如图3 -8b 所示。

高度方向：当窗高为600mm、900mm、1200mm 时，左、右各设2 个，如图3 -8a 所示。

当窗高为1400mm、1500mm、1800mm 时，左、右各设3 个，如图3 -8b 所示。

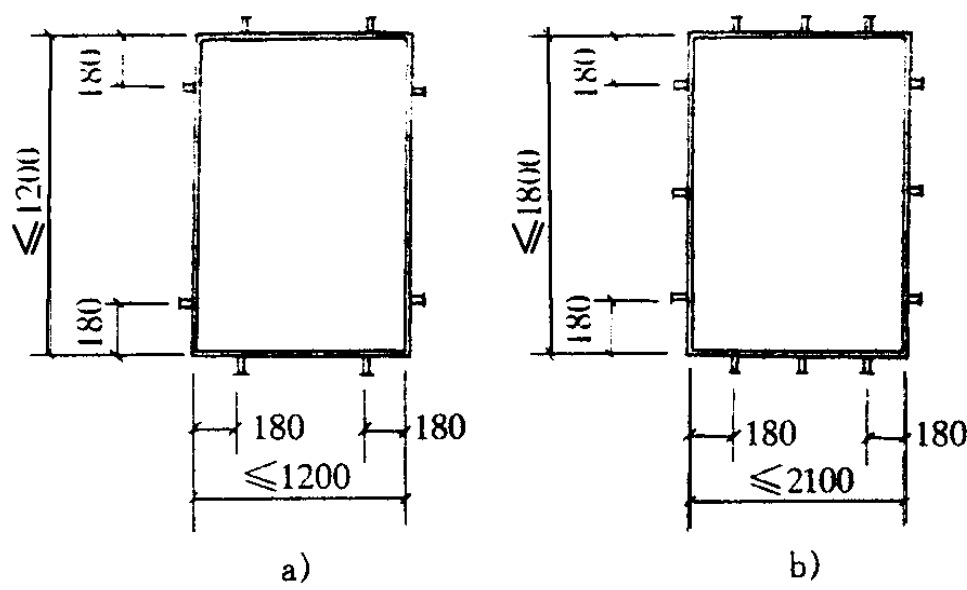


图3 -8 基本钢窗铁角位置、个数

- 5．钢门窗加工、装配的成品质量，应符合GB5827 .1 和GB9156 的规定。出厂时应有出厂合格证明书。
- 6．钢门窗需经长途运输时，应在门窗框四周及合页处，以及窗扇中间衬垫木块，并用铅丝捆扎牢固，以免损坏零件，防止构件变形。
- 7．钢门窗在运输装卸时应轻起轻放，并防止与其他物体相碰撞。严禁在钢门窗上放置重物，以防门窗变形。
- 8．钢门窗在施工现场堆放时，必须用垫块垫平；立放角度不小于70°；并避免与有腐蚀性物质接触；露天堆放时应采取防潮和防雨措施。
- 9．钢门窗搬运时，不可将抬杠或吊绳穿入梃或窗芯起吊。起吊时应选择平稳、牢固的着力点，严禁抛、摔。
- 10．钢门窗应装置在预砌的墙洞口内，不可边砌边装。安装时应在窗角和窗梃外用木楔固定。



## 第三节 钢门窗安装

### 一、安装准备

#### 1. 材料

(1) 钢门窗。钢门窗规格、型号应符合设计要求，五金配件应齐全。

(2) 配齐各种螺钉、焊条、扁铁、金属纱等。

2. 钢卷尺、扳手、铁水平、撬棍、靠尺板、线锤、丝锥、电钻、扁铁、锤子、旋具、剪钳、电焊机、木楔、扫帚、斧、锯等准备齐全。

#### 3. 安装条件

(1) 建筑地面和内外砌筑已基本完工。

(2) 墙体预留门窗洞口尺寸经检查符合设计要求；铁脚洞眼或预埋铁件的位置正确并已清扫干净。

(3) 无连接条件的铁脚洞眼或预埋件以采取处理措施。

(4) 就位的钢门窗框扇有缺陷的已按要求进行校正、修复，无翘曲、变形、脱焊和漏刷防锈漆等缺陷。

(5) 组合门窗已进行组装，其尺寸已核对无误。

(6) 五金零件已配好。

### 二、钢窗安装要点

1. 钢窗安装前，应按设计图纸要求核对钢窗的型号、规格、数量是否符合要求；拼樘构件、五金零件、安装铁脚和紧固零件的品种、规格、数量是否正确和齐全。

2. 钢窗安装前，应逐樘进行检查，如窗框变形或窗角、窗梃、窗芯有脱焊、松动现象，应校正修复后方可进行安装。

3. 钢窗安装时，先用木楔在窗框四角或窗挺端能受力的部位临时固定，然后用水平尺和线锤校正窗框前后，左右的垂直度和水平度，并用木楔进行调整，如图3 -9 所示。

4. 要求钢窗框安装高度和距内墙面的距离，组合窗及双层窗要做到横平竖直，高低一致，里外一齐。检查无误后，将铁脚用螺钉紧固在门窗框上，并与墙体连接牢固。

5. 也可在窗洞口内按铁脚位置预留孔洞，窗框立好后，将铁脚置入预留孔内，随即用1 2 水泥砂浆嵌填密实，在72h 内不得碰撞、振动。至少3d 后，方可将四周安设的木楔取出，并用1 2 水泥砂浆将四周缝隙嵌填密实。

6. 钢窗的组合应按由左向右逐框进行，用适合的螺栓将钢窗与组合构件紧密拼合，拼合处应嵌满油灰；组合构件的上下两端必须伸入砌体50mm，在窗框经垂直水平校正后，与铁脚同时浇灌水泥砂浆固定。凡是两个组合构件的交接处必须用电焊焊牢。

7. 灰缝应根据外墙粉刷材料决定，一般为：

清水砖墙灰缝： 15mm。

水泥粉刷墙面灰缝： 20mm。

水刷石墙面灰缝： 25mm。

贴面砖墙灰缝： 30mm。

8. 钢窗安装后，必须进行钢窗开启扇的校正工作，使扇框与窗槌关闭严密，启闭灵活，无阻滞回弹现象后，方可安装五金零件，所装的五金零件位置应正确，使用灵活，松紧适宜，安装螺钉不允许有松动现象。

9. 必须将钢窗表面的砂浆、尘土、油污和锈斑清除干净后，涂刷防锈底漆一遍。

钢窗玻璃应根据设计规定选用，玻璃宽高切割尺寸应略缩小6mm。在安装玻璃前，应先垫嵌2 ~3mm 厚底灰，然后把玻璃放入芯内，紧贴底灰，同时装上钢丝弹簧销子卡住玻璃，外面满嵌油灰，压紧刮平。

### 三、钢门安装要点

1. 安装前必须按平面图分清向内或向外开启形式，单扇门还须分清左手或右手开启。

2. 按设计要求安装入门洞内，并用木楔固定钢门位置。木楔也必须放在门框四角，然后用线锤和水平尺校正垂直度和水平度后再楔紧。并打开门扇，锯一根与门框内净间距相间长度的木板条，在门框中部支撑紧（图3 - 10）。待埋入铁脚孔内填塞的砂浆达到一定强度后，才能拆除木撑。

3. 其他有关施工要点与钢窗安装施工要点相同。

### 四、钢门窗玻璃安装要点

安装程序为操作准备 清理槽口 涂底油灰 装玻璃 安卡子。

1. 操作准备。

首先检查门窗扇是否平整，如发现扭曲变形应校正；检查铁卡子的孔眼是否齐全准

确，如有不符合要求的应补钻。钢门窗安装玻璃使用的油灰应加适量的红丹，以使油灰具有防锈性能；再加适量的铅油，以增加油灰的粘性和硬度。

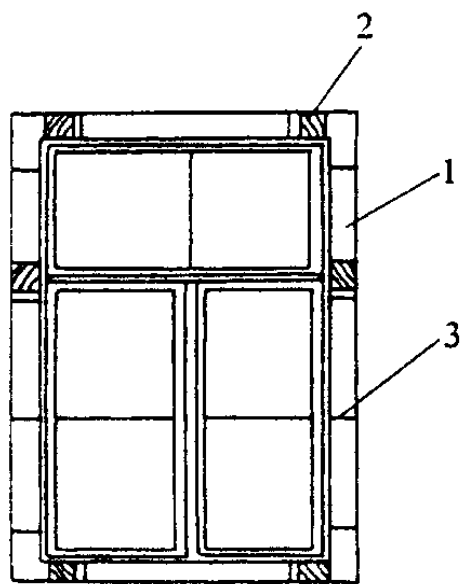


图3 -9 钢窗安装采用  
木楔及铁脚的放置位置  
1—窗洞口2—木楔  
3—铁脚

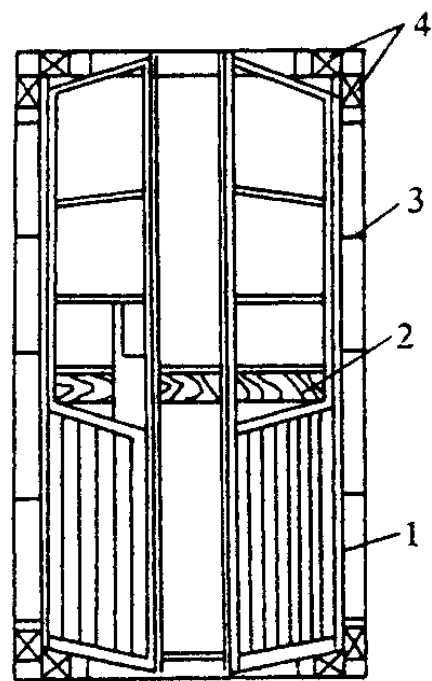


图3 -10 钢门安装  
基本形式  
1—门洞口2—临时木撑  
3—铁脚4—木楔

- 2．清理槽口。  
清除槽口的焊渣、铁屑、灰尘和污垢，以使安装时油灰粘结牢固。
- 3．涂底油灰。  
在槽口内涂抹底灰，油灰厚度宜3mm，最厚不宜超过4mm，做到均匀一致，不间断，不堆积。
- 4．装玻璃。  
用双手将玻璃揉平放正，不留偏差并使油灰挤出。将油灰与槽口、玻璃接触的边沿刮齐刮平。
- 5．安卡子。  
应用铁片卡子固定，卡子间距不得大于300mm，且每边不少于两个。卡脚不能过长，应长短适宜，用油灰填实抹光后，卡脚不得露于油灰表面。  
如采用橡胶安装钢门窗玻璃，应将橡胶鞋嵌入裁口内，并用压条和螺钉固定。将橡胶垫与裁口、玻璃、压条贴紧，大小尺寸适宜，不应露在压条之外。

五、钢门窗安装质量要求

- 1．钢门窗及其附件的质量必须符合设计要求和有关标准的规定。
- 2．钢门窗安装的位置、开启方向，必须符合设计要求。
- 3．钢门窗安装必须牢固；预埋铁件的数量、位置、埋设连接方法必须符合设计要求。
- 4．钢门窗扇安装应开关灵活，无阻滞、回弹和倒翘；关闭应严密。钢门窗附件应齐全，位置正确，安装牢固、端正。
- 5．钢门窗框与墙体间的缝隙应嵌填密实，表面平整，嵌填材料符合要求。
- 6．钢门窗安装的允许偏差，如表3 -2 所示。

表3 -2 钢门窗安装的允许偏差、限值和检验方法

序号	项 目		允许偏差 /mm	检 验 方 法
1	门窗框两对角线长度差	2000mm	5	用钢卷尺检查，量里角
		>2000mm	6	
2	门框扇配合间隙的限值	铰链面	2	用2 ×50 塞片检查，量铰链面
		执手面	1 5	用1 5 ×50 塞片检查，量框大面
3	窗框扇搭接量的限值	实腹窗	2	用钢针划线和深度尺检查
		空腹窗	4	
4	门窗杠（含拼樘料）正、侧面的垂直度		3	用1m 脱线板检查
5	门窗框（含拼樘料）的水平度		3	用1m 水平尺和楔形塞尺检查
6	门无下槛时，内门扇与地面间留缝限值		4 ~8	用楔形塞尺检查
7	双层门窗、外框、梃（含拼樘料）的中心距		5	用钢板尺检查

## 第四章 铝合金门窗

### 第一节 铝合金门窗的特点、种类、尺寸系列及规格

#### 一、简述

铝合金门窗是经过表面处理的型材，通过下料、打孔、铣槽、攻丝、制窗等加工工艺而制成的门窗框料构件，然后再与连接件、密封件、开闭五金件一起组合装配而成。

铝合金材料在室内、外装饰工程中使用日益广泛，铝合金型材一般选用银白色、古铜色居多。

铝合金型材是制作铝合金门窗的基本材料，随着铝合金门窗的用途、规格不同，生产了多种不同规格的铝合金型材。

目前我国已经制定了《铝合金门窗》标准图集，其中常用的铝合金窗有：40 系列平开铝合金窗（外框料宽度40mm）、50 系列平开铝合金窗（外框料宽度50mm）、70 系列平开铝合金窗（外框料宽度70mm）、55 系列推拉铝合金窗（外框料宽度55mm）、60 系列推拉铝合金窗（外框料宽度60mm）、70 系列推拉铝合金窗（外框料宽度70mm）、90 系列推拉铝合金窗（外框料宽度90mm）；常用的铝合金门有：50 系列平开铝合金门（外框料宽度50mm）、55 系列平开铝合金门（外框料宽度55mm）、70 系列平开铝合金门（外框料宽度70mm）、70 系列推拉铝合金门（外框料宽度70mm）、90 系列推拉铝合金门（外框料宽度90mm）等。

#### 二、特点

铝合金门窗与普通木门窗、钢门窗相比，具有较明显的优点，其主要特点是：

1．轻质，高强。由于门窗框的断面是空腹薄壁组合断面，这种断面利于使用并因空腹而减轻了铝合金型材重量。铝合金门窗较钢门窗轻50 %左右。在断面尺寸较大，且重量较轻的情况下，其截面却有较高的抗弯刚度。

- 2. 密闭性能好。密闭性能为门窗的重要性能指标，铝合金门窗较之普通木门窗和钢门窗，其气密性、水密性和隔音性能均佳。铝合金窗本身，其推拉窗比平开窗的密闭性稍差，故此推拉窗在构造上加设了尼龙毛条，以增强其密闭性能。
- 3. 使用中变形小。一是因为型材本身的刚度好，二是由于其制作过程中采用冷连接。横竖杆件之间，五金配件的安装，均是采用螺丝、螺栓或铝钉；它是通过铝角或其他类型的连接件，使框、扇杆件连成一个整体，这种冷连接同钢门窗的焊接相比，可以避免在焊接过程中因受热不均而产生的变形现象，从而确保制作精度。
- 4. 立面美观。一是造型美观。门窗面积大，使建筑物立面效果简洁明亮并增强了虚实对比，富有层次感；二是色调美观。其门窗框料经过氧化着色处理，可具银白色、古铜色、暗红色、黑色等色调或带色的花纹，外观华丽雅致而色泽牢固，无需再涂漆和进行表面维修。
- 5. 便于工业化生产。框料型材加工、配套零件及密封件的制作与门窗装配试验等，均可在工厂内进行大批量工业化生产，有利于实现门窗设计标准化，产品系列化及零配件通用化。同时，铝合金门窗的现场安装工作量较小，可提高施工速度。特别是对于高层建筑，高档次的装饰工程，如果从装饰效果、空调运行及年久维修等方面综合权衡，铝合金门窗的使用价值是优于其他种类的门窗的。

三、种类

- 1. 铝合金门窗按其结构与开闭方式可分为推拉窗（门）、平开窗（门）、固定窗、悬挂窗、回转窗（门）、百页窗、纱窗等划分为不同的常见种类如下：
  - (1) 推拉窗（门）  
所谓推拉窗，是窗扇可沿左右方向推拉启闭的窗。它由固定窗框和活动窗扇两大部分组成。
  - (2) 平开窗（门）  
所谓平开窗，即是窗扇绕铰链旋转启闭的窗。
  - (3) 固定窗和百页窗  
所谓固定窗，是固定而不开启的窗。百页窗则是用铝合金页片组成的，用于通风或遮阳的窗。
- 2. 铝合金门窗根据框料规格、尺寸、开启方法的不同，划分为不同的常见种类如下：
  - (1) 门的种类
    - 50 系列平开铝合金门。

- 55 系列平开铝合金门。
- 70 系列平开铝合金门。
- 70 系列推拉铝合金门。
- 90 系列推拉铝合金门。
- 70 系列铝合金地弹簧门。
- 100 系列铝合金地弹簧门。

2) 窗的种类

- 40 系列平开铝合金窗。
- 50 系列平开铝合金窗。
- 70 系列平开铝合金窗。
- 55 系列推拉铝合金窗。
- 60 系列推拉铝合金窗。
- 70 系列推拉铝合金窗。
- 90 系列推拉铝合金窗。
- 90 - 系列推拉铝合金窗。

四、基本尺寸系列

1. 铝合金门基本尺寸系列如表4 -1 所示

表4 -1 铝合金门基本尺寸系列

序号	洞口高	洞口宽		800	900	1000	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600
		<div>门宽 门高</div>		750	850	950	1150	1450	1750	2050	2350	2650	2950	3250	3550
1	2100	2075	2050	0821	0921	1021	1221	1521	1821	2121	2421	2721	3021	3321	3621
2	2400	2375	2350	0824	0924	1024	1224	1524	1824	2124	2424	2724	3024	3324	3624
3	2700	2675	2650	0827	0927	1027	1227	1527	1827	2127	2427	2727	3027	3327	3627
4	3000	2975	2950	0830	0930	1030	1230	1530	1830	2130	2430	2730	3030	3330	3630
5	3300	3275	3250	0833	0933	1033	1233	1533	1833	2133	2433	2733	3033	3333	3633

2. 铝合金窗基本尺寸系列如表4 -2 所示

表4 -2  铝合金窗基本尺寸系列

序号	洞口高	洞口宽	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000
		窗宽 窗高	550	850	1150	1450	1750	2050	2350	2650	2950
1	600	550	0606	0906	1206	1506	1806	2106	2406	2706	3006
2	900	850	0609	0909	1209	1509	1809	2109	2409	2709	3009
3	1200	1150	0612	0912	1212	1512	1812	2112	2412	2712	3012
4	1400	1350	0614	0914	1214	1514	1814	2114	2414	2714	3014
5	1500	1450	0615	0915	1215	1515	1815	2115	2415	2715	3015
6	1800	1750	0618	0918	1218	1518	1818	2118	2418	2718	3018
7	2100	2050	0621	0921	1221	1521	1821	2121	2421	2721	3021

五、规格

1．铝合金门的规格如表4 -3 所示

表4 -3  铝合金门的规格

序号	种    类	规格（系列）	
		宽	高
1	50 系列平开铝合金门	800 ~1800	2100 ~2700
2	55 系列平开铝合金门	800 ~1800	2100 ~2700
3	70 系列平开铝合金门	800 ~1800	2100 ~2700
4	70 系列推拉铝合金门	1500 ~3000	2100 ~3000
5	90 系列推拉铝合金门	1500 ~3600	2100 ~3000
6	70 系列铝合金地弹簧门	900 ~3000	2100 ~3300
7	100 系列铝合金地弹簧门	900 ~3600	2100 ~3300

2．铝合金窗的规格如表4 -4 所示



表4 -4  铝合金窗的规格

序号	种    类	规格（系列）	
		宽	高
1	40 系列平开铝合金窗	600 ~2100	600 ~1800
2	50 系列开平铝合金窗	600 ~2100	600 ~2100
3	70 系列平开铝合金窗	600 ~2100	600 ~2100
4	55 系列推拉铝合金窗	1200 ~3000	900 ~2100
5	60 系列推拉铝合金窗	1200 ~3000	900 ~2100
6	70 系列推拉铝合金窗	1200 ~3000	900 ~2100
7	90 系列推拉铝合金窗	1200 ~3000	1200 ~2100
8	90 -    系列推拉铝合金窗	1200 ~3000	1200 ~2100

## 第二节  铝合金门窗的基本构造和技术要求

### 一、铝合金门的基本构造

#### 1．平开铝合金门

平开铝合金门的基本构造如图4 -1 所示

#### 2．推拉铝合金门

推拉铝合金门的基本构造如图4 -2 所示

### 二、铝合金窗的基本构造

#### 1．平开铝合金窗

平开铝合金窗的基本构造如图4 -3 所示

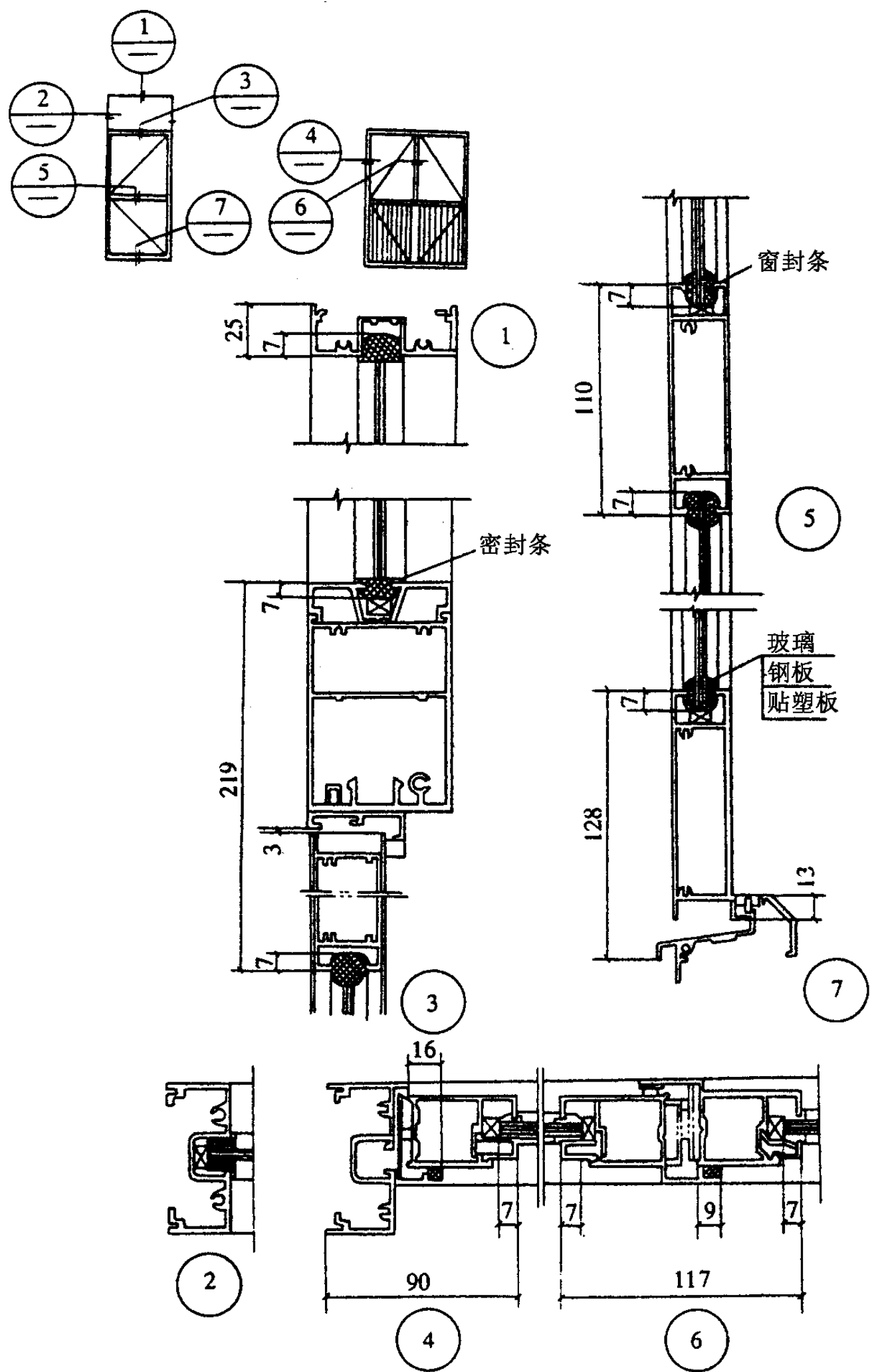


图4 -1 平开铝合金门

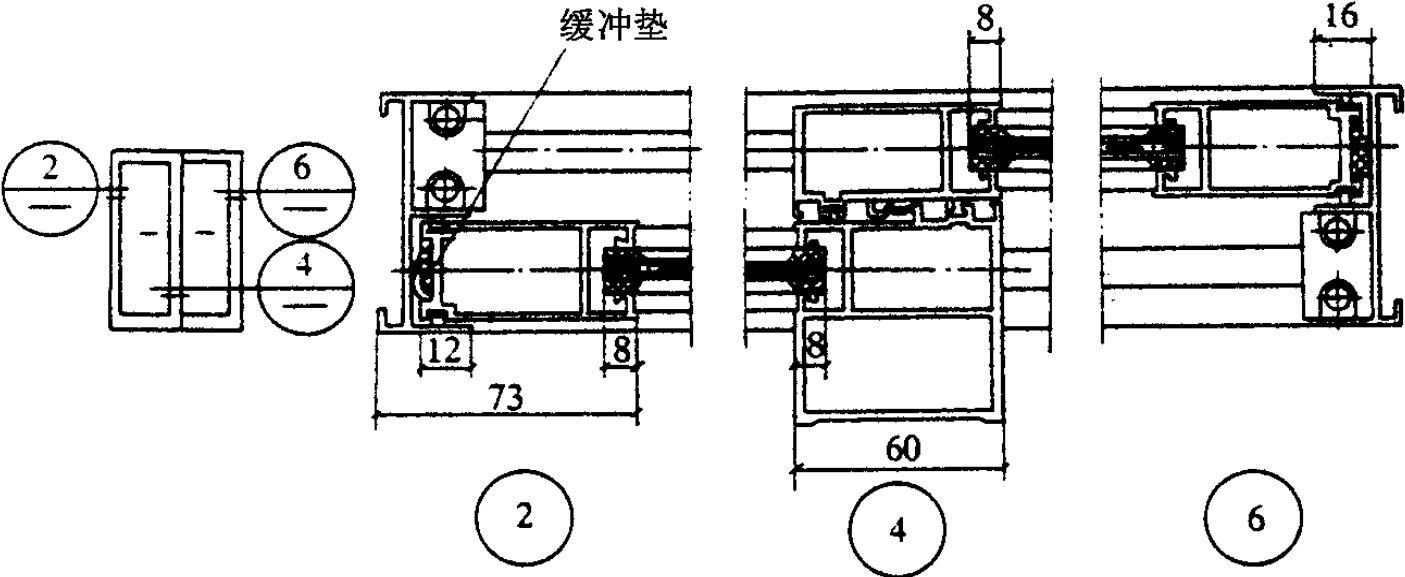


图4 -2 推拉铝合金门

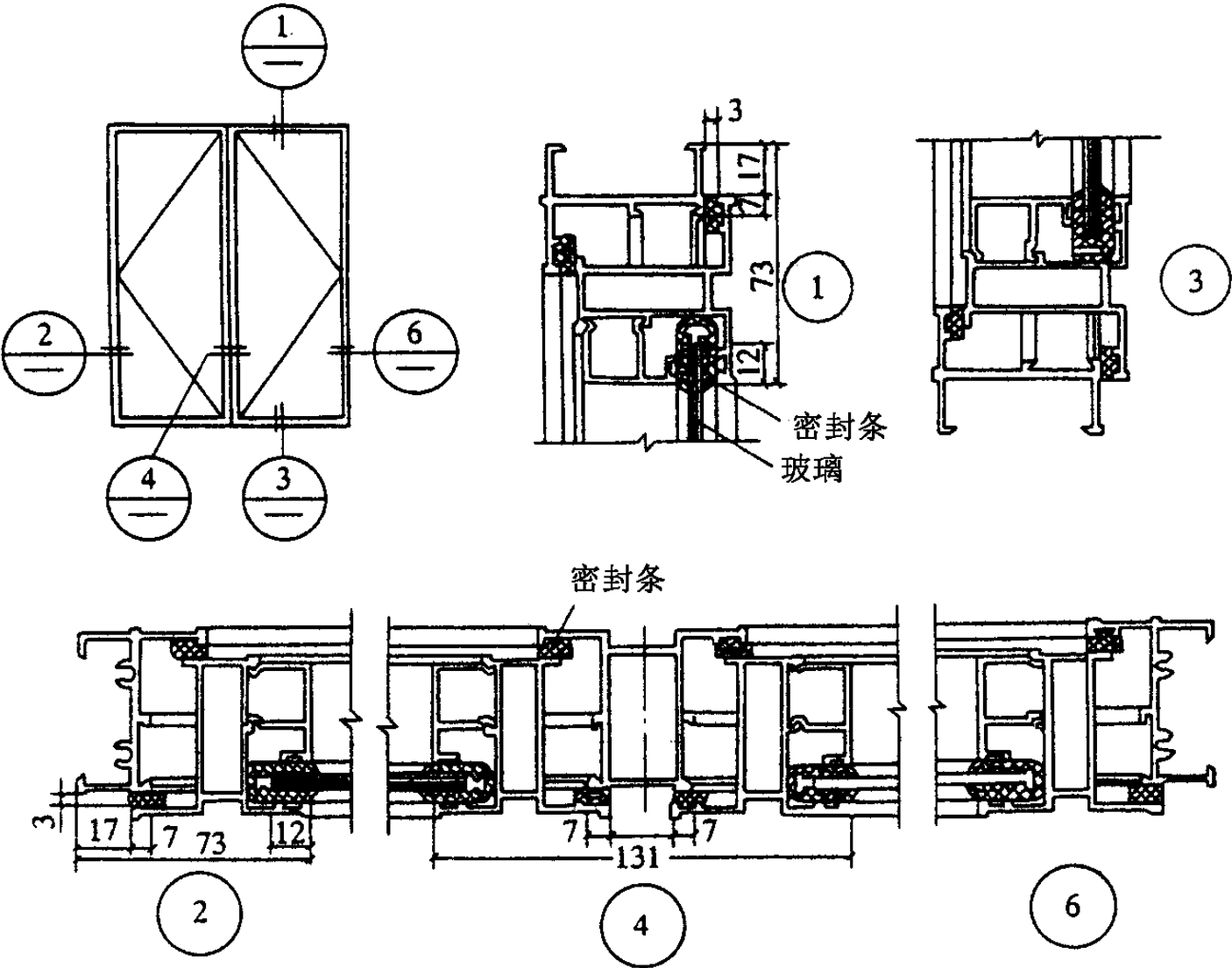


图4 -3 平开铝合金窗

2 . 推拉铝合金窗

推拉铝合金窗的基本构造如图4 -4 所示

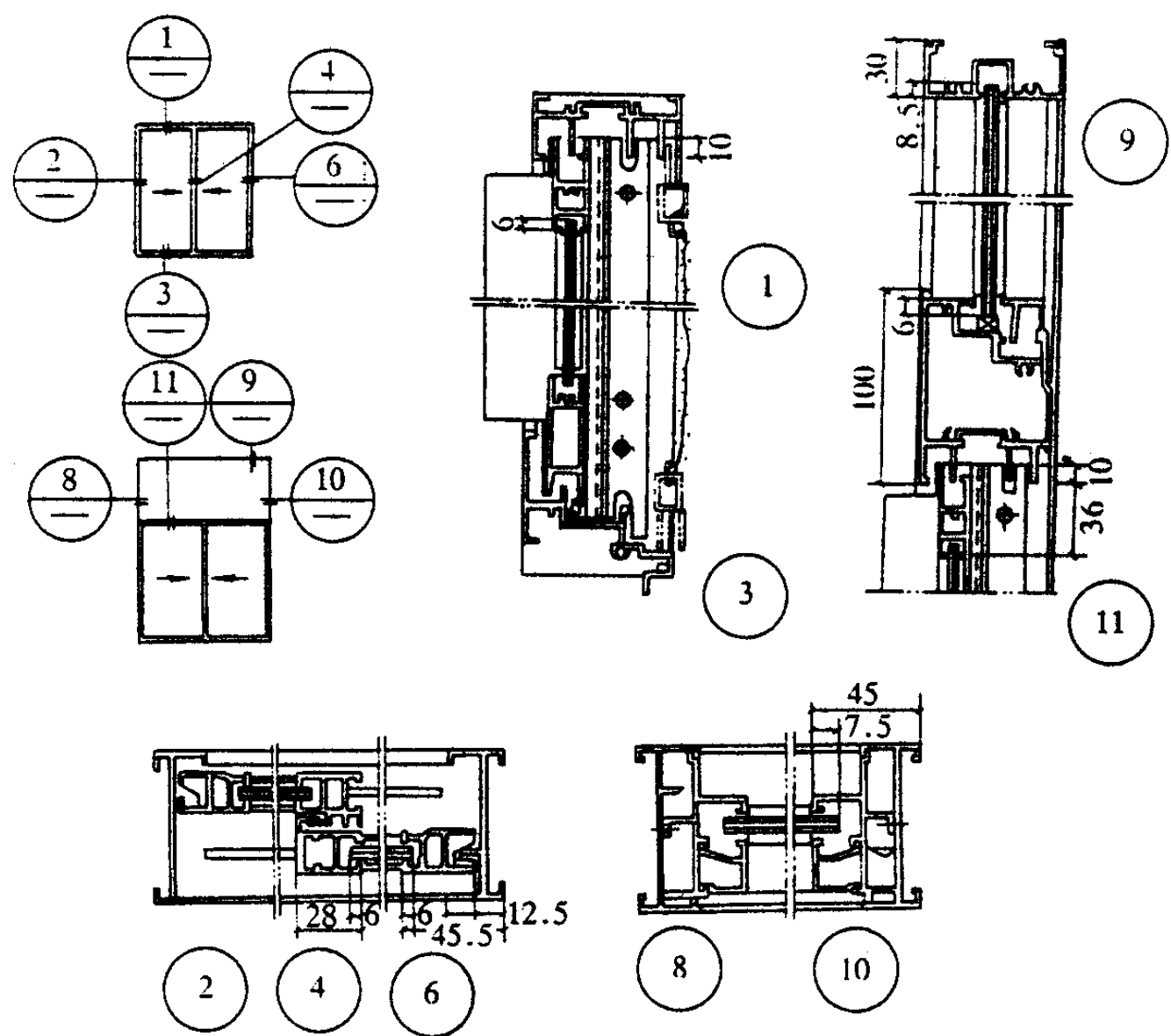


图9 -4 推拉铝合金窗

### 三、铝合金门窗技术要求

- 1．铝合金门窗的系列名称，系以门窗框厚度构造尺寸区分，如推拉窗框厚度构造尺寸为70mm，称为70 系列推拉铝合金窗。
- 2．选择铝合金名称的系列时，应根据不同地区、不同环境、不同建筑构造，并考虑门窗抗风压性能，按照GB7106 《建筑外窗抗风压性能分级及其检测方法》 中的规定进行计算后确定。
- 3．铝合金门窗系薄壁结构，应根据 《建筑结构荷载规范》，结合GB7106，按50 年一遇瞬时最大风速的风压选用。
- 4．铝合金门窗的抗风压性能、抗空气渗透性能、抗雨水渗漏性能应符合国家标准的规定，满足使用要求。
- 5．铝合金门、窗所选用的材料、附件质量要符合国家标准的规定。铝合金型材表面处理应符合系列要求：  
阳极氧化膜颜色：银白色、古铜色；  
阳极氧化膜厚度： 10 μm ；

- 阳极氧化复合表膜厚度： 7 μm。
- 6．选用材料除不锈钢外，应注意防腐处理，不允许与铝合金型材发生接触腐蚀。
- 7．玻璃厚度一般为5mm 或6mm ；窗纱应选用铝纱或不锈钢纱；密封条可选用橡胶条或橡塑条；密封材料可选用硅酮胶、聚硫胶、聚氨酯胶、丙烯酸酯胶等。
- 8．门、窗构件应连接牢固，需用耐腐蚀的填充材料使连接部位密封、防水。在推拉窗下框上，应开有6 ×50mm 的长方形排水孔，及时排出雨水。
- 9．铝合金门、窗制作完成后，应用无腐蚀性的软质材料包紧扎牢，放置在通风干燥的地方，严禁与酸、碱、盐等有腐蚀性的物品接触。露天存放时，下部位垫高100mm 以上，上面应覆盖篷布保护。
- 10．墙体与连接件、连接件与门窗框的连接方式，可按下列情况确定：
- 连接件焊接连接：适用于钢结构；
- 预埋件连接：适用于钢筋混凝土结构；
- 燕尾铁脚连接：适用于砖墙结构；
- 金属膨胀螺栓连接；适用于钢筋混凝土结构、砖墙结构
- 射钉连接：适用于钢筋混凝土结构

第三节 铝合金门窗五金配件

一、铝合金门五金配件

铝合金门五金配件如表4 -5 所示。

表4 -5 铝合金门五金配件

序号	项目	单位	单扇地弹门	双扇地弹门	四扇地弹门	单扇平开门
1	国产地弹簧	个	1	2	4	-
2	门锁	把	1	1	3	-
3	铝合金拉手	对	1	2	4	-
4	门插	套	-	2	4	-
5	门铰	个	-	-	-	2
6	螺钉	元	-	-	-	1 .04
7	门锁	把	-	-	-	1

二、铝合金窗五金配件

铝合金窗五金配件如表4 -6 所示。

表4 -6 铝合金窗五金配件

序号	项 目	单位	推拉窗			单扇平开窗		双扇平开窗	
			双扇	三扇	四扇	不带顶窗	带顶窗	不带顶窗	带顶窗
1	锁	把	2	2	4	-	-	-	-
2	滑轮	套	4	6	8	-	-	-	-
3	铰拉	套1	1	1	-	-	-	-	
4	执手	套	-	-	-	1	1	2	2
5	拉巴	支	-	-	-	1	1	2	2
6	拉手	个	-	-	-	1	1	2	2
7	白钢勾	元	-	-	-	0 .16	0 .16	0 32	0 32
8	风撑90°	支	-	-	-	2	2	4	4
9	风撑60°	支	-	-	-	-	2	-	2
10	角码	个	-	-	-	4	8	8	12
11	牛角制	套	-	-	-	-	1	-	1

第四节 铝合金门窗制作要点

一、现场制作的条件与要求

铝合金门复制作时，由于铝型材易于切割、易于组装连接，制作工艺简单，对组装

加工设备和对组装的环境要求也不高，在施工现场制作十分方便，而且也能够保证制作质量。由于铝合金门窗制作具备上述的有利条件，因此在施工现场制作就可以大大减少门、窗的包装与运输工作量，特别是当门、窗的加工尺寸较大时，可以减少因搬运和堆码不当所产生的变形。所以，在施工现场加工铝合金门、窗，在目前已许多铝合金门窗专业生产单位常用的办法。

现场制作铝合金门、窗的条件与要求如下：

现场制作铝合金门、窗，必须配备小型化和携带式的电锯、电钻等电动机具，常用的有手提式电锯、手提式电钻、手枪式电钻、小型台钻等。

制作铝合金门窗的场地要求简单，如施工现场的工棚、未整修的房间都可以作临时加工的场地。

铝合金门、窗一般都是在墙体完成后再行安装，因此采用现场制作更有利于核对门、窗的型号、规格、尺寸、数量，发现问题可及时进行调整，以免造成不必要的浪费。

现场制作铝合金门、窗，必须使用具有一定技术水平，具有加工与安装能力的专业队伍。要有专人负责现场制作的管理工作，以确保门、窗制作的质量。

## 二、材料选购

### 1．铝型材规格。

首先是按设计要求选购门、窗料，铝型材是制作铝合金门、窗的主要材料。常用的规格有：100 系列地弹簧门（外框料宽100mm）、90 系列推拉门（外框料宽90mm）、70 系列推拉窗（外框料宽70mm）、55 系列推拉窗（外框料宽55mm）、50 系列平开窗（外框料宽50mm）等。

### 2．铝型材厚度

铝型材的断面几何尺寸目前已经系列化，但对型材板壁的厚度尚无硬性规定。板壁太薄，刚度不足，易使表面受损或变形，降低了门、窗抗风压的能力，而且耐久性较差，但价格较低；板壁过厚，虽提高了门、窗的刚度和耐久性，但是，同样1t 料所加工的铝合金门、窗面积就会减小，使投资效益受到影响。所以门、窗料的板壁厚度应合理，过厚、过薄都是不妥的。一般建筑所用的窗料板壁厚度为1.2~1.6mm 较妥，门料所用的断面板壁厚度为1.5~2mm 较妥。

### 3．氧化膜

氧化膜起保护铝型材表面的作用，其颜色有深古铜色、浅古铜色、银白色、金色

等，应根据建筑装饰要求选用不同颜色的氧化膜。氧化膜的厚度，应根据气候条件、使用部位、建筑物等级以及经济条件等因素进行综合考虑，正确选定。如沿海地区由于受海风侵蚀较重，就要选用较厚的氧化膜。

4 . 配件选择

铝合金门、窗所用的配件，应按设计要求、门窗类别，合理选用。如铝合金地弹簧门的地弹簧应为不锈钢面或铜面，使用前进行前后、左右开闭速度的调整；推拉窗的拉锁可按设计要求选定，常用锌合金压铸制品、表面镀铬或覆膜；平开窗的合页应用不锈钢制品，钢片厚度不宜小于1.5mm，并且有松紧调节装置；滑块一般为铜制品；执手可选用锌合金压铸制品，表面镀铬或腐膜，也可选用铝合金制品，表面氧化处理。

三、 铝合金门窗制作

铝合金门、窗制作的工序为：断料 钻孔 组装 保护或包装等四道工序。

1 . 断料

断料前应按照门、窗各杆件需要的长度划线，按线使用切割设备进行断料。断料时应根据铝合金设计图纸的规格、尺寸，结合所用铝合金型材的长度，长短搭配，合理用料，减少短头废料。

切割设备可用小型台锯、手提式电锯以及普通钢锯进行切割。但不论采用何种机具进行切割，均应保证切割的精度，否则组装的方正受到影响，尤其是切割具有一定角度的斜面时，更要十分注意，以免影响组装的质量。

断料时要注意同一批料一次下齐，并要求表面氧化膜的颜色一致，以免影响美观。

一般推拉门、窗断料宜采用直角切割；平开门、窗断料宜采用45°角切割。至于其他类型采用哪种方式，则应根据拼装方式决定。

2 . 钻孔

铝合金门、窗各杆件的连接，均是采用螺钉、铝拉钉来进行固定。因此，在连接部位都要进行钻孔。

在进行钻孔前，应先在工作台或铝型材上划好线，量准孔眼的位置，经核对无误后再进行钻孔，以免钻出废孔，难以修复。

型材杆件钻孔，批量生产时宜用小型台钻，以确保孔位的精度；现场制作钻孔时，也可使用手枪式电钻，携带方便，操作灵活，但要求操作人员应将孔位定准，钻头垂直，以确保钻孔的质量。对于安装拉锁、执手、圆锁等较大孔洞，可在工厂用插床加工；现场加工时，可先钻孔，然后再用手锯切割，最后再用锉刀修平。



3 . 组 装

铝合金门、窗的组装方式常用的有45°角对接、直角对接，垂直插接三种。如图4-5 所示。

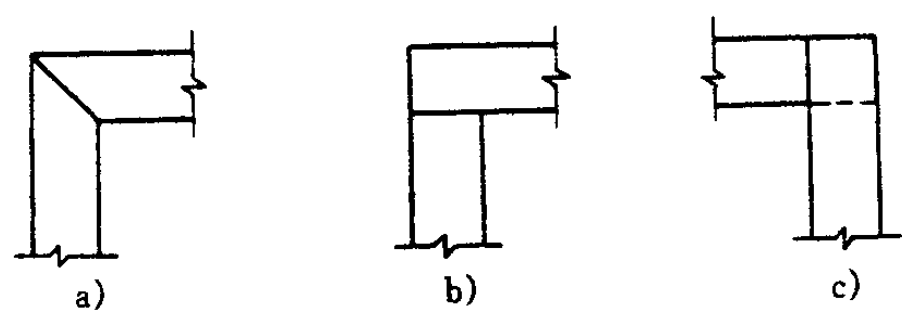


图4 -5 对接形式示意

a) 45°角对接b) 直角对接c) 垂直插接

横竖杆件的连接，一般采用专用的连接件或铝角，再用螺钉、螺栓或铝拉钉固定。

平开窗在45°角对接处，可在杆件内部加设铝角，然后用撞角的办法将横竖杆件连成整体。所谓撞角，实质上是用专用的工具，利用铝材较软的特点，在型材的表面，冲成几个较深的毛刺，使型材与铝角连结。

推拉窗框横竖构件的连接，一般可在构件端头加铝角，然后钻孔用螺钉或铝拉钉固定，连成整体。

铝合金门、窗的配件（表4 -5、表4 -6）均是成品，安装时按正确的位置固定即可。门、窗上的各种密封条，如推拉窗上的尼龙毛条、平开窗上的橡胶压条，可按照需要将其插入或压入即可。

组装所使用的螺钉，宜用不锈钢螺钉，以免表面锈蚀破坏。

4 . 保护与包装

铝合金门、窗组装完毕后应对其进行保护，一般可用塑料胶纸、塑料薄膜等材料，将所有。

杆件的表面严密包裹起来。尤其是铝合金门、窗框安装较早，土建施工中的水泥砂浆等易掉。

落沾污在铝合金门、窗框的表面上，使铝合金的表面氧化膜遭到破坏，影响质量。

包装应按货号、规格、框扇分别包装。每件产品都要覆盖包装纸，用塑料胶纸贴牢。

包装好的铝合金门、窗，要做好标志，在堆放和运输时严禁平放，必须竖放，以减小门、窗框的受力变形。

第五节 铝合金门窗安装要点

一、门窗安装前的准备工作

- 1．铝合金门窗的品种、规格、开启形式应符合设计要求，各种附件配套齐全，并有产口出厂合格证。
- 2．铝合金门、窗框必须采用后塞门的方法，在结构施工期间，按设计洞口的尺寸留出。故门、窗框加工的尺寸应略小于洞口尺寸，门、窗框与洞口之间的空隙，应视不同的饰面材料而定，一般可参考表4 -7 所示。

表4 -7 门窗框与洞口之间的空隙

序号	饰面材料	宽度/mm		高度/mm	
		洞口	门窗框	洞口	门窗框
1	水泥砂浆抹面	B	-50	H	H -50
2	墙面贴瓷砖	B	-60	H	H -60
3	墙面贴大理石、花岗岩	B	-100	H	H -100

- 3．铝合金门、窗框安装的时间，应选择主体结构基本结束后进行，铝合金扇安装的时间，宜选择在室内外装修基本结束后进行。以免土建施工时将其损坏。
- 4．安装铝合金门、窗框前，应逐个核对门、窗洞口的尺寸，与铝合金门、窗框的规格是否相适应。
- 5．按室内地面弹出的50 线和垂直线，标出门、窗框安装的基准线，作为安装时的标准。要求同一立面上门、窗的水平及垂直方向应做到整齐一致。如在弹线时发现预留洞口的尺寸有较大的偏差，应及时调整、处理。
- 6．对于铝合金门，除以上提到的确定位置外，还要特别注意室内地面的标高。地弹簧的表面应与室内地面饰面标高一致。

二、铝合金门窗框安装

- 1．按照在洞口上弹出的门、窗位置线，根据设计要求，将门、窗框立于墙的中心

线部位或内侧，使窗、门框表面与饰面层相适应。

2．将铝合金门、窗框临时用木楔固定，待检查立面垂直、左右间隙大小、上下位置一致，均符合要求后，再将镀锌锚板固定在门、窗洞口内。

3．铝合金门、窗框上的锚固板与墙体的固定方法有射钉固定法、膨胀螺丝固定法以及燕尾铁脚固定法等，可根据要求选用。

4．锚固板是铝合金门、窗框与墙体固定的连接件，锚固板的一端固定在门、窗框的外侧，另一端固定在密实的洞口墙体内。锚固板的形状如图4 -6 所示。

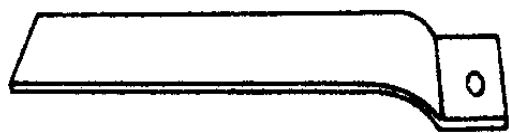


图4 -6 锚固板示意  
(厚度1 5mm ，长度可  
根据需要加工)

5．锚固板应固定牢固，不得有松动现象，锚固板的间距不应大于500mm 。如有条件时，锚固板方向宜在内、外交错布置。

6．带型窗、大型窗的拼接处，如需增设角钢或槽钢加固，则其上、下部要与预埋钢板焊接，预埋件可按每100mm 间距在洞口内均匀设置。

7．严禁在铝合金门、窗上连接地线进行焊接工作，当固定铁码与洞口预埋件焊接时，门窗框上要盖上橡胶石棉布，防止焊接时烧伤门窗。

8．铝合金门、窗框与洞口周边的间隙，应采用矿棉条或玻璃棉毡条分层填塞，缝隙表面留5 ~8mm 深的槽口，填嵌密封材料。在施工中注意不得损坏门窗上面的保护膜；如表面沾污了水泥砂浆，应随时擦净，以免腐蚀铝合金，影响外表美观。

9．严禁利用安装完毕的门、窗框搭设和捆绑脚手架，避免损坏门、窗框。

10．全部竣工后，剥去门、窗上的保护膜，如有油污、脏物，可用醋酸乙酯擦洗(醋酸、乙酯系易燃品，操作时应特别注意防火)。

### 三、铝合金门窗扇安装

1．铝合金门、窗扇安装，应在室内外装修基本完成后进行。

2．推拉门、窗扇的安装：将配好的门、窗扇分内扇和外扇，先将外扇插入上滑道的外槽内，自然下落于对应的下滑道的外滑道内，然后再用同样的方法安装内扇。

- 3．对于可调导向轮，应在门、窗扇安装之后调整导向轮，调节门、窗扇在滑道上的高度，并使门、窗扇与边框间平行。
- 4．平开门、窗扇安装：应先把合页按要求位置固定在铝合金门、窗框上，然后将门、窗扇嵌入框内临时固定，调整合适后，再将门、窗扇固定在合页上，必须保证上、下两个转动部分在同一个轴线上。
- 5．地弹簧门扇安装：应先将地弹簧主机埋设在地面上，并浇筑混凝土使其固定。主机轴应与中横挡上的顶轴在同一垂线上，主机表面与地面齐平。待混凝土达到设计强度后，调节上门顶轴将门扇装上，最后调整门扇间隙及门扇开启速度。

四、玻璃安装

玻璃安装是铝合金门、窗安装的最后道工序，其内容包括玻璃裁割、玻璃就位，玻璃密封与固定等。

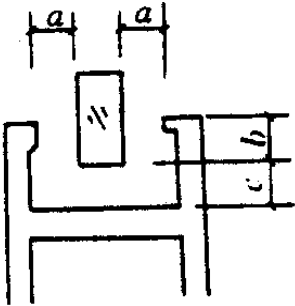
1．玻璃裁割

裁割玻璃时，应根据门、窗扇（固定扇则为框）的尺寸来计算下料尺寸。一般要求玻璃侧面及上、下都应与金属面留出一定的间隙，以适应玻璃胀缩变形的需要。根据国家标准《平开铝合金门》（GB8478—87）、《推拉铝合金门》（GB8480—87）、《平开铝合金窗》（GB8479—87）、《推拉铝合金窗》（GB8481—87）、《铝合金地弹簧门》（GB8482—87）等的规定，平板玻璃、中空玻璃与玻璃槽的配合尺寸如表4 -8、表4 -9 所示。

表4 -8 平板玻璃与门窗玻璃槽的配合尺寸

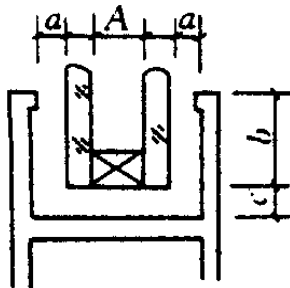
序号	门窗种类	玻璃厚度 /mm	配合尺寸/mm		
			a	b	c
1	开铝合金门、 推拉铝合金门	5、6	2 5	6	4
		8	3	8	5
2	平开铝合金窗、 推拉铝合金窗	3	2 5	5	3
		4、5、6	2 5	6	3
		8	3	8	3

续表

序号	门窗种类	玻璃厚度 /mm	配合尺寸/mm		
			a	b	c
3	弹簧门	5	2 5	6	5
		6	3	6	6
		8	3	8	8
4	图例				

注 :a—镶嵌口净宽 ;b—镶嵌深度 ;c—镶嵌槽间隙。

表4 -9 中空玻璃与门窗玻璃槽的配合尺寸 (单位 :mm )

序号	门窗种类	平开铝合金门、推拉铝合金门、平开铝合金窗、推拉铝合金窗									
	玻璃厚度/mm	固定部分					可动部分				
		a	b	c			a	b	c		
				下边	上边	两侧			下边	上边	两侧
1	3 +A +3	5	12	7	6	5	5	12	7	3	3
2	4 +A +4		13					13			
3	5 +A +5		14					14			
4	6 +A +6		15					15			
5	图例										

注 :A =6、9、12mm ,为空气层的厚度。

2．玻璃就位

当玻璃单块尺寸较小时，可用双手夹住玻璃就位，如果单块玻璃尺寸较大，为便于操作，就需用玻璃吸盘。

3．玻璃密封

与固定玻璃就位后，应及时用胶条固定。密封固定的方法有三种：

- (1) 用量胶条嵌入凹槽挤紧玻璃，然后在胶条上面注入硅酮系列密封胶；
- (2) 用10mm 长的橡胶块将玻璃挤住，然后在凹槽中注入硅酮密封胶；
- (3) 将橡胶条压入凹槽、挤紧，表面不再注胶。

玻璃应放在凹槽的中间，内、外两侧的间隙不应少于2mm，否则会造成密封困难；但也不宜大于5mm，否则胶条起不到挤紧、固定的作用。玻璃的下部不能直接座落在金属面上，而应用3mm 厚的氯丁橡胶垫块将玻璃垫起。

五、清理

- 1. 铝合金门、窗交工前，应将型材表面的保护塑料胶纸撕掉，如果塑料胶纸在型材表面留有胶痕，宜用香蕉水清洗干净。
- 2. 铝合金门、窗框扇，可用水或浓度为1%~5%的pH7.3~9.5 的中性洗涤剂充分清洗，再用布擦干。不应用酸性或碱性制剂清洗，也不能用钢刷刷洗。
- 3. 玻璃应用清水擦洗干净，对浮灰或其他杂物，要全部清除干净。
- 4. 待定位销孔与销对上后，再将定位销完全调出，并插入定位销孔中。

六、铝合金门窗安装质量要求

- 1. 铝合金门窗及零附件质量均应符合现行国家标准、行业标准的规定，按设计要求选用。不得使用不合格产品。
- 2. 铝合金门窗框安装必须牢固；预埋件的数量、位置、埋设连接方法及防腐处理必须符合设计要求。
- 3. 铝合金平开门窗扇应关闭严密、间隙均匀，开关灵活；推拉门窗扇应关闭严密、间隙均匀，扇与框搭接量符合设计要求；弹簧门扇应自动定位准确，开启角度为90°±1.5°，关闭时间在6~10s 范围内。
- 4. 铝合金门窗附件应安装齐全，位置正确、牢固，灵活适用，端正美观，达到各自的功能。
- 5. 铝合金门窗框与墙体间缝隙应嵌填饱满密实，表面平整、光滑、无裂缝，填塞材料、方法符合设计要求。
- 6. 铝合金门窗表面应洁净，无划痕、碰伤、锈蚀；涂胶表面光滑、平整，厚度均匀，无气孔。
- 7. 铝合金门窗关闭后各配合处无缝隙，不透气，不透光。
- 8. 铝合金门窗安装质量的允许偏差，如表4-10 所示。

表4 -10  铝合金门窗安装质量的允许偏差

序号	项    目		允许偏差 /mm	检验方法
1	门窗槽口宽度高度	200mm	±1.5	用3m 钢卷尺检查
		>200mm	±2	
2	门窗槽口对边尺寸之差	200mm	2	用3m 钢卷尺检查
		>200mm	2.5	
3	门窗槽口对角线尺寸之差	200mm	2	用3m 钢卷尺检查
		>200mm	3	
4	门窗框（含拼樘料）的垂直度	200mm	2	用吊线及水平靠尺检查
		>200mm	2.5	
5	门窗框（含拼樘料）的水平度	200mm	1.5	用水平靠尺检查
		>200mm	2	
6	门窗框扇搭接宽度差	2m <sup>2</sup>	±1	用深度尺或钢板尺检查
		>2m <sup>2</sup>	±1.5	
7	门窗开启力		60N	用100N 弹簧称检查
8	门窗横框标高		5	用钢板尺检查
9	门窗竖向偏离中心		5	用吊线、钢板尺检查
10	双层窗内外框、框（含拼樘料）中心距		4	用钢板尺检查

## 第五章 塑料门窗

### 第一节 特性及主要种类

#### 一、简述

塑料门窗一般都是在专门的工厂进行加工组装，做成成品运到工地，有的甚至将玻璃都在工厂中安装好后才送往施工现场安装。

塑料门窗是以聚氯乙烯、改性聚氯乙烯或其他树脂为主要原料，轻质碳酸钙为填料，添加适量助剂和改性剂，经双螺杆挤压机挤出成型成各种截面的空腹门窗异型材组装而成。

塑料门窗，因其造型美观、线条挺拔清晰，表面光洁，而且防腐、密封、隔热及不需进行涂漆维护等特点在门窗行业中崛起。并深受用户青睐、在建筑上得到广泛的应用。

#### 二、塑料门窗的特性

##### 1. 耐腐蚀性好

塑料门窗对于一般酸碱及大气中有害气体的耐腐蚀能力很强。这一特点，使得它可以用于多雨湿热的地区及有腐蚀性气体的环境中。

##### 2. 隔热性能好

在常用的钢、木、铝合金及塑料门窗当中，以塑料门窗的隔热性能要较其他三种门窗好得多。而一般情况下，建筑物从门窗所散失的热量要占全部热量损失的40 %左右。因此，塑料门窗对于节省能源的作用是很大的。

##### 3. 气密、水密、隔音性能好

因塑料门窗在制作时采用双级密封，一些高档产品甚至采用三级密封。所以，其气密性、水密性和隔音性能均很好。例如，普通钢木窗的隔音量约为25dB，而塑料窗的隔音量则可达30dB。



### 4. 装饰性能好

现代塑料窗，是以硬质塑料挤出成型方法生产的，而且断面尺寸较大，断面形状亦较复杂，挤出异型材的壁厚也比较大。因此，其外形尺寸较为精确，各种线条及棱角也较为清晰挺拔：同时，硬质塑料窗还可以着色，可以有各种彩色的窗供用户选用。

### 5. 价格比较合理

根据使用情况看，低档仿木门窗型产品方面，塑料门窗的价格较钢木门窗均便宜；但在中高档产品方面，塑料门窗的价格较钢门窗、木门窗都要高些。但综合看来，塑料门窗密封性能好，不需涂装，不需日常保养维护，不会被锈蚀等。因此，则可看出塑料门窗的总体价格还是比较合理的。

### 6. 机械性能符合使用要求

塑料门窗的抗弯曲变形能力较差，使人们对塑料门窗持怀疑态度。但是为了提高塑料门窗的抗弯曲变形能力，同时又不增大承载截面面积，目前普遍采用的是塑料门窗异型材中衬加强筋的方法。这样塑料门窗的刚度和机械强度完全能符合要求。

### 7. 耐候性良好

硬质塑料门窗通过各种试验证明适于室外，能经受起风吹、日晒、雨淋、大气侵蚀及环境污染等。

## 三、塑料门窗的主要种类塑料

### 1. 钙塑门窗

钙塑门窗系以聚氯乙烯树脂为主要原料，加入定量的改性、增强材料、稳定剂、防老化剂、抗静电剂等加工而成。具有耐酸、耐碱、可锯、可钉、不吸水、耐热性能高、隔音好、重量轻、不腐蚀、不需油漆等特点。

钙塑门窗有多种类型和规格，分别为室门、壁橱门、单元门、商店门等及不同规格的窗。有的可根据建筑设计图纸要求进行加工。

### 2. 改性聚氯乙烯内门

改性聚氯乙烯内门，是以聚氯乙烯为主要原料，添加适量的助剂和改性剂，经挤出机挤出成各种截面的异型材，在根据不同的品种规格选用不同截面异型材组装而成。具有质轻、阻燃、隔热、隔音、防湿、防腐、色泽鲜艳、不需油漆、采光性好、装潢别致等优点。可取代木制门，用于共建公筑、宾馆及民用住宅的内部。

### 3. 改性聚氯乙烯塑料夹层门

改性聚氯乙烯塑料夹层门系采用聚氯乙烯塑料中空型材为骨架，内衬芯材，表面用聚氯乙烯装饰板复合而成，其门框由抗冲击聚氯乙烯中空异型材经热溶焊接加工拼装而成。改性聚氯乙烯塑料夹层门具有材质轻、刚度好、防霉、防蛀、耐腐蚀、不易燃、外

形美观大方等优点，适用于住宅、学校、办公楼、宾馆的内门及地下工程和化工厂房的内门。

### 4．改性全塑整体门

全塑整体门是以聚氯乙烯树脂为主要原料，配以一定量的抗老化剂、阻燃剂、增塑剂、稳定剂和内润滑剂等多种优良助剂，经机械加工而成。全塑整体门的门扇是一个整体，在生产中采用一次成型工艺，摆脱了传统组装体的形式。其外观清雅华丽，装饰性强，可制成各种单一颜色，也可同时集三种颜色在一门扇之上。改性全塑整体门质量坚固，耐冲击性强，结构严密，隔音隔热性能均优越于传统木门，且安装简便，省工省料，使用寿命长，是很为理想的以塑代木产品。适用于宾馆、饭店、医院、办公楼及民用建筑的内门，也适用于作化工建筑的内门。改性全塑整体门的使用温度可在零下20℃至零上50℃之间。

### 5．全塑折叠门

同全塑整体门一样，全塑折叠门是以聚氯乙烯为主要原料配以一定量的防老化剂、阻燃剂、增塑剂、稳定剂等，经机械加工制成。全塑折叠门具有质量轻，安装与使用方便，装饰效果有豪华、高雅之感，推拉轨迹顺直，自身体积小而遮蔽面积大，适用于多种环境和场合等优点。特别适用于更衣间屏幕、浴室内门和用作大、中型厅堂的临时隔断等。

全塑折叠门的颜色可根据设计要求定制，如棕色仿木纹及各种印花图案。其附件主要是铝合金导轨及滑轮等。

### 6．折叠式塑料异型组合屏风

折叠式塑料异型组合屏风是一种无增塑硬聚氯乙烯异型挤出制品，具有良好的耐腐蚀、耐候性、自熄性及轻质、强度高等特点。其表面可装饰花纹，既美观大方又节省油漆，易清洗，安装方便，使用灵活。适用于宾馆会客厅及房间的间隔装饰；也可用作一般公用建筑和民用住宅的室内隔断、浴帘及内门等。

### 7．玻璃钢门窗

玻璃钢门窗是以合成树脂为基体材料，以玻璃纤维及其制品为增强材料，经一定成型加工工艺制作而成。其结构形式一般有实心窗、空腹窗及隔断门和走廊门扇等空腹薄壁玻璃钢窗由于刚度较好，不易变形，使用效果也较好，因此获得较多的采用。它是以无碱无捻方格玻璃布为增强材料，不饱和聚酯树脂为胶粘剂制成空腹薄壁玻璃钢型材，然后再加工拼装成窗。SMC压制窗由于具有成本低、使用方便、生产效率高和制品表面光洁度好等优点，也获得了较快发展。

玻璃钢门窗与传统的钢门窗、木门窗相比，具有轻质、高强、耐久、耐热、绝缘、抗冻、成型简单等特点，其耐腐蚀性能更为突出：此类门窗除用于一般建筑之外，特别适用于湿度大、有腐蚀性介质的化工生产车间，火车车厢，以及各种冷库的保温门窗。

⑧) 塑料百页扇

塑料百页扇是采用硬质改性聚氯乙烯、玻璃纤维增强聚丙烯及尼龙等热塑性塑料加工而成：其品种有活动百页窗和垂直百页窗帘等，如北京生产的垂直百页窗帘片，即是采用各种颜色和花纹的聚酯薄片。传动系统采用丝杠及涡轮副机构，可以自动启闭及180°转角，实现灵活调节光照，造成室内光影交错的气氛。

塑料百页窗适用于工厂车间通风采光，适用于人防工事、地下室坑道等湿度大的建筑工程：同时也适用于宾馆、饭店、影剧院、图书馆、科研计算中心、民用住宅等各种窗的遮阳和通风。

第二节 门窗用异型材及基本构造

一、塑料门、窗用异型材

(一) 窗框异型材

1. 对窗框异型材的要求

- ①) 有适当的断面形式，以使它能便于通过固定件固定在墙体上
- ②) 有安装玻璃和装设密封条的沟槽，以便构成固定窗
- ③) 要能与窗扇配合组成活动窗
- ④) 需考虑有安装合页等五金件的断面

2. 窗框异型材种类

①) 固定窗窗框异型材。该种异型材用于组装固定窗，截面形式如图5 -1 所示：在安装玻璃一侧的臂是一个中空肋，中空肋的末端有一凹槽，用来安装固定玻璃密封条；在中空肋的对侧也有一个凹槽，用来安装玻璃压条，即压玻璃异型材。

②) 凹入式窗框异型材。该种异型材主要是用于凹入式开启窗，截面形式如图5 -2 所示，异型材上突起的部位，可与窗扇密接。

③) 外平式窗框异型材。该种异型材主要是用于外平式平启窗，截面形式如图5 -3 所示，异型材上突起的部位，可与窗扇密接。

④) T 形窗框异型材。该种异型材主要用于双扇窗的中间框。不同的截面分别用于固定窗（图5 -4a）、凹入式开启窗（图5 -4b）、外平式开启窗（图5 -4c），以及一侧固定一侧开启窗（图5 -4d）。

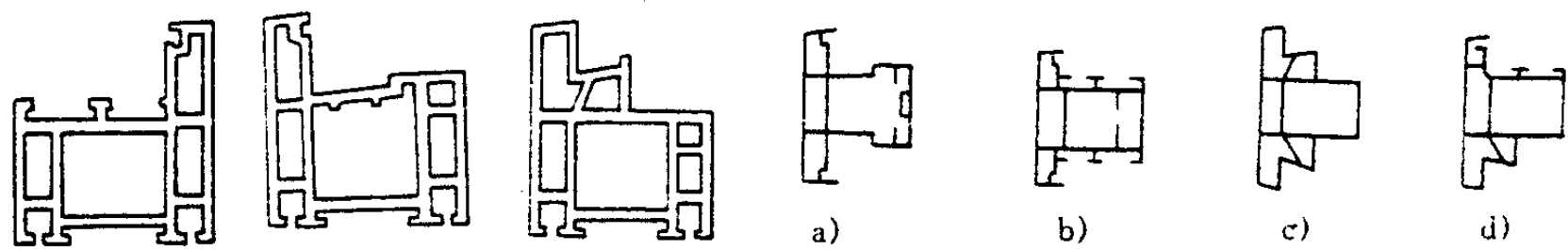


图5 -1 固  
定窗窗框  
异型材截  
面形式

图5 -2 凹  
入式开启窗  
框异型材  
截面形式

图5 -3 外  
平式开启窗  
框异型材  
截面形式

图5 -4 T 形窗框异型材截面形式  
a) 固定窗b) 凹入式开启窗c) 外平式开启窗  
d) 一侧固定、一侧开启窗

(二) 窗扇异型材

1. 对窗扇异型材的要求

- (1) 可以用玻璃压条、玻璃背等固定玻璃异型材干法安装玻璃。
- (2) 断面上有适当形状的沟槽嵌固安装密封条，以使玻璃与窗扇之间、窗扇与窗框之间均能得到良好的密封。
- (3) 能够牢固地安装合页

2. 窗扇异型材种类

窗扇异型材一般多为Z 形，其截面上的两条臂均为带有一个嵌固凹槽的中空肋，其中一条臂用于安装玻璃；另一条臂则通过嵌入凹槽内的密封条与窗框异型材相密接。和窗框异型材一样，窗扇异型材因凹入式开启窗和外平式开启窗的差异，在细部结构上也有一些不同。Z 形窗窗扇异型材的截面形式如图5 -5 所示。

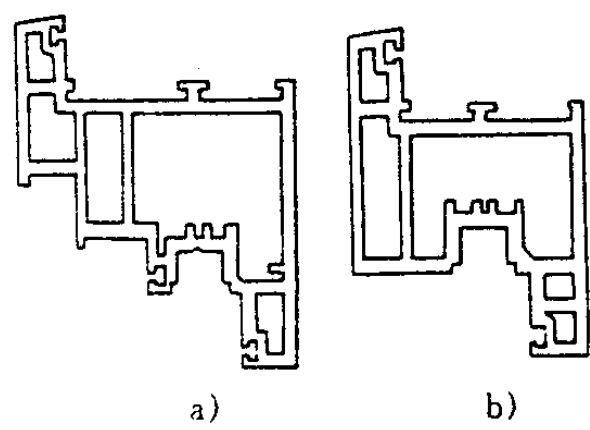


图5 -5 塑料窗扇Z 形  
异型材截面形式  
a) 凹窗扇b) 平窗扇

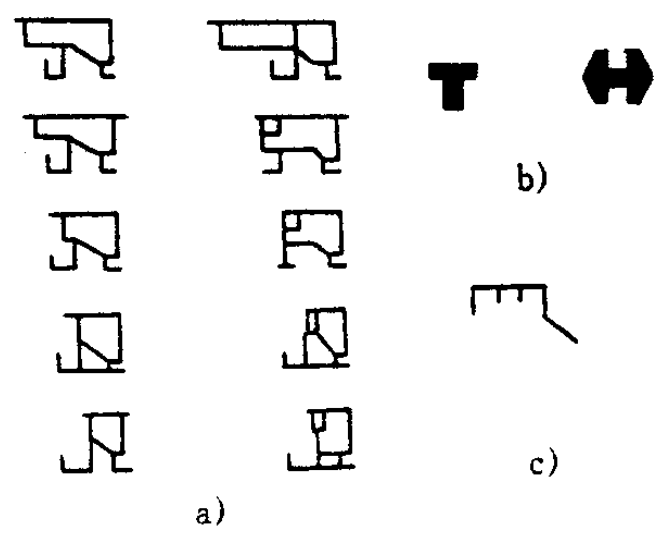


图5 -6 塑料窗辅助异  
型材截面形式  
a) 压玻璃条b) 玻璃脊c) 扇间密封条

3. 窗用辅助异型材

塑料窗用辅助异型材主要包括玻璃压条和各种密封条。玻璃压条为不同断面形式的

固定玻璃的异型压条；密封条分两种，一种是密封窗扇和窗框的密封条，另一种用以密封窗玻璃的密封条。图5 -6 所示的是部分塑料窗用辅助异型材的截面形状。

(三) 门框异型材

- 1. 主门框异型材：如图5 -7 所示，其截面上向外伸出部分的作用，是遮盖门边。
- 2. 门盖板异型材：如图5 -8 所示，其作用是遮盖门洞口的其余外露部分。

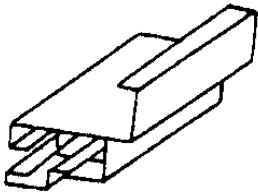
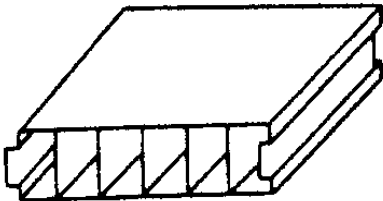
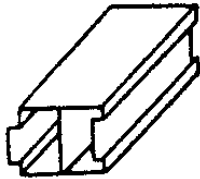


图 5-7 主门  
框异型材



a)



b)

图 5-9 门芯  
板异型材  
a) 大门芯板型材  
b) 小门芯板型材

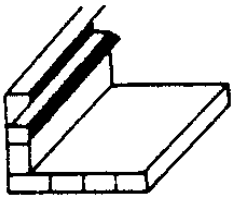


图 5-8  
门盖板

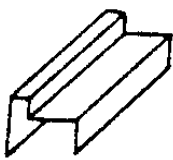


图 5-10  
门边框  
异型材

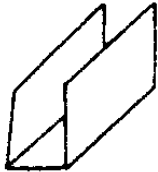


图 5-11  
门底框

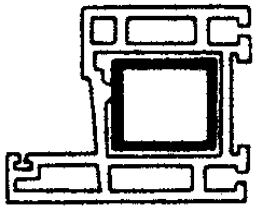
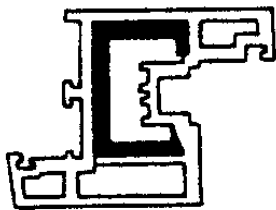


图 5-12 增强型材

(四) 门扇异型材

- 1. 门芯板异型材：又可分为大门芯板异型材与小门芯板异型材两种，如图5 -9 所示，以适应拼装各种不同尺寸的门板。门芯板两侧均带有企口槽，以便将门芯板相互牢固连接起来
- 2. 门扇边框异型材：其中一种是门边框，如图5 -10 所示，用于门扇两侧及上部的包边；另一种是门底框，如图5 -11 所示。用于门扇底部的包边。

(五) 增强型材

由于塑料的刚度较差，因此，对于大面积的窗或风压较大的地区，就要设法提高塑料门窗的刚度。一般要求当窗框异型材的长度大于1.6m，窗扇异型材的长度大于1.0m时，就必须衬用增强型材。一般采用钢材作为增强型材，即将增强型材较宽松的插入塑料门窗框、扇的空腔室中，然后用螺钉固定，如图5 -12 所示。

二、塑料门窗的基本构造

- 1. 固定窗的基本构造：如图5 -13 所示

- 2. 平开窗的基本构造：如图5 - 14 所示
- 3. 推拉窗的基本构造：如图5 - 15 所示
- 4. 平开门的基本构造：如图5 - 16 所示

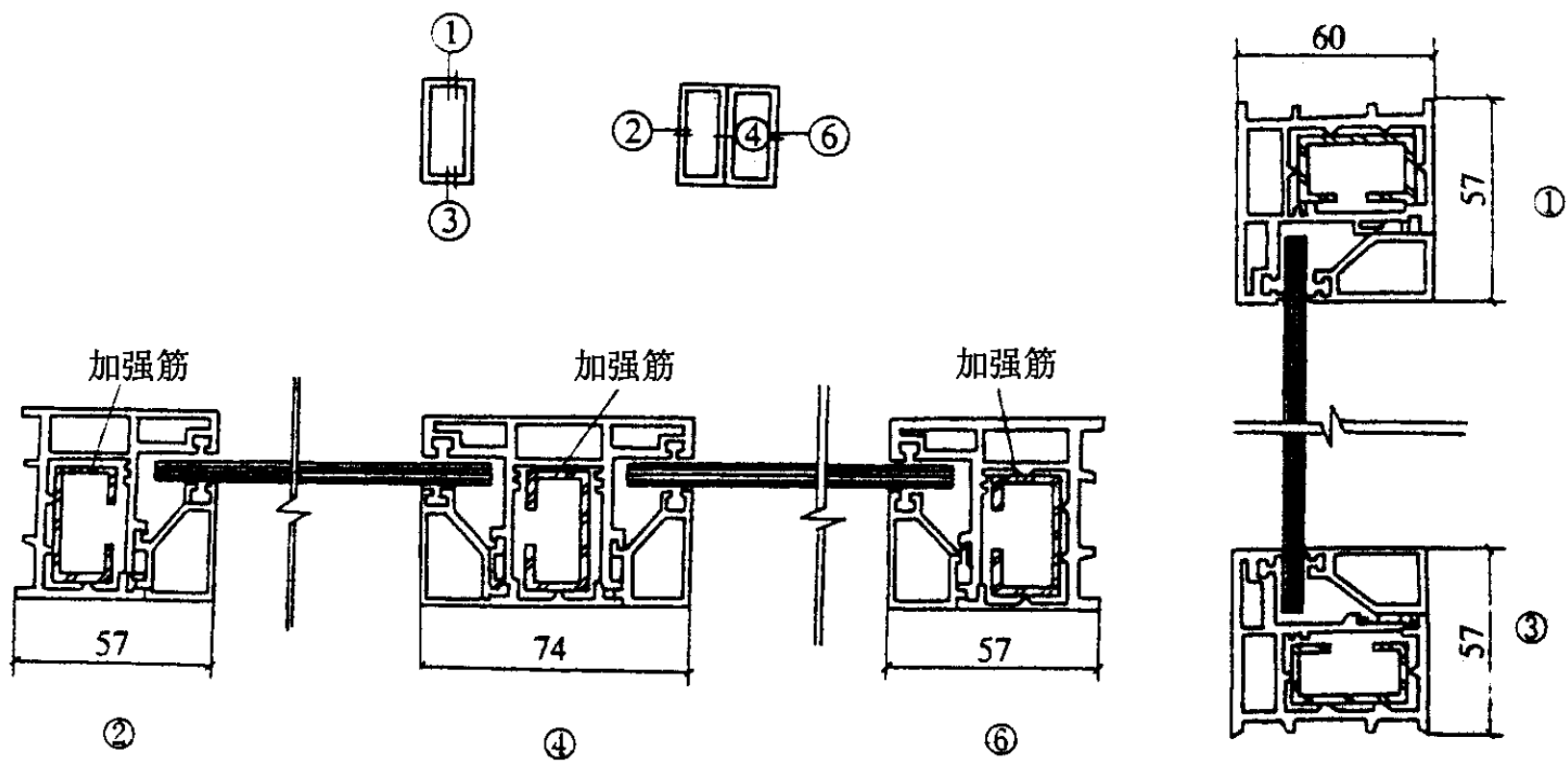


图5 - 13 固定窗

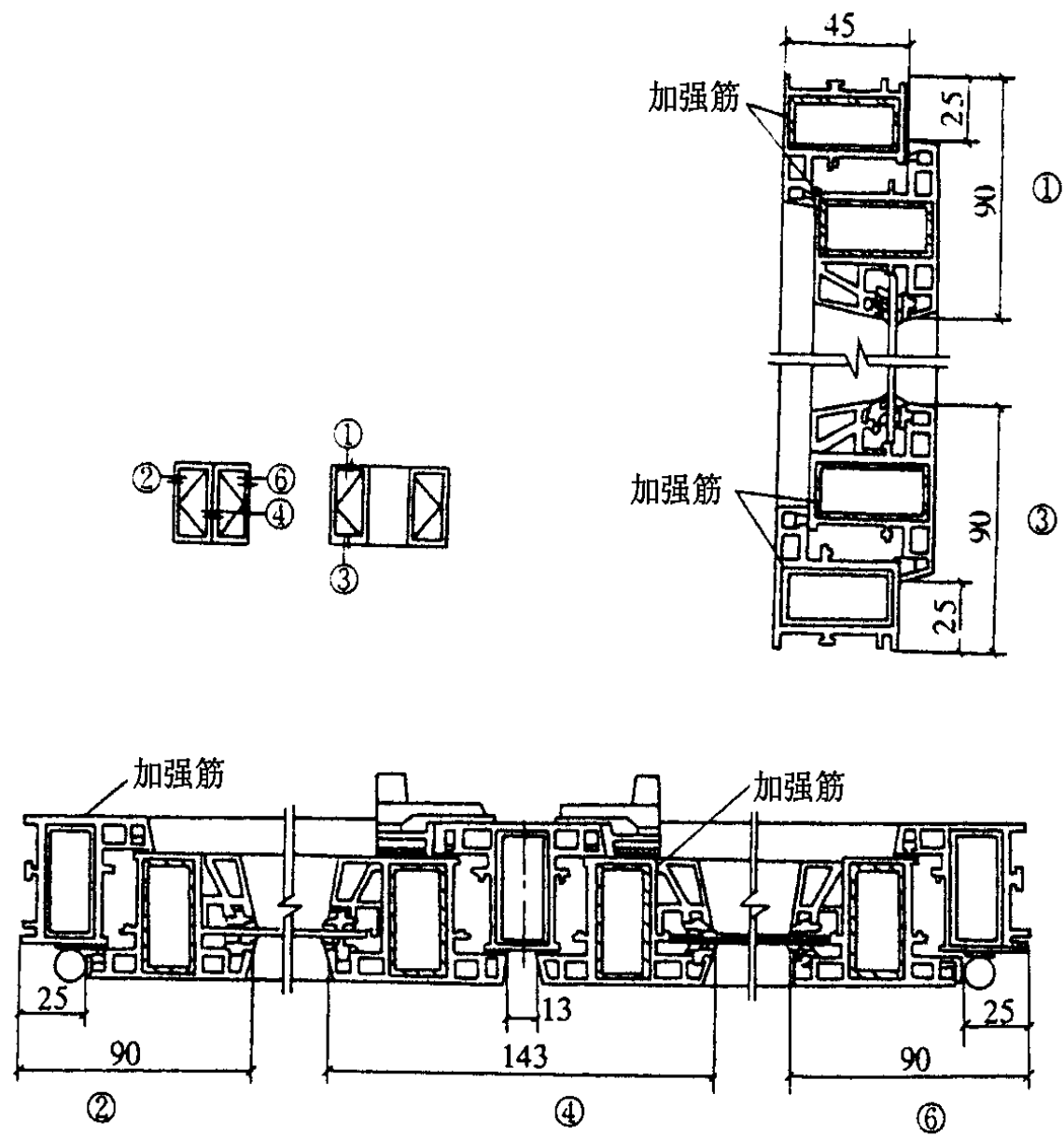


图5 - 14 平开窗

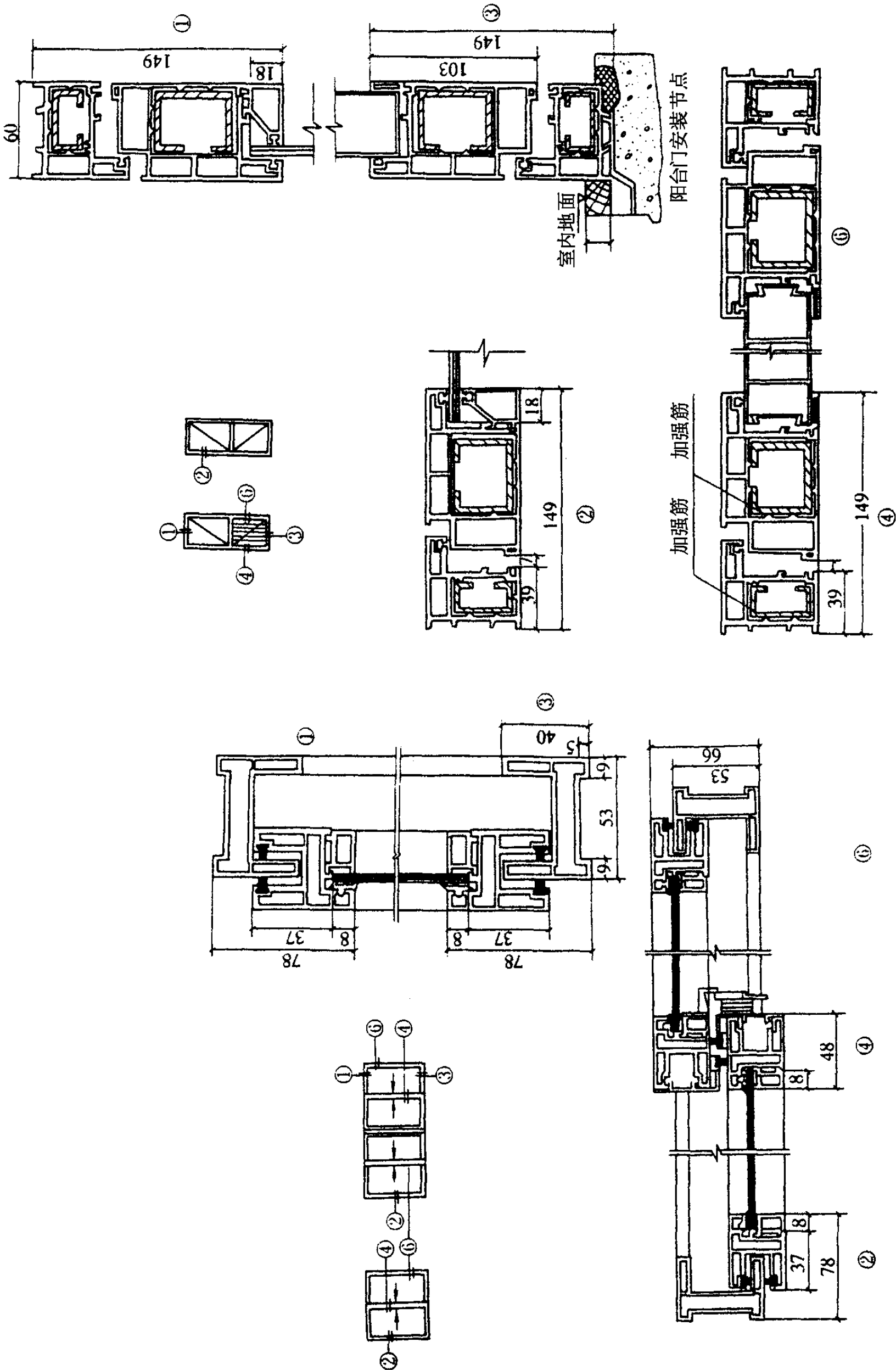


图 5-16 平开门

图 5-15 推拉窗

### 第三节 塑料门窗安装

#### 一、安装前准备与安装后的门窗保护

##### (一) 安装前准备

1. 安装工程中所使用的塑料门窗部件、配件、材料等在运输、保管和施工过程中，应采取防止其损坏或变形的措施。

2. 门窗应放置在清洁、平整的地方，且应避免日晒雨淋，并不得与腐蚀物质接触。门窗不应直接接触地面，下部应放置垫木，且均应立放，立放角度不应小于 $70^{\circ}$ ，并应采取防倾倒措施。

3. 贮存门窗的环境温度应小于 $50^{\circ}\text{C}$ ；与热源的距离不应小于 $1\text{m}$ 。门窗在安装现场放置的时间不应超过两个月。当在环境温度为 $0^{\circ}\text{C}$ 的环境中存放门窗时，安装前应在室温下放置 $24\text{h}$ 。

4. 装运门窗的运输工具应设有防雨措施，并保持清洁。运输门窗，应竖立排放并固定牢靠，防止颠簸损坏。槿与槿之间应用非金属软质材料隔开；五金配件也应相互错开，以免相互磨损及压坏五金件。

5. 装卸门窗，应轻拿、轻放；不得撬、甩、摔。吊运门窗，其表面应采用非金属软质材料衬垫，并在门窗外缘选择牢靠平稳的着力点；不得在框扇内插入抬杠起吊。

6. 安装用的主要机具和工具应完备；材料应齐全；量具应定期检验，当达不到要求时，应及时更换。

7. 当洞口需要设置预埋件时，应检查预埋件的数量、规格及位置；预埋件的数量应和固定片的数量一致，其标高和坐标位置应准确。

8. 门窗安装前，应按设计图纸的要求检查门窗的数量、品种、规格、开启方向、外形等；门窗五金件、密封条、紧固件等应齐全，不合格者应予以更换。

##### (二) 安装后的门窗保护

1. 塑料门窗在安装过程中及工程验收前，应采取防护措施，不得污损。

2. 已装门窗框、扇的洞口，不得再作运料通道。

3. 严禁在门窗框、扇上安装脚手架、悬挂重物；外脚手架不得顶压在门窗框、扇



或窗撑上，并严禁蹬踩窗框、窗扇或窗撑。

- 4．应防止利器划伤门窗表面，并应防止电、汽焊火花烧伤或烫伤面层。
- 5．立体交叉作业时，门窗严禁碰撞。

二、门窗框与墙体的连接

塑料门窗框与墙体的固定方法，常见的有连接件法、直接固定法和假框法三种。

1．连接件法

是用一种专门制作的铁件将门窗框与墙体相连接，是目前运用较多的一种方法。其优点是比较经济，且基本上可保证门窗的稳定性。其做法是先将塑料门窗放入门窗洞口内，找平对中后用木楔临时固定。然后将固定在门窗框异型材靠墙一面的锚固铁件用螺钉或膨胀螺丝固定在墙上。如图5 -17a 所示。

2．直接固定法

在砌筑墙体时先将经防腐处理的木砖预埋入门窗洞口内，当塑料门窗安入洞口并定位后，用木螺钉直接穿过门窗框与预埋防腐木砖连接，从而将门窗框直接固定于墙体上，如图5 -17b 所示。

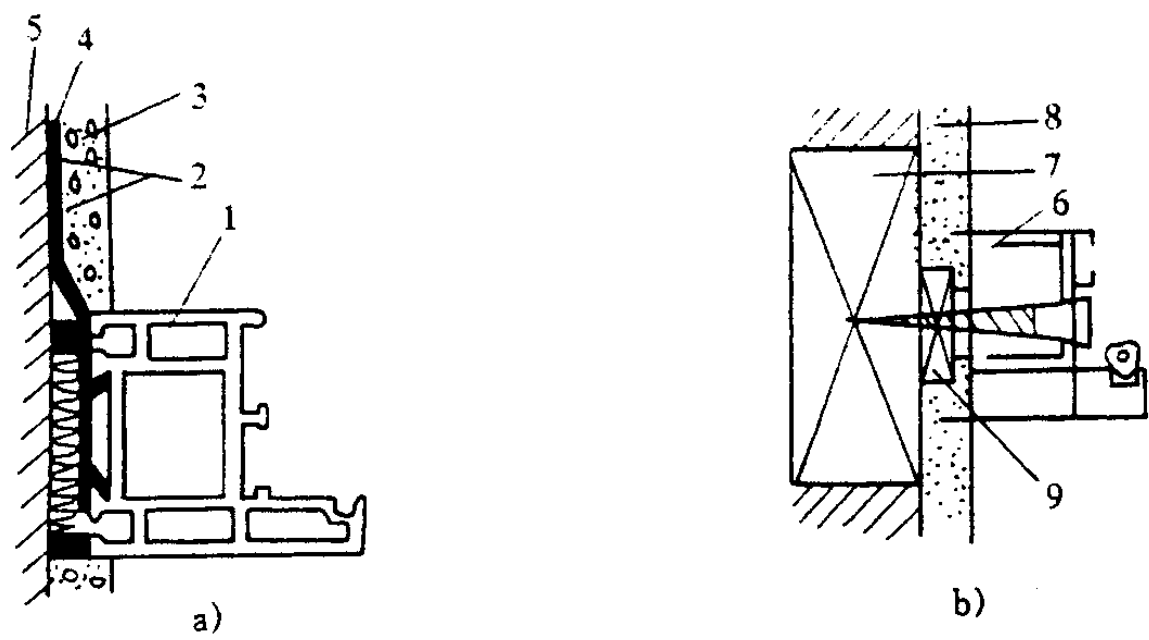


图5 -17 框墙间固定方法

- a) 框墙间固定连接件法 b) 框墙间的直接固定法
- 1—窗框异型材 2—螺钉 3—墙面抹灰 4—固定片
- 5—墙体 6—塑料窗框 7—预埋木砖
- 8—抹灰 9—木楔子

3．假框法

先在门窗洞口内安装一个与塑料门窗框配套的镀锌铁皮金属框，或是当木门窗换成塑料门窗时，将原来的木门窗框保留，待抹灰装修完成后，再将塑料门窗框直接固定在上述框材上，最后再用盖口条对接缝及边缘部分进行装饰。如图5 -18 所示。

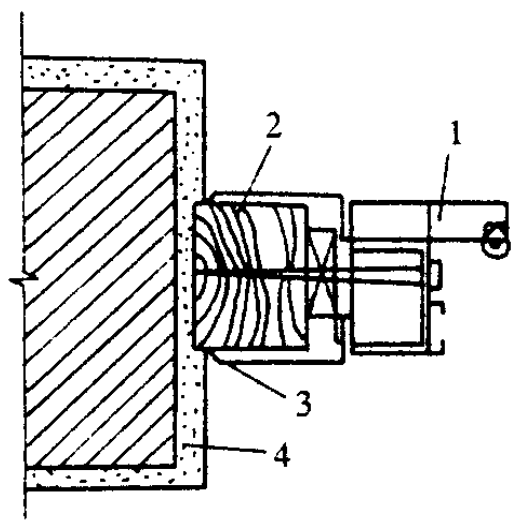


图5 -18 框墙间固定的假框法

1—塑料窗框2—旧木窗框  
3—塑料盖口条4—抹灰

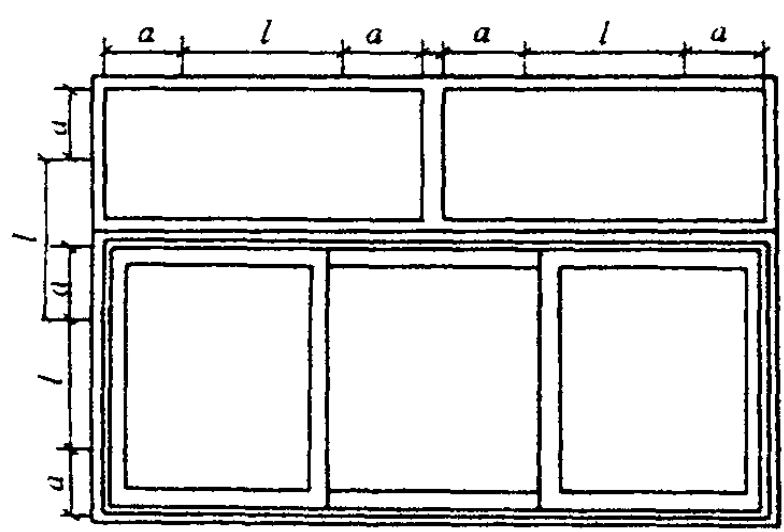


图5 -19 固定片安装位置

a—端头（或中框）距固定片的距离  
l—固定片之间的间距

三、门窗安装

（一）门面安装工序

塑料门窗安装的工序宜符合表5 -1 的规定

表5 -1 塑料门窗安装的工序

序号	门窗类型	平开窗	推拉窗	组合窗	平开门	推拉门	连窗门
	工序名称						
1	补贴保护膜	+	+	+	+	+	+
2	框上找中线	+	+	+	+	+	+
3	装固定片	+	+	+	+	+	+
4	洞口找中线	+	+	+	+	+	+
5	卸玻璃（或门、窗扇）	+	+	+	+	+	+

续表

序号	门窗类型		平开窗	推拉窗	组合窗	平开门	推拉门	连窗门
	工序名称							
6	框进洞口		+	+	+	+	+	+
7	调整定位		+	+	+	+	+	+
8	与墙体固定		+	+	+	+	+	+
9	装拼樘料				+			+
10	装窗台板 +		+	+				+
11	填充弹性材料		+	+	+	+	+	+
12	洞口抹灰		+	+	+	+	+	+
13	清理砂浆		+	+	+	+	+	+
14	嵌缝		+	+	+	+	+	+
15	装玻璃（或门、窗扇）		+	+	+	+	+	+
16	装纱窗（门）		+	+	+	+		+
17	安装五金件					+	+	+
18	表面清理		+	+	+	+	+	+
19	撕下保护膜		+	+	+	+	+	+

注：表“+”号表示应进行的工序。

（二）塑料窗的安装

- 1．应将不同规格的塑料窗搬到相应的洞口旁竖放，当发现保护膜脱落时，应补贴保护膜，并应在窗框的上下边划中线。
- 2．如果玻璃已装在窗上，应卸下玻璃，并做标记。
- 3．固定片的安装应符合下列要求：

（1）应在检查窗框上下边的位置及其内外朝向，并确认无误后，再安厚度应大于或等于1 5mm，最小宽度应大于或等于15mm，其材质应采用 Q235 -A 冷轧钢板，其表面

应进行镀锌处理的固定片。安装时应先采用直径为 3 2 的钻头钻孔，然后应将十字槽盘头自攻螺钉 M4 ×20 拧入，并不得直接锤击钉入。

②) 固定片的位置应距窗角、中竖框、中横框150 ~200mm，固定片之间的间距应小于或等于600mm（见图5 -19）。不得将固定片直接装在中横框、中竖框的挡头上。

4. 应测出各窗口中线，并应逐一作出标记。多层建筑，可从高层一次垂吊。

5. 当窗框装入洞口时，其上下框中线应与洞口中线对齐；窗的上下框四角及中横框的对称位置应用木楔或垫块塞紧作临时固定；当下框长度大于0.9m 时，其中央也应应用木楔或垫块塞紧，临时固定；然后应按设计图纸确定窗框在洞口墙体厚度方向的安装位置，并调整窗框的垂直度、水平度及直角度，其允许偏差应符合表9 -33 的规定。

6. 当窗与墙体固定时，应先固定上框，而后固定边框，固定方法应符合下列要求：

- ①) 混凝土墙洞口应采用射钉或塑料膨胀螺钉固定。
- ②) 砖墙洞口应采用塑料膨胀螺钉或水泥钉固定，并不得固定在砖缝处。
- ③) 加气混凝土洞口，应采用木螺钉将固定片固定在胶粘圆木上。
- ④) 设有预埋铁件的洞口应采用焊接的方法固定，也可先在预埋件上按紧固件规格打基孔，然后用紧固件固定。

⑤) 下框与墙体的固定可按照图5 -20 进行

7. 当需要装窗台板时，应按设计要求将其插入窗下框（图5 -20），并应使窗台板与下边框结合紧密，其安装的水平精度应与窗框一致。

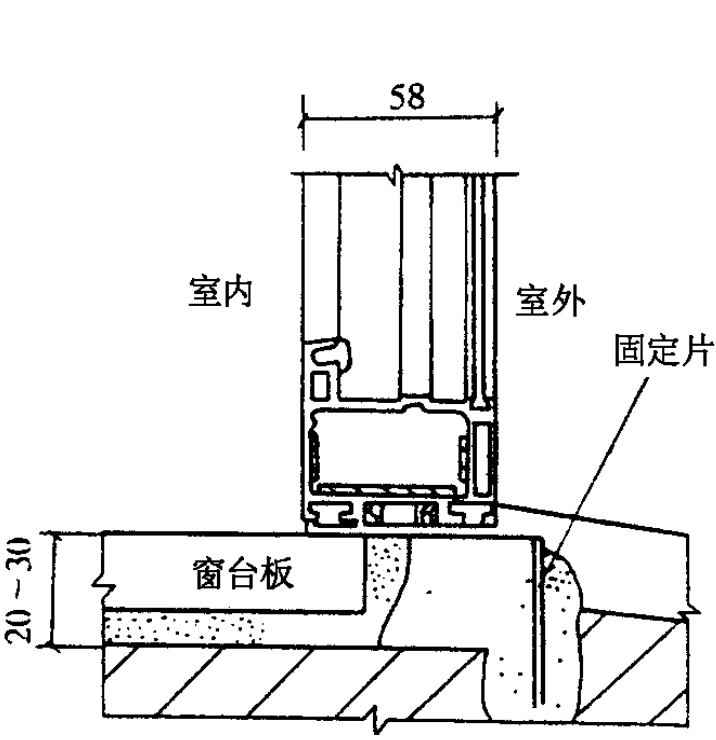


图5 -20 窗下框与墙体的固定

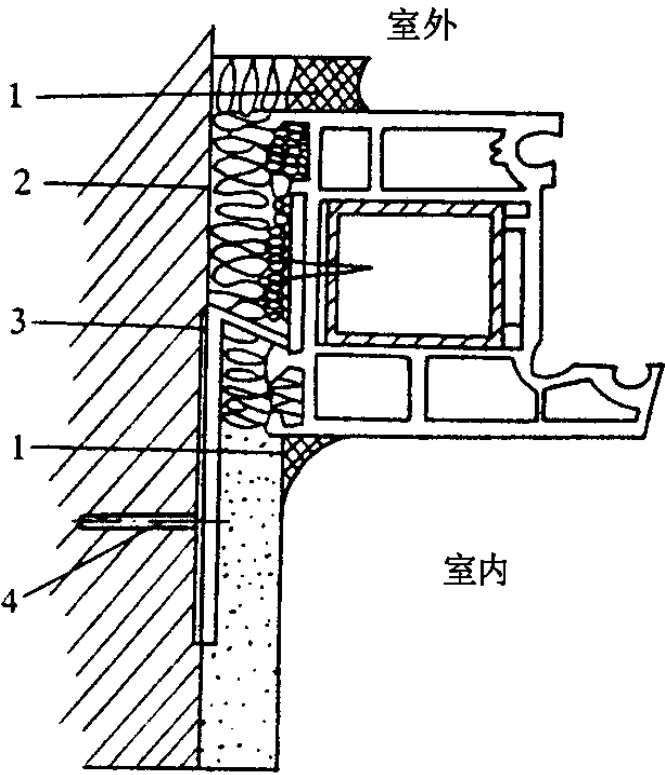


图5 -21 窗安装节点图

- 1—嵌缝膏2—弹性填充料
- 3—固定片4—塑料膨胀螺钉

8. 安装组合窗时，拼樘料与洞口的连接应符合下列要求：

(1) 拼樘料与混凝土过梁或柱子的连接应符合本表上述6 中 的规定

(2) 拼樘料与砖墙连接时，应先将拼樘料两端插入预留洞中，然后应用强度等级为C20 的细石混凝土浇灌固定。

9. 应将两窗框与拼樘料卡接，卡接后应用紧固件双向拧紧，其间距应小于或等于600mm；紧固件端头及拼樘料与窗框间的缝隙应采用嵌缝膏进行密封处理。

10. 窗框与洞口之间的伸缩缝内腔应采用闭孔泡沫塑料、发泡聚苯乙烯等弹性材料分层填塞，填塞不宜过紧。对于保温、隔声等级要求较高的工程，应采用相应的隔热、隔声材料填塞。填塞后，撤掉临时固定用木楔或垫块，其空隙也应采用闭孔弹性材料填塞。

11. 门窗洞口内外侧与窗框之间缝隙的处理应符合下列要求：

(1) 普通单玻窗：其洞口内外侧与窗框之间应采用水泥砂浆或麻刀白灰浆填实抹平；靠近铰链一侧，灰浆压住窗框的厚度宜以不影响扇的开启为限，待水泥砂浆硬化后，其外侧应采用嵌缝膏进行密封处理。

(2) 保温、隔声窗：其洞口内侧与窗框之间应采用水泥砂浆填实抹平，当外侧抹灰时，应采用片材将抹灰层与窗框临时隔开，其厚度宜为5mm，抹灰面应超出窗框，其厚度以不影响扇的开启为限（图5 -21）。待外抹灰层硬化后，应撤去片材，并将嵌缝膏挤入抹灰层与窗框缝隙内。保温、隔声等级要求较高的工程，洞口内侧与窗框之间也应采用嵌缝膏密封。

12. 窗（框）扇上若粘有水泥砂浆，应在其硬化前，用湿布擦拭干净，不得使用硬质材料铲刮窗（框）扇表面。

13. 玻璃的安装应符合下列规定：

(1) 玻璃不得与玻璃槽直接接触，并应在玻璃四边垫上不同厚度的玻璃垫块，其垫块位置宜按图5 -22 放置。

(2) 边框上的垫块，应采用聚氯乙烯胶加以固定。

(3) 应将玻璃装入框扇内，然后应用玻璃压条将其固定。

(4) 安装双层玻璃时，玻璃夹层四周应嵌入中隔条，中隔条应保证密封、不变形、不脱落；玻璃槽及玻璃内表面应干燥、清洁。

(5) 镀膜玻璃应装在玻璃的最外层；单面镀膜层应朝向室内。

(6) 当保温要求三级及三级以上（保温性能等级的划分应符合《PVC 塑料门》（JG / T3017）、《PVC 塑料窗》（JG / T3018）的有关规定时，应采用中空玻璃，中空玻璃的安装方法与单层玻璃相同。

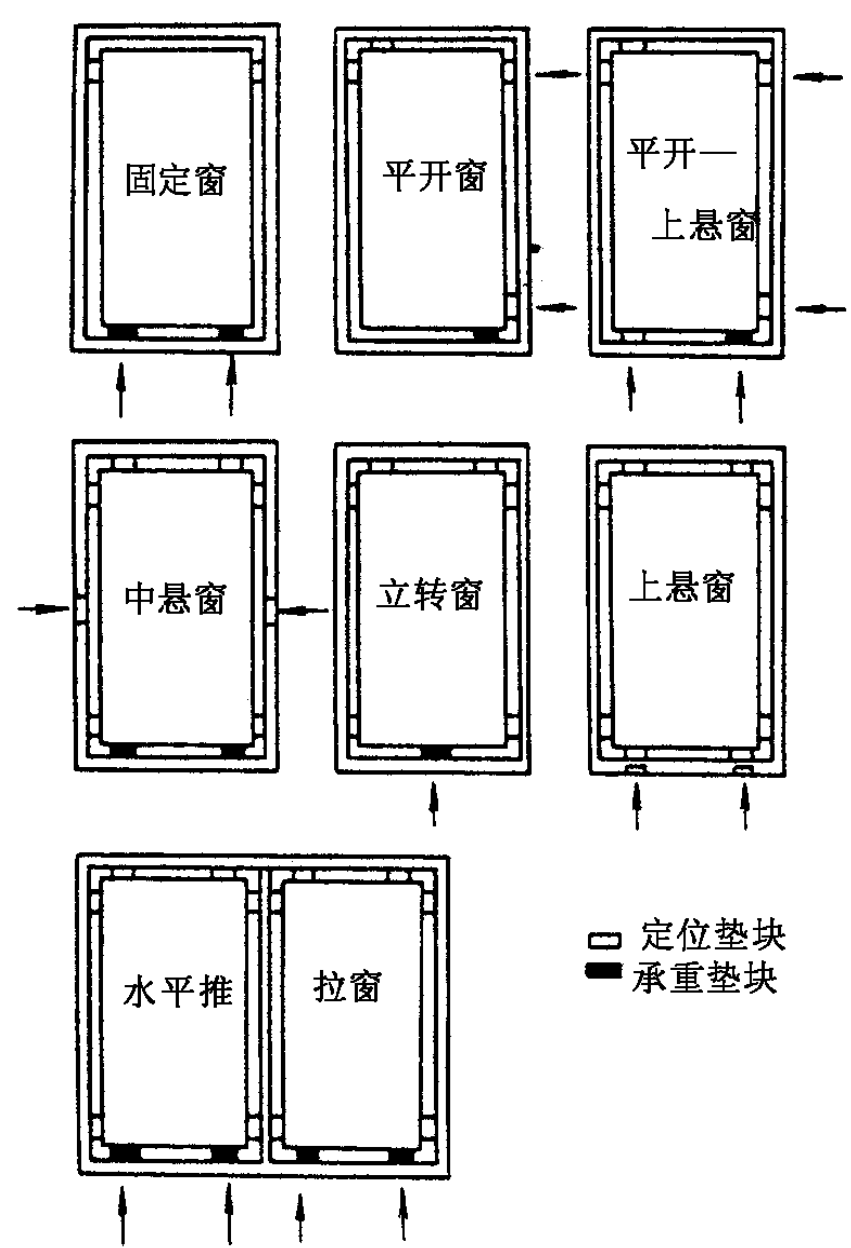


图5 -22 承重垫块和定位垫块的布置

14．长安装五金件、纱窗铰链及锁扣后，应整理纱网和压实压条。

(三) 塑料门的安装

1．门的安装应在建筑地面工程施工前进行。

2．应将门搬运到相应的门洞口旁竖放；在门框及洞口上应画出垂直中线。

3．在门的上框及边框上应安装固定片，其安装方法应符合本表序号3 之 (2) 的3) 的有关规定。固定片之间的间距应小于或等于600mm。

4．应根据设计图纸及门扇的开启方向，确定门框的安装位置，并把门装入洞口，安装时应采取防止门框变形的措施，无下框平开门应使两边框的下脚低于地面标高线，其高度差宜为30mm。带下框平开门或推拉门应使下框低于地面标高线，其高度差宜为10mm。然后，将上框的一个固定片固定在墙体上，并应调整门框的水平度、垂直度和直角度，并用木楔临时定位。其允许偏差应符合表5 -2 的规定

5．将其余固定片固定在墙体上，其固定方法应按本表序号3 之 (2) 的6) 的有关窗的固定方法执行。

6．当安装连窗门时，门与窗应采用拼樘料拼接，拼樘料下端应固定在窗台上，其

- 安装方法应符合本表序号3 之 (2) 的8) 及9) 的有关规定。
7. 门框与洞口缝隙的处理，应按本表序号3 之 (2) 的10) 和11) 的有关要求进行
8. 门表面及框槽内粘有水泥砂浆时，应在其未硬化前清除。
9. 门扇应待水泥砂浆硬化后安装；铰链部位配合间隙的允许偏差及门框、扇的搭接量应符合国家现行标准《PVC 塑料门》(JG /T3017) 的规定。
10. 门锁与执手等五金配件应安装牢固，位置正确，开关灵活。

四、允许偏差及质量要求

1. 塑料门窗安装的允许偏差如表5 -2 所示
2. 塑料门窗安装质量要求如表5 -3 所示

表5 -2 塑料门窗安装的允许偏差

序号	项 目			允许偏差 /mm	检验方法
1	窗框两对角线长度差	2000mm		±3.0	用3m 钢卷尺检查，量内角
2		>2000mm		±5.0	
3	窗框（含拼樘料正、侧面的垂直度）	2000mm		±2.0	用线坠、水平靠尺检查
4		>2000mm		±3.0	
5	窗框（含拼樘料）的水平度	2000mm		±2.0	用水平靠尺检查
6		>2000mm	平开门（窗）及推拉窗	±3.0	
			推拉门	±2.5	
7	门窗下横框的标高			±5.0	用钢板尺检查，与基准线比较
8	双层门窗内外框、框（含拼樘料）中心距			±4.0	用钢板尺检查
9	门窗竖向偏离中心			±5.0	用线坠、钢板尺检查

续表

序号	项    目		允许偏差 /mm	检验方法
10	开平门窗	门扇与框框搭接宽度	±2 .5	用深度尺或钢板尺检查
11		同樘门窗相今邻扇的横角高度差	±2 .0	用拉线或钢板尺检查
12		门窗框铰链部位的平衡间隔c	+2 .0 -1 .0	用楔形塞尺检查
12	推拉门窗	门扇与框塔接宽度	+1 .5 -3 .5	用深度尺或钢板尺检查
13		门窗扇与框或相邻扇立边平行度	±2 .0	用1m 钢板尺检查

表5 -3  塑料门窗安装质量要求和检验方法

序号	项    目		质量要求	检验方法
1	门窗表面		洁净、平整、光滑、大面无划痕、大面无划痕、碰伤，型材无开焊断裂	检验方法
2	五金件		齐全、位置正确、安装固、使用灵活、达到各自的使用功能	观察、丈量
3	玻璃密封条		密封条与玻璃及玻璃槽口的接触应平整，不得卷边脱槽	观察
4	密封质量		门窗关闭时，扇与框间无明显缝隙，密封面上的密封条应处于压缩状态	观察
5	玻 璃	单玻	安装好的玻璃不得直接接触型材，玻璃应平整、安装牢固、不应有松动现象，表面应洁净，单面镀膜玻璃的镀膜层应朝向室内	观察
6		双玻	安装好的玻璃应平整，安装牢固、不得有松动现象，内外表面均应洁净，玻璃夹层不得有灰尘和水气，双玻隔条不得翘起，单面镀膜玻璃应在最外层，镀膜层应朝向室内	观察



序号	项    目		质量要求	检验方法
7	压条		带密封条的压条必须与玻璃全部贴紧，压条与型材的接缝处应无明显缝隙，接头缝隙应≤1mm	观察
8	拼樘料		应与窗框连接紧密，不得松动，螺钉间距应≤600mm，内衬增强型钢两端均应与洞口固定牢固，拼樘料与窗框间应用嵌缝膏密封	观察
9	开关 部件	平开门窗扇	关闭严密、搭接量均匀，开关灵活、密封条不得脱槽。开关力：平铰链应≤80N，30N滑撑铰链应≤80N	观察、弹簧称
10		推拉门窗扇	关闭严密，扇与框搭接量符合设计要求，开关力应≤100N	观察、深度尺、弹簧称
11		旋车窗	关闭严密，间隙基本均匀，开关灵活	观察
12	框与墙体连接		门窗框应横平竖直、高低一致，固定片安装位置应正确，间距应≤600mm。框与墙体应连接牢固，缝隙内应用弹性材料填嵌饱满，表面用嵌缝膏密封，无裂缝。填塞材料与方法等应符合表9-31序号3之（2）的10）及11）的要求	观察
13	排水孔		畅通，位置正确	观察

## 第六章 特种门

### 第一节 卷帘门

#### 一、种类和构造

##### 1. 卷帘门的种类

卷帘门按其驱动方式的不同可分为手动启闭卷帘门和电动启闭卷帘门两类；按其安装方式

不同又可分为口内卷帘门和口外卷帘门两种；按其导轨的规格不同，又可分为8型、14型、16型卷帘门等种类；但是，不论何种卷帘门均系由工厂制作成成品，运到现场安装。

##### 2. 卷帘门的构造

卷帘门主要有帘板、导轨及传动装置组成。如图6 -1 所示。各部位具体尺寸如表6 -1 所示。卷帘门开启时不占室内外面积，且适用于非频繁开启的高大洞口；宽度要与帘板刚度相适应，加工制作及安装要求较高。

#### 二、卷帘门安装要点

1. 预埋墙体预埋件墙体內的预埋件埋设如图6 -2 所示。具体尺寸如表6 -2 所示。
2. 导轨安装应先找直、吊正，槽口尺寸准确，上下保持一致，对应槽口应在同一平面内，然后用连接件与墙体上的预埋件焊牢，最后局部补砌墙体，使与门洞口平齐。
3. 卷筒安装应先找好尺寸，并使卷筒轴保持水平位置，注意与导轨之间的距离应两端保持一致，临时固定后进行检查，并进行必要的调整、校正，无误后再与支架预埋件用电焊焊牢。
4. 卷筒护罩安装卷筒上的护罩可做成方形，亦可做成半圆形。护罩的尺寸大小应

与门的宽度和门条板卷起后的直径相适应，保证卷筒将门条板卷满后与护罩仍保持一定的距离，不得相互碰撞，经检查无误后，再与护罩预埋件焊牢。

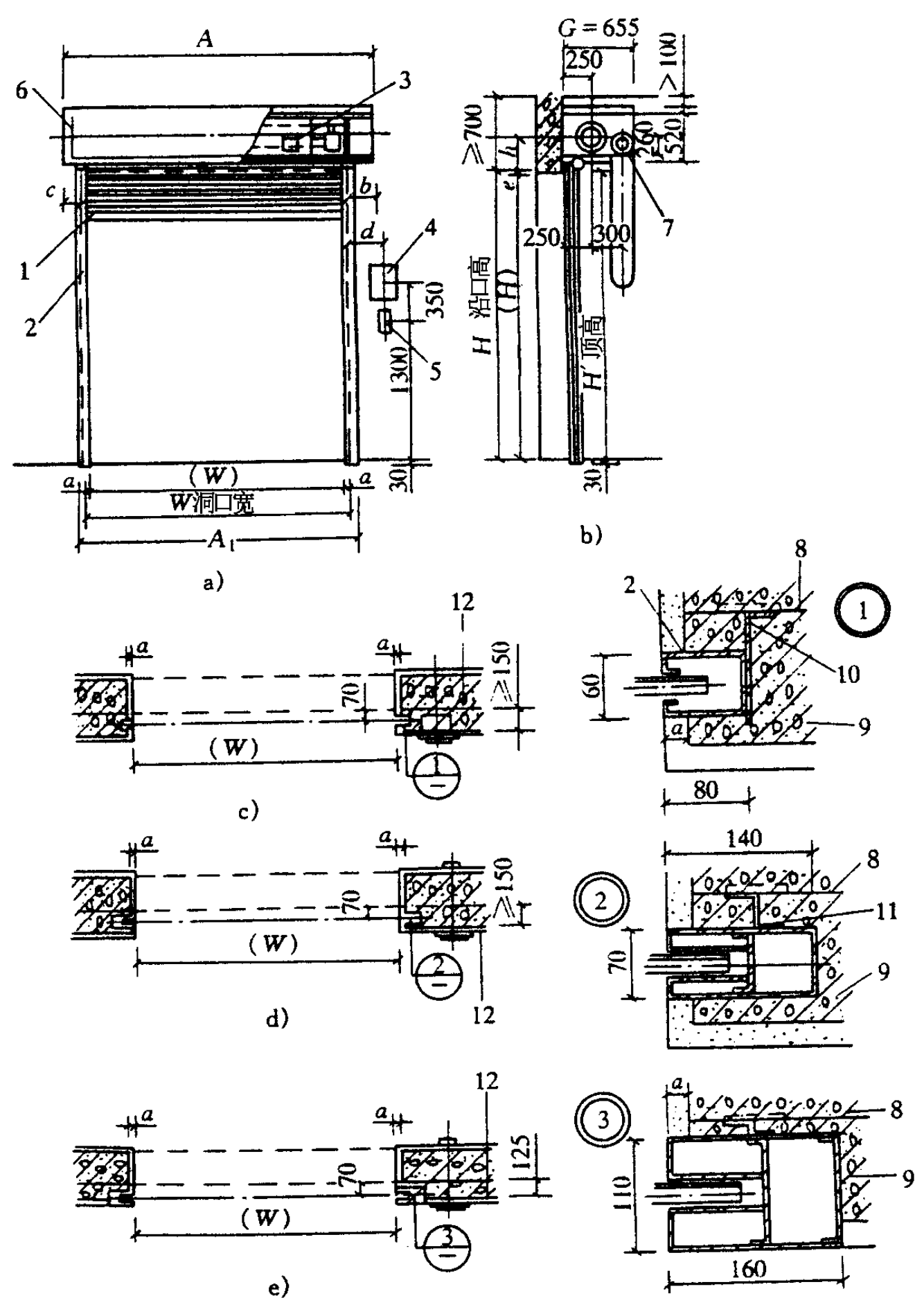


图6 -1 卷帘门

a) 立面b) 剖面c) 8 型平面d) 14 型平面e) 16 型平面

1 - 卷帘2 - 侧导轨3 - 卷筒4 - 配电箱5 - 按钮盒6 - 外罩

7 - 电动、手动系统8 - 墙体9 - 局部后砌墙10 - 30 ×3 连接件焊接，  
工地安装时随机使用11 - 30 ×3 连接件焊接12 - 安装后第二次砌筑



表6 -2 预埋件位置尺寸 (单位 :mm )

序号	洞口宽 (W )	洞口高 (H ) /m	导轨 形式	表面装修	净宽 (W )	净高 (H )	A	m	n	h
1	W 3000	5	8 型	砂子灰面	W -50	H -30	W +410	W +240	W /2 +116	340
2				大理石面	W -150	H -75	W +310	W +140	W /2 +66	295
3	3000 <W 5000	5	14 型	砂子灰面	W -50	H -30	W +440	W +270	W /2 +131	340
4				大理石面	W -150	H -75	W +340	W +170	W /2 +81	295
5	5000 <W 8000	5	16 型	砂子灰面	W -50	H -30	W +460	W +290	W /2 +141	340
6				大理石面	W -150	H -75	W +360	W +190	W /2 +91	295

第二节 隔音门

一、隔音门的种类

隔音门的种类常见的有如下三种：

1．填芯隔音门

用玻璃棉丝或岩棉填充在门扇芯内，门扇缝口处用海绵橡皮条封严。

2．外包隔音门

在普通木门扇外面包裹一层人造革，人造革内填塞岩棉，并将通长的人造革压条用泡钉钉牢，四周缝隙用海绵橡皮条粘牢封严。

3．隔音防火门

在门扇木框架中嵌填岩棉等吸音材料，外部用石棉板、镀锌铁皮及耐火纤维板镶包，四周缝隙用海绵橡皮条粘牢封严。

隔音门主要用于音像室、播音室、会议室等有隔音要求的房间。

二、隔音门施工要点

1．制作隔音门时，门扇芯内应用超细玻璃棉丝或岩棉填塞，但不宜挤压密实，应

保持其松软状态，以确保其隔音效果。

2．门扇与门框之间的缝隙，应用海绵橡皮条等弹性材料嵌入门框上的凹槽中，粘牢卡紧。海绵橡皮条的截面尺寸，应比门框上的凹槽宽度大1mm，并凸出框边2mm，保证门扇关闭后能将缝隙处挤紧打严。

3．双扇隔音门的门扇搭接缝应做成双L形缝口。在搭接缝的中间应设置海绵橡皮条，门扇关闭时，搭接缝两边将海绵橡皮条挤紧，门扇之间应留2mm宽的缝隙，搭头处木材与木材不应直接接触。

4．外包隔音门宜用人造革进行包裹。在人造革与木门扇之间应填塞岩棉毯，然后用双层人造革压条规则的压在门扇表面，再用泡钉钉牢，人造革表面应包紧、绷平。

5．在隔音门扇底部与地面间应留5mm宽的缝隙，然后将3mm厚的橡皮条用通长扁铁压钉在门扇下部，与地面接触处橡皮条应伸长5mm，封闭门扇与地面间的缝隙。

6．当为有防火要求的隔音防火门，门扇可用耐火纤维板制作，两面各镶钉5mm厚的石棉板，再用26号镀锌铁皮满包，外露的门框部分亦应包裹镀锌铁皮。

7．隔音门的五金，应与隔音门的功能相适应，如合页应选用无声合页等。

### 第三节 防盗门

#### 一、防盗门的种类

防盗门用金属制作，由专门的工厂加工成成品，在现场进行安装，目前我国防盗门的种类很多，但一般来说可以分为如下几个类型：

1．推拉式栅栏防盗门

是一种比较简易的防盗门，门框上下用槽钢做成导轨，两侧用槽钢做成边框。栅栏立柱用小型钢做成，上下有滑轮卡入导轨内，侧向推拉开启。

2．平开式栅栏防盗门

是目前应用较为普遍的一种防盗门，门框和门扇的边框用钢材压制而成，在门扇中加焊固定的铁栅栏和金属花饰，门扇和门框用合页焊接。可做成单扇平开，也可做成固定一部分，平开一部分。

3．塑钢浮雕防盗门

是一种新型的防盗门，门框用金属做成特制的防盗门框，门扇用高密度板和塑钢浮雕门皮压制而成。门扇表面光滑，色泽绚丽，美观大方，而且不需要油漆。

4. 多功能豪华防盗门采用优质冷轧钢板整体冲压成型，门扇内腔填充耐火保温材料，饰面采用静电喷涂工艺处理。门体安装设计为隐蔽式90°交叉固定，具有防撬、防砸、防卸、防寒等功能，且有全方位锁闭、门铃传呼、电子密码报警等装置。

## 二、防盗门安装要点

由于防盗门的种类较多，安装方法也有所不同，而且防盗门安装一般均由生产厂家或专业队伍来进行，所以这里仅对一般的防盗门安装要点简述如下：

- 1. 防盗门的安装应按照所采用的防盗门种类，采取相适应的安装方法。
- 2. 防盗门的门框可采用膨胀螺栓与墙体固定；也可在砌筑墙体时在洞口处预埋铁件，安装时与门框连接件焊牢。
- 3. 门框与墙体不论采用何种连接方式，每边均不应少于3个锚固点，且应牢固连接。
- 4. 要求安装防盗门时应先找直、吊正，尺寸量合适后将其临时固定，并进行校正、调整，无误后方可进行连接锚固。
- 5. 要求推拉门安装后推拉灵活；平开门开启方便，关闭严密牢固。
- 6. 防盗门上的拉手、门锁、观察孔等五金配件，必须齐全；多功能防盗门上的密码护锁、电子报警密码系统、门铃传呼等装置，必须有效、完善。

## 第四节 防火门

### 一、防火门的种类与标准

#### （一）简述

防火门是具有特殊功能的一种新型门，是为了解决建筑防火要求和高层建筑的消防问题而在近几年发展起来的。

#### （二）种类

##### 1. 按耐火极限分类

按耐火极限分，防火门的国际ISO标准有甲、乙、丙三个等级。

- (1) 甲级防火门：耐火极限为1.2h，一般为全钢板门，无玻璃窗。甲级防火门以火灾时防止扩大火灾为目的。
- (2) 乙级防火门：耐火极限为0.9h，为全钢板门，在门上开一小玻璃窗，玻璃选用5mm厚夹丝玻璃或耐火玻璃。乙级防火门以火灾时防止开口部蔓延火灾为主要目的。性能较好的木质防火门也可达到乙级防火门。
- (3) 丙级防火门：耐火极限为0.6h，为全钢板门，在门上开一小玻璃窗，玻璃选用5mm厚夹丝玻璃。大多数木质防火门都在这一级范围内。

2. 按材质分类

按材质防火门分为木质和钢质两种

- (1) 木质防火门：在木质门表面涂以耐火涂料，或用装饰防火胶板贴面，以达到防火要求。其防火性能要稍差一些。
- (2) 钢质防火门：采用普通钢板制作，在门扇夹层中填入页岩棉等耐火材料，以达到防火要求。国内一些生产单位目前生产的防火门，门洞宽度、高度均采用国家建筑标准中常用的尺寸。

(三) 标准和标记

1. 外形标准

- (1) 门框与门扇配合部位内侧，宽度尺寸偏差 +2.00 -0.00mm，高度尺寸偏差 +2.00 0.00mm，两对角线长度之差 <3mm。
- (2) 门扇关闭后，配合间隙 <3mm。
- (3) 门扇与门框表面平整，无明显凹凸现象，焊点牢固，门体表面喷防锈漆，无喷花、流涎、斑点等现象。

2. 标记示例

钢质防火门洞口宽度1000mm，洞口高度1960mm，甲级耐火极限等级，左开门。其代号标记为FM1019 - 甲1。

二、防火门安装施工要求

(一) 运输和堆放

- 1. 在运输过程中，捆拴必须牢固，装卸时须轻抬轻放，严格避免磕碰变形现象：凡门有编号者，严禁混乱码放。
- 2. 防火门码放前，首先要清理存放处，垫好支撑物后方可码放。码放时面板叠放



高度不得超过1.2m，门重叠平放高度不得超过1.5m，并要作好防风、防雨、防晒措施。

(二) 安装技术

1. 施工程序

钢质防火门的安装施工程序：划线—立门框—安装门扇及附件

2. 操作要点

(1) 划线：按设计要求尺寸、标高和方向，画出门框框口位置线

(2) 立门框：先拆掉门框下部的固定板，凡框内高度比门扇的高度大于30mm者，洞口两侧地面须设留凹槽。门框一般埋入±0.00标高以下20mm，须保证框口上下尺寸相同，允许误差<1.5mm，对角线允许误差<2mm

将门框用木楔临时固定在洞口内，经校正合格后，固定木楔，门框铁脚与预埋铁板件焊牢

(3) 安装门扇及附件：门框周边缝隙，用1:2的水泥砂浆或强度不低于10N/mm<sup>2</sup>的细石混凝土嵌塞牢固，应保证与墙体结成整体；经养护凝固后，再粉刷洞口及墙体。

粉刷完毕后，安装门扇、五金配件及有关防火装置。门扇关闭后，门缝应均匀平整，开启自由轻便，不得有过紧、过松和反弹现象。

(三) 注意事项

1. 为了防止火灾蔓延和扩大，防火门必须在构造上设计有隔断装置，即装设保险丝，一旦火灾发生，热量使保险丝熔断，自动关锁装置就开始动作进行隔断，达到防火目的。

2. 金属防火门由于火灾时的温度使其膨胀，可能不好关闭；或是因为门框阻止门膨胀而产生翘曲，从而引起间隙；或是使门框破坏。必须在构造上采取措施，不使这类现象产生，这是很重要的。

# 第十一篇

## 建筑电气安装工程

# 第一章 变电所电气设备的安装

变电所一般包括高压配电室、变压器室及低压配电室三个部分，在其中安装着多种不同型号、规格的电气设备。本章只介绍变电所中最基本、最常用的一些电气设备的安装。

## 第一节 电力变压器的安装

### 一、电力变压器安装的前提条件

电力变压器的安装，必须在建筑工程具备下列条件下才可进行施工；

- 1．屋顶、楼板已施工完毕，且无渗漏水。
- 2．室内地面的基层已施工完毕。
- 3．混凝土基础及构架的强度、焊接构件的质量都符合要求。
- 4．预埋件及预留孔与设计吻合，预埋件牢固可靠。
- 5．模板及施工设施拆除，道路通畅。

### 二、电力变压器安装注意事项

电力变压器进行安装时，应该注意以下一些事项。

- 1．检查变压器的型号、规格是否与设计图纸完全一致。
- 2．对变压器外观进行检查。检查油箱及所有附件是否齐全、无锈蚀、无机械损伤，密封是否良好；检查油箱箱盖的紧固是否良好，紧固螺栓是否齐全，有无渗漏油；检查瓷件有无损伤、裂缝。
- 3．检查或铺设基础的轨道，并使之水平，轨距与轮距应吻合。
- 4．将变压器就位在设计图纸要求的位置上。此时，对没有气体继电器的变压器，应使其顶盖保持水平；对装有气体继电器的变压器，则应使其顶盖沿继电器气流方向有1 % -1.5 %的升高坡度（制造厂规定不需安装坡度者除外）。这是为了当变压器内部一

旦发生故障时，可使气体更迅速进入气体继电器。但是，近代一些国外生产的变压器以及我国自行生产的高电压大型变压器，都在结构上作了改进，已不要求安装坡度，所以，在将变压器就位时，应该仔细阅看制造厂对其产品的安装要求。

5. 变压器就位后，应将装有滚轮的变压器的滚轮，采用能拆卸的制动装置加以固定，决不可焊死在轨道上。

6. 对需要安装附件的变压器，安装时，应该将与器身直接连通的附件内部清洗干净，安装牢固，连接紧密，无渗漏油。

膨胀式温度计安装时，应使其毛细管的弯曲半径不小于50mm，且管子不得压扁，不可有急剧的扭折。毛细管的过长部分，应将其盘放整齐。温包套管应充油饱满。

对有载调压开关，应使其传动部分动作灵活、准确。

7. 变压器与母线连接时，应连接紧密。连接用的螺栓，其螺纹应露出螺母2 - 3牙，锁紧装置应齐全，瓷套管不可受外力。

8. 变压器具有零线时，其零线应沿器身向下与接地装置相连接，固定应牢固。

9. 变压器器身各附件间连接的靠近箱壁的绝缘导线，为避免损伤或腐蚀，应采用金属管进行保护。保护管、接线盒都应固定牢靠，接线盒还应盒盖齐全，密封良好。

10. 变压器安装完毕以及变电所中所有有关的供配电设备安装完毕后，即可根据工程的要求进行试运行。但是，就变压器而言，试运行前还需对已安装好的变压器进行再一次全面的检查，以确保运行的安全可靠。其检查的项目一般有：

(1) 本体及所有附件应无缺损、无渗油。

(2) 滚轮应有制动装置予以牢靠的固定。

(3) 油漆完整，相色标志正确。

(4) 变压器顶盖上应无遗留的杂物。

(5) 事故排油设施完好，消防设施齐全。

(6) 储油柜等油系统上的油门均打开，且指示正确，油位正常。

(7) 接地可靠。

(8) 分接头的位置符合运行要求；有载调压切换装置的远方操作应动作可靠，指示位置正确。

(9) 对有并列运行要求的变压器，应检查变压器的相位及绕组的接线组别是否符合并列运行的要求。

11. 测温装置的指示应正确，整定值符合要求。

此外，投入运行前，还应察看变电所的建筑工程是否已具备了可以运行的条件，这些条件是：

(1) 门窗安装完毕。

- ②) 地坪抹光工作结束。
  - ③) 保护性网门、栏杆等安全设施齐全。
  - ④) 蓄油坑清理干净，排油管路通畅，卵石铺设完毕。
  - ⑤) 通风及消防装置安装完毕。
  - ⑥) 通电运行后无法再进行的装饰工作以及影响运行安全的工作，都已施工完毕。
- 在进行上述的两大方面检查后，若都已符合要求，则可进行试运行。

### 三、电力变压器的试运行

规范规定：试运行要求变压器带一定的负荷，连续运行24h。因为，在一般情况下，变电所的变压器在初投入时，不具备带额定负荷的条件，所以规范规定带一定的负荷，一般都按系统情况可以提供的最大负荷进行试运行。但是，在实际中，常常存在一些工业企业的变电所，它已竣工，而其他项目的工程尚未竣工，此时要予以试运行，就没有负荷可带。对于这种情况，可由甲乙双方商榷，是否可以采用空载运行24 小时作为中间验收，以进行交工。但是，在以后正式运行前，应该补做带负荷运行24 小时的考核，否则是不妥当的。

## 第二节 高压电器的安装

### 一、高压电器安装的前提条件

高压电器安装在高压配电室或变压器室内。高压电器的安装和电力变压器的安装一样，都要求其安装场所的建筑工程具备一定的条件后，才可进行施工。这些条件和上一节电力变压器安装所要求的建筑工程应具备的条件，基本类同，下面再重申一下。

- 1. 屋顶、楼板已施工完毕，且不得有渗漏。
- 2. 室内地面基层施工已完毕；门窗安装完毕；设备底座及母线的构架安装好后，完成地面的抹光工作。
- 3. 预埋件及预留孔与设计要求吻合，且预埋件牢固。
- 4. 混凝土基础及构架、支架达到允许安装的强度和刚度，焊接件质量符合要求。
- 5. 模板、施工设施及杂物都清扫干净，道路畅通，基坑已回填夯实。
- 6. 高层构架的走道板、栏杆、平台及梯子等都安装得牢固可靠。

7. 设备安装后不能再进行装饰的工作或进行装饰时有可能损伤已安装好的设备的工作，应全部结束。

## 二、断路器的安装

高压断路器又称为高压开关，它是供配电系统中的重要组成部分。在电路正常工作情况下，它可以接通和断开电路；在电路发生故障情况时，它可以自动地切断故障电路。高压断路器可以按其灭弧介质和原理的不同分为：空气断路器、油（多油或少油）断路器、六氟化硫断路器、真空断路器及磁吹断路器等几种。

### 1. 油断路器的安装

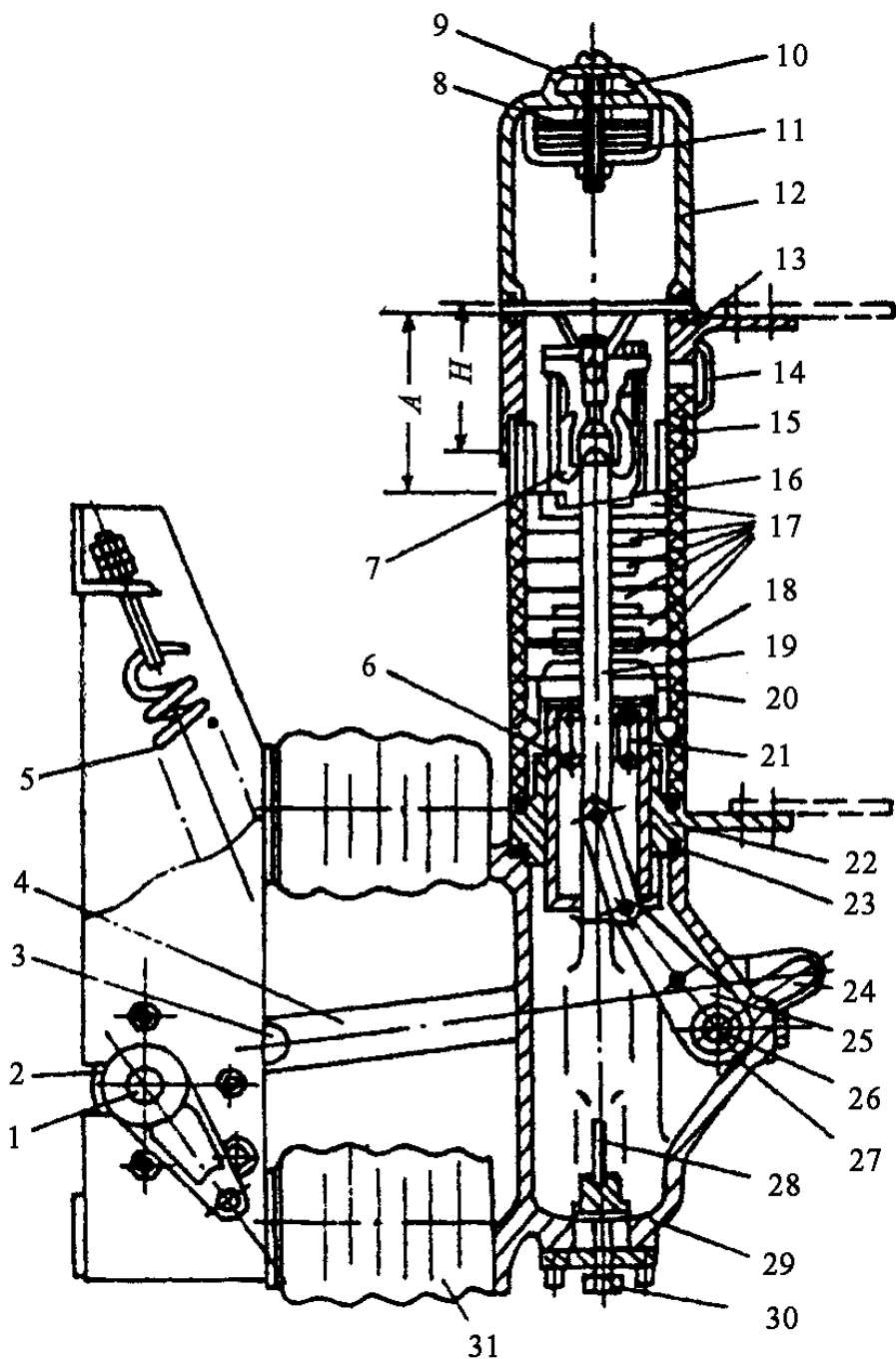


图1 -1 SN10 -10 型少油断路器结构示意图

- 1 - 主轴 ;2 - 拉杆拐臂 ;3 - 拐臂 ;4 - 绝缘拉杆 ;5 - 分闸弹簧 ;6 - 导杆 ;7 - 瓣形触头 ;8 - 六角螺栓 ;  
9 - 固定罩 ;10 - 螺钉 ;11 - 油气分离器 ;12 - 顶罩 ;13 - 上出线座 ;14 - 油位指示器 ;15 - 压环 ;16 - 引弧铁片 ;  
17 - 灭弧室 ;18 - 绝缘筒 ;19 - 导电杆 ;20 - 压环 ;21 - 滚动触头 ;22 - 下接线柱 ;23 - 密封圈 ;  
24 - 主拐臂 ;25 - 拐臂 ;26 - 弹簧销 ;27 - 转轴销 ;28 - 活塞杆 ;29 - 底罩 ;30 - 放油塞 ;31 - 支持绝缘子

油断路器是采用油介质作为灭弧介质的。依其箱体中充油量的多或少，分为少油断路器与多油断路器两种。前者，除充油量较少外，还具备整个油箱体带电（对地绝缘由瓷瓶座承担）、重量较轻等特点；后者，箱体内充油较多、油箱不带电（油介质起灭弧与绝缘两种作用）、重量较重。油断路器的操作机构，有手动式、电磁式、弹簧储能式、气动式及液压式等五种。少油断路器是目前工业企业中仍被广泛采用的一种断路器，图1-1是SN10-10型少油断路器的结构示意图。

油断路器运到现场进行安装时，应该注意以下事项。

(1) 应检查油断路器的型号、规格是否与设计图纸一致。

(2) 对油断路器进行外观检查：所有零部件、配件应齐全，无锈蚀，无机械损伤；瓷铁件应粘合牢固；油箱的焊缝处不可渗油等。

(3) 对安装油断路器的基础进行检查：基础的中心距离及高度的误差，不应大于10mm；预留孔或预埋铁板中心线的误差，不应大于10mm；预埋螺栓中心线的误差，不应大于2mm。

(4) 油断路器就位安装时，应使其位置正确，固定牢靠，部件完整。操动部分应灵活、准确。支架、连杆和传动轴等的连接与固定，均应牢靠。

(5) 做好油断路器及其支架、操作机构等的接地，其施工方法与注意事项可参阅第七章中有关接地的内容。

(6) 做好油断路器与母线的连接。连接处必须紧密无隙，且应用0.05mm×10mm的塞尺进行检查；线接触的，应塞不进去；面接触的，接触面宽50mm及以下时，塞入深度不大于4mm；接触面宽60mm及以上时，塞入深度不大于6mm。

(7) 按二次接线的要求（可参阅本章第四节）做好二次回路的各种接线。

(8) 油断路器就位安装后，还应检查：瓷件表面不得有裂缝，缺损及瓷釉损坏；油标的油位指示应正确、清晰；无渗漏油现象；分合闸指示正确；油漆应完整，相色标志应正确。

(9) 进行油断路器和操作机构联动的调试操作。此时，应先进行慢分闸、慢合闸的操作，操作中，应使其运动缓慢、平稳，无卡阻、无滞留现象。机械指示器的分、合闸位置应与油断路器的实际分、合闸状态严格一致。待慢分、合的操作完全符合要求后，才可进行快速的分、合闸操作。此外，辅助开关的动作，应准确可靠，接点无电弧烧损。

(10) 手车式少油断路器的安装，除上述各条外，还应注意以下几点。

轨道应水平、平行，轨距应与手车轮距相吻合。接地应可靠。

制动装置应可靠、拆卸应方便。

手车操动时，应灵活、轻巧。手车的推入或拉出，应灵活、轻便。

工作与试验位置的定位，应准确、可靠。电气和机械联锁装置的动作，应准确、可靠。

隔离静触头的安装位置必须准确，其中心线应与触头中心线一致，接触必须良好。

### 2. 六氟化硫断路器的安装

六氟化硫断路器的安装与油断路器的安装基本类同，下面再简要地介绍一些。

(1) 安装前，应对六氟化硫断路器进行外观检查，其内容有：断路器的零部件应齐全、完好与清洁；绝缘部件的表面应无裂缝、无剥落与无破损，绝缘应良好，绝缘拉杆端部连接部件应牢固可靠；瓷套表面应光滑无裂缝、无缺损；瓷套与法兰的结合面粘合应牢固，法兰结合面应平整、无外伤；传动机构的零部件应齐全，铸件焊接良好、无裂缝等。

(2) 就位安装前，应对安装断路器的基础或支架进行检查。应要求符合：基础的中心距离及高度的误差，不应大于10mm；预留孔或预埋铁板的中心线的误差，不应大于10mm；预埋螺栓中心线的误差，不应大于2mm。

(3) 就位安装时，应使断路器固定牢靠，外表清洁完整。电气连接应接触良好、安全可靠，接线端子的接触表面应平整、清洁、无氧化膜，并应涂以电力复合脂；镀银部分不得挫磨；载流部分的可挠软铜片或编织铜线，不可有折损、表面凹陷及锈蚀。

(4) 六氟化硫断路器及其操作机构就位安装后，应对六氟化硫断路器及其操动机构作联动的调试操作。联动操作，必须在断路器中已充有额定压力的六氟化硫气体的前提下才可置与断路器的实际分、合状态完全一致；应检查其联动正常，且无卡阻现象；应检查其辅助开关动作正确可靠。在慢速联动操作达到要求后，才可进行快速的分、合闸操作。

此外，油漆的完整、相色标志的正确以及接地的良好可靠等，对各种断路器来说都是一样要求的。

### 3. 真空断路器的安装

(1) 真空断路器在就位安装前，如同上述的油断路器、六氟化硫断路器一样，也必须进行外观检查，检查的内容也基本相同，即：断路器的部件及备件应齐全、无机械损伤、无锈蚀；灭弧室、瓷套与铁件间应粘合牢固、无破损、无裂缝；绝缘部件不可变形、不可受潮；支架应焊接良好等。

(2) 真空断路器安装时，应安装垂直，固定牢靠，相间支持瓷件在同一水平面上；三相联动连杆的拐臂应在同一水平面上，拐臂角度应一致；电气连接应接触良好，安全



可靠。

③) 就位安装完毕后，应先进行手动缓慢分、合闸的操作，当操作过程中没有不良现象发生时，才可进行电动的分、合闸操作。

此外，有关油漆、相色标志、接地等，均应保证完整、正确与良好可靠。

### 4. 断路器操动机构的安装

断路器的操动机构是断路器运行中极其重要的组成部分。不同的操动机构，在安装中有其各自的特点，在此，只简略地介绍操动机构在安装中应该注意的一些共同问题。

(1) 安装前，应检查操动机构的所有零部件、附件及备件要齐全且无锈蚀、无受损、无受潮等现象，充油、充气部件应无渗漏。

(2) 安装时，应注意以下几点。

操动机构应固定牢靠，底座或支架与基础间的垫片不应超过3片，总厚度不应超过20mm，并应与断路器的底座标高相配合，各垫片间应焊接牢固。

操动机构的零部件应齐全，各转动部分应涂以适合当地气候条件的润滑脂。

电动机的转向应符合要求。

各种接触器、继电器、微动开关、压力开关和辅助开关的动作必须正确可靠，接点必须接触良好，无锈蚀和烧损。

分、合闸线圈的铁芯应动作灵活、无卡阻现象。

加热装置的绝缘及控制元件的绝缘，应良好可靠。

电气连接应接触良好，安全可靠。

空气系统应无漏气；液压系统应无漏渗油，油位正常；安全阀、减压阀等应动作正确可靠；压力表的指示应正确。

操动机构箱的密封垫应完整，电缆管口、洞口应封闭。

操动机构应接地良好可靠，油漆完整，外表清洁。

## 三、隔离开关、负荷开关及高压熔断器的安装

隔离开关是一种没有灭弧装置的控制电器，所以使用中严禁带负荷进行分、合闸的操作。它在电路中的作用是在高压电源隔离后，造成一个明显的断开点。以保证检修人员的安全。图1-2是GN2型户内式三极隔离开关的结构及安装示意图。

负荷开关具有灭弧装置及快速分断机构，所以它可以接通和断开负荷电流，但是它不能切断短路故障电路。为保护电气设备不受短路电流效应的损坏，一般都应将负荷开关与高压熔断器串联安装，由熔断器担负切断短路故障电路的任务。图1-3是FN2-10型高压负荷开关的结构及安装示意图。

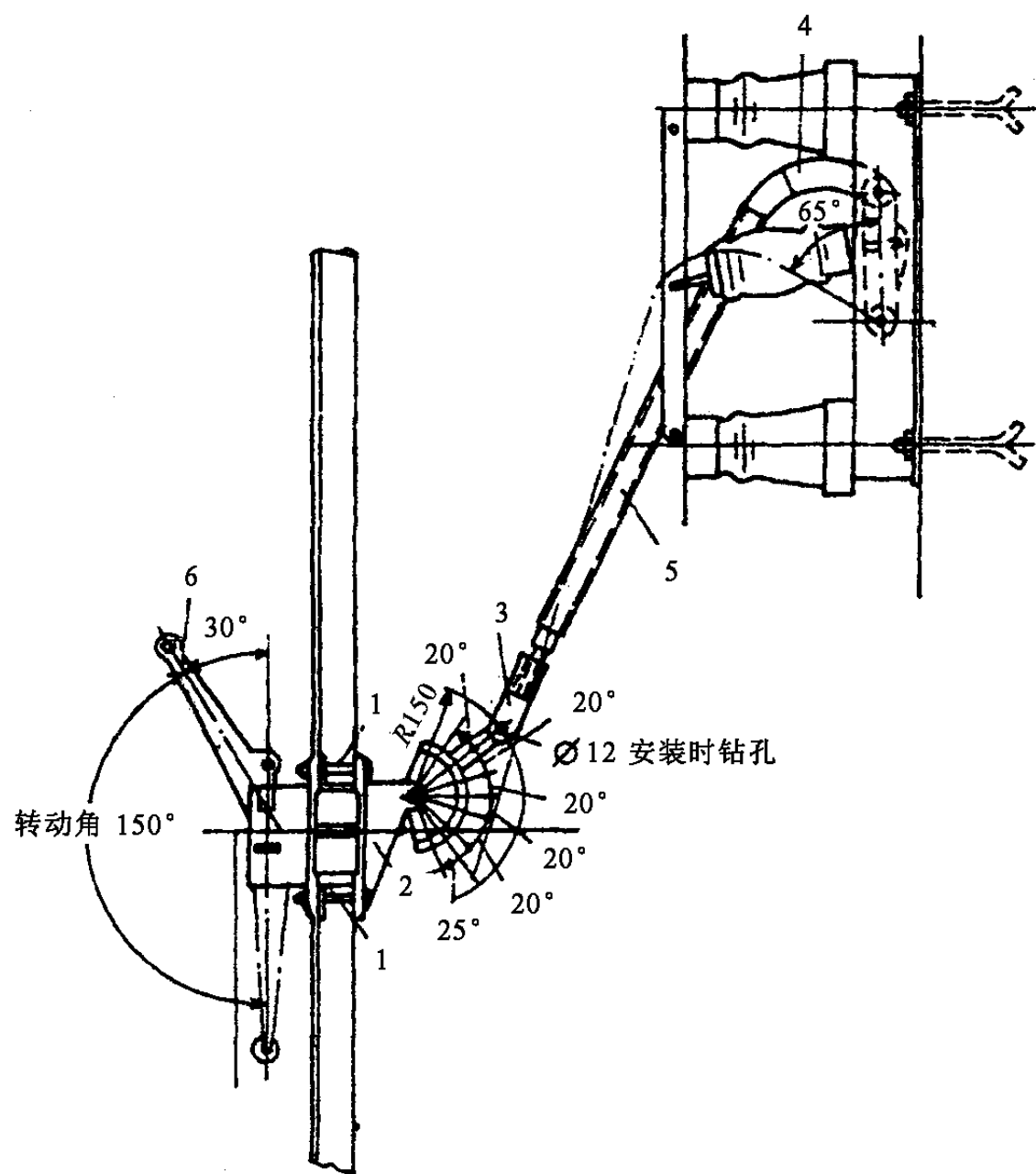


图1 -2 GN2 型隔离开关安装示意图

1 - 角钢 ;2 - 操作机构 ;3 - 直联接头 ;4 - 弯联接头 ;5 - 操作拉杆 ;6 - 操作手柄

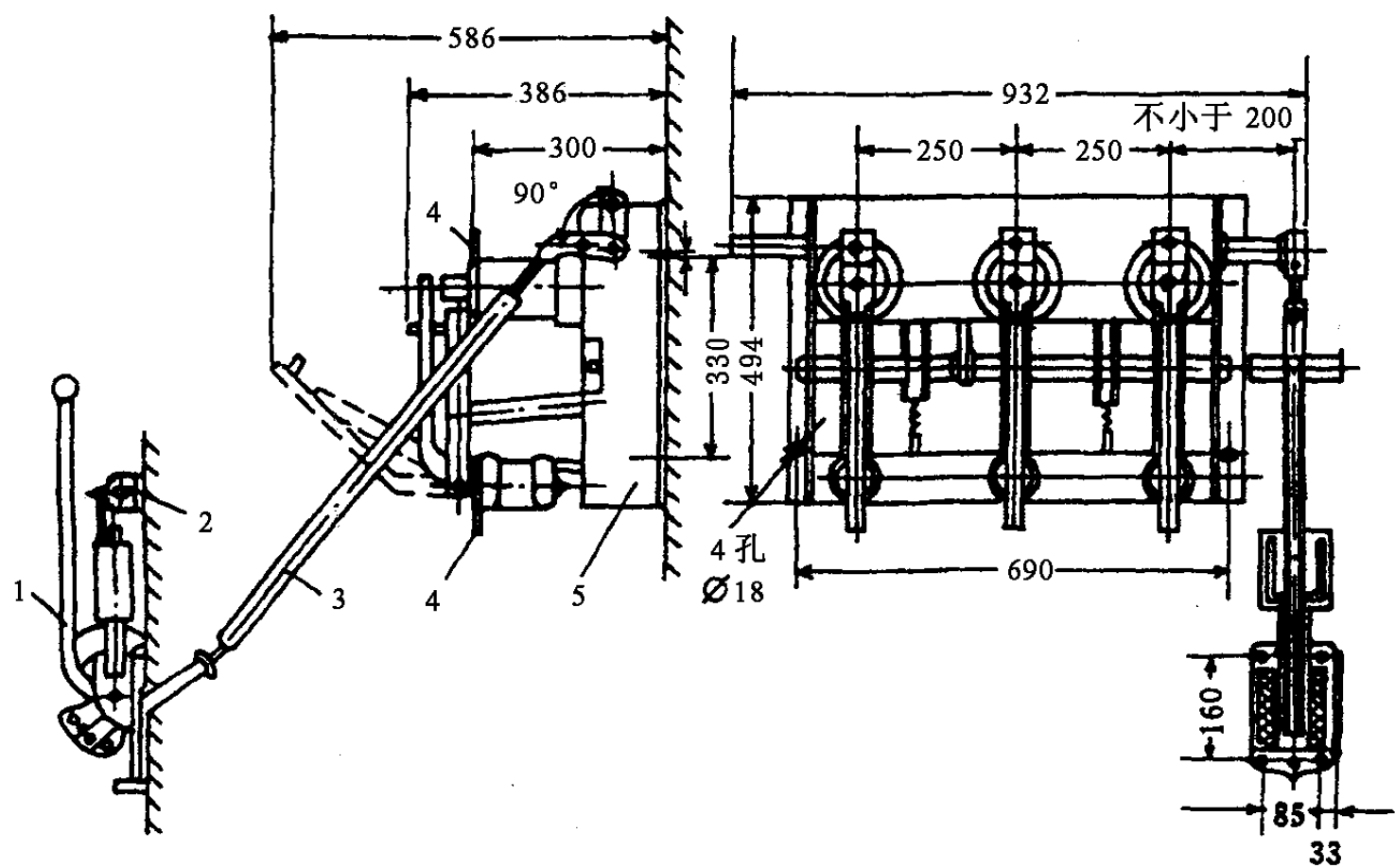


图1 -3 FN2 -10 型负荷开关安装示意图

1 - 操作机构 ;2 - 组合开关 ;3 - 操作拉杆 ;4 - 接线板 ;5 - 负荷开关

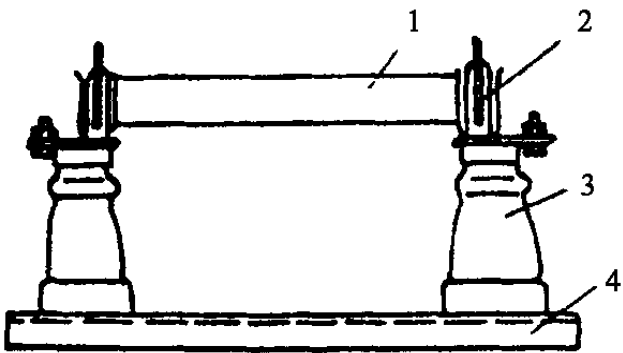


图1 -4 RN1 型限流式熔断器

1 - 熔管 ;2 - 触头座 ;3 - 绝缘子 ;4 - 底板

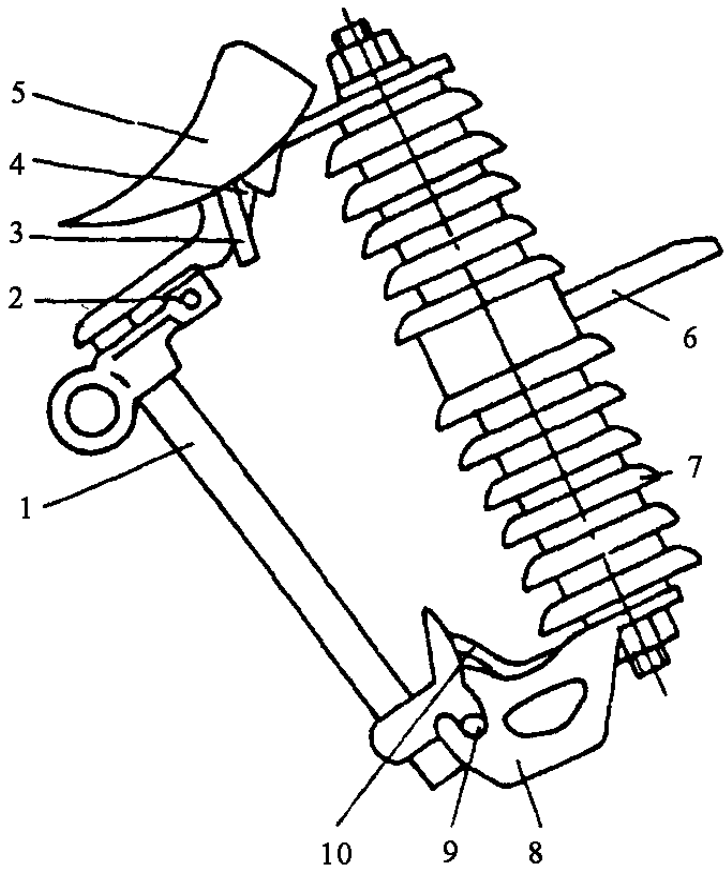


图1 -5 RN4 型跌落式熔断器

1 - 熔管部件 ;2 - 轴 ;3 - 压板 ;4 - 弹簧钢片 ;  
5 - 鸭嘴罩 ;6 - 安装固定板 ;7 - 绝缘支柱 ;  
8 - 金属支座 ;9 - 轴 ;10 - 下触头

高压熔断器是被用作线路及电气设备的过载及短路保护的一种高压电器。图1 -4 是RN1 型限流式熔断器的外形图，图1 -5 是NR4 跌落式熔断器的外形图。

1．隔离开关、负荷开关及高压熔断器安装前的检查

安装时，应对它们进行外观检查，一般应检查以下内容。

- (1) 接线端子及载流部分，应接触良好，触头镀银层无脱落，外表清洁。
- (2) 绝缘子部分应清洁，无破损、无裂缝、无焊接残留斑点，瓷铁粘合应牢固。
- (3) 隔离开关的底座转动部分应灵活。
- (4) 操动机构部分应零部件齐全，所有固定连接部分应紧固。

2．隔离开关的安装

(1) 开关的安装应牢固可靠。在室内同一隔墙的两面安装两组隔离开关时，一般都采用一组双头螺栓予以固定。此时，应在施工中保证其中一组隔离开关拆除时，不可影响另一侧隔离开关出现松动等情况。

(2) 安装传动装置时，应该做到以下几点。

使拉杆矫直。若矫直后与带电部分的距离不符合有关规定时，则可将拉杆弯曲，但必须弯成与原杆平行。

拉杆的内径必须与操动机构轴的直径相配合，两者间的间隙不得大于1mm，连接部分的销子不得松动，以防影响操作。

拉杆若被折断或损坏后可能接触到带电部分时，则在施工中应加装保护环。

延长轴、轴承、联轴器、中间轴轴承及拐臂等传动部件，应固定牢靠、位置正确。传动齿轮应咬合准确，操作应轻便灵活。

定位螺钉在按产品要求进行调整后予以固定。

接地刀刃转轴上的扭力弹簧或其他拉伸式弹簧，应将其调整到操作力矩最小，并加以固定。

安装完毕后，应对所有传动部分涂以适合当地气候条件的润滑脂。

③) 安装操动机构时，应该做到以下几点。

操动机构要安装牢固；处于同一轴线上的操动机构，其安装位置应一致。

拉杆式手动操动机构的手柄位于上部或左端的极限位置，蜗轮蜗杆式操动机构的手柄位于顺时针方向旋转的极限位置时，都应是开关的合闸位置；反之，应是分闸位置。

操动机构安装完毕后，应该进行机构的分、合闸操作，并进行必要的调整，以保证正式投入运行后的安全可靠。

调整时，应采用手动操作，进行多次分、合闸，机构的动作都应正常。机构的动作应平稳，无卡阻、冲击等异常情况。限位装置应准确可靠。电动机的转向应正确，机构的分、合闸指示应与设备的实际分、合闸位置相符。开关合闸后，触头间的相对位置、备用行程，分闸后，触头间的净距或拉开角度，都必须符合产品的技术规定。三相联动的隔离开关触头接触时的不同期值，也应符合产品的技术规定，一般10 -35kv 的三相隔离开关，其不同期的允许值为5mm。

在用手动操作进行必要的调整后，才可以进行电动或气动操动。

④) 对开关的导电部分进行检查。一般用0.05mm ×10mm 的塞尺进行检查。对于线接触，应塞不进去；对于面接触，其塞入深度为：接触表面宽度为50mm 及以下者，不可超过4mm；接触表面宽度为60mm 及以上者，不可超过6mm。

触头间的接触应紧密，两侧的接触压力应均匀；触头表面应平整、清洁，并涂以薄层中性凡士林（此处应注意，不可涂一般的电力复合脂，因为它具有良好的导电性，所以开关触头在分、合闸时要进行转动，这可能会引起放电而烧损触头）或专为转动部分使用的DG2 型电力复合脂。载流部分的可挠连接，不得有折损。载流部分的表面应无严重的锈蚀及凹陷。

设备的接线端子，应涂以薄层电力复合脂，以利于接触的可靠。

此外，还应对隔离开关的闭锁装置、辅助开关等进行检查，检查其动作是否准确可

靠。还应保证接地良好，保证相色标志的正确与油漆的完整。

3. 负荷开关的安装

负荷开关的安装以及安装中所安装中所必须进行的调整，和隔离离开关基本相同。只是应注意：在负荷开关合闸时，主固定触头应可靠地与主刀刃接触；分闸时，三相的灭弧刀片应同时跳离固定灭弧触头；灭弧筒内产生气体的有机绝缘物，应完整无裂缝；灭弧触头与灭弧筒的间隙，应符合要求。

4. 高压熔断器的安装

- (1) 限流式（带钳口）熔断器，安装时应使其熔丝管能紧密地插入钳口内。
- (2) 带有动作指示器的熔断器，安装时应使指示器的动作情况处于易于检查的方位上。
- (3) 跌落式熔断器，安装时应使熔管（熔管和有机物应无裂缝及变形）轴线与铅垂线的夹角为 $15^{\circ}$  -  $30^{\circ}$ ，转动部分应灵活；跌落时不应碰及其他物体而使熔管损坏。

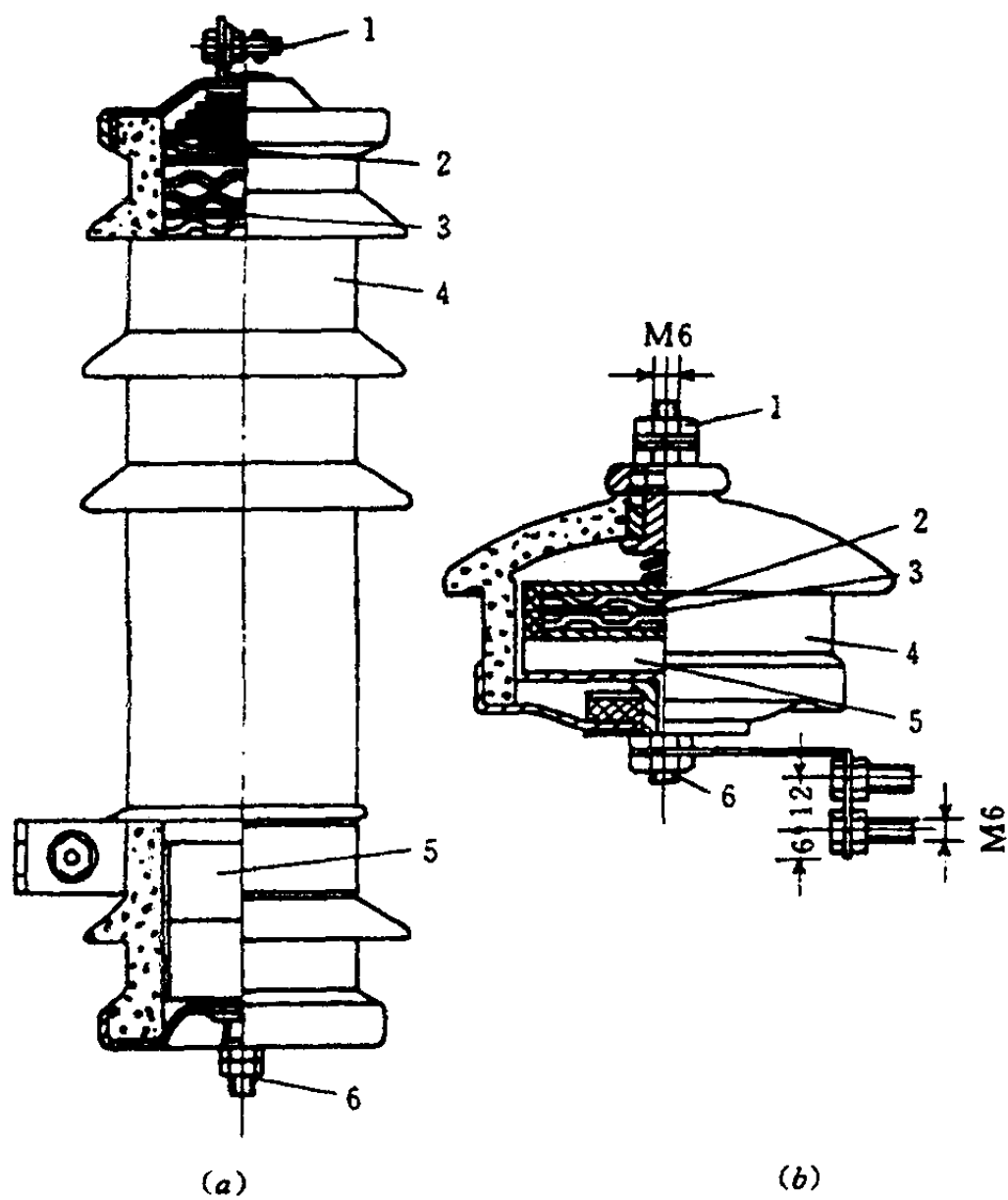


图1 -6 高低压阀型避雷器

(a) FS4 -10 型；(b) FS -0 38 型

1 - 上接线端；2 - 火花间隙；3 - 云母垫片；4 - 瓷套管；5 - 阀电阴片；6 - 下接线端

## 四、避雷器的安装

避雷器是用以保护变配电所、其他建筑物及电气设备，免遭雷击损坏的防雷设备。避雷器在电路中是与被保护物并联安装的。避雷器的种类已有多种。如阀式避雷器（又可分为普通型与磁吹型两种）、金属氧化物避雷及排气式避雷器。图1 -6 是10kV 及380V 两种电压等级的阀式避雷器的外形图。

下面仅对阀式避雷器的安装作一些介绍。

### 1. 避雷器检查

安装时就先对阀式避雷器作下列内容的检查。

避雷器检查

安装时应先对阀式避雷器作下列内容的检查。

(1) 型号、规格应符合设计图纸的要求。

(2) 避雷器的瓷件应无破损、裂缝；瓷套与铁法兰间的粘合应牢固，法兰泄水孔应通畅。

(3) 磁吹型阀式雷器的防爆片应无损坏和裂缝。

(4) 金属氧化物避雷器的安全装置应完整无损。

但是值得指出：在作上述任一内容检查时，均不得任意拆开，破坏密封和损坏无件。

### 2. 安装时注意事项

(1) 安装必须牢固、垂直。垂直直度必须符合制造厂的规定。在校直时，可以采取在法兰间加金属片，但必须保证其导电良好，并将其缝隙用腻子抹平后再涂以油漆。

(2) 并列安装的避雷器三相中心应在同一直线上，铭牌应在易于观察的同一侧。

(3) 拉紧绝缘子串应坚固可靠；同相各拉紧绝缘子串的拉力应均匀。

(4) 均压环应安装水平，不得歪斜。

安装时应先对阀式避雷器的安装作一些介绍。

(5) 放电计数器应按产品的技术规定进行连接。安装位置应一致，且便于观察。接地应可靠、良好。

(6) 避雷器引线的连接，不应使端子受到超过允许的外加应力。

(7) 安装完毕后，应保证相色标志正确，油漆完整。

## 五、互感器的安装

### 1. 互感器外观检查

电压互感器与电流互感器在安装前，除应检查其型号、规格与设计图纸一致外，还应作下列外观检查。

- (1) 互感器的外观应完整，附件应齐全，且无锈蚀与损伤。
- (2) 油浸式互感器的油位应正常，密封应良好，且无渗漏油的现象。
- (3) 电容式电压互感器的电磁装置和谐振阻尼器的封铅应完好。
- (4) 互感器的变比、分接头的位置和极性应符合制造厂的产品技术规定。
- (5) 二次接线板应完整，引线端子应连接牢固，标志清晰。

### 2. 互感器安装时注意事项

(1) 油浸式互感器的安装面应水平。并列安装的，应排列整齐。同一组互感器的极性方向应一致。

(2) 母线贯穿式电流互感器安装时，应使其所有的弹簧拽点牢固可靠，并与母线（母线应位于互感器的中心）接触良好。

(3) 电容式电压互感器安装时，必须根据产品成套供应的组件编号进行安装，不得互换。各组件连接处的接触面，应除去氧化层，并涂以电力复合脂。

(4) 具有均压环的互感器，应使均压环安装水平，方向正确，牢固可靠。

(5) 零序电流互感器安装时，必须注意构架、其他的磁导体不得与互感器的铁芯直接接触，或与其构成分磁回路。

(6) 安装时，必须将互感器的下列各部位作良好可靠的接地。

互感器的外壳。

电容型绝缘的电流互感器，其一次绕组末屏的引出端子、铁芯引出接地端子。电容式电压互感器，应按制造厂规定的部位进行接地。

备用的电流互感器，其二次绕组的端子，应先短路然后再接地。

倒装式电流互感器，其二次绕组的金属导管。

此外，安装完毕后，应保证相色标志正确，油漆完整。

## 第三节 配电柜（屏）的安装

变配电所中的配电装置，一般都采用成套柜（屏）。这些柜（屏）按其电压等级的

不同，分别安装在不同电压等级的配电室内。

配电柜（屏）的安装与变电所中其他电气设备的安装一样，必须先检查建筑物的建筑工程是否具备了允许进行安装的条件。这些条件包括以下内容。

- ①）屋顶、楼板已施工完毕，且无渗漏。
- ②）室内地面工作已结束，且室内沟道内无积水及杂物。
- ③）门窗已安装完毕。
- ④）预埋件及预留孔都符合电气设计的要求，且预埋件应牢固可靠。
- ⑤）进行装饰工作时有可能损坏已安装的配电设备或设备安装后不能再进行施工的工作已全部结束。

当安装的条件具备后，即可进行施工。施工中应该注意以下事项。

- ①）按设计图纸的要求，检查配电柜（屏）的型号、规格。
- ②）按设计图纸的要求，安装基础型钢。

基础型钢的位置应符合配电柜（屏）安装位置的各种通道净距。表1 -1 是高压（6 -10kV）配电柜室内各种通道的净距要求，表1 -2 是低压配电柜（屏）的各种通道的净距要求。此外，当高压电源从柜后进线，且需在柜台正背后墙上另装隔离开关及其手动操作机构时，则柜后的通道净距不可小于1.50m。

表1 -1 10kV 及以下高压配电室内各种通道的最小净宽（m）

布置方式	维护通道	操作通道		通往防爆间隔的通道
		固定式	手车式	
单列布置	0.80	1.50	单车长 +0.90	1.20
双列布置	1.00	2.00	双车长 +0.60	1.20

表1 -2 低压配电室内各种通道的最小净宽（m）

装置种类	单列布置		双列对面布置		双列背对背布置		多列同向布置	
	屏前	屏后	屏前	屏后	屏前	屏后	屏后	
固定式	1.50 (1.30)	1.00 (0.80)	2.00	1.00 (0.80)	1.50 (1.30)	1.50	2.00	-



续表

装置种类	单列布置		双列对面布置		双列背对背布置		多列同向布置	
	屏前	屏后	屏前	屏后	屏前	屏后	屏后	
抽屉式	1.80	0.90	2.30	0.90	1.80	1.50	2.30	-
手车式	(1.60)	(0.80)	(2.00)	(0.80)			(2.00)	
控制屏（柜）	1.50	0.80	2.00	0.80	-	-	2.00	屏前检修时靠墙安装

注：（ ）内的数字为有困难时（如通道内的墙面上，有凸出的柱子或暖气片等）的最小宽度。

安装基础型钢时还应注意配电柜（屏）的总长，如低压配电装置的总长度超过6m时，其屏后应设两个通向本室或其他房间的出口，如两个出口间的距离超过15m 时，应再增加出口。

基础型钢（用槽钢或角钢）安装时，必须对其直线度进行矫正，其允许误差应符合表1 -3 的规定。

表1 -3 基础型钢安装的允许误差

项 目	mm /m	mm /全长
直线度误差	<1	<5
水平度误差	<1	<5
位置及平行度误差	<5	

基础型钢安装后，其顶部宜高出抹平地面10mm ；手车式成套柜按产品技术要求执行。

基础型钢应有明显可靠的接地。

⑶ 将配电柜（屏）按设计图纸的规定逐一就位。然后对成排的配电柜（屏）进行校正，使其垂直度、水平度偏差以及柜（屏）面尺寸偏差、柜（屏）间接缝宽度的允许误差符合表1 -4 所列的规定值。

表1 -4 盘、柜安装的允许误差

项目		允许误差（mm）
垂直度（每米）		<1.5
水平度	相邻两盘顶部	<2
	成列盘顶部	<5
盘面尺寸	相邻两盘边	<1
	成列盘面	<5
盘间接缝		<2

④) 高压配电装置距屋顶(除梁外)的距离,一般不小于0.80m。低压配电柜(屏)通道上方裸带电体距地面的高度不可低于:屏前通道内为2.50m,加保护网后其高度可降低,但保护网的最低高度为2.20m;屏后通道内为2.30m,加遮护后的高度可降为1.90m。

⑤) 安装在有震动场所的柜(屏),应按设计要求采取防震措施。

⑥) 做好柜(屏)的接地,使接地良好、可靠及牢固。对于装有电器的可开启的门,应采用裸铜软线与接地的金属构架可靠地连接。因为,一旦门上的电器绝缘损坏后,就会使门上带有危及人身安全的危险电位,所以必须充分重视这一接地工作。

⑦) 配电柜(屏)安装完毕,进行通电运行前,还应对柜(屏)作进一步的检查,以保证运行时的安全可靠。

对固定式成套柜的检查:

闭锁装置(机械的和电气的)应动作准确可靠。

动、静触头的中心线应一致,触头接触紧密。

二次回路辅助开关的切换接点应动作准确,接触可靠。

柜内照明齐全。

对抽屉式配电柜的检查:

抽屉推拉应灵活轻便,无卡阻与碰撞,且抽屏能互换。

抽屉的联锁装置应动作正确可靠,断路器分闸后,隔离触头才能分开。

抽屉与柜体间的二次回路连接插件应接触良好。

抽屉与柜体间的接触及柜体,框架的接地应良好、可靠。

对手车式柜的检查:

防止电气误操作的“五防”(防止带负荷拉合刀闸、防止带地线合闸、防止带电挂地线、防止误走错间隔、防止误拉合开关)装置齐全,动作灵活可靠。

手车推入工作位置后,动触头顶部与静触头底部的间隙,应符合产品要求。

手车和柜体间的二次回路连接插件应接触良好可靠。

手车推拉应灵活轻便、无卡阻及碰撞,相同型号的手车应能互换。

安全隔离板应开启灵活,随手车的进出而能相应可靠地动作。

柜内控制电缆的位置不应妨碍手车的进出,并应牢固可靠。

手车与柜体间的接地触头应接触紧密,当手车推入柜内时,其接地触头应比主触头先接触;接出时,接地触头比主触头后断开。

最后,再应检查柜(屏)及有关支架等的漆层,应完整、无损伤、符合要求。

## 第四节 二次回路接线的施工

二次回路的导线应采用电压不低于500V 的铜芯绝缘导线或铜芯控制电缆。柜（屏）内配线的截面积：对于电流回路不可小于 $2.5\text{mm}^2$ ；其他回路不可小于 $1.5\text{mm}^2$ ；电子元件回路、弱电回路采用锡焊连接时，在满足机械强度的条件下，可采用不小于 $0.5\text{mm}^2$ 的导线。

二次回路接线的施工是在配电柜（屏）、控制柜（屏）等安装完毕后进行的，在施工中应该注意以下事项。

### 一、引入柜（屏）内的电缆及其芯线的施工

1. 排列整齐，避免交叉，编号清晰，固定牢靠。接到端子排上时，端子排上不可受有机械应力。

2. 铠装电缆引入柜（屏）后，应将钢带切断，切断处的端部应扎紧，并将钢带接地。

3. 用于静态保护、控制等逻辑回路的控制电缆，应采用屏蔽电缆，其屏蔽层应按设计要求的接地方式予以接地。用于可能受到油侵蚀场所的电缆或导线，应采用耐油型。

4. 强、弱电回路不可使用同一根电缆。

5. 柜（屏）内与柜（屏）外回路的连接，某些同名回路（如分闸回路）的连接，同一柜（屏）由各安装单位的连接，均应经过端子排连接。属于不同安装单位或装置的端子，应分别组成单独的端子排。

柜（屏）内同一安装单位各设备之间的连接，电缆与互感器、单独设备的连接，可不经过端子排。

### 二、二次回路接线的施工

1. 按设计图纸的要求进行接线。

2. 配线应整齐、美观、清晰。导线的绝缘应良好、无损。柜（屏）内导线不应有接头，导线的芯线应无损伤。

3. 导线的布置，应按垂直或水平有规律地配置，不得任意歪斜或交叉连接。强、

弱电回路的导线，应分别成束后分开排列。备用导线及备用电缆芯线，均应留有一定数量及一定长度。

4．导线与电气元件间的连接，无论是插接、焊接、压接或是螺栓连接，均应牢固、紧密、可靠。

5．导线或电缆芯线的端部均应标明其回路编号，目前一般都采用烫有字母及数字的异形套管，使编号清晰、不易脱落。

6．在接线端子上接线时，每个接线端子的一侧，接线宜为1根，不得超过2根。对于插接式端子，不同截面的两根导线，不得接在同一端子上；对于螺栓连接端子，当接两根导线时，中间应加平垫片。

7．连接门上的电器、控制台板等可动部位的导线，应采用多股软导线，长度应有适当裕度；应采用成束并外套塑料管以加强绝缘进行敷设，在可动部分两端再用卡子固定。与电器连接时，端部应绞紧，并应加终端附件（目前一般采用压接式终端附件）或搪锡，以保证多股导线不松散、不断股。

8．二次回路的接地，应采用专用接地螺栓，以使接地明显可靠。

9．电流互感器的二次回路应有一个接地点，并在配电装置附近经端子排接地。但对于有几组电流互感器连接在一起的保护装置，则应在保护屏上经端子排接地。

电压互感器的二次回路只允许有一处接地，接地点宜设在控制室内，并应牢固地焊接在接地小母线上。

10．在变电所中，每一安装单位的保护回路和断路器控制回路，可以合用一组单独的熔断器或低压断路器。

## 第五节 母线的安装

母线安装是变电所电气施工中的主要项目之一。当然，母线安装的工程并不限于变电所中，凡负载较大或有需要的场所，其干线或支线都可能采用母线，所以母线安装的施工，也是电气施工中的基本内容。

### 一、母线安装前所具备的条件

母线安装前也应检查一下建筑工程是否具备了母线安装的条件，这些条件包括以下内容。

1．屋顶、楼板已施工完毕，且不得渗漏水；室内地面基层施工完毕。

- 2. 基础、构架符合电气设计的要求，且达到允许安装的强度。
- 3. 母线装置所需的预留孔、预埋铁板应符合电气设计的要求。
- 4. 门窗安装完毕。
- 5. 有可能损坏已安装好的母线装置或母线装置安装后不能再进行的装饰工程全部结束。

二、母线安装的具体步骤

母线安装，一般应经过以下一些步骤。

- 1. 检查母线的型号、规格是否与设计图纸一致。检查母线的材质：表面应光洁平整，不应有裂缝、折皱、变形、扭曲与夹杂物。
- 2. 对母线进行矫正、平直。一般都采用将母线平放在平整的基础上（例如槽钢，钢板等平整、坚硬的物体），用木槌槌打，以使其得到平直。
- 3. 根据设计图纸的要求与现场具体安装路径的需要，将母线逐段进行锯截，其切断面必须平整。
- 4. 根据安装的具体需要，将对某些部分的母线进行弯曲。规范规定：矩形母线的弯曲，应进行冷弯，不得进行热弯。因为热弯会使母线严重退火与起皱，从而影响母线原来的质量。

母线弯曲有立弯、平弯及扭弯三种，如图1 -7 所示。

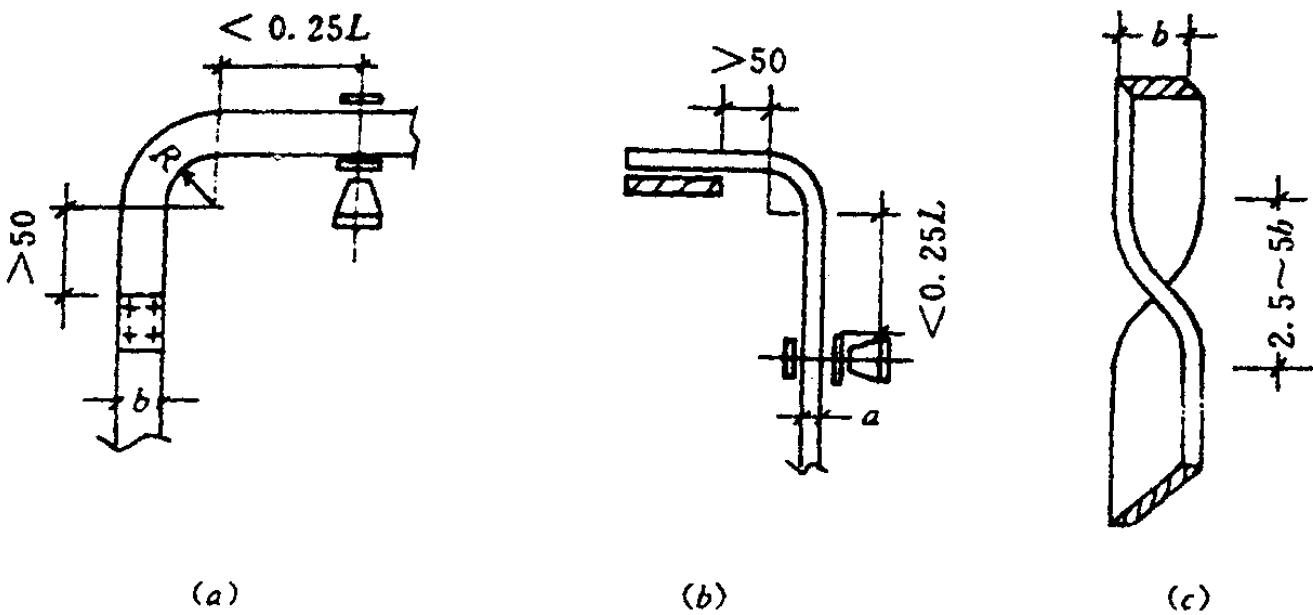


图1 -7 矩形母线的弯曲形式  
(a) 立弯；(b) 平弯；(c) 扭弯  
a - 母线厚度；b - 母线宽度；L - 母线两支持点间的距离

在母线进行弯制时，必须符合规范中的下列规定。

- (1) 母线开始弯曲处距最近绝缘子的母线支持夹板边缘，不可大于 $0.25L$ （L 为母

线两支持点间的距离)，但不得小于50mm。母线开始弯曲处距母线连接处，不可小于50mm，如图1 -7 (a) 及 (b) 所示。

②) 矩形母线的最小弯曲半径R，应符合表1 -5 的规定。

表1 -5 母线最小弯曲半径 (R) 值

母线种类	弯曲方式	母线断面尺寸 (mm)	最小弯曲半径 (mm)		
			铜	铝	钢
矩形母线	平弯	50 ×5 及其以下	2a	2a	2a
		125 ×10 及其以下	2a	2.5a	2a
	立弯	50 ×5 及其以下	1b	1.5b	0.5b
		125 ×10 及其以下	1.5b	2b	1b
棒形母线		直径为及其以下	50	70	50
		直径为30 及其以下	150	150	150

③) 矩形母线应减少直角弯曲，弯曲处不得有裂缝及显著的折皱。

④) 多片母线的弯曲程度应一致，以求整齐美观。

⑤) 母线扭转90°时，其扭转部分的长度为母线宽度的2.5 -5 倍，如图1 -7 (c) 所示，以保证在每相由多片母线组成时，能使其扭转程度达到一致，以便整齐美观。

5. 钻孔。矩形母线一般都采用螺栓固定的搭接，因此必须在母排的连接处进行钻孔，而孔的位置以及孔径的大小和数量都必须符合下列规定。

①) 母线连接处距离支柱绝缘子的支持夹板边缘，不应小于50mm；上片母线端与下片母线平弯开始处的距离，不应小于50mm，如图1 -8 所示。

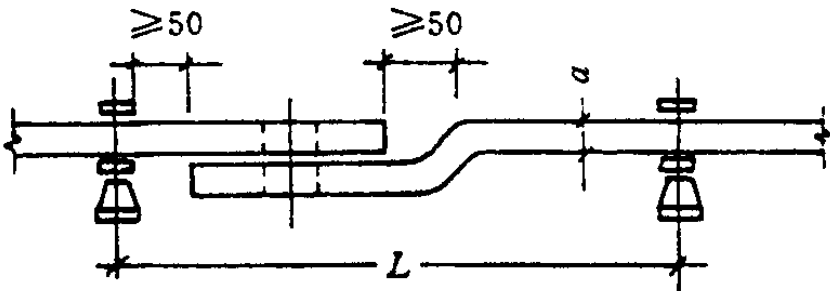
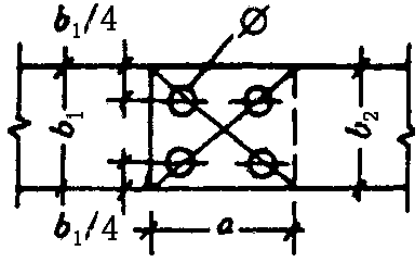
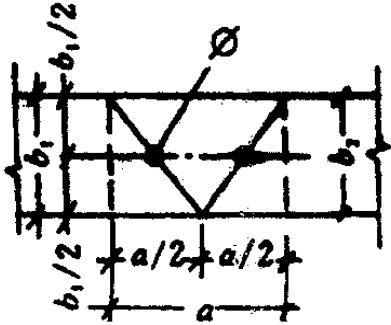
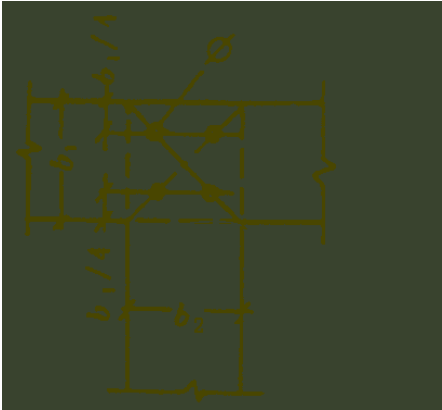
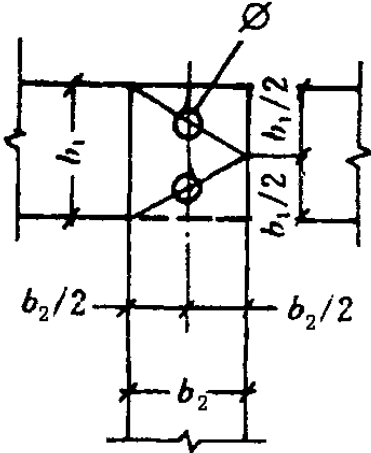


图1 -8 矩形母线搭接时下片母线的弯制

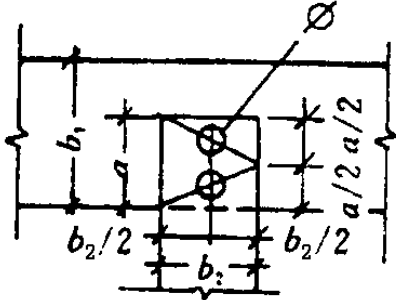
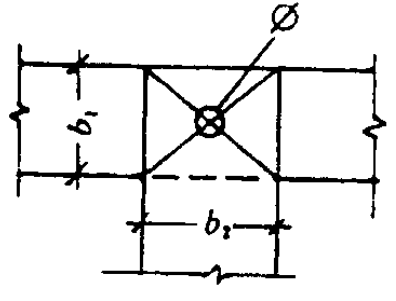
②) 矩形母线搭接连接时，其钻孔的孔径与个数，不可任意，必须符合表1 -6 的规定。

③) 螺孔间中心距离的误差，允许为 ±0.5mm，所以螺孔的直径宜大于螺栓直径1mm，如表1 -6 中所列的螺栓规格比孔径要小1mm。钻孔时，应垂直、不歪斜。

表1 -6 矩形母线搭接要求

搭接形式	类别	序号	连接尺寸 (mm )			钻孔要求		螺栓规格
			b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	a	(mm )	个数	
	直线连接	1	125	125	6 或b <sub>2</sub>	21	4	M20
		2	100	100	b <sub>1</sub> 或6 <sub>2</sub>	17	4	M18
		3	80	80	b 或b <sub>2</sub>	13	4	M12
		4	63	63	b 或b <sub>2</sub>	11	4	M10
		5	50	50	b <sub>1</sub> 或b <sub>2</sub>	9	4	M8
		6	45	45	b 或b <sub>2</sub>	9	4	M8
	直线连接	7	40	40	80	13	2	M12
		8	31 5	31 5	63	11	2	M10
		9	25	25	50	9	2	M8
	垂线连接	10	125	125		21	4	M20
		11	125	100 ~80		17	4	M16
		12	125	63		13	4	M12
		13	100	100 ~80		17	4	M16
		14	80	80 ~63		13	4	M12
		15	63	63 ~50		11	4	M10
		16	50	50		9	4	M8
		17	45	45		9	4	M8
	垂线连接	18	125	50 ~40		17	2	M16
		19	100	63 ~40		17	2	M16
		20	80	63 ~40		15	2	M14
		21	63	50 ~40		13	2	M12
		22	50	45 ~40		11	2	M10
		23	63	31 5 ~25		11	2	M10
		24	50	31 5 ~25		9	2	M8

续表

搭接形式	类别	序号	连接尺寸 (mm)			钻孔要求		螺栓规格
			b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	a	(mm)	个数	
	垂线连接	25	125	31.5 ~ 25	60	11	2	M10
		26	100	31.5 ~ 25	50	9	2	M8
		27	80	31.5 ~ 25	50	9	2	M8
	垂线连接	28	40	40 ~ 31.5		13	1	M12
		29	40	25		11	1	M10
		30	31.5	31.5 ~ 25		11	1	M10
		31	25	22		9	1	N8

6．将连接处的母线锉磨平整。在钻孔完毕后，应对连接处的母线进行锉磨与加工，以使接触面平整、氧化膜去除，从而使其接触紧密，接触处不会过热。

但是，接触面经过加工后母线的截面积的减少值规定为：铜母线不可超过原截面的3 %；铝母线不可超过原截面的5 %。

7．安装。经过上述的一些加工工作后，即可进行母线的安装工作。

(1) 将母线与母线或母线与电器接线端子连接起来。施工中应该注意以下几点。

在加工后并保持清洁的接触面上涂以电力复合脂。电力复合脂的滴点温度可达180 ~ 220 ；并且电力复合脂中还含有导电的金属填料，所以增强了导电性能；此外，该填料的电位介于铜和铝之间，因此当铜铝导体连接时，它还有缓解电化腐蚀的作用。

连接时，必须采用表1 -6 中规定的螺栓规格。并且，当母线平置时，螺栓应由下向上穿；在其余情况下，螺母应置于维护侧。螺栓长度宜露出螺母2 ~ 3 扣。

螺栓连接的母线两外侧均应有平垫圈，相邻螺栓垫圈间应有3mm 以上的净距，螺母侧应装有弹簧垫圈或锁紧螺母。

为保证母线接触面的连接紧密，因此规范规定必须采用力矩扳手将连接螺栓紧固，而不可采用先用一般扳手紧固，然后再用塞尺进行检查的方法。用力矩扳手紧固钢制螺栓的紧固力矩值，必须达到表1 -7 所列的数值。



表1 -7 钢制螺栓的紧固力矩值

螺栓规格 (mm )	力矩值 (N .m )
M8	8 .8 -10 .8
M10	17 .7 -22 .6
M12	31 .4 -39 .2
M14	51 . -60 .8
M16	78 .5 -98 .1
M18	98 .0 -127 .4
M20	156 .9 -196 .2
M24	274 .6 -343 .2

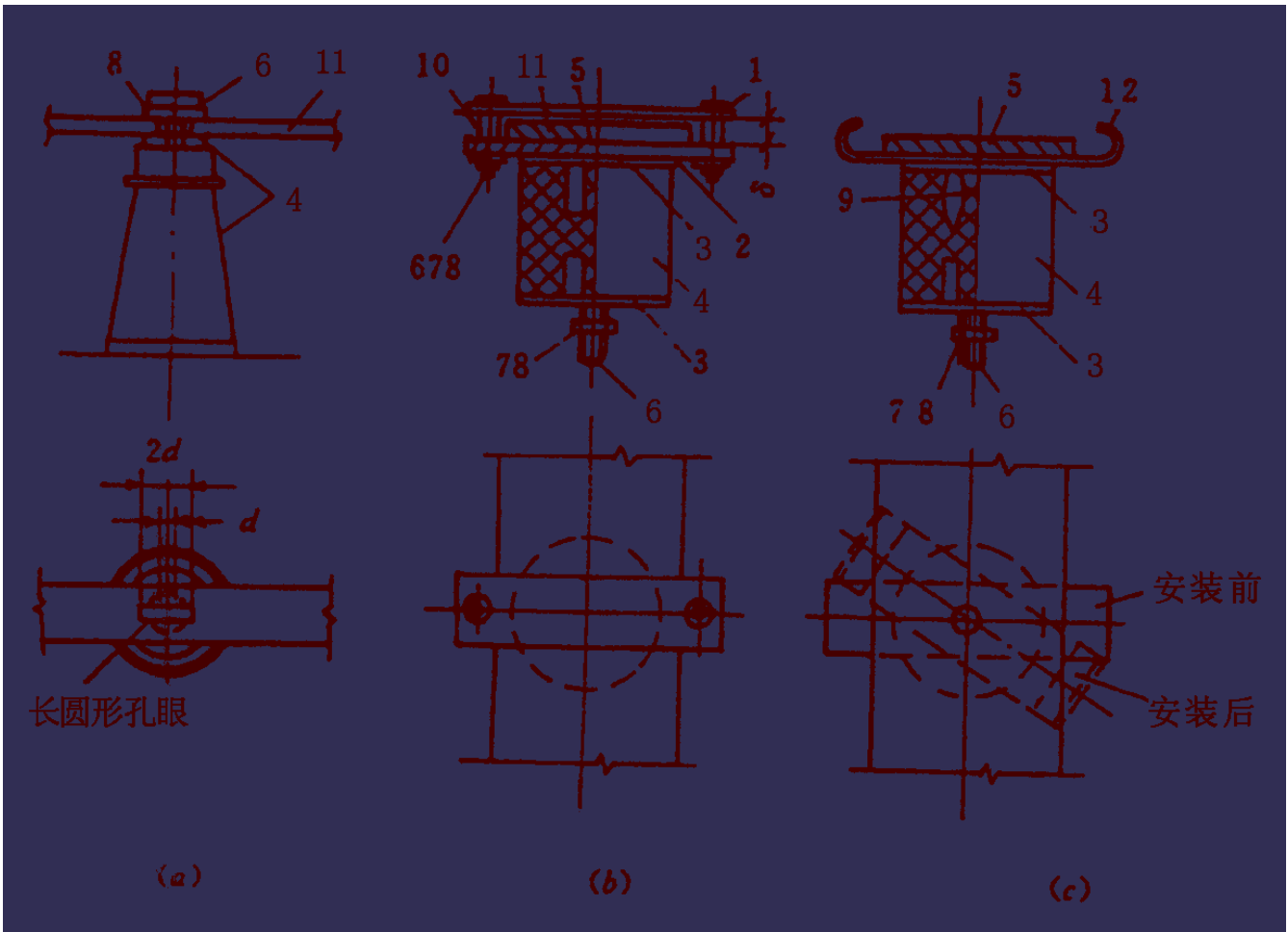


图1 -9 母线在绝缘子上的固定方法

(a) 螺栓固定；(b) 夹板固定；(c) 卡板固定

1 - 上夹板 ;2 - 下夹板 ;3 - 红钢纸垫圈 ;4 - 绝缘子 ;5 - 沉头螺栓 ;

6 - 螺栓 ;7 - 螺母 ;8 - 垫圈 ;9 - 螺母 ;10 - 套筒 ;11 - 母线 ;12 - 夹板

Q) 将母线固定在支柱绝缘子上。由于母线在运行中所载的电流是变化的，发热或温升也随之变化，所以母线在支柱绝缘子上的固定，既应平整牢固，又应能使母线自由伸缩，以免母线受到额外的应力。对于固定交流母线的金具或其他支持金具，都不得形成闭合磁路，以避免因产生涡流而导致发热。所以，母线在支柱绝缘子上的固定方法，目前有三种：螺栓固定、夹板固定和卡板固定，如图1 -9 所示。螺栓固定方法，需要

在母线上钻孔，宜钻成长圆形，长轴部分应与母线长度平行，以便补偿测量误差和温度变化的影响。夹板和卡板固定方法，不需要在母线上钻孔，它通过固定在绝缘子上的夹板和卡板来固定母线。

此外，在施工中应该注意以下几点。

当母线平置时，母线支持夹板的上部压板，应与母线保持1 ~1.5mm 的间隙；当母线立置时，上部压板应与母线保持1.5 ~2mm 的间隙。

母线在支柱绝缘子上的固定死点，每一段应设置一个，并宜位于全长或母线伸缩节的中点。

母线的固定装置不可有棱角或毛刺。因为一旦金具有棱角或毛刺，就会在此处出现电晕放电，从而产生损耗与对弱电信号的干扰。

③）在安装多片母线时，为保证母线的散热与避免形成闭合磁路，所以规范规定：多片矩形母线间应保持不小于母线厚度的间隙；相邻的间隔垫边缘间的距离应大于5mm。

④）在母线安装中，还应注意以下三个问题。

关于母线与母线（干线与干线或干线与支线），母线与电器接线端子搭接时，搭接面的处理规定如下：

．铜与铜：室外、高温且潮湿或对母线有腐蚀性气体的室内，必须搪锡；在干燥的室内可直接连接。

b．铝与铝：直接连接。

c．钢与钢：必须搪锡或镀锌，不得直接连接。

d．铜与铝：在干燥的室内，铜端应搪锡；室外或空气相对湿度接近100 %的室内，应采用铜铝过渡板，铜端应搪锡。

e．钢与铜或铝：钢搭接面必须搪锡。

f．封闭母线螺栓固定搭接面应镀银。

关于母线的相序排列。若无设计规定，则应符合下列规定：

a．上、下布置时：交流A、B、C 三相母线的排列为由上到下；直流母线的排列为正极在上，负极在下。

b．水平布置时：交流A、B、C 三相母线的排列为由盘后向盘面；直流母线的排列为正极在后，负极在前。

c．引下线：交流A、B、C 三相母线的排列为由左至右；直流母线的排列为正极在左，负极在右。

关于安全净距。施工中必须严格遵守安全净距的规定。表1 -8 和图1 -10 是室内配电装置的安全净距。

表1 -8  室内配电装置的安全净距 (mm)

符号	适用范围	额定电压 (V)						
		0 4	1 ~3	6	10	15	20	35
A <sub>1</sub>	1．带电部分至接地部分之间							
	2．网状和板状遮栏向上延伸线距地 2 3m 处与遮栏上方带电部分之间	20	75	100	125	150	180	300
A <sub>2</sub>	1．不同相的带电部分之间							
	2．断路器和隔离开关的断口两侧带电 部分之间	20	75	100	125	150	180	300
B <sub>1</sub>	1．栅状遮栏至带电部分之间							
	2．交叉的不同时停电检修的无遮栏带 电部分之间	800	825	850	875	900	930	1050
B <sub>2</sub>	网状遮栏至带电部分之间	100	175	200	225	250	280	400
C	无遮栏裸导体至地（楼）面之间	2300	2375	2400	2425	2450	2480	260
D	平行的不同时停电检修的无遮栏裸导 体之间	1875	1875	1900	1925	1950	1980	2100
E	通向室外的出线套管至室外通道的路 面	3650	4000	4000	4000	4000	4000	4000

8．着色。母线安装完毕并经检查无误后即可进行着色。刷漆应均匀及整齐一致，且无起层与皱皮。

（1）母线涂漆的颜色规定：

三相交流母线：A 相为黄色，B 相为绿色，C 相为红色；单相交流母线：与引出相的颜色相同。

直流母线：正极为赭色，负极为蓝色。

直流均衡汇流母线及交流中性汇流母线：不接地者为紫色，接地者为紫色带黑色条纹。

封闭母线：母线外表面及外壳内表面涂无光泽黑漆，外壳外表涂浅色漆。

（2）母线涂漆部位的要求：

单片母线的所有面，多片、槽形、管形母线的所有可见面，均应涂相色漆。

钢母线的所有表面，应涂防腐相色漆。

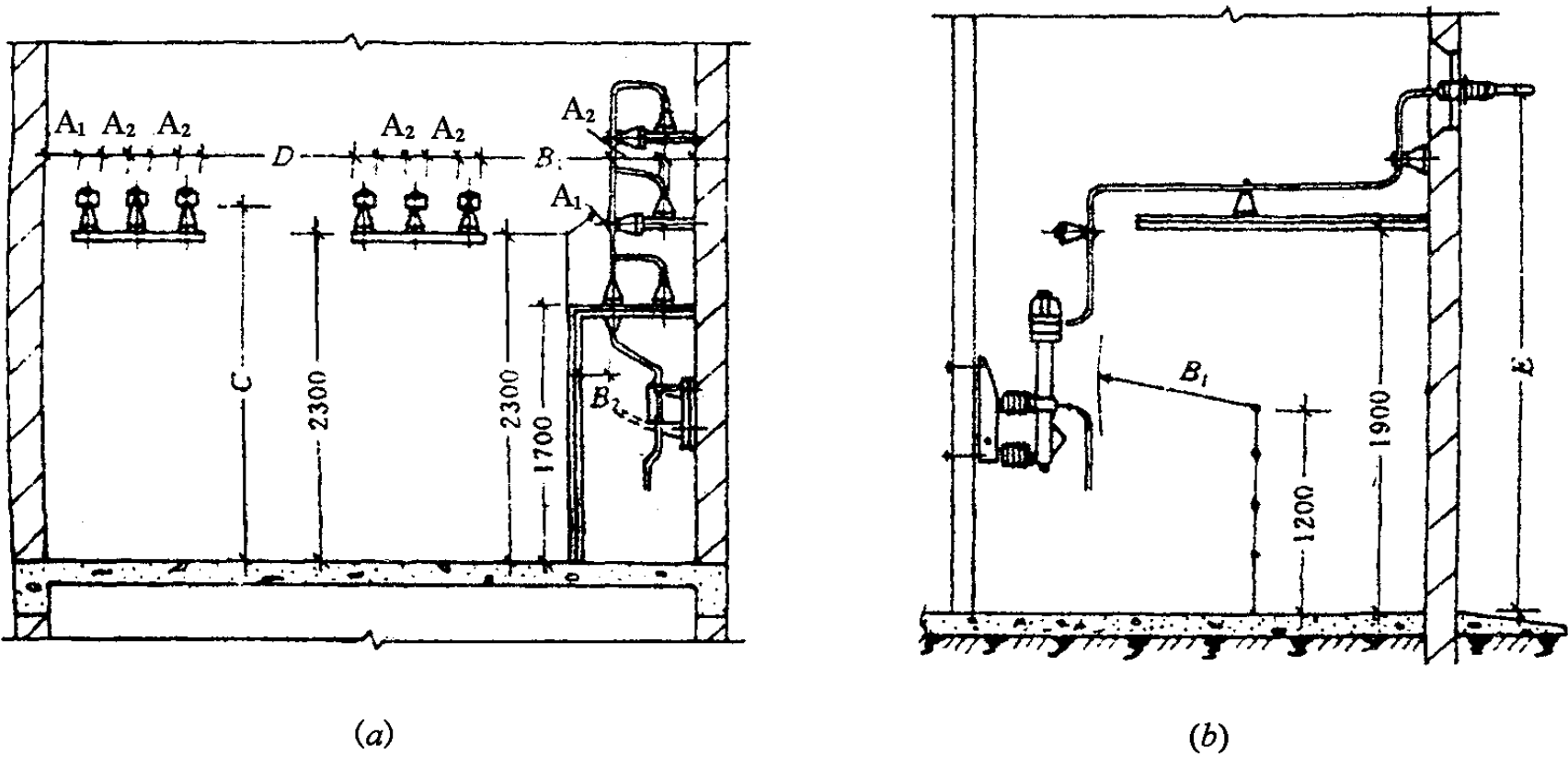


图1 -10 室内配电装置安全净距的各值校验

(a) 室内 $A_1$  ,  $A_2$  ,  $B_1$  ,  $B_2$  ,  $C$  ,  $D$  值校验 : (b) 室内 $B_1$  ,  $B_2$  ,  $E$  值校验

室外软母线、封闭母线，应在两端及中间适当部位涂相色漆。

③) 母线在下列各处不可刷相色漆的规定：

母线的螺栓连接及支持连接处、母线与电器的连接处以及距所有连接处10mm 以内的部分。

供携带式接地线连接用的接触面上，不刷漆部分的长度应为母线的宽度或直径，且不应小于50mm，并在两侧涂以宽度为10mm 的黑色标志带。

## 第六节 支持绝缘子与穿墙套管的安装

绝缘子与穿墙套管在安装前应进行外观检查，确认瓷件、法兰均无裂缝、无破损，胶合处填料完整、结合牢固。

### 一、支持绝缘子的安装

支持绝缘子一般安装在砖墙上、混凝土墙上或金属支架上。安装在支架上时，支架上的穿钉螺孔应开成长孔，以便安装时进行间距的调节。

支持绝缘子在直线上安装时，应先装两端头的，然后将它们作为基准点，拉一条钢

丝，再把中间的瓷瓶逐一安装好，使之达到水平与垂直一致。安装时，紧固件应齐全，固定应牢固。垂直安装瓷瓶时，应从高处往下装，以免材料或工具跌落而造成绝缘子的损坏。

最后，应做好瓷瓶底座及金属支架的可靠接地，一般均采用扁钢或裸铜线与接地系统相连接。接地引线方向应一致，以达整齐美观。

## 二、穿墙套管的安装

穿墙套管是高压架空进户线引入室内时，或导电部分穿过建、构筑物或电气设备箱壳时，作为导体部分的支持及对地绝缘之用。

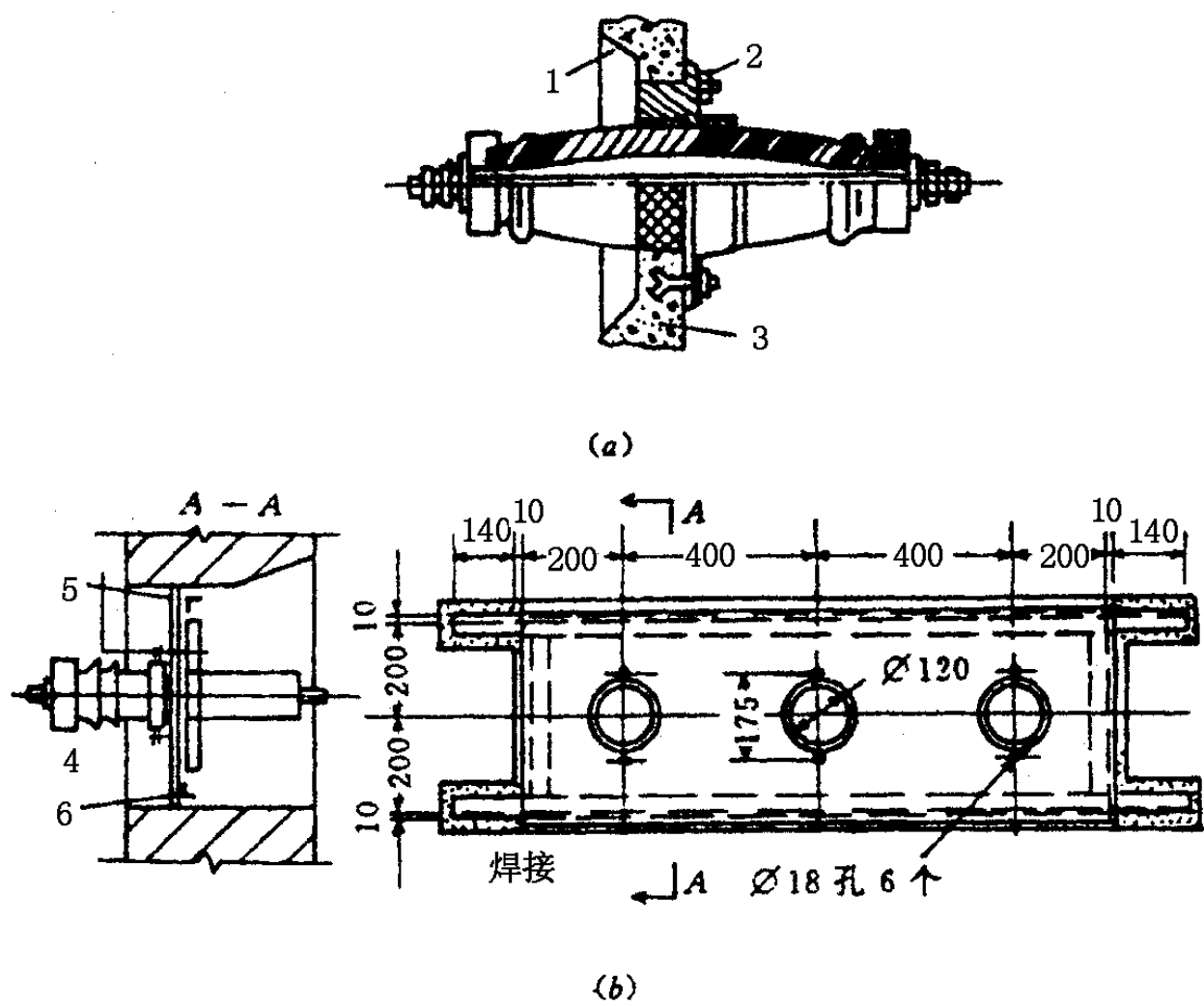


图1 -11 10KV 穿墙套管的安装

(a) 穿墙套管直接固定在墙上；(b) 用穿墙板安装穿墙套管

1 - 喇叭口；2 - 基础螺栓；3 - 混凝土墙；4 - 套管；5 - 螺栓；6 - 钢板

穿墙套管的安装方法，可根据具体情况而定。用在进户线处的穿墙套管的安装方法一般有两种，一是直接安装在墙上，另一是通过穿墙板再安装在墙上。前者应在墙上按设计要求预留三个圆洞，并按穿墙套管法兰螺孔的位置，在墙内埋设螺栓，然后将穿墙套管直接固定在墙上，如图1 -11 (a) 所示。后者，应根据设计要求，在墙上预留角钢框架大小的方孔，并将角钢框架固定在墙上，然后将留有穿墙套管孔的钢板固定在框

架上（可用焊接，也可用螺栓连接），最后将穿墙套管安装在孔内，如图1 -11（b）所示。采用这种穿墙板安装穿墙套管时，还应该注意以下一些事项。

1. 安装在外墙上时，角钢支架应使其垂直面略成斜坡，以便套管安装好后在屋外的一端略下倾。
2. 套管的中心线应与支持绝缘子的中心线在同一直线上，尤其是母线式套管更应注意，否则母线穿过时会发生困难。
3. 套管两端导线与墙面的距离，必须符合表1 -13 -16 所列的安全距离的数值。
4. 安装穿墙套管的孔径，应比嵌入部分大5mm 以上。
5. 穿墙套管垂直安装时，法兰应向上。水平安装时，法兰应在外。
6. 额定电流在1500A 及以上的穿墙套管，直接固定在钢板上时，为防止涡流造成严重的发热，应将钢板开槽后再用铜焊封死，以使之不成闭合磁路。
7. 为保证人身及设备的安全，应做好穿墙套管接地端子、不用的电压抽取端子以及角钢支架的可靠接地。

### 第七节 低压母线过窗板的安装

低压母线由变电所接往低压配电室时，必须穿过隔墙，墙上的预留洞（俗称过窗洞）一般均由土建根据设计图纸的要求予以预留好，而电气施工的工作如下。

1. 在过窗洞上安装角钢支架，支架上应攻一定数量的螺丝孔。支架的安装必须横平竖直，中心必须与支持绝缘子的中心在同一直线上。
2. 用石棉水泥板或电工胶木板制作上下两块隔板（俗称过窗板）。板的尺寸应与支架的尺寸完全相应，板上还应开与支架上螺丝孔完全对应的孔。
3. 在母线安装完毕后，即可将上下两块过窗板安装在支架上，如图1 -12 所示。安装后，应保证上下两块板的间隙不得大于1mm ；保证过窗板的缺口与母线的间隙保持在2mm 。安装过窗板时，应将其安装在角钢支架的内侧，而固定螺栓上需垫上橡皮垫圈及方垫圈。拧紧螺栓时，应将螺栓同时收紧，以免受力不均匀导致过窗板损坏。
4. 为保证安全，应将角钢支架用扁钢或裸铜线作良好、可靠的接地。
5. 过窗板安装完毕后，还应将角钢支架与墙面的空隙用混凝土填满，使之与墙面平齐。
6. 做好支架的涂漆工作。

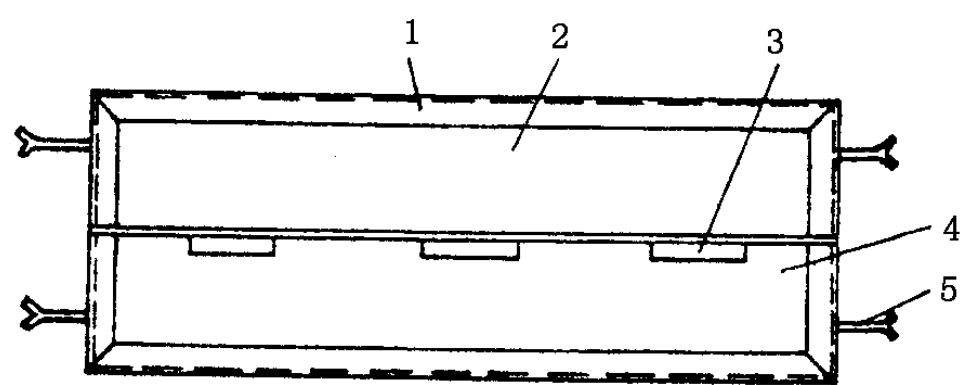


图1 -12 低压母线过窗板安装示意图

1 - 角钢支架 ;2 - 上部过窗板 ;3 - 母线 ;  
4 - 下部过窗板 ;5 - 燕尾螺栓

## 第二章 电缆工程施工

### 第一节 电缆分类及敷设方式

#### 一、电缆分类及型号规格

电缆是一种由线芯、绝缘层和保护层三部分组成的电线。应用于传输电能和分配电能的电缆称为电力电缆；应用于控制回路、测量回路、信号回路及保护回路第二次回路的电缆称为控制电缆。除指名为控制电缆者外，本章所讨论者均为电力电缆。

用电力电缆输送电能，与采用架空线路输送电能相比较，有以下不同：

- 1. 在地下敷设不占地面空间，不受路面建筑物的影响。
- 2. 不会因线路故障，影响区域内的人身安全。
- 3. 不会因为外界的影响（如雷电、大风、鸟害等）使供电出现故障。

电力电缆按导电线芯的材料分为铝芯电缆和铜芯电缆两类；按电缆线芯数量，电力电缆可以划分为：

单芯电缆——电缆的线芯只有一根；

二芯电缆——电缆的线芯有二根；

三芯电缆——电缆的线芯有三根；

四芯电缆——电缆的线芯有四根，其中三根线芯为相线，另一根为零线（N 线）；

五芯电缆——电缆的线芯有五根，其中三根线芯为相线，另一根为零线，另一根为保护地线（PE 线）。

电缆按其工作电压可以划分为：

低压电缆——应用于380V /220V 的低压输电线路的电缆。额定工作电压为1KV。

高压电缆——应用于高压输电线路的电缆。按电压级别有3KV、6KV、10KV、35KV、110KV 等多种。在一般工业厂房和民用建筑用电区内，多采用10KV 电力电缆，有时也使用6KV 电力电缆。



电力电缆根据绝缘层的绝缘材料，可以划分为下列三种形式。

1．油浸纸绝缘。常用者有粘性浸渍纸绝缘电缆和不滴流浸渍纸绝缘电缆。

粘性浸渍纸绝缘是在导电线芯上绕包电缆纸，将电缆纸中吸收的水分排出，用松香和矿物油复合而成的电缆油浸渍，以免水分再次进入电缆纸间的空隙而破坏绝缘效果。由于这种电缆用电缆纸浸渍电缆油实现绝缘，同时油浸电缆纸在常温时粘度很大，故称为粘性油浸纸绝缘。粘性浸渍纸绝缘电力电缆的结构如图2 - 1 所示。

不滴流浸渍纸绝缘电力电缆具有与粘性浸渍电缆完全相同的结构，但其电缆纸的浸渍剂是不滴流的浸渍剂。与粘性浸渍纸绝缘电力电缆相比，其电气强度较大，使用电压为1 - 6kV，而粘性浸渍绝缘电力电缆的使用电压为1 ~220kV。

低绝缘电缆不宜在低温时敷设，否则会影响和损伤绝缘。由于粘性油浸纸绝缘电缆内的电缆油的流动，两端的高差不能太大，否则会降低绝缘能力。不滴流浸渍纸绝缘电缆可以敷设于落差较大的场合。

2．橡皮绝缘。用橡胶材料作为绝缘材料。由于橡胶材料的柔性好，一般用作移动电缆，用于移动设备的供电电缆。

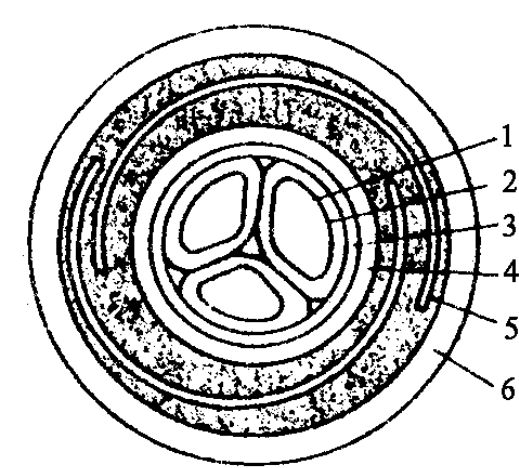


图2 -2 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电缆

- 1 - 线芯 ;2 - 塑料绝缘 ;
- 3 - 塑料带绕包 ;
- 4 - 塑料内护套 ;
- 5 - 钢带铠装 ;6 - 塑料外护套

3．塑料绝缘。常用者有聚氯乙烯绝缘电缆和交联聚乙烯绝缘电缆。

聚氯乙烯绝缘电缆的使用电压为1 ~10kV，其中额定电压为1kV 的低压电缆使用最广泛。而额定电压为10kV 的聚氯乙烯绝缘电力电缆基本不采用。

聚氯乙烯绝缘电力电缆的结构如图2 - 2 所示。图中“2—塑料绝缘”称为相绝缘层，用于承受导电线芯之间的工作电压；图中“3—塑料带绕包”称为统包绝缘层，用于加强导电线芯与电缆护层间的绝缘能力。

交联聚乙烯电力电缆是用交联聚乙烯塑料作为电缆的绝缘材料。它是一种新型的电力电缆产品，有6kV、10kV、35kV 三种电压等级，在工业及民用建筑的高压输配电线路中，交联聚乙烯电力电缆已成为应用最广泛的电力电缆。

交联聚乙烯电力电缆具有下列优点：

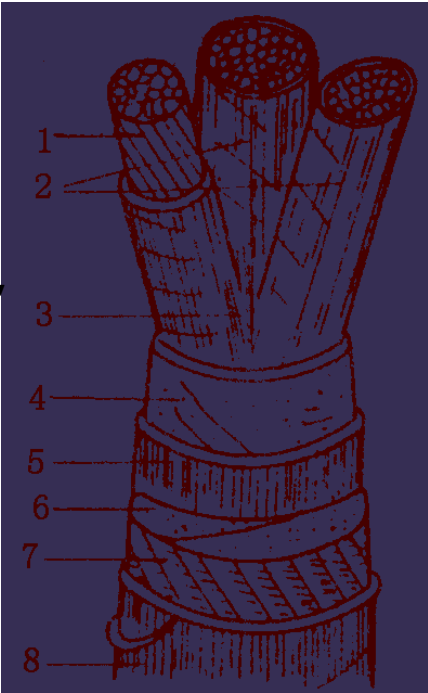


图2 -1 有扇形芯线的ZQ 型电缆

- 1 - 线芯 ;2 - 电缆纸 ;
- 3 - 黄麻填料 ;4 - 束带绝缘 ;5 - 铅包皮 ;
- 6 - 麻沥青纸衬垫 ;
- 7 - 浸沥青的麻包层 ;
- 8 - 铠装

- (1) 电气强度高，击穿强度高，绝缘性能好；
- (2) 具有较高的耐热性和耐老化性能，长期容许工作温度可达90 ；
- (3) 与油浸纸绝缘电力电缆相比，交联聚乙烯电缆不用金属护套（如铅包护套或铝包护套），单位长度电缆重量较轻，敷设方便；
- (4) 由于交联聚乙烯绝缘电力电缆属于干绝缘式电缆，不含浸渍剂，宜于垂直、高落差和有振动场所的敷设；

电缆的保护层用于保护电缆的绝缘层不因外界的破坏性因素的影响而破坏。电力电缆的保护包括内护层和外护套两部分。

内护层直接挤包在电缆的统包绝缘层，保护绝缘层不与空气、水分或其它物体接触。因此包裹得紧密无缝，并且有一定的机械强度。油浸纸绝缘电缆的内护层分铅包和铝包两种型式。塑料电缆的内护层为聚氯乙烯挤包。

电缆的外护层用于保护内护层不受外界机械损伤和化学腐蚀。外护层包括铅防腐层、内衬垫层、铠装层和外被层组成。铅防腐层用于保护铅包层，由两层重叠绕包的预浸渍电缆纸和沥青涂料组成；内衬垫层用于保护内护层不受电缆铠装用金属材料的损坏，由一层预浸电缆麻和沥青涂料组成；铠装层用于减少外部机械力对电缆的影响，是承受作用到电缆上的机械力的保护层。铠装层可选用粗的圆钢丝、弓形钢丝、细的圆钢丝，或者由两条钢带螺旋绕包。在工业及民用建筑区域内的电力电缆，一般都选用钢带铠装电力电缆。

电缆的外被层用于保护铠装层不受腐蚀，由预浸电缆麻和沥青组成，为防止与其它电缆（或与其它接触物）粘在一起，最外面涂有滑石粉。

表2 -1 为电缆结构特征的字母（或数字）代号，以及电缆型号、规格的表示方法与含义。根据表2 -1 ，在工业及民用建筑的输配电系统中常用的电缆表示形式如下：

- YJV —交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆（简称交联聚乙烯电缆）
- YJV<sub>29</sub> —交联乙烯绝缘聚氯乙烯护套内钢带铠装电力电缆
- VV —聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆（简称全塑电缆）
- VV<sub>29</sub> —聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套内钢带铠装电力电缆
- ZLQ —铝芯纸绝缘铅包电力电缆

## 二、电缆敷设方式简介

包括电力电缆与控制电缆在内，电缆在工厂企业及民用建筑内主要有以下几种敷设方式。

- 1．直接埋地敷设。直埋敷设电缆是指将电力电缆或控制电缆直接埋设于地下的土

层中，并在电缆周围采取措施对电缆给予保护。

2．沿电缆支架敷设。按照支架安装的位置，沿支架敷设电缆包括：

(1) 电缆沿地沟支架敷设。在砖结构或混凝土结构的地沟内安装角钢支架，并将电力电缆和控制电缆等有序地放置并固定在支架上。安装完成后，用预制混凝土盖板或钢制盖板将电缆地沟封闭。见图2 -9 与图2 -10。

表2 -1 电力电缆型号中各符号的含义

项目	型号	含义	旧型号	项目	型号	含义	旧型号
类别	Z	油浸纸绝缘	Z	外 护 层	Q1 )	钢带铠装纤维外被	2 .12
	V	聚氯乙烯绝缘	V		22	钢带铠装聚氯乙烯套	22 29
	YJ	交联聚乙烯绝缘	YJ		23	钢带铠装聚乙烯套	
	X	橡皮绝缘	X		30	裸细钢丝铠装	30 .130
导体	L	铝芯	L		Q1 )	细圆钢丝铠装纤维外被	3 .13
	T	铜芯 (一般不注)	Q		32	细圆钢丝铠装聚氯乙烯套	23 39
内护套	Q	铅包	Q		33	细圆钢丝铠装聚乙烯套	
	L	铝包	L		40 )	裸粗圆钢丝铠装	50 .150
	V	聚氯乙烯护套	V		41	粗圆钢丝铠装纤维外被	5 .15
特征	P	滴干式	P		42 )	粗圆钢丝铠装聚氯乙烯套	59 25
	D	不滴流式	D		43 )	粗圆钢丝铠装聚乙烯套	59 25
	F	分相铅包式	F		441	双粗圆钢丝铠装纤维外被	
外护层	02	聚氯乙烯套		<div><div>电缆符号、规格和含义</div><div><div>ZLQ20 — 10kV — 3 × 120</div><div><div>铝芯纸绝缘铅包裸钢带铠装电力电缆</div><div>线芯额定截面 (mm<sup>2</sup>)</div><div>额定电压</div><div>三芯</div></div></div></div>			
	03	聚乙烯套	1 .11				
	20	裸钢带铠装	20 .120				

电缆符号、规格和含义

ZLQ20 — 10kV — 3 × 120

铝芯纸绝缘铅包裸钢带铠装电力电缆

线芯额定截面 (mm<sup>2</sup>)

额定电压

三芯

(2) 电缆沿墙上支架垂直敷设。将竖直电缆用钢管卡子直接固定在墙上，或者用管卡子固定在支架上。这种敷设方法，电缆是外露无保护，一般仅适用在配电室或电气竖井内等非专业人员不能进入的场合。

3．电缆穿钢管敷设。当设计中规定在某段区域的电缆穿钢管敷设时，应遵守设计要求先敷设钢管，再将电缆穿入钢管中。

除设计规定者外，施工中还应遵照现行施工及验收规范的规定，对规定的区段电缆

穿钢管保护。(例如：直埋电缆过马路、进出建筑地沟、入孔井等，详见本章中的有关技术规定)。

4. 在桥架上敷设电缆。用电缆桥架敷设电力电缆、控制电缆及弱电电缆，是近年兴起的电缆敷设方法，在室内敷设电缆的设计中被广泛采用。详见本章第三节“桥架上电缆敷设”。

### 三、电缆施工前的技术准备工作

#### 1. 电缆施工图

与电缆安装施工有关的设计施工图包括：设计说明、电气系统图、施工平面图、施工断面图、电气互连接线图和电缆清册。

(1) 设计说明。从设计说明中，可以了解工程的输配电过程、输配电线路及敷设方式的概况，对看懂全部电缆施工图具有指导性作用。

(2) 电气系统图。与电缆施工有关的电气系统图包括高压变配电系统图、低压配电系统图、动力配电系统图和照明配电系统图。在系统图上，一般都标注有电缆的末端位；电缆型号、规格和敷设方式；电缆回路编号。

(3) 施工平面图。在施工平面图上，指明了电缆敷设的具体路径，包括室外电缆施工平面图和室内电缆施工平面图。施工中，应严格按设计施工图中规定的路线施工。

(4) 施工断面图。施工断面图也叫施工详图。常见的详图有：直埋地沟电缆敷设详图；地沟支架及电缆敷设详图；竖井内电气详图等。

(5) 电气互连接线图。电气互连接线图是反映电气设备（或部件、元件等）与电气设备（或部件、元件）之间的电线或电缆连接关系及接线的电气图纸。在互连接线图上，表述了设备之间联系电缆的型号、规格、敷设方式及回路编号，是电缆敷设（尤其适于控制电缆）的指导性图纸，其作用相当于电气系统图和电气接线图。

(6) 电缆清册。电缆清册也称电缆表，它以表格型式反映了建筑区内全部电力电缆和控制电缆；在清册中表明每根电缆的编号、型号、截面、起讫点及长度，用于与其它电缆施工图核对，指导电缆工程施工；同时，电缆清册也可作为施工图预算和施工及用料订购计划的参照或依据。

#### 2. 电气安装标准图集

电气安装标准图集是电气设备、部件、元器件及材料安装施工的标准作法图集。包括国家颁布的有关电气安装图集和地方及设计单位自行编制的电气安装图集。

在电缆工程施工中，电缆过热力管道沟、过马路及在电缆沟内、竖井内等的作法一般都应按标准图施工，除非在设计图纸中有“施工详图”者。

使用标准安装图集应明确以下两点：

- (1) 当“设计说明”中指明选用何种标准安装图集时，安装施工中应遵照设计指定。
- (2) 标准安装图集的工艺作法，目的是为了使安装施工作法能达到国家现行施工及验收规范的要求。因此，当安装图集的做法或标注与规范不相符合时，应绝对服从国家现行规范。

3. 制定电缆工程的施工方案

在施工方案上，除阐述技术措施和质量要求外，还应阐述安全注意事项。

电缆工程的施工技术措施主要包括：电缆敷设方法、电缆头的作法及对环境条件的要求。

第二节 电缆工程的施工

一、电缆工程的技术质量要求

无论电缆敷设采用何种方式，都应符合以下技术质量要求：

- 1. 电缆线路的安装应按已批准的设计进行施工。如因客观环境条件的原因，或是由于设计本身存在的问题，需要对设计在施工中予以修改时，应征得设计单位书面修改意见的答复后，才可修改原设计。
- 2. 安装工程中所采用的电缆及电缆附件（如终端附件等），均应符合国家现行技术标准的规定，并应有合格证件。
- 3. 对重要的施工项目或工序，应事先制定安全技术措施。
- 4. 电缆及其附件安装用的钢制紧固件，除地脚螺栓外，应用热镀锌制品。
- 5. 电缆在运输装卸过程中，不应使电缆及电缆盘受到损伤。严禁将电缆盘直接由车上推下。电缆盘不应平放运输和平放贮存。
- 6. 在运输中滚动电缆时，或者在敷设电缆而滚动电缆盘时，电缆盘的滚动方向应顺着电缆盘上的箭头方向，或者顺着电缆的缠绕方向。
- 7. 电缆及其附件到达现场后，应按下列要求及时进行检查：
  - (1) 电缆及其附件的技术文件应齐全。
  - (2) 电缆的型号、规格、长度应符合设计要求；附件材料应齐全。

③) 电缆封端应严密，电缆内部不应受潮。当外观检查对电缆的密封防潮产生怀疑时，应进行受潮判断和试验。

8. 贮藏存放电缆及附件材料时，应符合下列要求；

①) 存放电缆的地基应坚实，当受条件限制时，在电缆盘下应加垫。存放处不应有积水现象。

②) 电缆应集中并分类存放，在电缆盘上应标明该电缆盘上电缆的型号、规格、电压等级和电缆长度。

③) 电缆附件的绝缘材料的防潮包装应密封良好，并应根据材料性能及保管要求进行贮存和保管。

④) 防火涂料、防火堵料及包带等防火材料，应根据材料的性能和保管要求贮存和保管。

⑤) 电缆桥架应分类保管，不得受外力变形。

需要说明的是，以上所述的电缆附件是指构成电缆终端头、电缆中间接头及电缆封端的一切有关材料。

9. 电缆敷设时，在转弯处应保证足够的弯曲半径，以防损伤电缆内部结构。电缆的最小弯曲半径应符合表2 -2 的规定。

10. 粘性油浸纸绝缘电缆最高点与最低点之间的最大位差，不应超过表2 -3 中最大允许敷设位差的规定，当不能满足要求，应采用适用高位差敷设的其它型式电缆。

11. 电缆敷设时，不应使电缆在支架或地面上摩擦拖拉。

表2 -2 电缆最小弯曲半径

电缆型式			多芯	单芯
控制电缆			10D	
橡皮绝缘 电力电缆	无铅包、钢铠护套		10D	
	裸铅包护套		15D	
	钢铠护套		20D	
聚氯乙烯绝缘电力电缆			10D	
交联聚乙烯绝缘电力电缆			15D	20D
油浸纸绝缘 电力电缆	铅包		30D	
	铅包	有铠装	15D	20D
		无铠装	20D	
自容式充油（铅包） 电缆				20D

注：表中D 为电缆外径。

表2 -3 粘性油浸纸绝缘铅包电力电缆的最大允许敷设位差

电压 (KV )	电缆护层结构	最大允许敷设位差 (m )
1	无铠装	20
	铠装	25
6 -10	铠装或无铠装	15
35	铠装或无铠装	5

12．用机械敷设电缆时，最大牵引强度宜符合表2 -4 的规定，牵引的速度不宜超过15m /min。在较复杂的路径上敷设时，应适当降低敷设速度。

表2 -4 电缆最大牵引强度 (N /mm<sup>2</sup>)

牵引方式	牵引头			钢丝网套	
受力部位	铜芯	铝芯	铅套	铝套	塑料护套
允许牵引强度	70	40	10	40	

13．油浸纸绝缘电力电缆在切断后，应将端头立即铅封；塑料绝缘电缆应有可靠的防潮封端处理，防止由于潮气而使纸绝缘强度降低及钢铠装锈蚀，防止由于潮气影响电缆的使用寿命。

14．敷设电缆时，在敷设前24h 内的平均气温以及敷设现场当时气温都不应低于表2 -5 的规定。

表2 -5 电缆允许敷设最低温度

电缆类型	电缆结构	允许敷设最低温度 ( )
油浸纸绝缘电力电缆	充油电缆	-10
	其他油纸电缆	0
橡皮绝缘电力电缆	橡皮或聚氯乙烯护套	-15
	裸铅套	-20
	铅护套钢带铠装	-7
塑料绝缘电力电缆		0
控制电缆	耐寒护套	-20
	橡皮橡绝缘氧乙烯护套	-15
	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套	-10

15．电缆敷设时，应排列整齐，不宜交叉，并应加以固定。电缆的固定应符合下列

要求：

(1) 下列地方应予以固定：垂直敷设或超过45°倾角敷设的电缆，属于支架敷设时，应在每个支架上固定，属于桥架敷设时，桥架内的电缆应每隔2m 予以固定；

水平敷设的电缆，在电缆首末两端及转弯、电缆接头的两端处应予以固定；电缆成排成列敷设对间距有要求时，应每隔5 ~10m 予以固定；

单芯电缆的固定应符合设计要求。

(2) 交流单芯电缆的固定金属件不应成闭合磁路。以免产生较大的涡流现象使其与电缆受热。

## 二、直埋电缆工程的施工

### 1. 开挖电缆沟

开挖电缆沟时，应作好施工前的准备工作，包括：

(1) 了解现场到货电缆长度。

(2) 勘察敷设线路。了解地面及地下障碍物；了解管道专业地沟的位置、大小与标高；根据电缆长度确定中间电缆接头的位置。

(3) 与建设单位协商，请求拆除地面障碍物，确定地下原有管道和原有电缆线路的拆除和保证原有建筑物的用电、用水问题。

(4) 确定电缆施工方案。主要包括过马路、管道沟及地下建筑表面等的施工方法，以及入孔井的设置和保护管的加工及敷设后的封堵等。

由于电缆接头处是电缆线路运行时最容易出故障的地方，因此中间电缆接头的位置应放在易于维修的地方。要求接头位置不放在道路交叉口、车辆进出多的建筑物的大门口，以及不方便开挖或影响交通的位置。

电缆沟的开挖宽度和深度等，如果设计图中有电缆敷设地沟样图时，应依照设计的宽度用白灰放线和开挖；如果设计图中没有样图时，可以参照图2 -3 确定电缆沟的尺寸。国家现行施工及验收规范要求，10kV 及以下电力电缆之间的最小净距离应 100mm ，电力电缆与控制电缆之间的最小净距离应 100mm ，控制电缆之间的最小净距离应 50mm 。

开挖电缆沟，遇到转弯处时，应挖成圆弧状，以便保证电缆敷设时有足够的弯曲半径。

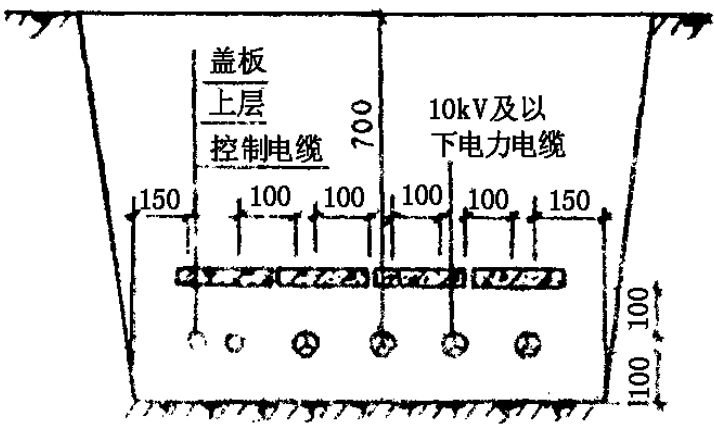


图2 -3 10kV 及以下电缆沟尺寸



电缆沟的深度宜为900mm 左右，以保证电缆表面深度 700mm 的需要。

2. 预埋电缆保护管

直埋电缆敷设在下列部位处应穿管保护电缆：

(1) 电缆遇到铁路、公路、城市街道、厂区道路，应将钢管或水泥管保护。如图2-4、图2-5 所示。电缆管的两端宜伸出道路两边各2m；伸出排水沟0.5m。

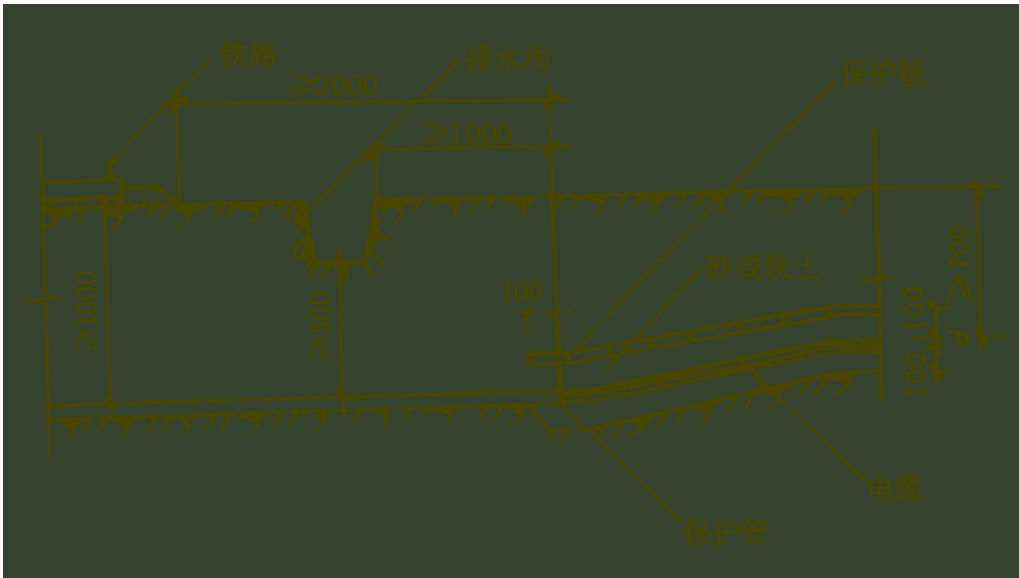


图2 -4 由缆与铁路交叉

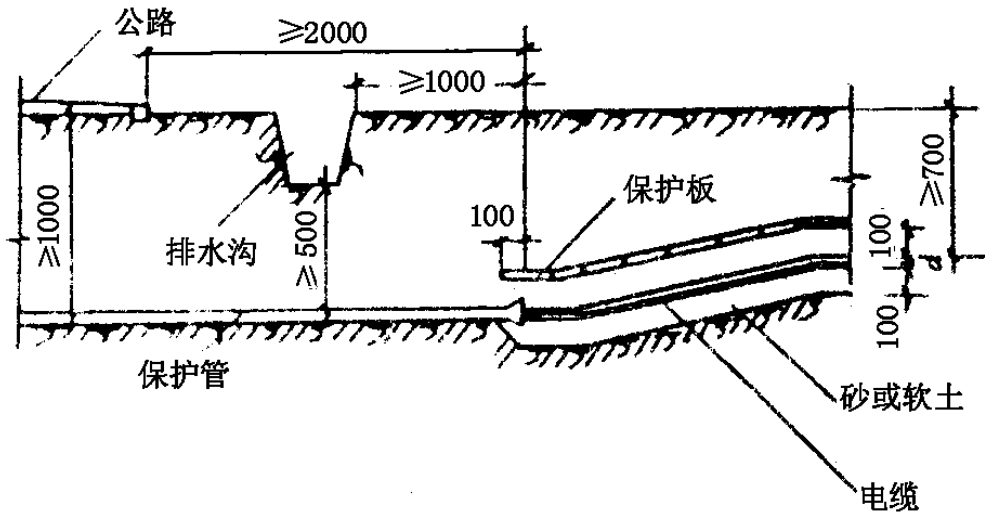


图2 -5 电缆与铁路交叉

(2) 直埋电缆进入电缆沟、隧道、人井等时，应穿在管中。

(3) 电缆需从直埋电缆沟引出地面（如引到电杆上）时，为防止机械损伤，在地面上2m 一段应用金属管加以保护，保护钢管应伸入地面以下0.1m 以上。

电缆管的加工和敷设应按以下要求施工：

(1) 钢管电缆管的内径应不小于电缆外径的1.5 倍，其它材料的保护管内径应不小于1.5 倍再加100mm。

(2) 保护钢管的管口应无毛刺和尖锐棱角，管口宜作成喇叭形；外表涂防腐漆或沥青，镀锌钢管锌层剥落处也应涂防腐漆。

(3) 保护管的埋设深度应 0.7m；在人行道下面敷设时，不应小于0.5m。

（4）直埋电缆保护管引进电缆沟、隧道、人井及建筑物时，管口应加以封堵，以防渗水。管口封堵的方法，可以在管口填以油麻，然后在管口内浇注沥青，或者用水泥白灰等将管口堵严。

3．埋设隔热保护层

电缆与热管道（沟）、油管道（沟）、可燃气体及易燃液体管道（沟）、热力设备或其它管道（沟）之间，平行或交叉时的最小净距，应符合表2 -6 的规定。并宜在交叉点前后1m 范围内，用隔热垫板隔开。隔热垫板采用石棉水泥板。如图2 -6 所示。当电缆穿入石棉水泥管且有石棉水泥隔板，交叉净距的最小值可以减到0.25m。

表2 -6 电缆之间，电缆与管道、道路、建筑物之间平行和交叉时的最小净距（m）

项 目		最小净距	
		平 行	交 叉
电力电缆间及其 与控制电缆间	10kV 及以下	0.10	0.50
	10KV 以上	0.25	0.50
控制电缆间			0.50
不同使用部门的电缆间		0.50	0.50
热管道（管沟）及热力设备		2.00	0.50
油管道（管沟）		1.00	0.50
可燃气体及易燃液体管道（沟）		1.00	0.50
电力电缆间及其 与控制电缆间	10KV 及以下	0.10	0.50
	10KV 以上	0.25	0.50
其它管道（管沟）		0.50	0.50
铁路路轨		3.00	1.00
电气化铁路路轨	交流	3.00	1.00
	直流	10.0	1.00
公路		1.50	1.00
城市街道路面		1.00	0.70
杆基础（边线）		1.00	
建筑物基础（边线）		0.60	
排水沟		1.00	0.50

注：电缆与公路平行的净距，当情况特殊时可酌减。

在任何情况下，不能将电缆平行敷设在热力管道的正上方和正下方。

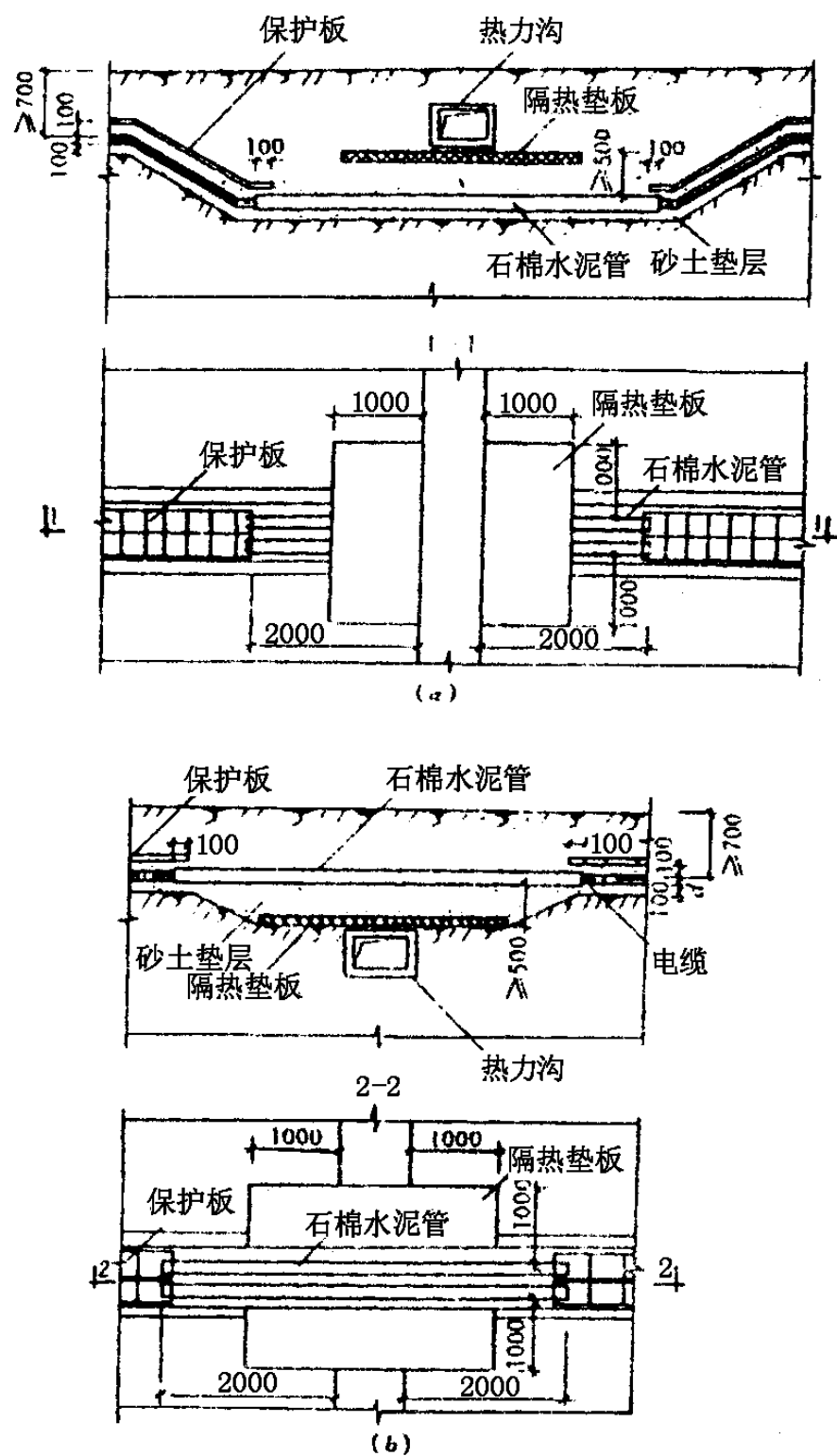


图2 -6 电缆与热力沟交叉

4 . 敷设电缆

首先应将直埋用的电缆沟铲平夯实，再铺一层厚度不小于100mm 的砂层或软土。

将电缆盘放置在电缆沟的一端附近，如果电缆沟地面有高差，电缆盘宜放在较高的一端且平整处，并且放线架将电缆盘稳定且水平的抬起，要求电缆盘被架起后转动应转动灵活。然后，从盘的上端引出电缆，用人工或机械方法向指定方向牵引。无论何种牵引方法，都应将电缆抬离地面，不得在地上拖拉电缆。电缆抬离地面的方法可采用人力将电缆抬起，也可以将电缆放在滚轮上（如图2 -7 所示）。滚轮应每隔1.5 -2m 放置一个。

用机械牵引电缆时，机械的牵引速度应缓慢，不宜超过15m /min，如果路径较复杂时，应适当降低牵引速度。

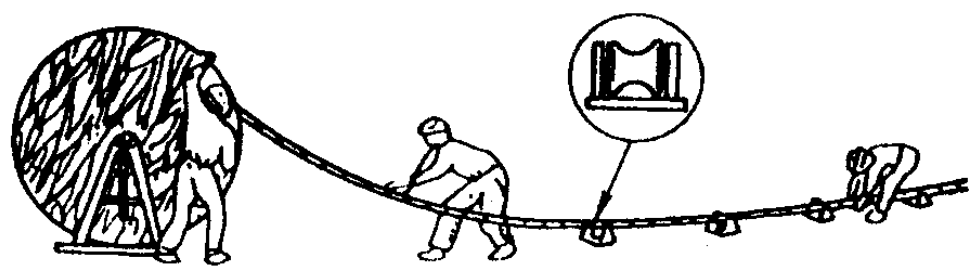


图2 -7 电缆用滚轮敷设方法

当所需敷设的各条电缆都放进电缆沟时，应对各条电缆按照图2 -3 所示进行整理。从图2 -3 及表2 -18（规范要求）可以得知，要求电力电缆与电力电缆间的间距，以及电力电缆与控制电缆间的间距，应不小于100mm；控制电缆与控制电缆之间的间距，应不小于50mm。

电缆应整理整齐，不宜相互交叉重迭，以便于电缆的散热。在中间接头处和终端处应留有余量。

电缆整理好后，应立即进行中间电缆头和终端头的连接，连接方法可参照说明书或者本章第三节的作法。连接完后，对电缆进行绝缘耐压试验，确认没有问题时，可对电缆进行封闭覆盖。并请建设单位和监理方作隐蔽验收。

电缆覆盖时，和下部一样，上部也应铺100mm 厚的砂层或软土层，并加盖保护盖板。盖板可采用混凝土预制盖板或砖块，覆盖宽度应超过电缆两侧各50mm。

在电缆上下部所铺的砂子或软土不应含有石块或硬质杂物，以免伤及电缆。

经隐蔽验收合格后，可以向电缆沟内回填土，并分层夯实。

在回填土时，应在电缆沟的下列位置设置电缆标志桩或方位标：

- ① 在直线段每隔50 ~100m 处；
- ② 电缆接头处、转弯处、进入建筑物处；
- ③ 当设置有入孔井时，也应设置标志桩。

标志桩应埋设在电缆沟的中心，如图2 -8 所示，为预制混凝土结构。

在电缆标志桩上应注明电缆线路编号。无编号时，应写明电缆型号、规格及起讫起点。

标志桩规格统一。



电缆支架用电缆地沟由土建砌成。安装电工负责制作和安装电缆支架、作支架接地并敷设和固定电缆。

电缆支架应按设计所规定的地沟图或指定的标准安装图册中的外形及尺寸加工和焊接，并应符合下列要求：

- (1) 角钢用切割机切割后，切口应去除毛刺。
- (2) 支架应焊接牢固且使用钢不产生显著变形，支架横撑间的层间间距；如设计图中有规定时，偏差不应大于5mm，如设计图纸中没有规定时，应符合表2-7 的规定。

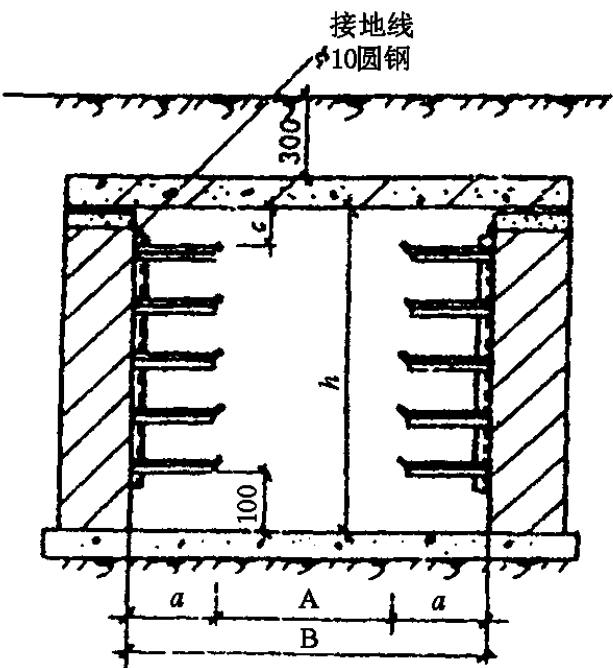


图2 -11 有覆盖层电缆沟

表2 -7 电缆支架的层间允许最小距离值 (mm )

电缆类型和敷设特征		支 (吊) 架	桥 架
控 制 电 缆		1 加	200
电 力 电 缆	10KV 及以下 (除6 -10KV 交联聚乙烯绝缘外)	150 -200	250
	6 -10KV 交联聚乙烯绝缘	00 -250	300
	35KV 单芯		
	35KV 三芯	300	350
	110KV 及以上，每层多于1 根		
	110KV 及以上，每层1 根	250	300
电缆敷设于槽盒内		h +80	h +100

注 :h 表示槽盒外壳高度。

(3) 支架应进行防腐处理。电缆支架在电缆沟中的固定，可在地沟两侧砖墙上预埋地脚螺栓，固定支架，也可以用膨胀螺固定支架。

电缆支架在地沟内的安装应牢固，横平竖直；各支架的同层横档应在同一水平面上，高低偏差不应大于5mm；支架的最上层及最下层至沟顶或沟底的距离，当设计无规定时，不宜小于表2 -8 的数值。

表2 -8 电缆支架最上层及最下层至沟顶、楼板或沟底、地面的距离 (mm )

敷设方式	电缆隧道及夹层	电缆沟	吊 架	桥 架
最上层至沟顶或楼板	300 -350	150 -200	150 -200	350 -450
最下层至沟底或地面	100 -150	50 -100	-	100 -150

电缆支架安装固定后，应沿着地沟对所有支架进行接地，接地线的规格为：

采用圆钢作接地线时，应 10mm ；

采用扁钢作接地线时，应 100mm ×4mm 。

接地线应与接地网可靠地连通，接地连接应采用焊接。

所有接地线表面应涂以15 -100mm 宽度相等的黄绿相间条纹的防腐油漆。

地沟内支架安装及接地符合要求后，可以将电缆运抵现场，并对电缆材料试验后，便可以敷设电缆。电缆牵引的方法与直埋电缆敷设时牵引方法相同。同样，在电缆中间接头处及终端位置，应留有余量。

电缆的排列应符合下列要求：

(1) 电力电缆和控制电缆不应排列在同一层支架上；

(2) 高低压电力电缆、强电控制电缆、弱电控制电缆应按顺序分层配置，一般依照电压自高到低自上而下分层配置；

(3) 同一层上并列敷设的电缆，其相互间的净距离应符合设计要求。

电缆排列整齐后，应进行中间电缆接头和终端头的制作。制作完毕后，立即进行绝缘耐压试验。

耐压试验符合要求后，便可以对支架上的电缆进行固定。固定位置按本节前述的“技术质量要求”的(14)条。即“在电缆首末两端及转弯、电缆接头的两端处；当对电缆间距有要求时，每隔5 ~10m ”将支架上的电缆予以固定。固定电缆可采用尼龙绳或管卡。

电缆固定整齐后，应请建设单位和质量监理单位进行隐蔽隐收，合格后，请土建盖电缆沟盖板。

## 2. 电缆沿墙上支架敷设

垂直电缆沿墙上支架敷设时，支架间距规定为：全塑型电力电缆，支架间距为1m ；其它10kV 及以下电力电缆，支架间距为1.5m ；控制电缆，支架间距为1m 。

电缆支架的外形应依照设计图纸或设计中指定的标准图册进行制作。支架在墙上的固定，可以采用预埋地脚螺栓等预埋构件固定，也可以用膨胀螺栓固定。

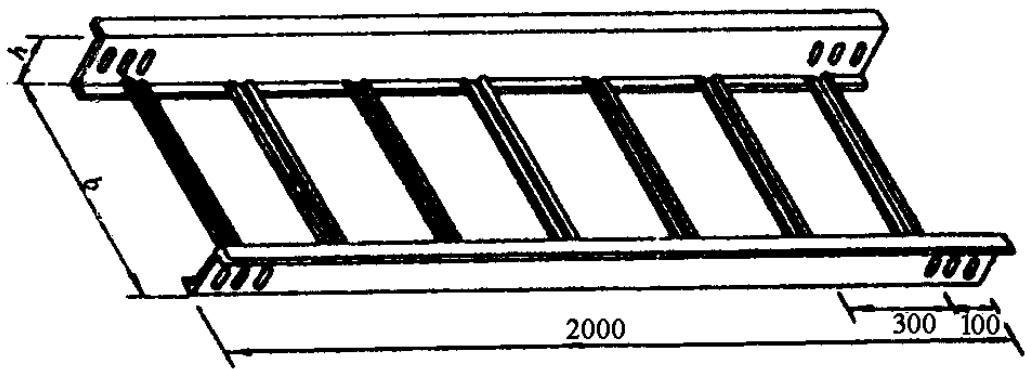
电缆在支架上的固定，应采用管卡。二芯及以上电缆选用闭口管卡，单芯电缆选用开口管卡，管卡固定电缆时，可在其间加一层橡皮或塑料保护垫。

# 四、电缆沿电缆桥架敷设

## (一) 电缆桥架简介

电缆桥架是架设电缆的装置，通过桥梁及其盖板将电缆封闭于桥架内，用薄钢片或铝合金板制成。它克服了其他电缆敷设方式的多种弊病，改善了电缆的运行条件，具有占用空间少、投资低、施工快捷、维修方便且美观效果较佳等。可以用于敷设电力电缆、控制电缆和弱电电缆的敷设，既可以敷设在室内，也可敷设在室外。

电缆桥架的形式是多种多样的，常用的桥架形式有：梯级式、托盘式、槽式和组合式电缆桥架。如图2 -12 ~ 图2 -15 。

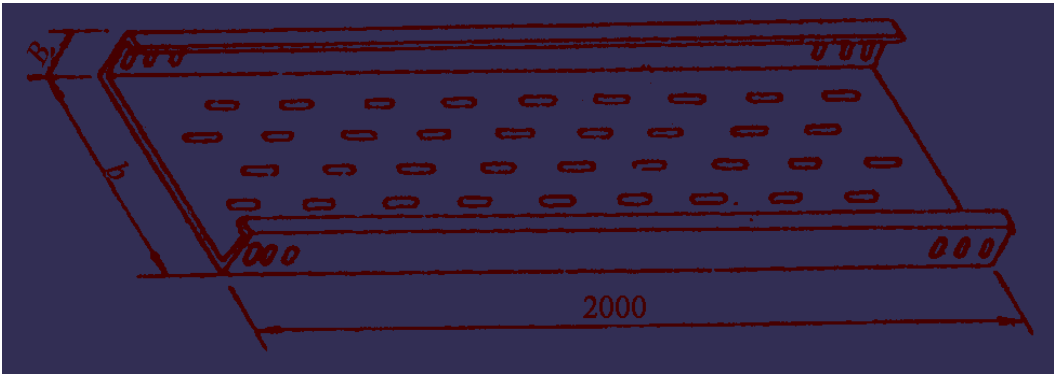


QJ—T<sub>1</sub>—0<sub>1</sub>

序号	型号	b	h	重量 (kg /m )	备注
1	T <sub>1</sub> —01—6—1	100	60	5.78	高度 h 为 60、100mm 时，两端各6 只连接孔。
2	T <sub>1</sub> —01—10—1		100	6.37	
3	T <sub>1</sub> —01—15—1		150	7.58	
4	T <sub>1</sub> —01—6—2	200	60	6.46	
5	T <sub>1</sub> —01—10—2		100	7.81	
6	T <sub>1</sub> —01—15—2		150	11.78	
7	T <sub>1</sub> —01—6—3	300	60	7.00	高度 A 为 150mm 时，每端各12 只连接孔。
8	T <sub>1</sub> —01—10—3		100	8.05	
9	T <sub>1</sub> —01—15—3		150	12.23	
10	T <sub>1</sub> —01—6—4	400	60	10.44	
11	T <sub>1</sub> —01—10—4		100	12.43	
12	T <sub>1</sub> —01—15—4		150	15.20	
13	T <sub>1</sub> —01—6—5	500	60	11.53	
14	T <sub>1</sub> —01—10—5		100	14.21	
15	T <sub>1</sub> —01—15—5		150	16.38	
16	T <sub>1</sub> —01—6—6	600	60	13.00	
17	T <sub>1</sub> —01—10—6		100	15.00	
18	T <sub>1</sub> —01—15—6		150	17.59	
19	T <sub>1</sub> —01—6—8	800	60	15.36	
20	T <sub>1</sub> —01—10—8		100	17.46	
21	T <sub>1</sub> —01—15—8		150	20.30	

图2 -12 梯级式直通桥架

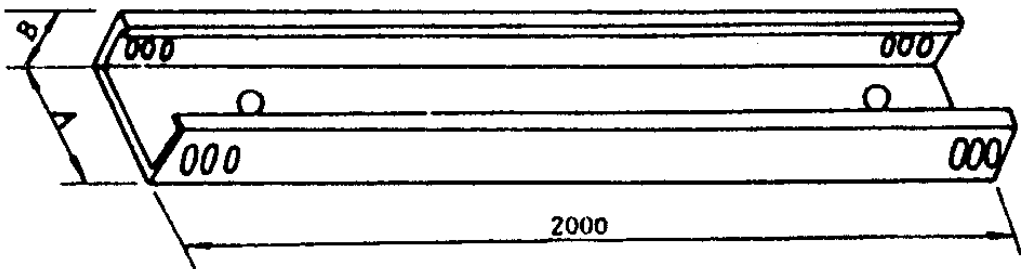




QJ—P—01

序号	型号	b	h	重量 (kg /m )	备注
1	P—01—6—1	100	60	4.71	高度 A 为 60、100mm 时，每端各6 只连接孔。
2	P—01—10—1		100	6.51	
3	P—01—15—1		150	7.62	
4	P—01—6—2	200	60	9.82	
5	P—01—10—2		100	13.60	
6	P—01—15—2		150	16.1	
7	P—01—6—3	300	60	14.05	高度 h 为 150mm 时，每端各12 只连接孔。
8	P—01—10—3		100	17.57	
9	P—01—15—3		150	19.59	
10	P—01—6—4	400	60	21.8	
11	P—01—10—4		100	24.52	
12	P—01—15—4		150	28.01	
13	P—01—6—5	500	60	25.19	
14	P—01—10—5		100	28.3	
15	P—01—15—5		150	31.56	
16	P—01—6—6	600	60	31.39	
17	P—01—10—6		100	31.58	
18	P—01—15—6		150	35.08	
19	P—01—6—8	800	60	36.21	
20	P—01—10—8		100	39.03	
21	P—01—15—8		150	44.95	

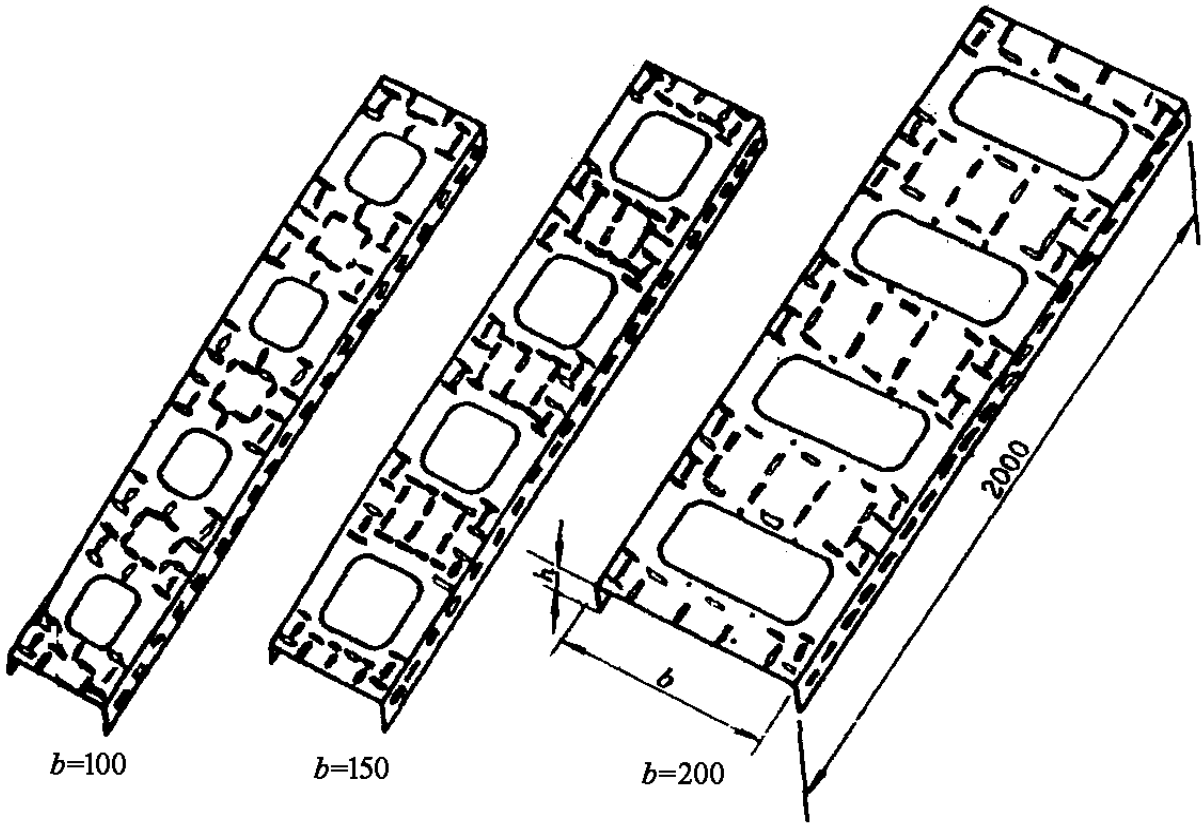
图2 -13 托盘直通式桥架



QJ—C—1A

序号	型号	形式	规格	重量
			A ×B	(kg /m )
1	G—1A—1		50 ×25	3.4
2	G—1A—2		100 ×50	6.60
3	G—1A—3		150 ×75	9.53
4	C—1A—4		200 ×100	12.07
5	C—1A—5		250 ×125	15.05
6	C—1A—6		300 ×150	21.61
7	G—1A—7		400 ×200	37.64
8	G—1A—8		500 ×200	42.97
9	G—1A—9		600 ×200	47.60
10	6—1A—10		800 ×200	57.01

图2 -14 槽式扁形直通桥架



QJ—ZH—01A

序 号	型 号	规格b ×h	重量 (kg /m )	备 注
1	ZH -01A -100	100 ×25	7.8	
2	ZH -01A -150	150 ×25	10.35	
3	ZH -01A -25	200 ×25	12.84	

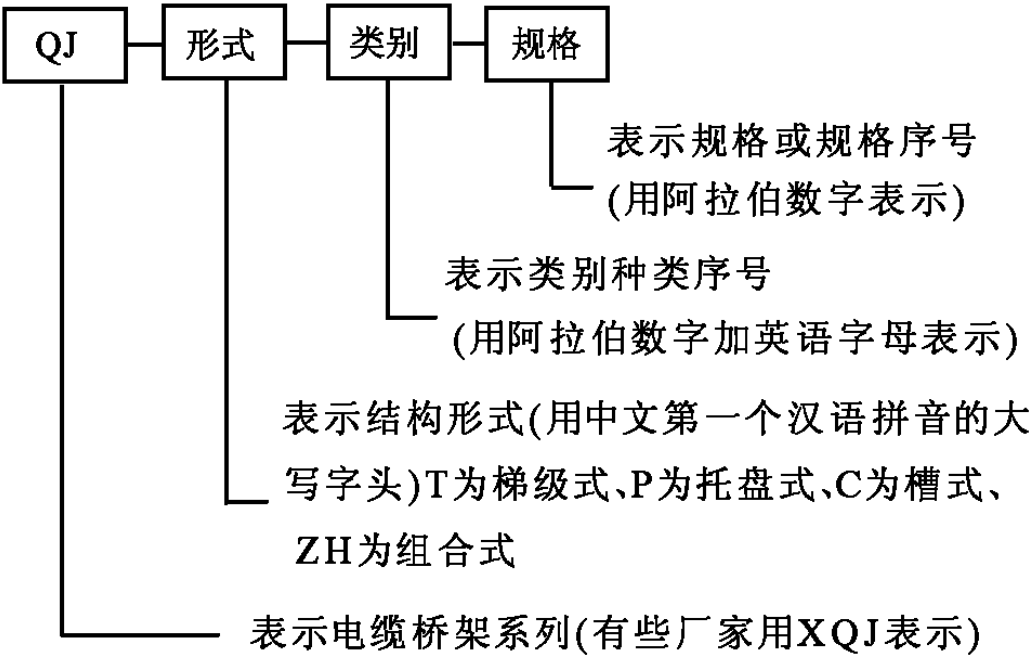
图2 -15 组合式电缆桥架

无论何种形式的电缆桥架，都有直通桥架、水平或垂直弯通桥架、水平或垂直三通桥架、水平或垂直四通桥架及其它形式。图2 - 16 为其它电缆桥架的常见形式。

直 角 二 通	变 宽 接 板
直 角 三 通	
直 角 四 通	凸（凹）形 二 通
	说明：×——×为支撑点 △——△当电缆桥架宽b≥400mm 时,应增加支撑点。

图2 - 16 其它桥架型式及支持点位置

电缆桥架型号表示方法为：



其中电缆桥架的“类别种类序号”可参考图2 -17 ~ 图2 -20 所示。

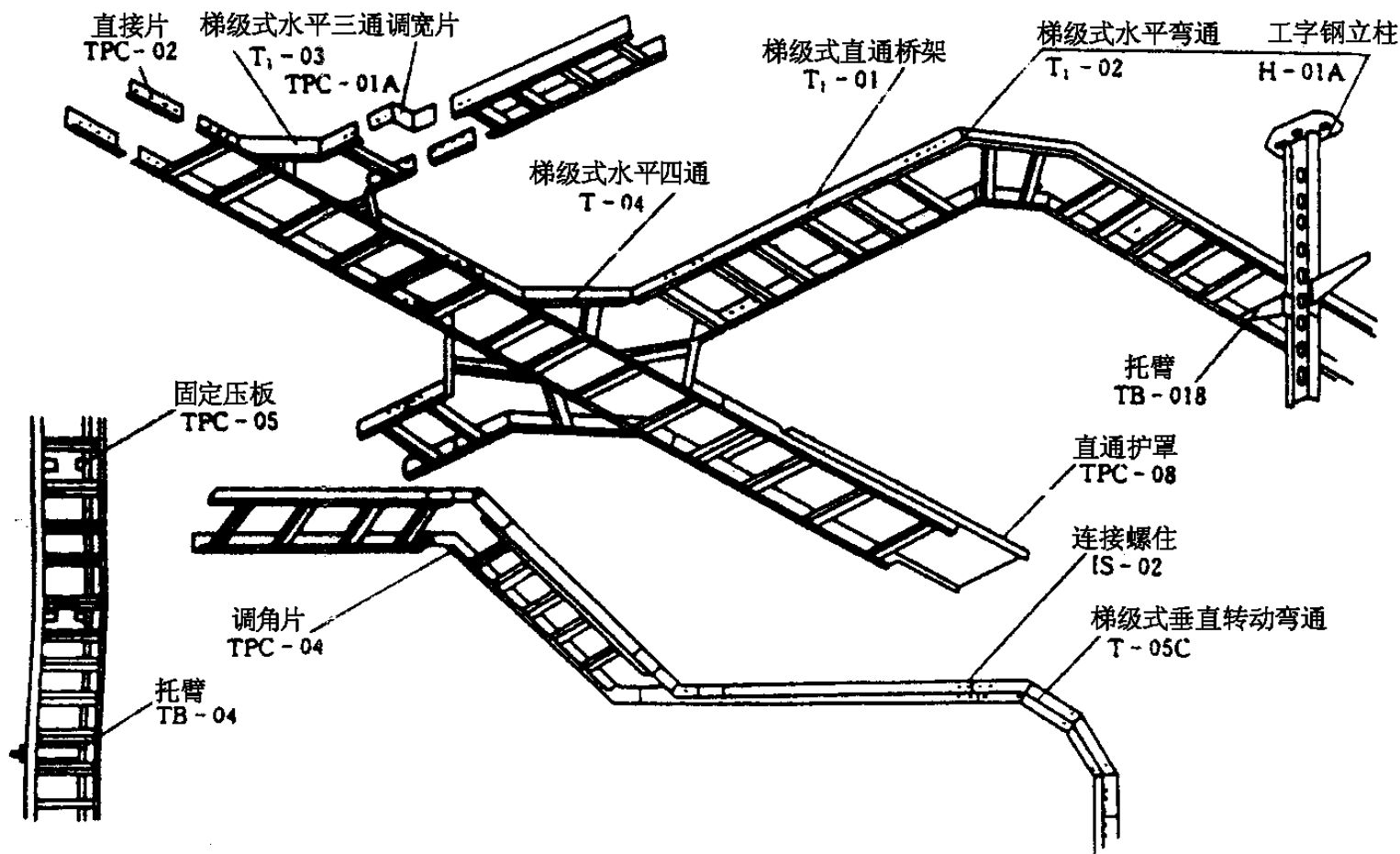


图2 -17 梯级式桥架空间布置示意图

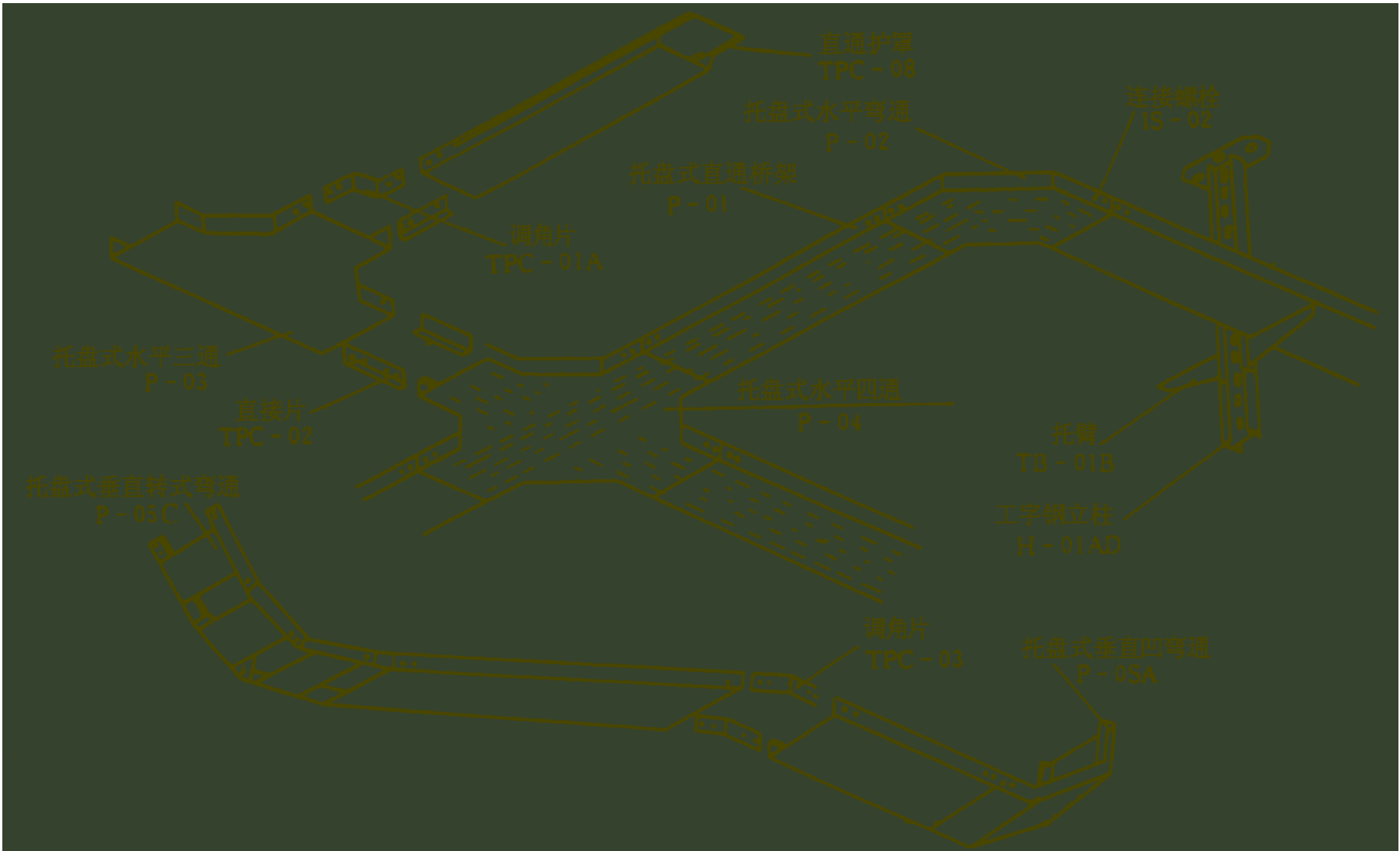


图2 -18 托盘式桥架空间布置示意图

(二) 电缆桥架的安装

电缆桥架的安装，基本工序为：定位放线、支架制作与安装、桥架安装与连接等。

由于电缆桥架的安装为明装，而且占有一定的空间，要求桥架的安装既要美观，同时要在施工中避免与其它管道专业打架。为此，在土建主体工程结束之后，电气施工人员应与通风设备及管道专业针对施工空间的具体安排进行合理布署，以保证各专业的施工处于有序的状态。

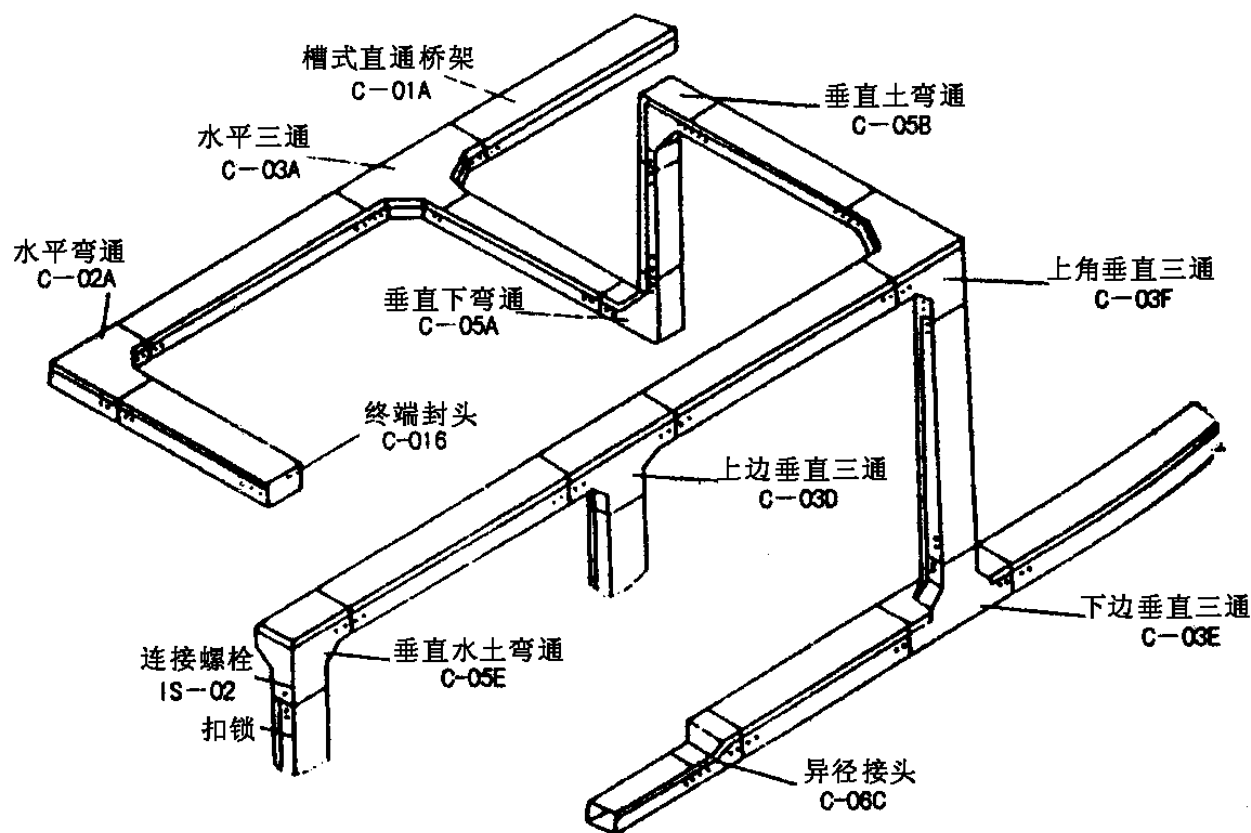


图2 -19 槽式桥架空间布置示意图

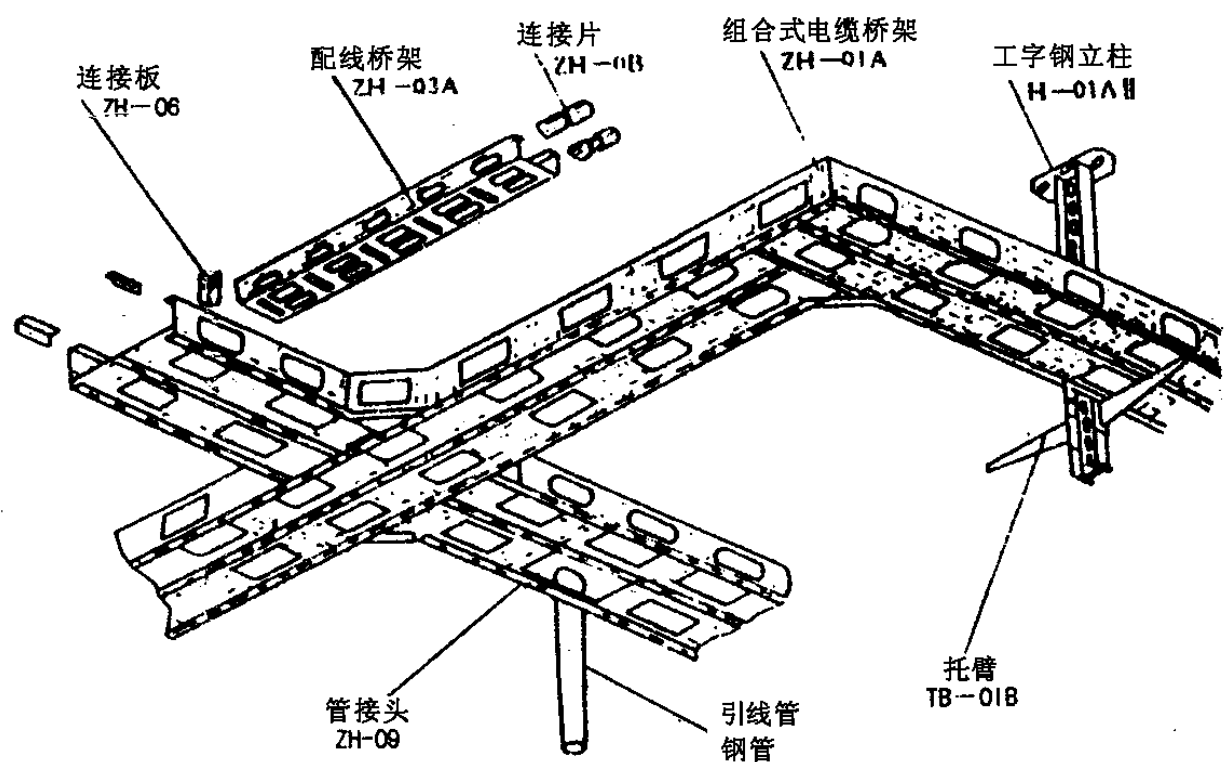


图2 -20 组合式桥架空间布置示意图

桥架的定位放线，也就是确定用于安装桥架的支架生根点的轴线位置。如果在墙上安装支架时，水平支架放线应用找平塑料管找平，垂直支架放线应用吊线垂找垂直。

桥架的支架可选用生产桥架厂方的定型支吊架吊，也可以采用根据现场实际进行现场制作支架的方法。

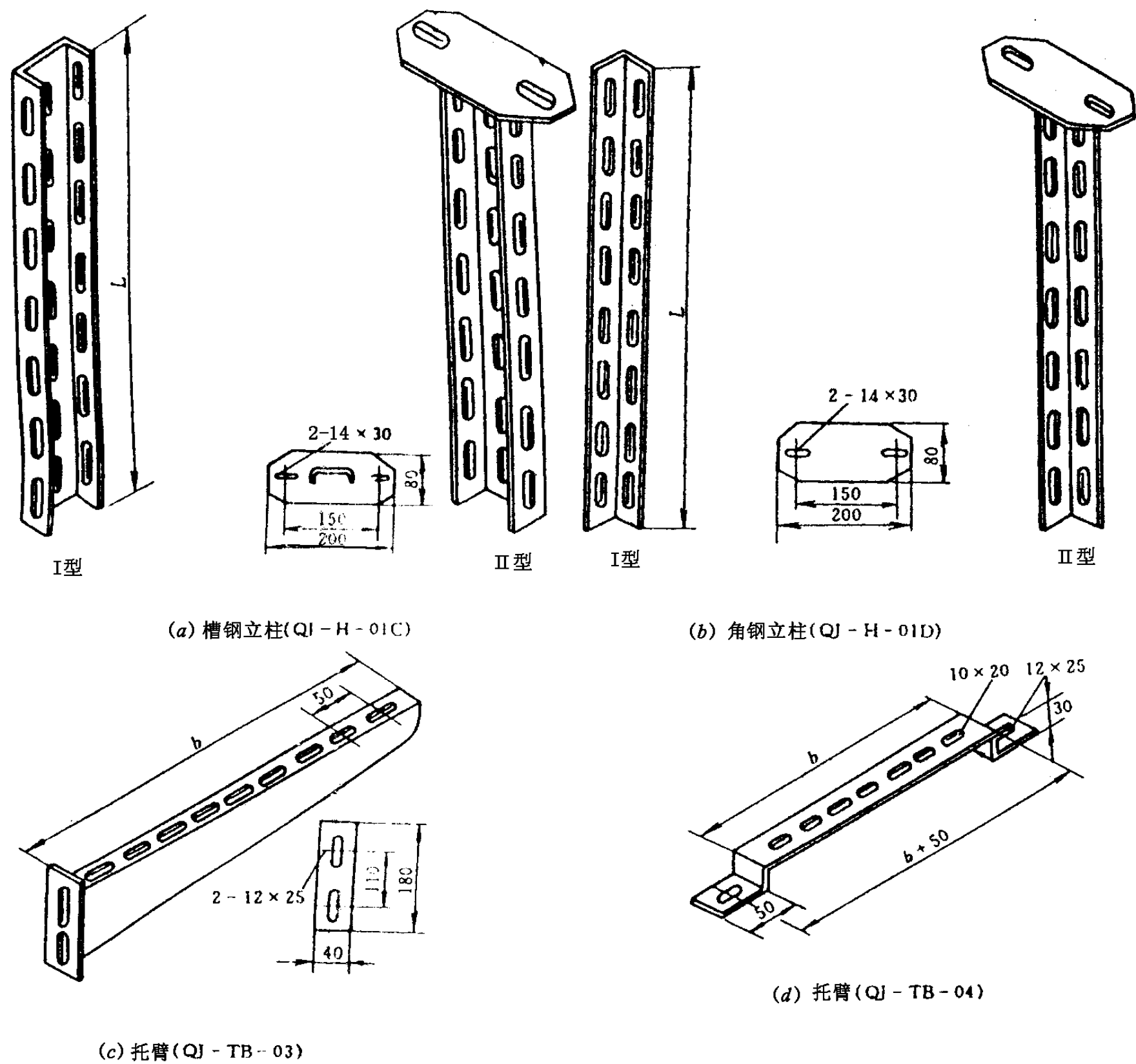


图2 -21 支柱和托臂

生产厂家的定型支吊架形式包括立柱和托臂，立柱又分为带底座的支柱和不带底座的立柱，按型钢材料分为槽钢立柱和角钢支柱两种基本形式。支柱的定型长度有300、500、800、1000、1500 和2000mm 六种规格长度。支柱托臂的形式如图2 -21 所示当支柱要固定在倾斜的楼板顶板上，或者选用不带底座的支柱时，应与支柱底座配套使用。支柱底座有垂直底座和倾斜底座两种型式，如图2 -22 所示。

直通桥架的长度为2m，桥架间的连接应根据需要选用合适的连接件。连接件基本

形式有直接片、弯接片、调角片、调高片和调宽片，其外形及规格见图2 -23 ~ 图2 -27。

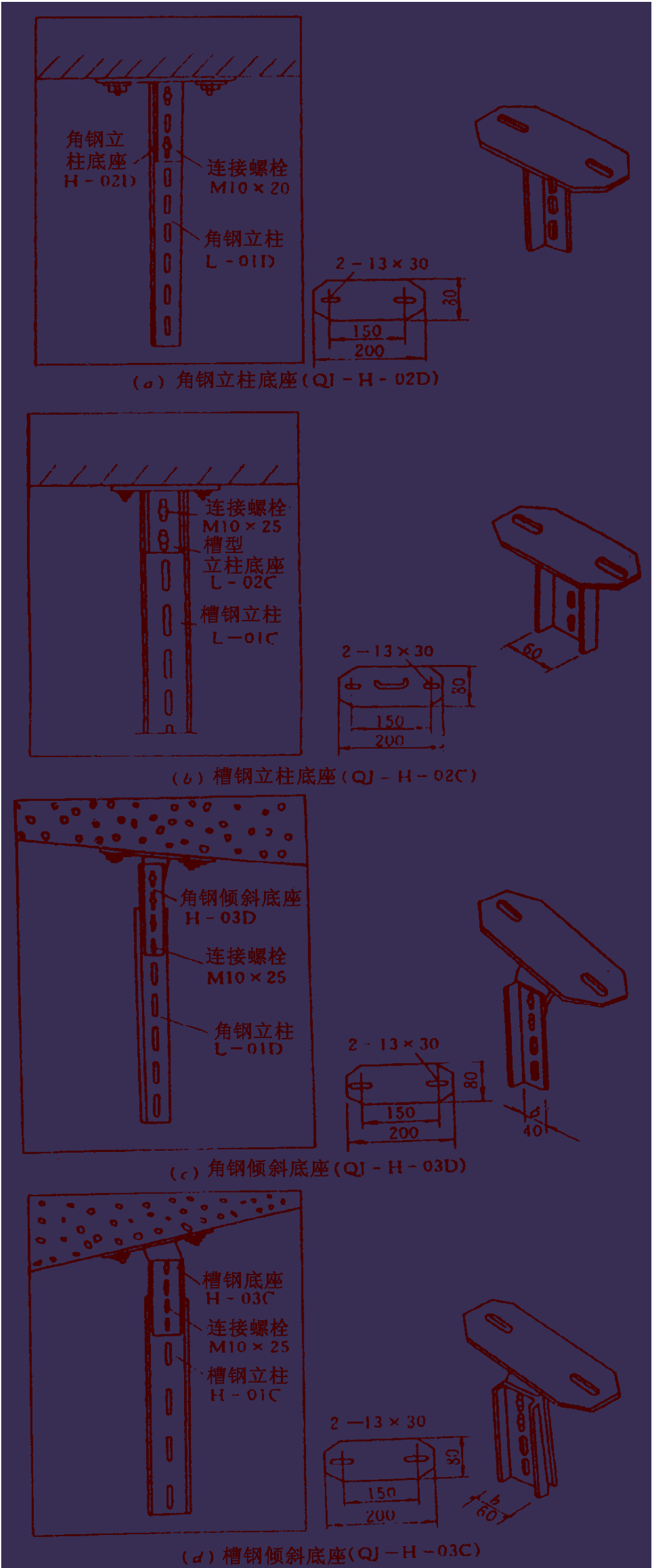
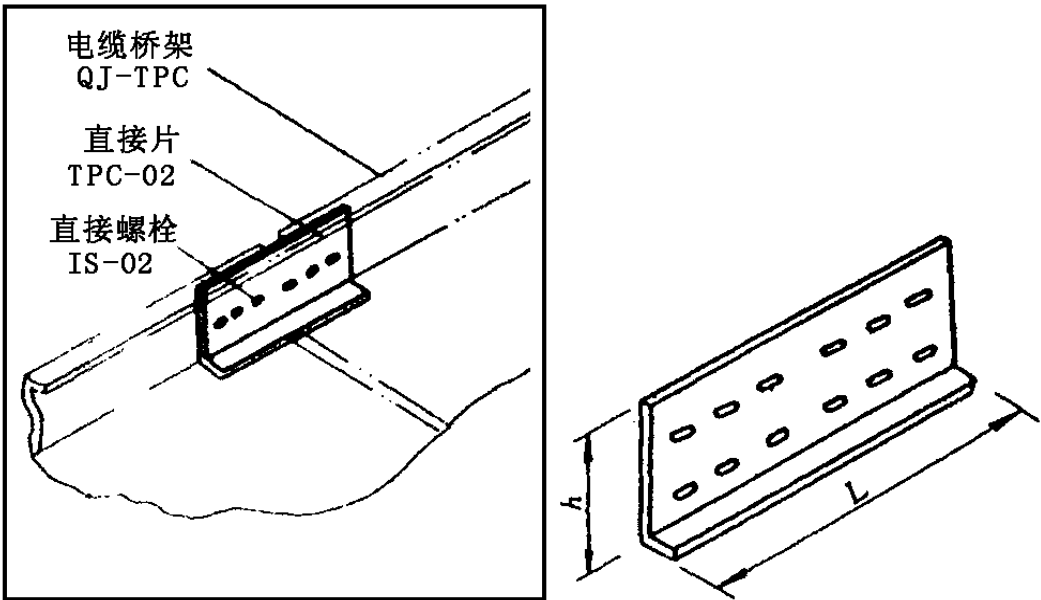


图2 -22 支柱底座

桥架的支吊架在墙、楼板顶板上的固定应使用膨胀螺栓，并应使支架固定牢靠。桥架间的连接应用厂方随设备供应的螺栓，螺栓应为镀锌螺栓，桥架内应无丝扣且光滑无棱角，螺母应位于外侧。



QJ—TPC—02

序号	型号	配套高度 h	A <sub>1</sub>	L	重量 (kg)	备 注
1	TPC—02—50	50、60	35	260	0.99	桥架高度125mm 以下的直接片为6 只连接孔
2	TPC—02—75	75	50		1.28	
3	TPC—02—100	100	75		1.4	
4	TPC—02—125	125	100		1.63	
5	TPC—02—150	150	125	382	1.84	桥架高度150mm 以上的直接片为6 只连接孔
6	TPC—02—200	200	175		2.20	

注：TPC -02 直接片与梯级式，托盘式、槽式桥架配套用作电缆桥架的连接。若需内衬片其重量为直接片重量的80 %。

图2 -23 直接片

电缆桥架的安装除满足上述要求外，还应满足以下要求：

(1) 电缆桥架的规格、支吊架间距、防腐类型应符合设计要求。如设计中无规定时，根据某些厂家资料和参照国家标准图册，建议：

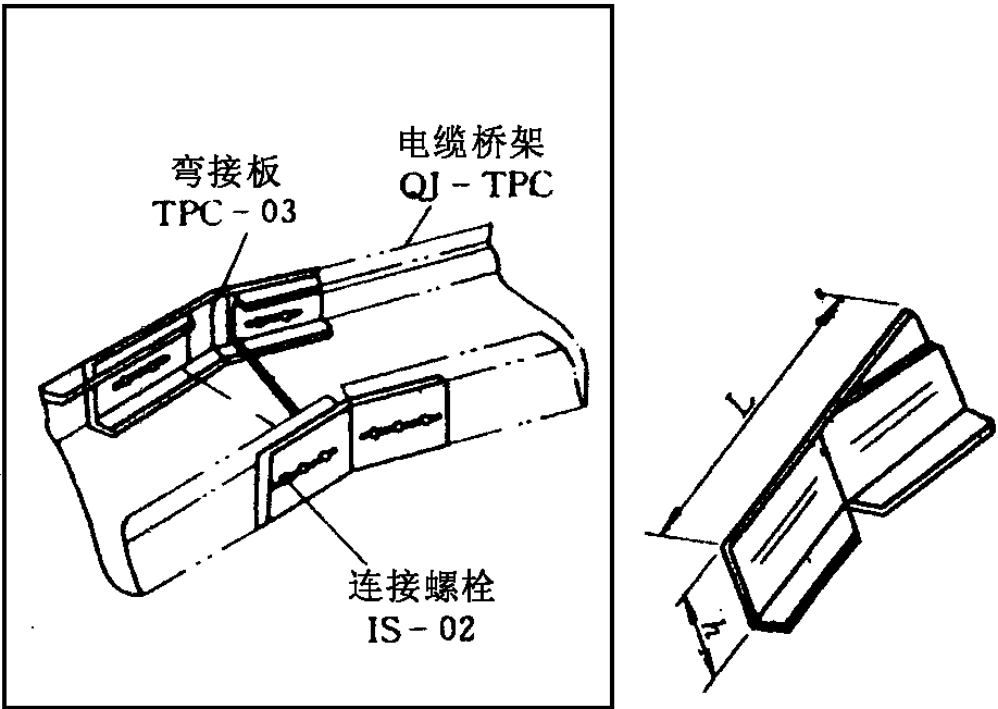
各层电缆桥架间距离：控制电缆 200mm ；电力电缆 300mm ；机械化敷设电缆 400mm 。

电缆桥架的支吊架间距按1.5m ~2m 。

(2) 当直线段钢制桥架超过30m、铝合金或玻璃钢电缆桥架超过15m 时，应有伸缩，其连接宜采用伸缩连接板。跨越伸缩缝处应设置伸缩。

(3) 电缆桥架转变处的转弯半径。不应小于该桥架上电缆弯曲半径的要求。



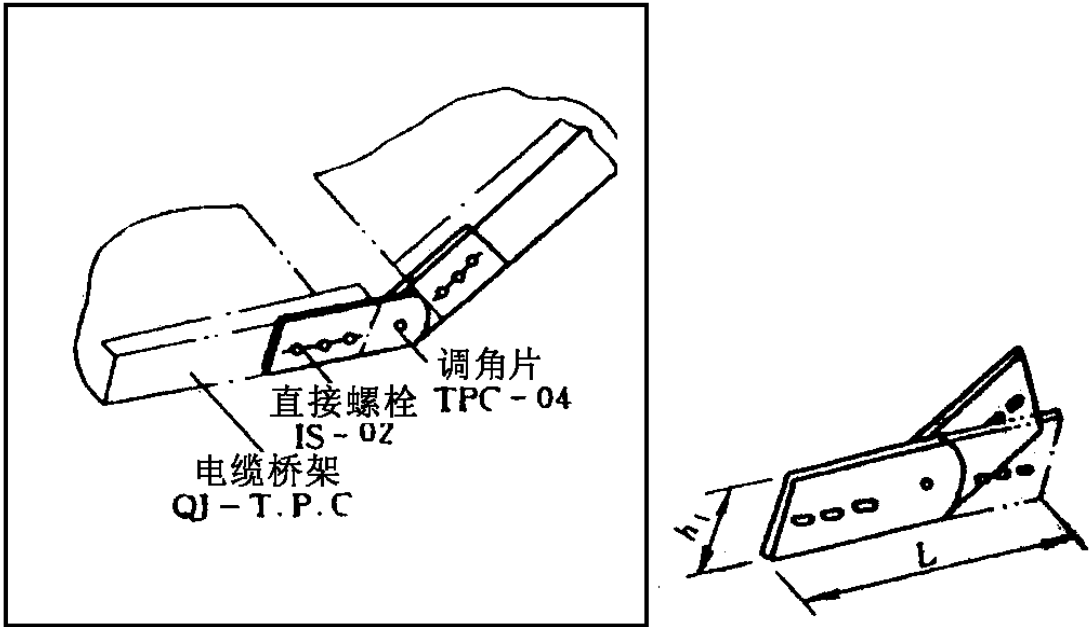


QJ—TPC—03

序号	型号	配套高度 h	A <sub>1</sub>	L	重量 (kg)	备 注
1	TPC—03—50	50、60	35	300	1.1	TPC—03 弯接片有内外两件。 其内件重量为外件的
2	TPC—03—75	75	50		1.6	
3	TPC—03—100	100	75		2.87	
4	TPC—03—125	150	100		3.53	
5	TFC—03—150	125		600	9.5	
6	TPC—03—200	200	175		10.37	

TPC -03 弯接片与梯级式、托盘式、槽式桥梁配套作水平方向调小角度时使用。

图2 -24 弯接片

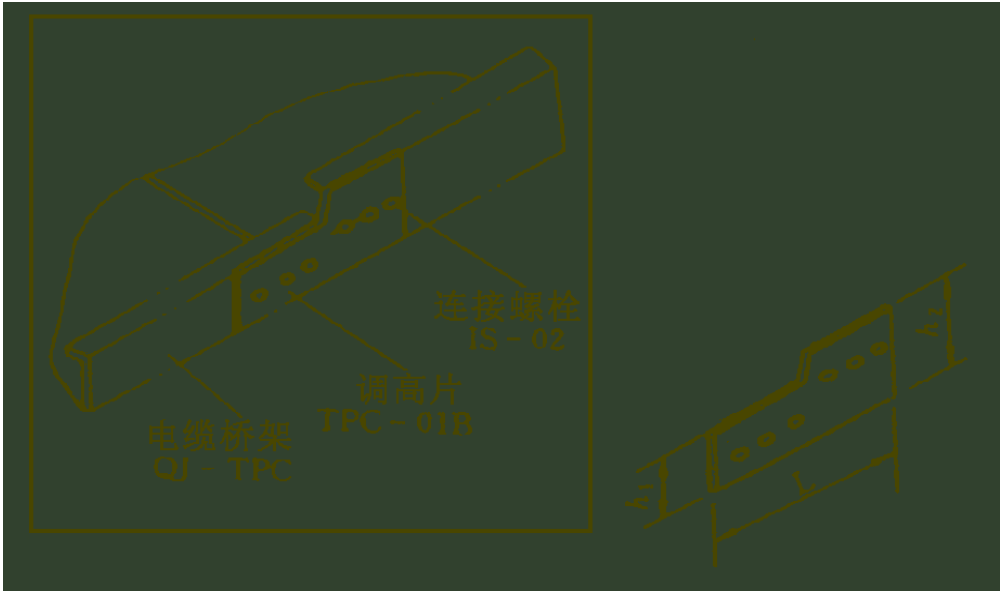


QJ—TPC—04

序号	型号	配套高度 h	h <sub>1</sub>	L	重量 (kg)	备 注
1	TPC—04—60	60	55	260	0.67	
2	TPC—04—100	100	95	300	1.6	
3	TFC—04—150	150	145	550	4.2	

注：TPC -04 调角片与梯级式、托盘式、槽式桥架配套作垂直方向调小角度使用。

图2 -25 调角片

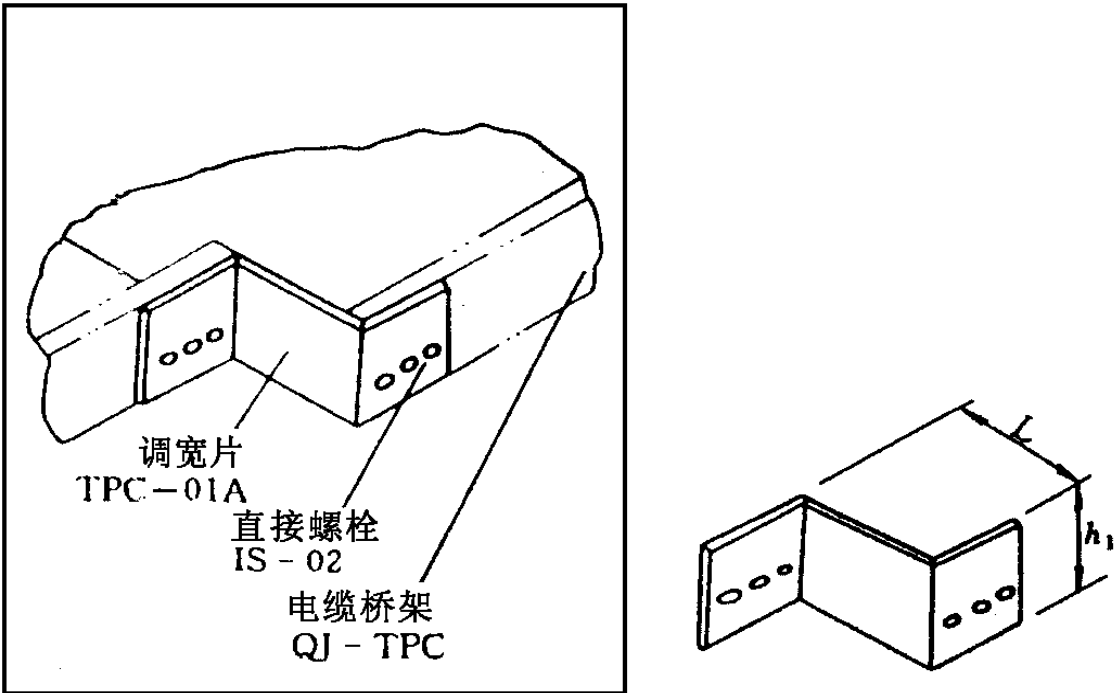


QJ—TPC —01B

序号	型 号	A	A1	L	重量 (kg)	备 注
1	TPC —01B —60 /100	55	95	200	0.74	高度60 调100
2	TPC —01B —60 /150	55	145	300	1.67	高度60 调150
3	TPC —01B —100 /150	95	145	300	1.9	高度100 调150

注 :TPC -01B 调高片与梯级式桥梁、托盘式桥架配套作变高连接。

图2 -26 调高片

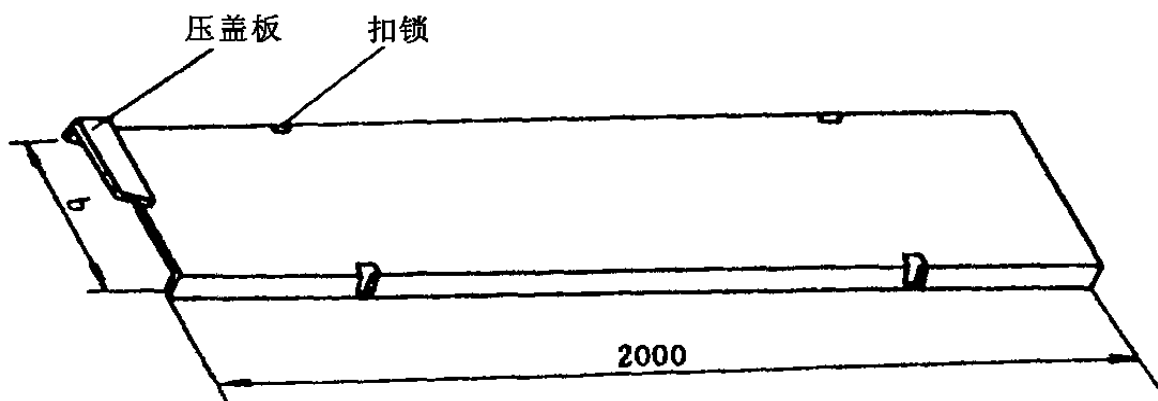


QJ—TPC —01A

序号	型号	配套高度	h	L	重量	备 注
		h	1		(kg)	
1	TPC -01A -6 —1	60	55	100	0.75	高度A 为60、-100 的 每端3 只连接孔
2	TPC —01A —6 —2			200	0.77	
3	TPC -01A -6 -3			300	1.25	
4	TPC -01A -6 -4			400	1.7	
5	TPC -01A -10 -1	100	95	100	1.36	
6	TFC -01A -10 -2			200	1.7	
7	TPC -01A -10 -3			300	2.1	
8	TPC -41A -10 -4			400	2.6	
9	TPC —01A —15 —1	50	145	100	3.2	高度九为150 的每端 12 只连接孔
10	TPC -01A -15 —2			200	3.95	
11	TPC -01A -15 —3			300	4.6	
12	TPC -01A -15 —4			400	5.3	

注 :TPC -01A 调密宽片与梯式、托盘式桥架配套作调宽使用。

图2 -27 调宽片



QJ—TPC—08

1	TPC—08—1	100	6 20
2	TPC—08—2	200	10 68
3	TPC—08—3	300	14 44
4	TPC—08—4	400	24 54
5	TPC—08—5	500	28 37
6	TPC—08—6	600	38 23
7	TPC—08—7	800	44 82

注：TPC -08 - 型护罩与梯级式、槽式、托盘式桥架配套，可防雨、防尘，防晒及控制电缆的屏蔽和高压电缆对外干扰。

图2 -28 直通护罩

（4）电缆桥架的连接处应用软铜线连接作为接地。软线应予搪锡，桥架的接地线连接处应去掉油漆并除锈。板架还应与接地网有可靠地连接。

（5）桥架与配管连接处，应在桥架上用开孔器开孔，孔径应与管径匹配，管口应光滑，并用锁母固定。

3．桥架上的电缆敷设与桥架盖板

电缆桥架安装完毕，且与桥架相连接的配管完成以后，如果桥架上每根电缆起止路径畅通，即可敷设电缆。如果建筑物有吊顶时，应在作吊顶龙骨前施放电缆。

人力或机械施放电缆的方法和要求与直埋敷设时基本一样，不再赘述。

电缆敷设后，应将电缆在桥架摆放整齐。制作完终端头和中间接头后，进行电缆材料试验，符合要求后，应将电缆在桥架内予以固定。固定间距要求详见本节开头“技术要求”（15）条。

电缆固定后，应请建设单位和监理单位进行验收，符合要求，应立即加盖封闭。

每一种形式的桥架，都有相应的护罩盖板，应根据需要选用盖板形式和数量。图2-28 为直通护罩盖板的外形及有关规格尺寸。

### 第三节 交联聚乙烯电缆头的制作

#### 一、概述

电缆头包括电缆终端头和电缆中间接头。

目前，交联聚乙烯电缆在10KV 及以下的高压电缆领域，已经在全面取代传统的油浸纸绝缘电缆，本章仅介绍交联聚乙烯电缆头的制作。

由于热收缩电缆头材料和冷缩电缆头材料的出现，已淘汰了传统的环氧树脂电缆头的制作方法。而冷缩电缆头由于不需要用喷灯加热，与热收缩电缆头的工艺相比，更具应用前景。缺点是：冷缩电缆头的价格较热收缩电缆头昂贵。

目前的热收缩电缆头材料及冷缩电缆头材料为成套供应的产品。

#### 二、电缆头制作的基本要求

1. 制作电缆头时，应熟悉生产厂家的制作说明书。
2. 在室外制作6KV 及以上电缆终端与接头时，其空气相对湿度宜为70 % 及以下；当湿度大时，可提高环境温度或给电缆通入电流加热电缆。  
制作塑料绝缘电力电缆终端头时，应防止尖埃，杂物落入绝缘内，严禁在雨或雾中制作电缆头。
3. 塑料绝缘电缆在制作电缆头时，应彻底清除半导电屏蔽层。对包带石墨屏蔽层，应用溶剂擦去碳迹；对挤出屏蔽层，剥除时不得损伤绝缘表面，屏蔽端部应平整。
4. 塑料电缆每相的铜屏蔽层和钢铠，以及中间接头两侧的铜屏蔽层和钢铠间，应锡焊接地线并连通，不得中断。除了三芯电缆穿过零序互感器时，电缆地线应与接地网绝缘外，其余情况下，电缆接地线均应可靠地接地。  
上述的电缆的接地线应采用铜绞线或镀锡编织线，其截面积不应小于表2-9 的规定。

表2 -9 电缆终端接地线截面

电缆戴面 (mm <sup>2</sup> )	接地线截面 (mm <sup>2</sup> )
120 及以下	16
150 以及上	25

5 . 电缆终端头上应有明显的相色标志 , 且应与系统的相色一致。

三、交联聚乙烯电缆头的制作工艺

(一) 热收缩电缆头制作工艺。

1 6 /10 -8 .7 /15KV 三芯交联聚乙烯电缆热收缩终端头制作工艺。

本工艺适用于6 /10 -8 .7 /15KV 三芯交联聚乙烯铠装电缆热收缩终端 , 热收缩材料的收缩温度为110 ~150 , 火焰要缓慢接近材料 , 不断移动以确保受热收缩均匀 , 金属部位覆盖热收缩材料前应先预热至60 ~70 , 热缩材料收缩后应使热熔胶融化并挤出管口 , 以保证密封 , 最后注意要待热缩部件冷却后才能移动或试验。对于无销装三芯电缆 , 则免除铠装剥切及铠装地线安装等工序。

(1 ) 将电缆拉至预定位置 , 固定电缆 , 离电缆末端量取650mm 整齐剥去电缆外护套 , 如图2 -29 所示。

(2 ) 离外护套切口30mm 处绑扎线 , 锯断钢铠 , 切口要整齐 , 并除掉毛刺、尖角。

(3 ) 保留铠装切口以上15mm 内护层 , 除去多余的内护层及填充物。不要伤及铜屏蔽层。

(4 ) 分开线芯 , 离内护套切口120mm 处去掉铜屏蔽 , 注意不要伤及半导体层。

(5 ) 保留铜屏蔽层切口以上15mm 的半导体层 , 剥去其余的半导体层 , 将保留的半导体层的端部5mm 长剥成过渡的圆锥形。注意不得伤及电缆绝缘。

(6 ) 安装接地线 ; 可根据屏蔽与铠装是否分别接地的要求选择。屏蔽与铠装分别接地 : 先将10mm<sup>2</sup> 的铜编织线绑扎在钢铠上 , 用锡焊牢 , 并用锡将靠近焊点的接地线间隙填平形成30mm 左右的扎束防潮段 , 再套入热缩管 , 上端管口与内护层切口平齐加热收缩固定。然后将另一根地线拆开分成三股分别绑扎固定在三相铜带上 , 用锡焊牢 , 并与第一根地线错开180 , 同样用锡填一防潮段。屏蔽与铠装用同一根地线 : 将铜编织线拆开分成三股分别绑扎固定在三相铜带上 , 用锡焊牢 , 再将接地线绑扎在钢铠上 , 同样用锡焊牢。在地线上靠近钢铠焊点附近用锡焊制成30mm 左右的扎束防潮段。

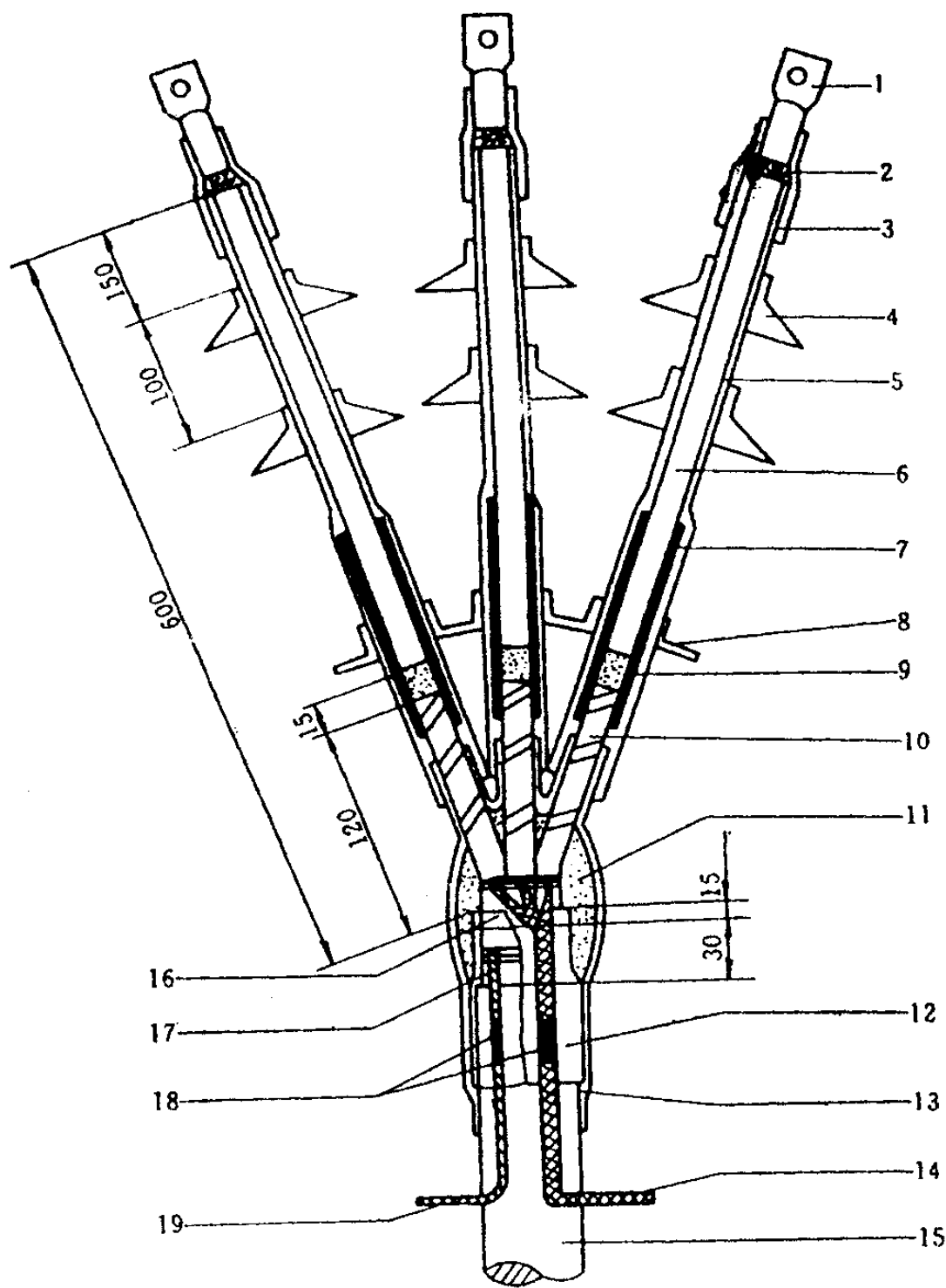


图2 -29 6/10 -8.7/15KV 交联电缆热缩终端头结构

- 1 - 接线端子 ;2 - 密封胶 ;3 - 密封管 ;4 - 单孔雨罩 (户外配) ;5 - 护套管 (户内) 耐候管 (户外) ;  
6 - 电缆绝缘 ;7 - 应力控制管 ;8 - 三孔雨罩 (户外配) ;9 - 半导体层 ;10 - 铜屏蔽层 ;11 - 填充胶 ;12 - 热缩管 ;  
13 - 分支套 ;14 - 屏蔽接地线 ;15 - 电缆外护层 ;16 - 内护层 ;17 - 钢铠 ;18 - 扎束防潮段 ;19 - 钢铠接地线

- (7) 从电缆末端量取  $(k + 5)$  mm 剥去电缆绝缘层。(其中k 是实测的接线端子孔深)。
- (8) 将接线端子套入线芯，用压接工具严格按压接工艺压接。并用锉刀、砂布除掉尖角、毛刺。
- (9) 用细砂布仔细打磨线芯绝缘，然后清洗线芯绝缘，不得留有半导体层痕迹。
- (10) 将应力控制管套入各相线芯，搭接铜屏蔽15mm 左右，从下向上加热收缩。
- (11) 用密封胶带绕包填平分支处空隙及内护层切口部位的凹陷。
- (12) 清洗接地线和外护层，用密封胶将引出线包二层，并在外护层切口朝电缆方向绕包密封胶带一层约60 -80mm。注意在包绕胶带前，应将护套和热缩管打磨，并清

洗干净。

(13) 将分支套尽量套至电缆三芯分叉根部，先从分支套交叉处开始向袖口方向加热收缩，再从分支套分叉处向手指方向加热收缩。

(14) 清洗干净分支套的手指，在手指上从端部开始包绕35 ~40mm 长一层密封胶带。

(15) 户内终端套上护套管，户外终端需套上红色耐候管，与分支套手指塔接35 ~40mm，从手指处开始向电缆末端方向加热收缩到电缆绝缘末端，切去多余的护套管或者耐候管。

(16) 清洗干净接线端子，用密封胶带将接地线端子上的压坑和接线端子与电缆绝缘之间的间隙填平。并从端子向电缆方向绕包一层密封胶带约120mm，套上密封管，从接线端子开始向电缆方向加热收缩。

(17) 户外终端需要安装单孔雨罩与三孔雨罩。先用溶剂（如丙酮，非极性清洗剂）清洗耐候管表面，在图示位置包绕一层密封胶带，套上雨罩加热收缩。三孔雨罩要尽量套至三叉根部。使电缆线芯尽量分开、（若雨罩涂过胶，则不需包密封胶带）。

(18) 套入三色相色管，加热收缩，以此来标明相序。电缆终端安装完毕。

2.10KV 交联电缆热缩型中间接头制作工艺如下：

(1) 摆正电缆，量取剥切尺寸。将两根电缆对直，垂叠200 ~300mm，确定接头中心。

(2) 剥外护套及钢铠。从中心处分别量取890mm（长端）和490mm（短端）剥去外护套。留30mm 钢铠，绑扎线，其余剥除。

(3) 剥内护层及填充物。保留80mm 内护层，其余剥除，切去填充物，保留备用。

(4) 锯芯线。分别从两端外护层断口处量起，长端保留890mm，短端保留490mm，其余锯去。

(5) 剥铜屏蔽层及半导电层。从中间锯断处向两端各量取芯线300mm，剥去铜屏蔽，断口用自粘带或焊锡固定保留20mm 半导电层，其余剥去。用清洗剂清洗相绝缘体表面及半导电层。

(6) 绕包应力疏散胶、涂硅脂膏。将黄胶尖端拉细拉薄，绕在半导电层和绝缘层交界处，各搭接5 ~10mm 填平。用硅脂膏薄薄涂抹整个绝缘层表面，去掉铜屏蔽层上的自粘带。

(7) 固定应力管、剥切芯线绝缘。在两端各相芯线上套入应力管，搭接铜屏蔽20mm，加热固定，在芯线端部量取压接管长度的 $1/2$ 加5mm，切去绝缘层，并削成30mm 长的。

(8) 依次套入管材和铜屏蔽网。在电缆两端分别套入端护套管和端金属套筒，内护

套管，其中一端套入外护套筒。在长端的各相芯线上套入铜屏蔽网和一组管材（半导电管2 根）。

⑨）压接连接管、绕包填充胶、四氟带。压紧连接管，打光表面。在连接管外绕包填充胶，厚度不小于3mm，两边搭接绝缘层10mm，填充胶处绕包二层四氟带。

(10) 固定绝缘管。将内绝缘管拉出，一端搭接铜屏蔽层约10mm，加热固规定。

(11) 固定外绝缘管。将外绝缘管拉出，套在距内绝缘管端头135mm 处，加热固定。

(12) 固定半导电管。将各相中两半导电管拉出，两端分别搭接铜屏蔽层20mm，依次由两端向中间搭接，加热固定。

(13) 焊接铜屏蔽网和屏蔽地线，扎紧三相芯线。拉开铜屏蔽网，连通两端铜屏蔽层，端部绑扎焊牢。用25mm<sup>2</sup> 的地线同时将三相铜屏蔽层接通焊牢。放好相间填充物，用带子将三相芯线绑紧。

(14) 绕包密封胶、固定内护套、焊接钢铠地线。在两端内护层上绕包红胶。两个内护套两端分别搭在红胶上。从两端向中间加热固定，使其中间搭接。用10mm<sup>2</sup> 地线连通两端钢铠，焊牢。

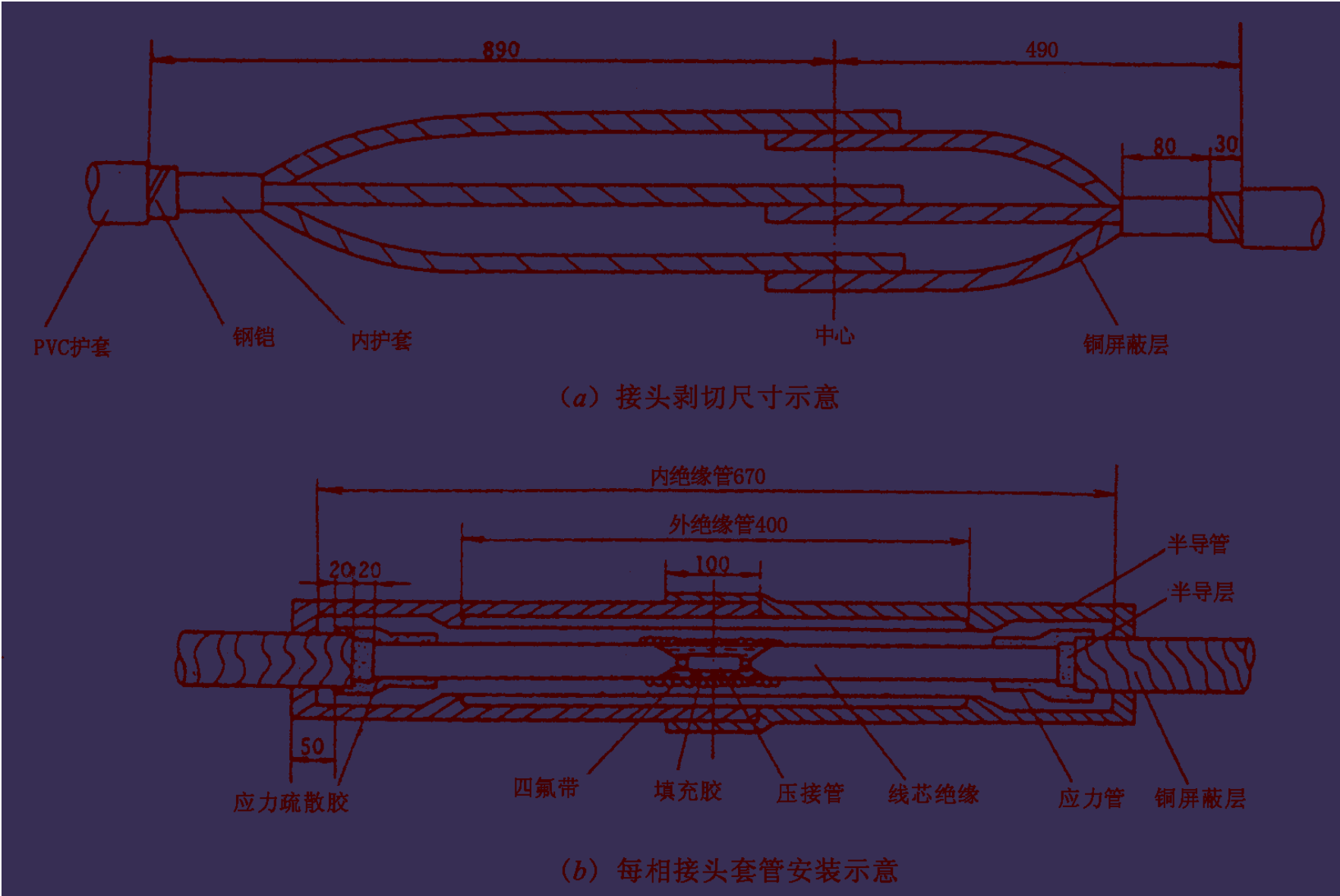


图2 -31 10KV 交联电缆热缩型中间接头制作剥切尺寸与接头套管安装示意图



(15) 固定护套筒。将护套筒拉至中间，两端套上端金属套筒。分叉部分绑扎在钢铠上。

(16) 固定端护套。将端护套拉至护套筒上，塔接电缆护套150mm，加热固定。中间接头安装完毕。

10KV 交联电缆热缩型中间接头制作剥切尺寸与接头套管安装示意图见图1 -13 -59。

(二) 冷缩电缆头制作工艺

本书所介绍的冷缩电缆头材料为美国3M 公司的产品。

1 .15KV 三芯户内冷缩终端头 (5620PST -G ) 制作工艺。

产品型号、规格见表2 -10 。

表2 -10 冷缩终端头型号规格

产品型号：	导体截面 (mm <sup>2</sup> )	绝缘外径 (mm )	A (mm )	B (mm )
5623PST - G	25 -50	14 -22	540	接线端子孔深 +5mm
5624PST - G	70 -240220 -33	660		
5625PST - G	300 -500	28 -46	660	

注：以电缆绝缘外径为选型最终决定因素，截面为参考。

制作工艺分述如下（见图2 -32）；

(1) 如图a 所示，把电缆置于预定位置，剥去外护套，铠装及衬垫层，开剥长度为：A +B，衬垫层留10mm。再往下剥25mm 的护套，露出铠装，并擦洗开剥处往下50mm 长护套表面的污垢。

护套口往下25mm 处绕包两层Scotch23 自粘带。

在顶部绕包PVC 胶带，将铜屏蔽带固定。

②) 如图b 所示，在护套口往上90mm 的铜带上，分别装上接地铜环，将三条铜带一起搭在钢铠上。

用恒力弹簧将接地线与三条铜带一起固定在钢铠上（图c）。

③) 如图d 所示，在三个接地铜环上绕包PVC 带。

用PVC 带将钢铠，恒力弹簧及衬垫层全部包覆住。

把接地线贴放在护套口下方的Scotch23 自粘带上，然后再绕包Scotch23 自粘带，将接地线夹在中间，形成防水口。

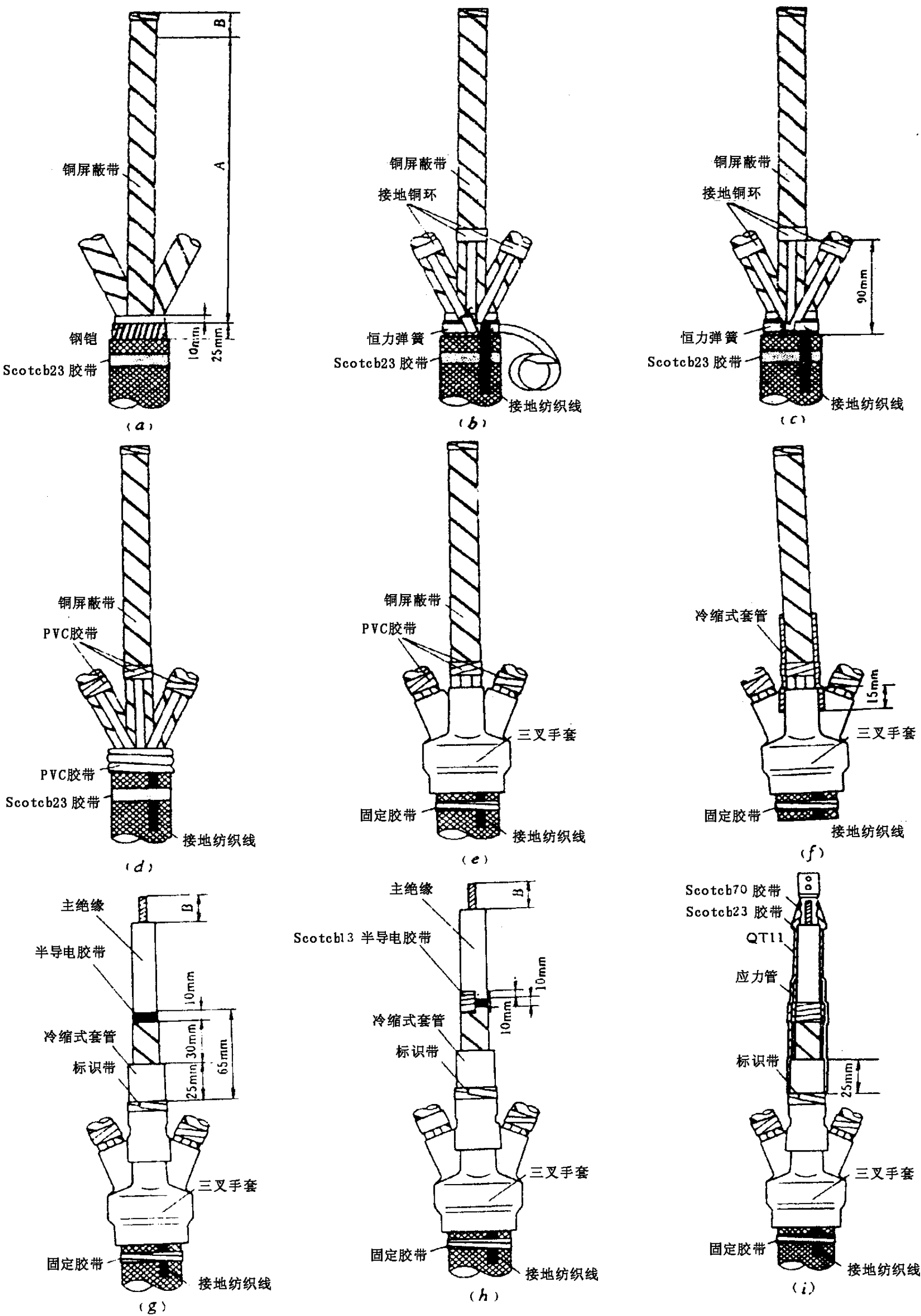


图2 -32 15KV 三芯户内冷缩终端头制作工艺示意图

④）如图e 所示，把冷缩式三叉手套放到电缆根部，逆时针抽掉芯绳，先收缩颈部，然后再分别收缩三叉。

用PVC 带把接地线固定在电缆上。

⑤）如图f 所示，套入冷缩式直管，与三叉手指搭接15mm，逆时针抽掉芯绳，使其收缩。

⑥）如图g 所示，冷缩式套管口往上留30mm 的铜屏蔽带，其余的割去。  
铜屏蔽带口往上再留10mm 的半导体层，其余的全部剥去，剥离时切勿划伤主绝缘。

按尺寸B 切除顶部绝缘。

套管口往下25mm 处，绕包PVC 带作一标识，此处为冷缩终端安装基准。

⑦）如图h 所示，半重叠绕包Scotch13 半导体带，从铜屏蔽带上10mm 处开始，线至10mm 的主绝缘上，然后返回到起始处。

如果接线端子的宽度小于冷缩式终端的直径，步骤如下（见图）：

①）压接接线端子，挫平打光，并且清洗干净。

②）用清洗剂将主绝缘擦试干净。

注：不可用擦过接线端子的布擦拭绝缘！

③）在半导体带与主绝缘的搭接处涂上硅脂，将剩余的涂抹在主绝缘表面。

④）套入冷缩式终端（QT），定位于PVC 标识带处。逆时针抽掉芯绳，使终端收缩。

⑤）用Scotch23 绝缘带填平接线端子与绝缘之间的空隙。然后，从绝缘管开始，半重叠绕包Scotch70 绝缘带一个来回至接线端子上。

如果接线端子的宽度大于冷缩终端的直径，那么先安装终端；最后压接接线端子。

2.15KV 三芯户外冷缩终端头（5630PST -G）制作工艺。

产品型号、规格见表2 -11。

表2 -11 冷缩终端头型号、规格

产品型号	护套外径 (mm)	绝缘外径 (mm)	导体截面 (mm <sup>2</sup> )	A (mm)
5633PST -G	20 -30	16 -23	35 -70	540
5635PST -G	25 -41	21 -34	95 -240	540
5636PST -G	35 -48	28 -42	300 -400	590

注：选型以绝缘外径为最终决定因素，导体截面为参考！

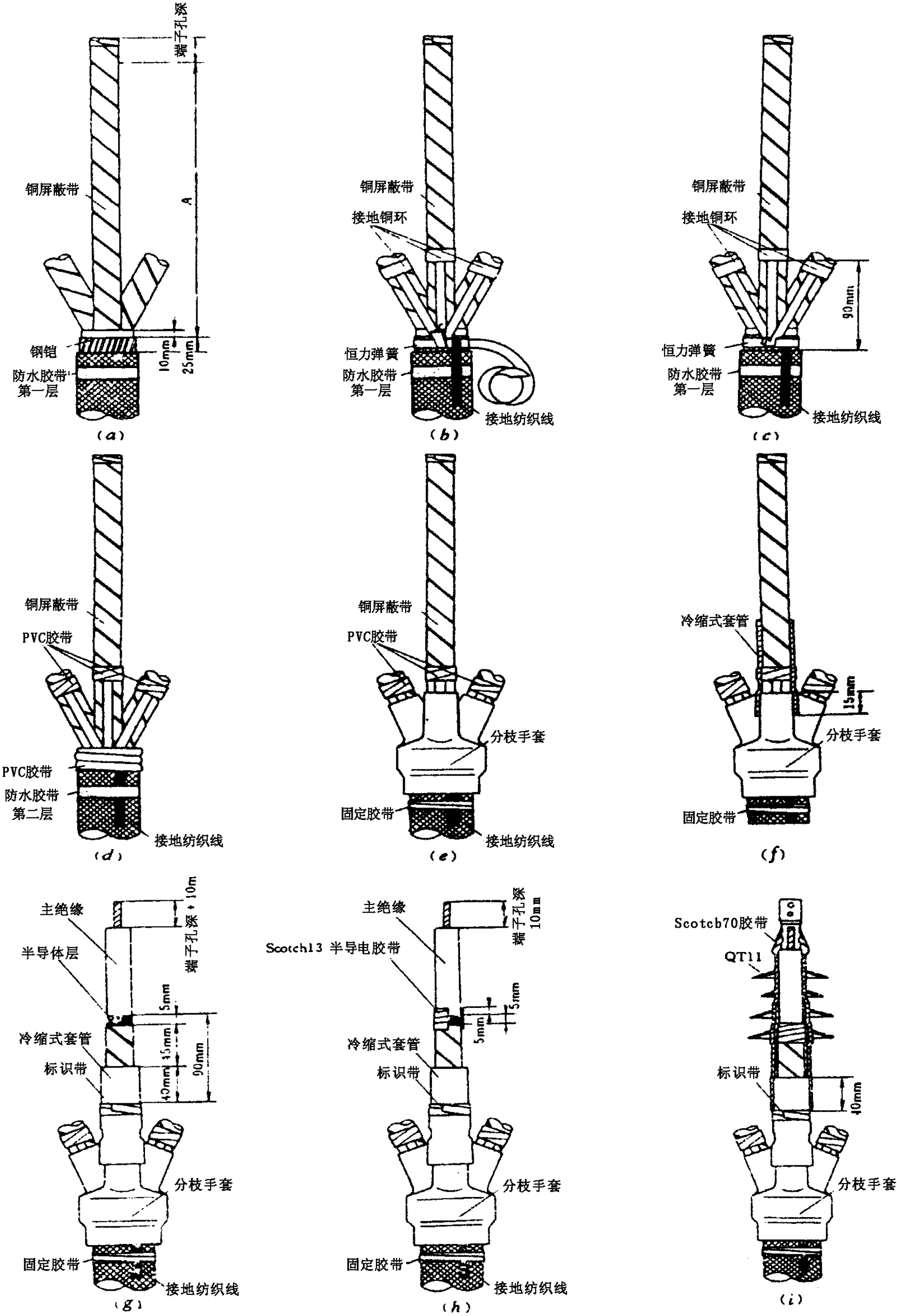


图2 -33 15KV 三芯户外冷缩终端头制作工艺示意图

制作工艺分述如上（图1 -13 -61）；

### ① 电缆预处理（如图a）；

把电缆置于预定位置，剥去外护套，铠装及衬垫层，开剥长度为A + 接线端子的深度，衬垫层留出10mm。

再往下剥25mm 的护套，留出铠装，并擦清剥离处往下50mm 长护套表面的污物。

在护套口往下25mm 处绕包两层防水胶带。

在顶部绕包PVC 胶带，将铜屏蔽带固定。

### ② 安装接地线（如图b）；

在护套口往上90mm 处的铜屏蔽带上，分别安装接地铜环，并将三条铜带一同搭在铠装上。

用恒力弹簧将接地编织线与三条铜带一同固定在钢铠上（图c）。

### ③ 防水处理（如图d）：

在三个接地铜环上分别绕包PVC 带。

在钢铠及恒力弹簧上绕包几层PVC 带，包至衬垫层，将它们全部覆盖住。

在第一层防水胶带的外部再绕包第二层防水带，把接地线夹在中间，以防水汽沿接地线空隙渗入。

### ④ 安装分支手套（如图e）：

安装冷缩式电缆密封分支手套。把手套放到电缆根部，逆时针抽掉芯绳，先收缩颈部，然后，按同样方法，分别收缩三芯。

用PVC 带将接地编织线固定在电缆护套上。

### ⑤ 安装绝缘套管（如图f）：

将冷缩式套管分别套入三芯。

使套管重迭在三叉手套分支上15mm 处，逆时针抽掉芯绳，将其收缩。

### ⑥ 剥切绝缘层（如图g）：

冷缩式套管口往上留45mm 的铜屏蔽带，其余的切除。

铜屏蔽带口往上留5mm 的半导体层，其余的全部剥去。

剥离时切勿伤到绝缘。

按接管孔深加上10mm ，切除顶部绝缘。

套管口往下40mm 处，绕包PVC 带作一标识，此处为QTII 安装基准。

### ⑦ 绕包绝缘带（如图h）：

半重迭绕包Scotch13 半导体胶带，从铜蔽带上5mm 处开始，绕包至5mm 的主绝缘上，然后返回到开始处。

### ⑧ 安装QTII （如图i）：

如果接线端子的宽度小于预张式绝缘套管的直径，那么步骤如下：

套入接线端子，对称压接，并挫平打光，仔细清洗接线端子。

用清洗剂将主绝缘擦试干净。

注：不可用擦过接线端子的布擦试绝缘！

在Scotch13 导电带与铜屏蔽带及主绝缘搭接处，涂上少许硅脂。

套入冷缩式快速终端（QTII），定位于PVC 标识处。

逆时针抽掉芯绳，使终端收缩。

用scoth23 带填平接线端子与绝缘之间的空隙。

从绝缘管开始，半重送来回线包Scoth70 胶带至接线端子上。

如果接线端子的宽度大于冷缩式终端QTII 的直径，那么先安装QTII 终端，最后压接接线端子。

3.15KV ,20KV 三芯冷缩中间接头（QS2000）制作工艺。

产品型号、规格见表2 -12。

表2 -12 冷缩中间接头型号、规格

产品型号	绝缘外径 B（mm）	导体截面（mm <sup>2</sup> ）			接管外径 （mm）	最大接管长度 （mm）
		6710KV	8.7 /10KV	12 /20KV		
QS2000 -	17.7 -26.0	70 -150	50 -150	50 -95	14.0 -26.0	170
QS2000 -	22.3 -33.2	150 -300	150 -300	95 -240	18.0 -33.0	170
QS2000 -	28.4 -43.0	300 -500	300 -400	240 -400	24.0 -43.0	230

注：以电缆的绝缘外径为选型决定因素，导体截面为参考，电压等级最大24KV。

制作工艺分述如下。

如图2 -34 所示，电缆预处理：

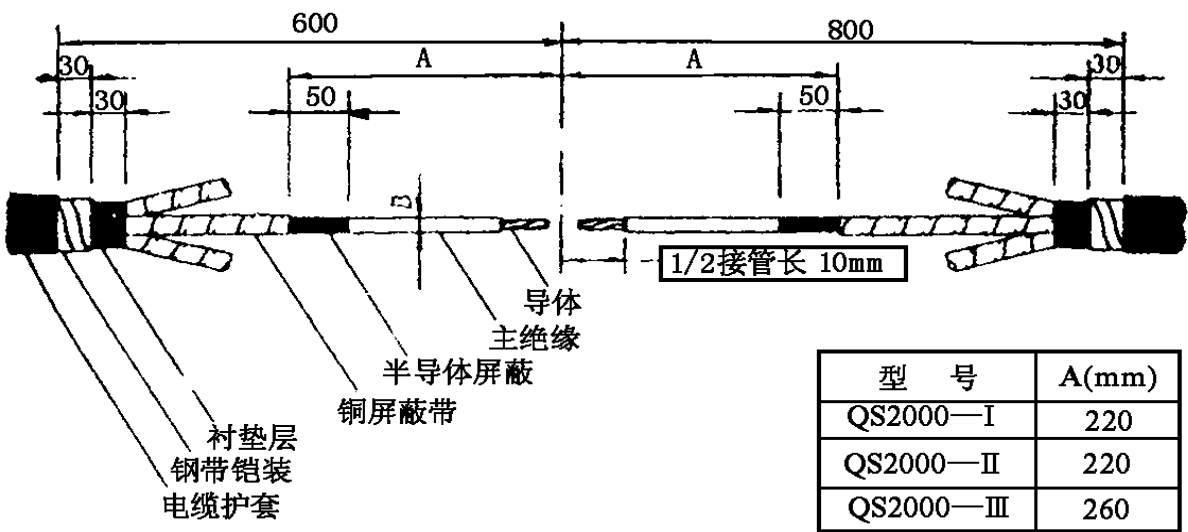


图2 -34 电缆预处理

(1) 将电缆置于最终位置，分别擦洗两端1m 范围内电缆护套，把灰尘，油污及其它污垢拭去。

(2) 如图所示尺寸将电缆开剥处理。注意切除钢带铠装时，用钢丝将钢铠绑扎住，切除后用PVC 胶带把端口锐边包覆住。

如图2 -35 所示，主绝缘清洗：



图2 -35 主绝缘清洗

(1) 半重叠来回绕包Scotch13 半导体胶带，从铜屏蔽带上40mm 处开始绕包至10mm 的外半导体层上，绕包端口应十分平整。

(2) 按常规方法清洗电缆主绝缘。注意切勿使溶剂碰到半导体屏蔽层；

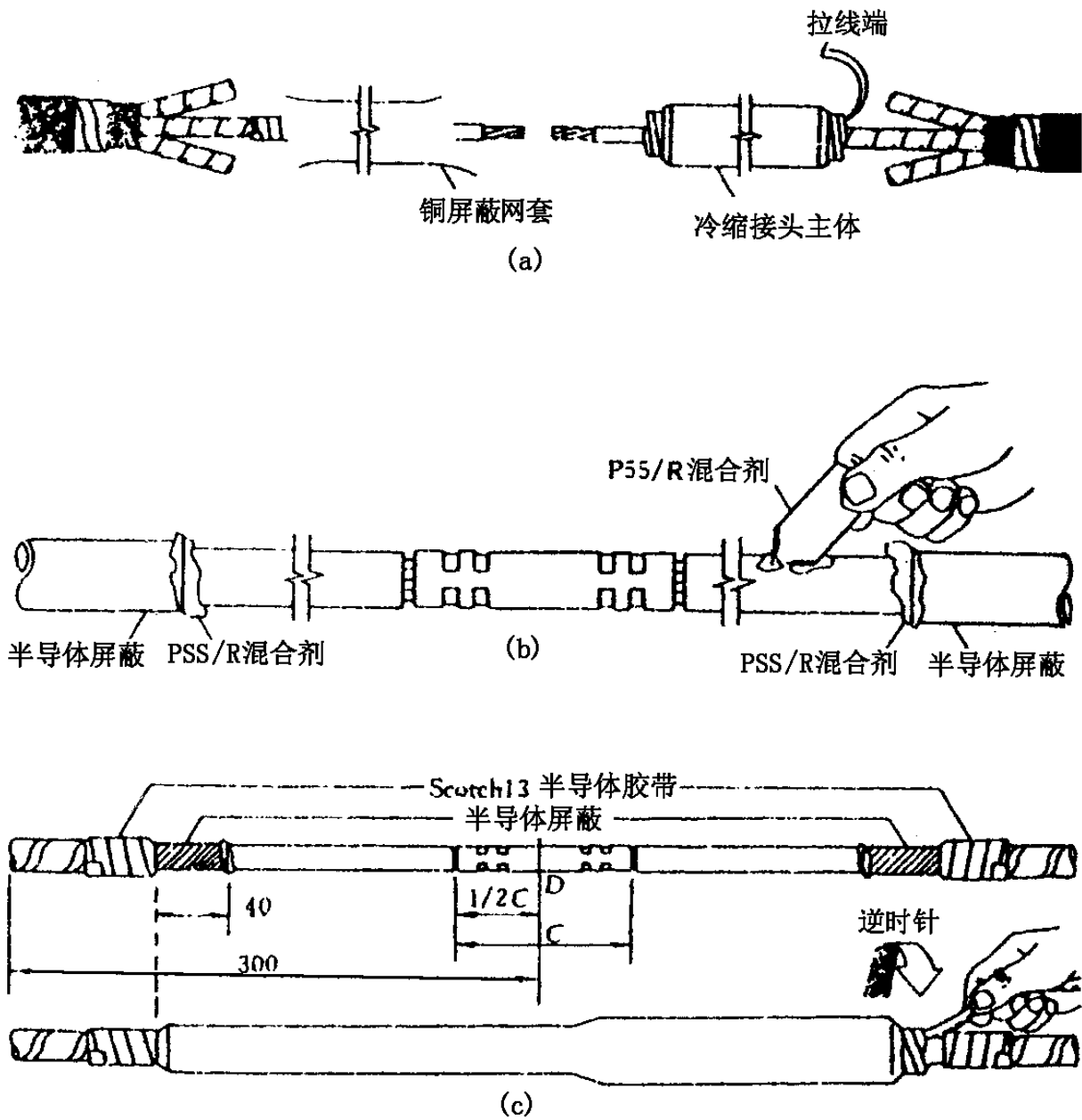


图2 -36 安装冷缩接头主体工序示意图

如果必须要用砂纸磨掉主绝缘上残留半导体，只能用不导电的氧化铝砂纸（最大粒度120），不能使打磨后的主绝缘外径小于接头选用范围。

③）在进行下一步骤前，主绝缘表面必须保持干燥，如有必要用干净的不起毛布进行擦试。

如图2 -36 所示，安装冷缩接头主体：

①）从开剥长度较大的一端电缆装入冷缩接头主体，较短的一端套入铜屏蔽编织网套。冷缩接头必须安置于开剥较长的一端电缆，接线端方向如图所示。

②）按生产厂家的要求装上接管，注意不要压接接管的中心，压接后应对接管表面挫平打光并且清洗。

③）将P55 /R 混合剂涂抹在半导体层与主绝缘交界处，然后把其余剂料均匀涂抹在主绝缘表面上。注意只能用P55 混合剂，不能用硅脂。

④）对准Scotch13 胶带的边缘将接头主体定位。

⑤）逆时针抽掉芯绳使冷缩接头收缩，安装时注意对准Scotch13 胶带，然后照此步骤第二、三个接头。

为了确保定位准确，在安装冷缩接头之前，先测量绝缘尾端间之尺寸C（如图），然后按尺寸 $1/2C$ ，在接管确定实际中心点D，然后按300mm 在一边的铜屏蔽带上找出一个尺寸校验点E，在接头收缩后5min 内校验E 至冷缩接头中心标记的距离是否确实为300mm，如果有偏差，尽快左右抽动冷缩接头以进行调整。

如图2 -37 所示，恢复金属屏蔽层：

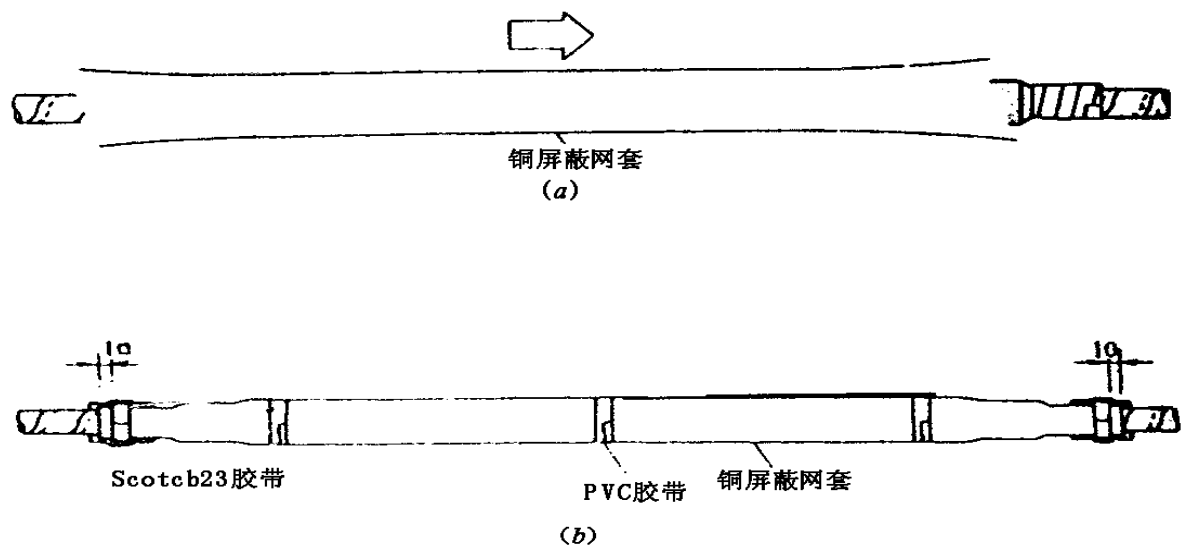


图2 -37 恢复金属屏蔽层工序示意图

- ①）在装好的接头主体外部套上铜编织网套。
- ②）用PVC 胶带把铜网套绑扎在接头主体上。
- ③）用两只恒力弹簧将铜网套固定在电缆铜屏蔽带上。
- ④）将铜网套的两端修齐整，在恒力弹簧前各保留10mm。



- ⑤ 半重叠绕包两层Scotch23 胶带，将弹簧包覆住。
- ⑥ 按同样方法完成另两相的安装。

如图2 -38 所示，恢复铠装；

- ① 用PVC 装三芯电缆绑扎在一起。
- ② 绕包一层Scotch2228 防水带，涂胶粘剂的一面朝外将电缆衬垫层包覆住。
- ③ 安装铠装接地接续编织线：

在编织线两端各80mm 的范围将编织线展开；

将编织线展开的部分贴附在Scotch2228 胶带和钢铠上并与电缆外护套搭接20mm ；

用恒力弹簧将编织线的一端固定在钢铠上，搭接在外护套上的部分反折回来一起固定在钢铠上；

同样，编织线的另一端也照此步骤安装。

④ 半重叠绕包两层 Scotch23 胶带将弹簧连同铠装一起覆盖住，不要包在 Scotch2228 防水带上。

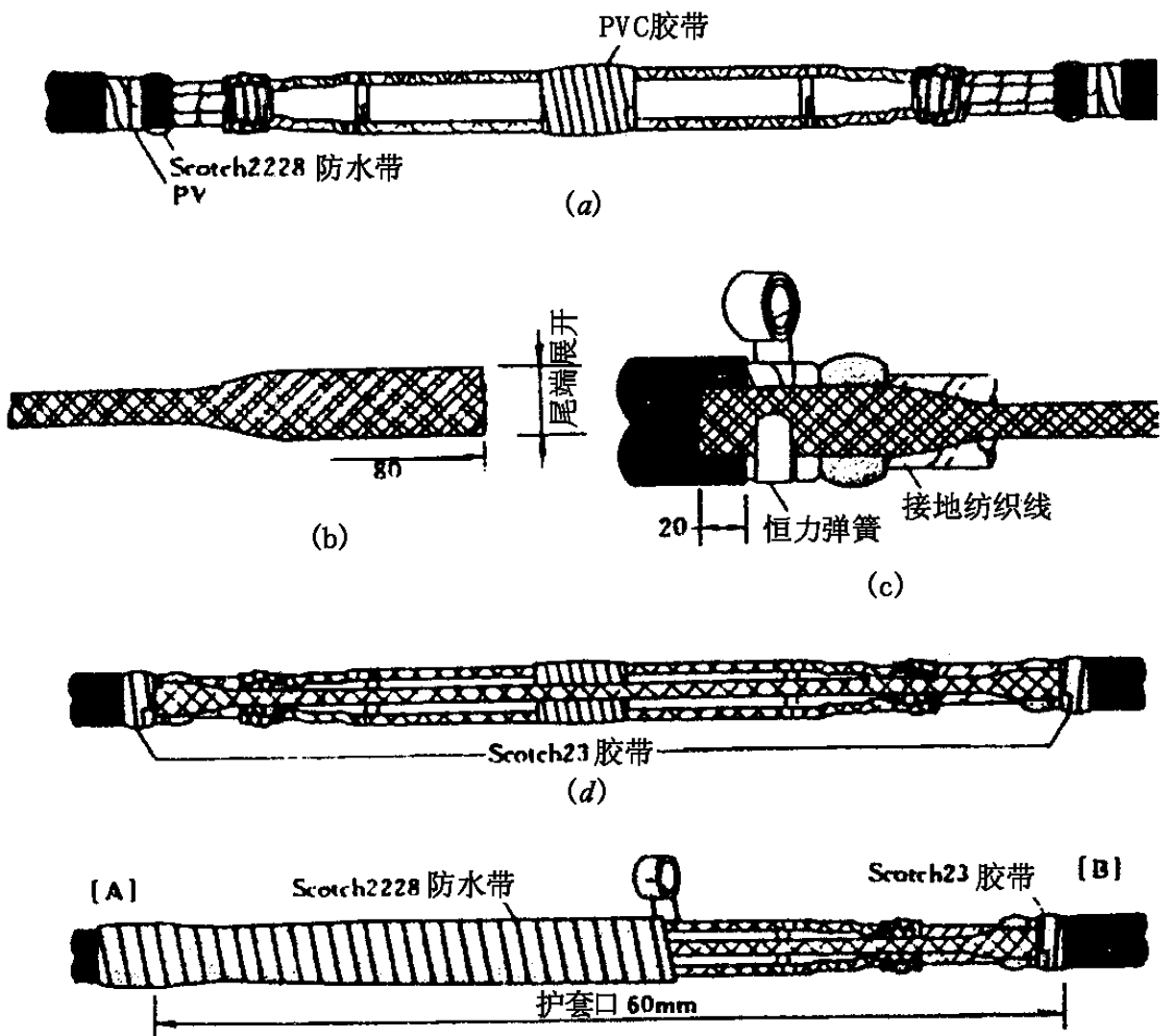


图2 -38 恢复铠装工序示意图

⑤ 用Scotch2228 防水带做接头的防潮密封，从一端护套距离为50mm (A ) 开始半重叠绕包（涂胶粘剂一面朝里），绕至另一端护套上60mm (B ) 处。

如图2 -39 所示，恢复外护套：

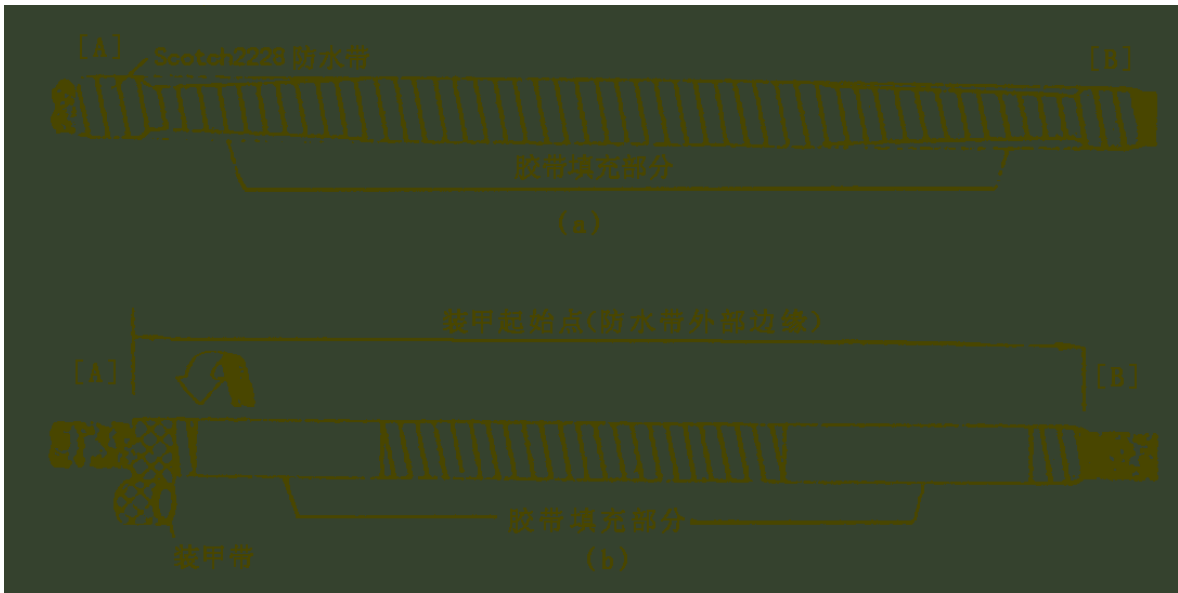


图2 -39 恢复外护套工序示意图

安装“Armorcast”装甲带。如果为得到一个整齐的外形，可先用防水胶带填平两边的凹陷处。在整个接头外绕包装甲带，以完成整个安装工作，从一端电缆护上60mm 防水带上开始，半重叠绕包装甲带至对面另一端60mm 防水带上。注意，为得到最佳的效果，30min 内不得移动电缆。

4．冷缩电缆头制作用电气绝缘胶带简介。

(1) Scotch13 简介。Scotch13 包带为半导体橡胶带，主要用在电缆绝缘屏蔽和绞合屏蔽，起到高电压场强下均匀电场作用，在6KV 以上电缆都有内外屏蔽层。为了达到接头处导线屏蔽和绝缘屏蔽，必须手工绕包半导体橡胶带。

Scotch13 包带，柔软性好，弹性足，拉伸率大，绕包时拉伸率一般约为原长度的30 %。

厚度 :0 .762mm	最大电流 :5mA
抗拉强度 :1 .05MPa	体积电阻率 :10 <sup>3</sup> .cm
工作温度 :90	伸长率 :800 %
瞬间温度 :130	

(2) Scotch130C 简介。Scotch130C 是一种从形性极好，乙丙橡胶为带基材的高压绝缘自粘带。适用于69KV 以下的电缆终端和中间接头一次主绝缘的绕包制作。也可做电气接头的密封，防潮处理。该胶带具有极佳的物理/电气特性以及火焰自熄性，符合工作标准。

厚度 :0 .762mm	介电强度 :29 .5KV /mm
抗拉强度 :1 .72MPa	延伸断裂度 :1000 %
工作温度 :90	体积电阻率 : >10 <sup>15</sup> .Cm

瞬时温度：130

③) Scotch2220 简介。Scotch2220 包带称应力消除带，用在绝缘屏蔽层上，只要在电缆铜屏蔽层及半导体层上和绝缘层上包上Scotch2220 包带，不需要绕包应力锥，所以使用较方便，质量好，银灰色面向外，绕包时拉伸率为原长度的10 %。它的介电常数为30。

④) Scotch2228 简介。Scotch2228 是一种从形性良好的绝缘防水胶带。胶带以乙丙橡胶为基材，涂覆有一层粘度高且温度稳定性好的胶粘剂。胶带耐高温，耐紫水线，防潮。主要用于1KV 以下电缆接头，汇流母排的绝缘，防水处理，35KV 及以下电力电缆接头的防水处理，以及架空绝缘线接头的绝缘，防水处理。在户处使用时，为取得最佳耐磨性及抗紫外线效果，建议在外部再绕包一层3M #33 + 或 #35PVC 胶带或者FIT 胶带。

厚度：1.65mm                      介电强度：31.9KV/mm  
抗拉强度：2.26MPa                延伸断裂度：1035 %  
工作温度：90    瞬时

⑤) Scotch2242 简介。Scotch2242 是一种以乙丙橡胶为基材的经济通用型的绝缘自粘带，该胶带具有阻燃性及很高的从形性，亦具有很强的耐候性，耐高温，抗紫外线，抗臭氧。Scotch2242 主要用于电缆终端，中间接头的主绝缘恢复，防潮处理及架空绝缘线中间接头的绝缘，防潮保护。

厚度：0.762mm                      抗拉强度：1.72MPa  
断裂伸长率：1000 %                介电强度：29.5KV/mm  
体积电阻率：>10<sup>5</sup> Ω·cm    工作温度：90  
瞬时温度：130

⑥) Scotch23 简介。Scotch23 自粘性乙丙橡胶绝缘带，是电气绝缘带材，适用于作为电缆终端头和中间接头缠绕绝缘材料，也适用于各种变压器及电机产品绝缘引出线。

该带拉伸率大，绕包时拉伸长度要求为原长度的100 %。柔软性好，不受气候温差变化。耐压等级高，是各种电气接头主要绝缘材料，也是各种电缆接头、终端头主要绝缘材料，由于该带绕包时，通过高拉伸，弹性足，不断裂，绕包时经拉伸后，带材层间薄，容易把层间气体赶出来，这样耐压强度就提高了，绝缘性能明显优越。

抗拉强度：(8 磅/in<sup>2</sup>) 1.4MPa  
介质强度：(800v/mil) 31.5kV/mm  
工作温度90                      绝缘电阻：>1 ×10<sup>6</sup>M  
瞬间温度：130                      伸长率：1000 %

⑦) Scotch24 简介。Scotch24 包带为金属编织网带，使用在Scotch13 包带层外面，作

为整个电缆中间接头金属屏蔽之用，或者终端头下部应力锥上金属屏蔽之用，但截面积较小，所以不能作为接地，绕包时稍微拉伸包带，表面平状，比恢复铜带方便，服贴，但做中间接头，此带两端必须同电缆铜屏蔽层接通，并焊牢。

断裂强度：(22 磅/in<sup>2</sup>) 3.854MPa

伸长率：70 %

⑧) Scotch70 简介。Scotch70 包带是一种自融性的硅橡胶带，具有耐高温及抗电弧，抗爬电的性能，同时具备抗臭氧，耐低温，良好的从形性，良好的自粘力及抗气候影响等多方面的优异功能。持续高温工作可达 H 级要求 (180 )。

应用于高中低压橡胶，塑料、乙丙橡胶 (EPR)、PVC 及各种交联聚乙烯电缆终端的保护性缠绕，Scotch70 包带又可使用于长期持续高温操作达 H 级要求 (180 ) 的硅橡胶电缆。

厚度：(0.012in) 0.305mm

介质强度：(875V /mil) 34.45kV /mm

张力强度：(12 磅/in<sup>2</sup>) 2.1MPa

抗电弧：1min (最少)

延伸断裂度：450 %

⑨) Scotch2229 简介。Scotch2229 是一种耐久性，从形性极好的防水胶粘剂带材，它对金属、橡胶、橡塑电缆主绝缘及外护套具有良好的粘合力。胶带耐腐蚀，耐紫外线、防水、温度稳定性好，主要用于1KV 以下电力接头的绝缘（与PVC 带配合使用），高压电缆终端及接头的防水处理以及管道的密封。

厚度：3.18mm                      介电强度：14.9KV /mm

(10) FIT 胶带简介。“FIT” 胶带是一种以聚乙烯为带基，表面涂覆有一层丁基橡胶的双层结构的防水绝缘自粘带、产品符合日本JCAAD004 标准，具有良好的防水性、抗爬电性、耐紫外线、高延伸率，主要用于电缆中间头及终端的防水保护，架空绝缘线接头的防水绝缘保护。

厚度：0.5mm                      抗拉强度：5.6MPa

延伸率：483 %

体积电阻率：5.9 ×10<sup>16</sup> .cm

(11) Armorcast 装甲带。Armorcast 装甲带是一种具有弹性的紧密的玻璃纤维编织带。编织带预先经可固化的黑色聚氨酯浸泡，然后真空包装。如按包装上的说明正确使用，装甲带将凝固成坚韧牢固的结构。产品主要用于电缆接头的外护套及铠装的修复以及电缆外护套的修补，Armorcast 装甲带是一种理想的机械保护材料。

使用说明（见图2 -40）：

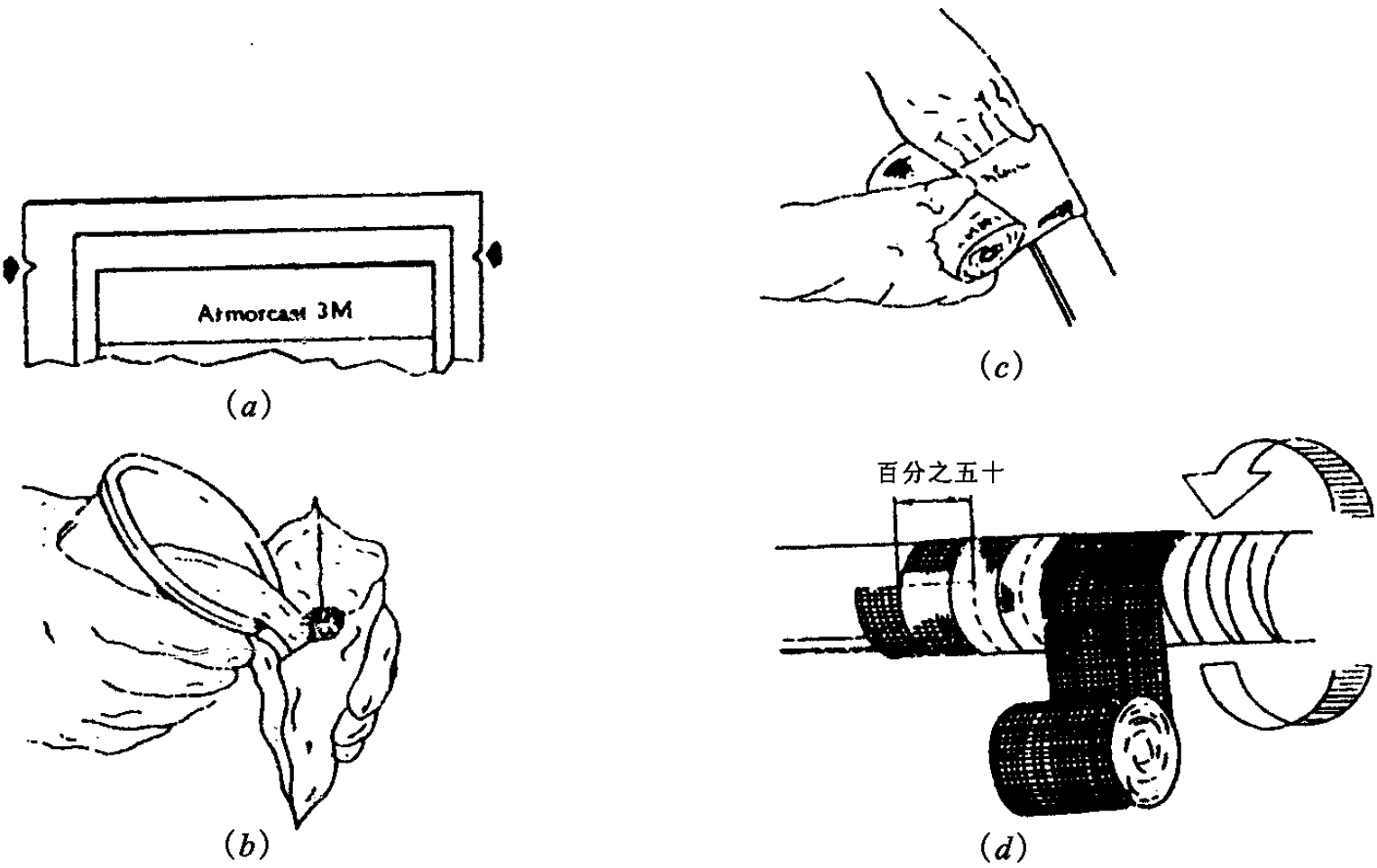


图2 -40 Armorcast 装甲带使用说明示意图

带上手套，沿V 型槽处撕开锡纸带顶部。

在锡纸带中倒入水，直至盖没装甲带，如注入冷水时，请挤压装甲带3 -4 次，15s 后，将水倒出。

按不同用途的要求在指定处开始绕包，将装甲带的外层置于下方。

轻拉装甲带进行绕包，在整个绕包过程中，必须确保百分之五十的重叠绕包。

注：如环境温度低于冰点，为达到最佳效果及固化速度。请预热电缆及所用材料至20℃ 以上。

## 第三章 架空配电线路施工

架空配电线路是用电杆将导线悬空架设，直接向用户供电的电力线路。一般按电压等级分，1KV 及以下的为低压架空配电线路，1KV 以上的为高压架空配电线路。

架空配电线路施工的主要内容包括：线路测量定位、基础施工、杆顶组装、电杆组立、拉线组装、导线架设及弛度观测、杆上设备安装和接户线安装等。

### 第一节 架空配电线路的结构

架空配电线路主要是由基础、电杆、横担、导线、拉线、绝缘子及金具等组成。电杆装置示意如图3 -1 所示。

#### 一、电杆基础

所谓电杆基础是对电杆地下部分的总体称呼，由底盘、卡盘和拉线盘组成。其作用主要是防止电杆因承受垂直荷重、水平荷重及事故荷重等所产生的上拔、下压、甚至倾倒。底盘、卡盘和拉线盘的外形如图3 -2 所示，均为钢筋混凝土预制件。也可用天然石材代替。

#### 二、电杆及杆型

电杆是架空配电线路的重要组成部分，是用来安装横担、绝缘子和架设导线的。因此，电杆应具有足够的机械强度，同时也应具备造价低、寿命长的特点。

用于架空配电线路的电杆通常有木杆、钢筋混凝土杆和金属杆。金属杆一般使用在线路的特殊位置，木杆由于木材供应紧张、且易腐烂，除部分地区个别线路外，新建线路已均不使用，所以普遍使用的是钢筋混凝土电杆。

钢筋混凝土电杆的主要特点是：能节约大量木材和钢材；坚实耐久，使用时间长，一般可使用50 年左右，维护工作量少，运行费用低。但钢筋混凝土电杆易产生裂纹、笨重、给运输和施工带来不便，特别是山区尤为显著。

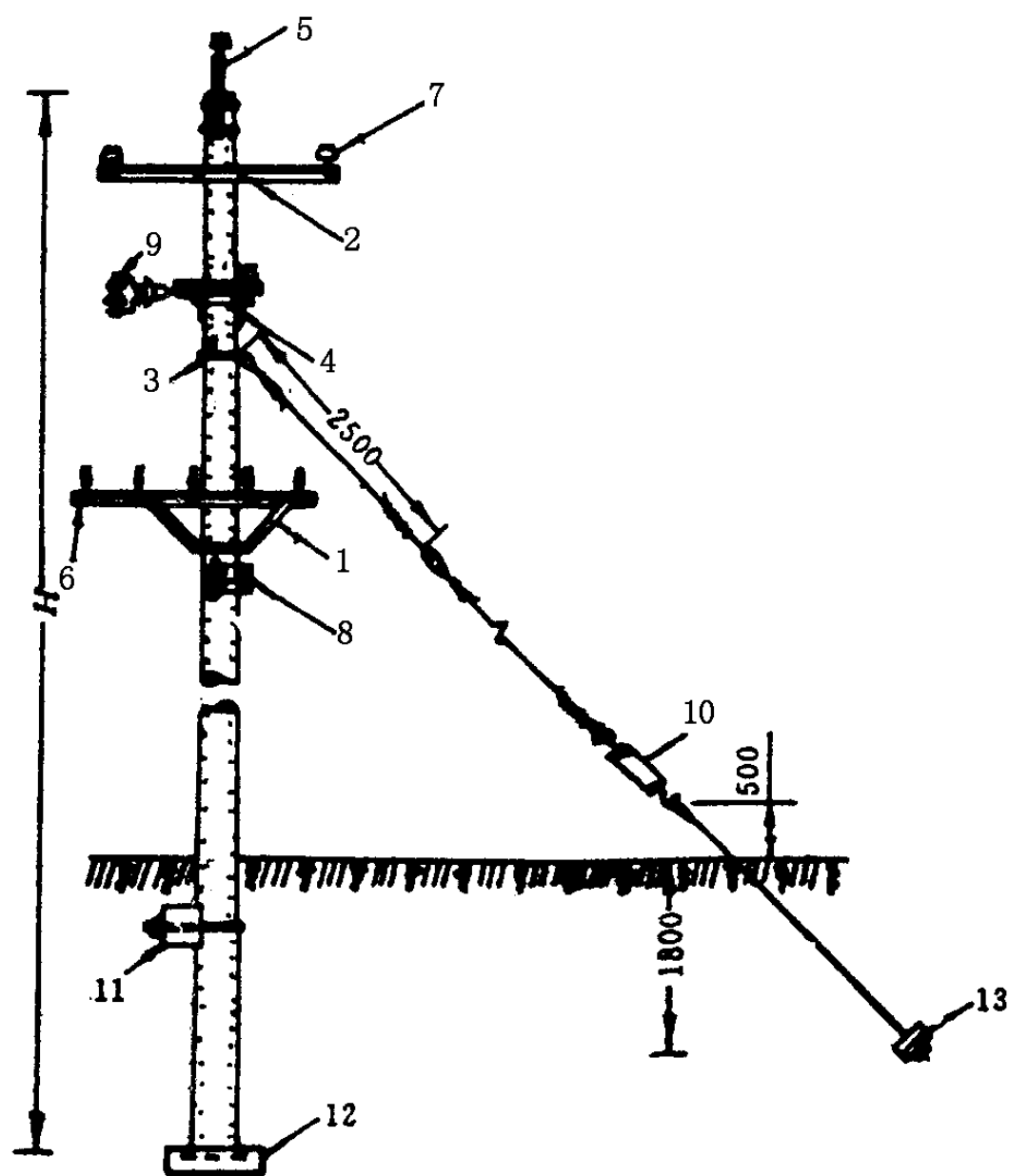


图3 -1 钢筋混凝土电杆装置示意图

- 1 - 低压五线横担 2 - 高压二线横担 3 - 拉线抱箍 4 - 双横担 5 - 杆顶支座  
6 - 低压针式绝缘子 7 - 高压针式绝缘子 8 - 蝶绝缘子  
9 - 悬式绝缘子及高压蝶绝缘子 10 - 花篮螺丝 11 - 卡盘 12 - 底盘 13 - 拉线盘

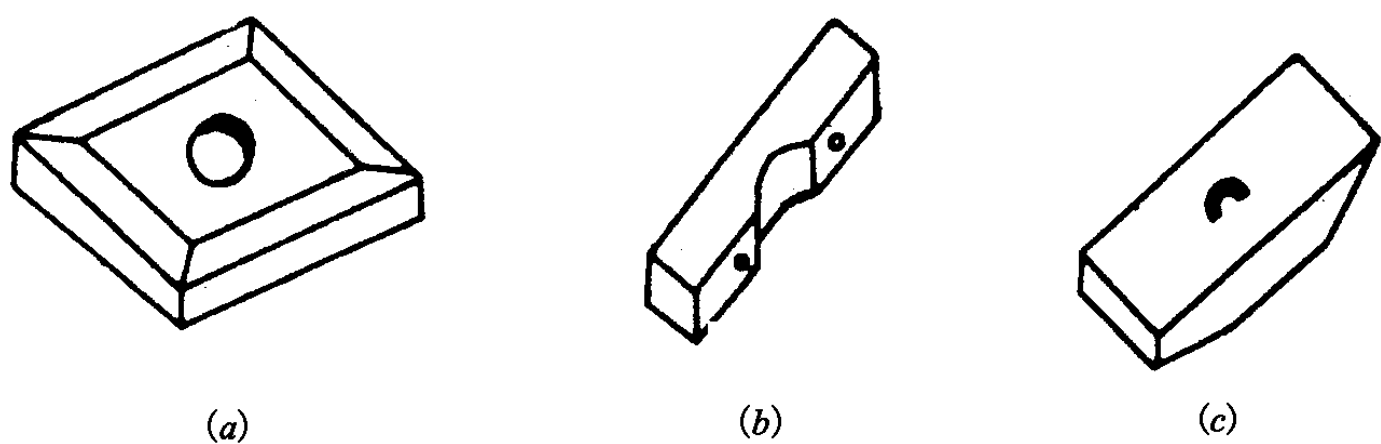


图3 -2 底盘、卡盘、拉线盘

- (a) 底盘 (b) 卡盘 (c) 拉线盘

架空配电线路用钢筋混凝土电杆多为锥形杆，分普通型和预应力型。预应力杆比普通杆可节约大量钢材，而且由于使用了小截面钢筋，杆身的壁厚也相应减小，杆身重量也相应减轻，同时抗裂性能也比普通杆好，造价也较便宜。因此，预应力杆在架空配电

线路中得到广泛采用。

电杆在线路中所处的位置不同，它的作用和受力情况就不同，杆顶的结构型式也就有所不同。一般按其在配电线路中的作用和所处位置可将电杆分为直线杆、耐张杆、转角杆、终端杆、分支杆和跨越杆等6 种基本型式。

1．直线杆（代号Z）

直线杆也称中间杆（即两个耐张杆之间的电杆），位于线路的直线段上，仅作支持导线、绝缘子及金具用。在正常情况下，电杆只承受导线的垂直荷重和风吹导线的水平荷重，（有时尚需考虑覆冰荷重），而不承受顺线路方向的导线的拉力。因此，对直线杆的机械强度要求不高，杆顶结构也较简单，造价较低。在架空配电线路中，大多数为直线杆，一般约占全部电杆数的80 % 左右。直线杆杆顶结构如图3 -3 所示。

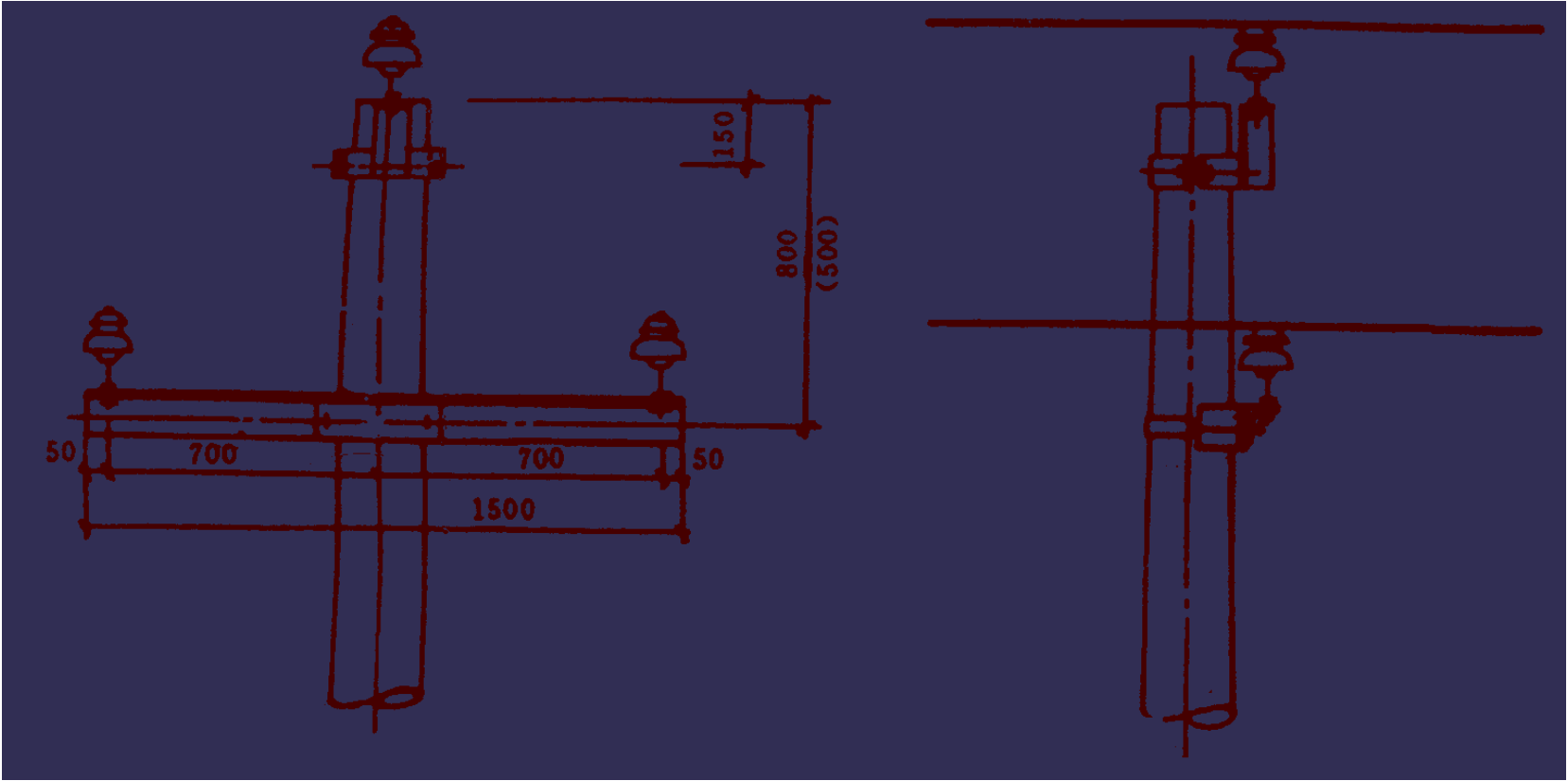


图3 -3 直线杆杆顶结构

2．耐张杆（代号N）

架空配电线路在运行中有时可能发生断线事故，此时就会造成电杆两侧所受导线拉力不平衡，导致倒杆事故的发生。为了防止事故范围的扩大，减少倒杆数量，应每隔一定距离装设一机械强度比较大，能够承受导线不平衡拉力的电杆，这种电杆俗称耐张杆。设置耐张杆不仅能起到将线路分段和控制事故范围的作用，同时给在施工中分段进行架线带来很多方便。

在线路正常运行时，耐张杆所承受的荷重与直线杆相同，但在断线事故情况下则要承受一侧导线的接力。所以耐张杆上的导线一般用悬式绝缘子串或蝶式绝缘子固定，其杆顶结构要比直线杆杆顶结构复杂得多，如图3 -4 所示。两个耐张杆之间的距离（耐张档距）一般为1 -2km 。





### 3. 转角杆 (代号J)

架空配电线路所经路径，由于种种实际情况的限制，不可避免的会有一些改变方向的地点，即转角。设在转角处的电杆我们通常称为转角杆。转角杆杆顶结构型式要视转角大小、档距长短、导线截面等具体情况决定，可以是直线型的，也可是耐张型的。图3 -5 为双担直线型转角杆的杆顶结构图。

转角杆在正常运行情况下所承受的荷重，除和耐张杆所承受的荷重相同之外，还承受两侧导线拉力的合力。

### 4. 终端杆 (代号D)

设在线路的起点和终点的电杆统称为终端杆。由于终端杆上只在一侧有导线（接户线只有很短一段，或用电缆接户），所以在正常情况下，电杆要承受线路方向全部导线的拉力。其杆顶结构和耐张杆相似，只是接线有所不同。如图3 -6 所示。

### 5. 分支杆 (代号F)

分支杆应于分支线路与干线相连接处，有直线分支杆和转角分支杆。在主干线上多为直线型和耐张型，尽量避免在转角杆上分支；在分支线路上，相当终端杆，能承受分支线路导线的全部拉力。杆顶结构如图3 -7 所示。

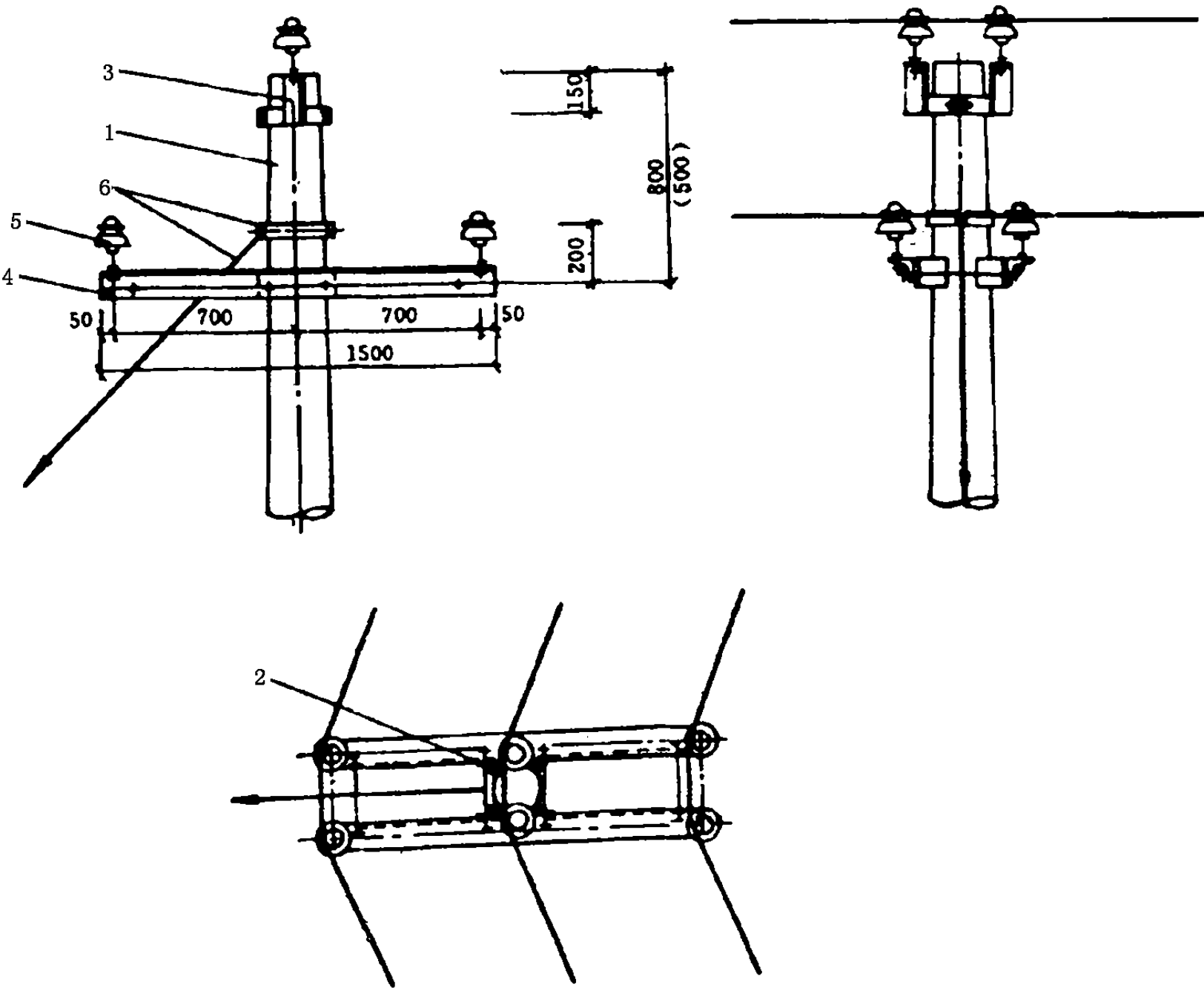
### 6. 跨越杆 (代号K)

当配电线路与公路、铁路、河流、架空管道、电力线路、通信线路等交叉时，必须满足规范规定的交叉跨越要求。一般直线杆的导线悬挂较低，大多不能满足要求，这就要适当增加电杆的高度，同时适当加强导线的机械强度，这种电杆就称为跨越杆。其杆顶结构如图3 -8 所示。

## 三、导线

由于架空配电线路经常受到风、雨、雪、冰等各种载荷及气候的影响，还受到空气中各种化学杂质的侵蚀，因此，要求导线应有一定的机械强度和耐腐蚀性能。架空配电线路常用裸绞线的种类有：裸铜绞线 (TJ)、裸铝绞线 (LJ)、钢芯铝绞线 (LGJ) 和铝合金线 (HLJ)。低压架空配电线路也可以采用绝缘导线。

裸铜绞线具有很高的导电性能和足够的机械强度，抵抗气候影响及空气中化学杂质侵蚀的能力强，是理想的导线。但由于铜的资源少，价格高，在架空线路中已很少使用，而被广泛采用的是裸铝绞线和钢芯铝绞线。因铝是仅次于铜的良好导电材料，而且重量轻。但其机械强度比较小，因此，裸铝绞线只用于档距比较小的低压架空配电线路中。为了提高它的机械强度，在铝绞线内部增加几股钢线，即钢芯铝绞线，被广泛用于高压架空配电线路和输电线路中。



明 细 表

序号	名称	规格			单位	数量
1	电杆	150	170	190	根	1
2	M 形抱铁				个	2
3	杆顶支座抱箍（二）				付	1
4	横担				付	1
5	针式绝缘子	P—15（10）T			个	6
6	拉线				组	1

图3 -5 转角杆杆顶结构图

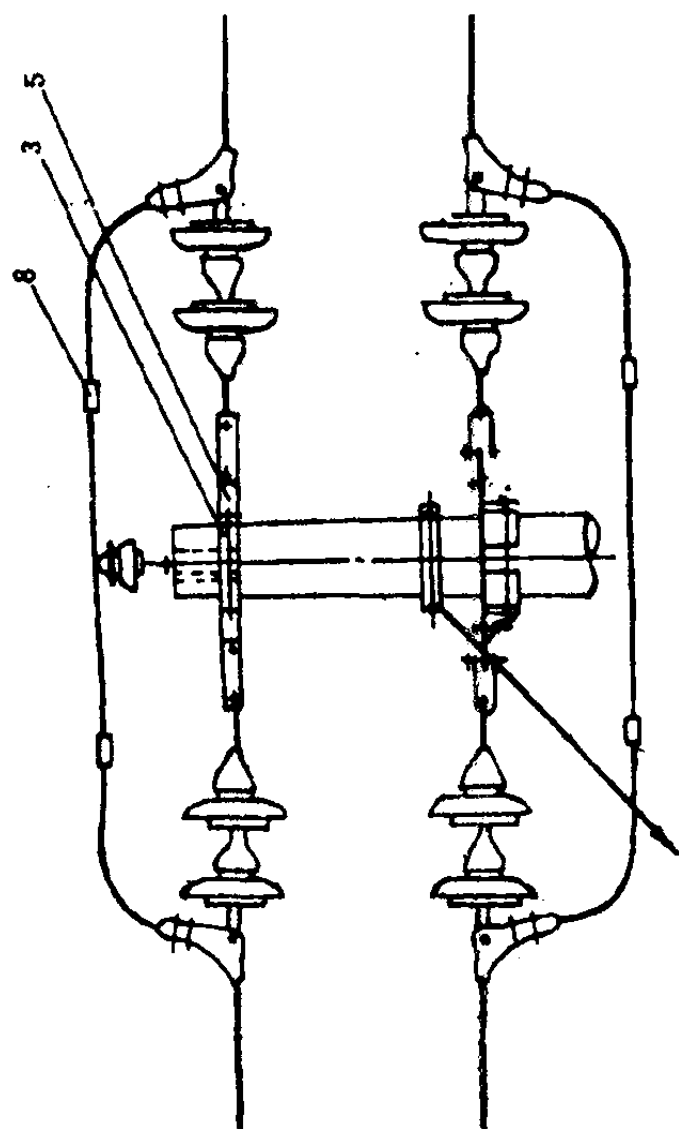


表  
细  
明

序号	名 称	规 格	单 位	数 量
1	电 杆	Φ150 Φ170 Φ190	根	1
2	M 形 抱 铁	1 1 1	个	2
3	杆顶支座抱箍(—)	1 1 1	付	1
4	横 担		付	1
5	拉 板		块	2
6	针式绝缘子	P-15(10)T	个	1
7	耐张绝缘子串		串	6
8	井沟线夹	B型	个	6
9	拉 线		组	1
10				

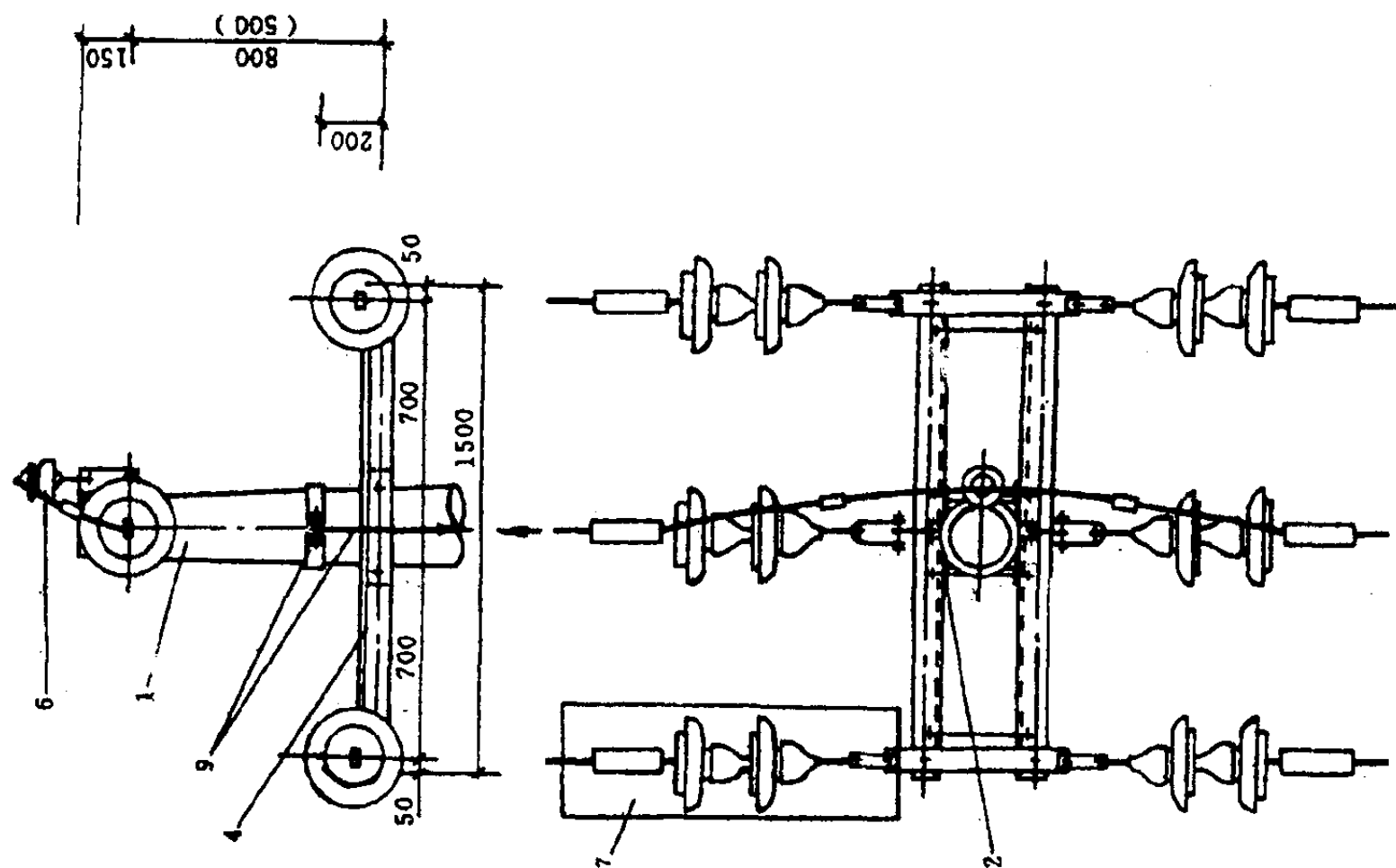


图 3-6 终端杆杆顶结构图



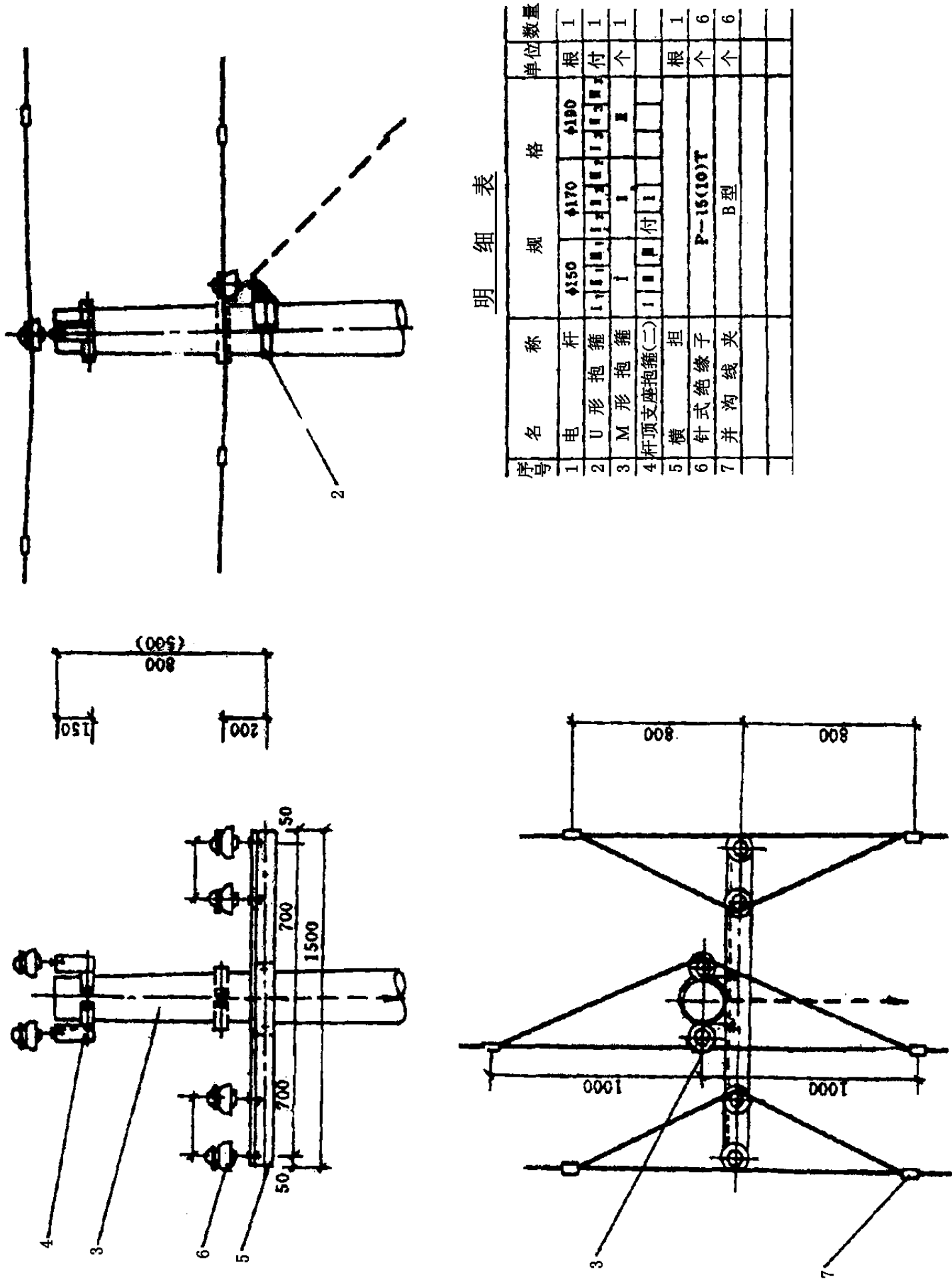


图3-8 跨越杆杆顶结构图

表3 -1 高压单回路横担选择表

类 型		横 担 规 格																耐张线夹型号	交沟线夹型号																						
导线规格	杆型 挡距(m) 复冰厚度	直 线												耐张																											
		50				90				120				—						—																					
		0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15			0	5	10	15																		
LJ-25		∠63×6 (I)				∠63×6 (I)				∠63×6 (I)				2×∠63×6 (2I)				2×∠75×8 (2II)				NLD-1	B-0																		
—35																																									B-1
—50																																									
—70																																									
—95																					B-2																				
—120																					NLD-3	B-3																			
—150																																									
—185																					NLD-4	B-4																			
—240																																									
LGJ-16		∠63×6 (I)				∠63×6 (I)				∠63×6 (I)				2×∠63×6 (2I)				2×∠75×8 (2II)				NLD-1	B-0																		
—25																																									
—35																																									
—50																																									
—70																					NLD-2	B-2																			
—95																																									
—120																					NLD-3	B-3																			
—150																																									
—185																					NLD-4	B-4																			
—240																																									

注 :1 . 表中带 \* 者为带斜材的横担。  
2 . 固定针式绝缘子的横担按直线横担选择。  
固定悬式绝缘子的横担按耐张或终端横担选择。

导线在电杆上的排列为：高压线路均为三角排列，线间水平距离为1.4m；低压线路均为水平排列，导线间水平距离为0.4m；考虑登杆的需要，靠近电杆两侧的导线距电杆中心距离增大到0.3m。

四、横担

架空配电线路的横担较为简单，它是装在电杆的上端，用来安装绝缘子、固定开关

设备及避雷器等，因此，应具有一定的长度和机械强度。

架空配电线路的横担，按材质可分为木横担、铁横担和陶瓷横担3种，一般木横担已不使用。按横担使用条件或受力情况可分为直线横担、耐张横担和终端横担，横担的选择与杆型、导线规格及线路档距有关。用角钢制成的铁横担，因其坚固耐用，使用最广泛。高压单回路和低压线路横担的选择可参见表3 -1 和表3 -2。陶瓷横担又称瓷横担绝缘子，可同时起到横担和绝缘子两者的作用。它具有较高的绝缘水平；在断线时能自动转动，不致因一处断线而扩大事故；能节约木材、钢材，降低线路造价等。瓷横担绝缘子外形如图3 -9 所示。

表3 -2 低压架空配电线路四线横担选择表

杆 型	直 线 杆				转角杆、耐张杆				终 端 杆			
导线规格	复冰厚度(mm)				复冰厚度(mm)				复冰厚度(mm)			
	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
LJ-16	∠50×5(I)				2×∠50×5(I)				2×∠75×8(N)			
LJ-25												
LJ-35												
LJ-50	∠63×6(II)				2×∠63×6(II)				2×∠90×8(V)			
LJ-70												
LJ-95												
LJ-120	∠75×8(N)				2×∠75×8(N)							
LJ-150												
LJ-185									2×∠63×6(II*)		2×∠75×8(N*)	

注：表中带\*者为带斜标兵的横担。

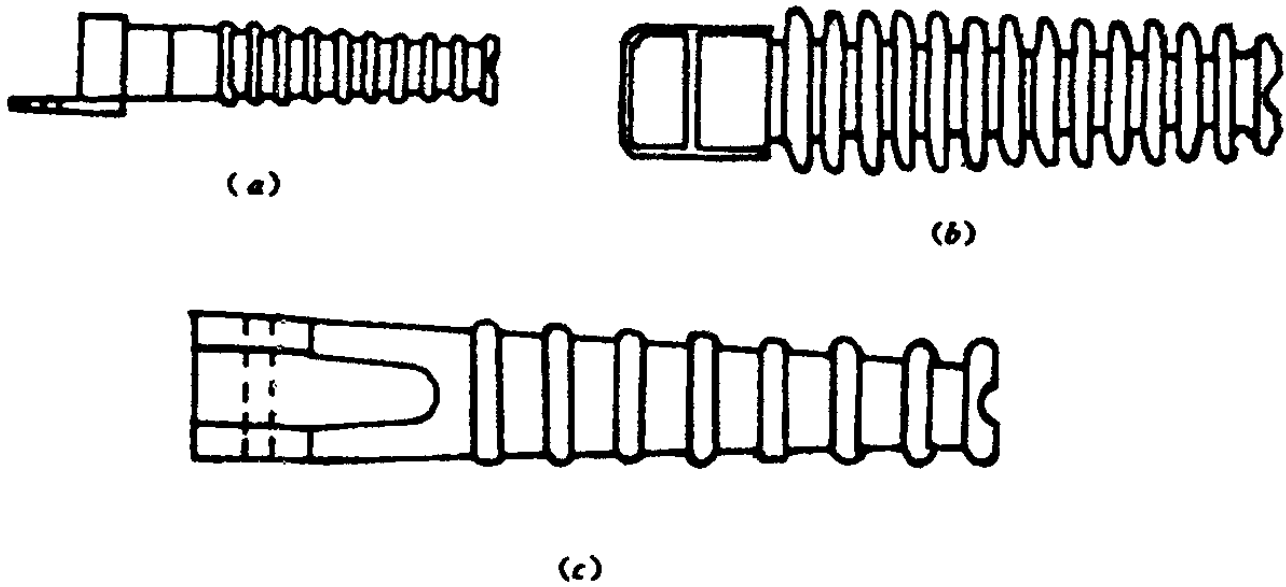


图3 -9 陶瓷横担



五、绝缘子

绝缘子（俗称瓷瓶）是用来固定导线并使导线与导线间、导线与横担间、导线与电杆间保持绝缘的，同时也承受导线的垂直荷重和水平荷重。因此，要求绝缘子必须具有良好的绝缘性能和足够的机械强度。

1．架空配电线路常用绝缘子：

架空配电线路常用绝缘子有：针式绝缘子、蝶式绝缘子、悬式绝缘子和拉紧绝缘子。

针式绝缘子的全称为针式瓷绝缘子，有高压和低压之分，外形见图3 -10 所示。主要用于直线杆和直线型转角杆上。型号意义如下：

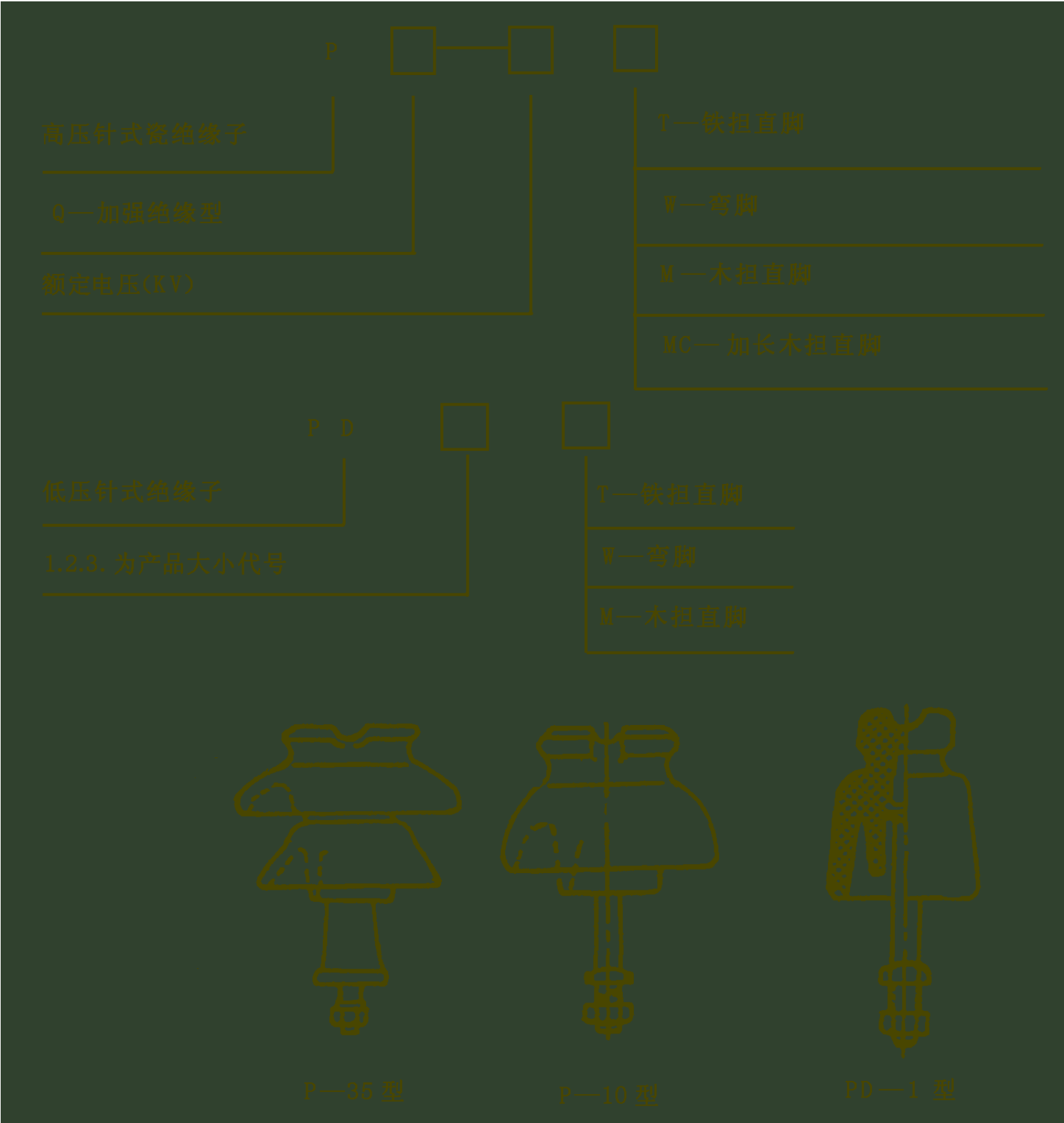


图3 -10 针式瓷绝缘子

蝶式绝缘子全称为蝴蝶形瓷绝缘子，亦分高压和低压两种，其外形见图3 -11。型号有：高压E -1、E -2 型；低压ED -1、ED -2、ED -3、ED -4 型。蝶式绝缘子主要用于10KV 及以下线路终端杆、耐张杆和耐张型转角杆。在高压配电线路中，一般应与悬式绝缘子配合使用，作为线路金具中的一个元件。

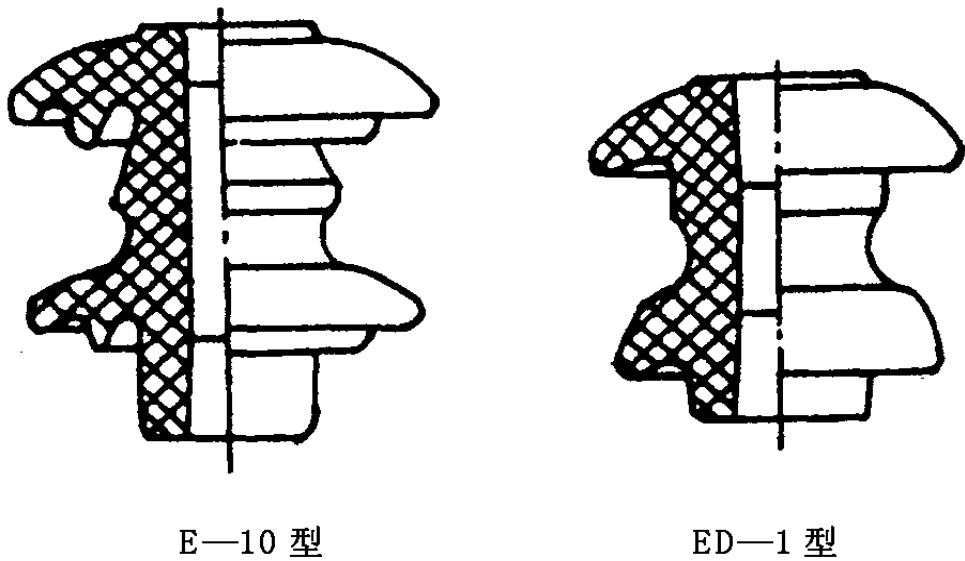


图3 -11 蝴蝶形瓷绝缘子

悬式绝缘子全称为盘形悬式瓷绝缘子，有普通型和防污型之分。一般是用几个绝缘子组成绝缘子串，使用于不同电压等级的高压输配电线路上作绝缘和悬挂导线之用。其型号表示为：

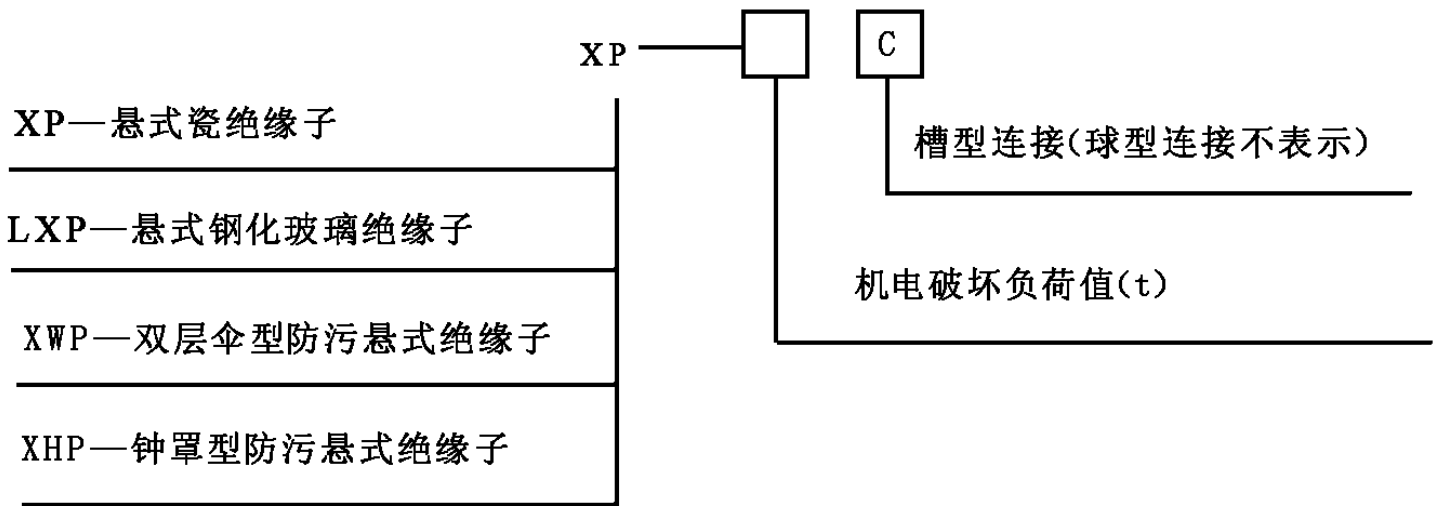


图3 -12 悬式瓷绝缘子

产品按机电破坏负荷分为4、6、7、10、16、21 和30t 七级，外形如图3 -12 所示。

拉紧绝缘子全称为拉紧瓷绝缘子。主要用于线路终端杆、转角杆、耐张杆和大跨距电杆上，作为拉线绝缘及连接之用。按机械破坏负荷分为2、4.5 和9t 级3 种。其型号为J -2、J -4.5 和J -9，外形见图3 -13。

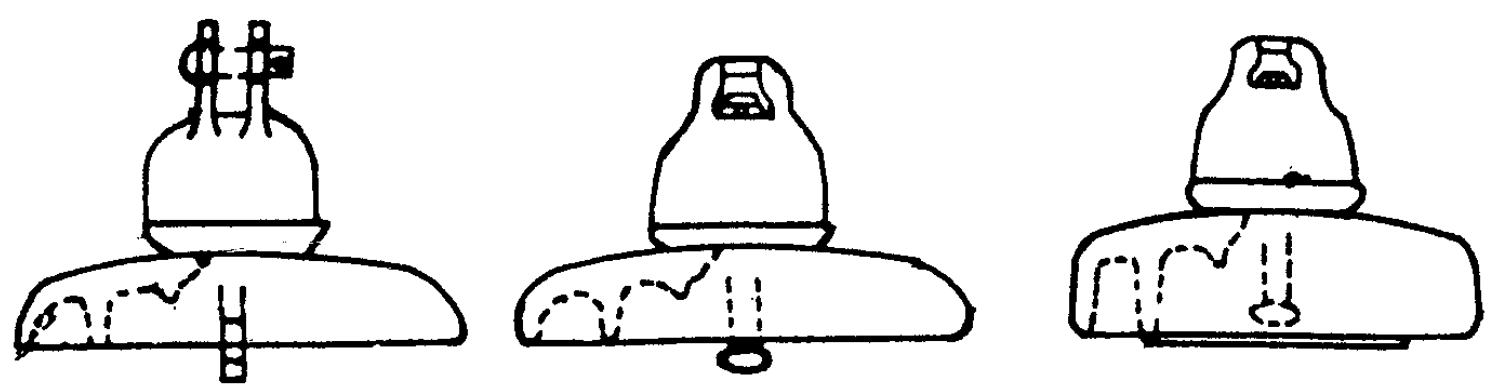


图3 -13 拉紧绝缘子外形

2．绝缘子选择

绝缘于是线路的重要组成部分，对线路的绝缘强度和机械强度有着直接影响，合理选择线路的绝缘子，对保证架空线路的安全可靠运行起着重要作用。绝缘子选择主要是依据它的绝缘强度、导线规格、档距大小及杆型等。

表3 -3 架空配电线路绝缘子选择表

杆型		电压等级			
		高压		低压	
直线杆		1．应考虑采用瓷横担绝缘子。		一般采用PD 型低压针式绝缘子或ED 型蝶式绝缘子	
		2．采用针式绝缘子时的选型如下：			
		电压	铁横担		木横担
		6KV	p -10T		P -6M
		10KV	p -15T	P -10M	
转角杆	15 °及以下	高压针式绝缘子或瓷横担绝缘子		低压针式绝缘子	
	15 -30 °	高压双针式绝缘子或双瓷横担绝缘子		低压双针式绝缘子	
	302 °以上				
耐张杆与终端杆		1．应采用两个耐张型绝缘子相结合，绝缘子型号应根据计算确定，一般采用XP -7 型悬式绝缘子和E -1 (Q) 型蝶式绝缘子相组合。		应采用ED 型蝶式绝缘子。	
		2．亦可采用悬式绝缘子加耐张线夹，对导线截面大于70mm <sup>2</sup> 的线路只能采用此种方式。			
		3．采用铁横担时，需用两片悬式绝缘子。			

六、金具

在架空电力线路中用来固定横担、绝缘子、拉线及导线的各种金属联结件统称为线路金具。其品种较多，一般根据用途可分为：

1．联结金具

用于连接导线与绝缘子或绝缘子与杆塔横担的金具称联结金具。它要求连接可靠、转动灵活、机械强度高、抗腐蚀性能好和施工维护方便。属这类金具的有耐张线夹、碗头挂板、球头挂环、直角挂板、U 形挂环等，外形见图3 -14。

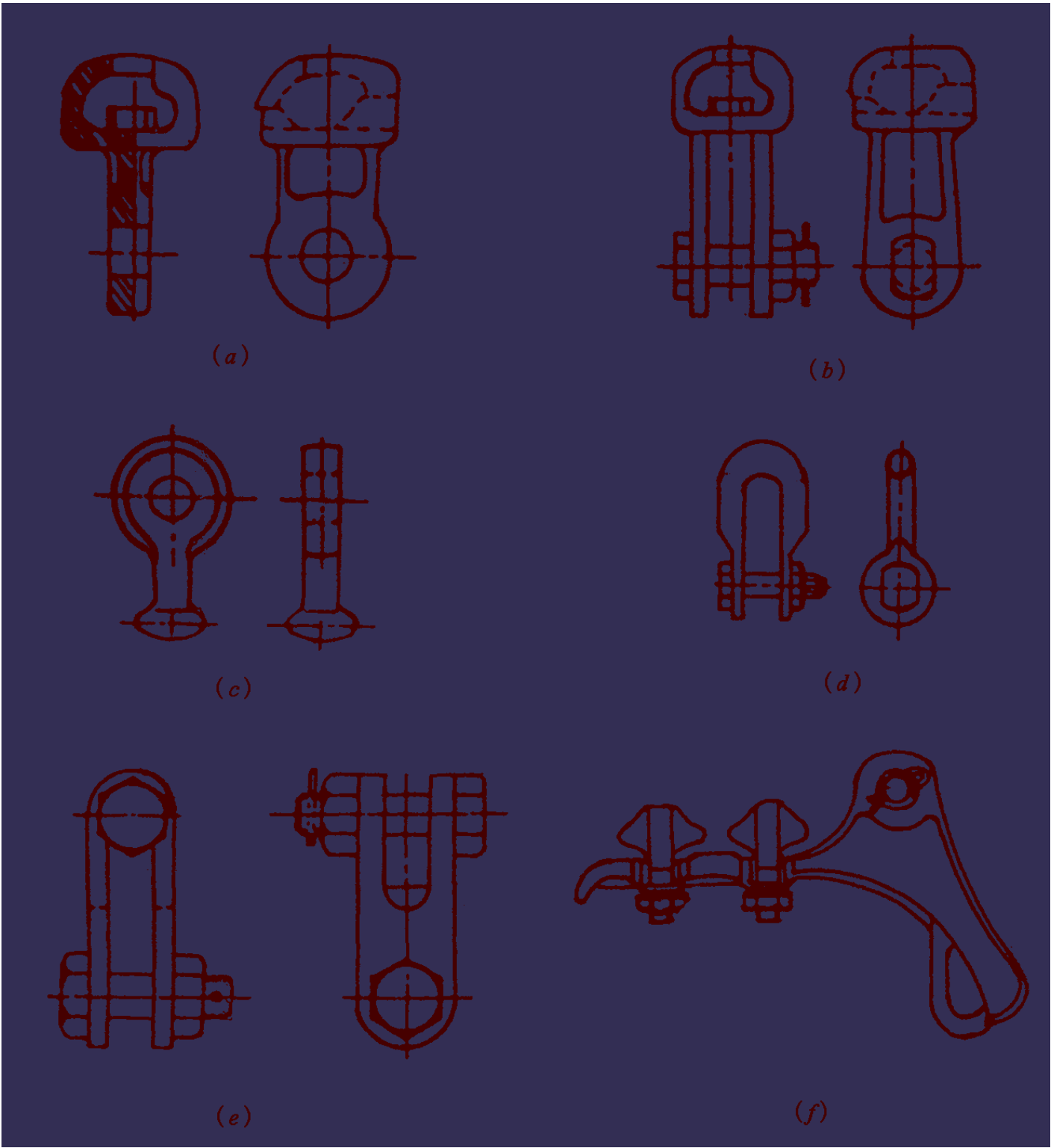


图3 -14 常用联结金具

Ⓐ)  $W_1$  型碗头挂板 Ⓑ)  $W_2$  型碗头挂板 Ⓒ) QP 型球头挂环  
Ⓓ) U 型挂环 Ⓔ) 直角挂板 Ⓕ) 耐张线夹

2．接续金具

用于接续断头导线的金具叫做接续金具。要求其能承受一定的工作拉力，有可靠的工作接触面，有足够的机械强度等。如接续导线的各种铝压接管以及在耐张杆上连通导线的并沟线夹等。连接管外形及规格参见图3 - 14。

3．接线金具

用于拉线的连接和承受拉力之用。如楔形线夹、UT 线夹、花篮螺丝等。

第二节 架空配电线路路径的确定及与其它设施的关系

一、线路路径的选择原则

架空配电线路路径和杆位的确定必须根据设计所提供的线路平、断面图，结合现场实际情况对设计标定的线路中心桩位进行复核，最终确定杆塔位置。进行路径和杆位选择时一般应遵循如下原则。

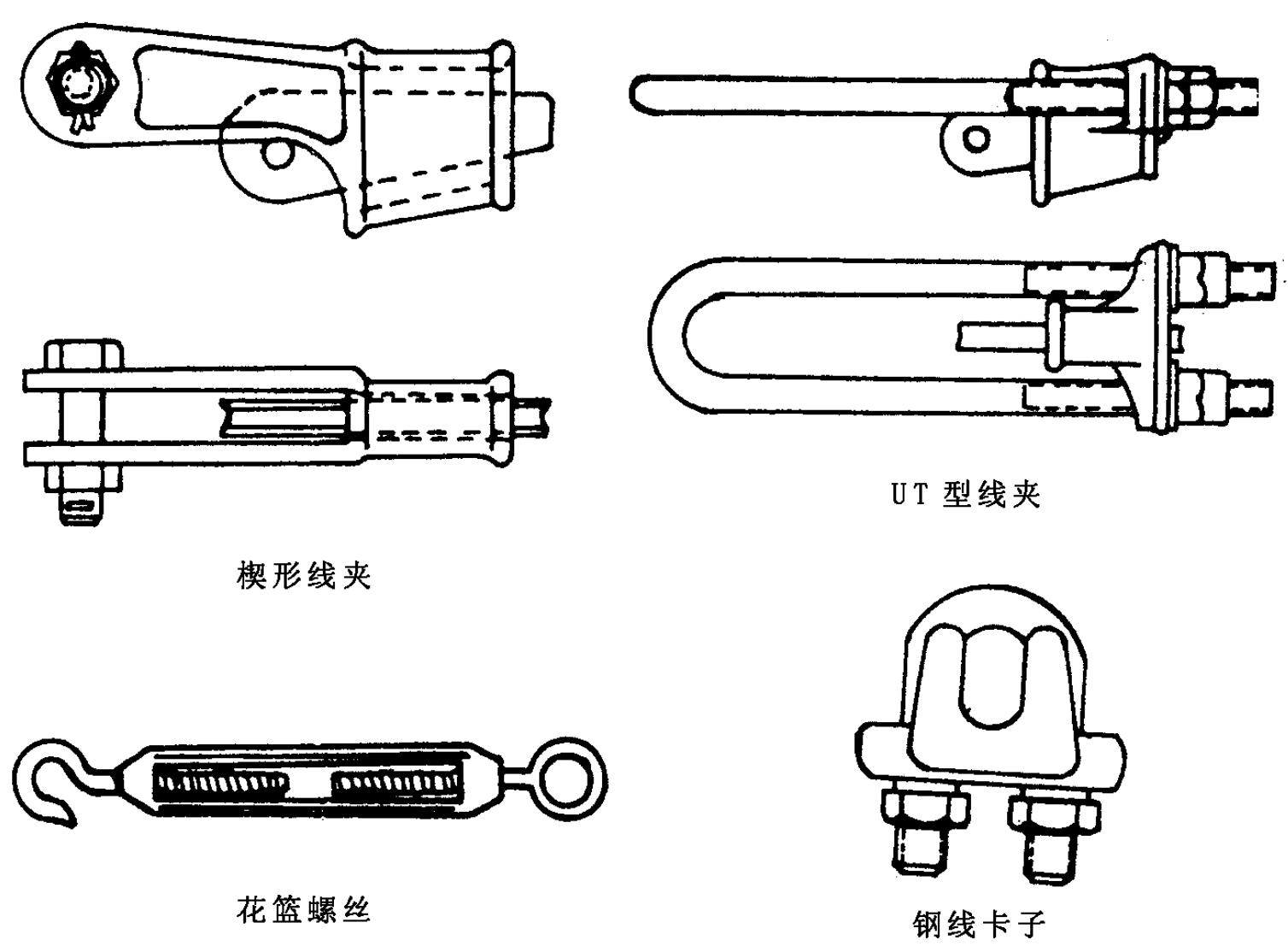


图3 - 15 常见拉线金具

- 1 . 应综合考虑运行、施工、交通条件和路径长度等因素；要求路径最短、转角最少，并尽量减小转角的度数。
- 2 . 应尽量沿道路平行架设，便于施工维护；应尽量避免通过铁路起重机或汽车起重机频繁活动的地区和各种露天堆放场。
- 3 . 应尽量减少与其他设施的交叉和跨越建筑物；不能避免时应符合规程规定的各种交叉跨越的要求。
- 4 . 禁止从易燃或易爆的危险品堆放点上方通过。

二、线路与其它设施的安全距离

为保证架空配电线路的安全运行，除在设计与施工时正确选择线路路径和杆位外，还应在线路架设中，保证线路和其它设施的距离符合以下规定：

- 1 . 导线与地面的距离。在导线最大弛度时不应小于表3 -4 的要求。

表3 -4 导线与地面的最小距离 (m )

线路经过地区	线 路 电 压	
	1KV 以下	1 ~10KV
居民区	6 .0	6 .5
非居民区	5 .0	5 .5
交通困难地区	4 .0	4 .5

所谓居民区是指工业企业地区、港口码头、市镇等人口密集地区。所谓非居民区是指居民区以外的地区，有时虽有人、有车到达，但房屋稀少，亦属非居民区。所谓交通困难地区是指车辆不能到达的地区。

- 2 . 导线与山坡、峭壁、岩石之间的净空距离，在最大风偏的情况下不应小于表3 -5 的规定。
- 3 . 配电线路不应跨越屋顶为易燃材料做成的建筑物，亦不宜跨越耐火屋顶的建筑物，否则应与有关单位协商或取得当地政府同意。导线与建筑物的垂直距离，在最大弛度时，1 ~10KV 线路不应小于3m，1KV 以下线路不应小于2 .5m

表3 -5 导线与山坡峭壁、岩石之间的最小距离 (m)

线路经过地区	线路电压	
	1KV 以下	1 -10KV
步行可到达的山坡	3 .0	4 .5
步行不能到达的山坡、峭壁和岩石	1 .0	1 .5

4 . 配电线路边线与建筑建之间的距离在最大风偏情况下 ,1 ~10KV 线路不应小于1 .5m ;1KV 以下线路不应小于1 .0m 。

5 . 配电线路通过林区时应砍代出通道 , 通道宽度为线路宽度加10m 。但在下列情况下 , 如不妨碍架线施工 , 也可不砍代通道。

- (1 ) 树木自然生长高度不超过2m ；
- (2 ) 导线与树木 ( 考虑自然生长高度 ) 之间的垂直距离不小于3m ；

配电线路通过公园、绿化区和防护林带 , 导线与树木的净空距离在最大风偏时不应小于3m ；当通过果林、经济作物以及城市灌木林 , 不应砍代通道 , 但导线至树梢的距离不应小于1 .5m 。导线与街道树之间的距离不应小于表3 -6 之数值 , 在校验导线与树木之间的垂直距离时 , 应考虑树才在修剪周期内的生长高度。

表3 -6 导线与街道、人行道树之间的最小距离 (m)

最大弛度时的垂时距离		最大风偏时的水平距离	
1KV 以下	1 -10KV	1KV 以下	1 -10KV
1 .0	1 .5	1 .0	2 .0

6 . 配电线路与特殊管道交叉时 , 应避开管道的检查井或检查孔 , 同时 , 交叉处管道上的所有部件应接地。

7 . 配电线路与甲类火灾危险性的生产厂房 , 甲类物品库房、易燃、易爆材料堆场以及可燃或易燃、易爆液 ( 气 ) 体贮罐的防火间距不应小于杆塔高度的1 .5 倍。

8 . 配电线路与弱电线路交叉时 , 应符合表3 -7 的要求。配电线路应架设在弱电线路的上方 , 最大弛度时对弱电线路的垂直距离不应小于下列数值 :1 ~10KV 线路为2m ；1KV 以下线路为1m 。

表3 -7 配电线路与弱电线路的交叉角

弱电线路等级	一级	二级	三级
交叉角（度）	45	30	不限制

9．配电线路与铁路、公路、河流、管道和索道交叉时最小垂直距离，在最大弛度时不应小于表3 -8 的数值。

表3 -8 配电线路与铁路、公路、河流、管道和索道交叉的最小垂直距离（m）

线路电压（KV）	铁路至轨顶	公路	电车道	通航河流（注）	特殊管道	索道
1 ~10	7.5	7.0	9.0	1.5	3.0	2.0
1 以下	7.5	6.0	9.0	1.0	1.5	1.5

注：通航河流的距离系指与最高航行水位时的最高船桅顶的距离。

10．配电线路与各种架空电力线路交叉跨越时的最小垂直距离，在最大弛度时不应小于表3 -9 所列数值，且低电压的线路应架设在下方。

表3 -9 配电线路与各种架空电力线路交叉跨越的最小垂直距离（m）

配电线路电压（KV）	电力线路（KV）				
	1 以下	1 ~10	35 ~110	220	330
1 -10	2	2	3	4	5
1 以下	1	2	3	4	5

第三节 基础施工

一、线路测量定位和分坑

施工测量的重点是定位，定位以后，才可进行分坑、挖坑及电杆的运输等一系列施工。定位工作对工程质量有很大关系，须认真谨慎，不应出现差错。杆塔定位通常根据设计部门提供的线路平、断面图和杆塔明细表，核对现场导线桩，从始端桩位开始安置



经纬仪，向前方逐基定位。对于10KV 及以下的配电线路，因耐张段及档距均较短，杆型结构也比较简单，可不使用经纬仪，仅用数支标杆即可进行定位。通常是直接量出每基杆塔档距位置，立一标杆，将数基标杆连续立在中心线上，以目测指挥各杆成一直线即可钉桩。向前延长时，即用第一支标杆移到最前面，与原来数支成一直线，中间依次插入标杆，轮流移杆逐步向前延伸。

(一) 直线单杆杆坑定位划线

1．检查杆位标桩

在被检查的标桩和前后相邻的标桩中心点上各立一根标杆，从一侧看过去，若3 根标杆都在线路中心线上，则表示被检查的标桩位置正确，同时在中心标桩前后沿线路中心线各钉一辅助标桩。

2．用大直角尺找出线路中心线的垂直线

将直角尺放在中心标桩上，使直角尺中心A 与标桩中心重合，并使其垂边中心线AB 与线路中心线重合，此时，直角尺底边CD 即为线路中心线的垂直线，见图3 -16。在此垂直线上于中心标桩的左右侧各钉一辅助标桩。其目的是为校验杆坑挖掘位置是否正确和电杆是否立直之用

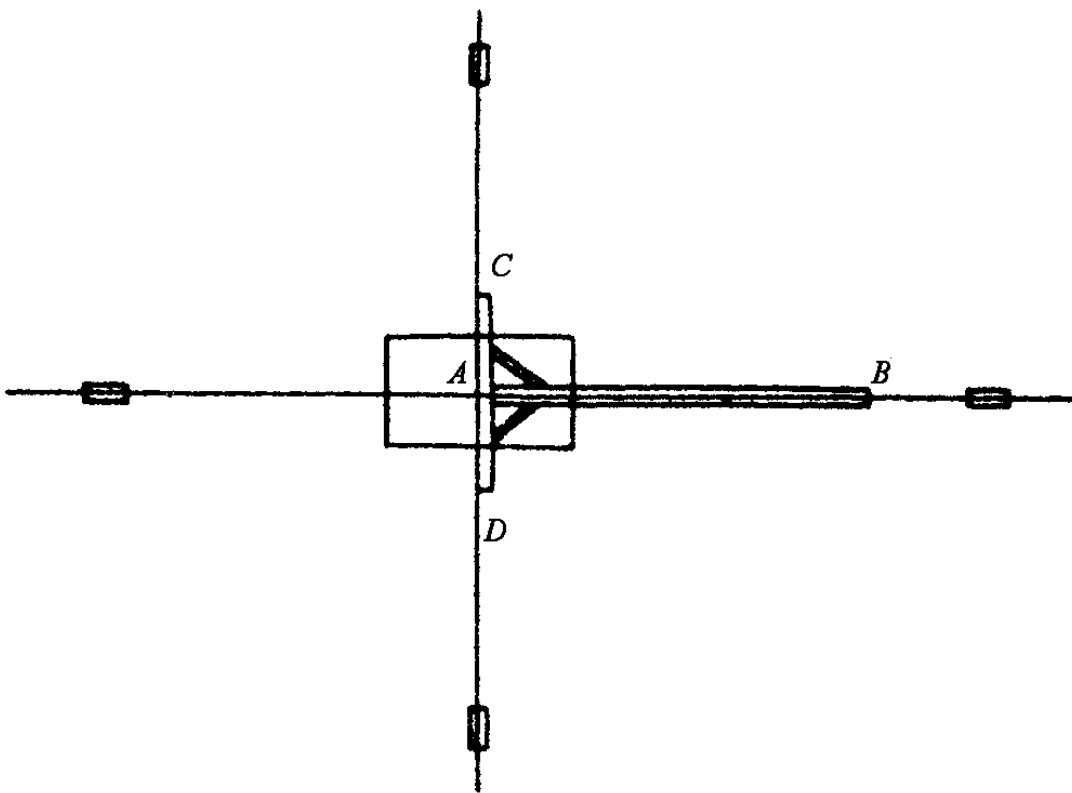


图3 -16 直线单杆杆坑定位

3．确定杆坑尺寸

根据中心桩位，依据图纸规定的尺寸，量出挖坑范围，用白灰在地面上划出白粉线，坑口尺寸应根据基础埋深及土质情况来决定。可参考下式计算，杆坑剖面如图3 -

17。

$$a = b + 0.2 + nh \quad (\text{m})$$

式中  $a$ —坑口边长 (m)

$b$ —底盘边长 (m)；

$h$ —坑深 (m)；

$n$ —坡度系数，根据土质决定：一般粘土可限0.4，坚硬土壤可取0.3。

若土质较差时，坑口尺寸可适当放大。拉线坑亦可参考上式，根据拉线盘长度和宽度决定坑口长度尺寸。

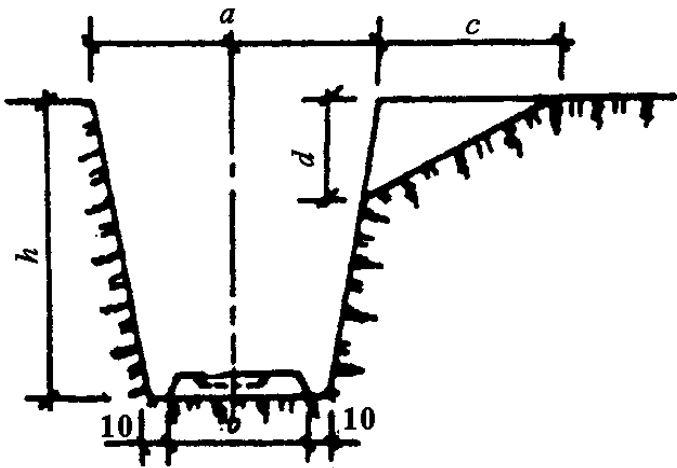


图3 -17 杆坑剖面示意图

为了方便立杆，杆坑一侧应开挖马道，其尺寸应视坑深及立杆需要而定。一般长 $c$ 取1.0~1.5m，深 $d$ 取0.6~1.2m，宽取0.4~0.6m。马道方向除特殊情况处，一般直线杆开在顺线路方向上，转角杆应垂直于转角（内侧角）的二等分线。

## （二）转角单杆杆坑定位与划线

### 1．检查杆位标桩

在被检查的杆位标桩和前后邻近的四个杆位标桩中心各立踊根标杆，从两侧各看三根标杆（被检查标桩上的标杆，从两侧看都包括在内），若被测标桩上的标杆正好位于所看二直线的交叉点上，则表示该标桩位置正确。然后沿所看二直线上在标桩前后侧的相等距离处，各钉一临时辅助标桩，以备电杆及拉线坑划线和校验杆坑挖掘位置是否正确之用。

### 2．作转角的二等分线和二等分线的垂直线

将大直角尺度边与临边辅助标桩连线平行，划出转角的二等分线 $CD$ 和二等分线的垂直线 $AB$ ，见图3 -18。然后在标桩前后左右，于转角的二等分线上和二等分线的垂直线上各钉一辅助标桩，以备校验杆坑挖掘位置是否正确和电杆是否立直之用。

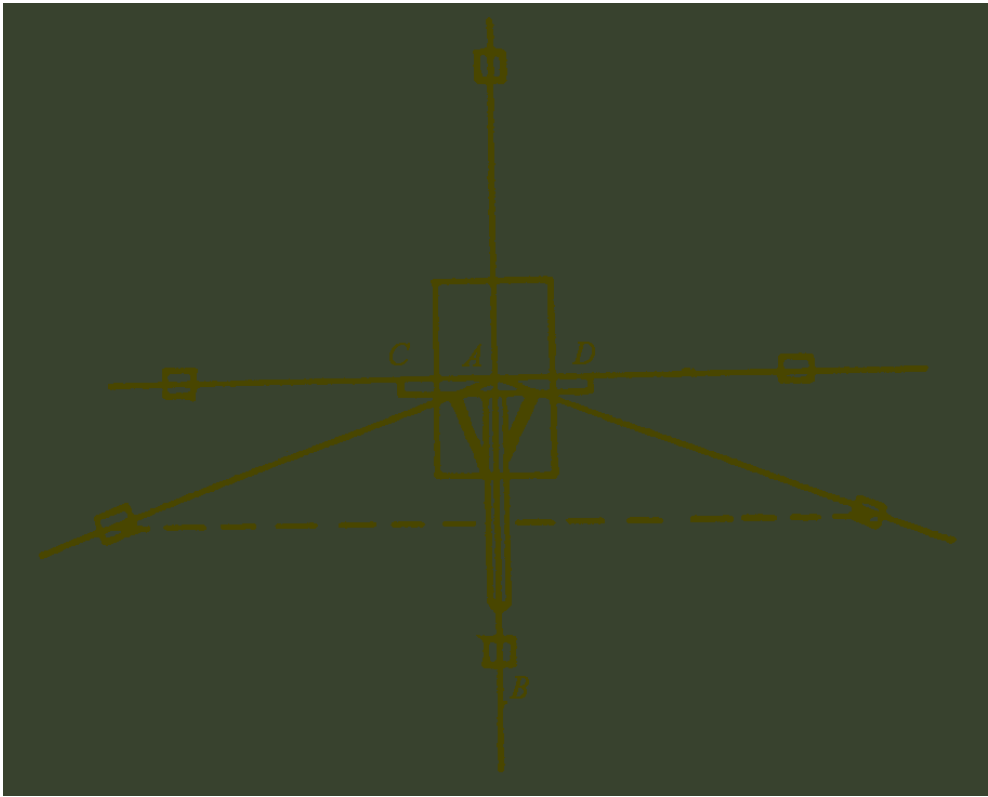


图3 -38 转角单杆杆坑的定位划线

3．用尺子在转角的二等分线上及它的垂直线上分别量出杆坑的长和宽，并用白灰划出挖坑范围

杆坑定位应准确。对于直线杆，其杆坑中心顺线路方向的偏移不应超过设计档距的3 %；在横线路方向上位移不应超过50mm。转角杆、分支杆杆坑中心位移不应超过直线杆开在顺线50mm。

（三）拉线坑的定位划线

在配电线路中直线耐张杆的拉线方向与线路中心线平行或垂直；终端杆的拉线方向在线路中心线的延长线上；转角杆的拉线方向应视转角的大小和杆型结构等具体情况决定，或在转角二等分线的垂直线上；或在线路中心线的延长线上。在通常情况下，拉线与地面的夹角或与电杆中心线的夹角都是45°。确定拉线坑的中心位置应视不同地形情况采取如下计算方式：

1．一般地形拉线坑（见图3 -19）

$$L_0 = L_1 + L_2 = \frac{H + h}{\text{tg}}$$

- 式中  $L_0$ —拉线坑中心至电杆中心距离；  
 $L_1$ —拉线棒出土处至电杆中心距离；  
 $L_2$ —拉线坑中心至拉线棒出土处距离；  
 $H$ —拉线点高度；  
 $h$ —拉线盘埋深；

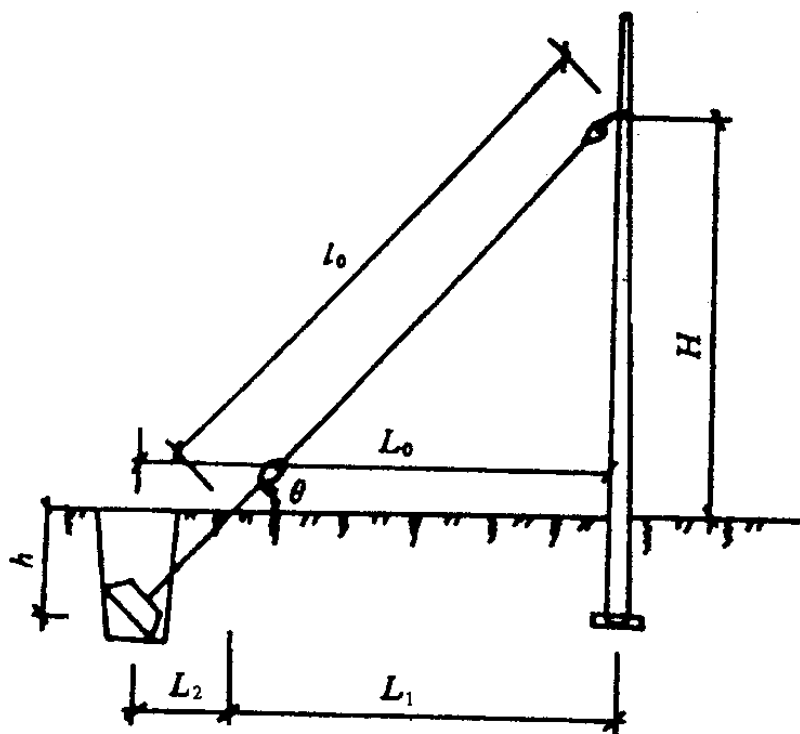


图3 -19 一般地形拉线坑示意

—拉线与地面的夹角。

2 . 电杆地面高于拉线坑地面时 (见图3 -20 )

$$L_0 + L_1 + L_2 = \frac{H + h + D}{\text{tg}}$$

式中 D —地形高差。

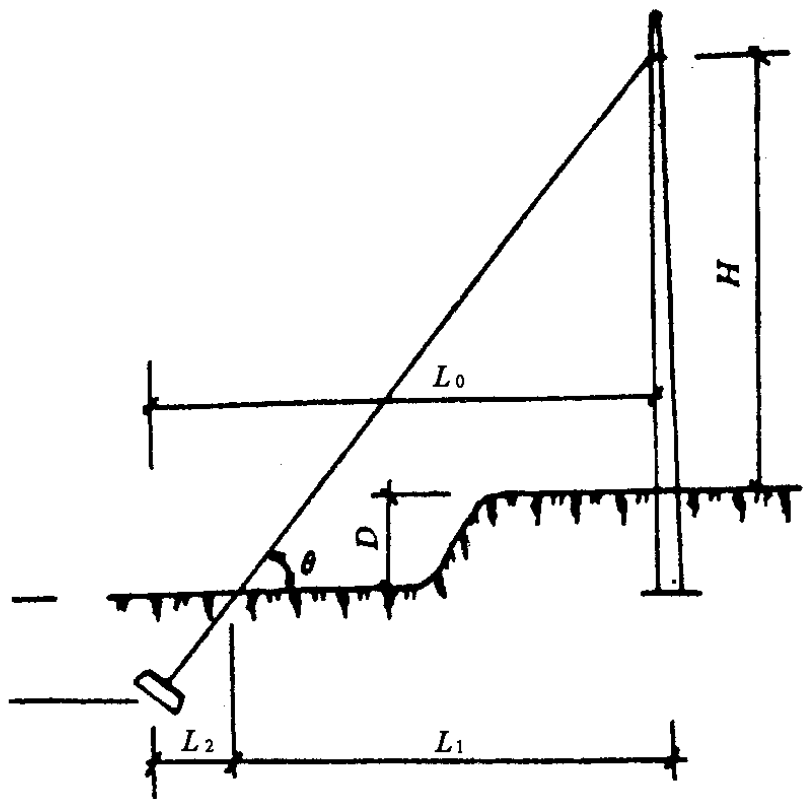


图3 -20 杆坑高于拉线坑示意图

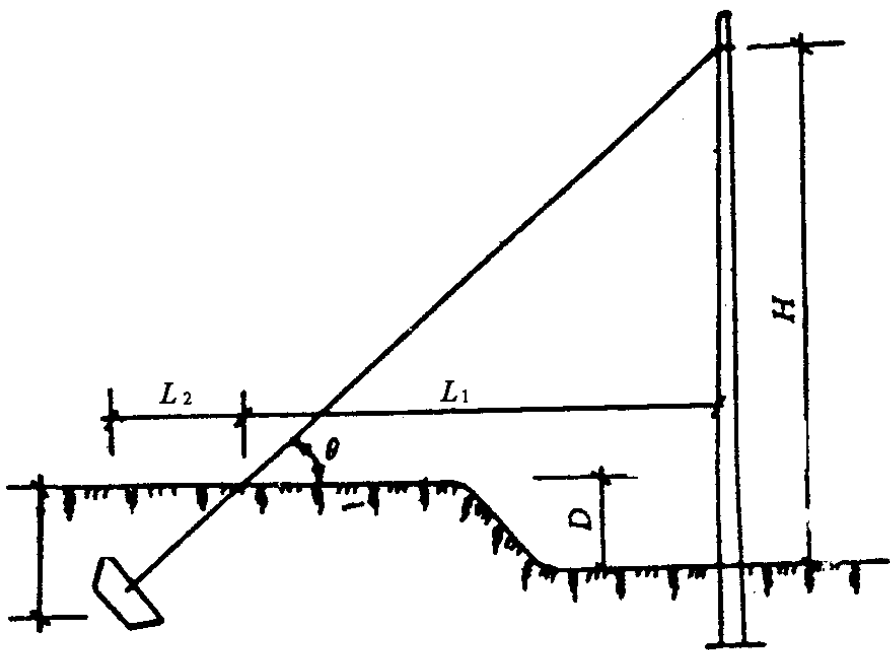


图3 -21 杆坑低于拉线坑示意图

3 . 电杆地面低于拉线坑地面时（见图3 -21 ）

$$L_0 = L_1 + L_2 = \frac{H + h - D}{\text{tg}}$$

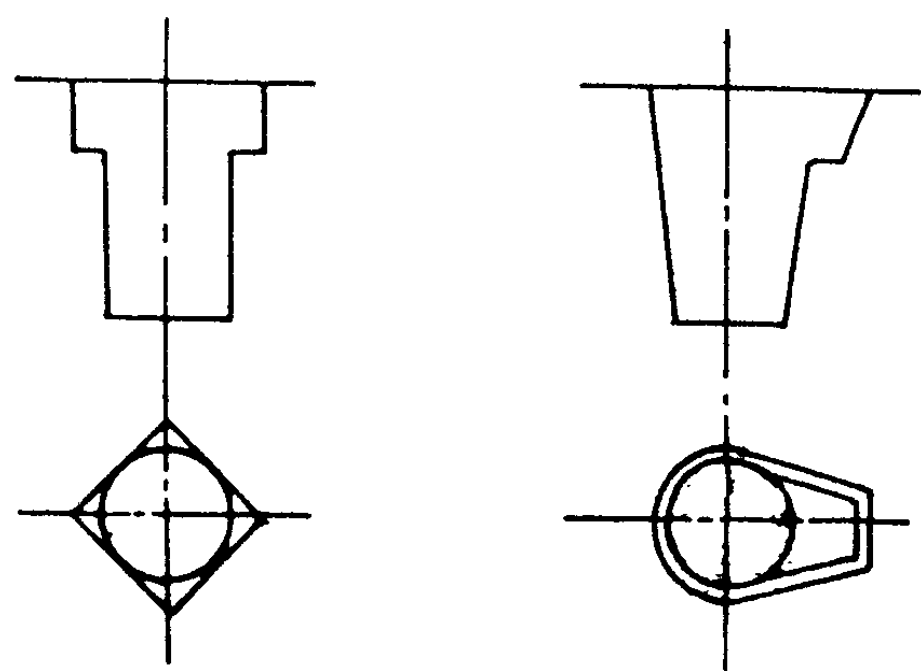
根据计算值，自电杆中心沿拉线方向量取计算长度，即为拉线坑的中心位置。根据所用拉线盘的大小，决定拉线坑的长宽尺寸。拉线坑的方向必须对准电杆中心。

二、挖坑

挖坑工作是劳动强度较大的体力劳动。使用的工具一般是锹、镐、长勺等，用人力挖坑取土。多年来，各地在挖坑方面曾作过一些改革，有在工具上进行改革，如夹铲、螺旋钻；也有在挖坑方式上进行改革，如爆破等。但它们都有一定的适用范围，目前人力挖坑仍是比较普遍采用的施工方式。

（一）圆形坑的施工

对于不带底卡盘的电杆，以挖圆形坑为好，因圆形坑挖土量少，不易坍土，立杆时电杆进坑后不易发生倒杆。当埋深在1.8m 以上时，一次即可挖成圆坑；深度大于1.8m 时，可采用阶梯形，上部挖成较大的方形或长方形以便于立足，再继续挖中央圆坑，如图3 -22 。



八圆形阶梯坑（一）      八圆形阶梯坑（二）

图3 -22 挖坑示意图（圆形阶梯坑）

通常对采用固定抱杆起立电杆的圆坑可不开马道，采用倒落式抱杆起立电杆时需开马道。挖坑时，底部直径必须大于电杆根径200mm 以上，以便矫正。

挖坑的对中方法是：以长标杆立于杆坑中心，与前后辅桩或前后坑中心成一直线，即符合线路中心位置。

(二) 方形坑施工

方形坑和长方形坑的挖掘，大都使用短铲、短锹进行。一般粘土以取1 0 2 的坡度下挖为宜。若遇坍土，即须加大坡度或挖成阶梯形坑。对于地下水位较高或容易坍土的砂土层，一般可当天挖坑，挖好随即立杆；若当天来不及立杆，可在前一天先挖上部泥土（约一半深度），第二天再继续挖到要求的深度，随即立杆埋土。

杆坑底面应保持水平。拉线坑采用同样方法挖掘，其底面应基本垂直于拉线方向或者挖成斜坡形。

(三) 坑深检查

不论圆形坑、方形坑或拉线坑，坑底均应基本保持平整，便于进行检查测量坑深。对带坡度的拉线坑检查时以坑中心为准。

坑深检查一般以坑边四周平均高度为基准，可用直尺直接量得坑深数字。当然用水准仪测量更为准确。坑深允许误差为  $\pm 100 \sim 50 \text{ mm}$ 。当杆坑超深值在100mm 至300mm 之间时，可用填土夯实处理。超过300mm 以上时，其超深部分应以铺石灌浆处理。

拉线坑如超深后对拉盘安装位置和方向有影响时，可以作填土夯实处理。若无影响，一般可不作处理，但应作好记录。

电杆的埋设深度在设计未作规定时，可按表3 -10 所列数值选择，或按电杆长度的十分之一再加0.7m 计算。当遇有土质松软、流沙、地下水位较高等情况时，应作特殊处理。

表3 -10 电杆埋深表

杆长 (m )	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	15.0
埋深 (m )	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3

(四) 挖坑注意事项

挖坑工作劳动强度较大，应特别注意安全，一般应注意：

- (1) 所用工具必须坚实牢固，并应经常注意检查，以免发生事故。
- (2) 当坑深超过1.5m 时，坑内工作人员必须戴安全帽；当坑底面积超过1.5m<sup>2</sup> 时，允许两人同时工作，但不得对面或挨得太近。
- (3) 严禁在坑内休息。

(4) 挖坑时，坑边不应堆放重物，以防坑壁垮塌。禁止将工器具放在坑边，避免掉落伤人。

(5) 在行人通过地区，当坑挖完不能很快立杆时，应设围栏，夜间并应装设红色信号灯，以防行人跌入坑内。

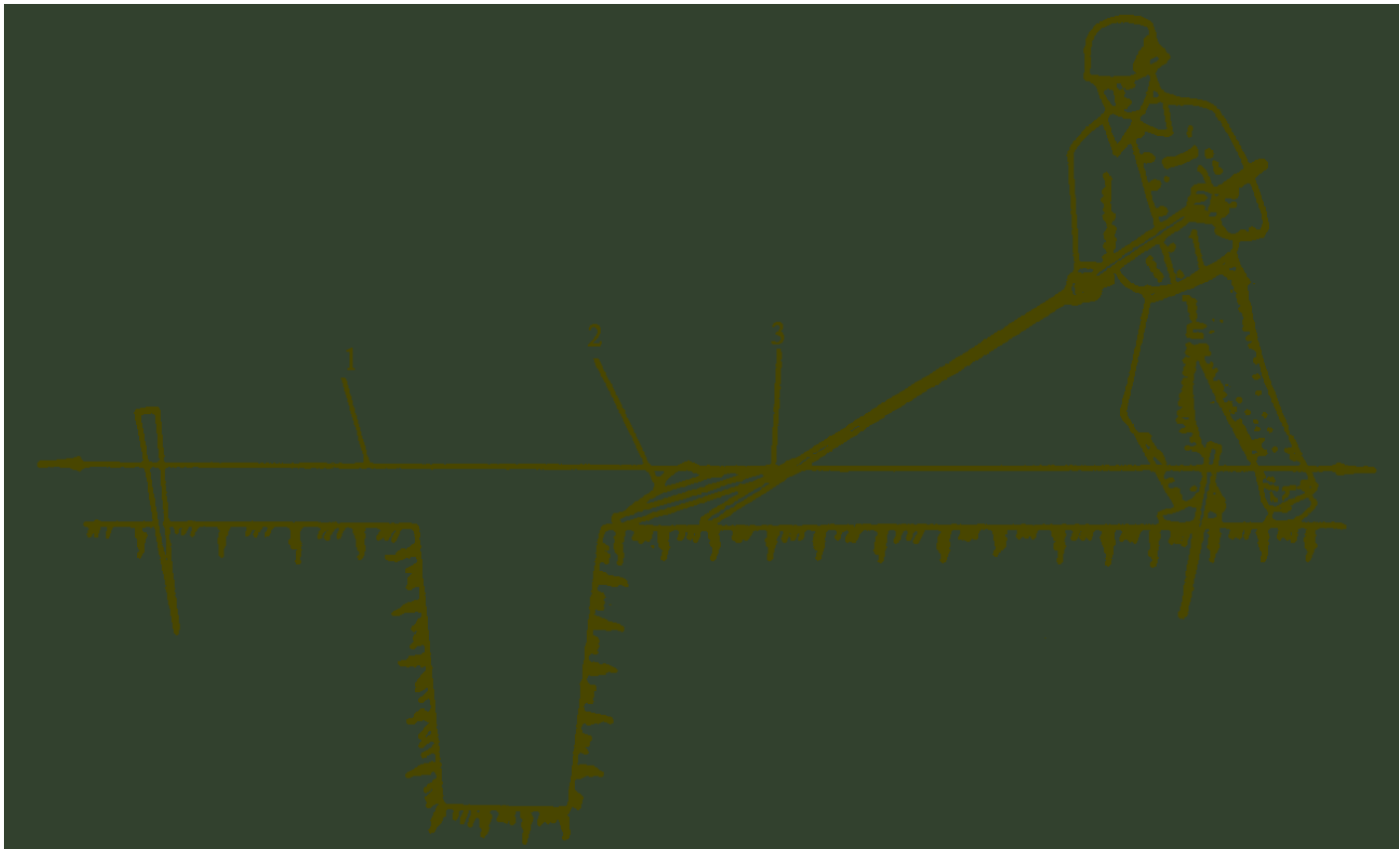


图3 -23 底拉盘简便安装方式示意图

1 - 向前拉棕绳 2 - 短头钢绳 3 - 向后拉钢绳

### 三、底盘和拉线盘的吊装与找正

#### (一) 吊装底拉盘的方法

底盘重量小于300Kg 时可用图3 -23 的简便方法。用撬棍将底盘撬入坑内，同时，前后木桩上的棕绳应配合逐步放松，使底拉盘平稳地落入坑底。若地面土质松软，可在地面铺以木板或用两根平行木棍。当底拉盘重量超过300kg 时，可用人字抱杆吊装，如图3 -24 所示。

#### (二) 底拉盘的找正

单杆底盘中心找正方法，如图3 -25 所示。将底盘放入坑底之后，用20 号或22 号细铁丝，将前后辅助桩上的圈钉连成一线；在细铁丝上量出中心点C，从C 点放下线锤，使线锤尖端对准底盘中心。若中心有偏差，可用钢杆拨动底盘，直至中心对准为止。最后用泥土将底盘四周填实，使底盘固定。底盘的圆槽面应与电杆中心线垂直，其允许偏差应使电杆组立后，能满足电杆允杆偏差的规定。

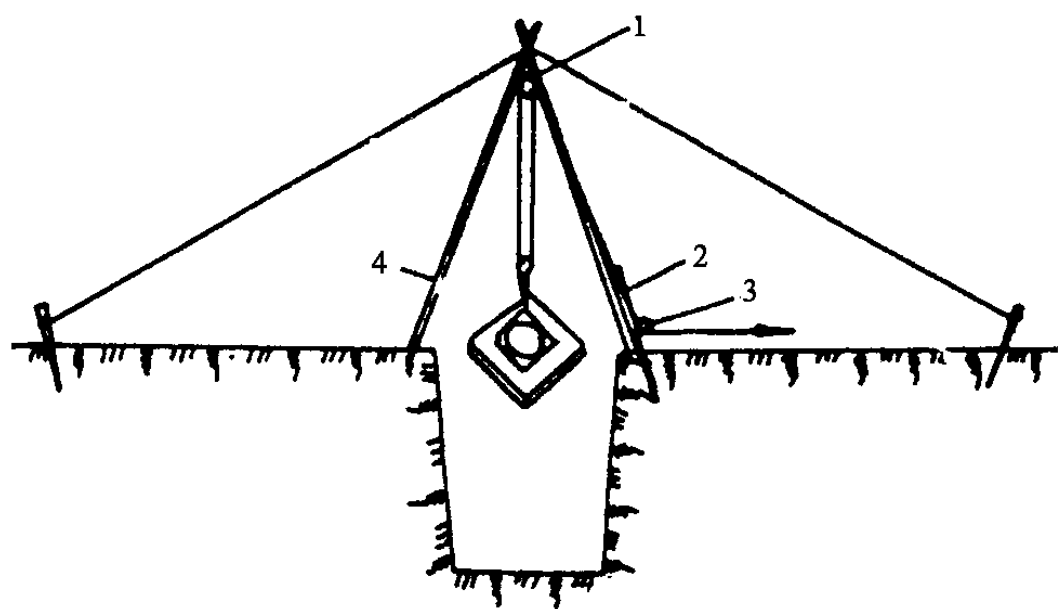


图3 -24 底拉盘吊装示意图

1 - 滑轮组 2 - 钢钎 3 - 导向滑轮 4 - 木抱杆

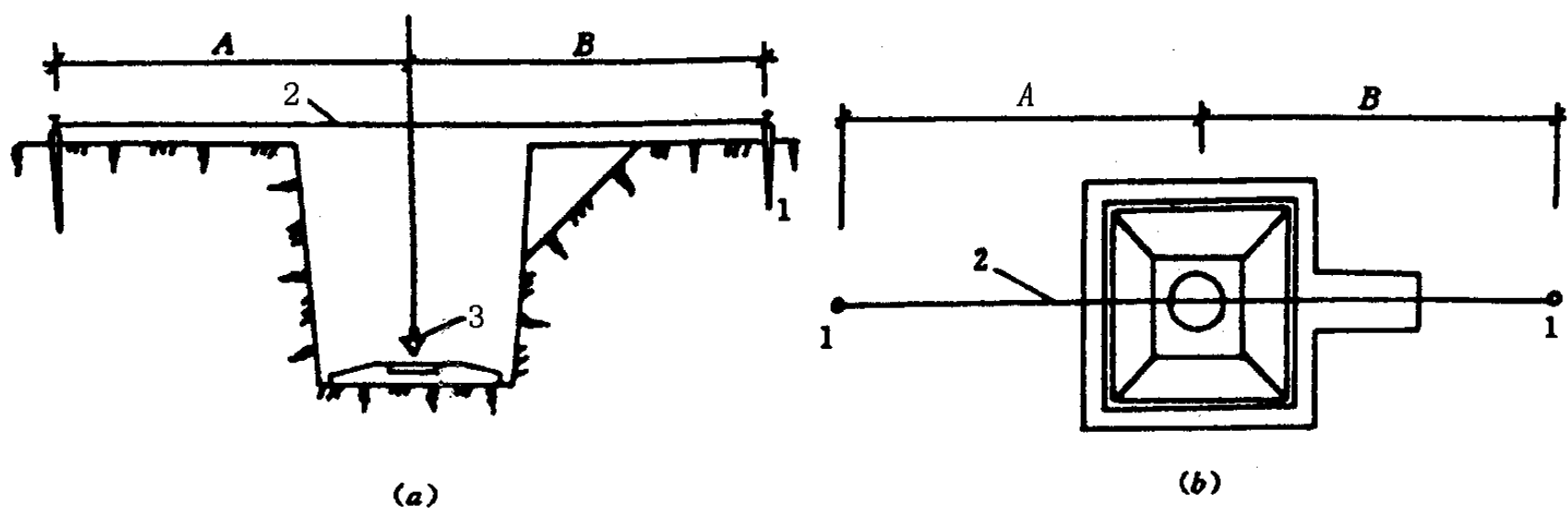


图3 -25 底盘中心找正方法示意图

(a) 断面图 (b) 平面图

1 - 辅桩 2 - 细铁丝 3 - 线锤

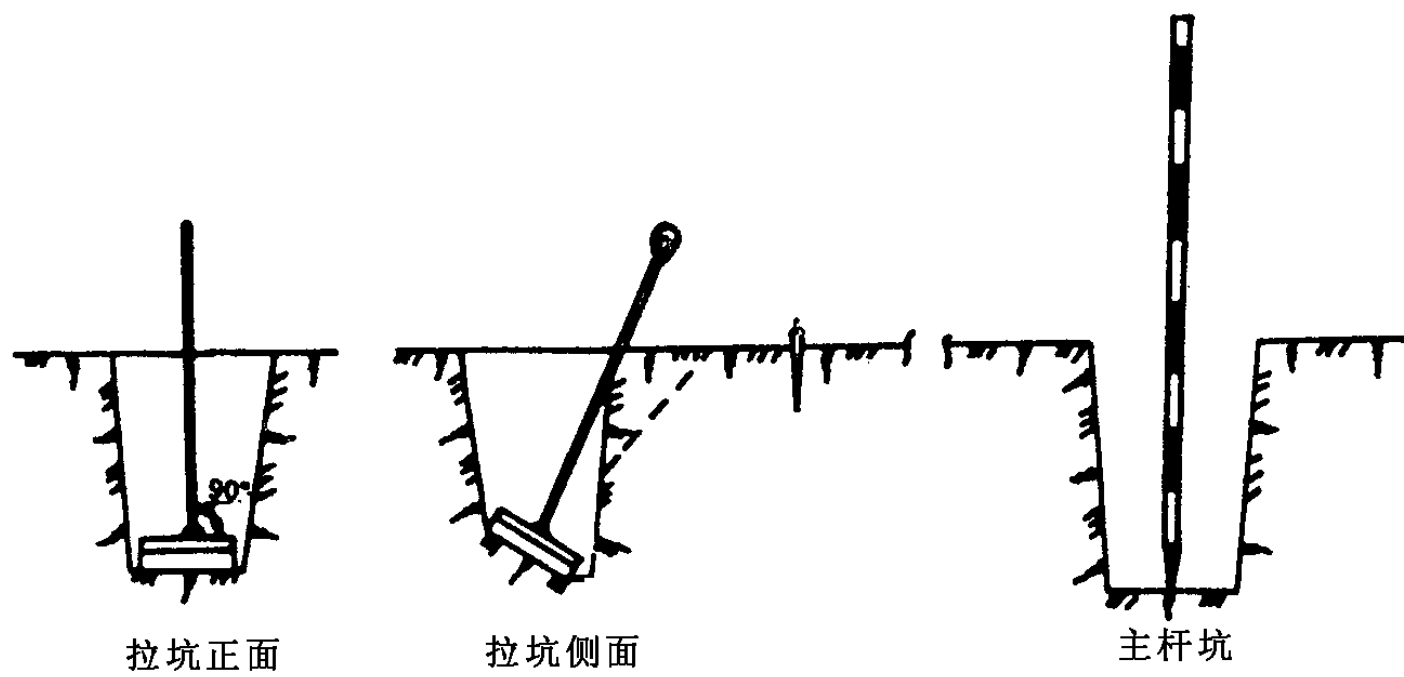


图3 -26 拉线盘中心找正方法示意图



拉线盘找正如图3 -26 所示。拉线盘安放以后，将拉线棒方向对准杆坑中心的标杆或已立好的电杆。此时拉线棒应与拉线盘成垂直，若不垂直，须向左或向右移正拉线盘，直至符合要求为止。若是人字拉线或四方拉线，应检查隔电杆坑相对应的两拉线坑的位置。此时两相对应拉线坑中心与电杆坑中心三点应成一直线，否则应纠正。

拉线盘移正之后，应立即在拉线棒靠坑边处依照设计规定角度挖槽，将拉线棒埋入槽内。调整角度符合要求后，即可填土夯实。

## 第四节 电杆组装

架空线路的杆塔具有高、大、重的特点，起立杆塔基本上有整体起立和分解起立两种方式，整体起立杆塔的优点是，绝大部分组装工作可在地面上进行，高空作业量少，施工比较安全方便。架空配电线路均应尽可能采用整体起立的方法。这就必须在起立之前对杆塔进行组装。所谓组装，就是根据图纸及杆型装置杆塔本体、横担、金具、绝缘子等。

### 一、电杆及各部件的质量检查

在电杆组装之前，应依据图纸对电杆及各部件的规格和质量做一次检查，避免把不符合要求的部件用到工程上去，影响整个线路系统的质量。

#### （一）钢筋混凝土电杆的质量检查

首先要求电杆高度须符合设计要求，因为电杆的高度是由导线弛度、导线与地面间的允许距离、线路电压等条件所决定的。导线最低点与地面之间，必须保证有足够的距离，因为在导线下面不仅要通过行人，而且要通过各种车辆。其次是电杆梢径应符合设计要求，因为电杆梢径不同，其承力情况也不同，它是影响线路质量的一个重要方面。另外还要求电杆表面光洁平整，壁厚均匀，没有露筋、跑浆等现象；不应有纵向裂纹，横向裂纹的宽度不应超过0.1mm，预应力混凝土电杆应无横向裂纹。电杆本身不应有超过杆长1/1000 的弯曲，且顶端应封堵良好。

经过检查合格的电杆，即可安排人员将其运送到指定坑位。由于钢筋混凝土电杆自重大，本体细长，在运输过程中必须充分重视，避免电杆受损和人员受伤。其中很重要的一点就是运输支点的选择要适当。比较常用的人力肩抬支承方式见图3 -27 所示。抬运时应有一个负责指挥，步调要一致。预应力圆锥形钢筋混凝土电杆的规格和质量参见

表3 -11。

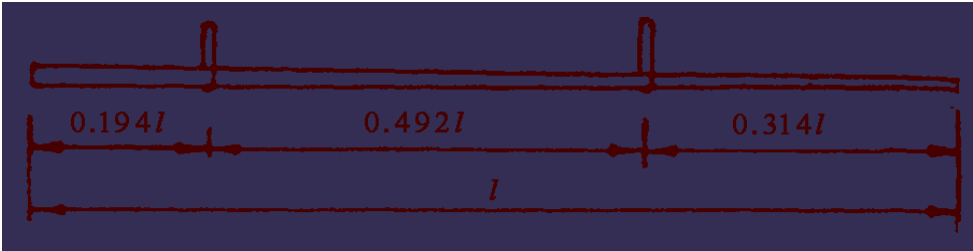


图3 -27 锥形杆支吊方式示意图

表3 -11 预应力圆锥形钢筋混凝土电杆的规格和重量

长度 (m )	配筋 (根—mm )	直径 (mm )		壁厚 (mm )	重理 (kg )
		梢径	根径		
8	16 - 6	150	257	25	297
9	16 - 6	150	270	25	347
10	28 - 4	190	323	25	474
10	16 - 6	150	283	30	464
11	16 - 6	150	297	25	456
11	20 - 6	190	337	30	641
13	24 - 6	190	364	30	800
13	28 — 4 5 高强	190	364	30	800
15	28 - 5 +7 - 10	190	390	35	1115

(二) 横担及金具的检查

配电线路普遍使用的角钢横担及其它采用黑色金属制造的金具零件均应热镀锌，且表面应光洁无裂纹、毛刺、飞边、砂眼、气泡等缺陷。耐张线夹的船体压板与导线接触面应光滑。遇有局部锌皮剥落者，除锈后应涂涮红樟丹及油漆。

金具上的各种联结螺栓表面不应有裂纹、砂眼、锌皮剥落及锈蚀等现象，螺杆与螺母的配合应良好，且应有防松装置。所用防松装置亦应镀锌良好，弹力合适，厚度符合规定。

3．绝缘子的质量检查

绝缘子（包括瓷横担绝缘子）瓷釉表面应干净光滑、无裂纹、缺釉、玫点、烧痕、气泡或瓷釉烧坏等缺陷，瓷件与铁件组合无歪斜现象，且结合紧密，铁件镀锌良好。型号、规格符合设计要求，且有出厂合格证。无出厂合格证时应进行交流耐压试验，试验标准见表3 -12，或用2500V 摇表测量其绝缘电阻值。悬式绝缘子每片的绝缘电阻应在300M 以上。

表3 -12 悬式绝缘子交流耐压试验标准

试验电压 (KV )	45	55	60
型    号	XP2 -70	XP -70    XP <sub>1</sub> -160 LXP <sub>1</sub> -70    LXP <sub>1</sub> -160 XP <sub>1</sub> -70    XP <sub>2</sub> -160 XP -100    LXP <sub>2</sub> -160 LXP -100    XP -160 XP -120    LXP -120 LXP -120	XP <sub>1</sub> -210 LXP <sub>1</sub> -210 XP -300 LXP -300

二、横担、杆顶支座及绝缘子安装

（一）横担安装位置

高压架空配电线路导线成三角形排列，最上层横担（单回路）距杆顶距离宜为800mm，耐张杆及终端杆宜为1000mm。低压架空线路导线采用水平排列，最上层横担距杆顶的距离不宜小于200mm；当高低压共杆或多回路多层横担时，各层横担间的垂直距离可参照表3 -13 选取。

表3 -13 多回路各层横担间最小垂直距离 (mm)

类别	直线杆	分支或转角杆
高压与高压	800	450 /600
高压与低压	1200	1000
低压与低压	600	300

各横担须平行架设在一个垂直面上，和配电线路垂直。高低压合杆架设时，高压横担应在低压横担的上方。直线杆单横担一般装在受电侧，90°转角杆及终端杆一般应采用双横担，但当采用单横担时，应装于拉线侧。遇有弯曲的电杆，单横担应装在弯曲的凸面，且应使电杆的弯曲与线路的方向一致。

(二) 横担安装

将电杆顺线路方向放在杆坑旁准备起立的位置处，杆身下两端各垫道木一块，从杆顶向下量取最上层横担至杆顶的距离，划出最上层横担安装位置。先把U型抱箍套在电杆上，放在横担固定位置；在横担上合好M型抱铁，使U型抱箍穿入横担和抱铁的螺栓孔，用螺母固定。先不要拧紧，只要立杆时不往下滑动即可。待电杆立起后，再将横担调整至符合规定，将螺帽逐个拧紧。调整好了的横担应平正，端部上下歪斜及左右扭斜均不得超过20mm。

瓷横担安装符合下列规定：垂直安装时，顶端顺线路歪斜不应大于10mm；水平安装时，预端宜向上翘起5 - 15mm；预端顺线路歪余不应大20mm。

(三) 杆顶支座安装

将杆顶支座的上、下抱箍抱住电杆，分别将螺栓穿入螺栓孔，用螺母拧紧固定，如图1 - 13 - 71所示。如果电杆上留有装杆顶支座的孔眼，则不用包箍，可将螺栓直接穿入支座和电杆上的孔眼，用螺母拧紧固定则可。

(四) 绝缘子安装

杆顶支座及横担调整紧固好后，即可安装绝缘子。安装时应把绝缘子表面的灰垢、附着物及不应有的涂料擦拭干净，经过检查试验合格后，再进行安装。要求安装牢固、连接可靠、防止积水。悬式绝缘子的安装，尚应符合下列规定：与电杆、导线金具连接处、无卡压现象；耐张串上的弹簧销子、螺栓及穿钉应由上向下穿。当有特殊困难时可由内向外或由左向右穿入。绝缘子裙边与带电部位的间隙小应小于50mm。

三、钢筋混凝土电杆的安装

等径分段钢筋混凝土电杆和分段的环形截面锥形电杆，均必须在施工现场进行连接。钢圈连接的钢筋混凝土电杆宜采用电弧焊接，其焊接示意如图3 - 28所示。当采用气焊时，则应满足下列规定：钢圈的宽度不应小于140mm。加热时间宜短，并采取必要的降温措施。焊接后，当钢圈与水泥粘接处附近水泥产生宽度大于0.05mm纵向裂

缝时，应予补修。电石产生的乙炔气体，应经过滤。

采用电弧焊接时应由经过焊接专业培训并经考试合格的焊工操作，焊接时应符合下列规定：

- (1) 焊接前，钢圈焊口上的油脂、铁锈、泥垢等物应清理干净。
- (2) 钢圈应对齐找正，中间留2 ~5mm 的焊口缝隙。当钢圈有偏心时，其错口不应大于2mm。
- (3) 焊口调整符合要求后，宜先点焊3 ~4 处，然后对称交叉施焊。点焊所用焊条牌号应与正式焊接用的焊条牌号相同。
- (4) 当钢圈厚度大于6mm 时，应采用V 型坡口多层焊接，焊接中应特别注意焊缝接头和收口的质量。多层焊缝的接头应错开，收口时应将熔池填满。焊缝中严禁堵塞焊条或其他金属。焊缝应有一定的加强面，其高度和遮盖宽度应符合表3 -14 的规定。

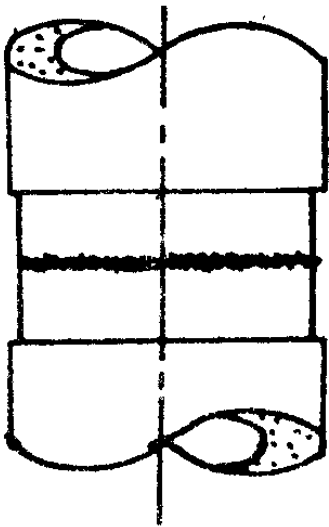


图3 -28  
钢圈焊接示意图

表3 -14 钢圈焊缝加强面要求

焊缝加强面尺寸 (mm )	钢圈厚度S (mm )	
	<10	10 ~20
高 度C	1 5 ~2 5	2 ~3
宽 度e	1 ~2	2 ~3
示 意 图		

(5) 焊缝表面应呈平滑的细鳞形与基本金属平缓连接，无折皱、间断、漏焊及未焊满的陷槽，并不应有裂纹。基本金属咬边深度不应大于0.5mm，且不应超过圆周长的10 %。

(6) 在雨、雪、大风天气时，应采取妥善措施后，才可施焊。施焊中电杆内不应有穿堂风。当气温底于 -20℃ 时，应采取预热措施，预热温度为100 ~120℃，焊后应使温度缓慢下降。严禁用水降温。

(7) 焊完后的整杆弯曲度不得超过电杆全长的2 /1000，超过时应割断重新焊接。

(8) 接头应按设计要求进行防腐处理。可将钢圈表面铁锈和焊缝的焊渣与氧化层除

净，先涂刷一层红樟丹，干燥后再涂刷一层防锈漆。

四、卡盘安装

卡盘是用U型抱箍固定在电杆上埋于地下，其上口距地面不应小于500mm，允许偏差为±50mm。如图3-29所示。一般是在电杆立起之后，四周分层回填土夯实至卡盘安装位置时，将卡盘固定在电杆上，然后再继续填土夯实。

卡盘安装在直线路路上时，应与线路平行，并应在线路电杆两侧交替埋设。承力杆上的卡盘应埋设在承力侧。

在整个电杆装配过程中，对于以螺栓连接的构件应符合如下规定：

- ① 螺杆应与构件面垂直，螺头平面与构件间不应有间隙。
- ② 螺栓紧好后，螺杆丝扣应露出一定长度，单螺母不应少于两个螺距；双螺母可与螺母相平。当必须加垫圈时，每端垫圈不应超过2个。
- ③ 螺栓的穿入方向，一般对于立体结构：水平方向由内向外；垂直方向由下向上。对于平面结构：顺线路方向，双面构件由内向外，单面构件由送电侧穿入或按统一方向；横线路方向两侧由内向外，中间由左向右（面向受电侧）或按统一方向；垂直方向，由下向上。

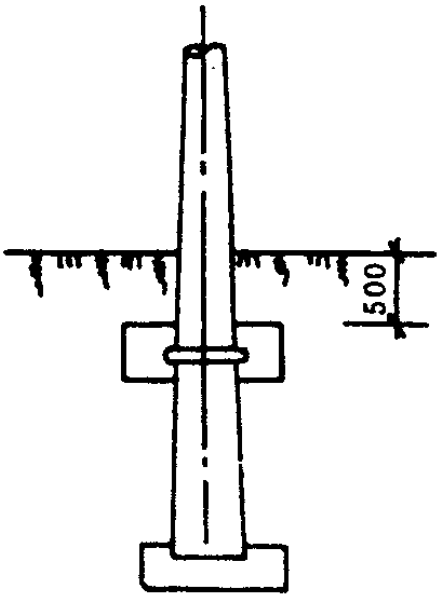


图3-29  
卡盘安装

第五节 电杆起立

由于配电线路所使用的电杆，没有送电线路的杆塔笨重，杆型结构也比较简单，这就给立杆带来了一些便利条件，可以使用一些轻便工具，实现机械化，简化施工过程。但立杆仍然是施工中极为关键的一环，必须引起思想上的充分重视，做好一切准备工作；否则，简单也会变成复杂，甚至会发生某些事故或施工质量不合要求。

一、立杆的准备工作

立杆前，首先应对参加立杆的人员进行合理分工，详细交待工作任务、操作方法及安全注意事项。每个参加施工人员必须听从施工负责人的统一指挥。通常在立杆工作量特别大时，为加快施工进度，可以使用流水作业的方法，将施工人员分成3个小组，即

准备小组，负责立杆前的现场布置；立杆小组，按要求将电杆立至规定位置后，将三面（或四面）临时拉绳结扎固定；整杆小组，调整电杆垂直至符合要求，然后安装卡盘、填土夯实。

施工人员应按分工认真做好所需工具和材料的准备。所用设备和工具，如抱杆、撑杆、纹磨、钢丝绳、麻绳、铁锹、木杆等，必须有足够的强度，且应操作灵活、使用方便。为确保安全，有些工具在使用前应做强度试验。

严密进行立杆现场布置。起吊设备安放位置要恰当、符合要求。例如抱杆的位置、纹磨的位置、地锚的位置及打入地下的深度等。

经过全面检查，确认完全符合要求后，方能进行起吊工作。

## 二、常用立杆方法

架空配电线路施工常用立杆方法有：

- 1. 撑杆（架杆）立杆。对10m 以下的钢筋混凝土电杆可用3 副架杆，轮换着将电杆顶起，使杆根滑入坑内。此立杆方法劳动强度较大。
- 2. 用汽车吊立杆。此种方法可减轻劳动强度、加快施工进度，但在使用上有一定的局限性，只能在有条件停放吊车的地方使用。
- 3. 用抱杆立杆。分固定式抱杆（独立抱杆或人字抱杆）和倒落式抱杆（人字抱杆）。这是立杆最常用的方法。

### （一）架杆立杆

立杆前准备3 副高、中、低长度不等的架杆，如图3 -30。

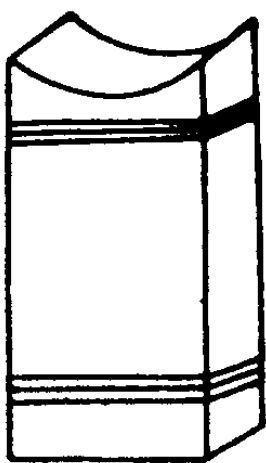


图3 -30  
架杆

长度可分别为4m、5m、6m。一般可用梢径不小于80mm，根径不小于120mm 的杉木杆加工而成。在距杆顶300 ~350mm 处用铁链环将两根圆杆连起来，铁链长度约0.35m 左右。在距根部0.7m 处，穿一根300 ~400mm 长的螺栓（两杆都穿）作为把手。为便于操作，螺杆的上面可用普通的8 号镀锌铁丝进行捆绑。

另外再准备好顶板、滑板、拉绳、铁锹等。顶板采用没有裂纹和腐朽的木材加工而成，长度约1.5m，上端砍成圆孤形状，两端均用8 号铁丝绑扎3、4 圈，如图3 -31。滑板为坚硬的木板，长度应超过坑深1m 多为宜，用以防止电杆开始起立时向前移动而超出坑外或将坑壁抵垮。

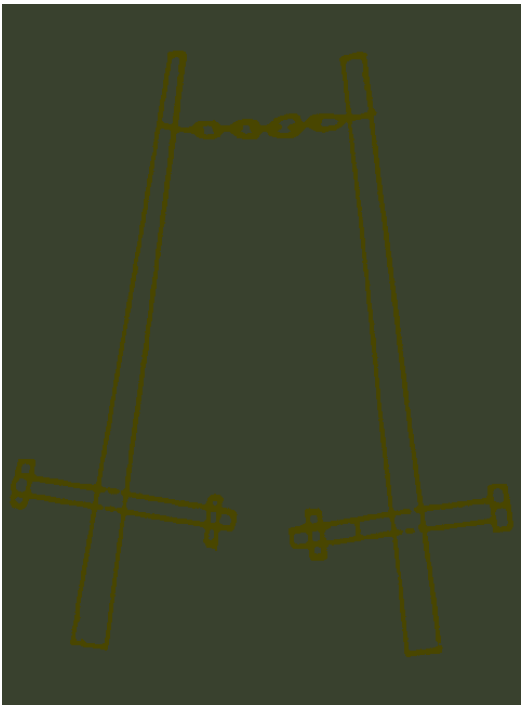


图3 -31 顶板

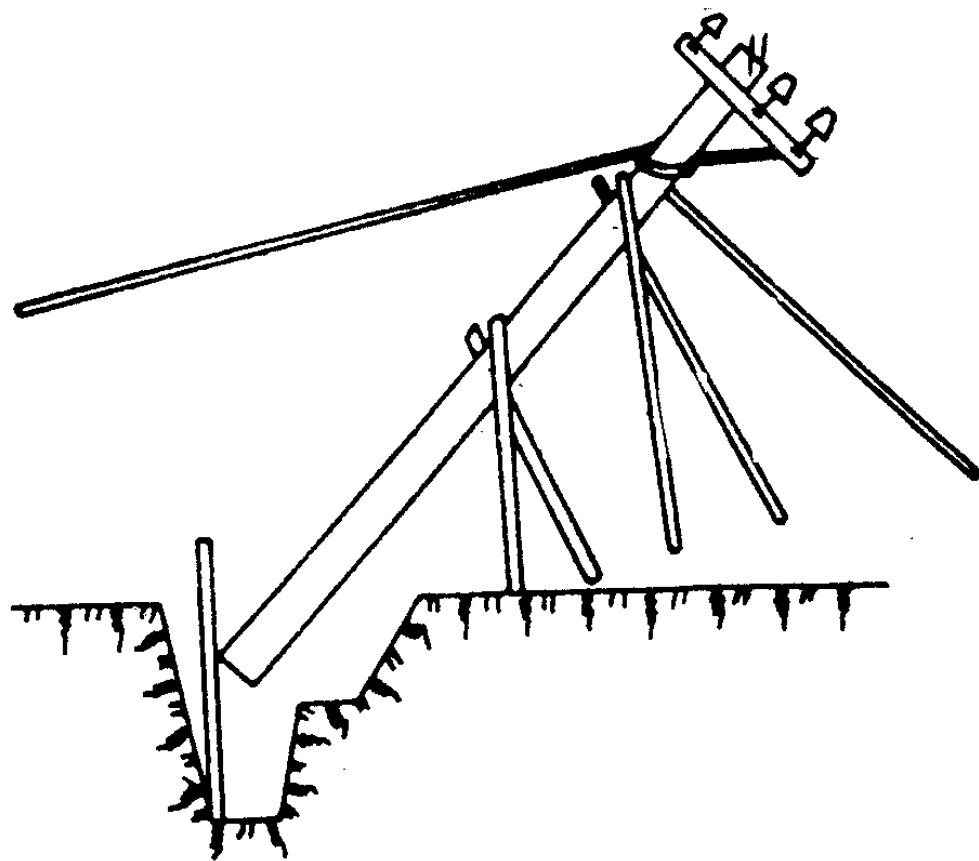


图3 -32 架杆立杆现场布置

架杆立杆的现场布置如图3 -32 所示。首先在电杆梢部拴上3 根拉绳，拉绳宜采用直径为25mm 的起重用棕绳，每根长度不小于杆长的2 倍，然后将滑板立于坑中，将电杆根部顶在滑板上，便于杆根滑入坑底。滑板应由有经验的电工掌握并负责指挥。其他人员先抬起电杆梢部，并借助顶板支持杆身质量，每抬起一次，顶板就向杆根移动一次，待杆身起立一定高度即可支上架杆，撤去顶板。用两付架杆推顶电杆，并交替向根部移动，此时左右侧拉绳应移至电杆左右侧控制电杆，使其不向左右侧倾倒。当电杆立起将近垂直时（80°左右）即可撤去滑板，并用拉绳牵引至电杆立直，将一副架杆移到对面，以防止电杆向对面倾倒，电杆立直后即可进行杆身调整。

观测人员应站在相邻未立杆的杆坑线路方向上的辅助标桩处（或其延长线上），面对线路向已立杆方向观测电杆，或通过线锤观测电杆，指挥杆身调整，使其与已立正直的电杆重合。然后再换一位置，站在与线路垂直方向或转角的二等分线的垂直线上，利用线锤观测电杆，指挥调整杆身正直，此时横担轴向应正对观测方向。

调整杆位，一般可用杠子拨动，使电杆移至规定位置。调整杆面，可用转杆器或用绳子绑在电杆上，穿入一根木杠，以推磨的方式转动电杆，使横担达到正确方向。调直杆身可借助拉绳或架杆进行。调整好的电杆应满足如下要求：直线杆的横向位移不应大于50mm；电杆的倾斜，35KV 线路不应大于杆长的3‰；10KV 及以下线路不应使杆梢的位移大于半个梢径。转角杆的横向位移不应大于50mm；转角杆应向外角预偏，紧线后不应向内角倾斜，向外角的倾斜也不应使杆梢位移大于一个梢径。终端杆应向拉线侧预偏，其预偏值不应大于杆梢直径，紧线后不应向受力侧倾斜。调整符合要求之后，即可



进行填土夯实工作。

回填土时应将土块打碎，每回填300 ~500mm，就夯实一次，对软松土质的基坑，应增加夯实次数，夯实时应在电杆的两对侧同时进行或交替进行，以防电杆移位或倾斜。当回填土至卡盘安装位置时，即安装卡盘；然后再继续回填土并夯实，直至最后高出地面300mm，在电杆周围形成一个圆形土台，以防沉降。土台上部面积不宜小于坑口面积。

(二) 抱杆立杆

固定式抱杆适用于起吊15m 及以下的电杆，基本上不受地形限制，现场绳索及锚桩的布置如图3 -33 所示。

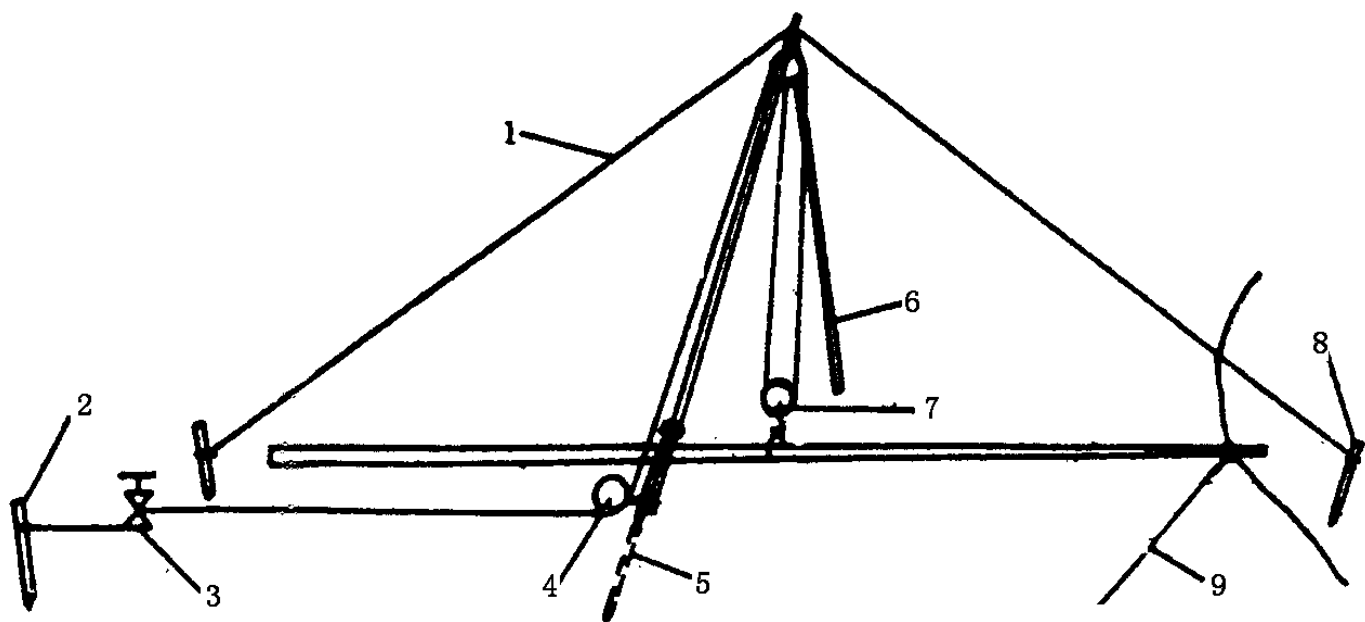


图3 -33 固定式人字抱杆起吊布置示意图

- 1 - 临时拉线 2 - 绞磨桩 3 - 绞磨 4 - 导向滑轮 5 - 钢钎  
6 - 人字抱杆 7 - 滑轮组 8 - 拉线桩 9 - 调整拉绳

(1) 抱杆长度。一般可取电杆重心高度加上1.5 ~2m。锥形钢筋混凝土电杆重心高度一般可用下面简便的经验公式计算，即：

$$h = 0.4L + 0.5 \text{ (m)}$$

式中 h—电杆重心距根部的距离 (m)；

L—电杆长度 (m)

(2) 抱杆拉线桩至杆坑中心的距离，一般可取电杆高度的1.2 ~1.5 倍。拉线桩可选用圆钢桩。

(3) 滑轮组选择。应根据被吊钢筋混凝土电杆的重量决定。一般重量在500kg 及以下时，可选用一只定滑轮直接牵引；500 ~1000kg 时，可选用1 -1 滑轮组牵引；1000 ~1500kg，可选用1 -2 滑轮组牵引；1500 ~2000kg，可选用2 -2 滑轮组牵引。

(4) 土质较差时，抱杆脚需绑道木或加垫木，防止受压后下沉。  
一切布置完好，即可推动绞磨，牵引电杆起立。  
倒落式抱杆立杆采用人字抱杆，可以起吊各种高度的单杆或双杆，是立杆最常用的方法，其现场布置示意如图3 -34。



图3 -34 倒落式抱杆立杆示意图

1 - 抱杆2 - 起吊钢绳3 - 总牵引绳4 - 制动钢绳5 - 拉绳

倒落式抱杆长度一般取杆长的1 /2。电杆放置时，应将杆根放在离杆坑中心约0.5m处；一般直线杆杆身沿线路中心放置；转角杆的杆身应与内侧角的二等分线垂直放置。  
吊点的分布，一般15m 及以下的电杆可以参照表3 -15。

表3 -15 锥形电杆吊点参考位置

电杆规格	杆重 (kg)	一点起吊位置 距杆顶尺寸 (m)	二点起吊位置距杆顶尺寸 (m)	
			上吊点	下吊点
190 ×9m	734	3.8	2.3	6.8
190 ×10m	843	3.8	2.6	7.6
190 ×12m	1077	3.8	3.2	9.2
190 ×15m	1470	4.0	3.8	10.0
150 ×8m	422	3.4	2.0	6.0
150 ×9m	495	3.4	2.3	6.8
150 ×10m	573	3.4	2.6	7.6

(三) 汽车吊立杆

在马路边缘和在有条件停放汽车的地方立杆，应尽量使用汽车吊。这是一种比较理想的方法，即安全，效率又高；既可减轻劳动强度，又可减少施工人员。

立杆时，先将吊车停靠在坑边适当位置将其稳固。然后在电杆1 /2 ~2 /3 处（从根

部量起) 结一根起吊钢丝绳，在距杆顶500mm 处临时结3 根调整拉绳。起吊时，坑边站两个人以负责电杆根部进坑，另由3 人各扯一根拉绳，站成以坑为中心的三角形，并由一人负责指挥。当杆顶吊离地面约500mm 时，应对各处绑扎的绳扣再进行一次安全检查，确认无问题后再继续起吊。

### 三、立杆注意事项

- 1. 参加立杆的每个工作人员必须严格按照操作规程办事，并能熟练操作；在整个施工过程中应由一人专门负责全面指挥，参加施工的每个人员应绝对服从，而且要彼此配合密切、协调。
- 2. 起吊前应对起吊机具做严密的检查和必要的性能试验。抱杆放置位置应正确，并应根据不同地形做好防滑、防沉措施。
- 3. 起吊速度要均匀，不能太快或时快时慢，工作人员应分开站在电杆两侧；严禁立杆时在坑内工作，以防倒杆伤人。
- 4. 立杆工作不宜中途间断
- 5. 杆身调整完毕，要待杆坑完全填平夯实之后，才可撤去架杆或拉绳等起吊机具，严禁过早上杆。
- 6. 上杆工作的人员必须精神正常、身体健康、无妨碍高空作业的疾病。

## 第六节 拉线安装

拉线在架空线路中，是用来平衡电杆各方向的拉力，防止电杆弯曲或倾倒的，因此，在承力杆（终端杆、转角杆等）上，均需装设拉线。另外，为了防止电杆被强大的风力刮倒或冰凌荷载的破坏影响，或在土质松软地区，为增强线路电杆的稳定性，有时也在直线杆上，每隔一定距离（一般为5 ~10 根电杆档距）装设抗风拉线（两侧拉线）或四方拉线。当由于地形限制无法装设拉线时，也可利用撑杆代替。

### 一、拉线的种类

#### 1. 普通拉线

用在线路的终端杆、转角杆、分支杆及耐张杆等处，主要起平衡拉力的作用。如图3 -35 所示。

2．两侧拉线（或叫人字拉线）

横线路方向装设在直线杆的两侧，由两组普通拉线组成，用以增强电杆的抗风能力。也称为抗风拉线。

3．四方拉线（或叫十字接线）

一般装设在耐张杆或处于土质松软地点的电杆上，用以增强电杆的稳定性，由4组普通拉线组成。因这4组拉线分别装设于电杆前后左右4方，所以称为四方拉线。

4．水平拉线（或称高桩拉线、过道拉线）

当电杆距离道路太近，不能就地安装拉线或需跨越其它障碍时，采用水平拉线。即在道路的另一侧立一根拉线杆，在此杆上做一条过道拉线和一条普通拉线。过道拉线应保持一定高度，以免妨碍行人和车辆的通行，如图3 -35 所示。

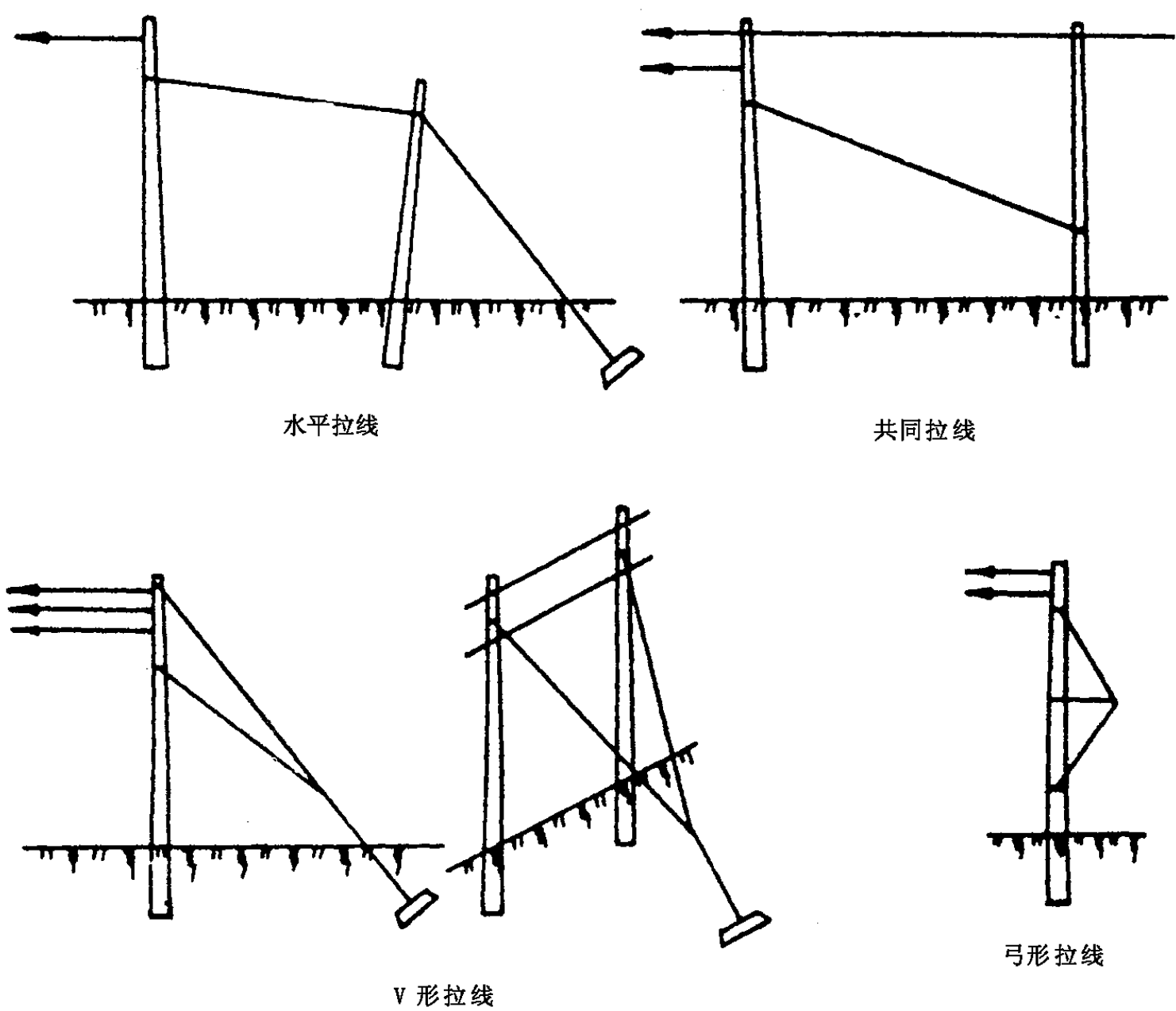


图3 -35 几种拉线示意图

5．共同拉线

当在直线路的电杆上产生不平衡拉力（如在同一电杆上，两侧导线规格不同，造成

两侧荷载不等，产生不平衡张力)，又因地形限制没有地方装设拉线时，可采用共同拉线。即把拉线固定在相邻的一根电杆上，用以平衡拉力。见图3 -35。

6.V形拉线（或叫Y形拉线）

该种形式的拉线分垂直V形和水平V形两种。主要用在电杆较高，横担层数较多，架设导线根数较多的电杆上，在拉力的合力点上下两边各安装一条拉线，其下部则合为一条。此种称垂直V形。在H型杆上则应安装成水平V形。见图3 -35。

7.弓形拉线（或称自身拉线）

为防止电杆弯曲，但又因地形限制不能安装普通拉线时，则可采用弓形拉线，如图所示。

二、拉线结构及其长度计算

拉线的结构如图3 -35 所示。其整体由拉线抱箍、楔形线夹、钢绞线、UT型线夹、拉线棒和拉线盘组成。当在居民区和厂矿区，拉线从导线之间穿过时，则应装设拉线绝缘子；并应使在拉线断线时，拉线绝缘子距地面不应小于2.5m。其目的是避免拉线上部碰触带电导线时，人员在地面上误触拉线而触电。

拉线长度的计算，一般是先计算装成拉线的计算长度，然后再计算拉线的预割长度，即钢绞线的下料长度。所谓拉线的计算长度，即是从电杆上拉线固定点至拉线棒出土处的直线长度，见图3 -35 上的 $l_0$ 。其值为：

$$l_0 = H \sin \theta$$

算出拉线计算长度的目的是计算拉线组装所需钢绞线的长度，即拉线的预割长度。一般采用下式计算，即：

拉线预割长度 = 拉线计算长度 - 拉线棒出土部分长度 - 两端连接金具的长度 + 两端金具出口尾部折回附加长度。

施工经验表明，拉线盘的埋设对拉线长度计算影响较大，值得注意。

三、拉线的安装及要求

安装拉线包括埋设拉线盘，做拉线上把和收紧拉线做中把。单钢绞线普通拉线的组装见图3 -36。

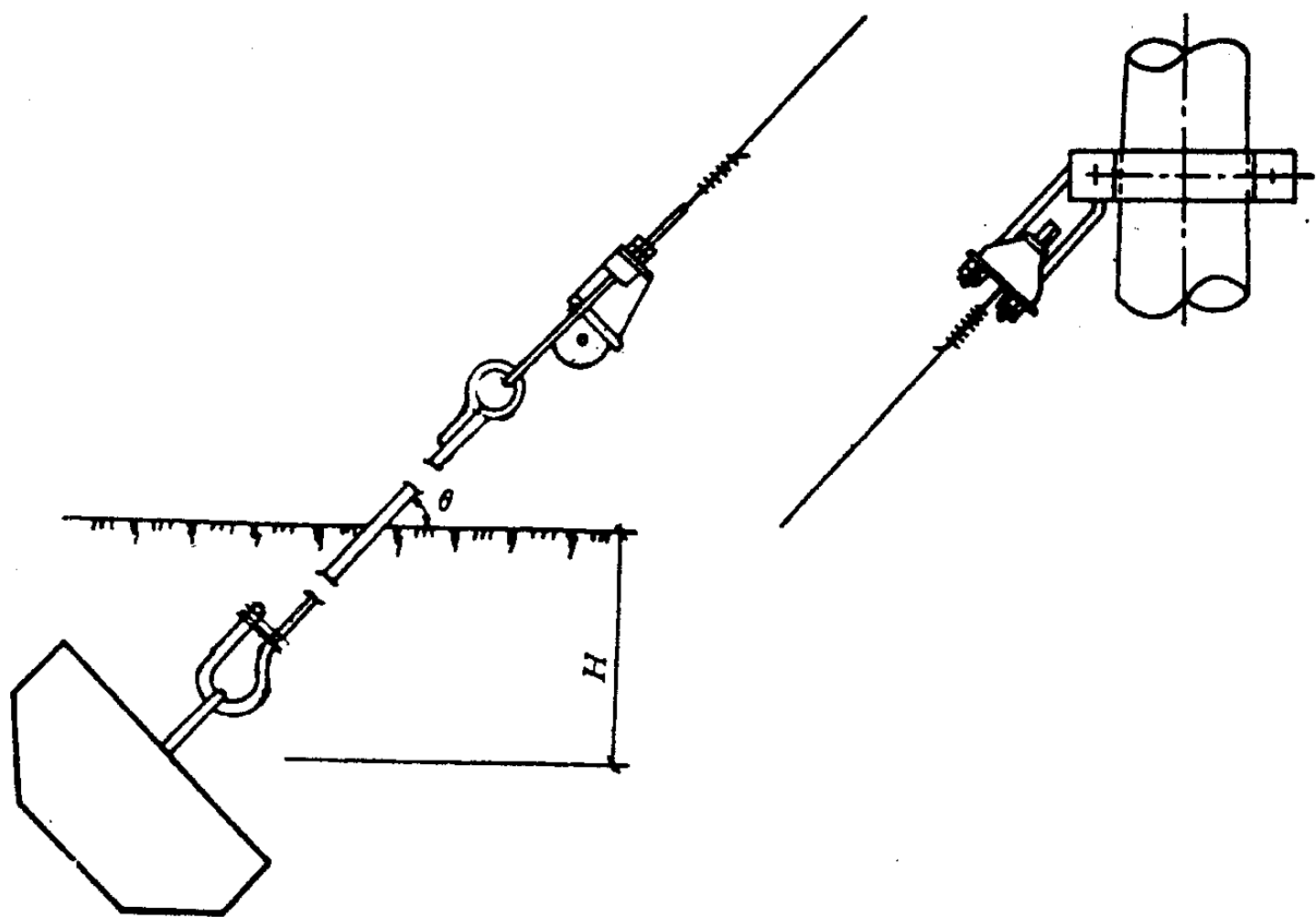


图3 -36 单钢绞线普通拉线组装

### 1. 埋设拉线盘

拉线盘的埋设按本章第三节之方法进行。埋设好后，应使拉线棒的拉环露出地面 500 ~700mm，拉线棒与拉线盘应垂直，连接处应采用双螺母。

### 2. 做拉线上把

拉线上把装在电杆上，需用拉线抱箍用螺栓固定（也可在横担上焊接拉线环）。组装时，先用一只螺栓将拉线抱箍抱在电杆上，然后把预制好的上把拉线环放在两抱箍的螺孔间，穿入螺栓拧上螺母固定之。上把拉线环的内径，以能穿入 M16 螺栓为宜，但不得大于 25mm。当拉线上需要安装拉紧绝缘子时，可先在地面上做好。其方法是，将拉线中部之间的两端，分别由拉紧绝缘子的两孔中穿过，折回缠绕所需长度，采用直径不大于 3.2mm 镀锌铁线绑扎。

### 3. 收紧拉线做中把

在下部拉线盘埋设好，拉线上把也做好后，便可收紧拉线做中把，使上部拉线和下部拉线棒连接起来，成为一个整体，以发挥拉线的作用。

收紧拉线时，一般使用紧线钳，先将花篮螺丝的两端螺杆旋入螺母内，使它们之间保持最大距离，以备继续旋入调整。然后将紧线钳的钢丝绳伸开，用一只紧线钳夹在拉线高处，将拉线下端穿过花篮螺丝的拉环，放在三角圈槽里，向上折回并用另一只紧线钳夹住；花篮螺丝的另一端套在拉线棒的拉环上。此时即可操作紧线钳，将拉线慢慢收

紧，符合要求后，即用直径不大于3.2mm 镀锌铁线绑扎固定（或用钢线绳卡子固定）。绑扎应整齐、紧密，缠绕长度不应小于表3 -16 所列数值。为防止花篮螺丝松动，可用镀锌铁线封固。目前在施工中，多用可调式UT 型线夹代替花篮螺丝，其操作方法是一样的。

表3 -16 最小缠绕长度

钢绞线截面 (mm <sup>2</sup> )	最小缠绕长度				
	上段	中断有绝缘 子的两端	与拉线棒连接长		
			下端	花缠	上端
25	200	200	150	250	80
35	250	250	200	250	80
50	300	300	250	250	80

安装好了的拉线应符合下列规定：

- (1) 拉线与地面的夹角应符合设计要求，一般宜为45°。其偏差不应大于3° (10KV 线路)。
- (2) 终端杆的拉线及耐张杆承力拉线应与线路方向的中心线对正，分角拉线应与线路分角线方向对正，防风拉线应与线路方向垂直。
- (3) 跨越道路的拉线，对路面边缘的垂直距离不应小于5m。
- (4) 采用UT 型线夹及楔型线夹固定拉线时，应在丝扣上涂润滑剂；线夹舌板与拉线接触应紧密，受力后无滑动现象，线夹的凸肚应在尾线侧，安装时不得损伤导线；拉线弯曲部分不应有明显松股，拉线断头处与拉线主线应有可靠固定；线夹处露出的尾线长度为300 ~500mm，尾线回头后与本线应扎牢。UT 型线夹的螺杆应露扣，并应有不小于1/2 螺杆丝扣长度可供调整，调紧后，其双螺母应并紧。若用花篮螺栓，则应封固。
- (5) 过道拉线的拉桩杆应向张力反方向倾斜10 ~20°，其埋设深度可参照表1 -13 -39 决定；拉桩坠线与拉桩杆夹角不应小于30°；拉桩坠线上端固定点的位置距拉桩杆顶端应为0.25m，当拉桩坠线采用镀锌铁线绑扎固定时，缠绕长度可参照表1 -13 -45。
- (6) 当一根电杆上装设多条拉线时，各条拉线的受力应一致。
- (7) 拉线底把应采用接线棒，其直径不应小于16mm，拉线棒与拉线盘的连接应保证可靠。

## 四、撑杆安装

当线路建在高低相差悬殊的地方时，一般导线成仰角时用拉线，成俯角时用撑杆；当地形条件受到限制，无法安装拉线时，也可用撑杆代替拉线，作为平衡张力稳定电杆之用。组装如图3 -37 所示。

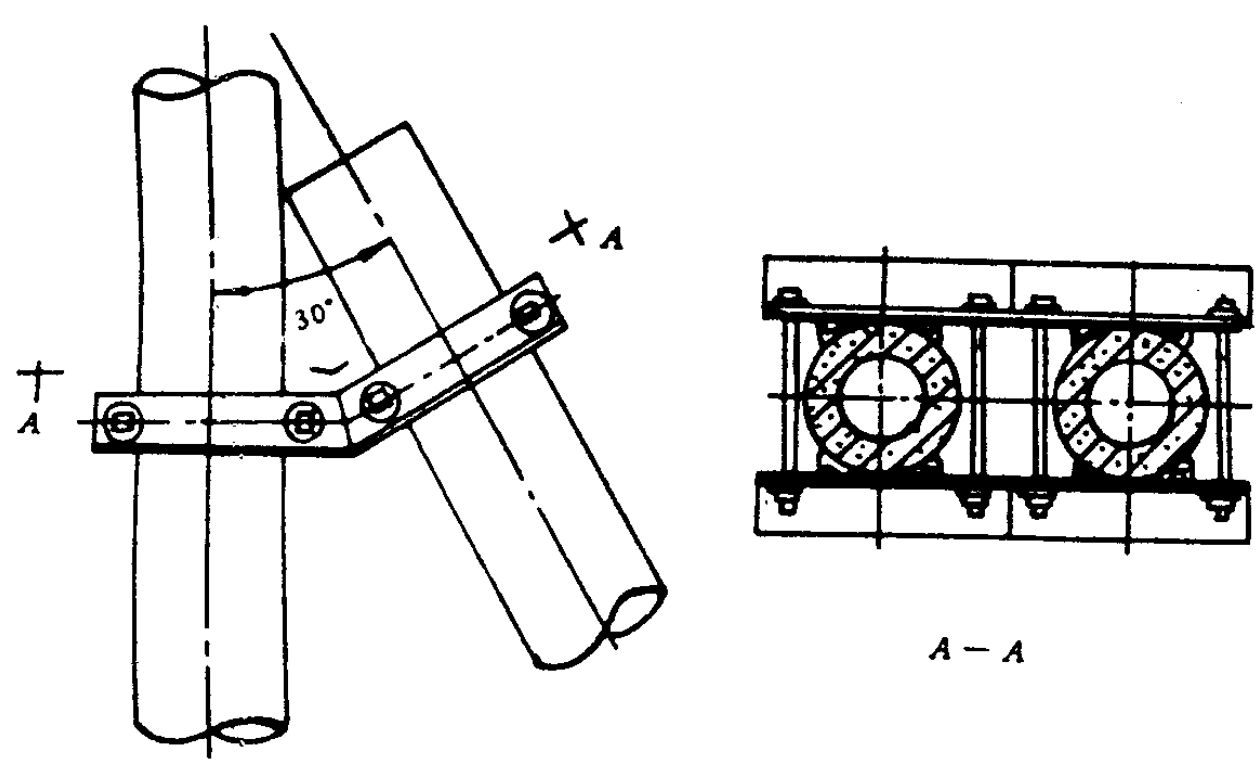


图3 -37 俯角撑杆组装图

钢筋混凝土电杆的撑杆安装时，撑杆的规格和高度，应根据电杆的高度、规格和受力情况来确定。撑杆与电杆间的夹角，应满足设计要求，允许偏差为  $\pm 5^\circ$ 。撑杆底部埋深不宜小于0.5m，且底部应垫以底盘或块石，并应和撑杆垂直。撑杆与电杆的结合，采用 63 ×63 ×6 的角钢制成的联板支架（两块）和 M16 ×210 ~270 的方头螺栓（4 根）固定。在角钢联板支架上要放上4 块特制的 M 型抱铁，使撑杆与电杆连接紧密、牢固。每根螺栓的两端都应垫上垫圈。如图3 -37 所示。

## 第七节 导线的架设

导线架设是架空配电线路施工的最后道工序，施工人员较多，又在一个较长距离的施工现场同时作业，有时还要通过一些交叉跨越物。因此，在施工中，所有参加施工人员必须听从统一指挥，紧密配合。

导线架设通常包括放线、导线连接、紧线、弛度观测以及导线在绝缘子上的固定等



内容。

## 一、放线

导线根据放线计划运到施工现场以后，即需将导线沿线路展开，并挂入每根电杆上的放线滑轮内。导线若有断头或损伤等，必须加以修补和连接，以备紧线。

### （一）放线前的准备工作

- 1. 查勘沿线情况，包括所有的交叉跨越情况，应先期制订各个交叉跨越处放线的具体措施，并分别与有关部门取得联系；清除放线通路上可能损伤导线的障碍物，或采取可靠的防护措施，避免擦伤导线；在通过能腐蚀导线的土壤和积水地区时，亦应有保护措施。
- 2. 全面检查电杆是否已经校正，有无倾斜或缺件，需纠正补齐。
- 3. 对于跨越铁路、公路、通讯线路及不能停电的电力线路，应在放线前搭设跨越架，其材料可用直径不小于70mm 的毛竹或圆木，埋深一般为0.5m，用麻绳或铁线绑扎。为加强跨越架的稳定性，在架顶上应安装拉线，龙门式跨越架见图3-38。跨越架与被跨越物的安全距离见表3-17。
- 4. 将线盘平稳地放在放线架上，要注意出钱端应从线盘上面引出，对准前方拖线方向。对于放线人员的组织，应作好全面安排，下述每个工作岗位，均须事前指定专人负责，并于施工前明确交代任务。

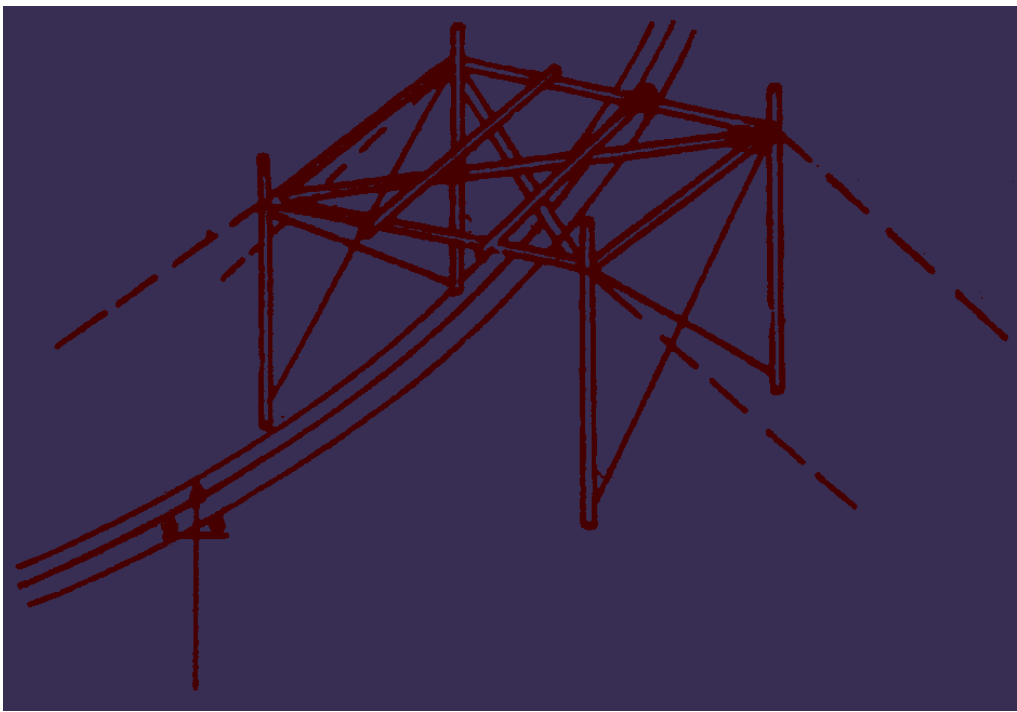


图3-38 跨越架

表3 -17  跨越架与被跨越物的安全距离（m）

被跨越物	铁路	公路	35KV 线路	10KV 线路	低压线	通讯线
最小垂直距离（m）	7	6	1.5	1	1	1
最小水平距离（m）	3 ~3.5	0.5	3 ~3.5	1.5 ~2	0.5	0.5

- ①）每只线盘的看管人和拖放导线时的邻队负责人；
- ②）每根电杆的登杆人；
- ③）各重要交叉跨越处或跨越架处的监视人；
- ④）沿线通讯负责人；
- ⑤）沿线检查障碍物的负责人；

5．确定通讯联系信号并通知所有参加施工人员。

（二）放线

目前导线的展放仍大多采用人力拖放，此法不用牵引设备及大量牵引钢绳，方法简便。但其缺点是需耗用大量劳动力，有时线路通过农田损坏农作物面积较大。拖放人员的安排应根据实际情况，一般平地上按每人平均负重30kg，山地上为20kg。

放线时，将导线端头弯成小环，并用线绑扎，然后将牵引棕绳（或麻绳）穿过小环与导线绑在一起，拖拉牵引绳，陆续放出导线。为防止磨伤导线，可在每根电杆的横担上装一只开口滑轮，当导线拖拉至电杆处时，将导线提起嵌入滑轮，继续拖拉导线前进。所用滑轮的直径应不小于导线直径的10 倍。铝绞线和钢芯铝绞线应采用铝滑轮或木滑轮；钢绞线则可采用铁滑轮，也可用木滑轮。在不损伤导线的情况下，也可将导线沿线路拖放在地面上，再由工作人员登上电杆，将导线用麻绳提到横担上，分别摆好。

在放线过程中，要有专人沿线查看，放线架处也应有专人看守，若发现导线有磨损、散股、断股、扭曲、金钩断头等情况应立即停止放线，加以处理，如果不能及时处理，则应标出显著标记，如缠绕红布条等，以备专门处理。

一般情况，导线在同一处损伤，且符合下列情况时，    单股损伤深度小于直径的1/2。    钢芯铝绞线、钢芯铝合金绞线损伤截面积小于导电部分截面积的5%，且强度损失小于4%。    单金属绞线损伤截面积小于4%。应将损伤处棱角与毛刺用0 号砂纸磨光，可不作修补。当导线在同一处损伤超过以上规定时，需进行修补。导线补修处理标准参见表3 -18。

表3 -18 导线损伤补修处理标准

导线类别	损伤情况	处理方法
铝绞线	导线在同一处损伤程度已超过可不作修补的规定，但因损伤导致强度损失不超过总拉断力的5 %时	以缠绕或修补预绞丝修理
铝合金绞线	导线在同一处损伤程度损失超过总拉断力的5 %，但不超过17 %时	以补修管补修
钢芯铝绞线	导线在同一处损伤程度已超过可不作修补的规定，但因损伤导致强度损失不超过总拉断力的5 %，且截面积损伤又不超过导电部分总截面积的7 %时	以缠绕或修补预绞丝修理
钢芯铝合金绞线	导线在同一处损伤的强度损失已超过总拉断力的5 %，但不足17 %，且截面积损伤也不超过导电部分总截面积的25 %时	以补修管补修

当导线在同一处损伤程度超过表3 -18 中以补修管补修的规定时；或钢芯铝绞线的钢芯断一股；或导线出现灯笼的直径超过导线直径的1.5 倍而又无法修复；或出现金钩、破股已形成无法修复的永久变形等情况时，均应将损伤部分全部割去，重新以直线接线管连接。

在整个放线过程中，速度不宜太快，用力应一致，亦不宜忽快忽慢，避免出现松股、扭折和金勾。为避免浪费导线，导线展放长度不宜过长，一般应比档距长度增加2~3 %。还应注意，放线和紧线要尽可能在当天连续进行至紧线结束。若放线当天来不及紧线时，可使导线承受适当的张力，保持导线的最低点脱离地面3m 以上，但必须检查各交叉跨越处，以不妨碍通电、通讯、通航、通车为原则，然后使导线两端稳妥固定。

二、导线连接

导线由于受到制造长度的限制，有时不能满足线路长度的要求，也有时存在破损或断股现象。这样在架线时，就必须对导线进行必要的连接和修补。

（一）导线连接的一般规定和要求

对于新建线路，应尽量避免导线在档距内接头，特别是在线路跨越档内更不准有接头。当接头不可避免时，同一档距内，同一根导线上的接头，不得超过一个，且导线接头的位置与导线固定点的距离应大于0.5m。不同金属、不同规格、不同绞向的导线严禁在档距内连接，必须连接时，只能在杆上跳线（跨接线、弓子线）内用并沟线夹或绑扎连接。

配电线路中跳线之间连接或分支线与主干线的连接，当采用并沟线夹时，其线夹数量一般不少于2个；采用绑扎连接时，其绑扎长度应不小于表3-19之数值。需连接的两导线截面不同时，其绑扎长度应以小截面为准。连接时需做到接触紧密、均匀、无硬弯；跳线应呈均匀弧度。所用绑线，应选用与导线同金属的单股线，其直径不应小于2.0mm。

表3-19 跳线绑扎长度值

导线截面 (mm <sup>2</sup> )	绑扎长度 (mm)
LJ -35 及以上	150
LJ -50	200
LJ -70	250

（二）导线的钳压连接

钳压连接是将两根导线穿入连接管内加压，借着管与线股间的握着力，使两根导线牢靠地连接起来。这种方法适用于铝绞线、钢芯铝绞线和铜绞线。

1. 钳压接工具和材料

（1）压接钳。常使用的压接钳为YT-1型，是利用双勾紧线器原理制造的，如图3-39所示。这种压接钳结构新颖、轻便灵活，适用于压接型号为LJ-25~185及LGJ-35~240mm<sup>2</sup>导线的连接管。

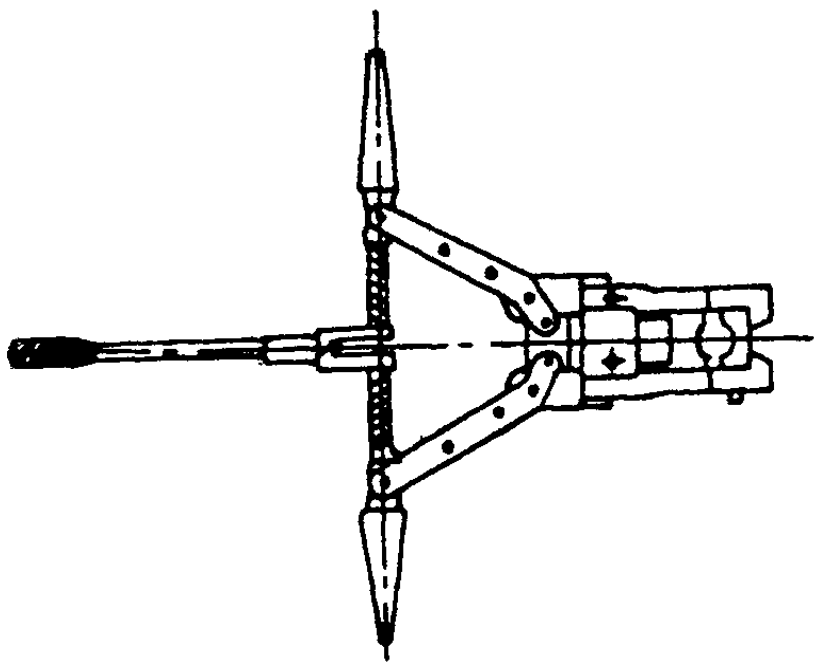


图3 -39 YT -1 型压接钳

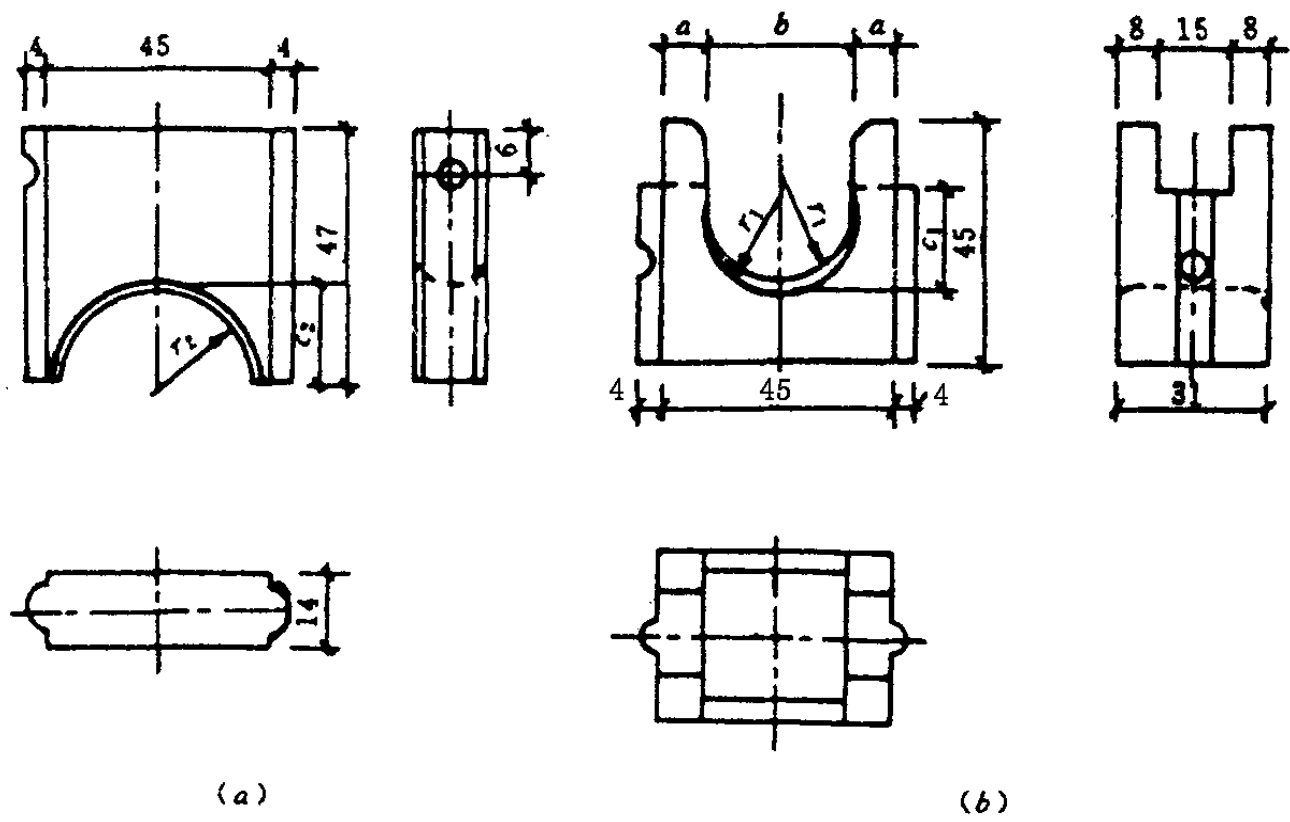


图3 -40 钢模  
(a) 上模 (b) 下模

②) 钢模。安装在YT -1 型压接钳内用于钳压导线连接管的钢模，如图3 -40 所示。根据各种导线规格配合的钢模尺寸见表3 -20。

表3 -20 钳压导线用压膜的规模

压模型号	导线型号	上模 (mm)		下模 (mm)			
		r <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>	r <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	a	b
QML -16	LJ -16	6.0	4.0	5.2	5.0	17.15	10.7
-25	-25	6.8	5.5	6.0	5.5	16.5	12.0
-35	-35	7.5	6.5	6.65	6.0	15.85	13.3
-50	-50	8.2	7.0	7.45	7.5	15.05	14.9
-70	-70	9.0	8.0	8.25	9.5	14.25	16.5
-95	-95	10.0	9.0	9.15	12.0	13.25	18.3
-120	-120	11.0	10.0	10.25	14.0	12.25	20.5
-150	-150	12.0	11.0	11.25	17.0	11.25	22.5
-185	185	13.0	12.0	12.25	19.5	10.25	24.5
QMLG -35	LGJ -35	8.5	7.0	7.35	8.5	15.15	14.7
-50	-50	9.5	8.0	8.3	10.5	14.2	16.6
-70	-70	10.5	10.0	9.6	13.0	12.9	19.2
-95	-95	12.0	11.0	11.0	16.0	11.5	22.0
-120	-120	13.5	12.0	12.45	19.0	10.05	24.9
-150	-150	14.5	13.0	13.45	21.0	9.05	26.9
-185	-185	15.5	14.0	14.75	22.0	7.75	29.5
-240	-240	17.5	16.0	16.5	25.0	6.0	33.0

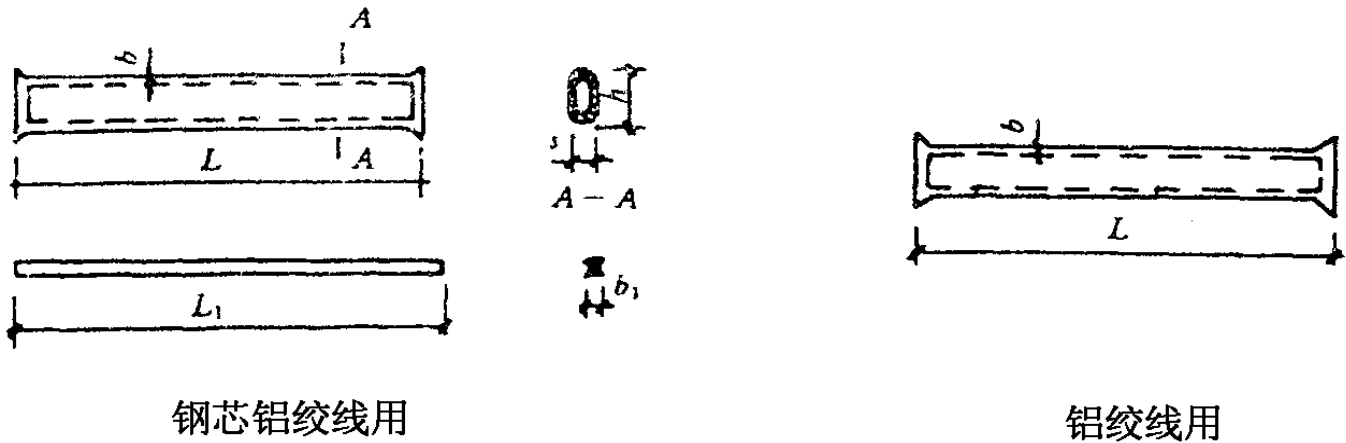


图3 -41 连接管

③）连接管。供铝绞线及钢较线使用的连接管是用与导线相同的材料制成的；供钢芯铝绞线使用的连接管，是用与铝线相同的材料制成的，连接管中附有衬垫，且置于重叠的两线端之间。连接管的形状及规格参见图3 -41 和表3 -21、表3 -22。

④）钢丝刷。清刷连接管用的圆柱形钢丝刷和清刷导线用的平板形钢丝刷，其钢丝直径均为0.2~0.3mm。

⑤）细铁钎、汽油、棉纱、中性凡士林、防锈漆等。

2．压接前净化

导线在压接前，均必须顺进行净化工作，其作法如下：

①）先用细铁纤裹纱头蘸汽油将连接管洗净，若已预先清洗，则应用纱头封堵连接管两端，再带到现场使用。

表3 -21 铝绞线用连接管规格

型号	适用铝绞线		主要尺寸 (mm)			
	截面 (mm <sup>2</sup> )	外径 (mm)	S	H	b	L
QL -16	16	5.1	6.0	12.0	1.7	110
-25	25	6.4	7.2	14.0	1.7	120
-35	35	7.5	8.5	17.0	1.7	140
-50	50	9.0	10.0	20.0	1.7	190
-70	70	10.7	11.6	23.2	1.7	210
-95	95	12.4	13.4	26.8	1.7	280
-120	120	14.0	15.0	30.0	2.0	300
-150	150	15.8	17.0	34.0	2.0	320
-180	185	17.0	19.0	38.0	2.0	340

表3 -22 钢芯铝绞线用连接管规格

型号	适用钢芯铝绞线		连接管各部尺寸 (mm)				衬垫尺寸 (mm)	
	截面 (mm <sup>2</sup> )	外径 (mm)	S	H	b	L	b <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>
QLG -35	35	8.4	9.0	19.0	2.1	340	8.0	350
-50	50	9.6	10.5	22.0	2.3	420	8.5	430
-70	70	11.4	12.5	26.0	2.6	500	11.5	510
-95	95	13.7	15.0	31.0	2.6	690	14.0	700
-120	120	15.2	17.0	35.0	3.1	910	15.0	920
-150	150	17.0	19.0	39.0	3.1	940	17.5	950
-185	185	19.0	21.0	43.0	3.4	1040	19.5	1060
-240	240	21.6	23.5	48.0	3.9	540	22.0	550

②) 用钢丝刷刷去导线连接部分表面的污垢，再用汽油擦洗揩干（擦洗长度为连接部分的1.25 倍），然后涂抹一层中性凡士林（近年来在一些地区已推广使用电力复合脂代替凡士林涂料），再用钢丝刷轻刷一次。

③) 将净化好的导线从两端塞入已净化的连接管中，两端露出20mm 以上；导线端头应用绑线绑扎。

3 . 压接

压接前应检查：连接管规格应与导线规格一致；连接管应平直、无裂纹毛刺；连接管上应划出钳压印记；钢模规格与导线规格一致，并用内卡钳检查钢模间距，应比规定压接深度略小0.5 ~1.0mm ，若过小或超过，应用调整螺栓调整到规定值。

检查符合要求后，即可放进钢模内，自第一模开始，按顺序钳压。每模压下后，应停留半分钟。铝绞线压接顺序是从一端开始，依次向另一端上下交错钳压。钢芯铝绞线则从中间开始，依次先向一端交错钳压，完后再从中间向另一端顺序下下交错钳压，见图3 -42 。压口数及压口尺寸见表3 -23 。

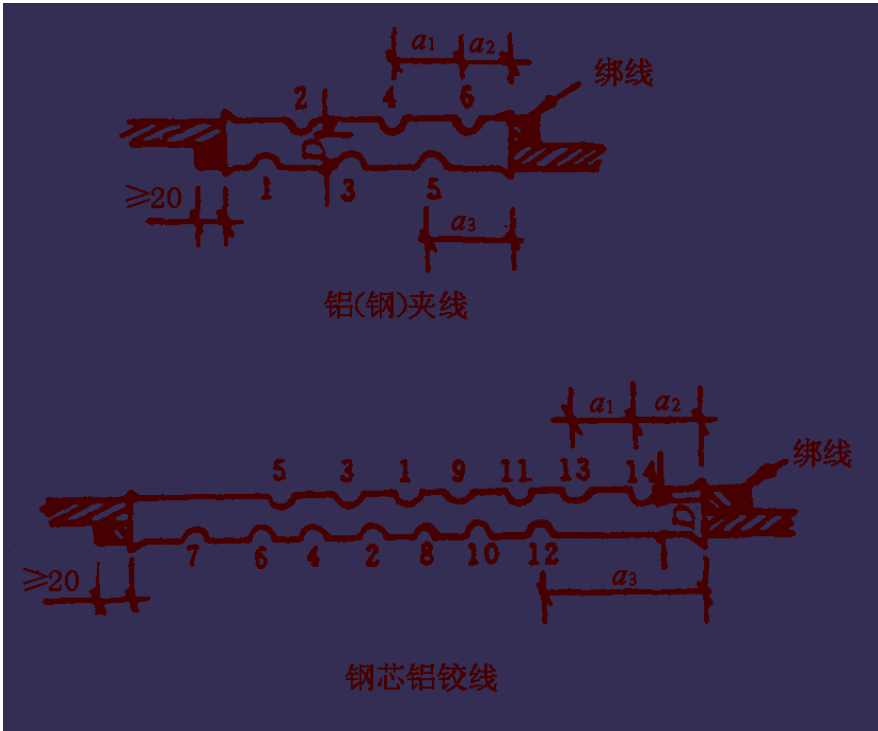


图3 -42 导线钳压接

压接后导线端头露出长度不应小于20mm ，导线端头绑线应保留。连接管弯曲度不应大于管长的2 % ；有明显弯曲时应校直；但应注意连接管不应有裂纹，管两端附近的导线不应有灯笼、抽筋等现象。最后将连接管两端出口处、合缝处及外露部分涂刷电力复合脂。压后尺寸的允许误差，铝绞线钳接为  $\pm 1.0\text{mm}$  ；钢芯铝绞线钳接管为  $\pm 0.5\text{mm}$  。



表3 -23 导线钳压压口数及压后尺寸

导线型号		钳压部位尺寸 (mm)			压后尺寸 D (mm)	压口数
		a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>		
钢芯 铝芯 绞	LGJ -16 /3	28	14	28	12 5	12
	-25 /4	32	15	31	14 5	14
	-35 /6	34	42 5	93 5	17 5	14
	-50 /8	38	48 5	105 5	20 5	16
	-70 /10	46	54 5	123 5	25 0	16
	-95 /20	54	61 5	142 5	29 0	20
	-120 /20	62	67 ,5	160 5	33 0	24
	-150 /90	64	70	166	36 0	24
	-185 /25	66	74 5	173 5	39 0	26
铝 绞 钱	LJ -16	28	20	34	10 5	6
	-25	32	20	36	12 5	6
	-35	36	25	43	14 0	6
	-50	40	25	45	16 5	8
	LJ -70	44	28	50	19 5	8
	-95	48	32	56	23 0	10
	-120	52	33	59	26 0	10
	-150	56	34	62	30 0	10
	-185	60	35	65	33 5	10

(三) 导线爆炸压接

爆炸压接的原理是利用炸药爆炸瞬间所产生的高压气体，压向连接管，使其产生塑性变形，从而牢固地使导线连接起来。此种方法比较适用于野外，能加快施工速度。

1．爆炸压接所用材料

- (1) 炸药。常用炸药为普通的岩石2 # 硝铵炸药，若炸药存放过期或受潮结块，则不能使用。
- (2) 爆压管。可使用钳压接管或用定型的爆压管。
- (3) 雷管。通常可使用8 # 纸壳工业雷管或电雷管。
- (4) 导火线。应使用正常燃速为每分钟180 ~210cm，或缓燃速为每分钟100 ~

120cm 的导火线。导火线不得有破损、曲折和沾有油脂及涂料不均等现象。使用电雷管时改用绝缘电线。

⑤ 黄板纸（马粪纸）。卷药包用，纸厚0.35~1.0mm，可按药包要求规格粘成纸筒备用。

⑥ 净化导线用的汽油、纱头以及火柴、干电池（使用电雷管时用）、橡皮膏（封药包盖用）等。

2. 制作药包

制作药包时，先用木模粘糊黄板纸做成较坚固的药包外壳，要求误差不应超过±1mm，如图3-43，尺寸见表3-24。

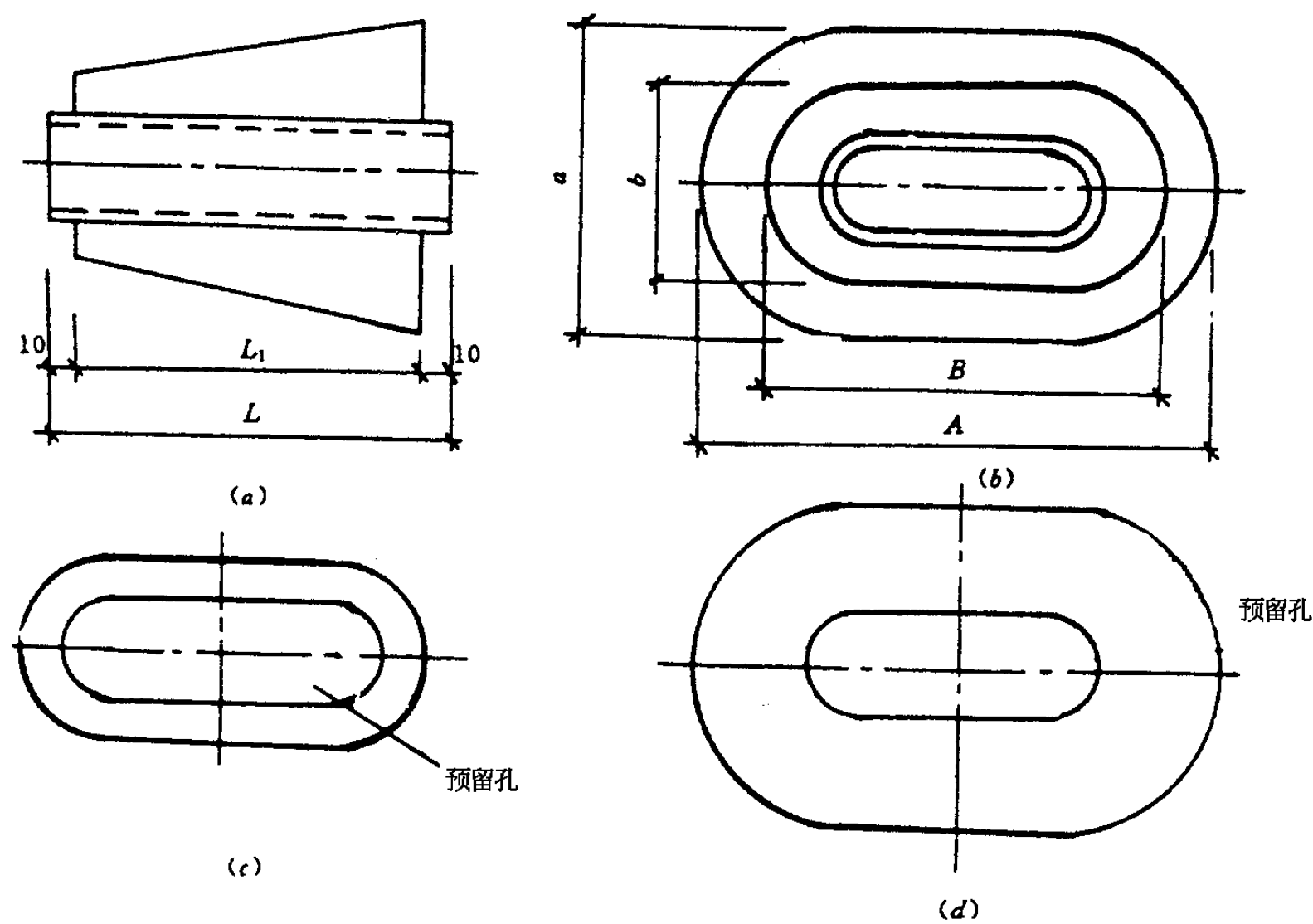


图3-43 爆炸压接用药包

(a) 正视图 (b) 侧视图 (c) 小封盖 (d) 大封盖

再用横板纸做一个小封盖，粘糊在锥形外壳筒的小头；把爆压管从小封盖的预留孔穿入锥形外壳筒内，两端各露出10mm；将锥形外壳大头朝上立起，把炸药装入爆压管与外壳筒的中间，装药时要边装边捣实，边用手轻轻敲打外壳筒，使其成为椭圆形。必须保证爆压管位于外壳筒的中心，并应防止炸药进入爆压管内。

炸药装满后，把用黄板纸做成的大封盖粘糊在外壳筒的大头上，药包就做成了。制作好的药包应坚固成形，接缝结实，形状尺寸准确，其误差一般不超过规定值的±1mm。

表3 -24 爆炸压接用药包尺寸

连接管 型号	适用导线 型号	连接管规格 (mm ) <div>短内径 长内径</div> × 壁厚 × 长度	药包尺寸 (mm ) <div><math>\frac{b}{B}</math> × L × <math>\frac{a}{A}</math></div>	药药量 (g )
QLG -50	LGJ -50	$\frac{10.5}{22}$ ×2.3 ×120	$\frac{25}{37}$ ×100 × $\frac{35}{47}$	85 ±8
QLG -70	LGJ -70	$\frac{12.5}{26}$ ×2.6 ×150	$\frac{27}{41}$ ×130 × $\frac{37}{51}$	115 ±8
QLG -95	LGJ -95	$\frac{15}{31}$ ×2.6 ×220	$\frac{30}{46}$ ×200 × $\frac{40}{56}$	180 ±8
QLG -120	LGJ -120	$\frac{17}{35}$ ×3.1 ×230	$\frac{35}{55}$ ×200 × $\frac{45}{65}$	185 ±8
QLG -150	LGJ -150	$\frac{19}{39}$ ×3.1 ×230	35 /55 ×200 × $\frac{45}{65}$	190 ±10
QLG -185	LGJ -185	$\frac{21}{43}$ ×3.4 ×250	$\frac{38}{60}$ ×230 × $\frac{48}{70}$	260 ±10
QLG -240	LGJ -240	$\frac{23.5}{48}$ ×3.9 ×270	$\frac{41}{65}$ ×250 × $\frac{51}{75}$	280 ±10

3．起爆压接

将制作好的药包运到施工现场后，在穿线前应先清除连接管内的杂物、灰尘及水分等；把需连接的导线调直，并从连接管两端分别穿入管内，导线端头应露出连接管20mm。导线端头要用绑线绑紧，防止松散。导线连接部分表面的泥垢、油污均应清洗干净，清洗长度为连接部分的2倍，清洗后应用洁净的白布揩干。

将已穿好导线的炸药包，绑在1.5m高的支架上，使其在穿中起爆。支架要牢固，防止爆炸时被冲击而倾例。因药包爆炸时振动较大，故绑扎在支架上的导线要适当留有“跳动”的余地，否则线管可能发生弯曲。为防止爆炸时损伤导线，靠近炸药包100mm处的导线，应用破布包缠。

将已连好导火线的雷管插进药包大头端部约10mm深度，并做好点燃准备。导火线的长度，应在点燃后足以使点火人员离开20~30m以外，一般可取150~200mm。若为电雷管，通电起爆人员必须与安装雷管人员为同一人。

现场指挥人员全面检查无误后，即可进行起爆。

4．爆炸压接质量要求

在爆炸压接前，必须做几个试件（不少于3个）进行拉力和电阻等质量检查试验，若有一个试件不合格，即认为不合格；在查明原因后再次试验，但此次试件不得少小5个，试件制作条件应与施工条件相同。

爆炸压接后，若有严重烧伤、明显鼓肚、过大缩径等现象，以及有未爆部分的，应割掉重新进行压接；当爆压管横内裂纹总长超过爆压管周长 $1/8$ 时，或爆压管表面烧伤面积超过20%，深度超过1.5mm时，也应锯断重爆；靠近爆压管两端的导线，不应有严重烧伤及由其它原因造成的损伤。

接头机械强度不得低于原导线强度的90%，其电阻值不应大于等长导线的电阻值。

5. 安全注意事项

- (1) 进行爆炸压接的人员必须熟悉放炮知识。
- (2) 起爆点四周应无碎石，在15m 以内无怕震的建筑物。
- (3) 所有人员应严格遵守现场的制度，未得到现场指挥员的命令不得起爆。
- (4) 领用炸药、雷管等不得转变他人擅自销毁，任意抛弃。领用电雷管应把雷管的两脚线短接，并用胶布包扎，以防误触电源发生爆炸。在闪电和打雷时禁止装药、安雷管及连接电线。
- (5) 雷管应放在专用的木箱内，严禁放在衣袋里；雷管和炸药不应同车运输，以免摇动、撞动而引起爆炸。
- (6) 要慎尊处理瞎炮。

(四) 塑—B 炸药爆压法

塑—B 型炸药比硝铵炸药有所改进，不需要黄板纸制作的装药纸筒，形式象塑料垫，其主要成分是未纯化太恩 (75%)、半硫化乳胶 (20%) 及强化剂四氧化铅 (5%)，混合烘制成的一种炸药，厚度5mm。使用时只要用刀切割所需尺寸 (不准用剪刀)，将切下的药片用黑胶木紧紧包贴在连接管外面。

穿引导线及净化手续、引爆装置等，基本与一般爆炸压接相同。压接钢芯铝绞线一般使用塑—B 炸药一层。药包装置方式见图3 -44。

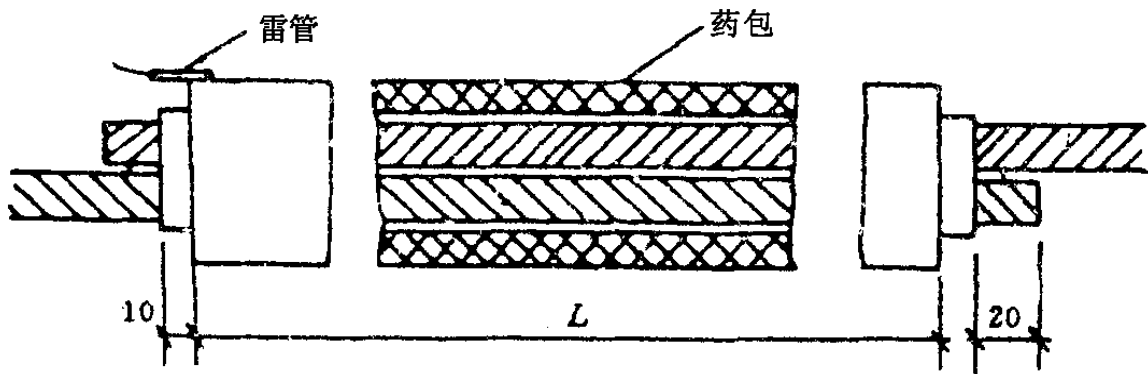


图3 -44 塑—B 型炸药爆压装置方式

三、紧线和弛度观测

架空配电线路的紧线工作和弛度的观测同时进行。紧线方法通常采用单线法、双线法或三线法。单线法是一线一紧，所用紧线时间较长，但它使用最普遍。双线法是两根线同时一次收紧，施工中常用于同时收紧两根边导线。三线法是3 根线同时一次收紧，如图3 -45 所示。

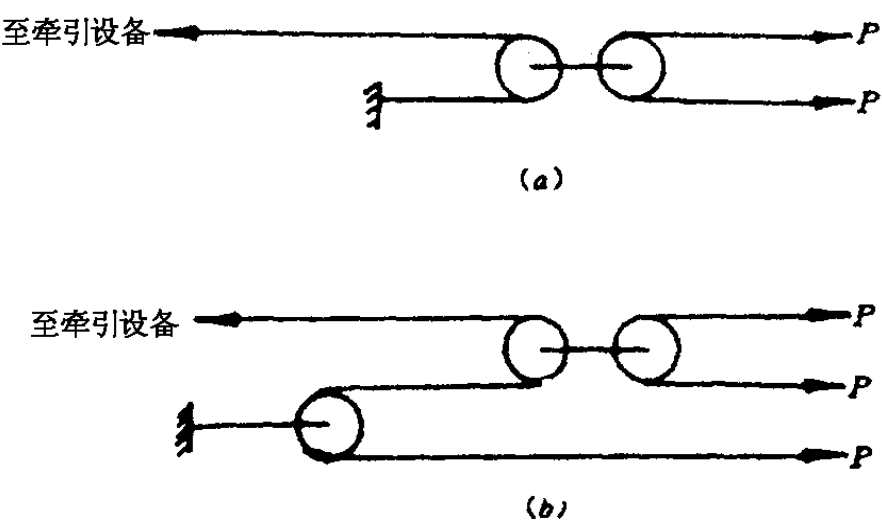


图3 -45 紧线方式

(a) 两根导线同时收紧 (b) 3 根导线同时收紧

紧线通常在一个耐张段进行。紧线前应先做好耐张杆、转角杆和终端杆的拉线。大档距线路应验算耐张杆强度，以确定是否增设临时拉线。临时拉线可拴在横担的两端，以防止紧线时横担发生偏转。待紧完导线并固定好之后，再将临时拉线拆除。

紧线时首先将导线一端固定在紧线固定端耐张杆的耐张线夹中或蝶式绝缘子上。在耐张段操作端，先用人力直接或通过滑轮组牵引导线，待导线脱离地面2 ~3m 后，再用紧线器夹住导线进行紧线。所用紧线器通常为三角紧线器，如图3 -46 所示。采用这种三角紧线器紧线时，只需向前推动后面的拉环，当中夹线部分即可张开，夹入导线后，拉紧拉环和钢绳，会越拉越紧。使用中装拆均较灵活方便。

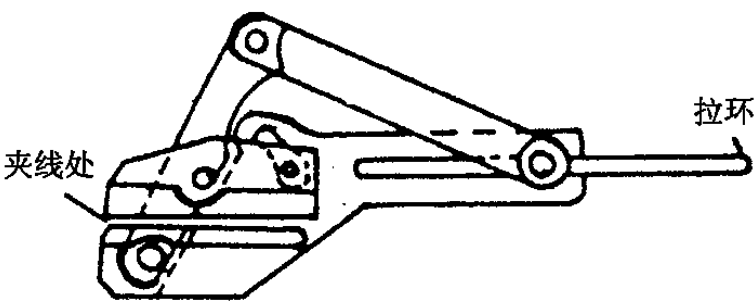


图3 -46 三角紧线器示意图

紧线顺序一般是先紧中导线，后紧两边导线。紧线时，每根电杆上都应有人，以便及时松动导线，使导线接头能顺利越过滑轮和绝缘子。紧线应有统一的指挥，并规定明确的松紧信号。当导线收紧接近弛度要求值时，应减慢牵引速度，待达到弛度要求值后，即停止牵引，待半分钟至一分钟无变化时，才可在操作杆上进行划印。在操作杆上划印时，习惯上是从紧线钢线绳量至挂耐张绝缘子串用的球头挂环的球头中心。划印后，由电杆上的施工人员在高空将导线卡入耐张线夹，然后将导线挂上电杆，最后松去紧线器。此种操作方法因导线不需再松下落地，通称一次紧线法。若在空中划印后，再将导线放松落地，由地面人员根据印记卡好线，再次紧线，将耐张线夹与绝缘子串（先挂好）连接起来，松去紧线器，此法称二次紧线。

弛度的观测和紧线同时配合时行。弛度的大小应根据设计给出的曲线表查出，不可随意增大或减小。若弛度过小，说明导线承受了过大的张力，降低了安全系数。若气温再降低时，可能会因为导线过紧而发生断线事故。若弛度过大，导线对地距离必须减小，若气温继续升高，对地距离将更为减小而影响安全运行，甚至产生放电，同时导线与导线之间也极易产生相间闪络造成事故。因此，施工时必须正确观测弛度。

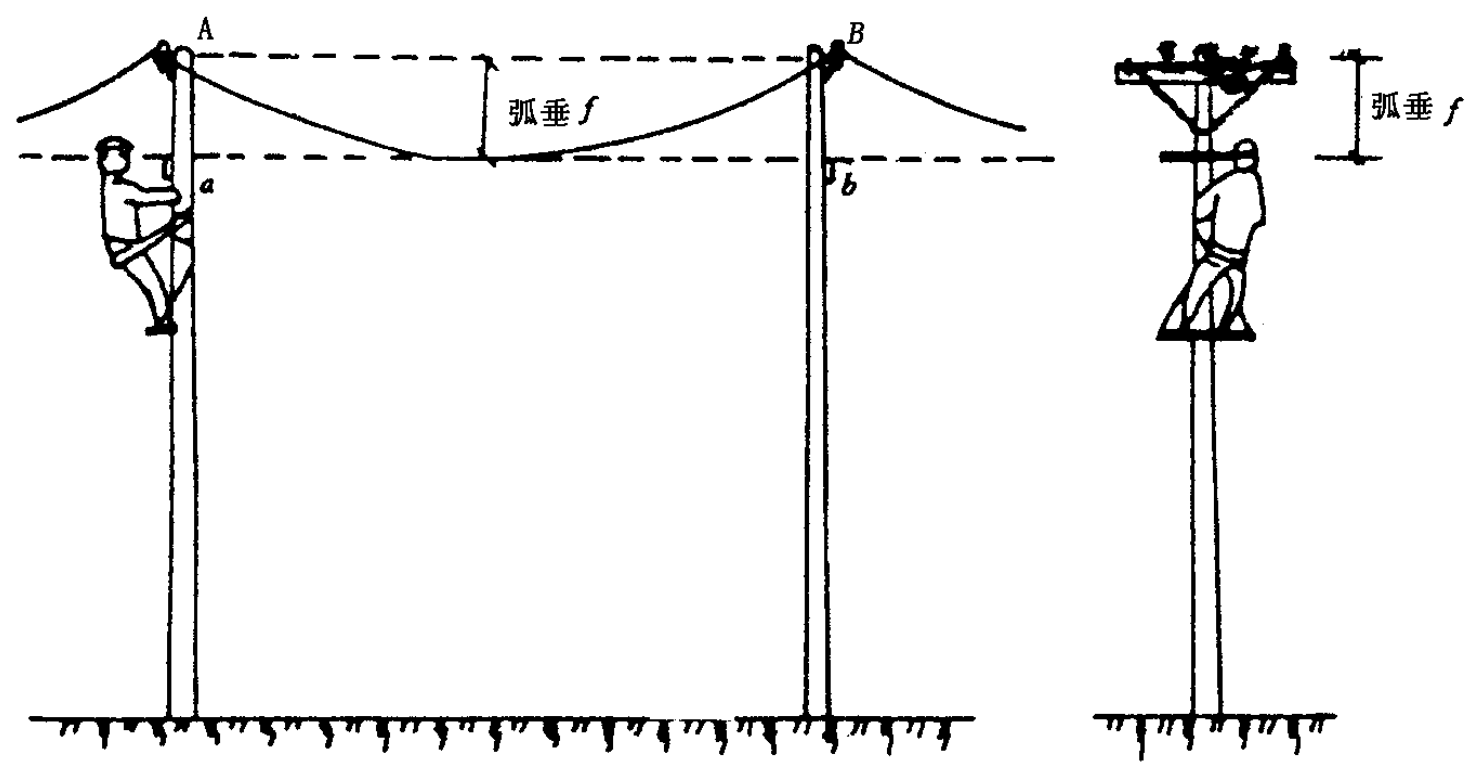


图3 -47 用等长法观测弛度示意图

观测弛度应选取耐张段中同代表档距（耐张段中最小应力档距）相接近的实际档距作为观测档。当一个耐张段内采用一个观测档时，紧线时可先使观测档的弛度略小于规定值，然后放松导线使弛度略大于规定值，如此反复一、二次后，再收紧导线使弛度值稳定在规定值。若在耐张段内采用几个观测档观测弛度时，应首先使距离紧线操作杆最远的一个观测档的弛度达到规定值，此时靠近操作杆的一个观测档必然发生过紧情况，应放松导线，同时观测该档弛度，使之达到要求值。但此时远方观测档又有可能发生松

弛情况，应反复调整，直至各观测档弛度稳定在规定值。

施工中最常用的观测弛度的方法为平行四边形法，即等长法，如图3 -47 所示。将弛度测量尺挂在观测档两端A、B 电杆上导线悬挂点位置，将横尺（横观测板）定位于弛度数值f 的a、b 处，进行紧线操作并观测弛度，当导线最低点稳定在a、b 两点连线上时，弛度即达到规定值f。

在两杆导线悬挂点高低差不大的情况下，采用等长法观测弛度比较精确；若悬挂点高差较大，宜采用异长法观测弛度。只是采用此法比等长法多一步计算手续。见图3 -48。将弛度测量尺挂在观测档A、B 两杆的导线悬点位置，选择一适当的a 值，根据式  $6 = (2.5 - a)^2$  算出b 值。将弛度测量尺上的横尺分别定位于A、B 处。再用等长法相同的观测方式，使导线最低点稳定在A、B 的连接线上，此时弛度即达到规定值f。

10KV 及以下架空配电线路导线紧好后，其弛度的误差不应超过设计弛度的  $\pm 5\%$ ，同一档距内各相导线弛度宜一致，水平排列的导线，弛度相差不应大于50mm。

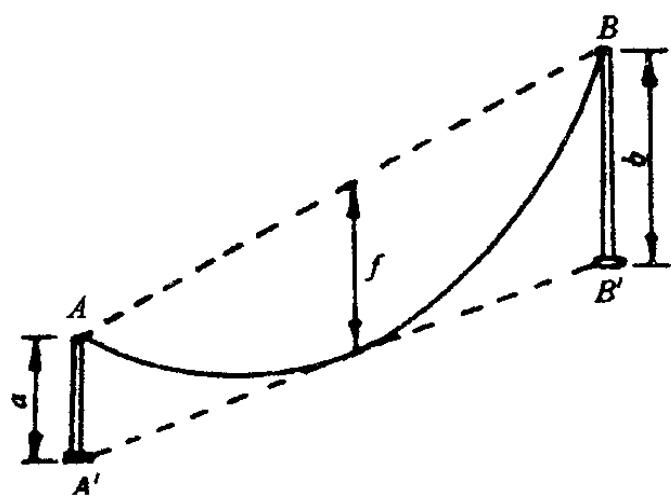


图3 -48 5 异长法观测  
弛度示意图

## 四、导线在绝缘子上的固定

导线在绝缘子上的固定方法，通常有顶绑法、侧绑法、终端绑扎法和用耐张线夹固定法。导线在直线杆针式绝缘子上的固定多采用顶绑法，如图3 -49 所示。导线在转角杆针式绝缘子上的固不要用侧绑法，有时由于针绝缘子顶槽太浅，在直线杆上也可采用侧绑法，其绑扎方法如图3 -50 所示。蝶式绝缘子的绑扎方法如图3 -51 所示。此种方法用于终端杆、耐张杆及耐张型转角杆上。但当这些电杆全部使用悬式绝缘子串时，则应采用耐张线夹固定导线与之配合。耐张线夹固定导线如图3 -52 所示。

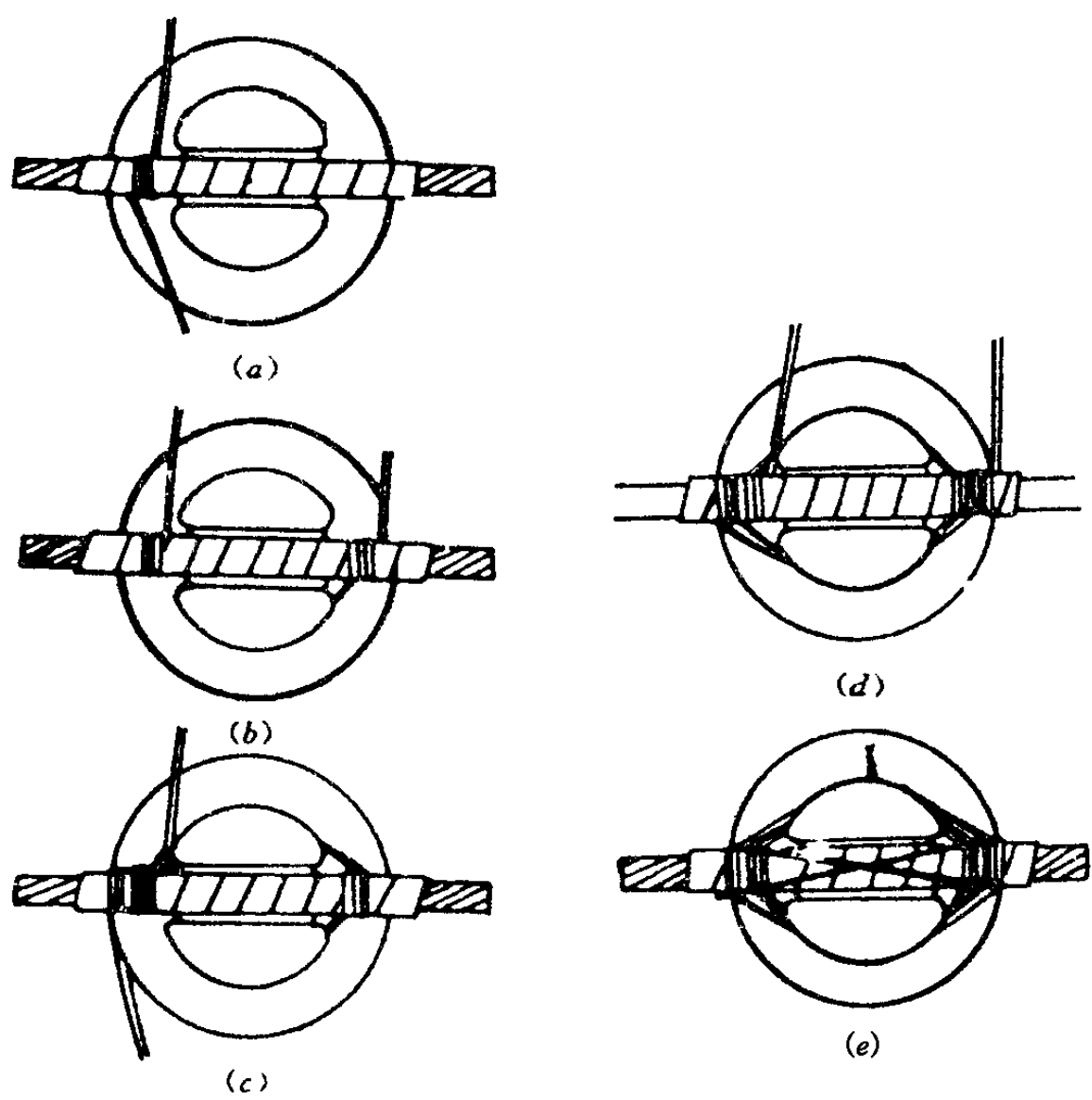


图3 -49 顶绑法

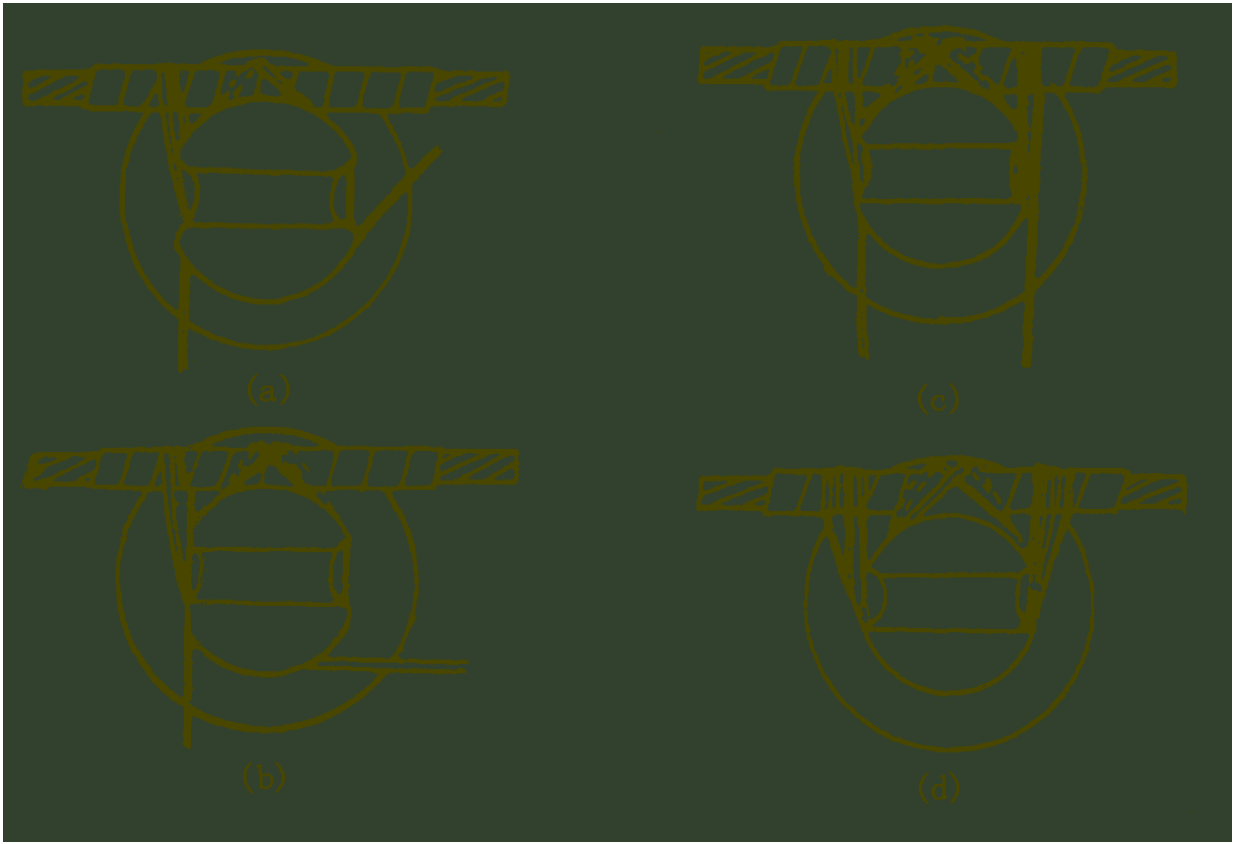


图3 -50 侧绑法



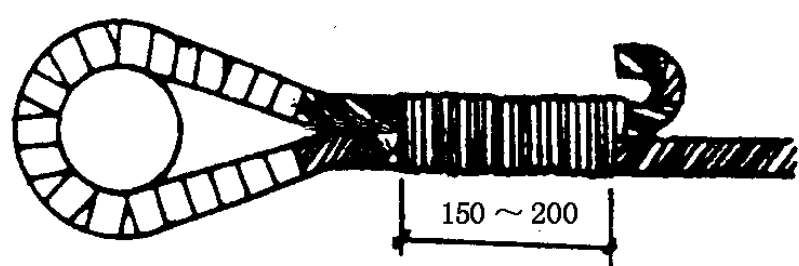


图3 -51 蝶式绝缘子绑扎

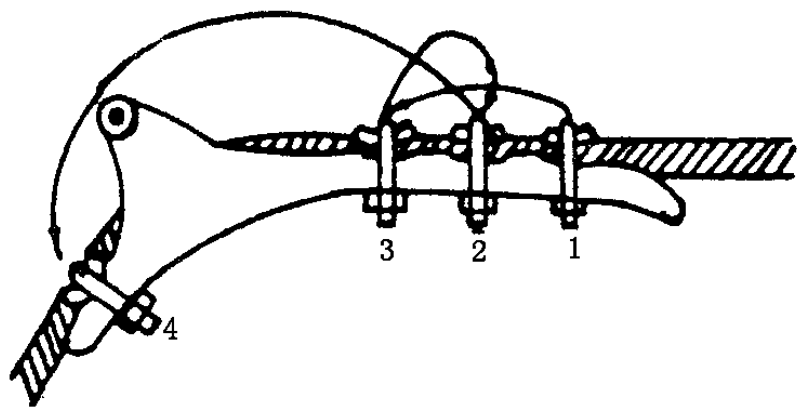


图3 -52 耐张线夹固定导线

导线的固定应牢固、可靠；绑扎时应在导线的绑扎处（或固定处）包缠铝包带，一般铝包带宽为10mm，厚为1mm，包缠应紧密无缝隙，但不应相互重叠（铝包带在导线弯曲的外侧允许有些空隙。）包缠长度应超出绑扎部分20—30mm。所用绑线应为与裸导线材料相同的裸绑线；当导线为绝缘导线时，应使用带包皮的绑线。绑所时应注意不应损伤导线和绑线，绑扎后不应使导线过分弯曲，绑线在绝缘子颈槽内不得互相挤压。

## 第八节 杆上电器设备安装

在架空配电线路施工中，我们经常会碰到变压器及开关设备等在电杆上的安装。本节着重介绍这些设备在电杆上安装的要求，对设备本身的调整试验等将放在第六章作详细介绍。

### 一、杆上变压器及变压器台安装

#### 1. 杆上变压器台的结构型式

杆上变压器台视变压器容量大小，有单杆变压器台和双杆变压器台。根据变压器台在线路中的位置，又可分为终端式（位于高压线路的终端）和通过式（位于高压线路中，高压线通过变压器台）两种，见图3 -52 和图3 -53。从图上看，两种结构型式基本相同，只是终端式应在线路反方向设置位线，高压线采用悬式绝缘子；通过式则不需拉线，高压线用针式绝缘子固定。

#### 2. 杆上变压器及变压器台安装要求

杆上变压器台一般适用于负荷较小的场所，变压器容量小，且可深入负荷中心，因此，可减少电压损失和线路功率损耗。但变压器台应避免在转角杆、分支杆等杆顶结构

比较复杂的电杆上装设，同时也应尽量避开车辆和行人较多的场所。一般应考虑装设在便于安装、检修及容易装设地线的地方。

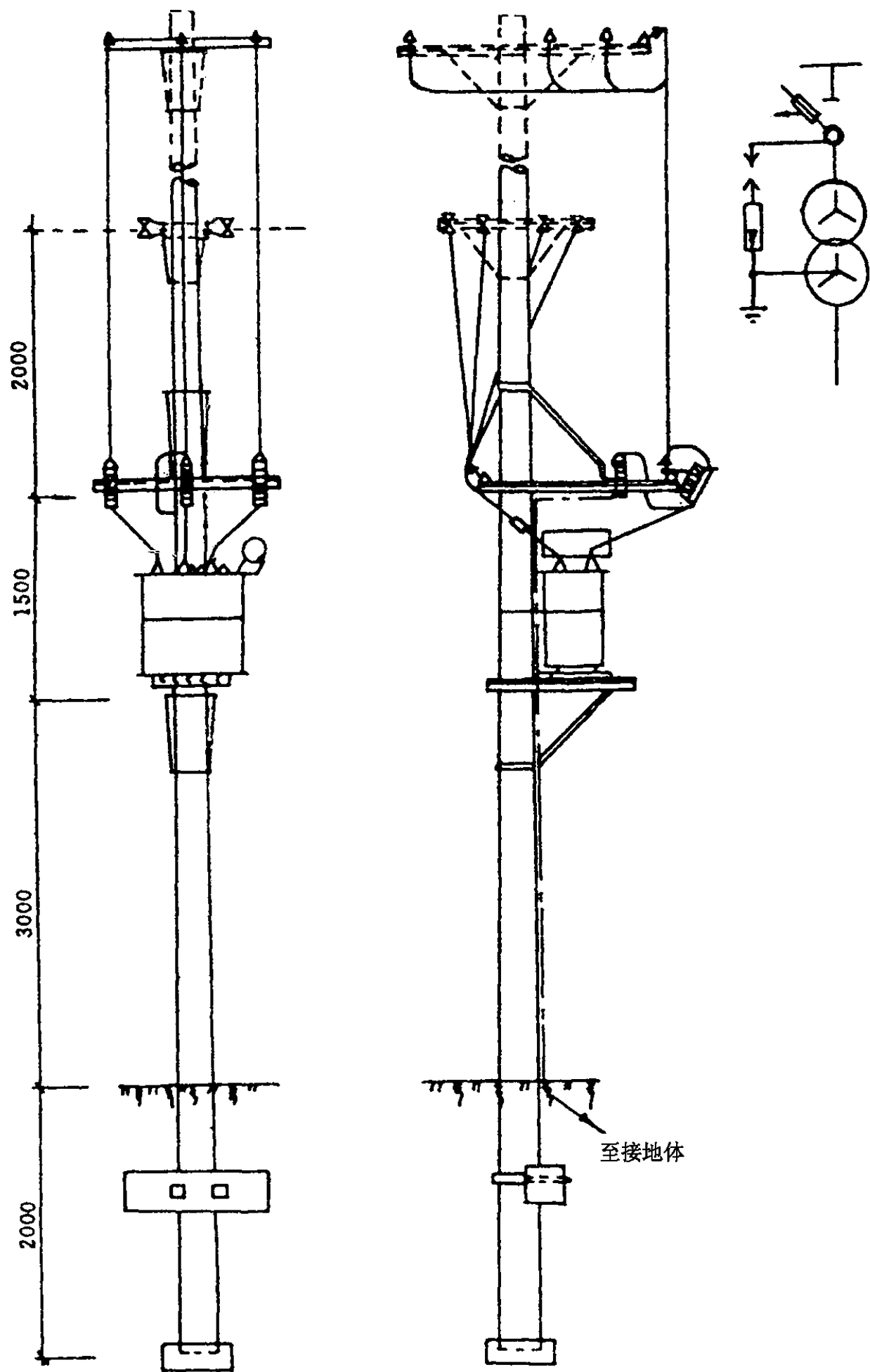


图3 -52 单杆变压器台结构

变压器台架安装应平整牢固，对地距离不应小于2.50 -3mm，水平倾斜不应大于台架根开的1/100。变压器安装在台架上，其中心线应与台架中心线相重合，并与台架有

可靠的固定；单杆台安装的变压器，其中心应尽量靠近电杆侧。变压器一、二次引线应排列整齐，绑扎牢固；变压器安装后套管表面应光洁，不应有裂纹、破损等现象；套管压线螺栓等部件应齐全，且应安装牢固；油枕油位正常，外壳干净。

变压器外壳应可靠接地，接地电阻应符合规定。

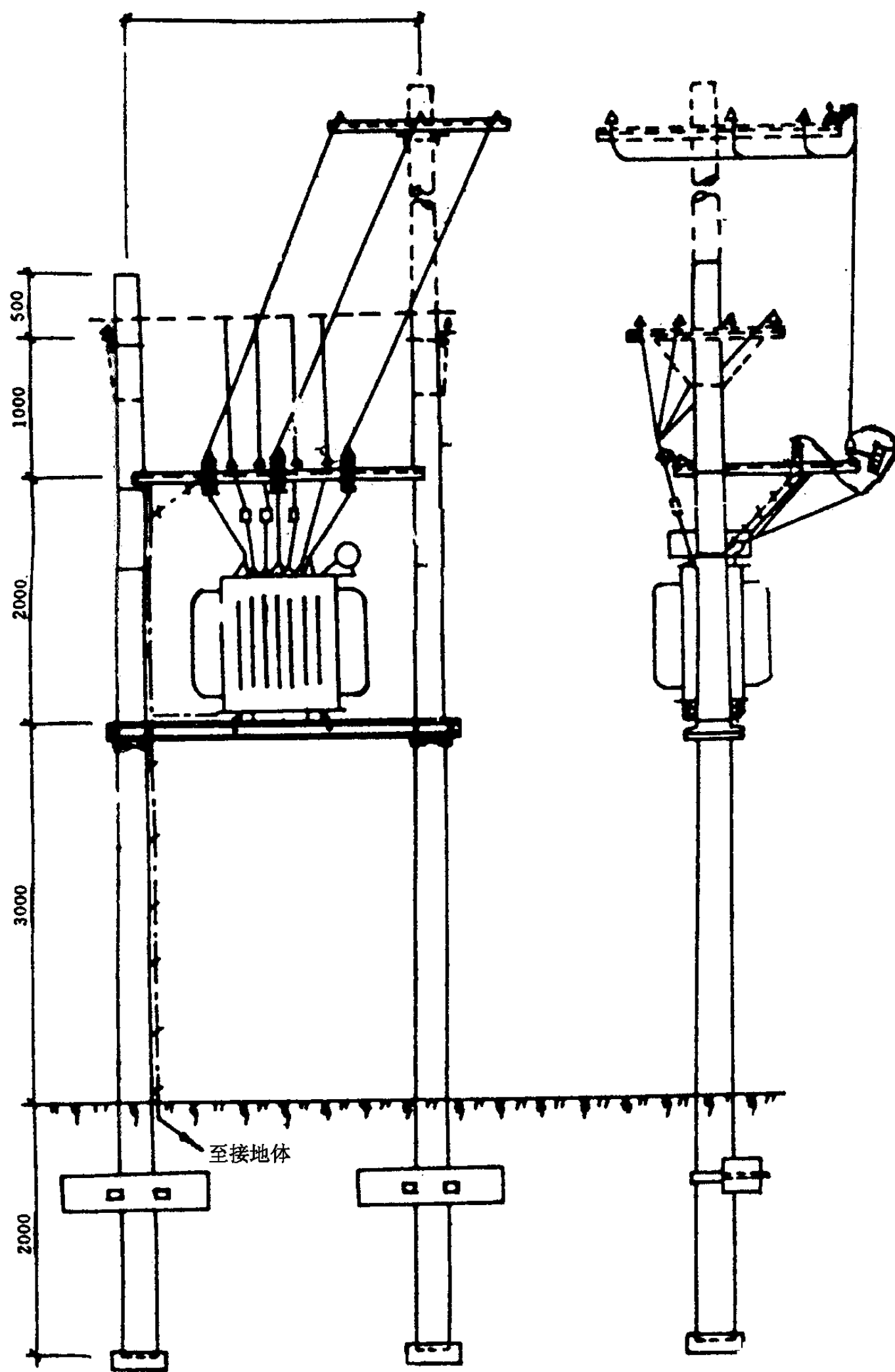


图3 -53 双杆变压器台结构

二、跌落式熔断器安装

跌落式熔断器又称跌落式开关。常用的有RW<sub>3</sub>-10 (G)、RW<sub>4</sub>-10 (G)、RW<sub>7</sub>-10 型等。熔断器由瓷绝缘子、接触导电系统和熔管等3 部分组成。图3 -54 即为RW<sub>3</sub>-10 (G) 型户外高压跌落式熔断器，其主要用于10KV、交流50Hz 的架空配电线路及电力变压器进线侧作短路和过负荷保护。在一定条件下可以分断与接通空载架空线路、空载变压器和小负荷电流。在正常工作时，熔丝使熔管上的活动关节锁紧，故熔管能在上触头的压力下处于合闸状态。当熔丝熔断时，在熔管内产生电弧，熔管内衬的消弧管在电弧作用下分解出大量气体，在电流过零时产生强烈的去游离作用而熄灭电弧。由于熔丝熔断，继而活动关节释放使熔管下垂，并在上下触头的弹力和熔管自重的作用下迅速跌落，形成明显的分断间隙。

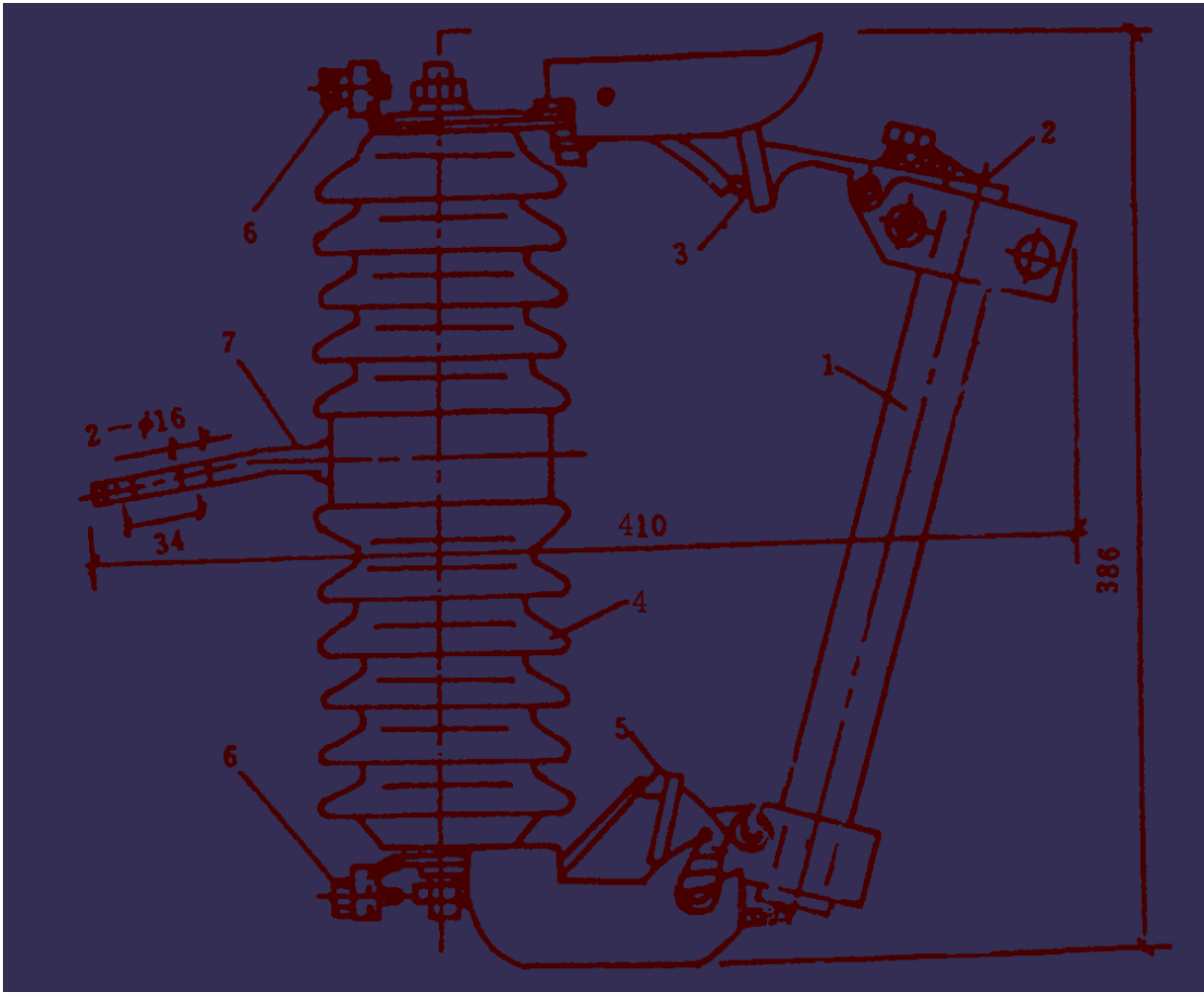


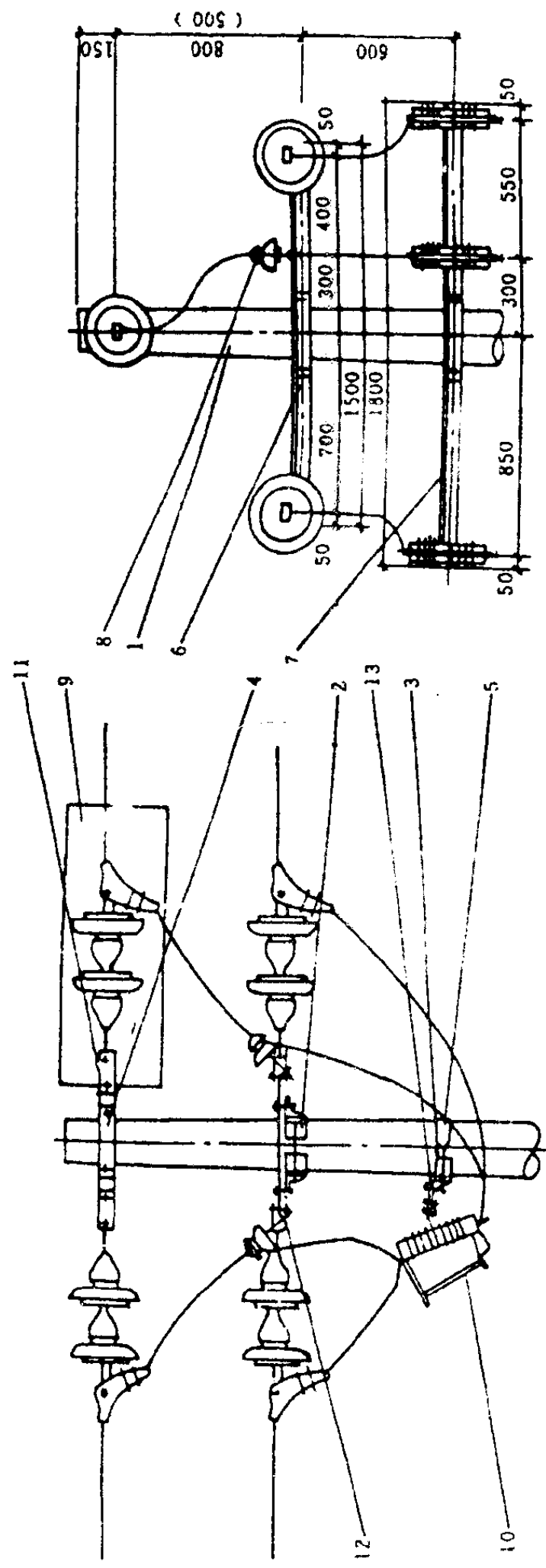
图3 -54 RW<sub>3</sub>—10 (G) 型跌落式熔断器外形

- 1 - 熔管 2 - 熔丝元件 3 - 上触头 4 - 绝缘瓷套管  
5 - 下触头 6 - 端部螺栓 7 - 紧固板

跌落式熔断器的操作比较简单，拉闸时只要用绝缘杆顶一下鸭嘴形触头，熔丝管即可跌落下来。合闸时，用绝缘杆伸入环内将熔丝管合入鸭嘴触头卡住即可。

跌落式熔断器在安装前应检查瓷件是否良好，熔丝管是否有吸潮膨胀或弯曲现象。

各接触点是否光滑、平正，接触是否严密。熔丝管两端与固定支架两端接触部分是否对正，如有歪扭现象应调正。各部分零件完整，固定螺丝没有松动现象，接触点的弹力适当，弹性的大小以保证接触时不断熔丝为宜，转动部分要灵活，合熔丝管时上触头应有一定的压缩行程。熔丝应无弯折、压扁、碰伤，熔丝与铜引线的压接不应有松脱现象。



明 细 表

序号	名 称	规 格	单 位	数 量
1	电 杆	φ150 φ170 φ190	根	1
2	M 形 抱 铁	I II	个	2
3	M 形 抱 铁	I(II) II(III) III(IV)	个	1
4	拉线及中导线抱帮(—)	I <sub>1</sub> II <sub>2</sub> III <sub>3</sub>	副	1
5	U 形抱箱	I <sub>1</sub> (I <sub>2</sub> ) I <sub>2</sub> (I <sub>3</sub> ) I <sub>3</sub> (I <sub>4</sub> )	个	1
6	横 担	个 1		
7	跌落式熔断器固定横担		根	1
8	针 式 绝 缘 子	P—15(10)T	个	2
9	耐张绝缘子串		串	6
10	跌落式熔断器	RW <sub>4</sub> —10(6)	个	3
11	拉 板		块	2
12	针式绝缘子固定支架		副	2
13	跌落式熔断器固定支架		副	3

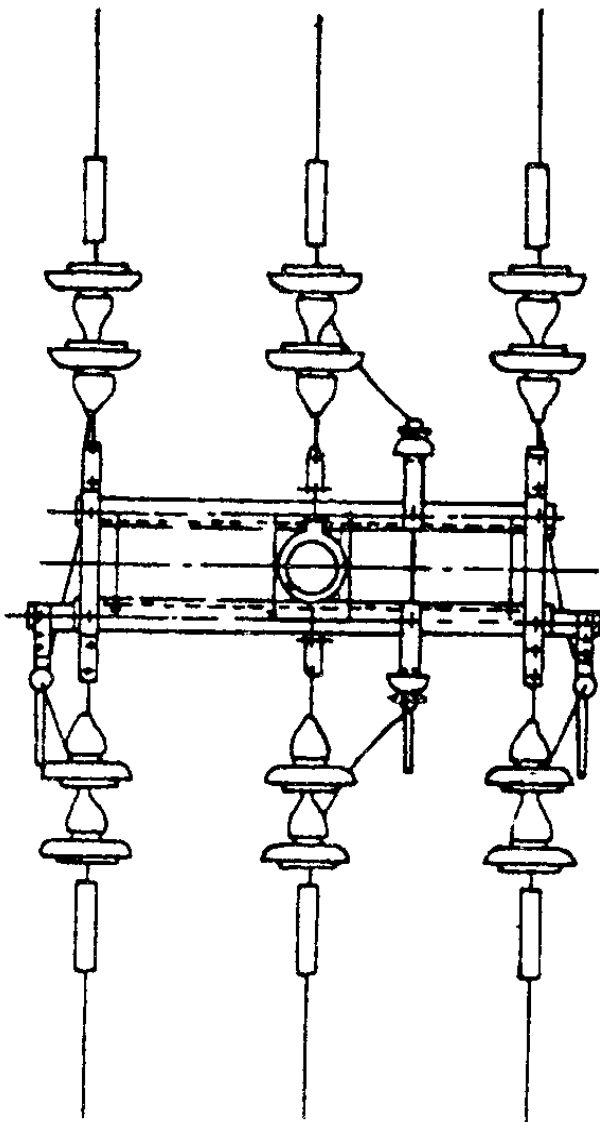
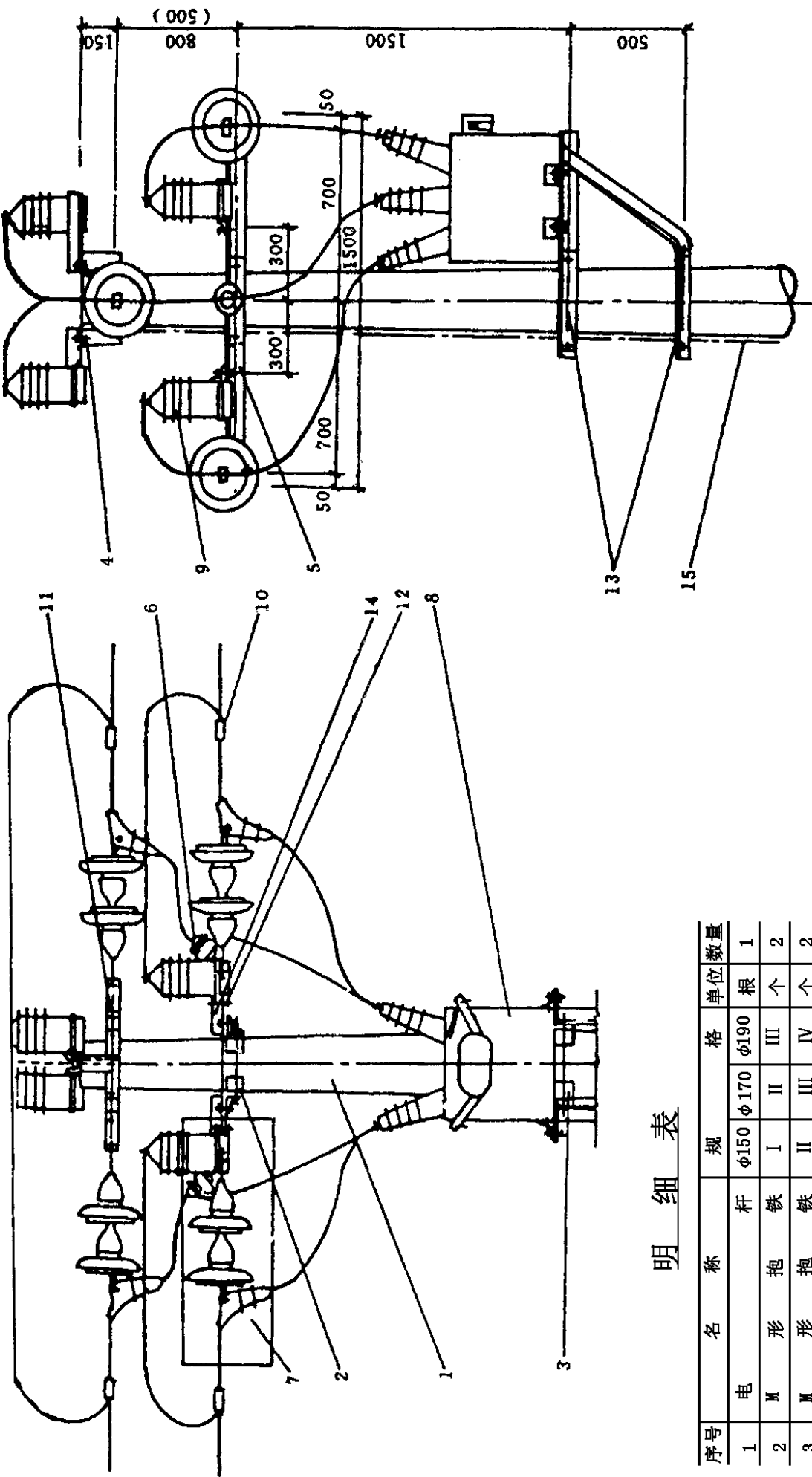


图 3-55 跌落式熔断器杆顶安装图

跌落式熔断器通常是利用铁板和螺丝固定在角钢横担上，如图3 -55 所示。其安装高度应便于地面操作，一般可为4 -5m ；安装之后熔管轴线与地面垂线的夹角为15 - 30°，且应排列整齐、高低一致，水平相间距离不得小于500mm。熔断器本身各部分零件完整，转轴应光滑灵活，铸件不应有裂纹、砂眼、锈蚀。在变压器台架上的安装可参照图3 -52 和图3 -53。但不论是单杆台或双杆台，都应安装在靠近变压器高压侧的开关横担上。装好熔丝合上后，刀口与刀片的间隙应塞小进0.5mm 的塞尺，并应能经得住一般振动而不致误动作。



明 细 表

序号	名 称	规 格	单 位	数 量
1	电 杆	φ150 φ170 φ190	根	1
2	Ⅲ 形 抱 铁	I II III	个	2
3	Ⅲ 形 抱 铁	II III IV	个	2
4	杆顶支座抱箍(二)	I II III	副	1
5	横 担		副	1
6	针 式 绝 缘 子	P-15(10)T	个	2
7	耐 张 绝 缘 子		串	6
8	柱上油浸式负荷开关	FW2-10G	台	1
	柱上油断路器	DW7-10		
9	避 雷 器	FS4-10(6)	个	6
10	并 沟 线 夹	B 型	个	6
11	拉 板		块	2
12	针式绝缘子固定支架		副	2
13	开关安装支架		副	1
14	避雷器固定支架		副	6
15	接 地 装 置		处	1

图 3-56 杆上油开关安装

### 三、杆上油开关安装

杆上油开关的安装多采用托架形式 (DW5 -10 型为悬挂式安装)，在电杆导线横担下面装设双横担，将油开关装在双横担上并固定牢靠，如图3 -56 所示。托架安装应平整，以保证安装好的油开关水平倾斜不大于托架长度的1 /100，且油开关安装应牢固可靠。油开关引线与架空导线的连接应采用并沟线夹或绑扎。采用绑扎时，其绑扎长度不应小于150mm，且绑扎应紧密，开关外壳应妥善接地。

油开关在安装前应进行电气性能试验和外观检查。油开关套管应完整无损，没有裂纹、烧伤、松动和油污等现象；触头接触严密，操作机构灵活；分合闸位置指示正确可靠。油箱无渗油现象。

关于其它设备的安装，如负荷开关、隔离开关、避雷器等的安装，都可参照国家标准图集和现行规范进行。

## 第九节 接 户 线

接户线是指从架空线路电杆上引到建筑物电源进户点前第一支持点的一段架空导线。按其电压等级可分为低压接户线和高压接户线。

### 一、低压接户线

低压接户线一般应从靠近建筑物而又便于引线的一根电杆上引下来，但从电杆到建筑物上导线第一支持点间的距离不宜大于25m。否则不宜直接引入，应增设接户线杆。低压接户线一般宜采用绝缘导线，导线的架设应符合下列规定：

1．低压架空接户线的线间距离，在设计未作规定时，自电杆上引下者，不应小于200mm；沿墙敷设者为150mm。安装后，在最大弛度情况下对路面中心垂直距离不应小于下列规定：通车街道为6m；通车困难的街道、人行道、胡同（里、弄、巷）为3.5m；进户点的对地距离不应小于2.5m。

2．接户线不宜跨越建筑物，如必须跨越时，在最大弛度情况下，对建筑物的垂直距离不应小于2.5m；当与建筑物有关部分接近时，亦应保持在规定的范围之内。一般接户线与上方窗户或阳台的垂直距离不小于800mm；与下方窗户的垂直距离不小于300mm；与下方阳台的垂直距离不应小于2500mm；与窗户或阳台的水平距离不应小于

750mm；与墙壁、构架的距离不应小于50mm。

3．低压架空接户线不应从1 -10KV 引下线间穿过。当与弱电线路交叉时，其交叉距离不应小于下列数值；在弱电线路上方时，垂直距离为600mm；在弱电线路下方时，垂直距离为300mm。

4．低压架空接户线在电杆上和进户处均应牢固地绑扎在绝缘子上，以避免松动脱落。绝缘子应安装在支架上或横担上，支架或横担应装设牢固，并能承受接户线的全部拉力。导线截面在16mm<sup>2</sup>及以上时，应使用蝶式绝缘子。

接户线在进户处的装设，参见图3 -57。导线穿墙必须用套管保护，套管埋设应内高外低，以免雨水流入屋内。钢管可用防水弯头；管口应光滑，防止擦伤导线绝缘。

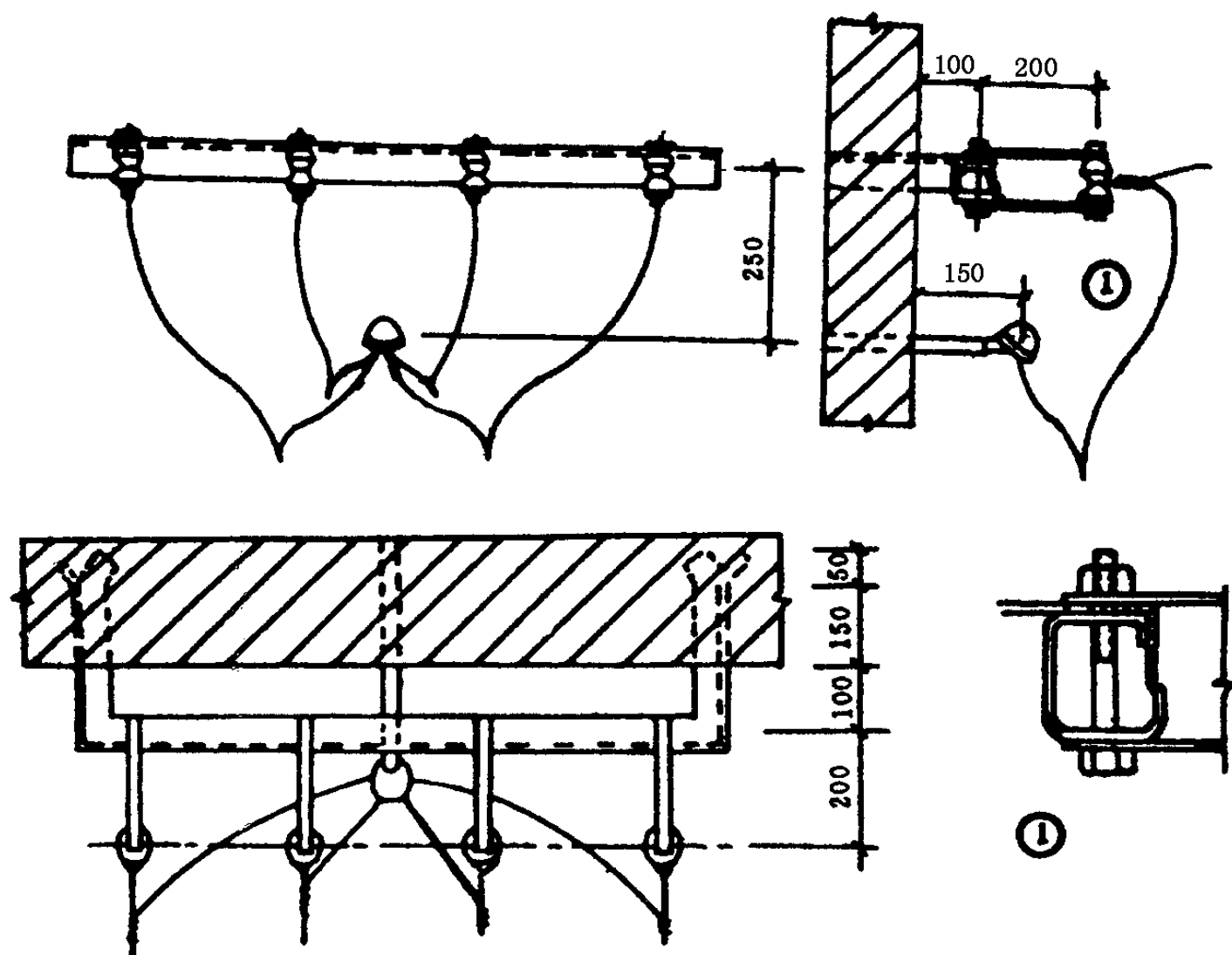


图3 -57 低压接户线安装做法

## 二、高压架空接户线

高压架空接户线安装要求应遵守高压架空配电线路架设的有关规定，在此应提出注意的有以下几点：

1．导线的固定。当导线截面较小时，一般可使用悬式绝缘子与蝶式绝缘子串联方式固定在建筑物的支持点上；当导线截面较大时，则应使用悬式绝缘子与耐张线夹串联



方式固定。

2．高压架空接户线使用裸绞线，其最小允许截面为：铜绞线为 $16\text{mm}^2$ ；铝绞线为 $25\text{mm}^2$ 。线间距离不应小于 $450\text{mm}$ 。

3．高压架空接户线在引入口处的最小对地距离不应小于 $4.0\text{m}$ 。导线引入室内必须采用穿墙套管而不能直接引入，以防导线与建筑物接触，造成触电伤人及发生接地故障。

## 第十节 工程竣工验收

线路架设完毕之后，在移交投入运行前，必须认真做好收尾工作。所谓收尾工作是指处理在线路架设过程中的所有遗留问题，做好工程验收的准备工作。架空配电线路工程的验收工作一般分为：隐蔽工程验收检查、中间验收检查和竣工验收检查。在验收检查的基础上再进行竣工试验。完全符号要求后即可办理交工手续。

### 一、隐蔽工程验收检查

所谓隐蔽工程是指在竣工后无法检查的工程部分。在架空线路工程中一般有以下项目：

- 1．基础坑深。包括电杆坑、拉线坑。
- 2．预制基础的埋设。钢筋混凝土底盘、卡盘、拉线盘的规格及安装位置。
- 3．导线连接管压接前的内、外径及长度，压接后的外径及长度，压接质量。
- 4．损伤导线的修补情况。

对于相位的检查，首先检查导线的分相排列是否正确。一般高压线路相序排列（面对负荷侧）从左至右为A、B、C。低压线路（面对负荷侧）从左至右为A、O、B、C。线路两端相位应一致。

### 二、竣工验收检查

架空线路工程竣工验收检查是在工程全部结束后进行的验收检查。其检查项目如下：

- 1．采用器材的型号、规格。
- 2．线路设备标志应齐全。

3. 电杆组立的各项误差。
4. 拉线的制作和安装。
5. 导线的弧垂、相间距离、对地距离、交叉跨越距离及对建筑物接近距离。
6. 电器设备外观应完整无缺损。
7. 相位正确、接地装置符合规定。
8. 沿线的障碍物、应砍伐的树及树枝等杂物应清除完毕。

### 三、竣工试验

工程验收检查合格后，应进行下列电气试验：

1. 线路绝缘电阻测定。1KV 以下线路绝缘电阻值应不小于0.5M $\Omega$ ；10KV 线路绝缘电阻值不作规定，但要求每个绝缘子的绝缘电阻值不小于300M $\Omega$ 。
2. 线路相位测定。各相两侧的相位应一致。
3. 冲击合闸试验（低压线路不要求）。在额定电压下对空载线路冲击合闸3次，合闸过程中线路绝缘子不应有损坏。

竣工验收检查完毕，完全符合要求后，即可办理交接手续，将规范规定所应提交的技术资料 and 文件全部移交使用单位。

第四章 室内管线安装技术

第一节 室内布线

一、导线截面资料

目前在民用建筑工程中增添了使用较广泛的各种线槽布线、电缆桥架布线和封闭式母线布线等新的布线方式。适用电压范围除电缆布线、电缆桥架布线及竖井布线中的电缆线路可应用在10kV 及以下线路外，其余布线均适用于500kV 以下电压。

1．按机械强度选择导线截面 按机械强度选择时，导线截面不得小于表4 -1 要求。

表4 -1 按机械强度选择导线截面

序号	导线敷设条件、方式及用途	导线最小截面 (mm <sup>2</sup> )		
		铜线	软铜线	铝线
1	架空线 :10kV 高压线	25	35	
	380V 低压线	16	25	
2	架空接户线 :10kV 高压线	25	35	
	380V 低压线	6	10	
3	室内：穿管绝缘线	1	1	2.5
	照明灯头线	0.8	0.5	2.5
	塑料护套线沿墙明敷设	1	-	2.5
	室外：照灯灯头线	1	1	2.5
4	室外：支点间距2m 及以下	1.5	-	2.5
	支点间距6m 及以下	2.5	-	4
	支点间距12m 及以下	2.5	-	6
5	电缆在沟内敷设、埋地、照明			
	10kV 高压	10	-	16 4
	380V 低压	2.5	-	

2．按载流量选择导线截面500V 绝缘导线长期连续运行允许载流量见表4 -2 至表4 -5。

表4 -2 BV 绝缘电线明敷及穿管持续载流量

环境境温度 ( )	30	35	40	30				35				40			
导线根数	1	Ⅰ	1	2 ~4	5 ~ 8	9 ~12	>12	2 ~ 4	5 ~ 8	9 ~12	>12	2 ~ 4	5 ~ 8	9 ~12	>12
标称截面 (mm <sup>2</sup> )	明敷载流量 (A )			导线穿管载流量 (A )											
1 5	23	22	20	13	9	8	7	12	9	7	6	11	8	7	6
2 5	31	29	27	17	13	11	10	16	12	10	9	15	11	9	8
4	41	39	36	24	18	15	13	22	17	14	12	21	15	13	11
6	53	50	46	31	23	19	17	29	21	18	16	30	20	16	15
10	74	69	64	44	33	28	25	41	31	26	23	38	29	24	21
16	99	93	86	60	45	38	34	57	42	35	32	52	39	32	29
25	132	124	115	83	62	52	47	77	57	48	43	70	53	44	39
35	161	151	140	103	77	64	58	96	72	60	54	88	66	55	49
50	201	189	175	127	95	79	71	117	88	73	66	108	81	67	60
70	259	243	225	165	123	103	92	152	114	95	85	140	105	87	78
95	316	297	275	207	155	129	116	192	144	120	108	176	132	110	99
120	374	351	325	245	184	153	138	226	170	141	127	208	156	130	117
150	426	400	370	288	216	180	162	265	199	166	149	244	183	152	137
185	495	464	430	335	251	209	188	309	232	193	174	284	213	177	159
240	592	556	515	396	297	247	222	366	275	229	206	336	252	210	189

注：额定电压0 .75kV ，导体工作温度70 。

表4 -3 BX 绝缘电线明敷及穿管持续载流量

环境境温度 ( )	30	35	40	30				35				40			
导线根数	1	Ⅰ	1	2 ~ 4	5 ~ 8	9 ~12	>12	2 ~ 4	5 ~ 8	9 ~12	>12	2 ~ 4	5 ~8	9 ~12	>12
标称截面 (mm <sup>2</sup> )	明敷载流量 (A )			导线穿管载流量 (A )											
1 5	24	22	20	13	9	8	7	12	9	7	6	11	8	7	6
2 5	31	28	26	17	13	11	10	16	12	10	9	15	11	9	8
4	41	38	35	23	17	14	13	21	16	13	12	20	15	12	11

续表

环境境温度 ( )	30	35	40	30				35				40			
导线根数	1	1	1	2 ~ 4	5 ~ 8	9 ~12	>12	2 ~ 4	5 ~ 8	9 ~12	>12	2 ~ 4	5 ~8	9 ~12	>12
标称截面 (mm <sup>2</sup> )	明敷载流量 (A )			导线穿管载流量 (A )											
6	53	49	45	29	22	18	16	28	21	17	15	25	19	16	15
10	73	68	62	43	32	27	24	40	40	25	22	37	27	23	20
16	98	90	83	58	44	36	33	53	55	33	30	49	37	31	28
25	130	120	110	80	60	50	45	73	68	46	40	68	51	42	38
35	165	153	140	99	74	62	56	91	84	57	51	84	63	52	47
50	201	185	170	122	92	76	69	112	108	70	63	104	78	65	58
70	254	234	215	155	116	97	87	144	114	90	81	132	99	82	74
95	313	289	265	198	149	124	111	193	144	120	108	168	126	105	94
120	366	338	310	231	173	144	130	213	160	133	120	196	147	122	110
150	419	387	355	269	201	168	151	248	186	155	139	228	171	142	128
185	484	447	410	311	233	194	175	287	215	179	161	264	198	165	148
240	584	540	495	373	279	233	209	344	258	215	193	316	237	197	177

表4 -4 橡胶绝缘电线空气中敷设长期负载下的载流量

标称截面 (mm <sup>2</sup> )	铝芯 (A )	铜芯 (A )	标称截面 (A )	铝芯 (mm <sup>2</sup> )	铜芯 (A )
1	-	19	50	165	210
1.5	-	24	70	210	270
2.5	24	32	95	258	330
4	32	43	120	310	410
6	40	56	150	360	470
10	58	80	185	420	550
16	80	105	240	510	670
25	105	140	300	600	770
35	130	170	400	730	940

注：电线型号为BLXF、BLX、BX、BXR、BBLX、BBX，线芯允许温度为65。

表4 -5 塑料绝缘电线空气中敷设长期负载下的载流量

标称截面 (mm <sup>2</sup> )	铝芯 (A )	铜芯 (A )	标称截面 (A )	铝芯 (mm <sup>2</sup> )	铜芯 (A )
1	-	20	50	175	230
1.5	-	25	70	225	290
2.5	26	34	95	270	350
4	34	45	120	330	430
6	44	57	150	380	500
10	62	85	185	450	580
16	85	110	240	540	710
25	110	150	300	630	820
35	140	180	400	770	1000

注：电线型号为BLV、BV、BVR、RVB、RVS、RFB、RFS，线芯容许温度为65。

二、导线的敷设

布线的敷设方式分为明敷及暗敷两种。两者是以线路在敷设以后，能否为人们用肉眼直接观察到而区分。布线方式的确定，主要取决于建筑物的环境特征。当几种布线方式同时能满足环境特征要求时，则应根据建筑物的性质、要求及用电设备的分布等因素综合考虑，决定合理的布线及敷设方式。

1．导线明敷设

导线直接（或者在管子、线槽等保护体内）敷设于墙壁、顶棚、地坪及楼板等内部，或者在混凝土板孔内敷线称为明敷设。一些老式的建筑物明敷设是采用瓷夹板、瓷瓶配线等。明敷设一般看得见、摸得着，容易检修。

2．导线暗敷设

敷设在墙内、地板内或建筑物顶棚内的布线称为暗敷。暗敷通常是先预埋管子，以后再向管内穿线。在不能进入的吊顶内穿管敷设属于隐蔽工程，但是套施工定额时是按明敷设，因为材料使用及安装做法是明敷设做法。

三、导线的接续方法

导线的接续不应该降低导线的机械强度，不增大导线的电阻和不降低导线的耐压水

平。为了导线的连接要保证一定的机械强度，金属导线拧紧以后再用绝缘导线缠紧，以保证绝缘良好。当多股绝缘导线的截面在 $10\text{mm}^2$  或以上与设备接线端子连接时，应该采用接线端子（见图4 -1 ）。接线端子涮锡，各种垫片应齐全。

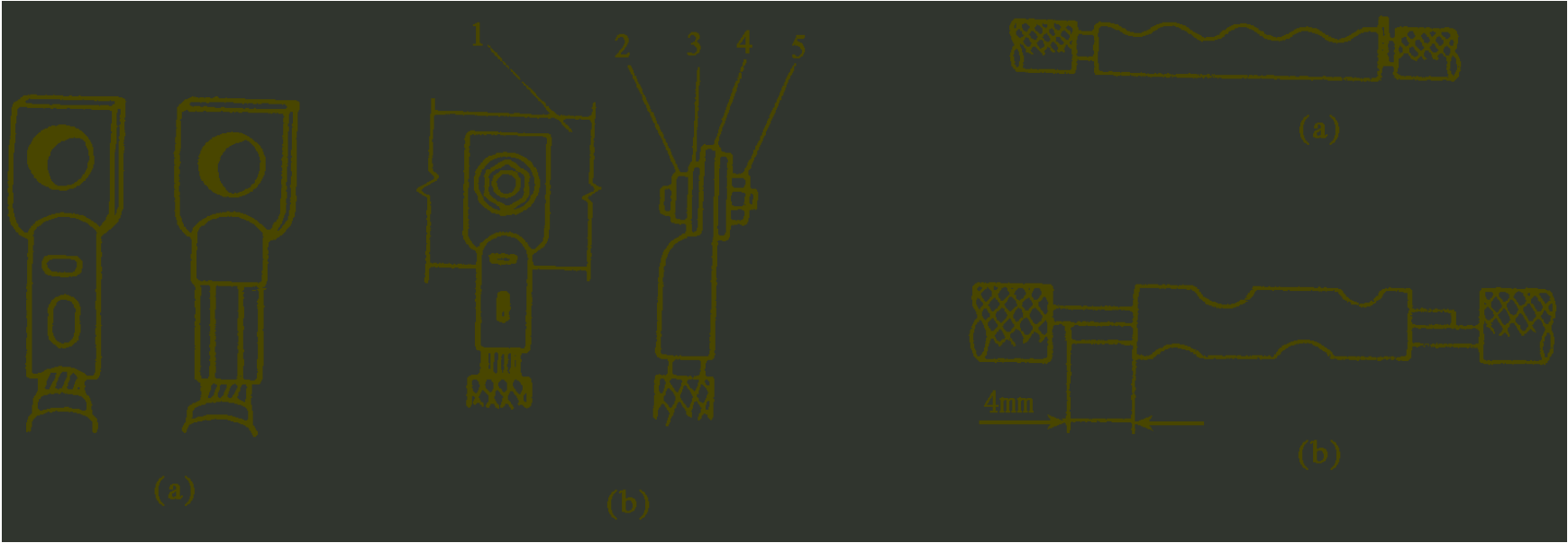


图4 -1 接线端子及导线连接

(a) 接线端子的形式      (b) 端子元件

1．接线端子板2．螺栓3．弹簧垫圈4．接线端子5．螺母

图4 -2 金属套管的压接

(a) 单侧压接      (b) 双侧压接

当导线截面比较大时，新式做法是用金属套管压接，既方便施工，机械强度也比较高。以前只是铜线、铝线相接采用专用的过渡管件，现在相同材质的导线也用相应规格的套管，用压接钳压接十分方便。施工时将圆形铝连接管两端的导线各插入一半，如图4 -2a 所示。用椭圆形铝连接管时两端要穿过管外露出 $4\text{mm}$ ，如图4 -2b 所示。

四、护套线配线明敷设做法

用护套线直敷布线一般适用于正常环境居室、办公室内电气照明、日用电器插座线路的明敷布线线路或室外挑檐下等场所。其截面不宜大于 $6\text{mm}^2$ 。护套绝缘电线应采用线卡沿墙壁、顶棚或建筑构件表面直接敷设。这是采用有塑料（或铅包）保护层的两芯或多芯绝缘线。特点是防潮、耐酸、耐腐蚀、造价低廉、施工安装方便。缺点是导线截面比较小。要求每隔 $150\sim300\text{mm}$  设固定铝线卡。铝线卡有0、1、2、3、4 号，数字越大越长。安装时为了使导线直挺，可以用瓷夹板把护套线两端固定，让护套线置于铝线卡上钉孔位置，最后收紧铝线卡勒牢护套线。护套线的弯曲半径不得小于导线宽度的6 倍，在曲线两端要有铝线卡固定。

导线垂直敷设至地面低于 $1.8\text{m}$  部分应穿管保护。护套绝缘电线与接地导体及不发热的管道紧贴交叉时，应加绝缘管保护，敷设在易受机械损伤的场所应用钢管保护。目

前在工程中所采用的护套绝缘导线，多为塑料护套绝缘线，塑料护套线在室外露天敷设易老化，影响使用寿命。

对直敷布线所用护套绝缘线的最大截面由原《规程》规定的 $10\text{mm}^2$ 改为 $6\text{mm}^2$ ，是由于 $10\text{mm}^2$ 护套绝缘导线的线芯是由多股线构成，其柔性大，难于保证直敷布线在施工时的横平竖直要求，影响工程质量和美观。况且，作为照明及日用电器插座线路， $6\text{mm}^2$ 截面其载流能力一般已足够，并据此以限制其使用范围。

不得将护套绝缘导线直接埋入墙壁、顶棚的抹灰层内暗敷设。这是因为：护套线质量不佳或施工粗糙而造成漏电严重，危及人身安全；从墙面钉入铁件也会损坏导线引起事故；导线直接埋入抹灰层内不能检修和更换导线；导线因受水泥、石灰等碱性物质的腐蚀，而加速老化，严重时会使绝缘层产生龟裂，受潮时可能发生严重漏电现象。

在建筑物顶棚内，严禁采用瓷（塑料）线夹、鼓形绝缘子及针式绝缘子布线。根据调查和运行单位反映，在建筑物顶棚内采用上述布线而引起火灾事故的实例，时有发生。究其主要原因是顶棚内布线在平时不易观察和监视。由于线路过负荷、接头氧化发热、绝缘老化、绝缘强度降低及固定支持件损坏使导线脱落等原因而引起火灾事故。

## 第二节 管路安装施工

### 一、穿管保护暗敷设布线概述

穿管保护配线是采用最多的配线方式。这种方式导线不容易受机械损伤，有助于防潮、防腐，但造价较高。它广泛适用于建筑物内的照明及动力线路的配线。

#### 1. 对管材的共同要求

常用管材是金属管及塑料管，施工前应先检查管材的质量：管材在运输或装卸中有无裂纹、硬伤，管内有没有杂物；金属管口有没有毛刺、锋口、变瘪等现象。在施工中要先打毛刺、套护口，以免在穿线时刮伤导线的绝缘。

下料时按两个接线盒之间为一管段，根据线路弯曲转角部位、弧度确定长度，应尽量减少中间连接接口。

#### 2. 对管内穿线的共同要求

- (1) 管内导线不许有接头、背花、死扣或绝缘损坏后又包扎过胶布的情况。
- (2) 管内导线截面最小不低于：铜线是 $1.0\text{mm}^2$ ，铝线是 $2.5\text{mm}^2$ 。



③) 导线耐压等级不低于500V。不同电压等级、不同回路、不同电度表的导线，交流与直流不得共穿一根管内。但是同一台电动机的控制线，信号线等可以共穿一根管。同一台设备的多个电机或低于65V 电压的照明线路也可以共穿一根管。

④) 三根及以上绝缘导线穿于同一根管时，其总截面积（包括外护层）不应超过管内有效净截面积的40 %。两根绝缘导线穿于同一根管时，管内径不应小于两根导线外径之和的1.35 倍（立管可取1.25 倍）。

## 二、穿金属管布线

金属管布线一般适用于室内外场所，但对金属管有严重腐蚀的场所不宜采用。建筑物顶棚内，宜采用金属管布线。明敷或暗敷于干燥场所的金属管布线可采用电线管。金属管明敷于潮湿场所或埋地敷设时，会受到不同程度的锈蚀，为保障线路安全，应采用管壁较厚的水、煤气钢管。金属管施工中主要应注意以下几点：

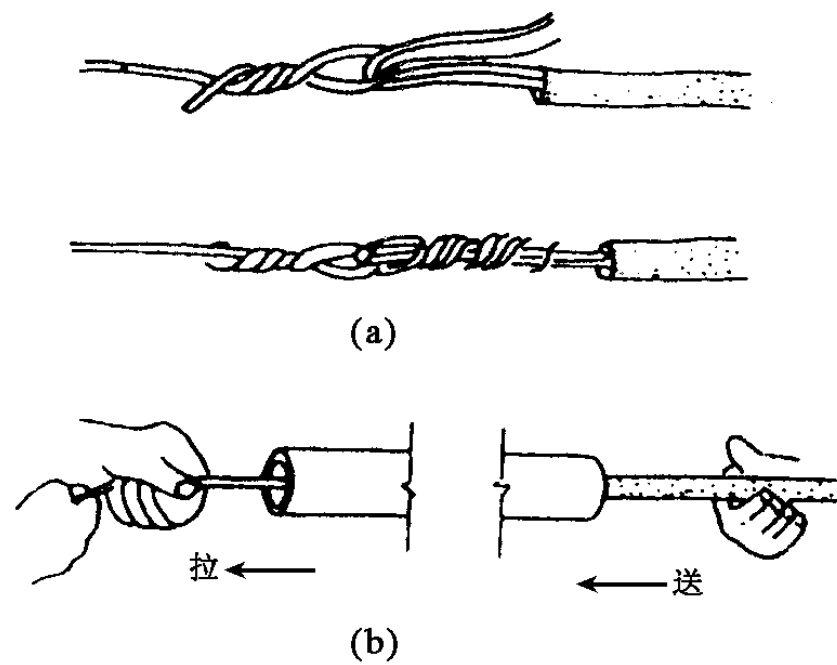


图4 -3 铅丝引导线的接头  
(a) 铅丝和导线连接 (b) 铅丝引导



图4 -4 木槽弯管的方法

### 1. 管内除锈

其方法是用圆形钢丝刷，两头拴铁丝穿入管内来回拉扫除锈。管外用钢丝刷直接除锈即可。管内处涂油漆要注意质量，尤其是管内要涂均匀，不能只涂管内两头应付检查。敷设在混凝土内的金属管外面不要涂油漆；涂了反而影响混凝土的强度。在管内穿线前应先清扫管内的杂物及水分，管口去毛刺、套护口，然后用 1.2mm 的铅丝作引线。如果管子比较长，可以在管子的两头穿入铅丝，铅丝前端作成小钩，以便碰头后拧铅丝使之相勾在一起再拉出管外。用铅丝引导线的接头如图4 -3 所示，一人拉，一人

送。穿线时一定要将绝缘线捋直，最好打一些滑石粉。

2. 金属管弯管的方法

管径比较小时，可以采用木槽或弯管器弯管（见图4 -4）。注意有缝钢管的竖缝应朝向弯曲方向的背面或侧面。否则焊缝容易裂开。还应注意用力要均匀，勿使管子弯扁度超过十分之一。为此，常采用管内灌砂法，见图4 -5。

3. 金属管施工要求

(1) 金属管内通常不允许只穿一根交流电线。电流不平衡的几根线也不能共穿一根金属管。这样做的目的是防止金属管内感应涡流的产生。

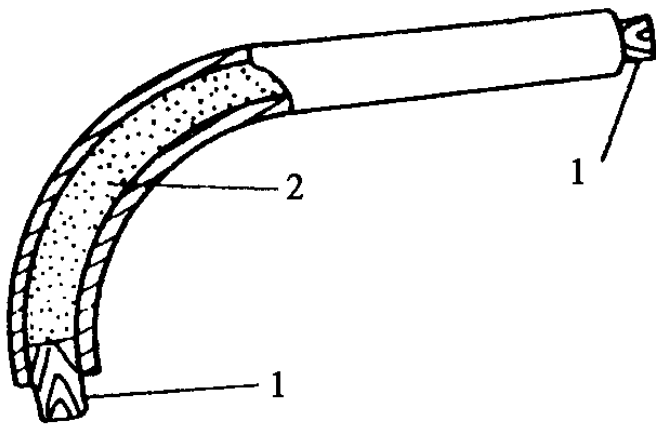


图4 -5 钢管灌砂法  
1. 木塞 2. 砂子

穿金属管的交流线路，应将同一回路的所有相线和中性线穿于同一根金属管内。不同回路的线路不应穿于同一根金属管内。但下列情况可以除外：电压为50V 及以下的回路；同一设备或同一联动系统设备的电力回路和无防干扰要求的控制回路；同一照明花灯的几个回路；同类照明的几个回路。上述可以“除外”的几种情况，只是危险性不大和相互之间影响较小而已。但管内绝缘导线的根数不应多于8 根。

不同回路的导线能否共管敷设是根据发生故障的危险性和相互之间在运行和维护时的影响而决定的。一般不同回路导线不能穿入同一管内。

(2) 金属管布线时，导线在管内的填充率除应根据满足导线在通电以后的散热要求外，还要满足线路在施工或维修更换导线时不致损伤导线及其绝缘等要求。管内导线在三根及以上时，一般情况下，填充率按不超过40 % 考虑。但当线路很短、无弯曲、穿线容易时，可提高到60 %。IEC 规定：“安装在盒、箱和类似的外壳之间的短管的最大长度不超过600mm 时，应允许导线填充面积为管子总面积的60 %”，可供借鉴。

(3) 金属管明敷时，其固定点的间距，不应大于表4 -6 所列数值。其中的“金属管”系指建筑电气工程中使用的钢管或电线管等铁磁性管材。此种管材会因管内线路存

在不平衡交流电流而产生涡流效应，使得管材温度升高，管内绝缘导线绝缘迅速老化甚至脱落，发生漏电，甚至短路、着火等故障。

表4 -6 金属管明敷时的固定点最大间距

金属管种类	金属管公称直径 (mm )			
	15 ~20	25 ~32	45 ~50	70 ~100
	最大间距 (m )			
钢 管	1 5	2 0	2 5	3 5
电线管	1 0	1 5	2 0	

原《规格》规定：“穿金属管的交流线路，当负荷电流大于25A 时，为避免涡流效应，应将同一回路的各相导线及工作零线穿同一根金属管内”。但根据调查，只要金属管内存在不平衡电流，就会因涡流效应而使金属管壁发热，导致导线绝缘老化。故新规范取消了负荷电流大于25A 的规定。

IEC 标准第521.5 条也规定：“安装在铁磁性外壳之内的交流电路的导线，排放时应使所有的相线 and 中性线（如果有）包围在同一外壳内。如果这个条件不能满足，则可能因感应效应引起有害的发热。”从IEC 标准可见，并无回路负荷电流值的规定。

（4）施工中尽可能少拐弯。保护管的弯曲半径及允许偏差见表4 -7。

（5）电气管路与热水管、蒸汽管同侧敷设时，应敷设在热水管、蒸汽管下面。当管路敷设在热水管下面时两管距为0.2m，当管路敷设在蒸汽管下面时两管距为0.5m，在上面时两管距为1m。

表4 -7 电线保护管的弯曲半径、明配管安装允许偏差和检验方法

项次	项 目			弯曲半径 允许偏差	检查方法
1	管子最小 弯曲半径	暗配管		6D	用尺量查， 看安全记录
		明配	一个弯	4D	
			二个弯或以上	6D	
2	管子弯曲处的弯扁度			0.1D	用尺量查

续表

项次	项    目		弯曲半径 允许偏差	检查方法
3	明配管	15 ~20	30mm	用尺量查
	固定点	25 ~30	40mm	
	间  距	40 ~50	50mm	
	管子直径	65 ~100	60mm	
4	明配管水平	平直度	3mm	拉线、用尺 检查
	敷设任意2m  内	垂直度	3mm	

注：表中D 表示管子外径。

当不能符合上述要求时，应采用隔热措施。对有保温措施的蒸汽管，上下净距可减至0.2m。电线管路与其它管道（不包括可燃气体及易燃、可燃液体管道）的平行净距不应小于0.1m。当与水管同侧敷设时，宜敷设在水管的上面。当管路互相交叉时的距离，不宜小于相应上列情况的平行净距。

⑥）金属管布线的管路较长或有弯时，宜适当加装接线盒。两个拉线点之间的距离应符合以下要求：对无弯的管路，不超过30m；两个拉线点之间有一个弯时，不超过20m；有两个弯时，不超过15m；有三个弯时，不超过8m；四个弯不允许。当加装接线盒有困难时，也可适当加大管径。在管子进接线盒处里外都应该用薄螺母锁紧，在盒的内侧再加一个螺母反向拧紧，在两个螺母之间要有垫圈。

金属管敷设在混凝土中时，可以用铁丝将管子绑扎在钢筋上，也可以用钉子固定在模板上，但要垫离15mm以上，使浇灌混凝土时管外能有不少于15mm的保护层。

管子与管子相连接时，最好采用管箍连接，特别是埋地管或防爆管，为了保证接缝的严密性，在管子的螺纹处应缠白色专用密封带（过去用缠麻涂油漆方法）。

⑦）暗敷于地下的管路不宜穿过设备基础，在穿过建筑物基础时，应加装保护管保护；在穿越建筑物伸缩缝、沉降缝时，应采取保护措施。绝缘电线不宜穿金属管在室外直接埋地敷设。必要时，对于次要用电负荷且线路较短（15m以下）者，可穿金属管埋地敷设，但应采取可靠的防水、防腐蚀措施。

管路的弯曲角度，规定为90°~105°。当角度大于105°时，每两个120°~150°的弯折算为一个弯曲角度。当长度和弯曲数超过规定时，应加装拉线盒或加大管径。

⑧）金属配管必须可靠地接地，通常在钢管和接线盒之间、管与管之间、管与配电箱的连接处用6-10mm的钢筋或多股铜线作跨接连接线，并在干线的始端和末端分别与接地装置作金属连接。

### 三、穿硬质塑料管布线

#### 1．硬质塑料管的性能

硬质塑料管价格较低，具有较强的耐酸、碱腐蚀性能，且防潮性能良好，应优先在潮湿及有酸碱腐蚀性介质的场所采用。但由于硬质塑料管材质较脆、高温时易变形，故不应在高温和容易遭受机械损伤的场所明敷设。由于硬质塑料发脆，机械强度比钢管低，易受机械损伤，引出地（楼）面不低于0.5m的一段管路，应采用防止机械损伤的措施。塑料管的连接、加工都很方便。如PVC管的连接配件种类很多，加工方便，如图4-6、图4-7所示。

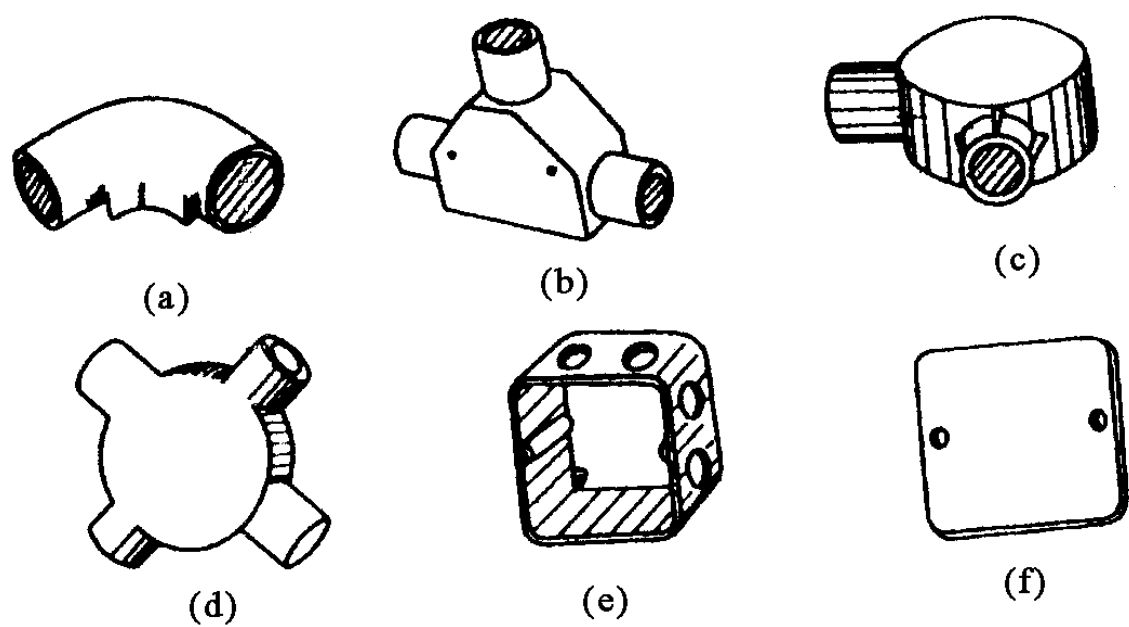


图4-6 PVC管配件

(a) 曲尺 (b) 三叉 (c) 曲叉 (d) 四叉 (e) 胶暗箱 (f) 胶暗箱盖

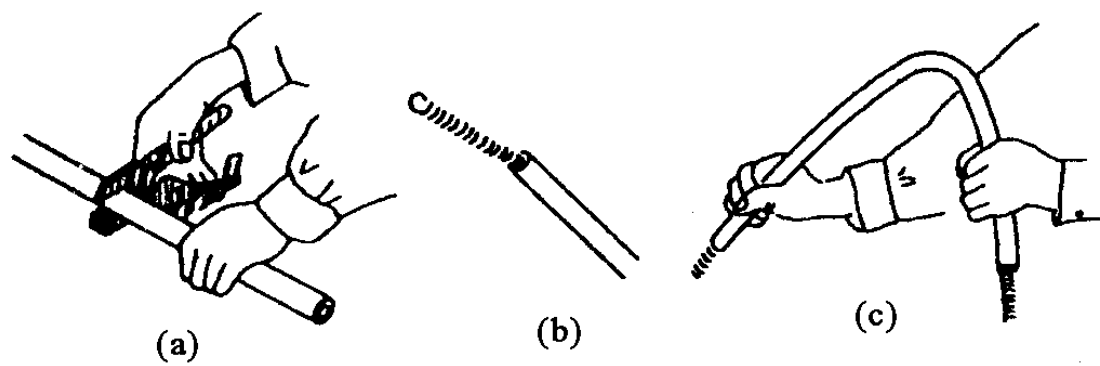


图4-7 PVC管加工示意图

(a) 专用剪刀 (b) 穿入弹簧防扁 (c) 弯之即成

#### 2．硬质塑料管敷设要求

塑料管敷设施工应注意事项如下：

(1) 硬质塑料管明敷时，其固定点间距不应大于表4 -8 所列数值。

表4 -8 塑料管明敷时固定点最大间距

公称直径 (mm)	20	25 ~40	50
最大间距 (m)	1.00	1.50	2.00

(2) 塑料管的连接一般是采用插入法连接，在连接之前先将管子连接端的管口内外倒角，然后用汽油或酒精把管子的连接段擦干净，再将长度为直径1.2 ~1.5 倍长的阴管插接段放在电炉或喷灯上加热至145℃左右，有一定的可塑性时将阳管迅速地插入阴管，并迅速用湿布冷却。注意在插入前阳管应涂上胶合剂（如过氯乙烯胶）。

(3) 金属管对接时，在外面要用金属套管套螺丝扣连接，套管的长度为管外径的1.5 ~3 倍，如图4 -8 所示。

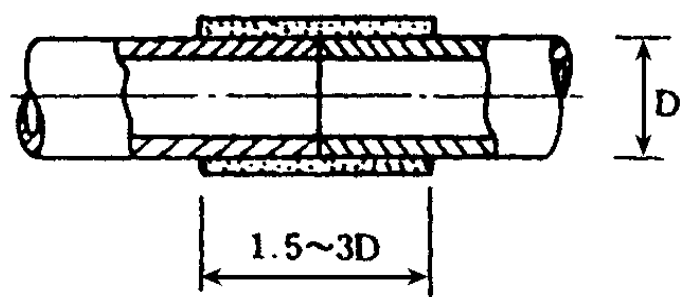


图4 -8 金属套管联接

四、穿半硬质塑料管及混凝土板孔布线

半硬质塑料管及混凝土板孔布线适用于正常环境室内场所，潮湿场所不应采用。半硬质塑料管布线采用难燃平滑塑料管及塑料波纹管。建筑物顶棚内不宜采用塑料波纹管。

半硬塑料管及混凝土板孔布线，广泛用于一般居住和办公建筑的电气照明工程中，是一种经济、适用和美观的暗敷布线方式。由于半硬塑料管材质柔软，承受外力能力较低及难于保护管路的横平竖直的施工质量要求，所以只能用作暗敷布线。

混凝土板孔布线可以采用塑料护套电线或塑料绝缘电线穿半硬塑料管敷设。塑料护套电线在混凝土板孔内不得有接头，接头应在接线盒内进行。据调查，半硬塑料管在建筑物顶棚内，极易遭受鼠害，在线路发生短路故障时，电火花容易烧穿较薄的管外壁外溢而引起火灾，所以不宜采用塑料波纹管布线。

半硬塑料管布线宜减少弯曲，当线路直线段长度超过15m 或直角弯超过3 个时，均

应装设接线盒。在现浇钢筋混凝土中敷设半硬塑料管时，应采取预防机械损伤的措施。

半硬塑料管承受外力能力低，特别是塑料波纹管其管壁厚度只有0.4mm，极易在浇注混凝土过程中受损，致使水泥浆流入管内，堵塞管道。因此，应采取预防机械损伤措施。有的施工单位在其技术规程中规定：塑料波纹管敷设在现浇混凝土楼板内时，应先把波纹管用混凝土接管路敷设方向保护；在圈梁内敷设时，管的位置必须在梁上方主钢筋下侧；在现浇混凝土柱内敷设时，需将波纹管顺主钢筋靠层内侧敷设。

聚乙烯软线管在大模板混凝土墙内敷设时，管路中间不准有接头。凡是穿过盒子敷设的管路，能先不断开的先不断开，待拆模后修盒子时再断开，保证浇筑混凝土时管口不从盒子内脱掉（见图4-9）。若聚乙烯软线管必须接头时，一定要用大一号的管（长度6cm）做套管。接管时口要对齐，套管各边套进3cm。硬塑料管接头时，可将一头加热胀出承插口，将另一管口直接插入承插口（见图4-10）。在接口处涂抹塑料粘合剂，则防水效果更好。

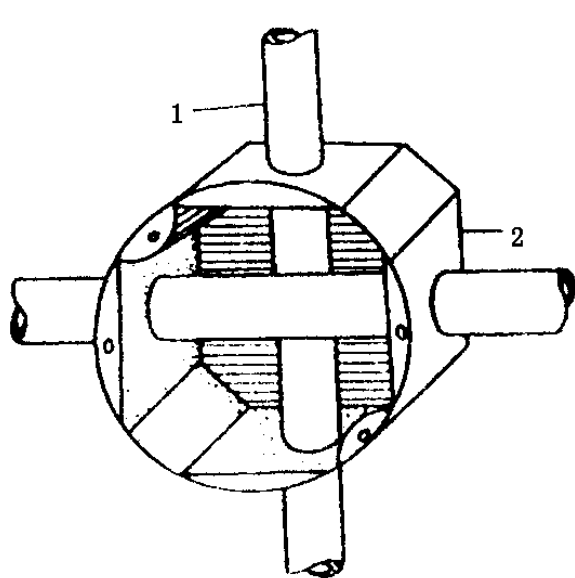


图4-9 聚乙烯线管在大模板凝混凝土墙内的接线盒  
1. 线管 2. 接线盒

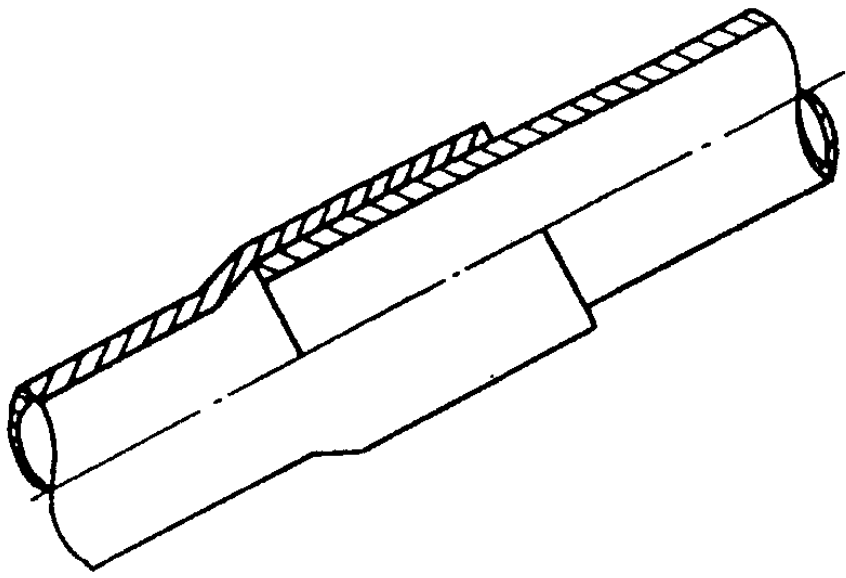


图4-10 硬塑料管承插口

硬塑料管和聚乙烯软线管必须配用塑料接线盒。硬塑料管煨弯时，可根据塑料管的塑性，在需要煨弯处局部加热，即可以手工操作煨弯成所需要的度数成形。较大规格的塑料管煨弯时，可采用甘油加热法：用薄钢板自制一槽形锅或用40cm大铝锅，将甘油锅置于2kW电炉上，加热至100℃左右，另用小勺舀甘油浇烫硬塑料管需煨弯的部位，待塑料管加热至可塑状态时，放在一平面工作台上煨弯。这样煨出的弯不裂、不断，并保持了塑料管的表面光泽。硬塑料管煨弯，还可用自制电气烤箱加热进行。较小的管径可用一只1kW的电炉子，加热一盘砂子，掌握火候操作，如图所示。

## 五、绝缘及防火要求

布线用塑料管、塑料线槽及附件等使用规范规定，在工程中必须采用氧指数为27以上的难燃型制品。氧指数愈高表明材料的难燃性和耐火性能愈好。可燃性材料和难燃材料的氧指数的临界值为26。目前国内生产的硬质塑料管及塑料波纹管等的氧指数一般均在30 以上。有些地区大量采用高压聚乙烯半硬塑料管作电气布线管材，因其氧指数在26 以下，属可燃性材料，能延燃，例如VG 和RVG（俗称流体管），在工程中禁止使用。

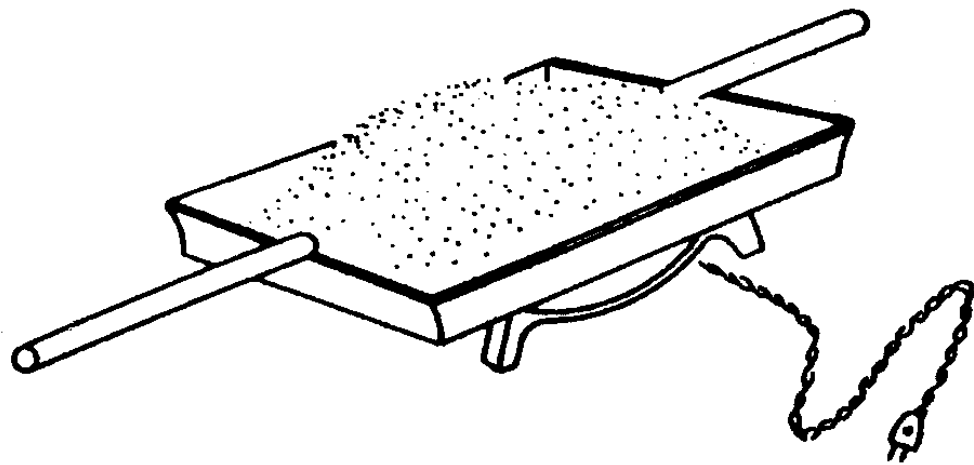


图4 -11 用电炉子加热硬塑料管

在同一管道里可以允许有几个回路，但所有的导线都应具有较高的标称电压的绝缘。不论是交流线路或直流线路，只要所有导线都按外壳、电缆、线槽内电压最高的导线绝缘来绝缘，则允许600V 及其以下的导线合用同一设备配线外壳、电缆或线槽。绝缘导线之间的绝缘电阻不低于0.5M，低压电缆不低于10M。

## 第三节 线槽布线

线槽布线材料主要有金属线槽布线和塑料线槽布线，其特点是保护根数比较多的导线。敷设方式主要是明敷设。

### 一、金属线槽布线

#### 1. 适用范围

金属线槽布线一般适用于正常环境的室内场所明敷，尤其是在大型民用建筑，功能



要求较高、电气线路种类较多的工程中应用愈来愈普遍。但对金属线槽有严重腐蚀的场所不应采用。具有槽盖的封闭式金属线槽，可在建筑顶棚内敷设。金属线槽内导线根数见表4 -9。

表4 -9 金属线槽内导线根数

线截面 (mm <sup>2</sup> )	线槽可穿入导线数量		
	50 ×25 线槽	75 ×25 线槽	100 ×25 线槽
1 5	60	90	120
2 5	48	71	95
4	33	49	65
6	25	37	50
10	17	24	32
16	11	17	22

2．旋工安装要求

在施工安装中主要应注意以下几点：

（1）同一回路的所有相线和中性线，应敷设在同一金属线槽内。多个回路可以共槽敷设是基于金属线槽布线导线填充率小、散热条件好、施工及维护方便及线路间相互影响较小等原因。这是金属线槽布线较金属管布线的一个突破。导线的填充率及载流导线的根数，应满足散热、敷线等安全要求。控制、信号线路等非载流导体，不存在因散热不良而损坏导线绝缘问题，填充率可增至50 %。

（2）同一路径无防干扰要求的线路可敷设于同一金属线槽内。线槽内电线或电缆的总截面（包括外护套）不应超过线槽内截面的20 %，载流导线不宜超过30 根。控制、信号或与其相类似的线路、电线或电缆的总截面不应超过线槽内截面的50 %，电线或电缆根数不限。控制、信号等线路线可视为非载流导线。

（3）国产的金属线槽，多由厚度为0.4 ~1.5mm 的钢板制成，表面处理多为镀锌或静电喷漆。其构造特点决定了线槽本身不能耐严重腐蚀和承受严重机械损伤。带槽盖封闭式金属线槽，具有与金属管相当的耐火性能，故可以敷设在建筑物顶棚内。

（4）电线或电缆在金属线槽内不宜有接头。但在易于检查的场所，可允许在线槽内有分接头，电线、电缆和分支接头的总截面（包括外护层）不应超过该点线槽内截面的75 %。导线在金属线槽内接头，破坏了导线的原有绝缘，并会因接头不良、包扎绝缘受潮损坏而引起短路故障，因此宜尽量避免在线槽内接头。金属线槽布线，在线路连接、

转角、分支及终端处应采用相应的附件。

⑤）金属线槽敷设，一般应在下列部位设置吊架或支架：直线段不大于3m 或线槽接头处；线槽首端、终端及进出线盒0.5m 处；线槽转角处。吊点及支持点的距离，应根据工程具体条件确定。

⑥）金属线槽垂直或倾斜敷设，应采取措施防止电线或电缆在线槽内移动。如不采取措施予以固定，会因电线或电缆的自重而造成损坏，拉断导线或拉脱接线箱内接头。

⑦）金属线槽布线，不得在穿过楼板或墙壁等处进行连接。由金属线槽引出的线路，可采用金属管、硬质塑料管、半硬质塑料管、金属软管或电缆等布线方式。电线或电缆在引出部分不得遭受损伤。

二、塑料线槽布线

塑料线槽布线一般适用于正常环境的室内场所，在高温和易受机械损伤的场所不宜采用。弱电线路可采用难燃型带盖塑料线槽在建筑顶棚内敷设。强电、弱电线路不应敷设于同一线槽内。

电线、电缆在线槽内不得有分支接头。分支接头应在接线盒内进行。塑料线槽敷设，槽底固定点间距应根据线槽规格而定，一般不大于表4-10 所列数值。

表4-10 线槽内允许容纳导线根数及电缆数量表

导线型号 及规格	BV500V 绝缘导线，单支						通信及弱电线路导线及电缆		
	导线规格 (mm <sup>2</sup> )						RVB 软线	RYV 软件	SYU 同轴电缆
线槽型号 及规格	1	1.5	2.5	4	6	10	2 ×2.2	75 -5	75 -9
	线槽内允许容纳 导线根数 (根)						线槽内允许容纳导线对数及电缆数		
							RVB 软线	RYV 软线	SYU 同轴电缆
GXCA -2 型 50 系列	60	35	25	20	15	9	40 对	(25 )	(15 )
GXCA -2 型 70 系列	80	75	60	45	35	20	80 对	(60 )	(30 )

塑料线槽布线，在线路连接、转角、分支及终端处应采用相应附件。

弱电线路（通信、信号及数据传输等）多为非载流导体，自身引起火灾的可能性极小，故可采用难燃型塑料线槽布线在建筑物顶棚内敷设。

三、地面内暗装金属线槽布线

地面内暗装金属线槽布线，是为适应现代化建筑物电气线路日趋复杂而配线出口位

置又多变的实际需要而推出的一种新的布线方式。这种布线方式是将电线或电缆穿在经过特制的壁厚为2mm 的封闭式矩形金属线槽内，直接敷设在混凝土地面、现浇钢筋混凝土楼板或预制楼板的垫层之内。线槽出线盒如图4 -12 所示。

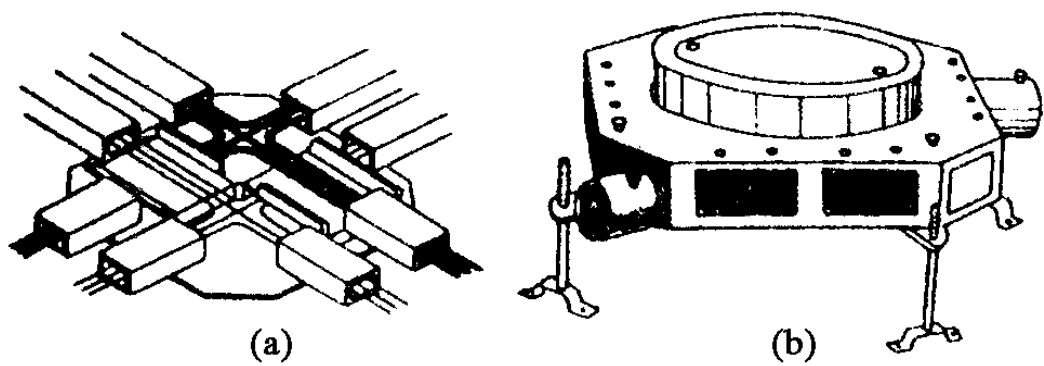


图4 -12 线槽出线盒

(a) 双槽分线示意图      (b) 双槽分线盒示意图

地面内暗装金属线槽布线，适用于正常环境下大空间且隔断变化多、用电设备移动性大或敷设有多功能线路的场所，暗敷于现浇混凝土地面、楼板或楼板垫层内，意在消除交流电路的涡流效应。

地面线槽分为单槽型及双槽分离型两种结构形式。当强电及弱电线路同时并存时，为防止电磁干扰应将强电、弱电线路分隔，采用双槽分离型线槽分槽敷设。线路交叉处应设置屏蔽分线盒。

地面线槽的制造长度一般为3m，每0.6m 设一个出线口并为矩形断面，不能弯曲。因此，当线路交叉或弯曲转向时，必须通过安装分线盒的办法予以解决。线槽直线长度超过6m，宜加装分线盒是为方便穿线。线槽出线口和分线盒出口必须与地面齐平，以免妨碍交通和有碍观瞻。做好地面线槽的防水密封是保证线路安全运行的重要措施。

地面线槽布线，由于线槽及附件的体积较大，因此在设计与施工中必须与土建专业密切配合。当线槽敷设在现浇混凝土楼板内时，其楼板厚度应不小于200mm；当敷设在楼板垫层内时，垫层厚度不小于70mm，并避免与其它管路相互交叉。同一回路的所有导线应敷设在同一线槽内。同一路径无干扰要求的线路可敷设于同一线槽内。线槽内电线或电缆的总截面（包括外护层）不应超过线槽内截面的40%。

由配电箱、电话分线箱及接线端子箱等设备引至线槽的线路，宜采用金属管布线方式引入分线盒，或以终端连接器直接引入线槽。线槽出线口和分线盒不得突出地面且应做好防水密封处理。

## 四、竖井内布线

电气竖井内布线是高层民用建筑中强电及弱电垂直干线线路特有的一种综合布线方式。竖井内常用的布线方式为金属管、金属线槽、电缆或电缆桥架及封闭式母线等。在电气竖井内除敷设干线回路外，还可以设置各层的电力、照明分配电箱及弱电线路的端子箱等电气设备。电气竖井的数量和位置选择应保证系统的可靠性和减少电能损耗。

### 1. 竖井位置的确定

(1) 应尽量靠近负荷中心，特别应该注意与变电所或机房等部位的联系方便，以减少损耗、节省投资。为了保证竖井内电气线路及电气设备的运行安全，电气竖井不能与电梯井或其它管井共用。

(2) 电气竖井如邻近烟道等热源或潮湿设施，会使竖井内温度升高，而影响线路导体允许载流能力，使配电用断路器误动作或因潮湿而使竖井内线路绝缘强度降低、金属件锈蚀等。为此，应采取相应的隔热、防潮措施。

(3) 电气竖井与电梯井或楼梯间相邻，会使竖井内引出的线路通道受阻，影响出线。电气竖井与电梯井道为邻，竖井内墙面利用率减少且产生震动不利于线路运行。另外，因电梯为反复短时工作制负荷，在靠近其控制电器及线路部分，易带来对竖井内线路的干扰，这也是应注意的问题。

### 2. 竖井的防护与结构

(1) 竖井的井壁应是耐火极限不低于1h的非燃烧体。竖井在每层楼应设维护检修门并应开向公共走廊，其耐火等级不应低于丙级。电缆井、管道井应每隔2~3层在楼板处用相当于楼板耐火极限的非燃烧体作防火分隔。楼梯间应做防火密封隔离。隔离措施如下：封闭式母线、电缆桥架及金属线槽在穿过楼板处采用防火隔板及防火堵料隔离；堵料和绝缘电线穿钢管布线，应在楼层间预埋钢管，布线后两端管口空隙应做密封隔离。

(2) 电气竖井的大小应充分考虑布线施工及设备运行的操作的维护距离。目前在一些工程中受土建布局的限制，大部分电气竖井的尺寸较小，给使用和维护带来很多问题，值得引起重视。竖井大小除满足布线间隔及端子箱、配电箱布置所必须尺寸外，并宜在箱体前留有不小于0.8m的操作、维护距离。

### 3. 竖井内布线要求

(1) 竖井内垂直布线。建筑物较高（如超过100m），要考虑高层建筑物垂直线路由于地震或风压等外部力量的作用而产生的顶部最大变位和层间变位。建筑物的变位必然影响到布线系统。实践证明，这个影响对封闭式母线、金属线槽布线的影响最大，金属

管布线次之，电缆布线最小。为保证线路的运行安全，在线路的固定、连接及分支上应采取相应的防变位措施。

②）线路敷设时，在每个支持点处同时承受了三个荷载：导线、电缆及金属管槽等的自重；导体通电以后，热应力和周围的环境温度经常变化而产生的反复荷载；线路短路时的电磁力而产生的荷载。因此，在支持点处存在着损坏导体绝缘或管槽的危险因素。

③）竖井内高压、低压和应急电源的电气线路，相互之间应保持0.3m 及以上的距离或采取隔离措施，并且高压线路应设有明显标志。

④）强电和弱电线路，有条件时宜分别布在不同竖井两侧或采取隔离措施，以防止强电对弱电的干扰。为保证线路的运行安全，避免相互干扰，方便维护管理，强电和弱电竖井宜分别设置。

## 五、布线敷设方式的选择

常用金属管、塑料管，当导线根数超过8 根时应采用金属线槽、塑料线槽等布线。在这里面布线，应采用绝缘电线和电缆。在同一根线管或线槽内有几个回路时，所有绝缘电线和电缆都应具有与最高标称电压回路绝缘相同的绝缘等级。

布线及敷设方式应根据建筑物性质、要求、用电设备的分布及环境特征等因素确定。应避免因外部热源、灰尘聚集及腐蚀或污染物存在对布线系统带来的影响，并应防止在敷设及使用过程中因受冲击、振动和建筑物的伸缩、沉降等各种外界应力作用而带来的损害。外部灰尘聚集对散热的不良影响，腐蚀和污染物质产生的腐蚀和损坏，冲击、振动和其它应力而引起的危害不得影响布线系统的安全使用和产生次生危害。因此，在选择布线及敷设方式时，必须采取合适的方式或采取相应的措施。

## 第四节 室内配线工程质量

### 一、管线安装工程质量标准

管线安装工程有严格的质量标准和相应的检查方法。各种配线的技术要求和检验方法见表4 -11、表4 -12、表4 -13。

表4 -11 配线的允许偏差和检验方法 (mm )

项 目		允许偏差	检查方法
瓷夹板配线电路中心线	水平线路	5	拉线、尺量检查
	垂直线路	5	吊线、尺量检查
瓷柱（珠）、瓷瓶配线	水平线路	10	拉线、尺量检查
	垂直线路	5	吊线、尺量检查
瓷柱（珠）、瓷瓶配线间距	水平线路	10	拉线、尺量检查
	垂直线路	5	吊线、尺量检查

表4 -12 护套线配线的允许偏差弯曲半径和检验方法 (mm )

项 目	允许偏差或弯曲半径		检查方法
固定点的间距	5		尺量检查
水平或垂直敷设的直线段	水平线路	5	拉线、尺量检查
	垂直度	5	吊线、尺量检查
最小弯曲半径	3b		尺量检查

注 :b 为护套线截面厚度。

表4 -13 槽板配线的允许偏差和检验方法 (mm )

项 目		允许偏差	检查方法
水平和垂直敷设的直线段	水平度	拉线、尺量检查	
	垂直度	吊线、尺量检查	

二、配线金属管道安装工程常见的缺陷

1．常见现象

锯管管口不齐，套丝乱扣；管口插入箱、盒内的长度不一致；管口有毛刺；弯曲半径太小，有扁、凹、裂现象；楼板面上焦渣层内敷设管路，水泥砂浆保护层或垫层素混凝土太薄，造成地面顺管裂缝。保护层应大于20mm。

2．主要原因

锯管管口不齐是因为手工操作，手持钢锯不垂直和不正所致。套丝乱扣原因是板牙

掉齿或缺乏润滑油。管口插入箱、盒内的长度不一致，是箱盒外边未用锁母或护圈帽固定，箱盒内又没有设挡板而造成。管口有毛刺是锯管后未用锉刀光口。弯曲半径太小是因为煨弯时出弯过急。弯管器的槽口过宽也会出现管径弯扁、表面凹裂现象。楼板面上敷管后，如果垫层不够厚实，地面面层在管路处过薄，当地面内管路受压后，产生应力集中，使地面顺管出现裂纹。

此外，金属管配线多用于高标准工程，宿舍工程应用较少，施工人员缺少操作经验，基本功不过硬，也是锯管不齐、套丝乱扣的原因。

3. 施工要点

锯管时人要站直稳，两脚有肩宽，持钢锯的手臂和身体成90°角，手腕不颤抖，这样锯出的管口就平整。出现马蹄口，可用板锉锉平，然后再用圆锉锉出喇叭口。使用套丝板时，先检查丝板牙。管口入箱、盒时，可在外部加锁母，吊顶棚、木结构内配管时，必须在箱盒内外用锁母锁住（见图4 -13）。配电箱引入管较多时，可在箱内设置一块水平挡板，将入箱管口顶在板上，待管路用锁母固定后拆去此板，则管口入箱方向一致。

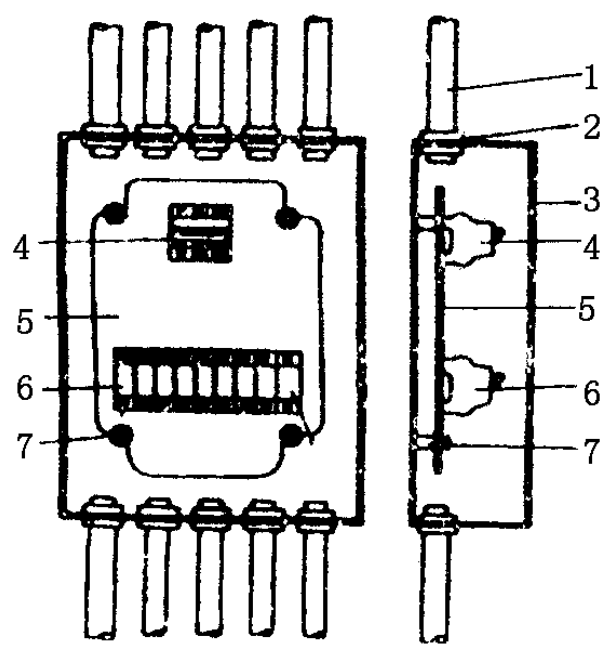


图4 -13 配电箱入管做法  
1. 线路2. 销母3. 箱体4. 总闸  
5. 底板6. 分闸7. 底板支架

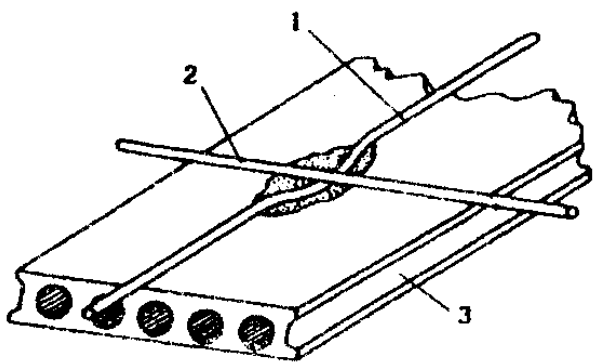


图4 -14 楼板面上  
交叉管路的做法  
1、2. 管路3. 楼板

管子煨弯时，用定型煨管器，将管子的焊缝放在内侧或外侧，弯曲时逐渐向后方移动煨管器。对于管径在25mm 以上的管子，应采用分离式液压煨管器或灌砂火煨。暗配管时，最小弯曲半径应是管径的6 倍；明配管时，最小弯曲半径应是该管直径的4 倍。

在楼板或地坪内敷管时，要求线管面上有20mm 以上的素混凝土保护层，以防止产

生裂缝。垫层不够厚时，应减少交叉铺设的管路，或将交叉管处顺着楼板煨弯（见图4 -14）。埋地管要用混凝土保护，如图4 -15 所示。

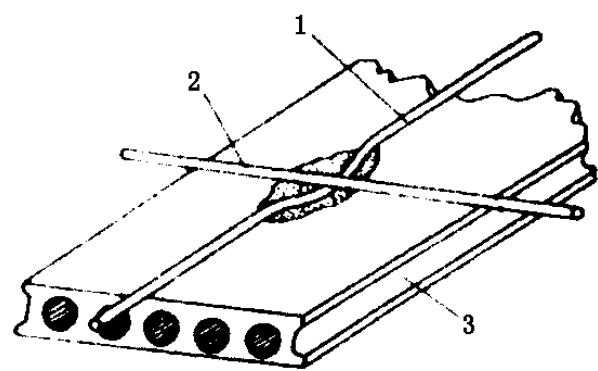


图4 -15 埋地管用混凝土保护  
1．线管2．混凝土3．素土

管口不齐用板锉锉平，套丝乱扣应锯掉重套。弯曲半径太小，又有扁、凹、裂现象，应换管重做。管口入箱、盒长度不一致，应用锯锯齐。顺管路较大的裂缝，应凿去地面龟裂部分，用高标号水泥砂浆补牢，地面抹平。

### 三、金属线管的保护接地线和防腐缺陷

#### 1．常见现象

金属线管保护接地线截面不够，焊接面太小，达不到标准。煨弯及焊接处刷防腐蚀油有遗漏，焦渣层内敷管未用水泥砂浆保护，土层内敷管混凝土保护层做得不彻底。

#### 2．主要原因

金属线管敷设焊接地线时，往往未考虑与管内所穿导线截面积的关系。对焊接地线的做法和重要性概念不清楚。对金属线管刷防锈漆的目的和部位不明确。金属线管埋在焦渣层或土壤层中未做混凝土保护层，有的虽然做了但未将管四周都埋在水泥砂浆或混凝土层内。浇筑混凝土前，没有用混凝土预制块将管子垫起，造成底面保护不彻底。

#### 3．施工要点

金属线管连接地线在管接头两端应用 4 镀锌铁（铅）丝或 6 以上的钢筋焊接。干线管焊接地线的截面积应达到管内所穿相线截面的 $1/2$ ，支线为 $1/3$ ，地线焊接长度要求达到连接线直径的6 倍。

金属线管刷防腐漆（油），除了直接埋设混凝土层内的可免刷外，其它部位均应涂刷，地线的各焊接处也应涂刷。直接埋在土壤内的金属线管，管壁厚度必须是3mm 以上的厚壁钢管，并将管壁四周浇筑在素混凝土保护层内。浇筑时，一定要用混凝土预制



块或钉钢筋楔将管子垫起，使管子四周至少有5cm 厚的混凝土保护层（参见图4 - 15）。金属管埋在焦渣层内时必须做水泥砂浆保护层。

当发现接地线截面积不够大，应按规定重焊。线管煨弯及焊接处发现漏刷防腐油，应用红丹或沥青油补二道。发现土层内线管无保护层者，应打100 号素混凝土保护层。

各种管线敷设质量要求见表4 - 14 ~ 表4 - 19。

表4 - 14 接地（接零）线焊接长度

项 目		规定数值	检验方法
搭接长度	扁钢	2b	尺量检查
	圆钢	6d	
	扁钢和圆钢	6d	
扁钢搭接焊的梭边数		3	观察检查

注 :b 为扁钢厚度 ;d 为圆钢直径。

表4 - 15 金属线管敷设质量标准

操作项目	质 量 要 求
铁管煨弯	弯曲半径不应小于该管外径的6 倍；明敷不小于该管外径4 倍
铁管连接	铁管锯口应平正、光滑，无毛刺裂缝

表4 - 16 金属线管的接地线与防腐蚀质量标准

操作项目	质 量 要 求
金属线管接地线截面积	1 . 铁线（铅丝）最小直径为 4 ，钢筋为 6 2 . 接地干线不小于管内所穿相线截面积的1 /2 ；支线不小于1 /3 3 . 金属线管与管、盒的连接处，应用导线焊成一整体接地
金管线管及其支持物等的防腐	1 . 明敷时刷油漆 2 . 埋入砖墙内时刷红丹油 3 . 埋入焦渣层内时，用水泥砂浆全面保护 4 . 埋入底层地面混凝土内应除锈 5 . 埋入土壤中，包缠玻丝布后再刷沥青

表4 -17  塑料线管敷设质量标准

操作项目	质 量 要 求
塑料线管连接及采用盒类	1．管与管连接采用胀口时，连接长度不应小于该管外径1.5 倍；采用套管时，套管长度不应小于该管管径的3 倍，按口处应用粘合剂粘牢，不同管径的线管连接应用接线盒 2．接线盒、开关盒、灯头盒等不应采用金属盒

表4 -18  管内穿线质量标准

操作项目	质 量 要 求
管内导线绝缘	导线在管内不准有接头，绝缘不应有损坏
电气照明装置	照明灯具采用螺口灯头，相线应接灯口舌簧，开关应能断相线
支持物距离	1．支持点最大允许距离为0.6m 2．线路分支，转角至电门，灯具圆木等处支持点距离6cm
线路敷设	线路需横平竖直，每米误差不超过3mm

表4 -19  绝缘导线连接质量标准

操作项目	质 量 要 求
导线连接	1．导线本身自缠不应小于5 圈 2．铝线之间焊接，端部熔焊连接长度： 截面积4 mm <sup>2</sup> 以下25mm，10mm <sup>2</sup> 以下40mm，25mm <sup>2</sup> 以下70mm，50mm <sup>2</sup> 以下90mm，95mm <sup>2</sup> 以下120mm
铜铝导线连接点	1．在干燥的室内可涂锡连接 2．在室外和潮湿的室内应采用铜铝过渡接头 3．多股导线与设备连接时，应用接线卡子压接 4．铜软线与设备或灯具连接时，线头应测锡成一整体后再连接

四、硬塑料管和聚乙烯软线管敷设缺陷

1．常见现象

接口不严密，有漏水、渗水情况。煨弯处出现扁裂，管口入箱、盒长度不齐。在楼板及地坪内无垫层敷设时，普遍有裂缝。大模板现浇混凝土板墙内配管时，盒子内管口脱掉，造成剔凿混凝土墙找管口的后果。塑料线管敷设错误地采用铁皮接线盒。

2．主要原因

硬塑料管煨弯时加热不均匀，即会出现扁、凹、裂现象。接口处渗水是因接口处未加套管，或承插口做得太短，又未涂粘合剂，只用黑胶布或塑料带包缠，未按工艺规定操作。塑料管入箱、盒长度不一致，是因管口引入箱、盒受力后出现负值。管口固定后未用快刀割齐。

3．施工要点

聚乙烯软线管在大模板混凝土墙内敷设，管路中间不准有接头；凡是穿过盒子敷设的管路，能先不断开的先不断开，待拆模后修盒子时再断开。保证浇筑混凝土时管口不从盒子内脱掉。

若聚乙烯软线管必须接头，一定要用大一号的管（长度6cm）做套管。接管时口要对齐，套管各边套进3cm。硬塑料管接头，可将一头加热胀出承插口，将另一管口直接插入承插口。

五、配电箱、盒安装缺陷

配电箱、柜（盘）的安装质量要求见表4 -20 和表4 -21。

表4 -20 配电箱（盘）安装质量标准

操作项目	质 量 要 求
配电箱（盘）的安装	1．电表板（盘）距地1 8 ~2 2m 2．明箱下口距地1 2m ；暗箱1 4m 3．电话组线箱下口距地0 3m 4．木箱宽度大于0 5m 应作双扇门
配电箱防腐	箱体应刷防腐漆，墙内侧刷沥青，接地或接零

表4 -21 柜（盘）安装允许偏差

操作项目		允许偏差 (mm )	检 查 方 法
基础型钢	顶部平直度	每米1 全长5	拉线、尺量检查
	侧面平直度	每米1 全长5	
柜盘安装	盘面平直度	相邻两盘2 成排盘顶部5	吊线、尺量检查 塞尺检查
	盘面平整度	相邻两盘1 成排盘面5	
	每米垂直度 盘间接缝	1 5 2	拉线、尺量检查

常见故障是箱、盒安装标高不一致；箱、盒开孔不整齐；铁盒变形；箱、盒口抹灰缺阳角；现浇混凝土墙内箱、盒位置移位；安装电器后箱、盒内脏物未清除。

分析原因，主要是在安装铁箱、盒时，未参照土建装修预放的统一水平线控制高度，尤其是在现浇混凝土墙柱内，配线管的模板无水平线可找。铁箱、盒用电焊、气焊切割开孔，致使箱、盒变形，孔径不规矩。土建施工时模板变形或移动，而使箱、盒移位，凹进墙面。土建施工抹底灰时，盒子口没有抹整齐，安装电器时没有清除残存在箱、盒内的脏物和灰砂。

## 第五章 电气照明装置的安装

电气照明工程的施工，是建筑电气施工领域中的一个重要组成部分。它和电气电力工程的施工一样，基本上也包括供电系统、线路敷设以及装置和设备安装等项目的施工。

### 第一节 供电系统与线路敷设

#### 一、供电系统

在工业企业及民用建筑中，照明系统的供电，一般和电力系统的供电采用同一台变压器，且采用380/220V 中性点直接接地的系统。在施工中应该注意以下事项。

1. 在三相照明线路中，应力求各相上的负荷分配保持平衡。在每一个分配电盘中的最大相负荷与最小相负荷的电流差值，不得大于30 %。

② 对于设置备用照明的建筑物，其两路电源或两回路线路的供电，施工中可能会遇到以下几种形式。

① 当采用两路高压供电时，备用照明的供电干线应接在不同的变压器上。

② 当采用自备发电机组供电时，备用照明的一路电源应接在发电机组上，作为专用回路的供电；另一路可接在正常照明电源上。对于这种供电方式，一般都应在重要场所设置带有蓄电池的应急照明灯或用蓄电池组供电的备用照明，以作发电机组投入运行前的过渡期间使用。

③ 当采用两路低压供电时，备用照明应接在两段低压配电干线上。

当需要设置备用照明，然而又不具备两个电源或两回路线路供电时，则备用照明一般均采用蓄电池组或采用带有蓄电池的应急照明灯进行工作。

当备用照明作为正常照明的一部分同时使用时，施工中应注意其配电线路与控制开关要分开安装，不可混淆。

3. 对于特别重要的照明负荷，一般都在负荷末级配电箱中采用自动切换电源的配

电方式，也可采用由两个专用回路各带约50 %的照明负荷的配电方式。

4．在照明分支回路中，不可采用三相低压断路器对三个单相分支回路进行控制及保护。

5．在三相照明干线上，其中性线截面积与相线截面积的规格应相同。对于重要场所以及负载为气体放电灯的照明线路，其中性线截面积也必须与相线截面积的规格相同。

## 二、线路敷设

照明线路如同电力线路一样可以有多种敷设方式，而主要的、采用较多的是穿管敷设和塑料护套线明敷设。而这两种方式的施工方法和施工中注意事项，都已在第四章中作过详细介绍了。下面再阐述一些有关照明线路敷设中的注意事项。

1．在线路敷设中，每一单相回路的负载电流不得超过16A。一个独立回路的灯具数量不应超过25 个。

对于大型建筑组合灯具，每一单相回路的负载电流不得超过25A，光源数量不应超过60 个。

对于建筑物的轮廓灯，每一单相回路中的光源数量，不得超过100 个。

对于灯具与插座线路敷设为同一回路时，插座数量不应超过5 个（组）。

对于插座为单独回路时，数量不应超过10 个（组）。

2．插座最好采用单独回路进行配电；一个房间内的插座，最好由同一个回路配电。例如在住宅（公寓）照明中，每户内的一般照明应与插座分别进行配线。除在每户的分支回路上装设过载、短路保护外，还应在插座回路上装设漏电保护及有过、欠电压保护功能的保护装置。

3．不可将线路敷设在高温灯具的上部。接入高温灯具的线路，应采用耐热导线配线或采取其他隔热措施。

4．对于气体放电灯的配线，为改善光源的频闪效应，可采取将同一或不同灯具的相邻灯管分别接在不同相别的线路上。

5．备用照明、疏散照明的回路上，不可装设插座。在潮湿处所，不得装设一般插座（但设置有安全隔离变压器的插座可例外）。

6．对于观众厅、比赛场地等的灯具，当顶棚内设置有人行检修通道以及室外照明场所的灯具，都应在每盏灯具处设置单独的保护。

## 第二节 灯具及照明装置附件的安装

### 一、灯具的安装

灯具的安装，应根据配线方式、建筑结构、环境条件、安装方式以及灯具的构造等采用不同的方法。

灯具安装的方式，一般有：吸顶式、线吊式、链吊式、管吊式、坐式、壁式等。

灯具安装的步骤，一般为：在线路敷设完毕的基础上，做好灯具安装的准备工作，然后固定木（塑料）台，安装底座，进行接线，完成灯具总装等。

下面再对灯具安装中的几个问题作一些介绍。

1. 木（塑料）台的固定。将木（塑料）台固定到灯位上的方法有：采用预埋木砖、螺钉、膨胀螺栓、塑料胀管、铁丝缠棒圪埋、射钉、弓形板、抱箍等构件进行固定。图5 -1 是在混凝土楼板及屋架上常用的几种灯位固定方法示意图。

在施工中，应先根据灯具吊线盒或灯具安装底座的规格，选择木（塑料）台的形状（圆形和方形）与尺寸，然后在木（塑料）台上钻好出线孔眼（当采用塑料护套线明配线时，则应采取在木（塑料）台边缘上锯好进出线槽口），再将导线穿过木（塑料）台（导线穿过木（塑料）台时，应加穿软塑料管进行保护），最后用螺钉或螺栓将木（塑料）台固定（当木（塑料）台的直径不大于75mm 时，可用一个螺钉或螺栓；当大于75mm 时，应根据具体情况采用两个或多个螺钉或螺栓）。

2. 吊线盒及灯座内的接线。当吊线盒固定在木（塑料）台上后，应从吊线盒的接线螺钉上引出软线，而软线必须在吊线盒和灯座内均打好保险扣。导线在螺钉上连接时，应使导线接头的弯曲成圈的方向与螺钉拧紧的方向一致。多股铜芯软线弯圈时应搪锡。图5 -2 表示了吊线盒及灯座的接线以及软线保险线扣的操作方法。

3. 灯具的吊装。灯具重量不超过1kg，可以用软线直接吊装；灯具重量超过3kg时，应采用预埋螺栓或吊钩进行吊装。

4. 灯具的安装高度及有关注意事项。灯具的安装高度，应根据设计图纸的要求来决定。一般来说：生产厂房或危险场所的灯具，不应低于2.5m；一般的生产车间、办公室、住房等不应低于2m；室外灯具不应低于3m；室外安装在墙上的灯具不应小于2.5m 等等。

当灯具安装在易燃的结构件上或暗装在木制吊顶内时，在灯具周围必须做好防火、

隔热处理。高温灯具（如卤钨灯等）安装时，不可与易燃物接近，且灯脚引入线应采用耐高温导线。安装在书库中与图书等易燃物较近的灯具，其与易燃物的距离必须大于0.5m。对于要求接地或接零的灯具，必须将其外壳上的专用接地螺栓与接地系统作良好的连接。

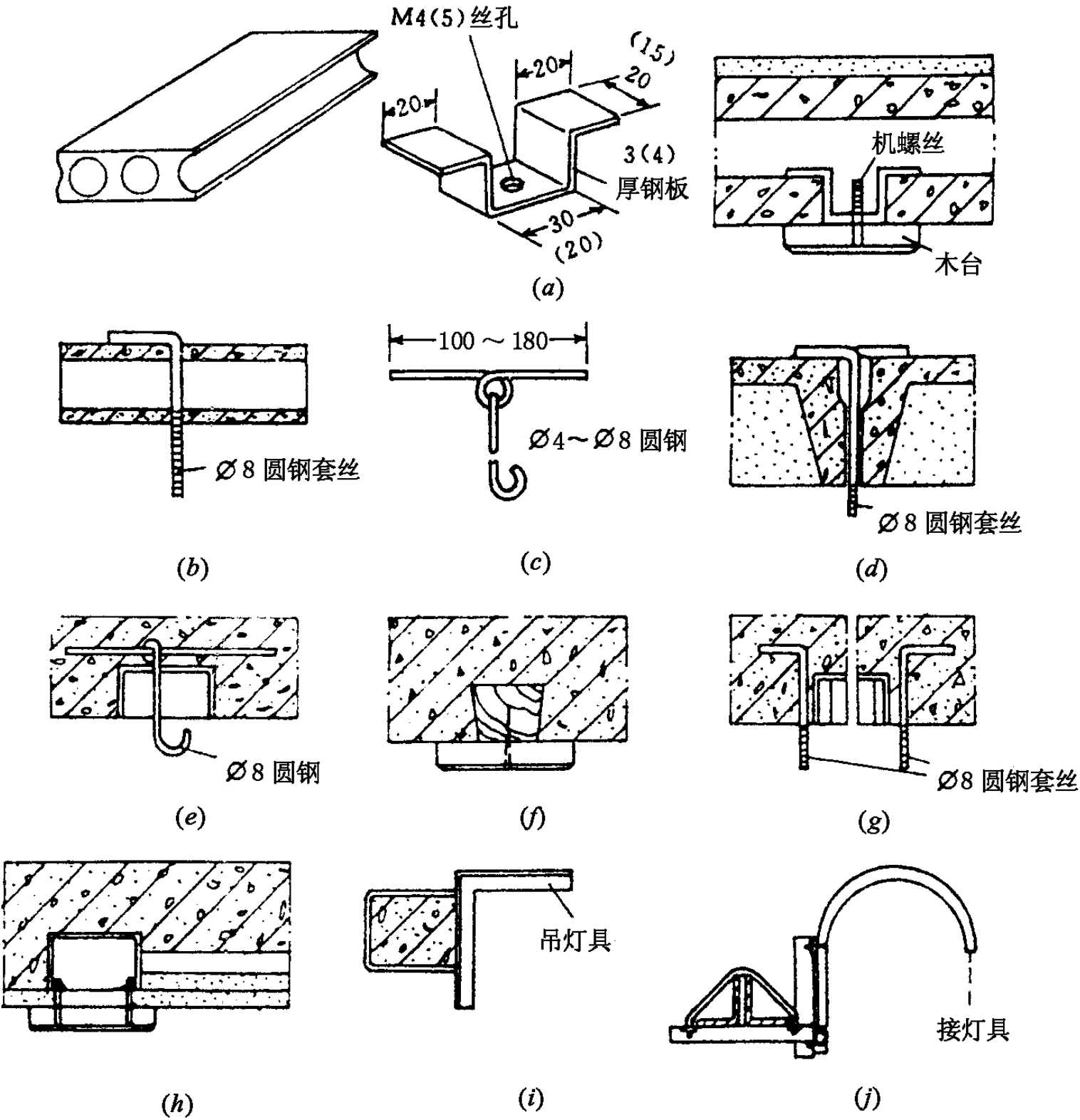


图5 -1 灯位固定方法示意图

- (a) 弓形板制作安装方法，内尺寸可选用；(b) 空心楼板吊挂螺栓；(c) 空心楼板吊具（灯钩）；  
(d) 沿预制板缝吊挂螺栓；(e) 现浇楼板预埋吊环；(f) 现浇混凝土板预埋木砖；(g) 现浇楼板预埋螺栓；  
(h) 暗配管及灯头箱；(i) 屋架抱箍支架吊挂；(j) 钢结构屋架抱箍支架吊挂



## 二、开关和插座的安装

开关和插座的安装，也有暗装及明装两种方式。

### 1. 安装方法。

暗装时，应根据设计图纸要求的部位及标高，先在墙体内埋设好开关箱（或插座箱），箱体应牢固和平整，箱口应与墙粉刷面或修饰面一致，然后按规定进行接线，最后将开关（插座）的面板用螺钉固定在开关箱（插座箱）上。图1 -13 -143 (a) 是暗式倒板开关安装的示意图。

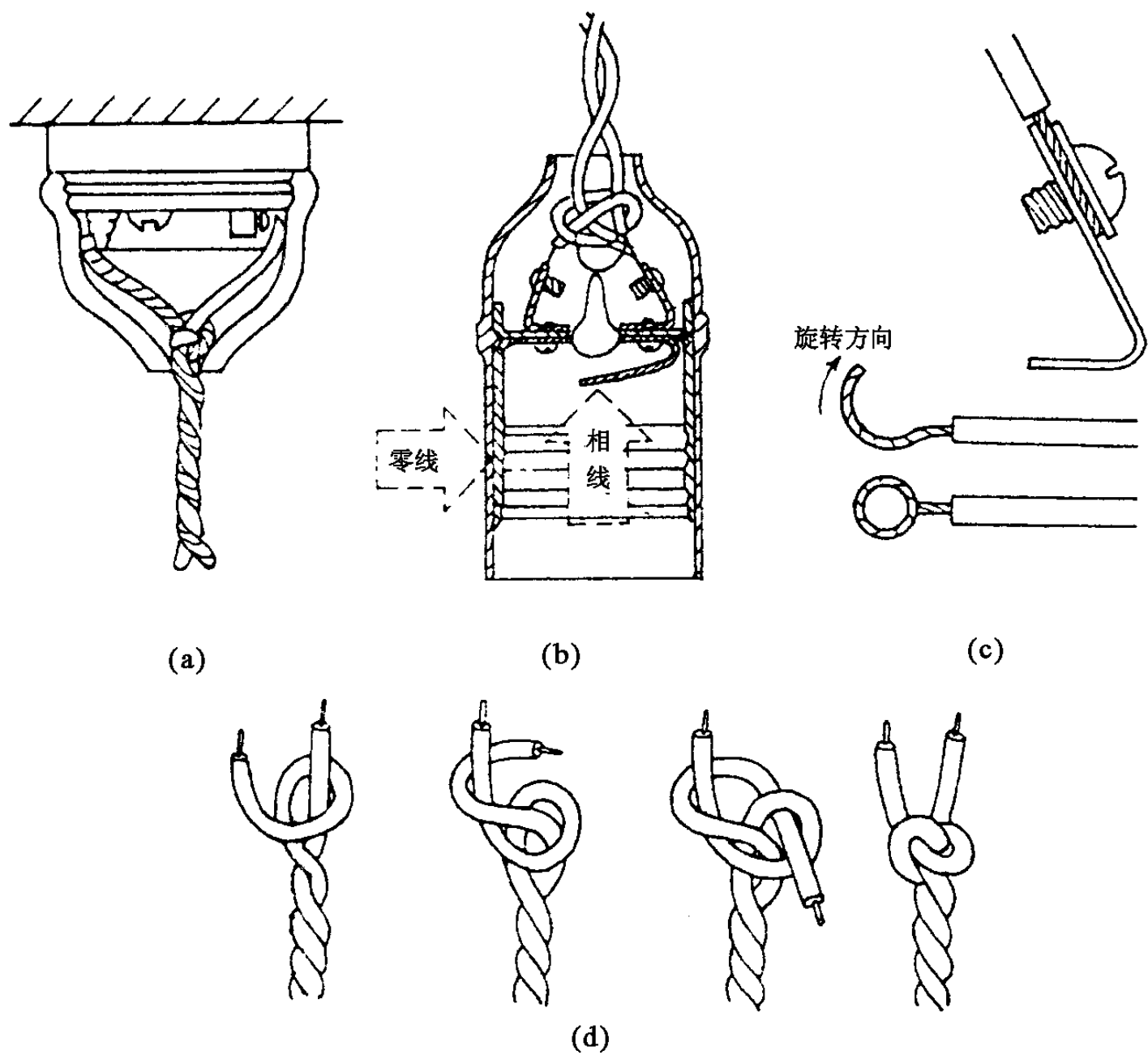


图5 -2 吊线盒及灯座接线

(a) 吊线盒内接线；(b) 螺口灯座内接线；(c) 导线连接；(d) 软线灯结扣步骤

明装时，先将木（塑料）台固定，再将开关（插座）安装在木（塑料）台上，如图1 -13 -143 (b) 所示。

倒板开关的接线，应该遵循：开关板把向上扳，电路接通；向下扳，电路切断的原

则。

2．安装高度及有关间距。

(1) 开关。根据规范规定，拉线开关的安装高度为2 ~3m，其他各种开关的安装高度为1.3m，距门框为0.15 ~0.2m。开关相邻间距，一般不小于20mm。并列安装的相同型号的开关，其安装高度应力求一致，高低差不得大于1mm。

(2) 插座。插座的安装部位与高度，都应按设计图纸的要求进行施工。根据规范规定，插座一般的安装高度为1.3m，但在幼儿园、托儿所、小学校内，插座的安装高度却不得低于1.8m，而车间、试验室的插座，其安装高度却不低于0.3m。并列安装的相同型号的插座或同一室内安装的插座，其安装高度都应力求一致，其高低差，前者不得大于1mm，后者不得大于5mm。

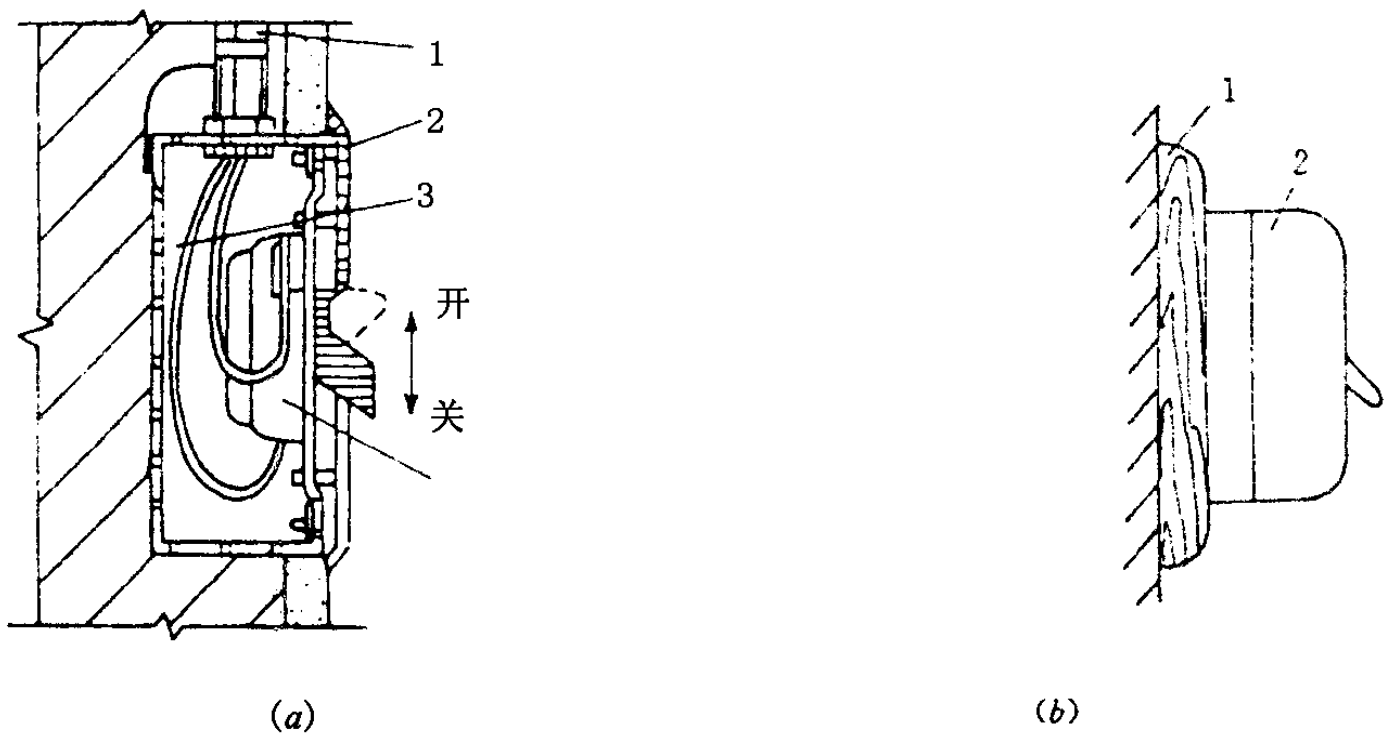


图5 -3 开关的安装

(a) 暗开关的安装 :1 —电线管 ;2 —开关面板 ;3 —开关箱  
(b) 明开关的固定 :1 —木台 ;2 —开关

三、照明配电箱的安装

照明配电箱中装有闸刀开关、组合开关、低压断路器、熔断器等一些常用的电器，还装有零线和保护地线 (PE 线) 汇流排，有些配电箱中还装设电度表。照明配电箱按其结构，可分为明装 (墙挂式) 与暗装 (嵌入式) 两种。

照明配电箱安装的部位，应根据设计图纸的要求，一般安装在电源进口处及较接近负荷中心处。安装的高度，一般为1.5m。安装的方法，如第五章介绍的墙挂式动力配

电箱安装的方法一样。例如明装时，先用膨胀螺栓、开尾螺栓、支架、抱箍等将配电箱固定，然后进行接线，最后将盘面推入箱内固定。暗装时，则应按设计图纸规定的位置，将配电箱的嵌架预先埋设在墙内，使箱面稍凸出墙面，待配管、接地以及土建完工后，即可进行穿线、装面板、接线，最后将盘面推入箱内固定。照明配电箱（板）应安装牢固，其垂直偏差不应大于3mm。

### 第三节 室外照明

室外照明一般都采用在值班室或变配电所中进行遥控。采用三相供电时，应力求三相上的负荷保持平衡，并且应在每个灯杆处，设置单独的短路保护。

#### 1．路灯

路灯的安装高度，不得低于4.5m；路灯杆的间距，一般为25~30m，进入弯道处的灯杆间距应适当减小。路灯伸出路崖一般为0.6~1m，路灯的水平线上的仰角一般为5°。

#### 2．庭园灯

若庭园灯布置在道路宽度为Bm处，则其安装高度，单列布置时为0.6B；双列对称布置时为1.2B，但均不得低于3.5m。庭园灯杆的间距，一般为15~25m。

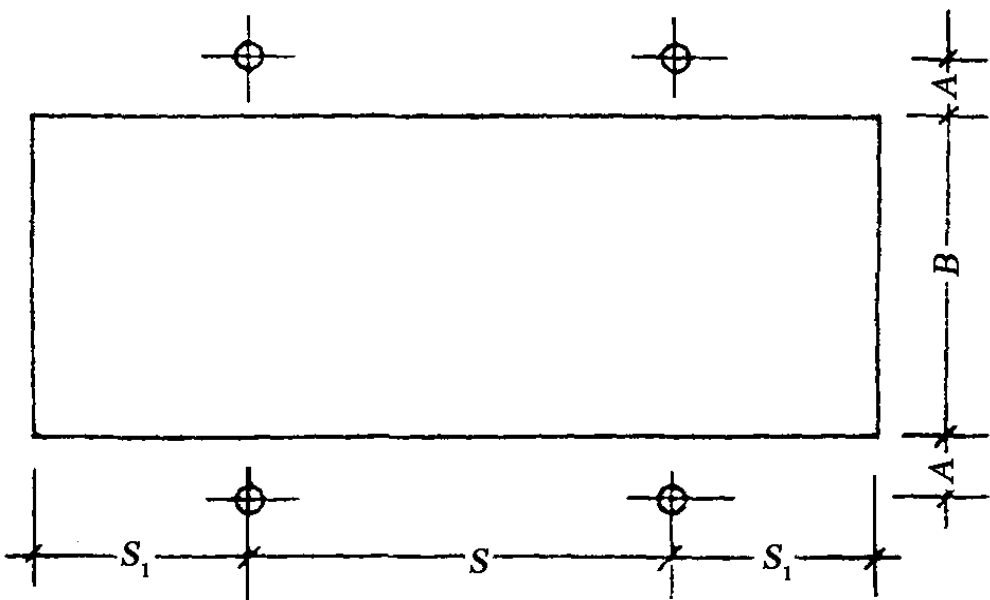


图5 -4

#### 3．采用投光灯照明的广场

投光灯的安装高度H，可根据下式进行计算后确定。在上图中，

当单列布灯时： $H=0.4B+0.6A, S=2S_1$   
当双列布灯时： $H=0.2B+0.6A, S=2S_1, S=2.7H$

4. 高杆照明

高杆照明灯具的安装高度为

$$H=6.5R \quad (R \text{ 为被照范围的半径 (m)})$$

5. 隧道照明

隧道照明必须采用两路电源供电，应急照明应由备用电源（一般为自备发电机组）的独立系统供电。

隧道内灯具的安装高度不应低于4m。灯间的距离S，既要满足：

两侧对称式布灯时， $S=2.5H$

两侧交错式布灯时， $S=1.5H$

又要满足防止频闪现象的关系式：

$$\frac{v}{36} \leq S \leq \frac{v}{18}$$

式中 v——车速 (km/h)。

## 第六章 电子工程的电气施工技术

### 第一节 电话通信工程的电气施工

#### 一、电话站

一个完备的自动电话站，一般有生产房间、辅助生产房间及非生产房间三个部分。生产房间包括：自动机键室、测量室、电力室、电池室、转接台室、电缆进线室及充气维护室；辅助生产房间包括：储配室、机修室、空调室（或通风机室）、储藏室及生产人员休息室；非生产房间包括：办公室、厕所等。其平面布置图的一般形式，如图6 - 1 所示。

电话站的电气施工的方法，步骤及应注意事项与工业企业生产厂房的电气施工的基本类同，但它具有自己的一定特点，所以施工中必须注意以下一些事项。

#### （一）供电系统

电话站一般采用两路独立电源供电，并采用末端自动互投的系统。图6 - 2 是供电系统的一般方框图。

当供电负荷低于二级或交流电源不可靠时，可采用增大电话站的蓄电池容量的方法来确保供电的可靠。

电话站交流电源的供电方式采用TN - S 或TN - C - S 系统。配线方式采用暗管敷设。

#### （二）设备安装

在施工中，应保证设备的安装既符合设计要求、规范规定，又能便于施工、便于维护。

##### 1. 自动机房设备的安装

自动机房设备的排列有单列与双列两种形式。

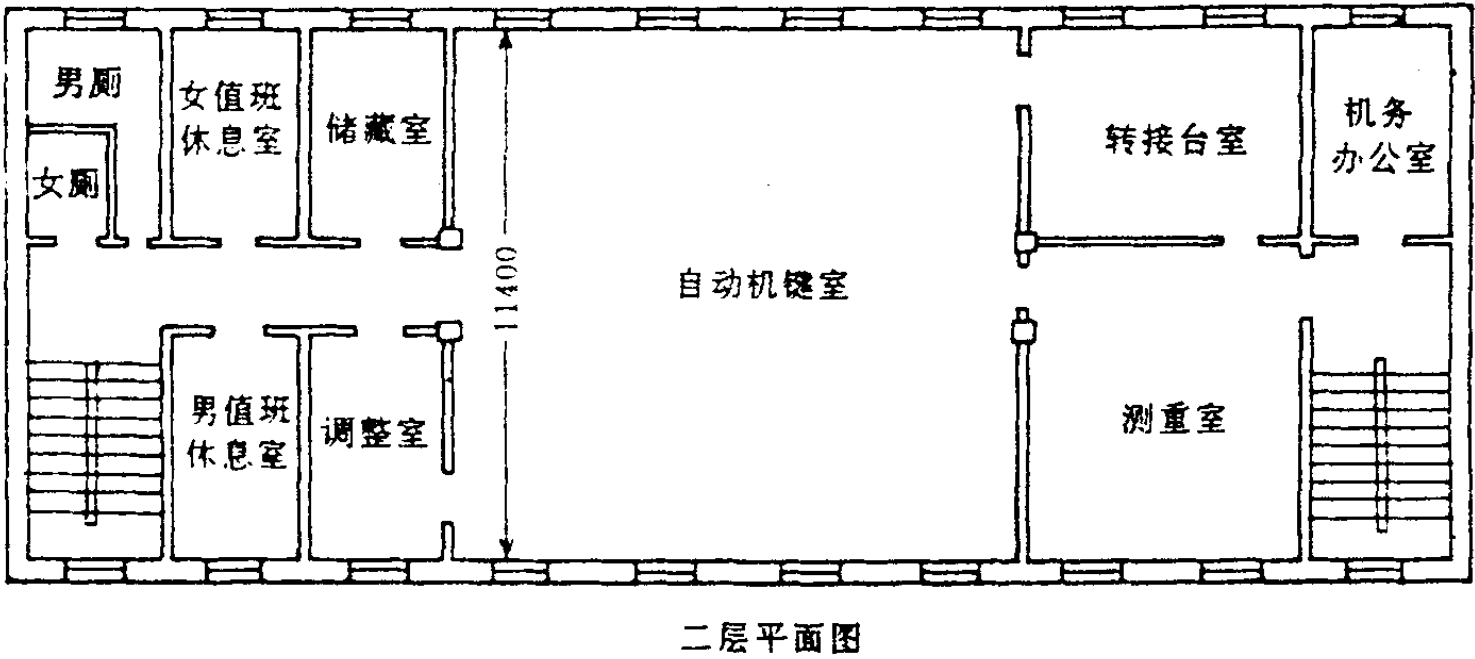
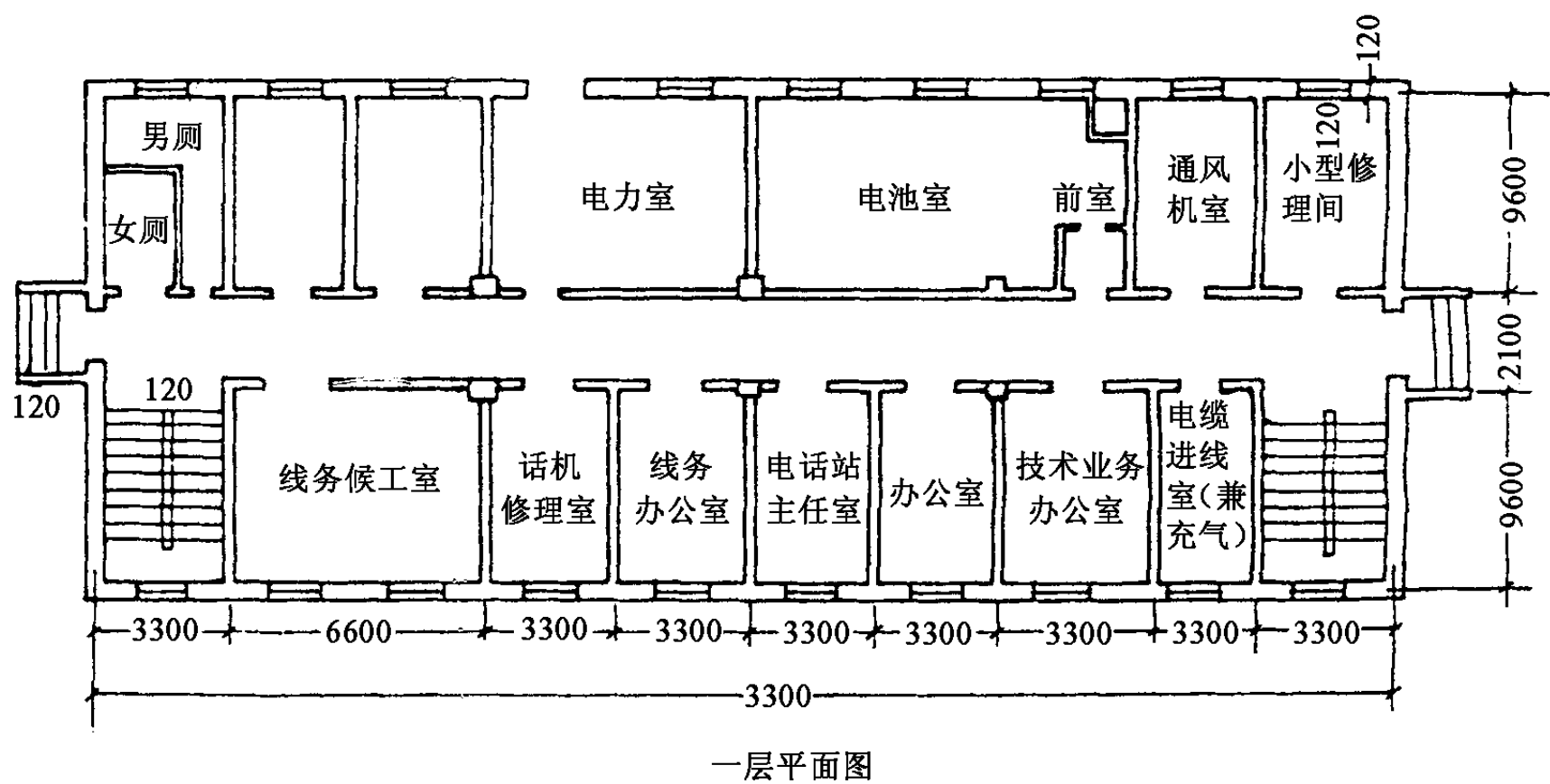


图6 -1 终期2000 门自动电话站平面布置图

- (1) 总配线架的安装。落地式配线架，容量在360 回线以下者，一侧可靠墙安装；容量大于360 回线者，应离墙（与墙的距离一般不小于0.8m）安装。横列端子板离墙一般不小于1m，直列保安器排离墙一般不小于1.2m。
- 挂墙式小型端子配线箱，其安装高度一般为0.6m。
- (2) 列间距离。机列间净距一般为0.8m，若机架为面对面排列时，净距为1 ~ 1.2m。
- (3) 机列与墙的间距。当机列与墙的间距作为主要通道时，其净距一般为1.2 ~ 1.5m，机列背面或侧面与墙或其他设备的净距一般不小于0.8m（若不需维护时，可靠墙安装）。



⑤) 蓄电池的排列,除受房屋面积限制而不得不采用双层外,一般都应该采用单层排列。

⑥) 蓄电池不得安装在暖气沟上面,与采暖散热器的净距应不小于0.8m。

### (三) 电话站的接地

电话站的接地包括:直流电源接地、电信设备机壳或机架和屏蔽接地、人站通信电缆的金属护套或屏蔽层的接地、明线或电缆人站避雷器的接地等。各种接地均应与全站共用的通信接地装置相连。

#### 1. 直流电源的接地

若无特殊要求,则应采取正极接地。

#### 2. 电信设备机壳或机架的接地

①) 交流配电屏(盘)、整流器屏(盘)等供电设备的外露可导电部分,当不与通信设备在同一机架(柜)内时,应采用专用保护线(PE线)与之相连。

②) 直流屏(盘)的外露可导电部分与交流配电屏(盘)、整流器屏(盘)外露可导电部分互相连通时,应采用PE线与之相连;当不连通时,应采用保护接地,接到通信接地装置上。

③) 交直流两用通信设备的机架(柜)内的供电整流器盘的外露可导电部分,当与机架(柜)不绝缘时,应采用保护接地,接到通信接地装置上。

#### 3. 通信接地系统

①) 电话站的通信接地系统不可与工频交流接地系统互通。但是,当具备专用供电变压器时,其通信用接地装置可与变压器中性点的接地装置合用。此时,各种需要接地的通信设备应设置专用保护干线(PE干线),引至合用接地体或总接地排。施工中要注意不可将它与有三相不平衡电流流过的相零干线相连通。

②) 电话站的通信接地系统应与建筑物的防雷接地系统分开设置。若因条件限制,无法分开设置时,则应将它与建筑物的防雷接地装置、工频交流供电系统的接地装置互相连接在一起,其接地电阻不得大于1Ω。

#### 4. 电话站内通信设备的接地电阻要求

电话站内的各种通信设备,其接地电阻值应满足一定的要求,如程控式交换机,不得大于5Ω;机电制交换机、载波机等通信设备的接地装置,当直流供电时,不得大于15Ω;交流供电或交直流两用设备,交流单相负荷≤0.5kVA时,不得大于10Ω;交流单相负荷>0.5kVA时,不得大于4Ω。

#### 5. 电话站接地装置的施工

电话站接地装置的施工方法与要求和一般工业企业的接地装置基本相同,下面再重



申一下。

(1) 接地体。当采用垂直接地体时，接地体之间的间距，一般为接地体长度的1.5~2倍，且最小间距不得小于接地体长度。

接地体埋设时，其顶面离地面不得小于0.5m；若有冰冻层，则应使其顶面的埋设深度大于冰冻层的深度。

垂直接地体一般采用角钢、钢管或圆钢；水平接地体一般采用扁钢。角钢的厚度不得小于4mm；钢管的壁厚不得小于3.5mm；圆钢的直径不得小于10mm；扁钢的厚度不得小于4mm，截面积不应小于100mm<sup>2</sup>。

(2) 接地引入线。接地引入线应采用外加绝缘的扁钢（厚度不应小于4mm，且截面积不可小于100mm<sup>2</sup>）或绝缘导线（对要求接地电阻小于10Ω的接地装置，应采用截面积不小于16mm<sup>2</sup>的铜芯线；要求接地电阻不小于10Ω的接地装置，则应采用不小于10mm<sup>2</sup>的铜芯线；用户终端设备避雷器，应采用不小于2.5mm<sup>2</sup>的铜芯线）。

当电话站通信接地装置与电气防雷接地装置合用时，应采用专用接地干线（截面积不小于25mm<sup>2</sup>的绝缘铜芯线）引入电话站内。

(3) 站内接地线。站内各种通信设备的接地连线，均应采用绝缘铜芯线。总配线架至接地排（又称为“接地母线接地板”，是电话站内各种接地线的汇集点，也是站内接地线与接地引入线的连接点）的接地线，应采用不小于35mm<sup>2</sup>的铜芯线（当总配线架避雷器的接地端不是通过接地排与人站电缆金属护套或屏蔽层相连，而是直接连接时，则总配线架至接地排的站内接地线截面，允许不小于10mm<sup>2</sup>）；对要求接地电阻小于10Ω的通信设备，应采用不小于16mm<sup>2</sup>的铜芯线，对要求接地电阻不小于10Ω的通信设备，应采用不小于10mm<sup>2</sup>的铜芯线。

上面所述的站内接地线，不包括兼作直流电源馈电线的接地线。

在接地装置施工中，还应该注意土壤的性质，对于腐蚀性较强或电阻率大于20Ω·m的土壤，应采用耐腐蚀的接地体或增大接地体的截面积。

在施工中，一旦遇到测得的接地系统的接地电阻值不能符合要求时，可以采用常用的方法来降低接地电阻的数值，即：增加接地体的根数；深埋接地体；换土法（将电阻率高的土壤更换为电阻率低的土壤）以及化学法（在接地体周围埋入长效化学降阻剂或埋入木炭、焦炭、矿渣等电阻率低的物质）。

### (四) 照明

电话站的照明，除正常照明外，还应设置事故照明（应急照明）。事故照明的电源，由站内的蓄电池供给，保证继续工作的需要。但对于小容量的电话站，一般都不设置为继续工作所需要的应急照明，而安装壁挂自容式应急灯。

在蓄电池室进行照明施工中，灯具应采用防爆安全灯，灯位不可安装在蓄电池的正上方，开关不可安装在蓄电池室内（除镉镍蓄电池的蓄电池室外）。

## 二、电话用户交换机

电话用户交换机有纵横制自动电话用户交换机与数字程控电话用户交换机两种。前者是机电制的自动交换机，它广泛用于机关、学校、医院等企事业单位内部作通信使用；后者是由计算机控制的交换机，它不仅可以交换电话业务，而且可以交换数据等非电话业务，所以它广泛地使用于各企事业单位系统中。本节将介绍这种目前使用得最广泛的程控用户交换机的电气施工。

### （一）供电系统

程控用户交换机的供电系统，如图6 -3 所示。它由交流配电屏、整流器、直流配电屏、蓄电池以及机内的电源系统（包括DC -DC 变换器及DC -AC 变换器）等组成。

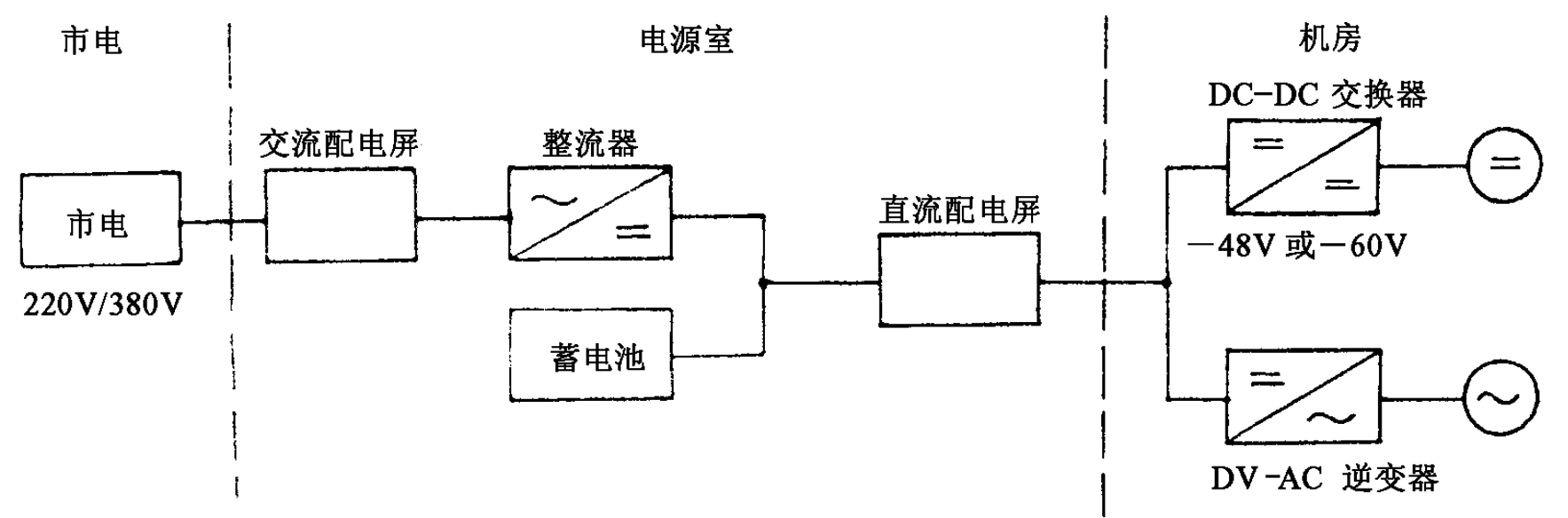


图6 -3 程控用户交换机供电系统框图

在施工中应该注意：蓄电池组与直流配电屏联接所用的铜母排、引入电缆及接线端子，均应连接牢固，防止因接触不良而造成事故；为防止联接蓄电池与直流配电屏的母排发生短路，可采用彩色胶带将其包扎（一般负极采用蓝色，正极采用红色）。

### （二）配线

程控交换机的电气施工都采用电缆配线。电缆的敷设，分为架上敷设与架下敷设两种形式。前者是利用机柜顶上的托架与线槽进行敷设，施工中要注意：预留的电缆的线孔洞要与机柜的相应位置相一致；后者是将电缆敷设在活动地板的下面，施工较方便，所以机房内的配线，大多采用这种敷设方式。

### （三）接地

在接地系统施工中，为防止程控用户交换机与联网市电话局间产生电位差，造成出入中继器电路的误动作，所以必须将直流配电屏的正极母排与接地体相连接；将交换机的电气接地与安全接地接到交换机配电系统的正极母排上。同时，为避免接地线上存在电位差，施工中应使保安器的接地引线尽量短，且不可为环形。

对程控交换机接地电阻的要求，一般是：3000 线以上的，不大于3 $\Omega$ ；3000 线以下的，不大于10 $\Omega$ 。配线架（交换机系统机架之间或交换机与外线连接的配线设备）的接地电阻要求10 $\Omega$ 左右。

在接地系统的施工中，还应注意以下一些事项。

（1）接地体一般采用直径为20~25mm、长为3m的圆钢。接地体顶端离地面不小于0.3m，接地体间的间距不小于15m。地中的接地线一般采用30mm×5mm的扁钢。

（2）在接地体上焊有引线端子，然后用铜芯线将其引入机房。

（3）机房的接地系统应尽量远离避雷针的接地系统，以防雷击时，由于对机房接地系统的影响，而造成交换机设备中电子器件的损坏。

（4）机房内的接地线，不能采用自来水管或暖气管。因为，它们的接地是不可靠的，接地电阻是不稳定的。

（5）在土壤电阻率较高的场所，为降低接地电阻，可在欲打入接地体的部位，挖一个1.5m左右的深坑，在其中放入木炭及盐。

## 三、电话通信线路

在建筑工程中，电话通信线路网是由电话站引往各个方向的主干与分支配线系统所组成的。电话通信线路，就其敷设场所，可分成室外与室内两大部分。

### （一）线路

#### 1. 室外线路

室外线路，一般采用直埋电缆的方式。在新建城镇、住宅小区等场所，可采用穿道、沿墙、沿电缆沟以及架空等敷设方式。

（1）直埋电缆的施工。直埋电缆的敷设方式，广泛应用在室外线路中。但是，若施工路径中，土壤具有腐蚀性的介质，或有堆场、货场及广场，或需要往返穿越干道、公路及铁路，或需要穿越预留发展用地及规划未定的用地，则就不应在该地区采用直埋电缆的敷设方式。

直埋电缆，一般采用铠装电缆或塑料直埋电缆。当坡度大于30°或电缆可能承受张力的地段，应采用钢丝铠装电缆。

直埋电缆的施工方法及施工中注意事项与电力电缆直埋敷设时完全类同。下面再重复地强调几点。

电缆的埋深不宜小于0.7m。在电缆的四周，应铺放50~100mm的细砂或软土，然后再在上面覆盖混凝土板或机红砖。

穿越道路时，应加穿钢管保护，并应留有适当的备用管。

在直埋段每隔200~300m处，在电缆接续点、分支点与盘留点处，在电缆路径方向改变处以及与其他工业管道交叉处，都应设置电缆标志。

引入建筑物内前，应将铠装电缆换接成非铠装电缆穿钢管后再引入到建筑物内。若距分线设备的距离在10m以内时，则可将铠装层剥去，然后穿管引入到建筑物内。

直埋电缆与其他管线的最小净距，如表6-1所示。

表6-1 管道电缆与其他管线及建筑物的最小净距（mm）

其他地下管线及建筑名称		平行净距	交叉净距
给水管	300mm 以下	500	150
	300~500mm	1000	
	500mm 以上	1500	
排水管		1000	150
热力管		1000	250
煤气管	压力 300kPa	1000	300
	压力 >300~800kPa	2000	300
电力电缆	35kV 以下	500	500
	35kV 及以上	2000	
其他通信电缆		750	250
绿化	乔木	1500	
	灌木	1000	
地上杆柱		500~1000	
马路边石		1000	
电车路轨外侧		2000	
房屋建筑红线（或基础）		1500	

注： 主干排水管后敷设时，其施工沟边与地下通信管道的水平净距不宜小于1500mm。

当地下通信管道在排水管下部穿越时，净距不宜小于400mm，地下通信管道应做包封，包封长度自排水管两端各加长2000mm。

在交越处2m 范围内，煤气管不应作接合装置和附属设备，如上述情况不能避免时，地下通信管道应做包封2000mm。

如电力电缆加保护管时，净距可减至150mm。

管道内的电缆不可有电缆接头。

应留有一定的备用管孔，一般为2 ~3 个。

电缆管道一般都与压力管道、热力管分别敷设在道路的两侧。若因确有困难而需敷设于道路的同一侧时，则它们之间的最小净距应符合表1 -13 -74 的规定。

每段管道的最大长度不得超过150m，并应有不小于2.5/1000 的坡度。

管道的埋深一般为0.8 ~1.2m。

电缆管道可采用混凝土排管（管孔内径一般为70 ~90mm），塑料管、钢管及石棉水泥管等（用作主管道时，一般选用内径不小于75mm 的管子；用作配线管道时，一般选用内径不小于50mm 的管道）。

2）穿管道敷设的施工。敷设在管道内的电缆，应采用裸铅包电缆或塑料护套电缆，而不得采用铠装电缆。在施工中，应该注意以下事项。

电缆在管道内的施放顺序，应该是：先下排，后上排；先两侧，后中间。

同一条电缆在管道内的孔位不可改变。

一个管孔内，一般施放一条电缆。若在某些情况下需要施放两条电缆时，则这两条电缆的总容量不可大于200 对，且外径之和不得大于管孔内径的2/3。

除上述各项注意事项外，施工中还应注意到土建为电缆管道敷设工程所作的基础施工，即：管道及入孔、手孔的防水处理是否良好；电缆管道的基础一般可用素混凝土，但地质不好、地下水位较高及有抗震要求时，应采用钢筋混凝土基础。

3）架空敷设。当地下情况复杂或土壤中具有化学腐蚀物质时；当远期出线容量在200 对及以下时；当该地区的总体规划无隐蔽要求时，可以采用架空敷设的方式。

架空敷设时所采用的电缆，可选用：全塑自承式电缆或实心绝缘非填充型电缆；钢绞线吊挂全塑电缆或铅包电缆。

架空电缆施工中应该注意以下事项。

通信电缆一般不可与电力线路同杆架设。若需同杆架设，则应满足表6 -2 所示的间距要求。

表6 -2 通信架空电缆与其他线路的间距 (m )

线路名称	间距
1 . 低压电力线路 (380V 及以下)	1 .50
2 . 高压电力线路 (10kV 及以下)	2 .50
3 . 广播线路	1 .20
4 . 通信明敷线路	0 .60

架空电缆与电力线路同杆架设时，应挂一条吊线；架空电缆专杆架设时，不应超过两条吊线。

架空电缆专杆架设时，杆距一般为35 ~45m 。

架空电缆距地面的最小距离为4 .5m ；距道路路面的最小距离为5 .5m 。

电话用户线沿电杆架设时，一般可采用多沟瓷瓶固定。若电话用户线布放在电缆挂钩之内时，可采用室外电话线，其数量不应超过四对，并不应在吊线的中间下线。

(4 ) 室外沿墙敷设。室外沿墙敷设的方式适用于住宅小区，但该小区的温度不得超过60℃，不能有较强的腐蚀性气体或溢出，不能有较强震动。

沿墙敷设的电缆，一般采用全塑电缆。每条电缆一般不要超过50 对，最大不应超过100 对。

室外沿墙敷设，又可分为卡钩式与吊线式两种形式。它们在施工中应该注意以下事项。

对于卡钩式，卡钩的间距不应大于0 .7m ，卡钩高度一般为3 .5 ~5 .5 m 。

对于吊线式，当跨越建筑物时，若跨间大于20m 或电缆容量大于30 对时，其吊线两端应做终端。吊线，可按表6 -3 进行选择。

表6 -3 墙壁电缆吊线选择

电缆程式 (对数)	吊线程式 (股数/线径) (mm )	吊线固定点间距 (m )
30 ×0 .5	1 /4 .0 铁数	6
30 ×0 .6	7 /1 .0 钢绞线	
50 ×0 .5	7 /2 .0 钢绞线 或 3 /4 .0 铁线	15
100 ×0 .5		
50 ×0 .6		
100 ×0 .6		

墙壁电缆不可与防雷接地的金属引下线等接触，在交叉时，应加保护装置。

墙壁电缆不可敷设在电磁场干扰严重的场所。对敷设在易受电磁干扰影响场合的电缆，应加穿钢管保护，并将钢管作良好接地。

墙壁电缆与其他管线间的最小间距，应符合表6 -4 所列的规定。

表6 -4 墙壁电缆与其他管线间的最小间距 (m )

管线名称	最小间距		说明
	交叉	平行	
电力线路 (380V 及以下)	0 .05	0 .15	间距不足时应加绝缘层
防雷引下线	0 .30	1 .00	应尽量避免交叉
热力管道	0 .50 (0 .30 )	0 .50 (0 .30 )	括号内为有保温时的数值
给水管	0 .02	0 .15	
煤气管	0 .2	0 .30	
保护地线	0 .02	0 .05	

注：表中与防雷引下线交越距离为墙壁电缆敷设高度小于6m 时。

⑤）沿电力电缆沟敷设的托架电缆。在电力电缆地沟内托架上敷设的电缆，应采用铠装电缆；若室内地沟环境较好，亦可采用全塑电缆。在施工中，应该注意以下几点。

当通信电缆与1kV 以下的电力电缆同沟架设时，应各置地沟的一侧。若置于地沟的同一侧时，则应将通信电缆敷设在托架的上层，且其间距应满足表8 -4 中的规定。

托架的层间间距和水平间距，一般和电力电缆相同。

2．室内配线

室内配线一般均采用全塑电缆或塑料铜芯线。室内配线的方式主要有：明敷；暗敷；主干线或分支线采用暗敷、用户线为明敷的混合配线；桥架配线及线槽配线等。

室内配线施工中，一般应注意以下事项。

(1 ) 电缆与电线敷设在室内有关部位时，所穿钢管之管径与管子利用率，可参照表6 -5 进行选用。

表6 -5 穿管的选择

电线、电缆 敷设地点	最大管径 (mm )	管径利用率 (%) 电缆	管子截面利用率 (%) 绞合导线
暗敷于底层地坪	不限制	50 ~60	30 ~35
暗敷于楼层地坪	一般 25	50 ~60	30 ~35
暗敷于墙内	一般 50	50 ~60	30 ~35
暗敷于吊顶内或明敷	不限制	50 ~60	25 ~30 (30 ~35 )
穿用户线	25	25 ~30 (30 ~35 )	

注：表中括号内数值为管内穿平行导线时的数值。

②）管子一般不要超过两个弯头，弯头角度不得小于90°，若弯长超过20m，还必须加装过路箱。对于没有弯头的直线管子，若管长超过30m，也必须加装过路箱。

③）配线电缆与用户线不得共管。

④）配线应尽量避免穿越“沉降缝”，不应穿越易燃、易爆、高温、高潮湿、高电压以及有较强震动的地段或房间，若不可避免，而应采取保护措施。

⑤）当引至各楼层的上升电缆较多时，一般可设置电缆竖井。若与电力线路等线路合用同一竖井时，应分两侧进行敷设。若在竖井内采用钢管配线时，则应预留1~2条备用管。若通信电缆在竖井内采用封闭型电缆桥架或封闭线槽等敷设方式时，通信电缆应绑扎在电缆桥架梯铁或线槽内的横铁上，以减少电缆自身承受的重力。

⑥）室内配线电缆一般不应在楼板内作横向敷设。在特殊情况下需作横向敷设时，容量不宜超过50对。配线电缆在竖井内作纵向敷设时，容量不宜超过100对。

⑦）引出建筑物的用户线在2对以下，距离不超过25m时，可采用钢管埋地敷设至电话出线盒。若超过上述规定，则应采用直埋电缆的敷设方式。

⑧）室内分线设备的安装。电话出线盒必须采用专用出线盒或插座，不得用一般插座来代替。安装方式，一般应采用暗装。安装高度。分线箱（盒）的底边距地0.5~1m；话机出线盒的底边距地0.2~0.3m。

（二）接地

1．电缆线路的接地

- ①）敷设于地下的通信电缆，其金属外护层或屏蔽层应接地。其接地电阻 $R_{jd}$ 为：
- 当土壤电阻率  $\leq 100 \Omega \cdot m$  时， $R_{jd} \leq 20 \Omega$
- 土壤电阻率  $>100 \Omega \cdot m$  时， $R_{jd} \leq 40 \Omega$

②）架空电缆的金属护套及其钢绞线，应每隔250m左右接地一次；空旷地区，应



每隔1000m 左右接地一次。在电缆分线箱处，架空电缆的金属护套及其钢绞线，应与电缆分线箱合用接地装置。架空电缆的金属护套及其钢绞线的接地电阻为：

(.m)：	100	>100 ~300	>300 ~500	>500
R <sub>jd</sub> （）：	20	30	35	45

③）电缆分线箱避雷器的接地电阻如下：

(.m)：	100	>100 ~300	>300 ~500	>500
R <sub>jd</sub> （）：	20	30	35	45

2．杆路、明线与终端设备的接地

(1) 位于空旷地区的各种型式架空通信线路的下列电杆，应装设避雷针及其接地装置。

终端杆、引入杆及与其毗邻的五根电杆。

分线杆、试线杆、飞线跨越杆、超过12m 的电杆、位于高处的电杆以及角深大于1m 的角杆。

装有放电器、避雷器、放电间隙的电杆。

与1kV 及以上的电力线路交越时两侧的电杆。

在雷电活动频繁的地区，每隔5 ~10 根电杆。

遭受过雷击的电杆。

(2) 空旷地区的架空明线进入电信站或中间电缆处的电杆，应设置避雷器及其接地装置，并应在2000m 范围内设置分级保护接地。

(3) 接至空旷地区电缆或明线线路的用户终端设备，应设置保护装置，其避雷器应做好接地。

(4) 杆路、明线和终端设备的接地电阻R<sub>jd</sub>不应大于表6 -6 中的规定。

表6 -6 杆路、明线的接地电阻

接地项目	土壤电阻率 (.m)			
	100	>100 ~300	>300 ~500	>500
	接地电阻R <sub>jd</sub> （）			
架空线进入电信站或中间电缆处终端杆的避雷器和分级保护放电器	5	7	9	12
架空明线分级保护放电间隙架空地线	20	30	35	45
电缆分线箱避雷器	10	15	18	24
与1kV 及以上的电力线路交叉跨越时两侧电杆上避雷针	25	25	25	25

⑤) 当用户终端设备需要装设避雷器时，避雷器的接地电阻  $R_{jd}$  不应大于表6 -7 中的规定：

表6 -7 用户终端设备避雷器的接地电阻

共用一个接地装置的避雷器数量 (个)	1	2	4	5 及以上
接地电阻 $R_{jd}$ ( )	50	35	25	20

第二节 电视系统的电气施工

电视系统可分为共用天线电视系统及应用电视系统。前者是共用一组天线，以接收电视广播为目的，由于共用天线系统不向外界辐射电磁波，以有线闭路形式将电视信号传送到各个用户，所以又被称之为闭路电视 (CATV) 或有线电视 (MATV)。后者是除广播电视以外的其他所有领域内应用的电视 (CCTV)。

一、共用天线电视

共用天线电视系统，一般可分为前端（接在接收天线或其他信号源与共用天线电视系统其余部分之间的设备组合。例如前端可以由天线放大器、频率变换器、混合器、频率分离器和信号发生器等设备组成）、干线及分配分支线（支线、分支线及用户线）等三个部分。

(一) 共用天线的安装

共用天线的安装以及天线竖杆（架）的基础（基座）的安装，都必须按照生产厂提供的要求，并应在生产厂指导下进行。一般来讲，施工中应注意以下事项。

- ①) 天线都架设在天线竖杆或专用铁塔上，而天线竖杆的周围不得有除天线及天线架设构件外的其他金属物体（即天线竖杆周围必须是净空区）。
- ②) 安装两根以上竖杆时，两杆间最靠近的间距不应小于3m（以不相互影响电视接收信号的路径）。
- ③) 多副天线叠层安装时，其两副天线间的垂直距离，不得小于1m。最底层天线与承载建筑体顶面的间距，不得小于2m。

(4) 两副天线在同一水平面架设时，两天线相互靠近边沿的水平净距，不得小于1 m。

(5) 天线竖杆一般采用拉线固定，但拉线的位置不得安装在接收信号的传输路径上，拉线的地锚应与建筑物的钢筋焊接。位于净空区的拉线，应有绝缘子将其分隔成小段，每小段的长度，应小于其相邻天线工作波长的 $1/4$ 。

(6) 天线杆（架）高度较高或处于航空线上面时，应安装航空障碍灯。

### (二) 共用天线电视系统的供电与线路

共用天线电视系统一般都采用220V、50Hz 的电源作为系统的工作电源。工作电源应根据系统的分布情况及规模，从企、事业内相关地区的变电所、配电站的低压配电屏或照明总配电箱上以专用回路方式提供。

系统的干线、支线、分支线及用户线，都采用同轴电缆。其敷设方式，应根据工程的具体情况及要求来确定。

(1) 如果电视电缆线路的路径上存在通信管道时，则可以利用管道敷设电视电缆，但施工中不可将它与通信电缆共管孔敷设。

(2) 如果电视电缆线路的路径上存在电力、仪表管线等综合隧道时，则可以利用它们的隧道进行电视电缆的敷设。

(3) 如果电视电缆线路的路径上存在架空通信电缆时，则可以利用电杆与其同杆架设。

(4) 如果电视电缆线路的路径上有建筑物可供利用，则可采用沿墙敷设的方式。

(5) 如果要求电视电缆线路安全隐蔽，则应采用埋地暗敷的方式。

(6) 在新建筑物内，电视电缆应采用暗线方式进行敷设。

对于户外电视电缆线路的施工，应该：令线路尽量短直、少穿越道路、便于施工及维护；令线路尽量避开易使电缆损伤 减少与其他管线及障碍物的交叉和跨越；令线路避开规划预留或未定的地区、与共用天线电视系统无关的地区。

此外，在施工中遇到电视电缆易受外界损伤的地段、穿越障碍物较多的地段、沿易爆易燃装置敷设的地段，都应该采用穿管敷设，以保证电视电缆的安全可靠工作。

### (三) 共用天线电视系统设备、器件的安装

前端机房内的配线，一般采用地槽的方式，但也可采用暗管、电缆架或电缆槽的方式。有办节目的前端机柜（台）与墙的净距，正面不应小于1.5 m，背面不应小于0.8 m，侧面不应小于1.2 m（作为主走道时）或0.8 m（作为次走道时）。

传输分配设备及部件，不得安装在高温、潮湿或易受损伤的场所，如浴室、厨房、

锅炉房等处。

在多层住宅建筑内，各楼层的系统输出口安装平面位置应一致。系统输出口在墙上安装时，离地为0.3~1.5m。所定的安装位置，应与墙上的其他设施相协调。

器件与电视电缆的连接，应采用高频插接件，且其规格应与电缆的规格相应。

### (四) 共用天线电视系统的防雷与接地

共用天线电视系统必须采取有效、可靠的防雷与接地措施。总的来说，同一个共用天线电视系统，其户内防雷系统、户外电缆线路、户外电力线路以及建筑物本身的防雷系统，应共用同一个防雷接地系统的接地装置，其接地电阻不应大于1 $\Omega$ 。具体来说，在施工中应注意以下事项。

(1) 共用天线电视户外电缆直接架空引入时，在入户处应加装避雷器。并应将电缆金属外护层、自承钢索、避雷器、进入建筑物的架空金属管道等在入户处与接地装置相连接。

当电缆用埋地方式直接引入时，也必须在入户端将电缆金属外护层与接地装置相连。

(2) 在天线竖杆（架）顶上应安装避雷针，并且将避雷针、天线的零电位点及天线杆塔与共用接地装置作可靠连接。若另装独立避雷针，则其与天线最接近的振子或竖杆边缘的间距必须大于3m，并能保护全部天线端子。

当天线架设在房屋等建筑物顶部时，天线的防雷与建筑物的防雷，应采用一个共用的防雷系统。天线杆、塔的防雷引下线及金属杆、塔的基部，均应与建筑物顶部的避雷网进行可靠的连接，并应有不少于2个不同方向的引下线。

沿天线竖杆（架）引下的同轴电缆，一般采用双屏蔽电缆或单屏蔽电缆穿金属管敷设，双屏蔽电缆的外层或金属管，应与竖杆（或防雷引下线）和建筑物的避雷带作良好的电气连接。

若天线放大器设置在竖杆上并采用专用电源线供电时，则电源线必须穿金属管敷设，并且应将金属管与竖杆（架）作良好的电气连接。

进入前端的天线馈线，应加装避雷器，并将避雷器作可靠的接地。

天线馈线，应穿金属管或紧贴防雷引下线、金属天线杆、铁塔体引下。金属管及天线馈线电缆的金属外护层，在金属天线杆塔的上下两端均应与杆塔或防雷引下线间作良好的电气连接。

(3) 设置在建筑物内的共用天线电视系统的同轴电缆金属外护层、金属穿管、设备外壳等均应相互连接并接地，以组成防雷电感应的室内防雷系统。

(4) 设置在户外的设备，应安装在箱、罩内。在雷击区，敷设在外墙上的同轴电缆线路，还应穿金属管保护，此金属管必须作良好的接地。

此外，在室外架空电缆线路中，其分支杆、引上杆、终端杆，角深大于1m 的角杆、高位杆、安装干线放大器的电杆以及郊区旷野直线线路每隔5 ~10 根电杆处，均应安装防雷接地线。

⑤) 不得在两建筑物的屋顶上敷设电缆。若确需敷设，则应将电缆沿墙降低到防雷保护区以内，并且不得妨碍车辆的行驶，不得低于4.5m，其吊线应作良好的接地。

## 二、卫星电视

所谓卫星广播电视系统，就是利用卫星来直接转发电视信号的系统。这种系统的安装与施工，与前面所述的共用天线电视系统基本类似，仅在于要求或难度不同而已。

卫星广播电视系统的天线，是体积庞大、要求很高的物件。而不同生产厂生产的卫星电视接收天线，结构差异又很大，所以这类天线的安装，必须由生产厂到现场直接或间接指导进行安装。

卫星电视系统的供电，要求很高，必须具备可靠、稳压及不间断工作。卫星电视接收机的电源，都采用5 ~24V 的低压。

卫星电视系统的防雷接地系统，都必须采取和共用天线电视系统的防雷接地系统一样的极其可靠与有效的措施，卫星电视的接收天线，都必须安装避雷针或避雷器，以防止雷电对设备的损害。

## 三、闭路应用电视

根据生产过程的需要、生产管理的需要，常在生产条件恶劣、操作人员不易直接观察到的部位，设置生产过程监视系统；常在企业（车间）内，设置生产调度监视电视系统；此外，还有图象信息传递电视系统等。在各种特殊需要的场合下，也常需要设置各种形式、满足各种要求的应用电视系统。

闭路应用电视的形式有多种，但其基本组成有四大部分，即：摄像部分（将被摄体进行摄像，然后再将其变换成电信号）；传送部分（将电信号传送到各处）；显示部分及控制部分（对该信号进行重放显示取样）。摄像部分的主体是电视摄像机；而传送信号，可以用有线和无线两种方法，由于应用电视系统一般都是为特定的观察者设置的，所以一般都采用有线传送。

### （一）闭路应用电视系统的供电

整套闭路应用电视系统的电源，应由独立回路专线提供，一般采用交流单相220V、50Hz。在监控室内，应设置专用的配电盘。

摄像机的电源，应采用由监控室引专线集中提供。对于远端的摄像机，集中供电确有困难时，也可就近提供，但这路电源必须是由与监控室的电源配电箱同相位的、分回路的电源提供，同时这路电源还应由监控室进行控制其通或断。

### （二）设备安装

摄像机应安装在监视目标附近不易遭受外界损伤的地方。安装高度，室内为2.5 ~ 5m；室外为3.5 ~ 10m。

电视控制台（柜）的安装，其正面与墙的净距不应小于1.2m；背面与墙的净距不应小于0.8m；侧面与墙或其他设备的净距不应小于1.5m（作为主要走道时）或0.8m（作为次要走道时）。

### （三）线路敷设

电视系统的电缆线路，其敷设路径应力求路线短、便于施工及维护、避开环境恶劣或易使管线损伤的地段。

#### 1. 室外线路的敷设

室外电视系统电缆线路的敷设方式，可采用管道敷设、架空敷设及直埋敷设等方式。

（1）管道敷设。在管道敷设的施工中，不得将电视电缆与电力电缆、通信电缆等共管孔敷设。若电视电缆与10kV 及以下的电力电缆、仪表管线的隧道（沟）同一路径敷设时，电视电缆可敷设在其隧道（沟）内。但在共隧道（沟）敷设时，必须与有关线路保持一定的净距，例如：与220V 交流供电线路共沟时，两者的最小间距为0.5m；与通信电缆共沟时，两者的最小间距为0.1m。

（2）架空敷设。当电视电缆与其他线路共杆架设时，必须保持一定的间距，例如，与220V 电力线路同杆平行敷设时的最小间距为1.5m；与380 ~ 1000V 电力线路同杆平行敷设时的最小间距为2.5m；与有线广播线路同杆平行敷设时的最小间距为1.0m；与通信线路同杆平行敷设时的最小间距为0.6m。

（3）直埋敷设。当线路路径上没有管道或不能敷设管道时，可以采用直埋敷设的方式。

（4）沿墙敷设。当线路路径上有建筑物可供利用时，可以采用沿墙敷设的方式。

#### 2. 室内线路的敷设

（1）摄像机、监控点不多的小系统，一般采用暗配管或线槽敷设的方式。

（2）摄像机、监控点较多的大系统，一般采用电缆桥架的敷设方式。

（3）无机械损伤的室内电视电缆，一般可采用沿墙明配管的敷设方式。

(4) 监控室内的配线，一般采用地槽敷设，也可采用电缆桥架敷设，对特大系统可采用活动地板的方式。

此外，不论室外或室内线路，在施工中还需注意以下各项事项。

(1) 交流电源电缆应与视频电缆分管敷设。

(2) 在有爆炸危险的区域内，电视电缆线路必须采取防爆措施。

(3) 在环境温度超过电视电缆允许温度的区域内，电视电缆的管线必须采取隔热措施。

(4) 对于高温电视摄像机的引出电缆，必须采用高温电视电缆。

(5) 对于敷设在水下的电视电缆，必须采用抗拉强度高、防腐蚀性能好的专用电缆。

### (四) 闭路应用电视系统的接地

闭路应用电视系统，应采用一点接地方式。接地线不得形成封闭回路，接地母线应采用铜芯导线。

系统的接地电阻：当交流供电或交直流两用供电的工业电视设备，其交流单相负荷的容量不大于0.5kVA时，接地电阻不得大于10 $\Omega$ ；交流单相负荷的容量大于0.5kVA时，接地电阻不得大于4 $\Omega$ 。当系统采用共用接地网时，系统的接地电阻不得大于1 $\Omega$ 。

在光缆传输系统中，各监控点的光端机外露可导电部分、光缆加强芯、架空光缆接续金属护套等，都应可靠地进行接地。

对于进入监控室的架空电缆入室端，处于旷野、塔顶及高于附近其他建筑物处装设的电视摄像机的电缆端，都必须装设防雷保护装置，并且避雷装置必须可靠地进行接地。

## 第三节 扩声与音响系统的电气施工

扩声与音响系统，包括：传声器（将声信号转变为电信号、放大电信号，并对信号进行加工处理的电子设备），传输线，扬声器（将电信号再转变成声信号）以及听众区的声学环境。如果不严格的讲，也可将扩声与音响系统简括为传声器、扩音机、扬声器以及它们之间的连线等四大部分。

扩声与音响系统，按使用要求，可将它分为三类：语言扩声音响系统，如同声传译系统（将一种语言同时翻译成两种及两种以上的语言的系统）；音乐扩声音响系统，如各种场所设置的音响广播系统；语言与音乐兼用的扩声音响系统。

## 一、系统的供电

扩声音响系统的供电，是由变电所内低压配电柜中两路独立电源进行提供，并且这两路独立电源还必须在扩声控制室的配电箱内进行互投。配电箱对扩声用功放设备的供电，采用单相三线制（L + N + PE）放射式的形式。为防止对系统供电的干扰，保证供电的质量，所以电源一般都具有稳压与防干扰的各种有关装置。

## 二、设备安装

### 1. 控制室内的设备安装

(1) 控制台要安装在与观察窗相垂直的部位上。

(2) 功放设备要安装在控制台的操作人员能直接监视的部位。并且与墙的净距：柜前不得小于1.5m；侧面、背面不得小于0.8m（若柜的侧面也需要维护时，则与墙的净距不得小于1m）。

(3) 输出线路的接线箱，若为暗设在墙内（嵌装式）时，则箱底离地1.2m；若为明装时，则可采用落地式。

(4) 在震动较剧烈处，应采取防震措施。

### 2. 扬声器的安装

扬声器安装的位置与标高，都应按照设计图纸的要求进行。扬声器布置的形式，一般有三种：集中式（例如舞台形厅堂，一般都集中安装在台口上方或台柜两侧）；分散式（例如体育馆，一般采用均匀地安装在吊顶上或四周墙上）；混合式（一般适用于大型或较长的厅堂）。在一般的民用建筑中，扬声器箱都采用明装，其安装高度不低于2.2m。

## 三、线路敷设

### 1. 室外线路

室外线路，可采用架空、沿墙或直埋的敷设方式。

(1) 架空敷设。在室外架设广播线路时，其广播馈电线一般都采用控制电缆。在施工中应该注意以下各项。

若广播馈电线路与路灯照明线路同杆架设时，则广播线应敷设在照明线的下方，且两种线路间的最小垂直距离不应小于1m。



广播馈电线最低线位距地的距离：人行道上，不得小于4.5m；跨越车行道路，不得小于5.5m；广播用户入户线高度，不得小于3m。

室外广播馈电线至建筑物间的架空距离超过10m时，应加装吊线。并在引入建筑物处，将吊线接地，其接地电阻不得大于10Ω。

②）沿墙敷设。当广播线路采用沿建筑物外墙敷设时，施工中应避免敷设在建筑物的正立面。

③）直埋敷设。当广播线路采用电缆进行直接埋地敷设时，施工中应注意的事项与各种直埋电缆敷设中应注意的事项基本相同。例如敷设的路径上应该没有规划未定的区域或预留的用地，应该尽量减少与其他管路的交叉跨越，应该避开易使电缆损伤的场所，应尽量敷设在绿化地带下，当穿越道路时，应加穿钢管保护等等。

2. 室内线路

建筑物内的有线广播配线，应按设计图纸的要求进行。一般来说，服务性的广播系统（如旅馆、大型公共活动场所等），都采用多芯为有色标的双绞型的电缆，穿钢管或线槽敷设。其他的广播系统（如办公楼、商业楼等的业务性广播系统；火灾时用以引导人员疏散的火灾事故广播系统），都采用有色标的铜芯塑料绞合线，穿钢管或线槽敷设。

连接塔钟号筒扬声器组的馈线，施工中应采用多路交叉配线。此外，塔钟的直流馈电线、信号线、控制线，不得与广播馈电线共管敷设。

四、系统的接地

扩声与音响系统的控制室，应设置工作接地与保护接地。

1. 设置单独的专用接地装置时，其接地电阻不得大于4Ω。施工中应将广播设备的电路工作接地点、传声器输入屏蔽线接地端、功率放大器输出变压器接地端等，均接至该接地装置，并构成系统一点接地。

广播设备的外露可导电部分，均应接至电气专用保护地线。

2. 采用共用接地网（建筑物的防雷接地、工频供电系统接地、通信接地等均汇集在一个综合接地网）时，广播系统的接地，应以专用线与共用接地网进行可靠的连接。接地干线应采用铜芯绝缘导线或电缆，其芯线截面积不得小于16mm<sup>2</sup>。采用共用接地时的接地电阻，不得大于1Ω。

## 第四节 自动控制系统的电气线路施工

在现代化的工业企业中，在现代化的民用建筑中，各种自动控制装置日新月异。而其电气线路部分的施工，虽然有着各自的特点和要求，但是就其施工方法而言，基本上还是类似的。所以，本章只对仪表自动控制系统、微型计算机应用的系统、公用建筑中的计算机管理系统以及建筑物中建筑设备的综合自动控制系统等的电气线路施工中，应该着重注意的事项，作一介绍。

### 一、仪表自动控制系统的电气线路施工

仪表自动控制系统的电气线路施工，除遵循电气线路施工中的基本方法、基本原则外，还应着重注意以下几条。

- 1. 系统中的测量信号回路，应根据设计要求采用铜芯电缆或铜芯导线（芯线截面积为 $1.0 \sim 1.5\text{mm}^2$ ）以及补偿导线（芯线截面积为 $1.5 \sim 2.5\text{mm}^2$ ）。对有抗干扰要求的测量信号线路，应采用屏蔽电缆或屏蔽导线穿金属管敷设。
- 2. 当采用多芯电缆或一根管子内穿多根导线时，必须留有一定数量的备用芯线，一般留有不少于总数 $1/10$  的备用量。
- 3. 除强电与弱电的线路不可采用一根电缆或导线共管敷设外，模拟与数字信号线路也不可采用同一根电缆或采用导线共管敷设。
- 4. 测量信号线路，应尽可能避免平行敷设在高温工艺设备或管道的上方；尽可能避免平行敷设在有腐蚀性液体介质的工艺设备或管道的下方。对有隔热措施的工艺设备或管道，测量信号线路与它们绝热层表面间的净距，必须大于 $200\text{mm}$ ，与其他工艺设备或管道的净距，必须大于 $150\text{mm}$ 。

### 二、微型计算机应用的系统中电气线路的施工

微型计算机应用的系统，其供电一般均应采用末端自动切换的双回路电源，也可采用经不间断电源装置（UPS）进行供电。

系统的电气线路施工，应该着重注意以下各项。

- 1. 微型计算机应用的系统，采用的导线，除低电平输入的信号，采用热电偶时，其导线应选用带屏蔽补偿导线（电缆）及对绞对屏计算机用电缆外，其余的信号及其信

号范围，均应采用对绞对屏计算机用电缆。

2. 系统中的模拟信号与数字脉冲信号的线路，不能合用一根电缆，也不可导线合穿一根钢管。

3. 微型计算机应用系统的线路，不得与工作电压不小于60V 或工作电流不小于0.2A 的仪表信号电缆、没有噪声吸收的开关量输入输出信号电缆（如继电器的消弧回路）等共金属线槽敷设。

4. 输入信号电缆，应敷设在带盖的金属线槽中。金属线槽与盖板，都必须保证有良好的接地。

单根信号电缆，可穿钢管敷设，但钢管也应保证有良好接地。

5. 信号线，应尽量远离干扰源（如电力变压器、电机、可控硅装置等）。

6. 信号电缆与其他电缆沿同一路径进行敷设时，微型计算机的金属线槽应排列在最下层。

### 三、公用建筑中计算机管理系统的电气线路施工

在现代化建筑中，逐步在采用以计算机技术为手段，进行经营管理（如办公自动化系统、宾馆管理系统等等）。而其电气线路的施工，应该注意以下事项。

#### 1. 供电

计算机管理系统都应采用专用回路供电，并必须设置不停电电源装置。施工中，应注意以下几点。

(1) 机房内不同电压的供电系统的插座，都必须安装互不兼容的，按设计要求的插座。

(2) 照明系统的供电，不得与计算机用电同一回路。

(3) 计算机的通信，由室外进户的信号电缆，应集中引入，并应有防雷措施。在室内，信号电缆不应与其他用途的电缆共管（槽）进行敷设。

#### 2. 线路敷设

(1) 引入到计算机专用的配电盘的电力电缆，应采用阻燃铜芯屏蔽电缆。电缆芯线的截面积，应比实际需要的容量按富裕50 % 的幅度进行增大。

(2) 在高层建筑中，常采用竖井内敷设方式。此时，信息干线线路不得与电力电缆相邻敷设。

(3) 在敷设传递信息电缆时，应该注意以下几点。

不得与其他用途的电缆相邻平行敷设或共管（槽）进行敷设。隔离距离，不可小于0.5m。

干线信号电缆，一般不采用明敷  
在非终端机处，不应有电缆接头。

不同规格的信息电缆进行连接时，要采用电缆匹配器转换，并且电缆接头一定要采用防水型专用接头。

(4) 终端设备所需的接线盒，其安装位置在距顶棚或地面0.3m处，并应有明显标志。同时，其安装位置不要与其他用途的接线盒相邻，更不可共用一个接线盒。

(5) 计算机设备的布置，应以同类设备相邻；与非同类设备或墙壁的间距，不可小于1m。

### 3. 接地

计算机管理系统的接地，应有交流工作接地、计算机直流工作接地以及安全保护接地。

(1) 主机房设备的工作接地，应单独设置。其接地电阻不得大于1 $\Omega$ 。接地线引入线及电源线，都必须穿钢管保护，以防干扰。

(2) 直流工作接地的引下线，应采用截面积不小于35mm<sup>2</sup>的多芯铜线。

(3) 除使用专用装置外，各个设备的接地线，不得连接在非计算机的接地系统上。

(4) 电缆的屏蔽层，要采用一个接地点的接地（一点接地）。

## 四、建筑物中建筑设备的综合自动控制系统的电气线路施工

在现代化的建筑物或建筑群中，需要对它所属的各种设备（空调、动力设备、照明、防灾、防盗等等）的运行、安全状况、能源使用状况等实行综合自动监测、控制、管理等，这种自动化系统，简称为BAS或BA系统。

### 1. 供电

系统的监控中心的电源，由变电所引出的专用回路提供。一般均采用一路供电、一路备用，并在末端进行自动切换的双回路供电方式。同时，还应设置不停电电源装置(UPS装置)。

此外，施工中还应注意以下几点。

(1) 监控中心内系统主机及其外部设备，应设置专用配电盘，不要与照明、动力系统的配电盘混用。

(2) 监控中心应在最易迅速接近的位置处设置紧急停电开关。

(3) 分站电源，应从监控中心的专用配电盘中，以一条支路专门供给一个分站的方式进行提供。

### 2. 线路敷设

(1) 当BA 系统采用双绞线时，应采用金属管、金属线槽或带有盖板的金属桥架等配线方式；当BA 系统采用同轴电缆时，应采用阻燃塑料管敷设。当采用金属配管时，应留有一定数量的备用管。

(2) 所有信号线路，不得与其他线路共管敷设。

(3) 电源线与信号线，在无屏蔽的条件下，两者作平行敷设时，两者的净距不得小于0.30m。若需敷设在同一条金属线槽时，则必须装设金属隔离件。

(4) 在高层建筑内，一般采用竖井敷线方式。此时，若条件许可，设有两个竖井时，应将弱电信息配线单独敷设在一个竖井内；若条件不许可，只有一个竖井时，则线路敷设应按以前提出的原则进行

(5) 当敷线为水平方向时，则可采取：天棚内的线槽、线架等配线方式；地板上的搁空活动地板下或地毯下配线（采用特制的扁型馈线和专用连接元件）以及沟槽配线方法（地线槽配线方式，是在建筑物的地面结构内浇注一定数量、不同规格的热镀锌矩形钢管，可为单槽，也可为多槽。而各种线路的出线口位置及间距，都可以根据出线口的布局和容量来决定）；楼板内的配线管、配线槽方式；室内的沿墙敷设方式等。

### 3. 接地

系统的接地可按本书其他章节所述的方法及注意事项进行施工。

## 第五节 防火防盗系统的电气施工

在现代化的工业企业中、在现代化的民用建筑中，都会设置一定形式的防火防盗系统。例如，根据建筑设计防火规定的要求，在10 层及10 层以上的住宅建筑（包括底层设置商业服务网点的住宅），建筑高度超过24m 的其他民用建筑，与高层建筑直接相连且高度不超过24m 的裙房，建筑高度不超过24m 的单层及多层有关公共建筑，单层主体建筑超过24m 的体育馆、会堂、剧院等有关公共建筑……都应该设置火灾报警与消防联动控制系统以及防盗报警系统。

火灾报警与消防联动控制系统，可以分为：区域系统、集中系统、区域 - 集中系统及控制中心系统等四种基本形式。在一个建筑物内，只能采用其中的一种形式的系统。而每一种系统中，一般应设置以下一些设备或装置：火灾探测器，手动报警器，紧急电话系统，警铃系统，事故广播系统，消防联动控制系统（包括各种灭火设施，防火排烟设施，电动防火卷帘，电动防火门，水幕，消防电梯等），火灾应急照明系统等。

对于仅有火灾报警系统而无消防联动控制的系统，一般设置消防值班室（其部位，一般设置在底层的主要出入口附近，也可与经常有人值班的部门合并设置）。对于具有火灾自动报警和自动灭火或有消防联动控制设施的建筑物内，均设置消防控制室。对于具有两个及以上消防控制室的大型建筑群或超高层，一般都设有消防控制中心。

下面就火灾报警与消防联动控制系统以及防盗系统中，有关电气施工中的一些问题，作一些说明。

### 一、供电

建筑物中消防系统及其他防灾系统的用电，是根据建筑物的等级来决定其供电要求的，即一类建筑按一级负荷的要求进行供电（按两个独立电源进行供电），二类建筑按二级负荷的要求进行供电（按两个独立回路进行供电）。

1. 当建筑物为高压受电时，本系统应从变压器的低压侧引出一个独立的防灾供电系统。

2. 按一级或二级负荷供电要求进行供电的两个独立电源或两个独立回路，应在最末一级配电箱处进行自动切换。例如在消防控制室，消防泵房，消防电梯机房，防火排烟设备机房，火灾应急照明配电箱，各楼层的消防配电箱等处进行自动切换。

3. 火灾自动报警系统，一般除设置主电源（消防电源）外，还设有直流备用电源（专用蓄电池）。

4. 对于二类建筑的供电变压器，当高压为一路电源时，应设置两台变压器；当具有低压备用电源时，则可设置一台变压器。

5. 在变配电所中，必须设置专用的消防配电柜。对容量较大（或较集中）的消防用电设施（如消防电梯、消防水泵等），应采用自配电室进行放射式供电。

6. 对于火灾应急照明、消防联动控制设备、火灾报警控制器等设施的供电，若采用分散供电的形式，则应在各层（或最多不超过3~4个层楼面）设置专用的消防配电柜。

7. 消防联动控制装置的直流操作电源，其电压一般都采用24V。

8. 消防用电设备的电源，不可装设漏电保护，而装设单相接地报警装置。

9. 专供消防设备用的配电箱、控制箱以及导线，都必须采用耐火、耐热型。当与其他用电设备合用时，则消防设备的线路必须作耐热、隔热处理。特别是消防电源不得受到其他故障的影响。

10. 消防用电设备的配电系统，其干线或分支线均不可跨越防火分区。

## 二、火灾报警系统中有关设备或装置的电气施工

### 1. 火灾探测器

在火灾报警系统中，应根据房间的不同高度，场所的不同性质，场所是否散发可燃气体、蒸汽或液体等情况，安装不同类型的火灾探测器。目前常用的火灾探测器有：烟气探测器（适用于：火灾初期有阴燃阶段，产生大量的烟或少许的热，很少或没有火焰辐射的场所）；火焰探测器（适用于：火灾发展迅速，有强烈的火焰辐射和少量的烟和热的场所）；温度探测器、烟气探测器、火焰探测器或它们的组合（适用于：火灾发生迅速，产生大量的热、烟和火焰辐射的场所）。

#### (1) 火灾探测器的安装

在宽度小于3m 的走道上，探测器应安装在顶棚的居中位置上。且温度探测器的安装间距不应超过10m；烟气探测器的安装间距不应超过15m。探测器至端墙的距离，不应大于探测器安装间距的一半。

电梯井、竖井等处，探测器应安装在最上层的顶部。

安装中应注意以下几点。

a. 若天棚较低（层高小于2.2m）且狭小（面积不大于10m<sup>2</sup>），则安装烟气探测器时，应设置在入口附近。

b. 与厨房、开水房、浴室等房间连接的走廊上安装探测器时，应离开其入口边缘1.5m。

c. 探测器距墙、梁的水平净距，不可小于0.5m；距空调送风口边的水平净距，不可小于1.5m，并应接近回风口安装。

d. 安装在天棚上的探测器边缘与下列设施边缘的水平净距为：

距照明灯具：不小于0.2m；

距高温电光源灯具：不小于0.5m；

距电风扇：不小于1.5m；

距不突出的扬声器：不小于0.1m；

距各种自动喷水灭火喷头：不小于0.3m；

距多孔送风顶棚孔口：不小于0.5m；

距防火门、防火卷帘：1~2m。

e. 在探测器周围0.5m 以内，不得有遮挡物。

(2) 一个探测区域所需安装的探测器数量 (N)。

探测器数量 (N)，可由下式决定：

$$N = \frac{S}{KA}$$

式中 N ——一个探测区域内所需的探测器个数；  
S ——一个探测区域的面积 (m<sup>2</sup>)；  
A ——一个探测器的保护面积 (m<sup>2</sup>)；  
K ——校正系数 (重点保护建筑：K =0.7 ~0.9，非重点保护建筑：K =1)。

但值得注意：当被梁隔断的区域，其面积超过一只探测器的保护面积时，则这个区域内应增设一只探测器；当梁突出顶棚的高度超过600mm 时，则被梁隔断的每个梁间区域，至少应安装一只探测器。

2. 手动火灾报警按钮

在报警区域的每个防火分区内，必须至少安装一只手动火灾报警按钮。其安装的位置应保证：从一个防火分区内的任何位置到最邻近的一个手动火灾报警按钮的步行距离，不可大于25m。

手动火灾报警按钮，一般应安装在下列部位：各楼层的楼梯间、电梯前室；大厅、过厅、主要公共活动场所出入口；餐厅、多功能厅等处的主要出入口；主要通道及经常有人通过的地方。

手动火灾报警按钮安装在墙上的高度为1.5m。按钮盒应有明显标志和防误动作的保护措施。

手动火灾报警按钮的配线，应独立敷设，不可与其他线路混杂在一起。

3. 事故广播

当火灾发生时，一方面，通过紧急电话系统（一般安装在消火栓箱上部及其他单独出入口处），向防灾中心报告；通过警铃系统（一般安装在走廊转弯处及其他重要部位处），向人员鸣响火灾信号。另一方面，通过事故广播系统，指挥人员疏散。

火灾事故广播系统的馈线电压，应采用不大于100V 的安全电压。各楼层都应采用馈线隔离变压器。火灾事故广播系统的扬声器，应安装在走道、大厅、餐厅等公共场所。扬声器的数量应保证从本楼层的任何部位到最近一个扬声器的步行距离，不超过15m；在走道交叉处、拐弯处，均应安装扬声器；走道末端最后一个扬声器距墙的距离不可大于8m。

火灾事故广播系统播放疏散指令，应按一定的顺序、有控制地进行。其控制顺序应该如下。

- (1) 地下室发生火灾时，广播系统应先接通地下各层及首层。若首层及二层具有大共享空间时，应包括二层。
- (2) 首层发生火灾时，广播系统应先接通本层、二层及地下各层。



③) 二层及二层以上楼层发生火灾时，应先接通火灾层及其相邻的上、下层。

### 4. 火灾应急照明

火灾应急照明包括：备用照明、疏散照明及安全照明。

(1) 备用照明。备用照明就是在正常照明失效后进行工作的照明。

备用照明必须安装在下列的场所中。

疏散楼梯（包括防烟楼梯间前室），消防电梯及其前室。

消防控制室、自备电源室（包括发电机房、UPS 室和蓄电池室等）、配电室、消防水泵室、防火排烟机房等。

观众厅、宴会厅、重要的多功能厅、每层建筑面积超过 $1500\text{m}^2$ 的展览厅、营业厅等。

建筑面积不小于 $200\text{m}^2$ 的演播室、人员密集且建筑面积大于 $300\text{m}^2$ 的地下室。

通信机房、大中型电子计算机房、BAS 中央控制室等重要技术用房。

每层人员密集的公共场所。

公共建筑中的疏散走道以及居住建筑中的长度超过 $20\text{m}$ 的内走道。

备用照明灯具一般都安装在墙面上或顶棚上。

(2) 疏散照明。疏散照明就是在火灾的情况下，能使人员由室内安全地撤离到室外或某一安全地区而设置的照明。

疏散照明灯具，应安装在疏散走道和公共出口处。疏散指示标志，应安装在安全出口的顶部，疏散走道及转角处离地面 $1\text{m}$ 以下的墙面上。走道上的指示标志，其间距不可大于 $15\text{m}$ 。

(3) 安全照明。安全照明就是在正常照明突然中断后，为确保处于潜在危险的人员安全的场所，而设置的照明，如医院内的重要手术室、急救室等。

凡属火灾应急照明的灯具，其保护罩均应采用玻璃或其他非燃烧性材料制成的灯具。

### 5. 消防联动控制系统

消防联动控制系统，也就是火灾自动灭火控制系统。它一般可包括：早期灭火系统（主要包括：自动喷水灭火系统、气体灭火系统、水喷雾系统以及消火栓灭火系统），防火、排烟系统，安全疏散系统，有关设备的监视系统等等。

在这个系统中，虽然设备繁多、形式多样，然而就电气施工来讲，基本上只是一些控制、检测、监视、信号等二次线路以及一些设备的电源线路。例如：消火栓灭火系统，它主要包括消火栓箱、消防水泵控制箱、消防水泵、消防水池等。它的控制系统可以有几种形式，可以通过消火栓内的起动按钮，接通消防水泵，同时将火灾信息传送

给消防控制室；也可以是通过火灾探测器，将火灾信息传送到消防控制室，再由消防控制室接通消防水泵，进行灭火工作。例如，防火门、防火帘门的控制，也是在一旦发生火灾时，由专门设置的专用联动火灾探测器向消防控制室传送火灾报警信号，并联动地将防火门的自动闭锁装置释放，使防火门迅速关闭，当防火门关闭后，通过限位开关，将防火门已完成关闭的信息传送给消防控制室。又例如，电梯置零控制系统，当消防控制室接到火灾报警信号后，立即向各个电梯机房发出指令，令电梯全部行驶到底层，并且同时指令消防电梯运行，以进行救灾与人员疏散。总之，各种消防联动系统的设备，从电气安装来讲，主要是二次线及必要的电源线，所以施工中只需按设计图纸的要求进行就可以了。

### 6. 消防值班室与消防控制室

消防控制室中安装着消防系统有关的各种控制设备。其安装的要求，基本上与变电所中低压配电柜的安装要求相似。如操作通道，单列布置时，不可小于1.5m；双列布置时，不可小于2m。维护通道不小于1m。但在值班人员经常工作的一面的控制台（屏）到墙的距离，不可小于3m；控制盘的排列长度超过4m时，控制盘的两端，应设置不小于1m的通道。

消防控制室内安装的自动报警、消防联动控制、显示等不同电流类别的屏（台），应分开设置。若布置在同屏（台）时，则必须采取安全隔离措施，将不同用途的端子板分开设置。

此外，消防控制室内不可安装与消防控制系统无关的设备，不可穿过与消防控制室无关的电气线路及管道。

## 三、导线敷设

火灾自动报警系统的传输线路和采用50V以下的供电与控制线路，均应采用耐压不低于交流250V的铜芯绝缘多股电线或电缆；采用交流380V/220V供电或控制的交流用电设备的线路，均应采用耐压不低于交流500V的铜芯电线或铜芯电缆。

对于第一类建筑物内的电力、照明、自控等线路，应采用阻燃型电线和电缆。重要消防设备（如消防水泵、消防电梯、防火排烟风机等）的供电线路，可采用防火型电缆或采用其他防火措施。对于第二类建筑物内的消防用电设备，可采用阻燃型电线和电缆。

火灾自动报警系统传输线路，若采用绝缘电线时，则应采用穿金属管、穿不燃或难燃型硬质或半硬质塑料管、封闭式线槽等方式进行配线。

在系统中的消防联动控制、自动灭火控制、通讯、应急照明以及事故广播等线路，

应采用穿金属管配线，且应暗敷在非燃烧的建筑物结构内（若需明敷，则应在金属管上采取防火保护措施）。

火灾自动报警系统传输线路，若采用绝缘和护套均为非延燃性材料的电缆时，可以不穿金属管保护，但必须敷设在电缆竖井内。

传输线路所采用的铜芯绝缘电线或电缆，其芯线的最小截面积为：

穿管敷设的绝缘电线： $1.00\text{mm}^2$ ；

线槽内敷设的绝缘电线： $0.75\text{mm}^2$ ；

多芯电缆： $0.50\text{mm}^2$ 。

在线路敷设施工中，除遵守一般原则外，还应注意以下各项。

1．不同系统、不同电压、不同电流类别的线路，不得共穿于同一根管内或线槽的同一槽孔内。但电压为50V 及以下的回路、同一台设备的电力线路和无防干扰要求的控制回路，可除外。

对于不同电压的回路的导线，可以包含在一根多芯电缆内或其他的组合导线内。但安全超低压回路的导线，必须单独地或集中地按其中存在的最高电压绝缘起来。

2．横向敷设的火灾报警系统传输线路，若采用穿管配线，则不同防火分区的线路，不可穿同一根管子内。但火灾探测器的报警线路，若采用总线制布设时，不除外。

横向敷设时的暗配管，其管径不应大于DN25。水平或垂直敷设在天棚内或墙内时，其管径不应大于DN40。

3．弱电线路与强电线路的电缆竖井，应分别设置。若因条件限制只能合用竖井时，则应将弱电线路与强电线路分别布置在竖井的两侧。

4．建筑物内应按楼层分别设置配线箱，以汇接线路。在同一系统中，当不同电流类别或不同电压的线路，汇接在同一配电箱内时，应将不同电流类别的导线、不同电压等级的导线，分别接在不同的端子板上，且各种端子板应作明确的标志和隔离，接线端子上应有明显的标号。

5．消防联动控制系统的电力线路，其导线的截面积，应根据其实际容量适当放大，一般可放大一级。

6．从接线盒、线槽等处，引至火灾探测器的底座盒、控制设备盒、扬声器箱等的线路，都应加穿金属软管进行保护。

7．火灾探测器的传输线路，应采用不同颜色的绝缘导线。同一工程中相同线别的绝缘导线，应采用一样的颜色。接线端子应有明显的标号。

8．配线中所使用的非金属管材、线槽以及它们的附件，都必须采用不燃或非延燃性材料制成。

## 四、火警电话与防盗报警系统的导线敷设

- 1. 火警电话的配线，不得与其他线路同管或同线束敷设。
- 2. 防盗报警系统的配线，一般都采用钢管暗敷。管线敷设中，不得与其他不同系统的管路、线槽或电缆合用。若采用明管敷设时，则敷设的路径必须隐蔽、可靠、不易被人发现和接近。

## 五、接地

火灾报警与消防联动控制系统以及防盗报警系统的接地，其施工方法及要求与一般电气系统的接地基本类同，下面再说明三点。

- 1. 消防控制室的接地电阻，若采用共同接地，则不得大于1 ；若采用专设工作接地装置，则不得大于4 。
- 2. 当采用共同接地时，应采用专用接地干线，由控制室引至接地极。专用接地干线，应采用截面积不小于 $25\text{mm}^2$  的塑料绝缘铜芯电线或电缆两根。
- 3. 系统中的各种电子设备（如各种火灾报警控制器、消防控制设备、防盗报警控制器等）的接地以及它们外露可导电部分的接地，均应按规范中有关规定的要求，进行施工。

## 第七章 建筑防雷与接地装置安装

### 第一节 防雷装置及其安装

雷电产生原因的学说较多，现象比较复杂。近年来，由于高电压技术及快速摄影技术的发展，雷电现象的科学研究工作已经取得了相当大的成绩。最常见的一种说法是：地面湿气受热上升，或空气中不同冷、热气团相遇，凝成水滴或冰晶，形成积云，在运动中分子的相互碰撞产生电荷，又由于运动使电荷发生分离，当电荷积聚到足够数量时，就在带有不同电荷的云间，或由于静电感应而产生不同电荷的云地间发生放电现象，形成雷电。雷电流流过地表面的被击物时，具有极大的破坏性，其电压可达数百万至数千万伏，电流达几十万安，造成人畜伤亡、建筑物击毁或燃烧、线路停电及电气设备损坏等严重事故。为此，我们应根据被保护物的不同要求，装设各种防雷装置。

#### 一、避雷针

##### （一）避雷针的作用和结构

避雷针的作用是它能对雷电场产生一个附加电场（这是由于雷云对避雷针产生静电感应引起的），使雷电场畸变，因而将雷云的放电通路吸引到避雷针本身，由它及与它相连的引下线和接地体将雷电流安全导入地中，从而保护了附近的建筑物和设备免受雷击。

避雷针由3部分组成：接闪器、引下线和接地体。接闪器俗称避雷针针尖，是用来接受雷电的。通常用铜棒、圆钢或钢管加工而成，一般长度为1~2m，圆钢直径不小于12mm，钢管直径不小于20mm，壁厚不小于3mm。顶端均应加工成尖形，并用镀锌或搪锡等方法防止其锈蚀。接闪器可安装在钢筋混凝土电杆或用角钢、钢管焊接而成的杆塔上。引下线是引导雷电流入地的通道，并应保证在雷电流通过时不致熔化。通常可采用直径不小于8mm的圆钢，或截面不小于48mm<sup>2</sup>，其厚度不应小于4mm的扁钢。接地体埋于地下，与引下线入地端相连接，雷电流由此发散到大地。通常可用直径为50mm的

钢管或 50mm ×50mm ×5mm 的等边角钢，将一端削尖，垂直打入地下，以满足接地电阻的要求。

(二) 避雷针的保护范围

避雷针的保护范围，以它对直击雷所保护的空間来表示。单支避雷针的保护范围如图7 -1 所示。当避雷针高度 $h$  小于或等于 $h_r$  时，在距地面 $h_r$  处作一平行于地面的平行线；以针尖为圆心， $h_r$  为半径，作弧线交于平行线的A、B 两点；以A、B 为圆心， $h_r$  为半径作弧线，该弧线与针尖相交并与地面相切。从此弧线起到地面止就是保护范围。保护范围是一个对称的锥体。避雷针在 $h_x$  高度的 $xx$  平面上的保护半径，可按下列计算式确定：

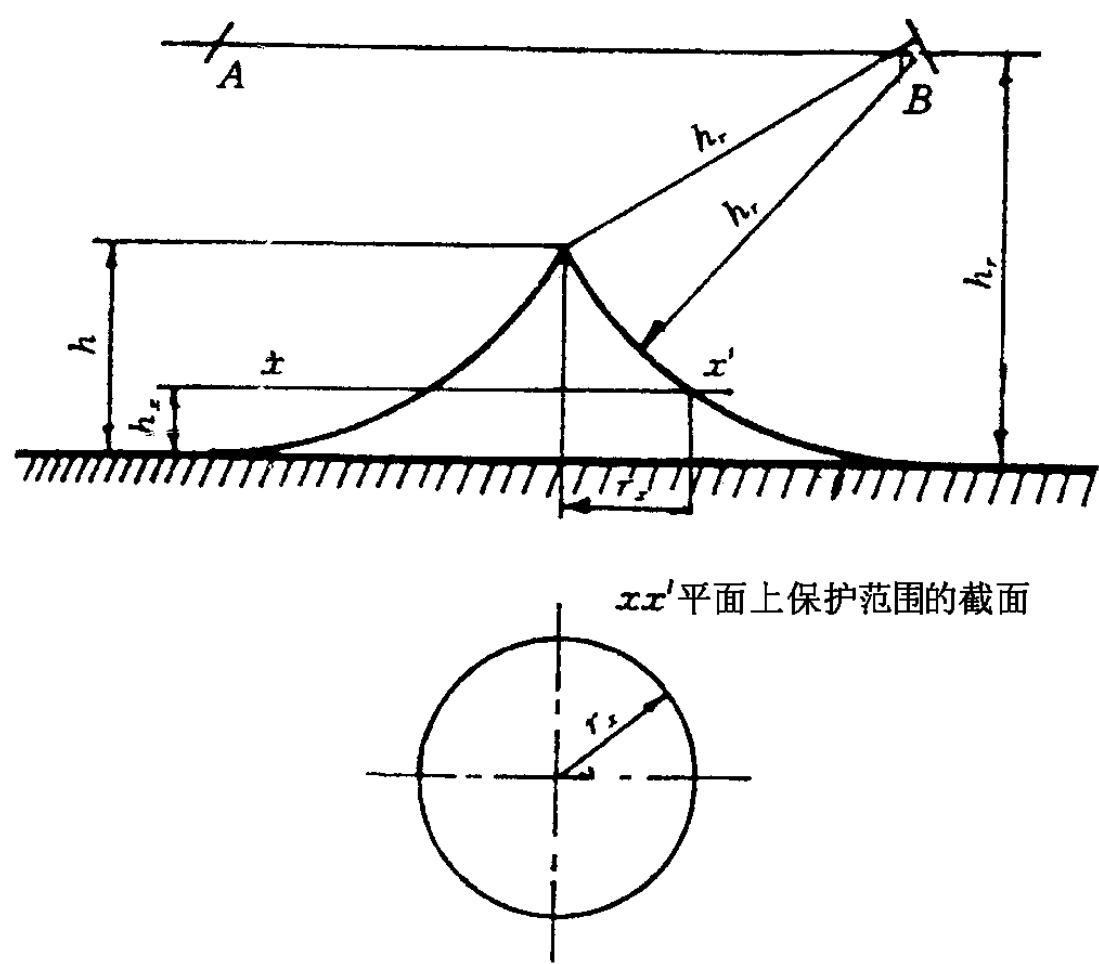


图7 -1 单支避雷针的保护范围

$$r_x = h (2h_r - h) - h_x (2h_r - h_x)$$
$$r_0 = h (2h_r - h)$$

式中  $r_x$ ——避雷针在 $h_r$  高度的 $xx$  平面上的保护半径 (m) ；  
 $h_r$ ——滚球半径，可按表1 -13 -80 确定 (m) ；  
 $h_x$ ——被保护物的高度 (m) ；  
 $r_0$ ——避雷针在地面上的保护半径 (m) 。

当避雷针高度 $h$  大于 $h_r$  时，在避雷针上取高度 $h_r$  的一点代替单支避雷针针尖作为圆心，其余作法与上相同。

表1 -13 -80 按建筑物防雷类别布置接闪器及其滚球半径

建筑物防雷类别	滚球半径 $h_r$ (m )	避雷网网格尺寸 (m )
第一类防雷建筑物	30	5 ×5 或 6 ×4
第二类防雷建筑物	45	10 ×10 或 12 ×8
第三类防雷建筑物	60	20 ×20 或 24 ×16

当需要保护的 范围较大时，用一支高避雷针保护往不往不如用两支比较低的避雷针保护有效，由于两针之间受到了良好的屏蔽作用，除受雷击的可能性极少外，而且便于施工和具有良好的经济效果。两支等高避雷针的保护范围，在避雷针高度 $h$  小于或等于 $h_r$  的情况下，当两根避雷针的距离 $D$  大于或等于 $2 \sqrt{h(2h_r - h)}$  时，应各按单支避雷针的方法确定；当 $D$  小于 $2 \sqrt{h(2h_r - h)}$  时，应按图7 -2 来确定。

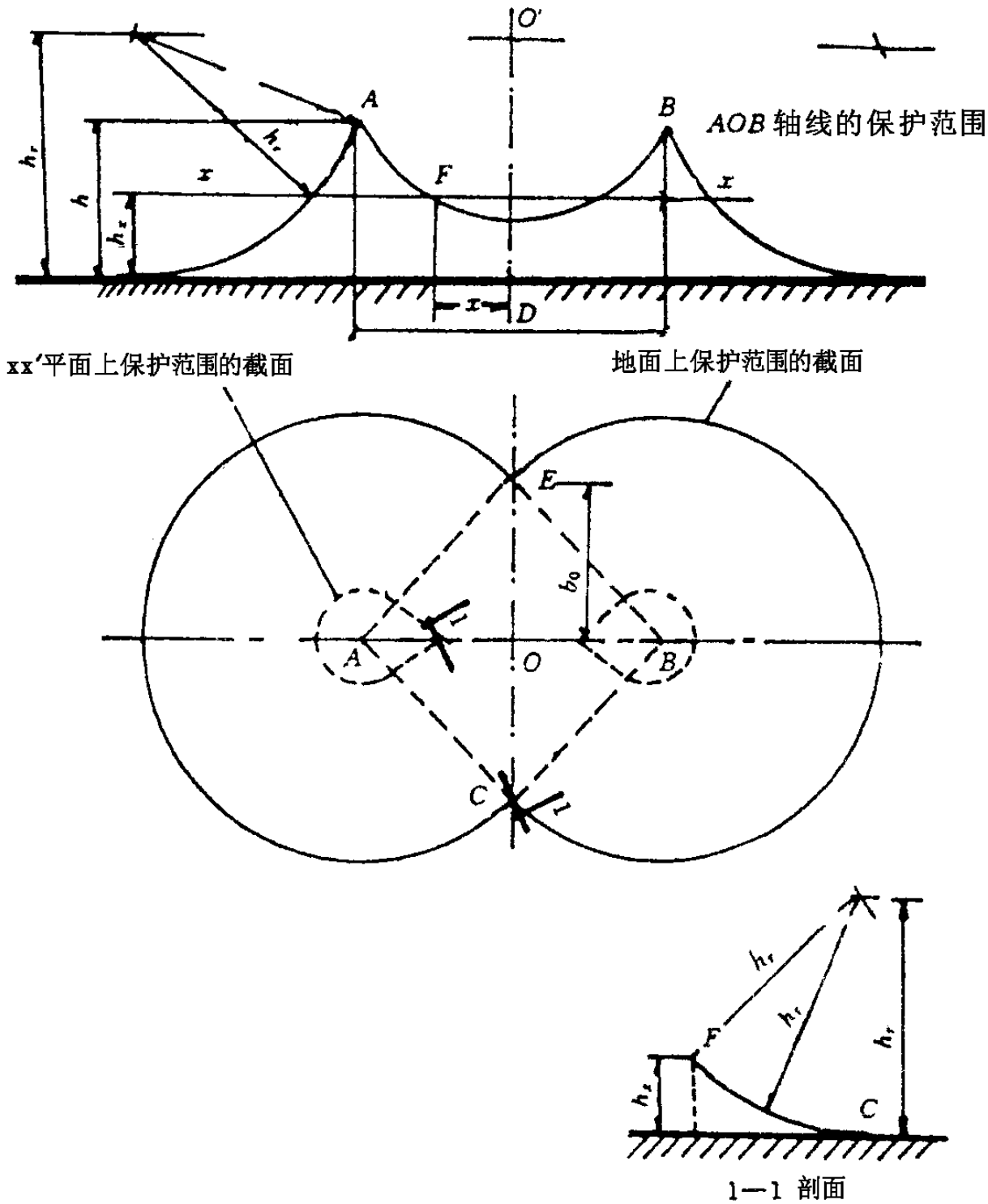


图7 -2 双支等高避雷针的保护范围

(1) AEBC 外侧的保护范围，按单支避雷针的方法确定。

2) C、E 点位于两针间的垂直平分线上。在地面每侧的最小保护宽度 $b_0$ 按下式计算：

$$b_0 = CO = EO = h_r(h_r - h) - \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

在AOB轴线上，距中心线任一距离 $x$ 处，其在保护范围上边线上的保护高度 $h_x$ 按下式确定：

$$h_x = h_r - \sqrt{(h_r - h)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2 - x^2}$$

该保护范围上边线是以中心线距地面 $h_r$ 的一点O为圆心，以 $(h_r - h)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2$ 为半径所作的圆弧AB。

3) 两针间AEBC内的保护范围，ACO部分的保护范围按以下方法确定：在任一保护高度 $h_x$ 和C点所处的垂直平面上，以 $h_x$ 作为假想避雷针，按单支避雷针的方法逐点确定（见图7-2的1-1剖面图）。确定BCO、AEO、BEO部分的保护范围的方法与ACO部分的相同。

4) 确定xx平面上保护范围截面的方法：以单支避雷针的保护半径 $r_x$ 为半径，以A、B为圆心作弧线与四边形AEBC相交，以单支避雷针的 $(r_0 - r_x)$ 为半径，以E、C为圆心作弧线与上述弧线相交。见图7-2中的粗虚线。

近年来国外有的文献提出一种大气高脉冲电压避雷针，其特点是在传统的避雷针上部设置了一个能在针尖产生刷形放电的电压脉冲发生装置，它利用雷暴时存在于周围电场中的大气能量，按选定的频率和振幅，把这种能量转变成高电压脉冲，使避雷针尖端出现刷形放电或高度离子化的等离子区。它与雷云下方的电荷极性相反，成为放电的良好通道，从而强化了引雷作用。脉冲的频率是按照有助于消除空间电荷，保证离子化通道处于最优化状态进行选定的，所以这种新型避雷针拥有比传统避雷针大若干倍的保护范围，特别是在建筑物顶部的保护范围。因此，应用大气高脉冲电压避雷针进行雷击保护可以减少避雷针的数量或降低避雷针的高度。

(三) 避雷针的安装

避雷针的安装可参照全国通用电气装置标准图集执行。图7-3和图7-4分别为避雷针在山墙上安装和避雷针在屋面上安装。其安装注意事项如下。

1) 在选择独立避雷针的装设地点时，应使避雷针及其接地装置与配电装置之间保持以下规定的距离：在地面上，由独立避雷针到配电装置的导电部分以及到变电所电气设备和构架接地部分间的空间距离不应小于5m；在地下，由独立避雷针本身的接地装置与变电所接地网间最近的地中距离一般不小于3m；独立避雷针及其接地装置与道路



或建筑物的出入口等的距离应大于3m。

②）独立避雷针的接地电阻一般不宜超过10 。

③）由避雷针与接地网连接处起，到变压器或35kV 及以下电气设备与接地网的连接处止，沿接地网地线的距离不得小于15m ，以防避雷针放电时，高压反击击穿变压器的低压侧线圈及其他设备。

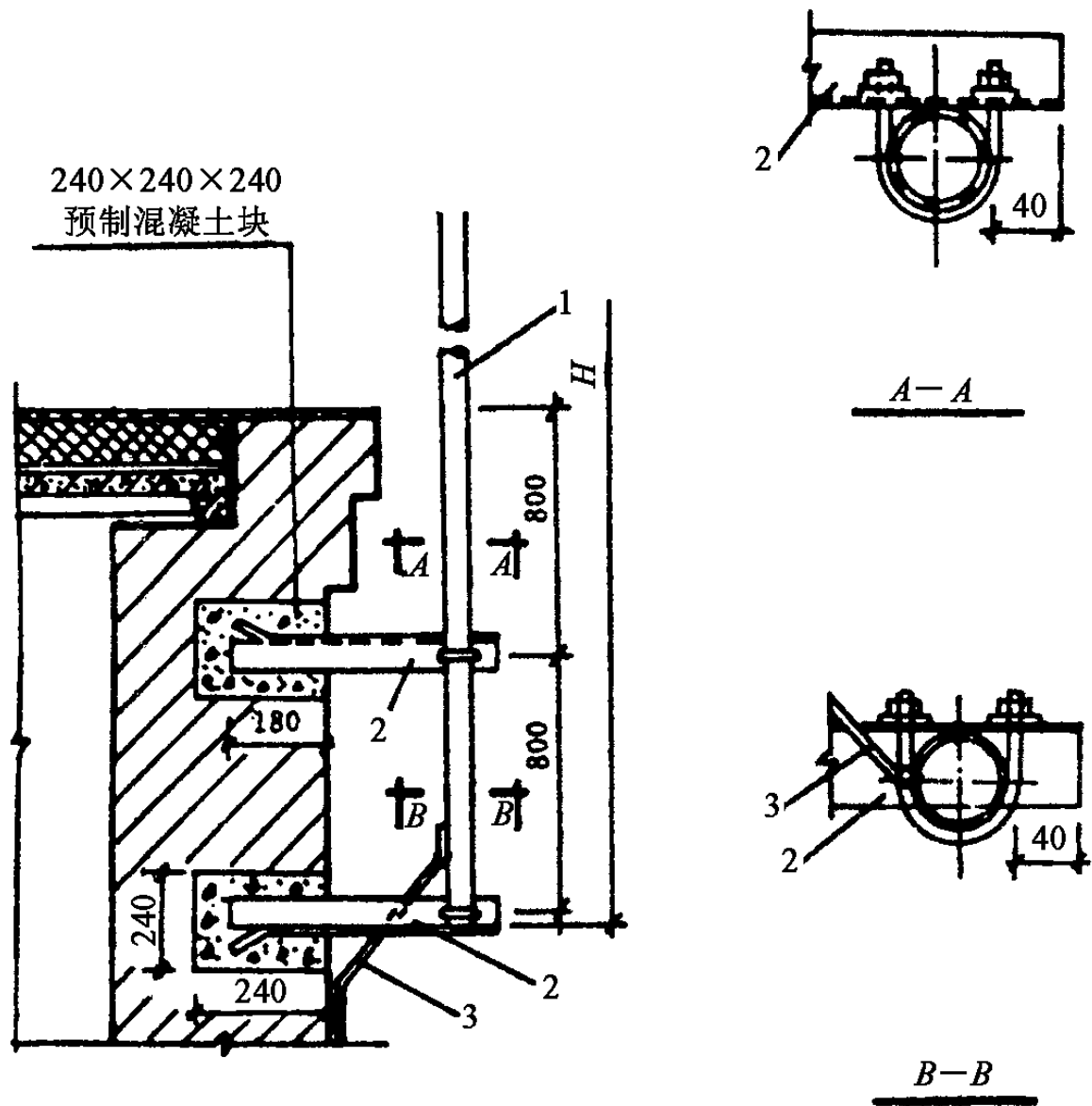


图7 -3 避雷针在山墙上安装  
1—避雷针2—支架3—引下线

④）为了防止雷击避雷针时，雷电波沿电线传入室内，危及人身安全，所以不得在避雷针构架上架设低压线路或通讯线路。装有避雷针的构架上的照明灯电源线，必须采用直埋于地下的带金属护层的电缆或穿入金属管的导线。电缆护层或金属管必须接地，埋地长度应在10m 以上，方可与配电装置的接地网相连或与电源线、低压配电装置相连接。

⑤）装有避雷针的金属筒体（如烟囱），当其厚度大于4mm 时，可作为避雷针的引下线；筒体底部应有对称两处与接地体相连。

二、 避雷带

所谓避雷带，就是利用小截面圆钢或扁钢做成的条形长带，作为接闪器装于建筑物

易遭雷直击的部位，如屋脊、屋檐、屋角、女儿墙和山墙等，是建筑物防直击雷较普遍采用的措施。

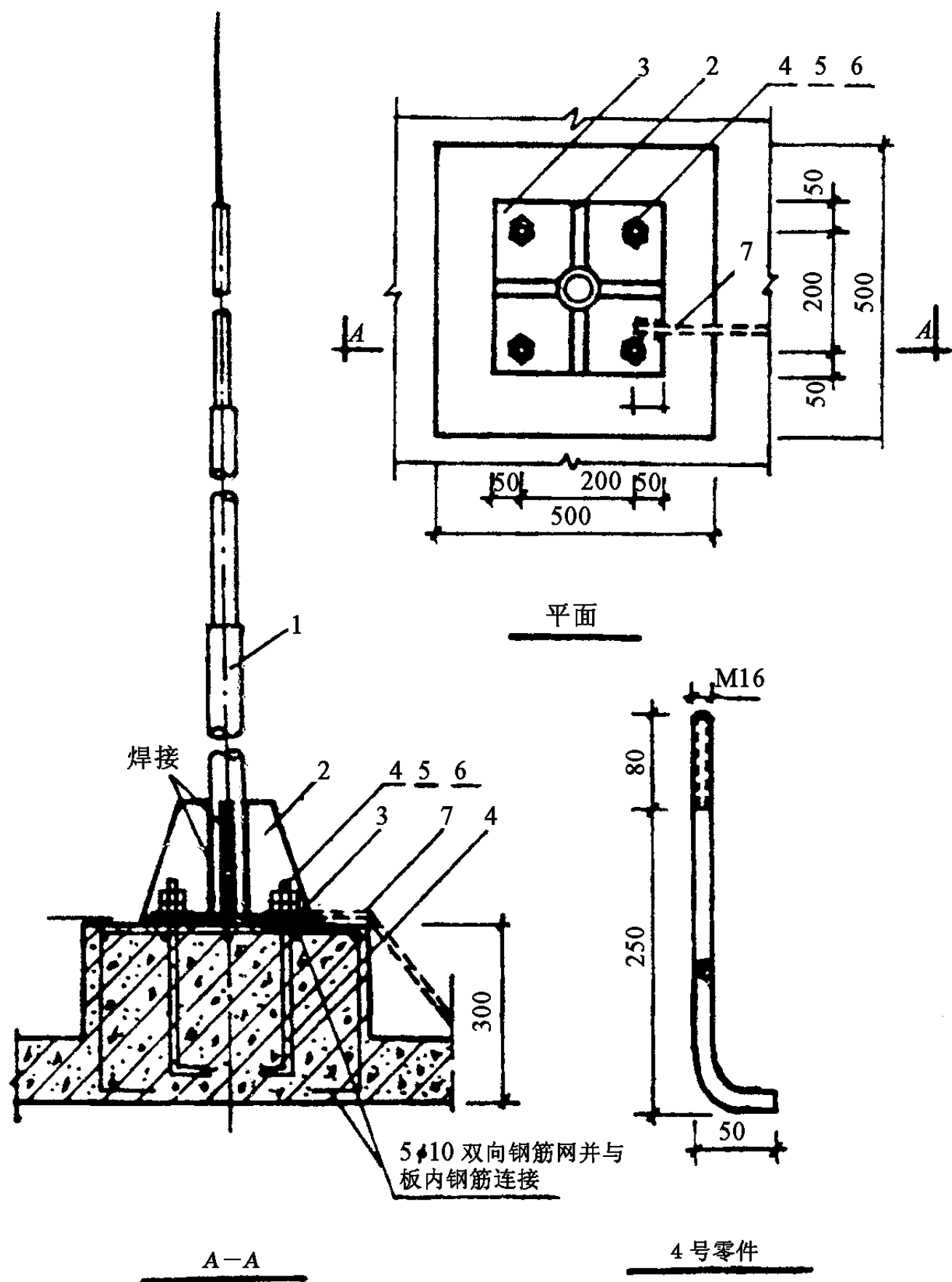


图7 -4 避雷针在屋面上安装

1—避雷针2—肋板3—底板4—底脚螺栓  
5—螺母6—垫圈7—引下线

避雷带的安装可采用预埋扁钢支架或预制混凝土支座等方法，将避雷带与扁钢支架焊为一体。图7 -5 是避雷带在天沟、屋面、女儿墙上的安装图。当避雷带水平敷设时，支架间距为1 ~1.5m，转弯处为0.5m。为了使避雷带对建筑物不易遭受雷击部位也有一定的保护作用，避雷带一般应高出重点保护部位0.1m 以上，具体安装可参照全国通用

电气装置标准图集 D562 , 并应符合 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》 (GB50169 —92 ) 的要求。

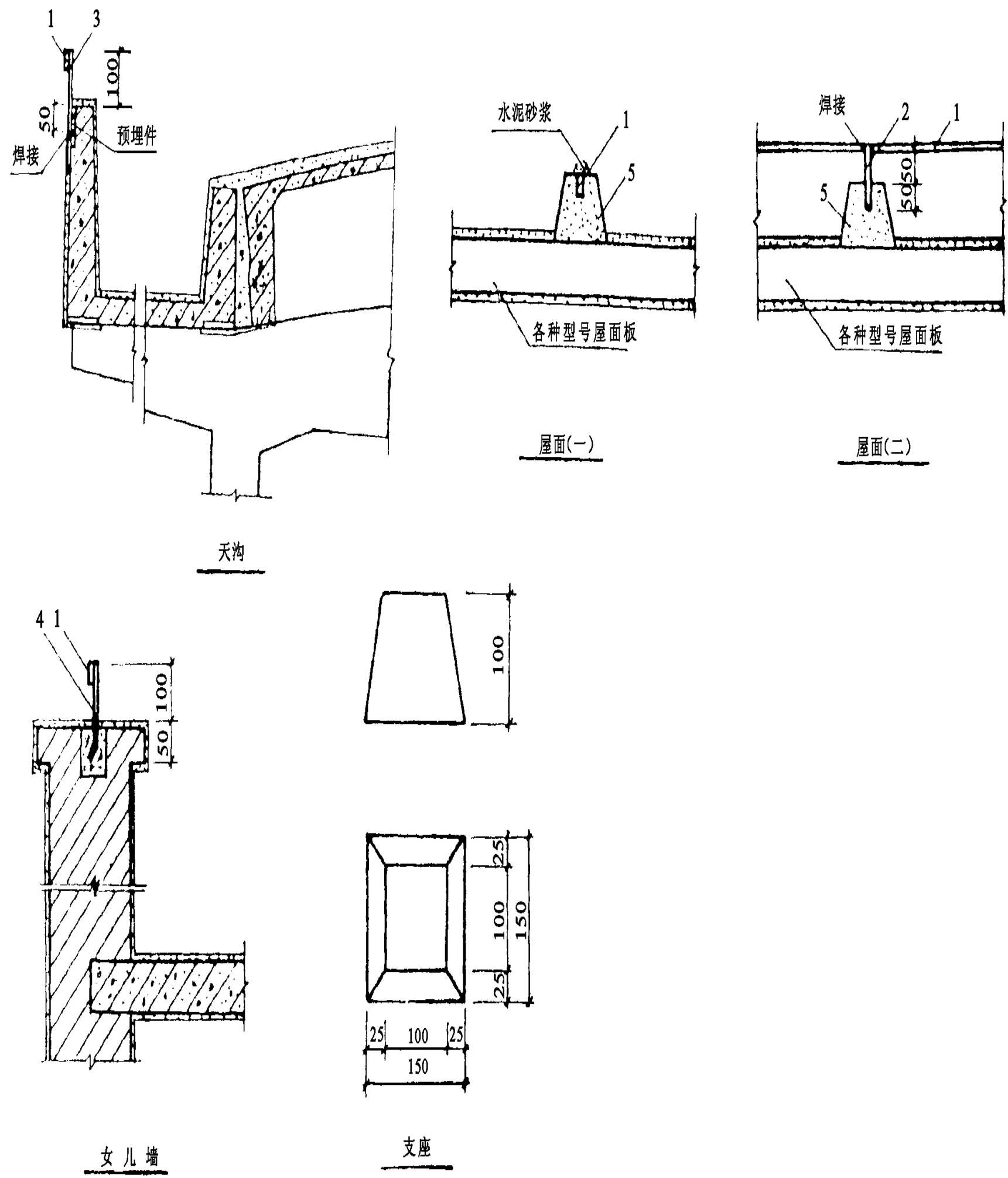


图7-5 避雷带在天沟.屋面 女儿墙上安装  
1—避雷带 2.3.4—支架. 5—混凝土支座

三、避雷器

雷电击中送电线路后，雷电波沿导线传播，若无适当保护措施，必然进入变电所或其它用电设备，造成变压器、电压互感器或大型电动机的绝缘损坏，避雷器就是为防止雷电波侵入而设置的保护装置。

目前我国大量生产和使用的避雷器，有以电工碳化硅阀片为基本元件的各种阀式避雷器，还有以氧化锌阀片为基本元件组装而成的氧化锌避雷器。管式避雷器也仍有使用。

避雷器型号表示如下：

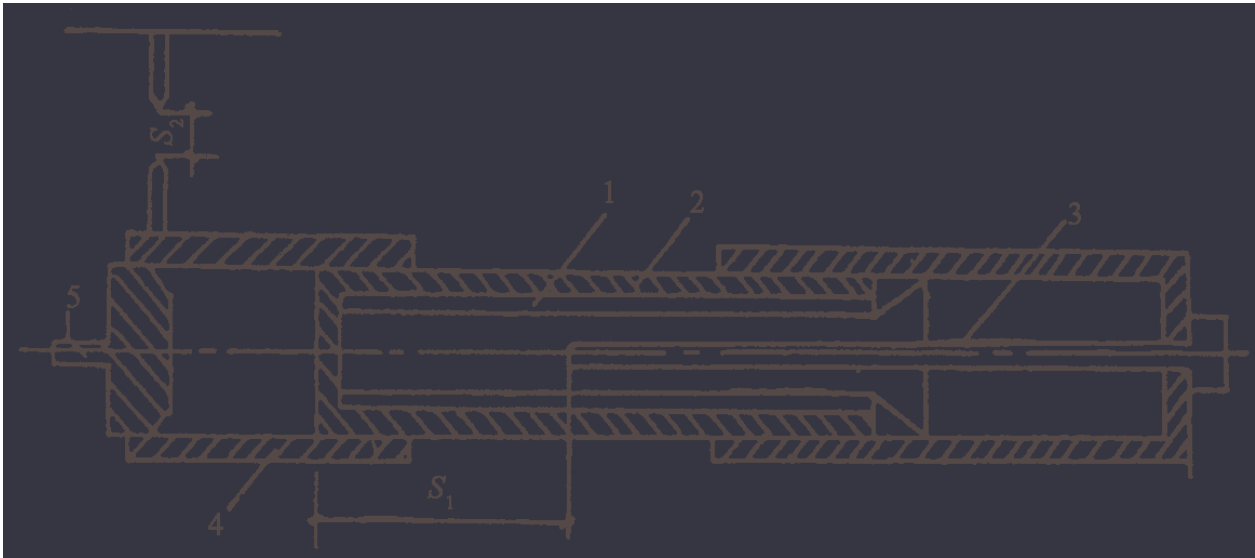
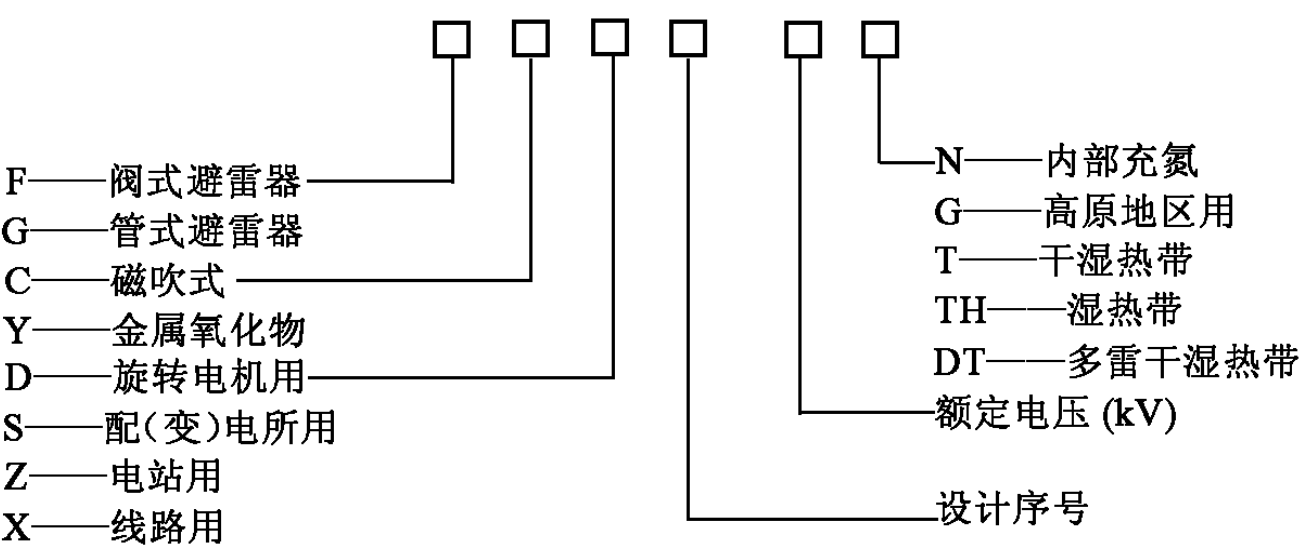


图7 -6 管式避雷器

1 —产气管2 —胶木管3 —棒形电极  
4 —环形电极5 —动作指示器S<sub>1</sub> —内间隙S<sub>2</sub> —外间隙

(一) 管式避雷器

管式避雷器是避雷器中最简单的一种，其结构简图如图7 -6。当线路上遭到雷击或发生感应雷时，大气过电压使管式避雷器的外部间隙和内部间隙击穿，强大的雷电流通过接地装置入地。随之而来的是供电系统的工频续流，其值也很大，雷电流和工频续

流在管内间隙S1 发生的强烈电弧，使管内的产气材料产生大量的灭弧气体，这些气体压力很大，从环形电极的开口处喷出，形成纵吹作用，使电弧电流过零时熄灭，这时外部间隙S<sub>2</sub> 的空气恢复了绝缘，使管式避雷器与系统隔离，恢复系统的正常运行。

管式避雷器一般只用来保护架空线路的个别绝缘弱点和发电厂的出线段以及变电所的进线段。

管式避雷器在安装前应进行外观检查，绝缘管壁应无破损、裂痕、漆膜无脱落、管口无堵塞、配件齐全；并应进行必要的试验，且试验合格。安装时不得任意拆开调整其灭弧间隙。安装要求是：

- (1) 安装避雷器应在管体的闭口端固定，开口端指向下方。当倾斜安装时，其轴线与水平方向的夹角；对于普通管式避雷器应不小于15°，无续流避雷器应不小于45°，装于污秽地区时，尚应增大倾斜角度。
- (2) 避雷器安装方位，应使其排出的气体不致引起相间或对地闪路，也不得喷及其它电气设备，动作指示盖应向下打开。
- (3) 避雷器及其支架必须安装牢固，防止因受反冲力而导致变形和移位，同时应便于观察和检修。
- (4) 无续流避雷器的高压引线与被保护设备的连接线长度应符合产品的技术规定。

(二) 阀式避雷器

阀式避雷器是性能较好的一种避雷器，使用比较广泛，它的基本元件是装在密封瓷套中的火花间隙和非线性电阻（阀片）。图7 -7 为阀式避雷器外形及结构简图。

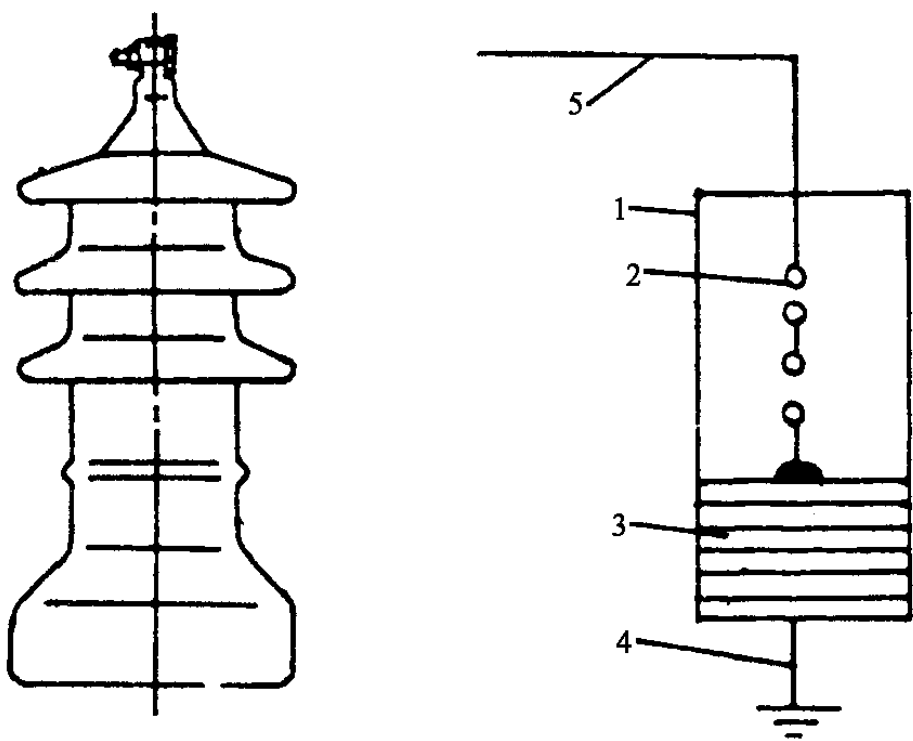


图7 -7 阀式避雷器外形及结构简图。

1 - 瓷套 2 - 间隙 3 - 阀片 4 - 接地线 5 - 进线

阀片是由金钢砂 (SiC ) 和结合剂在一定的温度下烧结而成。阀片的电阻值随通过的电流值而变，当很大的雷电流通过阀片时，它将呈现很大的电导率，这样，将使避雷器上出现的残压不高；当在阀片上加以电网电压时，它的电导率会突然下降，而将工频续流限制到很小的数值，为火花间隙切断续流创造了良好条件。

普通阀式避雷器的火花间隙根据额定电压的不同而由数个或数十个单个的火花间隙构成。每个火花间隙由两个黄铜电极和一个云母垫圈组成，如图7 -8 所示。

金属氧化物避雷器是以微粒状的金属氧化锌晶体为基体，在其间充填氧化铋和其它参杂物，这种非线性电阻有很好的伏安特性，在工频电压下呈现极大的电阻，因此续流很小，不用间隙熄灭工频电流所产生的电弧。

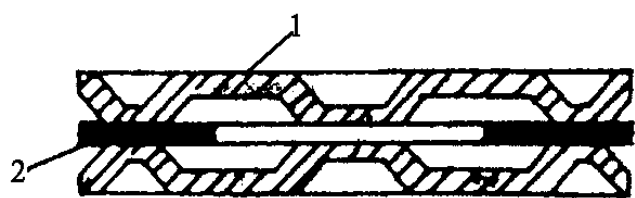


图7 -8 单个平板型火花间隙  
1 - 黄铜电极2 - 云母片

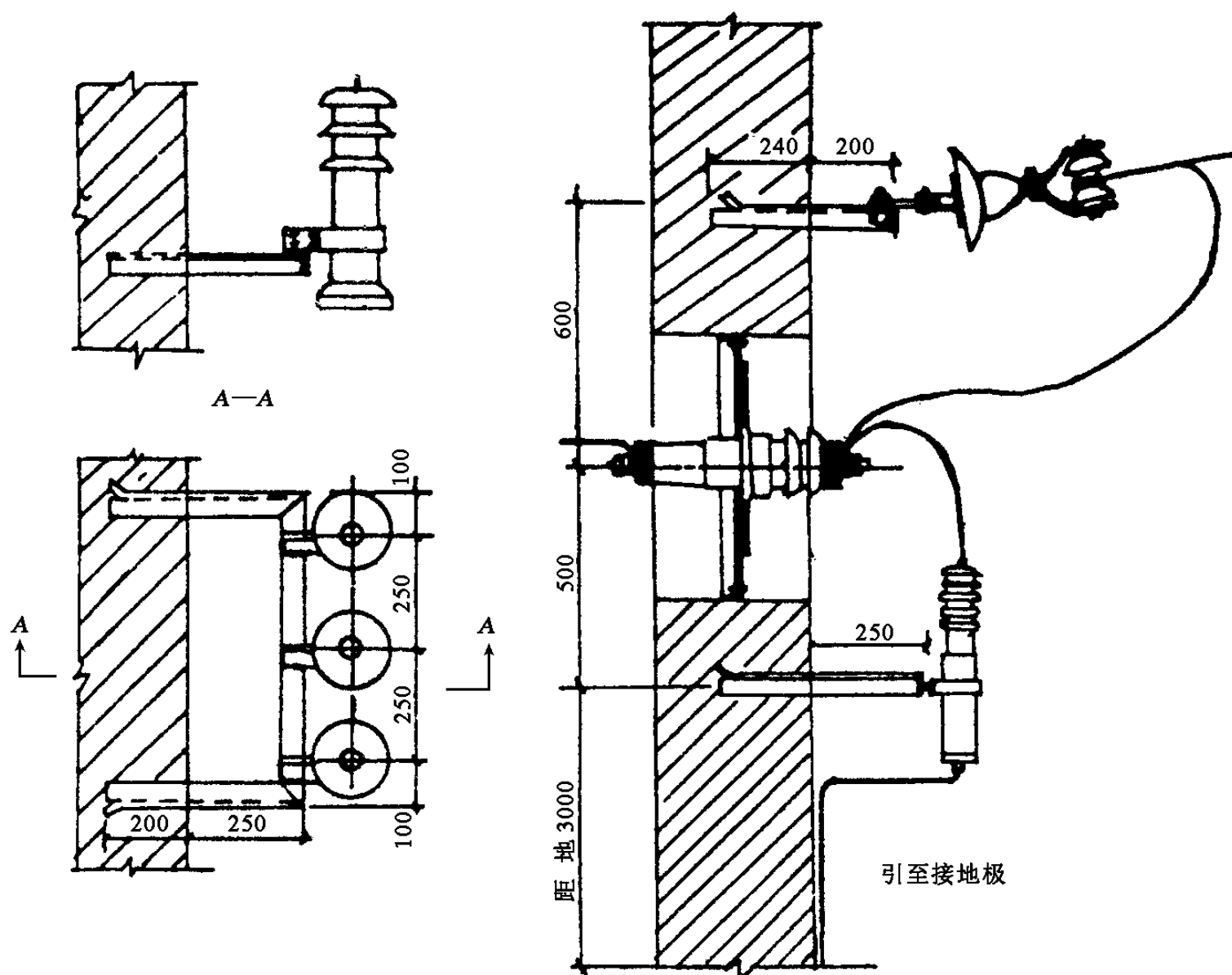


图7 -9 阀式避雷器在墙上安装及接线

阀式避雷器应垂直安装，每一个元件的中心线与避雷器安装点中心线的垂直偏差不应大于该元件高度的1 5 %。如有歪斜可在法兰间加金属片校正，但应保证其导电良好，并将其缝隙用腻子抹平后涂以油漆。图7 -9 为阀式避雷器在墙上安装示意图。避雷器各连接处的金属接触平面，应除去氧化膜及油漆，并涂一层凡士林或复合脂。室外避雷器可用镀锌螺栓将上部端子接到高压母线上，下部端子接至接地线后接地。但引线的连接，不应使避雷器结构内部产生超过允许的外加应力。接地线应尽可能短而直，以减小电阻；其截面应根据接地装置的规定选择。

避雷器在安装前应进行下列检查：避雷器型号符合设计要求；瓷件应无裂纹、破损、瓷套与铁法兰间的结合应良好；磁吹阀式避雷器的防爆片应无损坏和裂纹；组合元件应经试验合格，底座和拉紧绝缘子的绝缘应良好，但避雷器不得任意拆开，以免破坏密封和损坏元件。可用手轻轻摇动，里面不应有响声。

避雷器在安装前还应进行绝缘电阻测定、直流泄漏电流测量、工频放电电压测量和检查放电记录器动作情况及其基座绝缘。FS 型避雷器绝缘电阻值应大于2500M ；FZ、FCZ、FCD 型和金属氧化物避雷器的绝缘电阻值不作规定，但与出厂试验值比较应无明显差别。常温下避雷器的泄漏电流试验标准应符合表7 -1 至表7 -4 或产品规定的数值：FS 型避雷器的绝缘电阻大于2500M 时，可不作泄漏试验；同一相内串联组合元件的非线性系数差值应不大于0 .04 。

表7 -1 FZ 型避雷器的泄漏电流值

额定电压 (kV )	3	6	10	15	20	30	
试验电压 (kV )	4	6	10	16	20	24	
泄漏电流 (μA )	400 ~650	400 ~600	400 ~600	400 ~600	400 ~600	400 ~600	

表7 -2 FS 型避雷器的泄漏电流值

额定电压 (kV )	3	6	10
试验电压 (kV )	4	7	11
泄漏电流 (μA )	不应大于10		

表7 -3 FCD 型避雷器的泄漏电流值

额定电压 (kV )	2	3	4	6	10	13 2	15	
试验电压 (kV )	2	3	4	6	10	13 2	15	
泄漏电流 (μV )	FCD1、FCD3 型不应超过10 ,FCD 型为50 ~100 ,FCD2 型为5 ~20							

表7 -4 FS 型避雷器的工频放电电压范围

额定电压 (kV )	3	6	10
放电电压的有效值 (kV )	9 ~11	16 ~19	26 ~31

FS 型阀式避雷器的工频放电电压应在表1 -13 -84 范围以内，但有并联电阻的阀式避雷器可不进行此项试验。在进行工频放电电压测量时应注意以下几点：

①）高压试验回路内应串联保护电阻，电源回路内应有过流速断保护装置。保护电阻的阻值以能将短路电流幅值限制在0.7A 以下为宜；过流速断保护装置应调整在避雷器间隙放电后的0.5s 内动作。

②）工频放电试验应连续进行3 次，每相邻的两次试验之间的间隔时间应不小于1min，工频放电的电压值取其3 次试验结果的平均值。

③）工频放电电压的测量，宜使用静电式电压表。

对具有放电记录器的避雷器，应检查其放电记录器的动作情况，要求动作应可靠，同时也要求其基座绝缘良好。

第二节 接地装置安装

所谓接地装置是接地体和接地线的总称。埋入地中并直接与大地接触作散流用的金属导体，称为接地体。接地体有自然接地体和人工接地体之分，兼作接地用的直接与大地接触的各种金属构件、金属井管、钢筋混凝土建筑物的基础、金属管道和设备等，都称为自然接地体；直接打入地下专作接地用的经加工的各种型钢和钢管等，称为人工接地体。将电力设备、杆塔的接地螺栓与接地体或零线相连接用的，在正常情况下不载流的金属导体，称为接地线。



## 一、接地装置安装前的准备

接地装置的安装很重要，往往因为安装质量不符合要求而造成事故。因此，为保证质量，在接地装置安装前应熟悉设计图纸、施工及验收规范；同时，为使施工程序有条不紊，还应作出行之有效的施工组织措施、并做好充分的准备工作。特别是与线路、变电所的工程同时进行更应该很好地组织与准备，绝不能把接地装置的安装看作是一项附属工作。否则，最后往往会因接地电阻不合格而造成返工，拖延工期，带来损失。

## 二、对接地电阻的要求

接地电阻是接地体的流散电阻与接地线电阻的总和。一般接地线的电阻很小，可以略去不计，因此可以认为接地体的流散电阻就是接地电阻。常用电气装置所要求的接地电阻值，可参见表7 -5。

## 三、接地装置的选用

### 1．接地体的选用

(1) 自然接地体。接地装置的接地体在可能条件下应尽量选用自然接地体，以便节约钢材、降低工程成本。但在选用自然接地体时，必须保证导体全长有可靠的电气连接，以形成为连续的导体，同时应采用二根以上导体在不同地点与接地干线相连。

(2) 人工接地体。人工接地体按其敷设方式分为垂直接地体和水平接地体。垂直接地体一般常用镀锌角钢或镀锌钢管。角钢一般选用 40mm ×40mm ×5mm 或 50mm ×50mm ×5mm 两种规格，其长度一般为2.5m。镀锌钢管规格一般为直径50mm、壁厚不小于3.5mm。水平接地体一般采用扁钢（—25 ×4mm<sup>2</sup>）或圆钢（10mm）。钢接地体规格不应小于表7 -6 中所列数值。

### 2．接地线的选用

(1) 自然接地线。接地装置的接地线应首先考虑选用下列自然物：

建筑物的金属构件（梁、柱子等）及设计规定的混凝土结构内部的钢筋。但应保证全长有可靠的连接，以形成连续的导体。因此，除在结合处采用焊接外，凡用螺栓连接或铆钉连接的地方，都应焊接跨接线。跨接线一般采用扁钢，其截面一般不小于100mm<sup>2</sup>，但作为接地支线时，可减小至48mm<sup>2</sup>。

生产用的金属结构（起重机的轨道、配电装置的构架、走廊、平台、电梯竖井、起

重机与升降机的构架、运输皮带的钢梁等。)

配线钢管。应注意钢管壁厚不应小于1.5mm，以免锈蚀成为不连续的导体，同时应在管接头及接线盒处采用跨接线连接。跨接线应使用圆钢或扁钢，一般钢管直径在40mm以下时，用直径为6mm的圆钢，钢管直径在50mm以上时，用—25×4mm<sup>2</sup>的扁钢。

2) 人工接地线。为保证接地线有一定的机械强度，一般选用圆钢或扁钢。接地线的截面应满足热稳定的要求，由设计确定。但按机械强度的要求及连接的便利，接地线最小尺寸应符合表7-6之要求。

表7-5 部分电气装置所要求的接地电阻值

序号	电气装置名称	接地的电气装置特点	接地电阻 ( )
1	大接地短路电流系统	仅用于该系统的接地装置	$R_{jd} \leq \frac{2000}{I}$ 当 $I > 4000A$ 时， $R_{jd} \leq 0.5$
2	小接地短路电流系统	高压与低压电力设备共用的接地装置	$R_{jd} \leq \frac{120}{I}$ 且 $R_{jd} \leq 10$
3		仅用于高压电力设备的接地装置	$R_{jd} \leq \frac{250}{I}$ 且 $R_{jd} \leq 10$
4	1kV以下系统	低压电力设备接地装置	$R_{jd} \leq 4$
5		与总容量不超过100kVA的发电机变压器使用同一接地装置	$R_{jd} \leq 10$
6		零线重复接地装置	$R_{jd} \leq 10$
7		序号5中的重复接地装置	$R_{jd} \leq 30$
8	防雷调协	独立避雷针的接地装置	$R_{jd} \leq 10$
9		杆上避雷器 (在电气上与旋转电机无联系)	$R_{jd} \leq 10$
10		杆上避雷器 (在电气上与旋转电机有联系)	$R_{jd} \leq 5$
11	建筑物	第一类防雷建筑物 (防直击雷)	$R_{jd} \leq 10$
12		第一类防雷建筑物 (防感应雷)	$R_{jd} \leq 10$
13		第二类防雷建筑物 (防直击雷、感应雷共用)	$R_{jd} \leq 30$
14		第三类防雷建筑物 (防直击雷)	$R_{jd} \leq 30$
15		其它建筑物防雷电波沿低压架空线侵入	$R_{jd} \leq 30$

注：R<sub>jd</sub>——工频接地电阻；R<sub>cj</sub>——冲击接地电阻；I——流经接地装置的单相短路电流

表7 -6 钢接地体和接地线的最小规格

种类规格及单位		地上		地下
		室内	室外	
圆钢直径 (mm )		5	6	8 (10 )
扁钢	截面 (mm <sup>2</sup> )	24	48	48
	厚度 (mm )	3	4	4 (6 )
角钢厚度 (mm )		2	2 5	4 (6 )
钢管管壁厚度 (mm )		2 5	2 5	3 5 (4 5 )

注：括号内数值系指直流电力网中经常流过电流的接地线和接地体的最小规格。

四、接地装置的安装

1．接地体的安装

(1) 接地体的加工。垂直接地体多使用角钢或钢管，一般应按设计所提数量和规格进行加工。通常情况下，在一般土壤中采用角钢接地体，在坚实土壤中采用钢管接地体。

为便于接地体垂直打入土中，应将打入地下的一端加工成尖形，其形状如图7 -10 所示。为了防止将钢管或角钢打劈，可用圆钢加工一种护管帽套入钢管端，或用一块短角钢（约长10cm）焊在接地角钢的一端，如图7 -11 所示。

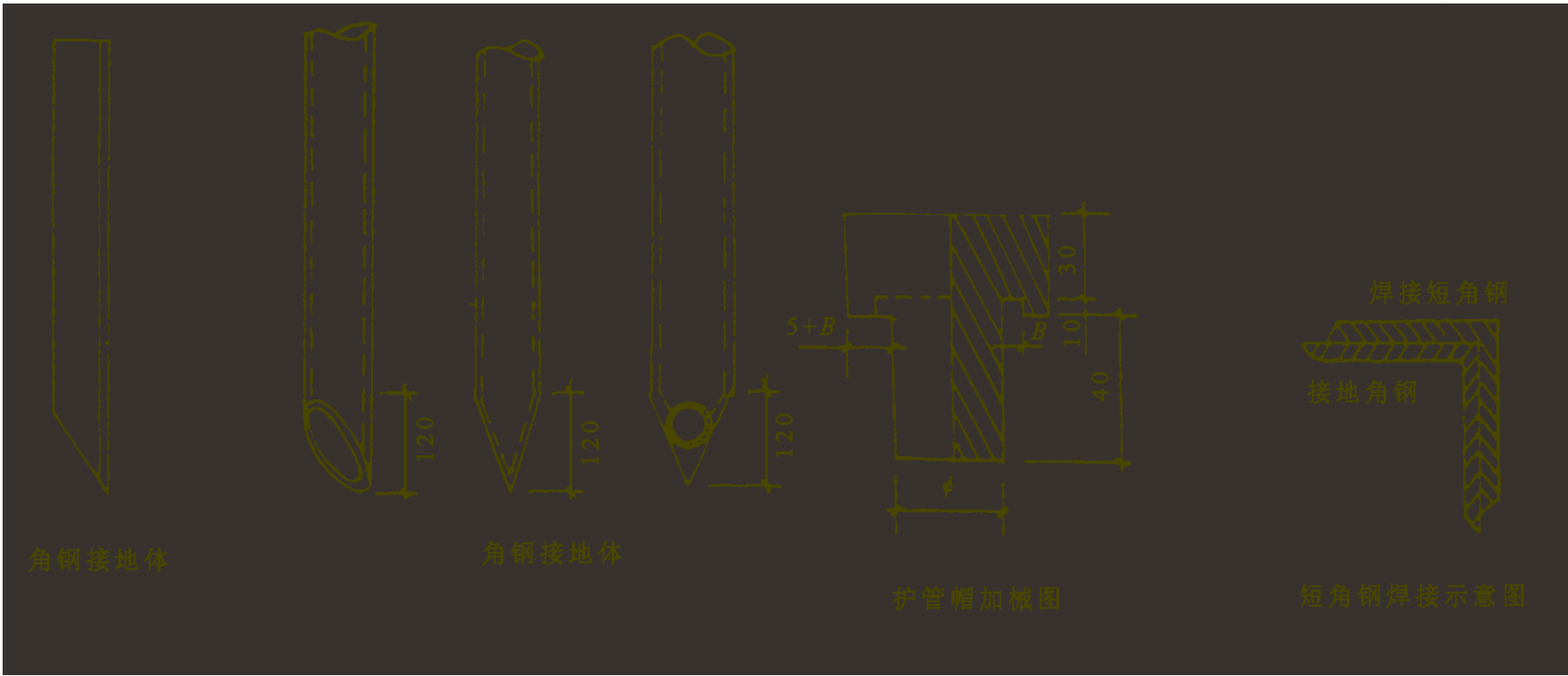


图7 -10 接地体端部加工形状

图7 -11 接地钢管和角钢的加固方法

(2) 挖沟。装设接地体前，需沿接地体的线路先挖沟，以便打入接地体和敷设连接

这些接地体的扁钢。由于地的表层容易冰冻，冰冻层会使接地电阻增大，且地表层容易被挖掘，会损坏接地装置。因此，接地装置需埋于地表层以下，一般埋设深度不应小于0.6m。

按设计规定的接地网的路线进行测量划线，然后依线开挖，一般沟深0.8~1m、沟宽为0.5m，沟的上部稍宽、底部渐窄，且要求沟底平整，如有石子应清除。挖沟时如附近有建筑物或构筑物，沟的中心线与建筑物或构筑物的距离不宜小于1.5m。

③) 敷设接地体。沟挖好后应尽快敷设接地体，以防止塌方。接地体打入地中时一般采用手锤冲击，一人扶着接地体，一人用大锤打接地体顶部。使用手锤打接地体时，要求要平稳。当接地体打入土中能够自然直立时，则可以不用人扶持而继续打入。

接地体敷设步骤如下：

按设计位置将接地体打在沟的中心线上，当打到接地体露出沟底的长度约为150~200mm（沟深0.8~1m）时，便可停止打入，使接地体最高点距施工完毕后的地面有600mm以上的距离。接地体间的距离按设计要求，一般为减少相邻接地体的屏蔽作用，垂直接地体的间距不宜小于其长度的两倍，水平接地体的间距不宜小于5m。

敷设的接地体及连接接地体用扁钢，应尽量避免其它地下管道、电缆等设施。一般要求与电缆及管道等交叉时，相距应不小于100mm，平行时应不小于300~350mm。

敷设接地体时，应保证接地体与地面保持垂直。当土壤坚硬打入困难时，可适当浇上一些水使其松软。

### 2. 接地线敷设

接地线在一般情况下均应采用扁钢或圆钢，并应敷设在易于检查的地方，且应有防止机械损伤及防止化学腐蚀的保护措施。从接地干线敷设到用电设备的接地支线的距离越短越好。当接地线与电缆或其他电线交叉时，其间距至少要维护25mm。在接地线与管道、公路、铁路等交叉处及其他可能使接地线遭受机械损伤的地方，均应套钢管或角钢保护，当接地线跨越有震动的地方，如铁路轨道时，接地线应略加弯曲，以便震动时有伸缩的余地，避免断裂。如图7-12所示。

(1) 接地体间连接扁钢的敷设。垂直接地体间多用扁钢连接。当接地体打入地中后，即可沿沟敷设扁钢，扁钢敷设位置、数量和规格应按设计规定。扁钢敷设前应检查和调直，然后将扁钢放置于沟内，依次将扁钢与接地体用焊接的方法连接。扁钢应立放，这样既便于焊接，也可减小其散流电阻。连接方法如图7-13所示。

接地体与连接线焊好之后，经过检查确认接地体埋设深度、焊接质量、接地电阻等均符合要求后，方可将沟填平。填沟时应注意回填土中不应夹有石块、建筑碎料及垃圾等，因这些杂物会增加接地电阻。回填土应分层夯实，为了使土壤与接地体互相紧密地

接触，可在每层土上浇一些水。但同时应注意不要在扁钢上踩踏，以免将焊接部分损坏而影响质量。

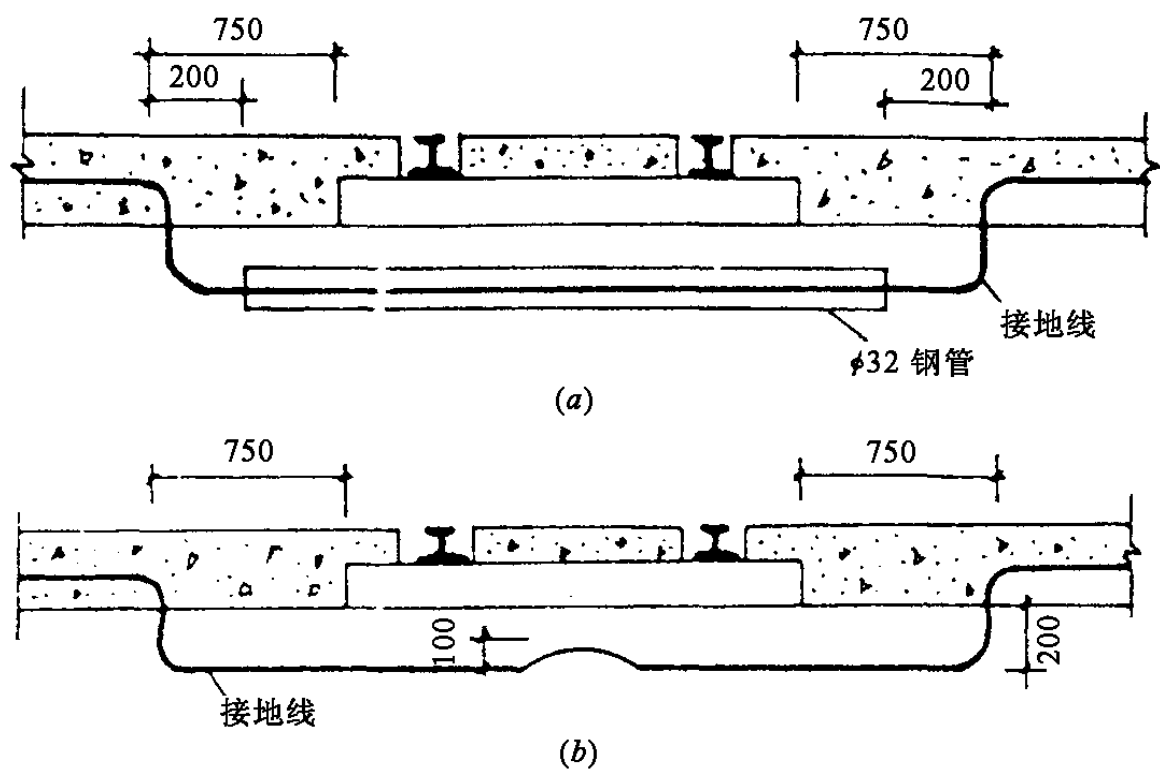


图7 -12 接地线跨越轨道敷设

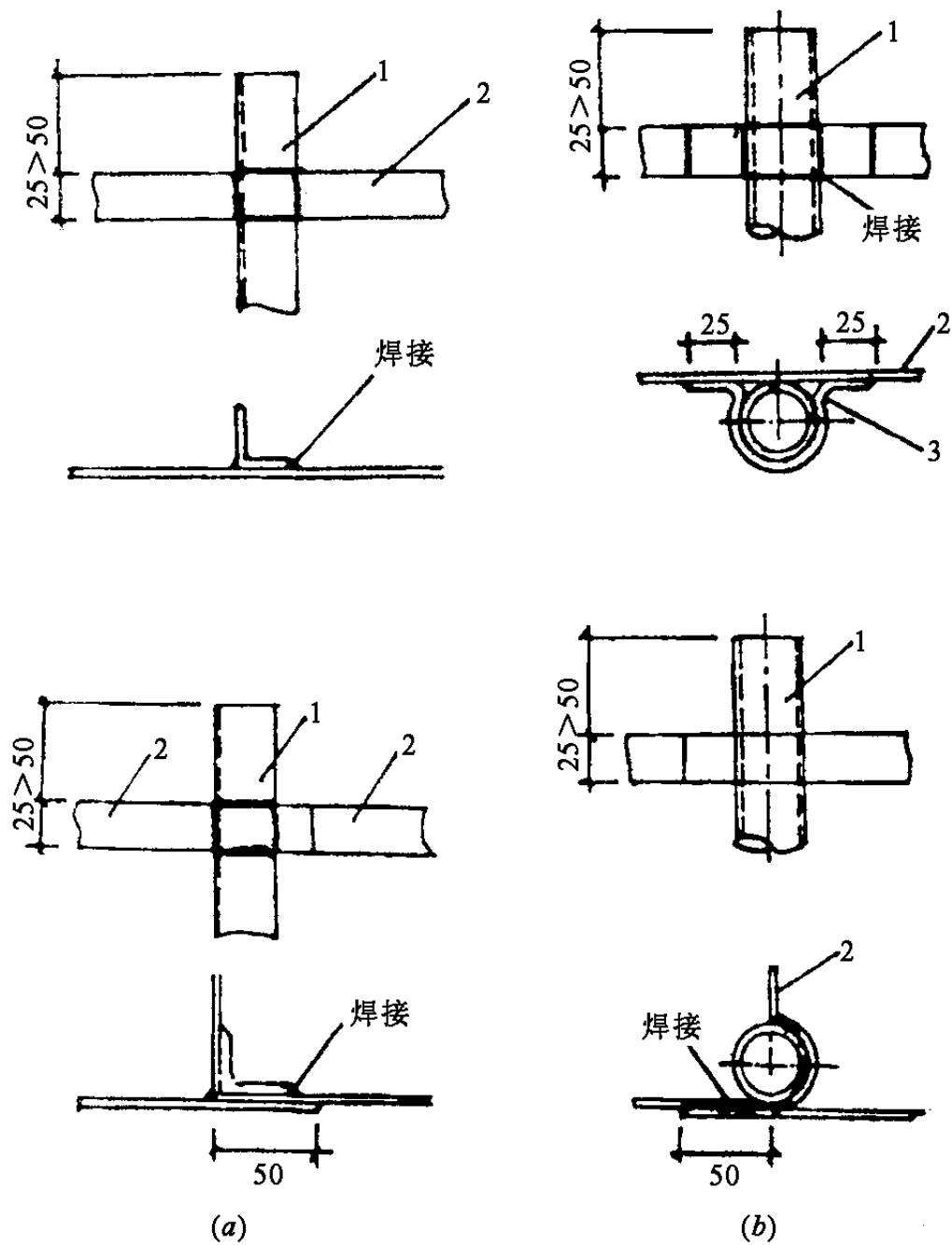


图7 -13 接地体与连接扁钢的焊接

1—接地体2—扁钢3—卡箍

2) 接地干线与接地支线的敷设。室外接地干线与接地支线一般敷设在沟内，敷设前应按设计要求挖沟，沟深不得小于0.5m，然后埋入扁钢。由于接地干线与接地支线不起接地散流作用，所以埋设时不一定要立放。接地干线与接地体及接地支线均采用焊接连接。接地干线与接地支线末端应露出地面0.5m，以便接引地线。敷设完后即回填土夯实。

室内的接地线一般多为明敷，但有时因设备的接地需要也可埋地敷设或埋设在混凝土层中。明敷的接地线一般敷设在墙上、母线架上或电缆的构架上。敷设方法如下：

埋设保护套管和预留孔。接地扁钢沿墙敷设时，有时要穿过楼板或墙壁，为了保护接地线并便于检查，可在穿墙的一段加设保护套管或预留孔。预留孔的大小应与接地线规格相适应，一般应比接地线的厚度、宽度各大6mm左右为宜。其位置一般距墙壁表面应有15~20mm的距离，以使敷设的接地线整齐美观，如图7-11所示，保护套管可用厚1mm以上的铁皮做成方形或圆形，安装见图7-14。

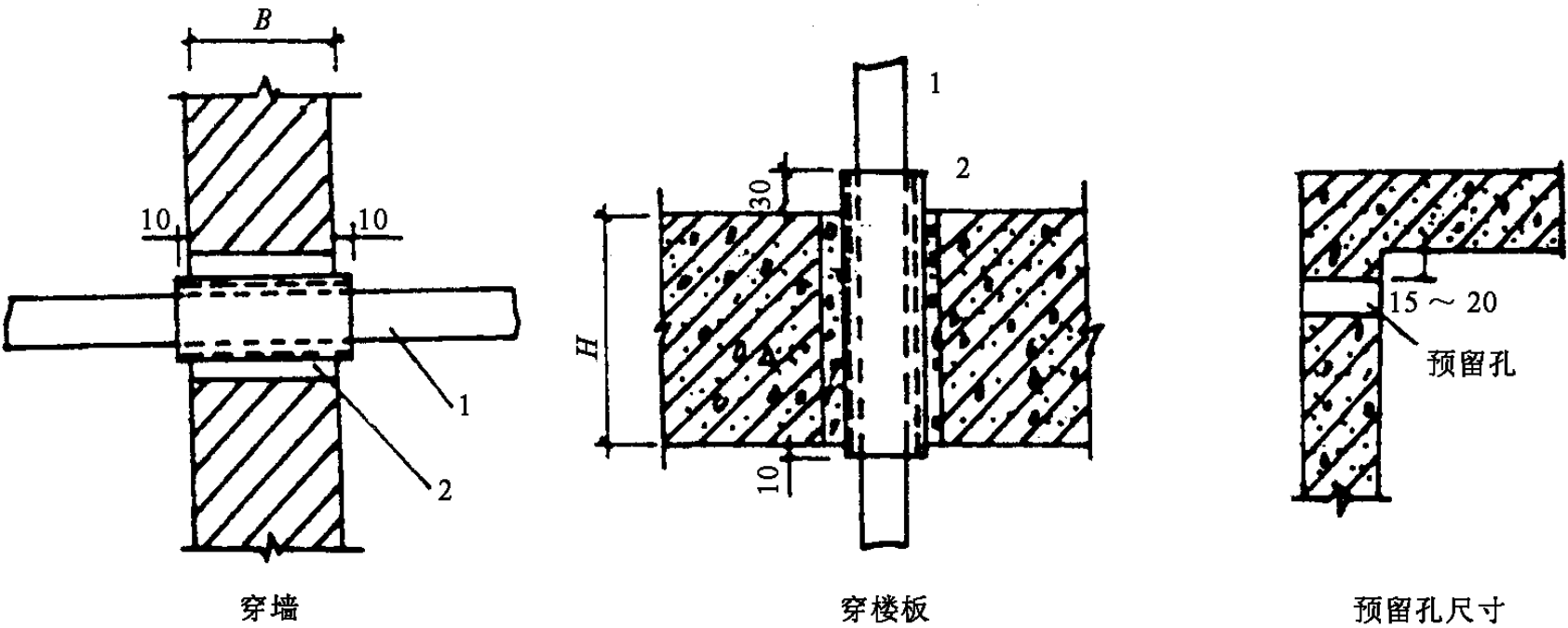


图7-14 保护套管安装及预留孔设备  
1—接地线2—套管

预埋固定钩或支持托板。明敷在墙上的接地线应分段固定，固定方法是在墙上埋设固定钩或支持托板，然后将接地线（扁钢或圆钢）固定在固定钩或支持托板上。如图7-15所示。也可埋设膨胀螺栓，在接地扁钢上钻孔，用螺帽将扁钢固定在螺栓上。

固定钩或支持托板间的距，水平直线部分一般为1~1.5m，垂直部分为1.5~2m，转弯部分为0.5m。沿建筑物墙壁水平敷设时，与地面宜保持250~300mm的距离，与建筑物墙壁间应有10~15mm的间隙。

为使固定钩或支持托板埋设整齐，可在墙壁浇注混凝土时，埋入一方木作预留孔（砖墙也可在砌砖时直接将固定钩埋入）。孔深为50mm，口径为50mm×50mm。混凝土

干固后，将方木取出，待墙壁抹灰后即可在孔内埋设固定钩。为保证固定钩全线整齐，可事先拉一根水平线；为保证固定钩与墙壁间保持相同距离，埋设时可使用一方木作样板，如图7 -16 所示。

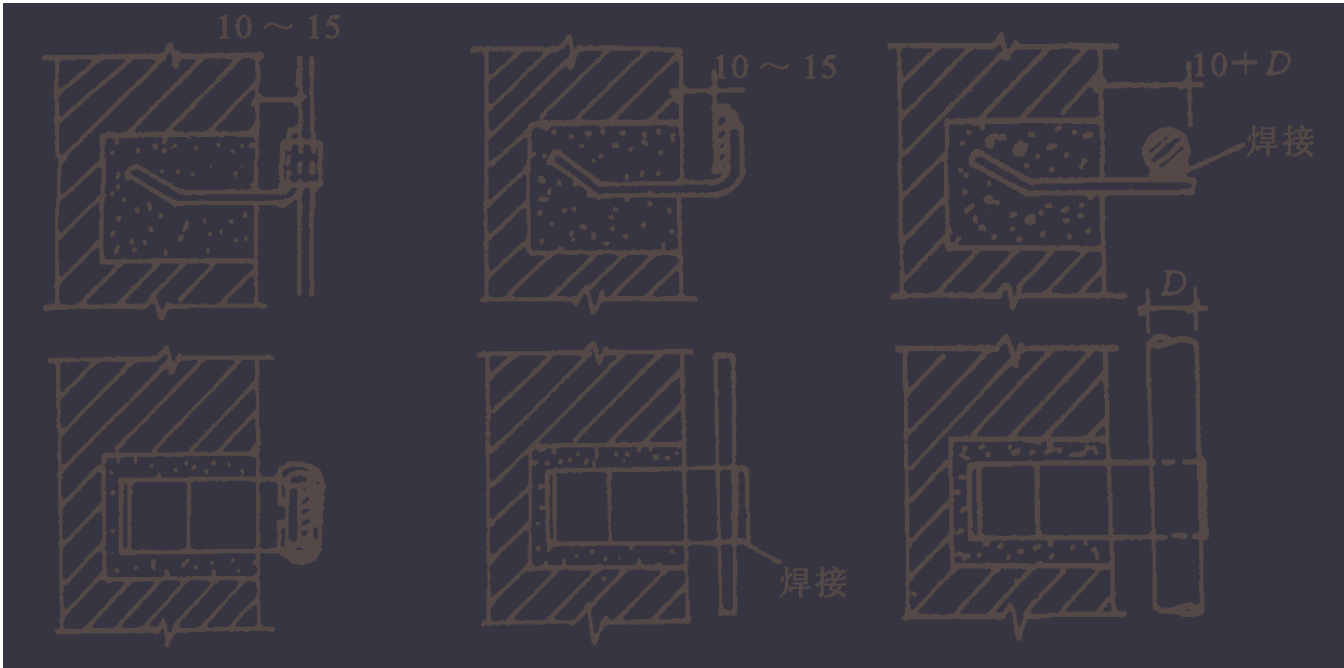


图7 -15 接地线在墙上明设固定

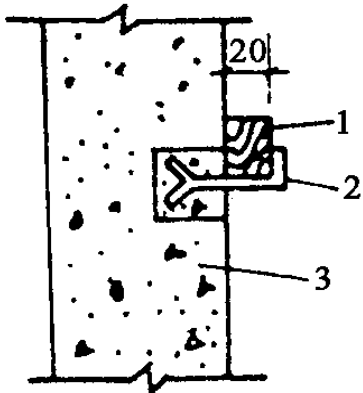


图1 -13 -162 接地线支持件的埋设

1 - 方木2 - 固定钩3 - 墙壁

敷设接地线。当固定钩或支持托板埋设牢固后，即可将调直的扁钢或圆钢放在固定钩或支持托板内进行焊接固定。在直线段上不应有高低起伏及弯曲等现象。当接地线跨越建筑物伸缩缝、沉降缝时，应加设补偿器或将接地线本身弯成弧状，如图7 -17 所示。接地线过门安装如图7 -19 所示。

接电气设备的接地支线多埋入混凝土中，一端接电气设备，一端接距离最近的接地干线，如图7 -19 所示。接地支线应配合土建在浇注混凝土时埋设。应注意的是所有电气设备都应单独埋设接地线，不可将电气设备串联接地。

室外接地线引入室内的做法如图7 -20 所示。为了便于测量接地电阻，当接地线引入室内后，必须用螺栓与室内接地线连接。

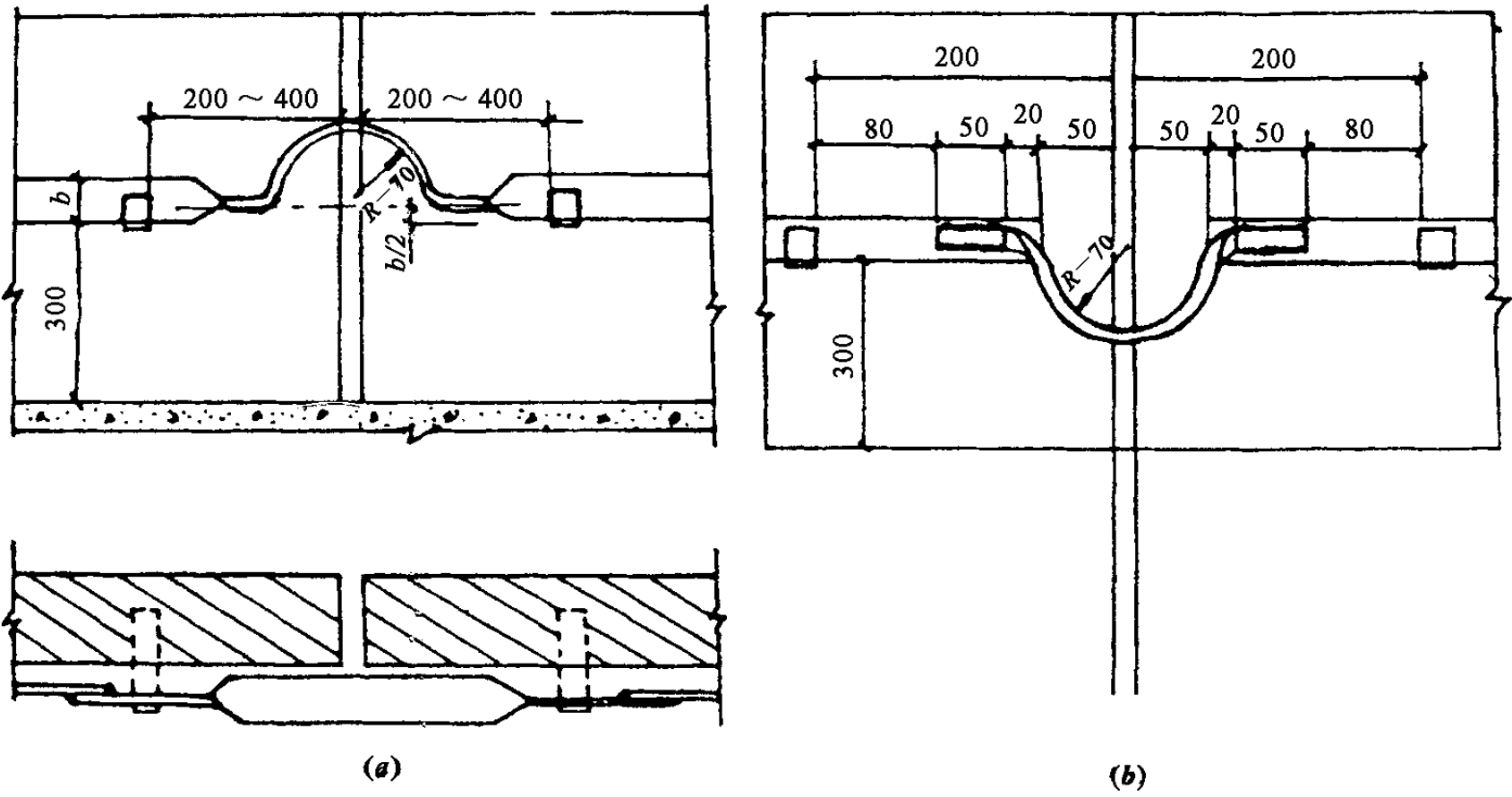


图7 -17 接地线跨越建筑物伸缩缝做法

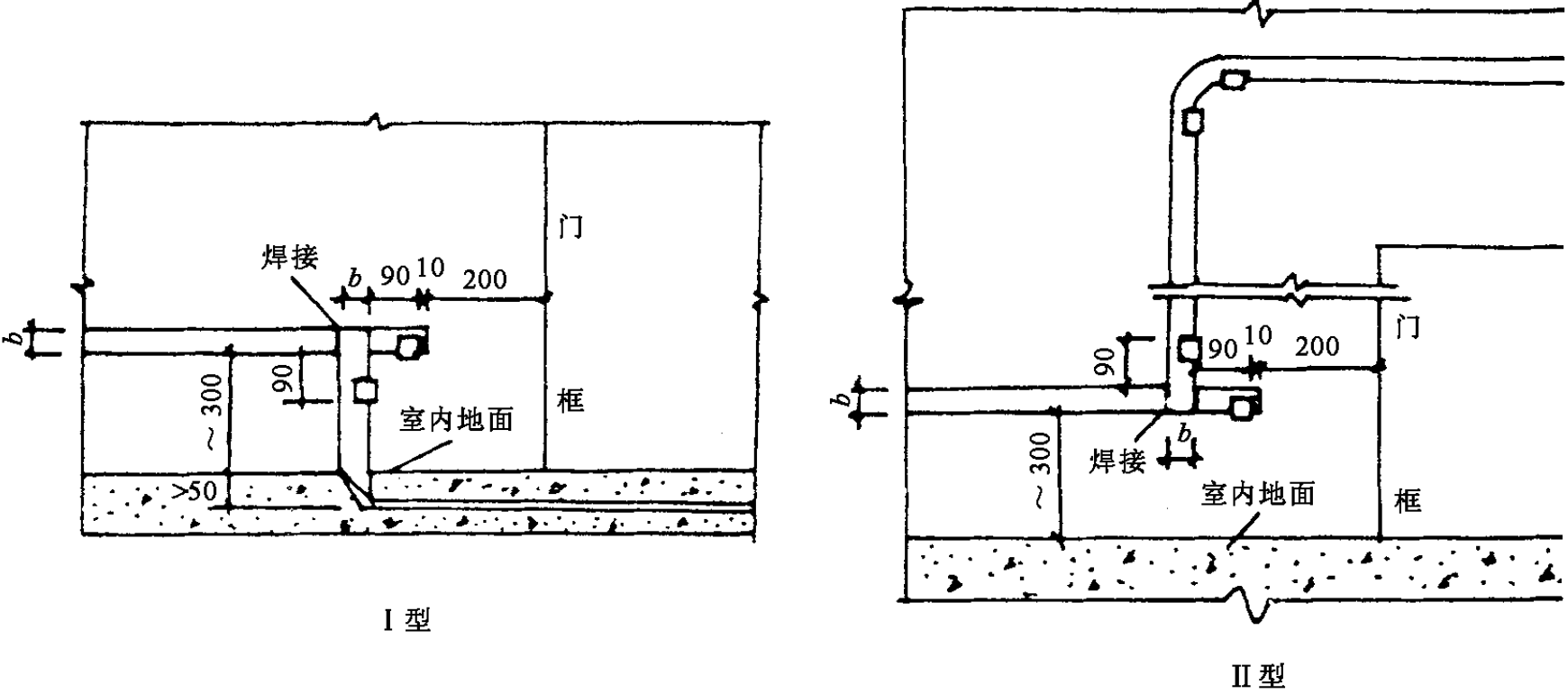


图7 -18 接地线过门安装

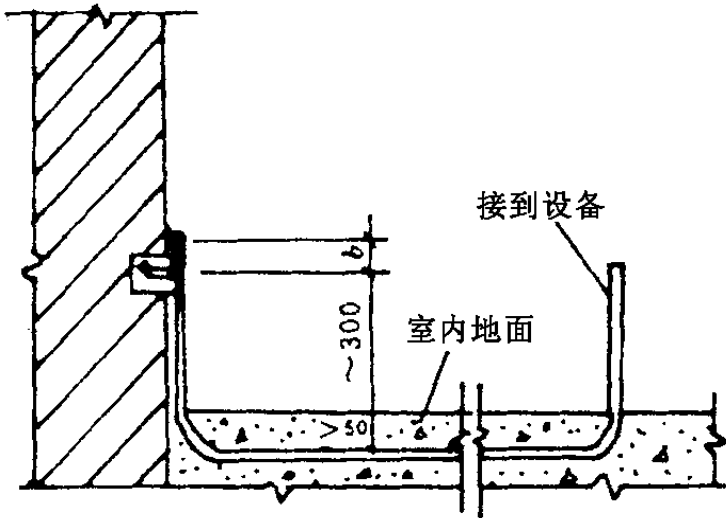


图7 -19 接地支线安装



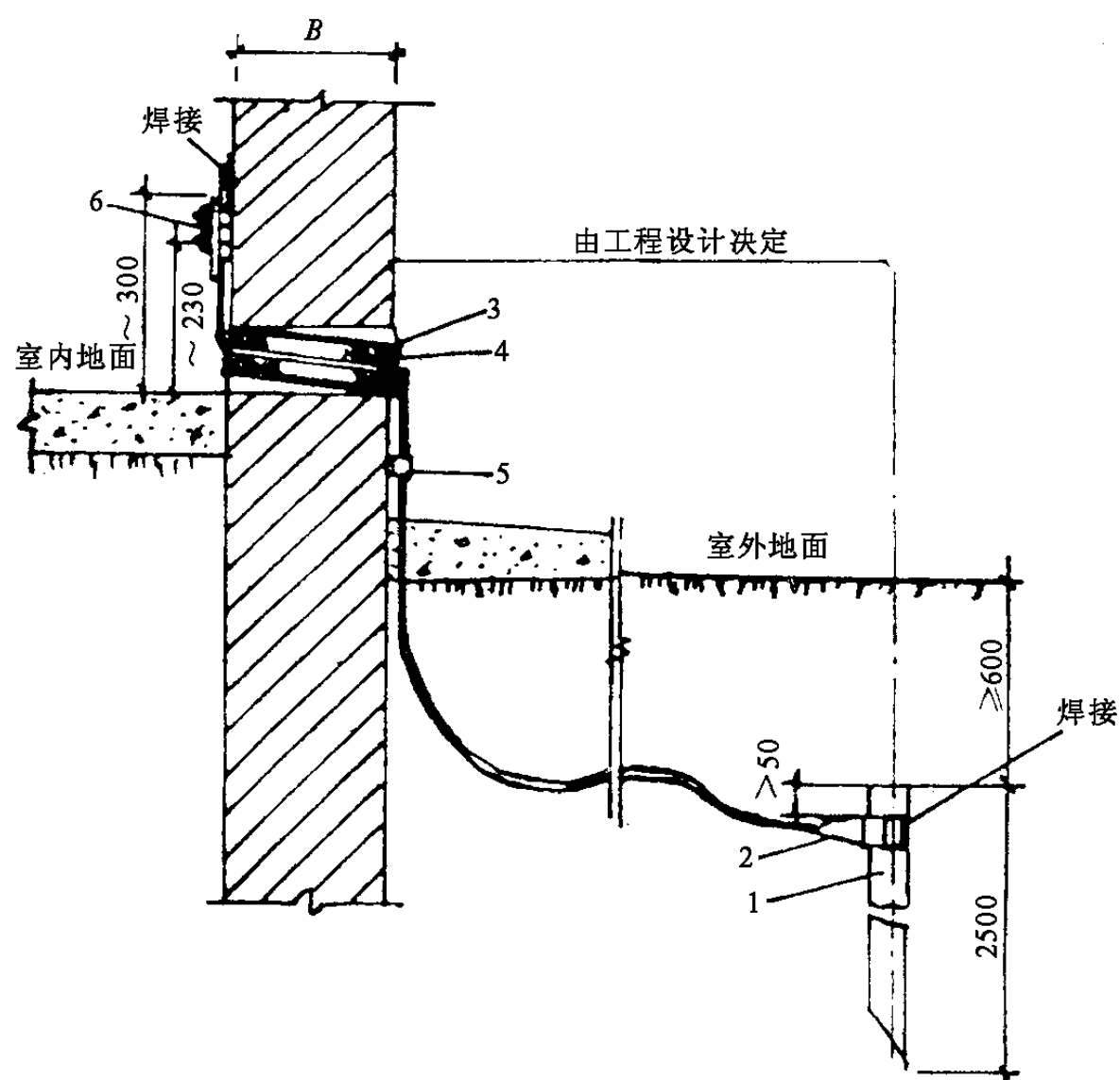


图7 -20 室外接地线引入室内做法

1 —接地体2 —接地线3 —套管4 —沥青麻丝5 —固定钩6 —断接卡子

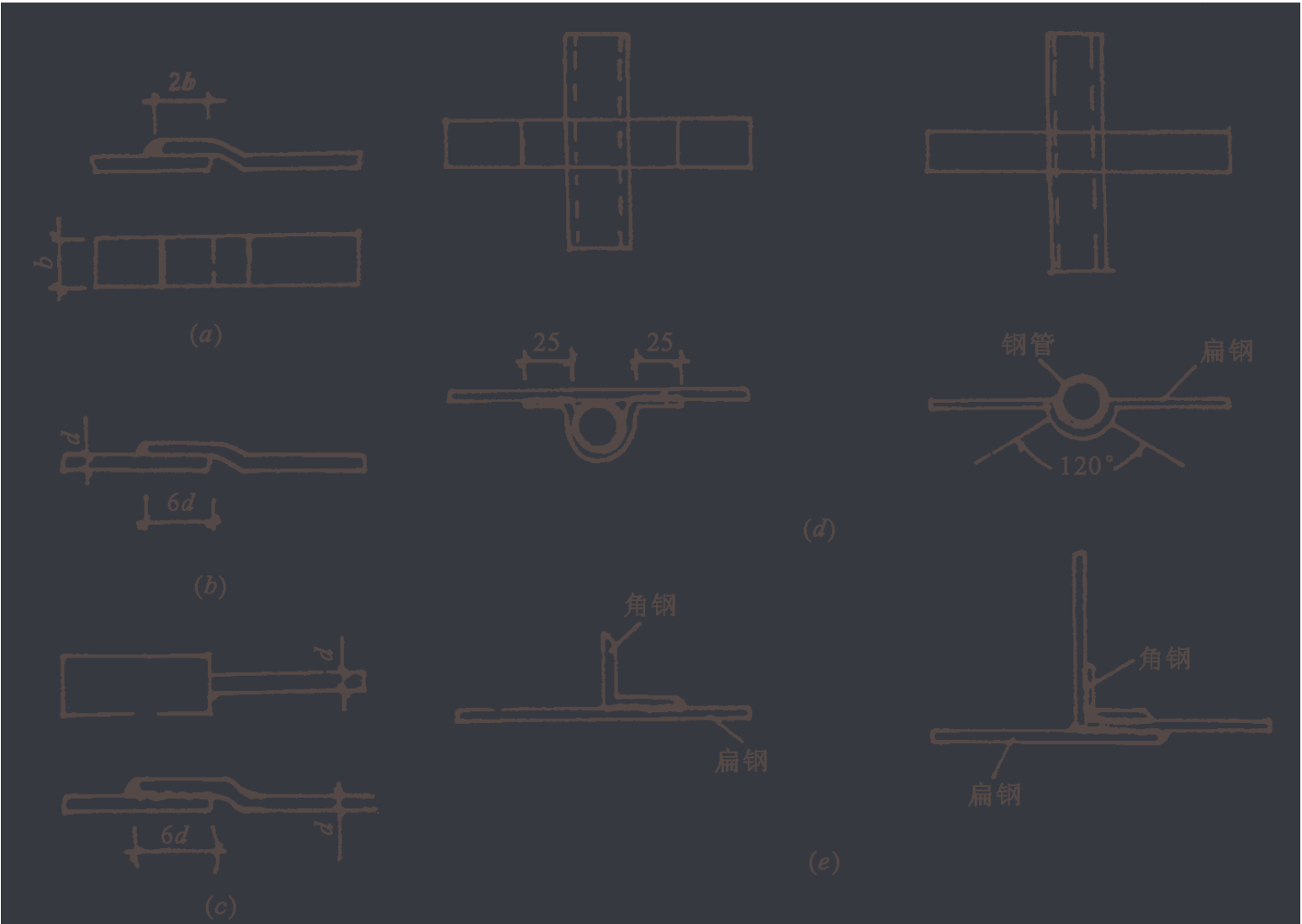


图7 -21 接地体（线）的连接

(a) 扁钢与扁钢连接 (b) 圆钢与圆钢连接 (c) 扁钢与圆钢连接  
(d) 钢管与扁钢连接 (e) 角钢与扁钢连接

3. 接地体（线）的连接

接地体（线）的连接一般采用搭接焊，焊接处必须牢固无虚焊。有色金属接地线不能采用焊接时，可采用螺栓连接。接地线与电气设备的连接亦采用螺栓连接。

接地体（线）连接时的搭接长度为：扁钢与扁钢连接为其宽度的两倍，当宽度不同时，以窄的为准，且至少3个棱边焊接；圆钢与圆钢连接为其直径的6倍；扁钢与钢管（或角钢）焊接时，为了连接可靠，除应在其接触部位两侧进行焊接外，还应焊以由扁钢弯成的弧形（或直角形）卡子，或直接将接地扁钢本身弯成弧形（或直角形）与钢管（或角钢）焊接。参见图7 -21。

当利用各种金属构件、金属管道等作为接地线时，应保证其全长为完好的电气通路。利用串联的金属构件、金属管道作接地线时，应在其串接部位焊接金属跨接线。接地线（扁钢）和埋地管道的连接，可参见图7 -22。

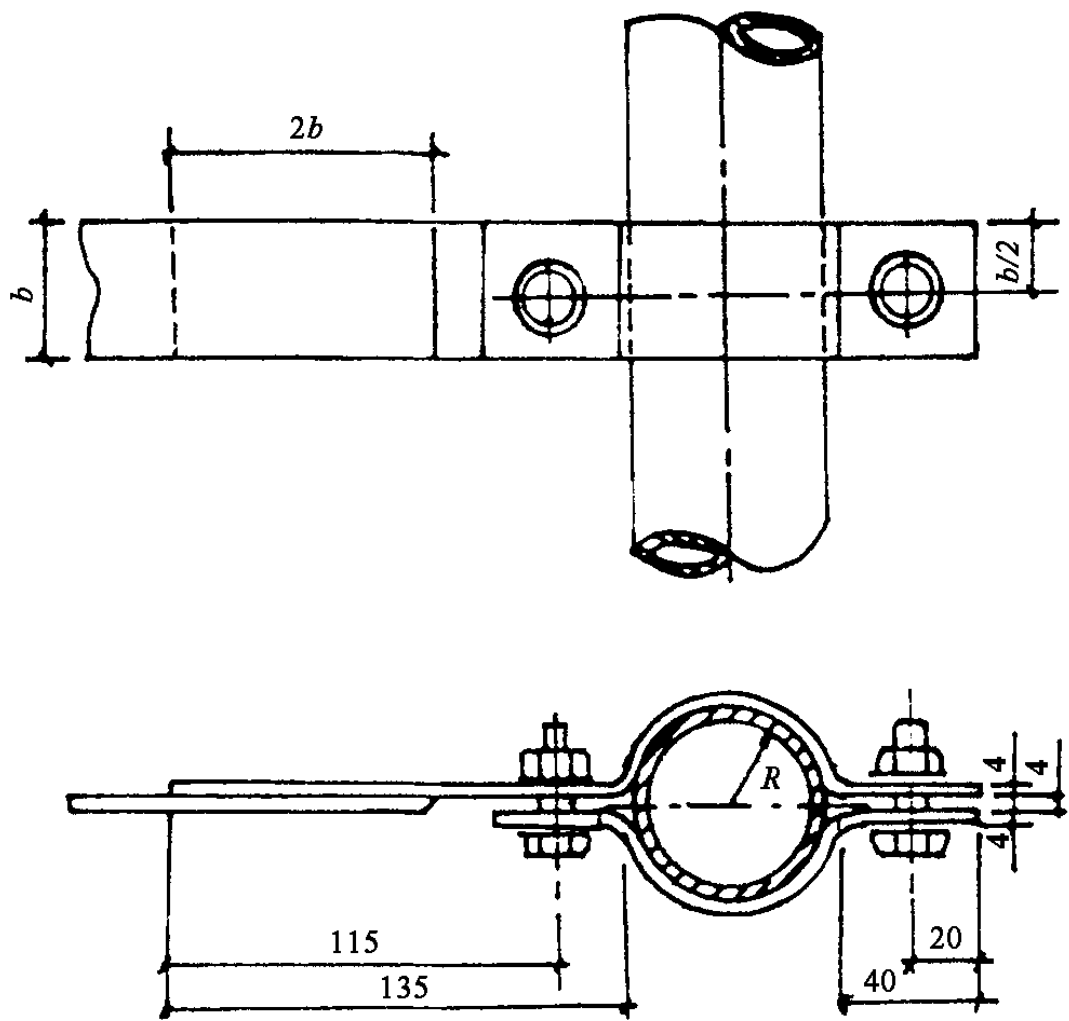


图7 -22 接地线与埋地管道的连接

第三节 接地装置的检验和接地电阻的测量

一、接地装置的检验和涂色

对于新安装的接地装置，为了确定其是否符合设计和规范要求，在工程完工以后，

必须经过检验才能投入正式运行。检验时，首先必须对接地装置的外露部分进行外观检查。外观检查的项目，大致如下：检查接地线是否完整、平直和连续；接地线与电气设备间的连接螺栓，是否装有弹簧垫圈和接触可靠；接地线相互间的连接，其搭接长度与焊缝是否符合要求；接地线穿过建筑物的墙壁或基础时是否加装了保护套管；在经过建筑物伸缩缝处是否装设了补偿装置；当利用电线管、行车轨道等作为接地干线时，各分段处是否有良好的焊接；接地线是否按规定进行了涂色等。

除要求整个接地网的连接完整牢固外，应按照规定进行涂色，标志记号应鲜明齐全。明敷接地线表面应涂以用15 ~100mm 宽度相等的绿色和黄色相间的条纹。在每个导体的全部长度上或只在每个区间或每个可接角到的部位上宜作出标志。当使用胶带时，应使用双色胶带。中性线宜涂淡蓝色标志。在接地线引向建筑物内的入口处和在检修用临时接地点处，均应刷白色底漆后标以黑色记号“ ”。

## 二、接地电阻的测量

接地装置除进行必要的外观检验外，还应测量其接地电阻。测量接地电阻的方法较多，目前使用最多的是接地电阻测量仪（接地摇表）。

ZC —8 型接地电阻测量仪主要由手摇发电机、电流互感器、滑线电阻及零指示器等组成。全部机构都装在铝合金铸造的携带式外壳内。外形与普通摇表差不多，所以也称为接地摇表。图7 -23 为ZC —8 型接地电阻测量仪外形。测量仪还配带一个附件袋，装有接地探测针两支，导线3 根，其中5m 长一根用于接地极，20m 长一根用于电位控制针，40m 长一根用于电流探测针。

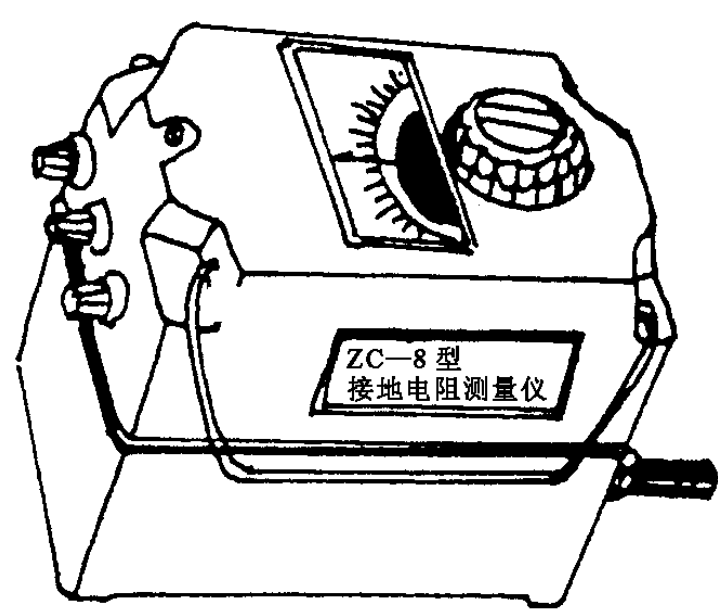


图7 -23 ZC —8 型接地电阻测量仪外形

这种仪表是根据电位计的工作原理而设计的，其原理接线图如图7 -24 所示。当发电机手柄以120r /min 的速度转动时，便产生频率约为110 ~115 周/s 的交流电源。在零指示器中采用由V 和V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub> 等组成的相敏整流电路，用以避免工频的杂散电流干扰。在零指示器的电路中接入电容器C<sub>1</sub>，可使测试时不受土壤电解电流的影响。

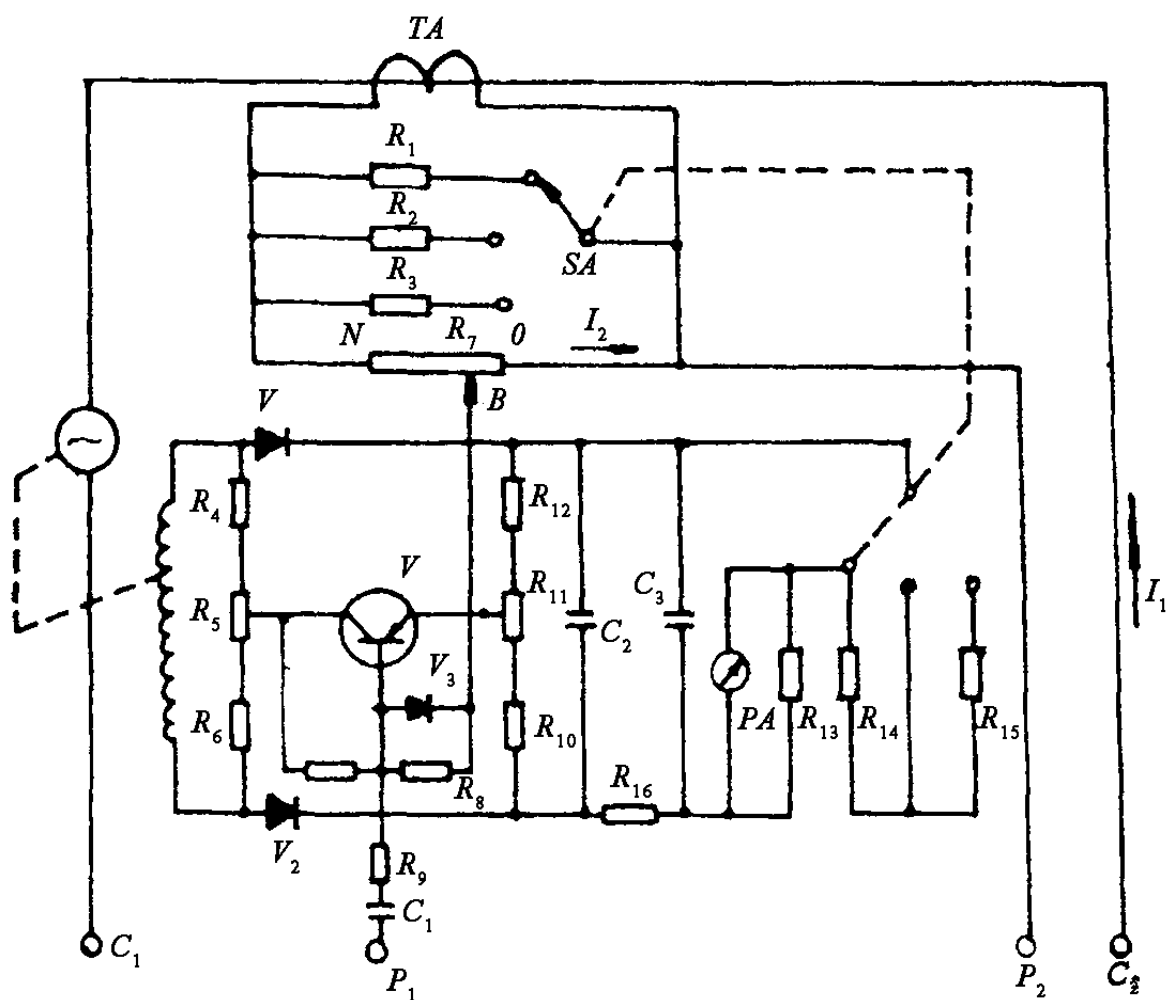


图7 -24 ZC—8 型接地电阻测量仪原理接线图

测量时仪表的接线端钮C<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>（或E）连续于接地极E，P<sub>1</sub>、C<sub>1</sub>（或P、C）连接于相应的接地探测针，即电位的P 和电流的C，如图7 -25 所示。

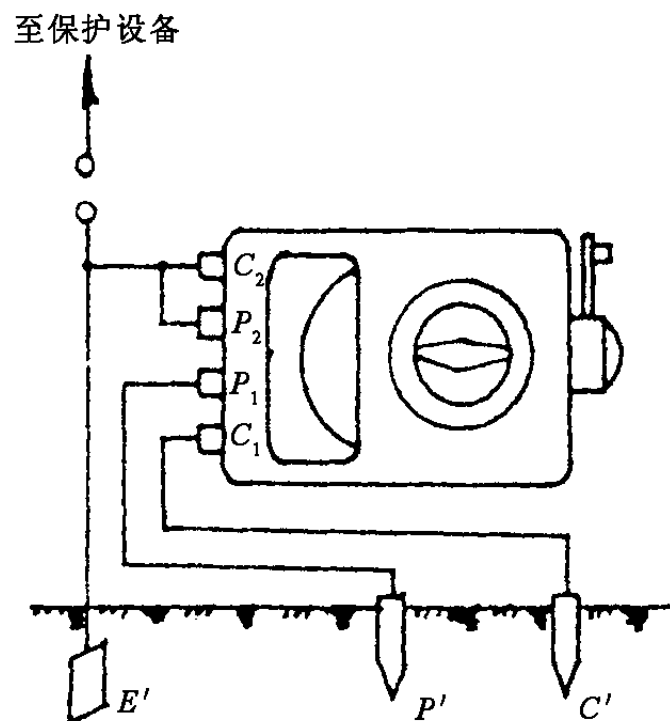


图7 -25 接地电阻测量接线

电流 $I_1$ 从发电机流出经过电流互感器TA的一次线圈、接地极E、大地和电流探测针C而回到发电机。由电流互感器二次线圈产生的 $I_2$ 接于电位器 $R_5$ 。当由相敏整流电路和PA等组成的零指示器有指示时，应通过调节电位器 $R_5$ 接触点B的位置，使其达到平衡。此时在 $C_2$ 、 $P_2$ 和 $P_1$ （或E和P）之间的电位差与电位器 $R_s$ 的O和B之间的电位差相等。于是V截止，由V1和V2组成的整流桥不开通，检流计PA因无电压输入而指零。

具体测量方法如下：

(1) 如图7-25所示，沿被测接地极E，使电位探测针P和电流探测针C依直线彼此相距20m，插入地中，且电位探测针P要插于接地极E和电流探测针C之间。

(2) 用导线将E、P和C分别接于仪表上相应的端钮E（ $P_2$ 、 $C_2$ ）、P（ $P_1$ ）、C（ $C_1$ ）上。

(3) 将仪表放置水平位置，检查零指示器的指针是否指于中心线上，否则可用零位调整器将其调整指于中心线。

(4) 将“倍率标度”置于最大倍数，慢慢转动发电机的手柄，同时旋动“测量标度盘”，使零指示器的指针指于中心线。当零指示器指针接近平衡时，加快发电机手柄的转速，使其达到120r/min以上，调整“测量标度盘”，使指针指于中心线上。

(5) 如果“测量标度盘”的读数小于1时，应将“倍率标度”置于较小的倍数，再重新调整“测量标度盘”，以得到正确的读数。

(6) 当指针完全平衡在中心线上以后，用“测量标度盘”的读数乘以倍率标度，即为所测的接地电阻值。

使用接地电阻测量仪（接地摇表）时，应注意以下几个问题：

(1) 当“零指示器”的灵敏度过高时，可将电位探测针插入土壤中浅一些；若其灵敏度不够时，可沿电位探测针和电流探测针注水使其湿润。

(2) 测量时，接地线路要与被保护的设备断开，以便得到准确的测量数据。

(3) 当接地极E和电流探测针C之间的距离大于20m时，电位探测针P的位置插在E、C之间的直线几米以外时，其测量时的误差可以不计，但E、C间的距离小于20m时，则应将电位探测针P正确地插于E C直线中间。

(4) 当用0~1/10/100规格的接地电阻测量仪测量小于1的接地电阻时，应将 $C_2$ 、 $P_2$ 间的联接片打开，分别用导线连接到被测接地体上，以消除测量时连接导线电阻附加的误差，如图7-26所示。

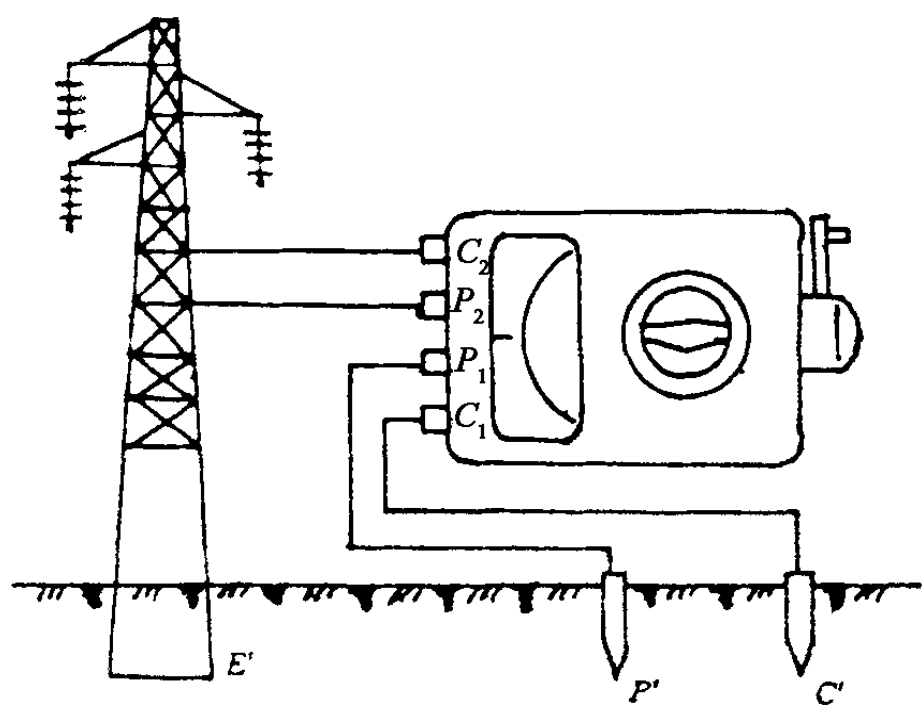


图7 -26 测量小于1 的接地电阻的接线

### 三、降低接地电阻的措施

接地体的散流电阻与土壤的电阻有直接关系，土壤的电阻率愈低，接地体的散流电阻也就愈低，接地电阻愈小。但在电阻率较高的土壤，如砂质、岩石以及长期冰冻的土壤中，装设人工接地体，要达到设计所要求的接地电阻，往往是很困难的。此时需采取适当的措施以达到接地电阻设计值，常用方法如下：

1．置换电阻率较低的土壤。当在接地体附近有电阻率较低的土壤时常采用此法。用粘土、黑土或砂质粘土等电阻率较低的土壤，代替原有电阻率较高的土壤。置换范围是在接地体周围0.5m 以内和接地体长的1/3 处。

2．接地体深埋。如地层深处土壤电阻率较低时，则可采用此方法。一般对含砂土壤比较有效。因为含砂土壤中的砂层一般都在表面层，在地层深处的土壤电阻率较低。接地体埋深可以不考虑土壤冻结和干枯所增加的电阻率。

用人工深埋接地体往往非常困难，必须采用振动器等机械方法才能达到深埋的目的。因此，在确定采用深埋接地体方法时，除应先实测深层土壤的电阻率是否符合要求外，还要考虑有无机械设备，能否适宜采用机械化施工，否则也无法进行深埋工作。

3．人工处理。在其他方法不好采用或达不到必要的效果时，可采用人工处理的方法。即在接地体周围土壤中加入降阻剂，以降低土壤电阻率。可在接地体周围土壤中加入煤渣、木炭、炭黑等，或用氯化钙、食盐、硫酸铜、硫酸铁等溶液浸渍周围土壤，对降低土壤电阻率更为有利。究竟采用哪一种材料来改善土壤电阻率，要根据材料的来源及价格分析比较后决定。

另外还有一些长效化学降阻剂，如聚丙烯酰胺，尿醛树脂和木质素等。这些降阻剂

具有效果显著、耗钢材少、施工简单等优点。成都复合降阻材料厂生产的GJ—F型复合降阻剂就是一种固体长效降阻剂，在大冲击电流下，其自身电阻率呈负阻特性，使接地电阻进一步降低，对金属接地体还有极好的防腐保护作用。

4．外引式接地。如接地体附近有导电良好的土壤及不冰冻的湖泊、河流时，可采用外引式接地 对于必须装设外引式接地的电气设备与外引式接地装置至少要有两处相连，连接线一般采用扁钢或圆钢，在特别容易锈蚀地区，则应采用软铜线，以免锈蚀。如在某一处采用外引式接地的设备较多时，可根据经济分析，决定采用单独的外引式接地，还是采用共同的外引式接地，然后再将这些设备与外引式接地装置连接起来。

# 第十二篇

## 脚手架工程



# 第一章 概 述

## 第一节 脚手架的作用

脚手架在我国经历了三个发展阶段：在20 世纪60 年代以前是传统的竹、木脚手架阶段，依靠架子工人的经验进行搭设，并积累了丰富的搭设经验；60 年代至70 年代末，扣件式钢管脚架得到迅速推广和应用，并和木、竹脚手架形式共用的阶段；80 年代以来则进入第三发展阶段，这一阶段的特点为：

（1）随着门式钢管脚手架、碗扣式钢管脚手架等新型的、多功能脚手架的推广应用，脚手架已向多功能和系列化发展。

（2）随着高层、大跨度和特种工程的大量建造，伴随着这些工程要求的悬、挂、挑脚手架、附墙升降脚手架、整体提升脚手架以及各种特形脚手架得到迅速发展。

（3）随着对脚手架技术和管理要求的提高，基本结束了过去架子工人凭经验搭设的状况，进入了以科学的设计和计算为依据搭设和标准化管理的阶段，脚手架的使用开始由传统的经验型向科技经营型发展，一批脚手架安全技术规范正陆续投入编制并相继公布实施。

（4）随着市场经济体制的发展，在架设工具的占有和使用方式上正在发生巨大的变革，从事脚手架的设计、生产、经营和租赁的专业厂家、公司将会得到蓬勃发展，现在各建筑施工企业因架设工具大量占有企业流动资金的不合理状况，将会逐步得到解决。

脚手架是施工作业中不可缺少的手段和设备工具，是为施工现场工作人员生产和堆放部分建筑材料所提供的操作平台，它既要满足施工的需要，又要为保证建筑工程质量和提高工作效率创造条件，其主要作用有：

- （1）要保证工程作业面的连续性施工。
- （2）能满足施工操作所需要的运料和堆料要求，并方便操作。
- （3）对高处作业人员能起到防护作用，以确保施工人员的人身安全。
- （4）使操作不致影响工效和工程的质量。
- （5）能满足多层作业、交叉作业、流水作业和多工种之间配合作业的要求。

## 第二节 脚手架的分类

脚手架的分类方法很多，通常按以下几种方式分类：

### 一、按脚手架的用途划分

一般可分为以下四类：

- 1. 结构工程作业脚手架（简称为结构脚手架）：它是为满足结构施工作业需要而设置的脚手架，也称为砌筑脚手架。
- 2. 装修工程作业脚手架（简称为装修脚手架）：它是为满足装修施工作业而设置的脚手架。
- 3. 支撑和承重脚手架（简称为模板支撑架或承重脚手架）：它是为支撑模板及其荷载或为满足其他承重要求而设置的脚手架。
- 4. 防护脚手架：包括作业围护用墙式单排脚手架和通道防护棚等，是为施工安全设置的架子。

结构脚手架所承受的施工荷载和架面宽度一般都大于装修脚手架，因而在结构工程施工完成后可直接用于装修作业。结构和装修作业架中，工人正在进行施工作业的步架称为“作业层”。

用于设备安装工程的脚手架，可视其作业和荷载情况，分别归入上述相应的脚手架类别之中。

墙式单排防护脚手架除构架杆配件的自重和搭、拆作业的施工荷载外，不再承受其他竖向荷载；防护棚则要考虑雪荷载和高空落物的冲击荷载。

### 二、按脚手架的设置状态划分

- 1. 落地式脚手架：脚手架荷载通过立杆传递给架设脚手架的地面、楼面、屋面或其他支持结构物。
- 2. 挑脚手架：从建筑物内伸出的或固定于工程结构外侧的悬挑梁或其他悬挑结构上向上搭设的脚手架。脚手架通过悬挑结构将荷载传递给工程结构承受。
- 3. 挂脚手架：使用预埋托挂件或挑出悬挂结构将定型作业架悬挂于建筑物的外墙面。

- 4 . 吊脚手架：悬吊于屋面结构或屋面悬挑梁之下的脚手架。当脚手架为篮式构造时，就称为“吊篮”。
- 5 . 桥式脚手架：由桥式工作台及其两端支柱（一般格构式）构成的脚手架。桥式工作台可自由提升和下降。
- 6 . 移动式脚手架：自身具有稳定结构、可移动使用的脚手架。

三、按脚手架的搭设位置划分

- 1 . 外脚手架：是沿建筑物外墙外侧周边搭设的一种脚手架。它既可用于砌筑墙柱，又可用于外装修。
- 2 . 里脚手架：用于建筑物内墙的砌筑、装修用的脚手架。在施工中，里脚手架搭设在各层楼板上，每层楼板只需搭设两、三步。

四、按脚手架杆件、配件材料和连接方式划分

- 1 . 木、竹脚手架。
- 2 . 扣件式钢管脚手架。
- 3 . 碗扣式钢管脚手架。
- 4 . 门式钢管脚手架。
- 5 . 其他连接形式钢脚手架。

## 第二章 外脚手架

在第一章里我们已经提到，外脚手架沿建筑物或构筑物外墙周边搭设的一种脚手架。外脚手架按其在建筑物外立面设置的状态分为落地式、悬挑式、吊挂式，附着升降式四种形式，见图2 -1。

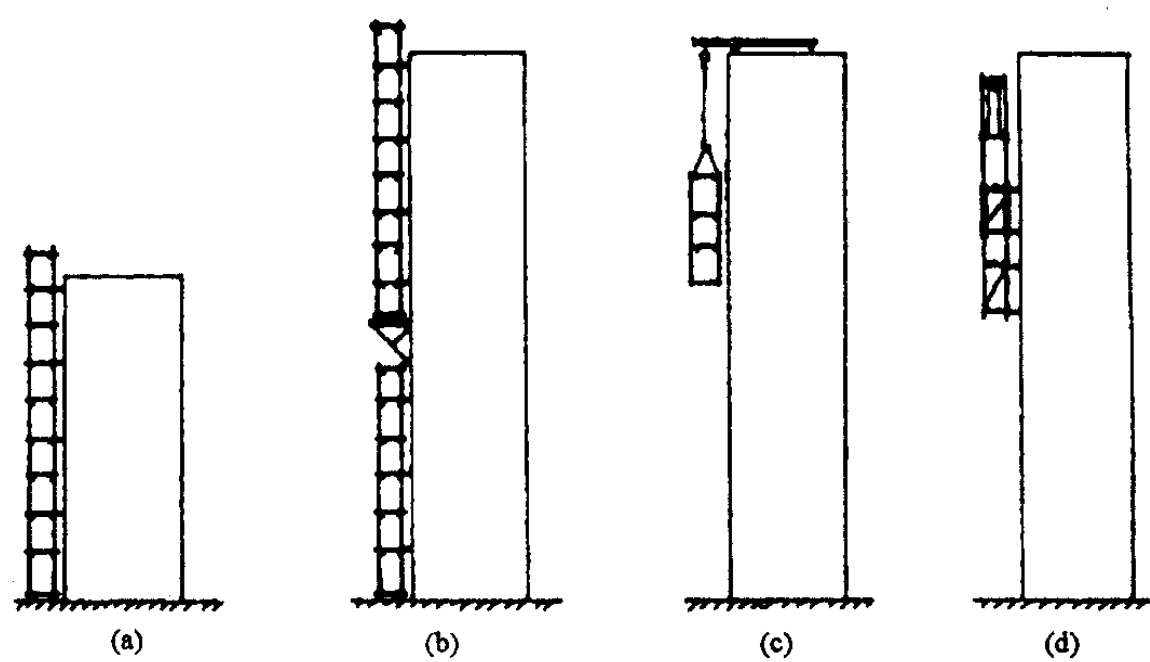


图2 -1 外脚手架的四种基本形式

(a) 落地式外脚手架；(b) 悬挑式外脚手架；  
(c) 吊挂式外脚手架；(d) 附着升降外脚手架

### 第一节 木、竹脚手架

#### 一、概述

这类脚手架选用木杆或竹杆为主要杆件，采用8 号铁丝绑扎而成，因此称为木、竹脚手架。木竹脚手架根据使用要求可搭设成单排脚手架或双排脚手架。它是由立杆、大横杆、小横杆、斜撑、剪刀撑、抛撑、连墙杆等组成。

木、竹脚手架取材方便，经济实用，历史悠久，搭设经验丰富，技术成熟，是我国建筑工程施工中应用较为广泛的脚手架。但这些脚手架由于木、竹用量大，重复利用率

低，对森林破坏严重，因而，在各方面条件允许的情况下，尽可能不使用木、竹脚手架。

二、木、竹质材料的材质和规格要求

1．木质材料的材质和规格要求

(1) 用材和规格要求。

用材要求。木脚手架所用材料一般为剥皮杉杆、落叶松或其他坚韧顺直硬木，不得使用杨木、柳木、桦木、椴木、油松和腐朽枯节等质地欠坚韧的易弯、易折的木材。

规格要求。使用木杆搭设脚手架时，各基本杆件的规格见表2 -1。

表2 -1 木脚手架技术要求

杆件名称	规格/mm	构造要求
立杆	梢径 70	纵向间距1.5 ~1.6m，横向间距1.5 ~1.8m，埋深 0.5m
大横杆	梢径 80	绑于立杆里面，第一步；离地1.8m，以上各步间距1.2 ~1.5m
小横杆	梢径 80	绑于大横杆上，间距0.8 ~1m，双排架靠墙端离墙50 ~100mm，单排架插入墙内240mm，外侧伸出大横杆100mm
抛撑	梢径 70	每隔7根立杆设一道，与地面成60°角，可防止架子外倾
斜撑	梢径 70	设置在架子的转角处，做法如抛撑，与地面成45°角
剪刀撑	梢径 70	三步以上架子，每隔7根立杆设一道，从底到顶，杆与地面成45°~60°角

(2) 木材的选用要求。

木杆的材质标准。

立杆、大横杆、小横杆的木资应符合现行《木结构设计规范》（GBJ5 -88）中，承重结构原木的 等材的材质标准。

脚手板的材质标准。

木脚手板常采用杉木板和落叶松板，板厚不小于50mm，板宽为200 ~250mm，板长为3 ~6m。距脚手板两端80mm处，用10号铁丝加两道紧箍，防止板端劈裂。

木脚手板的材质应符合现行《木结构设计规范》（GB5 -88）中承重结构板材的 等材的材质标准。

2．竹质材料的材质和规格要求

(1) 选材要求。

选用生长期3 年以上的毛竹或楠竹的竹杆为材料，采用竹篾、铁丝绑扎而成。青嫩、枯黄、黑斑、虫蛀、裂纹连通两节以上的竹杆均不能使用。

②）竹杆有效部分小头直径的控制尺寸。

立杆、大横杆、顶撑、斜撑、剪刀撑、抛撑等不得小于75mm。

小横杆不得小于90mm。

搁栅、栏杆不得小于60mm。

③）竹脚手板的质量要求。

竹脚手板有竹笆板、竹串片脚手板（又称立人板）和整竹拼制脚手板。

当采用竹笆板时，宜横向密编。纵片不得少于5 道，并且每道采用双片，横片则正反相间，且周边纵横片对面夹紧用铁丝穿钻孔扎牢。竹片宽度不得小于30mm，厚度不得小于8mm，不得用腐朽的毛竹的制作，见图2 -2（a）。

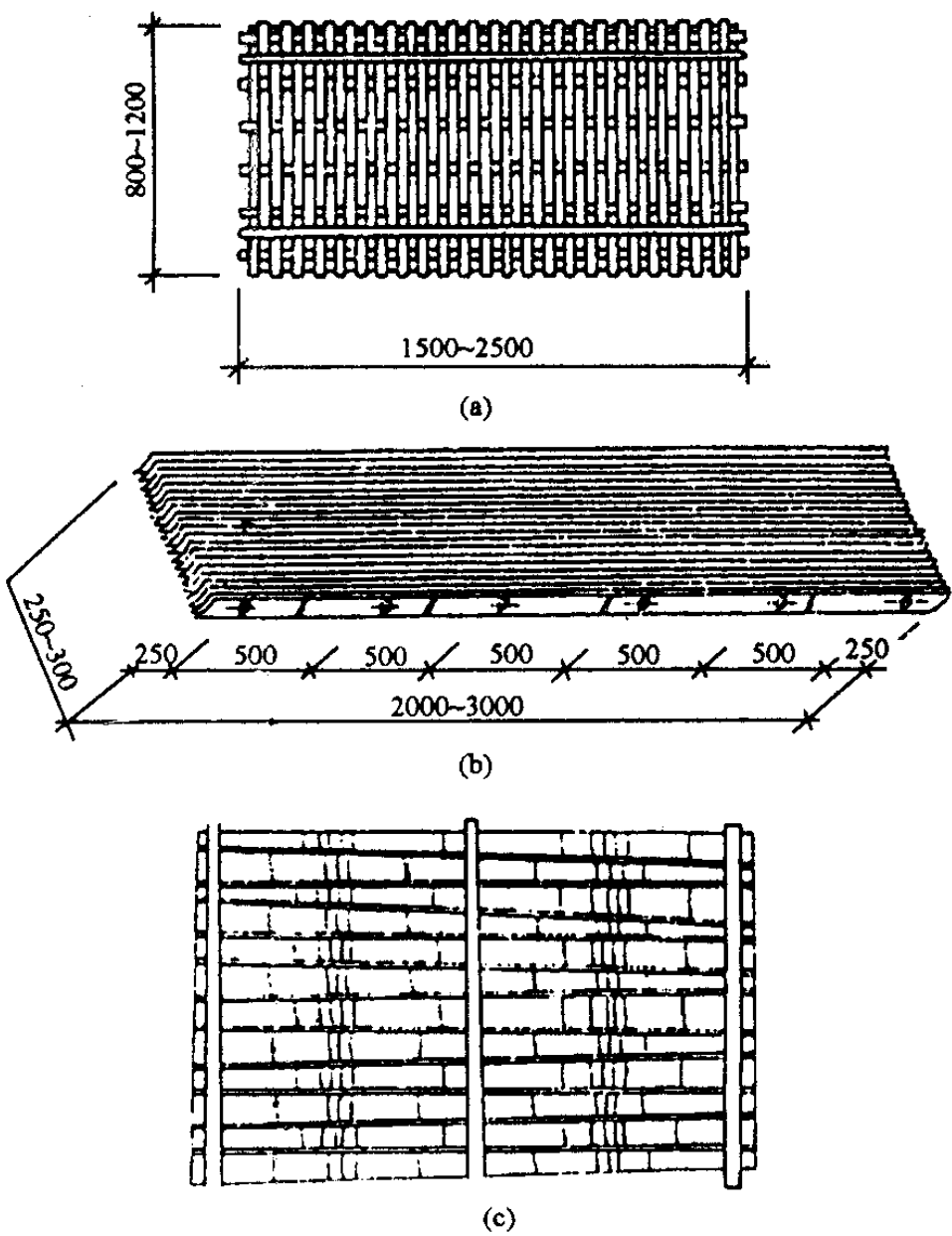


图2 -2 竹脚手架示意图

(a) 竹笆板 (b) 竹串片脚手板 (c) 整竹拼制脚手板

当采用竹串片脚手板时，竹片侧立放置，应用直径8 ~10mm 螺栓拧紧，间距500 ~ 600mm，螺栓孔径不得小于10mm。螺栓离端部200 ~250mm，板厚不小于50mm，见图2

-2 (b)。

当采用整竹拼制脚手板时，应用大头直径30mm，小头直径20~25mm 的整竹，大小头一顺一倒相互排列编扎而成。用14 号铁丝编扎，150mm 一道，脚手板两端及中间对称设四道双面木板条，用铅丝绑扎牢固，见图2 -2 (c)。

三、木、竹脚手架的搭设

1．木脚手架的搭设

木脚手架的搭设方式通常有单排外脚手架和双排外脚手架，见图2 -3。单排外脚手架外侧只有一排立杆，小横杆一端与立杆或大横杆连接，另一端搁置在墙上的外脚手架。搭设时的主要构造参数，见表2 -3。

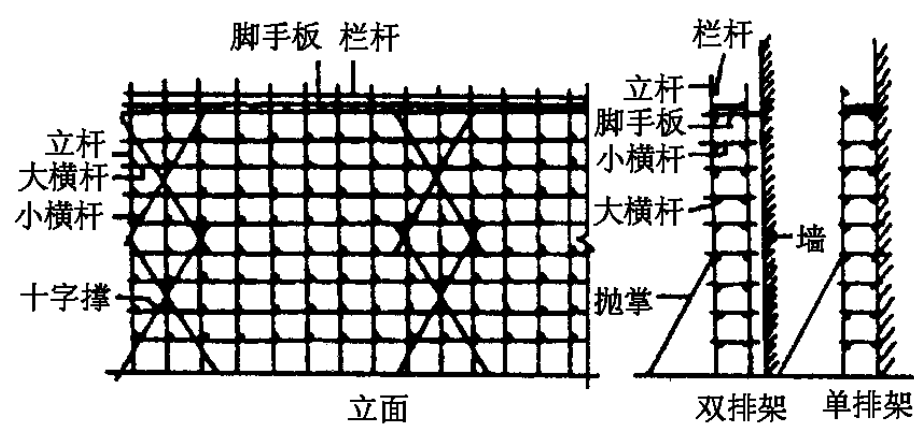


图2 -3 木外脚手架

表2 -2 单排外脚手架构造参数表

用途	立杆间距/m		操作层小横杆间距 /m	大横杆竖向步距 /m
	横向	纵向		
砌筑架	1.2	1.5	0.75	1.2~1.5
装修架	1.2	1.8	1.0	1.8

注： 砌筑架最下一层大横杆至地面的距离可增大到1.80m ；  
单排外脚手架的立杆横向间距为立杆轴线至墙面的距离。

注意事项：

- (1) 由于单排外脚手架稳定性差，搭设高度一般不得超过20m。
- (2) 单排外脚手架不得用于半砖墙、180mm 厚砖墙砌体、土坯、轻质空心砖墙砌

体、砌筑砂浆强度等级低于  $M_1$  的砌体。

③）在墙体上的下列部位不允许留置脚手眼： 砖过梁上与梁成 $60^\circ$ 的三角形范围内； 砖柱或宽度小于74mm 的窗间墙； 梁及梁垫下及其左右各370mm 的范围内； 门窗洞口两侧240mm 和转角处420mm 内； 图纸上明确规定不允许留脚手眼的部位。

④）小横杆在墙上的搁置长度不宜小于240mm 。双排外脚手架是内、外两侧均设立杆，小横杆两端分别与内、外侧立杆连接的外脚手架。它的稳定性比较好，搭设高度一般不超过30m ，搭设时的主要构造参数，见表2 -3 。

表2 -3 双排外脚手架构造参数表

用途	内立杆轴线至 墙面距离/m	立杆间距/m		操作层小横 杆间距/m	大横杆步距 /m	小横杆朝墙侧 的悬臂长/m
		横向	纵向			
砌筑架	0.5	1.5	1.5	0.75	1.2 ~1.5	0.35 ~0.45
装修架	0.5	1.5	1.8	1.0	1.8	0.35 ~0.45

注：砌筑架最下一层大横杆至地面的距离可增大到1.80m 。

2 . 竹脚手架的搭设

竹脚手架通常只采用双排搭设的形式，其构造形式与木双排外脚手架基本相同，不同的是在立杆旁要加设顶撑，顶住小横杆，用以分担小横杆传来的荷载，不使大横杆因受荷载过大而下滑，见图2 -4 。如果采用单立杆，搭设高度一般不超过25m ，如果采用双立杆，搭设高度可达35m 。其构造参数见表2 -4 。

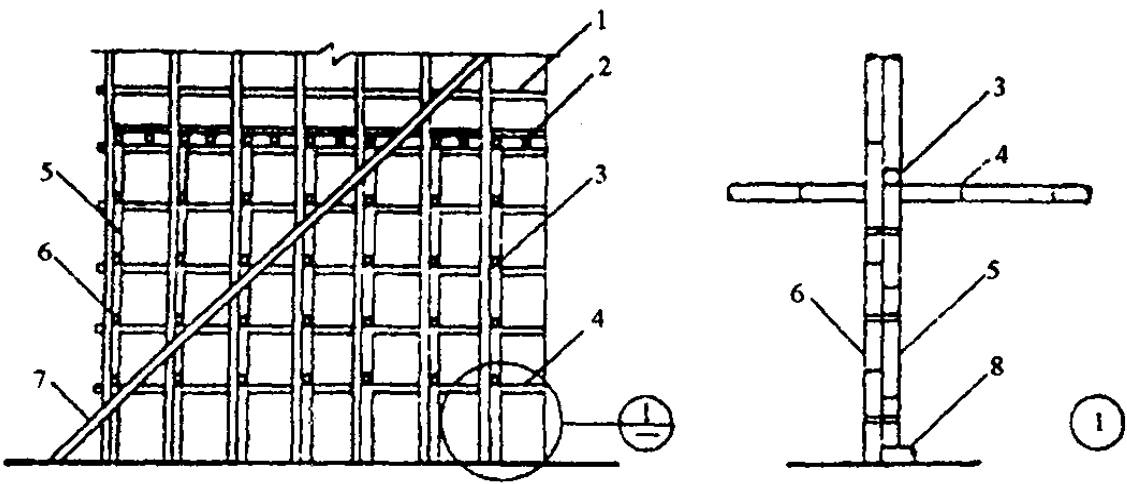


图2 -4 顶撑的设置

- 1 . 栏杆 ;2 . 脚手板 ;3 . 小横杆 ;4 . 大横杆 ;  
5 . 顶撑 ;6 . 立杆 ;7 . 抛撑 ;8 . 垫块



表2 -4 双排外脚手架构造参数表

用途	内立杆轴线至 墙面距离/m	立杆间距/m		操作层小横 杆间距/m	大横杆步距 /m	小横杆朝墙侧 的悬臂长/m	搁栅 间距/m
		横向	纵向				
砌筑架	0 .45 ~0 .5	1 .0 ~1 .2	1 .2	0 .75	1 .2	0 .40	0 .25
装修架	0 .45 ~0 .5	0 .8 ~1 .0	1 .5	1 .0	1 .5 ~1 .8	0 .35 ~0 .40	0 .25

第二节 扣件式钢管脚手架

扣件式钢管脚手架由钢管杆件、扣件、底座和脚手板组成，它具有承载能力大，拆装方便、搭设高度大、周转次数多、摊销费用低等优点，因此得到广泛应用，是目前使用最普遍的周转材料之一。

一、扣件式脚手架构配件用材的要求

1．钢管

钢管宜采用力学性能适中的Q235A（A<sub>3</sub>）钢，且应符合GB700 -89 中Q235A 钢的规定，钢管的截面按表2 -5 选用，其长度通常为：大横杆、立杆为4 ~4 .5m，小横杆为2 .1 ~2 .3m 为宜。这样便于工人装拆，且能满足施工的需要。

表2 -5 扣件式钢管脚手架钢管几何尺寸（mm）

钢 管 类 别	截面尺寸		长 度	
	外径d	壁厚t	最大长度	横向水平杆
低压流体输送用焊接钢管（YB234 -63）	48	3 .5	6500	2000 ~2200
电焊钢管（YB242 -63）	51	3 .0	6500	2000 ~2200

2．扣件

扣件用于钢管之间的连接，其基本形式有三种，见图2 -5。

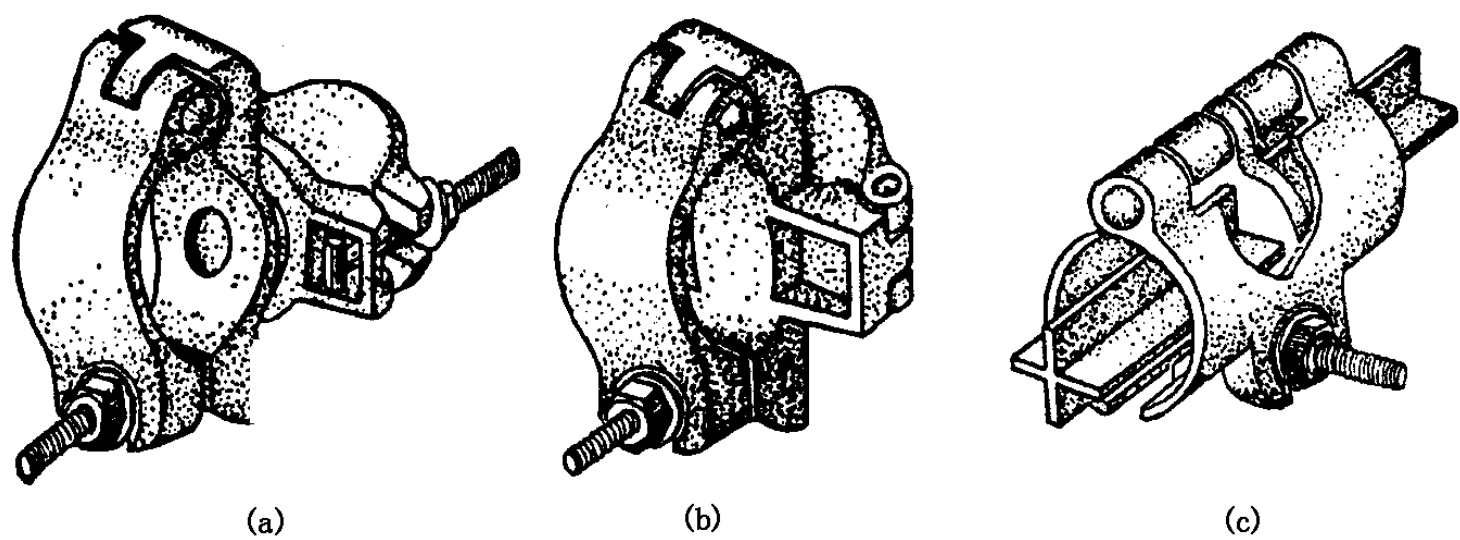


图2 -5 扣件形式

(a) 回转扣件；(b) 直角扣件；(c) 对接扣件

直角扣件又称十字扣件，用于两根垂直交叉钢管的连接；旋转扣件又称回转扣件，用于两根任意角度交叉钢管的连接；对接扣件又称一字扣件，用于两根钢管对接连接。目前，我国使用的扣件有可锻铸造扣件和钢板压制扣件两种。由于可锻铸造扣件的制造工艺成熟，有国家产品标准和专业检测单位，质量易于保证，因此，我们提倡采用可锻铸造扣件，对钢板压制扣件应慎重采用。

可锻铸造扣件一般应采用机械性能不低于KTH330 -08 的可锻铸铁制作，铸件不得有裂纹、气孔，不宜有缩松、砂眼或其他影响使用的铸造缺陷，并应将影响外观质量的粘砂、浇冒口残余、披缝、毛制，氧化皮等清除干净。

扣件与钢管的贴合面要严格整形，保证与钢管扣紧时接触良好，扣件夹紧钢管时，开口处的最小距离应不要小于5mm。扣件的活动部位应使其转动灵活，旋转扣件的两旋转面间隙要小于1mm。

3. 钢脚手板

钢脚手板的材质应符合GB700 -89 中K235A (A<sub>3</sub>) 的规定，钢板的厚度不小于2mm，表面的锈迹斑点直径不小于5mm，并沿其横截面不能多于三处，有锈脱层者一般不能使用，有裂纹凹陷严重者也不能使用。

二、扣件式钢管脚手架的构造

扣件式钢脚手架的基本构造形式与木脚手架基本相同，也有单排架和双排架两种构架形式，见图2 -6；它们的构造参数见表2 -6。

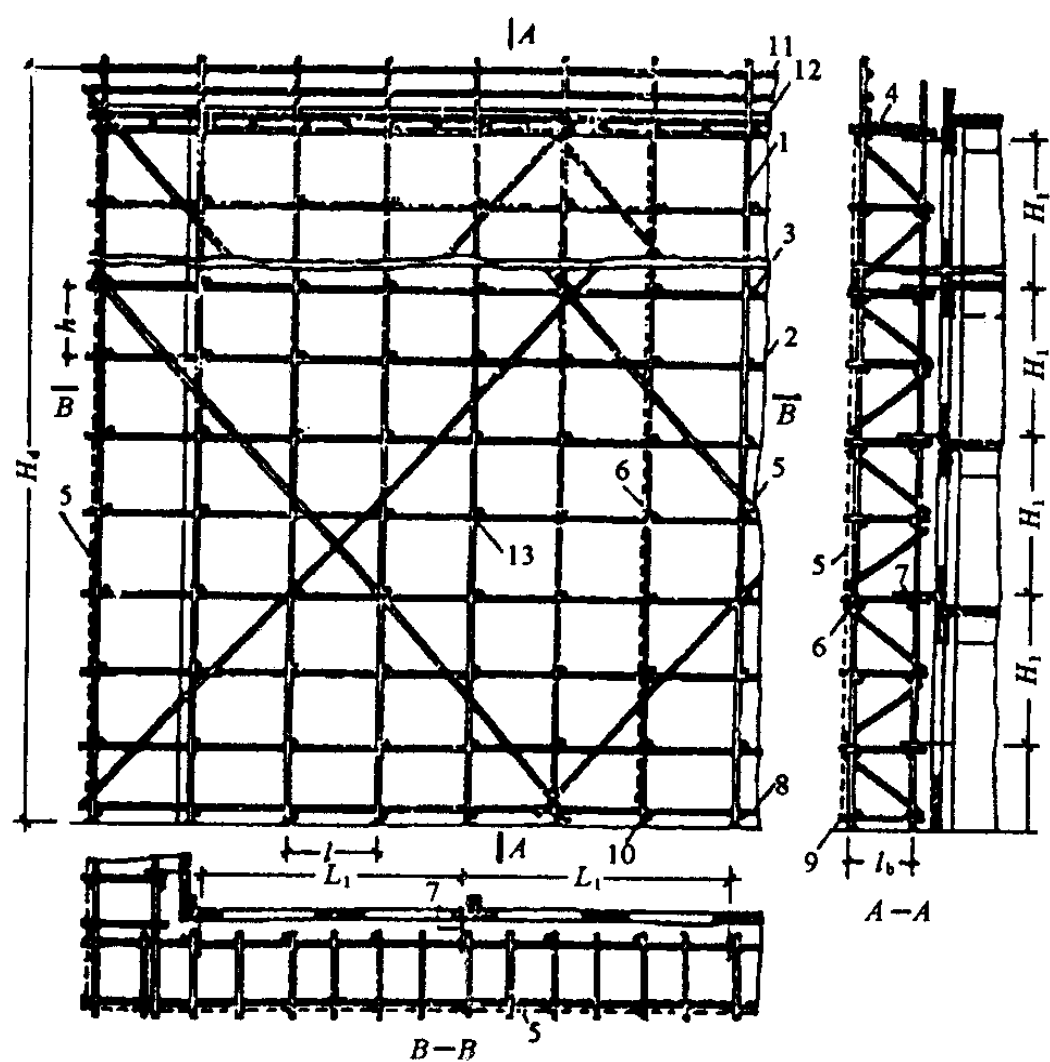


图2 -6 钢管（双排）脚手架的组成

1. 立杆

立杆（也称立柱、站杆）平行于建筑物并垂直于地面的杆件，是传递脚手架结构自重、施工荷载与风荷载的主要受力杆件。

每根立杆均应设置底座，由标准底面向上200mm 处，设置纵、横向扫地杆，用直角扣件与立杆相连接，立杆的垂直偏差，当架高在30m 以下时，不大于架高的1 /200 ；架高在30m 以上时，不大于架高的1 /400 ~1 /800 ，同时，全高不要大于100m。立杆接头除顶层可以采用搭接外，其余各接头必须采用对接扣件连接。

表2 -6 扣件式钢管脚手架构造参数表

用途	构造形式	水平运输条件	立杆间距/m		操作层小横杆间距/m	大横杆步距/m	横杆朝墙侧的悬臂长/m
			横向	纵向			
砌筑架	单排	不推车	1.2 ~1.5	2	1.0	1.2 ~1.4	-
	双排	推车	1.5	1.5	0.75	1.2 ~1.4	0.45
装修架	单排	不推车	1.2 ~1.5	2	1.5	1.5 ~1.8	-
	双排	推车	1.5	1.5	1.0	1.5 ~1.8	0.4

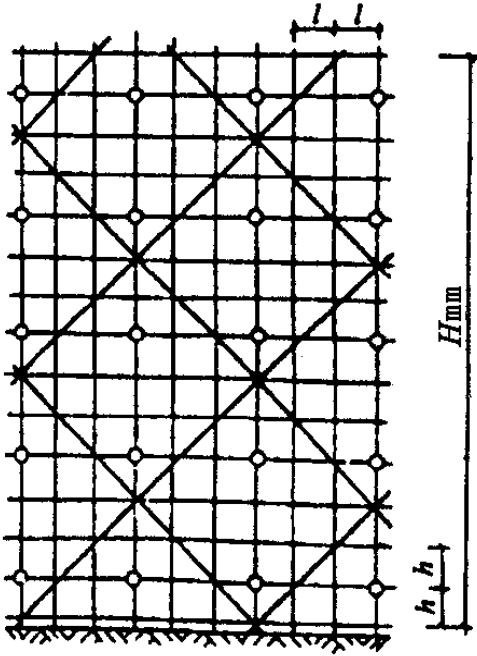
立杆上的对接扣件应交错布置，两相邻立杆接头应尽量错开一步，其错开的垂直距离不应小于500mm ；各接头中心距主节点（立杆、大、小、横杆三者的交点）的距离不

应大于步距的1/3。

(1) 立杆的搭接长度不小于1m，用不少于两个旋转扣件固定，端部扣件盖板的边沿至杆端距离不应小于100mm。

(2) 立杆的杆距、排距、离墙距离、最大架设高度可参见表2-7。

表2-7 常用双排 48 ×3.5 钢管扣件脚手架构造尺寸与最大架设高度 (m)

连墙固定布置图示	横向水 平杆外 伸长 a	排 距 $l_s$	步 距 $h$	下列施工荷载 (kN /m <sup>2</sup> ) 时的立杆直距			脚手架 最大架 设高度 $H_{max}$
				1	2	3	
				l			
	0.5	1.05	1.35	1.8	1.5	1.2	80
			1.80	2.0	1.5	1.2	55
			2.0	2.0	1.5	1.2	45
		1.55	1.35	1.8	1.5	1.2	75
			1.8	1.8	1.5	1.2	50
			2.0	1.8	1.5	1.2	40

注：连墙固定件按3步3跨布置。

2．大横杆

平行于建筑物，在纵向连接各立杆的通长水平杆，是承受并传递施工荷载给立柱的主要受力杆件。

大横杆要设置水平，长度不应小于2跨，大横杆与立杆要用直角扣件扣紧，且不能隔步设置或遗漏。两大横杆的接头必须采用对接扣件连接。接头位置距立杆轴心线的距离不宜大于跨度的1/3，同一步架中内外两根纵向水平杆的对接接头应尽量错开一跨，上下相邻两根纵向水平杆的对接接头也应尽量错开一跨，错开的水平距离不应小于500mm。

3．小横杆

垂直于建筑物，在横向连接脚手架内、外排立杆的水平杆件（单排脚手架时，一端连接立杆，另一端搭在建筑物的外墙上），是承受并传递施工荷载给立柱的主要受力杆件。

小横杆设置在立杆与大横杆的相交处，用直角扣件与大横杆扣紧，且应贴近立杆布

置，小横杆距离立杆轴心线的距离不应大于150mm；当为单排脚手架时，小横杆的一端与大横杆连接，另一端插入墙内长度不小于180mm，当双排脚手架时，小横杆的两端应用直角扣件固定在大横杆上。

### 4. 支撑

支撑有剪刀撑（又称十字撑）和横向支撑（又称横向斜拉杆、之字撑）。剪刀撑设置在脚手架外侧面、与外墙面平行的十字交叉斜杆，可增强脚手架的纵向刚度；横向支撑是设置在脚手架内、外排立杆之间的、呈之字形的斜杆，可增强脚手架的横向刚度。

可见，支撑是为保证脚手架的整体刚度和稳定性，并提高脚手架的承载力而设置的；双排脚手架应设剪刀撑与横向支撑，单排脚手架应设紧刀撑。

剪刀撑的设置应符合下列要求：

(1) 24m 以下的单、双排脚手架，均应在外侧立面的两端各设置一道剪刀撑，由底至顶连续设置；中间每道剪刀撑的净距不应大于15m。

(2) 24m 以上的双排脚手架应在外侧立面整个长度和高度上连续设置剪刀撑。

(3) 每道剪刀撑跨越立杆的根数宜在5 ~7 根之间，与地面的倾角宜在45°~60°之间。

(4) 剪刀撑的连接除顶层可采用搭接外，其余各接头必须采用对接扣件连接。搭接长度不小于1m，用不少于两个旋转扣件连接。

(5) 剪刀撑的斜杆应用旋转扣件固定在与之相交的小横杆的伸出端或立杆上，旋转扣件中心线距主节点的距离不应大于150mm。

横向支撑的设置应符合下列要求：

(1) 横向支撑的每一道斜杆应在1 ~2 步内，由底至顶呈之字形连续布置，两端用旋转扣件固定在立杆上或小横杆上。

(2) 一字型、开口型双排脚手架的两端均必须设置横向支撑，中间每隔6 跨设置一道。

(3) 24m 以下的封闭型双排脚手架可不设横向支撑，24m 以上者除两端应设置横向支撑外，中间应每隔6 跨设置一道。

### 5. 连墙件

连墙件（又称连墙杆）是连接脚手架与建筑物的部件，是脚手架中既要承受、传递风荷载，又要防止脚手架在横向失稳或倾覆的重要受力部件。

连墙件的布置形式、间距大小对脚手架的承载能力有很大影响，它不仅可以防止脚手架的倾覆，而且还可加强立杆的刚度和稳定性。正常情况下，连墙件是不受力的作用，一旦脚手架发生变形，它得承受压力或拉力，起到分散荷载的作用。

连墙件根据传力性能，构造形式的不同，可分为刚性连墙件和柔性连墙件。通常采用刚性连墙件，使脚手架与建筑物连接可靠。但当脚手架高度在24m 以下时，可用柔性连墙件，如用 4mm 镀锌钢丝或 6 钢筋，这种连接必须配用顶撑顶、混凝土圈梁、柱等结构固定，以防止向内倾倒，见图2 -7 ；24m 以上的双排脚手架必须采用刚性连墙件与墙体连接，见图2 -8 ；刚性连墙件的布置间距与脚手架的搭设高度有很大关系，见表2 -8。

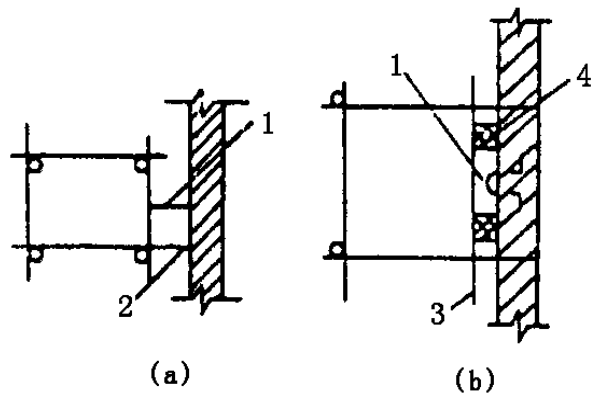


图2 -7 柔性连墙件固定

(a) 双排剖面；(b) 单排剖面

1 8 号铅丝与墙内埋设的钢筋环拉住 ;2 . 顶墙横杆 ;3 . 短钢管 ;4 . 木楔

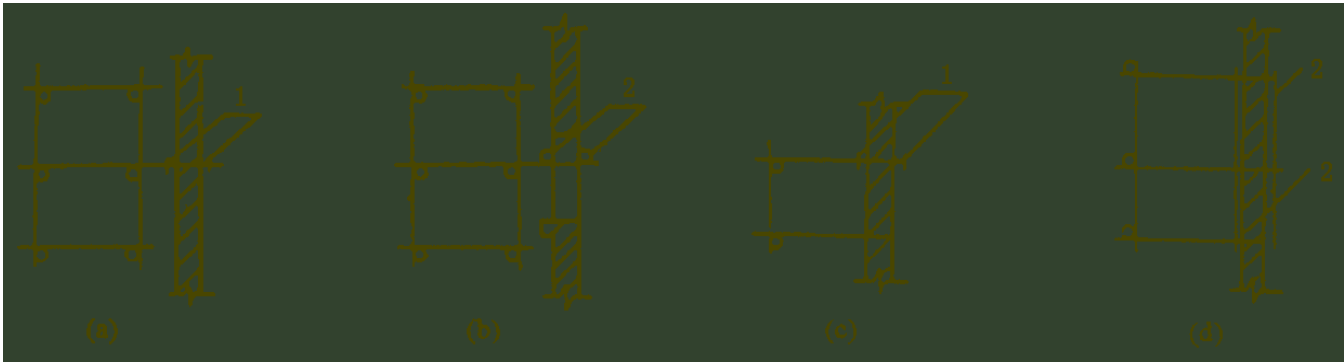


图2 -8 刚性连墙件固定

(a)、(b) 双排剖面 (c)、(d) 单排剖面 1 . 扣件 ;2 . 短钢管

表2 -8 固定件布置间距

脚手架的类型	脚手架高度H /m	垂直距离/m	水平间距/m
双排	50	6 (3 步)	6 (3 或4 跨)
	>50	4 (3 步)	6 (3 跨)
单排	24	6 (3 步)	6 (3 跨)

6．脚手板

脚手板是工人施工操作的平台，它承受并传递施工荷载给小横杆，当设于非操作层时，起安全防护的作用。

脚手板一般应设置在三根小横杆上，采用三点支撑。当脚手板长度小于2m 时，可采用两点支撑，但应将脚手板两端可靠地固定在小横杆上，以防止倾翻。

脚手板宜采用对接平铺，也可采用搭接铺设，构造应按下图2 -9 采用。

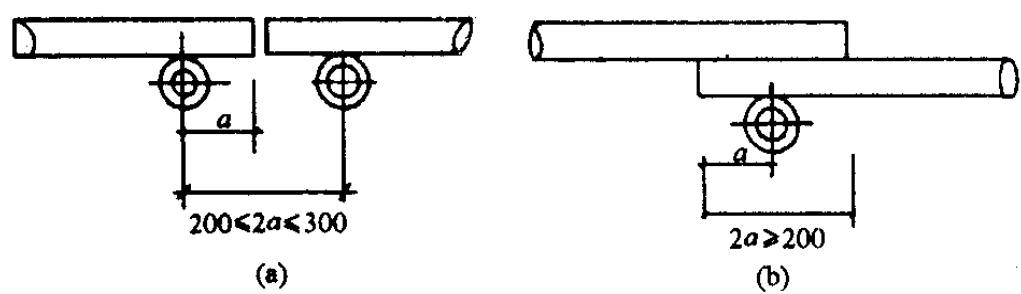


图2 -9 脚手板铺设示意图

三、扣件式钢管脚手架的搭设与拆除

1．扣件式钢管脚手架的搭设

脚手架的搭设要求钢管的规格相同，地基平整夯实；对高层建筑物脚手架的基础要进行验算，脚手架地基的四周排水畅通，立杆底端要设底座或垫木。通常脚手架搭设顺序为：放置纵向扫地杆 立杆 横向扫地杆 第一步纵向水平杆（大横杆） 第一步横向水平杆（小横杆） 连墙件（或加抛撑） 第二步纵向水平杆（大横杆） 第二步横向水平杆（小横杆） .....

开始搭设第一节立杆时，每6 跨应暂设一根抛撑，当搭设至设有连墙件的构造层时，应立即设置连墙件与墙体连接，当装设两道墙件后，抛撑便可拆除。双排脚手架的小横杆靠墙一端应离开墙体装饰面至少100mm，杆件相交的伸出端长度不小于100mm，以防止杆件滑脱；扣件规格必须与钢管外径相一致，扣件螺栓拧紧，扭力矩不小于40Nm，并不大于65Nm；除操作层的脚手板外，宜每隔1.2m 高满铺一层脚手板，在脚手架全高或高层脚手架的每个高度区段内，铺板不多于6 层，作业不超过3 层，或者根据设计搭设。

对于单排架的搭设应在墙体上留脚手架眼，但在墙体下列部位不允许留脚手架眼，砖过梁上与过梁成60°角的三角形范围内，宽度小于1m 的窗间墙；梁或梁垫下及其两

侧各500mm 的范围内；砖砌体的门窗洞口两侧3/4 砖和墙转角处13/4 砖的范围内；其他砌体的门窗洞口两侧300mm 和转角处600mm 的范围内；独立柱或附墙的砖柱；设计上不允许留脚手架眼的部位。

2．扣件式脚手架的拆除

扣件式脚手架的拆除按由上而下，后搭者先拆，先搭者后拆的顺序进行，严禁上下同时拆除，以及先将整层连墙件或数层连墙件拆除后再拆其余杆件。如果采用分段拆除，其高差不应大于2 步架，当拆除至最后一节立杆时，应先加临时抛撑，后拆除连墙件，拆下的材料应及时分类集中运至地面，严禁抛扔。

第三节 碗扣式钢管脚手架

碗扣式钢管脚手架全称为 WDJ 碗扣型多功能脚手架，这种脚手架的核心部件是碗口接头，它是由焊在立杆上的下碗扣，可滑动的上碗扣，上碗扣的限位销和焊在横杆上的接头组成，见图2 -10。

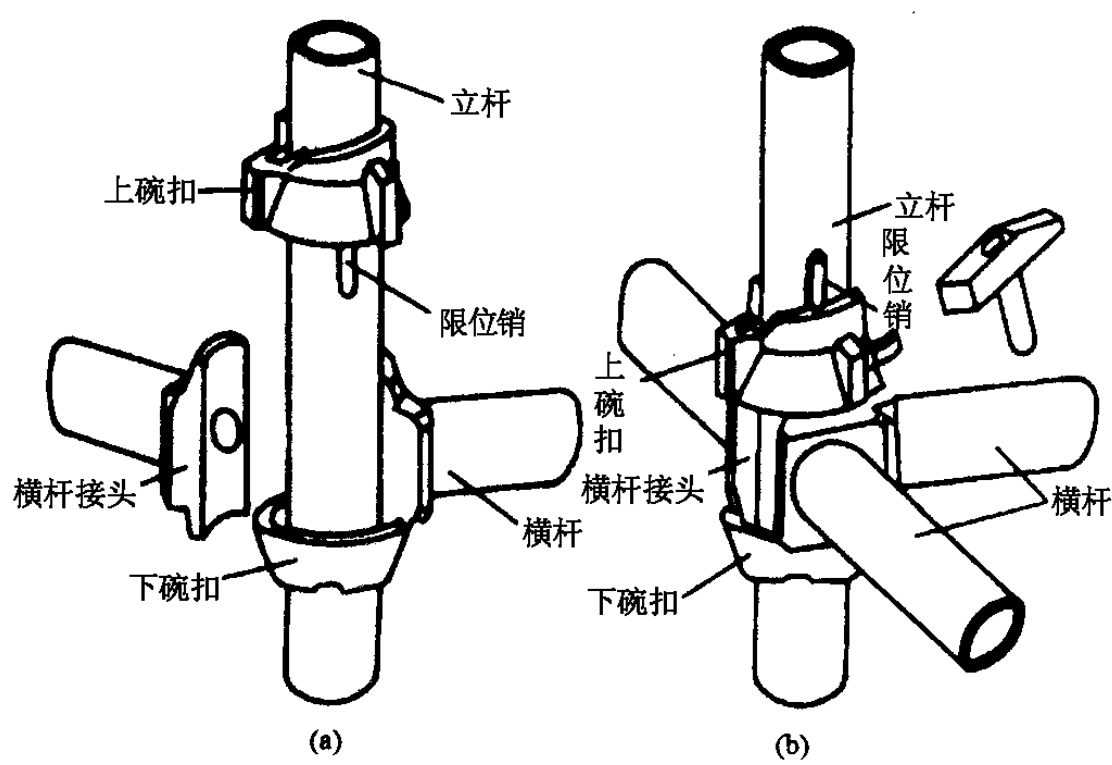


图2 -10 碗扣接头构造  
(a) 连接前；(b) 连接后

它在连接时，只需将横杆插入下碗扣内，将上碗扣沿限位销扣下，顺时针旋转，靠近上碗扣螺旋面使之与限位销顶紧，从而将横杆和立杆牢固地连接在一起，形成框架结构，碗扣式接头可同时连接4 根横杆，横杆可以相互垂直也可以偏转成一定的角度，位置随需要确定，具有结构简单，接头合理，力学性能好，工作状态安全可靠及拆装迅速



省力等优点，而且功能较多。

一、碗扣式钢脚手架构配件规格及用途

碗扣式钢脚手架的杆件、配件共有23 类 ,53 种规格，按其用途可分为主要构件，辅助构件和专用构件三类。主构件有6 种，分别是：

1．立杆

脚手架的主要受力杆件，承担垂直方向的力，由一定长度的 48 ×3 5mmA3 钢管上每隔0 .6m 安装一套碗扣接头，并在其顶端焊接立杆连接管制成。立杆有3 .0m (LG -300 ) 和1 .8m (LG -180 ) 长两种规格，以便于错开接头部位。

2．顶杆

即顶部的立杆，其顶端设有立杆连接管，便于在顶端插入托撑或可调托撑等，有2 .10m (DG -210 )、1 .50m (DG -150 )、0 .90m (DG -90 ) 长3 种规格，与立杆配合可构成任意高度的支撑架。

3．横杆组

成框架的横向连接杆件，由一定长度的 48 ×3 5mmA3 钢管两端焊接横杆接头制成，有2 .40m (HG -240 )、1 .80m (HG -180 )、1 .50m (HG -150 )、1 .20m (HG -120 )、0 .90m (HG -90 )、0 .60m (HG -60 )、0 .30m (HG -30 ) 7 种规格。

4．单排横杆

主要用作单排脚手架的横向水平杆，在 48 ×3 5mmA3 钢管一端焊接横杆接头，有1 .80m (DHG -180 )、1 .40m (DHG -140 ) 长2 种规格。

5．斜杆

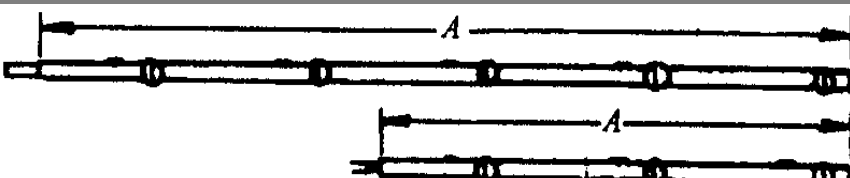
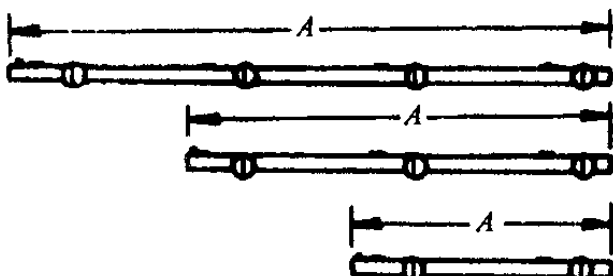
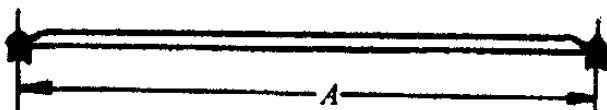
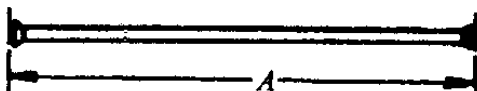
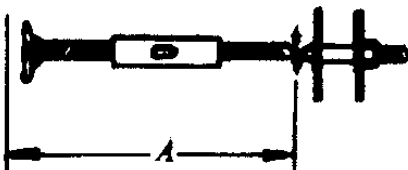
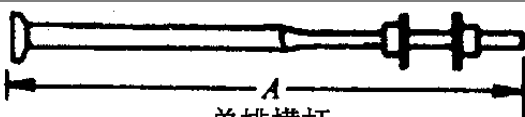
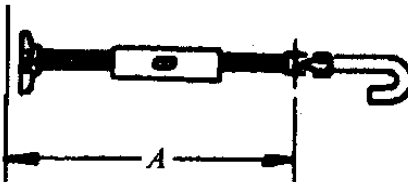
为了增强脚手架稳定性而设计的系列杆件，在 48 ×2 2mmA3 钢管两端铆接斜杆接头制成，有5 种规格，分别适用于1 .20m ×1 .20m、1 .20m ×1 .80m、1 .50m ×1 .80m、1 .80m ×1 .80m、1 .80m ×2 .40m 等五种框架平面。

6．底座

安装在立杆根部，防止其下沉，并将上部荷载分散传递给地基基础的构件，有3 种形式。

此外，还有一些辅助构件和专用构件，这些构件的形状、型号见表2 -9。

表2 -9 碗扣式脚手架主要构件

<div><p>立杆</p></div>					
型 号		A		单重 (kg)	
LG -300		3000		17 .07	
LG -1800		1800		10 .53	
<div><p>斜杆</p></div>			<div><p>横杆</p></div>		
型 号		A		单重 (kg)	
DG -210		2100		11 .93	
DG -150		1500		8 .62	
DG -90		900		5 .30	
<div><p>横杆</p></div>			<div><p>连墙撑(砖墙固定用)</p></div>		
型 号		A		单重 (kg)	
HG -240		2400		9 .73	
HG -180		1800		7 .43	
HG -150		1500		6 .28	
HG -120		1200		5 .12	
HG -90		900		3 .97	
HG -60		600		2 .82	
HG -30		300		1 .67	
<div><p>单排横杆</p></div>			<div><p>连墙撑(混凝土墙固定用)</p></div>		
型 号		A		单重 (kg)	
DHG -140		1400		7 .51	
DHG -180		1800		9 .05	
型 号		A		单重 (kg)	
LC (砖墙用)		415 ~625		4 .4	
LC (混凝土墙用)		415 ~625		2 .4	

二、组架的设置

1 . 立杆、横杆的设置

(1 ) 双排外脚手架

用于构造双排外脚手架时 , 一般立杆横向间距取1 .2m 横杆的步距取1 .8m ,

立杆的纵向间距根据建筑物结构及作业荷载具体要求确定，可选用0.9m、1.2m、1.5m、1.8m、2.4m 等多种尺寸，并选用相应的横杆，双排脚手架的一般构造，见图2-11。

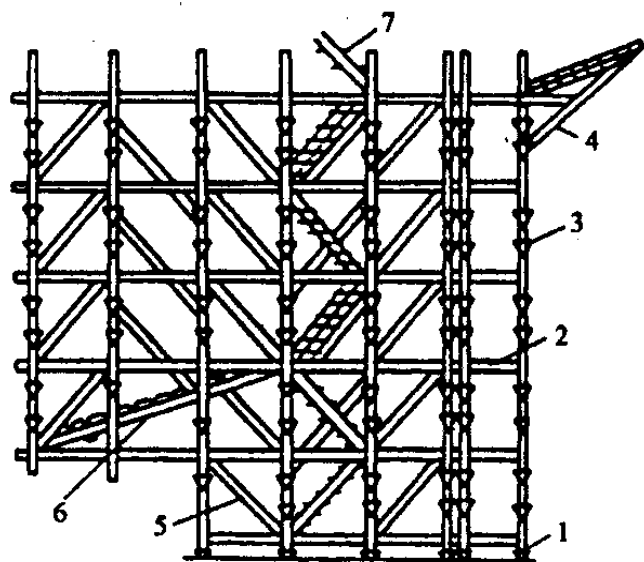


图2 -11 双排脚手架的一般构造

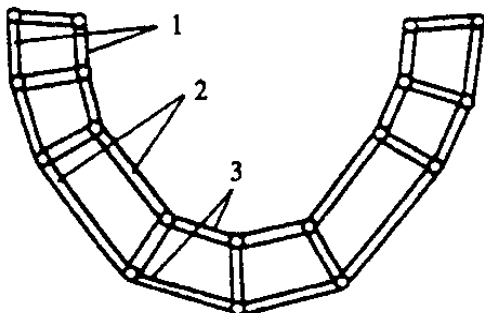


图2 -12 曲线形双排脚手架的布置

1. 垫座 ;2. 横杆 ;3. 立杆 ;4. 安全网支架 ;  
5. 斜杆 ;6. 斜脚手板 ;7. 梯子
- 1 .HG -90、HG -120 组合 ;2 .HG -180、HG -240 组合 ;  
3 .HG -120、HG -180 组合

曲线形布置时，用不同长度的横杆梯形组框与不同长度的横杆平行四边形组框混合组合，能组成曲率半径大于1.7m 的任意曲线分架。其平面布置，见图2 -12。

2) 单排外脚手架

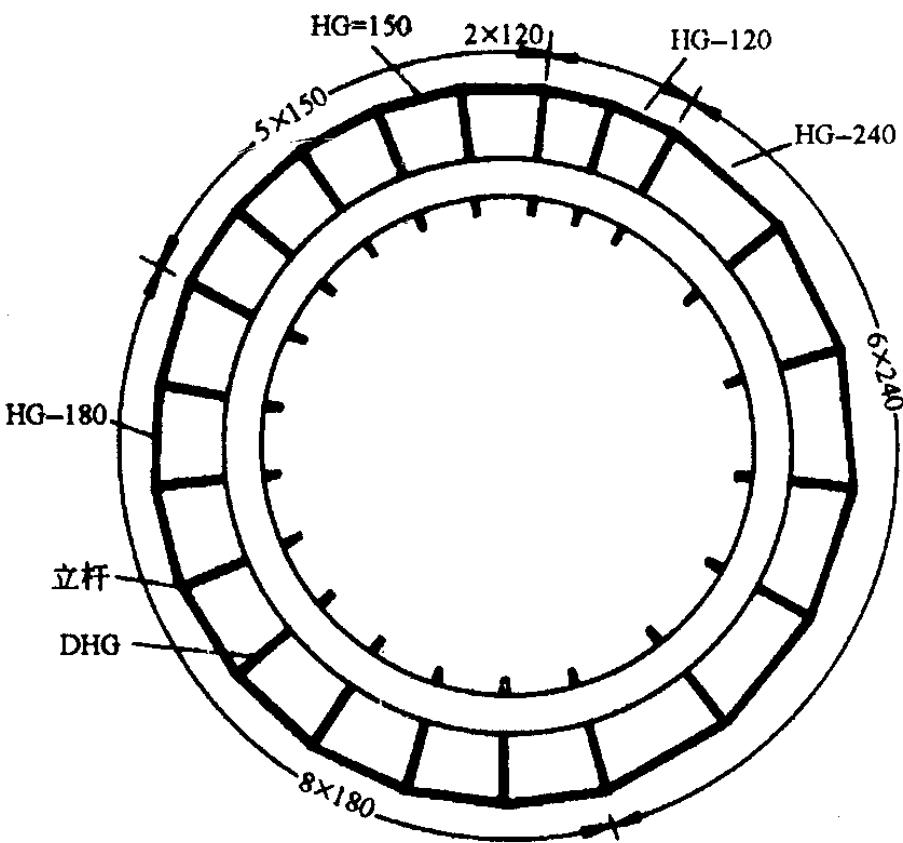


图2 -13 圆曲线单排脚手架

用于构造单排外脚手架时，单排杆长度有1.4m 和1.8m 两种，立杆与建筑物墙体之间的距离，可根据施工具体要求在0.7 ~1.5m 范围内的调节，脚手架步距一般取1.8m，立杆纵距则根据作业荷载要求在2.4m、1.8m、1.5m、1.2m 及0.9m 五种尺寸中选取。单排碗扣式脚手架最易进行曲线布置，两根单横杆转角在0°~30°之间任意设置，两纵向横杆之间的夹角在150°~180°之间任意设置，因而特别适用于圆形建筑物和构筑物，如图2 -13 所示。

2 . 直角交叉

对一般方形建筑物的外脚手架，在拐角处两直角交叉的排架要连在一起以增加脚手架的整体稳定性。连接形式有两种，一种是直接拼接，另一种是直角撑搭接，见图2 -14 。

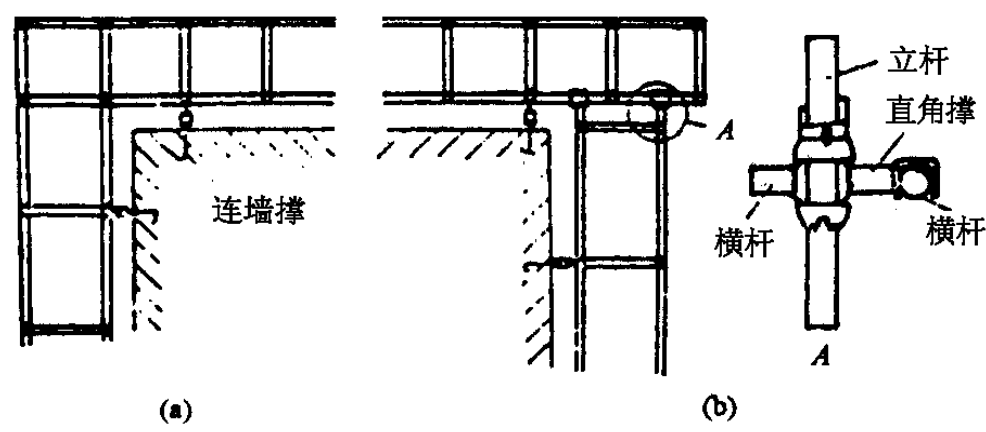


图2 -14 直角交叉构造

(a) 直接拼接；(b) 直角撑搭接

3 . 斜杆的设置

斜杆可增强脚手架稳定性，它的合理布置对提高脚手架的承载力，保证施工安全具有很重要的意义。斜杆为拉压杆，布置方向可任意，一般情况下斜杆应尽量与脚手架的节点相连，也可错开布置，对于高度在30m 以下的脚手架，可根据荷载情况，设置斜杆的框架面积为整架立面面积的1/2 ~1/5；对于高度超过30m 的高层脚手架，设置斜杆的框架面积不小于整架面积的1/2。在拐角边缘及端部必须设置斜杆，中间可均匀间隔布置。

4 . 连墙杆的设置

连墙杆是脚手架与建筑物之间的连接件，对提高脚手架的横向稳定性承受偏心荷载和水平荷载等具有重要的作用。一般情况下，对于高度在30m 以下的脚手架，可四跨三步设置一个（约40m<sup>2</sup>）；对于高层及重载脚手架，则要适当加密，50m 以下的脚手架至少应三跨三步布置一个（约25m<sup>2</sup>）；50m 以上的脚手架至少应三跨二步布置一个（约

20 m<sup>2</sup>)。连墙杆设置尽量连接在横杆层碗扣接头内，同脚手架、墙体保持垂直，并随建筑物及架子的升高及时设置，尽量采用梅花形布置方式。

## 第四节 门式钢管脚手架

门式钢管脚手架是20 世纪80 年代初由国外引进的一种多功能型脚手架，它由门架及配件组成。门式钢管脚手架结构设计合理，受力性能好，承载能力高，施工拆装方便，安全可靠，是目前国际上应用较为广泛的一种脚手架。

### 一、门式钢管脚手架用材要求

门架及配件除有特殊要求外，其材质应符合GB700 -89 中，Q235B 钢的规定，门架采用高频焊接管制作，高频焊接管应满足冶金部部颁标准YB242 的规定。可调底座、可调托座的螺杆应采用35 号圆钢。门架的立杆、横杆和水平杆的钢管规格为 42 × 2.5mm，其他杆件的钢管规格为 (22 ~26) × (1.5 ~2.6) mm，门架宽度为1200mm，高为1900、1700、1500mm 三种。

### 二、门式钢管脚手架的基本组合单元

门式钢管脚手架，由门架、交叉支撑、连接棒、挂扣式脚手板或水平架、锁臂等构成基本组合单元，见图2 -15。将基本组合单元相互连接起来并增设梯型架、栏杆等部件即构成整体脚手架。其搭设高度应根据表2 -10 确定。

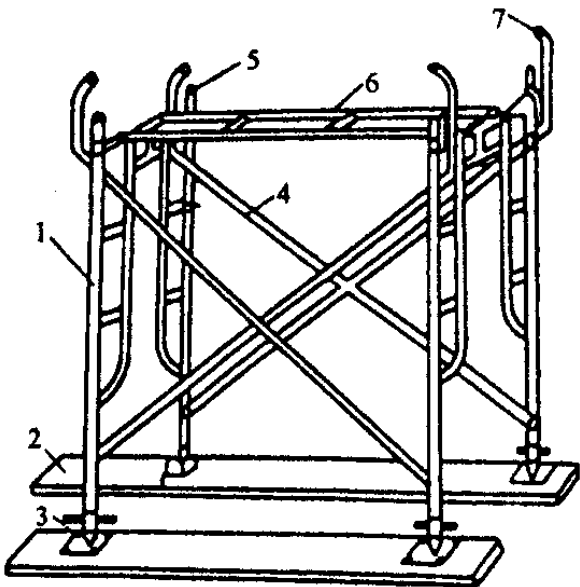


图2 -15 框式脚手架的基本单元

- 1 . 框架 ;2 . 平板 ;3 . 螺旋基脚 ;4 . 剪刀撑 ;  
5 . 连接棒 ;6 . 水平梁架 ;7 . 锁臂

表2 -10 门式脚手架的搭设高度

施工荷载标准值/ (kN /m <sup>2</sup> )	搭设高度/m
3.0 ~5.0	45
3.0	60

门式钢管脚手架的主要部件，见图2 -16。

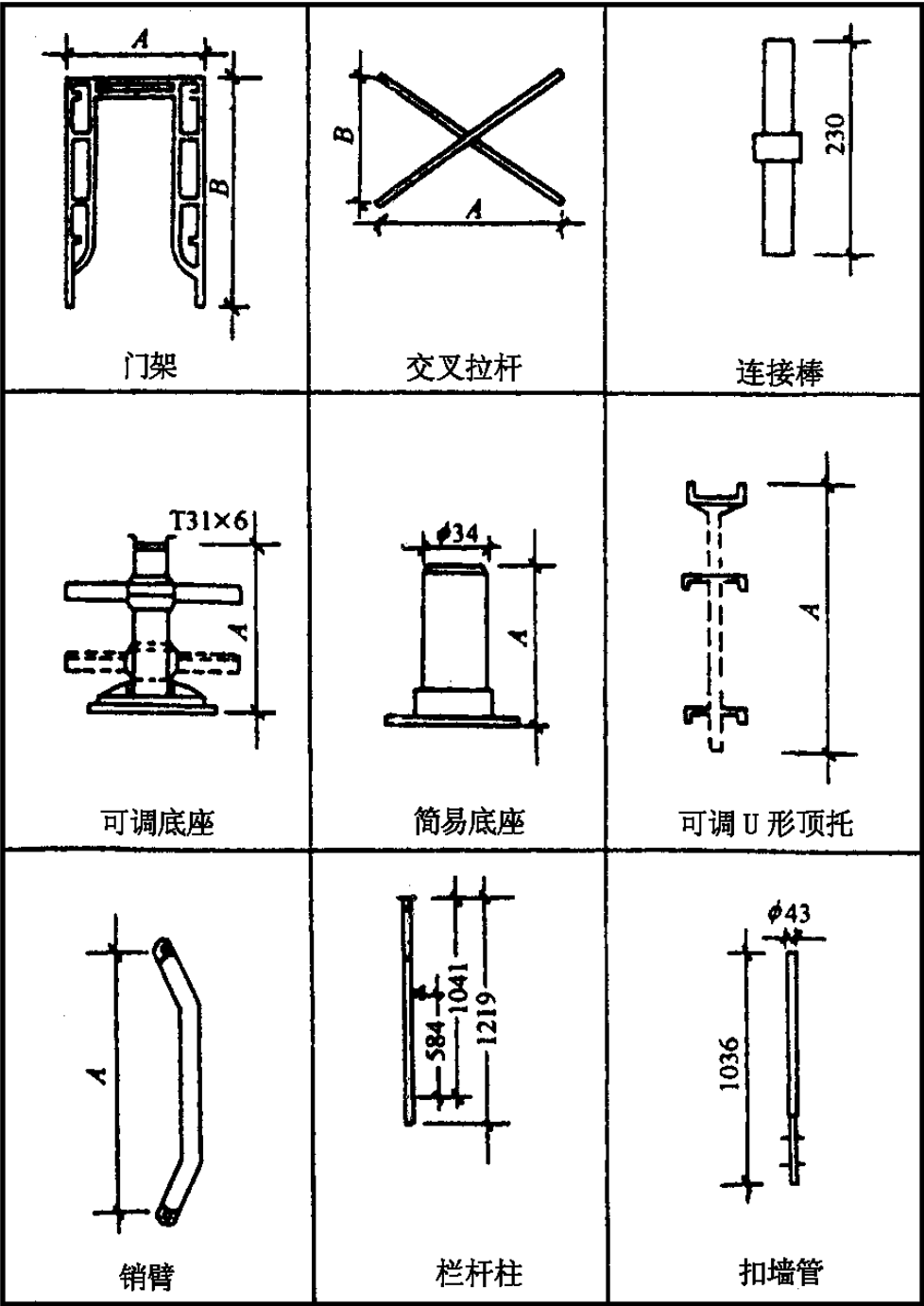


图2 -16 门形脚手架主要部件

门式钢管脚手架部件之间的连接采用方便可靠的自锚结构，常用形式有：

1．制动片式

在挂扣的固定片上，铆接主制动片和被制动片，安装前使两者处于脱离状态，开口尺寸大于门式框架横梁直径，就位后将被制动片逆时针方向转动卡住横梁，主制动片即

自行落下将被制动片卡住，使脚手板（或水平梁）自锚于框式门架上，见图2 -17 （a）

2．偏重片式

在框式门架竖管上焊一段端头开槽的 12 圆钢，槽呈坡形，上口长23mm，下口长20mm，槽内设一偏重片，在其近端开一椭圆形孔，安装时至于虚线位置，其端部斜面与槽内斜面相合，不会转动，而后装入剪刀撑，就住后将偏重片稍向外拉，并旋转至实线位置达到自锚，见图2 -17 （b）。

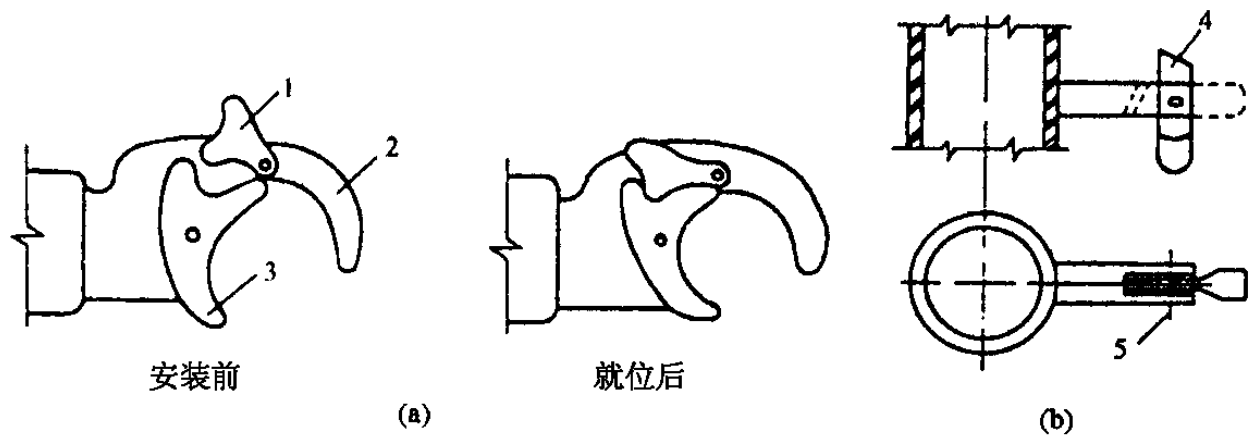


图2 -17 框式脚手架连接形式

(a) 制动片式挂扣；(b) 偏重片式锚扣

1．主制动片；2．固定片；3．被制动片；4．12 圆钢偏片；5．铆钉

三、门式钢管脚手架的搭设与拆除

1．搭设不同规格门架由于尺寸高度不同，不得混用

搭设门式脚手架的场地应平整、坚实、排水良好，当脚手架架设在回填土地面上时，地面应分层回填，逐层夯实，其搭设顺序为：铺放垫木（垫板） 拉线、放底座 立门架 装剪刀撑 装水平梁架（或脚手板） 装梯子 装连墙件 重复以上步骤，逐层安装。

门式脚手架较其他脚手架的搭设要求高，其首层架的垂直度偏差不大于2mm，水平度偏差不应大于5mm；上、下门架立杆应在同一轴线上，以使门架传力均匀、明确，如果产生偏差，偏差不大于2mm。门架的底部用扫地杆直接固定，顶部要用水平拉杆连接，门架之间必须设置剪刀撑和水平梁架（或脚手板）其间连接应可靠，以确保脚手架的整体刚度。

门式脚手架搭设高度超过20m 时，应在脚手架外侧连续设置剪刀撑。剪刀撑与地面倾角为45°~60°，水平跨距为5 ~9m，沿脚手架全高设置。为增强脚手架的稳定性，要用连墙件将脚手架与建筑物紧密连接，连墙件的最大竖向和水平间距应满足表2 -11

的要求，连墙件的做法见图2 -18。

表2 -11 连墙件间距

落地脚手架搭设高度/m	基本风压 $W_0 / (\text{kN} / \text{m}^2)$	连墙件间距	
		竖向	水平方向
45	0.35	6.0	8.0
46 ~60	0.36 ~0.55	4.0	6.0
		4.0	6.0

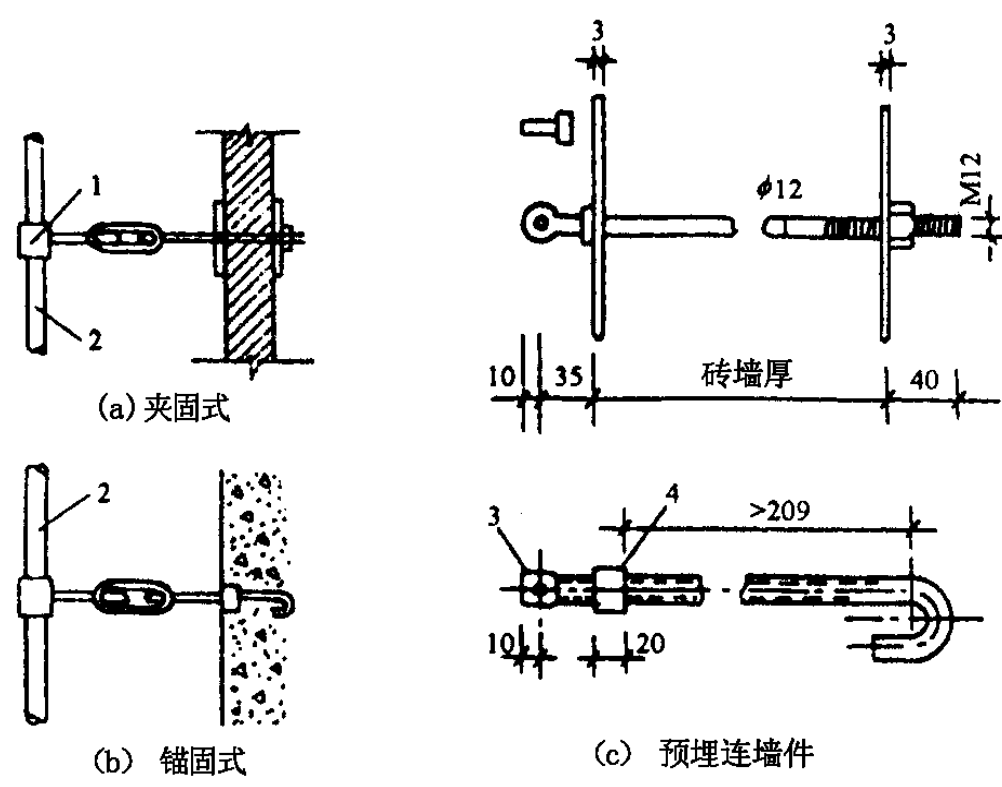


图2 -18 连墙件构造

(a) 夹固式；(b) 锚固式；(c) 预埋连墙件

1. 扣件；2. 立杆；3. 接头螺钉

在建筑物的转角处，应在脚手架内、外立杆每步设置水平的加固杆，使脚手架在转角处形成闭合结构，其构造见图2 -19。

2. 拆除

拆除脚手架时，应自上而下进行，部件拆除的顺序与安装顺序相反，不允许将拆除的部件从高空抛下，而应得将拆下的部件收集分类后，用垂直吊运机具运至地面，集中堆放保管。



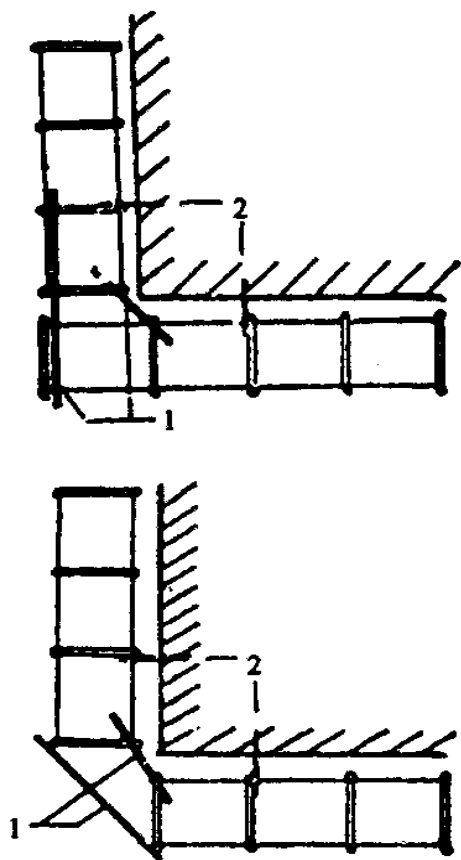


图2 -19 转角处脚手架连接构造  
1. 连接钢管 ;2. 连墙件

## 第五节 附着升降脚手架

附着升降脚手架（爬架）是指采用各种形式的架体结构及附着支承结构，依靠设置于架体上或工程结构上的专门升降设备实现升降的施工脚手架。其适用于高层、超高层建筑物或高耸构筑物，还可以携带施工用的外模板。这种脚手架因具有随着性，其施工安全事关重大，使用时必须进行专门设计。

### 一、附着升降脚手架的种类

附着升降脚手架的分类方法较多，按附着支承形式可分为：悬挑式、吊拉式、导轨式、导座式等；按升降动力不同可分为：电动、手拉葫芦、液压等；按控制方式可分为：人工控制、自动控制等；按升降方式可分为：单片式、分段式、整体式等；按爬升方式可分为：套管式、挑梁式、互爬式、导轨式等。工程上常用的是按爬升方式不同进行分类。

1．套管式附着升降脚手架

套管式附着升降脚手架，由脚手架系统和提升设备两部分组成，脚手架系统由升降框和连接升降框的纵向水平杆、剪刀撑、脚手板及安全网等组成。

套管式附着升降脚手架的升降原理是：通过固定框和滑动框的交替升降来实现。在固定框固定的情况下，滑动框与建筑物之间的连接，利用固定框上的吊点使滑动框与建筑物固定；再松开固定框与建筑物之间的连接，利用滑动框上的吊点将固定框提升到一定高度并固定，这样即完成一个提升过程。其提升原理见图2 -20。当需要脚手架下降时，反向操作即可。

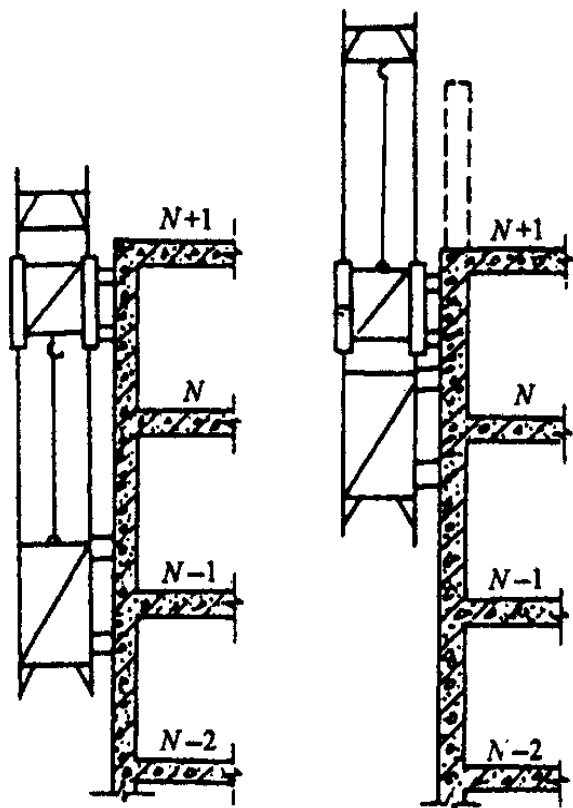


图2 -20 套管式爬架的升降原理

2．悬挑式附着升降脚手架

悬挑式附着升降脚手架，是目前应用较广的一种附着升降脚手架。其由脚手架、爬升机构和提升系统三部分组成。脚手架可用扣件式钢管脚手架或碗扣式钢管脚手架搭设而成；爬升机构由承力托盘、提升挑梁、导向轮及防倾覆、防坠落安全装置等组成；提升系统一般使用环链式电动葫芦进行控制，电动葫芦的额定提升荷载不小于70kN，提升速度不宜超过250mm /min。

悬挑式附着升降脚手架的升降原理：将电动葫芦挂在挑梁上，葫芦的吊钩挂在承力托盘上，使各电动葫芦受力，松开承力把盘同建筑物的固定连接，开动电动葫芦，则爬架即沿建筑物上升或下降，待爬架升（降）一层，达到预定的位置后，将承力托盘再同

建筑物固定，并将架子同建筑物连接好，则架子完成一次升（降）过程。

3．互爬式附着升降脚手架

互爬式附着脚手架，其基本结构组织形式如图2 -21 所示。其由单元脚手架、附墙支撑机构和提升装置组成。单元脚手架可由钢管脚手架和碗扣式脚手架搭设而成；附墙支撑是将单元脚手架固定在建筑物上的装置，可通过穿墙螺栓和预埋件加以固定，也可以在架子底部设置斜撑杆支撑各单元脚手架；提升装置一般使用手拉葫芦，其额定提升荷载不得小于20kN，手拉葫芦的吊钩挂在与被提升单元相邻架体的横梁上，挂钩则挂在被提升单元的底部。

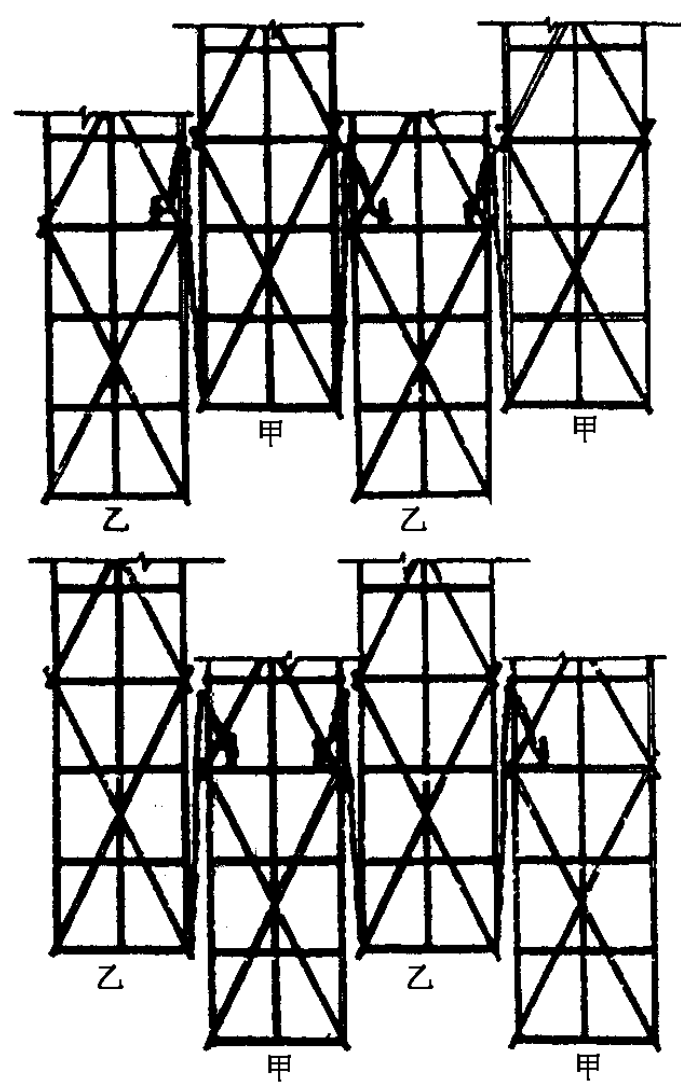


图2 -21 互爬式脚手架升降原理

互爬式附着升降脚手架的升降原理为：每一个单元脚手架均单独提升，当提升某一个单元脚手架时，先将手拉葫芦的吊钩挂在被提升单元相邻的两架体上，提升葫芦的挂钩，则钩住被提升单元的底部，解除被提升单元的约束，操作人员站在两相邻的架体上进行升降操作；当该升降单元升至设计位置后，与建筑物进行固定，再将葫芦挂在该单元的横梁上，以便进行与之相邻的脚手架单元的升降操作，如图2 -22 所示。

4．导轨式附着升降脚手架

导轨式附着升降脚手架，由脚手架、爬升机构和提升系统三部分组成。它的爬升机

构与以上几种不同，是一套独特的机构，包括导轨，导轮组，提升滑轮组、提升挂座、连墙支杆、连墙支座、连墙挂板、限位锁、限位锁挡块及斜拉钢丝绳等定型构件组成。提升系统也是采用手拉葫芦或环链式电动葫芦。

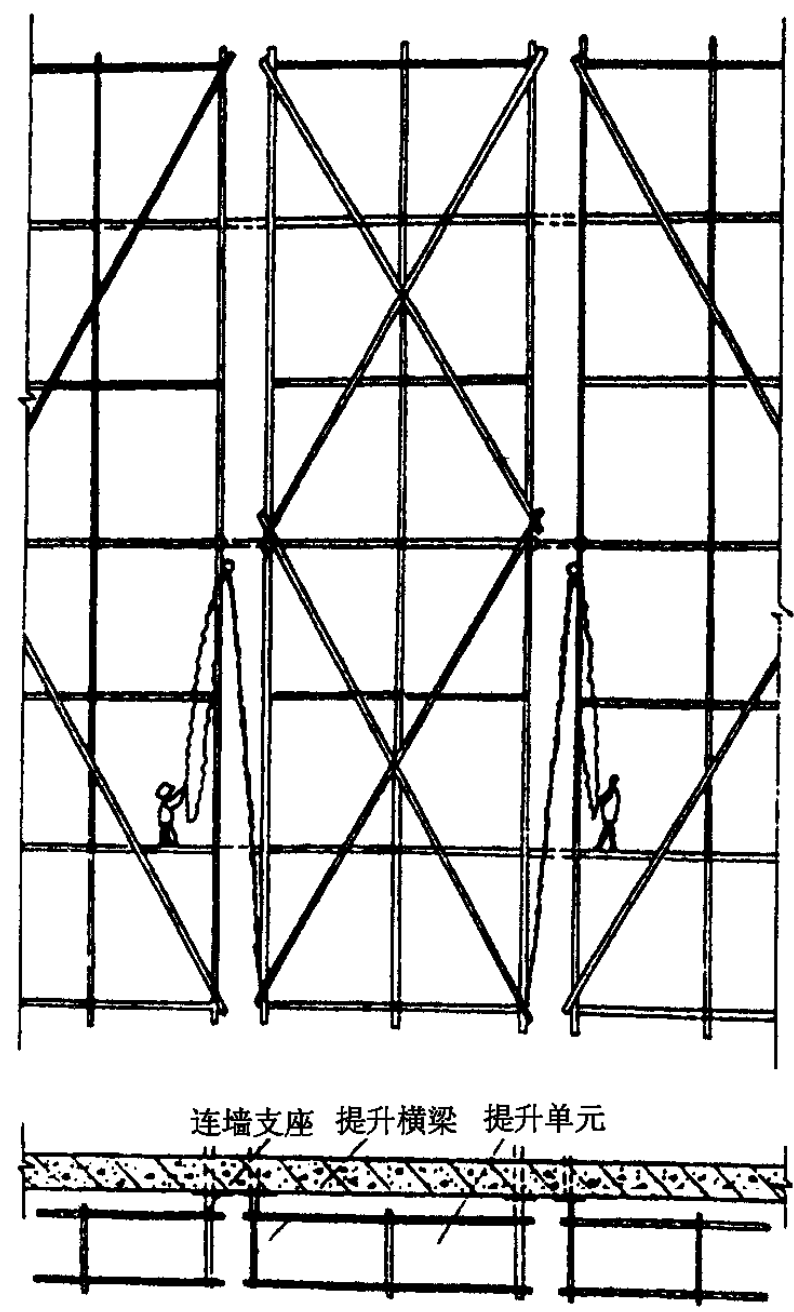


图2 -22 互爬式脚手架基本构造

导轨式附着脚手架的升降原理为：导轨沿建筑物竖向布置，其长度要比脚手架高一层，架子上部和下部均装有导轨，提升挂座固定在导轨上，其一侧挂提升葫芦，另一侧固定钢丝绳，钢丝绳绕过提升滑轮组同提升葫芦的挂钩连接；启动提升葫芦，架子即可沿导轨上升，提升到规定位置后进行固定；将底部空出的导轨及连墙挂板拆除，装到顶部，将提升挂座移到上部，准备下次的提升。

二、附着升降脚手架的构造

升降脚手架是一种分跨、不落地的工具型脚手架，其高度一般为4 ~6 步，攀附在建筑物的外墙上。依靠脚手架的自身构造，以倒链为升降设备，能对脚手架进行升降操

作。

附着升降脚手架由升降架、大横杆、小横杆、安全栏杆、竖向连接杆及升降设备等组成。6 步高附着升降脚手架的构造，见图2 -23。

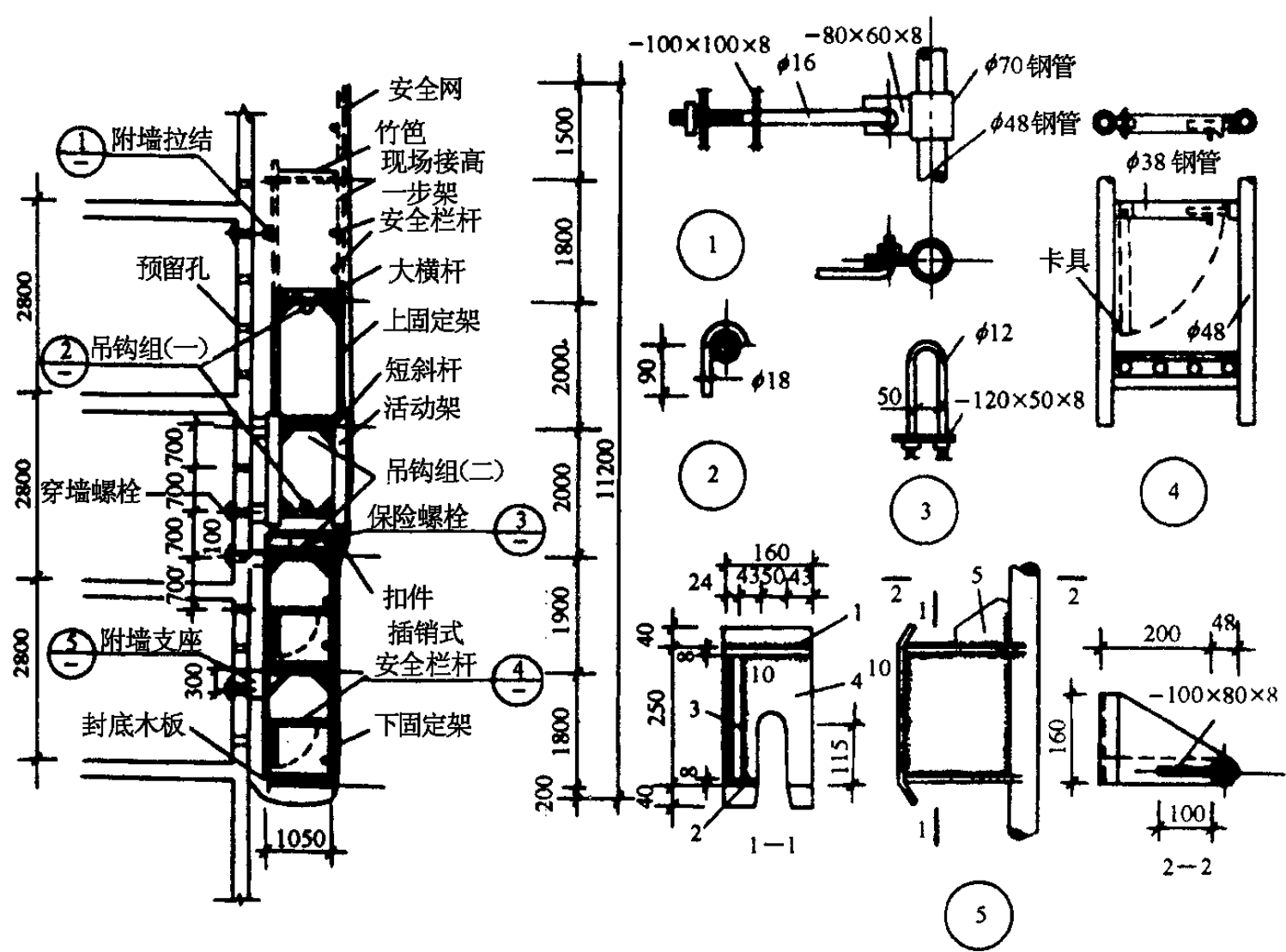


图2 -23 附墙升降脚手架的构造

1 . 上翼板 ; 2 . 下翼板 ; 3 . 腹板 ; 4 . 支座板 ; 5 . 加劲板

三、附着升降脚手架的安装与拆除

1 . 安装

根据建筑物的平面形状确定脚手架的平面布置图，安装时，先把上、下固定架用4 个扣件和2 个保险螺栓连接起来，组成1 片，上墙安装。通常每2 片为一组，每步架用4 根 48 ×3 5mm 钢管作为大横杆，把2 片升降架连成一跨，组装成一个与邻跨没有牵连的独立升降单位。附墙支座的穿墙螺栓从墙外穿入，待架子校正后，在墙内紧固。脚手架工作时，每个单元共有8 个 30 穿墙螺栓与墙体锚固。为施工的需要，脚手架在上墙组装完毕后，用 48 ×3 5mm 钢管和对接扣件在上固定架上再接高一步，在其外侧搭设栏杆扶手，并用临时连接杆将各升降单元连接，使之成为整体，内侧立杆用钢管扣件与模板系统拉结，以增强脚手架的稳定性。

脚手架的爬升可分段进行，通常一个单元为一段。爬升一个楼层高度需两个爬升过程完成，每个爬升过程又分两步进行，第一步为爬升活动架，第二步为爬升下部固定架，这一过程完成之后，要将脚手架及时固定在墙体上并设置上部拉结，此过程完成后，脚手架升高1.4m（即半个楼层高度），见图2 -24 ；脚手架的下降与爬升操作顺序相反，顺着爬升时用过的墙体预留孔倒行，脚手架即可逐层下降，同时把墙体上预留孔修补完毕，最后脚手架返回地面。

2 . 拆除

拆除时应先清理脚手架上的垃圾杂物，然后自上而下一步一清，每种构配件应分类集中，在其他吊装机具的配合下送至地面，严禁将构配件抛至地面，升降架拆下后要及时清理整修和保养，以利重复使用。

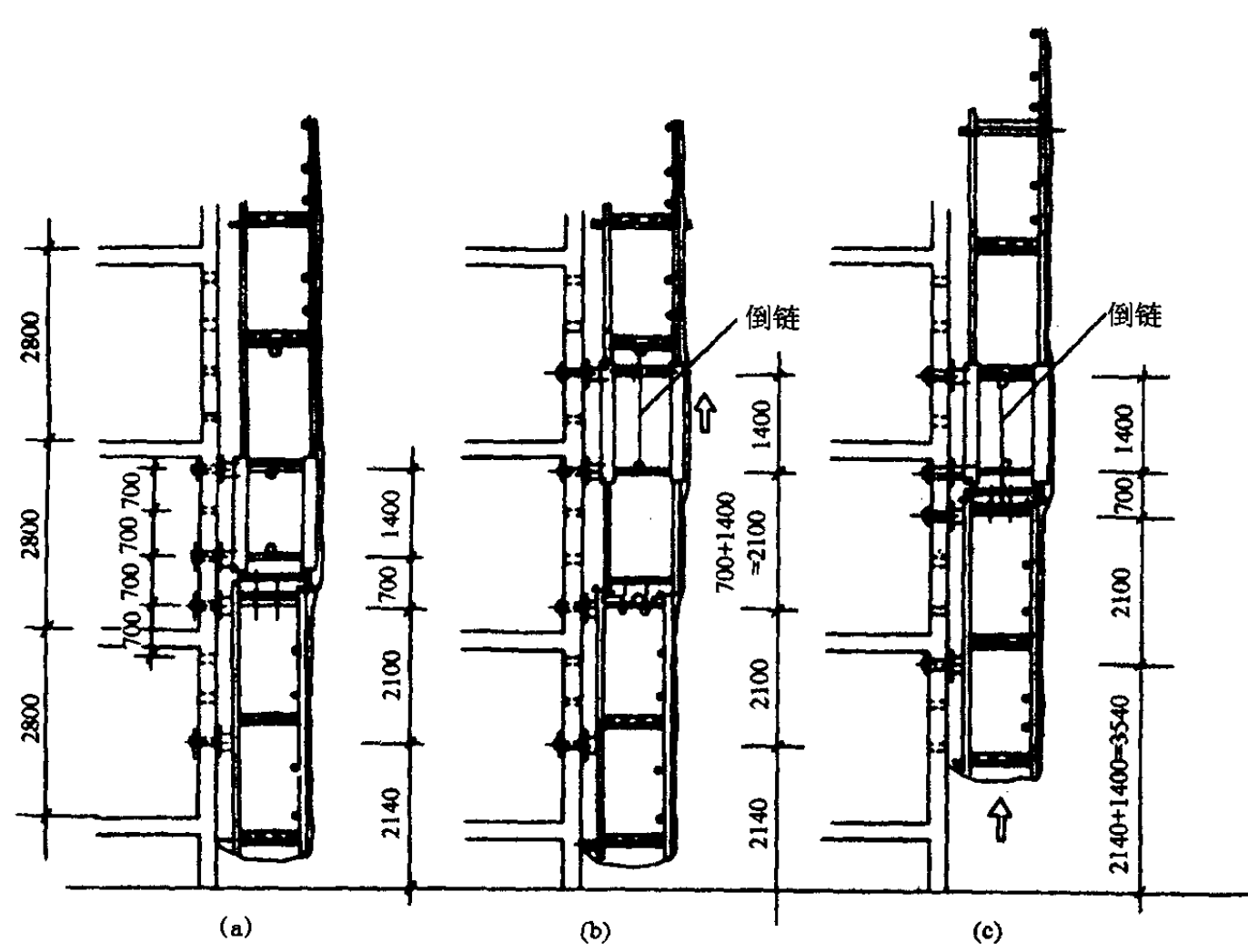


图2 -24 附墙升降脚手架的爬升

(a) 爬升前的位置；(b) 活动架爬升1.4m；(c) 固定架爬升1.4m

第三章 里脚手架

第一节 满堂脚手架

一般在单层厂房、礼堂、剧院、餐厅、多功能厅等平顶结构施工中采用。

一、多立杆式满堂脚手架

1．基本构造参数。平顶施工构造见表3 -1 ；抹灰施工构造见表3 -2 。

2．搭设方法。

（1）先将地面夯实拍平或提前作好地面垫层，根据地面情况，铺设垫板，垫板厚度不小于50mm。

（2）四角设置抱角斜撑，四边设置剪刀撑，中间每隔四排立杆沿纵长方向设置一道剪刀撑，所有支撑必须由底到顶连续设置；层高较低的房间作抹灰用的脚手架，可在四角设置一道抱角斜撑，中间每隔四排立杆沿纵长方向设置一道剪刀撑，支撑处的顶面设置一道水平剪刀撑。

表3 -1 平顶施工满堂脚手架的构造参数表（单位：m）

用途	立杆纵 横间距	横杆竖 向步距	纵向水平 拉杆设置	操作层小 横杆间距	靠墙立杆离 墙的距离	脚手架铺设	
						架高4m 以内	架高大于4m
一般装 饰用	2	1.7	两侧每步一道， 中间两步一道	1.0	0.5 ~0.6	板间空隙 不大于2	满铺
承重较 大时	1.5	1.4	两侧每步一道， 中间两步一道	0.75	根据需 要定	满铺	满铺

表3 -2 抹灰施工满堂脚手架的构造参数表 (单位 :m )

立杆纵 横间距	横杆竖 向步距	纵向水平 拉杆设置	操作层小 横杆间距	靠墙立杆离 墙的距离	脚手架铺设	
					架高4m 以内	架高大于4m
2	1.7	两侧每步一道， 中间两步一道	1.0	0.5 ~0.6	板间空隙 不大于2	满铺

③) 凡垂直面有斜撑及剪刀撑的位置，每隔两步架应在水平方向设置一道水平剪刀撑。

二、门式脚手架组装满堂脚手架

门架按纵排和横排均匀排开，门架的间距一个方向为1.83m，用剪刀撑连接；另一方向为1.5~2.0m，用脚手架管连接，其上铺满脚手板，其高度尽量使用门架调节，如果门架不能满足高度要求，则可调节底座。当层高大于5.2m时，可使用两层以上的标准门架搭设，见图3-1。

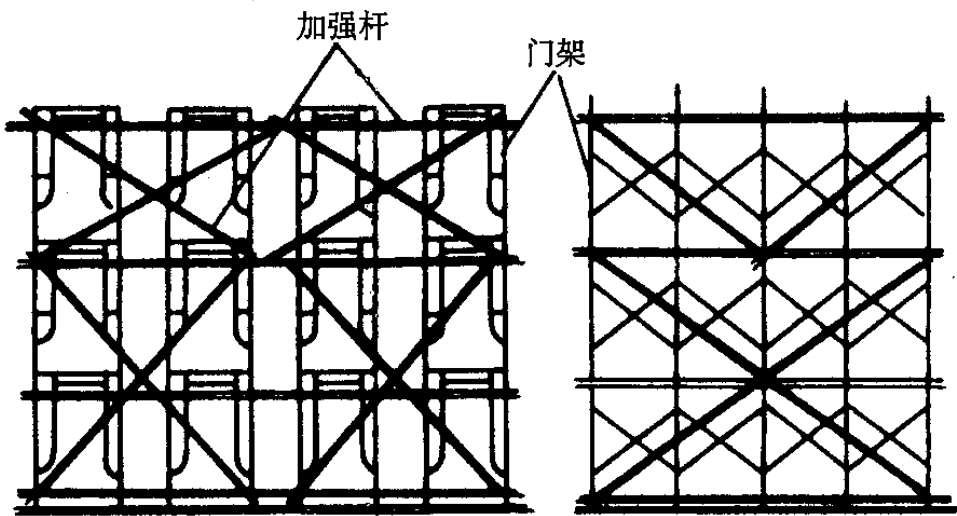


图3 -1 门架组装满堂脚手架

第二节 马凳式里脚手架

一、角钢析叠马凳式里脚手架

马凳式里脚手架，是室内砌筑和装修最常用的一种脚手架。根据制作材料不同，可



分为角钢折叠式、钢管折叠式和钢筋折叠式三种。此种脚手架架设间距；砌筑时不超过1.8m，粉刷时不超过2.2m；可搭设两步：第一步为1m，第二步为1.65m。其组成如图3-2所示。

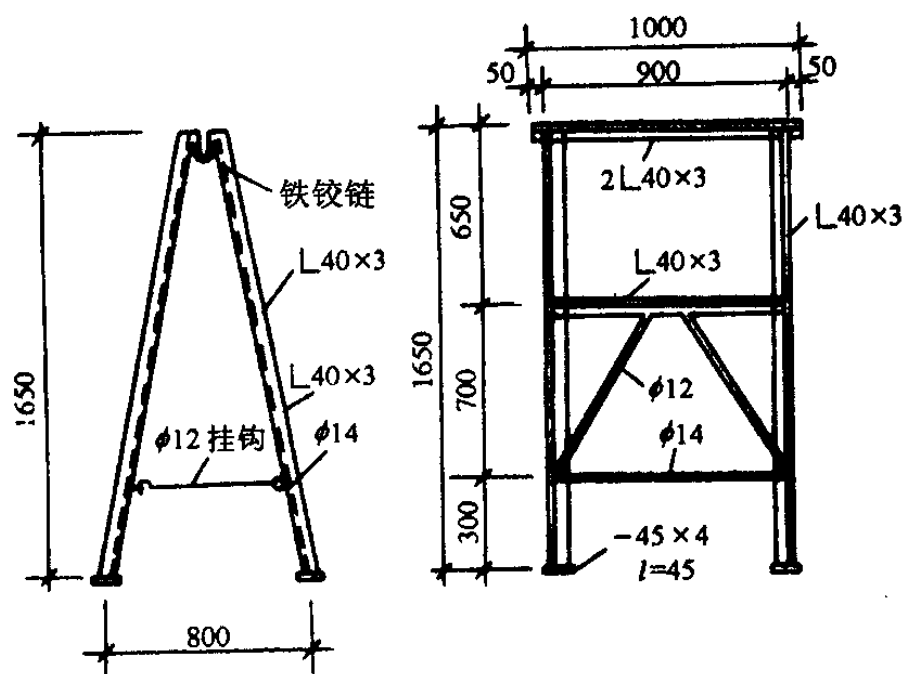


图3-2 角钢扳叠马凳式里脚手架

二、钢管折叠马凳式里脚手架

此种脚手架的架设间距，与角钢折叠式相同。其构造见图3-3。

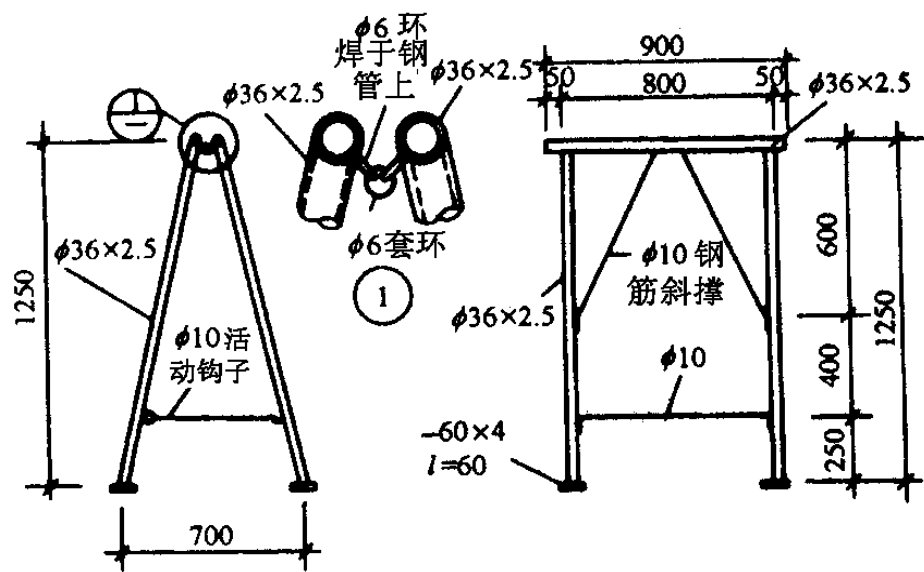


图3-3 钢管折叠马凳式里脚手架

三、钢筋折叠马凳式里脚手架

此种脚手架的架设间距，也与角钢折叠马凳式相同。见图3-4。

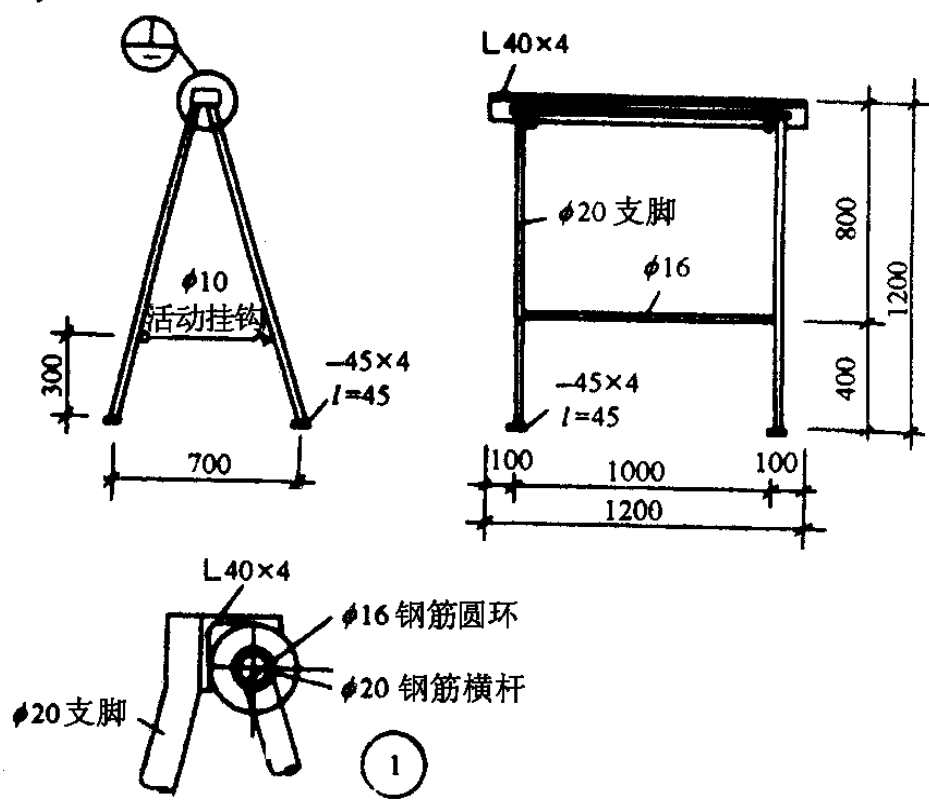


图3 -4 钢筋折叠马凳式里脚手架

### 第三节 钢管三角架升降式里脚手架

钢管三角架升降式里脚手架的基本构造和搭设方法如下：

#### 一、套管式支柱

插管插入立管中，以销孔间距调节高度，插管顶部“U”型支托搁置横杆以铺设脚手板，图3 -5，其架设高度一般为1.57 ~2.17m。

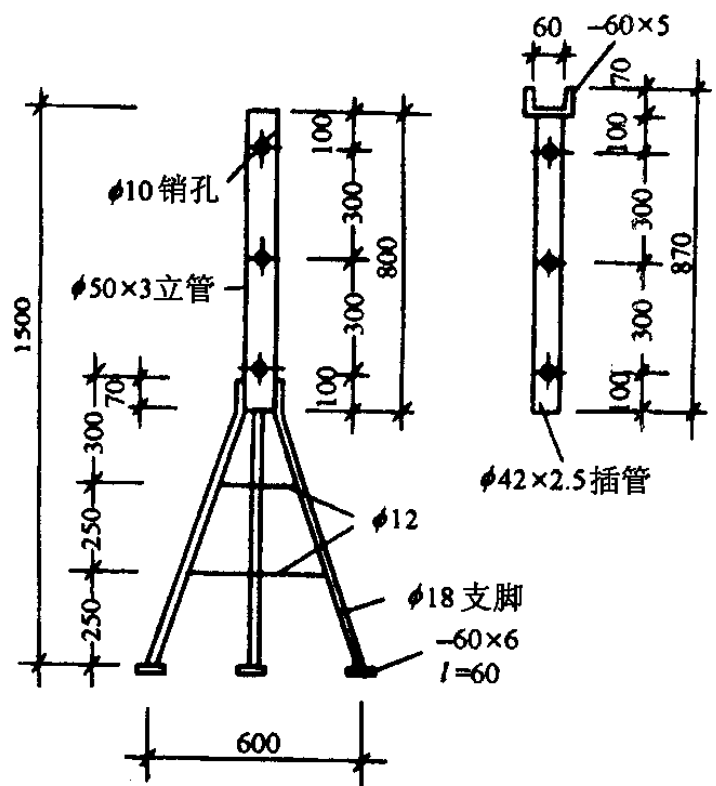


图3 -5 套管式支柱里脚手架

## 二、承插式钢管支柱

架设高度为1.2m、1.6m、1.9m，支架设第三步时要加销钉以保安全，见图3-6。

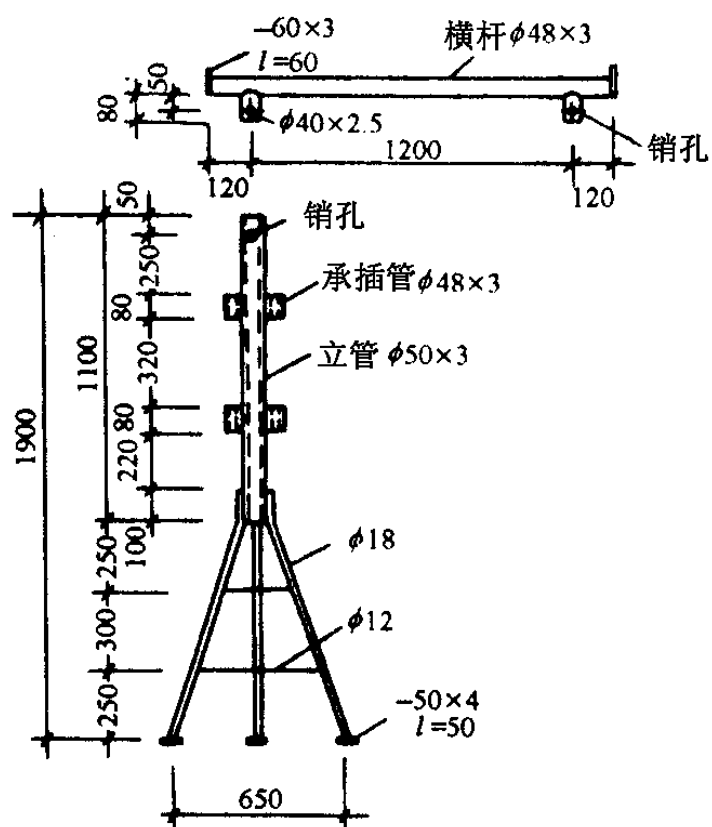


图3 -6 承插式钢管支柱里脚手架

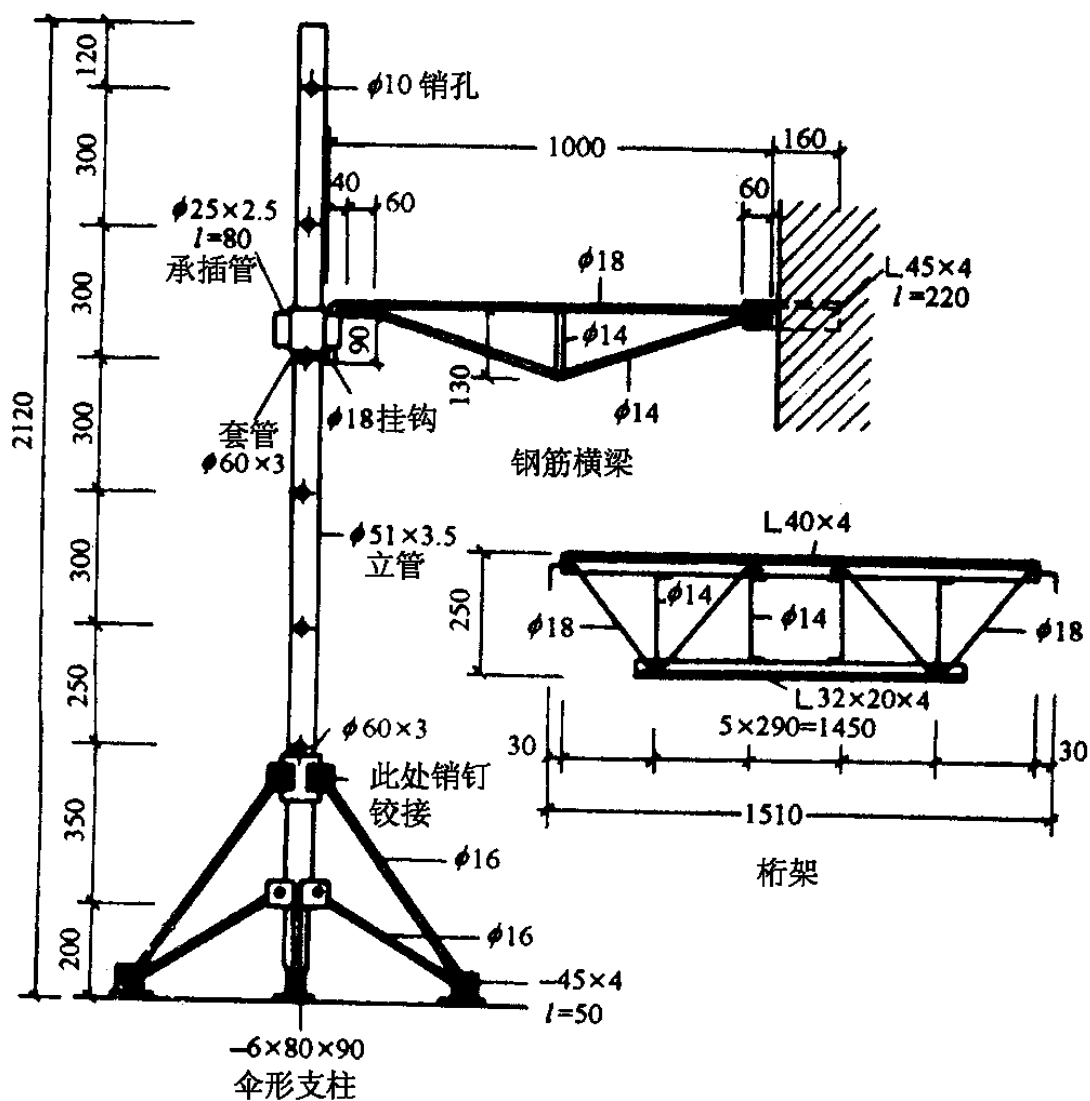


图3 -7 伞脚折叠式里脚手

### 三、伞脚折叠式支柱

它由立管（伞型支柱）、套管、横梁或桁架组成。立管下端有状如伞骨的支脚，可以撑开，也可收拢，立管上有轴孔，套管可在立管中上升下降，以调节套管高度，见图3-7。这种里脚手架可以根据需要架设单排支柱或双排支柱。单排架设时，横梁的一端（加焊角钢的一端）搁在砖墙上，另一端插在套管上的插管里；双排架设时，应用桁架作横梁。

伞型支柱的架设间距，用作砌筑时为2m，用于粉刷时为2.5m。

## 第四节 脚手架安全管理

### 一、脚手架事故原因分析

在建筑工程施工中，涉及脚手架的安全事故时有发生，在不同程度上造成了人员伤亡、财产损失和对施工工期的影响。建筑工程的施工周期长，在安全问题上往往产生思想麻痹的现象，因此在脚手架的准备、搭设、使用、拆除、运输以及保管的全过程中，必须始终贯彻“安全第一、预防为主”的方针，采取切实可行的措施，防止安全事故的发生。

#### （一）脚手架事故的类型

从脚手架的搭设、使用、拆除过程中来看，脚手架常发生的安全事故主要有以下几种类型：

1. 脚手架整体失稳，造成整个脚手架垂直倒塌。
2. 不按规定标准搭设，造成脚手架整体倾倒或局部垮架。
3. 由于防护设施不全，人员从高空坠落。
4. 施工组织不当，造成高空落物伤人。
5. 不当操作引发事故。
6. 思想麻痹造成意外事故。
7. 触电、雷击造成伤亡事故。

### (二) 脚手架事故的原因

通过对一些具有代表性的脚手架事故的实例分析，我们可以发现，有直接原因引发的脚手架事故，也有间接原因引发的脚手架事故。

#### 1. 直接原因

在引发事故的直接原因中，有设计不合理造成的，有技术方面造成的，也有指挥不当或操作不当造成的，还有突然发生的、自然因素和外来因素的影响造成的，但归纳起来主要有：

(1) 由于不重视脚手架施工方案设计，对一些超常规的脚手架仍按经验搭设，以致脚手架构造不合理，承载能力下降。

(2) 不重视外脚手架的连墙件的设置，或在建筑立面不规则处连墙件数量不足，或是在使用过程中任意拆除连墙件而又不恢复的。

(3) 为抢工期、赶进度，多层同时作业，造成整架严重超载或脚手架堆料过多造成局部超载。

(4) 突发的自然因素和外来因素，如强风、猛烈的机械碰撞等。

(5) 地基的不均匀沉降。

以上5条是引起脚手架倾倒跨塌和局部垮架的主要原因。

(6) 作业层未按规定要求设置安全防护设备。如外侧立网和内侧的层间网不按规定设置。

(7) 架面未按规定铺设，间隙过大，或因脚手板搁置不稳，固定不好以及受载后断裂。

(8) 架面较窄、工作人员较多或堆料过多，作业人员上下班行走不便或作业时人员相互拥挤碰撞。

(9) 因操作用力过猛，架面光滑造成身体失衡、滑跌或在搬运、安装重物等。以上4条是引起高空坠落，落物伤人和物击打击事故造成人员伤亡的主要原因。

(10) 钢脚手架搭设在高压架空线路的安全距离以内，造成人员触电伤亡事故。

(11) 在旷野、空旷地带的脚手架或高出邻近建筑物的脚手架未装置避雷设施，造成雷击伤亡事故。

(12) 在脚手架拆除过程中，不按要求去做，而是随心所欲地胡乱拆除，造成脚手架倾倒跨塌和局部垮架的事故；或在拆除过程中将拆下的材料从高处抛下，造成落物伤人和物击打击事故造成人员伤亡。

#### 2. 间接原因

引发事故的间接原因主要有两方面：一是安全管理不到位，二是工人的安全防护意

识差，因而造成事故。虽是间接原因，但却是导致直接原因重要因素。因此，必须予以重视。

## 二、脚手架安全要求与措施

以上列举了建筑脚手架在搭设、使用和拆除过程中发生安全事故的种类及引起事故的原因。虽然事故种类较多，产生事故的原因各异，但事故的发生却有着共同的规律性就是：思想麻痹，措施不力，管理松懈，违章指挥，违章作业，缺少防护设施以及自我保护意识差等。为了减少和避免事故的发生，要特别注意以下四个问题：一是确保脚手架的构造方案和保护设施安全合理；二是严格按照设计与有关规定进行搭设、使用和拆除，制止乱搭、乱改和乱用的“三乱”现象；三是强化规范管理，杜绝违章作业；四是注意提高工作人员自我保护意识。

为确保脚手架在搭设、使用和拆除过程中的安全性，采取的安全要求与措施主要有：

(1) 对脚手架的基础、构架、结构、连墙件等必须进行设计，复核验算其承载力，做出完整的脚手架搭设、使用和拆除方案，并严格按照此方案执行。

(2) 按规定设置斜杆、剪刀撑、连墙件或撑、拉件，确保脚手架的整体刚度，并对通道、洞口或承受超规定荷载的部位作加强处理，以提高这些部位的承载力。

(3) 脚手架各杆件相交位置要符合节点的构造规定，联结节点的安装和紧固力符合要求，通常扣件螺栓拧紧扭矩在 $4.0 \sim 6.5\text{Nm}$  之间。

(4) 脚手架的基础应平整夯实，且基础具有足够的承载力，各立杆下应设置底座或垫板，若脚手架设于基坑（槽）边时，立杆距坑（槽）边缘不得小于 $1\text{m}$ ，且边坡坡度不得小于土的自然摩擦角，否则要做边坡的保护和加固处理。

(5) 脚手架在使用过程中，其施工荷载不准超过规定值。结构承重脚手架施工荷载 $2648\text{N}/\text{m}^2$ ；装修用架子施工荷载 $1961\text{N}/\text{m}^2$ ；桥式架最大使用荷载：每组桥总计不超过 $980\text{N}$ ；特殊用途架子的使用荷载，要进行设计和计算，以上所指的荷载均为均布荷载，不准在架子上用集中荷载。

(6) 必须按规定搭设安全网，以保证架上和架子周围工作人员的安全。

(7) 脚手架的搭设高度高于邻近建筑物或脚手架处于旷野与空旷地带时，应有防雷措施。钢脚手架的防雷措施是用接地装置与脚手架相连接，一般每隔 $50\text{m}$  设置一处，最远点到接地装置脚手架上的过渡电阻不应超过 $10\ \Omega$ 。

(8) 钢脚手架搭设在高压架空线附近处时，应保持一定的安全距离，否则使用期间应断电或拆除电源。

⑨) 在管理上加强检查监督力度，消除事故隐患。

(10) 对员工进行安全教育，提高员工的安全意识和自我保护能力，并做到安全警钟长鸣，克服麻痹思想，从源头上杜绝违章作业，违章指挥的现象。

# 第十三篇

## 给排水与采暖工程



## 第一章 管材器材与卫生器具

### 第一节 管材与附件

室内外给排水系统是由管道及配件连接组合而成。它的作用是输送用水，排泄污水。管材及配件的大小、材料类型不仅与给排水工程的质量、造价有关，而且对使用会产生直接影响。

给排水管材及配件种类多、规格多、零件多，且有固定的标准尺寸，熟悉管材及配件对设计施工都非常重要。

#### 一、管材分类

随着我国工农业生产和建设需要，产品种类越来越多，在这种情况下，正确地选择管道材料非常重要，管材选择应从经济的合理性和技术上的可靠性两方面来考虑。

足够的强度：即能承受设计所需的内外压力和机械作用力，保证可靠的供水与排水；

稳定的化学性能：即能保证供水水质不被污染和维持一定的管道使用年限；

保证施工条件：即运输、安装、地理、气候诸方面都与选择管材有关。

#### （一）给水管

给水管的种类有：镀锌管、黑铁管、铸铁管、塑料管、混凝土管。通常情况下，给水管管材应根据给水要求，按下列规定采用。

（1）生活给水管管径小于或等于150 毫米时，应采用镀锌钢管；管径大于150 毫米时，可采用给水铸铁管。

（2）生活给水管埋地敷设，管径等于或大于75 毫米时，宜采用给水铸铁管。

（3）生产和消防给水管一般采用非镀锌钢管或给水铸铁管。

（4）大便器、大便槽和小便槽的冲洗管宜采用塑料管。

（5）大于400 毫米的给水管也可采用钢筋混凝土管。

⑥) 所选用的管材要用相应的附件配套使用。

各类给水管的性能及特点：

1. 钢管

常用的钢管分焊接钢管和无缝钢管两种。焊接钢管又分为碳素镀锌管和黑铁管两种；无缝钢管主要用于内外压力比较大的工程，如输送煤气、热气等，又称为高压管。碳素焊接钢管是用钢板卷焊而成。具体规格镀锌管公称直径为15 ~150 毫米，无缝钢管外径为32 ~203 毫米，选用时可参照有关安装手册。

钢管的主要特点：管壁光滑，易成型；韧性强，可弯曲，减少使用配料；强度大（普通钢管的工作压力约为1 ~1.6 兆帕，无缝钢管可达2.5 兆帕；接头可靠，易变化，通过工作压力实验漏水可能性小，主管与干管、支管与分管连接方便；重量轻，搬运方便，适合在任何地理气候条件安装；价格较贵。

2. 铸铁管（又称铁管）

铸铁管分为给水铸铁管和排水铸铁管两种。给水管壁厚于排水管，要求强度高于排水管，给水铸铁管有承插接口及法兰接口两种。

主要特性：耐腐蚀性强，不易被腐蚀，使用年限长；价格便宜；韧性差，易脆，重量大，施工较白铁管困难。

给水铸铁管按其工作压力不同分为高压管普通管、低压管三种，如表1 -1 所示，低压管用于排水系统。

表1 -1 给水铸铁管分类

铸铁管类型	工作压力 MPa	出厂试验压力 MPa	备注
铸铁高压管	1.0	2.0	试验压力保持在30 秒钟以上，用0.75kg 钢锤轻击应无漏水现象
铸铁普通管	0.75	1.5	
铸铁低压管	0.45	1.0	

3. 混凝土管（又叫水泥管）

混凝土管根据用途、工作压力要求及制造方法的不同分为预应力钢筋混凝土管、普通钢筋混凝土管及无钢筋混凝土管三种。接口型式有企口、平口、承插口三种，给水采用承插接口型式。混凝土管根据管径大小不同而所要求的技术指标也不同。混凝土管特点是节省钢材，不易被腐蚀，比较经济；重量大，施工困难。

钢筋混凝土管的规格为600 ~1200 毫米，工作压力为0.4 ~1.0 兆帕。

根据上述特点，在选择室内给水管时，一般民用建筑宜使用镀锌管，而不宜用黑铁

管，以免管道生锈引起水质变色、变味，以致污染设备及产品；一般生产用水量大，特别是集中使用水量大时，可使用黑铁管或铸铁管，但必须作防腐处理，延长使用时间。铸铁管用于主干管系统及生产和消防给水管道。钢筋混凝土管主要用于水厂的输送管系统。

(二) 排水管

排水管又称为排污管，其作用是将人们生活生产的废水有组织地排往伸缩器，最后至污水处理站进行处理。选择排水管应视地理、气候条件并考虑经济性、合理性、适用性来选择排水管材的种类。

1．低压铸铁管。铸

铁管的特点前面已作了介绍，主要用于室内排泄污水及屋面雨水。它采用承插接口，各地生产的规格尺寸不一，使用时应按照各地所在地区生产的型号采用，防止选用不当造成浪费。

2．混凝土管

混凝土管在介绍给水管时已作了介绍，这里不更多地阐述。排水管接口型式主要采用企口、平口连接，管径在300 毫米以内一般用无钢筋混凝土管，管径400 毫米以上时采用普通钢筋混凝土管。它能承受一定的工作压力，普遍用于室外排污雨水，特别适宜于大中城市的排水系统。

3．聚氯乙烯塑料管

塑料管和配件是用人造的聚氯乙烯塑料在特制的水压机上热压而成，一般能承受4~5 个大气压力。其特点为：有较高的抗酸碱性，安装方便，可粘合焊接，切割方便，易成型，使用美观，但不耐高低温（温度超过40 时，机械强度减弱，超过60 时软化，而温度低于0 时，脆性增加，荷载大时会产生变形），易老化，选用时应特别注意本地区的气候条件。聚氯乙烯塑料管主要用于室内排污及屋面排放雨水。

4．陶土管

陶土管具有耐酸碱、制造方便、价格低廉，但强度低，容易破碎等特点，主要用于不受压的乡村（镇）的室外下水道。

二、管道连接

根据给排水管所选的材料和管径大小用相同的附件连接，而配件的作用是连接管道、改变管径及改变管路方向、增加管路支线、封闭管路、连接设备等。

接管的型式及种类按管材的不同分为铸铁配件和钢制配件两大类。按接口型式的不

同又分为螺纹连接和法兰连接及承插口连接三种形式。

1．螺纹连接

常用的螺纹连接配件有锻铁、钢制两种，其中钢制配件又有镀锌和黑铁管件之分。连接的方式一般是内螺纹配件，也有少量的外螺纹配件，如丝堵、内接头等。采用螺纹连接施工方便，且易变化，能满足是各种设备安装需要，通常适用在室内给水管道中使用。

2．法兰连接

法兰连接有钢制和铸铁法兰盘两种。法兰盘连接拆卸方便，适宜明装，如在给水设备中的水泵、水塔、锅炉及管径100 毫米以上的水表上安装。

三、附件

给水排水系统中的各种附件，是一种主要用于控制水的流量，便于平时管道的检修，生活使用方便的辅助材料。如截止阀、闸阀、逆止阀及浮球阀等。

给水管网在下列管段上应装设阀门：

- (1) 外人管、水表前和主管；
- (2) 环形管网分干管、贯通枝状管网的连通管；
- (3) 居住和公共建筑中，从主管接有三个及三个以上的配水点的支管；
- (4) 工艺要求设置阀门的生产设备配水支管或配水管，但同时关闭的配水点不得超过六个。

附件的种类及主要性能：

给水管附件主要分截流调节附件和配水附件两大类。

(一) 截流调节附件

截流调节附件主要用于控制调节用水量。下面分别介绍几种截流调节附件。

1．截止阀

截止阀是使用最广泛的一种阀门，主要用于管径小于或等于50 毫米的给水管系统和经常开闭的管段上。接口方式有内螺纹和法兰盘接口两种。截止阀的结构简单、密封性好、制造方便，但流体阻力大，开启、关闭用力大。

2．闸阀

闸阀通常在双向流动管段上和管径大于50 毫米的冷热水管段上使用。闸阀的构造有暗杆、明杆、楔式和平行式等几种型式。暗杆式闸阀适用于非腐蚀性介质及安装、操作受到限制的地方；明杆式闸阀适用于腐蚀性介质及室内管段上；平行式适用于蒸气、

清水管道上；楔式适用在粘性介质中，如石油化工等管道上。平行式闸阀制造为双闸板，楔式闸阀为单闸板。

3．球阀

球阀与闸阀截止阀相比，具有结构简单、体积外形小、流体阻力小等优点，但不能用于高温介质中。球阀是在球体上开设一通孔，靠旋转球体达到开启或关闭。

4．止回阀

止回阀分升降式和旋启式两种，用于控制水流向一个方向流动，防止管道介质倒流的一种阀门。制造原理是当介质倒注时，阀瓣能自动关闭，截断介质的流动。给水管网在下列管段上，应装设止回阀。

- (1) 两条或两条以上引入管且在室内连通时的每条引入管；
- (2) 利用室外给水管网压力进水箱，其进水管和出水管合并为一条管道的引入管；
- (3) 装设消防水泵接合器的引管和水箱的消防出水管；
- (4) 生产设备的内部可能产生的水压高于室内给水管网水压的设备配水支管；
- (5) 升压给水方式的水泵旁通管。

5．底阀

底阀也属止回阀类，专门用在水泵（吸入）管端部，水泵开始工作前，可防止吸水管内的介质流出，保证水泵的启动，并能防止杂质进入吸水阀和泵体，水泵停止工作时，自动封闭，下次启动水泵时不必再灌水。

(二) 配水附件

配水附件是人们生活中经常使用的附件，视使用要求选定。

1．浮球阀

浮球阀用于大便水箱或压力水箱，它的作用是限制水位，当水位到浮球阀进水口时，自行关闭进水管，水位下降时，进水管开始充水，选用时，浮球阀的管径一般同管材管径相同。

2．普通配水龙头

水龙头各地生产的品种式样比较多。安装在水池、盥洗、水槽上，规格有  $D_g15$ 、 $D_g20$ 、 $D_g25$  毫米三种。从结构上可分为旋压式配水龙头、旋塞式配水龙头二种，从材质上可分为铜水嘴、铜心铁嘴，使用较广泛的为铜心铁嘴。旋塞式配水龙头通常设在压力不大（一个大气压）的地方，如澡堂、洗衣房和开水炉等地方。有些厂家生产的配水龙头，其性能大为改善，漏水现象基本消除。

3. 混合龙头

混合龙头用于有热水供应的系统中，为了使冷热水混合，在洗面盆、浴缸及淋浴等用具上设混合龙头，它有一个控制冷水开关，一个控制热水开关，根据需要靠使用人自行控制。

截流附件、配水附件的安装位置应根据使用情况，参照有关设计规范确定。

第二节 水 表

水表是供水厂统计生产水量、收取用户水费的度量表，也可用于检查管道是否漏水和校计漏水量值以便维修，安装水表能促使用户自觉节约用水。

我国人口多，密度大，水力资源短缺，特别是大中城市的供水还不能满足工业生产和生活的需要，节约用水尤为重要。安装水表不仅为用户减少开支，而且也支援了国家建设。一般来讲，收纳的水费不足生产一吨水的成本的三分之一，故节约用水是利国利民的一件大事。

一、水表的结构分类

水表构造原理是水流过水表时推动翼片转动，而将流量测得。翼片转速与水的速度成正比，翼片轮传动了联动齿轮，在计量盘上的指针将流量读数表示出来。

随着技术的不断发展，一种新颖的旋翼式水流量表将进入家庭使用。它在结构上与其他水表的不同点就是其计数显示为指针加字轮式而不是全指针式，刻度盘在上夹板上直接刻有读数。

1. 翼轮式水表

翼轮转轴和水流方向垂直。

翼轮式水表分为干式和湿式两种。干式水表其计数机件是用金属圈与水隔开，而湿式水表计数机件浸在水中；在计数盘上面装一块玻璃承受压力。

2. 涡轮式水表

涡轮转轴与水的流向平行。计数机件装在隔离的表室内，借传动齿轮机件与翼轮轴相连。

3. 翼轮复式水表

一个大的主水表同时配有一个小的副表，并联而成，当水量小时，开闭器自闭，水

仅经小表计量，当过水量大时，靠水力顶开开闭器，水量由大小两表合计，主水表一般为  $D_g50 \sim D_g400$ ，副表一般为  $D_g15 \sim D_g400$ 。它适用于水量变化很大的配水系统。

## 二、水表安装位置及技术参数

### 1. 水表的安装位置

水表要求设在工作压力为5~6 大气压力以内的管网上，并且要装设在清洁的冷水或水温不超过30 的管道上。

(1) 必须对水量进行计量的建筑物，应在引入管上装设水表；

(2) 建筑物的某部分或个别设备必须计量时，应在配水管上装设水表，住宅建筑应装设分户水表。

水表安装时要注意，只能水平安装，不允许倾斜或垂直安装，并要求在直线的管段部分，距水平方向的弯头大于300 毫米。以免影响读数。水表应考虑安装在管理方便、不受冰冻、不受污染和损坏的地方，水表前应装设阀门，以免检修时影响供水。

### 2. 水表的技术参数

(1) 最大流量 水表使用的上限流量，允许短时间使用该流量，一般一昼夜不超过一小时。

(2) 公称流量 允许长期使用的流量。

(3) 特性流量 当水头损失为10 米水柱时水表的出水流量，使用中不允许在特性流量下工作。

(4) 分界流量 水表的允许误差之值改变的流量。

(5) 最小流量 水表在使用中流量的下限值，保证水表示值误差在最大允许误差范围内的最低流量。

(6) 始动流量 水表开始运转的流量，该流量不考校示值误差。

(7) 最大允许误差 从分界流量到大流量为  $\pm 2\%$ ，从最小流量到分界流量为  $\pm 5\%$  (不包括分界流量)。

## 三、水表的选择

选择水表应考虑如下四个方面：

### 1. 选择水表的口径

根据安装地点的流量大小，以经常使用流量接近 (小于) 公称流量为宜，不能单纯以管径确定水表口径，家庭使用水表一般选择公称口径  $D_g15 \sim D_g20$  毫米为宜。

2．水表的计量范围

考虑水表所计管网用水量大小和计量时间，管径  $D_g50$  时选用旋翼式水表（小管配大表将影响精度而漏计水量）；管径  $>D_g50$  时，选用螺翼式水表。一般来说管径大，用户的用水量就大。用水量变化幅度很大时，选用复式水表，能精确计量。

3．水表所在管网中水压力。

4．水的浑浊度和水温对选择水表也有关。

第三节 卫生器具与地漏

一、便溺卫生器具

（一）大便器

陶磁大便器是用陶土锻烧后上釉而成。按类型有坐式和蹲式大便器二种。如图1 - 1 和图1 -2 所示。

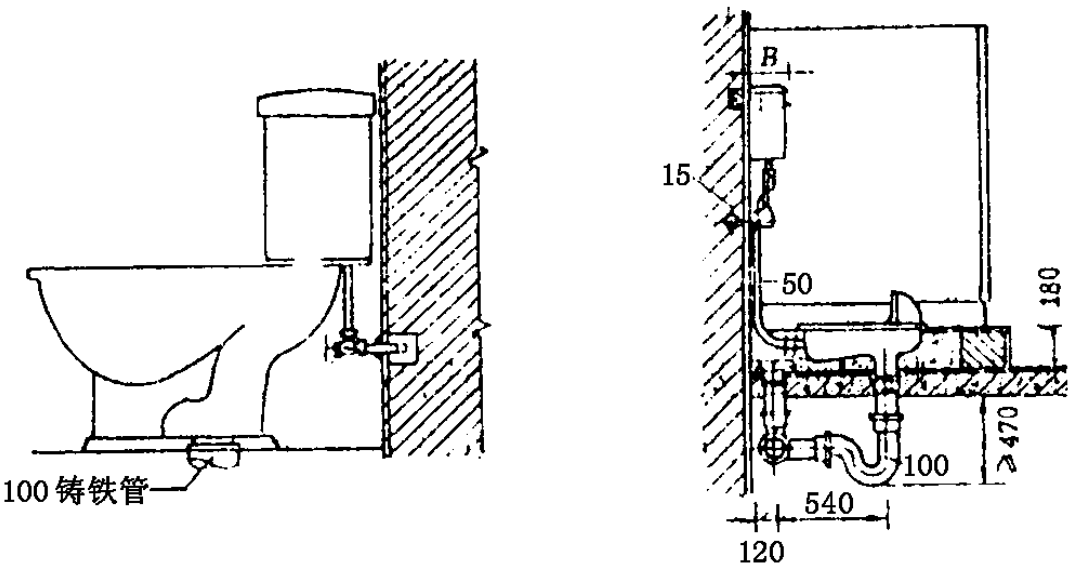


图1 -1 坐式大便器简图      图1 -2 蹲式大便器

- （1）低水箱坐式大便器一般用于住宅、宾馆及要求较高的建筑中，大便器内部带有存水弯；
- （2）高水箱蹲式大便器一般用于办公楼、集体宿舍、学校、招待所和一般标准的住宅，蹲式大便器本身不带存水弯，须另装设存水弯。



(二) 大便槽

大便槽的设备简单、建筑费用少、管理方便、维修费用少，常设于公共建筑，如工厂、学校及城市街道的公共厕所。

(1) 大便槽设计规格要求。槽顶宽220 ~250 毫米，底宽130 ~150 毫米，起端槽深300 ~350 毫米，槽底坡度为2 %，便槽的末端做“存水门坎”，存水深为10 ~50 毫米，槽底集水粪便容易冲走。

大便槽应设存水弯管，安装存水弯管的蹲位应比同蹲位的宽度尺寸大300 毫米。

(2) 大便槽起端安装手动或自动冲洗水箱，水箱底距离踏步的高度不小于1.8 米，同时水箱最高水位不应高于地板面2.4 米。水箱的容积按蹲位的数量确定。

(3) 冲洗管。冲洗管的大小应根据便槽的蹲位数量来选择。使用材料有钢管或塑料管，冲洗管下端应装45 度或90 度弯头，用管卡固定。

(三) 小便器

视建筑物的使用要求，在男厕所中设小便槽、小便斗及立式小便器三种。小便斗分角式和挂式两种。

1. 小便槽

小便槽适用于使用人员比较多的地方，如公共建筑、工厂、学校、部队和集体宿舍。小便槽建筑简单，管道安装方便，造价低，管理方便。

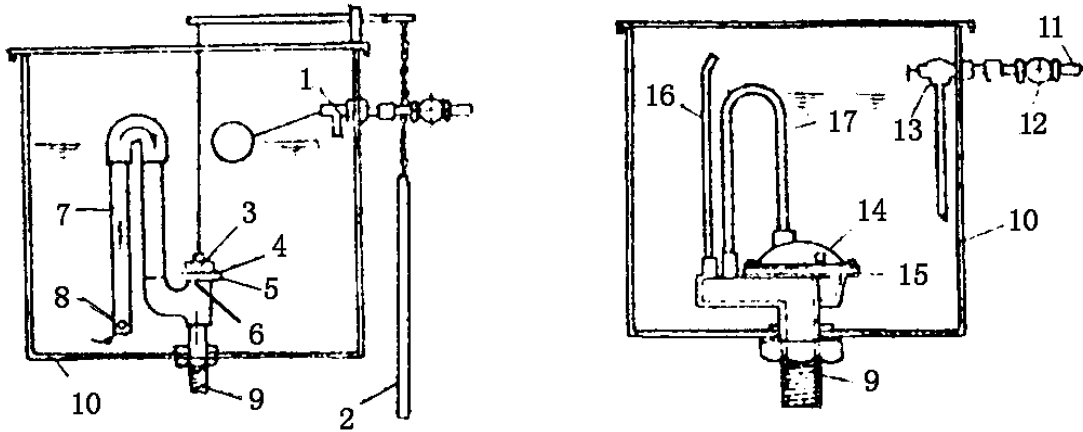


图1 -3 冲洗水箱

- 1 - 15 浮球阀 ;2 - 拉柄 ;3 - 铅块 ;4 -3 毫米厚橡皮 ;  
5 - 角铁 ;6 - 铜焊 ;7 - 虹吸管 ;8 - 5 毫米小孔 ;  
9 - 冲洗箱 ;10 - 水箱 ;11 - 进水管 ;12 - 阀门 ;  
13 - 调节阀 ;14 - 胆上小孔 ;15 - 皮膜 ;16 - 通气管

小便槽有砖砌和钢筋混凝土预制，按使用要求可作磁砖面，磨石面、玛赛克面；规

格设计要求为：便槽的起点深度不小于100 毫米，槽上口宽不小于250 毫米，也不大于400 毫米；槽断面有梯形，矩形两种，槽底坡向排水口的坡度为10 %。

小便槽应设手动或自动冲洗水箱，冲洗管应沿小便槽安装，长度比便槽短0.2 米，沿管通长钻 2 孔，间距30 毫米。如图1 -4 所示。

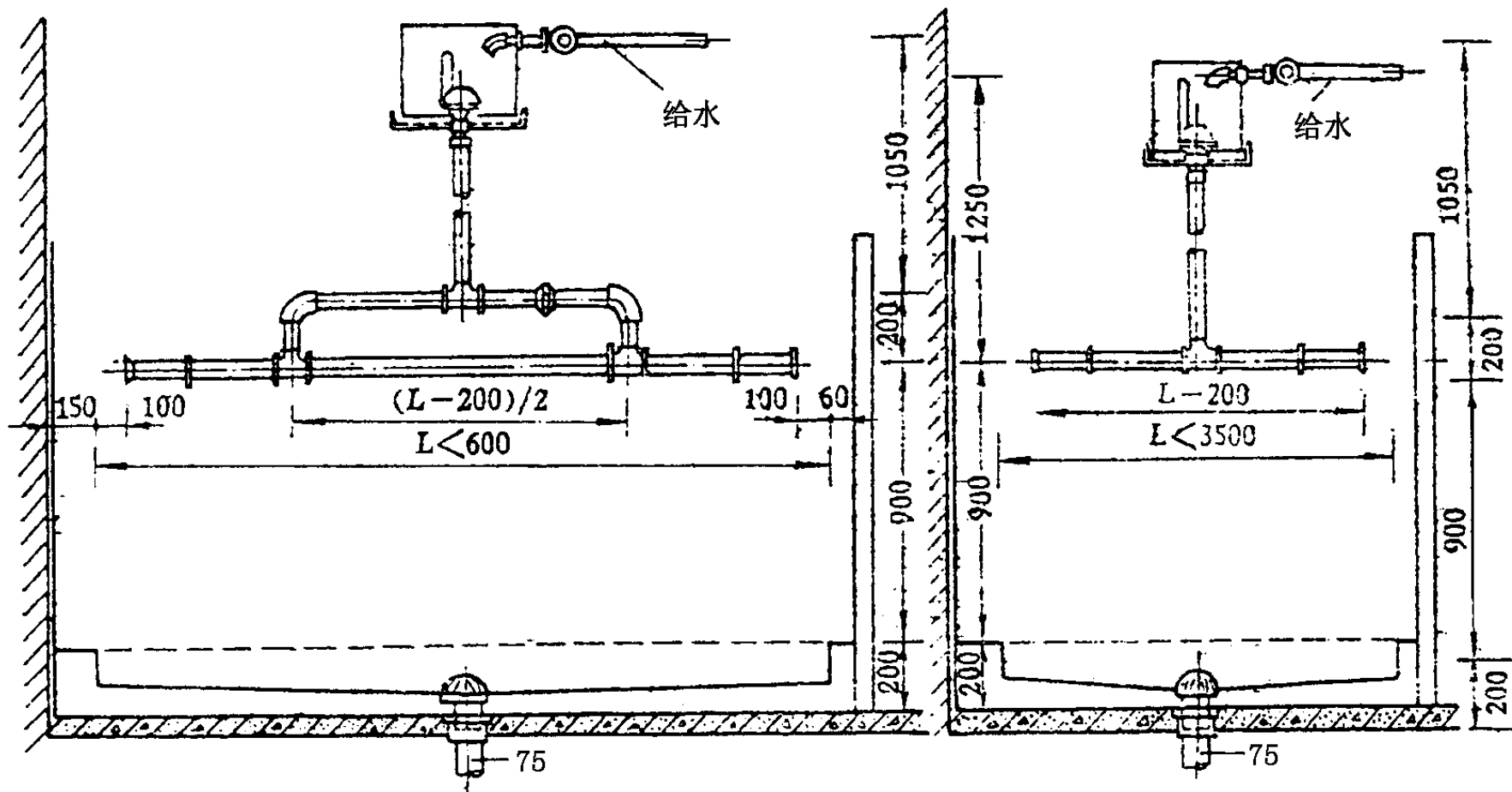


图1 -4 小便槽

2 . 小便斗及立式小便器

立式小便斗美观卫生，设于建筑标准较高的男厕所，如宾馆、高级招待所、展览馆、小便斗和立式小便器都是陶瓷产品，便斗（器）可采用冲洗水箱或直接接入给水管道两种。安装便斗的卫生间，地面上应设置地漏，以避免地面积污水。

(四) 冲洗设备

冲洗设备按形式有水箱冲洗和直接接入给水管道冲洗，水箱冲洗一般用于大便槽、坐便器，直接冲洗用于蹲便器。水箱冲洗有自动冲洗水箱和手拉式冲洗水箱，如图1 -3 所示。

- 1 . 手拉式冲洗水箱适用于使用人员不多的地方，如宾馆、招待所等。
- 2 . 自动冲洗水箱适用于使用人员较多的公共建筑，如街道公厕。
- 3 . 直接冲洗设备有延时冲洗阀和截止阀，自行控制，要求给水有一定的工作压力。

(五) 对卫生器具的基本要求

- 1．设置卫生器具的数量，应符合现行的 《工业企业设计卫生标准》 和现行的有关设计标准、规范要求。
- 2．卫生器具及附件，其材质和技术要求均应符合现行的有关产品标准中规定的材质和技术要求；特别是现在生产厂家比较多，且产品质量鉴别难度比较大时，选择卫生器具应特别注意。
- 3．大便器应设置冲洗水箱或带有破坏真空的延时自闭式冲洗阀。
- 4．公共厕所内设置水冲式大便槽时，宜采用自动冲洗水箱定时冲洗，避免无人管理时，造成槽内粪便堆积。
- 5．大便槽的冲洗水量、冲洗管和排水管网径应根据蹲位数、使用情况、冲洗周期等因素合理确定，一般宜按表1 -2 采用。
- 6．小便器宜设置自动冲洗水箱或自闭式小便冲洗阀进行冲洗。小便槽宜设置自动冲洗水箱定时冲洗。

表1 -2

蹲位数	每蹲位冲洗水量 (L )	冲洗管管径 (mm )	排水管管径 (mm )
3 ~4	12	40	100
5 ~8	10	50	150
9 ~12	9	70	150

二、盥洗、淋浴卫生器具

1．盥洗卫生器具

- 盥洗卫生器具有陶瓷洗脸盆和盥洗槽两种。洗脸盆一般设在宾馆、住宅、医院等地方。盥洗槽则在公共建筑、集体宿舍等处使用较广泛。
- (1) 洗脸盆。脸盆的规格及形式比较多，选用时要根据设置用途和工艺要求合理考虑。
- (2) 盥洗槽。盥洗槽经济实用，不易坏，便于管理，按照使用要求可建成长条形、圆桌形；长条型可作双面盥洗。设计式样可参照标准图集。便槽面可按工艺要求选定。

2．淋浴卫生器具

（1）浴盆。浴盆一般设在宾馆、住宅的卫生间，有搪瓷、磨石、人造大理石和塑料浴盆等几种，规格视卫生间大小而定。

（2）淋浴器。淋浴器与浴盆相比占地面积少、投资省、清洁卫生，可两人同时使用，故使用较广泛。

三、洗涤卫生器具

洗涤卫生器具一般采用成品的陶磁盆。根据使用性质，可用于医院的手术室、传染病房，也可作生活用的洗涤盆。医院使用的附件开关采用脚踏式或肘式开关，不采用手动开关，防止细菌传播。生活使用的洗涤盆主要用于洗涤蔬菜或食品。

其他卫生器具，如污水池或污水盆，设于集体宿舍盥洗间、卫生间及厕所等，目的是洗刷污物、冲洗拖布等。

卫生器具的安装应按表1 -3 执行。

表1 -3 卫生器具的安装高度

卫生器具名称	卫生器具边缘离地面高度	
	居住和公共建筑	幼儿园
	(mm )	(mm )
架空式污水盆（池）（至上边缘）	800	800
落地式污水盆（池）（至上边缘）	500	500
洗涤盆（池）（至上边缘）	800	800
洗手盆（至上边缘）	800	500
洗脸盆（至上边缘）	800	500
盥洗槽（至上边缘）	800	500
浴盆（至上边缘）	480	—
蹲、坐式大便器（从台阶面至高水箱底）	1800	1800
蹲式大便器（从台阶面至低水箱底）	900	900
坐式大便器（至低水箱底）		
外露排出管式	510	—

续表

卫生器具名称	卫生器具边缘离地面高度	
	居住和公共建筑 (mm )	幼儿园 (mm )
虹吸喷射式	470	370
坐式大便器（至上边缘）		
外露排出管式	400	—
虹吸喷射式	380	
大便槽（从台阶面至冲洗水箱底）	不低于2000	—
立式小便器（至受水部分上边缘）	—	
挂式小便器（至受水部分上边缘）	100	
小便槽（至台阶面）	—	
化验盆（至上边缘）	600	
净身器（至上边缘）	450	
饮水器（至上边缘）	200	150
	800	—
	360	—
	1000	—

四、地漏

地漏用铸铁或塑料制成，在排水口处盖有篦子，地漏用于排除室内地面的积水。在厕所、盥洗室、卫生间及其他房间需从地面排水时，应设地漏。地漏应设在易溅水的器具附近及地面的最低处。地漏的顶面标高应该低于地面5 ~10 毫米，地漏水封深度不得小于50 毫米，室内地面应有不小于0.01 的坡度以利排水。有些使用者误将地漏的篦子和钟形罩取掉，以为这样排水更为通畅，其实这是不正确的。这种做法的结果使得地漏成为通气管，大量的有害有毒气体会侵入室内，对身体健康造成危害。

第四节 水泵与贮水池

一、水泵

水泵是一种输送液体并增加液体能量的水力机械，它将原动机的能量转化为液体的能量，使液体获得动能或势能。水泵按其工作原理分为叶片式水泵、容积式水泵和其他水泵三类。叶片式水泵对水流的输送是靠装有叶片的叶轮高速旋转而完成的，离心式水泵就是叶片式水泵的一种。在建筑给水排水工程中，最常用的便是离心泵。离心泵中最主要的部件便是叶轮。叶轮的形式可分为闭式（用于清水）、半开式和开式（用于污水）三种。离心泵除叶轮外，还有泵壳、泵轴、轴承及填料函（盘根箱）等。

水泵启动之前，应首先将泵壳及吸水管路中充满水，以排除积存的空气。叶轮转动时，充满于叶片之间槽道中的水由于离心力的作用从叶轮中甩向泵壳，使水获得功能和压力能。由于泵壳呈蜗壳形，沿水流方向的断面逐渐扩大，所以水进入泵壳后流速逐渐减小，部分动能转化为压力能，因而水泵出口处的水就具有较大的压力。由于泵壳的水压大于压水管，叶轮进口处及吸水管内形成真空，在大气压力的作用下，水可以源源不断地经吸水管进入泵内，继续前述的工作过程。图3 -5 为离心泵和管路附件安装示意图。

1．转速与比转速

转速是指水泵叶轮的转速，以 $n$ 表示，单位为转/分钟，各种泵的转速都是设计给定的，当实际转速与设计转速不同时，水泵的其他参数，如 $Q$ 、 $H$ 、 $N$ 等，都将按一定规律变化，即分别与转速的一次方、二次方、三次方成正比。

比转速是这样定义的。按水泵相似原理，把叶片泵分成若干相似泵群，在每一相似泵群里，拟用一台标准模型泵作代表，用这个模型泵的主要参数值 $Q$ 、 $H$ 、 $N$ 和 $n$ 来反映这群的共同特性和叶轮构造。模型泵的确定是这样的：在最高效率下，模型泵的转速 $n_s$ 所对应有效功率为 $N_M = 1$  马力，扬程 $H_M = 1$  米，流量 $Q_m = 75 / (\sqrt{H_m}) = 0.075$  米<sup>3</sup>/秒，我们将这时模型泵的转速 $n_s$ ，为这群实际泵的比转速。比转速 $n_s$ ，按下式计算

$$n_s = \frac{3.65 \cdot Q}{H^{3/4}}$$

上式中， $n$ 、 $Q$ 、 $H$  的单位分别为转/分钟、米<sup>3</sup>/秒及米。

$n_s$  值随 $H$  增大而减少，随 $Q$  增大而增大，这说明比转速的泵扬程大而流量小；反

之则泵扬程小而流量大。

2．允许吸上真空高度

允许吸上真空高度是指外界处于一个大气压条件下，水温为20℃时，水泵进口断面处允许达到的最大真空度，以字母 $H_s$ 表示，当外界汽压及水温变化时， $H_s$ 应加以修正。

吸水管内的真空度过大，部分液体水将会发生气化而产生大量气泡，另外，一部分溶解在水中的氧也会逸出形成气泡，造成冲击和腐蚀水泵部件的不良后果。为防止这一现象发生，对水泵内所形成的真空度需要加以限制。允许吸上真空高度 $H_s$ ，就是反映这一因素条件的。

二、水泵选择

选择离心泵时应已知用水量 $Q$ 及所需扬程 $H$ ，另一方面，还应对离心泵的有关特性曲线有所了解，并同时考虑其他技术经济条件。

水泵的流量在仅设水泵的建筑给水系统中，为保证供水的安全可靠性，应把给水系统的设计秒流量作为水泵的流量值。

在设水泵和水箱的联合系统中，由于水箱的调节作用及水泵可实行开闭自动化，所以水泵的流量可取最大小时用水量或平均小时用水量作为水泵的流量值。

水泵的流量确定后，应考虑吸水管的水流速度值满足规范要求。吸水管的水流速度应使吸水管的水头损失尽量减小，以满足允许吸上真空高度的要求，防止水泵吸不上水。水泵的出水管流速，则应根据水泵扬程和管网水头损失大小、工作情况和经济效果等因素确定。

水泵的扬程应满足管网中最不利点处（或消火栓）所需水压的要求。分下列两种情况：

1．水泵直接由室外给水管网抽水，这时水泵扬程为

$$H_b = Z + H_2 + H_3 + H_4 - H_0$$

式中  $H_b$ ——水泵所需扬程（ $mH_2O$ ）；

$Z$ ——水泵几何升水高度，即自连接引入管处室外给水管网的管径轴至最不利点处（或消火栓）间的垂直距离（ $m$ ）；

$H_2$ ——吸水管和出水管内的总水头损失（ $mH_2O$ ）；

$H_3$ ——水表水头损失（ $mH_2O$ ）；

$H_4$ ——最不利点处（或消火栓，或水箱最高设计水位）所需的流出水头

( $\text{mH}_2\text{O}$ ) ;

$H_0$ ——资用水头，即引入管处室外管网的最小压力 ( $\text{mH}_2\text{O}$ ) ;

2. 水泵从贮水池抽水时，水泵总扬程为：

$$H_b = Z_1 + Z_2 + H_3 + H_4$$

式中  $Z_1$ ——水泵吸水几何高度，即泵轴至贮水池最低水面间的垂直距离 (m) ;

$Z_2$ ——水泵压水几何高度，即泵轴至最不利点处的垂直距离 (m) ;

$H_b$ 、 $H_3$ 、 $H_4$  意义同前。

知道了建筑物的流量及扬程要求，即可根据水泵的特性曲线选择水泵。水泵的特性曲线是指在水泵转速 $n$  为定值的情况下，流量与扬程的关系  $Q-H$ ，流量与效率的关系  $Q-\eta$ ，流量与功率的关系  $Q-N$ ；此外，还给出了水泵的高效工作区及水泵允许吸水真空高度  $H_s$  与流量  $Q$  的曲线关系。

除以扬程和流量两参数来选水泵以外，还应考虑其他技术经济条件。

水泵应尽量设计成自灌式充水，以保证水泵可迅速投入运转，提高自动启动的可靠性程度。若采用非自灌式也应采取有效技术措施，以便自动控制。

对于重要的建筑物，应考虑设置备用水泵，对一般民用建筑允许短时间间断供水的情况，可不设备用机组。对于生产和消防所需的备用水泵，应按生产工艺要求和防火规范要求确定。

水泵直接从室外抽水，有许多优点，如可节省耗电，减少水泵扬程，省去贮水池、吸水井等构筑物，节约投资，节约用地。但是，直接抽水有可能因回流而污染城市生活饮用水管网和造成室外给水管网水压局部下降，影响附近用户用水，因此，城市供水部分一般不允许水泵直接抽水。在有条件的情况下，权衡利弊，宜直接抽水，如消防水泵使用机率小，对城市给水管网的影响是偶然的、暂时的，这时宜直接抽水。又如，供水管为大干管时，水泵也可直接抽水，这样直接抽水对室外管网的影响是很小的。为保证消防时的水压要求和避免因水泵吸水而使室外给水管网造成负压，必须保证室外给水管网有足够的压力。同时，也应考虑室外给水管网处于最大压力时水泵的工作情况。

当水泵抽水量大不宜从室外管网直接抽水时，需建造贮水池，水泵从贮水池中抽水。这种方法不能利用城市供水管网的水压、水泵耗用多余电能，并且贮水池的水质也容易被污染。高层建筑、大型公用建筑一般用这种方式。

水泵一般设置在底层或技术层（也称设备层）中，水泵的基础、联接水泵的管道、管道的支架均应采取防振和隔振措施。水泵房应干燥，光线应充足，水泵的布置应符合规范要求，便于安装、检测和维护。



### 三、贮水池

贮水池是贮存水量并调节供水量的给水构筑物。贮水池有高架水池、地面水池和地下水池几种。贮水池的贮水容积根据供水对象的用水情况及室外管网的供水可靠程度确定，生产及消防贮水容积由生产工艺和防火规范要求确定。贮水池的调节容积按流入水池的水量和水泵工作情况确定。

贮水池的有效容积为水池的调节容积和贮水容积之和，即：

$$V_g = (q_b - q_e) T_b + V_y$$

同时应满足条件

$$(q_b - q_e) T_b \geq q_e T_t$$

上两式中

- $V_g$ ——贮水池有效容积 ( $m^3$ )；
- $q_b$ ——水泵出水量，即建筑物的所需供水量 ( $m^3/h$ )；
- $q_e$ ——水池进水流量 ( $m^3/h$ )；
- $T_b$ ——水泵运行时间 (h)；
- $T_t$ ——水泵停止工作时间 (h)；
- $V_y$ ——由生产工艺和消防规范要求的贮水容积 ( $m^3$ )。

贮水池应设带水位控制阀的进水管、溢水管、排水管（地面式水池）、通风管、水位显示器或水位报警器和检查人孔。水池应分成二格，以便清洗和检修，同时还应考虑水池的防污染和防腐坏措施。

## 第二章 室外给水工程

水是人们日常生活及进行生产活动不可缺少的物质，如果没有水，人类就无法生存下去。在现代科学技术高速发展的今天，随着人们生活水平的日益提高，人们对于各种用途的水的要求越来越高。室外给水工程的任务就是提供城镇、厂矿、交通运输及生活方面的用水，并且满足用户在水量、水质及水压等方面的基本要求。

### 第一节 给水工程概论

#### 一、给水工程系统的组成

给水工程是为满足城镇居民及工业生产等方面的用水需要而建造的工程设施，其所提供的水在水量、水压和水质方面的指标应适合各种用户的不同要求，因此，给水工程的任务是自水源取水，经过净化并达到水质标准后，再输送到用户。

给水工程系统通常可分为三部分，即取水工程、净水工程和输配水工程，如图2 - 1 所示。

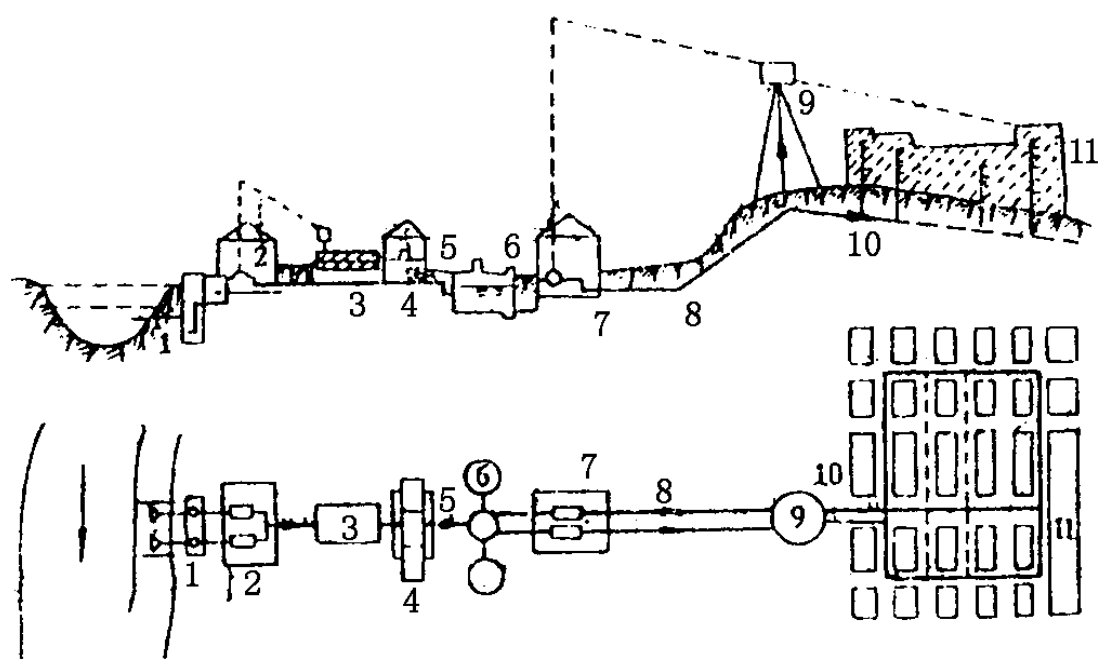


图2 -1 给水工程系统的组成

- 1 - 取水构筑物 ;2 - 一级泵站 ;3 - 沉淀设备 ;4 - 过滤设备 ;5 - 消毒设备 ;  
6 - 清水池 ;7 - 二级泵站 ;8 - 输水管道 ;9 - 水池 ;10 - 配水管网 ;11 - 住宅区

取水工程的任务是保证取得足够水量和良好质量的原水。包括选择水源、保护水源、选择取水地点和建造适当的取水构筑物等。

净水工程的任务是对天然水进行处理，使水质满足饮用水或其他工业用水的水质标准。包括选择处理方法、建造处理构筑物等。

输配水工程的任务是将满足水质的水输送到各个用水地点，并保证有足够的水量和水压。包括敷设管道、设立泵站、建造水塔、水池等调节构筑物。

如图2 -1 所示，取水构筑物由河中取水，取水位置应设在河流的上游，一级泵站将从河中取得的水送到沉淀或澄清设备中，经过过滤设备后，再对水进行消毒，经过净水处理后的满足水质要求的水便流入清水池，二级泵站从清水池中吸水，将水送至输配水管网中去以供用户使用。这一过程中全套构筑物组成的系统，便是水厂或净水站。

输配水管网中设有水塔或高地水池，其目的是调节用水量并维持管中有一定的水压。输配水工程中，输水管道及配水管网管道通常距离较长，投资较大。因此，输配水管道工程的设计与施工应该受到人们的重视。

给水系统的组成与水源的选取有着直接的联系。图2 -1 是以河流为水源的给水系统的组成情况。当以地下水为水源时，由于地下水的水质情况较好，就无需复杂的净化工艺过程甚至不需净化，为了防止水在输配水管网中污染，保证饮用水的卫生要求，只需经简单的氯化消毒，使管网末梢剩余氯含量达到标准即可。这种以地下水为水源的给水系统的组成便大为简化了。

若供水量不大、且条件许可时，可利用山区高处的泉水作水源，这时不仅可省去净水处理构筑物，而且可省去一级泵站。

## 二、供水对象与用水定额

给水系统的任务是向各用户供水，满足用户对水量、水质及水压的要求，并且做到经济合理和安全可靠。给水系统的供水对象有城镇居住区、工厂、矿山、车站、码头、公共建筑等，供水对象对水量、水质及水压的要求各不相同，概括起来有以下几种用水类型：

生活饮用水：生活饮用水主要指居民的生活用水、工业企业职工生活用水、淋浴用水及公共建筑物用水等；

生产用水：生产用水主要用于生产，例如冷却用水、洗涤用水等；

消防用水：消防用水是发生火灾时用于灭火的用水；其特点是用水量大，用水时间短，且对水压要求较高；

市政用水：市政用水包括街道洒水、绿化浇水等。

除上述几种用水类型外，给水系统本身也需一定的用水量，如水厂的自身生产工艺过程的用水等。

不论是何种用水类型，它们都要消耗给水系统中的水量，为使给水系统能够供给足够的水量，合理地确定各供水对象的用水量便显得十分重要。各类用水量的计算一般以用水定额为依据。用水定额亦称用水量标准，它是对不同的用水对象，在一定时期内制订的相对合理的单位用水量的数值标准。通常，用水定额的数值均在一定的范围内变化。用水定额按规范分为以下几种：

居住区生活用水定额：居住区生活用水量标准常以升/人·日计，它的数值受到许多因素的影响，如建筑卫生设备的完善程度、居民的生活习惯、地区的气候条件、供水管理水平以及给水系统中的水压变化情况等，因此用水定额常以最高日用水量、平均日用水量等数值表示。平均日用水量是指一年的总用水量除以全年供水天数所得的数值。最高日用水量是指一年中最大一日的用水量。用水定额可查室外给水规范中的有关部分。

工业企业用水和职工生活用水定额：工业生产用水量随生产性质、设备类型、工艺流程等不同而异。

公共建筑用水定额：它是指旅馆、医院、浴室、游泳池、学校、剧院等公共设施的用水量定额。

消防用水定额：消防用水量按扑灭火灾所需的实际消防用水量及同时扑灭火灾的数目确定，其标准应参照防火规范的要求。

市政用水定额：市政用水量与城市建设规模、城市的文明程度、城市的地理位置等因素有关，一般按实际情况和有关部门规定确定。

确定了供水对象及其用水量后，便可进行给水工程的设计规划。

### 三、水质及水压的要求

为保障人民的身体健康，满足生产的需要，供水的水质必须达到一定的质量标准，这一标准随着科学技术水平的提高而提高。水质的好坏应以水的物理、化学及生物等方面的指标衡量，不能凭感官来判断。生活饮用水除要求清洁透明外，还有化学、细菌学及毒理学等数项指标。生产用水的水质要求一般由生产过程中水的用途而定。消防用水一般对水质无要求。

给水系统的水压应能满足给水管网中最不利点处的最小服务水头的要求。

## 第二节 水源选择与取水构筑物

修建给水工程，应确定给水水源。水源的选择与保护，是给水工程中重要的工作之一。水源选择的合理，对于确保优质、安全、可靠地供水及降低供水成本，减少给水工程的投资有着重要的意义。对所选水源加强防护工作也是保证供水质量的重要措施。

### 一、水源的类型

给水水源分为地下水源和地表水源两大类。地下水源是由大气降水渗入地层和地面水渗入地下所形成的。地下水源包括：上层滞水、潜水（无压地下水）、自流水（承压地下水）、裂隙水和泉水等。渗入地下水源水量的多寡与降雨量、降雨强度、降雨持续时间、地表径流和地层构造及地层透水性有关，而地下岩层的含水量的多寡则与岩石的地质年代有关。地下水埋藏于地表以下，水在地下流动过程中，由于地层的吸附、过滤等作用的影响，一般具有水质清洁、无色无味、水温稳定、不受外界环境污染等优点，但是，地下水的含矿物、盐类较高，硬度较大，有时还含有过量的铁、锰等元素，并且采用地下水水源时，不可超过其开采储量。

地表水源主要是指江河水、湖泊水和海洋，地表水来源于大气降水，如雨雪等。另外，人工建造的水库也是地表水源。地表水源的水资源丰富，水量充沛，取用方便，矿化度及硬度较低。地表水由于受各种因素的影响，一般浑浊度较高、细菌量高、水温变化较大，易受环境污染。另外，地表水的水量因各地条件不一、水源状况各异的影响，其水量变化幅度较大，有些河流的洪水期流量与枯水期流量甚至相差几十倍以上，这使得取水工程的复杂程度增加，工程投资也较大。

### 二、水源的选择与保护

水源的选择应进行调查研究，全面了解水源的水文、气象、地形、地质及水文地质条件。进行水源勘测和水质分析，通常应考虑下列因素，以确定给水水源。

1．给水水源的水量应充沛，能够满足给水工程中用水量的要求

地下水源的取水量不应大于其开采储量，对于河流的取水量，不应大于河流枯水期的可取水量。

2．给水水源的水质应良好

选择水源时应掌握水源的水质资料，将影响水质的因素弄清楚，研究水源污染物的来源及处理防治的措施。作为生活饮用水应符合国家有关生活饮用水的卫生标准，由于一般的净水处理工艺对于原水中化学成分的除去效果不明显，所以在选择水源时，水源水的毒理学指标值应符合饮用水水质标准。若水源的水质达不到水质毒理学指标时应当采取其他处理工艺进行净水处理。作为生产用水的水源水质，可根据具体生产工艺的要求确定。

3．给水水源应便于防护

水源周围的环境卫生状况应进行调查，建立水源卫生防护地带，保证水源不受外界污染。水源是人民生活和工农业发展的宝贵财富，保护水源不受污染是一项重要的工作，国家专门颁布有保护水源的规定，选择水源时应严格执行。

总之，水源选择与防护是一项复杂的工作，必须认真调查研究，全面对比分析，做到合理、经济、安全、可靠，并且便于管理。

三、取水构筑物

取水构筑物是取集原水而设置的各种构筑物的总称，它是给水工程中的重要组成部分。取水构筑物按水源的不同分地下水取水构筑物和地表水取水构筑物两种类型。

地下水取水构筑物分垂直式和水平式两类。垂直式取水构筑物有管井、大口井、井群等，水平式取水构筑物有渗渠、引泉池等。管井是一种用凿井机开凿到含水层，用井管保护井壁的垂直于地面的直井，特别是井的口径小，深度大。大口井与管井类似，只不过其口径较大、深度较浅。井群是由数个井组成的取水构筑物。渗渠是一种壁上开有孔用来集取浅层地下水的水平管渠。引泉池与渗渠相似，它是集取泉水的构筑物，也称泉宝。

地表水取水构筑物分固定式和移动式两类。固定式取水构筑物有岸边式和河床式两种。移动式取水构筑物有缆车式和浮船式两种。岸边取水构筑物直接从岸边进水口取水，而河床取水构筑物是从河心进水口取水。

取水构筑物类型的选择应根据所选水源的种类，根据水文、地质、气象和水文地质等情况，具体选定取水构筑物，同时还应比较其经济投资、管理方法等因素，从而确定取水构筑物，以满足给水工程的要求。

### 第三节 水质与给水处理

#### 一、给水水源的水质及用户对水质的要求

天然水源，无论是地表水还是地下水，都含着不同的杂质。水源中这些杂质按其颗粒的大小及存在的形态可将杂质分为悬浮物质、胶体物质和溶解物质三类。这些杂质按其性质还分为无机物、有机物和微生物三类。

悬浮物包括无机悬浮物（如泥沙、大颗粒粘土或矿物质等）和有机悬浮物（如水草、藻类浮游生物的繁殖和死亡残骸等）。悬浮物的特征是在动水中呈悬浮状态，在静水中则轻者上浮、重者下沉。

胶体物质分为无机胶体物质（如粘土胶体、硅酸胶体等）和有机胶体物质（如腐殖胶体和各种蛋白质等）。胶体杂质的特征是在动水、静水中都相当稳定（在无电解质物质条件下），不会自然沉淀。胶体杂质不仅使水浑浊，有些还会使水带上颜色。

溶解物质有以分子状态存在的物质，如氧（ $O_2$ ）、二氧化碳（ $CO_2$ ）；有以离子状态存在的物质，如钙离子（ $Ca^{+2}$ ）、镁离子（ $Mg^{+2}$ ）、铁离子（ $Fe^{+2}$ ）、锰离子（ $Mn^{+2}$ ）、碳酸根（ $HC_3^{-1}$ ）及氯根（ $CL^{-1}$ ）等。溶解杂质的特点是不能用机械的、物理的或凝聚的方法将其除去。

为鉴别水源中的杂质成分、含量以及变化情况，须对水进行水质分析，水质分析包括对水作物理学、化学、生物学及毒理学分析。

水的物理性质有水温、悬浮固体、嗅味、浑浊度及色度等几方面。浑浊度是指水中悬浮物和胶体杂质对光线透射时所产生的阻碍程度，它与水中的杂质含量、尺寸大小和形状，以及杂质表面反射性质有关。所以尽管水中杂质含量相同，但它所形成的浑浊度却并不一定相同。通常用1升水中含有1毫克白陶土（或高岭土）时发生的浑浊程度为浑浊度的一个单位，它间接表示了水中所含杂质的含量。

水的化学性质有pH值、碱度、硬度、耗氧量、溶解氧、各种盐类以及铅、汞的含量等几个方面。水中钙、镁盐类构成水的硬度，硬度虽然对人体健康并无害处，但使用硬度高的水会给生活及生产带来很多不便，如使容器产生水垢等。

水中细菌的分析也是一项重要的工作，以水为媒介传播的疾病有伤寒、霍乱、痢疾等，为保护人体健康，对水中的细菌数量需严格控制。

天然水源的水质离用户对水质的要求还有差别，用户对水的水质要求与用水用途有着密切关系。生活饮用水的标准对水质要求是，水质应为无色、无臭、无味、不浑浊、无有毒害物，特别是应不含传染病菌，生活饮用水水质直接影响人民的健康与安全，其水质必须符合有关规定的要求。生产用水对水质的要求则是依工业企业的具体生产过程的不同而异，如锅炉水的水质应为纯度较高的水，而冷却水却对水温有要求，电子产品用水要求为高纯水等。不管怎样，随着科学技术的迅猛发展及生产工艺的不断更新，生产用水的水质要求标准也会越来越高。

## 二、给水处理的方法

天然水源的水质与用户对水质的要求存在着程度不同的矛盾和差异。水质净化或称水质处理。它的任务就是通过各种必要的工艺手段和方法来改善天然水源的水质，使其达到用户所要求的水质标准。水质处理的方法主要有澄清、消毒和软化等。根据用户对水质的要求及原水的杂质情况，水质处理的工艺方法可以按上述几种方法进行不同的组合，通常，地面水源的水都是上述几种方法联合使用的。

澄清就是降低水的浑浊度，去除水中的悬浮物、胶体物，具体方法有凝聚、沉淀和过滤三种。在澄清过程中所建造的构筑物，称为净水构筑物。

消毒也是水质净化的重要工艺方法，它的处理对象是水中的致病微生物，其主要方法是在水中投入氯气、漂白粉或其他消毒剂，最为常用的是采用加氯的方法。

软化是除去水中钙、镁盐类的一种净水方法，主要有分离子交换法和药剂法两类。现将这几种方法作具体介绍。

凝聚处理也称混凝处理，就是在原水中投入凝聚剂，使原水中所含的各种带有负电荷的细小胶体物质失去稳定性，并和凝聚剂水解之后所生成的带有正电荷的胶体物质互相吸引，从而生成尺寸较大的絮凝体。絮凝体的结构特点是具有很强的吸附能力，它可吸附悬浮物质，还可吸附一部分细菌。絮凝体在凝聚过程中不断长大，从而能利用重力的作用从水中分离以达到分离澄清的效果。凝聚处理包括投药、混合和絮凝三个工艺过程。投药就是在原水中投加可生成带正电荷的胶体物质的药剂，这种药剂称为凝聚剂。混合就是使投加在水中的药剂能迅速均匀扩散以创造良好的水解及凝聚反应条件。最常用的混合方法是在水泵吸水管段上加药，利用水泵的叶轮作用进行混合。絮凝就是使完成初步凝聚的胶体在一定的外力作用下相互碰撞、聚集，以形成沉淀性较大絮状颗粒体的过程，通常絮凝也称反应。絮凝过程一般在反应池中进行。

沉淀是使原水或已经过凝聚作用的水中的固体物依靠重力作用，从水中分离出来的过程。当水中颗粒在沉淀过程中尺寸大小、形状及密度没有改变时，称其为自然沉淀。



自然沉淀时，原水中不加凝聚剂，当原水中的含砂量较大或浑浊度较高时，常在凝聚处理前，在预沉池中进行自然沉淀处理。当水中颗粒在沉淀过程中的尺寸大小、形状和密度有变化时，称为凝聚沉淀或混凝沉淀。凝聚沉淀过程要加入凝聚剂，使原水中的胶体物和悬浮物凝聚成较大的絮凝体，从而达到沉淀的目的。最常见的沉淀构筑物就是平流式沉淀池。集混合、絮凝及沉淀三个工艺阶段在同一构筑物内完成的池子称为澄清池，在澄清池内进行的处理，有时也称为澄清处理。

## 第三章 室内给水工程

### 第一节 室内给水系统概述

#### 一、室内给水系统的分类及其组成

室内给水系统的任务，是根据各类用户对水量、水压的要求，将水由城市给水管网（或自备水源）输送到装置在室内的各种配水点（如配水龙头、生产用水设备、消防设备等）。

室内给水系统按用途可以分为：

**生活给水系统** 专供人们生活饮用、洗涤等用水。水质应符合国家规定的饮用水水质标准。

**生产给水系统** 专供生产用水，如食品加工、锅炉用水、冷却设备等生产过程中用水。水质按生产性质和要求而定。

**消防给水系统** 专供消火栓和特殊消防装置用水，对水质无特殊要求，但要保证水压和水量。

除上述三种系统外，还可根据具体情况组成不同的联合给水系统，如生活 - 生产给水系统；生活 - 消防给水系统；生活 - 生产 - 消防给水系统。

室内给水系统由以下几个基本部分组成，如图3 -1 所示。

**引入管** 是自室外给水管将水引入室内的管段，或自城市管网引入工厂、庭院的进水管。

**水表节点** 水表装设在引入管上，为了便于水表的修理和拆换，在水表前后安装阀门及泄水装置。

**给水管网** 建筑内部输水的管道，由水平干管、立管和支管等组成。

**给水附件** 是指配水龙头或生产用水设备，给水管道上的阀门等。

**升压和贮水设备** 为了保证安全供水，而设置的加压水泵、水箱和贮水池等。

## 二、室内给水系统所需压力

室内给水系统为保证将所需的水量供到各配水点，并保证最高最远的配水龙头（即最不利点）具有一定的自由水头，室内给水管网中必需保证有一定的压力。

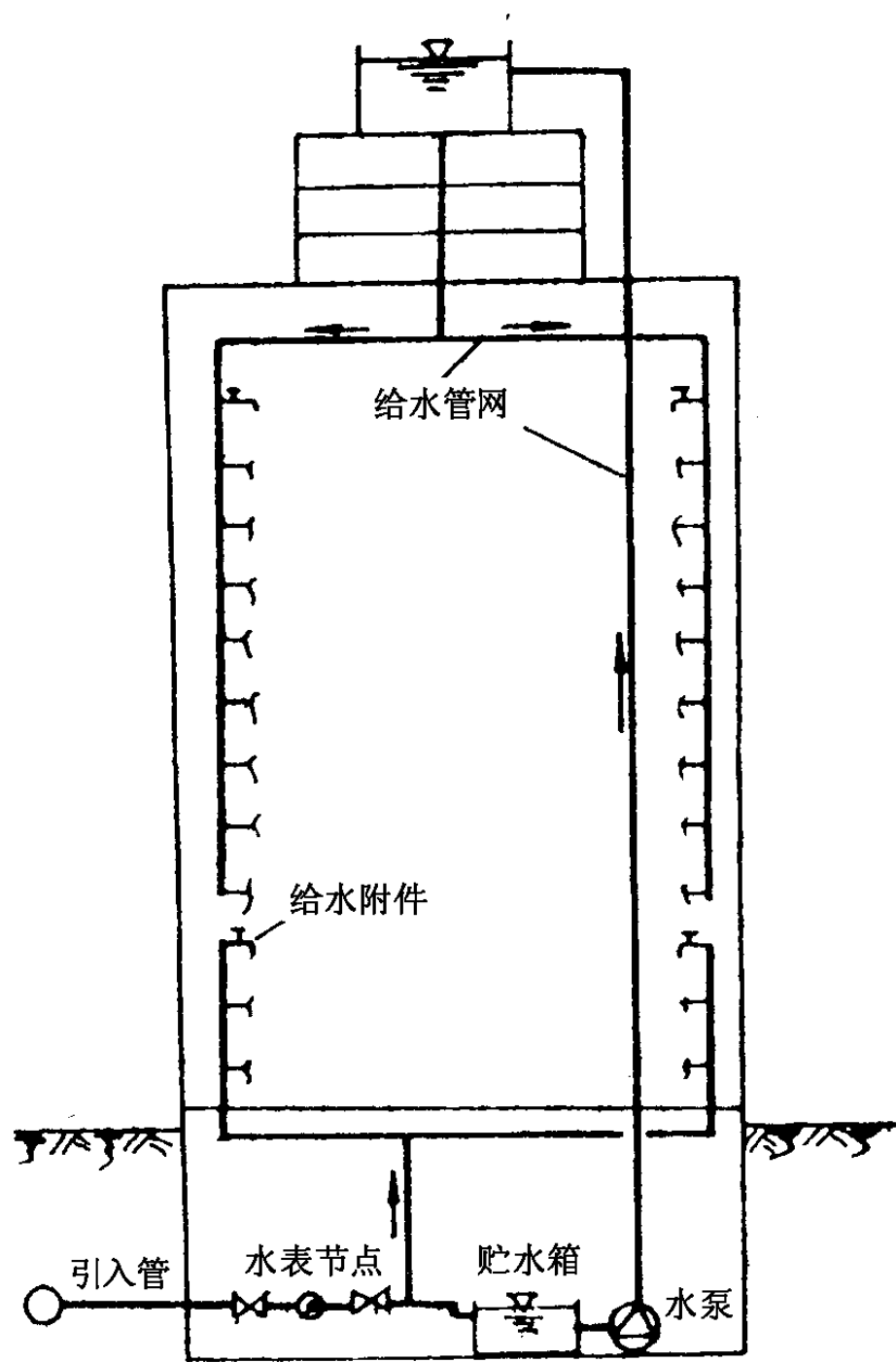


图3 -1 室内给水系统的组成

室内给水系统所需压力，由图3 -2 可知为

$$H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 \text{ (kPa)}$$

- 式中  $H$  ——室内给水系统所需的压力，自引入管起点算起 (kPa) ；  
 $H_1$  ——最高最远配水点与引入管的几何高度 (m) ；  
 $H_2$  ——计算管段的水头损失 (kPa 或  $m \cdot H_2O$ ) ；  
 $H_3$  ——水表节点水头损失 (kPa 或  $m \cdot H_2O$ ) ；  
 $H_4$  ——高最远配水点的自由水头 (kPa 或  $m \cdot H_2O$ ) 。

为了在初步设计阶段能估算出室内给水管网所需压力，对于民用建筑生活用水管网可按建筑层数粗略估计自室外地面算起的最小保证压力。

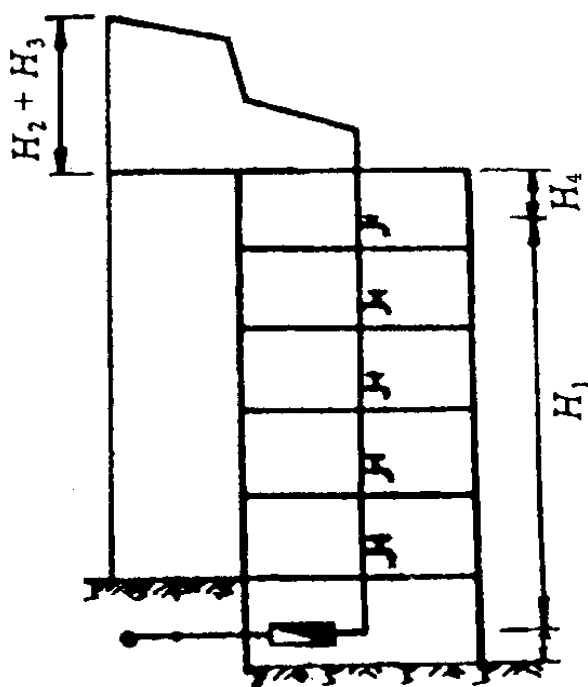


图3 -2 室内给水管网所需压力

### 三、室内给水系统的给水方式

室内给水系统的给水方式，应根据建筑物的性质、高度、配水点的布置情况以及室外管网的水压和水量情况等因素而确定。常用的几种给水方式有以下几种：

#### 1．简单的给水方式

这种给水方式是在室外给水管网的水压在一天内任何时间都能满足室内管网最不利点所需水压、水量的情况下，采用的一种给水方式（见图3 -3）。

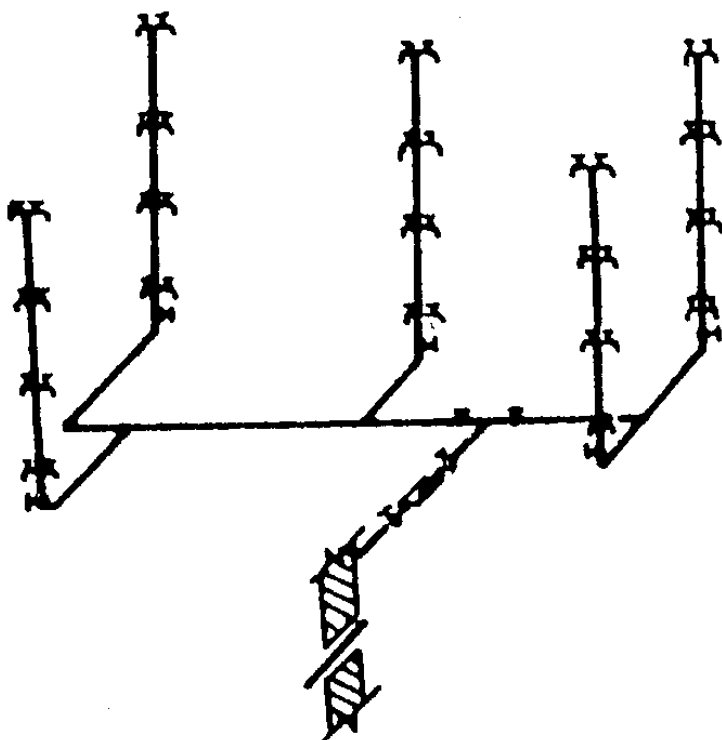


图3 -3 简单的给水方式

2．水泵和水箱联合给水方式

当室外给水管网的压力经常或周期性不能满足室内管网所需压力，或室内用水不均匀时，可采用这种方式（见图1 -14 -9）。

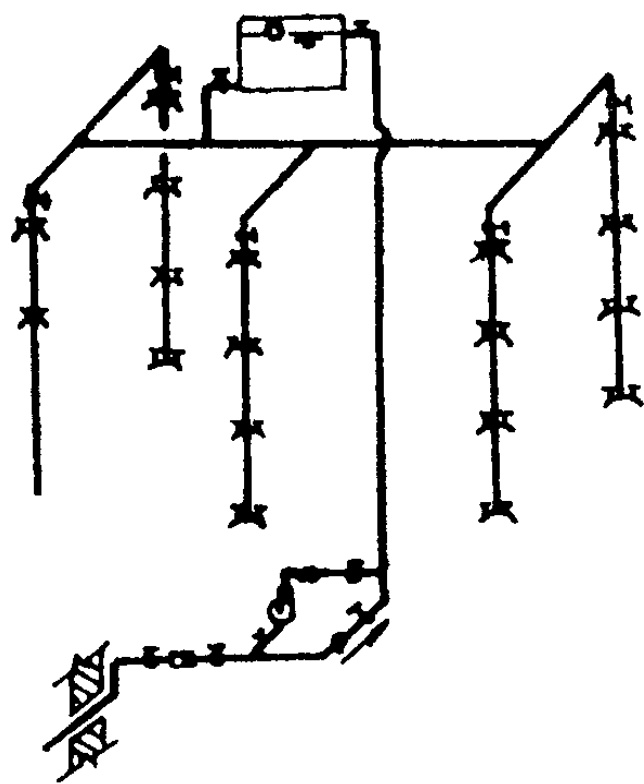


图3 -4 设水泵和水箱的给水方式

在下面两种情况下可单设水箱或水泵。如一天内室外管网压力大部分时间能满足用户要求，则只需设水箱；如一天内室外管网的压力大部分时间不能满足用户要求，而室内用水量较大且比较均匀时，可只设水泵。

3．分区给水方式

在层数较多的建筑中，为了保证高层用水，往往要进行加压。加压后送入水箱，而水箱向下送水时，可能造成下层管道静水压力很大，易造成管道接头和配水附件的破坏。因此，必须进行竖向分区。

另外，给水方式还可以按其水平干管在室内敷设的位置分为以下两类：

(1) 下行上给式

水平干管敷设在底层地面下或专门的地沟内。图3 -3 即为此种形式。

(2) 上行下给式

水平干管敷设在顶层天花板下或吊顶中，自上向下供水。图3 -4 即为此种形式。

四、室内给水管道的布置与敷设

1．给水管道的布置

室内给水管道的布置与建筑物的性质、结构、用水要求及用水点的位置等有关。在布置时要注意以下几点：

- (1) 应力求使管道长度最短，横平竖直，尽量与墙、梁、柱平行，注意美观，便于安装。
- (2) 给水管道应尽量靠近用水量最大处。
- (3) 给水管道不允许敷设在排水沟、烟道和风道内，应尽量避免穿过建筑物的沉降缝。
- (4) 引入管宜从建筑物用水量最大处引入。
- (5) 生产车间的给水管道，埋地时不允许穿过设备基础。架空敷设时尽量不要从设备上面通过，不要妨碍生产操作及车间内交通运输。

2. 给水管道的敷设

根据建筑物的性质及要求，给水管道有明装和暗装两种敷设方式。

明装管道便于施工便于安装和维修，造价低，但影响房间的美观和整洁。一般的民用建筑和厂房多采用明装。

暗装是管道敷设在顶棚内、墙槽、管道井及设备层内。其优点是美观整洁，卫生条件好，但缺点是施工安装复杂，维修不便，造价高。暗装多用于宾馆、高层建筑、精密仪表或电子元件车间。

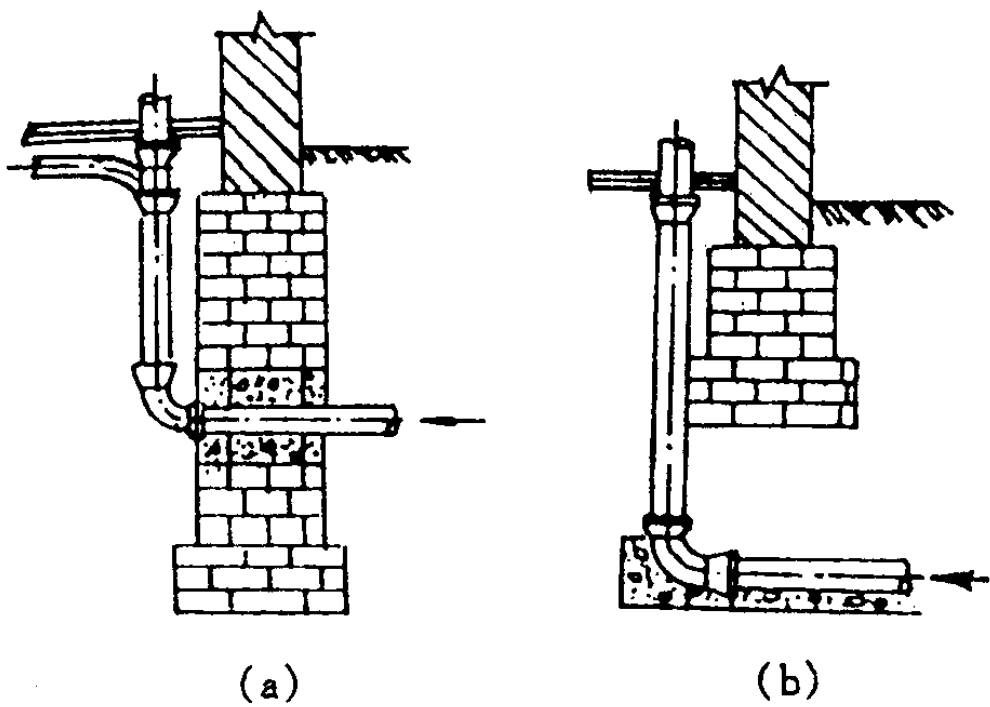


图3 -5 引入管穿墙基础

引入管的敷设，室外部分通常敷设在冰冻线以下200mm，覆土不小于0.7~1.0m的深度。引入管在穿过墙壁进入室内时，可由建筑物外墙基础下面通过（见图3-5a）；也可穿建筑物外墙基础或地下室墙壁进入室内（见图3-5b）。无论采取那种形式都必须保证引入管不因建筑物沉降而受到破坏漏水。为此，在管道穿墙、基础时应预留大于引入管200mm的孔洞，在管外填充柔性或刚性材料，或者预埋套管等。

水表节点一般装设在室外专门的水表井中。

室内管道穿越墙壁、楼板时，应预留管洞。给水管道每隔一定距离，应采用固定配件（支、吊架等）加以固定（见图3 -6）。

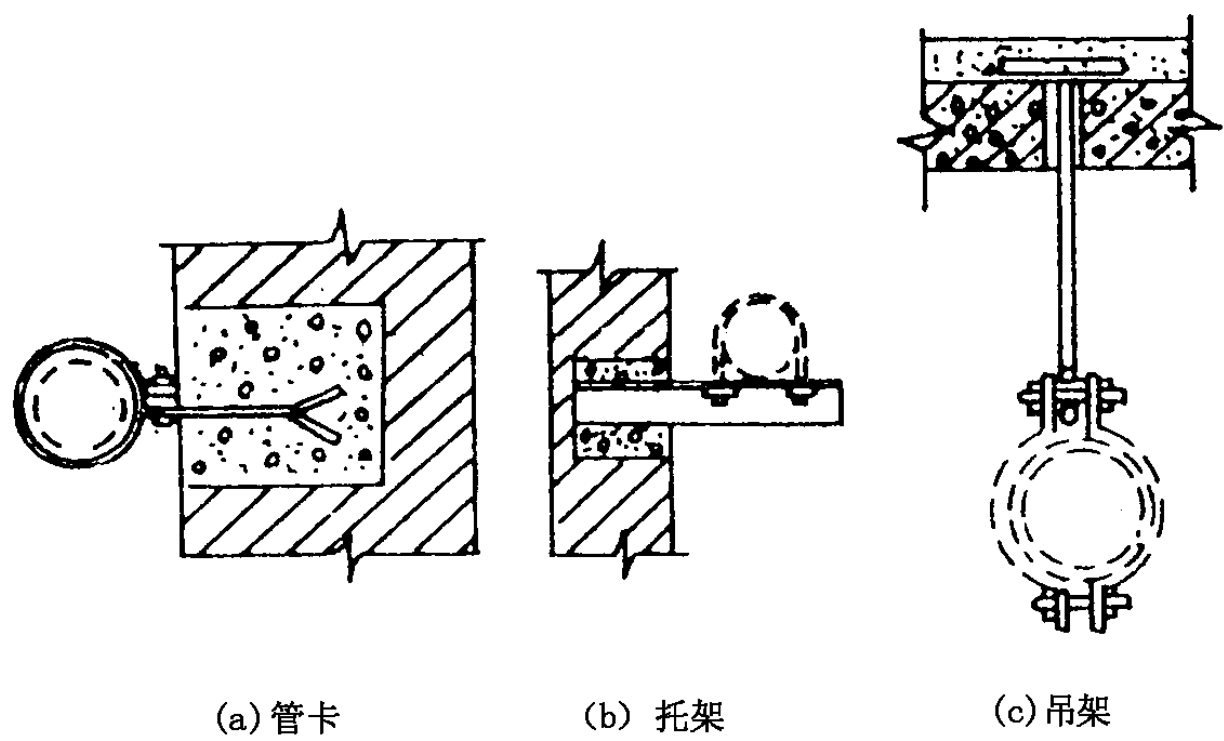


图3 -6 支、吊架

第二节 室内给水系统的水力计算

一、设计秒流量的计算

室外给水管网用最大时用水量进行设计，但这一个具体的建筑物，用水情况不仅一昼夜不均匀，而且“逐时逐秒”地在变化。因此，在设计室内给水管网时，应按设计秒流量计算。

在计算设计秒流量时，引入“卫生器具当量”这一概念。把污水盆上支管直径为15mm 的水龙头的额定流量0.2L/s 作为一个“当量”值，其它卫生器具的额定流量均以它为标准折算成当量值的倍数，即当量数。

各种卫生器具给水的额定流量、当量、支管管径、自由水头。

1. 住宅、集体宿舍、旅馆、医院、幼儿园、办公楼、学校等的生活给水管道的的设计秒流量计算公式为

$$q_g = a0.2 \sqrt{N} + CN \quad (L/s) \tag{3 -1}$$

式  $q_g$ ——计算管段的设计秒流量 (L/s)；  
 $N$  ——计算管段的卫生器具当量总数；  
 $a, C$  ——根据建筑物用途而定的系数，按表3 -1 选用。

如按上式计算出的流量值小于该计算管段上一个最大卫生器具的给水额定流量时，则以这个最大的卫生器具给水额定流量作为设计秒流量。

表3 -1 根据建筑物用途而定的系数 $a, C$  值

建筑物名称	$a$ 值	$C$ 值	建筑物名称	$a$ 值	$C$ 值
住宅	1.15	0.005	学校	1.8	
幼儿园、托儿所	1.2		医院、疗养院、休养所	2.0	
门诊部、诊疗所	1.4		集体宿舍、旅馆	2.5	
办公楼、商场	1.5	0			

2. 工业企业生活间、公共浴室、洗衣房、公共食堂、实验室、影剧院、体育场等的生活给水管道的的设计秒流量计算公式为

$$q_g = \frac{q_0 n_0 b}{100} \text{ (L/s)} \tag{3 -2}$$

式中  $q_g$ ——计算管段的设计秒流量 (L/s)；  
 $q_0$ ——同类型的一个卫生器具给水额定流量 (L/s)；  
 $n_0$ ——同类型卫生器具数；  
 $b$ ——卫生器具的同时给水百分数，见表3 -2。

表3 -2 工业企业生活间、公共浴室、洗衣房卫生器具同时给水百分数

卫生器具名称	工业企业生活间	公共浴室	洗衣房
洗涤盆（池）	如无工艺要求时采用33	15	25 ~40
洗手盆	50	20	
洗脸盆：盥洗槽水龙头	60 ~100	10 ~100	60
浴盆		50	
淋浴器	100	100	100



续表

卫生器具名称	工业企业生活间	公共浴室	洗衣房
大便器冲洗水箱	30	20	30
大便器自闭式冲洗阀	5	3	
大便器自动冲洗水箱	100		
小便器手动冲洗阀	50		
小便器自动冲洗箱	100		
小便槽多孔冲洗管	100		
妇女卫生盆	100		
饮水器	30 ~60	30	30

注：公共饮食业、实验室、影剧院、体育场、游泳池等卫生器具同时给水百分数可参阅 《建筑给水排水设计规范》

二、室内给水系统的水力计算

室内给水管网水力计算的目的是，在已知设计流量的条件下，正确求出管网中各管段的管径、水头损失，并决定室内给水所需压力。

1．管径的求定

已知给水管道设计秒流量，根据流量公式

$$q = \frac{\pi}{4}d^2v$$

(L/s)

(3 -3 )

则管径

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi}}$$

(mm)

(3 -4 )

式中 q ——计算管段设计秒流量 (L/s)；  
v ——计算管段中的流速 (m/s)；  
d ——管径 (mm)。

上式中q 为已知条件，只要确定 v 就可求出d。从上式中可以看出 v 和d 相互制约，对室内给水管道管径的确定应从技术和经济两个方面综合考虑。从经济角度出发，希望管径愈小愈经济，但管径过小，势必造成流速过大。从技术角度出发，流速过大在管网上易引起水锤造成管道损坏，而且噪音很大。因而对室内给水管道的流速必须予以适当控制。设计中采用的流速的正常范围应该是：连接卫生器具的支管为0.6 ~1.2m/s；干管、立管及横管为1.0 ~1.8m/s，对于噪声控制要求较高的建筑物，如宾馆等，应适当降低流速。生活或生产给水管道内的流速不宜大于2m/s；消防给水管道的流速不宜超过2.5m/s。

对于一般建筑，还可根据管道所负担的卫生器具当量数，按表3 -3 估算管径。

表3 -3

管径 (mm)	15	20	25	32	40	50	70
卫生器具当量数	3	6	12	20	30	50	75

2 . 管网水头损失计算

管网水头损失为各段管道的沿程阻力损失和局部阻力损失之和。

管道沿程水头损失为

$$h_y = iL \times \frac{1}{1000} \quad (\text{kPa})$$

(3 -5 )

式中  $h_y$ ——管道沿程水头损失 (kPa 或 m ·H<sub>2</sub>O) ；  
 $i$ ——单位管长的沿程水头损失 (kPa 或 m ·H<sub>2</sub>O) ；  
 $L$ ——管段长度 (m) 。

管段的局部水头损失为

$$h_j = \frac{\sum \zeta v^2}{2g} \quad (\text{kPa})$$

(3 -6 )

式中  $h_j$ ——管段局部水头损失总和 (kPa 或 m ·H<sub>2</sub>O) ；  
——管段局部阻力系数之和，按各种管件及附件的形式，采用不同的数值 ；  
——沿水流方向局部零件下游的流速 (m /s) ；  
 $g$ ——重力加速度 (m /s<sup>2</sup>) 。

一般情况下，局部阻力不进行详细计算，可按给水管网沿程水头损失的百分数估算：

生活给水管网为25 ~30 % ；生产给水管网为20 % ；消防给水管网为10 % ；生活、消防共用的给水管网为25 % ；生活、生产、消防共用的给水管网为20 % 。

在实际设计计算时，沿程阻力损失可直接查水力计算表。

3 . 给水管网水力计算步骤

- (1) 根据建筑物管道平面图绘制给水管网轴测图。
- (2) 根据给水管网轴测图选出要求压力最大的管路作为计算管路。
- (3) 根据流量变化的节点，划分计算管段，进行管段编号，并标明各管段的长度。
- (4) 计算各管段的设计秒流量。
- (5) 列表进行水力计算，查水力计算表，求出各计算管段的直径和水头损失。

除以上基本步骤外，由于给水方式的不同，计算方法和步骤略有差别。

例如对于下行上给式，在计算出水头损失后，再确定建筑物的所需总水头  $H$ ，然后与城市给水管网提供的最小保证水压  $H_0$  进行比较。

若  $H \geq H_0$ ，即满足要求；若  $H_0$  稍小于  $H$ ，可适当放大管径；若  $H_0 < H$ ，则需设水管和水泵。那么还要求定水箱和贮水池的容积，选择水泵。

对于上行下给式，求定的计算管路总水头损失，即为所需水箱底的安装高度。并且要计算各立管，即根据立管各节点处已知压力和立管几何高度，自下而上按已知压力选择管径，并控制流速不要过大。

### 第三节、给水系统中水箱、水泵的选择

为了保证供水的安全性，往往在室内给水系统中设置水箱、水泵及气压设备等增压、贮水及调节设施。

#### 一、水箱

水箱一般用钢板或钢筋混凝土及玻璃钢制作。水箱除箱体外，尚附设下列配件：

进水管 进水管应装设浮球阀或液压水位控制阀，两种阀前均应设阀门，以便水箱检修。进水管至水箱上缘应有150 ~200mm 距离。

出水管 出水管口下缘应高出水箱底150mm，出水管与进水管可以分设，也可以合用一条管道。

溢水管 溢流管口应高于设计最高水位50mm，管径应比进水管大1 ~2 号。

水位信号管 起通报水箱水位的信号。

排水管 为放空水箱和清洗水箱而设置的管路。管口由水箱底部接出连接在溢流管上。

泄水管 起排泄箱壁凝结水作用。

图3 -7 为钢板制做的矩形水箱。

放置水箱的房间应有良好的采光、通风，室温不得低于5℃。为保护水质不受污染，水箱应加盖，并留有通气孔及人孔。

水箱的有效容积，应根据调节水量、生活和消防贮备水量，生产事故贮备水量确定。

式 (3 -7) 为给水系统单设水箱时的水箱容积计算公式

$$V = Qt \quad (m^3) \tag{3 -7}$$

式中  $V$  ——水箱的调节容积 ( $m^3$ ) ;  
 $Q$  ——由水箱供水的最大连续平均小时用水量 ( $m^3/h$ ) ;  
 $t$  ——由水箱供水的最大连续出水小时数 ( $h$ ) 。

对于水泵水箱联合供水方式的水箱容积可按下列式计算

$$V = \frac{Cq}{4K} (m^3) \tag{3-8}$$

式中  $q$  ——水泵出水量 ( $m^3/h$ ) ;  
 $K$  ——水泵一小时内启动次数 (6 ~8 次/h) ;  
 $C$  ——安全系数 ( $C =1.5 \sim 2.0$ ) 。

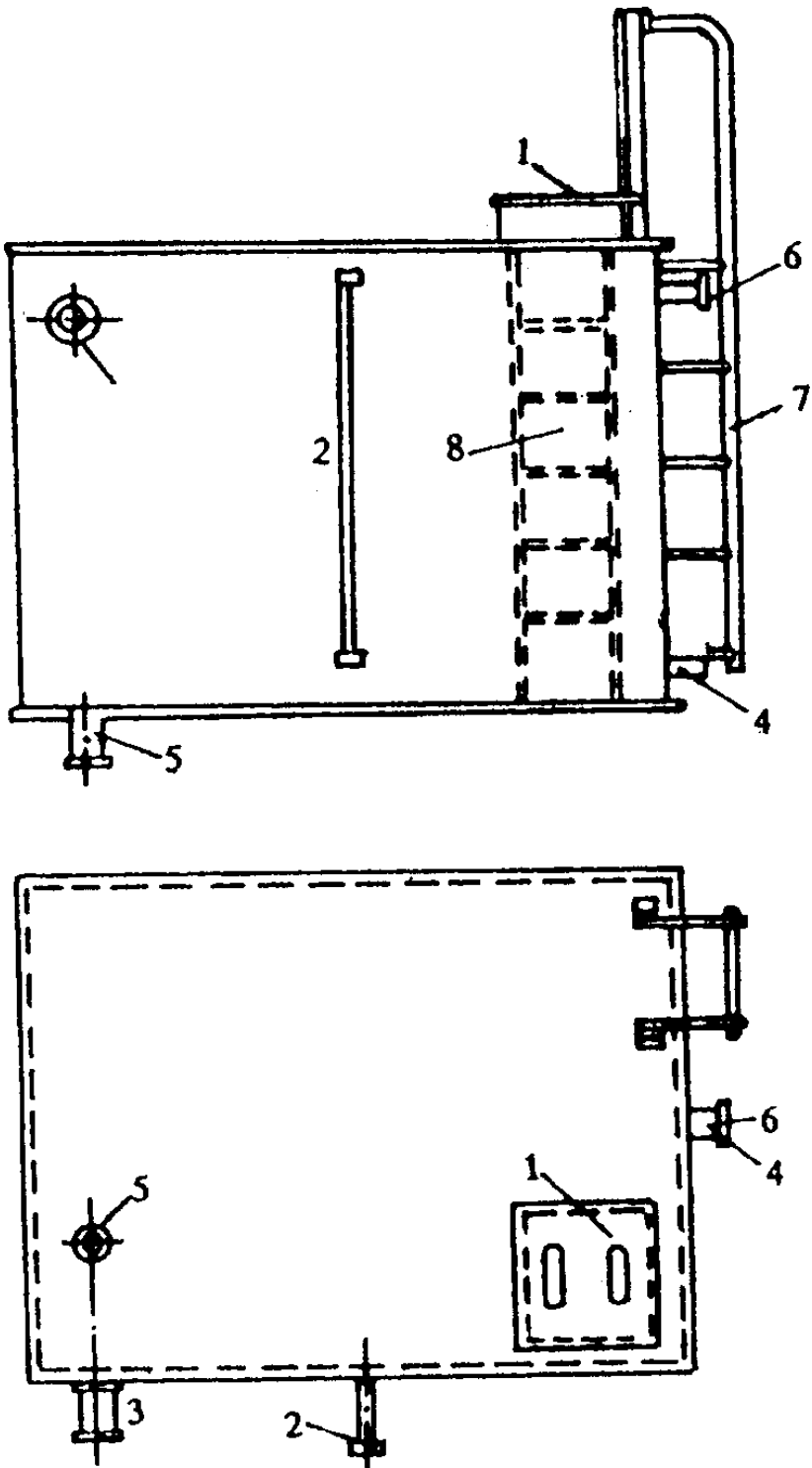


图3 -7 水箱

1—入孔2—水位计3—溢水管4—出水管  
5—泄水管6—进水管7—外入梯8—内入梯

二、水泵

室内给水系统一般采用离心泵。水泵可直接从室外给水管网抽水，也可以从设在室外的贮水池抽水。

室内给水系统中水泵的选择，在单设水泵的给水系统中，水泵的流量按给水系统的设计秒流量确定。在水泵水箱联合供水系统中，由于有水箱的调节作用，水泵的流量可以小一些，一般取最大时用水量或平均时用水量。

水泵的扬程选择必须满足最不利配水点所需水压。对于从室外给水管网直接取水的水泵扬程可按式(3-9)计算

$$H = Z + H_1 + H_2 + H_3 - H_0 \tag{3-9}$$

式中  $H$  ——水泵所需总扬程 (kPa 或  $m \cdot H_2O$ ) ;  
1 ——人孔 2 ——水位计 3 ——溢水管 4 ——出水管  
5 ——泄水管 6 ——进水管 7 ——外人梯 8 ——内人梯  
 $Z$  ——从引入管轴线至最不利配水点的几何高度 (m) ;  
 $H_1$  ——吸水管和压水管的总水头损失 (kPa 或  $m \cdot H_2O$ ) ;  
 $H_2$  ——水表水头损失 (kPa 或  $m \cdot H_2O$ ) ;  
 $H_3$  ——最不利点处配水设施的自由水头 (kPa 或  $m \cdot H_2O$ ) ;  
 $H_0$  ——室外管网的最小保证水压 (kPa 或  $m \cdot H_2O$ ) ;

对于从贮水池抽水的水泵扬程

$$H = Z_1 + Z_2 + H_1 + H_3 \tag{3-10}$$

式中  $Z_1$  ——水泵泵轴至贮水池最低水位的垂直距离 (m) ;  
 $Z_2$  ——泵轴至最不利配水点的垂直距离 (m) 。

## 第四章 室内消防给水系统

作为建筑物固定灭火装置，根据《建筑设计防火规范》 GBJ16 -87 要求，在下列建筑物中应设置室内消防给水系统：

- (1) 厂房、库房（存有与水接触能引起爆炸或助长火势蔓延的物品除外）；
- (2) 容积超过800 个座位的影剧院、体育馆和超过1200 个座位的礼堂；
- (3) 体积超过5000m<sup>3</sup> 的火车站、展览馆、商站、医院等；
- (4) 超过六层的单元住宅和六层其它民用建筑。

室内消防给水系统可分为二类：室内消火栓给水系统，自动喷洒消防系统。  
本章主要介绍室内消火栓给水系统。

### 第一节 室内消火栓给水系统的组成及布置

#### 一、系统的组成

室内消火栓给水系统由水枪、水带、消火栓、管网、消防水泵、水箱、贮水池及水源组成。

水枪是灭火的主要工具，水枪喷口直径有13，16，19mm 三种规格。水带两端分别与水枪和消火栓连接，水带直径有50，65mm 两种。消火栓实为一种内扣式接口的球形阀式龙头，有单出口和双出口两种类型，单出口直径有50，65mm 两种，双出口直径只有65mm 一种。通常把水枪、水带和消火栓合设于消防箱中（见图4 - 1）。

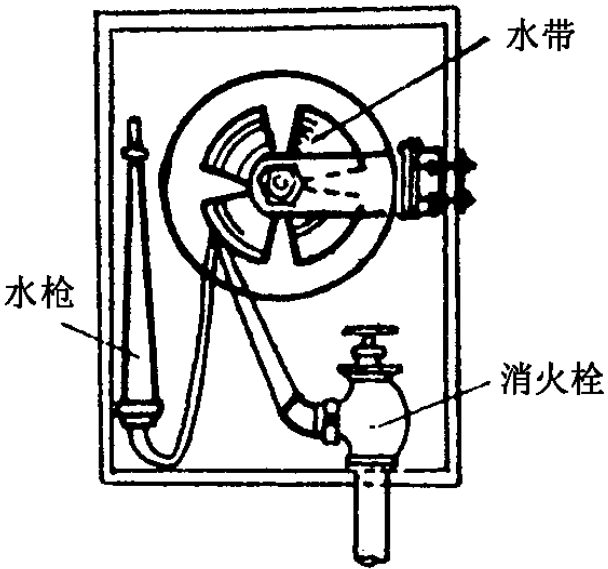


图4 -1 消防箱

#### 二、系统的类型

室内消火栓给水系统有以下三种类型：

- (1) 无水箱、水泵室内消火栓给水系统。当室外给水管网的水量、水压，在一天内任何时候都能满足室内消火栓给水系统的要求，应优先采用这种形式。
- (2) 仅设水箱不设水泵的室内消火栓给水系统。这种形式适用于室外给水管网一天内压力变化较大，但水量能满足室内生活、消防用水的情况。这种方式消防管网应单独设置，水箱可以和生活、生产合用，但要求生活、生产用水不能动用水箱内10min 的存贮水量。
- (3) 设有消防水泵和消防水箱的室内消火栓给水系统。这种方式适用于室外给水管网的水压不能满足消防用水压的情况，水箱只贮备10min 的消防水量。

三、系统的布置

1. 消火栓布置要求

消火栓应布置在建筑物明显易见的地方，如防火楼梯间、走廊等。

室内消火栓的布置，应满足表4 -1 中所规定的水柱股数同时达到室内任何地点的要求。

表4 -1 低层及多层建筑室内消火栓用水量

建筑物名称	高度、层数 体积或座位数	消火栓设 备用水量 (L/s)	水柱 股数 (支)	每支水枪 最小流量 (L/s)	每根立管 最小流量 (L/s)
科研楼试等	高度 24m <sup>3</sup> 体积 10000 m <sup>3</sup>	10	2	5	10
	高度 24m 体积 >10000 m <sup>3</sup>	15	3	5	10
厂房	高度 24m 体积 10000 m <sup>3</sup>	5	2	2.5	5
高度 24m 体积 >10000 m <sup>3</sup>	10	2	5	10	
库房	高度 24m 体积 5000 m <sup>3</sup>	5	1	5	5
	高度 24m 体积 >5000 m <sup>3</sup>	10	2	5	10

续表

建筑物名称	高度、层数 体积或座位数	消火栓设 备用水量 (L/s)	水柱 股数 (支)	每支水枪 最小流量 (L/s)	每根立管 最小流量 (L/s)
车 站、码 头、展 览馆等	5001 ~25000 <sup>3</sup>	10	2	5	10
	25001 ~50000m <sup>3</sup>	15	3	5	10
	>50000m <sup>3</sup>	20	4	5	15
商 站、病 房 楼、 教学楼等	5001 ~10000 <sup>3</sup>	5	2	2.5	5
	10001 ~25000m <sup>3</sup>	10	2	5	10
	>25000m <sup>3</sup>	15	3	5	10
剧 院、电 影 院、 俱 乐 部、礼 堂、 体育馆等 801 ~ 1200 个	10	2	5	10	
	1201 ~5000 个	15	3	5	10
	5001 ~10000 个	20	4	5	15
	>10000 个	30	6	5	15
住 宅 其它民用建筑	7 ~9 层	5	2	2.5	5
	6 层或体积	15	3	5	10
	10000m <sup>3</sup>				
国 家 级 文 物 保 护 单 位 的 重 点 砖 木、 木 结 构 的 古 建 筑	体积 10000m <sup>3</sup>	10	4	5	10
	体积 <10000 <sup>3</sup>	25	5	5	15

当要求一股水柱到达室内任何部位，且消火栓单排布置时（见图4 -2a），其间距为

$$L_1 = \sqrt{R^2 - b^2} \quad (\text{m})$$

(4 -1)

式中 R ——消火栓保护半径（m）；  
b ——消火栓最大保护宽度（m）。

当要求二股水柱到达室内任何部位，且消火栓单排布置时（见图4 -2b），其间距为

$$L_2 = 2 \sqrt{R^2 - b^2} \quad (\text{m})$$

(4 -2)

当要求二股水柱到达室内任何部位，且消火栓双排布置时（见图4 -2c），其间距为

$$L_3 = 2R = 1.41R \quad (\text{m})$$

(4 -3)



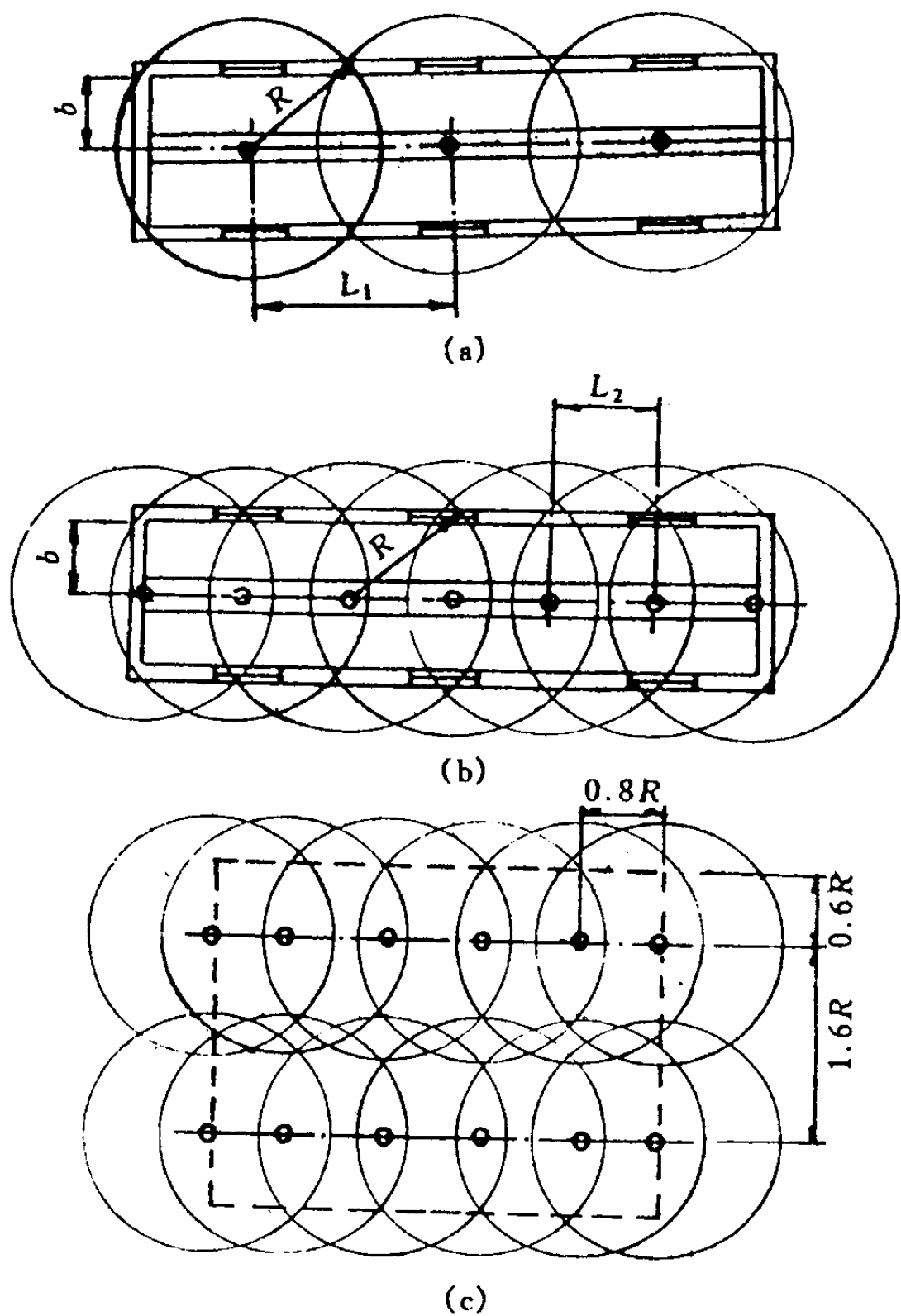


图4 -2 消火栓布置间距

上面三个公式中的 $R$  可用下式计算

$$R = 0.9L + S \cos 45^\circ \tag{4 -4}$$

式中  $L$  ——水带长度 , $0.9$  是考虑到水带转弯曲折的折减系数 ;

$S$  ——充实水柱长度 (m)。

2 . 管网布置要求

一般建筑 , 室内消火栓给水管网常与生活、生产共用一个管网 , 只有在高层建筑中才独立设置消防给水管网系统。

当室内消火栓多于10 个时 , 室内消火栓给水管网应布置成环状 , 并至少布置两条进水管。

第二节 室内消火栓给水系统的计算

室内消火栓给水系统的计算任务主要是确定管网管径、系统所需水压和选定各种设备。

一、消防用水量

低层或多层建筑的室内消火栓给水系统的消防用水量见表4 -1

二、消火栓需要的充实水柱长度

消火栓需要的充实水柱长度是指水枪射流后一定的充实水柱长度。充实水柱长度的确定，要从两个方面考虑，即必须保证充实水柱能射到室内任何地点，又不能过长，否则因射流反作用力过大而使人无法使用。但也不能太短，否则因距火点太近而使人无法将充实水柱射向火区。

水枪充实水柱长度可按下式计算

$$S = \frac{H_h}{\sin} \text{ (m )} \tag{4 -5}$$

式中  $H_h$ ——水枪所在建筑物的层高 (m) ；  
 $\sin$  —— 为水枪射流的上倾角，一般  $=45^{\circ}$ ，且  $60^{\circ}$ 。

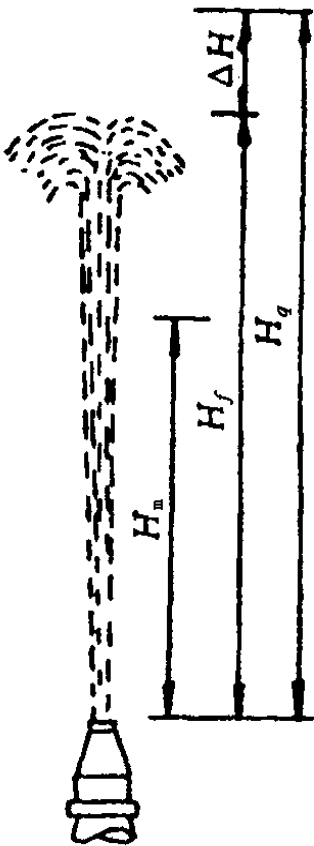


图4 -3 水枪垂直射流组成

三、室内消火栓给水系统的水力计算

1 . 消火枪口所需水压

消火栓口所需水压  $H_h$  可由下式计算

$$H_h = H_q + h_d \text{ (kPa 或 m} \cdot \text{H}_2\text{O )} \tag{4 -6}$$

式中  $H_q$ ——水枪喷嘴造成某充实水柱所需之水压 (kPa 或 m ·H<sub>2</sub>O ) ；  
 $h_d$ ——水流通过水龙带的损失 (kPa 或 m ·H<sub>2</sub>O )。

由于水从水枪喷嘴喷射出来时，受到喷嘴和空气对射流的阻力，所以水枪喷嘴压力与充实水柱高度的关系为

$$H_q = \frac{a_f H_m}{1 - a_f H_m} \quad (\text{kPa 或 m} \cdot \text{H}_2\text{O}) \tag{4-7}$$

式中  $H_m$ ——充实水柱高度 (kPa 或 m·H<sub>2</sub>O) , 可参见图4-3 ;  
 $a_f$ ——实验系数 , 见表4-4 ;  
——与水枪喷口直径有关的系数 , 见表4-3。

表4-2 系数 $a_f$  值

$H_m$ (m)	6	8	10	12	16
$a_f$	1.19	1.19	1.20	1.21	1.24

表4-3 系数 值

$d_f$ (mm)	13	16	19
	0.0165	0.0124	0.0097

水带水头损失可按下式计算

$$h_a = A L_d q_h^2 \quad (\text{kPa 或 m} \cdot \text{H}_2\text{O}) \tag{4-8}$$

式中  $L_d$ ——水带长度 (m) ;  
 $q_h^2$ ——水枪喷口射出的流量 (L/s) ;  
 $A$  ——水带阻力系数 , 见表4-4。

表4-4 水带阻力系数 $A_x$  值

水带材料	水带直径 (mm)		
	50	65	80
麻织	0.01501	0.00430	0.00150
衬胶	0.00677	0.00172	0.00075

为了简化计算 , 可根据表4-5 查得不同水枪喷口直径、不同充实水柱长度、水枪喷口处的压力值和实际流量值。

表4 -5 H<sub>m</sub>、H<sub>q</sub>、q<sub>h</sub> 值

充实水柱  (m )	水枪喷嘴直径 (mm )					
	13		16		19	
	H <sub>q</sub> (m ·H <sub>2</sub> O )	q <sub>xh</sub> (L /s )	H <sub>q</sub> (m ·H <sub>2</sub> O )	q <sub>xh</sub> (L /s )	H <sub>q</sub> (m ·H <sub>2</sub> O )	q <sub>xh</sub> (L /s )
6	8 .1	1 .7	7 .8	2 .5	7 .7	3 .5
8	11 .2	2 .0	10 .7	2 .9	10 .4	4 .1
10	14 .9	2 .3	14 .1	3 .3	13 .6	4 .5
12	19 .1	2 .6	17 .7	3 .8	16 .9	5 .2
14	23 .9	2 .9	21 .8	4 .2	20 .6	5 .7
16	29 .7	3 .2	26 .5	4 .6	24 .7	6 .2

2 . 管网水力计算

消火栓给水管网的水力计算在于确定管网管径和计算管路上的水头损失。其计算公式和室内给水管道相同。计算方法上的不同之处，是室内消火栓给水管网虽有树枝状和环状两种，但由于室内着火点的随机性和消火栓水枪充实射流的固定性，故对树枝状或环状管网均应选择最不利管路上的最不利点，并应保证供给该最不利点所需消防水量和所需充实水柱。对于树枝状管网计算比较简单，对于环状网可假设某条管路断开，变成树枝状进行计算。

3 . 消防贮水池及消防水箱容积计算

(1 ) 消防贮水池的容量可按下式计算

$$V_f =3 .6 (Q_f - Q_L ) T$$

(4 -9 )

式中 V<sub>f</sub>——消防用水容量 (m<sup>3</sup>) ;  
Q<sub>f</sub>——室内、外消防用水总量 (L /s ) ;  
Q<sub>L</sub>——水池连续补充水量 (L /s ) ;  
T ——火灾延续时间，是指消防车开始从水池抽水到火灾基本扑灭为止的一段时间 (h )。

(2 ) 消防水箱的容积可按贮存10min 的室内消防用水量计算。

4 . 消防水泵的选择

室内消火栓给水系统的增压设备常用水泵。其选择主要是确定系统水池最低水位到最不利点灭火设备所需水压和水量。

消防水泵的扬程为

$$H_f = H_1 + H_2 + H_3 \quad (\text{m}) \quad (4-10)$$

式中  $H_f$ ——消防水泵扬程 (m) ;  
 $H_1$ ——水池最低水位到最不利点消火栓口垂直距离 (m) ;  
 $H_2$ ——水泵吸水管、出水管、计算管路的总水头损失 (kPa 或 m ·H<sub>2</sub>O) ;  
 $H_3$ ——最不利消火栓口所需压力 (kPa 或 m ·H<sub>2</sub>O)。  
至于消防水泵的出水量 , 应按计算所得的总消防用水量 , 此值应大于室内消防用水量。

第三节 自动喷洒消防系统

自动喷洒消防系统是一种能自动作用喷水灭火 , 同时发出火警信号的消防给水系统。这种系统主要设在火灾危险性较大 , 火势蔓延很快的场所 , 如棉纺厂的原料成品仓库、木材加工车间、大商店及高层建筑中。

一、系统的组成

自动喷洒消防系统由洒水喷头、洒水管网、控制信号阀和水源 (供水设备) 所组成。见图4 -4 。

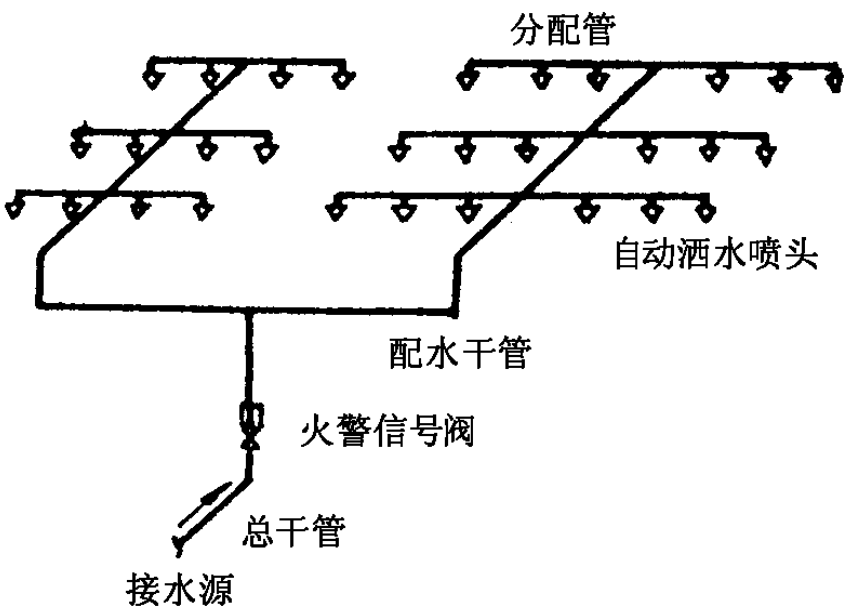


图4 -4 自动喷洒消防给水系统

洒水喷头的作用是在发生火灾时 , 自动打开封闭的喷头喷水灭火。有闭式喷头和开式喷头两种。闭式喷头的喷口是由热敏元件组成的释放机构所密封 , 因此 , 具有感温性

能而自动开启。开式喷头，其喷口是敞开的。

洒水管网从水源到喷头整个系统都是密封的。自动喷洒管网有三种类型，即系统内经常充满水的充水系统（亦称湿式系统）；系统内管道平时充有低压压缩空气的充气系统（亦称干式系统）；以及充气充水交替系统。自动喷洒管网可布置成树枝状，也可呈环状，但环状管网仅限于一组范围内。

控制信号阀的作用是开启和关闭接通水源的管中水流、传感控制系统启动消防泵和启动水力警铃报警。

水源可采取直接从室外给水管网取水或设置水泵、水箱以及贮水池来供给消防用水。

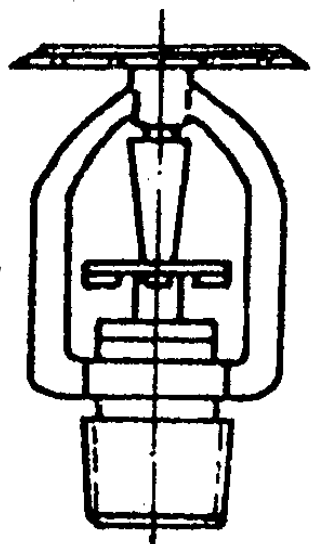


图4 -5 易熔金属元件闭式喷头

## 二、系统的类型

自动喷洒消防系统的类型很多。按喷头的开、闭形式有闭式自动喷洒灭火系统和开式自动喷洒灭火系统。闭式中又分为干式，湿式以及干湿两用系统；开式中又分为雨淋喷水、水幕和水喷雾灭火系统。各种自动喷洒消防系统的适用范围见表4 -6。

表4 -6 各种类型自动喷洒消防系统的适用范围

系统类型		适用范围
闭式系统	湿式自动喷水灭火系统	适用于环境温度为4 ~7 之间的建筑物内 适用环境温度 <4 及 >7 的建筑物内均可使用
	干式自动喷水灭火系统	
	干湿两用自动喷水灭火系统	
开式系统	雨淋喷水系统	适用于严重危险级的建筑物、构筑物内
	水幕系统	适用于建筑物需保护或防火隔断部位
	喷雾灭火系统	适用于飞机制造厂、电气设备、石油加工厂等场所

## 三、水力计算简介

自动喷洒消防系统的消防用水量和水压可根据有关防火设计规范中规定的范围取值。自动喷洒消防系统的水力计算也是选定管径、确定计算系统中计算管路的总水头损失、确定系统实际消防用水量和所需压力，以及选择水泵等增压设备、确定水箱、贮水池容积。其计算方法和室内消火栓给水系统基本相同，只是在具体计算步骤上，因系统的类型不同而有所差异。

## 第四节 其它灭火装置简介

用水作为消防手段是消防的主要方法，但在一些特殊情况下，由于建筑物的功能不同，其中贮存的物质或生产过程中，在发生火灾时用水扑救，不但不能灭火，甚至会造成更大危害，如引起爆炸等。这时必须采取其它灭火手段。本节将对这些手段或装置做一简要介绍。

### 一、干粉灭火系统及泡沫灭火系统

干粉灭火系统是以一种干燥的、易于流动的细微粉末作为干粉灭火剂而进行灭火的系统。干粉灭火剂在发生火灾时，会形成粉雾而扑灭燃烧物质表面火灾。干粉灭火具有灭火后损失小、可长期贮存等优点。

泡沫灭火系统是用泡沫灭火剂，使其与水混溶后产生一种可漂浮、粘附在可燃、易燃液体、固体表面，或者充满某一着火物质的空间，达到隔绝、冷却燃烧物质灭火。

泡沫灭火系统可分为固定式和移动式两种，由于其具有灵活性因而广泛用于油田、油库、汽车库等流动分散的场所。

### 二、卤代烷灭火系统

卤代烷是一种低级烷烃中氢原子被卤族元素F、Cl、Br取代后的化合物。这些化合物都具有不同程度的灭火能力，因此统称为卤代烷灭火剂。

卤代烷灭火剂的化学名称比较长，如 $\text{CF}_2\text{ClBr}$  二氟一氯一溴甲烷、 $\text{CF}_3\text{Br}$  三氟一溴甲烷。为了方便起见，用化学物质的原子数来代表，如 $\text{CF}_2\text{ClBr}$  称为卤代烷1211； $\text{CF}_3\text{Br}$  称为卤代烷1301。在室内消防中常用的是卤代烷1211 和卤代烷1301。

卤代烷灭火系统按其结构分为固定灭火系统（也称为管网系统）和半固定灭火系统（也称无管网系统）。固定式灭火系统由灭火剂贮存装置、输送管道和喷嘴组成。贮存装置安装在贮瓶间里，喷嘴安装在防护区内，二者用管道连接起来。半固定式灭火系统是将灭火剂贮存装置阀门和喷嘴等组合在一起，无需管道连接，直接安放在防护区内。

卤代烷灭火剂具有用量小、灭火效率高、毒性小、不污损被保护物品的优点。因而特别适宜于文物库、藏书库、计算机房等场所。但是80年代初，英国科学家发现卤代烷灭火剂是破坏大气臭氧层的“祸首”之一。这一发现使得卤代烷灭火剂的前途受到致

命的影响。

### 三、气体灭火系统

#### 1．二氧化碳灭火系统

二氧化碳灭火剂是液化气体型，以液相二氧化碳贮存于高压容器内。灭火时二氧化碳以气体喷向燃烧物。二氧化碳灭火剂同卤代烷灭火剂一样具有灭火快、不污损被保护物品。因此，能使用卤代烷灭火系统的场合，均可以采用二氧化碳灭火系统，随着卤代烷灭火剂被限制使用，二氧化碳灭火系统愈来愈受到重视。

#### 2．蒸汽灭火系统

蒸汽灭火系统是向火场施放一定量蒸汽，产生阻止空气进入燃烧区效应而使燃烧窒息的一种灭火系统。

这种灭火系统设备简单、造价低，但不适宜用于扑灭电器设备、仪表、文物等，而且保护区内须有蒸汽源。



# 第十四篇

## 通风与空调工程

# 第一章 通风空调工程概述

## 第一节 湿空气的状态参数

### 一、湿空气的组成

自然界中的空气，是“干空气”和水蒸气的混合物，故称为“湿空气”，简称空气。

1．空气是多种气体的混合物，它的主要成分是氮、氧、二氧化碳和少量稀有气体。干空气中主要气体的含量见表1 -1。

表1 -1 干空气主要气体的含量

气体名称	化学分子式	含量（%）	
		按质量计	按容积计
氮	N <sub>2</sub>	75.52	78.08
氧	O <sub>2</sub>	23.15	20.94
二氧化碳	CO <sub>2</sub>	0.05（变动）	0.03（变动）
稀有气体等	-	1.28	0.95

自然界的空气（湿空气）中还夹杂着少量的灰尘、烟雾和细菌。

2．湿空气中含有水蒸气，含量随天时变化和环境条件而经常改变。实践证明，水蒸气含量的多少，直接影响棉纺织厂生产。

### 二、湿空气的主要参数

在空气调节中常用的空气参数有：

## 1. 压力

流体（包括气体和液体）对单位面积的垂直作用力叫做压力强度，简称为压强或压力。

(1) 大气压力。包围着地球表面上的大气层对地面产生的压力，称为大气压力，通常用Pa表示。但有时亦用bar或mbar（巴或毫巴）、mmHg（毫米汞柱）表示。

在纬度45°处的海平面上，温度为0℃时，所测得的平均大气压力，等于1bar（760mmHg），以此作为一个标准大气压或物理大气压。大气压力随所在地区海拔高度的增高而略有降低，一般情况，在海平面附近平均每升高12m，大气压力就要降低约1.333mbar（1mmHg）。另外，在同一高度的地区，大气压力还随着季节和天气的晴雨变化而稍有增减。

在工程上，不用物理大气压，一般把1kgf/cm<sup>2</sup>称为一个工程大气压。压力的法定计量单位统一用Pa表示。

大气压力的数值用气压计测量。我国各地的大气压力可从设计规范中查得。由于我国幅员广阔，沿海和高原地区的大气压力相差很大。例如查得夏季大气压力，北京为1001×10<sup>2</sup>Pa（751mmHg），上海为1005×10<sup>2</sup>Pa（754mmHg），西藏拉萨则为651.8×10<sup>2</sup>Pa（489mmHg）。

工程计算中，压力单位有三种表示方法：

用单位面积上受力的大小表示，如kgf/cm<sup>2</sup>（公斤力/厘米<sup>2</sup>）。

用液柱的高度表示（适用于压力比较小的场合）如mmH<sub>2</sub>O（毫米汞柱），mH<sub>2</sub>O（米汞柱）、mmHg（毫米汞柱）。

用大气压力表示（适用于压力数值比较高的场合）。

空气调节中工程常用×10<sup>5</sup>Pa（对应换算kgf/cm<sup>2</sup>或×10<sup>2</sup>Pa（对应换算mmHg）压力单位。

空气调节中有三种压力表示方法：

绝对压力。以零压为计算基准。

计示压力（亦称指示压力或表压力）。以海平面标准大气压力为计算基准，故计示压力等于绝对压力减去标准大气压力。蒸汽管道、水管道、水泵或压力容器上的压力表指出的压力都是“表压力”，比绝对压力低一个标准大气压力值。

真空度。流体的真空度用它的绝对压力比环境大气压小多少表示，真空度等于大气压力减去绝对压力。真空度表示法在棉纺织厂空气调节方面经常使用。细纱机的断头吸棉装置、梳棉机的吸尘装置、排风机、管道及制冷设备常用U形压力表读得的压力差来表示真空度的大小。例如真空度300Pa，表示比环境大气压力低300Pa。

②) 水蒸气分压力。大气是干空气和水蒸气组成的混合气体，大气压力应等于干空气分压力与水蒸气分压力之和。

空气中的水蒸气占有与干空气相同的体积，它的温度和干空气温度一样。显然，空气中水蒸气的含量越多，水蒸气分压力越大。水蒸气分压力的大小是衡量空气湿度的一个指标。

2. 空气的温度

温度是衡量物质冷热程度的指标，温度的常用表示法，有摄氏温度、华氏温度和绝对温度三种。

①) 摄氏温度。以标准大气压力下，纯水的冰点温度为0℃，沸点温度为100℃。冰点沸点之间分为100等分，每等分为1℃。

②) 绝对温度。绝对温度是热力学使用的温度指标，以纯水在标准大气压力下的冰点为273.15℃，沸点为373.15℃。冰点和沸点之间也分为100等分。

绝对温度与摄氏温度的关系为：

$$T = 273.15 + t \tag{1-1}$$

式中：T——绝对温度 (K)；

t——摄氏温度 (℃)。

实际工作中，一般取 $T = 273 + t$  (1-2)

③) 华氏温度。把水的冰点定为32℉，沸点定为212℉。在冰点和沸点之间分为180等分，每等分为1℉。

3. 空气的湿度

湿度是表明空气中含有水蒸气量多少的尺度，常用以下几种表示方法：

①) 绝对湿度。1m³空气中含有水蒸气的重量称之为空气的绝对湿度，用r<sub>j</sub>表示，单位是g/m³ (克/米³) 或kg/m³ (公斤/米³)。

②) 含湿量。在湿空气中，与1kg干空气混合在一起的水蒸气重量称为空气的含湿量，用d表示，单位是g/kg (克/公斤)。

$$d = \frac{G_Q}{G_G} \tag{1-3}$$

式中：d——空气的含湿量 (g/kg)；

G<sub>Q</sub>——水蒸气的重量 (g)；

G<sub>G</sub>——干空气的重量 (kg)。

由此可知，干空气重1kg时湿空气的重量应是 $1 + \frac{d}{1000}$ kg。

在一定的温度和压力下，湿空气中的干空气或水蒸气含量与两者的分压力大小有

关。根据理论推导，含湿量可按式计算：

$$d = 622 \times \frac{P_Q}{P_G} = 622 \times \frac{P_Q}{P_D - P_Q} \quad (\text{g/kg 干空气}) \tag{1-4}$$

式中： $P_Q$ ——水蒸气的分压力 (mbar)；

$P_G$ ——干空气的分压力 (mbar)；

$P_D$ ——大气压力 (mbar)。

空气的含湿量，指的是水气而不是水，有的人误认为空气加热后，含湿量会变小，把含湿量误作为是含水量，以为水受热后变成蒸汽，含水量就减少了。这是对含湿量概念的误解。

③) 饱和湿度。空气“饱和”这个概念，可从人们日常生活中的一些现象来理解。例如把湿衣服挂在比较干燥的地方或房间里，衣服能够晾干，说明衣服上的水吸收了空气中的热量，变成水蒸气，散发到空气中去了。如果把湿衣服挂在潮湿的地方就不容易晾干，说明那里的空气中的含湿量已经比较大，空气吸收和容纳水蒸气的能力较差。

当空气中的水蒸气含量达到最大限度（或称饱和量）后，空气不能再容纳（增加）水蒸气，这种空气状态称饱和空气。饱和空气的绝对湿度称为“饱和湿度”，用 $r_B$ 表示。

空气的饱和湿度与温度有明显关系：温度越高，空气能容纳的水蒸气量越大；反之则小。

④) 相对湿度。在空气调节中，仅用空气的绝对湿度和含湿量，不能清楚地表达空气的干湿程度；还有必要引用“相对湿度”这个参数。

相对湿度是指空气实际绝对湿度 ( $r_J$ ) 和饱和绝对湿度 ( $r_B$ ) 的比值，用百分数表示。

$$= \frac{r_J}{r_B} \times 100 \% \tag{1-5}$$

式中 (1-5) 也可用水蒸气分压力 ( $P_Q$ ) 与同温度下饱和水蒸气分压力 ( $P_B$ ) 的比值表示：

$$= \frac{P_Q}{P_B} \times 100 \% \tag{1-6}$$

相对湿度表示空气接近空气饱和的程度，当  $=100\%$  时，是饱和空气，在此温度和大气压力下，空气中不能再增加水蒸气了；当  $=0$  时是干空气，空气的吸湿能力很强，可以增加较多的水蒸气。

空气调节中经常用到相对湿度参数，它是一个很重要的参数。

相对湿度可以用式 (1-5) 或式 (1-6) 计算，但通常多从温湿度换算表中求取。

4 . 空气的焓

即空气的含热量，“焓”包括1kg 干空气的热量和 $\frac{d}{1000\text{kg}}$ 水蒸气的热量的总和，用*i*表示，单位是kJ /kg （千焦/公斤），对应的常用工程单位是kcal /kg （千卡/公斤）。

为了方便计算空气的热量变化，选定0℃ 时干空气的焓和0℃ 时水的焓为零，故干空气的焓为：

$$i_g =1.01t \text{ (kJ /kg)} \quad (\text{约为}0.24t \text{ kcal /kg}) \tag{1-7}$$

式中：1.01 为干空气的定压比热，单位是kJ /kg ·℃。

湿空气的含热量（焓值），应该等于干空气的含热量与水蒸气的含热量之和，故湿空气的焓为：

$$i \text{ (kJ /kg)} =1.01t +0.001d (2500 +1.84t) \tag{1-8}$$

式中：2500 ——水的汽化潜热（kJ /kg）；

1.84 ——水蒸气的定压比热（kJ /kg ·℃）。

5 . 湿球温度

在湿空气中，还有一个表示空气状态的独立参数，叫湿球温度。在空气调节中，要经常使用干湿球温度计来测定空气状态。

湿球温度计上包覆着湿纱布，纱布中的水分蒸发时，吸收热量，致使湿球温度计的指示下降，因此湿球温度一般总是低于干球温度。干球温度与湿球温度之差叫做干湿球温度差。差数的大小与被测空气的相对湿度有关，空气越干燥，干湿球温度差越大；反之，相对湿度越大，干湿球温度差就越小；空气达到饱和状态时干湿球温度差为零。已知干湿球温度的差值后，可通过查表，求得空气的相对湿度。

应当指出，经过湿球表面的空气流速大小，对湿球温度计的读数有一定的影响，风速越大，湿纱布与周围空气热湿交换越方便，测量的误差越小。

湿球温度的读数实际上反映了湿球纱布上的水温，它是饱和空气层同周围空气进行热湿交换的结果。正因为这样，在给湿球温度计的水杯换水（或加水）后的一段短时间内，由于水温有了变化，湿球温度计的读数就会与换水前的读数不一样。所以换水后，必须过一段时间后，才能求得准确的湿球温度读数。

6 . 空气的容重（密度）

空气的容重是指单位体积空气的重量，用  $\gamma$ （kg /m<sup>3</sup>）来表示，即：

$$\gamma = \frac{G}{V} \tag{15-9}$$

式中：G ——空气的重量（kg）；

V ——空气的体积（m<sup>3</sup>）。

湿空气的容重（ $\gamma_{sh}$ ）与空气的绝对湿度、大气压力和水蒸气分压力有关，可用下式表示：

$$\gamma_{sh} \text{ (kg/m}^3 \text{ 湿空气)} = 0.349 \times \frac{P_D}{T} - 0.132 \times \frac{P_Q}{T} \tag{1-10}$$

而干空气的重量为：

$$\gamma_g \text{ (kg/m}^3 \text{)} = 0.349 \times \frac{P_D}{T} \tag{1-11}$$

式中： $T$ ——空气的绝对温度，即  $(273 + t)$ ；

$P_D$ ——大气压力  $(10^5 \text{Pa})$ ；

$P_Q$ ——水蒸气分压力  $(10^5 \text{Pa})$ 。

从式 (1-10) 和式 (1-11) 看出：湿空气的容重比干空气的容重小；空气越潮湿（相对湿度越大），容重越小；空气越稀薄，大气压力越低（ $P_D$  值小），空气的容重也越小。

为了简化计算，往往用干空气的容重来代替湿空气的容重，两者的误差也在允许的范围以内；不过在高原地区，按实际的大气压力计算空气容重比较恰当。

在标准大气压力下，湿空气的容重与干空气容重接近，故式 (1-10) 可用下式表示

$$\gamma_{sh} \text{ (kg/m}^3 \text{)} = \frac{0.349 P_D}{T} \tag{1-12}$$

显然，温度越高，空气的容重越小。

7. 露点温度和机器露点

空气在含湿量不变的条件下逐渐降低温度，当温度降到一定程度时，空气出现结露，这时的温度就叫做露点温度。

在设计建筑物时，必须让冬季墙内或顶棚内表面的温度高于室内空气的露点温度，否则就会发生结露或滴水现象。

冬天，锯齿厂房窗旁的空气温度会低于室内空气的露点温度，为防止窗上结露，常在窗旁布置加热管道（器），提高窗旁空气温度，使之不低于露点温度。另外，加热管道（器）还有给车间补充热量的作用。

机器露点温度指经喷淋给湿后的送风温度而言，送风空气中的相对湿度不一定达到饱和，与上述露点温度的含意有所不同。

## 第二节 湿空气*i* -*d* 图及其应用

### 一、湿空气*i* -*d* 图的构成

#### 1. *i* -*d* 图

*i* -*d* 图采用斜角坐标，坐标夹角135°。斜角坐标使图面展开，避免图中的线条挤在一起（见附录图1）。*i* -*d* 图上主要有四组等值线：

- ① 与纵坐标轴平行的垂直线，是等含湿量线（即*d* = 常数）。
- ② 与等含湿量相交成135°角的平行斜线，为等焓线（即*i* = 常数）。在纵坐标轴0点以上的焓值为正值，0点以下的为负值。
- ③ 等温线（即*t* = 常数），近似平行斜线。
- ④ 等相对湿度线（即φ = 常数）为曲线。φ值自左向右逐渐增大。φ = 100 %的相对湿度线叫饱和线，这条曲线上的各点表示空气中的含湿量处于饱和状态。

饱和曲线把*i* -*d* 图划分为两个区域。饱和曲线上部属于未饱和空气区，下部是过饱和空气区。处于过饱和区内的空气中，水蒸气凝结成小水珠，形成雾状，所以又叫雾状区（或雾气区）。

在图的上方标出水蒸气分压力线（单位： $10^2 \times \text{Pa}$ ）。在图的右下角，绘有热湿比线（单位： $\text{kJ/kg}$ ）。另外在图中绘有比容线（虚线）（单位： $\text{m}^3/\text{kg}$ ）。

附录图1 是大气压力为 $1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$ （1013.25mbar）的湿空气*i* -*d* 图。

#### 2. *i* -*d* 图上查参数

*i* -*d* 图上的任何一点，都能表示出湿空气的*t*、*d*、φ、*P<sub>Q</sub>* 和*t<sub>sh</sub>* 等参数。

利用*i* -*d* 图，不仅可以简便地确定空气状态和求取其他相关参数，更重要的是可以在图上反映空气热湿交换变化过程。所以*i* -*d* 图是空调设计和运行管理的主要工具。

大气压力变化时，相对湿度φ线在*i* -*d* 图上的位置相应改变，大气压力低于标准大气压时，饱和曲线（φ = 100 %）将向上移动。因此，附录图1 只适用于实际大气压力 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ （1013mbar），及与它相差不大的空气条件。大气压力相差在1330 ~ 2660Pa（10 ~ 20mmHg）以内时，相对湿度φ值差不超过2 %，可以采用同一张*i* -*d* 图；相差较大时，会影响计算的准确性。

例如，兰州和上海地区室外大气压力相差 $133.3 \times 10^2 \text{Pa}$ （100mmHg）以上，在干球



温度30℃，湿球温度22.5℃时，温湿计转轴标示同为43%相对湿度，而两地的计算相对湿度差值达3%。故兰州地区不宜用1.013×10<sup>5</sup>Pa的*i*-*d*图。

由此可知，与标准大气压力相差较大的地区，需要根据当地气压另外绘制合适的*i*-*d*图，以便寻找准确的空气参数。

二、*i* - *d* 图用途

1. 确定空气的状态参数

(1) 利用已知参数确定其他参数。

[例] 已知空气的干球温度*t* =20℃，相对湿度φ=55%，所在地区的大气压力为1.01×10<sup>5</sup>Pa，试求空气的其余参数。

[解] 选用大气压力为1.013×10<sup>5</sup>Pa的*i* - *d* 图。先在该图的纵坐标轴上找到*t* =20℃的等温线，该线与相对湿度φ=55%线相交于A点，A点就是所求的状态点。从而可查得A点的其余参数：*i* =40kJ/kg，*d* =8.0g/kg干空气。过A点沿着等含湿量*d* 线垂直向上，与水蒸气分压力线相交，查得*P*<sub>2</sub> =12.8×10<sup>2</sup>Pa。

(2) 确定空气的露点温度。

[例] 已知空气的温度*t* =20℃，相对湿度φ=60%，当地的大气压力为10<sup>5</sup>Pa，试求该空气的露点温度。

[解] 先在*i* - *d* 图上确定已知空气状态点A，如图1 - 1所示。过A点沿着等含湿量线向下与饱和曲线φ=100%相交于B点，B点就是露点温度，*t*<sub>L</sub> =12℃（*d* =8.7g/kg干空气）。如果空气温度*t* =23℃，相对湿度φ=50%（C点），用同样方法可以求得对应的露点温度*t*<sub>L</sub> =12℃（*d* =8.7g/kg干空气）。

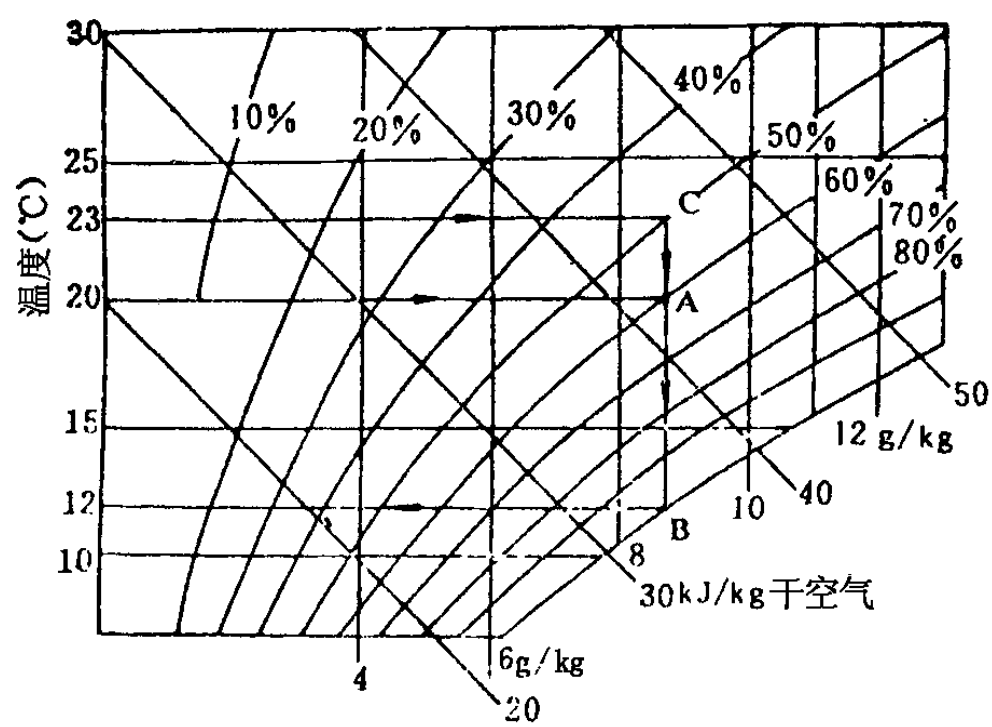


图1 - 1 在*i* - *d* 图上求解空气露点温度

露点温度与含湿量是两个互相联系参数，对于不同的空气状态，只要含湿量相同，它的露点温度也应相同。

③) 确定湿球温度。空气的湿球温度用等焓过程求之。与干球温在*i* - *d* 图上的初始状态沿等焓过程变化，与饱和曲线相交处求得该空气的湿球温度 $t_{sh}$ 。

[例] 已知室外空气的干球温度 $t_G = 34$ ，相对湿度  $\phi = 60\%$ ，试求该空气的湿球温度。

[解] 在图1 -2 的*i* - *d* 图上先确定空气的初始状态点A，而后在等焓线与饱和线 ( $\phi = 100\%$ ) 相交处求得湿球温度 $t_{sh} = 27$ 。

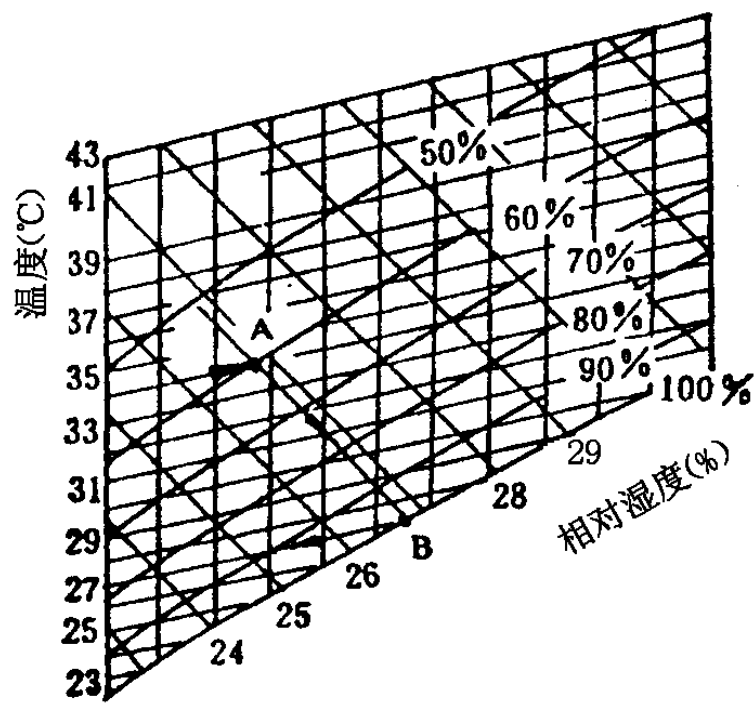


图1 -2 在*i* - *d* 图上求 $t_{sh}$

在空气调节时，测得空气的干湿球后，在*i* - *d* 图上可采用与上面相反的步骤确定空气的状态点，而后求得其余参数。例如，已知干球温度和湿球温度，则可先确定湿球温度点B，而后在等焓线与已知干球温度线交点求得空气的状态点A，然后求取其他参数（空气相对湿度，含湿量和露点温度）。

[例] 某地区室外的干球温度 $t_G = 38.1$ ，湿球温度 $t_{sh} = 29$ ，试求空气的其余各参数（大气压力为 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ ）。

[解] 在（图1 -3）*i* - *d* 图上，找到湿球温度为29 的等温线与相对湿度  $\phi = 100\%$  的线相交于点B，过B 点作等焓线，度为38.1 的等温线相交于A 点，点A 即为所求的空气状态点。

从图上查得： $\phi = 51\%$ ， $i = 94 \text{kJ/kg}$ ， $d = 21.8 \text{g/kg}$  干空气。

2. 表示空气处理过程

(1) 空气混合。在空气调节中，往往使用一定量的车间回风，与室外新鲜空气混

合，经喷水室处理后再送入车间。混合空气的状态参数同样可以在*i* - *d* 图上求得。如图1 -4 所示，点1 为室外空气状态点，点2 为车间回风状态点，连接点1 和点2，1 -2 直线上的点3 为混合空气状态点，点3 的条件为室外空气量 $G_1$  与车间回风量 $G_2$  之比，等于线段长2 -3 与线段1 -3 之比。

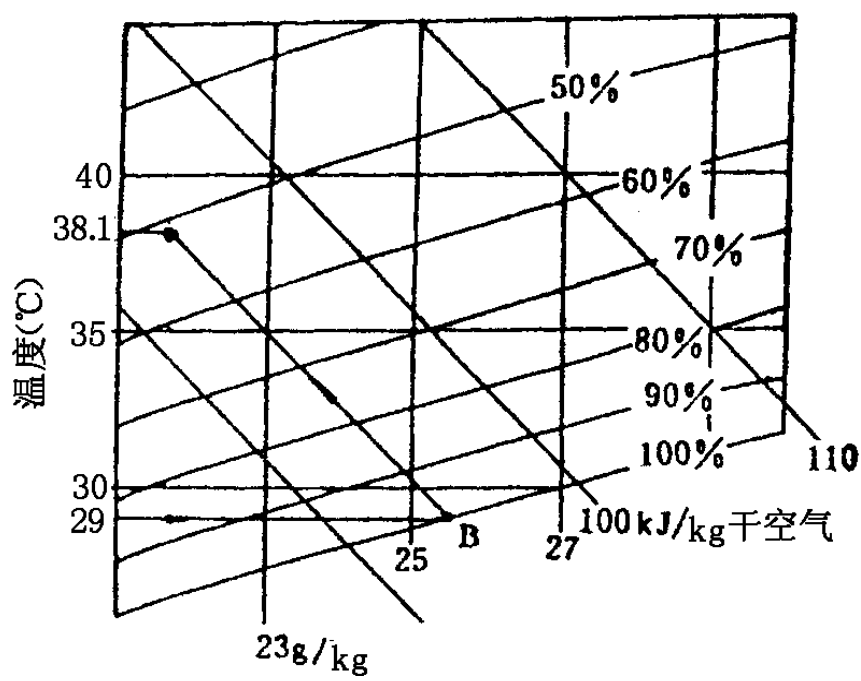


图1 -3 在*i* -*d* 图上查  $i$ 、*d* 值

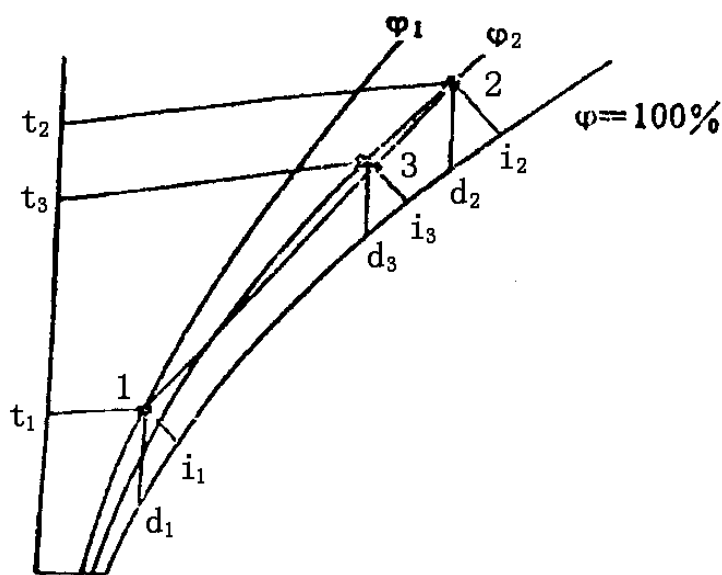


图1 -4 在*i* -*d* 图上求状态点参数值

室外空气量为 $G_1$  ( $\text{kg/h}$ )，它的状态用点1 表示，参数为 $t_1$ 、 $d_1$ 、 $i_1$ 、 $\phi_1$ ；车间回风量为 $G_2$  ( $\text{kg/h}$ )，状态用点2 表示，参数为 $t_2$ 、 $d_2$ 、 $i_2$ 、 $\phi_2$ 。状态点3 的位置及其参数 $t_3$ 、 $d_3$ 、 $i_3$  和  $\phi_3$  亦可通过计算求得。

混合后空气的总热量应等于混合前两种空气所含热量之和，故

$$(G_1 + G_2) i_3 = G_1 i_1 + G_2 i_2 \tag{1 -13}$$

因此，混合后空气的焓为：

$$i_3 = \frac{G_1 i_1 + G_2 i_2}{G_1 + G_2} \tag{1 - 14}$$

同理，混合后空气的含湿量为：

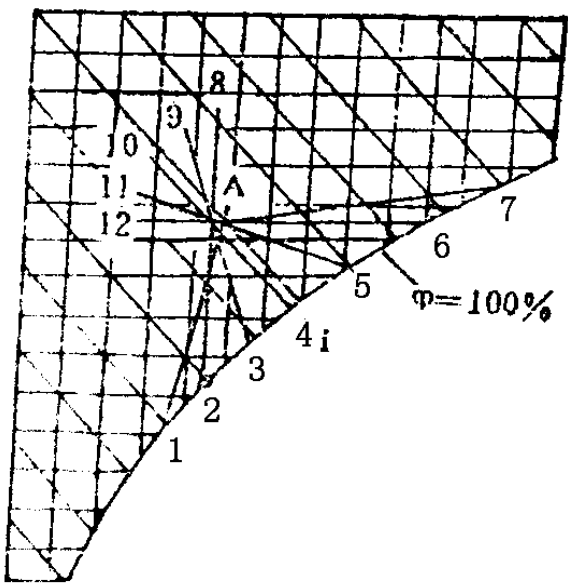


图1 -5 i -d 图上参数值举例

$$d_3 = \frac{G_1 d_1 + G_2 d_2}{G_1 + G_2} \tag{1 - 15}$$

混合后空气的温度：

$$t_3 = \frac{G_1 t_1 + G_2 t_2}{G_1 + G_2} \tag{1 - 16}$$

式 (1 -13) ~ 式 (1 -16) 经整理后，可得到如下关系式：

$$\frac{i_1 - i_3}{i_3 - i_2} = \frac{d_1 - d_3}{d_3 - d_2} = \frac{G_2}{G_1}$$

或

$$\frac{i_1 - i_3}{d_1 - d_3} = \frac{i_3 - i_2}{d_3 - d_2} \tag{1 - 17}$$

2) 空气处理过程。空气的热湿处理过程，可以在i -d 图上用不同的射线表示，图1 -5 中，A 为处理前的空气状态点，露点温度 $t_L$  (点2) 和湿球温度 $t_{sh}$  (点4) 均位于相对湿度  $\phi=100\%$  饱和线上。表1 -2 中列出了以A 为原点的12 种热湿交换过程线。

### 三、i -d 图应用举例

#### 1. 求空气混合参数

用以求取不同空气参数和一定重量比的空气的混合参数。

表1 -2 12 种热湿交换过程线

过程线	处理过程中 的热湿变化	空气参数变化				过程线	处理过程中 的热湿变化	空气参数变化			
		i	d	t				i	d	t	
A -1	减焓去湿					A -7	增焓加湿升温				
A -2	减焓等湿		不变			A -8	增焓等湿		不变		
A -3	减焓加湿					A -9	增焓去湿				
A -4	等焓加湿	不变				A -10	等焓去湿	不变			
A -5	增焓加湿降温					A -11	减焓去湿升温				
A -6	增焓加湿等温			不变		A -12	减焓去湿等温			不变	

[例] 已知某送风机的送风量为19100kg /h ，其中车间回风量14750kg /h ，回风参数  $t_2 = 20$  ，  $\varphi_2 = 55\%$  ；室外新鲜空气参数为  $t_1 = 34$  ，  $\varphi_1 = 60\%$  。求混合后空气状态参数（大气压力1.013 ×10<sup>5</sup>Pa）

[解] 根据室外空气（点1）和车间空气（点2）的已知参数，在i -d 图上先标出室外风和车间回风的状态点而后求出混合点3，如图1 -6 所示。

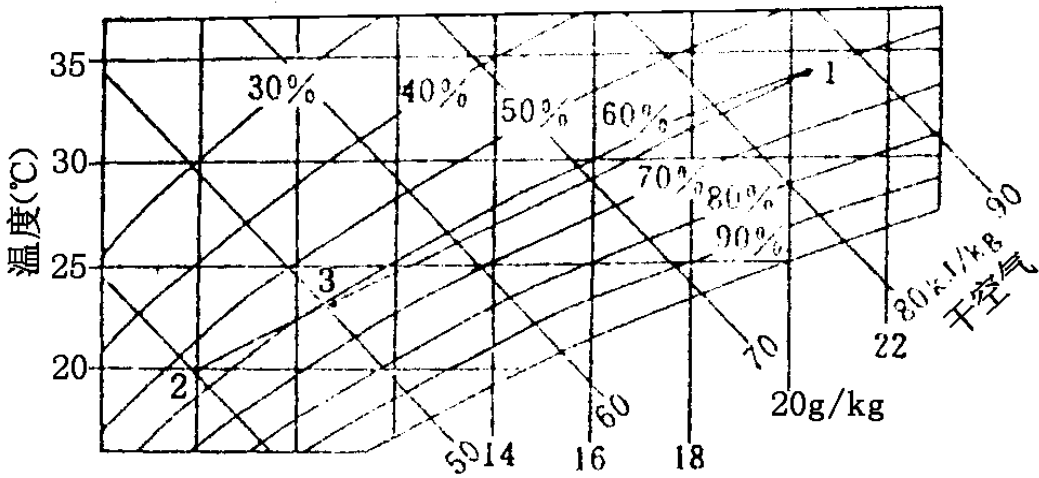


图1 -6 在i -d 图上标出状态点求参数值

查得参数如下：

$i_1 = 87\text{kJ /kg}$  ,  $d_1 = 20.5\text{g /kg 干空气}$

$i_2 = 40\text{kJ /kg}$  ,  $d_2 = 8.0\text{g /kg 干空气}$

空气混合时，混合点的位置根据室外空气和车间空气混用比确定，它总是靠近混用量较大的一边。

先在1、2 两点间连一直线，而后在直线上确定点3。混合空气与原来空气（点1 和点2）的距离关系如下：

$$\overline{23} = \frac{G_1}{G_2} \times \overline{21}, \text{ 或 } \overline{31} = \frac{G_2}{G_3} \times \overline{21}$$

所得点3 即为混合空气状态点。

在图1 -7 上，用直尺量取21 - 线段的长度，用上述线段关系计算23 - 或31 - 的长度，仍用直尺在i -d 图上定出混合空气状态点3。查出混合空气参数如下：

$$i_3 = 50.1 \text{ kJ/kg}, d_3 = 10.7 \text{ g/kg 干空气}, t_3 = 23.0$$

以上结果，和采用式 (1 - 14)、式 (1 - 15)、式 (1 - 16) 计算所得的结果接近 (理论上讲应该相同，但因受i -d 图的精度限制，只能做到数值相近)。

在实际工作中，采用图解法比较简便。

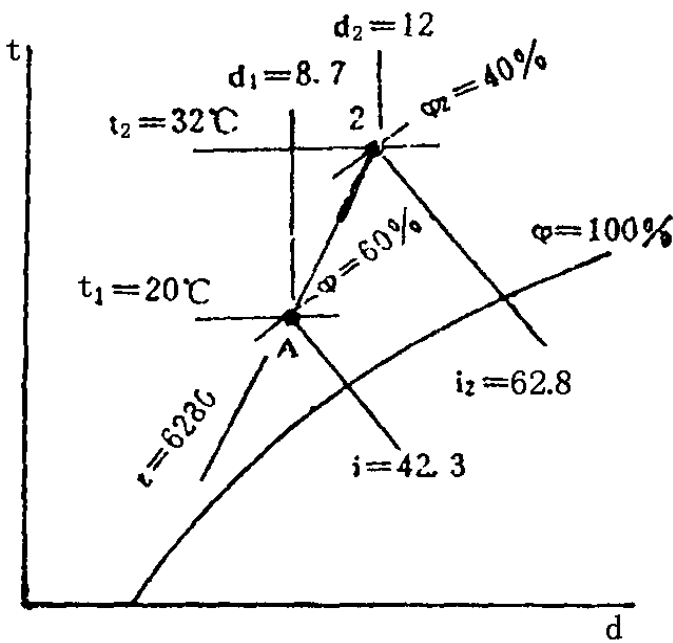


图1 -7 在i -d 图上求终了状态点

2 . 热湿比线的应用

热湿比线的斜率与起始位置无关，因此起始状态不同的空气，只要斜率（热湿比）相同，其变化过程线必然相互平行。在实际应用中，如果已知空气的初始状态及变化过程的热湿比 值，则在i -d 图上通过初始点，作一直线平行于等值的 标尺线，即得过程线，它与已知变化终了状态等值线的交点即为过程终了状态点，根据这交点可查得终了状态的其余参数。

[例] 已知大气压力为1 .013 ×10<sup>5</sup>Pa ，空气初状态参数t<sub>1</sub> =20 ， φ<sub>1</sub> =60 % ，当空气吸收热量12560kJ 和湿量2kg 后，空气温度变为t<sub>2</sub> =32 ，求空气的终了状态点。

[解] 在大气压力为1 .013 ×10<sup>5</sup>Pa 的i -d 图上，按t<sub>1</sub> =20 ， φ<sub>1</sub> =60 % 确定空气状态点1 ，并查得i<sub>1</sub> =42 .3kJ /kg ，d<sub>1</sub> =8 .7g /kg 干空气。

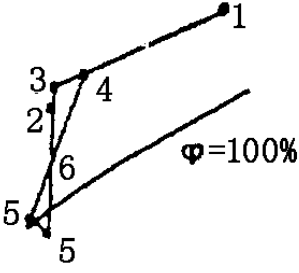
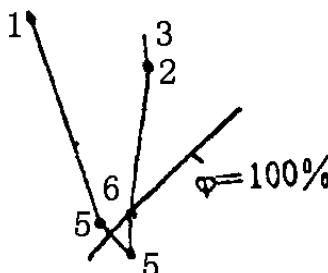
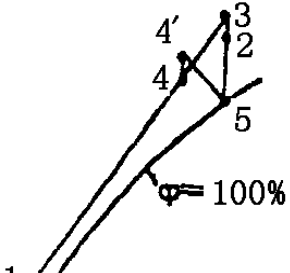
从空气所吸收的热量和湿量，求得过程变化的热湿比 为：

$$= \frac{Q}{W} = \frac{12560}{2} = 6280 \text{kJ /kg}$$

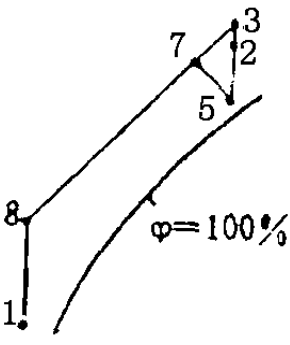
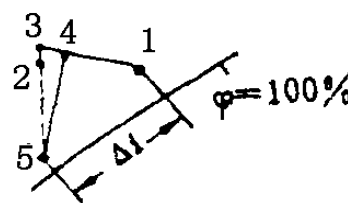
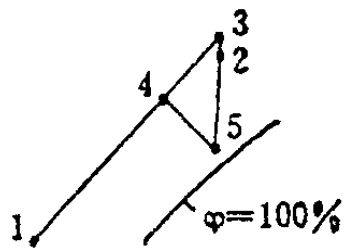
根据此值，在*i* -*d* 图的热湿比标尺上找到相应的 线，然后过1 点作该线的平行线，即为空气状态变化线（=6280，此线与*t*<sub>2</sub> =32 等温线的交点2，即为空气的终了状态点，见图1 -7。

从图中查得*i*<sub>2</sub> =62.8kJ /kg，*d*<sub>2</sub> =12g /kg 干空气，<sub>2</sub> =40 %。

表1 -3 空气处理过程图例

序 号	1	2	3
要求	夏季减焓去湿	夏季减焓加湿	冬季增焓加湿
空气参数	$i_1 > i_2, d_1 > d_2, i_4 > i_6, d_4 > d_6$	$t_1 > t_2, i_1 < i_2, d_1 < d_2, i_1 > i_6, d_1 < d_6$	$t_1 < t_2, i_1 < i_2, d_1 < d_2, i_4 < i_5, d_4 < d_5$
处理过程	 过程： <sub>1</sub> -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 -> 6 -> 7	 过程： <sub>1</sub> -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 -> 6 -> 7	 过程： <sub>1</sub> -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 -> 6 -> 7
计 算	<p>(1) <math>d_3 = d_2, t_3 = t_2 + t</math>, <i>t</i> 是回风温升</p> <p>(2) <math>i_4 = i_3 + (i_1 - i_3) \times \text{新风}\%</math></p> <p>(3) <math>d_4 = d_3 + (d_1 - d_2) \times \text{新风}\%</math></p> <p>(4) <sub>4</sub> =90 % ~95 %</p> <p>(5) 带水 <i>d</i> =<i>d</i><sub>6</sub> -<i>d</i><sub>5</sub></p>	<p>(1) <sub>5</sub> =85 % ~90 %</p> <p>(2) 带水 <i>d</i> =<i>d</i><sub>6</sub> -<i>d</i><sub>5</sub></p>	<p>(1) <math>d_3 = d_2, t_3 = t_2 + t</math>, <i>t</i> 是 架风温升</p> <p>(2) <math>i_4 = i_3 + (i_1 - i_3) \times \text{新风}\%</math></p> <p>(3) <math>d_4 = d_3 + (d_1 - d_2) \times \text{新风}\%</math></p> <p>(4) <sub>5</sub> =85 % ~90 %</p> <p>(5) <i>i</i><sub>7</sub> =<i>i</i><sub>5</sub>, <i>d</i><sub>7</sub> =<i>d</i><sub>4</sub></p>
附注	<p>(1) 新风量应符合卫生 规范</p> <p>(2) 使用一次回风</p>	全用新风	<p>(1) 新风量应符合卫生规范</p> <p>(2) 加热于混合风</p>
空气参数	$t_1 < t_2, i_1 < i_2, d_1 < d_2, i_5 = i_7$	$t_1 < t_2, i_1 > i_2, i_4 > i_2, d_4 > d_5$	$t_1 < t_2, i_1 < i_2, i_5 = i_4, d_5 > d_4$

续表

序 号	1	2	3
要求	夏季减焓去湿	夏季减焓加湿	冬季增焓加湿
处理过程			
	过程： $\begin{matrix} 1 \\ 3 \end{matrix} \rightarrow 8 \rightarrow 7 \rightarrow 5 \rightarrow 2$	过程： $\begin{matrix} 3 \\ 1 \end{matrix} \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 2$	过程： $\begin{matrix} 3 \\ 1 \end{matrix} \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 2$
计 算	<p>(1) <math>d_3 = d_2, t_3 = t_2 + t</math>, t 是回风温升</p> <p>(2) <math>d_3 = d_1, d_7 = d_3 - (d_3 - d_1) \times \text{新风}\%</math></p> <p>(3) <math>\varphi = 85\% \sim 90\%</math></p> <p>(4) <math>i_7 = i_5</math></p> <p>(5) <math>i_8 = i_3 - (i_3 - i_5) \div \text{新风}\%</math></p>	<p>(1) <math>d_3 = d_2, t_3 = t_2 + t</math>, t 是回风温升</p> <p>(2) <math>i_4 = i_3 + (i_1 - i_3) \times \text{新风}\%</math></p> <p>(3) <math>\varphi = 90\% \sim 95\%</math></p>	<p>(1) <math>d_3 = d_2, t_3 = t_2 + t</math>, t 是回风温升</p> <p>(2) <math>i_4 = i_3 + (i_1 - i_3) \times \text{新风}\%</math></p> <p>(3) <math>\varphi = 90\% \sim 95\%</math></p>
附注	<p>(1) 新风量应符合卫生规范</p> <p>(2) 加热于新风</p>	新风量应符合卫生规范	新风量应符合卫生规范

3．空气处理过程图例

(1) 纺织空调，夏季主要是降温，属减焓去湿处理过程；冬季提高车间温度，系增焓加湿处理过程；黄梅天降低车间相对湿度，属减焓去湿处理过程；春秋季节用循环水喷淋；是等焓降温加湿处理过程。处理过程在*i* - *d* 图上的表示法见表1 -3。

空气处理过程及图中注脚的涵义见表1 -4。



表1 -4 空气处理过程及图中注脚的涵义

处理过程		注 脚	
线段	涵 义	符号	涵 义
2 -3	回风机加热回风	1	室外空气（新风）
1 3 > -4	一次回风和新风混合	2	室风空气
	(预热混合风)	3	经回风机加热后的空气
4 -5 ,1 -5	淋洗	4	混合空气
7 -5			
5 -6	带水	5	经喷水处理后的空气
8 3 >7	一次回风和新风混合 (预热新风)	6	带水空气
6 -2 ,5 -2	空气进入车间后的变化过程	7	预热后的混合空气
1 -8	新风加热过程	8	加热后的新风

②）在i -d 图上确定了空气变化过程后，就可以用各点空气的参数，计算空气的参数变量， i、 d ……等，而后便能进行空调送风量、用水量等计算。所以，熟悉和运用i -d 图是设计纺织空调和运用空调设备必需的知识。

### 第三节 空气的温度和湿度处理

#### 一、热量和湿量的传递

##### （一）热交换

热量传递有传导、对流和辐射三种基本方式。

①）热传导。温度不同的物体在直接接触时出现热量交换现象，热量从高温体向低温体传递，称之为热传导。

热量的交换与物体的传热能力（用传热系数表示）有关，钢铁容易传热，木石传热较差，说明钢铁的传热系数大，木石的传热系数小。

建筑外围结构的温差传热量可用下面简化式计算：

$$Q =KF \ t \ (1 + d)$$
 (1 -18)

式中：d——朝向附加系数（北、东北或西北向0 %，东或西向 -5 %，东南或西南向 -10 % ~ -15 %，南向 -15 % ~ -25 %）。

为了防止建筑内表面凝结水气，屋面和围护结构的传递系数K 值应符合以下要求：

$$K \geq 7.5 \times \frac{t_n - (t_d +1)}{t_n -t_w}$$
 (1 -19)

式中：t<sub>n</sub>——室内空气温度（℃）；  
t<sub>w</sub>——采暖室外空气计算温度（℃）；  
t<sub>d</sub>——空气露点温度，根据室内温湿度确定（℃）。

上面的传热系数K，实际上是多层重叠建筑物的综合数值（kJ /m<sup>2</sup> · ℃·h），用下式计算：

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_w}}$$
 (1 -20)

式中：δ<sub>1</sub>、 δ<sub>2</sub>…… δ<sub>n</sub>——各层材料的厚度（m）；  
λ<sub>1</sub>、 λ<sub>2</sub>…… λ<sub>n</sub>——各层材料的导热系数（kJ /m · ℃·h）；  
α<sub>n</sub>、 α<sub>w</sub>——室内外空气的表面放热系数。

②）对流换热。对流传热是流体在运动过程把热量由一处传到另一处的现象。例如烧开水，壶底的水受热温度升高，比重减轻，水往上升；壶上部的水温较低，比重较大，水往下降；壶底水通过水的流动，把热量传给上部的水，于是上下部位的水温都能升高。像这样依靠流动而使热量交换的方式称之为对流传热。

工程上所遇到的传热问题，往往涉及到流体与壁面的热交换，既包括对流作用，也包括流体的导热作用，常用放热系数表示，式（1 -20）中的放热系数见表1 -5。

表1 -5 放热系数

接触情况	表面放热系数	
	kJ /m <sup>2</sup> · ℃·h	kcal /m <sup>2</sup> · ℃·h
室外空气与外墙或屋顶接触	83.7	20
室内空气与内墙或天花板接触	31.4	7.5
室内空气与地板接触	20.9	5
顶楼内平顶表面与空气接触	41.9	10

③）辐射换热。辐射换热是高温物体对外发射辐射热的传递热量的现象。例如，站

在炉旁的人并未直接和热源接触，仍然感觉到热气逼人，就是火炉通过辐射方式，把热量传给了人体的缘故。

棉纺织厂的机器设备发热量是车间热量的主要部分。所以，夏季透过外围结构传入的太阳辐射热量可以看作稳定传热，允许用近似的简化公式计算。

屋顶太阳辐射热量 $Q$  ( $\text{kJ/h}$ ) 用下式计算：

$$Q = 0.0112FKJ \tag{1-21}$$

式中： $F$ ——屋顶面积，斜屋顶取水平投影面积 ( $\text{m}^2$ )；

$K$ ——屋顶传热系数 ( $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{h}$ )；

$J$ ——当地太阳辐射强度 ( $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{h}$ )；

——屋面热量吸收系数。

透过天窗传入的太阳辐射热量用下式计算：

$$Q \text{ (kJ/h)} = FJ_{\text{W}}P_{\text{A}} \tag{1-22}$$

式中： $F$ ——窗面积 ( $\text{m}^2$ )；

$J_{\text{W}}P_{\text{A}}$ ——透过普通玻璃窗的太阳辐射强度 ( $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{h}$ )。

(4) 应该指出，导热、对流、辐射是三种基本传热方法，工程中遇到的实际传热情况往往是几种传热方式的复杂组合。例如，在室内敷设一根暖气管道，则管道外壁和周围空气之间既有对流换热，又有辐射换热。

(二) 湿量传递

包括水气在空气中和在建筑物中的传递。

(1) 在一定的温度和气压下，空气中只能保存一定量的水分，产生一定的水气分压力。当水分含量达到饱和水气分压力后，就不能再向空气增加水分。例如标准大气压、温度 $20^\circ\text{C}$ ， $1\text{m}^3$ 湿空气中，饱和水气量（即最大水气量）为 $17.2\text{g}$ ，如果空气中的水气量已达 $17.2\text{g}$ ，那么即使向空气喷水，也不会使空气中的水分增加。但提高空气温度便有可能给空气增加水分，因为空气温度升高后，其饱和水气量相应升高了。这一点可以用夏天晒衣容易干、冬天晒衣难干的事实来说明。

如果给湿空气降温，空气中的水气会从不饱和变为饱和；继续降温时，将使空气含湿量超过饱和值，这时超过部分会从空气中凝结出来。例如将温度 $25^\circ\text{C}$ ，含湿量 $17.2\text{g/kg}$ 干空气的湿空气降温到 $10^\circ\text{C}$ ，由于温度 $10^\circ\text{C}$ 时的饱和水气量为 $9.4\text{g/kg}$ 干空气，所以会有  $d = 17.2 - 9.4 = 7.8\text{g/kg}$  的水分凝结，这个例子可用图1-8来说明。

图1-8中，A点为原空气状态点，当空气与制冷设备接触时，空气温度先从 $t_{\text{A}}$ 降至 $t_{\text{B}}$ ，使空气相对湿度达到饱和（ $\phi = 100\%$ ），过程变化中含湿量保持不变（ $d_{\text{B}} = d_{\text{A}}$ ）；气温继续下降，空气沿饱和相对湿度线（ $\phi = 100\%$ ）过程变化，直至到最终气温 $t_{\text{C}}$ ，空

气中的水分减至 $d_C$ ，多余水气（ $d = d_B - d_C$ ）被凝析出来，空气的状态点移至点C。

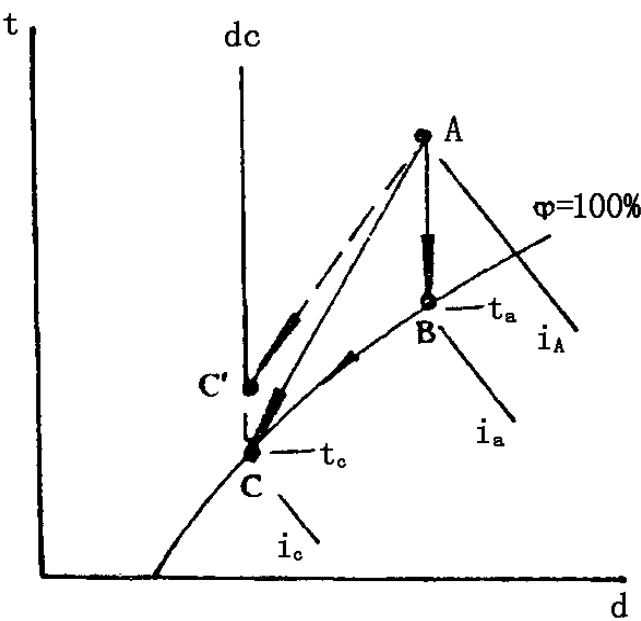


图1 -8 在i -d 图上求参数值

上述过程的参数变化为： $t = t_A - t_C$ ， $i = i_A - i_C$ ， $d = d_A - d_C$ 。  
实际过程变化往往达不到C 点，例如只能到C 点状态。

②）当空气中的含湿量低于饱和值时，可以用喷水法给空气加湿，为等焓增湿过程；或者用喷蒸汽法给空气加湿，为近似等温加湿过程。

③）常用低温介质减少空气的含湿量，但也可以用吸湿剂减少空气的含湿量，例如用硅胶吸湿或喷吸湿剂降低空气的含湿量。

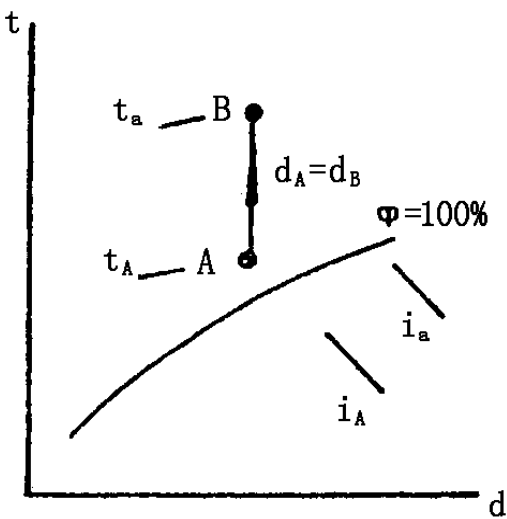


图1 -9  $d_A = d_B$

④）水分也会在固体中传递，例如雨水会透过建筑物传入室内。建筑物内外表面温差很大时，建筑物内部也会凝水。所以，有必要核算建筑内部水气压力情况，选择合适的建筑材料，防止内部凝水。

## 二、干式热湿交换

### (一) 改变温度

(1) 升高温度。用空气加热器增加空气的含热量，可使空气温度升高。在*i* - *d* 图上用等湿过程线表示，温度升高，焓增加，含湿量不变，如图1 -9 所示。图中，*A* 为原空气状态点，*B* 为加热终了状态点，*AB* 过程中的含湿量不变 ( $d_A \sim d_B$ )。

与温度较高的空气混合，也能提高空气温度，混合后的空气诸参数和原空气的相应参数均不同，参见图1 -4。

(2) 降低温度。空气或水与制冷设备的蒸发器接触，都能收到降温（减焓）效果；空气温度降至露点温度以下时，兼有去湿作用。

### (二) 改变含湿量

只适用于减少空气中的含湿量（去湿）。

(1) 用制冷设备去湿。空气温度降低到露点温度以下后，始有去湿作用，参见图1 -8。

(2) 用吸湿剂去湿。用固体吸湿剂（例如硅胶）处理空气时，其中部分水蒸气被吸湿剂吸附，空气含湿量降低。水气凝结时放出的凝结热大部分留在空气中，所以这种方法近似等焓减湿升温过程。如图1 -10 所示，空气中的含湿量减少，热湿比接近  $\epsilon=0$  线。

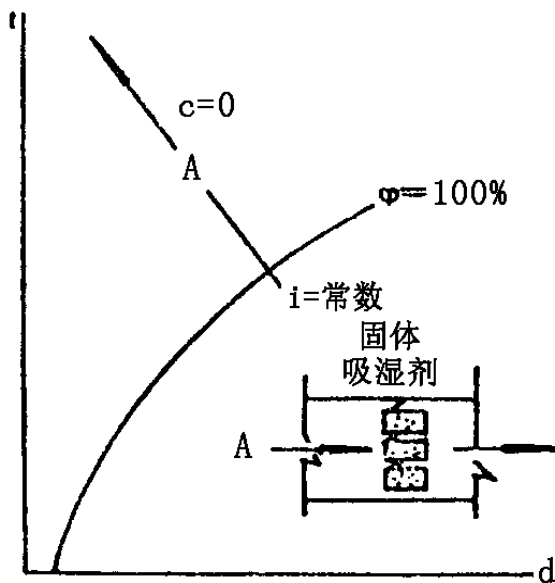


图1 -10  $\epsilon=0$ （含湿量减少）

## 三、湿式热湿交换

空气与水接触，通过热湿交换作用能改变空气参数。这是纺织厂广泛采用的空气调节方法。

(一) 空气状态变化过程

当空气受到喷水处理时，由于水气温度之不同，空气状态会起多种变化，如图1 - 11 所示。

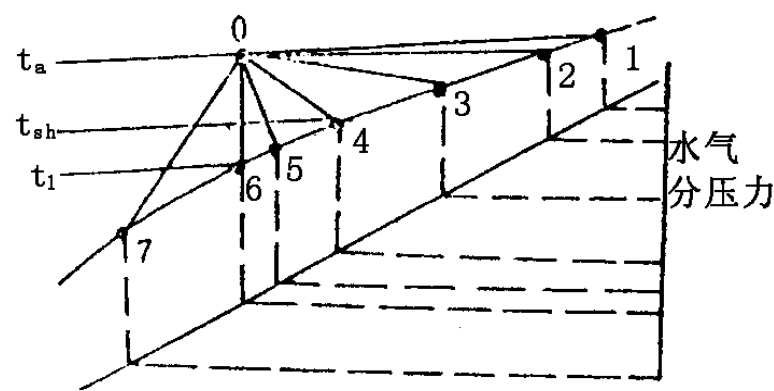


图1 -11 水温引起空气状态的变化  
 $t_g$  - 干球温度  $t_{sh}$  - 湿球温度  $t$  - 露点温度

图中：

0—1 线 ( $t_{shw} > t_g$ ) 是加热加湿过程，过程的特点是喷水的温度 ( $t_{shw}$ ) 高于空气的干球温度，空气状态变化过程线在等温线以上，因此空气的温度、含热量和含湿量都增高。

0—2 线 ( $t_{shw} = t_g$ ) 是等温加热加湿过程，过程的特点是喷水的温度等于空气的干球温度，空气的含热量和含湿量都增加，但温度不变。

0—3 线 ( $t_g > t_{shw} > t_{sh}$ )，是降温加热加湿过程，特点是水的温度介于空气的干球温度和湿球温度之间，这时空气的状态变化过程线位于等温线和等焓线之间，空气的含热量及含湿量都增加，而温度却降低。

0—4 线 ( $t_{shw} = t_{sh}$ ) 是等焓加湿过程，水的温度等于空气的湿球温度，这时空气状态的变化沿等焓线进行。在此变化过程中，空气的温度降低而含热量不变，含湿量增加。水气蒸发需要的气化潜热由空气自身供给，空气既没有热量传给水，也没有从水中得到热量，所以喷水室中水温不变，喷水可以循环使用。

0—5 线 ( $t_{sh} > t_{shw} > t_1$ ) 是冷却加湿过程。喷水温度介于空气的湿球温度和露点温度之间，过程线的变化方向位于等焓线和等湿线之间，在此变化过程中，空气的温度与含热量都降低，而含湿量增加。

0—6 线 ( $t_{shw} = t_1$ ) 是等湿冷却过程，水温等于空气的露点温度，此过程变化沿等湿线进行，空气的热量传给了水，使空气的温度和含热量都降低，但空气含湿量没有改变。

0—7 线 ( $t_{shw} < t_1$ ) 是降温去湿，或称干燥冷却过程。水温低于空气的露点温度，

此过程变化线偏离等湿线，不仅空气的温度和含热量都降低，而且有水气析出，使空气的含湿量减少，所以是降温去湿作用。

在上述七种处理过程中，前三种情况，空气在喷水处理过程中，空气的含热都要增加，所以应该喷热水；后三种情况，空气的含热量都会降低，所以应该用冷水（低温水）处理空气；中间状态（0—4线）的空气含热量不变，水温也不变，喷水温度等于空气的湿球温度，喷淋循环水就能完成这样的过程变化。

空气调节过程中水温用湿球温度分界，高于空气的湿球温度的水一般称为热水，低于空气湿球温度的水一般称为冷水，人们常根据室外空气湿球温度决定喷淋水用法。

在纺织厂空气调节中，夏季室外空气湿球温度高，含热量和含湿量都比较大，需用冷水（低温水）喷淋，减焓去湿；冬季室外空气湿球温度低，含热量和含湿量都比较小，需用热水喷淋，增焓加湿，但在能用回风加循环水达到车间空气温湿度要求时，首先应考虑回风加循环水调节法。春秋季节，空气热湿交换一般都用混合风、循环水喷淋处理方法。

(二) 空气和喷水的温度变化

在空气处理过程中，空气与喷淋水相接触时，不仅空气参数发生变化，而且水的温度也起着变化。

假定没有热量从喷淋室传入或传出，则空气和喷淋水的热量变化应是平衡的，即：

$$L \cdot (i_1 - i_2) = W \cdot C \cdot (t_z - t_c) \tag{1 - 23}$$

- 式中：L ——处理空气量 (m³/h)；  
——空气容重 (kg/m³)；  
i₁ ——喷水处理前空气含热量 (kJ/kg)；  
i₂ ——喷水处理后空气含热量 (kJ/kg)；  
W ——喷水量 (kg/h)；  
C ——水的比热 (kJ/kg·°C)；  
t\_z ——喷水终温 (°C)；  
t\_c ——喷水初温 (°C)；

式 (1 - 23) 可以改写为：

$$i_1 - i_2 = \frac{W \cdot C}{L} \cdot (t_z - t_c), \text{ 或 } = \mu \cdot (t_z - t_c) \tag{1 - 24}$$

式中：μ =  $\frac{W}{L}$ ，喷水量和空气量的重量比，或称水气比。

当空气的含热量从i₁变化到i₂时，水温将相应地从t\_c变化到t\_z，如图1 - 12 所示。

常用热湿交换效率（或称全热效率） 衡量喷淋过程空气与水的湿交换完善程度。

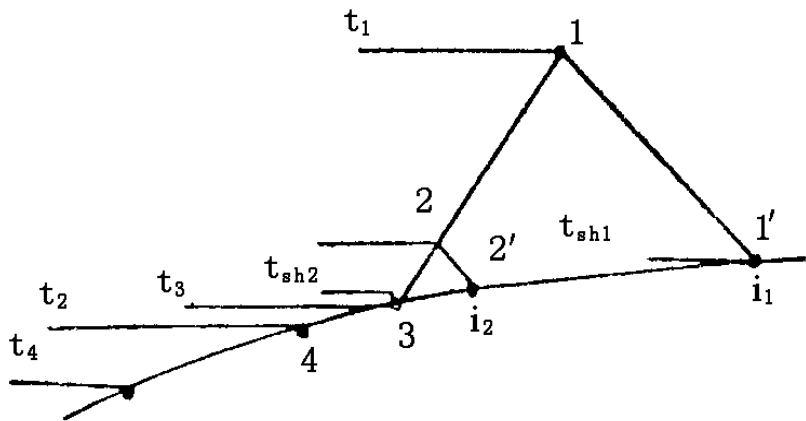


图1 -12 t<sub>c</sub> t<sub>z</sub> 热湿交换效率

$$\begin{aligned} &= \frac{1-2+4-5}{1-5} = \frac{t_{sh1}-t_{sh2}+t_z-t_c}{t_{sh1}-t_c} \\ &= \frac{t_{sh1}-t_c-(t_{sh2}-t_z)}{t_{sh1}-t_c} = 1 - \frac{t_{sh2}-t_z}{t_{sh1}-t_c} \end{aligned} \tag{1 -25}$$

式中 :t<sub>sh1</sub> ——处理前空气湿球温度 ( ) ;  
t<sub>sh2</sub> ——处理后空气湿球温度 ( ) ;  
t<sub>c</sub> ——喷水初温 ( ) ;  
t<sub>z</sub> ——喷水终温 ( )。

## 四、喷淋室内热湿交换计算

喷淋室是空调系统的重要组成部分。喷淋室内空气与水的湿交换结果直接影响空气调节效果。由于喷淋室内空气与水湿交换情况比较复杂，迄今尚无完整的热湿交换计算方法，所以一般只能就影响热湿交换较大的因素作概略计算，适当留些余量，以切实实用。

### (一) 影响热湿交换的因素

(1) 水气比（即喷水系数）μ。水气比是参与热湿交换的喷水和空气的重量比。水气比越大，热湿交换过程越能充分进行。当水气比 μ = 时，任何过程变化的热湿交换效率都能达到理想效果，即 =1。但水气比增大时，空调水泵容量增大，耗电量增加，而且受建筑的限制。因此，对于不同空气处理过程的水气比值有一定的实用范围。

实验结果，绝热加湿过程的热湿交换效率比冷却去湿时大，故绝热加湿过程可取用较小的水气比。



②) 喷淋室内空气流速。空气的导热性能很差，喷淋室内空气与喷水的温度差不会太大。因此，喷淋室内空气与喷水间的热湿交换效果，以双方的相对流速和接触时间为主要影响因素。风速大时，热湿交换效率高，但风速太大，会使挡水板的阻力加大，而且同样长度的喷淋室中，空气和喷水的接触时间缩短。所以喷淋室内空气流速要适当控制。常规低速空调的空气流速控制在 $2 \sim 3\text{ m/s}$ ，或重量流速 $2.4 \sim 3.6\text{ kg/m}^2\cdot\text{s}$ 。

③) 喷淋室结构。

喷嘴的喷水方向。顺喷时，水的喷射方向与空气的流动方向相同，空气与喷水的相对速度减少，水气开始接触时温差最大，随后温差逐渐减小，因而对流换热系数小，不利于热湿交换；但顺喷时水苗加长，空气与喷水接触时间较长，对热湿交换有利。

逆喷时，水的喷射方向与空气的流动方向相反，空气与水之间的相对速度增大，对流散热系数较大，有利于热湿交换；但逆喷时水苗缩短，空气与水的接触时间较短，则为不利之处。

喷嘴排数。喷嘴排数和排与排之间的距离都影响着空气与喷水的接触机会和热湿交换时间。因此，喷嘴排数与排间距要适当选择。

喷嘴孔径。喷嘴孔径影响喷水量和水滴细度。空气与喷水接触面积和水滴边缘的水气压力差是影响热湿交换效率的重要因素。因此喷嘴形式及孔径选择很重要。

(二) 喷水量计算

由于喷水室内空气与喷水的热湿交换过程很复杂，影响因素又多，因此常用一些经验数据结合公式计算，以简化计算方法。

(1) 一级喷水室。空气在一级喷水室中经受喷水处理后，空气的相对湿度一般可达 $90\% \sim 95\%$ 。

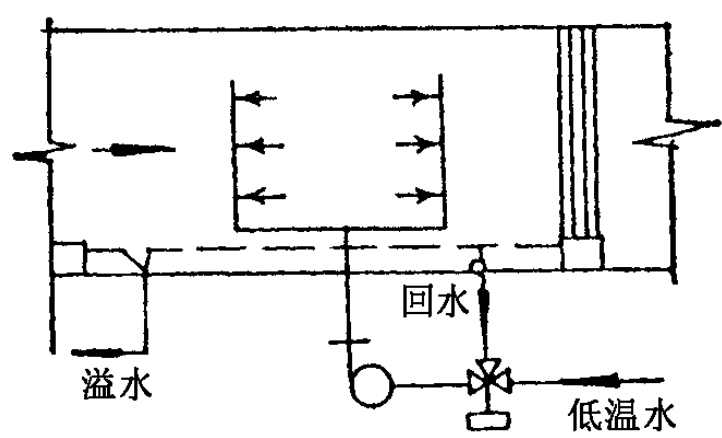


图1 - 13 一级喷水室

一级喷水冷却去湿过程。当喷水室采用粗喷，空气的重量速度在 $2.4 \sim 3.6\text{ kg/m}^2\cdot\text{s}$ 时，喷嘴的排数与热湿交换效率、水气比的关系可参考表1 - 6 选定。

表1 -6 喷嘴排数对一些参数的影响

喷嘴排列		热湿交换效率	水气比 μ
顺排	逆喷		
2 排	—	0.85	0.6 ~0.8
1 排	1 排	0.90	0.6 ~0.8
	2 排	0.95	0.6 ~0.8
1 排	2 排	0.99	0.9 ~1.2

在纺织厂，一般对处理前后的空气状态点1 和点2，可根据室外气候条件和车间温湿度要求确定。先确定喷水排列，再从表1 -6 中查得相应的热湿交换效率 值和 水气比 μ 值，而后利用式 (1 -24 ) 和式 (1 -25 ) 求得喷水的初温和终温。其中 $t_{hs1}$ 、 $t_{sh2}$ 、 $i_1$ 、 $i_2$  等数值都可根据空气处理前后状态参数，从*i* -*d* 图上查得。

喷水量 *W* 根据水气比 μ 和送风量计算。

$$W = L \cdot \mu$$

(1 -26 )

供水温度低，掺用回水喷淋时，低温水量 *W<sub>D</sub>* 用下式计算：

$$W_D = \frac{L \cdot (i_1 - i_2)}{C (t_Z - t_D)} = \frac{W (t_Z - t_D)}{t_Z - t_D}$$

(1 -27 )

式中：*W<sub>D</sub>*——需要的低温水量 (kg /h)；

*t<sub>D</sub>*——供水温度 ( )；

*C* ——水的比热 (1.1868 ,KJ /kg · )。

如属人工制冷的冷源，以提高蒸发温度办法较好。

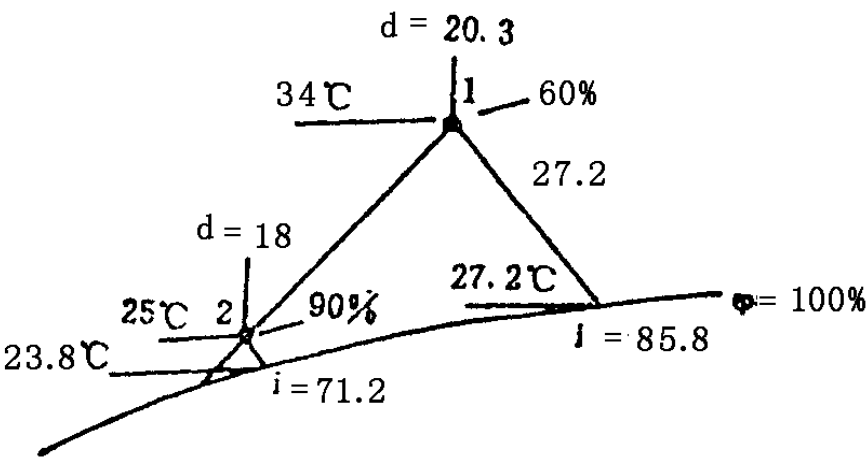


图1 -14

供水温度高于计算喷水初温时，可以修改设计水气比或改用其他水温合适的冷源。

[例] 混合空气温度 $t_1 = 34$  , 相对湿度  $\phi_1 = 60\%$ 。要求将这样的空气经喷水处理后达到温度 $t_2 = 25$  , 相对湿度  $\phi_2 = 90\%$ 。处理空气量（即送风量）为 $100000\text{kg/h}$  , 冷源水温 $18$ （井水）。试求喷水量、喷水的初温和终温及需要的冷量和井水量。

[解] 根据给定的处理前后空气状态参数 , 在*i* -*d* 图上定出点1 和2 点 , 查出与这一状态相应的含热量和湿球温度 , 如图1 -14 所示。

从*i* -*d* 图上查得 :

$i_1 = 85.8\text{kJ/kg}$  ,  $t_{sh1} = 27.2$  ;

$i_2 = 71.2\text{kJ/kg}$  ,  $t_{sh2} = 23.8$  。

选用两排喷嘴 , 对喷布置从表1 -6 查得 , 热湿交换效率  $\epsilon = 0.9$  , 水气比  $\mu = 0.6 \sim 0.8$ 。

取  $\mu = 0.8$  , 计算喷水量 :

$W = L \cdot \mu = 100000 \times 0.8 = 80000\text{kg/h}$  , 或 $80\text{t/h}$  将 $i_1 = 85.8\text{kJ/kg}$  ,  $i_2 = 71.2\text{kJ/kg}$  ,  $t_{sh1} = 27.2$  ,  $t_{sh2} = 23.8$  ,  $\epsilon = 0.9$  和  $\mu = 0.8$  代入式 (3 -24) 和式 (3 -25) , 列出关系式 :

$$0.9 = 1 - \frac{23.8 - t_z}{27.2 - t_c} \text{ 和 } 85.5 - 71.2 = 0.8 \times 4.1868 (t_z - t_c)$$

解联立方式 , 求得 $t_c = 18.56$  ,  $t_z = 22.94$  。  $t_c > 18$  , 供应 $18$  冷水 , 温度符合要求。

需要冷量  $= L \cdot (i_1 - i_2) = 100000 \times (85.8 - 71.2)$   
 $1460000\text{kJ/h}$

需要井水量 ( $18$  ) :

$$W_D = \frac{L \cdot (i_1 - i_2)}{C (t_z - t_D)} = \frac{100000 \times (85.8 - 71.2)}{4.1868 \times (22.94 - 18)} = 70590\text{kg/h}$$

本例中的 $t_c$  和  $\mu$  值的选用 , 与冷水温度关系密切。假如用冬灌井水作为冷源 , 出水（供水）温度可以降到 $13$  以下 , 那时即使把点2 定在 $t'_{sh2} = 22$  ,  $i_2 = 64.9\text{kJ/kg}$  ,  $\mu$  取 $0.6\text{kJ/kg}$  , 计算结果 $t_c$  和  $W_D$  亦能符合要求。这样 , 车间温湿度可以控制在 $t_{\text{干球}} 30$  ,  $\phi = 55\%$ 。

2) 两级喷水室。两级喷水室相当于两个一级喷水室串连在一起使用 , 如图1 -15 所示。

空气在两级喷水室中经受两次喷水处理 , 终态相对湿度可达 $95\% \sim 98\%$ 。两级喷水室主要用于减焓处理过程 , 适用于下列情况 :

采用低温井水作为冷源时 , 为了能提高喷水室的出水温度 , 以减少井水用量 , 通常采用两级喷水室。

当低温井水的水温较高，不能满足冷却空气的要求时，可在第一级喷低温井水，第二级喷制冷水。

用制冷水作为冷源时，如果输送制冷水的管路系统较长，为了减少管路系统耗损的冷量，也采用二级喷水室。

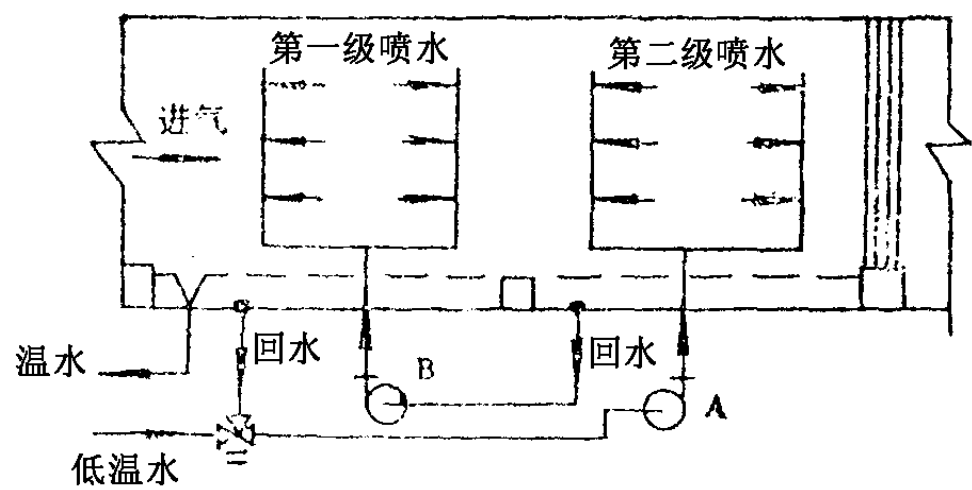


图1 - 15 二级喷水室

井水作为冷源的纺织厂，多数采用两级喷水室，回水用于第一级喷淋，井水用于第二级喷淋。第一级处理后的空气状态参数由点1 变化到点3，再经第二级喷水处理，空气状态从点3 变化到点2，两级喷水的综合效果，相当于从状态点1 直接变化到点2，如图1 - 16 所示。

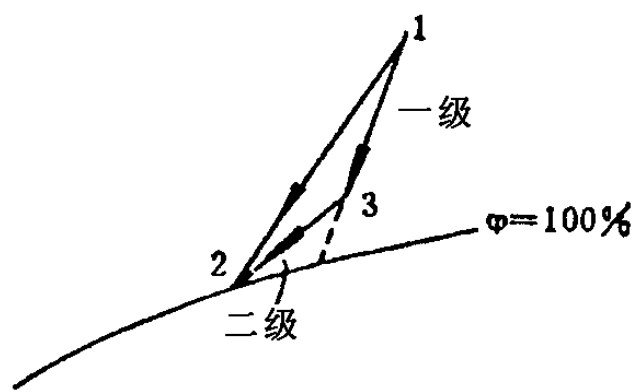


图1 - 16 二级喷水的综合效果

设计两级喷水室时，常按两级喷水量相同计算，即  $\mu_1 = \mu_2$ 。

实测两级喷水室采用四排喷嘴（粗喷或中喷），空气重量风速在  $2.4 \sim 3.6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$  时，喷水终温比处理后的空气温度仅高  $0.5 \sim 1$ ，即：

$$t_z = t_2 + 0.5 \sim 1 \tag{1 - 28}$$

喷水的温升  $4 \sim 6$ ，即：

$$t_c = t_z - 4 \sim 6 \tag{1-29}$$

水气比一般为： $\mu_1 = \mu_2 = 0.5 \sim 0.6$

[例] 用前面例子中所给条件，求两级喷水室的喷水量、喷水初温和终温，需要的冷量和低温井水量。

[解] 取水气比： $\mu = 0.6$

喷水量： $W = \mu \cdot L \cdot \rho = 0.6 \times 100000 = 60000 \text{ kg/h}$

喷水终温： $t_z = t_2 + 0.5 = 25 + 0.5 = 25.5$

喷水初温：

$$t_c = t_z - t_c = \frac{L \cdot (i_1 - i_2)}{W \cdot C} = \frac{100000 (85.8 - 71.2)}{60000 \times 4.1868} = 5.833$$

$t_c$  在  $4 \sim 6$  范围内：

$$t_c = t_z - t_c = 25.5 - 5.833 = 19.67$$

需要的冷量：

$$Q = L \cdot (i_1 - i_2) = 100000 (85.8 - 71.2) = 1460000 \text{ kJ/h}$$

需要的低温井水量：

$$W_D = \frac{L \cdot (i_1 - i_2)}{C (t_z - t_D)} = \frac{100000 (85.8 - 71.2)}{4.1868 \times (25.5 - 18)} = 46700 \text{ kg/h}$$

采用两级喷水室时，需要的低温井水量为一级喷水室时的  $46700 / 70500 = 66.2\%$ ，井泵取水用电量相应减少。

两级喷水室，喷水泵用电约为一级喷水室喷水用电的： $\frac{2 \times \mu_2}{\mu_1} = \frac{2 \times 0.6}{0.8} = 1.5$  倍，即 150 %。

两级喷水室的喷水泵、深井泵总用电量与一级喷淋法相仿。但两级喷水室的喷水初温，对冷源水温要求较宽，冷源适应性较好。如果水源温度降低，例如用冬灌井水作为冷源，则水气比可以定得低些，深井泵和喷水泵的综合能耗可以进一步减少，好处更大。两级喷水室也给调节设备和故障维修带来了方便。

③) LUWA 型喷水室布置，多用双排（对喷）密集喷嘴和小水气比， $\mu = 0.4 \sim 0.6$ ，喷淋较低温度的冷水（ $t_c$  约  $7 \sim 10$ ）。低水气比除了要求低水温外，还要求处理前空气是低焓值。在室外空气焓很高，车间低焓回风混用率小，且喷淋水初温高时，不能降低  $\mu$  值。

## 五、车间直接给湿

有水雾给湿和蒸汽给湿两种方法。水雾给湿系用喷雾机将常温水雾化后直接喷入车间空气中，是最简单的空气加湿方法。在*i* - *d* 图上为等焓加湿过程，见图1 -5 和表1 -2 中的A -4 过程线。

国外仍有应用这种化雾原理的给湿设备的介绍，但结构已有较大改变，且制造精密，并配有自动控制设备。国产如常熟鼓风机厂PWF40、45—11 型喷雾风机也利用水雾给湿法给空气增加含湿量

回转式喷雾机的优点：设备投资省，能耗少，装置方便和噪声低。主要缺点：雾滴（有时是水滴）较大，管理麻烦和车间布置比较零乱。需要局部加湿而不考虑温度的纺织车间仍有使用喷雾加湿器的。

蒸汽给湿。蒸汽给湿是向空气直接喷入蒸汽，增加空气的含湿量，提高空气的相对湿度。在*i* - *d* 图上用等温增焓加湿过程线表示，参见图1 -5、表1 -2 的A -6 过程线。这种加湿方法具有设备简单、管理方便和调节灵活等优点。

## 第四节 空气净化

棉纺织厂空气净化亦属空气调节中的一项重要内容。它对劳动保护、安全生产、回收原料和提高产品质量都有重大意义，是一项必须做好的工作。

### 一、除尘工作的重要性

#### 1．改善劳动环境

第一章第二节已简单地介绍了棉尘肺的危害性。从劳动保护角度出发，应改善工人劳动环境，据资料介绍，车间空气含尘浓度与棉尘肺发病率关系密切，空气中的总尘浓度超过3mg /m<sup>3</sup> 后，发病率急剧增加。这是我国现行棉纺织车间总尘浓度不超过3mg /m<sup>3</sup> 的规定是契合的。

#### 2．防火防爆安全生产

常认为纺织尘埃同时具备三个条件才能起火发生爆炸事故，即 粉尘在空气中形成尘云，达到爆炸危险浓度； 遇到引爆火源； 有足够的空气。尘源、火源和气源是引起火爆事故的主要条件。棉尘的爆炸参考下限浓度为：短绒浓度500g /m<sup>3</sup> 或籽尘50g /

$\text{m}^3$ 。一些车间的实测空气含尘浓度虽在限度以内，但是当除尘系统中有较多积尘或出现浮动状态尘云面，以致局部地区的空气含尘浓度超过下限浓度时，遇到火源，就有发生爆炸的可能性。尘源不存在，就不会发生爆炸事故，车间安全生产即有保障。

### 3. 影响产质量

除尘系统原为清除和排出纺织过程散失的纤维和尘杂而设立。毫无疑问，除尘气流会影响半制品含杂。停用除尘设备，原料输送亦将中断，故除尘直接影响产质量。

除尘不良，使车间中飞花增加，飞花落在半制品上直接造成纱织疵；飞花落在纺织机器上影响机械运行状态，使机件失灵，从而产生纱织疵，棉纺织厂几乎各工序都存在飞花纱（织）疵问题。混纺产品用不同的纤维原料，飞花夹入不同纤维会给后加工增添麻烦，如印染造成色差。

### 4. 回收可用纤维

纺织生产过程必然有落棉和落尘。落量与使用原料和工艺、工序有关。清棉过程的破籽和地弄花落物，梳棉过程的车肚和斩刀花及精梳过程的落棉中都有可供回用的纤维。做好除尘工作可以多回收有用纤维。据某厂清棉除尘试点改造工程总结资料，推算10万锭纱厂清花落棉中，每年能多回收2万余公斤有用纤维。由此可知用除尘设备从清钢和精梳工序回收可用纤维有一定的经济意义。

## 二、纺织与棉尘

棉纺织厂以纤维为原料，生产纱布产品。生产过程中，各工序都产生回花（回卷、回条）、落棉（短纤维、尘杂）、回丝和风耗（含水变化）。对于任何过程来说，制成品（半制品或纱布）总小于喂入的原料。以纯棉中特纱为例，约有88%原料成为棉纱，其余的12%则成为回花、落棉、回丝和风耗。其中落棉约占2/3。落棉以清梳工序为最多，清花落棉约占37%，梳棉落棉约占50%。

落棉有两个去向：进入管道系统，如清棉、梳棉的除尘系统和细纱断头吸棉系统；进入车间空气，即散发灰尘，约占落棉的2%。散发灰尘有两种情况：一种是全面性散发，灰尘从整个车间的生产机台和半制品表面散发出来，如并条、粗纱、细纱、并捻、摇成、络筒、整经、织布、整理等车间；另一种是局部性散发，由机器的某些部位或某种操作散发出来，如清棉的松包机、纤维杂质分离机、除尘器及梳棉用的刺毛辊、抄针，条、粗、细单独断头吸棉的排风等。全面散发的灰尘采用全面通风换气方法，冲淡和净化空气法解决。局部性散发的灰尘用加强机台密闭和增设吸尘罩等方法处理。

### 三、除尘方法

随同含尘空气进入管道系统的落棉，经由除尘处理后分为短纤维和尘杂。部分短纤维，如破籽、抄斩……可以回用，尘杂则作为废料处理。过滤空气的含尘浓度根据空调回用或对室外排放规范决定。

#### 1. 方法归类

纺织除尘方法一般可以归纳为重力法、惯性法、电捕法和过滤法四大类。地下尘室靠重力作用沉淀尘杂，属于第一类；旋风除尘器借高速气旋分离含尘空气中的尘杂，属于第二类；静电除尘器用高压电使空气电离，粉尘荷电，流向异性电荷的集尘板，属于第三类；板式、袋式和圆筒式除尘器应用多孔滤料（织物、金属网、粒状材料和泡沫塑料等），在含尘气流与滤料的相对运动下起扩散、截留和惯性作用，达到分离尘杂目的，属于第四类。

重力法依靠落棉的自重沉淀，收集的最小尘粒为 $40\mu$ ，市售旋风除尘器收集的最小尘粒为 $5\mu$ ，而多数棉尘（棉绒除外）的平均直径为 $4.5\mu$ 。显然旋风除尘器不宜收集细粒棉尘。

静电除尘器能以超过95 %的除尘效率，收集粒径小至 $0.1\mu$ 的尘粒，尘粒的电阻率在聚集电阻范围以内。电除尘法有很多优点，但因静电除尘器沉淀下来的尘杂是易燃物质，静电除尘器本身难免产生电火花（包括静电火花），从而引起爆炸危险，这是有待解决的问题。而在处理室外空气中的烟气（煤灰），解决煤灰纱措施方面则有一定价值。

所以，第四类过滤法是纺织厂采用最广的除尘方法。

#### 2. 过滤机理

含尘气流与多孔滤料存在相对运动时，出现以下情况：

(1) 滤料通道（空隙）小于尘杂截面时，尘杂以纯机械方式留在滤料表面，这是过滤的基本方法。最明显的例子是用金属网和尼龙平织物的板式除尘器和圆盘回风过滤器。

(2) 滤料通道曲折，通过截面大于尘杂尺寸时，尘杂可能进入通道，留在通道拐角里，通道被逐渐堵塞，于是滤料容尘量增加，阻力渐渐升高。这种现象常见于用锻纹布、泡塑和针织滤料的除尘器。

(3) 尘杂因互相碰撞而积聚在滤料的迎风面上，形成起主要过滤作用的滤尘层，常用的纺织除尘设备都存在这种情况。

(4) 当含尘空气通过滤料时，细粒尘因布朗运动、惯力作用和冲撞原因，积留在纤维附近，多层过滤材料交错叠放或层间填入其他纤维时，这种作用会增强。



四、除尘实践

(一) 重点除尘车间

从表1 -7 数据可知，车间空气总尘浓度控制在 $3\text{mg}/\text{m}^3$ ，被检查人的棉尘发病率在10 %以下。实际上，我国有些地区的棉纺织厂已达到 $<3\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求，只是厂际差距很大，从平均浓度来看，尚与要求有距离。

从另一些国外学者对棉尘粒度分布的研究资料可知，引起棉尘肺病的细粒尘杂以清棉和梳棉过程为主，分别达28.6 %和16.7 %。

表1 -7 含尘浓度与棉尘肺发病率

总尘浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	被检查人发病率 (%)	被检查人数 (人)
0.2 ~0.5	1.5	222
0.5 ~1.0	2.3	102
1.0 ~2.0	9.9	1259
2.0 ~3.0	8.5	1226
3.0 ~4.0	34.0	465
4.0 ~5.0	55.0	245
5.0 以上	27.5	92

从表1 -8 数据可知，当前除尘重点工作仍应以清棉和梳棉车间为主，条粗和细纱车间为辅。

表1 -8 棉尘粒度分布百分比

工 序	质量百分比 (%)		
	短纤 (棉绒)	中粗尘杂	能吸入人体的细粒尘杂
开 棉	66.2	22.5	11.3
清 棉	50.0	21.4	28.6
梳 棉	66.6	16.7	16.7
并 粗	84.3	9.4	6.3
细纱、络筒	88.8	5.6	5.6

(二) 断头吸棉

并条、粗纱和精梳、细纱都有吸棉装置。并条、粗纱断头吸棉空气，大都直接排入本车间，过滤后空气中的棉尘仍进入车间空气，对于降低车间空气含尘浓度无益处。精梳落棉有两种处理方法，用一次落棉法时，含尘空气通过小尘笼回入车间，无益于降低本车间空气含尘浓度；用两次落棉法时，落棉集体进入吸落棉系统，分清纤维和尘杂，含尘空气则对外排放，有利于降低车间空气含尘浓度。细纱断头吸棉是靠机上的集棉箱分清纤杂。含尘空气有三种排放方式。

- (1) 单独吸棉单独排风。每台细纱机的集棉箱内装一个小风扇，吸入的含尘空气经集棉箱过滤后，空气排入车间。
- (2) 集体吸棉集体排风。多台细纱机采用一台较大的离心风机，通过集棉箱过滤后的空气，先排入集体排风道，再度过滤后，送至空调室或直接排出室外。
- (3) 单独吸棉集体排风。这是第一种和第二种结合的形式，由机上小风机将集棉箱过滤后的空气排入集体排风道内（有时经再度过滤），用大型风机排至室外，或送去空调室回用。

上述三种形式的效果比较，见表1 -9。

表1 -9 排放含尘空气的三种方式的效果比较

单独吸棉单独排风	单独吸棉集体排风	集体吸棉集体排风
1. 不利于车间温湿度控制	1. 有利于车间温湿度控制	1. 不利于车间温湿度控制
2. 空气直接排入车间，车间气流紊乱、温湿度不均匀	2. 不会因排风而使车间气流紊乱和温湿度不均匀	2. 不会因排风而引起车间气流紊乱和温湿度不均匀
3. 排入车间的空气中含有短绒及灰尘，导致车间空气的含尘量增多	3. 车间内空气的含尘量可以降低	3. 车间内空气的含尘量可以降低
4. 起不到均匀排风作用	4. 能起到均匀排风作用	4. 能起到均匀排风作用
5. 检修保养工作量最大	5. 检修保养工作量较大	5. 检修保养工作量最小
6. 对个别机台调节真空度最方便	6. 对个别机台调节真空度比较方便	6. 真空度较稳定
7. 关车落纱时，无倒吹风现象	7. 真空度不够稳定	7. 总排风和道头端和尾端机台真空度差异大

续表

单独吸棉单独排风	单独吸棉集体排风	集体吸棉集体排风
8．真空度不稳定	8．真空度不受总排风管道头端与尾端机台的影响	8．耗电最小，投资较少
9．真空度不受排风管道的影响	9．耗电最大，投资最多	9．风扇损坏时，生产影响面最大
10．耗电较大，投资较少	10．风扇损坏时，生产影响面较少	
11．风扇损坏时，生产影响面最小		

总的说来，在上述三种吸棉排风形式中，以集体吸棉集体排风的形式比较好，它既能满足工艺生产和劳动卫生的要求，又比较经济。

精梳机吸落棉情况相仿，也以设置除尘系统，集中处理含尘空气比较合理，但系统不宜过大。

（三）高特纱地排风问题

高特纱 [97 ~58tex (6 ~10 英支)] 用的原料较差，加工过程中散入车间的棉尘较多，不仅影响人体健康，而且往往产生断头。以某厂为例，在高特纱的细纱机下装设了机下排风设备，每台细纱机吸风量12000m³/h（约为常规空调送风量的三倍），使机旁含尘气流能有组织地、顺利地通过下吸口进入除尘系统。测试结果表明，采用机下排风后，罗拉和锭子部位的空气含尘量，从15.3mg/m³下降至7.7mg/m³，而在停开地下排风时，用肉眼就能看到纺纱区域的棉尘飞扬情况。由此可知，粗号纱必须设机下排风系统。

（四）防爆、报警和泄爆

纺织除尘系统的防火防爆措施，应以降低空气含尘浓度和杜绝火源为重点，具体做法是设计合理和管理落实。

除尘设计应着重考虑下列问题： 除尘管道选定的风量应保证空气混合物中的纺织尘浓度不超过爆炸浓度下限值的50 %； 除尘系统的管道和吸尘部位保持一定负压； 减小除尘系统局部阻力，不允许管道系统中存在“死段”； 除尘设备与生产主机合理配套，开关次序要适当； 除尘室按0.05 ~0.10m²/m³ 泄爆系数设计泄压面； 进

料、管道、设备全面设防，配用金属探测器、红外线火苗探测器、压差探测器、烟雾探测器和流速探测器，及时报警和处理事故； 采用消除静电装置及有关的电气安全措施。

管理上应把重点工作放在以下几方面： 配备专职的除尘设备和运行管理人员； 定期清洁除尘设备和做好车间清洁工作，慎防设备堵死和纤维二次飞扬； 严格执行消防和电气安全规则。

## 第五节 通风方法和空气输送

通风包括送风和排风两方面内容。送风系向车间送入参数合适的空气，建立合适的车间空气环境。排风是为了排除车间不利因素（热量、湿量、含尘量）和平衡送风量，避免室外气候变化影响。

空气主要是通过管道输送的。所以，必先弄清楚空气在管道输送过程中的一些情况，而后才能使定量空气送往需要空气的地点（送风），或从需要排风的地点吸走定量空气（吸风）。

### 一、通风方法

#### （一）送风

纺织厂车间送风可以归纳为全面送风、局部送风和混合送风三种方式。

##### 1. 全面送风。

用于整个车间都散发热量、灰尘或有害气体，且车间要求保持一定空气条件的场合。

按送风管道的安装位置划分，全面送风可分为上送风、下送风和无管道集中送风等三种类型。

（1）上送风。送风口设在工作区上方，自上而下送风。纺织厂普遍采用的大梁风道、条缝形送风口就是典型的上送风。空气离开送风口，先送到工作区，再流向工艺区，吸收工艺区的热量和尘杂后排出，为防止气流出现辐射现象，条缝形风口装有导风叶，使气流得以扩散。有时为了降低工作区送风流速，又在条缝形风口下方增设水平挡板，使气流沿水平挡板向四周散射。

送风管道布置在车间上空，管道侧面设有带导风叶的矩形送风口者亦属上送风范

畴。

②) 下送风。空气从地下风道竖起的送风箱或地面送风口送出者称为下送风，下送风的优点是能够把洁净的空气直接送到工作区，空调风量可以减少。自从引进 Condifil 工作区送风技术后，这种送风方式有了发展。

③) 无管道集中送风。墙壁上装设喷口给车间上、中部送风，墙壁上安装进气风扇，从室外引入空气给车间通风，都是无管道集中送风。由于这种方式没有送风管道，故工程投资费用省，并且不存在管道上积尘问题。缺点是车间温湿度区域差异大，送风不均匀和回流空气较脏。因此无管道集中送风只用于空气条件要求不高的纺织车间。

### 2. 局部送风。

局部地区散发大量热湿和灰尘之处常用局部送风（又称空气淋浴）方式改善空气环境。可在支风管上装送风口，或用旋转送风口送风。旋转送风口又叫巴图林送风口，有标准图，可以按图制作和安装。

### 3. 混合送风。

从全面送风系统引出局部送风口，或在全面送风系统之外，兼设局部送风者，称之为混合送风。

## （二）排风

纺织厂的车间排风可以归纳为全面排风、局部排风和混合排风三种方式。

### 1. 全面排风。

散发热量、灰尘或有害气体的机器设备遍布于整个车间时，应采用全面排风方式。从排风位置区分，全面排风可分为分散上排风、分散下排风和集中排风三种类型。

①) 分散上排风。上排风符合空气受热上升自然对流规律。排风点可以均匀地布置在整个车间的上方。往昔细纱和织布车间都应用天窗调节车间空气温湿度。至今，新建棉纺织厂仍多保留着可以启用的天窗，或在天窗上装设排气风扇。天窗排风是典型的分散上排风。

②) 分散下排风。常用的车间地排（地面排风口）、集体断头吸棉排风道和细纱机电动机排热都是分散下排风。分散下排风对改善车间空气环境和生产状况方面都是有利的。缺点是施工量大、投资多和运行能耗比较大。

③) 集中排风。墙上安装排气风扇，集中排除车间污浊空气及空调侧墙回风都是集中排风。集中排风是纺织厂目前常用的排风方式。它的优点是工程量小，投资省，能耗少。缺点是地区温湿度差异大和容易受邻室或室外空气影响。

### 2. 局部排风。

凡是大量散发热湿、灰尘或有害气体的机器设备，都以采用局部排风办法为宜。局

部排风常采用排雾罩、吸尘罩或其他形式的集风、集尘构件。浆纱机用的排雾罩、刷毛机用的吸尘斗、细纱机用的断头吸棉、梳棉机用的吸罩等都是局部排风用的构件。

3．混合排风。

全面排风和局部排风相结合者称之为混合排风。

(三) 自然通风

自然通风是利用室内外空气的温度差和压力差以及室外风力作用，对车间或室内进行通风换气的通风形式。

自然通风与机械通风的换气效果和经济性比较见表1 -10。

表1 -10 通风方法比较

自然通风	机械通风
1．利用天窗或侧窗等较简单设备，投资和运行费用较低	1．必须具有一定数量的空调和附属设备，投资和运行费用较高
2．对空气不能进行处理，不能很好地控制工作区域需要的温湿度	2．能对空气进行各种处理，能够提供生产和人身健康需要的温湿度
3．空气流动的路线很难控制，不能完善地满足各个工作区域的要求	3．能够根据生产和工作的需要，控制送风与排风
4．车间或室内空气状态受室外气候变化影响较大	4．车间或室内空气状态受室外气候变化影响较小

自然通风的特点是设备简单，几乎不消耗电力，适用于温湿度要求不严格的车间。许多小型纺织厂没有完整的机械通风设备，全靠天气合适和应用自然通风办法调节车间温湿度。应用自然通风，必须熟悉天气变化规律、通晓纺织工艺要求和善于应用温湿图，才能做好温湿度调节工作。

(四) 送排风结合方式

送风方式是决定车间气流及温湿度分布的主要因素，而排风则有引导空气流动，防止车间气流混乱和温湿度失控作用。所以设计送风方式时，切不可忽视送排风的结合问题。也就是要根据工艺设计决定适当的送排风布置方式。合理的送排风布置能缩小温湿度地区差异、减少气流紊乱引起的断头、有效地排除机台热量、减少纱织疵和减少室外气候变化对车间空气参数的影响。常用的送排风结合方式有上送上排、上送侧排，上送下排和下送上排四种方式。

1．上送上排。

送入车间的空气由上而下通过工作区域后，返向上部，经厂房上部的天窗或排气风扇排出。上送、上排通风方式，至今尚有许多厂在使用。所需设备比上送下排法少，调节比较方便。上送上排法应注意防止送风短路，即防止送入空气经由排风处直接排出。

2．上送侧排。

排风窗设在侧墙上，工程量少，宜用于机台不多、空气回流不长和温湿度要求不严格的车间。侧排的主要缺点是回流途中空气温度逐渐升高，相对湿度不断下降和回风窗附近气流速度很高，因而对生产不利。

3．上送下排。

热量、灰尘和短纤维一般产生在呼吸线以下。采用上送下排通风系统可使较脏的空气就近排出。从而减少车间空气的热量与棉尘，缩小车间温湿度区域差异。新厂大多用这种气流组织方式。缺点是设备投资大，运行费用（用电）较高。

4．下送上排。

以往用此法者不多。近来学习了 Condifil 工作区送风技术后，已有少数厂使用这种气流组织方案。总结资料表明，下送上排法的设计风量可以大大减少，设备投资和运行费用均见降低。其适用场合和棉尘飘扬问题尚待继续研究。

二、管道中气流基本概念

（一）压力和能量转换

1．压差使气体流动。

当管道两端存在压差时，空气才会流过管道。压差产生两种作用：一是使气体得到动能，产生流速 $v$ ，称为动压，用 $P_v = \frac{v^2 \rho}{2}$ 表示。二是使速度为 $V$ 的空气克服管道系统阻力通过管道。管道阻力包括气流与管道内壁的摩擦阻力和空气流速或流向变化引起的局部阻力，阻力可用 $P_s$ 表示（ $P_s$ 又称为静压）。由此可知，管道两端的总压力 $P = P_v + P_s$ ， $P$ 称为全压。

2．能量转换。

风机供给的全压等于风机出口全压与进口全压的和（绝对值），机前的静压为负值，机后的静压一般为正值，动压总是正值。图1 - 17 为吸入式风机的空气压力分布图。如为压入式布置，喷淋室的静压亦为正值，而风机前的静压仍为负值。

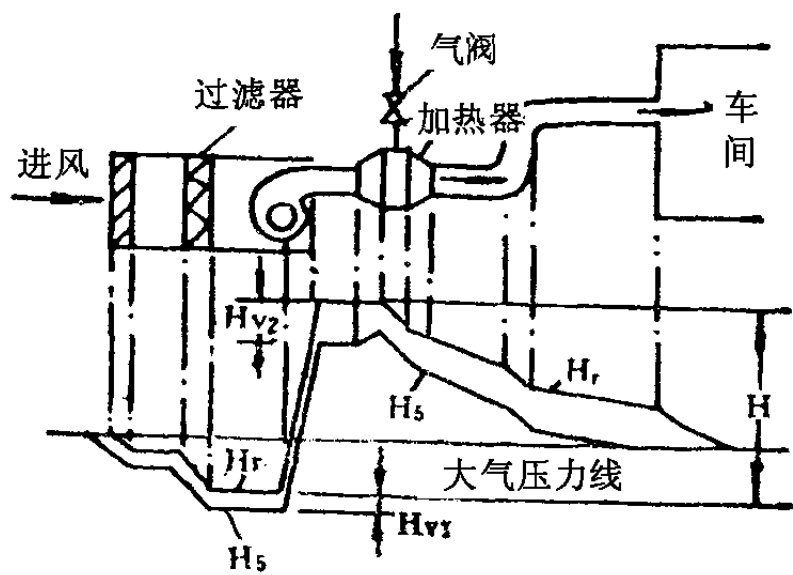


图1 -17 吸入式风机的空气压力分布图

常用能量方程式（伯努利方程）推论管道系统中的理论流体动态变化。这是能量守恒与能量转化定律在流体力学中的作用。

当理想气体在管道系统中流动时，任何截面的压能（静压）、动能（动压）和位能三者的和（总能头）应是不变的。图1 -18 中：

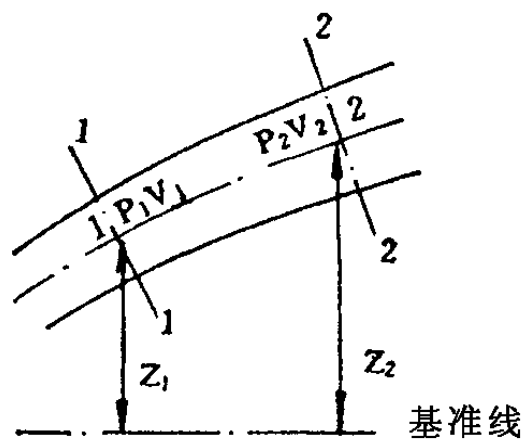


图1 -18 总能头不变

$$\frac{P_{s1}}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_{s2}}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \tag{1 -30}$$

式中：  $P_{s1}$ 、 $P_{s2}$ ——截面1 -1 和2 -2 处的空气静压（ $\text{kg}/\text{m}^2$ ）；  
 $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ ——截面1 -1 和2 -2 处的空气容重（ $\text{kg}/\text{m}^3$ ）；  
 $v_1$ 、 $v_2$ ——截面1 -1 和2 -2 处的空气速度（ $\text{m}/\text{s}$ ）；  
 $g$ ——重力加速度  $=9.81 \text{ (m}/\text{s}^2)$ ；  
 $Z_1$ 、 $Z_2$ ——截面1 -1 和2 -2 的中心标高（ $\text{m}$ ）。

空气在管道内流动时，由于粘滞性等原因而产生阻力，使总能头逐渐减小，故能量方程又可以改用下式表达：



$$P_{S_1} + \frac{V_1^2}{2g} = P_{S_2} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{2-1}$$

(1 -31 )

式中  $h_{2-1}$  为1 -1 截面与2 -2 截面间的阻力损耗。

由此可知： 静压 ( $P_s$ ) 与动压 ( $P_v$ ) 能够相互转化 , $P_v$  升高时 $P_s$  相应降低 , $P_v$  降低时 $P_s$  相应升高〔式 (1 -30 )〕； 实际流体管道系统中存在阻力损耗 (  $h_{2-1}$  ) , 其中的小部损耗将在管道内转化为热量 , 热量从管壁传出 , 并把流体 (空气) 加热。

(二) 合流和分流

流体向一处汇合叫合流 , 如图1 -19 (a) , 流体 和 向A 处汇合。流体从一处向多处流去叫分流 , 如图1 -19 (b) , 流体从A 分别流向 和 。向汇合点流入的诸流量的和必然等于从汇合点流出的诸流量的和 , 这是连续流动的必然规律 , 如图1 -19 (c) , 流向A 点的流量 + 必然等于流出A 点的流量 + 。

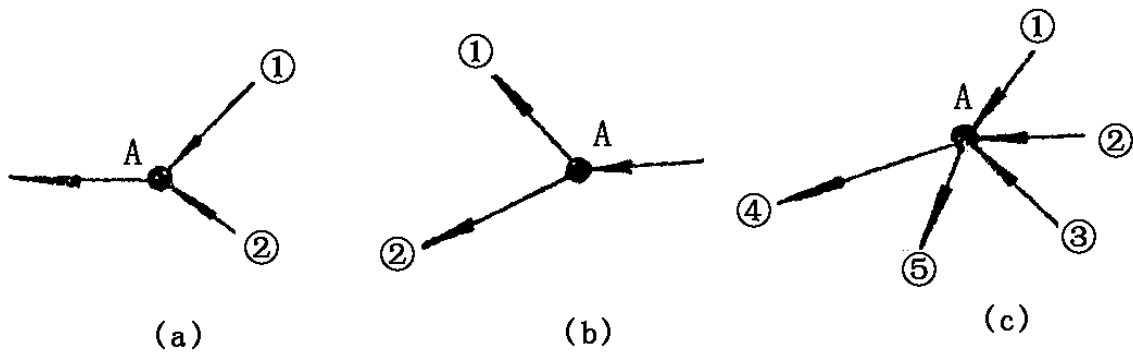


图1 -19 合流和分流

这一概念适用于分析管道系统的任何截面的流体动向 , 也适用于分析整个车间的气流动态。例如 , 进入细纱车间的空气量包括空调送风量、相邻车间流入的空气量和从室外 (门窗) 进入的空气量三部分。从细纱车间流出的空气量包括空调回风、地排风、断头吸棉空气、流入相邻车间的空气量和门窗排风 , 且总流入空气量必然和总流出空气量相等。

这样的概念也适用于理解系统中的热量、湿量和尘杂变化。例如空调处理过程中 , 喷淋前的总热量包括回风热量、新风热量和冷热源提供的冷热量 ; 喷淋后的总热量包括露点空气含热量和喷淋过程散失热量。根据喷淋前后总热量不变原则 , 便可计算冷热源的水量、汽量及水温等。

(三) 气温变化

送风管道中的空气温度约比车间温度低5 ~8 。管道内外存在温差 , 有热量从管外传给管内的空气。所以空气输送过程中 , 管内空气温度逐渐升高 , 空气含热量逐渐增

加。因此，在均匀散热的车间，要使车间温湿度均匀，后面风口的送风量要比前面风口送风量多些。

温度（含热量）升高程度与管道材料和内外温差有关，参见表1 - 11。例如起始风口送风量为100kg /h，离它50m 的薄钢板风管的风口送风量取100 ×1 .15 =115kg /h。

表1 - 11 温升系数

距离 (m )	混凝土风道	薄钢板风道
30 ~40	1 .05	1 .10
40 ~60	1 .10	1 .15
60 ~80	1 .15	1 .20
80 ~100	1 .20	1 .25

三、管道阻力

(一) 两类阻力

气体和液体在管道内流动时，遇到两种阻力。由于流体的粘滞性和管壁粗糙度产生的阻力，叫摩擦阻力。摩擦阻力与流体的流速和管道内壁的粗糙程度有关，空气在管道中的流速越大、且管壁越粗糙时，摩擦阻力越大。反之，流速越小、管壁越光滑，则摩擦阻力越小。由于流体在管道中流动时，因流动方向或流速改变而产生的阻力，叫局部阻力。局部阻力与管道配件的形状，构造和流体速度有关。流体运动变化缓慢，流速较小，则局部阻力小；变化急速，流速较大，则局部阻力大。

(二) 阻力计算

(1 ) 摩擦阻力。在形状不变的直管道内，流体的单位长度摩擦阻力用下式计算：

$$H_m = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot$$

(1 - 32 )

式中：H<sub>m</sub>——摩擦阻力 (Pa) ；  
——摩擦阻力系数 ；  
d——圆管直径或矩形管的当量直径 (m )。

常用摩擦阻力线解图，简化摩擦阻力计算。线解图中包括与摩擦阻力有关的管道绝对粗糙度、当量直径、风量（对应风速）和比摩阻 （单位长度的摩阻）等因素。管道绝对粗糙度与管道材料有关，当量直径为矩形管道的等速当量直径，计算或查图均可；

比摩阻为单位长度的摩擦阻力，往昔多以毫米汞柱（mmH<sub>2</sub>O）为单位，改用Pa为单位时，乘以9.8（或10）即可。

查得比摩阻后，式（1-33）简化为

$$H_m = \lambda \cdot l \tag{1-33}$$

式中： $\lambda$ ——管道长度（m）。

②）局部阻力可用下式计算：

$$H_J = \frac{v^2 \cdot \zeta}{2} \tag{1-34}$$

式中： $H_J$ ——局部阻力（Pa）；

$\zeta$ ——管道配件的局部阻力系数。

③）总阻力。包括管道从头到尾诸摩擦阻力及诸局部阻力之和，即：

$$H = H_m + H_J \tag{1-35}$$

### （三）阻力平衡

当风口由多只风口送风时，风机出口到各只送风口的总阻力应该大小相同。这样，才能使各只风口按原计算风量送风。例如风机向三处风口（a、b、c）输送空气，如果自风机出口至a、b、c处的阻力相同， $H_a = H_b = H_c$ ，则风机能按原定计划风量 $Q_a$ 、 $Q_b$ 、 $Q_c$ 送风。如果阻力不同，例如 $H_a = H_b$ ， $H_a > H_b$ ，则a、b风口的送风量会比计划风量减少，c风口的风量可能比计划风量增加。风量改变情况将按阻力平衡规律进行。

在上面的假设例子中，要使 $Q_a$ 增加，可以设法降低 $H_a$ ，使a风口增加送风后，保持原先 $H_a = H_b = H_c$ 规律。或者提高 $H_c$ ，使之保持原有的阻力关系， $H_a = H_b = H_c$ ，这时 $Q_c$ 将减小。如有必要使 $Q_c$ 保持不变，则可适当提高风机的全压，使 $H' > H_a \dots\dots$ ，这样，可使 $Q_c$ 维持原风量，而 $Q_a$ 增加。

排风系统（及除尘系统）的阻力平衡原理相同，只是阻力改为负值（真空度），送风口改为吸气口而已。

送风系统中调节一个点，或一条支管道时，会影响原来整个系统的阻力和风量平衡。这是运行管理者必须知道的基础知识。

由于阻力计算引进了许多经验数据，计算设计未必十分周密，以及送排系统中各点需要的空气量常有变动，因此送排风系统中设置了一些可以改变阻力、调节风量的管道配件，管理人员必须熟悉它们的性能和功用，才能用好空调和除尘设备。

### （四）全压、阻力和流量

人们要求管道系统能提供（或排除）一定流量的空气。空气流量和系统阻力与风机

全压有关。减小系统阻力、提高风机全压都会使空气流量增加。减少系统阻力的方法有缩短管道长度，放大管道，改善管道系统，减少产生局部阻力的配件或改用阻力小的配件等。提高风机全压的办法有增加风机转速，更换适当的风机，加用串联风机，改用效率高的进风调节阀等，效果好，费用省和工程量少者优先做。

四、除尘管道的气流速度

(一) 吸尘速度

吸取物料需要有真空度。真空度越高，吸尘能力越强。例如梳棉机吸气口的气流速度 $v$ ，在吸尘罩和漏斗处产生了真空度，才能吸入梳棉尘。

吸点的空气流速与吸口真空度 $h$  有关，用下式计算：

$$v =0.91 \sqrt{h}$$

(1 -36)

式中： $v$ ——吸点空气流速（m/s）；

$h$ ——吸口真空度（Pa）。

(二) 自由沉降速度

在完全静止的空气中，棉尘因受重力作用而加速下沉，下沉速度越来越快，空气对它的阻力越来越大，直至两者平衡时棉尘才以等速度下沉，这时的速度叫做棉尘的“自由沉降速度”。粒径 $0.01 \sim 1.0 \mu\text{m}$  的细尘只能在空气中作剧烈的布朗运动，一时不能下沉。

不同棉尘的沉降速度见表1 -12。

表1 -12 棉尘沉降速度

名 称	大小 (mm )	重量 (mg )	沉降速度 (m /s )
棉纤维块	10 ~35	5 ~25	0.4 ~0.9
棉 结	5 ~15	1.5 ~10	0.9 ~1.7
棉 籽	7 ~11	—	9.5
带纤维破籽	3 ~9	1 ~9	1.5 ~2.5
破 籽	5 ~11	5 ~9	1.2 ~2.3
棉 梗	12 ~45	6 ~17	1.5 ~2.9
叶 屑	4 ~18	6.5 ~13	0.7 ~1.9
砂 土	0.1 ~0.25	—	0.6 ~1.5

（三） 输送速度

管道内的气流速度大于棉尘的自由沉降速度时，才能输送棉尘。气流速度低于沉降速度时，棉尘将沉淀在管道底部，需增大动力才能推动棉尘向前移动。

棉尘的经验输送速度参见表1 -13。

表1 -13 棉尘输送速度

输尘管道	输送速度 (m /s)
松散物料在垂直管中	不小于沉降速度的 (1.3 ~1.9) 倍
松散物料在倾斜管中	不小于沉降速度的 (1.5 ~1.9) 倍
松散物料在水平管中	不小于沉降速度的 (1.8 ~2.0) 倍
有一个弯头的上升管	不小于沉降速度的2.2 倍
有两个弯头的垂直或倾斜管	不小于沉降速度的 (2.4 ~4.0) 倍

五、 送风口

送风口是管道系统的组成部分。常用的送风口有条缝形送风口、矩形送风口、散流器和巴图凌喷头等四种，均有定型产品。要求区域温差小和低气流速度的恒温恒湿或精梳空调可采用孔板送风方式，但无定型风口。

（一） 管道、送风口和工艺区域气流速度

送风管道和送风口的经济流速见表1 -14。工作地区的气流允许范围见表1 -15。

表1 -14 空调系统的管道经济风速

名称	适宜风速 (m /s)	最大风速 (m /s)
总风道	6.0 ~9.0	6.5 ~11.0
支风道	4.5 ~5.0	5.0 ~9.0
竖直风道	4.0	5.0 ~8.0
送风口	3.0 ~4.0	3.0 ~5.0

表1 -15 工作区（离地1.5m）风速允许范围

车间	平均风速 (m/s)	中心风速 (m/s)	车间	平均风速 (m/s)	中心风速 (m/s)
梳棉	0.1~0.3	0.2~0.4	浆纱	0.7~1.0	1.0~1.5
粗纺	0.3~0.5	0.4~0.7	织布	0.4~0.7	0.6~1.0
精纺	0.4~0.7	0.6~1.0			

(二) 条缝形送风口

条缝形送风口是棉纺织厂目前广泛使用的送风口形式，风口装有导风板、调节板和导风叶，可以调节送风方向和送风量。需要降低向下直射气流速度时，可在下送风口加装水平挡板。

条缝形送风口送出气流呈扁平状，气流离开送风口后逐渐扩散。故条缝形送风口适用于向细纱、粗纱及捻线等窄长车弄送风。

积极下送和三面风口的送风方式，能够有效地控制车弄气流和降低车弄气温（细纱、捻线）。

无导风叶的条缝形下送风口出口风速 $v$  和工作地区中心口风速 $v_0$  的比值见表1 -16。

表1 -16 条缝形下送风口风速与工作地区中心口风速的比值

离风口距离 x (m)	风口宽度b (mm)						附注
	50	60	70	80	90	100	
1.5	0.316	0.346	0.374	0.400	0.424	0.447	$\frac{v}{v_0} = \frac{36}{x}$
1.75	0.293	0.321	0.346	0.370	0.393	0.414	
2.0	0.274	0.300	0.324	0.346	0.367	0.387	
2.25	0.258	0.283	0.306	0.327	0.346	0.365	
2.5	0.245	0.268	0.290	0.310	0.329	0.346	
2.75	0.234	0.256	0.276	0.295	0.313	0.330	
3.0	0.224	0.245	0.265	0.283	0.300	0.319	
3.25	0.215	0.235	0.254	0.272	0.288	0.304	
3.5	0.207	0.227	0.245	0.262	0.278	0.293	
3.75	0.200	0.219	0.237	0.253	0.268	0.283	
4.0	0.193	0.212	0.229	0.245	0.260	0.274	

(三) 矩形侧送风口

该送风口是使用最早的送风口。因侧送风口送风风速不匀，只能平向或倾斜地向工作区域送风。非狭长车弄的车间，可采用有导风板的矩形送风口，由导风板的诱导作用。把气流按一定方向送至工作区。

(四) 散流器

能把空气均匀地送往各个方向，具有气流容易扩散和射流场气流速度比较均匀等特点。

散流器气流控制区为矩形时，长宽比以不超过2 3 为宜。散流器不宜用于高度超过4 2m 的车间。当车间高度为2 7 ~4 2m 时，最大送风速度约7 m /s。喉管中的空气流速宜低于9m /s。散流器应结合送风量和工作地区允许风速选型。

散流器宜与均匀排风结合使用。如气流纺有大量机器排风口，结合使用更好。

散流器沿轴线的截面气流直径（m）参见表1 -17。

表1 -17 气流范围

距离风口尺寸（m）	喉管直径（mm）				
	150	250	350	450	500
2 5	1 79	2 02	2 25	2 48	2 60
3 0	2 08	2 31	2 54	2 77	2 89
3 5	2 37	2 60	2 83	3 06	3 18
4 0	2 66	2 89	3 12	3 35	3 47
4 5	2 95	3 18	3 41	3 64	3 76

当气流离开散流器5 倍喉管直径时，最大速度约为喉管气流速度的30 %，距离增至10 倍喉管直径时，最大气流速度约为喉管气流速度的13 %。

(五) 巴图凌喷头（旋转式送风口）

此型风口能输送高速气流，供局部降温（空气淋浴）使用。

喷头设有5 ~7 块导风叶，用以调节出口喷射角度。与风管连接处设有能随意转动的圆盘联系（轴承），用以改变送风方向。

旋转式送风口的导风叶不起风量调节作用。有需要调节风量者，应在进气直管中设调节板。

直管风速与喷头风速关系参见表1 -18。

表1 -18 巴图凌喷头送风速度 (m /s)

直管中风速 (m /s)	离喷头距离 (m )	
	1	2
4 .1 ~4 .7	1 .51 ~1 .58	1
8 .2 ~9 .4	3 .03 ~3 .20	2
12 .3 ~14 .1	4 .60 ~4 .8	3

注 直管当量直径为314 ~412mm 。

第六节 空调设备

一、冷、热源设备

冷、热源设备是为空调系统提供冷量和热量的设备。

(一) 冷源设备

目前常见的冷源设备是冷水机组，它是将制冷循环中的四大主要构件和辅助构件的全部或部分在工厂中组建成一个整体，而后出厂。这样，用户只要接上水管就可以使用，因而称为冷水机组。

常见的冷水机组有如下几种。

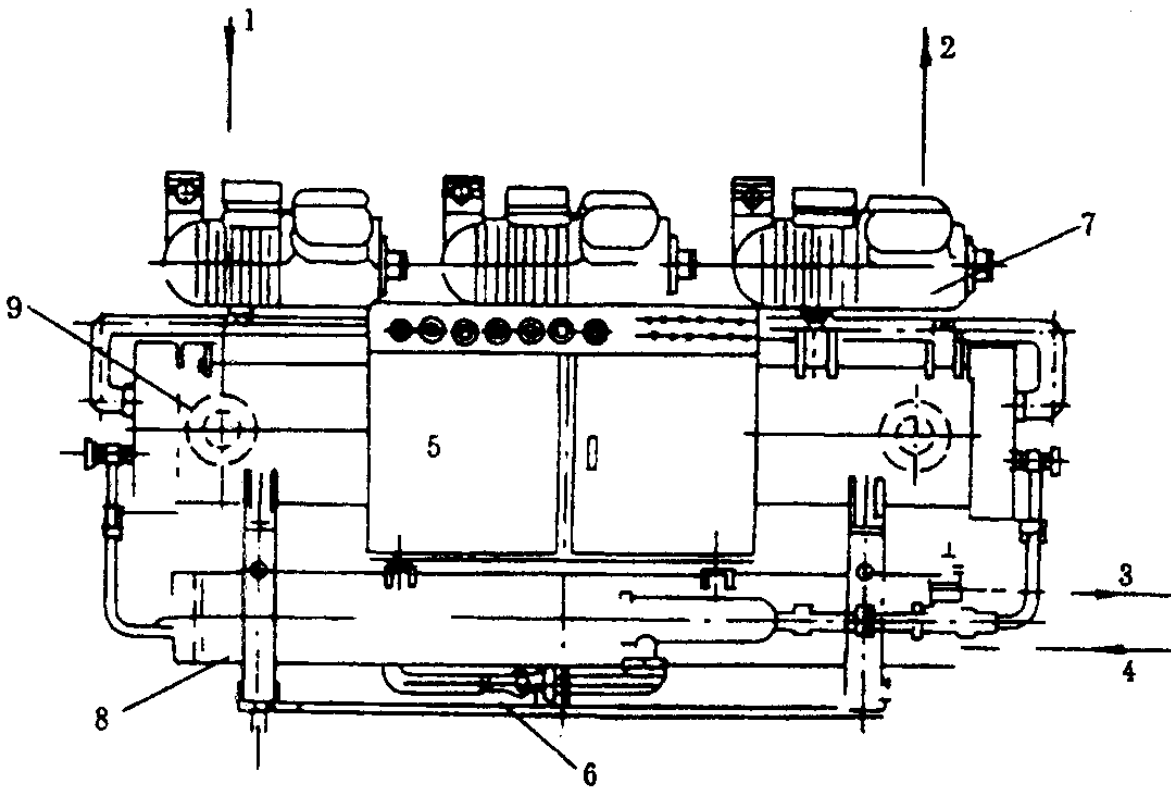


图1 -20 活塞式冷水机组外形图

1 . 冷冻水入口2 . 冷冻水出口3 . 冷却水出口4 . 冷却水入口5 . 控制箱6 . 制冷剂充注口7 . 压缩机8 . 冷凝器9 . 蒸发器



1．活塞式冷水机组

由活塞式制冷压缩机、卧式壳管式冷凝器、热力膨胀阀和干式蒸发器等构成。图1 -20 为一活塞式冷水机组外形图。

2．螺杆式冷水机组

由螺杆式制冷压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀等组成。图1 -21 为一螺杆式制冷水机组外形图。

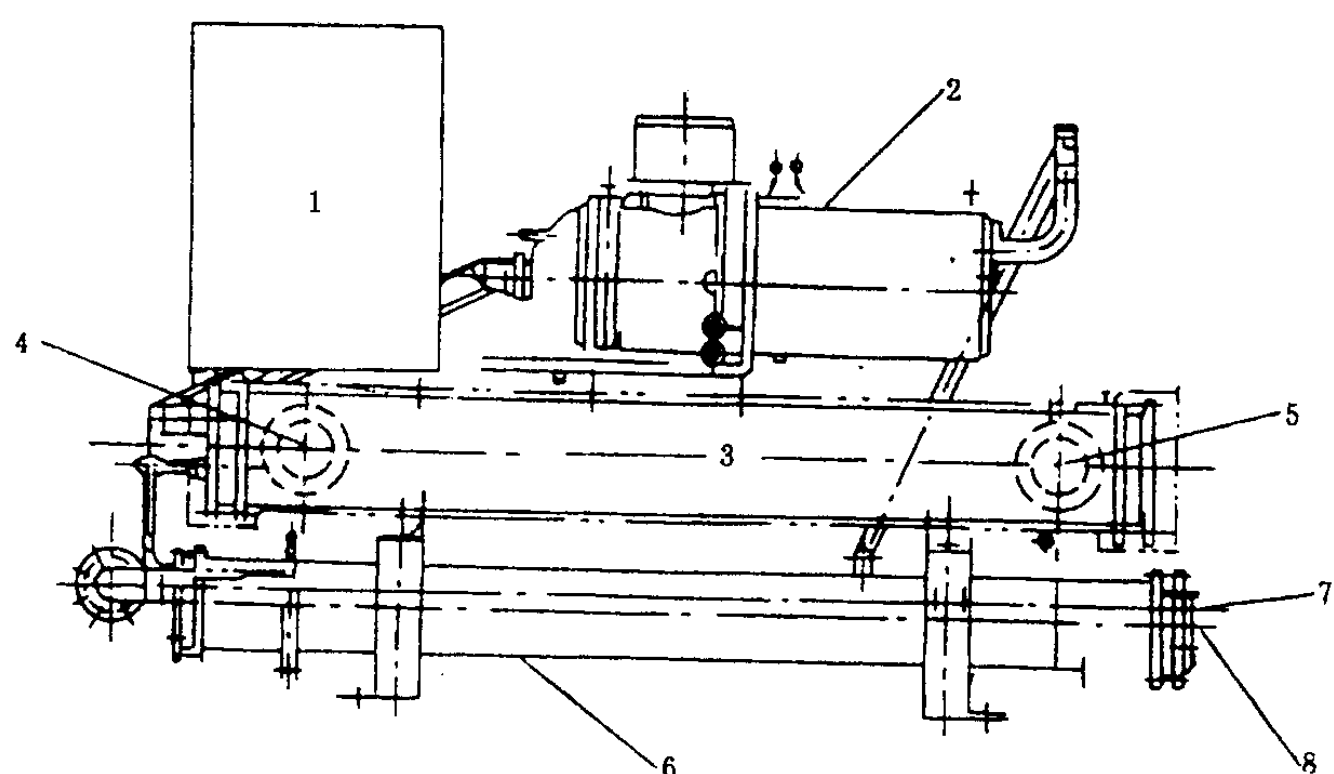


图1 -21 螺杆式冷水机组外形图

1．控制与显示板2．压缩机3．蒸发器4．冷冻水进口5．冷冻水出口6．冷凝器7．冷却水出口8．冷却水进口

3．离心式冷水机组

由离心式制冷压缩机、冷凝器、蒸发器等组成。图1 -22 为一离心式冷水机组外形图。

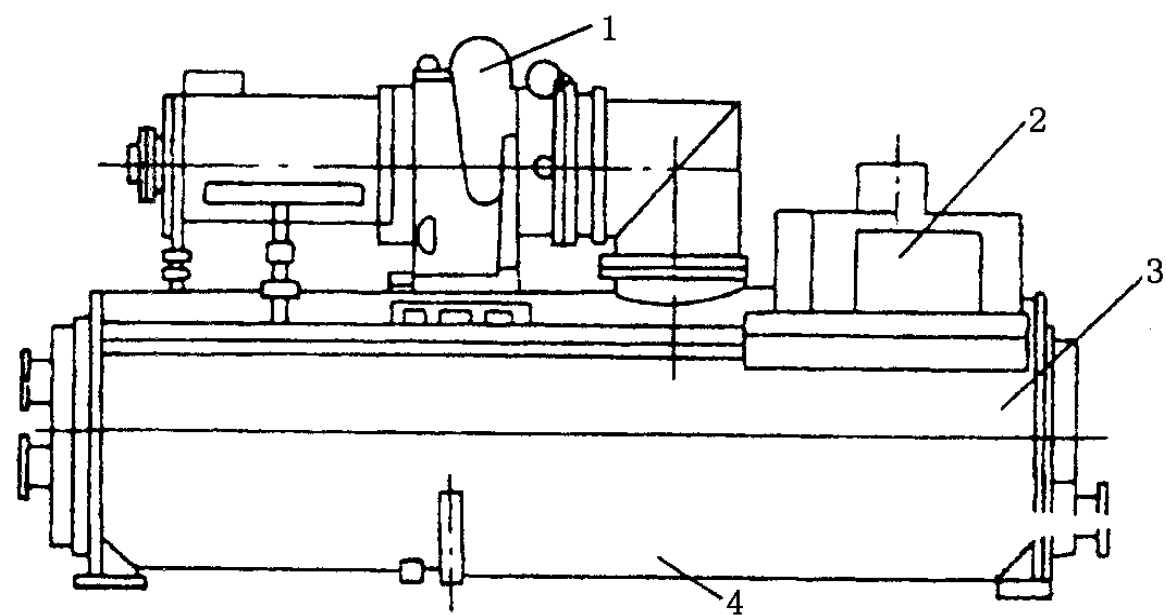


图1 -22 离心式冷水机组外形图

1．压缩机2．控制器3．冷凝器4．蒸发器

4．溴化锂吸收式冷水机组

这是一种以热制冷的冷水机组。图1 -23 为溴化锂吸收式冷水机组的流程示意图。

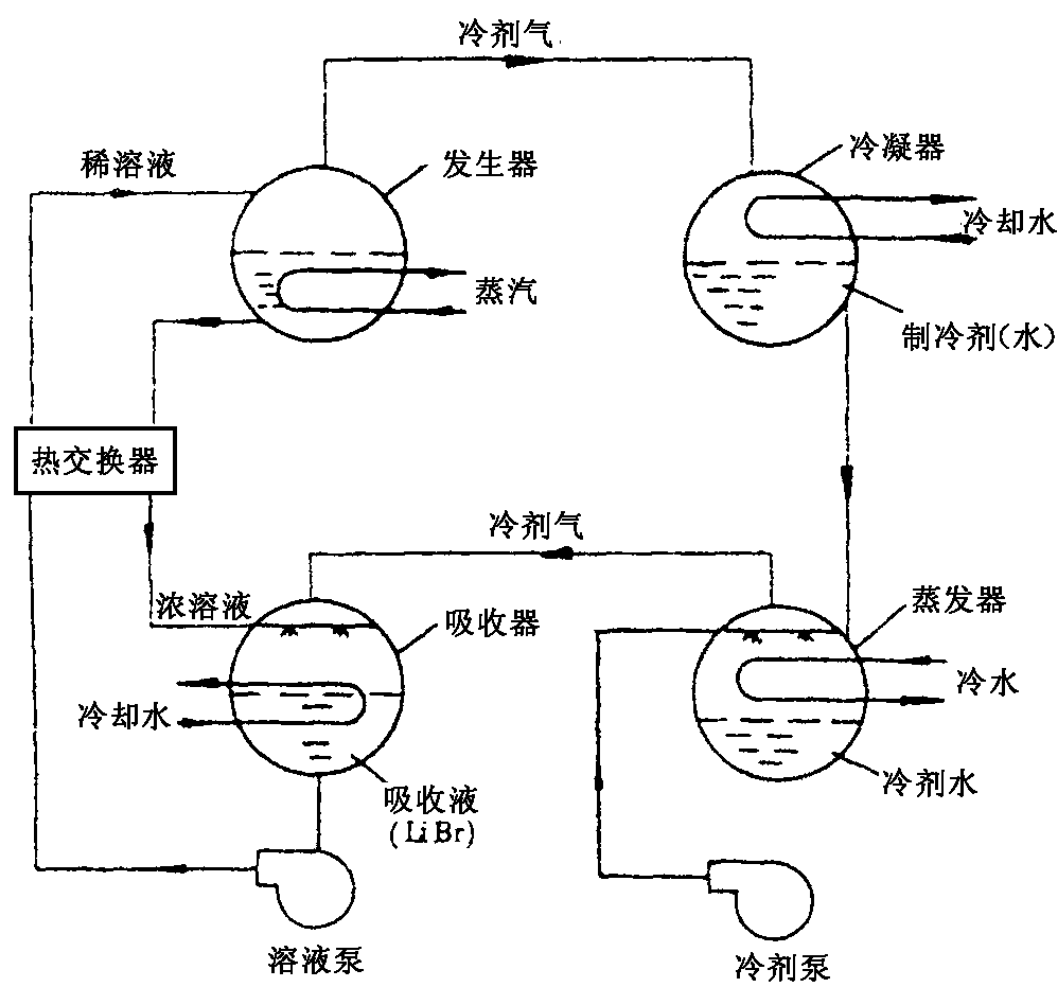


图1 -23 溴化锂吸收式冷水机组流程图

(二) 热源设备

常见的热源设备有蒸气锅炉、热水锅炉、各种电加热设备等，这里不再一一详述。有一种热源设备需要强调的是热泵机组，该机组夏季由蒸发器提供冷量，构成冷水机组；冬季由冷凝器提供热量，成为热水机组。

图1 -24 为一风冷式冷、热水机组的工作原理图。

该机组供冷运行时流程为：

压缩机 四通换向阀 风冷冷凝器 单向阀 贮液器 过滤器 视液窗 膨胀阀  
单向阀 冷水蒸发器 四通换向阀 气液分离器 压缩机

供热运行时流程为：

压缩机 四通换向阀 水冷冷凝器 单向阀 贮液器  
过滤器 视液窗 膨胀阀 单向阀 风冷蒸发器 四通换向阀 气液分离器 压缩机

目前各种冷、冷源设备都配备了自动控制系统与显示设备，这样，设备的运行情况可以通过显示装置一目了然。而需要调节时，则可通过按钮方便地改变设备的运行参数。

各厂家对自己生产的冷、热源设备都有产品说明书，对于各种型号的产品的性能与外形尺寸都附有表格，选用时根据所需要的容量等参数，综合其他因素，可以方便地进

行选择。表1 -19 为某一冷水机组的主要参数表。

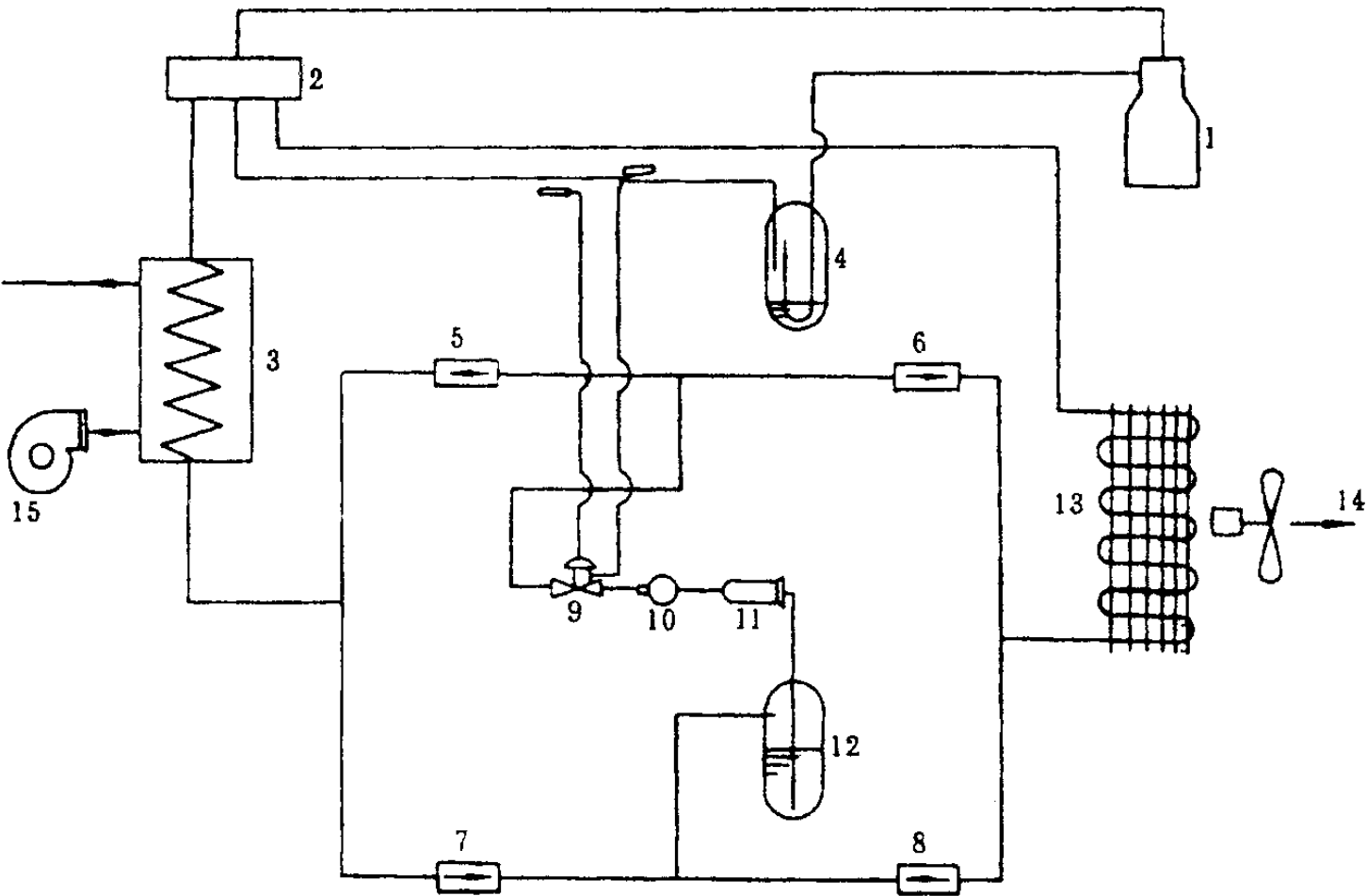


图1 -24 风冷式冷、冷水机组工作原理图

- 1．压缩机2．四通换向阀3．冷热水换热器4．气液分离器5 ~8．单向阀  
9．膨胀阀10．视液窗11．过滤器12．贮液器13．风冷式换热器

表1 -19 某冷水机组主要参数表

型号		LSBLXR123 (R11 )					
		700	900	1050	1200	1400	1750
冷量 (R11 )	kW	704	878	1055	1268	1407	1756
	RT	200	250	300	360	400	500
	10 <sup>4</sup> kcal /h	60 5	75 5	90 7	109	121	151
冷冻水	进水温度 ( )	12					
	出水温度 ( )	7					
	流量 (m <sup>3</sup> /h)	121	151	181 4	218	242	312
	流程	4			3		
	接管直径 (mm )	150			200		250
	污垢系数 (m <sup>2</sup> · kW )	0 086					
	水阻损失 (mA <sub>q</sub> )	12			12 5		

续表

型号		LSBLXR123 (R11 )					
		700	900	1050	1200	1400	1750
冷却水	进水温度 ( )	32					
	出水温度 ( )	37					
	流量 (m³/h)	150	188	226272	302	378	
	流程	3			2		
	接管直径 (mm)	150			200		250
	污垢系数 (m²· kW )	0.086					
	水阻系数 (mAq)	7.8	8.3		5.7		
电机	输出功率 (kW )	150	180	200	235	269	320
	电压 (V)	380 /6000					
R11 充注量 (kg)		650				700	850
润滑油加入量 (kg)		35					
机组吊装质量 (t)		7			8.6	8.9	10
机组运行质量 (t)		8.3	8.5	8.7	9.8	10.1	11.7
机组 尺寸	长 (mm)	3860			4952		5020
	宽 (mm)	1783			1690		1977
	高 (mm)	2381			2381		2717

二、风机与水泵

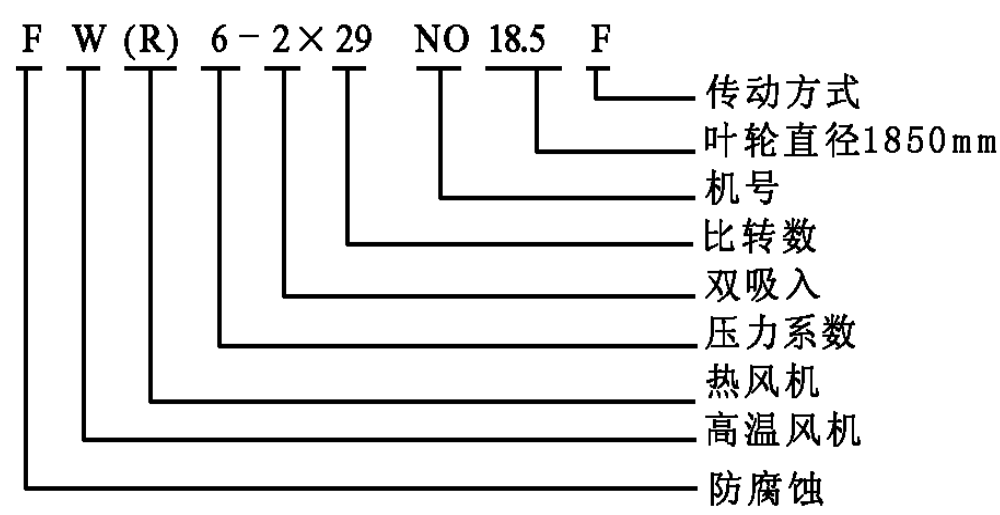
(一) 风机

风机是输送空气的动力装置。在空调工程中常用的风机有离心式、轴流式、贯流式三种。

通风机的全称包括六个部分：名称、型号、机号、传动方式、旋转方向、风口位置。例如：

选用时，根据应用场合，以及风机压力、风量等参数，同时考虑风机性能曲线等因素。

有时，为了提高风压或者风量，可以将风机串联或并联使用。



作为示例，图1 -25 给出了某型号风机外形图，表1 -20 为风机的性能参数表。

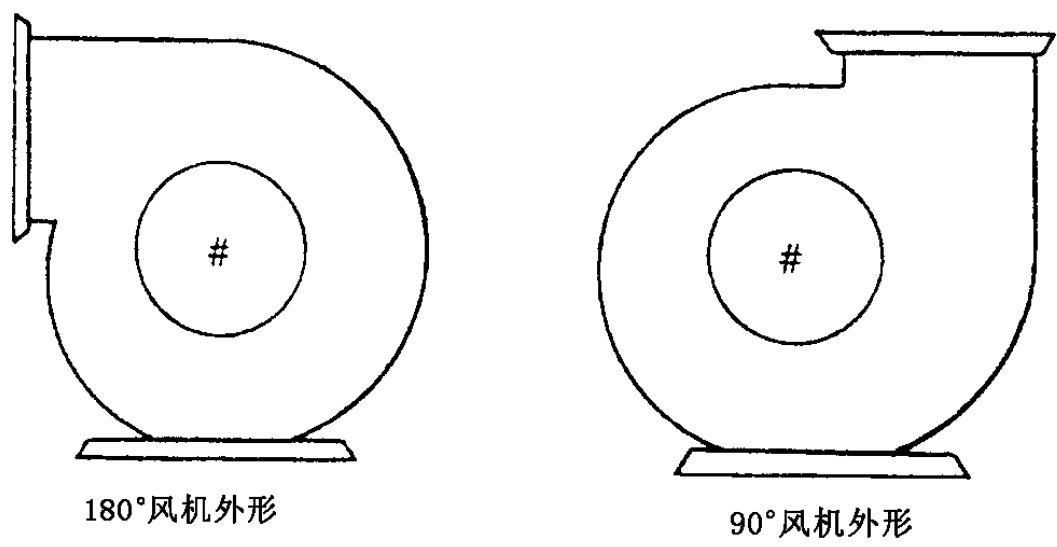


图1 -25 某型号风机外形图

表1 -20 某型号风机性能参数表

机 号	项 参 数	流量	全压	功率	额定电流	额定转速	噪声	整机量
		(m³/h)	(Pa)	(kW)	(A)	(r/min)	(dB (A))	(kg)
2.58		960	184				51	
		1220	193	0.25	0.91	900	52	17
		1450	201				55	
2.5HS		1344	252				56	
		1761	290	0.32	1.05	1250	57	16
		2113	310				62	
2.5M		1310	173				56	
		1760	191	0.25	0.91	900	57	20
		2030	203				58	

续表

机 号	项 参 数	流量	全压	功率	额定电流	额定转速	噪声	整机量
		(m <sup>3</sup> /h)	(Pa)	(kW)	(A)	(r/min)	(dB(A))	(kg)
2.5HM		1573	260	0.45	1.4	1250	61	22
		1756	281				62	
		2585	330				64	
2.5L		2040	181	0.37	1.3	900	56	25
		2328	192				57	
		2580	206				59	

(二) 水泵

水泵是空调水系统流动的源泉。在空调工程中常用离心泵与管道泵两种。根据流量与压头的不同，离心泵可分为单级泵与多级泵；从水进入泵体的方式看，离心泵又有单吸与双吸之分。

与风机一样，每一种泵也有各自的名称，以S 型单级双吸离心泵为例：

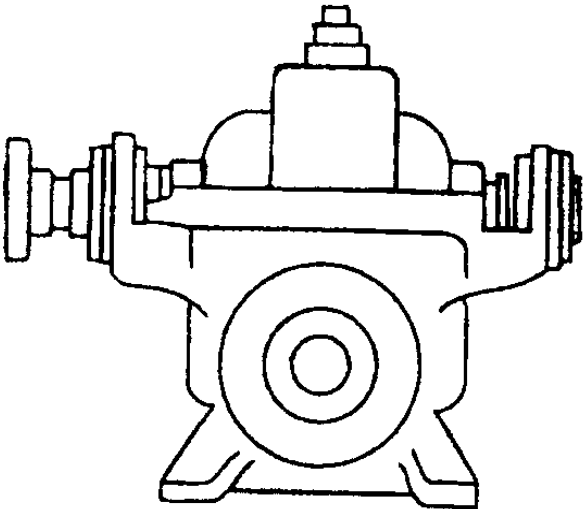
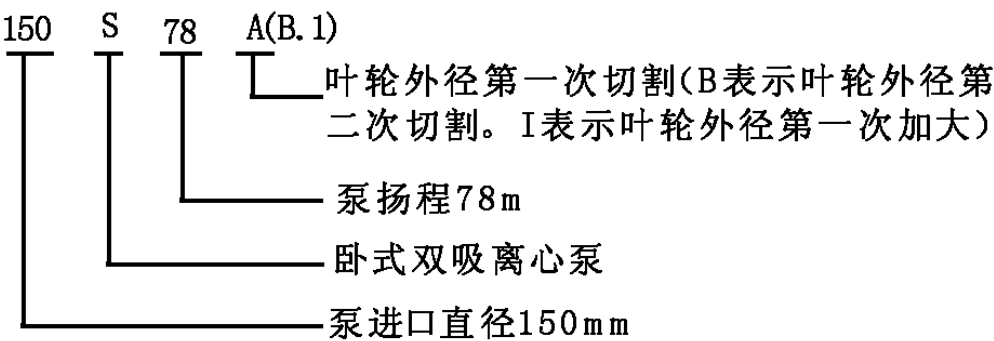


图1 -26 某型号泵的外形图

其它的如单级、单吸清水离心泵、多级离心泵、管道泵也都有其固定的型号、名称

表示方法。

选择泵时，要根据泵的不同应用场合，依据所需要的扬程与流量等参数，同时兼顾泵性能特性曲线等因素，进行选择。

根据要求的流量与扬程的不同，泵也可以进行串联和并联使用，以提高泵的扬程和流量。

作为示例，图1 -26 给出了某型号泵的外形图，表1 -21 为性能参数表。

表1 -21 某泵的性能参数表

泵型号	流量		扬程	转速	功率N (kW )		效率	允许吸上真空度
	m <sup>3</sup> /h	L/s			轴	电机		
350S125 (14Sh -6 )	1260	350	125	1450	550	630	78	3.5
350S125A (14Sh -6A )	1180	328	109		449.7	560	78	
350S125B (14Sh -6B )	1100	306	95		371	450	77	
350S75 (14Sh -9 )	1260	350	75		314	355	84	
350S75A (14Sh -9A )	1180	328	65		249	280	82	
350S75B (14Sh -9B )	1100	306	57		209	220	82	
350S44 (14Sh -13 )	1260	350	44		177.6	220	85	

三、空气热、湿处理设备

空气热、湿处理设备主要对空气进行加热、加湿、冷却、去湿等处理，常见设备有：

(一) 喷水室

图1 -27 为喷水室结构示意图。

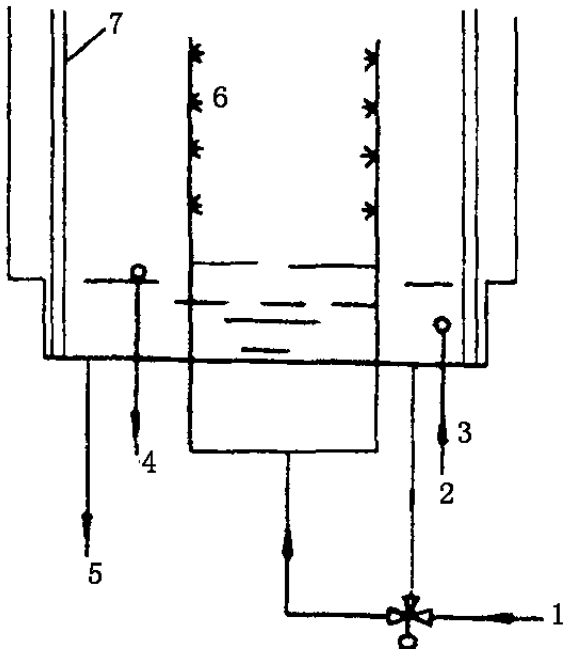


图1 -27 喷水室结构示意图

1．供冷水管2．回水管3．补水管4．溢水管5．泄水管6．喷嘴7．挡水板

当空气经过喷水室时，因水温与空气温度不同，空气、水之间必然进行显热的交换；同时对于经喷嘴雾化的水滴而言，它与空气之间必然存在着湿交换，所以说空气流经喷水室时，与水同时进行着热、湿交换。

根据喷水室喷水温度的不同，可以对空气进行多种处理过程。

1．等焓加湿

当喷水室所喷的水为循环水，水温为空气湿球温度时，可以实现对空气的等焓加湿处理。

2．减焓过程

当喷水室喷水温度低于空气湿球温度时，可以实现对空气的减焓处理过程，如果水温低于空气露点温度，可实现对空气的减焓除湿处理过程。

3．增焓加湿

当喷水室喷热水时，可以实现该过程。

(二) 表面式换热器

图1 -28 是表面式换热器结构示意图。

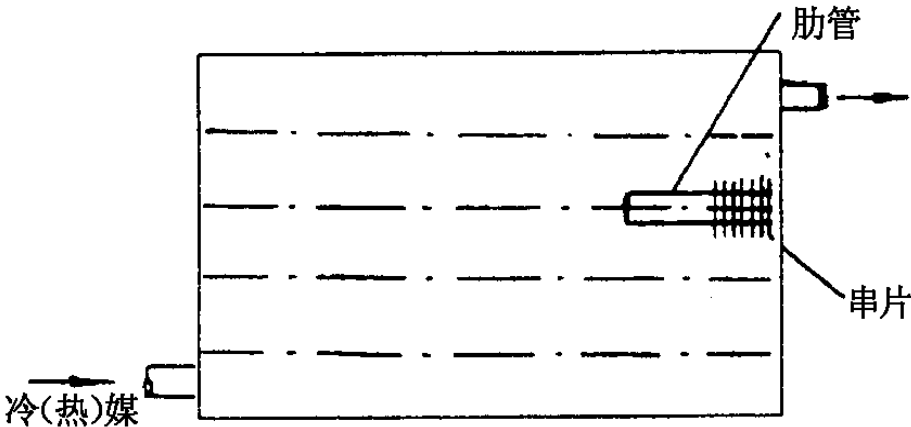


图1 -28 表面换热器结构图

表面式换热器主要由肋管组成，当空气流过肋管外壁时，与肋管内流动的冷热媒通过肋管壁进行焓的交换，根据管内流动媒质的性质可以实现对空气的加热、冷却、除湿处理。

1．空气加热器

当管内流动的物质温度高于空气温度时，表面式换热器实现对空气的加热过程。在这种情况下，管内热媒通常是热水或蒸汽。



2．表面式冷却器（表冷器）

当管内流动的物质温度低于空气温度、又高于空气露点温度时，表冷器实现对空气的等湿冷却过程。当管内冷媒温度低于空气露点温度时，表冷器实现对空气的去湿冷却过程。

（三） 其他的热湿处理设备

1．电加热器

电加热器利用电阻丝通电发热的原理来加热空气。常用的电加热器有：

（1）裸线式

由裸露在空气中的电阻丝构成。其结构见图1 -29。

（2）管式

由管状电热元件构成，其结构见图1 -30。

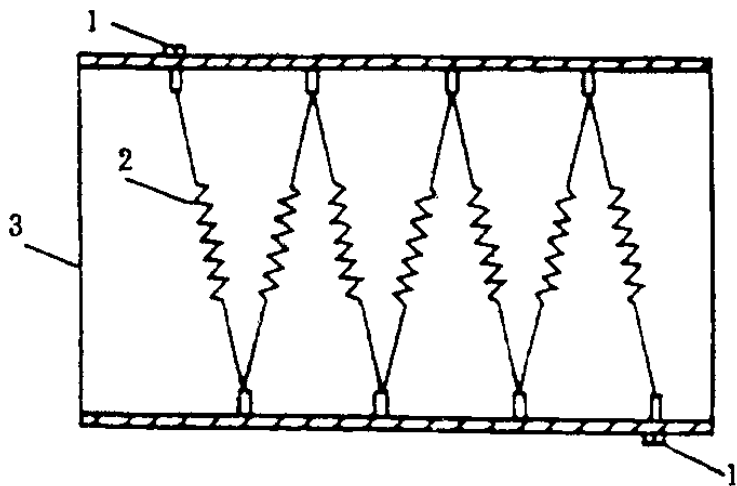


图1 -29 裸线式电加热器  
1．接线端2．电阻丝3．外框

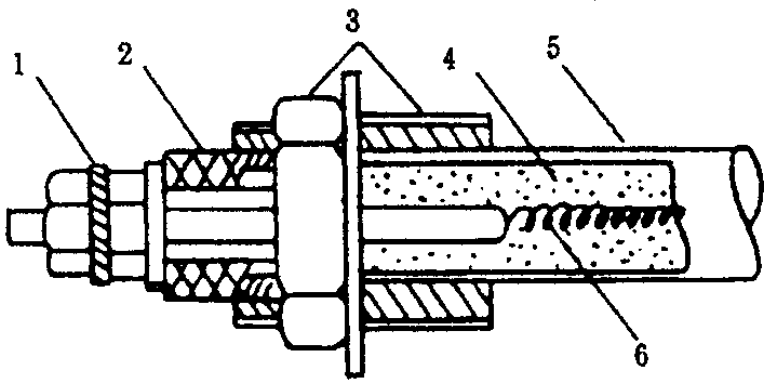


图1 -30 管状加热器  
1．接线端2．绝缘材料3．紧固装置  
4．绝缘材料5．套管6．电阻丝

2．干蒸气加湿器

由干蒸气喷管向空气中喷干蒸气，实现对空气的等温加湿。其结构见图1 -31。蒸汽由接管1 进入，在干燥室6 中除去凝水，再由喷管8 喷出。

3．电热式加湿器

由管状电热元件置于水槽内构成。电热元件通电后加热水，使之汽化产生蒸汽，从而加湿空气。其结构见图1 -32。

4．氯化锂转轮除湿机

利用氯化锂晶体在不同温度时的吸湿性不同，实现对空气的除湿处理。其结构见图

1 -33。转轮在潮湿空气通道吸收空气中水蒸气，转到再生空气通道，经再生空气加热，又放出所吸收的水分，再转到潮湿空气通道。

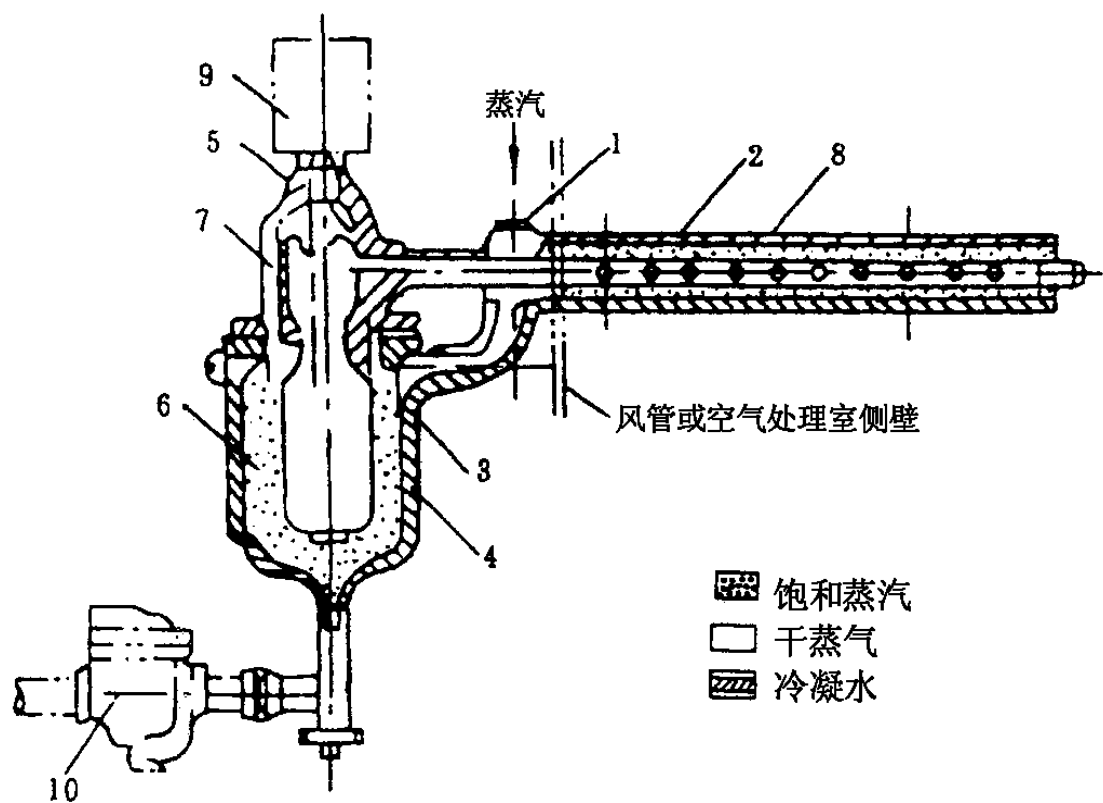


图1 -31 干蒸气加湿器原理结构图

1．接管2．外套3．挡板4．分离室5．阀孔6．干燥室7．消声腔8．喷管9．电动或气动执行机构10．疏水器

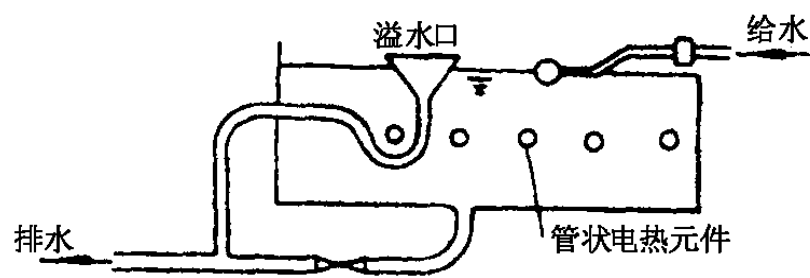


图1 -32 电热式加湿器结构图

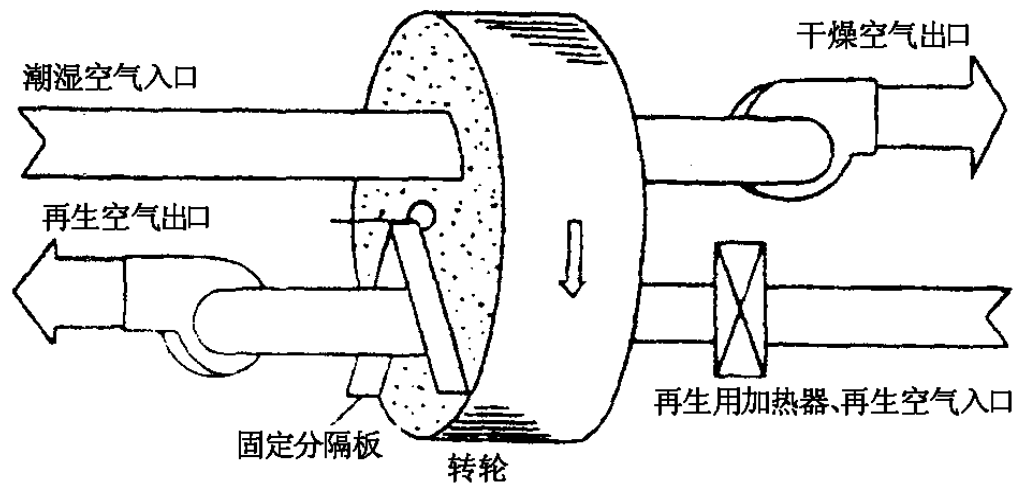


图1 -33 氯化锂转轮除湿机结构原理图

5．固体吸湿

空调工程中常用硅胶作为吸附剂，在常温下用硅胶吸收空气中水分，然后再加热失

去吸湿能力的硅胶，恢复吸湿能力。

四、空气净化设备

空调中常用的净化设备是过滤器，按照过滤器允许通过的颗粒直径，可将过滤器分为：

（一）粗效过滤器

主要用于过滤10 ~100 μm 的大颗粒物质，多以粗、中孔泡沫塑料和无纺布等为原料。用于空气的预处理。

（二）中效过滤器

主要用于过滤1 ~10 μm 的灰尘，多以细孔泡沫塑料、玻璃纤维和无纺布为原料。

（三）高效过滤器

主要用于过滤微小颗粒物质，多以玻璃纤维和合成纤维为原料。

五、空气分配设备

空气分配设备即送风口，它对于室内空气状态的分布影响很大。常用的空气分配设备名称与适用范围见表1 -22。

表1 -22 送风口名称及适用范围

送风口类型	送风口名称	适用范围
侧送风口	格栅送风口	要求不高的一般空调工程
	单层百叶送风口	用于一般精度空调工程
	双层百叶送风口	公共建筑的舒适性空调，精度较高的工艺性空调
	条缝形百叶送风口	风机盘算出风口，一般空调工程
散流器	圆（方）形直片式	公共建筑的舒适性空调，工艺性空调
	圆盘型	公共建筑的舒适性空调，工艺性空调
	流线型	净化空调
	方（矩）形	公共建筑舒适性空调
	条缝（线）形	公共建筑舒适性空调

续表

送风口类型	送风口名称	适用范围
喷射式	圆形喷口	公共建筑和高大厂房的一般空调
	矩形喷口	公共建筑和高大厂房的一般空调
送风口	圆形旋转风口	空调和通风岗位送风
无芯管	圆柱形旋流风口	公用建筑
旋流	旋流吸顶散流器	工业厂房
送风口	旋流凸缘散流器	一般空调
条形送风口	活叶条形散流器	公共建筑的舒适性空调
扩散孔板 送风口	扩散孔板送风口	乱流洁净室的末端送风装置，净化系统送风口

六、冷却塔

冷却塔在冷却水环路中为冷凝器的冷凝提供水温较低的冷却水。图1 -34 为典型的冷却塔形状。

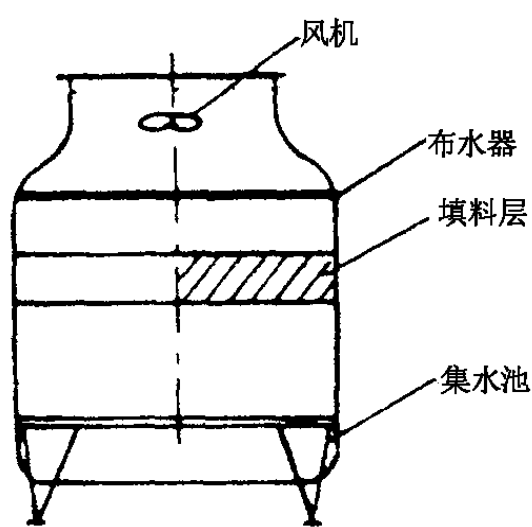


图1 -34 冷却塔结构示意图

布水器上分布了许多小孔，冷却水由水管送到布水器，由小孔喷出，在向下流动过程中不断蒸发冷却，从而降低水温，在冷却塔中还配有电机和叶轮，使空气产生强制对流，亲水填料层主要是为了强化水的蒸发。

## 七、其他设备

### （一）热交换器

热交换器是热量进行交换的场所。空调工程中常见的热交换器有水—水热交换器、气—水热交换器。从结构上说有管壳式热交换器、有板式热交换器等。图1 - 35 为管壳式热交换器结构示意图。

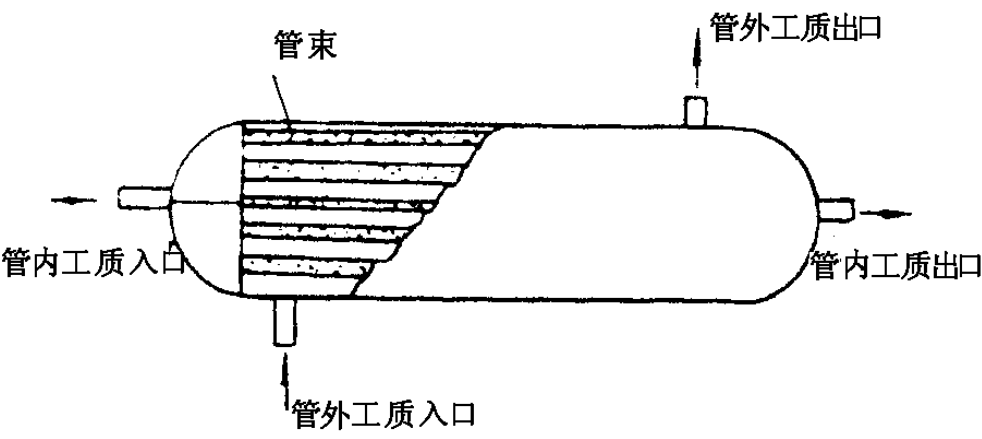


图1 - 35 管壳式热交换器结构示意图

### （二）能量回收装置

空调工程中常见的能量回收装置主要用于回收室内排风的能量（冬季回收热量，夏季回收冷量），同时加热（冬季）或冷却（夏季）室外新风

常见的能量回收装置有：

#### 1．按回收的热量种类分

- ① 全热交换器：可以回收排风中的显热与潜热；
- ② 显热交换器：可以回收排风中的显热部分。

#### 2．按结构形式分

① 回转型热交换器，又称转轮热交换器，转轮在传动装置的牵引下不停旋转，它的一侧为新风风道，另一侧为排风风道。转轮在排风侧吸收能量并蓄存起来，转至新风侧后释放给新风，如此反复。其结构示意图见图1 - 36。

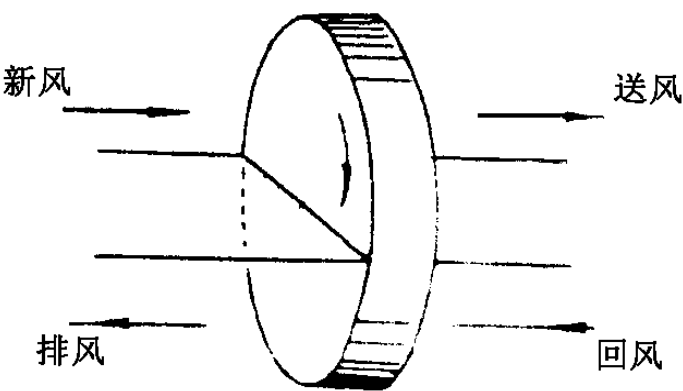


图1 - 36 回转型热交换器结构示意图

②）静止型热交换器：热交换装置是静止不动的。这类热交换器的形式有很多，图1 -37 所示为其中的一种——板翅式热交换器，新风与排风在各自的通道中运动，并通过界面进行热、湿交换。

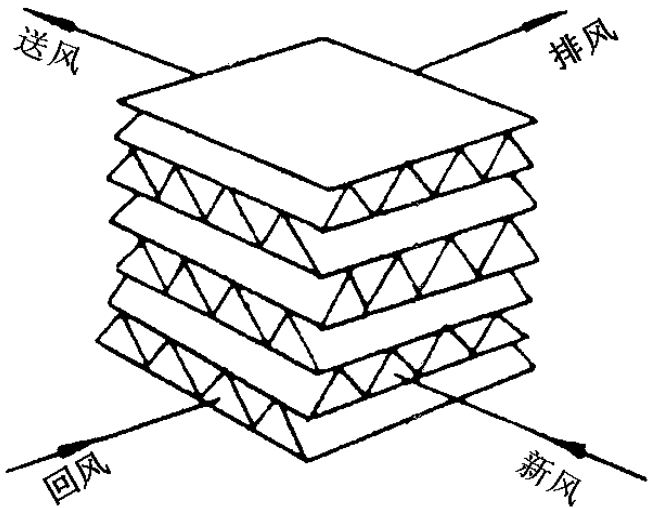


图1 -37 板翅式热交换器结构示意图

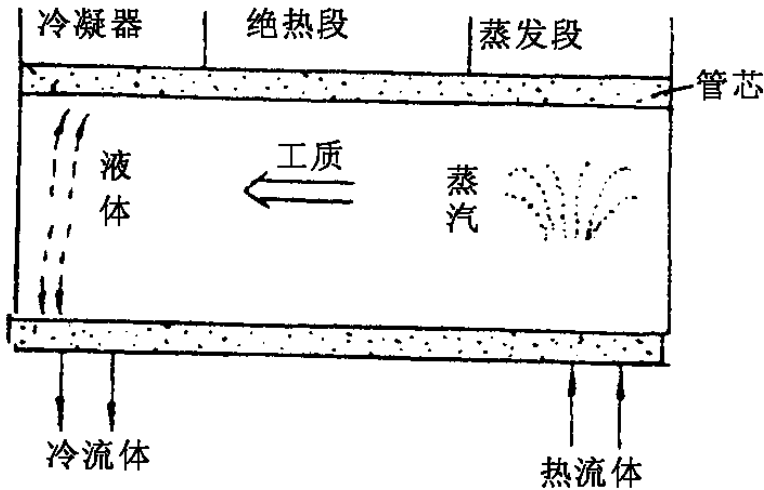


图1 -38 管式热交换器工作原理图

③）管式热交换器：用来回收显热能量。与前面的热交换器不同，管式热交换器中有工作液体，该液体在一端（蒸发段）吸热变为气态，然后该气态物质流到另一端（冷凝段）放热变为液体，再由毛细作用回到蒸发段，如此反复就将能量从高温物质传到低温物质。

## 第七节 主要配件、仪表与材料

### 一、主要配件

#### （一）膨胀水箱

用于闭式环路中，它的作用有：

- ①）为系统中水因温度变化产生体积膨胀时留有空间；
- ②）有利于排除水系统中的空气；
- ③）稳定系统中压力。

膨胀水箱用于机械循环系统中时，应该将其接在水泵的吸入口侧，而且安装高度至

少应高于水系统中最高点1m。

图1 -39 为膨胀水箱的配管布置及其与机械循环系统的连接方式。

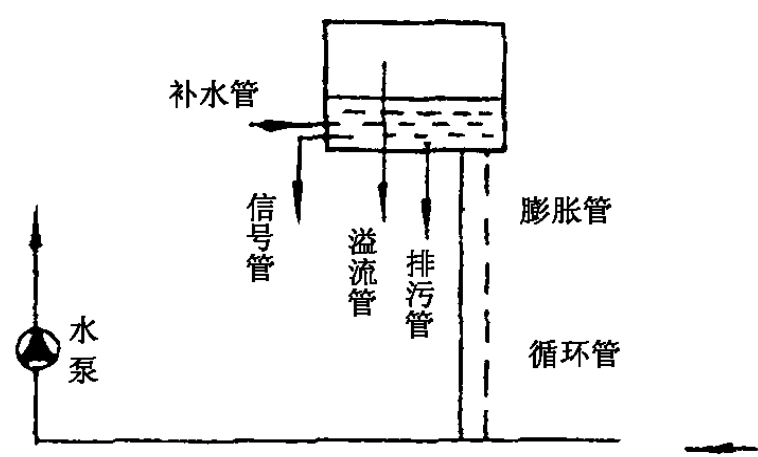


图1 -39 膨胀水箱

（二）集水器与分水器

集水器和分水器实际上是一个管径很大的管子。设置在水系统的供、回水干管上，由冷水机组来的冷冻水先流入分水器，然后再通过水管送到各空调分区；来自各空调分区的回水由水管送到集水器，然后再回到冷水机组。

集水器和分水器的设置有利于水管系统的阻力平衡，水量分配和调节都比较灵活、方便。

（三）水过滤器

在水管系统中的孔板、水泵、换热器等设备的人口管道上均应安装过滤器，以保证设备的正常工作。

（四）风管阀门

风管阀门用于调节风量，对管内流动的空气有开、关或止回作用。常见的阀门有钢制蝶阀、塑料蝶阀、对开多叶调节阀、三通调节阀、止回阀等。

按照阀门的动作方式又可分为手动式和电动式两种。

空调系统中除了用到上述阀门外，还必须有防火阀，其作用是在火灾发生时切断气流，防止火灾蔓延。阀内有一套信号联锁装置，当管道内空气温度达到阀易熔片熔点时，该易熔片熔化，阀门自动关闭，同时风机停止运转并发出信号。

（五）水管阀门

空调水管系统中常用的阀门有闸阀、截止阀、节流阀、球阀、止回阀、蝶阀、安全

阀等。

(六) 支、吊、托架

空调风管必须有支架、吊架或托架加以固定，工程上选用的支、吊、托架形式有多种，架子的材料也可选用角钢、槽钢等材料。

二、主要仪表

在空调水系统中经常用到的仪表为温度计和压力计。一般而言，在加热器、喷水室或表冷器所用的水泵，喷水室、表冷器、水过滤器、冷冻水水泵等设备的进、出口管路上应设置温度计和压力表，以便随时观测温度、压力的变化，对系统和设备进行调节与控制。

在空调风系统，常用温度计测量空气温度，用托管、微压计测空气压力。风系统需要控制的参数有：室内、外空气的温、湿度，一、二次风回风温度，喷水室、表冷器进出口空气温度，加热器进、出口空气温度，送、回风温度，以及空气过滤器进、出口的静压差等。

在系统的调试与控制中，还用到测量风速的仪器，如热球风速仪，杯形风速仪等。测空气温度时可以用普通的干、湿球温度计，通风干、湿球温度计等。

三、主要材料

(一) 风管材料

在空调通风工程中常用镀锌或不镀锌的薄钢板作为风管材料，这种材料不燃烧，易加工、耐用。对于有防腐要求的地方常采用硬聚氯乙烯塑料板、玻璃钢板作为风管材料。有时也采用钢筋混凝土制作而成的建筑风道作为风道，这常用在大型民用建筑、体育馆、隧道等建筑中。

(二) 水管材料

空调水系统中常用的管材是镀锌或不镀锌的钢管和无缝钢管。前者的规格以公称直径 (Dg) 表示，后者的规格以外径和壁厚表示。

(三) 保温材料

在空调系统的风系统中，由于管内空气与周围环境之间存在温差，因此必须对风管



及风管上的设备等进行保温，以减少热量和冷量的损失。所用的保温材料应具备以下特点：导热系数小，质量轻（密度小）、吸水率低而且耐水性好，耐热性能稳定、易于成型且有一定的抗压强度，不易燃烧等。目前常用的保温材料有矿渣棉、软木板、玻璃棉等。

同样，对于空调系统冷水管路、热水管路、蒸气管路，为了减少管道的能量损失，或者出于安全考虑，必须对这些管道及其附件进行保温。常用的保温材料有软质聚氨脂泡沫塑料、玻璃棉，等等。

(四) 吸声材料

空调系统中的噪声源包括风机、水泵、制冷压缩机等，其中风机与空调系统的风系统直接相连，直接影响着空调房间，是影响空调房间的主要噪声源。

为了控制房间的噪声，使之满足有关规定，必须在风系统中设置吸声材料。吸声材料的消音性能不仅与材料种类有关，而且还与材料的容重、厚度等有关。用作消音的材料还应具备防火、防潮、耐腐蚀、施工方便等特点。目前用作消音器的材料有超细玻璃棉、矿渣棉、卡普隆纤维、工业毛毡、聚氨脂泡沫塑料等。

(五) 减振材料

空调系统中的风机、水泵、制冷压缩机等设备在工作时将产生振动，这种振动最终将通过设备的安装基础与建筑物的结构向外传播，因此必须选择适当的减振材料（或减振器）降低设备的振动传播。

目前常用的减振材料（或减振器）有橡胶类、软木类和弹簧类。

减振器或减振材料安装于设备与基础之间。

## 第二章 通风与空调管道和部件的加工制作

### 第一节 通风与空调工程用钢材的矫正

通风与空调工程使用的钢材，如存在不平整、弯曲、扭曲、波浪型等毛病，对钢材下料制作管道和部件，以及装配成半成品和成品的加工质量，都会有一定的影响。因此，在制作管道和部件之前，对所使用的板材、型钢存在的缺陷，应认真矫正处理。

#### 一、钢材矫正的方法

钢材的矫正方法，一般有手工矫正、机械矫正、火焰矫正、高频热点矫正等。

##### 1. 手工矫正：主要采用锤击方法。

###### (1) 板材的矫正：

板材凸起的修整，要用手锤击打周围处，从四周向凸起部分周围锤击，由里向外越来越密，锤击力逐渐加大。对于相邻凸起处，要在交界地点轻轻敲打，以达到平整的目的。

对于波浪形缺陷，要从四周向中间锤击，密点逐渐增加，锤击力也越来越大。

弯曲变形的修整，应从未翘起的对角线处进行敲击。

###### (2) 型钢的矫正：

角钢内弯的修整，应将角钢背面朝上立放，然后进行锤击。

角钢外弯的矫正，应将其放于适当的钢圈中并使弯曲处凸部向上，再进行锤击，产生反向弯曲而修正。

角钢扭曲的矫正，应夹在虎钳上，用扳手作反向扭转。

角变形的修整，当夹角超过 $90^\circ$ 时，放在V形铁或斜立平台上进行锤击，当夹角小于 $90^\circ$ 时，将其仰放于平台，并垫以型锤进行敲打。

扁钢的矫正，对于弯曲和扭曲可以分别采用反方向弯曲和反方向扭转的方法加以修正。

槽钢的修整，对槽钢的立弯，可将其放于平台上，凸部向上，锤击凸部腹板；对于旁弯，将其放在两根平行圆钢制成的平台上，锤击翼板。槽钢扭曲的校正，是放在平台上，扭曲部分伸出，并用卡子固定，进行锤击，使其反向扭转，并缓慢移动，然后调头进行锤击。

2. 机械矫正。主要是用矫正机来进行修整，一般有平板机、型钢矫正机和压力机等，机械矫正效率较高，质量也有保证。

3. 火焰矫正。火焰加热是用焊枪对钢材局部变形处进行加热烘烤，并进行必要的敲击，使其达到平整的要求。对于板材中间凸起处，可将其用卡子固定在平台上，用点状加热（即在板材上用烤枪加热许多圆点）或用线状加热（将板材凸起处烤出一条线）。先在凸起处周围，逐步缩小范围，即可达到修整的目的。对于板材波浪形的处理，也可用线状加热法，先从波浪形的两侧平处开始，向波浪处围拢，加热线长度一般为板厚的 $1/3 \sim 1/2$ ，加热线距离为 $50 \sim 200\text{mm}$ 。

4. 高频率热点矫正。这种方法是用高频感应加热，可适用于各种钢材的变形处理。该方法操作比较简单，效率也较高。

## 二、钢材的剪切与连接

1. 板材的剪切。剪切前，划线要准确，剪切时，切口要整齐，切线平直，曲线要圆滑准确。剪切方法，一般有手工和机械两种。

(1) 手工剪切。常用的工具有直线剪和弯剪，适用于 $1.2\text{mm}$ 以下的板材。

直线剪主要剪切直线和曲线外圆。弯剪用于剪切曲线内圆。剪切时，要将勾环靠在地面，用右手握剪刀，左手抬起板材，向前剪切时，剪刀要靠紧板材。在板材中间剪孔时，应先开个孔，便于剪刀放入。

(2) 机械剪切。主要使用龙门剪、直线剪等，剪切的板材厚度不能超过机械的使用能力。剪切规格相同且数量多的条形板材时，可使用床身后部的可调档。剪切大张板材时，操作人员要相互配合，指挥、动作要一致，防止出现事故。剪切后的材料应堆放整齐，不要影响操作工作的进行。

2. 板材的连接。在通风与空调施工中，用金属（非金属）板材制作风管和配件，通常采用咬接、铆接和焊接等连接方法，其中咬接方法使用最多。

## 第二节 通风与空调管道及部件的组装

通风与空调系统的管件和部件，在制作过程中都要作好编号和标记工作。其目的是为了缩短施工现场的安装周期。把经过编号和标记的管件和部件，在工地上进一步进行组合和装配，从而扩大通风与空调系统的整体和半整体的组装能力，为下一步安装工作创造良好的条件，可加快工程进度。

### 一、风管与法兰的组装

风管与法兰连接有3种方法，即翻边、铆接和焊接。

#### 1. 圆风管（厚度小于1.2mm）与扁钢法兰的组配：

(1) 连接方法，可采用翻边连接。

(2) 装配前，用尺检查风管的直径和法兰盘内径是否吻合。法兰过大，风管易漏风；法兰过小，套不进风管，如强行装入，会使风管咬口损坏和变形。

(3) 法兰内径通常要比风管外径大2~3mm，如不符合要求，应重新加工法兰。

(4) 装法兰盘时，将其斜放，先把风管下部放进，再把端部压进，并用手锤将法兰敲入风管。

(5) 法兰装上后，管端露出法兰边8mm左右，并用衬铁顶住，用手锤进行翻边。

(6) 检查法兰平面与风管中心线是否垂直，如有误差，可用翻边来修正。

(7) 翻边尺寸一般为6~10mm，翻边不能过大，防止挡住螺孔。

(8) 法兰装好后，用手锤把管端均匀打平。咬口重叠处，翻边时应把突出部分铲平。

#### 2. 圆风管与角钢法兰的组装：

(1) 风管厚度小于1.5mm时，用4~5mm的铆钉，把其固定在管端，并翻好边。

(2) 风管厚度大于1.5mm时，不进行翻边，而是在风管周边用电焊将法兰点焊住，合格后进行满焊。

(3) 风管的管端要缩进法兰4~5mm，使法兰表面达到平整的要求。

#### 3. 矩形风管（厚度小于1.5mm）与角钢法兰的组装：

(1) 用铆接法，先把法兰套在风管上，并用角尺找正，使风管中心线与法兰平面垂直。

②) 用电钻在法兰上钻两个孔，穿上铆钉铆好，再用直尺找好法兰的平行度，把另一端法兰铆上两个铆钉，然后将风管翻转180°，用角尺靠在风管侧面，使法兰与风管纵向折边保持垂直，再在法兰上各安上两个铆钉。

③) 用角尺比量风管面的对角线是否相等，用来核对两端法兰是否平行，并检查风管有无翘角现象。

④) 法兰初装合格后，再铆好其他铆钉，并用小锤进行翻边，其尺寸宜为6 ~9mm。翻边时还要铲平咬口重叠处，并且不允许出现豁口，以防止漏风。

## 二、风管与风管的组装

风管与风管之间的连接，一般采用法兰连接和无法兰连接。用法兰连接时，要检查风管两端与法兰盘是否垂直、螺栓孔是否对正。符合要求后，两法兰间加上规定的垫料，用螺栓把紧即可。

## 三、风管与管件的组装

### 1. 弯头的检查

①) 把弯头放在平钢板上，如发现不正，可调整其翻边来解决。

②) 检查弯头的角度可用角尺或线坠进行，见图2 -1。如角度达不到规定要求，可调整法兰的尺寸，重新翻边或铆接。

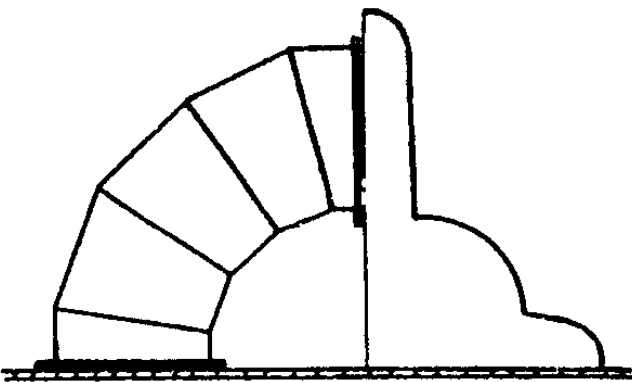


图2 -1 弯头角度的检查

### 2. 三通的检查

①) 将三通立起，小口放在平钢板上，看其是否平整。如不符合要求，可在大口处用翻边来纠正。

②) 把三通倒转，用螺栓把弯头装在支管上，检查弯头角度是否合适，见图2 -2。

如有问题，可在法兰边处进行调整。

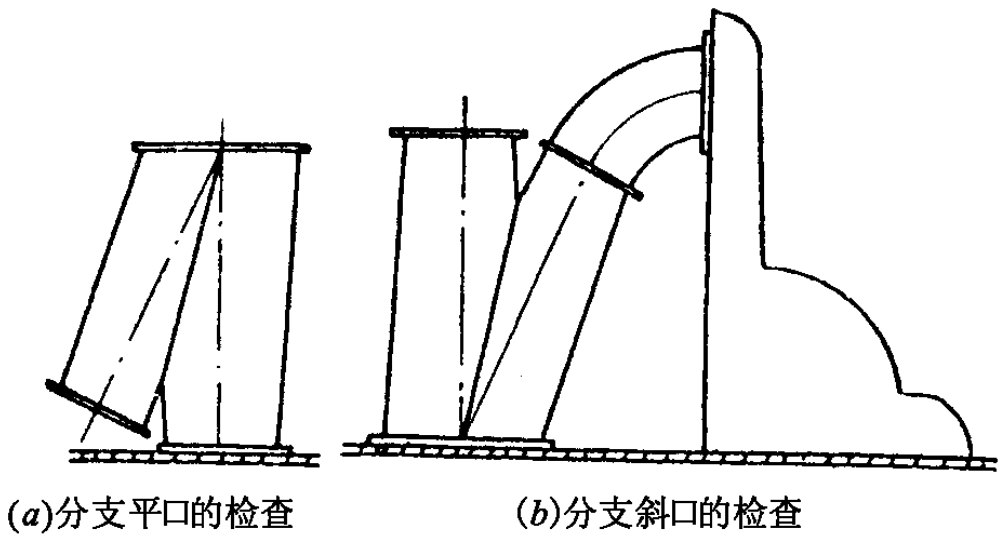


图2 -2 三通的检查

3. 风管与管件的组装

(1) 三通和弯头检查合格后，把相邻的用螺栓暂时连在一起，见图2 -3。

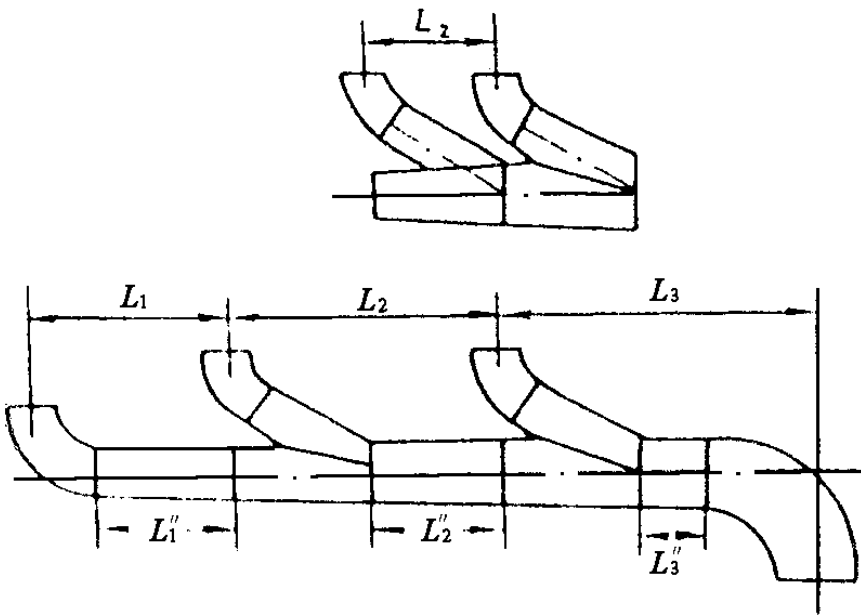


图2 -3 风管与管件的组装

- (2) 量出两三通中心距 $L_2$ ，用 $L_2$  减去 $L_2$ ，得出直管长度 $L_2$ ，同时也能求出 $L_1$  和 $L_3$ 。
- (3) 直管长得出后，检查其是否符合要求，符合要求后，装上法兰盘，并进行翻边或铆接。
- (4) 三通间，三通与弯头间直管段，要有一直管法兰只铆一端，另一端在现场安装时，再进行铆接。
- (5) 法兰盘焊接或铆接时，要找正三通和弯头的方向，螺栓孔也要对正，作好标记后再固定。

四、风管与部件的组装

- 1. 风管与阀的组装。这种组装方法为法兰连接，法兰间加入规定的垫料，用螺栓固定好。
- 2. 风管与散流器的组装。
  - (1) 这种装配在现场进行。装配前，检查风管中心线与预留孔中心线是否一致。风管长度是否合适，风管与散流器连接的法兰不进行铆接。
  - (2) 装配时，将散流器预装在指定位置，然后将风管上未铆的法兰和散流器用螺栓暂时连接。并划出风管法兰的位置，再将法兰与风管进行铆接。

五、风管与设备的组装

- 1. 设备与风管连接多为法兰连接。连接时，当尺寸不易控制时，可将风管上的法兰不固定，待设备安装后，风管法兰与设备法兰尺寸无误后，再行固定。
- 2. 当风管长度不够，且偏位和转弯过多时，可用软管与设备连接，如设备接口无法兰，可使用自攻螺钉将风管与设备连接。

第三节 硬聚氯乙烯塑料板风管的制作

- 1. 塑料板风管及部件制作的步骤是：塑料板材检查，划线下料，进行切割，焊口处打磨坡口，加热成型，板材焊接，成品检验。
- 2. 塑料风管制作标准。
  - (1) 要保证管接头部分严密性和部件的连接强度。直风管不准有弯曲和凹陷。
  - (2) 塑料风管热成型后，不得出现气泡、分层、碳化、弯形和裂纹。
  - (3) 板厚及制作允许范围，见表2 -1。

表2 -1 硬聚氯乙烯板风管板材厚度及制作允许偏差 (mm)

圆形		
风管直径	板材厚度	外边长允许偏差
100 ~320	3	-1
360 ~630	4	-1

续表

圆形

风管直径	板材厚度	外边长允许偏差
700 ~1000	5	-2
1120 ~2000	6	-2

矩形

风管大边	板材厚度	外径允许偏差
120 ~320	3	-1
400 ~500	4	-1
630 ~800	5	-2
1000 ~1250	6	-2
1600 ~2000	8	-2

3．制作风管、部件的塑料板材，表面要平整，不得含有气泡、裂缝，厚度要均匀，无离层缺陷。厚度偏差不能超过标准厚度的±10 %。板材的保管要放在干燥、清洁、不受阳光直射的库房内。

4．划线下料时，要留出一定的收缩量，放样时，应按施工图纸尺寸，按照板材规格和加热设备的条件，进行合理的套材下料。

5．板材的切割，可使用剪板机、圆盘锯或木工锯。用剪板机切5mm 以下板材，可在常温下进行；切割5mm 以上板材时，可适当加热，防止出现脆裂。曲线切割可用小直径的圆盘锯进行。

6．板材的坡口，可用锉刀、木工刨或砂轮机等工具加工。坡口的形式、角度和尺寸应符合施工图纸和验收规范的规定。坡口要均匀、整齐。

7．加热成型。将下好料的塑料板，加热到100 ~150 ，然后进行折方或卷圆，即可得到整形后所需的规格和形状的管、部件。加热时，要使板材均匀受热。加热的方法有电加热、蒸汽加热、热空气加热等。

(1) 圆直管的加热成型。将板材放到温度为130 ~150 的电热箱内，使其均匀受热，当板材呈柔软状态时，取出后放在垫有帆布的木模中，卷成圆形。见图2 -4。待



冷却硬化后，从木模中取出。

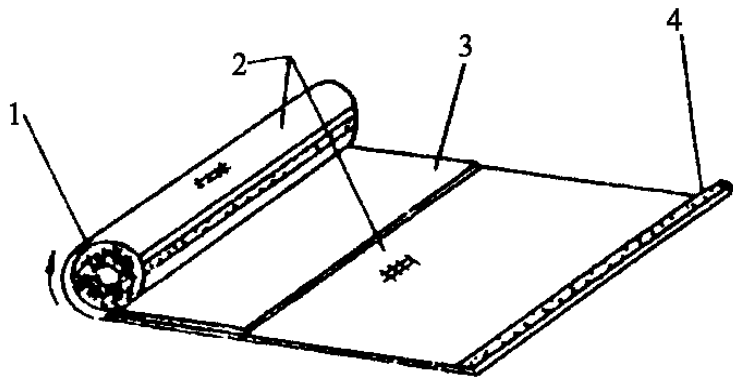


图2 -4 塑料板卷制圆管示意图（一）

1 - 木制内模 ;2 - 帆布 ;3 - 垫塑料板 ;4 - 固定帆布之木条

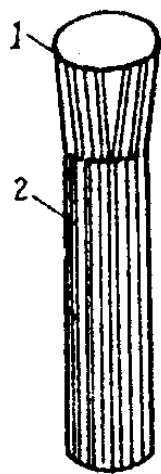


图2 -5  
塑料板卷  
制圆管示  
意图（二）  
1 - 热塑料板；  
2 - 钢制外模

另一种方法是将加热的板材放在铁制外模中，冷却后取出，见图2-5。外模用厚1.5~2.5mm 铁皮制成，其内径略大于塑料管，长度可小于塑料管。

（2）矩形风管的成型。矩型塑料风管的四角一般采用加热折方的成型方法。折方用手动折边机，并配合电加热器进行作业。见图2-6。加热温度一般在150~180 之间。当塑料板加热变软时，放在手动折边机上，折成90°，冷却后取出。

边长大于或等于630mm 以及煨角成形边长大于或等于800mm 的风管，当管段长度大于1200mm 时，均应采取加固框或加固筋等加固措施。其固定采用焊接。加固框的规格宜与法兰相同。

（3）风管部件的成型。

对圆形、矩形大小头和天圆地方等部件，先进行展开放样，并预留出加热冷却后的收缩量，矩形大小头用加热折方法成型。圆形大小头和天圆地方可在电热箱中加热后在胎模中成型。胎模用铁皮或木材作成。

圆形弯头：将板材下料切割并加热，在圆胎模中卷成，再把每节焊接组对，纵向焊缝不允许在同一侧面。

矩形弯头：将板材下料切割后，使背、里两块板加上收缩量，然后用直管胎模加热成型。

圆表三通：用加工好的直管或大小头，画曲线进行锯割后，焊接成三通部件。

8．制作法兰。制作塑料圆形法兰和矩形法兰的用料和规格，应符合表2-2 和表2-3 的规定。圆形法兰内径、矩形法兰内边允差为 +2mm ，平面度不应大于2mm 。风管与法兰连接处采用焊接，并加三角支撑，其间距为300~400mm 。

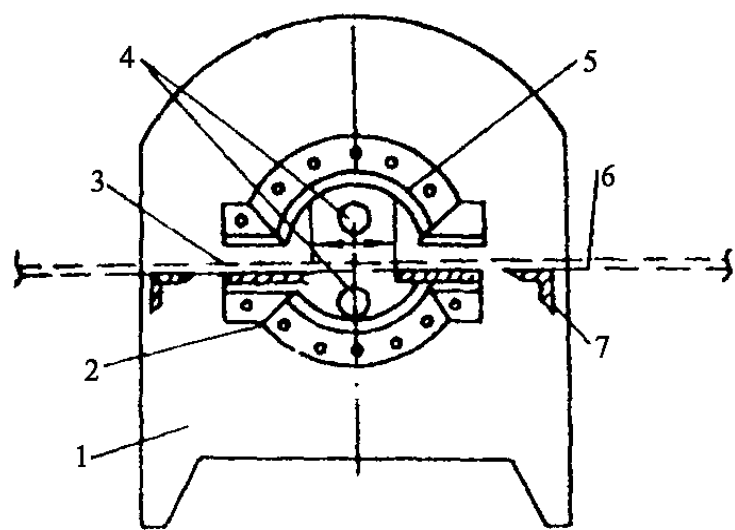


图2 -6 电加热器示意图

- 1 - 机架 ;2 - 下反射罩 ;3 - 加热范围调整板 ;  
4 - 管式电加热器 ;5 - 上反射罩 ;6 - 塑料板 ;  
7 - 搁塑料板支架

表2 -7 硬聚氯乙烯板圆形法兰

风管直径 (mm )	法兰用料规格			镀锌螺栓规格 (mm )
	宽 × 厚 (mm )	孔径 (mm )	6 孔数 (个)	
100 ~160	-35 ×6	7 5		M6 ×30
180	-35 ×6	7 5	8	M6 ×30
200 ~220	-35 ×8	7 5	8	M6 ×30
250 ×320	-35 ×8	7 5	10	M6 ×35
250 ~320	-35 ×8	9 5	14	M8 ×35
360 ~400	-35 ×8	9 5	14	M8 ×40
450	-35 ×10	9 5	14	M8 ×40
500	-35 ×10	9 5	18	M8 ×40
560 ~630	-40 ×10	9 5	18	M8 ×40
700 ~800	-40 ×10	11 5	24	M10 ×40
900	-45 ×12	11 5	24	M10 ×45

续表

风管直径 (mm )	法兰用料规格			镀锌螺栓规格 (mm )
	宽 × 厚 (mm )	孔径 (mm )	6 孔数 (个)	
1000 ~1250	-45 ×12	11 5	38	M10 ×45
1400	-45 ×12	11 5	38	M10 ×45
1600	-50 ×15	11 5	38	M10 ×50
1800 ~2000	-60 ×15	11 5	48	M10 ×50

表2 -3 硬聚氯乙烯板矩形法兰

风管大边长 (mm )	法兰用料规格			镀锌螺栓规格 (mm )
	宽 × 厚 (mm )	孔径 (mm )	孔数 (个)	
120 ~160	-35 ×6	7 5	3	M6 ×30
200 ~250	-35 ×8	7 5	4	M6 ×35
320	-35 ×8	7 5	5	M6 ×35
400	-35 ×8	9 5	5	M8 ×35
500	-35 ×10	9 5	6	M8 ×40
630	-40 ×10	9 5	7	M8 ×40
800	-40 ×10	11 5	9	M10 ×40
1000	-40 ×12	11 5	10	M10 ×45
1250	-45 ×12	11 5	12	M10 ×45
1600	-50 ×15	11 5	15	M10 ×50
2000	-60 ×18	11 5	18	M10 ×60

(1) 圆法兰制作。对于大口径法兰，可先下料（条形），再坡口，然后放入电热箱中加热，取出后在胎具上煨成圆形，并用重物压平后，即可焊接钻孔。

另外，也可下料成两个半圆形，经坡口，焊接成型。较小口径的法兰，可用车床进行加工。

(2) 矩形法兰制作。将塑料板材下料切成条形，坡好口，焊接成型，再将其焊口修平。

③) 法兰钻孔时，为防止钻孔处产生过热现象，在操作过程中应间歇进行，并可用压缩空气来冷却。

9. 塑料风管制作采用热挤法时，应使用电烙板将塑料板挤接处加热到210 ~220℃，并乘热挤压，使其结合在一起。圆形塑料风管的纵向对接缝采用热挤法时，可不进行坡口，但在划线时要放大2 ~3mm。矩形塑料风管的四角焊缝对口处，要坡成45°，再放大2 ~3mm，以满足热挤压时尺寸的收缩。

10. 圆形塑料风管的煨制，是将下好料的塑料板放在蒸汽里或电热箱内加热到130 ~140℃。加热时间：板厚3 ~5mm 为5 ~8min；板厚6 ~10mm 为10 ~15min。加热过程中使塑料板均匀热塑，然后在已作好的圆形或圆锥形的模型上进行卷圆，操作要快，卷圆后即可进行闭合缝的焊接或热挤。

11. 采用热挤法，应刨平热挤缝的内、外表面由挤压而产生的“焊蚕”，使其结合光滑，减少阻力。

12. 为了便于掌握塑料板加热后的收缩，减少管径误差，可将整张塑料板加热，卷圆后，再切去多余部分。

13. 加工塑料风管的室温不得低于 +10℃，贮存地方要干燥，环境温度不得过高，以10 ~25℃为宜，以防止变形。

14. 风管的组装和加固。

- ①) 塑料风管的连接，一般多采用焊接，同时要在1.8 ~4m 范围内安装一对法兰。
- ②) 塑料管焊接时，圆管的纵缝要交错进行。
- ③) 塑料风管的连接和加固，如设计无具体要求时，可按下面规定进行施工：

圆管直径小于545mm，矩形管边长小于1400mm 时，要用对接焊的方法，见图2 -7。

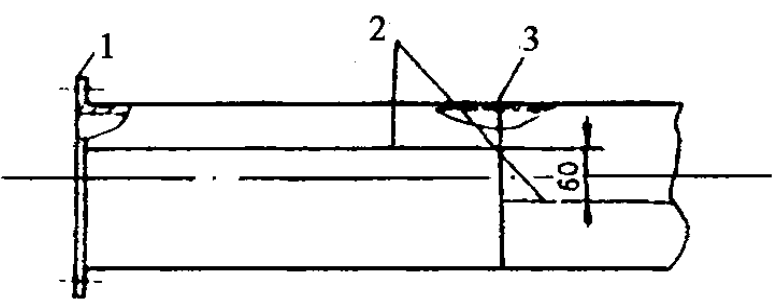


图2 -7 风管对接焊

1 - 法兰 ;2 - 纵焊缝 ;3 - 对接焊缝

圆管直径大于545mm，矩形管边长大于1400mm 时，可用软、硬套管连接，具体尺寸见表2 -4。圆管直径小于或等于200mm，且采用承插连接时，插口深度宜为40 ~80mm。粘接处应去除油污，保持干净，并应严密和牢固。

表2 -4  硬套管及软套管规格表 (mm )

序	圆形风管直径 D	矩形风管周边长 S	套管厚度	硬或软套管长度 L
1	100 ~285	520 ~960	2	150 ~250
2	320 ~885	1000 ~2800	3	
3	1220 ~1540	3200 ~3600	4	
4		4000 ~5000	5	
5		5400	6	

圆形和矩形风管的加固，见表2 -5。

表2 -5  风管加固圈规格表 (mm )

圆形风管			矩形风管		
风管直径	加固圈		管周边	加固圈	
D	规格 (宽×厚)	间距尺寸	长度S	规格 (宽×厚)	间距尺寸
545 ~775	30 ×5	800	1400 ~1800	30 ×5	400
885	40 ×5	800	2000 ~2800	40 ×5	400
1025	50 ×5	800	3200 ~3600	50 ×6	400
1100 ~1200	60 ×6	800	4000 ~4200	60 ×6	400
1325 ~1425	60 ×8	800	4800 ~5000	60 ×8	400
1540	70 ×8	800	5400	70 ×8	400

④）风管与法兰焊接时，风管中心线和法兰平面要垂直，法兰本身的平面度的允许偏差为2mm，对此偏差要严格控制，以免影响法兰连接的严密性。当直径或边长大于500mm。其连接处应加三角支撑，三角支撑的间距宜为300~400mm。连接法兰的两个角支撑应对称。

⑤）风管与法兰焊接处，高出法兰平面的焊肉应处理掉，保持其平整度。

15．风管与配件的焊接。

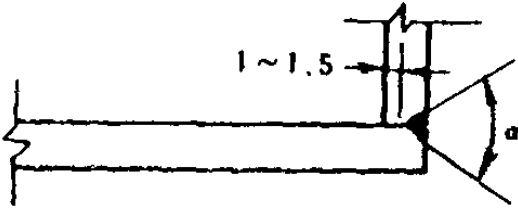
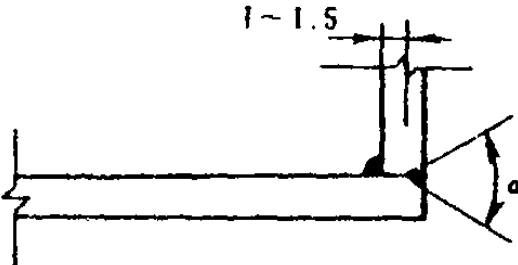
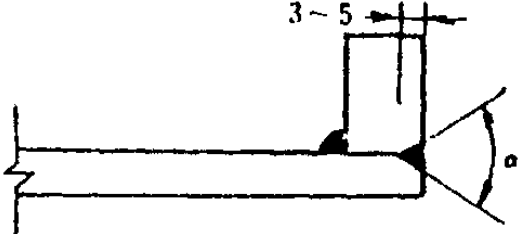
①）硬聚氯乙烯塑料风管的主要焊接设备是热风焊枪，通过焊枪内加热的压缩空气（一般在210~250℃左右）来加热焊条和焊件，使其粘结成型。

- ②) 塑料焊条的材质应与被焊件材质相同。塑料焊条要满足下面要求：
- 焊条直径误差要在  $\pm 0.5\text{mm}$  以内。焊条表面要光滑，不得有杂质和气孔。
- 弯曲时（约 $180^\circ$ ）不应断裂。
- 焊条的搬运和保管，要防止阳光直接照晒和风吹雨淋。
- 焊条直径要根据焊件厚度来选择，不宜过粗或过细，通常使用的为  $2 \sim 3.5\text{mm}$ 。
- 为提高效率，保证焊接质量，可采用“双焊条”，它具有焊接速度快、受热面大、均匀、延伸率低、强度高等特点。
- ③) 焊缝结构形式主要根据风管和部件的结构形状、操作工艺要求和焊缝强度来确定。焊缝结构形式一般有：对接焊缝、搭接焊缝、填角焊缝和对角焊缝。见表2 -6。

表2 -6 坡口及焊缝形式

焊缝形式	焊缝名称	图形	板材厚度 (mm )	焊缝张角 ( $a^\circ$ )	应用说明
对接焊缝	单面焊 V 型		3 ~5	50 ~60	用于只能一面焊的焊缝
	双面焊 V 型		5 ~8	50 ~60	反面焊1 ~2 根焊条可用于厚板的焊缝
	双面焊 X 型		8	50 ~60	焊缝强度好，用于风管法兰及厚板的拼接
搭接焊缝	搭接焊		3 ~10		用于风管的硬套管和软管连接
填角焊缝	填角焊 无坡角		6 ~18		用于风管和配件的加固

续表

对角焊缝	对角焊 V 型		3 ~5	50 ~60	用于风管角焊
	对角焊 V 型		5 ~8	50 ~60	用于风管角焊
	对角焊 X 型		6 ~15	45 ~55	用于风管与法兰连接

④）焊接工艺操作：

焊接速度的确定。焊接速度与加热温度有一定的关系，速度高，而加热温度低，其结果是焊缝粘接效果不好；相反，焊接速度慢，加热温度高，将会导致塑料分解变质。比较合适的是在热空气温度为210 ~250 时焊接速度为9 ~11m /h。

焊接操作方法：

焊缝对口间隙一般要求0.5 ~1mm，以使焊条熔合好。焊枪的操作应沿焊缝方向上下，左右，均匀地进行动作，焊枪离焊件表面应保持5 ~6mm。

焊接时，焊条要垂直于焊缝表面，对焊条的压力要均匀、适宜，不能过大或过小。正确的操作焊条方法，见图2 -8 (a)；焊条向后倾斜要大于90°，见图2 -8 (b)；焊条向前倾斜要小于90°，见图2 -8 (c)。

焊接时要先加热焊条，并使其一头弯成直角，然后插入焊缝中，伸入的长度约10 ~15mm。

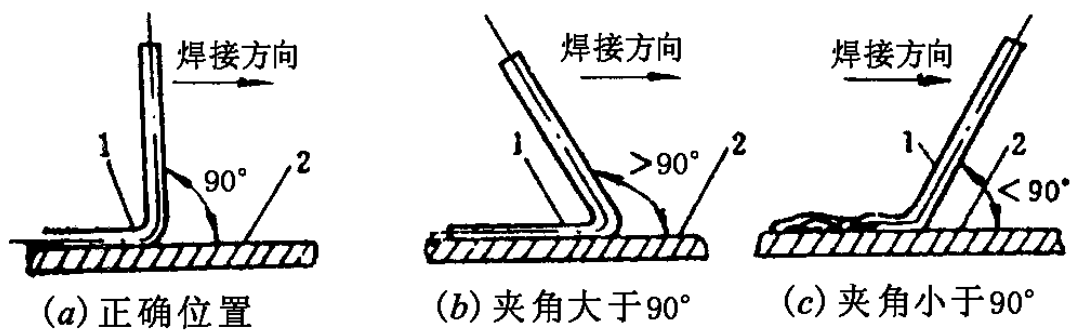


图2 -8 焊条操作方法

1 - 焊条 ;2 - 工作

焊条头要用刀切成斜面，以便焊条用完或折断时进行搭接，每焊接层的搭接位置都要错开。

焊完后，应用刀修整焊缝表面，使其平整光洁，焊缝要自然冷却，防止出现断裂现象。

第四节 通风与空调部件的制作

一、送、吸风口的制作

送、吸风口的型式较多，有矩形、圆形插板式送、吸风口，单层、多层百叶式送风口，旋转吹风口、散流器等。这些风口的加工制作工艺基本上是按照国家颁发的“暖通标准图”进行。经过划线、下料、冲筋压框、钻孔、焊接、组装而成。

1．矩形空气分布器的制作。

(1) 角钢框架制作。将调直后的角钢进行划线、下料并制好铆钉、螺钉孔，即可组对，点焊成框。再检查框架是否平整，无歪扭后才能进行焊接。

(2) 将焊接后的框架再次找正，并根据分布器规格进行壁板、底板、分流板以及铁丝网的下料。

(3) 最后铆（焊）后壁板，并将分流板、底板、铁丝网和角钢框架铆（焊）在一起。铁丝网应绷紧、铆钉（铆接）要牢固。

2．风口的制作。

(1) 风口规格应以颈部外径为准，其尺寸的允许偏差值应符合表2 -7、表2 -8 的规定。

表2 -7 圆形风口尺寸允许偏差 (mm)

直径	250	>250
允许偏差	0 ~ -2	0 ~ -3



表2 -8 矩形风口尺寸允许偏差 (mm )

边长	<300	300 ~800	>800
允许偏差	0 ~ -1	0 ~ -2	0 ~ -3
对角线长度	<300	300 ~500	>500
两对角线之差	1	2	3

风口外表装饰面应平整光滑，其平面度允许偏差应符合表2 -9 的规定。

表2 -9 风口平面度允许偏差

表面积 (m <sup>2</sup> )	<0 .1	0 .1 ， 且 <0 .3	0 .3 ， 且 <0 .8
平面度允许偏差 (mm ) 1	2	3	

采用板材制作的风口外表装饰面拼接的缝隙，应小于或等于0 .2mm，采用铝型材制作的应小于或等于0 .15mm。

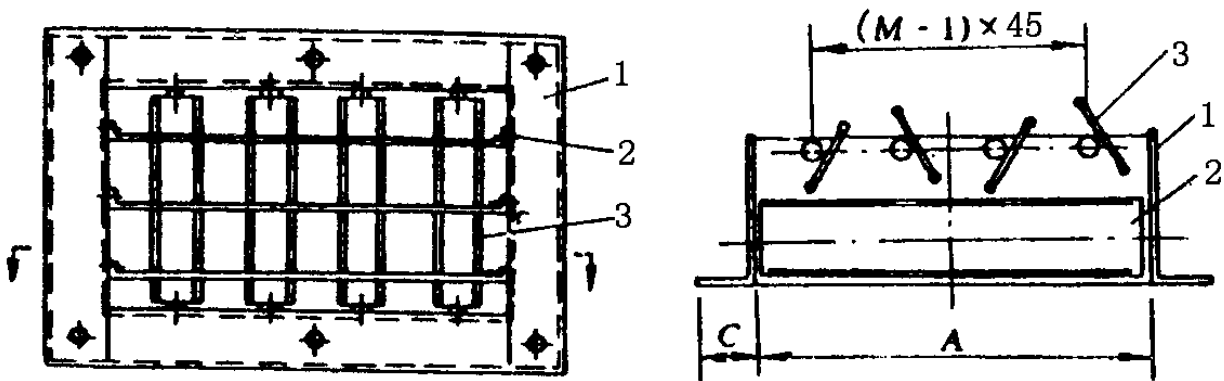


图2 -9 双层百叶式风口

1 - 外框 ;2 - 前叶片 ;3 - 后叶片

2) 百叶式风口的制作：

百叶式风口的叶片间距应均匀，其叶片间距允许偏差为 ±1 .0mm，两端轴应同心。叶片中心线直线度允差为3 /1000；叶片平行度允许偏差为4 /1000。

风口外表面不得有明显的划伤、压痕与花斑，颜色应一致，焊点应光滑。

风口的转动、调节部分应灵活、可靠，定位后应无松动现象。手动式风口叶片与边框铆接应松紧适当。

联动百叶式风口进行边框划线要放出折边留量，下料后扳边，形成上、下框，见图2 -10 (a)、(b)。组对点焊成框，经校正后再焊接。

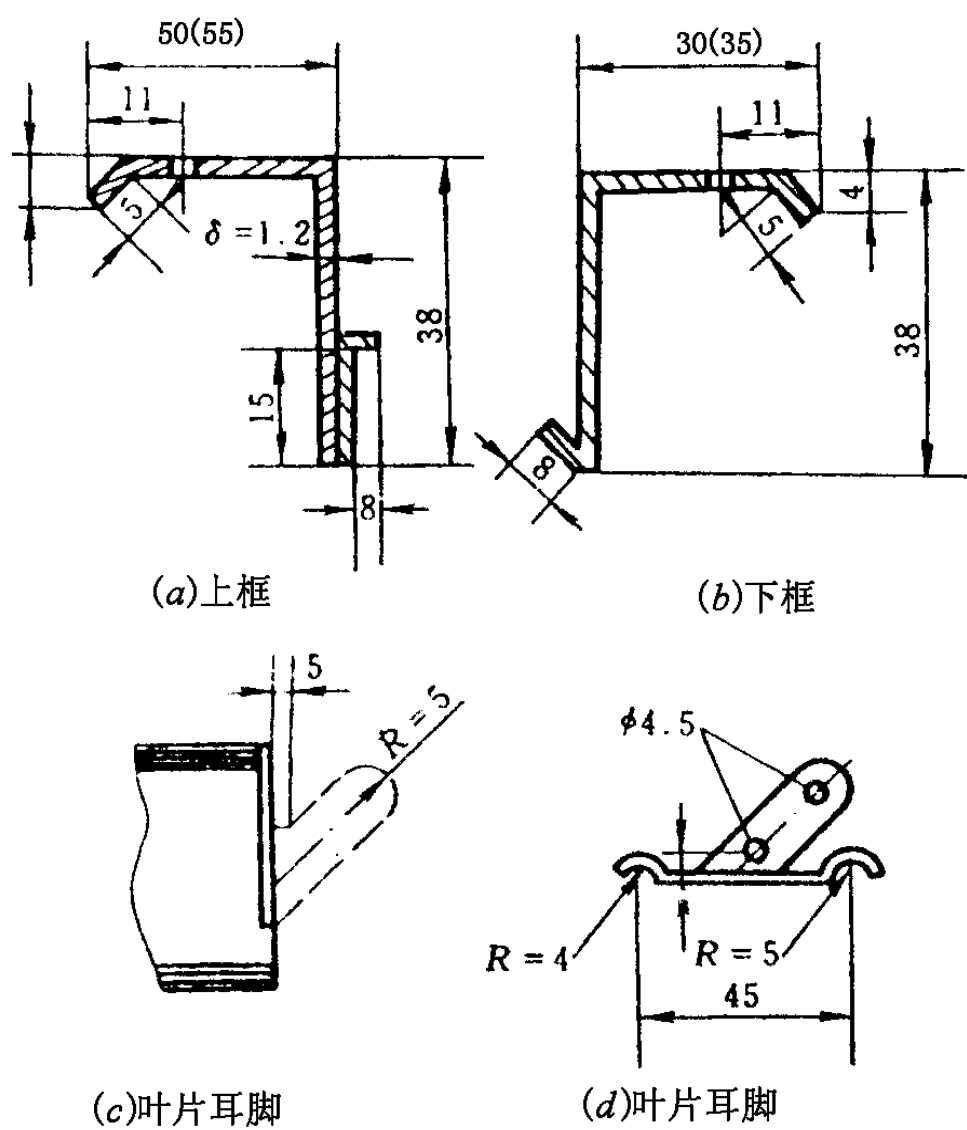


图2 -10 联动百叶式风口

叶片采用机械冲压法制作，冲制成统一规格的窄条，使叶片两端的耳脚呈45°，并起凸棱加固筋，见图2 -10 (c)、(d)。

内框孔间距离保持正确，铆上叶片与联杆，铆紧程度要适当，然后与外框组合，并安好扳把等，使开启灵活。

双层百叶式风口由外框和前、后叶片组成，见图2 -9。

制作外框：将钢板切成条，钻出铆钉孔，再用折边机将板条折成角钢形状，并组成方框，检查符合要求后再焊牢。

制作叶片：将钢板切成条，用模具将其冲压成圆棱，去除毛刺，钻好孔，并把两边耳环扳成直角。

将叶片固定在外框上，叶片间距要均匀，两端轴中心要在同一直线上，叶片开闭要灵活可靠。

③) 插板式及活动算板式风口，其插板、算板应平整，边缘应光滑，启闭应灵活。组装后应能达到完全开启和闭合的要求。

④) 旋转式风口制作。旋转式风口转动应轻便灵活，接口处不应有明显漏风，叶片角度调节范围应符合设计要求。

上部天圆地方和下部的送风口短管，按风管要求进行加工。

转动接头的上法兰不钻螺孔，中间压板固定滚珠的孔要加工光滑，装配时须涂上润滑油，上压板、中间固定板与下法兰的螺孔要对正。上、下法兰内径的圆度要加工一致，中间纸垫要严密，装配好后转动要灵活。见图2 -11。

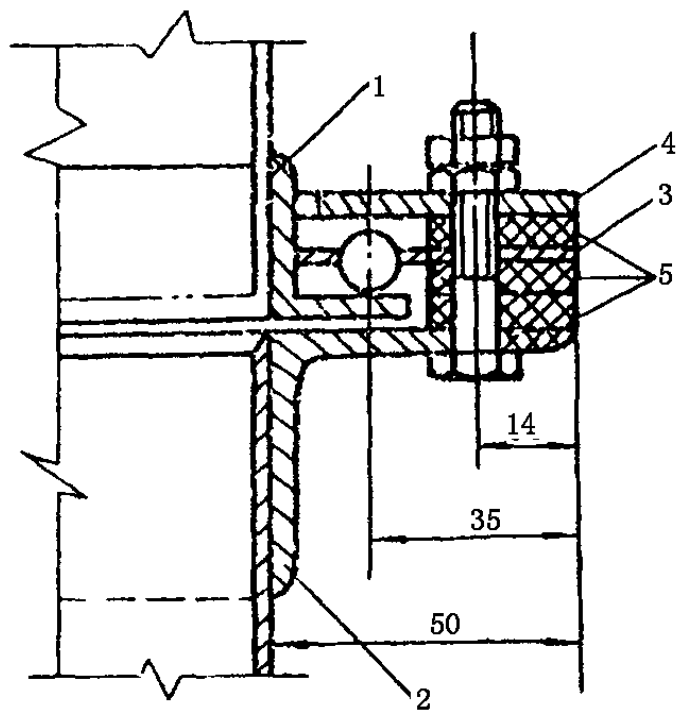


图2 -11 旋转接头

1、2 - 上、下法兰 ;3 - 固定压板 ;  
4 - 上压板 ;5 - 石棉橡胶垫圈

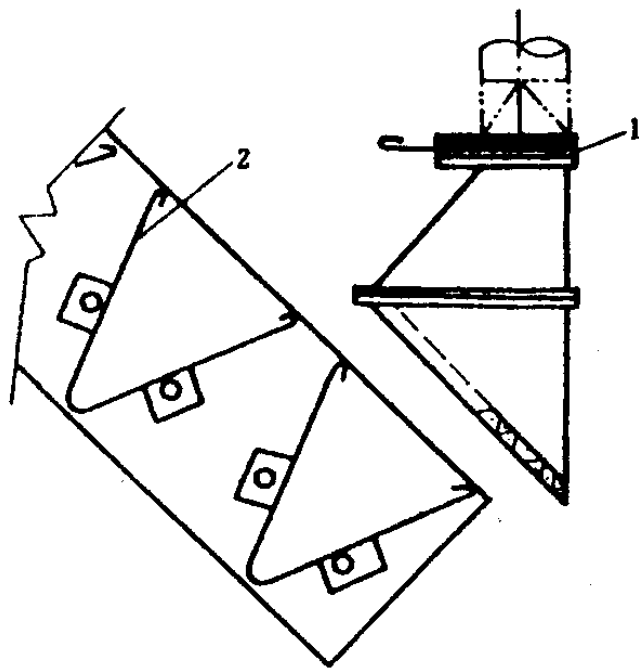


图2 -12 上吸式均流吸气罩

1 - 平插板阀 ;2 - 叶片

送风口的百叶片成批下料前，要作出样板，两端需留耳脚并钻好铆钉孔。装配时，百叶片与框架、连杆的铆接要加垫圈，并与外壳组装在一起。拉手的锯齿缝要均匀正确，并与摆臂配合好，使其调节方便灵活。

⑤) 直片式送、吸风口散流器制作：

下料前，各层扩散管上的开孔要正确，并彼此配合好。双头螺栓外的套管，锯切

角度要符合各层扩散管的坡度要求。

扩散管的圆弧要加工得均匀，平整和光滑。

组合时，散流器的各层扩散管要同一中心，高低要相同。

散流器的扩散环和调节环应同轴，径向间距分布应匀称。

### ⑥) 上吸式均流侧吸罩制作：

上部的天圆地方和下部的吸气罩短管，按风管要求进行加工。

上、下部连接法兰中间安装平插板，法兰规格要一致。组装上插板时，应拉动灵活，而且不能漏风。

叶片下料后，应先钻好耳脚的铆孔，再进行折边和卷圆。当与边框铆接时，叶片间隙应均等，并且要相互平行，见图2 -12。

⑦) 槽边吹、吸风罩制作。尺寸应正确，转角处弧度应均匀，形状应规则，吸入口应平整，罩口加强板分隔间距应一致。

划线时，侧板上部的圆弧要正确，内、外壁板要留出2.5mm 焊接留量。

将下好料的内、外壁板弯成圆弧，要求与侧板的圆度相同。

将煨好的壁板与侧板组对点焊，当安装下一部法兰时，管端缩进5mm，尺寸核对符合要求后，才能进行焊接。

吹、吸风罩的调节阀制作与蝶阀和插板阀的制作相同。

## 二、风帽、滴水盘和槽的制作

### 1. 风帽制作的一般要求。

①) 伞形风帽的伞形盖与倒伞形盖的组合应同心；伞形盖的边缘应采取加固措施；支撑伞形盖的支架高度应一致。

②) 锥形风帽内外锥体的中心轴线应重合；两锥体间的水平距离应均匀；上下锥体组装的连接缝应顺水，下部排水应畅通。

③) 筒形风帽形状应规则；外筒体的上下沿口应加固，其椭圆度不应大于直径的2%；伞形盖的边缘与外筒体的距离应一致；挡风圈的位置应正确。

④) 导向回转线（旋转式）风帽，其弯管的角度和节数应符合设计规定；组装后导向叶片与弯管的匹配应平衡，其转动应灵活。

### 2. 圆筒形、伞形风帽制作。

①) 划展开图时，有些风帽圆筒要留出咬口和卷边尺寸，有些风帽圆筒不作卷边，用扁钢圈加固。扁钢应先调直。钻孔后，再卷圆焊接成型，铆在圆筒上。

②) 筒内伞形风帽划线时，伞帽角度要准确，以保证其坡度要求。扩散管根据规格

进行圆钢卷边或作扁钢加固。组装时，先将规格相同的扁钢支撑固定在伞帽上，然后铆在扩散管上。

③）圆筒与伞帽装配时，支撑斜度要一致，伞帽、圆筒及护圈应同一中心，不得歪斜。

3. 滴水盘、槽制作。

①）滴水盘的制作与伞形风帽相同。但要在盘的最低点焊上一个一头套丝的 12mm 的水管。

②）滴水槽展开时，要分两部分下料，弯圆后慢慢敲成水槽的1/2 圆弧。两部分组对时，要使方向相同，最后将直径为 2mm 的水管一端套丝，一端焊在滴水槽的最低点。

三、风阀制作

1. 一般风阀制作要求。

①）风阀的结构应牢固，调节应灵活，定位应准确、可靠，并应标明风阀的启闭方向及调节角度。

②）插板阀（包括斜插板阀）的壳体应严密，壳体内壁应作防腐处理，插板应平整，启闭应灵活，并应有可靠的插板固定装置。

③）蝶阀阀板与壳体的间隙应均匀，不得碰擦；拉链式蝶阀的链条应按其位置高度配置。

④）三通调节风阀的拉杆或手柄的转轴与风管结合处应严密；拉杆可在任意位置上固定；手柄开关应标明调节的角度；阀板应调节方便，并不得与风管碰擦。

⑤）多叶风阀的叶片间距应均匀，关闭时应相互贴合，搭接应一致。大截面的多叶调节风阀应提高叶片与轴的刚度；并宜实施分组调节。

⑥）电动与气动调节风阀的执行机构及连动装置的动作应可靠，其调节范围及指示角度应与阀板开启角度相一致。

⑦）保温调节阀的连杆设置在阀体外侧时，应加设防护罩。

2. 特殊风阀制作要求。

①）防火阀及排烟阀（口）的制作应符合下列规定：

失火时框架（外壳）、叶片应能防止变形失效，其板材厚度不应小于2mm。

转动件应采用黄铜、青铜、不锈钢及镀锌铁件等耐腐蚀的金属材料制作，并应转动灵活。

易熔件应为消防部门认可的标准产品，其熔点温度应符合设计规定。采用双金属片作为执行传感元件时，其动作温度亦应符合设计规定。内置易熔件的阀门，应设便于更换易熔件的检查口。

阀门动作应可靠，关闭时应严密，其允许漏风量分别应符合表2 -10 的规定：

表2 -10 防火、排烟阀允许漏风量

阀门类型	两端压差 (Pa )	允许漏风量 ( $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ )
防火阀	300	700
排烟阀	300	700
板式排烟口	250	150

防火调节阀除应符合上述规定外，还须符合对一般风阀所规定的各项要求。

②）高压系统风量调节阀的制作除满足对一般风阀所规定的各项要求外，还须符合下列规定：

高压系统风量调节阀应进行强度验算，其调节性能应可靠，并可在系统压力为1.5 倍工作压力的前提下自由开关；

高压系统风量调节阀关闭条件下，两侧压力差为1kPa 时，允许漏风量应小于 $300\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ ；当两侧压力差为2kPa 时，允许漏风量应小于 $400\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ 。

③）风管止回阀的制作应符合下列规定：

- 风管止回阀在设计风速下应能灵活开闭，关闭应严密；
- 阀板的转轴、铰链应采用不易锈蚀的材料制作，转动应灵活；
- 水平安装的止回阀应有可靠的平衡调节装置。

④）防爆系统阀门及部件的制作，应符合设计规定，所采用的材料不得代换。

⑤）空气净化系统的阀门，其活动件、固定件、拉杆以及螺钉、螺帽、垫圈等表面均应做防腐处理（如镀锌等）。阀体与外界相通的缝隙处应采取密封措施。

四、蝶阀制作要点

1．阀板规格不得比短管内径小于3mm。阀轴的作法：用圆钢一端锉成方形，而顶端车成圆形丝丝头，将另一端做成扁形，见图2 -13。手柄用扁钢煨成S 形；打方眼时要把方向搞对。止挡板要放出两端弯脚，煨成90°后，再开长槽锉光。

- 2. 装配时，先将垫板固定在短管上，再把轴套在短管内，并用螺栓把好阀板，最后将手柄装好。
- 3. 试验转动灵活后，标明开、闭方向。

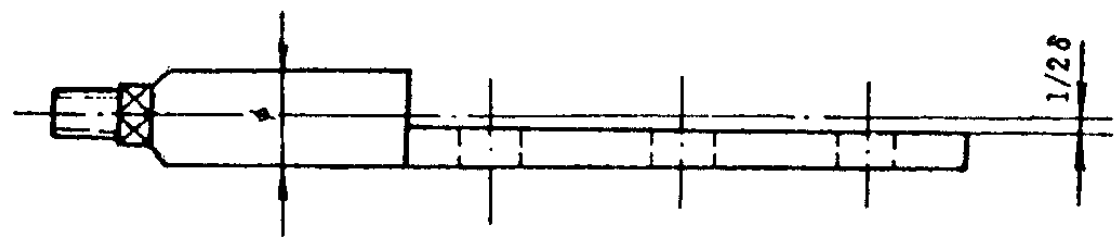


图2 -13 蝶阀轴  
- 阀轴； - 阀板厚度

五、平、斜插板阀制作

- 1. 闸板制作时要平整，套闸板的上、下两块闷板与垫板规格要相同；斜插板阀的上、下两块闷板开孔要相互错开，但螺孔要对正。闷板开孔时，斜插板阀按45°设置，形状为椭圆形。
- 2. 将两块闷板先点焊在管端上，并组合检查管子是否成一直线；找正后，方可焊接。
- 3. 装配时，将两块闷板中间垫好垫板。放入插板阀，再把紧螺栓，要求拉动阀时动作灵活。

六、防火阀的制作

- 1. 防火阀主要用在高层建筑的通风空调系统中，在发生火灾时，它可切断气流，防止火源扩散。
- 2. 防火阀外壳用厚度为2mm 的钢板制作。为使转动部件在各种情况下都能灵活动作，因而，选用耐腐蚀材料制作，如黄铜、青铜、不锈钢等金属材料。
- 3. 防火阀的易熔片是关键部件，必须使用标准的合格产品。对易熔片可在水浴中进行检验，以水温为基准，其熔点温度符合设计要求，允许偏差为 -2 。易熔片要安装在阀板的迎风侧。阀板关闭要严密，能有效地阻挡气流的通过。

七、止回阀的制作

止回阀的作用是阶止气流倒贯，即风机停转后，止回阀自动关闭。止回阀的制作也

是按标准图的要求进行的。止回阀的材质一般采用铝板，这主要是为了启闭灵活和防火花、防爆的要求。止回阀有圆形和矩形两种，在安装上又分垂直和水平两种形式。在水平式止回阀的弯轴上装有可调整的线锤，用来调节阀板。止回阀轴必须灵活，阀板关闭要严密，铰链和转动轴要用黄铜制作

八、风量调节阀的制作

为保证通风系统的总风量，以及保证各支管及送风口量达到设计规定值，要进行系统测定和调整。按风量的不同使用要求，通过调节阀进行调节。

调节阀制作要牢固，防止气流吹动时产生噪声。调节阀的调节机构动作应灵活、准确、可靠，并标有转动方向的标志。

九、柔性短管的制作

柔性短管多用于通风与空调设备和风管的连接，它的作用是起伸缩、隔振、防噪音的功能。安装的长度一般为150 ~250mm。其接缝处应严密牢固，且不宜作异径接管使用。

设于沉降缝的柔性短管，其长度应大于沉降缝的宽度。

柔性短管的制作应符合设计规定，当设计无规定时，应选用帆布、人造革、树脂玻璃布、软橡胶板等具有减震、防潮、不透气的柔性材料。输送潮湿空气或安装在地下室及潮湿环境下的柔性短管应采用不易霉变的材料。用于空气净化系统的柔性短管应采用内壁光滑，且不易产生尘埃的材料。

1．帆布短管制作。

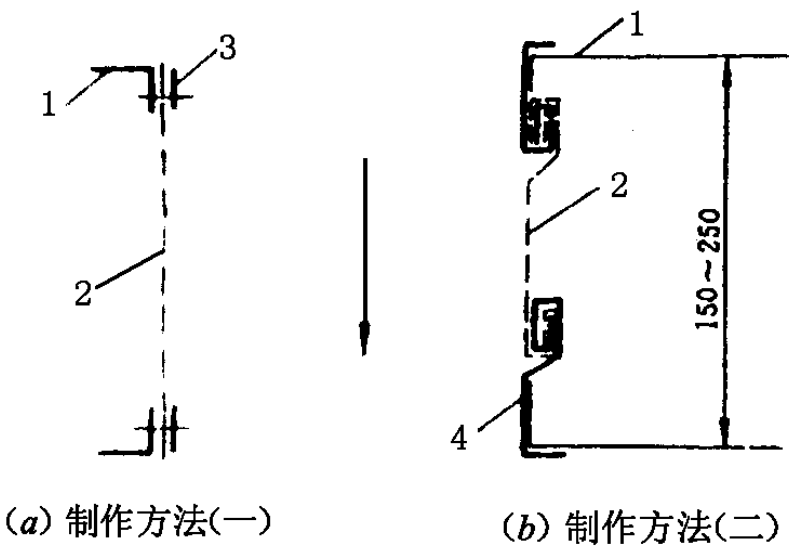


图2 -14 帆布短管

1 - 法兰 ;2 - 帆布短管 ;3 - 镀 锌铁皮 ;4 - 铆钉



- (1) 见图2 -14 (a)。先把帆布按管径要求展接余量20 ~25mm , 然后将其缝成短管, 再用镀锌铁板连同帆布短管一起固定在角钢法兰上。
- (2) 连接时要紧密。用铆钉固定时, 一般距离为60 ~80mm。帆布短管固定后, 把伸出管端的镀锌铁板翻边, 在法兰平面上找平
- (3) 另一种方法是: 把展开的帆布两端用60 ~70mm 宽的镀锌铁板条固定牢, 然后卷圆或折方, 将铁板闭合缝咬口帆布缝好, 再将铁板与法兰固定。见图2 -14 (b)。
- (4) 为了防潮、隔热及保持弹性, 帆布表面应涂以帆布漆。

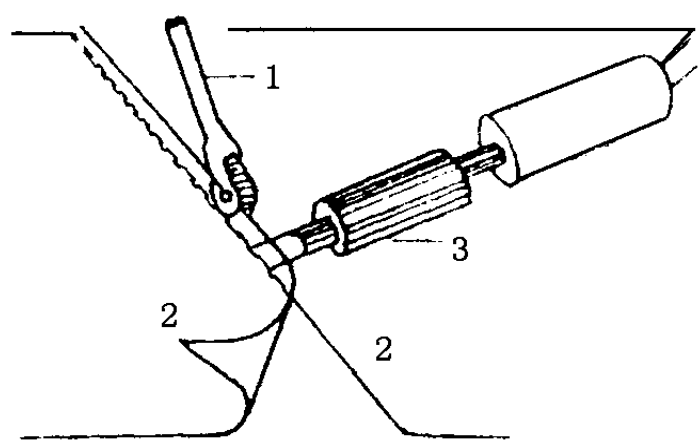


图2 -15 塑料布加热焊接

1 - 压辊 ;2 - 塑料片材 ;3 - 电焊烙铁

2. 塑料布短管制作。

- (1) 先把塑料布按管径大小要求展开, 并留出搭接量10 ~15mm , 法兰的留量可按角钢规格留设。
- (2) 焊接时, 把塑料布焊接处对正, 加热后, 用压辊压紧, 使塑料布粘接在一起, 见图2 -15 , 当一边焊好后, 将塑料布翻过来, 焊另一面。焊接时用电烙铁, 温度要保持在210 ~230 之间, 以免过热或烧焦。
- (3) 接合缝处要牢固, 严密不漏风

十、矩形弯管导流片制作

矩形弯管导流片的制作应符合下列规定：

- 1. 材质及材料厚度应与风管一致。
- 2. 导流片的弧度应与弯管的角度相一致。导流片在弯管内的配置应符合设计规定, 当设计无规定时, 可按表2 -11 执行。

表2 -11 矩形弯管内导流片的配置 (mm )

边长	片数	导流片间距											
		a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	a <sub>10</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>
500	4	95	120	140	165	-	-	-	-	-	-	-	-
630	4	115	145	170	200	-	-2	-	-	-	-	-	
800	6	105	125	140	160	175	195	-	-	-	-	-	-
1000	7	115	130	150	165	180	200	215	-	-	-	-	-
1250	8	125	140	155	170	190	205	220	235	-	-	-	-
1600	10	135	150	160	175	190	205	215	230	245	255	-	-
2000	12	145	155	170	180	195	205	215	230	240	255	265	280

3．导流片的迎风侧边缘应圆滑 ，其两端与管壁的固定应牢固。同一弯管内导流片的弧长应一致。

## 第五节 空气处理设备部件的制作

### 一、空气调节器

1．金属空气调节器是按国家颁发的通风标准图进行制作。它分为立式、叠式和卧式三种。

2．空气调节器的制作，关键是使箱体壁板连接严密和牢固。空气处理室喷淋段中水池焊接后，要用煤油作渗漏试验。同时要使箱体壁板的拼接与水池的装配作成顺水流方向，以避免喷淋水溢出。见图2 -16。

3．空气调节器内的挡水板，是防止水滴进入风管内的。挡水板有玻璃和镀锌钢板两种。挡水板的折数和折角的制作要按设计要求进行，其长度和宽度的允许偏差不超过±2mm。片距应均匀，每组累积偏差不应大于2mm；高度大于1000mm 时，中间应加固。

4．挡水板与喷淋段壁板的连接处要严密，其目的是减少空气调节器的进水量，并使壁板上的水顺利下流。

5．挡水板的片距要均匀，梳形固定板与挡水板的连接应紧密，空气流动时不得有松动声响。挡水板与壁板交接处的泛水应设在迎风侧。挡水曲板的支架和固定件应作防

腐处理。挡水板下端应伸入水中或设置挡板。分层组装的挡水板，层间均应设置排水装置。

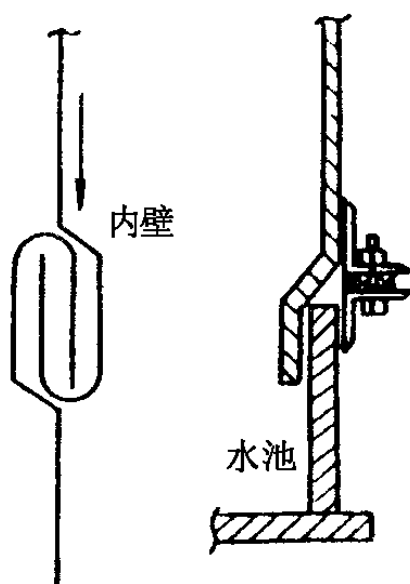


图2 -16 壁板  
与水池连接方法

6．空气喷淋室中喷嘴安装的多少以及对喷和顺喷的排列形式，要满足设计和使用的要求。在同一排喷淋管上喷嘴方向要相同，分布要均匀，并使溢水管安装位置准确。喷水排管制作应按现行国家标准《采暖与卫生工程施工及验收规范》的有关规定执行。

7．喷水室应设带观察孔的检查门。检查门应启闭灵活，关闭严密。其与风管或空气处理室连接处应采取密封措施，并不得渗漏。有人员进出的检查门，其尺寸不应小于600mm ×400mm。

## 二、消声器

1．消声器主要是用来降低风机产生的动力性噪音，并防止它传到空调房间内。它的种类较多，有阻式、抗式、共振性和宽频带复合消声器等。

2．制作消声器的材料是吸声材料，它必须符合设计规定的防火、防腐、防潮和卫生要求。

3．制作消声器时，框架要牢固，壳体不得漏风。消声器充填的消声材料应按规定的容量均匀铺放，并应有防止下沉的措施。对于使用的松散的吸声材料，要采用规定的盖面材料（如玻璃纤维布、细布、麻布等）仔细进行覆盖，不得有破损，搭接时应顺气流，且界面不得为毛边。防止吸声材料飞散、脱落和污染房间。

4．共振性消声器的穿孔板直径和空孔率，要符合设计规定的要求。金属穿孔板经钻孔或冲孔后，要清除毛刺，使表面光滑。共振腔的隔板尺寸要准确，隔板与壁板连接处要贴紧。

5. 消声风管、消声静压箱及消声弯管内气流速度较高，因此，衬在内部的消声材料应均匀贴紧，不能脱落，同时拼接缝要密实，表面应平整。

6. 消声弯管的平面边长大于800mm 时，应加设导流吸声片。导流吸声片表面应平滑、圆弧均匀，与弯管连接应紧密牢固，不得有松动现象。

7. 消声百叶窗框架应牢固，叶片的片距应均匀，吸声面的方向应符合设计要求。

### 三、除尘器制作

#### 1. 旋风除尘器。

(1) 旋风除尘器是利用气、尘二相流在流动过程中，由于速度和方向的改变，对气体和尘粒产生不同离心力、惯性力或重力，而达到分离尘粒的目的。

(2) 根据旋风除尘器的型号、规格划线并下料成单件板材，再用卷板机作成圆筒形和圆锥形，焊接后，进行找圆，使其成为圆弧均匀、表面光滑的组装件。

(3) 组装时，首先要搞清方向（左旋或右旋），将螺旋导向板与外筒点焊固定，再插入内管，并使内管与外筒同心，插入深度应符合标准图的要求。装内管法兰时，要找正蜗形帽的安装方位。

(4) 进、出风口断面尺寸要正确，法兰连接要用胶皮板垫料，螺栓组合件要把紧。

(5) 筒体外径与矩形外边尺寸允许偏差不大于5 %。

(6) 进风口短管与筒体内壁要形成切线，螺旋导流板要垂直于筒体，螺距要均匀致。除尘器反射屏与筒体间隙应保持一致，反射屏上口与排气管的中心偏差不超过

#### 2. 惰性除尘器。

(1) 锯切情形除尘器中安装离尘环用的齿条时，要把4 根齿条并在一起，以60°的角度进行统一规格锯槽，离尘环应是等距的锥形环，要求角度一致，圆度均匀。

(2) 组对时，先将上、下法兰划出4 根齿条的位置线，把3 根齿条用电焊与上、下法兰固定，同时两者要在同一中心，齿条倾斜度应相等。校正后可装离尘环，依次用电焊焊牢，最后把另一根齿条插入并固定好。

#### 3. 水膜除尘器。

(1) 筒体吸入口与蜗形帽方向要相同。

(2) 喷嘴的喷水孔直径、角度要正确，喷水方向不得倒置，喷水盘管与支管采用搭接焊，支管不得伸入盘管内。

(3) 喷嘴与水管连接要严密，液体控制装置应可靠。

(4) 旋筒式水膜除尘器的外筒体内壁不得有突出的横向接缝。

### 4. 过滤式除尘器。

(1) 滤材与相邻部件的连接必须严密，不能使含尘气流短路。

(2) 对于袋式滤材，起毛的一面必须迎气流方向，组装后的滤袋，垂直度与张紧力必须保持一致。

(3) 清灰机构动作应灵活可靠。

### 5. 电除尘器。

(1) 沉降极应平整光滑，极板纵向变形不大于4mm。极板长度超过6m，允许偏差为6mm，任何长度的横向变形允许偏差不大于5mm。极板及端面切口应光滑平整，圆角过滤处应圆滑、无毛刺，且无深度超过0.5mm的刻痕，表面要无锈，组装后各极板间距应均匀，相互要平行。

(2) 放电极部分的零件表面应无尖刺、焊疤，电晕线的张紧力应均匀一致，放电极平面的最大变形不大于3mm，纵向弯曲度不大于全长的1%。组装后的放电极与两侧沉降的间距应保持一致。

(3) 电除尘器的导流叶片和气流分布板，其圆弧、位置应正确。检查门应开启灵活，关闭严密。

(4) 电除尘器要有良好的气密性，不应有漏气现象，高压电源必须绝缘良好。

(5) 电除尘器的机械振打机构应可靠，壳体及灰斗应严密。

## 四、金属调节箱制作

1. 金属调节箱制作一般采用咬口（钢板厚度在1.5mm以下）、铆接（钢板厚度为1.5~4mm）和焊接三种方法。

2. 钢板划线时，咬口接缝要留出咬口余量、法兰盘扳边量，铆接要留出搭接量，钉孔要错列，见图2-17(a)，墙身与水箱顶盖连接要留出讯水量，见图2-17(b)。拼接钢板时，要留出检视门的位置，不得开在铆接缝或咬口缝上。

3. 角钢框下料前须调直，制孔要正确，组对时要找好对角线，焊接后不得扭曲。

4. 铆接搭接要顺水，中间可夹柏油纸或浸过油的细布。如用镀锌钢板制作，可不用垫料，但在铆接后承水面应用锡焊封好，箱的墙身与顶盖用角钢加固框。铆钉要铆紧，所有铆钉头两端须用锡焊封好。

5. 板厚1.5mm以下的加工，只作墙身和顶盖板用，咬口不得与加固框重叠，咬口脱开不能用铆钉去补，仍须用咬口修整。咬口钢板与加固框铆接后，铆钉头两端也要用锡焊封好。

6. 钢板焊接组对时，应留有1mm的间隙，搭接要两面施焊，焊缝应严密不漏；为

防止变形，应采用分段低电流短弧焊接。

7．空调箱采用铆接或焊接，其连接法兰要平整，水箱穿墙部分的管道接口，要便于部件安装。

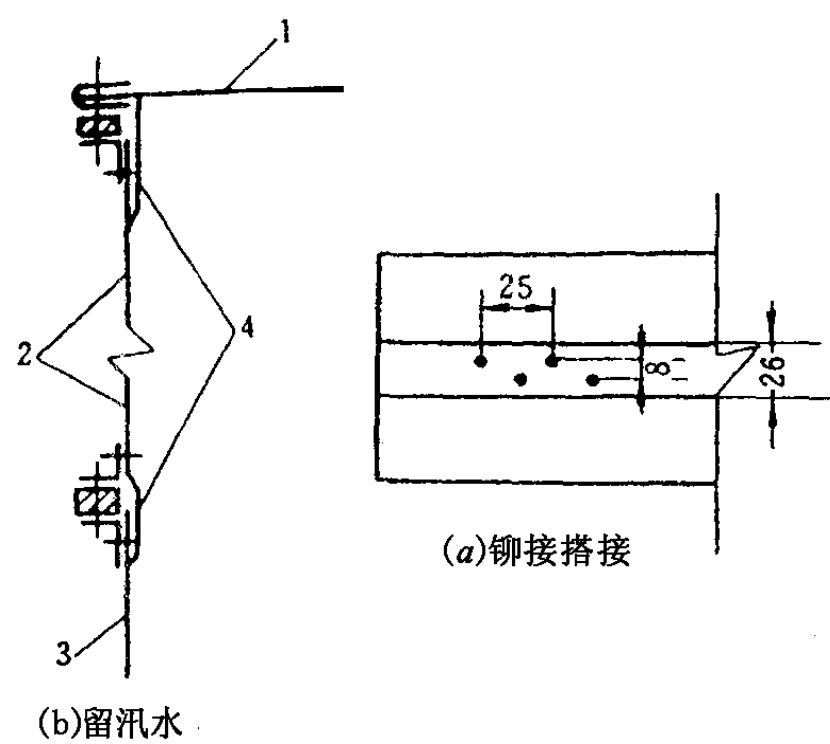


图2 -17 金属空调器

1 - 顶盖 ;2 - 墙身 ;3 - 水箱 ;4 - 汛水

## 五、空气过滤器

空气过滤器主要用作净化空气，它可分为粗、中、高效三种。一般粗过滤器由现场加工制作。

1．浸油金属网格空气过滤器。制作浸油金属网格空气过滤器时，要使相互连接的波状网纹互相垂直，网孔尺寸沿着气流方向逐渐减小。

2．干式纤维和聚氨酯泡沫塑料空气过滤器。

(1) 制作框架时，尺寸要符合设计要求，表面要平整，垂直度达到标准，密封面应完好。

(2) 滤料应符合国家颁布的有关卫生标准的规定，其厚度和密度应符合设计要求。

(3) 框架与滤料或支撑体的接合面要压紧，粘结应牢固，无孔洞及缝隙。

(4) 泡沫塑料作滤料时，在装入前，应用5 %浓度的碱溶液进行透孔处理。

(5) 片式过滤器边长大于500mm 时，允许偏差为 -3.2 ~0mm ；边长小于等于500mm ，允许偏差为 -1.6 ~0mm 。

## 六、挡水板与导风板制作

1. 框架是组装件，各个尺寸和钉孔位置要配合好，定位板锯槽的宽度、深度、间距等规格要相同，中间孔应钻成长圆形。

2. 钢板挡水板、导风板在折曲前可先作剪口标记。用模具或折边机折曲时，要使两条淌水槽方向一致，折线要求平直，宽度允许偏差不超过1mm。如钢板高度不够需接长时，其拼接方法，可把挡水板的上端摺角处剪缝25~30mm，把另一块挡水板的下端用交叉的方法插入缝中，在每一曲折的插口处，用两个铆钉铆牢，并用锡焊把接缝焊好。

3. 玻璃挡水板块的切断，为确保规格尺寸相同，应先作一块标准样板，然后照样裁切。

## 七、LWP 型滤尘器制作

1. 成批加工此滤尘器时，要使滤尘器外框间尺寸的配合适当，同时可将外框钢板夹在一起钻孔。

2. 滤尘器的外框、内框间尺寸的配合也要适宜。如框形要正方，结合要紧凑，框子焊接后应将焊缝的凸起部分磨平。

3. 滤尘网的波楞可用压网机压成，装入框内时要使来风方向正确，波纹应互相垂直。

## 八、滤水器制作

1. 要保证有效面积，丝网要绑紧。

2. 装配时，可用扁钢圈箍在框架上，接头处可用钢丝穿引。

3. 焊接把手和支撑时，要把滤尘器法兰的方位对正确。条件不具备时，可将法兰暂时不焊，待安装找正后，再加以固定。

## 九、喷雾排管制作

1. 喷雾排管的总管、横管、立管和支管应分别用法兰、丝扣、焊接连接。管道开口要正确，纵横必须垂直，以使喷嘴均匀分布在空调箱内。

2. 焊接连接管道不得相互插入管内，以免影响流量。

3. 支管一端的外丝要与喷嘴内丝相配合，另一端与立管焊接时，要防止碰坏丝扣，制成后要涂油包好。

### 十、钢板密闭门制作

钢板密闭门是由两块钢板内部装保温材料制成，制作时门框与门扇应配合好，镶嵌的泡沫橡皮压条要完整、牢固，关闭门扇螺栓顶紧后，应严密不漏。

### 十一、静压箱制作

1. 静压箱是安装在风机出口或送风口处，它的主要作用是稳定气流，如在内壁贴附消声材料时，还可起到消声的作用。

2. 静压箱可用金属材料或非金属材料制作。用金属制作时，其制作方法与加工风管相同。

3. 洁净空调系统，机房风管上的静压箱可用2mm 钢板进行焊接，但要防止其变形，在支管上安装的静压箱还要作镀锌处理。

4. 静压箱上的焊缝要尽量减少，静压箱与风管的连接最好采用联合咬口或转角咬口，咬缝处应涂密封胶；采用焊接时，焊缝处严禁有裂缝的穿孔。



## 第三章 通风与空调安装

### 第一节 通风管道及部件安装

对一般送排风系统和空调系统，需在建筑物顶面做完，安装部位的障碍物已基本清理干净；对一般除尘系统，应在厂房内的与风管有关的工艺设备安装完毕，设备的连接管或吸尘罩位置已确定后，才能进行风管的安装。

#### 一、安装前的准备

安装前需审查施工图中风管的位置、规格、标高等，核对其位置、标高有无差错，并检查本系统的安装同其他管线安装有无相碰之处。

安装前应进行现场实测，结合现场具体条件，绘制通风系统单线图，标注出安装距离及各部尺寸，作为加工管件和安装风管的依据。

了解土建及其他安装工程的施工进度计划和实际情况，绘制出风管系统安装指示图表。它使施工指挥者能清楚地看到工程的具体进展情况和下一步应做的工作，它使计划工作者按照图表的指示合理地安排作业计划，它既能表达工程完成情况，又可随时掌握工程进度。

根据加工安装图、施工进度计划和现场实际条件，安排好风管和部件的加工制作准备好安装工具和起重吊装设备，清理好现场，确保施工顺利进行。

#### 二、风管安装

##### （一）支、吊、托架安装

###### 1. 支、吊、托架的固定方式

支、吊、托架应在风管吊装前，先固定在建筑结构上。其固定方式有以下几种：埋入墙内灌浆锚固；在钢筋混凝土的预埋钢板上焊接锚固；射钉锚固；膨胀螺栓锚固；环

氧砂浆或聚脂砂浆锚固螺栓；化学粘接剂锚固螺栓等。

目前广泛使用射钉和膨胀螺栓固定支架，具有工效高，质量好，劳动强度低的优点。但由于膨胀螺栓的受力状态是线型接触，存在着应力集中的缺点。因而80 年代初，又用了化学粘接剂锚固螺栓。我国生产的锚固螺栓的化学粘接剂（又称炮弹式螺栓锚固剂）7201 是由树脂体系，固化体系及内外玻璃管组成，产品由封装在内管中的固化体系和封装在内外管夹层中的树脂体系构成，如图3 -1 所示。使用时只要旋入栓，将玻璃管挤碎，使锚固剂的各部门良好混合，便能形成快速固化的复合材料粘接层。其中起粘接作用的是树脂基体。

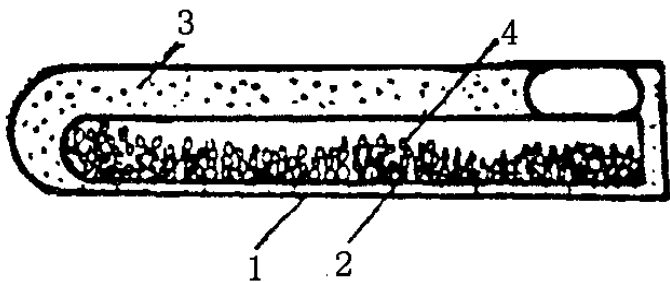


图3 -1 炮弹式螺栓锚固剂示意图

1—内玻璃管 ;2—外玻璃管 ;  
3—树脂体系 ;4—固化体系

2 . 支、吊架的安装要求

风管的支、吊架间距如无设计要求时，对不保温风管应符合下列要求：

当风管水平安装时，风管直径或大边长小于400mm ，则间距不超过4m ；大于或等于400mm ，则间距不超过3m ；

当风管垂直安装时，其支、吊架间距不应大于4m ，但每根立管的固定件不应少于2 个。

对保温风管，由于选用的保温材料不同，其风管的单位长度重量也不同，因此保温风管的支、吊架间距应符合设计要求。

对螺旋风管，其支、吊架间距可适当放大。

风管的支、吊架不得设置在风口、风阀、测定孔、检视门等部位处，应错开一定的距离，以免影响系统的使用效果。吊架不得直接吊在法兰上。

为了避免“冷桥”产生，造成冷（热）量的损失，矩形保温风管的支、吊、架应设在保温层外部；托架的横担不得直接与风管底部接触，横担与风管底部之间应垫以坚实的与保温层厚度相同的隔热材料；吊杆不得与风管侧面接触，吊杆与风管侧面的距离与保温层温度相同。

为避免圆形风管局部受力而产生变形，在圆形风管托架应设半圆托座。

对铝板风管的支架、抱箍，应镀锌或按设计要求作防腐绝缘处理；对不锈钢风管的

碳钢支架，不得直接与风管接触，应按设计要求在支架上喷刷涂料或在支架与风管之间垫以非金属块。目的是防止电化学腐蚀或晶间腐蚀。

风管支、吊架安装必须牢固。预埋铁件的埋入部分，不得涂刷防锈漆等涂料，以免降低预埋铁件与建筑结构的联固能力（但须清除预埋铁件上的铁和油污）。采用膨胀螺栓固定支、吊架时，必须根据膨胀螺栓能承受的负荷认真选用，膨胀螺栓常用规格的技术性能见表3 -1。

表3 -1 膨胀螺栓锚固构件允许值

参数 条件	规格（mm）	埋深（mm）	拉力（N）		剪力（N）	
			允许值	极限值	允许值	极限值
	6 ×70	35	1000	3050700	2000	
	8 ×70	45	2250	6750	1050	3190
	8 ×90	60	4100	11350	1600	4500
	10 ×95	55	3900	11750	1650	5000
	10 ×110	65	4400	13250	2450	7340
	12 ×105	65	4400	13250	2450	7340
	16 ×140	90	5000	15000	4600	13800
	6 ×55	35	2450	6100	800	2000
	8 ×70	45	5400	13500	1500	3750
	10 ×85	55	9400	23500	2350	5880
	12 ×105	65	10600	26500	3450	8630
	16 ×140	90	12500	31000	6500	16250

（二） 风管连接

风管的连接长度，应按风管的壁厚、法兰与风管的连接方法、安装的结构部位和吊装方法等因素确定。为了安装方便，尽量在地面上进行连接，一般可接至10 ~12m 长左右。在风管连接时不允许将可拆卸的接口，装设在墙或楼板内。

风管的连接方法有以下几种：

1． 法兰连接

目前，国内通风、空调工程中的管道普遍采用角钢法兰连接。连接的接口处应加垫片，法兰垫片的厚度宜为3 ~5mm，垫片的材质，如无设计要求应符合下列规定：输送空气温度低于70 的风管，应用橡胶板，闭孔海绵橡胶板等；输送空气或烟气温度高于70 的风管，应用石棉绳或石棉橡胶板等；输送含有腐蚀性介质气体的风管，应用

耐酸橡胶板或软聚氯乙烯板等；输送产生凝结水或含有蒸气的潮湿空气的风管，应用橡胶板或闭孔海绵橡胶板；除尘系统的风管，应用橡胶板。

2．矩形风管的组合式法兰连接

组合式法兰适用于矩形风管各管段之间的连接，它是一种新颖的风管连接件。

组合式法兰由法兰组件和连接扁角钢（法兰镶角）两部分组成。法兰组件是  $\delta=0.75\sim1.2\text{mm}$  的镀锌钢板模压而成，其长度可按风管边长而定，见图3 -2（b）和表3 -2。连接扁角钢是用厚为  $\delta=2.8\sim4.0\text{mm}$  的钢板冲压而成，见图3 -2c）。

表3 -2 组合式法兰的法兰组合件长度（mm）

风管边长	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600
组件长度	174	224	294	374	474	604	774	974	1224	1574

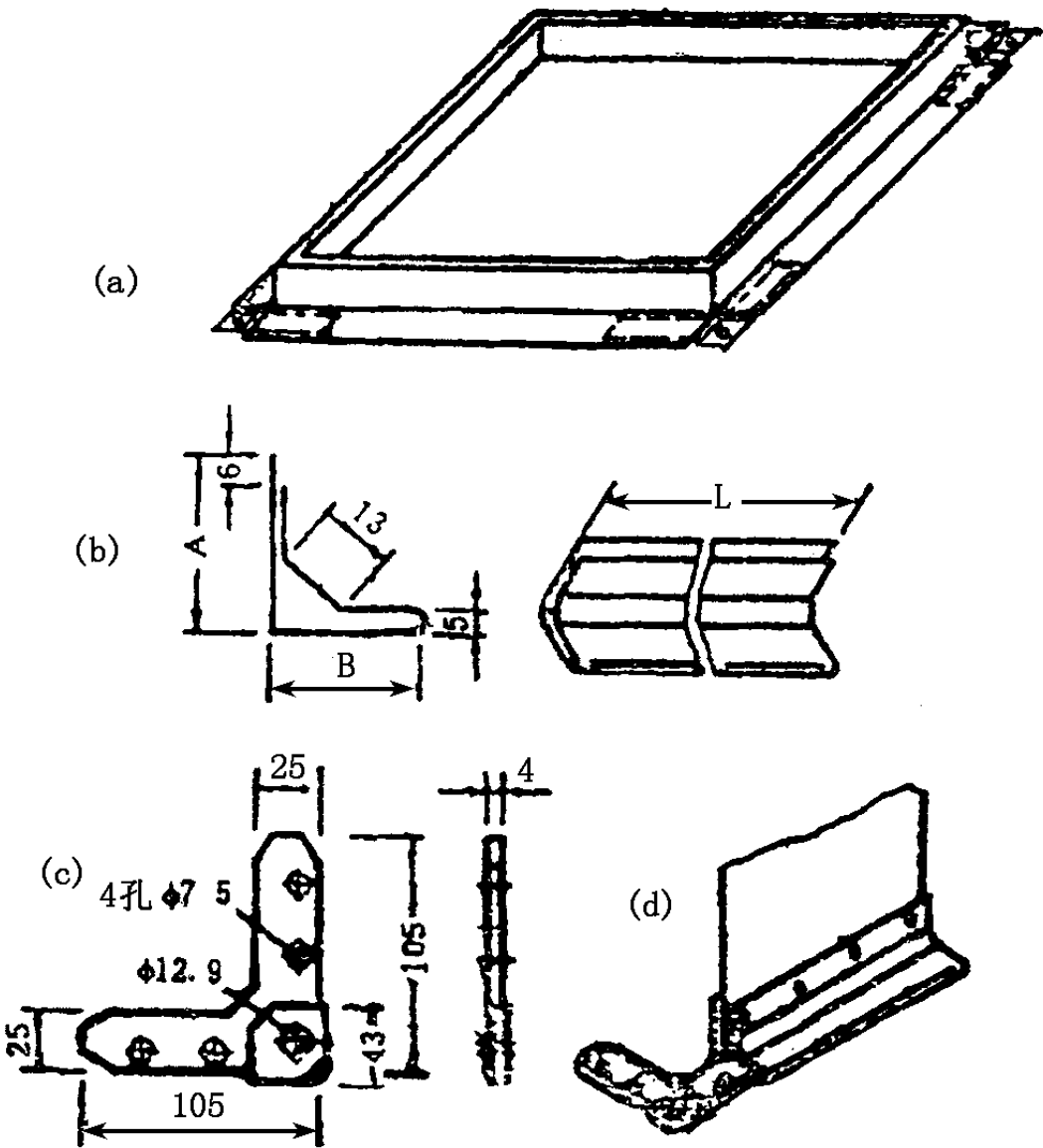


图3 -2 组合式法兰及其零件

a) 组合式法兰；b) 法兰组件；c) 连接扁角钢；d) 扁角钢连接

组装时将4 个扁角钢分别插入法兰组件的两端，组成一个方法兰（图3 -2a ）。再将风管端部从组件的开口边处插入，并用铆钉铆住，即成管段（图3 -2d ）。

安装时风管各管段之间的法兰对接，四角用4 个 M12 螺栓紧固，法兰间的垫片用闭孔海绵橡胶板，厚度为3 -5mm，宽度为20mm，见图3 -3。

组合式法兰的制作规格见表3 -3 和图3 -2b。

表3 -3 组合式法兰制作规格

风管周长 (mm )	组合式法兰组件A ×B (mm )
800 ~1200	30 ×24
1800 ~2400	36 ×30
3200 ~4000	42 ×36

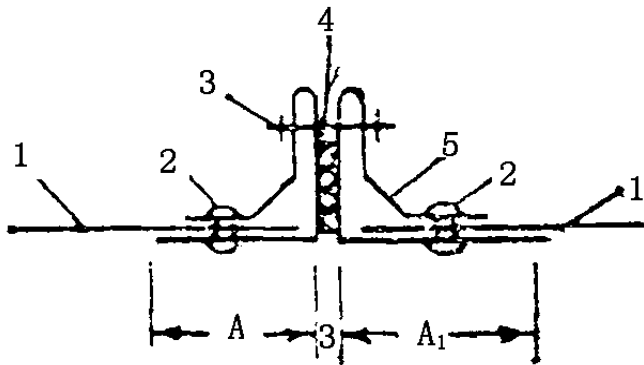


图3 -3 组合式法兰连接

1—风管壁 ;2—铆钉 ;3—带帽 ;  
4—海绵橡胶 ;5—组合式法兰

3 . 矩形风管组装式法兰连接

组装式法兰是用四根角钢在两端作弯曲加工，然后在四个角上用螺栓连接而成，如图3 -4。其优点是：适应性强，有利于工厂加工现场组装，运输方便；缺点是工料消耗比一般矩形法兰多。

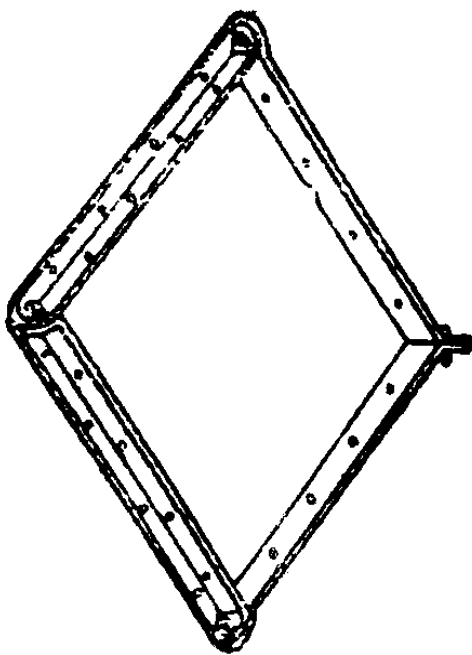


图3 -4 组装式法兰连接

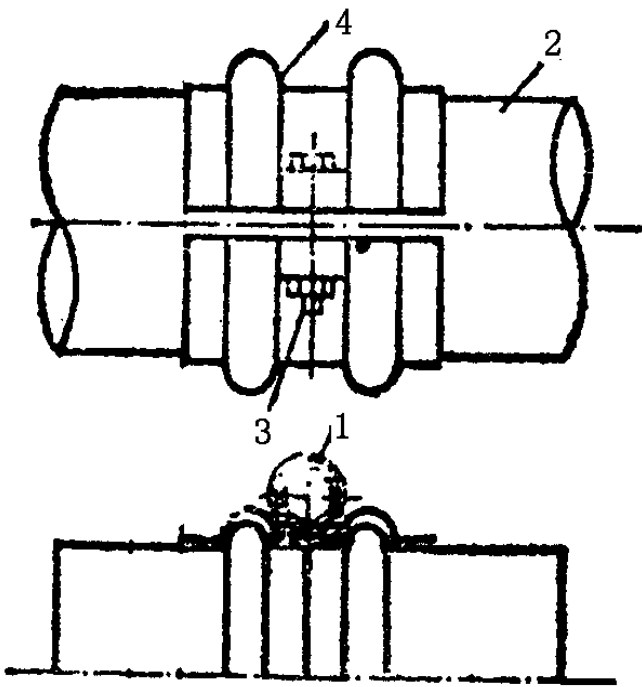


图3 -5 抱箍连接

1—外 抱箍 ;2—风管 ;3—连接螺栓 ;4—耳环

4 . 圆形风管无法兰连接

无法兰连接的形式有下列几种：

(1 ) 抱箍连接

如图3 -5 所示，用抱箍抱紧两个管端的鼓后（在箍内加垫料以密封），在耳环中用螺栓紧固即可。

(2 ) 插入连接

图3 -6 示为带凸棱短管的插接连接。连接时，在风管端部插入连接短管，接口外部用抽芯铆钉或自攻螺钉固定，并在插口处用胶带或其它膏剂密封。

图3 -7 示为带有凹槽、内嵌胶垫短管的插接连接。风管插入时，胶垫圈与风管内壁挤紧以密封。

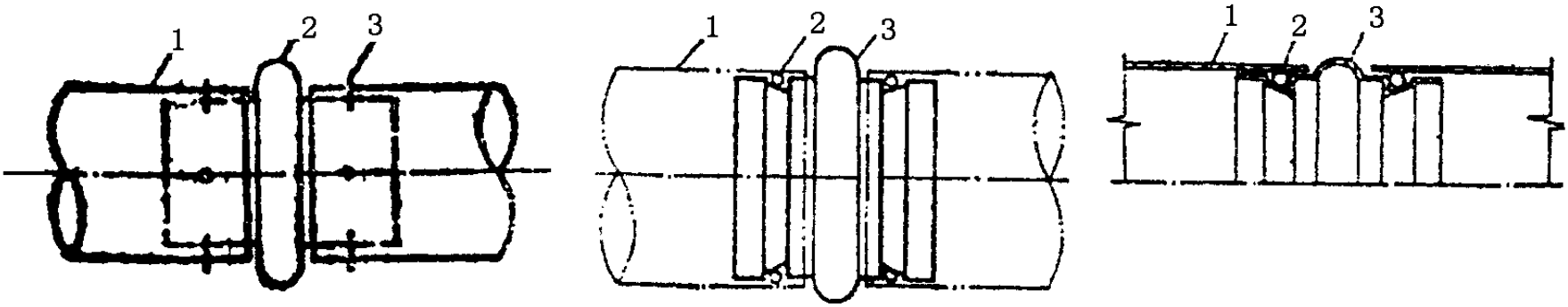


图3 -6 带凸棱短管的插接连接  
1—风管 ;2—内接管 ;3—自攻螺钉

图3 -7 带凹槽、内嵌胶垫短管的插接连接  
1—风管 ;2—内接管 ;3—胶垫圈

图3 -8 示为带凸棱，橡胶圈短管的插接连接。橡胶圈的外缘在圆管插接头（图3 -8b）的两端呈自然外翻；风管连接后（图3 -8a），橡胶圈就能紧贴风管内壁以密封。其优点是施工简便、能自由地补偿一定的轴间尺寸伸缩或误差。

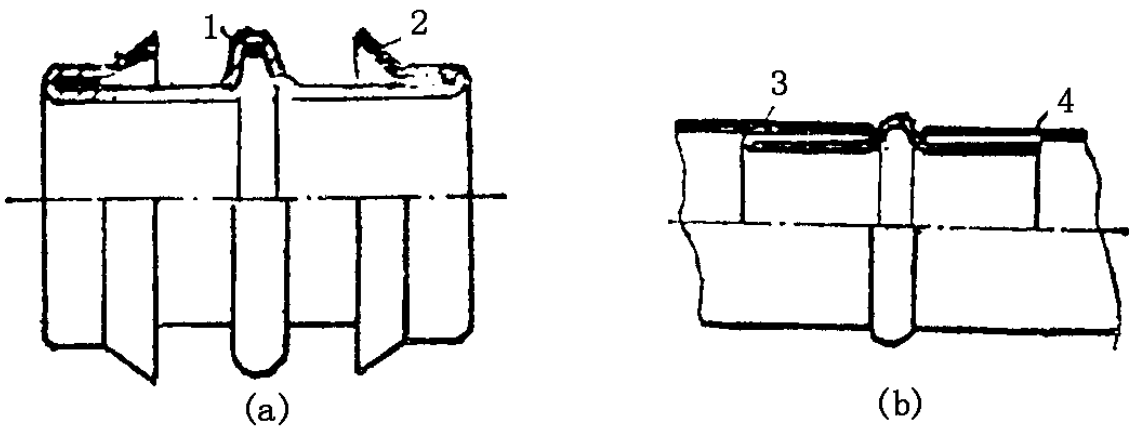


图3 -8 带凸棱、橡胶圈的插接连接  
(a) 插接头 ;(b) 联结结构 ;1—定位销箍 ;2—密封橡胶圈 ;3—风管甲 ;4—风管乙

图3 -9 直接连接  
1—风管甲 ;2—风管乙

5. 矩形风管的无法兰连接

(1) 直接连接。边长小于300mm 的矩形风管连接前，两段管子的管端分别向外加工成图3 -9 所示形状，然后相连压紧，每边四角用铆钉加固。

(2) 矩形风管的插条连接。插条连接的方法如图3 -10 所示。平插条用于长边小于460mm 的风管连接，连接时，用插条先插接大边，再插接两立边，然后将折耳在角边复折，用自攻螺钉或抽芯铆钉固定。立插条用于长边为500 ~1000mm 的风管。角式插条用于长边 1000mm 的风管。平S 型插条用于长边 760mm 的风管。立S 型插条用于边长较大的风管。风管插条连接后，再用铝箔胶带沿插条接缝粘贴以密封。

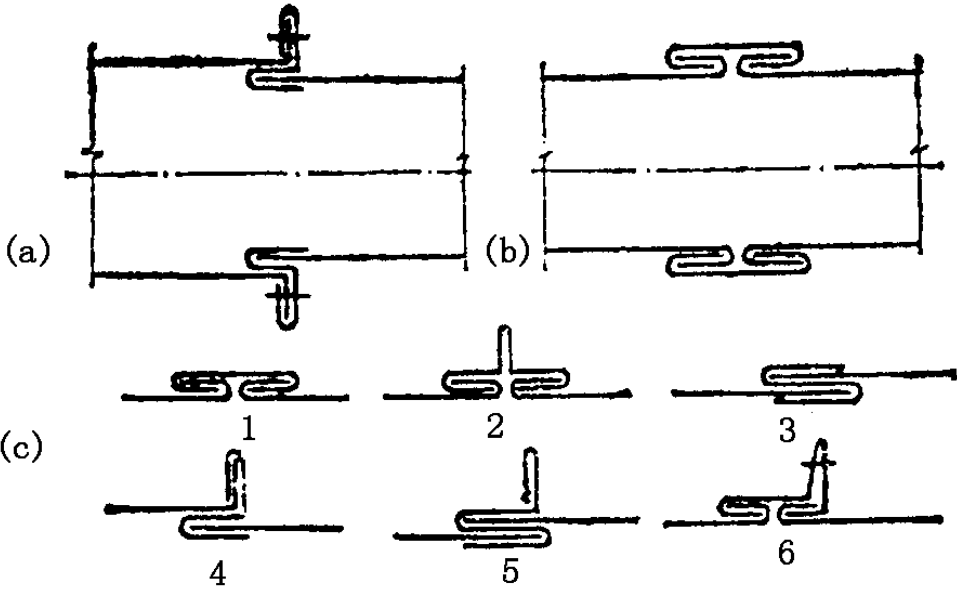


图3 -10 矩形风管的插条连接

(a) “袋锁”连接；(b) 平插条连接；(c) 插条连接形式  
1 —平插条；2 —立插条；3 —平S 形插条；  
4 —立S 形插条；5 5 —角式插条

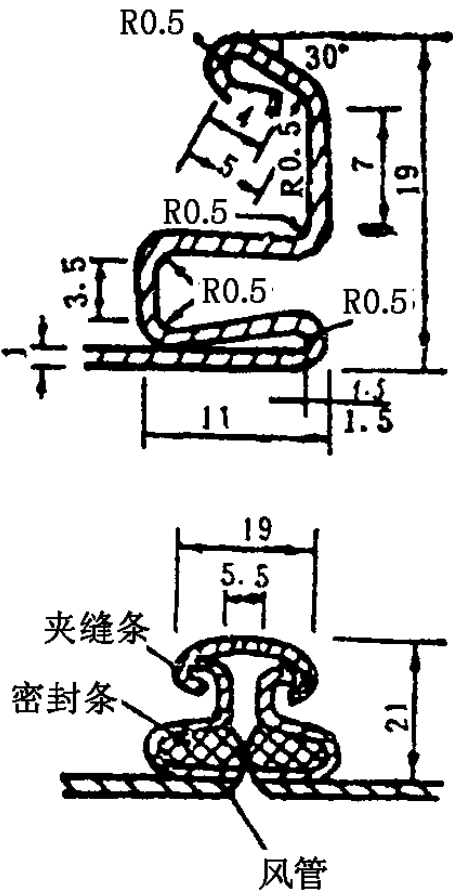


图3 -11 矩形风管

无法兰连接的结构

1 —风管；2 —密封条；3 —夹缝条

矩形风管周边400mm 以下时，国外常采用夹缝法的无法兰连接方式（图3 -11）。

6. 圆风管的软管连接

当风管与末端设备或末端设备与风口之间空间狭窄，预留位置难以确定时，可用软管连接。

软管是用螺旋状玻璃丝束作骨架，外侧合以铝箔而成，有的是用铝箔、石棉布和防火塑料缝制而成（图3 -12），还有用塑料弹簧软管的。有很多软管具有弯曲、伸缩、防火、耐温、抗震、防腐、安装简便等特点。

软管规格有 125 ~ 800mm，连接时，用特制尼龙软卡将软管紧箍于风管管端。如图3 -13。

(三) 风管安装

- (1) 风管和配件的可拆卸接口，不得装设在墙和楼板内。
- (2) 风管的纵向闭合缝必须交错布置，且不得设在风管底部；有凝结水产生的风管底部横向缝应用环氧树脂或其它密封膏密封；输送产生凝结水或含有蒸汽的潮湿空气的风管，要有0.01 ~0.015 的坡度，坡向排水装置。

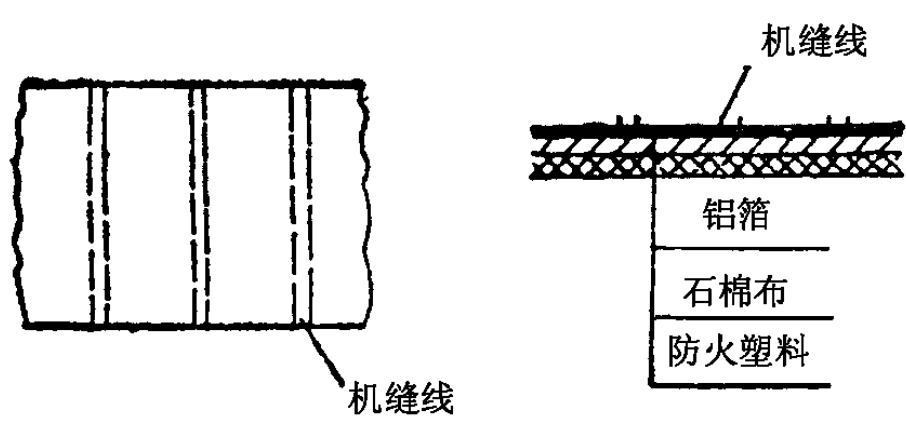


图3 -12 软管材料组成

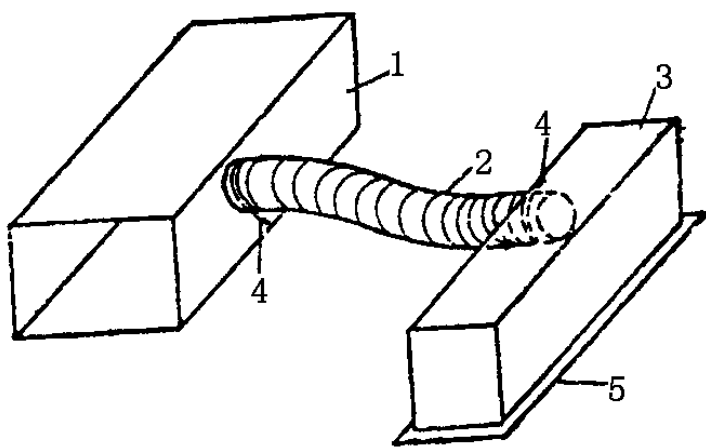


图3 -13 软管连接

1—风管 ;2—软管 ;3—静压箱 ;4—卡子 ;5—送风口

- (3) 风管安装的水平度允许偏差每米不应大于3mm，总偏差不应大于20mm；风管安装的垂直度允许偏差每米不应大于2mm，总偏差不应大于20mm。
- (4) 安装输送含有易燃、易爆介质气体的系统和安装在易燃、易爆介质环境中的通风系统，应尽量减少接口。凡法兰连接处，均须装跨越铜导线，且须有良好的接地装置，以防止静电聚集产生火花引起事故。输送易燃易爆介质气体的风管，通过生活间或其它辅助生产房间也必须严密，不得设置接口。
- (5) 地下风管与地上风管在地面上连接时，为便于连接，地下风管伸出地面应不少于200mm。
- (6) 风管穿出屋面，应要求设计上有井口，并设防雨罩，防雨罩与风管连接处应用腻子密封，防止雨水顺风管下流；风管超过屋面1.5m 高应设一层拉索固定；超出屋面3 ~8m，设应两层拉索，最上一层必须固定在风帽法兰下的单独抱箍上，每层应不少于三根拉索，拉索根据风管大小宜选 4 ~ 8 圆钢；拉索严禁拉在避雷针或避雷网上。
- (7) 风管穿过高噪声的房间时，则通过墙壁或悬吊于楼板下的风管以及风管支架应按图3 -14 所示方法做隔声处理，以免振动和高噪声传入管内。



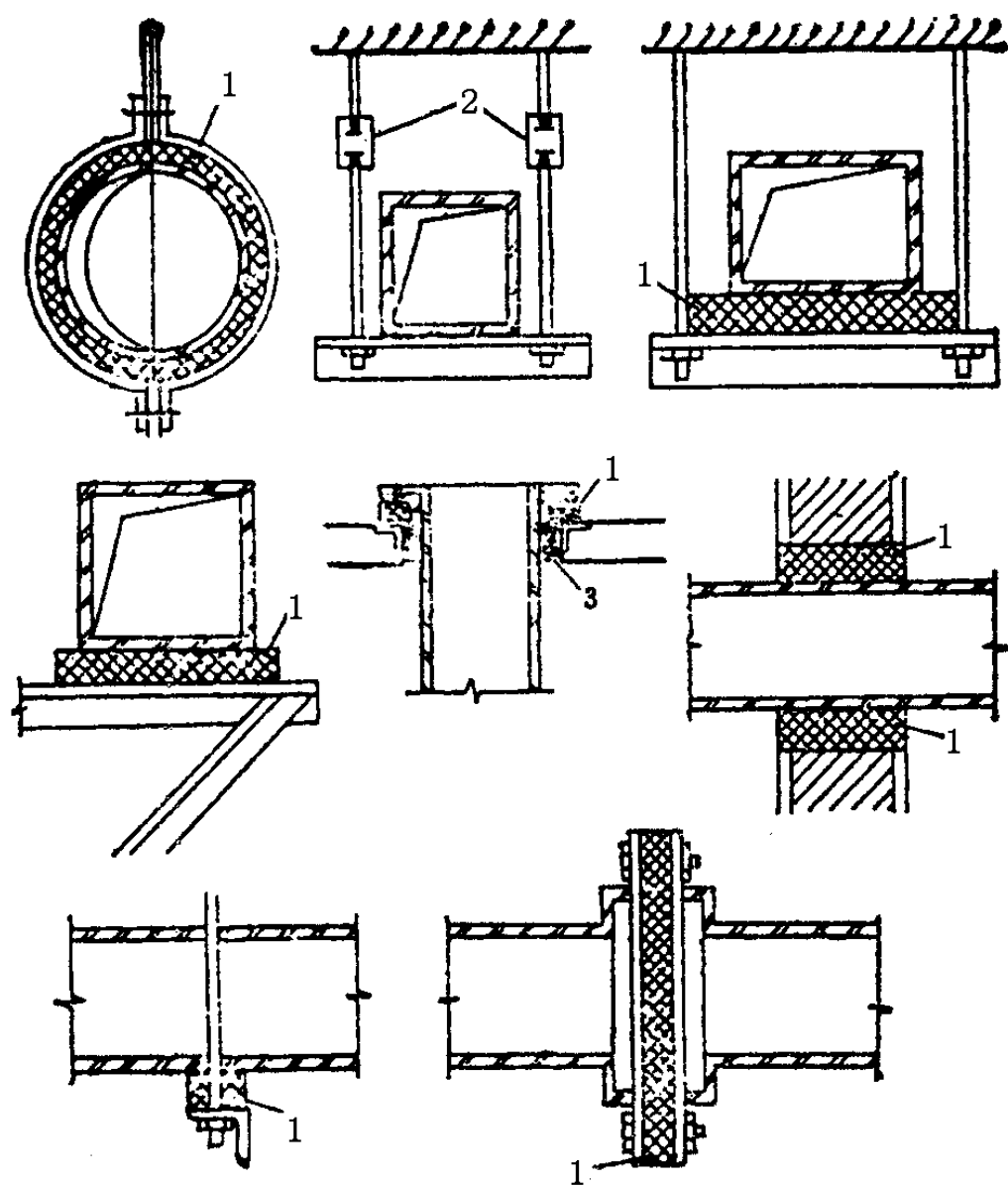


图3 -14 风管隔振措施

1—弹性材料，如橡胶垫  $\delta=8\text{mm}$  ；2—减振器：  
3—玻璃布包玻璃棉

### 三、 部件安装

#### (一) 风阀安装

在送风机的入口及新风管、总回风管和送回风支管上均应设置调节阀门。对于送、回风系统，应选用调节性能好和漏风量少的阀门，如多叶调节阀和带拉杆的三通调节阀。但应注意，风管上的调节阀在可能情况下，尽量少设，因增设调节阀会增加噪声和阻力。对带拉杆的三通调节阀，只宜用于有送、回风的支管上，不宜用于大风管上，因为调节阀阀板承受的压力大，运行中的阀门难于调节和容易变位。

各种风阀在安装前应检查其结构是否牢固，调节装置是否失灵。安装手动操纵构件应放在便于操作的位置。安装在高处的阀也要使其操作装置处于离地面或平1~1.5m处。

安装除尘系统的斜插板阀，应装于不积尘的部位。水平安装时，斜插板应顺气流安

装；垂直安装时，斜插板应逆气流安装，如图3 -15。

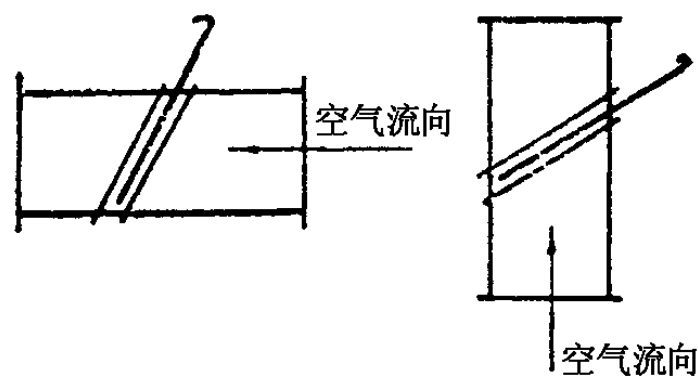


图3 -15 斜插板阀安装示意图

防火阀安装前应试一个阀板关阀是否严密和灵活。防火阀安装时，应注意阀门的方向，不得反装，当阀体上未标明气流流动的箭头方向时，应以易熔件在迎风侧为准。为防止易熔件脱落丢失，应待系统安装完毕及系统试运转前装人。有电讯号要求的防火阀应与控制线路相接。

防火阀、排烟阀远距离操作位置应符合设计要求，远距离操作钢绳套管宜用 $D_N20mm$ ，套管转弯处不得多于二处，转弯的弯曲半径应不小于 $300mm$ ，各类控制线路的接线和安装均应正确。

(二) 风口安装

各类送、回风口一般是装于墙面或顶棚上。风口安装常需与土建装饰工程配合进行。其要求是：横平、竖直、整齐、美观。

装于顶棚上的风口，应与顶棚平齐，并应与顶棚单独固定，不得固定垂直风管上。顶棚的孔洞不得大于风口的外边尺寸。

对风口的外露表面部分，应与室内线条平行，严禁用螺栓固定。

对有调节和转动装置的风口，装后应转动灵活；对同类型风口应对称布置，同方向风口调节装置应置于同一侧。

目前工程上应用一种FHFk 系列防火风口，这种风口是在百叶风口上设置超薄型防火调节阀而成。平时它可作送风口或回风口使用，可无节点调节风量。当建筑物一旦发生火灾时，它比安装在风管上的防火阀能提前隔断火源，防止火势蔓延。安装这种风口时，要同时满足风口和防火阀的安装要求。

(三) 柔性短管安装

柔性短管安装后应与风管同一中心，不能扭曲，松紧应比安装前短 $10mm$ ，不得过

松过紧。对风机人口的柔性短管，可装得紧一些，防止风机启动被吸入而减少截面尺寸。不能将柔性短管当作找平找正的连接管或异径管用。

安装系统风管跨越建筑物沉降缝。伸缩缝时的柔性短管，其长度视沉降缝的宽度适当加长。

(四) 风帽安装

风帽安装后必须牢固，风管与屋面接触处应做防雨罩，防雨罩与接口应严密不漏水。

不连接风管的筒形风帽，可用法兰固定于屋面板预留孔口的底座上。设在底座下的滴水盘，滴水槽不得渗漏，其排水管应接到指定位置或有排水装置之处。

(五) 各类排气罩、吸气罩安装

排气罩、吸尘罩安装位置应正确，牢固可靠；罩子的安装高度，既要考虑不影响操作，又要考虑有效地排除有害气体，因此安装高度一般为 $h = 0.5A$  或 $h = 0.5D$ （式中， $h$  为罩子的安装高度； $A$  为矩形罩子的边长； $D$  为圆形罩子的直径）；对各类罩口直径大于600mm 或矩形大边大于600mm 的罩子，应设置专用支、吊架，其重量不得由设备及风管承担。支吊架要求平整、牢固可靠，应不妨碍生产操作。

第二节 硬聚氯乙烯塑料和玻璃钢风管的制作与安装

硬聚氯乙烯塑料具有较高的强度、弹性、质轻和良好的耐腐蚀性，便于加工成型等优点。玻璃钢具有轻质、高强、电绝缘性能好、隔热、耐音、减震、耐瞬时燃烧和耐化学腐蚀的优良性能，因而在通风空调工程中，常用它们制作风管、配件、部件及通风空调设备，用于输送含有腐蚀性气体的通风空调系统中。

一、硬聚氯乙烯塑料风管的制作与安装

(一) 塑料风管制作

制作风管、部件及法兰的硬氯乙烯塑料板应符合轻工业部标准。板材规格为：公称厚度=2.0~28mm，宽700mm，长1200mm。制作风管所使用的塑料板材厚度及制作允许偏差应符合表3-4 的规定。

表3 -4 塑料风管所用板材厚度及制作允许偏差 (mm)

圆形风管			矩形风管		
风管直径	板 厚	外径允许偏差	风管大边	板 厚	外边允许偏差
100 ~300	3	-1	170 ~320	3	-1
360 ~630	4	-1	400 ~500	4	-1
700 ~1000	5	-2	630 ~800	5	-2
			1000 ~1250	6	-2
1120 ~2000	6	-2	1600 ~2000	8	-2

制作风管的板材，表面应平整，不得含有气泡，裂缝；板材厚薄应均匀，无离层等现象。

塑料风管制作包括板材划线放样、板材切割下料、板材坡口、板材加热成型及塑料风管焊接等工序。

1．板材划线放样

硬聚氯乙烯塑料制作风管和部件时，其展开划线方法与金属风管基本相同。塑料风管和部件的制作是将板材加热到规范规定温度后，再压制成型的。由于板材被加热，板材内部的各向异性和残余内应力关系，会使冷却后出现收缩现象。所以在划线下料时，对需要加热成型的风管或管件，应适当放出收缩余量。收缩余量的大小随加热时间和工厂生产过程而异，一般应对每批板材先进行试验，确定其收缩余量。施工时，应积累这方面的试验资料。

划线放样时，应用红铅笔进行划线，不要用划针或锯条，以免板材表面形成伤痕，发生折裂。

划线放样时，应注意节省用料，要考虑板材的规格尺寸、风管直径（或风管边长）的大小、加热烘箱的大小，合理安排图形，减少切割和焊缝。

圆形风管划线放样时应考虑以下几点：

- (1) 圆形直管段长度，在运输和安装许可时宜不超过4m ；
- (2) 圆形直管一般应以3 ~4 个板宽作为管段长度；
- (3) 直管纵缝应错开，其交错位置应根据管径大小采用大于60mm 至1/6 圆周长之间；
- (4) 严禁在圆形风管的管底设置纵焊缝。

矩形风管划线放样应注意：

- (1) 矩形直管段长度，宜为一块板长或一块板宽作为管段长度，在运输和安装许可时宜不超过4m；
- (2) 焊缝不得设置在转角处，纵缝应在当量大于60mm 至风管宽的1/3 处相交错开，如图3 -16 所示；

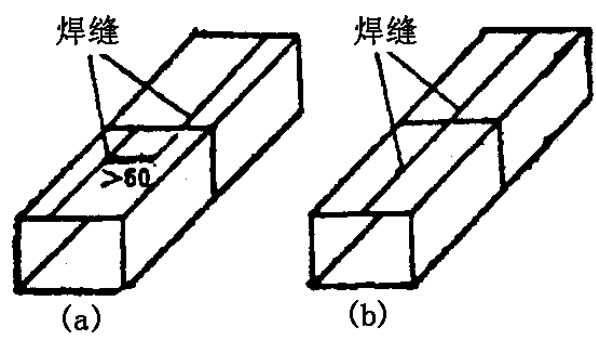


图3 -16 塑料矩形风管纵  
焊缝的错开位置  
(a) 正确；(b) 不正确

(3) 矩形风管底宽度小于板材宽度不应设置纵焊缝，管底宽度大于板材宽度，只能设置一条纵焊缝。

2．板材切割和坡口

板板切割可采用剪床、锯床或木工锯等进行。因为硬聚氯乙烯塑料冲击强度低，导热系数小等，故切割时应防止板材破碎或过热变形。

用龙门剪床下料时宜在常温下进行剪切；板材在冬天气温较低时或板材杂质与再生材料渗合过重，应将板材加热至30 左右，才能进行剪切，以避免板材破裂。

用圆盘锯床下料时，切割速度应控制在每分钟1.5 ~2m 的范围内，为防止材料过热粘住，宜用压缩空气进行冷却。

为保证板材焊接后焊缝强度，板材的板边应按板材厚度及焊缝形式开坡口，坡口的角度和尺寸按照要求应均匀一致。坡口可用木工刨、砂轮机或坡口机等。

3．加热成型

硬聚氯乙烯塑料板为热塑性塑料，加热至100 ~150 时，就成柔软状态，可按需要加工成各种形状的风管和配件。加热时要求板材表面受热均匀，加热温度不超过150 ，否则会使板材形成韧性流动状态，并引起板材出现气泡、分层、炭化、变形和裂纹等缺陷。

加热塑料板的方法有热水加热、热砂加热、蒸气或空气加热等。目前广泛采用电热箱和紫外线恒温控制烘箱来加热塑料板。电热箱在用铁皮做成的箱体内部，布置有电热

丝，设有放置塑料板的支架，接通电源后，温度升高，并通过恒温控制器使箱内温度恒定，能保证板材的加热温度。

(1) 圆形风管加热成型。采用电热箱加热制作圆风管。电热箱内，温度控制在130~140 之间，板材在电热箱里加热应均匀，不同板材厚度加热持续时间见表3 -5 的要求。待板材在电热箱内按加热时间加热到柔软状态时，将板材平拉出来置于铺放帆布的工作台上，用帆布紧包贴板材与胎模徐徐滚动，卷成圆筒，如图3 -17 所示，待冷却后，取出圆管，即为所需的圆形风管。制作圆风管的胎模有以下要求：

胎膜外径等于风管内径，比风管长100mm 左右，并两端应有加强措施；

表3 -5 硬聚氯乙烯板加热持续时间

板材厚度 (mm )	2 ~3	4 ~5	6 ~8	9 ~11	12 ~15
加热时间 (分钟)	3 ~5	6 ~8	9 ~11	12 ~14	15 ~20

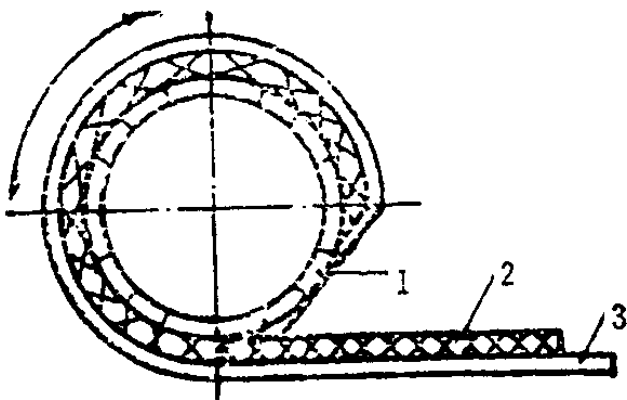


图3 -17 塑料板卷管示意图

1—木模 ;2—塑料板 ;3—帆布

胎模材料宜用1mm 厚镀锌钢板制作，小规格圆形胎宜用木制，胎模外表面应光滑均匀。加热时注意：电热箱内放板材的金属网板上应铺一张高温石棉布，以防板材污染和局部烧焦。

(2) 矩形风管加热成型。矩形风管的制作，不得用四边角焊成型，应需在风管四个角处加热并折方，因此板材只需要在对应的折线处加热。目前常用管式电加热器对其进行加热。它有两根钢管，内装电热丝，用瓷管绝缘。在两根钢管上、下部装有反射罩，利用辐射热来加热局部板材，加热完后，可在手动扳边机上折成90°。

(3) 配件加热成型。塑料风管配件制作，可按金属风管展开放样，留出加热后收缩量，再进行切割。

矩形风管大小头可按照矩形塑料风管的加工方法加热和折方成型。

圆形大小头和天圆地方的制作，应先将板材加热，然后放在胎模上加工成型。胎模

可用铁皮或木材制成，一般可按 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{1}{4}$ 制作，如图3 -18 所示。

圆形弯头制作可将板材按样板划线下料，加热后，使用相同管径的圆直管胎模卷成若干管节，坡口后焊接而成。或者可在已加工好的圆直管上用样板划线，割成若干管节，坡口后焊接而成。矩形弯头的两块侧面板可按图形切割出，背板和里板应放出加热后的收缩量再切割，切割后，可用相同圆弧的圆形直管胎模加热成型。

圆形三通可在已加工好的圆形大小头或圆形风管上用样板画出曲线割出。矩形三通可按矩形弯头的加工方法制作。

(二) 塑料法兰制作

圆形法兰制作：

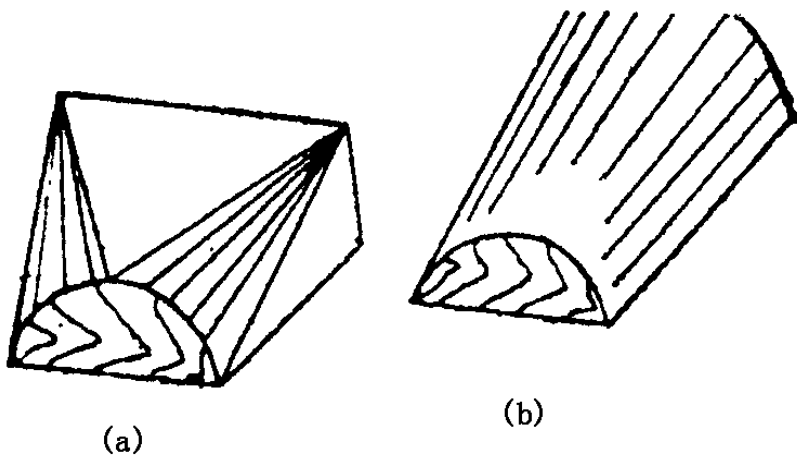


图3 -18 胎模

(a) 天圆地方胎模；(b) 圆形大小头胎模

(1) 将塑料板按法兰直径要求计算板条长度并放足收缩量长度，用剪床或圆盘切成条形状；

(2) 用坡口机开好内圆的坡口，经电热箱加热到柔软状态，放在胎具（它是一个外径等于法兰内径的圆木板）上煨成圆形。

(3) 塑料条板煨成圆形后，用重物将法兰压平。注意：150mm 以下的法兰不宜热煨，可用车床加工。

矩形法兰制作：将塑料板锯成带条，开好坡口，在平板上焊接。焊接时，尺寸应准确，对角线长度应一致，四角的外边应整齐。成型时应用钢块等重物适当压住，防止塑料焊接变形，使法兰保持平整。

塑料法兰制作要求：硬聚氯乙烯风管法兰的用料与螺孔应符合表3 -6 和表3 -7 的规定。允许偏差同金属风管法兰。

表3 -6 塑料圆形法兰

风管直径 (m )	扁钢法兰规格			镀锌螺栓规格 (mm )
	宽 × 厚 (mm )	孔径 (mm )	孔数 (个)	
100 ~160	35 ×6	7 5	6	M6 ×30
180	35 ×6	7 5	8	M6 ×30
200 ~220	35 ×8	7 5	8	M6 ×35
250 ~320	35 ×8	7 5	10	M6 ×35
360 ~400	35 ×8	9 5	14	M8 ×35
450	35 × 10	9 5	14	M8 ×40
500	35 ×10	9 5	18	M8 ×40
560 ~630	40 ×10	9 5	18	M8 ×40
700 ~800	40 ×10	11 5	24	M10 ×40
900	45 ×12	11 5	24	M10 ×45
1000 ~1250	45 ×12	11 5	30	M10 ×45
1400	45 × 12	11 5	38	M10 ×45
1600	50 ×15	11 5	38	M10 ×50
1800 ~2000	60 × 15	11 5	48	M10 ×50

表3 -7 塑料矩形法兰

风管大边尺寸 (mm )	扁钢法兰规格			镀锌螺栓规格 (mm )
	宽 × 厚 (mm )	孔径 (mm )	孔数 (个)	
120 ~160	35 ×8	7 5	3	M6 ×30
200 ~250235 ×8	7 5	4	M6 ×35	
320	35 ×8	7 5	5	M6 ×35
400	35 ×8	9 5	5	M8 ×35
500	35 ×8	9 5	6	M8 ×40
630	40 ×10	9 5	7	M8 ×40
800	40 ×10	11 5	9	M10 ×40
1000	45 ×12	11 5	10	M10 ×45
1250	45 ×12	11 5	12	M10 ×45
1600	50 ×15	11 5	152 M10 ×50	
2000	60 ×18	11 5	18	M10 ×60



(三) 风管的组配与加固

风管与法兰组配焊接时，应校对风管中心线与法兰平面垂直度，平面的垂直度允许偏差应小于1mm。

为便于运输和安装，每一管段长度为4m 左右时设置一副法兰。圆形风管直径或矩形风管大边长大于或等于630mm，其管段长在12m 以上时，均应对风管进行加固。加固框规格与法兰相同，加固框间距：圆形风管直径为560~1400mm 时，间距为800mm；风管直径大于或等于1600mm 时，间距为400mm；矩形风管大边长为500~800mm 时，间距为800mm；大边长大于或等于1000mm 时，间距为400mm。塑料风管与法兰、塑料风管与加固圈的连接如图3-19 所示。

当塑料风管周长大于990mm 时，风管与法兰外边连接处，应增加三角支撑，三角支撑间距为250~350mm，三角支撑角度宜用45°~60°。

为避免腐蚀介质对风管法兰镀锌螺栓，螺帽的腐蚀和法兰缝隙的泄漏，污染周围空气环境，故风管安装应尽量采用无法兰连接，即用如图3-19 所示的套管连接，套管尺寸见表3-8 所列。但这种连接对维修和更换均不便。

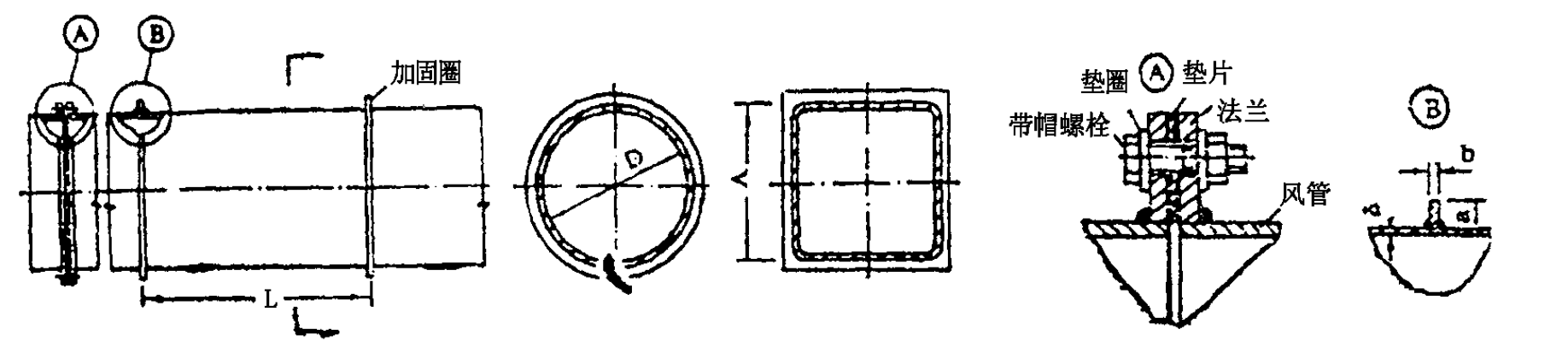


图3-19 塑料风管的加固

1—风管；2—法兰；3—垫片；4—垫圈；5—带帽螺栓；6—加固圈

表3-8 硬（软）套管规格表（mm）

圆风管直径D	矩形风管周边长S	套管厚度	硬（软）套管长度L
100~285	520~960	2	80
320~885	1000~2800	3	120
1025~1540	3200~3600	4	160
	4000~5000	5	200
	5400	6	240

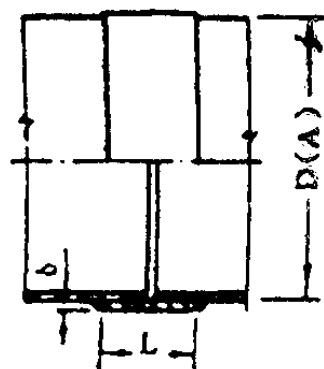


图3 -20 塑料风管套管连接

(四) 硬聚氯乙烯塑料的焊接

硬聚氯乙烯板风管及配件的制作，主要用电热焊枪进行焊接。对于板厚在10mm 以上者，可采用热挤压接触焊。焊接方法都是将塑料加热到成韧性流动状态，在不大的压力下使塑料板相互粘合。

1. 手工焊接（用焊枪焊接）

(1) 焊接设备。焊接设备主要有空气压缩机油气分离器、调压变压器、电热焊枪等。焊枪由金属的管状外壳，带锥形的焊嘴和焊枪手把组成。管状外壳内装有带圆柱形孔道的瓷管，在孔道内装有螺旋状的电热丝，其功率为400 ~500KW ，使用36 ~45V 低压交流电。压缩空气由手柄端部的接管送入，经电热丝加热由焊嘴处送出。压缩空气由小型空压机供应，经油水分离器，送出压力为0 .08 ~0 .1MPa 的压缩空气。每个焊枪的耗气量为2 ~3m<sup>3</sup>/h ，温度由电热丝连接的调压器调节。全部焊接设备的连接方式见图3 -21 。

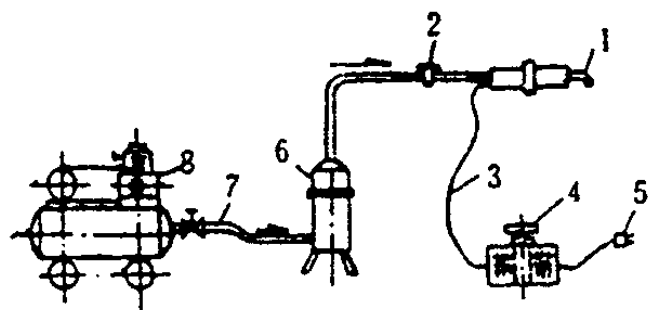


图3 -21 塑料焊接装置连接方式

1—焊枪 ;2—气流控制阀 ;3—电源线 (36 —45V ) ;

4—调压器 ;5—电源插头 ;6—油水分离器 ;7—压缩空气管 ;8—空压机

②) 板材坡口。为使焊缝具有较高的强度，焊接前，板材必须坡口。板厚 5mm ，坡口20 °~25 °；板厚 =5 ~10mm ，坡口25 °~30 °；板厚 >10mm ，坡口为30 °~45 °。

③) 焊接要求及操作方法

焊接的空气温度越高，则焊接速度越快。若空气温度高于260 ，则焊缝强度降

低；若空气温度低于210℃，则焊条与板材结合不好。一般焊接空气温度为210℃~250℃为宜。

**焊条直径和焊枪嘴直径** 当焊条直径大于焊枪嘴直径时，则不能充分加热焊条，若连续焊接，则会出现裂缝和焊接不牢的现象；当焊条直径小于焊枪嘴直径时，使焊缝过分受热，同样会降低焊缝强度。焊条直径可按板材厚度选用，板材厚度为2~5mm、5.5~15mm、16mm以上时，焊条直径分别选用2mm、3mm、3.5mm。

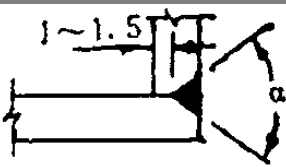
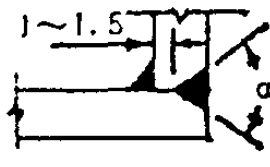
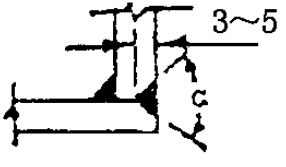
**焊条材质应与板材相同**（除热挤压焊外），焊条应光滑、粗细均匀，不得有变质、老化现象。

**焊缝形式** 塑料焊缝的形式主要有：对接焊缝、搭接焊缝、填角焊缝和对角焊缝四种。其中对接焊缝强度最高，其它焊缝形式仅在不可能用对接焊缝时采用。各种焊缝形式及技术要求见表3-9。

表3-9 焊缝形式及技术要求表

焊缝形式	焊缝名称	图形	板材厚度	接缝张角 (α)	应用说明
对接焊缝	单面V 焊		3 ~5	50°~60°	适用于只能一面焊的焊缝、如风管闭合缝
	双面V 焊		5 ~8	50°~60°	适用于厚板材的焊接
	双面焊 X 型		8	50°~60°	焊缝强度好，适用于风管法兰及厚板的拼接
搭接焊缝	搭接焊		3 ~10		适用于风管的硬套管和软管套连接
填角焊缝	填角焊 无坡口		6 ~18		适用于风管和配件的加固对

续表

焊缝形式	焊缝名称	图形	板材厚度	接缝张角 (a)	应用说明
角焊缝	对角焊 V 型		3 ~5	50°~60°	适用于风管的角焊
	对角焊 V 型		5 ~8	50°~60°	适用于风管的角焊
	对角焊 V 型		6 ~15	45°~55°	适用于风管与法兰连接

焊接操作要求：

a．焊条应垂直于焊缝平面，如图3 -22 中的（1），并施加一定的压力，使被加热的焊条严密地与板材本体粘合。

b．焊枪焊嘴应沿焊缝方向均匀摆动。焊枪焊嘴的倾角，根据被焊材料的厚度确定，当板厚 5mm 时，倾角a =15°~20°；板厚为5 ~10mm 时，倾角a =25°~30°；板厚 > 10mm 时，倾角a =30°~45°；焊枪焊嘴距焊缝表面应保持5 ~6mm 。

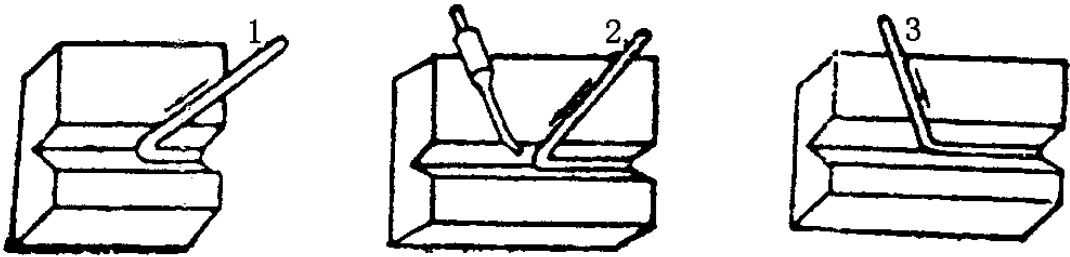


图3 -22 焊接时焊条的几种位置

1—焊条偏于焊接方向后方；2—焊条垂直于焊缝平面；3—焊条偏于焊接方向前方

c．焊缝开端处焊条应超出10 ~15mm，如图3 -23 所示，当焊条中途断裂时，应用加热后的小刀将焊条切成斜口再从切断处焊接。焊完后，仍用加热后的小刀切割焊条，不用手折断，以免焊条收缩不均匀，影响焊缝强度。

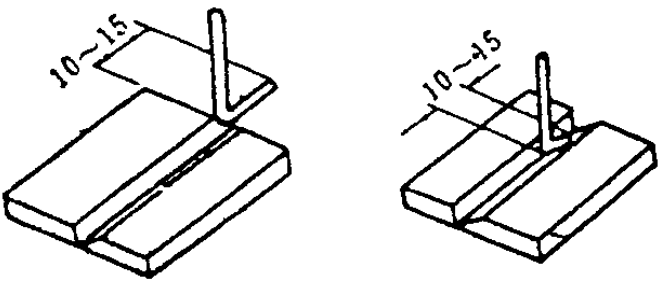


图3 -23 焊缝起头及断头处理

焊缝质量要求：焊缝应填满，首根底焊条宜用 2mm，表面多根焊条焊接应排列整齐，焊缝不得有焦黄断裂现象。焊缝强度不得低于母材强度的60 %。

2．机械热对挤焊接

机械热对挤焊接装置是由气压传动、机械传动、电加热器等部分组成。这种焊接的原理是将硬聚氯乙烯塑料板加热到翻浆后，控制挤合压力，即可将焊口焊合在一起，自然冷却后即成坚固的焊缝。这种焊接的优点：不用焊条，抗拉和拉弯强度均比手工焊接高。它适用于集中加工的场所。

机械热对挤焊接分准备、加热、撤出电加热器和焊合等四个工序（图3 -24 ）。准备是指电加热器预热的同时，将塑料管板夹在上下钳口内；加热是指将电加热器送入塑料管管口间隙中，使焊口加热到熔化翻浆为止；撤出电加热器是指塑料管焊口熔化翻浆后迅速将电加热器取出；焊合是指用一定压力将塑料管焊口挤合在一起，自然冷却后即成坚固的焊缝。

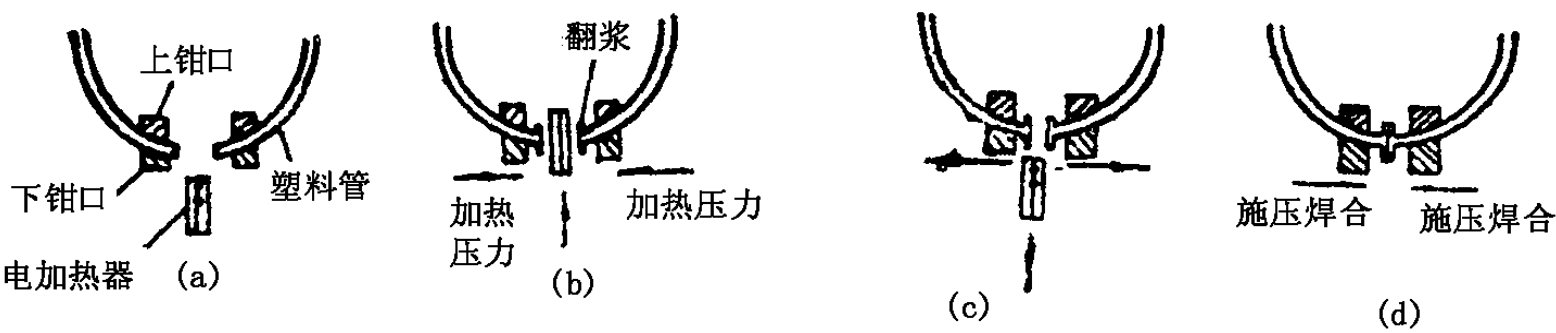


图3 -24 热对挤焊接工序

(a) 准备；(b) 加热；(c) 撤出电加热器；(d) 焊合

为保证塑料焊接质量，焊接时应遵守下列要求：

- (1) 控制好加热温度。若加热温度太低，则焊合面翻不出浆，容易烧焦；若加热温度过高，则翻浆太快，焊口处的塑料得不到充分预热，降低焊接质量。
- (2) 控制好挤焊压力。若挤焊压力过大，则焊口容易滑移，上下错位；若挤焊压力过小，则焊口接合不紧密，降低焊缝强度。
- (3) 控制好加热时间。加热时间可参考表3 -10 所列的数值。
- (4) 控制好加热翻浆要均匀，翻浆宽度要适宜。翻浆宽度一般为1.5 ~2mm，如果翻浆宽度过宽，则会使焊口熔浆过多而挤向两边。

注意：挤焊后塑料管的周长要缩短2 ~3mm，下料时应放出此余量。

表3 -10 热对挤焊接加热时间

板材厚度 (mm)	4	10	15	20
加热时间 (s)	8 ~10	15 ~16	20 ~30	23 ~48

(五) 塑料风管安装

塑料风管安装与金属风管安装基本相同。但应注意下列问题：

(1) 塑料风管的支、吊、托架。聚氯乙烯风管与钢板风管一样，采用支、吊、托架，但一般以吊架为主。在风管与支、吊、托架之间应垫入厚度为3~5mm 的软塑料垫片，并用塑料粘接剂将其粘牢。支、吊、托架的间距比钢板风管小，其最大间距不超过3m。当支管较长时，则应在靠近于管的一端设置一支架。

(2) 塑料风管热膨胀的补偿。支架的抱箍不能上得太紧，留有一定的间隙，便于风管热胀冷缩时移动。直管段较长、温差较大时，每隔15m 设置一补偿器，如图3-25 所示，支管上宜设柔性短管，如图3-25 所示。补偿器和柔性接管的尺寸见表3-11。补偿器和柔性接管用厚为3~4mm 的软聚氯乙烯塑料板制成。

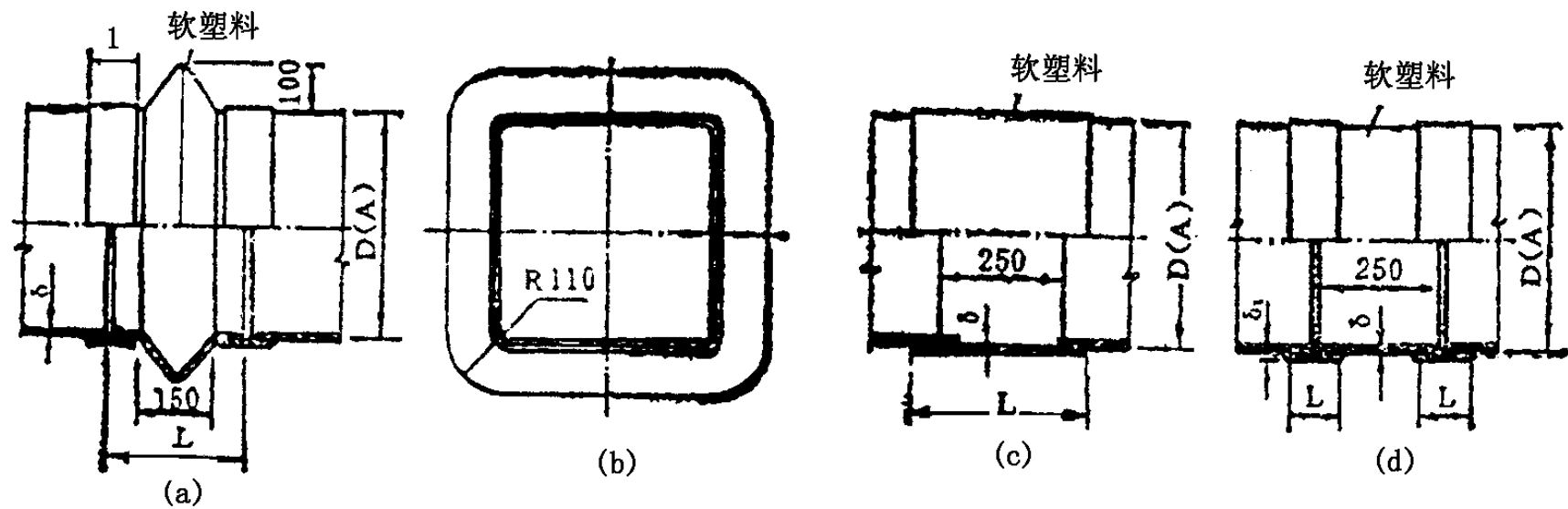


图3-25 伸缩节和柔性短管

(a) 圆形或矩形伸缩节；(b) 矩形伸缩节；(c) 圆形、矩形柔性接管（式），用于直径D100~500，大边A=120~400；(d) 圆形矩形柔性接管（式），用于直径D560~2000，大边A=500~2000

(3) 风管穿墙及楼板时应设钢制套管，用以保护风管不因建筑物变形而受损，对钢制套管的要求有以下几点：

钢制套管的壁厚不应小于2mm。若套管截面大，其用料厚度也可相应增大。预埋时，钢制套管外表面不应刷漆，但应除净油污和锈蚀。套管外还应配有肋板以便能牢固地固定在墙体和楼板上。

表3 -11 伸缩节和柔性短管尺寸表

序号	圆形风管直径D	矩形风管周边长S	厚度	伸缩节L	柔性短管L
1	100 ~280	520 ~960	2	230	330
2	320 ~900	1000 ~2800	3	270	370
3	1000 ~1600	3200 ~3600	4	310	410
4		4000 ~5000	5	350	450
5		5400	6	390	490

钢制套管内径或内边长应以能穿过风管法兰及保温层为准，间隙不能过大，一般留5 ~10mm 的间隙，墙壁与套管之间用耐酸水泥填塞。

预埋在墙内的套管，两端应与墙面平齐，预埋在楼板内的套管，上端至少应高出楼面20mm ，以免楼面有水时漏入套管中，其下端应与楼板下表面平齐。

聚氯乙烯风管穿出屋面超过1m 时，应设拉索，拉索不应少于三根。

聚氯乙烯风管法兰的连接，可用镀锌螺栓或增强尼龙制的螺栓。在螺栓与法兰接触处应采用垫圈以增加其接触面，并防止螺孔因螺栓的拉力而受损。

## 二、玻璃钢风管的制作与安装

玻璃钢风管、配件、部件有专门厂家生产，施工单位虽仅负责安装，但对玻璃钢风管、部件的制作工艺也应有所了解；以便于施工。

### （一）玻璃钢风管的种类及规格

玻璃钢风管分为保温风管和不保温风管两类。通常把不保温的玻璃钢风管叫玻璃钢风管；把带有保温层的（即蜂窝夹层或保温板夹层）叫夹心结构风管。这两类风管的成型方法是不同的。

玻璃钢风管的规格见表3 -12 和表3 -13。

表3 -12 玻璃钢圆形风管

外径D (mm )	壁厚 (mm )	重量 kg /2000	法兰宽 × 厚 (mm )		总重 (kg )
			规格	重量 (kg /付)	
100	1 5	1 6502	30 ×4	0 .166	1 .768
120		1 923		0 .192	2 .115
140		2 243		0 218	2 461
160		2 564		0 244	2 808
180		2 884		0 270	3 .154
200		3 024		0 294	3 498
220	2 0	4 700	30 ×4	0 320	5 020
250		5 341		0 358	5 699
280		5 982		0 398	6 380
320		3 836		0 448	7 284
360		7 691		0 500	8 .191
400		8 545		0 552	9 097
450	2 5	12 017	40 ×6	1 256	13 273
500		13 352		1 384	14 736
560		14 954		1 538	16 492
630		16 823		1 718	18 541
700		22 431		1 898	24 329
800	3 0	25 635		2 154	27 789
900		28 840		2 410	31 250
1000		32 044		2 666	34 710
1120		41 871	50 ×3	4 998	46 809
1250		46 731		5 554	52 285
1400	3 5	52 339		6 196	58 535
1600		59 816		7 050	66 866
1800		67 293		7 904	75 197
2000		74 770		8 758	83 528



表3 -13 玻璃钢矩形风管

外边长 A ×B (mm )	壁厚 (mm )	重量 (kg )	法兰		总重 (kg )	外边长 A ×B (mm )	壁厚 (mm )	重量 (kg )	法兰		总重 (kg )
			宽 × 厚 (mm )	重量 (kg /付)					宽 × 厚 (mm )	重量 (kg )	
120 ×120	1.5	2.44	30 ×4	0.244	0.692	630 ×500	3.0	19.210	40 ×6	1.974	21.184
160 ×120		2.856		0.276	3.132	630 ×630		21.420		2.186	23.606
160 ×160		3.264		0.310	3.574	800 ×320		22.840		1.958	24.806
200 ×120		3.264		0.310	8.574	800 ×400		24.480		2.088	26.568
200 ×160		3.672		0.342	4.014	800 ×500		26.520		2.252	28.772
200 ×200		4.080		0.376	4.456	800 ×600		29.172		2.464	31.636
250 ×120	2.0	5.032	30 ×4	0.350	5.382	800 ×800	3.0	32.640	40 ×6	2.742	35.382
250 ×160		5.576		0.384	5.960	1000 ×320		26.928		2.284	29.212
250 ×200		6.120		0.416	6.536	1000 ×400		28.560		2.416	30.976
250 ×250		6.800		0.576	7.376	1000 ×500		30.600		2.578	33.178
320 ×160		6.528		0.440	6.968	1000 ×630		33.522		2.790	36.042
320 ×200		7.072		0.474	7.546	1000 ×900		36.720		3.068	39.788
320 ×250		7.752		0.514	8.266	1000 ×1000		40.800		3.394	44.194
320 ×320		8.704		0.574	9.278	1250 ×400	3.5	39.270	50 ×8	4.760	44.030
400 ×200		8.160		0.538	8.698	1250 ×500		41.560		5.032	46.592
400 ×250		8.840		0.580	9.420	1250 ×600		44.744		5.386	50.130
400 ×320		9.792		0.636	10.428	1250 ×900		48.790		5.848	54.638
400 ×400		10.880		0.702	11.582	1250 ×1000		53.550		6.392	59.942
500 ×200		11.900		1.272	13.172	1600 ×500		42.840		5.984	48.824
500 ×250	2.5	12.750	30 ×4	1.354	14.100	1600 ×630	3.5	53.074	50 ×8	6.338	59.412
500 ×320		14.760		1.468	16.228	1600 ×800		57.120		6.800	63.920
500 ×400		15.300		1.600	16.900	1600 ×1000		61.800		7.344	69.224
500 ×500		17.000		1.762	18.762	1600 ×1250		67.830		3.024	75.84
630 ×250		14.960		1.566	16.526	2000 ×800		66.640		7.888	74.528
630 ×320		16.150		1.680	17.830	1000 ×1000		71.400		8.432	79.832
630 ×400		17.150		1.812	19.322	2000 ×1250		77.350		9.112	86.462

### (二) 玻璃钢风管、配件及部件的制作

#### 1. 制作方法

玻璃钢风管及配件一般均用模具成型，模具用木板或薄钢板制作。圆形或矩形风管成型使用内模，内模通常是作成空心的，并可拆卸的，以便于脱模。内模的外径或外边长等于风管的内径或内边尺寸，并采用手工涂敷法成型。操作时，首先在木模的外表面包上一层透明的玻璃纸，并在其外面满涂已调好的树脂，再敷上一层玻璃布。每涂一层树脂便敷一层玻璃布，布的搭头要错开，并应刮平，最外面一层玻璃布的表面还应涂以薄层树脂。风管与法兰是成一体的，法兰还应提前做好，在涂敷树脂过程中放入，和风管一同粘贴。整节风管经过一段时间的固化达到一定强度后方可脱模。

夹层玻璃钢只用以制作矩形风管。它是由四块夹心保温板拼成的。保温板是在两层玻璃钢薄板中间粘贴一层保温材料（如蜂窝纸、聚苯乙烯或尿一甲醛泡沫塑料），风管的组合采用粘贴的方法。为了增加组合强度，在风管内的四个角上放上四根角型玻璃钢。在风管外表面还采用一些密封措施。

#### 2. 制作要求

制作玻璃钢风管和配件所使用的合成树脂，应根据设计要求的耐酸、耐碱、自熄性能来选用；合成树脂中填充料的含量应符合技术文件的要求。

玻璃钢中玻璃布的含量与规格应符合设计要求。玻璃布应保持干燥、清洁，不得含蜡。玻璃布的铺置接缝应错开，无重叠现象。

玻璃钢风管及配件内表面应平整光滑，外表面应整齐美观、厚度均匀，边缘无毛刺，不得有气泡、分层现象。树脂固化度应达到90 %以上。法兰与风管或配件应成一体，并与风管轴缘成直角。法兰平面的不平度允许偏差不应大于2mm。

#### 3. 常见制作缺陷

安装前应认真检查，常见制作缺陷有：

风管歪斜。由于未达到固化程度即行脱模，或放置在不平处而造成的。

法兰不平整。法兰制作达不到要求，由于风管变形又增加了法兰的不平整度。

风管表面不平整，加固筋不一致。

壁厚不均匀，有气泡和分层。壁厚不均匀是由于操作时树脂未刮平，玻璃布铺放不匀。有气泡和分层原因较多，如树脂配方不正确，玻璃布不干净或含有水分等。

### (三) 玻璃钢风管安装

安装前，应检查玻璃钢风管、配件及部件的质量是否符合规范要求。

安装前，玻璃钢风管、配件及部件应存放在有遮阳的场地，不得放在露天处曝晒。

玻璃钢风管在安装及运输时应注意不得碰撞和扭曲，并严禁敲打、撞击，以防复合层破裂、脱落及界皮分层。如发现有轻微破损应及时修复。

玻璃钢风管是固化成型的，易受外界环境影响而变形，因此安装支（吊、托）架时，应加大其受力接触面。

### 第三节 设备安装

通风空调系统中的设备有空气处理室、空气过滤器、消声器、风机盘管、诱导器、空调机组、除尘器、通风机等。

#### 一、空气处理室安装

##### （一）空气处理室

空气处理室按其材料可分为金属空气处理室和砖、混凝土空气处理室。

##### 1. 金属空气处理室

金属空气处理室是由各段组成的。其安装步骤可按以下进行。

**检查** 安装前应检查设备有无合格证书和安装使用说明书等，特别是表面式冷却器和加热器应有合格证书，在技术文件规定期限内，外表面若有损伤，应作水压试验检查。检查各段体的型号规格是否与设计图纸相符，如左式、右式（视线顺气流方向观察，操作面在观察观者的右侧则为右式；反之为左式）。还检查各段体内所装的设备、部件等是否完备无损，配件是否齐全。

**准备** 准备好安装所用的材料和必需的工具；安装好空气处理室的槽钢底座；对空气处理室各段体按设计图纸规定的排列顺序进行编号；核对各段体两对角线尺寸，当偏差过大时应作矫正处理。

**组装** 从空气处理室的一端开始，逐一按编号顺序将各段体组装上。

**配管配线** 配置冷、热源管道和水管道；配置电气线路和控制元器件。

空气处理室的安装要求：座标位置必须符合设计要求，并找平找正；各段组装后应平整牢固；法兰连接处应严格，螺栓应同一侧，法兰垫料不得有凸出或凹进现象，喷淋段连接处不得渗水，喷淋段检视门不得漏水；凝结水的引流管或槽应畅通，凝结水不得外溢；与加热段连接的段体，应采用耐热垫片作衬垫。

2 . 砖、混凝土空气处理室

为防止供回水管穿砖、混凝土喷淋室墙体处漏水，需在穿墙处预埋短管。预埋短管的作法如图3 -26 所示。在短管上需焊上止水方形肋板。短管两端应配法兰或留丝扣，离处理室墙面应保持100 ~150mm 的距离。为防止短管松动出现漏水及渗水现象，预埋短管处的混凝土必须捣实，未达到规定的养护期限不得拆除埋管处的模板；如果预埋短管是砌在墙内，周围应用水泥砂浆捣实。

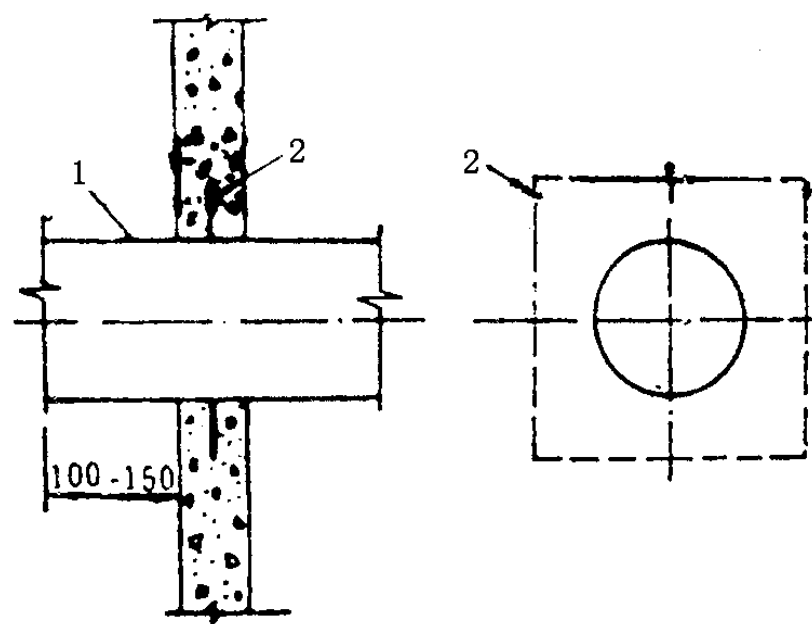


图3 -26 预埋短管示意图

1 —短管 ;2 —方形肋板

(二) 表面式热交换器安装

常用于处理空气的表面式热交换器有空气加热器和表面式冷却器两类。空气加热器是用热水或蒸气做热媒的，而表面式冷却器则以冷水或制冷剂做冷媒。通常又将后者称为水冷式和直接蒸发式表面冷却器。

表面式热交换器的基本构造是由管子和肋片构成。表面式热交换器有B 型、U 型铜制散热排管（钢管绕紫铜片）、GL 型钢制散热排管（钢管绕螺旋钢片）、JW 型表面式冷却器（钢管绕光滑铝片）、SXL —B 型冷热交换器（钢管镶铝片）、HKT、LNK 型冷热交换器（铝管轧铝片）等。近些年来换热器的片型有很大发展，除皱制绕片、光滑绕片、轧片、二次翻边片等外，又制成了波纹型片、条缝型片、百叶缝型片和针刺型片等。

表面式热交换器可以垂直安装，也可以水平安装或倾斜安装。对于用蒸气做热媒的空气加热器，为便于排除凝结水，水平安装时应考虑1 /100 的坡度；对表面式冷却器，垂直安装时，必须使肋片保持垂直位置，否则将因肋片上存留积水而增加空气阻力和降低传热系数。由于表面式冷却器工作时，经常有水分从空气中冷凝出来，所以在其下部

应装滴水盘和排水管。

按空气流方向来说，表面式热交换器可串联，也可并联，或既有并联又有串联。究竟采用什么样的组合方式，应按通过空气量的多少和需要的换热量多少来确定。一般，通过空气量多时应采用并联；需要的空气温升（或温降）大时应采用串联。

对冷、热媒管路，也有并联与串联之分。但对于使用蒸汽做热媒的表面式换热器，蒸汽管路与各台换热器之间只能并联。对于用水做冷媒或热媒的表面式换热器，水管与换热器之间并联、串联或串、并联结合安装均可。一般相对于空气来说并联的冷却器，其冷水管路也必须并联；串联的冷却器，其冷水管路也应串联。管路串联可以加大水的流速，提高传热系数，还可以提高水力工况的稳定性，但水的阻力增加。为了使冷（热）水与空气之间有较强的温差，还应使空气与水呈逆交叉流动，即冷水进口与空气出口位于同侧。

表面式热交换器安装前应作水压试验，防止堵塞。其试验压力等于系统最高压力的1.5倍，同时不得小于0.4MPa，水压试验的观察时间为2~3分钟，压力不得下降，并作出试验记录。

表面式热交换器与围护结构的缝隙，以及表面式热交换器之间的缝隙，应用耐热材料堵严。

## 二、空气过滤器安装

### （一）金属网格浸油过滤器安装

金属网格浸油过滤器可采用水平、垂直、倾斜或人字形等安装方式，图3-27为立式人字形安装的过滤器。

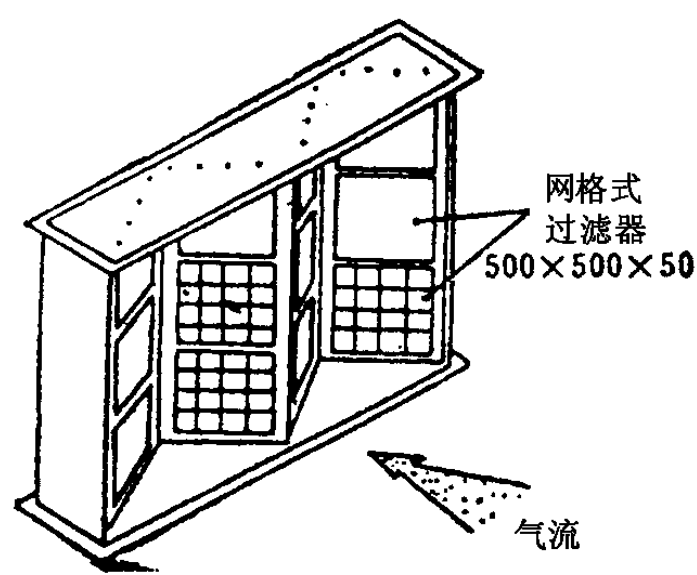


图3-27 立式人字形安装过滤器

金属网格浸油过滤器出厂时一般都涂以机油防锈，运输和存放后就会粘附污尘，所以安装前应先用70 ~80 的热碱水清洗干净，晾干后，再浸以12 号或20 号机油，以增加过滤效能和减少空气通过过滤器的阻力。安装时，要求并列过滤器之间、过滤器与空调器箱壁之间的接缝必须严密，特别是并列过滤器之间接缝缝隙应根据实际情况进行密封，不能将污染空气漏过。并要求金属网格按网孔尺寸沿气流方向逐次减小的方向进行排列安装。

(二) 自动浸油过滤器安装

自动浸油过滤器安装前应将网链，传动机构的链条，齿轮等部件粘附的污物清洗干净，使传动机构动作灵敏。最后将油槽中的油更换为新的10 号或20 号机油。

并列安装过滤器之间的缝隙以及机组与预埋框架之间的缝隙均应垫10mm 厚的耐油橡胶板，以保证接缝严密。

安装时应注意过滤网的传动方向。传动方向必须是自下而上迎向进风的方向，如图3 -28。

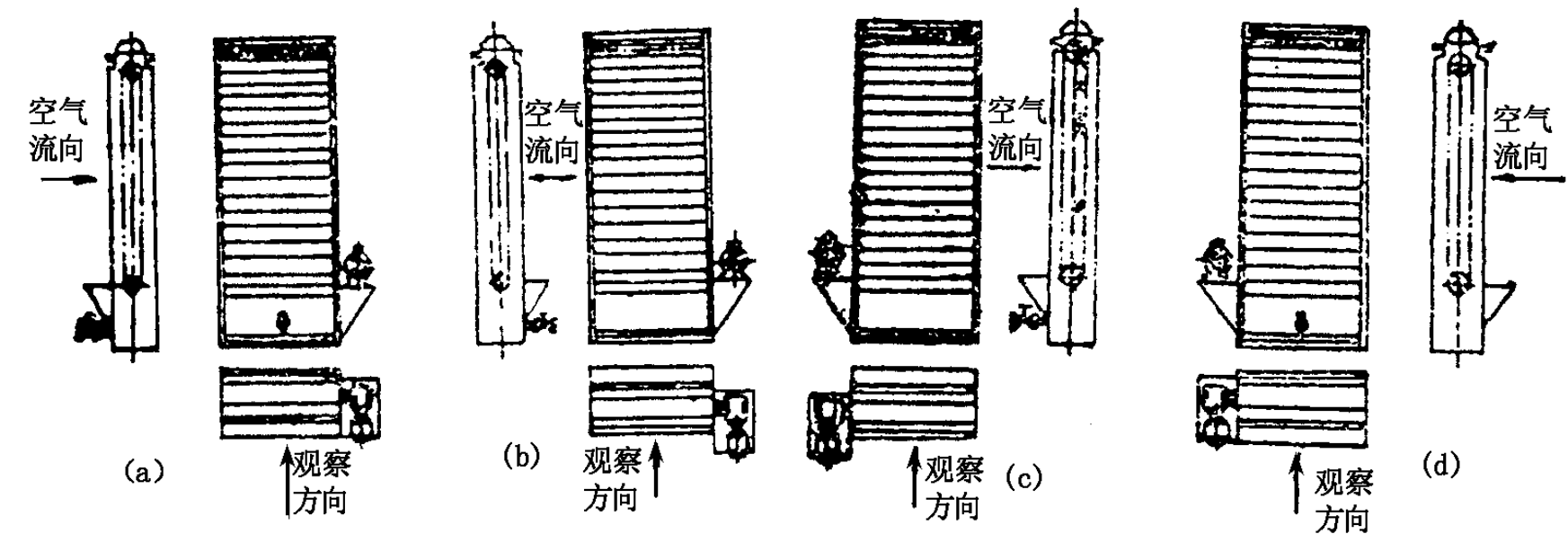


图3 -28 自动浸油过滤器的传动方向

(a) 右边装配向右转动；(b) 右边装配向左转动；(c) 左边装配向左转动；(d) 左边装配向右转动

(三) 卷绕式过滤器安装

卷绕式过滤器是采用合成纤维制成的毡状滤料—无纺布作滤层，装置在自动卷绕的机构上而成。过滤器使用一段时间后，当滤料前后的气流达到一定的压差时，自动装置启动电动机，带动下部卷筒转动，将滤料层自上而下地卷绕，直至积尘滤料全部卷完换上新的为止。

安装卷绕式过滤器时有下列要求：

当装于空调器各处处理段箱体时，应找平找正，以使框架处于平整状态。

过滤器框架应平整，框架与墙体之间的缝隙应密封。

为避免滤料发生走偏现象，组装过滤器时必须将上、下滤料筒调整相互平行，并须将成卷的滤料卷绕的松紧一致。

过滤器安装后，必须校验和整定压差值，当过滤器无纺布的阻力增至整定值（一般为250Pa）时，压差调节器输出接点动作，电动机带动下滤筒转动。为此须使压差调节器动作灵活、可靠。

（四）抽屉式网格干式过滤器安装

抽屉式网格干式过滤器（图3 -29）是装于通风管道内的。它一般做成500 ×500 ×50 的方块格，然后由几个组装在一起。滤料—泡沫壁料或干纤维夹于镀锌铁丝网中，再将过滤器装于角钢框内，又将角钢框与外框用螺栓固定，并用3mm 厚的石棉橡胶板或毛毡作垫片，以保证密封。安装要求有：当抽出时管外应有托架支撑，便于维修、拆卸、清洗及更换滤料；管内壁四边迎风部分和管外抽出部分的缝隙应严格密封，不得有未经过滤的空气进入工作区域。

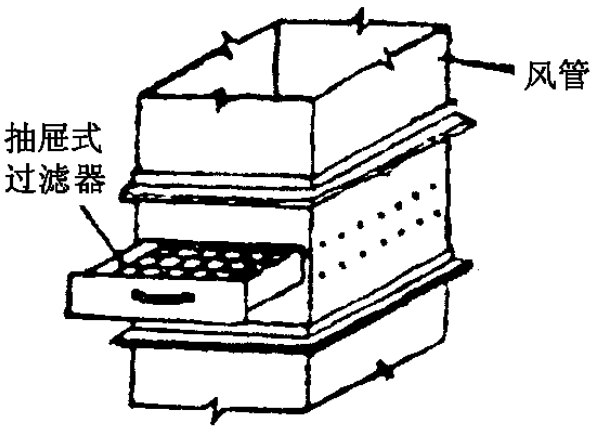


图3 -29 抽屉式过滤器

（五）静电过滤器

静电过滤器不适用于下列场所：有任何爆炸性气体；有在低温下可以点燃的油雾或油气；高温或高湿（相对湿度大于70 %）的空气。

安装静电过滤器，要求平稳牢固，与风管或风机连接的部位应设柔性短管，接地电阻应在4 欧姆以下。

三、消声器安装

安装消声器应符合下列要求：

- 1. 消声器安装前，其消声材料应有完整的包装措施，两端法兰口面应有防尘保护措施，法兰口面不得向上，防止消声材料雨淋受潮和尘土污染。
- 2. 消声器的气流方向必须正确。
- 3. 消声片单体安装时应达到：位置正确，片距均匀；消声片与周边缝隙必须填实，不得漏风；消声片的消声材料不得有明显下沉，消声片与周边固定必须牢固可靠。
- 4. 消声器与消声弯头应单独设置支、吊架，其数量不得少于两副，消声器的重量不得由风管承担，这样也有利于单独拆卸、检查和更换。
- 5. 合理配置消声器

在同一系统中，选用相同类型和数量的消声器时，由于配置的部位和方式不同，会使整个系统的噪声衰减有很大的差别。对此，为达到允许的噪声标准，须按下列合理配置消声器；

- (1) 消声器在系统中应尽量装于靠近使用房间的地方，不宜配置在机房内。如必须装于机房内时，则应对消声器外壳及消声器之后位于机房内的部分风管采取隔声处理。若系统为恒温系统时，则消声器外壳与风管同样作保温处理。
- (2) 在系统内配置的消声器一般不低于两个。它们的正确配置是风机进、出口处各一个，以便从声源处降低噪声，另一个则应设置在进入空调用房的部位，回风系统也同样处理。这样配置可以消除旁路噪声进入已经消声的管道，可防止相邻房间的串音，并将两个消声器拉开距离比紧接着的消声性能好。

## 四、除尘器安装

除尘器种类甚繁，其安装的共同要求如下：

各类除尘器安装均必须严密不漏，如法兰连接处，湿式除尘器的水管连接处和存水部位、除尘器的排灰阀、卸料阀、排泥阀的安装等均必须严密，否则会影响除尘器的除尘效率。例如旋风除尘器，由外壁向中心静压是逐渐下降的，据测定，有的旋风除尘器当进口处静压为 +900Pa 时，除尘器下部直到灰斗处静压为 -300Pa，如果除尘器下部不保持严密，渗入外部空气，会将已分离的粉尘重新卷入内涡旋而将粉尘带走，严重影响除尘效率。据资料介绍，灰斗漏风1%，净化效率降低5%~10%；漏风5%，将降低30%；漏风15%，净化效率将趋于零。因此，保持除尘器的严密性就是保证其除尘效率的关键问题。

安装除尘器要求位置正确，保持垂直，牢固、平稳。平面位移允许偏差10mm，安装标高允许偏差 ±10mm，垂直度允许偏差每米不应大于2mm，垂直度总偏差不应大于10mm。



安装除尘器时，首先弄清方向，除尘器有时设计在风机的负压端，有时布置正压端，不得装反。

安装除尘器，其转动或活动件应灵活可靠，湿式除尘器的排水管道应畅通。

脉冲袋式除尘器安装分整体式和组装式两种。整体式脉冲袋式除尘器安装，应对外观及各部件进行检查，若无松动、破损等缺陷，整体完成，则可安装。组装式脉冲袋式除尘器安装时，应弄清其装配形式，按设计要求正确安装。现场组装的布袋除尘器还应符合下列规定：各部件连接处必须严密；布袋应松紧适当，连接牢固；脉冲除尘器喷吹管的孔眼应对准文氏管的中心，同轴的允许偏差应不大于2mm；震打式脉冲吹刷系统，应正常可靠。

## 五、风机盘管安装

风机盘管的型式有立式和卧式两种；按安装方式分明装型和暗装型。其安装要点与要求如下：

- 1．安装前应作水压试验以检查其产品质量，性能应稳定，特别是检查电动的绝缘和风机性能以及叶轮转向是否符合设计要求，并检查各接点是否松动，防止产生附加噪声。
- 2．风叶盘管安装位置必须正确，螺栓配制垫圈。风机盘管与风管连接处应用橡胶板连接，保证严密不漏。
- 3．卧式明装机组安装进出水管时，可在地面上先将进出水管接出机外，吊装后再与管道相接；也可在吊装后，将面板和凝水盘取下，再进行连接。立式明装机组安装进出水管时，可将机组风口、面板取下进行安装。
- 4．安装时，要注意机组和供回水管的保温质量，防止产生凝结水；机组凝水盘应排水畅通；机组的排水应有3‰的坡度流向指定位置。
- 5．风机盘管同热水管道应清洗排污后连接，最好在通向机组的供水支管上设置过滤器，防止堵塞热交换器。
- 6．为便于拆卸、维修和更换风机盘管，土建顶棚应设置比暗装风机盘管位置处周边各大250mm的活动顶棚，活动顶棚里不得有龙骨挡位。
- 7．闭式水系统和机组上应设排空气装置。

## 六、诱导器安装

根据诱导器的外形和安装方式有立式和卧式两种。卧式（水平悬吊式）挂于天花板

下；立式（窗台式）装于窗台下。按诱导风能否进行局部处理分为简易诱导器和冷热诱导器两类。

诱导器安装前须逐台进行质量检查，检查的项目如下：

- 1．各连接部位不能松动、变形和产生破裂等现象。
- 2．喷嘴不能脱落和堵塞。静压箱封头处的缝隙密封材料，不能有裂痕和脱落。
- 3．一次风量调节阀必须灵活可靠，并调到全开位置，以便安装后的系统调试。

诱导器经检查符合质量要求后，则可进行安装，其要求如下：

- 1．暗装卧式诱导器应由支、吊架固定，并便于拆卸和维修。
- 2．诱导器与一次风管连接处应密闭，以防漏风。
- 3．诱导器与水管连接处宜用软管，接管应平直不漏。
- 4．诱导器水管接头方向和回风面朝向应符合设计要求。立式双面回诱导器，应将靠墙一面留50mm 的空间，以利回风；卧式双回风诱导器，要保证靠楼一面留有足够的空间。
- 5．诱导器与风管、回风室及风口的连接处应严密。诱导器的出风口和回风口的百叶格栅有效通风面积不能小于80 %。
- 6．诱导器的进出水管接头和排水管接头应严密不漏。排水坡度应正确，凝结水应畅通地流到指定位置。进出水管必须保温，以防产生凝结水。

## 七、氯化锂转轮除湿机安装

它是利用特制的石棉吸湿纸来吸收空气中水分的设备。其安装要求如下：

- 1．这种设备安装应牢固平稳，转动及传动部分应灵活可靠。
- 2．对再生后空气的排出管道应保温。管路不能过长，并向出口方向有不小于2 ‰的坡度。若不能按上述要求进行安装时，应在管道最低点设凝结水排出口，同时排水口应根据管道压力设置水封弯，以防湿空气从排水口溢出。

## 八、通风机安装

通风机是通风空调系统中的主要设备之一，通风机安装的好坏直接影响到系统的运行效果。通风空调系统常用的通风机为轴流式和离心式两类。

### （一）风机安装前的检查

#### 1．风机的产品检查

应根据设计图纸和设备装箱单核对下列内容是否符合设计要求：风机型号、机号、

传动方式、叶轮旋转方向、出风口角度、位置；电机型号、功率、转速及配有三角皮带型号长度，滑轨型号长度与减振座架、减振器型式；进一排风口法兰孔径和方位及中心距等。

2．风机的质量检查

检查风机外壳、叶轮和转子以及吸气短管是否发生明显的变形或严重锈蚀、碰伤等。轻度损伤和锈蚀应进行修复，并作防腐处理后，才能安装。重度损伤的整体安装风机，必须将叶轮退出后进行修复，不得降低风机效率。

3．风机的平衡检查

用手推通风机叶轮，叶轮每次停止转动时不停止在原来位置上，则可认为符合质量要求。

4．风机吸气短管的间隙检查

检查风机叶轮与吸气短管间的间隙是否符合表3 - 14 的规定，否则会影响风机效率，降低风机出风量。

表3 - 14 叶轮及吸气短管间隙检查

风机型号	间隙不得大于 (mm )
2 ~3	3
4 ~5	4
6 ~11	6
12 以上	7

5．风机的清洁检查

检查风机的进、排风口是否有盖板盖严，有无尘土和污物进入。

(二) 风机的搬运和吊装

通风机的搬运和吊装应符合下列规定：

- (1) 整体安装的或组装风机包装箱必须完善，搬运和吊装时应将绳索捆缚在包装箱下面拖子上，到安装位置方可去掉包装箱，防止机壳和轴承座及电机碰坏。
- (2) 现场组装的风机，绳索应捆缚在轴承座或电机底座上，转子和轴颈及轴封等不得作捆缚部位，严防变形。
- (3) 输送特殊介质的风机转子和机壳内涂敷的保护层，应严加保护，不能损伤。

(三) 风机的安装

1. 轴流风机的安装

轴流风机常用于纺织厂的空调系统，或一般的局部排风系统。轴流风机分为整体机组和现场组装两种安装形式。一般通风空调系统多使用整体机组，而现场组装机组常用于大型工业项目。

轴流风机大多安装在风管中间、墙洞内或单独支架上。如在墙洞内安装时，应在土建施工时预留孔洞、预埋地脚螺栓或风机框架和支座，在墙外侧应装上45°防雨、防雪的弯头，或装铝质调节百叶，以免风机停止使用期间室外雨雪倒流进入室内。如沿墙在角钢支架上安装时，风机与支架间应垫4~5mm厚的橡皮垫板；并注意气流方向和翼轮转向，防止反转；连接风管时，风管中心应与风机中心对正。

轴流风机安装时，注意叶轮与风筒的间隙应均匀，其间隙一般不应超过叶轮直径的0.5%，如图3-30所示。

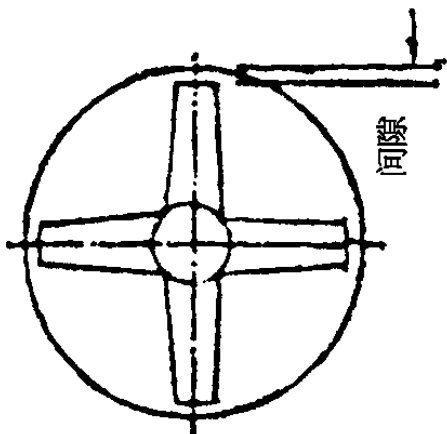


图3-30 轴流风机叶轮与风筒的间隙示意图

2. 离心风机的安装

小型的2.8号~5号的离心风机，全部采用直联结构。直联风机安装应保持机壳壁面垂直，底座水平，叶轮与机壳不得相碰，转动灵活，如出现不灵活现象应将电机内滚珠轴承进行清洗或更换。

6号以上大中型离心风机的轴和电机的轴是分开的，采用弹性联轴器连接或三角皮带传动。16号以下的风机外壳是一个整体，不可拆开，传动机壳改变圆孔边上固定螺栓孔的位置，可以改变出风口的方向。但16号到20号的风机，为了便于运输和安装，机壳做成三开式的，各部分用螺栓连接，可拆可装，出风口方向是固定的。风机、联轴器和电机分别有基础支承。

离心风机安装要求如下：

(1) 风机轴的润滑及清洗。现场组装的离心风机，安装前应进行拆卸、清洗。将叶

轮及轴承座、电机轴上的防锈黄油清洗干净，清洗后的轴承应转动灵活；轴承箱内的润滑油足够，油位保证需要。对直联风机，可不必拆卸清洗。

②）在混凝土基础上安装的要求。基础各部尺寸、标高应符合设计要求，地脚螺栓孔应清理干净，将风机用成对斜垫铁垫平，并用比基础高一级标号的混凝土灌孔，捣固密实，地脚螺栓不得歪斜。地脚螺栓应配带垫圈和防松螺母，防止运行时的振动将螺母振脱。

③）风机安装的允许偏差。风机安装中心线的平面位移允许偏差为10mm，安装标高的允许偏差为±10mm；风机与电机如用联轴器连接时，两轴中心线应在同一直线上，其轴向倾斜允许偏差为0.2‰，其径向位移的允许偏差为0.05mm；风机与电机如以皮带传动时，则两轴中心线应平行，而皮带轮中心线应重合为一直线，皮带轮轮宽中心平面位移的允许偏差不应大于1mm；传动轴不水平度的允许偏差：当纵向时为0.2‰，当横向时为0.3‰。

④）风机的排水、防护及防雨要求。输送产生凝结水的潮湿空气及室外风机，机壳底部应安装一个直径为15~20mm的放水阀或存水弯管，以便排除积水。

风机的三角皮带外露部分应加装防护罩。

风机室外安装的电机及靠背轮传动轴部分应加装防雨罩，防止受潮及锈蚀。

⑤）风机试运转要求。运转前必须加上适度的润滑油，并检查各项安全措施，盘动叶轮应无卡阻和摩擦现象，叶轮转向必须正确，滑动轴承最高温度不得超过70℃，滚动轴承最高温度不得超过80℃，风机运转中轴承的径向振幅应符合设备文件的规定。风机经试运转检查合格后，可进行连续运转；连续运转应不少于两个小时。

## 九、减振器的安装

安装减振器的目的就是消除或减少通风空洞系统中转动设备在运转时所产生的结构振动和噪声，以保护环境。

隔振分消极隔振和积极隔振。消极隔振是指防止或减少外界振动对本体系的振动影响；积极隔振是指防止和减少本体系的振动对外界的振动影响。隔振的方法一般是在机械设备的底座、支架与楼板或基础之间设置减振器，以使从振源传到基础上或楼板上的振动得到一定程度的减弱。通风空调系统中常用的减振器有以下几种：

### 1．橡胶减振垫

CJ型减振垫系采用丁腈橡胶制成，耐油性好，抗老化能力强，适用范围广，安装方便，如图3-31所示。

2 . 橡胶减振器

JG 型系列橡胶减振器是用丁腈橡胶和金属部件组成的剪切受力的减振器。由于它是通过橡胶剪切受压，则提高了压缩变形量，从而降低了自振频率。该系列分JG1、JG2、JG3、JG4 等四类28 种规格，见图3 -32 所示。

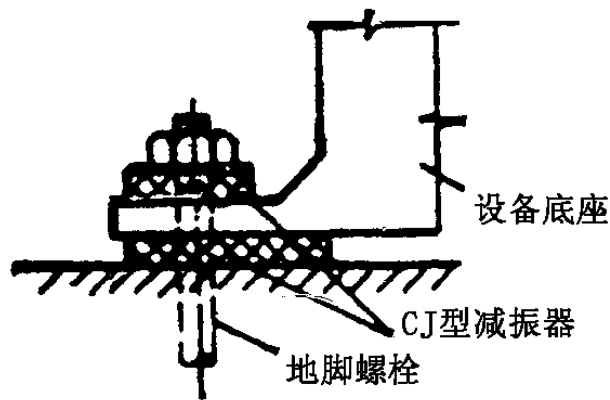


图3 -31 减振垫安装示意图

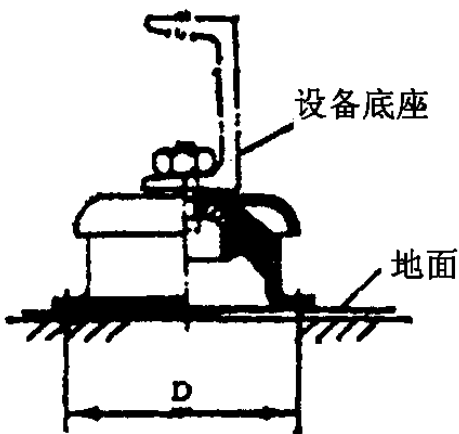


图3 -32 JD 型橡胶减振器

1—设备底座 ;2—JD 型减振垫 ;  
3—地脚螺栓

3 . 弹簧减振器

弹簧减振器（见图3 -33）具有自振频率低、隔振效果显著等优点，特别适用于空调、制冷设备的基础隔振工程。目前生产厂家很多，但作为系列产品、质量较好的有HG 型、TJ 型、ZT 型三个系列产品，分别由北京市建筑设计院、原电子工业部第十设计院和上海华东建筑设计院设计，杭州钱江环保工程设备厂，江苏靖江减振厂和上海青浦淀山湖减振器厂生产。HG 型系列有10 种规格，分别由三种弹簧并联组合而成，最小垂向静荷载为1 25KN，最大的为17 .66KN，可根据各支承点上的实际承载力，配置不同数量的减振器。TJ 型系列有15 种规格，它在弹簧外设有弹簧盒，外形较好，但造价比HG 型高。ZT 型系列有39 种规格，最小垂向荷载为0 .64KN，最大的为1 .74KN，当支承点负荷较大时，可并联组合，由于规格多，对小型空调制冷设备选用很方便。

弹簧减振器安装如图3 -34 示意。安装前，应先检查减振器的规格型号与数量以及位置尺寸是否符合设计要求，安装时要使各组减振器承受载荷均匀，不得偏倚或相差悬殊。如果减振器受力不均，主要是由于减振器位置不当，应按设计要求选择和布置；如果各减振器仍出现压缩量或受力不均，应根据实际情况移动到适当的位置。安装减振器的地面应平整，不能使减振器发生位移。减振器安装后应采取保护措施，防止损坏。

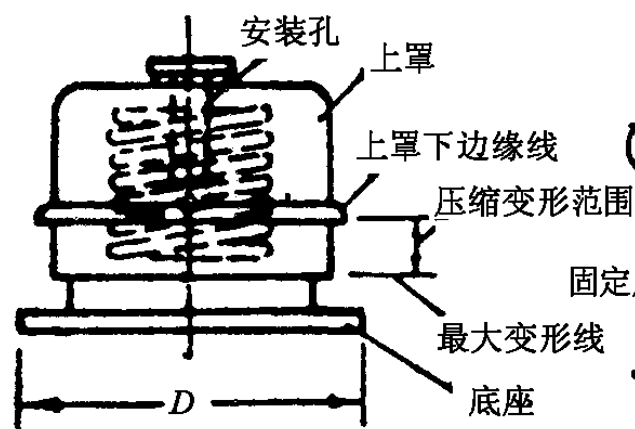


图3 -33 弹簧减振器

1—安装孔 ;2—上罩 ;3—上罩下边缘线 ;  
4—压缩变形范围 ;5—最大变形线

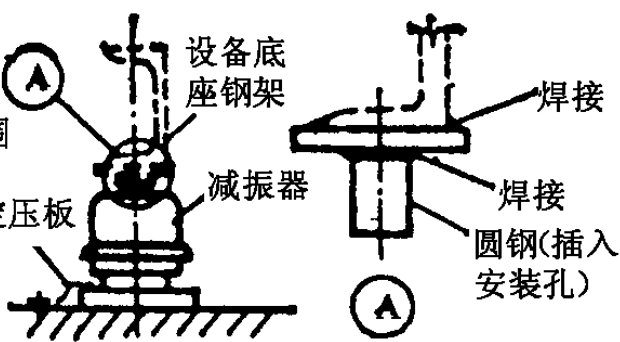


图3 -34 减振器安装示意图

1—设备底座钢架 ;2—减振器 ;3—焊接 ;  
4—圆钢（插入安装孔） ;5—固定压板

第四节 空气洁净系统制作与安装

空气洁净系统的作用就是对生产环境中的灰尘浓度控制在所要求的允许范围内，以保证有关产品的高精度、高纯度和高可靠性。因此，空气洁净系统制作和安装除满足一般通风空调系统的要求外，还必须掌握好两个关键问题：一是清洁；二是密封。

一、风管与部件制作

风管与部件制作工艺顺序可参考某工程制作实例（图3 -35）。

风管与部件制作场地应为环境清洁、干燥、远离尘源或上风侧的清洁房间，这是空气洁净系统施工中的必要条件。如制作风管的房间最好在地坪上铺上橡皮垫，用清水反复冲洗表面，直至清洁为止。这样既利于保证清洁，也利于保护风管和部件不受损。

空气洁净系统风管和部件所用的材料应符合设计要求。如设计无规定时，可选用冷轧钢板、优质镀锌钢板、铝合金板或不锈钢板。洁净度高于或等于1000 级时，可采用铝合金板或不锈钢板；洁净度低于或等于10000 级时，可采用冷轧钢板或优质镀锌钢板。

洁净风管与部件制作前应进行脱脂处理，以去除板材表面上的油污。制作时，风管板材的拼接和圆形风管的闭合缝采用单咬口，弯管的横向缝采用立咬口，矩形风管的转角缝采用转角咬口、联合咬口或按扣式咬口，上述咬口缝都必须涂密封胶或贴密封带。制作风管时，对风管底部的纵向拼接缝应尽量减少，当矩形风管底边宽在800mm 以内时，风管底部不得有纵向拼接缝；当其底边宽在1800mm 以内时，只应有一条纵向拼接

缝；当底边宽在2600mm 以内时，只应有二条纵向拼接缝。咬口缝应错开，不得有横向拼接缝。

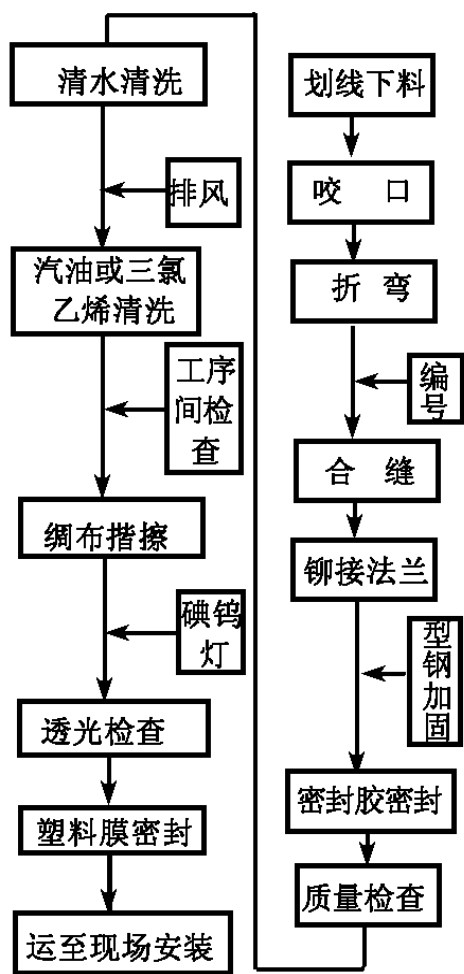


图3 -35 洁净风管与部件  
制作工艺顺序实例

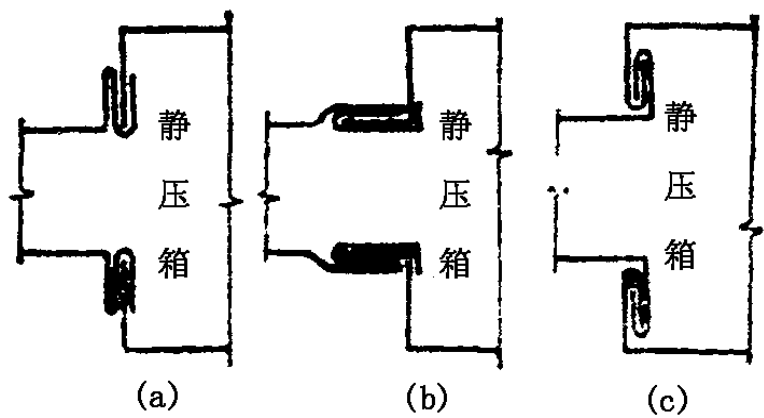


图3 -36 静压箱与风管的连接

（a）插接式连接；（b）联合咬口连接；  
（c）转角咬口连接

制作法兰时，法兰铆钉孔间距不应大于100mm，法兰螺栓孔间距不应大于120mm。法兰平整度应小于2mm。矩形法兰四角应设螺栓钉孔。铆钉孔直径宜为 4.5mm，螺栓孔径：当法兰大边尺寸小于或等于630mm 时，宜为 7.5mm；当法兰大边尺寸大于630mm，宜为9.5mm。当设计无要求时，洁净级别高于或等于1000 级的，应全部法兰及螺栓作镀锌处理。铆接法兰时，宜用直径为 4 ×10mm 的半圆头镀锌铆钉，而铆钉在镀



锌前应作退火处理。不得选用空心铆钉。

制作风管时，当矩形风管大边大于或等于800mm，其管段在12m以上时均应采取加固措施，加固方法可采用加固框（见图3-36 e f），加固框用料与法兰相同，但加固框不得设在风管内，也不得采用凸棱方法加固，以保证风管内壁光滑平整，不易积尘。风管与法兰连接时，风管应翻边，其翻边尺寸为：风管大边小于或等于630mm时，翻边为7~8mm；风管大边大于630mm时，翻边为8~10mm。

制作静压箱时，对机房风管上的静压箱宜用2mm薄钢板进行焊接，但应避免焊接变形；对支管上的静压箱应作镀锌处理，尽量减少接缝；静压箱与风管的连接应采用联合咬口、转角咬口的连接方式，如图3-36所示。

风管与部件制作后，应用无腐蚀性清洗液洗净其表面的杂质和油污。干燥后在有可能漏风的部位，如咬口缝、铆钉缝、法兰处风管的翻边四角、静压箱与风管连接处等都应采取密封措施。其密封材料如硅胶、环氧树脂腻子、南大704、703、CH—31型胶等。风管成型并揩拭干净后再用吸尘器吸去浮尘，然后将风管的开口处用塑料薄膜及胶带封口。

净化空调系统管径大于500mm的风管应设清扫孔及风量、风压测定孔，过滤器前后应设测尘、测压孔。孔口安装时应除去尘土和油污，安装后须将孔口封闭。

## 二、净化空调系统安装的特殊要求

### （一）保证清洁

风管与部件安装中保证清洁的措施有以下几点：

#### 1. 安装部位的清洁

安装部位的墙面、门窗、地坪应彻底清除建筑垃圾，必须擦试干净，用手摸无灰尘为止；现场内通往安装部位的道路应彻底清除垃圾，最好用自来水进行冲洗地坪和道路；安装使用的加料：如钢管、跳板、扣件应彻底清除灰尘，以免污染风管和部件。

#### 2. 系统安装的清洁

风管和部件运输时，须用塑料薄膜封口。对划破和敞开运输时，重新用水进行冲洗其内外表面，必须用无纺布擦干，不许未经洗净就进行安装。

风管、部件及静压箱等在安装前内壁必须用白帆布擦净油迹；下班时，对未连接的管件必须用塑料薄膜封口，

对预埋在土建围护结构上的洁净风箱、静压箱、余压阀、固定风口及其它部件，在

预埋前，必须对其内壁与其他潜在发生尘源多次进行清扫和真空吸尘处理干净。

经清洗干净包装密封的风管及其部件，安装前不得拆卸。安装时拆开端口封膜后，随即连接好接头；如安装中间停顿，应将端口重新封好。

净化空调系统风管安装后，在保温前应进行漏风检查。系统的漏风检查应符合设计要求。当设计无具体要求时，应根据洁净度级别的高低按表3 -15 的规定进行。

表3 -15 漏风检查方法及评定标准

洁净度	风管部位	检查方法	漏风指标
任意级别	送、回风支管	漏光法	无漏光
低于1000 级	送、回风管	漏光法	无漏光
1000 级到低于100 级	送、回风总管和支干管	漏风法	2 %
等于或高于100 级	送、回风总管和支干管	漏风法	1 %

3．从事安装的工作人员必须衣着干净

在安装已经清洗好的风管时，应该更换清洁的工作服、手套和工作鞋等，否则，前一段的清洁工作等于白做。

4．选用不产尘的材料

对法兰垫料、清扫口、检视门的密封材料应选用弹性好、不透气、不产尘和具有一定强度的材料。在设计无要求时，洁净度级别低于1000 级的宜用厚度为3mm 的橡胶板；洁净度级别高于1000 级的宜用闭孔海绵橡胶板。对闭孔海绵橡胶板的选用，当风管法兰大边小于或等于630mm 时，宜用厚度为5mm ；当风管法兰大边大于630mm 时，宜选用厚度为7 ~8mm 。严禁采用乳胶海绵、泡沫塑料、厚纸板、石棉绳、石棉橡胶板、铅油、麻丝及油毡纸等含开孔孔隙和易产尘的材料。严禁在密封垫上刷涂涂料。

擦试净化空调系统的内表面应采用不易掉纤维的材料。

（二）系统密封

系统密封的措施如下：

1．法兰连接的密封

制作法兰垫片，场地环境应清洁干净，垫片表面应清洁。制作时，法兰密封垫应尽量减少接头，接头采用阶梯形或楔口形，如图3 -37 所示。严禁用对口连接。接头应严密并涂密封胶，防止漏风。法兰连接时，两侧法兰表面应涂401 胶将垫料粘平，不得有隆起或虚脱现象。法兰均匀压紧后的垫料宽度应与风管内壁相平，不得因垫料压紧后出现内壁突出的现象

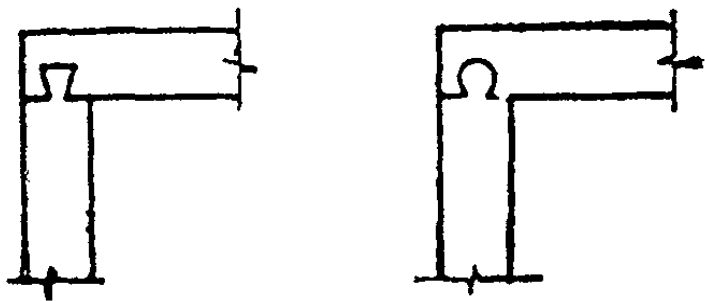


图3 -37 法兰密封垫接头

2．柔性短管连接的密封

柔性短管应选用柔性好、表面光滑、不产尘、不透气和不产生静电的材料制作（如光面人造革、软橡胶板等），光面向里。柔性短管与风管、部件的连接采用法兰连接，不得将短管直接铆固在风管上。凡缝隙部分应用密封胶密封。

（三）管道穿越洁净室墙体、楼板处的密封

管道穿楼板的作法，有些工程是在楼板部位按需要布置管孔，每一孔口处的楼板内预埋300 ×300mm 的套管，上下以盖板密封。盖板面按不同管径有多种开孔组合，可以互换。管道从楼板下方由此进入洁净车间使用点。图3 -38 为D<sub>N</sub>20、32、50、70mm 管道穿楼板的作法。

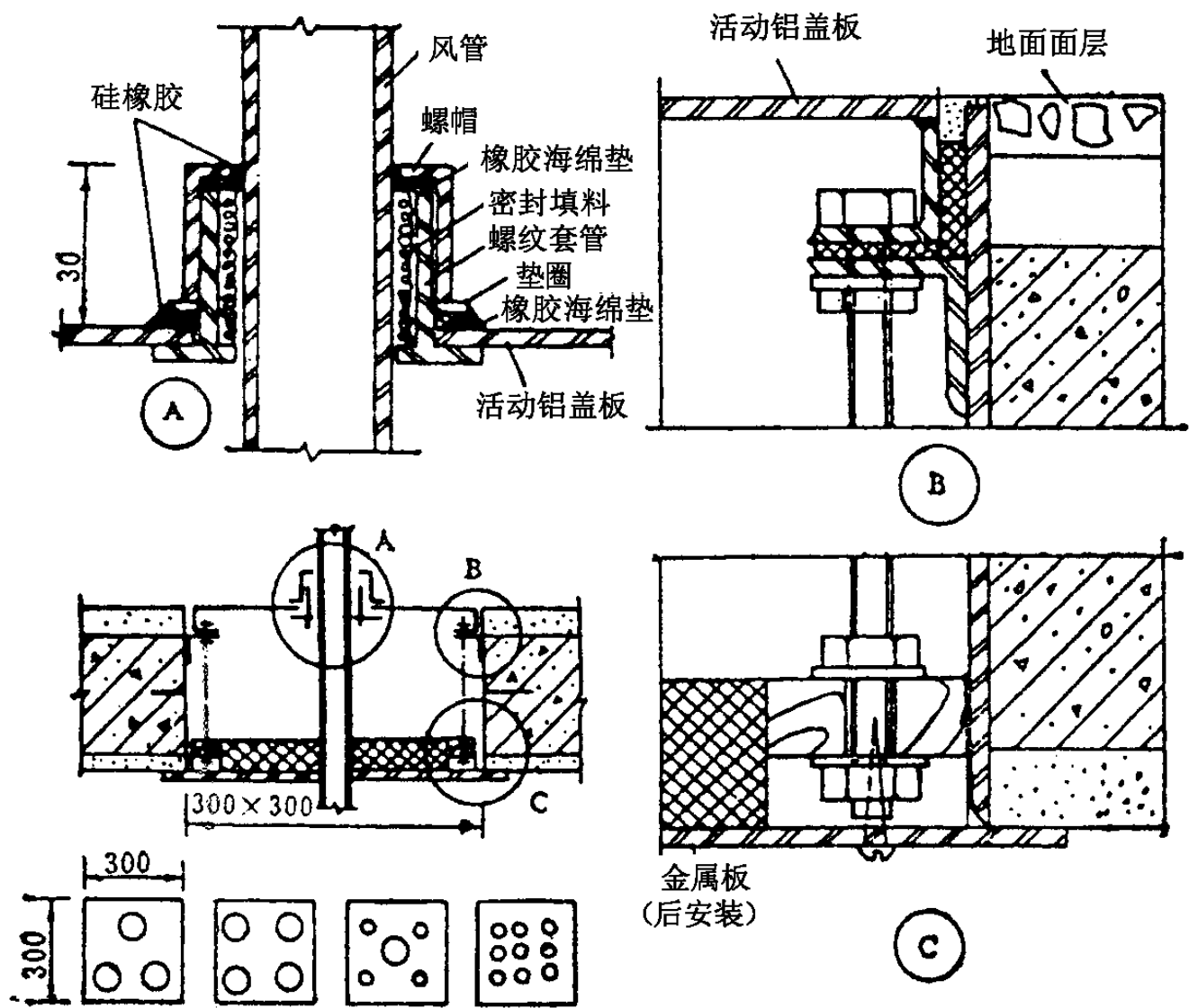


图3 -38 D<sub>N</sub>20、32、50、70mm 管道穿楼板的作法

洁净风管穿过整体式结构的楼板或墙身时，是将风管采取防腐蚀措施处理后将其中一段直接埋固在楼板或墙身的混凝土中，既是定位又是密封。图3 -39a 为风管穿楼板，从埋设段两端接管即可。图3 -39b 为风管穿墙，由于抹灰层与管壁之间容易形成裂缝，须加设盖缝设施。

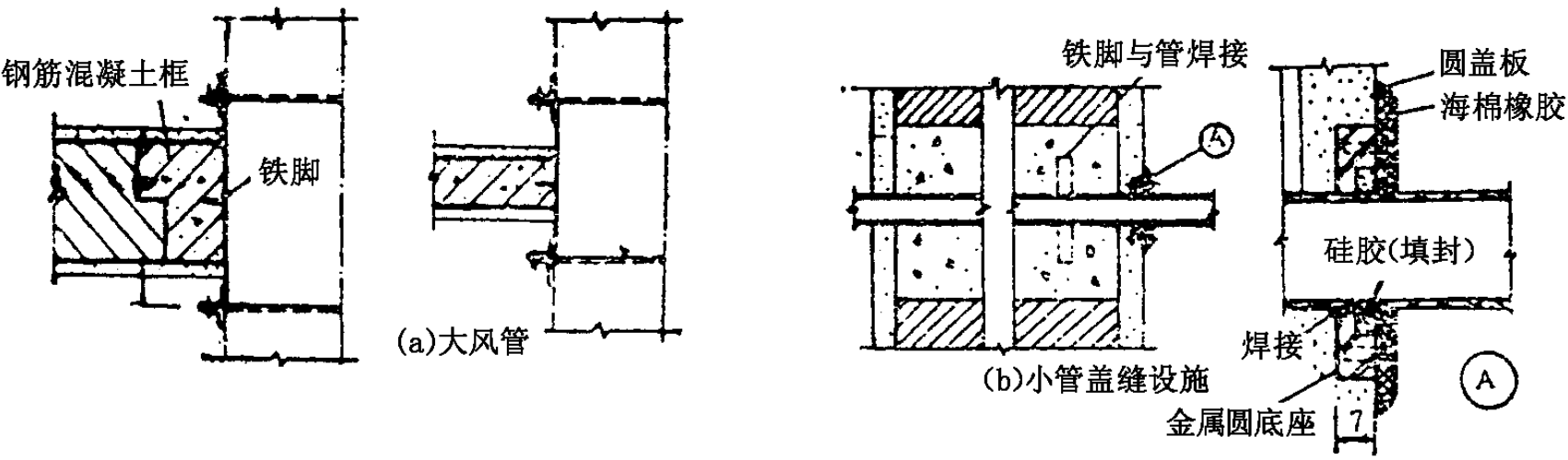


图3 -39 风管穿楼板、砖墙的构造

(a) 大风管；(b) 小管盖缝设施

- 1—钢筋混凝土框；2—铁脚；3—铁脚与管焊接；4—圆盖板；  
5—海绵橡胶；6—硅胶（填封）；7—焊接；8—金属圆底座

方形风管穿轻质骨架顶棚须在顶棚轻质骨架的基础上沿风管周边附加定骨架，作法见图3 -40。圆形风管穿轻质顶棚的作法见图3 -41，它不仅附方框，还在方框内用两个半月形钢板盒子将风管卡住，在管壁与附加钢板盒子之间的缝隙内填垫海绵橡胶以密封。

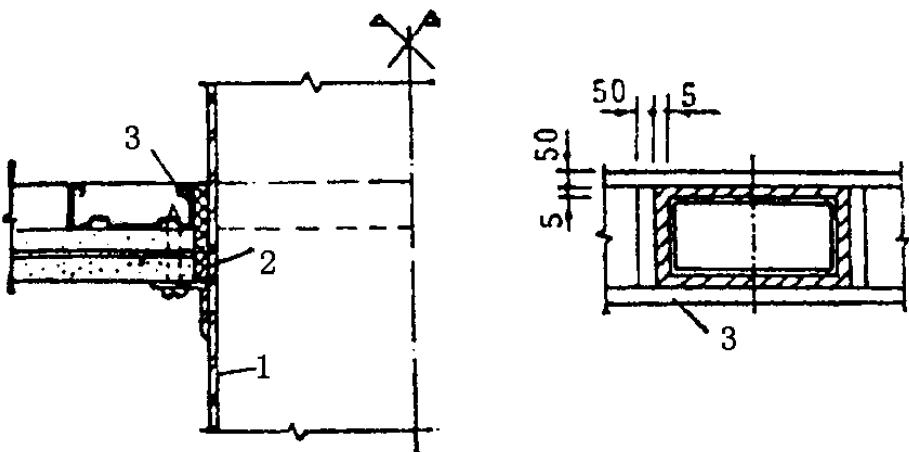


图3 -40 方形风管穿轻质顶棚的固定与密封

1—方形风管；2—闭孔海绵；3—附加骨架

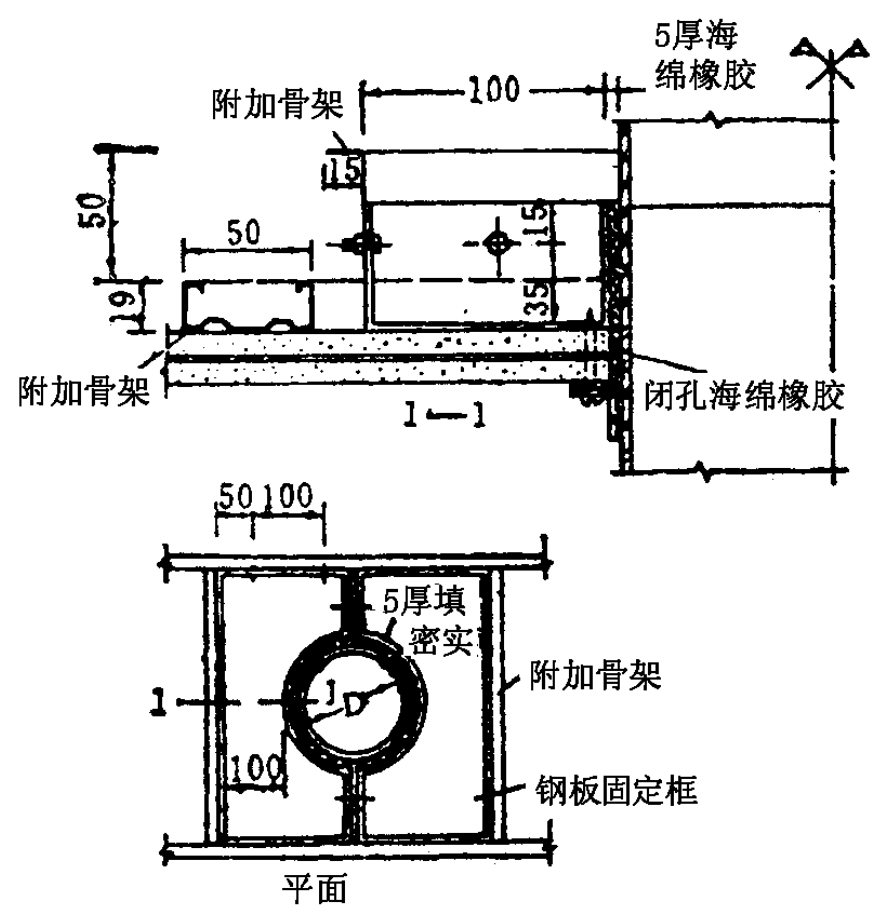


图3 -41 圆形风管穿轻质顶棚的固定与密封

### 三、高效过滤器安装

#### (一) 高效过滤器安装应具备的条件

高效过滤器在安装前必须具备下列条件：

- (1) 洁净室全部工程必须安装完毕。洁净室建筑物必须全面进行清扫（包括初、中效过滤段建筑），并用白绸布擦试，无污染为合格。
- (2) 系统吹尘应进行吹洗48 小时，运行到40 小时时将无纺过滤袋装于送风口，运行V 结束时视其袋内无灰尘积累为合格。
- (3) 运行结束后洁净室建筑物再度进行全面清扫，防止回风将尘粒循环到送风高效过滤器内。

#### (二) 高效过滤器开箱

##### 1. 开箱前的准备

应将高效过滤器包装箱按出厂标志竖向搬运和存放于距安装位置较近的干净建筑物内，并将包装箱外尘土用水擦洗干净，防止开箱时污染高效过滤器的过滤纸，再对擦试后流到地面上的污水进行全面清扫。

##### 2. 开箱时的注意事项

高效过滤器开箱后应即时安装，达不到安装条件的不得开箱；开箱人员应穿干净工

作服及工作鞋，不得用手和工具触摸滤纸；开箱后发现高效过滤器保护袋有积尘现象，应用清水擦试干净；过滤器开箱后，应由衣着干净的人员，带干净手套按出厂标志竖向搬到洁净室小心轻放。

3. 质量检查

质量检查包括外观检查、高效过滤器本体及接缝处的渗漏检查和补漏工作等三道工序。

(1) 外观检查。检查高效过滤器的型号、规格是否符合设计要求，并有产品合格证；检查高效过滤器外框表面是否光滑牢固，端面与刀口端面是否平直，端面平整度的允许偏差不应大于1mm；检查过滤纸是否平整严密，检测过滤率及气流箭头应标注清晰。

(2) 渗漏检查。其方法有用浊度计和用粒子计数器检查两种

当用浊度计检查时，是在高效过滤器的上风侧引入高浓度烟雾，如油雾、巴兰香烟雾等（浓度 仪器最小灵敏度的 $10^4$  倍）要求在高效过滤器的下风侧距高效过滤器表面20 ~30mm 处，沿整个高效过滤器的表面和边框进行扫描。扫描速度宜取20 ~30mm /s。当仪器读数高于高效过滤器穿透率的10 倍时，即为有渗漏，应进行补漏。

当用粒子计数检查时，先用粒子计数器对高效过滤器表面滤料的怀疑受损处，进行检查；然后对边框进行定点检查（图3 -42）：在距高效过滤器表面20 ~30mm 处，对每条边框测3 ~4 点，每个过滤器共测8 ~12 点，每个点采样量 0.3 升，当计数读数高于高效过滤器穿透率10 倍时（指粒径 0.5 微米的数值）为有渗漏，应予以补漏。

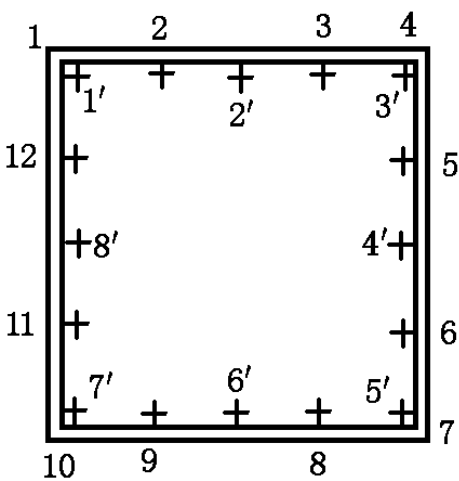


图3 -42 边框检漏布点图

(3) 补漏。如滤纸破损，应用过氯乙烯胶或401 胶或88 号胶涂抹。如边框接合处等漏风，应用硅橡胶或火漆涂抹。这里所指的硅橡胶是指嵌段甲基室温硫化硅橡胶，它对金属、木材、水泥的粘接性能均好，对塑料差一些。火漆软化后（稍加热即成粘状物）便于涂抹，与框架粘接比较好，成型快，但冷却后较脆。

(三) 高效过滤器安装方式

高效过滤器的安装，其密封性如何，直接影响净化效果。过滤器安装按其安装框之间的密封形式通常有密封法、涂密封胶法和液封法三种。如图3 -42 所示。此图3 -43 边框检漏布点图外还有负压密封法。

1. 密封垫法

如图3 -43a 在过滤器与安装框架之间缝隙部位垫上密封垫材料，利用机械压紧装置将过滤器压紧后以实现密封。垫的厚度不宜超过8mm，压缩率为25 % ~30 %。这种方式无论过滤器位于水平面还是垂直面上，无论从安装框架的哪个方向去安装固定，均可应用。

密封垫材料可用闭孔海绵橡胶或氯丁橡胶板，厚度不小于5mm，密封接头用榫接，避免对接和搭接，接头处涂以密封胶，密封垫应先用粘接剂粘在过滤器边框上，然后与安装框均匀压紧，压缩率以50 %左右为宜；但不得压得太紧，否则失去弹性，造成封闭不良，大大降低过滤效率。为防止密封垫被压紧时超过最大压缩量，故在海绵中加聚氯乙烯停止器，以阻止海绵垫压得过紧，保持垫的弹性，从而保证良好的密封性能。

2. 涂密封胶法

如图3 -43b，利用过滤器的自重搁置在安装框架上，同时在安装缝隙处填涂密封材料，使其自行固化而达到密封。

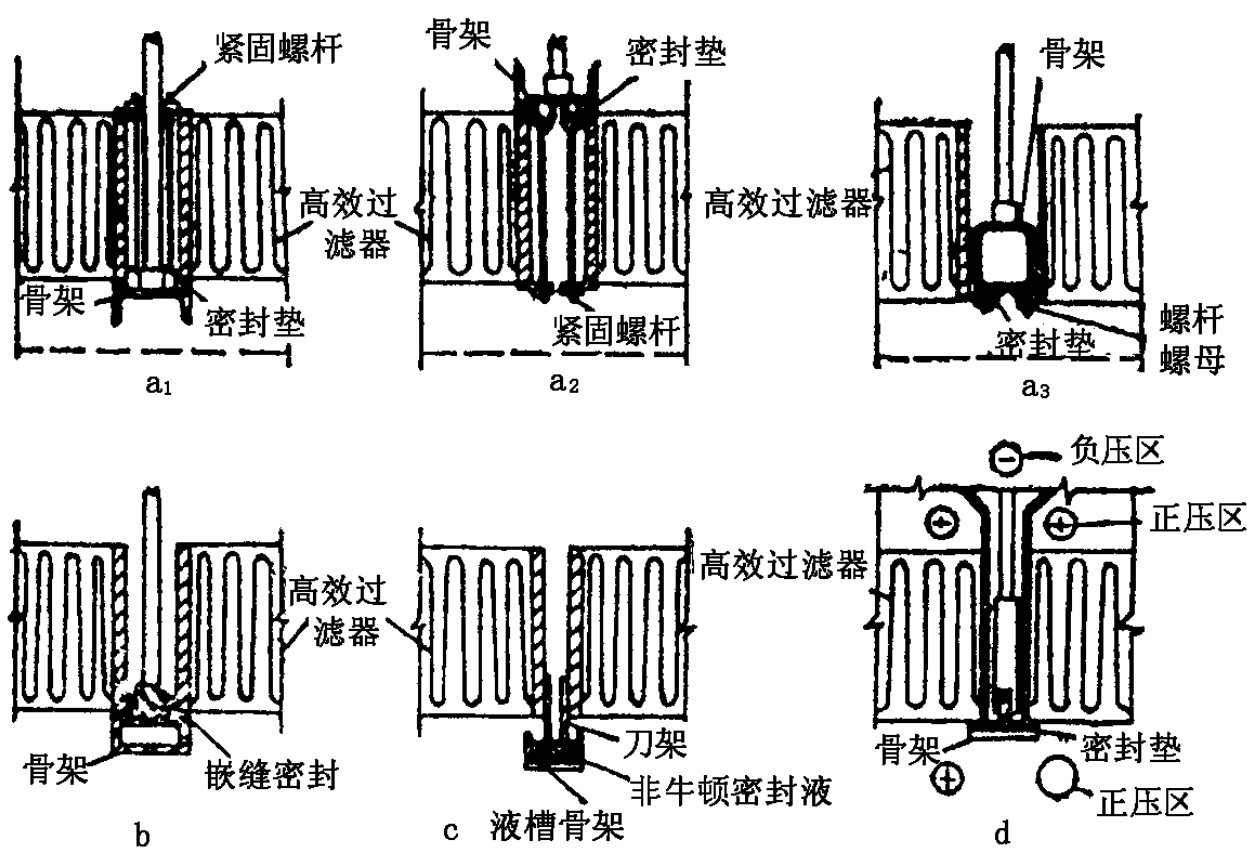


图3 -43 高效过滤器的不同安装方式

常用的密封胶有QD233 硅橡胶和南大703、704 硅橡胶。QD233 硅橡胶由北京化工

厂生产，系室温硫化硅橡胶的一种，适用于钢铁、木材、混凝土、玻璃、陶瓷等的粘接，能保持良好的气密性，在 -70 ~150 内保持弹性。南大703、704 硅橡胶系室温硫化硅橡胶种类，具有优越的抗老性、耐高低温（ -60 ~ +200 ）、防水、防震性能，适用金属、陶瓷、混凝土、塑料等材料的粘接，特别适用于各种金属及非金属材料之间的密封和胶接口。

QD233 硅橡胶的使用方法：先将要密封的表面擦洗干净，然后刷处理剂（每100 克溶液中，硼酸1 克，乙醇49 克，正硅酸乙脂50 克。先将硼酸溶于乙醇内，再将正硅酸乙酯放入，调匀后即可用）。处理剂晾干后，才可涂硅橡胶，每100 克 QD233 硅橡胶加入1 ~2 克纯二月桂酸二丁基锡固化剂，调匀后即可涂抹。硅橡胶涂好后，在常温下固化40 小时左右即可开机检漏。如仍有渗漏之处再涂硅橡胶补漏。

南大703、704 硅橡胶的使用方法：先将要密封的表面擦洗干净，然后涂抹硅橡胶，涂胶应均匀，不得有气泡、针孔产生；先涂一次，一个小时再涂一次，固化24 小时后即可开风机检漏。

3．液封法

液封法又称液槽密封法。它是将过滤器框出风侧的端面和安装框架的承托面，两者之一方作成刀架，另一方作成凹槽，槽内注入常温常压下不流动的粘胶状液体，当高效过滤器靠自重就位后，刀架与凹槽相互承插，在液槽内形成密封。犹如泡菜坛盖子水封坛内外气体一样。通常将安装框架断面作成开口向上的凹槽，槽内贮液体，再将过滤器出风端面的边框作成刀架，过滤器就位时，刀架插入液槽内以实现密封。如图3 - 43c 所示。

液封法与密封垫法、涂密封胶法相比，具有极高的气密性，构造简单，安装方便，因而广泛应用。

液槽密封气密质量的关键决定于液封材料。一般采用聚异丁烯液体以密封。其化学物理性质如下：化学性质稳定，通常条件下不分解，不氧化，具有良好的抗臭氧、抗氧化、耐酸碱等特性。长期使用不老化变质。它的分子量在500 ~200000 之间，分子量低于50000 的呈粘性液体状，低分子量聚异丁烯为无色透明或浅黄色液体，这种液体无臭，不蒸发也不挥发，闪点高，不能点燃。聚异丁烯不溶于水及醇类、醚类等极性溶剂，但它能与石油烃、芳烃、卤烃或其矿油相混。

4．负压密封法

负压密封法是指凡属于相邻于洁净室的空间造成相对负压，用以防止污染空气通过缝隙进入洁净室的方法。如图3 - 43d 所示。这种方法不是从安装缝隙本身而是从正压控制的角度来实现密封的。当安装缝隙出现泄漏时，使泄漏只能朝向洁净室以外的负压



空间，而不能反方向进入洁净室内。

(四) 高效过滤器安装构造示例

1. 在风管上安装

如图3 -44 所示。它用于散流器顶送和百叶风口侧送等送风方式。高效过滤器常装在布于技术夹层或夹道内的风管上。这种安装方式，如有渗漏，只能渗漏到夹层或夹道内，不会影响到洁净室的洁净度。

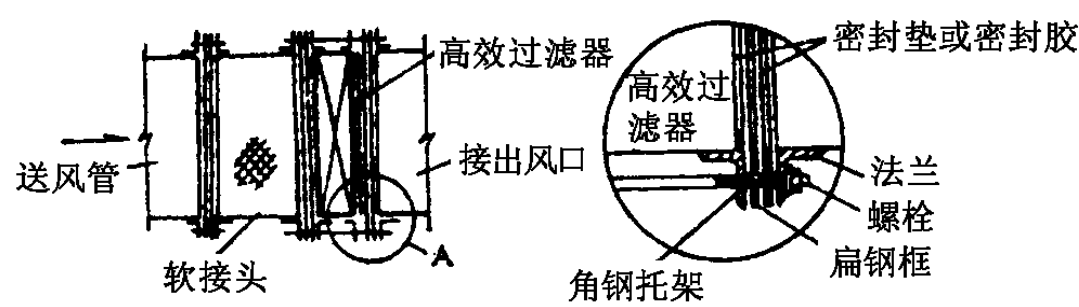


图3 -44 高效过滤器在风管上安装

2. 在紊流洁净室顶棚送风口安装

它可分为上装式（在顶棚上面安装）和下装式（在室内安装）两种。图3 -45 为在风口上装式安装，由于管道内处于正压，密封垫处如漏气只能从管内透过过滤器与框架间的安缝向外界泄漏，不可能污染洁净室，但须具备进入到夹层内安装的条件。图3 -46 为在风口下装式安装，即从下向上将过滤器安装在管道内部，虽然节省了上装式所需要的空间，但若安装缝隙不严，过滤器前段的空气将有可能泄漏进入室内。

3. 水平或垂直层流洁净室的高效过滤器安装

图3 -47 为层流洁净室框架的室外一侧安装过滤器，图3 -47a 采用扁方型钢框架断面最为简单。若须布置灯带时也采用槽形断面框架，如图3 -47b。

4. 垂直层流洁净室过滤器液封安装

如图3 -48 所示。液槽密封的效果除与密封液有关外，还与支承液槽框架（骨架）系统的安装精度有关。为了防止液槽系统运行到液面差接近最大值时液槽露底鼓泡漏气或局部地段液体外溢，为了保证高效过滤器刀架能在有限空间里顺利地安装上，要求安装骨架系统时，垂直方向上液槽纵横中心线高差不得大于3mm（h 3mm）。液槽就位后纵横中心线的偏差不得大于5mm（ 5mm）。

如何保证液槽骨架安装在一个水平面上？可将支承液槽骨架的各种构件就地组装就位，整体检查平面和垂直精度是否达允许值，各项安装精度满足后，即可用环氧树脂胶填满各构件对接或搭接处的缝隙，并用螺栓固定。这样支承液槽骨架便形成了水平的整

体骨架系统。

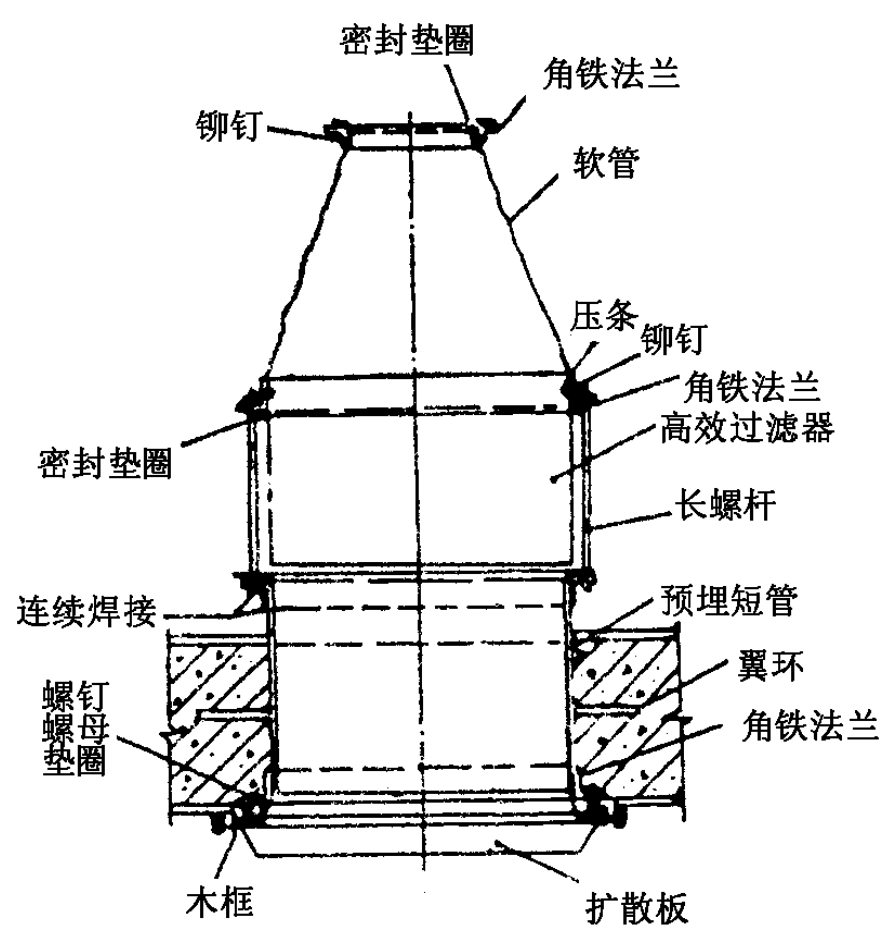


图3 -45 在顶棚送风口安装（上装式）

- 1—高效过滤器 ;2—角钢法兰 ;3—铆钉 ;4—压条 ;  
5—长螺杆 ;6—预埋短管 ;7—翼环 ;8—扩散板 ;  
9—螺钉 , 螺母 , 垫圈 ;10—软管 ;11—密封垫圈 ;  
12—木框 ;13—连续焊接

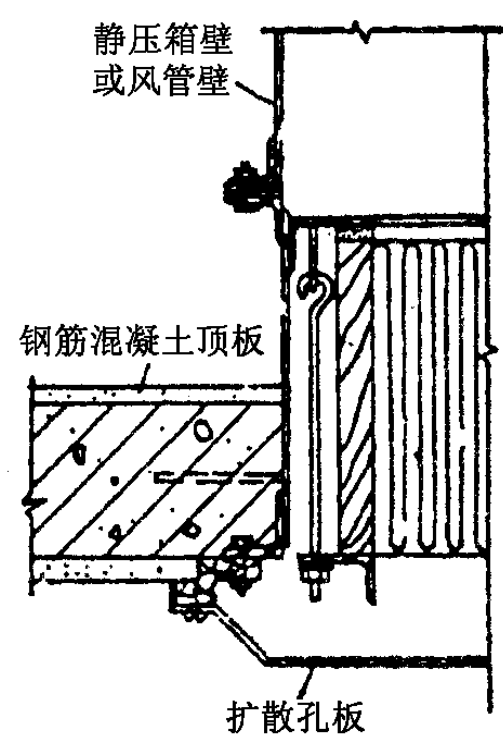


图3 -46 在顶棚送风口安装（下装式）

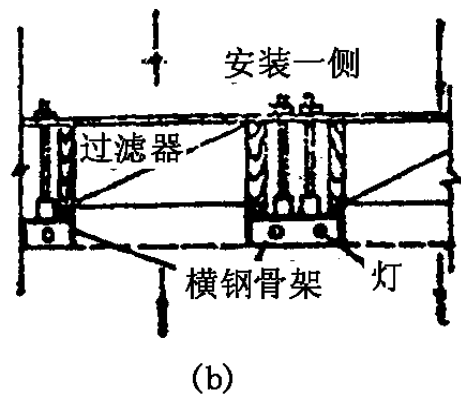
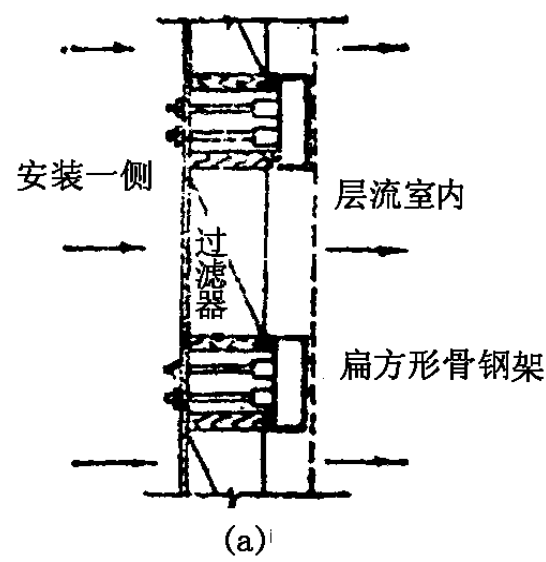


图3 -47 水平或垂直层流洁净室过滤器从室外侧安装

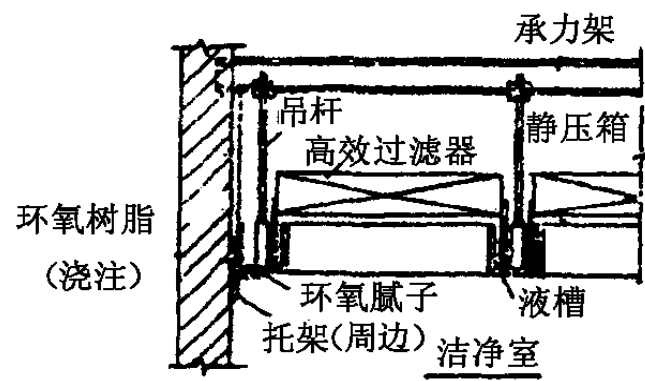


图3 -48 高效过滤器液封安装

## 第五节 制冷系统安装

我们在第一章第四节中介绍了空调用制冷系统的工作原理及组成。空调制冷主要采

用活塞式、离心式、螺杆式蒸汽压缩制冷和吸收式制冷及蒸汽喷射式制冷方式，其中活塞式蒸汽压缩制冷使用最为普遍。本节着重介绍活塞式制冷系统的安装。

由于制造厂生产的制冷设备有散装式、组装式和整体式三种。从安装设备的角度出发，散装式制冷设备安装复杂，组装式和整体式制冷机组的安装都比较简单。但从安装方面它们有许多共同规律，安装方法也基本相同。因此，本节重点讲述散装的活塞式制冷设备安装和制冷管道的安装。

制冷系统安装质量的好坏，直接关系到制冷系统的正常运转，甚至影响制冷压缩机的使用寿命。安装制冷设备不同于安装其它机械设备，它有其本身的特点性。充分重视制冷设备安装的特殊要求，是保证制冷系统正常运转的关键。那么，制冷设备安装的特殊要求是什么呢？最主要的是各部件间的管路连接要有可靠的严密性，这是因为制冷系统是与大气相隔绝的密闭式系统，不论它是否运转，系统内部都充满着制冷剂，其压力不是比大气压力高几倍或十几倍（如冷凝压力），就是低于大气压力（如低温箱的吸气压力），若系统不严密，不是制冷剂从系统中漏出（如R22 的渗透能力很强，能穿过极微细的缝隙），就是外界空气渗入到系统内部，造成制冷机不能正常运转。另一特殊要求是在安装时，应注意保持系统内部清洁，对氟利昂制冷系统，不能有水分和潮气侵入。否则，会影响制冷机的正常运转和制冷机的工作寿命。因此，安装制冷系统时，必须注意施工的各个环节，严格按照有关规范及产品说明书中的技术要求施工，确保工程质量。

## 一、制冷设备安装

### （一）安装前的准备工作

安装工作开始前，应具备全部设备和所需的技术资料，了解设计内容，编制安装施工组织计划，准备施工中的用水用电，并做好以下各项准备工作：

- （1）认真作好制冷设备开箱检查。检查主体和零、部件等是否齐全和表面有无缺损及锈蚀情况，并做好开箱记录。
- （2）按照设计图纸（或设备技术资料）检查核对设备基础位置、尺寸和全部土建预埋件及预留孔是否符合设计要求。
- （3）活塞式制冷机辅助设备在安装前或就位后，应用0.6MPa 的压缩空气将内部彻底吹洗干净，不得有污物、铁屑等存留在设备内。
- （4）对冷凝器、贮液器、蒸发器、油分离器等受压容器，应作强度试验和严密性试验。制冷系统辅助设备试验压力见表3 - 16。对无产品合格证的受压容器，未经检验合

格时，严禁使用，不得安装。

表3 -16 压力试验压力值 (MPa)

名称	强度试验 (水压) (MPa)			气密性试验室(空气或氮气)(MPa)		
	R <sub>717</sub>	R <sub>22</sub>	R <sub>12</sub>	R <sub>717</sub>	R <sub>22</sub>	R <sub>12</sub>
在冷凝压力下工作的设备	3	3	2.4	2.4	2.4	1.6
在蒸发压力工作的设备	2.4	2.4	1.6	1.6	1.6	1.0

水压试验装置如图3 -49 所示。

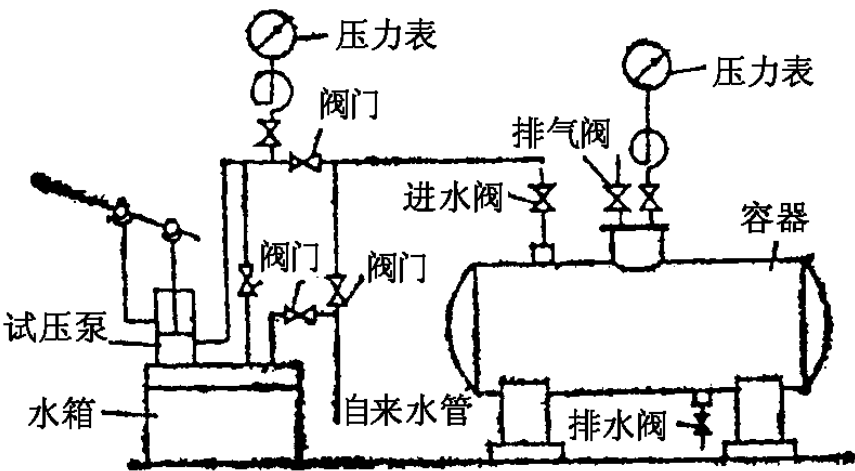


图3 -49 水压试验装置示意图

1—试压器 ;2—水箱 ;3、4、5、6—阀门 ;7—进水阀 ;8—排气阀 ;  
9—排水阀 ;10、11—压力装 ;12—自来水管 ;13—容器

由于氟里昂对系统中所含水分要求严格，有的热交换设备盘管来回弯曲，水分不易清除。因此在一般情况下不作水压试验，应作气密性试验。若对设备确实无把握，需作水压试验时，试压后务必将水分清除干净，然后边抽真空，边干燥。如果设备外表漆层已掉，生锈严重，应将锈层认真除去，然后补刷底漆两遍待装（漆层不宜过厚，而且要求均匀）。

⑤）准备好安装工具，吊装设备和其它必要的物资等。

(二) 压缩机安装

压缩机安装就位之前，应根据房间的墙、柱中心线，按图纸要求尺寸划出压缩机的基础中心线，如系多台冷冻机时，应使中心线平行且对齐。用强度足够的钢丝绳吊装压缩机，一般是先安装机体，然后以机体为基准再安装电动机。因为一般机体比电动机重，而且它要与其他设备用管路相互连接；而电动机的位置则可根据机体的具体位置作适当调整。机体的安装分如下步骤。

1．机体的就位安装

对于小型的压缩机，可用2~4人抬起放到机座上；对于中型压缩机可用拖运架和滚杠在斜面上滚动的方法运输和安装就位，如图3-50所示。中型压缩机如安装场地宽阔也可采用铲车直接就位；对于大中型压缩机可用两木塔起重架，有时也可用单木桅杆滑轮组和在建筑物上挂滑轮组配合进行吊装，如图3-51和图3-52所示。吊装这些设备也可利用车间的起重设备，如桥式起重机、电动葫芦吊装。

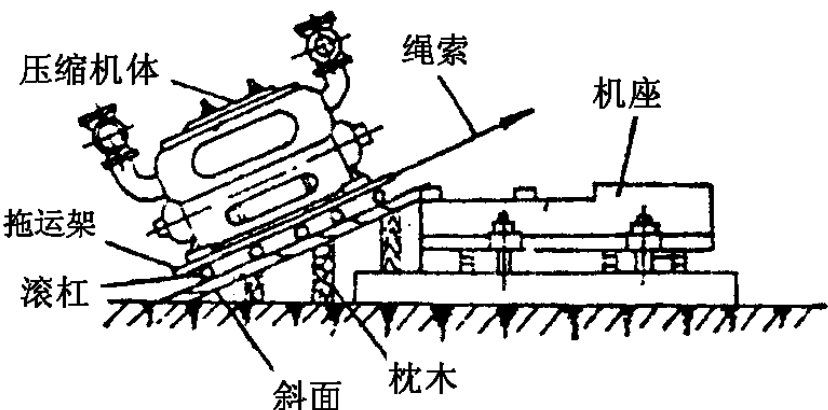


图3-50 中型压缩机的滚动安装

1—压缩机体；2—拖运架；3—滚杠；4—斜面；5—枕木；6—绳索；7—机座

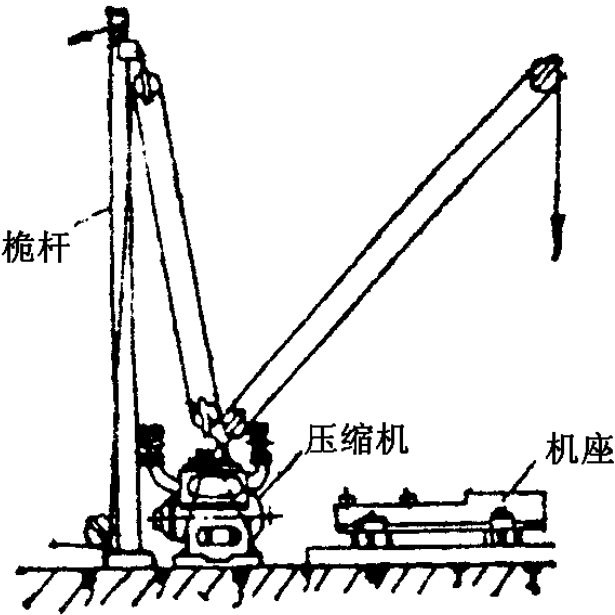


图3-51 利用人字架起吊压缩机

1—桅杆；2—压缩机；3—机座

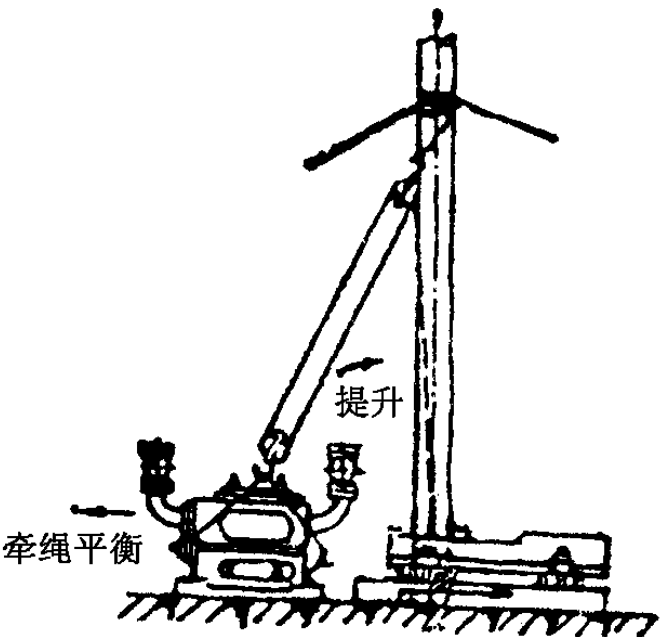


图3-52 利用单桅杆起吊压缩机

起吊运输时，应正确选择绳索的结扎位置，吊绳的转拆处与设备接触部位，应以软质材料衬垫，以防设备、机体、管路、仪表、附件等受损和擦伤油漆。不许将绳索结扎于压缩机的各连接管、压缩机轴和法兰盘上。

机体的纵向中心线是以曲轴中心为准，机体的横向中心线是以排气管出口为中心。找正时，对准基础中心线调整基体中心，使整台机器符合设计位置要求。

2．机体找平

将水平仪放在冷冻机的加工基准面上（对于立式或六缸冷冻机，把气缸盖打开，放在气缸上部端面检查，如图3-53所示。对于四、八缸冷冻机，则利用飞轮基准面或曲

轴伸出端进行检查)，利用垫铁调至水平。安装精度是机身纵横向水平度均不应大于 $0.2/1000\text{mm}$ 。对于有公共底座的冷水机组，应按主机结构选择适当位置作基准面。当然精度越高越好。垫铁与机底不能有间隙，使其受力均匀。

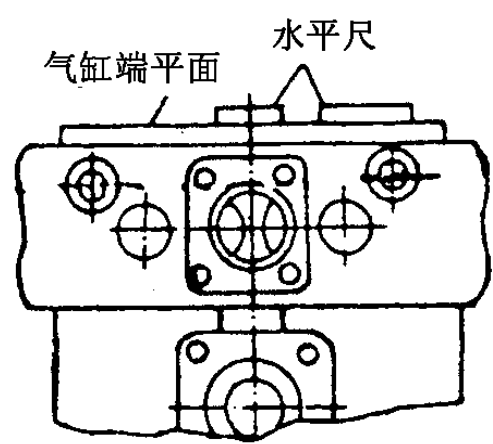


图3 -53 立式压缩机的机体找平

1—气缸端平面 ;2—水平尺

3 . 电机安装

安装电动机的主要工作，就是把电动机的中心线调整到与压缩机的中心线在一条直线上。电动机与压缩机轴的连接有皮带轮连接和联轴器连接。所以电动机安装的主要工作就是皮带轮和联轴节的找正。

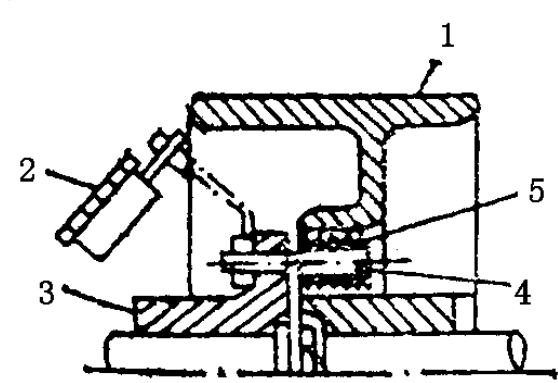


图3 -54 找同轴度示意图

1—压缩机串联轴器 ;2—千分表 ;3—电动机串联轴器 ;4—联轴器螺钉 ;5—弹性橡皮

如果电机和压缩机无公共底盘，在安装压缩机的同时，将电机及电机导轨安装好，并用拉线的办法使电机和压缩机皮带轮在一个平面上。若是直接传动，还须调节电机和压缩机的两轴同心，其径向偏差数不大于 $0.2\sim0.3\text{mm}$ ，否则弹性橡皮易坏，并能引起振动。方法如图3 -54 所示。

4 . 地脚螺栓灌浆

压缩机机体及电动机安装好后，即可进行地脚螺栓灌浆。在灌浆前，必须全面复测各部位水平度，并做好垫铁的隐蔽工程记录。灌浆用的混凝土标号应高于基础标号，一般采用细碎石混凝土。灌浆时，中间不得停顿，要一次浇完，灌浆中要分层捣实。操作

时不能碰撞设备，灌完后要洒水养护，以免裂缝。养护时间随温度而定，但最少不能少于8 天，方可进行其它部位工作。待地脚螺栓混凝土凝固后，再调整垫铁进行精平；精平合格后，拧紧地脚螺栓（螺母露出2 ~3 扣），然后将垫铁用电焊互相焊牢，最后进行二次灌浆。

(三) 冷凝器与贮液器安装

1. 立式冷凝器安装

立式冷凝器一般安装在室外冷却水池上的槽钢上或不完全封顶的钢筋混凝土水池盖上。

安装在水池顶上的立式冷凝器如图3 -55 所示。这种形式在安装时应根据冷凝器地脚螺栓的位置，预埋好地脚螺栓，待冷凝器吊装就位找正后，再拧紧地脚螺栓。采用各种安装形式时要求地脚螺栓预埋准确。另外，也可以采用在地脚螺栓位置预埋直径较大的套管，待冷凝器就位找正后，将螺栓穿入套管，并通过上下加垫圈的方法将螺栓、冷凝器和套管紧固起来。采用这种安装方法时，在预埋套管时要求套管埋设要垂直，与钢筋混凝土中的钢筋焊牢，以防套筒脱落或松动。

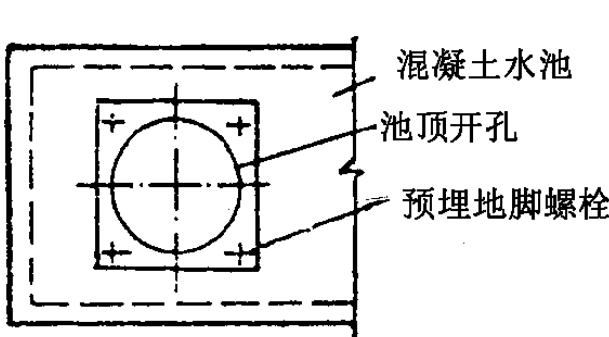


图3 -55 冷凝器在水池顶上安装示意图  
1—混凝土水池；  
—池顶开孔；  
3—预埋地脚螺栓

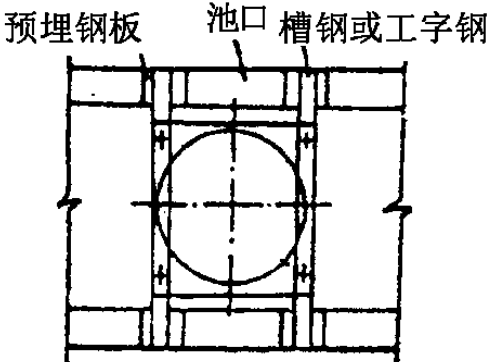


图3 -56 冷凝器在槽钢上安装示意图  
1—预埋钢板；2—池口；  
3—槽钢或工字钢

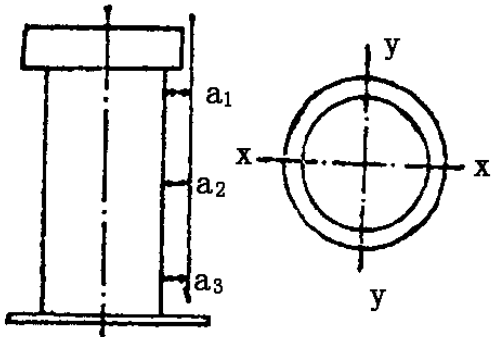


图3 -57 立式冷凝器找垂直

安装在槽钢上的立式冷凝器如图3 -56 所示。先在混凝土水池面上预埋长300mm，宽度与池壁厚度相同，厚度为10mm 的钢板预埋件。安装时先将槽钢按冷凝器底板地脚螺栓孔尺寸及位置钻上孔，将槽钢放在预埋钢板上，再将冷凝器吊装到槽钢上，并用螺栓固定，然后对冷凝器找垂直。不符合要求时用垫铁调整。达到要求后将槽钢、垫铁及预埋钢板用电焊固定。

立式冷凝器安装后应使其垂直，允许偏差不得大于1 /1000。测量偏差的方向是在冷凝器顶部吊一线锤，测量筒体上、中、下三点距锤线的距离，x、y 方向各测一次，如图3 -57 所示。 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$  的差值不大于1 /1000 为合格。

吊装冷凝器时，不许将绳索绑扎在连接管上，应绑扎在筒体上。立式冷凝器的重心较高，就位后应采取措施防止其摇摆或倾倒，待冷凝器安装完毕，再安装梯子、平台、顶部水槽等附件。

2. 卧式冷凝器安装与贮液器安装

卧式冷凝器一般安装在室内，也可安装在室外。当安装在室内时，应考虑到它的一端应留有相当于冷凝器内管子长度的距离，或者在对准它的端部外开设门、窗，以便修理或更换管子。采用卧式冷凝器时，为了减少占地面积和管路长度，可将贮液桶设在卧式冷凝器下部。但是安装高差必须保证冷凝器中的制冷剂能顺利流到贮液桶中。

卧式冷凝器一般用混凝土做基础，也可以用槽钢作支架。如图3 -58 所示是卧式冷凝器同贮液桶共安装在混凝土基础、槽钢支架上。

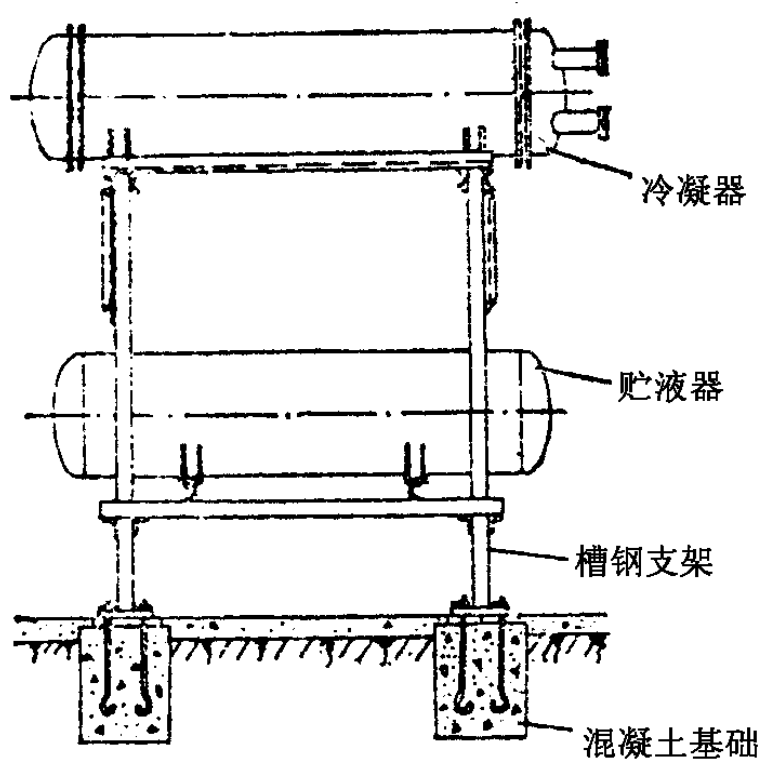


图3 -58 卧式冷凝器与贮液桶安装示意图

1—冷凝器 ;2—贮液器 ;3—槽钢支架 ;4—混凝土基础

卧式冷凝器与贮液器一起安装在钢架上时，钢架必须垂直，应用吊垂线的方法进行测量。设备的水平度主要取决于钢架的水平度，焊接钢架的横向型钢时，要求用水平仪进行测量。因型钢不是机加工面，仅测一处，误差较大，应多选几处进行测量，取其平均值作为水平度。卧式冷凝器与水平度的要求，一般情况下，当集油罐在设备中部或无集油罐时，设备应水平安装，允许偏差不大于1 /1000 ；当集油罐在一端时，设备应设1 /1000 的坡度，坡向集油罐。

所有冷凝器与贮液器之间都有严格的高差要求，安装时应严格按照设计的要求安装，不得任意更改高度，一般情况下，冷凝器的出液口应比贮液器的进液口至少高



200mm (图3 -59 )。

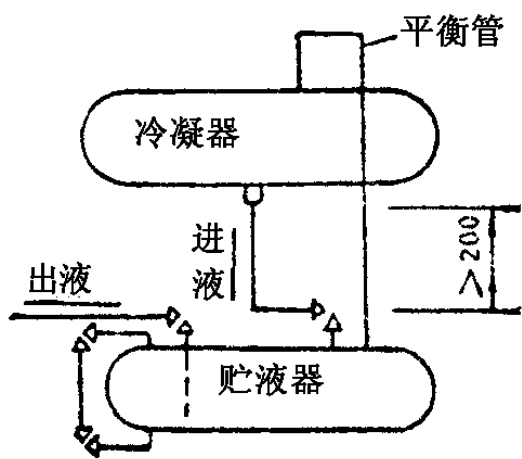


图3 -59 冷凝器与贮液器的安装高度

卧式高压贮液器顶部的管接头较多，安装时不要错接，特别是进、出液管更不得接错。因进液管是焊在设备表面的，而出液管多由顶部表面插入筒内下部，接错了不能供液，还会发生事故，因此应特别注意，一般进液管直径大于出液管的直径。

(四) 蒸发器安装

1. 立式蒸发器安装

立式蒸发器一般安装于室内的绝热基础上，如图3 -60 所示。

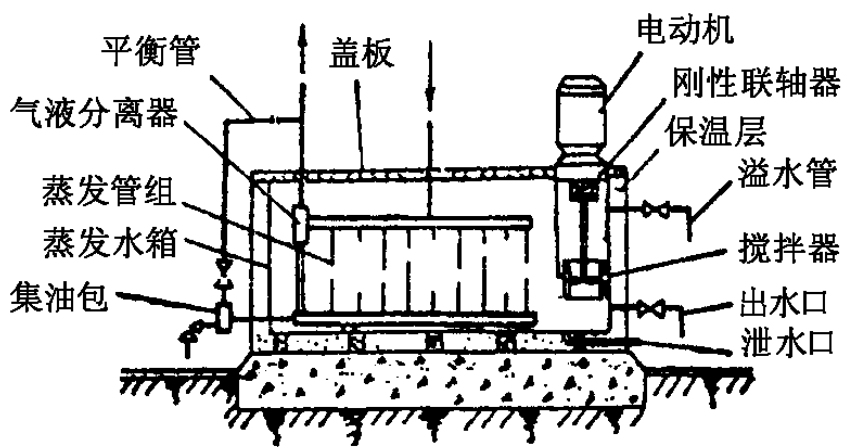


图3 -60 立式蒸发器安装

- 1—蒸发水箱 ;2—蒸发管组 ;3—气液分离器 ;4—平衡管 ;5—盖板 ;6—电动机 ;  
7—刚性联轴器 ;8—保温层 ;9—溢水管 ;  
10—搅拌器 ;11—出水口 ;12—泄水器 ;  
13—集油包

蒸发器水箱就位前应作渗漏试验，具体作法为：将水箱各处管接头堵死，然后盛满水保持8 ~12 小时，以不渗漏为合格。吊装水箱时，为防止水箱变形，可在水箱内支撑木方或其他支撑物。水箱就位后，将各排蒸发管组吊入水箱内，并用集气管和供液管连成一个大组，然后垫实固定。要求每排管组间距相等，并以1 /1000 的坡度坡向集油器。

由制造厂供货的立式蒸发器均不带水箱盖板，为减少冷损失，必须设置盖板。通常

的方法是用5mm 厚，并经过刷油防腐的木板做成活动盖板。

2. 卧式蒸发器的安装

卧式蒸发器一般安装在室内的混凝土基础上，用地脚螺栓与基础连接。为防止“冷桥”的产生，蒸发器支座与基础之间应垫50mm 厚的防腐垫木，垫木的面积不得小于蒸发器支座的面积。安装完毕试压合格后，进行绝热。其他安装要求如水平允许偏差等均同卧式冷凝器。图3 -61 所示是卧式蒸发器的安装图。

(五) 油水分离的安装

油水分离器多安装在室内或室外的混凝土基础上，用地脚螺栓固定，垫铁调整水平。洗涤式油分离器，安装时应特别注意与冷凝器的相对高度，一般情况，洗涤式油分离器的进液口应比冷凝器的出液口低200 ~250mm ，如图3 -62 所示。

油分离器应垂直安装，允许偏差不得大于1.5 /1000，可用吊垂线的方法进行测量，也可直接将水平仪放置在油分离器顶部接管的法兰盘上测量，符合要求后拧紧地脚螺栓将油分离器固定在基础上，然后将垫铁点焊固定，最后用混凝土进行二次灌浆。

其他辅助设备如空气分离器、中间冷却器、集油器等设备可参考以上办法进行安装。

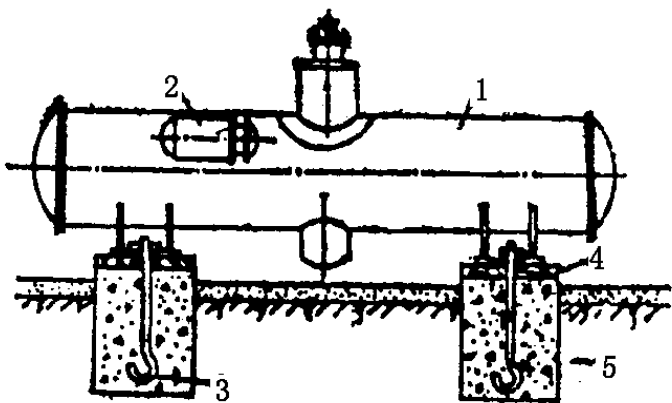


图3 -61 卧式蒸发器安装示意图  
1—蒸发器 ;2—浮球阀 ;3—地脚螺栓 ;  
4—垫木 ;5—混凝土支墩

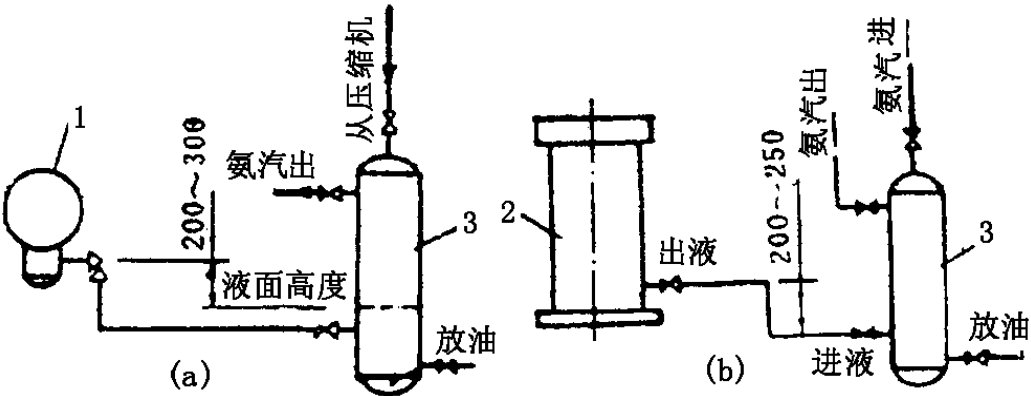


图3 -62 洗涤式油分离器与冷凝器的安装高度  
(a) 卧式冷凝器与洗涤式油分离器间的管道连接 ;  
(b) 立式冷凝器与洗涤式油分离器  
间的管道连接。1—卧式冷凝器 ;2—立式冷凝器 ;  
3—洗涤式油分离器

二、制冷剂管道及阀件安装

(一) 制冷剂管道及阀件的选用

(1) 一般氨制冷系统管道，选用10 #、20 # 优质碳素钢无缝钢管。工作温度小于 -40 者采用低温用合金钢管。

② 氨管的弯管采用弯曲半径 $3.5D \sim 4D$ 为宜，椭圆率不应大于8%，不得使用焊接弯头（虾米弯）及褶皱弯头。

③ 制作三通时，支管应按介质流向弯成 $90^\circ$ 弧形与主管相连，如图3-63所示。当支管与干管同径且管内径小于50mm时，则需在干管上用直径大一号的管段，再按以上规定进行焊接（见图3-63b）。

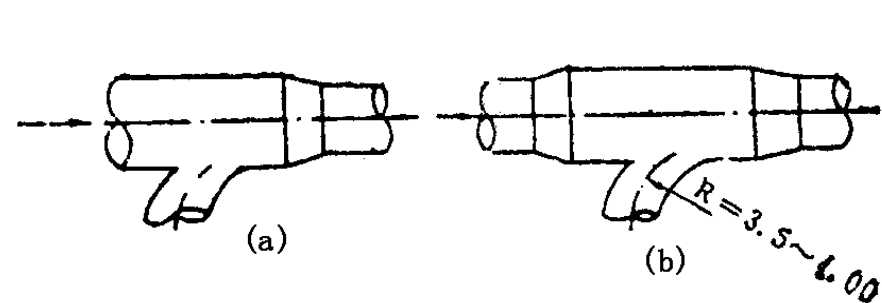


图3-63 制冷剂管道三通示意图

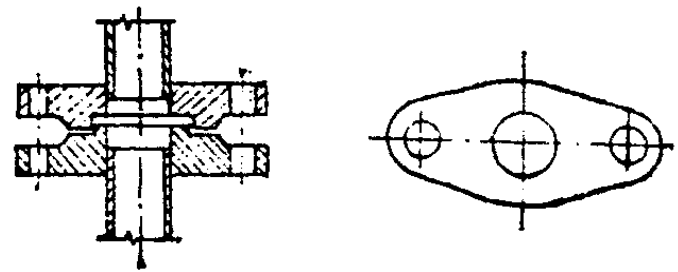


图3-64 腰形法兰盘

④ 氨管道及氟利昂管道所用的阀门都是专用阀门，应分别选用氨用和氟利昂用的阀门，安全阀、压力表等也是专用的。

⑤ 氨管法兰采用 $P_N = 2.5\text{MPa}$ 的凹凸面平焊方形或腰子形法兰，如图3-64所示。

⑥ 氟利昂制冷系统的管道管径小于20mm时，一般采用紫铜管，管径在25mm以上的采用无缝钢管。

(二) 制冷管道的清洗

制冷管道在安装前必须进行除锈、清洗和干燥，管壁应清洁且不含水分。因为铁锈、污物等进入系统内，造成压缩机的活塞、气缸、阀片及油泵等损坏，或系统阀门、滤网将被堵塞，使压缩机工作无法正常进行，甚至造成严重事故；又因氨易溶于水，氨含有水分时，会降低氨的纯度，影响氨制冷工作正常进行，而氟利昂不溶于水，含水分时，易引起系统的“冰塞”。

制冷管道的清洗一般采用下述方法。

① 对于钢管可用人工、机械方法清除管道内壁的污物。如使用钢丝刷子在管道内壁往复拖拉数十次，直至将管内污物及铁锈等物彻底清除后，再用干净的棉纱和煤油擦净。若用于氟利昂系统时，可用汽油或三氯乙烯清洗管道内壁，洗涤后再用干燥的压缩空气吹干。

② 对于小口径的氨用管道、弯管，可用干净的棉纱浸煤油，将管道内壁擦净。每拉一次纱头都在煤油中清洗过，直到洗净为止，最后用干纱头再拉一次。

③ 紫铜管经过退火后，铜管内壁的氧化皮要予以清除，清除的方法，可以进行酸

洗，即把紫铜管放在浓度为98 %的硝酸（占30 %）和水（占70 %）的混合液中浸泡数分钟，取出后用碱水中和，并用清水冲洗后烘干。

（三）制冷管道连接

制冷系统中管道连接通常有：焊接、法兰连接和丝扣连接三种方式。

1．焊接

焊接是制冷系统管道的主要连接方式，因其强度大，严密性好而被广泛采用。对于钢管，当壁厚小于或等于4mm 时采用气焊焊接，大于4mm 时采用气焊焊接。对于铜管，其焊接方法主要是钎焊。为保证铜管焊接的强度和严密性，多采用承插式焊接，如图3 -65 所示。承插式焊接的扩口深度不应低于管外径（一般等于管外径），且扩口方向应迎向制冷剂的流动方向。

2．法兰连接

法兰连接用于管道与设备、附件或带有法兰的阀门连接。法兰之间的垫圈采用2 ~ 3mm 厚的高、中压耐油石棉橡胶 、石棉纸板或青铅。氟利昂系统也可采用0.5 ~1mm 厚的紫铜片或铝片。

3．丝扣连接

丝扣连接主要用于氟利昂系统的紫铜管在检修时需经常拆卸部位的连接。其连接形式有全接头连接和半接头连接两种，如图3 -66 所示。一般半接头连接用得较多。这两种形式有丝扣连接，均可通过旋紧接扣不用任何填料而使接头严密不漏。

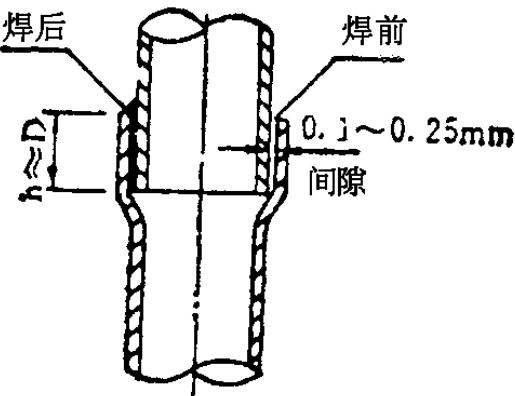


图3 -65 管道承插式焊接

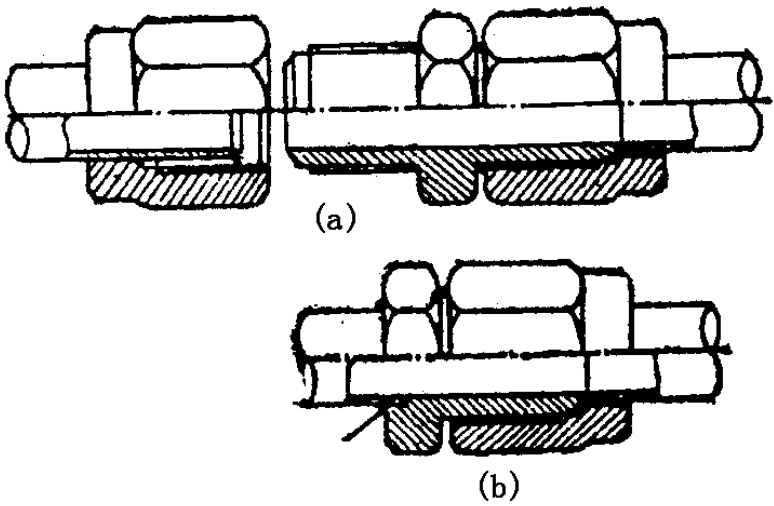


图3 -66 丝扣连接  
(a) 全接头连接；(b) 半接头连接

（四）制冷管道安装

制冷系统的管道一般沿墙或顶棚敷设，其安装时应注意以下几点：

1. 制冷剂管道均应设置坡度。坡度和坡向视各设备之间的具体管道而定。

(1) 压缩机到冷凝器的水平排气管，坡度不应小于10 /1000，坡向油分离器和冷凝器，如图3 -67 所示。

(2) 氨系统蒸发器到压缩机的水平吸气管、坡度不应小于5 /1000。坡向蒸发器，如图3 -68 所示。

(3) 氟利昂系统蒸发器到压缩机的水平吸气管，坡度不应小于10 /1000，坡向压缩机，如图3 -69 所示。

(4) 冷凝器到贮液器的水平液体管，坡度不应小于3 /1000，坡向贮液器，如图3 -70 所示。

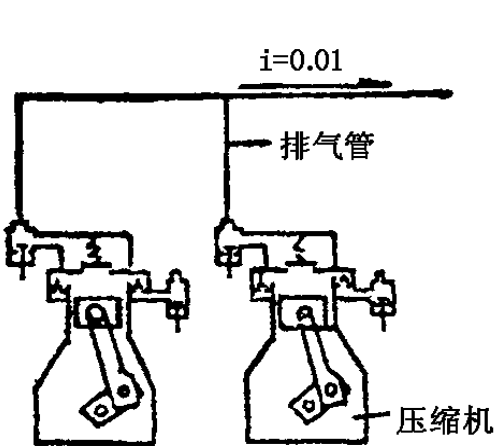


图3 -67 压缩机排汽管安装  
1—压缩机 ;2—排气管

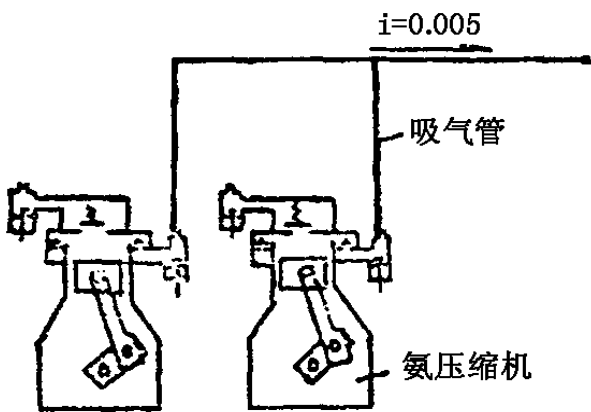


图3 -68 氨压缩机吸气管  
1—氨压缩机 ;2—吸气管

(5) 贮液器到蒸发器的给液管，坡度不小于2 /1000，坡向蒸发器，如图3 -71 所示。

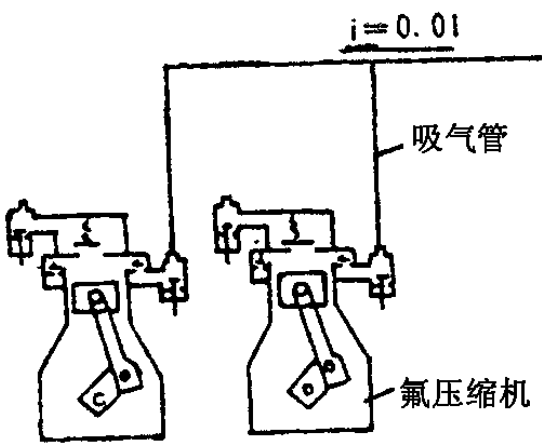


图3 -69 氟压缩机吸气管  
1—氟压缩机 ;2—吸气管

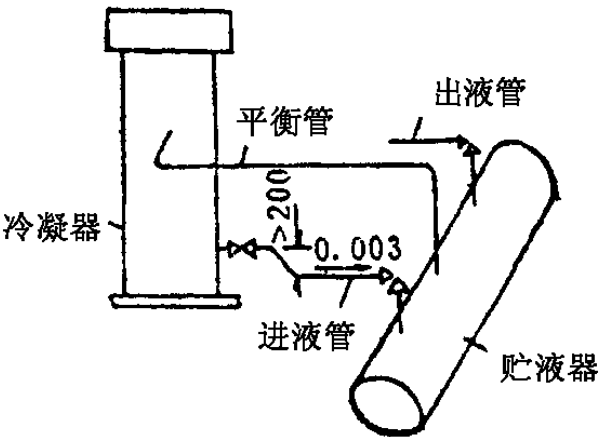


图3 -70 冷凝器至贮液器进液管  
1—冷凝器 ;2—进液管 ;3—贮液管 ;  
4—平衡管 ;5—出液管

2. 液体管道不应有局部向上凸起的现象，气体管道不应有局部向下凹陷的现象，以免产生“气囊”和“液囊”，阻碍液体和气体流动，如图3 -72 所示。

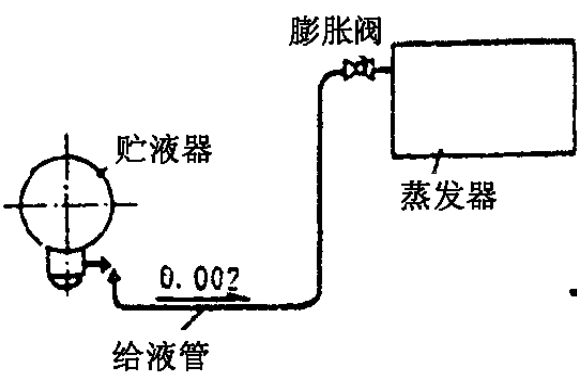


图3 -71 贮液器至  
蒸发器给液管  
1—贮液器 ;2—给液管 ;  
3—膨胀阀 ;4—蒸发器

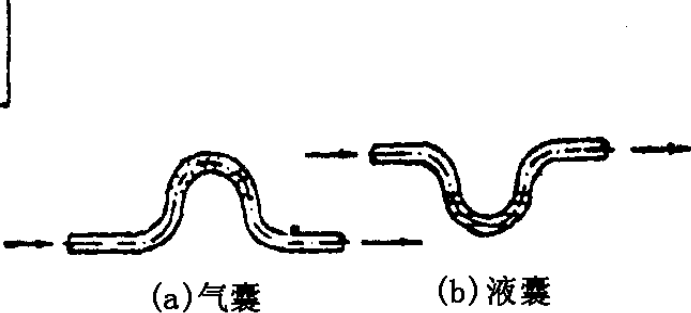


图3 -72 管道内气囊和液囊  
(a) 气囊 ; (b) 液囊

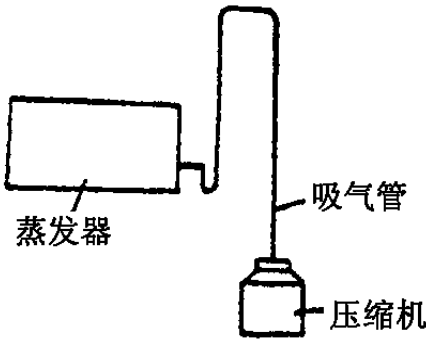


图3 -73 蒸发器在压缩  
机之上的吸气管  
1—蒸发器 ;2—吸气管 ;  
3—压缩机

3. 蒸发器安装在压缩机之上时，为防止压缩机停机时，制冷剂液体流入压缩机引起压缩机下次启动时发生液击，应将蒸发器出口之吸气管向上弯曲后再与压缩机相接，如图3 -73 所示。

4. 蒸发器安装在冷凝器或贮液器之下时，为防止压缩机停机后制冷剂液体继续流向蒸发器，应将冷凝器或贮液器出口之液体管向上弯曲2m 以上后再与蒸发器相接，或在液体管上安装电磁阀，如图3 -74 虚线所示。

5. 吸、排气管道设置在同一支吊架上时，为减少排气管高温影响，要求上下安装的管间净距离不应小于200mm，且吸气管必须在排气管之下。水平安装的管间净距离不应小于250mm。如图3 -75 所示。

6. 凡需保温的管道，支、吊架处必须垫以经过防腐处理的木制衬瓦，如图3 -75 所示。以防止产生“冷桥”。衬瓦的大小应满足保温厚度的要求。

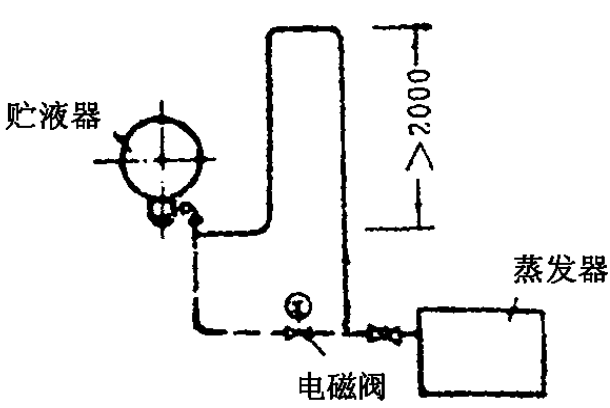


图3 -74 蒸发器在贮液器  
之下的给液管  
1—贮液器 ;2—电磁阀 ;  
3—蒸发器

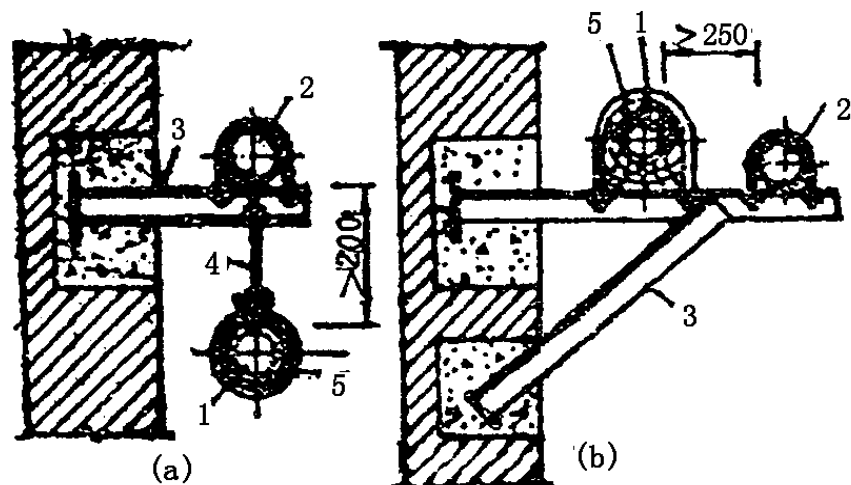


图3 -75 吸排气管同支架安装  
(a) 吸排气管上下敷设 ; (b) 吸排气管水平敷设  
1—吸气管 ;2—排气管 ;3—支架 ;  
4—吊架 ;5—隔热瓦

- 7. 在进行管道和支架的布置时，应考虑排气管路的热膨胀，一般均利用管道弯曲自然补偿。排气管道通过易燃墙和楼板时，应采用阻燃性材料隔离。
- 8. 管道穿过楼板或墙体应设置套管，焊缝不得置于套管内，钢制套管应与墙面或楼板底面平齐，并比地面高20mm，管道与套管间空隙应用隔热或其他阻燃材料填塞，并不得作管道支承。
- 9. 从液体干管引出支管，应从干管底部或侧面接出；从汽体干管引出支管，应从干管顶部或侧面接出。有两根以上支管与干管相连，连接间距相互错开。
- 10. 管道与压缩机或其他设备相接时不得强迫对口，以减少附加在设备上的力和力矩，削弱产生金属疲劳影响。
- 11. 接压缩机的吸、排气管道必须设单独支架，这样压缩机可不承受管道重力。管径小于或等于20mm的铜管，由于管径小，材质硬度差，一定跨距的直线水平管段，易产生挠度，在阀门处更会引起管段变形。因此，为防止管段变形，在阀门处应设置支架。

(五) 阀门及测量仪表安装

各种阀门（有铅封的安全阀除外）安装前均需拆卸进行清洗，以除去油污和铁锈。阀门清洗后用煤油作密封性试验，注油前先将清洗后的阀门启闭4~5次，然后注入煤油，经两小时无渗漏为合格。如果密封性试验不合格，对于有阀线的阀门（如止回阀、电磁阀、电动阀等），应研磨密封线。对于用填料密封的阀门，应更换其填料，然后重新试验，直到合格为止。阀门安装前应进行强度试验和严密性试验，不合格者不得进行安装。对润滑油管道和制冷剂管道上的阀门，应逐个进行气密性试验，试验气源装置可参考图3-76所示进行。

安装阀门时应注意制冷剂的流向，不得将阀门装反。判断阀门反顺的原则：制冷剂对阀芯而进为顺；反之为反。其次，阀门安装的高度应便于操作和维修。阀门的手柄应尽可能朝上，禁止朝下。成排安装的阀门阀杆应尽可能在同一个平面上。

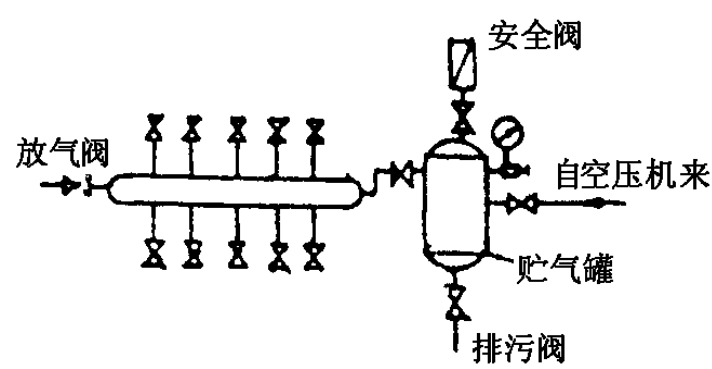


图3-76 阀门试压示意图

对于所有测量仪表按设计要求均须采用专用产品。压力测量仪表须用标准压力表进行校正，温度测量仪表须用标准温度计校正并做好记录。所有仪表应安装在照明良好便于观察，不妨碍操作检修的地方。装在室外的仪表应增加保护罩，防止日晒雨淋。压力继电器和温度继电器应装在不受震动的地方。

### （六）热力膨胀阀安装

在氟利昂制冷系统中，热力膨胀阀应垂直放置，不能倾斜，更不许颠倒安装。膨胀阀安装得正确与否，很大程度上取决于感温包的布置是否合理，因为膨胀阀的温度传感系统灵敏度比较低，传递讯号时产生一个滞后的时间，引起膨胀阀的供液量波动。如果感温包又安放得不正确，更会降低温度传感的速度，使供液波动幅度更大，不仅降低制冷效率，而且很容易使湿蒸气进入压缩机的汽缸内，严重时会引起液击（或冲缸）。感温包应装设在蒸发器出口的一段水平和平直的吸汽管道上，并远距压缩机的吸气管道在15mm以上。

在工程中感温包的安装有以下三种形式：

（1）将感温包包扎在吸气管道上，如图3-77所示。其具体做法是，首先将包扎感温包的吸气管段上的氧化皮清除干净，以露出金属本色为宜，并涂上一层铝漆作保护层，以减少腐蚀。然后用两块厚度为0.5mm的铜片将吸气管和感温包紧紧包住，并用螺钉拧紧，以增强传热效果（对于管径较小的吸气管也可用一块较宽的金属片固定）。当吸气管直径小于25mm时，可将感温包包扎在吸气管上面（图3-77a）；当吸气管直径大于25mm时，应将感温包包扎在吸气管水平轴线以下与水平线成30°角左右的位置上（图3-77b）：以免吸气管内积液（或积油）而使感温包的传感温度不正确。

为防止感温包受外界空气温度的影响，需在外面包裹一层软性泡沫塑料作隔热层。这种安装方式主要特点是安装和拆卸都很方便，因此，大多数的制冷装置都采用这种方法。它的缺点是温度的传感仍然较慢，因而降低了膨胀的灵敏度。

（2）将感温包安装在套管里，如图3-78所示。对于-60℃以下的降温设备，为提高感温包的灵敏度，也就是提高制冷设备的降温速度，可采用这种安装方法。它的主要缺点是要有特制的标准套管，而且只能用于吸气管管径大的场合，同时拆装也不方便。



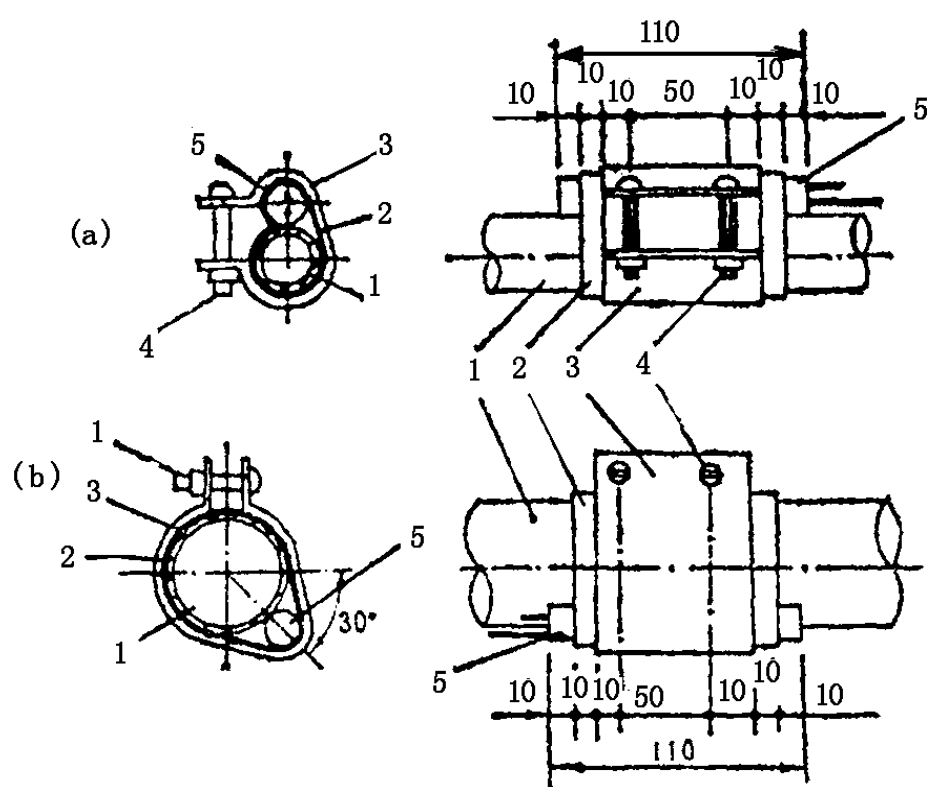


图3 -77 感温包在吸气管上的安装  
I 型—为 $D_N \leq 25$  时安装； II 型—为 $D_N > 25$  时安装  
1—吸气管；2—铜片（传热）；3—镀锌铁皮卡片；  
4—螺栓（6×40）；5—感温包

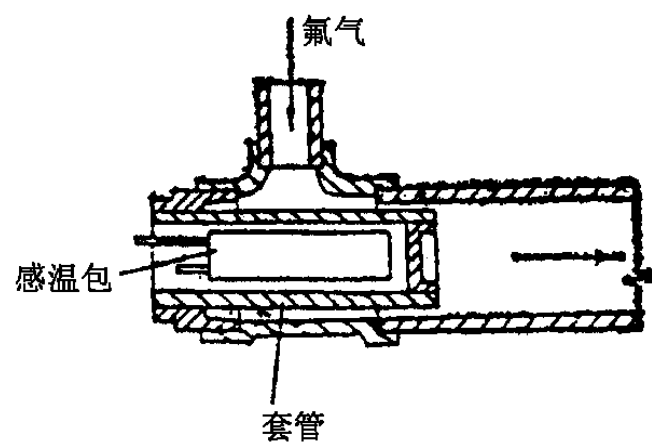


图3 -78 感温包安装在套管里  
1—感温包；2—套管

③）将感温包直接插入吸汽管道内，使感温包和过热蒸气直接接触，其温度传感速度最快，但安装和拆卸都很困难，非特殊需要一般是不宜采用这种安装方法。

在安装感温包时，务必注意不能把它安放在有积存液体的吸气管处。因为在这种管道内制冷剂液体还要继续蒸发，不能保证蒸气的过热度，而且温度的波动也很大，极易引起膨胀阀的误动作。图3 -79 为感温包在吸气管上的安装。从该图可以看出，当管道向上弯时，感温包处很可能积液，这时应按图3 -79（c）所示的作法经U形弯后再向上弯。

制冷系统的吹污、试漏和制冷剂的充注及系统的试车，见有关空调制冷的书籍。

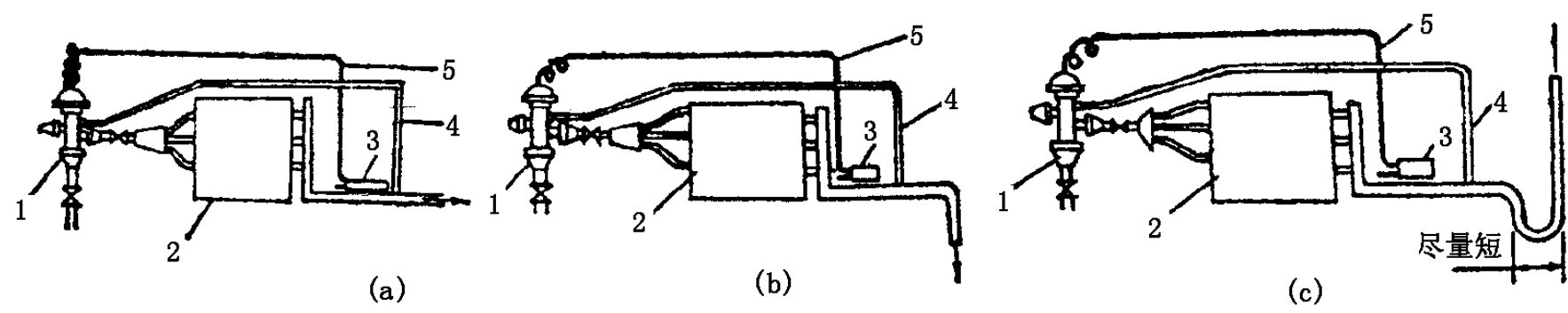


图3 -79 膨胀阀、感温包的安装位置

(利用内部平衡时，将外部平衡管取消即可)

1 —热力膨胀阀 ;2 —蒸发器 ;3 —感温包 ;4 —外部平衡管 ;5 —毛细管

## 第四章 防腐和绝热

### 第一节 防腐

#### 一、防腐的必要性

金属腐蚀分化学腐蚀和电化学腐蚀两种。在干燥空气中的金属腐蚀属于化学腐蚀；在潮湿空气中的金属腐蚀属于电化学腐蚀。电化学腐蚀较化学腐蚀快得多。

通风、空调工程的设备及管道大部分都是钢铁制品，所处的环境都是潮湿空气，特别是空气处理室以及送风管道中的空气状态，往往是接近或达到饱和状态，当空气中相对湿度达到60 % ~70 % 时，则金属表面形成一定厚度的水膜，从而导致明显的电化学腐蚀。所以，通风、空调工程的设备及管道必须采取防腐蚀措施，以延长其使用寿命。工程中常用的防腐蚀方法是在金属表面涂刷涂料，以起到保护作用。

#### 二、钢板及设备表面除污

钢板和设备表面除污包括除净其表面的灰尘、污垢、油渍、锈斑等。除污的目的是增强防腐涂料对金属表面的附着力，以提高防腐能力。

金属表面除锈有手工、机械、喷射、化学、电化学等方法，除油有溶剂清洗、碱化清洗、乳化清洗等方法。通风空调工程中常用人工除污和喷砂除污两种。

钢板和设备表面除污的要求是除净其表面的油污、铁锈、氧化皮层，使表面颜色露出金属本色，再用棉纱擦净。

下面简介喷砂除污。

对设计要求严格的工程（如洁净风管、用于化工环境的风管），一般采用喷砂除污，因喷砂除污效果比手工除污好，使金属表面变得粗糙均匀，增加了涂料的附着力。喷砂除污分为干喷砂和湿喷砂两种。

干喷砂除污就是用0.4 ~0.6 MPa 的干燥压缩空气将清洁、干燥、不含泥土等杂质的

粒径为0.5~1mm 石英砂、河砂喷射到有锈污的金属表面上，靠砂子的打击使金属表面的污物去掉。图4-1 为现场常用的简易喷砂除方法。当工程量较大时，也可采用图4-2 所示的单室喷砂系统。

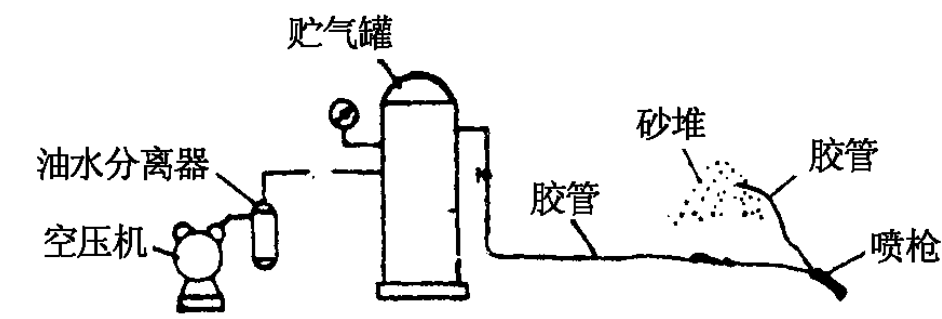


图4-1 干喷砂工艺流程图

1—空压机 ;2—油水分离器 ;3—贮气罐 ;4—胶管 ;  
5—砂堆 ;6—胶管

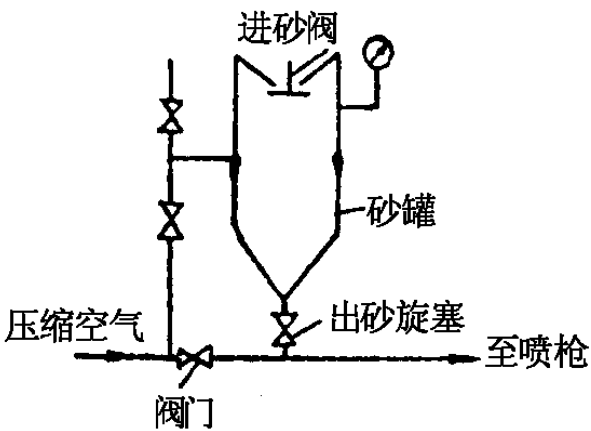


图4-2 单室喷砂工艺流程图

1—砂罐 ;2—进砂阀 ;3—出砂旋塞 ;4—阀门

湿喷砂就是使水和砂同时进入喷嘴混合，并以高速喷出，可获理想的除污效果。这种方法可克服干喷砂灰尘大的缺点。湿喷砂的工艺流程如图4-3 所示。为了防止湿喷砂后再次生锈，在水中应加入1%~1.5%的碳酸钠、磷酸三钠或肥皂作为防锈剂，使除污后的金属表面形成一层牢固而密实的膜（即钝化）。

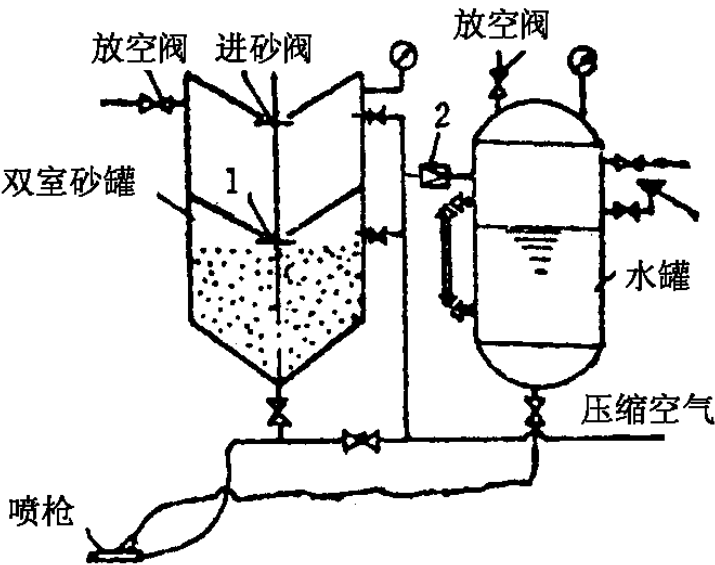


图4-3 湿喷砂工艺流程图

1—双室砂罐 ;2—进砂阀 ;3—自动进砂阀 ;4—水罐 ;5—减压阀 ;6—放空阀 ;7—喷枪

### 三、刷油

#### （一）油漆选用

金属风管表面刷油须按设计规定进行。如设计无明确要求时，可按施工验收规范规定选用，一般通风空调系统可参照表4-1 所列要求进行，空气洁净系统可参照表4-2

所列涂敷。对镀锌钢板不得涂刷樟丹或氧化铁红防锈底漆，因它与镀锌钢板无附着力。制冷系统管道刷油须按设计要求进行，如无要求时可参照表4 -3 的规定执行。安装在室外的聚氯乙烯板风管，外表面宜涂铝粉漆二遍。

表4 -1 薄钢板油漆

序号	风管所输送的气体介质	油漆类别	油漆遍数
1	不含有灰尘且温度不高于70 的空气	内表面涂防锈底漆	2
		外表面涂防锈底漆	1
		外表面涂面漆（调合漆等）	2
2	不含有灰尘且温度高于70 的空气	内外表面各涂耐热漆	2
3	含有粉尘或粉屑的空气	内表面涂防锈底漆	1
		外表面涂防锈底漆	1
		外表涂面漆	2
4	含有腐蚀性介质的空气	内外表面涂耐酸底漆	2
		内外表面涂耐酸面漆	2

（二）刷油要求

表4 -2 空气洁净系统的油漆

序号	系统部位	用料	油漆类别	油漆遍数
1	中效过滤器前的送风管及回风管	薄钢板	内表面 { 醇酸类底漆	2
			醇酸类磁漆	2
			外表面 { 保温——铁红底漆	2
			非保温 { 铁红底漆	1
			调和漆	2
2	中效过滤器后和高效过滤器前的送风管	镀锌钢板	一般不涂漆	
		薄钢板	内表面 { 醇酸类底漆	2
			醇酸类磁漆	2
			外表面 { 保温——铁红底漆	2
			非保温 { 铁红底漆	1
			调和漆	2
3	高效过滤器后的送风管	镀锌钢板	内表面 { 磷化底漆	1
			面漆（漆，调和漆等）	2
			外表面——一般不涂漆	

注：空气洁净系统的油漆，宜采用喷涂法。

表4 -3 制冷剂管道油漆

管道类别		油漆类别	油漆遍数
低压系统	保温层以沥青为粘接剂	沥青漆	2
	保温层不以沥青为粘接剂	防锈底漆	2
高压系统		防锈底漆	2
		色 漆	2

1．喷涂油漆，应使漆膜均匀，不得有堆积、漏涂、皱纹、气泡、掺杂及混色等缺陷。

2．通风空调工程中支、吊、托架的防腐处理应与风管和管道相一致。明装系统安装完毕及支、吊、托架调整后，再涂最后一遍面漆；

(三) 刷油注意事项

1．油漆喷涂前必须做好金属表面的除污工作，并保持彻底干燥，以免油漆与金属表面结合不好，产生漆层卷皮脱落现象。

2．所用的油漆应有产品出厂合格证，并必须在油漆的有效期内使用。如已超过规定期限，应送交技术检验部门鉴定合格后，方准使用。

3．为防止处理合格的金属表面而不再生锈或沾染油污，必须在三小时内涂刷第一遍底漆。为避免产生漆层脱落，必须在第一遍防锈底漆彻底干燥后，才能涂刷第二遍防锈底漆。

4．涂刷油漆的环境温度不能过低或相对湿度不能过高，以免油漆挥发时间过长，影响防腐能力。在涂刷油漆时，必须掌握环境条件，一般要求环境温度不低于5℃，相对湿度不大于85 %。

5．由于油漆具有易挥发易燃等性质，故涂漆区域应有消防设施，严禁火源；由于油漆具有一定的毒性，故涂刷工作应在空气流通的区域进行，以防中毒现象发生。

6．各种涂料使用前应先了解其物理性质，并按规定的技术安全条件进行操作，以免产生事故。

第二节 绝热

绝热是减缓热介质管道向周围环境放热（保温）和减缓冷介质管道从周围环境吸热（保冷）而采取的一种工艺措施。所以绝热包括保温与保冷。

绝热的作用有：减少通风空调系统冷、热量的损失，节约能源，提高系统运行的经济性；绝热在排送高温空气的通风系统中，可以防止操作人员不小心被烫伤和降低工作地点的温度；改善劳动条件，实现安全生产；防止管道和设备外表面结露。

一、绝热材料

1．绝热材料的选用原则

材料的导热系数要低，一般应不超过 $0.84\text{kJ}/\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$ ；能适应冷、热状态，对通风空调工程而言应是 $-5\sim50^\circ\text{C}$ ；具有一定的机械强度，耐腐蚀、耐风化，不腐蚀金属，必须符合防水要求；材料密度要小并具有一定的孔隙率，吸水率低；适应现场施工，价格便宜，容易购得。

2．常用绝热材料

常用的材料有玻璃纤维、超细玻璃棉、软木、珍珠岩、聚苯乙烯泡沫塑料（自熄型）、聚氨脂泡沫塑料（自熄型）和岩棉等。

二、风管绝热方式与结构

通风空调系统的绝热工作必须在风管、部件及空调设备等质量检验合格后进行；对管路系统漏风量有特殊要求的工程，必须测定漏风量，并确认其漏风量在允许范围内，才能进行绝热工作。

根据所使用的绝热材料，常采用以下几种方式。

1．板材绑扎式

板材绑扎结构如图4 -4 所示。

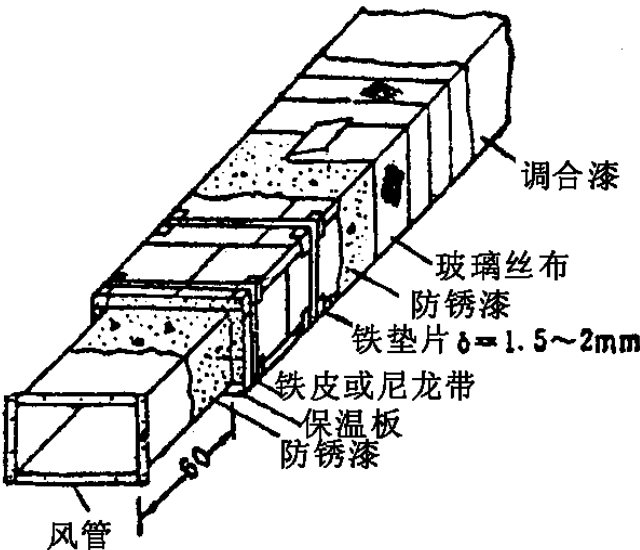


图4 -4 板材绑扎结构图

1—风管 ;2—沥青胶泥 ;3—保温板 ;

4—铁皮或尼龙带 ;5—铁垫片 $J=1.5\sim2\text{mm}$  ;6—玻璃丝布 ;7—调合漆

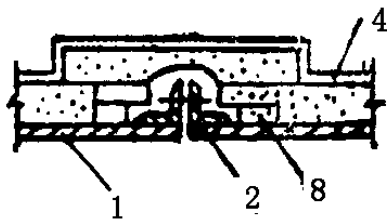


图4 -5 风管法兰绝热结构

1—风管 ;2—法兰 ;

3—保温板 ;4—玻璃丝布

板材拼缝间灌入沥青胶泥，并用同类绝热材料填补。沥青胶泥是用30 号石油沥青加入6 ~7 级石棉绒；重量比为1 1 ~1 1 5 配制而成。

风管法兰处绝热，作法如图4 -5 示意。隔热层要留一定距离，在空隙部分填上隔热碎料外面再贴一层隔热层，这样既便于拧紧螺，又能保证法兰处有足够厚度。阀门处绝热，要留出调节转轴和调节手柄的位置，以便调节风量时能灵活转动。

2 . 板材木龙骨式

板材木龙骨式结构如图4 -6 示意。它多用于明装空调风管的施工。风管法兰处的绝热作法如图4 -7 示意。

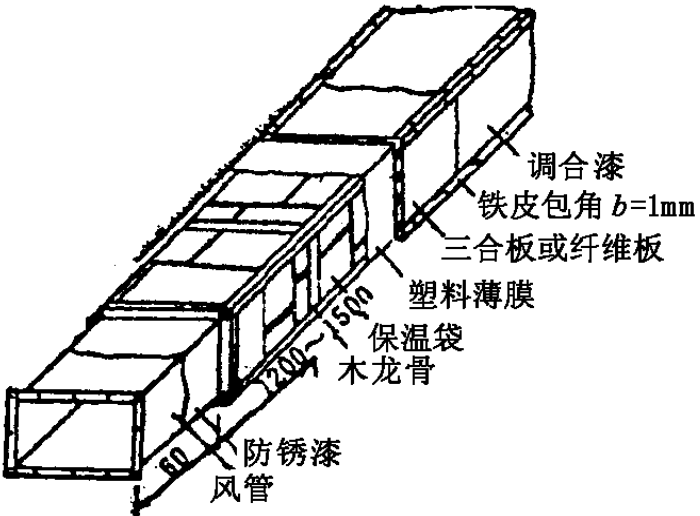
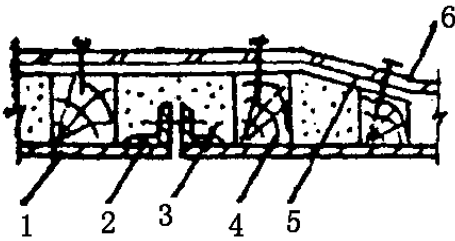
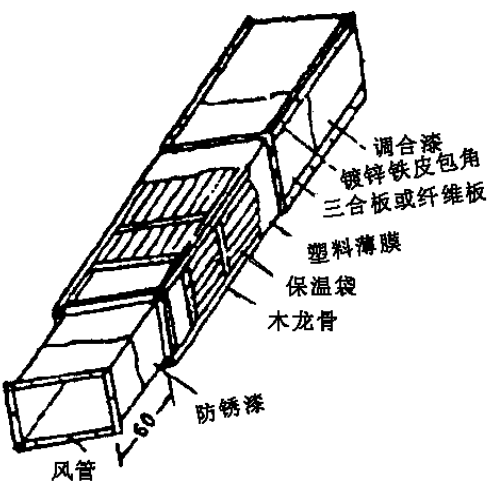


图4 -6 板材木龙骨

图4 -7 风管法兰

图4 -8 散材、毡材、木

绝执热结构1—风管 ;2—防锈漆 ;3

板材木龙骨绝热结构

龙骨绝热结构

—木龙骨 ;4—保温板 ;

1—风管 ;2—法兰 ;3—保温层 ;

1—风管 ;2—防锈漆 ;3—木龙

5—塑料薄膜 ;6—三合

4—木龙骨 ;5—塑料薄膜 ;6—三

骨 ;4—保温袋 ;5—塑料薄膜 ;

板或纤维板 ;7—镀锌铁

合板或纤维板

6—三合板或纤维板 ;7—镀锌

皮包 =10mm ;8—调合漆

铁皮包角 =1mm ;8—调合漆

3 . 散材、毡材木龙骨式

这种结构如图4 -8 所示。

当用散装矿渣棉或玻璃棉绝热时，应将散材装于玻璃布袋内，用线缝合后再包敷；风管两侧垂直方向的绝热袋，中间应缝线，以防绝热层下坠。当用酞醛塑料绝热时，应



装入塑料布袋内，缝严后再包敷，以免酚醛塑料受潮失去绝热作用。

4．聚苯乙烯泡沫塑料板粘贴式

粘贴绝热层前应用棉纱或破布将风管表面油污与灰尘擦净，然后用树脂胶、醋酸乙烯类胶或9121 防水胶进行粘贴。粘贴时，纵横接缝应错开，拼缝用石棉硅藻土填满抹平（图4 -9）。

5．钉贴法保温

钉贴法保温是矩形风管采用较多的一种方式，它是用保温钉代替粘结剂将泡沫塑料保温板固定于风管表面上的。保温钉形式较多，有铁质的、尼龙的、一般垫片的、自锁垫片的以及用白铁皮现场制的等，如图4 -10 所示。

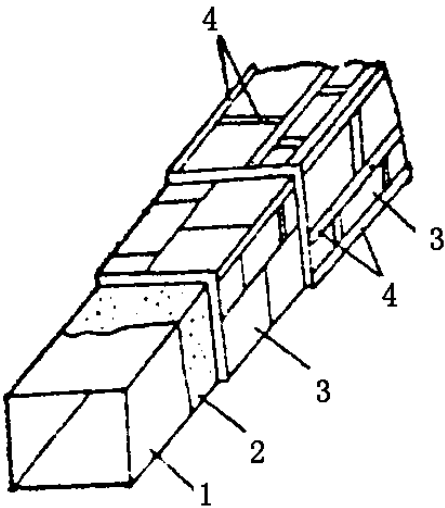


图4 -9 聚苯乙烯泡沫塑料板粘贴保温  
1—风管 ;2—粘贴剂 ;3—聚苯乙烯泡沫板 ;  
4—铝箔胶带

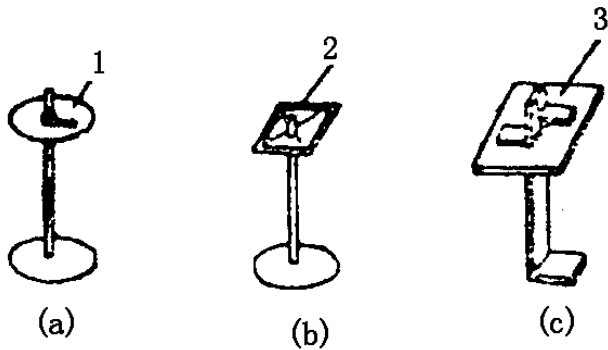


图4 -10 保温钉  
(a) 铁质保温钉 ; (b) 尼龙保温钉 ;  
(c) 白铁皮保温钉  
1—一般垫片 ;  
2—自锁垫片 ;3—白铁皮垫片

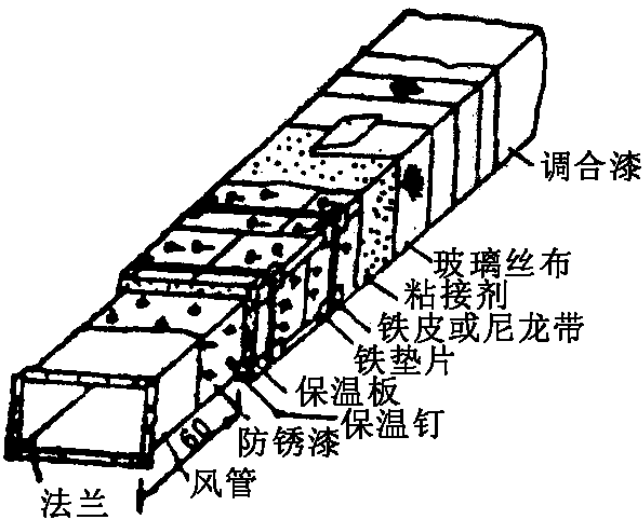


图4 -11 钉贴法保温结构  
1—法兰 ;2—风管 ;3—防腐漆 ;  
4—保温钉 ;5—保温板 ;6—铁垫片 ;  
7—尼龙带或铁皮 ;8—粘结剂 ;  
9—玻璃丝布 ;10—调合漆

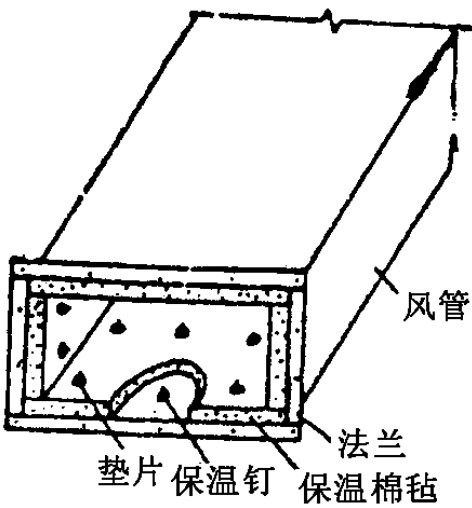


图4 -12 风管内保温  
1—风管 ;2—法兰 ;  
3—保温棉毡 ;4—保温钉 ;  
5—垫片

钉贴法保温结构如图4 -11 所示。粘贴保温钉的间距为：风管上面不少于4 个/m<sup>2</sup>；侧面不少于6 个/m<sup>2</sup>；底面不少于12 个/m<sup>2</sup>。

风管内保温结构如图4 -12 所示。它是用粘结剂和保温钉将保温材料固定于风管内表面。施工时，先除净粘贴面上的油污和灰尘，然后用粘结剂将保温钉粘于风管内壁上，保温钉布置数量参见表4 -4。再用粘结剂将绝热材料粘于风管内壁上。这种结构既起绝热作用，还起消声作用。所以这种方法一般用于需要进行消声的场合。

表4 -4 保温钉布置数量 (只/m<sup>2</sup>)

使用隔热层材料	在风管侧面、下面	在风管上面
岩棉保温板	20	10
玻璃棉保温板	10	5

7．聚氨脂硬质泡沫塑料喷涂式

聚氨脂硬质泡沫塑料是由聚醚和多元异氰酸脂加催化剂、发泡剂、稳定剂等原料按比例调配而成。调配方法是，先将这些原料分成甲、乙两组（甲组为聚醚和其他原料的混合液；乙组为异氰酸脂），再将两组原料混合，即起泡而生成泡沫塑料。

喷涂法施工时，将甲、乙组原料分别配制于两个容器内，在两个容器下部安装两个计量泵计量加料至喷枪，喷枪混合两种原料用压缩空气引射出来喷至风管壁上。为避免垂直壁面喷涂时液料下滴，要求发泡时间短。在同一温度下，发泡的快慢主要取决于原料的配方。各生产厂家的配方均不同，施工时应按原料供应厂提供的配方及操作规程等技术资料进行施工。为避免配方或操作错误使原料报废，应先进行试喷，以掌握正确的配方和施工方法有了可靠保证之后，方可正式喷涂。

这种方法工艺简单，操作方便，工效高，附着力强，不需任何支撑件，无接缝，导热系数小，吸湿率低，可用于 -100 ~ +120 的保温，特别适用于大截面风管的保温。缺点：异氰酸脂及催化剂有毒，对上呼吸道、眼睛和皮肤有强烈的刺激作用。施工时，还需要一定的专用工具或模具，价格较贵。

喷涂操作时应注意以下事项：聚氨脂硬质泡沫塑料施工的环境温度宜为20 -30，不得在气温低于5 的条件下施工；调配聚醚混合液时应随用随调，以免失效；施工前可在模具和工具表面上涂上油脂，以便脱模和清洗工具；异氰酸脂和催化剂等均有毒，操作人员应戴防毒防护用品，以免中毒和影响健康。

三、保温与保冷的区别

- 1．保冷结构的绝热层与保护层之间须设防潮层；而保温结构的绝热层外一般只设保护，只有在受水浸蚀的情况下才设防潮层。
- 2．保温施工，风管（管道）可与钢支、吊架直接接触；保冷施工，管道与钢支吊架之间垫入防腐木块，使管道与支架隔开，以防产生“冷桥”作用。
- 3．保温施工，允许保温层与管道或设备之间有一定空隙；保冷施工则不允许留空隙，须使保冷层与管道、设备表面全面而密实地接触，成为一个整体。
- 4．保温施工，允许保温层在某处中断，其阀门、法兰和活接头处可以不保温；而保冷施工，保冷层则不能中断，其阀门、法兰和活接头处均应保冷，否则在中断处要产生结露。

四、绝热施工要求

- 1．绝热层厚度应符合设计要求值，若设计无明确规定时，应根据“采暖通风国家标准图”的规定，依工程所在地区确定绝层厚度（表4 -5）

表4 -5 绝热材料的物理性能及选用厚度

材料名称	容 重 (kg /m <sup>3</sup> )	导热系数 (w /m ·k )	绝热厚度 (mm )		
			I 区	区	区
玻璃纤维板	90 ~120	0.035 ~0.047	25	35	55
水玻璃膨胀珍珠岩板	200 ~240	0.058 ~0.07	30	55	75
软木板	30 ~50	0.035 ~0.047	25	35	55
聚苯乙烯泡沫塑料板	15 ~20	0.028 ~0.41	25	35	50
(自熄)	40 ~130	0.042 ~0.052	25	40	60
脲醛泡沫塑料	80 ~110	0.047	25	35	55
沥青矿渣棉毡	15 ~20	0.035 ~0.047	25	30	40
玻璃纤维缝毡					
超细玻璃棉毡					

- 2．保温、保冷的绝热层 板材的纵、横向接接缝应错开，内外层应盖缝，外层的接缝应在侧面。拼缝用粘结材料填满、密实、均匀整齐、平整一致，粘结牢固。绝热材料拼缝缝隙一般应小于：保温为5mm，保冷为2mm。
- 3．保冷防潮层应紧贴在绝热层上，封闭良好，不得有虚粘、气泡、折皱、裂缝等

缺陷；防潮层应由管道的低端向高端敷设，环向搭缝口应朝向低端；纵向搭缝应在管道的正侧；当用卷材作防潮层时，可用螺旋缠绕的方式牢固粘贴于绝热层上，其搭接宽度应为30 ~50mm；当用油毡纸作防潮层，用搭接宽度为50 ~60mm 的包卷方式进行包扎。

4．保温、保冷的保护层施工，用石棉水泥作保护层时，应配料正确，厚度均匀，表面平整；用油毡作保护层时，应顺水流向搭接，并以沥青粘牢，不得脱壳现象；用塑料布、玻璃布作保护层时，应搭接均匀，松紧适当；用金属板作保护层时，其制作与防腐处理，均应符合设计要求，连接缝应顺水流向，以防渗漏，搭缝宽度应为30 ~40mm，搭缝处用自攻螺钉、拉拔铆钉及绑扎紧固。

5．洁净系统的绝热层应按规定用塑料袋装进行封口，封闭牢固，不得有散材外露等缺陷，绝热材料严禁直接采用未加工的散材（如玻璃丝等）。

6．电加热器及其前后800mm 范围内的风管绝热层须用非燃材料。

# 第十五篇

## 电梯安装工程

# 第一章 电梯的基本结构

## 第一节 有关电梯的基本概念

电梯是随着高层建筑的兴建而发展起来的一种垂直运输工具。在现代社会，电梯已经成为人类必不可少的交通运输工具。据统计，美国每天乘电梯的人次多于乘载任何其他交通工具的人数。当今世界，电梯的使用量已成为衡量现代化程度的标志之一。

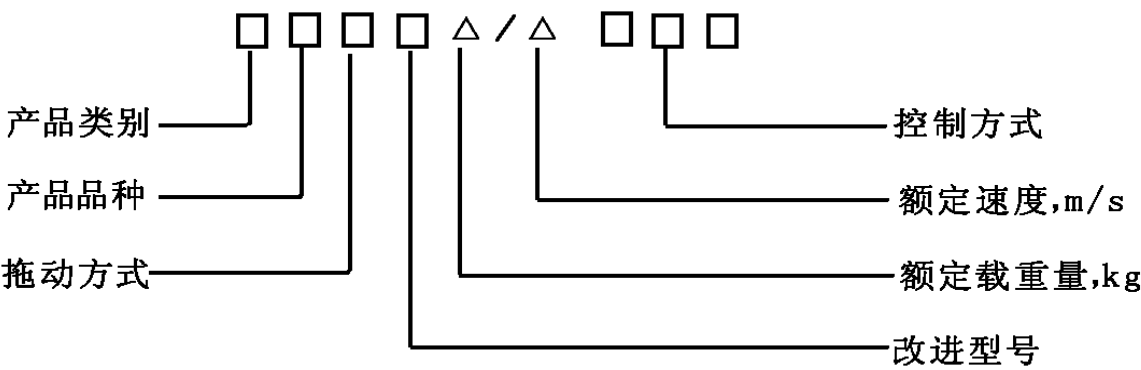
电梯的基本规格包括电梯的用途、额定载重、额定速度、拖动方式、控制方式，轿厢尺寸门的型式等。这些方面的内容确定了电梯的服务对象、运输能力、工作性能及对井道机房的要求，因此被称为基本规格。这些内容的搭配方式，称为电梯的系列型谱。我国的JB /2110 —74 《电梯系列型号谱》 及GB7025 —82 《电梯主参数及轿厢、井道、机房的型式及尺寸》 中也作了有关规定。

### 一、电梯的分类

电梯按用途分有室内电梯，矿井电梯，船用电梯，建筑施工用电梯等。室内电梯又分为载客电梯、载货电梯、医用病床电梯、杂物电梯、冷库电梯、消防电梯、观光电梯、车库电梯等。

### 二、电梯的型号

对电梯进行安装，首先要求能够看懂设计图中的电梯型号。所谓电梯的型号，即采用一组字母和数字，以简单明了的方式，将电梯的基本规格及主要内容表示出来。城乡建设环境部标准JJ45 —86 《电梯、液压梯产品型号的编制方法》 中，规定了如下的电梯型号编制方法：



例如TKJ1000 /1.6 -JX 表示交流调速乘客电梯，额定载重量1000kg，额定速度1.6m/s 集选控制。

THY1000 /0.63 -AZ 表示液压货梯，额定载重量1000kg，额定速度0.63m/s，按钮控制，自动门。

TKZ1000 /1.6 -JK 表示直流乘客电梯，额定载重量1000kg，额定速度1.6m/s，集选控制。

电梯的自动化程度主要表现在控制系统的性能上。现代电梯由原来的电磁继电器接触控制发展到无触点的集成电子控制系统，利用PLC（可编程控制器，又称工业PC机）控制交流双速电梯，可通过编制软件程序来控制电梯，使其达到最佳的工作效果。

三、电梯的主要参数

为了更好地使用电梯定额，应该了解电梯的常用参数，如运行层/站数（如26层/站）；载重量（kg）；载客人数；运行速度（m/s）；轿厢尺寸；开门方式等。

电梯品种代号见表1-1。拖动方式代号见表1-2。控制方式代号表见表1-3。

表1-1 电梯品种代号表

产品品种	代表汉字	拼音	代号	产品品种	代表汉字	拼音	代号
乘客电梯	客	KE	K	杂物电梯	物	WU	W
载货电梯	货	HUO	H	船用电梯	船	CHUAN	C
客货两用电梯	两	LIANG	L	观光电梯	观	GUAN	G
病床电梯	病	BING	B	汽车用电梯	汽	QI	Q
住宅电梯	住	ZHU	Z				

表1-2 拖动方式代号

拖动方式	代表汉字	拼音	采用代号	拖动方式	代表汉字	拼音	采用代号
交流	交	JIAO	I	液压	液	YE	Y
直流	直	ZHI	Z				

表1-3 控制方式代号表

控制方式	代表汉字	采用代号	控制方式	代表汉字	采用代号
手柄开关控制、自动门	手、自	SZ	信号控制	信号	XH
手柄开关控制、自动门	手、手	SS	集选控制	集选	GX
按钮控制、自动门	按、自	AZ	并联控制	并联	BL
按钮控制、自动门	按、手	AS	梯群控制	群控	QK

## 四、电梯安装施工中常见的名词术语

下列定义是用来正确表示本标准所用术语的技术含义。

1. 电梯 (lift) : 服务于规定楼层的固定式提升设备, 包括一个轿厢, 轿厢的尺寸与结构型式可使乘客方便的进出, 轿厢至少部分的运行在2 根垂直的或垂直倾斜度小于 $15^{\circ}$ 的刚性导轨之间。

2. 曳引驱动电梯 (traction drive lift) : 电梯的提升绳是靠曳引机驱动轮槽的摩擦力驱动的。

3. 强制驱动电梯 (包括卷筒驱动) (positive drive lift) : 用链或钢丝悬吊的非摩擦方式驱动的电梯。

4. 货客电梯 (goods passenger lift) : 以运货为主的电梯, 运货时有人伴随。

5. 杂物梯 (service lift) : 服务于规定楼层站的运行在2 列刚性导轨之间, 2 根导轨须垂直或垂直倾斜度小于 $15^{\circ}$ 。

杂物梯为保证不得进入的条件, 轿厢尺寸不得超过:

(1) 底板面积 $1.00\text{m}^2$ ; (2) 深度 $1.00\text{m}$ ; (3) 高度 $1.20\text{m}$ 。

高度超过 $1.20\text{m}$  是允许的, 但轿厢必须分格, 而每个小的间格满足上述要求。

曳引驱动杂务梯。

6. 层/站: 表示1 部电梯在1 次运行中 (上行或下行) 能够停车的站数。楼层的层数与站数不一定相等, 站数最多等于层数。例如有的电梯在1 ~4 层不设站。电气定额中的单价都是按1 层最多1 站, 即层数等于站数。

7. 平层: 是指轿厢接近各层站时, 使轿厢地面与楼层地面达到同一平面的动作。也可以指电梯进入层站停靠时的慢速运行过程。

8. 平层区: 是指轿厢停靠站附近上方和下方的一段有限距离, 在这段区域内电梯的平层控制装置动作, 使轿厢准确找平。

9. 平层准确度: 是指轿厢到站停靠后, 轿厢地面与楼层地面的垂直误差值, 单位是 $\text{mm}$ 。

10. 提升高度: 是指电梯从底层端站至顶层端站楼面之间的总运行高度。

11. 底层端站: 是指楼房中电梯中最低的停靠站。当楼房有地下室时, 底层端站往往不是最低层。

12. 顶层端站: 楼房中电梯所能达到的最高停靠站。

13. 基站: 轿厢无指令运行中停靠的层站, 此层站一般面临室外街道, 出入轿厢的人数最多。对于具有自动返回基站功能的集选控制电梯及并联控制电梯, 合理的选定基



站可以提高电梯的运行效率。

14．消防运行：在消防情况下，普通客梯为消防人员专用时称电梯消防运行状态。它的特点是由消防员手动解调节电梯的运行。

第二节 电梯的基本结构

一、基本结构

电梯是机电一体化的大型综合的复杂产品，传统上将其分为机械和电气2 部分。其中机械部分相当于人的躯干，电气部相当人的神经。如果按功能可划分为曳引系统，导向系统，轿厢，门系统，重量平衡系统，电气控制系统，电力拖动系统，安全保护系统等8 部分。详见表1 -4。

表1 -4 电梯的功能和组成

类别	功 能	组 成
曳引系统	输出、传递动力，使电梯运行	曳引机、曳引钢丝绳、导向轮反绳轮
导向系统	限制轿厢和对重的活动自由度使其只能沿导轨作升降运动	导轨、导靴和导轨架
轿 厢	用于运送乘客或货物的部件	轿厢架、轿厢体
门系统	封住层站入口和轿厢入口	轿厢门、层门、开门机、门锁装置
重量平衡系统	保持轿厢与对重的重量差，保证电梯曳引系统传动正常	对重、重量补偿装置
电气控制系统	对电梯的运行进行操纵和控制	操纵系统、位置显示、控制屏(柜)、平层装置、选层器
电力拖动系统	提供动力，控制电梯的速度	曳引电动机、供电系统、速度反馈装置、电动机调速系统
安全保护系统	防止一切危害人身安全的事故保证电梯的安全使用	限速器、安全钳、缓冲器、端站保护装置

## 二、控制方式

### 1．简易自动方式

简易自动方式是较大的自控方式。厅站只设1 只控制按钮，轿厢由厢内内选按钮和厅站的外呼按钮启动运行。轿厢在执行中不再应答其他信号。常用于货梯和病床梯。

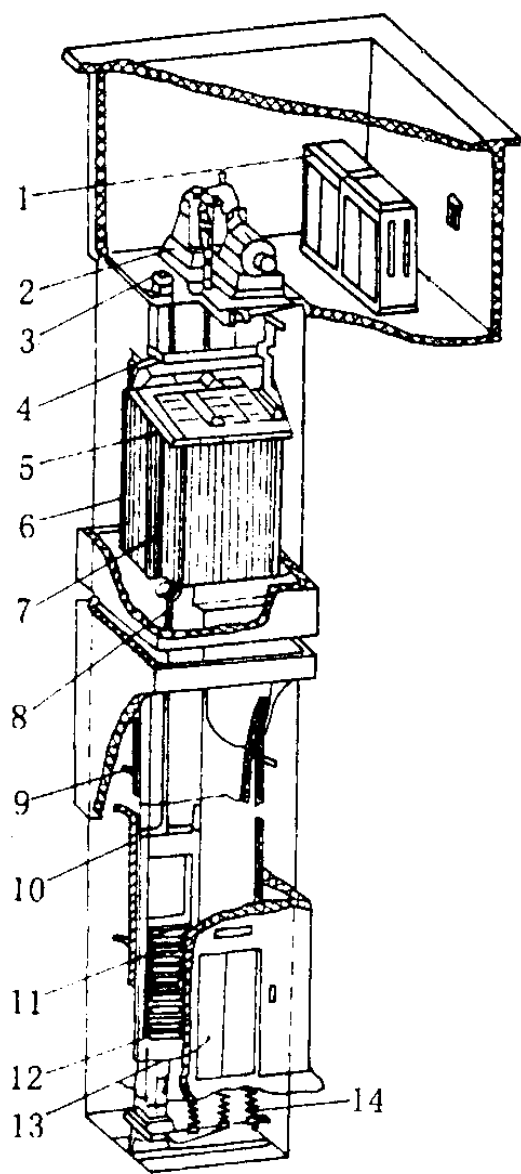


图1 -1 电梯的基本结构

- 1 —控制柜 ;2 —曳引机 ;3 —限速器 ;4 —导靴 ;  
5 —开门机 ;6 —轿厢 ;7 —安全箱 ;8 —安全触板 ;  
9 —导轨架 ;10 —强头组合 ;11 —导轨 ;12 —对  
重 ;13 —厅门 ;14 —缓冲弹簧

### 2．集选控制方式

集选控制方式是常用的控制方式。中间层站设有上行和下行呼梯按钮，电梯能够同时记忆多个轿厢内选层和厅站呼梯，在顺向运行中依次应答顺向呼梯并在呼梯层停靠。在最终层自动反向运行，依次应答反向的呼梯，最后回到基站，也可将2 台或3 台电梯组成1 组联动运行，进行集选控制。如果已经有一部电梯返回基站，其余轿厢则在最终停靠层关门待命，以防止轿厢空载运行。常用于百货商店的电梯。集选电梯可同时设置

有无司机2种控制方式。在集选内设有自锁式选层按钮，到层后电梯轿厢自动停靠和平层，司机操作手柄控制关门并启动轿厢。

3．群控运行方式

群控运行方式是比较先进的自动控制方式，适用于大型建筑物（如大型办公楼、旅店、宾馆等）。该建筑物上下班的单行客流集中，午饭时双向客流呈现高峰，其余时间呈现一般双向客流状态。为了合理调度电梯，根据轿厢内人数、上下方向的停站数，厅站及轿厢内呼梯以及轿厢所在位置，自动选择最适宜于客流群控的输送方式。

电脑技术飞速发展，为电梯组群控提供了可靠的手段，出现了电脑群控。电脑群控电梯能够特殊的动作，使用更加方便灵活，对于办公楼等大型高层建筑物可使平均间隙时间缩短15 % ~25 %，输送能力提高15 % ~20 %。电梯群控有继电器式、顺序控制器和电脑群控式3种方式，其中电脑群控式效果最好。

当电梯在停电时，采用应急备用发电机组作为电梯的备用电源是营救轿厢内乘客的有效措施。当出现地震、火灾等灾情时，电梯必须进行应急操作，如果采用电脑群控电梯，电梯会自动转入灾情服务。采用集选控制方式时，由于灾情期间市电总开关将被断开，建筑物由应急发电机组进行供电。除保障消防电梯连续供电外，其余电梯原则上应在备用电源的皮带回路中采取措施分批依次短时馈电，以保证它们会到指定层将乘客放出，再关门停运。上述操作在几分钟内完成，然后断开所有普通电梯。

三、电梯配电设计

1987年由国家标准局发布了发布实施的《电梯制造与安全规范》（Safety rules for the construction and installation of lifts and service lifts）。该标准的目的是为乘客电梯、载货电梯和杂物电梯规定安全准则，以防电梯运行时发生伤害乘客和损坏货物的事故。用于运输货物电梯的轿厢尺寸和结构允许人员进入，它属于“电梯”而不属于“杂物梯”。

（一）电梯制造与安装安全有关规定

为保证电梯电气装置的安装质量，促进安装技术进步，确保电梯安全运行，在作电梯供电设计和施工中必须按照规范要求的标准执行。国标规范通常用于额定速度不大于2.5m/s、电力拖动的用绳轮曳引驱动的各类电梯电气装置安装工程施工及验收。

安装电梯的前期工作

- 1．电梯电气装置的安装应按已批准的设计进行施工。
- 2．设备验收检查的要求，设备验收检查的要求首先要三查：
  - （1）包装及密封应完好，在运输中没有出现外伤。

②) 开箱检查清点, 规格应符合设计要求, 附件、备件齐全, 外观应完好。

③) 下列文件应齐全: 文件目录、装箱单、产品出厂合格证、电梯机房井道和轿厢平面布置图、电梯使用和维护说明书; 电梯电气原理图、符号说明及电气控制原理说明书、电梯电气接线图、电梯部件安装图、安装调试说明书、备品及备件目录。

3. 设备和器材的运输、保管, 应符合国家有关物资运输、保管的规定。当产品有特殊要求时, 尚应符合产品的要求。

4. 采用的设备和器材均应符合国家现行技术标准的规定, 并应有合格证件。设备应有铭牌。

5. 制定安全施工计划。对于电梯安装工程中重要工序, 尚应事先制定安全技术措施。与电梯电气装置有关的建筑物和构筑物的建筑工程质量, 除应符合国家现行的建筑工程施工及验收规范中的有关规定外, 尚应符合现行国家标准 GB7588 《电梯主参数及轿厢、井道、机房的型式与尺寸》的有关规定。

### (二) 电梯的电源及照明设计

1. 电梯电源应设置专用电源, 并应由建筑物配电间直接送至机房。机房照明电源应与电梯电源分开, 并应在机房内靠近入口处设置照明开关。轿厢照明和通风回路电源可由相应的主开关进线侧获得, 并在相应的主开关近旁设置电源开关进行控制。

2. 每台电梯的主开关均应能够切断该电梯最大负荷电流。但是, 主开关不应切断轿厢照明、通风和报警、机房通向隔层和井道照明、机房通向轿顶和底坑电源插座。主开关位置应能从机房入口处方便、迅速地接电。

3. 轿厢顶部应装设照明装置, 或设置以安全电压供电的电源插座。电梯机房内应有足够的照明, 其地面水平照度不应低于200lx。

4. 在同一机房安装多台电梯时, 各台电梯主开关的操动机构应装设识别标志。

5. 轿厢顶部应装设检修用220V 电源插座 (2P +PE 型) 应装设明显标志。

6. 电梯电源的电压波动范围不应超过  $\pm 7\%$ 。

7. 每台电梯或自动扶梯的电源线, 应装设隔离电器和短路保护电器。有多路电源进线的电梯机房, 每路进线均应装设隔离电器, 并应装设在电梯机房内便于操作和维修的地点。

### (三) 电梯井道照明设备

1. 电源井道在检修时需要照明, 其照明电源宜由机房照明回路获得, 且应在机房内设置有短路保护功能的开关进行控制。

2. 照明灯具应固定在不影响电梯运行的井道壁上, 其间距不应大于7m。

3. 在井道的最高和最低点0.5m内各装设1盏照明灯。

4. 轿厢的照明电源，可从电梯动力电源隔离电器前取得，并应装设隔离电器和短路保护电器。向电梯供电的电源线路，不应敷设在电梯井道内。除电梯的专用线路外，其他线路不得沿电梯井道敷设。在电梯井道内明敷电缆应采用阻燃型。明敷的穿线管、槽应该是阻燃的。

### (四) 电梯的配管配线要求

1. 电梯电气装置的配线，应使用额定电压不低于500V的铜芯绝缘导线。

2. 机房和井道内的配线应使用电线管或电线槽。铁制电线槽沿机房地面敷设时，其厚度不得小于1.45mm，不易受机械损伤的分支线路可使用软管保护，但长度不应超过2m。

3. 电线管、电线槽、电缆架等与可移动的轿厢、钢绳等的距离：机房内不应小于50mm，井道内不应小于20mm。

4. 轿厢顶部配线应该走线合理，要特别注意防护安全可靠。

5. 电线管安装应符合以下线路规定

(1) 电线管应用卡子固定，固定点间距均匀，且不应大于3m。

(2) 与电线槽连接处应用锁紧螺母锁紧，管口应装设护口。

(3) 安装后应横平竖直，其水平和垂直偏差在机房内不应大于0.2%，井道内不应大于0.5%，全长不应大于50mm。

(4) 暗敷时，保护层厚度不应小于15mm。

(5) 电线槽安装应牢固，每根电线槽固定点不应少于2点。并列安装时，应使槽盖便于开启。盖完盖后应横平竖直，接口严密，槽盖齐全平整无翘角。出线口应无毛刺，位置正确。

(6) 金属软管安装应无机械损伤和松散，与箱、盒、设备连接处应使用专用接头。同时，金属软管安装应平直，固定点均匀，间距不大于1m，端头固定应牢固。

(7) 电线管、电线槽均应可靠接地或接零，但电线槽不得兼作为保护线使用。

(8) 接线箱、盒的安装应平正、牢固、不变形，其位置应符合设计要求。当设计无规定时，中线箱应安装在电梯正常提升高度的1/2加高1.7m处的井道壁上。

6. 电梯安装导线电缆的敷设应符合下列规定

(1) 线槽配线时，应减少中间接头。中间接头宜采用冷压端子规格应与导线匹配，压接可靠，绝缘处理良好。

(2) 敷设于电线管内的导线总面积不应超过电线管内截面积的40%，敷设于电线槽内的导线总截面积不应超过电线槽内截面积的60%。

- ③) 接地保护线宜采用黄绿相间的绝缘导线。
- ④) 电线槽弯曲部分的导线、电缆受力处，应加绝缘衬垫，垂直部分应可靠固定。
- ⑤) 配线应绑扎整齐，并有清晰的接线编号。保护线端子和电压为220V 及以上的端子应有明显的标记。
- ⑥) 动力线和控制线应该隔离敷设。有抗干扰要求的线路应符合产品要求。
- ⑦) 配线应留有备用线，其长度应与箱、盒内最长的导线相同。

(五) 电梯的信号电路

1. 呼梯信号系统

电梯在每层都设有召唤按钮和显示运行工作的指示灯，信号控制电路如图1 -2 所示。

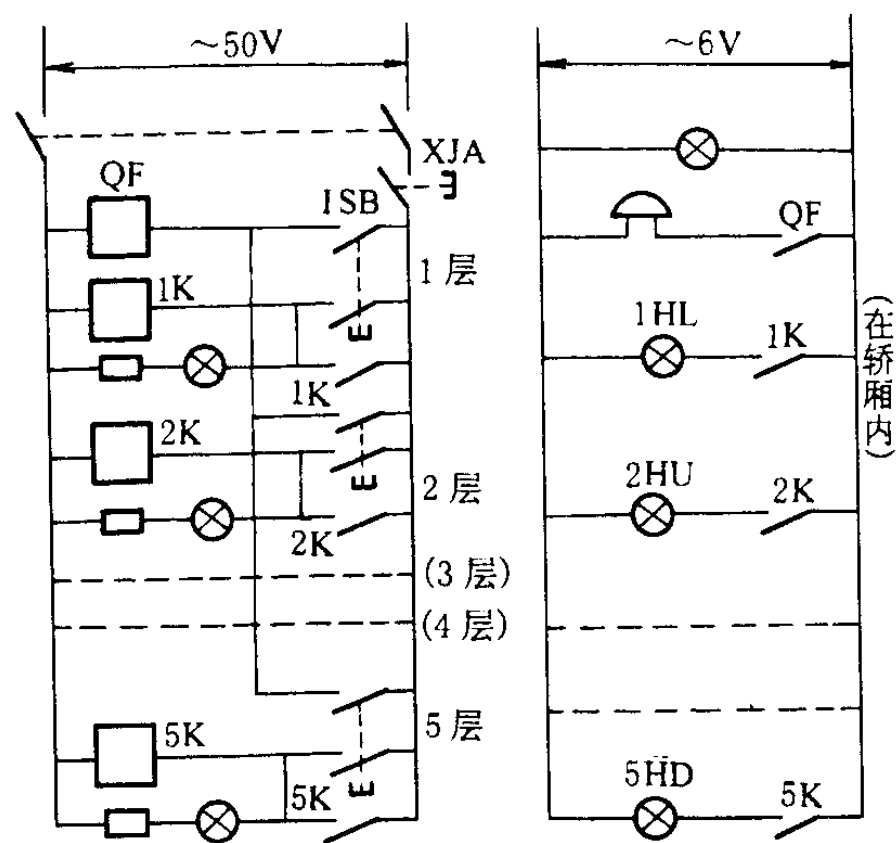


图1 -2 信号控制电路

例如在2 楼呼叫电梯时，按下召唤按钮2SB，召唤继电器2K 得电接通并自锁，按钮下面的指示灯亮，同时轿厢内召唤灯箱上代表2 楼的指示灯2HL 也点亮，线圈DLJ 通电，电铃响，通知司机2 楼有人呼梯。司机明白以后按解除按钮SB 则铃停灯灭。

2. 楼层指示装置

当电梯停放在2 站以上时，应该装设层楼指示装置。将它安装在井道外面每站厅门的上方或侧旁，有时和召唤按钮安装在一起。楼层显示装置的画板上有代表停站的数字和显示电梯运行方向的箭头。有亮的数字表示轿厢所在楼层的层数，亮箭头表示轿厢运

行方向。

表示楼层数的装置是一个可以转动的电刷，用链条和主曳引机伸轴相连，对应于每层楼的停站。如图1 -3 是一栋5 层楼的层数指示装置示意图。指示器上有5 个固定点（有几层楼就有几个固定点），当轿厢从1 层楼达到N 层楼时，电刷能同步从一固定点转动到代表N 层的固定点，以接通N 层的指示灯。根据需要可以做成多排接点，以控制每层楼所需的各种信号。例如担任召唤用的继电器到站复位的信号等。

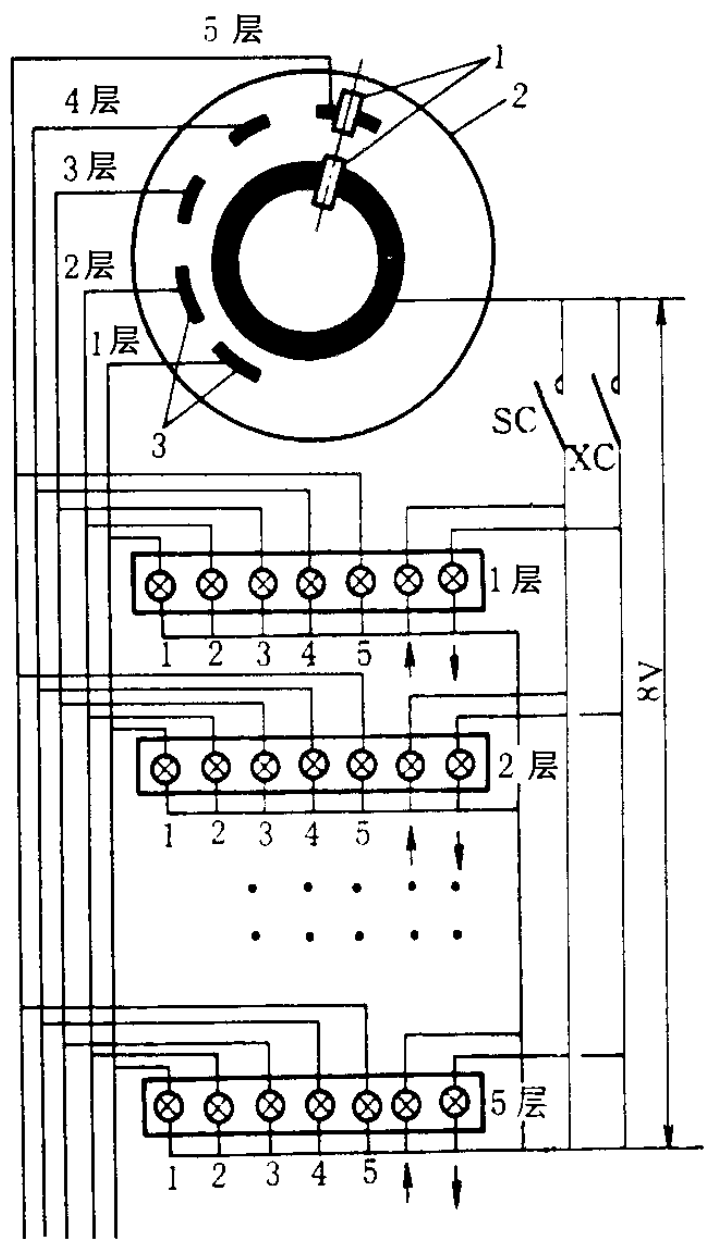


图1 -3 楼层指示器原理示意图

1—电刷 ;2—楼层指示器 ;3—固定触点

（六） 电梯控制电路的控制过程

现以按钮自平层式（AP）电梯控制原理图为例，简述普通电梯的工作过程。见图1 -4 按钮自平层式（AP）电梯控制原理图。曳引机采用双鼠笼异步电动机。

当闭合线路开关CK 及1DK，由司机手动开门，乘客进入轿厢以后用电锁钥匙开关VR 接通主接触器ZKC 的线圈，SUK 和XUK 是向上和向下的极限开关。正常运行时，ZKC 通电，接通主电路，电源变压器得电，零压继电器YJ 通电接通直流控制回路使快

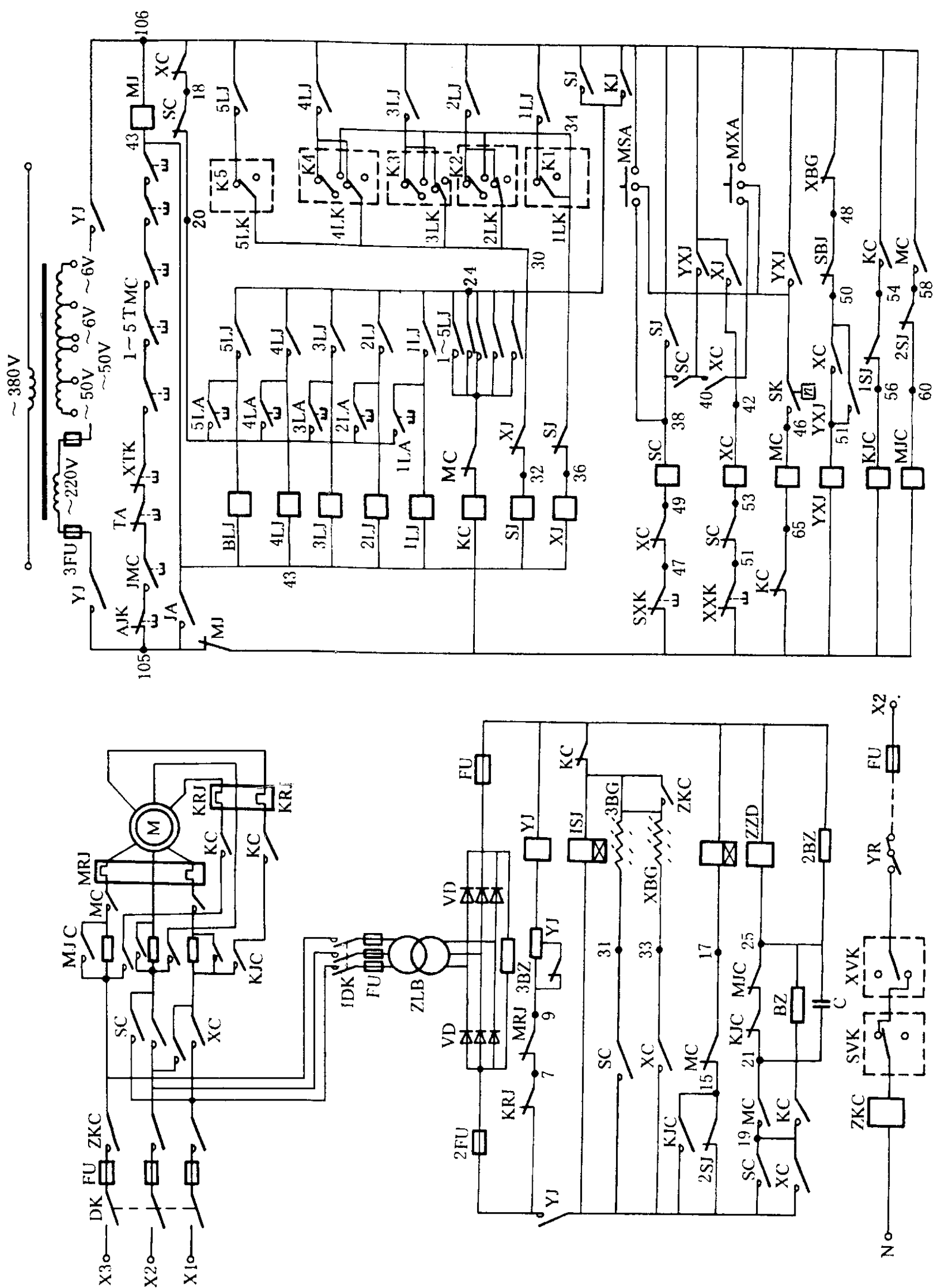


图 1-4 按钮自平层式(AP)电梯控制原理图

速继电器1SJ 吸合，同时使交流控制电路接通。当轿厢承重以后，司机手动将门关好，使各层的厅门接触开关1TMC ~5TMC 及轿厢门接触开关JMC 都闭合。在运行正常时，



安全钳开关AJK 及限速断绳开关XTK 是闭合的，所以门连锁继电器MJ 通电，交流接触器接通电源。如果此时轿厢内的N 层指示灯亮，指示N 层传呼梯。譬如在4 层，司机一面按下XJA 解除呼梯信号，再按下4 层开车的按钮4LA，这时楼层继电器4LJ 通电并自锁。因为层楼转换开关4LK 是左边接通，因此上行继电器SJ 通电通过30 - K4106 接通，触点SJ (24 -106) 闭合，KC 接通，SJ (38 -106) 闭合，SC 通电。而KC (50 - 52) 又使运行继电器YXJ 通电，SC 和YXJ 均自锁供电。KC 和SC 主触头闭合。电动机快速绕组通过启动电阻器接通，电动机正向降压启动，制动器线圈ZZD 得电松闸，同时1JS 断电，触点延时闭合接通KJC，将电阻器切除，电动机快速上升。当轿厢经过各楼层的时候，轿厢上的切换导板将各层楼的转换开关2LK 和3LK 等触点转换，令左断右通。

在轿厢刚刚进入所要达到的4 层楼的平层减速区的时候，4LK 转换使SJ 和KC 断电（注意在这时SC 有电）。电动机定子断电，ZZD 同时也断电，绕组放电，这时制动器提供一定的制动力矩使电动机迅速减速。当电动机速度降到250r/min 的时候，速度开关SK 将MC 接通，电动机的低速绕组接通，则电动机第2 次得电，同时ZZD 也又有电，从而制动器松开，2SJ 延时接通MJC，将启动电阻短接，电动机低速运行，以便到平层停车。在轿厢到达4 层平层就位时，正好是井道内顶置铁块进入向上平层感应器SBJ 的磁路空隙，使YXJ 断电，电动机停车，同时ZZD 断电，制动器抱闸，开门上下人。

综上所述，轿厢正常运行属于快速，轿厢慢速只是作为减速而准确停车。而在检修电梯的时候，经常需要慢速地升降，而且停车的位置不受平层感应器的限制，可以使用慢速点动控制按钮MSA 完成。

## 四、电梯选型

### （一）电梯的生产

高层建筑中，高效平稳的垂直运输服务是必不可少的。电梯作为垂直交通的工具，如同城市中的汽车。高层建筑物中电梯数量的配置、控制方式及有关参数的确定，不仅直接影响建筑物的一次投资（电梯投资一般占建筑物总投资的10 %），而且还将影响到建筑物的使用安全和经营服务质量。

电梯设计是建筑师必须集中考虑的问题，它是高层建筑物交通组织设计的重要组成部分，它与建筑物中各种设施的关系，客流情况和高峰时的调度和使用情况，经过反复计算，确定电梯的数量、配置方式、电梯的额定负荷、额定速度等技术指标。

目前，我国大陆地区使用数量约为24 万台，电梯生产厂家约300 个，产量见表1 -

5，总销售额100 亿元。

表1 -5 1980 ~1995 年我国电梯生产情况

年份	单位	客梯	货梯	杂物梯	扶梯	合计	年份	单位	客梯	货梯	杂物梯	扶梯	合计
1980	台	664	1472	112	0	2248	1988	台	6341	6023	1009	157	13530
1981	台	968	1987	316	0	3271	1989	台	5761	5657	1036	251	12705
1982	台	1005	2307	511	2	3825	1990	台	4576	4635	1224	282	10717
1983	台	1941	2470	657	11	5087	1991	台	6300	4600	500	600	12000
1984	台	1703	3110	992	12	5817	1992	台	6800	6800	900	1500	16000
1985	台	3792	4340	966	80	9178	1993	台	11300	7900	1500	3400	24100
1986	台	5861	4427	857	123	11268	1994	台	14900	7500	1200	4300	27900
1987	台	5836	4981	1070	146	12033	1995	台	16700	6600	1000	4600	28900

(二) 建筑电梯客流分析

1．客流分析的必要性

建筑物的客流情况主要与建筑物的用途有关，不同性质的建筑物客流情况不同。通过分析典型建筑物的典型使用情况，可得到电梯的预期交通状况，判断电梯是否满足建筑物的使用要求。

2．典型场所的客流分析

对于办公楼，客流高峰出现在早晨上班，其次是中午和下午下班。上班时客流基本是从1 层上行到各层，5min 载客率为15 %，下班时相反。中午是双向高峰，上下行比例为2 1，这主要是部分人员选择步行下楼。住宅楼与办公楼高峰出现时间相似，上下行客流相反。宾馆饭店与住宅相似，上下行比例为1 1，这主要是因客人对环境不熟悉，多选择电梯的缘故。

商场客流高峰多出现在周末，而且与商场经营内容、规模和服务项目有关。因商场客流密度大，多采用扶梯。高峰时按3 层以上总营业面积每小时每平方米0.5 人考虑客流。且上下行比例为1 1。医院客流高峰出现在午后探视时间，上下行比例为3 2。

3．服务质量标准

(1) 5min 载客率%。

由于电梯内客流是连续且不均匀的，它具有随机性。衡量电梯是否满足建筑物客流的需要，5min 载客率是一项重要的指标。5min 载客率是指建筑物内5min 内需要输送的

乘客与乘梯总人数之比。用公式表示为：

$$Z = \frac{5 \times 60 (R_1 + R_2) \cdot N}{T \times Q} \times 100 \%$$

式中 Z——5min 载客率；  
R<sub>1</sub>——电梯运行1 个周期上行总人数；  
R<sub>2</sub>——电梯运行1 个周期下行总人数；  
N——电梯台数；  
T——电梯运行1 个周期的时间；  
Q——使用电梯的总人数。  
Z 值的一般范围是5 % ~25 % 之间。

②）平均候梯时间T<sub>t</sub>。

长久的等待容易让人心烦，心理测试表明人心烦时间与等候时间的平方成正比，超过1min 的等待会使脉搏明显加快。从按下呼梯按钮到电梯到达的时间被称为候梯时间，很显然，这是一个随机数字，需要靠统计以确定最终的数字。但是，平均候梯时间一定是与单台电梯的运行周期成正比，与电梯总的台数成反比。

③）平均行程时间T<sub>s</sub>。

乘客自电梯关门启程到目标站开门的时间称为行程时间。平均行程时间的长短直接影响电梯的服务质量，它取决于轿厢的速度、层高和服务层数。增加电梯数量不一定能够缩短平均行程时间，更好的方法是电梯分区运行或采用高速电梯。

表1 -6 不同建筑物的候梯时间和行程时间

建筑类型	平均候梯时间 (s)	平均行程时间 (s)	建筑类型	平均候梯时间 (s)	平均行程时间 (s)
高档写字楼	20 ~30	60 以下为良好	住宅、公寓	40 ~100	75 ~90 为较差
普通办公楼	30 ~60	60 ~75 为较好	公共建筑	30 ~60	90 ~120 为差

④）可停层数。

由于各类建筑物的功能差别很大，而且电梯的停靠站数、客流量均为变数，在确定可停层数时必须充分考虑到概率的因素。

$$S = n \times [1 - (n - 1) P / n]$$
$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$
$$E = \frac{Z}{Q}$$
$$P = P_N \cdot k$$

式中 S ——可停层数；  
n ——建筑物区间层数；  
P ——基层可能进入轿厢的人数；  
 $P_N$  ——电梯额定载客数；  
k ——系数，上行0.8，下行0.4；  
T ——运行周期；  
 $T_1$  ——行程时间；  
 $T_2$  ——开关门时间；  
 $T_3$  ——客人进出时间；  
 $T_4$  ——损失时间；  
E ——电梯输送比；  
Q ——全楼总人数。

计算电梯的台数应求出电梯可停层数S、运行周期T、5min 载客率Z 和输送比S 等指标，再综合比较其他因素确定。

(三) 电梯选型的技术指标

1. 曳引机的功率

$$P = \frac{(1 - K_p) Qv}{102}$$

式中 P ——电动机功率，kW；  
 $K_p$  ——电梯平衡系数，0.4~0.5；  
Q ——电梯额定载重，kg；  
v ——电梯额定速度，m/s；  
——机械传动总效率。

2. 电梯机房的通风

(1) 机房发热量为

$$Q = W \times V \times F \times N$$

式中 Q ——每小时发热量，kJ/h；  
W ——额定负荷，kg；  
F ——电梯速度，m/min；  
N ——同一机房电梯数量。

(2) 通风量为

$$K = \frac{Q}{C (T_2 - T_1)} \quad (m^3/h)$$

式中 K —— 通风量 ,  $m^3/h$  ;  
Q —— 机房发热量 ,  $kJ/h$  ;  
C —— 空气比热 0.3 ,  $kJ/m^3$  ;  
 $T_2$  —— 机房允许最高温度 , ;  
 $T_1$  —— 进风口温度 , 。

3 . 数量的选择

电梯数量的选择主要是取决于对客流的估计 , 对不同的建筑物客流的精确分析需要大量的统计资料 , 这一点在目前并不具备。不同的设计人员往往会根据自己的经验进行估计 , 下面是一些经验值 , 仅供参考。

- (1) 住宅 : 塔式住宅 70 户 / 台 ; 板式住宅 100 户 / 台 ; 超过 20 层宜设 3 台电梯。
- (2) 宾馆 : 客梯数量按 100 间客房 / 台 , 服务梯数量按客梯的 1/3 考虑。
- (3) 办公楼 : 按建筑面积  $5000m^2$  / 台或者按办公人数 250 人 / 台。

4 . 速度的选择

提高电梯的速度可以缩短平均行程时间 , 提高电梯的服务水平 , 它取决于建筑物所要求的服务水平和建筑物本身的高度。速度的提高可能会使得电梯的造价大幅度提高。对于办公楼 , 75m 以下建筑考虑选择  $2m/s$  以下的低速电梯 , 75 ~ 150m 建筑可按高度每增加 20m 电梯速度增加  $0.5m/s$  考虑。对于住宅 , 多层住宅一般只考虑  $1m/s$  的电梯 , 10 ~ 16 层的塔式或板式考虑  $1.5m/s$  , 16 ~ 22 层考虑  $2m/s$  的电梯。

5 . 载重量的选择

超载是电梯所禁止的事情 , 而电梯的载重量就是电梯所运输的一次最大重量 , 该参数的选择直接制约电梯的最大服务能力。对于高层住宅、公寓 , 宜大于 1000kg ; 对于办公楼 , 宜大于 1350kg ; 对于大型商场 , 宜大于 1600kg 。

6 . 选型参数

电梯设计应明确以下参数 : 电梯的土建要求 , 如平面布置、机房位置、厅门尺寸、轿厢装饰等 ; 电梯的用途说明 , 包括停层、行程、服务楼层等 ; 电梯的台数 ; 电梯额定参数 , 如额定速度、荷载、操作系统、控制系统、平层准确度 ; 电梯的电源要求、照明要求、通信要求等。

电梯在并列布置时不宜超过 4 台 , 这是因为电梯的停层时间一般不超过 8s , 乘客可能来不及进入电梯。若电梯分区设置 , 可按 15 层一个区域 , 且与不停层的井道每隔 11m 设置 600 × 1800 的防火门。电梯底坑深度超过 2.5m 设铁爬梯 , 并在坑底设检修插

座和井道安全照明 (36V)。对于消防电梯，电源要求双路供电，且设置有在消防状态下迫降首层的控制系统。在高档建筑物中，有时候需要对电梯轿厢和厅站作一些特殊装修，设计时应考虑预留尺寸。

## 第二章 电梯的安装

### 第一节 传动运输系统与电梯自动扶梯安装

#### 一、一般要求

传动运输系统一般采用电气联锁，连锁线应满足使用和安全的要求，并应可靠、简单、经济。本节适用于电动桥式起重机，电动梁式起重机，门式起重机和电动葫芦的配电。

联锁线有多种启动和停止方式。分别为：分别启动、部分延时启动、按工艺流程反方向顺序启动。同时停止、部分延时停止，从给料方向顺序停止等。启动与停止方式要符合运行需要和工艺要求及考虑节能等。

传动运输系统电动机启动时，电动机端子电压应符合要求，当多台同时启动不能满足要求时，应错开启动。传动运输系统联锁线控制方式的选择，应遵守下列规定：

(1) 当联锁机械少，独立性强时，宜在机旁分散控制。

(2) 当传动运输系统的联锁机械较少或联锁机械多但功能上允许分段控制时，宜按系统或按流程分段就地集中控制。

(3) 当联锁机械比较多，传输系统复杂时，可在控制室内集中控制，且宜采用可编程程序控制器PC 控制。

运输线的控制方式应结合工艺要求确定。可编程控制器具有较强的逻辑控制能力，可分析、判断实现顺序控制。它抗干扰能力强、价格便宜、使用方便，适用于大型复杂的传动运输系统。

控制箱（屏、台）面板上的电气元件，应按照控制顺序布置。一般控制系统宜设置显示机组工作状态的光信号；较复杂的控制系统宜设置模拟图。采用可编程控制器PC 控制时，也可采用电子显示器。

一般设计原则是使用模拟图，便于观察、操作方便，适用于大型系统。

## 二、传动运输系统

同一传动运输装置系统上的电气设备，宜由同一电源供电，若传动运输系统很长，可按工艺分成多段由同一电源的多回路供电。但远离主电源的个别功率较大的电动机，可由附近电源供电。当主回路和控制回路由不同线路或不同电源供电时，应设置联锁装置。

同一系统的电气设备，如果由多电源供电，其中无论哪一个电源出现故障，都会影响整个系统的使用。

传动运输系统需要装设联系信号，并应沿线设置启动预告信号。在值班室设置允许启动信号、运行信号及事故信号。在控制箱（屏、台）面上设置事故断电开关或自锁式按钮。在传动运输系统巡视通道每隔20 ~30m 或在联锁机械旁设置事故断电开关或自锁式按钮。2 个及以上平行的联锁线宜合用启动音响信号，但控制室内应设置能区分不同联锁线启动的灯光显示信号。

为了防止传动运输系统发生人身、设备事故，常用措施如下：

确定预告信号，一般采用音响（电箱、电铃、喇叭）信号。当传动运输系统传输距离较长时，可沿线分段设置预告信号。在值班室要设置允许确定信号、运行信号及事故信号的目的是保障安全和随时了解设备运行状态，以加强管理。控制箱如果是就地安装宜选择在机组集中的位置并专人负责。控制箱面板上设置事故断电开关或自锁按钮。可根据情况及时断电，对事故处理，维修比较方便、可靠。当传动运输系统传输距离较长时，宜在巡视通道设置事故断电开关或自锁式按钮便于巡视人员及时处理故障。采用自锁使按钮主要是为了确保安全，在故障未排除前不允许在别处进行操作。

控制室或控制点与有关场所的联系，一般采用声光信号，当联系频繁时，宜设置通信设备。

控制室和控制点的位置宜便于观察、操纵和调度。通风采光良好，振动少、灰尘少。线路短、进出线方便，远离厕所、浴室等潮湿场所。

确定控制室位置应与工艺密切配合。移动式传输设备（图书馆运书小车，锅炉房用皮带卸料小车）一般容量不大，速度较慢，每次移动距离小，采用悬挂式软电缆供电具有装置简单、可靠、安装方便。受环境影响小，宜优先选用。

## 三、电梯和自动扶梯的安装

### 1. 电梯供电

电梯、自动扶梯和自动人行道的电源应由专用回路供电，并不得和其他导线敷设于



同一电线管或电线槽中。配电系统的构成，应根据其负荷级别等有关原则确定。

一般客梯为二级，重要的为一级；一般载货电梯、医用电梯为三级，重要的为二级；自动扶梯和自动人行道一般为三级，重要的为二级。

电梯、自动扶梯是建筑物中重要的垂直运输设备，必须做到安全可靠。由于运输的轿厢和电源设备设置在不同的地点，维修人员不能在同时观察到两者的运行状态，为确保电梯安全及电梯间不互相影响，每台电梯应有专门的回路供电。电梯供电负荷分级，决定于电梯的重要性和使用功能。由于运输对象不同，对不同设备进行了负荷分级。其中一般客梯指高层配套住宅、办公楼、教学楼等的客梯，定为二级。重要客梯指一至三级旅馆等重要公共建筑物的部分客梯，为一级。载货电梯和医用病床梯的负荷分级一般取三级，较大型商业库房建筑货梯和较大病房楼的病床梯宜为二级。

自动扶梯、自动人行道因其速度、停电造成人身伤亡事故小，负荷等级为三级，但在重要场所如国际航空港、大型火车站应定为二级。高层建筑的消防电梯在《高层民用建筑设计防火规范》中有详细的规定。

每台电梯、自动扶梯和自动人行道应装设隔离电器和短路保护，并应装设在电梯机房内便于操作和维修的地点。但该隔离电气和断路器不应切断下述规定线路：轿厢、机房和滑轮间的照明和通风；轿厢顶部、坑底的电源插座；机房和滑轮间的电源插座；电梯井道照明；报警装置等。电梯的工作照明和通风装置以及各处用电插座的电源，宜由机房内电源配电箱单独规定；厅站指层器照明，宜由电梯自身动力电源供电。

### 2．供电容量

电梯、自动扶梯和自动人行道的供电容量，应按它的全部用电负荷确定，即为拖动电极的电源容量与其他附属用电容量之和。对于由电动发电机组向直流曳引电机供电的直流电梯，其电动机的功率是指拖动发电机的电动机或其他直流电源装置的功率。

电梯的供电容量不仅包括曳引机的容量，而且包括电动机所属电器（控制、照明、信号等）的容量。

电梯电源设备的馈电开关宜采用低压断路器。低压断路器的额定动力应根据电梯持续负荷电流和拖动电动机的启动电流来确定。低压断路器的过电流保护装置的负载电流-时间特性应同电梯、自动扶梯和自动人行道设备负载-时间特性相配合。

电梯、自动扶梯和自动人行道是建筑物中一项重要负荷，作为低压馈电开关和保护电器，低压断路器的性能较熔断器更为优越。

### 3．控制方式

电梯的控制方式应根据电梯的不同类别、不同的使用场所条件及配置的电梯数量等因素综合比较确定，做到操作方便、安全可靠、节约电能、技术经济指标先进。对于载

货电梯和病床电梯可采用简易自动式；客梯可采用集选控制方式，但对电梯台数较多的大型规格建筑宜采用群控运行方式。有条件时宜使电梯具有节能控制、电源应急控制、灾情（地震、火灾）控制及做到营救控制等功能。住宅及公寓的电梯禁止使用无司机自动工作方式。

### 4. 防灾系统

(1) 消防控制室是建筑物内防火、灭火设施显示、控制中心，是火灾时扑救指挥中心，也可兼作保安值班室。在高层建筑物中检修内应设置与控制室及机房的通信电话，并保持线路畅通以便事故时及时处理。

电梯井道容易成为火灾的通道，将电梯电源线路敷设在井道内不利于线路安全，电源线路本身起火也会危及电梯井道安全，因此在电梯井道内不允许敷设除电梯专用线路（控制、照明、信号及井道消防线路等）以外的其他线路。

设有消防控制室的高层建筑中，客梯的轿厢内宜设置有保安控制室及机房值班室的通信电话，根据需要也可设置监视摄像机。

(2) 当机房内气温超过电梯正常工作允许的温度时，在机房内除了自然通风外，尚应采取检修通风措施为电梯电机及电气设备通风散热。如气温低，应有采暖。在气温较高的地区，当机房的自然通风条件不能满足要求时，应采取空调或机械通风散热措施。

(3) 向电梯供电的电源线路，不应敷设在电梯井道内，除电梯的专用线路外，其他线路不得沿电梯井道敷设。在井道内敷设的电缆和电线应是阻燃和耐潮湿的，穿线管槽应为阻燃型。

在轿厢顶部、机房、滑轮间、底坑应装设有2P +PE 型的电源插座。电压不同的电源插座，应有明显区别，并不得存在互换的可能性和弄错的危险。

(4) 附设在建筑物外侧的电梯，其布线材料和方法永久所用电器器件均应考虑气候条件的影响，并应作好防水处理。

(5) 机房、轿厢和井道中电气装置的间距接触保护，应与建筑物的用电设备采用同一接地型式保护，可不另外设接地装置。整个电梯装置的金属件，应采取等电位连接措施。轿厢接地线如利用电缆线芯时不得少于2 根，采用铜芯导体每根线芯截面不得小于 $2.5\text{mm}^2$ 。

(6) 高层建筑内的客梯，应符合防灾系统的设置标准，采取相应的营救操作措施。

正常电源与防灾系统电源转换时，消防电梯应能及时投入。

发现灾情后电梯能够迅速依次停落在指定层，轿厢内乘客能够迅速疏散。

当消防电梯平时兼作配套客梯使用时，应具有工作时工作程序的转换装置。

对于超高层建筑和级别高的宾馆、大厦等大型公共建筑，在防灾控制中心宜设置显

示各部电梯运行状态的模拟盘及电梯自身故障或出现异常状态时的操纵盘。事故运行操纵盘的内容包括：电梯异常指示器；轿厢位置指示器；轿厢启动和停止的指示器、远距离操纵装置。停电、地震、火灾情况下的指示器和操纵装置。

(7) 高层建筑内的客梯，轿厢内应有营救照明（自容方式），连续供电时间不少于20 min。轿厢内的工作照明灯数不应少于2 个，轿厢底面照度不应小于5lx。目的是为了在正常电源中断供电时，轿厢内人员的安全及不造成混乱。

(8) 《高层民用建筑设计防火规范》对高层建筑的消防电梯设置、电源等问题有明确规定。如果建筑物规模较大设有消防中心时，宜在消防控制中心监视和直接操纵各部电梯的运行。

5. 井道内应设置永久性电气照明

(1) 距井道最高点和最低点0.5m 以内各装一盏灯，中间每隔一定距离（不宜超过7m）分设若干盏灯。

(2) 对于井道周围有最高照明条件的非封闭式井道，井道中可并设置照明装置。轿厢顶部及井道照明电源宜为36V。目的是方便检修。

(3) 电梯的底坑内设置插座，主要是供排除积水及检修时使用，其他部位安装的插座主要是为了检修使用。

四、电梯井道

电梯井道是指装有单台或多台电梯轿厢的井道。电梯对重应与轿厢在同一井道内。井道有以下特点：

(1) 井道应有封闭性：每一电梯井道均应由无孔的墙、底板和顶板完全封闭起来，按规定只允许有下述开口：层门开口；通往井道的检修门、安全门以及检修活板门的开口；火灾情况下，排除气体与烟雾的排气孔；通风孔；井道与机房或与滑轮之间的永久性开口。

(2) 非特殊情况，通常不要求井道防止火灾蔓延，但是要求高度如下：

限定各墙面的高度为2.5m，以超越通常人们可能接触到的高度，除入口面外。

井道入口面，从距层站地面2.5m 高度以上，可使用网格或穿孔板。网格或穿孔的尺寸，无论水平或垂直方向均不得大于75mm。

(3) 检修门、安全门以及检修活板门的特点：

检修门、安全门以及检修活板门均应是无孔的，并且应具有与层门一样的机械强度。

检修门、安全门以及检修活板门均不得朝井道里开启。

门和活板门均应装设用钥匙操纵的锁，当门、活板门开启后不用钥匙也能将其关闭和锁住。检修门与安全门即使在锁住情况下，也应能从井道内部将门打开。

只有检修门、安全门以及检修活板门均处于关闭状态时，电梯才能运行，如果这种运行需要某一器件不间断的动作（只有检修门打开才能触及到），此时允许短接检测该活板门闭合情况的电气装置。

井道内任何凸出物不得大于5mm，超过2mm的凸出物应倒角，使其与水平面的夹角至少为75°。

层门上装有凹进去的手柄时，在井道一侧凹孔的深度不得超过30mm，宽度不得超过40mm。凹孔的上下壁与水平面的夹角不得小于60°，最好是75°。手柄或拉杆的布置应减少钩住的危险并应防止手指在后面被卡住或挤夹。

描述的层门组合体应构成一个连续的垂直表面，由光滑坚硬的元件如金属薄板、硬贴面或摩擦阻力与其相当的材料构成。禁止使用玻璃墙或泥灰粉饰。电梯组合体应至少向整个轿厢进口宽度两边各延伸25mm。

通往井道的检修门、安全门以及检修活板门除由于使用者的安全原因或维修的需要外，一般不准设置。检修门的高度不得小于1.4m，宽度不得小于0.6m。安全门的高度不得小于1.8m，宽度不得小于0.35m。检修活板门的高度不得小于0.5m，宽度不得小于0.5m。

当相邻2层门地坎的距离超过11m时，其间应设置安全门，以确保相邻地坎间的距离不超过11m。

(4) 井道的墙、底板与顶板结构应至少能承受下述荷载：由曳引机施加的，安全钳动作瞬间或轿厢中荷载偏离中心从导轨上产生的，由缓冲器动作产生的或由防跳装置施加的。关于安全钳动作或缓冲器动作作用力。

井道的墙、底板与顶板应用坚固、非易燃材料制造，并且这种材料本身不应助长灰尘的产生。另外应具有足够的机械强度。对于无轿门的电梯，面对轿厢进口的井道壁，应具的机械强度要求当300N的力垂直作用在该面墙的任何一面位置且均匀分布与5cm<sup>2</sup>的圆形或方形面积上，井道壁能承受住且无永久变形。承受住弹性变形不大于10cm。

(5) 装有从属于多台电梯或杂物梯的轿厢和对重的井道的下部，不同电梯或杂物梯的运动部件（轿厢或对重）之间，应设置隔障。这种隔障应至少从轿厢或对重行程的最低点延伸到底坑地面以上2.5m的高度。

## 第二节 电梯安装

电梯安装实质上是电梯的总装配，这种工程必须在电梯投入运行的地方进行。安装工程质量的好坏决定着电梯是否能够正常运行。制造质量好的电梯若安装质量不好，也不可能正常工作，而良好的安装质量往往还能弥补或改善电梯制造中的某些缺点。电梯安装工程通常分为以下步骤进行。

### 一、安装的准备工作

对于交流双速信号电梯和集选控制电梯的安装在机械部分安装工艺操作方法与其他电梯是相似的，而是它们的电路原理及安装则区别比较显著。

#### 1. 机械安装的准备工作

安装的准备工作主要是人力准备、材料设备准备和熟悉图纸及有关电梯安装规范等。当建筑楼层在10层以下的小规模电梯安装工程配备3~4名有合格证的技术工人。并且应该配备起重工、电焊工、架子工和瓦工等辅助工种工人。其中应有中级以上电工2名作为负责人。向委托单位索取电梯随机资料，认真阅读，熟悉所装电梯的技术要求、平面图、电路、电气图纸。对机房井道的各种尺寸进行核对。检查轿厢规格尺寸、开门方式与土建配合是否正确无误，核对机房电源线用量和位置是否合适。

对建设单位提供的图纸资料要进行复核，检查有无问题，重点检查电梯层门口、牛腿、井道底坑的深度、井道顶高、机房的高度及面积、搁机大梁或工字钢的尺寸与要求是否符合实际情况等。对所发现的问题应与建设单位研究协调解决，要把研究结果写入合同中，使之发生法定效力以备日后进行工程施工和结算。

对电梯设备开箱清点要有建设单位人员参加，校核电梯型号规格及各种配件是否齐全，对于缺欠东西要有落实办法，清点完毕要双方签字认可。

初步确定电源照明、限位开关位置、控制柜位置和机房井道和机房井道内电线管或线槽敷设方法。核定和确定限速器装置、平层转速传感器、限位开关、减速开关、井道总线箱、电缆架等在机房或井道内的具体位置。若发现实际情况与合同不符，应同委托方协商，签定补充合同。

#### 2. 定货

对高层建筑的设备投资来说，电梯是占投资比重较大的一个。电梯订货时除对电梯

型号、产地、控制系统要求，速度、载重量、井道尺寸等与土建的配合条件应详细列出外，还应列出在签订合同时容易忽视的某些技术问题，避免因增加功能而追加投资。

电梯轿厢及门是整个电梯的脸面，脸上的事情，往往要听自己的，其装修标准甲方往往有所要求。这些装修标准最好在订货时明确表述，以免扯皮。因多数电梯厂家要直接参与施工，所以在签订合同时明确各种安装细节的费用支付办法，如施工调试电费、井道脚手架安装费等。

3. 电梯电气装置安装前，建筑工程应必备的条件

- (1) 基本结束机房、井道的建筑施工，包括完成粉刷工作。
- (2) 电梯机房的门窗应装配齐全。
- (3) 预埋件及预留孔符合设计要求。
- (4) 电梯的专用电气设备和继电器、选层器、随行电缆等附件更换时，必须符合原设计参数和技术性能的要求。
- (5) 电气装置的附属构架、电线管、电线槽等非带电金属部分，均应涂防锈漆或镀锌。

二、机械、电器和随行电缆安装

(1) 机械部分安装包括安装支架和导轨。安装承重梁、曳引机、导向轮或增加发电机组。组装轿厢与安全钳。安装层门与门锁。安装限速器装置。安装缓冲器和对重装置。安装曳引钢丝绳，计算长度、下料，做绳头花环结和浇铸巴氏合金，挂好曳引绳并将绳头椎套定位。

(2) 电器部分安装包括安装控制柜和井中间的接线箱。安装分接线箱和敷设电线槽或电线管。安装极限位置开关、限位开关和端站强迫减速装置。视需要安装层楼指示器和选层器。安装召唤箱、指层灯箱干簧管换速平层装置，固定电缆架、挂软电缆和配线接线。安装电气控制系统的保护接地或接零装置。

(3) 随行电缆的安装是很重要的项目，安装过程中应特别注意以下几点：

随行电缆安装前，必须预先自由悬挂，消除扭曲。

井道内的随行电缆安装要特别注意紧凑而安全，随行电缆两端以及不运动部分应可靠固定。如图2 -1 所示。

随行电缆的敷设长度应使轿厢缓冲器完全压缩后略有余量，但不得拖地。多根并列时，长度应一致。

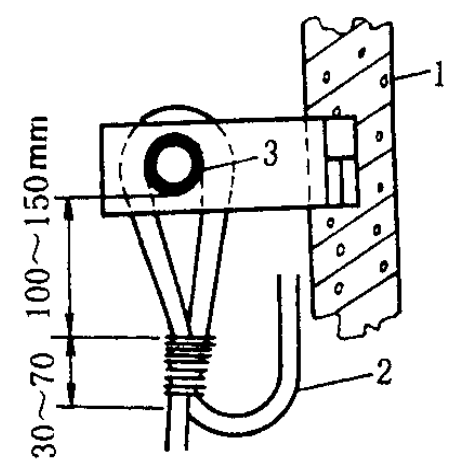


图2 -1 井道内随行  
电缆绑扎方法

1—井道壁 ;2—随行电缆 ;  
3—电缆架钢管

当设中线箱时，随行电缆架应安装在电梯正常提升高度的1/2 加1.5m 处的井道壁上。

圆型随行电缆应绑扎固定在轿底和井道电缆架上，绑扎长度应为30 ~70mm。绑扎处应离开电缆架钢管100 ~150mm。轿厢底部随行电缆绑扎方法如图2 -2 所示。

扁平型随行电缆可重叠安装，重叠根数不宜超过3 根，每两根间应保持30 ~50mm 的活动间距，如图2 -3 所示。扁平型电缆的固定应使用楔型插座或卡子。

随行电缆在运动中可能与井道内其他部件挂碰时，必须采取防护措施。

圆形随行电缆的芯数不宜超过40 芯。

### 三、配电柜、屏、箱的安装

(1) 机房内配电柜、控制柜应用螺栓固定于型钢或混凝土基础上，基础应高于地面50 ~100mm。

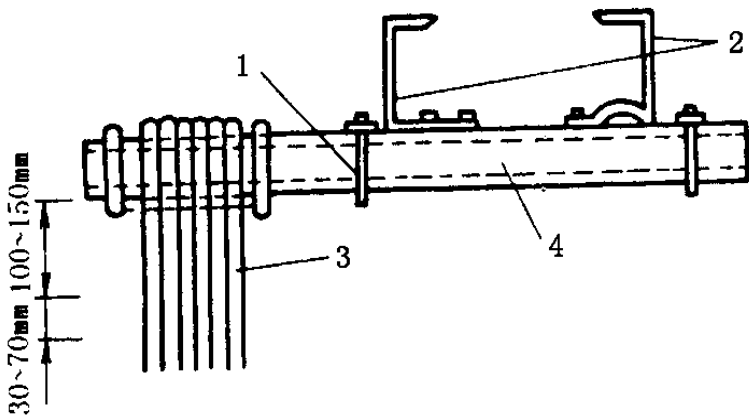


图2 -2 轿厢底部随行电缆绑扎方法

1—轿厢底部电缆架 ;2—电缆底梁 ;  
3—随行电缆架 ;4—电缆架钢管

(2) 屏、柜与机械设备的距离不应小于500mm。当设计无要求时，安装位置应尽量远离门窗，其与门窗正面的尽量不应小于600mm。

屏、柜的维修侧与墙壁的距离不应小于600mm，其封闭侧宜不小于50mm。双面维修的屏、柜成排安装时，当宽度超过5m 时，两端均应留有出入通道，通道宽度不小于600mm。

(3) 电梯的控制柜（屏、箱）的安装应布局合理，固定牢固，其垂直偏差不应大于0.15 %。

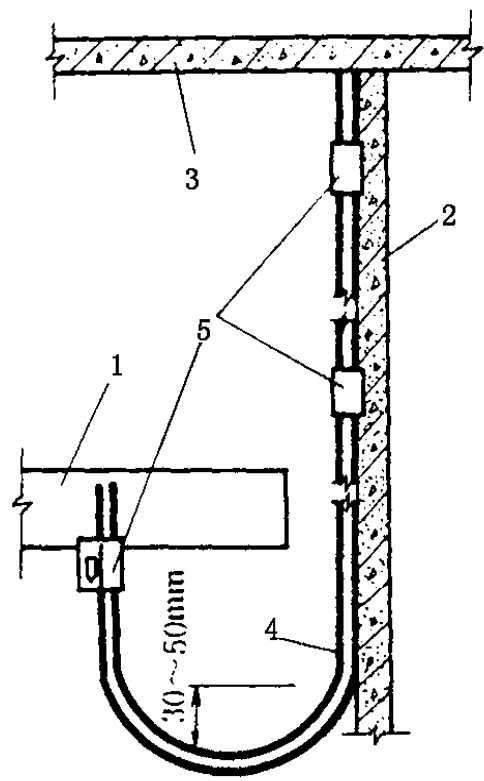


图2 -3 扁平随行电缆安装方法  
1—轿厢底梁 ;2—井道壁 ;3—机房地板 ;  
4—扁平电缆 ;5—楔形插座

## 四、电梯的控制设备安装

### 1．选层器的安装

- (1) 安装要牢固，其垂直偏差不应大于0.1 %。
- (2) 机械选层器的安装位置要使用方便合理，而且便于维修检查。
- (3) 机械选层器的安装应按机械速比和楼层高度并比检查调整动、静触头位置，使之与电梯运行、停层的位置一致。
- (4) 换速触头的提前量应按电梯减速时间和平层距离调节。
- (5) 触头动作和接触应可靠，接触后应留有压缩余量。

### 2．电梯井道和轿厢顶部传感器的安装

- (1) 安装后应紧固、垂直、平整，其偏差不宜大于1mm。
- (2) 支架应用螺栓固定，不得焊接。
- (3) 应能上下左右调整，调整后必须可靠联锁，不得松动。
- (4) 安装位置符合图纸要求，配合间隙按产品说明进行调整。

### 3．电梯层门（厅门）召唤盒、指示灯盒及开关盒的安装

- (1) 具有消防功能的电梯，必须在基站或撤离层设置消防开关。消防开关盒宜装于召唤盒的上方，其底边距地面的高度宜为1.6 ~1.7m。见图2 -4 电梯层门指示灯及召唤盒安装位置。



②) 安装位置当无设计规定时，层门指示灯盒应装在层门口以上0.15~0.25m的层门中心处。指示灯在召唤盒内的除外。层门指示灯盒安装后，其中心线与层门中心线偏差不应大于5mm。召唤盒应装设在层门右侧距地1.2~1.4m的墙壁上，且盒边与层门边的距离应为0.2~0.3m。并联、群控电梯的召唤盒应装在2台电梯的中间位置。

③) 在同一候梯厅有2台及以上电梯并联或相对安装时，各层门对应装置的对应位置应一致，要求并联梯各层门指示灯盒的高度偏差不应大于5mm；并联梯各召唤盒的高度偏差不应大于2mm；各召唤盒距层门边的距离偏差不应大于10mm；相对安装的电梯，各层门指示灯的高度偏差和各召唤盒的高度偏差均不应大于5mm。

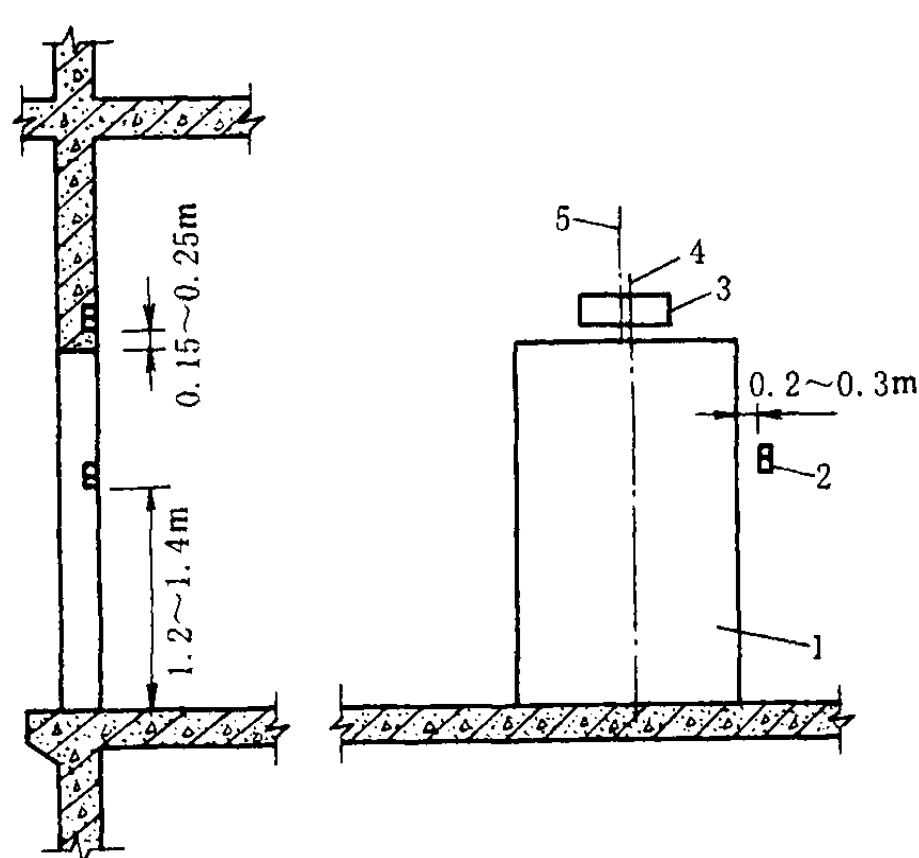


图2 -4 电梯层门指示灯及召唤盒安装位置  
1—厅门 ;2—召唤盒 ;3—电梯层门指示灯 ;  
4—层门中心线 ;5—层门指示灯中心线

④) 箱体应平正、牢固、不变形，埋入墙内的盒口不应突出装饰面。面板安装后应与墙面贴实，不得有明显的凹凸变形和歪斜。

⑤) 层门闭锁装置应采用机械 - 电气联锁装置，其电气触点必须有足够的断开能力，并能使其在触点熔接的情况下可靠断开。

⑥) 层门闭锁装置的安装应该固定可靠，驱动机构动作灵活，且与轿门的开锁元件有良好的配合。层门关闭后，锁紧元件应可靠锁紧，其最小啮合长度不应小于7mm。层门锁的电气触点接通时，层门必须可靠地紧锁在关闭位置上。层门闭锁装置安装后，不得有影响安全运行的磨损、变形和断裂。

## 五、电梯安全保护设备与接地安装

### 1. 接地接零保护

(1) 电梯机房、轿厢井道的接地机房和轿厢的电气设备、井道内的金属件与建筑物的用电设备采用同一接地体。轿厢和金属部件应采用等电位体连接。当轿厢接地线采用电缆芯线时，不得少于2 根。

(2) 所有电气设备的外露可导电部分均应可靠接地或接零。当在TN -S 方式供电系统中采用接PE 线。在TN -C 供电系统中因为保护线与中性线合用时，所以应在电梯电源进入机房后将保护线与中性线分开，形成TN -C -S 系统。其分离点的接地电阻不大于4 $\Omega$ 。

(3) 在采用三相四线制供电的接零保护（即TN -C）系统中，严禁电梯电气设备单独接地。

(4) 电梯轿厢可利用随行电缆的钢芯或芯线作保护线。当采用电缆芯线作保护线时不得少于2 根。

### 2. 采用计算机控制的电梯

其逻辑性应严格按产品要求处理。当产品无要求时，可按下列方式之一进行处理：  
接PE 线。同上述1 的方法。 悬空逻辑地。 与单独的接地装置连接。该装置的对地电阻不得大于4 $\Omega$ 。

### 3. 安全保护开关的安装

(1) 与机械相配合的各安全保护开关，在下列情况时应可靠断开，使电梯不能启动或立即运行：

任一曳引绳断开时；电梯载重量超过额定载重量10 % 时；任一厅、轿门未关闭或锁紧时；安全窗开启时；选层器钢带（钢绳、链条）张紧轮下落大于50mm 时；限速器配重轮下落大于50mm 时；限速器配重轮接近其动作速度的95 % 时，对额定速度1m/s 及以下的电梯最迟可在限速器达到其动作速度时；安全钳拉杆动作时；液压缓冲器被压缩时。

(2) 电梯的各种安全保护开关必须可靠固定，不得采用焊接固定。安装后不得因电梯正常运行时的碰撞和钢绳、钢带、皮带的正常摆动使开关产生位移、损坏和误动作。

### 4. 电气系统中的安全保护装置应进行下列检查

(1) 急停、检修、程序转换等按钮和开关，动作应灵活可靠。

(2) 开关门和运行方向接触器的机械或电气联锁应动作灵活可靠。

③) 错相、断相、欠电压、过电流、弱磁、超速、分速度等保护装置应安装产品要求检验调整。

### 5. 极限、限位、缓速开关碰轮和碰铁的安装要点

(1) 轿厢自动门的安全触板安装后应灵活可靠，其动作的碰撞力不应大于5N。光电及其他型式的防护装置功能必须可靠。

(2) 开关、碰铁应安装牢固。在开关动作区间，碰轮与碰铁应可靠接触，碰轮边距碰铁边不应小于5mm。碰铁应无扭曲变形，开关碰轮动作灵活。碰轮与碰铁接触后，开关触点应可靠断开，碰轮沿碰铁全长位移不应有卡阻，且碰轮应略有压缩余量。

(3) 碰铁安装应垂直，允许偏差为0.1%全长不应大于3mm。碰铁斜面除外。

(4) 交流电梯极限开关的安装钢绳应横平竖直，导向轮不应超过2个。轮槽应对成一条直线，且转动灵活。导向轮架加装延长杆时，延长杆应有足够的强度。上下极限碰轮应与牵动钢绳可靠固定。

牵动钢绳应沿开关断开方向在闸轮上复绕不少于2圈，且不得重叠。安装后应连续试验5次，均应动作灵活可靠。

(5) 极限和限位开关的安装位置应符合设计要求。当设计无要求时，碰铁应在轿厢超越上下端站地槛50~200mm范围内。接触碰轮，使开关迅速断开，且在缓冲器被压缩期间开关始终保持断开状态。

### 6. 疏散功能及安装

电梯有一个疏散功能，能够在停电时自动平层开门放入，以避免关人，这一功能往往甲方是非常需要的，但该功能在合同时如不写明，有些电梯厂家会据此追加造价。

### 7. 视频及音频电缆监视系统

在设置有保安监控系统的大厦内，往往需要在电梯轿厢内设有摄像机。如果订货时不提及，供应商是不提供相关设备及电缆的。如电梯内摄像机要使用，只能另行敷设电缆，但该电缆的重量、材质等性能参数很可能与电梯轿厢随行电缆不匹配，有些电梯厂家也不让其敷设在随行电缆上。故应要求电梯厂家在其随行电缆中设有视频、音频电缆。

### 8. 楼层显示、对讲系统

这2个系统在订货时如不注明，供应商往往是不提供的，但甲方往往是需要的，如在停电或火灾情况下电梯关人时；需要在控制室控制电梯时。订货时宜要求提供这2个系统，而且要指明安装设备的地点，这就包含了从电梯机房到控制室的电缆供应，敷设相应的设备安装费用。

电梯除了设备本身的各种信号与监控装置以外，一般还应该在电梯的轿厢内设置与

机房或值班室对讲的专用电话和应急等通信信号设备。在设有多台群控梯群的建筑物内还经常设有事故运行操作盘，用以监视电梯的异常情况和进行紧急操作，所有上述装置的线路都应该和电梯动力配线分开布线。

## 六、试运行

### 1. 做好运行前的准备工作

准备工作应包括清扫机房、层站的垃圾杂物，对机电零部件进行清洁检查。对电动机滑动轴承、减速器按规定的品种和数量换油加油，对导轨、缓冲器、限速器等部件上润滑油。清理曳引轮和曳引钢丝上的油污，检查导向轮、反绳轮、限速器张紧轮等转动摩擦部位，使之处于良好的润滑状态。

使所有的电器元件保持清洁，内外配接线的焊点要求牢固可靠，压紧螺钉无松动。在底坑内将对重装置用导木支撑牢固，机房内用手拉葫芦吊起轿厢，摘除悬挂在曳引轮上的所有钢丝绳。

### 2. 进行静态通电试车

电梯技工2人以上共同进行，2名技工在机房。轿厢内人员按机房技工指令模拟司机或乘客的操作程序，逐项进行通电操作。机房内技工检查控制柜中各电气元件动作程序是否正常、是否符合电气控制说明和电路原理的要求、曳引电动机运转情况是否良好、运动方向是否正确，若发现问题应及时予以调整。上提限速器的钢丝绳，检查安全钳开关的联动性能是否可靠，曳引机能否制动停车。试验安全钳的杠杆系统动作是否灵敏可靠，能否将安全钳楔块正常上升。

上述工作完成后，可将曳引绳挂上曳引轮，放下轿厢撤去手拉葫芦，使各曳引绳均匀受力。然后用手轮通过松闸将轿厢下移一段距离，拆去对重的垫木，并清除井道内所有垃圾杂物，才能进行通电试运行。

### 3. 动态试运行及调整

(1) 在机房内用手动松闸，手轮盘车，将轿厢再下移一定距离，如情况正常才可通电试车。首先做平衡试验，将轿厢以检修速度下行到基站，向轿厢内放入标准砝码，其重量为 $K_p \times Q$ 。其中 $K_p$ 为对重平衡系数，根据具体电梯要求，通常取0.4~0.5； $Q$ 为电梯额定载重量，单位为kg。此时曳引轮两侧拉力基本平衡，将轿厢上升到一半行程与对重底相平。在机房内用手动松闸，手盘手轮测定曳引轮左转、右转时手感是否相同。然后在对重架上加减对重块，直到两侧手感相同，即为符合平衡要求。

可以让1名电梯技工到轿厢顶负责试运行的指挥。通过轿内所发慢上慢下运行指令

控制电梯慢车上下往复运动，并逐层调整考虑。运行指令也可由轿厢顶部的检修箱按钮发出。逐层检查的项目有：层门地坎与轿厢地坎层门锁滚轮与开门刀间隙，各层一致并符合平层要求。干簧管平层传感器和换速传感器与轿厢的间隙，隔铁板与传感器盒的凹口底部和侧面间隙符合要求。

极限开关的上下端站限位开关等安全装置应动作可靠。采用楼层指示器或机械式选层器的电梯应同时检查校正触头或托板与各层站固定触头或托板相互位置是否合适。对于双速电梯，慢车运行时间每次通电不超过3min。

②) 经过慢车试运行和调整没有问题以后，额定速度的试运行和调试。将轿厢内操纵箱转入额定速度运行状态。使用轿厢内指令按钮和层门召唤按钮，控制电梯上下往复快车运行。对有/无司机控制的电梯，分别进行试验。在电梯运行过程中，通过启动、加速、平层、单层和多层运行、到站提前换速、开关门等过程，根据随梯文件和国家有关标准，全面考核电梯的各项功能、调整电梯的关门、启动、加速、换速、平层停的准确度。调整自动开门机在开关门过程中的速度和噪声水平，提高电梯运行过程中各项综合性能指标。

③) 最后进行生产前的试验和测试。根据GB10060 电梯安装验收规范的规定，作好测试工作，写出具体报告，交付用户单位使用。

## 第三章 电梯的管理与安全使用

### 第一节 电梯的调试、安全使用和维护保养

电梯一旦投入运行，往往24h 使用，对于其机电元件要求经常检查和维护，建立严格的管理制度，配备合格的电梯安装维修技工和司机承担有关工作，加强电梯的定期检修，积累资料指导电梯维护检修计划的制定和实施。电梯的安全使用和维护保养对电梯的使用寿命至关重要。

#### 一、调整试车和工程交接验收

##### 1. 试运转前应按下列要求进行检查

- (1) 电气设备导体间及导体与地间的绝缘电阻值：动力设备和安全装置电路不应小于0.5M $\Omega$ ；低电压控制回路不应小于0.25M $\Omega$ 。
- (2) 机房温度应保持在5~40℃之间，在25℃时环境相对湿度不应大于85%。
- (3) 继电器、接触器动作应正确可靠，触点接触应良好。

##### 2. 检修速度调试

- (1) 全程点动运行应无卡阻，各安全间隙符合要求。检修速度不应大于0.63m/s。自动门运行应平稳、无撞击。平衡系数应调整为40%~50%。
- (2) 制动器力矩和动作行程应按设备要求调整，制动器闸瓦在控制时应与制动轮接触严密。松闸时与制动轮应无摩擦，且间隙的平均值不应大于0.7mm。

##### 3. 额定速度调整运行符合下列要求

- (1) 轿厢内置入平衡负载，单层、多层上下运行，反复调整，升至额定速度，启动、运行、减速应舒适可靠，平层准确。
- (2) 在工频下，曳引电动机接入额定电压时，轿厢半载向下运行至行程中部时的速度应接近额定速度，且不应超过额定速度的5%。加速段和减速段除外。

4．运转试验应符合下列条件

- (1) 空载、半载和满载试验要求在通电持续率为40 %情况下，往返升降各2h。电梯运行应无故障，启动应无明显的冲击，停层应准确平稳。
- 制动器应可靠动作。制动器线圈温升不应超过60℃，减速机油的温升不应超过60℃，且温度不得超过85℃。
- (2) 调整上下端站的换速、限位和极限开关，使其位置正确、功能可靠。
- (3) 运转功能应符合设计要求，指令、召唤、选层定向、程序转换、启动运行、截车、减速、平层等装置功能正确可靠，声光信号显示清晰正确。

5．超载试验

应在轿厢内置入110 %的额定负载，在通电持续率为40 %的情况下，往返运行各0.5h。电梯应可靠地启动、运行。减速机、曳引电动机应工作正常，制动器动作应可靠。

6．平层准确度符合表3 -1 的规定

表3 -1 平层准确度

电梯类别	额定速度 (m /s)	平层准确度 (mm)	电梯类别	额定速度 (m /s)	平层准确度 (mm)
交流双速	0.63	±14	交直流双速	2.00	±14
交流双速	1.00	±30	交直流双速	2.50	±10

7．技术性能测试应符合下列规定

- (1) 电梯的加速度和减速度的最大值不应超过1.5m/s<sup>2</sup>。额定速度大于1m/s、小于2m/s 的电梯，平均加速度和平均减速度不应小于0.5m/s<sup>2</sup>。额定速度大于2m/s 的电梯，平均加速度和平均减速度不应小于0.7m/s<sup>2</sup>。
- (2) 乘客、病床电梯在运行中，水平方向的振动加速度不应大于0.14m/s<sup>2</sup>，垂直方向的振动加速度不应大于0.25m/s<sup>2</sup>。
- (3) 乘客、病床电梯在运行中的总噪声不应大于80dB。轿厢内噪声不应大于55dB。开关门过程中噪声不应大于65dB。

8．在交接验收时，应提交下列资料 and 文件

- (1) 电梯类别、型号、驱动控制方式、技术参数和安装地点。
- (2) 制造厂提供的随机文件和图纸。
- (3) 变更设计的实际施工图及变更证明文件。

- (4) 安全保护装置的检查记录。
- (5) 电梯检查及电梯运行参数记录。

## 二、电梯安全使用基本常识

建立一套完备可行的管理制度是电梯安全运行的首要条件。

1. 要求配置专门的管理人员。对有司机的电梯，应使专职司机受过技术培训，具备必要的电梯知识，能够正确操纵电梯和处理运行中出现的紧急情况，并能够排除常见故障。应有专职的维修保养人员，建立值班制度。维护人员应该受到技术培训，掌握电梯工作原理、各部分的主要构造和功能，能够及时处理和排除各种故障，对电梯进行日常性的维护保养。

2. 建立严格的检查保养制度，定期进行日检、月检、季检、年检和各种临时检查。每天要求对机房进行清扫和巡视检查，及时发现和排除各种不正常现象。保持厅门清洁，避免门槽中落有杂物影响门的正常开合。每日司机应先试运行电梯并写好交接班记录。

每月应对电梯的主要安全装置进行检查，对各润滑部位视需要进行补油。在季度检查中，要对曳引机、导向轮、曳引绳、轿顶轮、导靴、门传动系统、电磁制动器、安全钳等限速装置、各种接触器和电路接线端子进行全面视察，进行必要的调整。如果电梯停运较长时间或发生了可能危及电梯正常运行的其他事故和灾难，也必须对电梯进行全面检查才允许投入运行。

3. 制定维护保养的工作规程。进行季度检查和年度检查应由2人以上进行，以确保工作的安全可靠。电梯在检修和加油时，应在基站悬挂停运指示牌。在做检修运行时，不允许载客、载货。进入底坑检查时，应将底坑检修箱的急停开关断开，进行轿顶检查则需将安全钳或轿顶检修箱的急停开关断开。

检修的工作照明灯应使用安全电压。严禁维修人员在井道外探身到轿顶或处于厅门与轿门之间进行工作。在开启厅门的情况下，若轿厢以检修速度运行时其上离厅门踏板的距离不应超过0.4m。

## 三、电梯使用注意事项

### 1. 平时使用

专职司机在开启厅门进入轿厢前，应看清轿厢是否确实停在该层。有司机操纵的电梯必须由专职司机操纵，司机离开时应关闭轿厢开关并关闭厅门。应保证电梯在额定载



重范围内工作，对无超载保护装置电梯，更应小心。客梯不应做货梯使用。轿厢内不允许装运危险品，包括易燃易爆品，凶猛动物等。不要在轿厢内做各种剧烈运动，不要靠门，轿厢停靠层站时不允许停留在轿厢和厅门之间。司机在每日工作完毕后应将电梯返回基站，断开轿厢电源并关好厅门。

### 2. 故障状态

电梯出现不正常情况时应予以足够的重视，不可粗心大意。如电梯门关闭但不能启动应首先按下开门按钮，如门打开，表示门锁未能关闭，电梯控制电路没有接通，此时可重复关门动作，如不见效果，应通知维修人员。如果不能打开电梯门，则应按急停按钮，断开电梯控制电路，用人力打开轿厢门，电梯停运并通知维修人员。

### 3. 危险时刻

当电梯失去控制，按下急停按钮也无济于事时，梯内人员应保持冷静，不要打开轿门，盲目跳出轿厢。如果电梯在行驶中突然停车时，轿厢内人员应用警铃、电话等联系设备通知维修人员。由维修人员在机房设法移动轿厢到附近厅门口，然后按下急停按钮，用人力开门撤离轿厢。当电梯在安全钳动作停车时，应用电话通知维修人员并按下急停按钮。在机房中用人力驱动曳引机使轿厢移动时，必须断开电动机电源。

## 四、电梯修理计划的制订与实施

电梯的修理目的在于恢复电梯的工作性能和各项技术指标。修理指修复电梯整机和各部分工作能力而采取的整套措施。修理时，进行个别零件和部件的修复或更换，并给予安装和校正。电梯修理分为小修、中修、大修和急修，定期检查按需修理，保证电梯安全可靠运行。

项目划分为小修、中修、大修和急修4种。

例如小修是最基本的修理，其目的在于消除电梯使用过程中因零件磨损或操作保养不当造成的局部损失，从而维持电梯的正常运行。一般电梯实际运行800~1000h后安排一次小修，具体内容包括调整电磁制动器和减速器两方面。调整电磁制动器指合闸时闸瓦与制动轮应接触平稳无剧烈震动或颤动，松闸间隙符合要求。更换断裂的闸瓦瓦托或磨损超限的瓦衬。重新作电气调整，消除线圈过热情况，更换有裂纹的制动臂、弹簧、紧固连接螺栓等。

关于减速器要求检查减速器的蜗轮与蜗杆的啮合及磨损情况，用手感检查蜗轮齿侧间隙，检查主轴及套筒的轴向窜动，更换已经失效的端盖垫片、油封圈或油浸盘片。打开涡轮轴承盖，检查轴承保持架、滚动体，如有损坏立即更换。检查曳引轮、轿顶轮、导向轮、对重轮的绳槽磨损情况，用垫片调整各轴的水平角度或调整轴承座向安装位

置，使各绳槽对中。检查曳引钢丝绳的磨损和断丝情况，作出详细记录。调整层门门锁的锁沟，用垫片调整间隙使门锁工作正常。若锁沟磨损过量，应补焊修锉成型或更换新钩。调整曳引绳受拉情况，使之受力均匀，必要时可截短曳引绳重做绳头。检查电动机与减速器联轴节的同轴度，对弹性联轴器应检查和更换失效的弹性圈。清洁电气元件上的灰尘，修理或更换已经烧蚀的触头和绝缘下降的导线。调整电梯的平层准确度。

## 第二节 电梯典型故障排除

### 一、曳引机的维修

#### 1. 曳引轮的维修

平时运行中应该保持曳引绳槽的清洁，不得将润滑油或机油上到曳引绳槽内。  
各绳槽的磨损应该相同，如果发现绳槽之间的磨损深度相差达到曳引绳直径的1 / 10 的时候就必须检修了，将其车到深度相同为止，如图3 -1 所示。

带缺口的半圆槽，当绳槽磨损到切口深度不到2mm 时就应该重新车槽了。在车槽的时候应该注意重车完的轮缘厚度不得小于曳引绳的直径 $d_0$ ，如图3 -2 所示。

#### 2. 减速箱的维修

(1) 在运行中轴承出现撞击的声音或其他噪声的时候，应该及时调整，到了无法调整的地步，必须换新的轴承，否则会发生故障。

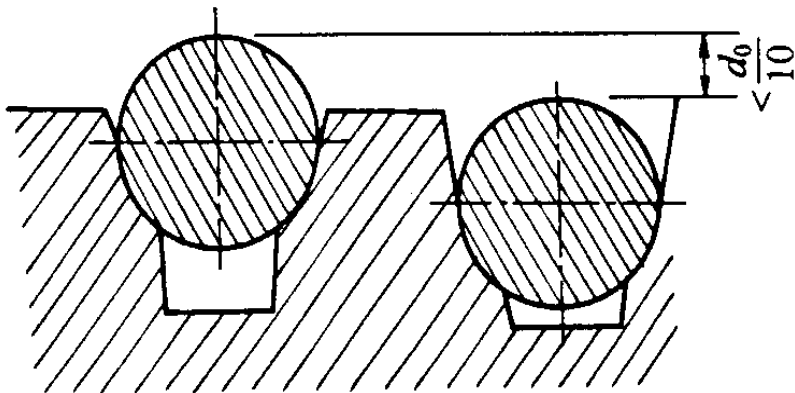


图3 -1 曳引绳槽磨损限度

(2) 减速箱的油质要符合要求，保持减速箱体内部润滑油的清洁，如果发现明显有杂质，则应该换新润滑油，通常用半年就换一次新油。

- ③) 运行时轴承的温升通常小于60℃，减速箱内的油温度不大于85℃，否则应该停机检查。
- ④) 蜗轮蜗杆的轴承应该保持适量的轴向间隙，在电梯换向时，如果发现蜗轮和蜗杆有明显的窜动时，应当调整减少其轴向间隙。
- ⑤) 要定期拧紧油盅盖，通常1个月拧1次，保持润滑油脂润滑的部位。减速箱体的油应保持在油镜或油针标定的范围以内。

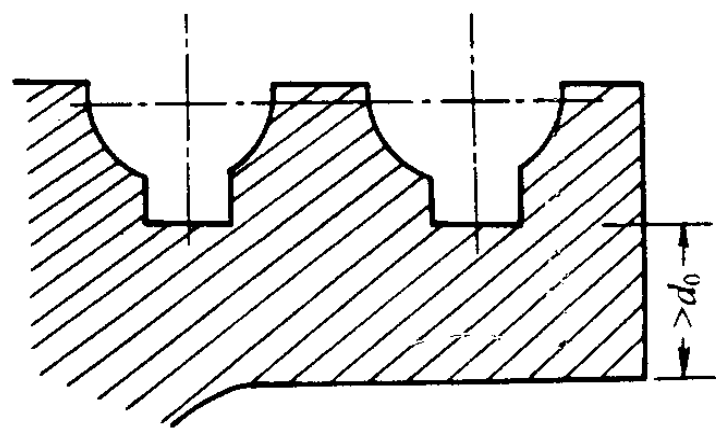


图3 -2 曳引绳槽磨损允许最小厚度

3 . 制动器的检修

- ①) 制动器必须有足够的制动力矩，不得打滑，可以调整制动弹簧制止打滑。
- ②) 在松开制动瓦时，制动瓦四周的间隙应该相似，最大的间隙不应大于0.7mm，否则应予以调整。
- ③) 制动器的各个环节应该洁净，动作灵活而可靠，要定期上润滑油保养。
- ④) 如果制动带磨损严重而造成金属铆钉头外露，则必须更换制动带，以免出现硬伤。
- ⑤) 对电磁铁必要时上润滑粉保养。

4 . 电动机及速度反馈装置的检修

- ①) 电动机的绝缘强度必须保持良好，在季度检修的时候应该摇测绝缘电阻值。主极线圈绝缘电阻不小于0.25MΩ，其他部分不小于0.5MΩ，否则应采取相应措施。
- ②) 直流测速发电机在每季度作1次检查，例如易损件炭刷，如果磨损严重应更新，并清除炭末。在轴承等处上润滑油。
- ③) 当电动机劳损造成轴承磨损过度，电动机会出现过大的杂音，必须更换新的轴承。
- ④) 应当经常吹净电动机内部换向器和电刷等部件的灰尘，防止水滴溅入，保持电动机的清洁。

⑤）对于用滑动轴承的电动机，要注意油槽内的油量是否达到油线，同时应该保持油线的清晰。

二、电梯常见故障和检修方法

电梯常见故障和检修方法综合见表3 -2 ，供参考。

表3 -2 电梯常见故障和检修方法

故障现象	分析原因	检修方法
1 . 有选层信号但是箭头灯不亮	信号灯接触不良或烧坏 选层器上自动定向触头接触不良，方向继电器不吸合 选层继电器常开接触不良，使方向继电器不吸合 上、下行方向继电器回路中二极管损坏（广州梯的HD 管，天津梯的SJW ,BJS ,BJX 管	更换灯泡，查线路 用万用表查检测或用电线短接法检查并调整修复 调整修复 用万用表查二极管或更换
2 . 还没有关门电梯已经运行	门锁开关微动粘连 门锁控制回路接线短路	重新开关门 检查修复
3 . 按选层按钮后灯不亮，没信号	按钮接触不良或断线 信号灯坏了或接触不良 选层继电器坏了或自锁触点接触不良 有关接线不良或松脱 选层器上的信号灯活动触头接触不良使选层器不能吸合	修理按钮 换灯泡，查线 检查或更换选层器 用万用表查线路通否 调整动触头弹簧，修理触头
4 . 按下关门键而门不关	可能按钮接触不良或坏 轿厢顶的关门限位开关常闭触点和开门按钮的常闭触点虚接，关门继电器不能吸合 关门继电器故障 门机电动机损坏或线断 门机传动皮带打滑	用导线短接法检查修复，坏了更新 用导线短接法将门控制回路中的断点找出，修复或更换 修理或更换 用万用表查电机线路，修理或换线 收紧皮带或更新
5 . 电梯已经接受选层信号，但是门关闭后不能启动	门没关闭到位，门锁开关没有接通 门锁开关有故障 轿门闭合到位，开关不通不能吸合 运行继电器回路断线，运行继电器有故障	重新开关门，还不行就调整门速 修理或更换 调整和排除 用万用表查断点，修复或换继电器

续表

故障现象	分析原因	检修方法
6 . 在基站将钥匙开关闭合后电梯门不开，或直流电梯发电机不能启动	控制线路熔丝熔断 钥匙开关接触不良 基站钥匙开关继电器线圈损坏或触点接触不良 某段线路有毛病	先查原因，排除故障后再换熔丝 采用酒精清洗，调整触点弹簧片或更新 换新线圈，清洗触点 在机房有人将钥匙继电器吸合，仍不是则查各段线路
7 . 在站平层后电梯不开门	开门电机熔丝熔断 轿厢顶上门限位开关闭合不良，触点断了，使门继电器不能吸合 开门继电器损坏 开门电气回路故障或开门继电器有毛病	换熔丝或拧紧接通 调整触点或更新 更新 修理或更新继电器
8 . 平层误差过大	选层器的换速触头与固定触头位置不合适 平层感应器与隔磁板位置不当 制动器的弹簧太松	调整 调整 调整
9 . 开关门速度变慢	开关门速度控制电路有故障 开门机皮带打滑 门刀碰撞门轮使锁臂脱开，门锁开关断开 安全钳动作	检查低速开关门行程开关的触点粘连否，修理 张紧皮带 调整 断开机房总电源，松开制动器，试轿厢上移，让安全钳楔块脱离轨道，让轿厢停在层门口，放出乘客。再合总电源，站在轿厢顶上，以检修速度检查各部分，用挫刀将轨道上的制动痕迹挫光
10 . 电梯平层后又自动滑车	制动器弹簧太松，或制动器有故障 曳引绳打滑	收紧制动弹簧或修复调整制动器 修复曳引绳槽或更新
11 . 电梯冲顶撞底	选层器换速触头或选层继电器故障，井道上换速开关或极限开关失灵，或选层器链条脱落 快速运行继电器触头粘住而造成冲顶或撞底	查清原因以后更换元件 冲顶时，因为轿厢惯性大对重被缓冲器托住，轿厢会急速抖动下降会使安全绳动作，应拉总闸，用木桩支撑对重，用3t 手动电葫芦吊升轿厢直至安全钳复位

续表

故障现象	分析原因	检修方法
12．电梯启动或运行速度明显下降	制动器抱闸没有完全打开或局部没打开 有一相电源没电 行车上下行接触器触点接触不良 电源电压太低	调整复原 接触不良，拧紧 检修接触器或更新 调整电源电压，不超过规定值±10 %
13．预选层站不停车	轿厢内选层继电器失灵 选层器上减速动触头与预选静触头接触不良	修理或更换 调整和修复
14．未选层站停车	快速保持回路接触不良 选层器上层间信号隔离二极管击穿	检查快速回路中的继电器和接触器触点并修复 更换二极管
15．电梯在运行中抖动	曳引机减速箱蜗轮蜗杆磨损，齿侧间隙过大 曳引机固定处松动 滑动导靴的靴衬磨损大，滚动导靴的滚轮不均匀磨损 个别导轨架或导轨连接片松动 曳引绳松紧差异大	调整减速箱中心距离或更换蜗轮蜗杆 查地角螺丝、挡板、压板等，拧紧。 慢速行车，在轿厢顶检查拧紧 更换滑动导靴靴衬，更换滚轮导靴滚轮或修车滚轮 慢速行车，在轿厢顶上检查拧紧 调整绳丝头套螺母，使各曳引绳拉力一致
16．直流电梯运行忽快忽慢	励磁柜上的可控硅插件接触不良或有关元件损坏 励磁柜熔丝熔断 励磁柜的触发器接触不良或有关元件损坏 励磁柜的放大器插件接触不良或有关元件损坏	把插件轻擦干净或更换插件，修理元件 换熔丝 把插件轻擦干净或更换插件，修理元件 把插件轻擦干净或更换插件，修理元件
17．直流电梯运行中抖动	励磁柜上的反复调节稳定不合适，有零浮现象 测速发电机故障 三角皮带过松 发电机或电动机炭刷磨损严重，行车时有火花	调整稳定调节电位器及放大器调零 修理测速发电机或更新 张紧三角皮带或更新 校正中心线，换新炭刷

续表

故障现象	分析原因	检修方法
18．局部保险丝经常熔断	该线路导线有接地点或元件有接地 有的继电器绝缘垫片击穿	检查接地点，加强绝缘 增加绝缘垫片或更换继电器
19．主保险片经常熔断	熔片容量太小，压接松，接触不良 有的接触器接触不良或有卡阻 电梯启、制动时间太长	更换合适的熔丝，并压紧 检查调整接触器，排除卡阻更换接 触器 调整启、制动时间
20．在运行中听到轿厢内 有摩擦的声音	滑动导靴衬磨损严重使两端金属盖 板与导轨摩擦 滑动导靴中卡入异物有卡阻 因为安全钳拉杆松动使安全钳楔块 和导轨摩擦	更换靴衬 检查清除异物、清洗靴衬 调整、修复
21．开关轿厢门时门扇振 动	门的滑轮磨损严重 门锁两个滚轮和门刀没有贴紧，间 隙过大 门的导轨变形，松动偏斜 门地坎的滑轮槽积土	更新门滑轮 换新门锁 校正导轨，调整紧固导轨 清扫杂物
22．轿厢门的安全触板失 灵	触板微动开关故障 微动开关接线短路	排除故障或更新 检查线路，排除短路点
23．轿厢或厅门有麻电现 象	轿厢或门厅接地线断开 接零系统零线重复接地线断开 线路上有漏电的现象	检查接地线，使接地电阻小于4 检查接好重复接地线 检查线路绝缘，绝缘电阻应大于 0.5M

# 第十六篇

## 季节施工



# 第一章 土方工程与地基基础工程的季节施工

## 第一节 土方工程的季节施工

土方工程遇到的主要是雨季和冬季应掌握的施工措施。

### 一、雨季施工

土方工程雨季施工时的特点是土壤受水量大，地面水量增多，道路泥泞造成施工困难。

为此我们对土方工程施工往往尽量避开的雨季，一是抢在雨季来到之前完成基础，一是雨季末进行开工。但事物并不会任何时候都那么顺人的意志，因此我们施工时必须考虑在雨季中应如何顺利施工。

#### 1．大土方的开挖

如深基坑地下室施工开挖土方正逢雨季，那么在开挖前应做好施工方案，在挖土范围外周先挖好挡水沟，沟边做土堤防止雨水流入坑内。如图1 -1 所示。

其次设计好运土线路，把临时路基用碎石废渣填好，挖土采用反向铲挖掘机为宜。挖土机不宜挖到底标高，应留30 ~40cm，待人工清土与浇筑垫层结合进行，以防止基土被水浸泡降低地基土质质量。坑内四周在清土前也应先挖好排水沟及排水井，排除雨水。至于地下水的排除用井点还是明排，则应在施工方案中考虑，与雨季考虑施工不是同一件事。

#### 2．一般基槽挖土

通常也应在挖土区范围外做一些土堤，高度50cm、宽50cm 即可。然后放线挖土，应注意的是土在一开始亦不应挖到底，而应适当留20 ~30cm，待大部分基槽已挖到离底20 ~30cm 时，可以流水作业，一部分人清土找平槽底，一部分人员随之浇筑基槽内垫层，浇好后应适当遮盖，防止雨水把垫层中水泥浆类冲走，降低强度。

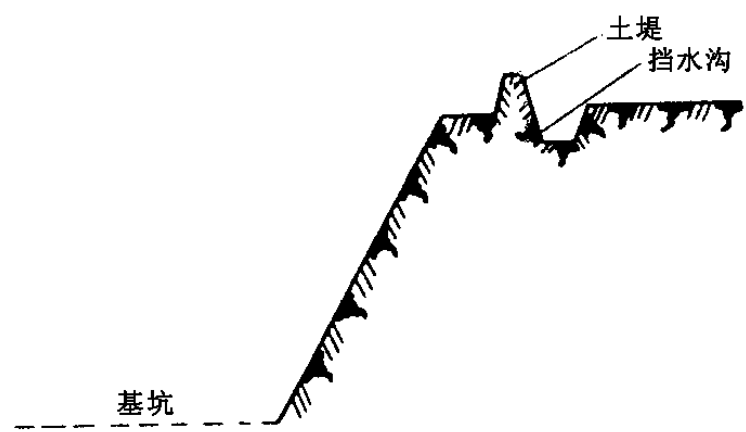


图1 -1 雨季施工土上挡水沟

3 . 土方的回填

雨季施工土方最怕的是水饱和，回填后成为“橡皮土”很难密实。因此土方在挖出来后，考虑到在雨季回填，就应采取遮盖措施，防止雨水大量浸入土堆中。如采取措施后，土含水量仍偏大，则应晾干一段时间待含水率适宜后回填。如急于回填，则应与建设方协商增加费用掺加废渣或质量差的碎石混合后进行回填，而达到回填土密实的要求。

二、冬期施工

冬期施工最早时叫冬季施工，后来感到不科学。因为全国各地气候不同，像广州、深圳就没有冬的感觉。所以最后以日平均气温稳定低于5℃时，这段时间称为冬期。所以该期间进行施工时，我们称为冬期施工。根据有关资料各地的冬期长短也是不一的，如东北哈尔滨每年度10月中至下年4月底这段时间约5.5个月属于低于平均气候5℃的时间，冬期就较长；如上海约是12月中至下年3月上旬，约80多天；而重庆和成都仅10d左右。因此施工时应根据当地的气温来考虑施工措施。

1 . 土方的开挖

土在冬期由于遭受冻结变为坚硬，挖掘施工困难，费用也较常温要高，尤其是在黄河以北。为了减少挖土困难，如有大量土方开挖，则应在冬期初就采取措施，如把表面土粉开20~40cm，起一种最简单的保暖作用，在正式施工时水冻深度就不会很深，一般在-10℃以内时，有该种措施，冻土深不超过40cm，这样只要开了一块，再挖尺比较容易了。

目前对深层冻土的开挖方法有：爆破法、机械法和最普通的人工开挖。爆破要打眼、装药：引爆等专门施工人员进行，施工中主要注意安全防护、设禁区等；机械法、当冻土厚度小于40cm时，可用大功率挖土机开挖；当厚度大于60~100cm时，可借用打桩机打楔形铁块开挖；人工挖土则比较艰苦，要用大锤、铁楔子一块一块啃下来，开

始处可借用火烤，先将一块地化开作为突破口，然后依次开挖进行。

人工挖冻土应注意以下几点：

(1) 必须先有一个周密的计划，组织合理的力量，进行连续施工，以加快进度减少继续加深冻结深度。

(2) 挖完一处应覆盖一处，可根据气温情况，盖一层或二层草帘。如间歇时间较长应把到底的土挖松但不起出，再加覆盖则保温效果更好。

(3) 使用的大锤、要经常检查防止锤头飞出，掌铁楔的人与打锤的人不能脸对脸，必须互成90°。

(4) 严禁挖大块土方时，在下面进行掏挖！以防止冻土断裂下坠把人压伤或埋入土中，造成重大安全事故。

2. 土方的回填

冬期施工时的土方回填，主要应注意防止用冻土块回填，造成土层互相搁空，到回暖后土面下沉，乃至内部不密实。

总体要求是：室内基坑（槽）的回填土不得用有冻土块的土回填；室外的基槽或管沟用含有冻土块的土回填时，其冻土块体积总量不超过回填土量的15 %。凡管沟内，则管底到管顶上50cm 范围内不得用含冻土块的土回填。

因此在施工前我们要采用以下一些措施：

(1) 在施工前将回填土进行保温，把挖出的不冻土堆在一起，加草帘二至三层覆盖防冻，留作回填土用。

(2) 进行流水作业的方法，甲幢挖土后回填至乙幢，并迅速夯实。这样可以减少覆盖材料的消耗。

(3) 对冻土大块放到向阳处，让其软化后击碎到直径50mm 以下，也可掺入不冻土中回填利用。

(4) 重点重大工程必要时采用砂土进行回填。

(5) 回填土处的积雪等应清扫干净，然后才能进行回填。亦可以尽量减少回填量，只要保证外露基土不受冻的回填厚度，其余的可待解冻回暖后进行。

第二节 地基基础工程的季节施工

一、地基工程

地基工程有天然地基和地基处理（即人工地基）两类。

天然地基在雨季施工时要注意排水和防止基土浸泡，与土方工程是一致的；冬期施工主要是防止基土受冻，即挖好土应覆盖或立即浇筑垫层。因此天然地基的季节施工只要做到上述要求，就可以了。在这里主要介绍人工地基在季节施工中应注意的要点。我们以常见的为介绍主体：

(一) 灰土垫层地基

1. 雨季施工：灰土垫层雨季施工应注意点为：

- (1) 土必须事先覆盖防雨，含水率不得超过灰土正常用土的含水率；石灰熟化应随用随洒水粉化，块灰暂不用的应堆放在地势高处，且用苫布防雨遮盖，或随用随进块灰料。
- (2) 大雨天气暂停施工；施工前应将槽内积水、烂泥清理干净，也可洒点干石灰粉，然后下灰土进行夯实做垫层。
- (3) 夯实后应防雨，三天内不得受水浸泡。如表面已受潮变软，应清去再补夯灰土。

2. 冬期施工：主要应不得用冻土或类有冻土块的土料做灰土原料；夯实之后要用草帘二层覆盖防冻。

(二) 砂石垫层

对于砂石垫层，雨季主要应使基坑内无积水，砂石材料应堆放在地势高处，含水率不宜太大，由于该材料本身渗水较好，雨季施工只要不是大雨连绵，施工可正常进行。冬期主要应防止夹有冻块、冰雪块的砂石做垫层，冬施前应将其放于向阳的地方晾干，使做垫层时符合用料要求即可。

(三) 碎砖三合土垫层

三合土垫层，在雨季中主要防止雨水冲刷，施工时防止槽内积水，应提前清干净。再有是拌合时加水量应减少，可先用消石灰与砂拌合，再加碎砖拌时适量加水，使稠度相对适宜水分不多，这样即使有小雨也不致使浆水冲走流失。冬期施工由于石灰浆易冻，拌合入槽时应达10℃以上，必要时把水进行加热。浇筑入地槽后，要用二层草帘覆盖保温以防受冻。

(四) 垂锤夯实与强夯地基

这两种采用机械强力挤压夯实的地基不宜在雨季及冬期施工。

(五) 灰土挤密桩加强地基

在雨季施工时，主要是灰土的做法应和灰土垫层一样，施工时场地四周要做土堤防

止地面水流入施工区域，及流入成孔洞内。完成后，应将桩上口灰土加高些使水不易积入孔内。

冬期施工，主要防止灰土受冻，拌合时应符合灰土垫层要求，入孔夯实后，孔顶可堆放松土保温。

(六) 砂桩加固地基

主要是雨季防止水分过多，冬期砂不得受冻。水份含量过大，砂会产生反常膨胀，达不到砂桩加固的目的。因此不论冬、雨季节，砂的含水量要严格控制。

(七) 深层搅拌桩加固地基

1．雨期施工时，施工场四周要作土堤或排水沟，使场地内处于比较干燥的状态。搅拌水泥浆体时，要搭棚防雨，控制水灰比。成孔完成的搅拌桩如与地面相平，则应适当培土使孔位处略高以免雨水浸入孔中，使桩内渗水多而降低强度；如桩顶低于地坪，则孔上应加防雨盖板，2d 后轮流使用。

2．冬期施工时，主要防止水泥浆体受冻，必要时水应加热，要求拌好后浆体温度应在15 以上，再通过管道压入孔中，损失一部分温度入孔能达到在10 左右即可。亦可掺加适量早强抗冻剂，达到入孔不冻，提早硬化。

二、基础工程

基础工程是一个分部工程的概念，由于它可以用砖石、混凝土、钢筋混凝土、桩等做成。因此它的季节施工，我们将分别于砖石工程、混凝土工程中叙述。

但有两点必须强调的：一是雨季施工时，凡整体基础，一定要做好抽排水工作，特别应防止雨季水大，地下水多后水压升高，在基板无足够重量时会被浮起，严重的甚至使基底板折断、出现裂缝……等，造成质量事故。二是冬期施工时，基土必须无冻胀情况，基础施工时基土必须保温在0 以上，只有在基土无问题后才可进行施工。

## 第二章 混凝土工程冬期施工

### 第一节 概述

国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》规定：根据当地当年气温资料，室外日平均气温连续5d 稳定低于5℃ 时，混凝土工程的施工既应进入冬期施工。在这样一段时间内，混凝土用常温方法施工，难以达到预期的目的，因而必须采取相应的保温防冻、防风、防失水等措施，确保混凝土工程的质量能达到规定的要求，这称为混凝土的冬期施工。

#### 一、混凝土冬期施工的起止日期

按冬期施工的定义，混凝土冬期施工期限是根据自然气温的变化来确定。当自然平均气温连续5d 稳定低于5℃，并连续5d 尚未高出5℃ 的第一天为冬期施工的初始日。同样，当气温回升时可取连续5d 稳定高于5℃ 的末日为冬期施工的终止日。但应注意，在上述期限以外，有时寒流突袭来，气温可能暂时突降到0℃ 以下，寒流过后，气温有回升，在气温突降期间也要注意防止混凝土遭冻害。

确定混凝土工程冬期施工的起止日期，可根据当地多年资料定出。我国部分地区混凝土工程冬期施工的起止日期可参见相关内容。

#### 二、混凝土冬期施工原理

##### （一）混凝土的早期冻害机理

混凝土的早期冻害是指新浇筑和在硬化过程中的初龄期混凝土，受寒冷气温的影响，使混凝土遭到冻结，给混凝土的各项指标造成不同程度的影响和损害。温度、水和混凝土内部结构的孔隙是混凝土受冻害的重要条件。

新浇筑的混凝土遭到冻害，主要是由低温造成的。当温度降至 +5℃ 时，混凝土的

初凝时间会大大地推迟；降至0℃时混凝土的硬化速度变得非常缓慢；降至0℃以下时，水开始结冰，水化作用停止，使混凝土的体积膨胀，内部产生一系列的微裂纹。

硬化过程中的初龄期混凝土，内部基本结构基本形成，但并不十分牢固，遭到不利的影响，很容易破坏。当温度降到0℃时，混凝土内部毛细孔中的自由水表面开始结冰。体积膨胀，将内部未冻结的部分水封闭并沿毛细孔道压向内部。随着冻结的发展，结冰体积越来越大，内部未冻结的水压力越来越高，水压力增高超过混凝土的抗拉强度时，毛细孔胀破，混凝土产生微裂纹。随着冻结向混凝土的深层发展，又产生新的微裂纹，微裂纹相互连接出现贯通微裂缝。

(二) 混凝土早期冻害对其性能的影响

在混凝土冬期施工中，早期受冻后其结构及物理力学性能将受到严重的损害。

1. 混凝土内部的结构破坏

硬化过程中的初龄期混凝土遭冻及新浇筑混凝土立即遭冻后，内部产生的一系列的微裂纹甚至微裂缝，这些微裂纹、裂缝破坏了混凝土的内部自身的整体性。试验和工程实践表明混凝土化冻以后，即使再养护28d，这些微裂纹也不能得到全部修补。

2. 混凝土的抗压、抗拉强度的降低

混凝土在负温下遭到冻结，当温度回升到正温时，水泥的水化作用可继续进行，但冻结对混凝土的抗压、抗拉强度影响较大。结冻时温度越低，强度损失越大；水灰比越大，强度损失越大；受冻时强度越低，强度损失越大。特别是浇筑后立即受冻，抗压强度损失可达50 %以上，即使后期正温养护三个月，也恢复不到原设计的强度水平。抗拉强度损失可达40 %。冻害对混凝土强度的影响见图2 -1。

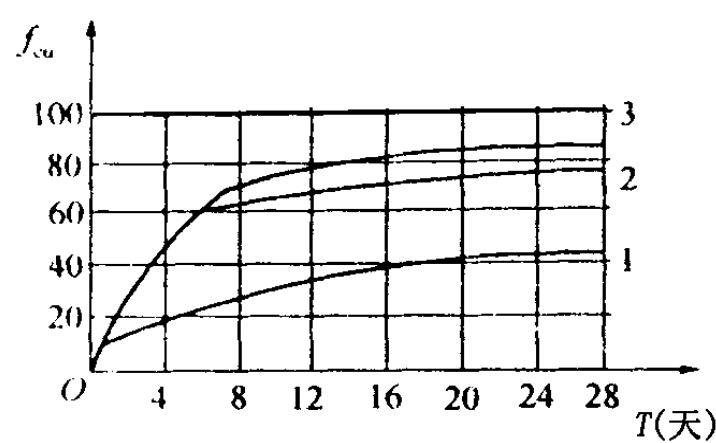


图2 -1 不同龄期混凝土遭受冻害强度损失曲线

1 - 标养1d 遭受冻害 2 - 标养5d - 遭受冻害  
3 - 标养7d 遭受冻害

混凝土受冻前有一定的预养护期，后期强度损失可大为减少。混凝土浇筑后立即受冻的抗压强度损失见表2 -1。

表2 -1 混凝土浇筑后立即受冻的抗压强度损失

受冻前预养 护时间 (h)	冻结时间 (h)	冻结后养护 时间 (d)	受冻温度 ( )	混凝土强度损失 (%)		
				C20	G30	C40
0	24	28	-5	27.8	16.8	20.1
			-10	32.5	41.8	43.3
			-20	38.0	48.9	48.1
0	24	90	-5	19.4	22.5	20.8
			-10	30.5	37.0	41.8
			-20	35.9	44.1	47.8

3．钢筋混凝土的粘结强度降低

试验结果表明，混凝土早期受冻对混凝土与钢筋的粘结强度影响较大，对低标号混凝土的影响更为严重。

4．混凝土的抗冻耐久性和抗渗性

混凝土早期遭受冻害可使抗冻耐久性和抗渗性降低。

(三) 温度对混凝土强度增长的影响

混凝土的强度只有在正温养护条件下，才能持续不断地增长，并且随着温度的增高，混凝土强度的增长的速度加快。不同养护温度条件下，混凝土强度增长情况见图2 -2 所示。

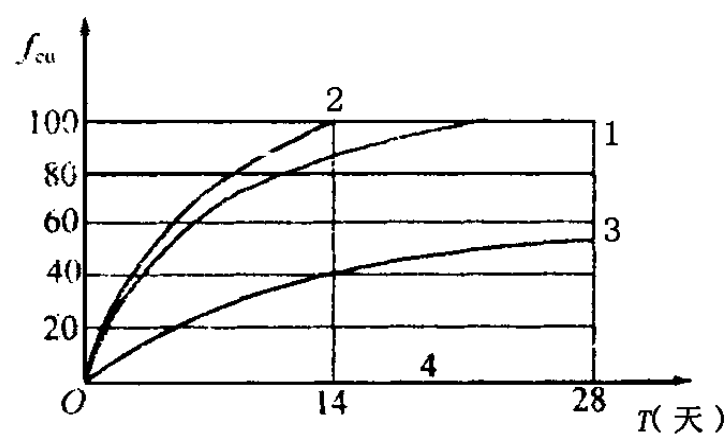


图2 -2 不同养护条件下混凝土强度的增长曲线

1 - 养护温度为20    2 - 养护温度为30    3 - 养护温度为1    4 - 养护温度为 -4



(四) 混凝土允许受冻的临界强度

混凝土允许受冻的临界强度是指新浇筑的混凝土，在受冻前达到某一强度值，然后遭到冻结，当恢复正温养护后，混凝土后期强度可以继续增长，经28d 标养可达到设计强度的95 % 以上，这一受冻前的强度称为混凝土允许受冻的临界强度。临界强度与水泥品种、混凝土的强度、水灰比等因素有关。

规范规定的临界强度值是在混凝土的水灰比不大于0.6 的前提下试验后制定，如施工时必须大于0.6 时，需重新试验，确定临界强度值。采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥配制的普通混凝土，允许受冻临界强度为设计混凝土强度标准值的30 %。采用矿渣硅酸盐水泥配制的普通混凝土，允许受冻临界强度为设计混凝土强度标准值的40 %。对于C10 及C10 以下的混凝土允许受冻临界强度不得小于5N /mm<sup>2</sup>。

(五) 冬期施工对混凝土材料的要求

1. 水泥

冬期施工时，根据工程特点、混凝土工作环境及养护条件，尽量使用快硬、早期强度增长较快、早期水化热较高高标号的水泥，使之较快地达到临界强度。应优先选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。水泥的标号不应低于425 号，最少水泥用量不宜少于300kg /m<sup>3</sup>。这对降低混凝土的冬期施工费用有很大的积极意义。在使用其他品种的水泥时，应注意其中的掺合材料对混凝土的抗冻、抗渗的性能等影响。冬期施工的混凝土严禁使用高铝水泥，高铝水泥重结晶导致强度下降，它对钢筋的保护作用比硅酸盐水泥差。常用水泥的选用方法可参考表2 -2。

表2 -2 常用水泥的选用方法

混凝土工程特点及环境条件		优先选用	可以选用	不得使用
环境条件	在普通气候环境中的混凝土	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	
	在干燥环境中的混凝土	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	在高温环境中或永远处在水下的混凝土	矿渣硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	
	严寒地区的露天混凝土、寒冷地区水位升降范围内的混凝土	普通硅酸盐水泥 (标号 325 号)	矿渣硅酸盐水泥 (标号 325 号)	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥

续表				
混凝土工程特点及环境条件		优先选用	可以选用	不得使用
环境条件	严寒地区水位升降范围内的混凝土	普通硅酸盐水泥 (标号 425 号)		火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥
	厚大体积的混凝土	矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥	硅酸盐水泥、快硬硅酸盐水泥
	快硬混凝土	快硬硅酸盐水泥、硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	高强混凝土	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	有抗渗要求的混凝土	普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥		矿渣硅酸盐水泥
	有耐磨要求的混凝土	硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥 (标号 325 号)	矿渣硅酸盐水泥 (标号 325 号)	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥

2．骨料

冬期施工中，所用的骨料必须清洁，不得含有冰、雪等冻结物以及易冻裂的矿物质。掺有钾、钠离子防冻剂的混凝土，不应混有活性二氧化硅成分的骨料，以免发生碱骨料反应，导致混凝土的体积膨胀，破坏混凝土结构。

3．水

拌和水中不得含有导致延缓水泥正常凝结硬化的杂质，以及能引起钢筋锈蚀和混凝土腐蚀的离子。凡一般饮用的自来水和天然的洁净水，都可以作为拌制混凝土用水。

4．外加剂

混凝土中掺入适量的外加剂，可以保证混凝土在低温条件下早强和负温下的硬化，

防止早期受冻，提高混凝土的耐久性。多使用无氯盐的防冻剂、引气剂或引气减水剂，但不应对钢筋锈蚀和降低混凝土的抗渗性。外加剂的使用应符合《混凝土外加剂应用技术规范》的规定。

5．掺合料

混凝土中掺入一定量的粉煤灰，能达到改善混凝土性能、提高工程质量、节约水泥、降低成本等优点，但混凝土的早期强度发展较缓慢。应遵照GB1596 -91 标准中技术要求执行。

混凝土掺入一定量的氟石粉能效地改善混凝土的和易性，提高混凝土的抗渗性，调解水泥水化和提高混凝土初始温度的作用。氟石粉的适宜掺量一般为水泥用量的10 %~15 %，最好通过试验予以确定。

6．保温材料

混凝土工程冬期施工使用的保温材料，应根据工程类型、结构特点、施工条件、气温情况进行选用。优先选用导热系数小、密闭性好、坚固耐用、防风防潮、价格低廉、重量轻、能多次使用的地方性的材料，如草帘、草袋、炉渣、锯末等。保温材料必须保持干燥，受潮后保温性能成倍降低。随着工业新技术的发展，冬期施工中也越来越广泛地使用轻质高效能的保温材料，如珍珠岩、岩棉以及聚氨酯泡沫塑料等。

第二节 混凝土冬期施工工艺要求

冬期混凝土施工的特点，就在于采取必要的措施，以消除低温对混凝土硬化所产生的不利影响，保护混凝土在达到规定强度以前不受冻害。冬勤施工工艺，应根据工程情况、施工要求以及外界气温条件，经过热工计算及经济比较煞定。

一、混凝土的拌制

(一) 材料加热

要使新浇筑的混凝土在一定的时间内达到所要求的强度，必须具备温度条件，而混凝土获得的热量，除了水泥的水化热以外，只能靠加热的办法取得。国内外一致的作法是，在混凝土搅拌的过程中加热组成材料。

组成材料加热的原则是：根据材料比热大小和加热方法的难易程度，应优先加热水，其次是砂石，水的热容量约为骨料的五倍；水泥不得加热但要保持正温，水泥加热

不易均匀，过热的水泥遇水会导致水泥假凝。骨料中不得夹杂冰块以及其他杂质。水、骨料加热的温度不应过高，以免导致水泥出现假凝现象，所以对材料加热的温度必须进行热工计算并加以限制。规范规定材料加热的最高允许温度见表2 -3。

表2 -3 拌合水及骨料最高加热温度（ ）

项次	项目	拌和水	骨料
1	标号小于525 号的磷酸盐普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥	80	60
2	标号等于及大于525 号的普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥	60	40

水的加热有直接加热和间接加热两种方法。直接加热法是用铁桶、大锅或热水炉用燃料提高水的温度。此方法适用于施工场地狭窄、零星分散或没有蒸汽源的工程。间接加热是直接向贮水箱内通蒸汽提高水的温度；或在贮水箱内设置蒸汽加热器、电加热器、汽水热交换罐提高水的温度。间接加热法安全、节省人力，但需要设备较多。

砂加热有烘烤加热、直接加热和间接加热三种方法。烘烤法是用砖砌成火道，顶面覆盖钢板，在钢板上面烘炒砂子。此法设备简单、投资少，但加热不均匀、耗能量大、污染环境；对除取砂堆表面上的冻结层最有效。直接加热法又称湿热法是在砂堆内插入蒸汽花管，直接向砂堆排放蒸汽，提高砂的温度。这种方法设备简单，加热迅速；但蒸汽使砂的含水率变化较大，必须及时注意调整混凝土的用水量。间接加热法又称干热法是在砂堆中安放蒸汽排管，管内通过蒸汽间接加热砂子，提高砂的温度。间接加热法砂子的含水率变化小；但加热时间长，投资大、费用高。

石子在通常情况下尽量不加热，当气温较低时，为提高拌合物的温度，可根据情况，按砂的加热的方法加热。

(二) 投料顺序、搅拌时间

冬期施工为了加强混凝土的搅拌效果，应选择强制式搅拌机。合理的投料顺序。可以使混凝土获得良好的和易性，拌合物的温度均匀，有利于混凝土强度的发展，又可以提高搅拌机的效率。一般是先投入骨料和加热的水，搅拌一定时间后、水温降低40左右时，再投入水泥继续搅拌到规定的时间，要绝对防止水泥假凝。投料量在任何悄况下不得超载，一定要与搅拌机的规格、容量相匹配，否则会影响拌和物的均匀性。

搅拌时间是影响混凝土质量的重要因素之一。搅拌时间必须满足表2 -4 规定的最短时间。为满足各组成材料间的热平衡，可以适当延长搅拌时间。搅拌时间短，拌和不均匀，混凝土的和易性和施工性能差，强度降低；搅拌时间长，和易性也会降低，有时产生分层离析现象。

表2 -4 冬期施工混凝土搅拌的最短时间 (s)

混凝土坍落度 (cm )	搅拌机类型	搅拌机容量 (L )		
		小于250	250 ~650	大于650
小于等于3	自落式	135	180	225
	强制式	90	135	180
大于3	自落式	135	135	180
	强制式	90	90	135

(三) 混凝土拌合物的热工计算

混凝土拌合物的热工计算，可按公式 (9 -1) 进行。

$$T_0 = [0.92 (m_{ce}T_{ce} + m_{sa}T_{sa} + m_gT_g) + 4.2T_w (m_w - W_{sa}m_{sa} - W_gm_g) + C_1 (W_{sa}m_{sa}T_{sa} + W_gm_gT_g) - C_2 (W_{sa}m_{sa} + W_gm_g)] / [4.2m_w + 0.9 (m_{ce} + m_{sa} + m_g)] \tag{9 -1}$$

式中  $T_0$ ——混凝土拌合物理论的温度，℃；  
 $m_w, m_{ce}, m_{sa}, m_g$ ——水、水泥、砂、石的用量，kg；  
 $T_w, T_{ce}, T_{sa}, T_g$ ——水、水泥、砂和石的温度，℃；  
 $W_{sa}, W_g$ ，——砂、石的含水率，%；  
 $C_1$ ——水的比热容，kJ/kg·K；  
 $C_2$ ——冰的溶解热 (kJ/kg)。

当骨料的温度 >0℃ 时， $C_1 =4.2, C_2 =0$ ；  
    <0℃ 时， $C_1 =2.1, C_2 =335$ 。

二、混凝土的运输

混凝土拌和物经搅拌倾出后，应及时运到浇筑地点，入模成型。在运输的过程中，仍然要有热损失。运输过程中是热损失的关键，混凝土的入模温度主要取决于运输过程中的蓄热程度。因此，运输速度要快，运输距离要短，装卸和转运次数要少，保温要好。

混凝土运输过程中的温度降低，受运输工具、装卸次数、运输时间、出机温度和环境的变化影响。其温度的降低值可通过热工计算求出。

混凝土拌合物的温度主要由出机温度控制。出机温度应根据气温和施工的热损失，

满足入模温度要求。一般应通过热工计算确定。

混凝土拌合物的出机温度可按公式 (2 -2) 进行计算

$$T_1 = T_0 - 0.16 (T_0 - T_i) \tag{2 -2}$$

式中  $T_1$ ——混凝土拌合物出机温度，℃；

$T_0$ ——混凝土拌合物的理论温度，℃；

$T_i$ ——搅拌机棚内温度，℃。

混凝土运输过程中温度降低值由公式 (2 -3) 确定。

$$T_a = (at_1 + 0.032n) (T_1 - T_b) \tag{2 -3}$$

式中  $T_a$ ——混凝土运输过程中温度降低值，℃；

$T_1$ ——混凝土拌合物出机的温度，℃；

$t_1$ ——混凝土自运输至浇筑时的时间，h；

$n$ ——混凝土转运次数；

$T_b$ ——混凝土运输时的环境大气温度，℃；

$a$ ——温度损失系数，h<sup>-1</sup>。

温度损失系数与运输工具和保温状况有关，一般可用式 (2 -4) 计算

$$a = \frac{1}{K} \tag{2 -4}$$

式中  $\lambda$ ——混凝土导热系数，W /m ·K；

$\alpha$ ——冷却表面系数，m<sup>-1</sup>；

$K$ ——冷却传递系数，K /m<sup>2</sup> ·K。

当用混凝土搅拌运输车时 $a =0.25$ ；

采用开敞式大型自卸汽车时 $a =0.20$ ；

采用开敞式小型自卸汽车时 $a =0.30$ ；

采用封闭式自卸汽车时 $a =0.10$ ；

当用手推车时 $a =0.50$ 。

混凝土出机运输至浇筑时的温度可按公式 (2 -5) 计算。

$$T_2 = T_1 - T_a \tag{2 -5}$$

式中  $T_2$ ——混凝土拌合物出机运输至浇筑时的温度（混凝土的入模温度），℃；

$T_1$ ——混凝土拌合物出机的温度，℃；

$T_a$ ——混凝土运输过程中温度降低值，℃。

### 三、混凝土的浇筑

在混凝土浇筑前，应清除模板和钢筋上的冰雪和杂物。

冬期施工混凝土的浇筑时间不应超过30 min，金属预埋件和直径大于25mm 的钢筋应进行预热，混凝土浇筑后开始养护的温度不得低于 +2 。大体积混凝土应分层浇筑，每层厚度不得超过表2 -5 的规定。

表2 -5 冬期施工混凝土浇筑层的厚度

项次	捣实混凝土的方法		浇筑层厚度 (mm )
1	插入式振捣		振捣棒长度的1 25 倍
2	表面振捣		200
3	人工振捣		
	(1) 混凝土基础、无筋或少筋结构		250
	(2) 梁、板、柱结构		200
	(3) 配筋密列结构		150
4	轻骨料混凝土	插入式振捣	300
		表面振捣 (振动时加荷)	200

整体式结构混凝土浇筑，并采用加热养护时，浇筑的程序和施工缝位置的留设，应防止较大的温度应力产生。

装配式纳构受力接头混凝土的施工，浇筑前应将结合部位的表面加热至正温，浇筑后在温度不超过45 的条件下，养护到设计要求的强度：构造要求接头混凝土，可浇筑掺有不使钢筋锈蚀的外加剂混凝土。

冬期不得在强冻胀性地基上浇筑混凝土；在弱冻胀性地基上浇筑混凝土，地基土应进行保温；在非冻胀性地基上浇筑混凝土，可以不考虑地基土对混凝土的冻胀的影响，但在地基受冻前，混凝土的抗压强度不得低于受冻临界强度。

在浇筑混凝土时，考虑模板和钢筋的吸热影响，混凝土浇筑成型完成时的温度可按公式 (2 -6) 计算

$$T_3 = \frac{C_c T_2 + C_f m_f T_f + C_s m_s T_s}{C_c m_c + C_f m_f + C_s m_s}$$

(2 -6)

式中 T<sub>3</sub>——考虑摸板和钢筋的吸热影响，混凝土浇筑成型完成时的温度， ；  
T<sub>2</sub>——混凝土拌合物运输到浇筑时的温度， ；  
C<sub>c</sub> , C<sub>f</sub> , C<sub>s</sub>——混凝土、模板、钢筋的比热容 (kJ /kg ·K )，混凝土取1kj /kg ·K，钢材取

$0.48\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ ；

$m_c$ ——每立方米混凝土重量，kg；

$m_f, m_s$ ——与每立方米混凝土相接触的模板、钢筋的重量，kg；

$T_f, T_s$ ——模板、钢筋的温度，未预热者可采用当时的环境气温，。

### 第三节 混凝土冬期施工方法的选择

混凝土冬期施工方法是保证混凝土在硬化过程中防止早期受冻所采取的各种措施。根据热源条件和使用的材料，混凝土冬期施工的养护方法有两类，每类中又有几种的具体的施工方法。

#### 一、施工方法的分类

##### 1．混凝土养护期间不加热方法

外界环境气温不很低，厚大的结构工程施工时，可提高混凝土的初始浇筑温度，同时在模板的外面用保温材料加强对混凝土的保温，不需要在养护期间对混凝土额外加热，就使水泥的水化热较早较快地释放。在短时间内，或混凝土内温度降低到0℃以前，混凝土可达到临界强度，如蓄热法、综合蓄热法、掺化学外加剂等。

##### 2．混凝土养护期加热方法

天气严寒、气温较低，对于不太厚大的结构构件，需要利用外部热源对新浇筑的混凝土进行加热养护。加热的方式可直接对混凝土加热，也可加热混凝土周围的空气，使混凝土处于正温养护条件，如蒸汽加热法、电热法、暖棚法等。

#### 二、冬期施工方法的选择

选择混凝土施工方法时，应考虑的主要因素是自然气温条件、结构类型、水泥品种、施工工期、能源状况以及经济条件。常用的混凝土冬期施工方法见表2-6，供参考使用。



表2 -6 冬期施工方法的特点和适用条件

施工方法		施工方法的特点	适宜条件
不加热养护法	蓄热法	1．原材料加热视气温条件； 2．用一般或高效保温材料覆盖于塑料薄膜上，防止水分和热量散失； 3．混凝土温度降至0 时，要达到受冻临界强度； 4．混凝土硬化慢，但费用低．施工方便	1．自然气温不低于 -15 ； 2．地面以上的工程； 3．混凝土结构表面系数不大于5 的结构
	综合蓄热法	1．原材料加热； 2．混凝土中掺早强剂或防冻剂； 3．用一般或高效保温材料覆盖于塑料薄膜上，防止水分和热量散失； 4．混凝土温度降至外加剂设计温度前，要达到受冻临界强度； 5．混凝土早期强度增长较好，费用较低	1．混凝土结构表面系数5 M 15 ； 2．混凝土养护期间平均气温不低于 -12 ； 3．适用于梁、板、柱及框架结构，大模板墙体结构
不加热养护法	掺化学外加剂法	1．原材料加热视气温条件； 2．掺早强剂或防冻剂，适当覆盖保温； 3．混凝土温度降至冰点前应达到受冻临界强度； 4．混凝土硬化慢，但费用低，施工方便	1．自然气温不低于20 ，在混凝土冰点以内； 2．外加剂品种，性能应与结构特点和施工条件相适应； 3．混凝土结构表面系数大于5 M 15
	硫（铁）铝酸盐早强水泥混凝土	1．原材料加热视气温条件； 2．水泥采用硫（铁）铝酸盐早强水泥，并掺和亚硝酸钠及其他专用外加剂； 3．混凝土浇筑后要用塑料膜覆盖保护，可适当用进行保温； 4．混凝土早期强度增长较快，具有早强防冻性能； 5．水泥价格较贵	1．适用于 -25 以内的气温； 2．适用于梁、板、柱及顶制构件接头的现浇混凝土； 3．表面系数小于6 的大体积结构不宜用； 4．使用条件处于100 以上及高温条件下的结构不适用

续表

施工方法		施工方法的特点	适宜条件
加热养护法	蒸汽加热法	1．原材料加热视气温条件； 2．利用结构条件或将混凝土罩以外套，形成蒸汽室； 3．在混凝土内部预留孔道通汽； 4．利用模板通汽形成热膜； 5．耗能大，费用高	1．现场预制构什、地下结构、现浇梁、板、柱等； 2．较厚的构件、梁、柱和框架； 3．竖向结构； 4．表面系数6 ~8
	电热法	1．利用电能转换为热能加热混凝土； 2．利用磁感应加热混凝土； 3．利用红外辐射加热混凝土； 4．耗能大，费用高； 5．混凝土硬化快	1．墙、梁和基础； 2．配筋不多的梁、柱及厚度不大子20cm 的板及基础； 3．框架、梁、柱接头； 4．表面系数8 以上
	暖棚法	1．在结构周围增没暖棚，没热源使棚内保持正温； 2．封闭工程的外围结构设热源使室内保持正温； 3．原材料是否加热视气温条件； 4．施工费用高	1．工程量集中的结构； 2．有外围护的结构； 3．表面系数6 ~10 的结构

对于工期不紧和无特殊限制的工程，应本着节约能源和降低冬期施工费用的原则，优先选用养护期间不加热的施工方法或综合养护法。一个好的施工方案，首先应在能避免混凝土早期受冻前提下，用最低的施工费用在最短的施工期内，能获得优良的施工质量，也就是在施工质量、施工期限和施工费用三方面综合考虑选择最佳方案。

第四节 混凝土蓄热法养护

一、蓄热法养护

蓄热法养护是利用混凝土原材料加热和水泥的水化热量，借助适当的保温材料覆盖

减缓混凝土的冷却温度，使混凝土在正温养护环境中达到临界强度的施工方法。

蓄热法养护操作简单，不需要外加热源设备，经济实用，是一种应用最广泛的冬期混凝土养护的方法。但是由于混凝土内部储存的热量有限，保温材料能力也受到限制，所以在一般初冬或早春季节日平均气温  $-10^{\circ}\text{C}$ ，最低气温  $-15^{\circ}\text{C}$  的期间，混凝土表面系数较大或地面以下的结构都不宜采用蓄热法施工。

为了保证蓄热法施工的混凝土由开始养护时的温度降低到  $0^{\circ}\text{C}$  时达到临界强度，满足混凝土工程冬期施工的质量要求，必须进行热工计算。

通过热工计算，确定混凝土冷却到  $0^{\circ}\text{C}$  时，混凝土正温养护的延长时间及保温材料的品种的厚度。

二、稳定传热假设计算方法

在单向稳定传热假设的基础上建立热量平衡原理，即每立方米混凝土内部储存的热量等于混凝土由养护温度降低到  $0^{\circ}\text{C}$ ，通过模板和保温层失去的热量。该公式误差较大，但计算方便。

1．计算公式

$$t_0 = \frac{C_c T_4 + m_{ce} C_{ce}}{M (T_m - T_{m,a})} \cdot \frac{R}{a}$$

(2-7)

式中  $t_0$ ——混凝土冷却到  $0^{\circ}\text{C}$  时的延续时间，h；

$C_c$ ——混凝土的热容量， $\text{kJ}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$ ；

$T_4$ ——混凝土浇筑完毕时的温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$m_{ce}$ ——每立方米混凝土水泥用量，kg；

$C_{ce}$ ——每 kg 水泥的水化热， $\text{kJ}/\text{kg}$ ；

$M$ ——结构表面系数， $\text{m}^{-1}$ ；

$T_m$ ——混凝土养护期间平均气度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$T_{m,a}$ ——混凝土养护期间平均温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$R$ ——模板及保温材料的总热阻， $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}$ ；

$a$ ——透风系数。

2．热工计算有关系数的确定

(1) 混凝土的热容量  $C_c$ 。混凝土的热容量与混凝土比热及质量密度有关，当质量密忙取  $2400\text{kg}/\text{m}^3$  时，比热一般波动在  $0.84 \sim 1.05\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$  之间，则混凝土的热容量一般取  $2010 \sim 2512\text{kJ}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$

②) 混凝土浇筑完毕时的温度 $T_4$ 。当混凝土构件所用模板、钢筋及保温材料的热容量小于该构件混凝土热容量的1/10 时，可以不考虑模板、钢筋及保温材料引起的热量损失， $T_4$  可以采用 $T_2$  代替；当不考虑保温材料引起的热量损失时， $T_4$  可以采用 $T_3$  代替。当以上条件都不满足时，应使用式 (2 -8) 和式 (2 -9) 计算

$$T_4 = \frac{C_c T_2 + 0.3 C_0 T_{m a}}{C_c + 0.7 C_0}$$

(用两种以上保温材料)

(2 —8)

$$T_4 = \frac{C_c T_2 + 0.5 C_0 T_{m a}}{C_c + 0.5 C_0}$$

(用一种以上保温材料)

(2 -9)

式中  $C_0$ ——保温材料的热容量， $\text{kJ}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$  ；  
其他符号的意义同前。

③) 结构表面系数  $M$ 。结构表面系数  $M$  值按下式计算

$$M = \frac{A}{V}$$

(2 -10)

式中  $A$  ——混凝土结构冷却表面积， $\text{m}^2$  ；  
 $V$  ——混凝土结构的体积， $\text{m}^3$ 。

④) 模板及保温材料的总热阻 $R$ 。蓄热法的保温外套一般收两层或多参层不同材料组成，其总热阻 $R$  可按下式计算

$$R = 0.04 + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + d_n / \lambda_n$$

(2 -11)

式中  $d_1 \dots d_n$ ——模板或保温材料的厚度， $\text{m}$  ；  
 $\lambda_1 \dots \lambda_n$ ——模板或保温材料的导热系数， $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 。

常用建筑材料热物理性能计算参数见表2 -7。

表2 -7 常用建筑材料物理性能计算参数

序号	材料名称	干容重 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	计算参数	
			导热系数 ( $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ )	热容 ( $\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ )
1	钢筋混凝土	2500	1.74	1.00
2	砖砌体	1800	0.81	1.05
3	木材 (模板)	700	0.233	2.75
4	钢模板	7500	58.2	0.63

续表

序号	材料名称	干容重 (kg /m <sup>3</sup> )	计算参数	
			导热系数 (W /m ·K )	热容 (kJ /kg ·K )
5	聚苯乙烯板	30	1.038	1.47
6	岩棉毡	100	0.4	0.75
7	稻草板	300	0.105	1.68
8	木屑板	200	0.065	2.10
9	锯木	200 ~250	0.093	2.51
10	干炉渣	900	0.291	0.76
11	毛毡	150	0.058	0.189
12	草袋	150	0.11	—
13	麻袋	180	0.07	—
14	稻草及草帘	1200	0.047	1.47

⑤) 混凝土养护期间的平均温度 $T_m$ 。该温度为一当量值，并非混凝土在冷却过程中真正的平均温度。混凝土的温度是逐步降低的，其强度增长速度也是逐步减慢的，为了简化计算而引入“混凝土养护期间的平均温度”这一概念，即假设混凝土处于某与恒温状态下达到某要求的强度所需要的时间，正好等于其处于变温状态下达到同样强度的时间。平均温度与混凝土结构的表面系数及混凝土浇筑完毕时的温度有关，可按表2 - 8 采用或按式 (2 -12 ) 计算。

表2 -8 混凝土养护期间的平均温度 $T_m$

表面系数	3	4 ~8	9 ~12	>12
平均温度 $T_m$	$\frac{T_4 +5}{2}$	$\frac{T_4}{2}$	$\frac{T_4}{3}$	$\frac{T_4}{4}$

$$T_m = \frac{T_4}{1.3 + 0.18M + 0.006T_4}$$

② -12 )

⑥) 水泥的水化热 $C_{ce}$ 。水泥的水化热与水泥的品种、标号、用量和硬化速度有

关，可按表2 -9 选用。

表2 -9 水泥的水化热C<sub>e</sub>

水泥品种	标号	水泥的水化热 (kJ /kg )		
		3d	7d	28d
普通硅酸盐水泥	525	314	354	375
	425	250	271	334
	325	208	229	292
矿渣水泥	325	146	208	271
火山灰水泥	325	125	169	250

(7) 透风系数 。透风系数与施工中养护期间的风速、结构所处位置及保温层的结构有关，可按表2 -10 采用。

表2 -10 透风系数

项次	保温组成	透风系数	
		a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
1	单层模板	2.0	3.0
2	不盖模板的表面，用芦苇板、稻草、锯本、炉渣覆盖	2.6	3.0
3	密实模板或不盖模板的表面用毛毡、棉毛毡或矿物布覆盖	1.3	1.5
4	外层用第2 项材料，内层用第3 项材料双层覆盖	2.0	2.3
5	外层用第3 项材料，内层用第2 项材料双层覆盖	1.6	1.9
6	内外层均用第3 项材料，中间夹层用第2 项材料覆盖	1.3	1.5

注 :1 a<sub>1</sub> 为风速小于4m /s（相当于3 级以下），结构物高出地面不大于25m 的情况下的系数；  
2 a<sub>2</sub> 为风速和高度大于注1 的情况。

3．混凝土强度验算

(1) 查曲线法。根据混凝土正温养护期间的平均温度和蓄热法施工的养护延续时间，参考混凝土强度增长曲线，可以确定混凝土强度是否达到临界强度值。可按图2 -3 查取。

(2) 经验公式计算法。蓄热法施工的混凝土在养护延续时间内的强度，可按经验公

式 (2 -13) 计算。

$$f_{cux} = (A + BT_m) \frac{t_0}{24} (\%)$$

(2 -13)

式中  $f_{cux}$  ——混凝土养护 $t_0$  时间的强度 ,% ;  
A ——系数 ,硅酸盐水泥  $A =12.65$  ,矿渣硅酸盐水泥  $A =6$  ;  
B ——系数 ,硅酸盐水泥  $B =0.48$  ,矿渣硅酸盐水泥  $B =0.85$  ;

其他符号意义同前。

③) 成熟度法。成熟度是指混凝土的硬化温度与养护时间的乘积 ,其基本原理是混凝土在给定的温度下保持一定的养护时间 ,与同类混凝土在不同的温度和时间内提供的乘积相同 ,其强度接近。

计算出混凝土的成熟度后 ,可以参考混凝土强度增长曲线 ,确定混凝土的强度值。也可以将成熟度换算出相当于20 标准养护时间 ,计算混凝土的强度。

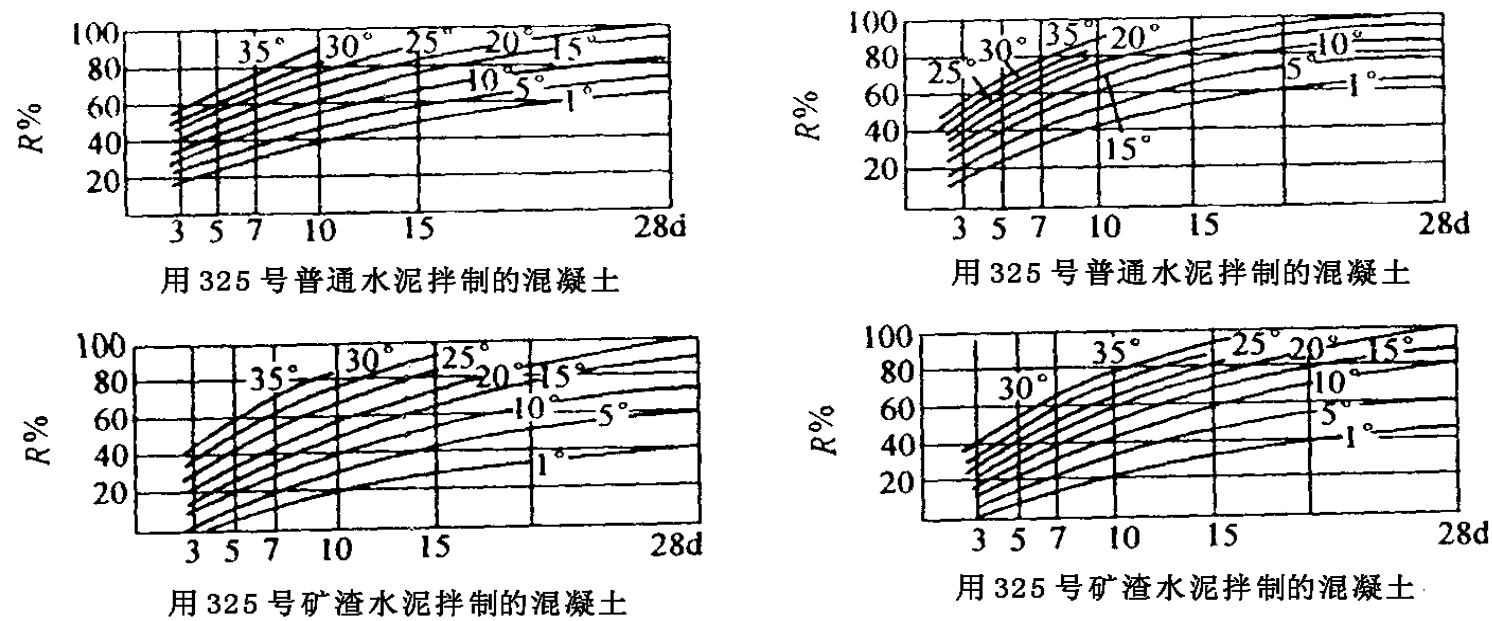


图2 -3 温度、龄期对混凝土强度影响参考曲线

2 . 计算混凝土拌合物温度

$$T_0 = \frac{0.9 (300 \times 5 + 620 \times 50 - 1317 \times 5) + 4.270 (168 - 620 \times 0.03 - 1317 \times 0.02)}{4.2 \times 168 + 0.9 (300 + 600 + 1317)}$$
$$+ \frac{4.2 \times 0.03 \times 620 \times 50 - 2.1 \times 0.02 \times 1317 \times 5 - 335 \times 0.02 \times 1317}{4.2 \times 168 + 0.9 (300 + 620 + 1317)}$$
$$= \frac{54320.8}{2701} = 20.1 ( )$$

3 . 混凝土拌合物出机的温度

$$T_1 = T_0 - 0.16 (T_0 - T_i)$$
$$= 20.1 - 0.16 (20.1 - 5) = 17.7 ( )$$

4 . 混凝土运输中温度的降低

$$\begin{aligned} T_a &= (at_1 + 0.032n) (T_1 - T_b) \\ &= 0.5 \times \frac{30}{60} + 0.032 \times 1.1 = [17.7 - (-8)] \\ &= 7.2 \text{ ( )} \end{aligned}$$

5 . 混凝土浇筑完毕时的温度

$$\begin{aligned} T_4 &= T_2 = T_1 - T_a \\ &= 17.7 - 7.2 = 10.5 \text{ ( )} \end{aligned}$$

6 . 计算蓄热期间的平均温度

查表9 -15 表面系数在3 以下时，平均温度

$$\begin{aligned} T_m &= \frac{T_4 + 5}{2} \\ &= \frac{10.5 + 5}{2} = 7.75 \text{ ( )} \end{aligned}$$

7 . 计算水泥的水化热

查表9 -16 ,425 号普通硅酸盐水泥的水化热为259kJ/kg，按60 % 计算为150kJ/kg。

8 . 计算保温层的热阻

$$\begin{aligned} R &= 0.012 + \frac{d}{\phantom{0.42}} \\ &= 0.012 + \frac{0.07}{0.42} = 0.179 \end{aligned}$$

9 . 确定透风系数

查表9 -17，根据保温情况取2.6。

10 . 计算混凝土蓄热冷却时间

$$\begin{aligned} t_0 &= \frac{C_{cT_4} + m_{ce}C_{ce}}{M (T_m - T_{m_a})} \cdot \frac{R}{a} \\ &= \frac{250010.5 + 300150}{2.03 [7.75 - (-8)]} \cdot \frac{0.179}{2.6} = 153 \text{ (h)} = 6.4 \text{ (d)} \end{aligned}$$

11 . 确定混凝土强度

由图9 -4 温度、龄期曲线中查出混凝土的相对强度接近43 %，利用经验公式得46.86 %。

对该项工程采用蓄热法施工养护6.4d，混凝土已经超过受冻临界强度 (30 %)，实际工程效果也较好。

三、非稳定传热假设计算方法

由我国学者吴振东提出以非稳定传热理论为基础，适用于非大体积混凝土的计算方



法，比较适合于表面系数  $M > 5$  的结构的计算，当  $2 < M \leq 5$  时也可按吴氏公式计算。

1．混凝土冷却公式

$$T = e^{-V_{ce} \cdot t} - e^{-V_{ce} \cdot t} + T_{m,a} \tag{2-14}$$

公式 (2-14) 为复合指数曲线，可以计算混凝土蓄热养护至任一时刻  $t$  的温度。但在工程实践中多用于计算混凝土蓄热养护至  $0^\circ\text{C}$  或设计规定温度的时间。若用于手算可用逼近法， $T = 0$  时，得  $t = t_0$ 。

2．平均温度公式

$$T_m = \frac{1}{V_{ce} t} \left( e^{-V_{ce} \cdot t} - \frac{1}{V_{ce} t} e^{-V_{ce} \cdot t} + \frac{1}{V_{ce} t} \right) + T_{m,a} \tag{2-15}$$

公式 (2-14) 和 (2-15) 中的  $V_{ce}$  和  $M$  为综合参数如下

$$\begin{aligned} V_{ce} &= \frac{KM}{V_{ce} C_{c,c}} & M &= \frac{V_{ce} Q_{ce} m_{ce}}{V_{ce} C_{c,c} - KM} \\ &= T_0 - T_{m,a} + \end{aligned}$$

式中  $T$ ——混凝土蓄热养护开始至任一时刻  $t$  温度， $^\circ\text{C}$ ；

$T_0$ ——混凝土入模温度， $^\circ\text{C}$ ；

$T_m$ ——混凝土蓄热养护开始至任一时刻  $t$  的平均温度， $^\circ\text{C}$ ；

$t$ ——混凝土蓄热养护开始至任一时刻的时间， $\text{h}$ ；

$T_{m,a}$ ——混凝土蓄热养护开始至任一时刻  $t$  的平均气温， $^\circ\text{C}$ ；

$c$ ——混凝土质量密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ ；

$m_{ce}$ ——混凝土每立方米水泥用量， $\text{kg}/\text{m}^3$ ；

$Q_{ce}$ ——水泥水化累积最终放热量， $\text{kJ}/\text{kg}$ ；

$C_c$ ——混凝土的比热容，普通混凝土  $0.96 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ ，砂轻混凝土  $1.1 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ ；

$V_{ce}$ ——水泥水化速度系数， $\text{h}^{-1}$ ；

$\alpha$ ——透风系数；

$M$ ——结构表面系数， $\text{m}^{-1}$ ；

$K$ ——结构围护层的总传导系数， $\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ ， $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ；

$e$ ——自然对数底，可取  $e = 2.72$ 。

注：结构表面系数  $M$  可按 (9-10) 计算。

结构围护层的总传导系数可按下式计算

$$K = \frac{3.6}{0.04 + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{K_i}} \tag{2-16}$$

式中  $d_i$ ——第  $i$  层围护层厚度， $\text{m}$ ；

$K_i$ ——第*i* 层围护层的热传导系数，W /m ·K。

平均气温的取法，可采用蓄热养护开始至*t* 时气象预报的平均气温。亦可按每时或每日平均气温计算。

水泥水化累积最终放热量 $Q_{ce}$ ，水泥水化速度系数 $V_{ce}$  可按表2 -11 取值。

表2 -11 水泥水化累积最终放热量 $Q_{ce}$  和水泥水化速度系数 $V_{ce}$

水泥品种及标号	$Q_{ce}$ (kJ /kg)	$V_{ce}$ (h <sup>-1</sup> )
525 号硅酸盐水泥	400	0.013
525 号普通硅酸盐水泥	360	
425 号普通硅酸盐水泥	330	
425 号矿渣、火山灰、粉煤灰硅酸盐水泥	240	

3．混凝土蓄热养护冷却至0 的时间

可根据公式 (2 -14) 采用逐次逼近的方法进行计算。如果蓄热养护条件满足 $\frac{KM}{T_{m,q}} \geq 1.5$ ，且 $KM \geq 50$  时，可按下式直接计算

$$t_0 = \frac{1}{V_{ce}} \cdot \ln \frac{1}{T_{m,q}} \tag{2 -17}$$

式中 $t_0$  为混凝土蓄热养护冷却至0 的时间 (h)。

混凝土冷却至0 的时间内，其平均温度可根据 (2 -15) 公式取 $t = t_0$

第五节 综合蓄热法养护

蓄热法施工简单、经济，是我国冬期施工中混凝土养护最基本的方法，但是由于热源和保温能力有限，适用范围受构件表面系数和地区气温条件限制较大，为扩大蓄热法施工的适用范围，一般可采取综合蓄热法养护。

一、综合蓄热法

综合蓄热法是在混凝土搅拌物中掺有少量的防冻剂，利用原材料加热及水泥水化热的热量，通过适当保温延缓混凝土的冷却，使混凝土温度降到0 或设计规定温度前，达到预期要求强度的施工方法。通过蓄热保温，使混凝土经过1 ~5d 后才冷却到0 ，

此时混凝土已经终凝，然后逐渐与环境气温相平衡，由于防冻剂的作用，混凝土在负温中继续硬化。

一般适用于表面系数  $M = 5 \sim 15$ ，最低气温  $-18$ （或平均气温  $-12$ ）以上的地区的全冬期阶段施工，也适用于较寒冷地区在上述气温期间施工。综合蓄热法的优点是：与负温养护法相比，防冻剂可以减少，混凝土强度增长也较快。与各种加热法相比，综合蓄热法可以节约能耗，扩大了蓄热法的应用范围，避免了人工加热，有较好的技术经济效果。

为了保证综合蓄热法的效果，必须选择好工艺参数。其中最基本的参数是预养时间和防冻剂掺量。

综合蓄热法养护开始时的正温养护过程称为预养。预养程度可以用在  $20$  恒温条件下所经历的时间来表示。实际上混凝土在预养阶段的温度不一定等于  $20$ ，也不可能保持恒定不变，可用混凝土的成熟度计算强度方法换算成相当于  $20$  条件下的等效龄期。综合蓄热法养护时的最佳养护程度如表 2 - 12，所掺防冻剂配方可参考表 2 - 13。

表2 -12 综合蓄热法养护时的最佳养护程度

水泥品种	室外平均气温（ ）	预养程度 (20 )
普通水泥	-10	18
	-5	12
矿渣水泥	-10	24
	-5	24

表2 -13 防冻剂参考配方

室外平均气温（ ）	防冻剂掺量（占水泥重%）
-5	1．亚硝酸钠2 + 硫酸钠2 + 木钙0.25 ；
	2．尿素1 + 硝酸钠2 + 硫酸钠2 + 木钙0.25
-10	1．亚硝酸钠3.5 + 硫酸钠2 + 木钙0.25 ；
	2．亚硝酸钠2 + 硫酸钠2 + 硝酸钠2 + 木钙0.25 ；
	3．尿素2 + 硝酸钠2 + 硫酸钠2 + 木钙0.25 *

注：1．带 \* 的配方不适用于矿渣水泥；  
2．木钙可用适量的其他减水剂取代。

二、综合蓄热法热工计算

综合蓄热法的热工计算采用非稳定传热假设计算方法与实际符合较好，计算公式同

蓄热法的非稳定传热假设计算公式，但当围护层的总传热系数与结构表面系数的乘积KM 在50 ~200kJ /m3 ·h ·K 的范围时，应符合下列公式的要求

$$T_{m\ a} > \frac{1}{b} \ln \left( \frac{KM}{a} \right)$$

Q -18 )

- 式中
- $T_{m\ a}$

,

a

——冷却期间平均气温，且不应低于 -12 ；

$M$

——结构表面系数 (m<sup>-1</sup>)，(5 M 15)；

$K$

——围护层的总传热系数，kJ /m<sup>2</sup> ·h ·K ；

a ,b

——系数，按表2 -14 采用。

表2 -14 系数a ,b 取值表

水泥品种  水泥用量 (kg/m <sup>3</sup> )	硅酸水泥		普通水泥		矿渣水泥	
	a	b	a	b	a	b
250	213	0 .131	164	0 .110	104	0 .116
300	251	0 .136	178	0 .112	125	0 .118
350	289	0 .141	193	0 .115	148	0 .120
400	327	0 .146	208	0 。118	171	0 .123
450	366	0 .151	224	0 。1X	194	0 .126
500	405	0 .157	240	0 。126	216	0 .130
550	443	0 .162	256	0 .130	236	0 .135

注：水泥用量为其他值时 ,a 和b 值可用插入法取值。

三、混凝土早期强度的推测

在混凝土综合蓄热法施工中，混凝土养护冷却到0 的时间平均约为36h 左右。冷却过程的平均温度约为3 ~7 ，在此条件下强度范围大致在3 ~6N /mm<sup>2</sup>。当用现场试块测定早期强度由于混凝土一直处于降温过程，降温速度与结构和试块的表面系数有关，与保温情况有关。由于结构和试块的表面系数不同、保温情况的差异，使试块的温度和结构的实际温度差异较大，这样就造成同条件的试块代表性差的问题。如果取用结构的实际测温数据为依据来推测混凝土早期的强度，具有实际的意义。

许多试验表明，混凝土在养护过程中，其强度的发展规律，与温度和时间 的乘积——成熟度有关，一般呈指数或二次方程曲线规律，其中以指数曲线较简洁，特点是在低温养护和早期强度增长的相关性很好。因而在工程应用上，大多愿采用指数曲线方程来推测混凝土早期强度。现将几种方法介绍如下。

1．直线方程法

$$M = (T + 10) \cdot t$$

Q -19 )

$$f = K (M - 200)$$

Q -20 )

式中 M ——混凝土成熟度，·h；

T ——混凝土养护温度，；

t ——养护时间，h；

f ——混凝土强度，N /m m<sup>2</sup>；

K ——与混凝土强度等级与水泥种类有关的系数，见表9 -22。

直线方程法使用比较简单，适用于T =0 ~15，M =300 ~1200·h。

2．成熟度法

$$M = (T + 15) \cdot t$$

Q -21 )

$$f = a \cdot e^{\frac{b}{M}}$$

Q -22 )

式中 a ,b ——经验公式回归系数，见表2 -23 其他符号同公式 (9 -19)。

公式适用条件为 M =600 ~2000·h。当混凝土养护温度为0（气温最低为 -5）时，应使用外加剂，养护温度为 -5（气温最低为 -10）时，应使用外加剂。

表2 -15 K 值表

混凝土强度等级 水泥种类			
	C20	C30	C40
矿渣425	0.0067	0.0075	—
矿渣525	0.0075	0.0010	—
普通425	0.0075	0.010	—
普通525	0.010	0.015	—
硅酸盐525	0.015	0.019	0.025
普通525	—	—	0.025

表2 -16 回归系数a ,b 值表

水泥品种	混凝土强度等级	外加剂型号	a	b
普通硅酸盐	C20		24 39142	1279 .576
			18 44917	1096 .907
	C30		36 68421	1170 .687
			25 62715	850 0695
矿渣硅酸盐	C20		19 89497	1222 .628
			15 25496	1095 .054
	C30		29 61403	1355 .908
			22 84191	1210 276

注：外加剂I 为：木钙0 2 %，硫酸钠2 0 %，三乙醇胺0 03 %；

外加剂 为：建I 型减水剂0 5 %，硫酸钠2 0 %，亚硝酸钠2 0 %。

如果混凝土的养护条件及掺入外加剂的方案及品种与前面介绍的不相同时，则f = N ·ae<sup>b/M</sup>，N 为调整系数，通常取0 .8 ~0 .9。

3 . 等效龄期法

混凝土在养护期间温度不断变化，在这一段时间其养护效果，与标准条件下养护效果相同时，所需要的时间称谓等效龄期。

$t = a_T \cdot t_T$

Q -23 )

式中 t——等效龄期，h；  
a<sub>T</sub>——温度T 的等效系数，见表2 -17；  
t<sub>T</sub>——温度T 时所需的持续时间，h。

则混凝土的强度可由式 Q -24 ) 表示

$f = a \cdot e^{\frac{b}{D}}$

Q -24 )

式中 f——混凝土强度，N /m m<sup>2</sup>；  
D ——混凝土养护龄期 (d)，计算时可将等效龄期代换；  
a ,b ——回归系数。

表2 -17 温度T 与等效系数a<sub>T</sub> 表

温度T ( )	等效系数 (a <sub>T</sub> )	温度 T ( )	等效系数 (a <sub>T</sub> )	温度T ( )	等效系数 (a <sub>T</sub> )
50	3 .16	1 28	1 .45	6	0 .45
49	3 .07	27	1 .39	5	0 .40
48	2 .97	26	1 .53	4	0 .57
47	2 .88	2 1	1 .27	3	0 .35
46	2 .80	24	1 .22	1	0 .32
45	2 .71	25	1 .16	1	0 .30
44	2 .62	22	1 .11	0	0 .27
43	2 .54	21	1 .05	-1	0 .25
42	2 .46	20	1 .00	-2	0 .23
41	2 .38	19	0 .95	-3	0 .21
40	2 .30	18	0 .91	-4	0 .20
39	2 .22	17	0 .86	-5	0 .18
38	2 .14	16	0 .51	-6	0 .16
37	2 .07	15	0 .77	-7	0 .15
56	1 .99	14	0 .73	-8	0 .14
55	1 .92	15	0 .68	-9	0 .15
54	1 .85	12	0 .64	-10	0 .12
33	1 .78	11	0 .61	-11	0 .11
52	1 .71	10	0 .57	-12	0 .11
31	1 .65	9	0 .55	-13	0 .10
50	1 .58	8	0 .50	-14	0 .10
29	1 .52	1	0 .46	-15	0 .09

第六节 混凝土测温和质量检查

为了保证冬期施工混凝土的质量，在施工期间必须做好各项质量检查工作。检查工作的内容除包括一般常温下施工的各项检查内容以外，还须特别注意的好温度、强度以及外加剂的质量与用量的检查。

## 一、混凝土测温

为使混凝土在开始养护时能满足热工计算所需要的温度要求，了解混凝土强度的发展过程，防止混凝土早期遭受冻害，必须对混凝土进行一系列的温度监测。

原材料的加热温度，每工作班不少于四次；材料加入搅拌机时的温度，每工作班不少于四次；混凝土自搅拌出机的温度，每工作班不少于四次；混凝土浇筑时的温度，工作班不少于四次；蓄热法养护混凝土，养护期间至少每6h 一次；采取加热法养护混凝土，升温 and 降温期间每1h 测定一次，等温期间每2h 测定一次；掺防冻剂的混凝土，在混凝土强度未达到临界强度前，每2h 测定一次，以后每6h 测定一次。此外，对室外气温和周围环境的温度，每昼夜也必须定时定点至少测定四次，一般是在每天2、8、14、20 点钟时进行测定。

测定混凝土温度的测定点，应根据不同的构件特点事先确定，测温孔应设置在混凝土温度较低部位和有代表性的位置。采用不加热养护方法时，应设置在易冷区的部位；采用加热法养护时，应设置在离热源距离远近不同的位置；厚大结构应设置在表面和内部有代表的位置。全部测温孔均应编号，绘制布置图，测定结果有正式记录。

测温的温度表必须与外界气温隔离，温度表在测孔内停留3 ~5min，才可以读数。如室外气温突然下降，低于预计温度，或测得的混凝土温度低于热工计算的要求时，应及时采取补加保温或加热措施，防止混凝土遭受早期冻害。

## 二、混凝土的质量检查

检查水泥的质量，进入现场的水泥要进行二次化验，必要时要经混凝土试题，合格后方可使用。检验水、水泥和骨料的用量，及水和骨料加热的温度，水和水泥计量偏差为1 %时，混凝土强度影响大约为5 %左右。一般说来，水泥、掺合料的允许偏差为± 2 %。检验外加剂质量和用量，掺用防冻剂必须设专人配置和使用。检验混凝土的受冻前的强度，及养护各阶段的强度。

### 第七节 混凝土的拆模和成熟度

#### 一、混凝土的拆模

冬期混凝土拆模时间，应按结构特点、自然气温和混凝土所达到的强度来确定。冬



期施工拆模可按表2 - 18 的规定参考进行。

表2 -18 拆模时要求达到的强度百分率

结构类型	实际荷载为设计荷载的（%）		
	100	75	50
预应力结构	100	90	80
在水冻带的结构	100	80	60
跨度大于6m 的结构	100	80	70
跨度小于6m 的结构	100	80	60
跨度小于3m 的结构	80	70	50
支撑（柱、墙）结构的侧模	60	50	40

冬期拆模时，混凝土表面温度和自然气温之差不应超过20 。在拆模时，发现混凝土有冻害现象，应立即停止拆模，经处理后可继续拆模。拆模后的混凝土，应采取保温措施，混凝土达到规定的强度后才可以允许承受荷载。如需要进行混凝土的拆模，要进行同混凝土养护条件下的试块实验，确定混凝土的强度后可以拆模。拆除承重模板的时间可参考表2 - 19 。

表2 -19 拆除承重模板的估计期（d）

水泥品种及标号	混凝土达到设计强度的百分率（%）	混凝土硬化时昼夜平均温度（ ）					
		5	10	15	20	25	30
325 号普通水泥 425 号普通水泥 325 号火山灰、矿渣水泥	50	12	8	6	4	3	3
		10	7	6	5	4	3
		18	12	10	8	7	6
		16	11	9	8	7	6
325 号普通水泥 425 号普通水泥 325 号火山灰、矿渣水泥	70	28	20	14	10	8	7
		20	14	11	8	7	6
		32	25	17	14	12	10
		30	20	15	13	12	10

续表

水泥品种及标号	混凝土达到设计强度的百分率（%）	混凝土硬化时昼夜平均温度（ ）					
		5	10	15	20	25	30
325 号普通水泥 425 号普通水泥 325 号火山灰、矿渣水泥	100	55	45	35	28	21	18
		50	40	30	28	20	18
		60	50	40	28	24	20
		60	50	40	28	24	20

二、混凝土的成熟度

混凝土的成熟度是指混凝土的硬化温度与养护时间的乘积，其基本原理是混凝土在给定的温度下保持一定的养护时间，与同类混凝土在不同的温度和时间内提供的乘积相同时，其强度接近。混凝土的成熟度与强度有一定的关系，利用混凝土的成熟度可以进行混凝土养护期间的强度估算。混凝土的成熟度的数学表达式见公式（Q-25）：

M = (T +10) · t (Q-25)

式中 M ——混凝土成熟度，h 或 d；  
T ——硬化温度，℃；  
t ——测温间隔时间，h 或d。

计算出混凝土成熟度后，核算出20℃标准条件下的养护时间。其表达式见式（Q-26）

t = M / (20 +10) (Q-26)

式中 t ——20℃标准条件下的养护时间，h 或d。

可以参考混凝土强度增长曲线，确定混凝土强度值。也可以应用成熟度系数代替公式（Q-25）中的温度（T +10），直接计算出20℃标准条件下的养护时间。20℃对应的成熟度见公式（Q-27），参考混凝土强度增长曲线，确定混凝土强度值。

M = f · t (Q-27)

式中 f ——混凝土成熟度系数，见表2-20；  
t ——测温间隔时间，h 或d。

表2 -20 成熟度系数

T ( )	f	T ( )	f	T ( )	f
1	0 24	21	1 05	41	2 20
2	0 28	22	1 10	42	2 26
3	0 31	23	1 15	43	2 33
4	0 34	24	1 20	44	2 40
5	0 38	25	1 25	45	2 47
6	0 41	26	1 30	46	2 54
7	0 45	27	1 36	47	2 61
8	0 49	28	1 41	48	2 68
9	0 52	29	1 47	49	2 75
10	0 56	30	1 52	50	2 83
11	0 60	31	1 58	51	2 90
12	0 64	32	1 64	52	2 98
13	0 69	33	1 70	53	3 05
14	0 73	34	1 76	54	3 13
15	0 77	35	1 82	55	3 21
16	0 82	36	1 88	56	3 28
17	0 86	37	1 94	57	3 36
18	0 91	38	2 00	58	3 44
19	0 95	39	2 07	59	3 52
20	1 00	40	2 13	60	3 61

第三章 砌筑工程冬期施工

第一节 概述

当室外日平均气温连续五天稳定低于5℃，就进入了冬期施工阶段；当室外日平均气温连续五天稳定高于5℃，可以解除冬期施工。

冬期施工选用的砖石必须满足要求，砖石材料的质量标准见表3 -1。

表3 -1 砖石材料的质量标准

材料名称		吸水率（%）	要求
普通黏土砖	实心	0 ~15	1．应清除表面污物及冰、霜、雪等 2．遇水浸泡后受冻的砖砌块不能使用
	空心		
黏土质砖	实心	5 ~8	3．砌筑时，当室外气温在零度以上普通黏土砖可适当浇水湿润，浇水不宜过多，一般以吸进1cm 为宜，且随用随浇，砖的表面不得有游离水。
	空心		
小型空心砌块		2 ~3	
加气混凝土		70 ~80	
石 材		1 ~6	

注：1．粘土质砖指粉煤灰，煤矸石等砖。

2．小型空心砌块指硅酸盐质的砌块。

冬期施工中，砌筑用砂浆易遭冻结，使砌体的强度降低。砂浆所含的水受冻结后，一方面影响水泥的硬化，另一方面由于冻结会使砂浆体积膨胀大约8 %，体积的膨胀会破坏砂浆内部结构，降低凝结力，影响砌体的强度。所以冬期砌筑施工要严格控制砂浆用水量，同时采取相应的其他措施，保证砂浆的质量。

为了防止冬期砂浆的早期强度过低，不应采用无水泥配制的砂浆，宜选用发热量较高的普通硅酸盐水泥。所用的砌块、砂、石膏不应混杂有冰屑冻块。如用热水搅拌砂浆，水温不应超过80℃，砂的温度不应超过40℃，搅拌后砂浆温度不得大于40℃。砂浆强度不得低于 M2.5。胶结材料及骨料的质量标准见表3 -2。

表3 -2  胶结材料及骨料的质量标准

材料名称	要    求
水泥	砂浆宜采用普通硅酸盐水泥，不可使用无熟料水泥，一般以325号、425 号为宜
砂子	拌制砂浆的砂子不得含有冰块和直径大于1cm 的冻结块
石灰膏、黏土膏、电石膏	应防止冻结，如冻结，应经融化后方可使用。受冻而脱水、风化的石灰膏不得使用

冬期施工在负温条件下进行砌体施工，由于砖和砌块不能浇水，因此砂浆稠度应大于常温下的砂浆稠度。砌筑砂浆的稠度应符合表3 -3 的要求。

表3 -3  砌筑砂浆的稠度要求

项 次	砌体种类	常温时砂浆稠度 (mm )	冬期时砂浆稠度 (mm )
1	实心砖墙、柱	70 ~100	90 ~120
2	空心砖墙、柱	60 ~80	80 ~100
3	实心砖墙拱式过梁	50 ~70	80 ~100
4	空心墙	50 ~70	70 ~90
5	石砌体	30 ~50	40 ~60
6	加气混凝土砌块	—	130

冬期施工的砌筑砂浆为了满足操作的要求必须保持正温，应符合表3 -4 的规定。

表3 -4  砌筑砂浆使用温度

气温	冻结法	掺盐砂浆法
-10  以内	+10	+5
-10  ~ -20	+15	+10
-20  以下	+20	+15

## 第二节 施工方法的选择

### 一、施工方法分类及选择

#### (一) 施工方法分类

- (1) 外加剂法；
- (2) 冻结法；
- (3) 蓄热法；
- (4) 蒸汽加热法；
- (5) 电气加热法；
- (6) 暖棚法。

#### (二) 施工方法的选择

砌筑工程的冬期施工优先选用外加剂法。当对保温要求较高，绝缘、装饰等有特殊要求的工程，可选用其他方法。

### 二、外加剂法施工

外加剂法是指采用掺入一定量外加剂的砌筑砂浆进行砌筑的施工方法。当在砂浆中掺入一定量的盐类外加剂时，盐能使砂浆中的液态水冰点降低，缓遭冻结，负温下的砂浆仍含有液态水，从而使水泥可以充分地水化。有些外加剂还可以加速水泥的水化以及在负温下凝结和硬化，既有防冻剂又有早强剂的作用。此法施工简便、造价低、货源易于解决，有抗冻、早强的作用，在我国被广泛采用。

#### (一) 外加剂法的适用范围

我国外加剂品种较多，一般多使用单盐氯化钠或复盐氯化钠、氯化钙，有时也使用亚硝酸钠和碳酸钾。有时再掺入微沫剂来改善砂浆的和易性、抗冻性。氯盐有锈蚀金属和易潮解析盐等缺点，同时还参与水泥的水化。砂浆中氯盐掺量过少，砂浆的溶液出现大量的冰结晶体，水泥的水化反应缓慢，甚至停止，早期强度很低。砂浆中氯盐掺量大于10 %，产生严重的析盐现象；大于20 %砂浆强度显著下降。大量的氯盐参加水泥水

化，在负温下易生成高氯形式的氯铝酸盐，气温回升时又转化为低氯形式的氯铝酸盐而分离出含水氯化钙，使砂浆体积膨胀，沿灰缝呈现1 ~2mm 厚的松散腐蚀层，与空气接触部分有1 ~2mm 的粉尘，砂浆后期强度下降，影响墙面装饰质量、效果。

对装饰有特殊要求的工程不应采用此法；使用湿度大于80 %的建筑物不得使用；经常受40 以上高温影响的建筑物不得使用；接近高压电线的建筑物不得使用；配筋、钢埋件无可靠的防腐处理措施的砌体不得使用；经常处于地下水位范围内，以及在地下未设防水层的结构不得使用。此外，一般工程均可采用外加剂法施工。

(二) 外加剂的掺量

冬期施工的砌筑砂浆中外加剂的掺量随环境的温度不同而不同。其掺量和温度见表3 -5。

表3 -5 氯盐砂浆外加剂掺量（占用水量的%）

项次	日最低气温			等于和高于 -10	-11 ~ -15	-16 ~ -20	低于 -20
1	单盐	氯化钠	砌砖	3	5	7	
			砌石	4	7	10	
2	复盐	氯化钠	砌砖			5	7
		氯化钙				2	3

外加剂溶液配制有两种方法：一是定量浓度的溶液在砂浆搅拌时掺进去，另一是先配制高浓度的溶液，使用时稀释到要求的浓度，作为拌合水使用。固体氯化钠加水溶解后，标准溶液的比重以1 .15 为宜，氯化钙的标准溶液比重以1 .18 为宜。最后掺入量应在标准溶液基础上再进行换算。不得随意加水加盐，以防止盐浓度改变。

(三) 外加剂法施工要点

1．拌制砂浆

应采用机械拌制，拌和时间比常温增加0 .5 ~1 倍。如在砂浆中掺入微末剂时，在拌和砂浆过程中应先加盐溶液拌和，后加入微末剂拌和，防止砂浆塑性损失。

当室外气温低于 -10 时对原材料要进行加热。先将蒸汽直接通入水箱或用铁桶烧水把水加热，当不能满足要求时，可用排管、火炕、蒸汽铁板等方法将砂子加热。水泥不能加热，但要保证水泥的温度不低于0 。拌制砂浆时，将水和砂子先拌和，然后加入水泥再拌和，砂浆出机温度不宜超过35 。当日气温等于或低于 -15 时，砌筑承

重砌体的砂浆强度等级比常温施工的规定提高一级。

初冬、初春冬期施工阶段，当室外气温高于 -10℃、掺盐量在3%~5%时，砂浆可以不加热。

2. 砌筑施工

根据国内外试验资料表明，砖湿润程度不仅在常温天气对砌体强度的影响较为明显，冬期寒冷天气仍很重要。因此，冬季白天处于正温度条件下的黏土砖工程施工，应适当浇水湿润，其含水率不低于5%；也可以采取随浇随砌的方法，但湿润程度应均匀。昼夜气温处于负温度的严寒地区，当砌砖时确实无法浇水湿润，则应适当增加砂浆的含水量，其稠度为70~120mm为宜。应采用“三一”砌筑法，每皮砖都刮浆或灌桃花浆的操作方法，确保灰缝的饱满程度，以弥补由于干砖吸水而引起砌体强度的降低。

每日砌筑墙体高度不宜超过1.8m，墙体转角及纵横交接处最好同时砌筑，若要留槎，最好留成长度不小于高度2/3的斜槎；除转角处外，若留直槎，必须做成阳槎，每层设6拉结钢筋。砌筑时的砂浆温度不得低于+5℃，砖表面与砂浆的温差不宜超过30℃。

在负温下作好砌块的保温措施，使用时砌块不可浇水湿润，混凝土砌块砂浆稠度为130mm，石砌体砂浆稠度为40~60mm，石材表面与砂浆温差不宜超过20℃。

三、冻结施工法

冻结法是采用没有掺入外加剂的普通水泥砂浆或水泥混合砂浆砌筑，砌体砌筑完成后，不需要加热保温等附加措施的一种冬期施工方法。冻结法施工的砂浆要经历冻结、融解、硬化三个工作过程。负温下砂浆迅速冻结、砂浆中水泥水化作用极其缓慢，并因结冰而具有一定的坚硬度，此时的砂浆强度主要呈现为冻结强度。待砂浆解冻过程中砂浆变为塑性状态，强度几乎达到零。随着温度的升高转入正温，水泥水化作用加强，砂浆的强度逐渐提高，但其最终强度将视受冻时砂浆的强度而有不同程度的降低。砂浆解冻时砌体的稳定性差，砌体解冻后砌体的沉降量比常温施工增大10%~20%。采用冻结法施工时，应会同设计部门共同制定在砌筑过程中和解冻期必要的加固措施，以保证工程结构和施工的安全。

(一) 冻结法的适用范围

冻结法施工的砂浆遭受了冻结，砂浆强度增长缓慢。冻结法施工广泛应用在设防烈度较低的低层、多层建筑工程中。由于砂浆中没有掺入外加剂，即使有保温、隔热、绝缘、装饰、配筋砌体工程也可采用冻结法施工。对承重墙的要求是：长度在稳定结构间



不超过40 倍墙厚，且不超过25m，高度不超过24m，层高不超高4m；总高度在20m 以内，层高不超过6m。对非承重墙可按有关规定执行。采用冻结法砌筑施工的砌体极限高度应满足表3 -6 的规定。

可以在非冻胀土和未冻结土上采用冻结法施工，但要做好未冻结土的防冻结的保护措施。

表3 -6 采用冻结法砌筑施工的砌体极限高度

砌体种类	楼层高 (m )	极限高度 (m )
实心砌体	<4m 且不大于墙厚的10 倍	24
	4 ~5m 且不大于墙厚的10 倍	20
	5 ~6m 且不大于墙厚的10 倍	12
	6 ~8m 且不大于墙厚的10 倍	16
中型空心砌块砌体	<4m 且不大于墙厚的10 倍	16

冻结法施工中砂浆的和易性和强度都经历了大幅度的变化，砌体的强度和稳定性比常温下施工有所下降，对于下列一些有特殊要求和受力复杂的砌体不应采用冻结法施工：(1) 空斗墙、砖薄壳、双曲砖拱、外挑长度大于180mm 的砌体，钢筋砖过梁和跨度大于1 2m 的砖砌平拱过梁，毛石砌体；(2) 承受侧压力的砌体；(3) 在解冻期间，不允许产生沉降的砌体、可能受到振动和动力荷载的砌体、偏心荷载过大的砌体；(4) 按9 度地震烈度设防的多层房屋；(5) 水池、水塔和烟囱等特种结构；(6) 设计不允许采用冻结法施工的砖石砌体。

(二) 冻结法施工要点

1．砂浆要求

砂浆的使用温度不应低于10，以保证砌筑操作的正常进行，使砌体达到横平竖直、灰缝饱满；如设计无要求，日气温高于或等于 -25 时，承重砌体的砂浆标号较常温提高一级；当气温低于 -25 时应提高二级。

2．砌筑施工

砌筑时应按照“三一砌筑法”砌筑。砌筑时将基面清理干净，不允许有冰、霜和冻结的杂物。砌体的水平灰缝以8 ~10mm 为宜，不得超过10mm，砂浆的饱满度不得低于80 %。砌筑层的标高误差应在本层整体控制，不能集中在个别灰缝中。砌筑超过五皮的砌体，不准敲墙、砸墙，如有问题必须拆除重砌。不得搞突击施工。

根据设计布局先砌筑自重和荷载较大、后砌筑自重和荷载较小的施工分段单元。基

基础埋深的先砌筑，易受相临建筑物影响的后砌筑。

同一施工段范围内的砌筑应达到同一施工层的高度，不得任意间断，每天砌筑的高度和临时间断处的高度均不大于1.2m。不同施工段之间：当没有沉降缝时两者的高度差不得大于4m，间断处的砌体应做成阶梯式，沿高度每0.5m 设置 6 的拉结钢筋，拉结钢筋两端伸入墙体不应小于1m。当设有沉降缝时两者的高度差不得大于一个楼层高度。

3. 构造措施

为了保证结构、构件在解冻期间可靠的稳定性、整体性和正常沉降，在砌筑过程中和砌筑完毕后必须进行有效的构造保护措施。

在楼板的平面内，墙的拐角处、内外墙的交接处、墙的交叉处均应设置拉接钢筋，拉接钢筋的数量按每120mm 的墙厚配1 6，钢筋两端伸入墙体的长度从墙边缘计算不得小于1m，并设置弯钩，具体做法如图3 -1 所示。门窗框上部应留空隙，其厚度在砖砌体中不少于5mm，在石砌体中不少于3mm。跨度大于0.7m 的过梁，应采用预制过梁代替砖过梁。每层楼砌体砌完后，要及时浇筑或吊装梁、板等承重构件，使梁、板、墙尽快协同工作，增加砌体的稳定性。砌体中留置的洞口和沟槽，应在砌体解冻前填筑完毕，保证砌体的整体性。

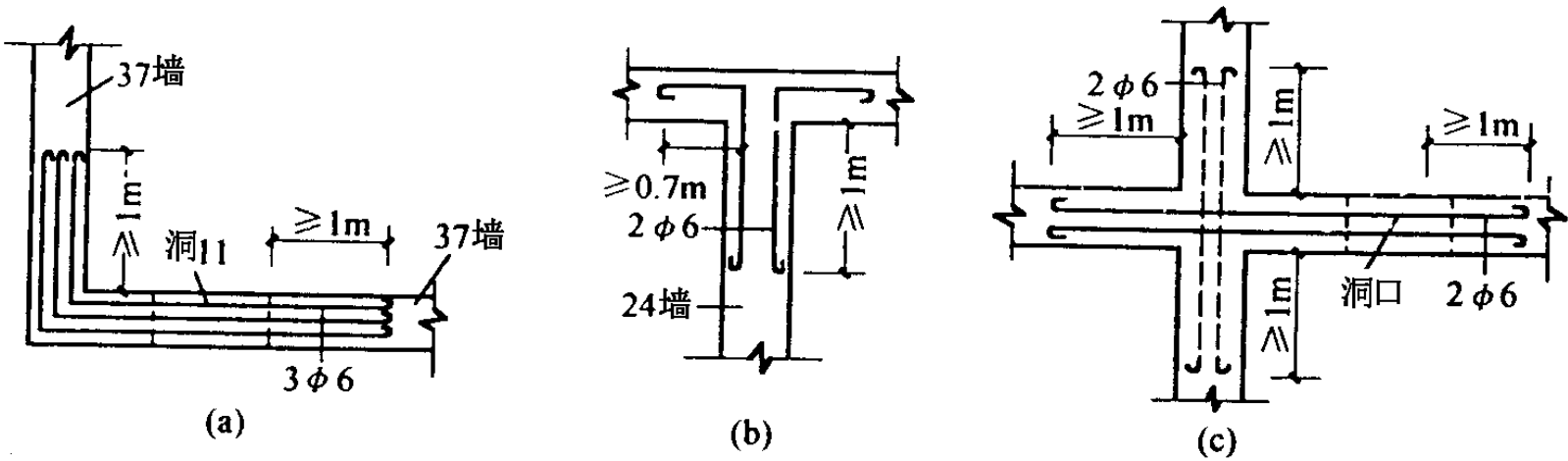


图3 -1 冻结法砌筑拉结平面布置图

(a) 墙拐解处 (b) 内外墙交接处 (c) 墙交接处

在砌体解冻前，对于一些大跨梁、悬挑结构，应在其下面设临时支撑，减轻砌体解冻期间的荷载，有效保护墙体的稳定性和承载力，砌体强度达到设计值的80 %，可以拆除临时支撑。上端自由的楼层墙体和较高大的山墙，在砌筑完毕后要及时进行临时支撑和加固保证稳定性。解冻前应移走结构上的临时荷载。

（三）冻结法施工砌体的人工解冻

砌体的人工解冻，是利用热空气、蒸汽、电热等对采用冻结法施工的砌体进行人工加热，使砌体强度较快增长，加快主体工程的进度，为后续工程的进行创造条件。人工解冻，施工复杂，费用较高，只有在下列特殊要求下才进行：有可能在自然解冻前完成主体工程；自然解冻时墙体可能发生危险变形；冬期必须进行室内装修的工程；砌筑内框架重结构的房屋。人工解冻宜在春季解冻前进行。

解冻的方法有：单面解冻，是分层分段对墙体的里面进行人工加热解冻，加热楼层上的楼板要进行防寒保温。双面解冻，是对建筑房屋的墙里外面同时进行人工加热解冻。分区段解冻，是以沉降缝分区沿建筑房屋的整体高度，分部或分层进行人工加热解冻。在人工加热2 ~3 昼夜内，室内温度控制在20 ~25 以内，以后尽可能提高室内温度，但要小于45 。

## 第四章 抹灰工程和其他装饰的季节施工

凡有水作业的工程都有季节施工的问题，抹灰工程、饰面工程、水泥、水磨石地面工程、涂料工程等等都不例外。这里我们将对主要的应注意的要点进行介绍。

### 第一节 抹灰工程和饰面工程

#### 一、雨季施工

室外部分的抹灰和饰面工程尽量避开雨季。室内抹灰、瓷砖等，应在屋面工程完成后施工。

室外抹灰和饰面必须进行，应不浇墙面，减少抹灰或粘贴砂浆的稠度。并明确大雨期间停止施工。还应防止一些包装材料的颜色污染墙面或饰面材料。

#### 二、冬期施工

室外一般采用冷作业，即在砂浆中掺抗冻早强剂。如室外已低于 -5℃，应停止作业。

室内抹灰均采用供暖办法进行，门窗应关闭，室内通临时暖气或生火炉（应注意防火及防一氧化碳中毒）。墙面湿润不宜大量浇水，所用砂浆应在5℃以上，低温地区应采用热水拌砂浆。室内潮气过大要定时开窗放潮气，每层抹灰要检查有无冻结和空壳，从而保证抹灰和粘结质量。

### 第二节 楼地面和屋面工程

#### 一、雨季施工

室内楼地面施工必须待屋面工程找平层完成后才可进行。屋面工程雨季不宜施工，

尤其水泥珍珠岩保温层之类。应安排工期把找平层赶在雨季之前施工完毕。防水层必须在大晴后找平层干燥后才能施工。

## 二、冬期施工

室内楼地面应同抹灰一样采用供暖，在不低于5℃的室温下进行。要求不高的水泥地面，可以采用掺盐法抹地面。但也不能低于-5℃。

室外屋面工程主要应防止找平层受冻。可采取掺无氯盐抗冻剂拌砂浆，抹好后，稍硬即覆盖保温材料，使其保暖硬化。防水层应采用热作法，不用冷胶等冷作业。

## 第三节 涂料和油漆工程

### 一、雨季施工

外涂料雨季时应停止施工。油漆在雨季由于潮湿也不宜施工，尤其墙面油漆，因含水率高，油漆后易脱皮。室内涂料亦视情况而定。

### 二、冬期施工

涂料工程当室外平均气温低于5℃和最低温度低于-3℃时，涂料工程施工应按冬期施工进行。

- 1．要求进入冬期前把室外涂料工程做完。初冬时可采取先阴面、后阳面的步骤，中午气温较高时做完。
- 2．冬期施工时，涂料中不可随意加稀释剂，也不可采用加热涂料办法作业，而降低质量。
- 3．油漆时，可适当加些催干剂，促使快速干燥成膜。
- 4．室内的油漆和涂料、刷浆工程均应有采暖条件和环境温度不低于5℃，从而保证这类工艺的质量。

# 第十七篇

## 高层建筑的结构施工

# 第一章 概 述

## 第一节 高层建筑的基本概念

随着我国经济建设的迅猛发展，高层建筑在我国大中城市尤如雨后春笋般的涌现，进一步地展示出我国城市建设的规律和现代城市化的发展进程；同时，对建筑业科技进步也起着极大的推动作用。

近年来，在高层建筑施工中，结合国内的建设实践，认真总结国内外的先进施工技术和方法，经不断地探索，已经积累了一整套的高层建筑施工工艺、技术和方法。高层建筑施工新工艺、新技术、新方法、新设备和新材料不断地产生和更新，极大地丰富着建筑施工技术的内容。传统的建筑施工技术正在被由高层建筑施工而诞生的新工艺、新技术、新方法所代替。因此，学习建筑施工技术，必须要认真学习高层建筑施工的新技术。

本章将围绕着高层建筑施工中的技术方法问题，在前述有关章节所介绍的施工工艺技术的基础上，重点介绍高层建筑施工的测量技术、高层建筑施工的垂直运输方案，以及常见的高层建筑主体结构施工，包括框架结构，剪力墙结构等的施工工艺、技术方法和主要的施工机具设备等。

### 一、高层建筑内涵

高层建筑这个概念是近代才提出来的。实际上从古代建筑中已有了“高层建筑”，即层数多，高度高的建筑物。只不过高层建筑的发展和建造，近代远比古代多而且快。

近代高层建筑的划分，在1972 年联合国科教文组织所属的世界高建筑委员会召开了世界有关国家建筑方面的会议，建议把高层建筑的层数和高度划分为四类：

- 第一类为：9 ~16 层，最高达50m 高度；
- 第二类为：17 ~25 层，最高达75m 高度；
- 第三类为：26 ~40 层，最高达100m 高度；

第四类为：40 层以上，超过100m，称为超高层建筑。

我国的情形是，在1983 年以前，以8 层作为高层建筑的起点。按3m 一层，即24m 及24m 以上就可算作高层建筑。

1983 年后，又有规定10 层及10 层以上建筑作为高层建筑。

1987 年10 月1 日开始试行的建设部标准《民用建筑设计通则》（JGJ37 —87）中又进一步明确民用建筑层数的划分是：

- 1．住宅建筑按层数的划分为：1 ~3 层为低层；4 ~6 层为多层；7 ~9 层为中高层；10 层以上为高层。
  - 2．公共建筑及综合性建筑总高度超过24m 者为高层。
  - 3．建筑物高度超过100m 时，不论是住宅还是公共建筑均称为超高层建筑。
- 后来建设部对住宅和非住宅建筑，一律以10 层及10 层以上建筑称为高层建筑。

## 二、高层建筑的发展

人类在社会政治经济的发展中，也给建筑的更新发展带来了驱动。人类自古以来就有向高空发展的愿望和要求，并逐步在建筑上实现。

在我国由于宗教因素向“天堂”升华，建了许多塔，如古老的山西应县木塔，9 层共67m；河北定县的开元寺塔为砖塔，11 层，高84m；至今还能上人的西安大雁塔7 层67m；杭州六和塔7 层70 多m；苏州北寺塔9 层87m 等等。

在世界上也称得上雄伟高大的西藏拉萨的布达拉宫，主建筑高117m，外13 层，内9 层，也是海拔最高，集宫殿、城堡、寺院把汉藏建筑风格融于一体的宏伟的古代高层建筑的典型。

在西方古代也有出名的两座高层建筑，一座是公元前338 年在巴比伦城所建的巴贝尔塔，塔高约90m，供王室观赏的建筑；另一座是公元前280 年所建的埃及亚历山大港港口的灯塔，高约达150m，塔身用石材砌筑，曾耸立在港口一千多年，引导船只避免触礁。

近代高层建筑是城市化和工业化经济发展的产物。由于城市工商业的发展，人口急剧增长，建设用地日趋紧张，促使建筑向高空发展。加上建筑钢材、水泥的生产发展，为兴建高层建筑提供了物质基础。

当第一台电梯在1851 年用于纽约一家旅馆中之后，使高层建筑的竖向交通得以解决，为高层建筑的建造创造了条件。

作为近代高层建筑开始的标志，则是1883 ~1885 年在美国芝加哥建造的家庭保险公司大楼，共11 层，高55m，采用铁框架，部分钢梁和砖石自承重外墙建成。



本世纪初美国在纽约用钢结构建造了一幢50 层，高213m 的大都会生命大厦，是第一座超高层的建筑。随后到20 世纪30 年代初美国纽约又建造了帝国大厦（102 层），381m 高，有65 部电梯，成为当时世界上最高的建筑，保持纪录40 年之久。直到1972~1974 年在纽约和芝加哥分别建造了世界贸易中心南、北楼和西尔斯大厦，才打破纪录。纽约的两幢世界贸易中心分别为110 层、415m（南楼）和417m（北楼）；芝加哥的西尔斯大厦为110 层，443m。至今这三幢高层仍居世界房屋建筑的前茅。

值得一提的是西尔斯大楼，从1969 年开始规划，1970 年9 月开始现场准备，1974 年2 月建成该大楼，前后共化了三年半时间。而它的建筑面积共计为405000m<sup>2</sup>；基础使用了200 个沉箱；由结构为每个筒体22.9m ×22.9m，共九个标准方形筒体；总用钢量为69000t，共用电梯85 台。建这么大面积，这么高建筑仅用了三年多时间，这说明建筑技术发展已达到非常高的程度。

世界各国在20 世纪中叶也开始相继出现建筑高层大楼，20 世纪成了高层建筑发展的一个世纪。各国似乎互相攀比，互相竞争，在1995 年马来西亚竟也建起了高450m 的双塔式的石油大厦。而美国似乎不甘心最高纪录给他国拿走，而正在纽约拟建一座140 层，高546m 的证券交易大楼。它将比巴黎的埃菲尔铁塔高出200 多米，比目前世界最高建筑马来西亚的双塔大楼高出96m。

在我国，现代高层建筑则起源于经济发达的上海。最闻名的就是建于1931~1934 年的上海国际饭店。它地下2 层，地上22 层，高82.5m，采用钢结构，也是当时远东最高的建筑。是由国内承包商馥记营造厂总包，说明了我们也早具有了建造高层建筑的施工技术。该建筑在国内也保持了30 多年的最高记录。

20 世纪60 年代，我国高层建筑也开始发展，至今最高的高层已达421m，是上海的金茂大厦。国内100m 以上的高层已超过100 幢。有钢结构、钢筋混凝土结构等不同类型。

### 三、高层建筑的特点

#### 1. 建筑使用上的特点

高层建筑由于高度的增加，需要配备高层必须的设备，如电梯、设备层、消防系统等。由于用电梯为竖向交通的主要工具，以它为组织方便的、安全经济的公共交通体系，从而对高层建筑的平面布局，空间组合都产生了重大影响。

由于高层建筑对地下嵌固深度的要求，一般利用地下空间要建造一至几层的地下室，可以用来做设备层、仓库、车库、辅助用房等。

因使用要求又决定了大楼内有各种功能，如居住、办公、教学、医疗、商店、娱乐

等。因此建筑需具有这些不同需求的特点。对不同使用功能的高层建筑则需要解决各类建筑上的问题。如走廊布置、垃圾处理、阳台防风、安全管理、公共设施（电话、邮政）等。

由于楼高、体形大，在建筑造型和外部装饰的设计上，需要更好的考虑。这也给建筑设计提出了新课题。

2 . 结构上的特点

因为高层建筑不是搭积木式的，把低层或多层建筑简单的叠加起来。所以在结构设计及计算上要复杂得多。它除了考虑竖向垂直荷载之外，还要考虑风荷载、地震引起的水平荷载。由于高，当受风等水平荷载后产生顶部位移，为保证建筑稳定性，就必须要使高层具有足够的刚度，使楼位移的频率不高。

在受到地震荷载后，高层建筑亦应具有一定的结构延性。使结构在地震作用下，若某一部分进入屈服阶段后，还应具有塑性变形能力，通过结构的塑性变形吸收地震力所产生的部分能量，使结构可维持一定的承载能力。

再是高层建筑建造不易，建成后应有相当的耐久性，根据有关规范规定，高层建筑应属于一级耐久年限的建筑，要求达到100 年以上。

高层建筑结构上另一个特点是基础要求同低层、多层不同。一般选用整板、筏基、箱基（做成地下室）和桩基础。为了确保高层建筑的稳定性和地基变形的要求，对基础的埋置深度有相应的规定：当采用天然地基（上做箱基或筏基）时，要求埋置深度不少于建筑高度的1 /12 ；当采用桩基时，要求埋置深度（从桩顶算起）不小于建筑高度的1 /15 。

目前我国已编制了 《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》、《高层建筑钢结构设计与施工规程》、《高层建筑箱形基础设计与施工规程》。我们在进行高层建筑施工时，必须依照这些规程、规范进行施工。

3 . 高层建筑对防火要求的特点

高层建筑由于火灾而引起损失，在国外已出现不少。为此高层建筑的防火设计和施工是与多层建筑不同的，也是高层建筑所必须考虑的重要因素。

按照建筑高度、使用性质和防火角度不同，将高层建筑分为二类耐火等级。一类是普通的高层，高度不超过50m 的；一类是高级建筑，高度要超过50m 的。前者定为二级耐火，后者定为一级耐火。

对一级耐火要求各种构件均为非燃烧体材料；对二级耐火的，除吊顶可采用难燃体外，其他构件均需采用非燃烧体材料。并规定了高层建筑中各类构件的耐火时间极限：对防火墙均规定为4h ；对承重墙和柱一级耐火要求3h ，二级耐火要求2 .5h ；对楼板，

一级耐火要求1.5h，二级耐火要求1h等。

为了防火要求，因此在设计上要考虑总体布局和平面布置，如消防道，通道的合理性；对具有火灾危险性的设施，如燃油、燃气锅炉和电力设施等，要有专门的设计和精心的施工；在设计上还要有防火区、防烟区的划分；安全疏散的出口，消防电梯的设置，消防给水和固定的灭火装置；自动报警设施和系统等，都是设计和施工要实施的方面。

在国外超高层建筑较多，对超高层建筑，主要以依靠加强自身的消防能力来解决防火问题。它们采取的措施有：如每隔若干层（15层左右）设一个避难层。采取开敞式排烟，用防火墙、防火门与其他部分相隔开，为向上或向下疏散人员提供安全避难地点；再有在全楼各个部位均设置早期报警、早期灭火的装置，以提高建筑自救能力；更高级些的，在屋顶设置直升飞机停机坪等。

4. 设备装置多的特点

(1) 供水和排水方面：供水不能像多层建筑似的依靠城市给水管网的供水压力。而按层次的高低分区的供给，而在楼内设置增压机械设备。同时由于压力大小不同，供水管的耐压要求也不同。需要应用不同的管材。此外供水上还应考虑压力大、用量大的消防水系统。有的高压除了自来水供水外，还有热水供水系统，供给大楼使用。因此也需要相应的设备如锅炉、热水箱等。

排水上，由于楼高管道长，在设置上要考虑分区域或其他措施，防止堵塞引起“灾害”。

(2) 通风、空调系统：为了保持楼内有适宜的温度，冬季要暖空调一套设备和管道系统送暖风；夏季要凉空调一套设备和管道系统送凉风。因此相应要有风机、冷源、热源等设备。

(3) 在电气方面的特点：由于上下通行必须设置电梯，每层至少两台。根据层数和高度又分成快速和一般速的区别，在使用中根据需要又分成客梯和货梯等类。再有高层建筑除外来电源外，有的还要设置备用电源（如自发电），以防万一停电而必须保持楼内安全照明，消防水泵和电梯急用等。

高层防雷也是电气工程中的一部分，因为是高层，被雷击的概率要高得多，因此屋顶的避雷装置、引下线和接地装置都比一般建筑要求高，相对量也要多。

再有的为了通讯等方便，还得设置弱电系统：电话、微机、共用天线以及一些监控系统。

5. 施工上的特点

高层建筑由于体高量大，因此施工上不同于一般建筑，其特点有：

(1) 工程量大，工期长。高层建筑平均一栋都要超过10000m<sup>2</sup>，而且高度至少30m以上。因此工期都要超过一年，不可避免的要遇到冬期施工、雨期施工，给施工增加难度。就需要施工合理安排，采取各种技术措施，保证工程快速、优质的完成。

(2) 高空作业。由于高层施工则需要解决高空的垂直、水平运输，因此高塔、泵送设备等相应的要备齐。解决人员上下又要配备外用附墙电梯。在施工过程中要解决用水、用电、通讯、临时厕所等问题；同时要保证安全生产做好防护设施、防火措施，以及防止高空物体坠落及物体打击事故发生。

(3) 高层建筑有相应的深基础施工，因此有地基处理、深坑支护等技术的应用和实施。

(4) 层数多、工作面大、分项工程多、工种多、加上分包单位多使管理复杂。因此要充分利用层次交叉、循环流水作业；设备和土建交插、装饰和土建交插的进行施工。还要做好成品保护，加强协作和集中管理。才能够使工程施工顺利进行。

## 四、高层建筑的优缺点

高层建筑之能够出现、存在和发展，是因为它具有以下的一些优点：

### 1. 节约用地

由于工业化、城市化，城市的土地日益珍贵。在有限的土地上要解决城市经济的发展，人口的增多所需的房屋建筑，节约用地，促使了高层建筑的产生和发展。如高层住宅解决人的居住问题，在一定量的占地情况下，要比多层住宅增加一倍左右的建筑面积。再有商业用房、金融企业、办公大楼（可以多部门、多单位公用一座楼）等，都可以通过建造高层而减少用地。

### 2. 有利于工作、生活和使用

高层建筑使人们的生活、工作变成空间化。将原来几幢楼的横向联系，变成一幢楼内的纵向联系。如一座旅馆是高层的，它可以将住宿、餐厅、办公、公共设施、车库均置于一栋楼内，而改变多层建筑的住宿一栋楼、餐厅一个地方、办公一栋楼、车库一座的多占地，又要过路等不方便，尤其雨天。如果是高科技、轻工业用高层做厂房，上下流水（用电梯）也是可以实现，最后到下层做成品仓库把产品从此处出厂。比多个车间流水要节省管线、节省中转时间、节省管理费用。

### 3. 高层建筑为建筑发展多功能创造了条件

为了解决城市发展中人们在工作、居住、生活等方面的诸多矛盾，提出了在一栋建筑中满足多种用途的要求。比如在上面作居住、中间作办公、底下作商业、服务、娱乐，地下室做车库等。这样可以节约用地，方便居民，缓解城市交通拥挤等。当然目前

这类建筑在国内还不多，但这种设想和可能是可以实现的。

4．高层建筑也给城市增加一些风采

在一座城市中，根据地区的不同特点，经过精心规划和设计，布置不同层数和外形的高层建筑，可以给城市增添不少丰富的色彩。一些优秀的设计所建造的高层可以成为城市的新的景观和标志。如过去上海的国际饭店，就长期成为上海城市的标志。近年上海新建的东方明珠电视塔这一高耸构筑物，又成为上海的一个景观和游览点。

由于高层建筑的大量建造和发展过于集中，不考虑环境的乱建，已引起不少非议，说明物极必反而有一定的缺点和不足：

1．建筑造价高

高层的每平方米的造价可以是低层或多层的一倍到几倍。并要求特殊的材料、设备，施工难度大等。

2．物业管理费用多

由于层数多，高度高，从管线、设备、人员多的情况下要求管理的量多，用的人员多，费用也就要高。

3．能量消耗大

这是不言而喻的，由于供水、供热、通风、空调、电梯等每天的耗电量是非常可观的。

4．火灾的威胁

高层建筑一旦发生火灾，其危害性，对人的危险性，远远超过低层及多层建筑。尤其安全疏散，烟气的排除，都是高层建筑存在的缺陷。

5．恶化环境

如果规划不当，高层和多层相邻，往往多层受害，如光照、通风都受影响。采用玻璃幕墙，还产生光污染，对环境的影响甚坏。

6．居住条件差

高层建筑的居住者经常抱怨楼太高，距地面远，没有绿化庭园，城市噪声、高处大风，电梯易坏，上下楼困难，带孩子的母亲，有病的人更为不便，超高层建筑刮风时会晃动使人产生眩晕等等。

这些存在的不足和缺点，也说明我们在建筑高层房屋时，必须有规划，不能一轰而起。既要合理使用土地，又要节约投资，使一座城市的建筑高低差落、优美丰富，充分发挥高层的优点，又不过于集中。

## 五、高层建筑的分类

高层建筑以其所用材料及结构形式可分为：

### 1. 按所用材料来分

从古代用砖石和木材建的高层建筑物已成为历史。砖石的塔，其墙厚、体重，经不住地震，在现代建筑中，非地震区用砖混结构能建的高度也只是10 层楼，不超过30m 高；木结构虽然相对轻巧，但要用于现代高层也是不可能了。一是耗材量大，木材取之不易；二是结合复杂施工繁复；三是耐久性相对差，易受虫蛀蚁蚀。所以近代高层建筑以材料分大致是以下几种：

(1) 钢筋混凝土材料：钢筋和混凝土结合作为建筑材料，晚于钢结构。混凝土的出现，首先依赖于1824 年波特兰水泥的发明，到1850 年出现了钢筋混凝土材料，到1903 年才开始用于高层建筑的建造。至今在世界上已用钢筋混凝土材料建成了高295 m、65 层的最高钢筋混凝土建筑。它是美国芝加哥的威克街大厦。

我国当前的高层建筑大部分都采用的钢筋混凝土材料。在已建成的100m 以上的超高层建筑80 多栋中，有70 多栋是用的钢筋混凝土材料。我国在高层建筑中采用钢筋混凝土材料为主导，主要是混凝土原料比较丰富，钢材用量较低，结构刚度大、防火性能好，造价相对便宜。不足之处是自重较大，现场用工多，工期较长。如何使之轻质高强和发展工业化施工，乃是我们努力的方向。

(2) 钢结构材料：19 世纪钢铁工业在西方国家发展起来，后来型钢的生产，为近代高层建筑的出现，首先在材料上奠定了基础。首先用钢材建高层的是1883 年美国芝加哥等地，用钢与铁建造了10 层以上的建筑。

钢结构的优点是抗拉、抗压、抗弯、抗剪的强度都高。结构自重相对轻，有良好延性对抗震有利。安装速度快、省工、施工较文明。因此用于超高层建筑为多。

我国使用钢结构建造的超高层建筑也已经开始初露头角，如在香港建成的中国银行为高368 m 的钢结构。

钢结构虽具有上述的优点，但用于高层建筑由于耗钢量大（相当于钢筋混凝土结构的2 ~3 倍），造价高；钢结构自身防火能力差，要在其外表敷设防火材料，又增加造价。加上我国钢铁工业的发展，至今在产量、品种、规格、优质上尚欠满足，所以还不能大量用于高层建筑。

(3) 钢—钢筋混凝土组合：这是利用上述两种材料的各自特点，取长补短组合成结构用于高层建筑。以一座高层建筑中的不同部位，采用不同的结构材料；或在同一结构部位采用钢—钢筋混凝土复合材料组成结构件。

2. 按结构类型来分

(1) 框架体系：它是由梁、板和柱组成的承重结构。由于无承重墙，建筑平面布置较灵活，可形成较大的空间，在公共建筑和旅馆中采用较多。由于它抗水平荷载的刚度和强度都较低，抗震性能也较差。因此，一般认为框架体系宜限于15层以下。如果层数再高时，就会形成肥梁胖柱，在经济上也是不可取的。

(2) 剪力墙体系：剪力墙结构是由承重墙和楼板组成的承重结构。它是一个多功能高强的结构体系，抗震性能好。因此在15层以上采用它是经济的。美国混凝土协会曾认为：“它可建造高达150层的高层建筑，且抗震性能好”。但由于建筑平面被剪力墙划分为若干单独空间，建筑布置和使用受到一定限制，因此它不适宜于需大空间的办公楼中，而适用于居住建筑和一般的旅馆。

(3) 框架——剪力墙体系：即在框架结构中设置一些剪力墙，形成由框架和剪力墙共同作用的框架——剪力墙结构体系。它比框架增强了抵抗水平荷载的能力和侧向刚度；比剪力墙在平面布置上灵活得多。它可在20层以下的钢筋混凝土高层建筑中使用。目前世界上已用它建造居住建筑达70层，办公楼已超过50层。

(4) 筒体结构体系：筒体结构是由框架结构和剪力墙结构发展而成的空间结构。它又分为框筒结构和筒中筒、组合筒结构。

框筒结构在高层建筑中，利用电梯井等形成的内筒与外框架（可做成密排柱）结合在一起承受竖向和水平荷载，抗震性能好。

筒中筒结构是由内筒和外筒组成的结构体系。建造30层以上高层已很广泛。它比单筒对抗风和抗震更有利，刚度大，是有发展的结构体系。美国110层的世界贸易中心就是钢结构的筒中筒结构体系。

组合筒体系是由多个单筒体组合成的结构体系，可建成很高的高层建筑。前面所介绍的西尔斯大厦即是由九个22.9m ×22.9m 的单个钢结构筒体组合成68.7m ×68.7m 的平面尺寸的高层建筑。它也被称为束式筒体结构。

六、各种类型结构的施工方法

我们在这里介绍的施工方法，主要是指用钢筋混凝土材料的高层建筑。钢结构的高层建筑主要根据设计的构件，进行金属加工，再到现场拼装成结构。它们的联结用焊接和高强螺栓，要求制作和安装精度高，要焊接机械及较高技术的焊接工人。钢结构还同时可与混凝土结合成为钢——钢筋混凝土结构。由于国内目前施工不多，这里不作介绍。

### 1. 框架结构类型的施工

(1) 全部现浇的框架施工。即框架中的柱、梁和板的混凝土都在工地现场就地浇筑。这种方法应用最早，也最广泛。它的施工使结构整体性好，适应性强。但现场工作量大，还需大量的模板和支架系统。混凝土的拌制、运输（包括泵送）、浇灌、振捣、养护工序多。钢筋需要先成型后再送到现场、吊装到楼面，进行绑扎工作量也相当多。所以在施工中近年来如何使模板定型化、工具化；钢筋的加工和焊接、接头的工艺改进；混凝土的商品化和泵送技术的发展，都是提高现浇结构的施工效率和加快施工进度

的办法。

(2) 部分构件预制，节点整浇的框架施工。如将柱子、梁进行预制，节点处在现场用混凝土整体浇筑，提高结构整体性。使现场总的现浇量减少。或现浇柱子，梁和板采用预制。梁柱节点经现浇结合成整体。这种结构形式的高层建筑不宜超过50m 高。

(3) 整体式预应力板柱结构的施工。这种施工方法和全现浇框架相同，只是没有梁的构件，板可采用无粘结预应力筋张拉，板和柱结合成整体。模板可采用台模，加快施工进度，模板量相对减少，钢筋绑扎比有梁结构简单，预应力张拉可穿插施工不占工期。可建造15 层左右的高层建筑。

### 2. 剪力墙结构类型的施工

(1) 大模板施工。我国在1974 年已于高层民用建筑（住宅）中采用。它分为外墙挂板（预制的墙板），内墙支大模板现浇，节点处与外挂板连成整体。

(2) 滑模施工。国内也是在20 世纪70 年代初开始将滑模工艺用于高层住宅建筑。其整体性好，施工速度快，模板工具化。

(3) 盒子式建筑的施工。这是国外传入的施工方法。即在构件工厂把房间预制成盒子式的空间结构，然后运输到工地现场组装成房屋。在美国、日本、俄罗斯等国已用钢筋混凝土盒子建成了11 ~22 层的住宅和旅馆。这种方法现场工作量小，劳动条件显著改善。但需要有大吨位的运输设备和吊装机械。总的一次投资也大。目前我国仅有多层的盒子结构，尚未有该类结构的高层建筑。

### 3. 筒体结构的施工

筒体结构均为现浇结构，筒可用滑模施工，或爬模施工。筒的内外联结也采用现浇的梁板以达到整体性好、刚度高的目的。



## 第二节 高层建筑施工测量

高层建筑施工测量贯穿于施工全过程的始终；是各施工阶段的先行工作；是保证工程质量和工程进度及施工过程中各种配合的有机统一性的重要因素。

高层建筑施工测量，一是对施工前期建筑物（构筑物）的定位放线测量；二是对高层建筑施工过程中各项施工主体的定位放线及其标高、轴线精度复核的测量；三是高层建筑施工竣工验收及其建筑物（构筑物）沉降观察的测量等。

由于高层建筑平面布局和立面造型的多样化，工程结构和构造的复杂性，以及因工程规模庞大、施工期长而引发的诸种风险因素的可变性等，都将对工程施工测量效果产生重大影响。因此，为了保证高层建筑工程质量、施工进度及各种施工因素的有机配合，必须高度重视高层建筑施工测量。

### 一、测量放线定位的准备工作

#### （一）了解、学习、校核设计图纸

##### 1. 了解设计图纸的总体设计、定位依据、现场定位条件

测量放线前，先看设计说明，了解工程情况及设计要求；然后看设计总平面图，了解工程位置周围建筑的关系，现场地形、地貌及拆迁情况，地下管线及建筑物，红线桩位及坐标、水准点位及高程，建筑平面形状、朝向、主要轴线间距尺寸及各夹角， $\pm 0.00$  绝对标高、室外道路、坡度、绿化、管线、构筑物位置标高、坐标等。通过学习总图及现场调研，着重应解决两方面问题：

第一、定位依据。一是根据设计总平面图现有建筑物或构筑物之间距离关系定位；二是根据城市规划部门给定的建筑红线坐标夹角定位。

第二、定位条件。给定唯一确定建筑物一个或两个点位和一个或两个边的方位作为定位条件。

##### 2. 了解和校核施工设计图纸

对建筑各层平、立、剖、构造大样施工详图；各轴线及细部尺寸、层高、标高；各图纸之间对应关系、尺寸等，进行全面掌握和校核。

##### 3. 了解设计对测量精度的要求

通过学习图纸和《钢筋混凝土高层建筑设计施工规程》（JGJ3—91），掌握对

测量放线定位各有关精度允许偏差的要求，在测量中应按规定要求控制。

(二) 了解施工现场与施工安排

根据已掌握的设计图纸情况，再到施工现场对照图纸，了解现场现有关地形、地貌、建筑物、构筑物、地上地下管线、红线范围、周围环境、放线点、水准点位置等实际情况；同时了解施工现场施工总平面布置、施工准备和施工进度安排，以便安排测量工作计划或编制测量放线方案。

(三) 测量仪器、钢尺、用具的检查准备

根据计量法和测量规程的要求：“任何单位和个人，作任何工程测量，均不准使用经法定部门检定不合格的计量器具。”因此，高层建筑施工所用的测量器具，必须用法定计量单位检定合格且在法定的有效期内使用。同时还要对经纬仪进行水准管轴竖轴，视准轴与垂直横轴的检查校核，符合要求方可使用。

对水准仪要对水准管轴平行视准轴进行检查校核，符合要求方可使用。

高层建筑施工测量中多采用2级 ( $J_2$ ) 配带90°弯管配件的经纬仪，以使在窄小场地高层建筑近处即可安装进行竖向观测；标高测量常采用 ( $S_2$ ) 水准仪；还可以根据测量精度要求，采用 ( $J_2$ ) 激光经纬仪。它是一种现代先进的可作垂直度测量的经纬仪或激光铅直仪。ZL 型自动天顶一天底准直仪；上海光学仪器厂生产的配有90°弯管目镜6级  $DJ_6-C_6$  垂准经纬仪等，均可作精度要求较高垂直度控制的竖向观测。在施工测量时，还要配备函数计算器、木桩、铁桩、铁钉、钢丝、丝线、线锤、长短钢尺、斧头、锯子等用具。高层建筑常用经纬仪、垂准仪，见图1 -1、图1 -2 和图1 -3 所示。

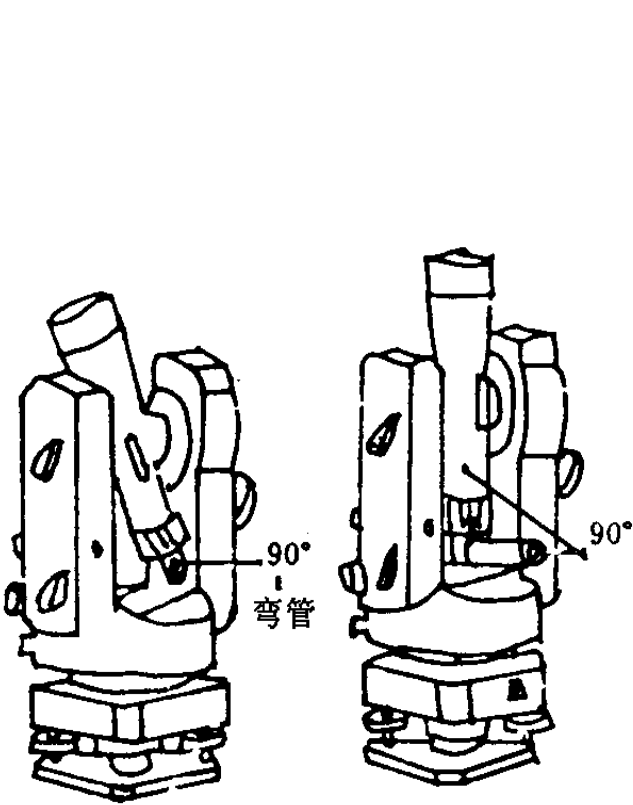


图1 -1 配有90°弯管经纬仪

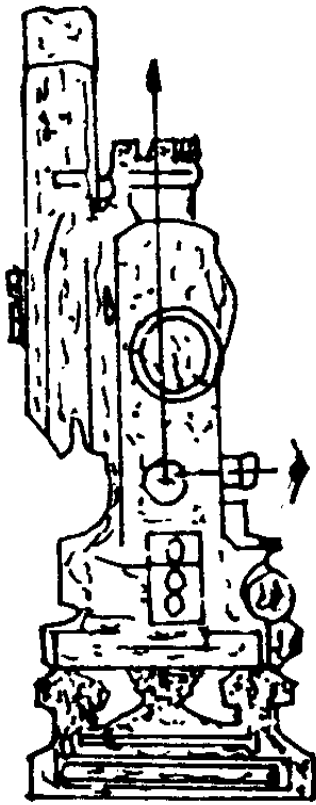


图1 -2 激光经纬仪

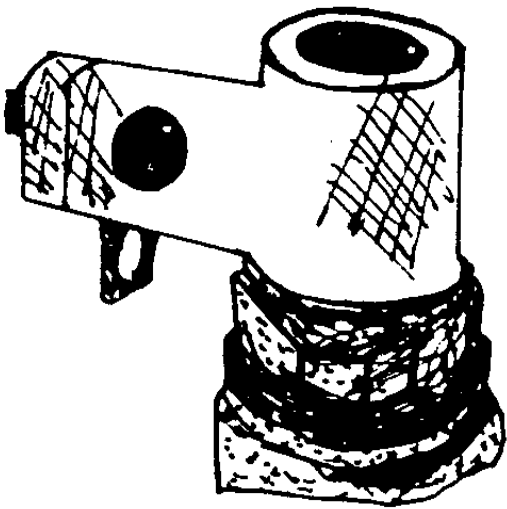


图1 -3 天顶垂准仪

(四) 对定位依据的红线桩（点）与标高依据的水准点进行校核

对城市规划部门批准给定红线桩或坐标点，现场标高水准点，在定位使用前，应先进行校核无误后，作好保护，作为现场引测的定位、标高的可靠依据，并做好明显标志。

二、高层建筑施工定位放线、轴线标高、垂直度投测

建筑物施工定位放线、标高和垂直度的投测，是高层建筑测量工作中最基本、也是最重要的工作内容；是一项很细微的工作，应高度重视，保证精度，杜绝错误。

(一) 建筑物施工定位放线

建筑平面位置及基础开挖灰线的施放，要按照设计图纸及说明给定的依据和条件，一般按以下基本步骤进行。

1．确认定位放线依据

在施工现场，会同建设单位代表（或现场监理工程师）和设计人员对定位依据进行认真仔细的交待。如定位依据是现有建筑物或构筑物时，将对墙边、角、中线、夹角、标高等具体位置关系尺寸数据确认清楚；如定位依据是规划部门批准的红线或附近道路中心线、现场测量控制坐标点，就要在现场对照设计总平面图当面交桩位、坐标值、夹角值、标高值等。

2．测设现场建筑物平面矩形控制网

根据已给定确认的定位放线依据和条件，结合现场实际情况，按已经会审确定的基础平剖面图，在矩基槽（坑）外2 ~5m，测设平行于建筑物的矩形主要控制网框线桩，以便在各层施工中投测中线。

3．测定轴线控制桩

根据已经会审确定的建筑施工相应平面图，在已测定的平面控制网框线四周边线上，利用拉通长钢尺，借助于经纬仪，测设建筑物各大角或各主要轴线和延长线控制桩，并复核各轴线间距的准确性。

4．测定各大角桩和轴线桩

根据已测定的各大角和轴线延长线控制桩，并根据建筑基础平面图，测定建筑物各大角，墙基中、轴线桩位；同时复核其桩间距的准确性。由于高层建筑均带地下室，开挖较深，基坑四周均有护壁，各大角和轴、中线桩在挖土时均被挖掉，故还要将各大角和轴、中线桩，延长到四周固定的建筑物或围墙、护壁墙上，并用红油漆画出三角形明显标志，以备地下室及地坪以上各层轴、中线引测校核之用。

5．撒基槽、坑灰线

根据建筑物已测定的各大角和中（轴）线桩、按基础平面图和剖面图、大样图用麻线拉线，沿线用撒灰线轮盒撒出灰线。高层建筑多有地下室部分基坑土方采用大开挖，同时边坡采用放坡或向外留设一定宽度工作面，要考虑到实际情况，基坑上口应向外放宽撒挖土灰线，作为实际基坑挖土外边灰线。

6．验线

各桩线测设完成后，通知城市规划部门、设计人员、建设单位代表（或监理工程师），会同施工单位有关工程技术人员一起，到现场对已测定平面控制网、基槽（坑）各角、轴、中线桩和灰线，进行全面检查验收，并签字认可无误后存档，方可动土开挖。

（二）建筑物基础放线

由于高层建筑地下室土方施工时，地面各大角、轴、中桩、灰线已被挖掉，故在地下室垫层做好后，重新在地下室或基槽垫层上，根据各大角、轴、中线在附近墙上已作好的标志位置，用经纬仪和钢尺将建筑物各外大角、轴线、边线、墙（柱）宽基础线，测设在垫层上，并用钢尺详细放出各细部轴（中）线，有墨斗弹线，并在四大角和主轴线两端，用红油漆划出三角形明显标志，经现场复查验线无误为准。基础验线允许偏差，应符合国家规程（JGJ3—91）规定，即测距精度不低于1/10000，测角精度不低于20″。基础验线的允许偏差按以下规定：

长度L ≤ 30m	允许偏差 ±5mm
30m <L ≤ 60m	允许偏差 ±10mm
60m <L ≤ 90m	允许偏差 ±15mm
90m <L	允许偏差 ±20mm

（三）各层标高控制

1．±0.00 以下标高控制

为了保证高层建筑总高度控制的要求，从基础施工开始就要严格注意地下室各层各部位标高控制的精确度，为地面以上各层标高和总高的控制打下可靠基础。

高层建筑在地下室基坑开挖检底修边整齐后，在四周护壁（桩）上，每方选一个平直稳定的面，用水泥砂浆沿护壁竖向抹平一条宽100mm 的涂白油漆带，用水准仪根据现场测设确定的 ±0.00 水平标高，测定各油漆带顶一个统一负值标高，并用红油漆涂上三角形标志，以此为准向下准确地测设出地下室各层各部位的负值标高线，作好红油漆标志，并注明负值标高数值，以作为 ±0.00 以下各层各部位各工种施工过程中标高

测定复核控制依据。

2. ±0.00 以上结构的各大墙角、外墙、边柱、电梯间墙等主要明显位置，选择几处，将 ±0.00 水平线准确地引测划出水平线，作为向竖向向楼层标高引测传递的起始线依据，用红油漆作上三角标志。

各层施工时，以此为准用钢尺沿铅直方向向上逐层量至施工层，弹出水平线标高，并用红油漆划出三角形标志，注明标高 ± 米数值。

各层施工时，再将水平仪安置到施工层楼面平整处，反校测由下面传递上来的各处标高水平线，要求偏差在 ±3mm 以内为合格。各层标高抄平时要前视后视作为校核。

3. 精度要求

高层建筑层数多，由几十层到上百层，高度高，为防止累计误差过大，对标高精度要求较高。根据 《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》 (JGJ<sub>3</sub>—91) 第7、2、5 条规定，层间测量偏差不应超过 ±3mm，建筑总高测量偏差不应超过3H/10000 (H 为建筑总高度)，且不应超过：

- 30m < H ≤ 60m 时， ±10mm
- 60m < H ≤ 90m 时， ±15mm
- 90m < H 时            ±20mm

(四) 垂直度的控制

高层建筑层数多，高度高，对逐层轴线的向上引测传递，竖向垂直度的控制，精度要求特别重要。因此对逐层轴线竖向投测方法应很好选择与其相适应，以保证工程质量。常用的竖向引测方法有如下几种。

1. 外测法

当施工现场周围宽阔时，可利用经纬仪安置在高层建筑物以外近处，将高层建筑四周主要轴线延长到适当平坦地方，作固定延长线轴线桩，在桩上安置调平好的经纬仪，以首层轴线为准，向上逐层进行竖向主要控制轴线校测，并进行复核达到要求后，在外侧墙面、柱上弹垂直轴（中）线，并用红油漆划出三角形明显标志，以此为准用钢尺拉直绷紧，量出其余轴线，并弹线划标志，作为各层墙、柱轴（中）线、竖向垂直度检控的依据。

2. 内测法

如施工现场狭窄，建筑外延长轴线上无法安置经纬仪，故可在建筑边缘或内部用垂直线原理进行竖向垂直度投测，又称为垂直准线法。

(1) 吊线法

使用较重的坠球，一般为2 ~5kg，吊线采用细钢丝。坠球一般为特制锥形规正，

不歪斜，坠球铅直、悬吊稳定，不转动、不摆动，并防风吹动。投测时依首层±0.00水平线为准，沿建筑物轴（中）线交点，由上层向下放坠线，将下层轴（中）线，直接向上逐层引测划（弹）线，并做好红油漆三角标志。只要认真细心操作，采用吊线法引测各铅直垂线，简单直观，操作方便，准确性较高。一般层高在4m 以内，每层偏差可控制在3mm 内。

②）天顶垂直法

天顶是指铅直指向天空正上方。天顶垂直法是用能直接测设天顶方向的仪器进行竖向投测，又称为仰视法。其具体步骤是：

第一、根据高层建筑塔楼部分基础和各层平面图布置，从地下室底板上，选择适当有代表性，便于安置仪器的开间，距轴线外2 ~3m 处准确定测点，一般设4 ~6 个点即可。用 10 平头短节钢筋埋入底板混凝土内固定，钢筋外露顶头刻十字线。以便仪器架设下部对中，同时也是各层竖向垂直投测对中起始点。

第二、以底板以上各层楼板，对应底板埋设的起始点，留 200 或200mm ×200mm 规整的投测孔，以便安置仪器。

第三、将仪器架设在投测点对中，然后用铅直仪器将此点通过投测到上一层楼板面上，并在投测孔板面划出十字线中点。

第四、根据从底板上投测到楼层上的点，用钢尺丈量该楼层各轴（中）线，或复核各轴（中）线。

第五、第三层楼层竖向投测时，将仪器分别架设在第二层楼板投测孔处，用竖向投测刻度十字盘，放在架好仪器的投测孔上，盘与孔上十字线相对准，然后将仪器对准十字交点，再将此点投测到第三层楼板面上，逐层各投测孔同样测法。使底板测点通过各投测孔，一直到顶对准，竖向一条线，控制整个高层建筑竖向垂直精度。

③）天底垂直法

天底与天顶相反，天底是指铅直指向正下方，天底垂直法是用能直接测天底方向的仪器，进行竖向投测，又叫俯视法。具体步骤与天顶垂直法相同，只是作法与之相反，它是将仪器架设在上层楼板投测孔上向下看，对准下层中点十字刻度盘交点。然后划出该层投测孔对应十字线，即找到该层垂直点，逐层各投测孔以此类推同样测法。

（五）沉降观测

高层建筑由于楼层高，重量大，群楼与塔楼错层悬殊大，对地基压力大，会产生较大的压缩沉降。为保证附近和新建建筑物安全，掌握预期计算与实际沉降的差异，在施工过程中和完工后一定期间，要求必须进行沉降观测，以保证地基基础及建筑结构的安全。

1 . 沉降观察的主要内容

(1) 在施工过程中对附近相邻建筑物的观测

因高层建筑多数都有地下室，基坑开挖较深，一般7 ~18m 不等。要采取抽水降低地下水位，影响附近建筑物产生不均匀下沉、位移而造成裂缝。因此对邻近多层或高层建筑物要设沉降观测点，事先准确地测好观测点标高，作好记录。然后根据不同施工阶段，按照需要分阶段进行观测。

(2) 新建建筑物的沉降观测

对新建建筑物在进行基础垫层施工时，就在垫层四周边缘易观测明显地方，按设计要求埋设事先加工好的观测点埋件，垫层完成后进行准确观测，作好标高记录。以后每施工一层，观测一次，作好记录。施工到±0 .00 位置时，按设计要求在四周外墙、角易观测处埋设永久性观测点埋件，并进行观测作好记录，然后每施工上升一层，观测记录一次，直到交工后的一定时间内，沉降稳定后为止。

高层建筑后浇带，就要根据过程沉降量稳定情况，按设计要求时间进行混凝土浇筑封闭。

2 . 沉降观测的要求

第一、观测精度高，测量的偏差应小于变形量的1 /10 ~1 /20 ，记录要完整。

第二、各阶段的观测要按时按部位准时观测，所作记录资料要可靠。

第三、要选用较精密水准仪。最好作到仪器固定，人员固定，以保证沉降观测质量。

## 第二章 高层建筑主体结构施工

### 第一节 高层建筑施工的垂直运输机械

高层建筑的结构施工能否顺序进行，工程进度能否按时达到，在很大程度上取决于垂直运输机械的合理解决。当然其他运输机械、汽车吊等，亦应相应配合。我们这里主要介绍垂直运输的主要机械。

#### 一、塔式起重机

塔式起重机在本书第五章已作初步介绍。这里主要针对高层建筑施工情况作补充介绍。

在高层建筑施工中由于高度高，所以一般轨道式起重机（一般行走高度最高45m）已经不适合，而采取固定式及内爬式两种，作为高层建筑施工的主要机械。

目前国产塔式起重机最大吊钩高度可达160m，伸臂幅度大多为30~40m，最大可达60~70m。起重量，多数高层用塔吊在伸臂20m时可吊5t，能满足楼层施工需要。

我们在选择塔吊时应考虑：建筑物的高度和层数；建筑物的平面形状；最大起重量和台班实物量；施工工期；施工总平面布置；当地的建筑机械租赁条件或企业自身具备机械的条件等。同时固定式塔吊随着建筑升高，还得考虑附着于建筑物的位置。对于附着点如柱或墙，要进行结构核算，如原设计强度或刚度不够，则应对附着处构件进行加强（此工作由技术部门专门解决）。附着装置由塔吊专门配备，塔吊升起超过它设计的自由高度后，即应进行对结构的附着，竖向附着锚固的间距约20m左右。

固定式塔吊要设置钢筋混凝土基础，基础大小、厚度与配筋，一般塔吊出厂说明书上均有说明。如无说明则应由技术部门专门进行计算确定。当地基的天然地基地耐力不够时，必要时塔基下还应做桩基，保证塔身的稳定。由于需要考虑附着，塔身的中心线离建筑物距离一般不大于5m。

内爬式塔吊，它是装在建筑物内部，能随建筑施工的层高升高而爬升。一般装在电



梯井内，在井壁上要设置安装预埋件。

内爬式塔吊的优点是：塔身自重相对轻，可节约较多的标准节；由于不附着结构对以后的外装饰施工影响不大；不要基础，可节约这方面的费用；不要附着，也减少了这方面的设施和安装施工。但它也有缺点：支承爬升的结构（如电梯井）必须适当加固或加强，由计算确定；其次是爬升工艺复杂，还要埋件等增加费用；塔吊司机的视线受一定限制，不能直接看到地面情况；最后的拆卸费用较大，费力、费事。

在一般情况下低于30 层楼时，除非建筑场地狭窄，不可能设置固定式附着塔吊时，才采用。但根据有关资料表明，当建筑高度在30 层以上，100m 高度以上时，采用内爬式塔吊即便要耗费较大的拆卸费用，其经济效益要比附着固定式的塔吊要好。因此建议高度在100m 以上的超高层建筑施工时，优先考虑采用内爬式塔式起重机。

内爬式塔式起重机的自由高度一般为30m，在建筑物上嵌固约要占去10 多米，因此在计算施工楼层高度时，要考虑模板高度、吊运的钢筋骨架高度、吊索高度等。计算时要逐项细算，不可疏忽，才能使施工顺利进行。

内爬塔式起重机的拆卸，国内采用人字扒杆加慢速卷扬机组成的拆卸设备，比较经济合适。应注意的是：拆塔之前，应先要装好建筑物的避雷装置；对支承扒杆等处的结构要进行强度、刚度验算，和必要的加固措施；对扒杆结构、滑轮组、起重索等都要验算；要配备必要的保险装置。其中一点是施工人员要做好的，及其他有关事宜，则由拆卸单位进行考虑。

## 二、重型井架起重设备

在多层建筑中，采用井字架加卷扬机，组成井架起重机械，是比较多的。但在高层建筑中采用较少，但在50m 高以内的低档高层建筑中，采用大角钢（90 ×90 ×10）的重型井架配卷扬机作起重机械，进行垂直运输，还是很经济的。我们曾用该种井架施工60m 高的建筑，效果良好。

井架起重机的优点是：投资少、费用省、操作简单，但井架只能作垂直运输，不能作水平运输，还要有缆风绳占去空间。作为承担高层建筑结构施工还存在着困难和不便。不过在工期紧、装饰需要提前插入施工，用它配合塔吊作较低层楼内实物的垂直运输，发挥它的作用是有利的。

## 三、施工外用电梯

施工外用电梯是随着高层建筑发展，应运而生的垂直运输工具。它主要解决人的上

下。有关资料表明，如果不采用施工电梯，高层建筑施工中的净工作时间损失可达 30 % ~40 %。因此，外用施工电梯是高层建筑施工提高劳动生产率的主要设备。

外用电梯可分为单厢式和双厢式两种。一般载重量为1t，可乘人12 名；重型的载重2t，可乘人24 名。它用齿轮和齿带驱动，并配有平衡重。国产外用施工电梯起升高度约100m，也有在引进产品时起升200m 的。支架要进行附着竖向间距是3m 左右，一般一层楼附着一次。一台外用电梯大约可服务600m<sup>2</sup> 的建筑面积。施工中输送的对象是施工人员、工具、少量短钢筋、预埋铁件、其他物件。装饰时运输材料较多，包括装饰材料、卫生洁具等。

使用施工外用电梯要专人专机，经常检查维护、严禁超载。并应对输送等进行计划安排防止混乱。外用电梯形状可见图2 -1。

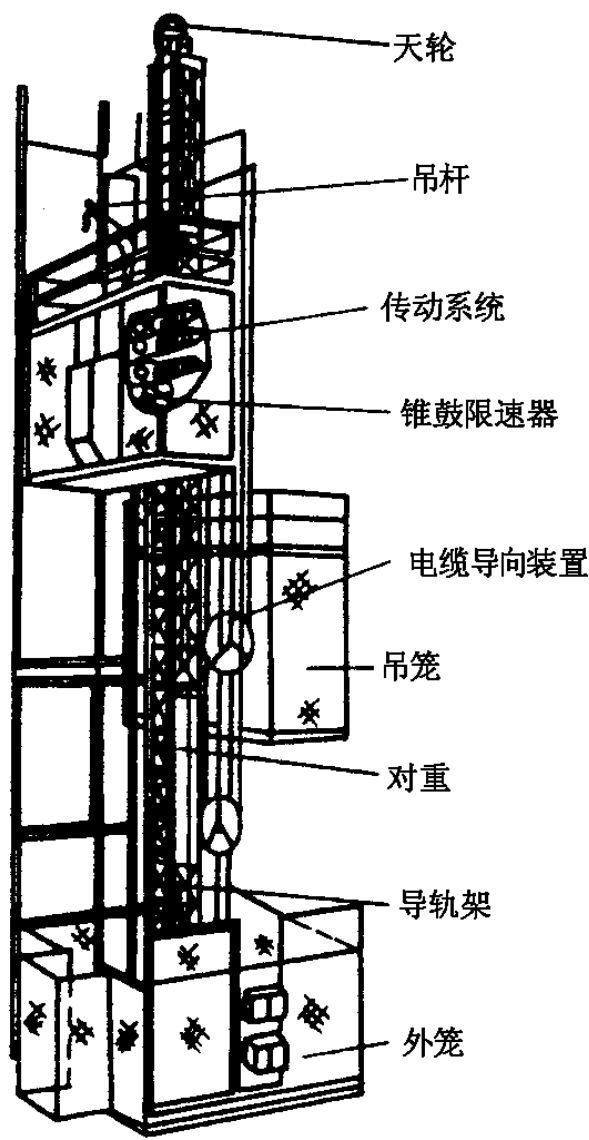


图2 -1 齿轮齿条驱动施工  
电梯概示图

#### 四、其他机具

其他机具如以前介绍的泵送混凝土需要的运输车、泵车、输送管、还有布料杆等。如现场制作混凝土配合塔吊的要用料斗等。这里不再赘述。

## 第二节 高层框架结构的施工

高层框架结构的施工与第四章钢筋混凝土框架结构的施工无太多的差异。我们主要介绍现浇框架、预制构件节点浇注的装配式框架和现浇柱子预制梁板的半装配式框架，在高层建筑中施工的一些特点和要求。

### 一、全现浇框架结构的施工

全现浇框架结构包括框架带剪力墙；板柱结构等相同类型的施工。在施工中我们认为最突出的是由于高层建筑需要，在模板系统的支撑、钢筋的搭接上应采用较新技术，才能加快施工进度，保证工程质量。而混凝土的施工都采用泵送的商品混凝土，在第六章已介绍，这里就不再介绍了。

#### 1. 模板中的台模

采用台模是高层框架施工，尤其是板柱结构施工更显出高效率的方法。它只要支撑一次最后拆除一次，中间进行维修。只是施工时要塔吊配合楼层间的垂直运输。台模适用于高层建筑的标准层，因为标准层柱、梁、板的间距、层高、板厚均一致。模板可以做成工具式的平台，主要是支撑板的结构部分。

台模亦称为飞模，即整体的由下一层“飞”到上面一层。它由平台板、肋（亦称梁）、支架、支撑、调节高低的支腿和相应的配件组装成的工具式模板。台模可以整体脱模、转运，借助起重机械从已浇筑完成能拆除模板的一层楼盖下拖出、起吊“飞”到上一屋重复使用；也可以在同一层分段流水时平移支模。主要在脱模后要进行一次清理和整修。

台模过去用组合钢模拼组而成，下部用钢管组成支架，每座台模除考虑支模需要尺寸外，还要考虑起重机械能起吊的重量。现在可以用厚胶合板等作为面板则重量要轻得多。

台模的设计应考虑以下几点：

- (1) 台模的平面尺寸大小应根据施工图上工程对象的开间大小，并应尽量减少银边的工作量。
- (2) 台模的面板、配件、管架材要尽量采用标准件，以便在不用后，拆下的配件、管材仍能使用。
- (3) 台模的规格尽量要少，其大小、重量要适合移动和起吊。

(4) 台模的强度、刚度、稳定性均能满足施工中各类荷载的作用，并能满足转移、起吊安装的要求。

台模的支搭应在楼面上弹出台模支设的边线，并在楼面测出标高，将组装好的台模吊至该位置，并用小千斤顶根据标高将台模支架起，并垫上垫块、楔上木楔。安装时由中间向四边扩展。就位后台模间柱、梁仍按常规支模，但不应与台模有联结，而应挤紧撑牢。

台模的拆除，应用千斤顶顶住模架，把其下的木模、垫块撤掉，随即装上车轮，再撤掉千斤顶。然后将台模逐个推到楼层外侧临时搭设的专用平台上，用起重机械起吊到上面一层楼面，进行清理维护、整形再重复支模使用。

台模的形式可参看图2 -2。

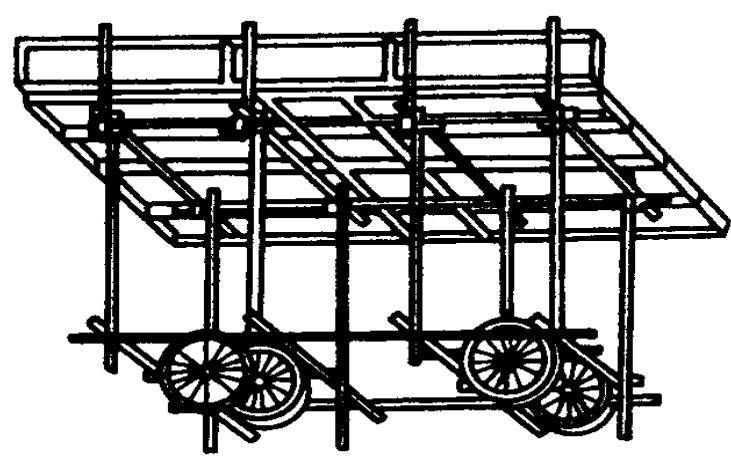


图2 -2 组合钢模板和  
钢管脚手组装的台模

2．钢筋工程中的搭接

钢筋工程的绑扎施工，它同多层框架建筑一样，我们不想再多费篇幅。而这儿主要介绍在高层施工中钢筋的搭接施工问题。在高层建筑中大量的柱子钢筋、很长的梁的纵筋，由于抗震需要和受水平荷载较多层建筑大，水平及竖向搭接宜采用焊接。既对质量有利，又可节约钢材。目前除了采用传统的电弧焊接外，目前又采用了气压焊、电渣压力焊、和冷作的机械套筒挤压连接和锥螺纹接头连接技术。现分别介绍如下：

(1) 气压焊：气压焊是用氧和乙炔加热需接头的钢筋，到一定火候用加压器加压，使热塑状的钢筋接头两端挤压在一起，形成鼓包的接头，冷却后如同一根钢筋一样可以受力。

这种焊接技术在国外已应用40 多年了，尤其日本使用更广泛。20 世纪80 年代，我国开始引进并研制设备投入施工应用。其设备为：供气装置、加热器、加压器、压接器（亦称卡具）等四部分组成，并配备辅助工具：无齿锯和角向磨光机等。使用工具和操

作人员应组成一个焊接组，并经过专业培训，取得上岗合格证。

我们施工员主要应了解其工艺过程和质量要求。

工艺过程为：

备料和检查焊接设备 用角向磨光机磨平钢筋对接的两个面。 安装卡夹具 给钢筋对平的初压力 加热钢筋（专人操作） 挤压 回火加热 接头成型 拆夹卡具 观察检查质量。

注意事项为：

钢筋端头必须切平，不平者用磨光机磨平端头。

下料长度应比一般钢筋多个压缩量，即增长 $1d$ （ $d$  为钢筋直径）。

钢筋接压面上的锈斑、油污、水泥浆等均应清除干净，并用磨光机打磨见新。另外

接头两端火焰加热范围（约 $50 \sim 100\text{mm}$ ）内的表面污秽也均清除干净。

钢筋接头应放在直线区域内，不得放在弯曲段内。

竖向接头，要搭设架子，并应对上部钢筋有扶持作用。

卡夹具要夹紧，防止加压时打滑。

质量要求为：

每层200 个接头（不足200 亦算一批）为一批，抽取3 个接头（现场割取）去作机械性能试验。必要时取6 个，三个作拉伸、三个作弯曲。

拉伸的强度均不得低于钢筋抗拉强度值，并应断裂在焊头之外。若有一个试件不合格，要取双倍再试。再有不合格，则这批接头为不合格。

外观检查：焊接两头钢筋应在一条轴心线上，最大偏差不大于钢筋直径的 $1/5$ ；焊接的鼓包直径应为钢筋直径的 $1.4$  倍以上；焊接鼓包部分的偏移不得大于钢筋直径的 $20\%$ ；接头两轴心线的夹角不得大于 $4^\circ$ ；焊接接头不得有环向裂纹，表面不得有严重烧伤。

全部焊接头的外观有 $5\%$  不合格时，应暂停作业，调查情况、研究措施后再焊。

气压焊应注意的安全要求：

施工现场中乙炔、氧气和火钳三者间的距离不得小于 $10\text{m}$ 。同一地点有两个以上乙炔瓶时，相距不得小于 $10\text{m}$ ，否则要隔离。

每个乙炔、氧气瓶的减压器，只允许装一把火钳。

乙炔瓶和氧气瓶均应立直放置，不要爆晒，不得接近火源。气不得用尽应留 $0.3\text{MPa}$  为宜。

作业区内要有防火措施，设置防火器材，但禁止用四氯化碳这类灭火器。

焊接人员要戴防护眼镜，戴安全帽，在高空作业时还得系安全带。雨雪天应有

防滑措施。

②）电渣压力焊：电渣压力焊是属于熔化后加压焊接。是利用电流通过渣池在两根被焊钢筋间形成电阻热，由电能变为热能来熔化钢筋，再用挤压方法焊成接头。它适用于国产Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢，规格从 16 ~40 的钢筋。

其焊接工艺为：

施工准备 接头处120mm 范围内除锈、清理干净 搭设脚手架并扶直钢筋 上夹卡具并对中钢筋 安放铁丝圈及焊剂（放入焊剂盒） 选好电焊参数通电（通电时间约 16 ~40s） 挤压 稍停 拆除焊盒 拆除卡具 清扫接头回收焊剂 检查外观 完成焊接。

使用设备为：焊机，应根据生产单位产品说明书使用，并应在正式使用前用短头钢筋试焊。焊机又由电源变压器、控制箱、电流转换器、机头（夹具）等组成。配备设备及材料为焊剂和焊剂盒。

焊接中应注意要点为：

钢筋焊接的端头要直、端面宜平。

上下钢筋要对准，焊接过程中不能晃动钢筋，

焊接设备外壳要接地，焊接人员要穿绝缘鞋和戴绝缘手套。

正式焊前应进行试焊，并将试件进行试拉，合格后才可正式施工。

焊完后应回收焊药、清除焊渣。

低温焊接时，通电时间适当增加1 ~3s，增大电流量，（要挡风设施，雨雪天不能焊）稍停歇时间要长些，拆除卡具后焊壳应晚一些敲掉，让接头有一段保温时间。

应组织专业小组，焊接人员要培训，施工中要配专业电工以应付用电情况。

质量要求为：

要进行强度检验的抽查。每一楼层中以300 个同类型接头（同级别、同直径）为一批；不足三百个时仍作一批，切取其三个作为试件进行拉伸试验。三个试件的抗拉强度均不得低于该级别钢筋规定的数值，若有一个不合格，要取双倍数量再试，再试中若仍有一个试件不合格，则该批接头为不合格。

外观检查应符合以下几点：

A．接头的焊包应均匀，不得有裂纹，钢筋表面无明显烧伤的缺陷。

B．接头处钢筋轴线的偏移，不得超过钢筋直径的10 %，同时不得大于2mm。

C．相接处弯折角不得大于4°。

对外观不合格的接头要切下重焊。

③）变形钢筋钢套筒挤压连接技术：该种接头属于钢筋机械连接工艺。它是将相接的两根钢筋用钢套筒套在一起，采用挤压机将套筒挤压变形，让它紧紧咬住变形钢筋，

从而实现两根钢筋的连接。钢筋的轴向力，主要通过变形的套筒与变形钢筋的咬合力来传递。

这种技术在国外是20 世纪70 年代初开发的新技术，可用于对钢筋接头可靠性要求更严格的，大直径的钢筋连接。1987 年起，我国冶金部建研总院、中国建筑科学研究院结构所开发了CABR 变形钢筋套筒挤压连接技术。

其优点是：节省电能（比电弧焊省电20 倍），现场无明火，可在各种环境施工；不受钢筋可焊性的制约，适合于任何直径的变形钢筋；速度快、效率高，每台班可接 25 钢筋200 个左右接头；质量易于控制，便于检查等特点。

目前我国采用两种挤压方法，一种为径向挤压，一种为轴向挤压。径向挤压是挤压机将钢套筒挤压变形；见图2 -3 (a)。轴向挤压是采用挤压机压模沿轴线压过去把筒压得与变形钢筋相同外形，咬住钢筋肋而连接牢。见图2 -3 (b)。

连接的施工工艺过程为：

材料准备（套筒采购或加工） 设备准备（检查及维护） 钢筋准备（清理及校直） 安装接头处套筒 装上挤压机件 起动及挤压 卸荷拆机件 完成作业 检查质量。

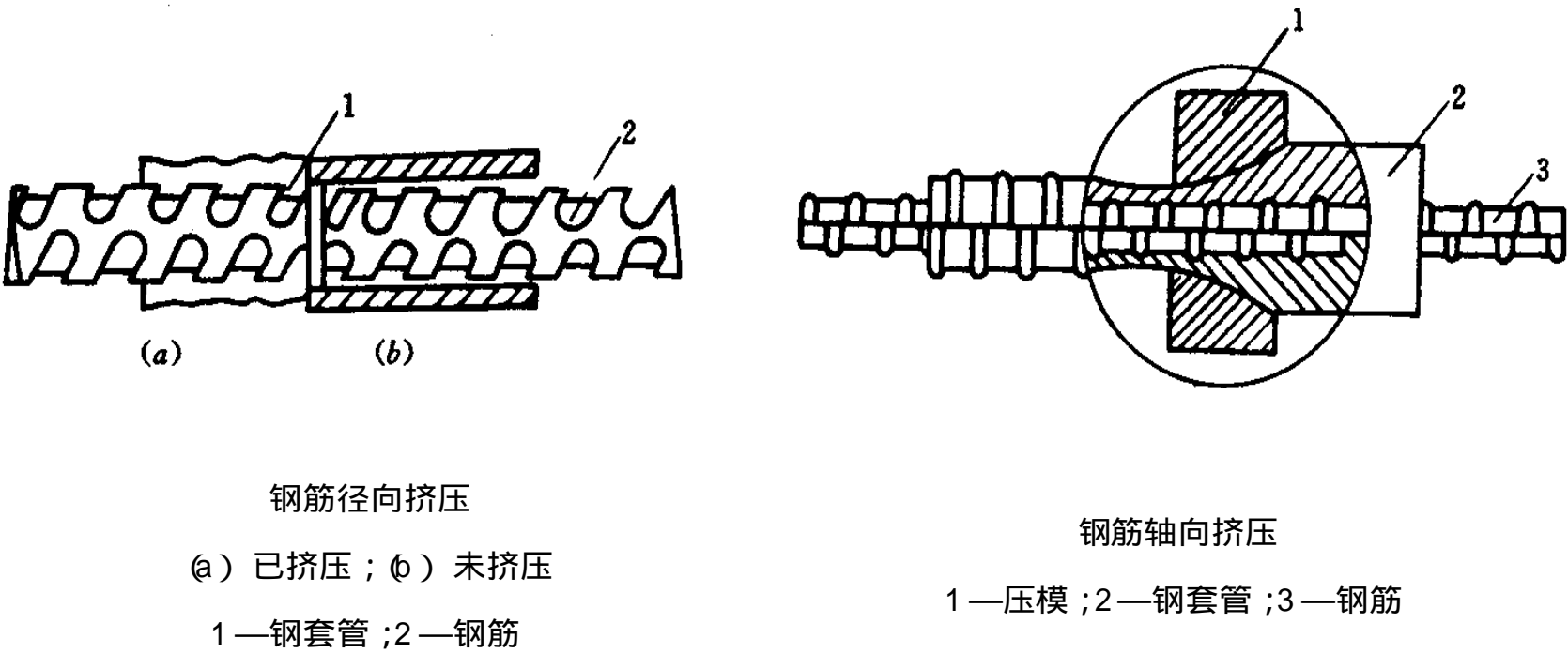


图2 -3 钢套筒冷挤压连接示意

使用的材料及设备为：

钢筋应符合《钢筋混凝土用钢筋》的标准中的 、 级变形钢筋。

钢套筒：径向挤压的可采用热轧无缝钢管，材质为普通碳素结构钢。机械性能应满

足屈服强度为大于等于235 MPa ，抗拉强度大于等于375 MPa ，伸长率  $\delta_5$  大于27 % ；轴向挤压应采用优质碳素结构钢，其机械性能为屈服强度大于等于250 MPa ，抗拉强度

大于等于420MPa，伸长率 $\delta_5$ 大于等于24%，硬度HRB 75。设备由挤压机、超高压泵、平衡器、吊挂小车、划标志工具和检查压痕的卡板等。挤压机型号较多，使用时应看清说明书。

质量要求：

钢套筒的屈服承载力和抗拉承载力应大于钢筋的屈服承载力和抗拉承载力的1.1倍。

套筒的材料及几何尺寸应符合型式检验认定的技术要求，并应有相应的出厂合格证。

钢筋端头的锈、泥沙、油污、杂物都应清理干净，端头要直、面宜平，不同直径钢筋的套筒不得相互串用。

钢筋端头要划出标记，用以检查钢筋伸入套筒内的长度。

挤压后钢筋端头离套筒中线不应超过10mm，压痕间距应为1~6mm，挤压后套筒

长度应增长为原套筒的1.10~1.15倍，挤压后压痕处套筒的最小外径应为0.85~0.90倍原套筒外径。

接头处弯折角度不得大于4°。

接头处不得有肉眼可见裂纹，及过压现象。

现场每500个相同规格、相同制作条件的接头为一个验收批，抽取不少于三个试件（每结构层中不应少于一个试件）作抗拉强度检验。若一个不合格应取双倍送试，再有不合格，则该批挤压接头评为不合格。

安全措施为：

操作人员应经过专业培训，并经考核合格后，才能上岗作业。

在高空作业时，必须遵守高空作业的有关安全规定。

油泵及挤压机必须按设备使用说明书进行操作和保养。对高压油管应防止根部弯折和尖利物划坏，防止破裂射油伤人。

露天作业时，对设备的电器装置应有防雨措施。

（4）钢筋锥螺纹连接技术：钢筋锥螺纹连接技术，也是钢筋机械连接技术之一。它是将要连接的钢筋端头，用专用的机床加工成锥螺纹，与已加工好的相应锥螺纹的连接套相连接。同时用专用的测力扳手将其拧紧到规定的扭矩值，形成了钢筋锥螺纹接头。

它的优点是安装速度快，质量稳定、操作简便、节约钢筋、不污染环境，现场不用机械。

目前该项新技术已在日本、美国、法国、新加坡等广泛采用。用于抗震、防爆要求高的建筑物。该项技术在国内还属于新技术，使用经验还不足，对某些试验尚不够系



统、完整。

锥螺纹钢筋头及锥螺纹连接套均要事先进行加工。钢筋适用于I、Ⅱ级钢的 16 ~ 40 的规格。套筒分为外形为六角形和圆形两种，前者施工时易拧紧，安装方便；后者材料较省；在大量使用的情况下以六角形为佳。

钢筋锥螺纹的加工：钢筋切断应用砂轮锯或钢锯条，不得用气割或切断机；端头平面应平整，且端头300mm 范围内应圆且直，不得弯曲；锥螺纹加工，必须在专用机床上进行，同时应采用水溶性切削冷却液，不得采用油类冷却液或无冷却加工；锥螺纹加工后，应通过环规自检合格，牙形完好，经自检合格后的钢筋锥螺纹，应立即旋上相应连接套或塑料保护套，总之把牙形保护好。然后在钢筋上涂些油漆作标记并妥善保管。

连接套的制造：连接套也是由专用机床加工，并应通过逐个塞规自检合格；加工牙形表面及其余表面都有粗糙度的要求；检查合格的套具其两头要用塑料保护盖保护，并在套上打上规格、材质的钢印标记。

现场的安装要求：在构件受拉区段内，同一截面连接接头数量不宜超过钢筋总数的50 %；受压区不受限制。连接头的错开应相距大于500mm，保护层不得小于15mm，钢筋间净距应大于50mm。

要求连接套规格与钢筋应一致；表面应完好无损，如有杂质应清理干净。拧紧时要拧到规定扭矩值，待测力扳手发出指示响声时，才认为达到了规定的扭矩值要求。规定扭矩值如表2 -1，但不得加长扳手杆来拧紧。

表2 -1 钢筋连接接头扭矩规定值 (N ·m )

钢筋规格	16	18	20	2	25	28	32
扭矩规定值	118	147	177	216	275	294	314

质量要求：在正式安装前要做三个试件，进行基本性能试验。每有一个试件不合格，应取双倍进行试验，如仍有一个不及格，则该批加工的接头不合格，并严禁在工程中使用。

对连接套应有出厂合格证及质保书。每批接头的基本试验应有试验报告。连接套与钢筋应配套一致。连接套应有钢印标记。

安装完毕后，质量检测员应用自用的专用测力扳手对拧紧的扭矩值加以抽检。

梁、柱构件：每根梁或柱抽其内接头总数的1 /4，并最少一根；

墙板：每100 个接头为一批，不足100 个也算一批，每批抽10 %，最少不少于3 个。

抽检应100 %达到合格，如有一个达不到，应重新对该批接头逐个拧紧到合格。

检测人员的扳手应定期（6 个月）送当地计量检测单位进行校验。所用扳手应为经计量部门批准的生产单位生产的。检测人员的扳手严禁同操作人员扳手混用。

3. 模板、钢筋、混凝土施工的常规作业均同第六章。

二、预制构件节点浇注装配式框架施工

在有抗震设防的这类结构，一般建筑物高度可达50m 左右。也属于高层框架结构中结构体系之一。其特点为：

- (1) 柱、梁、板等构件均采用工厂生产，节省现场的模板工程的施工，钢筋、混凝土的工程量大为减少。
- (2) 施工速度相对加快，并可充分利用施工空间进行流水作业。
- (3) 施工时必须配备相应的起重机械和运输吊装设备。
- (4) 但用钢量比全现浇的要多，工程造价也要比全现浇的框架结构大。
- (5) 节点浇注工序要细致认真，保证质量。

1. 柱、梁及节点构造的大致形式

柱、梁在工厂预制部分仅完成其构件的60 %~80 %，其他在工地补足。板可采用预应力多孔板跨度可达6m，厚18cm。节点在梁、柱吊装焊牢后支模浇注。柱、梁、节点的形式可见图2 -4 和图2 -5。

2. 施工工艺流程

地下室顶板施工完毕后，结构吊装及节点浇灌按以下流程进行：

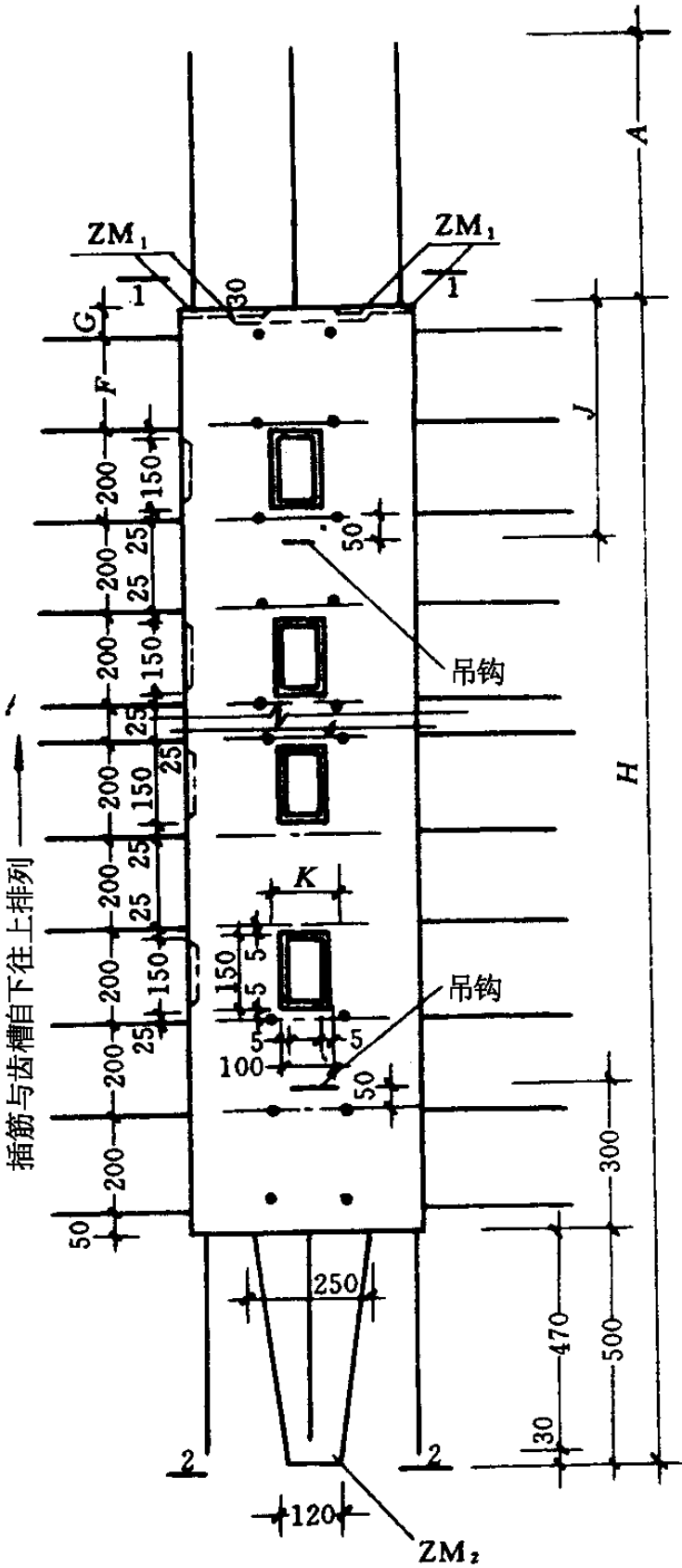


图2 -4 柱外形图（与墙联系的柱）

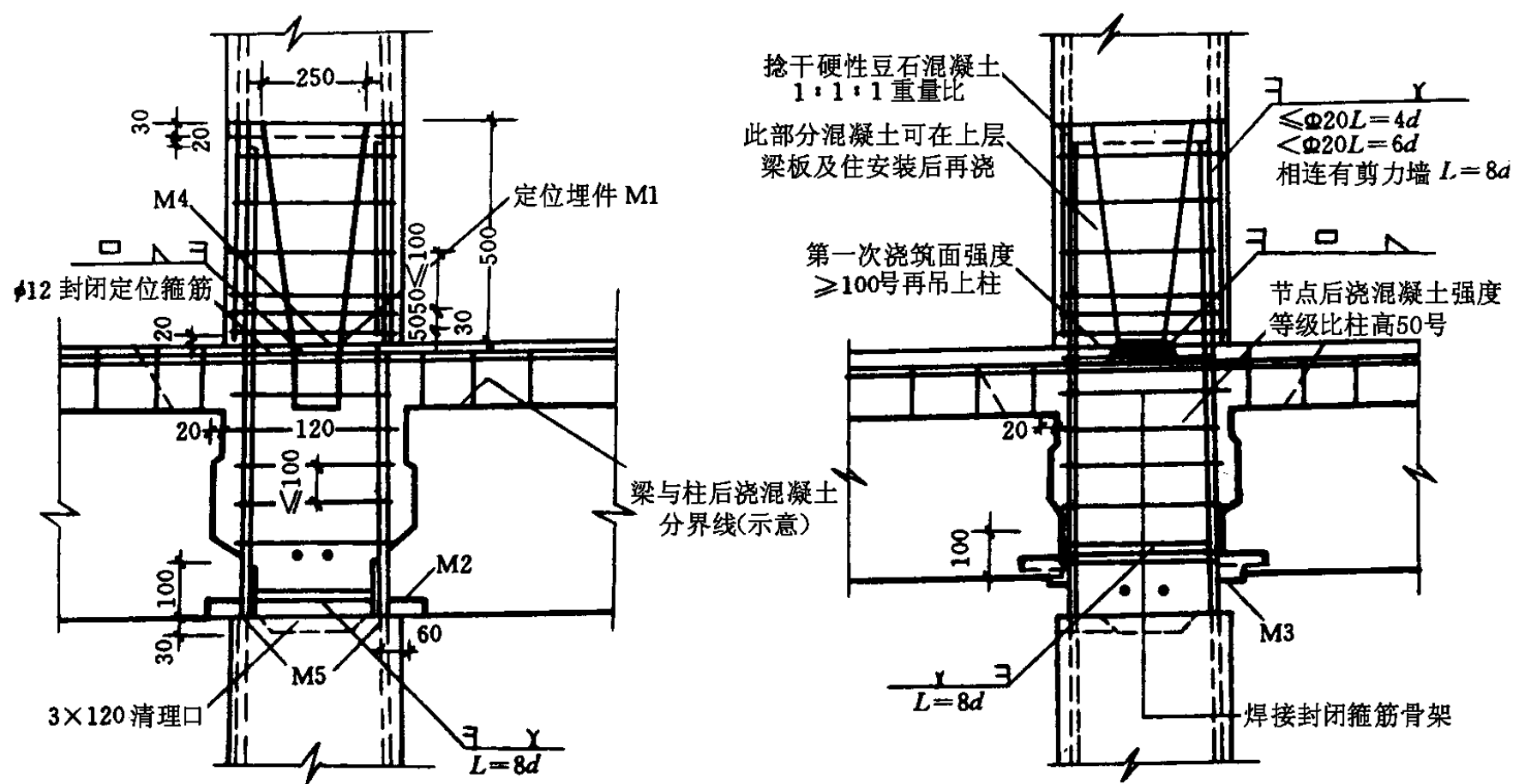
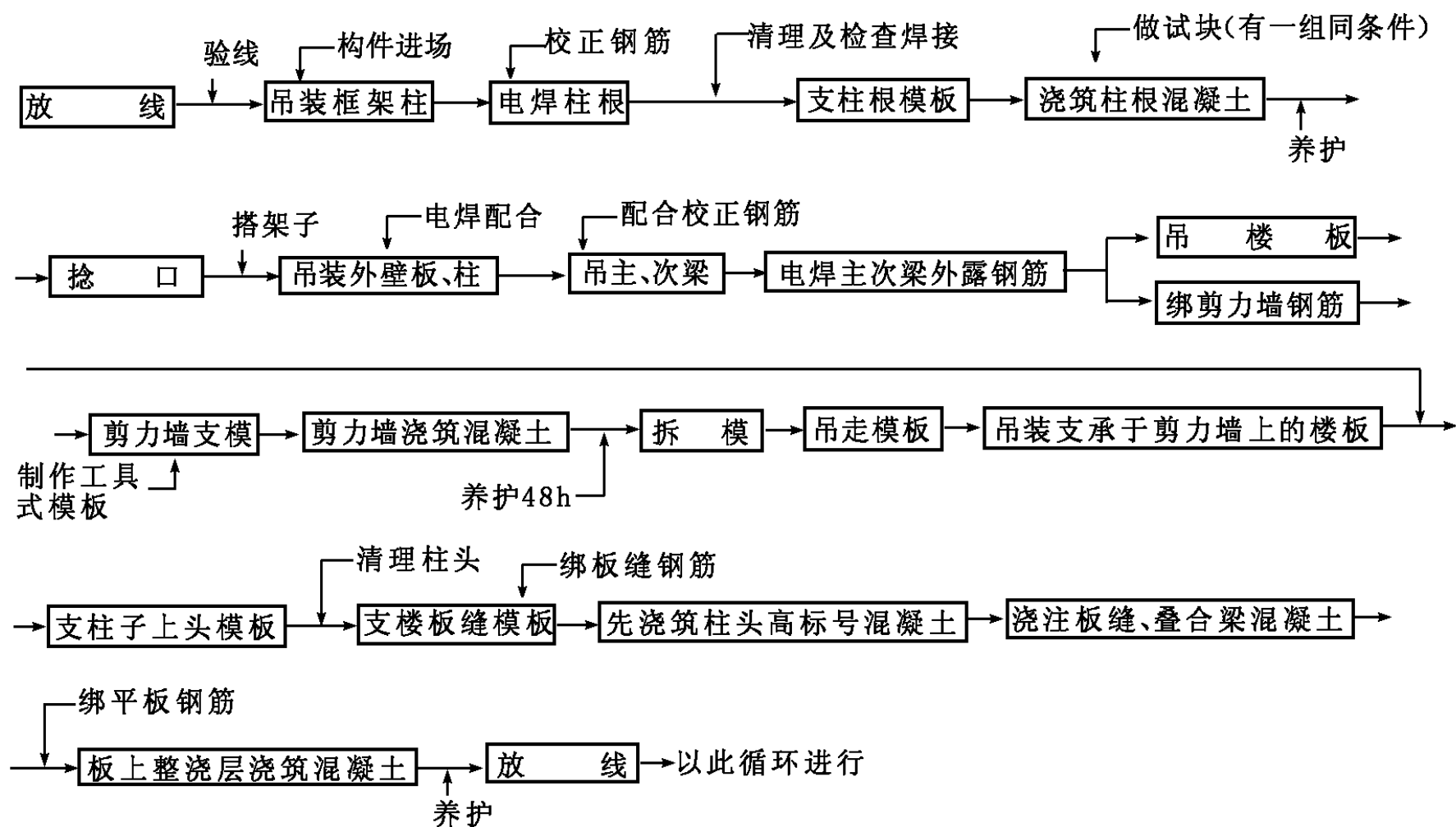


图2 -5 梁柱节点图



3. 吊装前的准备工作

预制装配的构件在吊装前应做好以下工作：

- (1) 检查运来的构件的型号、尺寸、预留钢筋、埋件、外形、长度是否符合图纸；是否有质量疵病、裂缝等。有问题应及时处理解决。
- (2) 弹出柱子三个面的中心线，梁的端头中心线。并根据计算可弹出每层楼面以上

50cm 标高线，弹在柱侧面，给吊装时参考。

- ③）算出构件重量以备吊装参考，并大致确定起吊点位置。准备好电焊机二三台。
- ④）搭好吊装用架子，以便操作人员施工。

4．吊装中的注意事项

- ①）应制定吊装程序，可根据施工组织设计再结合工程变化情况编制流水作业方法。
- ②）控制好柱子位置和垂直度，可用两台经纬仪相互垂直观测中心线位置。初步校正后柱头埋件先点牢，以备梁安装好后再校正后焊死焊牢。
- ③）对柱筋的焊接要采用对角线等速施焊的原则进行。
- ④）注意层高的控制，并要求柱子上已弹出的标高线，应在同一水平面上。吊装时可用水准仪配合检查。如有差异可在柱下小柱底垫钢板调整。安装梁时要校核柱顶标高。通过多道控制，达到保证楼层标高的准确。
- ⑤）安装完后，节点浇注前应进行一次全面的质量检查，如位置、标高、焊接等。

5．节点、叠合梁等浇注混凝土时应注意点

- ①）构件预留钢筋要理直，穿入节点要位置准确；叠合梁上穿入钢筋应与预留箍筋绑牢。节点箍筋在人工绑扎困难时，可用双面插入电焊连结。钢筋要与埋件焊接的必须按图施工，焊接牢固，焊工必须是经考试合格的结构件焊工。
- ②）模板支撑按图施工，保证构件最后的断面尺寸。支模要牢固，防止胀模。
- ③）浇筑混凝土前要把节点、叠合面均清理干净，浇水湿润。浇灌时要用专人负责振捣，分层浇注和分层振密实。在节点处上柱与节点处有的设计要留出3cm 缝，进行捻口，留缝不能太小，要留准，宽度一致。
- ④）捻口是人工进行，采用干硬混凝土1 1 1（浇筑水泥 中砂 小豆石），水灰比控制在0.3 以内，稠度以手捏成团，落地散开为宜。捻口时以柱中心为中心点，四周转圈绕着捻口，用小锤及捻口用扁鍬操作，砸打密实。每次用灰量不要太多，捻灰不实对结构质量危害较大，因此该操作要注意。
- ⑤）对叠合梁的叠合面，浇混凝土前除清理、湿润外，还应刷一道素水泥浆，但不应过早刷好，应随浇随刷。
- ⑥）对节点，叠合梁上部的混凝土必须很好专门养护，养护时间不少于七天。

三、现浇柱预制梁板框架结构施工

该种结构形式比预制构件装配式框架在抗震性能，整体性上要加强些。但也具有减少梁板支模的大量工作量，也是发展工业化建筑体系的一种形式。

1. 施工工艺流程

定位放线及抄平 柱子支模 绑筋、浇混凝土 养护 拆模后弹柱中线标高线 在柱边梁支座处支撑临时支架搁梁 校验支架标高 吊装梁并校正位置 吊装预应力多孔板（楼板） 绑扎相应钢筋 焊接节点钢筋 清理梁柱节点、叠合梁面并支模 支模后清理及湿润及梁叠合处刷水泥素浆 浇注节点及梁面、板缝等混凝土 养护 强度足够后拆除支撑 结束一层施工。

2. 施工中应注意点

- (1) 柱子混凝土浇筑高度要在梁底标高，要计算正确并标志清楚，防止冒高。
- (2) 梁支座处及梁跨度中的临时支撑架，要经过荷载计算，支架要牢固、刚度要好、要有施工的稳定性。首层的支架梁端处应支在柱基上，梁中处一定要夯实用道木支垫，切忌沉陷。
- (3) 吊装工在柱头处施工时，应事先给准备小型或活动脚手架。在楼板吊上去后，施工人员可上楼面操作。

四、质量控制和安全要求

全现浇框架结构的施工的质量控制在第六章已介绍过。这里主要介绍预制装配框架应注意的质量要点。

高层现浇或预制框架除对竖向垂直度要通过测量很好控制外；其可能出现的质量通病有：柱平面位置扭转、柱安装标高不准、柱垂直偏差大、梁标高不准、柱子由于电焊主筋不当而表面裂缝、一列梁安装后不直、楼板安装不平、节点清理不干净、混凝土浇筑不实、捻口不密实等质量问题。因此必须在施工中对以下方面工作加以控制：

- (1) 柱、梁的中线必须用墨线弹出，弹线前要量准。平面上轴线、中线的放线必须复核无误。
- (2) 在施工中除用经纬仪检测柱的垂直度外，还应用水准仪检测构件放置的标高，只要柱顶标高一致、梁的标高也就得到控制，楼板不平的问题也不会出现。
- (3) 对连接钢筋的电焊，应对称对角进行，并应适当间隙，不要使钢筋过热造成柱表面裂缝。
- (4) 节点浇筑混凝土前，施工员必须亲自检查，以保证节点内干净和湿润。捻口应派有经验的专人进行，捻口的豆石混凝土的配比、水灰比必须控制好，使捻砸时能达到粘而不稀，不致产生蠕变而不密，也不能太干捏不成团，砸后疏松下落。
- (5) 对所有钢筋在浇混凝土前要整理好，发现问题必须及时处理，符合图纸后才能绑扎并浇混凝土。

⑥) 进场构件及楼板均应事先验收。发现裂缝等质量问题，能及时处理应用的，应符合结构受力情况，进行合理处理后才可使用，如无法处理的应放置一边做上记号不得安装使用。

安全方面应注意的要求：

预制构件吊装结构的施工，一般往往不采用外脚手，而在结构完工后采用吊篮做外墙装饰。所以结构施工中的外围安全很重要。

(1) 首层施工完毕后，就应在结构四周挂好安全网。以后每隔三层挂吊一次。网的一端可挂在结构上的为吊挂安全网的预埋钩上，另一端用杆支撑起来。支出墙面应有3m 以上。

(2) 吊装施工人员必须系安全带、戴安全帽、穿防滑鞋。

(3) 吊装应有人统一指挥，操作人员应服从指挥。严禁违章指挥和违章作业。

(4) 吊装索具、零件，在起吊中经常检查。吊点必须正确。起吊及吊装时，吊件周围及其下不准站人或操作。

(5) 施工中清理的杂物或其他东西不准往楼下抛扔。

(6) 电梯井口、楼梯边均应设置防护栏杆，防止误入及楼梯处坠落。

(7) 已吊装好的构件，在吊另一构件时，操作司机和指挥应认真集中注意，不要碰撞已吊好的构件，防止撞倒引起重大事故。

(8) 电焊工作必须有电工配合施工，同时注意现场防火工作，采取防火措施。电焊人员要戴面罩和穿防护服，带电焊手套、穿绝缘鞋。

### 第三节 剪力墙结构的高层建筑施工

#### 一、角模与筒子模

##### 1. 角模

角模分小角模和大角模两种。小角模与平模配合使用，作为墙角与平模连接配板。大角模是每间房间用4 块大角模组成一个房间模板，接缝在墙中间，此种装拆不便很少使用。

##### 2. 筒子模

将一个房间四面墙的模板组装成一个空间整体筒子式模板，一般称为筒子模。其稳

定性好，效率高；但自重大不灵活，多用于电梯间、管道井的支模工程。

## 二、大模板施工工艺

### 1．划分流水段

根据工程特点，平面布置，工期要求，机械吊装能力，合理划分流水段。各流水段内工程量、模板型号和数量尽可能一致，减少模板落地停放及吊装次数。

### 2．做好现场平面布置

现场施工总平面布置要对大模板的楼上、地面存放以及其它材料配件堆放位置，与现场吊运关系进行统筹安排。施工过程中尽量做到流水段施工、随拆随安，或少量暂时在楼层存放。

### 3．大模板施工流程

大模板施工一般要求纵横要同时浇筑，以增强结构整体性和刚度。

### 4．大模板安装和拆模

大模板按施工总平面布置进场存放。使用前先核对型号、数量、编号，并涂刷脱模剂。

安装大模板时根据施工组织设计要求，依墙位边线放置模板，先安横墙一侧模板，再安另一侧模板，随即调整好两面模板，并安好穿墙对拉螺栓，然后安装内纵墙两面模板，调整施紧螺栓，随后安装小角模，使纵横墙模板连成整体，墙体厚度由穿墙螺栓导管或孔位焊件控制。垂直度用2m 长鱼尾靠尺线锤检校正，对于门宽洞口应先将门宽框用螺栓与大模板固定牢。模板安好后，对每道墙模上口找直，检查扣件螺栓模板是否稳固，拼缝是否严密，检查验收合格后方可浇筑混凝土。

在混凝土强度超过 $1\text{N/mm}^2$ 时即可开始拆模，拆模按“先安后拆，后安先拆”的原则进行，把螺栓扣件全部拆除后，再用吊塔垂直缓慢提开拆除膜板，然后转入下段安装或暂时停放在指定地点，并清理板面，涂刷脱模剂，以备再用。

## 三、绑扎钢筋

全现浇剪力墙结构钢筋的绑扎，与框剪结构剪力墙钢筋绑扎基本相同，可采用现场逐根人工绑扎钢片；也可采用点焊钢筋网片。前者灵活，后者效率高。网片间的搭接长度和部位都要符合钢筋混凝土结构施工验收规范和设计规定，同时要注意上下层墙体钢筋搭接部位预留出的竖向双排钢筋均要理直，不得错位，应绑扎牢固。双排网片钢筋之间要以间距@1000mm 绑扎定位“S”筋。钢筋与模板之间间距以@1000mm 绑扎一个水

泥垫块，保证钢筋位置准确和保护层厚度。

## 四、混凝土浇筑

全现浇剪力墙结构混凝土常用料斗直接入模浇筑。近年由于高层建筑施工技术的发展，机械化工艺水平的提高，各大城市商品混凝土的出现，并采用泵送布料杆布料浇筑大大地提高了施工效率，采用泵送时必须注意混凝土配合比，外加剂，坍落度的可泵性，以及混凝土泵性能的选择、管道直径选择和铺设线路，尽可能减少弯道，防止堵管和爆管。

在浇筑混凝土前先浇筑一层50 ~100mm 厚与混凝土同配比的水泥砂浆等，以防止墙体烂根、麻面、露筋。墙体混凝土按前后次序分层浇灌，每层厚度不超过500mm，捣震密实到底到位。在浇筑门窗洞口两侧混凝土时，应由门宽洞口上方下料，两侧同时浇筑，防止门宽洞口框模变位。

模板拆除后必须及时洒水养护7 天以上，或采用涂刷养护膜保湿养护的方法。

## 五、楼板结构施工

全现浇剪力墙结构楼板混凝土施工方法，与现浇框架，框剪结构现浇楼板相同，不再重述。



# 第十八篇

## 建筑施工招标投标管理

# 第一章 建筑施工招标

## 第一节 招标方式

### 一、按招标的范围分类

#### 1. 公开招标

这是一种无限竞争的招标方式，由招标单位公开发布广告（报刊、广播、电视），让本地区或全省、全国乃至全世界的投标者知道，目的是让具备条件而又愿意参加投标的单位有机会看到启事。只要是合格的投标者都有权利购买招标文件，参加投标活动，其名额不受限制。公开招标通常适用于工程量大、技术复杂的大中型工程，或者是采购设备、建材等金额大的项目。其目的是想吸引更多的投标者，以便从中择优选定承包者。这种决标主要是从低标中选择中标者。缺点是容易忽视其它条件，而且招标工作量大，准备时间长，评标工作复杂，招标、投标的开销都大。现在国外已不是主要的招标方式。

公开招标又分两种情况，一种是公开招标选择报价最低者之一为中标单位，并当众宣布评标结果；第二种是公开招标和当众拆封标书，只宣读各投标单位标书的主要内容，经过评审、鉴别、比较后选出3 ~5 家投标单位为预选对象，再与之面议、磋商，挑选合适的中标单位。

#### 2. 邀请招标

这是一种有限竞争的招标方式。由招标单位有选择地邀请若干个（不少于3 家）比较熟悉的有承包能力的施工企业前来投标。一般被邀请单位均应前往投标，如不想参加，可婉言谢绝。未邀请的单位若要参加，经审查合格，也可投标。在国外建筑市场上，这是常用的招标方式。与公开招标相比，避免了大量的投标者参加竞争，省去资格预审等许多工作量，节省了人力、物力、财力，且缩短招标工作时间。其缺点是有可能

漏掉一些在技术上、报价上有竞争力的单位。

被邀单位一般应具备下列条件： 近期内承包过类似工程，施工经验较丰富； 有足够的施工力量和相应的技术水平； 对本工程有足够的施工管理能力； 该企业财务状况较好； 企业信誉高。

3．谈判招标（议标）

这是一种非竞争性招标方式。招标单位直接选定某个施工单位当面商议，如能达成协议，则可立即签订承包合同，抓紧开工，争取了时间。若不能达成协议则另约一家再来谈判，直到有一家达成协议、签订合同时为止。它是建立在双方信誉的基础上，有利于保证工程质量和工期。但可能不是选到报价最低者，因没有经过激烈竞争，往往不一定能获得满意的报价。不过，可节约广告费和招标中的费用开支。一家谈不成，可另找一家，并未完全丧失竞争性招标的优点。

议标方式多用于特殊工程，如技术要求较高的专业工程；保密性强的国防、尖端技术工程；工期要求很紧迫的工程；地处边远山区而很少有施工单位来投标的工程；工程规模较小且总价小的工程；或者是客观条件受限，难以形成较广范围的竞争，不便采用竞争性招标的工程。

二、按决标方式分类

1．死标（固定式）

公开招标，当众开标，谁的标价最低，谁就夺标。这种决标方式仅仅从经济观点出发，没有综合考虑其它因素，有时不一定能保证工期和质量。但对信誉高的大型施工企业是适用的。

2．半活标（评标式）

公开招标或邀请招标，按投标单位的报价从低到高依次排队，即最低标价排在前面（头标），最高标价排在最后面（末标）。评标时，预选前3 ~5 名，其余淘汰，然后从预选中择信誉好、能力强的一家作为中标单位。这种决标方式比较全面，现在应用较多。

3．活标（议标式）

即使在公开招标或邀请招标中，也不公开开标，招标单位收到各投标单位的标书后，在有公证监督机关的参与下拆封，选择其中比较理想的单位，找来面谈，通过协商一致，即可签订承包合同，这种方式，公开性差，招标单位必须客观、公正，并要有上级机关和公证机构的严格监督，否则易滋长招标承包中的不正之风。

### 三、按工程项目内容和时间序列分类

#### 1. 一次性招标

指将整个工程的建设全过程，含可行性研究、勘察设计、物资供应、工程施工，直到竣工投产，交付使用等只进行一次招标承包。

#### 2. 分阶段（多次）招标

(1) 分阶段招标。对于规模较大的工程，设计图纸是分阶段提出的，为避免耽误投产期，有时不得不在图纸尚未出来之前，就与数家施工单位商谈，由于当时还没有条件编制概预算，就由承包单位提出单价作为协商造价的一个主要依据，最后在各承包单位提供各项数据的基础上，择优选定一家作为总包单位，开始投入施工准备，待施工图及预算出来后，再签订正式合同，这叫二阶段投标。

(2) 两次报价招标。一般招标只报一次价，但由于某种原因招标失败后，或几家投标单位标价相差无几，或所有报价均高于标底，有时便采用两次报价的办法。这种招标方法也有用于报价相差太大、难于选定中标单位，或者是招标单位对新项目没有经验，第一次报价作为摸底，取得经验后再从第二次报价最低者当中择优选定中标单位。然而，有些招标单位存心以压价为目的的二次报价招标是不允许的。

(3) 分项目招标。像宝钢、三峡等工程规模大，而且是由多个单项工程组成的项目，既可进行总的招标承包，也可分项目、分阶段进行招标承包。这种招标方式能充分发挥各承包单位的优势，有利于降低工程造价。但标分得过细，增加招标次数和签订合同过多，增加人力、物力、财力的消耗，而且在合同执行阶段，难免发生各承包单位之间的矛盾。

### 四、按招标的广度分类

1. 国内招标。我国绝大部分工程是在本地区、省内或全国范围内进行招标。一般说来，凡是当地能解决的，就应在当地范围内招标，以免施工单位的大迁徙，但不足之处是建筑市场开放有限。

2. 国际招标。我国的建筑市场对外开放，在世界范围内挑选承包单位，有利于提高质量和技术，学习管理经验和降低工程造价，但要支付外汇，因而一般多适用于引进外资的项目。

## 五、按发承包内容分类

- 1. 全部包工包料。即所谓大包干，施工企业既包劳动消耗量又包材料消耗量的工程承包。
- 2. 部分包工包料。施工企业只承担部分包工包料，而某些材料由建设单位供应。
- 3. 包工不包料。只包劳动消耗量的工程承包。

## 第二节 招标的准备工作

### 一、工程招标的条件

建筑工程必须具备以下条件后，方可进行招标：

- 1. 建设工程项目已经列入国家或地方的基本建设计划，并已列入年度计划。
- 2. 具有经过审批的设计文件和施工图纸，这是正确计算标价的依据。
- 3. 建设资金的筹措已落实。这里讲落实，不仅是指有没有资金？因为建设资金一般迟早会得到解决的，问题是在建设过程中的资金能否按施工进度得到保证支付。目前国内不少工程项目处于资金短缺而停工待料状态，甚至“寅吃卯粮”也难解决。现在有人建议，建设资金要先存后用，以保证工程建设的顺利进行。
- 4. 由建设单位负责提供的材料和设备，已经落实。能保证拟建工程在预定的建设工期内连续施工，不至于停工待料和窝工浪费。
- 5. 已取得当地主管部门颁发的建筑施工许可证。
- 6. 施工征地、拆迁、进场交通等准备工作已经完成。按惯例，招标投标签订承包合同后，如不能按期开工，影响合同执行，将引起纠纷和索赔。
- 7. 建设工程招标文件和标底已经政府有关部门审批。

### 二、组成工作班子

我国招标工作班子组成有三种形式：

- 1. 由建设单位的基建主管部门负责招标全部工作；
- 2. 由政府主管部门设立的招标领导小组或办公室统一办理招标业务；

3. 建设单位委托专业咨询机构承办招标的技术性和事务性工作，决策仍由建设单位作出。

招标工作班子由决策人、专业技术人员和其它辅助人员等组成，一般应是懂业务、作风正派、严守机密的领导和经营管理、工程技术、财务、材料等方面的人员，必要时还可邀请法律顾问参加。其主要任务是： 了解国内（外）招标动态，熟悉有关招标业务； 确定工程招标项目，选择招标方式，制定本工程招标的总体规划及实施细则，安排招标程序和日程，提出施工招标申请书； 计算和确定标底； 编写招标文件； 协调招标工作与有关部门之间的联系； 处理有关招标的日常事务工作。

### 第三节 招标程序

招标程序，就是招标工作中应该遵循的先后次序。它反映了招标投标的基本规律。通常可划分成三个阶段。

#### 一、准备阶段

##### 1. 申报招标

招标前的各项工作准备就绪后，应向代表政府行使工程招标管理权力的部门提出申请招标书，经过审核和核准后方可招标。招标单位在提出申请报告后，应接受主管部门对其是否具备招标资格进行全面审查。主要是审查建设单位或所委托的招标单位是否具有法人资格；投资项目是否进行了可行性研究与论证；是否具备编制招标文件和标底的能力；是否具备进行投标单位资格审查和组织评标、决标的能力。

##### 2. 编制招标文件

招标文件不仅规定完整的招标程序，并通过招标文件向投标单位介绍招标情况等。虽然招标文件由招标者单方编写，但它经过投标单位填写、承诺，就成为投标文件的基础。为此，招标单位为了更好地招引投标单位，就需要认真、周密地编制各项文件，为投标单位提供明确的有关工程必要的说明。而招标单位，只要参加投标，就意味着基本接受招标单位的要求，并根据这些要求而做好各项投标工作。所以，在整个招标投标工作的过程中，都要依据招标文件办事，受招标文件约束。它是招标投标双方的行动指南，也是双方协商订立工程承包合同的基础。招标文件可由建设单位自己编写，也可委托给设计单位或专业咨询公司，或者由建设单位与设计单位共同编制。

招标书是招标文件的主体部分。它详细介绍招标的宗旨、发包的目的和意义，招标的程序、手续和要求，而且可变“行文”为“填文”，经过投标单位填写，基本上构成投标单位的投标书。

(1) 总说明。为了让投标单位对工程的全貌有所了解，无论是工程的全包还是局部发包，都要把本工程的全部情况介绍清楚。

工程概况。主要介绍拟建工程的名称、地点、工程建设单位，设计单位及承办招标业务单位的名称，设计任务书的批准单位及文号，初步设计审批单位及文号，本工程列入国家或地方年度计划的依据等。

工程内容。是全部项目，还是部分项目，以及这些项目的基本尺寸、工程量和工期要求等。特别是对那些可能划分不清或暂时不施工的项目，更要说得一清二楚。为了简化编写内容，可以说明详细项目见图纸和工程量的报价表。

工程所在地的自然条件和环境。包括气象、水文、地形、地质、水文地质、地震、交通、加工条件、地方材料、生活物资供应、风俗民情、环保要求等。

发包方式。说明是总价承包还是单价承包，或混合价承包。对联合承包或签约后的分包，有些什么要求和限制，价格是否可调等。

工程质量要求。包括设计标准，技术要求，施工中应采用何种技术规范和质量评定标准、验收办法、质量事故的处理规定，对工程某些部位的特殊要求等。

工期。包括总工期、开工、竣工日期、主要建筑物的形象进度等。

材料供应方式。特别是主要材料（三材）由发包单位按概算定额如数拨给指标，还是供应部分指标或无指标。对特殊材料、设备、国外进口物资应说明产地、品种、规格、交货时间及地点。

(2) 投标须知。主要向投标单位介绍应遵守的规则，投标文件的主要内容，各种表格的填写说明，对招标文件的解释以及投标时应考虑或注意的事项，主要包括：

对投标者的要求。除了重申投标资格外，还要告诉投标者必须办理的证明和手续。例如：a. 是否要有关主管部门出具的投标保证书和履约保证书；b. 投标保证金和履约保证金的金额、银行帐号、支付方式；c. 外地单位参加投标，是否要在当地办理投标登记手续；d. 投标所发生的一切费用由谁支付；e. 对失标单位所购买的招标文件和投标单位报来的投标文件如何处理等。

投标程序。是指投标进程的顺序和安排。包括从购买招标文件，组织现场参观，递送、修改、撤换、更正投标文件的期限、手续，回答询问的安排，开标、评标、决标和发出中标通知，签订合同的时间等。

对招标文件的解释。应说明：a. 组成招标文件的各部分之间的相互关系；b. 招标文件的所有内容是否可作为投标文件的编制依据，如招标文件前后有矛盾，以哪一个

为准 ;c . 文件的解释权属于谁 ? 对于招标文件理解不清的问题 , 招标单位将以何种方式解答 ;d . 招标文件解释的截止日期。

标书报送的要求。这部分也应分条款说明 :a . 投标文件的填写要求 , 要以招标文件为依据 , 包括文字要求简洁 , 不得涂改 , 要有单位和负责人签字盖章 , 负责人要有法人资格等 ;b . 投标文件的递送份数 , 要区分正本、副本 ;c . 标书的密封要求和递送方式 ;d . 对投标单位的建设性意见和提出补充意见或优惠条件的有效性 ;e . 接收、拒绝投标以及评标、授标的权力 ;f . 对废标的界限等。

有关附件的说明。在投标书中通常都有附件 , 根据招标的需要 , 附件有所不同。这些附件 , 主要是由一系列设计图纸和表格组成 , 如工程报价汇总表 , 单价分析表 , 分年度完成工程量计划表 , 分年度的资金、材料、劳动力计划表以及要求随同投标文件报送的有关施工组织设计说明书和图纸、方案、措施、建议等。这些内容不是每个工程的投标文件都要报 , 而是根据招标的实际需要列出 , 以免过多地浪费精力、时间和费用。

③) 合同条款。合同条款主要涉及双方的责、权、利 , 它是确保工期、质量、造价、安全以及协作条件 , 追究违约责任的互约性文件。

④) 设计文件和图纸。这是编制标底和报价的依据。最好在施工图设计和预算完成后进行招标 , 但我国的实际情况难于做到这一点 , 往往在初设的基础上加深一些 , 以满足编制招标文件的需要。

⑤) 技术标准及验收规范。承包者在执行合同时 , 所有材料、设备和施工工艺技术标准、验收规范 , 都应遵照有关部门和国家基本建设委员会颁布的现行技术规范、规程和标准 , 并要一一列出其名称、颁布机关、编号、颁布时间、是试行本还是修订本等。

⑥) 工程报价表和报价须知。报价是招标中双方经济核算的依据。为了便于对比 , 招标单位拟定有统一的表格式样 , 甚至提供全部填写表格。对表格的设计 , 要使得在评标时能直观地看出投标单位目前的施工定额水平 , 各类取费标准 , 从而可推断其技术水平和经营管理水平。

工程报价表一般由如下的表格组成 :

- 总报价表 ;
- 建筑工程报价表 ;
- 安装工程报价表 ;
- 单价分析表和单价汇总表 ;
- 分年劳动力计划表 ;
- 分年材料计划表 ;
- 分年用款计划表 ;
- 材料预算价格汇总表 ;



施工机械台班费汇总表；  
税种及其税额一览表。

表中的单价、金额、合计、总价，均由投标单位填写。

3．确定标底

标底是合理的工程造价，它反映一定时期内建造该项工程所需劳动的社会平均水平的货币表现。标底的作用是：a．使建设单位事先对拟建工程的标价做到心中有数；b．作为评标、决标的依据，可以据此评定投标单位报价的合理性、可行性和先进性；c．给上级主管部门提供有效的监督依据；d．衡量投标单位的技术、管理水平的标志。因此，标底编制的准确与否，直接关系到国家建设项目投资管理和招标工作的成败。

标底计算一般是以工程概（预）算为基础。不过，设计概（预）算是建设项目全部的预计金额，除建筑安装工程费用外，还包括机电设备购置、移民征地、勘测设计、职工培训和建设单位管理费以及其他费用等。而标底并不都包含上述各项费用。

标底的编制，可由设计单位承担，或者委托具有一定能力和法人资格的咨询部门代编。标底要在发布招标公告之前计算出来并要绝对保密。

编制标底时，须从全局出发，认真对工程组成的各个项目进行研究与核算，确保标底的准确性、合理性、可靠性。所谓准确性是指实际上工程结算价款与标底之间的差额不大；所谓合理性是指完成该项工程任务，除了支付施工中的活劳动与物化劳动消耗外，还要保证施工企业有一定的利润；所谓可靠性是指施工图预算是真实的，一切取用资料和计算数据无误。

标底的内容，不仅仅是工程价款，而且包含着与造价相对应的质量以及为缩短工期所需的措施费等。对工期的缩短，也要符合客观实际，要使得承包单位能够切实做到。过高的要求，必然遭致质量欠佳或者费用增加。

二、招标阶段

1．发出招标信息

工程招标经有关部门审批即可对外发出招标信息。通常有两种方式：发布招标公告（适用于公开招标），利用报刊、杂志、广播、电视等宣传手段，在社会上广为传播；寄发招标通知（适用于邀请招标），书面邀请有关施工企业前来参加投标。

招标公告或招标通知的主要目的和要求，并无原则区别。其内容包括：

- (1) 招标项目名称；
- (2) 工程建设地点、现场条件；
- (3) 工程内容：包括工程规模和招标项目、建设工期、质量要求；

- (4) 招标程序和投标手续；
- (5) 参加投标者的资历和对投标者的要求；
- (6) 招标单位名称及联系人；
- (7) 招标文件的供应办法；
- (8) 申报投标的手续和报名截止日期，投标与开标的时间。

### 2. 资格预审

在公开招标时，要对参加投标的单位进行资格审查。凡持有《建筑企业资格等级证书》的施工企业，符合等级标准的均可参加。

资格预审的目的，在于了解投标单位的企业素质（资格、实力、信誉），限制不符合条件的企业（包括越级承包）盲目参加投标，但不得借故拒绝合格者参加投标。主要审查：

(1) 法人资格。投标单位必须具有经过政府主管部门确定的相应企业等级，持有工商行政管理部门颁发的营业执照，企业负责人必须取得法人资格，可以代表该企业行使职权。

(2) 施工经验。企业是否有过类似工程的施工经验，特别是那些专业技术性强的施工项目。过去所承包工程的奖惩情况，要能提供相应的证明材料。

(3) 技术力量。一是技术骨干力量，包括高、中、低各级工程技术和管理人员的组成，主要负责人名单和资历，目前承包了哪些工程，可投入本工程的施工力量；二是技术设备，主要施工机械的型号、性能和数量，特殊工程施工所需的特殊设备和工具，所缺的技术装备怎样解决。

(4) 企业信誉。即投标单位过去所承包工程项目完成的质与量以及工期情况，是否有违约、毁约的情况，是否出现不当的扯皮索赔现象。这就需要取得过去一些雇主的证明信或推荐书。

(5) 财务状况。要了解投标单位开户银行的帐号和固定资产、流动资金的金额。如果一个投标单位财务上缺乏足够的流动资金或周转基金（其所承担的工程任务，应不超出其财源限度），是难以顺利执行承包合同的。

经审查后，可分为“完全合格”、“基本合格”或“不合格”三种情况。对不符合条件的投标单位，招标单位应及时通知该单位不再参加下一步投标。

### 3. 发售招标文件

对预审后合格的投标单位，应及时发出同意其参加投标的邀请书，并通知其前来购买投标文件。对于不合格者，也要去信婉言谢绝。

### 4. 质疑与勘察

招标单位要按规定时间组织投标单位到现场勘察，了解拟建工程的自然环境、施工

条件、市场情况，为投标单位到现场收集有关资料提供方便。

招标单位还要组织一次会议，介绍工程情况和有关招标事宜。投标单位如果对招标文件有不理解或含混不清之处，以及在勘察现场中所希望进一步了解的问题，可提出来要求招标单位解释清楚。招标单位有新的补充和修改，也可在会上详加说明。招标单位在会上会下解答投标单位的问题，应以书面为准，而口头解答并不具有约束力。并应进行汇总、归类作为补充通知的形式，告知所有参加投标者。这些补充通知与招标文件具有同等效力。在投标截止日期前15d 内，招标单位不再解答问题。

### 5. 接受投标文件

从发售招标文件之日起，至投标截止之日止，根据工程规模和难易程度，至少应有1 ~3 个月的编制投标文件时间，特大型工程为3 ~6 个月，以保证投标单位有较充裕的时间认真地研究情况，编好投标文件。

接收投标文件，可在截止日期内直接投入密封箱内，也可用密封邮寄（外地）方式，但应以邮戳日期为准。招标单位在收到投标书时，要检查邮件密封情况，合格者寄回回执，投入标箱，原封保存，不合格者退回。投标书发出后，在投标截止日期前，允许投标单位以正式函件（密封）调整报价，或作附加说明。原投标文件中被修改或被说明的部分，以后者为准。这类函件与投标文件具有同等效力。

对大中型工程的招标，招标单位还要求投标单位将保函与投标文件一起投送。所谓保函（投标保证金），是有关银行出具的投标保证金（在招标文件中规定数额），未中标者保证金如数退回。

### 6. 开标

在有各投标单位、评标委员，以及邀请上级主管部门、基建综合管理部门、设计单位、建设银行或公证机关代表参加的情况下，当场打开标箱、启封标函、审查保函，并宣布投标单位的名称、报价、工期和主要技术措施等。这一过程叫开标。招标单位应按规定日期开标，不得随意变动。万一遇有特殊情况不能按期开标，须经上级主管部门批准，并要事先通知到各投标单位和有关各方，并告知延期至什么时候举行。

自发出招标文件到开标时间，由招标单位根据工程项目的大小和招标内容确定。一般应在投标截止日期后5 ~15d 内进行。

开标前，招标单位必须把密封好的标底送交评委。是否在开标时公布标底，是否当场决定中标单位要根据招标、决标方式而定。

开标时，要按下述程序进行：a. 查验投标箱是否密封；b. 开箱；c. 清点标函件数，分别登记编号；d. 拆开标函；e. 宣布标函，并分项目登记；f. 有不清楚的地方，允许投标单位代表解释清楚。

如果发生下述情况之一，即宣布为废标：

- (1) 投标文件（标函）密封不严，或密封有启动迹象；
- (2) 未加盖投标单位公章或负责人（法人）印鉴；
- (3) 投标文件送达时间（或邮戳日期）超过规定投标截止日期；
- (4) 投标文件的格式、内容不符合规定要求，或者字迹有涂改或辨认不清；
- (5) 一个投标单位，对同一标，如不属补充、修改的调整报价而出现有两个或两个以上报价者；
- (6) 投标单位无故不参加开标会议；
- (7) 发现投标单位之间有串通作弊现象。

开标后，对投标书中有不清楚的问题，招标单位有权向投标者询问清楚。为保密起见，这种澄清也可个别地同投标者开澄清会。对所澄清和确认的问题，应记录在案，并采取书面方式经双方签字后，可作为投标文件的一个组成部分。但在澄清会谈中，投标单位提出的任何修正声明，更改报价、工期或附加什么优惠条件，一律不作为评标依据。这种“标后优惠”，在资本主义国家是常见的事，我们是社会主义国家，招标单位不应从无休止的竞争中捞取额外好处，要遵守商业道德。

除招标投标双方在场当众开标的方式外，也有在没有投标单位代表参加，只请上级主管部门和公证人出席情况下的开标。但这种开标方式，必须事先报上级领导机关批准和在招标文件中公开说明。

所有投标报价都高于标底时，要重新审查标底，如属标底计算错误，应按实予以调整。若标底无误时，可采取如下办法处理：a. 从中择优选定一个中标单位；b. 改用议标；c. 申报主管部门调整概（预）算，再决定处置办法；d. 宣布本次招标无效。

发生下述情况之一，也可宣布本次招标无效：

- (1) 发现标底已泄漏；
- (2) 废标太多，有效标不够法定数（3家），没有竞争性。

招标失败，建设单位可再次申请招标，但绝不允许招标单位为了压低标价，任意宣布招标失败。至于再一次招标，必须对原招标文件的各项目、规定、条款、标底等经过认真审定和报上级主管部门核准后，方能进行。

### 7. 评标

评标委员会对投标文件逐一认真审查和评比的过程称为评标。评标委员会由招标单位负责组织，邀请有关人士组成，但不得有投标单位的人参加。所有参加评标的人，均应以个人身份参加工作，不代表各自组织。对评标过程及评选结果不得外泄。否则追究责任。

评标委员会要对投标文件进行全面的综合分析，在报价、工期、质量、技术措施和社会信誉等方面权衡比较后，本着公正原则，提出评标报告，推荐中标单位，供招标单位择优抉择。评标是一项十分细致的工作。投标单位的每一项指标，都具有领先地位是少见的，通常是各有千秋。要严格掌握政策，综合分析标底，慎重决标。一般通过初评，淘汰掉一些明显不合格的投标单位，以缩小进一步评审的范围。然后在剩下的当中筛选其最满意者，但不能只看报价最低，应该认真审查其施工部署是否得当，施工方法是否先进，施工质量是否合理，施工措施是否可行，施工进度是否有保证。对于不按标准计价，少算工程量或漏算项目等有意或盲目压价，隐藏潜在索赔的，不宜选为中标单位。

常用的评标选优办法有：

(1) 谁的报价最低，谁就得标。在英国称之为自动选择法。优点是报价最少。其最大弊端是忽视了其它条件，并不全面，可能导致两种结局：一是承包者采用各种手段，将部分风险转嫁给业主，使实际费用超过承包价；二是承包者无利可图，甚至亏损，失去积极性，不能保证工期和质量，难免发生偷工减料的麻烦事。

(2) 在标底上下浮动若干个百分点之内选择，因为标价过高或过低，均会给建设者带来损失。在保证质量、工期的前提下，这种有限的浮动（上浮5%，下浮15%）是为了防止抬价、压价。遇有特殊情况，须经部（省）招标投标管理部门批准，方可不受此限。

(3) 取两个最低报价的平均数作为标准，把超过这一平均数20%的投标者排除，剩下的作为候选者对象，从中选出2~3家分别找来面议，综合考虑其工期、质量、信誉等，最后选定一家中标。

(4) 按报价、工期、质量、安全、信誉、施工方案、技术措施、企业素质、优惠条件等逐项登记造表，按优劣排序，一一对比，选择综合指标优越者作为中标单位。这是比较科学的。

(5) 采用综合定量记分法，即择优的定量化。对各投标单位的各项指标逐一打分，取其总分数最高者为中标单位。不过打分的标准要事先在编制招标文件时拟定好，并报经上级主管部门核准。打分的项目、标准，要绝对保密。

### 三、成交阶段

1. 决标。招标单位根据评标委员会的推荐，选定满意的中标单位，并报经上级主管部门核准后，即可正式确定为中标单位，这一过程叫决标。一般公开招标，应当众启封、宣布报价，当场决标。有些规模较大、技术复杂的工程，难于当场决标，可另定决

标日期，但必须事先在招标文件中说明。决标后，要立即向中标单位发出中标通知书，并约定时间来签订承包合同。对于未中标单位，也要发出通知，但毋需解释未中标原因。一般从开标到决标的时间不应超过一个月。

2．签订承包合同。投标单位在接到中标通知后15 ~30d 内要与招标单位签订承包合同。如借故拖延而拒签合同，招标单位可取消其中标资格，另选中标单位，并没收其投标保证金。招标单位也不得借故不签合同，而图另择中标单位。

3．招标投标的监理。目前建筑市场的竞争日趋激烈，一些投标单位，为了抢任务而不择手段，千方百计摸标底，或者采用行贿手段套取承包项目；某些招标单位的负责人，以工程为诱饵，进行敲诈勒索，这都会使招标投标受到干扰。为了确保招标投标的正常进行，维护其公正性和合法性，必须使招标承包工作，自始至终置于政府的严格管理和社会监督之下。

政府的管理是指由各级政府指定的部门和当地政府确认的招标工作管理机构，对招标工作从审查资格，严格招标程序，合理确定标底，保证决标的公正性等方面进行监督和管理。

社会监督是指无论何种招标方式，招标工作必须对社会公开，至少要有三个以上不同单位的代表参加，并尽可能从申请招标、投标、决标到签订承包合同的全过程，都有公证员到场，决不允许把招标承包搞成“袖筒里捏指头”的交易。若是发现有任何弄虚作假、徇私舞弊的行为，都应受到法律惩处和经济制裁。

## 第二章 建筑施工投标

### 第一节 投标前的准备工作

#### 一、投置机构、配备人员

为了适应投标竞争的需要，施工企业必须配备一支精干队伍，专门从事投标工作。投标工作班子可以是常设机构，也可以是临时组建的班子。投标机构成员可分为两个层次，一部分是投标领导班子，负责全面投标活动的决策；另一部分是具体工作人员，担负投标业务的具体工作，为领导提供信息和决策依据。这个班子，一要精练，二要灵活，三要懂业务。一般应由建筑企业的经理和总工程师直接主持投标工作，还应有建筑、安装工程技术人員，预算、财务和熟悉经营、物资供应人员参加，其主要任务有：

- 1. 掌握建筑市场动态，收集分析有关招标投标的信息资料。
- 2. 做好广告宣传，开展招揽承包工程的多种活动。
- 3. 承担投标工作的全部活动，包括申请投标；购买招标文件；认真研究招标文件，吃透精神；提出投标方案、编制投标文件；计算工程价款，拟定报价策略；报送投标文件，参加开标会议；中标后，参与合同谈判等。
- 4. 总结工作，分析投标成功的经验和失败的教训，积累有关投标报价的各种资料和数据，分门别类整理归档，为下一次参加投标、夺标奠定基础。

参加投标工作的人员应有较高的素质。其战略眼光、工作经验、业务知识、决策能力，对确定投标对象、施工方案、报价策略等方面起着十分重要的作用。这些素质的要求是：

- ① 有理论基础，有实践经验，业务上过得硬，知识面较广；
- ② 既懂技术，又懂经济，也要懂得些法律知识；
- ③ 注重调查研究，善于收集利用信息资料，能作出较准确的预测和决策方案；
- ④ 有吃苦耐劳精神，有高度的责任心和事业心，有实事求是和踏实的工作作风；

- ⑤) 善于与外界交往，在与有关方面打交道时，既能坚持原则，又要具有适度的灵活性
- ⑥) 有较好的文字和语言表达能力，善于提出问题和具备答辩问题的能力。

## 二、寻找投标对象

寻找投标对象，是施工企业经营管理的重要任务。了解到招标发包的工程项目越多，从中择优投标的余地越大，企业的经济效益就越好。施工企业要尽可能招揽到足够的工程任务，才能保持持续、稳定的生产和利润。寻找工程任务的途径有：a 运用各种宣传手段，介绍本企业的全面情况；不少施工企业把自身的技术力量、施工装备、承包过的重要工程项目、历年获得的荣誉，以及各项先进指标等，绘成图表，甚至拍成录相片，主动提供招标单位了解；b 横向主动联系或从上级主管部门那里去了解拟开工的基建项目；c 留心查找报刊杂志上刊登的招标公告；d 通过专门承办招标业务的公司牵线搭桥。

## 三、研究招标文件

施工企业在投标前必须仔细了解招标单位的条件和要求，认真研究招标文件的内容，搞清工程性质、规模、质量标准、结构特点、设计深度、工程复杂程度、图纸资料的完整性等等，决不能未经认真研究而“投了再说”，到头来难免“自吞苦果”。如果发现招标文件中有差错，或者有含混不清、相互矛盾的内容，或者有不甚理解的地方，可在招标截止日期之前，用书面或口头方式，向招标单位询问清楚。对招标文件中个别内容难于接受者，可在投标文件中另作声明，招标单位在评标时，应作为前题来决定取舍；投标时未作声明，或声明中未涉及的内容，招标单位均可视为已接受，一旦中标，即可构成双方签订合同的依据，不得擅自作任何修改，这叫“遵从性投标”。施工企业在投正常标以外，可以附加提交“建议方案”，即所谓“方案性投标”，包括修改设计、更改合同条款和承包范围等，并做出这类变更方案的报价，供招标单位参考。但要在封面上注明“建议方案”字样。招标单位有权拒绝或接受这类变动。

要认真审查合同条款。合同条款是由招标单位最先起草的，招标单位可能从自身利益出发，对某些条款制订得不够平等，这对投标者不利。然而，合同条款多半是通用的，在审阅时，要特别注意招标单位部分修改之处。这些更改会产生什么后果，特别是一些针对本工程的专用条款，更要注意其词句的真正含义。若发现有难于接受的，则要提出来商量、修改或删除，也可以保留意见在投标书中加以说明作为报价的先决条件，



切勿稀里糊涂，全盘接收，以免带来不利后果。

## 四、分析建设单位情况

投标前要对建设单位的资金、三材落实情况，以及负责人的能力、态度和对发包工程所采取的方针进行全面了解。如果资金和主要材料不很落实，将给工程按工期完建带来先天不足。如果建设单位的负责人是一个有能力、通情达理的人，就容易合作；反之，就难免会发生很多麻烦。

## 五、分析竞争形势和对手状况

施工企业决定参加某项工程投标，就要了解参加该项工程投标者的多少，各竞争对手的实力的信誉，主要竞争对手是谁？其人力、物力、财力状况，管理水平，队伍作风，报价动向，惯用定额标准，甚至包括与招标单位之间的人际关系等。必须做到知己知彼，扬长避短，针对对手的弱点，宏扬自己的优势，然后决定自己的投标策略。

## 六、搜集各种信息资料

信息也是一种资源。在激烈的竞争中，谁能及时掌握到全面、准确的信息，谁就掌握了投标的主动权。如果施工企业，一不知市场行情，二不知竞争形势，三不知招标单位的情况和要求，四不了解竞争对手，五不了解当地的自然经济条件，而是盲目决策，见标就投，其结果必定是失败的。总之，要依据内外信息资料，分析一切有利因素和不利因素之后，才能确定是否参加该项工程的投标，以及将采用何种投标报价方案和策略。

# 第二节 投标程序

## 一、准备阶段

- 1．搜集招标信息。根据招标公告、招标邀请书或通过其它渠道，广泛收集招标发包的信息资料。
- 2．选择投标目标。根据招标公告或邀请函，结合本企业的特点和能力来研究确定

是否参加该项工程的投标。选择投标对象的原则是：

- (1) 本企业有把握完成该项工程任务，并能充分发挥自己的技术、装备能力；
- (2) 效益好、利润高是投标的目的，但若是本单位任务不足，特别是处于难以接到任务的情况下，即使是薄利、保本，也应积极承揽工程；
- (3) 招标条件较优越，如合作条件不错、工期适当、资金落实、物资供应有保证、开工条件已具备等。

## 二、投标阶段

1. 报名投标、提交资格预审材料。一旦选定了投标目标，就要在规定期限内提交投标申请书。因此，施工企业平时就应准备好宣传材料，最好是彩印成册或拍成电视片，随同投标申请书，寄送到招标单位，争取获得良好的印象。

2. 接受资格预审。资格预审是争取夺标的第一关。除上述提供详细的材料外，还应主动上门介绍情况甚至邀请招标单位负责人来参观自己的企业和已建、在建的工程，使之充分了解自己的实力。

3. 购买招标文件。凭招标邀请书，可按指定时间、地点和手续去招标单位购买招标文件。如果是外地或国外，可也采用邮购方式。

4. 研究招标文件。要认真研究分析招标文件的内容（见前）。

5. 现场调查。应派遣主要编标人员按招标单位的通知到现场察看，摸清情况和收集有关自然条件和技术经济资料。只有亲自到现场获得第一手资料，方能为以后的编标工作打好基础。

进行现场调查，要事先拟定好调查提纲，主要包括：

- (1) 施工现场的地质、地貌、水文和气象条件；
- (2) 现场三通（水、电、路）情况；
- (3) 施工现场如何布置，是否有现成的建筑物可利用；
- (4) 环境对施工的特殊要求。如哪些建筑物需要保护，对振动、噪音、爆破有何影响；
- (5) 当地资源情况，如建材、设备、劳动力、生活物资供应和价格水平、供货方式；
- (6) 当地税收、保险、社会福利和工资标准；
- (7) 有关工程报价的其它资料；
- (8) 当地保安条件。

6. 参加招标文件解答会议。进一步了解情况，若发现招标文件中有什么问题，可要求招标单位解释清楚。

7. 编制投标文件。投标文件的编写，主要是依据招标文件的要求来填写各种表格的空档。首先是要进行施工组织设计，拟定施工方案和轮廓性进度计划，然后经过修改，完善方案，计算报价。

总之，报送的投标文件，要做到指导思想明确，指标先进，措施有力，部署得当，报价合理，依据充分，内容全面，语言简练，字迹清楚，规格整齐，数据准确，要求合理。如果只填写部分或填写不清楚而造成废标，则前功尽弃。

8. 报送投标文件。按规定时间、地点和手续报送招标单位。报出后，就不得撤回、补充和修改。但在投标截止日期前，如需补充、修改、调整报价或作出附加说明，可用正式函件密封投送招标单位。此类函件与投标文件具有同等效力。原先投标文件中的内容，以被修改、补充部分为准。由投标单位自己保存的投标文件，属副本，无法律效力。

9. 参加开标会。要选派水平较高、经验丰富、思维敏捷、语言表达能力较好的人员按期到会，参加开标活动。在启封投标文件之前，要亲自复验标书的密封情况。宣读标书之后，要及时回答招标单位的询问，需要补充说明的问题，也可当场阐述清楚。如 a. 施工方案的选择和论证；b. 工程进度的论证；c. 保证工程质量的措施；d. 报价的依据；e. 优惠条件解释；f. 有建议修改方案时，作必要的说明等。通过进一步说明，使投标文件更加清晰、充实，使评标委员更了解投标文件的含义，加深印象，消除疑点。这种阐述，应力图有理有据，实事求是，观点明确，优势突出。但在开标会上，不能修改标价、工期等实质性内容。

在开标会上，还要留心记录其它投标单位的施工方案、报价水平、投标策略，以积累资料，作为今后制定投标策略的参考依据。

### 三、成交阶段

1. 等待中标。招标单位往往在决标前，还有一个评标议标的过程。在这一时期内，业主占有绝对主动的地位，投标者越多，竞争愈激烈，越对业主有利。因此，投标单位不能消极等待，而应积极争取。只要还有中标的希望，就要抓紧与招标单位接触，表示对该工程的意向、兴趣和决心以及对该工程的打算、措施，争取招标单位的信任。业主可能提出一些严酷条件，千万不要断然拒绝。当然，为了维护自己的利益，也不能轻易承诺，可根据竞争形势作出某些让步。一点也不让步，几乎是不可能的。要确定哪些条件可以让步，哪些条件不能让步，报价可降低的幅度，还可给予哪些优惠等等。为了争取夺标，这种让步是必要的。

若是预计该工程中标的可能性很大，就要着手准备合同谈判资料，做好开工前的准备工作，以赢得时间；若是中标无望，则应赶快做好投标的结束工作。

2. 签订合同。当接到中标通知书后，按期前去签订承包合同。这一时期内，投标者的地位有所改善。经过进一步的谈判，争取合同协议条款做出某些删改和增补，最后在取得充分一致的基础上，正式签署一份合同协议书。无论哪一方，都不得借故拒签合同，否则，将按规定赔偿对方的经济损失。

### 第三节 编写投标文件与报价计算

#### 一、编写投标文件

投标文件，除正文外，还包括所有的补充文件及附件。其中报送招标单位的一份，应清楚地标明为“正本”，其余均标为“副本”。日后发生争执，以正本为准。

招标单位常制定统一的标书格式，投标单位只要逐项按要求填写即可。一般标书的内容包括：综合说明；投标报价；工程质量；工程开工、竣工日期，交付使用日期。施工组织 and 形象进度；主体工程施工方法和采用的机械设备；要求招标单位提供的配合条件。例如要求招标单位提供开工的条件和协作条件，以及对主要材料的供应，要求能及时满足品种和规格上的需求。但这些要求一定要有合理性和针对性。

编制投标文件时，应遵循下述几项基本原则：

1. 必须吃透招标文件的意图，并严格按招标文件规定的条件和要求，认真地、全面地填写各种表格和数据。若只填写部分或填写不符合规定，招标单位有可能视为废标。

2. 对招标文件中的个别内容和条款，不甚明确者，可用书面或口头要求招标单位解释清楚；对无法接受的条款，可书面提出，作为参加投标的一个附加条件，供招标单位评标时考虑。总之，态度要明朗，切忌不加分析，稀里糊涂，全盘接受。

3. 所采用的施工方案、技术措施、进度安排、总体布置，要有先进性、合理性，有利于提高质量，确保工期，降低成本和安全施工。

4. 报价的合理性。套用的各种定额、单价、费率，要符合实际，尽可能避免报价失误。在竞争性投标中，报价高了，会失去中标的机会；报价过低，也可能失标。因为一般招标单位并不完全接受报价最低的方案。即使能中标，企业也无利可图，甚至亏本。

5. 要准确计算工程量。对于招标文件中所列的工程量可能与实际有出入，招标单位可不负责任，只能作为参考。据此而计算的标价有误，是不能向招标单位索赔的。当

发现工程量与图纸有较大出入时，也不要随便改动工程量，而是书面提请业主认可改正。如果业主当时不予改正，投标者可在投标文件中声明：某项工程量有误，将来需按实际完成工程量结算。

6．文字要表达清楚，数据要准确，图纸要符合规范。要做到规范与标准统一，文字与图纸统一，最大限度地减少误解和可能由此而引起的争端。

7．投标文件一经确定，就不能随意更改。如果经审核发现确有漏项或有错误而需更正或增删时，须经主管负责人核准后，方可更改，并要在添改处由负责人签名（盖章）方有效。

## 二、报价计算

### （一）报价费用的构成

国内工程施工投标报价的费用构成与现行概（预）算文件中的费用构成基本一致，要有直接费、间接费、计划利润、税金以及不可预见的费用等。但投标报价和工程概（预）算是有区别的，主要体现在两个方面：一是工程概（预）算文件必须按国家有关规定进行编制，尤其是各种费用的计算，必须按规定的费率进行，不能任意修改。而投标报价则不同，它可根据本企业实际情况进行计算，更能体现企业的实际水平等；二是工程概（预）算文件经设计单位或施工单位编完后。必须经建设单位或其主管部门、建设银行等审查批准后才能作为建设单位与施工单位结算工程价款的依据。而投标报价可以根据施工单位对工程的理解程度，在预算造价上下浮动，无需预行送建设单位审核。

下面简述投标报价费用的构成：

1．直接费。直接费用是指工程施工直接用于工程实体上的人工、材料和施工机械使用费等费用的总和。它主要由人工费、材料费、施工机械使用费和其它直接费等组成。

2．间接费。间接费用是指组织和管理生产，以及为生产人员服务等而产生的综合性费用。它主要由施工管理费和其它间接费组成。其他间接费包括临时设施费和劳动保险基金等。

3．利润和税金。是指按照国家有关部门的规定，建筑施工企业在承担施工任务时应计取的利润，以及按规定应计入建筑安装工程造价内的营业税、城市建设维护税等。

4．不可预见费等及其他：

（1）浮动费。主要考虑由于价格的变化而引起的费用，如材料、设备价格的变化，包括计划内与计划外价格之差和工期较长时随时间各种材料、设备的价格波动等。尤其

是按招标文件要求，把工程造价一次包死的工程，更应加入这项费用。

②）保险费。主要包括建筑工程保险、安装工程保险和第三者保险。其费率要根据国家建设主管部门及中国人民保险公司的有关规定执行。

③）国家有关部门规定的，按实计算的工程和费用。如远征工程费，大型机械进出场费等。

④）保函手续费。是指为了防止投标单位（施工单位）违约而给建设单位造成经济损失，在工程招标和建设过程中，建设单位要求施工单位通过银行出具给建设单位一定数额和一定期限的保证金时，银行所收取的手续费。

⑤）预备费。指在标价中难以预料的工程和费用。亦即称为工程包干范围内的风险系数。

⑥）其它费用。如法律顾问费、佣金以及招待费等。

### （二）工程投标报价的计算步骤

#### 1. 收集、研究报价原始资料：

- ①）熟悉、研究招标文件；
- ②）全面了解施工现场的自然条件和技术经济条件；
- ③）掌握市场材料、劳务等价格信息等。

2. 核实或计算工程量。在工程的招标文件中，一般均有招标工程的实物工程量清单，投标企业在确定工程报价之前应抓住重点进行认真核实，如发现漏项或错误，应通知招标单位。因为一般规定，未经招标单位允许，不得修改或变动。但投标企业可以据实对招标文件提出补充项目及其相应的费用，并写成函件，作为投标文件的组成部分。

对于没有给出实物工程量清单的招标工程，应根据给定的工程设计图纸及有关工程量计算规则进行工程量计算。在计算中应注意以下几点：

- ①）正确划分分部分项工程项目，与当地现行定额项目一致；
- ②）按照一定的计算顺序进行，尽量避免漏算或重算；
- ③）严格按设计图纸所标明的尺寸、数据计算；
- ④）在计算中要结合已定的施工方案或施工方法；
- ⑤）最后进行认真复核检查。

3. 确定分项工程单价。各分项工程的单价，一般情况下可以从现行的预算定额、单位估价表及单位估价汇总表上直接查得。但作为计算工程投标报价的依据，投标企业应根据企业的劳动生产率水平、材料消耗水平及材料供应状况等，自行编制分项工程单价表。

- ①）确定材料和设备的预算价格。随着建筑业的改革和物资供应体制的变化，目前

材料和设备的供应渠道增多，其价格也就多变。尤其是各种建筑材料和制品议价的较多。因此，应根据招标文件规定的材料和设备供应方式，分别确定其预算价格。尤其是按规定由施工企业自行解决的各种建筑材料、制品、构件和设备，应认真地调查市场，经过综合分析，确定出符合实际情况的预算价格。

②）确定人工、材料和机械台班的消耗量。预算定额规定的人工、材料和机械台班消耗量，是按社会平均先进水平确定的，在确定分项工程单价时，可以它为基础，根据本企业实际的技术水平和管理水平，结合历年积累的人工、材料和机械台班的单位消耗量数据，逐项地进行计算和调整，确定出适合本企业和单位的消耗量。如施工机械台班消耗量的确定，要结合施工方案，最大限度地安排好施工机械的工作时间，精心安排其作业计划，尤其要加强各种机具设备的配套使用，合理降低机械的停机时间，提高其生产效率。

③）确定分项工程单价。根据已经确定的人工单价、材料和设备的预算价格，以及施工机械台班单价和确定的人工、材料和机械台班的消耗量进行计算，得出各分项工程的单价。有些施工企业据此逐项编制投标工程的单位估价表。这种单位估价表不仅用于一项工程的投标报价，而且在同一地区类似的工程可以通用，或者只需修订一些有变化的分项工程单价。

4．确定工程直接费。将以上确定的分项工程单价与相应的工程实物量相乘，即为该分项工程的直接费，将各分项直接费汇总即为整个工程的单价表。还应考虑其他直接费的计算，如工程用水电费用调整，冬、雨季施工增加费，夜间施工增加费以及流动施工津贴等。其他直接费的确定应结合工程实际情况，采取有效措施降低其取费标准。这样才使得所确定的投标报价更具有竞争力。

5．计算间接费用。在工程投标报价中，间接费所占的比例是较大的。目前国内工程投标报价计算中的间接费一般均按当地现行的取费标准进行计算。但为确定出具有竞争力的投标报价，应结合本企业的实际情况，科学地测定间接费用，特别是施工管理费的测定。

①）测定施工管理费时应确定的几个数据：

- 投入到本工程上的全员编制人数；
- 投入到本工程上的非生产人员数；
- 全员劳动生产率；
- 年直接费产值；
- 年计划完成产值；
- 年有效施工天数。

②）施工管理费的测算方法。根据本企业历年积累的各项管理费开支费用数据，逐

项加以研究，预测出计划工期本工程上所使用的管理费数据。计算公式如下：

$$\text{施工管理费率} = \frac{\text{计划工期施工管理费总额}}{\text{工程直接费总额}} \times 100 \% \quad (2-1)$$

对于其它间接费，施工企业在确定报价时，可以根据工程实际条件设法降低其费率。如临时设施费。尽管国家及各省有关部门规定，地市级国营施工企业对一、二类工程可按2 %的费率计算，但如果设法利用现场的已建或拆迁工程，或采用活动装配式临时设施，就可将费率降低到2 %以下。

6．确定利润和税金。投标报价的利润，要根据具体情况确定。国内工程可在规定的利润率上，上下浮动，即采取弹性的利润率。当企业任务饱满，并不急于获得工程时，或工程专业性强，而本企业在此方面信誉较高，竞争力较强时，可以适当提高利润率；而当企业任务较少，急于获得工程时，或者企业来到一个新的地区，急于开辟市场时，可以降低利润率，有时甚至可能承担亏损的风险。

税金，一般按当地规定的税种和税率直接计入到工程造价中。

对于不可预见费等其他费用，可根据过去积累的资料、以前计算投标报价的经验和国家有关部门的规定进行计算。

7．投标报价的汇总、调整 and 决策。将以上分别确定的直接费、间接费、利润和税金、不可预见费等其它费用进行汇总，就得到工程的造价。但此造价尚不能作为工程的投标报价，还需进行审核和调整。审核主要从两方面，一是计算过程中有无差错，二是将其与类似工程相比和分析，验证其合理性。调整就是在分析各个竞争对手的实力，对报价进行必要的调整。最后在充分考虑竞争对手可能采取的投标策略及其报价的基础上，制定本企业的投标策略和报价技巧，由企业的决策者作出最后的投标决策。

另外，有些工程的招标文件规定应在报价文件中列出主要工料数量，投标单位即可以根据预算编制中的工料分析方法，计算出主要工料的消耗数量，填入规定的表格内。

(三) 标价的快速计算

建筑工程的现行定额中，项目划分很细，预算工作十分繁琐复杂，不但工作量浩大，重复漏项之处还在所难免。研究其中各分部分项工程的造价在总造价中所占的比例后，可以发现有些分部分项工程，如油漆、粉刷等，其在总造价中所占的比例很小，而工作量所占的比例却很大。对于一般性工民建工程，有将近40 % ~50 %的分部分项工程的造价，在总造价中所占的比例不到1/6 ~1/5。可见在这种工程中，只要计算另一半分部分项工程的造价，就可以达到掌握整个工程80 %造价的目的。凭此80 %的工程造价，只需加进一个经验数据，即可很快估算出整个工程的造价来，而工作量却只有原来的一半。



这个经验数据，将因工程的类型不同和工程用途的差异，造成其主要分部分项工程互不相同而有所不同。确定时，应采用数理统计的方法对各类工程进行测算，求出主要工程量项目及其造价占工程造价的百分数。报价时，只要算出主要工程项目的造价，然后除此百分数，就可估算出整个工程的造价。

例如，通过统计测算得知，主要工程项目的造价占总造价的80%，已知本工程主要工程项目的造价为72 万元，则：

$$\text{总造价} = 72 \text{ 万元} / 80 \% = 90 \text{ 万元}$$

以后，再根据反馈的信息，把报价与工程实际造价进行比较，不断修正此百分数，就可以不断提高计算的准确度。

标价快速计算的方法，具体有扩大定额法、概算指标法、近似估算法等。

1．扩大定额法。扩大定额法亦可称为概算定额法，它利用概算定额的一个分项包括了预算定额中许多分项的特点。例如，带形基础这一项，就包括了预算定额中的人工挖地槽、人工回填土、余土外运、基础垫层、砖基础、防潮层六项，这样就使标价计算工作大大简化。

此法用于生产车间或价值较大的工程。具体做法是：

- (1) 根据概算定额项目编制估价表，得出概算工程单价；
- (2) 根据概算定额项目和初步设计简图，计算或估算出主要工程项目工程量，如基础、墙体、楼地面、屋面等；
- (3) 套用相应的概算工程单价，算出主要工程项目的直接费；
- (4) 按次要分项工程直接费占主要分项工程直接费的百分比，算出次要分项工程的直接费，如压顶、挑檐、伸缩缝、混凝土垫块、墙脚护坡等；
- (5) 计算标价：

$$\text{标价} = \text{主要分项工程直接费} + \text{次要分项工程直接费} + \text{施工管理费} + \text{不可预见费} \quad (2-2)$$

2．概算指标法。此法用于民用住宅、学校、办公楼、化验室、医院、仓库、机修车间等结构基本相同的、且同类工程可重复建造的次要工程。此法以工程的建筑面积乘以单位面积的造价，或以建筑体积乘以单位体积的造价后，而得出工程的估价。其中民用建筑包括室内上下水、电气、照明等，以单位面积造价指标计算，生产车间或辅助车间以单位体积概算指标计算价值。当建筑物各部位的施工方法或装修标准差别较大时，最好把建筑面积分开，套用不同的单价。然后，另加施工管理费和不可预见费。

3．近似估算法：

(1) 单位法。根据建筑物使用的特点，选出某种有代表性的标准单位，乘以相应的单价后，可近似估算出工程造价。或医院建筑可用床位作为标准计价单位，学校可以按

座位计算。此种方法虽然十分简单，但正确选择单价是个关键，必须在积累足够的技术经济统计资料的基础上，由经验丰富的估算人员定出。

单价的制定还可以通过分析对比近期竣工的同类型工程的造价后确定。此法的缺点是过于粗糙。

②）面积周长法。把楼层面积与周长结合起来估算造价的方法。

③）成本法。利用其他相似工程的成本分析资料为基础，估算出本工程的造价。

## 第四节 投标报价策略

工程投标报价策略，既是一门科学，也是一门艺术。目的是以最小的代价获得最大的经济效益。施工企业要想在投标中取胜，必须善于运用投标报价策略。

竞争取胜的基本规律是“扬长避短、以长胜短、以优胜劣”。这是投标报价的总原则。具体做法可归为以下几种：

1．充分发挥施工企业自己的技术优势，投出具有竞争力的标。所谓充分发挥施工企业自己的技术优势，主要指两个方面：一是施工企业利用自己较强的技术力量，仔细研究设计图纸。如果能发现某些设计不合理的问题并提出修改建议，就可在按原设计提出报价之外，另附上一个修改原设计的“建议方案”。无论所提方案是否被采纳，都会引起招标单位的重视。在这种形势下，只要报价在合理范围之内，中标的可能性是较大的。

例如，我国鲁布革水电站引水系统工程招标时，日本大成公司将原设计的隧洞马蹄形开挖断面改成圆形开挖断面，减少开挖和回填量各10.8万m<sup>3</sup>，降低投资881万元，搏得我国同行的一致好评。二是施工企业扬己之长，克人之短。例如某市磷铵厂打桩工程招标时，甲方在标函中要求乙方能打25m长的钢筋混凝土桩并能制桩。参加投标的某冶建公司在分析各投标单位的基本情况时，对自己的技术优势作了确切的判断。该公司已打过24m长的桩而不接头，打桩速度和质量优于其他两公司，具有施工、材料、设备总承包的条件，因此，该公司认为，只要报价合理（不要求最低标），就可得标。后来果如所料。

2．利用施工企业的资金、材料优势，针对招标工程挖掘本企业的潜力，为招标单位解决某种困难，或在标函中附以优惠条件，这对争取中标可起重要作用。

例如上海石洞口电厂主厂房基础打桩工程招标时，××冶金建筑公司在报价和工期都高于对手的条件下，因在标函中附有垫借12000t钢板桩的优惠条件，并力争提前15d

完工，解决了业主材料短缺的燃眉之急，从而一举夺标。

3. 精心进行施工组织设计，选取最优施工方案、新技术措施和先进的施工管理方法，确保施工企业能投出具有竞争力的标。

例如大连港和尚岛码头挖填方工程招标时，某土石方工程公司，在投标工作中精心进行施工组织设计，采用多孔中空爆破和大型微差挤压爆破技术，使用具有世界水平的牙轮钻（从美国引进）、大型斗容式挖掘机、载重汽车（从意大利引进）以及大马力推土机等进行施工，使投入人员最少（99人），设备效率最高，从而使计划工期比标底工期（17个月）缩短6个月，标价（726万元）比标底降低21.7%。评标委员会全体成员一致推选该公司夺标。

4. 采用不平衡报价法。即对某些项目加价，而对另一些项目减价，以控制总的报价不高。

应用不平衡报价有如下几种情况：

（1）在招标单位允许的范围内，对能早期施工的项目作高价，对晚开工的项目作低价。某水闸工程把下部结构原单价100元/m<sup>3</sup>，改为150元/m<sup>3</sup>；上部结构原单价250元/m<sup>3</sup>改为200元/m<sup>3</sup>，而基本维持总价不变。这样一旦中标，有利于及早收回成本，加速资金周转，减少贷款利息。

（2）在充分研究设计文件、地形、地质、水文、气象等条件的基础上，认真分析工程建设条件。对今后可能增加工程量的项目作较高些单价，对今后可能减少工程量的项目，作较低些单价。这样做，一般可控制不增加总价。只要判断准确，就有可能获得较大的利润。

有的企业把工程中的一些难题抛开（如特殊地基处理）而另行计价，使报价降至很低来吸引业主，从而取得与业主谈判的机会。例如在某项引进工程项目报价中，第一家采用的是固定价，报价4亿美元，而另一家只报2.75亿美元，因此，业主愿意与第二家谈判，而把第一家冷落在一边。其实，最后与第二家成交时，总价还是超过4亿美元。

（3）对于标函中较严苛的条款和不够明确的要求，往往使投标者承担很大的风险。为了减少这种风险，就不得不扩大工程单价，从而提高报价。这样一来有可能导致竞争能力降低而被淘汰，这时可以采用不平衡报价的方法作为对策。具体做法是在标书上报两个单价，一个是按原招标文件中的条件报一个价；另一个报价方案中加以注解：“如果某条款作些改变，则报价可减少一些”，使报价变成最低的。这样一来，业主也会考虑作出某些让步，修改条款而接收低报价方案。

还有一种报价方法是对工程中的一部分没有把握的工作进行报价时，注明“此部分工作按成本加百分之几的酬金结算”等。

（4）有些工程报价，采用“拆东墙补西墙”的办法。例如某市的打桩工程，甲方在

标函中提出，除钢材、木材、水泥由甲方供应并按1984年的市价结算外，其他材料由乙方自理，不涉及价格问题。其中关于动力煤的供应，甲方是否能申请到指标或申请到多少指标均未有确切数字。即使甲方供应也仅仅是甲方负责货源而不承担价差。在这样的条件下，投标企业如按甲方要求计算材料价格，需贴补9万元。然而这是甲方要求，不满足不行。×冶建公司认真测算了砂石料的价格，采用不平衡报价法，用砂石料可以节约的8万元去抵消需补贴的9万元，从而接受了甲方的这一要求。

另外，甲方在标书中还提出，中标后第二天就得签约，否则处以中标价的5%的罚款。而合同条款由甲方拟定，商量的余地很小。对此，该公司根据定额中未包括的，而现场确需发生的费用不漏报的原则，将桩机大范围移动，施工范围内的垫碴等费用一律计入报价，而对制桩场地回填土方暂不计入报价，留在中标后再与甲方协商解决。

⑤）如果发现设计文件中有错误，对有可能改动的项目，可以作较高价，而对于不可能改动的项目作较低价。例如发现标函中所提工程量偏小，而实际工程量可能较大时，则可以提高单价，以防工程实施时影响收入。反之，若发现标函中工程量偏大，而实际工程量偏小时，则应作较低的单价，以达到降低标价的目的。这样，工程实施时反而会增加收入。

⑥）不肯定的项目和没有把握的项目通常是不计入标价的，对于这些项目应进行仔细分析。如果判断发生的可能性大，则作较高的单价；如果判断发生的可能性小，则作较低的单价；或者在甲方允许的情况下，对这些项目不作价而在标函中注明计价方法。

应当指出，虽然用不平衡报价可以收到一定的效果，但在应用上应控制在一定的范围内，否则会引起招标单位的怀疑，甚至弄巧成拙，被作废标处理。

5. 最优期望值法。报价应是工程的实际成本与直接利润之和。每一直接利润额，在投标竞争中都有一个相应的中标概率。直接利润额越高，投标者获利越多，但中标的机会减少。一旦失标，则什么利润也没有了。相反，直接利润逐渐减少，中标机会逐渐增大，当直接利润趋于零时（甚至亏本），中标机会趋于100%，但也无利可图。因此，这里引用一个期望利润的概念。即

$$\text{期望利润} = \text{中标概率} \times \text{直接利润} \tag{2-3}$$

期望利润中的最大者，就是最优期望值。

[例] 某建筑公司为争取承包一项任务，经过计算，要完建该任务的实际成本是5亿元，现拟有5个报价方案，金额分别为5、6、7、8、9亿元。试确定合适的报价方案。

[解] 列表计算如下：

表2 -1 期望利润计算表 单位：亿元

投价方案	报价	成本	直接利润 = -	中标概率	期望利润 = ×
1	5	5	0	1 0	0 0
2	6	5	1	0 8	0 8
3	7	5	2	0 5	1 0
4	8	5	3	0 2	0 6
5	9	5	4	0 .1	0 4

从表中看出，第1 方案，报价等于成本，无直接利润，虽然中标的机会很大，但期望利润为零。报价依次增高，相应中标的机会减少，期望利润也逐渐增加，其中以第3 方案的期望利润值最大，可达1 亿元。这就是最优期望值。因此，应以第3 方案为优选方案，最优的报价是7 亿元。此后，报价和直接利润虽然增加，但期望利润反而减少。因为中标的机会太低，故不宜选作报价方案。

当然，期望利润并非实际上获得的利润，它只是考虑了中标的概率因素，如果第3 方案中标的话，实际利润应是2 亿元。

中标概率的确定，就需要利用企业过去获胜报价历史资料以及竞争对手多少的情况统计分析后得出。

## 六、 投标项目选择

### （一） 选择投标项目的基本原则

施工企业应对投标项目有所选择，特别是可以投标的项目比较多时该投哪个标不该投哪个标以及投一个什么样的标，这都关系到中标的可能性和企业的经济效益。因此，投标决策非常重要，通常要由企业的主要领导人担当此任。要从战略的角度全面地权衡得失与利弊，作出正确的决策。若是饥不择食，见标就投，很容易造成失误，因此，在选择投标项目时，思考的原则是：

1．可行性。选择的投标对象是否可行，首先要从本企业的实际情况出发，量力而行。应以保证本企业均衡生产，连续施工为前提，防止出现“窝工”和“赶工”现象。要从企业的施工力量、机械设备、技术能力、施工经验等方面，考虑该招标项目是否比较合适，能否保证工期和满足质量要求。其次，要考虑本企业的长处和短处，选择适合发挥自己优势的项目，避免自己不擅长的项目和缺乏经验的项目。第三，要分析和预测

是否有夺标的可能。对于毫无夺标希望的项目，就不宜参加投标，以免损害声誉，进而影响未来的中标机会。若明知竞争不过对手，则应退出竞争，与其赔标，不如弃标。

2. 可靠性。要了解招标项目是否已经过正式批准，资金来源是否可靠，主要材料和设备供应是否有保证，设计深度是否满足要求等。此外，尚要了解业主的资信条件及合同条款的宽严程度，有无重大风险性。应当尽量回避那些利小而风险性大的招标项目以及本企业没有条件承担的项目，特别是国外的招标项目，更应注意这个问题。

3. 盈利性。利润也是社会主义企业追求的目标之一。不断增加施工企业的利润，既可保证国家财政收入随着经济发展而稳定增长，又可使企业改善技术装备，扩大再生产；同时也有利于企业职工获得较多的经济利益，改善生活福利设施，从而有助于充分调动企业职工积极性和主动性。

(1) 从期望利润值最大出发（即利润值与中标概率之积），合理地选择利润率；

(2) 分析竞争形势，掌握当时当地的一般利润率水平；

(3) 要有明确的战略战术目标，注意近期利润与远期利润的关系。

4. 慎审性。参与每次投标，都要花费不少人力、物力，付出一定的代价。如能夺标，方有利润可言，失标则什么也没有。特别在基建任务不足的情况下，竞争非常激烈。有时为了企业的生存，各投标单位都在拼命压价，在这种情况下，盈利甚小，而中标很困难。因此，更不能饥不择食地见标就投。除非在万不得已的情况下，决不能承揽亏本的任务。当招标项目较多时，施工企业也要慎重选择投标对象。如果总想多揽任务而缺乏细致的分析，承揽了一些盈利性不大而又难啃的“硬骨头”，便可能会失去集中力量后可以夺标的盈利较多的项目，实在得不偿失。而且包揽工程过多，超过自己的施工能力，往往因赶任务而降低质量或拖延工期，损害声誉。

5. 灵活性。在某些特殊条件下，就得采用灵活的战略战术。例如，为了在某个地区（特别在国外）打开局面，取得立脚点，就不得不采用让利方针，以薄利优质取胜。由于报价低、干得好，赢得信誉，势必带来连锁反应。又如，在施工企业接不到任务，队伍可能窝工的情况下应当仔细分析拟承包工程的成本构成，采用非常规报价策略，进行边际利润值分析，以小盈不为出发点进行投标。在一般情况下，以下的工程项目应当放弃投标：

(1) 与企业经营方向背离的工程；

(2) 工程技术与规模要求超过企业技术等级的工程；

(3) 情况不明或对完成该项任务没有把握的工程；

(4) 本企业的等级、信誉、能力、明显地不如竞争对手的项目；

(5) 建设单位的态度不利于本企业承包或合同条款过于苛刻的工程；

(6) 本企业任务已够饱满，无力承包或施工期很短，本企业一时无法集中人力、物

- 力去完建的工程；
- ⑦）风险性大而盈利性小的工程；
- ⑧）本企业缺乏足够的资金、材料，垫付能力低，而建设单位的资金、材料又不甚落实的工程；
- ⑨）有些特殊项目，自己缺乏能力和设备，而又一时难于找到分包单位的工程；
- ⑩）招标期限过于紧迫，没有充裕时间编好投标文件的项目。

（二）加权评分法选择投标项目

加权评分法选择投标项目，是施工企业对招标工程事先制订出是否参加某项工程投标的价值标准；然后按照这些标准，结合本企业和招标工程的实际情况，逐项进行加权评分；最后将各项得分相加，根据总得分的大小，确定是否选作投标项目，或排定优先投标顺序。其步如下：

1．表2—2 中10 条评分标准的总分为100 分。根据这些评分标准对本企业的重要性，分级确定权数（ $i$ ）。一般可按5、10、15、20 四级，使这些权数的总和为100。

表2 -2 加权评分计算表

序号	评分标准条件	权数 $i$	程度系数 $q_i$	实际得分 $C_i$	备注
	中标承包利润值	20	0.8	16	
	招标工程合同条件	10	1.0	10	
	本企业的能力优势	10	0.7		
	招标工程条件落实	5	1.0		
	中标承包的风险性	15	0.7	10.5	风险小
	近期利益与长远利益	10	0.5		
	中标的可能性	5	0.5	2.5	
	本企业资金周转	10	0.5		
	对企业信誉影响	5	0.7	3.5	影响不大
	材料设备条件	10	1.0	10	材料设备充足
	合计	100	74.5		

2．根据企业现状和招标工程情况，制定评分标准的程度系数（ $q_i$ ），其值从0 到1 之间，即 $0 \leq q_i \leq 1$ 。例如，某招标工程的资金确已落实，有完全的保证，则 $q_i =1$ ；若部分资金尚无确实有把握，则 $q_i <1$ 。

3．将各评分标准的权数（ $i$ ）乘以相应的程度系数 $q_i$ ，得出各评分标准的实际得分

值 $C_i, = i q_i$ 。

4. 计算各类实际标准的实际得分的总和即： $C = \sum_{i=1}^{10} C_i$ 。

如果事先规定投标项目的评分线，那么，当计算所得的实际得分总和大于评分线，则该工程是可选择的投标项目。对于多个可投标工程，依其实际得分总和C 值的大小进行排序，则可得出优先选择的投标项目。

若企业自定的标准是70 分。列表计算结果看 $C =74.5 >70$ ，可投。

(三) 模糊评判投标项目

在进行投标项目评判时，对各评定标准引入“否定”、“中值”、“肯定”等模糊因子。计算出它们的百分率，并据此对投标项目进行评判，即为模糊评判。

设已知各因素 $u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_m$ ，其集合记为 $u = (u_1, u_1, \dots, u_i, \dots, u_m)$ 。这些已知因素相当于加权评分法中的各价值标准。例如， $u_1$  相当于中标承包利润的大小， $u_4$  为招标工程的资金落实等。又已知对 $u_1, u_2, \dots, u_m$  中各因素的评价为 $r_1, r_2, \dots, r_n$ 。例如，对中标的利润的大小 ( $u_1$ )，在企业众多的工作人员眼中，可能有中标利润小；中标利润适中；中标利润大等三种情况。又如对中标承包风险性 ( $u_5$ ) 的评价是：无风险；有风险但不大；风险大三种情况。

设各因素的权数分别为 $b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_m$ ，其集合为 $B = (b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_m)$ 。

权数的大小是依据各权数对本企业的重要性来确定的。其取值范围为0 ~1.0，并且所有权数之和等于1.0。

这样，有第i 个单因素模糊评判的模糊集合 $R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$ ，则形成单因素评判矩阵为：

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

2 -4 )

模糊综合评判为：

$$A = B \circ R = (b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_m) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & & r_{2n} \\ \dots & \dots & & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & & r_{mn} \end{bmatrix}$$

2 -5 )

模糊矩阵运算是先取小后取大。即 $A$  中的元素 $a_j = \bigvee_{k=1}^m (b_k \wedge r_{kj})$ ，其中“ $\wedge$ ”和“ $\vee$ ”为取大和取小的运算数学符号。





## 第三章 建筑施工评标与定标

### 第一节 概 述

#### 一、开标

##### （一）开标程序

1．开标时间。开标应当在招标文件确定的提交投标文件截止时间的同一时间公开进行。

2．开标地点。开标地点应当为招标文件中预先确定的地点。依法必须进行公开招标的工程，其开标应当在有形建筑市场进行。

3．开标会议。

（1）开标会由招标人主持，邀请所有投标人参加。

（2）在开标时，首先由投标人或者投标人集体推选的代表检查投标文件的密封情况。如果招标人委托开标公证，也可以由公证机构参加会议的人员进行检查并公证。

（3）经确认无误后，由有关工作人员当众拆封，宣读投标人名称、投标价格和投标文件的其他主要内容。招标人在招标文件要求提交投标文件的截止时间前收到的所有投标文件，开标时都应当当众予以拆封、宣读。

（4）开标过程应当记录，并存档备查。

##### （二）无效投标

在开标时，如果发现投标文件出现下列情形之一，应当作为无效投标文件，不再进入评标：

1．投标文件未按照招标文件的要求予以密封；

2．投标文件中的投标函未加盖投标人的企业及企业法定代表人印章，或者企业法定代表人委托代理人没有合法、有效的委托书（原件）及委托代理人印章；

- 3. 投标文件的关键内容字迹模糊、无法辨认；
- 4. 投标人未按照招标文件的要求提供投标保证金或者投标保函；
- 5. 组成联合体投标的，投标文件未附联合体各方共同投标协议。

## 二、评标委员会

评标由招标人依法组建的评标委员会负责。

依法必须进行施工招标的工程，其评标委员会由招标人的代表和有关技术、经济等方面的专家组成，成员人数为5 人以上的单数，其中技术、经济等方面的专家不得少于成员总数的三分之二。

评标专家应当由招标人从建设行政主管部门及其他有关政府部门确定的专家名册或者工程招标代理机构的专家库内的相关专业的专家名单中确定，一般应当采取随机抽取的方式。从工程招标代理机构专家库抽取的评标专家，不得超过评标专家总数的三分之一。与投标人有利害关系的人不得进入相关工程的评标委员会，已经进入的应当更换。

评标委员会成员的名单在中标结果确定前应当保密。

## 三、评标

### （一）评标基本原则

评标应遵循下列原则：

- 1. 竞争优选；
- 2. 公正、公平、科学合理；
- 3. 质量好、信誉高、价格合理、工期适当、施工方案先进可行；
- 4. 反不正当竞争；
- 5. 规范性与灵活性相结合。

评标委员会应当按照招标文件确定的评标标准和方法，对投标文件进行评审和比较，并对评标结果签字确认。如果设有标底，商务报价的评审应当参考标底。评标的具体方法见本章第六节的内容。

### （二）对投标文件的澄清

评标过程中，评标委员会可以用书面形式要求投标人对其投标文件中含义不明确的内容作必要的澄清或者说明。要求投标人进一步提交的澄清纯属评标中的技术性措施，如拟投入的某种专业施工机具性能说明；某一综合单价的单价分析表；投标文件中提到

准备采用新技术的质量保证措施的细节等有关问题。投标人应当采用书面形式进行澄清或者说明，但澄清或者说明不得超出投标文件的范围或者改变投标文件的实质性内容。书面澄清文件将作为投标文件的有效组成部分。

(三) 评标原则和方法

按照建设法规的要求，评标委员会确定中标人或者推荐中标候选人排序，应当采用综合评估法或者经评审的最低投标价法。

1. 综合评估法

是指对投标文件提出的工程质量、施工工期、投标价格、施工组织设计或者施工方案、投标人及项目经理业绩等，能否最大限度地满足招标文件中规定的各项综合评价标准进行评审和比较。经评标委员会的表决，确定中标人或者中标候选人的排序。

招标文件中规定的各项综合评价标准，不得有以不合理的条件限制或者排斥潜在投标人，以及对潜在投标人实行歧视待遇的内容。

2. 经评审的最低投标价法

经评审的最低投标价法不一定是最低报价，因为招标人购买建筑产品要考虑价格功能比，因此经评审的最低投标价（也称评标价）是指能够满足招标文件的实质性要求，并且经评审的投标价格最低（但投标价格低于成本的除外），按照投标价格最低确定中标人。

以上两种评标方法的实际操作，见本章第六节的内容。

3. 对过低投标价的质疑

由于不允许投标人以低于本企业施工成本的价格报价竞标，但企业成本为多少是一个较模糊的标准，因此投标报价有下列情形之一时，评标委员会可以要求投标人作出书面说明并提供相关材料：

- (1) 设有标底的评标，投标报价低于标底合理幅度；
- (2) 不设标底的评标，投标报价明显低于其他人的投标报价，怀疑有可能低于其企业成本。

投标人提供相应的说明材料后，经评标委员会论证，认定该投标人的报价低于其企业成本的，不能推荐为中标候选人或者中标人。

(四) 评标报告

1. 评标报告的编写。评标委员会完成评标后，应当向招标人提出书面评标报告，阐明评标委员会对各投标文件的评审和比较意见。评标委员会的工作属于受招标人委托提供咨询服务，因此除非招标人授权评标委员会定标，对各投标书的评审、比较结束后

应提交评标报告，作为招标人定标的依据。

评标报告是评标委员会经过对各投标书评审后提出的结论性报告，一般应分为评标情况说明、对合格标书的评价和推荐中标人名单三部分。

(1) 评标情况。评标报告的第一部分应对评标过程加以说明，包括一共收到多少份投标书，其中有多少份属于无效投标，并具体说明被判定为无效投标书的依据。

(2) 对各有效投标书的评价。此部分是评标报告的重点。对各合格标书应分别就标价分析、实施能力分析、技术建议分析、合同建议分析、授予合同的风险分析等方面分别作出评述。详细说明若将合同授予该投标人，在合同履行过程中对发包方有哪些好处和可能存在哪些风险，以供发包入定标时参考。

(3) 推荐中标人名单。在评审的量化比较基础上，列出投标人的排序，并明确提出评标委员会推荐的中标人（评标委员会定标）或推荐的候选中标人（招标入定标）名单。推荐不超过3 名有排序的合格的中标候选人，以便招标人从中选择一名最符合其要求的投标人作为中标者。

2. 评标报告格式。较为规范化的评标报告通常由5 个部分组成。推荐的评标报告提要为如下形式：

(1) 招标过程。

工程综合说明。

招标过程。

- a. 资格预审文件、招标文件报审时间、招标管理机构核准时间；
- b. 刊登资格预审通告或招标通告的时间；
- c. 领取资格预审文件或招标文件的情况；
- d. 参加现场勘察和投标预备会的情况；
- e. 至投标截止时间收到投标单位的投标文件情况。

(2) 开标过程。开标的时间、地点，参加单位及开标情况。

(3) 评标过程。

评标委员会的组成及人员情况。

评标考虑的内容：

- a. 投标文件符合性鉴定。
- b. 资格审查。包括人员、设备、财务、经验/履约情况等。
- c. 审核报价。
- d. 对投标文件的澄清。

对投标文件的分析论证及评审意见。

(4) 具体评审和推荐意见。

⑤) 附件：

- 评标委员会人员名单；
- 投标人资格审查情况表；
- 投标文件符合性鉴定表；
- 投标书评比表；
- 评分汇总表等。

## 四、定标

定标亦称决标，是指招标人最终确定中标的实施单位。招标人自开标之日起，除特殊情况外，一般应当在30 日内确定中标人。

招标人根据评标委员会提出的书面评标报告和推荐的中标候选人确定中标人，也可以授权评标委员会直接确定中标人。对于依法必须进行施工招标的工程，全部使用国有资金投资或者国有资金投资占控股或者主导地位的，招标人应当按照中标候选人的排序确定中标人。当确定中标的中标候选人放弃中标或者因不可抗力提出不能履行合同的，招标人可以依序确定其他中标候选人为中标人。

按照《招标投标法》的规定，招标人确定中标人前不得与投标人就投标价格、投标方案等实质性内容进行谈判。但为了最终确定中标人，可以分别与评标委员会推荐的候选中标人就投标书中提及而又未明确说明的某些内容进行商谈，以便定标。会谈内容可能涉及落实施工方案中的某些细节；开工的条件和时间；评标报告中提到的质量保证体系需加以补充或完善的内容；招标人准备接受的投标书提出的合理化建议落实细节等作进一步了解。

## 五、招标备案

依法必须进行施工招标的工程，招标人应当自确定中标人之日起15 日内，向工程所在地的县级以上地方人民政府建设行政主管部门或者工程招标投标监督管理机构提交施工招标投标情况的书面报告。书面报告应当包括下列内容：

- 1．招标人编写的招标投标情况书面报告；
- 2．评标委员会编写的评标报告；
- 3．中标人的投标文件；
- 4．中标通知书；
- 5．建设项目的年度投资计划或立项批准文件；

- 6. 经备案的工程项目报建登记表；
- 7. 建设工程施工招标备案登记表；
- 8. 项目法人单位的法人资格证明书和授权委托书；
- 9. 招标公告或投标邀请书；
- 10. 投标报名表及合格投标人名单；
- 11. 招标文件或资格预审文件（采用资格预审时）；
- 12. 招标人招标机构有关人员的证明材料；
- 13. 如委托工程招标代理机构招标，委托方和代理方签订的“委托工程招标代理合同”。

县级以上地方人民政府建设行政主管部门或者工程招标投标监督管理机构自收到书面报告之日起5 个工作日未提出异议，招标人可以向中标人发出中标通知书，并将中标结果通知所有未中标的投标人。

## 六、中标通知书

在投标有效期截止前，发包人可以用信函、电传或电报的形式通知中标人。内容中应明确说明中标人按合同实施、完成本工程及修复缺陷的中标价格和中标工期。中标通知书将成为合同的组成部分。

## 七、签订合同

### （一）合同的签订

招标人和中标人应当自中标通知书发出之日起30 日内，按照招标文件和中标人的投标文件订立书面合同。招标人和中标人不得再行订立背离合同实质性内容的其他协议。如果投标书内提出的某些非实质性偏离的不同意见而发包人也同意接受时，双方应就这些内容通过谈判达成书面协议。通常的做法是，不改动招标文件中的通用条件和专用条件，将对某些条款协商一致后改动的部分在合同协议书附录中予以明确。合同协议书附录经过双方签字后将作为合同的组成部分。

### （二）投标保证金和履约保证

1. 投标保证金的退还。按照建设法规的规定，若招标人收取投标定金，应当自合同签订之日起7 日内，将投标定金退还给中标人和未中标人。

除不可抗力外，中标人不与招标人签订合同的，招标人可以没收其投标定金；招标

人不与中标人签订合同的，应当向中标人双倍返还投标保证金。给对方造成损失的，依法承担赔偿责任。

2. 提交履约保证。如果招标文件要求中标人提交履约担保，中标人应当提交。履约担保可以采用银行出具的履约保函或招标人可以接受的企业法人提交的履约保证书其中的任何一种形式。若中标人不能按时提供履约保证，可以视为投标人违约，没收其投标保证金，招标人再与下一位候选中标人商签合同。按照建设法规的规定，当招标文件中要求中标人提供履约保证时，招标人也应当向中标人提供工程款支付担保。

## 第二节 评标方法

施工招标的评标和定标依据招标工程的规模、技术复杂性来选择评标办法。小型工程由于承包工作内容较为简单、合同金额不大，可以采用即开、即评、即定的方式由评标委员会及时确定中标人。这种方式称为专家评议法，评标委员会根据预先确定的评审内容，如报价、工期、主要材料用量、施工方案、质量和安全保证措施等方面，对各投标书共同分项进行认真分析比较后，以协商或投票的方式确定候选中标单位。由于评审过程是定性的优选法，没有对各投标书作量化比较，评审的科学性较差。其优点是评审过程简单，在较短时间内即可完成，一般适用于小型工程或规模较小的改扩建工程招标。

大型工程项目的评标因评审内容复杂、涉及面宽，通常需分成初评和详评两个阶段进行。

### 一、初评

初评也称对投标书的响应性审查，此阶段不是比较各投标书的好坏，只是以招标文件的投标须知为依据，检查各投标书是否为响应性投标，确定投标书的有效性。

#### (一) 检查内容

检查内容通常包括以下几个方面：

1. 投标人的资格。公开招标时核对是否为通过资格预审的投标人。邀请招标在此阶段应首先对投标人提交的资格材料进行审查，该项工作与公开招标的资格预审基本相同。

2. 投标保证金有效性。如果招标文件要求提供投标保证金的，投标时是否已提交。如



果要求提交投标保函或投标保证金，还需检查保证金额、担保期限是否符合投标须知的规定，以及出具担保书的单位是否为发包人可接受的担保人。

3. 报送资料的完整性。投标书报送的资料是否符合投标须知的规定，有无遗漏。如招标文件除要求投标人提交施工进度计划外，还需编制分月的劳动力安排计划和施工机具强度图，如果缺少任何一项则在详评阶段无法对该标书进行合理的评审比较。

4. 投标书与招标文件的要求有无实质性背离。投标文件应实质上响应招标文件的要求。所谓实质上响应招标文件的要求，是指其投标文件应该与招标文件的所有条款、条件和规定相符，无显著差异或保留。如果投标文件实质上不响应招标文件的要求，招标单位将予以拒绝，并不允许投标单位通过修正或撤消其不符合要求的差异或保留，使之成为具有响应性的投标。

5. 报价计算的正确性。若投标书存在计算或统计错误，由评标委员会予以改正后请投标人签字确认。投标人拒绝确认，按投标人违约对待，没收其投标保证金。

6. 扣除暂定金额。如果工程报价单或工程量清单内包含有“暂定金额”项目时，不论投标人此项金额报价的高低，均应将其从投标书的总价内扣除，剩余金额作为详评阶段商务标评比的依据。因为暂定金额按其性质属于不是中标人在施工阶段一定能够获得的款项，若其中有明显不合理部分时，可以要求投标人予以澄清，也可以作为定标前谈判的内容。

(二) 投标文件应递交资料的主要内容

投标文件应完全按照招标文件的各项要求编制，通常应包括以下内容：

- 1. 投标人填写并签字确认的投标函及投标函附录。
- 2. 投标保证金文件，可以是银行出具的投标保函、企业法人提供的保证书、以支票或汇票形式提交的投标保证金。
- 3. 法定代表人资格证明书。
- 4. 法定代表人签署的对投标代理人的授权委托书。
- 5. 施工组织设计或者施工方案。
- 6. 具有标价的工程量清单与报价表。
- 7. 辅助资料表，包括拟派驻的项目经理简历表；拟派出的主要施工管理人员和技术人员的简历表；拟用于完成招标项目的主要施工机械设备表；项目拟分包计划表；劳动力计划表；施工方案或施工组织设计；计划开工、竣工日期和施工进度表；临时设施布置及临时用地表。
- 8. 资格审查表（适用于资格后审的邀请招标）。
- 9. 对招标文件中的合同协议条款内容的确认和响应。

10. 按招标文件规定提交的其他资料。

对于大型复杂工程的投标，以上这些文件应按商务法律文件、技术文件、价格文件分类、分册装订。如果招标文件允许投标人提供备选标，有实力的投标人可以根据自己的经验和能力对工程的实施提出建议方案，并另行作出相应报价作备选标。但应注意，备选方案在内层封套内应当单独封记并标注“备选方案”字样，然后再与按照招标文件要求编制的投标文件一并打捆包封。因为备选方案招标人可以采用也可以不采用，而且为了保证投标竞争的公平性，只有按招标文件要求编写合格的投标书才考虑备选方案。如果只提交备选方案的投标书，将视为对招标文件没有作出实质性响应。

4. 替代方案和报价（如要求提交）。

（三）对招标文件响应的偏差

投标文件对招标文件实质性要求和条件响应的偏差分为重大偏差和细微偏差两类。

1. 未作实质性响应的重大偏差。

- （1）没有按照招标文件要求提供投标担保或者所提供的投标担保有瑕疵；
- （2）没有按照招标文件要求由投标人授权代表签字并加盖公章；
- （3）投标文件记载的招标项目完成期限超过招标文件规定的完成期限；
- （4）明显不符合技术规格、技术标准的要求；
- （5）投标文件记载的货物包装方式、检验标准和方法等不符合招标文件的要求；
- （6）投标附有本质区别招标人不能接受的条件；
- （7）不符合招标文件中规定的其他实质性要求。

所有存在重大偏差的投标文件都属于初评阶段应该淘汰的投标书。

2. 存在细微偏差的投标文件。

（1）细微偏差。指投标文件基本上符合招标文件要求，但在个别地方存在漏项或者提供了不完整的技术信息和数据等情况，并且补正这些遗漏或者不完整不会对其他投标人造成不公平的结果。对招标文件的响应存在细微偏差的投标文件仍属于有效投标书。

（2）细微偏差的处理。

书面要求存在细微偏差的投标人在评标结束前予以补正。澄清、说明或者补正应以书面方式进行并不得超出投标文件的范围或者改变投标文件的实质性内容。

（3）报价错误的修正。商务标中出现以下情况时，由评标委员会对投标书中的错误加以修正后请该标书的投标授权人予以签字确认，作为详评比较的依据。如果投标人拒绝签字，则按投标人违约对待，不仅投标无效，而且没收其投标保证金。修正错误的原则是：

投标文件中的大写金额和小写金额不一致的，以大写金额为准；

总价金额与单价金额不一致的，以单价金额为准，但单价金额小数点有明显错误的除外；

正本与副本不一致时，以正本为准。

## 二、详评程序

评标委员会对各投标书实施方案和计划进行实质性评价与优劣比较，并找出若授标给该投标人可能存在的好处及隐含的风险。评审时不允许再采用招标文件中要求投标人考虑因素以外的任何条件作为标准。设有标底的，评标时应参考标底。

详评通常分为两个步骤进行。首先对各投标书进行技术和商务方面的审查，评定其合理性，以及若将合同授予该投标人在履行过程中可能给招标人带来的风险。在此基础上再由评标委员对各投标书分项进行量化比较，从而评定出优劣次序。大型复杂工程的评标过程经常分成商务评审和技术评审，为了保证评标的客观、公正，以及保障项目的顺利实施，应先进行技术评审，然后再进行商务评审。如果设立两个评审组，应分别独立工作，在综合评价前不应互通评分信息。

### （一）建设法规规定的评标原则

经初步评审合格的投标文件，评标委员会应当根据招标文件确定的评标标准和方法，对其技术部分和商务部分作进一步评审、比较。

#### 1．经评审的最低投标价法。

- （1）适用情况。招标人对工程的技术、性能没有特殊要求，承包人采用通用技术施工即可达到性能标准的招标项目。
- （2）评审比较的程序和原则。
  - 投标文件作出实质性响应，满足招标文件规定的技术要求和标准；
  - 根据招标文件中规定的评标价格调整方法，对所有投标人的投标报价以及投标文件的商务部分作必要的价格调整；
  - 不再对投标文件的技术部分进行价格折算，仅以商务部分折算的调整值作为比较基础；
  - 经评审的最低投标价的投标，应当推荐为中标候选人。

#### 2．综合评估法

- （1）适用情况。大型复杂工程及其他不宜采用经评审的最低投标价法的招标项目，一般应当采取综合评估法进行评审。
- （2）评审比较的程序和原则。

比较方法类别。可采用综合评分法或评标价法。

采用量化方式比较时，应当对投标文件作必要的调整，将量化指标建立在同一基础或者同一标准上，使各投标文件具有可比性。

对技术部分和商务部分进行量化后，评标委员会应当对这两部分的量化结果进行加权平均，计算出每一投标的综合评估价或者综合评估分。

根据招标文件的规定，允许投标人投备选标的，评标委员会可以对符合中标条件的投标人所投的备选标进行评审，以决定是否采纳备选标。不符合中标条件的投标人的备选标不予考虑。

对于划分有多个单项合同的招标项目，招标文件如果允许投标人为获得整个项目合同而提出优惠，评标委员会可以对投标人提出的优惠进行审查，以决定是否将招标项目作为一个整体合同授予中标人。根据综合评估法，最大限度地满足招标文件中规定的各项综合评价标准的投标，应当推荐为中标候选人。

(二) 对投标书的审查

评审投标人如何实施招标工程时，主要考虑以下几个方面：

1．技术评审。主要是对投标书的实施方案进行评定，包括：

(1) 施工总体布置。着重评审施工现场布局的合理性，避免造成交叉作业的施工干扰，以及与其他分阶段实施工程部分的衔接是否合适。

(2) 施工进度计划。不仅要看总进度计划，而且要考察里程碑工期是否切实可行和保证措施是否科学、可靠。

(3) 施工方法和技术措施。主要评审各单项工程所采用的施工方案、程序与措施，既要保证工程质量和安全，又能减少干扰加快施工进度。

(4) 材料和设备。规定由承建方提供或采购的材料和设备，质量和性能等各项指标是否满足设计和招标文件中的要求。

(5) 技术建议和替代方案。评价这些建议和替代方案对工程的质量和技术性能有何影响，依据可行性和技术经济价值，考虑是否可以全部或部分采纳。

2．价格分析。分析投标价的目的在于鉴定投标报价的合理性，并找出报价高与低的原因。

(1) 报价构成分析。用标底与投标书中各单项工作内容的报价进行对比分析，对差异较大之处找出原因，并评定是否合理。

(2) 计日工报价。分析没有名义工程量只填单价的机械台班费和人工费，报价的合理性。

(3) 分析前期工程价格提高的幅度。虽然投标单位为了解决前期施工中资金流通的

困难，可以采用不平衡报价法投标，但不允许有严重的不平衡报价。过大地提高前期工程的支付要求，会影响到项目的资金筹措计划。

(4) 分析标书中所附现金流量表的合理性。包括审查各阶段的资金需求计划是否与施工进度计划相一致；对预付款的要求是否合理；采用公式法调价时取用的基价和调价系数的合理性及估算可能的调价幅度等内容。

(5) 分析按标书中所提出的财务或付款方面的建议和优惠条件。估价接受该建议的利弊及可能导致的风险。

3. 管理和技术能力评价。着重于实施招标工程的具体组织机构和施工管理保障措施。

(1) 施工管理的组织机构模式。

(2) 管理人员和技术人员的能力。重点在于审查项目经理和总工程师的人选，但也要兼顾派驻现场的主要技术人员在数量上和专业方面能否满足施工要求。必要时还可审查特殊技术工种工人的技术等级和数量。

(3) 施工机械设备。评审投入本工程施工的机具和设备，在类型、型号、数量等方面能否满足施工需要。

(4) 评价质量保证体系。审查质量保证体系的方案、措施等是否先进、合理和可靠。

4. 商务法律评审。该部分为对投标书的响应性检查。

(1) 投标书对招标文件中的规定是否有重大偏离。允许投标书中提出与招标文件规定不一致的方案或建议供评标参考，但这些背离或保留不能在实质上影响到承包工程的范围、质量、应承担的合同责任，以及实质上限制了合同条件中规定的项目法人权利。

(2) 修改合同条件某些条款建议的采用价值。投标书中有多方案报价时，审查修改部分规定的双方权利义务条款后，可能降低报价的经济价值和预估带来的风险后，确定该建议是否可行。

(3) 替代方案的可行性。标书在正常报价之外提出的替代方案，不仅要考虑其技术可行性，还要评价它的实用价值及对工程造价的影响。

(4) 评价优惠条件。分析如果从优惠条件方面考虑授予合同，在其他方面可能存在的风险。

(三) 对投标文件的澄清

为了有助于对投标文件的审查、评价和比较，对于大型复杂工程在必要时评标委员会可以分别召集投标人对投标文件中的某些内容进行澄清。在澄清会上对投标人进行质询，先以口头形式询问并解答，随后在规定的时间内投标人以书面形式予以确认作出正

式答复。澄清和确认的问题需经投标单位的法定代表人或授权代理人签字，作为投标文件的组成部分。但澄清的问题不允许更改投标价格或投标书中的实质性内容。

### 三、综合评分法

综合评分法是指将评审内容分类后分别赋予不同权重，评标委员依据评分标准对各类内容细分的小项进行相应的打分，最后计算的累计分值反映投标人的综合水平，以得分最高的投标书为最优。这种方法由于需要评分的涉及面较宽，每一项都要经过评季打分，可以全面地衡量投标人实施招标工程的综合能力。

大型复杂工程的评分标准最好设置几级评分目标，以利于评委控制打分标准减小随意性。评分的指标体系及权重应根据招标工程项目特点设定。

#### （一）比较内容和标准的设定

综合评分法是依据招标文件中规定的评标方法，对投标书中的实施计划（包括报价）进行全面比较，以选择最大限度满足招标文件要求的投标书。

1．技术标和商务标标准分值或权重的设定。较为简单的工程项目由于评比要素相对较少，通常采用百分制法评标，但应预先设定技术标和商务标的满分值；大型复杂工程的评审要素较多，简单的百分制法不能满足要求，需将评审要素划分成几大类并分别给予不同的权重，每一类再采用百分制记分。技术部分与商务部分分值的分配比例，应按照工程项目的特点和招标人对投标人要求不同具体设定。如较为普通的工程项目，一般的承包人采用常规方法即可完成，商务部分的分值的比例较高（如70 % ~90 %）；而大型复杂工程，则应更强调技术标的质量，降低商务标分值的比例。因此投标竞争不是简单的投标报价高低的比较。

2．评审要素的设定。为了能够对各投标书进行客观公正的比较，应合理地选择对招标工程有较大影响的要素进行比较，既不要过于简单使条件不是最好的投标人中标，也不应过于繁多，导致评审比较的重点不够突出。

3．为了保证评标委员之间主观评审的差异不致过大，分值的分配范围应有细化标准。

#### （二）商务标的评分办法

报价部分的比较按照评分基准不同，可以划分为用标底作为衡量基准、用修正标底值作为衡量基准和不用标底而考虑投标人报介水平计算衡量基准三大类。

1．以标底作为标准值计算报价得分的综合评分法。评标委员会首先用标底作为衡量标准，以预先确定的允许报价浮动范围（例如偏离标底上5 % 下7 %）筛选入围的有

效投标，然后按照评标规则计算各项得分，最后以累计得分比较投标书的优劣。应注意，若某投标书的总分不低，但其中某一项得分低于该项及格分时，也应充分考虑授标给此投标人在实施过程中可能发生的风险。

2. 以修正标底值作为报价评分衡量标准的综合评分法。以标底作为报价评定标准时，有可能因编制的标底没有反映出较为先进的施工技术水平和管理水平，导致报价分的评定不合理。为了弥补这一缺陷，采用标底的修正值作为衡量标准。此方法在工程项目管理的有关著作中也称为A +B 法，A 值为反映投标人报价的平均水平，可以是简单算数平均值，也可以是加权平均值；B 值为标底。具体步骤为：

(1) 淘汰报价不合理的投标书。

计算经过审查认为可以接受的各投标书报价的算数平均值，以这个平均值考察报价的平均水平。

将各标书报价平均值与标底再作算数平均。

以 算出的值为中心，按预先确定的允许浮动范围（如±10）确定入围的有效投标书。此范围作为第一次对报价合理性的判断标准，将所有投标人分成高于和低于此值的两类，超过设定范围的投标书将被认为报价不合理，予以淘汰。

(2) 计算报价项的评分基准（或称为最佳分点）。

计算所有人围有效标书报价的平均值A：

- a. 低于标底入围报价的平均值为X，加权系数
- b. 高于标底入围报价的平均值为Y，加权系数
- c.  $A = X + Y$

式中 的取值建议在0.3 ~0.7 范围内，且应满足  $+ =1$ 。

以标底为B。

最佳分点 = A + B。

式中 的取值建议在0.35 ~0.65 范围内，且应满足  $+ =1$ 。

(3) 计算有效投标书报价项的得分。

以评分基准为标准，再将入围标书分成高于和低于此值的两类。

依据评标规则确定的计算方法，按报价与标准的偏离度计算各投标书的该项得分。

目前在国内工程的施工招标评审过程中，为了减少评标的计算工作量经常将第一步简化，以标底为基数用某一预定浮动范围（如上5 % 下7 %）直接作为入围投标书的衡量标准。

3. 不用标底衡量的综合评分法。前两种方法在商务评标过程中对报价部分的评审都以预先设定的标底作为衡量条件，如果标底编制得不够合理，有可能对某些投标书的

报价评分不公平。为了鼓励投标人的报价竞争，可以不预先制定标底，用反映投标人报价平均水平某一值作为衡量基准评定各投标书的报价部分得分。但此种方法有不同于评标价法中鼓励低报价，仍然设置一个标准值，视报价与其偏离度的大小确定分值高低。采用较多的方法包括：

（1）以最低报价为标准值。在所有投标书的报价中以报价最低者为标准（该项满分），其他投标人的报价按预先确定的偏离百分比计算相应得分。但应注意，最低的投标报价比次低投标人的报价如果相差悬殊（例如20 %以上），则应首先考察最低报价者是否有低于其企业成本的竞标，若报价的费用组成合理，才可以作为标准值。

（2）以平均报价为标准值。开标后，首先计算各主要报价项的标准值。可以采用简单的算数平均值或平均值下浮某一预先规定的百分比作为标准值。标准值确定后，再按预先确定的规则，视各投标书的报价与标准值的偏离程度，计算各投标书的该项得分。

## 四、评标价法

评标价法是指评审过程中以该标书的报价为基数，将预定的报价之外需要评定要素按预先规定的折算办法换算为货币价值，按照投标书对招标人有利或不利的原则，在其报价上增加或扣减一定金额，最终构成评标价格。评审价格最低的投标书为最优标书。

### （一）评标价法的特点

1. 进入量化比较阶段的标书必须是经过评标委员审核可以接受的标书，即施工组织、施工技术、拟投入的人员、施工机具、质量保证体系等方面合理，实施过程不会给招标人带来较大风险的投标书。
2. 横向量化比较的要素比综合评分法的要素项少，简化了评比内容。
3. 以价格作为量化的基本单位。
4. 从建筑产品也是商品的角度出发，评审价格反映了购买建筑产品的价格—功能比。因此需预先确定比较的内容和折算成一定价格的方法。
5. 评审价格（评标价）既不是投标价也不是中标价，只是用价格作为指标评审标书优劣的衡量方法，评标价最低的投标书为最优。
6. 定标签订合同时，仍以该投标人的报价作为中标的合同价。

### （二）评审量化折算

由于评审比较内容中有些项目是直接用价格（元）表示的，但也有某些要素的基本单位不是价格，如投标工期的单位是月（或日），所以需要一定的方法将其折算为价格，以便在投标价上予以增减。可以折算成价格的评审要素一般包括：



1. 投标书承诺的工期提前给项目可能带来的超前收益，以月为单位按预定计算规则折算为相应的货币值，从该投标人的报价内扣减此值。

2. 实施过程中必然发生而标书又属明显漏项部分，给予相应的补项，增加到报价上去。如施工现场所在地必需交纳的某些地方税在报价中未包括，而在工程施工过程中一定会发生且将作为施工成本出现，则应把此笔费用加到评标价中，以评定投标人漏报这笔费用在实施过程中可能给发包人带来的风险。

3. 技术建议可能带来的实际经济效益，按预定的比例折算后，在投标价内减去该值。

4. 投标书内提出的优惠条件可能给招标人带来的好处，以开标日为准，按一定的方法折算后，作为评审价格因素之一。如招标文件中说明工程预付款为合同价的20%，投标人在标书内承诺只要求发包方支付15%的预付款，则少要的5%预付款是发包人资金晚到位向银行少付的利息，也可以按一定的方法或比例折算为若干费用计加到评标价内。

5. 对其他可以折算为价格的要素，按照对招标人有利或不利的原则，增加或减少到投标报价上去。

# 第十九篇

## 建筑工程预算定额

## 第一章 建筑工程预算定额

建筑工程预算定额是编制基建预算的基础资料，正确地理解、掌握预算定额的编制与使用方法，有利于编制基建预算，加强基建预算管理。

### 第一节 建筑工程预算定额概述

#### 一、定额的概念和种类

##### 1. 定额的概念

定额是在一定的生产技术条件和施工组织条件下，生产单位和生产者从事生产活动，在人力、物力、财力消耗方面所应遵守和达到的数量标准。它反映一定的社会生产力水平条件下的产品生产和生产消费之间的数量关系。

##### 2. 定额的种类

定额的种类很多，如果按其工程性质不同，可划分为采矿、冶金、机械、电力、水利、纺织、建筑、安装等工程的定额。本手册主要介绍建筑安装工程定额。

#### 二、建筑工程定额的概念和种类

##### 1. 建筑工程定额的概念

建筑工程定额，是指建筑企业及其生产者在正常的施工条件下，为生产一定计量单位的合格建筑产品所必需的人工、材料、机械设备及其资金消耗的数量标准。人工、材料、机械设备及其资金的消耗数量，是随着施工对象，施工方式和施工条件等因素的不同而不同的。然而，定额是指在多数施工情况和正常施工条件下，完成一定量的合格建安产品或一定量工作所必需的人工、材料、机械设备及其资金的消耗数量标准。

##### 2. 建筑工程定额的种类

建筑工程定额的内容和形式，是由建筑安装企业的施工生产需要决定的。

因此，种类的划分，也是多样化的。这里介绍常见的几种分类方法。

(1) 按生产因素分。可分为劳动定额、材料消耗定额、机械台班定额。

劳动定额，又称人工定额，是表示生产者生产效率的水平。它又可分为时间定额、产量定额。时间定额是指在正常施工条件下，规定某一等级工人（或班组）为完成质量合格的单位产品必须消耗的劳动时间，单位为“工日”、“工时”；产量定额（或称每工产量）是指正常条件下，规定某一等级的工人（或班组）在单位时间内完成质量合格的产品数量。其计算方法：

$$\begin{aligned} \text{单位产品的时间定额（工日）} &= \frac{1}{\text{每工产量}} \\ \text{每工产量} &= \frac{1}{\text{单位产品时间定额（工日）}} \end{aligned}$$

劳动定额的表示方法在劳动定额项目表中的栏目里，是采用复式表示方法，表现形式为

$$\frac{\text{时间定额}}{\text{每工产量}}$$

机械台班定额，又称机械台班使用定额。它又可分为机械时间定额，机械产量定额。

机械时间定额，是在正常施工条件下，规定某种机械设备完成质量合格的单位产品所需消耗的机械工作时间，以“台班”、“台时”为单位。

机械产量定额，是在正常施工条件下，规定某种机械设备在单位时间（台班）内完成质量合格的产品数量。

材料消耗定额，是在合理使用的条件下，规定生产质量合格的单位产品所消耗一定品种规格的材料、燃料、半成品、构配件和动力等资源的数量标准。

(2) 按使用对象划分，可分为：施工定额、预算定额、概算定额、概算指标和估算指标。

施工定额：它是规定工作过程或复合过程单位产品生产所需消耗的人工、材料和机械台班（机械费）的数量标准，是供企业内部直接用于施工管理的定额，是编制施工预算，进行内部核算的依据。一般由劳动定额、材料消耗定额和机械台班子定额三部分组成。

预算定额：是指国家确定的允许建设单位、施工单位和生产者为完成一定计量单位的分项工程或构配件所需要的劳动工日、材料、施工机械台班消耗的数量标准。例如制作每10m<sup>3</sup> 预制钢筋混凝土矩形梁需要多少工、各种材料、施工机械台班等。

概算定额：概算定额也称扩大结构定额。它是确定一定计量单位扩大分项工程或扩大结构构件人工、材料、机械台班消耗量的标准。

概算指标：它是以整个房屋和构筑物为对象，以每 $100\text{m}^2$ （构筑物以座）为计量单位而规定的人工、材料、机械台班消耗量的指标及其造价的标准。

估算指标：它是编制建设项目建议书和设计任务书（或可行性研究报告）投资估算的依据，并作为编制固定资产长远规划投资额的参考。

估算指标结合专业特点按其综合程度的不同适当分类。一般工业项目可分为：建设项目指标、单项工程指标、单位工程指标。

建设项目指标：一般应有工程总投资（或称总造价）指标，以生产能力（或其他计量单位）为计算单位的综合投资指标。投资指标包括：按照国家有关规定应列入建设项目总投资的费用；从筹建至竣工验收所需的全部建筑安装工程费，设备、工器具购置费以及其他费用。

单项工程指标：一般系指组成建设项目的各单项工程的以生产能力（或其他计算单位）为计算单位的投资指标。它应包括各单项工程的建筑安装工程费、设备、工器具购置费以及应列入单项工程投资的其他费用。

单位工程指标：一般系指建筑物、构筑物以 $\text{m}^2$ 、 $\text{m}^3$ 、 $\text{m}$ 座等为计算单位的投资指标。

建设项目指标和单项工程指标应说明所列项目的建设特点、工程内容组成、建筑结构特征、主要设备名称、型号、规格、数量、单价，其他设备费占主要设备费的百分比，主要材料用量和基价等。

单位工程指标应说明工程内容、建筑结构特征、主要工程量、主要材料量、其他材料费、人工合计工日数和平均等级以下机械使用费等。

估算指标的附录，主要列出因建设地点的自然条件不同、设备材料价格的不同等对估算指标进行必要的调整换算所必须的有关规定或附表。

③）按管理范围划分，按制定单位和管理执行范围内，可分为全国统一定额和地区统一定额。

全国统一定额，是综合全国建筑工程的生产技术和施工组织管理的一般情况而编制的定额，在全国范围内执行。如现行的通用设备安装工程预算定额、专业通用、专业专用的预算定额等。

地区统一定额，是由国家授权本地区编制的，考虑到本地区的特点，参照统一定额的水平编制，并在本地区使用。如现行的一般通用建筑工程预算定额等。

④）按专业和费用划分，可分为建筑工程定额、安装工程定额、费用标准、工程建设其他费用定额等。

建筑工程定额的种类，如图1 -1 所示。

上述各种定额，虽然适用于不同情况和不同用途，但它们是互相联系的，实际上是

配合使用的。

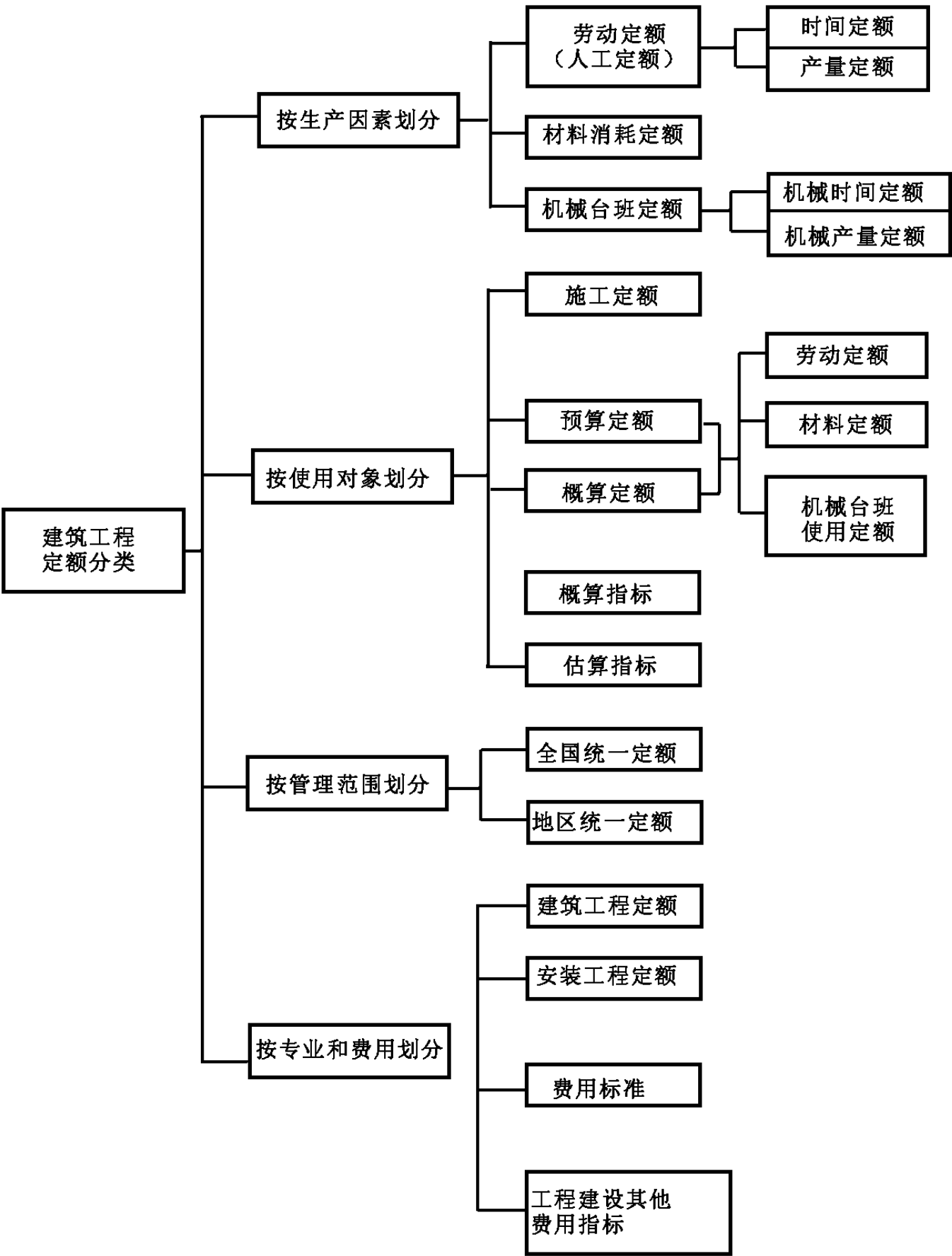


图1 -1 建筑安装工程定额分类示意图

三、 建筑工程预算定额的性质

1 . 科学性

建筑工程预算定额，是以IE（Industrial enginerring）工（企）业管理学科中的作业

研究的理论为基础，以改进施工生产的一种管理技术成果。除了“时间研究”、“动作研究”以及工人、材料、机具在现场的配置研究之外，同时还考虑机具改革、施工生产工艺等技术方面的问题。建筑工程预算定额是在一整套符合建筑安装施工生产客观经济规律基础上，实事求是运用科学方法制定的，是总结了广大工人生产的经验，根据技术测定和统计、分析，综合而制定的。能反映产品上劳动消耗的客观需要量。

预算定额的科学性，还表现在它包括了在一般设计施工情况下，为生产一定计量单位建安产品所需的全部工序、工程内容和人工、材料、机械台班数量，是一种综合性的定额。同时，预算定额项目的确定，体现了已成熟推广的新结构、新材料与新技术、新方法；预算定额规定的人工、材料及施工机械台班消耗量，是考虑在正常条件下大多数企业经过努力能够达到的平均先进水平，具有先进性。它能正确反映当前生产力水平的单位产品所需要的生产消耗量。有利于发挥工人的积极因素，挖掘生产潜力，提高管理水平，促进生产的发展，增进收益。

### 2. 法令性

建筑工程预算定额是国家授权机关制定的。它是遵循经济规律，贯彻党和国家的方针政策的重要经济手段。预算定额批准颁发后，就是一种法令性指标，具有法令性质。各地区各有关单位，都必须严格遵守和执行，不得随意变更定额的内容和水平。这种法令性保证了有一个统一的造价和预算尺度，使国家对设计的经济效果和施工管理水平，能进行统一考核和有效监督。

### 3. 实践性

预算定额制定的过程，既是科学试验，又是生产实践，是理论联系实际的过程。由定额技术管理人员主持，有熟练工人和技术人员参加的定额开发活动，以科学手段和方法进行分析、测定和实验，消除人力、时间等资源的浪费和不合理现象，确立合理的操作方法及其新的标准时间、新的材料和机具消耗指标——新的定额，是广大群众实践的结果。

预算定额的执行，归根到底是要依靠职工的实践活动。如果广大职工干部在实践中不执行定额，那么，再好的定额也不过是一纸空文。所以，好的定额，要在实践中实行，才能发挥效益。

### 4. 灵活性

由于建筑和设备安装工程的生产具有单件性的特点，预算定额在统一的原则下，又具有一定的灵活性，以适应我国幅员广大、各地情况复杂的实际情况。预算定额中，对于引起设计和施工中变化多、影响造价较大的重要因素，如钢筋混凝土工程的钢筋用量、混凝土标号和砌筑砂浆标号选择等，留有“活口”，可以根据实际设计和施工的具

体情况进行调整换算。对于实行招标承包制的工程，施工企业在投标报价时，对各项定额还可以适当浮动。这样，有利于各地、各部门执行。这种灵活性，是定额的法令性的补充。因为允许换算的才能按规定的办法进行调整抚算，这种规定，其本身也具有法令性质。

### 四、建筑工程预算定额的作用

#### 1．预算定额是编制单位估价表和施工图预算的基本依据之一

单位估价表是确定定额单位建安产品直接费用的文件，又称建安产品的预算单价。它是根据预算定额确定的人工、材料、施工机械台班的消耗量和当地的工资标准、材料预算价格和施工机械台班使用费等计算而编制的。施工图预算是按施工图中工程量乘以相应分项工程的预算单价进行计算汇总的。从以上可以看出，施工图纸决定建安产品的工程量，预算定额决定各项分项工程的人工、材料、机械消耗的数量标准及其价格。在工资标准、材料和施工机械台班预算价格不变的情况下，当设计方案确定以后，工程预算造价的准确与否，在很大程序上取决于预算定额的水平。

#### 2．预算定额是国家对基本建设进行经济管理的重要工具之一

预算定额是建筑安装工程施工中劳动消耗的统一水平，是编制施工图预算造价的依据。这样，国家就可以通过预算定额，将基本建设投资和基本建设的劳动力、材料、施工机械等的消耗量，控制在合理的水平。并依据这个水平，根据国力和各地的实际情况，制定基本建设计划，加强基本建设的经济管理工作，防止人力、物力和财力的浪费。

#### 3．预算定额是对设计方案进行技术经济分析的工具

工程设计方案，即要符合技术先进、适用和美观的要求，又要符合经济合理的要求，要从技术和经济两上方面来选择最佳方案，设计部门在进行设计方案的技术经济分析时，特点是选择与推广新结构和新材料时，就是根据预算定额中所规定的人工、材料、机械台班消耗数量标准和单价进行比较的，使其在满足技术先进、适用和美观的前提下，从经济角度来衡量，是否合理、可行和具有普遍推广采用的经济价值。同时，预算定额已综合采用了成熟并已推广了的新结构、新技术和新材料，它也成为推广先进技术的工具。

#### 4．预算定额是进行工程贷款、拨款和竣工结算的依据

根据预算定额编制施工图预算，确定其预算造价，是在工程施工前就编制好的。

因此，施工企业可据此向银行申请贷款，并按照工程进度办理拨款。而且，预算定



额规定了完成各种分项工程的全部工序，检查验收必须符合预算定额关于工程内容的规定，工程价款的结算，也要按竣工的工程量和预算定额中的单价进行核算，保证基本建设资金的合理使用。

5．预算定额是建筑安装企业进行经济核算的依据

预算定额中规定的人工、材料、机械台班消耗量，是建筑安装企业在施工过程中，工、料消耗的最高限额。施工企业为了尽快完成任务，获得最大的效益，必须以预算定额作为评价工作的标准，搞好企业的经济核算，提高劳动生产率，降低材料、施工机械台班消耗量，才能取得较好的经济效果。

此外，建筑安装企业可以根据预算定额中分项工程或结构构件的人工、材料、施工机械台班消耗量和施工图预算各种分项工程量，编制施工作业计划，材料采购计划，劳动力和施工机械调配计划，还可以统计已完的各种工程数量和工作量，可以对施工中各种消耗量情况进行具体的分析，以便找出那些低工效、高消耗的薄弱环节和造成的原因。给改进施工管理，提高劳动生产率和避免施工的浪费现象，提供分析对比的数据。

6．预算定额是编制概算或概算指标的基础资料

概算定额的标定对象，是扩大分项工程或结构构件。所谓“扩大”，其含义就是把预算定额中可以合并的几个分项工程或结构构件，综合合并在一起，使该分项工程或结构构件比预算定额的范围更为扩大，内容更简洁。因此，概算定额在预算定额项目的基础上加以综合，归并而成。同样，在概算定额项目的基础上，再扩大和综合，以整个建筑物按座每 $m^2$ 或每 $100m^2$ 为单位，规定其消耗数量的标准及造价的额度，形成概算指标。

第二节 编制建筑工程预算定额的原则和依据

一、编制建筑工程预算定额的原则

预算定额是基建预算的重要内容和基本环节，它的编制是国家一项政策性、技术性和经济性很强的工作。它既要贯彻党和国家的方针、政策，又要反映生产技术和劳动组织的先进合理水平，还要结合历年定额水平，考虑现实情况和发展，使预算定额符合客观经济规律。因此，在编制预算定额时，必须遵循以下原则：

1．必须坚持统一领导与分级管理相结合的原则

编制预算定额工作的集中统一领导，是指凡有可能在全国范围内统一实行的实额，

必须经国家计委指定的主管部门统一编制，由主经部门负责管理和解释。如各部门之间共性较强的通用安装工程预算定额，就是国家计委指定有关部门统一编制，因此，在项目划分、纳入的工程内容、计量单位、定额水平、工程量计算规则等方面能基本统一。

分级管理，是指在预算编制工作中，允许各部门、各地区根据国家统一规定的编制原则、项目、方法，结合当地实际情况进行编制。如建筑工程预算定额，就是国家授权各省、市、自治区计委、建委负责组织地方建设银行等有关单位，在国家统一规定的基础上编制的，由省计委和建委审批管理，并报国家计委、建设部、建设银行总备案。

### 2. 必须坚持“技术先进，经济合理”的原则

技术进行，主要是指定额项目的确定、施工方法和材料的选择等等，要符合“三化一改”的方向，正确反映设计、施工技术和管理水平，要及时反映和采用已经成熟推广的结构、新材料新技术和比较先进的经验。要按照正常的生产条件，采用先进技术，以社会的平均劳动熟练程度和劳动强度的水平，达到节约资源和降低工程成本。

经济合理，主要是指纳入预算定额的材料规格、质量，施工方法，劳动效率和施工机械台班消耗量等等，要符合当前大多数企业的生产和经营管理水平，符合马克思论述过的必要劳动时间的中等生产条件、中等熟练程度、平均劳动强度的条件。既要遵循国家和地方、主管部门的统一规定，又要考虑到在正常条件下，大多数企业能够达到，少数企业可以超过，或经过努力后可以达到的水平为宜。才能给建筑安装企业必要合理的补偿。每次修订和编制预算定额时，预算定额的总水平，应略高于历史上正常年份已经达到的实际水平，也就是说，预算定额水平的确定，必须符合社会必要劳动量规定的要求。

### 3. 必须坚持“简明、准确和适用”的原则

简明，主要是指预算定额项目综合扩大，简单明了，项目齐全，使用方便，计算简单，文字扼要。

准确，是指预算定额项目与项目间界限划分明确而不含混；分项内容详尽少有活口；工程量计算规则规定严谨；文字说明含意清楚；数据测算精确；各项指标无误；综合因素互相衔接。

适用，主要是指预算定额的内容和形式，既能满足不同用途的需要，具有多方面的适用性，又要通俗易懂，易于掌握和应用。具有一定的灵活性，适用不同的地区和工程。

贯彻这个原则，要特别注意项目齐全，粗细恰当，步距合理，简明扼要。要把已经成熟推广的新技术、新结构、新材料和先进经验的新项目，编进定额。对缺漏项目，注意积累资料，尽快补入定额。定额项目划分要精细恰当。在现行制度下，粗细程度应能

满足期中结算的要求；对于设计应满足对设计方案进行技术经济分析比较；对企业经营管理能满足经济核算的要求。定额的步距，是指同类性质的一组定额在合并时保留的间距。一般要求：对于主要的、常用的项目，步距应小一些；次要的、不常用的项目，步距适当放大些。

贯彻这个原则，必须采取细算粗编的方法。所谓细算，就是在确定每一分项工程或每一结构构件和材料消耗指标时，要反复调查，分析研究，科学实验，保证数据精确。对于常用的主要的项目，人工、材料消耗量和价值较大的项目，要划分细一些，如确定人工消耗指标时，不仅要测算主要工序，同时，也要包括次要工序，要全面进行计算。

所谓粗编，就是预算定额项目的综合程度要大，次要的价值不大的项目，可粗一些；近似项目可以合并。各分项工程的人工、材料消耗量应尽可能列入子目内，减少项目的附注和换算系数。

为了达到简明、准确、适用，稳定定额的水平，统一考核尺度和简化工程计算，编制预算定额时应尽量少留活口，减少定额的换算工作。如对变化小、影响造价不大的因素，通过测算综合取定一个合理数值后应当定死，不应允许换算。但由于建安工程具有复杂、变化较多的特点，应根据实际，允许那些引起设计和施工时变化较多、影响造价较大的重要因素，依照设计图纸及施工组织设计按规定进行换算。同时，对预算定额中的计量单位的选择和工程量计算规则的确定，要合理简化和严密，以达到准确、方便计算的目的。

## 二、编制建筑工程预算定额的依据

编制依据主要有以下几种：

### 1. 设计规范资料

(1) 现行的设计规范、施工和验收技术规范、质量评定标准和安全操作规程。

这些文件是确定设计标准和设计质量、施工方法和施工质量，以及保证安全施工的法规。要根据这些法规来确定预算定额的工、料、机械消耗量以及定额应包括的施工工序、施工方法和应达到的质量标准。

(2) 通用的标准图集和定型设计图纸，有代表性的设计图纸和图集。

以上这些设计图纸和图集，在编制预算定额时，经过仔细分析研究后，可作为计算其工程量、选择结构标准和施工方法的依据。

(3) 成熟推广的新技术、新结构、新材料、先进经验的资料和有关的科学实验、技术测定、统计和经济分析资料。

以上这些资料，是增加新的定额项目、调整定额水平和确定定额数据的依据。

### 2. 定额资料

#### (1) 现行的劳动定额和施工定额

预算定额是在劳动定额和施工定额的基础上编制的。它的人工、材料和施工机械台班等消耗量，要根据劳动定额、施工定额来决定。它的分项和产品计量单位的选择，也是以这些定额为依据，从而保证它们之间的协调性，便于分析对比，缩减预算定额的编制工作和编制时间。

#### (2) 现行的预算定额

现行的预算定额，包括国家和各省、市、自治区过去颁发的预算定额及编制的基础资料、预算工作手册等，是编制预算定额的依据和参考。

### 3. 预算价格资料

预算价格资料，如材料预算价格，施工机械台班预算价格等，这些资料是编制预算定额、确定材料费、机械使用费、测算定额水平的依据。

### 4. 国家的有关办法和规定

如现行的人工工资标准、费用标准、计算办法等，这些资料是编制预算定额，确定人工费和其他费用，测算定额水平的依据。

## 第三节 编制建筑工程预算定额的方法和步骤

### 一、准备工作阶段

1. 根据有关指示，组织计委、建委、建筑公司、建设银行、设计等部门的有关人员，成立预算定额编制机构。组织学习、讨论和统一认识。

2. 拟定编制方案。编制方案主要有：

根据国家政策精神、经济发展和技术进步的情况，确定编制预算定额的基本要求；明确定额的水平、作用和用途；明确定额编制原则和编制依据；确定编制范围和内容；确定定额项目的划分；确定人工、材料、机械台班用量的计算基础和依据资料；确定定额的编排形式、表式、计算单位及小数位数；安排编制工作进度；经费等其他有关问题。

3. 开展调查研究，收集有关资料。要有选择地、重点地开展调查研究，要进行技术测定和现场观察；要全面收集各种的基础资料；同时，要深入了解书面资料反映不出来或反映不可靠不全面的问题。收集到的材料要进行分类和整理，使之系统化。

## 二、编制初稿阶段

- 1. 对于调查和收集的各种资料，进行深入细致的测算和分析研究。
- 2. 确定预算定额的项目和内容。

确定预算定额项目，即分项工程或结构构件项目及子目。确定预算定额项目时，应力求简明、适用、有代表性；便于确定工程单价；便于编制施工图预算；便于统计和成本核算；要反映当前实际的设计与施工水平。

- 3. 确定预算定额的计量单位。
  - (1) 确定预算定额计量单位的原则。

定额计量单位与定额项目内容相适应；要能确切反映单位产品的工料消耗量；要有利于减少定额项目；能简化工程量计算和整个预算编制工作。

定额计量单位的选择，要按照结构构件或分项工程的形体特征和规律性来确定：

当物体三个度量，即长、宽、高都不固定时，如土方、砖、石和钢筋混凝土等工程，采用 $m^3$ 为计量单位；

当物体有一定的厚度，长、宽两个度量在变化，即面积不固定时，如地面、楼面、屋面、抹灰等工程采用 $m^2$ 为计量单位；

当物体的截面积的形状和大小不变，但有不同长度时，如管道、栏杆、铁路装饰线等工程，采用延长米（ $m$ 、 $km$ ）为计量单位；

不规则形状的实物难以度量，就以自然单位或重量为计量单位，如台、套、件、吨、个、组等。

### (2) 定额计量单位的表示方法

预算定额的计量单位，按公制执行。

长度：毫米、厘米、米、公里（ $mm$ 、 $cm$ 、 $m$ 、 $km$ ）；

面积：平方毫米、平方厘米、平方米（ $mm^2$ 、 $cm^2$ 、 $m^2$ ）；

体积（容积）：立方米、升（ $m^3$ 、 $l$ ）；

重量：公斤、吨（ $kg$ 、 $t$ ）。

在预算定额项目表中，一般对定额单位进行扩大，采用原定额单位的10倍、100倍等，以利于定额的编制和使用。如定额计量单位为 $1m^3$ ，则扩大计量单位为 $10m^3$ 。

③) 定额项目表中工、料、机构计量单位及小数位数的确定

人工：以工日为单位，取两位小数；

机械：以“台班”为单位，取两位小数；

主要材料及成品、半成品：

木材以“ $m^3$ ”为单位，取三位小数；

红砖以“千块”为单位，取三位小数；

钢材及钢筋以“t”为单位，取三位小数；

水泥和石灰以“kg”为单位，取整数；

砂浆和混凝土以“ $m^3$ ”为单位，取两位小数；

其他材料，一般取两位小数。

单价以“元”为单位，取两位小数；

其他材料费和中小型机械费以“元”为单位，取两位小数。

数字计算过程中，取位后的数字以四舍五入计算。

4. 计算工程量

计算工程量的目的，是为了通过分别计算出该典型设计图纸所包括的施工过程的工程量，以便在编预算定额时，有可能利用施工定额的劳动、机械和材料消耗的指标。在预算定额中，分项定额的项目往往是一个完整的结构构件，或者是一个综合的工程过程。例如，现浇钢筋混凝土基础这一结构构件，在某省的预算定额中是一个项定额项目，它的工程内容包括：模板的制作、安装、拆除、钢筋的制作、绑扎，混凝土的搅拌、浇捣、养护等。而在施工定额中，定额项目的划分往往是以工种、工序为基础。如上述现浇钢筋混凝土基础的定额项目，在劳动定额中，分别反映在基础模板、基础钢筋、基础混凝土等分节项目中。所以，要利用施工定额中的消耗指标和其他资料，就必须先计算出符合预算定额项目的典型构件和综合施工过程的该典型构件的劳动、机械和材料的消耗量。

5. 计算定额中人工、材料和施工机械消耗量指标，编制定额项目表

6. 测算定额水平

初稿编出后应通过对新编写额与现行的和历史上的定额进行对比，测算新定额的水平。分析定额水平提高或降低的原因，在此基础上，对定额初稿进行必要的修正。

(1) 测算定额水平的方法

定额水平测算方法有：

单项定额测算比较。即对主要的分项工程的新旧定额水平，进行逐项比较。可以用直接费水平对比；定额项目的人工、材料、机械水平对比等。

预算造价水平测算。定额初稿编出后，应计算定额基价。其价标出后，对同一工程，用新旧定额和新旧基价编制出两份预算造价进行比较，测算新旧定额水平。

新定额与施工现场水平进行比较。即把新定额送到施工现场，也实际的工、料等消耗平进行比较。

测算公式，如

原预算定额编的直接费 - 新编预算额编的直接费 / 原预算定额编的直接费 × 100 %

“ + ” 为水平提高（因为直接费减少）

“ - ” 为水平降低（因为直接费增加）

2) 分析定额水平变化的原因

预算定额测算对比分析内容有以下几方面：

规范变更的影响；施工方法改变的影响；材料损耗率调整的影响；材料差价对造价的影响其他材料费变化的影响；劳动定额水平变化的影响；机械台班定额和台班预算价格变化的是响；定额项目变更对工程量计算的影响；更改旧定额的差误影响等。

### 三、修改、审查定稿阶段

通过定额水平测算和修正后，组织有关部门和人员讨论，征求有关部门和群众的意见，最后修改定稿，并写出编制说明和送审报告，报送领导机关审批。

## 第四节 预算定额中人工、材料和施工机械台班消耗量的确定

### 一、预算定额各种消耗指标的计算方法

计算预算定额各种消耗指标，一般采取以下四种方法：

#### 1. 理论计算法

根据设计及施工验收规范，按照理论计算公式，确定材料、成品、半成品耗用量；按照劳动定额和施工机械台班定额计算人工、机械耗用量。

#### 2. 技术测定法

技术测定法是对施工各工序进行现场实际测定，根据测定记录进行整理分析，通过

综合平衡，确定定额数据。

3．统计拟定法

统计拟定法是通过实际完成的工程量、施工任务单、考勤表、领退料单等统计资料，通过归类整理，综合分析，拟定定额数据。

4．经验座谈法

经验座谈法是对过去的经验数据，组织有关人员座谈讨论而确定定额数据。

以上四种方法有时是同时综合运用。

二、计算工程量及其举例

计算工程量要根据编制方案所确定的定额项目和已选定的图纸，按定额子目和已确定的计算单位、工程量计算规则分别计算。要测算出砖墙体内应增减的比重；计算出最后综合取定工程量的数据。例如砖基础经过计算综合取定工程量为砌1 砖占50 %，砌1.5 砖占30 %，砌2 砖及2 砖以上占20 %；1 砖内墙综合取定工程量为砌双面清水墙占20 %，单面清水墙占20 %，混水墙占60 %等等。又如经选定的图纸测算，砖基础的大放脚T 形接头重叠占0.785 %，附墙柱基大放脚宽出部分占0.2575 %，即砖基础的砖和砂浆用量可总减0.53 %，即0.785 % - 0.2575 %；1 砖内墙中梁头、垫块所占体积0.376 %，即1 砖内墙的墙砖和砂浆用量可减少0.376 %。

计算工程量，要用工程量计算表式进行。

计算工程量如下例，见表1 -1 所示（表中数字为假定数字）。

表1 -1 工程量计算表								定额单位：10m <sup>3</sup>			
序号	项 目	砖墙体积		门窗体积		板头		梁头		砖及钢筋砖过梁	
		数量 (m <sup>3</sup> )	%	数量 (m <sup>3</sup> )	%	数量 (m <sup>3</sup> )	%	数量 (m <sup>3</sup> )	%	数量 (m <sup>3</sup> )	%
1	某市机修厂 机修车间	30.01	2.51	24.50	16.38	0.26	0.87	—	—	1.91	6.36
2	某市学校 教学楼	313.27	26.19	233.01	28.46	6.06	3.7	2.46	1.62	6.84	4.37



续表

序号	项 目	砖墙体积		门窗体积		板头		梁头		砖及钢筋砖过梁	
		数量 (m <sup>3</sup> )	%	数量 (m <sup>3</sup> )	%	数量 (m <sup>3</sup> )	%	数量 (m <sup>3</sup> )	%	数量 (m <sup>3</sup> )	%
3	某市住宅楼	852.95	71.3	481.74	36.35	21.09	8.32	3.72	1.03	9.67	4.11
4	合计	1196.23	100	739.25	12.92	27.39	2.29	6.18	0.52	18.42	1.54

三、人工消耗指标及平均工资等级的确定

1．人工消耗指标的内容

预算定额中人工消耗指标，是指在计算单位内为完成定额单位分项工程规定的工作内容，质量标准，操作方式所必需的各个工序用工量。它由基本用工、超运距用工、辅助用工、人工幅度差等四部分组成。

（1）基本用工。它是指完成该分项工程的主要用工量。例如为完成各种墙体工程中的砌砖，调制、运、铺砂浆，传运砖，浇水，安放木砖等所需要的工日数量。由于预算定额是综合性的，包括的工程内容较多，不同工程内容的工效也不一样，例如在墙体砌筑工程中包括门窗洞口、墙心烟囱、弧形及圆形、垃圾道、预留抗震柱孔等，其砌筑要比一般墙体的用工量多，需要另外增加用工量，这些用工量也属基本用工的内容。要单独计算后加入基本用工中。

（2）超运距用工。它是指编制预算定额时，材料、成品及半成品等的运输距离超过劳动定额规定的距离所增加的用工量。

（3）辅助用工。它是指在施工现场发生的材料加工等用工量。例如筛砂子、淋石灰膏、洗石子等增加的用工量。

（4）人工幅度差。它是指劳动中定额中未包括，而在一般正常施工情况下又不可避免的一些零星用工因素，这些因素又不能单独列项，并计算出它们的工程量。因此综合定出一个人工幅度差系数，即增加一定比例的用工，列入预算定额。这些因素有：

在正常施工组织情况，土建各工种工程之间工序搭接以及土建与水、暖、电工程之间交叉配合的所需停歇时间；

施工机构的临时维护、小修；在单位工程之间转移；临时水电线移动所引起工人

的停歇时间；

工程技师检查和隐蔽工程验收而影响工人操作的时间；

工人在现场内因操作地点变动而转移的时间；

施工过程中工种之间交叉作业，难免造成的损坏所必须增加的修理用工；

施工中细小的难以测量的不可避免的少数零星用工等。

2. 平均等级

平均等级是指预算定额中总用工量的平均工资等级。预算定额的人工消耗指标中，有不同种类的工种，例如捣制钢筋混凝土的各分项工程用工，有混凝土工、木工、钢筋工、其他用工，各工种用工又有不同的等级，为了统一计算定额中的人工费用，必须按照预算定额各种用工量、各种工资等级和工资等级系数，采用加权平均方法，计算预算定额总用工量的平均工资等级。

3. 人工消耗指标及平均工资等级的计算方法

(1) 基本工的工日数量和平均工资等级系数、工资等级总系数的计算。

基本工的工日数量：按综合取定的工程量数据和劳动定额中的相应时间定额进行计算。计算公式如下：

基本工工日数量 = (时间定额 × 工序工程量)

例如，砌10m<sup>3</sup> 一砖厚内墙，以劳动定额综合取定比例为：双面清水墙占20%，单面清水墙占20%，混水内墙占60%。根据劳动定额砌10m<sup>3</sup> 一砖内墙主体工程的基本工用工数为：

双面清水墙	2 ×0.994 =1.988 工日
单面清水墙	2 ×0.962 =1.924 工日
混水内墙	2 ×0.808 =1.616 工日
另增加工日：	
附墙烟道	10 ×0.017 =0.170 工日
垃圾道	10 ×0.00018 =0.0018 工日
合计	8.950 工日

计算基本工的平均工资等级系数和工资等级总系数

基本工的平均工资等级应按劳动小组的平均工资等级系数确定。统一劳动定额中对劳动小组的成员数量、技工和普工的技术等级都作了规定，应根据这些数据和工资等级系数表，用加权平均方法计算小组成员的平均工资等级系数和等级总系数。平均工资等级系数计算公式如下：

劳动小组成员平均工资等级系数 = (人工数量 × 相应等级工资系数) ÷ 人工总数

查劳动定额砖石结构砖基础劳动定额规定：小组22 人，其中：7 级1 人、6 级1 人、5 级1 人、4 级1 人、3 级8 人、2 级10 人，则平均工资等级系数为：

$$(2.8 \times 1 + 2.36 \times 1 + 1.99 \times 1 + 1.67 \times 1 + 1.41 \times 8 + 1.187 \times 10) \div 22 = 1.453$$

基本工资等级总系数计算公式：

基本工工资等级总系数 = （基本工工日总量 × 基本工平均工资等级系数）

因此，10m<sup>3</sup> 一砖内墙基本工工资等级总系数为：

$$8.950 \times 1.453 = 13.004$$

2) 超运距的用工量和平均工资等级系数、工资等级总等级系数的计算

超运距用工的计算

a. 超运距 = 预算定额规定的运距 - 劳动定额规划的运距

例如砖一砖内墙10m<sup>3</sup> 主要材料的超运距为：

砂子	80 - 50 = 30m
石灰膏	150 - 100 = 50m
砖	170 - 50 = 120m
砂浆	180 - 50 = 130m

b. 超运距用工量：

超运距用工量，应按超运距的材料、半成品和相应的超运距工日定额进行计算，其计算公式为：

超运距用工 = （超运距材料数量 × 时间定额）

以上述砌一砖内墙材料为例，超运距用工为：

砂子：	2.43 × 0.034 = 0.0826 （工日）
石灰膏：	0.19 × 0.096 = 0.0182 （工日）
砖：	10 × 0.104 = 1.04 （工日）
砂浆：	10 × 0.0468 = 0.468 （工日）
合计：	1.6088 工日

超运距用工平均工资等级系数和工资等级总系数的计算

假定劳动定额对超运距用工的平均工资等级取定数据为3 2 级，工资系统数为1.453。

超运距用工工资等级总系数 = 超运距用工平均工资等级系数 × 超运距用工总量

因此，前例10m<sup>3</sup> 一砖内地工程的超运距用工工资等级总系数为：

$$1.453 \times 1.6088 = 2.338$$

3) 辅助工的工日数量和平均工资等级系数、工资等级总系数的计算

辅助工工日数量

按所需加工的各种材料数量和劳动定额中相应的材料加工时间定额进行计算。

如前便10m<sup>3</sup> 一砖内墙预定定额中的辅助用工为：

筛砂子：2.43 ×0.156 =0.379 （工日）

淋石灰膏：0.19 ×0.40 =0.076 （工日）

合计：0.455 工日

辅助用工平均工资等级系数和工资等级总系数的计算

劳动定额对辅助用工的平均工资等级取定为二级，工资系数1.187。

辅助用工工资等级总系数为：

$$0.455 \times 1.187 = 0.540$$

④）人工幅度差的用工量和平均工资等级系数、工资等级总系数的计算

人工幅度差用工量

按国家规定的工人幅度关系数，在以上各种用工量的基础上进行计算。其计算公式

如下：人工幅度差 = （基本工 + 超运距用工 + 辅助用工） × 人工幅度差系数

假定国家规定的人工幅度关系数为10 %，那么，前例10m<sup>3</sup> 一砖内墙的人工幅度差为：

$$(8.950 + 1.6088 + 0.455) \times 10 \% = 1.1014 \text{ (工日)}$$

人工幅度差的平均工资等级系数和工资等级总系数的计算

国家规定人工幅度差的平均工资等级系数为计算该项用工的总数的平均工资等级系数，等级为该项平均等级。因此，前例的人工幅度差的平均工资等级系数为：

$$(13.004 + 2.338 + 0.540) \div 11.01 = 15.882 \div 11.01 = 1.443$$

人工幅度差平均工资等级总系数为：

$$1.443 \times 1.10 = 1.587$$

⑤）预算定额用工的平均工资系数及平均工资等级的确定

平均工资等级系数 = 各种用工等级总系数 ÷ 各种用工工日总数

如前例，10m<sup>3</sup> 一砖内墙用工的平均工资等级系数为：

$$\frac{13.004 + 2.338 + 0.540 + 1.587}{8.950 + 1.6088 + 0.455 + 1.101} = \frac{17.469}{12.115} = 1.422$$

从工资等级系数表中查知，1.422 的平均工资等级系数，其平均工资等级为3.23级。

预算定额的上述各种用工及平均工资等级，应通过编制“定额项目劳动力计算表”计算，如表1-2 所示。

表1 -2 定额项目劳动力计算表

章名称：砖石工程；节名称：砌砖；项目名称：基础；子目名称：砖基础；定额单位：每10m³砌体。工程内容：调运砂浆、运砖、清理基槽、砌砖

劳动力计算	施工操作名称及工作量		定额编号	工种	等级系数	时间定额	工日数	等级总系数	备注
	名 称	数量 (m³)							
	2	3	4	5	6	7	8 =3 ×7	9 =6 ×8	
	砌砖1 砖	5	§4 -1 -1 - (一)	砖瓦	1 453	0 889	4 445	6 46	
	砌砖1 5 砖	3	§4 -1 -2 - (一)	砖瓦	1 453	0 861	2 583	3 75	
	砌砖2 砖及以上	2	§4 -1 -3 - (一)	砖瓦	1 453	0 835	1 668	2 42	
	埋深超过1 5m 者加工	10	附注	砖瓦	1 453	0 006	0 06	0 087	
	Q 80 +2 36 +1 99 +1 67 +1 41 ×8 +1 .187 ×10 ) ÷22 =1 453								
	小计				1 453	8 .76	12 .72		
	材料超运距加工								
	80 -50 =30 (m )	2 58	§4 -13 -160	砖瓦	1 453	0 034	0 0877	0 13	
	150 -100 = (50m )	0 16	§4 -13 -161	砖瓦	1 453	0 096	0 0154	0 03	
	170 -50 = (120m )	10	§4 -13 -152	砖瓦	1 453	0 104	1 04	1 51	
	180 -50 = (130m )	10	§4 -13 -152	砖瓦	1 453	0 0448	0 448	0 65	
	材料加工								
	筛砂子	2 58	§1 -4 -101	普工	1 .187	0 156	0 402	0 48	
	淋石灰膏	0 16	§1 -4 -109	普工		0 40	0 064	0 07	
	小计						2 060	2 87	
							10 82	15 59	
	工均工资等级9 栏 ÷8 栏 =1 44								
	人工幅度差10 % (并入其他用工按平均工资等级)						1 08		
	工种名称	砖瓦工	其他工			合计	备注	工资等级3 4 级	
	工日数	8 76	3 14			11 90			

注：操作方法：机拌砂浆、人力运输、人工砌砖。质量要求：按国家颁发的施工验收规范。

四、材料消耗指标的确定

1．材料消耗指标的主要内容及其基本计算方法

(1) 材料消耗指标的主要内容

材料消耗是指在正常施工条件下，为完成质量合格的单位产品所必须消耗的各材料和半成品、成品的数量标准。它包括材料的净用量、消耗量以及由于施工原因所造成的材料质量不符标准和材料数量不足的影响。

(2) 材料消耗量的基本计算方法

经验统计法。它是根据历史的统计资料和经验数据，经过分析、整理，统计所耗用的材料数量。

技术测定法。它是通过现场技术测定和实验室试验资料，来确定材料的消耗数量。

图纸计算法。它是按图纸算出各种材料的体积、面积、长度和折算重量。

理论计算法。它是根据建筑构造及作法、材料规格和施工规范等，从理论上计算材料净用量。

以标准砖实砌体为例，计算砖墙的标准砖用量和砂浆用量的理论公式为：

a. 每立方米砌体标准砖净用量（块数） = 
$$\frac{1}{\text{砌体厚} \times (\text{砖长} + \text{灰缝}) \times (\text{砖厚} + \text{灰缝})} \times 2 \times \text{砌体厚度的砖数}$$

b. 砂浆净用量 = 1 - 砖净用量（块数） × 每块体积砌体厚度的砖数：如半砖墙为0.5；一砖墙为1；一砖半墙为1.5；二砖墙为2，等等。

砌体厚、砖尺寸、灰缝计算单位为米（m）。

标准砖规格为：长 × 宽 × 厚 = 0.24 × 0.115 × 0.053（m）

则每块砖体积为0.0014628m³。横竖灰缝取0.01m。砌体厚：半砖墙为0.115m；一砖墙为0.24m；一砖半墙为0.365m，等等。

例如，计算一砖厚的砖墙的标准砖净用量和砂浆净用量：

标准砖净用量 = 
$$\frac{1}{0.24 \times (0.24 + 0.01) \times (0.053 + 0.01)} \times 2 \times 1$$
  
= 529.1（块/m³）

每m³一砖厚的砖墙砂浆净用量 = 1 - 529.1 × 0.0014628 = 0.226（m³）

2．主要材料净用量的计算

计算主要材料净用量，首先应根据设计、施工规范、构造作法、材料规格等有关材料进行计算，然后，根据定额项目综合的工程内容及所占的比重进行适当调整，如嵌入

墙体梁头板头应扣除，突出墙面的砖砌体应增加等，除主体砂浆外，还应考虑附加砂浆等等。

例如上表中选定测算的几个工程中，根据预算定额的工程量计算规则，门窗洞口面积应在墙体中扣除，钢筋砖过梁并入墙内计算，板头未计，因此， $1\text{m}^3$  一砖内墙的材料消耗量不作增减，但梁头等要作调整。根据资料梁头占0.52%，附加砂浆为全浆的4%，其每 $1\text{m}^3$  砖内墙的主要材料净用量为：

标准砖 =  $529.1 \times (1 - 0.0052) = 526.3$  (块)

砂浆 =  $0.226 \times (1 - 0.0052) = 0.225$  ( $\text{m}^3$ )

主体砂浆 =  $0.225 \times 96\% = 0.216$  ( $\text{m}^3$ )

附加砂浆 =  $0.225 \times 4\% = 0.009$  ( $\text{m}^3$ )

3. 材料损耗量的计算

材料损耗量，是指在正常施工条件下建筑材料、成品、半成品场内运输损耗和施工操作损耗的数量。其计算公式为：

材料损耗量 = (材料净用量 × 相应的材料损耗率)

材料损耗率 =  $\frac{\text{损耗量}}{\text{材料净用量}}$

材料损耗率按各地、各有关规定执行。它是在正常条件下，采用比较先进的施工方法而形成的合理材料损耗。应根据历史资料和技术测定，分析过去存在问题，结合今后施工技术和施工管理发展趋势，综合确定一个平均先进水平的损耗率。根据资料，砌一砖内墙的用砖和砂浆的损耗率为1%。则：

标准砖损耗量 =  $526.3 \times 0.01 = 5.263$  (块/ $\text{m}^3$ )

砂浆损耗量 =  $0.225 \times 0.01 = 0.0023$  ( $\text{m}^3$ )

其中：主体砂浆损耗量 =  $0.216 \times 0.01 = 0.0022$  ( $\text{m}^3$ )

附加砂浆损耗量 =  $0.009 \times 0.01 = 0.0001$  ( $\text{m}^3$ )

材料的耗用总量 = 净用量 + 损耗费  
净用量 (1 + 损耗率)

所以，一砖内墙的标准砖和砂浆的实际用量为：

标准砖  $526.3 \times (1 + 1\%) = 523$  (块/ $\text{m}^3$ )

砂浆  $0.22 \times (1 + 1\%) = 0.227$  ( $\text{m}^3$ )

其中：主体砂浆  $0.216 \times (1 + 1\%) = 0.218$  ( $\text{m}^3$ )

附加砂浆  $0.009 \times (1 + 1\%) = 0.009$  ( $\text{m}^3$ )

4. 次要材料的计算

对于那些用量不多，价值不大的次要材料，合并列为其他材料，以“元”为单位列

入定额。其他材料可用估算法计算，也可按其占主要材料与周转使用材料耗用量之和的百分比计算。

5. 周转性材料消耗量的计算

周转性材料，是指在施工过程中多次重复使用的工具性材料，其价值逐渐分次转移到工程成本中，但不构成工程实体，是多次使用而逐渐损耗掉。如混凝土模板、脚手架、档土板等。

周转性材料的耗用量是按多次使用，分次摊销的方法计算。其消耗指标有两个：一是一次使用量；二是摊销量。

(1) 一次使用量，是指在不重复使用条件下，完成定额计量单位产品需要的周转性材料数量。

(2) 摊销量，是指按周转次数分摊到每一定额计算单位的周转材料的数量。

在计算周转性材料的消耗量时，还有其他几项指标，如：

周转使用量，是指在考虑了使用次数和补耗数量后，每周转一次的平均使用量。

周转次数，是指在补损的条件下可以重复使用的次数，根据数理统计确定。

回收量，是指每周转一次，直到最后一次用完后，可以收回的数量。计算时，采用平均数，回收量要从摊销量中扣除。

损耗率，或称补损率。指周转材料在以后周转使用时，为修补损耗需要补充的数量。计算时采用平均耗损率。根据数理统计确定。

回收折价率，是指回收材料价值的折损系数。根据统计确定。周转材料的各项指标的计算公式如下：

第一，捣制构件：

一次使用量 = 每10 (m<sup>3</sup>) 混凝土构件模板接触面积 (m<sup>2</sup>) 数 × 每 (m<sup>2</sup>) 接触面积需要模板 (m<sup>3</sup>) 数 × (1 + 损耗率)

$$\text{周转使用量} = \text{一次使用量} \times \left[ \frac{1 + (\text{周转次数} - 1 \times \text{损耗率})}{\text{周转次数}} \right]$$

$$\text{回收量} = \frac{\text{一次使用量} \times (1 - \text{损耗率})}{\text{周转次数}}$$

$$\text{摊销量} = \text{周转使用量} - \text{回收量} \times \frac{\text{回收折价率}}{1 + \text{间接费率}}$$

第二，预制构件：

$$\text{摊销量} = \frac{\text{一次使用量}}{\text{周转次数}}$$

以前列表中的资料，砖及钢筋砖过梁占墙体1.55%，根据模板设计图计算出，每m<sup>3</sup> 砖及钢筋砖过梁摊销模板为0.0083 (m<sup>3</sup>)。木模支撑为0.018m<sup>2</sup>，铁钉0.3kg。因此，其每立方米一砖内墙中的木模摊销量及铁钉耗用量为：



木模摊销量 = (0.0083 + 0.018) × 1.55 % = 0.0004 (m³)

铁钉耗用量 = 0.3 × 1.55 % = 0.005kg

预算定额中的各种材料消耗指标应通过编制“定额项目材料计算表”进行计算，如表1 -3 所示。

表1 -3 定额项目材料计算表 定额单位 :10 (m³)

计算 依据 及 说明	测算3 种工程，其中梁头占0.52%，砖及钢筋砖过梁1.55%，标准砖净用量5263 块，砂浆净用量2.25（m³），其中，主体砂浆2.16（m³），附加砂浆0.09（m³），模板摊销量0.004（m³），铁钉耗用量0.05kg。													
	材料名称	规格	单位	计算数量	损耗率	使用量	备注	其他材料	名称及规格	单位	单价	数量	金额	
材料 用量	标准砖	240 ×115 ×53	千块	5.263	1 %	5.32								
	主体砂浆	M2.5	m³	2.16	1 %	2.18								
	附加砂浆	M5	m³	0.09	1 %	0.09								
	木模	中板，小木方	m³	0.004	0.004									
	铁钉		kg	0.05	0.05									
	水	m³	kg			2								

五、施工机械台班消耗指标的确定

1．施工机械台班消耗指标的内容

施工机械台班消耗指标，是指在正常的施工条件下，完成合格单位产品所需要各种机械台班的数量标准。计量单位为“台班”，每个台班为每台机械工作8 小时。

2．施工机械台班消耗指标计算依据

施工的机械化水平，应以多数施工企业采用和推广的先进方法为标准。施工机械台班消耗指标，应根据全国统一劳动定额中各种施工机械项目所规定的台班产量进行计算。此外，还应考虑在合理的施工组织条件下，机械的停歇因素，另外增加一定的幅度

差。机械幅度差，包括以下内容：

- (1) 施工中机械转移工作面及配套机械互相影响损失的时间；
- (2) 在正常施工条件下机械施工中不可避免的工序间歇；
- (3) 施工中工作不饱满和工程结尾时工程量不多所损失的时间；
- (4) 工程检查质量和停水停电等引起机械停歇的时间；
- (5) 机械临时维修、小修和水电路移动所引起的机械停歇的时间；
- (6) 冬季施工期内发动机械的时间；
- (7) 不同厂牌机械的工效差；
- (8) 配合机械施工的工人，在人工幅度范围以内的工作间隙影响的机械操作时间。

施工机械幅度差 = 施工机械台班消耗量 × 机械幅度差系数  
机械幅度差系数按统一规定的系数计算。

3. 施工机械台班消耗量的计算方法

- (1) 大型机械的土石方、打桩、构件吊装及运输项目，在预算定额内列有：机械的种类、型号和台班数量。其台班数量等于劳动定额中台班定额加上机械幅度差。
- (2) 垂直运输的塔吊、卷扬机、混凝土和砂浆搅拌机等中小型机械，由于按小组配用，是以小组产量计算机械台班产量，不另增加机械幅度差，直接列入预算定额。
- (3) 也有些中小机械，在定额内以机械使用费表示，不再编台班数量和单价。
- (4) 计算公式为：

$$\begin{aligned} \text{分项定额机械台班使用量} &= \frac{\text{分项定额计算单位值}}{\text{小组总人数} \times \left[ \frac{\text{劳动定额}}{\text{综合产量}} \times \frac{\text{分项计算}}{\text{取定比重}} \right]} \\ &= \frac{\text{分项定额计算单位值}}{\text{小组总产量}} \\ \text{小组产量} &= \text{小组总人数} \times \left[ \frac{\text{劳动定额综}}{\text{合每工产量}} \times \frac{\text{分项计算}}{\text{取定的比重}} \right] \end{aligned}$$

例如，1985 年某省执行全国《建筑安装工程统一劳动定额》规定小组成员22 人，一砖内墙每工综合产量（塔吊）：  
清水墙0.885，混水墙1.05，取得比重为清水墙40%，混水墙60%，则每10（m³）一砖内墙台班使用量为：

$$\frac{10}{22 \times (0.885 \times 0.4 + 1.05 \times 0.6)} = 0.4619 \text{ (台班)}$$

预算定额中的机械台班消耗量，要用“定额项目机械台班计算表”计算，如表1 - 4 所示。

表1 -4 定额项目机械台班计算表 定额单位 :10 (m<sup>2</sup>)

计算依据及说明	1985 年某省劳动定额规定小组成员22 人，一砖内墙每工综合产量（塔吊）：清水墙0.885，混水墙1.05，取定比重：清水墙40%，混水墙60%						
	<div>2001 灰浆搅拌机 = <math>\frac{10}{22 \times (0.885 \times 0.4 + 1.05 \times 0.6)}</math></div> <div>=0.4619（台班）</div> <div>2 ~6t 塔吊 = <math>\frac{10}{22 \times (0.885 \times 0.4 + 1.05 \times 0.6)}</math></div> <div>=0.4619（台班）</div>						
机械台班	名称	规格	劳动定额		台班数	计算系数	机械使用量 (台班)
			编号	台班产量			
	砂浆搅拌机	2001	§5 -2	0.885 1.05	0.4619	1	0.4619
	塔吊	2 ~6t	§5 -2	0.885 1.05	0.4619	1	0.4619

六、建筑工程预算定额项目表的编制

建筑工程预算定额项目中的人工、材料和机械台班消耗指标确定之后，就要编制建筑工程预算定额项目表。也就是确定和填制定额表中的各项内容。将表中的各项内容填制完成之后，即成为建筑工程预算定额。定额项目表的填写方法：

1．表头

即对项该定额的结构特征、工程内容、主要工序、施工方法、计量单位、编制依据等作简要说明。

2．人工消耗定额部分

应列出工人的工种名称、平均工资等级、工日合计数；对用工数量不大和定额中难以预计的零星用工，可合并为“其他用工”，列出其工日数。

3．材料消耗定额部分

应列出主要材料名称，列出数量。对于不同规格和不同标号的材料，可比施工定额更加综合一些。次要材料可合并为“其他材料费”，以金额“元”表示。

4．机械台班消耗定额部分

应列出主要机械名称、品种规格，其消耗指标以“台班”数量表示。中小型机械可

合并为一项，列为“其他机械费”，以金额“元”表示。

5．基价部分

应分别列出人工费、材料费，并合计为基价。基价可以某地区价格为准，也可考虑将定额执行范围内的各地区情况综合取定。这种综合取定的基价一般为参考价格，各地以此为基数进行调整。

6．附注

其他需要说明的一些内容，可在附注中说明。

建筑工程预算定额项目表的表式，如表1 -5 所示。

表1 -5 建筑工程预算定额项目表

1．砌砖  
(1) 内墙

工程内容：

调、运、铺砂浆、砌砖、砌砖基础，包括清理槽基。

砌砖平拱：砖过梁、窗台虎头砖、腰线、门窗套及模板制、安、拆。

安放木砖、铁件。

定额单位：10 (m<sup>3</sup>)

定额编号分项工程		单位	114		
			一砖内墙		
			定额用量	单位	合价
预算基价		元			499 .04
其中	人工费	元			41 .13
	材料费	元			427 .07
	机械费	元			30 .84
人工	砖工	工日	10 .65		
	其他工	工日	4 .04		
	合计	工日	14 .69	2 .80	41 .13
	工资等级	级	3 .7		

续表

材料	标准砖	干块	5.32	66.35	352.98	
	M2.5 混合浆	m <sup>3</sup>	2.18	31.78	69.28	
	M5 混合砂浆	m <sup>3</sup>	0.09	37.35	3.36	
	二等中木方	m <sup>3</sup>	0.004	264.33	1.06	
	铁钉	kg	0.05	1.77	0.09	
	水	m <sup>3</sup>	2.00	0.15	0.30	
	小计				427.07	
机械	2001 砂浆搅拌机	台班	0.4619	7.62	3.52	
	2-6 吨塔吊	台班	0.4619	59.15	27.32	
	小计				30.84	

第五节 建筑工程预算定额的应用

一、预算定额手册的组成

1. 预算定额手册的概念

为了加快施工图预算的编制速度，减轻预算工作人员的工作量，准确无误地确定各分部分项工程的人工、材料和机械消耗指标，将预算定额按一定的顺序，分章、节、项汇编成册。这种汇编成册的预算定额，称为预算定额手册。

2. 预算定额手册的组成

预算定额由目录、总说明、建筑面积计算规则、分部工程、分项（节）工程说明，以及其相应的工程工程量计算规则与方法，分项工程定额项目表、附注和有关附录等组成。

- （1）目录：列在手册最前面，说明各分部的名称、页数，便于寻找。
- （2）总说明：概述了预算定额的目的，指导思想：编制的依据、原则和方法；适用范围；编制预算定额时已考虑和未考虑的因素；以及其他有关问题的说明和使用方法。
- （3）建筑面积计算规则：规定了单层、多层工业与民用建筑物计算建筑面积的内容

范围和方法，不计算建筑面积的范围等。

④）分部说明：着重指出定额项目的编制依据；项目划分和确定定额子目的步距的原则；施工方法；选用材料的规格和技术指标；各种材料的场内运输和施工操作损耗率的确定；定额换算的规定；其他必须注意的问题等。

⑤）工程量计算规则：主要阐述各分项工程工程量计算的原则、方法、要求等，如计算单位和计算方法，分界限的划分，各种构件和结构上孔洞，嵌入物、附属物的计算规定等。

⑥）分项（节）说明：列在项目表的表头左上方，说明该项（节）工程的主要工序。例如某省的预算定额3 -1 内墙的分节（项）说明的工程内容包括： 调、运、铺砂浆；传、运、砌包括浇水； 砌窗台虎头砖、腰线、门窗套砖、平拱及过梁等； 拉结钢筋制作、安装及运输； 安放木砖、铁件。

⑦）项目表：以分部工程归类，并以分项工程子目排列的，在子目栏内标明定额编号、项目名称、计量单位、单价，其中人工费、材料费、机械费分列。列有人工、材料、机械消耗量指标等。

⑧）附注：列在项目表的下方，说明定额规定和设计不符时，怎样进行调整，说明其他应说明的问题。

⑨）附录：列在预算定额的最后面。例如，某省的预算定额的附录：普通混凝土配合比表；砌筑砂浆配合比表；抹灰砂浆配合比表；耐酸防腐特种砂浆及混凝土配合比表；各种垫层、保温层材料配合比表；定额材料成品、半成品损耗率表；定额工料预算价格取定表；预制厂制作的钢筋混凝土构件模板总工日数表等。

## 二、预算定额项目的排列与编号

### 1．项目的排列

预算定额项目，一般根据建筑结构、施工程序、使用材料、质量要求和施工方法等，按章、节、项、子目等顺序排列。

章：指分部工程。如某省现行的建筑工程定额分十六个分部，即十六章。 土、石方工程； 基础、打桩工程； 墙体工程； 脚手架与高层建筑增加； 柱、梁、板工程； 门窗及木装修工程； 楼地面工程； 屋盖工程； 装饰工程； 耐酸、防腐、隔热保温工程； 金属结构工程； 构筑物工程； 厂区道路工程； 大型机械厂外运输及组装拆卸费； 其他直接费定额； 建筑配件。

节：指分部工程以下，按工程性质、工程内容、施工办法、材料类别等分成若干节。如03 的墙体工程中，分为内墙及外墙，空斗及多孔砖墙、石墙等节。

项目：指分项工程，在节以下，按工程性质、规格、材料类别等分成若干分项。如内墙及外墙这一节的工程中，又可分为内墙、外墙等分项。

子目：指在分项中，按结构的规格再细分为许多子目。例如在内墙分项中，还可以分为不同厚度的非框架和框架间的内墙等子目。 $1/4$  砖 , $3/4$  砖以内 , $3/4$  砖以外的非框架、框架间墙。

项目的排列，如下图1 -2 所示：

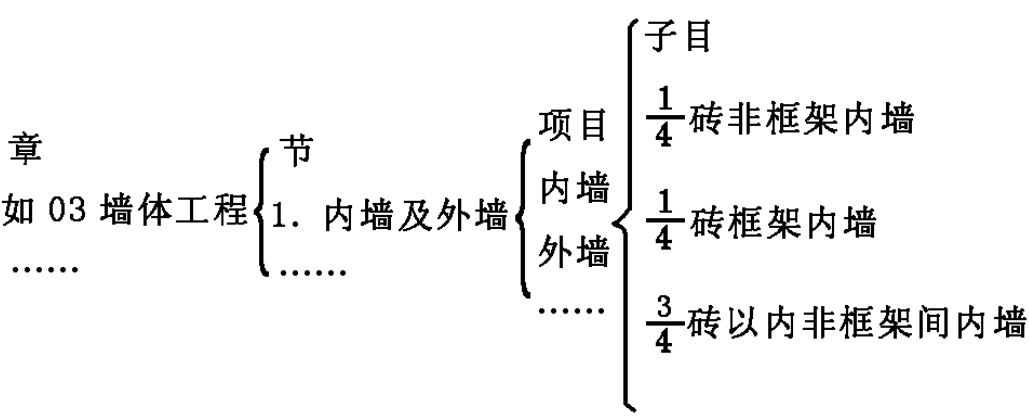


图1 -2 定额项目分类示意图

2 . 定额编号

为了查阅和使用定额方便，采用了一定形式的编号，称为“定额编号”。通常用三个符号或二个符号以及用阿拉伯数字连写的编号方法。

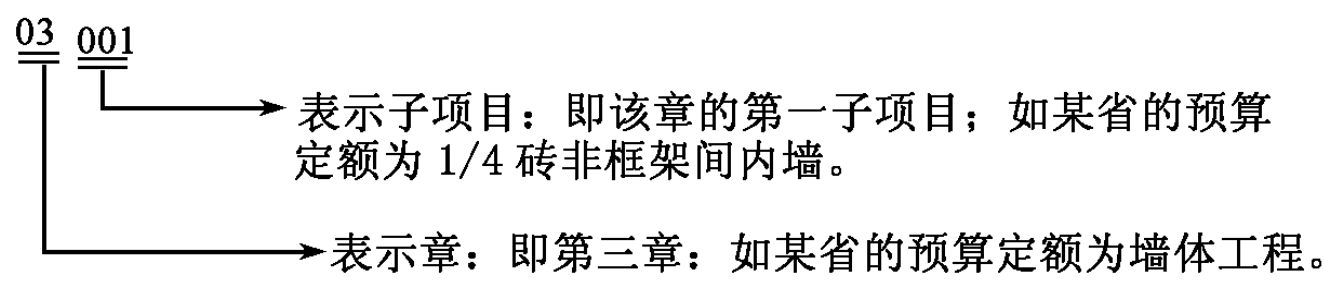
(1) 三个符合定额编号法：即用分部工程一分项工程一子目等三个号码进行定额编号。其表达形式如下：

3 — 1 — 1 如某省的预算定额即为  
1/4 砖非框架内墙  
第三部分 第一分项 第一个子目

(2) 二个符号定额编号法：第一个符号是指分部工程；第二个符号是批发该分部工程的子项目的顺序号。如上例中用二个符号编号，其表示方法如下：

3 — 1 如某省的预算定额即为  
1/4 砖非框架内墙  
第三部分 第一个子目

(3) 阿拉伯数字连写的定额编号法：此编号法是用阿拉伯数字连续写，中间不用连接符号，其表示方法如下：



(4) 换算定额的编号：是在上述定额编号数字后加上“换”字，意思是采用这项定额，但因定额中某部分与图纸要求不符，按规定要进行换算。

(6) 补充定额的编号：是指图纸中某些项目是定额中没有的，进行临时补充，其编号方法是在所属分部工程番号后面，加上补 -1，.....例如3 补 -1，是指在某省的预算定额第三分部中，补充了一个定额项目。

### 三、预算定额的使用

预算工作人员和有关的投资经济管理人员为了熟练、迅速、正确地运用预算定额编制施工图预算，办理工程结算，考核工程成本和人工、材料、机械台班消耗，进行技术经济分析，编制计划和统计报表等，必须熟练地掌握预算定额的使用方法。

#### 1. 学习和理解预算定额

(1) 要学习和理解定额的总说明、分部工程说明以及附录、附表的规定和说明。对定额的编制原则、依据、适用范围、调整换算，已经考虑和没有考虑的因素，其他有关方法的说明和使用方法等，要熟悉和掌握。

(2) 对常用分项工程的工程内容、项目表内容、附注的内容、一些数据的表现形式，要通过日常的工作实践，逐一了解和掌握。

(3) 要熟记建筑面积和各分部分项工程量的计算规则，在计算各分项工程量时，能熟练地运用。

(4) 要注意分项工程量单位和定额计量单位相一致，要会使用定额的各种砂浆、混凝土配合比表等附录资料。同时，要正确掌握施工图设计要求和工程难易程度是否与定额内容相符，只有对预算定额和施工图有确切的了解，才能正确使用定额。

#### 2. 正确套用预算定额

在施工图纸设计要求与定额内容要求相符，且工程量的计量单位与定额计量单位相一致时，可以直接套用定额。先从定额手册的目录中，找出所套用的工程项目，以及该项目在定额中的页数。然后从该工程项目的定额编号栏内，找出定额单价、人工、材料、施工机械消耗量。

在分部分项工程的工程内容同定额中规定的工程内容不相一致，而定额又规定允许



换算时，则必须进行定额换算，然后再套用换算后的定额或定额单价。

在分部分项工程的工程内容同定额中规定的工程内容不相一致，而定额又规定允许换算或调整，则必须按定额的规定执行，则套用相应的定额或相应的定额单价。

如果施工图纸中，某些采用新材料、新结构、新工艺的分部分项工程，而预算定额手册中未列入所需要的定额，也没有相应的定额可参照，则必须套用补充定额或补充单位估价表。

3. 预算定额的换算

定额换算，是指将预算定额中规定的内容，和施工图纸要求的内容不一致的部分。进行调整，取得一致的过程。

当确定某一个工程项目的预算单价时，如果设计施工图的项目内容与所套用的定额项目内容不完全相符时，则不能直接套用定额，应在定额规定的范围内进行换算。经换算后的数量或单价，方可套用。

(1) 定额换算的范围

定额换算的范围，通常是指设计用料、规划品种、标号、配合比、数量、厚度、构造、内容、施工方法等与定额不同；符合定额中各分部分项的附注条件；施工机械种类、型号不同，原定额工日需增加系数等。

(2) 定额换算的内容

定额换算的内容包括消耗数量和定额单价的换算。

(3) 定额换算的方法

消耗数量的换算

a. 按比例增减法：

例如，某省预算定额7 -14 -246 规定1.5cm 厚平面板制作，每100m<sup>2</sup> 耗用一等薄板1.566m<sup>3</sup>，设计图纸改用1.8cm 厚，应换算调整薄板为：

$$\frac{\text{每100m}^2 \text{1.8cm 厚一等薄板}}{1.8} = \frac{1.566}{1.5}$$
$$\text{每100m}^2 \text{耗用1.8cm 厚的一等薄板} = \frac{1.566}{1.5} = 1.044 \text{ (m}^3\text{)}$$

b. 按实墙减法：

例如，某省预算定额9 -2 -22 规定，水泥瓦屋面定额中不考虑穿铅丝、钉铁钉加固，但设计有些项要求时，则按定额附注标准有增加铅丝、铁钉和人工的耗用量。

即增加：#20 铁丝                      0.141kg  
1  $\frac{1}{2}$  铁钉                      0.1kg  
人工3.2 级0.212 工日

c . 理论计算法

是指根据设计、施工验收规范和材料规格等从理论上计算材料的净用量。按规定计算其损耗量。净用量加上损耗量的合计数就是理论计算的材料消耗量。理论消耗量再加或减工程量计算规则规定的综合因素就等于定额消耗量。其计算公式和计算方法见材料消耗量的确定内容。

定额单价的换算

a . 改换单价法：换算公式如下：

$$\begin{aligned} \text{换算后的} &= \text{换算前的} - \left( \frac{\text{应换出材料或}}{\text{定额单价}} \quad \frac{\text{半成品数量}}{\text{定额单价}} \times \frac{\text{相应的}}{\text{预算单价}} \right) + \left( \frac{\text{应换入材料或}}{\text{定额单价}} \quad \frac{\text{半成品数量}}{\text{定额单价}} \times \frac{\text{相应的}}{\text{预算单价}} \right) \end{aligned}$$

例如，某省预算定额规定，一砖外墙用 M2.5 混合砂浆砌筑，用量为 2.5m³，单价为 29 元/m³，定额预算单价 450 元/10m³。设计图纸要求，一砖外墙用 M5 混合砂浆砌筑。从附表中查出 M5 混合砂浆单价为 33 元/m³，则定额单价应换算为：

$$\text{换算后的定额单价} = 450 - (2.5 \times 29) + (2.5 \times 33) = 460 \text{ 元/10m}^3$$

b . 改变用料品种的单价：

例如，定额中的材料有铁钉，而设计要求用铅丝。这样只要改变铁钉的单价为铅丝的单价即可。即在预算单价中减掉铁钉的单价，加上铅丝的单价。

c . 按附注调整法：

即根据定额表的附注说明的调整数值或调整系数进行调整。在利用系数调整时，要区分是定额系数还是工程量系数，定额系数应乘在哪里？定额系数一般在定额说明或附注上；工程量系数一般在工程量计算规则中。定额系数应在定额基价中考虑，工程量系数应乘在工程量上。定额系数有时直接乘在预算价格上，有时还要分别乘在人工、材料或机械费上。因此，要正确理解系数和基数。

(4) 定额换算举例

运距的换算：在预算定额中，对各种项目的运输定额，一般分为基本定额增加定额，即超过基本运距时，另行增加计算。例如，某省预算定额规定，人工运土方最大运距 100m，每 100m³ 天然密实土用 2.8 级工 40.15 工日，每增加 20m 运距人工定额为 2.8 级工 3.74 工日，2.8 级工的工日工资标准为 2.49 元。设计要求人工运土方 1500m³，运距为 180m，其人工费用为：

$$\text{基本定额100m 运距费用为：} 40.15 \times 2.49 = 99.97 \text{ (元)}$$

增加定额费用为：

$$3.74 \times 2.49 \times \frac{180 - 100}{20} = 9.31 \times 4 = 37.25 \text{ (元)}$$

180 m 的运距合计费用为 :99 .97 +37 .25 =137 .22 (元)

木材的换算。预算定额中取定的木材构件断面，与设计木材构件断面不符时，应按规定进行换算。公式为：

$$\text{换算后的材积} = \frac{\text{设计断面 (加刨光损耗)}}{\text{定额断面}} \times \text{定额材积}$$

$$\text{换算后的单价} = \text{定额单价} + \left[ \frac{\text{换算后的材积} - \text{定额材积}}{\text{定额材积}} \right] \times \text{相应的木材单价}$$

例如，某省预算定额规定，框外围面积单裁口四块料的普通门框制作安装，框毛截面为90mm ×60mm，施工图设计要求框毛截面为130mm ×60mm，从定额表和定额附表中查出定额单价为859 .27 元，相应木材单价340 .49 元/m<sup>3</sup>，定额材积为1 .815m<sup>3</sup>。

$$\text{换算后的材积} = \frac{130 \times 60}{90 \times 60} \times 1 .85 = 1 .622 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{换算后的定额单价} &= 859 .27 + (1 .622 - 1 .815) \times 340 .49 \\ &= 1134 .05 \text{ (元)} \end{aligned}$$

标号的换算。标号的换算主要指砂浆的标号和混凝土的标号与定额规定的标号不符合时，定额规定允许换算。其计算方法除了在前面叙述的一种外，还介绍一种，其公式为：

$$\text{换算后的定额单价} = \text{换算前定额单价} \pm (\text{换算用量} \times \text{差价})$$

例如，设计图纸要求某工程的柱为现浇钢筋混凝土矩形柱（柱断面周长1 .2m），其工程量为10m<sup>3</sup>，混凝土标号为C25（砾石直径为20mm），定额规定混凝土标号为C20（砾石直径为20mm）。从定额附录中查出C20 混凝土（20mm 砾石）58 .73 元/m<sup>3</sup>，C25 混凝土（20mm 砾石）61 .11 元/m<sup>3</sup> 定额消耗量10 .15m<sup>3</sup>，定额单价2641 .79 元。则：

$$\begin{aligned} \text{换算后的定额单价} &= 2641 .79 + [10 .15 \times (61 .11 - 58 .73)] \\ &= 2665 .95 \text{ (元)} \end{aligned}$$

钢筋（铁件）重量的换算。在预算定额中，混凝土及钢筋混凝土工程中所列钢筋重量是参考数，其钢筋用量与设计用量不同时，应进行调整。钢筋用量调整是以单位工程为计算单位，其设计钢筋（软件）的实际耗用总量和定额用量比较，超过规定的比例，而允许调整。调整钢筋增减价值按定额中钢筋调整表进行计算。其公式为：

$$\text{钢筋实际用量} = \text{设计用量} \times (1 + \text{损耗率})$$

$$\text{定额用量} = (\text{定额计量单位的钢筋消耗量} \times \text{分部分项工程量})$$

$$\text{钢筋调整量} = \text{实际用量} - \text{定额用量}$$

例如，某项工程经计算其定额用钢筋量为596t，设计用量（包括损耗）为603t，定额规定调整基价为997 元/t，其钢筋的调整调增为：

$$997 \times (603 - 596) = 6979 \text{ (元)}$$

厚度的换算。在预算定额中，对木结构及木装修工程的胶合板、塑料板面层材料及保温材料、楼地面工程的找平层、抹灰等，设计厚度要求不同时，可按实际厚度换算。

例如，某工程的楼地面工程，混凝土或硬基面上的水泥砂浆找平层，基本定额厚度为2cm 第100m<sup>2</sup> 的基价为109.43 元，增加厚度定额每增加0.5cm，其基价为22.95 元/100m<sup>2</sup>，设计图纸要求厚度为2.8cm，其换算方法如下：

$$\text{增加厚度系数 } (2.8 - 2) \div 0.5 = 1.6 \text{ (取2)}$$

$$\text{增加基价值 } 22.95 \times 2 = 45.90 \text{ (元)}$$

每100m<sup>2</sup> 的2.8cm 厚度的水泥砂浆找平层的价值为

$$109.43 + 45.9 = 155.33 \text{ (元)}$$

4. 预算定额中的活口处理

建筑安装工程预算定额中，可以由各地区根据实际情况自行确定消耗标准的部分，叫做定额的活口。因为，建筑安装工程设计和施工的特点，以及各地施工条件千差万别，往往造成定额用量与实际用量差距较大。这时，为了使定额切合实际，规定了定额的灵活性。对那些具有灵活性的因素，定额中规定的数据仅供参考。一部分以换算或调整处理，一部分由各地结合实际情况自行确定消耗标准处理。这部分要根据各地的规定和计算办法执行。如降低地下水位的排水费用；定额中砂子的膨胀系数；混凝土的蒸气养护费；木材的干燥损耗及干燥费等，应根据各地区的规定，自行计算，加入有关费用中。

5. 预算定额的补充

当设计要求与定额条件完全不相符时，或者由于设计采用新材料、新工艺方法，在定额中无这类项目，属于定额的缺项时，可制定补充定额，编制补充定额有两种方法：

(1) 补充方法。按照预算定额时的编制方法，计算劳动力、各种材料和机械台班消耗量指标，并经有关人员讨论后确定，然后乘以人工工资标准、材料预算价格及机械台班费，编制补充定额。

(2) 定额代用法。利用性质相似、材料大致相同、施工方法又很接近的定额项目，考虑（估算）一定系数进行使用。或者是人工费、机械台班费和其他材料费套用相近的项目，而材料消耗量按施工图纸进行计算或测定。

## 第六节 建筑工程综合预算定额

### 一、建筑工程综合预算定额的概念

建筑工程预算定额是以工种或施工过程来划分项目的。因此，定额的子目过多，编制过细，计算烦琐，使施工图预算和招标报价程序复杂化，需要时间长且速度慢，不适合实际工作的需要。为了适应建筑业和基本建设管理体制的改革，实行建设投资包干责任制和招标承包制的要求，必须改变预算定额的结构，制定综合预算定额。

综合预算定额是在建筑工程预算定额的基础上，以主体项目为主，并扩大综合有关项目和其他一些必要项目。简化计算的原则进行编制的数量标准。即综合预算定额中的分部分项工程，是由预算定额中的分部分项工程进行合并简化，以主体项目为主而重新组合而成的。

综合预算定额是编制初步设计概算和施工图预算的依据；是建筑施工企业安排施工任务，编制工料计划，考核工程成本，进行经济核算的依据；是编制招标工程标底的依据；是进行工程拨款或贷款的依据；是编制工程竣工结算的依据；是选择建筑设计方案进行经济比较的依据；是制定建筑工程单价表和单价汇总表的依据；是编制建筑工程投资估算指标基础。

### 二、综合预算定额的编制原则

1. 综合预算定额在编制过程中，考虑在不影响定额水平和保证其相对准确性的前提下，尽可能简化工程量计算方法，因此，定额的项目划分均以主体建筑结构为主，合并其相关部分，对于价值不大的次要项目也应按相关性合并、简化，以减少编制单位工程预算的项目。

2. 构筑物和其他工程，当采用国际或通用图纸，也可按自然单位（个或座）为内容作较大的综合，以便简化计算。

3. 为提高综合预算定额的水平，基本与预算定额保持一致，应将主要项目划分和计量单位加以统一。由于地区差较大等原因，一些零星项目，如雨水管、水斗、明沟、混凝土压顶、伸缩缝等，不能完全综合到有关项目中，可另单独列定额项目，如果未单独列项时，仍采用预算定额计算。

4．少数项目因情况复杂又不宜综合时，如大型土石方、耐酸防腐工程等，可以直接按使用预算定额项目计算。

三、综合预算定额的特点

综合预算定额的主要特点，是根据建筑工程的主体项目来划分。如某省1990 年编制的建筑工程综合预算定额分为：

土、石方工程：基础、打桩工程；墙体工程；脚手加与高层建筑增加费；柱、梁、板工程；门窗及木装修工程；楼地面工程；屋盖工程；装饰工程；耐酸、防腐、隔热保温工程；金属结构工程；构筑物工程；厂区道路工程；大型机械场外运输及组装拆卸费；其他直接费定额；建筑配件等。

例如，基础工程中包括基础垫层，砖、石、砂、混凝土基础及钢筋混凝土基础、柱、设备基础等。墙体工程中包括各种材料的墙体，各种构造的墙体，间壁墙还包括了抹灰、刷灰水或油漆等，因此，使用十分方便。

预算定额是按工程或施工过程来划分。如某省编制的建筑工程预算定额有混凝土及钢筋混凝土工程、木结构工程等，以上这些项目，在综合预算定额中已分别列入各主体结构项目中。

此外，综合预算定额以主体项目为主，还综合建筑工程预算定额的有关项目扩大分部分项。如某省的砖基础的综合预算定额包括砖基础、人工挖地槽、回填土、余土或取土运土方、墙基防潮层等。有的省在综合预算定额中还规定，对砌筑砂浆标号、抹灰砂浆配合设计不符时，亦不换算。但是对含钢量等，如与设计不符时，在竣工结算时重新作调整。

四、综合预算定额的表现形式

综合预算定额因其结构不同而具有不同的形式，如表1 -6 所示。

例如：某省新编的建筑工程综合预算定额（如表1 -6 所示）表头标明章、节名称；右上方注明本节的计量单位（ $m^3$ 、 $m^2$ 、 $m$ 、 $t$  等），表中列有定额编号、项目、子目、综合基价和人工、材料、机械、综合工日等各项的消耗数量及费用分析。在各子目中综合各类含量及其主要材料，表的下方注有换算说明。同时，某省的建筑工程综合预算定额是以人工、材料、机械台班消耗量作为表现的形式。

第十九篇

建筑工程预算定额

表1 -6

建筑工程综合预算定额示例1 . 砖外墙

单位10m<sup>3</sup>

综合额编号				3 -1		3 -2		3 -3		3 -4		3 -5	
预算 定额 编号	综合 项目	单 价 (元)	单 位	1 /2 砖墙		3 /4 砖墙		1 砖墙		1 5 砖墙		空斗墙	
				外墙面色缝，内墙面抹石灰砂浆，纸筋灰面									
				数量	合价	数量	合价	数量	合价	数量	合价	数量	合价
基 价			元	74 .01		108 .47		135 .35		197 .48		104 .30	
其中	人工费		元	8 .98		12 .28		13 .69		17 .55		12 .04	
	材料费		元	61 .47		90 .05		115 .02		170 .70		87 .15	
	机械费		元	3 .56		6 .14		6 .64		9 .23		5 .11	
4 -7 甲	M5 混合砂 浆砌1 5 砖墙	46 .21	m <sup>3</sup>							3 .65	168 .67		
4 -8 甲	M5 混合砂 浆砌1 砖墙	45 .58	m <sup>3</sup>				2 .40	109 .39					
4 -9 甲	M5 混合砂浆 砌3 /4 砖墙	46 .41	m <sup>3</sup>			1 .80	83 .54						
4 -10 甲	M5 混合砂 浆砌 (1 /2 砖墙)	45 .74	m <sup>3</sup>	1 .15	52 .60								
4 -17 甲	M5 混合砂浆砌 (空斗墙)	32 .64	m <sup>3</sup>									2 .40	78 .34
12 -13 甲	1 3 石灰砂浆、 纸筋灰面	12 .40	10m <sup>2</sup>	1 .00	12 .04	1 .00	12 .04	1 .00	12 .04	1 .00	12 .04	1 .00	12 .4
12 -38	水泥砂浆粉 钢窗内侧16 64	16 .64	10m <sup>2</sup>	0 .04	0 .67	0 .09	1 .50	0 .11	1 .83	0 .19	3 .16	0 .11	1 .83
12 -50	1 2 5 水泥 砂浆勒脚	17 .58	10m <sup>2</sup>	0 .04	0 .07	0 .04	0 .70	0 .04	0 .70	0 .04	0 .70	0 .04	0 .70
12 -54	窗台线1 2 5 水泥砂浆面	31 .46	10m <sup>2</sup>			0 .08	2 .52	0 .10	3 .15	0 .14	4 .40	0 .10	3 .15
12 -57	外墙面勾缝	3 .35	10m <sup>2</sup>	1 .04	3 .48	1 .09	3 .65	1 .11	3 .72	1 .10	3 .99	1 .11	3 .72
注	<3 6m 平房 扣垂直运输费		元		( 2 .39 )		( 4 .70 )		( 4 .99 )		( 7 .12 )		( 3 .72 )
人工及主要材料	合计工		工日	4 .68		6 .40		7 .14		17 .17		6 .26	
	摊销木材		m <sup>3</sup>	0 .0004		0 .0005		0 .0007		0 .0006			
	水泥325 号		kg	77 .00		122 .00		157 .00		240 .00		112 .00	
	黄砂		t	0 .695		0 .988		1 .295		1 .929		0 .909	
	红砖		百块	6 .39		9 .77		12 .77		19 .31		9 .74	
	纸筋灰浆		m <sup>3</sup>	0 .025		0 .025		0 .025		0 .025		0 .025	
	石灰膏		m <sup>3</sup>	0 .081		0 .094		0 .106		0 .136		0 .037	
	圆钉		kg	0 .01		0 .01		0 .01		0 .01		0 .01	

附注 :1 . 砌弧形墙，其弧形部分每立方米砌体增加3 2 级瓦工0 .15 工日、砖0 .26 百块，合1 5 元，砌圆形水池，按弧形象墙定额执行。

2 . 沿高在3 6m 以下的平房按以上规定和除垂直运输机械。

## 五、综合预算定额的使用方法

### 1．综合预算定额的适用范围

综合预算定额一般限于全民所有制、县及县以上集体所有制的建筑企业，适用于一般工业与民用建筑的新建、扩建、改建工程，不适用于拆除、修缮工程。例如，某省1990 所新编《建筑工程综合预算定额》规定，该综合定额适用工业与民用建筑的新建、扩建工程以及建筑物下部的人防地下室。扩建工程不适用修缮、改建、抗震加固和单独的人防工程。扩建工程如遇有影响干扰时，应另行增加干扰措施费。凡是在该省建筑工程的建设、设计单位、施工企业（包括外省和国家部属单位）均应执行该定额的项目基价。但建筑四级、非等级的施工企业，其工程直接费乘以0.98 系数计算。

### 2．综合预算定额的内容

综合预算定额有目录、总说明、各结构分部工程说明、建筑面积计算规则、各结构分部工程的工程量计算规则、人工、材料、施工机械台班消耗量、分项名称、单位、单价、工程内容、附注等。

第一、总说明中的主要内容是编制综合预算定额的目的、依据、内容、用途、使用范围、遵守规定、计算规则、取费标准以及工程质量计算规则等。第二，综合预算定额的第一部分工程项目中再划分若干分项。例如，某省1990 年新编的综合预算定额的墙体工程项目中可为：

内墙及外墙；空斗及多孔砖地；砌块墙及砖空花墙；贴砖墙；其他墙体；挡石挡土墙；石墙；石板围墙；其他石砌体；现浇钢筋混凝土墙；预预制钢筋混凝土墙；间壁墙、石膏板墙等若干分项。而每一个分项中又根据其复杂程度，再分成几种不同类型，作为综合预算定额的数据单元，如表“墙体工程”项目的“砖外墙”分项，分有1/2 砖墙，3/4 砖墙，1 砖墙，1.5 砖墙，空斗墙等作为综合预算定额的数据单元。

第三，综合预算定额中每一分项内容是包括若干预算定额的子项。例如“3/4 砖墙”的综合预算定额中包括了预算定额中若干子项。如外墙面色缝，内墙面抹石灰砂浆，纸筋灰面等子项。由此可见，一个综合预算定额数据中，综合了若干预算定额数据。故不论在工程量计算、编制预算书方面都比用预算定额编制预算书要简化得多。

第四，预算定额的数据有：计量单位、单价、预算基价、人工费、材料费、机械费以及各种主要材料、成品、半成品的耗用量等，因为全国没有统一的综合预算定额，其综合预算定额的编制的内容，详见各省、市、自治区编制的综合预算定额。

### 3．综合预算定额的使用

综合预算定额的使用方法与预算定额的使用方法相同。首先要认真学习、理解和掌



握综合预算定额的有关说明、计算规则、附录附表的有关规定、定额内容和特点。其次，要正确套用综合预算定额。第三，对综合预算定额进行正确的换算补充。其换算范围和方法要按照定额的规定进行。

## 第二章 单位估价表的编制

### 第一节 单位估价表概述

#### 一、单位估价表的概念

建筑工程单位估价表，是用货币形式来表示预算定额中每一分项工程或构配件的单价表，也称建筑工程预算单价表。

建筑工程单位估价表，是根据国家颁发的建筑安装工程预算定额中人工、材料和施工机械台班的消耗数量，分别乘以相应的地区工资标准、材料和施工机械台班预算价格，计算出人工费、材料费、施工机械台班使用费，然后将这三项费用合计汇总而成，并用表格的形式表示出来，它是确定定额计量单位建筑安装产品直接费用的文件。

#### 二、单位估价表的种类

单位估价表的种类，按常用的分类方法，有以下几种：

1．按照使用对象不同，分为建筑工程单位估价表、设备安装工程单位估价表。

建筑工程单位估价表，适用于一般土建工程。

设备安装工程单位估价表，适用于设备安装工程。它包括机械设备安装工程、电气设备安装工程、给排水工程、电气照明工程、采暖工程、通风工程等单位估价表。

2．按照使用范围不同，分为地区单位估价表、专用工程单位估价表。

地区单位估价表，是以城市建设区域编制的，供该地区内所有工程使用的单位估价表。

专用工程单位估价表，是以某种专业工程或某一特定工程项目为对象而编制的专供该种专业或该项工程使用的单位估价表。

3．按照单位估价表编制依据的不同，可分为定额单位估价表、补充单位估价表

定额单位估价表，它是根据国家计委或主管部、各省、市、自治区编制的预算定额

所编制的单位估价表。

补充单位估价表，它是在预算定额缺项时，由设计部门、建设单位，根据设计的要求、定额的编制原则、依据等编制的，仅适用于编制补充单位估价表的工程。

### 三、单位估价表的作用

- 1．单位估价表是编制和审查建筑安装工程施工图预算，确定工程造价的主要依据。单位估价表是确定定额单位建安产品的直接费用文件，各分项工程量乘上相应的预算单价即可构成该分项工程的直接费，把各分项工程的直接费合计汇总后，就可确定一个单位工程的直接费。
- 2．单位估价表是设计单位对设计方案进行技术经济分析的依据。通过各方案分项工程单价比较，选择出技术上先进、经济上合理的设计方案。
- 3．单位估价表是核算拨付工程价款、办理已完工程和竣工结算的依据。
- 4．单位估价表是施工单位进行经济核算和施工预算以及施工图预算对比的依据。
- 5．单位估价表是综合制定概算定额、概算指标的基础资料。

## 第二节 建筑工程人工日工资单价的确定

### 一、正确确定人工日工资单价的意义

建筑工程人工费是整个建筑工程造价的一个重要组成部分，约占工程造价的12 %左右。同时，人工费也是支付工人工资的基金来源，正确计算人工费可以促进企业的经济核算。

人工费由预算定额的用工数量与人工日工资单价两个因素决定的。因此，为了正确计算人工费，除了正确计算用工量外，还要正确计算人工日工资单价。

### 二、正确确定人工日工资单价的方法

- 1．根据现行的工资制度编制建筑安装工程人工工资等级系表和非整数级工资等级系数表；
- 2．计算建筑安装工人的标准工资；

- 3. 计算工资性津贴和属于生产工人开支范围的各项费用；
- 4. 编制预算定额用工的日工资单价表。

三、建筑工人工资制度的主要内容和工资等级系数表的编制

1. 建筑工人工资制度的内容和工资等级系数及其系数表

(1) 技术等级标准。技术等级标准是按不同工种、劳动繁简、责任以及工人为完成该项工作而必须具备的理论和操作技能而确定的。现行制度中，建安工人分为八个技术等级。

(2) 工资等级。企业工人的工资制度，一般要在执行技术等级标准的基础上实行等级工资制，工资等级要同技术等级相对应，一个技术等级可以对应一个或几个工资等级。

建筑安装工人工资等级是根据建筑安装工人所达到的技术等级来确定的。一般来说，技术比较复杂，技术熟练程度差别较大的工种，工资等级数目规定得高一些；反之，就规定得低一些。在我国现行工资制度中，建筑安装工人的工资等级确定为一至十一级，对应于国营企业工人工资标准，如某省工改以后，建筑安装工人工资标准套改对应国营企业工人的第三种标准。

(3) 工资等级系数。工资等级系数就是表示各级工人工资标准的比例关系。通常以某级工人工资标准与一级工工人工资标准的比值来表示。即：

$$\text{工资等级系数} = \frac{\text{某级工人工资}}{\text{一级工人工资}}$$

建筑安装工人七级工的工资等级系数为2.622，这意味着七级工的每月工资标准是一级工的2.622倍。

(4) 级差。级差是指相邻两个等级之间工资差额的幅度。

(5) 工资等级系数表。工资等级系数表是由一定数目的工资等级、等级系数和等级差组成的，它反映了各等级之间的比例关系，如表所示。

(6) 工资标准。工资标准又称工资率，是国家根据按劳分配原则、工资政策、建筑业劳动条件、机械化程度，按地区确定的各级工人一定时期内在工资数额。我国建筑业是以月工资为标准。其建安工人的月工资标准，如表2-1所示。

表2 -1 某省套改国营企业工人新工资标准对照表

企业工 人新等级 工资标准		第一 种工 资标 准 (元)	第二 种工 资标 准 (元)	第三 种工 资标 准 (元)	套改对应级关系					学徒工种		熟练工种			技工校毕业生	
					土建、 安装、 汽车修 理工人	企业 汽车 炊事员	电影 放映 员	行政级 工人	转下 工资	定级 工资	熟练 期	转正 工资	定级 工资	见习期	定期 工资	
八级	正	117	114	11	八级			十七级								
	副	110	107	104			一级		十八							
七级	正	103	100	97	七级											
	副	96	93	90		一级	二级	十九								
六级	正	90	87	84	六级		三级	二十								
	副	84		81	78		二级									
五级	正	78	75	72	五级		四级	二十一								
	副	72	69	66		三级	五级	五级	二十二							
四级	正	67	54	61	四级		六级	六极	二十三							
	副	62	59	56		四级										
三级	正	57	54	52	三级		七级	七级	二十四		高中 毕业			繁重 体力		一般以
	副	52	49	48		五级					高中 以下			一般		少数 差的
二级	正	47	45	44	二级		八级	二十五	转正			转正		见习期		
	副	43	41	40		九级		二十六								
一级	正	39	38	37	一级		见习期					熟练期				

2．非整数级工资等级系数表的编制。

(1) 为什么要编制级差0.1 级的工资等级系数表。现行的工资制度中，建筑安装工人工资分为八级，但是，预算定额中的工资等级是采用平均的工资等级，一般都不会与1 -8 级中的某一级工资等级恰好对应，而常常是介于两个等级之间其级差为0.1 级的某一个等级。如4.1 级、4.2 级、3.2 级等等。如果按整数级的工资标准来计算定额中的日工资单价都会有较大的出入，因此，有必要编制级差为0.1 级的工资等级系数表，以缩小日工资单价计算上的误差。

2) 级差为0.1 级工资等级系数表的编制方法。

计算公式：

$$B = A + (C - A) \times b$$

B：为介于两个整数之间的某一非整数工资等级的工资等级系数；

A：表示与B 相邻较低的整数级工资等级系数；

C：表示与B 相邻较高的整数级工资等级系数；

b：表示某一非整数工资等级的小数值。

例如，求2.1 级、3.2 级的工资级差系数时，将数字代入上式，就得：

$$2.1 = 1.189 + (1.405 - 1.189) \times 0.1 = 1.211$$

$$3.2 = 1.405 + (1.649 - 1.405) \times 0.2 = 1.454$$

按上述公式计算完各工资等级系数后，就可编出级差为0.1 级的工资等级系数表。

如某省的级差为0.1 级的工资等级系数表，见表2-2。

表2-2 某省建筑安装工人月资标准表、日工资标准表、工资等级系数表

等级 级差	一	二	三	四	五	六	七	八
0.0	<u>1.00</u> 371.45	<u>1.189</u> 441.73	<u>1.405</u> 522.04	<u>1.649</u> 612.39	<u>1.946</u> 722.82	<u>2.70</u> 843.39	<u>2.622</u> 973.80	<u>3.000</u> 1114.35
0.1	<u>1.019</u> 37.71.48	<u>1.211</u> 44.81.76	<u>1.430</u> 52.92.07	<u>1.678</u> 62.122.44	<u>1.978</u> 73.22.87	<u>2.305</u> 85.33.35	<u>2.659</u> 98.43.86	
0.2	<u>1.038</u> 38.41.51	<u>1.232</u> 46.61.79	<u>1.454</u> 53.82.11	<u>1.708</u> 63.22.48	<u>2.011</u> 74.42.92	<u>2.341</u> 86.63.40	<u>2.697</u> 101.83.81	
0.3	<u>1.057</u> 39.11.53	<u>1.254</u> 46.21.82	<u>1.478</u> 54.72.15	<u>1.739</u> 64.32.52	<u>2.043</u> 75.62.96	<u>2.376</u> 87.93.45	<u>2.734</u> 101.23.97	
0.4	<u>1.076</u> 39.81.56	<u>1.276</u> 47.21.85	<u>1.503</u> 55.62.13	<u>1.768</u> 65.42.56	<u>2.076</u> 76.83.01	<u>2.411</u> 89.23.50	<u>2.773</u> 102.64.02	
0.5	<u>1.095</u> 40.51.59	<u>1.297</u> 46.01.88	<u>1.527</u> 56.52.22	<u>1.797</u> 66.52.61	<u>2.108</u> 78.03.06	<u>2.446</u> 90.53.55	<u>2.881</u> 1044.08	
0.6	<u>1.114</u> 41.21.62	<u>1.319</u> 48.81.91	<u>1.551</u> 57.42.25	<u>1.827</u> 67.62.65	<u>2.141</u> 79.23.11	<u>2.481</u> 91.83.60	<u>2.849</u> 105.44.13	
0.7	<u>1.132</u> 41.91.64	<u>1.341</u> 49.61.95	<u>1.576</u> 58.32.29	<u>1.657</u> 68.72.69	<u>2.173</u> 80.43.15	<u>2.516</u> 93.13.65	<u>2.883</u> 106.84.19	
0.8	<u>1.151</u> 42.61.67	<u>1.362</u> 50.41.98	<u>1.600</u> 59.22.32	<u>1.886</u> 69.82.74	<u>2.205</u> 81.63.20	<u>2.551</u> 94.43.70	<u>2.924</u> 108.24.24	
0.9	<u>1.170</u> 43.31.70	<u>1.384</u> 51.22.01	<u>1.624</u> 60.12.36	<u>1.916</u> 70.92.78	<u>2.238</u> 82.83.25	<u>2.586</u> 95.73.75	<u>2.962</u> 109.64.30	

说明：1. 如表 等级工系数 月工资 日工资；

2. 日工资标准按每月25.5 天计算。如3.2 级日工资 =  $\frac{53.80}{25.5} = 2.11$  元；

3. 等级系数：以本级月工资除以一级工月工资。如3 2 级等级系数 =  $\frac{53.80}{37} = 1.454$  元
4. 本工资标准不包括粮贴3 元，副食品补贴10 元，计每月13 元在内。

四、建筑工人日工资单价表的编制

1. 日工资单价表的计算方法

建筑安装工程预算单价中的人工费用包括标准工资、工资性津贴和属于生产工人开支范围的各项费用。

(1) 标准工资（基本工资）。

标准工资，也称基本工资，它是指按规定的工资标准计算的工资（包括实行结构工资制的基础工资、职务工资和工龄津贴）。

企业工人的工资标准（不含食品价格补贴），按现行国家机关十一类工资区划分，每类工资区一般可按三类产业或工种交叉使用五种工资标准。以六类区为例，一般使用第二种至第六种工资标准。建筑企业属二类产业（工种），可以使用第3、4、5 三种工资标准。具体使用哪一种工资标准由各省、市、自治区确定。如某省规定建筑安装工人的工资标准执行国务院《关于国营企业工资改革问题的通知》的第三种工资标准作为定额人工填价的依据。其套改国营企业工人新工资标准对照表，详见表3 -4 -3。从表中可知，建筑安装工人一级工月工资标准为37 元。其他各级工的月工资标准，可查阅套改国营企业工人新工资标准对照表，也可以用一级月工资乘以各工资等级系数。即各级月工资标准 = 各级工资等级系数 × 一级工月工资标准。

例如，二级工的工资等级系数为1.189，一级工月标准工资为37 元。则二级工的月标准工资为：

$37 \times 1.189 = 44 \text{ 元}$

(2) 标准工资的日工资标准的计算。

在编制预算定额中人工费单价时，还须根据月工资标准计算出日工资标准，其计算公式如下：

标准工资的日工资标准 =  $\frac{\text{月工资}}{\text{月平均工作天数}}$

式中：月平均工作人数 =  $\frac{\text{全年天数} - \text{星期日天数} - \text{法定节假日天数}}{\text{全年月数}}$

$= \frac{365 - 52 - 7}{12} = 25.5 \text{ (天)}$

例如，求建筑安装工人4 级日工资标准，根据某省现行工资规定，一级工月工资标准为37 元，4 级工资等级系数为1.649。

4 级日工资标准 =  $\frac{1.649 \times 37}{25.5} = 2.39$  (元)

标准工资的日工资标准，按上述计算方法计算后，就可以编制出标准工资的日工资标准表，如表2 -3 所示。

③) 工资性津贴和属于生产工人开支范围的各项费用的确定。

工资津贴（包括冬煤补贴、粮贴、煤贴、副食品补贴等）按各地区的规定计算。

属于生产工人开支范围的各项费用，包括生产工人的辅助工资、生产工人的工资附加费、生产工人的劳动保护费、生产工人的调整工资等费用。

上述两项工资内容按月计算出来后，用25.5 天除，就求出每日的工资性津贴和属于生产工人开支范围的各项费用。

如某省现行规定，每人每月粮贴3 元，副食品补贴10 元，合计13 元，不分级别高低均按每25.5 天计算，即每工日增加工资性津贴为 $\frac{13 \text{ 元}}{25.5 \text{ 天}} = 0.51$  元。属于生产工人开支范围的各项费用，如生产工人的辅助工资、工资附加费、劳动保护费、上下班交通补贴合计为1.49 元/工日。

④) 日工资单价的计算。

建筑安装工人的日工资单价，包括标准工资的日工资标准，每天应增加的工资性津贴和属于生产工人开支范围的各项费用。

即：日工资单价 =  $\frac{\text{标准工资的}}{\text{日工资标准}} + \frac{\text{每日的工资性津贴}}{\text{日工资标准}} + \frac{\text{每日的属于生产工人开支范围的各项费用}}{\text{日工资标准}}$

2. 级差为0.1 级的日工资单价表的编制

①) 根据一级工日工资标准乘以各工资等级系数，计算出级差为0.1 级的两个工的标准工资数额。

②) 级差为0.1 级的日工资单价中的工资性津贴和属于生产工人开支范围的各项费用是平均确定的，即每个级差为0.1 级的日工资单价都包含相同的工资性津贴都是0.51 元/工日。属于生产工人开支范围的各项费用都是1.49 元/工日。

③) 根据上述两项计算出来的级差为0.1 级的每个工日的标准工资，每个工日的工资性津贴和属于生产工人开支范围的各项费用数额汇总计算级差为0.1 级的日工资单价。

级差为0.1 级的日工资单价 =  $\frac{\text{级差为0.1 级的标准工资}}{\text{日工资标准}} + \frac{\text{每工日的工资性津贴}}{\text{日工资标准}} + \frac{\text{每工日的属于生产工人开支范围的各项费用}}{\text{日工资标准}}$

④) 编制级差为0.1 级的日工资单价表，如表2 -3 所示。



表2 -3 某省建筑安装工人日工资单价表（包括粮贴、副食品补贴）

等级 级差	等级							
	一	二	三	四	五	六	七	八
0 0	1 90	2 24	2 55	2 90	3 33	3 80	4 31	4 86
0 1	1 99	2 27	2 58	2 95	3 38	3 86	4 37	
0 2	2 02	2 30	2 62	2 99	3 43	3 91	4 42	
0 3	2 04	2 33	2 66	3 03	3 47	3 96	4 48	
0 4	2 07	2 36	2 69	3 07	3 52	4 01	4 53	
0 5	2 10	2 39	2 73	3 12	3 57	4 06	4 59	
0 6	2 13	2 42	2 76	3 16	3 62	4 11	4 64	
0 7	2 15	2 46	2 80	3 20	3 66	4 16	4 70	
0 8	2 18	2 49	2 83	3 25	3 71	4 21	4 75	
0 9	2 21	2 52	2 87	3 29	3 76	4 26	4 81	

第三节 材料预算价格的确定

一、材料预算价格概述

1．材料预算价格的概念

材料预算价格是指材料（包括成品、半成品、零件、构件）由来源地运到工地仓库或施工现场存放材料地点后的出库价格。

2．正确计算材料预算价格的意义

材料费在建筑工程中占整个工程造价的70 %左右，占直接费的85 %左右。而材料费是根据预算定额规定的材料消耗数量和材料预算价格计算出来的。因此，材料预算价格的高低，将直接影响到建设费用的大小。所以，对材料预算价格的编制必须正确细致的计算，有利于克服价格计算偏高偏低等不分理的现象，有利于如实反映工程造价，准

确地编制基本建设计划和落实投资计划，有利于施工企业、建设单位精打细算，改进管理，节约支出，有利于推行建安工程招标投标承包制。

### 3. 材料预算价格的分类

材料预算价格按编和使用的范围划分，可分为地区材料预算价格和某项工程使用的材料预算价格两种。

(1) 地区材料预算价格，是按某一地区（城市或建设区域）为对象而编制的，供该地区所有工程使用。

(2) 某项工程使用的材料预算价格，是以某一个工程（一般为大型重点建设工程）为对象编制的，并专为此项工程使用。

地区材料预算价格和某项工程使用的材料预算价格的编制原理是一致的，基本方法也相同。

### 4. 材料预算价格的组成因素

建筑安装工程中所耗用的材料，从发货地点开始到用料地点仓库为止，要经过采购包装、装卸、运输、保管等过程。因此，消耗在单位材料上的各项费用的总和即为材料预算价格，它一般包括以下五种因素：

- (1) 材料原价；
- (2) 材料供销部门手续费；
- (3) 材料包装费；
- (4) 材料运输费；
- (5) 材料采购及保管费。

材料预算价格 = [材料原价 × (1 + 供销部门手续费率) + 包装费 + 运输费] × (1 + 采购保管费率) - 包装品回收值

### 5. 材料预算价格的编制依据

- (1) 材料名称、规格、单位、单位重量；
- (2) 各种材料价目表；
- (3) 材料来源地、货源量比例及运输方式的比例；
- (4) 铁路、公路、轮船、装卸以及运输包装费用标准；
- (5) 供销部门手续费取费标准；
- (6) 采购及保管费的标准；
- (7) 各种材料的场外运输损耗率；
- (8) 建设地区的运输总平面图以及施工组织设计资料。

## 二、材料预算价格的计算

### 1. 材料原价的确定

材料原价是指购买材料向生产厂家或供货单位所付的货价。一般是指国家主管部门或地方主管机关规定的材料出厂价格，国营商业批发牌价或市场批发价格以及进口材料的调拨价等。

材料原价按照国物质管理体制，分别不同的来源和供应方式确定。

(1) 统配材料原价，即国家统一分配的物质，亦称一类物质。如钢材、水泥、木材等，按国家规定的出厂价格（调拨价格）计算。

(2) 部管材料原价，即国务院各部分配的物质，亦称二类物质。如玻璃、石棉、沥青等，按地方主管部门规定的出厂价格计算。

(3) 地区材料原价，即地区分配的物质，亦称三类物质。如砖、瓦、灰、砂、石等，按地辨认主管部门规定的出厂价格计算。

(4) 市场采购的材料，如门窗小五金、卫生用具等，按照国营商业部门规定的批发价格计算议价的价格计算。

(5) 企业自销产品，按其主管部门规定的出厂价格计算。

(6) 构件、成品及半成品，如果是由建设单位生产部门或施工单位主管部门所实行独立核算的加工企业生产供应的，按其主管部门批准的产品价格计算。如果是由施工单位所属内部核算的附属企业生产与供应的，按现行的预算定额规定计算。

(7) 乡、村和区办工业产品，按主管部门批准的出厂价格计算。如无批准的产品价格，应以商业部门专业公司或市场批发价格计算。

(8) 季节性和非常年生产的产品，按全年平均的价格计算。

(9) 加工材料，材料在采购时，如不能符合设计规格要求，而必须经过加工改制的，其加工费和损耗应计算在材料原价内。

(10) 奇缺物质，凡按上述原则均不能计算的产品价格，又属常用的产品，可参照施工单位和生产单位的实际成本计算。

(11) 国外进口的材料，按国家批准的进口材料调拨价格计算，如无批准的调拨价格时，按国内国营同类产品的现行出厂价格计算，国内无同类产品又无批准的调拨价格时，按外贸部门订货合同所签订的价格计算。

在确定材料原价时，如果同一种材料因来源地、供应部门或生产厂不同，有几种价格时，可根据不同来源地的供应数量比例，采取加权平均的办法计算其原价。

例题（一），北京某工程需用钢材500t，由上海、鞍山两地供应。其中上海供应

200t，占总需用量40%，原价为1200元/t；鞍山供应300t，占总需用量60%，原价为1400元/t。计算其钢材的加权平均原价。

$$\begin{aligned} \text{钢材的加权平均原价} &= 1200 \times 40\% + 1400 \times 60\% \\ &= 1320 \text{ (元/t)} \end{aligned}$$

2. 材料供销部门手续费的计算

材料供销部门手续费，是指当材料不能直接由生产单位获得，而必须经过当地物资部门或供销机械供应时所附加的手续费用。它是支付给这些部门以弥补其从事材料中转工作开支的费用。

在计算材料供销部门手续费时，应注意以下几个问题：

- (1) 如果是直接从生产厂采购、订货提取的，不计算供销部门手续费。生产厂自设的供销处（科）或其手续费已包括在供销部门供应的材料原价内时，则不再重复计算供销部门手续费。
- (2) 铁路在车站交货，水运在码头交货的材料，无论是否经过供销部门，一般都不再计算供销部门的手续费。
- (3) 物质供销部门内相互调拨，不收手续费，不论经过几次中转环节，只计算一次供销部门手续费。
- (4) 如果所购的材料不是全部由供销部门供应的，应首先计算经过供销部门供应的比例，只计算经过供销部门供应的手续费。
- (5) 供销部门手续费的计算基础是材料的原价或加权平均原价。
- (6) 供销部门的手续费的费率是按国家、地方或专业物质供销机构规定的费率计算。

目前，我国各地区大部分执行国家经委规定的费率。如金属材料2.5%；机电材料1.8%；化工材料2%；木材3%；轻工产品3%；建筑材料3%。材料供销部门手续费的计算公式：

$$\text{材料供销部门手续费} = \frac{\text{材料原价}}{\text{材料}} \times \frac{\text{供销部门手续费率}}{\text{手续费率}} \times \frac{\text{供销部门供应比重}}{\text{供应比重}}$$

式中：供销部门供应比重是指供销部门供应的材料占所采购材料总量的比重。

例题（二）北京某工程所用的钢材，其加权原价为1320元/t，经调查其中有50%是经过供销部门供应的，钢材的供销部门手续费率为2.5%，计算其供销部门手续费。

$$\text{钢材的供销部门手续费} = 1320 \times 2.5\% \times 50\% = 16.50 \text{ (元/t)}$$

3. 材料包装费及回收价值的计算

材料包装费是指为了便于运输、保护材料不受损失而进行包装所需要的一切费用。如运输木材需要的木立柱，运输水泥需要的篷布等。材料包装费应分以下几种情况计

算：

(1) 生产厂负责包装的材料。如水泥、玻璃、铁钉、油漆材料、卫生瓷器等，其包装费一般已计算在原价内，就不再计算包装费用。但对某些能回收的包装品，应计算包装品的回收价值，并从材料预算价格中扣除。

包装品回收价值的计算公式为：

包装品回收价值 =  $\frac{\text{包装品原价} \times \text{回收价值率}}{\text{包装器材标准容量}}$

包装品的回收量比重，回收价值率按各地区的有关规定计算，如某省规定的回收量比重和回收价值率如表2 -4 所示。

表2 -4 包装品回收量比重及回收价值率表

包装品项目	回收量 (%)	回收价值率 (%)
木制品	70	20
铁桶	95	50
铁皮	50	50
铁线	20	50
纸制品	60	50
纤维品	60	50
棉麻织品	60250	
塑料	60	50
草绳、草袋	0	0

例如，每吨水泥需要20 个纸袋，每个纸袋原价0.50 元，计算其回收价值。

纸袋的回收价值 =  $0.5 \times 60 \% \times 50 \% \times 20 = 3$  (元/t)

(2) 采购单位自备包装且包装品周转多次使用者，应按摊销办法计算包装费，并加入材料预算价格中。其计算公式如下：

自备包装品的包装费 =  $\frac{\text{包装品原价} \times (1 - \text{回收量比重} \times \text{回收价值率}) + \text{使用期间维修费}}{\text{周转次数} \times \text{包装品标准容量}}$

包装品的周转次数、使用期间维修费率、回收量比率、回收价值率按各地区的有关规定执行。

例如，某单位自备铁桶购买柴油，每桶装柴油100kg，每个铁桶原价98 元，铁桶的最大利用次数为15 次，使用期间维修率为75 %，回收量为95 %，回收价值率为50 %，

计算其每公斤应摊的包装费。

$$\begin{aligned} \text{自备包装品的包装费} &= \frac{98 \times (1 - 95 \% \times 50 \%) + 98 \times 75 \%}{15 \times 100} \\ &= 0.083 \text{ (元/kg)} \end{aligned}$$

③ 自备包装品的包装费，有的规定按原价的一定比例计算。如某省规定麻袋按原价的25 %计算；铁桶按原价的10 %计算。

④ 材料原价不包括包装费或采购单位自备包装品，但其包装品是一次使用者，应首先计算包装品原值，然后计算包装品的回收值，并将包装品原值扣除回收值后的净值作为材料包装费计入材料预算价格。其计算公式为：

$$\text{材料包装费} = \text{包装材料原价} - \text{包装品回收价值}$$

例如，某工程于某地购买原木，在铁路运输中，每个车皮可装原木30m<sup>3</sup>，每个车皮需要包装用的木立柱16 根，每根单价3 元，铁丝10kg，每公斤单价2 元，其包装材料的回收量、回收价值率按表3 -4 -4 计算，计算每立方米原木的包装费。

包装材料的原价为：

$$(3 \times 16 + 2 \times 10) \div 30 = 2.27 \text{ (元/m}^3\text{)}$$

包装材料的回收值为：

$$(3 \times 16 \times 70 \% \times 20 \% + 2 \times 10 \times 20 \% \times 50 \%) \div 30 = 0.29 \text{ (元/m}^3\text{)}$$

原木每立方米的包装费为：

$$2.27 - 0.29 = 1.98 \text{ (元/m}^3\text{)}$$

4 . 材料运输费的计算

材料运输费是指材料从交货地点（或采购地点）起，运到工地仓库或堆放场地为止的全部运输过程中所支出的一切费用。从工地仓库或堆放场地起运到施工地点的运输费用，应包括预算定额或材料二次搬运费中，不计入材料预算的价格中。

材料运输费用在材料预算价格中占有很大的比重，一般的占材料费用的15 %左右。某些地方性材料由于重量大，价值低，其运输费用占材料预算价格的比重更大，往往相当于原价的几倍之多。因此，正确地确定材料运输费用有利于正确确定材料预算价格和工程预算造价。

材料运输费用的高与低，与材料来源地和运输方式的选择有密切的关系。材料来源地一经确定，运输距离也就随之确定，接着就可以选择最佳的运输方式。材料来源地离施工工地越近，材料运费越少。

反之，运费就越高。同样，最佳的运输方式、材料运费会节省，反之，材料运费会增加。因此，正确确定材料来源地和运输方式，是很重要的。当然，对材料来源地的选择，不能单凭距离施工现场的远近来舍取，而是要考虑结合材料来源地的可供量、出厂

价格水平、运输条件等等因素，综合进行经济比较后确定。

材料是由生产厂或供销部门通过一定的运输方式运到工地仓库或施工现场堆放地点的。

其运输流程如图2 -1 所示。

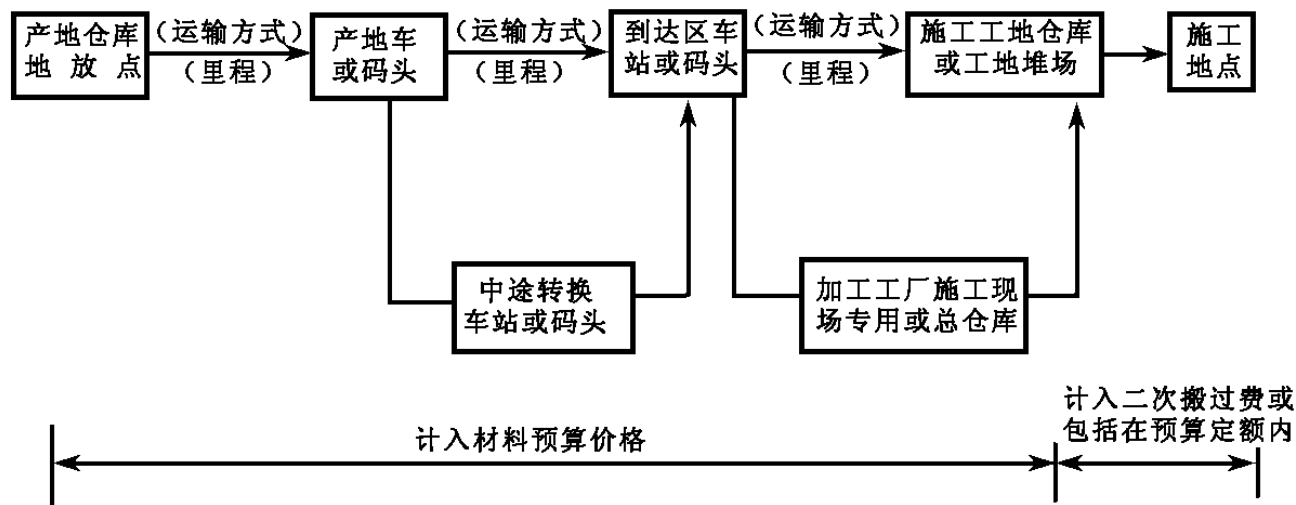


图2 -1 材料运输流程图

材料运输费，一般由车、船运费、调车及驳船费、装卸费、附加工作费、合理运输损耗费等因素组成。

材料的运输方式一般分：铁路运输、公路运输、水路运输等三种。

运输工具通常有：火车、汽车、船、马车、拖拉机、人力等。

运输费的计算方法，一般分外地运输费、市内运输费、中心仓库至工地仓库的运输费等三段进行计算。

下面分别叙述材料运输费各组成因素的计算方法。

(1) 运算的计算方法

铁路运费的计算方法

铁路运费是按照铁道部规定的运输规则计算的。其计算公式如下：

材料铁路运费 = 材料重量 × 该种材料适用的运价率

运价率是指一个运输计量单位的货物全程（由起运站至到达站）运输的运价。

铁路运价率是按以下三个基本条件决定的：

- a. 按货物重量规定运费标准。即按“整车”货物，“零提”货物和集装箱货物分别规定运费。
- b. 按运载货物的运价分类，分别规定运费标准。即根据货物的性质、货物的价值、运输的难易、有无危险性等，把货物分成23种类别，不同类别的货物规定不同的运价号，其运费标准不一样。

c. 按不同运输里程分别规定全程的运费标准。起码里程为100km ,101km 以上每区段的运价率按区段的中间里程计算，如101 -130km 的段，其运价率按115km 计算；凡运价里程在某区段之内即适用该区段之运价率。如100km 一个取费标准，101 -130km 又是一个取费标准。里程区段划分见表2 -5。

表2 -5

里程区段	区段数	每区段公里数
1 -100		100
101 -400	1	30
401 -1000	10	40
1001 -2000	15	50
2000 以上	20	100

根据以上规定，计算铁路运费的方法如下：

a. 根据交货条件、交货地点，从铁路货物运价里程表中算出发站至到站间的运价里程。运价里程按发站至到站间最短路径计算。运价里程不包括专用线、货物支线的里程。通过轮渡时，应将规定的轮渡里程加入运价里程内计算。水陆联运的货物，应将换装站至码头线的里程，加入运价里程内计算。

如果该发站与到站均未列入运价里程表时，可按两站间最短径路查明所需里程。如果有几个交货地点时，可按每个地点供应的数量，采用加权平均方法来确定。

b. 根据货物运单上填写的货物名称查找货物运价分类表，确定托货物适用的运价号。货物运价分类如表2 -6 所示。

表2 -6 货物运价分类表

类别	项目	货 物 名 称	运价号	
			整车	零担
建筑材料类	1	砂、石灰	4	11
	2	石料及其制品	4	11
	3	普通砖、瓦、耐火砖、耐酸砖、缸管	4	11
	4	水泥及其制品、菱苦土制品、水磨石制品、石膏板	7	12



续表				
建筑材料类	5	陶粒、矿渣棉蛭石及其制品、石棉制品	4	14
	6	膨胀珍珠岩石及其制品	4	15
	7	玻璃		
	8			

- c．根据托运货物的数量确定整车货物、零担货物或集装箱货物运输。
- d．根据运价里程与运价号，从整车、零担或集装箱货物运价率中查出应适用的运价率。整车货物运价率表，如表2 -7 所示，零担货物运价率表，如表2 -8 所示。
- e．按照铁路货物运输规则确定的计费重量与该批货物适用的运价率相乘。算出运费。

表2 -7 整车货物运价率表									
100 -250km		1 号至10 号						单位 :t	
运价率(元) 里程		100	101	131	161	191	221	运价率(元) 里程	
运价号			— 130	— 160	— 90	— 220	— 250	运价号	
1		1 .70	1 .80	1 .90	2 .00	2 .20	2 .50	1	
2		1 .70	1 .80	2 .00	2 .20	2 .40	2 .70	2	
3		1 .70	1 .90	2 .30	2 .70	3 .10	3 .40	3	
4		1 .80	2 .00	2 .30	2 .70	3 .10	3 .40	4	
5		2 .00	2 .20	2 .50	2 .80	3 .20	3 .60	5	
6		2 .00	2 .20	2 .60	3 .00	3 .40	3 .90	6	
7		2 .40	2 .70	3 .20	3 .70	4 .20	4 .80	7	
8		2 .40	2 .70	3 .20	3 .80	4 .40	5 .00	8	
9		3 .00	3 .40	4 .10	4 .90	5 .60	6 .40	9	
10 (每轴)		5 .70	6 .50	8 .20	9 .90	11 .60	13 .30	10	

表2 -8 整车货物运价率表

100 -250km		11 号至15 号						单位 :10kg	
运 价 号	里 程 (元)	100	101	131	161	191	221	里 程 (元)	运 价 号
		— 130	— 160	— 90	— 220	— 250	— 250		
11		0 .03	0 .04	0 .04	0 .05	0 .05	0 .06		11
12		0 .05	0 .05	0 .06	0 .07	0 .08	0 .09		12
13		0 .05	0 .06	0 .07	0 .08	0 .09	0 .11		13
14		0 .08	0 .09	0 .11	0 .13	0 .16	0 .18		14
15		0 .14	0 .15	0 .28	0 .22	0 .25	0 .28		15

水路运费的计算方法。

水路运费，是指沿海、内河的运输费用。材料如需由沿海、内河运输，而且材料的价格是按供货工厂交货或起运港口码头交货确定的，均需计算水路运费。

水路运费应按交通部门规定的建设材料及设备沿海和主要大河、地方内河运输价格表计算。水路运费与铁路运费一样，是按照不同的货物，不同运价里程，不同重量分别规定的。但是，和运输的运价也有它自己的特点：

a．水路运输没有整船与零担之分。

b．水路运输的货物没有像铁路运输货物的分类，而是有货物等级之分。水路运输货物运价分为八个等级，例如砂为1 级；砖瓦、石料为2 级；钢材为4 级；玻璃为7 级等。

c．在同样里程条件下，水路运输在不同航线、不同区段（分上、中、下游，顺水和逆水），其运价率也不相同。

d．水路运输也是按全程距离规定其运价标准的，但是水路运输有特殊运价的规定，即有联运运价，直达运价和附加费的规定。

水路运输和水路运价虽然有其自己的特点，但是计算方法与铁路运费的计算方法基本相同，其计算程序如下：

第一，根据交货条件在河海运价里程表中查出起迄港间的运价里程；

第二，在水路运货物运价分级表中查出所运货物的等级；

第三，根据货物等级和运价里程从运价率表中查出每吨货物运价，如某省水运的运价率表，如表2 -9。

表2 -9 货物运价率 (运价率：元/t)

里程 (km )	级 别							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10	3 50	3 60	3 69	3 80	4 24	4 77	5 89	7 60
11 -20	3 83	3 96	4 06	4 19	4 70	5 33	6 64	8 66
21 -30	4 18	4 32	4 44	4 59	5 18	5 91	7 42	9 74
31 -40	4 46	4 62	4 76	4 92	5 58	6 39	8 07	10 65
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

第四，将货物总量乘以该批货物每吨的运价，算出全部运费。

公路运费的计算方法。

当材料经过公路，由汽车运到工地仓库时，而且材料出厂价格是按供应者仓库或起运站交货条件确定时，就应当计算材料的公路运输费用。

公路的汽车运输是按照交通部、各省、市、自治区公路（市内）汽车货物运输规则计算的。地方性建筑材料很大一部分是通过公路运输的，其运费占地方性建筑材料预算价格的比重比较大，因此，正确计算公路运费也有很现实的意义。

公路运输运价的规定基本上与铁路的运价规定相同，是按照货物的等级、整车、零担分别确定的，但是，公路运输也有其自己的特点：

第一，不同的货物类别，不同货物等级规定不同的运价。货物分普通货物、特种货物两大类，普通货物分为一等货物、二等货物、三等货物；特种货物分为长大、笨重货物、危险货物、贵重货物三类。

第二，公路运价单位：整车运输以元/t·km 公里为单位，零担运输以元/kg·km 为单位；计时运价：元/t·h 为单位。一次托运货物计费重量达到3t 及3t 以上，按整车运价计费；不足3t 的按零担计费。

第三，公路运价是按不同地区、不同地段、不同车辆分别规定的。国家规定了货物的基本运价，是按中型吨位普通车辆，整车在正常营运路线从事一等货物运输的每吨公里运价。同时，还分长途、短途运价。运距25km 以上为长途；25km 以下为短途。长途价执行基本运价；短途运价按递进递增的原则，采用里程分段或基本运价加吨次费计算。

第四，公路运输规定了货物运价的加成和减成。货物运输的加减成幅度由省、市、自治区具体规定。凡符合下列条件的货物运输，应在基本运价的基础上加成：

- a．凡矿区、森林区、基建（包括公路基建）工地的木材、毛竹、建筑材料等专项物质的运输或非营运路线单程货物运输；
- b．应托运人要求限制行车速度的运输；
- c．在难行路段或在山区路段，坡度影响车速和载重量较大，同时又是以上坡为主的货物运输
- d．托运人要求当时车要立即起运的货物运输。

凡符合下列条件的货物运输，应在基本运价的基础上减成：

- a．同一托运人提供的回程货源；
- b．同一托运人提供的回程包装物、容器和辅助材料；
- c．运距在200km 以上的货物运输；
- d．货物运输批量较大，运输持续时间较长，运输线路相对稳定，路面条件较好，经承、托双方签订运输合同协议的运输。

第五，货物运输计费里程，包括运输里程和装卸里程。运输里程按装货至卸货地点的实际载货里程计算。多点装卸，以第一个装货起点至最后一个卸货点止的载货里程计算。装卸里程按车辆由车站（库）至装货地点加卸货地点至附近车站（库）的空驶里程的50 % 计算。卸货后返回原站（库时），按空驶里程减载货里程的50 % 计算。

根据以上规定，计算材料公路运费的方法如下：

- a．在公路里程图中，查出运输里程，同时计算出装卸里程；
- b．从普通货物分等表（或特种货物分类表）中，找出货物所属等级，普通货物分等表，如表2 -10 所示。特种货物分类表。如表2 -11 所示。

表2 -10 普通货物分等表

等级	序号	货类	货物名称
一等货物	2	砂	砂子
	3	石	片石、渣石、卵石等
二等	2	木材	圆木、方木、板材、成材
	4	水泥及其制品	袋装水泥、水泥制品、预制水泥构件
货物	5	钢材D2 钢材	钢材
	9	矿物性建筑	普通砖瓦、石、条石
.....	.....	.....	.....

c．确定货物重量，并根据货物重量确定是整车还是零担。重量单位：整车货物运输以t 为单位，零担货物运输以kg 为单位。起码计费重量为10kg。计费重量按实际毛重计算，一般以过磅为准。散装货物，如：砖、瓦、砂、石、木材等按体积和各省、市、自治区制订的统一规定重量换算标准计重。

d．根据货物质等级、整车或零担、公路级别，从货物运价表中找出适用该批货物的基本运价。货物运价，根据各省、市、自治区规定执行。

第六，将货物运输的总重量与运输里程，货物运价相乘，就可算出公路运费。其计算公式如下：

总运费 = 货运量 (t) × 运输里程 (km) × 每吨公里运价率 + 货物

运价的加成费 - 货物运价的减成费

每吨运费 = 总运费 ÷ 货运量 (t)

表2 -11 特种货物分类表

类别	分类概念	各类档次或序号	各类货物范围或货物名称
长大、笨重物类	1．货物长度在6cm（包括6m）以上	一级	货物长度5 - 10m；重量4t 以上（不含4t）至8t 的货物
	2．货物每件重量在4t（不包括4t）以上	二级	货物长度10 - 14m，重量8t 以上（不含8t）至20t 的货物
	3．货物高超过2 .7m，宽超过2 .5m 以上	三级	货物长度14m 以上，重量20t 以上（不含20t）的货物
.....	.....	.....	.....

市内汽车、拖拉机、马车、板车运费的计算方法

无论是外地购进的材料或是本市生产的材料，均需要汽车、拖拉机或马车、板车运到施工工地。因此，要计算市内汽车、拖拉机或马车、板车的运输费用。市内汽车、拖拉机或马车板车运费的计算方法，基本上与公路运输运费的计算方法相同。不同的是，各地规定不一样，有的地区货物分等级，有的地区货物不分等级；有的地区运价率按全程规定，有的地区按吨公里；有的地区运价包括装卸费，有的运价中不包括装卸费；有的地区马车运输规定有作业费；有的地区运输里程考虑了绕道因素等等。因此，计算市内汽车、拖拉机或马车、板车的运费，应根据本地区的规定计算。

如某省规定市内汽车、板车、人力的运费计算公式如下：

全部运费 = (运行价 × 计费运距 + 装卸价 + 杂项作业价) × 计费重量

2) 调车费与驳船费的计算方法。

调车费的计算。调车费，也称取送车费。是指铁路运输用铁路机车往专用线、货物支线（包括站外出岔）或专用铁道的外交接地点调送车辆时所需要费用。

铁路运输的调车费，按铁道部的规定计算，自车站中心线起算，里程往返合计，取车不另收费。其计算公式如下：

$$\text{单位重量材料的调车费} = \frac{\text{调车里程} \times 2 \times \text{每机车每公里调车费用}}{\text{每次车辆数} \times \text{车箱技术装载量}}$$

驳船费的计算。驳船费，是指水路运输时，当船舶不能靠拢码头装卸货物而必须另用驳船从码头至船舶取送货物所发生的费用。

驳船费是由各港口分别按不同类别货物规定每吨货物的驳船费率。可按各呼港口收费规则计算。

3) 装卸费的计算方法。

装卸费是指把货物从堆放地点装上车、船和从车、船上把货物卸到堆放地点时所发生的费用。

铁路运输的装卸费，按铁道部规定的装卸等级计算。

水路运输的装卸费，按各港口规定的装卸费率计算。

汽车、拖拉机、马车运输的装卸费，按当地交通主管部门规定的装卸价格计算，一船按不同货物、整车或零担以t为单位分别规定装卸价格。马车运费如果已包括了装卸费就不能再重复计算装卸费。有的地区把装费和卸费分别规定，应将此两项合计汇总就成此项的装卸费。

4) 附加工作费的计算方法。

附加工作费，是指在材料到达工地仓库后的搬运、堆放、分类、整理时发生的费用。

该项费用分两种情况计算：堆放整理工作由运输部门进行的，按运输部门规定的费用标准计取；堆放整理工作由施工单位进行的，按当地施工单位规定的计取。

5) 材料运输合理损耗费的计算方法。

材料运输合理损耗费，是指某些材料在运输过程中非人为过失而受损失的补偿价值。但是，如果是由于经营不善而发生的材料丢失和损失，则不应计入此项费用中。有的省、市、自治区规定此项费用计入采购保管费内的，就不必另行计算此项费用。

材料运输合理损耗的计算公式如下：

$$\begin{aligned} \text{场外合理运输损耗费} = & (\text{原价} + \text{供销部门手续费} + \text{包装费} + \text{名种运费} + \text{调车费或驳船费} \\ & + \text{装卸费} + \text{附加工作费}) \times \text{场外合理运输损耗率} \end{aligned}$$

⑥）材料运输费用计算表的编制方法。

计算材料运输费用，要编制运输费用计算表。

例题（三），根据例题（一）的资料和其他有关资料编制北京某工程钢材运输费用计算表，如表2 -12 所示（表中数字均为假设数字）。

在编制地区材料预算价格时，某种材料的运输费用，根据上述方法计算出各个工程的运输费用。在此基础上，根据材料用量，用加权平均方法计算出该地区某种材料的平均运输费用其计算方法有以下两种：

第一种：加权平均运输费的计算方法。计算公式如下：

$$T = \frac{T_1K_1 + T_2K_2 + T_3K_3 + ..... + T_nK_n}{K_1 + K_2 + K_3 + ..... + K_n}$$

T：表示加权平均运输费；

T<sub>n</sub>：表示材料运到各建筑工地的运输费；

K<sub>n</sub>：表示根据有关资料测算的各建筑工地的材料需要量。

表2 -12 材料运输费用计算表

材料名称：钢材

单位：元/t

交货条件1．工厂2．码头			共计		货物等级	7（整车运价号）
交货地点	1．鞍山	2．上海	整车	零担	货车实际载重量（t）	30t
交货数量	60 %	40 %	100 %	0		
序号	运输费用项目		运输起讫地点	运输距离（km）	每吨运费计算式	金额（元）
一	二		三	四	五	六
1	调车费		工厂——鞍山站	7	$\frac{0.3 \times 7 \times 2}{300} \times 6$	0.008
2	铁路运输费		鞍山——北京站	935	$16.1 \times 60.$	9.66
3	铁路装卸费（鞍山）				$0.58 \times 60 \%$	0.348
4	水路运输		上海港——天津港	752	$8.86 \times 40 \%$	3.544
5	海上装卸费（上海）				$1.8 \times 40 \%$	0.72
6	海上装卸费（天津）				$1.7 \times 40 \%$	0.68
7	汽车运费		天津港——天津站	20	$0.5 \times 20 \times 40 \%$	4.00

续表

序号	运输费用项目	运输起讫地点	运输距离 (km )	每吨运费计算式	金额 (元)
8	铁路运费	天津站——北京站	137	3 2 ×40 %	1 28
9	铁路装卸费 (天津)			0 4 ×40 %	0 .16
10	铁路装卸费 (北京)			0 4 ×100 %	0 40
11	汽车运费	北京站——工地仓库	30	0 5 ×30	15 00
12	附加工作费			0 42	0 42
合计					36 22

例如，计算某种材料的平均运输费用，根据表2 - 12 的资料（表中数字为假定数字），甲地用量为35 .7 %，运输费15 元 $\text{t}$ ，乙地用量为21 .4 %，运输费14 元 $\text{t}$ ；丙地用量为42 .9 %，运输费12 .4 元 $\text{t}$ 。其加权平均运输费：

$15 \times 35.7 \% + 14 \times 21.4 \% + 12.4 \times 42.9 \% = 13.7 \text{ (元}\text{t}\text{)}$

第二种，加权平均运距的计算方法。同种的运输方式，也可以采用先算加权平均运路，再计算平均运输费用的办法。其计算公式如下：

$$P = \frac{P_1K_1 + P_2K_2 + P_3K_3 + ..... + P_nK_n}{K_1 + K_2 + K_3 + ..... + K_n}$$

P：表示加权平均运距；

Pn：表示材料运到各建筑工地的运输距离；

Kn：表示根据有关资料测算的各建筑工地，均采用汽车方式运输，试根据表2 - 13 中资料计算某种材料市内短途运输费（表中数字均为假定数字）。

计算步骤如下：

$$\begin{aligned} \text{材料总量} &= 5000 + 1000 + 3000 + 3000 + 2000 + 4000 + 2000 + 3000 + 5000 \\ &= 2800 \text{ (t)} \end{aligned}$$

各地权数：

$5000 \div 28000 = 17.90 \%$

$1000 \div 28000 = 3.60 \%$

$3000 \div 28000 = 10.70 \%$

$3000 \div 28000 = 10.70 \%$

$2000 \div 28000 = 7.10 \%$

$4000 \div 28000 = 14.30 \%$

$2000 \div 28000 = 7.10 \%$



码头—乙 :3000 ÷28000 =10 .70 %

码头—丙 :5000 ÷28000 =17 .90 %

加权平均运距

$$30 \times 17 \% + 15 \times 3.6 \% + 25 \times 10.7 \% + 20 \times 10.7 \% + 25 \times 7.1 \% + 30 \times 14.3 \% + 10 \times 7.1 \% + 30 \times 10.7 \% + 15 \times 17.9 \% = 23.4 \text{ (km)}$$

其平均运输费 :23.4 ×0.5 +1 +1 =13.70 (元/t)

表2 -13

用 料 站 点 车 站 码 头	甲地		乙地		丙地		注
	需要量 (t)	运距 (km)	需要量 (t)	运距 (km)	需要量 (t)	运距 (km)	
车站A	5000	30	1000	15	3000	25	汽车运价标准 0.5 元/t·km
车站B	3000	20	2000	25	4000	30	装卸费1 元/t
码头	2000	10	3000	30	5000	15	附加工作 费1 元/t

5 . 材料采购及保管费的计算

材料采购及保管费，是指材料供应部门（包括工地仓库及以上各级管理部门）在组织采购、供应和保管材料过程中所发生的各种费用。其中包括材料采购及保管人员的工资、工资附加费、办公费、差旅交通费、劳动保护费、职工教育费、固定资产使用费、工具用具使用费、材料检验费、材料在储存中的损耗费用、其他费用等。

因为材料种类、规格繁多，其材料及保管费不能按每种材料在采购及保管过程中发生的实际费用计算，只能大致规定几种费率。由于各地情况不同，费用支出不一致，为了更好地符合各地实际情况，采购及保管费率由各省、市、自治区自行规定，如某省规定建筑材料费率为2.5 %（其中：采购费率为1 %、保管费率为1.5 %）。由建设单位供应的材料，施工单位只取保管费。由施工单位附属企业生产供应的构件、成品、半成品，因所用材料的预算价格中已包括了采购保管费，则不应再计算此项费用。

材料采购及保管费计算公式如下：

采购保管费 = （材料原价 + 供销部门手续费 + 包半费 + 运输费） × 采购及保管费率

例题（四），根据例题（一）、（二）、（三）的资料，北京某工程所需用钢材的采购保管

费为：

采购保管费 = (1320 +16.5 +0 +36.22) ×2.5 % =34.32 (元/t)

以上是介绍主要建筑材料预算价格各项费用的计算方法，次要材料因占工程造价的比例不大，种类繁多，其预算价格计算方法可简化，次要材料在其原价格确定之后，其他四种费用可采取综合系数计算。

三、材料预算价格计算表及汇总表的编制

1．材料预算价格计算表的编制

材料预算价格表是汇总计算材料预算价格的表格。它应根据材料运输费用计算表和材料预算价格的其他四种因素的计算资料为根据进行编制。

在编制材料预算价格表计算表之前，要对已计算的材料预算价格诸因素的数据进行审查，然后按计算表的要求逐项计算填写。

根据例题（一）、（二）、（三）、（四）的资料，编制材料预算价格计算表钢材的材料预算价格 =1320 +16.5 +36.22 +34.32 =1407.04 (元/t)。见表2 -14 表中数字为假数字)。

表2 -14 材料预算价格计算表 单位：元

序号	材料名称规格	单位	发货地点	及体贴地点及条件	原价根据	运输计算表号	单位毛重	每吨运费	手供销部门手续费	材料预算价格						合计	备注
										原价	手供续销费部门	包装费	运输费	保采购费及	回收值		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	钢材	t	鞍山、上海	工厂、码头	冶金部厂价格		1	36.22	2.5 %	1320	16.5		36.22	34.32		1407.04	

2．材料预算价格汇总表的编制

为了编制预算时应用的方便，在编制材料预算价格计算表的基础上，还要编制出材

料预算价格汇总表。材料预算价格汇总表是将材料预算价格表的主要资料，如材料名称、计量单位和工地仓库出库价格等填入汇总表的各栏之中。如表2 -15 所示。

表2 -15 材料预算价格汇总表			单位元
序号	材料成品、半成品名称及规格	计量单位	预算价格
1	钢材	t	1407 04

第四节 施工机械台班使用费的确定

一、正确确定施工机械台班使用费的意义

施工机械台班使用费，也称施工机械台班预算价格或施工机械台班费。它是指一台机械在一个台班中（工作八小时）为使机械正常运转所支出和分摊的各种费用。

社会主义四个现代化建设的向前发展，施工机械化水平将会不断提高。它反映在基建预算上，就是工程预算直接费中的施工机械使用费的比重将逐步增大。正确计算施工机械使用费，不仅直接关系到预算造价的正确性，而且也使施工机械的消耗得到合理的补偿，使企业能不断改善施工机械的装备，有利于加强施工机械的管理，提高机械利用率，促进施工机械化的发展，提高劳动生产率，加快基建速度，都具有现实的意义。

二、施工机械台班使用费的组成

施工机械台班使用费，按其费用因素的性质，划分为两大类：即第一类费用和第二类费用。

1．第一类费用，又称不变费用。它是根据施工机械的年工作制度决定的费用。它的特点是不管机械开动与否，不管施工地点和条件的变化，都需要开支，是一种比较固定的经常性的费用，应按全年的费用分摊到每一台班中去。根据这个特点，第一类费用是直接以货币形式列入施工机械台班使用费定额中去。

第一类费用内容包括：机械折旧费、大修理费、经常修理费、替换设备及工具附费、润滑材料及擦试材料费、安装、拆卸及辅助设备费、机械进出场费、机械保管费。

2. 第二类费用，又称可变费用。此项费用一般只有机械运转工作时才会发生，而且受施工地点和施工条件的影响，所以它是取决于机械工作班内工作制度的费用，也叫一次费用。

第二类费用内容包括：机上工作人员的工资、施工机械运转所需电费、燃料费、牌照税及养路费。

### 三、施工机械台班使用费的计算方法

#### 1. 第一类费用的计算方法

##### (1) 机械折旧费

机械折旧费是指随着机械在使用中不断受到磨损而转移到建筑物或构筑物中去的那一部分机械价值。这部分价值应按照机械使用的总台班次逐渐提取回收，以便于机械的原值更新。机械折旧费应按机械的预算价格、机械使用总台班、机械残值率等条件确定。台班折旧费计算公式如下：

$$\text{台班折旧费} = \frac{\text{机械预算价格} \times (1 - \text{残值率})}{\text{使用总台班}}$$

机械预算价格 = 机械出厂价格 + 运杂费（包括供销部门手续费）

出厂价格：国内生产的机械按主管部门机械产品目录中价格计算；

国外进口机械按外贸部门编制的价格目录计算；

缺项的应对照国内相同产品出厂价格计算。

$$\text{运杂费} = \text{出厂价格} \times \text{运杂费率}$$

运杂费率：国内生产的机械为出厂价格的5 %；

国外进口的设备为报岸价格的11 %。

残值率：是指机械报废后的残余价值占机械原值的百分比。一般大型机械为5 %，

运输机械为6 %，中小型机械为4 %。

$$\text{使用总台班} = \text{年工作台班} \times \text{使用年限}$$

$$\text{或 使用总台班} = \text{使用周期} \times \text{大修理间隔台班}$$

使用周期是指机械从使用到报废前重复使用的次数。根据建筑机械的使用情况，使用周期一般规定为5 次。

大修理间隔台班是指一次大修理后能使用的台班数。

2) 大修理费用

大修理费用，是指为保证机械完好和正常运转，在机械达到规定的使用期限而必须进行大修理所支出的修理费用。大修理费用的计算公式如下：

$$\text{台班大修理费} = \frac{\text{一次大修理费} \times \text{大修理次数}}{\text{使用总台班}}$$

$$\text{大修理次数} = \text{使用周期} - 1$$

$$\text{或 } \text{使用总台班} \div \text{大修间隔台班} - 1$$

3) 台班经常修理费

台班经常修理费，是指机械的中、小修理费，各级定期保养及日常例行保养费用。台班经常修理费按大修理间隔台班分摊计算。其计算公式如下：

$$\text{台班经常修理费} = \frac{\text{一次中修费} + (\text{各级保养一次费用} \times \text{各级保养次数})}{\text{一次大修间隔台班}}$$

中修和各级保养费，由机械配件和消耗材料费、工时费、检修运费等项组成。为了计算方便，台班经常修理费往往是以大修理费为基数综合取定系数K 进行计算的。计算公式如下：

$K = \frac{\text{台班修理费}}{\text{台班大修理费}}$ ，其K 值一般编在施工机械台班使用费定额的附表中，此系数是参照历次编制定额时台班维修费与台班大修理费的比例综合确定的。在全国统一定额编制中系数K 取1.46 计算。

4) 替换设备及工具附具费

替换设备及工具附具费，是指机械运转时所经常消耗的设备 and 随机使用的工具、附具（如机上的蓄电池、变压器、开关、轮胎、电线、电缆、传动皮带、钢丝绳）的摊销费和维修费。计算公式如下：

$$\frac{\text{台班替换设备及工具附具费}}{\text{及工具附具备}} = \left[ \frac{\text{某替换设备、工具附具一次使用费} \times \text{相应项算单价} \times (1 - \text{残值率})}{\text{替换设备、工具、附具耐用总台班}} \right]$$

5) 润滑及擦拭材料费

润滑及擦拭材料费，是指为维护机械正常动转及日常保养所需的润滑材料、绵纱、抹布等支出的费用。其计算公式如下：

$$\frac{\text{润滑材料及擦拭材料费}}{\text{及擦拭材料费}} = \left[ \frac{\text{某润滑材料台班使用量}}{\times \text{相应单价}} \right]$$

式中： $\frac{\text{某润滑材料台班使用量}}{\text{台班使用量}} = \frac{\text{一次使用量} \times \text{每个大修间隔其平均加权次数}}{\text{大修间隔台班}}$

为了计算方便，一般是以各级修理费为基数来以综合取定的润滑及擦拭费率计算，或根据调查资料综合取定，如在全国统一定额编制中，4t 载重汽车的润滴、擦拭材料费

用按调查资料综合取定为1.5元/台班。

⑥) 安装拆卸及辅助设施费

安装拆卸及辅助设施费，是指机械在工地安装、拆卸所需的人工、材料、机具消耗和试运转费以及辅助设施公摊费用。辅助设施费包括基础底座、固定锚桩以及行走轨道的折旧等项费。其计算公式如下：

$$\text{台班安装拆卸费} = \frac{\text{一次安拆费} \times \text{每年安拆次数}}{\text{年工作台班}}$$

$$\text{台班辅助设施摊销费} = \left[ \frac{\text{一次使用费} \times \text{相应单价} \times (1 - \text{残值率})}{\text{摊销台班数}} \right]$$

⑦) 机械进出场费

机械进出场费，也称机械场外运输费，是指机械整体或分件自停放地点至工地或由一个工地至另一个工地在规定运距（在25km以内）的运输转移费用。如超过该规定运距时，按施工机械搬迁费用处理，不包括在定额范围内。其计算公式如下：

$$\text{台班机械出场费} = \frac{(\text{每次运费} + \text{装卸费}) \times \text{每年增均次数}}{\text{年工作台班}}$$

⑧) 机械保管费

机械保管费，是指机械在使用保管中所发生的间接费用。如停车库、停机械的折旧、维护和保管费，这项费用按占机械预算价格的百分比计算。其计算公式如下：

$$\text{台班机械保管费} = \frac{\text{机械预算价格} \times \text{保管费率}}{\text{年工作台班}}$$

第一类费用在机械台班定额中是有金额表示的，适用于任何地区，在编制施工机械台班费计算表时，不能任意改动，也不必重新计算，从定额表中直接转抄即可。

2. 第二类费用的计算方法

第二类费用在施工机械台班定额中是以每台班所需实物消耗量指标来表示的。

(1) 人工费

人工费是指机上司机、司炉及其操作机械的工人的标准工资、工资性质的津贴和属于机械机上工人开支的各项费用。根据各台班的工日消耗数量，工人技术等级和当地的相应等级的日工资标准计算。机上操作人员的人数应按机械性能和操作的需要来确定。

(2) 动力燃料费

动力燃料费是指机械在运转过程中所消耗的电力、各种燃料和水的费用。其台班燃料消

耗公式如下：

$$Q = \frac{HP \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot G \cdot K_3 \cdot K_4}{1000 \quad (g)}$$

式中：Q——台班油耗量（kg）；

- HP ——引擎额定马力；
- $K_1$  ——能力利用系数；
- 台班工作调小系数；
- $K_2$  ——时间利用系数；
- G ——定额耗油量；
- $K_3$  ——车速油耗系数；
- $K_4$  ——油料损耗系数。

各地区在编制施工机械台班使用费时，应按本地区油料预算价格计算油料费用。台班电力消耗，蒸气机械的燃煤、木柴、水的消耗的计算按规定公式计算。

③ 养路费和牌照税

养路费是指机械行驶在城市以外的公路上按当地交通部门规定缴纳的养路费。牌照税是税务部门按照规定征收的车辆牌照税。其计算公式如下：

台班养路费 =  $\frac{\text{核定吨位} \times \text{年工作月数} \times \text{每吨月养路费}}{\text{年工作台班}}$

式中： 每吨每月养路费 = 机械养路费 + 牌照税  
年台班牌照税按一个月的养路费计算。

四、 编制施工机械台班使用费计算表

施工机械台班使用费是由第一类费用和第二类费用所组成。第一类费用和第二类费用确定后，再根据当地预算定额规定的施工机械台班费用定额，当地建安工人的平均工资、日工资标准和材料预算价格，与第一类费用、第二类费用相应的项目计算，然后计算其合价列成计算表格，并列入各地区编制的单位估价表之中（附录部分），以使确定其中的施工机械台班使用费。

施工机械台班使用费需按台班费用计算表进行编制。

第五节 单位估价表的编制与使用

一、 单位估价表的主要内容

为了编制、审查和使用的方便，要把预算定额中人工、材料、施工机械台班的消耗指标即“量”和预算单价中工资标准、材料预算价格、施工机械台班使用费即“价”的结合及其计算过程用一定的表格形式表示出来，这种表格就是单位估价表。

单位估价表应能明确清楚地表现出计算过程和计算根据。表格内容应包括以下基本方面：

- 1．完成该分项工程所需消耗的人工、材料、施工机械的实物数量；
- 2．该分项工程消耗的人工、材料、施工机械的相应预算价格；
- 3．该分项工程直接费中的人工费、材料费和施工机械使用费；
- 4．其他方面的内容，如预算单价适用的范围；编制依据；定额所采用的单位等。

单位估价表的形式，必须符合简明完善的原则，并且，为了使用的方便，宜用统一格式。单位估价计算表和预算定额表基本相同，只是在工、料、机械的单位栏后边增加单价栏，在定额子目规定的耗用量栏后边增加金额栏。

有的地区的表式更为简单，如某者的单位估价表的格式如表2 -16 所示。

表2 -16 施工机械台班费用计算表 单位：元/台班

项 目		单位	× × 机械		
			载重量 (t)		
			2 . 以内	4 以内	× × × ×
预算价格 (基价)		元	54 .32	67 .88	
第一类费用	折旧费	元	2 .90	3 .82	
	大修理费	元	4 .48	4 .80	
	经常维修费	元	6 .54	7 .01	
	替换设备及工具、附具费	元	6 .51	7 .66	
	润滑及擦拭及材料费	元	1 .50	1 .50	
	安装拆卸及辅助设施费	元	—	—	
	机械进出场费	元	—	—	
	机械保管费	元	0 .55	0 .62	
	第一类费用小计	元	22 .48	25 .41	
第二类费用	<u>工日</u> 工资等级	级	<u>1</u> 4	<u>1</u> 4	
	<u>工日单价</u> 合价	元	<u>1 .50</u> 2 .50	<u>2 .50</u> 2 .50	
	汽油使用量	kg	21 .40	27 .00	
	<u>单价</u> 合价	元	<u>0 .96</u> 20 .54	<u>0 .96</u> 25 .92	
	养路费及牌照税	元	8 .80	14 .05	
	第二类费用小计	元	31 .84	42 .47	



## 二、建筑工程单位估价表的编制

### 1. 单位估价表的编制依据

单位估价表应按本地区基本建设的需要进行编制，编制的主要依据是：全国统一的设备安装工程预算定额和该地区现行的建筑工程预算定额或综合预算定额，补充定额；该地区建筑工人平均等级及日工资标准；该地区材料预算价格；该地区施工机械台班预算价格；全国和地区有关编制单位估价表的规定。

### 2. 单位估价表的编制步骤

单位估价表的编制是一项复杂细致的工作，必须根据国家或地方有关机关的规定，有计划、有步骤地进行，一般由当地基建主管部门组织设计单位、施工单位、重点建设单位、建设银行、城建、运输、物资等部门共同编制。一般按以下三个步骤进行：

#### (1) 准备工作。

组织人员，成立编制机械，研究拟定编制方案。

确定单位估价表的适用范围。调查研究并统筹解决定额项目的选定，定额中“活口”及缺项问题，合理选择材料来源地、材料原价、运输距离、运输方法等。

收集预算定额和补充定额、材料价格、工资标准（包括各种津贴、附加工资、地区补差等）运输费率以及地区机械台班费等基础资料。

了解地区建设工程的类型与结构标准、工业与民用建设的比例、工程地点分布、施工力量来源以及材料、构件的生产和供应情况等。

#### (2) 编制工作。

根据编制方案，绘制建设工程分布图。

计算人工工资标准。

确定材料来源地及供货比例。运输方式，计算材料运输费用，确定材料原价等，计算材料预算价格。

计算施工机械台班费用标准。

确定单位估价表表式，根据表中的内容进行具体计算。

#### (3) 修订定稿。

单位估价表编制完后，对表中的各项基本数据应认真复核无误。认真编写和审阅文字说明，包括总说明、分部说明、各节工作内容说明及附注等。然后征求有关方面的意见，进行修改补充。最后定稿，报送领导机关审阅，颁发执行。

### 3. 单位估价表的编制方法

#### (1) 选定编制项目。

单位估价表项目应按预算定额和补充定额的项目，结合当地工程的实际情况进行选定，当地工程用不着的项目不选入，定额没有的项目，可编补充定额，据以编制单位估价表。

单位估价表项目名称、编制顺序，应按预算定额确定。

2) 抄录定额工、料、机械台班耗用数量。

将选定的编制项目按预算定额规定的人工、材料、机械台班消耗量，分别抄录在空白单价表相应各横栏内。抄录时，应注意以下问题：

人工数量可只抄录合计工日数及平均工资等级。若定额中没有规定平均工资等级，则分别抄录各工种的工日数及相应的工资等级，以便计算平均工资。

材料数量一般按预算定额的材料数量抄录。但在预算定额中如有的材料品种、规格同时规定两种以上供选用时，应根据施工情况选用其中常用的一种。周转材料可只抄录摊销量。砂浆及混凝土等半成品材料，应按定额所列半成品抄录。

施工机械台班耗用量，若预算定额中规定了台班耗用量的，可直接抄录，如班数量；定额规定了施工机械使用费的，则抄录施工机械使用费。如果预算定额规定两种以上垂直运输机械供选用时，地区单位估价表可按定额同时列出并计算出二种单价，以供编制预算时选用实际使用的机械计算费用。专项工程单位估价表应选用实际使用的机械编入单位估价表。

3) 填写单价。

将定额规定的该地区的平均工资等级的日工资标准、材料预算价格、施工机械台班预算价格，填入单价表中的“单价”栏内，“其他材料费”和“中小型机械费”按定额数据填入。

人工工资。单位估价表中的人工工资包括标准工资、粮贴副食品补贴。

材料预算价格。选用材料预算价格时，应注意材料名称、规格、计量单位应与定额一致。

a. 一种材料有多处规格而预算定额列出采用规格的，应按预算定额列明的规格选用价格；一种材料有多种规格而预算定额是采用综合规格的，可按取定的各种规格用量的比重，计算综合规格的加权平均价格，列入“单价”栏内。

b. 预算定额没有列明规格的，一般按定额附表“材料规格取定表”取定；如果附表也未标明规格的，可根据当地一般常用的规格，选用一种有代表性的规格计价，或者按几种常用规格，加权平均计价。

c. 对某些规格复杂的材料和成品，难于采用综合价格，可按“未计价”材料，列入其数量，附以括号。在编制预算时可按图纸要求的型号和规格，临时作价。

d. 对定额中允许换算的材料规格、半成品配合比和机械型号，在编制单价表时，

进行了换算，应在附注中说明。不允许换算的要在单价表中一次定下来，不留活口。

e. 关于某些因素，如实际使用的材料质量与定额不符，图纸要求的施工内容与定额有出入，现场施工条件情况特殊等，在计算单位估价表时，如确定有附加、附减的人工、材料和机械台班的幅度等，应在分项或分部工程内加以说明。

f. 定额取定的规格材料需要经过加工才能使用时，其加工损耗、加工费用应综合在单价表规格材料预算价格内。

(4) 计算工作。

用定额中的工、料、机械台班消耗数量分别乘以相应的单价，计算人工费、材料费、施工机械使用费，并将这三项费用相加算出定额单价。金额以“元”为单位，小数一律采用两位。

计算公式为：

$$\frac{\text{每一定额计算单位}}{\text{分项工程预算单价}} = (\text{工、料、施工机械消耗量} \times \text{预算价格})$$

其中：人工费 = 合计工日数 × 当地平均工资等级日工资标准

材料费 = (材料消耗量 × 相应的材料预算价格)

机械使用费 = (机械台班消耗量 × 相应施工机械台班费)

将人工费、材料费、施工机械使用费汇总起来，就构成单位估价表中各分项工程的预算单价。

例如，基本地区属于七类地区，砌筑每10m<sup>3</sup> 一砖内墙需用14.69 工日，平均工资等级3.7 级，日工资标准为2.80 元，用红砖5.32 千块，单价66.35 元；M2.5 混合砂浆2.18m<sup>3</sup>，单价31.78 元；5 混合砂浆0.09m<sup>3</sup>，单价37.35 元；木模二等中转0.004m<sup>3</sup>，单价265.33 元；铁钉0.05kg，单价1.77 元；水2m<sup>3</sup>，单价0.15 元；001 砂浆搅拌机0.4619 台班，单价7.62 元；-6t 塔吊0.4619 台班，单价59.15 元。计算10m<sup>3</sup> 一砖内墙的人工费、材料费、机械费及预算单价为：

人工费 :14.69 ×2.8 =41.13 (元)

材料费 :5.32 ×66.35 +2.18 ×31.78 +0.09 ×37.35 +0.004  
×264.33 +0.05 ×1.77 +2 ×0.15  
=427.07 (元)

机械使用费 :0.4619 ×7.62 +0.4619 ×59.15  
=30.84 (元)

预算单价 :41.13 +427.07 +30.84  
=499.04 (元)

将上面计算的数据和编制单位估价表的要求，填制单位估价表。其表式如表2 - 17

所示。

表2 -17 单位估价表

定额编号及名称：××—××			砖 墙		每10m <sup>3</sup>
序号	项目	单位	单价（元）	数量	合计
1	人工	工日	2.80	14.69	41.13
2	红砖	千块	66.35	5.32	352.98
3	M2.5 混合砂浆	m <sup>3</sup>	31.78	2.18	69.28
4	M5 混合砂浆	m <sup>3</sup>	37.35	0.09	3.36
5	二等木枋	m <sup>3</sup>	264.33	0.004	1.06
6	铁钉	kg	1.77	0.05	0.09
7	水	m <sup>3</sup>	0.15	2.00	0.30
8	200L 砂浆搅拌机	台班	7.62	0.4619	3.52
9	2~6 吨塔吊	台班	59.16	0.4619	27.32
合计					499.04

⑤）复核工作。

填写完成后，应对定额数量、选用的单价、计算和填写过程进行认真的复核，避免错误，以保证单位估价表的准确性。

三、建筑工程单位估价汇总表的编制

单位估价表虽然内容比较完整、全面，但在使用时还不够方便。因此，需要把单位估价表上的基本资料汇集在一起，编制单位估价汇总表。

单位估价汇总表略去了工、料、机械的种类、数量和详细计算过程，保留了单位估价表中的计算结果。同时把100m<sup>2</sup> 或10m<sup>3</sup> 扩大了的定额计算单位，换算成1m<sup>2</sup> 或1m<sup>3</sup> 等基本的计量单位。单位估价汇总表格式如表2 -18 所示。

表2 -18 单位估价汇总表

单位：元

序号	定额 编制	工程 项目	单位	单位价值	其 中			备 注
					人工费	材料费	施工机械 使用费	
1	×××	一砖内墙	m <sup>3</sup>	49.90	4.11	42.71	3.08	
2								
3								

四、安装工程单位估价表和单位估价汇总表的编制

安装工程的预算单价确定方法，与建筑工程预算单价基本相同，它的表格形式类似建筑工程的单位估价汇总表，表格名称有的称为安装价目表，有的称为安装工程单位估价表，如某市编制的电气安装工程单位估价汇总表，其表式见2 -19。

表2 -19 变配电装配

序号	定额 编号	项目	单位	单位估价值（元）				备 注
				总计	其 中			
					人工	材料	机械	
1．变压器安装								
1	1	0.5t 以下	台	8.66	4.30	3.83	0.53	
2	2	1t 以下	台	16.18	7.52	8.13	0.53	
3	3	2t 以下	台	28.27	15.64	12.10	0.53	

五、单位估价表的使用

1．地区单位估价表的特点

单位估价表是按照地区特点编制的，凡是在该地区进行建筑安装施工的，除某些专业部的工程 and 项目，如铁路、公路、桥梁、码头、送变电、通讯等外的一切建设工程，均用所在地区的单位估价表编制建筑安装工程预算。因此，要学习单位估价表的总说明和分部说明，必须了解和熟悉单位估价表的内容、编制依据、适用范围、计量单位，已经考虑和没有考虑的因素，施工图设计要求和工程难易程度是否与单位估价表内容相符，这样才能准确地套用定额和进行计算。

2．地区单位价表在使用中应注意的问题

- (1) 单位估价表经批准执行后，在使用中不准随意修改。
- (2) 与分项产品相适应的单价一般可以从单位估价表中查得。这个查找、确定单价的过程就叫“套用定额”。当施工图设计要求和施工单位估价表所规定的内容都一致时，就可以直接套用单位估价表中的预算单价。在编制建筑安装工程预算书时，应先查阅单位估价表目录，找出相应的分部工程，再找出所需套用的分项工程和所在页数，即可查到所需的分项工程单位，再核对子目名称、内容等，如果全部吻合，就可以确定使用这个单位的单价。

③) 计算出来的工程项目，因材料、材料规格、材料配合比等与单位估价表所规定的不同，而按说明规定又允许换算的，则必须经过换算后才能确定该项目的单价。凡经换算后确定的单价，在写定额编号时应写 × × \_\_\_\_ × × 换，以示区别。

④) 如设计图纸上某个工程采用新的结构或新材料，而预算定额和单位估价表中未编制出这类分项的，为使工程造价完整，就必须制定补充单位估价表，这类情况在编制预算时，应在定额编号栏内写一个“补”字，以示区别。补充单位估价表的编制方法与单位估价表的编制方法相同。

3. 材料价格调整系数的测定与使用

单位估价表使用的材料预算价格，一般均是以一个中心城市的有关资料为依据编制的，其他各地的实际预算价格与之相比会有出入，而且有的出入还比较大，或者是新到一个工地或地区，没有地区材料预算价格和单位估价表，或是两个地区的材料预算价格和单位估价表不一样时，应当结合各地区的实际情况编制材料预算价格调整系数，用之调整工程预算造价中的材料费用，得出一个较为符合实际情况的工程预算造价。调整系数有以下两种计算方法。

(1) 执行附近地区的现行材料预算价格和地区单位估价表，实际发生的价格与预算价格的差额，均在基建设投资内（即在概、预算的基础上），按占预算造价的百分比一次统一调整。计算公式如下：

$$\text{材料预算价格调整系数} = \frac{\text{地区材料实际预算价格} - \text{中心地区材料预算价格}}{\text{中心地区材料预算价格}} \times 100 \% \times \text{综合系数}$$

式中：综合系数是指计算的调差材料费在预算造价中所占的比重。综合系数由各省、市、自治区统一选择一些有代表性的工程进行测定。

经公式计算出材料预算价格调整系数为“+”时，则表示实际造价比计算的预算造价要增加，属调增的系数。如是“-”时，则表示实际预算造价比计算造价要减少，属调减系数。

②) 以附近地区现行地区材料预算价格和预算单价为基础，选择几种主要的用量大的材料；如钢筋、水泥、砖、砂石、沥青、油毡、玻璃、石灰、炸药等，依据实际情况编制材料价格，对次要材料，双方采用协商办法解决，如统一一个调整系数，不一定全部编入材料预算价格。在这种情况下分别以下两种情况计算调系数：

已知主要材料的用量，计算差价系数。

$$\text{差价系数} = \frac{\text{调整后材料费} - \text{调整前材料费}}{\text{调整前材料费}} \times 100 \%$$

将预算价格的材料费合计数乘以调整系数，即可得到实际预算价格中的材料费。用

实际材料费减去单价表中的材料费或用单价表中的材料费乘以差价系数，即可算得预算价格材料费的调增或调减额。

主要材料总用量无法事先提出，但选用的附近地区预算价格表可以算出单位工程直接费，计算差价系数。其计算方法如下：

- a. 将已编制的主要材料预算价格和次要材料预算价格填入选用的预算价格表，编出本工程的预算价格表。
- b. 以选用的预算价格表为依据算出单位工程预算表直接费总金额。
- c. 以本工程预算价格表（表中的材料消耗量为选用预算价格表的材料用量）为依据，算出单位工程实际直接费总金额。
- d. 计算差价系数，其计算式如下：

$$\text{差价系数} = \frac{\text{调整后预算表直接费总金额} - \text{调整前预算表直接费总金额}}{\text{调整前预算表直接费总金额}} \times 100\%$$

计算出差价系数，即可得到调整系数：

调整系数 = 1 ± 差价系数。并用以调整单价表的材料预算价格。

运用上式计算本工程实际直接费时，只要将求得的差价系数乘以选用的预算价格表编制的单位工程预算单价表直接费小计金额，再加上选用的单位工程预算表的直接费或用单位估价表的预算基价乘以调整系数即可。

按项目价差法进行调整。项目价差法是按统一单位估价表编制工程预算并按之取费，另行按当地允许调整的项目的价格编制部分单位估价表，求得工程差价，进行调整。

4. 工程直接费“价格指数”的使用

为了加强工程建设标准定额工作，控制建设工程造价，为了适应材料价格浮动状况，必须实行建筑工程直接费的动态管理，定期发布材料价格和“价格指数”，以指导工程造价的预测和调整。

测算“价格指数”的依据，统一按各省、市、自治区选定的工程类型来确定。按不同类型不同结构，分类计算，加权综合，合理取定的原则，计算出合计工日数、各种材料用量、机械台班费及能源用量作为当地“价格指数”的统一标准。“价格指数”是以各省、市、自治区的预算定额，材料预算价格和单位估价表为计算基础，计算出其人工费、材料费和施工机械费的变化，计算出“价格指数”，其计算方法如下：

$$\text{工程直接费价格指数} = \frac{\text{报告期直接费}}{\text{基期直接费}}$$

## 第三章 预算书的编制

在建筑工程预算编制过程中，因为程序较为复杂，涉及的业务面较为广泛，数据繁多，计算工作量庞大，极易发生漏算、多算、错算等差错；对于项目编排、数据处理也极易发生简繁不适度、条目欠妥、数据混乱等现象。如果不能系统、完整、正确、醒目、实用地反映出一个单位工程的经济技术面貌，就会使这一建筑工程预算降低，甚至丧失其使用价值。

### 第一节 工程量的计算

#### 一、数据准确

工程量计算的准确与否，是编制预算能否正确的主要条件。它是以现行定额与工程量计算规则规定为标准进行的，所以，工程量计算必须严格遵照计算规则。例如，在砖砌体的计算中，就有很多规定：大放脚T形接头处可以重复计入；面积 $0.3\text{m}^2$ 以内的孔洞及埋入钢筋混凝土的梁头可以不扣；挑砖部分不加算等等。这些规定主要是为了简化和统一工程量的计算方法。据此规则计算的工程量，尽管并不十分确切地符合实砌数量，但是，在建筑工程预算中是被公认为准确的或正确的。与此相反，如果采取实砌数量，则被认为是错误的。类似情况，在工程量计算中，还有很多规定，必须全面熟悉工程量计算规则并认真掌握，才能确保计算的质量。

#### 二、符合定额范围

工程量的计算范围，必须与定额对口，这是因为工程量计算的最终目的，是用以计算定额造价与定额工料耗用数量的。而国家或地区定额的制定，由于设项繁简的取、舍、拆、并，由于采用工艺的选择等各种因素，每项工程定额都有其特定的内容与范围。在计算工程量时，如背离定额范围，就必然会造成计算误差，最终影响预算质量。例如河南省现行建筑工程预算定额中，磨面楼面、楼梯面层项目中已包括了楼底抹灰刷



白、梯面防滑条、梯边磨石踢脚线等工作内容；水泥砂浆楼梯面层则不包括防滑条；白灰砂浆粉墙面已包括水泥砂浆粉护角；屋面油毡防水层已包括有刷冷底子油；金属面油漆中的底层防锈漆与面层调和漆分项列计等等。这些规定种类繁多，稍有疏忽，就会发生计算或列项差错，因此必须树立定额概念，熟悉其内容范围，切实认真掌握。切不可单凭一般施工工艺及工序概念在计算工程量时了草从事，任意处理。

### 三、注意图纸外项目和定额外项目的计算

一个单位工程的施工图设计，主要标志出建筑物本身结构与构造的具体尺寸与作法，而对于为完成施工所必须采取的手段和措施，则不必详细表示和说明。因此，在施工图上经常有一些并不标示的项目或工序，如脚手架的设置、土方放坡的采用、灌注桩混凝土的充盈等等。这些图外工程，在建筑工程预算中的比重是很大的，必须熟悉施工工艺及有关规程、规范，进行确切合理的考虑与计算。此外，由于施工图设计要求的构造各异，也经常有一些现行定额中所缺少的工程项目或工序，如民用钢门窗的制作、特殊五金的配置、新型油漆工程，以及一些新结构、新材料、新工艺的施工项目。还有一些与定额规定工艺、材料、内容不符，而规定允许调整或补充定额的项目，如门窗的不同断面，镶贴工程面层材料的变化等等。上述各种定额外的工程项目，也必须逐项不漏地加以计算，并在编制工程预算书时进行定额补充，调整或换算，使建筑工程预算达到全面完整的要求。

### 四、保持适当的精确度

工程量数据要保持适当的精确度，就是要在计算过程中对数据的小数位数进行适当的控制。由于建筑工程是一个庞大的建筑零、配件组合体，其分项工程品种多、数量大，在计算工程量时，数据的小数位不加限制就会给计算工作带来无意义的繁琐与混乱。数据过分简化，则又会由于小数位不适当的入、舍而较大幅度地影响工程量的计算质量。实践证明，各分项工程计算的最后数据，保留两位小数位就较为合适。但是，在分项工程计算过程中使用的数据或建筑零、配件及构件的单件计算数据，则一般保留三位小数位，就足以保证使用质量。只有在极个别情况下，才在计算过程中采用三位以上的小数位。

## 第二节 工程预算书的编制

### 一、分部工程内容要基本固定

一个单位工程建筑工程预算书，是由若干个分部工程项目及数十或数百个分项工程项目所组成的，一般中等复杂结构的房屋建筑单位工程，约需列出10 个以上的分部项目和200 个以上的分项工程项目。分部工程在工程结构构造的自然部位排列，一般都是：基础工程、墙体工程、钢筋混凝土工程、门窗工程、屋面工程、楼地面工程、粉刷工程、油漆工程等几项，但现行预算定额（指河南省定额，下同）中，由于照顾到施工工艺的分类集中，共排出14 个分部项目2140 个分项工程项目。在编制建筑工程预算书，使用与编排这些分部内容时，一般需加以调整与组合，并相对的固定，使其趋近于工程的自然分部部位，趋近于施工工序的顺序，适合于施工的劳动力组合与进行工料分析中同类工料的作表集中，以及同类结构的单位工程之间的分部比较。综合这些需要，在一般建筑工程预算书中，应设立以下几个分部，及其所含的内容：

1．基础及土方工程。包括场地平整和 $\pm 0$  以下全部工程项目，地沟的全部工程项目，以及下属于基础工程范围内的其它土方挖、填、运送工程项目。

2．砌砖工程。包括 $\pm 0$  以上砖面、预制砌体等墙体砌筑，其它砌体砌筑，以及各类梁、墙、柱用的脚手架工程项目。

3．预制混凝土工程。包括除基础以外各部位的预制混凝土构件的制作、运输、安装、灌缝、钢筋、铁件调整等项目。

4．现浇混凝土工程。包括除基础及地面的全部钢筋混凝土工程、埋入铁件及钢筋的调整、运输等项目。

5．门窗及木装修工程。包括钢门窗、木门窗及各种木结构的间壁、平顶、地板、木装修等工程的制作、安装、运输项目。

6．屋面工程。包括屋顶板以上的保温、隔热、找平、防水、排水系统、上人系统的全部工程项目。

7．楼、地面工程。包括地面、楼面、散水、台阶、门口平台及斜坡等的垫层、面层及防潮、隔音层、楼梯的面层等项目。不包括土方工程有关项目。

8．粉刷工程。包括除地楼面、屋面、基础以外的全部内外墙面、平顶、棚、阳台、花池、水池、内外踢脚的抹灰、勾缝、面层粉饰，镶贴等项目。

9. 油漆、刷浆工程。包括各种木材面、金属面、抹灰面的油漆及各种装饰性刷浆项目，不包括属于抹灰粉饰工序间的那些素水泥浆结合层、防水防腐保护层涂料等项目。

10. 其他工程。一般编排一些上述各分部中未能包括的零星配件，如信报箱、垃圾道铁门、铁斗、铁栏杆等工程的制、安、运项目，以及其他未列部项目，从而免除了“金属结构”这一分部工程，因在一般民用建筑工程中，金属结构很少，难以列成一个分部。当然，在工业厂房及某些建设项目中，根据结构内容，必要时应增设除以上10个分部以外的其他分部，如金属结构、保温工程、筑护工程、道路工程、室外排水工程等等。

## 二、分项工程要排列有序，言简义赅

如上所述，一个单位工程建筑工程预算书中各分部工程之内，一般都有数十到数百项分项工程，而在工程量计算的原始算稿中则有较此多达数倍的分项工程项目。这些繁多的项目，必须分类汇总、排列有序、言简义明地编入预算书，才能确切地反映工程面貌，使人们看后有一系统明确的概念。为此应作到以下几点：

### 1. 分项拓列要照顾到施工顺序。

这样就符合人们意识上长期形成的施工规律，使之概念明确，系统不乱。如果预算书中一开始就是油漆工程分部，或在基础及土方工程分部中一开始就列出回填土分项，就会使人感到有种次序颠倒、莫明其妙的感觉。当然，所谓照顾到施工顺序，是指主要的多数项目是按施工顺序排列，并非所有项目都一律依照施工顺序分列。为了同时适应同类分项工程集中排列，以满足计算编制工作的技术性需要，有些项目虽然工序不衔接，也应编排在一起。例如，经常在基础及土方分部中集中列入后期施工的花池、台阶、散水所进行的土方项目；在砌砖工程分部中，集中列入墙体以外的后期零星工程项目等等。

### 2. 同类、同部位分项工程要适当合并。

由于工程项目繁多，部位各异、各细部分项工程不可能一一列出，所以必须予以合并归类；但合并必须适当，合并后的项目既不能太细，又不能太粗，过细则失之繁琐，过粗则失之笼统。例如钢筋混凝土平板，就包括有走道板、搁板、栏板、盖板、楼面板等多种工程部位及多种用途、多种型号规格；铁制品包括有预埋铁件、垃圾门斗、落水弯头、某些支架等等；粉刷工程中的1 2 水泥砂浆抹灰，更是室内室外、线脚、池槽到处都是，对于这些项目，一般数量零星且套用同一定额，所以在不需明确标示其所处部位的原则下，可以合并为一项或少数几项进行列示，以简化预算书内容，减轻预算编制工

作分量。

3．特殊项目要单独列出。

有些分项工程，尽管数量零星，也是一般定额构造作法，但其所处部位非一般常见部位，或其部位有一定的独立性，则不宜合并于别的同类项目中，而应单独列出，使其显示出自己的存在。例如，现浇梁用脚手，楼梯基部的少量土方及砖砌体、混凝土墩台、花池、便台、池腿、台阶等部位的零星砌体、抹灰、混凝土工程项目等，都不宜笼统合并入主体基础及土方工程、墙用脚手架等项目内，也不应笼统合并为一项零星砌砖、零星抹灰等项目。

4．分项工程名称要标出部位及作法并要言简义明。

分项工程名称填写过简，不足以说明情况，过繁则表格受限无法容纳，因此，必须作到既能将部位作法等特点标示清楚，又要简明扼要，使人一目了然。现对一些分项工程常见的填写方法，列表3 -1，供读者对比参考。

表3 -1 分项工程常见填写方法表

名称过繁	名称过简	较适当的名称
1 2 水泥砂浆加5 %防水粉墙基防潮层	防潮层或墙基防潮	1 2 +5 %墙基防潮
25 # 混合砂浆砌1B 清水外墙	砌外墙	25 # 砌1B 外墙
50 # 砌水池腿、花池墙及门口台阶	零星砌砖	砖池腿、花池、台阶
	零早粉刷	1 2 池腿、花池
1 3 白灰砂浆粉内墙面（中等、麻刀）	粉内墙	石灰砂浆底麻刀粉内墙
1 1 4 底1 0 3 3 面混合砂浆粉挑沿平顶	114 粉挑沿	114 底1 0 2 3 面粉沿底
1 3 水泥砂浆底1 2 面粉挑沿		
1 2 粉挑沿	1 2 粉沿线	
	贴瓷片	厕所墙裙贴瓷片
	铁件	预埋铁件，或某部位铁件
彩色石子、白水泥水刷石墙裙	墙裙刷石	彩石、白水泥墙裙刷石
	木门油漆	门油调和漆三度、分色
	50 塑料管	460 雨棚硬塑料水管
	混凝土过梁	现浇200 # （40 ）过梁
内墙面、平顶刷106 涂料三度	刷白	墙顶刷106 浆三度
	螺孔	设备基础螺栓套

### 三、工程计量与价格计量要适应工作习惯

在日常工作中，工程数量都要按米（m）、平方米（ $m^2$ ）、立方米（ $m^3$ ）等基本计量单位计算的；在价格即货币计算时，都是以元为基本单位，最小计算到角、分，即“元”以下使用二位小数。要避免在预算书中，采用 $100m^2$ 及 $10m^3$ 等这类工程计量单位。避免在工程量及单价、合价中采用小数点后三位甚至四位的计数方法。当前甚为流行的那种在预算书中采用扩大计量单位与多位小数计数的弊端，多是来自照抄照搬预算定额的计量单位与基价的绝对数值，以及预算工作人员主观上过分求细求真的思想所驱使，以至忽视了工程预算书的实用价值。应该指出，定额与预算书的计算基础与服务对象不同，其数据表现形式不应强求一致。定额是表达一个基本单位的工程项目的用工用料及货币价值；其中工料耗量数字是很小的，不采用扩大计量单位及多位小数，就无法表达得完整、正确。而工程预算书是汇总了一个单位工程的各分项工程数量及造价，其数据一般是较大的，且其实用面要比定额广泛得多；所以使用基本计算单位计量，不但是有条件的，而且给使用者以直观、醒目、概念明确的效果，这是使用扩大单位计量所不能达到的。在使用基本单位计算工程数量的同时，也就相应地排除了使用多位小数的毛病。例如在以 $100m^2$ 计量的工程量为1 2345，若使用 $m^2$ 计量，则为123.45，这样就变四位小数为二位小数。在一般情况下、建筑工程分项数量，使用基本计量单位，然后保留二位小数，是足够精确的。二位小数以后，按四舍五入法处理，这样计数的最大误差仅为基本计量单位的4~5%，对工程量的正确性影响是微乎其微的，而对于简化计算，使数字整齐划一，便于使用方面的作用确是很大的。因此，应大力推行在工程预算书中采用基本计量单位和二位小数制。

### 四、正确套用定额，注意定额的换算与补充

定额单价是决定工程预算造价的主要依据，能否正确使用定额，是影响预算书质量的重要因素。因此，必须切合实际地套用定额，严格区分定额规定的准许换算及不准许换算的范围，合理合法的去处理问题，坚决避免在套用定额时，由于不认真不严肃而发生的以下常见的几种弊病。

#### 1. 顾名思义，不求甚解。

翻开定额本子，抓住一个项目，拿来就用。例如：使用三七灰土垫层定额毫无区别地用于墙基或地坪；使用预制空心板定额时不区分3.6m以上或以下；使用贴瓷片定额，不区别瓷片质量型号等等。

2. 牵强附会，勉强撮合。

例如：把混凝土厚度较大的墙底垫层，套为带形基础；把阳台边梁及平板的预制套为预制阳台等等。

3. 盲目拆并，不加分析。

例如：把卷材防潮定额中的冷底油、抹灰定额中的刷素水泥浆，单独列项套用冷底油及刷素浆定额，形成重复；另如吸音板天棚，只套用一项吸音板面层，而不列天棚木楞，形成遗漏。

4. 粗枝大叶，不分档次，不同类别的工程选用一种定额。

如：现浇混凝土柱不分断面周长，楼板不分厚度，油漆不分遍数，混凝土不分标号与石子粒径等等。

5. 贪图省力，不加换算，不予补充。

如：木门窗立框断面、粉刷分层用料及厚度、特种门窗的用工用料，很多与定额规定不同，而定额又是允许换算的；另有一些新型油漆、新工艺、结构等工程项目，则缺少相应的定额，需进行补充，而这些换算与补充都是比较复杂费力的。有些同志为省力气，采取随意套近似定额或任意估价，草率从事，影响预算质量。

6. 违反定额规定，片面强调实际，乱用定额，乱立项目。

如：内墙架子套用单排钢管脚手；楼面1 2 抹灰，增列1 :3 找平；楼梯间粉刷，增列满堂脚手等等。

7. 不掌握现行定额特点，凭老经验办事。

如：砌外墙不考虑清水、混水；梁安装不计接头灌缝；基槽不计底夯；填运土不加系数；粉楼梯多计梯底等等。

此外，还会有其他各种类型的差错。由于定额项目多，规定多，工程情况又极为复杂，要正确使用定额，就必须熟练掌握定额，端正对待定额的态度，认真负责，深入分析，耐心细致一丝不苟地工作，才能保证预算工作质量。

## 第三节 工料分析表的编制

### 一、工程量计量单位要符合定额规定使用扩大计量单位

前已说明，在工程预算书中，强调使用基本单位计算工程量，而在工料分析表中，

则强调使用扩大单位计算工程量。这是因为工料分析要按照定额中工、料耗用量进行庞大数据计算，且每一项工、料的定额耗用量多为多位小数，使用与定额一致的工作量扩大计量单位，就不仅在运算中较为方便；更主要的是为保证数据准确性创造了条件，避免了使用基本单位运算时，对各项工、料耗用量小数位过多而必须进行舍入的过大误差。

## 二、小数位的保留要有所区别

在进行工、料分析计算时，工程量的小数位以保持与预算书所用基本计量单位时的全部绝对数不变为正确。如 $123.45\text{m}^2$ ，应计为 $12345\text{m}^2$ 。这样虽然保留四位小数，但在当前使用电子计算器的情况下，并不增加运算麻烦，却可以使数量较小的分项工程数量，不受因舍入小数的影响。并在使用预算书与工、料分析表进行有关数据核对时，始终保持其一致性。工、料数量的小数位数应以其实用意义和经常出现的数据大小，以及采用的工、料计量单位等情况取定。经验证明：一般工、料保留二位小数位；木材以 $\text{m}^3$ 为单位要保留到三位小数位；钢材、水泥等以t 计量者也保留三位，即精确到kg 为止。

## 三、工、料项目品种要有所取舍

工、料分析的目的，在于求得单位工程定额耗用工、料数量，用来满足控制供应、使用、成本对比等核算工作的需要。在实际业务核算工作中，由于掌握控制的要求与核算管理水平不同，所以对工、料品种要求的粗、细程度也不相同。一般情况下，作为提供劳力与材料的控制，以单位工程为范围进行核算，只分析计算主要工种及主要材料品种，就基本满足业务工作的需要。因此，有些定额内规定的品种要舍去不用，缩短表格篇幅。这些需要舍去的品种大体有以下几类：

- 1．按实际工艺不用的材料。  
如某些油漆辅助料及定额规定不允许调整，但又不用的材料。
  - 2．日常连续供应不易控制的材料。  
如水、草袋、氧气、电石等类。
  - 3．不明品种的材料。如其他材料费、回库维修费等项内含的材料。
  - 4．根据当时、当地的实际业务管理条件，用处不大或不用的项目品种。  
如分工种人工、各类机械台班、周转材料的明细品种等等。
- 另外，还有一些应在工、料分析中追补增加的品种，这里包括：

- (1) 按实际工艺需要必须使用的材料。如由于施工企业自行采取技术措施或工艺标准而使用的不同于定额规定品种的材料。像在低标号混凝土中，用细沙代用粗砂而用的细沙；油漆工程中代替光油使用的清漆；粉刷工程中为保证质量而用的107 胶掺加剂等等。
- (2) 定额规定按实际计算的材料。如门窗专用五金、某些加工铁件、成品配件等等。
- (3) 按定额规定代换、调整的项目。如在定额基数上，另外增加的人工，另行调整的钢筋、铁件、木材、水泥和装修工程中已经代换了的平顶面层材料、墙、地面贴面材料等。

四、定额内有些材料项目要进行合并与分析

工料析分出来的材料品种及数量，最终是为了满足供料、用料的目的。在定额中，由于木材的使用面很广泛，价格不同，所以列出的品种规格也很多，如门窗一等中、小方，二等中、小方，三等中板、模板木材，一等圆木，一等硬木，等等。但在供料、用料时，却一般只控制木材一项，因此，没有必要去按定额的明细规格去分别计算，而应把所有规格的木材合并为一项或几项（根据需要）。钢筋钢材的情况与此相同，亦应把大于和小于 10（mm）的 、 、 级钢种、铁件、型钢等等，根据需要合并析分计算。另外，像瓷片、白石子、色石子等类材料，定额内不分规格品种，则需要根据需要分列为不同色彩、大中小粒径等多项品种去分析计算，从而达到满足供料与用料的目的。

五、要很好解决定额内半成品材料的分析计算

所谓半成品材料是指砂浆、混凝土等类混合的原材料。在供料用料时需要的是水泥、砂、石子等的数量，而不是砂浆混凝土的数量。因此，必须进行二次再分析，计算出这些原材料的品种及数量来。有些单位，把这类半成品材料，在原定额内进行换算，制成手册，在进行工、料分析时就更方便了。

第四节 工、料汇总表的编制

一、项目品种要排列有序

一个单位工程的主要工、料品种，一般要在100 种上下，这些品种按照一般土建工



程用工、用料规律，应该以比较固定的先主后次、同类集中等原则，来排列工料品种顺序。若主次不分，同类材料前后顺序穿插，使用起来就十分不便。常见的排列方法是：人工、工资、机械费三项在先；其次是水泥、木材、钢材等三大主材；再次是玻璃、沥青、油毡等统管材料；再次是砖、瓦、白灰、砂、石等五类地方材料；然后按同类集中原则，排列其他如保温、贴面、油漆等各种材料。其中木材类内要按模板、门窗、装修及其他用料等项进行分列；钢材类内要按模板支撑、脚手、钢筋、型钢及其他用料等项进行分列；因为这些分项材料，使用情况及供应时间、渠道都有所不同，分项列出，便于掌握供应。

## 二、材料规格要齐全、计量单位要准确

工料汇总表的主要用途是备料、采购与供应，型号规格不齐全、不准确，就会打乱采购供应计划，不能及时供料；计量单位一搞错，就会造成很大的失误。如瓷片、橡皮条、沥青，必须根据各种不同材料的主要特性写出型号、规格、色彩、厚度、尺寸大小、标号、形状。在标注数量时，必须慎重认真，不能把kg 误写为t，把t 误写为kg 等。

## 三、不同核算单位用料，要分别列示

一般施工企业，构件预制加工与土建施工是不同的两个内部核算单位，其用料、备料、成本核算各自独立。工料汇总表，实质上起材料供料计划的作用。一个生产核算单位，只能执行他自己的计划，所以在工料汇总表的数量栏内，一般都没有几个空白栏，用来分别填列土建工程处、加工厂或机械化施工处等不同单位的用料数量。

## 第四章 预算的审查与管理

### 第一节 建筑工程预算编制依据和程序

#### 一、建筑工程预算编制的依据

建筑工程预算必须依据下列有关资料、文件及规定进行编制：

##### 1. 完整的单位工程施工设计图纸及设计说明

施工图在编制前应进行设计交底和会审，对需要变更及修改部分作出会审记录；必要时，设计单位应进行图纸修改或补图。其中采用标准图项目的标准图应准备齐全。

##### 2. 现场勘测的有关资料

如地下埋藏物情况、地下水位、自然地面标高、竖向高差、建筑物四周空场、水电源设施、出入道路情况等，有了这些资料，才能正确地编制土方处理、基础排水、二次搬运、水电源临时工程等项目。

##### 3. 施工组织设计或施工方案

施工组织设计或施工方案中，有关施工平面布置、垂直运输与吊装方式的选用，施工排水方法，预制与现浇的安排，采用的脚手、模板类型，特种工程项目的工艺措施、材料配合比，以及材料代用措施等，都是在编制预算时所必不可少的依据。当前，在有些施工企业，施工组织设计及施工方案尚不能及时、完整编制的情况下，对上述各类问题，也必须在编制预算时一一落实。

##### 4. 建筑工程预算定额及单位估价表

定额是计算工料耗用量的依据，单位估价表是计算工程价格的依据。现行的建筑工程预算定额，已包括了单位估价表的内容，并在一个省的范围内，统一制定了一个基价；省内各地区之间工料价格的差异，用基价系数来调整，方便了对定额与单位估价表的使用。

### 5. 建筑工程费用定额及有关规定

建筑工程费用定额各地区规定不同，河南省现行建筑工程费用定额规定中包括：施工管理费定额，独立费用定额，工程直接费系数，地区基价系数。其中工程直接费和地区价系数，实质上是属于工程直接费的内容，现行规定列入费用范围处理。此外，还规定有流动资金贷款利息，预算包干工程的包干费用标准，工资地区差额的调整，以及其他有关附加费用，如施工机构迁移费、远途工程附加费、夜间施工照明费等规定。这些定额和规定都是在建筑工程预算定额工、机料直接费以外另行计算的项目；这些费用项目是构成建筑工程预算造价的重要组成部分，也是编制工程预算时必不可少的依据。

### 6. 各种原材料、成品、半成品产品的预算价格

一般常用的原材料、成品、半成品产品预算价格，在现行预算定额中都有所取定。但由于工程结构构造的千差万别，材料品种的日新月异，经常有许多在定额中未考虑到和未采用的材料；还有许多定额规定允许按实用品种、规格代换的材料，例如近年来常用的铝合金制品、塑料制品、改良饰面材料、高级门锁五金材料等等，均无定额及单位估价表能作依据，因此，必须进行补充或换算定额。在补充、换算时的价格依据，一般来源于两个方面：一是当地基建管理部门编制颁发的地区建筑工程材料预算价格，一是市场实际价格，或产品出厂价格。这些材料、半成品、成品价格都必须积累在卷，否则，在编制工程预算时就缺乏资料依据。

### 7. 工程协议事项或施工准备合同

有些建筑工程在发包、承包或招标、投标前后，甲乙双方往往对某些特殊事项、分工负责等方面，定有若干协议或正式签有施工准备合同，以及会议纪要、会议记录，从中明确一些事项，如对材料供应、订货、提运的分工，材料差价的负担，包干或赶上的附加费用的协议，造价浮动的幅度，临时工程的设施，垫购材料的补偿等，这些事项，都将作为建筑工程预算造价，列入工程预算。因此，在编制建筑工程预算书时，这些文件也是不可缺少的依据。

### 8. 其他工具性资料

由于建筑工程预算涉及的业务面很宽，所需使用的资料内容也很广泛，如工程量计算公式及各种计算表，各种计量单位的换算，各种材料的重量、容重、比重等基本物理、化学性质，有关施工机械的性能，有关混合材料配合比，掺加剂资料，施工及验收规范，操作规程，标准建筑零、配件的一些计算资料，各类房屋建筑技术经济指标资料等，在编制建筑工程预算时，都是经常需要参阅或核对而不可缺少的依据。

### 9. 有关施工活动的其他业务性资料

例如钢筋混凝土构件、木制构件、铁件等预制加工订货单，钢筋配料单等，在不少

施工企业中，是由施工准备或生产、技术管理等业务部门或业务人员根据施工图提出的。而这些资料，恰恰是编制工程预算所必须计算的资料，因此，加强业务部门之间的协作配合，充分利用有关部门已有的资料，据以编制工程预算，不仅可以减少重复劳动，提高工作效率，而且资料几经核对，密切结合了实际施工需要，工作质量就会大大提高。

## 二、建筑工程预算的编制程序

建筑工程预算的编制工作，像其他各种工作一样，有它自身的客观规律和工作程序，工作中的客观条件变化程序就随之变更。如在预算编制工作中采用电子计算机计算，就须有一套电算程序；采用手工计算就是另一套程序。设计单位和施工企业同时编制工程预算，由于业务性质、管理制度、机构人员设置的不相同，其编制工作程序也有差异。现就一般施工企业手工编制建筑工程预算的工作程序，叙述于下：

### 1. 收集资料、熟悉图纸

应该尽力收集到上节所述的必须作为依据的全部或大部资料，如有残缺也应及时补齐。与此同时，应学习施工图纸及有关设计说明，参加图纸会审，对会审记录在图上进行标注，防止遗忘遗漏。另外，还必须熟悉现场情况，掌握有关资料，熟悉施工组织设计或施工方案的要求。

### 2. 计算工程量

这是实际编制工作的第一阶段，也是工作量最大、耗用时间最多的一道工序，一般要占用整个编制工作时间的50 ~70 %。计算工程量也要遵循一定的计算程序，才能事半功倍。近年来推行的以三线（外墙中心线、外墙外边线、内墙净长线）、一面（基层建筑面积）为基数的统筹法计算程序和传统的从每张施工图按自左至右、先横后竖、由上而下的计算程序，都是行之有效的程序，应熟练掌握，灵活运用。一般情况下，应先从建筑施工平面图入手，计算出上述几个基数，用作以后计算或核对各分项工程的依据；或先从结构施工图入手，计算出各类混凝土过梁、圈梁和预制、现浇构件数量，以及建筑施工图中的门窗、洞口面积，既用作下步计算墙体扣除量的依据，又能尽早提出外加工构件的订货单。还有一种按施工的先后顺序，先从基础施工图计算入手，逐步熟悉掌握平面尺寸、墙柱分步段落，然后自下而上、自内而外的去分别计算各项工程量。凡此种种，各有所长，但是，科学的统筹原则不能丢弃。

计算工程量还应注意列式清楚，各分段部位或轴线部位要标注清楚。必要的计量单位不能省略；引用数据要注明引用资料的名称和页码；划分清主要计算项目和仅作为加、扣的附属计算项目；同类项目（如砖砌体，混凝土工程、木结构等）与同部位项目

(如外墙的各类粉刷,内部墙、顶的各类粉刷,地面、屋面、楼梯等部位所含的各分项工程等),应尽量集中并加以小计。计算式要尽量采用少项短式,少用数十个数据连续不断的几重括号相套的长式;有些项目采用列表计算较为清楚。以上种种作法都有利于查对、核对、汇总工程数量,应予遵循。

### 3. 汇总工程量

工程量计算完毕,并按逐张图纸复核,确认无漏无误后,即可进行汇总。工程量汇总是将数百个工程量数据,从数十页工程量计算书中,按照统计分组法,把各分部工程、各分项工程归纳汇总,按序排列在工程预算书中,为下步工程计价或工料分析计算打下基础。这个工序实质上是一项统计处理,要求系统、条理而无遗漏。在工作过程中,要对已汇总计算过的数据加画明显的标志,如、·、等等。汇总于同一分项下的数据,采用同一标志。在工程量汇总过程中,要密切结合预算规定的口径,注意发现哪些定额规定的项目在计算工程量时被忽视了,就要随时补算。如最容易漏计的或图纸上未明确标示的运输项目、门窗贴脸、天棚木楞等,以及定额规定要进行折算或分算的各种工程数量。工程量汇总程序,在整个建筑工程预算的编制工作中要占5~10%的时间。

### 4. 套用定额编制工程预算书

根据汇总后的各分项工程所属的定额项目,在工程预算书内填入相应的定额单价,然后一一计算出分项工程合计价格,从而汇总出单位工程直接费。最后,按照费用定额项目,一一列项计算,从而完成工程预算书对工程预算总造价的编制工作。在这一工序中,主要环节是套用定额,除应正确掌握套用外,还经常有换算定额与补充定额的工作;特别在一些采用新材料、新工艺、新结构的设计施工图中,这些换算、补充的项目就更多。在现行建筑工程预算定额中,列有二千多个工程项目,十余万字的文字规定及解释说明等,在选择使用、补充、换算时,所用时间的多少,工效的高低,主要取决于预算人员的技术业务水平,一般较为熟练的人员,在这一工序上要占用建筑工程预算各项工作的总编制时间的20%左右。

在套用定额编制工程预算书这一阶段,最主要的是学习好预算定额,熟练掌握各项规定,甚至熟记若干常用定额的编号及数据,达到使用时得心应手的程度。另外,还可编制一些辅助性资料,如常用预算定额,常用换算、补充定额,常用工程项目不同门窗断面、不同彩色石子及水泥的各类粉刷,不同混凝土标号、粒径按不同的定额单价换算、计算表册、供套用定额时选择使用。

### 5. 编写工程预算书的编制说明

编制说明是工程预算书的重要组成部分,随同工程预算书装订分发。当工程预算书

计算工作完成后，即根据预算书内容，以文字记述或说明其中数字所不能表达出来的情况和问题，作为备忘资料和以后应继续解决或落实的依据。在整个工程量计算及套用定额编制计算工程预算书过程中，即应随时将遇到的应该附加说明的有关问题，一一旁记在案，为最后编写编制说明作好装备。

### 6．进行工料分析

在完成工程预算造价计算、编写工程预算书后，应继续进行工料分析这一工序，也可与套用定额、编制工程预算书同时进行，即采用表4 -1 的表式。在套用分项工程定额单价的同时，套用填列定额工料数量，在计算分项工程合价的同时，计算分项工程工料耗用数量，两步并成一步走，从而取得省力省时的效果。工料分析的特点是：数据多，计算工作分量大。要细心作好过录定额数量，字迹要清楚，计算要准确，单位要统一。相邻两行的定额量与耗用数量要分色书写。这项工作要占用整个预算编制工作时间的20 ~30 %。

### 7．进行工料汇总

在工料分析作完后，开始进行各分项工程耗用数量的汇总工作，这是一项较为单纯的数字处理工作，一般采取过录汇总方法，即采用一个临时数据过渡表，将各品种工料数量逐页过录集中起来，然后加以汇总计算，按序填制成单位工程工料汇总表。这项工作的主要环节是过录计算，要作到过录无误无漏，汇总计算正确，计量单位与数据口径一致。这项工序在整个预算编制过程中大体需占5 ~10 %的时间。

### 8．检查核对

采取逻辑审查方法，即对其中工程量、定额、造价、材料、人工等数值进行分析对比，观察研究，看看是否符合客观规律，有无自相矛盾等现象，从而发现差错，进行修正。例如相关工程量之间，应符合一般构造规律，每平方米建筑面积造价及耗用的人工、材料应有一定的限额水平；各分部造价比重应有适当幅度等。这些校核工作需要积累一定的资料，熟悉各种技术经济规律，具备较高的建筑工程预算业务水平。如何做好这项工作，有什么经验和规律，将在下一章中予以阐述。



## 第二节 建筑工程预算的检查与核对

### 一、建筑工程预算检查的内容和重点

预算检查的对象，是将要分发的预算文件（工程预算书、工料汇总表等），重点是工程量计算及定额的使用。

### 二、检查的方法

建筑工程预算实质上是数字工作。数字工作的差错，有其一定的规律，一种是技术性的，主要发生在：计算不正确，取值有错误，数据转抄错格错行错数，计量单位不准确、不统一，小数点错位等方面。另一种是逻辑性的，主要表现在：相关数据关系失调，数据反映的物质质量变幅度不实，同类项目的数量之间发生矛盾，数据本身无存在意义等方面。很好地掌握运用逻辑检查方法是深入发现差错的重要手段，因此，就要求预算工作人员不仅熟悉编制预算的种种知识和技能，而且要熟悉种种工程的构造和造价情况，掌握其数据表现的规律。但是，由于建筑工程设计与施工的发展变化，预算定额不断修订，以及各地材料、品种、价格的差异等因素影响，很难选出一套固定的模式、规律性数据供永久使用。实践证明，因地、因时、因事物对象的资料，最接近、最符合当地当时某一项工程的数据规律。所以，每个预算工作人员，应该积累整理掌握当地、近期的工程预算资料，充实自己的规律性知识，充分发挥逻辑性观察的作用，提高预算核对的水平。这里介绍一种建筑工程技术经济指标表式，作为预算编制部门经常性的预算资料登记、积累、整理参考。

### 三、建筑工程预算工程量的检查与校核

#### （一）工程量项目是否有漏项和重复计算情况

主要核对相关项目是否齐全，定额内已含项目是否空漏列算，定额内未含项目是否另行列算；工程中特殊项目是否考虑到，特殊工艺构造项目是否完整，通常容易遗漏项目是否编入等。现举出几项，说明如下：

- 1. 所有铁制品都应该有制、安、运、油（埋入件无油漆）项目，所有预制混凝土



构件都应该有制、安、运、灌缝项目；

2. 防潮工程中的刷冷底油及抹灰工程的刷素浆，楼梯阳台、雨棚粉刷中的底面抹灰，内墙抹灰中的护角、门窗洞侧等，已包括在各项定额内，而不得再算；

3. 各种吊平顶中的龙骨、压条，水泥地面中的踢脚线，外墙粉刷中的窗侧，钢窗安装中的嵌灰缝，基槽底的底夯，屋面隔热板的场外运输，构件吊装中的起吊中心15m外的场内运输等，均未包括在各项定额内，必须另行列项计算；

4. 施工中的地下排水，现场自然地标高高差引起的土方挖填，场地狭窄的二次搬运，地下水位以下的挖湿土与淤泥，干粘石的刷有机硅涂料；施工组织设计中的非常规施工措施，如脚手的增设、构件现浇与预制的改换，特殊施工设备，临时水电设施，工程防护遮蔽设施等是否都考虑齐全；

5. 柱接柱的接头，砖墙洞口的平拱，砌墙中的贴砖，花格窗的抹灰，门用特殊五金，密封橡皮条，混凝土中止水管，设备基础中的螺栓孔，需拼装构件的拼装项目，以及一般工程的一些特殊部位构造，如阳台隔墙的粉刷，门洞侧边的门套，水池侧边的瓷片，雨棚上的防水处理等是否都计入了；

6. 除上述几方面的问题外，还有预埋铁件，出屋面管道泛水，阳台立台粉刷的挑脚架，散水坡的挖土打夯等，因图纸标示不太明确是容易忽略的零星项目。

## （二）检查相关项目的工程数量是否合理

建筑面积是建筑物的基本数据之一，许多分项工程量数据与建筑面积有直接的关系。例如，楼地面及雨棚平面面积数据各占其85 %左右，屋面面积是底层建筑面积加挑沿面积，由此，检查核对地、楼面抹灰、垫层、屋面防潮层、找平层、保温层等工程量数据，是否有偏大偏小的情况，然后进一步有针对性地去检查核对图纸与工程量计算书中的有关算式是否有错。此外，与建筑面积有规律性联系的还有：一般民用建筑的门窗面积约占建筑面积的30 %；其中住宅楼窗门比例约为4 :6，其他则约占1 :1；内粉刷面积约占建筑面积的200 ~250 %，外粉刷约占100 %等。像这类数据关系还可找到很多，例如每 $m^2$  建筑面积的砖砌体工程量约占 $0.4 \sim 0.5 m^3$ ，预制混凝土空心板约占 $0.07 m^3$ ；一般挖土量按每 $m^2$  底层建筑面积约为 $1 \sim 2 m^3$ ，填土量约为底层建筑面积的 $0.8 \times$  室内外高差（m）倍。利用这些数据关系，可以核对检查大部分的分项工程数量是否符合，有无可疑之处，从而发现线索，把错漏之处核对出来。

当然，利用这些数据关系，需要有足够的灵活性，而不能生搬硬套，要具体分析各项工程的结构特征。例如建筑面积不变而主墙密度（即每 $m^2$  建筑面积中所含的主墙长度一般为 $0.4 \sim 0.6 m$ ）发生变化，则地面面积、砖砌体体积、粉刷抹灰面积，甚至门窗比例都会跟着发生变化。一个建筑物的各分部分项组成，随着使用需要的不同，虽有很

多变量，但又是互有联系的。关键问题，是如何掌握这些规律，灵活地去运用这些规律为预算工作服务。以上所举的数据关系，对一般民用建筑如住宅、宿舍、办公楼、学校等类房屋建筑工程及与其他近似的一些医院、科研、实验等类的工程的适应性较强，而对一些工业厂房、礼堂、仓库等大空间房屋建筑，某些数据关系的变化幅度就较大。在用以检查预算工程量时，就应进行一些必要的分析调整。

### （三）以墙的长度（外墙中线长、外墙外边线、内墙净长线）为基数，检查相关项目的工程量是否合理

建筑物墙线也是一个基本数据，与之直接间接有关系的分项工程有：砌墙砌体、抹灰、脚手分部中的各有关工程项目。这些项目的工程量数据，因受墙厚、墙高以及墙中埋入物和扣除洞口等可变数据的影响，虽然不易整理出一套规律性的数据，但墙线与砌体、抹灰、脚手等各项工程的数据关系是固定的。例如，砖墙砌体 =  $[(\text{墙线长} \times \text{墙高}) - \text{洞口}] \times \text{墙厚} - \text{埋入件体积}$ ，这个基本公式（即数据关系）就可演变出多种分项工程的工程量数据关系来。如脚手架数量，就是上述公式中的墙线  $\times$  墙高，但在外墙脚手架中应考虑室内外高差部分的增加量；墙面抹灰就基本上是上述公式中的方括号以内的内容；所谓基本上就是考虑到内墙抹灰是双侧的。外墙内粉刷仅有一侧，而另一侧则属外墙外粉刷范围；内墙裙、外勒脚、墙基防潮层、踢脚线、圈梁长度等都要利用墙线这组基数来核对检查其数量是否合理。此外，还有些沿墙线外伸的分项工程，如挑檐、散水、场地平整等；其工程数量（以面积表示）与墙线（外墙外边线）都有着一个共同的数据规律；那就是： $(\text{墙外线} + 4 \text{ 倍外伸宽度}) \times \text{外伸宽度}$ 。或  $\text{墙外线} \times \text{外伸宽} + 4 \times (\text{外伸宽})^2$ 。

利用以上这些以墙线为基数的分项工程数量的数据规律，去分别检查核对各该分项工程的预算工程数量，就比较容易地敲开数字的大门，能够深入其中进一步探求其究竟了。这里与上述利用建筑面积为基数，核对其他有关工程数量一样，在利用各种数据关系时，需要灵活地考虑到各不同分项工程与墙线这个基本数据之间存在的不同的零星附加或扣减因素。如抹灰面积中，应增加门窗侧边、柱垛侧边，应扣减门窗洞口等。

### （四）定额规定应该增加或按系数折算的数量是否计算正确

根据定额规定以应乘以系数的分项工程为对象，逐一查对是否已经计算。例如，混凝土灌注桩工程量应增充盈系数及25cm 高的桩顶体积；混凝土构体制作、运输应增加1 ~1.5 % 的损耗；房面油毡应增加泛水面积；平顶抹灰应增加梁侧展开面积，以及各种油漆工程项目的折算面积等。

(五) 相关工程量的数据口径是否一致

除上所述各分项工程量应与相关基数保持一定的合理关系及各相关分项工程项目必须齐全外，在建筑工程预算书中列出的各相关分项工程数量之间的口径还必须保持一致。所谓口径一致，并非指其相关的分项工程量绝对数值完全相等，而是指相关联的工程项目，不论列项在前或在后、分列还是合并、附加还是扣减些什么，不论在计算范围、计算对象以及基本数量方面都应是一致的，数量变化的逻辑关系是正常的。否则便是计算有差错。利用这个逻辑去发现有无口径不一致现象，是检查核对工程量的另一个重要手段。例如，基础土方工程中挖土量减去基础埋入各项工程数量，应等于填土量；而挖土量减去填土量，则应等于外运土量。这种数据的逻辑关系是不能改变的。各种材料的地、楼面数量，应与楼、地面的总数相一致，超过与不足都是不正确的；构件制作、运输、安装、灌缝4个分项数量之间；钢门窗制作、安装、运输、装玻璃、油漆5个分项数量之间；抹灰面积与刷浆面积之间；现浇梁柱与梁柱用脚手架数量之间的计算口径都应保持一致，其数据都应保持一定的数值关系。

四、建筑工程预算造价的检查与校核

建筑工程预算造价是由工程量、定额单价合价计算形成的，所以，造价的大多数差错，不仅是发生在价的方面，也经常涉及到工程数量方面。这里着重研究如何对价的方面进行检查核对。

(一) 检查可能存在的技术性差错

在工程预算书中的技术性差错，经常容易发生有：工程计量单位与定额单价口径不一，或小数位错乱，定额单价抄错，以及计算本身发生差错等方面。另外，由于一个单位工程的分项数目多达几百个，数据的转录、计算容易发生差错。对于这些较为明显的技术性差错的检查，一般采用概念观察方法，例如，以基本计量单位计算的各分项工程单价，可运用一般的价格信息概念：砖石结构总在80 元以下，素混凝土总在百元以下，钢筋混凝土总应在300 元上下，一般抹灰3 元以下，装饰抹灰15 元以下。在数据运算上，二位数相乘，其积之首位值小于原数之首位值时，应该是四位数；三位数末二位数之积，首位值大于原数之首位值，也应该得四位等等。运用粗略的概念观察，对较大、较突出的差错问题可以发现出来。

(二) 检查预算造价的构成是否合理

例如，某地某时民用建筑每  $m^2$  造价，砖混结构应为450 元上下，钢筋混凝土框架

结构应为550 ~650 元；在分部组成上，一般多层民用建筑工程，均以定额直接费为基数计算。但因建筑工程造价的变化因素较多，因此，对积累、使用上述规律性数据时的灵活性就需更大些，同时对这些数据的分析调整工作就需更多些。

（三）检查套用定额的单价是否正确

定额单价是决定造价的重要因素，检查、核对套用定额是否正确，主要从定额与分项工程对象是否对口，补充、换算定额是否适当，费用定额项目及计算方法是否符合规定等三个方面进行。在套用定额时，由于定额子项在同类工程中罗列了多种情况的项目，而有些项目之间界线不易划分，如抹灰与油漆工程的分级标准，薄型混凝土板件的归类，大型雨棚与有梁板、挑檐天沟的区别等；有些项目包含内容比较笼统，如吸音板天棚、镶贴磁砖面砖中的面层材料，同名质异；还有些项目的定额构造容易与工程实际构造内容不完全一致，如暖气罩、窗帘轨、玻璃黑板、混合砂浆抹灰、各种特殊门等，在套用定额时，经常存在定额与工程对象是否对口配套、名实相符、内容是否一致、是否顺理成章等问题。凡是生搬硬套，舍低就高，或贪图省力，勉强撮合，都是容易产生差错的。

在补充或换算定额中，着重检查核对定额中明确规定实行加减的内容或系数，是否无遗漏的一一执行了，其计算方法是否准确，换算与补充的材料、人工价格是否符合预算价格，其中新材料、新品种的价格是否适合市场水平，工程内容与定额内容的差异，在换算、补充定额后是否已经协调解决。在直接套用定额时，主要检查其是否符合定额规定；在换算、补充定额时，则主要检查核对其是否符合实际情况。在费用定额使用方面，着重检查是否严格按照规定项目及计算方法进行列算。此外，还有一些特殊的费用项目，如超高、场地狭窄、施工照明、排水、临时水电源设施费用等，则主要检查核对与实际情况是否相符，计算标准是否适当。由于工程构造、现场施工、市场材料供应情况的复杂性与现行建筑工程预算定额项目、内容、工艺的适应性之间，经常会有一些间隙，在检查、审核定额时，既要执行定额，又要解决实际问题。

五、建筑工程预算工、料数量的检查与校核

对预算人工、材料数量的检查，应在工程数量与定额造价已经检查落实的基础上进行。首先从工料汇总表入手，检查核对其计量单位数量是否正确，品种规格是否齐全。检查方法主要是运用对照工程项目及数量，掌握工料数据规律，观察、对比等手段去发现差错线索。在工料计量单位方面，特别在t 与kg、m<sup>3</sup> 与m<sup>2</sup>，块与千块等单位之间，丝毫不能马虎。通过一个单位工程经常的用料数量规律，对照检查各该项材料数量的特

大或特小变化，对上述计量单位的差错就不难发现。在工料数量方面，有些材料与单项工程数量有直接的数据关系，如砌砖工程的 $m^3$ 数量与砖块的数量，磨石地坪的 $m^3$ 数量与砖的使用量，两者间的数据关系就是定额用量数。如砌砖每 $m^3$ 528块左右，磨石每 $m^2$ 石于18.3kg，木门窗每 $m^2$ 用木材0.06 $m^3$ 左右。对于各分项工程通用材料，一般按每 $m^2$ 建筑面积的工料含量对照检查；如在民用住宅和一般办公楼建筑中，每 $m^2$ 建筑面积：定额用工大体上为3~5工日，钢材15kg，水泥170kg，木材0.03 $m^3$ ，砖200~250块，白灰30kg，粗砂0.2 $m^3$ ，细砂0.15 $m^3$ ，碎石0.15 $m^3$ ；玻璃0.15 $m^3$ ，沥青3kg，油毡1 $m^3$ 。用这些控制数据去对照检查所作的预算材料数量是容易找出差错的，它是一种有效的检查方法。此外，还可运用相关的材料品种、数量间的逻辑关系，观察检查一些问题：如沥青与油毡、木柴之间的配套关系数据，玻璃与油灰、门窗面积的数据、品种关系等。

# 第二十篇

## 建筑施工现场管理

第一章 现场施工管理

一、施工管理的对象、任务和分工协作

施工管理是企业生产管理的一项中心内容，它是企业为了完成建筑产品的施工任务对施工全过程所进行的生产事务的组织管理工作。

施工管理的内容和分工协作见表1 -1。

表1 -1 施工管理的内容和分工协作

阶 段	公 司	工程处（工区）	施 工 队
工程投标	参加 投标，签 订 合 同， 落实任务	落 实 施 工 任 务，代 表 公 司 签 订 合 同	接 受 施 工 任 务
施工准备	编 制 施 工 组 织 设 计，建 立 施 工 条 件；签 订 分 包 合 同；申 请 主 要 物 资， 对 外 订 货	编 制 单 位 工 程 施 工 组 织 设 计；编 制 施 工 预 算； 建 立 施 工 条 件；全 现 场 和 单 位 工 程 施 工 准 备	单 位 工 程 施 工 准 备；作 业 条 件 施 工 准 备；签 发 任 务 书 或 内 部 承 包 合 同
正式施工	编 制 计 划，拟 定 措 施； 检 查 监 督；平 衡 调 度	编 制 计 划，落 实 措 施， 保 证 供 应；检 查 核 算， 平 衡 调 度	组 织 计 划 实 施，保 证 质 量、安 全、节 约
	综 合 施 工、控 制 进 度、保 证 质 量、降 低 消 耗、安 全 生 产、管 好 总 图		
交工验收	审 定 竣 工 资 料，办 理 竣 工 验 收	整 理 竣 工 资 料，参 加 竣 工 验 收	准 备 提 交 竣 工 资 料
	总 包：组 织 试 车、试 运 转		

二、施工准备

（一）施工准备的基本任务和内容

施工准备工作是整个建筑施工的首要环节，是正常施工的根本保证，它的基本任务

和内容见表1 -2。

表1 -2 施工准备的任务和内容

施工准备的任务	施工准备的内容
①) 为工程施工建立必要的技术、物质条件、组织	①) 进行技术经济调查
施工力量和现场场地的准备	②) 建立技术经济条件
②) 取得工程施工的法律依据	③) 建立物质条件
③) 掌握工程的特点和关键	④) 现场施工准备
④) 调查各种施工条件	⑤) 施工力量准备
⑤) 预测施工中可能发生各种变化，提出应变	⑥) 提出开工报告（申请）措施，做好应变准备

(二) 施工准备的工作程序（图1 -1）

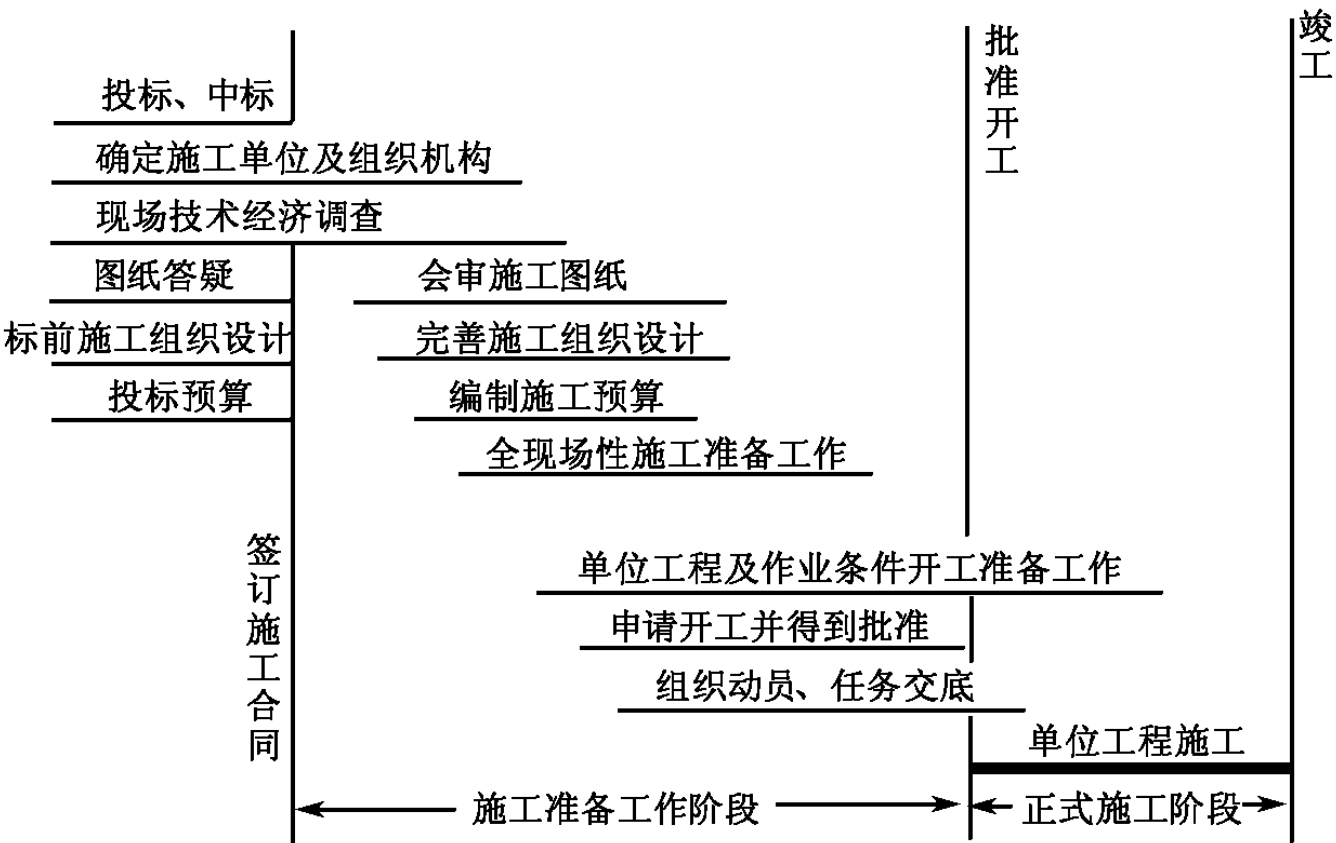


图1 -1 施工准备的工作程序图



(三) 技术经济调查工作（表1 -3）

表1 -3 技术经济调查工作的内容

类 别	调查工作要求和内容
工程概况	<div><div>(1) 建设项目的性质、规模和建设要求</div><div>(2) 设计情况，如结构特点、供图进度等</div><div>(3) 建设地区的自然、社会及技术经济条件</div><div>(4) 取得的具有法律效力的依据</div><div>国家批准的建设项目可行性研究报告</div><div>表明工程已列入国家当年基建计划的有关文件</div><div>建设工程规划许可证</div><div>建设工程施工许可证</div><div>其他资料</div></div>
施工条件	<div><div>(1) 施工地区的自然条件。如：收集施工区域地形图，了解气象、地质、地形勘探资料特征等</div><div>(2) 地方建材供应情况。如：生产、运输、质量、价格、供应条件等以及季节性供应情况</div><div>(3) 施工地区的交通运输条件</div><div>(4) 施工现场情况。如：有无障碍物和要拆迁的作业项目，可供施工利用的房屋及设施，施工临时用地大小等</div><div>(5) 当地市政、公用设施情况等</div><div>(6) 施工地区其他建筑企业、构件厂的可能协作条件，外包工情况</div><div>(7) 施工地区的环保，防止施工公害的要求和技术标准</div><div>(8) 生产性项目的生产工艺流程及生产要求，各个建筑物的配套、投产的先后顺序和相互关系</div></div>

(四) 施工准备的内外业（表1 -4）

表1 -4 施工准备的内业和外业

内业准备	外业（现场）准备
<p><u>建立技术经济条件：</u></p> <p>①）会审施工图纸，注意土建与结构、土建与水电、土建与安装的配合，把图纸的问题解决在施工之前</p> <p>②）编好单位工程（或分部、分项工程）施工方案，做到单位工程有组织设计，一般工程有施工方案</p> <p>③）编好单位工程施工预算，或进行投标预算拆分</p> <p>④）采用新技术、新工艺、新结构、新设备的试验 * 并制订相应的工艺规程和培训相应的技术工种</p> <p>⑤）下达施工任务书或签订内部承包合同，进行计划（工期）、技术、质量、安全的全面交底</p> <p>⑥）提出各种材料需要量计划及构件外加工计划，并做好有关准备工作</p> <p>⑦）抓好施工现场总平面图的编制与绘制工作，减少和消灭二次搬运</p>	<p><u>建立技术条件：</u></p> <p>①）现场调查研究，补充勘察</p> <p>②）现场三通一平，做好排水工作</p> <p>③）搞好测量放线，设置永久性或半永久性坐标和水准点</p> <p>④）施工现场挂牌，注明工程名称及施工单位等，并安排必要的宣传标牌</p> <p><u>建立物质条件：</u></p> <p>⑤）做好材料、构件的供应及储备，本着避免二次搬运的原则组织材料进场，分区堆放</p> <p>⑥）工业建设的设备要配套，并做好事先检验，按时进场</p> <p>⑦）调运、配置施工机械，置放于合适地点，同时做好维修工作，备有足够的零配件</p> <p>⑧）搭设为施工服务的临时设施及小型设施</p>

(五) 开工条件与开工报告

1．开工条件

单位工程施工准备工作具备下述条件后即可申请开工：

- ①）图纸经会审，图纸中存在的问题和错误业已修正；
- ②）施工组织设计已经批准并进行了交底（招标工程在签订合同后规定时间内经甲方代表或总监理工程师批准）；
- ③）直接委托承包的工程施工图预算已编制审定；
- ④）三通一平已满足开工后施工需要；
- ⑤）材料、成品、半成品和工艺设备等能满足连续施工要求；
- ⑥）大型临时设施已能满足生产、生活需要；
- ⑦）施工机械设备已进场，并经调试检查能保证正常运转；

- ⑧) 劳动力已调集，并经必要的技术安全防火教育，安全消防设备已具备；
- ⑨) 永久性或半永久性坐标和水准点已设置；
- ⑩) 已具备建设工程施工许可证。

2. 开工报告

开工报告说明开工前的准备情况、具有法律效力的文件的具备情况等，开工报告的格式如表1 -5 所示。

表1 -5 开工报告格式  
工程开工报告

\_\_\_\_\_工程处\_\_\_\_\_施工队

编号：

工程名称		工程地点		结构类别	
建筑面积		层数		合同造价	
建设单位		设计单位		申请开工日期	
工程简要说明					
施工准备情况					
批准	会 审 记 录				
生产主管	生产科	技术科	材料科	财务科	

开工报告可以由担负施工任务的工程处提出，一般工程由公司审批，重要或特殊工程由主管部门审批。工程经批准后才能开工，才能纳入施工作业计划，组织施工。在实行建设监理的工程项目上，开工报告应经总监理工程师批准。

(六) 作业条件的施工准备工作

作业条件的施工准备工作，是基层单位经常性的业务工作，与施工交错进行，贯穿在单位工程或分部分项工程施工前及施工的全过程，包括以下内容：

- ①) 编制分阶段（如基础、结构、装修）施工组织设计和分部（分项）工程施工方案。
- ②) 采用新技术、新工艺、新结构、新设备的试验，并编制相应的工艺规程和培训相应的技术工种。
- ③) 编制作业计划。
- ④) 编制并下达施工任务书或签订队组定包合同。
- ⑤) 进行计划、技术、质量和安全、经济责任的交底。
- ⑥) 进行施工中的测量放线和复制工作。

- (7) 调整现场平面布置，以适应新的施工要求；并根据新的要求，搭建相应的临时设施。
- (8) 进行工程洽商。
- (9) 按计划组织材料、构件、制品、施工机具进场。
- (10) 合理调配劳动力，及时进场，连续工作，活做完及时退场。
- (11) 做好生产班组或工序间的交接手续，上道工序为下道工序做好准备。
- (12) 办理工程隐检、预检手续，做好复测并按规定做好记录。
- (13) 总包单位应做好分包的现场协调工作，保证按规定顺序施工。
- (14) 冬、雨期施工前和施工中，要编制季节施工技术组织措施；做好施工现场的供热、保温、排水、防汛、篷盖、脚手架辅助设施等准备工作；全面检查有关设施，对不能保暖、防雨和保证安全的部位，进行检修、加固或更换；组织冬、雨期施工需用的机具、材料、药剂进场，并妥为保管；调集和培训冬、雨期施工必需的专职人员。

(七) 搞好施工准备工作的措施（表1 -6）

表1 -6 搞好施工准备工作的措施

序号	措施	内容和要求																
1	编制施工准备工作计划	施工准备工作计划表																
		<table><tr><th>序号</th><th>项目</th><th>工作内容</th><th>要求</th><th>负责单位</th><th>相关单位</th><th>要求完成日期</th><th>备注</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	序号	项目	工作内容	要求	负责单位	相关单位	要求完成日期	备注								
		序号	项目	工作内容	要求	负责单位	相关单位	要求完成日期	备注									
施工准备工作计划应作为施工组织设计的基本内容，同时注意施工过程中的短期安排																		
2	建立严格的施工准备工作责任制	①）公司总工程师、工程处主任工程师和施工队技术队长或项目经理（各阶段施工准备工作负责人）的责任 组织有关部门编制并审核施工准备工作计划或施工组织设计 督促、检查各项施工准备工作的实施 对重大的施工准备工作，进行总结																
		②）实行单位工程技术负责制 一般情况下，由负责土建施工的单位工程技术负责人（项目经理，下同）负责组织有关单位进行该单位工程的施工准备工作 一个工地有两个以上施工单位同时施工的工程，由承担主体工程专业施工单位技术负责人主持全面的施工准备工作，各专业施工单位协同进行 重大工程或重点工程，应根据施工组织总设计或年度施工组织设计的规定，由施工、建设、监理、设计等有关单位，共同规划，进行准备																
		③）实施施工准备时，各有关部门的分工																
		④）为协助技术负责人做好施工准备工作，在生产或技术部门设专人负责施工准备																

续表

序号	措施	内容和要求	
2	建立严格的施工准备工作责任制	负责部门	负责事项
		生产（或计划）部门	公司：审核建设单位的基建计划（文件）、施工许可证及其它有关正式文件，办理开工报告手续 工程处：牵头并会同技术等有关部门审批施工组织设计，督促检查施工现场的“三通一平”及各方面准备工作：及时掌握施工队与班组签订的定包合同，检查平面布置，解决水电源，调配施工力量，保证物资供应。并经常深入队、组，摸底平衡，辅导和检查各项准备工作
		材料部门	落实建设单位供料办法，到有关物资部门了解材料、设备、构配件供应情况，及时签订供料合同
		财会部门	落实流动资金及贷款，并按规定收取工程预付款
		技术部门	审核施工图及有关技术资料（包括标准图），及时编制施工现场平面布置图，落实施工方案，及时提出构件加工计划
		经营部门	及时提出投标报价或施工图预算，与建设单位签订承包合同
3	建立施工准备工作的检查制度	①）编制计划、安排施工时，应留有一定的施工准备期 ②）施工准备工作计划中明确要求完成日期和负责人 ③）检查的目的在于督促、发现薄弱环节，改善工作 ④）坚持日常检查，在检查施工计划完成的同时，检查施工准备工作的完成情况	
4	实行开工报告制度	详见“开工条件与开工报告”	
5	施工准备工作必须贯彻在施工全过程	施工准备本身包括开工前和施工中的准备工作，各阶段的准备工作是一步步加深、交错、补充进行的。各级职能部门应面向施工现场，像重视施工一样重视施工准备，及时解决施工准备工作中的技术和管理问题、平衡调度问题和供应问题等	
6	多方协作搞好施工准备	施工准备工作应取得建设单位、监理单位、设计单位及各有关协作单位的大力支持，要统一步调分工协作、共同做好施工准备工作	

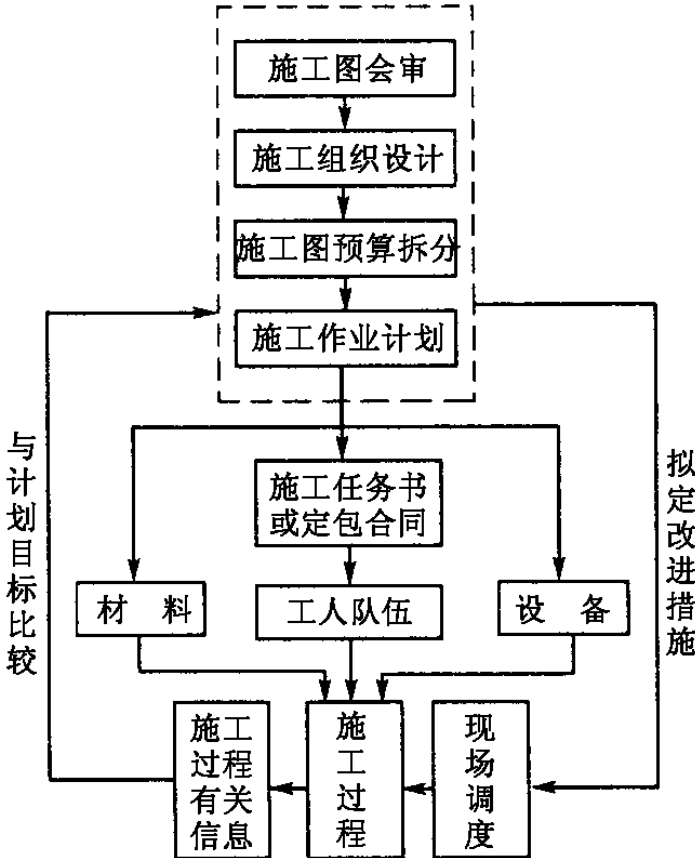
三、现场施工管理

施工现场，是指单位工程的作业场所。现场施工管理是现场施工过程的管理，根据企业的施工计划和施工组织设计，对工程施工过程中的进度、质量、节约、安全、现场布置等方面进行指挥、协调和控制，科学地组织施工过程，不断提高施工过程经济效益。

现场施工管理是施工管理的主要内容。

(一) 施工过程管理的工作内容（表1 -7）

表1 -7 施工过程管理的工作内容

工作程序	工作内容	
	施工计划的编制	技 计 划 组 织 综 施 工
	施工计划的贯彻	
	<ul style="list-style-type: none"><li>· 施工活动日常的、定期的检查和督促</li><li>· 专业性、专题性业务分析</li><li>· 加强调度，保证协调</li><li>· 施工总平面图管理</li></ul>	施 工 过 程 的 全 面 控 制

(二) 按施工计划组织综合施工

综合施工，是指所有不同的工种、配备不同的机械设备、使用不同材料的工人队伍（班组），在不同的地点和工程部位，按预定的顺序和时间，协调地从事施工作业。其要求见表1 -8。



2．施工任务单的作用和使用要求（表1 -10）

表1 -10 施工任务单的作用和使用要求

作 用	流 程	要 求
①）把月、旬施工作业计划付诸实施，明确具体任务及完成措施 ②）具体组织、指导工人施工，完成施工任务的具体文件 ③）对工人考核，支付工资和奖励的依据 ④）基层业务核算、统计核算、成本核算的原始凭证 ⑤）实行计划管理、定额管理的基础 ⑥）评选先进，实行劳动竞赛的工具	①）根据批准的月、旬作业计划，由施工队下属的工长、施工员向工人班组签发 ②）施工任务完成后，由工长据任务单规定的要求逐项检查、验收，并进行有关统计、结算 ③）如果月底任务未完成，要进行“假结算”，下个月重新签发任务书，继续施工	①）必须根据作业计划编制，符合现场需要 ②）任务单核算要求数据准确 ③）任务单工期以半月至一月为宜 ④）任务单按班组签发。也可向承包专业队签发，任务完成后结算，不受月度限制 ⑤）下达、回收要及时，回收后要抓紧结算、分析、总结 ⑥）任务单作为按劳分配的依据、重要的原始记录，要妥为保管

3．施工日报

在实行建设监理的工程上，监理工程师要求报送施工日报。施工日报格式见表1 -11。

表1 -11 工程施工日报

一、完成工程报告单年 月 日

项号	请示的工作范围	图号	图中位置	请示的 工程量	实际完成 工程量	未完成理由	监理意见

乙方代表：

现场监理工程师：



二、拟实施工程请示单年 月 日

项号	工作范围	图号	图中位置	估计的 工程量	工人数量	负责工长	监理答复

乙方代表：

现场监理工程师：

(四) 施工管理中工长的主要工作

工长是建筑企业生产活动最直接的组织者，主要职责是把拥有的机械设备、材料和工人队伍，在施工中协调地组织起来，进行综合施工，其主要工作见表1 -12。

表1 -12 工长的工作内容和要求

工作内容			要求
准备工作	技术准备工作	熟悉图纸	清楚地了解设计要求、质量要求、细部做法
		熟悉施工组织设计	清楚地了解生产部署、施工顺序、施工方法、平面布置、技术措施
		准备交底	一般工程——准备简要的操作交底和措施要求 特殊工程——准备图纸或大样、细部做法
	班组操作前的准备工作	工作面准备	现场清理，道路畅通，搭设架木，准备好操作面
		施工机械准备	接电试运转；检查安全装置
		材料工具准备	材料按施工平面堆放，工具按班组人员配备
组织工作	调查班组情况		调查人员配备、技术力量、生产能力
	研究工序	确定工种间的搭接次序、时间和部位	根据工作面安排流水和分段；根据流水分段和技术力量进行人员分档；根据分档情况配备运输、配料、供料的力量
		指导班组长做好人员安排	

续表

工作内容		要求
向工人交底	计划交底	交任务、数量；交开始结束时间；交该任务在全部工作中对其他工序的影响和重要程度
	定额交底	劳动定额；材料消耗定额；机械配合及台班产量
	措施和操作方法交底	施工规范和工艺标准的有关部分；施工组织设计中的有关规定；有关设计图纸及详细做法
	安全生产交底	施工操作运输过程中的安全事项，机电设备安全事项，消防事项
	管理制度交底	自检、互检、交接检的时间和部位，分部分项质量评定标准和要求，现场场容管理制度的要求，样板的建立和要求
操作中具体指导和检查		检查抄平、放线、准备工作是否符合要求；工人能否按交底要求进行施工；一些关键部位是否符合要求，如有问题，提醒工人；提醒安全、质量和现场场容管理中的倾向性问题；按工程进度及时进行隐检、预检和交接检，配合质检人员搞好分项工程质量评定
做好施工日志，记录施工中发生的重大事件		记录内容包括：气候实况，施工内容，工程进展，队组、人员调动情况，资源供应情况，施工中的质量安全问题，设计变更和其它重要决定，上级指示，会议，有关检查工作，经验和教训等，详见表4 -9。施工日志要天天记，记重点，记关键，竣工后存档备查
施工任务的 下达与验收		下达的任务完成后，一方面查阅内业资料，如混凝土标号、钢筋强度等是否符合设计要求，另一方面通知技术员、质检员、施工班组长，对施工部位或项目，按标准检查验收，合格产品填表签字通过，不合格产品应组织原班组维修或返工

(五) 施工过程中的检查与监督 (表1 -13)

表1 -13 施工过程中检查与监督的内容和方法

项 目	内 容	方 法
作业检查监督 和质量 检查监督	①) 工程施工是否严格按图施工 ②) 施工是否遵守操作规程和施工组织设计规定的施工顺序 ③) 材料的储存、发放是否符合质量管理的规定 ④) 隐蔽工程的施工是否符合质量检查与验收规定 ⑤) 作业进度是否符合要求 ⑥) 材料、成品和半成品的检验 ⑦) 各种试验、检验、测量仪器仪表和量具的定期检查 and 用前检修、校验 ⑧) 各种工业设备的检查、试运转 ⑨) 施工过程的检查和复查	专业检查与群众检查相结合 ·认真执行关键项目和隐蔽工程检查验收、班组自检、互检、交接检及施工队（工地）周检、工程处月检、公司季检等制度 ·日常检查与定期检查相结合 ·召开业务交流会和有关协作单位碰头会 ·调查分析提出措施，实施调度，解决矛盾，协调施工
安全生产检查监督	①) 施工现场安排是否符合安全要求 ②) 土石方施工是否严格符合安全规定 ③) 高空作业、水上施工是否遵守安全作业规定 ④) 机电设备和吊装机械防护、绝缘是否良好 ⑤) 施工现场的防火、防爆、防止自然灾害等措施是否良好等	
节约的检查监督	以施工组织设计为依据，与节约有关的劳动生产率、材料消耗、施工方案、施工进度、施工质量等是否全面实现计划要求	
场容检查监督	详见“施工总平面图管理”（表1 -15）和“文明施工”（表1 -18）	

(六) 业务分析 (表1 -14)

表1 -14 施工管理中业务分析的依据和方法

分析项目	分析依据	分析方法
①) 工程质量情况分析 ②) 材料消耗情况分析 ③) 机械使用情况分析 ④) 成本费用情况分析 ⑤) 安全施工情况分析	①) 原始记录、报表、任务单、领料单及其它签证 ②) 现场实际调查的第一手资料	①) 用实际资料与计划指标比较，找出差距，分析原因，以便提出改进措施 ②) 定期不定期分析 ③) 班组分析与专业部门分析 ④) 与调度结合起来分析

说明：具体分析方法详见“经济活动分析”和“统计”有关章节。

(七) 施工总平面图管理

总平面图的有效管理，可以保证合理使用场地，保证正常的施工条件和文明施工。总图管理也称场容管理，其主要工作和要求如表1 -15 所示。

表1 -15 总平面图管理的主要工作和要求

管 理 原 则	经常性管理工作
<div>(1) 进行经常性的管理和做必要的调整工作</div> <div>(2) 凡涉及到改变总图的各项活动，各单位事先提出</div> <div>申请，经建设、监理等批准后，方可实施</div> <div>(3) 由总包单位根据进程不断调整、补充、修改总平面，在施工准备阶段、主体工程阶段、安装阶段、装修阶段等有相应的总图规划，并根据施工进度进行修整，以反映施工动态，满足各单位不同时间的需要</div> <div>(4) 制订总平面图管理办法，建立和健全场容管理责任制</div>	<div>(1) 检查施工总平面规划的贯彻情况，督促按总图规定兴建各项临时设施，堆放大宗材料、成品、半成品及生产设备</div> <div>(2) 审批各单位需用场地的申请，根据时间和要求，合理调整场地</div> <div>(3) 做好土石方的平衡调配工作，审批各单位取弃土石方的地点、数量和运输路线</div> <div>(4) 确定大型临时设施的位置、坐标，并核实复查</div> <div>(5) 签署建（构）筑物、道路、管线等工程开工申请的审批意见</div> <div>(6) 审批各单位在规定期限内，对清除障碍物、挖掘道路、断绝交通、断水断电、用水放炮等的申请报告</div> <div>(7) 对大宗材料、设备和车辆等进场时间作妥善安排，避免拥挤、堵塞交通</div> <div>(8) 审批超大型施工机械、设备进场运行路线</div> <div>(9) 检查现场排水系统，管理和检查排水泵站</div> <div>(10) 掌握现场动态，定期召开总平面图管理检查会</div>
场容基本要求	
<div>(1) 场地整齐、清洁</div> <div>(2) 现场防火、安全有保证</div> <div>(3) 现场卫生、防止污染</div> <div>(4) 对原材料、临时设施、成品予以保护</div>	

四、施工调度

(一) 施工调度的任务和内容

施工调度在指挥生产确保计划完成的过程中，监督检查计划的执行情况，重点是保持人力、物力特别是后勤供应工作的平衡，采用必要的人、财、物调度。它是实现正确

指挥施工的重要手段，是组织施工中各个环节、专业、工种协调动作的中心，其主要工作任务和内容见表1 - 16。

表1 -16 施工调度工作的任务和内容

工作任务		具体内容和要求
主要任务	监督、检查计划和工程合同的执行情况，及时全面掌握施工进度以及质量、安全、消耗第一手资料，协调总、分包及各施工单位之间的协作配合关系，采取有效措施，处理各种矛盾，克服薄弱环节，促进人力物力的综合平衡，保证施工任务的完成	<div><div>·了解掌握各单位工程的经济包干的内容和要求</div><div>·了解掌握年、季、月生产计划的安排，重点项目建设及配套工作</div><div>·掌握工程计划形象部位实现情况</div><div>·严格监督检查各单位工程的工期执行情况</div><div>·掌握和检查主要工种的流程计划实施情况，为其创造良好的施工条件，尽力做到均衡施工</div></div>
	(1) 掌握施工任务的完成情况，检查作业计划执行中存在的问题，找出原因，采取积极措施予以解决	<div><div>·深入现场，掌握动态，找出薄弱环节，提出建议和措施</div><div>·会同有关部门办理工程开工报告及竣工验收手续</div><div>·检查后续工序准备情况，布置工序间的交接</div></div>
(2) 督促、检查各有关部门对材料、劳动力、施工机具、运输车辆及构件等供应		<div><div>·掌握并控制公司、处、队、厂站工种比例</div><div>·掌握并控制公司、处、队、厂（站）机械、脚手架具及模板配套情况</div><div>·掌握各种构件及制品的加工订货进场日期及型号数量</div><div>·了解设备、材料及重大内外配合协作等有关问题</div><div>·及时平衡大型施工机械、运输力量</div></div>
(3) 督促、检查施工现场道路及水、电、动力的使用情况，建立正常的施工秩序，搞好方明施工		<div><div>·对施工用水、用电、用气等实行统一管理</div><div>·配合做好总平面图管理</div></div>
(4) 迅速准确地传达公司领导对施工方面的各项决定，发布调度命令，并督促、检查执行情况		
(5) 及时做好天气预报工作，以便施工现场做好防寒防冻、防暑降温、防雨防汛及防风等措施		
(6) 根据工程需要，定期不定期组织召开施工现场调度会，并检查会议决议执行情况		

(二) 施工调度工作的组织体系（表1 -17）

表1 -17 施工调度工作的组织体系和职责

组 织 设 置 要 求	公司调度工作的职责
企业根据生产规律及工程分散程度，分别设置工地现场调度机构以及按企业设置的调度机构，组成企业纵的和横的调度系统和调度网	<p>①）主管经理：负责公司工程任务调整和人、财、物的平衡调度及下达调度指令等领导工作</p> <p>②）生产部门：协助生产经理做好平衡调度工作，负责按经理的指令下传上达，督促检查执行；经理因故不在时，可以对生产缺口进行有效的调整，同时也可下达书面或口头调度指令，但事后必须向生产经理汇报</p>
组织调度原则	工程处调度工作的职责
<p>①）调度工作必须集中统一。在两级调度体系的关系上，工程处必须服从公司：公司对工程处的调度工作必须予以支持，一般情况下不乱下调度令</p> <p>②）调度工作必须建立在计划管理基础上，以施工组织设计和作业计划为依据进行</p> <p>③）调度工作要具有及时性、准确性、预防性</p> <p>④）调度在特殊情况下，可用行政命令（调度指令及口头指令）的方法进行，不允许因事先无协商而抗拒执行</p>	<p>①）工程处生产主任为工程处调度指挥，负责工程处施工中的调整平衡工作，对施工中的工序穿插和交接做出安排</p> <p>②）生产计划部门在生产主任领导下，有权检查督促施工生产程序，组织均衡施工</p> <p>③）接受公司调度令，通过有关部门按其要求执行</p> <p>④）调度机构负责人执行同级企业生产负责人指令</p>
	基层调度工作的职责
	<p>①）在物资、材料、机械等部门设立的兼职调度员，应在职能组和调度员的指导下，执行调度命令和进行一些小型的调度工作</p> <p>②）工长在作业计划范围内，有权组织安排和调度人力，调度员不能直接指挥</p>

五、文明施工与定置管理

(一) 文明施工

文明施工，亦称施工现场环境管理，是施工现场管理的一项重要基础工作。狭义的文明施工，是指在施工现场管理中，按照现代工业生产的客观要求，使施工

现场保持良好的生产环境和施工秩序，以达到提高劳动效率、安全生产和保证质量的目的；广义的文明施工，是指用现代化大生产方式，科学地组织施工。

文明施工是现代建筑生产的客观要求，是加强建筑企业精神文明建设的需要，是企业竞争、开拓建筑市场的需要。文明施工的内容见表1 -18。

表1 -18 文明施工的内容

序号	基本内容	具体要求
1	严格劳动纪律，遵守操作与安全规程	<p>①）每天施工前，召开班前交底会，由班组长布置当天的施工内容、操作要求和应注意的问题，严格执行操作规程</p> <p>②）建立安全生产责任制，加强规范化管理，进行安全交底、安全教育和安全宣传，严格执行安全技术方案</p> <p>③）定期检查和维护施工现场的各种安全设施和劳动保护器具，保证安全有效</p>
2	施工现场布置合理，物料堆放有序，便于施工操作	<p>①）按施工平面布置图设置各项临时设施，堆放大宗材料、成品、半成品和机具设备，不得侵占场内道路及安全防护设施</p> <p>②）施工机械应当按照施工平面图规定的位置和线路设置，不得任意侵占场内道路。施工机械进场必须经过安全检查，经检查合格后，方能使用，施工机械操作人员必须建立机组责任制，并依照有关规定持证上岗，禁止无证人员操作</p> <p>③）施工现场道路保持畅通，排水系统处于良好的使用状态，施工现场不积水，污水排放符合市政和环保要求</p> <p>④）严格按照施工组织设计架设施工现场的用电线路，严禁任意拉线接电；用电设施的安装和使用必须符合安装规范和安全操作规程的要求</p> <p>⑤）设置夜间施工照明设施，必须符合施工安全的要求，危险、潮湿场所的照明以及手持照明灯具，必须采用符合安全要求的电压</p>
3	优化施工现场的场容场貌	<p>①）施工现场必须设置明显的标牌，标明工程项目名称、建设单位、设计单位、监理单位、施工单位、项目经理和施工现场总代表人的姓名，开、竣工日期，施工许可证批准文号等</p> <p>②）施工现场的管理人员在施工现场应按总、分包单位佩戴证明其身份的证卡，着装和安全帽的颜色也应有所区别，便于识别</p> <p>③）在车辆、行人通行的地方施工，必须事前提出申请，经批准后，方能进行，并应当设置沟井坎穴覆盖物和施工标志</p> <p>④）施工现场的大门场地和砂、石等零散的材料堆场应尽可能使地面硬化。经常清理建筑垃圾，每周举行一次清扫和整理施工现场活动，以保证场容场貌的整洁</p> <p>⑤）施工现场大门和围墙除了要符合施工现场安全保卫工作外，还应符合城市的市容要求，并且反映本企业形象</p> <p>⑥）施工现场的工地办公室、食堂、宿舍和厕所等工作、生活设施，要符合卫生、通风、照明等要求。职工的膳食、饮水供应等要符合饮食卫生要求。对于高层建筑施工现场，必须妥善安排在高层施工人员的大、小便问题和建筑垃圾的清除问题</p>

续表

序号	基本内容	具体要求
4	严格遵守国家有关环境保护的法律规定	①) 妥善处理泥浆水，未经处理不得直接排入城市排水设施和河流 ②) 除设有符合规定的装置外，不得在施工现场熔融沥青或者焚烧油毡、油漆以及其他会产生有毒有害烟尘和恶臭气体的物质 ③) 使用密封式圈筒或采取其他措施处理高空废弃物 ④) 应采取有效措施控制施工过程中的扬尘、生活垃圾和零星建筑垃圾实行袋装化 ⑤) 禁止将有毒有害废弃物用作土方回填 ⑥) 对产生噪声、振动的施工机械，应采取有效控制措施，减轻噪声扰民

(二) 施工现场管理标准化

施工现场管理标准化，是把施工现场中全体人员所从事的日常的、经常重复的、有规律性的活动，制定成各种标准和操作程序，并在施工实践中严格执行，以达到预期的效果和行为。施工现场管理标准化是组织现代化建筑生产的重要手段，是提高工程质量的前提和保证，是建筑企业管理的基础工作。

施工现场管理实现标准化，必须制定有关生产、技术、质量等各种专业的技术标准、管理标准和工作标准，并严格执行。在施工过程中，促使并约束施工现场全体人员，按标准行动，杜绝施工中的盲目性和随意性，保证生产出符合质量标准的建筑产品来。施工现场管理标准化的内容见表1 -19。

表1 -19 施工现场管理标准化的内容

序号	基本内容	具 体 内 容
1	管理方法标准化	管理层次标准化、管理制度标准化、管理业务标准化、管理工具标准化等
2	工作程序标准化	生产工艺流程标准化、作业工序标准化、办事程序标准化等
3	时间系列标准化	指各部门、各岗位都应该规定具体工作内容的工作用时
4	安全工作标准化	参见本章



续表

序号	基本内容	具 体 内 容
5	行为动作标准化	作业操作技术、施工作业中的联络语言（手势、联络信号等）标准化
6	标准基准规范化	各种作业标准体系，如各工程施工验收标准和各种生产技术操作标准
7	礼仪环境标准化	环境标准（施工现场环境，如工地气氛、道路的硬化、料具堆放的要求等）、社交接待标准、会议标准、礼仪标准和企业的精神文明标准
8	服装、标志标准化	职工形象设计（穿戴形象、身份标志）和装备标志的标准（指施工现场、道路、仓库、加工场、设备均要有明显的标志牌、警示牌的标准）

（三）定置管理

定置管理是研究人、物和场所之间的关系，谋求系统改善的一种科学的现场管理方法。定置的基本原理是：在生产现场，通过作业分析以及进行动作、场所的研究，通过整理、整顿，清除现场中与生产无关的物品，不断调整人、物、场所之间的关系，对生产所需的物品进行定置，使它们处于最佳的结合状态，并用标准信息明确表示出来，实现优质、高效、安全、文明生产的目的。定置管理的内容从大的方面可分为施工现场定置管理和办公室定置管理。施工现场定置管理的主要内容见表1 -20。

表1 -20 定置管理的内容

序号	管理内容	管 理 要 求
1	区域定置管理（即施工现场平面布置）	对施工现场的某一作业场所或堆放场地的布局的划分进行定置，并且使区域内秩序井然，物品堆放整齐、规范，通道无障碍，各区域之间有明确界限，不相互侵扰，道路和堆场应对地面进行硬化处理，并有排水系统，防止晴天尘土飞扬、雨天泥泞不堪
2	设备定置管理	按施工平面图布置现场施工机械，对固定式机械（如附着式塔式起重机）要定点处理好地基基础，对移动式机械要按开行路线定量，必要时要准备路基板、避免压坏道路。广义的设备定置管理，还包括机械设备从选购、使用、维护、检修直到报废全过程的定置

续表

序号	管理内容	管 理 要 求
3	工具箱、工位器具定置管理	对工具箱中的图纸、工具、量具以及对施工现场使用的操作器具等进行编号，按定置图规定的位置有序摆放
4	库房定置管理	① 确定物品的保管方式和数量 ② 货架和容器要确定承重能力，有安全系数标记 ③ 运输工具要有固定停滞位置 ④ 重量大的物品要确定便于搬运的高度 ⑤ 常用的数量大的物品要定置在发料处附近的地方 ⑥ 对易燃、易爆的危险品及有毒物品实行特别定置，保证现场安全 ⑦ 库房要设置待检和临时停放区，道路要畅通 ⑧ 账、卡、物、图号要相符，物品摆放要整齐，方、直 ⑨ 各区域均有定置图，标志清晰、醒目，使用标准信息符号
5	特别定置管理（质量控制点定置管理和安全定置管理的总称）	质量控制点定置管理是把影响工序质量的人、机、料、法、环境、测六要素有机地结合为一体，并落实到具体工作中去，做到事事有人负责，使质量环中需要重点控制的质量特性、关键和薄弱环节得到有效控制；安全定置管理是对一些不安全的物（如易燃、易爆等危险品和有毒物品）、不安全的场所和一些不安全的事，实行特别管理，增加专门控制人员和设备，提高安全系数，强化安全意识
6	环境净化、美化的定置管理	① 设置杂物停滞区、垃圾箱和卫生责任区，并确定责任人和定期清除的周期 ② 确定废品、料头、切头的集散地，并且用定置图表示，做到人人皆知 ③ 对施工现场需保存的树木要有切实可行的保护措施，防止损坏 ④ 严格执行文明施工规定，创造一个良好的施工现场环境 ⑤ 要制定切实可行的检查、考核办法，保持持久
7	色调的定置管理	根据色彩对人的心理和工作效率的影响，在定置管理中，应充分发挥色调的作用，按规定统一标准颜色给一定场所的物、机械设备、设施、区域界限等涂色。按规定的统一标准颜色绘制各种定置图、标牌等

(四) 定置管理的工作步骤（表1 -21）

表1 -21 定置管理的工作步骤

序号	工作步骤	工 作 要 求
1	建立定置管理体系	按企业的管理层次，分级设置定置管理领导小组及其办事机构。施工现场定置管理领导小组应由施工项目经理部的负责人和职能部门、队组、机组的负责人共同组成，实施企业的定置管理规划和定置管理的标准，制定并实施本现场的定置图和定置要求
2	制定全企业的定置管理规划	企业定置管理领导小组是企业所属各施工现场定置管理的领导机构，负责制定全企业的定置管理规划。其主要内容有：定置管理规划制定的依据和原则；定置管理的宣传、动员、培训教育及管理方式；定置管理各项工作的计划和时间安排，定置管理的标准等
3	开展定置管理的培训教育	定置管理是一项全员参加的管理活动，必须对全体职工进行有关定置管理的概念、实质、作用、机理、程序、技法和检查评比考核办法等方面的培训教育，确保企业的各级领导和全体职工对定置管理的意义、作用有较深刻的认识，从而把定置管理变成每个人的自觉行动
4	制定定置管理标准	实施定置管理必须要有一个统一的标准，对于一个企业来说，各施工现场定置管理的要求应该是一致的，要体现的企业形象也是一致的。否则，各个施工现场自作主张，随心所欲地搞定置，势必给定置管理造成困难。制定统一定置管理标准，才能使定置管理走上规范化、制度化、标准化的道路
5	定置设计	定置设计的主要任务就是按定置管理标准设计绘制各种场地（施工现场、仓库、办公室等）及各种物品（原材料、机组、货架、工具柜、工位器具等）的定置图，其实质是施工现场平面布置的细化、具体化。施工现场定置设计要考虑以下布置原则： ① 单一的流向和看得见的搬运路线 ② 最大程度地利用空间 ③ 保证最大的操作方便和最小的不愉快 ④ 最短的运输距离和最少的装卸次数 ⑤ 切实的安全防护保障 ⑥ 最少的改进费用和统一标准 ⑦ 最大的灵活性及协调性 ⑧ 信息媒介物必须按标准设计

续表

序号	工作步骤	工 作 要 求
6	定置管理诊断	运用诊断手段和其他各种方法，对企业的生产现场进行调查、研究和分析（如进行工艺研究、人与物结合状态分析，物流、信息流分析等），找出存在问题及原因，为制定定置管理标准和设计定置图奠定基础
7	定置准备	在完成定置图的绘制以后，要按实施定量的要求进行定置前的准备工作，包括： ① 各种容器器具（如废品箱、垃圾箱等）的制作 ② 确定清除物的存放地点 ③ 施工现场区域划分及标准信息牌的制作等
8	定置实施	按照定量设计要求，对生产现场的材料、机械、操作者、方法进行科学的整理和整顿，将所有的物品定位，要做到：有物必有区、有区必有牌，按区存放、按图定置、图物相符；清除生产现场中与生产活动无关的物品；按定置图在现场定置区域划出不同颜色的标志线
9	定置的检查与考核	为了使定置管理坚持不懈，并得到不断充实和完善，就要做到制度化，并定期进行检查和考核。考核的基本指标是：定置率 $= \frac{\text{实际定置物品的种类（个数）}}{\text{定置图上规定的定置物品种（个数）}} \times 100\%$

六、竣工验收

（一）竣工验收的标准和依据（表1 -22）

表1 -22 竣工验收的标准和依据

竣工验收标准	依 据
①）工程项目根据合同的规定和设计图纸的要求已全部施工完毕，达到国家规定的质量标准，能满足使用要求 工业建设项目经过负荷试运转或试生产考核，能够生产合格产品 附属配套项目，如变电站、锅炉房或热力点、给排水、煤气、电讯等交付使用 民用工程符合设计要求，能够正常使用 竣工工程窗明、地净、水通、灯亮，采暖通风设备运转正常 ②）建筑物周围按规定进行了平整清理 ③）技术档案资料齐全 ④）竣工结算已完成	①）上级主管部门的有关文件 ②）建设单位和施工单位签订的工程承包合同 ③）设计图纸、设计文件和设备技术说明书 ④）图纸会审记录、设计变更和技术核定单 ⑤）国家现行的施工及验收规范 ⑥）建筑安装工程统计规定 ⑦）有关施工记录和构件、材料等合格证明文件 ⑧）引进新技术或成套设备项目，还应按照签订的合同和国外提供的设计文件等资料进行验收

(二) 竣工验收的准备工作 (表1 -23 )

表1 -23 竣工验收的准备工作内容

准备工作项目		内 容 和 要 求
施工单位做好竣工验收的准备工作	完成收尾工程	<div><div>·工程报竣工前，要进行竣工前预检，作一次彻底清查，根据施工图和生产工艺流程逐项进行对照考核，找出漏项和需修补的工程，及时处理或返修</div><div>·在竣工后5 日内，要做好现场清理，做到门窗玻璃擦亮、水通电灯亮，使用户满意</div></div>
	竣工验收资料的准备及报送有关资料	<div><div>·竣工资料平时即注意积累和整理，并指定专人负责</div><div>·若有缺项，可向建设、监理、设计单位索取复印件</div><div>·协作与分包单位应负责提交有关资料，由总包统一整理移交建设单位，其中已提前验收的单位工程资料，可由协作分包单位直接移交建设单位</div><div>·竣工时应绘制竣工图。工程变更不大的由施工单位在原图上加以注明，变更较大的由建设单位组织绘制</div><div>·现场验收后一个月内将资料整理完毕，一份交建设单位，一份由施工单位保管</div><div>·施工单位应复制留存有价值的工程资料</div><div>·竣工时，应把有关资料报送质量监督站进行检查</div></div>
	竣工预验收	<div>工程竣工前后，应会同建设、监理单位进行预验收，征求意见，个别遗留问题应在竣工后15 天内限期解决，达到竣工要求</div>
建设单位成立竣工验收机构		<div><div>·在单项工程竣工前2 ~3 个月，建设单位或其主管部门根据项目的性质、大小，成立竣工验收委员会或领导小组负责交验工作，并组织设计、施工、建设、监理、环保等单位参加竣工验收</div><div>·国务院直属大中型建设项目，由主管部门会同工程所在省市组织验收；各省市所属工程，由省市组织验收，特别重要的由国家计委报国务院批准组织验收</div></div>

(三) 竣工资料 (表1 -24 )

表1 -24 竣工资料具体内容

序号	资料名称或类别	具 体 内 容
1	竣工图及工程项目一览表	竣工工程名称、位置、结构、层次、面积或规格，附设备、装置等清单
2	施工图、合同等设计文件	·全套施工图纸和有关设计技术文件，建设工程规划许可证，工程承包合同等 ·图纸会审记录、设计变更单、技术核定单、工程洽商记录等
3	各种验收报告	开竣工报告、竣工验收证明、中间交工验收签证、隐蔽工程验收签证等
4	地基及测量文件	·地基、地质钻探资料，土方处理方案，土壤灰土试验记录 ·测量成果资料，包括工程定位测量图、永久性或半永久性水准点坐标位置、标高测量记录、沉降和变形观测记录等
5	检验 试验报告及质量报告	·进场材料、制成品、半成品、设备合格证及说明书，质量检验记录和试验报告 ·土建施工的试验记录，如灰土、砂浆、混凝土、玛蹄脂，现场制作构配件等的配料记录及试验报告或检验记录 ·各种管线、设备安装工程的施工检验和检验记录，试车试运转记录 ·分部分项工程、单位工程质量评定表
6	有关施工记录	地基处理记录，工程质量事故处理记录，预制构件吊装记录，新技术、新工艺及特殊施工项目的有关记录，预应力施工记录，构件荷重试验记录等
7	工程结算资料及有关签证、文件	
8	施工单位和设计单位提供的建（构）筑物、设备的使用注意事项文件	
9	其他有关该工程的技术决定等	

(四) 竣工验收程序与方法（表1 -25）

表1 -25 竣工验收程序与方法

序号	竣工验收程序			验收要求及方法	
1	做好准备工作			详见表1 -23	
2	组织验收			<div>·建设单位收到施工单位提交的竣工资料时，派员会同施工单位进行检查鉴定</div> <div>·验收机构首先清查竣工工程的原始资料，根据施工图及验收规范对工程逐项验收点交，有些遗漏项目应作记录，由施工单位补充施工</div> <div>·一般工程，由施工单位工程处生产部门会同有关部门参加检查验收；重点工程、高层、大型建筑工程及小区建设，由施工企业组织质量、技术、劳资、财务、材料及经营等部门，会同建设、监理、设计、消防、防疫、交通等单位开会组织验收</div> <div>·竣工验收分两阶段进行<div>(1) 单项验收：单项工程具备使用条件，由建设、施工单位共同验收，办理单项验收手续</div><div>(2) 整个项目验收：由验收机构在施工单位参加下，验收全部竣工工程和整体建设项目。已验收过的单项工程，不再办理验收手续</div></div> <div>·民用工程凡达到设计规定的使用要求，即可由建设、监理、施工单位签证竣工验收证书</div>	
3	工业建设项目试车检验	单体试车	按规程分别对机器、设备进行单体试车	设备安装工程单体试车及无负荷联动试车合格，静置容器、锅炉、工业管道等试验和试压合格就可由双方办理技术资料交接手续、移交生产单位负责保管	·独立操作的设备如吊车、机床、高压设备、动力锅炉、防爆工程等，在竣工并经技术验收合格后，即可签证交验证书
		无负荷联动试车	单体试车后，根据设计要求和试车规程进行		
		有负荷联动试车	<div>·按试车规定，向联动机组投料后，在规定时间内，设备运转正常，合乎设计要求，即为合格</div> <div>·该项试车，可以生产单位组织施工单位参加或单独主持，施工单位负责、生产单位参加的形式进行</div> <div>·试车合格，即在交验机构主持下由建设、监理施工单位签证竣工验收证书</div>		·对于不影响生产的遗留尾项及需返工、修补工程，由验收机构确定期限，在证书附件中说明并留出需要资金，施工单位按期完成

续表

序号	竣工验收程序	验收要求及方法
4	工程交接	·各项工程符合质量标准，验收合格，即可全部移交建设单位使用·根据承包合同，结合设计变更，隐蔽工程记录及各项技术鉴定办理工程结算手续，移交全套技术经济资料·除注明在规定的保修期内，凡因施工质量原因造成的问题由施工单位负责保修外，双方经济关系与法律责任，至此解除

(五) 工程竣工后回访

- (1) 工程竣工交付使用后，要及时组织回访维修。属于施工原因造成的质量问题，应纳入生产计划及时由公司或工程处组织维修，所发生的材料及其他费用，由施工企业承担；由于非施工造成的问题则应通过协商解决，妥善处理。
- (2) 工程交付使用后，应在第一个雨期及冬期分别进行回访，及时发现问题。在工程结算中应留出一定比例的款项，对于原施工单位无能力或不能及时维修的要找其他队伍组织维修，所发生的材料及其他费用由工程处负责。
- (3) 要做好回访记录，对存在的问题进行分析，并制订有效措施，防止未来施工中类似问题再发生。



## 第二章 施工计划管理

### 第一节 项目计划的特点及分类

#### 一、项目计划的特点及分类

- 1. 主动性差：由于施工任务的来源，在宏观上受国家计划和建筑市场的制约，同时受上级主管部门总计划的控制和一些人为的原因，故不能自主地安排生产计划。
- 2. 稳定性差：项目计划受项目规模的大小和计划周期的长短及内部和外部各种条件的影响，使计划复杂多变。
- 3. 均衡性差：建筑施工生产受季节因素影响较大。不同的施工阶段施工内容不一样，物资消耗有差异，造成不同施工阶段的计划也有差异。

#### 二、项目计划体系的建立

##### 1. 计划分类

按计划期限分为下列计划

##### (1) 施工项目管理过程总计划

它是根据项目规模的大小和与建设单位签定合同时间决定的。一般工期在五年以内的工程项目应编制中长期计划。这种计划应突出其预见性、战略性和纲领性。它的任务是确定项目管理期间的经营方针、目标，确定主要技术经济指标应达到的水平，以及达到经营目标所采取的措施。

##### (2) 短期计划

即年度和季度施工生产技术财务计划。它是施工项目管理在计划期内从事生产经营活动的行动纲领和必须达到的目标，是评价和考核项目管理工作的主要依据。施工生产计划是中心，技术组织措施和各项资源计划则是施工计划的保证性计划，财务计划是反

映施工项目经营活动在经济上的投入产出要求及成果计划。

③) 月、旬作业计划

月、旬作业计划是季度计划的具体化，它将任务具体落实到班组，组织和指导日常生产活动。

1. 项目计划的管理机构、编制程序和编制分工

(1) 项目计划的管理机构

公司设计划统计管理室，负责全公司的施工生产计划统计管理。项目经理部设计划统计员，负责汇总编制项目的年、季度生产技术财务计划和施工统计，协调施工阶段中的劳动力、机械设备、物资供应等配备关系，以保证计划的实现。

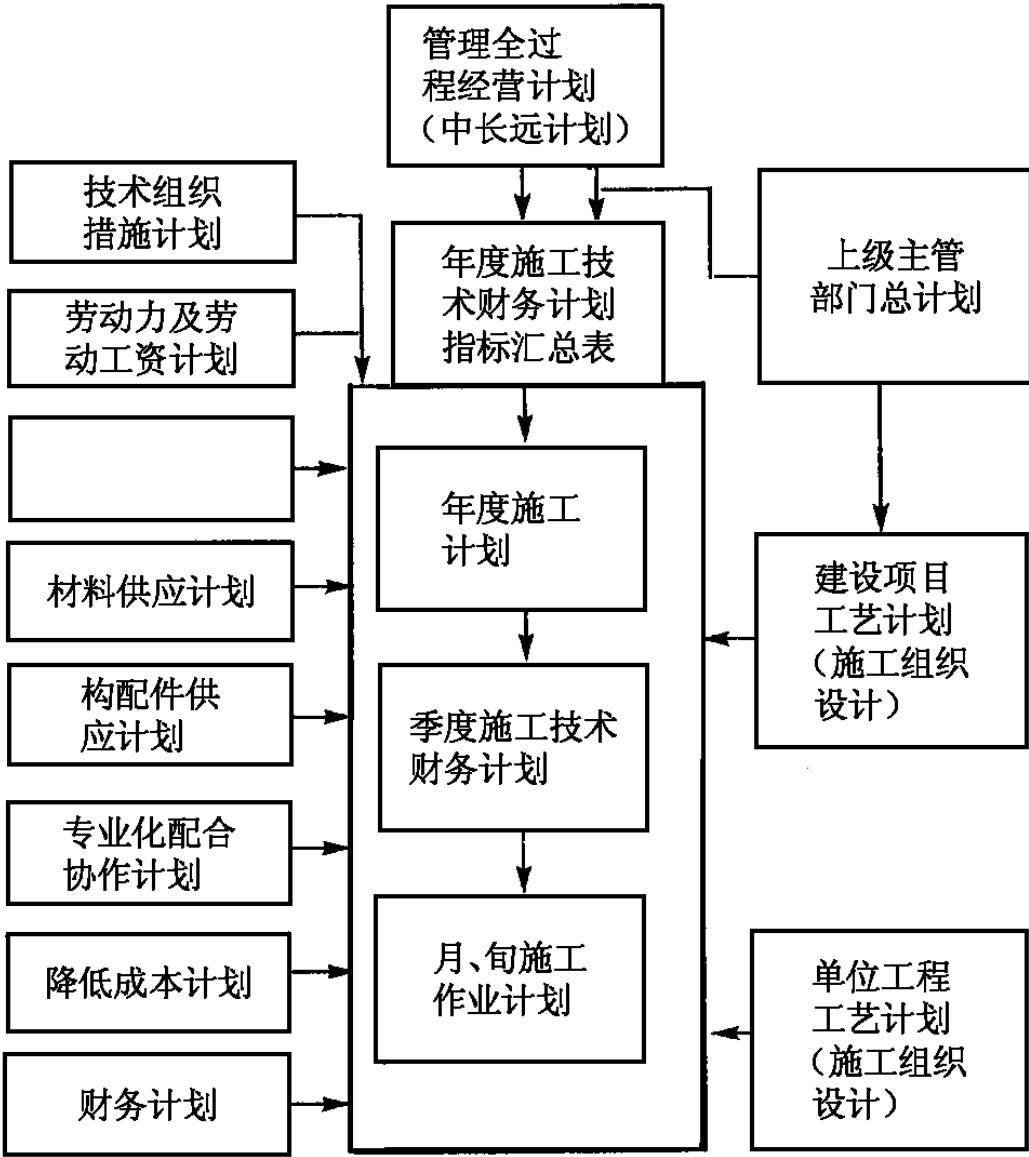


图2 -1 项目计划体系示意图

②) 项目计划编制的程序及分工

项目管理以年度计划为重点。编制的程序、分工及计划内容如下：

由项目经理主持有关人员参加，编制时，一要学习讨论主管部门下达的年度生产经营计划方案。二要结合本项目情况，拟定本项目的年度生产经营计划。计划的主要内容包括：经营目标、施工部署、内部承包办法、计划控制目标、主要问题及解决问题的对策。编制本项的年度计划草案，并报上级主管部门；编制各专业计划并汇总平衡；下达计划并组织交底。

项目管理专业计划的分工是：

计划员负责编制年度计划指标汇总表、施工计划、专业配合计划；工程师负责编制技术组织措施计划；财务会计负责编制降低成本计划和财务计划。

管物资设备的负责编制机械配置计划、物资供应计划和构配件加工订货计划。

项目计划体系示意图如图2 -1 所示。

第二节 项目计划编制

一、年度综合计划

年度综合计划又称年度生产技术财务计划，它是由施工保证计划和财务计划组成。计划体系如图2 -2。

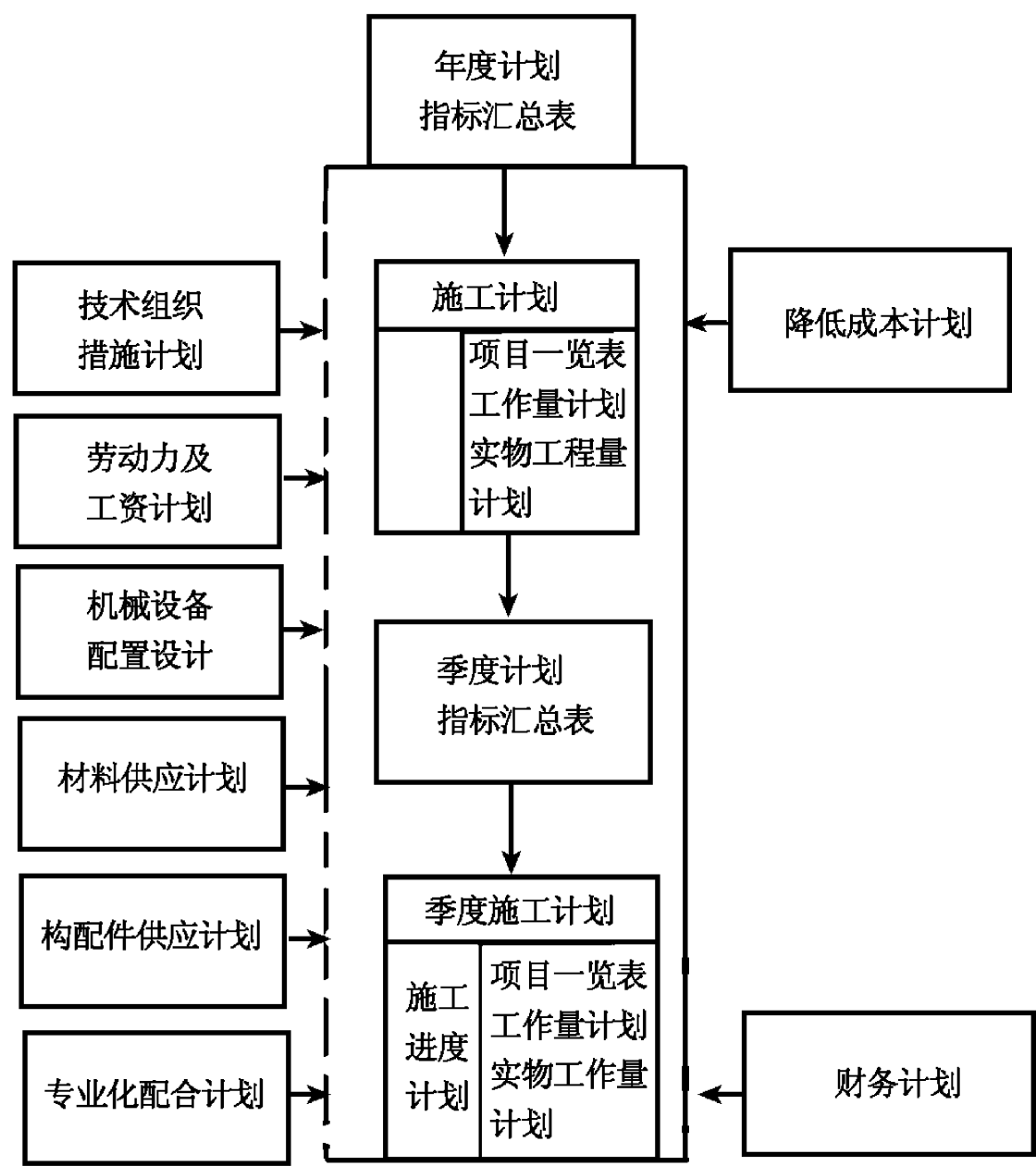


图2 -2 计划体系图

### (一) 年度综合计划内容

#### 1. 施工计划

施工计划是施工技术财务计划的中心，它是反映项目施工生产的计划，是编制其它各专业计划的依据，可分为以下几个部分：

(1) 施工项目一览表。它是反映工程项目在计划期内承担工程任务情况。应按合同签约列出年度所有在施、新开、复工、竣工工程名称、工程特征、建设单位及主管部门、工程项目性质、工程地点等。一览表中应有开、复工时间。竣工时间及实物工程量，年内不能竣工的工程应注明达到的形象部位。

(2) 建筑安装工作量计划。它是竣工计划的主体，用货币量表示年、季度施工的总规模。总产值应按工程承包的施工图概预算价格计算。

(3) 实物工程量计划。它是各项保证性计划，是劳动力、材料、机械设备、构配件以及资金安排的基本依据。

(4) 施工进度计划。它是通过综合平衡后调整的工程工艺计划的主要部分，是组织施工的基本依据。包括各单位工程项目的开竣工日期，计划工程量，以及各工程项目施工的先后顺序等。

#### 2. 保证计划

它是为完成施工计划任务所必须投入各项资源的计划，主要由以下部分组成：

(1) 技术组织措施计划。它是完成施工计划、实现主要技术经济指标的主要手段，其主要内容有：确保重点工程，完成竣工项目，实现均衡施工，提高施工技术水平的措施；确保工程质量，革新生产工艺，改善劳动条件，节约原材料，降低成本，安全生产，提高施工管理水平等方面的技术组织措施。

(2) 劳动力及劳动工资计划。它是根据施工计划的目标提出的，包括计划期内劳动生产率、职工人数、工资水平和专业工种比例的计划。实行管理层与作业层分开的项目管理，应根据计划期内施工计划项目所需要各工种的劳动力数量，向劳务管理部门申报，以求按计划的数量和时间提供合格的劳动力，并编制计划期内完成实物工作量所需要的劳务费和劳务费管理计划。

(3) 机械设备配置计划。它是根据项目施工计划的目标提出的，包括计划期内各个施工项目（栋号）的施工机械化水平和施工机械需要量两方面的计划。

(4) 材料供应计划。根据施工计划的目标，提出计划期内各个施工项目所需要的材料，包括材料品种、规格、数量和进场时间。

(5) 构配件供应计划。根据施工计划的目标，提出计划期内各个施工项目所需要的

构配件和半成品，包括其品种、规格、数量和进场时间。

⑥) 专业化配合协调计划。根据施工计划目标，提出计划期内务专业在各施工工程项目上同步施工、相互配合要求，包括配合日期，完成的工程量和内容等。

3. 财务计划

它是反映工程施工及其生产经营活动投入产生成果的计划，包括降低成本计划。

①) 降低成本计划。根据施工计划的目标，提出计划期内各个施工工程项目的降低成本额和降低成本率。

②) 财务计划。它是根据施工计划目标，提出计划期内完成任务所需要的资金及其来源、利润及收入分配，以及缴拨款关系。

(二) 年度经营计划编制方法

1. 编制原则

坚持统一计划的原则，认真做好综合平衡，积极可靠，留有余地；坚持施工工序，注意生产的连续性和均衡性。

2. 编制依据

项目管理全过程的总计划和上级主管部门的年度经营方针和经营目标；国家规定和上级下达的考核指标；已签定的工程合同、施工图概预算和施工组织设计；上年计划的执行情况；人、财务的保证条件；各类技术标准、文件和计划定额资料等。

3. 各编制阶段的工作

- ①) 施工部署。明确重点主攻方向，确保重点，照顾一般。
- ②) 确定内部施工方案。
- ③) 综合平衡。主要包括施工任务与劳动力的平衡；施工任务与财务成本的平衡。

二、季度计划

季度计划要贯彻年度计划的方针和原则，根据年度计划的各项要求，并结合季度的具体情况来编制，以保证年度计划的完成。季度计划的内容、编制程序和方法，大体与年度计划相同。

三、月、旬施工作业计划

此计划是贯彻施工技术财务计划的具体实施计划，是组织日常生产活动的依据，也是经营管理的中心环节。

(一) 月、旬施工作业的主要内容

1. 计划指标汇总表

包括施工项目的数量和面积，自行完成工作量，主要实物工程量，需要劳动日数和平均劳动人数，劳动生产率。

2. 施工项目计划

应分列单位工程数量、面积、形象进度、工作量和主要实物工程量。

3. 单位工程施工进度计划

根据单位工程施工组织设计并结合当月的实际情况制定，表明分部分项工程施工进度及衔接配合关系。它是施工计划的核心，也是编制其它计划的依据。

4. 主要工种劳动力平衡计划

包括主要工种计划需要人数，现有人数，平均余缺工日数和人数及调剂措施。

5. 主要机械平衡计划

包括采用机械施工的单位工程名称、地点、主要工作量、需要机械的品种、规格、数量及进场时间。

6. 主要构配件需要量计划

包括混凝土预制构件、门窗、钢木制品等需要的品种、规格、数量和时间。

7. 材料需要量计划

包括钢筋、水泥、木材、防水材料及水、电、化工、陶瓷等材料的品种、规格、数量和时间。

8. 专业化配合协调计划

包括工程项目名称、专业化工程项目（如机械吊装、商品混凝土供应、打桩等）的数量、要求配合的时间。

9. 现场辅助生产加工计划

包括现场预制混凝土构件、门窗加工、模板制作等计划。

施工作业计划中的各项计划是相互制约的，其中任何一种计划的执行失误都会影响整个计划。它们之间的关系如图2 -3。

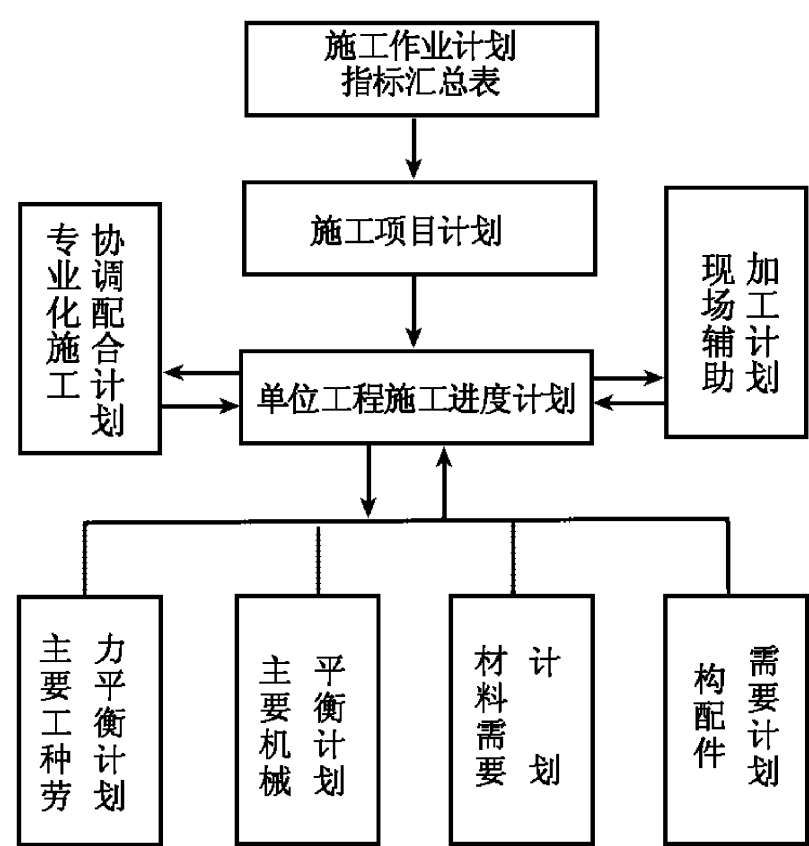


图2 -3 施工作业计划中各项计划的关系

(二) 月、旬施工作业计划的编制和依据

1．施工作业计划编制的原则。

除应遵守编制的一般原则外，还应遵守以下原则：

- (1) 贯彻“日保旬、旬保月、月保季”的精神；
- (2) 从实践出发，积极稳妥地确定计划指标水平；同时考虑到其它各种因素的影响，积极创造条件，使计划指标得以实现。
- (3) 必须符合科学性，明确主攻方向，保竣工、创优质产品，实现最佳经济效益；
- (4) 做好综合平衡，保持生产活动步调一致；
- (5) 使计划建立在可靠的群众基础之上。

2．施工作业计划编制的依据。

除与季度计划相同外，还应有以下几项：

- (1) 季度施工技术财务计划；
- (2) 上期施工作业计划执行情况的资料统计分析；
- (3) 上级主管部门的指令性和指导性意见。

(三) 月、旬施工作业计划的编制程序和编制方法

1．编制程序

- (1) 上级主管部门提出控制性指标。
- (2) 项目经理部编制计划草案。以上级下达的指标为依据，根据具体情况，由各职

能人员分别编制各种计划。由项目经理主持各方面有关人员进行讨论，提出具体的奋斗目标及存在的问题和解决问题的方法或要求上级给予支持和帮助解决的问题等。

③）报送上级审批。项目经理部编制的计划按要求时间上报主管部门，由上级主管审批并下达执行。

2. 编制方法

施工作业计划的编制方法，是掌握各种编制依据后，经过思考做出正确判断，同时经过计算，进行综合平衡，如施工任务与劳力、与主要机械、材料和构配件以及专业化生产之间的平衡。

第三节 项目计划的执行与控制

计划的控制就是根据反馈的原理，对计划执行情况进行检查和核算，并与计划指标对比，及时发现和解决问题，保证计划按预定目标顺利实现。

一、计划管理工作环节

计划管理工作环节图2 -4 所示。

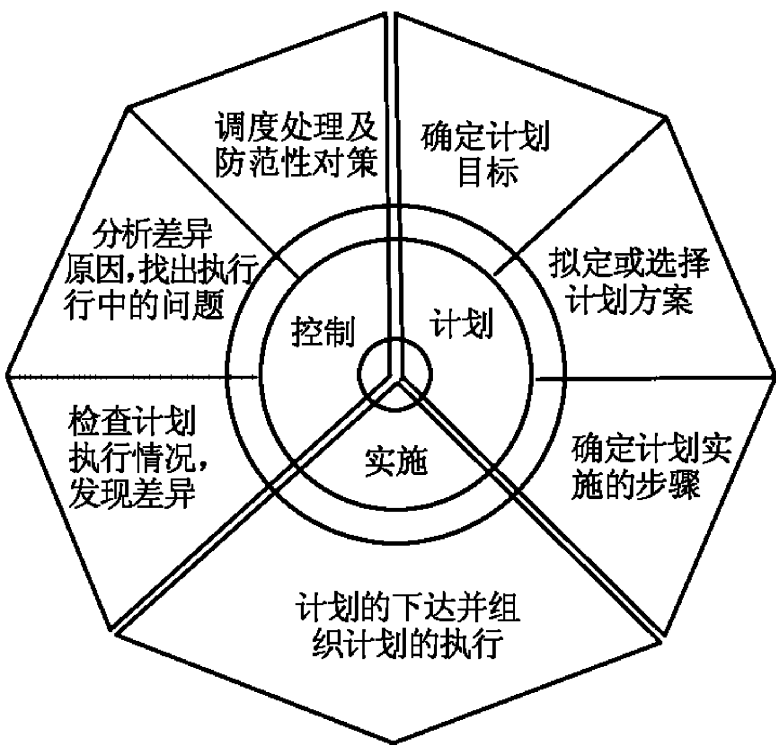


图2 -4 计划管理工作环节

计划的执行包括下达计划和按计划组织生产经营活动两个过程。季度计划是年度计



划的具体化和实施步骤，必须保年度计划的完成；月计划是季计划的具体化和实施步骤，必须保季计划的完成；旬计划是直接执行的作业计划，必须保月计划的完成。

计划目标是通过指标来定量体现的。目标分解，方针展开是实施大目标的第一步，也是下达和落实计划的关键。企业通过总目标，根据各部门、各单位的具体工作性质，分担大目标的相应部分，进行层层分解，一直到班组或个人；根据经营方针，结合部门和单位的分目标具体情况，制定其本身的工作方针和措施。上级通过目标分解，统一企业全体职工的思想行为，对下级进行业务领导并把计划落实下去；下级通过业务和生产活动，实现分目标，确保企业总目标的实现。项目管理也一样，根据上级主管部门分解的目标，结合工程项目的具体情况，也将指标进行分解到每个业务股、栋号承包队。

施工作业计划的编制过程，是发动群众、统一思想、统一认识、统一目标、统一行动的过程，其最重要的是贯彻执行，实现目标。

## 二、计划的执行

计划的执行包括下达计划和按计划组织生产经营活动两个过程。季度计划是年度计划的具体化和实施步骤，必须保年度计划的完成；月计划是季计划的具体化和实施步骤，必须保季计划的完成；旬计划是直接执行的作业计划，必须保月计划的完成。

计划目标是通过指标来定量体现的。目标分解，方针展开是实施大目标的第一步，也是下达和落实计划的关键。企业通过总目标，根据各部门、各单位的具体工作性质，分担大目标的相应部分，进行层层分解，一直到班组或个人；根据经营方针，结合部门和单位的分目标具体情况，制定其本身的工作方针和措施。上级通过目标分解，统一企业全体职工的思想行为，对下级进行业务领导并把计划落实下去；下级通过业务和生产活动，实现分目标，确保企业总目标的实现。项目管理也一样，根据上级主管部门分解的目标，结合工程项目的具体情况，也将指标进行分解到每个业务股、栋号承包队。

施工作业计划的编制过程，是发动群众、统一思想、统一认识、统一目标、统一行动的过程，其最重要的是贯彻执行，实现目标。

## 三、计划的控制

计划控制是全面顾及各个指标，凡属计划指标规定的内容，都是计划控制的内容。如对于施工计划，主要是控制形象进度，工程质量、工料消耗、安全生产等都是重点需要控制之列。

计划控制的依据，一方面是计划文件，工程进度、工程控制图表等；另一方面通过

统计分析手段，调查研究等方法，来获得有关与计划完成情况的各种因素，并采取统计数据和因素分析法，制定相应的措施和对策。例如，计划指标仍可行，但计划条件不落实时，可创造相应条件；发现潜力时，也可调整计划指标，组织新的平衡，加强调度。计划编制阶段的综合平衡只是静态平衡，而计划执行中，实施调度，不断组织新的平衡，这是对动态中求平衡，这是计划进行中有有效控制的重要环节。

为了加强计划的过程控制，要做好以下工作：

一是进行计划动员，把计划变成职工的行动；

二是推行经济承包责任制，把计划指标的执行情况与部门、单位和职工个人的经济利益挂起钩来。在一线班组，以定额为依据，严格工程任务书管理和全面推行全额计件工资制；

三是搞好检查，发现问题及时解决；

四是加强调度工作，组织新的平衡；

五是加强信息管理和统计分析制度。

## 第四节 建筑项目网络计划技术简介

### 一、网络计划的基本概念

网络计划的基本原理是：首先绘制工程施工网络图，以此图表达计划中各施工过程先后顺序的逻辑关系；然后分析各施工过程在网络图中的地位，并通过计算找出关键线路及施工过程；进而按选定目标不断改善计划安排，选择优化方案，并付诸实施；最后在执行过程中进行有效地控制和监督。

网络计划最主要的优点：能明确地反映各施工过程之间的逻辑关系，使各个施工过程组成一个有机的整体；能在错综复杂的计划中抓住关键活动；利用计算机对复杂的计划进行计算、调整与优化，实现计划管理的科学化。

在建筑施工中，网络计划方法主要用于编制企业的生产计划和施工进度计划，并对计划进行优化、调整和控制，达到缩短工期、提高工效、降低成本、增加效益的目的。

### 二、网络计划的表示方法

网络计划的表达形式是网络图。网络图是由箭线和节点组成的有向、有序的网状图形，按其所用符号的意义不同，可分为双代号网络图和单代号网络图。

1. 双代号网络图

双代号网络图是由箭线、节点和线路三个要素所组成。箭线表示工序（或施工过程），由箭线首尾节点（圆圈）编号表示该工序的开始和结束；线路是指从起始节点到终止节点一条线路的全过程。根据施工顺序和相互关系，将一项计划的所有施工过程用上述符号从左至右绘制而成的网状图形，称为双代号网络图（图2 -5）。双代号网络图三个基本要素的特性及含义如下：

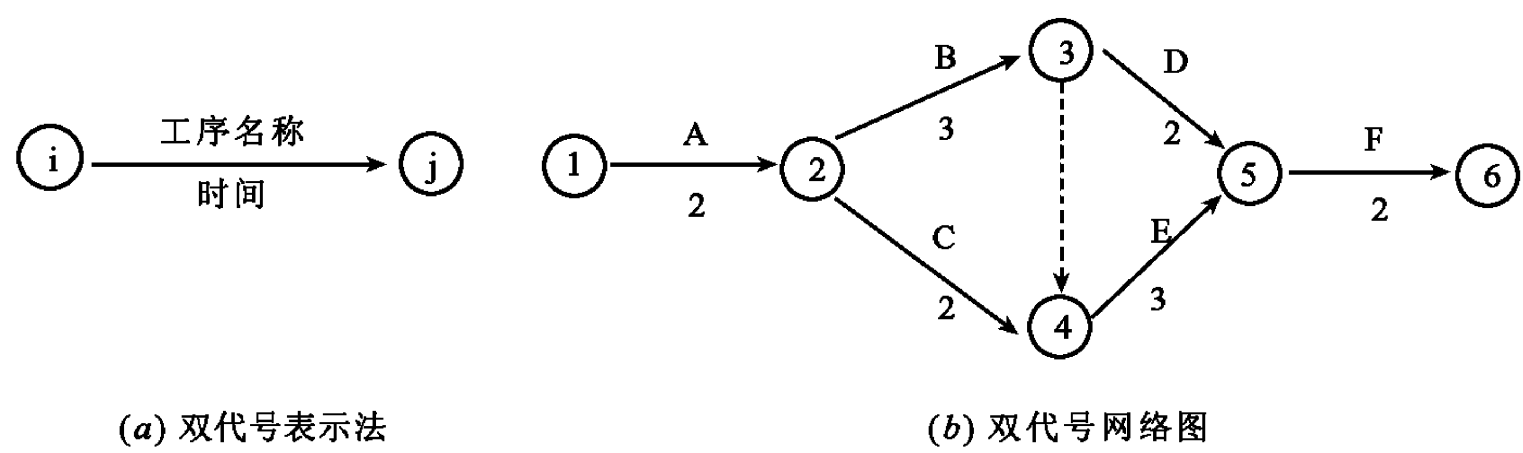


图2 -5 双代号网络图形

(1) 箭线。双代号网络图中一条箭线表示一项工序或一件工作。根据计划编制的粗细程度不同，它可以是一个简单的操作工序，也可以是一个复杂的施工过程或一项工程任务。它要占用一定的时间和资源。除了表示工序的实箭线外，还有一种虚箭线，它表示虚工序，没有名称，不占时间，不消耗资源，主要作用是解决工序之间的连接关系问题。箭线的方向表示工序进行的方向，箭尾表示工序开始，箭头表示工序的结束。箭线长短不按比例，它只是先后顺序的排列。就工序而言，紧靠前面的工序为紧前工序，紧靠后面的工序为紧后工序，与之平行的工序为平行工序，该工序本身为本工序（图2 -6）。

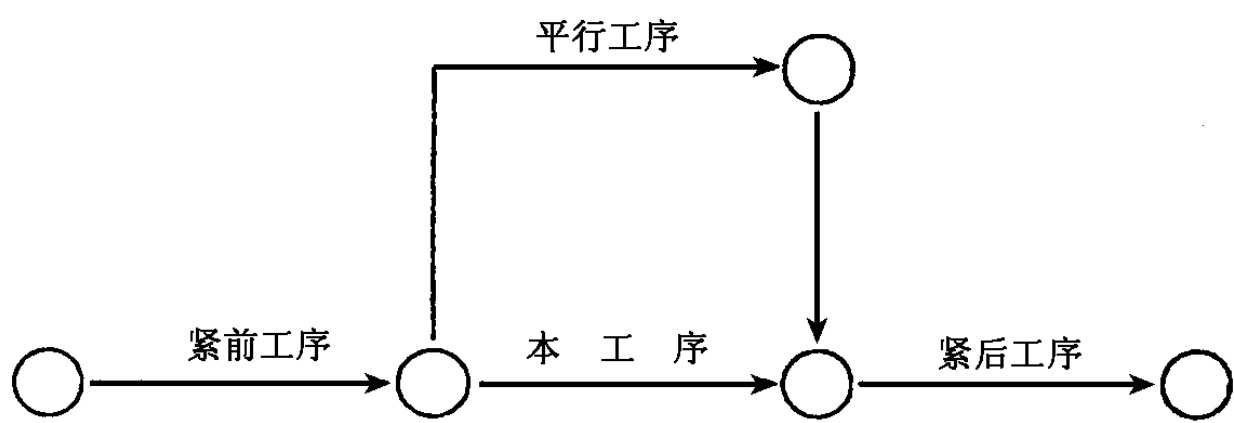


图2 -6 工序关系

(2) 节点。网络图中表示工序开始、结束或连接关系的圆圈称为节点。网络图的第

一个节点称起始节点，它表示一项计划（或工程）的开始；最后一个节点称终止节点，它表示一项计划（或工程）的结束。其余节点都称为中间节点。任何一个中间节点既是其紧前诸工序的结束节点，又是其紧后诸工序的开始节点。节点都要编号、编号顺序是：从起始节点开始，依次向终止节点进行，每个箭线的箭尾节点编号必须小于箭头节点编号，且编号不得重复（如图2 -7 ）。

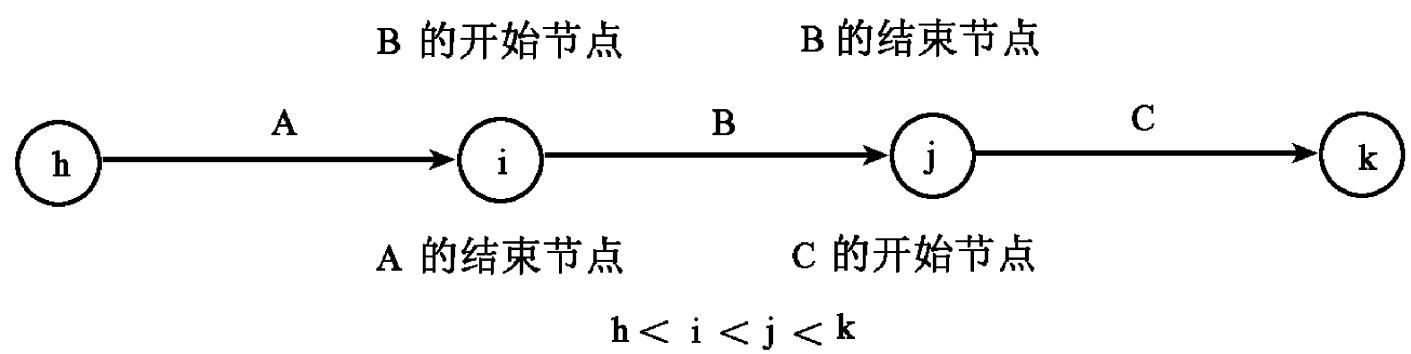


图2 -7 开始与结束节点关系

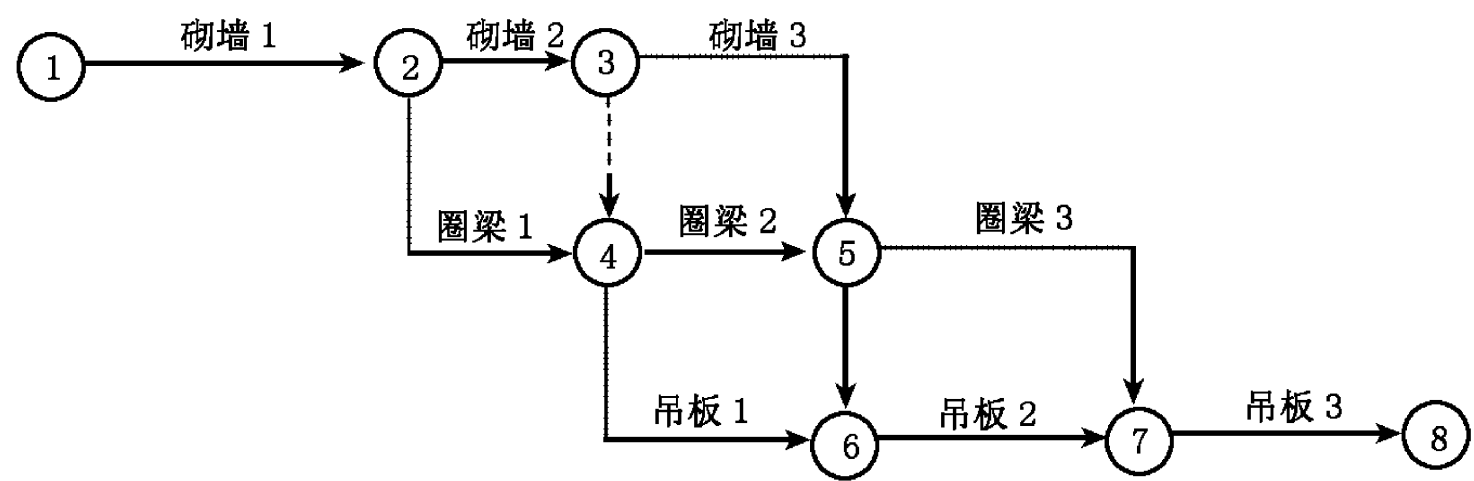


图2 -8 某基础工程双代号网络计划

③）线路。从网络图的起始节点到终止节点沿着箭线方向顺序通过一系列箭线与节点的通路，称为线路。从起始节点到终止节点之间有多条线路，其中工期最长的线路称为“关键线路”，其余的线路为非关键线路。位于关键线路上的工序称为关键工序，这些工序完成的快慢直接影响整个计划完成的工期。关键工序在网络图上通常用粗话线或双箭线表示。有时在一个网络图上可能出现几条关键线路，即这几条线路的持续时间相等。

关键线路和非关键线路，在一定条件下可以相互转化，例如当关键工序施工时间缩短或非关键工序施工时间延长时，就可能使关键线路发生转移。

从图2 -8 所示的网络图中 至 有三条不同的线路，其时间之和计算如下：

第一条线路：

时间之和为： $3 + 3 + 5 + 2 = 13$  天；

第二条线路：

时间之和为： $3 + 5 + 0 + 5 + 2 = 15$  天；

第三条线路：

时间之和为： $3 + 5 + 2 + 2 = 12$  天。

从以上计算可知，三条线路中第二条线路时间最长（15 天），即关键线路，其他为非关键线路。

在非关键线路上都存在有若干机动时间，这就是时差。如第三条线路持续时间为 12 天，有 3 天的机动时间。时差的大小，具有重要意义，因为我们可以在时差范围内延长非关键过程的施工时间，将部分人力、物力转移到关键施工过程上去，以加快关键施工过程的进行。达到提高工效、缩短工期、均衡施工的目的。

2. 单代号网络图。单代号网络图是用一个园圈代表一项工序或一个施工过程，其代号、名称和延续时间都标注在园圈内，用箭线表示工序之间（或施工过程）的逻辑关系，这种方法称单代号表示法。用这种方法把一项计划（或工程）所有的许多工序（或施工过程）按先后顺序和逻辑关系，从左至右绘制而成的网络图形叫做单代号网络图（如图2 -9）。

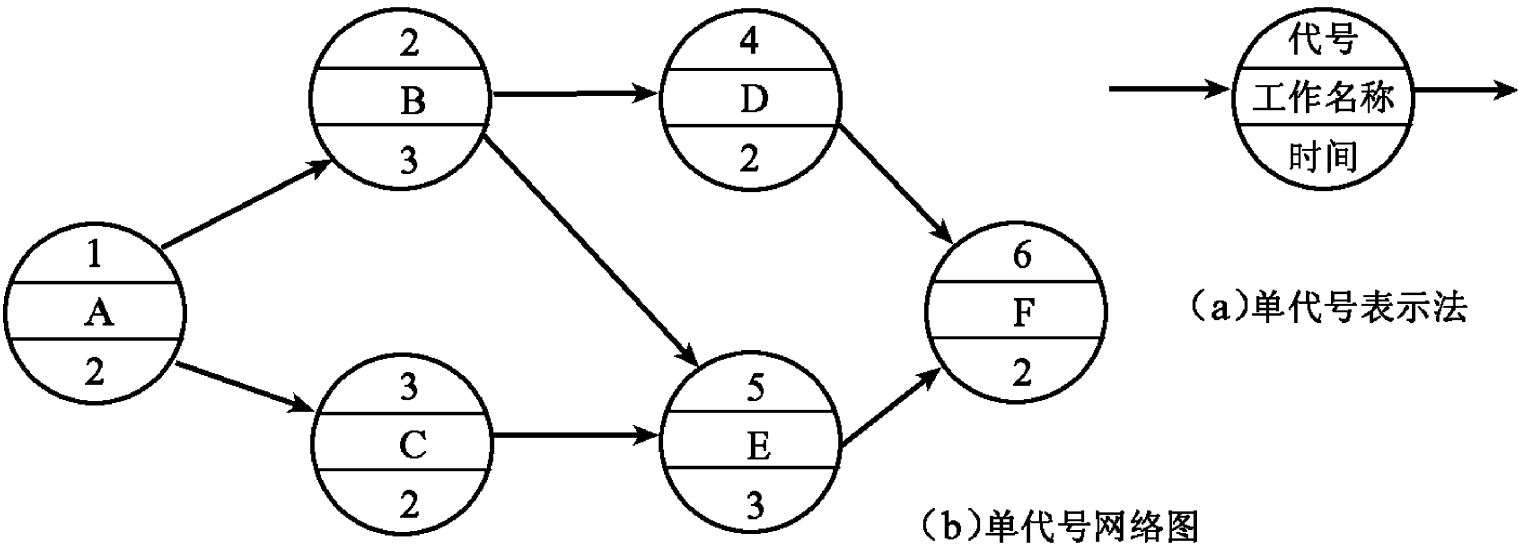


图2 -9 单代号网络图及表示方法

单代号网络图也是由节点、箭线和线路所组成。

(1) 节点。在单代号网络图中，节点表示一个施工工序（或一个过程），当有两个以上施工过程同时开始或同时结束时，一般要设一个开始节点和结束节点，以完善其逻辑关系。

(2) 箭线。单代号网络图中的每条箭线均表达各施工工序（过程）之间先后顺序的逻辑关系。箭头所指方向表示施工过程进行的方向。在单代号网络图中没有虚箭线，一般保持自左向右的总方向。

(3) 线路。从起始节点到终止节点，沿着箭线方向顺序通过一系列箭线与节点的通

路，称为线路。它也有关键线路和非关键线路和时差等。

### 三、网络图绘制的规则及要求

绘制网络图要正确表达各施工过程之间的逻辑关系，遵守绘图的基本规则。

#### 1. 逻辑关系

网络图中的逻辑关系包括各施工过程在施工中客观上的先后顺序关系和施工组织要求的相互制约、相互依赖的关系。前者先后顺序是施工工艺所决定，一般是固定的，有的是绝对不能颠倒的，这叫工艺逻辑；后者是在施工组织中考虑劳动力、机具、材料或工期等影响，人为安排的先后顺序，这称为组织逻辑。在绘制网络图时，必须正确反映各施工过程之间的多种逻辑关系。

例如，某主体工程有砌墙、浇筑圈梁、吊装楼板三个施工过程，分三个施工段组织流水施工。如绘制成网络图2 -10 所示，则是错误的。

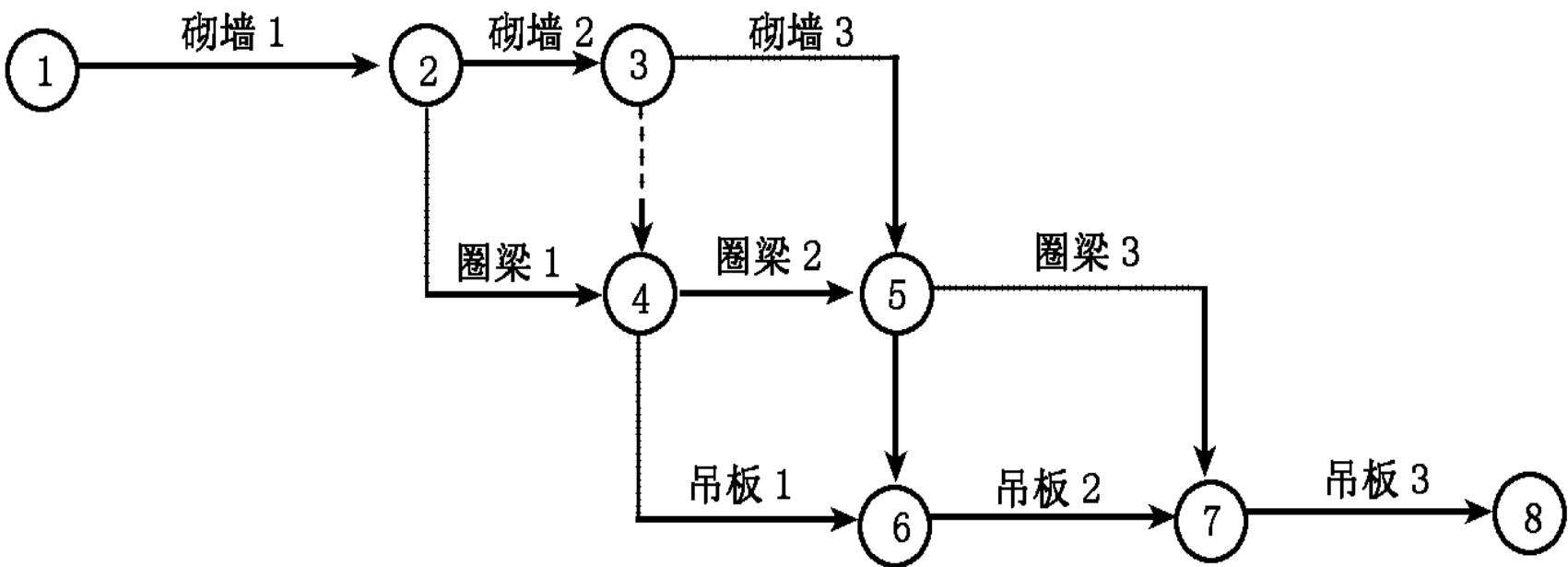


图2 -10 逻辑关系错误的画法

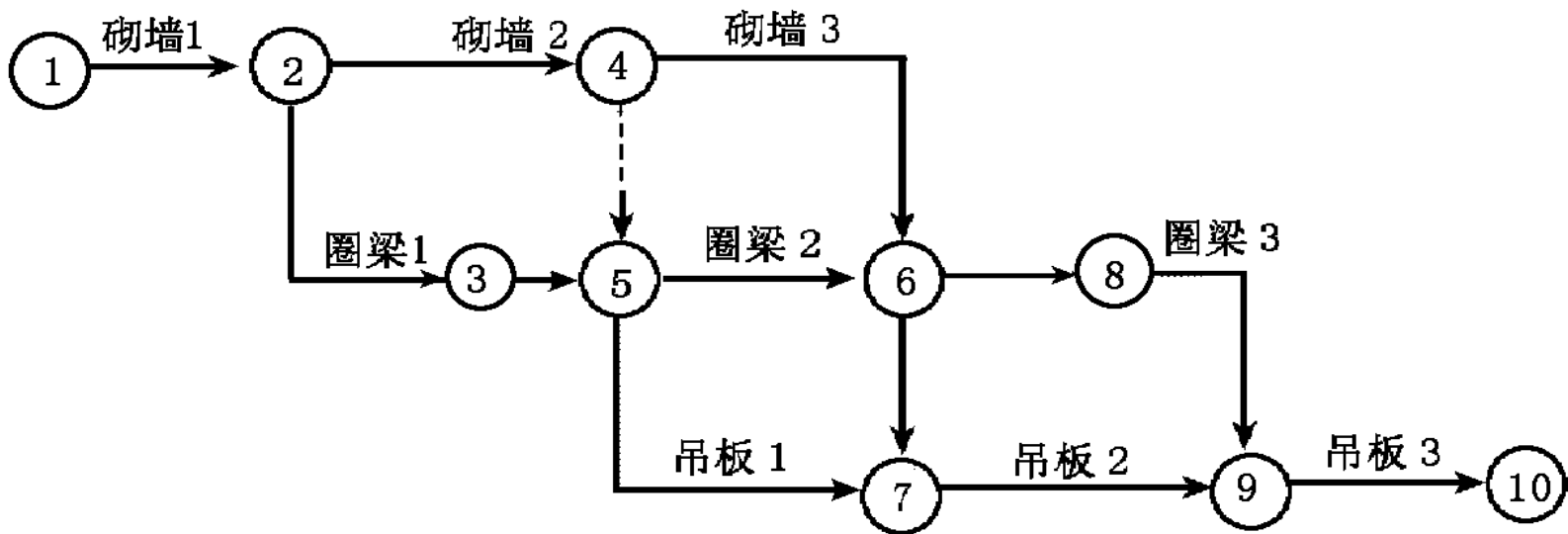


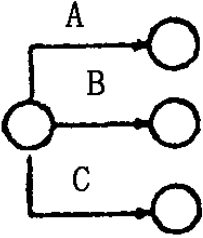
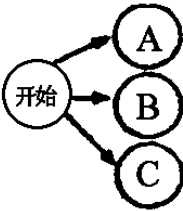
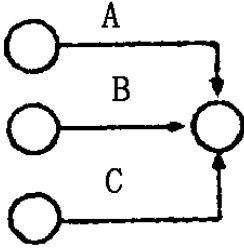
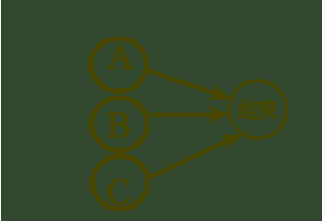
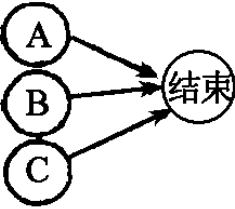
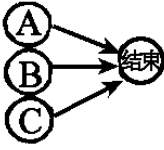


图2 -11 逻辑关系正确的画法

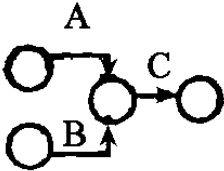
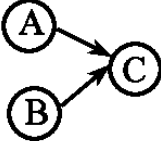
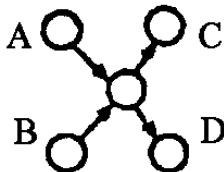
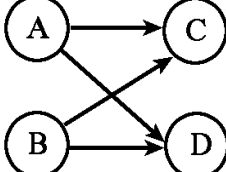
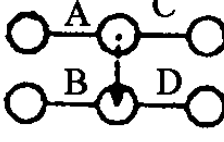
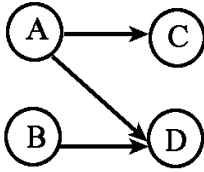
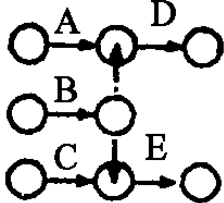
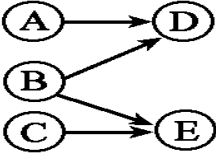
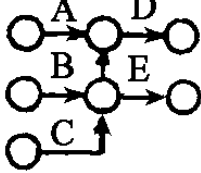
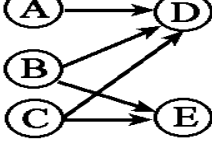
因为吊板1 与砌墙2、吊板2 与砌墙3 之间本来就没有逻辑关系，而图中却表明有联系。要消除这种错误的画法，是用虚箭线切断错误的联系。正确的画法如网络图2 - 11 所示。这里增加了 ..... 和 ..... 两个虚箭线，起到了逻辑间断的作用。

常见的逻辑关系表达示例见表2 -1，表中分别列出双代号和单代号两种表示方法。

表2 -1 双代号与单代号网络逻辑关系表达示例

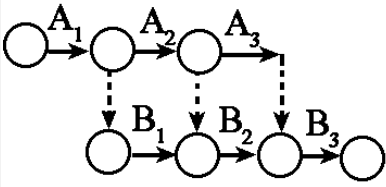
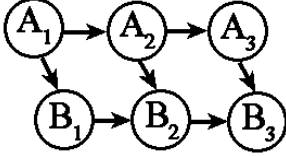
序号	工作间的逻辑关系	网络图上的表示方法		说明
		双代号	单代号	
1	A、B 两项工作，依次进行施工			B 依赖 ,A ,A 约束B
2	A、B、C 三项工作，同时开始施工			A、B、C 三项工作为平行施工方式
3	A、B、C 三项工作，同时结束施工			A、B、C 三项工作为平行施工方式
4	A、B、C 三项工作，只有 A 完成之后，B、C 才能开始			A 工作制约B、C 工作的开始；B、C 工作为平行施工方式

续表

序号	工作间的逻辑关系	网络图上的表示方法		说明
		双代号	单代号	
5	A、B、C 三项工作 ,C 工作只能在 A、B 完成之后开始C 工作依赖于			A、B 工作 ;A、B 工作为平行施工方式
6	A、B、C、D 四项工作 ,当 A、B 完成之后 ,C、D 才能开始			双代号表示法是以中间事件 把四项工作间的逻辑关系表达出来
7	A、B、C、D 四项工作 ,A 完成以后 ,C 才能开始 , A、B 完成之后 , D 才能开始			A 制约 C、D 的开始 , B 只制约 D 的开始 ; A、D 之间引入了虚工作
8	A、B、C、D、E 五项工作 ,A、B 完成之后 ,D 才能开始 ;B、C 完成之后 ,E 才能开始			D 依赖 A、B 的完成 , E 依赖 B、C 的完成 : 双代号表示法以虚工作表达 A、B、C 之间上述逻辑关系
9	A、B、C、D、E 五项工作 ,A、B、C 完成之后 ,D 才能开始 ;B、C 完成之后 ,E 才能开始			A、B、C 制约 D 的开始 ;B、C 制约 E 的开始 ;双代号表示法以虚工作表达上述逻辑关系



续表

序号	工作间的逻辑关系	网络图上的表示方法		说明
		双代号	单代号	
10	A、B 两项工作，按三个施工段进行流水施工			按工种建立两个专业工作队；分别在三个施工段上进行流水作业；双代号表示法以虚工作表达工种间的关系

2. 网络图绘制的基本规则：

- (1) 在一个网络图中，只允许有一个起始节点和一个终止节点。
- (2) 在网络图中不允许出现循环回路，即不允许从一个节点出发，沿箭线方向再返回原来的节点。如图2 -12 中 就组成了循环回路，导致违背逻辑关系的错误。

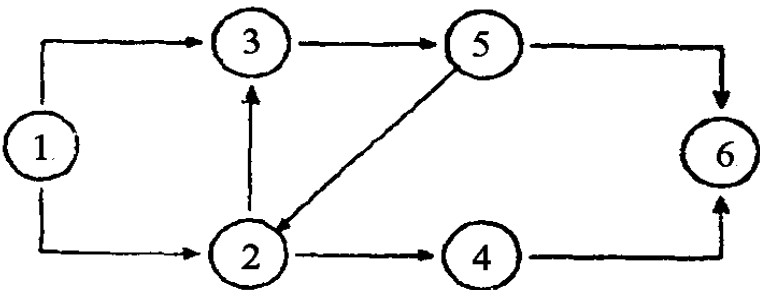


图2 -12 不允许出现循环回路

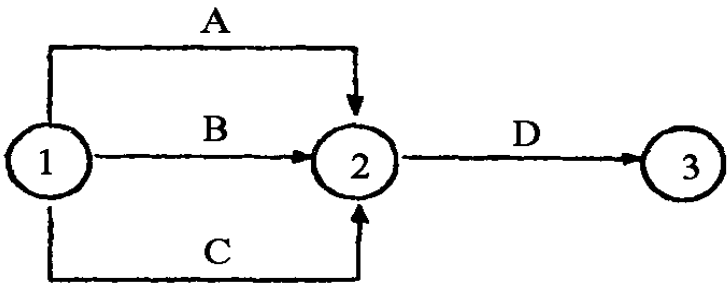


图2 -13 不允许出现编号相同的节点或箭线

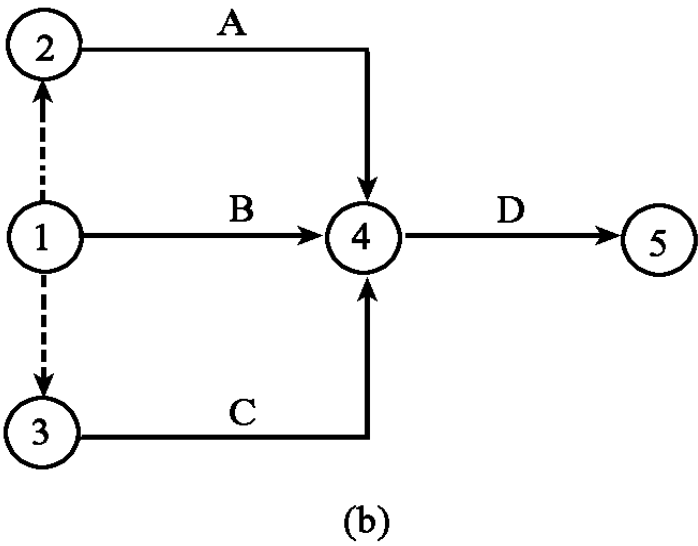
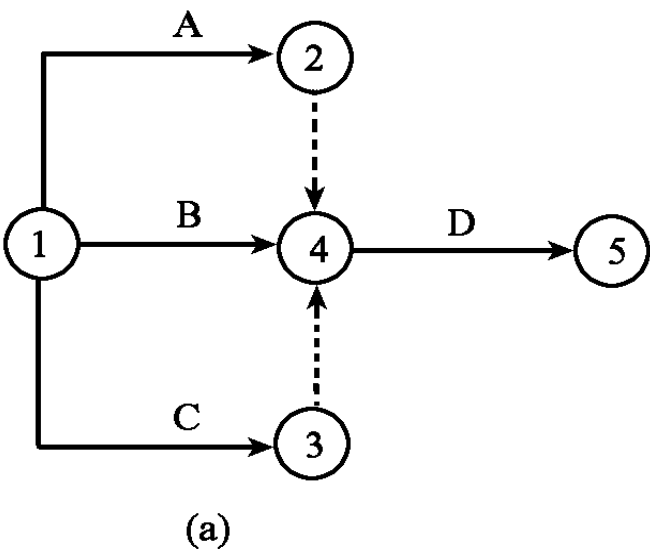




图2 -14 正确表示方法

③) 在一个网络图中不允许出现编号相同的节点或箭线。如图2 -13 中A、B、C三个施工过程均用  表示是错误的，正确的表达应如图2 -14 (a) 或 (b) 所示。

④) 在网络图中不允许出现一个节点代号代表一个施工过程。如图2 -15 (a) 所示，D 用一个代号  表示是错误的。正确的表达方法如图2 -15 (b) 所示。

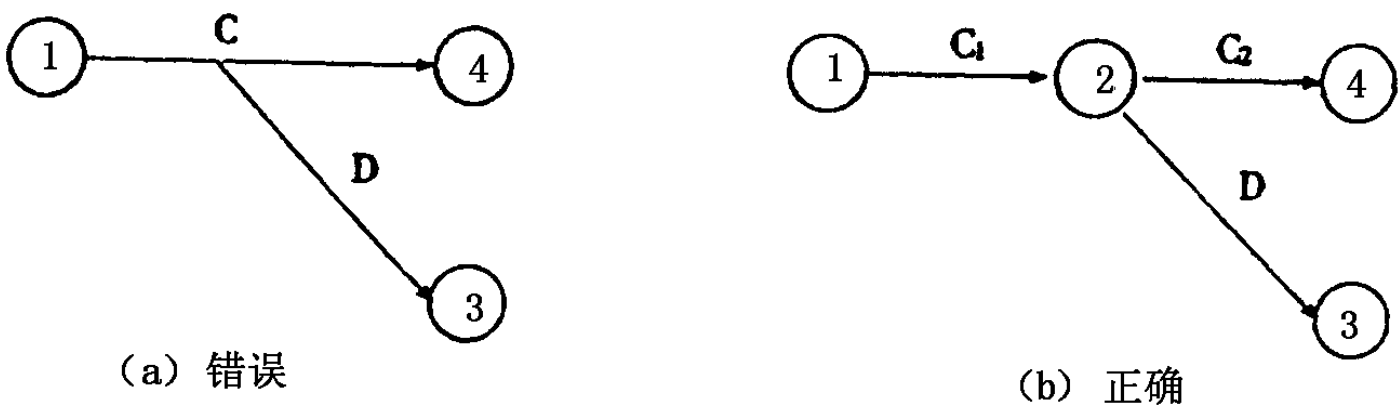




图2 -15 不允许一个代号代表一项工作

⑤) 在网络图中不允许出现无指向箭线或双指向箭线。如图2 -16 所示。  无指向、  双指向箭线，均是错误的。

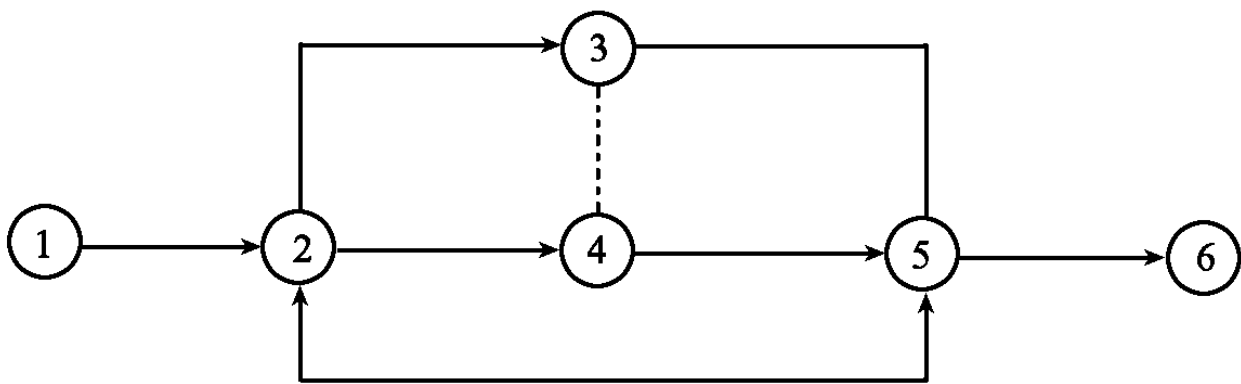


图2 -16 无指向及双指向箭线是错误的

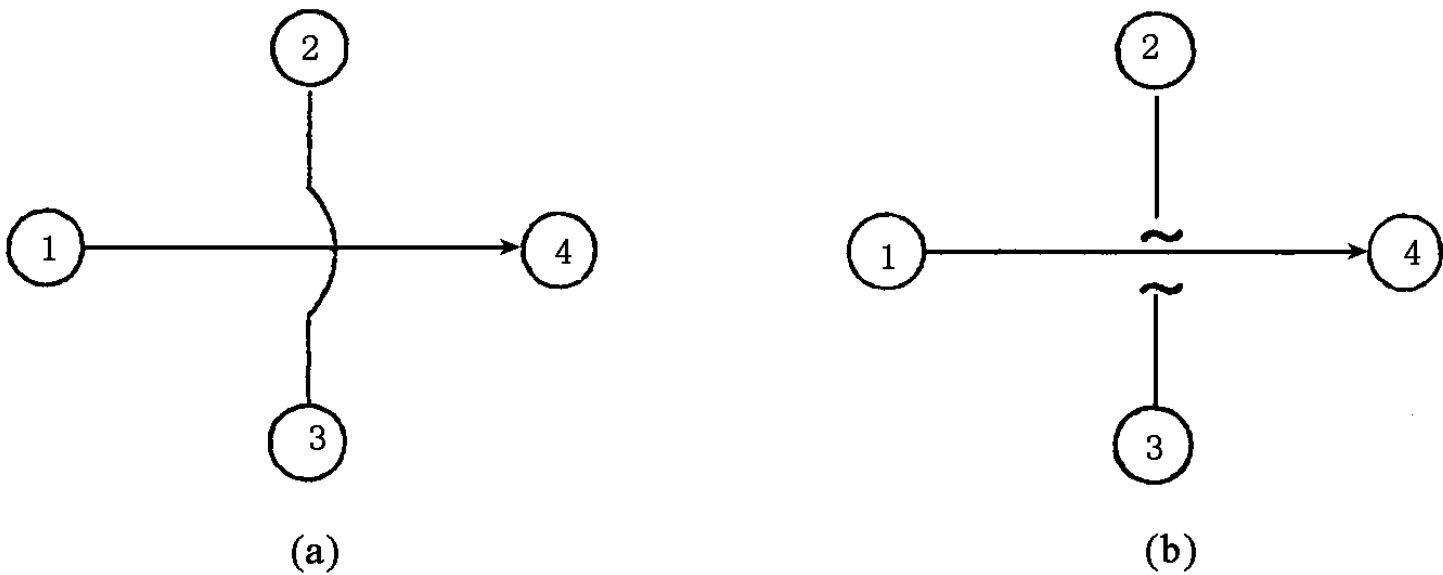


图2 -17 箭线交叉的处理

⑥）在网络图中尽量减少交叉箭线，当无法避免时应采用“暗桥”法或断线法表示。如图2 -17 (a) 为“暗桥”法，(b) 为断线法表示。

⑦）网络图中应尽量避免采用反向箭线，因为反向箭线和整个网络图的箭头方向相反，极易造成混乱或出现循环线路。同时力求减少不必要的虚箭线。

⑧）网络图中不允许出现没有箭尾节点的箭线和没有箭头节点的箭线。

⑨）网络图应条理清晰，最好将箭线画成水平方式，保持自左向右的方向，以便于阅读、检查和计算。

总之，在绘制双代号网络图时，各项工作间逻辑关系必须正确；遵守绘图的基本规则；重突出、布局合理、层次清晰；密切相关的工作尽可能安排在一处，关键线路要居中；尽量采水平箭线，减少虚箭线，避免交叉箭线，杜绝反向箭线。

3．绘图示例

试根据表2 -2 中各施工过程的逻辑关系，绘制双代号网络图。

表2 -2 某工程各施工过程的逻辑关系

施工过程名称	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
紧前过程	无	A	A	B	B	E	A	D、C	E	F、G、H	I、J
紧后过程	B、C、G	D、E	H	H	F、I	J	J	J	K	K	无

该网络图绘制步骤如下：

- ①）从A 出发绘出其紧后过程B、C、G ；
- ②）从B 出发绘出其紧后过程D、E ；
- ③）从C、D 出发绘出其紧后过程H ；
- ④）从E 出发绘出其紧后过程F、I ；
- ⑤）从F、G、H 出发绘出其紧后过程J ；
- ⑥）从I、J 出发绘出其紧后过程K 。

根据以上步骤先绘出草图后，再检查各施工过程之间的逻辑关系是否正确，最后绘成网络图如图2 -18 。

(四) 双代号网络计划时间参数计算

网络计划时间参数的计算是确定关键线路和计算工期的基础，是确定各项工作时间参及其时差的依据。计算方法通常有：图算法、表算法、矩阵法和电算法等，这里主要介绍图去和表算法。

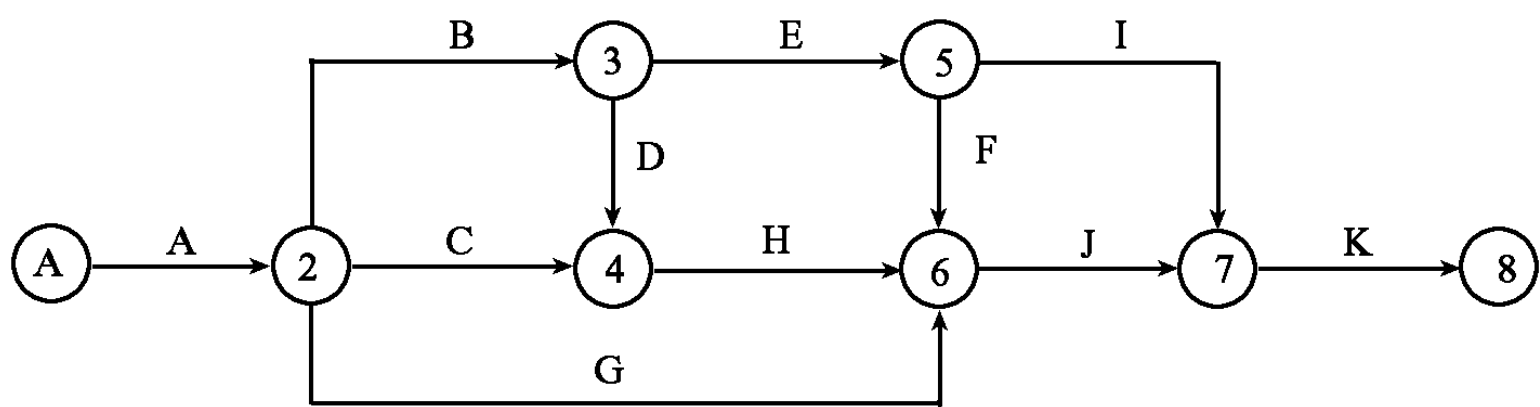


图2 -18 网络图绘制

1 . 网络计划各项时间参数及其符号：

设有线路  $h \rightarrow i \rightarrow j \rightarrow k$  , 则：

$D_{i-j}$ ——工作  $i-j$  的持续时间；

$D_{h-i}$ ——工作  $i-j$  的紧前工作  $h-i$  的持续时间；

$D_{j-k}$ ——工作  $i-j$  的紧后工作  $j-k$  的持续时间；

$T_i^E$ ——节点  $i$  的最早时间；

$T_i^L$ ——节点  $i$  的最迟时间；

$T_{i-j}^{ES}$ ——工作  $i-j$  的最早开始时间；

$T_{i-j}^{EF}$ ——工作  $i-j$  的最早完成时间；

$T_{i-j}^{LS}$ ——工作  $i-j$  的最迟开始时间；

$T_{i-j}^{LF}$ ——工作  $i-j$  的最迟完成时间；

$F_{i-j}^T$ ——工作  $i-j$  的总时差；

$F_{i-j}^F$ ——工作  $i-j$  的自由时差。

节点时间参数与工作时间参数之间的关系为：

$$T_{i-j}^{ES} = T_i^E \tag{2 -1)}$$

$$T_{i-j}^{EF} = T_{i-j}^{ES} + D_{i-j} \tag{2 -2)}$$

$$T_{i-j}^{LF} = T_j^L \tag{2 -3)}$$

$$T_{i-j}^{LS} = T_{i-j}^{LF} - D_{i-j} \tag{2 -4)}$$

2 . 图算法。

此法是直接在网络图上进行计算，简单直观、应用广泛。它分按节点计算法和按工作计算法两种。

第一种按节点计算法计算时间参数。计算之前，在网络图上先画好参数的标注符号。按节点法计算的标注符号如图2 -19 所示。

(1) 计算各节点的最早时间 $T_i^E$ 。节点的最早时间就是该节点前面的工作全部完成，后面的工作最早开始的时间。

A. 假定起始节点 的最早时间为零，即 $T_1^E = 0$ ；

B. 中间节点 $i$  的最早时间为：

当节点 $j$  前面节点只有一个时，则：

$$T_j^E = T_i^E + T_{i-j}^D \tag{2-5}$$

当节点 $j$  前面节点不止一个时，则：

$$TE_j = \max [TE_i + D_{i-j}] \tag{2-6}$$

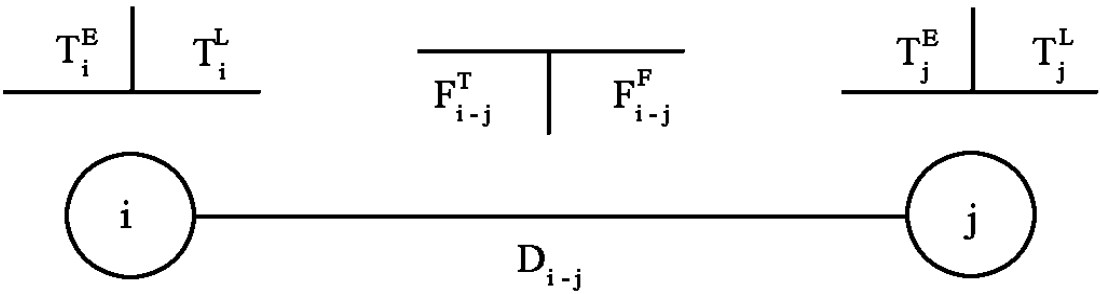


图2 -19 按节点计算标注形式

计算各节点的最早时间应从左到右，依次进行，直至终止节点。其计算方法归纳为：“顺着箭线相加，逢箭头相碰的节点取大值”。

在图2 -20 所示的网络图中，各节点最早时间的计算如下：

$$\begin{aligned} T_2^E &= T_1^E + D_{1-2} = 0 + 6 = 6 \\ T_3^E &= \max \begin{cases} T_1^E + D_{1-3} = 0 + 4 = 4 \\ T_2^E + D_{2-3} = 6 + 0 = 6 \end{cases} = 6 \\ T_4^E &= \max \begin{cases} T_2^E + D_{2-4} = 6 + 8 = 14 \\ T_3^E + D_{3-4} = 6 + 5 = 11 \end{cases} = 14 \\ T_5^E &= \max \begin{cases} T_4^E + D_{4-5} = 14 + 0 = 14 \\ T_3^E + D_{3-5} = 6 + 7 = 13 \end{cases} = 14 \\ T_6^E &= \max \begin{cases} T_5^E + D_{5-6} = 14 + 9 = 23 \\ T_4^E + D_{4-6} = 14 + 10 = 24 \end{cases} = 24 \end{aligned}$$

将各节点最早时间计算结果填入图2 -20 的相应位置。

网络计划的工期泛指完成工程任务所需的施工时间，它分为计算工期、要求工期和计划工期。计算工期 $T_c$ 是由时间参数计算确定的工期，即关键线路的各工作持续时间之和。也就是终止节点 $n$  的最早时间，即 $T_c = T_n^E$ 。要求工期 $T_r$ 是主管部门或合同所要求的工期。计划工期 $T_p$ 是根据计算工期和要求工期确定的，当规定了要求工期时 $T_p$

$T_r$ ；当未规定要求工期时， $T_p = T_c$ 。

2) 计算各节点的最迟时间 $T_i^L$ 。节点的最迟时间，就是该节点前面工作的最迟完成时间。

A. 终止节点 $n$  的最迟时间 $T_n^L$ ，等于网络计划的计划工期 $T_p$ ，即 $T_n^L = T_p$ 。当未规定要求工期时 $T_p = T_c$ ， $T_c = T_n^E$ ，这时网络计划终止节点的最迟时间 $T_n^L$ 就等于其最早时间，即 $T_n^L = T_n^E$ 。

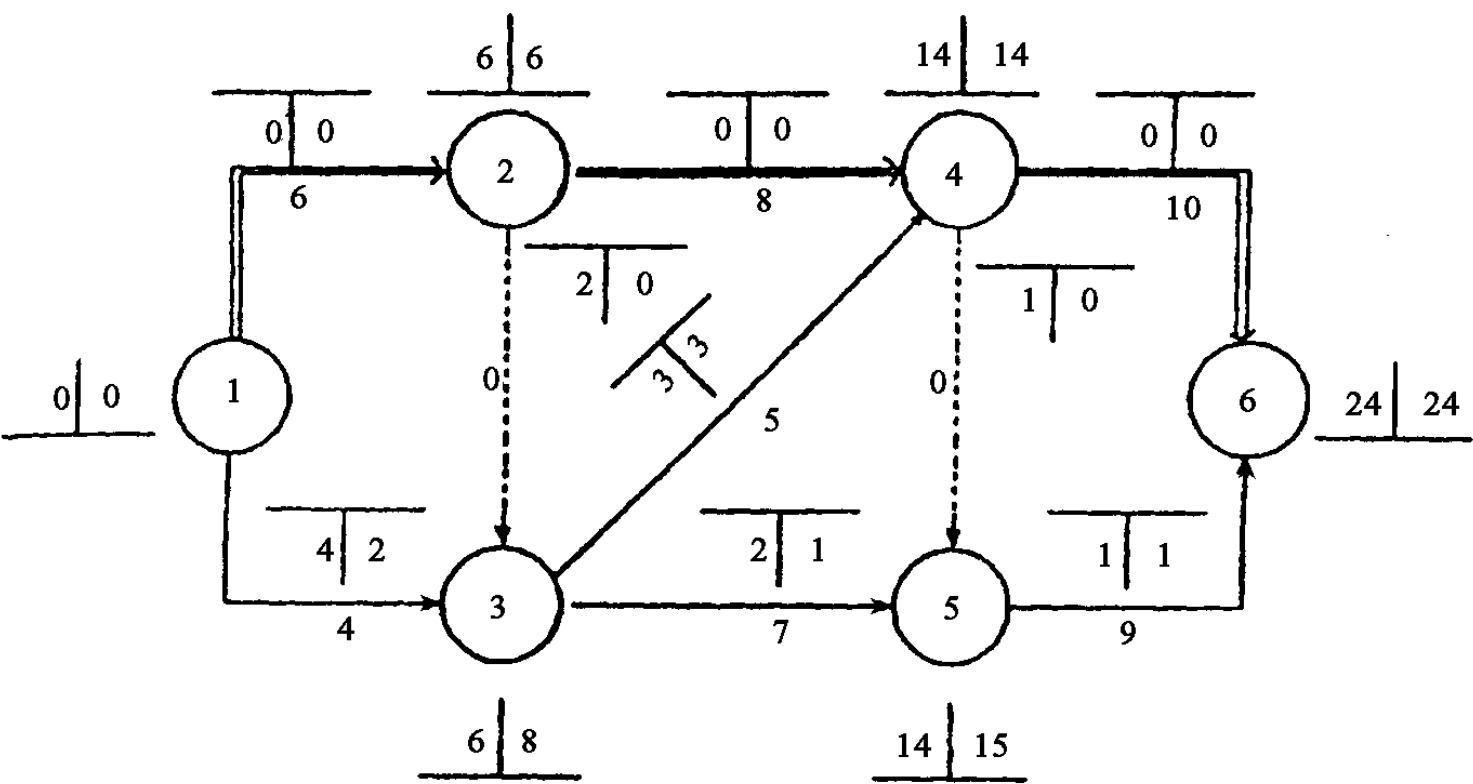


图2 -20 图算法按节点计算

B. 中间节点的最迟时间为：

当节点 $i$  后面的节点只有一个时，则：

$$T_i^L = T_j^L - D_{i-j} \tag{2 -7}$$

当节点 $i$  后面的节点不止一个时，则：

$$T_i^L = \min \{ T_j^L - D_{i-j} \} \tag{2 -8}$$

计算各节点的最迟时间应从右到左逆箭头方向依次进行，直到起始节点。其计算方法归纳为“逆着箭线相减，逢箭尾相碰的节点取小值。”

在图2 -20 所示的网络图中，各节点最迟时间的计算如下：

$$T_6^L = T_6^E = 24$$

$$T_5^L = T_6^L - D_{5-6} = 24 - 9 = 15$$

$$T_4^L = \min \begin{cases} T_6^L - D_{4-6} = 24 - 10 = 14 \\ T_5^L - D_{4-5} = 15 - 0 = 15 \end{cases} = 14$$

$$\begin{aligned} T_3^L &= \min \begin{cases} T_5^L - D_{3-5} = 15 - 7 = 8 \\ T_4^L - D_{3-4} = 14 - 5 = 9 \end{cases} = 8 \\ T_2^L &= \min \begin{cases} T_4^L - D_{2-4} = 14 - 8 = 6 \\ T_3^L - D_{2-3} = 8 - 0 = 8 \end{cases} = 6 \\ T_1^L &= \min \begin{cases} T_2^L - D_{1-2} = 6 - 6 = 0 \\ T_3^L - D_{1-3} = 8 - 4 = 4 \end{cases} = 0 \end{aligned}$$

将各节点最迟时间计算结果填入图2 -20 的相应位置。

③) 计算各工作的最早开始时间 $T_{i-j}^{ES}$ 和最早完成的时间 $T_{i-j}^{EF}$ ：

A．各项工作的最早开始时间等于其开始节点的最早时间，即 $T_{i-j}^{ES} = T_i^E$ 。

B．各项工作的最早完成时间等于其开始节点的最早时间加上工作的持续时间，即

$$T_{i-j}^{EF} = T_i^E + D_{i-j}$$

图2 -20 中各工作的 $T_{i-j}^{EF}$ 计算如下：

$$\begin{aligned} T_{1-2}^{EF} &= T_{1-2}^{ES} + D_{1-2} = 0 + 6 = 6 \\ T_{1-3}^{EF} &= T_{1-3}^{ES} + D_{1-3} = 0 + 4 = 4 \\ T_{2-3}^{EF} &= T_{2-3}^{ES} + D_{2-3} = 6 + 0 = 6 \\ T_{2-4}^{EF} &= T_{2-4}^{ES} + D_{2-4} = 6 + 8 = 14 \\ T_{3-4}^{EF} &= T_{3-4}^{ES} + D_{3-4} = 6 + 5 = 11 \\ T_{3-5}^{EF} &= T_{3-5}^{ES} + D_{3-5} = 6 + 7 = 13 \\ T_{4-5}^{EF} &= T_{4-5}^{ES} + D_{4-5} = 14 + 0 = 14 \\ T_{4-6}^{EF} &= T_{4-6}^{ES} + D_{4-6} = 14 + 10 = 24 \\ T_{5-6}^{EF} &= T_{5-6}^{ES} + D_{5-6} = 14 + 9 = 23 \end{aligned}$$

④) 计算各工作的最迟完成时间 $T_{i-j}^{EF}$ 和最迟开始时间 $T_{i-j}^{LS}$ ：

A．各项工作的最迟完成时间 $T_{i-j}^{EF}$ 等于其结束节点的最迟时间，即 $T_{i-j}^{LF} = T_j^L$ 。

B．各项工作的最迟开始时间 $T_{i-j}^{LS}$ 等于其结束节点的最迟时间减去工作的持续时间，

$$\text{即 } T_{i-j}^{LS} = T_j^L - D_{i-j}。$$

图2 -20 中各工作的 $T_{i-j}^{EF}$ 和 $T_{i-j}^{LS}$ 计算如下：

$$\begin{aligned} T_{1-2}^{LF} &= T_2^L = 6 & T_{1-2}^{LS} &= T_2^L - D_{1-2} = 6 - 6 = 0 \\ T_{1-3}^{LF} &= T_3^L = 8 & T_{1-3}^{LS} &= T_3^L - D_{1-3} = 8 - 4 = 4 \\ T_{2-3}^{LF} &= T_3^L = 8 & T_{2-3}^{LS} &= T_3^L - D_{2-3} = 8 - 0 = 8 \\ T_{2-4}^{LF} &= T_4^L = 14 & T_{2-4}^{LS} &= T_4^L - D_{2-4} = 14 - 8 = 6 \\ T_{3-4}^{LF} &= T_4^L = 14 & T_{3-4}^{LS} &= T_4^L - D_{3-4} = 14 - 5 = 9 \end{aligned}$$

$$T_{3-5}^{LF} = T_5^L = 15$$
$$T_{4-5}^{LF} = T_5^L = 15$$
$$T_{4-6}^{LF} = T_5^L = 24$$
$$T_{5-6}^{LF} = T_6^L = 24$$

$$T_{3-5}^{LS} = T_5^L - D_{3-5} = 15 - 7 = 8$$
$$T_{4-5}^{LS} = T_5^L - D_{4-5} = 15 - 0 = 15$$
$$T_{4-6}^{LS} = T_6^L - D_{4-6} = 24 - 10 = 14$$
$$T_{5-6}^{LS} = T_6^L - D_{5-6} = 24 - 9 = 15$$

⑤) 计算各工作的总时差 $F_{i-j}^T$ 。总时差 $F_{i-j}^T$ 就是在不影响工期的前提下，各项工作所具有的机动时间。总时差的计算公式如下：

$$F_{i-j}^T = T_{i-j}^{LS} - T_{i-j}^{ES}$$
$$= (T_j^L - D_{i-j}) - T_{i-j}^{ES}$$
$$= T_j^L - T_i^E - D_{i-j} \tag{2-9}$$

图2-20 中各工作的总时差 $F_{i-j}^T$ 计算如下：

$$F_{1-2}^T = T_2^L - T_1^E - D_{1-2} = 6 - 0 - 6 = 0$$
$$F_{1-3}^T = T_3^L - T_1^E - D_{1-3} = 8 - 0 - 4 = 4$$
$$F_{2-3}^T = T_3^L - T_2^E - D_{2-3} = 8 - 6 - 0 = 2$$
$$F_{2-4}^T = T_4^L - T_2^E - D_{2-4} = 14 - 6 - 8 = 0$$
$$F_{3-4}^T = T_4^L - T_3^E - D_{3-4} = 14 - 6 - 5 = 3$$
$$F_{3-5}^T = T_5^L - T_3^E - D_{3-5} = 15 - 6 - 7 = 2$$
$$F_{4-5}^T = T_5^L - T_4^E - D_{4-5} = 15 - 14 - 0 = 1$$
$$F_{4-6}^T = T_6^L - T_4^E - D_{4-6} = 24 - 14 - 10 = 0$$
$$F_{5-6}^T = T_6^L - T_5^E - D_{5-6} = 24 - 14 - 9 = 1$$

总时差主要用于控制工期和判别关键工作。凡是总时差为零的工作就是关键工作，由关键工作组成的线路即为关键线路。

用节点时间参数来判断关键工作的条件为：

$$T_i^L = T_i^E$$
$$T_j^L = T_j^E \quad \blacksquare \tag{2-10}$$
$$T_j^L - T_i^E - D_{i-j} = 0$$

⑥) 计算各工作的自由时差 $F_{i-j}^F$ 。自由时差 $F_{i-j}^F$ 就是反映各项工作在不影响其紧后工作最早开始时间条件下所具有机动时间。利用自由时差，变动其开始时或增加其工作持续时间不会影响其紧后工作的最早开始时间。自由时差的计算公式如下：

$$F_{i-j}^F = T_{j-k}^{ES} - T_{i-j}^{EF}$$
$$= T_j^E - (T_i^E + D_{i-j})$$
$$= T_j^E - T_i^E - D_{i-j} \tag{2-11}$$



图2 -20 中各工作的自由时差 $F_{i-j}^F$  计算如下：

$$F_{1-2}^F = T_2^E - T_1^E - D_{1-2} = 6 - 0 - 6 = 0$$
$$F_{1-3}^F = T_3^E - T_1^E - D_{1-3} = 6 - 0 - 4 = 2$$
$$F_{2-3}^F = T_3^E - T_2^E - D_{2-3} = 6 - 6 - 0 = 0$$
$$F_{2-4}^F = T_4^E - T_2^E - D_{2-4} = 14 - 6 - 8 = 0$$
$$F_{3-4}^F = T_4^E - T_3^E - D_{3-4} = 14 - 6 - 5 = 3$$
$$F_{3-5}^F = T_5^E - T_3^E - D_{3-5} = 14 - 6 - 7 = 0$$
$$F_{4-5}^F = T_5^E - T_4^E - D_{4-5} = 14 - 14 - 0 = 0$$
$$F_{4-6}^F = T_6^E - T_4^E - D_{4-6} = 24 - 14 - 10 = 0$$
$$F_{5-6}^F = T_6^E - T_5^E - D_{5-6} = 24 - 14 - 9 = 1$$

自由时差是某施工过程独立使用的机动时间，利用自由时差不影响其紧后工作的开始时间。自由时差总是小于或等于总时差，如果总时差等于零，自由时差也必然等于零。将总时差及自由时差标注到图2 -20 的相应位置，找出关键线路如图所示。

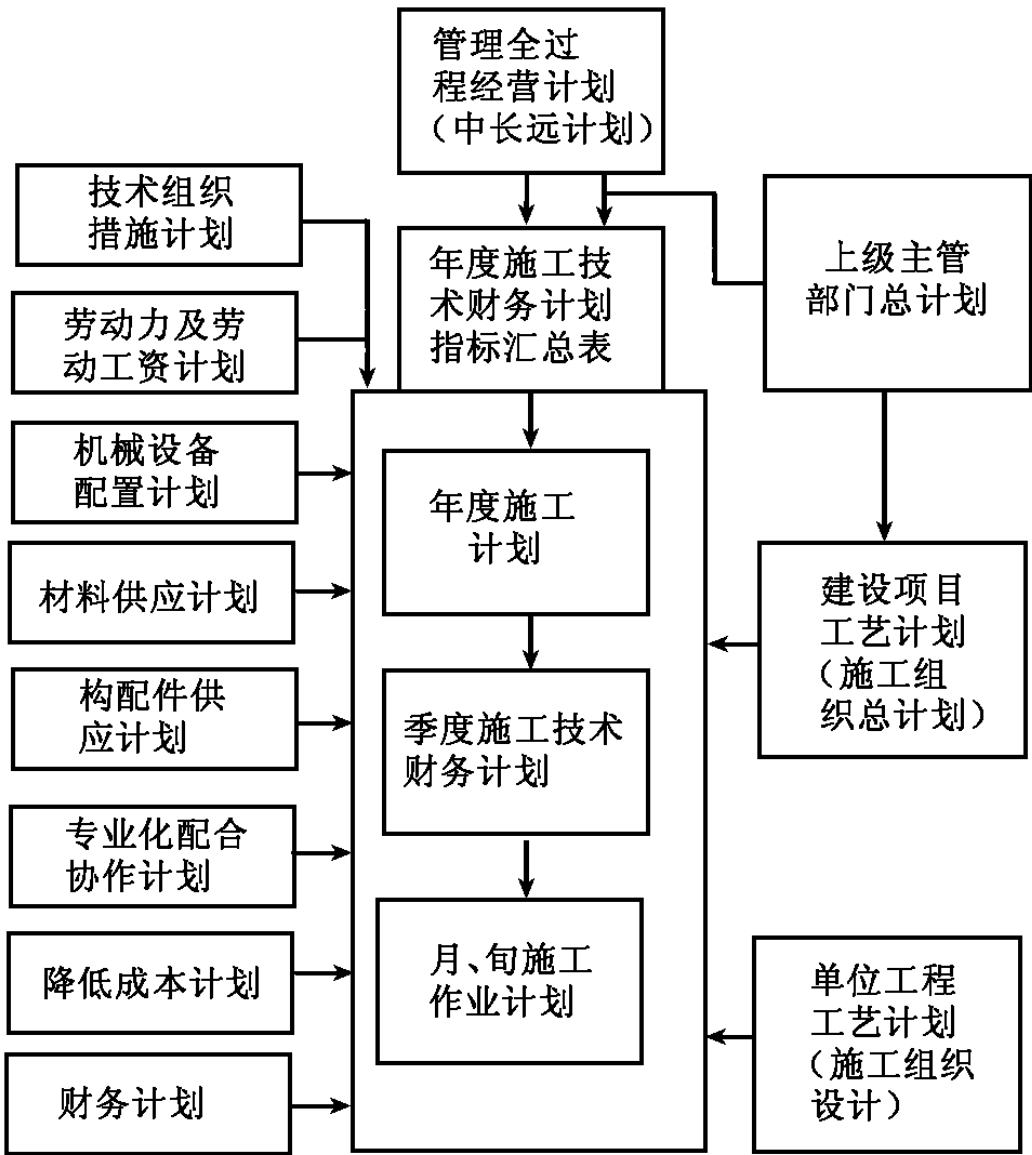


图2 -21 按工作计算标注形式

第二种按工作计算法计算时间参数。计算之前，在网络图上画好参数的标注符号。

其符号“ ”画在箭线上方，分别标注工作的最早开始时间及最迟开始时间，最早完成时间及最迟完成时间，总时差及自由时差如图2 -21 所示。

(1) 计算各工作的最早开始时间 $T_{i-j}^{ES}$ 。最早开始时间是在各紧前工作全部完成后，本工作有可能开始的最早时刻。计算从网络图起始节点开始，顺着箭头方向依次逐项计算。

A．以起始节点 为开始节点工作的最早开始时间为零，即 $T_{i-j}^{ES}=0$ ；

B．其他工作的最早开始时间为：

当紧前工作只有一个时，则：

$$T_{i-j}^{ES}=T_{h-i}^{ES}+D_{h-i} \tag{2-12}$$

当紧前工作不止一个时，则：

$$T_{i-j}^{ES}=\max \left[ T_{h-i}^{ES}+D_{i-j} \right] \tag{2-13}$$

在图2 -22 中，各工作的最早开始时间计算如下：

$$\begin{aligned} T_{1-2}^{ES} &= T_{1-3}^{ES} = 0 \\ T_{2-3}^{ES} &= T_{1-2}^{ES} + D_{1-2} = 0 + 6 = 6 \\ T_{2-4}^{ES} &= T_{1-2}^{ES} + D_{1-2} = 0 + 6 = 6 \\ T_{3-4}^{ES} &= \max \begin{cases} T_{1-3}^{ES} + D_{1-3} = 0 + 4 = 4 \\ T_{2-3}^{ES} + D_{2-3} = 6 + 0 = 6 \end{cases} = 6 \\ T_{3-5}^{ES} &= T_{3-4}^{ES} = 6 \\ T_{4-5}^{ES} &= \max \begin{cases} T_{2-4}^{ES} + D_{2-4} = 6 + 8 = 14 \\ T_{3-4}^{ES} + D_{3-4} = 6 + 5 = 11 \end{cases} = 14 \\ T_{4-6}^{ES} &= T_{4-5}^{ES} = 14 \\ T_{5-6}^{ES} &= \max \begin{cases} T_{3-5}^{ES} + D_{3-5} = 6 + 7 = 13 \\ T_{4-5}^{ES} + D_{4-5} = 14 + 0 = 14 \end{cases} = 14 \end{aligned}$$

(2) 计算各工作的最早完成时间 $T_{i-j}^{EF}$ 。最早完成时间是在各紧前工作全部完成后，本工作可能完成的最早时刻。工作最早完成时间等于工作最早开始时间加本工作持续时间，即 $T_{i-j}^{EF}=T_{i-j}^{ES}+D_{i-j}$ 。

图2 -22 中各工作的最早完成时间计算如下：

$T_{1-2}^{ES}=T_1^E=0$	$T_{1-2}^{EF}=T_1^E+D_{1-2}=0+6=6$
$T_{1-3}^{ES}=T_1^E=0$	$T_{1-3}^{EF}=T_1^E+D_{1-3}=0+4=4$
$T_{2-3}^{ES}=T_2^E=6$	$T_{2-3}^{EF}=T_2^E+D_{2-3}=6+0=6$
$T_{2-4}^{ES}=T_2^E=6$	$T_{2-4}^{EF}=T_2^E+D_{2-4}=6+8=14$

$$T_{3-4}^{ES} = T_3^E = 6$$
$$T_{3-5}^{ES} = T_3^E = 6$$
$$T_{4-5}^{ES} = T_4^E = 14$$
$$T_{4-6}^{ES} = T_4^E = 14$$
$$T_{5-6}^{ES} = T_5^E = 14$$

$$T_{3-4}^{EF} = T_3^E + D_{3-4} = 6 + 5 = 11$$
$$T_{3-5}^{EF} = T_3^E + D_{3-5} = 6 + 7 = 13$$
$$T_{4-5}^{EF} = T_4^E + D_{4-5} = 14 + 0 = 14$$
$$T_{4-6}^{EF} = T_4^E + D_{4-6} = 14 + 10 = 24$$
$$T_{5-6}^{EF} = T_5^E + D_{5-6} = 14 + 9 = 23$$

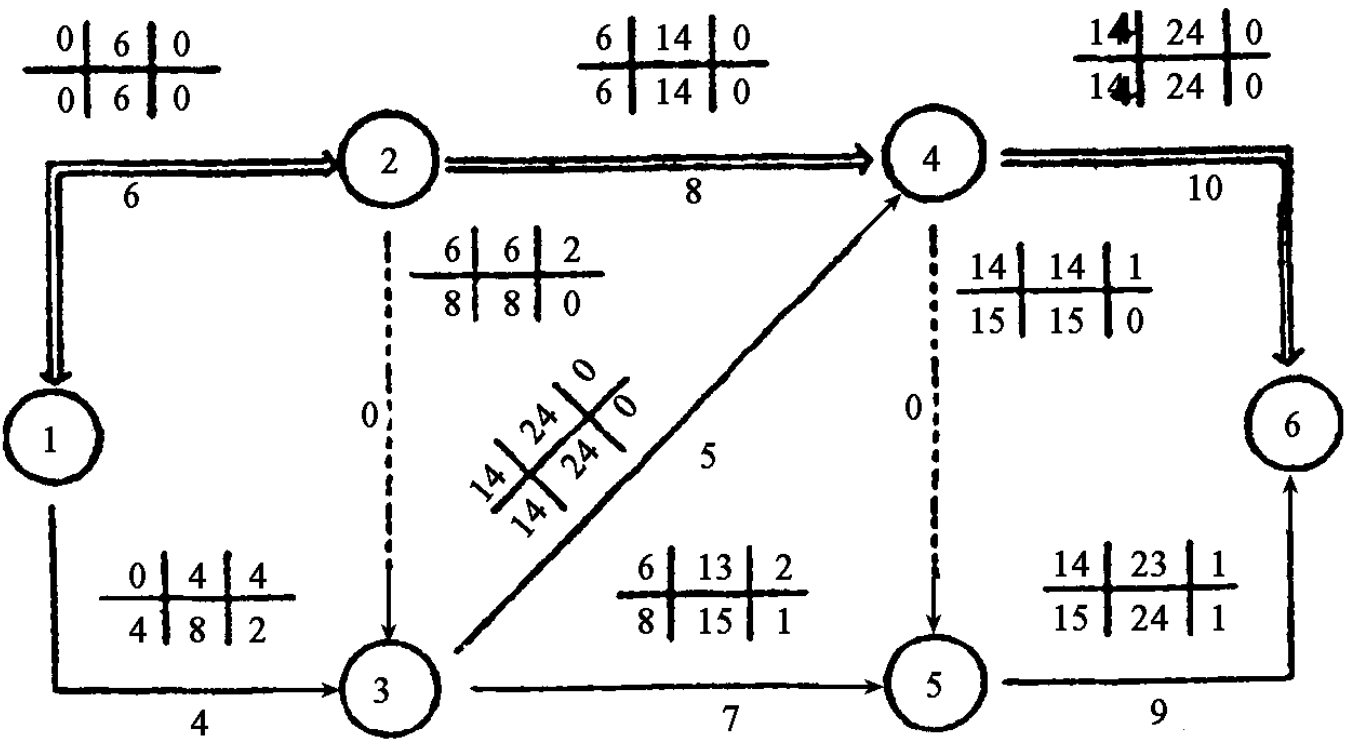


图2 -22 图算法按工作计算

网络计划的计算工期 $T_c$  等于以终止节点 $n$  为完成节点的工作的最早完成时间取最大值。即 $T_c = \max T_{i-n}^{EF}$ 。本例 $T_c = \max [T_{4-6}^{EF}、T_{5-6}^{EF}] = 24$ 。

③) 计算各工作的最迟开始时间 $T_{i-j}^{LS}$ 。最迟开始时间是在不影响整个任务按期完成的条件下，本工作最迟必须开始的时刻。工作最迟开始时间应从网络计划的终止节点开始，逆着箭线方向，依次计算。

A．以终止节点 $n$  为完成节点的工作的最迟开始时间 $T_{i-n}^{LS}$ 。以终止节点为完成节点的工作的最迟开始时间等于网络计划的工期减该工作的持续时间。即 $T_{i-n}^{LS} = T_p - D_{i-n}$ 。当未规定要求工期时， $T_p = T_c$ ， $T_c = \max T_{i-n}^{EF}$ ，则：

$$T_{i-n}^{LS} = \max T_{i-n}^{EF} - D_{i-n}$$

B．其他工作的最迟开始时间为：

当其紧后工作只有一个时，则：

$$T_{i-j}^{LS} = T_{j-k}^{LS} - D_{i-j} \tag{2 -14}$$

当其紧后工作不止一个时，则：

$$T_{i-j}^{LS} = \min [T_{j-k}^{LS} - D_{i-j}] \tag{2 -15}$$

在图2 -22 所示的网络图中，各工作的最迟开始时间计算如下：

$$\begin{aligned} T_{5-6}^{LS} &= \max [T_{4-6}^{EF}, T_{5-6}^{EF}] - D_{5-6} = 24 - 9 = 15 \\ T_{4-6}^{LS} &= \max [T_{4-6}^{EF}, T_{5-6}^{EF}] - D_{4-6} = 24 - 10 = 14 \\ T_{4-5}^{LS} &= T_{5-6}^{LS} - D_{4-5} = 15 - 0 = 15 \\ T_{3-5}^{LS} &= T_{5-6}^{LS} - D_{3-5} = 15 - 7 = 8 \\ T_{3-4}^{LS} &= \min \begin{cases} T_{4-6}^{LS} - D_{3-4} = 14 - 5 = 9 \\ T_{4-5}^{LS} - D_{3-4} = 15 - 5 = 10 \end{cases} = 9 \\ T_{2-4}^{LS} &= \min \begin{cases} T_{4-6}^{LS} - D_{2-4} = 14 - 8 = 6 \\ T_{4-5}^{LS} - D_{2-4} = 15 - 8 = 7 \end{cases} = 6 \\ T_{2-3}^{LS} &= \min \begin{cases} T_{3-5}^{LS} - D_{2-3} = 8 - 0 = 8 \\ T_{3-4}^{LS} - D_{2-3} = 9 - 0 = 9 \end{cases} = 8 \\ T_{1-3}^{LS} &= \min \begin{cases} T_{3-5}^{LS} - D_{1-3} = 8 - 4 = 4 \\ T_{3-4}^{LS} - D_{1-3} = 9 - 4 = 5 \end{cases} = 4 \\ T_{1-2}^{LS} &= \min \begin{cases} T_{2-4}^{LS} - D_{1-2} = 6 - 6 = 0 \\ T_{2-3}^{LS} - D_{1-2} = 8 - 6 = 2 \end{cases} = 0 \end{aligned}$$

④）计算各工作的最迟完成时间 $T_{i-j}^{LF}$ 。最迟完成时间是在不影响整任务按期完成的条件下，本工作最迟必须完成的时刻。工作最迟完成时间等于工作最迟开始时间加本工作的持续时间。即 $T_{i-j}^{LF} = T_{i-j}^{LS} + D_{i-j}$ 。

图2 -22 中各工作的最迟完成时间计算如下：

$$\begin{aligned} T_{1-2}^{LF} &= T_{1-2}^{LS} + D_{1-2} = 0 + 6 = 6 \\ T_{1-3}^{LF} &= T_{1-3}^{LS} + D_{1-3} = 4 + 4 = 8 \\ T_{2-3}^{LF} &= T_{2-3}^{LS} + D_{2-3} = 8 + 0 = 8 \\ T_{2-4}^{LF} &= T_{2-4}^{LS} + D_{2-4} = 6 + 8 = 14 \\ T_{3-4}^{LF} &= T_{3-4}^{LS} + D_{3-4} = 9 + 5 = 14 \\ T_{3-5}^{LF} &= T_{3-5}^{LS} + D_{3-5} = 8 + 7 = 15 \\ T_{4-5}^{LF} &= T_{4-5}^{LS} + D_{4-5} = 15 + 0 = 15 \\ T_{4-6}^{LF} &= T_{4-6}^{LS} + D_{4-6} = 14 + 10 = 14 \\ T_{5-6}^{LF} &= T_{5-6}^{LS} + D_{5-6} = 15 + 9 = 24 \end{aligned}$$

⑤）计算各工作的总时差 $F_{i-j}^T$ 。总时差是在不影响工期的前提下，工作所具有的机动时间。工作总时差等于工作最迟开始时间减最早开始时间。即：

$$F_{i-j}^T = T_{i-j}^{LS} - T_{i-j}^{ES} \tag{2 -16}$$

图2 -22 中各工作的总时差计算如下：

$$\begin{aligned} F_{1-2}^T &= T_{1-2}^{LS} - T_{1-2}^{ES} = 0 - 0 = 0 \\ F_{1-3}^T &= T_{1-3}^{LS} - T_{1-3}^{ES} = 4 - 0 = 4 \\ F_{2-3}^T &= T_{2-3}^{LS} - T_{2-3}^{ES} = 8 - 6 = 2 \\ F_{2-4}^T &= T_{2-4}^{LS} - T_{2-4}^{ES} = 6 - 6 = 0 \\ F_{3-4}^T &= T_{3-4}^{LS} - T_{3-4}^{ES} = 9 - 6 = 3 \\ F_{3-5}^T &= T_{3-5}^{LS} - T_{3-5}^{ES} = 8 - 6 = 2 \\ F_{4-5}^T &= T_{4-5}^{LS} - T_{4-5}^{ES} = 15 - 14 = 1 \\ F_{4-6}^T &= T_{4-6}^{LS} - T_{4-6}^{ES} = 14 - 14 = 0 \\ F_{5-6}^T &= T_{5-6}^{LS} - T_{5-6}^{ES} = 15 - 14 = 1 \end{aligned}$$

⑥) 计算各工作的自由时差 $F_{i-j}^F$ 。自由时差是在不影响其紧后工作最早开始的前提下，工作所具有的机动时间。工作自由时差等于该工作的紧后工作的最早开始时间减本工作的最早完成时间。即：

$$F_{i-j}^F = T_{i-k}^{ES} - T_{i-j}^{EF} \tag{2-17}$$

图2 -22 中各工作的自由时差计算如下：

$$\begin{aligned} F_{1-2}^F &= T_{2-4}^{ES} - T_{1-2}^{EF} = 6 - 6 = 0 \\ F_{1-3}^F &= T_{3-4}^{ES} - T_{1-3}^{EF} = 6 - 4 = 2 \\ F_{2-3}^F &= T_{3-4}^{ES} - T_{2-3}^{EF} = 6 - 6 = 0 \\ F_{2-4}^F &= T_{4-6}^{ES} - T_{2-4}^{EF} = 14 - 14 = 0 \\ F_{3-4}^F &= T_{4-6}^{ES} - T_{3-4}^{EF} = 14 - 11 = 0 \\ F_{3-5}^F &= T_{5-6}^{ES} - T_{3-5}^{EF} = 14 - 13 = 1 \\ F_{4-5}^F &= T_{5-6}^{ES} - T_{4-5}^{EF} = 14 - 14 = 0 \\ F_{4-6}^F &= T_{6-6}^{ES} - T_{4-6}^{EF} = 24 - 24 = 0 \\ F_{5-6}^F &= T_{6-6}^{ES} - T_{5-6}^{EF} = 24 - 23 = 1 \end{aligned}$$

将以上计算的各项工作的时间参数，填入图2 -22 相应的位置，标出关键线路  
如图所示。

3. 表算法。为了保持网络图的清晰和计算数据条理化，通常还可采用表格进行时间参数的计算。表算法的格式见表2 -3 所示。

表2 -3 网络计划时间参数表算法

节点 编号	i 的最 早时间 ( $T_i^E$ )	i 的最 迟时间 ( $T_i^L$ )	工作 箭线编号 (i -j)	工作 持续时间 ( $D_{i-j}$ )	最早 开始时间 ( $T_{i-j}^{ES}$ )	最早 完成时间 ( $T_{i-j}^{EF}$ )	最迟 完成时间 ( $T_{i-j}^{LF}$ )	最迟 开始时间 ( $T_{i-j}^{LS}$ )	总时差 ( $F_{i-j}^T$ )	自由时差 ( $F_{i-j}^F$ )
一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一
1	0	0	1 -2	6	0	6	0	0	0	
			1 -3	4	0	4	4	4	2	
2	6	6	2 -3	0	6	6	8	8	2 0	0 0
			2 -4	8	6	14	14	6		
3	6	8	3 -4	5	6	11	14	9	3	3
			3 -5	7	6	13	15	8	2	1
4	14	14	4 -5	0	14	14	15	15	1	0
			4 -6	10	14	24	24	14	0	0
5	14	15	5 -6	9	14	23	24	15	1	1
6	24	24	6 -N		24					

现以前例绘图2 -23 为例，介绍表算法的步骤：

①）将节点编号、工作箭线编号及工作持续时间填入表2 -3 的第一、四、五栏内。

②）自上而下计算各节点的最早时间 $T_i^E$ ，填入第二栏内。设起始节点 的最早时间为零；根据 $T_j^E = \max \{T_i^E + D_{i-j}\}$  计算中间节点的最早时间 $T_i^E$ 。

③）自下而上计算各节点的最迟时间 $T_i^L$ ，填入第三栏内。设终止节点的最早时间等于其最早时间，即 $T_n^L = T_n^E$ ；根据 $T_i^L = \min \{T_j^L - D_{i-j}\}$  计算各节点的最迟时间。

④）计算各工作的最早开始时间 $T_{i-j}^{ES}$ 及最早完成时间 $T_{i-j}^{EF}$ ，分别填入第六、七栏内。

A．工作i -j 的最早开始时间等于其起始节点的最早时间，可以从第二栏相应节点中查出。

B．工作i -j 的最早完成时间等于其最早开始时间加上工作持续时间，可将第六栏加上该行第五栏求得。

⑤）计算各工作的最迟完成时间 $T_{i-j}^{LF}$ 及最迟开始时间 $T_{i-j}^{LS}$ ，分别填入第八、九栏内。

A．各项工作的最迟完成时间等于其结束节点的最迟时间，可从第三栏相应节点中查出。

B. 各项工作的最迟开始时间等于其最迟完成时间减去工作持续时间，可将第八栏减该行第五栏求得。

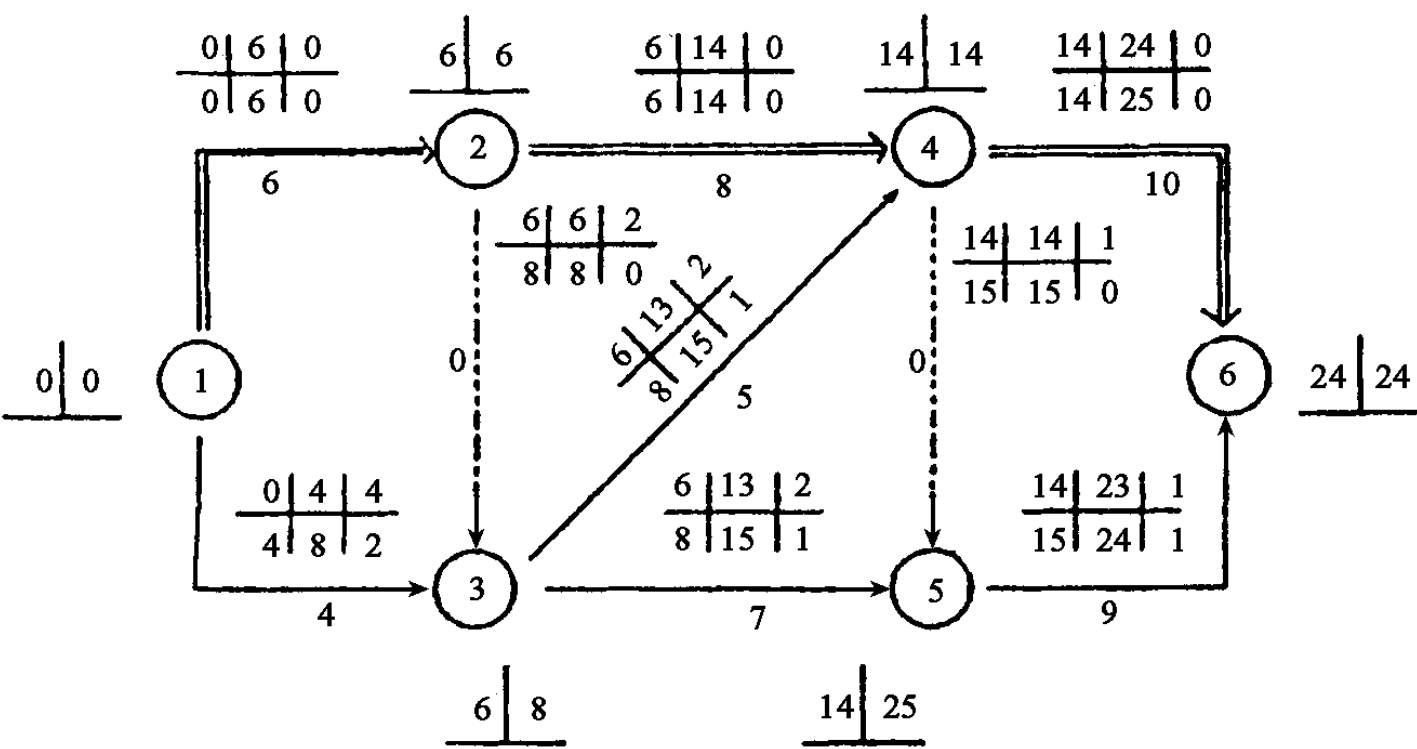


图2 -23

⑥) 计算各工作的总时差 $F_{i-j}^T$ 。

工作的总时差等于其最迟开始时间减去最早开始时间，第九栏减第六栏，填入第十栏内。

⑦) 计算各工作的自由时差 $F_{i-j}^F$ 。工作的自由时差等于其后面工作的最早开始时间减本工作的最早完成时间，即 $F_{i-j}^F = T_{j-k}^{ES} - F_{i-j}^{EF}$ ，计算后填入第十一栏内。

将表2 -4 计算结果填入图2 -23 的相应位置，与按工作计算法图2 -23 相比较无误。

五、单代号网络计划时间参数计算

单代号与双代号网络图，其表现形式和时间参数计算公式均有所不同，但其计算结果是一致的。单代号网络计划时间参数计算通常有分析法、图算法、表算法和电算法等。现以图2 -24 为例，按图算法说明其计算步骤。

1. 计算各工作的最早开始时间 $T_i^{ES}$ 和最早完成时间 $T_i^{EF}$ 。记忆模式见图2 -25。时间参数 $T_i^{ES}$ 和 $T_i^{EF}$ 的计算顺序，是由第一个节点顺箭线方向进行， $T_i^{EF}$ 的运算是加法过程。

假定工作A 的最早开始时间为零，即：

$T_1^{ES} = 0$ ，则：

$$T_1^{EF} = T_1^{ES} + D_1$$
$$= 0 + 2 = 2 ;$$

对于工作B，它只有一个紧前工作A，则：

$$T_2^{ES} = T_1^{EF} = 2 , \qquad T_2^{EF} = T_2^{ES} + D_2 = 2 + 3 = 5 ;$$

对于工作C，它只有一个紧前工作B，则：

$$T_3^{ES} = T_2^{EF} = 5 , \qquad T_3^{EF} = T_3^{ES} + D_3 = 5 + 2 = 7 ;$$

对于工作D，同理 $T_4^{ES} = T_1^{EF} = 2$ ， $T_4^{EF} = 2 + 2 = 4$ ；

对于E 它有两个紧前工作B 和D，则：

$$T_5^{ES} = \max [T_2^{EF} = 5、TEF_4 = 4] = 5 ,$$
$$TEF_5 = T_5^{ES} + D_5 = 5 + 3 = 8 ;$$

同理可求出其他工作的 $T_i^{ES}$  及 $T_i^{EF}$  如图2 -24 相应位置。

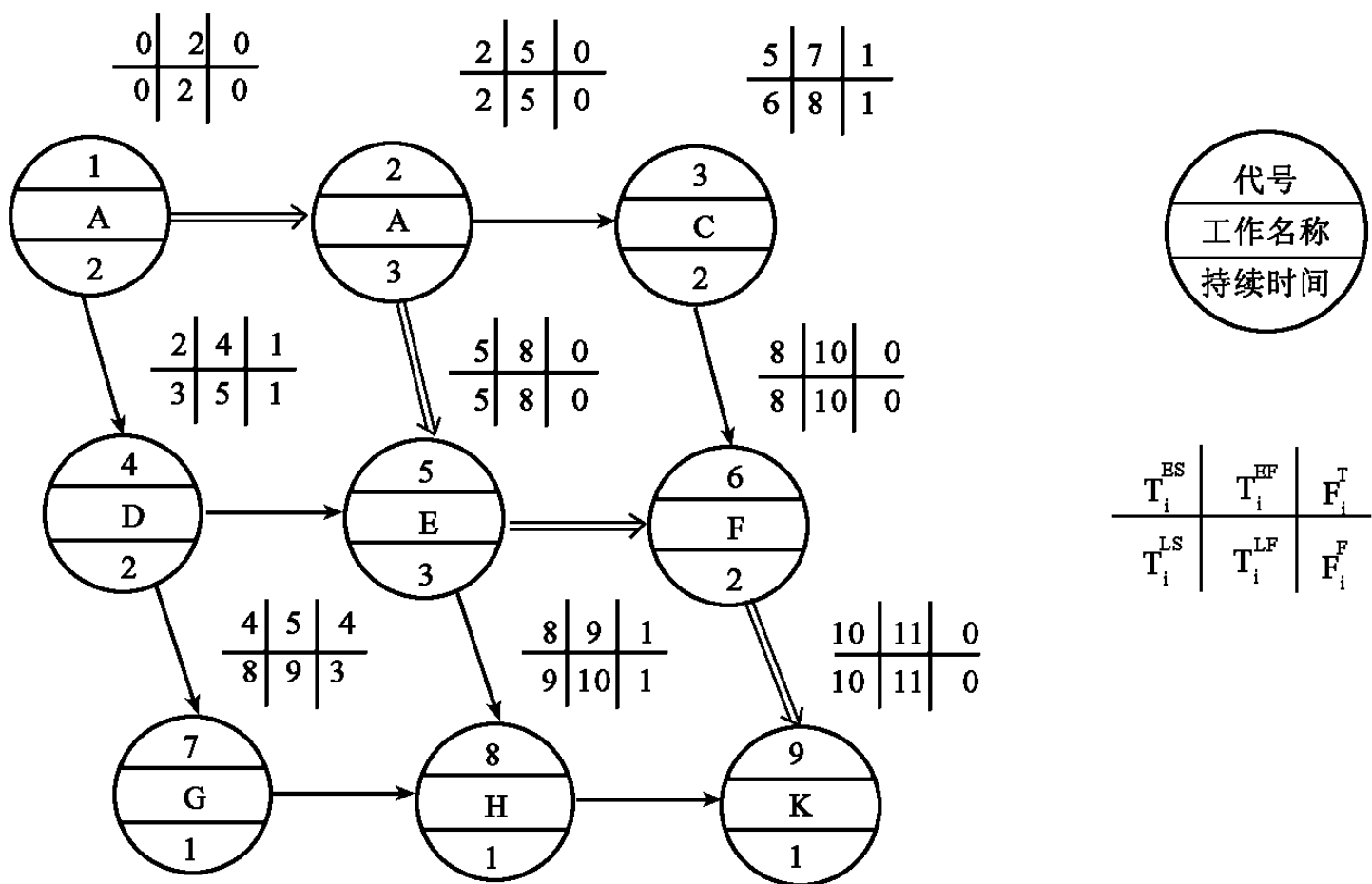


图2 -24 单代号时间参数计算

2. 计算各工作的最迟开始时间 $T_i^{LS}$  和最迟完成时间 $T_i^{LF}$ 。记忆模式见图2 -26。时间参数 $T_i^{LS}$  和 $T_i^{LF}$  的计算顺序，是由最后一个节点逆箭线方向进行， $T_i^{LS}$  的运算是减法过程。

图2 -24 中工作K 的最迟完成时间令其等于最早完成时间，即 $T_9^{LF} = T_9^{EF} = 11$ ，则：

$$T_9^{LS} = T_9^{LF} - D_9 = 11 - 1 = 10 ;$$

对于工作F，它只有一个紧后工作K。



因此 $T_6^{LF} = T_9^{LS} = 10$ ，则 $T_6^{LS} = T_6^{LF} - D_6 = 10 - 2 = 8$ ；

对于工作E，它有两个紧后工作F和H。

因此， $T_5^{LF} = \min \{ T_6^{LS} = 8、T_8^{LS} = 9 \} = 8$ ，

则 $T_5^{LS} = T_5^{LF} - D_5 = 8 - 3 = 5$ ；

对于工作B，它有两个紧后工作C和E，

同理 $T_2^{LF} = \min \{ T_3^{LS}、T_5^{LS} \} = 5$ ， $T_2^{LS} = 5 - 3 = 2$ ；

同理可求出其他工作的 $T_i^{LF}$ 和 $T_i^{LS}$ 如图2 -24 的相应位置。

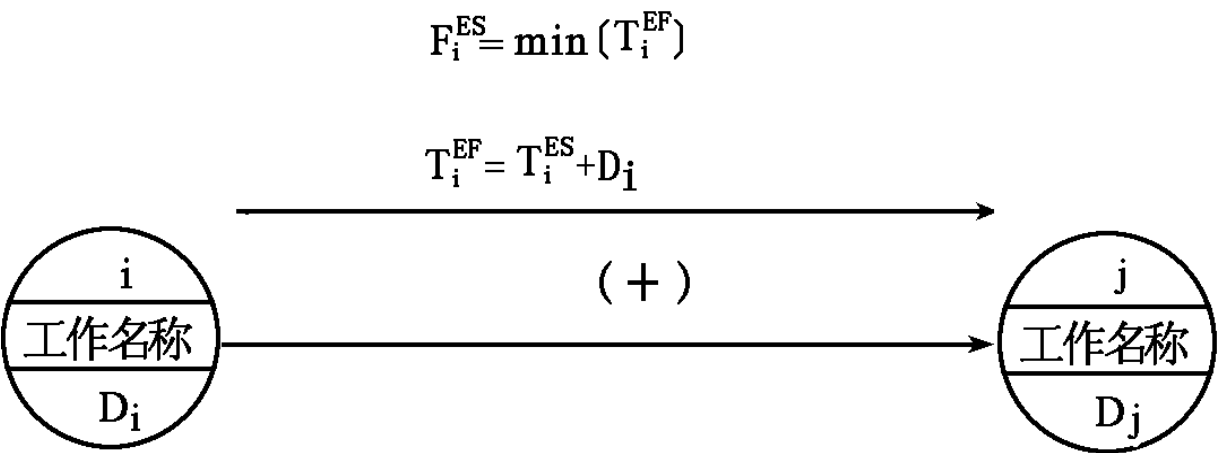


图2 -25  $T_i^{ES}$ 和 $T_i^{EF}$ 记忆模式

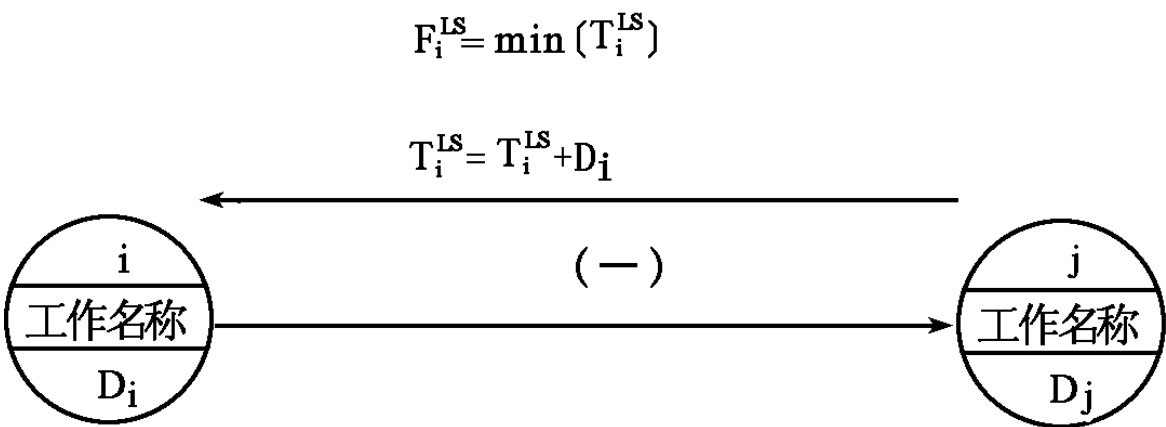


图2 -26  $T_i^{LS}$ 和 $T_i^{LF}$ 记忆模式

3．计算各工作的总时差 $F_i^T$ 和自由时差 $F_i^F$ 。记忆模式见图2 -27。这两个时间参数的计算应由终止节点开始，逆箭线方向直至开始节点，其运算是减法过程。

图2 -24 中工作K 的： $F_9^T = T_9^{LS} - T_9^{ES} = 10 - 10 = 0$ ， $F_9^F = 0$

对于工作F：

$F_6^T = T_6^{LF} - T_6^{EF} = 10 - 10 = 0$ ，

$F_6^F = T_9^{ES} - T_6^{EF} = 10 - 10 = 0$ ；

对于工作H：

$F_8^T = T_8^{LF} - T_8^{EF} = 10 - 9 = 1$ ，

$F_8^F = T_9^{ES} - T_8^{EF} = 10 - 9 = 1 ;$

对于工作E，有两个紧后工作F 和H：

$F_5^F = T_5^{LS} - T_5^{ES} = 5 - 5 = 0 ,$

$F_5^F = \min [T_6^{ES} = 8、T_8^{ES} = 8] - 5 = 0 ;$

同理可求出其他工作的 $F_i^F$  和 $F_i^T$  如图2 -24 中的相应位置。

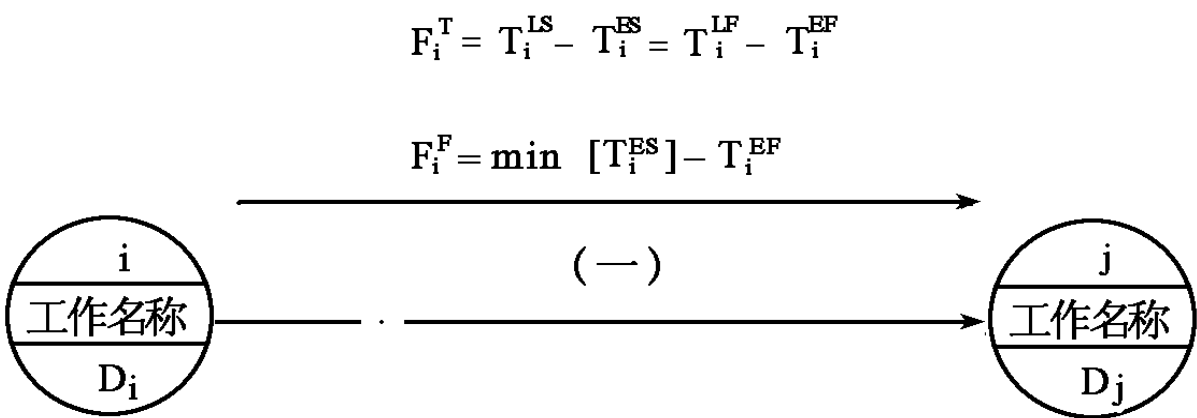


图2 -27  $F_i^T$  和 $F_i^F$  记忆模式

根据总时差 $F^T = 0$  的工作为关键工作，它所组成的线路即为关键线路。如图2 -24 中 所示。计划总工期 $T_p$ ，当未规定要求工期时，可等于关键线路上的各工作持续时间之和，即：

$T_p = T_c = 2 + 3 + 3 + 2 + 1 = 11$

计划总工期也等于终止节点的最早开始时间与其持续时间之和，即 $T_p = 10 + 1 = 11$ 。

六、时标网络计划

时标网络计划是在时间坐标上绘制双代号网络计划。它是在横道图的基础上引进了网络计划中“活动逻辑关系”。这样既解决了横道计划中各施工过程关系表达不明确，又解决了网络计划时间表达不直观的问题。

1．时标网络计划的特点：

- (1) 时标网络中工作箭线的长度与工作持续时间长度一致。因此，这种表达的施工过程比较直观、容易理解。
- (2) 时标网络计划可以直接显示各施工过程的时间参数。
- (3) 时标网络在绘制中受到坐标的限制，容易发现“网络回路”之类的逻辑错误。
- (4) 在时标网络图上可直接统计劳动力、材料、机具等资源的需要量，作出资源消耗动态曲线，便于计划的控制与分析。

⑤) 由于工作箭线的长度和位置受时间坐标的限制，时标网络计划的修改和调整不方便。

2. 时标网络计划的绘制方法。某施工网络计划及每天资源需用量如图2 -28 所示，该计划按最早时间绘制的时标网络计划如图2 -29 所示。一般方法步骤如下：

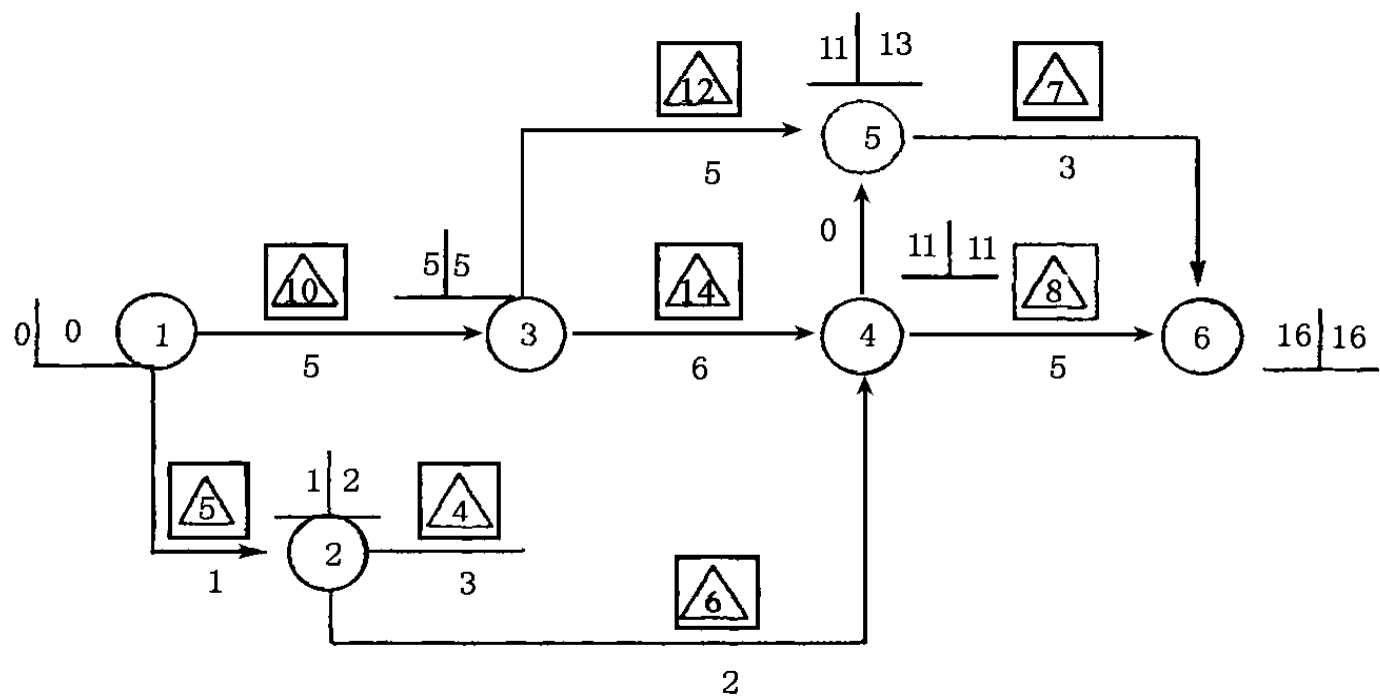


图2 -28 某工程网络计划

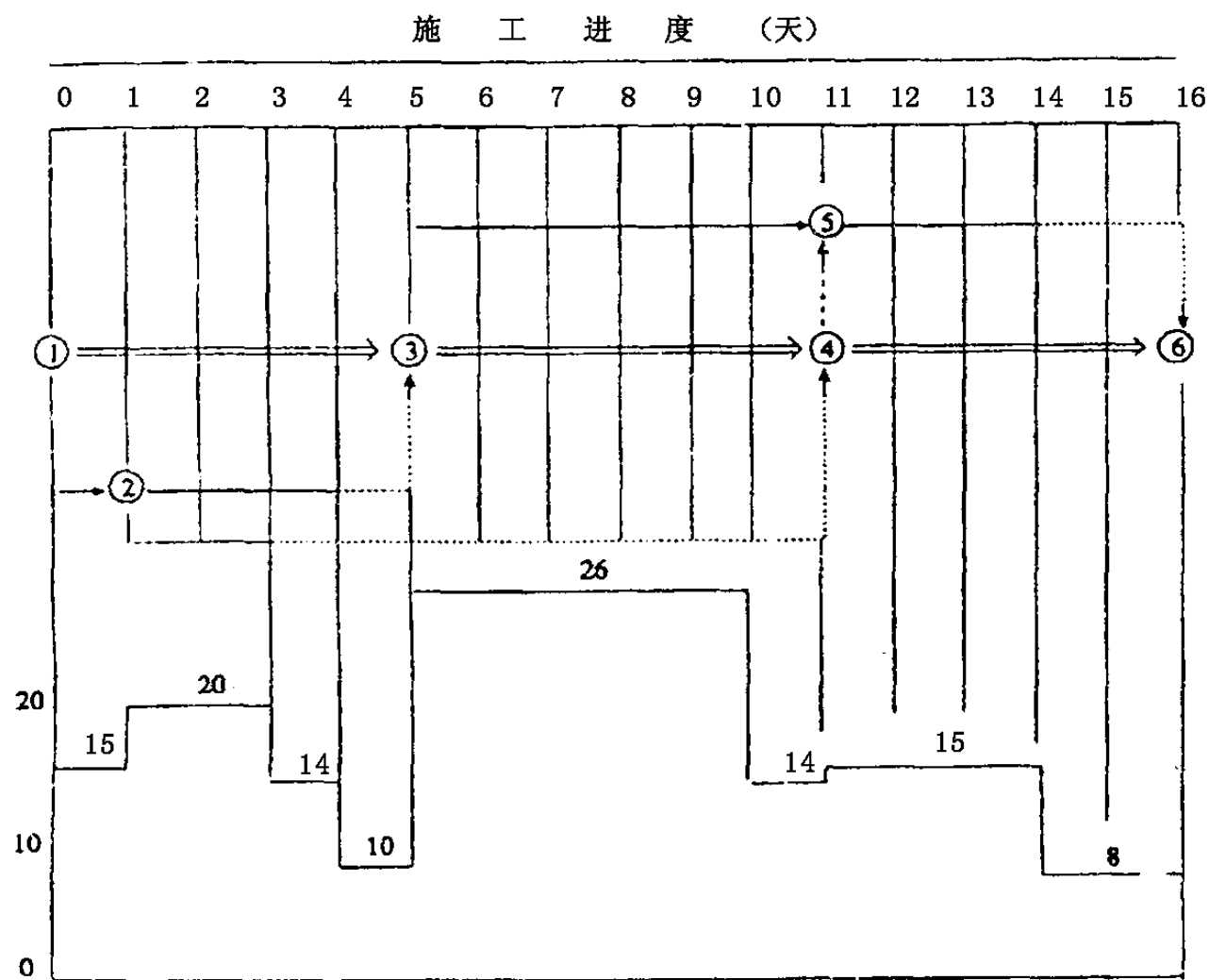


图2 -29 按最早时间绘制的时标网络图

(1) 确定坐标线所代表的时间单位，要与箭线所代表的持续时间单位一致。

(2) 将起始节点定在时间坐标为零的纵轴上，按持续时间在坐标上绘出各节点及箭线的长度。箭线最好画成水平方向，直接表示其延续时间。如箭线画成斜线、折线等，则以水平投影长度为其延续时间。如箭线长度不能与后面节点直接相连，则用水平波形线补足画至后面的节点处。波形线的水平投影长度，即为该工作的自由时差。

(3) 用上述方法自左向右依次绘出，直至终止节点为止。终止节点是在无紧后工作的工作全部绘出后，定位在最晚完成的时标纵轴上。

时标网络计划的关键线路可自终止节点逆箭方向往起始节点逐次进行判定，凡不出现波形线的线路即为关键线路（如图2 -29 中粗箭线所示）。

时标网络计划也可按最迟开始时间为准来绘制。

## 第三章 施工质量管理

### 第一节 工程项目质量管理概述

#### 一、工程项目质量管理的概念及内容

工程项目质量管理是工程项目各项管理工作的重要组成部分。它是工程项目从施工准备到交付使用的全过程中，为保证和提高工程质量所进行的各项组织管理工作。

保证的提高工程质量，是工程项目经理、各有关职能部门或人员和全体职工的共同责任。

工程项目质量管理工作，主要包括以下内容。

1．认真贯彻国家和上级有关质量管理工作的方针政策，贯彻国家和上级颁发的技术标准、规范、规程和各项质量管理制度，并结合本工程项目的具体情况拟定管理细则和工艺标准，认真组织实施。

2．运用全面质量管理的思想和方法，实行方针目标管理，确定工程项目的质量管理目标。依据工程项目的重要程度和本工程项目所能达到的管理、操作水平，确定工程项目所计划的质量等级（优良或合格），然后将方针目标展开，把实现质量目标的任务层层分解，落实到有关部门、班组长和个人。

#### 3．制定工程质量控制设计

明确各分部、分项工程保证质量的措施，确定质量管理点，组成质量管理小组，进行PD - CA 循环，不断地克服质量的薄弱环节，以推动工程质量的提高。

#### 4．认真进行工程质量检查

贯彻群众自检和专职检查相结合的方法，组织班组进行自检活动，作好自检数据的积累和分析工作；专职质量检查员要加强施工过程中的质量检查工作，做好预检和隐蔽工程验收工作。要通过群众自检和专职检查，发现质量问题，及时时行处理，保证不留质量隐患。

### 5. 组织工程质量的检验评定工作

按照国家施工及验收规范、建筑安装工程质量检验评定标准和设计图纸，对分项、分部工程和单位工程进行质量的检验评定。

### 6. 做好工程质量的回访工作

工程交付使用后，要进行回访，听取用户意见，并检查工程质量的变化情况。及时收集质量信息，对于施工不善而造成的质量问题，要认真进行处理，并系统的总结工程质量的薄弱环节，采取相应的对策，克服质量通病，不断提高工程质量水平。

## 二、抓好工程项目质量应注意的环节

为了搞好工程质量，应做好以下工作：

### 1. 提高质量意识

要提高所有参加本工程项目施工的全体职工（包括分包单位和协作单位）的质量意识，特别是工程项目领导班子成员的质量意识，认识到“质量第一是个重大政策”，树立“百年大计”，质量第一”的思想；要有对国家、对人民负责的高度责任感和事业心，把工程项目质量的优劣作为考核本工程项目的重要内容来对待，以优良的工程质量来提高企业的社会信誉和竞争能力。

### 2. 推行全面质量管理的方法，建立和完善质量保证体系，明确工程项目质量责任制

工程质量是企业各项管理的综合反映，也是工程项目管理水平的具体体现。工程项目领导班子成员、各有关职能部门或人员都要明确自己在保证工程质量工作中的责任，各尽其职，各负其责，以工作质量来保证工程质量。

### 3. 提高职工素质

这是搞好工程项目质量的基本条件。参加工程项目的职能人员是管理者，工人是操作者，都直接决定着工程项目的质量。必须努力提高参加工程项目职工的素质，加强职业道德教育和业务技术培训，提高施工管理水平和操作水平，努力创出第一流的工程质量。

### 4. 搞好工程项目质量管理的基础工作

主要包括质量教育、标准化、计量和质量信息工作。

#### (1) 质量教育工作

要对全体职工进行质量意识的教育，使全体职工明确质量对国家四化建设的重大意义，质量与人民生活密切相关，质量是企业的生命。进行质量教育工作要有教育计划，

持之以恒，有计划、有步骤地实施。而且要注意分层施教，在掌握质量管理基本知识的广度、深度和重点上应有所不同。教育形式除了办班上课、现场教学以外，还可以采取知识竞赛、知识讲座、外出参观等形式，对职工进行质量教育。

### ②) 标准化工作

对工程项目来说，从原材料进场到工程竣工验收，都要有技术标准和管理标准，建立一套完整的标准化体系。

技术标准是根据科学技术水平和实践经验，针对具有普遍性和重复出现的技术问题提出的技术准则。在工程项目施工中，除了要认真贯彻国家和上级颁发的技术标准、规范外，还应结合本工程的情况制定工艺标准，作为指导施工操作和工程质量要求的依据。

管理标准是各项管理工作的规定，如各项工作的办事守则、职责条例、规章制度等。

### ③) 计量工作

计量工作是保证工程质量的重要手段和方法。要采用法定计量单位，作为量值传递，保证量值的统一。对本工程项目中采用的各项计量器具，要建立台帐，按国家和上级规定的周期，定期进行检定。

### ④) 质量信息工作

质量信息是指反映工程质量和各项管理工作的基本数据和情况。在工程项目施工中，要及时了解建设单位、设计单位、质量监督部门的信息，及时掌握各施工班组的质量信息，认真作好原始记录，如分项工程的自检记录等，便于项目经理和有关人员及时采取对策。

## 三、工程项目质量保证体系

工程项目的质量保证体系是：以保证和提高工程项目质量为目标，把质量管理的各阶段、各环节的质量职能组织起来，形成一个既有明确的任务、职责，又能互相协调、互相促进的系统，使质量管理工作制度化、标准化。

根据系统工程思想和理论，工程项目的质量保证体系一般包括以下内容。

### 1. 确定工程项目的质量目标和进行质量控制设计

质量目标是在一定时期内开展质量管理工作要达到的预期效果。在项目管理中，应该对单个项目、各单项工程、单位工程、分部工程乃至分项工程，都制定出明确的质量目标。质量控制设计是实现质量目标的具体技术措施，要明确规定各单位工程、分项工程、分部工程的质量要求和保证质量的措施。通过质量控制设计，把参加这个工程项目

施工的全体职工有效地组织起来，把实现质量目标作为每个职工完成本职工作所应达到的目标。

### 2．建立质量责任制

要明确工程项目领导班子成员、各有关职能部门、人员和全体职工在保证和提高工程质量中所承担的任务、职责和权限，做到各尽其职、各负其责，工作有标准、有检查。领导班子和职能人员的质量责任已如前述。工人主要负责操作质量，按国家施工及验收规范、质量标准和技术交底认真操作，保证操作质量符合要求。

### 3．实现管理标准化

将工程项目的各项管理工作的处理办法，订成规章制度，成为参加本工程项目施工的全体职工活动的依据，避免职责不清，责任不明，使管理工作标准化；同时，在质量管理小组活动中，不断总结工作，补充和完善各项管理工作的标准，逐步提高标准化程度。

### 4．开展群众性的质量管理活动

要围绕工程质量目标，根据质量薄弱环节，确定质量管理点，按照管理点组成各种形式的质量管理小组，开展群众性的质量管理活动，进行PDCA 循环，不断取得成果，不断提高工程质量水平。

### 5．及时进行质量反馈

建立具有高效灵敏的质量信息反馈系统，规定各种质量信息传递的程序，及时掌握外界和本工程项目内的质量动态，便于项目经理和有关人员及时作出相应的对策。

## 四、工程项目领导班子成员对工程质量应负的责任

工程项目领导班子成员要围绕本工程项目质量管理的目标，协同努力，各尽其责，搞好工程质量。建立并认真贯彻工程项目质量责任制，是搞好工程质量的基本保证。

工程项目经理要坚持“质量第一”的方针，把质量工作列入自己的工作日程，组织贯彻各项质量管理制度，及时协调解决质量工作的有关矛盾。通过严格的质量管理工作，向用户交付符合国家施工及验收规范、质量标准 and 合同规定的质量要求的工程。

主管生产计划人员，要做好施工准备，合理进行施工部署和安排，正确编制施工组织设计或施工方案；在计划、布置、检查生产工作的时候，坚持把保证工程质量放在首位；组织施工、质量人员进行工程质量回访，及时处理返修施工质量质量问题。

主管技术工作的人员，要参加研究设计方案，提出保证工程质量的意见；组织有关人员熟悉和会审设计图纸，正确进行技术交底；组织科研成果的实践，审定一般技术革



新项目；参加分析质量事故的原因，负责处理质量事故中的技术问题。

主管材料人员要负责供应质量合格的材料、半成品和成品，并及时提供质量合格证明。

### 五、工程质量检查在工程项目施工中应建立的质量检查制度

工程质量检查是按照国家施工及验收规范、质量标准所规定的检查项目，用规定的方法和手段，对分项工程、分部工程和单位工程进行质量检测，并和质量标准的规定相比较，确定质量是否符合要求。

在工程项目施工中，应建立并认真贯彻执行以下质量检查制度。

#### 1．原材料、半成品和各种加工预制品的检查制度

材料产品质量的优劣是保证工程质量的基础。在订货时应依据质量标准签订合同，必要时应先鉴定样品，经鉴定合格的样品应予封存，作为材料验收的依据。必须保证材料符合质量标准和设计要求方可使用。

#### 2．班组的自检和交接制度

按照生产者负责质量的原则，所有生产班组必须对本班组的操作质量负责。完成或部分完成施工任务时，应及时进行自检，如有不合格的项目应及时进行返工处理，达到合格的标准。经工长组织质量检查员和下道工序的生产班组进行交接检查，确认合格后，方可进行下道工序施工。

#### 3．隐蔽工程验收制度

隐蔽工程验收是指将被其他分项工程所隐蔽的分项工程或分部工程，在隐蔽前所进行的验收。实践证明，坚持隐蔽工程验收制度是防止质量隐患，保证工程项目质量的重要措施。重要的隐蔽工程项目，如基础工程等，应由工程项目的技术负责人主持，邀请建设单位、设计单位、质量监督部门进行验收。

隐蔽工程验收的主要项目有：地基与基础、主体结构各部位钢筋、现场结构焊接和防水工程等。

隐蔽工程验收后，要办理隐蔽工程验收手续，列入工程档案。对于隐蔽工程验收中提出的不符合质量标准的问题，要认真处理，处理后要经复核合格并写明处理情况。未经隐蔽工程验收或验收不合格，不得进行下道工序施工。

#### 4．预检制度

预检是指该分项工程在未施工前所进行的预先检查。预检是保证工程质量，防止可能发生差错造成重大质量事故的重要措施。一般预检项目由工长主持，请质量检查员、

有关班组长参加。重要的预检项目应由项目经理或技术负责人主持，请设计单位、建设单位、质量监督站的代表参加。

预检后要办理预检手续，列入工程档案。对于预检中提出的不符合质量标准的问题，要认真处理，处理后要经复核合格并写明处理情况。未经预检或预检不合格，不得进行下一道工序施工。

### 5. 基础、主体工程检查验收制度

单位工程的基础完成后必须进行验收，方可进行主体工程施工；主体工程完成后必须经过验收，方可进行装修施工。结构验收可以分阶段进行：一般工程在主体完成后，作一次结构验收。有人防地下室的工程，可分两次进行结构验收（地下室一次，主体一次）。如需提前装修的工程，可分层进行验收。结构验收单经建设单位、设计单位和施工单位三方代表签证后，由质量监督站核验。

## 六、总承包单位对工程质量进行检查的内容

工程质量在项目总承包的各项工作中具有无可比拟的重要地位。这是因为建筑工程项目的使用周期一般都很长，少则几十年，多则上百年，而且要在建筑物中进行生产、生活和从事各种活动，一旦发生事故，将危及生命和财产的安全，造成难以弥补的损失。所以“百年大计、质量第一”理所当然地成为对项目总承包单位和所有建筑安装施工单位的基本要求。

项目总承包单位有责任监督和帮助各分包单位搞好工程质量。在选择分包单位时，必须对该单位的技术能力和施工质量进行调查了解一般地应要求分包单位采用全面质量管理（TQC）的方法进行管理。除此之外，项目总承包单位应着重从以下几个方面进行检查。

### 1. 审查分包单位的施工方案

主要审查施工方案中所确定的施工方法、施工顺序是否科学合理，施工措施是否得当，有无工程质量方面的潜在危害。

### 2. 做好隐检预检

对定位放线、高程水准点引测、基槽钎探、钢筋绑扎、防潮防水工程、管道的试压冲洗等，要及时派员检查，发现问题及时处理。

### 3. 把好材料、设备的质量验收关

对主要材料、设备的规格、性能、技术参数、质量要求（必要时包括生产厂家）均应事先对分包单位提出明确要求，并规定具体的确认验收办法。凡未经检查确认或经检

查不合要求的材料、设备，一律不准在工程中使用。

### 4. 做好施工过程中对操作质量的巡视检查

有些质量问题是由于操作不当所致，也有些质量问题容易被下道工序掩盖面不易发现，还有些操作不符合规程要求的工程质量虽然表面上似乎影响不大，却隐藏着潜在的危害所以在施工过程中，必须注意加强巡视检查，及时发现问题及时纠正。有些问题即使在某一阶段完成后仍然能够发现，但那时再纠正就可能造成比较大的损失，也会影响工期，有些甚至是很难弥补的，造成永久的遗憾。因此，必须坚持“预防为主、防患于未然”的方针。

### 5. 做好主要分部分项工程和关键部位的质量监控

对主要的结构部位、关键设备、关键部位的质量一定要有切实有效的监控措施。

### 6. 做好技术管理工作和技术档案资料的收集

应制订完善的技术管理制度，作为项目总承包单位，要督促各分包单位按照设计图纸说明和有关施工规范进行施工，要特别把好变更洽商这一关。要有明确的洽商变更程序和管理权限，防止令出多门，乱签洽商及不办理变更洽商擅自修改设计的现象发生。工程开始之前，要制订健全的技术资料收集保管制度，订出目标，明确分工，防止技术资料的散失，更要防止弄虚作假编造不实资料。

### 7. 参和质量事故的调查与处理

一旦发生了不符合规定的质量标准而达不到设计要求的情况（即发生了质量事故），要立即组织设计单位、施工单位和质量监督部门进行事故调查分析，查明发生质量事故的原因，对事故的严重程度和危害程度做出鉴定，并提出处理方案，经各方同意后，进行处理，再行验收。对整个事故的调查处理，要有完整的技术资料存档备查。

## 七、质量监督的任务和程序

质量监督是政府对建设工程质量实施的监督工作。根据国家有关规定，对一般民用建筑，在地方政府的领导下，按城市建立有权威的质量监督机构，一般的都要设立质量监督站，根据有关法规和技术标准，对本地区的工程质量进行监督。

质量监督站的主要任务是：贯彻执行国家和上级颁发的工程质量监督工作的法规、规定和技术标准；对建设工程质量、混凝土构件厂、商品混凝土搅拌站进行质量监督，对竣工工程进行质量核验，核定企业评定的工程质量等级；督促和帮助施工企业建立和完善质量保证体系；参加重大工程质量事故的处理；参加对企业等参的审定，参加新技术的鉴定工作。

质量监督的程序是：

1. 工程开工前，建设单位应持建设单位介绍信、施工许可证、开工批准书（外国企业还需要工商行政管理部门批准的登记注册证件）、工程的基本情况和地质勘探报告、设计图纸等到质量监督站办理注册监督手续，并按规定交纳监督费。

质量监督站在办理注册监督手续后15天内，确定该工程的质量监督员，拟定质量监督计划，确定质量监督重点，并进行质量监督工作的交底。

2. 工程施工中，质量监督站按确定核验的部位和项目进行检查，并随时对施工质量进行抽查。对质量监督站确定核验的部位、项目，工程项目的施工人员应按计划提前两天通知质量监督员到现场核验。经核验合格后，方可进行下道工序施工。

3. 工程完工后，项目经理应首先请建设单位、设计单位和本企业领导进行检验评定，在验评的基础上，由建设单位、施工单位向质量监督站申报核验，同时提交工程技术资料。经质量监督站核验合格后，方可交付使用和报竣工面积。

项目经理和有关人员应认真接受质量监督站对本工程项目所进行的质量监督工作，遵守质量监督的有关规定，虚心听取质量监督人员的意见，并为质量监督工作提供必要的方便。

质量监督是代表政府进行的，具有法律性质，所有工程都必须接受监督，因此，项目经理必须认真履行上述各种手续。

## 八、工程质量的统计指标

为了反映工程质量状况，审定施工企业的等级，国家规定考核工程质量的统计指标有两项。

一是单位工程一次核验合格率，这是考核施工企业对工程质量保证程度的指标。单位工程竣工后，在工程项目经理和企业领导组织自检的基础上，经质量监督站第一次核验，确认该工程质量达到合格（优良）时，即为单位工程一次核验合格。如发现有不合格时分项工程，确认不能评为合格予以验收时，需要修理再进行第二次核验，即为单位工程一次核验不合格。

二是工程质量优良率。这是考核建筑施工企业工程质量水平的指评。单位工程竣工后，经工程项目经理和企业领导组织自检的基础上，经质量监督或站上级主管质量部门核验为优良工程。

申报国家二级企业和省、市先进企业时，其单位工程一次核验合格率必须达到100 %。

申报国家二级企业时，建筑和安装施工企业的工程质量优良率要达到35 %；申报

省、市先进企业时，工程质量优良率要达到30 %。

此外，如发生工程质量事故，应按月、季、年统计上报质量事故次数、质量事故原因分析、损失金额等。其中重大质量事故应及时专题上报。

第二节 施工质量管理的具体实施

一、目标策划

（一）目标确定

目标管理是整个创优活动的开始，根据工程总体质量目标、工期目标、业主要求和安全文明施工目标，结合工程的具体情况和特点，确定工程的各阶段目标，还要将质量目标层层分解，落实到各分部、分项工程（参见表3 -1 及图3 -1）。围绕目标配备相应的资源，一方面要充分考虑目标实现的难易程度，也要考虑投标竞争的需要、工程造价和社会影响。目标是指引我们前进的方向，目标的确定要有科学性和可行性。目标一旦确定，就要强调严肃性，对业主、对社会的承诺，要不折不扣地兑现。

表3 -1 工程质量目标分解表

序号	分部工程	目标	主要分项优良率 (%)		主要分项优良率 (%)		主要分项优良率 (%)		主要分项优良率 (%)	
1	地基与基础工程	优良	钢筋工程	>90	混凝土工程	>90	防水工程	>98		
2	主体工程	优良	钢筋工程	>92	混凝土工程	>90		>90		
3	地面与楼面工程	优良	基层	>90	面层	>90				
4	门窗工程	优良	门窗安装工程	>90	玻璃安装工程	>90				
5	装饰工程	优良	内装饰工程	>90	外墙工程	>90	玻璃幕墙工程	>90		

续表

序号	分部工程	目标	主要分项优良率 (%)		主要分项优良率 (%)		主要分项优良率 (%)		主要分项优良率 (%)	
6	屋面工程	优良	防 火 工 程	>98	层 面 基 层	>90				
7	电 气 安 装 工程	优良	线 路 敷 设工程	>92	电 缆 及 电 缆 托 板安装	>90	电 气 器 具 设 备 工程	>90	避 雷 针 (网) 及 接 地 装 置	>90
8	水暖工程	优良	室 内 给 水工程	>90	室 内 排 水工程	>90	室 外 排 水工程	90	室 内 采 暖工程	>90
9	通 风 与 空 调工程	优良	风 管 制 作 安 装 工程	>90	空 气 处 理 设 备 安装	>90	防 腐 与 保温	>90	制 冷 管 道安装	>90
10	电 梯 安 装 工程	优良	拽 引 装 置组装	>92	导 轨 组 装	>90	电 器 装 置组装	>90	安 全 防 护装置	>90

(二) 建立完善的项目管理体系

组建项目经理部时，对每个部门、每个岗位的设置要科学合理，职责分明。人员选配上要由有创优经验、组织能力强、有责任感、技术过硬的管理人员组成能打硬仗的项目管理班子。项目应建立完善的质量岗位责任制，在项目开工之初或阶段工程开始时，制定项目质量岗位责任制度，明确领导班子成员的责任，确定每个部门的职责，最后落实到项目每个管理人员，并签订相应的质量岗位责任状，与个人收入挂钩，形成一个由项目经理为主责任人、项目总工和现场经理领导监控、各职能部门执行监督、分包队伍严格实施的网络化的项目组织体系（见图3 -2）。

(三) 建立项目质量程序

建筑企业应建立一套规范的项目质量管理程序，从工程的开工，施工过程质量管理、工程竣工验收、用户回访与维修、工程创优，形成一套统一、完整、系统的实施程序。



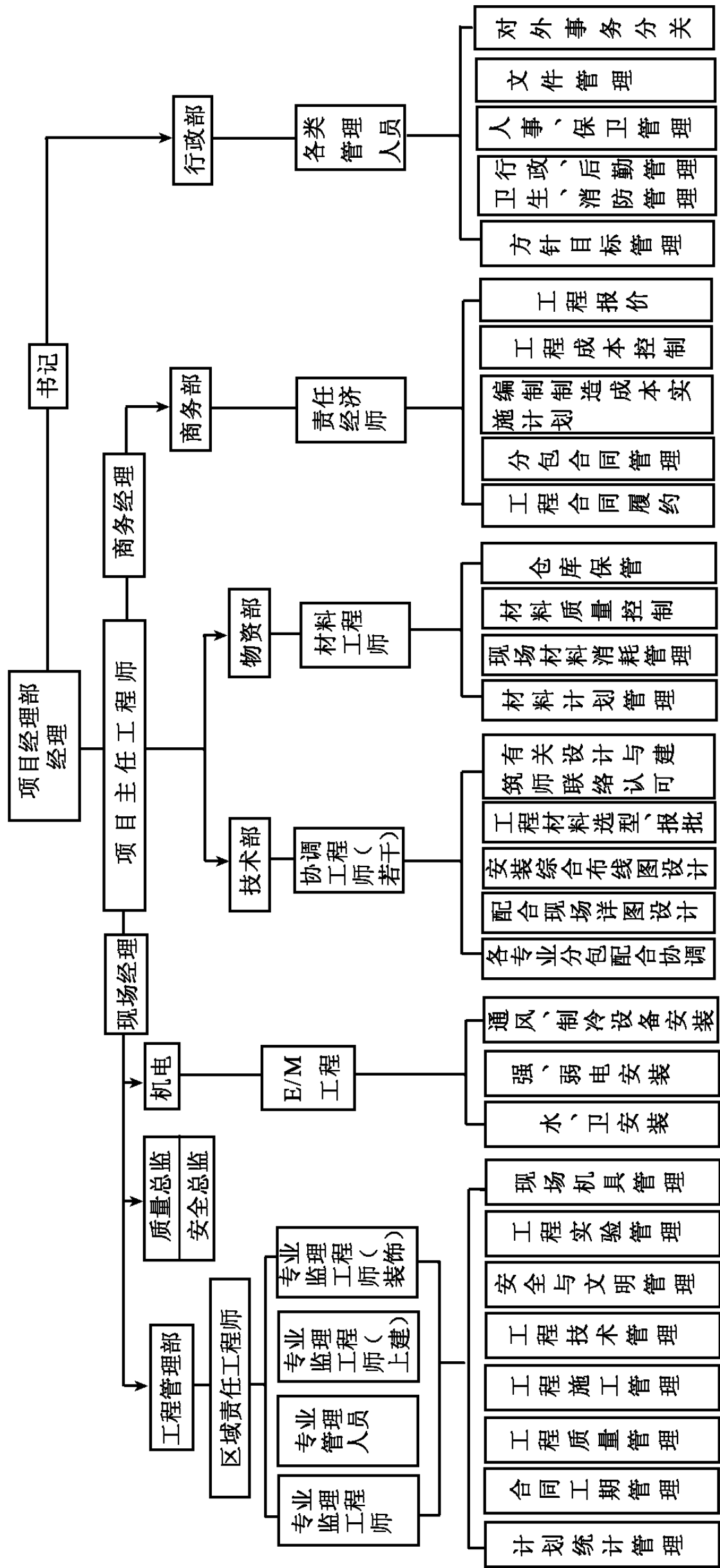


图3 -2 项目组织体系



(四) 工程质量计划、项目创优计划、质量检验计划等的编制

1. 质量计划的编制

(1) 目的

项目质量计划编制的目的，是为了确保企业质量方针在工程施工过程中自始至终得以认真贯彻执行，并通过严谨的技术管理与质量保证措施最终确保项目质量目标的顺利实现。一般情况下，质量计划应在项目经理部完成质量策划、确定资源配置和明确部门岗位管理职责后即可着手编制并尽快编制完毕，以便尽早贯彻执行。

(2) 依据

项目质量计划编制的依据主要为企业的质量体系形成的文件（如企业质量保证手册、程序文件等）、项目质量目标、施工组织设计及国家规范规程等。

(3) 内容

按ISO9002 质量管理体系运行的建筑企业的工程质量计划所包含的内容参照附录 . 住宅工程质量计划。

另外，由于各个工程的情况不同，如有的工程前期许多图纸还未到达，有的工程还分阶段招标，如果只编制一个质量计划，到工程中后期指导意义已经不大。针对这种情况，我们要根据工程的具体情况，将质量计划分为基础阶段、主体阶段、竣工阶段来制定和实施。

2. 质量检验计划

质量检验计划明确了分部、分项工程每道工序质量检验的工具、检测手段和标准。针对工程质量控制的难点和重点，制定工程创优控制措施、创优控制计划，并在施工中严格执行。

二、工程质量的预控

(一) 培训

1. 进行质量意识的教育

是增强全体员工的质量意识。工程开工前针对工程特点，由项目总（主任）工程师负责组织有关部门及人员编写本项目的质量意识教育计划。计划内容包括公司质量方针、项目质量目标、项目创优计划、项目质量计划、技术法规、规程、工艺、工法和质量验评标准等。通过教育提高各类管理人员与分包单位施工人员的的质量意识，人人树立百年大计、质量第一的思想，并贯穿到实际工作中去，以确保项目创优计划的顺利实

现。项目各级管理人员的质量意识教育由项目经理部总（主任）工程师及现场经理负责组织教育；参与施工的各分包方各级管理人员由项目质量总监负责组织进行教育；施工操作人员由各分包方组织教育，现场责任工程师及专业监理工程师要对分包方进行教育的情况予以监督与检查。

### 2. 加强对分包的培训

分包是直接的操作者，只有他们的管理水平和技术实力提高了，工程质量才能达到既定的目标，因此要着重对分包队伍进行技术培训和质量管理教育，帮助分包提高管理水平。项目对分包班组长及主要施工人员，按不同专业进行技术、工艺、质量综合培训，未经培训或培训不合格的分包队伍不允许进场施工。项目要责成分包建立责任制，并将项目的质量保证体系贯彻落实到各自施工质量管理中，并督促其对各项工作落实。

## （二）加强材料供应商的选择和物资的进场管理

### 1. 材料供应商的选择

结构施工阶段模板加工与制作、商品混凝土供应商的确定、钢筋原材及加工成品采用，装修阶段、机电安装阶段材料和设备供应商等均要采用全方位、多角度的选择方式，以产品质量优良、材料价格合理、施工成品质量优良为材料选型、定位的标准。同时要建立合格材料分供方的档案库，并对其进行考核评价，从中定出信誉最好的材料分供方。材料、半成品及成品进场要按规范、图纸和施工要求严格检验，不合格的立即退货。

### 2. 明确物资采购程序

无论是总包还是分包采购物资都必须提供样品或施工样板间，由业主、监理和设计单位（有必要时）及项目经理部有关部门人员进行定量评定，通过打分，确定入围者。

### 3. 材料采购与进场管理

首先做好材料选样报批工作，对于选定的材料要及时对材料样板进行封存。根据材料样板、选定的材料厂商，进行材料定货。材料定货计划要根据施工图纸要求及现场实际尺寸进行编制。材料进场严格执行检验制度，对照材料计划检查材料的规格、名称、型号、数量，看是否有产品合格证、材料检测报告，把好材料质量关。对于特殊及贵重材料要项目经理、主管责任工程师与现场材料员共同验收。材料进场后，对材料的堆放要按照材料性能、厂家要求进行。对于易受潮变形、变质的材料要上盖下垫，防止材料受潮变形。对于易燃、易爆材料要单独存放。对材料堆放地点要有预见性，尽量减少材料的搬运工作。材料在搬运工程中要注意，对于易碎、易损的材料要特别提出，必要时对工人做书面的搬运指导书。材料使用完毕要及时清理、回收，不得浪费材料。材料人

员应做好材料收发存台账，及时收集材料的材质证明及产品合格证。

（三）加强对图纸、规范的学习

严格按规范施工的工程才是精品工程，如北京市“结构长城杯”的一个重要宗旨是学规范。项目应定期组织技术人员、现场施工管理人员，以及分包的主要有关人员进行图纸和规范的学习，做到熟悉图纸和规范要求，严格按图纸和规范施工。同时也给图纸多把一道关，在学习过程中对图纸存在的问题及时找出，并将信息及时反馈给业主和设计单位。

（四）加强合同的预控作用

合同管理贯穿工程施工经营管理的各个环节，合同是约束自己也是保护自己必不可少的手段。我们要特别注重分包的选择，比较各分包方价格、工期、质量目标，细化合同的内容，将对分包的质量要求写入合同中，合同内容要力求全面严谨，责权明确。

三、过程质量监控

（一）对分包的管理

分包管理必须以合同为依据，各种管理依据为附件。因此在与分包合同谈判时，需从生产、技术、质量、安全、物质、文明施工等方面最大限度地要求分包，条款必须清楚，内容详尽、周全，把风险尽量转嫁给分包，为项目生产活动做好基础和铺垫工作。

在分包管理上很关键的问题是把分包管理融入总包管理中去，接受总包的组织和协调。在各分项工程施工前组织有分包技术人员参加的方案讨论，全面听取其合理意见和建议。在工程施工阶段可通过各种施工表格，责令分包定期按时填写上报，由总包审定。要求分包执行总包下达的各项施工方案、技术交底、整改通知、指令或指导书等。同时要注意多与分包主要管理人员沟通，了解他们的一些想法。对分包工作中一些好的做法、建议应给予表扬和支持，对分包出现的质量问题，不论大小一定不能放过，分析原因提出批评甚至罚款。

为加强和规范对分包的管理，项目可对分包制定分包管理手册。

（二）以施工组织设计和方案为龙头，建构创精品工程的技术基础

根据工程特点，开工前，制定需要编制的施工组织设计和施工方案的清单，明确时间和责任人。施工组织设计和方案在定稿前都要召开专题讨论会，充分参考有关部门及分包的意见。每个方案的实施都要通过方案提出 讨论 编制 审核 修改 定稿 交

底 实施几个步骤进行。方案一旦确定就不得随意更改，并组织项目有关人员及分包负责人进行方案书面交底。如提出更改必须以书面申请的方式报项目技术负责人批准后，以修改方案的形式正式确定。现场实施中，项目应派专人负责在施工组织设计和方案的现场实施中的跟踪调查工作，将方案与现场实施中不一致的情况及时汇报给技术负责人，通过内部洽商或修改方案（有必要时）的方式明确如何解决。

施工中有了完备的施工组织设计和可行的工程方案，以及可操作性强的技术交底，就要严格按方案施工，从而保证全部工程整体部署有条不紊，施工现场整洁规矩，机械配备合理，人员编制有序，施工流水不乱，分部分项工程施工方案科学合理，施工操作人员严格执行规范、标准的要求，有力地保证了工程的质量和进度。

### （三）制定完善的计划体系

完善的计划体系是掌握施工管理主动权、控制生产各方面的依据。它涉及面十分广泛，不仅指施工生产进度计划，而且还包括材料设备、劳动力供应计划及因现场条件制约的材料设备进场堆放计划，还涵盖各分包交叉作业的协调计划，以及现场文明施工等，并由此派生出一系列的技术保障计划、成本控制计划、物资供应计划等配套计划，做到各项工作有章可循，减少管理的随意性。

为了实现对业主工期目标的承诺，项目经理部要制定工程总进度计划，计划管理以施工总控进度计划为指导纲领，月施工进度计划作为阶段控制目标，将计划管理的控制单元划分为日计划，保证日计划就保证了周计划和月计划，从而确保施工进度计划目标的实现。为保证工程总控计划的完成，可在项目实行生产例会制度。考核当日计划的完成情况，总结当日工程质量、文明施工、安全生产，下达第二天的工作计划，协调人、机、料的投入和使用，落实责任，确保日计划的实施。

### （四）过程控制的有效制度

#### 1. 质量例会制度、质量会诊制度、每月质量讲评制度

##### （1）每周生产例会质量讲评

项目经理部可每周召开生产例会，现场经理要把质量讲评放在例会的重要议事议程上，除布置生产任务外，还要对上周工地质量动态作一全面的总结，指出施工中存在的质量问题以及解决这些问题的措施。措施要切合实际，要具有可操作性，并要形成会议纪要，以便在召开下周例会时逐项检查执行情况。对执行好的分包单位可进行口头表彰，对执行不力者要提出警告，并限期整改。对工程质量表现差的分包单位，项目可考虑解除合同并勒令其退场。

##### （2）每周质量例会

由项目经理部质量总监主持，参与项目施工的所有分承包行政领导及技术负责人参加。首先由参与项目施工的分承包方汇报上周施工项目的质量情况，质量体系运行情况，质量上存在问题及解决问题的办法，以及需要项目经理部协助配合事宜。

项目质量总监要认真地听取他们的汇报，分析上周质量活动中存在的不足或问题，并和与会者共同商讨解决质量问题所应采取的措施，会后予以贯彻执行。每次会议都要作好例会纪要，并分发与会者，作为下周例会检查执行情况的依据。

③ 每月质量检查讲评

每月底由项目质量总监组织分承包方行政及技术负责人对在施工工程进行实体质量检查，之后，由分承包方写出本月度在施工程质量总结报告交项目质量总监，再由质量总监汇总，建议以《月度质量管理情况简报》的形式发至项目经理部有关领导，各部门和各分承包方。简报中对质量好的承包方要予以表扬，需整改的部位应明确限期整改日期，并在下周质量例会逐项检查是否彻底整改。

2. 样板制度

即在分项（工序）施工前，由责任工程师依施工方案和技术交底以及现行的国家规范、标准，组织进行分项（工序）样板施工，在施工部位挂牌注明工序名称、施工责任人、技术交底人、操作班长、施工日期等。可将每一层的第一个施工段的各分部分项工程及重点工序都作为样板，请监理共同验收，样板未通过验收前不得进行下一步施工。同时分包在样板施工中也接受了技术标准、质量标准的培训，做到统一操作程序，统一施工做法，统一质量验收标准。

3. 三检制及检查验收制度

① 三检制

自检：在每一项分项工程施工完后均需由施工班组对所施工产品进行自检，如符合质量验收标准要求，由班组长填写自检记录表。

互检：经自检合格的分项工程，在项目经理部专业监理工程师的组织下，由分包方工长及质量员组织上下工序的施工班组进行互检，对互检中发现的问题上下工序班组应认真及时地予以解决。

交接检：上下工序班组通过互检认为符合分项工程质量验收标准要求，在双方填写交接检记录，经分包方工长签字认可后，方可进行下道工序施工。项目专业监理工程师要亲自参与监督。

② 检查验收制度

检查验收制度可用图3 -3 表示。

4. 挂牌制度

① 技术交底挂牌

在工序开始前针对施工中的重点和难点现场挂牌，将施工操作的具体要求，如；钢筋规格、设计要求、规范要求等写在牌子上，既有利于管理人员对工人进行现场交底，又便于工人自觉阅读技术交底，达到了理论与实践的统一。

2) 施工部位挂牌

执行施工部位挂牌制度；在现场施工部位挂“施工部位牌”，牌中注明施工部位、工序名称、施工要求、检查标准、检查责任人、操作责任人、处罚条例等，保证出现问题可以追查到底，并且执行奖罚条例，从而 提高相关责任人的责任心和业务水平，达到练队伍、造人才的目的。

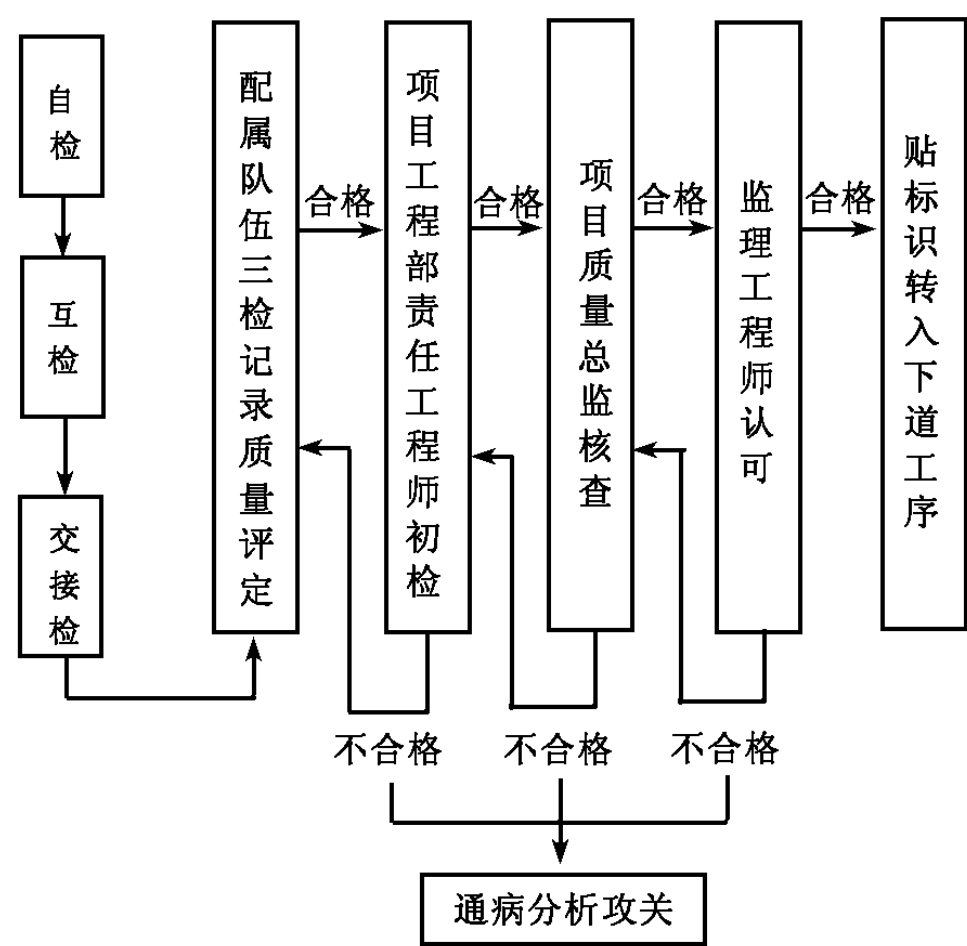


图3 -3 检查验收流程图

3) 操作管理制度挂牌

注明操作流程、工序要求及标准、责任人，管理制度标明相关的要求和注意事项等。如：同条件混凝土试块的养护制度就应注明其养护条件必须同代表部位混凝土的养护条件。

4) 半成品、成品挂牌制度

对施工现场使用的钢筋原材、半成品、水泥、砂石料等进行挂牌标识，标识须注明使用部位、规格、产地、进场时间等，必要时必须注明存放要求。

5. 问题追根制度

对施工中出现的 质量问题，追要制度是其最好的解决办法。追根工作按以下程序严格执行：

1) 会诊；

- ②) 查原因、挖根子；
- ③) 追查责任人；
- ④) 限期整改；
- ⑤) 验收结果，不达到效果不罢休；
- ⑥) 写总结，立规矩。

### 6. 奖惩制度

实行奖惩公开制，制定详细、切合实际的奖罚制度和细则，贯穿工程施工的全过程。由项目质量总监负责组织有关管理人员对在施作业面进行检查和实测实量。对严格按质量标准施工的班组和人员进行奖励，对未达到质量要求和整改不认真的班组进行处罚。

## 四、施工现场管理

### (一) 企业CI 形象的宣传

CI 是Corporate Identity（企业识别）的简称。CI 设计强调表现企业特征，而不是简单的标志或图案设计。CI 设计是一个系统，它通过各种视觉来塑造和强化企业形象。CI 系统包括：(1) 思想系统，即它包括企业宗旨、管理模式、经营理念、行为规范、活动方式和经营战略；(2) 识别系统，指公司名称、品牌、企业标志、产品包装和企业外形。识别系统的一个重要目的就是“塑造优秀的、特别的企业形象”。企业形象将会在公众头脑中相当长的时间内起决定作用。识别系统的要素包括企业名称与标志，企业员工的言行举止、服装仪表，环境和建筑物，商品，传媒形象等。

当前大部分建筑企业已经意识到自身形象的宣传，有的企业已制定了CI 战略，对企业在施工的CI 形象宣传进行了统一的规定，在开工之初就对工程进行CI 形象策划。对项目的CI 形象的策划采取如下建议：

1. 保证行政办公用品及对外交流手段统一：使用公司统一印制、订做、订购的信纸、信封、便笺、请柬、传真纸及礼仪用品、会议桌等。

2. 保证现场临建的标准、统一：对现场现有房屋按公司统一标准进行粉刷整修；办公室、会议室配置，按公司CI 统一要求进行；办公用房、食堂、卫生间等按统一相应规定装修、配置；保证现场各办公室、会议室门牌、各类指示性、警示性标牌的统

3. 项目员工着装：项目经理部员工在现场工作期间一律着企业工装；外联队伍要求服装整齐、统一，与本企业的工装有区别；现场警卫人员着经济警察制服。

项目全体人员佩戴由本企业统一制作的胸卡。

安全帽有企业统一标准，正面贴司徽。现场管理人员、现场操作人员、外联队伍、专职安全监督人员的安全帽要有明显的区分标志。

4. 项目现场正对大门，可根据业主的意见决定是否并排放置放大的业主要求与公司质量方针标牌，两侧相对放置工程简介、现场平面布置、组织机构、公司简介、安全生产、质量保证、消防保卫、环境保护等其他标牌。现场围墙上方设置固定支架，根据国家、社会重要时事，经常性张挂公益性标语，显示本工程建设者关心公益之良好形象。

5. 设专人负责工地周边地区的清洁工作，保证施工期间周边环境在某些方面好于平时，树立业主与公司之良好形象。

6. 施工脚手架搭设完成后，结构主体统一用绿色密目网全封闭围挡，其中在施工层用专用隔声防尘幕布围挡。主体施工至3层以上时，在最高层顶端（即隔声布顶端）临街面或四面张挂横式条幅，书“某某公司”或“某某公司承建某某工程”。主体施工至6层以上时，视条件张挂本公司大型广告布一块，书“某某公司”，并着公司司徽；同时张挂业主大型广告布一块，并着其司徽。

### （二）环境保护

#### 1. 防尘措施和防止运输遗洒

##### （1）土方施工

土方铲、运、卸等环节设置专人淋水降尘。现场一般情况下不堆放土方，如特殊情况需在现场堆放时，应采取覆盖、表面临时固化、及时淋水降尘等措施。开挖、回填施工时，指派专人将运土车大箱上两侧土方拍实，并用苫布盖好，避免途中遗洒和运输过程中造成扬尘。在出大门口外马路上铺设草垫，用于扫清运土车轮胎上外带土块。

##### （2）施工现场道路

为降低施工现场扬尘发生，施工现场主要道路，采用硬化路面；每天派专人随时清扫现场主要施工道路，并适量洒水压尘，达到环卫要求。

##### （3）施工现场地面

要进行洒水防尘，木工操作面要及时清理木屑、锯末，并要求木工棚和作业面保持清洁；钢筋棚内，加工成型的钢筋要码放整齐，钢筋头放在指定地点，钢筋屑当天清理。

##### （4）区域清理

施工现场的区域施工过程中要作到工完场清，以免在结构施工完未进入装修封闭阶段，刮风时将灰尘吹入空气中；各区域内的建筑垃圾随着区域施工的进展及时清理，要求活完底清，不许将垃圾从高处直接倒入低处，每个区域要设有垃圾区，即时将垃圾运



人垃圾站。

⑤) 加设安全防护网

施工建筑物外围立面采用密目安全网封闭或半封闭，降低楼层内风的流速，阻挡灰尘影响建筑物周围的社区环境。

⑥) 垃圾堆放区

施工现场建筑垃圾设专门的垃圾堆放区，并将垃圾堆放区设置在避风处，以免产生扬尘，同时根据垃圾数量随时清运出施工现场，运垃圾的专用车每次装完后，用苫布盖好，避免途中遗洒和运输过程中造成扬尘。

## 2. 噪声控制

①) 调整施工噪声分布时间。根据环保噪声标准（分贝）日夜要求的不同，合理协调安排施工分项的施工时间，将容易产生噪音污染的分项如混凝土施工尽量安排在白天施工，避免混凝土罐车和振动棒扰民。

②) 敏感区域施工应在噪声影响区域的作业层采用降噪安全围帘包裹。

③) 施工现场的木工棚应作封闭处理，并能有效降低噪声。

④) 因施工需要场地噪声超过标准限制，或因工艺等技术原因需连续施工，必须报建设部门批准，并在环保部门备案，并按规定对周围居民发放扰民费。

## 3. 废水管理

①) 开工前应到环保部门进行排污申报登记。

②) 临建阶段，统一规划排水管线：建立雨水排水系统，并入市政雨水管网；建立独立的污水管网，并与市政污水管网相接。

③) 现场厕所所产生的污水经过分解、沉淀后通过施工现场内的管线排入市政的污水管线，清洁车每月一次对化粪池进行处理。

④) 施工现场食堂设隔油池，将食堂产生的油污经过沉淀隔油后将下水排入市政的污水管线，每周一次清理隔油池；设食物残渣桶并能及时进行处理，以减少食物残渣流入市政管线。

⑤) 罐车冲洗、运土车清洗所产生的污水初步沉淀后排入市政污水管线，定期将池内的沉淀物清除。

⑥) 施工现场试验室产生的养护用水通过现场排水管线排到市政管线，严禁出现在施工现场乱流现象。

## 4. 限制光污染

探照灯尽量选择既能满足照明要求又不刺眼的新型灯具或采取措施，使夜间照明只照射工区而不影响周围社区居民休息。

### 5. 易燃、易爆、油品及化学品的管理

(1) 储存：储存在专用仓库内，分类存放，设专人严格管理，并建立台帐，定期清点。

(2) 领用：对领用人、领用品、领用数量。领用日期进行登记，控制领用数量。

(3) 防止施工现场火灾事故发生：对现场施工管理人员和操作人员进行消防培训，增强消防意识。对电锯房、木工棚、油库、化学品仓库等一律配备符合规定的灭火器，严格落实各项消防规章及防火管理制度。

### 6. 降耗节能措施

项目经理部要安装水表、电表，随时了解用水用电情况，及时发现水电浪费情况，加以限制。经常对现场所有供水阀门进行检测、维修、更换，杜绝跑、冒、滴、漏；项目各部门要制定节约纸张计划，非机密性办公用纸必须两面使用，废纸应回收，推行无纸化办公，信息无纸化管理和网络化传输。

## (三) 安全文明施工

安全文明施工是建筑企业施工阶段的重要内容，关系到工程能否顺利进行，影响到周围社区人民的工作和生活，也是生产效益和社会效益的保证。

施工现场人员要严格遵守有关消防、保卫方面的法令和法规，配备专兼职消防保卫人员，制定有关消防保卫管理制度，完善消防设施，消除事故隐患。新进场工人要进行安全教育和防火教育，把消防安全、保卫工作提到政治影响的高度去考虑，杜绝任何可能出现的安全隐患。

### 1. 洞口安全控制

#### (1) 洞口防护的设置

凡洞口两边长中其中一边长1000mm 的，要做防护用钢筋。其上加盖板或加防护栏及加盖小眼安全网。

洞口两方向长度都大于（含等于）1000mm 的洞口，必须在四周搭设两道防护栏杆，防护栏杆高度不低于1.2m，洞口内挂水平安全网，并加挂防止坠落安全标志。

#### (2) 洞口的安全规定

严禁私自拆除洞口的防护设施。

利用较大洞口上下传递模板时必须有操作平台，平台应设防护栏。

在开放的洞口（大于1000mm）处工作时，必须挂安全带。

经常检查各洞口防护设施及安全标志情况，发现损坏及时整改。

楼梯间附近必须有足够照明，暂不使用的楼梯间及通道口加两道隔离栏杆，并设

置禁止通行安全标志。

### 2. 钢筋工程安全控制

#### (1) 钢筋加工

钢筋机械如钢筋切断机、钢筋弯曲机、砂轮切割机要有漏电保护器。砂轮切割机要有砂轮防护罩，严禁使用不圆、有裂纹和直径小于25cm的锯片。钢筋机械传动部位必须有防护罩。人员操作应避开钢筋运动方向，停用机械时将电源切断。

#### (2) 钢筋施工

钢筋吊运由持证起重工指挥、严守操作规程。

无论采用何种焊接方法，在现场焊接操作必须有操作架（特别是绑扎、焊接梁钢筋时），操作架上必须铺跳板，绑好防护栏杆，在极特殊情况下（如焊接柱筋或墙钢筋的特殊部位），难以搭设防护架时操作人员应挂好安全带。所有焊接操作人员必须经考试合格持证上岗。

#### (3) 临电安全

钢筋施工时，金属物极多，电气危险性最大应注意以下问题：

电焊机：一次线不得超过3m，二次线不得超过30m，焊机一、二次侧必须有防护罩，二次线必须双线到位，二次零线、焊把线严禁用钢筋或钢管代替。

#### 电渣压力焊

必须接用漏电保护器，有专用的开关电箱，一次线不得任意接长，并保证有两极以上漏电保护。

所有电缆线及电焊把线不得拖地，不得被钢筋、钢管压砸，电缆必须架空。

乙炔、氧气瓶不得放置在焊点下方，它们之间要保持安全距离。

### 3. 混凝土工程安全控制

#### (1) 混凝土浇筑使用机具

塔吊：由持证起重工指挥，严守操作规程。

地泵：在指定电箱接线；地泵输送管接头必须卡紧。

振捣棒：要求绝缘良好。

#### (2) 人员操作

在溜槽上工作，必须有操作面及防护栏杆，溜槽上铺跳板；接拆地泵输送管时，工人在泵管架子上应挂安全带；操作振捣棒应戴绝缘手套。

#### (3) 临时用电

振捣棒应有专用开关箱，接漏电保护器（必须达到两极以上漏电保护）。

电缆线必须架空，严禁落地。

振捣棒线严禁任意接长。

夜间施工必须有足够的照明。

### 4. 机械安全控制

- (1) 所有机械、机具的安全装置必须完好。
- (2) 所有电动机械必须保证其绝缘良好，并接用漏电保护器。
- (3) 大型机械必须由持证人员操作，并严格遵守本工种操作规程。
- (4) 使用木工机械、机具严禁戴手套。
- (5) 使用振捣棒、打夯机等移动式机械设备应戴绝缘手套并穿绝缘鞋。
- (6) 塔吊必须由持证起重工指挥。
- (7) 各分包建立机械安全管理制度，由项目安全员监督执行。

### 5. 脚手架安全控制

- (1) 脚手架上必、须铺跳板，有防护栏杆，严禁在单跳板、飞跳板上作业。
- (2) 脚手架上严禁堆放模板、钢筋和其他杂物。
- (3) 严禁攀爬脚手架，严禁踩在钢管上操作。
- (4) 未经批准任何人不得私自拆除各种脚手架。
- (5) 在独立柱架上严禁堆放过多的钢筋套，在高且难以防护的位置操作时人员应挂安全带。
- (6) 在梁操作架上，铺梁底摸前必须在两侧铺好跳板、做好防护栏；人员操作必要时挂安全带。
- (7) 特殊部位的脚手架（如上人马道等）在其出入口处加挂安全标志牌。

### 6. 模板工程安全控制

#### (1) 模板加工

加工机械：木工机械，要严格使用倒顺开关。

圆锯：有皮带防护罩；有锯片防护罩和分料器；接用漏电保护器。特别注意用木工多用机械时，严禁电锯和电刨同时使用，必须采用隔离措施。

电刨：传动轴和皮带有防护罩和电刨护手装置接用漏电保护器。

电锯和电刨严禁带伤作业，特别是锯片发现裂纹立即更换。

人员操作：使用木工机械严禁戴手套；锯长度小于50cm 或厚度大于锯片半径的木料严禁使用电锯；使用电锯、电刨时，两人操作时注意相互配合，不得硬拉硬拽避免伤人，机械停用时断电加锁。

#### (2) 现场施工

现场加工的安全防护：使用手电锯和手电刨时严禁戴手套。

支模板：

- a. 支柱模、梁底模之前必须先搭好柱、梁脚手架，两侧铺跳板、设防护栏杆。
- b. 支顶板模板要搭好脚手架。
- c. 支电梯井模板、梁模板或其他模板，若没有可靠的防护架时，操作人员必须挂好安全带。

拆模板：

在拆柱模前不准将柱脚手架拆除。利用塔吊拆柱模时应有起重工配合，木工在拆除时必要时挂安全带。

### (四) 建筑工程流水施工

#### 1. 流水施工的基本概念

工业生产的实践证明，流水作业法是组织生产的有效方法。它的基本原理也适用于建筑工程的生产组织。因为建筑施工同样具有连续性、均衡性的特点，所以它也可以用流水作业法组织施工。

流水施工是将拟建工程在平面上划分为若干个工程量基本相等的施工段，并使其每个施工过程都有相应的专业队依次在同一时间内、不同空间上完成其施工任务，达到有节奏的、均衡施工的目的。

#### 2. 流水施工的主要参数

流水施工是一系列生产活动，是施工过程在时间上、空间上的进展。流水施工的主要参数，按其性质的不同，一般分为工艺参数、空间参数和时间参数三种。

(1) 工艺参数。工艺参数是指参与流水施工的施工过程数目，以符号“N”表示。所谓施程是对某项工作由开始到完了的整个过程的泛称。其内容应根据结构特点，编制进度的需要、确定的施工方案、劳动组织等为依据，以能指导施工为原则。

(2) 空间参数。空间参数是指工程对象在组织流水施工中所划分的施工区段的数目，以符号“M”表示。划分施工段的目的就在于使各施工队（组）能在不同的工作面上平行进行作业，为各施工队（组）依次进入同一工作面进行流水作业而创造条件。因此，划分施工段是组织流水作业的基础。在划分施工段时，应遵循以下原则：

各施工段上所消耗的劳动量应力求大致相等。相差幅度不宜超过15%。

要有足够的工作面，以满足专业工种对工作面的要求；

要考虑结构的整体性，分界线宜划在伸缩缝、沉降缝以及对结构整体性影响较小的部位；

划分的施工段数应适中，过多了势必要减少人数，致使工期拖长；过少了则又往

往会引起资源消耗过分集中，甚至不能保证施工队（组）连续作业；

当组织楼层结构的流水施工时，因为上一层楼的施工必须待下一层楼结构完成后才能开始。因而每层最少施工段数  $M_{min}$  应满足：

$$M_{min} \geq N \text{ 或 } M_{min} \geq \frac{b}{\text{工作队数}}$$

(3-1)

式中  $b$  为工作队（组）数。



注：■、□、△、○ 表示施工段数。

图3 -4 当  $M = N$  时的流水作业

例如：一个二层现浇钢筋混凝土框架工程，施工过程数  $N = 4$ ，各工作队在各施段上的工作时间  $t = 1$ ，则施工段数  $M$  与施工过程数  $N$  之间有三种情况：

第一种情况当  $M = N$  时，如图3 -4。

当  $M = N$  时，施工队（组）连续施工，施工段上无间歇，工期11 天，是比较理想的情况。

第二种情况当  $M > N$  时，如图3 -5。



注：■、□、△、○ 表示施工段数。

图3 -5 当  $M > N$  时的流水作业



图3 -6 当 M <N 时的流水作业

当 M >N 时，施工队（组）仍能连续施工，但每层混凝土浇筑完之后不能立即进行扎柱钢筋，因为第一层第 施工段的扎柱钢筋尚未完工，施工队（组）不能及时进入第二层第 段进行施工，这时施工段上出现停歇，致使工期延至13 天。但这不一定有害，这时可利用停歇的时间做养护、备料、放线等准备工作。但施工段数目过多，工作面减小，施工队人数减少，势必延长工期。

第三种情况当 M <N 时，如图3 -6。

当 M <N 时，尽管施工段上未出现停歇，但因施工队（组）不能及时投入第二层施工段进行施工，则各队（组）不能保持连续施工造成窝工。因此，采用这种方式对一个建筑物组织流水作业是不合适的。但在建筑群中可与另一些建筑物组织大流水施工，消除窝工现象。

综上所述可知当有层高关系时，组织流水作业，每层 M<sub>min</sub> N。对于一个施工过程有多个施工队（组）的加快成倍节拍流水时，则每层 M<sub>min</sub> b，即每层最少施工段数，至少应等于成各施工过程的工作队数之和。当有技术间歇要求时，每层最少的施工段数为：

$$M_{min} = N + \frac{Z}{K}$$

(3 -2 )

式中 Z ——每层各施工过程间要求的技术间歇时间的总和；  
K ——流水步距；

N ——施工过程数（加快成倍流水时为施工队数总和 b）。

当无施工层高关系时，施工段数的划分不受此约束。此外，施工段划分还受垂直运

输方式和进料的影响。如采用塔吊时分段可多些，采用井架则可少些。

③) 时间参数。时间参数一般有流水节拍、流水步距和工期等。

流水节拍。流水节拍是指从事某一施工过程的施工队（组）在一个施工段上完成任所需的时间，用符号 $t_i$ 表示 ( $i = 1、2 \dots\dots$ )。

流水节拍的大小直接关系到投入的劳动力、材料和机械的多少，决定着施工速度和施工节奏。因此，合理确定流水节拍，具有重要意义。通常可按下式确定：

$$t_i = \frac{p_i}{R_i b} = \frac{Q_i}{S_i R_i b} \tag{3 - 3}$$

$$t_i = \frac{p_i}{R_i b} = \frac{Q_i H_i}{R_i b} \tag{3 - 4}$$

- 式中  $t_i$ ——某施工过程的流水节拍；
- $p_i$ ——在一个施工段上完成某施工过程所需的劳动量（工日数）或机械台班量（台班数）；
- $R_i$ ——某施工过程施工队（组）人数或机械台数；
- $b$ ——每天工作的班数；
- $Q_i$ ——某施工过程在某工段上的工程量；
- $S_i$ ——某施工过程的每工日（或每台班）产量定额；
- $H_i$ ——某施工过程采用的时间定额。

公式是根据工地现有施工队（组）人数或机械台数以及能够达到的定额水平来确定流水节拍的。在工期确定的情况下，也可以根据工期要求先确定流水节拍，然后应用上式求出所需的施工队（组）人数或机械台数。显然，在一个施工段上工程量不变的情况下，流水节拍越小，则所需施工队（组）人数和机械设备台数就越多。

流水步距。流水步距是指施工工艺上前后两个相邻的施工过程（或工作队），先后投入同一个流水段所间隔的时间，通常用符号 $K_{i,i+1}$ 表示 ( $i$  表示前一个施工过程； $i+1$  表示后一个施工过程)。

流水步距的大小，对工期有较大的影响。在施工段不变的情况下，步距越大则工期越长；步距越小则工期越短。流水步距还与前后两个相邻施工过程流水节拍的大小、施工工艺技术要求、是需要有间歇时间、流水段数目、组织方式等有关。在流水施工中，如果同一施工过程在各施工段上的流水节拍相等，则各相邻施工过程之间的流水步距可按下式计算：

$$K_{i,i+1} = \begin{cases} t_i + (t_j - t_d) & \text{〔当 } t_i \leq t_{i+1} \text{ 时〕} \\ Mt_i - (M - 1)t_{i+1} + (t_j - t_d) & \text{〔当 } t_i > t_{i+1} \text{ 时〕} \end{cases}$$



(3 -5 )

式中  $t_i$ ——第*i* 个施工过程的流水节拍；  
 $t_{i+1}$ ——第*i+1* 个施工过程的流水节拍；  
 $t_j$ ——第*i* 与*i+1* 施工过程之间的间歇时间；  
 $t_d$ ——前后两施工过程之间的容许搭接时间；  
 $M$ ——为划分的施段数。

工期。工期是指完成一工程任务或一个流水组施工所需的时间，通常用*T* 表示。

$$T = K_{i,i+1} + T_N \tag{3 -6}$$

式中  $K_{i,i+1}$ ——为流水施工中各流水步距之和；  
 $T_N$ ——为流水施工中最后一个施工过程的持续时间。

[例] 根据条件及公式 (3 -5) 计算各流水步距：

因为 $t_A < t_B$  ,  $t_j = 0$  ,  $t_d = 0$  , 所以

$$K_{A \cdot B} = T_A + (t_j - t_d) = 3 + 0 = 3 \text{ 天}$$

又因为 $t_B < t_C$  ,  $t_j = 2$  ,  $t_d = 0$  , 所以

$$K_{B \cdot C} = t_B + (t_j - t_d) = 4 + (2 - 0) = 6 \text{ 天}$$

又因为 $t_C < t_D$  ,  $t_j = 0$  ,  $t_d = 0$  , 所以

$$\begin{aligned} K_{C \cdot D} &= M t_C - (M - 1) t_D + (t_j - t_d) \\ &= 4 \times 5 - (4 - 1) \cdot 3 + (0 - 0) = 11 \text{ 天} \end{aligned}$$

该工程的工期：

$$\begin{aligned} T &= K_{i,i+1} + T_N = K_{A \cdot B} + K_{B \cdot C} + K_{C \cdot D} + M \cdot t_D \\ &= (3 + 6 + 11) + (4 \times 3) = 32 \text{ 天} \end{aligned}$$

该工程的流水施工进度安排如图3 -7 所示。

3 . 流水施工的基本方式

建筑工程的流水施工要求有一定的节拍，才能步调和谐，配合得当。流水施工的节奏是由流水节拍所决定的。由于建筑工程的多样性，各分部分项工程量差别较大，要使所有的流水施工都组织成统一的流水节拍是很困难的，在多数情况下，各施工过程的流水拍不一定相等，甚至一个施工过程各施工段上的流水节拍也不相等。因此，流水施工可分为有节奏流水和无节奏流水两大类。

(1) 有节奏流水。有节奏流水是指同一施工过程在各施工段上的流水节拍都相等的施工方式。它又分为等节奏流水和异节奏流水。

等节奏流水。等节奏流水是指所有施工过程的流水节拍都相等的施工方式。即各施工过程之间的流水节拍等于常数，故也叫全等节拍流水。它根据流水距的不同有两种

情况：

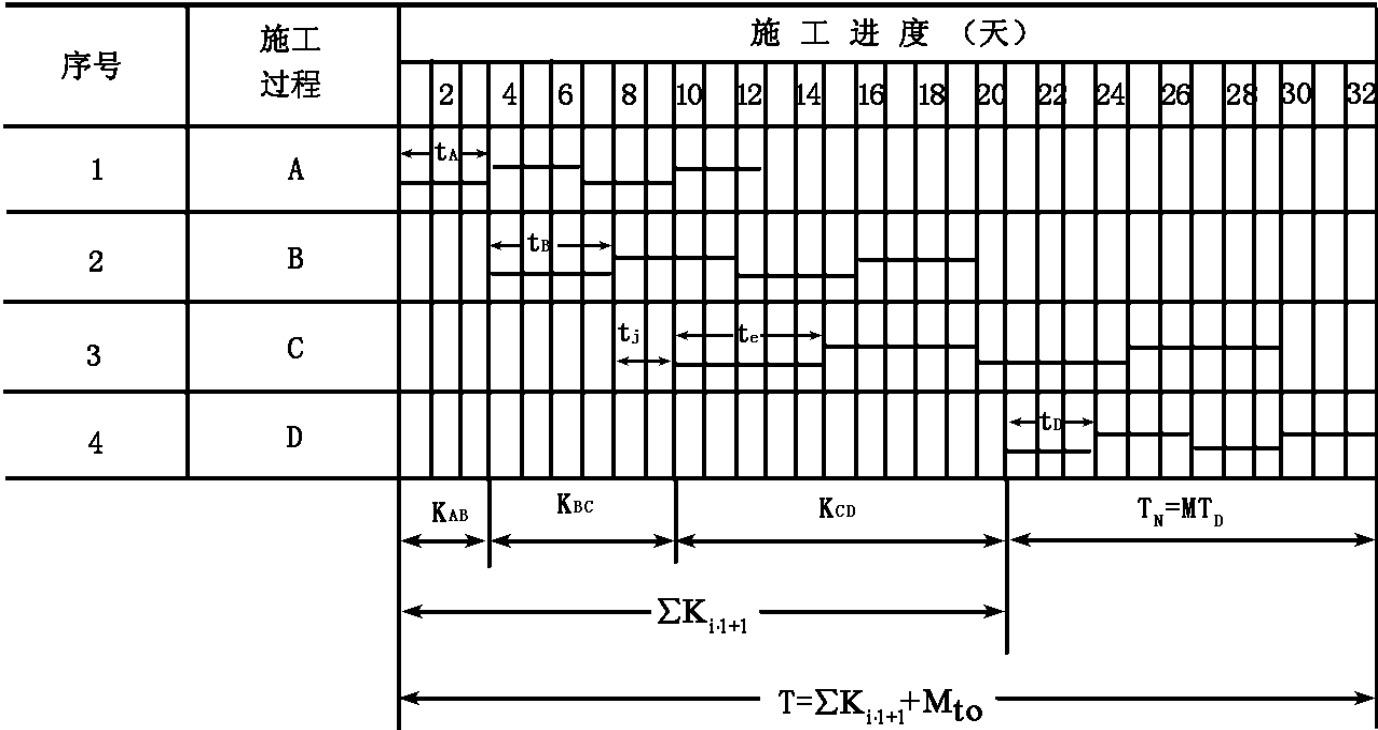


图3 -7 某工程流水施工进度安排

第一种情况等节拍等步距流水。即各流水距值均相等，且等于流水节拍值。各施工过程之间没有技术与组织间歇时间，也不安排同一施工段上搭接施工。

根据工期计算公式 (3 -6)，可得等节拍等步距流水施工的工期计算公式：

因为 $K = t$ ，则  $K_{i,i+1} = (N -1) \cdot K$  ,  $T = M \cdot t$

所以 $T = (N -1) \cdot K + M \cdot t$

$$= (N + M -1) \cdot K \tag{3 -7}$$

或  $T = (N + M -1) \cdot t \tag{3 -8}$

第二种情况等节拍不等步距流水。即各施工过程的流水节拍全部相等，但流水步悄相等，且有的步距等于节拍，有的步距不等于节拍。这是由于各施工过程之间，有技术与组织间歇时间，或安排搭接施工所致。

这种等节拍不等步距流水施工的工期计算公式推导如下：

因为 $t_i = t$  ,  $K_{i,i+1} = t + t_j - t_d$

所以  $K_{i,i+1} = (N -1) \cdot t$  ,  $t_j - t_d$

$$T = K_{i,i+1} + T_N = (N -1) \cdot t + t_j - t_d + M \cdot t \tag{3 -9}$$

即  $T = (N + M -1) \cdot t + t_j - t_d$

式中  $t_j$ ——所有间歇时间的总和；

$t_d$ ——所有搭接时间的总和。

全等节拍流水一般适用于工程规模较小、建筑结构简单、施工过程不多的房屋或构

筑物。常用于组织一个分部工程的流水施工。

异节奏流水。异节奏流水是指同一施工过程在各施工段一的流水节拍都相等，但不同施工过程之间的流水节拍不完全相等。它又分为成倍节拍流水和不等节拍流水两种。

A．成倍节拍流水：是指同一施工过程在各个施工段的流水节拍相等。不同施工过程之间的流水节拍不完全相等，但各施工过程的流水节拍均为其中最小节拍的整倍数。

为充分利用工作面，加快施工进度，流水节拍大的施工过程应相应增加班组数，每个施工过程所需班组数由下式确定：

$$b_i = \frac{t_i}{t_{\min}} \tag{3-10}$$

式中  $b_i$ ——某施工过程的流水节拍；  
 $t_{\min}$ ——所有流水节拍中的最小节拍。

对于成倍节拍流水施工，任何两个相邻施工班组间的流水步距，均等于所有流水节拍中的最小节拍值。即：

$$K = t_{\min} \tag{3-11}$$

成倍节拍流水的工期按下式计算：

$$T = (M + N - 1) \cdot t_{\min} \tag{3-12}$$

式中  $N$  ——施工班组总数目 ( $N = \sum b_i$ )。

成倍节拍流水实质上是一种不等节拍等步距的流水施工，适用于房屋建筑和线型工程（如道路、管道等）的施工。

B．不等节拍流水：是指同一施工过程在各个施工段的流水节拍相等，不同施工过程之间的流水节拍既不相等也不成倍数。不等节拍流水实质上是一种不等节拍不等步距的流水施工，适用于施工段大小相等的工程。不等节拍流水的流水节拍按 (3-3) 或 (3-4) 计算；流水步距按 (3-5) 式计算；工期按 (3-6) 式计算。

组织不等节拍流水的基本要求是：各施工班组尽可能依次在各施工段上连续施工，允许有些施工段出现空闲，但不允许多个施工班组在同一施工段上交叉作业，更不允许发生工艺顺序颠倒的现象。

2) 无节奏流水。无节奏流水是指同一施工过程在各施工段上的流水节拍不完全相等的一种流水方式。其流水节拍按 (3-3) 或 (3-4) 式计算；工期按 (3-5) 式计算；流水步距采用“累加数列错位相减取大差”法计算。

例如：已知施工过程数  $N = 3$ ，施工段数  $M = 4$ ，流水节拍如表3-2，现按“累加数列错位相减取大差”法求各流水步距及工期，并绘流水施工进度图。

表3 -2 某工程流水节拍

<div>施 工 段</div> <div>施 工 过 程</div>				
A	2	4	3	2
B	3	2	3	2
C	4	2	3	4

第一步：将各施工过程的流水节拍累加求数列。

过程A :2、(2 +4 ) =6、  
(6 +3 ) =9、(9 +2 ) =11 ；

过程B :3、(3 +2 ) =5、  
(5 +3 ) =8、(8 +2 ) =10 ；

过程 :C :4、(4 +2 ) =6、(6 +3 ) =9、(9 +4 ) =13。

第二步：相邻数列错位相减取大差值作为其相应的流水步距。

	2	6	9	11	0			3	5	8	10	0	
- )	0	3	5	8	10			- )	0	4	6	9	13
<hr/>													
	2	3	4	3	-			3	1	2	1	-	

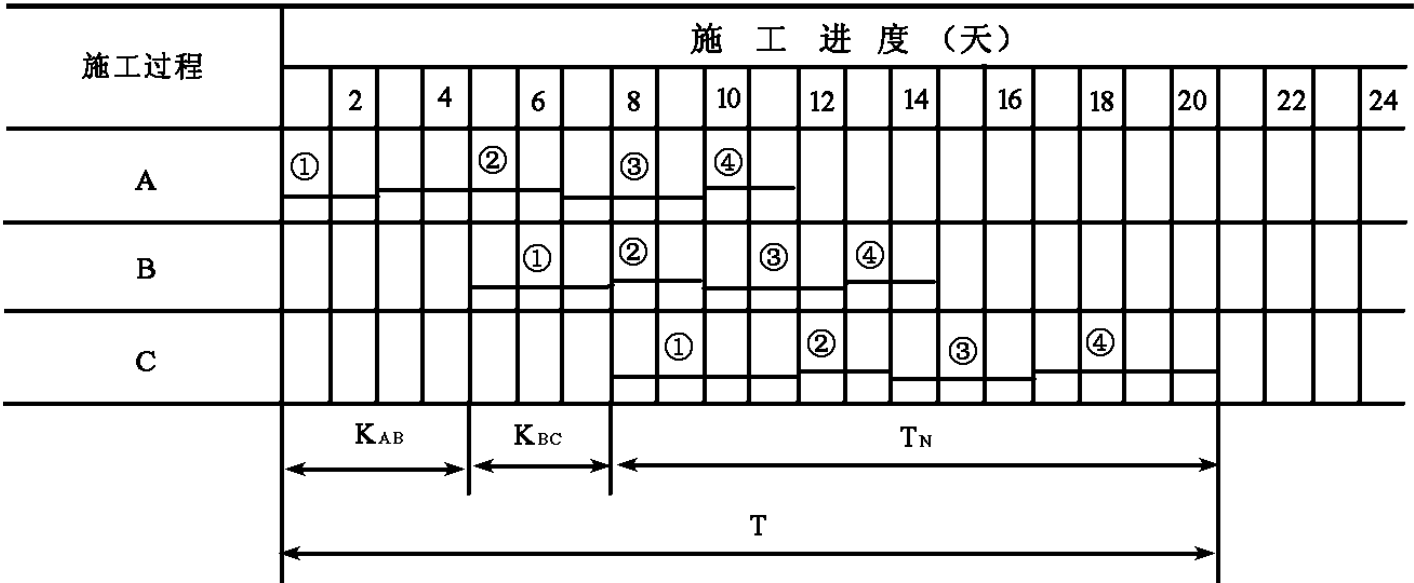
$K_{AB}=4$

$K_{BC}=3$

第三步：工期计算

$T=K_{i+1}+T_N=4+3+(4+2+3+4)=20$  天

第四步：绘流水施工进度图如下：



无节奏流水不象有节奏流水那样有一定的时间约束，在进度安排上比较灵活、自由，适用于各种不同结构和规模的工程施工组织，应用比较广泛。

上述各种流水施工的基本方式中，全等节拍和成倍节拍比较适用于组织专业流水或细部流水。对一个单位工程、特别是大型的建筑群来说，要求所划分的各分部、分项工程都采用相同的流水参数组织施工，往往是不容易做到，这时常采用“分别流水法”组织施工。

所谓分别流水法，就是将若干个分别组织的专业流水（分部工程流水），按照施工工艺顺序和要求搭接起来，组织成一个单位工程或建筑群的流水施工。由于分别流水法是以一个分部工程流水（专业流水）为基础，而且不受施工段数、流水节拍和流水步距的约束，比较方便、灵活，是流水施工中应用最多的一种施工组织方法。

### 第三节 项目技术管理

#### 一、技术管理的任务和作用

工程项目技术管理的任务是：在所承包的工程项目建设过程中，运用管理的职能（即计划、组织、指挥、协调和控制），去促进技术工作的开展，使之正确贯彻国家的技术和上级有关技术工作的指示与决定，科学地组织各项技术工作，建立良好的技术秩序，保证生产过程符合技术规范、规程和技术规律，以保证高质量地按期完成该工程项目，使技术与经济、质量与进度达到统一。

工程项目技术管理在整个管理工作中的作用，主要表现在以下几个方面：

- 1．保证施工过程符合技术规律的要求，保证施工按正常秩序进行。
- 2．通过技术管理，不断提高技术管理水平和职工的技术素质，能预见性地发现问题，最终达到高质量完成工程。
- 3．充分发挥施工中人员及材料、设备的潜力，针对工程特点和技术难题，开展合理化建议和技术攻关活动，在保证工程质量和生产计划的前提下，降低工程成本，提高经营效果。
- 4．通过技术管理，积极研究与推广新技术，促进技术现代化，提高竞争能力。

#### 二、技术管理的内容

建筑工程的施工是一种复杂的多工种操作的综合过程、其技术管理所包括的内容也

较多，其主要内容包括：

属于技术准备阶段的有：“三结合”设计，图纸的熟悉审查及会审，设计交底，编制施工组织设计及技术交底。

属于工程实施阶段的有：工程变更及洽商，技术措施，技术检验，材料及半成品的试验与检测，技术问题处理，规范、规程的贯彻与实施以及季节性施工技术措施等。

属于技术开发活动的有：科学研究，技术改造，技术革新，新技术试验以及技术培训等。

此外，还有技术装备，技术情报，技术文件，技术资料，技术档案，技术标准和责任制等，这些，也属于工程项目技术管理的范畴。

### 三、技术管理的组织系统及其职责

按照建立管理组织系统的“任务、目标”和“精干、高效”的原则，建筑工程项目管理的组织系统的建立，既要与企业的机构设置相协调，又要视工程任务的大小和工程的难易程度分别对待。项目技术管理的组织系统应按以下不同情况有针对性地设置。

1．一般小型工程，在项目经理的领导下，设置技术管理人员和若干专业工长负责技术工作，他们接受企业各级技术负责人和职能部门的领导，这与传统的组织系统的设置没有什么区别。

2．大中型施工项目的组织结构形式以矩阵制为宜，其组织系统的设置亦应服从于矩阵制，即在项目管理组织中，设置总工程师，受企业总工程师领导。在项目总工程师下设项目技术部（组），同时受企业技术部（科）的领导。在项目技术部（组）内，设若干工程技术人员，分别掌握不同的技术业务。在项目技术部（组）领导下，在现场设置工号主管及专业工长指挥现场施工。这种技术管理系统的结构可用图3 -8 表示。

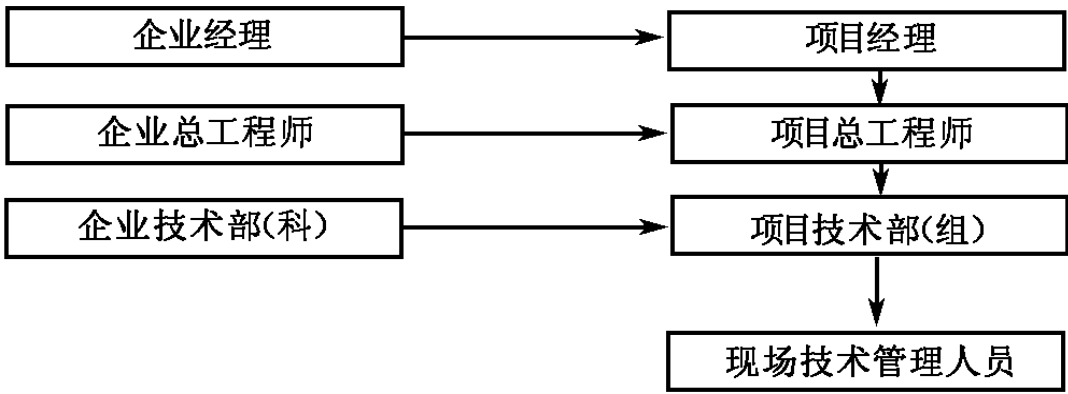


图3 -8 大中型项目施工技术管理系统图

3. 某些大型项目实行工程指挥部管理方式，在指挥部内设立技术管理系统。该系统由总工程师（或项目技术经理）负全责，接受项目经理的领导。下设技术管理部门，负责项目建设的全部技术管理工作，业务上指导各有关承包单位的技术部门。其组织系统见图3 -9。在这种情况下，工程指挥部是总承包单位，其它承包单位为分承包单位，这时施工单位的技术组织系统设置仍按前述两种情况处理。

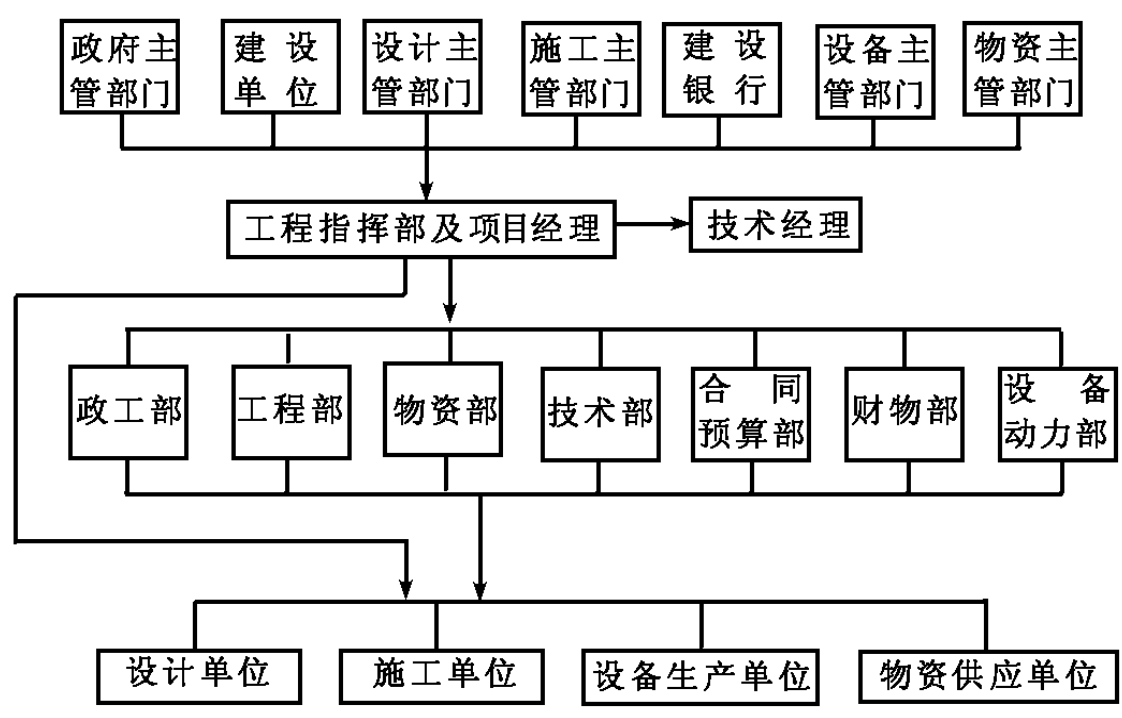


图3 -9 指挥部管理方式的组织系统图

工程项目技术管理系统的主要职责如下：

- (1) 组织贯彻执行国家有关技术政策和上级颁发的技术标准、规范、规程和各项技术管理制度；
- (2) 编制项目建设（或某一建设阶段）的技术规划，制定技术管理计划；
- (3) 负责各自范围内的经常性技术工作；
- (4) 进行科学研究和技术革新；负责新工艺、新技术、新材料、新结构的推广应用；
- (5) 进行全过程的质量管理，确保工作质量、工序质量及工程质量；
- (6) 负责收集和提供技术情报、技术资料、技术信息；建立技术档案，为工程验收提供各种技术资料；
- (7) 进行有关技术咨询。

四、施工期间项目经理的技术工作

为了保证项目工程的顺利进行，杜绝技术问题和质量事故的发生，保证工程质量，

提高经济效益，在施工期间，项目经理应抓好以下方面的技术工作：

### 1．熟悉审查图纸

根据施工进度，分阶段熟悉、审查图纸，同时要有一个“提前量”，以便全面考虑部署与施工方法。此时，要着重考虑施工技术措施、工序搭接配合（包括外包单位）、重点及关键部位项目以及可能会发生的技术质量问题等。对于所发现的施工操作、材料设备有困难或图纸本身有问题的地方，及时与建设单位及设计部门进行研究，洽商变更。

### 2．坚持技术学习制度

最好能保持每周都有学习时间，学习内容应分两部分：一部分为提高业务能力而选定的专题或技术讲座；另一部分为结合施工需要而学习的有关内容，包括熟悉图纸，学习规范规程，上级颁发的技术文件，施工组织设计的贯彻和学习，以及与工程有关的新技术、新工艺等。这种学习能直接起到提高职工的技术素质，提高技术管理水平的作用。

### 3．主持开好生产技术碰头会

通过每日（或隔日）召开碰头会，达到弄清情况，协调工序间的技术矛盾，解决技术难题，布置任务的作用。碰头会可采取集中碰头和工长（及分片技术负责人）个虽与项目经理碰头的形式。

### 4．分阶段进行技术交底

采取书面与口头交底相结合的形式，在分项（或分部）工程施工前，及时进行技术交底。

### 5．经常巡视现场，重点项目现场“把关”

平时经常巡视现场，检查各工序的施工操作、原材料使用、工序搭接、施工质量以及安全生产等各方面的情况。对重要的分项工程与关键部位，要亲临现场指挥与把关。对上述施工中和施工后的情况，要找出优点、经验、问题、难点、薄弱环节等，并及时提出注意事项及应采取的措施，还要通过会议进行交底，宣传及利用其他各种形式，及时向有关人员交待。

### 6．注意并督促技术档案资料的积累

按时进行材料及成品、半成品的试验检验工作，及时审阅各种试验、检验报告及检验数据，并做出明确表态。

### 7．贯彻各级技术责任制，明确各级人员组织及职责分工。



## 第四章 技术管理

### 第一节 技术管理的任务和工作内容

#### 一、技术管理的基本任务

建筑施工过程是建筑产品的生产过程，也是一系列的技术活动过程。技术管理是企业的重要组成部分，它不是指某项技术问题如何解决，而是研究各项技术活动和技术工作如何管理，即运用管理的职能去促进技术工作的开展。

#### 二、技术管理的工作内容

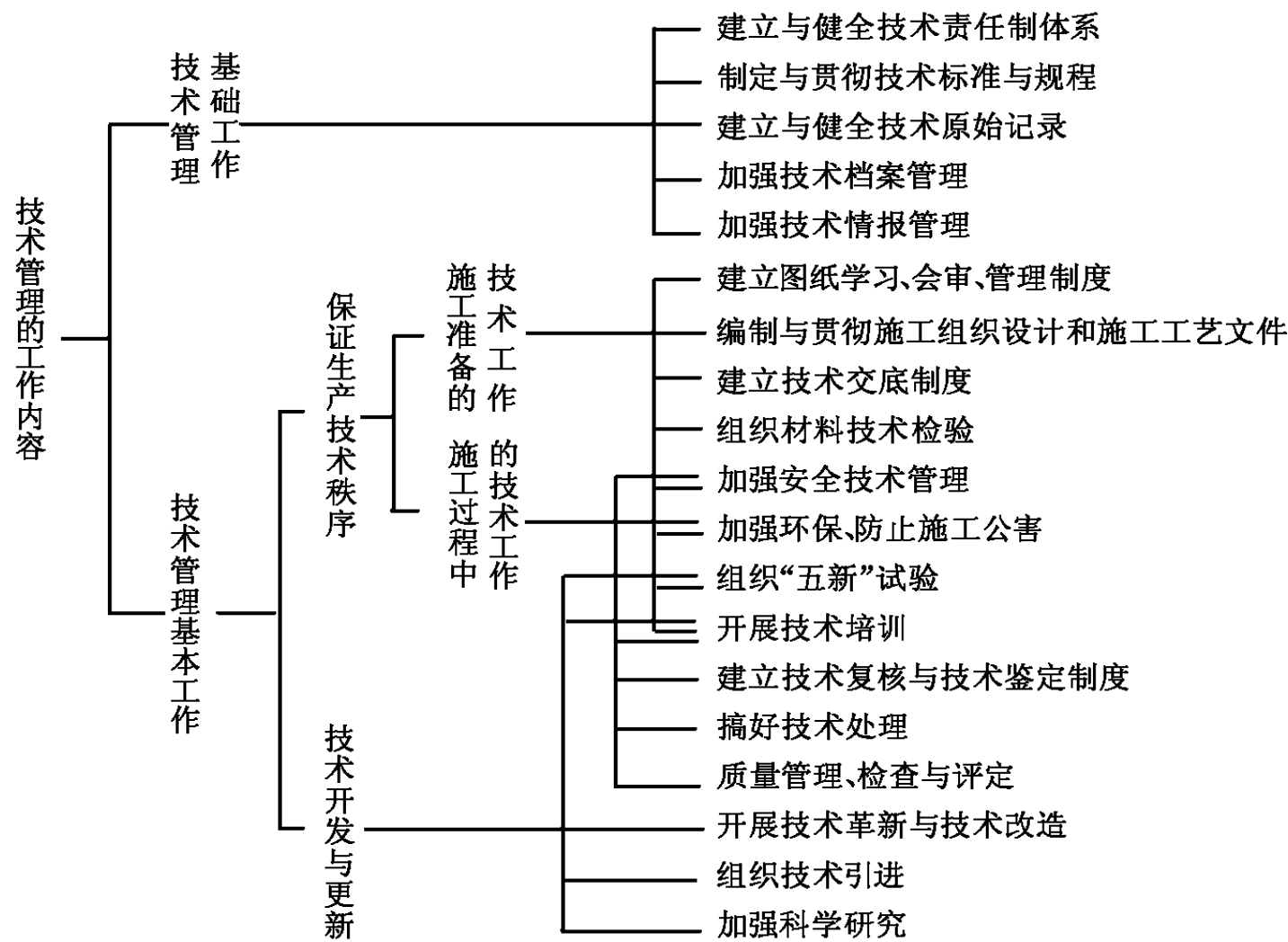


图4 -1 技术管理的工作内容

除图4 -1 所示外，技术管理工作还应包括建立健全技术管理机构，编制企业技术发展规划，开展技术经济分析工作等内容。从施工过程角度看，技术管理的主要工作又可用图4 -2 来表示。

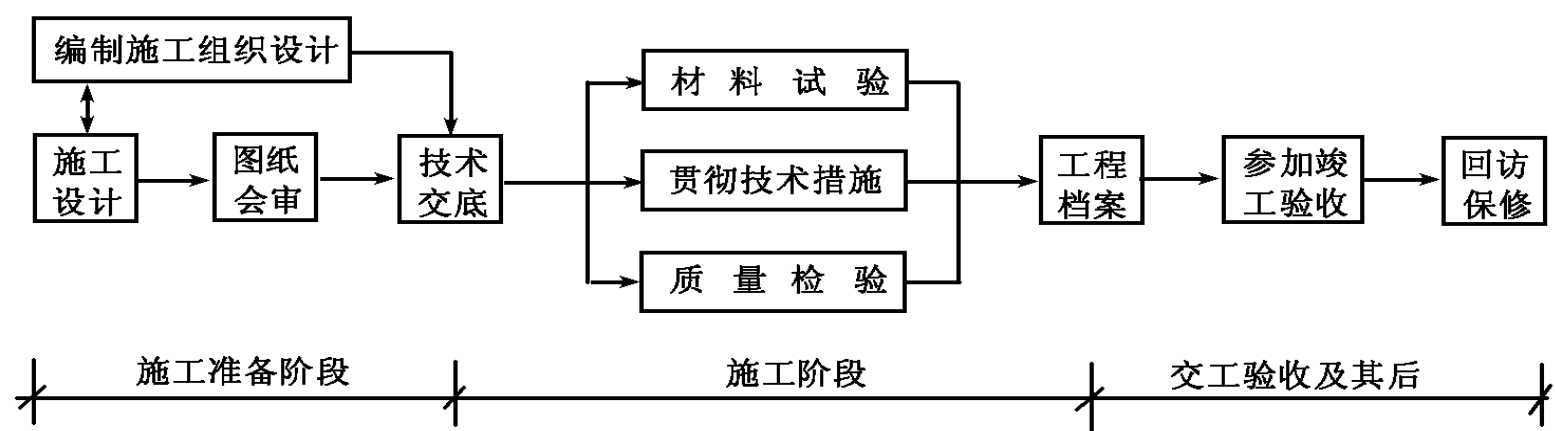


图4 -2 技术管理工作程序

应当指出，技术管理的一些工作是与其它有关职能部门协同完成的，如编制与贯彻施工组织设计和施工工艺文件、组织材料技术检验、加强安全技术措施、开展技术培训、质量管理等，应分别与计划、施工、材料、劳动、设备和质量等职能部门协同进行，互相配合，各负其责。

## 第二节 技术管理的组织体系与技术责任制

### 一、技术管理的组织体系

我国建筑企业大多实行三级管理，因而形成以公司总工程师为首的三级技术管理组织体系，形成企业技术业务的统一领导和分级管理，如图4 -3。

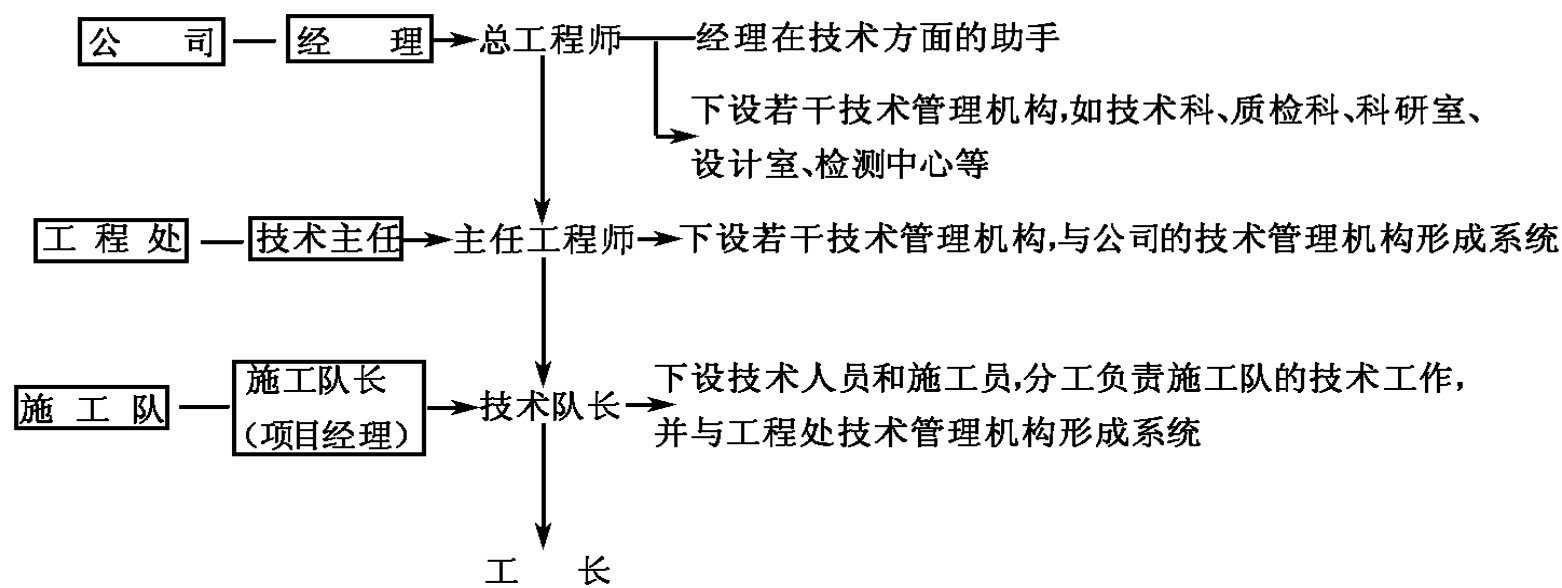


图4 -3 技术管理组织体系

二、技术责任制体系

技术责任制是指在技术管理系统中，将全部技术管理工作分别落实到具体岗位、具体人员和具体职能部门，明确职责、协作分工，并制度化，以利于整个企业的技术工作和谐而又有节奏地进行。技术责任制是技术管理的基础和核心，是保证技术管理工作顺利进行，不断提高管理水平的重要手段，其层次和原则如表4 -1。

表4 -1 技术责任制的层次和原则

技术责任制体系的层次	要求	原则
<div>(1) 技术领导责任制——规定总工程师、主任工程师、技术队长的职责范围</div> <div>(2) 技术管理机构责任制——规定公司、工程处、施工队各级技术管理机构的职责范围</div> <div>(3) 技术管理人员责任制——规定各级技术管理机构中的技术人员的职责范围</div> <div>(4) 工人技术责任制</div>	建立和完善技术责任制，应从企业实际出发，根据本企业技术工作特点，合理划分权限，明确分工和任务，做到职、权、责密切结合，有利于各项技术管理工作	在多层次的责任制体系中，下一层是上一层的基础。上级技术负责人有权对下级技术人员发布技术指令，安排各项技术工作，召开技术会议，研究技术问题，做出各项技术决定。下级技术负责人应服从上级技术负责人的领导

三、企业技术总负责人——总工程师的主要职责

- 1 . 全面领导企业的技术工作和技术管理工作 ；
- 2 . 组织贯彻执行国家和地方有关技术政策、技术标准、技术规范、技术规程以及各项技术管理制度 ；
- 3 . 领导编制、组织与实施各项技术发展规划和技术措施计划 ；
- 4 . 领导编制重大工程和特殊工程的施工组织设计，审批工程处上报的技术文件和报告 ；

- 5. 负责组织重大的技术核定工作以及质量和安全问题的处理，并经过调查研究，提出技术鉴定和处理方案；
- 6. 组织解决总分包交叉施工、互相协作配合中的有关重大技术问题；
- 7. 主持重要的技术会议，领导科学研究、技术革新和改造等工作，安排科技人员的工作；
- 8. 参加大型建设项目和特殊工程设计方案的选定和会审。

四、工程处技术负责人——主任工程师的主要职责

- 1. 组织技术人员学习贯彻执行各项技术政策、技术规范、技术规程、技术标准和各项技术管理制度；
- 2. 主持工程处的技术会议，组织技术人员学习技术业务，以不断提高技术水平；
- 3. 主持编制中小型工程的施工组织设计，审批单位工程施工方案；
- 4. 主持图纸会审和重点工程的技术交底，处理审批技术核定文件；
- 5. 组织制订保证工程质量、安全施工的技术措施；
- 6. 主持主要工程的质量、安全检查，处理质量事故和技术问题；
- 7. 深入现场，指导施工，督促单位工程技术负责人遵守规范、规程和按图施工，发现问题及时解决。

五、技术队长的主要职责

- 1. 直接领导施工员、技术员及有关职能人员的技术工作；
- 2. 领导施工队的技术学习，总结交流技术经验；
- 3. 组织施工队有关人员熟悉图纸，编制分项工程施工方案和简单工程的施工组织设计，报工程处审批，并贯彻执行工程处下达和审批的施工组织设计和分项工程施工方案；
- 4. 参与会审图纸、单位工程技术交底，并向单位工程技术负责人及有关人员进行技术交底；
- 5. 负责指导施工队按设计图纸、规范、规程、施工组织设计、技术安全措施等进行施工；
- 6. 负责组织复查单位工程的测量定位、抄平、放线工作，指导施工队、班组的质量检查工作，参加隐蔽工程验收和分部分项工程的质量评定，发现问题及时处理或报告请示解决；

- 7. 参与重大质量事故的处理；
- 8. 负责组织工程档案中各项技术资料的签证、收集、整理并汇总上报。

六、单位工程技术负责人的主要职责

单位工程负责人对单位工程的施工组织、施工技术、技术管理、工程核算等负全面责任，他的工作是技术管理工作的基础和关键，其主要职责是：

- 1. 在施工队长的领导下，全面负责单位工程的施工和技术管理工作，处理一般技术问题，对重大问题及时上报；
- 2. 参与图纸会审、施工组织设计的编制和分部分项工程施工方案的制定；
- 3. 组织好生产，搞好工序搭接和施工队、班组之间的协作配合，排除施工障碍，保证生产按进度计划和作业计划进行；
- 4. 检查各专业工长向施工班组进行技术、质量、安全交底的工作情况，检查定位、定标、抄平等工作；
- 5. 负责单位工程全面的质量管理工作，负责组织各专业工长、班组会同质检员进行隐蔽工程验收，对分部分项工程质量检查和评定；
- 6. 做好预检和隐蔽工程的验收记录，做好施工日志，积累技术档案的原始资料，并负责整理和上报；
- 7. 加强对施工任务书的管理，使任务书按正常的流转程序循环。

第三节 技术管理制度

技术管理制度是技术管理工作经验教训的总结。建立和健全严格的技术管理制度，可以把技术工作科学地组织起来，保证技术管理任务的完成。

一、施工图纸管理制度

表4 -2 施工图纸管理制度的要点

管 理 要 点		管理制度
索取	承包合同签订后，由技术科负责向建设单位索取施工图8 ~11 份及相应的标准图、通向图、地勘资料等	施工图纸统一由技术主管部门负责收发、登记、保管、回收  属于国家大中型项目或带有机密、秘密、绝密字样的图纸，要指定专人负责，并建立相应的保密管理制度
分发	施工图技术科留2 份，其余发到工程队或承包队	
图纸变更	重大设计变更、通知单（涉及基础、结构、规模、标准等的变更）统一由技术科负责收发。一般技术变更核定单，由工程处负责输，并经技术负责人审定后报技术科备查	
竣工图	单位工程竣工后，工程处于报竣工后30 天内将竣工图绘制完，一份送技术科存档，一份由技术科负责交给建设单位	
	竣工图要求： <div>（1）完整无缺，能真实反映施工变更，与设计变更、工程洽商相一致</div> <div>（2）按设计变更洽商内容逐条在原施工图上进行修改，并在修改处加盖变更图章</div> <div>（3）简单加盖设计变更章不能说明问题时，应用文字说明或修改原图</div> <div>（4）变更较大，原图无法修改应另绘变更详图</div> <div>（5）设计变更很大，应由建设单位组织绘制</div> <div>（6）竣工图纸上应加盖竣工图图章</div>	

二、施工图的自审和会审制度（表4 -3）

表4 -3 施工图的自审和会审

施工图自审	自审的目的和组织	<p>工程队和工程处技术部门，在接到施工图后，认真组织专人结合学习施工图进行自审，通过学习和自审，熟悉图纸，了解土建与安装以及各种工种之间的矛盾，提出适应生产能力的意向性变更</p>	<p>一般工程，如住宅、单层工业厂房，在接到图纸10 天内，由处技术负责人主持，技术股负责组织，单位工程技术负责人和有关专业人员自审完</p> <p>重点工程、特殊工程，在图纸全部到齐的20 ~ 30 天内，由企业技术总负责人主持，技术科负责组织处技术负责人、单位工程技术负责人和各类专业人员参加自审</p>
	公司技术科审查要点	<p>①）设计标准和技术经济指标</p> <p>②）有关技术文件是否齐全、清楚、明确</p> <p>③）结构方案和形式，是否能适应企业设备生产能力</p> <p>④）新型材料、特殊材料的技术条件</p> <p>⑤）基础设计和地质构造有无问题，设计假定与施工现场情况是否相符</p> <p>⑥）内外装修和复杂高级装修方案</p> <p>⑦）新技术项目及特殊工程技术实施的可能性和必要性</p> <p>⑧）水、电、通风及设备是否可行、合理等</p>	
	处技术股审查要点	<p>①）建筑结构图纸与其他专业图纸之间有无重大遗漏、差错和矛盾，所用标准图与设计图有无矛盾</p> <p>②）全部图纸主要尺寸、位置、标高是否相符，说明是否齐全、清楚、准确</p> <p>③）单位工程的工艺条件和使用上的特殊需要对施工有何技术要求，施工技术能力的可能性和必要性</p> <p>④）建筑结构、设备安装程序的穿插，各专业之间的配合、技术上的处理方法</p> <p>⑤）工程结构在施工中有无足够的强度和稳定性，对安全施工有无影响</p> <p>⑥）主要构件的型号规格及现场生产、工厂生产的可能性</p> <p>⑦）提出上述问题的应变意向和合理化建议</p>	
施工图会审	会审的目的和组织	<p>在施工单位内部学习、自审后，工程开工前，由建设、监理、设计、施工单位共同对全套施工图纸进行会审，共同检查和核对</p>	<p>一般工程，由建设单位或监理单位主持，施工单位的单位工程技术负责人和有关专业人员及设计单位、设计人员参加，进行图纸交底、会审</p> <p>重点工程、大型公共建筑及特殊工程，由建设单位或监理单位召集施工企业技术总负责人、工程处和单位工程技术负责人、各专业技术负责人以及设计单位各专业负责人参加</p>
	会审程序及文件效力	<p>会审过程中提出的问题，由设计单位负责解答，经过洽商、统一意见，最后由设计单位负责提出技术核定单修改图纸。设计单位提出的技术核定单，具有施工图的同等效力，施工单位必须认真执行，不得任意修改和变动</p> <p>图纸会审由组织会审的单位将会审中提出的问题及解决办法记录下来，正式成文并会签</p>	

三、技术交底制度

技术交底是施工技术准备的重要工作，是各级技术负责人将有关工程施工的各项技术要求逐级向下贯彻，直至基层。技术交底应在单位工程和分部分项工程施工前进行，必须以制度形式予以规定，见表4 -4。

表4 -4 技术交底的组织、重点和方法

交底级别	交底组织	交底重点	交底方法
公司 技术交底	由总工程师负责， 向处技术主任、生 产主任、技术股长、 施工队长等有关部 门负责交底	(1) 重点和特殊工程的施工图及审查设计中决定的 有关问题 (2) 由公司编制的施工组织设计的工程的关键施工 问题，主要施工工艺，特殊的技术要求 (3) 技术和材料试验项目及要求的等	技术交底可以 采用会议口头 形式，文字图 表形式，甚至 示范操作形式， 视工程施工复 杂程度和具体 交底内容而定 各级技术 交底应有文字 记录，关键项 目、新技术项 目应作文字交 底
工程处技 术交底	由技术主任负责， 向技术队长、单位 工程负责人和有关 职能人员交底	(1) 传达或遵照公司技术交底的有关内容 (2) 施工图的内容、工程特点、图纸会审记要和关 键部位 (3) 工程处编制施工组织设计的施工方案：主要分 部分项工程的施工方法、顺序、质量标准、安全要 求和提高工效的措施 (4) 推广新技术、新工艺的措施 (5) 冬雨期施工措施及特殊条件下的技术安全措施等	
施工队 (承包队) 技术交底	由技术负责人向栋 号负责人交底，班 组长参加；在实行 监理的工程上，应 邀请监理工程师参 加	(1) 图纸对分部分项工程部位的标高、轴线尺寸、 预留洞、预埋件的位置、结构设计意图等有关说明 (2) 施工操作方法，对不同工种要分别交底。施工 顺序和工序间的穿插、衔接要详细说明 (3) 新结构、新材料、新工艺的操作工艺 (4) 冬雨期施工措施及在特殊施工中的操作方法与 注意事项、要点等 (5) 对原材料的规格、型号、标准和质量要求 (6) 各种混合材料的配合比和添加剂的要求详细交 底。必要时，对第一使用者负责示范 (7) 各工种各工序穿插交接时可能发生的技术问题预测 (8) 降低成本措施中的技术要求等	
施工员 (工长) 交底		(1) 在分项工程施工前，由施工员进行交底，下达任务书。参见表1 -12 中工长向工人技术交底的内容 (2) 其后，班组长应结合具体施工任务讨论落实，弄清关键部位、质量要 求、安全施工和操作要点，然后分工明确任务和相互配合关系，建立责任 制，确定保证措施，以顺利和合格地完成任务	



技术交底的目的是使参与施工的管理人员、技术人员和工人，熟悉工程特点、设计意图、技术要求、施工措施等，做到心中有数，科学地组织施工，保证工程施工顺利进行。

技术交底的依据是：

- (1) 经会审、认定和批准的设计图纸；
- (2) 有关技术文件，包括设计单位发出的技术核定单、工程洽商记录、标准图等；
- (3) 施工组织设计或施工方案；
- (4) 建筑安装工程施工及验收规范；
- (5) 建筑安装工程技术操作规程。

四、技术核定制度

表4 -5 技术核定的原则和分工

技术核定的含义	<p>在施工过程中，发现施工图仍然存在着错误或施工条件有所变化或材料的规格、品种、型号、质量与设计不符时或采用新技术、新工艺等原因，必须对施工图修改时，应按照规定程序，及时办理设计变更核定单，严格执行设计变更签证制度，即技术核定制度</p> <p>设计变更通过工程洽商形式进行，因此，设计变更的文件也称为工程洽商</p>
技术核定的原则和分工	<p>(1) 属于结构形式、主要材料设备的变更、增减荷载影响结构承载能力、降低建筑标准、改变建筑物的使用功能及承重构件的变更等，均应由原设计单位的负责人审查同意签字后生效，并提出设计修改核定单，交付施工单位实施</p> <p>(2) 一般技术核定，如钢筋代换等，不影响承载能力不降低标准，不改变功能的项目（如地沟、盖板、过梁、门窗等）应经技术主任审定后，征得建设单位同意，由施工单位实施</p> <p>(3) 凡是设计变更均应征得建设单位同意，较大变更问题应由三方共同洽商，取得一致意见后由设计单位负责修改，并向施工单位签发变更通知单。属于提高工程造价的项目，涉及到建设规模和投资方向变动的项目，由建设单位报请原批准初步设计的单位同意后才能实施</p> <p>(4) 实施监理的工程上，一切技术核定均应通过监理工程师进行</p>
文管档理	<p>所有设计变更和技术核定单，具有施工图的同等效力，应由栋号技术负责人保管，作为施工和结算的依据。工程竣工后，一并纳入工程档案</p>

五、技术复核制度

技术复核是指在施工过程中，为避免发生重大差错，保证工程质量，对重要的和涉及工程全局的技术工作，依据设计文件和有关技术标准进行的复查和校核。技术复核也称为预检。其内容和要求见表4 -6。

六、材料检验试验制度

为保证工程所用材料、构件、零配件和设备的质量，把质量隐患消灭在施工之前，确保工序质量和工程质量，必须加强材料检验工作，健全试验检验机构，配备试验仪器设备 及人员，并予以制度化。材料检验制度的要点见表4 -7。

七、工程质量检查与验收制度

1．为了确保工程质量，要根据有关质量标准逐项检查操作质量和中间产品质量，要在质量检查的基础上进行各级各类型的验收，评定质量等级，为此建立工程质量检查与验收制度。工程质量检查验收的内容和要求见表4 -8。

表4 -6 技术复核工作的内容和要求

复核项目	复核内容	参加人员	技术复核工作要求
建筑 物位置	定位复测。以规划局指定的红线桩为准，核验其尺寸、位置	技术队长、施工员、放线员	<p>(1) 技术复核在施工单位内部进行，在某些分项工程施工前预先把关检查</p> <p>(2) 技术复核的做法是：先由专业工种对每一项工序做完自检后，再由质量检查人员复验检查。在预检中提出的不符合质量要求的问题，须认真进行复验。预检不合格不得进入下道工序</p>
标 高 检 验	引点标高，标准水平桩，槽底、垫层的基础标高，建筑物各层标高（含砌砖皮数杆）及全高，	术队长、施工员、放线员、有关施工班组长	
验线	建筑物基础的轴线、几何尺寸，结构层的墙身轴线，门窗口位置、尺寸，设备基础的位置线、尺寸		
模板	原材料、制作、偏差等的配制质量，尺寸、位置、标高，预埋件、预留孔，牢固性，内部清理及湿润情况	施工员、木工、钢筋工、混凝土工班组长	
结构吊装	吊装检验：各类梅件类别、型号、位置、搭头长度、标高、吊装偏差、胡子筋弯度（预应力楼板）以及支座节点	施工员、吊装人员	
	吊装处理：构件裂缝、损伤力口固处理，分层吊装平面		

续表

复核项目	复核内容	参加人员	技术复核工作要求
屋面	找平层做法，平整度，坡度	施工员、有关施工班组长	<p>③）技术复核的项目应有记录单，工程名称、复核项目、检查部位由技术员填写，质量员根据检查内容填写核查意见，合格签证，列入工程技术档案</p> <p>④）技术复核工作应形成制度，明确技术复核的具体项目，发现问题，及时纠正</p>
现浇混凝土及砂浆	配合比，水泥品种标号，现浇材料的质量		
大样图	钢筋混凝土柱、屋架、吊车梁及特殊屋面等大样图的形状、尺寸、预制的安装位置	技术队长、施工员、翻样员	
管道工程	各种上下水、热力、暖气、煤气、通风等明设管道及器具的位置、尺寸、标高、坡度、防腐、保温，管径管材，管卡埋件，清洗、通水试验，试运转	专业施工员及有关专业人员	
电气工程	各种电气明暗配管线、灯具、开关、配电箱、电表箱及电气设备的位置、尺寸、规格、标高、接头、变电位置、配电位置、高低压送电进出口方向，电缆位置、标高、送电方向，试灯记录，电气设备运转		
通风、空调、电梯等工程的有关项目和内容			

表4 -7 材料检验制度的要点

合格证要求	凡用于施工的原料、材料、构件和设备等物资、应向有关供应部门索取出厂证明或产品合格证。无证不得进场使用。发现不合质量要求的材料、构件必须报告施工队技术队长研究处理，不得任意使用
复验要求	<p>①）水泥、钢筋、结构钢材、焊条、砖、沥青、油毡等材料，凡有合格证明文件的，原则上不需复验。如无出厂证明，性能不明；或虽有出厂证明，但由于运输影响、储藏过期等使性能可能变化；以及设计上有特殊要求的应进行试验</p> <p>②）下列情况必须复试：</p> <p>直径大于 12 的钢筋</p> <p>钢材用于搭接焊、坡口焊、帮条焊的</p> <p>进口钢材，尤其用于冬期和冷弯部位的</p> <p>水泥进场3 个月以后的</p> <p>水泥用于重要部位的，小水泥用于结构的</p> <p>防水材料</p> <p>用于“四新”结构工程的材料等</p>
构件检验要求	混凝土构件、木结构构件等运到现场后，施工队应指定专人对构件进行逐件外观检查，并按规定进行结构性能抽查，发现问题及时处理，必要时邀请设计单位共同研究

续表

施工试验要求	<p>①) 混凝土、砂浆、防水材料要做好配合比和按规定制作试块检验。现场预制大型构件、现浇框架结构、混凝土基础和构筑物等数量较大的混凝土、防水、耐热、耐酸等特种混凝土必须事先送料，由有试验资格的试验室试配，给出配合比。沥青玛蹄脂配合比应通过试配确定，不得任意套用</p> <p>②) 试块应采用现场材料。施工过程中如材料有变化，应另行送样</p> <p>③) 试块的制作应由栋号负责人提出计划，由试验员实施。试块应标明工程部位、成型日期、栋号、种类等。试验员对试块要做好同条件养护</p> <p>④) 凡属于吊装、拆卸、增荷的结构部位，应做好同条件养护试块</p> <p>⑤) 施工过程中，施工队应有专人（试验员）经常测定砂石含水率、混凝土坍落度和砂浆稠度，必要时调整配合比</p>
机电试验要求	变压器、电机、避雷针、高压绝缘材料、加热器等暖卫、电气材料不论有无合格证明，在使用前均应进行检查或试验，否则不得敷设或安装

表4 -8 工程质量检查、验收的内容和要求

检验类型和项目		检查验收内容	检验要求和方法
材料、成品、设备检查验收		是否符合国家标准及设计要求	供应单位提供合格证明及试验数据
隐蔽工程检查验收	地槽及基础	地质、土质、打钎、地槽标高、尺寸，坟、井、坑的处理，基础断面尺寸、土壤干容重、桩位数量、试桩打桩记录，人工地基试验记录	<p>①) 隐检在企业内部进行，重点隐检（如基础）由监理、建设、设计、施工单位共同进行</p> <p>②) 隐检合格后办理签证手续；不合格的经处理后复检，并记录。签证及记录均列入工程档案</p> <p>③) 未经隐检合格，不能进行下道工序</p> <p>④) 结构工程是最大的隐蔽工程，要在单位工程结构完工后、装修工程施工前，对结构工程质量进行全面检查和评定</p>
	钢筋工程	品种、规格、数量、位置、形状、焊接尺寸、接头位置、除锈情况、预埋件数量、位置、材料代用	
	焊接施工	焊条品种、焊口规格、焊缝长度、外观、清渣、质量	
	防水工程	防水层做法、层数、干燥情况、玛蹄脂软化点、延伸度、防水处理措施的质量位置、标高、坡度、试压通水试验、焊接、	
	各种暗管	防锈、防腐、保温及预埋件	
	暗配电气线路	位置、规格、标高、高度、防腐、接头、电缆电压绝缘试验，地线、避雷针接地电阻	

续表

检验类型和项目	检查验收内容	检验要求和方法
分部分项工程验收	①) 单位工程的主体结构工程 ②) 重点或特殊工程的分项工程 ③) 推广新结构、新材料的分项工程 ④) 流水施工的分层分段 ⑤) 暖、卫、电、设备等专业项目 ⑥) 分包单位承担的分项工程	①) 一般由施工单位（包括二包代表）自己组织，重要分项由三方会同验收 ②) 协作分包项目检验合格后，施工队伍才能退场 ③) 做好验收记录并签证归档
分期验收	对已完成的分部工程、个别单位工程已达到用户要求需提前使用，或工程停建时进行的中间检查验收。分期验收一般按施工部署中的分期分批交付计划组织进行，其要求同竣工验收	
竣工验收	所有竣工项目和单位工程均应进行竣工验收，评定质量等级，办理验收手续，归入技术档案。详见” 施工管理 - - 竣工验收” 一节	

- 2．必须建立健全工程质量检查验收机构，由专职检查机构及时对工程检查、监督和验收，发现违章作业严加制止，对不合格已完工程，有权拒绝签证。
- 3．专职检查与群众性检验相结合，广泛开展自检、互检和交接检。
- 4．质量检验制度应当与技术复核制度、材料检验试验制度等相结合。
- 5．必要时可实行工程质量委托制。
- 6．分部分项工程验收是评定工程质量的基础，是工程计量支付的前提和依据，应予以充分重视。

八、技术管理的其他制度

表4 -9 技术管理的其他制度

制度名称	内容	要求
施工日志制度	施工日志是单位工程整个施工阶段有关施工活动的综合原始记载。其内容有 ①) 工程开竣工日期及有关分部分项工程部位的起止施工日期 ②) 全部施工图及有关技术文件收发日期及技术变更修改记录 ③) 质量、安全、机械事故情况记载、分析和处理记录 ④) 现场有关施工过程的重要决议记录 ⑤) 气温、气候、停水、停电、安全事故停工待料情况记录	施工日志由栋号负责人逐日填写，自工程开工之日起至工程竣工后为止 施工日志要全面如实记载，待工程竣工后整理完毕交给工程技术负责人归档

续表

制度名称	内容	要求
技术质量问题的处理制度	(1) 凡工程地槽（坑）开挖，必须由技术部门和质量部门复查。特殊地基需要与设计单位复查，认定合格后方可进行下道工序 (2) 工程已完工部位的工程质量、技术资料，经技术部门、质检部门检查鉴定后，确认合格方可进行下道工序 (以上参见表4 -6 ——技术复核制度) (3) 大修翻建工程，施工前要认定保留部位的安全稳定与使用价值，以保证施工安全 (4) 重大技术问题和质量问题，应由公司技术部门负责处理；特殊情况报请上级主管部门的有关部门共同参加处理；特别严重的质量问题，要请主管部门出面主持，邀请当地技术、质量监督、权威部门共同参加处理。一般技术质量问题由工程处组织有关专业人员参加，共同处理，结果报公司技术科备案	
技术措施制度	详见下段	
技术档案制度	详见表4 -17	

第四节 技术组织措施

一、技术组织措施的内容

表4 -10 技术组织措施的内容

	技术组织措施的主要内容	
技术组织措施的定义	为克服施工生产中的薄弱环节，挖掘生产潜力，保证完成施工任务，获得良好的经济效益，在提高技术水平方面采取的各项手段或方法	(1) 加快施工进度的措施 (2) 保证提高工程质量的措施 (3) 节约原料、材料、动力、燃料的措施 (4) 充分利用地方材料，综合利用废渣、废料的措施 (5) 推广新技术、新工艺、新结构、新材料、新设备（五新）的措施
技术组织措施的特点及与技术革新关系	(1) 技术革新——强调一个“新”字，目的在于攻克技术薄弱环节，采用和创造新的技术来替代原先的落后的技术 (2) 技术组织措施——综合已有的技术与组织管理经验与措施，针对具体工程特点，把成熟的技术和施工经验推广到施工中去 (3) 两者的有机结合，能有效地提高施工水平、技术水平和管理水平	(6) 改进施工机械的组织与管理，提高完好率、利用率的措施 (7) 改进施工工艺和操作技术，提高劳动生产率的措施 (8) 合理改善劳动组织，节约劳动力的措施 (9) 保证安全施工的措施 (10) 发动群众提合理化建议的措施 (11) 各项技术、经济指标的控制数
一般要求	技术组织措施涉及到企业施工、管理的各个方面，凡是有潜力可挖之处，都应采取相应的技术组织措施	

二、技术组织措施计划的编制

表4 -11 技术组织措施计划的编制

计划编制要求	做好技术组织措施工作，必须编制技术组织措施计划，应同生产计划一样，按年、季、月分级编制 需要编制单项技术组织措施的（见表4 - 12），应同时要求提出相应安全措施		公司	根据全年施工任务、上年度技术措施革新和实现技术措施的经验、现有的施工技术条件等，经过充分地综合研究和讨论，于年初制定年度技术组织措施纲要			
			工程处	根据公司颁发的纲要，结合工程处具体条件，如年度施工计划、施工组织设计、施工图、降低成本指标等，编制年度技术措施计划，并按年度要求和季度施工计划，分季编制季度技术措施计划		季度、月度技术措施计划要求目标明确，内容具体，有指标，有措施，有工程对象，有实施单位或小组，具有指导性和实践性	
			施工队	根据工程处的季计划，结合月度施工计划、施工组织设计、施工图等，编制月度技术措施实施计划			
计划表格示例	序号	措施项目名称	措施内容	工程对象	执行指标	经济效果	执行人
计划编制程序	(1) 广泛收集技术组织措施 (2) 对各种措施分类整理 (3) 发动群众，集思广益，进一步完善 (4) 择优选定措施方案 (5) 分级编制与实施计划 (6) 根据执行情况和条件变化，对计划作修改和调整 (7) 措施效果评定		计划执行要求	(1) 技术措施纲要由总工程师审批执行：工程处的年度、季度技术措施计划由工程处主任工程师批准执行；月度技术措施计划由主管技术队长批准执行 (2) 技术组织措施计划应同施工计划同时下达。施工队的技术措施计划应下达到幢号负责人、工人和班组，做详细交底并认真贯彻执行 (3) 执行情况按月总结统计，公布成果。月末由施工队技术员汇总上报工程处技术部门，月初工程处将上月情况上报公司，年末将全年情况上报公司 (4) 对措施计划执行情况要认真检查，发现问题及时处理。工程处应设专人负责督促检查，并协助施工队做重要的技术措施工作 (5) 在计划会议上，应讨论技术措施计划，进行督促、检查			

三、单项技术组织措施

表4 -12 单项技术组织措施

序号	单项技术措施内容		工作组织	
1	工业厂房、多层框架的现浇钢筋混凝土基础工程		单位工程技术负责人编写，工程处技术负责人批准	
2	大量现浇混凝土和大量预制构件工程			
3	构件吊装	一般工程	单位工程技术负责人交底，负责吊装单位的技术负责人编写	公司技术科长批准
		重要复杂的特殊工程		公司总工程师审批
4	地下人防工程		处技术部门编写，公司技术部门核准	
5	构筑物工程（烟囱、水塔、水池、油池、贮仓等）		处技术部门编写，公司技术部门核准，总工程师批准	
6	高级装修工程			
7	机械化开挖大型土方（2000m <sup>3</sup> 以上）		工程处编写，处主任总工程师批准	
8	人工加固地基		处技术部门编写，总工程师批准	
9	冬雨期施工措施		公司技术部门编写，总工程师审定	
10	防腐蚀工程		公司技术部门编写，总工程师批准	
11	结构加固、补强工程			
12	新材料、新工艺、新结构、新技术工程			

第五节 技术文件和工程技术档案

一、技术文件管理要求

表4 -13 技术文件及管理要求

技术文件内容	包括各种图纸和说明书，各种技术标准和技术规程，有关的技术档案，国内外的技术资料等
技术文件作用	企业进行生产技术活动的依据 积累和总结经验、传达技术思想的重要工具



续表

技术文件 管理要求	①）保证技术文件的完整性、正确性和及时性 ②）有组织有秩序地对技术文件进行使用、交流，以满足生产、科研需要 ③）建立技术文件管理专职机构，公司设档案资料室，基层设技术资料员，实行统一集中管理 ④）建立严格的管理制度，做好收发、复制、修改、审批、装订、会签、归档、保管、借用、保密等环节的工作
备注	参见施工图管理制度，表4 -2

二、技术标准（表4 -14）

表4 -14 技术标准

技术标准的分类	国家标准	对全国建筑企业的技术和技术发展有重大意义而必须在全国范围内统一的标准	技术标准是衡量产品质量和评价各项技术活动质量的尺度，是对产品或产品结构、规格、质量、检验方法等应达到的要求的技术规定  技术标准是进行技术管理的依据，必须坚决遵照执行
	行业标准	各专业建筑部门（如冶金、煤炭、电力、机械、电子等）统一使用的标准	
	企业标准	·在一个建筑企业范围内适用的技术标准 ·凡国家标准、行业标准没包括的工程项目，都应制订企业标准 ·为提高工程产品质量，企业标准可以比前二类标准更先进	
现行的建筑安装工程技术标准	①）全套的建筑工程设计规范		
	②）各种建筑材料、半成品、成品的技术标准及相应的检验标准		
	③）建筑安装工程施工及验收规范。这类规范规定了各种分部分项工程施工的技术要求、施工方法、质量标准及检验方法，按分部分项工程或不同结构类型划分，有钢筋混凝土工程、砖石工程、木结构工程、钢结构工程、地面工程、装饰工程、防水工程等施工及验收规范		
	④）建筑安装工程质量检验评定标准。这是根据验收检验结果，评定分项工程、分部工程和单位工程质量等级的标准。工程质量评定分为优良与合格两级，具体等级的评定要根据规定的保证项目、基本项目及允许偏差项目的情况与标准的符合程度确定		

三、技术规程（表4 -15）

表4 -15 技术规程

技术规程的概念及运用	国家现行的建安工程技术规程
<p>技术规程是技术标准的具体化，是为了贯彻执行技术标准，保证施工有秩序地进行，对建筑安装工程的施工过程、操作方法、设备和工具的使用维修、施工安全技术等方面所作的技术规定</p> <p>技术规程是指导工人技术操作的文件，是施工中必须遵守的准则</p> <p>由于全国各地的操作方法和习惯不同，在保证达到技术标准要求的前提下，技术规程可以由各地区和企业自行制订和执行</p> <p>随着技术和经济的发展，要适时地对技术规程进行修改</p>	<p>⑴ 《建筑安装工程施工操作规程》。该规程规定了建筑安装工人在施工中的操作方法和注意事项</p> <p>⑵ 《建筑安装工程安全操作规程》</p> <p>⑶ 《建筑安装工人安全操作规程》</p> <p>⑷ 各种设备维护和检修规程等</p>

四、标准化工作

表4 -16 标准化工作

	标准化工作的意义
标准化的定义	<p>标准化是指人们在现代化的生产活动中，通过对科学试验成果和生产实践经验的研究总结，形成共同遵守并广泛推行的一定的技术工作的准则，是对企业中重复出现的活动，按照科学管理的要求，规定出标准</p> <p>技术标准和技术规程都是标准化的重要内容</p>
标准化工作举例	<p>⑴ 认真制订和执行技术标准和规程</p> <p>⑵ 建立施工工艺卡</p> <p>⑶ 质量管理活动中PDCA 循环的成果纳入标准化</p>
备注	<p>国务院颁发的《标准化条例》中指出：一切工程建设的设计与施工，都必须按标准进行，不符合标准的设计不得施工，不符合标准的工程不得验收</p>

五、工程技术档案

表4 -17 工程技术档案

工程技术档案的概念	论述和反映工程施工、技术、科研等活动的，具有保存价值，并且按照一定的归档制度，作为真实的历史记录集中保管起来的技术文件	
	技术资料	—·通过交流、赠送、购买等方式收集或复制的 ·非本单位施工活动中自然形成的 ·一种参考资料，对建设工程不具有“依据”和“必须执行”性质
	技术档案	—·工程施工中自然形成的或工程施工自然形成的技术文件的转化 ·对施工起着指导和依据作用 ·企业施工技术活动的记录
	文书档案	—·反映企业党政领导活动和行政管理活动
技术档案的作用	<div>(1) 分析考核建筑物价值的依据</div> <div>(2) 对工程进行管理、维修、鉴定、改建、扩建、恢复等工作的依据</div> <div>(3) 施工企业现在及未来施工的依据和经验</div>	
技术档案的内容	(1) 为工程竣工验收准备的技术资料	详见竣工资料
	(2) 施工企业建立的施工技术档案	<div>(1) 施工组织及经验总结</div> <div>(2) “四新” 试验研究资料及经验总结</div> <div>(3) 重大质量、安全事故情况分析 及补救措施和办法</div> <div>(4) 有关重大技术决定，技术措施</div> <div>(5) 施工日志</div> <div>(6) 其他施工技术管理的经验总结</div>
	(3) 大型临时设施档案	<div>(1) 现场总平面布置图、施工图</div> <div>(2) 临时设施计算资料</div> <div>(3) 有关的必要的施工记录</div>
技术档案工作任务	按照一定的原则和要求，系统地收集记述工程建设全过程中具有保存价值的技术文件，并按照归档制度加以整理，以便完工后移交有关部门	

续表

技术档案工作要求	<p>(1) 工程技术档案的建立、汇集和整理工作应当从施工准备开始，直到交工为止，贯穿于施工全过程之中</p> <p>(2) 凡列入技术档案的技术文件和资料要齐全、整洁、及时、准确、真实，不得擅自修改、伪造和事后补做</p> <p>(3) 技术文件和资料要经各级技术负责人正式审定后才有效。凡属重要部位的记录整理，需要设计部门签字或盖章的，一定要在施工期间请设计人员到现场并签字，不得事后补签</p> <p>(4) 技术档案的整理，包括系统整理（科学分类与排列）和目录编制，要有时间及印章，会签齐全</p> <p>(5) 由单位工程技术负责人负责收集、索取、汇集装订成册。一式二份，一份交公司档案室，存档备查；一份在工程竣工后，移交建设单位。特殊工程，属于大中型项目或高度机密的单位工程档案，要增加一份另送保密机关</p> <p>(6) 工程技术档案要严加管理，不得遗失、损坏，人员调动时要办交接手续</p>
----------	--

## 第五章 施工现场安全管理

### 第一节 安全生产管理体系

#### 一、安全生产管理体制

完善安全管理体制，建立健全安全管理制度、安全管理机构和安全生产责任制是安全管理的重要内容，也是实现安全生产目标管理的组织保证。

为适应社会主义市场经济的需要，1993 年国务院将原来的“国家监察、行政管理、群众监督”的安全生产管理体制，发展为“企业负责、行业管理、国家监察、群众监督”。同时，又考虑到许多事故发生的原因，是由于劳动者不遵守规章制度，违章违纪造成的，所以增加了“劳动者遵章守纪”这一条规定。实践证明，这样的安全生产管理体制更加符合社会主义市场经济条件下，加强企业安全生产工作的要求。

##### （一）企业负责

企业负责这条原则，最先是由国务院副总理邹家华同志提出，并通过国务院(1993) 50 号文件正式发布的。这条原则的确立，进一步完善了自1985 年以来，我国实行的“国家监察、行政管理、群众监督”的管理体制，明确了企业应认真贯彻执行劳动保护和安全生产的政策、法令和规章制度，要对本企业的劳动保护和安全生产工作负责。从而改变了以往安全生产工作由国家包办代替，企业不负责任的情况，健全了在社会主义市场经济条件下的安全生产管理体制。

##### （二）行业管理

企业行政主管部门根据“管生产必须管安全”的原则。管理本行业的安全生产工作，建立安全管理机构，配备安全技术干部，组织贯彻执行国家安全生产方针、政策、法规；制定行业的规章制度和规范标准；对本行业安全生产工作计划、组织和监督检查、考核。

### （三）国家监察

由劳动部门按照国务院要求实施国家劳动安全监察。国家监察是一种执法监察，主要是监察国家法规、政策的执行情况，预防和纠正违反法规、政策的偏差。它不干预企事业单位内部执行法规、政策的方法、措施和步骤等具体事务，它不能替代行业管理部门日常管理和安全检查。

### （四）群众（工会组织）监督

保护职工的安全健康是工会的职责。工会对危害职工安全健康的现象有抵制、纠正以至控告的权力，这是一种自下而上的群众监督。这种监督是与国家安全监察和行政管理相辅相成的，应密切配合，相互合作，互通情况，共同搞好安全生产工作。

### （五）劳动者遵章守纪

从许多事故发生的原因看，大都与职工的违章行为有直接关系。因此，劳动者在生产过程中应该自觉遵守安全生产规章制度和劳动纪律，严格执行安全技术操作规程，不违章操作。劳动者遵章守纪也是减少事故，实现安全生产的重要保证。

## 二、安全生产责任制

### （一）企业各级人员安全生产责任制

1. 企业经理（厂长）和主管生产的副经理（副厂长）对本企业的劳动保护和安全生产负全面领导责任

- ① 认真贯彻执行劳动保护和安全生产政策、法令和规章制度；
- ② 定期向企业职工代表会议报告企业安全生产情况和措施；
- ③ 制定企业各级干部的安全责任制等制度，建立健全安全生产的保证体系；
- ④ 定期研究解决安全生产的问题；
- ⑤ 组织审批安全技术措施计划并贯彻实施；
- ⑥ 定期组织安全检查和开展安全竞赛等活动；
- ⑦ 对职工进行安全和遵章守纪教育；
- ⑧ 督促各级领导干部和各职能单位的职工做好本职范围内的安全工作；
- ⑨ 总结与推广安全生产先进经验；
- ⑩ 主持重大伤亡事故的调查分析，提出处理意见和改进措施，并督促实施。

2. 企业总工程师（技术负责人）对本企业劳动保护和安全生产的技术工作负领导

### 责任

(1) 在组织编制和审批施工组织设计（施工方案）和采用新技术、新工艺、新设备时，必须制定相应的安全技术措施；

(2) 负责提出改善劳动条件的项目和实施措施、并付诸实现；

(3) 对职工进行安全技术教育；

(4) 及时解决施工中的安全技术问题；

(5) 参加重大伤亡事故的调查分析，提出技术鉴定意见和改进措施。

3. 工区（工程处、厂、站）主任、施工队长应对本单位劳动和安全生产工作负全面领导责任

(1) 认真执行安全生产规章制度，不违章指挥；

(2) 落实施工组织设计中的各项安全技术要求；

(3) 经常进行安全检查，消除事故隐患，制止违章作业；

(4) 对职工进行安全技术和安全纪律教育；

(5) 发生伤亡事故要及时上报，并认真分析事故原因，提出和实现改进措施。

4. 项目经理（工地负责人）对承包工程项目的安全生产负全面领导责任

(1) 在项目施工生产全过程中，认真贯彻落实安全生产方针、政策、法规和各项规章制度，结合项目特点，提出有针对性的安全管理要求，严格履行安全考核指标和安全生产奖惩办法；

(2) 认真落实施工组织设计中安全技术管理的各项措施，严格执行安全技术措施审批制度，施工项目安全交底制度和设施、设备交接验收使用制度；

(3) 领导组织安全生产检查，定期研究分析承包项目施工过程中存在的不安全生产问题，并加以落实解决；

(4) 发生事故，保护好现场，及时上报，并认真吸取教训。

5. 工长、施工员、车间主任对所管工程的安全生产负直接责任

(1) 组织实施安全技术措施，进行技术安全交底；

(2) 对施工现场搭设的架子和安装的电气、机械设备等安全防护装置，都要组织验收，合格后方能使用；

(3) 不违章指挥；

(4) 组织工人学习安全操作规程，教育工人不违章作业；

(5) 认真消除事故隐患，发生工作圈条立即上报，保护现场，参加调查处理。

6. 班组长要模范遵守安全生产规章制度，领导本班组安全作业

(1) 认真执行安全交底，有权拒绝违章指挥；

(2) 班前要对所使用的机具、设备、防护用具及作业环境进行安全检查，发现问题

立即采取改进措施；

③) 组织班组安全活动，开好班前安全生产会；

④) 发生工伤事故要立即向工长报告。

### 7. 工人

①) 认真学习，严格执行安全技术操作规程，模范遵守安全生产规章制度；

②) 积极参加安全活动，认真执行安全交底，不违章作业，服从安全人员的指导；

③) 发扬团结友爱精神，在安全生产方面做到互相帮助、互相监督，对新工人要积极传授安全生产知识，维护一切安全设施和防护用具，做到正确使用，不准拆改；

④) 对不安全作业要积极提出意见，并有权拒绝违章指令；

⑤) 发生伤亡和未遂事故，保护现场并立即上报。

## (二) 企业各职能部门安全生产责任制

### 1. 生产计划部门

①) 在编制下达生产计划时，要考虑工程特点和季节气候条件，合理安排，并会同有关部门提出相应的安全要求和注意事项。安排月旬作业计划时，要将支、拆安全网，拆、搭脚手架等列为正式工作，给予时间保证；

②) 在检查月、旬生产计划的同时，要检查安全措施的执行情况；

③) 在排除生产障碍时，要贯彻“安全第一”的思想，同时解决安全隐患，遇生产与安全发生矛盾时，生产必须服从安全，不得冒险违章作业；

④) 对改善劳动条件的工程项目必须纳入生产计划，视同生产任务并优先安排，在检查生产计划完成情况时，一并检查。

### 2. 技术部门

①) 对施工生产中的有关技术问题负安全责任；

②) 对改善劳动条件、减轻笨重体力劳动、消除噪声、治理尘毒危害等情况，负责制定技术措施；

③) 以安全生产全面观点编制、审批施工组织设计、施工方案、工艺卡，使安全措施贯穿在施工组织设计、施工方案、工艺卡的内容里。负责解决施工中的疑难问题，从技术措施上保证安全生产；

④) 对新工艺、新技术、新设备、新施工方法要制定相应的安全措施和安全操作规程；

⑤) 会同劳动、教育部门编制安全技术教育计划，向职工进行安全技术教育；

⑥) 参加安全检查，对查出的隐患因素提出技术改进措施，并检查执行情况；



(7) 参加伤亡事故和重大未遂事故的调查，针对事故原因提出技术措施。

### 3. 机械动力部门

(1) 制定安全措施，保证机、电、起重设备、锅炉、受压容器安全运行。对所有现用的安全防护装置及一切附件，经常检查其是否齐全、灵敏、有效，并督促操作人员进行日常维护；

(2) 对严重危及职工安全的机械设备，应会同技术部门提出技术改进措施，并付诸实施；

(3) 新购进的机械、锅炉、受压容器等设备的安全防护装置必须齐全、有效。出厂合格证及技术资料必须完整，使用前要制定安全操作规程；

(4) 负责对机、电、起重设备的操作人员，锅炉、受压容器的运行人员定期培训、考核并签发作业合格证。制止无证上岗。

(5) 认真贯彻执行机、电、起重设备、锅炉、受压容器的安全规程和安全运行制度。对违章作业人员要严肃处理，发生机、电设备事故要认真调查分析。

### 4. 材料供应部门

(1) 供施工生产使用的一切机具和附件等，在购入时必须有出厂合格证明，发放时必须符合安全要求，回收后必须检修；

(2) 采购的劳动保护用品，必须符合规格标准；

(3) 负责采购、保管、发放和回收劳动保护用品，并向本单位劳动部门提供使用情况；

(4) 对批准的安全设施所用材料应纳入计划，及时供应；

(5) 对所属职工经常进行安全意识和纪律教育。

### 5. 劳动部门

(1) 负责对劳动保护用品发放标准的执行情况进行监督检查，并根据上级有关规定，修改和规定劳保用品发放标准实施细则；

(2) 严格审查和控制上报职工加班、加点和营养补助，以保证职工劳逸结合和身体健康；

(3) 会同有关部门对新工人做好入场安全教育，对职工进行定期安全教育和培训考核；

(4) 对违犯劳动纪律，影响安全生产者应加强教育，经说服无效或屡教不改的应提出处理意见；

(5) 参加伤亡事故调查处理，认真执行对责任者（工人）的处理决定，并将处理材料归档。

### 6. 财务部门

- (1) 按国家规定要求和实际需要，提取安全技术措施费和其它劳保用品费用，专款专用；
- (2) 负责拨给对职工进行安全教育所需宣传费用。

### 7. 教育部门

- (1) 组织各种学习班时，都必须安排安全教育课程；
- (2) 各企业主办的各类专业学校，要设置劳动保护课程；课时不少于总课时的1 %~2 %；
- (3) 将安全教育纳入职工培训计划，负责组织职工的安全技术教训和教育。

### 8. 人事部门

- (1) 根据本单位实际需要，配备具有一定文化程度、技术水平和实践经验的安全干部，并注意解决安全干部的新老交替问题；
- (2) 会同有关部门对施工、技术、管理人员进行遵章守纪教育；
- (3) 参加重大伤亡事故的调查，认真执行对责任者（干部）的处理决定，并将处理材料归档。

### 9. 卫生部门

- (1) 经常进行工业卫生宣传教育；及时提出防暑药物、清凉饮料配方；做好测尘、测毒工作；对从事砂尘、粉尘、有毒、高温、高空作业人员，必须定期进行健康检查，做好职业病的治疗工作和建档建卡工作；
- (2) 发生工伤事故后，积极采取抢救、治疗措施，并向事故调查组提供伤势情况；
- (3) 组织配合有关部门对职工进行体格普查，对特殊工种要定期作体格检查，发现有不适应某种工作的应向有关部门提出建议，及时作出妥善处理。

### 10. 行政部门

- (1) 经常对本单位职工进行安全生产教育。对正在使用的机电设备和炊事机具指定专人负责，并定期检查维修，保证安全防护设施齐全、灵敏、有效；
- (2) 正确使用防暑降温费用，保证暑期清凉饮料按标准供应；
- (3) 安装冬季取暖火炉必须符合安全要求，做到定期检查，防止煤气中毒。

### 11. 保卫消防部门

- (1) 协同有关部门对职工进行安全防火教育，开展群众性安全生产活动；
- (2) 主动配合有关部门开展安全大检查，狠抓事故苗头。消除治安灾害事故隐患。重点抓好防火、防爆、防毒工作；
- (3) 对已发生的重大事故，协同有关部门组织抢救，查明性质；责任事故由有关部

门处理，对性质不明的事故要参与调查；对破坏和破坏嫌疑事故负责追查处理。

### 12. 宣传部门

(1) 大力宣传党和国家的安全生产方针、政策、法令，教育职工树立安全第一的思想；

(2) 配合各种安全生产竞赛等活动，做好宣传鼓动工作；

(3) 及时总结报导安全生产的先进事迹和好人好事。

### 13. 基建部门

(1) 在组织本企业的新建、改建、扩建工程项目的设计、施工、验收时，必须贯彻执行国家和地方有关建筑施工的安全法规和规程；

(2) 自行组织施工的，施工前应按照施工程序编制安全技术措施，审查外包施工的承包单位资质等级必须符合施工的等级范围，提出施工安全要求，并督促检查落实。

## (三) 企业安全系统安全生产责任制

1. 贯彻执行安全生产和劳动保护方针、政策、法规与条例；

2. 做好安全生产的宣传教育和管理工作，总结交流推广先进经验；

3. 经常深入基层，指导下级安全技术人员的工作，掌握安全生产情况，调查研究生产中的不安全问题，提出改进意见和措施；

4. 组织安全活动和定期安全检查；

5. 参加审查施工组织设计（施工方案）和编制安全技术措施计划，并对贯彻执行情况进行督促检查；

6. 与有关部门共同做好新工人、特种作业人员的安全技术训练、考核、发证工作；

7. 进行工伤事故统计、分析和报告，参加工伤事故的调查和处理；

8. 制止违章指挥和违章作业，遇有严重险情，有权暂停生产，并报告领导处理；

9. 对违反安全生产和劳动保护法规的行为，经说服劝阻无效时，有权越级上告。

## (四) 总包与分包单位安全生产责任制

### 1. 总包单位安全生产责任

在几个施工单位联合施工实行总分包制度时，总包单位要统一领导和管理分包单位的安全生产，其责任：

(1) 审查分包单位的安全生产保证体系与条件，对不具备安全生产条件的，不得发包工程；

(2) 对分包的工程，承包合同要明确安全责任；

(3) 对外包工承担的工程要做详细的安全交底，提出明确的安全要求，并认真监督

检查；

(4) 对违反安全规定冒险蛮干的分包单位，要勒令停产；

(5) 凡总包单位产值中包括外包工完成的产值的，总包单位要统计上报外包工单位的伤亡事故，并按承包合同的规定，处理外包工单位的伤亡事故。

### 2. 分包单位安全生产责任

(1) 分包单位行政领导对本单位的安全生产工作负责，认真履行承包合同规定的安全生产责任；

(2) 认真贯彻执行国家和当地政府有关安全生产的方针、政策、法规、规定；

(3) 服从总包单位关于安全生产的指挥，执行总包单位有关安全生产的规章制度；

(4) 及时向总包单位报告伤亡事故，并按承包合同的规定调查处理伤亡事故。

## 三、施工现场安全管理

### (一) 施工现场的安全要求

#### 1. 一般工程的施工现场基本要求

##### (1) 平面布置

开工前，在施工组织设计（或施工方案）中，必须有详细的施工平面布置图。运输道路、临时用电线路布置、各种管道、仓库、加工车间（作业场所），主要机械设备位置及工地办公、生活设施等临时工程的安排，均要符合安全要求。

工地四周应有与外界隔离的围护设置，入口处一般应有（特殊工程工地除外）工程名称、施工单位名称牌，并设置施工现场平面布置图、施工概况表（或称“施工公告”）、安全纪律（或“施工现场安全管理规定”）。使进入该工地的人，能对该工程的概况有一个基本了解和注意安全的忠告。

工地排水设施应全面规划，排水沟的截面及坡度应进行计算，其设置不得妨碍交通和影响工地周围环境。排水沟还应经常清理疏浚，保持畅通。

##### (2) 道路运输

工地的人行道、车行道应坚实平坦，保持畅通。主要道路应与主要临时建筑物的道路连通。场内运输道路应尽量减少弯道和交叉点。频繁的交叉处，必须设有明显的警告标志，或设临时交通指挥（指挥人员或指挥信号）。

工地通道不得任意挖掘或截断。如因工程需要，必须开挖时，有关部门应事先协调，统一规划。同时将通过道路的沟渠，搭设安全牢固的桥板。

##### (3) 材料堆放

一切建筑施工器材（包括建筑材料、预制构件、施工设施构件等）都应该按施工平面布置图规定的地点分类堆放整齐稳固。各类材料的堆放不得超过规定高度。严禁靠近场地围护栅栏及其他建筑物墙壁堆置，且其间距应在50cm 以上，两头空间应予封闭，防止有人入内，发生意外伤害事故。

作业中使用剩余器材及现场拆下来的模板、脚手架杆件和余料、废料等都应随时清理回收，并且将钉子拔掉或者打弯再分类集中堆放。

油漆及其稀释剂和其他对职工健康有害物质，应该存放在通风良好、严禁烟火的专用仓库。沥青应放置在干燥、通气的场所。

### （4）施工现场的安全设施

安全设施如安全网、洞口盖板、护栏、防护罩、各种限制保险装置都必须齐全有效，并且不得擅自拆除或移动，因施工确实需要移动时，必须经工地施工管理负责人同意，并需采取相应的临时安全措施，在完工后立即复原。

### （5）安全标牌

施工现场除应设置安全宣传标语牌外，危险部位还必须悬挂按照 GB 2893 —82 《安全色》和 GB 2894 —82 《安全标志》规定的标牌。夜间有人经过的坑洞等处还应设红灯示警。

## 2．特殊工程施工现场基本要求

（1）特殊工程系指工程本身的特殊性或工程所在区域的特殊性或采用的施工工艺、方法有特殊要求的工程。有的是整体工程属于特殊工程施工现场，也有的仅是分部分项工程属于特殊工程施工现场。

（2）特殊工程施工现场安全管理，除一般工程的基本要求外，还应根据特殊工程的性质、施工特点、要求等制定有针对性的安全管理和安全技术措施，基本要求是：

）编制特殊工程施工现场安全管理制度并向参加施工的全体职工进行安全教育和交底。

特殊工程施工现场周围要设置围护，要有出入制度并设门卫（值班人员）。

强化安全监督检查制度，并认真做好安全日记。

对于从事危险作业的人员要进行安全检测和设置监护。如在容器内、地下室，特别是作防水、防腐蚀涂料、油漆、爆破、吊装拆除工程和滑模施工等。

施工现场应设医务室或派医务人员。

要备有灭火、防爆炸等的器材物资。

## 3．防火

（1）在编制施工组织设计（或施工方案）时，应有消防安全要求。如施工现场平面

布置、暂设工程（临时建筑）搭建位置、用火用电和易燃易爆物品的安全管理、工地消防设施和消防责任制等都应按消防要求周密考虑和落实。

②）施工现场要明确划分用火作业区、易燃、可燃材料堆放场、仓库、易燃废品集中点和生活区等。各区域之间间距要符合防火规定。

③）工棚或临时宿舍的搭建及间距要符合防火规定：

临时宿舍尽可能搭建在离开建筑物20m 以外；并不得搭在高压架空线路下方，应和高压架空线路保持安全距离。

工棚内顶高度一般不低于2.5m。

每幢宿舍居住人数，不宜超过100 人，每25 人要有一个可直接出入的门，门宽不少于1.2m，同时门必须向外开。

一切架空电线均须用固定瓷瓶绝缘，电线穿过墙壁时，必须从瓷管硬塑料管内通过。

明火作业必须经有关部门批准后，才可动火。

仓库、木工棚及易燃易爆物堆（存）放等处，应张贴（悬挂）醒目的防火标志。

施工现场必须配备足够数量的防火、灭火设施和器材。如防火工具（消防桶、消防梯、铁锹、安全钩等）、砂箱（池）、消防水池（缸）、消防栓和灭火器。

要建立安全防火责任制，并划分防火责任区。

### 4. 防爆

①）爆炸的发生都必须具备一定的条件，例如可燃气体、可燃液体的蒸汽或可燃性粉尘，在达到一定的浓度或压力时与空气混合，遇到火源等就会造成爆炸。

②）建筑施工现场做好防爆工作的主要内容是：

对于爆破及引爆物品的储存、保管、领用都必须严格按照规定执行。

各种气瓶的运输、存放、使用，必须按有关规定执行。

各种可燃性液体、油漆涂料等在运输、保存、使用中，除按规定外，并根据其性能特点采取相应的防爆措施。

要向操作者及其有关人员，作好安全交底。

### （二）施工现场安全组织

1. 施工现场（工地）的工地负责人（或项目经理）为安全生产的第一责任者，应视工地的大小设置安全专（兼）职人员或安全机构。

2. 成立以工地负责人（项目经理）为主的，有施工员、安全员、班组长等参加的安全生产管理小组，并组成安全管理网络。

3. 要建立由工地领导参加的包括施工员、安全员内的轮流值班制度，检查监督施

工现场及班组安全制度的贯彻执行，并做好安全值日记录。

4．工地还要建立健全各类人员的安全生产责任制、安全技术交底、安全宣传教育、安全检查、安全设施验收和事故报告等管理制度。

5．班组新调入工地时，应将班组安全员名单报告工地安全生产管理小组。属特种作业班组还应报告本班组持有操作证情况。同时，工地安全管理小组要向班组进行安全交底。

6．总、分包工程或多单位联合施工工程，总包单位应统一领导和管理安全工作，并成立以总包单位为主，分包单位（或参加施工单位）参加的联合安全生产领导小组，统筹、协调、管理施工现场的安全生产工作。

7．各分包单位（或参加施工单位）根据管生产管安全原则，都应成立分包工程安全管理组织或确定安全负责人，负责分包工程安全管理，并服从总包单位的安全监督检查。

8．在同一施工现场，由建设单位（甲方）直接分包分部分项工程的施工单位除负责本单位施工安全外，还应服从现场总负责施工单位的监督检查和管理。

### （三）现场安全管理资料

安全档案是安全基础工作之一，也是检查考核落实安全责任制的资料依据，同时，它为安全管理工作提供分析、研究资料，从而能够掌握安全动态，以便对每个时期的安全工作进行目标管理，达到预测、预报、预防事故的目的。安全档案资料也是现代化安全管理（微机的应用）的基础。为此，安全档案资料工作越来越引起重视，并对资料分类进行规范化、标准化的研究。

根据建设部JGJ59—88《建筑施工安全检查评分标准》等要求，关于施工企业应建立的安全管理基础资料：

- 1．安全组织机构；
- 2．安全生产规章制度；
- 3．安全生产宣传教育、培训；
- 4．安全技术资料（计划、措施、交底、验改，复杂或特殊要求的设施，还应有设计图纸、计算书）；
- 5．采用新工艺、新技术、新设备、新材料安全交底书和安全操作规定；
- 6．安全检查考核（包括隐患整改）；
- 7．特种作业人员验证记录；
- 8．伤亡事故档案；
- 9．有关文件、会议记录；

- 10. 总、分包工程安全文书资料；
- 11. 班组安全活动；
- 12. 奖罚资料。

### 四、施工安全技术措施

安全技术措施，系指为防止工伤事故和职业病的危害，从技术上采取的措施。

工程施工中，针对工程的特点、施工现场环境、施工方法、劳动组织、作业方法、使用的机械、动力设备、变配电设施、架设工具以及各项安全防护设施等制定的确保安全生产的措施，称为施工安全技术措施。施工安全技术措施是施工组织设计（或施工方案）的重要组织部分。

#### （一）施工安全技术措施编制的要求

1. 要在工程开工前编制，并经过审批。要求在开工前编审好安全技术措施，在工程图纸会审时，就必须考虑到施工安全。同时，因为开工前已编审了安全技术措施，为此，用于该工程的各种安全设施能有较充分的时间作准备，从而保证了各种安全设施的落实。

对于在施工过程中，由于工程更改等情况变化。安全技术措施也必须及时相应补充完善。

2. 要有针对性。由于施工安全技术措施是针对每项工程特点而制定的，所以要有针对性。编制安全技术措施的技术人员必须掌握工程概况、施工方法、场地环境、条件等第一手资料。并熟悉安全法规、标准等才能编写有针对性的安全技术措施。

（1）针对不同工程的特点可能造成施工的危害，从技术上采取措施，消除危险，保证施工安全。

（2）针对不同的施工方法，如立体交叉作业、滑模、网架整体提升吊装，大模板施工等，可能给施工带来不安全因素，从技术上采取措施，保证安全施工。

（3）针对使用的各种机械设备、变配电设施给施工人员可能带来哪些危险因素，从安全保险装置等方面采取的技术措施。

（4）针对施工中有毒有害、易爆、易燃等作业，可能给施工人员造成的危害，从技术上采取防护措施，防止伤害事故。

（5）针对施工场地及周围环境，可能给施工人员或周围居民带来危害，以及材料、设备运输带来的困难和不安全因素，从技术上采取措施，给以保护。

3. 要考虑全面、具体。安全技术措施均应贯彻于全部施工工序之中，力求细致全



面、具体。如，施工平面布置不当，暂设工程多次迁移，建筑材料多次转运，不仅影响施工进度，而造成浪费，有的还留下隐患。再如，易爆易燃临时仓库及明火作业区、工地宿舍、厨房等定位及间距不当，可能酿成事故。只有把多种因素和各种不利条件，考虑周全，有对策措施，才能真正做到预防事故。

但是，全面、具体不等于罗列一般通常的操作工艺、施工方法以及日常安全工作制度、安全纪律等。这些制度性规定，安全技术措施中不需再作抄录，但必须严格执行。

4. 对大型群体工程或一些面积大，结构复杂的重点工程除必须在施工组织总设计中编制施工安全技术总体措施外，还应编制单位工程或分部分项工程安全技术措施，详细地制订出有关安全方面的防护要求和措施，确保该单位工程或分部分项工程的安全施工。对爆破、吊装、水下、深坑、支模、拆除等大型特殊工程，都要编制单项安全技术方案。此外，还应编制季节性施工安全技术措施。

总之，应该根据某工程施工的具体情况进行系统的分析，选择最佳施工安全方案编制有针对性的安全技术措施。

### （二）施工安全技术措施的主要内容

工程大致分为两种：一是结构共性较多的称为一般工程；二是结构比较复杂、施工特点较多的称为特殊工程。

有人认为在安全技术措施中摘录几条标准就可以了。这是行不通的。因为，即使是同类结构的工程，由于施工条件、环境等不同，既有共性，也有不同之处。不同之处在共性措施中就无法解决。因此应根据工程施工特点，将不同危险因素，按照有关规程的规定，结合以往的施工经验与教训，参照以下内容编制安全技术措施。

#### 1. 一般工程安全技术措施

(1) 土方工程。根据基坑、基槽、地下室等挖土方深度和土的种类，选择开挖方法，确定边坡的坡度或采取哪种护坡支撑和护地桩，以防土方塌方。

(2) 脚手架、吊篮、工具式脚手架等选用及设计搭设方案和安全防护措施。

(3) 高处作业的上下安全通道。

(4) 安全网（平网、立网）的架设要求，范围（保护区域）、架设层次、段落。

(5) 对施工用的电梯、井架（龙门架）等垂直运输设备，位置搭设要求，稳定性、安全装置等的要求和措施。

(6) 施工洞口及临边的防护方法和立体交叉施工作业区的隔离措施。

(7) 场内运输道路及人行通道的布置。

(8) 编制施工临时用电的组织设计和绘制临时用电图纸。在建工程（包括脚手架具）的外侧边缘与外电架空线路的间距设有达到最小安全距离采取的防护措施。

⑨) 防火、防毒、防爆、防雷等安全措施。

(10) 在建工程与周围人行通道及民房的防护隔离设置。

### 2. 特殊工程安全技术措施

对于结构复杂，危险性大，特性较多的特殊工程，应编制单项的安全措施。如，爆破、大型吊装、沉箱、沉井、烟囱、水塔，各种特殊架设作业、高层脚手架、井架和拆除工程等，必须编制单项的安全技术措施。并要有设计依据、有计算、有详图、有文字要求。

### 3. 季节性施工安全措施

季节性施工安全措施，就是考虑不同季节的气候，对施工生产带来的不安全因素，可能造成各种突发性事故，而从防护上、技术上、管理上采取的措施。一般建筑工程可在施工组织设计或施工方案的安全技术措施中，编制季节性施工安全措施；危险性大、高温期长的建筑工程，应单独编制季节性的施工安全措施。季节性主要指夏季、雨季和冬季。各季节性施工安全的主要内容是：

(1) 夏季施工安全措施。夏季气候炎热，高温时间持续较长，主要是做好防暑降温工作。

采用多种形式，对职工进行防暑降温知识的宣传教育，使职工知道中暑症状，学会对中暑病人采取应急措施。

合理调整作息時間，避开中午高温时间工作，严格控制工人加班加点，高处作业工人的工作时间要适当缩短。保证工人有充足的休息和睡眠时间。

对在容器内和高温条件下的作业场所，要采取措施，搞好通风和降温。

对露天作业集中和固定场所，应搭设歇凉棚，防止热辐射，并要经常洒水降温。

对高温、高处作业的工人，需经常进行健康检查。发现有作业禁忌症者，应及时调离高温和高处作业岗位。

要及时供应合乎卫生要求的茶水、清凉含盐饮料、绿豆汤等。

要经常组织医护人员深入工地进行巡回医疗和预防工作。重视年老体弱、患过中暑者和血压较高的工人身体情况的变化。

及时给职工发放防暑降温的急救药品和劳动保护用品。

(2) 雨季施工安全措施。雨季进行作业，主要做好防触电、防雷、防坍塌和防台风的工作。

防触电。电源线不得使用裸导线和塑料线，不得沿地面敷设。配电箱必须防雨、防水，电器布置符合规定，电器元件不应破损，严禁带电明露。机电设备的金属外壳，必须采取可靠的接地或接零保护。手持电动工具和机械设备使用时，必须安装合格的漏

电保护器。工地临时照明灯、标志灯，其电压不超过36V。特别潮湿场所、金属管道和容器内的照明灯，电压不超过12V。电气作业人员，应穿绝缘鞋、戴绝缘手套。

防雷击。高出建筑物的塔吊、井字架、龙门架、脚手架等应安装避雷装置。

防坍塌。搞好脚手架、井字架、龙门架的排水工作，防止沉陷倾斜。坑、槽、沟两边要放足边坡，危险部位要另外加支撑，搞好排水工作，一经发现紧急情况，应马上停止土方施工。

防台风。沿海地区还应防止汛期台风的侵袭，在此期间，风力增大，水位升高，施工单位要及时收听气象台天气预报。现场各类机械设备、电气装置、库房等，应注意防止进水受潮；大型施工机械在风力达到六级时，要采取各种措施（如放下臂杆、固定行走装置等），避免发生各类事故。

③）冬季施工安全措施。冬季进行作业，主要应做好防风、防火、防滑、防煤气中毒、防亚硝酸钠中毒的工作。

凡参加冬季施工作业的工人，都应进行冬季施工安全教育，并进行安全交底。

烧蒸汽锅炉人员必须要经过专门培训，取得司炉证后才能独立作业。烧热水锅炉的也要经过培训，合格后才能上岗。

安装的取暖炉，必须符合要求，验收合格后才能使用。

六级以上大风或大雪，应停止高处作业和吊装作业。

搞好防滑措施。通道防滑条损坏的要及时修补，对斜道、通道、爬梯等作业面上的霜冻、冰块、积雪要及时清除。

用热电法施工，要加强检查和维修，防止触电和火灾。

对亚硝酸钠要加强管理，严格发放制度，要按定量改革小包装，并加上水泥、细砂、粉煤灰等，将其改变颜色，以防止误食中毒。

加强用火申请和管理，遵守消防规定，防止火灾发生。

现场脚手架、安全网，暂设电气工程、土方、机械设备等安全防护，必须按有关规定执行。

必须正确使用个人防护用品。

由工程技术人员负责编制的安全技术措施，必须报经上一级技术负责人审查批准后执行。

### （三）贯彻执行安全技术措施要求

经过批准的安全技术措施具有技术法规的作用，必须认真贯彻执行。遇到因条件变化或考虑不周必须变更安全技术措施内容时，应经由原编制、审批人员办理变更手续，否则不能擅自变更。

1. 要认真进行安全技术措施的交底。工程开工前，总工程师或技术负责人，要将工程概况、施工方法和安全技术措施，向参加施工的工地负责人、工长和职工进行安全技术交底。每个单项工程开始前，应重复进行交待单项工程的安全技术措施。对安全技术措施中的具体内容和施工要求，应向工地负责人、工长进行详细交底和讨论，使执行者了解其道理，为安全技术措施的落实打下基础，安全交底应有书面材料，有双方的签字和交底日期。

2. 安全技术措施中的各种安全设施、防护设置的实施应列入施工任务单，责任落实到班组或个人，并实行验收制度。

3. 加强安全技术措施实施情况的检查，技术负责人、编制者和安全技术人员，要经常深入工地检查安全技术措施的实施情况，及时纠正违反安全技术措施的行为、问题，要对其及时补充和修改，使之更加完善、有效。各级安全部门要以施工安全技术措施为依据，以安全法规和各项安全规章制度为准则，经常性地对各工地实施情况进行检查，并监督各项安全措施的落实。

4. 对安全技术措施的执行情况，除认真监督检查外，还应建立必要的与经济挂钩的奖罚制度。

## 五、安全生产教育

安全生产教育的目的是作用是使企业各级领导和广大职工真正认识到安全生产的重要性、必要性，懂得安全生产、文明生产的科学知识，牢固树立安全第一的思想，自觉地遵守各项安全生产法令和规章制度。

### （一）安全生产教育规定

1. 企业对新进场工人和调换工种的职工，必须按规定进行安全教育和技术培训，经考核合格，发给证书方准上岗。

2. 电工、焊工、架工、司炉工、爆破工、机操工及起重工、打桩机和各种机动车辆司机等特殊工人除进行一般安全教育外，还要经过本工种的安全技术教育，经考核合格发证后，方准独立操作；每年还要进行一次复审。对从事有尘毒危害作业的工人，要进行尘毒危害和防治知识教育。

3. 要定期轮训企业各级领导干部和安全干部，其中施工队长（车间主任）、工长（施工员）、班组长是安全教育的重点。劳动部规定厂长、经理需经培训、考核，取得《安全管理资格证书》，凭证对本企业实施安全卫生管理。

4. 采用新技术、新工艺、新设备施工和调换工作岗位时，要对操作人员进行新技

术操作和新岗位的安全教育，未经教育不得上岗操作。

5. 各省、自治区、直辖市建设厅（建委），根据企业职工情况，分别规定安全教育和要求。

## （二）新工人入场安全教育

1. 新工人（包括合同工、外包工、临时工、学徒工、学习和代培人员）入场三级安全教育。

（1）公司（工区、处、厂）教育。新工人在分配到施工队之前，必须进行初步的安全教育。教育内容：

一般教育：

- A. 新工人入场教育意义和必要性；
- B. 建筑施工的特点，它给劳动者的安全带来的不利因素；
- C. 当前安全生产的情况。

安全生产法规和安全知识教育：

- A. 中华人民共和国宪法第42条，中华人民共和国刑法第113条、114条、115条、184条；
- B. 国务院发布的《建筑安装工程安全技术规程》以及建设部颁布的建筑企业安全生产条例、规定；
- C. 地方政府和主管部门发布的有关安全生产规定；
- D. 局、总公司、公司（工区、处、厂）有关安全管理规定及细则；
- E. 劳动部关于重伤事故范围的意见。

建筑安装及市政工程施工时，容易发生的伤害事故及其预防：

- A. 容易发生的伤害事故；
  - a. 高处作业坠落事故教训；
  - b. 物体打击事故教训；
  - c. 触电事故教训；
  - d. 坍塌事故教训；
  - e. 机械伤害事故教训。
- B. 容易发生事故的规律和预防。

（2）施工队（车间）教育。施工队教育是新工人被分配到施工队以后进行的安全教育。教育内容：

原国家建工总局颁布的《建筑安装工人安全技术操作规程》第一章一般规定，第1至第4节（见本章第三节附件二）；

建设工程现场的安全管理规定细则；  
在工程基本情况和必须遵守的安全事项；  
施工用化工产品的用途，防毒知识，防火、防煤气中毒知识。

③）班组教育。岗位教育是新工人分配到班组后，开始工作前的一级教育。教育内容：

- 本班组生产工作概况、工作性质及范围；
- 新工人个人从事生产工作的性质，必要的安全知识，各种机具设备及其安全防护设施的性能和作用；
- 本工种的安全操作规程；
- 容易发生事故的部位及劳动防护用品的使用要求；
- 班组安全生产基本要求：

A．牢固树立“安全生产，人人有责”的思想，要有较强的自我保护意识，不能只顾干活不顾安全；

B．积极参加安全活动，遵守安全操作规程和安全规章制度。对不安全的作业要主动提出改进意见；

C．必须熟悉施工要求，作业环境，认真执行安全交底，不蛮干；

D．对没有安全交底的生任务，有权拒绝接受，有权抵制违章指令；

E．发扬团结友爱精神，互相关照，制止他人违章行为；

F．正确穿戴劳动保护用品，进入施工现场戴好安全帽，高处作业挂好安全带，使用手持和移动式电动工具穿好绝缘鞋，戴发绝缘手套；

G．熟悉所使用工具的性能、操作方法，作业前和作业中注意检查，不带病运转，发现问题及时报告，经修复后再用；

H．维护生产现场的一切防护设施，不得任意拆改，如脚手架、护身栏、孔洞防护等，若必须改动时，须经有关人员批准；

I．机电设备发生故障，自己不得拆动，报告机电人员处理；

J．发生重大伤亡事故和重大未遂事故，应立即向领导报告，保护好现场，如实向调查人员汇报事故情况。

2．考核、发证、登记

(1) 三级教育每级教育结业，由企业统一命题组织考试。

(2) 考试合格者，企业统一签发安全教育合格证，新工人持证进入生产岗位。考试不合格者应补课、补考。

(3) 新工人安全教育，要进行登记，建立档案（见表5 -1）。

表5 -1 职工安全教育登记表

单位：

姓名		性别		年龄		工种		参加 工作时间		
处 全 (厂) 教 安 育 安 内 容	1．劳动保护的意義和任务 2．企业安全规章制度及事故教训									
教育时间累计：		小时	教育者		受教育者		教育日期			
队 安 (车间) 全 教 育 内 容	1．现场安全生产纪律和文明生产要求 2．讲述危险作业部位及必须遵守事项									

续表

教育时间累计：		小时	教育者		受教育者		教育日期			
岗 教 位 育 安 内 全 容	1．本工种安全操作规程要点和易发生事故的地方、部位及其防范措施 2．明确岗位安全职责，正确使用个人防护用品，以及有关防护装置设施的使用和维护									
教育时间累计：		小时	教育者		受教育者		教育日期			

(三) 特种作业人员安全生产教育

特种作业人员安全教育执行劳动部 《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》  
(劳安字Z [1991] 31 号)。

1．特种作业的范围

- (1) 电工作业；
- (2) 金属焊接（切割）作业（不含锅炉压力容器）；
- (3) 起重作业；
- (4) 企业内机动车辆驾驶；
- (5) 建筑登高架设作业；
- (6) 根据特种作业基本定义由省级劳动行政部门确定并报劳动部备案的其它作业。

2．特种作业人员必须具备的基本条件

- (1) 工作认真负责，遵章守纪；

- ②) 年满十八周岁；
- ③) 初中以上文化程度；
- ④) 按上岗要求的技术业务理论考核和实际操作技能考核成绩合格；
- ⑤) 身体健康，无妨碍从事本工种作业的疾病和生理缺陷。

### 3. 安全技术教训对象

从事上述第1.条所述的特种作业人员，在独立上岗作业时，必须进行安全技术培训。

技工学校，职业高中特种作业专业的毕业生，已按本工种作业安全技术培训考核大纲的要求进行过培训，并经地、市级以上劳动行政部门审核认可的，可不再进行培训。

### 4. 培训内容

按《特种作业人员安全技术教训考核大纲》进行。

### 5. 考核与发证

①) 考核内容严格按照《特种作业人员安全技术培训考核大纲》进行。考核包括安全技术理论考试与实际操作技能考核，以实际操作技能考核为主。

②) 经考核成绩合格者，发给《特种作业人员操作证》；不合格者，允许补考一次；补考仍不合格者，应重新培训。

③) 离开特种作业岗位一年以上的特种作业人员，须重新进行安全技术考核，合格者方可从事原作业。

④) 考核与发证工作，由特种作业人员所在单位负责组织申报，地、市级劳动行政部门负责实施。

### 6. 复审及其他

①) 取得《特种作业人员操作证》者，每两年进行一次复审。未按期复审或复审不合格者，其操作证自行失效。复审由特种作业人员所在单位提出申请，由发证部门负责审验。

②) 劳动行政部门及特种作业人员所在单位，均须建立特种作业人员的管理档案。

## (四) 企业各级领导干部和安全管理干部的安全生产培训

1. 厂长、经理安全管理资格认证培训，执行劳动部颁发的《厂长、经理职业安全卫生管理资格认证规定》。

### 2. 培训内容

要定期轮训企业各级领导干部和安全管理干部，提高政策水平，熟悉安全技术，劳动卫生业务知识，做好安全生产工作。



培训主要内容：

- (1) 安全生产、工业卫生的重大意义；
- (2) 国家有关安全生产的方针、政策、规定；
- (3) 安全生产法规、条例、标准；
- (4) 各级领导在安全生产、工业卫生方面的职能、任务以及如何管理；
- (5) 施工生产的工艺流程和主要危险因素，以及预防重大伤亡事故发生的主要措施；
- (6) 地区、行业事故概况、特点以及应吸取的教训等；
- (7) 编制、审查安全技术措施计划及施工组织设计的安全技术措施的基本知识；
- (8) 企业有关安全生产的规章制度、安全纪律以及保证措施；
- (9) 发生重大伤亡事故和急性中毒事故，应当如何保护现场、调查事故情况、分析事故原因、制订防范措施及对事故责任者分析、处理等。

(五) 安全生产的经常性教育

企业在做好新工人入场教育、特种作业人员安全生产教育和各级领导干部、安全管理干部的安全生产培训的同时，还必须把经常性的安全教育贯穿于管理工作的全过程，并根据接受教育对象的不同特点，采取多层次、多渠道和多种方法进行。

1. 安全生产宣传教育

(1) 主要内容

宣传安全生产在政治上和经济上的重大意义，使每个职工都能时刻重视安全生产工作，牢固树立“安全第一”的思想。

宣传党和政策十分重视劳动保护工作，体现党和政府对劳动者的无限关怀，激发职工的工作积极性。

宣传生产必要安全，安全为了生产的关系，使职工懂得不重视安全生产，会给企业、劳动者本人以及社会、家庭带来损失与不幸。

宣传安全生产经验，树立搞好安全生产的信心，克服“事故难免论”

教育职工尊重科学，按客观规律办事，不违章指挥，不违章作业，使职工认识到安全生产规章制度是长期实践经验的总结，有的付出了血的代价，要自觉地学习规程，执行规程。

宣传“安全生产人人有责”，动员全体职工人人重视，人人动手安全生产、文明施工。

教育职工克服麻痹思想，克服安全生产工作“重视主体工程、忽视收尾工程”，“重视高大危险工程，忽视一般工程”的错误倾向。

### 2) 安全生产宣传教育的主要形式

安全生产宣传教育多种多样，应贯彻及时性、严肃性、真实性，做到简明、醒目，避免恐怖形象。既要有批评，也要有表扬，不仅要指出什么是错误的，同时也应指出怎样才是正确的。具体形式如下：

- 施工现场（车间）入口处的安全纪律牌；
- 举办安全生产训练班；
- 举办劳动保护讲座；
- 举办安全保护报告会；
- 举办安全保护展览；
- 建立安全保护教育室；
- 举办事故分析会；
- 印发安全保护简报、通报等；
- 办安全保护黑板报、宣传栏；
- 举办安全保护广播；
- 书写安全标志和标语口号；
- 张贴安全保护挂图或宣传画；
- 举办安全保护文艺演出；
- 放映安全保护幻灯或电影；
- 放映安全保护音像制品；
- 组织家属作职工安全生产思想工作；
- 其他形式。

### 2. 普及安全生产知识宣传教育的主要内容

- (1) 防触电和触电后急救知识；
- (2) 防止起重伤害事故基本知识，严格安全纪律，不准随意乱开动起重机械，不准随意乘坐起重物升降，不准乘坐井架、龙门架、吊笼等；
- (3) 防爆常识，不准乱拿乱用炸药、雷管，不准在乙炔发生器危险区内吸烟、点火等；
- (4) 脚手架、吊篮安全使用知识，不准随意拆用架子或吊篮的任何杆件和部件；
- (5) 防尘、防毒、防电光伤眼等基本知识；
- (6) 交通安全常识；
- (7) 安全标准、制度等知识；
- (8) 安全法制知识教育，增强安全法制观念，严格按章办事，领导不违章指挥，工

人不违章作业。

3. 适时安全教育

- (1) 季节性安全教育，如冬雨季施工安全教育；
- (2) 节假日加班加点职工的安全教育；
- (3) 突击赶任务情况的安全教育。

上述安全教育应登记记载。

六、安全生产检查

安全的基本含义：一是预知危险，二是消除危险，两者缺一不可。也就是说，告诉人们怎样去识别危险和防止事故危害。

(一) 安全检查的目标

- 1. 预防伤亡事故或者说把事故降下来，把伤亡事故频率和经济损失率降到低于社会容许的范围以及国际同行业先进水平；
- 2. 不断改善生产条件和作业环境，达到最佳安全状态。但是，由于安全是与生产同时存在的，因此危及劳动者的不安全因素也同时存在，事故的原因也是复杂和多方面的。为此，必须通过安全检查对施工（生产）中存在的的社会容许的范围以及国际同行业先进水平；

(二) 安全检查的意义

- 1. 通过检查，可以发现施工（生产）中的不安全（人的不安全行为和物的不安全状态）、不卫生问题，从而采取对策，消除不安全因素，保障安全生产。
- 2. 利用安全生产检查，进一步宣传、贯彻、落实党和国家安全生产方针、政策和各项安全生产规章制度。
- 3. 安全检查实质上也是一次群众性的安全教育。通过检查，增强领导和群众安全意识，纠正违章指挥、违章作业，提高搞好安全生产的自觉性和责任感。
- 4. 通过检查可以互相学习、总结经验、吸取教训、取长补短，有利于进一步促进安全生产工作。
- 5. 通过安全生产检查，了解安全生产状态，为分析安全生产形势，研究加强安全管理提供信息和依据。

(三) 安全检查的内容

安全检查内容主要应根据施工（生产）特点，制定检查项目、标准。但概括起来，

主要是查思想、查制度、查机械设备、查安全设施、查安全教育培训、查操作行为、查劳保用品使用、查伤亡事故的处理等。

### （四）安全检查的要求

1. 各种安全检查都应该根据检查要求配备力量。特别是大范围、全面性安全检查，要明确检查负责人，抽调专业人员参加检查，并进行分工，明确检查内容、标准及要求。

2. 每种安全检查都应有明确的检查目的和检查项目、内容及标准。重点、关键部位（“保证项目”）要重点检查。对大面积或数量多的相同内容的项目可采取系统的观感和一定数量的测点相结合的检查方法。检查时尽量采用测检工具，用数据说话。对现场管理人员和操作工人不仅要检查是否有违章指挥和违章作业行为，还应进行应知应会知识的抽查，以便了解管理人员及操作工人的安全素质。

3. 检查记录是安全评价的依据，因此要认真、详细。特别是对隐患的记录必须具体，如隐患的部位、危险性程度及处理意见等。采用安全检查评分表的，应记录每项扣分的原因。

4. 安全检查需要认真地、全面地进行系统分析，用定性定量进行安全评价。哪些检查项目已达标，哪些检查项目虽然基本上达标，但是具体还有哪些方面需要进行完善，哪些项目没有达标，存在哪些问题需要整改。受检单位（即使本单位自检也需要安全评价）根据安全评价可以研究对策，进行整改和加强管理。

5. 整改是安全检查工作重要的组成部分，是检查结果的归宿。整改工作包括隐患登记、整改、复查、销案。

### （五）对检查出来的隐患的处理

1. 检查中发现的隐患应该进行登记，不仅是作为整改的备查依据，而且是提供安全动态分析的重要信息渠道。如，各单位或多数单位（工地、车间）安全检查都发现同类型隐患，说明是“通病”。若某单位安全检查中经常出现相同隐患。说明没有整改或整改不彻底，形成“顽症”。根据隐患记录的信息流，可以制定出指导安全管理的决策。

2. 安全检查中查出的隐患除进行登记外，还应发出隐患整改通知单。引起整改单位重视。对凡是有即发性事故危险的隐患，检查人员应责令停工，被检查单位必须立即整改。

3. 对于违章指挥、违章作业行为，检查人员可以当场指出，进行纠正。

4. 被检查单位领导对查出的隐患，应立即研究整改方案，按照“三定”（即定人、定期限、定措施），立即进行整改。

5. 整改完成后要及时通知有关部门。有关部门要立即派员进行复查，经复查整改合格后，进行销案。

### （六）建设部 《建筑施工安全检查评分标准》

随着安全管理现代化，各地区、企业先后制定了安全检查标准并进行定性、定量的安全评价，促进了安全检查科学化、标准化。

建设部于1988年10月10日建标字（88）第273号文件颁发了JGJ59—88《建筑施工安全检查评分标准》（以下简称“标准”），并自1989年4月1日起实施。同时，规定了部颁《标准》没有列入的内容、项目，各地可以根据有关安全法规制定地方或本企业安全检查标准。

#### 1. 检查评分内容

建设部颁发的《建筑施工安全检查评分标准》共分3章，23条，一个汇总表，七个分项检查评分表。七个分项检查评分表检查内容共有69个项目194条。在安全管理、外脚手架、施工用电、龙门架与井字架、塔吊等五项检查评分表中，设立了保证项目和一般项目，保证项目是安全检查的重点和关键。

（1）汇总表是对七个分项检查结果的汇总，利用汇总表的得分来确定总体系统（受检查的工地）的安全生产工作情况，进行安全评价。

（2）《安全管理检查评分表》是考核施工中安全管理工作的。通过调查和事故原因的分析，发现有89%都不是因技术解决不了造成的，而是由于管理不善，违章所致。如没有安全技术措施、缺乏安全技术知识、不作安全技术交底、安全生产责任不落实、违章指挥、违章作业等。因此，把管理工作中的关键部分列为“保证项目”，保证项目能够做好，整体的安全工作也就有了一定的保证。

（3）《外脚手架检查评分表》主要指的是从地面搭起的竹、木、钢管脚手架。近几年来，从脚手架上坠落事故已占高处坠落事故的50%，脚手架上的事故如能得到控制，则高坠事故可以大量减少。按照安全系统工程学的原理，将近年来发生的事故用事故树的方法进行分析，问题主要出现在两个方面：一是脚手架倒塌，二是脚手架上缺少防护措施。从两方面考虑，找到引起倒塌和缺少防护的基本原因。因而确定了检查项目，按每分项在总体结构中的重要程度及因为它的缺陷而引起伤亡事故的频率，确定了它的分值。

（4）《“三宝”及“四口”防护检查评分表》。三宝主要指安全帽、安全带、安全网的使用；四口主要指通道口、预留洞口、楼梯口、电梯井口等各种洞口（含坑、井）的防护。两大部分之间无有机的联系，但这两部分引起的伤亡事故却是相互交叉，既有高处坠落又有物体打击，因此将这两部分放在一张表内，但不设保证项目。其中，由于

“三宝”利用不好发生伤亡事故较为普遍，为突出重点，将其分值定为60分。在发生物体打击的事故分析中，由于受伤者不戴安全帽的占事故总数的90%，而不戴安全帽都是由于怕麻烦图省事造成的。无论工地有多少，只要一人不戴安全帽，就存在被打击造成伤亡的隐患。同样，有一人不戴安全带，就存在高处坠落伤亡一人的危险。因此，在评分中突出了这个重点。对于“四口”防护的要求，考虑了建筑业安全防护技术的现状，没有对防护方法和设施等做统一要求，只要求严密可靠。

⑤)《施工用电检查评分表》是施工现场临时用电的检查标准，临时用电也是一个独立的子系统，各部位有相互联系和制约的关系。但从事故树的分析来看，发生伤亡事故的原因不完全是相互制约的，而是哪里有隐患哪里就存在着事故的危险，根据发生伤亡事故的原因分析定出了检查项目。其中由于施工碰触高压线造成的伤亡事故占30%；由于二次线在工地随意拖拉、破皮漏电造成的触电事故占16%；现场照明不使用安全电压造成的触电事故占15%，如能将这三类事故控制住，触电事故则可大幅度下降。因此把三项内容做为检查的重点列为保证项目。在临时用电系统中，保护零线和重复接地是保障安全的关键环节，但在事故的分析中往往容易被忽略，为了强调它的重要也将它列为保证项目。检查项目中的扣分标准是根据施工现场的通病及其危害程度、发生事故的概率确定的。

⑥)《龙门架与井字架检查评分表》中龙门架、井字架是近几年建筑施工中主要的垂直运输工具，也是事故发生的主要部位。每年发生的一次死亡3人以上的重大伤亡事故中，属于龙门架与井字架上的就占50%，主要由于选择缆风绳不当和缺少限位保险装置所致。因此检查表中把这些项目都列为保证项目。扣分标准是按事故直接原因、现场存在的通病及其危害程度确定的。在龙门架与井字架的安装和拆除过程中极易发生倒塌事故，这个过程在检查表中没有列出，可由各地自行补充。但应注意的是，龙门架与井字架所使用的缆风绳一定要使用钢丝绳，任何情况下都不能用麻绳、棕绳再生绳、8号铅丝及钢筋所代替。

⑦)《塔吊检查评分表》由于高层和超高层建筑的增多，塔吊的使用也逐渐普遍。在运行中因力矩、超高、变幅、行走、超载等限位装置不足、失灵、不配套、不完善等造成的倒塔事故时有发生，因此将这些项目列为保证项目，并且增大了力矩限位器的分值，以促使各单位在使用塔吊时保证其齐全有效，以控制由于超载造成的倒塔事故。塔吊在安装和拆除中也曾发生过多起倾翻事故，检查表中没有列出这个过程，可由各地自行编制。

⑧)《施工机具体查评分表》中列出了施工中常用的和发生伤亡事故较多的几种施工用具，各地如有特殊要求可自行补充。每项只列出了一台机械的检查评分标准，如遇多台同类设备，可取算术平均值。各检查项目的扣分标准是按发生伤亡事故的情况确定

的。

检查时可以采用“看”、“量”、“测”、“动作试验”等方法进行。

“看”：主要查看管理资料、持证上岗、现场标志、交接验收资料、“三宝”使用情况、“洞口”、“临边”防护情况、部分设备的防护装置等等。

“量”：主要是用尺进行实测实量。例如：脚手架各种杆件间距、塔吊道轨距离、电气开关箱安装高度、在建工程临近高压线距离等等。

“测”：用仪器、仪表实地进行测量。例如：用水平仪测量道轨纵、横向倾斜度，用地阻仪摇测地阻值等等。

“动作试验”：由司机对各种限位装置进行实际动作，检验其灵敏程度。例如：塔吊的力矩限制器、行走限位、龙门架的超高限位装置、翻斗车制去装置等等。总之，能测量的数据或动作试验，不可以估算、步量、或差不多等来代替，要尽量采用定量方法检查。

2. 检查评分方法

(1) 汇总表及七个分项检查评分表满分数值均为100 分。(见表2 -1 -2)

(2) 汇总表的计算：

检查评分的七个分项检查分表在汇总表中所占的分数值（或者说比例）不同，但总的分二类。一是在汇总表中分数值为20 分的有《外脚手架》、《“三宝”及“四口”防护》、《施工用电》；二是在汇总表中分数值为10 分的有《安全管理》、《龙门架与井字架》、《塔吊》、《施工机具》。因此，各分项检查评分表所得的分数应经换算后记入汇总表内。

换算公式：

$$\begin{matrix} \text{分项检查评分表实得分} \\ \text{换算在汇总表中实得分} \end{matrix} = \frac{\text{汇总表中该项应得满分值} \times \text{该分项检查评分表实得分}}{100}$$

[例一] 《安全管理检查评分表》实得76 分，换算入汇总表中《安全管理》项目实得分多少？

$$\text{汇总表中《安全管理》实得分} = \frac{10 \times 76}{100} = 7.6 \text{ 分}$$

[例二] 《外脚手架检查评分表》实得分82 分，在汇总表中《外脚手架》项目实得分多少？

$$\text{汇总表中《外脚手架》实得分} = \frac{20 \times 82}{100} = 16.4 \text{ 分}$$

汇总表中遇到缺项计算方法：

[公式]

实查的各表得分换算成汇总表中得分的分值之和

$$\text{缺项时汇总表得分} = \frac{\text{实查的各分表在汇总表应得分的分值之和}}{\text{实查的各分表在汇总表应得分的分值之和}} \times 100$$

[例三] 如某工地没有塔吊，则塔吊分表全作缺项处理，汇总时计算方法如下：

实查的另六个分表得分换算成汇总表中得分的分值之和

$$\frac{\text{实查的另六个分表在汇总表中应得分的分值之和}}{\text{实查的另六个分表在汇总表中应得分的分值之和}} \times 100$$

各分项检查评分表的计算：  
评分规定：

- A．“保证项目”中有一项不得分，该分项检查评分表即为零分。
- B．“保证项目”小计不满40分，该分项检查评分表也为零分。

缺项计算方法：  
A．分表中缺项，合计分数换算成得分率与“汇总表”缺项计算方法相同。

[例四] 如《施工用电》检查分表中“在建工程与临近高压线的距离”缺项（该项应得满分为20分），其他各项目检查的得分为64分，该分表得分多少？换算到汇总表中应为多少分？

$$\text{该表得} = \frac{64}{100 - 20} \times 100 = 80 \text{（分）}$$

$$\text{该分表换算到汇总表中分数值} = \frac{80 \times 20}{100} = 16 \text{（分）}$$

B．“保证项目”中缺项计算。

如分表中“保证项目”有缺项，关键是要验算“保证项目”的实得分小计与应得分（除缺项）满分值之比是否大于（或等于）66.7%，如得分率不足66.7%，该分表计“零”分，达66.7%时，则计分方法同1）。

[例五] 假如在“脚手架”分表中，防护栏杆及踢脚板或立网这一保证项目缺项（该项目为10分），另有其他“保证项目”检查实得分合计共为22分（应得分为50分），该分项检查表是否能得分？

$$\frac{22}{50} = 0.44 < 66.7\%$$

则该分项检查表计零分。

3. 安全评价

建筑施工安全检查评分以汇总表的总得分及保证项目达标，即，符合：

- ① 保证项目均得分。
- ② 检查分项表保证项目小计实得分达40分与否，作为对一个施工现场安全生产情况的评价依据。分为：优良，合格，不合格三个等级。



- (1) 优良：保证项目分值均达标，汇总表得分值在80 分（含80 分）以上。
- (2) 合格： 保证项目分值均达标，汇总表得分值在70 分（含70 分）以上。 有一个分表未得分，但汇总表得分值在75 分（含75 分）以上。
- (3) 不合格： 汇总表得分值不足70 分。 有一份分表未得分，汇总表得分值不足75 分。

工地检查安全汇总表

工地	评定等级	得分	应得分	分数检查评分							
				合计 (100 分)	安全管理 (10 分)	外脚手架 (20 分)	“三宝” 及 “四口” 防护 (20 分)	施工 用电 (20 分)	龙门架与 井字架 (10 分)	塔吊 (10 分)	施工 机具 (10 分)
A	合格	73.8	100	73.8	7.6	16.4	18	14	6.8	6	5
B	优良	80	90	72	8	16	17	16	7	缺项	8
C	不合格	73.5	100	73.5	7	16	18	17	7.5	0	8
D	合格	76.8	100	76.8	8	18.4	18	16	7.8	0	8
E	不合格	60	70	42	6	缺项	15	9	缺项	6	6

4 . 检查评分实例计算及分析

- (1) 工地汇总表中七个项目均全，并且均得分，总得分为73.8 分，评分合格工地。
- (2) 工地没有塔吊，其他六项均得分，合计72 分，但六个项目应得分为90 分，故汇总表最后评分为80 分，评为优良工地。
- (3) 工地除塔吊外，其他六个表均得分，合计实得分73.5 分，虽它比B 工地六个分表的分值高，由于其《塔吊》分表为零，未得分。此时因总分不足75 分，因此，仍评为不合格工地。
- (4) 工地塔吊分表虽然与C 工地相同均未得分，但总分为76.8 分，故仍评为合格工地。
- (5) 工地因总分未达70 分，评为不合格工地。从上述实例评分分析中可以看出“保证项目”达标的重要性。

七、伤亡事故管理

(一) 伤亡事故定义

所谓事故，就是人们在进行有目的活动过程中，发生了违背人们意愿的不幸事件，

使其有目的行动暂时或永久地停止称为事故。

企业职工发生伤亡，大体上分两类：一是因工伤亡，即因生产（工作）而发生的；二是非因工伤亡，即与生产（工作）无关造成的伤亡。

国务院颁布的《企业职工伤亡事故报告和处理规定》（国务院1991年第75号令）所称伤亡事故，是指职工在劳动过程中发生的人身伤害、急性中毒事故。即职工在本岗位劳动，或虽不在本岗位劳动，但由于企业的设备和设施不安全、劳动条件和作业环境不良、管理不善，以及企业领导指派到企业外从事本企业活动，所发生的人身伤害（即轻伤、重伤、死亡）和急性中毒事故。具体范围：

1. 适用于中华人民共和国境内的一切企业，国家机关、事业单位、人民团体发生的伤亡事故参照执行。

2. 企业职工是指由本企业支付工资的各种用工形式的职工，包括固定职工、合同制职工、临时工（包括企业招用的临时农民工）等。代训工、实习生、民工、参加本企业生产的学生、现役军人，到企业进行参观、检查工作或进行其他公务的人员，劳改、劳教中的人员，外来救护人员以及由于事故而造成伤亡的军民、行人等均为“非本企业人员”。

3. 伤亡事故还应包括的范围：

(1) 企业发生火灾事故及在扑救火灾过程中造成本企业职工伤亡；

(2) 企业内食堂、幼儿园、医务室、俱乐部等部门职工或企业职工在企业的浴室、休息室、更衣室以及企业的倒班宿舍、临时休息室等场所发生的伤亡事故；

(3) 职工乘坐本企业交通工具在企业外执行本企业的任务或乘坐本企业通勤机车、船上下班途中，发生的交通事故，造成人员伤亡；

(4) 职工乘坐本企业车辆参加企业安排的集体活动，如游泳、文体体育活动等，因车辆失火、爆炸造成职工的伤亡；

(5) 企业租赁及借用的各种运输车辆，包括司机或另聘司机，执行该企业的生产任务，发生的伤亡；

(6) 职工利用业余时间，采取承包形式，完成本企业临时任务发生的伤亡事故（包括雇佣的外单位人员）；

(7) 由于职工违反劳动纪律而发生的伤亡事故，其中属于在劳动过程中发生的，或者虽不在劳动过程中，但与企业设备有关的。

有些非生产性事故，如企业或上级机关举办体育运动比赛时发生的伤亡，文艺宣传队在演出过程中摔伤等，虽不属于“规定”统计范围，但根据实际情况，具体分析，可以按劳动保险方面的规定，分别确定享受因工、比照因工或非因工待遇。

## （二）伤亡事故的分类

根据国务院1991 年5 月1 日起实施的《企业职工伤亡事故报告和处理规定》，职工在劳动过程中发生的人身伤害、急性中毒伤亡事故分为：轻伤、重伤、死亡、重大死亡事故。

建设部对工程建设过程中，按程度不同，把重大事故分为四个等级：

一级重大事故，死亡30 人以上或直接经济损失300 万元以上的；

二级重大事故，死亡10 人以上，29 人以下或直接经济损失100 万元以上，不满300 万元的；

三级重大事故，死亡3 人以上，9 人以下；重伤20 人以上或直接经济损失30 万元以上，不满100 万元的；

四级重大事故，死亡2 人以上；重伤3 人以上、19 人以下或直接经济损失10 万元以上，不满30 万元的。

根据GB6441 -86 《企业职工伤亡事故分类》规定的伤亡事故“损失工作日”，即：轻伤，指损失1 个工作日至不超过105 日的失能伤害；重伤，指损失工作日等于和超过105 日的失能伤害；死亡，损失工作日定为6000 工日。“损失工作日”的概念，其目的是估价事故在劳动力方面造成的损失。因此，某种伤害的损失工作日数一经确定，就为标准值，与伤害者的实际休息日无关。

## （三）伤亡事故类别

1．物体打击，指落物、滚石、锤击、碎裂崩块、碰伤等伤害，包括因爆炸而引起的物体打击；

2．车辆伤害，包括挤、压、撞、倾覆等；

3．机具伤害，包括绞、碾、碰、割、戳等；

4．起重伤害，指起重设备或操作过程中所引起伤害；

5．触电，包括雷击伤害；

6．淹溺；

7．灼烫；

8．火灾；

9．高处坠落，包括从架子、屋顶上坠落以及从平地坠入地坑等；

10．坍塌，包括建筑物、堆置物、土石方倒塌等；

11．冒顶片帮；

12．透水；

- 13. 放炮；
- 14. 火药爆炸，指生产、运输、储藏过程中发生的爆炸；
- 15. 瓦斯爆炸，包括煤粉爆炸；
- 16. 锅炉爆炸；
- 17. 容器爆炸；
- 18. 其他爆炸，包括化学爆炸、炉膛、钢水包爆炸等；
- 19. 中毒和窒息，指煤气、油气、沥青、化学、一氧化碳中毒等；
- 20. 其他伤害、扭伤、跌伤、野兽咬伤等。

### （四）伤亡事故处理程序

发生伤亡事故后，负伤人员或最先发现事故的人应立即报告领导。企业对受伤人员歇工满一个工作日以上的事故，要填写死亡事故登记表并应及时上报。

企业发生重伤和重大伤亡事故，必须立即将事故概况（包括伤亡人数、发生事故的时间、地点、原因）等，用快速方法分别报告企业主管部门、行业安全管理部门和当地劳动、公安、人民检察院及工会。发生重大伤亡事故，各有关部门接到报告后应立即转报各自的上级管理部门。

对于事故的调查处理，必须坚持“事故原因不清不放过，事故责任者和群众没有受到教育不放过，没有防范措施不放过”的“三不放过”原则，按照下列步骤进行。

#### 1. 迅速抢救伤员并保护好事故现场

事故发生后，现场人员不要惊慌失措，要有组织、有指挥，首先抢救伤员和排除险情，制止事故蔓延扩大。同时，为了事故调查分析需要，都有责任保护好事故现场。因抢救伤员和排险，而必须移动现场物件时，要做出标记。因为事故现场是提供有关物证的主要场所，是调查事故原因不可缺少的客观条件，所以要严加保护。要求现场各种物件的位置、颜色、形状及其物理、化学性质等尽可能保持事故结束时的原来状态。必须采取一切可能的措施，防止人为或自然因素的破坏。

清理事故现场应在调查组确认无可取证，并充分记录后方可进行。不得借口恢复生产，擅自清理现场造成掩盖事故真相。

#### 2. 组织调查组

在接到事故报告后的单位领导人，应立即赶赴现场帮助组织抢救，并迅速组织调查组开展调查。轻伤、重伤事故，由企业负责人或其指定人员组织生产、技术、安全等有关人员以及工会成员组成事故调查组，进行调查。死亡事故，由企业主管部门会同企业所在地设区的市（或者相当于设区的市一级）劳动部门、公安部门、工会组成事故调查组，进行调查。重大死亡事故，按照企业的隶属关系，由省、自治区、直辖市企业主管

部门或者国务院有关主管部门会同同级劳动部门、公安部门、监察部门、工会组成事故调查组，进行调查。死亡和重大死亡事故调查组还应当邀请人民检察院派员参加，也还可邀请其他部门的人员和有关技术人员参加。与所发生事故有直接利害关系的人员不得参加调查组。

### 3. 现场勘查

在事故发生后，调查组必须要到现场进行勘查。现场勘查是技术性很强的工作，涉及广泛的科技知识和实践经验，对事故的现场勘察必须及时、全面、细致、客观。现场勘察的主要内容有：

#### (1) 作出笔录：

发生事故的时间、地点、气象等；  
现场勘察人员的姓名、单位、职务；  
现场勘察起止时间、勘察过程；  
能量逸散所造成的破坏情况、状态、程度等；  
设备损坏或异常情况事故前后的位置；  
事故发生前劳动组合、现场人员的位置和行动；  
散落情况；  
重要物证的特征、位置及检验情况等。

#### (2) 现场拍照：

方位拍照，要能反映事故现场的周围环境中的位置；  
全面拍照，要能反映事故现场各部分之间的联系；  
中心拍照，反映事故现场中心情况；  
细目拍照，揭示事故直接原因的痕迹物、致害物等；  
人体拍照，反映伤亡者主要受伤和造成死亡伤害部位。

#### (3) 现场绘图：

根据事故类别和规模以及调查工作的需要应绘出下列示意图：  
建筑物平面图、剖面图；  
事故时人员位置及疏散（活动）图；  
破坏物立体图或展开图；  
涉及范围图；  
设备或工、器具构造简图等。

### 4. 分析事故原因，确定事故性质

(1) 通过充分的调查，查明事故经过，弄清造成事故的各种因素，包括人、物、生

产管理和技术管理等方面的问题，经过认真、客观、全面、细致、准确地分析，确定事故的性质和责任。

事故调查分析的目的，通过认真分析事故原因，从中接受教训，采取相应措施，防止类似事故重复发生。这是事故调查分析的宗旨。

②) 事故分析步骤，首先整理和仔细阅读调查材料，按 GB6441—86 标准附录 A，受伤部位、受伤性质、起因物、致害物、伤害方法、不安全状态和不安全行为第七项内容进行分析，确定直接原因、间接原因和事故责任者。

③) 分析事故原因时，应根据调查所确认的事实，从直接原因入手，逐步深入到间接原因。通过对直接原因和间接原因的分析，确定事故中的直接责任者和领导责任者，再根据其在事故发生过程中的作用，确定主要责任者。

④) 事故性质通常分为三类：

责任事故，就是由于人的过失造成的事故；

非责任事故，即由于人们不能预见或不可抗拒的自然条件变化所造成的事故，或是在技术改造、发明创造、科学试验活动中，由于科学技术条件的限制而发生的无法预料的故事。但是，对于能够预见并可以采取措​​施加以避免的伤亡事故，或没有经过认真研究解决技术问题而造成的事故，不能包括在内。

破坏性事故，即为达到既定目的而故意制造的故事。对已确定为破坏性事故的，应由公安机关和企业保卫部门认真追查破案，依法处理。

### 5. 根据对事故分析的原因，制定防止类似事故再次发生的措施

同时，根据事故后果和事故责任者应负的责任提出处理意见。

轻伤事故也可参照上述要求执行。对于重大未遂事故不可掉以轻心，也应严肃认真按上述要求查找原因，分清责任，严肃处理。

### 6. 写出调查报告

调查组应着重把事故发生的经过、原因、责任分析和处理意见以及本次事故的教训和改进工作的建议等写成文字报告，经调查组全体人员签字后报批。如调查组内部意见有分歧，应在弄清事实的基础上，对照政策法规反复研究，统一认识。对于个别同志仍持有不同意见的允许保留，并在签字时写明自己的意见。

### 7. 事故的审理和结案

①) 事故调查处理结论报出后，须经有关机关审批方能结案。伤亡事故处理工作应当在 90 日内结案，特殊情况不得超过 180 日。

事故案件的审批权限，同企业的隶属关系及干部管理权限一致。县办企业和县以下企业，由县审批；地、市办的企业，由地、市审批；省直属企业的重大事故，由直属主

管部门提出处理意见，征得当地劳动部门同意，报省主管厅局批复。

②) 关于对事故责任者的处理，根据其情节轻重和损失大小，谁有责任，什么责任，是主要责任，重要责任，一般责任，还是领导责任等，都要分清予以应得的处分。给责任者应得的处分是对职工的教育。

③) 事故教训是用鲜血换来的宝贵财富，而这些财富要靠档案记载保存下来，这是研究改进措施、进行安全教育、开展科学研究难得的资料。因此，要把事故调查处理的文件、图纸、照片、资料等长期完整的保存起来。事故档案的主要内容包括：

职工伤亡事故登记表；

职工重伤、死亡事故调查报告书，现场勘察资料（记录、图纸、照片等）；

技术鉴定和试验报告；

物证、人证调查材料；

医疗部门对伤亡者的诊断结论及影印件；

事故调查组的调查报告（在调查报告的最后），要表明调查组人员的姓名、职务，并要逐个签字；

企业或其主管部门对该事故所作的结案申请报告；

受处理人员的检查材料；

有关部门对事故的结案批复等。

### 8. 关于工伤事故统计报告中的几个具体问题

①) “工人职员在生产区域中所发生的和生产有关的伤亡事故”，是指企业在册职工在企业生产活动所涉及到的区域内（不包括托儿所、食堂、诊疗所、俱乐部、球场等生活区域），由于生产过程中存在的危险因素的影响，突然使人体组织受到损伤或某些器官失去正常机能，以致负伤人员立即工作中断的一切事故。

②) 职工负伤后一个月内死亡的，应作为死亡事故填报或补报。超过一个月死亡的，不作死亡事故统计。

③) 职工在生产（工作）岗位干私活或打闹造成伤亡事故，不作工伤事故统计。

④) 企业车辆执行生产运输任务（包括本企业职工乘坐企业车辆）行驶在厂（场）外公路上发生的伤亡事故，一律由交通部门统计。

⑤) 企业发生火灾、爆炸、翻车、沉船、倒塌、中毒等事故造成旅客、居民、行人伤亡，均不作职工伤亡事故统计。

⑥) 停薪留职的职工到外单位工作发生伤亡事故由外单位负责统计报告。

⑦) 经济承包中的伤亡事故统计界限。

乙企业（实行独立核算的）承包甲企业工程或承包加工、运输等工作，其生产、

工作的组织领导及生产设备、设施、工资福利都由乙方负责的，乙方职工发生事故后由乙方统计报告。

如甲方以发包为名，实际却直接组织安排使用乙方人员或施工产值由甲方统计入本企业施工产值的，发生事故的由甲方统计报告。具体事故责任按调查事实确定和处理。

企业内部实行经济承包，将生产任务发包给工区（工程处）、厂（车间）、科室、班组、职工个人，发生事故均由企业负责统计报告。

两个以上单位交叉作业时，发生事故属于哪个企业的职工，就由哪个企业统计报

凡由企业直接组织安排施工（生产）或工作的人员，不论是固定职工、临时工或计划外用工，只要发生工伤事故，都由企业统计报告。

附：

## 建筑施工安全检查评分标准

### 第一章 总 则

第101 条 为了科学地评价建筑施工安全生产情况，提高安全生产工作的管理水平，预防伤亡事故的发生，实现安全检查工作的标准化、规范化，特制定本标准。

第102 条 本标准主要采用安全系统工程原理，结合建筑施工中伤亡事故规律，依据国家有关安全法规、条例、标准和规程而编制。

第103 条 本标准用于对建筑施工安全工作的检查和评价，供国营、集体、中外合资等企业及其主管部门使用。

第104 条 本标准未包括的分部分项工程及安全生产内容，可由各地根据实际情况拟定。

### 第二章 安全检查分类及评分方法

第201 条 对建筑施工中易发生伤亡事故的主要环节、部位和工艺等的完成情况做安全检查评价，采用检查评分表的形式，分为安全管理、外脚手架、“三宝”及“四口”防护、施工用电、龙门架与井字架、塔吊和施工机具等七项检查分项评分表和一张检查



评分汇总表。

注：“三宝”系指安全帽、安全带和安全网。

“四口”系指通道口、预留洞口、楼梯口、电梯井口。

第202 条 在安全管理、外脚手架、施工用电、龙门架与井字架、塔吊等五项检查评分表中，设立了保证项目和检查项目，保证项目是安全检查的重点和关键。

第203 条 各分项检查评分表中，满分为100 分。表中各检查项目得分为按规定检查内容所得分数之和。每张表总得分为各自表内各检查项目实得分数之和。

第204 条 在检查评分中，遇有多个外脚手架、塔吊、龙门架与井字架时，则该项得分为各单项实得分数的算术平均值。

第205 条 检查评分不得采用负值。各检查项目所扣分数总和不得超过该项应得分数。

第206 条 在检查评分中，遇有保证项目中有一项不得分或保证项目小计得分不足40 分时，此检查评分表不得分。

## 第六章 施工现场的料具管理

施工现场材料管理是建筑企业内部管理的关键环节，核心内容之一。占工程造价60 % ~70 %的原材料，构配件要通过施工现场消耗，因此要搞好施工前的准备工作，组织好材料进场的验收、保管、发放工作，实行定额用料制度。为了实现料具管理程序化、规范化、标准化，特制定如下规定。

### 第一节 管理程序及内容

#### 一、施工前的准备工作

- 1. 平面规划布置要合理规范。搞好现场材料平面布置规划，在划分材料堆放位置时，要考虑到施工进入高峰时的堆放容量，料场、料库等临时设施、道路、排水沟、高压线路等都要统筹安排布置。料场、料库、道路的选择不能影响施工流水作业，并以靠近使用点为原则，减少二次倒运与搬迁。
- 2. 道路、场地要平整、坚实、畅通，有回旋余地；有可靠的排水措施；料场要平整、夯实、不积水。
- 3. 临时料库、料棚要有符合防雨、防潮、防火、防冻、防爆、防晒、防损坏等管理措施与要求。

#### 二、施工过程中的组织与管理

- 1. 建立健全现场料具管理责任制。现场料具要严格按平面布置图码放，划区分片包干负责，要有责任区、责任人，并有明显标牌，（见施工现场料具存放平面布置图2-4 -3）。
- 2. 加强现场平面布置的管理。根据不同施工阶段、材料资源变化、设计变更等情况，及时调整堆料现场位置，保持道路畅通，减少二次搬运。
- 3. 随时掌握施工进度及用料信息，搞好平衡调剂，正确组织材料进场。材料计划

要严密可靠，保证施工需要。

4．严格按平面布置堆放料具，成堆成线；经常清理杂物和垃圾，保持场地、道路工具及容器清洁。

5．认真执行材料的验收、保管、发料、退料、回收等手续制度，建立健全原始记录和各种台帐，对来料原始凭证妥善保管，按月盘点核算。

6．严格执行限额领料制度，组织班组合理使用材料，及时检查、考核、验收、结算、对用料节超要奖惩严明。

### 三、料具清退及转场

1．根据工程主要部位（结构、装修）进度情况，组织好料具的清退与转场。一般在结构或装修施工阶段接近80 %左右时，要检查现场存料，估计未完工程用料量，调整原用料计划，削减多余，补充不足，以防止剩料过多，为工完场清创造条件。

2．临时设施及暂设工具用料的处理。对于不再使用的临时设施应考虑提前拆除，并充分利用这部分材料，直接转场到新的工地，以避免二次搬运；对于周转料具要及时整修，随时转移到新的施工点或清退入库（租赁站）。

3．施工垃圾及包装容器的处理。对于现场的施工垃圾设立分检站，做到及时集中分检回收、利用及清运；包装容器应及时回收组织清退。

## 第二节 岗位责任制

为使材料供应管理工作职责明确，合理分工，责任到人，增强全体物资工作人员的责任感和纪律性，提高业务能力和工作效率，不断改进工作方法，尽快达到管理标准，建立健全各级岗位责任制。

### 一、施工现场材料组的基本职责

1．参与施工组织设计（方案）的编制工作，及时提供供料方法、资源情况、运输条件及现场管理要求，使之合理规划现场存料场地，仓库及其它临设和运输道路的位置。

2．根据现场负责人及上级有关部门的管理要求，结合现场实际情况，制定现场料

3．根据有关部门提供的原始资料，负责汇总编制主要材料一次性用料计划、申请

计划、构配件加工订货计划、市场采购计划、周转料具租用计划及材料节约计划等，并及时上报上一级材料主管部门。

4. 负责组织经上级业务部门批准的部分市场（就近）的材料、工具的供应工作。坚持比质比价比运距的原则。

5. 负责现场料具的收、发、保管工作。认真负责，坚持岗位；严格把好收料关，坚持三验制度，做到手续完备，帐目清楚。

6. 开展TQC 工作，搞好材料质量管理和计量管理工作。

7. 负责现场料具管理工作。建立健全各种单位工程台帐及限额领料手续；掌握材料使用去向，加强对材料使用的监督与控制；定额用料要落实到班组，按月份统计消耗及库存情况，按时上报上级业务部门；抓好材料节约工作，实施材料节约奖励办法。

8. 搞好材料定额管理工作。做到料具存放按标准；使用合理，维修保养得当；废旧物资、包装容器回收及时，实现文明管理。

9. 负责竣工后的各项收尾工作。在规定的时间内，组织好料具的回收、调剂、退转场；债权债务的清理及有关资料的汇总、交接、存档等工作。

10. 各岗业务人员，要坚持工作质量考核评比，材料纪律检查监督工作的开展；坚持为栋号施工服务，为班组服务；遵纪守法、模范遵守职业道德规范及廉政方面的有关规定。

## 二、施工现场各岗位材料人员的基本职责

### 1. 计划员——业务主管

(1) 了解掌握工程协议的有关规定，工程概况、施工地点、供料方法、运输条件及资源情况，并参与施工组织设计（方案）的编制工作。

(2) 负责各类材料计划的编制、上报、下达等工作。

(3) 领导和组织供应工作。督促、检查材料计划的执行与落实情况。

(4) 深入实际，随时掌握施工进度，了解材料的使用、消耗情况。

(5) 组织计划供应、定额用料、综合统计等各管理环节的经营活动分析工作。要求分析科学、数据可靠、措施得力、效果显著。

(6) 负责组织、监督、检查材料管理各项规章制度的执行与落实等工作。

(7) 制定物资工作计划与规划，组织制定与完善各项规章制度及物资管理等基础建设工作。

(8) 组织剩余材料、废旧物资、包装容器的回收、利用、清退与转场工作。

### 2. 定额员——材料技术管理

(1) 协助计划员汇总编制单位工程主要材料一次性用料计划，钢材明细计划，构配件加工订货计划。

(2) 负责建立健全定额用料制度中规定的各种台帐，即单位工程两算对比台帐，主要材料供应台帐，消耗台帐，构配件计划供应消耗考核台帐，班组主要材料消耗台帐。要求数据真实，交圈对口，准确完整。

(3) 负责限额领料单的签发、下达、验收、结算等工作。

(4) 负责检查、监督材料的使用、消耗情况。要求做到查项、查量、查措施、查操作、查脚下清。

(5) 负责编制汇总月份材料消耗统计报表及单位工程主要材料结算表。并负责材料节约奖的统计、申请、签证工作。

(6) 向计划员提供材料节超情况，并综合分析原因，提出改进措施；监督材料技术节约措施的落实及效果考核工作。

(7) 在施工预算不具备的情况下，认真做好定额用料的统计工作，负责工程技术洽商、变更的增减帐处理及技术翻样资料的收集整理工作，为竣工结算积累原始资料。

### 3. 统计员——综合统计

(1) 负责建立健全各类统计台帐。

(2) 编制各种统计报表。组织收集汇总各业务的统计数据，要做到统计数字真实可靠，交圈对口，报表清晰无误。

(3) 向计划员提供材料收、发、使用去向；节超、调拨、调剂、利用代用、回收、维修、库存盘点等情况，并进行综合分析，提供反馈信息。

(4) 负责制定及完善材料统计管理制度，协同计划员搞好本部门的业务工作总结，参与制定材料工作计划及规划等工作。

(5) 负责本部门内业资料的收集、整理、汇总及存档等管理工作；负责业务用品及办公用品的管理工作。

### 4. 核算员——业务记帐与核算

(1) 负责原始凭证、帐目、报表的编制及管理工作。根据材料目录按二级科目分类，建立三级明细帐。记帐要及时准确，确保帐目数据的连续性。

(2) 搞好业务核算工作。设立核算台帐，坚决执行预算价（入帐与发料均按预算价计取），核算以点验单为依据，差价部分采用补作点验单的办法，调整帐面平衡，做到帐、卡、物、资金四相符。

(3) 会同会计人员搞好财务稽核工作。并同保管员每月进行一次核查对帐，帐物不

相符时，应在查明原因后做帐面调整。

(4) 按规定每月做好周转料具的摊销工作。编制摊销核算表交财务作帐。

(5) 做好对原始凭证的装订、存档等管理工作。对随货同行的提货单或运输小票，统一附在点验单后面，妥善保存以便备查。

(6) 负责指导保管员做好帐务管理及盘点工作。定期向计划员提供材料库存及资金动态情况。

### 5. 收料员——现场收料

(1) 坚守岗位，随叫随到，收料认真负责，准确及时。

(2) 严格执行收料“三验制”，即验数量、验质量、验规格品种。

(3) 建立进（出）料登记台帐及计量检测记录，认真办理进（出）料各种手续，确认无误后及时登记。

(4) 严格按照施工平面布置图，合理规范的存放各类材料及构配件。

(5) 每天应向计划员及其他业务人员提供进料情况。

### 6. 采购员

(1) 严格执行经济合同法及有关购销、加工承揽等法律法规，模范遵守物资政策及材料工作纪律，严格执行材料管理的各项规章制度，在加工订货及市场采购工作中，做到廉洁奉公，自觉抵制不正之风。

(2) 要坚持“三比一算”的原则，正确选择进货（订货）渠道；坚持“先看货后订货”的原则，认真签定并履行购销合同；及时催货，组织提货送料，做到及时准确、完好无损。

(3) 严格执行加工订货计划和采购计划，遇有变更或代用时，应及时与计划员（或技术质量人员）签认，不得擅自更改。

(4) 负责订货进料的质量证明书及产品合格证的索取、下发及管理工作；负责购销合同的传递及管理工作。

(5) 负责办理材料的入库、下发、记帐、结算等有关业务手续。

(6) 定期（月或季）编制材料采购报表，分析采购价格及管理费用的开支，完成采购成本降低指标。

(7) 了解掌握市场情况，及时向计划人员及业务领导提供市场信息。

(8) 认真学习材料的基本知识，掌握材料的性能、用途及质量材料，以有效的工作质量保证材料的供应质量。

### 7. 保管员

(1) 验收：材料设备入库按凭证点验，在规定时间内验收完毕，登帐归位。发现问

题按规定及时处理悬案。

②) 发放：要按规定手续，用正式单据当面点交清楚。外运物资要及时备料、包装、点交运输人员签收。坚持仓库物资先进先发原则。

③) 保管：按照仓库规划合理储存，做到“四号定位、五五摆放”，标签明显，帐、卡、物、资金相符，规格不串，材质不混，露天物资堆放要上盖下垫，待验收物资应单独存放。坚持定期盘点，维护保养物资要按时提出计划，并组织实施。库存物资要达到十不（不锈、不潮、不冻、不霉、不变、不坏、不混、不爆、不漏、不丢），合理的盈亏要按规定及时上报。

④) 资料：帐卡、单据（包括质量证明书和原始资料）要日清月结，装订成册，妥善保管。上级需要的报表资料做到及时报送，准确无误。

⑤) 库容：整洁美观，物资摆放有序，横平竖直，整齐干净，达到料场无垃圾、无杂草，库内无杂物，货架无尘土。

### 8. 计量员

①) 认真贯彻执行国家及企业的计量法规、法令和有关规定，参与制定本系统各项计量管理制度及工作规划，并负责监督执行。

②) 审核本系统（本部门）计量器具的配备计划及购置，负责检查建帐、周检、流转、降级、封存、报废等业务手续。

③) 负责原材料及能源计量检测制度的落实，建立进（发）料台帐，做好计量检测原始记录，保证量值传递准确可靠。

④) 检查计量器具的使用及维护、保养制度的落实，保证计量数据准确和一致。

⑤) 负责各类计量管理资料的收集、汇总及整理归档工作。

### 9. 监督员

①) 熟悉国家、北京市的有关材料物资工作的政策、法令、法律及法规，熟悉总公司材料处制定下发的各项规章制度、制度、措施、办法中所规定的规范和标准；掌握各种材料的管理程序及管理知识。

②) 负责监督和纠正施工材料供、管、运、用过程中的违章现象和行为。

③) 有权对违反管理规定、造成经济损失或管理混乱的责任者，进行规定数额的经济处罚。

④) 对阻挠或干扰材料监督工作正常进行的各类人员，应视情节轻重，有权提请上级行政监察、党内纪检和有关监督组织，或其它监控部门及领导，追究其党纪、政纪责任或经济处罚。

⑤) 不断加强自身建设，提高业务素质及政策水平。坚持实事求是、秉公执法，不

徇私情、不谋私利。

### 三、施工现场料具存放的方法

为了使施工现场料具存放更加规范化、标准化，促进场容场貌的科学管理和现场文明施工，特制定出如下的料具存放方法。

#### （一）大堆材料的存放要求

- 1. 机砖码放应成丁（每丁为200 块）、成行，高度不超过1.5m；加气混凝土块、空心砖等轻质砌块应成垛、成行，堆码高度不超过1.8m；耐火砖不得淋雨受潮；各种水泥方砖及平面瓦不得平放。
- 2. 砂、石、灰、陶粒等存放成堆，场地平整，不得混杂；色石渣要下垫上苫，分档存放。

#### （二）水泥的存放要求

- 1. 库内存放：水泥库要具备有效的防雨、防水、防潮措施；库门上锁，专人管理；分品种型号堆码整齐，离墙不少于10cm，严禁靠墙。垛底架空垫高，保持通风防潮，垛高不超过10 袋；抄底使用，先进先出。
- 2. 露天存放：临时露天存放必须具备可靠的苫、垫措施，下垫高度不低于30cm，做到防水、防雨、防潮、防风。
- 3. 散灰存放：应存放在固定容器（散灰罐）内，没有固定容器时应设封闭的专库存放，并具备可靠的防雨、防水、防潮等措施。
- 4. 袋装粉煤灰、白灰粉应存放在料棚内，或码放整齐后搭盖以防雨淋。

#### （三）构配件的存放要求

##### 1. 门窗及木制品

- ① 堆放应选择能防雨、防晒的干燥场地或库房内，设立靠门架与地面的倾角不少于70°，离地面架空20cm 以上，以防受潮、变形、损坏。
- ② 按规格及型号竖立排放，码放整齐，不得塞插挤压，五金及配件应放入库内妥善保管。
- ③ 露天存放时应下垫上苫，发现钢材表面有油漆剥落时应及时刷油（补漆）；铝合金制品不准破坏保护膜，保证包装完整无损。

##### 2. 混凝土构件：分类码放，堆放整齐；场地平整坚实，有排水措施。

- ① 圆孔板：底垫木要求通长，厚度不小于10cm，须放在距板端20 ~30cm 处（长



向板为30 ~40cm 处) 每块间隔垫木要上下对齐并在同一垂直线上, 垫木厚度不小于3cm , 四个角要垫平垫实, 不得有脱空现象; 每垛堆放不得超过10 块。

②) 大楼板: 底层垫木要通长, 断面不小于10 ×10cm ; 每层垫木厚度不小于5cm , 长度为40cm (大楼板宽小于3170mm ), 或50cm (大楼板宽为3770mm ), 并放置在平行于板的长边, 四角上下对齐对正, 垫平垫实; 码放最多不超过9 层 (以6 层为宜)。

③) 外墙板: 应竖立存放, 倾斜角不小于70°, 搭设靠立架存放。

④) 槽型屋面板: 底垫木不小于10 ×10cm , 每层垫木应上下对齐, 在同一垂直线上, 并且应在边肋上; 重叠堆码不得超过10 层 (以8 层为宜)。

⑤) 雨罩: 混凝土强度达到设计要求的70 %后方可起吊和堆放; 起吊时应使四个吊环同时受力, 吊绳与平面的夹角应不小于45°; 重叠堆放时, 中间须加垫木, 厚度应不小于7cm , 底垫木通长不小于10 ×10cm ; 每层垫木位置应上下对齐并在同一垂直线上; 每垛块数不得超过10 块。

⑥) 楼梯: 混凝土强度达到设计要求的70 %后方能起吊、运输和堆放; 起吊时吊索与水平面夹角不小于45°; 在起吊运输和堆放过程中, 构件均应处于正向位置 (TB15 在运输和堆放时也可处于侧向位置); 堆放时垫木应高于吊钩, 并在吊钩附近, 应上下对齐, 并在同一垂直线上; 构件码放的块数不超过6 块。

⑦) 阳台板 (休息平台板): 混凝土强度不小于设计要求的70 %后方可起吊与堆放; 起吊时每个吊钩同时受力, 吊绳与平面夹角应不小于45°; 重叠码放时应加垫木, 厚度不小于9cm , 置放在距板端不大于30cm 外, 上下对齐, 并在同一垂直线上; 每垛块数不得超过9 块 (以6 块为宜)。

⑧) 挑檐板: 混凝土强度达到设计要求100 %后方可起吊和堆放; 起吊时务使每个吊钩同时受力, 吊绳与平面的夹角应不小于45°; 堆放应竖立码放, 并在一端有靠支撑, 每块间应用7cm 厚方木隔垫。

⑨) 梁: 长梁一般不要重叠堆放, 跨长较小的长梁重叠堆放时, 垫木不能低于吊钩, 应放在靠近支座并与同一垂直线上, 层数不超过3 层。过梁重叠码放时, 底垫木不小于10 ×10cm , 中间垫木厚度不小于3cm , 放置于两端15 ~20cm 处, 并在同一条垂直线上, 高度不得超过6 层。

⑩) 预制桩: 混凝土强度达到设计要求的100 %后方可起吊和搬运; 吊运时应用吊环处, 无吊环用两点吊时, 吊索点应距两端头0.207 处, 吊索与桩间加衬垫; 重叠放置底垫木不小于10 ×10cm , 中间垫木不小于5cm , 支点应在吊点处, 上下垫木在同一垂直线上, 层数不超过4 层。

⑪) 预制柱: 一般不易重叠码放, 如重叠堆放不得超过2 层。

⑫) 层架、T 型梁、薄腹梁: 不应重叠码放。堆放时必须正放, 两侧加撑木, 并

不得少于3处，使其稳定。

#### (四) 钢材及金属材料的存放要求

1. 须按规格、品种、型号、长度分别挂牌堆放，底垫不小于20cm。
2. 有色金属、薄钢板、小口径薄壁管应存放在仓库或料棚内，不得露天存放。
3. 码放要整齐，做到一头齐一条线。盘条要靠码整齐；成品半成品及剩余料应分类码放，不得混堆。

#### (五) 木材的存放要求

1. 应在干燥、平坦、坚实的场地上堆放，垛基不低于40cm，垛高不超过3m，以便防腐防潮。
2. 应按树种及材种等级、规格分别一头齐码放，板方材顺垛应有斜坡；方垛应密排留坡封顶，含水量较大的木材应留空隙；有含水率要求的应放在料库或料棚内。
3. 选择堆放点时，应尽可能远离危险品仓库及有明火（锅炉、烟囱、厨房等）的地方，并有严禁烟火的标志和消防设备，防止火灾。
4. 拆除的木模板、支撑料应随时整理码放，模板与支撑料分码。

#### (六) 玻璃的存放要求

1. 按品种、规格、等级定量顺序码放在干燥通风的库房内；如临时露天存放时，必须下垫上苫；禁止与潮湿及挥发物品（酸、碱、盐、石灰、油脂和酒精等）放在一起。
2. 码放时应箱盖向上，不准歪斜或平放，不应承受重压或碰撞；垛高；2~3mm厚的不超过3层，4~6mm厚的不超过2层；底垫木不小于10cm；散箱玻璃应单独存放。
3. 经常检查玻璃保管情况，遇有潮湿、霉斑、破碎的玻璃应及时处理。
4. 装车运输时应使包装箱直拉，箱头向前，箱间靠拢，切忌摇晃和碰撞；装卸搬运时应直立并轻拿轻放。

#### (七) 五金制品的存放要求

1. 按品种、规格、型号、产地、质料、整洁顺序定量码放在干燥通风的库房内。
2. 存放时应保持包装完整，不得与酸碱等化工材料混库，防止锈蚀。
3. 发放应掌握先入先出的原则，遇有锈蚀应及时处理，螺钉与螺帽要涂油。

#### (八) 水暖器材的存放要求

1. 按品种、规格、型号顺序整齐码放，交错互咬，颠倒重码，高度不超过1.5m；

散热器应有底垫木，高度不超过1m。

2. 对于小口径及带丝扣配件，要保持包装完整，防止磕碰潮尘。

### （九）橡塑制品的存放要求

1. 按品种、规格、型号、出厂日期整齐定量码放在仓库内，以防雨、防晒、防高温。

2. 严禁与酸、碱、油类及化学药品接触，防止浸蚀老化。

3. 存放时应保持包装完整，发放应掌握先入先出的原则，防变形及老化。

### （十）陶瓷制品的存放要求

1. 应按品种、规格、等级、厂家分别存放在仓库或料棚内，如临时露天存放，应选择平坦、坚实、不积水的场地，垛顶应苫盖。

2. 码放时应根据产品形状，采取顺序、平码、骑缝压叠，高度不得超过4件，各种瓷砖应按包装正放（立放）高度不得超过5层。

3. 装卸运输时，要用草绳牢固捆扎，不得松散，棱角及空隙要用草填实，防止摩擦碰撞，装卸要轻拿轻放，要有专人监护。

### （十一）油漆涂料及化工材料的存放要求

1. 按品种、规格，存放在干燥、通风、阴凉的仓库内，严格与火源、电源隔离，温度应保持在5℃至30℃之间。

2. 保持包装完整及密封，码放位置要平稳牢固，防止倾斜与碰撞；应先进先发，严格控制保存期；油漆应每月倒置一次，以防沉淀。

3. 应有严格的防火、防水、措施，对于剧毒品，危险品（电石、氧气等），须设专库存放，并有明显标志。

### （十二）防水材料的存放要求

1. 沥青料底应坚实平整，并与自然地面隔离，严禁与其它大堆料混杂。

2. 普通油毡应存放在库房或料棚内，并且应立放，堆码高度不超过2层，忌横压与倾斜堆放。玻璃布油毡平放时，堆码高度不超过3层。

3. 其它防水材料可按油漆化工材料保管存放要求执行。

### （十三）其它轻质装修材料的存放要求

1. 应分类码放整齐，底垫木不低于10cm，分层码放时高度不超过1.8m。

2. 应具备防水、防风措施，应进行围挡、上苫；石膏制品应存放在库房或料棚内，

竖立码放。

(十四) 周转料具的存放要求

应随拆、随整、随保养，码放整齐。组合钢模板应扣放（或顶层扣放）；大模板应对面立放，倾斜角不小于70°；钢脚手管应有底垫，并按长短分类，一头齐码放；钢支撑、钢跳板分层填倒码放成方，高度不超过1.8m；各种扣件、配件应集中堆放，并设有围挡。

附：××工地施工现场料具存放平面布置图（见图6 -1）。

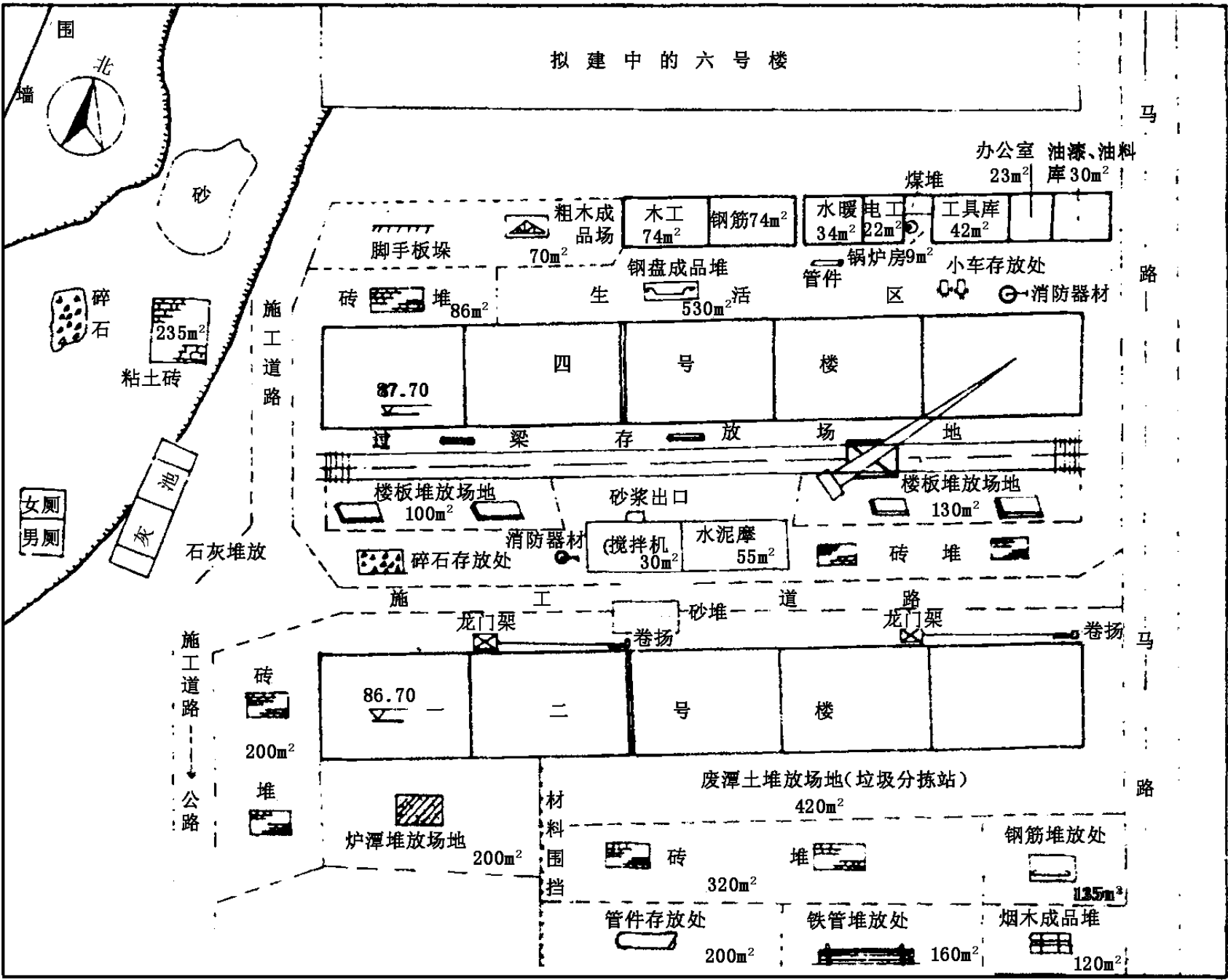


图6 -1 施工现场料具存放平面布置图比例1 400

四、仓库管理制度

(一) 库存物资盘点检查制度

1. 每年年终保管员对自己所管物资都要定期盘点一次，并做出明细表册，报上级有关业务部门。盘点后保管员要在自己的保管帐上盖“上年结转”的印章或划两条红线，以表示上年度结转的数字。

2. 在盘点中发现的差错和盈亏，要查明原因，由保管员填写盈亏明细表册，报上级业务部门审批，经批准后进行帐务处理，没有批准前不得自行改帐。

3. 对库存物资保管员每半年应进行一次自点。在自点中发现的盈亏，凡属合理损耗的，保管员可填制单据，报有关业务部门审批，及时进行调整，不属于合理损耗，则放在年终一次进行处理。

4. 除了上述规定的定期盘点自点外，保管员应经常进行不定期的自点、自查工作，了解和掌握库存动态，做到心中有数。自点自查内容如下：

(1) 查质量：库存物资的质量是否变化，是否有生锈、霉烂、干裂、虫蛀、变质、鼠咬等情况。

(2) 查数量：帐、卡、物是否一致，单价是否准确。

(3) 查保管条件：堆垛是合理和稳固，苫盖物是否严密，库房有无漏雨，料区有无积水，门窗通风口是否良好。

(4) 查安全：各种安全措施和消防设备是否符合安全要求。

(5) 查计量工具：磅秤、皮尺是否准确，其它工具是否齐全，使用和保养情况是否良好。

### (二) 仓库收发料制度

1. 车站、码头、民航提货：提货时应根据运单及有关资料详细核对品名、规格、数量，注意外观检查（包装、封印完好情况，有无沾污、受潮、水渍、油渍等异状），若有短缺情况，应当场要求运输部门检查。凡属铁路方面的责任，应作出商务记录；属于其它方面责任需要铁路部门证明的，应做好普通记录，并请有关部门签字。记录内容与实际情况相符后方得提货。

2. 核对证件：入库物资在进行验收前，首先要将供货单位提供的质量证明书或合格证、装箱单、磅码单、发货明细表等进行核对，看是否与合同相符。

3. 数量验收：数量检验要在物资入库时一次进行，应当采取与供货单位一致的计量方法进行验收，以实际检验的数量为实收数。

4. 质量检验：一般只作外观形状和外观质量检验的物资，可由保管员或验收员自行检查，验后作好记录。凡需要进行物理、化学试验以检查物资理化特性的，应由专门检验部门加以化验和技术测定，并做出详细鉴定记录。

5. 对验收中发现的问题，如证件不齐全，数量、规格不符，质量不合格，包装不符合要求等，应及时报有关业务部门，按有关法律、法规的规定及时进行处理，保管员不得自做主张。

6. 物资经过验收合格后，应及时办理入库手续，进行登帐、立卡、建档工作，以便准确地反映库存物资动态。在保管帐上要列出金额，保管员能随时掌握储存金额状况。

7. 核对出库凭证：保管员接到出库凭证后，应该对名称、规格、单价等是否准确，印鉴、单据是否齐全，有无涂改现象，检查无误后方可发料。

8. 备料复核：保管员按出库凭证所列的货物逐项进行备料，备完后要进行复核，以防差错。为使物资出库时间不因复核而延长，复核工作应在出库过程中交替进行，在未交给提货人之前，应该复核清楚。

9. 点交：物资经过复核后，如果是用户自提，即将物资和证件全部向提货人当面点交，办清交接手续。如果是代运，则需办理内部交接手续，向负责代运人点交清楚，由接手人签章。物资点交手续办完后，该项物资的保管阶段基本完成，保管员即应做好清理善后工作。

### （三）库存物资维护保养制度

物资的维护保养工作是物资技术管理的主要环节，保管人员经常对所管物资进行检查，了解和掌握物资保管过程中的变化情况，以便及时采取措施，进行防护，从而保证物资的完全和完好。物资入库后的保管阶段，保管人员应做好以下工作：

1. 物资入库后，按要求堆码整齐、牢固。应轻拿轻放，不得损坏。要对堆放料场的物资采取合理的堆码苫垫，保证物资不变形、不紊乱、不霉烂、不锈蚀，保证物资的完好性。

2. 根据各种物资的不同性能和季节气候的变化，要加强对物资的防护，做到勤检查、勤保养，做好十二防工作（防锈、防盗、防火、防霉烂变质、防爆、防冻、防漏、防鼠、防虫、防潮、防雷、防丢）。

3. 物资在库期间，如发现有锈蚀、损坏、变质的现象，保管员要及时向领导建议，提出维护保养计划；对精密仪器和较复杂的设备、电器、通讯器材等，如需保养的，应请有关技术人员鉴定后方可进行，不得随意拆卸解体。

4. 搞好仓库卫生，勤清扫，经常保持货垛、货架、包装物、苫垫材料及地面的清洁，防止灰尘及污染物飞扬，侵蚀物资。

5. 做好季节性的预防措施。保管员要根据气候变化做好防护工作，如汛期到来前，要做好疏通排水沟，加固露天物资的苫盖物和防潮防霉等工作；霉雨季节，注意通风散潮，使库内温度保持在一定范围内；高温季节，对怕热物资要采取降温措施；寒冷季节，对怕冷物资要做好防冻保温工作。

### （四）安全保卫防火制度

1. 保管员每日上、下班前，要检查库房、库区、场区周围是否有不安全的因素存在，门窗、锁是否完好，如有异常应采取必要措施并及时向保卫部门反映。

2. 在规定禁止吸烟的地段和库区内，应严禁明火及吸烟，仓库禁止携入火种。保管员对入库人员有进行宣传教育、监督、检查的义务。

3. 对危险品物资要专放，对易燃易爆物品要采取隔离措施，单独存放。消灭不安全的因素，防止事故的发生。

4. 保管员应保持本库区内的消防设备、器具的完整、清洁，不许他人随意挪用；

对他人在库区内进行不安全作业的行为，有权监督和制止。

5．保管员对自己所管物资，对外有保密的责任。领料人员和其他人员不得随意进出库房，如确需领料人员进库搬运的物资，要在库内点交清楚，不得在搬运中点交，以防出现差错和丢失。

6．保管员在探亲、出差或长时间外出时，不得把仓库钥匙带出去；工作时间不得将钥匙乱扔乱放；人离库时应即锁门，不得擅离职守。

7．保管员在发完料后，应在发料凭证上签字，同时也要请领料人员签认，并给领料人员办理出门手续。

8．仓库是存放国家物资的场所，任何人不得随意将私人物品存入库内。

五、施工现场料具管理检查评分记录表

表6 -1 施工现场料具管理检查评分记录表

施工单位：		工程名称：		年	月	日
序号	检查项目			检查情况	标准分值	评定分值
1	现场状况	现场外堆料要有批准手续并码放整齐，不妨碍交通和影响市容			5	
2		建筑物内外存放各种料具要分规格码放整齐，符合要求			10	
3		材料保管要有防雨、防潮、防损坏措施			4	
4		贵重物品应及时入库			4	
5		水泥库内外散落灰必须及时清运			5	
6		现场和搅拌机四周无废弃砂浆和混凝土			10	
7		砖成丁、砂石和散料成堆，随用随清，不留料底			10	
8		钢材、木材等料具合理使用，优材不劣用			4	
9		工人操作能做到活完料净脚下清			10	
10		施工垃圾集中存放 及时分拣 回收、清运			10	
11		现场余料、包装容器回收及时，堆放整齐			4	
12		现场无长流水、无长明灯			5	
13	资料	施工组织设计有技术节约措施并能实施			5	
14		材料管理严格，进出场手续齐全			4	
15		实行限额领料，领退料手续齐全			5	
16		职工应知考核			5	
应得分		实得分		得分率		折合标准分值

检查员签字：

说 明

一、检查数量

表中所列检查项目必须全面到位检查。

二、评分方法

每个子项按“好”、“较好”、“合格”、“较差”、“差”五级评定。

- 1. 凡达到规程、规范、规定、标准全面完好的评为好，给予该项标准价值的100 %。
- 2. 凡达到规程、规范、规定、标准基本完好的评为较好，给予该项标准分值的90 %。
- 3. 凡符合规程、规范、规定、标准达到合格要求的，评为合格，给予该项标准分值的70 %。
- 4. 凡基本符合规程、规范、规定、标准，但有一定缺陷，需改动后才能达到合格要求的，评为较差，给予该项标准分值的50 %。
- 5. 不符合规程、规范、规定、标准，有严重缺陷的，评为差，给予该项标准分值的0 %。
- 6. 缺项不评分，分子分母都不计算。如发现有严重隐患或严重问题的项目，可视其严重程度，在零线下给予负5 ~10 分处理，并在检查汇总表的总分中酌情扣减5 ~20 分。

检查评分表说明（料具管理部分）

- 1. 现场外堆料要有批准手续并码放整齐，不妨碍交通和影响市容（5 分）  
现场外堆料无手续或道路堵塞的为0 分；码放材料超出手续规定范围和不整齐的给50 %。
- 2. 建筑物内外存放各种料具要分规格码放整齐，符合要求（10 分）。  
三大材、构件、水电料等有三类码放不符合标准的为0 分；有二类码放不符合标准的给50 %。
- 3. 材料保管要有防雨、防潮、防损坏措施（4 分）  
高级五金、木门窗、灯具、装饰板、石膏板等有三种材料没有防护（三防）措施的为0 分；有二种材料没有防护措施的给50 %。
- 4. 贵重物品应及时入库（4 分）  
装饰材料、易燃、易爆材料、毒品等有二种未入库为0 分；有一种未入库给50 %。
- 5. 水泥库内外散落灰必须及时清运（5 分）



库内外有大量散落灰未清理使用的为0分；库内有少量散灰或现场有3处散灰的给50%。

6. 现场和搅拌机四周无废弃砂浆和混凝土 (10分)。

现场、搅拌机四周施工混凝土、砂浆未用容器、垫板或未采取防散落措施造成废弃砂浆在 $0.3\text{m}^3$ 以上的为0分；有少量废砂浆或混凝土的给50%。

7. 砖成丁，砂石和散料成堆，随用随清，不留料底 (10分)

砖、砂、石3项中有2项不符合标准的为0分；有1项不符合标准的给50%。

8. 钢材、木材等料具合理使用，优材不劣用 (4分)

任意截锯钢管、门架或小钢模任意打孔、改制、垫路、摔、砸、毁坏或木材长料短用、烧木料的为0分（木料尺寸 $10\text{cm} \times 10\text{cm} > 20\text{cm}$ ， $5\text{cm} \times 10\text{cm} > 30\text{cm}$ ）；3项中有1项的给50%。

9. 工人操作能做到活完料净脚下清 (10分)

作业面有三处不清的给50%。

10. 施工垃圾集中存放，及时分拣、回收、清运 (10分)

现场未设垃圾站，未集中分拣、回收、清运，不符合标准的为0分；未设分拣站集中存放或未分拣回收的给50%。

11. 现场余料、包装容器回收及时，堆放整齐 (4分)

余料及容器均不回收利用的为0分；有1项不回收利用的给50%。

12. 现场无长流水、无长明灯 (5分)

现场有2项各3处以上长流长和长明灯的为0分；有1类计3处长流水或长明灯的给50%。

13. 施工组织设计有技术节约措施并能实施 (5分)

无技术节约措施的为0分；有措施但没实施计划和实施效果记录的给50%。

14. 材料管理严格，进出场手续齐全 (4分)

材料进出场均无验收记录台帐（质量、数量、品种、规格）的为0分；验收项目不全，缺3种以上的给50%。

15. 实行限额领料，领退料手续齐全 (5分)

未实行限额领料制度的为0分；有制度但没有领料单、手续不全的给50%。

16. 职工应知考核 (5分)

对象：现场材料人员。

内容：现场管理基本标准（材料部分）。

考核三个问题，全不知的为0分，二个问题回答不全的给50%。

## 第七章 施工现场机械设备管理

### 第一节 施工机械设备管理概述

企业所采用的生产工具，主要是机械设备。施工企业的机械设备，不单指我国机械制造业提供的八大类工程机械，而且包括各类汽车、维修加工设备、动力设备、焊接设备、木工机械、测试仪器和科研设备等，通常又统称为施工机械。这些机械设备是实现施工机械化的物质基础，是生产力的一个重要组成部分。因此，机械设备管理是施工企业管理的重要内容之一。

机械设备管理包括技术管理和经济管理。技术管理是根据机械设备的物质运动形态，对机械设备的选购、验收、安装、调试、使用、保养、检修、改造、报废等方面的技术因素的管理。经济管理是根据机械设备的价值运动形态，对机械设备的支出费用、收入费用、价值还原费用等方面的经济因素的管理。

机械设备管理要素如图7 -1 所示。

机械设备管理要贯彻专业管理与群众管理相结合的方针，实行面向生产、管用结合、统一管理、分级负责、集中与分散相结合的原则。

#### 一、机械设备管理的任务

机械设备管理的基本任务是正确贯彻执行党的国家和方针政策，通过采取一系列技术、经济和组织措施，搞好机械设备的选配、管理、保养和修理，提高机械设备的完好率、利用率和效率，保证机械的合理和有效使用，实现低消耗、低成本，为机械化施工服务。其具体任务如下：

- 1．实行经济管理和技术管理相结合、专业管理和群众管理相结合和以预防为主、维修保养与计划检修并重的原则，制定出适合自己特点的一整套设备管理制度和办法。
- 2．按照统一领导、分级管理的原则，建立健全各级管理体制和机构，配齐管理干部和技术人员。

3．讲究经济效益，反对“只要不管，只用不修，用完就丢”和只顾自己，不顾全局的本位主义思想。

4．加强技术管理，不断完善和健全技术责任制、技术档案制和统计报表制度。

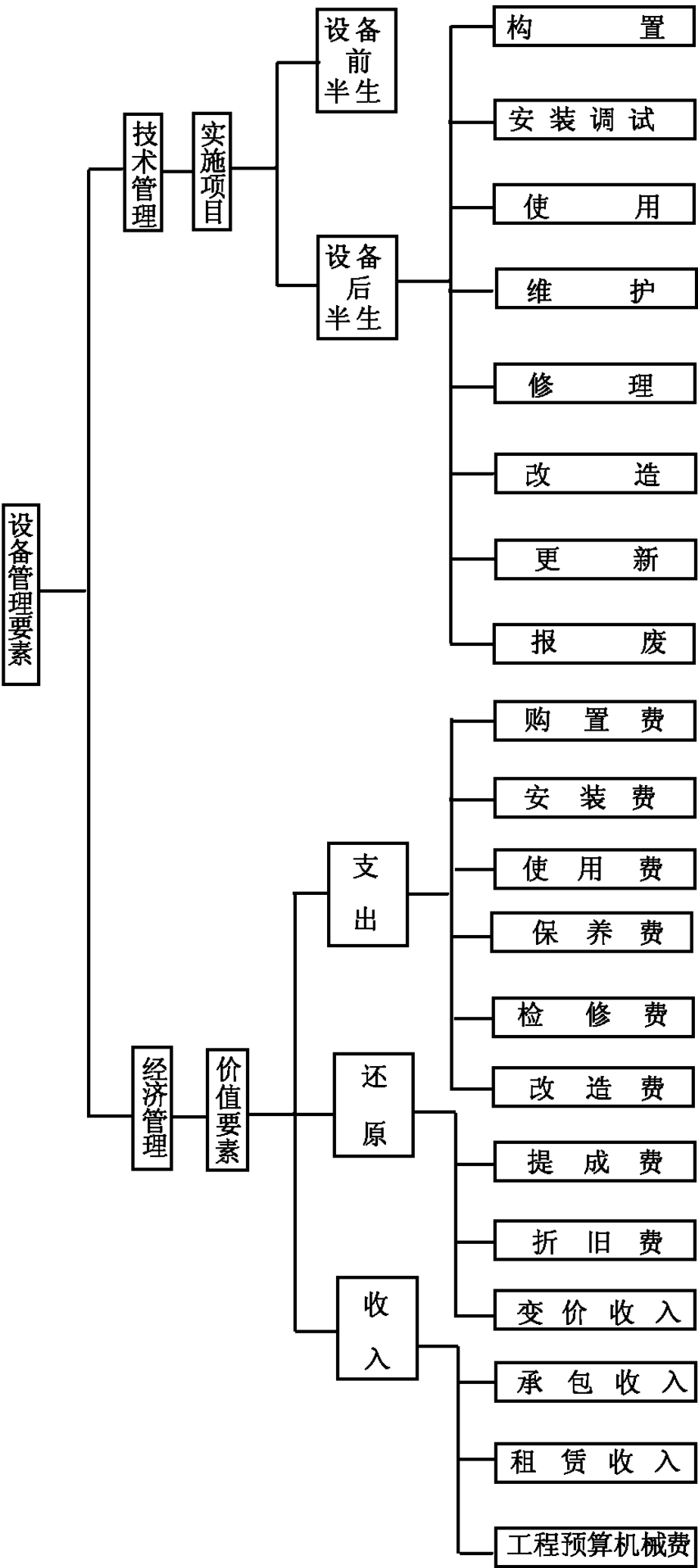


图7 -1 机械设备管理要素图

5．加强经济管理，实行单机和班组核算，考核各项经济指标，执行各项技术经济定额，做好折旧基金的提取和使用。

- 6. 建立健全以岗位责任制为中心的各项规章制度。做好三基（基层管理、基础资料、基本功）工作。
- 7. 开展技术培训工作，不断提高管理和技术水平。
- 8. 不断提高设备完好率和利用率，做到安全优质，高产低耗，在不断提高机械化程度的同时，大力降低工程成本。
- 9. 深入实际，调查研究，不断创新，开拓前进，以适应新形势的需要。

二、机械设备管理的基本要求

- 1. 提高管理的科学性。要不断总结实践经验，运用现代管理技术进行概括、整理、分析和研究，实现条例化、制度化管理。
- 2. 讲究管理的系统性。运用系统工程技术进行全面综合平衡，认真处理具体因素，发挥优势，严格控制不利因素，促成转化。
- 3. 力求管理的经济性。对每一个环节和工作内容，进行经济对比、分析。注重工作实效，力争以最小的代价，获得最大的效益。
- 4. 坚持管理的群众性。机械设备是通过人操作的，人是发挥机械设备效益的关键因素，因此必须落实各种经济责任制，实行责权利相结合，充分调动群众参加管理的积极性。

三、衡量机械设备管理水平的标志

- 1. 技术状况 机械完好率高，动力、技术、经济指标达到定额要求，无失修失保，附件、工具齐全，无拆套及丢失、损坏，保管精心，机棚机房完整适用，无自然侵蚀残损。
- 2. 机械效能 机械施工计划周密，调度合理，机械使用率高，效率高，装备生产率高。
- 3. 经济成果 机械的运行成本低，保养成本低，修理成本低，产值高，利润大。
- 4. 服务态度 热情服务，千方百计满足施工生产的需要。
- 5. 基础工作 领导得力，分工明确，制度健全，贯彻认真，记录资料完全、准确。

第二节 机械设备的使用管理

机械设备的实物形态运动过程，主要是使用过程。合理使用机械设备的主要标志

是：高效率地发挥机械门备的技术性能；单位工程量的机械使用费最低；避免损害原机的技术性能和缩短其使用寿命等不合理现象的发生。机械设备的合理使用涉及管、用、养、修各环节，其相关因素见表7 -1。

表7 -1 机械设备合理使用的相关因素

合理使用三项指标		主要因素	
高效		施工设计因素	<p>在可能的条件下（指立足于企业现有的机械设备及通过租赁能获得经济使用的机械设备而言），经过技术经济比较，应采用最经济的施工方案，使单位实物工程量的机械使用费成本为最低</p> <p>在既定的施工方案内，应使机械选择及配套组合为充分发挥机械效率提供先天的条件</p>
			<p>精神因素——加强政治思想教育，开展社会主义劳动竞赛，树立主人翁责任感，发扬爱机思想，做到精心操作，细致维护，遵守各项规程</p> <p>组织因素——制定合理劳动组织形式，贯彻人机固定原则，组织设备大检查等等</p> <p>技术因素——实行“全员培训”，大力提高机械人员合理使用机械的能力与水平，对工人加强技术培训，提高安全操作技术水平，严格执行技术考核及操作制度等等</p>
	设备不正常损耗防护	运行管理因素	<p>合理运行工况之一 { 避免低载，低负荷荷使用（在马拉小车） 避免降低性能范围使用（精机粗用等）</p>
			<p>合理运行工况之二 { 避免超载、超负荷使用（小马拉大车） 避免超性范围使用</p> <p>正确使用油料，注意润滑油及液压油的正确使用，要符合一般用油规定及原厂的规定要求</p> <p>应按照规定的维修制度要求，得到及时的保养与检修，杜绝失保失修，带病运转等现象</p> <p>禁止违章作业，避免机械事故</p> <p>其他技术服务措施、走合保养、换季保养、供电质量等等应符合规定要求</p>

## 一、机械使用对管理部门的要求

机械设备合理使用运行的先决条件是施工组织设计阶段的施工方案及选择机型。方案和机型选择的差错损失，是无法在运行阶段弥补的。因此机械管理部门与施工管理部门应协调配合。

### （一）对施工管理部门的要求

1. 编好施工组织设计，正确选择机械设备，并注意以下几点：

（1）根据工程量、施工方法、进度要求和工程特点，先确定主要机械设备的机种和规格，而后配以辅助机械，使机械效能得到充分发挥，避免宽打窄用。

（2）使机械能在相邻工程项目上综合流水，多次使用，减少拆、装、运次数，避免停多用少，窝工积压。

（3）工程量大而集中时，应选用大型专用机械设备；工程量小而分散时，宜选用一专多用或移动灵活的中小型机械设备。

（4）按工程量大小和机械设备的生产能力，通过计算，确定需要的机械设备台数，避免能力不足或窝工。

（5）考虑需要与可能，注意经济效益。

2. 为机械施工创造良好条件，做到下列几点：

（1）按机械设备特点，合理安排施工顺序。

（2）安排施工计划时，要给机械设备留出维修保养时间。

（3）布置好机械施工工作面及运行路线，排除妨碍机械施工的地上地下障碍物。合理布置材料、构件等的堆放位置。

（4）夜间施工要安装照明设备。

3. 制定安全技术交底。

### （二）对机械管理部门的要求

1. 积极推荐合理选用机械设备的方案，认真参与施工组织设计的审查。

2. 在运行管理中做好“五个坚持”：

（1）坚持管用结合，安全操作，优质服务。

（2）坚持经济效益观念，既要防止拼设备、吃“老本”，又要防止大机小用，出工不出力。

（3）坚持执行各项经济技术定额，合理调度设备，做好各项原始记录及核算工作。

（4）坚持实行强制性保养，严禁带病运行。

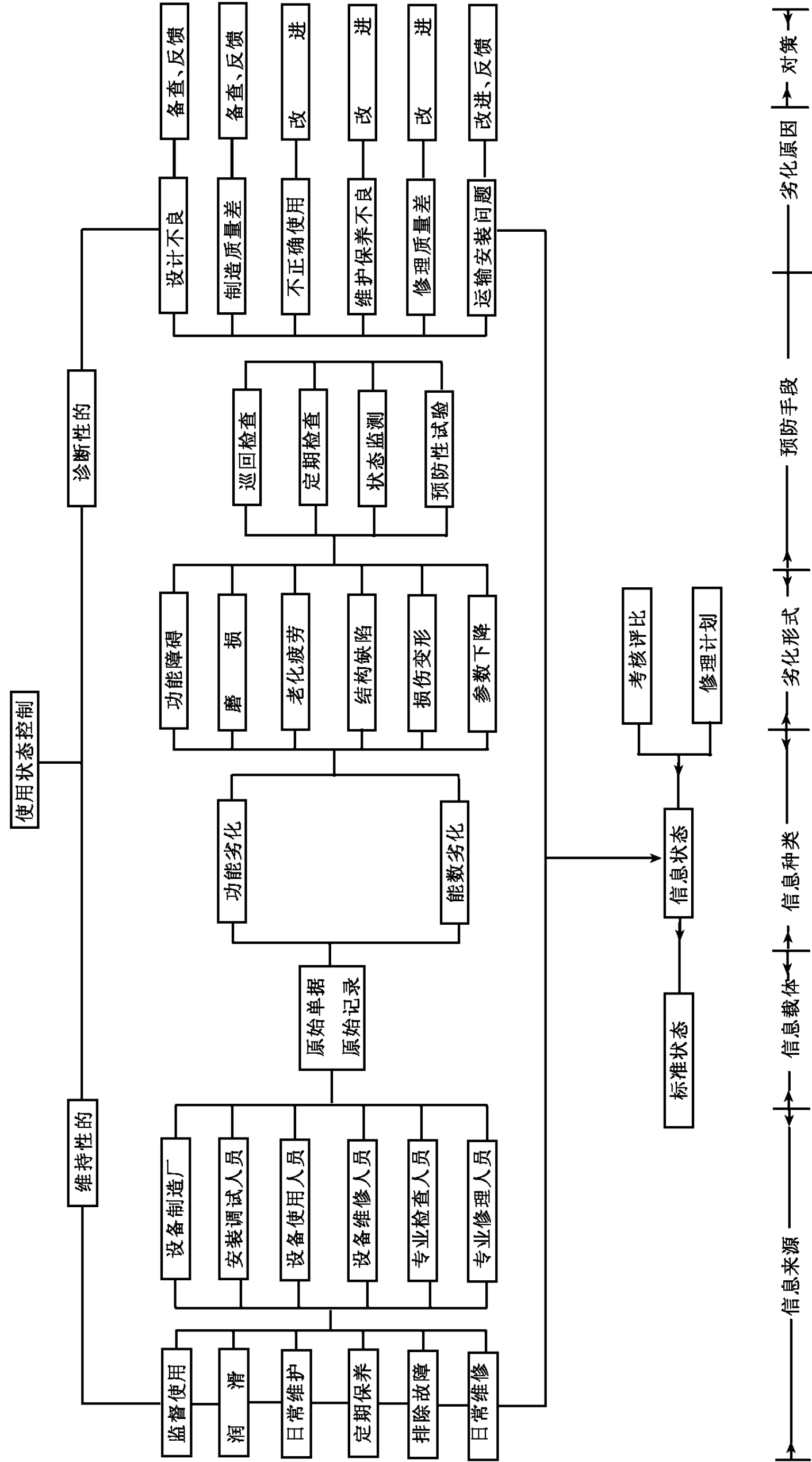


图 7-2 设备运行状态控制图

⑤) 坚持执行各项技术规范，燃油、润滑油、工作介质油、材料配件、替换设备等必须按规定使用，电压等级符合铭牌要求。

### (三) 对机械操作人员的要求

1. 根据施工需要，保证机械作业质量，按时完成任务。
2. 如实反映机械性能、机况、保养时间、存在问题，及时同有关方面沟通情况，取得配合。
3. 机械投入运行前要进行例行检查、保养、调整、试车等准备工作，如有异常情况，不盲目启动和带负荷运行。
4. 利用施工间隙，勤检查、勤保养、勤调整，及时排除故障，保证安全生产。
5. 面向施工，关心生产，做到“三满意”（工地、本班组和领导满意），“三不离岗”（工作暂停不离岗，设备运转时不离岗，不到下班时不离岗），“五主动”（主动协作配合，主动当好参谋，主动为下道工序创造条件，主动克服困难，主动征求工地意见）。

## 二、机械运行状态控制

机械设备运行状态是指设备工作能力的变化情况。对设备运行状态的控制，就通过检查、监测等手段，记录有关设备技术状态的信息并对其进行分析和整理，尽早发现或预测设备的功能故障和参数故障，适时地采取相应对策，以保证设备处于良好的技术状态。须通过维持性、诊断性措施，达到加强维修保养的目的，使设备能力重新进入技术条件允许范围。图7 -2 所示为机械设备运行状态控制的一般内容和程序。

## 三、机械使用的基本制度

### (一) “三定” 岗位责任制

#### 1. “三定” 制度及其优点

机械设备使用保养得好与坏，关键在于贯彻“人机固定”原则，实行定机、定人、定岗位责任的“三定”制度。“人机固定”，就是由谁操作哪台机械固定下来不随意变动并把机械使用、维护、保养各环节的具体责任落实到每个人身上。

实行三定制度的主要优点是：责任明确，有利于增强定机人员（机组或个人）的责任心及爱机心理；有利于熟悉机械特性，熟练掌握操作技术，合理使用、精心维护机械设备，促进机械“三率”的提高；

有利于开展单机经济核算和以单机为对象的评比考核活动，落实奖惩制度；有利于



正确取得机械设备运行的原始资料，提高机械统计工作水平；有利于做好机械定员工作，加强劳动管理。

2．三定制度的实施办法

- (1) 多人操作或多班作业的机械设备，例如挖掘机、打桩机、搅拌站等，在固定操作人员的基础上，任命一人为机长，对机械全面负责。
- (2) 一人一机单班作业的机械门备，或是一人管理多台的机械设备，例如一班制作业的载重汽车等，司机就是机长，对机械负全责。
- (3) 小型设备如灰浆搅拌机、普通混凝土搅拌机等，一般固定在班组，由班组长对所管机械设备负责。
- (4) 机械设备在建制单位内部调拨流动时，原则上定机人员应随机调动。
- (5) 注意技术培训工作，消灭机多人少现象，以免使用非定机人员或无证人员操作机械，打乱三定关系。
- (6) 维修工人不容易做到与单机固定，宜建立维修小组与机群之间的包修关系。操作工人与维修工人的配备比例可参考表7 -2。

表7 -2 机械操作、维修工人配备比例参考表

序号	机械名称	规格型号	操作人员应配备数		维修人中应配数	
			每台班人数	5 台以上 平均系数	每台维修 人员数	三台以上 平均系数
1	单斗挖掘机	1m <sup>3</sup>	2	2 2	1 8	1 5
2	单斗挖掘机	>0 6m <sup>3</sup>	2	2 2	1 5	1 3
3	多斗挖掘机	东54	2	2	1 2	1 0
4	履带起重机	15t	2	2	1 5	1 3
5	履带起重机	<10t	2	2	1 3	1 1
6	轮胎起重机	16t	2	2	1 0	1 0
7	轮胎起重机	<16t	2	2	1 0	0 8
8	汽车起重机	20t	2 ~3	2 ~3	1 5	1 3
9	汽车起重机	<20t	1 ~2	1 ~2	1 0	0 8
10	塔式起重机	6t	2	2	0 2	0 15
11	塔式起重机	<6t	1	1 4	0 15	0 10
12	载重汽车	柴油	1	1 2	0 6 ~0 7	0 5 ~0 6
13	载重汽车	汽油	1	1 2	0 5	0 4

续表

序号	机械名称	规格型号	操作人员应配备数		维修人中应配数	
			每台班人数	5 台以上 平均系数	每台维修 人员数	三台以上 平均系数
14	自卸汽车	柴油	1	1 2	0 6 ~0 7	0 5 ~0 6
15	自卸汽车	汽油	1	1 2	0 5	0 4
16	平板拖车	f40t	2	2	1 2	1 0
17	平板拖车	30t	1 ~2	1 ~2	0 8	0 6
18	装载机		1	1 4	0 7	0 6
19	机动翻斗车	1t	1	1 2	0 3	0 2
20	移动式空压机	6m <sup>3</sup>	1	1 0	0 5	0 4
21	电动空压机	1m <sup>3</sup>	1	0 5	0 2	
22	压路机	8 ~5t	1	1 2	0 4	0 2
23	自动铲运机	6 ~10m <sup>3</sup>	2	2 2	1 1	0 3
24	拖 拉机	80HP	2	2 2	1 1	0 9
25	拖拉机	<80HP	1	1 2	0 8	0 9
26	铲运斗	<10m <sup>3</sup>			0 3	0 6
27	推土机	80HP	2		1 2	0 2
28	推土机	<80HP	1	2 2	0 9	1 0
29	挖掘装载机		2	1 2	0 7	0 8
30	叉式装载机		1	2	0 5	0 6
31	吊 管 机	红旗100	2	1 2	1	0 4
32	龙门式起重机		1	2	0 1	0 8
33	发电机		1	1	0 5	0 1
34	卷扬机	5t	1	1 2	0 2	0 3
35	卷扬机	<5t	1	0 6	0 1	0 2
36	少先吊	0 5 ~1 5t	1	0 6	0 1	0 1
37	胶带输送机	12 ~20m	1	0 2	0 1	0 1
38	打夯机		1	0 2	0 1	0 1
39	混凝土搅拌机	250 ~800L	1	0 2	0 2	0 1
40	砂浆机	200L	1	0 6	0 1	0 2
41	联合抹灰机		1	0 6	0 2	0 1
42	灰浆机		1	0 8	0 1	0 2

续表

序号	机械名称	规格型号	操作人员应配备数		维修人中应配数	
			每台班人数	5 台以上 平均系数	每台维修 人员数	三台以上 平均系数
43	混凝土振动台			0 2	0 .1	0 .1
44	混凝土振动器				0 .1	0 .1
45	钢筋切断机				0 .1	0 .1
46	钢筋调直机			1	0 .1	0 .1
47	钢筋弯曲机				0 .1	0 .1
48	水泵		1	0 .4	0 .1	0 .1
49	试压机				0 .1	0 .1
50	各种机床		1	1	0 .1	0 .1
51	平剪板机				0 2	0 2
52	点对焊机		1	1	0 .1	0 .1
53	木工机械				0 .05	0 .05
54	蒸汽锅炉					
55	动力变压器				0 .1	0 .1
56	打气泵				0 .1	0 .1
57	其他专用设备				0 .1	0 .1

注：(1) 表中所配维修人数只指直接修理工，辅助工种未包括在内。核算修理工与辅助工人数的比例应为1 1（包括车、刨、铣、电、胎、木、漆、板金等）。

(2) 双班作业的单机，因修理频率增加，维修人员应按比例培加50 %。

(3) 表中保修人员配备比例，包括大修、中修、小修及各级保养人员其中大中修占配备比例的40 %，小修和各级保养占60 %。

(4) 表中未列入的机种，可参考表中类似机种配备人员。

3 . 岗位职责

(1) 操作人员职责

认真执行各项规章制度，合理使用、正确操作、精心保养机械设备。

严格遵守操作规程，保证机械安全运行，主动积极为施工和生产服务，高质量、低消耗地完成机械作业任务。

保证机械及附属装置配套，随机工具经常整洁、完好、齐全。

认真填写交接记录、运转记录、消耗记录，做到准确、齐全、整洁，及时上报。

搞好机房及机械的整洁卫生。

有权拒绝有碍机械安全运转的施工安排。

参与本机事故分析及保养和大修后的技术鉴定与验收。

### 2) 班组长及司机长职责

班组长、机长除负有操作人员职责外，并应做到：

模范遵守各项规章制度。

组织、领导、监督机（班）组人员正确使用、保管、保养和维修机械设备，保证生产任务的完成。

检查交接班执行情况，汇总、审查原始报表，及时准确地上报。

搞好机（班）组内及机（班）组间的团结协作，开展技术学习及合理化建议活动。

参与事故的分析与处理。

## （二）交接班制度

交接班制度由值班司机执行。多班制作业、多人操作的机组，除岗岗交接外，值班负责人应全面交接。交方应认真填写运转记录表7 -3 和交接班记录，经接方核对相符并签收后方能下班。交接班的内容是：

1. 完成生产任务情况；
2. 机械设备运转情况，特别应说明异常情况和处理经过；
3. 备品、附件，工具情况；
4. 设备技术情况；
5. 为下班生产准备情况，例保及清洁卫生情况；
6. 上级指示注意事项。

一班制作业机械，虽不进行交接班，亦应做好上述事项，填好运转记录。

## （三）《操作合格证》制度

对施工机械应当像对待机动车辆一样，司机必须经过严格考试并取得《操作合格证》方可上机操作。这是安全生产的一个重要前提。

机械操作合格证制度，一般包含以下一些内容：

1. 确定执行《操作合格证》的范围。一般来讲，凡对施工生产有重要影响的机械，其机组人员都应当实行《操作合格证》的人员，必须是年满十八岁的成人并具备如下条件：

(1) 身体素质：体魄健康，身高符合机械操作要求，视（或矫正视力）达到标准视力表0.8 以上标准，辨色力无赤绿色盲或全色盲，听力距音仪50 厘米能辨清方向，无精神病、癫痫及妨碍执行操作的其他疾病与缺陷。

表7 -3 机械设备运转记录表

单位

上月累计运转台时（公里）

编号

型号

大中修后累计运转台时（公里）

日 期	工程 项目	使用 单位	完成 产量	共计运 转台 （公里）	第一班台时（公里） 分类						第二班台时（公里） 分类						备注
					作 业	停 修	气 候	候 活	转 移	当负 责班人	空 转	作 业	保 修	停 放	转 移	当负 责班人	
1																	
2																	
3																	
28																	
29																	
30																	
31																	

完成产量

运转台时（公里）

完好台日

作业台班

作业台日

完 好 率

利用率制度

日期

主 管

制表

②）思想素质：热爱本职工作，认真钻研业务。

③）技术素质：达到“三懂四会”的要求（懂原理、懂性能、懂构造；会使用、会保管、会操作、会排除故障）并通过口试、笔试，成绩合格者。

3．考试内容及要求

①）考试分理论及实际操作两部分（含口试和笔试），按二级机械操作工的应知应会内容要求执行，包括安全操作规程、保养规程、机械基本常识、操作要领等。

②）经三次考试不合格的人员，取消其考试资格调离机械工种。第一次考试不合格后，补考的间隔时间一般应掌握在三个月左右。

4．发证

对考试合格者，由公司、工程处一级机械主管部门会同安全、教育部门核发统一编号的带有本人照片并加盖机械操作证专用章的合格证书。

5．其他规定

①）在条件许可时，应鼓励机械工人一专多能，操作一种以上的机械。操作每种机械都必须经过培训考试，按规定要求办理操作合格证书。

②）每年度设备大检查时，要结合安全情况的检查，对《操作合格证》执行情况进行检查和审验。

③）凡违章操作、失职等造成事故的人员，除按有关规定处理外，还应视情况暂时收回或撤销其《操作合格证书》。

四、机械使用技术措施

(一) 机械用水规定

- 1．机械，特别是大型内燃发电站、大型空压机站用水，应经过化验，尽可能用软水。硬度过高的水，应作软化处理。
- 2．洪水季节，必须将泥沙沉淀，确保水质清洁才能使用。
- 3．大型机械冷却水池的水量要充足，散热面积、进出水温必须符合要求。
- 4．机械水温表、节温器必须灵敏可靠，水温指示应在规定的容许范围内。

(二) 油料选用

- 1．动力燃油类，主要有汽油及柴油两种。
- (1) 汽油 它有两大主要性能指标：反映抗爆震性能的辛烷值指标及衡量挥发性能的馏程及饱和蒸气压指标，可根据汽油发动机的压缩比来适用（表7 -4）。

表7 -4 国产车用汽油规格及适用场合表

性能指标及适用场合		汽油牌号				
		GB	GB		GB	
		489 -65	484 -75		1004 -6566	
		70 号	76 号	80 号	85 号	
性能指标	辛烷值	66	70	75	80	85
	馏程 :10 %馏出温度 ( ) 不高于	79	79	75	75	75
	50 %馏出温度 ( ) 不高于	145	145	120	120	120
	90 %馏出温度 ( ) 不高于	195	195	186	180	180
	干点 ( ) 不高于	205	205	195	195	195
	残留量及损失 (%) 不大于	4.5	4.5	3.5	3.5	3.5
	残留量 (%) 不大于	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	饱和蒸汽压 (mm 水银柱) 不大于	500	500	500	500	500
	实际胶质 (mg /100mL ) 不大于	5	5	7	10	10
	硫分 (%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	腐蚀试验	合格	合格	合格	合格	合格
	内溶性酸或碱	无	无	无	无	无
	酸度 (mgKOH /mL ) 不大于	3	3	3	3	
	机械杂质及水分	无	无	无	无	无
适用场合	适用的汽油发动机压缩比	<7.0	7 ~8	>8.0		

2) 柴油根据气温条件及柴油凝点选用，见表7 -5。

2. 润滑油脂类 主要有机油和传动润滑油（包括润滑脂）两类。具有润滑、冷动、洗涤、密封及防腐五种功能，其中润滑是最主要功能。

表7 -5 国产轻柴油规格及适用场合表

性能指标适用场合		轻柴油牌号				
		0 号	-10	-20 号	-35 号	农用 +20 号
性能指标	凝点（ ）不高于	0	-10	-20	-35	+20
	十六烷值不小于	50	50	45	43	50
	50 %馏出温度（ ）不高于	300	300	300	300	-
	90 %馏出温度（ ）不高于	355	350	350	-	-
	95 %馏出温度（ ）不高于	365	-	-	350	-
	运动粘度，厘沲（20 ）	3.0 ~8.0	3.0 ~8.0	2.5 ~8.0	2.5 ~7.0	<6（50 ）
	10 %蒸余物残炭（%）不大于	0.4	0.3	0.3	0.3	—
	灰分（%）不大于	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
	硫含量（%）不大于	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	机械杂质（%）不大于	0	0	0	0	0.01
	水分（%）不大于	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹
	闪点（闭口）（ ）不低于	65	65	65	50	65
	腐蚀试验（铜片，50，3h）	合格	合格	合格	合格	合格
	酸度（mgKOH /100mL）不大于	10	10	10	10	—
	水溶性酸或碱	0	0	0	0	0
	实际胶质（mg /100，250 ）不大于	70	70	70	70	—
适宜场合		全国 4 ~9 月， 长江以南 地区全年 适用	长江以南 地区冬季 严寒时适 用	长江以北 地区严冬 和黄河以 北地区冬 季适宜	东北西北 地区严冬 季节适用	气温高于 +20 地区 适用

1) 机油又称发动机润滑油，有汽油机油与柴油机油之分，一般应按机械说明书要求选用，也可参考表7 -6、7 -7、7 -8 选用。选用及使用时应注意：

在满足发动机润滑的情况下，机油粘度宜偏小，以降低油膜内阻，减小机件额外负担和油耗。

从经济上着眼，一般不宜选用低凝、稠化等特殊性能的油料。

不同牌号的机油可以在稠化调整图指导下掺兑，以获得所需要的粘度，但不允许两种油料混存。

加强对机油过滤系统的保养，以保持机油质量，延长机油有效使用时间。

表7 -6 汽油机机油的选用与代用品

牌号	主要性能指标			适用场合	代用牌号	临时短期代用牌号
	100 运动 粘度 (厘沲)	凝点 ( ) 不高于	粘温比 (50 / 100 ) 不大于			
6 号	6.0 ~8.0	-20	5.0	冬季汽车， 汽油机及中、 低速柴油机 新出厂，新 大修的汽车， 汽油机	8 号柴油机机油	40 号机械油
6D 号	6.0 ~8.0	-30	5.5	气温在 - 25 左右的寒 区汽车，汽油机	6 号合成汽油机 机油	
合成6 号	>6.3	-50		气温在 - 35 左右的寒区 汽车，汽油机	8 号稠化汽油机 机油	
10 号	10 ~12	-15	7.0	黄河以北地 区夏季汽车， 汽油机及中、 低速柴油机 黄河以南地 区汽车、汽油 机及中、低速 柴油机可全年 使用	11 号柴油机 机油 13 号压缩机油 汽油机油 6 号45 % +15 号 55 % 掺兑的混 合油	70 号机械油 低速柴油 机 机油 合成24 号气 缸油 45 % + 30 号机械油 55 % 掺兑的混合油
15 号	14 ~16	15	8.5	夏季磨损较 严重的汽车， 汽油机和中、 低速柴油机 大型载重汽 车	14 号柴油 机 机油 16 号柴油 机 机油 20 号柴油 机 机油 50 % + 50 号机械油 50 % 掺兑的混合油	13 号压缩 机 油 90 号机械油 合成24 号气 缸油 70 % + 30 号机械油 30 % 混合油



续表

牌号	主要性能指标			适用场合	代用牌号	临时短期代用牌号
	100 运动 粘度 (厘沲)	凝点 ( ) 不高于	粘温比 (50 / 100 ) 不大于			
稠化8 号	7.5 ~8.5	-35	4	气温 - 30 左右寒区汽车	合成 6 号汽油 机机油	

表7 -7 柴油机机油的选用与代用品

牌号	主要性能指标			适用场合	代用牌号	临时短期代用牌号
	100 运动 粘度 (厘沲)	凝点 ( ) 不高于	粘温比 (50 / 100 ) 不大于			
8 号	8 ~9	-20	6	冬季柴油汽 车，拖拉机及 高速柴油机	11 号柴油机机 油柴油50 % +6 号汽油机机油 5 %的混合油	
11 号	10.5 ~11.5	-15	6.5	夏季柴油汽 车，拖拉机及 高速柴油机 黄河以南地 区柴油汽车， 拖拉机及高还 柴油机可全年 使用	10 号汽油机 机油 8 号汽油机机 油50 % +14 号 柴油机机油的 混合油	70 号机械油 低速柴油机 机油 合成24 号气 缸油55 % + 30 号机械油45 % 的混合油

续表

牌号	主要性能指标			适用场合	代用牌号	临时短期代用牌号
	100 运动 粘度 (厘沲)	凝点 ( ) 不高于	粘温比 (50 / 100 ) 不大于			
14 号	13.5 ~14.5	0	7	柴油汽车， 拖拉机及高速 柴油机在盛夏 季节使用 内 燃机车，300 马 力以上柴油机 全年使用 钻探机，起 重机及挖掘机的 柴油发动机 在冬季使用	15 号汽油机 机油 16 号柴油机 机油 20 号柴油机 机油 50 % + 50 号机械油 50 % 的混合油	13 号压缩机 油 90 号机械油 合成 24 号气 缸油 70 % + 30 号机械油 30 % 的混合油
16 号	16 ~18	-10	7.5	磨损较大的 高速柴油机		
20 号	20 ~22	0	8.5	重型工程机 械柴油机夏季 使用		
稠化 11 号	10.5 ~11.5	-3.5	4.5	-30 以上 寒区柴油机		
稠化 14 号	>13.5	-35	4.5	新型高速小 轿车汽油机 -30 以上寒 区钻探，挖掘， 起重用柴油机 使用		

表7 -8  国内、外柴油机油品种牌号对照表

API 分级	国 产	英国石油		德士古	埃索	飞马	壳牌	日本石油	捷 克
		BP		CALTEX	ESSO		SHELL	日石	
CA	柴油机油 8 号 (稠化) 11 号 14 号	Energl			Essolub STD、HD	Delvac 920 930 940	Rlrcila 20 -20 W 30 40	MDLOLL DX 20 30 40	M4AD M6AD M9AD
		ICM	DD						
		20 W	-30						
		30	40						
		40	40						
CB	柴油机油 增压柴油 机油 3 号 (稠化) 11 号 14 号	Energol		RPMDELO XD 20 -20 W 30 40	Ess lubc HDX 20 30 40	Dclvac 1100 20 -20 W 30 40	Rotella S SX 20 -20 W 30 40	Hidiesel HD 150 250 350	M4ADS -11 M6ADS -11 M9ADS -11
		TC -MB	DS -1						
		20 W	20 W						
		30	30						
		40	40						
CC	增压柴油 机油 8 号 (稠化) 11 号 14 与	Eriel -gol		RPMDELO 100 400 20 -20 W 30 40	Ess lubc HDX 20 30 40	Delvac 1200 20 -20 W 30 40	Rltella TX SX 20 -20 W 30 40	Hidiessel SS 20 30 40	M4ADS -11 M6ADS -11 M9ADS -11
		DS -2	Vancilm						
		20 W	20 W						
		30	30						
		40	40						
CD	中增压 柴油机油 8 号 (稠化) 11 号 14 号	Energol		RPMDELO 300 400 20 -20 W 30 40	Ess olube D -3 20 30 40	Delvac 1300 20 -20 W 30 40	Rimula O CT 20 -20 W 20 40	Hidiesel S -3 20 30 40	
		DS -3	vanellus						
		20 W	S -3						
		30	20 W						
		40	30						

5) 勤检查油尺油标，发现机油变色污染，应及时更换。换油时，应放尽残油，清洗油箱，慢速运转1 ~2 分钟后再添新机油。

②) 传动润滑油 用于机械的变速器、减速箱、转向机构等的齿轮润滑。此类油料由于具有高粘度的胶质物，一般不能用于其他部位的润滑。

③) 润滑脂 润滑脂是经皂化和高度稠化的润滑油，因其具有较好的防护性和密封作用，被广泛应用于轴承等耐摩擦部位的润滑。

润滑脂根据润滑部位有无耐水性要求、工作温度、负荷及转速等条件选用。从经济上考虑，钙基润滑脂最便宜，钠基次之，锂基最贵。具体选用参见表7 -9。

表7 -9  润滑脂的主要性能指标及适用场合

油品	牌号	针入度 (1 /10mm )	滴点（    ） 不低于	主要性能	适用场合
钙基 润滑脂	1	310 ~340	75	耐水不耐热	适用于温度 <70     ，转速 <3000r / min 的场合。其中1 ,2 号用于轻负荷 ,3 号用于中负荷 ,4 ,5 号用于低转速重负荷场合
	2	265 ~295	80		
	3	220 ~250	85		
	4	175 ~205	90		
	5	130 ~160	95		
复合润 钙油基脂	1	310 ~350	180	既耐 高温 ， 又耐 低 温 ， 可 在  - 40     下 工作 ， 又 有 很 高 的 抗 水 性	适用于高温及潮湿条件下的摩擦部位，在南方盛夏潮湿季节里更为适宜，用于轮毂及水泵轴承等处
	2	260 ~300	200		
	3	210 ~250	220		
	4	160 ~200	240		
钠基 润滑脂	2	265 ~295	140	耐热不耐水	适用于不高于13512 的中、重负荷摩擦部位，但不宜用于高速、低负荷部位
	3	220 ~250	140		
	4	175 ~205	150		
钙钠基 滑润脂	2	250 ~290	120	耐 热 性、耐 水 性。 介于二者之间	适用于一般潮湿环境工作，但不适用于低温场合
	3	200 ~240	135		
锂基 润滑脂	1	310 ~340	175	具 有 耐 热、耐 水、 耐 磨、耐 用 及 使 用 温 度 范 围 广 等 优 点 ， 性 能 优 异	性能优于上述各种润滑脂，使用范围广，如用特种的低疑点润滑油制成的锂基脂可在甚至低至 - 60 ~120     范围内使用
	2	265 ~295	180		
	3	220 ~250	185		
	4	175 ~205	190		
	5	130 ~160			

3 . 工作介质油类近年来随着液压机械大量投入施工现场，液压传动的工作介质 - 液压油已成为常用油料之一。液压油的质量从某种意义上讲，决定着整机的使用寿命。它的作用是有效地传递动力，可靠地润滑机件。在一个液压系统里，液压油一般根据系统工作压力、温度等条件来选用，参见表7 -10 。

表7 -10 国产液压油主要性能指标及其适用场合

油品	牌号	主要性能标		适用场合
		50 运动粘 度（厘沲）	凝点（ ）不 高于	
机械油	10 号	7 ~13	-15	抗氧化及抗泡性一般，适用于环境温度在0 以上，工作压力在8hPa 以下的中、低压一般的液压系统
	20 号	17 ~23	-15	
	30 号	27 ~33	-10	
	40 号	37 ~43	-10	
	50 号	47 ~53	-10	环境温度在10 以上，其余同上
	60 号	67 ~73	0	
	70 号	8793	0	
汽轮机油	20 号	18 ~22	-15	氧化安定性较好，适且于环境温度在0 以上，工作压力在8MPa 以下的中、低压系统
	30 号	28 ~32	-10	
	40 号	37 ~32	-10	
	45 号	43 ~47	-10	
	55 号	53 ~57	-5	
普通液压油	20 号	17 ~23	-10	氧化安定性，抗泡性，防锈性好，抗磨性较好，适用于工作压力14MPa 以下的中、高压液压系统环境温度在0 以上
	30 号	27 ~33	-10	
	40 号	37 ~43	-10	
	60 号	57 ~63	-10	
	80 号	77 ~83	-10	
抗磨液压油	20 号	17 ~23	-25	抗磨性好，其他性能同普通液压油，适用于16MPa 以上高压系统，环境温度在 -15 以上
	30	27 ~33	-25	
	40 号	37 ~43	-25	
	20Y 号	17 ~23	-25	适用于有银部件的系统，其余同上
	40Y 号	37 ~43	-25	
低凝液压油	20 号	17 ~3	-35	凝点低，粘度指数高，粘温性好，抗氧化安定性，抗泡性，防锈性好，抗磨性较好适用于环境温度 -25 以上，工作压力在14MPa 以下的中、高压液压系统
	30 号	27 ~33	-35	
	40 号	37 ~43	-35	
	30D 号	25 ~35	-45	适用于环境温度 -35 以上，其余同上

续表

油 品	牌 号	主要性能标		适用场合	
		50 运 动 粘 度 (厘 沲)	凝 点 ( ) 不 高 于		
稠 化 液 压 油	上 稠 90 -1	60 .81	-27 .5	环境温度 -15	凝点低，抗氧化安定性，防锈性，润滑，粘温性等均好
	上 稠 20 -1	12 .51	-33	环境温度 -20C	
	兰 稠 30 -1	17 .85	-32		
	兰 稠 40 -1	29 .66	-38	环境温度 -25	
	兰 稠 40 -2	27 .35	-37		
	上 稠 30 -1	18 .67	-49	环境温度 -35 .5	适用于14MPa 以下的中、高压液系统
	上 稠 50 -1	40 .56	-48 .5		
抗 燃 液 压 油	4613	15	-20	燃点高，挥发性低，抗氧化安定性及润滑性好，适用于要求抗燃、高压、精密的液压系统。价格较贵	
	4613 -1	14	-20		
	4614	20	-20		

(三) 油料管理技术措施

1．防止轻质成分蒸发和氧化变质的措施

- (1) 降低温度，减少温差。温度高时，蒸发量大，氧化速度加剧。因此应当选择阴凉地点存放油料，减少阳光曝晒。油罐涂刷银灰色、白色等浅色油漆，以反射阳光，降低油温，尽量利用地形，在地下、半地下或山洞油罐内存油。
- (2) 尽量将油料装至存油容器的安全容量，减少气体空间，以减少蒸发损失和油料与空气的接触氧化面积，延迟氧化过程。但是必要的膨胀空间一定要根据油温变化留足。对贮存期较长且未装满容器的油料，要适时合并。零星发油时，发完一桶再发另一

桶。

③) 减少不必要的倒装。测试证明，倒装1t 汽油，即可损耗1 ~2kg 左右。

④) 避免与铜及其他有色金属接触。各种有色金属特别是铜，能促使油料氧化变质。

⑤) 减少与空气接触，尽量密封贮存。

### 2. 防止混入水杂，乳化变质的措施

混入水杂而变质的油料，会堵塞滤清器和油路，造成机械运转时供油中断；加剧零件磨损和腐蚀；各种电器专用油料混入水杂后，绝缘性能将急剧变坏。防止水杂混入的措施是：

①) 存油容器要保持干净。装过汽油的容器大多含有铁锈，尽量不要改装别种油料。

②) 避免在风沙、雨雪条件下进行露天作业。如必须进行，应做好遮盖防护工作，防止水杂混入。

③) 桶装油料应尽量在库房、工棚内存放。

④) 柴油罐的吸出口应设置比较完善的过滤设备或浮子式吸油器，以提高柴油的纯洁度。

### 3. 防止混油污染变质

一种油料中混入另一种油料，严重时会使油料变质。例如，各种机油中混入轻质燃油后，会降低闪点和粘度；相反，轻质燃油中混入普通机油后，会使终馏点升高；高级机油混入普通机油后，会增加酸值和残炭；硫分占1.5 %的双曲线齿轮油混入机油后，会使其污染变质。因此在贮存、收发过程中，一定要防止各种油料相混，以免互相污染变质。

## (四) 高温下使用机械的技术措施

1. 加强对发动机冷却系的检查，清除水垢，保持水道干净、畅通。

2. 变换夏用润滑油脂，消除润滑系统漏油现象。

3. 随时检查发动机、传动系走行部分的温度，使之符合规定。

4. 发动机水温度于85℃以上不得立刻熄火，应进行空转降温，等水温表指示低于85℃时，方可停机。

5. 重粉尘环境下，应加强空气滤清器的清洗。

6. 加强对轮胎气压的监视和检查。

## (五) 低温下使用机械的技术措施

1. 冬季使用前。应对机械进行一次季节性保养，其内容：

- (1) 换用冬季燃油、润滑油、液压油和冷却液，调整电解液比重。
  - (2) 加装预热或保温装置。
  - (3) 检查整车各部及安全装置的安全可靠性。
  - (4) 调整汽油机燃油系，提高汽化器浮子室油平面高度与加速泵行程，使混合比适应低温燃烧需要。
  - (5) 调整汽油机点火系，适当提前点火角度，增加断电器触点间隙至0.3~0.4毫米，以增强电火花强度。
  - (6) 为防止过度放电，适当提高充电量，使发电机调节器在充电电路上的电压较夏季提高0.6伏左右。
2. 发动机起动困难时不得强制起动，起动后不得急轰油门或立即行驶，应由低速至高速自行加温，待温度高于40℃时，方可用高速档运行。
  3. 保持发动机工作水温在65℃以上，防止“过冷”或胶化。对轻微胶化的发动机应保持水温在90℃以上，直到排气管停止冒火星为止。对严重胶化的应解体清洗。
  4. 加强对发动机燃油、机油滤清器的清洗。
  5. 加强对液压系统和液压油的检查，工作温度应按说明书的要求使用。
  6. 保持两侧轮胎气压相等，避免侧滑，必要时应有防滑措施。
  7. 加强对橡胶制口、高压胶管、密封元件的检查。
  8. 各种进口设备的防寒事宜，按出厂技术要求办理。

### (六) 机械走合期的技术要求

新购机械或经过大修理的机械必须经过一段试运转的时间，一般称之为走合期。按规定内燃机械走合期为60~100运转小时；电动机械为50运转小时；汽车、机动车及内燃轨行车为1000公里。走合期内要严格遵守下列基本要求，以防止机械早期磨损：

1. 发动机起动时，应低速运转一定时间后再逐渐加速；待温升至60℃左右，方可带负荷运行。冬季起动时需采取预热措施。
2. 运转和使用时，应平稳操作，严禁骤然增加转速或负荷，以免传动机构承受剧烈冲击。
3. 曲轴箱润滑油应为优质低粘度机油。运转30~50小时（或300~500公里）后，应换油一次。走合期满再换一次。每次换油时，应清洗滤清器。
4. 发动机更换机油时，应检查连杆和曲轴轴承，并调整紧固发动机各部螺栓。
5. 检查轴承、齿轮等运转部件和摩擦部位的工作温度，及时清除异常现象。
6. 走合期结束后，应对各部位进行检查、调整和润滑，同时检查中齿轮箱润滑油清洁情况，必要时予以更换。新机械或新装齿必须更换润滑油后方可使用。



7．走合期内，不得拆除限速器锁封；只有待走合期满，在技术负责人监督下方可拆除之。

8．机械走合前，应由技术负责人将各项要求和注意事项向负责司机或机长交底，并随时掌握走合期中的问题；走合期毕，将审查签章的原始凭证纳入技术档案之中。几种主要机械的走合要求如表7 -11。

表7 -11 主要机械走合要求表

机械名称	走合要求	备注
起重机	1．自5 % 起吊量开始，渐增最高至80 % 2．减少行驶	
挖掘机	1 30 小时内不得挖掘硬土 2．装料为斗容量的1 /2 ,70 小时内不超过3 /4 3．降低操作速度	
推土机及铲运机	1．控制刀片铲土深度和吃土量 2．负荷自50 % 渐增最高至80 %	
汽 车	1．公路行驶速度不是大于30 公里/小时 2．工地行驶速度不得大于20 公里/小时 3．载重量减20 % ~25 % 4．不良道路行驶不得拖带挂车 5．行驶中避免突然加速	
电动机械	1．负荷减少20 % ~25 % 2．传动箱采用低粘度润滑油	
其他内燃机械	1．减速30 % 运行 2．负荷降低20 % ~30 %	

## 五、电力设备的运行管理

### (一) 电力设备的运行人员的职责

#### 1. 交接班人员职责

(1) 交接班人员应向接班人员介绍设备运行情况，接班人员应认真阅读运行日志及有关记录，熟悉上一班情况。

(2) 交接班人员共同巡视设备，检查信号装置和安全设施是否良好完善。

(3) 检查工具、仪表、安全用具、备品等是否完备。

(4) 交接班完毕，由交接班人员在交接班记录上签字。

(5) 正在处理事故或倒闸作业时，不得进行交接班。未办完交接手续，交班人员不得离开岗位。

#### 2. 发、变、配电所运行值班人员的职责

(1) 熟悉供电系统和用户用电设备使用情况，监视设备的运行和仪表指示，使之处于正常工作状态，开展配电调度。

(2) 熟悉设备性能和一、二次结线系统，迅速进行事故处理。

(3) 迅速、正确地按调度命令或倒闸作业要进行倒闸作业。

(4) 正确会签工作票和做好作业班的安全监护工作。

(5) 定期巡回检查和搞好日常养护工作，定期对供用系统进行安全分析，制定预防事故措施。

(6) 及时、正确地填写各种记录和报表，补充、修改图纸、资料，理好工具和备

### (二) 供电质量规定

1. 当为35 千伏及以上高压供电时，用户受电端的电压变动幅度应不超过额定电压的 $\pm 5\%$ 。

当为10 千伏及以下高压供电和低压电力设备时，应不超过 $\pm 7\%$ 。

室内、外一般工作场所照明电压变动幅度应在 $+5\% \sim -1\%$ 范围之内。

2. 周波变动不得超过标准周波的 $\pm 2$  周/秒。

3. 用电力率应经常保持在0.85 以上，达不到的应装设补偿设备。

### (三) 电力运行安全

1. 发变电站周围，应设围墙或其他围护设施。

2. 发、变电站应设置必要的消防设备和设施，经常进行消防训练和对消防设备进行定期检查。

3. 电力工作人员必须具备下列条件方能从事工作：

- (1) 无妨碍工作的病症；
- (2) 具备必要的电力专业知识，熟悉电力安全工作的有关规定，并已考试合格；
- (3) 应会紧急救护法和人工呼吸法。

4. 电力工作人员每年定期考试一次。技术安全考试要和群众评议相结合。考试合格者发给合格证，不合格者限期补考，补考仍不合格应限期调换其他工种。

5. 安全用具必须按《电力设备试验标准》的规定进行试验，并达到试验标准。

6. 在电力设备上工作，保证安全的组织措施：

- (1) 实行工作票制度；
- (2) 实行工作许可制度；
- (3) 实行工作监护制度；
- (4) 实行工作间断、工作转移和工作终结制度；

(5) 在全部停电或部分停电的电气设备工作，必须完成下列各项措施：将设备断开电源；在工作点悬挂标示牌，装设遮栏；检查施工设备上有无电压；装设短路接地线。

上述安全措施由配电值班人员执行。对无人值班的电力设备（包括电线路），由工作执行人指定专人执行。

7. 停电检修的线路与另一回路相交或接近（包括同杆架设），以致工作时和另一回路导线的距离可能小于安全距离时（电压等级为6~10千伏时，安全距离为1.0米；35千伏时，为2.5米），则另一回线也应停电交予接地。

在发、变、配电站内电力设备检修时，工作人员的正常活动范围与带电设备之间小于规定的安全距离时（电压等级为6~10千伏时，安全距离为0.35米；35千伏时，为0.6米），设备必须停电。

8. 短路接地线与作业设备之间不应连接开关或保险器。在分段母线上作业时，应将分段母线分别检电，并接地短路。

9. 接地线应有多股铜线，截面不得小于25平方毫米。接地线应使用专用线夹固定在导线上，装设接地线，必须先接地线端，后接导线端。拆除时顺序相反。在导线上装拆接地线上。装设接地线时，应使用绝缘棒，并戴绝缘手套。

10. 倒闸操作除事故处理以及运行规程中规定的单一操作外，都应填写倒闸操作票。操作票一般为操作人员填写，监护人和操作人共同审核签字。操作人员或监护人员

在执行倒闸操作任务中，都必须充分掌握操作的目的是和序程，正确而迅速地完成任务。

执行操作的工作人员要熟悉操作规程，并由熟悉情况、经验较多的工作人员负责监护。

11．值班员在查明事故原因后，必要时可例外地允许不用工作票进行事故修理工作，但应有监护人，不得一人单独进行。处理经过应记入运行记录簿。

12．雷电时，发、变电站所有室外工作均应停止。

### 第三节 施工机械的保养和修理

#### 一、机械设备的保养

机械设备的保养指日常保养和定期保养，对机械设备进行清洁、紧固、润滑、调整、防腐、修换个别易损零件，使机械保持良好状态的一系列工作，是减少机械磨损，延长使用寿命，提高机械完好率，保证安全生产的主要措施之一。必须坚持“养修并重，以防为主”的原则。

##### （一）日常保养

日常保养工作主要是对某些零件进行检查、清洗、调整、润滑、紧固等。例如，空气滤清器和机油滤清器因尘土污染或聚集金属末与炭末，使滤芯失去过滤作用，必须经过清洗方能消除故障；锥形轴承或离合器等使用一段时间后，间隙有所增大，须经适当调整后，方可使间隙恢复正常；螺纹紧固件使用一段时间后，也会松动，必须给予紧固，以免加润剧磨损。

建筑机械的日常保养分为班保养和定期保养两类。

班保养是指班前班后的保养。内容不多，时间较短。主要是：清洁零部件、补充燃油与润滑油、补充冷却水、检查并紧固零件、检查操纵、转向与制动系统是否灵活可靠，并作适当调整。

##### （二）定期保养

定期保养是指工作一段时间后进行的停工检修工作，其主要内容是：排除发现的故

障。更换工作期满的易损部件，调整个别零部件，并完成班保养全部内容。定期保养根据工作量和复杂程度，分为一级保养、二级保养。三级保养和四级保养，级数越高，保养工作量越大。

定期保养是根据机械使用时间长短来规定的。

各级保养的间隔期大体上是：一级保养50h；二级保养200h；三级保养600h；四级保养1200h（相当于小修）；超过2400h以上，即应安排中修；800h以上，应进行大修。

各级保养的具体内容应根据不同建筑机械的性能与使用要求来定。

认真做好日常保养，才能使机械设备达到原国家建委提出的下列要求：

1. 机械技术状况良好，工作能力达到规定要求；
2. 操纵机构和安全装置灵敏可靠；
3. 搞好设备的“十字”作业：清洁、紧固、润滑、调整、防腐；
4. 零、部件，附属装置和随机工具完整齐全；
5. 设备的使用维修记录资料齐全、准确。

### （三）冬季的维护与保养

冬季气温低、机械的润滑、冷却、燃料的气化等条件均不良，保养与维护也困难。为此，建筑机械在冬季进行作业前，应作详细的技术检查。发现缺陷，须及时消除。机械的驾驶室应给予保暖。柴油机装上保暖套，水管、油管用毡或石棉保暖，操纵手柄、手轮要用布包起来。冷却系统、油匣、汽油箱、滤油器等必须认真清洗，并用空气吹净。蓄电池要换上具有高密度的电介质，并采取保温措施。采用不浓化的冬季润滑剂。冷却系中，宜用冰点很低的液体（如45 %的水和35 %的乙烯乙氨酸混合液）。长期停用的机械，冷却水必须全部放净。为了便于起动发动机，必须装上油液预热器。

采用液压操纵的建筑机械，低温时必须用变压器油代替机油和透平油，不能用甘油（因为甘油与油脚混合后，会形成凝块而破坏液压系统的工作）。

(四) 机械设备保养分类表（见表7 -12）

表7 -12 机械设备保养分类表

保养类别		保养内容	保养时间	承保人员	备注
. 例行保养		各部位例行检查及保养	作业前后及运转中	机组人员	
. 定期保养	一级保养	清洁、紧固、润滑及部分调整作业	作业前后及运转中	机组人员	是保证技术性能，延长使用寿命的重要环节，一般内燃机械实行一、二、三、四级保养，其他机械实行一、二级保养
	二级保养	含一保作业的全部内容，并从外部检查发动机、燃油系、润滑系、离合器、变速箱及转向、制动、液压工作装置	作业前后	机组人员	
	三级保养	除二保作业内容外，对主要部件解体检查其内部零件的紧固、间隙、磨损情况或对某一部成件施行大修理	按保养间隔期，强制进行	专业保修人员	
	四级保养	除执行三保作业内容外，以总成成为单位保持总成后耐用能力的平衡，全面检查、整修、排除异常现象，恢复机械性能	按保养间隔期，强制进行	专业保修人员	
. 停放保养		清洁、紧固、润滑、调整	每周一次	保管司机	停放一月以上
. 走合期保养		按走合期要求进行	走合期中及走合完毕后	司机及保修人员	
. 换季保养		更换油料及采取相应措施	入夏入冬前	司机及保修人员	可结合定期保养进行
. 工地转移保养		全面检查、维护，必要时进行除锈、喷漆等工作	工地转移前	司机及保修人员	

(五) 机械设备保养检查记录参考格式表（见表7 -13）

表7 -13 机械设备保养检查记录参考格式

					普查日期
统一编号	机械名称	厂型规格	总运转台时	至上次大修台时	操作人员
技术状况					
发动机					
传动机构					
行走及工作装置					
保养状况					
紧固及调整	检查项目	检查标准			检查结果
	发动机机脚螺丝				
	高压泵固定螺丝	每一条松动1 扣扣3 分，半扣扣1 分			
	气泵固定螺丝	第一条松动1 扣扣3 分，半扣扣1 分			
	水箱固定螺丝	每一条松动1 扣扣3 分，半扣扣1 分			
	风箱固定螺丝	每一条松动1 扣扣3 分，半扣扣1 分			
	八字架固定螺丝	每一条松动1 扣扣3 分，半扣扣1 分			
	横轴固定螺丝	每一条松动1 扣扣3 分，半扣扣1 分			
	水平轴瓦架固定螺丝	每一条松动1 扣扣3 分，半扣扣1 分			
	制动部分固定螺丝	每一条松动1 扣扣3 分，半扣扣1 分			
	开口销及轴销固定	每一条松动1 扣扣3 分，半扣扣1 分			
	螺丝	每一条松动1 扣，扣1 分			
	油箱螺丝	每一条松动1 扣，扣1 分			
	引导轮固定螺丝	每一条松动1 扣，扣1 分			
	机棚固定螺丝	每一条松动1 扣，扣0 5 分			
	油封盖固定螺丝	每一条松动1 扣，扣0 5 分			
	操纵杆行程	失调扣2 分			
	履带松紧度	失调扣2 分			
	其他				
	注：主要螺丝松动1 扣扣3 分，松动半扣扣1 分；一般螺丝松动1 扣扣1 分，次要螺丝松动1 扣扣0 5 分				

续表

统一编号		机械名称	厂型规格	总运转台时	至上次大修台时	操作人员
滤清及润油	空气滤清器		根据一保的时间长短，不清洁一处扣1 ~5 分			
	燃油滤清器		根据一保的时间长短，不清洁一处扣1 ~5 分			
	机油滤清器		根据一保的时间长短，不清洁一处扣1 ~5 分			
	其他滤清器		根据一保的时间长短，不清洁一处扣1 ~5 分			
	发动机润滑油		以油尺为准，油面低扣5 分			
	变速箱润滑油		以油尺为准，油面低扣5 分			
	减速箱润滑油		以油尺为准，油面低扣5 分			
	后绞盘润滑油		以油尺为准，油面低扣5 分			
	各黄油加油点		每一处缺油扣1 分			
	各机油加油点		每一处缺油扣1 分			
	电瓶：液面		以极板为界缺少每格扣1 分			
	电瓶，清洁通气孔		不清洁，不通气扣1 ~3 分			
机容清洁	发动机外		有死角污垢每处扣2 —3 分			
	驾驶室内外		有死角污垢每处扣2 —3 分			
	机身及附属设备		有死角污垢每处扣2 —3 分			
原始记录	履历书准备、及时、齐全、清楚		每项不合格扣2 5 分 每项不合格扣2 5 分 每项不合格扣2 5 分			
	生产日报：及时、齐全、清楚					
	其他及时、齐全、清楚					

检查结果

评议项目	标准	
紧固及调整	40 分	
滤清及润滑	40 分	
车容清洁	10 分	
履历书	10 分	



## 二、机械设备的定期调整

建筑机械零部件经长期使用后，会造成间隙增大、螺纹松脱，以致丧失结合精度。定期调整的目的在于恢复零件间的原始配合，恢复零件几何轴线的正常位置。

主要零件的调整方法是：

1．轴承：磨损后间隙增大，破坏了配合情况，引起冲击和冲击压力。因此，必须进行调整。滑动轴承的壳体与轴承盖之间的间隙，可通过增减垫片的方式来调整，并用螺栓旋紧。

滚动轴承滚珠与外圈间的间隙通过移动上下环之间的相对位置来调节。

2．轴的位置：由于磨损不均，轴的平行度常常受到破坏。为了调整轴的位置，恢复平行，一般均将轴承作适当移动。

3．齿轮：调整的目的在于使齿轮之间有正常的啮合间隙。通常是拧动装在齿轮轴上的调整螺母，变动一个齿轮的位置。齿轮的啮合情况可用涂色法对研检查。

4．制动闸带：制动闸带磨损后，可能被拉长，使制动器不能产生应有的制动力矩。可利用装在制动器上的特种螺杆把制动带拉紧。

5．履带：履带均设有张紧装置（有垫片式、弹簧式、液压式等）。张紧度要经常调整。拉得过紧会加剧零件的磨损，且消耗过量的功率；拉得过松，履带下垂度大，转弯不灵。

正确张紧的履带，其上部应略有松垂（用直尺测两支承滚轮间的垂度。这个垂度因机而异。推土机为40 ~50mm；挖掘机为40 ~80mm）。

履带张紧后，应使驱动轮和引导轮在履带架的同一平面内。

## 三、机械设备的存放和运输

一般说来，大型建筑机械应存放在天幕或油布之下；小型建筑机械则可存放在车棚中。

### （一）长期存放的处理

长期存放前，应进行相应的技术检查，消除一切缺陷，放出一切燃油和冷却水，洗净油箱、散热器及管道，按产品说明书的规定进行润滑，所有的润滑点均需注满油（润滑油标号应按季节要求选定）。未经油漆部分，须将污秽、湿气和锈铁仔细擦去，用油液与白垩混合后重新涂漆。橡胶部分（包括轮胎、软管等）要取下来，洗净、吹干，专门保管。蓄电池和工具从机械上取下妥为保管。钢轮压路机及履带式建筑机械要垫在木

板上。

### （二）短期存放的处理

短期存放，往往是缺乏燃料或等待任务，约10 ~15 天。短期存放前，先要清除污垢，加注润滑油。轮式机械要悬置于专用支架上，履带式机械的停机面下需垫以木板。停机后，应取下工具，上部用油布等覆盖。

### （三）运输

中小型建筑机械均可用铁路平板车或重型汽车拖车运输，也可用轮船运输（距水路干线较近时）。施工单位可根据运输距离、道路状况及机械的型式选择合适的运输工具。

一般说来，运距大于100km 时用铁路运输，可用拖拉机牵引、起重机吊装或由其本身的行走装置驶向平板车，然后用楔块钢绳等垫牢拉紧。运距小于100km 时，可用重型载重汽车拖车运输。装卸车比较简便，能在短期内直接送至工作地点。

在工地范围内转移工作地点的运输一般都是靠机械本身的行走装置来完成。无行走装置的建筑机械则用汽车运输。

## 四、施工机械的修理

建筑机械实行预期检修制度。所谓预期检修制，是把机械从完好到必须进行修理的整个过程分为七个阶段。即：日常保养、一级保养、二级保养、三级保养、四级保养、中修和大修。其中，四级保养相当于小修。

日常保养、一级保养、二级保养规定由驾驶员完成；三级保养须有修理工配合；四级保养、中修、大修均应由修理工在专门的修理车间完成。

根据预期检修制的规定，每台机器都要设有“履历书”，把保养与修理情况都记录下来。修理之前，必须进行全面检查，检查结果填入适当的表格中，作为修理的依据。

### （一）年度修理

大型土方机械的工作情况往往与季节有关。夏季工作任务较重，冬季较少。有条件的单位都安排年度修理。修理前应全面检查整机与零部件，编制故障部位与零件总表，据此进行修理。

年度修理大多在11 月至次年3 月间进行。这种年度修理的工作内容可按小修来处理。

### （二）中修

中修在连续两次大修的一半时间内进行。因为机械部件的磨损情况不一样，磨损较

快的零件，还未等到大修理就已报废，所以需要安排中修。

中修时，按总成拆卸主要部件，修理或更换个别零件，其余仅作一般性维护。中修之后要进行部件和整机的空载与负荷试验。

大型建筑机械中修的主要技术要求是：

1. 解体发动机，拆洗水箱。按发动机说明书进行检修。
2. 解体检查，清洗并调整变速箱总成，更换各部密封圈。检查传动齿轮、拨叉、花键轴等。装合后，应能自由轻快转动，不得有异响与渗漏现象。
3. 检修离合器。选配油封环与轴承盖，要求保证侧面间隙。摩擦片厚度不得超过规定的公差，在规定的扭矩范围内不能打滑。
4. 拆检前后桥或履带行走机构。要求操纵灵活、性能良好，不得有渗漏油现象。
5. 拆检、清洗液压系统滤油器和各种阀体，更换新油，拆检并调整油泵，压力不能低于规定值。
6. 拆检、清洗、疏通油路管道。油管不得开裂，接口要严密。软管超过使用期或已经老化者，必须更换。
7. 拆检整机电气部分，线路与元件齐全、良好。照明灯完好。
8. 拆检轮胎并调位；拆检履带总成，更换损坏了的销轴、套，并作弯折试验。
9. 修补司机座椅、靠背，达到舒适完好。
10. 全机按规定喷漆，整理外观。

### （三）大修

大修是使整个机械恢复原有工作能力和技术经济指标的一项修理。要求把机械完全拆卸，细致地检查全部零件，修复或更换磨损零件，直至达到新机出厂标准。

### （四）其它修理

1. 紧急修理：由于驾驶员违反操作规程，保养、维修不及时或原机制造质量低劣等均会出现事故性损坏。这种损坏多是计划外的。修理工作内容要根据故障与损坏情况来定。

2. 复原修理：也是一种计划外的修理。工作内容是修复机构的个别部件及组合件，补齐所缺零部件及组合件。

### （五）主要的修理方法

修复建筑机械零件的主要方法有：

1. 调整法：通过调整间隙或某些零件的相对位置来恢复部件或整机原有的技术性

能。如，轴承磨损后，可用抽去垫片的办法来减少间隙。各种控制阀可用调整螺钉、螺母的相对位置来改变供油量，改变调定压力。

2. 换位法：零件的磨损是不均匀的。修理时，可将能互换的部位调换位置。把尚未磨损的部位换到工作面去。如变速箱的传动齿轮往往前进档用得更多。多数情况下，只有一半轮齿工作。磨损后，可调换方向继续使用。履带式装载机驱动轮和转向离合器后的传动齿轮，由于前进的时候多，磨损集中于轮齿一侧，也可以左右调换使用。履带链轨节距等于两个齿距，工作时只有一半轮齿被磨损。磨损后，除左右调换外，还可将驱动轮相对链轨移动一个齿，使另一半轮齿工作。

3. 修理尺寸法：相配合的两个零件失去配合精度时，可重新加工一个零件与另一零件相配。修理后的配合尺寸虽与原来不同，但完全可以保证配合精度和整机性能。如液压缸活塞与缸套磨损后，可将缸套孔镗大，再更换一个加大的活塞。

4. 附加零件法：相配合的两个零件分别进行加工，然后从中增加一个零件来满足配合要求。如气缸与活塞磨损后，可将气缸孔镗大，压入一个套，也可更换一个新活塞，以恢复其正常工作能力。

5. 局部更换法：较大零件局部磨损后，可切去一部分作局部更换。如齿轮齿圈磨损后，可将磨损部分退火后切去，另镶焊一个新齿圈。

6. 恢复尺寸法：采用电、气焊、胶合、挤压、喷镀等办法在零件上增补一层金属，使恢复原来的尺寸、形状和配合要求。

7. 更换新零件法：已完全磨损无法再修复的零件，应换用新件。

# 第二十一篇

## 施工组织设计编制

# 第一章 施工组织设计概论

## 第一节 施工组织设计内容及分类

施工组织设计是建筑施工的组织方案，是指导施工准备和组织施工的全面性的技术、经济文件，是指导现场施工的法规。编制施工组织设计必须贯彻统筹规划，科学地组织施工，建立正常的生产秩序，充分利用空间争取时间，推广、采用先进的施工技术，用最少的人力和财力取得最佳的经济效益。施工组织设计是在充分研究工程的客观情况和施工特点的基础上编制的，用以规划、部署全部施工生产活动，制定先进合理的施工方案和技术组织措施。

### 一、施工组织设计的内容

施工组织设计的内容，要结合工程对象的实际，考虑当地施工水平，做到切实可行、简明易懂。施工组织设计的主要内容如下：

- 1．工程概况。工程概况中应概要地说明本建设工程性质、规模、建设地点、结构特点，建筑面积、施工期限；本地区气象、地形、地质和水文情况；施工力量，施工条件，劳动力、构件机具、材料等供应情况。
- 2．施工方案选择。施工方案选择是依据工程概况，结合人力、材料、机械设备等条件，全面部署施工任务；安排总的施工顺序；确定主要工种工程的施工方法；对拟建工程根据各种条件可能采用的几种方案，进行定性、定量的分析，通过技术经济评价选择最佳方案。
- 3．施工进度计划。施工进度计划反映了最佳施工方案在时间上的安排。采用计划方法使工期、成本、资源等方面，通过计算和调整达到既定目标；在此基础上即可安排人力和各项资源需要量计划，施工准备工作计划。
- 4．施工平面图。施工平面图，是施工方案及进度在空间上的全面安排。它是把投入的各种资源（如材料、构件、机械、运输等）和生产、生活场地，合理地布置在施工

现场，使整个现场能进行有组织、有计划的文明施工。

5. 主要技术经济指标。主要技术经济指标是对确定的施工方案及施工部署的技术经济效益进行全面的考核，用以衡量组织施工的水平。一般用施工周期、劳动生产率、质量、成本、安全，节约三大材料（钢材、木材、水泥）等指标表示。

## 二、施工组织设计分类

施工组织设计一般根据工程规模大小、结构特点和技术繁简程度及施工条件，可分为：

1. 施工组织总设计。是以建设项目或工程项目作为施工组织对象而编制的。在有了批准的初步设计或扩大初步设计之后才进行编制。它是对整个建设工程在组织施工的统一规划；是总的战略部署；是全局性施工的指导性文件；是修建全工地性大型暂设工程和编制年度施工计划的依据。施工组织总设计一般以主持工程的总承包单位（总包）为主，有建设单位、设计单位及其他承建单位（分包）参加共同编制。

2. 单位工程施工组织设计。是以单位工程为对象而编制的。在已列入年度计划，有了施工图设计以后，由直接组织施工的基层单位编制。它是单位工程施工的指导文件，并作为编制季、月、旬施工计划的依据。依工程规模、技术复杂程度不同，在编制内容的广度和深度上有以下两种类型：

（1）单位工程施工组织设计 内容全面，一般用于重点的、规模大的、技术复杂或采用新技术的项目。

（2）简单单位工程组织设计（或施工方案）内容简要，通常只编制施工方案并附以施工进度表和施工平面图，即“一案一图一表”。

3. 分部（分项）工程作业设计。对于工程规模大，技术复杂或施工难度大的大型工业厂房或公共建筑物，在编制单位工程施工组织设计之后，常需编制某些主要分部（分项）工程作业设计，如土建单位施工复杂的基础工程、钢筋混凝土框架工程、大型结构吊装工程、有特殊要求的装修工程；以及由专业施工单位施工的大量土石方工程、特殊基础工程、设备安装工程、水暖电卫工程等。它是直接指导现场施工和编制月、旬作业计划的依据。

## 第二节 组织施工的基本原则

根据我国建筑施工50 年来积累的经验，主要的基本原则分别阐述如下：

## 一、保证重点、统筹安排，按期按质交付使用

工程项目施工的最终目标是尽快完成建设任务，使项目尽可能最早投产使用。因此，必须依据项目的轻重缓急，即根据国家或业主对项目使用的要求，对项目进行排队，把人力、物力、财力优先投入急需的工程上去，保证尽快建成投入使用。同时，注意照顾一般工程，使重点工程和一般工程很好地结合起来。还应注意主要项目与其相应的辅助、附属项目之间的配套关系，准备项目、施工项目、收尾项目和竣工投产项目的关系，做到主次分明，统筹兼顾。

## 二、合理安排施工顺序

建筑施工有其本身的客观规律。它既包含了施工工艺及其技术方面的规律，又包含了施工程序和施工顺序方面的规律。按照这些规律去组织施工，就能有效地发挥生产能力、充分利用各项资源创造最佳的经济效益，保证工程质量，提高社会效益。

建筑施工工艺及其技术规律，是分部分项工程内在固有的客观规律。例如混凝土工程，其工艺顺序是选料、拌和、运输、浇捣、养护等，其中任何一道工序都不能颠倒或省略，这不仅涉及到施工工艺的要求，也是技术、质量保证的要求。

施工程序和施工顺序是建筑施工过程中各分部分项工程间存的客观规律。各分部工程的先后顺序、各分项工程的先后顺序是客观存在的，但在空间上可组织立体交叉、搭接施工，以争取时间、减少消耗，这是组织管理者遵循客观规律的主观能动性的表现。虽然，建筑施工程序和施工顺序是随着工程项目的规模、结构、施工条件与建设要求的不同而有所不同，但其共同遵循的客观规律是存在的。例如，“先准备，后施工”；“先地下，后地上”；“先结构，后围护”；“先主体，后装饰”；“先土建，后设备”等。

## 三、尽量采用流水作业法及网络计划技术组织施工

施工组织要采用科学的组织管理方法，流水作业与网络计划技术是重要的现代管理方法之一。流水作业的最显著优点在于专业的分工及生产的连续性、均衡性与节奏性，网络计划技术最显著特点是工艺顺序严格的逻辑性、关键线路及关键工序的揭示及时差的利用，从而达到目标的优化。

## 四、提高机械化施工水平

建筑业是劳动密集型产业，在施工中以机械代替人工可以减轻劳动强度、提高生产



率、加快工程进度、改善工程质量、降低工程成本。在组织施工时，应充分利用机械设备，使大型机械设备和中小型机械设备相结合，使机械化和半机械化相结合，扩大机械施工范围，提高机械化施工程度。

## 五、采用先进科学技术

先进的施工技术是提高劳动生产率、改善工程质量、加快施工速度、降低工程成本的重要源泉。因此，在组织施工时，必须注意结合具体的施工条件，广泛地采用国内外的先进施工技术，吸收先进工地和先进工作者在施工方法、劳动组织等方面所创造的经验。

拟定合理的施工方案，是保证施工组织设计贯彻上述各项原则和充分采用先进经验的关键。施工方案的优劣，在很大程度上决定着施工组织设计的质量。在确定施工方案时，要注意从实际出发，在确保工程质量和生产安全的前提下，使方案在技术上是先进的，在经济上是合理的。

## 六、合理安排施工现场

安排施工现场即施工现场平面布置，是施工组织设计的一项重要内容。对于大型项目的施工，可按不同的施工阶段作出不同的施工平面图。布置现场时必须以尽量减少暂设工程数量、减少不必要投资、节约施工用地、文明施工为原则。因此，可以采取下述有效措施：

- ① 尽量利用原有房屋和构筑物满足施工的需要。
- ② 在安排施工顺序时，应把可为施工服务的正式工程（包括房屋、车间、道路、管网等等）尽先提前施工。
- ③ 建筑构件和制品应尽量安排在地区内原有的加工企业生产，只当确有必要时，才在工地上自行建立加工企业。
- ④ 应优先采用可以移动装拆的房屋和设备。
- ⑤ 合理地组织建筑材料和制品的供应，减少它们的储量，把仓库、堆放场等的面积压缩到最低限度。

### 第三节 原始资料的调查分析

#### 一、自然条件资料

关于建设地区的自然条件，其主要资料如下：

##### （一）地形资料

收集建设地区地形资料的目的在于了解建设地区的地形和特征，主要内容有：建设区域的地形图和建设工地及相邻地区的地形图。

建设区域的地形图，其比例一般不小于1/2000，等高线高差为0.5m到1m。图上应当标明：邻近的居民区、工业企业、自来水厂等的位置；邻近的车站、码头、铁路、公路、上下水道、电力电讯网、河流湖泊位置；邻近的采石场、采砂场及其它建筑材料基地等。本图的主要用途在于确定施工现场、建筑工人居住区、建筑生产基地的位置，场外路线管网的布置，以及各种临时设施的相对位置和大量建筑材料的堆置场等。

建设工地及相邻地区的地形图，其比例尺寸一般为1/2000或1/1000，等高线高差为0.5m到1m。图上应标明主要水准点和坐标距100m或200m的方格网，以便测定各个房屋和构筑物的轴线、标高和计算土方工程量。此外，还应当标出现有的一切房屋、地上地下的管道、路线和构筑物、绿化地带、河流周界线及水面标高、最高洪水警戒线等。本图为设计施工总平面图、布置各项建筑业务和设施等的依据。

##### （二）工程地质资料

收集工程地质资料的目的在于确定建设地区的地质构造、人为的地表破坏现象（如土坑、古墓等）和土壤特征、承载能力等。主要的内容有：

- ① 建设地区钻孔布置图；
- ② 工程地质剖面图，标明土层特性及其厚度；
- ③ 土壤的物理力学性质，如天然含水率、天然空隙比等；
- ④ 土壤压缩试验和关于承载能力的结论等报告文件；
- ⑤ 有古墓地区还应包括古墓钻探报告等。

根据这些资料，可以拟定特殊地基（如黄土、古墓、流砂等）的施工方法和技术措施，复核设计中规定的地基基础与当地地质情况是否相符，并决定土方开挖的坡度。

(三) 水文地质资料

水文地质资料包括地下水和地面水两部分。

1. 收集地下部分资料的目的在于确定建设地区的地下水在全年不同时期内水位的变化、流动方向、流动速度和水的化学成份等。主要内容有：

- (1) 地下水位及变化范围；
- (2) 地下水的流向、流速和流量；
- (3) 地下水的水质分析资料等。

根据这些资料，可以决定基础工程、排水工程、打桩工程、降低地下水位等工程的施工方法。

2. 收集地面水部分资料的目的在于确定建设地区附近的河流、湖泊的水系、水质、流量和水位等。主要内容有：

- (1) 河流年平均流量、逐月的最大和最小流量或湖泊、水库的储水量；
- (2) 流速和水位变化情况（特别是最低水位，它决定给水方法的主要依据）；
- (3) 冻结的始终日期及最大、最小和平均的冻结深度；
- (4) 航运及浮运情况等等。

当建设工程的临时给水是依靠地面水作为水源时，上述条件可以作为考虑设置升水、蓄水、净水和送水设备时的资料。此外，还可以作为考虑利用水路运输可能性的依据。

(四) 气象资料

收集气象资料的目的在于确定建设地区的气候条件。主要内容有：

1. 气温资料

气温资料包括最低温度及持续天数、绝对最高温度和最高月平均温度。前者用以计算冬季施工技术措施的各项参数，后者供确定防暑措施的参考。

2. 降雨资料

降雨资料包括每月平均降雨量、年降雨量和最大降雨量、降雪量及降雨集中的月份。根据这些资料可以制定雨季施工措施、冬季施工措施，预先拟定临时排水设施，以免在暴雨后淹没施工地区，还可以在安排施工进度计划时，将有些项目适当避开雨季施工。

3. 风的资料

风的资料包括常年风向、风速、风力和每个方向刮风次数等。风的资料用以确定临时建筑物和仓库的布置、生活区与生产性房屋相互间的位置。

## 二、技术经济条件资料

收集建设地区技术经济条件的资料，目的在于查明建设地区地方工业、交通运输、动力资源和生活福利设施等地区经济因素的可能利用程度。主要内容如下：

### （一）从地方市政机关了解的资料

#### 1．地方建筑工业企业情况

应当查明：当地有无采料场，建筑材料、配件和构件的生产企业，并应了解其分布情况、所在地及所属关系，主要产品的名称、规格、数量、质量和能否符合建筑工程的要求，生产能力有无剩余和扩充的可能性，同时还应当了解企业产品运往建筑工地的方法、交货价格和运输费用。

#### 2．地方资源情况

当本地有供生产建筑材料和零件等利用的矿物资源、地方材料和工业副产品时，尚需进行详细的调查和勘察，通过勘察应当查明：当地有无供生产粘结材料和保温材料所需的石灰岩、石膏石、泥炭、粘土等，它们的分布、埋藏、特征和运输条件等的情况；有无建立采石、采砂场等所需的块石、圆石、卵砂、山砂等及蕴藏量，同时尚需进行矿物物理和化学分析以鉴定其特征：并要研究进行开采、运输和使用的可能性以及经济合理性。

地方工业副产品也是建筑材料重要来源之一。例如冶金工厂生产时排出的矿渣和热电站生产时排出的煤渣，在建筑工程中都具有极大的用途，必须充分利用。

#### 3．当地交通运输条件

应当了解建设地区有无铁路专用线可供利用，可否利用邻近编组站来调度建设物资。当大量材料进行铁路运输时，应当了解机车和车皮的来源以及修理业务；对于公路运输应当了解道路路面等级、通行能力、汽车载重量等；如果有河道可用来运输时，应当了解取得船只的可能性和数量、码头的卸货能力、装卸工作机械化程度和航期等。同时，还需深入研究采用各种运输方式时的运费，并进行经济比较。

#### 4．建筑基地情况

附近有无建筑机械化基地及机械化装备，有无中心修配站及仓库，其所在地及容量，可供建筑工程利用的程度。

#### 5．劳动力及生活设施情况

当地可以招聘的工人、服务人员的数量。工程在建设地区已有的，在施工期间可作

为工人的宿舍、厨房、食堂、俱乐部、浴室等建筑物的数量，应当详细查明地点、结构特征、面积、交通和设备条件。

6．供水、供电条件

应当了解有无地方变电站和发电站，查明能否从地区电力网上取得电力、可供建筑工程利用的程度、接线地点及使用的条件。了解水源、与当地水源连接的可能性、连接的地点、现有上下水道的管径、埋置深度、管底标高、水头压力等。

(二) 从建筑企业主管部门了解的资料

- (1) 建设地区建筑安装施工企业的数量、等级、技术和管理水平，施工能力、社会信誉等。
- (2) 主管部门对建设地区工程招投标、建设监理、建筑市场管理的有关规定和政策。
- (3) 建设工程开工、竣工、质量监督等所应申报的各种手续及其程序。

(三) 现场实地勘测的资料

- (1) 上述各项资料，必要时应进行实地勘测核实。
- (2) 施工现场实际情况，需要砍伐树木、拆除旧房屋的情况，场地平整时的工作量。
- (3) 当地生活条件，当地居民生活水平，生活习惯，生活用品供应情况，以及建筑垃圾处理的地点等。

技术经济勘察内容的多少，应当根据建筑地区具体情况作必要的删减和补充，包括的内容必须切合实际，过繁过简都有碍于编制施工组织设计工作的顺利进行。  
并找出该计划的工期—工程成本关系曲线。

表1 -1 时间费用原始资料表

紧前工作	工作名称	正常费用		最快费用	
		持续时间 (d)	费用 (元)	持续时间 (d)	费用 (元)
—	A	4	600	2	1000
—	B	6	800	3	1400
A	C	8	500	3	1200
B、C	D	7	600	2	1200

## 第二章 单位工程施工组织设计

一般的单位工程施工组织设计内容包括：

- ① 工程概况；
- ② 施工方案；
- ③ 施工进度计划；
- ④ 施工平面图；
- ⑤ 质量、安全措施。

### 第一节 施工方案的选择

#### 一、熟悉图纸、确定施工展开程序

##### （一）熟悉设计资料和施工条件

熟悉审核施工图纸是领会设计意图，明确工程内容，分析工程特点必不可少的重要环节，一般应着重注意以下几方面：

- ① 核对设计计算的假定和采用的处理方法是否符合实际情况；施工时是否具有足够的稳定性，对保证安全施工有无影响；
- ② 核对设计是否符合施工条件，如需要采取特殊施工方法和特殊技术时，技术上及设备条件上能否达到要求；
- ③ 核对结合生产工艺和使用上的特点，对建筑安装施工有哪些技术要求，施工能否满足设计规定的质量标准；
- ④ 核对有无特殊材料要求，品种、规格数量能否解决；
- ⑤ 审查是否有特殊结构构件或材料试验，能否解决；
- ⑥ 核对图纸说明有无矛盾、是否齐全、规定是否明确；
- ⑦ 核对主要尺寸、位置、标高有无错误；
- ⑧ 核对土建和设备安装图纸有无矛盾，施工时如何交叉衔接；

- ⑨) 通过熟悉图纸明确场外制备工程项目；
- (10) 通过熟悉图纸确定与单位工程施工有关的准备工作项目。

在有关施工人员认真阅读图纸、充分准备的基础上，召开设计、建设、施工（包括协作施工）、监理和科研（必要时）单位参加的“图纸会审”会议。设计人员向施工单位作技术交底，讲清设计意图和对施工的主要要求。有关施工人员应对施工图纸及工程有关的问题提出质询，通过各方认真讨论后，逐一作出决定并详细记录。对于图纸会审中所提出的问题和合理建议，如需变更设计或作补充设计时，应办理设计变更签证手续。未经设计单位同意，施工单位不得随意修改设计。

明确施工任务之后，还必须充分研究施工条件和有关工程资料，如施工现场“三通一平”条件；劳动力和主要建筑材料、构件、加工品的供应条件；施工机械和模具的供应条件；施工现场水文地质补充勘察资料；现行施工技术规范以及施工组织设狡和上级主管部门对该单位工程施工所作的有关规定和指示等等。只有这样，才能制定出一滚符合客观实际情况、技术先进和经济合理的施工方案。

(二) 确定施工展开程序

在单位工程施工组织设计中，应根据先地下、后地上，先主体、后围护，先结构、后装饰的一般原则，结合具体工程的建筑结构特征、施工条件和建设要求，合理确定建筑物各楼层、各单元（跨）的施工顺序、施工段的划分，各主要施工过程的流水方向等。

二、计算工程量

(一) 划分施工过程

建筑物的建造过程可以划分为若干个施工过程，每一施工过程只完成建筑物的某一部分或某一种结构构件的施工。所有施工过程的组合则构成整个建筑物的施工内容。

为了在进行施工进度计划编制时，完整地、准确地反映出施工的全过程，必须将劳动量大的施工过程一一列出，而相对不重要的、劳动量小的施工过程，可以合并起来列为“其它”一项。

在划分施工过程时，要注意以下问题：

(1) 施工过程划分的粗细程度：分项越细，项目越多，其所含内容越具体，若划分过细，则琐碎而不利于组织施工。反之，分项越粗，项目越少，其所含内容越笼统，若划分过粗，则施工对象又不够明了同样也不利于组织施工。如某砖混结构基础工程施工

过程；可以作为一个施工过程，也可以将其划分为挖基槽、铺垫层、基础砌筑、回填土4个施工过程，甚至还可以进一步细分。具体划分的粗线细适宜程度要视具体工程、施工条件而定。

②）施工过程的划分要结合具体的施工方法：不同施工方法其工艺过程是不同的，必然导致施工过程的划分也不相同。如装配式单层工业厂房的构件安装，可以采用分件安装法，也可采用综合安装法。若采用分件安装法，则施工过程应当按照构件（柱、基础梁、吊车梁、屋架和屋面板）来划分。若采用综合安装法，则施工过程应当按照单元（节间）来划分。

③）凡在同一时期内由同一工作队进行的施工过程可以合并在一起，否则就应当分列。如隔音板的铺设可以划分为装配式钢筋混凝土楼板的安装、敷设隔音层和铺地板3个施工过程，因为这些工程是由不同的施工队在不同的时期内来进行的，所以这3个施工过程应分别列出。

（二） 计算工程量

划分好施工过程项目，即可按项目计算工程量。计算工程量是为了便于进行施工人员、机械设备、材料等的组织与供应，也可以作为施工企业内部经济核算的依据。

当施工过程项目与施工图预算中的项目划分一致时，可以利用施工预算中的工程量，不必重新计算。对某些与施工图预算的划分不一致的项目，或使用计量单位与施工图预算不一致的项目，要按施工定额的工程量计算规则另行计算工程量。

工程量计算应注意以下几点：

- ①）结合施工方法和安全措施进行计算。如基槽开挖土方量计算，则应考虑是置边坡还是进行边坡支撑，不同施工方案其施工过程的工程量是不同的。
- ②）结合施工组织的要求进行计算，分层分段计算工程量，以便于组织流水施工。
- ③）计量单位必须与定额使用的计量单位一致，以便于直接套用定额。

三、 确定施工过程的施工顺序

施工过程的先后顺序应根据如下6个方面来确定。

1． 施工工艺的要求

各种施工过程之间客观存在着的工艺顺序关系，它随着房屋结构和构造的不同而不同。在确定施工顺序时，必须服从这种关系。例如当建筑物采用装配式钢筋混凝土内柱和外墙承重的多层房屋时，由于大梁和楼板的一端是支承在外墙上，所以应先把墙砌到一层楼高度之后，再安装梁板。



2．施工方法和施工机械的要求

不同施工方法和施工机械会使施工过程的先后顺序有所不同。例如在建造装配式单层工业厂房时，如果采用分件吊装法，施工顺序应该是先吊柱，再吊吊车梁，最后吊屋架和屋面板；如果采用综合吊装方法，则施工顺序应该是吊装完一个节间的柱、吊车梁、屋架屋面板之后，再吊装另一个节间的构件。又如在安装装配式多层多跨工业厂房时，如果采用的机械为塔式起重机，则可以自下而上地逐层吊装；如果采用桅杆式起重机，则可能是把整个房屋在平面上划分成若干单元，由下而上地吊完一个单元构件，再吊下一个单元的构件。

3．施工组织的要求

除施工工艺、机械设备等的要求外，施工组织也会引起施工过程先后顺序的不同。例如，地下室的混凝土地坪，可以在地下室的上层楼板铺设以前施工，也可以在上层楼板铺设以后施工。但从施工组织的角度来看，前一方案比较合理，因为它便于利用安装楼板的起重机向地下室运送混凝土。又如在建造某些重型车间时，由于这种车间内通常都有较大较深的设备基础，如先建造厂房，然后再建造设备基础，在设备基础挖土时可能破坏厂房的柱基础，在这种情况下，必须先进行设备基础的施工，然后再进行厂房柱基础的施工，或者两者同时施工。

4．施工质量的要求

施工过程的先后顺序会直接影响到工程质量。例如，基础的回填土，特别是从一侧进行的回填土，必须在砌体达到必要的强度以后才能开始，否则砌体的质量会受到影响。又如工业厂房的卷材屋面，一般应在天窗嵌好玻璃之后铺设，否则，卷材容易受到损坏。

5．工程所在地气候的要求

不同地区的气候特点不同，安排施工过程应考虑到气候特点对工程的影响。例如，在华东、中南地区施工时，应当考虑雨季施工的特点。土方、砌墙、屋面等工程应当尽量安排在雨季和冬季到来之前施工，而室内工程则可以适当推后。

6．安全技术的要求

合理的施工顺序，必须使各施工过程的搭接不至于引起安全事故。例如，不能在同一施工段上一面铺屋面板，一面又在进行其它作业。又如多层房屋施工时，只有在已经有层间楼板或坚固的临时铺板把一个个楼层分隔开的条件下，才允许同时在各个楼层展开工作。

## 四、选择施工方法和施工机械

正确地拟定施工方法和选择施工机械是选择施工方案的核心内容，它直接影响施工进度、施工质量和安全，以及工程的施工成本。

一个工程的施工过程、施工方法和建筑机械均可采用多种形式。施工组织设计就是要在若干个可行方案中选取适合客观实际的较先进合理又最经济的施工方案。

施工方法的选择，应着重考虑影响整个单位工程的分部分项工程，如工程量大、施工技术复杂或采用新技术、新工艺及对工程质量起关键作用的分部分项工程，对常规做法和工人熟悉的项目，则不必详细拟定，可只提具体要求。

选择施工方法必然涉及施工机械的选择。工程施工中机械的使用直接影响到工程施工效率、质量及成本，机械化施工还是改变建筑工业生产落后面貌，实现建筑工业化的基础，因此施工机械的选择是施工方法选择的中心环节，在选择是时应注意以下几点：

- ① 首先选择主导工程的施工机械，如地下工程的土方机械，主体结构工程的垂直、水平运输机械，结构吊装工程的起重机械等。
- ② 各种辅助机械或运输工具应与主导机械的生产能力协调配套，以充分发挥主导机械效率。如土方工程在采用汽车运土时，汽车的载重量应为挖土机斗容量的整数倍，汽车的数量应保证挖土机连续工作。
- ③ 在同一工地上，应力求建筑机械的种类和型号尽可能少一些，以利于机械管理。
- ④ 机械选择应考虑充分发挥施工单位现有机械的能力，当本单位的机械能力不能满足工程需要时，则应购置或租赁所需新型机械或多用机械。

## 五、拟定施工措施

### （一）技术组织措施

技术组织措施是通过采取技术方面和组织方面的具体措施，达到保证工程施工质量、按期完成工程施工进度、有效控制工程施工成本的目的。

技术组织措施计划一般含以下3 方面的内容：

- ① 措施的项目和内容；
- ② 各项措施所涉及的工作范围；
- ③ 各项措施预期取得的经济效益。

例如，怎样提高施工的机械化程度；改善机械的利用率；采用新机械、新工具、新

工艺、新材料和同效价廉代用材料；采用先进的施工组织方法；改善劳动组织以提高劳动生产率；减少材料运输损耗和运输距离等等。

技术组织措施的最终成果反映在工程成本的降低和施工费用支出的减少上。有时在采用某种措施后，一些项目的费用可以节约，但另一些项目的费用将增加，这时，计算经济效益必须将增加和减少的费用都进行计算。

单位工程施工组织设计中的技术组织措施，应根据施工企业组织措施计划，结合工程的具体条件，参考表2 -1 逐项拟订。

表2 -1 技术组织计划措施

措施项目 和 内容	措施涉及的 工程量		经济效果						执行单位 及负责人
	单位	数量	劳动量节 约额（工日）	降低成本额（元）					
				材料费	工资	机械台班费	间接费	节约总额	
合计									

认真编制单位工程降低成本计划对于保证最大限度地节约各项费用，充分发挥潜力以及对工程成本作系统的监督检查有重要作用。

在制定降低成本计划时，要对具体工程对象的特点和施工条件，如施工机械、劳动力、运输、临时设施和资金等进行充分的分析。通常从以下几方面着手：

（1）科学地组织生产，正确地选择施工方案。

（2）采用先进技术，改进作业方法，提高劳动生产率，节约单位工程施工劳动量以减少工资支出。

（3）节约材料消耗，选择经济合理的运输工具。有计划地综合利用材料、修旧利废、合理代用、推广优质廉价材料，如用钢模代替木模、采用新品种水泥等。

（4）提高机械利用率，充分发挥其效能，节约单位工程台班费支出。

降低成本指标，通常以成本降低率表示，计算式如下：

成本降低率（%）=  $\frac{\text{成本降低率}}{\text{预算成本}}$  ×100 %

式中预算成本为工程设计预算的直接费用和施工管理费用之和；降低成本额通过技术组织措施计划来计算。

（二）质量保证和施工安全措施

在单位工程组织设计中，从具体工程的建筑、结构特征、施工条件、技术要求和安

全生产的需要出发，拟定工程质量保证措施和施工安全的技术措施。它是进行施工作业交底、明确施工技术要求和质量标准、预防可能发生的工程质量事故和生产安全事故的一个重要内容，一般应考虑：

- (1) 有关建筑材料的质量标准、检验制度、保管方法和使用要求。
  - (2) 主要工种工程的技术要求、质量标准和检验评定方法。
  - (3) 对可能出现的技术问题或质量通病的改进办法和防范措施。
  - (4) 高空作业、立体交叉作业的安全措施，施工机械、设备、脚手、上人电梯的稳定和安全措施，防火、防爆、防电、防坠、防塌的措施等。
- 拟定的各种措施，应具体明确，切实可行并确定专人负责。

## 六、施工方案的技术经济分析

选择施工方案的目的是寻求适合本工程的最佳方案。要选择最佳方案先要建立评价指标体系，并确定标准，然后进行分析、比较。评判施工方案的优劣的标准是其技术性和经济性，但最终标准是其经济效益。技术人员拟定施工方案往往比较注重技术的先进性和经济性，而较少地考虑成本，或仅考虑近期投入的节约而欠考虑远期的或整个工程的施工费用。对施工方案进行技术经济分析，就是为了避免施工方案的盲目性、片面性，在方案付诸实施之前就能分析出其经济效益，保证所选方案的科学性、有效性和经济性，达到提高工程质量、缩短工期、降低成本的目的，进而提高工程施工的经济效益。

施工方案技术经济分析方法可分为定性分析和定量分析两大类。

定性分析是通过对方案优缺点的分析，如施工操作上的难易和安全与否；可否为后继工程提供有利条件；冬季或雨季对施工影响的大小；是否可利用某些现有的机械和设备；能否一机多用；能否给现场文明施工创造条件等。定性分析法受评价人的主观影响大，加之评价较为笼统，故只适用于方案的初步评价。

定量分析法是对各方案的投入与产出进行计算，如劳动力、材料及机械台班消耗、工期、成本等直接进行计算、比较，用数据说明问题，比较客观，让人信服，所以定量分析法是方案评价的主要方法。

施工方案技术经济分析首先要拟定两个以上的可比较的方案，再对拟用的各方案进行初步分析，在此基础上确定评价指标，计算各指标值，最后进行综合比较确定方案的优劣。

### (一) 施工方案的技术经济指标体系

分析比较施工方案，最终是方案的各种指标的比较，因此建立施工方案的技术经济

指标体系对于进行施工方案的技术经济分析是非常重要的。

1. 施工技术方案的评价指标

施工技术方案是指分部分项工程的技术方案，如主体结构工程、基础工程、垂直运输、水平运输、构件安装、大体积混凝土浇筑、混凝土输送及模板支撑的方案等。这些施工方案的内容包括施工技术方法和相应的施工机械设备的选择等，其评价指标可分为以下几种：

(1) 技术性指标

技术性指标用各种技术性参数表示。

例如，主体结构工程施工方法的技术性指标可用现浇混凝土工程总量来表示。如果是装配式结构则用安装构件总量、构件最大尺寸、构件最大自重、最大安装高度等表示。

又如模板方案的技术性指标用模板总面积、模板型号数、各型号模板的尺寸、模板单件重量等表示。

(2) 经济性指标

经济性指标主要反映为完成工程任务必要的劳动消耗，由一系列价值指标、实物指标及劳动量组成。

工程施工成本。大多数情况下，主要用施工直接成本来评价，其主要包括：直接人工费；机械设备使用费；施工设备（轨道、支撑架、模板等）的成本或摊销费；防治施工公害措施及其费用等。工程施工成本，可用施工总成本或单位施工成本表示。

主要专用机械设备需要量，包括配备台数、使用时间、总台班数等。

施工中主要资源需要量。这里指与施工方案有关的资源。包括：

a. 施工设施所需的材料资源。如轨道、枕木、道渣、模板材料、工具式支撑、脚手架材料等。

b. 不同施工方法引起的结构材料消耗的增加量。如采用滑模施工时，要增加水泥消耗用量、提高水泥标号，并增加结构用钢量等。

c. 施工期对其它资源的需要量。如施工期中的耗电、耗水量等。它们可分别用耗用总量，日（或月）平均耗用量，高峰期用量等来表示。

主要工种工人需要量。可用主要工种工人需要总量、需用期的月平均需要量和高峰期需要量等来表示。

劳动消耗量。可用劳动消耗总量、月平均劳动量、高峰期劳动消耗量等来表示。

工程效果指标。效果指标系反映采用该施工方法后预期达到的效果。

a. 工程施工工期。可用总工期、与工期定额相比的节约工期等指标表示。

b. 工程效率。可用工程进度的实物量表示，如土方工程、混凝土工程施工方案的工程效率指标可用  $m^3/\text{工日}$  或  $m^3/h$  表示；管线工程用  $m/\text{工日}$  或  $m/\text{班}$  表示；钢筋工程、结构安装工程可用  $t/\text{工日}$  或  $t/\text{班}$  表示等。

经济效果指标

a. 成本降低额或降低率。采用该施工方法较其它施工方法的预算成本或施工预算成本的降低额或降低率。

b. 材料资源节约额或节约率。采用该施工方法后某材料资源较定额消耗的节约额或节约率。

③ 其它指标

未包括在以上3类中的指标，此类指标可以是定量指标，也可以是定性指标。工艺方案不同，评价的侧重点也会不同，关键是要能反映出该方案的特点。

2. 施工组织方案的评价指标

施工组织方案是指组织单位工程以及包括若干单位工程的建筑群体施工方案。如流水作业方法、平行流水、立体交叉作业方法等。评价施工组织方案的指标一般有：

① 技术性指标

工程特征指标。如建筑面积、主要分部分项工程的工程量等。

施工方案特征的指标。如主要分部分项工程施工方法有关指标或说明等。

② 经济性指标

工程施工成本。包括：直接人工费；机械设备使用费；施工设备成本或摊销费用；承包单位包干费用；防治施工公害或污染设施及其费用；施工现场管理费等。

主要专用设备耗用量。包括设备台数、使用时间等。

主要材料资源耗用量。系指进行施工过程必需的主要材料资源的消耗，构成工程实体的材料消耗一般不包括在内。

劳动消耗量。用总工日数、分时期的总工日数、最高峰工日数、平均月（季）工日数指标表示。

施工均衡性指标。按下式计算：

主要工种施工不均衡性系数 = 高峰月工程量 / 平均月工程量

主要材料、设备等资源消耗不均衡性系数 =  $\frac{\text{高峰月耗用量}}{\text{平均月耗用量}}$

劳动量消耗量的不均衡性系数 =  $\frac{\text{高峰月耗用量}}{\text{平均月耗用量}}$

系数的值越大，说明越不均衡。

③ 效果指标

工程总工期。用总工期、施工准备工作以及与工期定额或合同工期相比所节约的工期来表示。

工程施工成本节约。用工程施工成本、临时设施工程成本与相应预算成本对比的节约额表示。

(二) 施工方案技术经济分析示例

1. 施工方案的技术经济比较

在单位工程施工组织设计中选择施工方案首先要考虑技术上的可行性，然后是经济上的合理性。在拟定出的若干个方案中加以比较。如果各施工方案均能满足技术要求，则最经济的方案即为最优方案。因此，要计算出各方案所发生的费用。

由于施工方案多种多样，故施工方案的技术经济分析应从实际条件出发，切实计算一切发生的费用。如果属固定资产的一次性投资，就要分析资金的时间价值，若仅仅是在施工阶段的临时性一次投资，由于时间短，可不考虑资金的时间价值。

[例] 某工程项目施工中，有现场搅拌混凝土和购买商品混凝土两种方案可供选择。原始资料如下：

- (1) 本工程混凝土总需要量为4000 m<sup>3</sup>  
如现场搅拌混凝土，则需设置容量为0.75m<sup>3</sup> 的搅拌站；
- (2) 根据混凝土供应距离，已算出商品混凝土平均单价为310 元/m<sup>3</sup>；
- (3) 现场一个临时搅拌站一次投资费，包括地坑基础、骨料仓库、设备的运输费、装拆费以及工资等总共为50000 元；
- (4) 与工期有关的费用，即容量0.75m<sup>3</sup> 搅拌站设备装置的租金与维修费为10000 元/月；
- (5) 与混凝土数量有关的费用，即水泥、骨料、外加剂、水电及工资等总共250 元/m<sup>3</sup>。

对上述两个方案进行技术经济比较。

[解] (1) 现场搅拌混凝土的单价的计算公式如下；

现场搅拌混凝土的单价 =  $\frac{\text{搅拌站一次性投资}}{\text{现场混凝土总需要量}} + \frac{\text{与工期有关的费用} \times \text{工期}}{\text{现场混凝土总需要量}} + \frac{\text{与混凝土量有关的费用}}{\text{现场混凝土总需要量}}$

(2) 当工期为12 个月时的成本分析

现场搅拌混凝土单价 =  $\frac{5000}{4000} + \frac{10000 \times 12}{4000} + 250 = 292.5 \text{ 元/m}^3 < 310 \text{ 元/m}^3$

即当工期为12 个月时，现场搅拌混凝土的单价小于商品混凝土的单价。

③）当工期为24 个月时的成本分析

现场搅拌混凝土的单价 =  $\frac{5000}{4000} + \frac{10000 \times 12}{4000} + 250 = 322.5 \text{ 元/m}^3 > 310 \text{ 元/m}^3$

即当工期为24 个月时，购买商品混凝土比现场搅拌混凝土更为经济。

④）当工期x 为多少时，这两个方案的费用相同？即

$$\frac{5000}{4000} + \frac{10000 \times x}{4000} + 250 = 310$$

得  $x = 19 \text{ 个月}$

故当工期为19 个月时，现场制作混凝土的单价和购买商品混凝土的单价相同，也即费用相同。

⑤）当工期为12 个月时，现场制作混凝土的最少数量y 为多少时，方案才经济？

$$\frac{5000}{y} + \frac{1000 \times 12}{y} + 250 < 310$$

得  $y > 2833.3 \text{ m}^3$

即当工期为本12 个月时，现场制作混凝土的数量必须大于2833.3m³ 时方为经济。

通过技术经济分析，可以得到各种技术经济指标变化规律，以此制成图表可供查用。建筑企业要掌握大量原始经济资料，以供方案比较之用。经济比较必须严格按实际发生的数据进行计算，不应该先有某种倾向性方案，为了证实它而凑合数据，否则就没有客观性，经济比较也就失去了意义。

2．主要施工机械选择的经济分析

选择主要施工机械要从机械的适用性、耐久性、经济性及生产率等因素来考虑。如果有若干种可供选择的机械，其使用性能和生产率相类似的条件下，对机械的经济性，人们通常的概念是从机械的价格的高低来衡量，但是在技术经济分析中，机械的经济性包括原价、保养费、维修费、能耗、使用年限、折旧费、操作人员工资及期满后的残余价值等的综合评价。

[例] 某大型建设项目施工中需购置一台施工机械。现有A、B 两台机械可供选择，该两台机械的有关费用和使用年限等参数如表2 -2 所列。

表2 -2 两种机械的技术经济参数

费用名称	A 机械	B 机械
原价（元）	20000	18000
年度保养和维修费（元）	1000	1200
使用年限（年）	20	15
期满后残余价值（元）	3000	5000
年复利率（%）	8	8



试选择购置方案。

[解] 根据资金的时间价值，将发生的所有费用折算到该机械的使用年限中，用每个年度所得到的实际摊销费用（即年度费用）来加以比较。按下式计算：

$$R = P \cdot \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} + Q - r \cdot \frac{i}{(1+i)^N - 1}$$

式中 R —— 折算后机械的年度费用（元）；  
P —— 机械原价（元）；  
Q —— 机械的年度保养及维修费（元）；  
N —— 机械的使用年限（年）；  
r —— 机械寿命期满后的残余价值（元）；

$\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$  —— 资金再生利息系数，即投入资金P，复利率为i，按使用年限N年摊销的系数；  
 $\frac{i}{(1+i)^N - 1}$  —— 偿还债务基金系数，即未来N年的资金（债务），复利率为i，在N年内每年应偿还金额的系数。

将表2 -2 中两种机械的参数分别代入公式得

A 机械的年度费 =  $2000 \cdot \frac{0.08(1+0.08)^{20}}{(1+0.08)^{20} - 1} + 1000 - 3000 \cdot \frac{0.08}{(1+0.08)^{20} - 1} = 2971.49$  元

B 机械的年度费 =  $18000 \cdot \frac{0.08(1+0.08)^{15}}{(1+0.08)^{15} - 1} + 1200 - 5000 \cdot \frac{0.08}{(1+0.08)^{15} - 1} = 3118.78$ （元）

结论：选购A 机械较为经济。

## 第二节 施工进度计划与资源准备计划的编制

单位工程施工进度计划是在已确定的施工方案及合理的施工顺序基础上编制的，其目的是贯彻合理组织施工的原则，根据实际施工条件，以最少的劳动力和技术物资，合理安排施工顺序，以保证在规定的工期内，保质保量地完成工程任务。

单位工程施工进度计划的主要作用是确定分部分项工程的施工时间及相互衔接或穿插配合关系，进而控制单位工程的施工进度。作为劳动力准备、工种调度和建筑机械台班安排的计划。

一个切合实际的、正确反映施工客观规律的、合理安排各分部分项工程施工顺序的施工进度计划是保证施工顺利进行的关键。因此，在编制进度计划时，必须遵照和贯彻

组织施工的各项基本原则。编制人员要在积累过去工程的经验并且富有预见性和创造性的基础上，吸收基层施工队的经验，按照科学的方法，才能编制出好的施工计划。

但是，工程施工是一个十分复杂的过程，受到许多客观因素的影响和条件的约束，不确定因素多，如气候、材料供应、设备周转以及种种难以预测的情况变化，因此，即使有了周密的进度计划，还必须在组织施工中善于将主观的计划随时适应于客观的情况和条件的变化。故一方面，在编制进度计划时要注意留有充分的余地，不至当施工过程中的稍微变化就陷于被动局面；另一方面，在实施过程中要不断修改和调整进度计划。计划的修改和调整是正常的，目的是使进度计划始终处于最佳状态，保证工程施工有序、按时进行。

一、时间计划与资源计划

(一) 时间计划

施工进度计划一般采用横道图、垂直图和网络图3 种形式。其各有特点，通常用横道图和网络图综合使用。网络图的表示方法及绘制详见本书相关内容，在此主要阐述横道图编制施工进度计划的方法和步骤。

横道图的形式如表2 -3 所示。表由左右两大部分组成，表的左边部分列出各分部分项工程的名称及相应的工程量，劳动量和机械台班数及每天施工的工人数和施工天数等，右边部分是从规定的开工之日起到竣工之日止的日历表，用左边的数据算得的各施工工序的时间，通过设计后，用横线条形式形象地反映出各施工过程的施工进度以及各分部分项工程间的配合关系和总工期，还常在其下面汇总每天的资源需要量，绘出资源需要量的动态曲线。

表2 -3 单位工程施工进度横道图表

序 号	分部分项 工程名称	工作量		时间 定额	劳动量		需用机械		每天 工作班次	每班 工人数	工作 天数	施工进度								
		单 位	数 量		工 种	数量 (工日)	机械 名称	台班 数				月					月			
												5	10	15	20	25	5	10	15	

1．确定施工过程的持续时间

编制施工进度计划的一项重要基础性工作是确定各施工过程的持续时间，其方法如下：

根据划分的施工过程及计算出的工程量，在定额手册中查出相应的有关定额，再计算出各施工过程的劳动量或机械台班数。

若工程量为Q，S、H 分别为该分项工程的产量定额和时间定额，施工过程的劳动量或机械台班数为P，则有

$$P = Q / S \text{ (工日、台班)}$$

或

$$P = Q H \text{ (工日、台班)}$$

计算各分项工程施工天数的方法有两种：

(1) 根据合同规定的总工期和本企业的施工经验，确定各分部分项工程的施工时间，然后按各分部分项工程需要的劳动量或机械台班数量，确定每一分部分项工程每个工作班所需要的工人数或机械台班数。

此法较适合于建筑施工企业的工程队人员组织比较灵活的单位。

(2) 按计划配备在各分部分项工程上的施工机械数量和专业工人数确定，即

$$t = P / Rb$$

式中 t——完成某分部分项工程的施工天数；

R ——某分部分项工程所配置的工人数或机械台数；

b ——每天工作班次。

在安排每班工人数和机械台数时，应综合考虑各分项工程各班组的每个工人都有足够的工作面，以发挥工作效率并保证施工安全；在安排班次时，宜采用一班制；如工期要求紧时，可采用二班制或三班制，以加快施工速度，充分利用施工机械。

2．编制施工进度计划的初步方案

各分部分项工程的施工顺序和施工天数确定后，应按照流水施工的原则，力求主导工程连续施工，在满足工艺和工期要求的前提下，尽可能使最大多数工作能平均地进行，使各个工作队的工作最大可能地搭接起来，其方法步骤如下：

(1) 根据确定施工方案时划分的施工段组织流水施工。要安排好其中主导施工过程的施工进度，使其尽可能连续施工，然后安排其余分部工程，并使其与主导分部工程最大可能平行进行或最大限度搭接施工。

(2) 按照工艺的合理性和工序间尽量穿插、搭接或平行作业方法，将各施工阶段流水作业用横线在表的右边最大限度地搭接起来，即得单位工程施工进度计划的初步方

案。

3．施工进度计划的检查与调整

对于初步编制的施工进度计划要进行全面检查，检查各个施工过程的施工顺序、平行搭接和技术间歇是否合理；编制的工期能否满足合同规定的工期要求；劳动力及物资资源方面是否能连续、均衡施工。在检查的基础上，根据需要进行调整，使不满足变为满足，使一般满足变为优化满足。

调整的方法一般有：增加或缩短某些分项工程的施工时间；在施工顺序允许的条件下，将某分项工程的施工向前移或向后移；必要时可以改变施工方法或施工组织。总之，通过调整，在工期能满足的条件下，使劳动力、材料、设备需要趋于均衡，主要施工机械利用率比较合理。

(二) 资源计划

单位工程施工进度计划确定之后，可根据各工序及持续期间所需资源编制出材料、劳动力、构件、加工品、施工机具等资源需要量计划以确定工地临时设施并作为有关职能部门按计划调配的依据，据此保证施工进度计划的顺利执行。

1．主要劳动力需要量计划

将单位工程施工进度计划表内各施工过程中所需的主要工种劳动力，按施工进度度的安排进行迭加，就可编制出主要工种劳动力需要量计划，如表2 -4 所示。它的作用是为现场的劳动力调配及工地生活设施的安排提供依据。

表2 -4 劳动力需用计划

序号	材料 名称	规格	需要量		需要时间						备注
			单位	数量	×月			×月			
					上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	

2．施工机械需要量计划

根据施工方案和施工进度计划确定施工机械类型、数量、进场时间。一般是把单位工程施工进度计划表中的每一个施工过程、每天所需的机械类型、数量和施工日期进行汇总，以得出机械需要量计划，如表2 -5 所示。

表2 -5 施工机械需用计划

序号	机械名称	类型、型号	需要量		货源	使用起止 时间	备注
			单位	数量			

3 . 主要材料需要量计划

材料需要量计划，主要为组织备料、确定仓库面积、堆场面积、组织运输之用。其编制方法是将施工预算中或进度表中各施工过程的工程量，按材料名称、规格、使用时间并考虑到各种材料定额进行计算汇总即为每天（或月、旬）所需材料数量。材料需要量计划表格形式如表2 -6 所示。

表2 -6 主要材料需要量计划

序号	材料名称	规格	需要量		供应时间	备注
			单位	数量		

若某分部分项工程是由多种材料组成，例如混凝土工程，在计算其材料需要量时，应按混凝土配合比，将混凝土工程量换算成水泥、砂、石、外加剂等材料的数量。

4 . 构件、加工品需要量计划

构件、加工品需要量计划是根据施工图和进度计划表进行编制。主要是为了构件制作或定货及确定堆场和组织运输作准备。其格式如表2 -7 所示。

表2 -7 构件和半成品需要量计划

序号	构件半成品名称	规格	图号、型号	需要量		使用部位	加工单位	供应日期	备注
				单位	数量				

二、施工进度计划的评价

评价单位工程施工进度计划主要依据下列指标：

1．工期

工期包括总工期、主要施工阶段的工期、计划工期、定额工期或合同工期及期望工期。

2．资源的均衡性

施工中的资源是指劳动力、施工机械、设备、工具、建筑材料及施工所需的人、财、物。

对单位工程施工而言，各种资源的日消耗量应力求平衡，不应发生过大的波动。

单位工程施工进度计划中的资源均衡主要是指劳动力消耗的均衡，因为一般情况下，劳动力消耗均衡则其它资源亦基本上均衡。

图2 -1 是某一单位工程的劳动消耗动态曲线。

较好的单位工程的劳动力动态曲线应具有下列特点：

- ①）两端低，中间高；
- ②）变化平缓，尽量不出现大的突变；
- ③）不出现短时期的凸峰和长时期低谷。

两端低，中间高符合工程施工特点，便于劳动力的进场和退场安排，如图2 -1 (a)。曲线存在大的突变不利于施工组织，如图2 -1 (b)。当曲线出现凸峰时，工地就必须按最高峰人数配备相应的为工人服务的各种临时设施，从而导致工程间接费的增加(高峰期很短，如为一天时可以通过加班完成施工任务的情况除外)。当工程施工出现长

时间低谷时（图2 -1b），说明工期有拖延和工人有窝工现象，计划安排不够紧凑。图2 -1（c）所示在短时期出现低谷是允许的，因这对劳动力安排影响不大，只要将短时间过剩工人稍作调整即可。

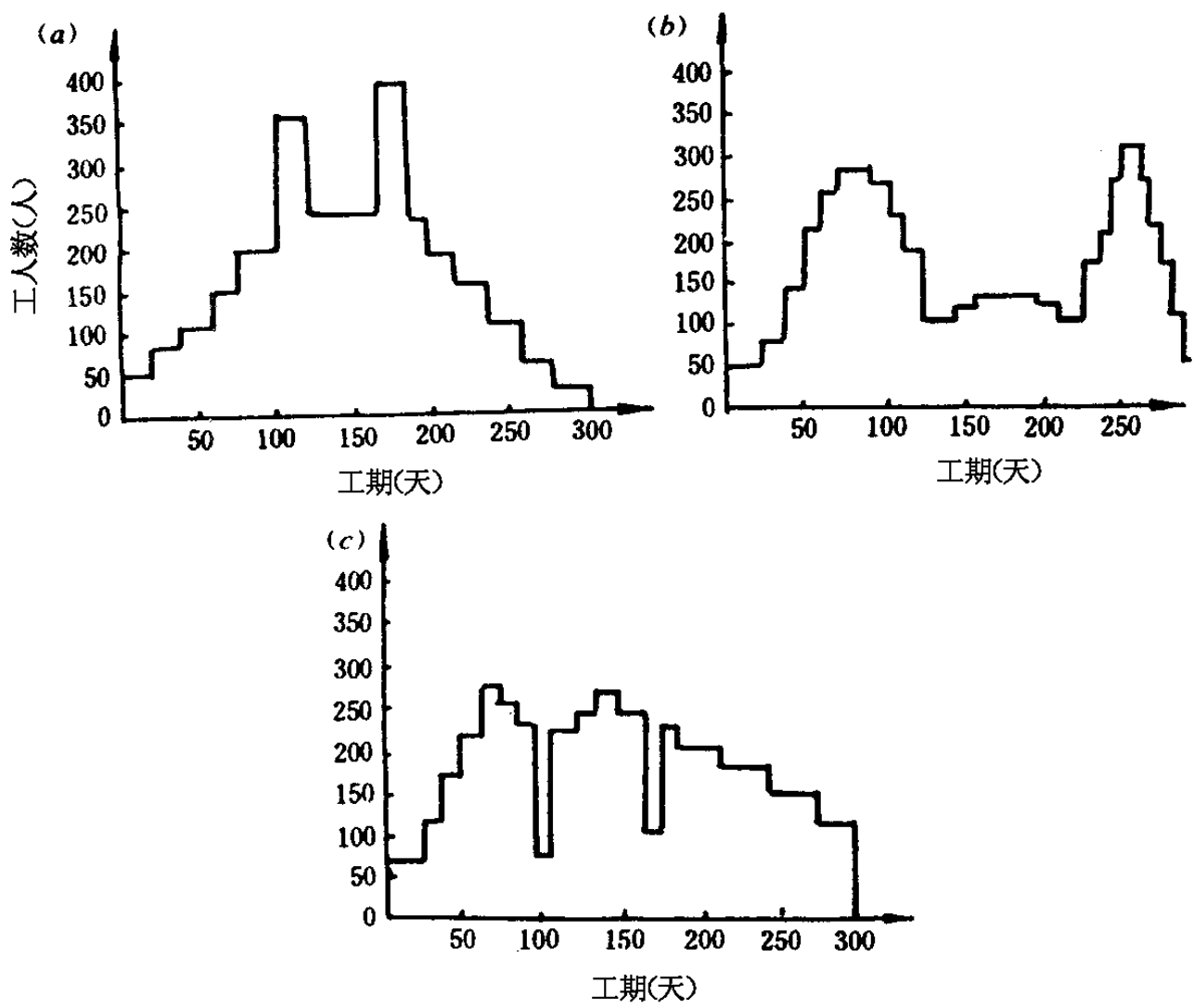


图2 -1 劳动力耗用动态图

- ① 工人人数在短时期内出现高峰；② 工人人数在较长期内出现低谷；  
③ 工人人数在短期内出现低谷

劳动力消耗的均衡性可以用劳动力不均衡系数K 来衡量， $K = \text{最高峰劳动力用量} / \text{施工期间劳动力平均用量}$ 。

当劳动力不均衡系数接近1，说明劳动力安排较理想。

在组织流水施工的情况下，可以得到较好的劳动力动态曲线。

需要注意的是：除劳动力总量需要均衡外，各专业工种工人的需要量也应均衡。

当建筑工地同时存在多个单位工程施工时，应考虑全工地范围内的劳动力均衡。在编制单位工程施工进度计划时应与全工地总进度计划相配合，并绘出全工地劳动力耗用动态曲线。

3. 主要机械的利用率

单位工程施工进度计划中主要机械的利用率直接影响到工程工期和工程成本，它是评价施工进度计划的一个重要指标。不同主要机械的利用率可以作多方案比较，其中利

用率最高或停歇率最低的方案即为最好最优方案。

- 4 . 每立方米或平方米建筑物的劳动消耗量（工日）。
- 5 . 主要工种工程每一工人的平均日产量或日产值。
- 6 . 其它指标（如模板、脚手架的周转率及使用新技术等）。

通过上述指标，结合单位工程的具体条件，对所编制的施工进度计划可以进行较全面的分析评价。

### 第三节 施工平面图

施工平面图是对一个建筑物的施工现场的平面规划和空间布置的图示。它是根据工程规模、特点和施工现场的条件，按照一定的设计原则，来正确地解决施工期间所需的各种暂设工程和其它业务设施等永久性建筑物和拟建工程之间的合理的位置关系。它布置的是否合理、执行和管理的好坏，对施工现场组织正常生产、文明施工以及对工程进度、工程成本、工程质量和施工安全都将产生重要的影响。因此，在施工组织设计中应对施工现场平面布置进行仔细研究和周密地规划。单位工程施工平面图的绘制比例一般为1 :200 ~1 :500 。

#### 一、施工平面图设计的内容

- 1 . 建筑总平面上已建和拟建的地上和地下的一切房屋、构筑物及其它设施的位置和尺寸。
- 2 . 移动式（或轨道式）起重机械开行路线及垂直运输设施的位置。
- 3 . 各种材料（包括水、电、暖、卫）、半成品、构件以及工业设备的仓库和堆场。
- 4 . 为施工服务的一切临时设施。
- 5 . 场内道路以及与场外交通的联接。
- 6 . 临时给排水管线、供电线路、供气供暖管道及通讯线路布置。
- 7 . 安全及防火设施的位置。

#### 二、施工平面图设计依据

施工平面图应根据施工方案和施工进度计划的要求进行设计。施工组织设计人员必须在踏勘现场，取得施工环境第一手资料的基础上，认真研究以下有关资料，然后才能



做出施工平面图的设计方案。这些资料是：

- 1．施工组织设计文件（当单位工程为建筑群的一个工程项目时）及原始资料。
- 2．建筑平面图，了解一切地上、地下拟建和已建的房屋与构筑物的位置。
- 3．一切已有和拟建的地上、地下管道布置资料。
- 4．建筑区域的竖向设计资料和土方调配平衡图。
- 5．各种材料、半成品、构件等的用量计划。
- 6．建筑施工机械、模具、运输工具的型号和数量。
- 7．建设单位可为施工提供原有房屋及其它生活设施的情况。

### 三、施工平面图设计原则

- (1) 在保证工程顺利进行的前提下，平面布置应力求紧凑。
  - (2) 尽量减少场内二次搬运，最大限度缩短工地内部运距，各种材料、构件、半成品应按进度计划分批进场，尽量布置在家使用点附近，或随运随吊。
  - (3) 力争减少临时设施的数量，并采用技术措施使临时设施装拆方便，能重复使用，省时并能降低临时设施费用。
  - (4) 符合环保、安全和防火要求。
- 为了保证施工的顺利进行，应注意施工现场的道路畅通，机械设备的钢丝绳、电缆、缆风绳等不得妨碍交通。对人体有害的设施（如沥青炉、石灰池等）应布置在下风向。在建筑工地内尚应布置消防设施。在山区及江河边的工程还须考虑防洪等特殊要求。

### 四、施工平面图设计步骤

#### 1．决定垂直运输机械的位置

建筑产品是由各种材料、构件、半成品构成的空间结构物，它的生产离不开垂直、水平运输。垂直运输机械的位置直接影响仓库、堆场、混凝土和砂浆搅拌的位置以及构件的堆放场地、运输道路和水、电线路的布置等，所以施工平面图的设计首先应确定垂直运输机械的位置。

##### (1) 轨道式起重机（塔吊）的布置

有轨式起重机是集起重、垂直提升、水平输送3种功能为一体的机械设备。其布置主要取决于建筑物的平面形状、尺寸和四周的施工场地的条件及起重机的起重半径。要使起重机的起重幅度能够将材料和构件直接运送任何施工地点，尽可能不出现“起重死

角”。轨道通常布置方式有：单侧布置、双侧布置或环形布置等形式。施工时应注意路基的平整、坚实，必要时应增加转弯设备，同时应注意轨道路基的排水畅通。

②）自行无轨式起重机械的布置

此类起重机械有履带式、轮胎式和汽车式3种。它们一般专作构件装卸和起吊构件之用，不作高度较大的垂直运输和水平运输之用，适用于装配式单层工业厂房主体结构的吊装及楼层不多的建筑物的构件吊装。其吊装的开行路线及停机位置主要取决于建筑物的平面布置、构件重量、吊装高度和吊装方法。

③）固定式垂直运输机械的布置

固定式垂直运输机械设备是指井架、龙门架、桅杆式起重机等，它们的布置主要根据机械性能，建筑物的平面形状及尺寸、施工段的划分、材料的来向和已有道路的联系及每班需运送的材料数量等而定，布置的原则是要充分发挥起重机械的能力，使地面和楼面水平运输距离最小、并且使用方便、安全。当建筑物各部分的高度相同时，应布置在施工段的分界线附近；当高度不一致时，应布置在高低分界线较高的部位一侧；井架、龙门架宜布置在建筑物的窗口位置，以避免砌墙留槎和减少机械拆除后的修补工作量。固定式起重机的卷扬机和起重架有一定的距离要求，以便司机的视线能够看到整个升降过程，一般应掌握水平距离超过建筑物的高度，同时离建筑物脚手架3m 以外的位置设置。

2．确定搅拌站、仓库、材料和构件的堆场及加工厂的位置

搅拌站、仓库、材料和构件的堆场的布置应尽量靠近使用地点或起重机服务半径以内，并考虑运输的方便。

①）根据施工阶段、施工部位的不同以及使用时间的先后及起重机的性能，构件、材料堆场可作如下布置：

建筑物基础和第1层施工所用的材料应该布置在建筑物的四周。材料堆放位置应根据基槽（坑）的深度、宽度及其坡度确定。以免造成基槽（坑）土壁的坍方。

第2层以上的施工材料，布置在起重机附近。

砂、砾石等大宗型材料，尽量布置在搅拌站附近。

多种材料同时布置时，对大宗的重量大的先期使用的材料，尽可能靠近使用地点或起重机附近布置，而少量的、轻的和后期使用的材料，则可布置得稍远一些。

按不同施工阶段、使用不同材料的特点，在同一位置上可先后布置几种不同材料或构件，例如砖混结构民用房屋中的基础施工阶段，可在其四周布置毛石，而在主体结构阶段的第1层可沿四周布置砖等。

②）根据起重机的类型，搅拌站、仓库和材料，构件的堆场布置又有以下几种形

式：

当采用固定式垂直运输机械设备时，尽可能靠近起重机布置，以减少运距或二次搬运。

当采用塔式起重机进行垂直运输时，应布置在塔式起重机有效起重幅度范围内。

当采用无轨自行式起重机进行水平或垂直运输时，应沿起重机运行路线进行布置，位置应在起重机起重臂的最大外伸长度范围以内。

当混凝土基础的体积较大时，则混凝土搅拌站可以直接布置在基坑边缘附近，待混凝土基础浇筑完成后再外移，目的是减少该段时间混凝土的运输距离。

此外，木工棚和钢筋加工棚的位置可考虑布置在建筑物四周较远的地方。但应有一定的场地以堆放木材、钢筋和成品。

石灰仓库和淋灰池的位置要接近砂浆搅拌站并处于下风向，沥青堆场及熬制锅的位置要离开易燃物品仓库或堆场，同时也应该处在下风向。

3．布置运输道路

现场主要道路应尽可能利用永久性道路，或先选好永久性道路的路基，在土建工程结束之前再铺路面。主要道路应布置成环行，次要道路可布置成单行线，但应有回车空间，现场内临时道路技术要求和临时路面种类厚度请参见本书相关表格。道路两侧可根据地形设置排水沟，沟深不少于0.4m，底宽不少于0.3m。

4．临时设施的布置

临时设施包括生活性设施，如办公室、工人休息室、食堂、开水房、浴室、厕所等以及生产性设施，如钢筋加工棚、木工棚、水泵房等。布置时应以使用方便、有利施工、合并搭建、符合安全为原则。一般情况下，生产性设施布置在建筑物四周稍远位置，办公室应靠近施工现场，设在工地入口位置，工人休息室宜布置在工人作业区，宿舍应布置在上风向，收发室及门卫室应设在工地入口处。

5．水电管网的布置

(1) 施工用临时供水：给水管一般是由建设单位干管和总管平面设计的干管接到用水地点。布置时应力求管网总长度最短，管径的大小和水龙头数目的设置视工程规模通过计算确定，管道可埋于地下，也可铺设在地面，视使用限期的长短和气温而定。工地内要设置消防栓，其距建筑物的外墙不应小于5m，消防栓的间距不应超过120m，一般消防栓沿道路布置，距道路边不大于2m。

条件许可时，可利用城市或建设单位的永久性消防设施。此外，为防止意外停水，可在建筑物附近设置简单蓄水池，储存一定数量的生产和消防用水。

(2) 排水管：为了排除地面水和地下水，应及时修通永久性下水道，并结合现场地

形，在建筑四周开挖排除地面水和地下水的沟渠。





③）供气管道：包括暖气管道和煤气管道两种，布置时要特别注意安全。

④）临时供电：单位工程施工临时用电应在全工地性施工总平面图中统筹考虑，若为独立的单位工程，应根据计算的用电量和建设单位可供电量决定是否选用变压器，变压器的设置最好把施工期与以后长期使用结合考虑。现场线路应尽量架设在道路一侧，且应尽量保持线路水平，低电压线路的电杆间距应为20 ~40m，线与施工建筑物力水平距离不小于10m，与地面距离不小于2.5m。

建筑产品的生产是一个施工周期长、复杂多变的过程，各种施工机械、材料、构件等是随着工程的进展而逐渐进场的，而且又随着工程进展而逐渐变动的。因此，施工现场的平面布置是动态的。为此，对于大型建筑工程、施工期限较长或施工场地较为狭小的工程，就需要按不同施工阶段分别设计若干张施工平面图，以便把不同施工阶段工地上的布置切实反映出来。在布置各阶段的施工平面图时，对整个施工时期使用的主要道路、水电管线和临时房屋等不要轻易变动，以避免不必要的费用支出。对较小的建筑物，一般是按主要施工阶段来布置施工平面图，同时考虑其它施工阶段如何周转使用施工场地。布置重型工业厂房的施工平面图，还应该考虑到一般以土建施工单位为主会同其它各专业施工单位，通过协商编制综合施工平面图。在综合施工平面图中，根据各专业工程在各施工阶段中的要求将现场平面合理划分，使专业工程各得其所，具备良好的施工条件，以便各单位根据综合施工现场平面布置来布置现场。

绘制施工平面布置图，应采用“国标”规定的图例。常用建筑材料图例见表2 -8，总平面图中图例见表2 -9。

表2 -8 建筑材料图例

序号	名称	图例	说明
1	自然土壤		包括各种自然土壤、粘土等
2	素土夯实		
3	砂、灰土及粉刷材料		
4	砂砾石及碎砖三合土		





















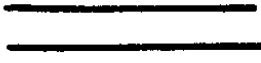
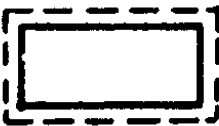
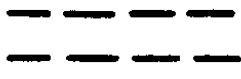

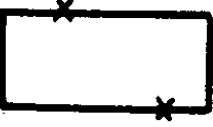

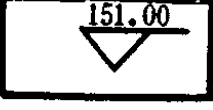

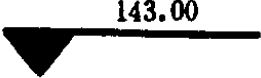



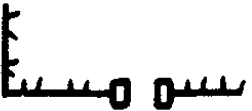



续表			
序号	名称	图例	说明
5	毛石		表示毛石砌体
6	混凝土		在小于或等于1 1000 的图面中 不画图例，可在底图上涂黑
7	钢筋混凝土		
8	普通砖硬质砖		比例小于或等于1 100 的平、剖面图中不画斜线，可在底图背面涂红表示
9	多孔材料或耐火砖		表示泡沫混凝土，软土等材料
10	非承重空心砖		在比例小的图画中，不画图例， 但需注册材料
11	瓷砖或类似材料		包托面砖、马赛克及各种铺地 砖
12	石材		
13	木材		
14	金属		
15	水		
16	玻璃		必要时可注册玻璃名称，如磨 砂玻璃等
17	防火材料或防潮层		注册材料及做法
18	松散保温材料		包括木屑、木屑石灰、稻壳等

表2 -9 总平面图中图例

名 称	图 例	说 明	名 称	图 例	说 明
		1.上图表示不画出入口的图例， 下图表示画出入口的图例。  2.需要时可在图形内右上角以点数或数字(高层)表示层数。	填挖边坡		边坡较长时，可在 一端或两端局部表示
新建的 建筑物			护 坡		同填挖边坡
			挡土墙		被挡土在突出的一侧
原有的 建筑物		拟利用者应注明	原有道路		
计划扩建 的预留地 或建筑物		用中虚线表示	计划扩建 的道路		
			针叶乔木		绿化详细分类见 国家有关标准
拆除的 建筑物		用细实线表示	阔叶乔木		
室内标高			针叶灌木		
室外标高			阔叶灌木		
围墙及 大门		上图表示砖石,混 凝土及金属材料 围墙	草木花卉		
		下图表示镀锌铁 丝网、篱笆等围 墙,如仅表示围 墙时,大门取消	修剪的树篱		
			草 地		
			花 坛		

## 第四节 单位工程施工组织设计实例

某多层框架结构教学楼施工组织设计。

### 一、工程概况

#### (一) 建筑设计特点

本拟建工程为西安××中学教学楼，工程建筑面积为5782.45m<sup>2</sup>，工程平面基本呈一字型，内廊式，全长67.2m，最宽处18.6m，零标高以上5层，檐高为19.75m，平面、立面、剖面图如图2-2、图2-3、图2-4所示。

教学楼3、4、5层中的电教室，计算机室均采用铝合金推拉窗，其余窗采用组合钢窗。底层大门采用铝合金大门，其余门均采用木门、门窗详见门窗明细表。电教室、计算机室内部天棚采用铝合金T型龙骨吊顶，装石膏板，其余天棚采用石灰砂浆抹面，喷106涂料（白色）。外墙采用白色水刷石墙面，楼地面、楼梯、厕所均采用彩色水磨石地面。电力照明线路除电教室、计算机室设暗线外，其余为明线。

#### (二) 结构设计特点

本工程为套管灌注桩基础，承台加地基梁。承台顶面标高为-1.00m。主体结构为现浇钢筋混凝土框架结构，预制空心板。隔墙是M5混合砂浆砌筑MU10KP非承重多孔砖。

#### (三) 建设地点特征

该教学楼位于长安路东侧。施工场地东侧为已建成的带有围墙的学校生活区；北侧和南侧为相邻单位的围墙；西侧为马路，路宽16m，人行道宽15m，距道牙3m内的人行道不得占用；南侧道路宽8m。

水文地质条件：土壤为Ⅰ级大孔性黄土，其土层及物理力学指标见结构设计资料，地下水位在地下7~8m。

气象条件：最冷月平均温度3.5℃，最热月平均温度28℃，绝对最高温度为38.9℃，绝对最低温度为-9.4℃。土壤表面平均温度为17℃。相对湿度：最冷月平均76%，最热月平均84%；降雨量127.6mm，年最大积雪深度8cm，最大冻土深度60cm；

施工期间主导风向为东风，但下雨时主导风向为西风。雨季在9 月份，冬期施工从11月18 日开始，至第二年3 月9 日。

(四) 施工条件

施工期限：计划1995 年6 月20 日开工，在1996 年4 月20 日前竣工，限定工期10 个月，日历工期250d。

套管灌注桩已由建设单位承包给专业施工单位完成，质量合格，承载力满足设计要求，故施工任务从基础以上进行。水、电、暖安装工作由公司下属专业安装队分包，配合土建施工。

建设单位已完成三通一平，且承台、地基梁及其上至±0.00 的砌墙工作已完成，墙身防潮层也已完成。

技术经济条件：施工中的构件、材料可由场外直接运抵工地；钢筋混凝土多孔板由市建总公司混凝土构件厂制作，木制品、钢窗等由市建总公司门窗构件厂加工制作。现浇混凝土构件及零星预制构件在现场制作。砖、灰、砂、石、水泥等均由材料供应部门按需要计划量运抵现场。

施工用水、电皆由甲方水、电网引接，工人宿舍及生活设施可利用已建成生活区的建筑，其它临时设施在现场搭设，并要求不影响后续工程的开展。

施工机械见主要机械计划表，脚手架选用竹脚手架，模板采用组合钢模。

劳动力配制见劳动力需要量计划表，由公司内部配套解决，可以满足施工的正常开展，每天现场工人不得多于70 人。

(五) 工程施工特点

该工程的施工特点是钢筋加工量大，对混凝土浇筑的质量要求高，应组织专人加强技术把关，做好技术交底工作。

(六) 主要项目实物工程量（见表2 -10）



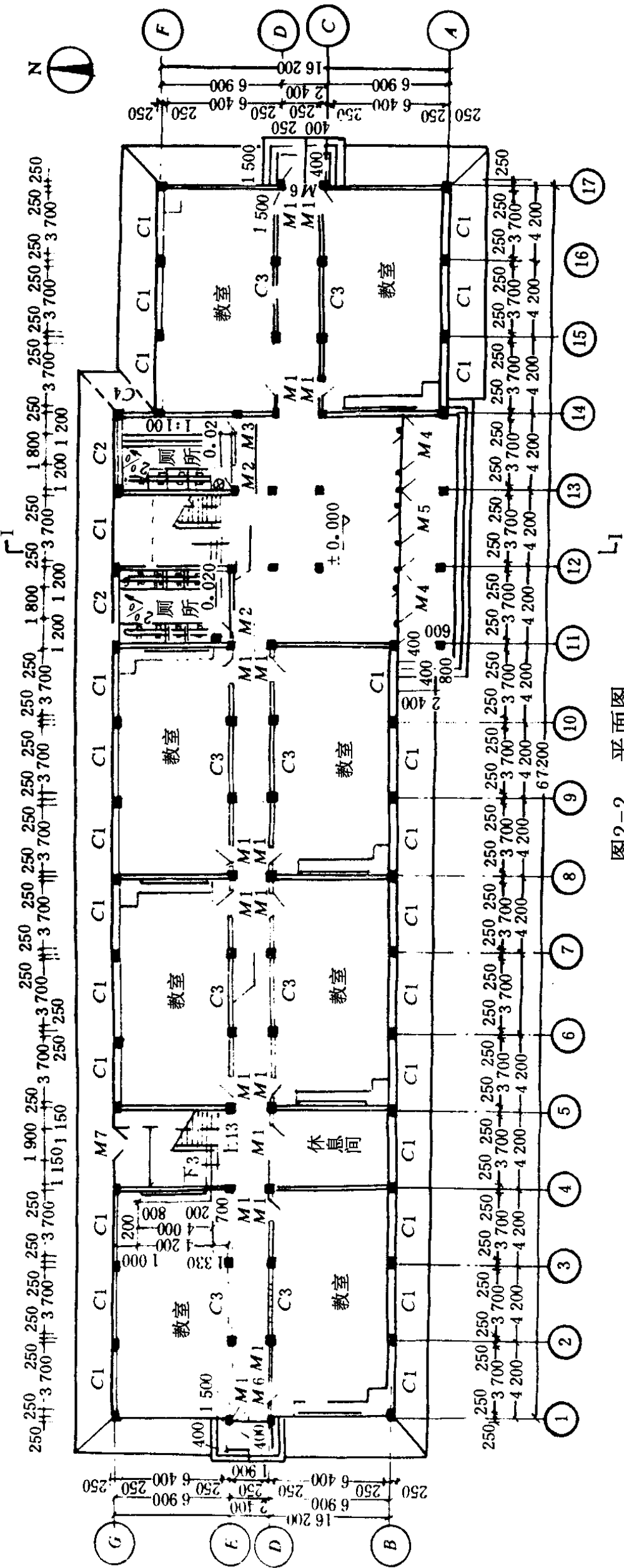


图2-2 平面图

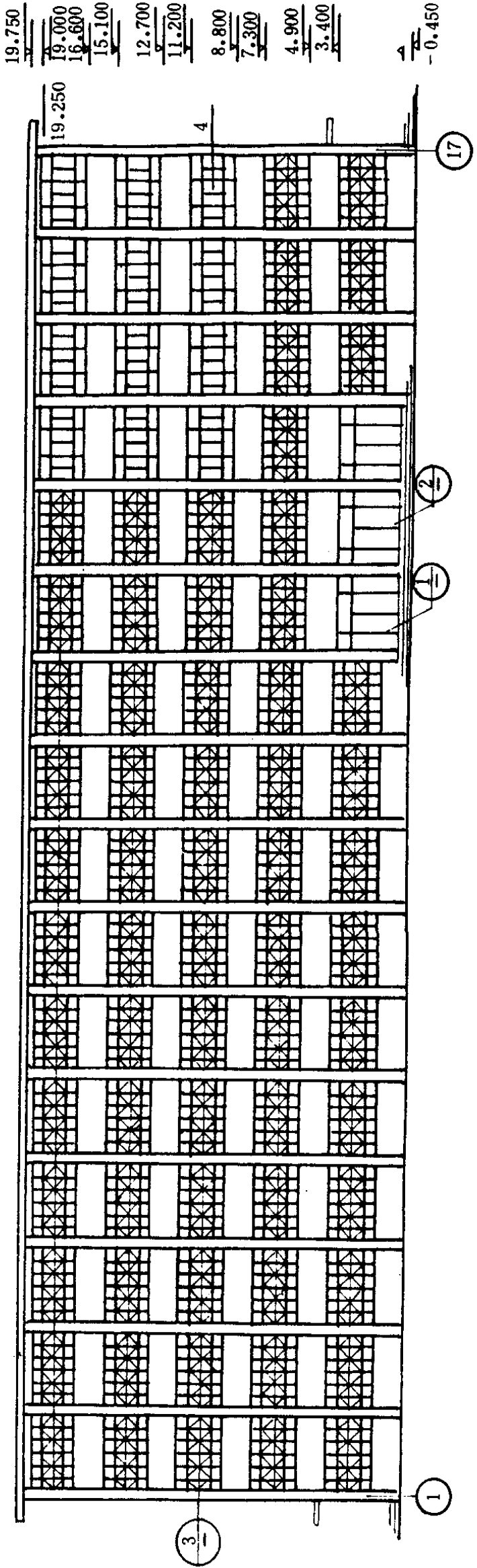


图2-3 正立面图(1:100)

## 二、施工方案设计

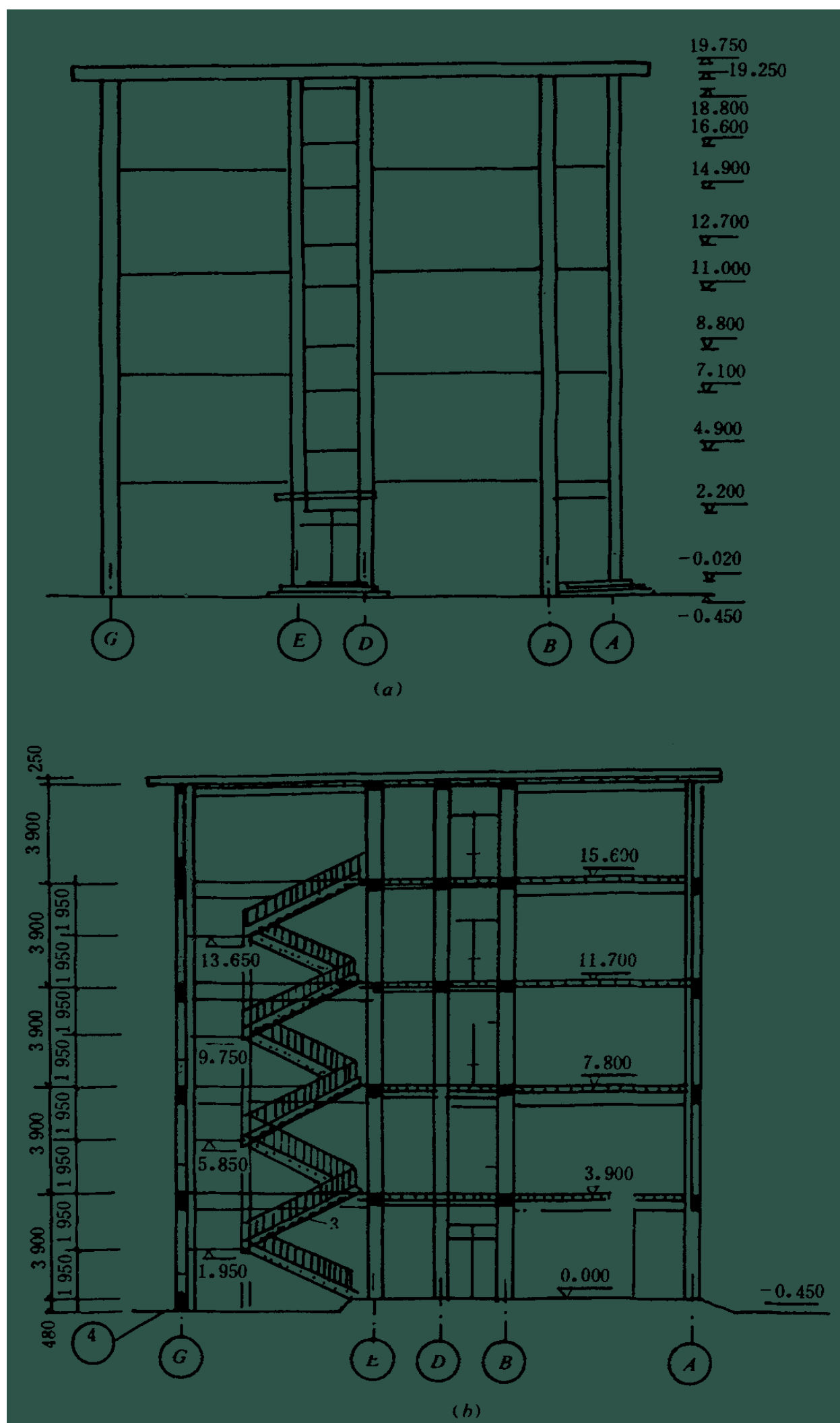


图2-4

(a) 东立面图 1 100 ; (b) I - I 部面图 1 100

(一) 施工总程序

本工程总的施工程序为先地下后地上，先主体后围护，先土建后设备安装，先结构后装饰。

主体结构自上而下逐层分段流水施工。待女儿墙压顶完成后，自上而下进行外装饰。

(二) 施工段的划分

①) 各专业工作队在各施工段的劳动量要大致相等，相差不超过10 % ~15 %，以使各段在同一施工过程中流水节拍相等。

②) 对于该多层建筑，为使层间能够流水施工，施工段数 $m$ 应大于等于施工过程数 $n$ 。③) 为了充分发挥工人、主导机器的效率，每个施工段上要有足够的工作面，使其所容纳的劳动力人数或机械台数能满足合理劳动组织的要求。

④) 要保证拟建工程项目的结构整体完整性，施工段的分界线要划分在结构强度要求不高的地段。

⑤) 对于该多层建筑，按自然层划分施工层。

综合以上分析，将此教学楼划分为6个施工段，5个施工层，以保证相应的工作队在施工段与施工层间组织有节奏、连续、均衡地流水施工。其中第一施工段为1—3轴和4轴的BD段；第二施工段为4轴的GD段和5—7轴；第三施工段为8—10轴；第四施工段为11—14轴的GE段；第五施工段为11—14的DB段；第六施工段为15—17轴。

施工起点流向：主体工程在每层上采用第一施工段到第六施工段依次流动的方向，各层采用自下而上的流动方向；装饰工程采用自上而下的流动方向，在每一层中自左而右分别经1—7、7—12、12—17，三段流水，即水平方向流水。

(三) 确定施工顺序

考虑到以下因素： 遵循施工程序； 与施工方法一致； 符合施工组织的要求；符合施工工艺； 考虑施工安全与质量； 考虑到当地气候的影响。故选择施工程序如下：

1. 主体工程

主体结构工程阶段的工作，包括搭脚手架、绑扎钢筋、支模板、浇筑混凝土、吊板、补板缝、整浇层、墙体砌筑和门窗安装。主导工序为绑扎钢筋、支模板、浇筑混凝土、吊装楼板并灌缝。过程为绑扎钢筋 支柱、梁、板（在有楼梯的一、四施工段还应包括支楼梯）模板 绑梁、板钢筋（有楼梯处包括绑扎楼梯钢筋） 浇柱、梁、板、楼

梯混凝土 吊板灌缝 补板缝 整浇层。

2. 土方工程

土方工程在混凝土浇筑至第五层后开始进行，主要是为了劳动均衡，故在模板工撤走后进入，从第一施工段开始，并积极为同时进行的底层砌筑墙展开工作。

3. 屋面和装饰工程的施工顺序

这阶段具有施工内容多，劳动量消耗大，且手工操作多，需要时间长等特点。

屋面工程施工顺序为做保温层并找坡 找平层 卷材防水层。

由于劳动力最大限额的限制，装饰工程和屋面工程搭接施工。遵循先湿后干的施工程序，为了保证装饰工程的施工质量，在地面3 7 灰土和混凝土垫层完成后，水磨石楼面（养护一天后）天棚抹灰 内墙抹灰从第五层至一层搭接流水施工，顺序为水磨石楼面 （养护一天后）天棚抹灰 内墙抹灰，然后外墙水刷石，其中平行搭接门窗安装、玻璃油漆、柱贴大理石。在完成了楼梯水磨石面层后进行全部喷白工程。水电安装与装饰工程穿插进行。

(四) 选择施工方法和施工机械

1. 钢筋工程

(1) 钢筋加工

钢筋调直采用冷拉调直方法，调直直径18 ~22 mm 的钢筋，冷拉率控制在1 % 以内，其余钢筋采用调直机调直。

钢筋应按下料长度严格下料，采用钢筋切断机切断。钢筋弯曲成型采用钢筋弯曲机。为使弯曲成型准确，弯曲前应定出相应的弯曲点。受力钢筋弯曲成型后，顺长度方向全长尺寸误差不超过  $\pm 10\text{ mm}$ ，弯起位置误差不超过  $\pm 20\text{ mm}$ 。

(2) 钢筋绑扎

除柱钢筋和梁钢筋中的主筋采用焊接接头外，其余受力筋和箍筋均采用绑扎连接。钢筋绑扎采用现场绑扎，用20 号铁丝。柱、梁箍筋与受力钢筋垂直设置，箍筋弯钩叠合处，应沿受力钢筋方向错开设置。板及整浇层的钢筋网外围两行钢筋交点应每点绑扎牢固，中间部分的相交点可相隔交错扎牢，但必须保证受力钢筋不致产生位移。总之，绑扎时要做到：钢筋位置准确，绑扎牢固，钢筋接头位置，搭接长度，保护层厚度等符合要求，并严格按图施工。

(3) 钢筋焊接

本工程中柱、梁纵向受力钢筋均采用焊接连接，接头位置及搭接长度应严格按图施工。

2 . 模板工程

模板是浇筑混凝土成型用的模型。模板及其支架应能保证结构和构件的形状、尺寸和相对位置；有足够的强度、刚度和稳定性。板缝应严密，不漏浆。在构件接头处，不足模数的空缺可用木模补缺。

(1) 钢模配板优先采用通用规格及大规格的模板，这样整体性好并可减少装拆工作。模板以其长边沿梁板的长度方向或柱的高度方向排列，模板端头接缝宜错开，以提高模板的整体性，并使模板在长度方向易保持平直。

(2) 柱箍筋采用钢管和扣件制作。梁托架采用角钢制作，可根据梁的截面尺寸进行调整。支托桁架为拼接式，由一个半槓桁架与一个拼接桁架拼成，以适应不同跨度的需要。钢管顶撑由套管和插管组成，支架横杆距离为1500mm。

3 . 混凝土工程

(1) 制备

混凝土制备应采用符合质量要求的原材料，按规定的配合比，满足施工和易性要求，并应符合节约水泥，减轻劳动强度的原则。

(2) 混凝土搅拌

混凝土投料采用二次投料，先向搅拌机投入水、砂和水泥，待其搅拌一分钟后投入石子继续搅拌至规定时间，搅拌时间为2.5min，施工中一般搅拌至色泽均匀为止。

对于搅拌好的混凝土，应按施工规范要求检查其均匀性及和易性，如有异常情况，应检查配合比和搅拌情况，及时予以纠正。

(3) 混凝土运输

混凝土在运输过程中不应产生离析现象，运至浇筑地点后，应具有一定的坍落度，并保证在初凝前能有充分时间进行浇筑。气温低于25℃时，混凝土搅拌结束至浇筑完毕所经历时间不超过2h，高于25℃时不超过1.5h。

混凝土地面运输采用双轮手推车，垂直运输采用井架和塔吊混合运输，楼面运输采用手推车。

(4) 混凝土浇筑

混凝土浇筑前，应对模板、支架、钢筋和预埋件进行检查，符合设计要求后才能浇筑混凝土，浇筑时应保证混凝土的均匀性、密实性、及结构的整体性，要保证钢筋及预埋件位置正确，模板及支架不应松动或超过允许的变形。重要部位的混凝土应填写施工记录。混凝土采用梁、柱一次整体浇筑方法。由于柱高在3m以上，故浇筑柱混凝土应采用溜管下料，浇筑前其底部应先填20~30mm与原混凝土成分相同的水泥砂浆，然后分层浇筑，当浇筑至柱顶出现较厚的砂浆层时，则应加干净骨料仔细捣实。在浇筑后，

须停顿1 ~1.5h，待柱混凝土初步沉实后，再浇其上的梁板，以避免因柱混凝土下沉在梁接头处形成裂缝。

浇筑柱时，每施工段内的柱应安排由外向内对称地依此浇筑，以避免柱模因混凝土单向浇筑受推倾斜而使误差积累难以纠正。梁和板同时浇筑，顺次梁方向从一端向前推进。

⑤ 混凝土捣实

混凝土捣实采用插入式振动器振捣。振动器操作时要做到快插慢拔，每一插点的振捣时间不小于20s，振动器与模板不应大于0.7R（R为振动器作用半径），应避免碰振钢筋、模板及预埋件等。

⑥ 养护

混凝土中应加入早强剂，保证一夜可使混凝土强度达到可吊板安装的强度。混凝土养护采用自然养护，在浇筑后12h即覆盖和浇水使其保持湿润状态。养护时间不得少于7昼夜。

⑦ 拆模

不承重的侧模，在安装楼板前即可拆除；承重模板，连其支撑，在强度达到不低于设计强度70%时可拆模。本工程在第四层混凝土浇筑时可以拆除底层模板和支撑。

拆模如发现有缺陷，应进行修补。

4. 结构安装工程

楼板采用塔吊垂直运输，人工安装。安装时，板的支撑长度为7.5cm，铺板时应坐浆，然后铺板，不得干铺。板缝采用C20细石混凝土灌缝，并应保证密实，灌缝混凝土未凝固时不得在板上操作及加荷载。板在安装后不允许对板施加冲击荷载以免引起裂缝。

板堆放时按编号和长度分类堆放，两端垫木应大小一致，距板端为100 ~150mm，底层板下应为夯实平整地面，放置平直的方木条，不可放在高低不平的地面上或弯曲的垫木上。堆放时最好六层为一堆。

5. 屋面工程

做好保温层后做水泥砂浆找平层，其表面应平整坚实，无松动、起壳、起砂等现象，在与突出屋面结构的连接处及基层转角处，均应做成钝角。待水泥砂浆找平层干燥后，将基层清扫干净，并提前1 ~2d涂刷冷底子油，干燥后立即铺贴油毡。

6. 装饰工程

① 抹灰工程

内墙抹灰为中级抹灰，顶棚抹灰为普通抹灰，抹灰前应对砖墙、楼板等表面的灰

尘、污垢和油渍清除干净，并将墙上的施工洞堵塞密实。对过于干燥的基层要洒水湿润。抹灰质量控制应按施工验收规范要求

外墙抹灰为水刷石，先用1 3 水泥砂浆打底，然后用稠度为5 ~7cm，配合比为1 1的大八厘罩面，厚8 ~12mm，用铁抹子压实。稍收水后，用铁抹子整面，将露出的石子尖梭轻轻拍平，使表面平整密实。待面层凝固尚未硬化，用手指按上无痕时，即用刷子、清水自上而下刷掉面层水泥砂浆至石子外露，最后宜用喷水壶由上而下把表面水泥砂浆冲干净。外观质量要求石粒清晰、分布均匀、紧密平整、色泽一致，不得有掉粒和接槎痕迹。

2) 水磨石工程

在底层上先用水泥砂浆按设计要求粉好，分格用铜条。底层湿润后，薄刮素水泥浆一道，紧接着用不同色彩的水泥石子浆（水泥石子比为1 1 2），按设计要求的图案花纹分别填入分格网中，抹平压实，使石子大面露外，厚度比嵌条高1 ~2mm，待其半凝固后开始试磨，以石子不松动为标准。然后采用磨石子机正式洒水开磨，直至露出嵌条，表面光滑发亮为止。每次磨光后，用同色水泥浆补砂眼，每隔3 ~5d 同样方法磨第二遍。最后表面用草酸水溶液擦光，使石子清晰显露，晾干后打蜡。外观要求表面平整、光滑，石子显露均匀，不得有砂眼，磨纹和漏磨处，分格条位置准确，全部露出。

7. 选择施工机械

垂直运输机械采用塔吊和井架搭配使用的方案，其余施工机械方案如下：

混凝土搅拌机采用自落式搅拌机，高峰时要求混凝土用量为15m<sup>3</sup>/d，故布置J1—350 型混凝土搅拌机两台即可满足需要。

砂浆用量在高峰时，每天需用量为34m<sup>3</sup>/d，根据公式：

$$N = Q \cdot K / A \cdot S \cdot b \cdot$$

式中 Q ——工程量；  
K ——施工不均衡系数；  
A ——有效作业天数；  
S ——机械台班产量定额；  
b ——每天工作班数；  
——机械工作系数。

故

$$N = 3933.15 \times 3.336 \times 1.5 \times 10^{-2} / (28.5 \times 50 \times 0.5) = 0.27$$

所以，选用一台UJ2-200 砂浆搅拌机即可满足要求。

钢筋调直机

$$N = 157.3 \times 1.5 / (131 \times 2 \times 1 \times 0.3) = 2.9$$

故选用三台 GJ4 /4 钢筋调直机。

钢筋切断机

$$N = 157.13 \times 1.5 / (131 \times 18 \times 1 \times 0.3) = 0.33$$

故选用一台 GJ5 —40 钢筋切断机，同时选用 WJ40 —1 钢筋弯曲机一台，对焊机 VN1 —75 一台，电弧焊机一台。

蛙式打夯机 H W —60

$$N = (1029.2 + 114.19) \times 1.5 / (39 \times 200 \times 0.3) = 0.7 \text{ 台}$$

故选用一台。

水磨石机

$$N = 5021.51.5 / (44 \times 4 \times 1 \times 0.3 \times 8) = 18$$

故选用18 台 MS —1 水磨石机。

升降机采用高程20m 一台，卷扬机采用JD11.4 一台。振捣器取 50 的8 台。

三、施工进度计划

施工进度计划横道图如表2 -10 所示。

四、劳动力等资源量计划

(一) 劳动力需要量计划 劳动力需要量计划如表2 -11 所示。

表2 -11 劳动力需要量计划表

序号	工种名称	最高人数	日期										
			六	七	八	九	十	十一	十二	一	二	三	四
1	木工	18		18	18	18				11	11		
2	瓦工	16				16	16						
3	混凝土工	28		28	28	28		20				3	
4	抹灰工	65				10	10	40	24	48	65	45	



续表

序号	工种名称	最高人数	日期										
			六	七	八	九	十	十一	十二	一	二	三	四
5	钢筋工	14	6	14	14	14							
6	架子工	5	5	5	5	5				5	5		
7	吊装工	8		8	8	8							
8	焊 工	4	4	4	4	4							
9	油漆工	7								7	7		
10	玻璃工	4								4	4		
11	普 工	52		8	8	52	44						

(二) 主要建筑材料计划

主要建筑材料计划见表2 -12 所示。

表2 -12 主要建筑材料计划

序号	材料名称	规格	单位	数量	供应日期
1	水 泥	325 #、425 #	t	1 503 .149	7 月初陆续进场
2	钢 筋	另详	t	200 594	6 月份开始进场
3	砂	中粗	m <sup>3</sup>	1 638 273	7 月初陆续进场
4	木 材	另详	m <sup>3</sup>	37 293	1996 年1 月进场
5	多孔砖	240 ×240 ×115	千块	127 043	1995 年7 月进场
6	石 灰		t	82 745	同上

续表

序号	材料名称	规格	单位	数量	供应日期
7	砾 石	0 5 ~1 5cm 、 1 ~3 cm 、 2 ~4cm	m <sup>3</sup>	2 230 .193	1995 年7 月进场
8	钢模板	各型组合钢模	t		满足周转
9	碎石	0 5 ~1 5cm	m <sup>3</sup>	1 872	1995 年10 进场
10	平板玻璃	平板3mm 整箱 , 浮法5mm 整箱	m <sup>2</sup>	1 486	1996 年1 月进场
11	铝合金龙骨	大、 中、 小边各龙骨	m	3 883 5	1995 年12 月底
12	油 漆	万能调合漆	kg	370	1996 年1 月
13	石油沥青	10 #、 30 #、 60 #	kg	1 8027 7	1995 年10 月
14	滑石粉		kg	3 752 .85	1996 年2 月
15	白水泥	一级	t	77 357	1995 年11 月
16	石 子		t	180 53	
17	大白粉		kg	1 868 21	1996 年2 月
18	绿豆砂		m <sup>3</sup>	6 412	1995 年10 月
19	石灰膏		m <sup>3</sup>	46 233	1995 年11 月
20	纸 筋		kg	933 5	1995 年11 月
21	107 胶		kg	236 .17	同上
22	瓷片		干块	0 459	1996 年2 月
23	大理石板	500 ×500 规格	m <sup>2</sup>	287 53	1996 年1 月
24	石油沥青毡	350g 规格	m <sup>2</sup>	4 224 53	1995 年10 月
25	106 涂料		kg	2 348 .42	1996 年2 月

(三) 门窗、构件计划门窗、构件计划见表2 -13 所示。

表2 -13 门窗、构件需要量计划表

序号	品名	代号	需要量		层 次						备注
			单位	数量	1	2	3	4	5	屋顶	
					数 量						
1	木 门	陕J—61C70M4—1021	樘	73	17	17	13	13	13		木材加工厂制
2		M <sub>19</sub> —1021	樘	10	2	2	2	2	2		木材加工厂制
3		M <sub>19</sub> —0925	樘	5	1	1	1	1	1		木材加工厂制
4		M <sub>22</sub> ——1824	樘	3			1	1	1		木材加工厂制
5	钢 窗	组合钢窗2.4 ×3.7	樘	126	27	30	23	23	23		门窗构件厂制
6		组合钢窗2.4 ×1.8	樘	10	2	2	2	2	2		门窗构件厂
7		陕J—67.72 (82) C16	樘	34	8	8	6	6	6		门窗构件厂
8		C14	樘	5	1	1	1	1	1		门窗构件厂
9		组合2.2 ×1.5	樘	5	0	2	1	1	1		门窗构件厂
10	铝合金窗	2.4 ×1.8	樘	21			7	7	7		现场制做
11		2.2 ×1.5	樘	3			1	1	1		现场制做
12	铝合金门	3.3 ×12.23	樘	1	1						现场制做
13		2.7 ×1.9	樘	2	2						现场制做
14		2.2 ×1.8	樘	1	1						现场制做
15	隔音门	陕J—61 (71) . M <sub>22</sub> —1824	樘	3			1	1	1		木材加工厂
16	门 窗	数合计	樘	302	62	63	59	59	59		
17	过 梁	I 331	根	88	30	30	16	16	16		现场预制
18		I 1351	根	39	9	9	7	7	7		现场预制
19	空心板	6H39 —3	块	1521		297	297	297	297	333	购买
20		5H39 —3	块	348		68	68	68	68	76	购买

(四) 主要机械计划

主要机械计划见表2 -14 所示。

表2 -14 主要机械计划

序号	机具名称	规格	单位	数量	进退场时间
1	升降机	高程20m	合	1	1995 年7 月11 日—1996 年元月21 日
2	卷扬机	JD11 4	台	1	1995 年7 月11 日—1996 年元月22 日
3	塔 吊	QT1 —6	台	1	1995 年7 月19 日—1995 年9 月19 日
4	混凝土搅拌机	J1 —250	台	2	1995 年7 月7 日—1996 年3 月11 日
5	混凝土浆搅拌机	VJZ 200	台	1	1995 年9 月17 日—1996 年2 月24 日
6	钢筋调直机	GJ4 4	台	3	1995 年6 月15 日—1995 年9 月19 日
7	钢筋切断机	GJ5 —40	台	1	1995 年6 月15 日—1995 年9 月19 日
8	钢筋弯曲机	WT40 —1	台	1	1995 年6 月15 日—1995 年9 月19 日
9	对焊机	VN1 —75	台	1	1995 年6 月15 日—1995 年9 月19 日
10	电弧焊机	AX300	台	1	1995 年6 月15 日—1995 年9 月19 日
11	蛙式打夯机	HW —60	台	4	1995 年9 月11 日—1995 年10 月25 日
12	水磨石机	Ms—1	台	18	1795 年11 月5 日—1996 年2 月23 日
13	振捣器	5	台	8	1995 年7 月7 日—1995 年9 月18 日

五、施工平面图

各种材料堆场面积和临时设施面积如表2 -15 所示，垂直机械及各材料堆场布置如图2 -5 所示。

表2 -15 各种材料堆场和设施面积表

名称	面积 (m <sup>2</sup> )	名称	面积 (m <sup>2</sup> )
砾石堆场	21 ×27	砂堆	13 ×10
砂堆场	23 ×6	砖堆场	34 ×8
水泥库房	25 ×14	水泥库房	18 ×13
脚手架堆场	11 ×15	楼板堆场	15 ×5
木工作业棚	11 ×10	木成品堆场	11 ×8
模板堆场工	10 ×8	模板堆场	11 ×10
钢筋作业棚	15 ×10	切断机棚	5 ×10
钢筋堆场	25 ×10	预制构件场	15 ×10
油漆工房	8 ×10	电工房	5 ×10
白水泥库	6 ×8	石灰场	6 ×10
危险品库	10 ×10	一般仓库	10 ×20
钢门窗棚	10 ×15	劳保仓库	5 ×10
办公室	10 ×10	厕 所	8 ×8
沥青堆场	5 ×8	白石子	10 ×15

六、 质量安全措施

本工程中遵照现行的建筑工程施工和验收规范及建筑安全操作规程的规定，并结合工程实际，注意如下几点：

1．质量措施

（1）框架柱、梁、雨棚、楼梯、板等现浇混凝土使用早强剂，达到规范规定的拆模强度后方可拆模。

（2）钢筋绑扎安装完毕后进行检查验收，检查内容为：

钢筋绑扎的级别、直径、根数、间距、位置和预埋件的规格、位置、数量是否与设计要求相符，要特别注意悬挑结构如挑檐、雨棚等上部钢筋位置是否正确，浇灌混凝土时是否被踩低。

钢筋接头位置、数量、搭接长度是否符合规定。

钢筋绑扎是否牢固，钢筋表面是否清洁，有无油污、铁锈。

混凝土保护层是否符合要求。

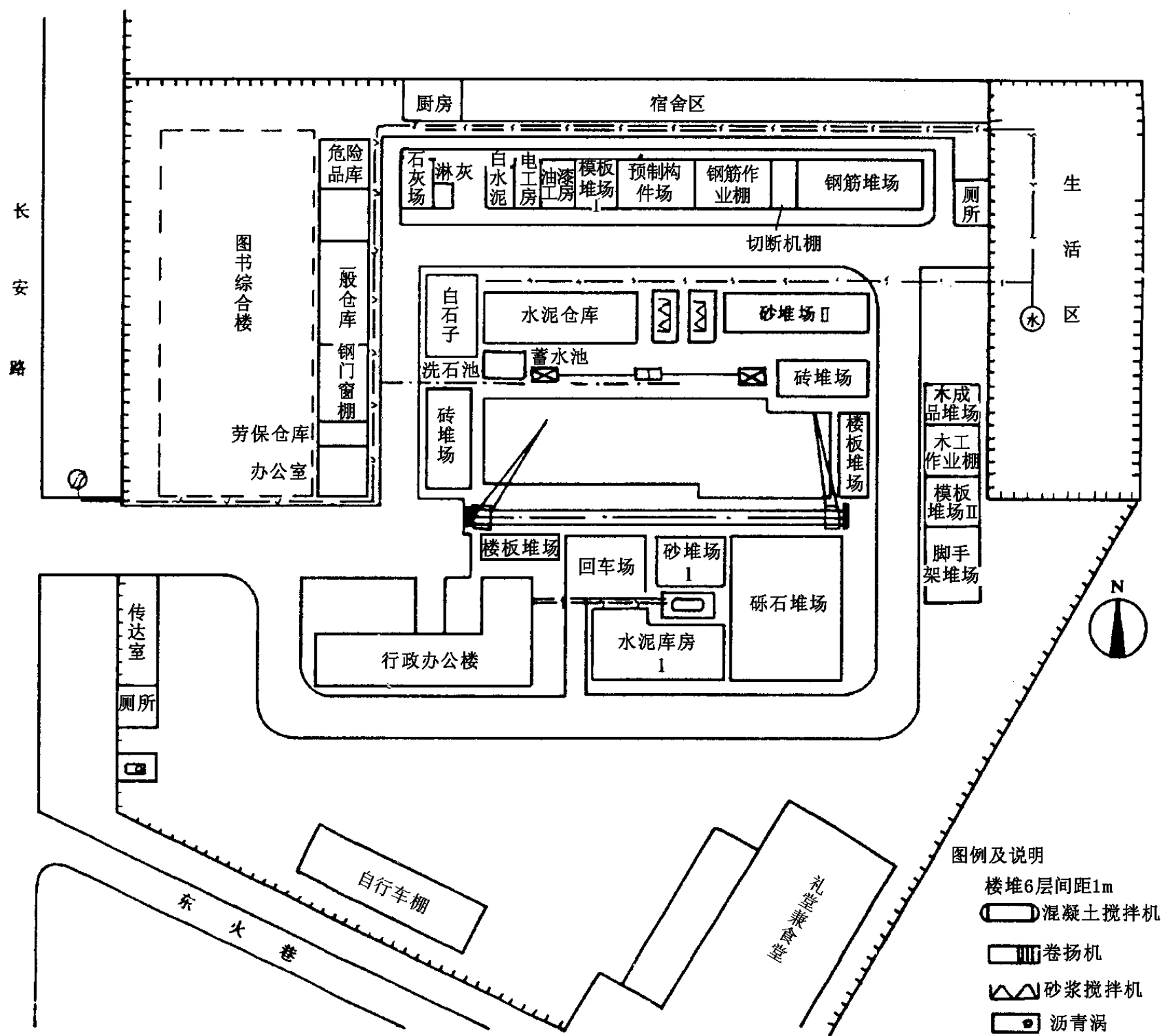


图2 -5 垂直机械及各材料堆场布置

- ③）在浇筑混凝土前应进行验收，并做好隐蔽工程记录，经甲、乙方等有关单位验收合格签字后方可浇筑。浇筑时注意保证混凝土浇筑捣实。
- ④）各种构件运输和堆放都要符合操作规程，现场堆放位置要正确，尽量减少二次搬运。石膏板应侧搬侧放，严禁平搬平运。
- ⑤）每一构件安装时，必须保持位置的正确性，误差不得超过规定要求。对中心线及标高，层层要用仪器测量、校正，严防误差积累。
- ⑥）室内装饰的各种顶棚，要求严格遵守操作规程，按现行规范中级抹灰标准进行。楼地面施工时正遇冬季，建议用塑料纸封闭窗口。外墙饰面主要是颜色均匀，色调一致，故要求配合比准确，水刷石的石子要采用同批进场的，一次配好。
- ⑦）屋面、厕所等部位的防水工作一定要严把质量关。

⑧) 各分部分项工程要求达到质量检验评定标准的优良等级。

⑨) 技术管理：及时做好材料试验，不合格的材料不用，及时提出各种砂浆、混凝土配合比的申请及试块的制作、试验等。做好技术质量交底工作，主要分部分项工程要将质量标准悬挂在现场。做好质量自检、互检、交接检工作，并做好记录，不合格的产品及工序不予验收。

(10) 冬雨季施工时，主要要求是：

场地排水畅通，严禁塔轨下及板类堆放区积水浸泡；

注意砂浆和混凝土的配合比的调整；

注意安全施工。

2. 安全措施

(1) 按照规定搭设安全网，严禁施工人员等向外抛杂物、垃圾；

(2) 塔吊需有防雷设施，接地电阻不应大于4Ω，轨道两端要有堵头，以防脱轨；

(3) 凡进入现场的人员一律要戴安全帽；

(4) 定期检查吊具吊索。各种构件吊装前应进行试吊，吊离地面30cm 应停车或缓慢引驶，检查刹车是否灵活，吊具是否安全可靠；

(5) 构件吊装时要注意在塔吊回转半径范围内严禁站人和通行。如遇有吊钩滑脱，吊绳断裂等意外事故发生时，应采取紧急措施；

(6) 板顶操作人员，要站在操作平台、高凳或爬梯上，若在板顶行走时，要铺设脚手板、严禁在外墙及水平拉杆上行走；

(7) 夜间施工要有足够的照明；

(8) 现场闸刀要设箱加锁，设备专人专机使用；

(9) 构件吊装如遇大风、大雨、大雪、大雾时停止施工；

(10) 要加强安全教育，严格执行国家建设部关于安全生产的有关技术规定以及有关工种的安全操作规程；

(11) 施工用地范围设围护，有明显标志，以免引入误入工地造成事故；

(12) 保持消防设施完好，注意防火。

### 第三章 施工组织总设计

施工组织总设计的编制依据是：初步设计或扩大初步设计，或施工图设计、投标时的施工组织总设计、中标后的承包合同、建设、设计、施工三方协商的会议纪要。

施工组织总设计的基本作用是：指导全工地施工准备、施工及竣工验收全过程的各项活动，是编制单位工程施工组织设计的依据。

施工组织总设计的主要内容一般包括：工程概况、施工部署和施工方案、施工准备工作计划、施工总进度计划、各项资源需用量计划、施工总平面图、主要技术组织措施和主要技术经济指标。

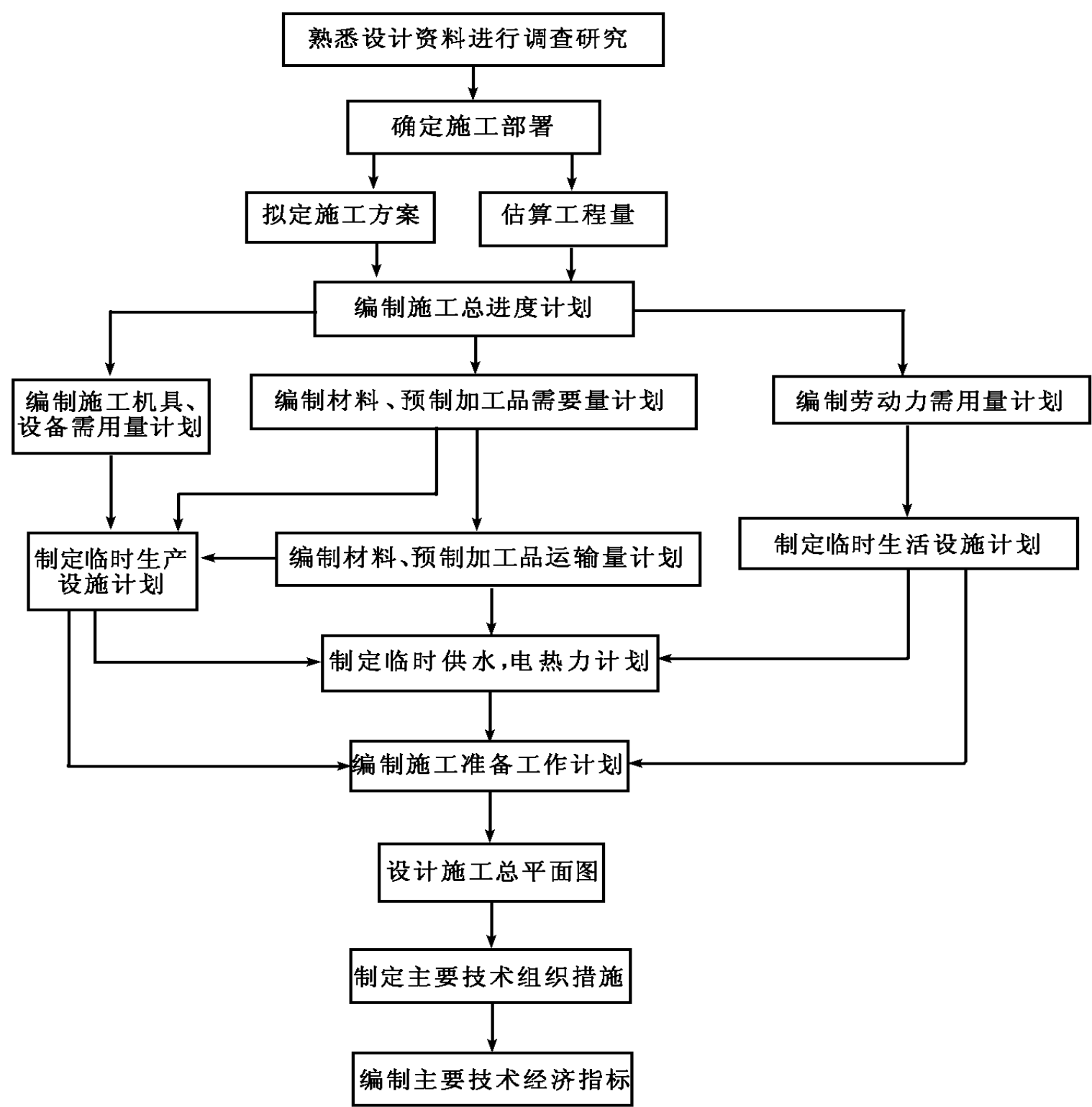


图3 -1 施工组织总设计编制程序



第一节 工程概况

工程概况在施工组织总设计中是一个总的说明部分，是对拟建建设项目的简单扼要突出重点的图文介绍，在工程概况的描述中主要叙述建设项目的特点，建设地区特征、施工条件及其它内容。

1．建设项目的特点

建设项目特点应主要描述如下内容：建设地点、工程性质、建设规模、总投资、总期限、总占地面积、建筑面积及主要项目工程量、生产流程及工艺特点、设备安装及其吨位数、建筑安装工程量及工作量、各建筑结构类型及其特点等等内容。为了使有些部分内容反映清晰，可用附图及表格进一步表述清楚。参见表3 -1。

表3 -1 某商行建设工程项目一览表

序号	工程名称	建筑面积m <sup>2</sup>	土建工作量	安装工作量 万元	结构形式
1	综合营业楼桩基工程		混凝土1 200m <sup>3</sup>		钻孔灌注桩
2	地下车库桩基工程		混凝土220m <sup>3</sup>		钻孔灌注桩
3	高层住宅桩基工程		混凝土1 300m <sup>3</sup>		钻孔灌注桩
4	综合营业楼主体施工	26 000			框架剪力墙
5	地下车库与锅炉房结构施工	1 200			剪力墙
6	高层住宅结构及装饰施工	20 000			剪力墙
7	综合营业楼玻璃幕墙装修	3 000			
8	综合营业楼外墙铝复合挂板装修	10000			
9	综合营业楼大堂装修	800			
10	锅炉房及供热系统安装			300	
11	制冷设备及制冷系统安装			500	
12	供水设备及给排水设施安装			300	
13	电梯安装			600	
14	高低压设备及供电设施安装			300	
15	消防设备安装			200	
16	电汛、监控、防盗系统安装			300	
17	园林绿化工程			200	
18	室外及收尾工程			200	

2 . 建设地区特征

建设地区特征，主要应反映建设地点的地质、水文、气象等情况，地方资源情况、交通条件，水、电和其它动力条件、劳动资源和生活设施情况，以及地方建筑企业情况等。

3 . 施工条件及其它内容

施工条件主要应反映：施工企业的生产能力、技术装备、管理水平、市场竞争和完成指标的情况，作为投标的施工组织总设计还必须附上以上情况的背景材料以及资质情况。另外还要反映主要设备、材料和特殊物质供应情况。

其它方面的内容还需反映有关建设项目的双方或几方的有关决议，土地的征用范围，数量和拆迁情况。

第二节 施工部署

1 . 划分工程项目，明确任务分工，进行组织安排和施工程序的安排

一个建设项目进行工程项目的划分，主要便于任务分工、进度安排，对于合理安排施工的顺序、加快工程进度是一项最基本的工作。

划分项目一般按工种类型划分，划分的主要原则一是便于组织施工，二是便于归类进行成本核算。一般划分是：土建工程、设备安装工程、室外工程。土建工程又可分为桩基工程、基础工程（可包括地下室，即±0.00以下部分）主体结构工程、装修工程、防水工程；设备安装工程又可分为供热工程、制冷工程、给水排水工程、供电工程、弱电工程、电梯工程等；室外工程又分为室外总图工程、园林绿化工程等等。参见表3 - 1。

根据划分的工程项目，再根据本单位的施工力量、技术水平、机械装备、施工特点确定能承担那些工程项目，并进行组织安排。其它一些工程项目可以采用分包的方法，选择最合适的分包部门签定分包合同。

根据合同总工期、合同要求合理安排施工程序。所谓施工程序即单位工程之间或分部工程之间的先后开工、平行或搭接的关系，确定施工程序的原则如下：

(1) 按照生产工艺或使用的要求。先生产的或先使用的工程项目应尽量安排先上。例如一个钢铁企业的建设按其生产工艺流程是：炼铁——炼钢——轧钢——特种钢——异型钢材轧制。因而可分为二期进行工程施工。第一期是炼铁——炼钢——轧制。第二

期为特种钢炼制——异型钢材轧制。要完成第一期工程，其第一期工程同时也应先完成车船码头、铁矿、煤炭堆场、电厂等建设，然后才是炼铁、炼钢车间的建设。又例如，有一商业交易大厦，主要有主楼和附楼，从整个结构安全的要求来说应先建主楼后建附楼。为了尽早营业，建设单位要求先把能进行交易营业的附楼先做好，然后再做主楼。为了既满足结构安全的要求又要满足建设单位的使用要求，施工单位采用的施工程序是桩基工程 基础工程 附楼主体 附楼装修 主楼主体 主楼装修。这就要求在附楼主体施工时，留下附楼与主楼联结的后浇板带。

②）先全工地性的设施施工。所谓全工地性设施是全工地工程项目施工可以或必须要使用的设施。如建设项目施工需使用的铁路、公路、港口、场内永久道路、办公设施、生活设施等。我们可以利用场内外的永久设施的先期建立，可以加快施工用材的运输，提高运输效率，减少车量的磨损。利用场内永久办公设施及生活设施的先期建立，可以节约场内大型临时设施费用。

2．确定主要工程项目的施工方案

主要工程项目一般指建设项目的核心部位，其核心地位主要体现在技术难度大、施工复杂、工程量大、若发生偏差后果严重。

一般的工程项目主要在单位工程施工组织设计中体现。单位工程施工组织设计由项目部技术人员作出，而主要工程项目施工方案是总包单位技术负责人主持下作出。主要工程项目施工方案的制订一般采用如下步骤较好：

确定目标 调研 制订模拟实验方案 模拟实验 确定主要施工方案。

3．确定主要工种工程的施工方法

主要工种工程是指工程量大，对工程质量起关键作用的工程。对于新技术、新工艺，技术难度大的工艺或工种，在制订施工步署时也需要着重强调。从成本、工期、质量出发，凡能改善这三项指标的工种工程，在施工步署时就要结合建设项目的特点、当地和本单位的施工条件提出改进的施工方法，一般能比较大地改善这三项指标是建筑工业化和建筑机械化。

(1) 建筑工业化施工

何谓建筑工业化，最早的说法即是设计标准化、生产工厂化和施工机械化。近年来的说法是：采有现代化大工业方式来从事建筑生产，使建筑业从分散、落后、以手工操作为主的小生产方式向社会化大生产方式逐步过渡的发展过程。

实现工业化施工，要尽量作好以下几方面：

充分利用本地区的永久性预制加工厂生产大批量的标准构件，如屋面板、楼板、砌块、墙板、中小型梁、门窗、金属构件和铁件等。

当本地区缺少永久性预制加工厂或其生产能力不能满足需要时，可考虑设置现场临时性加工厂，并定出其规模和位置。

大型构件一般宜现场预制。

2) 机械化施工

要充分利用现有机械设备，努力扩大机械化施工的范围，制订成套配套和改造更新的规划。增添新型高效能的机械，以提高机械化施工的生产效率。在安排和选用机械时，应注意以

主导施工机械的型号和性能要既能满足施工的需要，又能发挥其生产效率。

辅助配套施工机械的性能和生产效率要与主导施工机械相适应。

尽量安排机械在几个工程项目上进行流水施工，以减少机械装、拆、运的时间。

工程量大而集中时，应选用大型固定的机械，施工面大而又分散时，则应选用移动灵活的机械。

注意贯彻土洋结合、大中小型机械结合的原则。

4. 施工准备工作计划

不打无准备之仗，准备工作做得好坏对三大目标（工期、成本、质量）的完成有直接的影响。在整个工程正式施工之前要作好充分的准备，在施工过程中也有些准备工作。编制施工准备工作计划主要的依据是施工部置和其中的主要施工方案的要求，及施工总进度计划的安排。主要的施工准备工作计划的内容如下：

①) 按照建筑总平面图做好现场控制网测量。

②) 土地征用、地上物与地下物的拆除，居民迁移等工作（该项工作一般由建设单位负责进行）。

③) 了解和掌握施工图出图计划、设计的意图、拟采用的新结构、新材料、新技术，并组织进行试制和试验工作。

④) 编制单位工程施工组织设计，研究制订有关技术措施。

⑤) 根据施工总进度计划初步编制各种用工计划，工人技术培训计划、考察与选择分包单位、签订分包合同等。

⑥) 根据施工总进度计划，初步编制的材料、构件、机具、半成品需用计划做好加工或订货的计划。

⑦) “三通一平”（即场地平整，水、电、道路通），大型临时设施的安排。

主要施工准备工作计划可用表格形式列出。见表3 -2。

表3 -2 主要施工准备工作计划

序号	项 目	施工准备工作内容	负责单位	涉及单位	要求完成日期	备注

第三节 施工总进度计划

施工总进度计划是以拟建的建设项目按期交付使用为目标而确定的控制性进度计划。它是各工程项目的开竣时间及相互间的搭接关系的依据，是初步编制用工、用料、机具、构件、半成品、成品需用计划的依据。

一、施工总进度计划的编制原则

- (1) 合理安排施工顺序、适当搭配劳力、机械及各种资源，按合同要求使各工程项目按规定工期完成施工任务。
- (2) 采用大流水的施工组织方法，使整个建设项目的施工能保持连续、均衡、有节奏地进行。

二、施工总进度计划的编制步骤

施工总进度计划的编制步骤是：估算各工程项目的工程量及工、料、机的消耗量  
确定各工程项目的顺序或搭接关系 确定各工程项目的开工与竣工时间 编制施工总进度计划。

(一) 估算各工程项目的工程量及工、料、机的消耗量

根据建设项目特点划分出各工程项目，然后估算工程项目的工程量和人工、材料、机械台班消耗量。

各工程项目的工程量的估算，以简单和具有代表性的单位来表示。一般的建筑物以建筑面积（平方米），建筑体积（立方米）来表示，管线工程最好以其长度来表示（米、

千米)，在市场工、料、机价格较稳定的情况下可用万元、十万元投资为单位作为工程量。设备安装工程也可以其生产能力为单位来表示。计算的依据和参考的指标是：

- 1．初步设计或扩大初步设计图纸。
- 2．万元或十万元投资指标或建筑技术经济参考手册。

我国设计单位和建设施工单位几十年来通过不断地设计和施工积累了较丰富的资料。编制了各种各期指标手册或经济参考手册。有些大型的建筑设计院一般编制了万元或十万元投资指标手册。在手册中，作者将不同的建筑类型、空间大小、设计等级综合出了万元或十万元投资需要耗工、耗材（主要指钢材、水泥、木材、砂、石砖等单位用量）。我们可以把目前的投资额折算成当时（手册编制时）的投资额，即

当时的投资额 = 目前的投资额 × 当时的建筑造价指数 ÷ 目前的建筑造价指数

【例1】某建筑设计院通过多个综合医院的设计综合出对医院各类房屋投资指标见表3 -3。

表3 -3 综合医院万元投资指标材料消耗表 (1994 年)

项次	工程名称	层 数	结构形式	钢 材 (t)	水 泥 (t)	木 材 (m <sup>3</sup> )	红 砖 (千块)
1	门诊大楼	3	砖混	0 .15	2 .74	1 .45	10 2
2	办公大楼	3	砖混	0 .19	3 .10	1 25	10 4
3	外科大楼	3	砖混	0 .18	2 .77	2 .77	7 .35
4	内科大楼	3	砖混	0 .13	2 .05	1 24	5 .36
5	——						
—							

目前拟投资300 万元建造三层砖混外科大楼。已知目前建筑造价指数K =1 .1 ,1994 年建筑造价指数K =1 .0。求目前应初步投入的钢材、水泥、木材、红砖量为多少？

【解】 求相当于当时投资额

当时投资额 =300 ×1 .0 ÷1 .1 =272 .73 万元，则目前应初步投入：

钢材 =272 .73 ×0 .18 =49 .1t

水泥 =272 .73 ×2 .77 =755 .45t

木材 =272 .73 ×2 .77 =755 .45m<sup>3</sup>

红砖 =272 .73 ×7 .35 =2004 .55 千块

中国建筑工程总公司编制一套 《建筑工程经济技术手册》，结合了全国各省市各种

各类工程近300 项。以建筑面积为主要工程量计算单位，用户可根据地区、结构类型、层数及其它特征选择一个典型的项目作类似工程来初步估算出工、料、机的消耗量。

3．概算指标或综合预算定额

应用各省市预算定额来确定工程项目工、料、机的消耗量，计算精确，符合客观实际，但工作量相当大，作施工组织总设计一般不宜采用。将预算定额的一些相近子目进行适当的综合，即为综合预算定额，用它来作工、料、机消耗量，但工作量还是较大，适应用小、中型的建设项目施工组织总设计。根据建筑结构的不同类型、层次、特征，在综合预算定额的基础上将一些项目进一步合并，基本上以分部工程为一个子项的形式综合在一起的工、料、机消耗指标称为概算指标，以此来进行施工组织总设计的工、料、机分析，比较能基本符合客观实际，计算的工作量较小。但到目前为止，只有少量的省市设计院或大型施工企业才编制了这种概算指标。由于地域和时间的关系，用户使用还是受到一定的限制。

4．标准的建筑设计

由于是标准的建筑设计，除基础只作稍许变动，基本上可利用已建筑现有的施工图预算资料或施工预算资料来进行工料分析。

5．运用计算机数据管理专家系统，就是广泛采集了各省市不同类型、层次、特征工程实例的各种资料，或自动生存一些符合客观实际数据资料，通过回归拟合建立具有各种复合参量的函数库。只需一些简单的特征数据的输入，就可以非常迅速地得到工、料、机的消耗量和比较准确的报价。

(二) 确定各单位工程的施工期限

影响各工程项目施工期限的因素很多，主要是：建筑类型、结构特征和工程规模，施工方法、施工技术和施工管理水平、劳动力和材料供应情况以及施工现场的地形、地质条件，综合考虑上述影响因素，并参考有关工期定额或指标后予以确定。参见表3 - 4。

表3 -4 单位工程施工工期 (d)

序号	种类	结构	建筑面积 m <sup>2</sup>	地区分类			备 注
1	单层厂房	预制排架	3 000 以内	235	245	270	一类 包括附记 三层，动力，通 风，天车
1	单层厂房	预制排架	5 000 以内	250	265	290	
1	单层厂房	预制排架	7 000 以内	270	285	310	
1	单层厂房	预制排架	10 000 以内	290	305	335	

续表

序号	种类	结构	建筑面积 m <sup>2</sup>	地区分类			备 注
1	单层厂房	预制排架	15 000 以内	320	335	365	一类 包括附房 三层，动力，通风，天车
1	单层厂房	预制排架	10 000 以内	360	375	405	
1	单层厂房	预制排架	15 000 以内	400	415	450	
2	单层厂房	现浇框架	3 000 以内	255	270	305	
2	单层厂房	现浇框架	5 000 以内	275	290	325	
2	单层厂房	现浇框架	7 000 以内	295	315	350	
2	单层厂房	现浇框架	10 000 以内	325	345	380	
2	革层厂房	现浇框架	15 000 以内	355	375	415	
2	单层厂房	现浇框架	20 000 以内	385	405	450	
2	单层厂房	现浇框架	25 000 以内	415	435	485	
2	单层厂房	现浇框架	30 000 以内	445	470	525	
3	住宅	混合5 层	2 000 以内	185	195	225	
3	住宅	混合5 层	3 000 以内	205	215	245	
3	住宅	混合5 层	5 000 以内	225	235	265	
3	住宅	混合5 层	7000 以内	345	255	290	
3	住宅	混合6 层	2 000 以内	205	215	250	
3	住宅	混合6 层	3 000 以内	225	235	270	
3	住宅	混合6 层	5 000 以内	245	255	295	
3	住宅	混合6 层	7 000 以内	265	275	320	
3	住宅	混合7 层	3 000 以内	255	265	300	
3	住宅	混合7 层	5000 以内	275	285	325	
3	住宅	混合7 层	7 000 以内	295	305	350	
3	住宅	混合7 层	10 000 以内	320	330	375	
3	住宅	混合8 层	3 000 以内	285	295	330	包括电梯
3	住宅	混合8 层	5 000 以内	305	315	355	
3	住宅	混合8 层	7 000 以内	325	335	380	
3	住宅	混合8 层	10 000 以内	350	360	405	



续表

序号	种类	结构	建筑面积 m <sup>2</sup>	地区分类			备 注
4	住宅8 层以下	现浇框架	5000 以内	355	370	415	
4	住宅8 层以下	现浇框架	7 000 以内	380	395	445	
4	住宅8 层以下	现浇框架	10 000 以内	405	420	475	
4	住宅8 层以下	现浇框架	15 000 以内	430	450	505	
4	住宅10 层以下	现浇框架	7 000 以内	405	425	480	
4	住宅10 层以下	现浇框架	10 000 以内	430	450	510	
4	住宅10 层以下	现浇框架	15 000 以内	455	480	540	
4	住宅10 层以下	现浇框架	20 000 以内	485	510	570	
4	住宅12 层以下	现浇框架	10 000 以内	460	485	545	
4	住宅12 层以下	现浇框架	15 000 以内	485	515	575	
4	住宅12 层以下	现浇框架	20 000 以内	515	545	605	
4	住宅14 层以下	现浇框架	10 000 以内	495	520	580	
4	住宅14 层以下	现浇框架	15 000 以内	520	550	610	
4	住宅14 层以下	现浇框架	20 000 以内	550	580	645	
4	住宅16 层以下	现浇框架	10 000 以内	530	555	615	
4	住宅16 层以下	现浇框架	15 000 以内	555	585	645	
4	住宅16 层以下	现浇框架	20 000 以内	585	615	680	
4	住宅18 层以下	现浇框架	15 000 以内	590	620	680	
4	住宅18 层以下	现浇框架	20 000 以内	620	650	755	
4	住宅18 层以下	现浇框架	25 000 以内	655	685	750	
4	住宅20 层以下	现浇框架	15000 以内	630	660	720	
4	住宅20 层以下	现浇框架	20 000 以内	660	690	755	
4	住宅20 层以下	现浇框架	25 000 以内	695	725	790	
4	住宅20 层以下	现浇框架	30 000 以内	730	765	825	

注： 工期地区分类

类地区：上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、四川、贵州、云南；

类地区：北京、天津、河北、山西、山东、河南、陕西、甘肃、宁夏；

类地区：内蒙、辽宁、吉林、黑龙江、西藏、青海、新疆。

厂房分为二类：

一类指一般机加、机修、五金、缝纫、一般纺织（粗纺、制条、洗毛等）及无特殊要求的装配车间。

二类指工艺复杂、设备或建筑标准较高的车间，如铸造、锻工、电镀、酸碱、电子、仪表、手表、电视、医药、食品等车间。车间中部分空调，吊顶油漆顶棚，内墙内贴墙纸或油漆墙面，水磨石地面等。

(三) 确定各工程项目开竣工时间和相互搭接关系

在确定了各工程项目的施工期限之后，就可以进一步安排各工程项目的搭接施工时间。在解决这一问题时，一方面要满足施工部署中的控制工期及施工条件，另一方面要尽量使主要工种进行大流水施工。使主要工种工人基本上能连续、均衡地施工。具体安排时应着重考虑以下几点。

- (1) 根据使用要求和施工的可能，结合物资供应情况及施工准备条件，组织专业大流水施工。
- (2) 对于在生产或使用上有重大意义的工程，且工程规模较大、施工难度大、施工工期较长、需要先配套使用或可供施工使用的单位工程（如部分的运输设施、动力系统、办公楼、宿舍等），尽量先安排施工。
- (3) 同一时期开工项目不应过多，以免人力、物力分散。
- (4) 确定一些调剂项目（如办公楼、宿舍、附属或辅助车间等），平时各主要工种重点工程项目上施工，闲时安排在调剂项目上施工。这样可基本实现劳力的连续和均衡施工。
- (5) 充分估计设计出图时间和材料、构件、设备的到货情况，使每个工程项目的施工准备、土建施工、设备安装和试生产的时间能合理地衔接。
- (6) 做好土方、劳动力、施工机械、材料和构件的五大综合平衡，使土建工程中的主要分部分项工程和设备安装工程实行连续、均衡地流水施工。
- (7) 在施工顺序的安排上，一般应先地下后地上，先深后浅，先干线后支线。先地下管线后铺设道路。在场地平整的挖方区，应先平整场地后挖土铺设管线；在填方区，应由远至近先铺设管线后平整场地。同时要考虑季节影响，一般大规模土方开挖和深基础施工应避开雨期。寒冷地区入冬前应做好围护结构，冬期施工以安排室内作业和结构安装为宜。

(四) 编制施工进度计划

以上各项工作完成以后，即可编制施工总进度计划。首先根据各工程项目确定的工期、搭接关系编制初步进度计划，其次按照流水施工与综合平衡的要求，调整进度计划或网络计划，最后绘制施工总进度计划和主要分部（分项）工程流水施工进度计划或称网络计划。

以表3 -1 某商行建设为例，作出施工总进度计划。其步骤如下：

- 1. 列出各工程项目、各工程项目的工期、搭接关系及资金投入量。见表3 -5。

表3 -5 某商行建设项目工期及搭接关系

序号	工程项目名称	期限（月）	紧前关系	工程成本 （万元）	备注
1	综合营业楼桩基	2	/	80	
2	地下车库桩基	1	1	30	
3	高层住宅桩基	2	2	60	
4	综合营业楼主体	16	1	3 200	
5	地下车库锅炉房主体	1	2	120	
6	高层住宅主体	12	3	1 200	
7	高层住宅装修	8	6	600	
8	综合营业楼玻璃幕墙	5	4	300	
9	综合营业楼铝墙	10	4	1 100	
10	综合营业楼大堂装修	6	8	400	
11	锅炉及供热系统安装	8	5、4、6	300	
12	制冷设备及供冷安装	8	4、6、5	500	
13	给排水设施安装	6	4、6、5	300	
14	电梯安装	3	15	600	
15	供电设置安装	6	4、6、5	300	
16	消防设备安装	6	4、6、5	200	
17	电讯、监控、防盗系统安装	6	4、6、5	300	
18	园林绿化工程	2	19	200	
19	室外工程	2	7	200	
20	设备试运转	1	17、16、15、13、11、12		
21	竣工验收		20、19、10、9		

2．根据表3 -5 的所列数据，输入网络计算程序（本章编者编制了时标网络绘制与资源分析软件），绘出图3 -2。

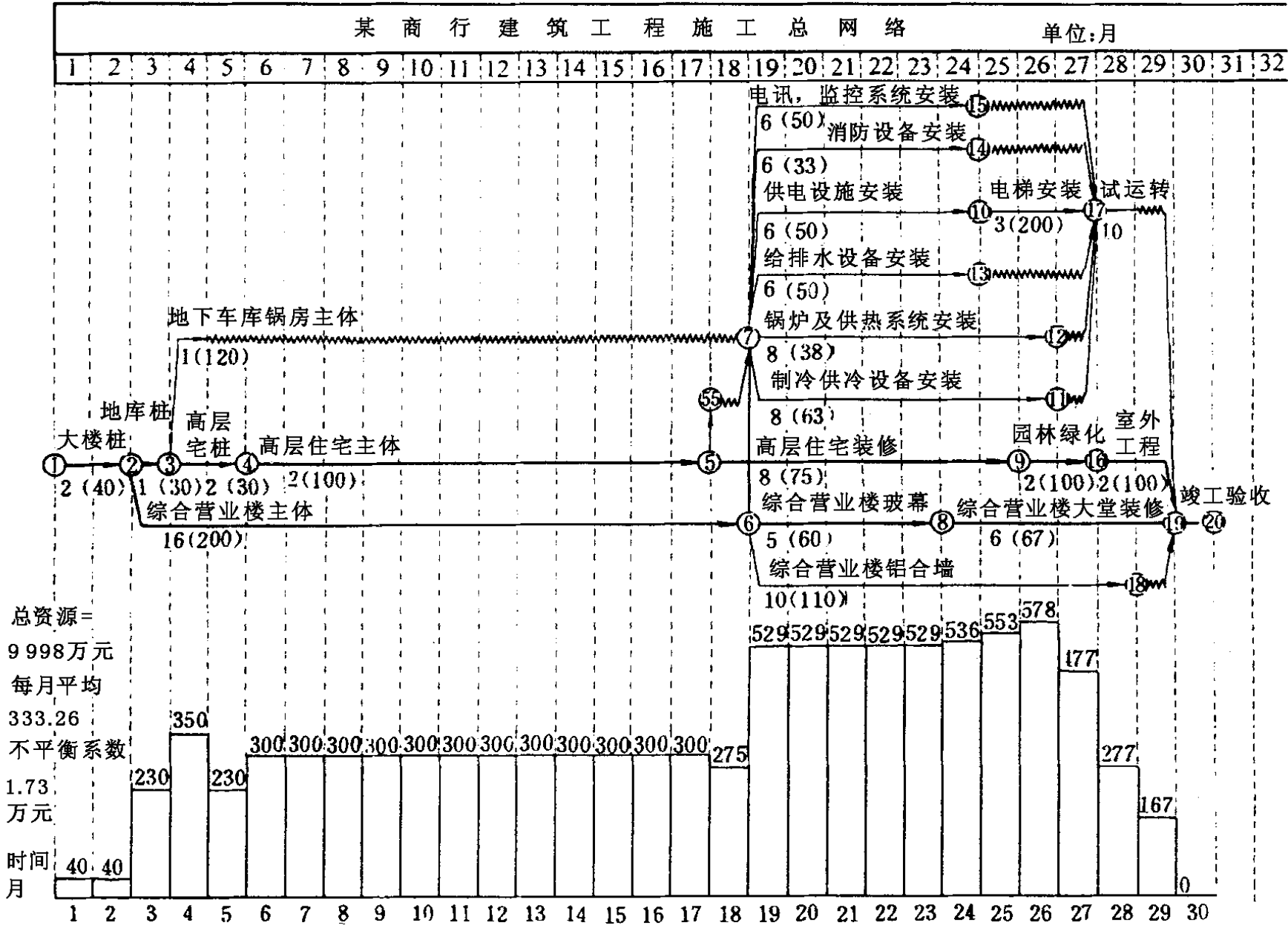


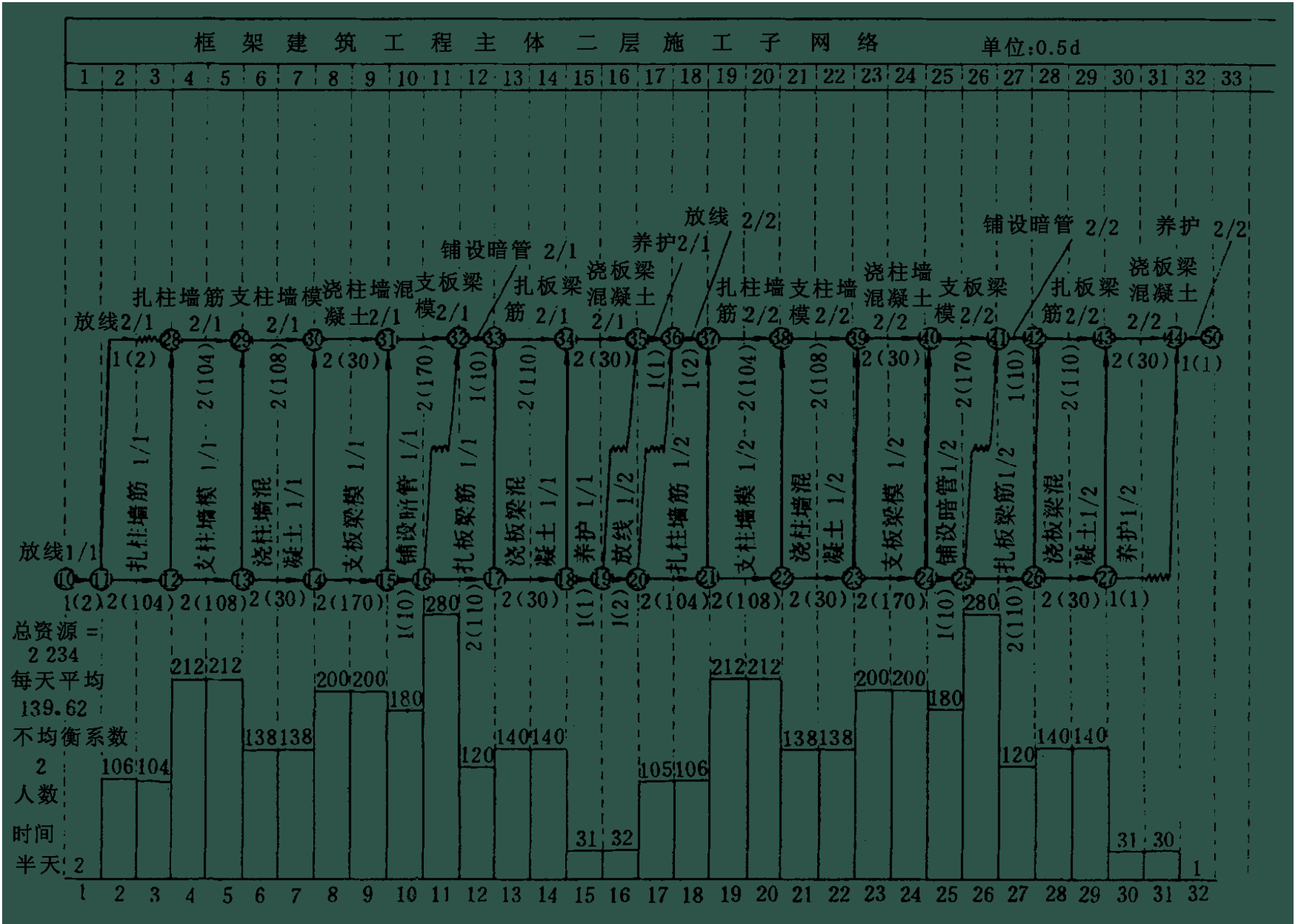
图3 -2 某商行建筑工程施工总网络及各月资金投入分布曲线

注：箭杆下数字表示某分部工程的持续时间，括号内数字表示该分部工程的工程成本。

3．确定主要工程，列出各个分项、确定施工顺序或搭接关系、每分项的持续时间及每分项的资源投入。参见表3 -6。4．输入网络计算程序，绘出时标网络图及资源动态曲线。参见图3 -3。

表3 -6 某商行综合营业楼主体标准层分项一览表

序号	工序名称	工程量	持续时间 (天)		流水节拍	紧前关系	每层用工	
			计算	采用			定额	实际
1	定位放线	800 m <sup>2</sup>		1	0.5	/	2	2
2	扎柱墙钢筋	160m <sup>3</sup> 混凝土	1.3	2	1	1	104	104
3	支柱墙模板	160m <sup>3</sup> 混凝土	2.7	2	1	2	216	216
4	浇柱墙混凝土	160m <sup>3</sup> 混凝土	2.0	2	1	3	160	30
5	支板、梁、梯模	200m <sup>3</sup> 混凝土	3.4	2	1	4	340	340
6	铺设暗管			1	0.5	5	10	10
7	扎板、梁、梯筋	200m <sup>3</sup> 混凝土	1.1	2	1	6	110	110
8	浇板、梁、梯混凝土	200m <sup>3</sup> 混凝土	1.1	2	1	7	110	30
9	养护			1	0.5	8	1	1



三、专业队或工程队之间的大流水施工

所谓专业队或工程队是对于某些工种工程或某些项目具有技术水平、人员素质、机械化施工等优势的施工队。这些专业队若能进行这方面的施工，就能提高劳动效率，节约工程成本；反之则会降低劳动效率，提高工程成本。因此施工部署和施工总进度计划安排时，要充分考虑到这个因素。

目前，在我国各建筑施工企业推行和实行项目法施工。项目法施工的主要点是实行作业层和管理层二层分离制。以专业队为代表的作业层，和项目经理部为代表的管理层之间以经济合同制约，约定指挥与被指挥的关系，公平约定各自的义务、责任和权利。这无疑给大流水施工建立了良好的施工管理环境。

大流水施工，即组织几个不同工种的专业队，依次在几个同类工程项目进行各自工种的施工，可一次依次完成施工，也可多次循环进行。

(一) 用水平图表示大流水施工

某建设项目，有六幢同类型的房屋，每幢房屋主要有以下几部分组成：土方工程、基础与主体结构、装饰工程、室外工程（水电及其它部分与主体及装修并行施工）。以上几部分其工料投入比为1 5 3 1，由四个专业队采用大流水施工方法，若每幢房屋的定额工期为10 个月，则其节拍分别为1、5、3、1 月，四道工序的工序代号分别为A、B、C、D，求总工期。

采用一般成倍节拍流水，则流水步距 $B_{ab}=1$  月， $B_{bc}=6 \times 5 - 5 \times 3 = 15$  月， $B_{cd}=18 - 5 = 13$  月，则总工期 $T = 1 + 15 + 13 + 6 \times 1 = 35$  月。

若该建筑群需要在1 年半内完成，则需对B 工序（基础与主体），C 工序（装修工程）增加专业队，若对B 工序组织成3 个专业队（分别为B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 专业队，对C 工序组成2 个专业队（分别为C<sub>1</sub> 和C<sub>2</sub> 专业队），A、D 工序仍为1 个专业队，其总工期T 为多少？

比较合理的安排是：B<sub>1</sub> 工序完成1 #、4 # 楼，B<sub>2</sub> 工序完成2 #、5 # 楼，B<sub>3</sub> 工序完成3 #、6 # 楼，C<sub>1</sub> 工序完成1 #、3 #、5 # 楼，C<sub>2</sub> 完成2 #、4 #、6 # 楼。见表3 -7。

表3 -7 1 #—6 # 楼大流水施工各作业队作业安排表                      单位 月

工作队代号	工作队名称	1 # 楼	2 # 楼	3 # 楼	4 # 楼	5 # 楼	6 # 楼
A	土方施工队	1 月	1 月	1 月	1 月	1 月	1 月
B <sub>1</sub>	基础与主体1 队	5 月	/	/	5 月	/	/
B <sub>2</sub>	基础与主体2 队	/	5 月	/	/	5 月	/
B <sub>3</sub>	基础与主体3 队	/	/	5 月	/	/	5 月
C <sub>1</sub>	装修施工1 队	3 月	/	3 月	/	3 月	/
C <sub>2</sub>	装修施工2 队	/	3 月	/	3 月	/	3 月
D	室外工程施工队	1 月	1 月	1 月	1 月	1 月	1 月

表3 -7 的安排是否满足要求的工期，必需首先计算大流水施工的总工期。一般来说，大流水施工的总工期等于两两相邻工作队的流水步距之和加上最后施工的工作队在安排的各栋房屋施工所需时间之和（要求各工作队进入工地后工作的连续性）。所以要计算总工期，关键是如何确定每两两相邻工作队的流水步距。从理论上讲，每两两相邻的工作队的流水步距等于该两两相邻的紧后工作队在安排的各栋房屋开始施工之前最大的工序流线工期减去施工之前各两两相邻工作队的流水步距之和，再减去该两两相邻的紧后工作队在先行房屋施工时所持续的时间；其值有多个时，取其最大者。以表3 -7 的大流水施工为例来说明问题。

设月为每两两相邻工作队的流水步距，则 $B_{a-b1}$ 为A、 $B_1$ 工作队的流水步距； $t$ 为某工作队在某栋房屋的持续时间，则 $t_a^1$ 为A工作队在1#房屋的持续时间，则

$$\begin{aligned} B_{a-b1} &= t_a^1 - 0 = 1 - 0 = 1 \text{ 月} \\ B_{b1-b2} &= t_a^1 + t_a^2 - B_{a-b1} = 1 + 1 - 1 = 1 \text{ 月} \\ B_{b2-b3} &= \max\{[t_a^1 + t_a^2 + t_a^3 - B_{a-b1} - B_{b1-b2}], [t_a^1 + t_a^2 + t_a^3 + t_a^4 + t_a^5 + t_a^6 - t_{b3}^3]\} \\ &= \max\{[1 + 1 + 1 - 1 - 1], [1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 - 1 - 1 - 5]\} \\ &= \max\{[1], [-1]\} = 1 \\ B_{b3-c1} &= \max\{[t_a^1 + t_{b1}^1 - B_{a-b1} - B_{b1-b2}], [t_a^1 + t_a^2 + t_a^3 + t_{b3}^3 - B_{a-b1} - B_{b1-b2} \\ &\quad - B_{b2-b3} - t_{c1}^1], [t_a^1 + t_a^2 + t_{b2}^2 + t_{b2}^5 - B_{a-b1} - B_{b1-b2} - B_{b2-b3} - t_{c1}^1 - t_{c1}^3]\} \\ &= \max\{[1 + 5 - 1 - 1 - 1], [1 + 1 + 1 + 5 - 1 - 1 - 1 - 3], [1 + 1 + \\ &\quad + 5 - 1 - 1 - 1 - 3 - 3]\} = \max\{2, 3\} = 3 \text{ 月} \\ B_{c1-c2} &= \max\{[t_a^1 + t_a^2 + t_{b2}^2 - B_{a-b1} - B_{b1-b2} - B_{b2-b3} - B_{b3-c1}], [t_a^1 + t_{b1}^4 + t_{b1}^1 \\ &\quad - B_{a-b1} - B_{b1-b2} - B_{b2-b3} - B_{b3-c1} - t_{c2}^2], [t_a^1 + t_a^2 + t_a^3 + t_{b3}^3 + t_{b3}^6 - B_{a-b1} - \\ &\quad B_{b1-b2} - B_{b2-b3} - B_{b3-c1} - t_{c2}^2 - t_{c2}^4]\} \\ &= \max\{[1 + 1 + 5 - 1 - 1 - 1 - 3], [1 + 5 + 5 - 1 - 1 - 1 - 3 - 3], [1 + 1 \\ &\quad + 1 + 5 + 5 - 1 - 1 - 1 - 3 - 3 - 3]\} \\ &= \max\{1, 2, 1\} = 2 \text{ 月} \end{aligned}$$

同理得  $B_{c2-d} = 4 \text{ 月}$

所以大流水施工总工期

$$\begin{aligned} T &= B_{a-b1} + B_{b1-b2} + B_{b2-b3} + B_{b3-c1} + B_{c1-c2} + B_{c2-d} \\ &\quad + t_d^1 + t_d^2 + t_d^3 + t_d^4 + t_d^5 + t_d^6 \\ &= 1 + 1 + 1 + 3 + 2 + 4 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 \\ &= 18 \text{ 月(满足工期要求)} \end{aligned}$$

以上计算方法看似较复杂，但有其规律性，可编制计算小程序，可迅速算出总工期。若计算出来的总工期满足工期要求，则可绘出水平图表，见图3-4。

(二) 用网络图表示专业队之间的大流水作业

用网络图特别是用时标网络表示专业队之间的大流水作业，逻辑严密、主次分明，便于组织和指挥施工。结合计算机能及时地作出成本及各种资源的分析，符合现代化管

理的要求。

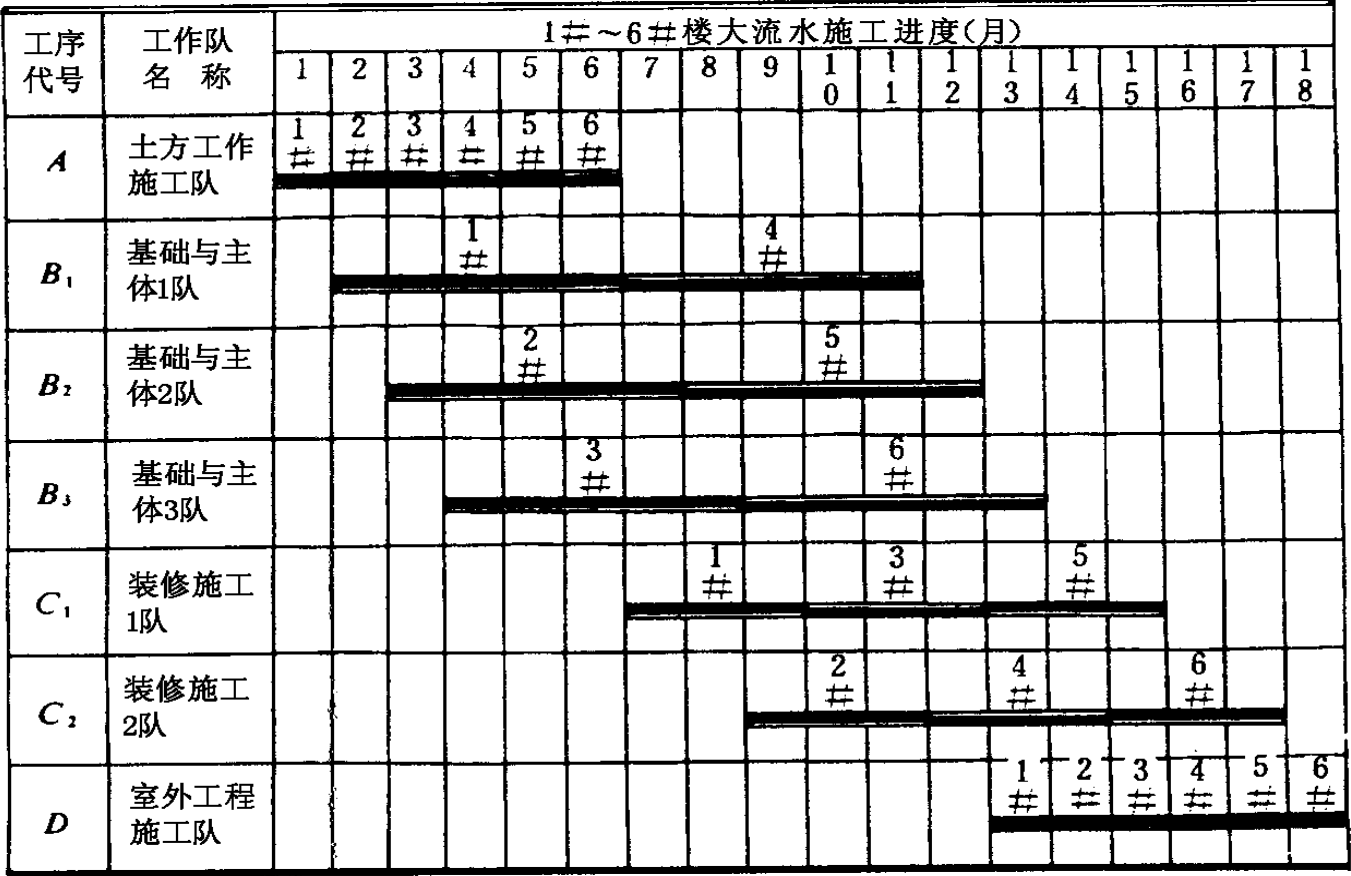


图3 -4

绘制专业之间的大流水作业时标网络，和绘制一般的时标网络一样。首先列出各子项目、各子项目的逻辑关系、各子项目的持续时间及相应消耗的资源。见表3 -8。然后将相关的数据输入计算机相应的程序中，绘制网络及相应的资源分析表，见图3 -5。

表3 -8 1 #—6 #楼大流水作业工序、持续时间、逻辑关系、投资情况一览表

工序代号	工序名称	持续时间（月）	紧前关系	投资（万元）	备注
A <sub>1</sub> -1	1 # 土方施工	1	/	20	
A <sub>1</sub> -2	2 # 土方施工	1	A <sub>1</sub> -1	20	
A <sub>1</sub> -3	3 # 土方施工	1	A <sub>1</sub> -2	20	
A <sub>1</sub> -4	4 # 土方施工	1	A <sub>1</sub> -3	20	
A <sub>1</sub> -5	5 # 土方施工	1	A <sub>1</sub> -4	20	
A <sub>1</sub> -6	6 # 土方施工	1	A <sub>1</sub> -5	20	
B <sub>1</sub> -1	1 # 基础与主体1 队	5	A <sub>1</sub> -1	100	
B <sub>2</sub> -2	2 # 基础与主体2 队	5	A <sub>1</sub> -2	100	
B <sub>3</sub> -3	3 # 基础与主体3 队	5	A <sub>1</sub> -3	100	
B <sub>1</sub> -4	4 # 基础与主体1 队	5	A <sub>1</sub> -4、B <sub>1</sub> -1	100	
B <sub>2</sub> -5	5 # 基础与主体2 队	5	A <sub>1</sub> -5、B <sub>2</sub> -2	100	
B <sub>3</sub> -6	6 # 基础与主体3 队	5	A <sub>1</sub> -6、B <sub>3</sub> -3	100	
C <sub>1</sub> -1	1 # 装修1 队	3	B <sub>1</sub> -1	60	



续表

工序代号	工序名称	持续时间 (月)	紧前关系	投资 (万元)	备注
C <sub>2</sub> -2	2 # 装修2 队	3	B <sub>2</sub> -2	60	
C <sub>1</sub> -3	3 # 装修1 队	3	B <sub>3</sub> -3、C <sub>1</sub> -1	60	
C <sub>2</sub> -4	4 # 装修2 队	3	B <sub>1</sub> -4、C <sub>2</sub> -2	60	
C <sub>1</sub> -5	5 # 装修1 队	3	B <sub>2</sub> -5、C <sub>1</sub> -3	60	
C <sub>1</sub> -6	6 # 装修2 队	3	B <sub>3</sub> -6、C <sub>2</sub> -4	60	
D <sub>1</sub> -1	1 # 室外工程施工	1	C <sub>1</sub> -1	20	
D <sub>1</sub> -2	2 # 室外工程施工	1	C2 -2、D <sub>1</sub> -1	20	
D <sub>1</sub> -3	3 # 室外工程施工	1	C1 -3、D <sub>1</sub> -2	20	
D <sub>1</sub> -4	4 # 室外工程施工	1	C2 -4、D <sub>1</sub> -3	20	
D <sub>1</sub> -5	5 # 室外工程施工	1	C1 -5、D <sub>1</sub> -4	20	
D <sub>1</sub> -6	6 # 室外工程施工	1	C <sub>2</sub> -6、D <sub>1</sub> -5	20	

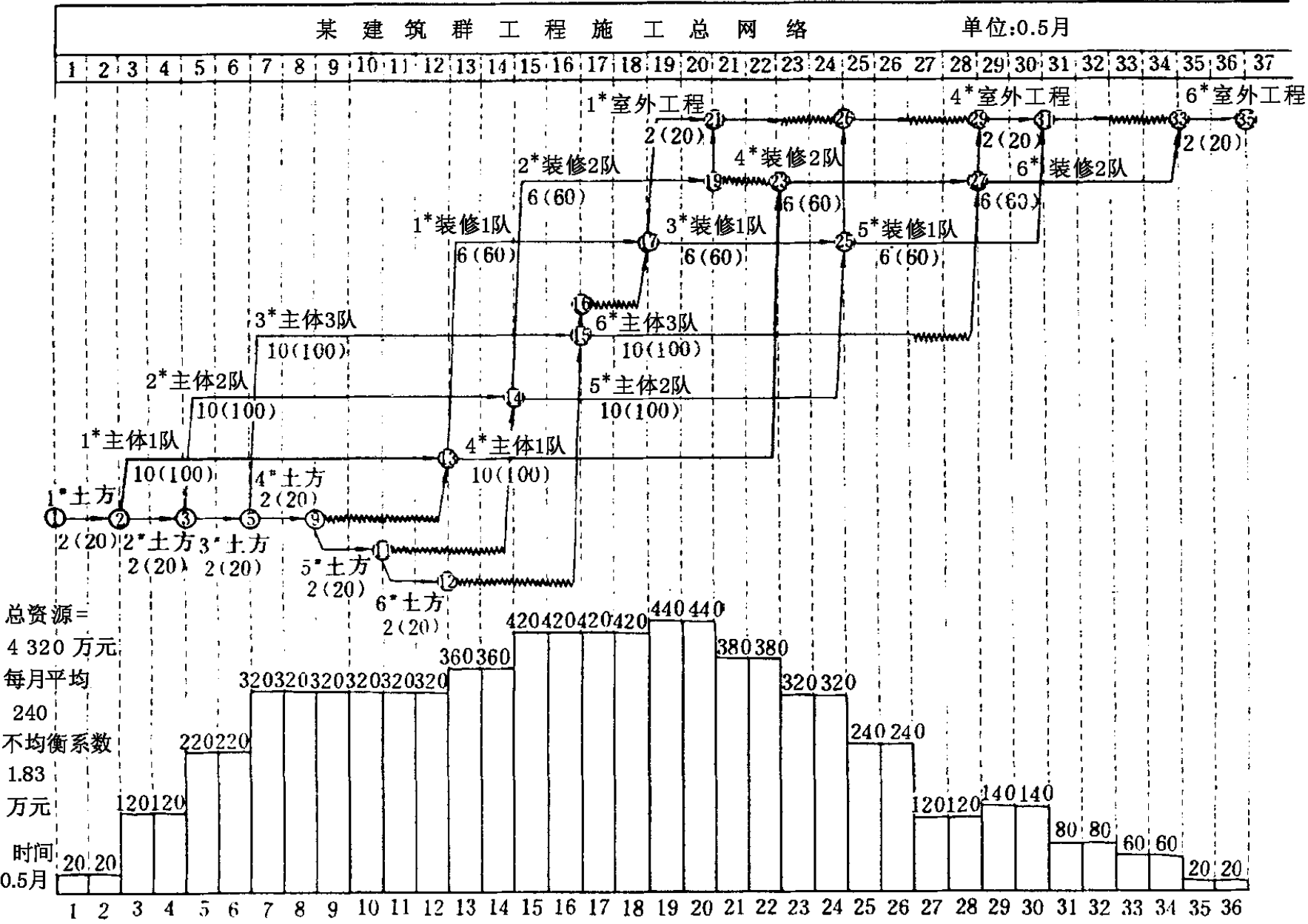


图3 -5 某建筑群工程大流水施工总网络及各月资金投入分布曲线

注：箭杆下数字表示某队在某分部的持续时间，括号内数字表示该分部工程的工程成本。

## 第四节 大型临时设施工程

### 一、建筑工地临时仓库的设置

设置的临时仓库，主要是为了确保工程顺利地进行而存储建设用的各种材料。在保证工程顺利进行的基础上，应尽可能使存储的材料最小，存储期最短，装卸和转运费最省。这样不仅可以减少临时投入的资金，又可以节约周转资金和各种保管费用等。建筑工地上的临时仓库按材料的保管方法不同，一般可分为以下几种：

(1) 露天仓库。露天仓库用于堆放不因自然气候影响而损坏的材料。例如石料、砖瓦、圆木、混凝土构件等的堆场。

(2) 库棚。库棚用于储存防止雨雪、阳光直接侵蚀的材料。例如堆放油毛毡、镶面陶瓷砖、细木作零件和沥青等的仓库。

(3) 封闭式仓库。封闭式仓库用于储存防止大气侵蚀而发生变质的建筑物品、贵重材料以及细巧容易损坏或散失的材料。例如储存水泥、石膏、五金零件、贵重设备、器具和工具等的仓库。

建筑工地临时仓库，应尽量利用永久建筑物，或合适的已有的建筑物，或采用便于装拆的工具式仓库，以减少修建临时设施的费用。在设计临时仓库时，也要遵守保安防火的规定和满足有关要求。

建筑工地临时仓库的设置一般有下列内容：

- (1) 确定各类临时仓库的仓储量；
- (2) 确定仓库的类型及仓库的面积；
- (3) 选择仓库位置；
- (4) 编制仓库的构造图。

#### (一) 建筑材料储备量的确定

建筑工地仓库中材料储备量的数量，一方面应保证工程施工不至于中断，另一方面也要避免储备量过大造成材料积压，扩大仓库面积而增加大临投资，影响流动资金的周转。因此，应该结合具体情况，确定最适宜的材料储备量。

对于经常或连续使用的材料，如砂、石、砖、瓦、水泥、钢材、沥青、卷材和玻璃等，可按储备期来计算：

$$P = t_h (q_1 \times k_2) \text{ t}$$

式中 P ——材料的储备量 (m<sup>3</sup> 或t 等) ；

t<sub>h</sub> ——材料储备期定额 (根据经验、施工条件或参考有关施工手册来决定) ；

q<sub>1</sub> ——材料、半成品等总的需要量 ；

t ——有关施工项目的施工总工作日 ；

k<sub>2</sub> ——材料使用的不均衡系数，根据施工总进度计划确定 (k<sub>2</sub> = 最高峰日需要量/日平均需要量)。

对于露天堆放经常使用且量大的材料如砂、石、砖、预制构件等，在供应和运输得到保障的情况下，尽量减少储备量。在场地比较小的情况下，可根据施工场地可堆放的面积，参照表3 -9 计算可储备的用量。

表3 -9 仓库面积计算数据参考资料

项次	材料名称	单位	每平方米储存量	堆放高度 (m )	仓库类型
1	钢材	t	1 5	1 .0	库
2	工字钢	t	0 8 ~0 9	1 .5	库
3	角钢	t	1 2 ~1 8	1 2	库
4	钢筋 (直条)	t	1 8 ~2 4	1 2	库
5	钢筋 (盘条)	t	0 8 ~1 2	1 .0	库
6	钢板	t	2 4 ~2 7	1 .0	库
7	钢管200 以上	t	0 5 ~0 6	1 2	库
8	钢管200 以下	t	0 7 ~1 0	2 .0	库
9	铸铁管	t	0 6 ~0 8	1 2	露天或棚
10	暖气片	t	0 5	1 .5	库
11	水暖零件	t	0 7	1 .4	库
12	五金	t	1 0	2 2	库
13	钢丝绳	t	0 7	1 .0	库或棚
14	电线电缆	t	0 3	2 .0	库或棚
15	木材	m <sup>3</sup>	0 8	2 .0	露天
16	元木	m <sup>3</sup>	0 9	2 .0	露天
17	板材	m <sup>3</sup>	0 7	3 .0	露天
18	枕木	m <sup>3</sup>	1 0	2 .0	露天
19	夹板条	万根	0 5	3 .0	露天
20	水泥	t	1 4	1 .5	库

续表

项次	材料名称	单位	每平方米储存量	堆放高度 (m )	仓库类型
21	生石灰 (块)	t	1 ~1.5	1.5	棚
22	石膏	t	1.2 ~1.7	2.0	棚
23	砂、石	m <sup>3</sup>	1.2	1.5	露天
24	块石	m <sup>3</sup>	1.04	1.2	露天
25	红砖	块	500	1.5	露天
26	耐火砖	t	2.5	1.8	露天
27	瓦	块	250	1.5	露天
28	石棉瓦	张	25	1.0	露天
29	水泥管、陶土管	t	9.5	1.5	露天
30	玻璃	箱	6 ~10	0.8	棚或库
31	卷材	卷	15 ~24	2.0	库
32	沥青	t	0.8	1.2	露天
33	润滑油	t	0.3	0.9	库
34	电石	t	0.3	1.2	库
35	炸药	t	0.7	1.0	库
36	雷管	t	0.7	1.0	库
37	煤	t	1.4	1.5	露天
38	钢筋混凝土板	m <sup>3</sup>	0.14 ~0.24	2.0	露天
39	钢筋混凝土柱梁	m <sup>3</sup>	0.12 ~0.18	1.2	露天
40	钢筋管架	t	0.12 ~0.18	/	露天
41	金属结构	t	0.16 ~0.24	/	露天
42	铁皮	t	0.9 ~1.5	1.5	露天或棚
43	钢门窗	t	0.65	2	棚
44	木屋架	m <sup>3</sup>	0.3	/	露天
45	模板	m <sup>3</sup>	0.7	/	露天
46	大型砌块	m <sup>3</sup>	0.9	1.5	露天
47	轻质混凝土制品	m <sup>3</sup>	1.1	2	露天
48	水、电、卫设备	t	0.35	1	棚库各5
49	工艺设备	t	0.6 ~0.8	/	露天各占半
50	劳保用品	件	250	2	库

对于用量少，不经常使用能长期储存的材料，可按需用量计算储备量，或以年度需用量的百分比来储备。

(二) 仓库面积的确定

确定仓库面积时，必须将有效面积和辅助面积同时加以考虑。所谓有效面积，是材料本身占用的净面积，它是根据每平方米的存放定额来决定的。参见表3 -9 仓库面积计算数据参考资料；表3 -10 按系数计算仓库面积表；表3 -11 行政、生活、福利临时建筑物面积参考指标；表3 -12 临时加工厂面积参考表；表3 -13 作业棚面积参考表。所谓辅助面积是考虑仓库所有走道用以装卸作业所必需的面积。仓库的面积一般可按下列公式计算：

$$F = P / (q \times k_1)$$

式中 F ——仓库面积 (m<sup>2</sup>) ；  
P ——仓库应贮存的材料储备量 ；  
q ——仓库每平方米面积内能贮放的材料、半成品的数量 ；  
k<sub>1</sub> ——估计到人行道的车道所占面积的仓库面积利用系数。

仓库面积也可按表3 -10 ，由下式确定：

$$F = \quad \times n$$

式中 F ——仓库总面积 ；  
——指数 (m<sup>2</sup> /人 , m<sup>2</sup> /万元等) ；  
n ——基数 (生产工人数 , 全年计划工作量等)。

表3 -10 按系数计算仓库面积表

项次	名称	计算基础数M	单位	系数
1	仓库 (综合)	按工地全员	m <sup>2</sup> /人	0.7 ~0.8
2	水泥库	当年水泥用量的40 % ~50 %	m <sup>2</sup> /t	0.7
3	其它仓库	按当年工作量	m <sup>2</sup> /万元	2 ~3
4	五金杂品库	按当年建安工作量计算时	m <sup>2</sup> /万元	0.2 ~0.3
		按在建建筑面积计算时	m <sup>2</sup> /100m <sup>2</sup>	0.5 ~1
5	土建工具库	按高峰年 (季) 平均人数	m <sup>2</sup> /人	0.10 ~0.20
6	水暖器材库	按年在建建筑面积	m <sup>2</sup> /100m <sup>2</sup>	0.2 ~0.4
7	电器材库	按年在建建筑面积	m <sup>2</sup> /100m <sup>2</sup>	0.3 ~0.5
8	化工油漆危险品仓库	按年建安工作量	m <sup>2</sup> /万元	0.1 ~0.15
9	三大工具堆材 (脚 手、跳 板、模 板)	按在建建筑面积	m <sup>2</sup> /100m <sup>2</sup>	1 ~2
		按年建安工作量	m <sup>2</sup> /100m <sup>2</sup>	0.5 ~1

表3 -11 行政、生活、福利临时建筑物面积参考指标

项次	临时房屋名称	单位	面积	项次	临时房屋名称	单位	面积
1	办公室	m <sup>2</sup> /人	3 ~4	11	理发	m <sup>2</sup> /人	0.01 ~0.03
2	宿舍	m <sup>2</sup> /人	2.5 ~3.5	12	浴室兼理发	m <sup>2</sup> /人	0.08 ~0.1
3	单层通铺	m <sup>2</sup> /人	2.5 ~3	13	俱乐部	m <sup>2</sup> /人	0.1
4	双层床	m <sup>2</sup> /人	2.0 ~2.5	14	小卖部	m <sup>2</sup> /人	0.03
5	单层床	m <sup>2</sup> /人	3.5 ~4	15	招待所	m <sup>2</sup> /人	0.06
6	家属宿舍	m <sup>2</sup> /户	16 ~25	16	托儿所	m <sup>2</sup> /人	0.03 ~0.06
7	食堂	m <sup>2</sup> /人	0.5 ~0.8	17	子弟学校	m <sup>2</sup> /人	0.06 ~0.08
7	食堂	m <sup>2</sup> /人	0.5 ~0.8	17	子弟学校	m <sup>2</sup> /人	0.06 ~0.08
8	其它合计	m <sup>2</sup> /人	0.5 ~0.6	18	其它公用	m <sup>2</sup> /人	0.05 ~0.01
9	医务室	m <sup>2</sup> /人	0.05 ~0.07	19	开水房	m <sup>2</sup> /人	10 ~40m <sup>2</sup>
10	浴室	m <sup>2</sup> /人	0.07 ~0.1				

表3 -12 临时加工厂面积参考表

① 木材加工厂		② 钢筋加工厂	
生产总量 (m <sup>3</sup> )	厂房面积 (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	加工总数 (t)	厂房面积 (m <sup>2</sup> /t)
200 以下	0.35 ~0.45	100 以下	0.8 ~1.2
200 ~500	0.3 ~0.35	100 ~300	0.5 ~0.8
500 ~1 000	0.25 ~0.30	300 ~1 000	0.4 ~0.5
1 000 ~2 000	0.20 ~0.25	1 000 ~2 000	0.3 ~0.4
2 000 以上	0.18 ~0.20	2 000 以上	0.2 ~0.3
③ 混凝土搅拌厂		④ 混凝土预制构件厂	
拌和总量 (m <sup>3</sup> )	厂房面积 (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	预制构件总量 (m <sup>3</sup> )	厂房面积 (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )
1 000 以下	0.03 ~0.035	1 000 以下	0.25 ~0.3
1 000 ~2 000	0.025 ~0.03	1 000 ~2 000	0.20 ~0.25
2 000 ~4 000	0.02 ~0.025	2 000 ~3 000	0.15 ~0.20
4 000 ~6 000	0.01 ~0.02	3 000 ~5 000	0.125 ~0.15
6000 以上	0.01 ~0.016	5 000 以上	0.10 ~0.125

表3 -13 作业棚面积参考表

项次	名称	单位	面积 (m <sup>2</sup> )	备注
1	木工作业棚	m <sup>2</sup> /人	2	占地为前数3 ~4 倍
2	电锯房	m <sup>2</sup>	80	1 台863 6 ~914 4mm 圆锯
3	电锯房	m <sup>2</sup>	40	小圆锯1 台
4	修锯间	m <sup>2</sup>	20	
5	钢筋作业棚	m <sup>2</sup> /人	3	占地为前数3 ~4 倍
6	混凝土搅拌棚	m <sup>2</sup> /台	10 ~18	400L
7	卷扬机棚	m <sup>2</sup> /台	6 ~10	100t
8	锅炉房	m <sup>2</sup>	30 ~40	铁工
9	焊工房	m <sup>2</sup>	20 ~40	
10	电工房	m <sup>2</sup>	15	
11	白铁工房	m <sup>2</sup>	20	
12	油漆工房	m <sup>2</sup>	20	
13	机钳修理	m <sup>2</sup>	20	
14	立式锅炉房	m <sup>2</sup> /台	5 ~10	
15	发电机房	m <sup>2</sup> /kW	0 2 ~0 3	
16	水泵	m <sup>2</sup> /台	3 ~8	
17	移动式空压机	m <sup>2</sup> /台	18 ~30	以6m <sup>3</sup> /min 或9m <sup>3</sup> /min 为例
18	固定式空压机	m <sup>2</sup> /台	9 ~15	以10m <sup>3</sup> /min 或20m <sup>3</sup> /min 为例

在设计仓库时，应考虑材料的外形大小及仓库放入设备后加以确定其平面、剖面图。必要时，应在平面图、剖面图上绘出货架的大小，过道的宽度、物件验收、物件分类用地的大小等。计算仓库中主要通道的宽度，应以仓库的运输工具（手推车、小型货车、装卸车等）能自由进出为度。

（三）仓库位置的确定

根据材料的性质和储存量的大小，可以决定仓库的面积。一般中、小型施工场地对同类材料，可设置1 处仓库。如果施工场地较大，且运输量较大时可设置2 处或2 处以上的仓库。但仓库过多可能带来临时设施费的增加，当这些费用增加超过多设仓库带来的运输量减少而节约的工程成本，可适当地减少仓库的设置。仓库位置的确定与仓库个数的确定要同时考虑，要提供多个可行的方案，最后确定一个既方便施工，又能节省工程成本的最佳方案。仓库位置的确定应设置在使全场运输量最少的地方。仓库位置确定的步骤如下：

- 1．按比例绘制全场平面图，框出各单位工程项目的位置，定出主要的纵横运输干

道。按最近原则，对于各个单位工程的同类材料，将运输量折算在最近的运输干线上。见图3 -6。将纵横干道的交点设定为可能设置仓库的位置，然后分别计算各点的若设库时的货运量。取货运量最小者为最佳的仓库设点位置。如图3 -6 是某工地有1 ~8 # 单位工程的建设项目。其装饰材料的用量分别如图所示，计算其最佳仓库设点位置。

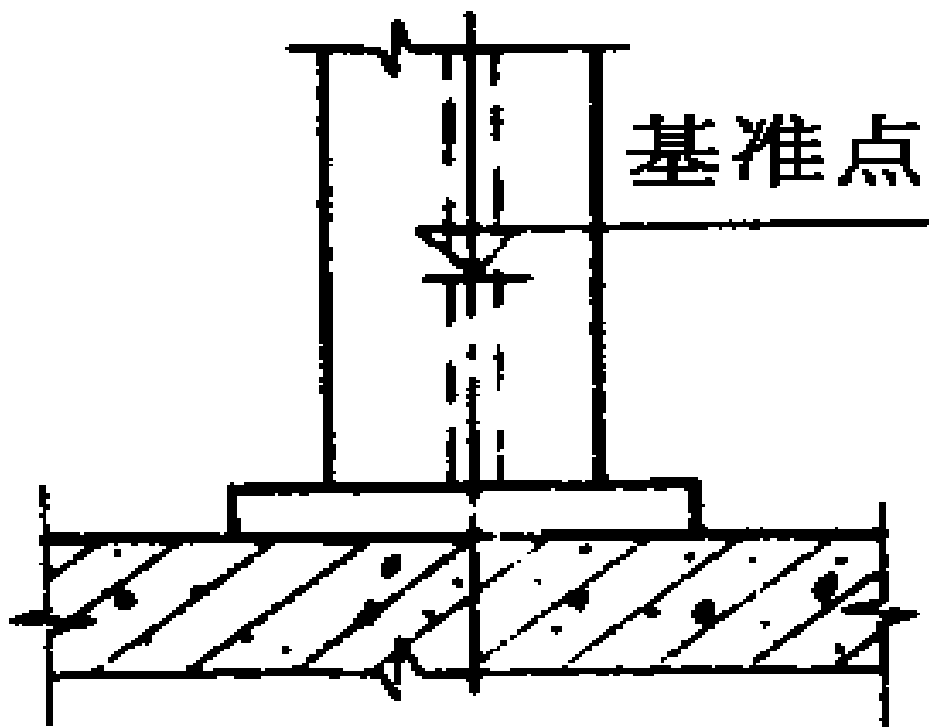


图3 -6 某工地装饰材料使用分布图

根据最近原则，将1 #、2 #、3 #、4 #、5 # 工程的货运量折算为 (1 )、(2 )、(3 )、(4 ) 点的货运量，将5 #、6 # 工程的货运量折算为 (5 )、(6 ) 点或 (2 )、(3 ) 点的货运量。将7 #、8 # 工程的货运量折算为 (5 ) 点、(8 ) 点的货运量。

2 . 初步选择设点位置，计算各设点的最小货运量

根据平面图上分析，较好的仓库设点位置为A、B、C、D 四点，分别计算其可能的货运量。仓库设点位置的总货运量等于各折算点的货运量之和再加上仓库中心至各折算点的货运量之和，则

A 点设库的最小货运量 =1200 ×60 +1200 ×10 +500 ×50 +500 ×170 +500 ×50 +500 ×170 +500 ×50 +500 ×290 +500 ×2 × (50 +60 ) +500 ×2 × (50 +180 ) =814000t ·m

B 点设库的最小货运量 =1200 × (60 +120 ) +500 × (50 ×5 +60 ×2 +60 +60 ×2 +180 ×2 +170 +290 ) =901000t ·m

C 点设库的最小货运量 =1200 ×180 +500 × (50 ×5 +60 ×2 +180 +60 ×2 ×2 +170 ×2 ) =781 000 t ·m

D 点设库的最小货运量 =1200 ×70 +500 × (50 ×7 +60 ×4 +170 ×2 +290 ) =694000t ·m

根据计算D 点设库的货运量最少，所以选择D 点作为最优的设库位置。



二、建筑工地物流与运输方式的确定以及临时道路的设置

(一) 建筑工地物流量的确定

建筑工地物流主要由场外物料的流入，场内物料的流出等组成。流入的物料有施工需用的建筑材料、半成品和构件。如填土土方、砂、石、砖、瓦、石灰、水泥、钢材、木材、混凝土拌合物、金属构件、钢筋混凝土构件、木制品等等。这些物料通常约占建筑工程总货运量的75 % ~80 %。对选择运输方式、决定运输工具及设置运输道路起决定作用。流出的物料主要由运出的弃土土方、建筑废料及生活废料等等。

根据主要建筑材料、半成品及构件需要量综合一览表，可以确定年度货运量。利用下式可以计算出每昼夜货运量。

$$h_d = h \times k / t$$

- 式中  $h_d$  ——每昼夜的货运量；
- $h$  ——建筑材料、半成品及构件等的总运输量；
- $t$  ——相关施工项目的施工总工作日；
- $k$  ——运输工作的不均衡系数，对于铁路运输可取1.5，汽车运输可取1.2，马车运输可取1.3，拖拉机运输可取1.1，对于设备搬运可取1.5 ~1.8。

上述货运量应分别组成货流，并分别确定各种货物的收发地点，填入表3 -14 货流汇总表。

表3 -14 货物运输量分配汇总表

项 次	工程货  物名称	货物等级	单 位	货物运输量			装卸货地点		运输量分配						备 注
				数 量	单位重吨	总重吨	装货站	卸货站	场外运输			场内运输			
									汽车吨	运距公里	× × × ×	汽车吨	运距公里	× × × ×	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

(二) 运输方式的选择及运输工具需用量的计算

运输方式的确定，必须充分考虑到各种影响因素。例如材料的性质，运输量的大小，运输的距离及期限。在保证完成任务的条件下，通过采用不同的运输方式的运输成本的比较，选择最合适的运输方式。

一般运输方式可采用水路运输、铁路运输、汽车运输、人工运输等。

运输的方式确定以后，就可以计算运输工具的需用量。在一定的时间内（工作班内）所需的运输工具数量可以采用下式求得：

$$n = n_d / (c \times b \times k)$$

- 式中  $n$  ——运输工具的数量；
- $n_d$  ——每昼夜的货运量；
- $c$  ——运输工具的台班产量；
- $b$  ——每昼夜的工作班数；
- $k$  ——运输工具使用不均衡系数（包括修理停歇等时间），对于1.5~2t 汽车运输可取 $k = 0.6 \sim 0.65$ ，对于3~5t 汽车运输可取 $k = 0.7 \sim 0.8$ 。

（三）场内临时道路的设置

设场内的临时道路，主要使场内运输通畅，保证工程进度按期完成。道路的设置可按下列原则进行：

- （1）尽量利用永久性道路，在施工前可先期筑成（或筑成基本路面），减少临时设施费用。
- （2）场地较大时，临时道路要筑成环形或纵横交错型。该方案适用于多工种多单位联合施工。
- （3）道路的设置要满足工地消防的要求。车道宽度不小于3.5m，并要通畅。端头道路要设置12×12m 的回车场。
- 临时简易道路的技术要求、最小的弯曲半径及路面种类和厚度参见表3-15、表3-16、表3-17。

表3-15 简易公路技术要求表

指 标 名 称	单 位	技 术 要 求
设计车速	km/h	20
路基宽度	m	双车道6~6.5；单车道4.4~5；困难地段3.5
路面宽度	m	双车道5~5.5；单车道3~3.5
平面曲线最小半径	m	平原、丘陵地区20；山区15；回头弯道12
最大纵坡	%	平原地区6；丘陵地区8；山区9
纵坡最短长度	m	平原地区100；山区50
桥面宽度	m	木桥4~4.5
桥涵载重等级	t	木桥涵7.8~10.4（汽-6~汽-8）

表3 -16 各类车辆要求路面最小允许半径

车辆类型	路面内侧最小曲线半径（m）			备注
	无拖车	有一辆拖车	有两辆拖车	
小客车、三轮车	6	/	/	
一般二轴载重汽车：单车道	9	12	15	
一般二轴载重汽车：双车道	7	/	/	
三轴载重汽车、重型载重汽车、公共汽车	12	15	18	
超重型载重汽车	15	18	21	

表3 -17 临时道路路面种类和厚度

路面种类	特点及其使用条件	路基土	路面厚度（m）	材料配合比
级配砾石路面	雨天照常通车，可通行较多车辆，但材料级配要求严格	砂质土	10 ~15	体积比 粘土 砂 石五 =1 0 7 3 5 重量比 面层：粘土 13 % ~15 %，砂石料85 % ~87 % 底层：粘土 10 %，砂石混合料 90 %
		粘质土或黄土	14 ~18	
碎（砾）石路面	雨天照常通车，碎（砾）石本身含土较多，不加砂	砂质土	10 ~18	碎（砾）石 >65 %，当地土壤含量 35 %
		砂质土或黄土	15 ~20	
碎砖路面	可维持雨天通车，通行车辆较少	砂质土	13 ~15	垫层：砂或炉渣4 ~5cm 底层：7 ~10cm 碎砖 面层：2 ~5cm 碎砖
		粘质土或黄土	15 ~18	
炉渣或矿渣路面	可维持雨天通车，通行车辆较少，当附近有此项材料可利用时	一般土	10 ~15	炉渣或矿渣75 %，当地土25 %
		较松软时	15 ~30	
砂土路面	雨天停车，通行车辆较少，附近不产石料而只有砂时		15 ~20	粗砂 50 %，细砂/粉砂和粘土 50 %
			15 ~30	
风化石屑路面	雨天不通车，通行车辆较少，附近有石屑可利用	一般土	10 ~15	石屑90 %，粘土10 %
石灰土路面	雨天停车，通行车辆较少，附近产石灰时	一般土	10 ~13	石灰10 %，当地土90 %

三、建筑工地临时供水供电

（一）建筑工地临时供水设计

建筑工地临时供水的设计，一般包括以下几个内容：(1) 决定需水量；(2) 选择水源；(3) 设计配水管网（必要时还要设计取水、净水和储水的构筑物）。

1 . 建筑工地临时需水量的计算

建筑工地的用水包括生产、生活和消防用水3 方面。

(1 ) 生产用水 (Q<sub>1</sub>)：是指现场施工用水、建筑机械、运输机械和动力设备用水，以及生产企业用水等。

一般施工用水量

$$q_1 = (1.1 \times Q_1 N_1 K_1) / (T \times 8 \times 3600)$$

式中 q<sub>1</sub> ——施工用水量 (L/s)；  
Q<sub>1</sub> ——最大年度（或季度、月度）工程量，可由总进度计划及主要工程工程量中求得；  
N<sub>1</sub> ——各项工种工程的施工用水定额（见表3 -18）；  
K<sub>1</sub> ——每班用水不均衡系数（见表3 -19）；  
T ——与Q<sub>1</sub> 相应的工作延续时间（天数）按每天一班计；  
1.1 ——未考虑到的用水量修正系数。

2 ) 施工机械用水量

$$q_2 = 1.1 \times Q_2 \cdot N_2 \cdot K_2 / (8 \times 3600)$$

式中 q<sub>2</sub> ——施工机械用水量 (L/s)；  
Q<sub>2</sub> ——用一种机械的台数；  
N<sub>2</sub> ——施工机械台班用水定额（表3 -20）；  
K<sub>2</sub> ——施工机械用水不均衡系数（表3 -19）；  
1.1 ——未考虑到的用水修正系数。

表3 -18 施工用水定额

序 号	用水对象	单 位	耗水量 (L)	备 注
1	灌筑混凝土全部用水	m <sup>3</sup>	1 700 ~2 400	
2	搅拌普通混凝土	m <sup>3</sup>	250	实测数据
3	搅拌轻质混凝土	m <sup>3</sup>	300 ~350	
4	搅拌泡沫混凝土	m <sup>3</sup>	300 ~400	
5	搅拌热混凝土	m <sup>3</sup>	300 ~350	
6	混凝土养护（自然养护）	m <sup>3</sup>	200 ~400	
7	混凝土养护（蒸汽养护）	m <sup>3</sup>	500 ~700	
8	冲洗模板	m <sup>3</sup>	5	
9	清洗搅拌机	台班	600	
10	人工冲洗石子	m <sup>3</sup>	1 000	实测数据

续表

序 号	用水对象	单 位	耗水量 (L )	备 注
11	机械冲洗石子	m <sup>3</sup>	600	
12	洗砂	m <sup>3</sup>	1 000	
13	砌砖工程全部用水	m <sup>3</sup>	150 ~250	
14	砌石工程全部用水	m <sup>3</sup>	50 ~80	
15	粉刷工程全部用水	m <sup>3</sup>	30	
16	砌耐火砖砌体	m <sup>3</sup>	100 ~150	包括砂浆搅拌
17	浇砖	万块	2 000 ~2 500	
18	浇硅酸盐砌块	m <sup>3</sup>	300 ~350	
19	抹面	m <sup>3</sup>	4 ~6	
20	楼地面	m <sup>3</sup>	190	不包括调制用水，找平层同
21	搅拌砂浆	m <sup>3</sup>	300	
22	石灰消化	t	3 000	

表3 -19 用水不均衡系数

序号	K 值	用 水 对 象	系 数
1	K <sub>1</sub>	施工工程用水	1.5
2	K <sub>1</sub>	附属生产企业	1.25
3	K <sub>2</sub>	施工机械运输机具	2.0
4	K <sub>2</sub>	动力设备用水	1.05 ~1.1
5	K <sub>3</sub>	工地生活用水	1.3 ~1.5
6	K <sub>3</sub>	居住区生活用水	2.0 ~2.5

表3 -20 机械用水定额

序号	用 水 对 象	单 位	耗 水 量N <sub>2</sub> (L )	备 注
1	内燃挖土机	m <sup>3</sup> ·台班	200 ~300	以斗容量立方米计
2	内燃起重机	铲台班	15 ~18	以起重计
3	蒸汽起重机	t·台班	100 ~400	以起重计
4	蒸汽打桩机	t·台班	1 000 ~1 200	以锤重计
5	蒸汽压路机	t·台班	100 ~150	以压路机计
6	内燃压路机	铲台班	12 ~15	以压路机计
7	拖拉机	台·昼夜	200 ~300	
8	汽车	台·昼夜	400 ~700	
9	标准轨蒸汽机车	台·昼夜	10 000 ~20 000	

续表				
序号	用水对象	单位	耗水量N <sub>2</sub> (L)	备注
10	窄轨蒸汽机车	台·昼夜	4 000 ~7 000	
11	空气压缩机	m <sup>3</sup> /分台班	40 ~80	以压缩空气立方米份计 (实测数据)
12	内燃机动力装置 (直流水)	kW·台班	88 26 ~220 65	
13	内燃机动力装置 (循环水)	kW·台班	18 39 ~29 42	
14	锅驼机	kW·台班	58 84 ~117 68	不利用凝结水
15	锅炉	t·h	1 000	以小时蒸发量计
16	锅炉	m <sup>2</sup> ·h	15 ~30	以受热面积计
17	点焊机25 型	h	100	实测数据
	50 型	h	150 ~200	实测数据
	75 型	h	250 ~350	实测数据
18	对焊机	h	300	
19	冷拔机	h	300	
20	凿岩机D1 -30 (CM -5 -6)	min	3	
	01 -45 (TII -4)	min	5	
	01 -33 (KIIIM -4)	min	8	
	YQ -100	min	8 ~12	

③) 生活用水量

施工现场的生活用水量

$$q_3^1=1.1 \times P_1 \times N_3^1 \times K_3 / (b \times 8 \times 3600)$$

式中 K<sub>3</sub> ——施工现场生活用水不均衡系数 (表3 -19) ；

q<sub>3</sub><sup>1</sup> ——施工现场生活用水量 (L/s) ；

P<sub>1</sub> ——施工现场高峰人数 ；

N<sub>3</sub><sup>1</sup> ——施工现场生活用水定额 (一般为20 ~60L /人·班 ，主要视当时气候而定) ；

b ——每天工作班数。

生活区生活用水量按下式计算：

$$q_3^2=1.1 \times P \times N_3^2 \times K_3 / (24 \times 3600)$$

式中 q<sub>3</sub><sup>2</sup> ——生活区生活用水量 (L/s) ；

P ——生活区居民人数 ；

N<sub>3</sub><sup>2</sup> ——生活区生活用水定额 (表3 -21) ；

K<sub>3</sub> ——生活区用水不均衡系数 (表3 -19) ；

生活总用量为

$$q_3=q_3^1+q_3^2$$

表3 -21 生活用水定额

序号	用水对象	单位	耗水量N (L)	备注
1	全部生活用水	人、日	100 ~120	实测数据
2	生活用水盥洗饮用	人、日	25 ~30	开水5L 盥洗汽热水20 ~30L
3	食堂	人、日	15 ~20	
4	浴室（淋浴）	人、次	50	实测数据
5	淋浴带大池	人、次	50 ~60	实测数据
6	洗衣	人	30 ~35	实测数据
7	理发室	人、次	15	实测数据
8	小学校	人	12 ~15	
9	幼儿园托儿所	人	75 -90	
10	医院	人	100 ~150	

④）消防用水量（q<sub>4</sub>）参见表3 -22。

表3 -22 消防用水定额

序号	用水对象	火灾同时发生次数	单位	耗水量
一	居住区消防用水			
1	5 000 人以内	一次	L /s	10
2	10 000 人以内	二次	L /s	10 ~15
3	25 000 人以内	二次	L /s	15 ~20
二	施工现场消防用水			
1	施工现场在25ha 以内	二次	L /s	10 ~15
2	每增加25ha 递增	5		

⑤）总用水量计算

建筑工程总用水量的并非等于生产、生活及消防三者用水之和，因为这三者的耗水在不同的时间发生，因此，在保证及时消灭火灾所应有的最小用水量的条件下，应分别按下列情况进行组合，取其较大值为计算依据。

当  $q_1 + q_2 + q_3 \leq q_4$  时， $Q = q_4 + 0.5 (q_1 + q_2 + q_3)$

当  $q_1 + q_2 + q_3 > q_4$  时， $Q = q_1 + q_2 + q_3$ ，且  $Q > q_4 + 0.5 (q_1 + q_2 + q_3)$

当工地面积小于5ha，而且 $q_1 + q_2 + q_3 < q_4$  时， $Q = q_4$

最后计算出来的总供水量应当增加10 %，以考虑管网漏水的损失。

2．水源的选择

临时供水的水源，可用已有的给水管道，地下水（井水、泉水）及地面水（江、

河、湖、池）等3 种水源。

选择水源时需注意如下问题：

①）水量的问题

水量要能满足最大用水量的需要。

②）水质问题

对于饮用水，应符合卫生要求。对施工用水，侵蚀性物质的含量有一定的限制，如搅拌混凝土及灰浆用的水，二氧化碳含量不得大于5mg/L，硫酸盐含量不得大于800mg/L。

③）河水作水源时，应注意最高水位与最低水位的变化，上游排污是否超标。

地下水较地面水清洁，可以直接用作生活用水，取水构筑物较简单，选择水源时，应尽量利用地下水。

3．配水管网的布置

配水管网布置的原则是在保证不间断供水的原则下，管道铺设越短越好，同时还应考虑在施工期间各段管网具有移动的可能性。一般可按树枝状管网布置。临时水管铺设在冰冻线以下，明管应加保温，通过道路部分，应考虑地面上重型机械荷载对埋设管的影响。

4．管径的选择

$$d = \sqrt[3]{4Q / (3.14 \times V \times 1000)}$$

式中 d ——配水管直径（m）；  
Q ——用水量（L/s）；  
V ——管网中水流速度（m/s）。  
临时水管经济流速可参见表3 -23。

表3 -23 临时水管经济流速

序号	管道名称	流速（m/s）	
		正常时间	消防时间
1	支管D <100mm	2	
2	生产消防管道D =100 ~200mm	1.3	>3.0
3	生产消防管道D >300mm	1.5 ~1.7	2.5
4	生产用水管道D >300mm	1.5 ~2.5	3.0



(二) 建筑工地临时供电计算

临时供电业务主要包括：用电量计算，电源选择，变压器的确定，导线截面计算和配电线路的布置。

1．用电量计算

建筑工地临时供电，主要包括施工用电及照明用电两方面。

(1) 施工用电

民用建筑的施工用电主要指土建用电，工业建筑用电则还包括设备安装和部分设备试运转用电。

施工用电按下式计算：

$$P_C = K_1 \quad P_1 + \quad P_2$$

式  $P_C$  ——施工用电量 (kW) ；

$K$  ——设备同时使用系数，当电动机在10 台以下时， $K_1 =0.75$ ，10 ~30 台时， $K_1 =0.7$ ，30 台以上时， $K_1 =0.60$  ；

$P_1$  ——各机械设备的用电量 (kW)，以整个施工阶段的最大负荷为准，根据施工进度计划算出同时用电的机械设备最高数量，乘以相应机械设备电动机的功率（如表3 -24）而得；

$P_2$  ——直接用于施工的用电量 (kW)，如大型混凝土浇筑的表面同温加热需要用电等。

表3 -24 施工机械用电定额参考资料

序号	机械名称	型号	功率 (kW )	序号	机械名称	型号	功率 (kW )
1	单斗挖土机	W 1 -50	55	26	灰浆泵	HB8	7
2	单斗挖土机	W 1 -100	100	27	灰浆泵	HP -013	1.1
3	单斗挖土机	W -4	250	28	水泥喷枪	80L	2.8
4	单斗挖土机	W K -8	250	29	混凝土喷射机	HP1 -4	3
5	步行式挖土机	W B -4 -4	425	30	混凝土喷射机	HP1 -5	5.5
6	隧洞挖掘机	W S -100	55	31	混凝土喷射机	HP2 -5	7.5
7	蟹斗挖土机	A12 -201	3	32	混凝土喷射机	HP30 -74	1.1
8	塔式起重机	QT1 -2	19.5	33	插入式振动器	HZ -30	1.7
9	塔式起重机	QT1 -6	42.5	34	插入式振动器	Z -50	1.1
10	塔式起重机	QT -15	81	35	插入式振动器	ZG -50	1.1
11	蛙式夯土机	HW -20A	1.1	36	插入式振动器	HZ6 -50	5.5

续表							
序号	机械名称	型号	功率 (kW )	序号	机械名称	型号	功率 (kW )
12	蛙式夯土机	HW -01	3	37	插入式振动器	121 电动	
13	蛙式夯土机	HW -20	1 5	38	插入式振动器	HZ6 -70	2 2
14	蛙式夯土机	HW -60	2 8	39	插入式振动器	GHZ6 -70	2 2
15	振动夯土机	YZ -380A	4	40	插入式振动器	HZ -50	1 1
16	振动打拔桩机	DZ2 -26	61 5	41	插入式振动器	HZ6 -75	2 2
17	多能打桩机	DJ2 -24 B	52 8	42	插入式振动器	HZ6 -50	1 3
18	强制式搅拌机	J4 B75A	13	43	插入式振动器	HZ6X -60	1 1
19	强制式搅拌机	J4 -375	10	44	木工平刨床	MB503A	3
20	强制式搅拌机	J4 -1500	55	45	木工平刨床	MB503B	3
21	灰浆搅拌机	HJ -200	2 8	46	木工平刨床	MB504	2 8
22	灰浆搅拌机	J1 -200A	3 0	47	木工平刨床	MB506B	4
23	灰浆搅拌机	HJ -325	2 8	48	刨、车、锯、钻、铣 木联合机床	MQ112B	6
24	翻斗式砂浆搅拌机	SF -661	4	49	普通木工车床	MC614	1 1
25	灰浆泵	HB6 -3	22	50	普通木工车床	MC614A	2 2
51	普通木工车床	MC616B	4 1	80	移动靠板进料木工 圆锯机	MJ264	3
52	单面木工平面铣床	MX513	1 7	81	细木工带锯机	J318	5 5
53	插入式振动器	B -75	2 2	82	普通人工带锯机	MJ3110	20
54	插入式振动器	HZ6X -50	1 7	83	普通木工带锯机	MJ3210	29 5
55	插入式振动器	DZ -50	1 1	84	普通木工带锯机	MJ3210	36 7
56	外部振动器	HZ2 -4	0 5	85	普通木工带锯机	MJ3212 -1	47 5
57	外部振动器	HZ2 -5	1 1	86	普通木工带锯机	MJ3212B	50 5
58	外部振动器	HZ2 -7	1 5	87	细木工带锯机	MJ344	1 1
59	外部振动器	HZ2 -10	1	88	细木工带锯机	MJ346B	2
60	外部振动器	HZ2 -20	2 2	89	细木工带锯机	MJ346A	2 8
61	混凝土振动台	HZ9 -1 ×2	7 5	90	细木工带锯机	AJ346B	2 2
62	混凝土振动台	HZ6 -1 5 ×6	30	91	细木工带锯机	MJ34B	4 5
63	混凝土振动台	HZ9 -2 4 ×6	55	92	单面木工压刨床	MB103	3 0
64	冷轧规律变形钢筋 轧机	JOB3 -8	28	93	单面木工压刨床	MB106	7 4
65	钢筋调直机	4 -14	9 5	94	单面木工压刨床	MB106A	7 4

续表

序号	机械名称	型号	功率 (kW )	序号	机械名称	型号	功率 (kW )
66	钢筋弯曲机	WJ40 -1	2 8	95	单面木工压刨床	MB106B	10 .1
67	液压切筋机	DYJ32	2 8	96	双面木工压刨床	MB206	11 5
68	液压切筋机	Q32 -1	3	97	双面木工压刨床	MB206A	11 5
69	钢筋切断机	QJ5 -40	7	98	三面木工压刨床	MB304	13 25
70	钢筋切断机	QJ40 -1	5 5	99	立式单轴木工铣床	MX518	4 5
71	沉入式单螺旋洗砂机	CDF -600	4	100	立式单轴木工铣床	MX519	7 5
72	水磨石机	MS -1	2 2	101	万能木模铣床	MX526A	14 .1
73	手动进料木工圆锯机	MJ104	3	102	单头直榫开榫机	MX2116A	9 8
74	手动进料木工圆锯机	MJ106	4	103	立式单轴木工钻床	MK515	1 5
75	手动进料木工圆锯机	MJ109	13	104	自动磨锯机	MR111	1 .1
76	万能木工圆锯机	MJ224	3 0	105	自动磨锯机	MR1512	1 .12
77	万能木工圆锯机	MJ225	4 5	106	自动磨刀机	MR2513	4 8
78	吊截锯	MJ256	4 5	107	锯条辊压机	MR417	1
79	移动靠板进料木工圆锯机	MJ263	2 2				

2）照明用电

照明用电指施工现场及生活福利区的室内外照明用电。

照明用电量按下式计算：

$$P_0 =1 .10 (K_2 P_3 +K_3 P_4 )$$

式中 P<sub>0</sub> ——照明用电量 (kW )；

1 .10 ——用电不均匀系数；

P<sub>3</sub> ——室内照明用电量 (kW )；

P<sub>4</sub> ——室外照明用电量 (kW )；

K<sub>2</sub> ——室内照明设备同时使用系数，一般取0 .8 ；

K<sub>3</sub> ——室外照明设备同时使用系数，一般取1 .0。

施工用电比照明用电大得多，一般施工用电约占总负荷的80 % ~90 %，照明用电仅占10 % ~20 %，因此，当照明用电量计算有困难时，可按上述比例大致估算。

最大电力负荷量，是按施工用电量与照明用电量之和计算的，当单班制工作时，则不考虑照明用电，此时最大负荷即等于施工用电量。

2 . 电源选择

建筑工地用电的电源有如下几种：

- (1) 借施工现场附近已有的变压器；
- (2) 利用附近电力网，设临时变电所和变压器；
- (3) 设置临时供电装置。

3 . 确定变压器

变压器的功率按下式计算：

$$W =K \quad P / (\cos )$$

式中 W ——变压器的容量 (kVA) ；  
K ——功率损失系数，计算变电所容量时，K =1 .05 ，计算临时发电站时，K =  
1 .10 ；  
P——变压器服务范围内的总用电量 (kVA) ；  
cos ——功率因数，一般采用0 .75 。

4 . 导线截面计算和配电线路布置

(1) 导线截面的计算

导线的截面先根据电流强度进行选择，然后再电压损失及力学强度进行校核。

电流强度计算

三相四线制线路上的电流可按下式求得：

$$I =P / ( 3 V \cos )$$

二线制线路可按下式计算：

$$I =P / \cos V$$

式中 I ——电流值 (A) ；  
P ——功率 (W) ；  
V ——电压 (V) ；  
cos ——功率因数，对于临时线路取0 .75 。

根据计算所得数字，可以查表3 -25 及表3 -26 选择导线截面面积。

根据电压损失校核导线截面导线的电压降不应超过表3 -27 规定的数值，导线的截面选定后，根据电压损失用下述公式校核：

三相四线制线路  $A =100 \quad P_1 L_1 / (K V^2 e )$

二线制线路  $A =200 \quad P_1 L_1 / (K V^2 e )$

式中 A ——导线截面面积 (mm<sup>2</sup>) ；  
P<sub>1</sub> ——各段线路之负荷 (kW) ；  
L<sub>1</sub> ——各段线路之长度 (m) ；  
K ——导电系数，铝为34 5 ，铜为56 ，铁为7 8 ；

V ——电压 (V) ；  
e ——最大容许电压的损失，见表3 -27。

根据力学强度校核导线截面

根据力学强度允许的最小截面来复核。

当电杆间距为25 ~40m 时，导线允许的最小截面为：低压铝质线为16mm<sup>2</sup>；高压铝质线为25mm<sup>2</sup>。其它情况下的允许最小截面见表3 -28。

2）配电线路的布置

工地电力网，对于3 ~10kV ·A 的高压线路，采用环状布置；80 /220 低压线采用枝状布置。为了架设方便，工地上一般采用架空线路，在跨越主要道路时则应改用电缆。木杆间距一般25 ~40 m，离地高度不小于6 m，离铁路路轨不小于7.5m。

表3 -25 橡皮或人造橡皮绝缘的铜线 (BX 型) (BLX 型)  
明设在绝缘支柱上时的持续容许电流表 (空气温度为 +25 )

序号	导线标准截面 (mm <sup>2</sup> )		导线的持续容许电流 (A)		熔丝最大容许电流 (A)					
					企业生产部分和住宅的动力线路接到个别用户的干支线		照明线路接到个别用户的干支线			
							企业生产部分		住宅、办公等场所	
	BX 型	BLX 型	BX 型	BLX 型	BX 型	BLX 型	BX 型	BLX 型	BX 型	BLX 型
1	1	/	15	/	15	/	15	/	10	/
2	15	/	20	/	25	/	20	/	15	/
3	2.5	25	27	12	30	25	25	20	20	15
4	4	4	36	20	40	30	35	25	25	20
5	6	6	46	27	50	40	50	35	35	25
6	10	10	68	47	80	60	80	50	50	40
7	16	16	92	70	100	80	100	60	60	60
8	25	25	123	97	125	100	125	100	100	80
9	35	35	152	117	160	125	160	125	125	100
10	50	50	192	148	225	160	200	125	160	125
11	70	70	242	187	260	225	250	160	200	160
12	95	95	292	226	350	260	300	225	225	200
13	120	120	342	265	350	300	350	260	260	225
14	150	150	392	304	430	350	400	300	300	260
15	185	185	450	351	500	430	430	350	350	300
16	240	240	532	417	/	500	500	400	430	350

表3 -26 橡皮或人造橡皮绝缘单芯铝线 (BLX 型) (BL 型)  
敷设在同一管中时的持续容许电流表 (空气温度 +25 )

序 号	导线标准 截面 (mm <sup>2</sup> )		导线的持续容许电流 (A )						熔丝最大容许电流 (A )							
			二根导线		三根导线		四根导线		企业生产部分和 住宅的动力线路				照明线路接到个 别用户的干支线			
									接到个别用 户的支线		干线		企业生 产部分		住宅、办 公等场所	
	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX	BLX
1	/	1	/	14	/	13	/	12	/	40	/	20	/	10	/	10
2	/	1.5	/	17	/	15	/	14	/	45	/	25	/	15	/	10
3	2.5	2.5	12	24	12	22	12	20	50	60	20	35	15	20	10	15
4	4	4	20	34	20	31	20	27	80	100	30	45	25	30	20	25
5	6	6	27	41	27	37	27	34	80	100	30	60	25	35	20	25
6	10	10	47	57	43	53	35	47	125	160	50	80	40	60	30	45
7	16	16	58	77	55	70	50	63	160	200	60	100	60	80	45	60
8	25	25	78	100	70	91	62	32	200	260	80	125	80	100	60	80
9	35	35	94	121	86	111	77	100	260	300	100	160	80	100	60	80
10	50	50	129	165	117	151	104	135	350	430	125	225	125	160	100	125
11	70	70	156	201	144	184	127	166	430	500	160	360	125	160	125	160
12	95	95	189	245	172	223	154	200	500	700	200	250	160	225	160	160
13	120	120	230	280	209	255	177	230	600	800	225	350	200	260	160	200
14	150	150	245	319	231	302	/	/	700	/	260	430	225	300	200	225

表3 -27 供电线路部分容许电压降低的百分数

序号	线 路 名 称	电压降百分数 (%)
1	输电线路	5 ~10
2	动力线路 (工厂内部线不在内)	5 ~6
3	照明线路 (工厂或住宅内部线路不在内)	3 ~5
4	动力照明合用线路 (工厂或住宅内部线路不在内)	4 ~6
5	户内动力线路	4 ~6
6	户内照明线路	1 ~3

表3 -28 导线按机械强度所允许的最小截面

序号	导 线 用 途	导线最小截面 (mm <sup>2</sup> )	
		铜线	铝线
1	照明装置用导线：户内用 户外用	0 5	1 0
		2 5	2 5
2	双芯软电线：用于吊灯 用于移动式生活用电设备	0 35	/
		0 5	/
3	多芯软电线及软电缆：用于移动式生产的用电设备	1 0	/
4	绝缘导线：用于固定架设在户内绝缘支持件上，其间距为 :2m 及以下 3m 及以下 25m 及以下	1 0	2 5
		2 5	4
		4	10
5	裸导线：户内用 户外用	2 5	4
		6	10
6	绝缘导线：穿在管内 在槽板内	1 0	2 .5
		1 0	2 .5
7	绝缘导线：户外沿墙敷设 户外其它方式	2 5	4
		4	10

注：目前已生产小于2 5mm<sup>2</sup> 的BBLX、BLX 型铝芯绝缘电线。

第五节 施工总平面图的设计

施工总平面图的设计是施工组织总设计的一个重要组成部分。在制订了施工总体方案、编制了施工总进度计划以及研究了全工地性施工业务的组织方法之后，将各项生产、生活设施（包括房屋建筑、临时加工预制场、材料仓库、堆场、水电源、动力管线和运输道路等），在现场平面图上进行周密规划和布置。通常采用1 1000 或1 2000 的比例绘制施工平面图。有的大型建设项目，施工期限较长或场地所限，必需几次周转使用场地时，应按几个阶段布置施工平面图。常用的图例参见表3 -29 。

一、施工总平面图设计的内容

























- (1) 原有地形图和等高线，一切已有的地上、地下建筑物和构筑物，铁路、道路和各种管线，测量的基准点，钻井和探坑等。
- (2) 一切拟建的永久性建筑物、构筑物、铁路、公路、地上地下管线和建筑坐标网。
- (3) 施工用的一切临时设施，包括：铁路、公路、各类加工厂、机械化装置、建筑

材料半成品、工具等仓库和堆场、行政管理和文化生活福利用房，临时给水、排水管线、防洪设施、供电线路，蒸汽、压缩空气管道，安全防火设施以及取土弃土地点等。

二、施工总平面图设计的原则

(1) 尽量不占，少占或缓占农田，充分利用山地、荒地，重复使用空地，在弃土、清场时，有条件的应结合施工为农造田复田。

表3 -29 施工平面图图例（摘要）

序号	名称	图 例	序号	名 称	图 例
1	三角点	 点 名 高 程	13	砖堆	
2	水准点	 点 号 高 程	14	钢筋堆场	
3	原有房屋		15	临时水池	
4	拟建正式房屋		16	给水阀门	
5	将来拟建房屋		17	消火栓	
6	临时房屋		18	临时排水沟	
7	砂浆搅拌机		19	塔吊	
8	现有永久公路		20	井架	
9	拟建永久公路		21	门架	
10	施工用临时道路		22	卷扬机	
11	砂堆		23	脚手架	
12	砾石、碎石堆		24	混凝土搅拌机	



- ②) 尽量降低运输费用，保证运输方便，减少二次搬运。
- ③) 尽量降低临时设施的修建费用，充分利用已有或拟建房屋、管线、道路、可缓拆或暂拆除的项目为施工服务。
- ④) 有利生产，方便生活。临时设施的布置要不影响施工，人员在工地上往返时间要短，居住区至施工区的距离要近。
- ⑤) 符合劳动保护、技术安全和防火要求。
- ⑥) 在改、扩建企业中还应考虑企业生产与工程施工互不妨碍和影响。

### 三、施工总平面图的设计要点

#### 1. 运输道路的布置

- ①) 当采用铁路时，要考虑其转弯半径和坡度的限制，并确定专用线的起点和进场位置。
- ②) 当采用公路运输时，公路应与加工厂、仓库的位置结合布置，并与场外道路连接。有临时道路的技术规定参见表3 -15、表3 -16、表3 -17。
- ③) 当采用水路运输时，卸货码头不应少于两个，宽度不应少于2.5m，江河距工地较近时，可在码头附近布置主要加工厂和仓库。

#### 2. 仓库的布置

- 仓库一般应接近使用地点，其纵向应与线路平行，装卸时间长的仓库不宜紧靠路边。
- ①) 当有铁路时，宜沿铁路线布置周转仓库和中心仓库。
  - ②) 一般材料仓库应邻近公路和施工区，并有适当的堆场。
  - ③) 水泥库和砂、石堆放场应布置在搅拌站附近。砖和预制构件等应直接布置在垂直运输设备或用料地点附近，基础所用块石的堆放地点应与基坑边有一定的距离，以免基坑塌方。钢筋、木材应布置在加工厂附近。
  - ④) 车库、机械站应布置在现场的人口处。
  - ⑤) 油料、氧气、电石库应布置在边远、人少的安全地点。

#### 3. 混凝土搅拌站和预制加工厂的布置

- 布置的原则是尽量使材料和构件的运输量最小，连续作业的加工厂适当集中布置。
- ①) 当具备必要的混凝土输送设备时，混凝土搅拌站宜集中布置，否则，应分散布置在使用地点附近或垂直运输机械附近。
  - ②) 临时的混凝土构件预制厂尽可能利用建设单位的空地。如建设单位的拟建煤

场、材料堆场、铁路专用线的转弯的扇形地带等。

③）钢筋加工厂宜设置在混凝土构件预制厂及主要施工对象附近。

④）木加工厂应靠近铁路、公路或水路沿线。锯木、成材、粗细木工加工间和成品堆场要按工艺流程布置，且宜设在土建施工边缘的下风向位置。

⑤）产生有害气体和污染空气的临时加工场，如沥青熬制、生石灰熟化、石棉加工场等应位于下风向。

4．场内临时道路的布置

①）尽量利用永久道路，提前修建永久道路的路基和简单路面。

②）尽量利用临时道路，要把仓库、加工厂和施工点贯穿起来，按货流量的大小，设计双行、环形干道或单行支线末端要设置回车场。

③）一般过路管线应先铺设。

5．临时办公、生活福利设施的布置

①）大型工地办公室宜设置在现场入口处或中心地区。现场办公室应靠近施工地点。

②）职工临时宿舍和文化生活福利用房，一般设在场外，距工地500 ~1000m 为宜，并避免设在低洼潮湿、有烟尘和有害健康的地方。

③）食堂宜布置在生活区，也可设在工地与生活区之间，视具体情况而定。

④）商店、小卖部应设在生活区或职工上、下班路过的地方。

6．临时用水、用电管网和其它动力线路的布置

布置原则：应尽量利用已有的和提前修建的永久线路。若必须设置临时线路时，应取最短线路。

①）临时总变电站应设在高压线进入工地外，避免高压线穿越工地。

②）临时自备发电设备应设在现场中心或靠近主要用电区域。

③）临时水池、水塔应设在用水中心和地势较高处。

④）管网一般沿道路布置，供电线路应避免与其它管道设在同一侧，主要供水、供电管线采用环形，孤立点可用枝状。

⑤）管道穿过公路处均要套以钢管。例如一般电用直径为50 ~80mm 钢管，电缆用直径100mm 钢管，并埋入0.6m 处。

⑥）过冬的临时水管须埋在冰冻线以下，或采取保温措施。

⑦）消火栓间距不大于120m，距拟建房屋不大于25m，并不小于5m，距路边不大于2m。

⑧）排水沟沿道路布置，纵坡不小于2‰，过路处须设涵管，在山地建设时还须考

虑防洪设施。

⑨）场外管线的布置应尽可能避免穿过农田。

(10）各种管道布置最小净距见表3 -30。

表3 -30 各种管道平面布置最小净距 (m )

序 号	名 称	建 筑 物	铁路		公路 边缘	围 墙	照明 电杆 (中心)	高压 电杆	管 道 沟	给水管线		排 水		电力电 缆	压缩空 气	乙炔氧 气
			路堤 堑	中心 线						大于 200mm	小于 200mm	管	沟			
1	建筑物			6	1.5				2 ~3	5	5	2.5	1.5	0.6	1.5	3
2	给水管 线大于 200mm 小于 200mm	距红 线5m	路堤 路堑	坡脚 5 坡顶 10	1.0	2.5	1.0	3	1.5			5 3		1.0	1.5	1.5
					1.0	1.5	1.0	3	1.5					1.0	1.5	1.5
3	管道沟	2 ~3		3.5	1.0	1.5	1.5	3		1.5	1.5			2.0	1.5	1.5
4	排水管	2.5	5			1.5		1.5	1.5	3	1.5	1.5		1.0	1.5	1.5
	排水沟	1.0			3.5	1.0	1.0	1.5								
5	电力电缆	0.6	3.5	1.0	0.5	0.5	0.5	2.0	0.5	0.5	1.0	1.0				
6	压缩空 气管	1.5		3.5	1.0	1.0	1.5	3	1.5	1.5	1.5			1.0		1.5
7	乙炔氧 气管	3		3.5	1.0	1.5	1.5	3	1.5	1.5	1.5			1.0	1.5	

- 注：1．表中建筑物距铁路中心线的数字是指房屋有出入口时的净距，当无出入口时为3m，虽有出入口而没有平行栅栏于其间时为5m。
- 2．表中建筑物距排水管的数字是指管子浅于房屋基础时的净距，当管子深于房屋基础时，净距应为3m。
- 3．给水管在污水管上交叉通过时，外壁净距应小于0.4m，并不许有接口重叠；在污水管下交叉通过时，饮用水管应加套管，其长度距交叉点每边不小于3m；与其它管相交时，净距不小于0.15m。
- 4．管道过河时，应埋在河底以下大于0.5m处，在航道范围内时应大于1.0m。
- 5．铁路中心线至公路边缘最小净距不小于3.75m（同一标高）。

# 附录

## 常用数据

1．常用符号、代号与计量单位换算

1.1 常用符号和代号

1.1.1 结构设计通用符号与钢筋符号

建筑结构设计的符号由主体符号或主体符号带上、下标构成。主体符号一般代表物理量，上、下标代表物理量或物理量以外的术语，用以进一步表示主体符号的涵义。

主体符号应以一个字母表示，上、下标可采用一个字母，也可采用缩写词、数字或其它标记表示

上标一般采用一个，下标可采用一个或多个。当采用一个以上的下标时，可根据表示材料种类、受力状态、部位、方向、原因、性质的次序排列。当各下标连续书写其涵义可能混淆时，各下标之间应加逗号。当符号的涵义不致混淆时，宜少用或不用上、下标。

建筑结构设计的符号，应按表1 -1 中量纲栏的规定选用大写拉丁字母、小写拉丁字母、大写希腊字母或小写希腊字母。

建筑结构设计的符号，应按下列规定书写和印刷；

- (1) 代表物理量的主体符号和上、下标，必须采用斜体字母。
- (2) 代表物理量以外的术语和说明语的上、下标，必须采用正体字母。
- (3) 上、下标的数字必须采用正体，但代表数字的符号一般采用斜体字母。

主体符号及其意义应符合表1 -2、表1 -3 和表1 -4 的规定。

上、下标与主体符号的涵义相同时，应采用主体符号的字母。

表1 -1 符号用字的一般规定

字母类别	量纲	用 途 示 例
大 写 拉 丁	力 力乘幂不为负的长度 幂不为0 和1 的长度 温度	1．力、剪力 2．力矩、变矩、扭矩 3．面积、体积、面积矩、惯性矩、抵抗矩 4．弹性模量和剪变模量（属量纲例外） 5．温度
小 写 拉 丁	力乘幂为负的长度 长度 长度乘带幂的时间 质量 时间、带幂的时间	1．线分布力、面分布力、体分布力，材料强度 2．长度、高度、线性位移 3．速度、加速度 4．质量 5．时间、频率

续表

字母类别	量纲	用 途 示 例
大写希腊	—	数学及除力学和几何量以外的物理量
小写希腊	无量纲	1．系数和量的无量纲组合 2．应力（属量纲例外） 3．应变 4．密度（属量纲例外） 5．角速度和角加速度（属量纲例外）、角度

注： 本表量纲栏内未包括的物理量，其符号可按该栏中最相近的规定采用。  
代表物理量以外的术语和说明语的上、下标，其字母符号必须采用小写拉丁字母。

表1 -2 用大写拉丁字母（斜体）表示的主体符号

符号	意义	符号	意义
A	偶然作用、面积	N	轴向力
B	梁的截面弯曲刚度、双弯矩	O	(不用作主体符号)
C	作用效应系数（有时量纲例外）	P	预加力
D	板和壳的截面弯曲刚度	Q	可变作用（活荷载等）、荷载
E	地震作用、弹性模量、能	R	抗力、合力、反力
F	作用、力	S	作用效应、雪荷载、面积矩
G	永久作用（恒荷载等）、重力、剪变模量	T	扭矩、温度、设计基准期（属量纲例外）、周期（属量纲例外）
H	水平分力	U	(仅供选用)
I	惯性矩	V	竖向分力、剪力、体积
J	转动惯量	W	风荷载、抵抗矩、功
K	构件刚度（有时量纲例外）、有量纲系数	X	平等于x 轴的力、基本变量
L	楼面活荷载、动量矩	Y	平行于y 轴的力
M	力矩、弯矩	Z	平行于z 轴的力

注：B、H、L 可分别表示结构的总宽度、总高度、总长度（属量纲例外）。

表1 -3 用小写拉丁字母（斜体）表示的主体符号

符号	意义	符号	意义
a	几何参数、距离、加速度	n	单位长度或宽度上的法向力
b	宽度	o	(不用作主体符号)
c	黏聚力、保护层厚度	p	压强、动量
d	直径、深度、厚度	q	分布可变作用（分布活荷载等）
e	偏心距	r	半径
f	材料强度、频率、矢高	s	分布雪荷载、地基变形量、间距
g	分布永久作用（分布恒茶载等）、重力加速度	t	单位长度或宽度上的握矩（属量纲例外）、时间、薄构件的截面厚度
h	高度	u	平等于x 轴的位移、周边长度
i	回转半径	v	平于于y 轴的位移、周边长度或宽度上的剪力、速度

续表

符号	意义	符号	意义
j	日数	w	平行于z 轴的位移、分布风荷载
k	有量纲系数	x	坐标
l	长度、跨度	y	坐标
m	单位长度或宽度上的弯矩（属量纲例外）、质量	z	坐标、力臂

表1 -4 用小写希腊字母（斜体）表示的主体符号

符号	意义	符号	意义
	角度、角加速度、比率、系数 可靠指标、角度、高厚比、比率、 动作用系数、系数 分项系数、剪应变、重力密度、抵 抗矩塑性系数 外摩擦角、系数 线应变、偏心率 相对坐标x <i>l</i> 、比率、系数 相对坐标y <i>l</i> 、系数 相对坐标z <i>l</i> 、阻尼率、系数 角度、角位移 (不采用) (尺可能不用) 长细比、比率、系数	$\mu$	摩擦系数  泊松比  (不采用)  (仅用于数学上) 配筋率、质量密度、作用效应比值 正应力 剪应力 (不采用) 内摩擦角、角度、稳定系数 (尺可能不用) 相对湿度、折减系数 角速度、圆频率

上、下标分为一般上、下标，表示作用、作用效应和抗力的上、下标，以及由缩写词形成的上、下标。一般上标及其意义应符合表1 -5 的规定。下标及其意义应符合表1 -6、表1 -7 和表1 -8 的规定。

表1 -5 用小写拉丁字母（正体）或标记表示的一般上标

符号	意义	符号	意义
1	受压部位的、施工阶段的动态的	l	左面的
0	实测的	r	右面的
c	计算的	t	顶部的
s	静态的d	b	底部的

注：其它小写拉丁字母和标记等也可用作一般上班。

表1 -6 用小写拉丁字母（正体）或数字表示的一般下标

符号	意义	符号	意义
a	锚固的、型钢	o	坐标原点的、形心的、孔洞的
b	黏结的、梁、排架、螺栓	p	主要的、极轴的、预轴的、预应力的钢筋、桩、纵波
c	受压的、结构的、徐变的、曲率的、组合的、角部的、混凝土、柱	q	准级的
d	设计的	r	铆钉
e	最终的（指时间）、端部的、爆炸的	s	可靠的、试件的、短期的、收缩的、地基变形的、钢筋、板、横波
f	失效的、摩擦的、基础、框架、翼缘	t	受拉的、温度的、木材
g	毛的、胶合的、地面的	u	极限的
h	水平的	v	受剪的、竖向的、体积的
i	起始的（指时间）、撞击的	w	焊接的、钢丝、墙、腹板
j	节点、缝	x	x 轴方向的
k	标准的	y	y 轴方向的、屈服的
l	损失的、长期的、液化的、液体	z	z 轴方向的
m	受弯的、平均的、材料的、砌体	0	计算取用的、换算的
n	净的	1 ,2 ...	（供选用）

注：本表字母尚可按词首相同的有关词的涵义，用于表示其它物理量以外的术语或说明语。

表1 -7 用拉丁字母（斜体>表示的表示作用，作用效应和抗力的下标

符号	意义	符号	意义
A	偶然作用	Q (q)	可变作用（活荷载等）荷载
B	双弯矩	R	抗力
E	地震作用	S	作用效应
F	作用、力	S (s)	雪荷载
G (g)	永久作用（恒荷载等），重力	T	温度
L	楼面活荷载	T (t)	扭矩
M (m)	力矩、弯矩	V ( )	剪力
N (n)	轴向力	W ( )	风荷载
P	预加力		

注： 本表字母均代表物理量，一般用于说明主体符号所代表的物理量的起因或性质。  
当需明确表示分布的作用和作用效应时，符号采用括弧中的小写字母。

表1 -8 用小写拉丁字母（正体）表示的由缩写词形成的下标

符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
abs	绝对的	con	控制的	eff	有效的	imp	外加的	nor	法向的
adm	许可的	cor	核心的	ela	弹性的	ind	间接的	obs	实测的
bot	底部的	cra	裂缝的	equ	等效的	ins	失稳的	par	平行的
cal	计算的	cri	临界的	est	估计的	int	内部的	per	垂直的
loc	局部的	def	变形的	ext	外部的	lat	侧向的	pla	塑性的
lon	纵向的	det	构造的	fat	疲劳的	lim	限定的	pre	预制的
max	最大的	dir	直接的	fix	固定的	mon	现浇的	pro	投影的
min	最小的	dyn	动态的	fre	可动的	nom	标定的	red	减小的



续表

符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
rei	配筋的	ser	使用的	tem	温度的	tot	总计的
rll	相关的	spa	空间的	top	顶部的	tra	横向的
rep	代表的	sta	静态的	tor	受扭的	var	可变的

注： 本表的缩写词均表示说明语。

本表未包括的缩写词，可按涵义采用有关词的前三个字母表示。

在不致混淆时，由缩写词形成的下标可仅采用第一个或前两个字母表示。

常用数学符号和专用符号应符合表1 -9 的规定。

表1 -9 常用数学符号和专用符号

符号	意义	符号	意义
	求和 求积 差值、增量	e exp	自然对数的底 :2 .71828 ... 以e 为底的指数函数 圆周率 :3 .14159
P (·)	事件的概率	i	序数
N	总体容量	j	序数
n	数目、样本容量	p	概率值
μ	总体平均值	s	样本标准差
	总体标准差	k	均值系数 变异系数
m	样本平均值		
S	钢材强度等级		直径（钢筋、铆钉等）
T	木材强度等级	[ ]	容许的
C	混凝土强度等级	+	正、受拉
M	砖、石、砌块、砂浆强度等级	-	负、受压

钢筋符号见表1 -10 。

表1 -10 钢筋符号

钢筋种类	符号	钢筋种类	符号
I 级钢筋	$\phi$	冷拉 I 级钢筋	$\phi^{\text{I}}$
冷拉I 级钢筋	$\phi^{\text{I}}$	热处理钢筋	$\phi^{\text{t}}$
级钢筋	$\Phi$	冷拔低碳钢丝	$\phi^{\text{b}}$
级钢筋	$\phi^{\text{c}}$	碳素钢丝	$\phi^{\text{s}}$
冷拉 级钢筋	$\Phi$	刻痕钢丝	$\phi^{\text{k}}$
级钢筋	$\phi^{\text{c}}$	钢绞线	$\phi^{\text{j}}$
冷拉 级钢筋	$\Phi$		
级钢筋			

1 .1 2 常用构件代号

常用构件代号见表1 -11 。

表1 -11 常用构件代号

名称	代号	名称	代号	名称	代号	名称	代号
板	B	托架	TJ	檩条	LT	墙板	QB
槽形板	CB	屋架	WJ	垂直支撑	CC	楼梯板	TB
吊车安全走道板	DB	支架	ZJ	水平支撑	SC	梯	T
盖板或沟盖板	GB	天沟板	TGB	柱间支撑	ZC	天窗端壁	TD
空心板	KB	屋面板	WB	柱	Z	雨篷	YP
密肋板	MB	檐口板	YB	桩	ZH	预埋件	M
基础	J	折板	ZB	梁	L	钢筋网	W
天窗架	CJ	圈梁	QL	基础梁	JL	吊车梁	DL
刚架	GJ	楼梯梁	TL	连系梁	LL	过梁	GL
框架	KJ	屋面梁	WL	阳台	YT		
设备基础	SJ	梁垫	LD	钢筋骨架	G		

1 2 计量单位换算

1 2 .1 长度单位换算

一、米（m）倍数单位换算

米（m）倍数单位换算见表1 -12。

表1 -12 米（m）倍数单位换算

名称	符号	km	hm	dam	m	dm	cm	mm	μm
千米（公里）	km	1	10	100	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>9</sup>
百米	hm	0 .1000	1	10	100	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>8</sup>
十米	dam	0 .0100	0 .1000	1	10	100	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>7</sup>
米	m	10 <sup>-3</sup>	0 .0100	0 .1000	1	10	100	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>
分米	dm	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	0 .0100	0 .10000	1	10	100	10 <sup>5</sup>
厘米	cm	10 <sup>5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>3</sup>	0 .0100	0 .1000	1	10	10 <sup>4</sup>
毫米	nm	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>3</sup>	0 .0100	0 .1000	1	10 <sup>3</sup>
微米	μm	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	1

二、各种长度单位换算

公制与市制、英美制长度单位换算见表1 - 13 。公里与海里换算见表1 - 14 。

表1 -13 公制与市制、英美制长度单位换算

单位	公制				市制				英美制			
	米 (m )	毫米 (mm )	厘米 (cm )	公里 (km )	市寸	市尺	市丈	市里	英寸 (in )	英尺 (ft )	码 (yd )	英里
1m	1	100	100	0 0010	30	3	0 5000	0 0020	39 3701	3 2808	1 0936	0 0006
1mm	0 0010	1	0 1000	10 <sup>-6</sup>	0 0800	0 0030	0 0003	2 ×10 <sup>-6</sup>	0 0394	0 0033	0 0011	0 6214 ×10 <sup>-6</sup>
1cm	0 0100	10	1	10 <sup>-5</sup>	0 3000	0 0300	0 0030	2 ×10 <sup>-5</sup>	0 3937	0 0328	0 0109	0 6214 ×10 <sup>-5</sup>
1km	1000	100000	10000	1	30000	3000	300	2	3 9370 ×104	3280 8398	1093 6132	0 6214
1 市寸	0 0333	33 3333	3 3333	3 3333 ×10 <sup>-5</sup>	1	0 1000	0 0100	6 6667 ×10 <sup>-5</sup>	1 3123	0 1094	0 0365	2 0712 ×10 <sup>-5</sup>
1 市尺	0 3333	333 3333	33 3333	0 0003	10	1	0 1000	0 0007	13 1233	1 0936	0 3645	0 0002
1 市丈	3 3333	3333 3333	333 3333	0 0033	100	10	1	0 0067	131 2333	10 9361	3 6454	0 0021
1 市里	500	50000	5000	0 5000	15000	1500	150	1	1 9685 ×104	1640 4167	546 8055	0 3107
1in	0 0254	25 4000	2 5400	2 5400 ×10 <sup>-5</sup>	0 7620	0 0762	0 0076	5 0800 ×10 <sup>-5</sup>	1	0 0833	0 0278	1 5783 ×10 <sup>-5</sup>
m	0 3048	304 8000	30 4800	0 0003	9 1440	0 9144	0 0914	0 0006	12	1	0 3333	0 0002
1yd	0 9144	914 4000	91 4400	0 0009	27 4320	2 7432	0 2743	0 0018	36	3	1	0 0006
1mile	1609 3440	1 6093 ×10 <sup>6</sup>	1 6093 ×10 <sup>5</sup>	1 6093	4 828 0320	4 828 0320	4828 0320	3 2187	63360	5280	1760	1

表1 -14 公里与海里换算

公里 (km )	1 852	3 704	5 556	7 408	9 260	11 112	12 964	14 816	16 668
海里或公里	1	2	3	4	5	6	7	8	9
海里 (n mile )	0 5400	1 0799	1 6199	2 1598	2 6998	3 2397	3 7797	4 31979	4 8596

注：海里只用于航程。

三、英寸的分数、小数习惯称呼与毫米对照

英寸的分数、小数习惯称呼与毫米对照见表1 - 15 。

表1 -15 英寸的分数、小数习惯称呼与毫米对照

英寸 (in )		我国习惯称呼	毫米 (mm )	英寸 (in )		我国习惯称呼	毫米 (mm )
分数	小数			分数	小数		
1 /16	0 0625	半分	1 5875	9 /16	0 5625	四分半	14 2875
1 /8	0 1250	一分	3 1750	5 /8	0 6250	五分	15 8750
3 /16	0 1875	一分半	4 7625	11 /16	0 6875	五分半	17 4625
1 /4	0 2500	二分	6 3500	3 /4	0 7500	六分	19 0500
5 /16	0 3125	二分半	7 9375	13 /16	0 8125	六分半	20 6375
3 /8	0 3750	三分	9 5250	7 /8	0 8750	七分	22 2250
7 /16	0 4375	三分半	11 1125	15 /16	0 9375	七分半	23 8125
1 /2	0 5000	四分	12 7000	1	1 0000	一英寸	25 4000

1 2 2 面积单位换算

一、平方米（m<sup>2</sup>）倍数单位换算

平方米（m<sup>2</sup>）倍数单位换算见表1 -16。

表1 -16 平方米（m<sup>2</sup>）倍数单位换算

名称	符号	km <sup>2</sup>	hm <sup>2</sup> (ha)	dam <sup>2</sup> (a)	m <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	μm <sup>2</sup>
平方千米（平方公里）	km <sup>2</sup>	1	100	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>18</sup>
平方百米（公顷）	hm <sup>2</sup> (ha)	0.0100	1	100	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>16</sup>
平方十米（公亩）	dam <sup>2</sup> (a)	10 <sup>-4</sup>	0.0100	1	100	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>14</sup>
平方米	m <sup>2</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-4</sup>	0.0100	1	100	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>12</sup>
平方分米	dm <sup>2</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-4</sup>	0.0100	1	100	10 <sup>4</sup>	10 <sup>10</sup>
平方厘米	cm <sup>2</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-4</sup>	0.0100	1	100	10 <sup>8</sup>
平方毫米	mm <sup>2</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-4</sup>	0.0100	1	10 <sup>6</sup>
平方微米	μm <sup>2</sup>	10 <sup>-18</sup>	10 <sup>-16</sup>	10 <sup>-14</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	1

二、各种面积单位换算

公制与市制、英美制面积单位换算见表1 -17。

表1 -17 公制与市制、英美制面积单位换算

单位	公制				市制				英美制				
	平方米 (m <sup>2</sup> )	公亩 (a)	公顷 (ha)	平方公里 (km <sup>2</sup> )	平方市尺	平方市丈	市亩	市顷	平方英尺 (ft <sup>2</sup> )	平方码 (yd <sup>2</sup> )	英亩	美库存	平方英里 (mile <sup>2</sup> )
1m <sup>2</sup>	1	0.0100	0.0001	10 <sup>-3</sup>	9	0.0900	0.0015	0.1500 × 10 <sup>-4</sup>	10.7639	1.1960	0.0002	0.002	0.3861 × 10 <sup>-6</sup>
1a	100	1	0.0100	0.0001	900	9	0.1500	0.0015	1076.3910	119.5990	0.0247	0.0247	0.3861 × 10 <sup>-4</sup>
1ha	10000	100	1	0.0100	90000	900	15	0.1500	1.0764 × 10 <sup>5</sup>	11959.9005	2.4711	2.4710	0.0039
1km <sup>2</sup>	1000000	10000	100	1	9000000	90000	1500	15	1.0764 × 10 <sup>7</sup>	1.1960 × 10 <sup>6</sup>	247.1104	247.1041	0.3861
1 平方市尺	0.1111	0.0011	0.1111 × 10 <sup>-4</sup>	0.1111 × 10 <sup>-6</sup>	1	0.0100	0.0002	1.667 × 10 <sup>-6</sup>	1.1960	0.1329	0.2746 × 10 <sup>-4</sup>	0.2746 × 10 <sup>-4</sup>	0.429 0 × 10 <sup>-7</sup>
1 平方市丈	11.1111	0.1111	0.0011	0.1111 × 10 <sup>-4</sup>	100	1	0.0167	0.0002	119.5990	13.2888	0.0027	0.0027	0.4290 × 10 <sup>-5</sup>
1 市亩	666.6667	6.6667	0.0667	0.0007	600	601	0.0100	7175.9403	797.3267	0.1647	0.1647	0.1647	0.0003
1 市顷	66666.6667	666.6667	6.6667	0.0667	600000	60.00	100	1	7.1759 × 10 <sup>5</sup>	7.9733 × 10 <sup>4</sup>	16.4737	16.4736	0.0257
1ft <sup>2</sup>	0.0929	0.0009	0.929 × 10 <sup>-5</sup>	0.9290 × 10 <sup>-7</sup>	0.83610	0.0084	0.0001	0.1394 × 10 <sup>-5</sup>	1	0.1111	0.2296 × 10 <sup>-4</sup>	0.2296 × 10 <sup>-4</sup>	0.3587 × 10 <sup>-7</sup>
1yd <sup>2</sup>	0.8361	0.0084	0.8361 × 10 <sup>-4</sup>	0.8361 × 10 <sup>-6</sup>	7.5251	0.0753	0.0013	0.1254 × 10 <sup>-4</sup>	9	1	0.0002	0.0002	0.3228 × 10 <sup>-6</sup>
1 英亩	4046.8564	40.4686	0.4047	0.0040	364.2171	6.0703	0.0607	43560	4840	1	0.99995	0.0016	
1 美亩	4046.8767	40.4688	0.4047	0.0040	36421.8899	364.2189	6.0703	0.0607	43560.2178	4839.9758	1.00005	1	0.0016
1mile <sup>2</sup>	0.2590 × 10 <sup>7</sup>	0.2590 × 10 <sup>5</sup>	258.9988	2.5900	2.3310 × 10 <sup>7</sup>	2.3310 × 10 <sup>5</sup>	3884.9822	388498	27878400	3097600	640	639.9968	1

一些国家面积单位换算见表1 -18。

表1 -18 一些国家面积单位换算

单位	公顷 (ha)	市亩	町步 (朝鲜)	霍尔特 (匈牙利)	狄卡儿 (保加利亚)
1ha	1	15	1 0101	1 7544	10
1 市亩	0 0667	1	0 0673	0 1170	0 6667
1 町步	0 9900	14 8500	1	1 7368	9 9000
1 霍尔特	0 5700	8 5500	0 5758	1	5 7000
1 狄卡儿	0 1000	1 5000	0 1010	0 1754	1
1 杜努姆	0 2500	3 7500	0 2525	0 4386	2 5000
1 费丹	0 4200	6 3000	0 4242	0 7368	4 2000
1 摩根	0 8000	12	0 8081	1 4035	8
1 卡瓦耶里亚	13 4180	201 2700	13 5535	23 5404	134 1800

单位	杜努姆 (伊拉克)	费丹 (阿联)	摩根 (南非)	卡瓦耶里亚 (古巴)
1ha	4	2 3810	1 2500	0 0745
1 市亩	0 2667	0 1587	0 0833	0 0050
1 町步	3 9600	2 3571	1 2375	0 0738
1 霍尔特	2 2800	1 3571	0 7125	0 0425
1 狄卡儿	1 4000	0 2381	0 1250	0 0075
1 杜努姆	1	0 5952	0 3125	0 0186
1 费丹	1 6800	1	0 5250	0 0313
1 摩根	3 2000	1 9048	1	0 0596
1 卡瓦耶里亚	53 6720	31 9476	16 7725	1

1 2 3 体积、容积单位换算

一、立方米 (m³) 倍数单位换算

立方米 (m³) 倍数单位换算见表1 -19。

表1 -19 立方米 (m³) 倍数单位换算

名称	符号	km <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	dam <sup>3</sup>	rTr	hL	daL	dm <sup>3</sup> (L)	dL	dL	Cm <sup>3</sup> (mL)	mm <sup>3</sup> (μL)	μm <sup>3</sup>
立方千米	km <sup>3</sup>	1	1000	10 <sup>6</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>18</sup>	10 <sup>27</sup>
立方百米	hm <sup>3</sup>	0.0010	1	1000	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>24</sup>
立方十米	dam <sup>3</sup>	10 <sup>-6</sup>	0.0010	1	1000	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>21</sup>
立方米	m <sup>3</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-6</sup>	0.0010	1	10	100	1000	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>-18</sup>
百升	hL	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-4</sup>	0.0100	1	10	100	1000	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>17</sup>
十升	daL	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-5</sup>	0.0100	0.0100	1	10	100	1000	10 <sup>4</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>16</sup>
立方分米 (升)	dm <sup>3</sup> (L)	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-6</sup>	0.0010	0.0010	0.0010	1	10	100	1000	10 <sup>6</sup>	10 <sup>15</sup>
分升	dL	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-4</sup>	0.0010	0.0010	0.0010	1	10	100	10 <sup>4</sup>	10 <sup>14</sup>
厘升	dL	10 <sup>-14</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	0.0010	0.0010	0.1000	1	10	10 <sup>4</sup>	10 <sup>13</sup>
立方厘米 (毫升)	cm <sup>3</sup> (mL)	10 <sup>-15</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	0.0010	0.0010	0.0010	1	1000	10 <sup>12</sup>
立方毫米 (微升)	mm <sup>3</sup> (μL)	10 <sup>-18</sup>	10 <sup>-15</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	0.0010	1	10 <sup>9</sup>
立方微米	μm <sup>3</sup>	10 <sup>-27</sup>	10 <sup>-24</sup>	10 <sup>-21</sup>	10 <sup>-18</sup>	10 <sup>-17</sup>	10 <sup>-16</sup>	10 <sup>-15</sup>	10 <sup>-14</sup>	10 <sup>-13</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-9</sup>	1

注：升的符号“L”也可使用小写正体字母“l”。

二、体积、容积单位换算

公制与市制、英美制体积和容积单位换算见表1 -20。

1.2.4 重量单位换算

一、千克 (kg) 倍数单位换算

千克 (kg) 倍数单位换算见表1 -21。

表1 -20 公制与市制、英美制体积和容积单位换算

单位	公制			市制				英美制					
	立方米 (m <sup>3</sup> )	立方厘米 (cm <sup>3</sup> )	升 (L)	立方市寸	立方市尺	市斗	市石	立方英寸 (in <sup>3</sup> )	方立英尺 (ft <sup>3</sup> )	立方码 (yd <sup>3</sup> )	加仑 (英液量) (gal)	加仑 (gal)	蒲式耳 (bu)
1m <sup>3</sup>	1	100000	1000	27000	27	100	10	6.1024 ×10 <sup>4</sup>	35.3146	1.3079	220.0846	264.1719	27.5106
1cm <sup>3</sup>	10 <sup>-6</sup>	1	0.0010	0.0270	0.2700 × 10 <sup>-4</sup>	0.0001	10 <sup>-5</sup>	0.0610	0.3531 × 10 <sup>-4</sup>	0.1308 × 10 <sup>-5</sup>	0.2201 × 10 <sup>-3</sup>	0.2642 × 10 <sup>-3</sup>	0.2751 × 10 <sup>-4</sup>
1L	0.0010	1000	1	27	0.0270	0.1000	0.0100	61.0237	0.0353	0.0013	0.2201	0.2642	0.0275
1 立方市寸	0.3704 × 10 <sup>-4</sup>	37.0370	0.0370	1	0.0010	0.0037	0.0004	2.2601	0.0013	0.4844 × 10 <sup>-4</sup>	0.0082	0.0098	0.0010
1 立方市尺	0.0370	3.7037 ×10 <sup>4</sup>	37.0370	1000	1	3.7037	0.3704	2260.1387	1.3080	0.0484	8.1513	9.7842	1.0189
1 市斗	0.0100	10000	10	270	0.2700	1	0.1000	610.2374	0.3531	0.0131	2.2008	2.6417	0.2751
1 市石	0.1000	100000	100	2700	2.7000	10	1	6102.3745	3.5315	0.1308	22.0085	26.4172	2.7511

附录 常用数据													
续表													
单位	公制			市制				英美制					
	立方米 (m <sup>3</sup> )	立方厘米 (cm <sup>3</sup> )	升 (L)	立方市寸	立方市尺	市斗	市石	立方英寸 (in <sup>3</sup> )	方立英尺 (ft <sup>3</sup> )	立方码 (yd <sup>3</sup> )	加仑 (英液量) (gal)	加仑 (gal)	蒲式耳 (bu)
1in <sup>3</sup>	1 6387 × 10 <sup>-5</sup>	16 3871	0 0164	0 4424	0 0004	0 0016	0 0002	1	0 0006	2 1433 × 10 <sup>-5</sup>	0 0036	0 0043	0 0005
1ft <sup>3</sup>	0 0283	2 8317 × 10 <sup>4</sup>	28 3168	764 5549	0 7646	2 8317	0 2832	1728	1	0 0370	6 2321	7 4805	0 7790
1yd <sup>3</sup>	0 7646	7 6455 × 10 <sup>6</sup>	764 5549	2 0643 × 10 <sup>4</sup>	20 6430	76 4555	7 6455	46656	27	1	168 2668	210 9740	21 0333
1gal (英)	0 0045	4543 7068	4 5437	122 6801	0 1227	0 4544	0 0454	277 2740	0 1605	0 0059	1	1 2003	0 1250
1gal (美)	0 0038	3785 4760	3 7855	102 2079	0 1022	0 3785	0 0379	231	0 1337	0 0050	0 8331	1	0 1041
1bu	0 0363	3 6360 ×10 <sup>4</sup>	36 3497	981 4407	0 9814	3 6360	0 3636	2218 1920	1 2837	0 0475	8	9 6026	1

表1 -21 千克 (kg) 倍数单位换算													
名称	符号	kt	ht	dat	t (Mg)	dt	kg	hg	dag	g	dg	cg	mg
千吨	kt	1	10	100	103	104	106	107	108	109	1010	1011	1012
百吨	ht	0 .1000	1	10	100	103	105	106	107	108	109	1010	1011
十吨	dat	0 0100	0 .1000	1	10	100	104	105	106	107	108	109	1010
吨 (兆克)	t (Mg)	10 <sup>-3</sup>	0 .0100	0 .1000	1	10	103	104	105	106	107	108	109
分吨	dt	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	0 0100	0 .1000	1	100	103	104	105	106	107	108
千克 (公斤)	kg	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	1	10	100	103	104	105	106
百克	hg	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	0 .1000	1	10	100	103	104	105
十克	dag	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	19 <sup>-4</sup>	0 0100	0 .1000	1	10	100	103	104
克	g	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-3</sup>	0 0100	0 .1000	1	10	100	103
分克	dg	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	0 0100	0 .1000	1	10	100
厘克	cg	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	0 0100	0 .1000	1	10
毫克	mg	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	0 0100	0 .1000	1

二、各种重量单位换算

公制与市制、英美制重量单位换算见表1 -22。

单位长度的重量换算见表1 -23。

单位体积、容积的重量换算见表1 -24。

公斤与磅换算见表1 -25。

表1 -22 公制与市制、英美制重量单位换算

单位	公制			市制		
	公斤 (kg )	克 (g )	吨 (t )	市两	市斤	市担
1kg	1	1000	0.0010	20	2	0.0200
1g	0.0010	1	$10^{-6}$	0.0200	0.0020	$0.0002 \times 10^{-4}$
1t	1000	1000000	1	20000	2000	20
1 市两	0.0500	50	$0.0005 \times 10^{-4}$	1	0.1000	0.0010
1 市斤	0.5000	500	0.0005	10	1	0.0100
1 市担	50	50000	0.0500	1000	100	1
1floz	0.0283	28.3495	$0.00002835 \times 10^{-4}$	0.5670	0.0567	0.0006
1lb	0.4536	453.5920	0.0005	9.0718	0.9072	0.0091
1ton	1016.0461	$1.0160 \times 10^6$	1.0160	$2.0321 \times 10^4$	2032.0922	20.3209
1USton	907.1840	907184	0.9072	$1.8144 \times 10^4$	1814.3680	18.1437

单位	英美制			
	盎司 (loz )	磅 (lb )	英 (长) 吨 (ton )	美 (短) 吨 (USton )
1kg	35.2740	2.2046	0.0010	0.0011
1g	0.0353	0.0022	$0.9842 \times 10^{-6}$	$1.1023 \times 10^{-6}$
1t	$3.5274 \times 10^4$	2204.6244	0.9842	1.1023
1 市两	1.7637	0.1102	$0.4921 \times 10^{-4}$	$0.5512 \times 10^{-4}$
1 市斤	17.6370	1.1023	0.0005	0.0006
1 市担	1763.6995	110.2312	0.0492	0.0551
1floz	1	0.0625	$0.2790 \times 10^{-4}$	$0.3125 \times 10^{-4}$
1lb	16	1	0.0004	0.0005
1ton	35840	2240	1	1.1200
1USton	32000	2000	0.8929	1

表1 -23 单位长度的重量换算

单 位	公斤/米 (kg /m )	克/厘米 (g /cm )	市两/市寸	市斤/市尺	盎司/英寸 (loz /in )	磅/英尺 (lb /ft )
1kg /m	1	10	0.0667	0.0667	0.8960	0.6720
1g /cm	0.1000	1	0.0667	0.0667	0.0896	0.0672



续表

单 位	公斤/米 (kg /m )	克/厘米 (g /cm )	市两/市寸	市斤/市尺	盎司/英寸 (floz /in )	磅/英尺 (lb /ft )
1 市两/市寸	1 5000	15	1	1	1 3439	1 0080
1 市斤/市尺	1 5000	15	1	1	1 3439	1 0080
1floz /in	1 .1161	11 .1612	0 .7441	0 .7441	1	0 .7500
1lb /ft	1 4882	14 8816	0 9921	0 9921	1 3333	1
1lb /yd	0 4961	4 9605	0 3307	0 3307	0 4444	0 3333
1 日斤/日寸	0 .1238	1 2375	0 0825	0 0825	0 .1109	0 0832
1 日斤/日尺	1 9800	19 8000	1 3200	1 3200	1 7754	1 3304
1 俄磅/俄寸	16 .1226	161 2260	10 7484	10 7484	14 4404	10 8303
1 普特/俄尺	53 7420	537 4196	35 8280	35 8280	48 .1505	36 .1011

单位	磅/码 (lb /yd )	日匁/日寸	日斤/日尺	俄磅/俄寸	普特/俄尺
1kg /m	2 0159	8 0808	0 5051	0 0620	0 .0186
1g /cm	0 2016	0 8081	0 0505	0 0062	0 .0019
1 市两/市寸	3 0239	12 .1212	0 7576	0 0930	0 .0279
1 市斤/市尺	3 0239	12 .1212	0 7576	0 0930	0 .0279
1floz /in	2 2500	9 0198	0 5632	0 0693	0 .0208
1lb /ft	3	12 0265	0 7516	0 0923	0 .0277
1lb /yd	1	4 0088	0 2505	0 0308	0 .0092
1 日匁/日寸	0 2495	1	0 0625	0 0077	0 .0023
1 日斤/日尺	3 9913	16	1	0 .1227	0 368
1 俄磅顺寸	32 4910	130 3867	8 .1492	1	0 3000
1 普物/俄尺	108 3032	434 6224	27 .1639	3 3333	1

表1 -24 单位体积、容积的重量换算

单位	吨/立方米 (t /m³)	公斤/立方厘米 (kg /cm³)	市斤/立方市尺	磅/立方英尺 (lb /ft³)	磅/加仑 (英) (lb /gal )
1t /m³	1	0 0010	74 0741	62 4281	10 0172
1kg /cm³	1000	1	7 4074 ×10 <sup>4</sup>	6 2428 ×10 <sup>4</sup>	1 0017 ×10 <sup>4</sup>
1 市斤/立方市尺	0 0135	0 .1350 ×10 <sup>-4</sup>	1	0 8428	0 .1352
1lb /ft³	0 0160	0 .1602 ×10 <sup>-4</sup>	1 .1866	1	0 .1605

续表

单位	吨/立方米 (t /m <sup>3</sup> )	公斤/立方厘米 (kg /cm <sup>3</sup> )	市斤/立方市尺	磅/立方英尺 (lb /ft <sup>3</sup> )	磅/加仑 (英) (lb /gal )
1lb /gal (英)	0 .0998	0 .9983 ×10 <sup>-4</sup>	7 .3947	6 .2321	1
1lb /gal (美)	0 .1198	0 .0001	8 ,8760	7 .4805	1 .2003
1lb /bu	0 .0125	0 .1248 ×10 <sup>-4</sup>	0 .9243	0 .7790	0 .1250
1 日斤/立方日尺	0 .0216	0 .2156 ×10 <sup>-4</sup>	1 .5972	1 .3459	0 .2160
1 普特/立方俄尺	0 .5785	0 .0006	42 .8515	36 .1011	5 .7937

单位	磅/加仑 (美) (lb /gal )	磅/蒲耳式 (lb /bu )	日斤/立方日尺	普特/立方俄尺
1t /m <sup>3</sup>	8 .3454	80 .1374	46 .3775	1 .7287
1kg /cm <sup>3</sup>	8345 .4160	8 .0137 ×10 <sup>4</sup>	4 .6378 ×10 <sup>4</sup>	1718 .6958
1 市斤/立方市足	0 .1127	1 .0819	0 .6261	0 .0233
1lb /ft <sup>3</sup>	0 .1337	1 .2837	0 .7430	0 .0277
1lb /gal (英)	0 .8331	8	4 .6304	0 .1726
1lb /gal (美)	1	9 .6026	5 .5580	0 .2072
1lb /bu	0 .1041	1	0 .5788	0 .0216
1 日斤/立方日尺	0 .1799	1 .7277	1	0 .0373
1 普特/立方俄尺	4 .8260	46 .3430	26 .8313	1

表1 -25 公斤与磅换算

公斤 (kg)	0 .4536	0 .9072	1 .3608	1 .8144	2 .2680	2 .7216	3 .1751	3 .6287	4 .0823
磅或公斤 (lb 或kg)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
磅 (lb)	0 .2046	4 .4092	6 .6139	8 .8185	11 .0231	13 .2277	15 .4324	17 .6370	19 .8416

1 2 5 力、重力单位换算

一、力（牛顿，N） 单位换算

力（牛顿，N） 单位换算见表1 -26。

表1 -26 力（牛顿，N） 单位换算

单位	牛顿 (N )	千牛顿 (kN )	兆牛顿 (MN )	公斤力 (kgf )	吨力 (tf )
1N	1	0 .0010	10 <sup>-6</sup>	0 .1020	00001
1kN	1000	1	0 .0010	101 .9720	0 .1020
1MN	1000000	1000	1	101972	101 .9720
1kgf	9 .8066	0 .0098	9 .8066 ×10 <sup>-6</sup>	1	0 .0010
1tf	9806 .6136	9 .8066	0 .0098	1000	1
1dyn	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>-11</sup>	0 .1020 ×10 <sup>-5</sup>	0 .1020 ×10 <sup>-8</sup>

续表

单位	牛 顿 (N )	千牛 顿 (kN )	兆牛 顿 (MN )	公 斤 力 (kgf )	吨 力 (tf )
1lbf	4 4483	0 0044	4 4483 ×10 <sup>-6</sup>	0 4536	0 0005
1tonf	9964 0817	9 9641	0 0100	1016 0573	1 0161
1UStonf	8896 5015	8 8965	0 0089	907 1940	0 9072

单位	达 因 (dyn )	磅 力 (lbf )	英吨力 (tonf )	美吨力 (US tonf )
1N	100000	0 2248	0 0001	0 0001
1kN	10 <sup>8</sup>	224 8075	0 1004	0 1124
1MN	10 <sup>11</sup>	0 2248 ×10 <sup>6</sup>	100 3605	112 4037
1kgf	9 8066 ×10 <sup>5</sup>	2 2046	0 0010	0 0011
1tf	9 8066 ×10 <sup>8</sup>	2204 6001	0 9842	1 1023
1dyn	1	0 2248 ×10 <sup>-5</sup>	0 1004 ×10 <sup>-8</sup>	0 1124 ×10 <sup>-8</sup>
1lbf	4 4483 ×10 <sup>5</sup>	1	0 0004	0 0005
1tonf	9 9641 ×10 <sup>8</sup>	2240	1	1 1200
1UStonf	8 8965 ×10 <sup>8</sup>	2000	0 8929	1

注：英吨力也可标注为UKtonf。

二、压强（帕斯卡，Pa）单位换算

大气压强单位换算见表1 -27。

应力、强度等单位换算见表1 -28。

三、力矩（弯矩、扭矩、力偶矩、转矩）单位换算

力矩（弯矩、扭矩、力偶矩、转矩）单位换算见表1 -29。

1 2.6 功率单位换算

功率单位换算见表1 -30。

1 2.7 速度单位换算

速度单位换算见表1 -31。

表1 -27 大气压强单位换算

单位	帕斯卡 (Pa) 或百帕斯卡 (hPa) 牛 顿/平 方 米或牛 顿/平方分 (N/m <sup>2</sup> ) 米 (N/dm <sup>2</sup> )	工 程 大 气 压 (at) 或千克力/ 平方厘米 (kgf/cm <sup>2</sup> )	标准大气压 (atm)	毫米汞柱 (mmHg)	英寸汞柱 (inHg)	毫米水柱 (mmH <sub>2</sub> O)	英寸水柱 (inH <sub>2</sub> O)	巴 (bar)
1Pa 或N/m <sup>2</sup>	1	0.0100	$1.0197 \times 10^{-5}$	$0.9869 \times 10^{-5}$	0.0075	0.0003	0.1020	$10^{-5}$
1hPa 或N/dm <sup>2</sup>	100	1	$1.0197 \times 10^{-3}$	$0.9869 \times 10^{-3}$	0.7503	0.0295	10.1972	0.0010
1at 或kgf/cm <sup>2</sup>	$9.8066 \times 10^4$	980.6614	1	0.9678	735.5574	28.9590	10000	0.9807
1atm	$10.1325 \times 10^4$	1013.2503	1.0332	1	760	29.9213	10332.3117	1.0133
1mmHg	133.2719	1.3327	0.0014	0.0013	1	0.0394	13.5951	0.0013
1inHg	3385.1057	33.8511	0.0345	0.0334	25.4000	1	345.3167	0.0339
1mmH <sub>2</sub> O	9.8066	0.0981	0.0001	0.0001	0.0736	0.0029	1	0.0001
1inH <sub>2</sub> O	249.0880	2.4909	0.0025	0.0024	1.8683	0.0736	25.4000	0.0025
1bar	100000	1000	1.0197	0.9869	750.0615	29.5300	10197.1999	1

附录

常用数据

注：1atm 是指在零度时，密度为13.5951g/cm<sup>3</sup> 和重力加速度为980.665cm/s<sup>2</sup>，高度为760mmHg 在海平面上所产生的压力。

1atm =13.5951 ×980.665 ×76 =1013250 （dyn/cm<sup>2</sup>）。

表1 -28 应力、强度等单位换算

单位	帕斯卡 (Pa) 或牛 顿/平 方 米 (N/㎡)	兆 帕 斯 卡 (MPa) 或牛 顿/平 方 毫 米 (N/mm <sup>2</sup> )	千克力/ 平方厘米 (kgf/cm <sup>2</sup> )	吨力/ 平方米/ (tf/m <sup>2</sup> )	磅力 /平方英寸 (lbf/in <sup>2</sup> )	磅力/ 平方英尺 (lbf/ft <sup>2</sup> )	英吨力/ 平方英尺 (tonf/in <sup>2</sup> )	英吨力/ 平方英尺 (tonf/in <sup>2</sup> )	美吨力/ 平方英寸 (USTonf/in <sup>2</sup> )	美吨力/ 平方英尺 (US tonf/ft <sup>2</sup> )
1Pa 或N/m <sup>3</sup>	1	10 <sup>-6</sup>	1.0197 ×10 <sup>-5</sup>	0.0001	0.1450 ×10 <sup>-3</sup>	0.0209	6.474 ×10 <sup>-8</sup>	9.3238 ×10 <sup>-6</sup>	7.2518 ×10 <sup>-8</sup>	10.1447 ×10 <sup>-6</sup>
1MPa 或N/mm <sup>2</sup>	1000 000	1	10.1972	101.9720	145.0369	2.0885 ×10 <sup>4</sup>	0.0647	9.3238	0.0725	10.4427
1kgf/cm <sup>2</sup>	9.8066 ×10 <sup>4</sup>	0.0981	1	10	14.2232	2048.1424	0.0063	0.9143	0.0071	1.0241
1tf/m <sup>2</sup>	9806.6136	0.0098	0.1000	1	1.4223	204.8142	0.0006	0.0914	0.0007	0.1024
1lbf/in <sup>2</sup>	6894.8399	0.0069	0.0703	0.7031	1	144	0.00004	0.0643	0.0005	0.0720
1tbf/ft <sup>2</sup>	47.8808	0.4788 ×10 <sup>-4</sup>	0.0005	0.0049	0.0069	1	0.3100 ×10 <sup>-5</sup>	0.0004	0.3472 ×10 <sup>-5</sup>	0.0005
1tonf/in <sup>2</sup>	1.5444 ×10 <sup>7</sup>	15.4444	157.4890	1574.8905	2240	322560	1	144	1.1200	161.2800
1tonf/ft <sup>2</sup>	1.0725 ×10 <sup>5</sup>	0.1073	1.0937	10.9367	15.5556	2240	0.0069	1	0.0078	1.1200
1USTonr/in <sup>2</sup>	1.3790 ×10 <sup>7</sup>	13.7897	140.6152	140.6152	2000	288000	0.8929	128.5714	1	144
1USTonf/ft <sup>2</sup>	9.5762 ×10 <sup>4</sup>	0.958	0.9765	9.7649	13.8889	2000	0.0062	0.8929	0.0069	1

注：本表也适用于弹性模量、剪变模量、压缩模量等单位换算。

表1 -29 力矩（弯矩、扭矩、力偶矩、转矩）单位换算

单位	牛 顿·米 (N·m)	牛 顿·厘米 (N·cm)	达 因·厘米 (dyn·cm)	千克力·厘米 (kgf·cm)	千克力·米 (kgf·m)	吨力·米 (tf·m)	磅力·英寸 (lbf·in)	磅力·英尺 (lbf·ft)	英吨力·英尺 (tonf·ft)	美吨力·英尺 (US tonf·ft)
1N·m	1	100	10 <sup>7</sup>	10.1972	0.1020	0.0001	8.8507	0.7376	0.0008	0.0004
1N·cm	0.0100	1	10000	0.1020	0.0010	1.0197 ×10 <sup>-6</sup>	0.0885	0.074	3.2927 ×10 <sup>-6</sup>	3.6878 ×10 <sup>-6</sup>
1dyn·cm	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-5</sup>	1	1.0197 ×10 <sup>-6</sup>	1.0197 ×10 <sup>-6</sup>	1.0197 ×10 <sup>-8</sup>	8.8507 ×10 <sup>-7</sup>	7.3756 ×10 <sup>-11</sup>	3.2927 ×10 <sup>-11</sup>	3.6878 ×10 <sup>-11</sup>
1kSf·cm	9.8066	980.6614	9.8066 ×10 <sup>7</sup>	100	1	0.0010	86.7951	7.2329	0.0032	0.0036
1tf·m	9806.6136	9.8066 ×10 <sup>5</sup>	9.8066 ×10 <sup>10</sup>	10000	1000	1	8.6795 ×10 <sup>4</sup>	7232.9252	3.2290	3.6165
1lbf·in	0.1130	11.2985	1.1299 ×10 <sup>6</sup>	1.1521	0.0115	1.1521 ×10 <sup>-5</sup>	1	0.0833	0.3720 ×10 <sup>-4</sup>	0.4167 ×10 <sup>-4</sup>
1lbf·ft	1.3558	135.5820	1.3558 ×10 <sup>7</sup>	13.8257	0.1383	0.0001	12	1	0.0004	0.0005
1tonf·ft	3037.0375	3.0370 ×10 <sup>5</sup>	3.0370 ×10 <sup>4</sup>	3.0969 ×10 <sup>4</sup>	309.6949	0.3097	26880	2240	1	1.1200
1USTonf·ft	2711.6262	2.7116 ×10 <sup>5</sup>	2.7116 <sup>10</sup>	2.7651 ×10 <sup>4</sup>	276.5133	0.2765	24000	2000	0.8929	1

附录 常用数据

表1 -30 功率单位换算

单位	瓦特 (W )	千瓦特 (kW )	来制马力 (Ps )	英制马力 (hP )	电工马力	锅炉马力	升·标准 大气压/秒 (L atm /s)	升·工程 大气压/秒 (L at /s)
1kW	1000	1	1.3596	1.3410	1.3405	0.1019	9.8592	10.197
1Ps	735.4996	0.7355	1	0.9863	0.9859	0.0750	7.2588	7.5000
1hP	745.7000	0.7457	1.0139	1	0.9996	0.0760	7.3624	7.6040
1 电工马力	746	0.7460	1.0143	1.0004	1	0.0761	7.3624	7.6071
1 锅炉马力	9809.5000	9.9095	13.3372	13.1547	13.1495	1	96.8122	100.0291
1L atm /s	101.3250	0.1013	0.1378	0.1359	0.1358	0.0103	1	1.0332
1L at /s	98.0665	0.0981	0.1333	0.1315	0.1314	0.0100	0.9678	1
1kgf·m /s	9.8066	0.0098	0.0133	0.0132	0.0131	0.0010	0.0958	0.1000
1ft·lbf /s	1.3558	0.0014	0.0018	0.0018	0.0018	0.0001	0.0134	0.0138
1cal /s	4.1868	0.0042	0.0057	0.0056	0.0056	0.0004	0.0413	0.0427
1cal <sub>th</sub> /s	4.1840	0.0042	0.0057	0.0056	0.0056	0.0004	0.0413	0.0427
1cal <sub>15</sub> /s	4.1855	0.0042	0.0057	0.0056	0.0056	0.0004	0.0413	0.0427
1kcal /h	1.1630	0.0012	0.0016	0.0016	0.0016	0.0001	0.0115	0.0119
1BtU /h	0.2931	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.2988 ×10 <sup>-4</sup>	0.0029	0.0030
1CHU /h	0.5275	0.0005	0.0007	0.0007	0.0007	0.5378 ×10 <sup>-4</sup>	0.0052	0.0054
1W	0.1020	0.7376	0.2388	0.2390	0.2389	0.8598	3.4121	1.8956
1kW	101.9720	737.5620	238.8459	239.0057	238.9201	859.8452	3412.1238	1895.6320
1Ps	75	542.4766	175.6711	175.7886	175.7256	632.4158	2509.6263	1394.2369
1hP	76.0405	550	178.1074	178.2266	178.1627	641.1866	2544.4317	1413.5731
1 电工马力	76.0711	550.2213	178.1790	178.2983	178.2344	641.4445	2545.4551	1414.1417
1 锅炉马力	1000.2943	7235.1147	2342.9588	2344.5268	2343.6865	8434.6518	3.347 1 ×10 <sup>4</sup>	1.8595 ×10 <sup>4</sup>
1L atm /s	10.3323	74.7335	24.2011	24.2173	24.2086	87.1238	345.7349	192.0749
1L at /s	10	72.3301	23.4228	23.4385	23.4301	84.3220	334.6165	185.8980
1kgf·m /s	1	7.2330	2.3423	2.3438	2.3430	8.4322	33.4616	18.5898
1ft·lbf /s	0.1383	1	0.3238	0.3240	0.3239	1.1658	4.6262	2.5701
1cal /s	0.4269	3.0880	1	1.0007	1.0003	3.6000	14.2860	7.9366
1cal <sub>th</sub> /s	0.4267	3.0860	0.9993	1	0.9996	3.5975	14.2760	7.9311
1cal <sub>15</sub> /s	0.4268	3.0871	0.9997	1.0004	1	3.5989	14.2814	7.9342
1kcal /h	0.1186	0.8578	0.2778	0.2780	0.2779	1	3.9683	2.2046
1BtU /h	0.0299	0.2162	0.0700	0.0700	0.0700	0.2520	1	0.5556
1CHU /h	0.0538	0.3891	0.1260	0.1261	0.1260	0.4536	1.8000	1

注： 1 瓦特 (W ) =1 焦耳/秒 (J /s) =1 安培·伏特 (A·V ) =1 平方米·千克/秒<sup>3</sup> (m<sup>2</sup>·kg /s<sup>3</sup>)。

cal<sub>th</sub> 称热化学卡 ,1cal<sub>th</sub> =4.1840J。

cal<sub>15</sub> 称15 摄氏度卡 ,是指在一个标准大气压下把1g 无空气的水 , 从14.5 加热到15.5 时所需的热量 , 1cal<sub>15</sub> =4.1855J。

表1 -31 速度单位换算				
单位	米/秒 (m /s)	英尺/秒 (ft /s)	码/秒 (yd /s)	千米/分 (km /min)
1m /s	1	3 2809	1 0936	0 0600
1ft /s	0 3048	1	0 3333	0 0183
1yd /s	0 9144	3	1	0 0549
1km /min	16 6667	54 6800	18 2267	1
1km /h	0 2778	0 9113	0 3038	0 0167
1mile /h	0 4470	1 4667	0 4889	0 0268
单位	公里/小时 (km /h)	英里/小时 (mile /h)	节或海里/小时 (kn 或n mile /h)	
1m /s	3 6000	2 2469	1 9438	
1ft /s	1 0973	0 6818	0 5925	
1yd /s	3 2919	2 0455	1 7774	
1km /min	60	37 2818	32 3964	
1km /h	1	0 6214	0 5400	
1mile /h	1 6094	1	0 8689	
1kn 或n mile /h	1 8520	1 1508	1	

1 2 8 流量单位换算

一、体积流量单位换算

体积流量单位换算见表1 -32。

二、质量流量单位换算

质量流量单位换算见表1 -33。

表1 -32 体积流量单位换算				
单位	升秒	立方米/分 (m <sup>3</sup> /min)	立方米/小时 (m <sup>3</sup> /h)	立方英尺/秒 (ft <sup>3</sup> /s)
1L /s	1	0 0600	3 6000	0 0353
1m <sup>3</sup> /min	16 6667	1	60	0 5886
1m <sup>3</sup> /h	0 2778	0 0167	1	0 0098
1ft <sup>3</sup> /s	28 3168	1 6990	101 9405	1
1ft <sup>3</sup> /min	0 4719	0 0283	1 6990	0 0167

续表

单位	升秒	立方米/分 (m <sup>3</sup> /min)	立方米/小时 (m <sup>3</sup> /h)	立方英尺/秒 (ft <sup>3</sup> /s)
1ft <sup>3</sup> /h	0.0079	0.0005	0.0283	0.0003
1 (英) gal/s	4.5437	0.2726	16.3573	0.1605
1 (美) gal/s	3.7854	0.2271	13.6275	0.1337
1L/s	2.1189	127.1330	0.2201	0.2642
1m <sup>3</sup> /min	35.3147	2.1188835	3.6681	4.4029
1m <sup>3</sup> /h	0.5886	35.3147	0.0611	0.00734
1ft <sup>3</sup> /s	60	3.600	6.2321	7.4805
1ft <sup>3</sup> /min	1	60	0.1039	0.1247
1ft <sup>3</sup> /h	0.0167	1	0.0017	0.0021
1 (英) gal/s	9.6276	577.6542	1	1.2003
1 (美) gal/s	8.0208	481.2500	0.8331	1

表1 -33 质量流量单位换算

单位	千克/秒 (kg/s)	千克/分 (kg/min)	吨/小时 (t/h)	磅/秒 (lb/s)
1kg/s	1	60	3.6000	2.2046
1kg/min	0.0167	1	0.066000	0.0367
1t/h	2.2778	16.6667	1	0.6124
1lb/s	0.4536	27.2155	1.6329	1
1lb/min	0.0076	0.4536	0.0272	0.0167
1lb/h	0.0001	0.0076	0.0005	0.0003
1ton/h	0.2822	16.9341	1.0160	0.6222
1USton/h	0.2520	15.1197	0.9072	0.5556
单位	磅/分 (lb/min)	磅/小时 (lb/h)	英吨/小时 (ton/h)	美吨/小时 (USton/h)
1kg/s	132.2775	7936.6500	3.5431	3.9683
1kg/min	2.2046	132.2775	0.0591	0.0661
1t/h	36.7438	2204.6250	0.9842	1.1023
1lb/s	60	3600	1.6071	1.8000
1lb/h	0.0167	1	0.0004	0.0005
1ton/h	37.3333	2240	1	1.1200
1USton/h	33.333	2000	0.8929	1

1 2 9 热及热工单位换算

一、温度单位换算

温度单位换算见表1 -34。

二、各种温度的绝对零点、水冰点和水沸点温度值

各种温度的绝对零点、水冰点和水沸点温度值见表1 -35。

三、导热系数单位换算

导热系数单位换算见表1 -36。

四、传热系数单位换算

传热系数单位换算见表1 -37。

五、热阻单位换算

热阻单位换算见表1 -38。

六、比热容（比热）单位换算

比热容（比热）单位换算见表1 -39。

七、体积热容单位换算

体积热容单位换算见表1 -40。

八、功、能、热单位换算

功、能、热单位换算见表1 -41。

九、水的温度和压力换算

水的温度和压力换算见表1 -42。

十、水的温度和汽化热换算

水的温度和汽化热换算见表1 -43。

十一、热负荷单位换算

热负荷单位换算见表1 -44。

表1 -34 温度单位换算

单位	热力学温度 (K)	摄氏温度 ( )	华氏温度 (℉)	兰氏温度 (℞)
tK	t	t -273 .15	1 .8t -459 .67	1 .8t
t	t +273 .15	t	1 .8t +32	1 .8t +491 .67
t℉	$\frac{5}{9}$ (t +459 .67)	$\frac{5}{9}$ (t -32)	t	t +459 .67
t℞	$\frac{5}{9}$ t	$\frac{5}{9}$ t -273 .15	t -459 .67	

注 :1 =1K =1 .8℉ =1 .8℞。



附录常用数据

表1 -35 各种温度的绝对零点、水冰点和水沸点温度值				
热力学温度 (K)	摄氏温度 ( )	华氏温度 (°F)	兰氏温度 (°R)	
绝对零度	0	-273 .15	-459 .67	0
水冰点	273 .15	0	32	491 .67
水沸点	373 .15	100	212	671 .67

表1 -36 导热系数单位换算					
单位	<div>瓦特</div> <div>(米·开)</div>	<div>瓦特</div> <div>(厘米·开)</div>	<div>千瓦特</div> <div>(米·开)</div>	<div>卡</div> <div>(厘米·秒·开)</div>	<div>卡</div> <div>(厘米·时·开)</div>
	<div>W</div> <div>(m ·K )</div>	<div>W</div> <div>(cm ·K )</div>	<div>kW</div> <div>(m ·K )</div>	<div>cal</div> <div>(cm s ·K )</div>	<div>cal</div> <div>(cm ·h ·K )</div>
1W / (m ·K )	1	0 .0100	0 .0010	0 .0024	8 .5985
1W / (cm ·K )	100	1	0 .1000	0 .2388	859 .8452
1kW / (m ·K )	1000	10	1	2 .3885	8598 .452
1cal / (cm s ·K )	418 .6800	4 .1868	0 .4187	1	3600
1cal / (cm ·h ·K )	0 .1163	0 .0012	0 .0001	0 .0003	1
1kcal / (m ·h ·K )	1 .1630	0 .0116	0 .0012	0 .0027	10
1Btu / (in ·h ·°F )	20 .7688	o 2077	0 .0208	o 0496	178 .5825
1Btu / (ft ·h ·°F )	1 .7307	0 .0173	0 .0017	0 .0041	14 .8819
1CHU / (in ·h ·°F )	37 .3838	0 .3738	0 .0374	0 .0893	321 .4484
1CHU / (ft ·h ·°F )	3 .115 3	0 .0312	0 .0031	0 .0074	26 .7874
单位	<div>千卡</div> <div>(米·时·开)</div>	<div>英热单位</div> <div>(英寸·时·°F )</div>	<div>英热单位</div> <div>(英尺·时·°F )</div>	<div>摄氏度热单位</div> <div>(英寸·时·°F )</div>	<div>摄氏度热单位</div> <div>(英尺·时·°F )</div>
	<div>kcal</div> <div>(m ·h ·K )</div>	<div>Btu</div> <div>(in ·h ·°F )</div>	<div>Btu</div> <div>(ft ·h ·°F )</div>	<div>CHU</div> <div>(in ·h ·°F )</div>	<div>CHU</div> <div>(ft ·h ·°F )</div>
1W / (m ·K )	0 .8598	0 .0481	0 .5778	0 .0267	0 .3210
1W / (cm ·K )	85 .9845	4 .8149	57 .7790	2 .6750	32 .0995
1kW / (m ·K )	859 .8452	48 .1492	577 .7902	26 .7495	320 .9946
1cal / (cm s ·K )	360	20 .1588	241 .9050	11 .1993	134 .3917
1cal / (cm ·h ·K )	0 .1000	0 .0056	0 .6720	0 .0031	0 .0373
1Btu / (in ·h ·°F )	17 .8582	1	12	0 .5556	6 .6667
1Btu / (ft ·h ·°F )	1 .4882	0 .0833	1	0 .0463	0 .5556
1CHU / (in ·h ·°F )	32 .1448	1 .8000	21 .6000	1	12
1CHU / (ft ·h ·°F )	2 .6787	0 .1500	1 .8000	0 .0833	1

注： 表中“开”为“开尔文”的简称（以下同）。  
1 瓦特/（厘米·开）=1 焦耳/（厘米·秒·开）。

表1 -37 传热系数单位换算

单位	<div>瓦特</div> <div>(平方米·开)</div>	<div>瓦特</div> <div>(平方厘米·开)</div>	<div>千瓦特</div> <div>(平方米·开)</div>	<div>卡</div> <div>(平方厘米·秒·开)</div>	<div>卡</div> <div>(平方厘米·秒·开)</div>
	<div>W</div> <div>(m<sup>2</sup>·K)</div>	<div>W</div> <div>(cm<sup>2</sup>·K)</div>	<div>kW</div> <div>(m<sup>2</sup>·K)</div>	<div>cal</div> <div>(cm<sup>2</sup> s·K)</div>	<div>cal</div> <div>(cm<sup>2</sup>·h·K)</div>
1 W / (m <sup>2</sup> ·K)	1	0.001	0.0010	0.2388 ×10 <sup>4</sup>	0.0860
1 W / (cm <sup>2</sup> ·K)	100000	1	10	0.2388	859.8452
1kW / (m <sup>2</sup> ·K)	1000	0.1000	1	0.0239	85.9845
1cal / (cm <sup>2</sup> s·K)	41.868	41.8480	1	3600	
1cal / (cm <sup>2</sup> h·K)	11.6300	0.0012	0.0116	0.0003	1
1kcal / (m <sup>2</sup> h·K)	1.1630	0.0001	0.0012	2.778 ×10 <sup>-5</sup>	0.1000
1Btu / (in <sup>2</sup> h·°F)	817.6667	0.0818	0.8177	0.0195	70.3067
1Btu / (ft <sup>2</sup> h·°F)	5.6782	0.0006	0.0057	0.0001	0.4882
1CHU / (in <sup>2</sup> h·°F)	1471.8002	0.1472	1.4718	0.0352	126.5520
1CHU / (ft <sup>2</sup> h·°F)	10.2208	0.0010	0.0102	0.0002	0.8788
单位	<div>千卡</div> <div>(平方米·时·开)</div>	<div>英热单位</div> <div>(平方英寸·时·°F)</div>	<div>英热单位</div> <div>(平方英寸·时·°F)</div>	<div>摄氏度热单位</div> <div>(平方英寸·时·°F)</div>	<div>摄氏度热单位</div> <div>(平方英寸·时·°F)</div>
	<div>kcal</div> <div>(m<sup>2</sup> h·K)</div>	<div>Btu</div> <div>(in<sup>2</sup> h·°F)</div>	<div>Btu</div> <div>(ft<sup>2</sup> h·°F)</div>	<div>CHU</div> <div>(in<sup>2</sup> h·°F)</div>	<div>CHU</div> <div>(ft<sup>2</sup> h·°F)</div>
1 W / (m <sup>2</sup> ·K)	0.8598	0.0012	0.1761	0.0007	0.0978
1 W / (cm <sup>2</sup> ·K)	8598.4523	12.2299	1761.1087	6.7944	978.3937
1kW / (m <sup>2</sup> ·K)	859.8452	1.2230	176.1109	0.6794	97.8394
1cal / (cm <sup>2</sup> s·K)	3600	51.2042	7373.4099	28.4468	4096.3388
1cal / (cm <sup>2</sup> h·K)	10	0.0142	2.0482	0.0079	1.1379
1kcal / (m <sup>2</sup> h·K)	1	0.0014	0.2048	0.008	0.1138
1Btu / (in <sup>2</sup> h·°F)	703.0668	1	144	0.5556	80
1Btu / (ft <sup>2</sup> h·°F)	4.8824	0.0069	1	0.0039	0.5556
1CHU / (in <sup>2</sup> h·°F)	1265.5203	1.8000	259.2000	1	144
1CHU / (ft <sup>2</sup> h·°F)	0.0125	1.8000	0.0069	1	

注：表“K”可用“°C”代替（以下同）。

表1 -38 热阻单位换算

单位	<div>平方料·开 瓦特</div> <div><math>\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}</math></div>	<div>平方厘米·开 瓦特</div> <div><math>\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}</math></div>	<div>平方米·开 千瓦特</div> <div><math>\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{kW}}</math></div>	<div>平方厘米·秒·开 卡</div> <div><math>\frac{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}}{\text{cal}}</math></div>	<div>平方厘米·时·开 卡</div> <div><math>\frac{\text{cm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{cal}}</math></div>
1m <sup>2</sup> ·K /W	1	10000	1000	41868	11 6300
1cm <sup>2</sup> ·K /W	0.0001	1	0.1000	4.1868	0.0012
1m <sup>2</sup> ·K /kW	0.0010	10	1	41 8680	0.0116
1cm <sup>2</sup> s ·K /cal	0.2388 ×10 <sup>-4</sup>	0.2388	0.0239	1	0.0003
1cm <sup>2</sup> h ·K /cal	0.0960	859.8452	3600	1	
1m <sup>2</sup> h ·K /cal	0.8598	9598.4523	859.8452	3600	10
1in <sup>2</sup> h ·°F /Btu	0.0012	12.2299	1.2230	51.2042	0.0142
1ft <sup>2</sup> h ·°F /Btu	0.1761	1761.1087	176.1109	7373.4099	2.0482
1in <sup>2</sup> h ·°F /CHU	0.0007	6.7944	0.6794	28.4468	0.0079
1ft <sup>2</sup> h ·°F /CHU	0.0978	978.3937	97.8394	4096.3388	1.1379
单位	<div>平方米·时·开 千卡</div> <div><math>\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}{\text{kcal}}</math></div>	<div>平方英寸·时·°F 英热单位</div> <div><math>\frac{\text{in}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°F}}{\text{Btu}}</math></div>	<div>平方英尺·时·°F 英热单位</div> <div><math>\frac{\text{ft}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°F}}{\text{Btu}}</math></div>	<div>平方英寸·时·°F 摄氏度热单位</div> <div><math>\frac{\text{in}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°F}}{\text{CHU}}</math></div>	<div>平方英尺·时·°F 摄氏度热单位</div> <div><math>\frac{\text{ft}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°F}}{\text{CHU}}</math></div>
1m <sup>2</sup> ·K /W	1.1630	817.6667	5.6782	1471.8002	10.2208
1cm <sup>2</sup> ·K /W	0.0001	0.0818	0.0006	0.1472	0.0010
1m <sup>2</sup> ·K /kW	0.0012	0.8177	0.0057	1.4718	0.0102
1cm <sup>2</sup> s ·K /cal	2.7778 ×10 <sup>-5</sup>	0.0195	0.0352	0.0002	
1cm <sup>2</sup> h ·K /cal	0.1000	70.3067	0.4882	126.5520	0.8788
1m <sup>2</sup> s ·K /cal	1	703.0668	4.8824	1265.5203	8.7883
1in <sup>2</sup> h ·°F /Btu	0.0014	1	0.0069	1.8000	0.0125
1in <sup>2</sup> h ·°F /Btu	0.2048	144	1	259.2000	1.8000
1in <sup>2</sup> h ·°F /CHU	0.0008	0.5556	0.0039	1	0.0069
1ft <sup>2</sup> h ·°F /CHU	0.1138	80	0.5556	144	1

表1 -39 比热容（比热）单位换算				
单位	<div>焦耳 (千克·开)</div> <div>J (kg·K)</div>	<div>焦耳 (克·开)</div> <div>J (g·K)</div>	<div>卡 (千克·开)</div> <div>cal (kg·K)</div>	<div>千卡 (千克·开)</div> <div>kcal (kg·K)</div>
1J/ (kg·K)	1	00010	0 2388	0 0002
1J/ (g ,K)	1000	1	238 8459	0 2388
1cal / (kg·K)	4 .1868	0 0042	1	0 0010
1kcal / (kg·K)	4186 8000	4 .1868	1000	
1cal <sub>th</sub> / (kg·K)	4 .1840	0 0042	0 9993	0 9993 ×10 <sup>-3</sup>
1cal <sub>15</sub> / (kg·K)	4 .1855	0 0042	0 9997	0 9997 ×10 <sup>-3</sup>
1BtU / (lb·u )	4186 8000	4 .1868	1000	
1 (CHU / (lb·u )	7536 2400	7 5362	1800	1 8000
单位	<div>热化学卡 (千克·开)</div> <div>cal<sub>th</sub> (kg·K)</div>	<div>15 摄氏度卡 (千克·开)</div> <div>cal<sub>15</sub> (kg·K)</div>	<div>英热单位 (磅·u )</div> <div>BtU (lb·u )</div>	<div>摄氏度热单位 (磅·u )</div> <div>ChU (lb·u )</div>
1J/ (kg·K)	0 2390	0 2389	0 0002	0 0001
1J/ (g·K)	239 0057	238 9201	0 2388	0 .1327
1cal / (kg·K)	1 0007	1 0003	0 0010	0 0006
1kcal / (kg·K)	1000 6692	1000 3106	1	0 5556
1cal <sub>th</sub> / (kg·K)	1	0 9996	0 9993 ×10 <sup>-3</sup>	0 0006
1cal <sub>15</sub> / (kg·K)	1 0004	1	0 9997 ×10 <sup>-3</sup>	0 0006
1BtU / (lb·u )	1000 6692	1000 3106	1	0 5556
1CHU	/ (lb·u )	1801 2046	1800 5591	1 8000

注：焦耳/（千克·开） =1 焦耳/（千克· ）。

表1 -40 体积热容单位换算

单位	<div>焦耳</div> <div>(立主米·开)</div> <div><math>\frac{\text{J}}{(\text{m}^3 \cdot \text{K})}</math></div>	<div>焦耳</div> <div>(立方厘米·开)</div> <div><math>\frac{\text{J}}{(\text{cm}^3 \cdot \text{K})}</math></div>	<div>卡</div> <div>(立方米·开)</div> <div><math>\frac{\text{cal}}{(\text{m}^3 \cdot \text{K})}</math></div>	<div>千卡</div> <div>(立方米·开)</div> <div><math>\frac{\text{kcal}}{(\text{m}^3 \cdot \text{K})}</math></div>
1J / (m³·K )	1	10 <sup>-6</sup>	0 2388	0 0002
1J / (cm³·K )	1000000	1	0 2388 ×10 <sup>6</sup>	238 8459
1cal / (m³·K )	4 .1868	4 .1868 ×10 <sup>-6</sup>	1	0 0010
1kcal / (m³·K )	4186 8000	0 0042	1000	1
1calth / (m³·K )	4 .1840	4 .1840 ×10 <sup>-6</sup>	0 9993	0 9993 ×10 <sup>-3</sup>
1cal15 / (m³·K )	4 .1855	4 .1855 ×10 <sup>-6</sup>	0 9997	0 9997 ×10 <sup>-3</sup>
1BtU / (ft³·u )	6 7066 ×10 <sup>4</sup>	0 0671	1 6019 ×10 <sup>4</sup>	16 0185
1CHU / (ft³·u )	1 2072 ×10 <sup>5</sup>	0 .1207	2 883 3 ×10 <sup>4</sup>	28 8333
单位	<div>热化学卡</div> <div>(立方米·开)</div> <div><math>\frac{\text{cal}_{\text{th}}}{(\text{m}^3 \cdot \text{K})}</math></div>	<div>15 摄氏度卡</div> <div>(立方米·开)</div> <div><math>\frac{\text{cal}_{15}}{(\text{m}^3 \cdot \text{K})}</math></div>	<div>英热单位</div> <div>(立方英尺·u )</div> <div><math>\frac{\text{BtU}}{(\text{ft}^3 \cdot \text{u})}</math></div>	<div>摄氏度热单位</div> <div>(立方英尺·u )</div> <div><math>\frac{\text{CHU}}{(\text{ft}^3 \cdot \text{u})}</math></div>
1J / (m³·K )	0 2390	0 2389	1 4911 ×10 <sup>-5</sup>	8 283 7 ×10 <sup>-6</sup>
1J / (cm³·K )	0 2390 ×10 <sup>6</sup>	0 089 ×10 <sup>6</sup>	14 910 <sup>6</sup>	8 2837
1cal / (m³·K )	1 0007	1 0003	0 6243 ×10 <sup>-4</sup>	0 3468 ×10 <sup>-4</sup>
1kcal / (m³·K )	1000 6692	1000 3106	0 0624	0 0347
1calth / (m³·K )	1	0 9996	0 6238 ×10 <sup>-4</sup>	0 3465 ×10 <sup>-4</sup>
1cal15 / (m³·K )	1 0004	1	0 6240 ×10 <sup>-4</sup>	0 3467 ×10 <sup>-4</sup>
1BtU / (ft³·u )	1 6032 ×10 <sup>4</sup>	1 6025 ×10 <sup>4</sup>	1	0 5556
1CHU / (ft³·u )	2 8857 ×10 <sup>4</sup>	2 8845 ×10 <sup>4</sup>	1 8000	1

附录常用数据

表1 -41 功、能、热单位换算									
单位	焦耳 (J) 或牛顿·米 (N·m)	尔格 (erg) 或达因·厘米 (dyn·cm)	千克力·米 (kgf·m)	升·标准 大气压 (cm <sup>3</sup> ·atm)	立方厘米·标 准大气压 (cm <sup>3</sup> ·at)	升·式程 大气压 (L·at)	立方厘米·工 程大气压 (cm <sup>3</sup> ·at)	英尺·磅力 (ft·lbf)	千瓦·时 (kW·h)
1J 或N·m	1	10000000	0.1020	0.0099	9.8692	0.0102	10.1972	0.7376	2.7778×10 <sup>-7</sup>
1erg 或 dyn·cm	10 <sup>-7</sup>	1	0.1020×10 <sup>-7</sup>	0.9869×10 <sup>-9</sup>	9.8692×10 <sup>-7</sup>	0.0197×10 <sup>-9</sup>	0.0197×10 <sup>-6</sup>	0.7376×10 <sup>-7</sup>	2.7778×10 <sup>-14</sup>
1kgf·m	9.8066	9.8066×10 <sup>7</sup>	1	0.0968	96.7841	0.1000	100	7.2330	2.7241×10 <sup>-6</sup>
1L·atm	101.3250	10.1325×10 <sup>8</sup>	10.3323	1	1000	1.0332	1033.2275	74.7335	2.8146×10 <sup>-5</sup>
1cm <sup>3</sup> ·atm	0.1013	10.1325×10 <sup>5</sup>	0.0103	0.0010	1	0.0332×10 <sup>-3</sup>	1.0332	0.0747	2.8146×10 <sup>-8</sup>
1L·at	98.0665	9.8066×10 <sup>8</sup>	10	0.9678	967.8411	1.1000	72.3301	2.7241×10 <sup>-5</sup>	
1cm <sup>3</sup> ·at	0.0981	9.8066×10 <sup>5</sup>	0.0100	0.9678×10 <sup>-3</sup>	0.9678	0.0010	1	0.0723	2.7241×10 <sup>-8</sup>
1ft·lbf	1.3558	1.3558×10 <sup>7</sup>	0.1383	0.0134	13.3809	0.0138	13.8255	1	3.7662×10 <sup>-7</sup>
1kW·h	3600000	3.6000×10 <sup>13</sup>	3.6710×10 <sup>5</sup>	3.5529×10 <sup>4</sup>	3.5529×10 <sup>7</sup>	3.6710×10 <sup>4</sup>	3.6710×10 <sup>7</sup>	2.6552×10 <sup>6</sup>	1
1Ps·h	2.6478×10 <sup>6</sup>	2.6478×10 <sup>13</sup>	2.7000×10 <sup>5</sup>	2.6132×10 <sup>4</sup>	2.6132×10 <sup>7</sup>	2.7000×10 <sup>4</sup>	2.7000×10 <sup>7</sup>	1.9529×10 <sup>6</sup>	0.7355
1hp·h	2684520	2.6845×10 <sup>13</sup>	2.7375×10 <sup>5</sup>	2.6494×10 <sup>4</sup>	2.6494×10 <sup>7</sup>	2.7375×10 <sup>4</sup>	2.7375×10 <sup>7</sup>	1.9800×10 <sup>6</sup>	0.7457
1eal	4.1868	4.1868×10 <sup>7</sup>	0.4269	0.0413	41.3205	0.0427	42.6932	3.0880	1.1630×10 <sup>-6</sup>
1ealth	4.1840	4.1840×10 <sup>7</sup>	0.4267	0.0413	41.2929	0.0427	42.6647	3.0860	1.1622×10 <sup>-6</sup>
1cal <sub>15</sub>	4.1855	4.1855×10 <sup>7</sup>	0.4268	0.0413	41.3077	0.0427	42.6791	3.0871	1.1626×10 <sup>-6</sup>
1BtU	1055.0687	1.0551×10 <sup>10</sup>	107.5866	10.4126	1.0413×10 <sup>4</sup>	10.7587	1.0759×10 <sup>4</sup>	778.1653	0.0003
1CHU	1899.1237	1.8991×10 <sup>10</sup>	193.6560	18.7428	1.8743×10 <sup>4</sup>	19.3656	1.9366×10 <sup>4</sup>	1400.6975	0.0005
1eV	1.6022×10 <sup>-19</sup>	1.6022×10 <sup>-12</sup>	0.1634×10 <sup>-19</sup>	1.5812×10 <sup>-21</sup>	1.5812×10 <sup>-18</sup>	0.1634×10 <sup>-20</sup>	0.1634×10 <sup>-17</sup>	0.1182×10 <sup>-18</sup>	0.4451×10 <sup>-25</sup>
单位	米制马力·时 (Ps·h)	英制马力·时 (hp·h)	卡 (cal)	热化学卡 (cal <sub>th</sub> )	15 摄氏度卡 (cal <sub>15</sub> )	英热单位 (B <sub>t</sub> U)	摄氏度热单位 (CHU)	电子伏特 (eV)	
1J 或N·m	3.7767×10 <sup>-7</sup>	3.7251×10 <sup>-7</sup>	0.2388	0.2390	0.2389	0.0009	0.0005	0.6241×10 <sup>19</sup>	
1erg 或dyn·cm	3.7767×10 <sup>-14</sup>	3.7251×10 <sup>-14</sup>	0.2388×10 <sup>-7</sup>	0.2390×10 <sup>-7</sup>	0.2389×10 <sup>-7</sup>	9.4717×10 <sup>-11</sup>	5.2657×10 <sup>-11</sup>	0.6241×10 <sup>12</sup>	
1kgf·m	0.3704×10 <sup>-5</sup>	0.3653×10 <sup>-5</sup>	2.3423	2.3439	2.3430	0.0093	0.0052	6.1208×10 <sup>19</sup>	
1L·atm	0.3827×10 <sup>-4</sup>	0.3774×10 <sup>-4</sup>	24.2011	24.2173	24.2086	0.0960	0.0534	0.6324×10 <sup>21</sup>	
1cm <sup>3</sup> ·atm	0.3827×10 <sup>-7</sup>	0.3774×10 <sup>-7</sup>	0.0242	0.0242	0.0242	0.9604×10 <sup>-4</sup>	0.5335×10 <sup>-4</sup>	0.6324×10 <sup>18</sup>	

附录常用数据

续表

单位	米制马力·时 (Ps·h)	英制马力·时 (hP·h)	卡 (cal)	热化学卡 (cal <sub>th</sub> )	15 摄氏度卡 (ca <sub>15</sub> )	英热单位 (B <sub>t</sub> U)	摄氏度热单位 (CHU)	电子伏特 (eV)
1L·at	0.3704×10 <sup>-4</sup>	0.3653×10 <sup>-4</sup>	23.4023	23.4385	23.4301	0.0929	0.0516	6.1208×10 <sup>20</sup>
1cm <sup>3</sup> ·at	0.370×10 <sup>-7</sup>	0.3653×10 <sup>-7</sup>	0.0234	0.0234	0.0234	0.9289×10 <sup>-4</sup>	0.5164×10 <sup>-4</sup>	6.1208×10 <sup>17</sup>
1ft·lbf	5.1206×10 <sup>-7</sup>	5.0505×10 <sup>-7</sup>	0.3238	0.3240	0.3239	0.0013	7.1393×10 <sup>-4</sup>	8.4623×10 <sup>18</sup>
1kw·h	1.3596	1.3410	859680	860400	860040	3409.8120	1895.6520	2.2468×10 <sup>25</sup>
1Ps·h	1	0.9863	6.3242×10 <sup>5</sup>	6.3284×10 <sup>5</sup>	6.3261×10 <sup>5</sup>	2509.5996	1394.2220	1.6526×10 <sup>25</sup>
1hP·h	1.0139	1	6.4119×10 <sup>5</sup>	6.4162×10 <sup>5</sup>	6.4139×10 <sup>5</sup>	2544.4030	1413.5572	1.6755×10 <sup>25</sup>
1cal	1.5596×10 <sup>-6</sup>	1.5812×10 <sup>-6</sup>	1	1.0007	1.0003	0.0040	0.0022	2.6132×10 <sup>19</sup>
1cal <sub>th</sub>	1.5586×10 <sup>-6</sup>	1.5802×10 <sup>-6</sup>	0.9993	1	0.9996	0.0040	0.0022	2.6114×10 <sup>19</sup>
1cal <sub>15</sub>	1.5591×10 <sup>-6</sup>	1.5807×10 <sup>-6</sup>	0.9997	1.0004	1	0.0040	0.0022	2.6124×10 <sup>19</sup>
1B <sub>t</sub> U	0.0004	0.0004	251.9950	252.1715	252.0761	1	0.5556	0.6585×10 <sup>22</sup>
1CHU	0.0007	0.0007	453.5947	453.9087	453.7370	1.8000	1	1.1853×10 <sup>22</sup>
1eV	0.6051×10 <sup>-25</sup>	0.5968×10 <sup>-25</sup>	0.3827×10 <sup>-19</sup>	0.3829×10 <sup>-19</sup>	0.3828×10 <sup>-19</sup>	1.5186×10 <sup>-22</sup>	0.8436×10 <sup>-22</sup>	1

表1 -42 水的温度和压力换算

摄氏温度 ( )	热力学温度 (K)	兆帕斯卡 (MPa)	毫米汞柱 (mmHg)	摄氏温度 ( )	热力学温度 (K)	兆帕斯卡 (MPa)	毫米汞柱 (mmHg)
40	313.15	0.0074	55.3240	103	376.15	0.1127	
50	323.15	0.0123	92.5100	104	377.15	0.1167	875.0600
60	333.15	0.0199	149.3800	105	378.15	0.1208	906.0070
70	343.15	0.0312	233.7000	106	379.15	0.1250	937.9200
80	353.15	0.0473	355.1000	107	380.15	0.1294	970.6000
81	354.15	0.0493	369.7000	108	381.15	0.1339	1004.4200
82	355.15	0.0513	384.9000	109	382.15	0.1385	1038.9200
83	356.15	0.0534	400.6000	110	383.15	0.1431	1073.5600
84	357.15	0.0556	416.8000	111	384.15	0.1481	1111.2000
85	358.15	0.0578	433.6000	112	385.15	0.1532	1148.7400
86	359.15	0.0601	450.9000	113	378.15	0.1583	1148.7400
87	360.15	0.0625	468.7000	114	387.15	0.1636	1227.2500
88	361.15	0.0649	487.1000	115	388.15	0.1691	1267.9800
89	362.15	0.0675	506.1000	116	389.15	0.1746	1309.9400
90	363.15	0.0701	525.7600	117	390.15	0.1804	1352.9500
91	364.15	0.0729	546.0500	118	391.15	0.1861	1397.1800

续表

摄氏温度 ( )	热力学温度 (K )	兆帕斯卡 (MPa )	毫米汞柱 (mmHg )	摄氏温度 ( )	热力学温度 (K )	兆帕斯卡 (MPa )	毫米汞柱 (mmHg )
92	365 .15	0 .0756	566 .9900	1 .19	392 .15	0 .1923	1442 .6500
93	366 .15	0 .078 5	588 .6000	120	393 .15	0 .1985	1489 .1400
94	367 .15	0 .081 5	610 .9000	125	398 .15	0 .2321	1740 .9300
95	368 .15	0 .084 5	633 .9000	130	403 .15	0 .270 1	2026 .1600
96	369 .15	0 .0877	657 .6200	140	-413 .15	0 .3613	2710
97	370 .15	0 .0909	682 .0700	150	423 .15	0 .4760	3 570
98	371 .15	0 .0943	707 .2700	160	423 .15	0 .6175	4635
99	372 .15	0 .0978	733 .2400	170	443 .15	0 .7917	5940
100	373 .15	0 .1013	760 .0000	180	453 .15	1 .0026	7 520
101	374 .15	0 .1050	787 .5100	190	463 .15	1 .255 L	9414
102	375 .15	0 .1088	815 .8600	200	473 .15	1 .554 5	11 660

表1 -43 水的温度和汽化热换算

摄氏温度 ( )	热力学温度 (K )	千焦耳/千克 (kJ /kg )	千卡/千克 (kcal/kg )	摄氏温度 ( )	热力学温度 (K )	千焦耳/千克 (kJ /kg )	千卡/千克 (kcal/kg )
0	273 .15	2500 .7756	597 .3000	55	328 .15	2 370 .1475	566 .1000
5	278 .15	2489 .0526	594 .5000	60	333 .15	2358 .0058	563 .2000
10	283 .15	2477 .3296	591 .7000	65	338 .15	2345 .4454	560 .2000
15	288 .15	465 .606 5	588 .9000	70	343 .15	2333 .3036	557 .3000
20	293 .15	2453 .4648	586 .0000	75	348 .15	2320 .7432	554 .3000
25	298 .15	2441 .741 8	583 .2000	80	353 .15	2308 .1828	551 .3000
30	303 .15	2430 .0187	580 .4000	85	358 .15	2295 .6224	548 .3000
35	305 .15	2418 .2957	577 .6000	90	363 .15	2282 .6434	545 .2000
40	313 .15	2406 .1540	574 .7000	95	368 .15	2269 .6643	542 .1000
45	318 .15	2394 .0122	571 .8000	100	373 .15	2256 .6852	539 .0000
50	323 .15	2382 .2892	569 .0000				

表1 -44 热负荷单位换算

瓦特 (W )	1 .1630	2 .3260	3 .4890	4 .6520	5 .8150	6 .9780	8 .1410	9 .3040	10 .4670	11 .6300
kcal /h 或 W	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
千卡/时 (kcal /h )	0 .8598	1 .7197	2 .5795	3 .4394	4 .2992	5 .159 1	6 .0189	6 .8788	7 .7386	8 .5985




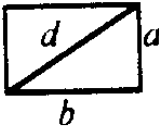
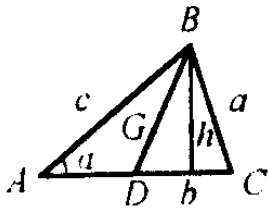
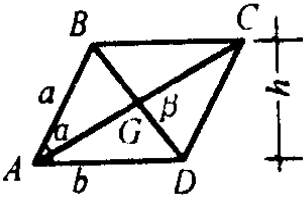
2 . 常用面积和体积计算公式

2 .1 面积与体积基本计算公式


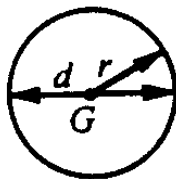
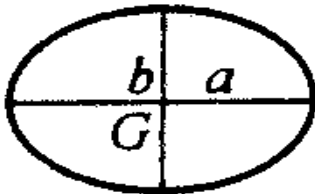
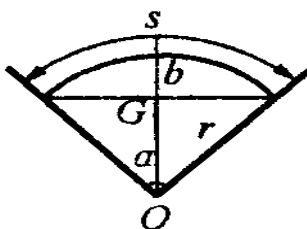
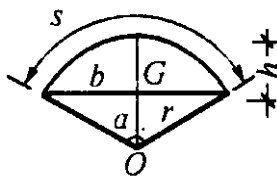
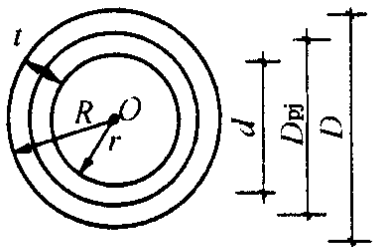
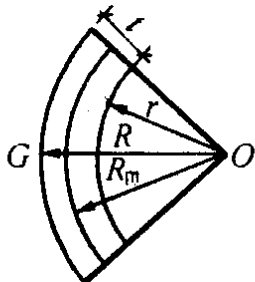
2 .1 .1 平面图形面积计算

平面图形面积计算详见表2 -1。

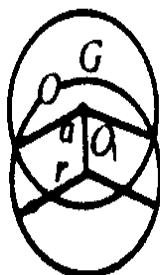
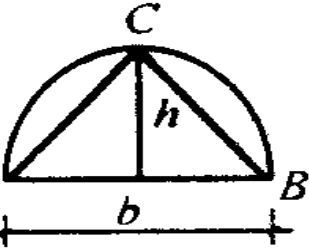
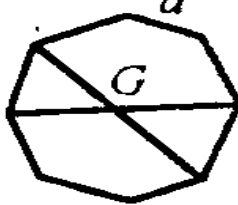
表2 -1 平面图形面积

图形	尺寸符号	面积 (A ) 表面积 (S)	重心 (G )
正方形	 a—边长 d—对角线	$A = a^2$ $a = \sqrt{A} = 0.707d$ $d = 1.414a = 1.414 \sqrt{A}$	在对角线交点上
长方形	 a—短边 b—长边 d 对角线	$A = a b$ $d = \sqrt{a^2 + b^2}$	在对角线交点上
三角形	 h—高 $l = \frac{1}{2}$ 周长 a、b、c—对应角 A、B、C 的边长	$A = \frac{bh}{2} = \frac{1}{2}ab\sin C$ $t = \frac{a + b + c}{2}$	$GD = \frac{1}{3}BD$ $CD = DA$
平行四边形	 a、b—邻边 h—对边间的距离	$A = b h$ $= a .b\sin$ $= \frac{AC .BC}{2}\sin$	在对角线交点上

续表

图形		尺寸符号	面积 (A) 表面积 (S)	重心 (G)
梯形		CE = AB AF = CD a = CD (上底边) b = AB (下底边) h—高	$A = \frac{a+b}{2} h$	$HG = \frac{h}{3} \cdot \frac{a+2b}{a+b}$ $KG = \frac{h}{3} \cdot \frac{2a+b}{a+b}$
圆形		r—半径 d—直径 p—圆周长	$A = r^2 = \frac{1}{4} d^2 = 0.785d^2 = 0.07958p^2$ p = p	在圆心上
椭圆形		a、b—主轴	$A = \pi a b$	在主轴交点G 上
扁形		r—半径 s—弧长 a—弧s 的对应中心角	$A = \frac{1}{2} r s = \frac{\pi}{360} r^2$ $s = \frac{a}{180} r$	$G O = \frac{2}{3} \cdot \frac{r b}{s}$ 当 $= 90^\circ$ 时 $G O = \frac{4}{3} \cdot \frac{2}{3} r = 0.6r$
弓形		r—半径 s—弧长 a—中心角 b—弦长 h—高	$A = \frac{1}{2} r^2 \left( \frac{a}{180} - \sin \right)$ $= \frac{1}{2} [r (s - b) + b h]$ $s = r \cdot a \cdot \frac{\pi}{180} = 0.0175r \cdot a$ $h = r - r^2 - \frac{1}{4} a^2$	$G O = \frac{1}{12} \cdot \frac{b^2}{A}$ 当 $a = 180^\circ$ 时 $G O = \frac{4r}{3} = 0.424r$
圆环		R—外半径 r—内半径 D—外直径 d—内直径 t—环宽 D <sub>pj</sub> —平均直径	$A = (R^2 - r^2)$ $= \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$ $= \pi D_{pj} t$	在圆心O
部分圆环		R—外半径 r—内半径 D—外直径 d—内直径 R <sub>pj</sub> —圆环平均半径 t—环宽	$A = \frac{a}{360} (R^2 - r^2)$ $= \frac{a}{180} R_{pj} \cdot t$	$G O = \frac{38.2}{\left( \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \right) \times \frac{\sin \frac{a}{2}}{2}}$

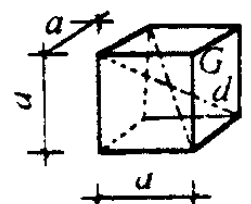
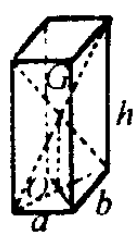
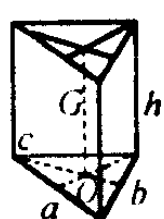

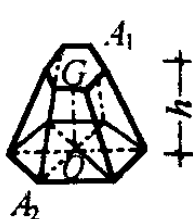
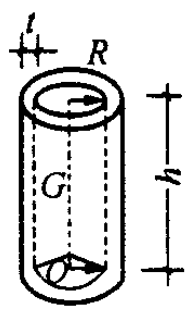
续表

图形		尺寸符号				面积 (A ) 表面积 (S)			重心 (G )	
新月形		OO <sub>1</sub> = l - 圆心间的 距离 d—直径				A = r <sup>2</sup> ( $\frac{\pi}{180}$ + sin ) = r <sup>2</sup> PP = $\frac{\pi}{180}$ + sin P 值见下 表			O <sub>1</sub> G = $\frac{(\pi - P) L}{2P}$	
	L	$\frac{d}{10}$	$\frac{2d}{10}$	$\frac{3d}{10}$	$\frac{4d}{10}$	$\frac{5d}{10}$	$\frac{6d}{10}$	$\frac{7d}{10}$	$\frac{8d}{10}$	$\frac{9d}{10}$
	P	0.40	0.79	1.18	1.56	1.91	2.25	2.55	2.81	3.02
抛物线形		b—底边 h—高 l—曲线长 S— ABC 的面积				l = $\sqrt{b^2 + 1.333 h^2}$ A = $\frac{2}{3}$ b · h = $\frac{4}{3}$ · S				
等边多边形		a—边长 K <sub>i</sub> —系数 , i 指多 边形的边数				A = K a <sup>2</sup> 三边形 K <sub>3</sub> =0.433 四边形 K <sub>4</sub> =1.000 五边形 K <sub>5</sub> =1.720 六边形 K <sub>6</sub> =2.598 七边形 K <sub>7</sub> =3.614 八边形 K <sub>8</sub> =4.828 九边形 K <sub>9</sub> =6.182 十边形 K <sub>10</sub> =7.694			在内、外接圆心处	

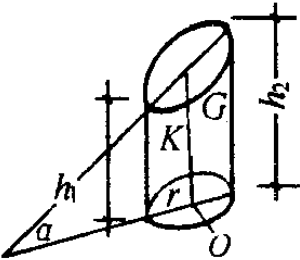
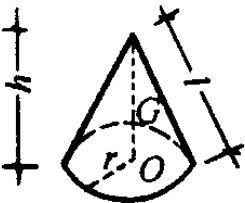
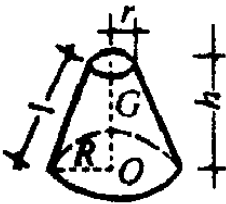

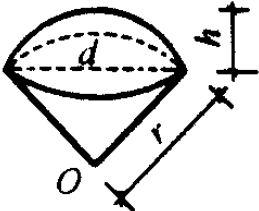
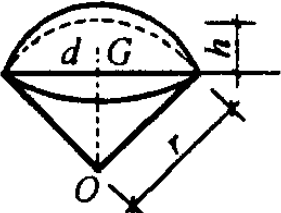
2.1 2 多面体的体积和表面积计算

多面体和体积和表面积计算见表2 -2。

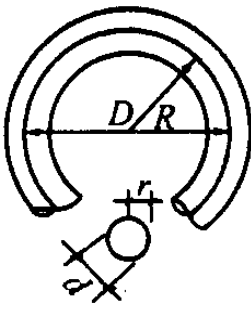
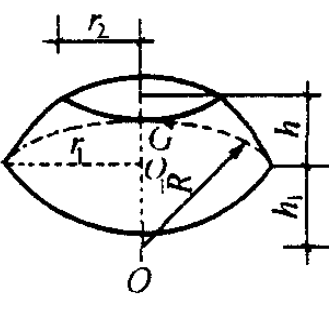
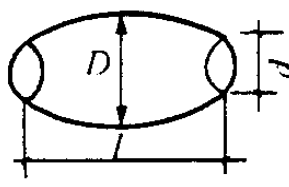
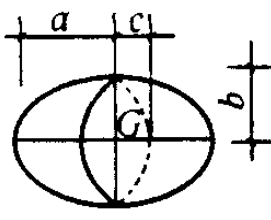
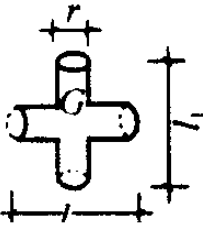
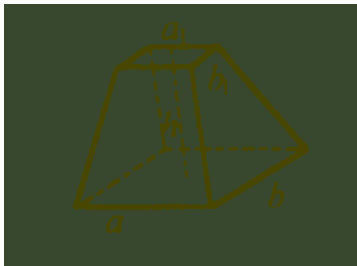
表2 -2 多面积的体积和表面积计算

图形		尺寸符号	体积 (V) 底面积 (A) 表面积 (S) 侧表面积 (S <sub>1</sub> )	重心 (G)
立方体		a—棱 d—对角线 S—表面积 S <sub>1</sub> —侧表面积	$V = a^3$ $S = 6a^2$ $S_1 = 4a^2$	在对角线交点上
长方体 (棱柱)		a、b、h—边长 O—底面对角线交点	$V = a \cdot b \cdot h$ $S = 2(a \cdot b + a \cdot h + b \cdot h)$ $S_1 = 2h(a + b)$ $d^2 = a^2 + b^2 + h^2$	$GO = \frac{h}{2}$
三棱柱		a、b、c—边长 h—高 A—底面积 O—底面中线的交点	$V = A \cdot h$ $S = (a + b + c) \cdot h + 2A$ $S_1 = (a + b + c) \cdot h$	$GO = \frac{h}{2}$
棱锥		f—一个组合三角形的面积 n—组合三角形的个数 O—锥底各对角线交点	$V = \frac{1}{3} A \cdot h$ $S = n \cdot f + A$ $S_t = n \cdot f$	$GO = \frac{h}{4}$
棱台		A <sub>1</sub> 、A <sub>2</sub> —两平行底面的面积 h—底面间的距离 a—一个组合梯形的面积 n—组合梯形数	$V = \frac{1}{3} h (A_1 + A_2 + A_1 A_2)$ $S = a n + A_1 + A_2$ $S_1 = a n$	$GO = \frac{h}{4} \frac{A_1 + 2 \sqrt{A_1 A_2} + A_2}{A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2}$
圆柱和空心圆柱 (管)		R——外半径 r——内半径 t——柱壁厚度 P——平均半径 S <sub>1</sub> ——内外侧面积	圆柱 : $V = R^2 \cdot h$ $S = 2 \cdot R \cdot h + 2 \cdot R^2$ $S_1 = 2 \cdot R \cdot h$ 空心直圆柱 : $V = h (R^2 - r^2)$ $= 2 \cdot R \cdot P \cdot h$ $S = 2 (R + r) \cdot h + 2 \cdot \pi (R^2 - r^2)$ $S_1 = 2 (R + r) \cdot h$	$GO = \frac{h}{2}$

续表

图形		尺寸符号	体积 (V) 底面积 (A) 表面积 (S) 侧表面积 (S <sub>1</sub> )	重心 (G)
斜截直筒柱		h <sub>1</sub> —最小高度 h <sub>2</sub> —最大高度 r—底面半径	$V = r^2 \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right)$ $S = r (h_1 + h_2) + r^2 \times (1 + 1/\cos\alpha)$	$G O = \frac{h_1 + h_2}{4} + \frac{2 r^2 \tan^2 \alpha}{r^4 (h_1 + h_2)}$ $G K = \frac{1}{2} \left( \frac{r^2}{h_1 + h_2} \right) \tan \alpha$
直筒锥		r—底面半径 h—高 t—母线长	$V = \frac{h}{3} \cdot (R^2 + r^2 + Rr)$ $S = l (R + r)$ $l = \sqrt{(R - r)^2 + h^2}$ $S = S_1 + (R^2 + r^2)$	$G O = \frac{h}{4}$
圆台		R、r—底面半径 h—高 l—母线	$V = \frac{h}{3} \cdot (R^2 + r^2 + Rr)$ $S_1 = l (R + r)$ $l = \sqrt{(R - r)^2 + h^2}$ $S = S_1 + (R^2 + r^2)$	$G O = \frac{h}{4} \times \frac{R^2 + 2Rr + 3r^2}{R^2 + Rr + r^2}$
球		r——半径 d——直径	$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{\pi d^3}{6} = 0.5236 d^3$ $S = 4 \pi r^2 = \pi d^2$	在球心上
球扁形 (球楔)		r—球半径 d—弓形底圆直径 h—弓形高	$V = \frac{3}{2} \pi h^2 = 2.0944 r^2 h$ $S = \frac{r}{2} (4h + d) = 1.57 r (h + d)$	$G O = \frac{3}{4} \left( r - \frac{h}{2} \right)$
球缺		h—球缺的高 r—球缺半径 d—平切圆直径 S <sub>曲</sub> —曲面面积 S—球缺表面积	$V = h^2 \left( r - \frac{h}{3} \right)$ $S_{\text{曲}} = 2 \pi r h = \pi \left( \frac{d^2}{4} + h^2 \right)$ $S = h (4r - h)$ $d^2 = 4h (2r - h)$	$G O = \frac{3}{4} \times \frac{(2r - h)^2}{3r - h}$

续表

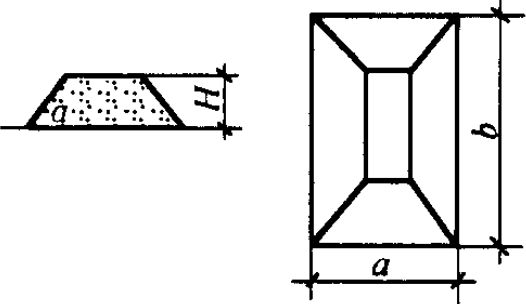
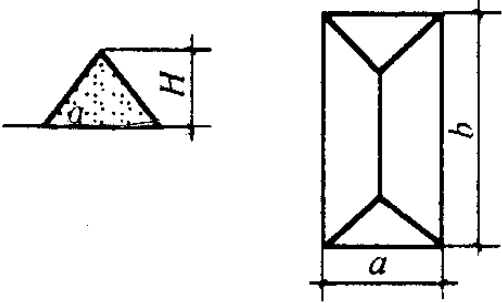
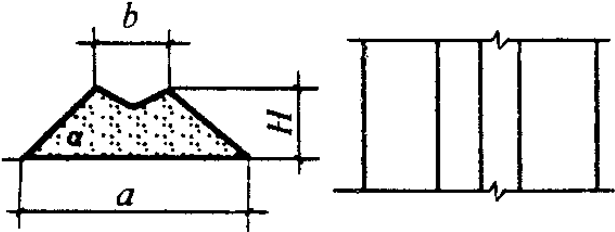
图形		尺寸符号	体积 (V) 底面积 (A) 表面积 (S) 侧表面积 (S <sub>1</sub> )	重心 (G)
圆环体		R —圆环体平均半径 D —圆环体平均直径 d—圆环体截面直径 r—圆形体截面半径	$V = 2 \pi^2 R \cdot r^2$ $= \frac{1}{4} 2 D d^2$ $S = 4 \pi^2 R r = \pi^2 D d = 39.478 R r$	在环中心上
球带体		R —球半径 r <sub>1</sub> r <sub>2</sub> —底面半径 h—帽高 h <sub>1</sub> —球心 O 至带底圆心 O <sub>1</sub> 的距离	$V = \frac{h}{3} (\pi r_1^2 + 3 \pi r_2^2 + \pi h^2)$ $S_1 = 2 \pi R h$ $S = 2 \pi R h + \pi (r_1^2 + r_2^2)$	$G O = h_1 + \frac{h}{2}$
桶体		D —中间断面直径 d—底直径 l—桶高	对于抛物线形桶板: $V = \frac{l}{15} \times (\pi D^2 + D d + \frac{4}{3} d^2)$ 对于圆形桶板: $V = \frac{1}{12} l (\pi D^2 + d^2)$	在轴交点上
椭球体		a、b、c—半轴	$V = \frac{4}{3} \pi a b c$ $S = 2 \pi^2 a b \times \sqrt{a^2 + b^2}$	在轴交点上
交叉圆柱体		r—圆柱半径 l <sub>1</sub> 、l—圆柱长	$V = r^2 (l + l_1 - \frac{2r}{3})$	在二轴线交点上
梯形体		a、b—下底边长 a <sub>1</sub> 、b <sub>1</sub> —上底边长 h—上、下底边距离 (高)	$V = \frac{h}{6} [ (2a + a_1) b + (2a_1 + a) b_1 ]$ $= \frac{h}{6} [ a b + (a + a_1) (b + b_1) + a_1 b_1 ]$	

2 2 物料堆体积与曲拱展开面积计算

2 2 .1 物料堆体积计算

物料堆体积计算见表2 -3。

表2 -3 物料堆体积计算

图形	计算方法
	$V = [ab - \frac{H}{\operatorname{tga}} (a + b - 4 \frac{H}{3\operatorname{tg}})] \times H$ <p>- 物料自然堆积角</p>
	$a = \frac{2H}{\operatorname{tg}}$ $V = \frac{aH}{6} (3b - a)$
	$V_0 \text{ (延米体积)} = \frac{H^2}{\operatorname{tg}} + bH - \frac{b^2}{4} \operatorname{tga}$

2 2 2 单、双曲拱展开面积计算

单曲拱展开面积计算公式为

单曲拱展开面积 = 单曲拱系数 × 水平投影面积

单曲拱展开面积系数见表2 -4。

双曲拱展开面积公式为

双曲拱展开面积 = 双曲拱系数 × 水平投影面积

双曲拱展开面积系数见表2 -5。

表2 -4 单曲拱展开面积系数

$F/L$ (f/L)	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
系数	1.50	1.25	1.15	1.10	1.07	1.05	1.04	1.03	1.02

表2 -5 双曲拱展开面积系数

<div><div><div><math>F/L</math></div><div>数 系</div><div><math>f/L</math></div></div></div>	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
1/2	2.25	1.875	1.725	1.650	1.605	1.575	1.569	1.545	1.530
1/3	1.875	1.563	1.438	1.375	1.338	1.313	1.300	1.288	1.275
1/4	1.725	1.433	1.323	1.265	1.231	1.208	1.196	1.185	1.173
1/5	1.650	1.375	1.265	1.210	1.177	1.155	1.144	1.133	1.122
1/6	1.605	1.333	1.231	1.177	1.145	1.124	1.113	1.102	1.091
1/7	1.575	1.313	1.203	1.155	1.124	1.103	1.092	1.082	1.071
1/8	1.560	1.300	1.196	1.144	1.113	1.092	1.082	1.071	1.061
1/9	1.545	1.288	1.185	1.133	1.102	1.082	1.071	1.061	1.051
1/10	1.530	1.275	1.173	1.122	1.091	1.071	1.061	1.051	1.040

注：双曲拱系数 = 大曲拱系数 × 小曲拱系数。

3 . 常用建筑结构与施工数据

3 .1 施工中常用结构数据

3 .1 .1 一般房屋结构的计算荷载

一、民用建筑楼面均布活荷载

民用建筑楼面均布活荷载的标准值及其准永久值系数见表3 -1 。



表3 -1 民用建筑楼面均布活荷载的标准值及其准永久值系数

项次	类别	标准值 (kN /m <sup>2</sup> )	准永久值系数 q
1	住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园	1 5	0 4
2	教室、试验室、阅览室，会议室	2 0	0 5
3	食堂、办公楼中的一般资料档案室	2 5	0 5
4	礼堂、剧场、屯影院、体育场及体育馆的看台： ①）有固定座位 ②）无固定座位	2 5 3 5	0 3
5	展览馆	3 0	0 5
6	商店	3 5	0 5
7	车站大厅、候车室、舞台、体操室	3 5	0 5
8	藏书库、档案库	5 0	0 8
9	停车库； ①）单向板楼盖（板跨不小于2m） ②）双向板楼盖和无梁楼盖（柱网尺寸不小于6m × 6m）	4 0 2 5	0 6
10	厨房	2 0	0 5
11	浴室、厕所盥洗室： ①）对第一项中的民用建筑 ②）对其它民用建筑	2 0 2 5	0 4 0 5
12	走廊、门厅、楼梯： ①）住宅、托儿所、幼儿园 ②）宿舍、旅馆、医院、办公楼 ③）教室、食堂 ④）礼堂、剧场、电影院、看台、展览馆	1 5 2 0 2 5 3 5	0 4 0 4 0 5 0 3
13	挑出阳台	2 5	0 5

注： 本表所给各项活荷载适用于一般使用条件，当使用荷载较大时，应按实际情况采用。

第9 项活荷载只适用于停放轿车的车库。当单向板板跨小子2m 时。可按 《建筑结构荷载规范》 (GBJ9 -87 ) 附录二规定，将车轮局部荷载换算为等效均布荷载，局部荷载值取4 5kN ，间隔1 5m ，分布在0 2m ×0 2m 的面积上。

第12 项楼梯活荷载，对预制楼梯踏步平板，尚应按1 5kN 集中荷载验算。

第13 项挑出阳台荷载，当人群有可能密集时，宜按3 5kN /m<sup>2</sup> 采用。

本表各项荷载未包括隔墙自重。

设计楼面梁、墙、柱及基础时，表3 -1 中的楼面活荷载标准值在下列情况下应乘以规定的折减系数：

(一) 设计楼面梁时的折减系数

- (1) 第1 项当楼面梁从属面积超过25m<sup>2</sup> 时，取0 .9 ；
- (2) 第2 ~8 项当楼面梁从属面积超过50m<sup>2</sup> 时，取0 .9 ；
- (3) 第9 项对单向板楼盖的次梁和槽形板的纵肋取0 .8 ，对单向板楼盖的主梁取0 .6 ，对双向板楼盖的梁取0 .8 ；
- (4) 第10 ~13 项采用与所属房屋类别相同的折减系数。

(二) 设计墙、柱和基础时的折减系数

- (1) 第1 项按表3 -2 规定采用；
- (2) 第2 ~8 项采用与其楼面梁相同的折减系数；
- (3) 第9 项对单向板楼盖取0 .6 ，对双向板楼盖和无梁楼盖取0 .8 ；
- (4) 第10 ~13 项采用与所属房屋类别相同的折减系数。

楼面梁的从属面积是指向梁两侧各延伸1 /2 梁间距范围内的实际面积。

表3 -2 活荷载按楼层数的折减系数

墙、柱、基础计算截面以上的层数	1	2 ~3	4 ~5	6 ~8	9 ~20	>20
计算截面以上各楼层活荷载总和折减系数	1 .00 (0 .90 )	0 .85	0 .70	0 .65	0 .60	0 .55

注：当楼面梁的从属面积超过255m<sup>2</sup> 时，采用括号内的系数。

二、屋面均布活荷载

工业与民用房屋的屋面，其水平投影面上的屋面均布活荷载，应按表3 -3 采用。

屋面均布活荷载，不应与雪荷载同时考虑。

表3 -3 屋面均布活荷载

项次	类别	标准值 (kN /m2 )	准永久值系数 q
1	不上人的屋面		
	石棉瓦、石楞铁等轻屋面和瓦屋面	0 .3	0
	钢丝水泥及其它水泥制品轻屋面以及由薄钢结构承重的钢筋混凝土屋面	0 .5	0
	由钢结构或钢筋混混凝土结构承重的钢筋混凝土屋面、包括挑檐和雨篷	0 .7	0
2	上人的屋面	1 .5	0 .4

注： 不上人的屋面，当施工荷载较大时，应按实际情况采用。  
上人的屋面，当兼做其它用途时，应按相应楼面活荷载采用。

三、楼面和屋面的施工或检修集中荷载和栏杆水平荷载

设计屋面板、檩条、钢筋混凝土挑檐、雨篷和预制小梁时，应按下列施工或检修集中荷载（人和小工具的自重）出现在最不利位置进行验算：

- (1) 屋面板、檩条、钢筋混凝土挑檐和预制小梁，取0 .8kN ；
- (2) 钢筋混凝土雨篷，取1 .0kN 。

对于轻型构件或较宽构件，当施工荷载有可能超过上述荷载时，应按实际情况验算，或采用加垫板、支撑等临时设施承受。

当计算挑檐、雨篷强度时，沿板宽每隔1 m 考虑一个集中荷载；在验算挑檐、雨篷倾覆时，沿板宽每隔2 .5 ~3m 考虑一个集中荷载。

楼梯、看台、阳台和上人屋面等的栏杆顶部水平荷载，应按下列规定采用：住宅、宿舍、办公楼、旅馆、医院、托儿所、幼儿园，取0 .5kN /m<sup>2</sup>；学校、食堂、剧场、电影院、车站、礼堂、展览馆或体育场，取1 .0kN /m<sup>2</sup>。

四、动力系数

建筑结构设计动力计算，在有充分依据时，可将重物或设备的荷载乘以动力系数后按静力进行计算。

搬运和装卸重物以及车辆起动和刹车的动力系数，可采用1 .1 ~1 .2 ，其动力作用只考虑传至楼板和梁。

3 .1 2 混凝土结构设计用表

受弯构件的最大挠度允许值见表3 -4 。

钢筋混凝土和预应力混凝土结构构件的裂缝控制等级、混凝土拉应力限制系数 <sub>ct</sub> 和最大裂缝宽度允许值见表3 -5 。

表3 -4 受弯构件的最大挠度允许值

项次	构件类型	允许挠度 (釉计算跨度l <sub>0</sub> 计算)
1	吊车梁：手动吊车	l <sub>0</sub> /500
	电动吊车	l <sub>0</sub> /600
2	屋盖、楼盖及楼梯构件：	
	当l <sub>0</sub> <7m 时	l <sub>0</sub> /200 (l <sub>0</sub> /250 )
	当7 l <sub>0</sub> 9m 时	l <sub>0</sub> /250 (l <sub>0</sub> /300 )
	当l <sub>0</sub> >9m 时	l <sub>0</sub> /300 (l <sub>0</sub> /400 )

注： 如果构件制作时预先起拱，而且使用上也允许，则在验算挠度时，可将计算所得的挠度值减去起拱值，预应力混凝土构件尚可减去预加应力所产生的反拱值。

表中括号中的数值，适用于使用上对挠度有较高要求的构件。

悬臂构件的允许挠度值，按表中相应数值乘2 取用。

表3 -5 钢筋混凝土及预应力混凝土结构构件的裂缝控制等级、系数  $\alpha_t$ 、 $[W_{max}]$

钢 筋 种 类		钢筋混凝土结构	预应力混凝土结构	
		级钢筋 级钢筋 级钢筋	冷拉 级钢筋 冷拉 级钢筋 冷拉 级钢筋	碳素钢丝 刻痕钢丝 钢绞线 热处理钢筋 冷拔低碳钢丝
结构构件工作条件				
室内正常环境	一般构件	三级0.3mm (0.4mm )	三级0.2mm	二级 $\alpha_t =0.5mm$
	屋面梁、托梁	三级0.3mm	二级 $\alpha_t =1.0$	二级 $\alpha_t =0.5$
	中级工作制吊车梁	三级0.3mm	二级 $\alpha_t =0.5$	二级 $\alpha_t =0.3$
	屋架、托架	三级0.2mm	二级 $\alpha_t =0.5$	二级 $\alpha_t =0.3$
	重级工作制吊车梁	三级0.2mm	二级 $\alpha_t =0.3$	一级
露天或室内高温环境		三级1.2mm	二级 $\alpha_t =0.5$	

注： 裂缝控制等级：一级——严格要求不出现裂缝的构件，在荷载长期效应组合作用下，构件受拉边缘混凝土不应产生拉应力；二级——一般要求不出现裂缝的构件，在荷载长期效应组合作用下，构件受拉边缘混凝土不应产生拉应力，而在荷载短期效应组合作用下，构件受拉边缘混凝土允许产生拉应力，但拉应力不应超过  $\alpha_t f_{tk}$ 。此处  $\alpha_t$  为混凝土拉应力限制系数，  $\eta$  为受拉区混凝土塑性影响系数， $f_{tk}$  为混凝土抗拉强度标准值；三级——允许出现

裂缝的构件，在荷载短期效应组合作用下并考虑荷载长期效应组合影响的最大裂缝宽度计算值不应超过允许值。

属于露天或室内高湿度环境一栏的构件，系指直接受雨淋的构件、无围护结构的房屋中经常受雨淋的构件或经常受蒸汽或凝结水作用的室内构件（如浴室等），以及与土直接接触的构件。

对外于年平均相对湿度小于60 %地区，且可变荷荷载标准值与恒载标准值之比大于0.5 的构件，其最大裂缝宽度允许值可采用括弧内数字

对承受两台及两台以上的相同吨位，且起重量不大于50t 的中级工作制吊车的预应力混凝土等高度吊车梁，当采用冷拉Ⅱ、Ⅲ级钢筋时，可根据使用要求，选用允许出现裂缝的预应力混凝土构件，其正截面的最大裂缝宽度允许值采用0.1mm。

采用Ⅳ级拉Ⅱ、Ⅲ级钢筋的承受重级工作制吊车的预应力混凝土吊车梁，当处于露天或室内高湿度环境，其裂缝控制等级不变，取  $\alpha =0.3$ 。

烟囱、用以贮存松散体的筒仓及处于液体压力下的构件，其裂缝控制要求应符合现行专门规范的有关规定。

表中预应力混凝土构件的混凝土拉应力限制系数及最大裂缝宽度允许值，仅适用于正截面的验算，斜截面的验算条件应符合其它的规定。

预应力钢筋的张拉控制应力允许值  $[\sigma_{con}]$  见表3 -6。

表3 -6 张拉控制应力允许值

项次	钢种	张拉方法	
		先张法	后张法
1	碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线	$0.7f_{ptk}$	$0.70f_{ptk}$
2	冷拔低碳钢丝、热处理钢筋	$0.70f_{ptk}$	$0.65f_{ptk}$
3	冷拉钢筋	$0.90f_{pyk}$	$0.85f_{pyk}$

混凝土强度设计值、标准值、弹性模量和疲劳变形模量见表3 -7（附新旧规范换算）。

表3 -7 混凝土强度设计值、标准值、弹性模量和疲劳变形模晨

强度与模量种类		符号	混凝土强度等级											
			C7.5	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
强度设计值	轴心抗压	f <sub>c</sub>	3.7	5	7.5	10	12.5	15	17.5	19.5	21.5	23.5	25	26.5
	弯曲抗压	f <sub>cm</sub>	4.1	5.5	8.5	11	13.5	16.5	19	21.5	23.5	26	27.5	29
	抗拉	f <sub>t</sub>	0.55	0.65	0.9	1.1	1.3	1.5	1.65	1.8	1.9	2	2.1	2.2

续表

强度与模量种类		符号	混凝土强度等级											
			C7.5	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
强度标准值	轴心抗压	$f_{ck}$	5	6.7	10	13.5	17	20	23.5	27	29.5	32	34	36
	弯曲抗压	$f_{cmk}$	5.5	7.5	11	15	18.5	22	26	29.5	32.5	35	37.5	39.5
	抗拉	$f_{tk}$	0.75	0.9	1.2	1.5	1.75	2	2.25	2.45	2.6	2.75	2.85	2.95
弹性模量 ( $\times 10^4$ )		$E_c$	1.45	1.75	2.20	2.55	2.80	3.00	3.15	3.25	3.35	3.45	3.55	3.60
疲劳变形模量 ( $\times 10^4$ )		$E_c^f$	-	-	-	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.55	1.60	1.65	1.70

注： 计算现浇钢筋混凝土轴心受压及偏心受压构件时，如截面的长边或直径小于300mm，则表中混凝土的设计强度应乘以系数0.8，当构件质量（如混凝土成型、截面和曲线尺寸等）确有保证时，可不受此限。  
离心混凝土的设计强度应按专门规定取用。

原规范混凝土标号	100	150	200	250	300	400	500	600
《规范》混凝土强度等级	C8	C13	C18	C23	C28	C38	C48	C58

钢筋强度设计值、标准值及弹性模量见表3 -8。  
钢丝强度设计值、标准值及弹性模量见表3 -9。

表3 -8 钢筋强度设计值标准值及弹性模量

钢筋种类		符号	钢筋抗拉强度设计值 $f_y$ 或 $f_{py}$	钢筋抗压强度设计值 $f_y$ 或 $f_{py}$	钢筋强度标准值 $f_{yk}$ 或 $f_{pyk}$ 或 $f_{ptk}$	弹性模量 $E_s$
热轧钢筋	Ⅰ级 ( $A_s$ 、 $A_{Y_s}$ )	$\Phi$	210	210	235	$2.1 \times 10^5$
	Ⅱ级 Q235、20MnNb ( $\Phi$ )	$\Phi$				
	d = 25		310	310	335	$2.0 \times 10^5$
	d = 28 ~ 40		290	290	315	$2.0 \times 10^5$
	Ⅲ级 (Q355)	$\Phi$	340	340	370	$2.0 \times 10^5$
	Ⅳ级 (40Si2MnV、45SiMnV、45Si2MnTi)	$\Phi$	500	400	540	$2.0 \times 10^5$

续表						
钢筋种类		符号	钢筋抗拉强度 设计值 $f_y$ 或 $f_{py}$	钢筋抗压强度设 计值 $f_y$ 或 $f_{py}$	钢筋强度标准 值 $f_{yk}$ 或 $f_{pyk}$ 或 $f_{ptk}$	弹性 模量 $E_s$
冷拉 钢筋	级 (d 12 )	■	250	210	280	$2.1 \times 10^5$
	级d 25	Φ <sup>i</sup>	380	310	450	$1.8 \times 10^5$
	d =28 ~40		360	290	430	$1.8 \times 10^5$
	级	Φ <sup>l</sup>	420	340	500	$1.8 \times 10^5$
	级	Φ <sup>ll</sup>	580	400	700	$1.8 \times 10^5$
热处 理钢 筋	40Si <sub>2</sub> Mn (d =6 ) 48Si <sub>2</sub> Mn (d =8 2 ) 45Si <sub>2</sub> Cr (d =10 )	Φ <sup>t</sup>	1000	400	1470	$2.0 \times 10^5$

注： 在钢筋混凝土结构中，轴心受拉构件和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于310N / mm<sup>2</sup> 时，仍应按310N /mm<sup>2</sup> 取用；其他构件的钢筋抗拉强度设计值大于340N /mm<sup>2</sup> 时，仍应按340N /mm<sup>3</sup> 取用；对于直径大于12mm 的 级钢筋，如经冷拉，不得利用冷拉后的强度。当钢筋混凝土结构的混凝土强度等级为C10 时，光面钢筋强度设计值应按190N /mm<sup>2</sup> 取用，变形钢筋（包括月牙纹钢筋和螺纹钢筋）强度设计值应按230N /mm<sup>2</sup> 取用。构件中配有不同种类的钢筋时，每种钢筋根据其受力情况采用各自的强度设计值。

表3 -9 钢丝强度设计值、标准值及弹性模量

钢筋种类		符号	钢筋抗拉强度 设计值 $f_y$ 或 $f_{py}$	钢筋抗压强度设 计值 $f_y$ 或 $f_{py}$	钢筋强度标准 值 $f_{yk}$ 或 $f_{pyk}$ 或 $f_{ptk}$	弹性 模量 $E_s$
碳素 钢丝	Φ4	Φ <sup>s</sup>	1130	400	1670	$2.0 \times 10^5$
	Φ5		1070	400	1570	
刻痕 钢丝	Φ5	Φ <sup>k</sup>	1000	360	1470	$1.8 \times 10^5$
钢绞 线	9.0 (7 Φ3)	Φ <sup>r</sup>	1130	360	1570	$1.8 \times 10^5$
	12.0 (7 Φ4)		1070		1570	
	15.0 (7 Φ5)		1000		1470	
冷拔低 碳钢丝	甲级	Φ <sup>b</sup>	组 组	400	组 组	$2.0 \times 10^5$
	Φ4		460 430		700 650	
	Φ5		430 400		605 600	
	乙级 Φ3~Φ5		320 251	320 250	550	$2.0 \times 10^5$
	用于焊接骨架 和焊接网时 用 于绑扎骨架和 网时					

注： 碳素钢丝系指国家标准 《预应力混凝土用钢丝》 (GB /T5223 -95 ) 中的矫直

回火钢丝。

冷拔低碳钢丝用作预应力钢筋时，应按表3 -9 规定的钢丝强度标准值逐盘进行检验，其强度设计值应按甲级采用：乙级冷拔低碳钢丝可按盘分批检验，并宜用作焊接骨架、焊接网、架立钢筋、箍筋和构造钢筋。

当碳素钢丝、刻痕钢丝和钢绞线的强度标准值不符合表3 -9 的规定时，其强度设计值应进行换算。

3.1.3 木结构设计用表

一、承重结构构件材质等级

承重结构构件材质等级见表3 -10。

表3 -10 承重结构构件材质等级

项次	构件类型	材质等级	项次	构件类型	材质等级
1	受拉或拉弯构件		3	受压构件及次要受弯构件 (如吊顶小龙骨等)	
2	受弯或压弯构件				

注：屋面板、挂瓦条等次要构件根据各地习惯选材，不统一规定其材质等级。

本表中的材质等级系按承重结构的受力要求分级，其选材应符合《木结构设计规范》(GBJ5 -88 ) 材质标准的规定，不得用一般商品材等级标准代替。

二、常用树种木材的强度设计值和弹性模量

常用树种木材的强度设计值和弹性模量见表3 -11。

表3 -11 常用树种木材的强度设计值和弹性模量

强度等级	组别	适用树种	抗弯 $f_m$	顺纹抗压 及承压 $f_c$	顺纹 抗拉 $f_t$	顺纹 抗剪 $f_y$	横纹承压 $f_{c,90}$			弹性模理E
							全表面	局部表面 及齿面	拉力螺栓 垫板下面	
TC17	A	柏木	17	16	10	1.7	2.3	3.5	4.6	10000
	B	东北落叶松		15	9.5	1.6				
TC15	A	铁杉、油杉	5	13	9	1.6	2.1	3.1	4.2	10000
	B	鱼鳞云杉、西南云杉		12	9	1.5				
TC13	A	油松、新疆落叶松、云南松、马尾松	13	12	8.5	1.5	1.9	2.9	3.8	10000
	B	红皮云松、丽江云杉、红松、樟子松		10	8.0	1.4				9000
TC11	A	西北云杉、新疆云杉	11	10	7.5	1.4	1.3	2.7	3.6	9000
	B	杉木、冷杉		10	7.0	1.3				



续表										
强度等级	组别	适用树种	抗弯 f <sub>m</sub>	顺纹抗压 及承压f <sub>c</sub>	顺纹 抗拉 f <sub>t</sub>	顺纹 抗剪 f <sub>y</sub>	横纹承压f <sub>c,90</sub>			弹性模理E
							全表面	局部表面 及齿面	拉力螺栓 垫板下面	
TB20	—	栎木、青冈、稠木	20	18	12	2.8	4.2	6.3	8.4	12000
TB17	—	水曲柳	17	16	11	2.4	3.8	5.7	7.6	11000
TB15	—	锥栗（栲木）、桦木	15	14	10	2.0	3.1	4.7	6.2	10000

注： 对位于木构件端部（如接头处）的拉力螺栓垫板，其计算中所取用的木材横纹承压强度设计值，应按“局部表面及齿面”一栏的数值采用。木材树种归类说明见 《木结构设计规范》（GBJ5 -88）附录五。

当采用原木时，若验算部位未经切削，其顺纹抗压和抗弯强度设计值和弹性模量可提高15 %。

当构件矩形截面短边尺寸不小于150mm 时，其抗弯强度设计值可提高10 %。

当采用湿材时，各种木材横纹承压强度设计值和弹性模量，以及落叶松木材的抗弯强度设计值宜降低10 %。

在表3 -12 所列的使用条件下，木材的强度设计值及弹性模量应乘以该表中给出的调整系数。

三、木材强度设计值和弹性模量的调整系数

木材强度设计值和弹性模量的调整系数见表3 -12。

表3 -12 木材强度设计值和弹性模量的调整系数

项次	使用条件	调整系数	
		强度设计值	弹性模量
1	露天结构	0.90	0.85
2	在生产性高温影响下，木材表面温度达40 ~50	0.80	0.80
3	恒荷载验算（注 ）	0.80	0.80
4	木构筑物	0.90	1.00
5	施工荷载	1.30	1.00

注： 仅有恒荷载或恒荷载所产生的内力超过全部荷载产生的内力的80 %时，应单独以恒荷进行验算。

当若干条件同时出现，表列各系数应连乘。

四、木材强度检验标准

木材强度检验标准见表3 -13。

表3 -13 木材强度检验标准

木材种类	针叶材				阔叶材				
强度等级	TC11	TC13	TC15	TC17	TB11	TB13	TB15	TB17	TB20
检验结果的最低强度值（N / mm <sup>2</sup> ）不得低于	44	51	58	72	58	68	78	88	98

注： 检验时，应从每批木材的总郭数中随机抽取3 根为试材，在每根试材髓心以外部分切取3 个试件为一组，根据各组平均值中最低的一个值确定该批木材的强度等级。

试验应按现行国家标准《木材物理力学性能试验方法》进行，并应将试验结果换算到含水率为12 %的数值。

按检验结果确定的木材强度等级，不得高于同树种木材的强度等级。对于树名不详的木材，应按检验结果确定的等级，采用该等级B 的设计指标。

五、受弯构件允许挠度值

受弯构件允许挠度值见表3 -14。

表3 -14 受弯物件允许挠度值

项次	构件类别		容许挠度值 [ ]	项次	构件类别	容许挠度值 [ ]
1	檩条	l ≤3.3m	l /200	3	抹灰吊顶中的受弯构件	l /250
		l >3.3m	l /250			
2	椽条		l /150	4	楼板梁和搁栅	l /250

注：l—受弯构件的计算跨度。

六、受压物件容许长细比

受压物件容许长细比见表3 -15。

表3 -15 受压物件容许长细比

项次	构件类别	容许长细比 [ ]	项次	构件类别	容许长细比 [ ]
1	结构的主要构件（包括桁架的弦杆、支座处的竖杆或斜杆以及承重柱等）	120	2	一般构件	150
			3	支撑	200

七、轴心受压物件的稳定系数

TC17、TC15 及TB20 级木材的 值见表3 -16。

表3 -16 TC17、TC15 及TB0 级木材的 值

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.000	1.000	0.999	0.998	0.998	0.996	0.994	0.992	0.990	0.988
10	0.985	0.981	0.978	0.974	0.970	0.966	0.962	0.957	0.952	0.947
20	0.941	0.936	0.930	0.924	0.917	0.911	0.904	0.898	0.891	0.884
30	0.877	0.869	0.862	0.854	0.847	0.839	0.832	0.824	0.816	0.808
40	0.800	0.792	0.784	0.776	0.768	0.760	0.752	0.743	0.735	0.727
50	0.719	0.711	0.703	0.695	0.687	0.679	0.671	0.663	0.655	0.618
60	0.640	0.632	0.625	0.617	0.610	0.602	0.595	0.588	0.580	0.573
70	0.566	0.559	0.552	0.546	0.539	0.532	0.519	0.506	0.493	0.481
80	0.469	0.457	0.446	0.435	0.425	0.415	0.406	0.369	0.387	0.379
90	0.370	0.362	0.354	0.347	0.340	0.332	0.326	0.319	0.312	0.306
100	0.300	0.294	0.288	0.283	0.277	0.272	0.267	0.262	0.257	0.252
110	0.248	0.243	0.239	0.235	0.231	0.227	0.223	0.219	0.215	0.212
120	0.208	0.205	0.202	0.198	0.195	0.192	0.189	0.186	0.183	0.180
130	0.178	0.175	0.172	0.170	0.167	0.165	0.162	0.160	0.158	0.155
140	0.153	0.151	0.149	0.147	0.145	0.143	0.141	0.139	0.137	0.135
150	0.133	0.132	0.130	0.128	0.126	0.125	0.123	0.122	0.120	0.119
160	0.117	0.116	0.114	0.113	0.112	0.110	0.109	0.108	0.106	0.105
170	0.104	0.102	0.101	0.100	0.0991	0.0980	0.0968	0.0958	0.0947	0.0936
180	0.0926	0.0916	0.0906	0.0896	0.0886	0.08706	0.0867	0.0858	0.0849	0.0840
190	0.0831	0.0822	0.0814	0.0805	0.0797	0.0789	0.0781	0.0772	0.0765	0.0758
200	0.0750									

表中的 值系按下列公式算得：

当 75 时

=

1

1 + (80)<sup>2</sup>

当 >75 时

=

3000

2

TC11、TC13、TB17 及TB15 级木材的 值见表3 -17。

表3 -17 TC11、TC13、TB17 及TB15 级木材的 值

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.000	1.000	0.999	0.998	0.996	0.994	0.992	0.988	0.985	0.981
10	0.977	0.972	0.967	0.962	0.956	0.949	0.943	0.936	0.929	0.921
20	0.914	0.905	0.897	0.889	0.880	0.871	0.862	0.853	0.843	0.834
30	0.824	0.815	0.805	0.795	0.785	0.775	0.765	0.755	0.745	0.735
40	0.725	0.715	0.705	0.696	0.686	0.676	0.666	0.657	0.647	0.638
50	0.628	0.619	0.610	0.601	0.592	0.583	0.574	0.565	0.557	0.548
60	0.540	0.532	0.524	0.516	0.508	0.500	0.492	0.485	0.477	0.470
70	0.463	0.456	0.449	0.442	0.436	0.429	0.422	0.416	0.410	0.404
80	0.398	0.392	0.386	0.380	0.374	0.369	0.364	0.358	0.353	0.348
90	0.343	0.338	0.331	0.324	0.317	0.310	0.304	0.298	0.292	0.286
100	0.280	0.274	0.269	0.264	0.259	0.254	0.249	0.244	0.240	0.236
110	0.231	0.227	0.223	0.219	0.215	0.212	0.208	0.204	0.201	0.198
120	0.194	0.191	0.188	0.185	0.182	0.179	0.176	0.174	0.171	0.168
130	0.166	0.163	0.161	0.158	0.156	0.154	0.151	0.149	0.147	0.145
140	0.143	0.141	0.139	0.137	0.135	0.133	0.131	0.130	0.128	0.126
150	0.124	0.123	0.121	0.119	0.118	0.116	0.115	0.114	0.112	0.111
160	0.109	0.108	0.107	0.105	0.104	0.103	0.102	0.100	0.0992	0.0980
170	0.0969	0.0958	0.0946	0.0936	0.0925	0.0914	0.0904	0.0894	0.0884	0.0874
180	0.0864	0.0855	0.0845	0.0836	0.0827	0.0818	0.0809	0.0801	0.0792	0.0784
190	0.0776	0.0768	0.0760	0.0752	0.0744	0.0736	0.0729	0.0721	0.0714	0.0707
120	0.0700									

表中的 值系按下列公式算得：

当 91 时

=

1

1 + (

165

)<sup>2</sup>

当 >91 时

=

2800

2

八、桁架最小高跨比

桁架最小高跨比见表3 -18。

表3 -18 桁架最小离跨比

序号	桁架类型	$h/l$	序号	桁架类型	$h/l$
1	三角形木桁架	1/5	3	弧形、多边形和梯形钢木桁架	1/7
2	三角形钢木桁架，平行弦木桁架，弧形、多边形和梯形木桁架	1/6			

3.1.4 钢结构设计用表

3 号钢钢材分组尺寸见表3 -19。

表3 -193 号钢钢材分组尺寸

组别	圆钢、方钢和扁钢的直径或厚度	角钢、工字钢和槽钢的厚度	钢板的厚度	组别	圆钢、方钢和扁钢的直径或厚度	角钢、工字钢和槽钢的厚度	钢板的厚度
第1 组	40	15	20	第3 组	>100	>20	>40
第2 组	40 ~100	16 ~20	20 ~40				

注：工字钢和槽钢的厚度系指腹板的厚度。

钢材的强度设计值见表3 -20。

表3 -20 钢材的强度设计值

钢材			抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 f <sub>v</sub>	端面承压（刨平顶）
钢号	组别	厚度或直径（mm）			
Q235 钢 (3 号钢)	第1 组	—	215	125	320
	第2 组	—	205	115	320
	第3 组	—	200	110	320
16Mn 钢 16Mnq 钢	—	16	315	185	445
	—	17 ~25	300	175	425
	—	26 ~36	290	170	410
15MnV 钢 15MnVq 钢	—	16	350	205	450
	—	17 ~25	335	195	435
	—	26 ~36	320	185	415

注： Q235 镇静钢钢材的抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度设计值可按表中数值增加5 %。

## 附录 常用数据

计算下列情况的结构构件时，上述强度设计值应乘以相应的折减系数。

### 单面连接的单角钢：

a. 按轴心受力计算强度和连接	0.85
-----------------	------

b. 按轴心受压计算稳定性：

等边角钢                    0.6 +0.0015    , 但不大于1.0

短边相连的不等边角钢       $0.5 + 0.0025$  , 但不大于  $1.0$

长边相连的不等边角钢	0.70
------------	------

为长细比，对中间无连系的单角钢压杆，应按最小回转半径计算，当  $\lambda < 20$  时，取  $\lambda = 20$ 。

焊缝的强度设计值见表3-21。

表3 -21 焊缝的强度设计值

焊接方法和焊条型号	构件钢材			对接焊缝			角焊缝	
	钢号	组别	厚度或直径 (mm )	抗压 $f^w_c$	焊缝质量为下列级别时，抗拉和抗弯 $f^w_{t_1}$		抗剪 $f^w_v$	抗拉、抗压和抗剪 $f^w_t$
					1 级、 2 级	3 级		
自动焊、半自动焊和用E43 × ×型焊条的手工焊	Q235 (3 ) 号钢	第1 组	—	215	215	185	125	160
		第2 组	—	200	200	170	115	160
		第3 组	—	190	190	160	110	160
自动焊、半自动焊和用E50 × ×型焊条的手工焊	16Mn 钢	—	16	315	315	270	185	200
	16Mnq 钢	—	17 ~25	300	300	255	175	200
		—	26 ~36	290	290	245	170	200
自动焊、半自动焊和E55 × ×型焊条的手工焊	15Mnv 钢	—	16	350	350	300	205	220
	15MnVq 钢	—	17 ~25	3354	3354	285	195	220
		—	26 ~36	320	320	270	185	20

注：自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂，应保证其熔敷金属抗拉强度不低于相应手工焊条的数值。

施工条件较差的高空安装焊缝，表中强度设计值应乘以0.90折减系数。柱的容许计算变形见表3-22。

表3 -22 柱的容许计算变形

项次	变形的种类	按平面结构图形计算	按空间结构图形计算
1	厂房柱的横向变形	$H_T/1250$	$H_T/2000$
2	露天栈桥柱的横向变形	$H_T/2500$	
3	厂房和露天栈桥柱的纵向变形	$H_T/4000$	

注：  $H_T$  为柱脚底面至吊车梁或吊车桁架顶面的高度。

计算厂房或露天栈桥柱的纵向变形时，可假定吊车纵向水平荷载分配在温度区段内所有柱间支撑或纵向框架上。

在设有夹钳吊车或刚性料耙吊车的厂房中，厂房柱的容许计算变形值应减小10 %。

螺栓连接的强度设计值见表3 -23 。

表3 -23 螺栓连接的强度设计值

螺栓和构件		构件钢材		普通螺栓						锚栓	承压型高强度螺栓	
				螺栓 (C 级)			螺栓 (A、B 级)					
名称	钢号或性能等级	组别	厚度 (mm )	抗拉 $f_t^b$	抗剪 $f_v^b$	承压 $f_c^b$	抗拉 $f_t^b$	抗剪 (I 类孔) $f_v^b$	承压 (I 类孔) $f_c^b$	抗拉 $f_c^b$	抗剪 $f_v^b$	承压 $f_c^b$
普通螺栓	Q235 钢 (3 号钢)	-	-	170	130	-	170	170	-	-	-	-
锚栓	Q235 钢 (3 号钢)	—	—	—	—	—	—	—	—	140	—	—
	16Mn 钢	—	—	—	—	—	—	—	—	180	—	—
承压型 高强度 螺栓	8 .8 级	—	—	—	—	—	—	—	—	—	250	—
	10 .9 级	—	—	—	—	—	—	—	—	—	310	—
构件	Q235 (3 号钢)	第1 ~ 3 组	—	—	—	305	—	—	400	—	—	465
	16MnV 钢 16MnVq 钢	—	16	—	—	420	—	—	550	—	—	640
			17 ~25	—	—	400	—	—	570	—	—	665
			26 ~36	—	—	385	—	—	510	—	—	590
	15MnV 钢 15MnVq 钢	—	16	—	—	435	—	—	570	—	—	665
			17 ~25	—	—	420	—	—	550	—	—	640
			26 ~36	—	—	400	—	—	530	—	—	615

注：孔壁质量属于下述情况者为I 类孔 :a . 在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔 ;b . 在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔 ;c . 在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径，然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔。铆钉连接的强度设计值见表3 -24 。

表3 -24 铆钉连接的强度设计值

铆钉和构件的钢号		构件钢材		抗拉（铆钉头拉脱） $f_t^r$	抗剪 $f_v^r$		承压 $f_c^r$	
		组别	厚度 (mm )		Ⅰ 类孔	类孔	Ⅰ 类孔	类孔
铆钉	ML1 或 ML3	-		120	185	155	-	
构件	Q235 钢 (3 号钢)	第1 ~3 组	-	-	-		445	360
	16Mn 钢	-	16	-	-		610	500
		-	7 ~25	-	-		590	480
		-	26 ~36	-	-		565	460

注： 孔壁质量属于下述情况者为Ⅰ类孔：在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔；在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔；在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径，然后在装配好的构件上再扩钻至设计孔径的孔。

在单个零件上一次冲成或不用钻模钻成设计孔径的孔属于 类孔。

施工条件较差的高空安装铆钉连接表中强度设计值应乘以0.90 折减系数。沉头和半沉头铆钉连接乘以0.80 折减系数。

受压构件容许长细比见表3 -25。

表3 -25 受压构件容许长细比

项次	构件名称	容许长细比	项次	构件名称	容许长细比
1	柱、桁架和天窗架构件	150	2	支撑（吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑除外）	200
	柱的缀条、吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑			有以减少受压构件长细比的杆件	

注：桁架（包括空间桁架）的受压腹杆，当其内力等于或小于承载能力的50 %时，容许长细比值可取为200。

受弯构件的允许挠度见表3 -26。

表3 -26 受弯构件的允许挠度

项次	构件类别	容许挠度
1	吊车梁和吊车桁架：	
	（1）手动吊车和单梁吊车（包括悬挂吊车）	1/500
	（2）轻级工作制和起重量Q <50t 的中级工作制桥式吊车	1/600
	（3）重级工作制和起重量Q ≤50t 的中级工作制桥式吊车	1/750



续表		
项次	构件类别	容许挠度
2	设有悬挂电动梁式吊车的屋面梁或屋架（仅用可变荷载计算）	$l/500$
3	手动或电动葫芦的轨道梁	$l/400$
4	有重轨（重量等于或大于 $38\text{kg/m}$ ）轨道的工作平台梁	$l/600$
	有轻轨（重量等于或小于 $24\text{kg/m}$ ）轨道的工作平台梁	$l/400$
5	楼盖和工作平台梁（第4项除外）、平台板：	
	（1）主梁（包括设有悬挂起重设备的梁）	$l/400$
	（2）抹灰顶棚的梁（仅用可变荷载计算）	$l/350$
	（3）除（1）、（2）款外的其它梁（包括楼梯梁）	$l/250$
	（4）平台板	$l/150$
6	屋盖檩条：	
	（1）无积灰的瓦楞铁和石棉瓦屋面	$l/150$
	（2）压型钢板、有积灰的瓦楞铁和石棉瓦屋	$l/200$
	（3）其他屋面	$l/200$
7	墙架构件：	
	（1）支柱	$l/400$
	（2）抗风桁架（作为连续支柱的支承时）	$l/1000$
	（3）砌体墙的横梁（水平方向）	$l/300$
	（4）压型钢板、瓦楞铁和石棉瓦墙面的横梁（水平方向）	$l/200$
	（5）带有玻璃窗的横梁（竖直和水平方向）	$l/200$

注：l 为受弯构件的跨度（对悬壁梁和伸臂梁为悬伸长度的2 倍）。

受拉构件的容许长细比见表3 -27 。

表3 -27 受拉构件的容许长细比

项次	构件名称	承受静力荷载或间接承受动力荷载的结构		直接承受动力荷载的结构
		无吊车和有轻、中级工作制吊车的厂房	有重级工作制吊车的厂房	
1	桁架的杆件	350	250	250
2	吊车梁或吊车桁架以下的柱间支撑	300	200	—
3	支撑（第2项和张紧的圆钢除外）	400	350	—

注： 承受静力荷载的结构中，可仅计算受拉构件在竖向平面内的长细比。

在直接或间接承受动力荷载的结构中，计算单角钢受拉构件的长细比时，应采用角钢的最小回转半径；在计算单角钢交叉受拉杆件平面外的长细比时，应采用与角钢肢边平行轴的回转半径。

中、重级工作制吊车桁架下弦杆的长细比不宜超过200。

在设有夹钳吊车或刚性料耙吊车的厂房中，支撑（表中第2 项除外）的长细比不宜超过300。

受拉构件在永久荷载与风荷载组合作用下受压时，其长细比不宜超过250。

3.1.5 砌体结构设计用表

一、砌体的抗压强度值

烧结普通砖、非烧结硅酸盐硅和承重黏土空心砖等砌体的抗压强度设计值见表3 - 28。

块体高度为180 ~350mm 的混凝土小型空心砌块砌体的抗压强度设计值见表3 - 29。

表3 -28 砌体的抗压强度设计值

砖强度等级	砂浆强度等级							砂浆强度
	M15	M10	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4	0
MU30 (300 )	4.16	3.45	3.10	2.74	2.39	2.17	1.58	1.22
MU25 (250 )	3.80	3.15	2.83	2.50	2.18	1.98	1.45	1.11
MU20 (200 )	3.40	2.82	2.53	2.24	1.95	1.77	1.29	1.00
MU15 (150 )	2.94	2.44	2.19	1.94	1.69	1.54	1.12	0.86
MU10 (100 )	2.40	1.99	1.79	1.58	1.38	1.26	0.91	0.70
MU7.5 (75 )	-	1.73	1.55	1.37	1.9	1.09	0.79	0.61

注： 灰砂砖砌体的f 值应根据试验确定。

砖强度等级（ ）内为相应材料原标准规定的标号。

3 -29 块体高度为180 ~350mm 的混凝土小型空心砌块砌体的抗压强度设计值

砌块强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M10	M7.5	M5	M2.5	0
MU15	4.29	3.85	3.41	2.97	2.02
MU10	2.98	2.67	2.37	2.06	1.40
MU7.5	2.30	2.06	1.83	1.59	1.08
MU5	—	1.43	1.27	1.10	0.75
MU3.5	—	—	0.92	0.80	0.54

注： 对错孔砌筑的砌体，应按表中数值乘以0.8。

对独立柱或厚度为双排砌块的砌体，应按表中数值乘以0.7。

对T 形截面砌体，应按表中数值乘以0.85。

对用不低于砌体材料强度的混凝土灌实的砌体。可按表中数值乘以系数  $\gamma_1$ ， $\gamma_1 = \frac{0.8}{1-\alpha_1}$ ， $\alpha_1$  为砌块空心率。

块体高度为360～900mm 的混凝土中型空心砌块砌体和粉煤灰中型实心砌块砌体的抗压强度设计值见表3-30。

表3-30 块体高度为360～900mm 的混凝土中型空心砌块砌体和粉煤灰中型实心砌块砌体的抗压强度设计值

砌块强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M10	M7.5	M5	M2.5	0
MU15	4.89	4.77	4.57	3.98	3.38
MU10	3.26	3.18	3.04	2.65	2.26
MU7.5	2.44	2.39	2.28	1.99	1.69
MU5	—	1.59	1.52	1.32	1.13
MU3.5	—	—	1.06	0.93	0.79

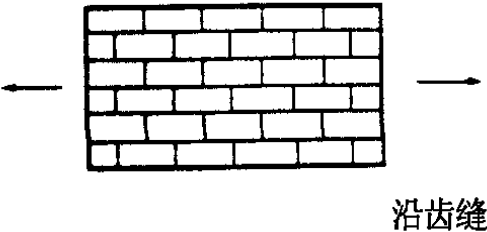
注：对错孔砌筑的单排方空心砌块砌体，当空心率  $\alpha_1 > 0.4$  时，应按表中数值乘以系数  $\gamma_1$ ， $\gamma_1 = 1 - 1.25(\alpha_1 - 0.4)$ 。

对用不低于砌块材料强度的混凝土灌实的砌体，可按表中数值乘以系数  $\gamma_1$ ， $\gamma_2$ ，同表3-29注。

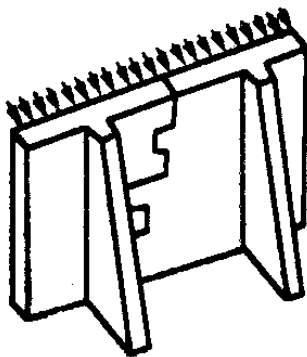
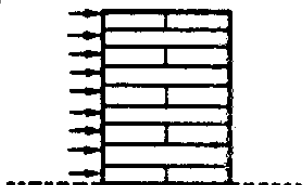
二、砌体抗拉强度设计值和抗剪强度设计值

沿砌体灰缝截面积破坏时的轴心抗拉强度设计值、弯曲抗拉强度设计值和抗剪强度设计值见表3-31。

表3-31 沿砌体灰缝截面破坏时的轴心抗拉强度设计值、弯曲抗拉强度设计值和抗剪强度设计值

序号	强度	破坏特征及砌体种类		砂浆强度等级					
				M10	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4
1	轴心抗拉 $f_t$		黏土砖、空心砖	0.20	0.17	0.14	0.10	0.06	0.04
			混凝土小型空心砌块	0.10	0.08	0.07	0.05	—	—
			混凝土中型空心砌块	0.08	0.06	0.05	0.04	—	—
			粉煤灰中型空心砌块	0.05	0.04	0.03	0.02	—	—
			毛石	0.09	0.08	0.06	0.04	0.03	0.02

续表

序号	强度	破坏特征及砌体种类		砂浆强度等级						
				M10	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4	
2	弯曲抗拉 ↗ ≡		沿齿缝	黏土砖、空心砖	0.36	0.31	0.25	0.18	0.11	0.07
				混凝土小型空心砌块	0.12	0.10	0.08	0.06	—	—
				混凝土中型空心砌块	0.09	0.08	0.06	0.04	—	—
				粉煤灰中型实心砌块	0.06	0.05	0.04	0.03	—	—
				毛石	0.14	0.12	0.10	0.08	0.04	0.03
			沿通缝	黏土砖、空心砖	0.18	0.15	0.12	0.09	0.06	0.04
				混凝土小型空心砌块	0.08	0.07	0.06	0.04	—	—
				混凝土中型空心砌块	0.06	0.05	0.04	0.03	—	—
				粉煤灰中型实心砌块	0.04	0.03	0.03	0.02	—	—
3	抗剪 ↘ <	黏土砖、空心砖			0.18	0.15	0.12	0.09	0.06	0.04
		混凝土小型空心砌块			0.10	0.08	0.07	0.05	—	—
		混凝土中型空心砌块			0.08	0.06	0.05	0.04	—	—
		粉煤灰中型实心砌块			0.05	0.04	0.03	0.02	—	—
		毛石			0.22	0.20	0.16	0.11	0.07	0.04

注： 表中黏土砖系指烧结普通黏土砖。  
硅酸盐砖（包括烧结与非烧结）砌块的 $f_t$ 、 $f_m$  和 $f_v$  值，应根据试验确定。  
对于用形状规则的块体砌筑的砌体，当搭接长度与块体高度的比值小于1 时， $f_t$  和 $f_{tm}$  值应该表中数值乘以比值后采用。

沿块体截面破坏时的烧结普通砖砌体的轴心抗拉强度设计值和弯曲抗拉强度设计值见表3 -32。

表3 -32 沿块体截面破坏时的烧结普通砖砌体的  
轴心抗拉强度设计值和弯曲抗拉强度设计值

序号	强度类别	砖 强 度 等 级					
		MU30 (300 )	MU25 (200 )	MU20 (200 )	MU15 (150 )	MU10 (100 )	MU7.5 (75 )
1	轴心抗拉 $f_t$	0.29	0.28	0.26	0.23	0.20	0.18
2	弯曲抗拉 $f_{tn}$	0.44	0.42	0.38	0.35	0.31	0.28

三、砌体的弹性模量

砌体的弹性模量见表3 -33。

表3 -33 砌体的弹性模量

序号	砌体种类	砂浆强度等级					
		M10	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4
1	黏土砖、空心砖、空斗砌体	1500f	1500f	1500f	1300f	1100f	700f
2	硅酸盐砖	1000f	1000f	1000f	900f	700f	500f
3	混凝土小型空心砌块	1600f	1500f	1400f	1200f	—	—
4	混凝土中型空心砌块	2300f	2100f	1900f	1700f	—	—
5	粉煤灰中型实心砌块	1100f	1000f	950f	85f	—	—
6	粗、毛料石、毛石	7300	5650	4000	2250	1250	850
7	细料石、半细料石	22 ×10 <sup>3</sup>	17 ×10 <sup>3</sup>	12 ×10 <sup>3</sup>	6750	3750	2550

四、砌体的线膨胀系数

砌体的线膨胀系数见表3 -34。

表3 -34 砌体的线膨胀系数

序号	砌体种类	线胀系数	序号	砌体种类	线胀系数
1	黏土砖、空心砖、空斗砌体	5 ×10 <sup>-6</sup>	3	料石和毛石	8 ×10 <sup>-6</sup>
2	砌块和硅酸盐砖	10 ×10 <sup>-6</sup> /			

五、刚性、刚弹性和弹性方案房屋的横墙间距

刚性、刚弹性和弹性方案房屋的横墙间距见表3 -35。

表3 -35 刚性、刚弹性和弹性方案房屋的横墙间距

序号	屋盖类别	刚性方案	刚弹性方案	弹性方案
1	整体式、装配整体式和装配式无檩体系钢筋混凝土屋盖或钢筋混凝土楼盖	$s < 32$	$32 \leq s \leq 72$	$s > 72$
2	装配式有檩体系钢筋混凝土屋盖、轻钢屋盖和有密铺望板的木屋盖或木楼盖	$s < 20$	$20 \leq s \leq 48$	$s > 48$
3	冷摊瓦木屋盖和石棉水泥瓦钢屋盖	$s < 16$	$16 \leq s \leq 36$	$s > 36$

注：表中s 为房屋横墙间距，其长度单位为米。

当屋盖、楼盖类别不同或横墙间距不同时，可按《砌体结构设计规范》（GBJ3 -88）中有关规定确定房屋的静力计算方案。

对无山墙或伸缩缝处无横墙的房屋，应按弹性方案考虑。

刚性和刚弹性方察房屋的横墙应符合下述要求：a．横墙中开有洞口时，洞口的水平截面面积不超过横墙截面面积的50 %；b．横墙的厚度，一般不小于180mm；c．单层房屋的横墙长度不宜小于其高度；多层房屋的横墙长度不宜小于其总高度的1 /2。当横墙不能同时符合上述要求时，应对横墙的刚度进行验算，如其最大水平位移 $u_{max} \leq H / 4000$ （H —横墙总高度）时，仍可视作刚性和刚弹性方案房屋的横墙。凡符合上述刚度要求的一般横墙或其他结构构件（如框架等），也可视作刚性和刚性方案房屋的横墙。

六、墙柱的允许高原比

墙柱的允许高厚比见表3 -36。

表3 -36 墙柱的允许高厚比

砂浆强度等级	墙	柱	砂浆强度等级	墙	柱
M7.5	26	17	M10	20	14
M5	24	16	M0.4	16	12
M2.5	22	15			

注：下列材料砌筑的墙、柱容许高厚比 [  $\mu$  ]，应按表中数值分别予以降低；空斗墙和中型砌块墙、柱降低10 %；毛石墙、柱降低20 %。

组合砖砌体构件的允许高厚比 [  $\mu$  ]，可按表中数值提高20 %，但 [  $\mu$  ] 不得大于28。

验算施工阶段砂浆尚未硬化的新砌砌体高厚比时，可按表中 M0.4 项限值乘以0.9 后采用。

七、受压构件的计算高度

受压构件的计算高度见表3 -37。

表3 -37 受压构件的计算高度

房屋类别			柱		带壁柱墙或周边拉结的墙		
			排架方向	垂直排架方向	s >2H	2H ≤ s ≤ 3H	s > 3H
有吊车的 单层房屋	变截面 柱上段	弹性方案	2.5H <sub>u</sub>	1.25H <sub>u</sub>	2.5H <sub>u</sub>		
		刚性、刚弹性方案	2.0H <sub>u</sub>	1.25H <sub>u</sub>	2.0H <sub>u</sub>		
	变截面柱下段		1.0H	0.8H	1.0H		
无吊车的单层 和多层房屋	单跨	弹性方案	1.5H	1.0H	1.5H		
		刚弹性方案	1.2H	1.0H	1.2H		
	两跨	弹性方案	1.25H	1.0H	1.25H		
	或多跨	刚弹性方案	1.10H	1.0H	1.1H		
	刚性方案		1.0H	1.0H	1.0H	0.4s + 0.2H	0.6s

注：表中：s—相邻横墙间的距离；H<sub>u</sub>—变截面柱的上段高度；H<sub>l</sub>—变截面柱的下段高度；H—构件高度，在房屋底层，为楼板到构件下端支点的距离，下端支点的位置，可取在基础顶面。当埋置较深时，可取在室内地面或室外地面下300 ~500mm 处，在房屋其它层，为楼板或其它水平支点间的距离，对于山墙可取层高加山墙尖高度的1/2，山墙壁柱则可取壁柱处的山墙高度。

对有吊车的房屋，当不考虑吊车作用时，变截面柱上段的计算高度仍按表中规定采用；变截面柱下段的计算高度，可按下列规定采用：

- a . 当 $\frac{H_u}{H} \leq \frac{1}{3}$ 时，按无吊车房屋的H<sub>0</sub>；
- b . 当 $\frac{1}{3} < \frac{H_u}{H} < \frac{1}{2}$ 时，按无吊车房屋的H<sub>0</sub> 乘以修正系数 μ。  $\mu=1.3 - 0.3I_u/I_l$ ，I<sub>u</sub> 为变截面柱上段的惯性矩，I<sub>l</sub> 为变截面柱下段的惯性矩；
- c . 当 $\frac{H_u}{H} \geq \frac{1}{2}$ 时，按无吊车房屋的H<sub>0</sub>，但在确定 μ 值时，采用上柱截面。

上述规定也适用于无吊车房屋的变截面柱。

对于上端为自由端的构件，H<sub>0</sub> =2H。

独立砖柱，当无柱间支撑时，柱在垂直排架方向的H<sub>0</sub> 应按表中数值乘以1.25 后采用。

3 2 施工中常用施工数据

3 2 .1 气象、地震数据

一、气象

风级见表3 -38。

表3 -38 风级 降雨等级见表3 -39。

风力名称		海岸及陆地面证象标准		相当风速 (m /s)
风级	概况	陆地	海岸	
0	无风	静，烟直上	0 ~0 2	
1	软风	烟能表示方向，但风向标不能转动	渔船不动	0 2 ~1 5
2	轻风	人面感觉有风，树叶微响，寻常的风向标转动	渔船张帆时，可随风移动	1 6 ~3 3
3	微风	树叶及微枝摇动不息，旌旗展开	渔船渐觉簸动	3 4 ~5 4
4	和风	能吹起地面灰尘和纸张，树的小枝摇动	渔船满帆时，倾于一方	5 5 ~7 9
5	清风	小枝摇摆	水面起波	3 0 ~10 7
6	强风	大树枝摇动，电线呼呼有声，举伞有困难	渔船加倍缩帆，捕龟须注意危险	10 8 ~13 8
7	疾风	大树摇动，迎风步行感觉不便	渔船停息港中，去海外的下锚	13 9 ~17 1
8	大风	树枝折断，迎风行走感觉阻力很大	近港海船均停留不出	17 2 ~20 7
9	烈风	烟囱及平房屋顶受到损坏（烟囱顶部丛平顶摇动）	汽船航行困准	20 8 ~24 4
10	狂风	陆上少见，可拔树毁屋	汽船航行颇危险	24 5 ~28 4
11	暴风	陆上很少见．有则必受重大损毁	汽船遇之极危险	28 5 ~32 6
12	飓风	陆上绝少，其摧毁力极大	海浪滔天	32 6 以上

降雨等级见表3 -39



表3 -39 降雨等级

降雨等级	现象描述	降雨量范围 (mm )	
		一天内总量	半天内总量
小雨	雨能使地面潮湿，但不泥泞	1 ~10	0 2 ~5 0
中雨	雨降到屋顶上有淅淅声，凹地积水	10 ~25	5 .1 ~15
大雨	降雨如倾盆，落地四溅，平地积水	25 ~50	15 .1 ~30
暴雨	降雨比大雨还猛，能造成山洪暴发	50 ~10	30 .1 ~70
大暴雨	降雨比暴雨还大，或时间长，造成洪涝灾害100 ~200	70 .1 ~140	
特大暴雨	降雨比大暴雨还大，能造成洪涝灾害	>200	>140

全国部分城市日平均气温稳定低于5 的初终日期见表3 -40 。

表3 -40 全国部分城市日平均气温稳定低于5 的初终日期

城市名称	初终日期	天数	城市名称	初终日期	天数
海拉尔	25 9 ~11 5	228	哈密	25 10 ~25 3	150
哈尔滨	13 10 ~23 5	192	敦煌	26 10 ~22 3	147
牡丹江	13 10 ~22 4	191	上海	11 12 ~5 3	84
沈阳	25 10 ~6 4	163	武汉	5 12 ~2 3	87
丹东	6 11 ~6 4	151	汉中	27 11 ~2 3	95
呼和浩特	15 10 ~17 4	164	南昌	22 12 ~27 2	67
兰州	26 10 ~23 3	148	桂林	6 1 ~8 2	53
乌鲁木齐	12 10 ~11 4	181	重庆	13 1 ~25 1	12
北京	12 11 ~22 3	130	成都	31 12 ~1 1	
济南	18 11 ~18 3	120	贵阳	11 12 ~28 2	79
锡林浩特	2 10 ~2 5	213	昆明	21 1 ~2 2	12
青岛	18 11 ~27 3	129	康定	19 10 ~13 4	176
银川	29 10 ~27 3	149	昌都	30 10 ~29 3	150
徐州	22 11 ~16 3	114	黑河	11 9 ~9 6	276
酒泉	19 10 ~11 4	174	拉萨	28 10 ~28 3	151
西安	18 11 ~9 3	111	格尔木	10 10 ~22 4	194
太原	1 11 ~26 3	145			

二、地震

(一) 地震震级

地震的强烈程度称为震级，它取决于一次地震释放能量的大小，其间关系见表3 - 41。

表3 -41 震级与一次地震释放能量关系

震级	1	2	3	4	5	6	7	8	8 9
能量 (em )	2 ×10 <sup>13</sup>	6 3 ×10 <sup>14</sup>	2 ×10 <sup>16</sup>	6 3 ×10 <sup>17</sup>	2 ×10 <sup>19</sup>	6 3 ×10 <sup>20</sup>	2 ×10 <sup>22</sup>	6 3 ×10 <sup>23</sup>	1 4 ×10 <sup>15</sup>

注 :erg 为能量单位，世界上最大的地震为8 9 级。

(二) 地震烈度

地震烈度就是受震地区地面及房屋建筑遭受地震破坏的程度，是根据人的感觉、家具和物品的震动情况、房屋和构筑物遭受破坏情况等定性的描绘。目前我国使用的是十二度烈度表。对于房屋和结构物在各种烈度下的破坏情况见表3 -42。

表3 -42 房屋和结构物在各种烈度下的破坏情况

烈度	人的感觉	一般房屋		其它现象	参考物理指标	
		大多数房屋 震害程度	平均震 害指数		加速度 ,mm /s <sup>2</sup> (水平向)	速度 ,mm /s (水平向)
1	无感					
2	室内个别静止 中的人感觉					
3	室内少数静止 中的人感觉	门、窗轻微 作响		悬挂物微动		
4	室内多数人感觉； 室外少数人感觉； 少数人梦中惊醒	门、窗作响		悬挂物明显摆动，器皿 作响		
5	室内普遍感觉；室 外多数人感觉；多 数人梦中惊醒	门 窗、 屋 顶， 屋架颤动作响， 灰土掉落，抹 灰出现徽细裂 缝		不稳定器物翻倒	310 (220 ~440 )	30 (20 ~40 )

续表						
烈度	人的感觉	一般房屋		其它现象	参考物理指标	
		大多数房屋 震害程度	平均震 害指数		加速度，mm/s <sup>2</sup> (水平向)	速度，mm/s (水平向)
6	惊慌失措，仓惶逃出	损坏——个别 砖瓦掉落、墙体 微细裂缝	0 ~0.1	河岸和松软土上出现裂 缝。饱和砂层出现喷砂 冒水。地面上有的砖烟 囱轻度裂缝、掉头	630 (450 ~890)	60 (50 ~90)
7	大多数人仓惶逃出	轻度破坏—— 局部破坏、开裂，但不妨碍 使用	0.11 ~ 0.30	河岸出现坍方。饱和砂 层常见喷砂冒水。松软 土上地裂缝较多。大多 数砖烟囱中等破坏。	1250 (900 ~1770)	130 (100 ~180)
8	摇晃颠簸，行走困难	中等破坏—— 结构受损，需要修理	0.31 ~ 0.50	干硬土上亦有裂缝。大 多数砖烟囱严重破坏	2500 (1780 ~3530)	250 (190 ~350)
9	坐立不稳：行动的人可能摔跤	严重破坏—— 墙体龟裂，局部倒塌，复修 困难	0.51 ~ 0.70	干硬土上有许多地方出 现裂缝，基岩上可能出 现裂缝。滑坡、坍方常 见。砖烟囱出现倒塌	5000 (3540 ~7070)	500 (360 ~710)
10	骑自行车的人会摔倒，处于不稳状态的人 会摔出几尺远，有抛起感	倒塌——大部 倒塌，不堪修复	0.71 ~ 0.90	山崩和地震断裂出现。 基岩上的拱桥破坏。大 多数砖烟囱从根部破坏 或倒毁	10000 (7080 ~14140)	1000 (720 ~1410)
11		毁灭	0.91 ~ 1.00	地震断裂延续很长。山 崩常见。基岩上拱桥毁 坏		
12				地面剧烈变化，山河改 观		

注： 1 ~5 度以地面上人的感觉为主 ;6 ~10 度以房屋震害为主，人的感觉仅供参考 ;11、12 度以地表现象为主 ;11、12 度的评定，需要专门研究。

一般房屋包括用木构架和土、石、砖墙构造的旧式房屋和单层或数层的、未经抗震设计的新式砖房。对于质量特别差或特别好的房屋，可根据具体情况，对表列各烈度的震害程度和震害指数予以提高或降低。

震害指数以房屋“完好”为0，“毁灭”为1，中间按表列震害程度分级。平均震害指数指所有房屋的震害指数的总平均值而言，可以用普查或抽查方法确定之。

使用本表时可根据地区具体情况，作出临时的补充规定。

在农村可以自然村为单位，在城镇可以分区进行烈度的评定，但面积以1 平方公里左右为宜。

烟囱指工业或取暖用的锅炉房烟囱。

表中数量词的说明：个别：10 % 以下；少数：10 % ~50 % ；多数：50 % ~70 % ；大多数：70 % ~90 % ；普遍：90 % 以上。

烈度的大小不仅取决于每次地震发生时本身放出的能量大小，同时还受到震源深度、受震区距震中的距离，震波传播的介质性质和受震区的表土性质及其它地质条件等的影响。

在一般震源深度（约15 ~20km ）情况下，震级与震中烈度的关系大致见表3 -43 。

表3 -43震级与震中烈度的关系

震级M（级）	2	3	4	5	6	7	8	8 以上	
震中烈度I（度）	1 ~2	3	4 ~5	6 ~7	7 ~8	9 ~10	11	12	

几种地震烈度表的换算见表3 -44 。

表3 -44几种地震烈度表的换算

名称	新的中国地震烈度表	美国修订的烈度表 (MM 表)	前苏联地球物理研究所烈度表	MSK - 1964 烈度表	欧洲烈度表 (MCS 表)	欧洲 Rossi Forel 烈度	日本烈度表 (JMA )
制定年份	1957	1931	1952	1917	1873	1952	
烈度	1	1	1	1	1	1	0
	2	2	2	2	2	2	
	3	3	3	3	3	3	2
	4	4	4	4	4	4	2 ~3
	5	5	5	5	5	5 ~6	3
	6	6	6	6	6	7	4
	7	7	7	7	7	8	4 ~5
	8	8	8	8	8	9	5
	9	9	9	9	9	10	6
	10	10	10	10	10	10	6
	11	11	11	11	11	10	7
	12	12	12	12	12	10	7

注： 中国国家地震局工程力学研究所1980 年发布了新修订的 《中国地震烈度表》。

此表为国际地震和地震工程方面的有关组织于1962 ~1964 年在已有烈度表基础上制定的一种烈度表，意图逐渐统一烈度标准。

3 2 2 环境保护

一、空气污染

(一) 标准大气的成分

标准大气的成分见表3 -45。

表3 -45 标准大气的成分

成分	相对分子质量	体积百分比	重量百分比	分压 ( ×133 3224Pa )
氮 N <sub>2</sub>	28 0314	78 084	75 520	593 44
氧 O <sub>2</sub>	31 9988	20 948	23 142	159 20
氩 Ar	39 948	0 934	1 288	7 10
二氧化碳 CO <sub>2</sub>	44 00995	3 14 ×10 <sup>-2</sup>	4 8 ×10 <sup>-2</sup>	2 4 ×10 <sup>-1</sup>
氖 Ne	20 183	1 82 ×10 <sup>-3</sup>	1 3 ×10 <sup>-3</sup>	1 4 ×10 <sup>-2</sup>
氦 He	4 0026	5 24 ×10 <sup>-4</sup>	6 9 ×10 <sup>-5</sup>	4 0 ×10 <sup>-3</sup>
氪 Kr	83 80	1 14 ×10 <sup>-4</sup>	3 3 ×10 <sup>-4</sup>	8 7 ×10 <sup>-4</sup>
氙 Xe	131 30	8 7 ×10 <sup>-6</sup>	3 9 ×10 <sup>-5</sup>	6 6 ×10 <sup>-5</sup>
氢 H <sub>2</sub>	2 01594	5 ×10 <sup>-5</sup>	3 5 ×10 <sup>-6</sup>	4 ×10 <sup>-4</sup>
甲烷 CH <sub>4</sub>	16 04303	2 ×10 <sup>-4</sup>	1 ×10 <sup>-4</sup>	1 5 ×10 <sup>-3</sup>
一氧化二氮 N <sup>2</sup> O	44 0128	5 ×10 <sup>-5</sup>	8 ×10 <sup>-4</sup>	4 ×10 <sup>-3</sup>
臭氧 O <sub>3</sub>	47 9982	夏 :0 ~7 ×10 <sup>-6</sup>	0 ~1 ×10 <sup>-5</sup>	0 ~5 ×10 <sup>-5</sup>
		冬 :0 ~2 ×10 <sup>-6</sup>	0 ~0 3 ×10 <sup>-5</sup>	0 ~1 5 ×10 <sup>-5</sup>
二氧化硫 SO <sub>2</sub>	64 0628	0 ~1 ×10 <sup>-4</sup>	0 ~2 ×10 <sup>-4</sup>	0 ~8 ×10 <sup>-4</sup>
二氧化氮 NO <sub>2</sub>	46 0055	0 ~2 ×10 <sup>-6</sup>	0 ~3 ×10 <sup>-6</sup>	0 ~1 5 ×10 <sup>-5</sup>
氨 NH <sub>3</sub>	17 03061	0 ~微量	0 ~微量	0 ~微量
一氧化碳 CO	28 01055	0 ~微量	0 ~微量	0 ~微量
碘 I <sub>2</sub>	253 8088	0 ~1 ×10 <sup>-6</sup>	0 ~9 ×10 <sup>-6</sup>	0 ~8 ×10 <sup>-6</sup>

注：本表摘自 《法定计量单位与科技常数》。

(二) 大气环境质量标准

大气环境质量标准分为三级：

一级标准：为保护自然生态和人群健康，在长期接触情况下，不发生任何危害影响的空气质量要求。

二级标准：为保护人群健康的城市、乡村动植物，在长期和短期接触情况下，不发生伤害的空气质量要求。

三级标准：为保护人群不发生急、慢性中毒和城市一般动植物（敏感者除外）正常生长的空气质量要求。

(三) 空气污染物三级标准浓度限值

空气污染物三级标准浓度限值见表3 -46 。

表3 -46 空气污染物三级标准浓度限值

污染物名称	浓度限值 (mg /标准 m <sup>3</sup> )			
	取值时间	一级标准	二级标准	三级标准
总悬浮微粒	日平均	0 .15	0 .30	0 .50
	任何一次	0 .30	1 .00	1 .50
飘尘	日平均	0 .05	0 .15	0 .25
	任何一次	0 .15	0 .50	0 .70
二氧化硫	每日平均	0 .02	0 .06	0 .10
	日平均	0 .05	0 .15	0 .25
	任何一次	0 .15	0 .50	0 .70
氮氧化物	日平均	0 .05	0 .10	0 .15
	任何一次	0 .10	0 .15	0 .30
一氧化碳	日平均	4 .00	4 .00	6 .00
	任何一次	10 .00	10 .00	20 .00
光化学氧化剂 (O <sub>3</sub> )	一小时平均	0 .12	0 .16	0 .20

注：本表摘自 《大气环境质量标准》 (GB3095 -82 )。

为任何一日的平均浓度不许超过的限值。

为任何一次采样不许超过的浓度限值，不同污染物“任何一次”采样时间见有关规定。

为任何一年的日平均浓度均值不许超过的限值。

(四) 中国居住区大气中有害物质最高容许浓度

中国居住区大气中有害物质最高容许浓度见表3 -47 。

表3 -47中国居住区大气中有害物质最高容许浓度

序号	物质名称	最高容许浓度 (mg /m <sup>3</sup> )		序号	物质名称	最高容许浓度 (mg /m <sup>3</sup> )	
		一次	日平均			一次	日平均
1	一氧化碳	3 .00	1 .00	18	环氧氯丙烷	0 .20	—
2	乙醛	0 .01	—	19	氟化物（换算成F）	0 .02	0 .007
3	二甲苯	0 .30	—	20	氨	0 .20	—
4	二氧化硫	0 .50	0 .15	21	氧化氮（换算成N02）	0 .15	
5	二氧化碳	0 .04	—	22	砷化物（换算成As）	—	0 .003
6	五氧化二磷	0 .15	0 .05	23	敌百虫	0 .10	—
7	丙烯腈	—	0 .05	24	酚	0 .02	—
8	丙烯醛	0 .01	—	25	硫化氢	0 .01	—
9	丙酮	0 .80	—	26	硫酸	0 .30	0 .10
10	甲基对硫磷（甲基E605）	0 .01	—	27	硝基苯	0 .01	—
11	甲醇	3 .00	1 .00	28	铅及其无机化合物（换算成Pb）	—	0 .0007
12	甲醛	0 .05	—	29	氯	0 .10	0 .03
13	汞	—	0 .0003	30	氯丁二烯	0 .10	—
14	吡啶	0 .08	—	31	氯化氢	0 .05	0 .015
15	苯	2 .40	0 .80	32	铬（六价）	0 .0015	—
16	苯乙烯	0 .01	—	33	锰及其化合物（换算成MnO <sub>2</sub> ）	—	0 .01
17	苯胺	0 .10	0 .03	34	飘尘	0 .5	0 .15

注： 灰尘自然沉降量，可在当地清洁区实测数值的基础上增加3 ~5t /km<sup>2</sup> /月（t /km<sup>2</sup> 月）。

一次最高容许浓度，指任何一次测定结果的最大容许值。

日平均最高容许浓度，指任何一日的平均浓度的最大容许值。

本表所列各项有害物质的检验方法，应按现行的《大气监测检验方法》执行。

本表摘自《J36 -79 工业企业设计卫生标准》，1980。

二、噪声

城市区域环境噪声标准见表3 -48。

表3 -48 城市区域环境噪声标准				A
适用区域	昼间	夜间	备注	
特殊住宅区	45	35	本表摘自 《城市区域环境噪声标准》 (GB3096 -82 )	
居民、文教区	50	40	特殊住宅区是指特别需要安静的住宅区	
一类混合区	55	45	居民、文教区是指纯居民区和文教、机关区	
商业中心区、二类混合区	60	50	一类混合区是指一般商业与居民混合区	
工业集中区	65	55	二类混合区是指工业、商业、少量交通与居民混合区	
交通干线道路两侧	70	55	商业中心区是指商业集中的繁华地区	
			工业集中区指在一个城市或区域内规划明确确定的工业区	
			交通干线道路两侧是指车流量每小时一百辆以上的道路两侧	

注：A 为声级，记作分贝（A）或dB（A）。声级有别于声压级。声级表示经过频率计权后的声压级，配有A、B、C 计权网络的声学仪器，它的读数称为声级，单位也是分贝。近年来，人们在噪声测量中，往往就用

A 网络测得的声压级代表噪声的响度大小叫A 声级。

新建、扩建和改建企业噪声标准见表3 -49。

表3 -49 新建、扩建和改建企业噪声标准			
每个工作日接触噪声时间（h）		允许噪声，dB（A）	备注
8		85	本表摘自 《工业企业噪声卫生标准》（试行草案）
4		88	
2		91	
1		94	

建筑现场主要施工机械噪声平均A 声级见表3 -50。

表3 -50 建筑现场主要施工机械噪声平均A 声级			
机械名称	噪声级（dB）	机械名称	噪声级（dB）
推土机	78 ~96	挖土机	80 ~93
搅拌机	75 ~88	运土卡车	85 ~94
汽锤、风钻	82 ~98	打桩机	95 ~105
混凝土破碎机	85	空气压缩机	75 ~88
卷扬机	75 ~88	钻机	87

注：表中所列皆为距离噪声源约15m 处测得的数据。现场操作人员所承受的噪声还要大10 ~20dB。



三、水污染

(一) 排水水质标准

工业废水中有害物质最高容许排放浓度分为两类。

第一类，能在环境或动植物体内蓄积，对人体健康产生长远影响的有害物质。含这类有害物质的废水，在车间或车间处理设备的排出口，应符合表3 -51 规定的标准，但不得用稀释方法代替必要的处理。

第二类，其长远影响小于第一类的有害物质，在工厂排出口的水质应符合表3 -52 的要求。

表3 -51 废水水质标准

序号	有害物质名称	最高容许排放浓度 (mg/L)
1	汞及其无机化合物	0.05 (按Hg 计)
2	镉及其无机化合物	0.1 (按Cd 计)
3	六价铬化物	0.5 (按Cr <sup>6+</sup> 计)
4	砷及其无机化合物	0.5 (按As 计)
5	铅及其无机化合物	1.0 (按Pb 计)

注：本表摘自 《工业“三废”排放试行标准》 (GBJ4 -73)。

表3 -52 水质标准

序号	有害物质或项目名称	最高容许排放浓度	序号	有害物质或项目名称	最高容许排放浓度
1	pH 值	6 ~9	8	有机磷	0.5mg/L
2	悬浮物 (水力排灰、洗煤水、水力冲渣、尾矿水)	500mg/L	9	石油类	10mg/L
3	生化需氧量 (5d20 )	60mg/L	10	铜及其化合物	1mg/L (按Cu 计)
4	化学耗氧量 (重铬酸钾法)	100mg/L	11	锌及其化合物	5mg/L (按Zn 计)
5	硫化物	1mg/L	12	氟的无机化合物	10mg/L (按F 计)
6	挥发性酚	0.5mg/L	13	硝基苯类	5mg/L
7	氰化物 (以游离氰根计)	0.5mg/L	14	苯胺类	3mg/L

注：本表摘自 《工业“三废”排放试行标准》 (GBJ4 -73)。

(二) 地面水水质卫生要求

地面水水质卫生要求见表3 -53。

表3 -53 地面水水质卫生要求

指标	卫生要求
悬浮物质色、嗅、味	含有大量悬浮物质的工业废水，不得直接排入地面水体，不得呈现工业废水和生活污水所特有的颜色、异臭或异味
漂浮物质	水面上不得出现较明显的油膜和浮沫
pH 值	6.5 ~8.5
生化需氧量 (5d 20 )	不超过3 ~4mg/L
溶解氧	不低于4mg/L
有害物质	不超过规定的最高允许浓度
病原体	含有病原体的工业废水和医院污水，必需经过处理和严格消毒，彻底消灭病原体后方准排入地面水体

注：本表摘自 《工业企业设计卫生标准》 (TJ36 -79)。

(三) 地面水中有害物质的最高容许浓度

地面水中有害物质的最高容许浓度见表3 -54。

表3 -54 地面水中有害物质的最高容许浓度

编号	物质名称	最高容许 浓度 (mg/L)	编号	物质名称	最高容许 浓度 (mg/L)
1	乙腈	5.0	28	砷	0.1
2	乙醛	0.05	29	松节油	0.2
3	二硫化碳	2.0	30	苯	2.5
4	二硝基苯	0.5	31	苯乙烯	0.3
5	二硝基氯苯	0.5	32	苯胺	0.1
6	二氯苯	0.02	33	苦味酸	0.5
7	丁基黄原酸盐	0.005	34	氟化物	1.0
8	三氯苯	0.01	35	活性氯	不得检出（按地面 水需氯量计算）

续表					
编号	物质名称	最高容许 浓度 (mg/L)	编号	物质名称	最高容许 浓度 (mg/L)
9	三硝基甲苯	0.5	36	挥发酚类	0.01
10	马拉硫磷 (4049)	0.25	37	砷	0.04
11	乙内酰胺	按地面水中 生化需氧量计算	38	钼	0.5
12	六六六	0.02	39	铅	0.1
13	六氯苯	0.05	40	钴	1.0
14	内吸磷 (E059)	0.03	41	铍	0.0002
15	水合肼	0.01	42	硒	0.01
16	四乙基铅	不得检出	43	铬：三价铬 六价 铬	0.5 0.05
17	四氯苯	0.02	44	铜	0.1
18	石油（包括煤油、 汽油）	0.3	45	锌	1.0
19	甲基对硫磷（甲基 E605）	0.02	46	硫化物	不得检出
20	甲醛	0.5			（按地面水 溶解氧计算）
21	丙烯腈	2.0	47	氰化物	0.05
22	丙烯醛	0.1	48	氯苯	0.02
23	对硫磷 (E605)	0.003	49	硝基氯苯	0.05
24	乐戈（乐果）	0.08	50	锑	0.05
25	异丙苯	0.25	51	滴滴涕	0.2
26	汞	0.001	52	镍	0.5
27	吡啶	0.2	53	镉	0.01

注：表中所列各项指标和有害物质的检验方法，应按现行《地面水水质监测检验方法》执行。

(四) 水消毒处理方法

水消毒处理方法见表3 -55。

表3 -55 水消毒处理方法

项目	氯化消毒 (使用液氯)	臭氧消毒	紫外线消毒	加热消毒	溴和碘消毒	金属离子消毒 (银、铜等)
接触时间 (min)	10 ~30	5 ~10	最小	15 ~20	10 ~30	120
有效性	细菌有效 病毒有一定效果 孢子无效	有效 有效 无效	有效 有一定效果 无效	有效 有效 无效	有效 有一定效果 无效	有效 无效 无效
优点	费用低，能长时间保持剩余游离氧，有持续的杀菌消毒作用	能消灭病毒和孢子，还能加速地去除色、味、臭，氧化物无毒	不需要化学药剂，消毒快	不需要特殊设备	对眼的刺激性较小，其余与氯相似	具有持久性的灭菌效果
缺点	对某些孢子和病毒无效，氧化物有异臭、异味，如三卤代甲烷等甚至有毒	费用大，消毒作用短暂，不能保持有效消毒的剩余量	费用大，消毒作用短暂，付去除浊度的顶处理要求高	消毒作用缓慢，费用大	比氯消毒作用缓慢，费用略高	消毒作用缓慢、费用大，效果易受胺等污染物的影响
备注	目前最通用的消毒方法	欧洲国家广泛使用	实验室有小规模的工业用水使用	家庭用	游泳池有时使用	

3 2 3 建筑材料有关数据

一、材料基本性质常用名称及代号

材料基本性质常用名称共20 种，其代号、公式及常用单位见表3 -56。

表3 -56 材料基本性质常用名称、代号、公式及常用单位				
名称	代号	公式	常用单位	说明
密度		$\rho = m / V$	$g / cm^3$	$m$ ：材料干燥状态下的重量 (g) $V$ ：材料绝对密实状态下的体积 ( $cm^3$ )
质量密度	$\rho_0$	$\rho_0 = m / V_1$	$g / cm^3$	$m$ ：材料的重量 (g) $V_1$ ：材料在自然状态下的体积 ( $cm^3$ )
孔隙率		$= \frac{V_1 - V}{V_1} \times 100\%$ $= (1 - \frac{\rho_0}{\rho}) \times 100\%$	%	计算松散状态的颗粒之间的 时 , $V$ 为颗粒体积 , $V_1$ 为松散体积
强度	$f$	$f = P / A$	MPa ( $N / mm^2$ )	$P$ ：破坏时的重力 (N) $A$ ：受力面积 ( $mm^2$ )
含水率	$W$	$m_{水} / m$	%	$m_{水}$ ：材料中所含水重 (g) $m$ ：材料干燥重量 (g)
重量吸水率	$B_{重}$	$B_{重} = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\%$	%	$m$ ：材料干燥重量 (g) $m_1$ ：材料吸水饱和状态下的重量 (g)
体积吸水率	$B_{体}$	$B_{体} = \frac{m_1 - m}{V_1} \times 100\%$ $= B_{重} \rho_0$	%	$V_1$ ：材料在自然状态下的体积 ( $cm^3$ ) $m$ 、 $m_1$ 、 $\rho_0$ 含义同前
软化系数		$k = f_1 / f_0$		$f_1$ ：材料在水饱和状态下的抗压强度 (MPa 或 $N / mm^2$ ) $f_0$ ：材料在干燥状态下的抗压强度 (MPa 或 $N / mm^2$ )
渗透系数	$K$	$\frac{Q}{A} = K \frac{H}{L}$		$Q / A$ ：单位时间内渗过材料试件单位面积的水量 $H / L$ ：压力水头和渗透距离 (试件厚度的比值)
抗冻标号	$D_r$			材料在 -15℃ 以下冻结 , 反复冻融后重量损失 5% , 强度损失 25% 的冻融次数
抗渗等级	$S$			试件能承受的最大水压力值
导热系数			$W / m \cdot K$ ( $kcal / m \cdot h \cdot ^\circ C$ )	物体厚1m , 两表面温差1℃ 时 , 1h 通过1m <sup>2</sup> 围护结构表面积的热量

续表

名称	代号	公式	常用单位	说明
热阻	R		$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ $(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{Kcal})$	室外温差为1℃，使1kcal 热量通过1m <sup>2</sup> 围护结构表面积的热量
比热	c	$c = Q / P / (t_1 - t_2)$	$\text{kJ} / \text{kg} \cdot \text{K}$ $(\text{kcal} / \text{kg} \cdot ^\circ \text{C})$	Q：加热于物体所耗热量 (kJ) P：材料重量 (kg) t <sub>1</sub> - t <sub>2</sub> ，物体加热前后的温度差
蓄热系数	S		$\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$	表面温度波动1℃时，在1h 内，1m <sup>2</sup> 围护结构表面吸收和散发的热量
蒸气渗透系数	μ		$\text{g} / \text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$	材料厚1m，两侧水蒸气分压力差为1mmHg 时，1h 经过1m <sup>2</sup> 表面积扩散的水蒸气量
吸声系数		$= \frac{E}{E_0}$	%	材料吸收声能与入射声能的比值
热流量	Q			单位时间内自某物体传出和传入的热量
热流 [量] 密度	q		$\text{W} / \text{m}^2$	垂直于热流方向的单位面积的热流量
热惰性	D			热阻与蓄热系数的乘积 D = R · S

注：常用单位中的（ ）为习用非法定单位。

三、圆钉、木螺丝直径号数及尺寸关系

圆钉、木螺丝直径号数及尺寸关系见表3 -57。

表3 -57 圆钉、木螺丝直径号数及尺寸关系

号数	圆钉直径 (mm)	木螺丝直径 (mm)	号数	圆钉直径 (mm)	木螺丝直径 (mm)
3	—	2.39	12	2.77	5.59
4	6.05	2.74	13	2.41	5.94
5	5.59	3.10	14	2.11	6.30
6	5.16	3.45	15	1.83	6.65

续表

号数	圆钉直径 (mm )	木螺丝直径 (mm )	号数	圆钉直径 (mm )	木螺丝直径 (mm )
7	4 57	3 81	16	1 65	7 01
8	4 .19	4 .17	17	1 47	7 37
9	3 76	4 52	18	1 25	7 72
10	3 41	4 88	19	1 07	—
11	3 05	5 23	20	0 89	—

四、石棉水泥管标准米换算

石棉水泥管标准米换算见表3 -58 。

表3 -58 石棉水泥管标准米换算

说明	换算数值		
	水泥管规格	每根管折合标准米数	每米管折合标准米数
	(mm )	(标准米)	(标准米)
石棉水泥管以标准米为计量单位。内径189m、壁厚16mm、长度1000mm的管子为一标准米，其他规格者按上述标准管的体积比例进行折算	100 ×13 ×4000	1 7916	0 4479
	141 ×16 ×4000	3 0636	0 7659
	189 ×18 ×4000	4 544	1 .136
	147 ×16 ×4000	3 .1804	0 7951
	195 ×20 ×4000	5 244	1 311
	235 ×21 ×4000	6 556	1 639
	279 ×25 4000	9 2684	2 3171
	368 ×34 ×4000	16 6683	4 .1671

五、石棉水泥瓦折合标准张数

石棉水泥瓦折合标准张数见表3 -59 。

表3 -59 石棉水泥瓦折合标准张数

说明	标准张数折合方法	举例
石棉水泥瓦以宽720mm、长1820mm、厚8mm 为标准张	1 标准张 =0.72 ×1.82 ×0.008 = 0.0105m <sup>3</sup>  标准张数量 = $\frac{\text{长} \times \text{宽} \times \text{厚}}{0.0105} \times \text{张数}$	宽 1002mm、长 2800mm、厚 8mm 的石棉水泥瓦100 张，折合标准张的方法为：  $\frac{1.002 \times 2.8 \times 0.008}{0.0105} \times 100 = 213.8$ 米

六、1m³ 胶合板材积折合张数

1m³ 胶合板材积折合张数见表3 -60。

表3 -60 1m³ 胶合板材积折合张数

规格		三层			五层	说明
mm	ft	厚3.0mm	厚3.5mm	厚4.0mm	厚6.5mm	
915 ×610	3 ×2	597 张	512 张	448 张	276 张	胶合板折材积（指胶合板材积，不是厚木体积）：  1m³ 胶合板材积的张数 =1 / （厚 × 长 × 宽）  例如：1m³ 厚 3mm、宽 915mm、长 1830m 的胶合板的张数 =1 / (0.003 ×0.915 ×1.830) =199.2（林业部规定为200 张）
915 ×915	3 ×3	399 张	341 张	299 张	184 张	
915 ×1220	3 ×4	299 张	256 张	224 张	138 张	
915 ×1525	3 ×5	239 张	205 张	180 张	110 张	
915 ×1830	3 ×6	200 张	171 张	149 张	92 张	

七、钢丝绳安全系数

钢丝绳安全系数见表3 -61。

表3 -61 钢丝绳安全系数

起重机类型或其它	特性和使用范围		钢丝绳最小安全系数
桅杆起重机、铁路起重机、履带起重机、汽车起重机以及所有其它类型起重机和卷扬机机械等	手动		4.5
	机械传动	轻型	5
		中型	5.5
		重型	6
1t 以下的手动卷扬机			4
缆索式起重机械	承担重量的钢丝绳		3.5



续表

起重机类型或其它	特性和使用范围	钢丝绳最小安全系数
各种用途的钢丝绳	运输热金属、易燃物	6
	运输易爆物	6
	拖拉绳	3.5
	绳索（捆绑重物用）	8~10

八、木门材积参考表

木门材积参考表见表3 - 62。

表3 -62 木门材积参考表

地区	类别					
	夹板门	镶纤维板门	镶木板门	半截玻璃门	弹簧门	拼板门
华北	0.0296	0.0353	0.0466	0.037q	0.0453	0.0520
华东	0.0287	0.0344	0.0452	0.0368	0.0439	0.0512
东北	0.0285	0.0341	0.0450	0.0366	0.0437	0.0510
中南	0.0302	0.0360	0.0475	0.0387	0.0462	0.0539
西北	0.0258	0.0307	0.0405	0.0330	0.0394	0.0459
西南	0.0265	0.0316	0.0417	0.0340	0.0406	0.0473

注： 本表按无纱门考虑。  
本表以华北地区木门窗标准图的平均数为基础，其它地区按断面大小折算。  
本表数据仅供参考。

九、木窗材积参考表

木窗材积参考表见表3 - 63。

表3 -63 木窗材积参考表

地区	类别				
	单层玻璃窗	一玻一纱窗	双层玻璃窗	中悬窗	百叶窗
华北	0.0291	0.0405	0.0513	0.0285	0.0431
华东	0.0400	0.0553	—	0.0311	0.0471
中南	0.0390	0.0578	—	0.0303	0.0459
西北	0.0369	0.0492	—	0.0287	0.0434
西南	0.0360	0.0485	—	0.0281	0.0425

注： 本表以华北地区木门窗标准图为基础，其它地区按断面大小折算。  
本表数据仅供参考。

十、薄钢板习用号数的厚度

薄钢板习用号数的厚度见表3 -64。

表3 -64 薄钢板习用号数的厚度

习用号数	厚 度				习用号数	厚 度			
	普通薄钢板		镀锌薄钢板			普通薄钢板		镀锌薄钢板	
	in	mm	in	mm		in	mm	in	mm
8	0 .1644	4 .18	0 .1681	4 270	21	0 0329	0 835	0 0366	0 930
9	0 .1495	3 80	0 .1532	3 900	22	0 0299	0 758	0 0336	0 855
10	0 .1345	3 41	0 .1382	3 510	23	0 0269	0 682	0 0306	0 778
11	0 .1196	3 03	0 .1233	3 130	24	0 0239	0 606	0 0276	0 700
12	0 .1046	2 65	0 .1084	2 :742	25	0 0209	0 530	0 0247	0 627
13	0 0897	2 28	0 0934	2 370	26	0 0179	0 455	0 0217	0 552
14	0 0747	1 89	0 0785	1 990	27	0 0164	0 416	0 0202	0 513
15	0 0673	1 71	0 0710	1 800	28	0 0149	0 378	0 0187	0 475
16	0 0598	1 52	0 0635	1 610	29	0 0135	0 342	0 0172	0 437
17	0 0538	1 36	0 0575	1 460	30	0 0120	0 304	0 0157	0 399
18	0 0478	1 22	0 0516	1 310	31	0 0105	0 266	0 0142	0 361
19	0 0418	1 06	0 0456	1 155	32	0 0097	0 246	0 0134	0 340
20	0 0359	0 911	0 0396	1 000					

注：表列习用号数及钢板厚度为英美制制定，与我国实际生产的镀锌钢板及普通薄钢板的产品规格有出入。我国产品无号数称呼，为满足目前习惯称呼与实际厚度的关系对照，特选录此表，供参考。实际规格仍应以我国产品为准。

十一、塑料管材、板材的规格与重量

塑料硬管见表3 -65。

表3 -65 塑料硬管

直径 (in )	外径 × 壁厚 (mm )	重量 (kg /m )	直径 (in )	外径 × 壁厚 (mm )	重理 (kg /m )
1 1/2	22 ×2	0 .16	2	63 ×4 5	1 .17
1 1/2	22 ×2 5	0 .19	2	63 ×7	1 .74
3 1/4	25 ×2	0 20	2 1/2	83 ×5 3	1 88
3 1/4	25 ×3	0 29	3	89 ×6 5	2 53
1	32 ×3	0 38	3 1/2	102 ×6 5	2 73
1	32 ×4	0 49	4	114 ×7	3 30
1 1/4	40 ×3 5	0 58	5	140 ×8	4 64
1 1/4	40 ×5	0 77	6	166 ×8	5 60
1 1/2	51 ×4	0 88	8	218 ×10	7 50
1 1/2	51 ×6	1 49			

塑料软管见表3 -66。

表3 -66 塑料软管					
内径 × 壁厚 (m )	每1000m 重 (kg )	内径 × 壁厚 (mm )	每1000m 重 (kg )	内径 × 壁厚 (mm )	每1000m 重 (kg )
1 ×0 .3	2 .5	4 .5 ×0 .5	13 .7	12 ×0 .6	40
1 .5 ×0 .3	3 .32	5 ×0 .5	15 .4	14 ×0 .7	50
2 ×0 .3	3 .84	6 ×0 .5	16 .7	16 ×0 .8	71 .5
2 .5 ×0 .3	4 .16	7 ×0 .5	20	20 × 1	91
3 ×0 .3	5	8 ×0 .5	25	25 ×1	125 .1
3 .5 ×0 .3	8 .33	9 ×0 .5	28 .6	30 ×1 .3	132
4 ×0 .5	11 .1	10 ×0 .6	33 .3	34 × 1 .3	200

塑料硬板见表3 -67。

表3 -67 塑料硬板					
规 格 (mm )	重 量 (kg /m <sup>2</sup> )	规 格 (mm )	重 量 (kg /m <sup>2</sup> )	规 格 (mm )	重 量 (kg /m <sup>2</sup> )
2	2 .96	7	10 .04	14	20 .70
2 .5	3 .70	7 .5	11 .10	15	22 .20
3	4 .44	8	11 .84	16	23 .70
3 .5	5 .18	8 .5	12 .60	17	25 .30
4	5 .92	9	13 .30	18	26 .60
4 .5	6 .66	9 .5	14 .10	19	28 .10
5	7 .40	10	14 .80	20	29 .60
5 .5	8 .14	11	16 .30	25	34 .83
6	8 .88	12	17 .80	28	41 .40
6 .5	9 .62	13	19 .20	30	44 .40