


第8版

全国优秀畅销书



# 机械工人 切削手册

原北京第一通用机械厂 编

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



全国优秀畅销书

# 《机械工人切削手册》

全新推出第8版

- ★ 中国最畅销的工人技术手册，销量超过600万册
- ★ 机械工人、车间技术人员必备的工具书
- ★ 获第四届全国科技图书二等奖
- ★ 四次被全国书刊发行业协会评为全国优秀畅销书

上架指导 工业技术 / 机械工程 / 机械加工

ISBN 978-7-111-45948-4

策划编辑◎张敬柱 王晓洁 / 封面设计◎马精明

电话服务

社服务中心: 010-88361066

销售一部: 010-68326294

销售二部: 010-88379649

读者购书热线: 010-88379203

地址: 北京市百万庄大街22号

邮政编码: 100037

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-45948-4



定价: 36.00元



# 机械工人切削手册

第 8 版

原北京第一通用机械厂 编



机械工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

机械工人切削手册/原北京第一通用机械厂编. —8版.  
—北京: 机械工业出版社, 2014. 3  
ISBN 978-7-111-45948-4

I. ①机… II. ①原… III. ①金属切削 - 技术手册  
IV. ①TG5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 032668 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
策划编辑: 张敬柱 王晓洁 责任编辑: 王晓洁 宋亚东  
版式设计: 霍永明 责任校对: 刘雅娜  
封面设计: 马精明 责任印制: 李 洋  
三河市宏达印刷有限公司印刷  
2014 年 4 月第 8 版第 1 次印刷  
101mm × 140mm · 18.5 印张 · 2 插页 · 737 千字  
0001—4000 册  
标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 45948 - 4  
定价: 36.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

《机械工人切削手册》1970 年出版后，曾先后再版 6 次，销量超过 6000000 册，并获得了第四届全国科技图书二等奖、全国优秀畅销书奖等各种奖项，被广大技术工人誉为好使好用的工具书。

本手册内容以常用数据、公式、图表为主，辅以简要的文字说明和应用实例。手册共 11 章，主要包括：常用技术资料，产品几何技术规范，常用材料及金属热处理，机械零件，切削刀具和车工、铣工、刨工、插工、磨工和钳工工作等。手册中所列的数据资料大部分来自生产第一线，并注意收集和整理了工人在实践中创新的加工工艺等经验，具有内容丰富、简明实用、语言通俗、数据可靠的特点。本次修订在保持原有特色的基础上，适当调整了结构，充实更新了内容，使之更加实用、好用。

本手册是一本可供金属切削加工各工种使用的综合性手册，是各类加工制造厂、修配厂和乡镇企业的广大机械工人和工程技术人员必备的工具书，也可供广大职业院校、技术院校的师生使用。



# 前 言

《机械工人切削手册》是一本可供金属切削加工各工种使用的综合性手册，其中所列的数据资料大部分来自生产第一线，并注意收集和整理了工人在实践中创新的加工工艺等经验。本手册 1970 年出版后，曾于 1978 年、1985 年、1994 年、1999 年、2005 年、2009 年出版过 6 次修订本，销量超过 6000000 册，曾获第四届全国科技图书二等奖，并于 1986 年、1998 年、2001 年和 2005 年四次被全国书刊发行业协会评为全国优秀畅销书，深受广大读者欢迎和好评。近年来，随着机械工业的不断发展，科学技术的不断进步，新工艺、新技术的不断出现，国家和行业标准不断修订，手册中有些内容已经不能适应发展的需要，我们决定对第 7 版进行修订。主要修订内容如下：

(1) 充实和更新内容。按照广大读者的要求，恢复部分老版的经典内容，同时增加新技术、新工艺和新方法的内容。如恢复了旧版中读者需求较多的三角函数表、典型钣金展开图、常用金属材料的弹性模量，新增了紧固件用通孔和沉孔、图样上几何公差的标注方法、表面结构及表面粗糙度的新旧标准对照、硬度换算、新牌号硬质合金的性能和应用、高速钢车刀条、车细长轴等内容。

(2) 突出重点，务求实用。在总体结构上进行梳理、整合，使结构更加合理，以常用数据、公式、图表为主，

辅以简明文字说明和实用实例，内容更加贴近生产实际，更加方便读者查找使用。如对常用零件结构要素、钢的热处理、刀具、螺纹加工、齿轮加工、磨削方法、扩孔、铰孔等内容进行了重新整合，使条理更加清晰，更方便读者学习和理解。

(3) 更换旧标准。采用现行国家标准和行业标准，对“产品几何技术规范”一章进行了全面更新，同时更新了钢铁产品牌号的表示方法、钢材的涂色标记、铸铁牌号、可转位刀片表示方法等内容。为了在新旧标准过渡中便于读者应用，适当加入了一些新旧标准对照的内容。

(4) 删除过时内容。删去已经过时和实用性不强的部分。如删去无进给箱车床、交换齿轮计算，分度头分度方法中的复式分度、差动分度和近似分度等。

本次修订工作是由陈宏钧、吴永禄完成的。由于水平有限，在编写中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正（如有需要请与本书编辑联系：电话 010 - 88379877，电子邮箱 wxj\_66@126.com）。

编 者

# 目 录

## 前言

## 第一章 常用技术资料

一、常用资料 .....	1
1. 汉语拼音字母 .....	1
2. 希腊字母 .....	1
3. 拉丁字母 .....	2
4. 国家标准代号及含义 .....	2
5. 部分行业标准代号及含义 .....	3
6. 主要元素的化学符号、相对原子质量和密度 .....	4
7. 常用材料的熔点 .....	5
8. 常用材料的密度 .....	5
9. 常用金属材料的弹性模量 .....	6
10. 常用材料滑动摩擦因数的概值 .....	7
11. 常用材料滚动摩擦系数的概值 .....	7
12. 常用金属材料的线膨胀系数 .....	8
二、法定计量单位及其换算 .....	9
1. 国际单位制 .....	9
2. 常用法定计量单位及其换算 .....	11
3. 单位换算 .....	15
三、常用数表 .....	18
1. $\pi$ 的重要函数表 .....	18



2. $\pi$ 的近似分数 .....	18
3. 25.4 的近似分数 .....	19
<b>四、几何图形计算 .....</b>	<b>19</b>
1. 常用几何图形的面积计算公式 .....	19
2. 常用几何体的表面积和体积的计算公式 .....	23
3. 圆周等分尺寸计算 .....	27
4. 圆周等分系数表 .....	28
5. 角度与弧度换算 .....	30
<b>五、常用三角函数计算 .....</b>	<b>31</b>
1. 常用三角函数计算公式 .....	31
2. $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 的三角函数值 .....	33
3. 三角函数表 .....	33
<b>六、常用测量计算 .....</b>	<b>35</b>
1. 内圆弧与外圆弧计算 .....	35
2. V 形槽宽度、角度计算 .....	36
3. 燕尾与燕尾槽宽度计算 .....	37
4. 内圆锥与外圆锥计算 .....	38
<b>七、常用零件结构要素 .....</b>	<b>39</b>
1. $60^\circ$ 中心孔 .....	39
2. 各类槽 .....	43
3. 零件倒圆与倒角 .....	46
4. 球面半径 .....	48
5. 螺纹零件 .....	48
6. 紧固件用通孔和沉孔 .....	65

## 第二章 产品几何技术规范

<b>一、极限与配合 .....</b>	<b>70</b>
----------------------	-----------

1. 术语和定义 .....	70
2. 基本规定 .....	75
3. 孔、轴的极限偏差与配合 .....	98
4. 一般公差、未注公差的线性和角度尺寸的公差 .....	165
<b>二、工件几何公差的标注和方法 .....</b>	<b>166</b>
1. 符号 .....	166
2. 用公差框格标注几何公差的基本要求 .....	168
3. 标注方法 .....	168
4. 图样上标注公差值的规定 .....	182
5. 公差值表 .....	183
6. 几何公差未注公差值 .....	190
<b>三、表面结构 .....</b>	<b>192</b>
1. 基本术语新旧标准对照 .....	192
2. 表面结构的参数新旧标准对照 .....	193
3. 评定表面结构的参数及数值系列 .....	194
4. 表面粗糙度符号、代号及标注 .....	198
5. 表面粗糙度代号在图样上的标注方法 .....	204
6. 各级表面粗糙度的表面特征及应用举例 .....	207

### 第三章 常用材料及金属热处理

<b>一、金属材料的分类及其性能 .....</b>	<b>212</b>
1. 金属材料的分类 .....	212
2. 钢铁材料性能的名词术语 .....	213
<b>二、钢 .....</b>	<b>215</b>
1. 钢的分类 .....	215
2. 钢铁产品牌号表示方法 .....	219

3. 常用钢牌号及用途 .....	219
4. 常用钢的火花鉴别方法 .....	232
5. 钢材的涂色标记 .....	248
6. 钢的热处理 .....	250
7. 黑色金属硬度与强度换算 .....	259
8. 碳钢硬度及强度换算 .....	265
<b>三、铸铁</b> .....	268
1. 铸铁名称、代号及牌号表示方法 .....	268
2. 常用铸铁牌号及用途 .....	269
<b>四、有色金属及其合金</b> .....	271
1. 有色金属及其合金产品代号表示方法 .....	271
2. 铜及铜合金 .....	276
3. 铝及铝合金 .....	282
<b>五、粉末冶金材料的分类及应用</b> .....	284
<b>六、常用工程塑料的性能及应用</b> .....	286

## 第四章 机械零件

<b>一、螺纹</b> .....	291
(一) 普通螺纹 .....	291
1. 普通螺纹的基本牙型 .....	291
2. 普通螺纹的代号与标记 .....	292
3. 普通螺纹标准系列的直径与螺距 .....	294
4. 普通螺纹的基本尺寸 .....	297
5. 普通螺纹的管路系列 .....	300
6. 普通螺纹的公差与配合 .....	301
(二) 梯形螺纹 .....	321



1. 梯形螺纹的牙型 .....	321
2. 梯形螺纹的代号与标记 .....	323
3. 梯形螺纹的直径与螺距 .....	324
4. 梯形螺纹的基本尺寸 .....	327
5. 梯形螺纹的公差 .....	334
6. 螺纹旋合长度 .....	343
(三) 55°管螺纹 .....	345
1. 55°密封管螺纹 .....	345
2. 55°非密封管螺纹 .....	353
(四) 60°密封管螺纹 .....	357
1. 术语及代号 .....	357
2. 螺纹牙型 .....	358
3. 圆锥管螺纹的基本尺寸及公差 .....	360
4. 圆柱内螺纹的基本尺寸及公差 .....	363
5. 有效螺纹的长度 .....	364
6. 倒角对基准平面理论位置的影响 .....	364
7. 螺纹特征代号及标记示例 .....	366
(五) 米制密封螺纹 .....	366
1. 牙型 .....	366
2. 基准平面位置 .....	367
3. 基本尺寸 .....	367
4. 公差 .....	369
5. 螺纹长度 .....	370
6. 螺纹代号及标记示例 .....	370
(六) 寸制惠氏螺纹 .....	371
1. 牙型 .....	371

2. 寸制惠氏螺纹的标准系列 .....	371
3. 基本尺寸 .....	371
<b>二、齿轮</b> .....	375
<b>(一) 渐开线圆柱齿轮</b> .....	375
1. 基本齿廓和模数 .....	375
2. 圆柱齿轮的几何尺寸计算 .....	377
3. 精度等级及其选择 .....	382
4. 齿坯公差 .....	386
<b>(二) 齿条</b> .....	389
1. 齿条的几何尺寸计算 .....	389
2. 齿条精度 .....	389
<b>(三) 锥齿轮</b> .....	392
1. 锥齿轮基本齿廓尺寸参数 .....	392
2. 模数 .....	393
3. 直齿锥齿轮几何尺寸计算 .....	394
4. 锥齿轮精度 .....	397
5. 齿坯要求 .....	400
<b>(四) 圆柱蜗杆和蜗轮</b> .....	402
1. 圆柱蜗杆的基本齿廓 .....	402
2. 圆柱蜗杆的主要参数 .....	404
3. 圆柱蜗杆传动几何尺寸计算 .....	406
4. 圆柱蜗杆、蜗轮精度 .....	410
5. 齿坯要求 .....	414
<b>三、花键</b> .....	416
1. 花键联接的类型、特点和应用 .....	416
2. 矩形花键 .....	416

<b>四、键</b> .....	425
1. 平键 .....	425
2. 半圆键 .....	435
3. 楔键 .....	438
4. 切向键 .....	442
<b>五、滚动轴承</b> .....	447
1. 滚动轴承的分类 .....	447
2. 滚动轴承代号的构成 .....	448
3. 滚动轴承的配合 .....	466
<b>六、锥度、锥角及公差</b> .....	468
1. 圆锥的术语及定义 .....	468
2. 锥度与锥角系列 .....	470
3. 圆锥公差 .....	470

## 第五章 切削刀具

<b>一、刀具基本知识</b> .....	482
1. 刀具切削部分的名称及定义 .....	482
2. 确定刀具角度的三个辅助平面名称和定义 .....	483
3. 刀具的切削角度及其作用 .....	484
4. 刀具切削角度的作用及选择原则 .....	487
5. 车刀几何角度的选择 .....	490
<b>二、刀具切削部分的材料</b> .....	492
1. 各种高速钢的力学性能和适用范围 .....	492
2. 常用硬质合金的使用范围 .....	492
3. 国产涂层刀片的部分牌号及推荐用途 .....	492
4. 几种新牌号硬质合金的性能及应用 .....	492



<b>三、车刀</b>	505
1. 高速钢车刀条	505
2. 硬质合金焊接车刀	506
3. 可转位车刀	516
<b>四、铣刀</b>	551
1. 常用铣刀的类型、规格范围及标准代号	551
2. 可转位铣刀	567
<b>五、齿轮刀具</b>	587
1. 盘形齿轮铣刀形式和基本尺寸	587
2. 盘形锥齿轮铣刀形式和基本尺寸	590
3. 渐开线齿轮滚刀形式和基本尺寸	591
<b>六、丝锥和板牙</b>	601
1. 常用丝锥规格范围及标准代号	601
2. 常用板牙规格范围及标准代号	607

## 第六章 车 工 工 作

<b>一、车刀的手工刃磨</b>	609
1. 砂轮的选择	609
2. 刃磨的步骤	609
<b>二、车锥体</b>	613
1. 锥体各部分名称和尺寸计算	613
2. 车锥体方法	613
3. 车削圆锥时尺寸的控制方法	619
4. 车圆锥面时产生废品的原因及预防方法	621
<b>三、车球面</b>	622
1. 车外球面装置	623

2. 车内球面装置 .....	623
<b>四、车成形面 .....</b>	<b>624</b>
1. 用成形刀（样板刀）车成形面 .....	624
2. 用靠模法车成形面 .....	627
<b>五、车偏心 .....</b>	<b>629</b>
1. 在自定心卡盘上车偏心工件 .....	629
2. 在双卡盘上车偏心工件 .....	630
3. 在花盘上车偏心工件 .....	631
4. 用偏心卡盘车偏心工件 .....	631
5. 用两顶尖车偏心工件 .....	632
6. 用专用夹具车偏心工件 .....	633
7. 测量偏心距的方法 .....	633
<b>六、滚压加工 .....</b>	<b>637</b>
1. 滚压加工常用工具及其应用 .....	637
2. 滚轮式滚压工具常用的滚轮外圆形状及应用 .....	637
3. 滚轮滚压的加工方法 .....	645
4. 滚花 .....	646
<b>七、冷绕弹簧 .....</b>	<b>648</b>
1. 卧式车床可绕制弹簧的种类 .....	648
2. 绕制圆柱形螺旋弹簧用心轴直径的计算 .....	648
<b>八、车细长轴 .....</b>	<b>651</b>
1. 细长轴的加工特点 .....	651
2. 细长轴的装夹 .....	651
<b>九、螺纹加工 .....</b>	<b>656</b>
（一）车螺纹 .....	656
1. 对三角形螺纹车刀几何形状的要求 .....	656

2. 车螺纹车刀的刀尖宽度尺寸 .....	657
3. 卧式车床车螺纹交换齿轮计算 .....	657
4. 车多线螺纹时交换齿轮的计算及分线方法 .....	661
5. 螺纹车削方法 .....	664
(二) 用板牙和丝锥切削螺纹 .....	671
1. 用车床套螺纹和攻螺纹的工具 .....	671
2. 攻螺纹前底孔尺寸的计算 .....	671
3. 套螺纹前圆杆直径尺寸表 .....	676
4. 攻螺纹和套螺纹时产生废品的原因及预防方法 .....	677
(三)、螺纹的测量 .....	679
1. 三针测量方法 .....	679
2. 单针测量法 .....	691

## 第七章 铣 工 工 作

一、常用分度头分度方法及计算 .....	692
1. 分度头 .....	692
2. 分度方法及计算 .....	694
二、铣四方和六方 .....	702
1. 铣四方尺寸 .....	702
2. 铣六方尺寸 .....	703
三、铣离合器 .....	704
1. 牙嵌离合器的种类及特点 .....	704
2. 铣矩形齿离合器 .....	704
3. 铣梯形齿离合器 .....	708
4. 铣尖齿离合器 .....	710
5. 铣锯齿形离合器 .....	711

四、铣凸轮 .....	713
1. 凸轮传动的三要素 .....	713
2. 铣等速圆盘凸轮 .....	713
3. 铣等速圆柱凸轮 .....	718
五、铣球面 .....	720
1. 铣整球 .....	721
2. 铣带柄圆球 .....	722
3. 铣内球面 .....	722
六、刀具开齿计算 .....	723
1. 对前角 $\gamma_0 = 0^\circ$ 的铣刀开齿 .....	723
2. 对前角 $\gamma_0 > 0^\circ$ 的铣刀开齿 .....	726
3. 圆柱螺旋齿铣刀刀坯的铣削 .....	729
4. 麻花钻的铣削 .....	734
5. 端面齿的铣削 .....	735
6. 锥面齿的铣削 .....	736
7. 铰刀的开齿 .....	740
七、齿轮加工 .....	742
(一) 成形法铣削齿轮用铣刀 .....	742
(二) 铣直齿圆柱齿轮 .....	743
(三) 铣齿条 .....	745
1. 横向移距方法 .....	745
2. 分度头侧轴交换齿轮齿数的计算方法 .....	745
(四) 铣斜齿圆柱齿轮 .....	747
1. 铣刀号数的选择 .....	747
2. 交换齿轮的计算及配轮装置 .....	749
3. 工作台扳转角度 .....	750

4. 工件旋转方向和工作台转动方向及惰轮装置表 .....	751
(五) 铣直齿锥齿轮 .....	751
1. 铣刀号数的选择 .....	751
2. 铣削方法 .....	752
(六) 飞刀展成铣蜗轮 .....	754
1. 铣削方法 .....	755
2. 交换齿轮计算 .....	756
3. 铣头扳转角度方向、工件旋转方向及惰轮装置 .....	756
4. 飞刀部分尺寸计算公式表 .....	756
(七) 滚齿 .....	761
1. 滚齿机传动系统 (以 Y38 为例) .....	761
2. 常用滚齿机联系尺寸 .....	761
3. 滚齿常用夹具及齿轮安装 .....	761
4. 滚刀心轴和滚刀的安装要求 .....	761
5. 滚刀精度的选择 .....	761
6. 滚齿调整 .....	761
7. 滚铣大质数齿轮 (以 Y38 为例) .....	781
8. 分齿及差动交换齿轮表 .....	785
9. 滚齿加工常见缺陷及消除方法 .....	788
(八) 交换齿轮表 .....	795
(九) 齿轮的测量 .....	807
1. 公法线长度的测量 .....	807
2. 分度圆弦齿厚的测量 .....	826
3. 固定弦齿厚的测量 .....	830
4. 齿厚上极限偏差及公差 .....	832



## 第八章 刨、插工工作

一、刨工 .....	843
1. 刨刀 .....	843
2. 装夹方法与刨削工具 .....	848
3. 刨削加工方法 .....	853
4. 刨削废品产生的原因和防止方法 .....	853
二、插工 .....	870
1. 插刀 .....	870
2. 常用装夹和加工方法 .....	872
3. 插削常见缺陷和产生原因 .....	877

## 第九章 磨工工作

一、普通磨料和磨具 .....	879
1. 磨料的品种、代号及其应用范围 .....	879
2. 磨料粒度号及其选择 .....	881
3. 磨具硬度代号 .....	883
4. 磨具组织号及其适用范围 .....	883
5. 结合剂的代号、性能及其适用范围 .....	883
6. 磨具代号 .....	886
7. 普通磨具的最高工作速度 .....	900
二、超硬磨料和磨具 .....	902
1. 超硬磨料的品种、代号及应用范围 .....	903
2. 粒度 .....	904
3. 超硬磨料结合剂及其代号、性能和应用范围 .....	905
4. 浓度代号 .....	907

5. 砂轮、磨石及磨头的尺寸代号 .....	907
6. 砂轮、磨石及磨头形状及代号 .....	908
7. 标记示例 .....	912
8. 超硬磨料制品形状代号及主要用途 .....	914

### 三、磨削方法 .....

1. 砂轮平衡与修整 .....	916
2. 常用磨削液的组成及使用性能 .....	919
3. 磨外圆 .....	921
4. 磨内圆 .....	924
5. 磨圆锥面 .....	927
6. 磨平面 .....	931
7. 薄片工件的磨削 .....	932
8. 细长轴的磨削 .....	933
9. 刀具刃磨 .....	934
10. 磨削时缺陷产生的原因和防止措施 .....	946

## 第十章 钻、铰工作

一、钻孔 .....	949
(一) 钻头 .....	949
1. 麻花钻 .....	949
2. 几种特殊用途的钻头 .....	957
3. 标准麻花钻的刃磨及修磨 .....	966
4. 几种典型群钻的几何参数和刃磨方法 .....	969
(二) 钻孔的方法 .....	985
1. 钻不同孔距精度所用的加工方法 .....	985
2. 切削液的选用 .....	985

3. 几种特形钻套的使用 .....	985
4. 钻半（缺）圆孔 .....	987
5. 钻骑缝孔 .....	987
6. 在斜面上钻孔 .....	988
7. 钻孔切削用量的选择 .....	988
8. 钻孔中常见缺陷的产生原因和解决方法 .....	991
<b>二、扩孔</b> .....	996
1. 扩孔钻类型、规格范围及标准代号 .....	997
2. 扩孔方法 .....	997
3. 扩孔、钻扩孔中常见问题的产生原因和解决方法 .....	999
<b>三、铰孔</b> .....	1000
1. 铰钻类型、规格范围及标准代号 .....	1000
2. 用麻花钻改制铰钻 .....	1004
3. 铰端面 .....	1005
4. 铰孔中常见问题的产生原因和解决方法 .....	1005
<b>四、铰孔</b> .....	1007
（一）铰刀 .....	1007
1. 铰刀的结构和几何角度 .....	1007
2. 高速钢铰刀的几何参数 .....	1008
3. 常用铰刀的形式、标准代号及规格范围 .....	1010
（二）铰孔的方法 .....	1019
1. 铰刀直径的确定及铰刀的研磨 .....	1019
2. 铰削余量 .....	1021
3. 铰孔时切削液的选择 .....	1021
4. 铰孔切削用量的选择 .....	1021
5. 铰孔中常见缺陷的产生原因和解决方法 .....	1021

# 第十一章 钳工工作

一、划线 .....	1032
1. 划线的种类 .....	1032
2. 常用划线工具的名称及用途 .....	1033
3. 基本划线方法 .....	1041
4. 划线程序 .....	1050
5. 几种典型钣金开图实例 .....	1051
二、锯削 .....	1062
1. 锯削工具 .....	1062
2. 锯削方法 .....	1066
三、銼削 .....	1070
1. 銼子的种类及用途 .....	1070
2. 銼子几何角度的选择 .....	1070
3. 銼子的淬火与回火方法 .....	1070
4. 銼削方法 .....	1072
四、锉削 .....	1077
1. 锉刀的分类及基本参数 .....	1077
2. 锉刀的选用 .....	1082
3. 锉削方法 .....	1083
五、刮削 .....	1087
1. 通用刮研工具 .....	1088
2. 刮刀的种类及用途 .....	1094
3. 刮削用显示剂 .....	1097
4. 刮削余量 .....	1098
5. 刮削精度要求 .....	1098

6. 刮削方法 .....	1100
六、研磨 .....	1104
1. 研磨的分类 .....	1105
2. 研具 .....	1105
3. 研磨剂 .....	1109
4. 研磨方法 .....	1112

## 附录 三角函数表

# 第一章 常用技术资料

## 一、常用资料

### 1. 汉语拼音字母 (表 1-1)

表 1-1 汉语拼音字母

字母		名称		字母		名称	
大写	小写	注音符	读法	大写	小写	注音符	读法
A	a	ㄚ	啊	N	n	ㄋㄝ	讷
B	b	ㄅㄝ	玻	O	o	ㄛ	喔
C	c	ㄘㄝ	雌	P	p	ㄆㄝ	坡
D	d	ㄉㄝ	得	Q	q	ㄑㄩ	欺
E	e	ㄜ	鹅	R	r	ㄚㄦ	日
F	f	ㄝㄣ	佛	S	s	ㄝㄣ	思
G	g	ㄍㄝ	哥	T	t	ㄊㄝ	特
H	h	ㄏㄚ	喝	U	u	ㄨ	乌
I	i	ㄣ	衣	V	v	ㄨㄝ	维
J	j	ㄐㄣ	基	W	w	ㄨㄚ	娃
K	k	ㄎㄝ	科	X	x	ㄒㄣ	希
L	l	ㄝㄌ	勒	Y	y	ㄣㄚ	呀
M	m	ㄝㄇ	摸	Z	z	ㄗㄝ	资

### 2. 希腊字母 (表 1-2)

表 1-2 希腊字母

大写	小写	近似读音	大写	小写	近似读音
A	$\alpha$	啊耳发	$\Delta$	$\delta$	得耳塔
B	$\beta$	贝塔	E	$\epsilon$	艾普西龙
$\Gamma$	$\gamma$	嘎马	Z	$\zeta$	截塔

(续)

大写	小写	近似读音	大写	小写	近似读音
H	η	衣塔	Π	π	派
Θ	θ	西塔	P	ρ	洛
I	ι	约塔	Σ	σ	西格马
K	κ	卡帕	T	τ	滔
Λ	λ	兰姆达	Υ	υ	依普西龙
M	μ	谬	Φ	φ, φ	费衣
N	ν	纽	X	χ	喜
Ξ	ξ	克西	Ψ	ψ	普西
O	ο	奥密克戎	Ω	ω	欧米嘎

## 3. 拉丁字母 (表 1-3)

表 1-3 拉丁字母

大写	小写	近似读音	大写	小写	近似读音	大写	小写	近似读音
A	a	爱	J	j	街	S	s	爱斯
B	b	比	K	k	克	T	t	提
C	c	西	L	l	爱耳	U	u	由
D	d	低	M	m	爱姆	V	v	维衣
E	e	衣	N	n	恩	W	w	打不
F	f	爱福	O	o	欧	X	x	留斯
G	g	基	P	p	皮	Y	y	爱克斯
H	h	爱曲	Q	q	克由	Z	z	歪挤
I	i	哀	R	r	啊耳			

## 4. 国家标准代号及含义 (表 1-4)

表 1-4 国家标准代号及含义

标准代号	含 义
GB	强制性国家标准
GB/T	推荐性国家标准
GBn	国家内部标准
GB/Z	国家标准化指导性技术文件
GBJ	国家工程建设标准
GBW	国家卫生标准



(续)

标准代号	含 义
GJB	国家军用标准
GSB	国家实物标准

## 5. 部分行业标准代号及含义 (表 1-5)

表 1-5 部分行业标准代号及含义

标准代号	含 义
BB	包装行业标准
CB	船舶行业标准
CH	测绘行业标准
CJ	城镇建设行业标准
DL	电力行业标准
DZ	地质矿产行业标准
EJ	核工业行业标准
FZ	纺织行业标准
HB	航空行业标准
HG	化工行业标准
MH	民用航空行业标准
MT	煤炭行业标准
NY	农业行业标准
QB	轻工行业标准
QC	汽车行业标准
HJ	环境保护行业标准
JB	机械行业标准
JC	建材行业标准
JG	建筑工业行业标准
JT	交通行业标准
LD	劳动和劳动安全行业标准
LY	林业行业标准
QJ	航天工业行业标准
SH	石油化工行业标准

(续)

标准代号	含 义
SJ	电子行业标准
SL	水利行业标准
SY	石油天然气行业标准
TB	铁路运输行业标准
WB	物资管理行业标准
WJ	兵工民品行业标准
XB	稀土行业标准
YB	黑色冶金行业标准
YD	通信行业标准
YS	有色冶金行业标准

## 6. 主要元素的化学符号、相对原子质量和密度(表 1-6)

表 1-6 主要元素的化学符号、相对原子质量和密度

元素名称	化学符号	相对原子质量	密度 /(g/cm <sup>3</sup> )	元素名称	化学符号	相对原子质量	密度 /(g/cm <sup>3</sup> )
银	Ag	107.9	10.5	铜	Cu	63.55	8.93
铝	Al	26.98	2.7	氟	F	19.00	1.11
砷	As	74.92	5.73	铁	Fe	55.85	7.87
金	Au	197.0	19.3	锗	Ge	72.63	5.36
硼	B	10.83	2.3	汞	Hg	200.6	13.6
钡	Ba	137.3	3.5	碘	I	126.9	4.93
铍	Be	9.012	1.9	铱	Ir	192.2	22.4
铋	Bi	209.0	9.8	钾	K	39.10	0.86
溴	Br	79.90	3.12	镁	Mg	24.31	1.74
碳	C	12.02	1.9 ~ 2.3	锰	Mn	54.94	7.3
钙	Ca	40.08	1.55	钼	Mo	95.96	10.2
镉	Cd	112.4	8.65	钠	Na	22.99	0.97
钴	Co	58.93	8.8	铌	Nb	92.91	8.6
铬	Cr	52.0	7.19	镍	Ni	58.69	8.9

(续)

元素名称	化学符号	相对原子质量	密度 /(g/cm <sup>3</sup> )	元素名称	化学符号	相对原子质量	密度 /(g/cm <sup>3</sup> )
磷	P	30.97	1.82	锡	Sn	118.7	7.3
铅	Pb	207.2	11.34	锶	Sr	87.62	2.6
铂	Pt	195.1	21.45	钽	Ta	180.9	16.6
镭	Ra	226.05	5	钍	Th	232.0	11.5
铷	Rb	85.47	1.53	钛	Ti	47.87	4.54
钌	Ru	101.1	12.2	铀	U	238.0	18.7
硫	S	32.08	2.07	钒	V	50.94	5.6
锑	Sb	121.8	6.67	钨	W	183.8	19.15
硒	Se	78.96	4.81	锌	Zn	65.38	7.17
硅	Si	28.08	2.35				

## 7. 常用材料的熔点 (表 1-7)

表 1-7 常用材料的熔点

名称	熔点/℃	名称	熔点/℃
灰铸铁	1200	铝	658
铸钢	1425	铅	327
钢	1400 ~ 1500	锡	232
黄铜	950	镍	1452
青铜	995	尼龙 1010	200 ~ 210
纯铜	1083	有机玻璃	≥ 108

## 8. 常用材料的密度 (表 1-8)

表 1-8 常用材料的密度

材料名称	密度/(g/cm <sup>3</sup> )	材料名称	密度/(g/cm <sup>3</sup> )
灰铸铁	6.6 ~ 7.4	纯铜材	8.9
球墨铸铁	7.3	黄铜	8.5 ~ 8.85
铸钢	7.8	锡青铜	8.8 ~ 8.9
不锈钢	7.75	铝板	2.73
高速钢	8.3 ~ 8.7	锻铝	2.65 ~ 2.8

(续)

材料名称	密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	材料名称	密度/ (g/cm <sup>3</sup> )
铸铝	2.55 ~ 2.67	尼龙 1010	1.04 ~ 1.06
工业镍	8.9	尼龙 1010 +	1.19
锡基轴承合金	7.34 ~ 7.75	30% 玻纤	1.18
铅基轴承合金	9.33 ~ 10.67	有机玻璃	1.18
硬质合金 YG	13.9 ~ 14.9	橡胶	0.93 ~ 1.20
松木	0.5 ~ 0.6	水泥	1.2
衬垫纸	0.9	石墨	1.9 ~ 2.1
石棉胶板	1.5 ~ 2.0	普通玻璃	2.5 ~ 2.7
聚氯乙烯	1.35 ~ 1.40	普通混凝土	2.0 ~ 2.4
聚四氟乙烯	2.1 ~ 2.2	汽油	0.66 ~ 0.75

## 9. 常用金属材料的弹性模量 (表 1-9)

表 1-9 常用金属材料的弹性模量

名称	弹性模量 $E$ /MPa	弹性剪切模量 $G$ /MPa
灰口、白口铸铁	$(1.15 \sim 1.60) \times 10^6$	$4.5 \times 10^5$
可锻铸铁	$1.55 \times 10^6$	
碳钢	$(2.0 \sim 2.1) \times 10^6$	$8.1 \times 10^5$
镍铬钢、合金钢	$2.1 \times 10^6$	$8.1 \times 10^5$
铸钢	$1.75 \times 10^6$	
轧制纯铜	$1.1 \times 10^6$	$4.0 \times 10^5$
冷拔纯铜	$1.3 \times 10^6$	$4.9 \times 10^5$
轧制磷青铜	$1.15 \times 10^6$	$4.2 \times 10^5$
冷拔黄铜	$(0.91 \sim 0.99) \times 10^6$	$(3.5 \sim 3.7) \times 10^5$
轧制锰青铜	$1.1 \times 10^6$	$4.0 \times 10^5$
轧制铝	$0.69 \times 10^6$	$(2.6 \sim 2.7) \times 10^5$
拔制铝线	$0.7 \times 10^6$	
铸铝青铜	$1.05 \times 10^6$	$4.2 \times 10^5$
硬铝合金	$0.71 \times 10^6$	$2.7 \times 10^5$
轧制锌	$0.84 \times 10^6$	$3.2 \times 10^5$
铅	$0.17 \times 10^6$	$0.7 \times 10^5$

## 10. 常用材料滑动摩擦因数的概值 (表 1-10)

表 1-10 常用材料滑动摩擦因数的概值

摩擦材料	滑动摩擦因数 $f$			
	静摩擦		动摩擦	
	无润滑剂	有润滑剂	无润滑剂	有润滑剂
钢-钢	0.15	0.1 ~ 0.2	0.1	0.05 ~ 0.1
钢-低碳钢			0.2	0.1 ~ 0.2
钢-铸铁	0.2 ~ 0.3		0.16 ~ 0.18	0.05 ~ 0.15
钢-黄铜			0.19	0.03
钢-青铜		0.1 ~ 0.15	0.15 ~ 0.18	0.07
钢-铝			0.17	0.02
钢-粉末金属	0.35 ~ 0.55			
钢-塑料		0.09 ~ 0.1		
钢-夹布胶木			0.22	
软钢-铸铁	0.2		0.18	0.05 ~ 0.15
软钢-青铜	0.2		0.18	0.07 ~ 0.15
铸铁-铸铁		0.15 ~ 0.16	0.15	0.07 ~ 0.12
铸铁-青铜	0.28	0.16	0.15 ~ 0.21	0.07 ~ 0.15
铸铁-皮革	0.55	0.15	0.28	0.12
铸铁-橡皮			0.8	0.5
青铜-夹布胶木			0.23	
金属-木材	0.5 ~ 0.6	0.1 ~ 0.2	0.3 ~ 0.6	0.1 ~ 0.2

## 11. 常用材料滚动摩擦系数的概值 (表 1-11)

表 1-11 常用材料滚动摩擦系数的概值

摩擦材料	滚动摩擦系数 $K/\text{mm}$	摩擦材料	滚动摩擦系数 $K/\text{mm}$
软钢-软钢	0.05	木材-钢	0.3 ~ 0.4
淬火钢-淬火钢	0.01	木材-木材	0.5 ~ 0.8
铸铁-铸铁	0.5		

注：1. 滚动摩擦力  $F = \frac{K}{r}N$ ，滚动摩擦力矩  $M = KN$  ( $N$ ——正压力， $r$ ——滚动体半径)。

2. 应用时注意滚动摩擦系数与滚动阻力系数之区别。

## 12. 常用金属材料的线膨胀系数 (表 1-12)

表 1-12 常用金属材料的线膨胀系数

材料名称	温度范围		
	20 ~ 100℃	20 ~ 200℃	20 ~ 300℃
工程用铜	(16.6 ~ 17.1) $\times 10^{-6}$	(17.1 ~ 17.2) $\times 10^{-6}$	$17.6 \times 10^{-6}$
紫铜	$17.2 \times 10^{-6}$	$17.5 \times 10^{-6}$	$17.9 \times 10^{-6}$
黄铜	$17.8 \times 10^{-6}$	$18.8 \times 10^{-6}$	$20.9 \times 10^{-6}$
锡青铜	$17.6 \times 10^{-6}$	$17.9 \times 10^{-6}$	$18.2 \times 10^{-6}$
铝青铜	$17.6 \times 10^{-6}$	$17.9 \times 10^{-6}$	$19.2 \times 10^{-6}$
碳钢	(10.6 ~ 12.2) $\times 10^{-6}$	(11.3 ~ 13) $\times 10^{-6}$	(12.1 ~ 13.5) $\times 10^{-6}$
铬钢	$11.2 \times 10^{-6}$	$11.8 \times 10^{-6}$	$12.4 \times 10^{-6}$
40CrSi	$11.7 \times 10^{-6}$		
30CrMnSiA	$11 \times 10^{-6}$		
3Cr13	$10.2 \times 10^{-6}$	$11.1 \times 10^{-6}$	$11.6 \times 10^{-6}$
1Cr18Ni9Ti	$16.6 \times 10^{-6}$	$17.0 \times 10^{-6}$	$17.2 \times 10^{-6}$
铸铁	(8.7 ~ 11.1) $\times 10^{-6}$	(8.5 ~ 11.6) $\times 10^{-6}$	(10.1 ~ 12.2) $\times 10^{-6}$
镍铬合金	$14.5 \times 10^{-6}$		

注:1. 线膨胀系数  $\alpha = \frac{\text{长度膨胀量}}{\text{长度} \times \text{温度}}$ 。

2.  $10^{-6} = \frac{1}{10^6}$ 。

## 二、法定计量单位及其换算

### 1. 国际单位制（摘自 GB 3100—1993）

#### （1）国际单位制的基本单位（表 1-13）

表 1-13 国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号	量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m	热力学温度	开[尔文]	K
质量	千克(公斤)	kg	物质的量	摩[尔]	mol
时间	秒	s	发光强度	坎[德拉]	cd
电流	安[培]	A			

注：1. 圆括号中的名称，是它前面的名称的同义词，下同。

2. 无方括号的量的名称与单位名称均为全称。方括号中的字，在不致引起混淆、误解的情况下，可以省略。去掉方括号中的字即为其名称的简称。下同。

3. 本标准所称的符号，除特殊指明外，均指我国法定计量单位中所规定的符号以及国际符号，下同。

4. 人民生活和贸易中，质量习惯称为重量。

#### （2）国际单位制中具有专门名称和符号的导出单位（表 1-14）

表 1-14 国际单位制中具有专门名称和符号的导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[平面]角	弧度	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$
立体角	球面度	sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 1$
频率	赫[兹]	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
力	牛[顿]	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$



(续)

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pa	$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$
能[量],功,热量	焦[耳]	J	$1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m}$
功率,辐[射能]通量	瓦[特]	W	$1\text{W} = 1\text{J}/\text{s}$
电荷[量]	库[仑]	C	$1\text{C} = 1\text{A} \cdot \text{s}$
电压,电动势,电位(电势)	伏[特]	V	$1\text{V} = 1\text{W}/\text{A}$
电容	法[拉]	F	$1\text{F} = 1\text{C}/\text{V}$
电阻	欧[姆]	$\Omega$	$1\Omega = 1\text{V}/\text{A}$
电导	西[门子]	S	$1\text{S} = 1\Omega^{-1}$ 或 $1\text{A}/\text{V}$
磁通[量]	韦[伯]	Wb	$1\text{Wb} = 1\text{V} \cdot \text{s}$
磁通[量]密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	$1\text{T} = 1\text{Wb}/\text{m}^2$
电感	亨[利]	H	$1\text{H} = 1\text{Wb}/\text{A}$
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} = 1\text{K}$
光通量	流[明]	lm	$1\text{lm} = 1\text{cd} \cdot \text{sr}$
[光]照度	勒[克斯]	lx	$1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2$

## (3) 国际单位制词头 (表 1-15)

表 1-15 国际单位制词头

因数	词头名称	符号	因数	词头名称	符号
$10^{24}$	尧[它]	Y	$10^{-1}$	分	d
$10^{21}$	泽[它]	Z	$10^{-2}$	厘	c
$10^{18}$	艾[可萨]	E	$10^{-3}$	毫	m
$10^{15}$	拍[它]	P	$10^{-6}$	微	$\mu$
$10^{12}$	太[拉]	T	$10^{-9}$	纳[诺]	n
$10^9$	吉[咖]	G	$10^{-12}$	皮[可]	p
$10^6$	兆	M	$10^{-15}$	飞[母托]	f
$10^3$	千	k	$10^{-18}$	阿[托]	a
$10^2$	百	h	$10^{-21}$	仄[普托]	z
$10^1$	十	da	$10^{-24}$	幺[科托]	y

(4) 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位  
(表 1-16)

**表 1-16 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位**

量的名称	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系
时间	分	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
	[小]时	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$
	日,(天)	d	$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86\,400 \text{ s}$
[平面]角	度	°	$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$
	[角]分	'	$1' = (1/60)^\circ = (\pi/10\,800) \text{ rad}$
	[角]秒	"	$1'' = (1/60)' = (\pi/648\,000) \text{ rad}$
体积	升	L,(l)	$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
质量	吨	t	$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$
	原子质量单位	u	$1 \text{ u} \approx 1.660\,540 \times 10^{-27} \text{ kg}$
转速	转每分	r/min	$1 \text{ r/min} = (1/60) \text{ s}^{-1}$
长度	海里	n mile	$1 \text{ n mile} = 1\,852 \text{ m}$ (只用于航程)
速度	节	kn	$1 \text{ kn} = 1 \text{ n mile/h}$ $= (1\,852/3\,600) \text{ m/s}$ (只用于航行)
能	电子伏	eV	$1 \text{ eV} \approx 1.602\,177 \times 10^{-19} \text{ J}$
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	$1 \text{ tex} = 1 \times 10^{-6} \text{ kg/m}$
面积	公顷	hm <sup>2</sup>	$1 \text{ hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2$

## 2. 常用法定计量单位及其换算 (表 1-17)

表 1-17 常用法定计量单位及其换算

物理量 名称	法定计量单位		非法定计量单位		单 位 换 算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
长度	米	m	公里		1 公里 = $10^3$ m
	海里	n mile	费密		1 费密 = 1 fm = $10^{-15}$ m
			埃	Å	1 Å = 0.1 nm = $10^{-10}$ m
			英尺	ft	1 ft = 0.304 8 m
			英寸	in	1 in = 0.025 4 m
			英里	mile	1 mile = 1 609. 344 m
			密耳	mil	1 mil = 25. 4 × $10^{-6}$ m
面积	平方米	m <sup>2</sup>	公亩	a	1 a = $10^2$ m <sup>2</sup>
			平方英尺	ft <sup>2</sup>	1 ft <sup>2</sup> = 0. 092 903 04 m <sup>2</sup>
			平方英寸	in <sup>2</sup>	1 in <sup>2</sup> = 6. 451 6 × $10^{-4}$ m <sup>2</sup>
			平方英里	mile <sup>2</sup>	1 mile <sup>2</sup> = 2. 589 99 × $10^6$ m <sup>2</sup>
体积、容积	立方米	m <sup>3</sup>	立方英尺	ft <sup>3</sup>	1 ft <sup>3</sup> = 0. 028 316 8 m <sup>3</sup>
	升	L, (l)	立方英寸	in <sup>3</sup>	1 in <sup>3</sup> = 1. 638 71 × $10^{-5}$ m <sup>3</sup>
			加仑(英)	UKgal	1 UKgal = 4. 546 09 dm <sup>3</sup>
			加仑(美)	USgal	1 USgal = 3. 785 41 dm <sup>3</sup>

(续)

物理量 名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
质量	千克(公斤)	kg	磅	lb	1 lb = 0.453 592 37 kg
	吨	t	英担(英)	cwt(UK)	1 cwt = 50.8023 kg
	原子质量单位	u	英吨(长吨)	ton	1 ton = 1 016.05 kg
			美吨(短吨)	sh ton	1 sh ton = 907.185 kg
			盎司	oz	1 oz = 28.349 5 g
			格令	gr, gn	1 gr = 0.064 798 91 g
			夸特	qr, qtr	1 qr = 12.700 6 kg
			[米制]克拉		1 [米制]克拉 = $2 \times 10^{-4}$ kg
旋转速度	转每分	r/min	转每秒	r/s, rev/s	1 r/s = (1/60) r/min
力	牛[顿]	N	达因	dyn	1 dyn = $10^{-5}$ N
			千克力	kgf	1 kgf = 9.806 65 N
			磅力	lbf	1 lbf = 4.448 22 N
			吨力	tf	1 tf = 9.806 55 $\times 10^3$ N
压力, 压强, 应力	帕[斯卡]	Pa	巴	bar	1 bar = $10^5$ Pa
			千克力每平方厘米	kgf/cm <sup>2</sup>	1 kgf/cm <sup>2</sup> = 0.098 066 5 MPa
			毫米水柱	mmH <sub>2</sub> O	1 mmH <sub>2</sub> O = 9.806 65 Pa
			毫米汞柱	mmHg	1 mmHg = 133.322 Pa

(续)

物理量 名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
压力, 压强, 应力	帕[斯卡]	Pa	托 工程大气压 标准大气压	Torr at atm	1 Torr = 133.322 Pa 1 at = 98 066.5 Pa = 98.0665 kPa 1 atm = 101325 Pa = 101.325 kPa
			磅力每平方英尺	lbf/ft <sup>2</sup>	1 lbf/ft <sup>2</sup> = 47.8803 Pa
			磅力每平方英寸	lbf/in <sup>2</sup>	1 lbf/in <sup>2</sup> = 6 894.76 Pa = 6.894 76 kPa
磁通[量] 磁感应强度	特[斯拉]	T	高斯	Gs, G	1 Gs = 10 <sup>-4</sup> T
[光]照度	勒[克斯]	lx	英尺烛光	fc	1 fc = 10.764 lx
速度	米每秒	m/s	英尺每秒	ft/s	1 ft/s = 0.304 8 m/s
	节	kn	英寸每秒	in/s	1 in/s = 0.025 4 m/s
	千米每[小]时 米每分	km/h m/min	英里每[小]时	mile/h	1 mile/h = 0.447 04 m/s 1 km/h = 0.277 778 m/s 1 m/min = 0.016 666 7 m/s

(续)

物理量 名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
加速度	米每二次方秒	$\text{m/s}^2$	标准重力	gn	$1 \text{ gn} = 9.806\,65 \text{ m/s}^2$
			加速度 英尺每二次方秒	$\text{ft/s}^2$	$1 \text{ ft/s}^2 = 0.304\,8 \text{ m/s}^2$
			伽	Gal	$1 \text{ Gal} = 10^{-2} \text{ m/s}^2$
力矩	牛〔顿〕米	$\text{N} \cdot \text{m}$	千克力米	$\text{kgf} \cdot \text{m}$	$1 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 9.80\,665 \text{ N} \cdot \text{m}$
			磅力英尺	$\text{lbf} \cdot \text{ft}$	$1 \text{ lbf} \cdot \text{ft} = 1.355\,82 \text{ N} \cdot \text{m}$
			磅力英寸	$\text{lbf} \cdot \text{in}$	$1 \text{ lbf} \cdot \text{in} = 0.112\,985 \text{ N} \cdot \text{m}$
密度	千克每立方米	$\text{kg/m}^3$	磅每立方英尺	$\text{lb/ft}^3$	$1 \text{ lb/ft}^3 = 16.018\,5 \text{ kg/m}^3$
			磅每立方英寸	$\text{lb/in}^3$	$1 \text{ lb/in}^3 = 276\,79.9 \text{ kg/m}^3$

### 3. 单位换算

长度单位换算见表 1-18, 面积单位换算见表 1-19, 体积单位换算见表 1-20, 质量单位换算见表 1-21, 力单位换算见表 1-22。

表 1-18 长度单位换算

米(m)	厘米(cm)	毫米(mm)	英寸(in)	英尺(ft)	码(yd)	市尺
1	$10^2$	$10^3$	39.37	3.281	1.094	3
$10^{-2}$	1	10	0.394	$3.281 \times 10^{-2}$	$1.094 \times 10^{-2}$	$3 \times 10^{-2}$
$10^{-3}$	0.1	1	$3.937 \times 10^{-3}$	$3.281 \times 10^{-3}$	$1.094 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$
$2.54 \times 10^{-2}$	2.54	25.4	1	$8.333 \times 10^{-2}$	$2.778 \times 10^{-2}$	$7.62 \times 10^{-2}$
0.305	30.48	$3.048 \times 10^2$	12	1	0.333	0.914
0.914	91.44	$9.14 \times 10^2$	36	3	1	2.743
0.333	33.333	$3.333 \times 10^2$	13.123	1.094	0.366	1

表 1-19 面积单位换算

米 <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	厘米 <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	毫米 <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	英寸 <sup>2</sup> (in <sup>2</sup> )	英尺 <sup>2</sup> (ft <sup>2</sup> )	码 <sup>2</sup> (yd <sup>2</sup> )	市尺 <sup>2</sup>
1	$10^4$	$10^6$	$1.550 \times 10^3$	10.764	1.196	9
$10^{-4}$	1	$10^2$	0.155	$1.076 \times 10^{-3}$	$1.196 \times 10^{-4}$	$9 \times 10^{-4}$
$10^{-6}$	$10^{-2}$	1	$1.55 \times 10^{-3}$	$1.076 \times 10^{-5}$	$1.196 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$
$6.452 \times 10^{-4}$	6.452	$6.452 \times 10^2$	1	$6.944 \times 10^{-3}$	$7.617 \times 10^{-4}$	$5.801 \times 10^{-3}$
$9.290 \times 10^{-2}$	$9.290 \times 10^2$	$9.290 \times 10^4$	$1.44 \times 10^2$	1	0.111	0.836
0.836	8361.3	$0.836 \times 10^6$	1296	9	1	7.524
0.111	$1.111 \times 10^3$	$1.111 \times 10^5$	$1.722 \times 10^2$	1.196	0.133	1



表 1-20 体积单位换算

米 <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	升 (L)	厘米 <sup>3</sup> (cm <sup>3</sup> )	英寸 <sup>3</sup> (in <sup>3</sup> )	英尺 <sup>3</sup> (ft <sup>3</sup> )	美加仑 (USgal)	英加仑 (UKgal)
1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>	6. 102 × 10 <sup>4</sup>	35. 315	2. 642 × 10 <sup>2</sup>	2. 200 × 10 <sup>2</sup>
10 <sup>-3</sup>	1	10 <sup>3</sup>	61. 024	3. 532 × 10 <sup>-2</sup>	0. 264	0. 220
10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	1	6. 102 × 10 <sup>-2</sup>	3. 532 × 10 <sup>-5</sup>	2. 642 × 10 <sup>-4</sup>	2. 200 × 10 <sup>-4</sup>
1. 639 × 10 <sup>-5</sup>	1. 639 × 10 <sup>-2</sup>	16. 387	1	5. 787 × 10 <sup>-4</sup>	4. 329 × 10 <sup>-3</sup>	3. 605 × 10 <sup>-3</sup>
2. 832 × 10 <sup>-2</sup>	28. 317	2. 832 × 10 <sup>4</sup>	1. 728 × 10 <sup>3</sup>	1	7. 481	6. 229
3. 785 × 10 <sup>-3</sup>	3. 785	3. 785 × 10 <sup>3</sup>	2. 310 × 10 <sup>2</sup>	0. 134	1	0. 833
4. 546 × 10 <sup>-3</sup>	4. 546	4. 546 × 10 <sup>3</sup>	2. 775 × 10 <sup>2</sup>	0. 161	1. 201	1

表 1-21 质量单位换算

千克(kg)	克(g)	毫克(mg)	吨(t)	英吨(tn)	美吨(sh tn)	磅(lb)
1000			1	0. 9842	1. 1023	2204. 6
1	1000		0. 001			2. 2046
0. 001	1	1000				
1016. 05			1. 0161	1	1. 12	2240
907. 19			0. 9072	0. 8929	1	2000
0. 4536	453. 59					1

表 1-22 力单位换算

牛顿(N)	千克力(kgf)	达因(dyn)	磅力(lbf)	磅达(pdl)
1	0.102	$10^5$	0.2248	7.233
9.80665	1	$9.80665 \times 10^5$	2.2046	70.93
$10^{-5}$	$1.02 \times 10^{-5}$	1	$2.248 \times 10^{-6}$	$7.233 \times 10^{-5}$
4.448	0.4536	$4.448 \times 10^5$	1	32.174
0.1383	$1.41 \times 10^{-2}$	$1.383 \times 10^4$	$3.108 \times 10^{-2}$	1

## 三、常用数表

1.  $\pi$  的重要函数表(表 1-23)表 1-23  $\pi$  的重要函数表

$\pi$	3.141593	$\sqrt{2\pi}$	2.506628
$\pi^2$	9.869604	$\sqrt{\frac{\pi}{2}}$	1.253314
$\sqrt{\pi}$	1.772454	$\sqrt[3]{\pi}$	1.464592
$\frac{1}{\pi}$	0.318310	$\sqrt{\frac{1}{2\pi}}$	0.398942
$\frac{1}{\pi^2}$	0.101321	$\sqrt{\frac{2}{\pi}}$	0.797885
$\sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0.564190	$\sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0.682784

2.  $\pi$  的近似分数(表 1-24)表 1-24  $\pi$  的近似分数

近 似 分 数	误 差
$\pi \approx 3.1400000 = \frac{157}{50}$	0.0015927
$\pi \approx 3.1428571 = \frac{22}{7}$	0.0012644

(续)

近 似 分 数	误 差
$\pi \approx 3.1418181 = \frac{32 \times 27}{25 \times 11}$	0.0002254
$\pi \approx 3.1417322 = \frac{19 \times 21}{127}$	0.0001395
$\pi \approx 3.1417112 = \frac{25 \times 47}{22 \times 17}$	0.0001185
$\pi \approx 3.1417004 = \frac{8 \times 97}{13 \times 19}$	0.0001077
$\pi \approx 3.1416666 = \frac{13 \times 29}{4 \times 30}$	0.0000739
$\pi \approx 3.1415929 = \frac{5 \times 71}{113}$	0.0000002

## 3. 25.4 的近似分数(表 1-25)

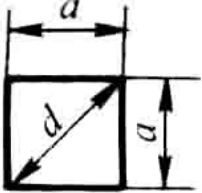
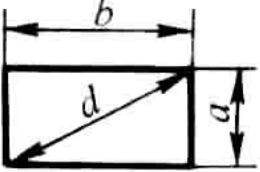
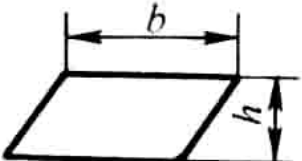
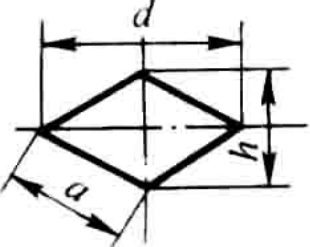
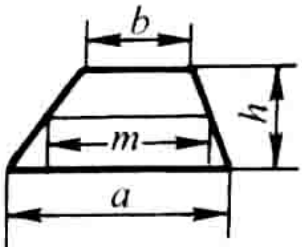
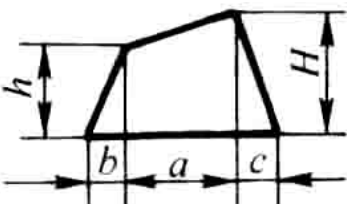
表 1-25 25.4 的近似分数

近 似 分 数	误 差
$25.40000 = \frac{127}{5}$	0
$25.41176 = \frac{18 \times 24}{17}$	0.01176
$25.39683 = \frac{40 \times 40}{7 \times 9}$	0.00317
$25.38461 = \frac{11 \times 30}{13}$	0.01539

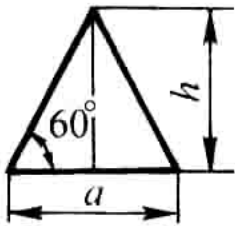
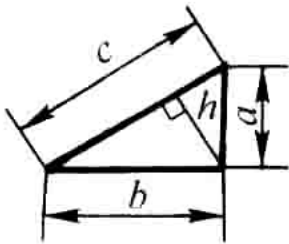
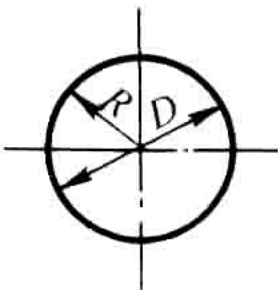
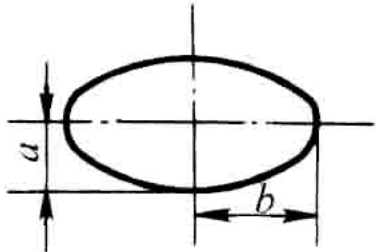
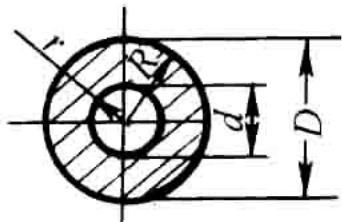
## 四、几何图形计算

## 1. 常用几何图形的面积计算公式(表 1-26)

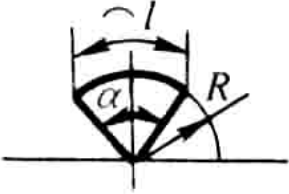
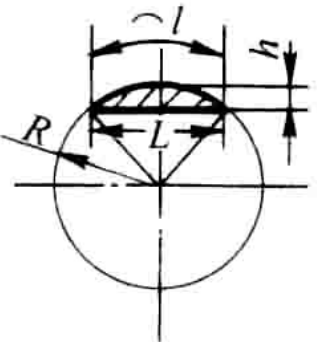
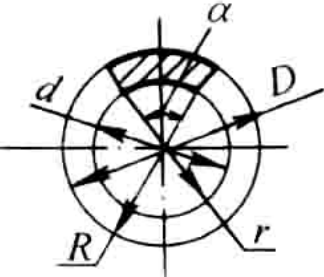
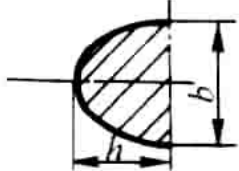
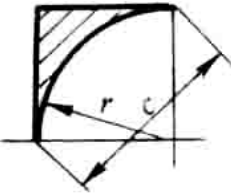
表 1-26 常用几何图形的面积计算公式

名称	图 形	计 算 公 式
正 方 形		面积 $A = a^2$ $a = 0.707d$ ; $d = 1.414a$
长 方 形		面积 $A = ab$ $d = \sqrt{a^2 + b^2}$ ; $a = \sqrt{d^2 - b^2}$ ; $b = \sqrt{d^2 - a^2}$
平 行 四 边 形		面积 $A = bh$ $h = \frac{A}{b}$ ; $b = \frac{A}{h}$
菱 形		面积 $A = dh$ $a = \frac{1}{2} \sqrt{d^2 + h^2}$ $h = \frac{A}{d}$ ; $d = \frac{A}{h}$
梯 形		面积 $A = \frac{a+b}{2}h$ $m = \frac{a+b}{2}$ ; $h = \frac{2A}{a+b}$ ; $a = \frac{2A}{h} - b$ ; $b = \frac{2A}{h} - a$
斜 梯 形		面积 $A = \frac{(H+h)a + bh + cH}{2}$

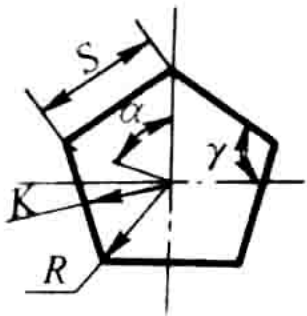
(续)

名称	图 形	计 算 公 式
等边三角形		$\text{面积 } A = \frac{ah}{2} = 0.433a^2$ $= 0.577h^2$ $a = 1.155h; h = 0.866a$
直角三角形		$\text{面积 } A = \frac{ab}{2}$ $c = \sqrt{a^2 + b^2}; h = \frac{ab}{c}$
圆 形		$\text{面积 } A = \frac{1}{4}\pi D^2$ $= 0.7854D^2 = \pi R^2$ $\text{周长 } c = \pi D; D = 0.318c$
椭圆形		$\text{面积 } A = \pi ab$
圆 环 形		$\text{面积 } A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ $= 0.785(D^2 - d^2)$ $= \pi(R^2 - r^2)$

(续)

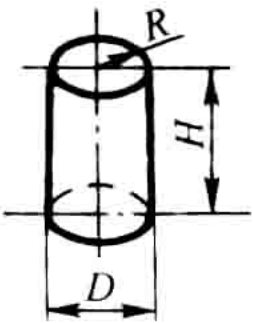
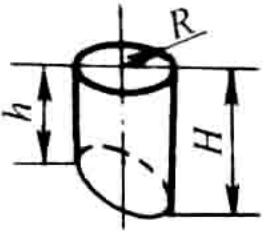
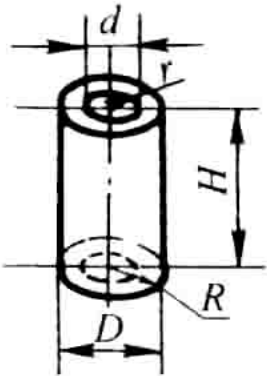
名称	图 形	计 算 公 式
扇形		$\text{面积 } A = \frac{\pi R^2 \alpha}{360^\circ}$ $= 0.008727 \alpha R^2 = \frac{Rl}{2}$ $l = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ} = 0.01745 R \alpha$ $\alpha \text{ 的单位为 } (^\circ)$
弓形		$\text{面积 } A = \frac{lR}{2} - \frac{L(R-h)}{2}$ $R = \frac{L^2 + 4h^2}{8h};$ $h = R - \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 - L^2}$
局部圆环形		$\text{面积 } A = \frac{\pi \alpha}{360^\circ} (R^2 - r^2)$ $= 0.008727 \alpha (R^2 - r^2)$ $= \frac{\pi \alpha}{4 \times 360^\circ} (D^2 - d^2)$ $= 0.00218 \alpha (D^2 - d^2)$ $\alpha \text{ 的单位为 } (^\circ)$
抛物线弓形		$\text{面积 } A = \frac{2}{3} bh$
角椽		$\text{面积 } A = r^2 - \frac{\pi r^2}{4} = 0.2146 r^2$ $= 0.1073 c^2$

(续)

名称	图 形	计 算 公 式
正多边形		面积 $A = \frac{SK}{2}n = \frac{1}{2}nSR\cos\frac{\alpha}{2}$ 圆心角 $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$ 内角 $\gamma = 180^\circ - \frac{360^\circ}{n}$ 式中 $S$ ——正多边形边长 $n$ ——正多边形边数

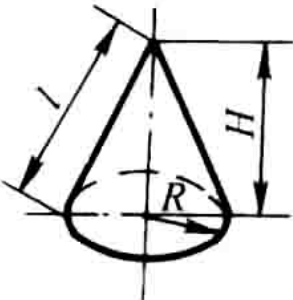
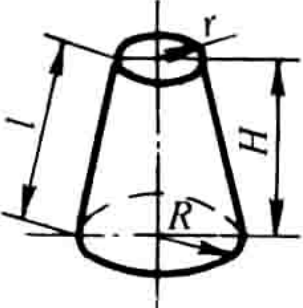
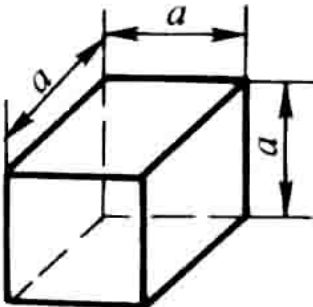
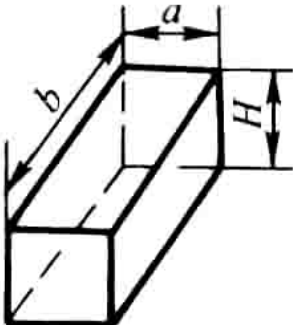
## 2. 常用几何体的表面积和体积的计算公式(表 1-27)

表 1-27 常用几何体的表面积和体积的计算公式

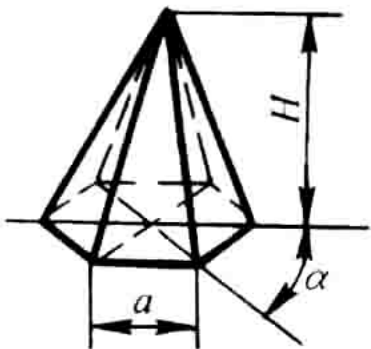
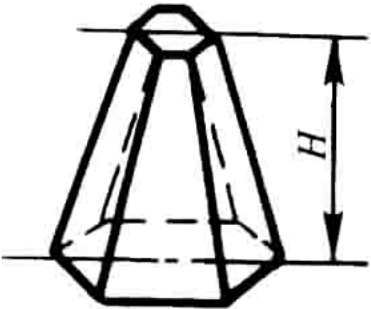
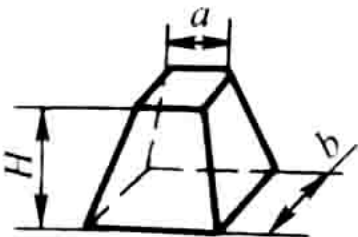
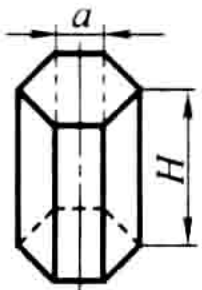
名称	图 形	计 算 公 式
圆柱体		体积 $V = \pi R^2 H = \frac{1}{4}\pi D^2 H$ 侧表面积 $A_0 = 2\pi RH$
斜底圆柱体		体积 $V = \pi R^2 \frac{H+h}{2}$ 侧表面积 $A_0 = \pi R(H+h)$
空心圆柱体		体积 $V = \pi H(R^2 - r^2)$ $= \frac{1}{4}\pi H(D^2 - d^2)$ 侧表面积 $A_0 = 2\pi H(R+r)$



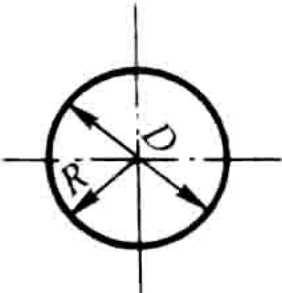
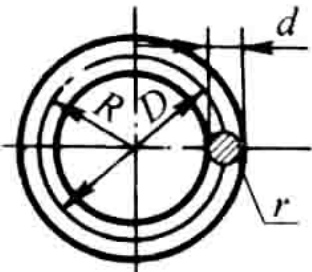
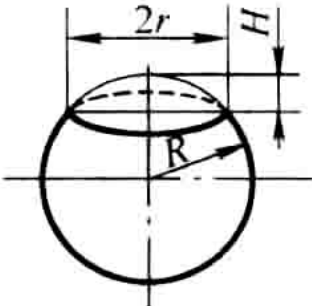
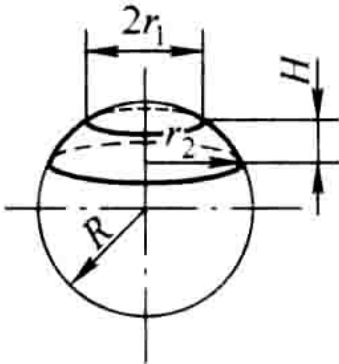
(续)

名称	图 形	计 算 公 式
圆 锥 体		体积 $V = \frac{1}{3} \pi H R^2$ 侧表面积 $A_0 = \pi R l$ $= \pi R \sqrt{R^2 + H^2}$ 母线 $l = \sqrt{R^2 + H^2}$
截 顶 圆 锥 体		体积 $V = \frac{\pi H}{3} (R^2 + r^2 + Rr)$ 侧表面积 $A_0 = \pi l (R + r)$ 母线 $l = \sqrt{H^2 + (R - r)^2}$
正 方 体		体积 $V = a^3$
长 方 体		体积 $V = abH$

(续)

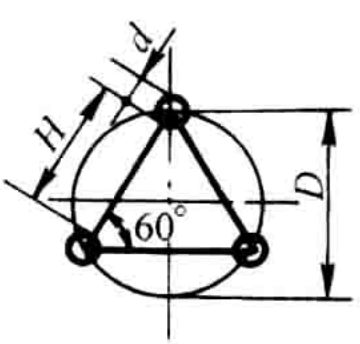
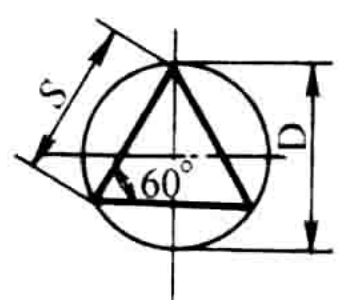
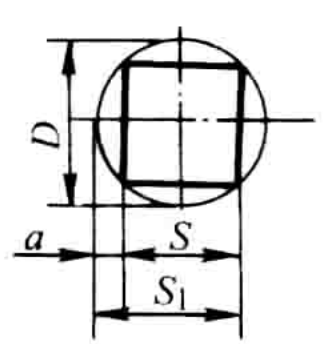
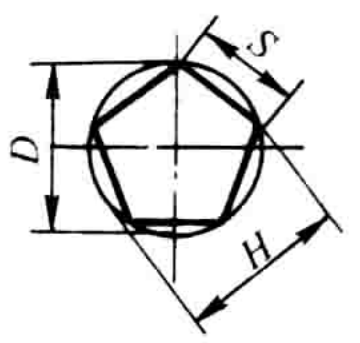
名称	图 形	计 算 公 式
角 锥 体		体积 $V = \frac{1}{3}H \times \text{底面积}$ $= \frac{na^2H}{12} \cot \frac{\alpha}{2}$ 式中 $n$ ——正多边形边数 $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$
截 顶 角 锥 体		体积 $V = \frac{1}{3}H(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$ 式中 $A_1$ ——顶面积 $A_2$ ——底面积
正 方 锥 体		体积 $V = \frac{1}{3}H(a^2 + b^2 + ab)$
正 六 棱 柱		体积 $V = 2.598a^2H$

(续)

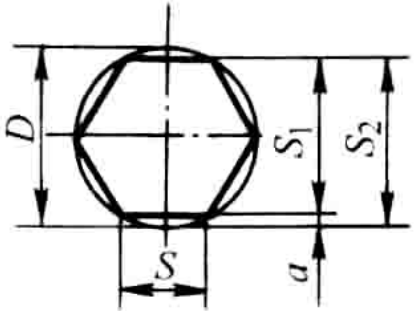
名称	图 形	计 算 公 式
球 体		体积 $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{1}{6}\pi D^3$ 表面积 $A_n = 4\pi R^2$ $= \pi D^2$
圆球 体		体积 $V = 2\pi^2 Rr^2$ $= 19.739Rr^2$ $= \frac{1}{4}\pi^2 Dd^2$ $= 2.4674Dd^2$ 表面积 $A_n = 4\pi^2 Rr$ $= 39.48Rr$
截 球 体		体积 $V = \frac{1}{6}\pi H(3r^2 + H^2)$ $= \pi H^2 \left( R - \frac{H}{3} \right)$ 侧表面积 $A_0 = 2\pi RH$
球 台 体		体积 $V = \frac{1}{6}\pi H[3(r_1^2 + r_2^2) + H^2]$ 侧表面积 $A_0 = 2\pi RH$

## 3. 圆周等分尺寸计算(表 1-28)

表 1-28 圆周等分尺寸计算

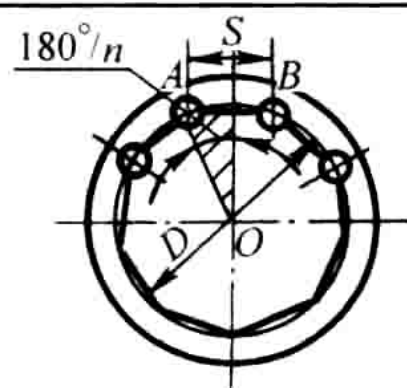
名称	图 形	计 算 公 式
内接正三角形		$D = 1.155(H + d)$ $H = \frac{D - 1.155d}{1.155}$
		$D = 1.155S$ $S = 0.866D$
内接正四边形		$D = 1.414S$ $S = 0.707D$ $S_1 = 0.854D$ $a = 0.147D = \frac{D - S}{2}$
内接正五边形		$D = 1.701S$ $S = 0.588D$ $H = 0.951D = 1.618S$

(续)

名称	图 形	计 算 公 式
内接正六边形		$D = 2S = 1.155S_1$ $S = \frac{1}{2}D$ $S_1 = 0.866D$ $S_2 = 0.933D$ $a = 0.067D = \frac{D - S_1}{2}$

## 4. 圆周等分系数表(表 1-29)

表 1-29 圆周等分系数表



$$S = D \sin \frac{180^\circ}{n} = DK$$

$$K = \sin \frac{180^\circ}{n}$$

式中  $n$ ——等分数 $K$ ——圆周等分系数(查表)

等分数 $n$	系数 $K$	等分数 $n$	系数 $K$
3	0.86603	13	0.23932
4	0.70711	14	0.22252
5	0.58779	15	0.20791
6	0.50000	16	0.19509
7	0.43388	17	0.18375
8	0.38268	18	0.17365
9	0.34202	19	0.16459
10	0.30902	20	0.15643
11	0.28173	21	0.14904
12	0.25882	22	0.14232

(续)

等分数 $n$	系数 $K$	等分数 $n$	系数 $K$
23	0.13617	54	0.058145
24	0.13053	55	0.057090
25	0.12533	56	0.056071
26	0.12054	57	0.055087
27	0.11609	58	0.054138
28	0.11197	59	0.053222
29	0.10812	60	0.052336
30	0.10453	61	0.051478
31	0.10117	62	0.050649
32	0.098015	63	0.049845
33	0.095056	64	0.049067
34	0.092269	65	0.048313
35	0.089640	66	0.047581
36	0.087156	67	0.046872
37	0.084805	68	0.046183
38	0.082580	69	0.045514
39	0.080466	70	0.044864
40	0.078460	71	0.044233
41	0.076549	72	0.043619
42	0.074731	73	0.043022
43	0.072995	74	0.042441
44	0.071339	75	0.041875
45	0.069756	76	0.041325
46	0.068243	77	0.040788
47	0.066792	78	0.040265
48	0.065403	79	0.039757
49	0.064073	80	0.039260
50	0.062791	81	0.038775
51	0.061560	82	0.038302
52	0.060379	83	0.037841
53	0.059240	84	0.037391

(续)

等分数 $n$	系数 $K$	等分数 $n$	系数 $K$
85	0.036951	93	0.033774
86	0.036522	94	0.033415
87	0.036102	95	0.033064
88	0.035692	96	0.032719
89	0.035291	97	0.032381
90	0.034899	98	0.032051
91	0.034516	99	0.031728
92	0.034141	100	0.031410

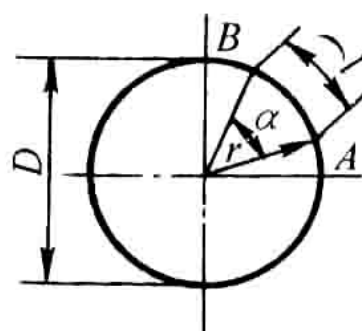
[例] 在直径  $D = 80\text{mm}$  的圆周上钻 31 个等距离的小孔, 求两孔的中心距  $S$ 。

[解] 查表 1-29, 31 等分时系数  $K = 0.10117$ ,

$$S = DK = 80\text{mm} \times 0.10117 = 8.09\text{mm}$$

## 5. 角度与弧度换算 (表 1-30)

表 1-30 角度与弧度换算



AB 弧长  $l = r \times \text{弧度数}$

或  $l = 0.017453r\alpha$  [ $\alpha$  的单位为 ( $^\circ$ ) ]

$= 0.008727D\alpha$  [ $\alpha$  的单位为 ( $^\circ$ ) ]

角度	弧 度	角度	弧 度	角度	弧 度
1"	0.000005	6"	0.000029	20"	0.000097
2"	0.000010	7"	0.000034	30"	0.000145
3"	0.000015	8"	0.000039	40"	0.000194
4"	0.000019	9"	0.000044	50"	0.000242
5"	0.000024	10"	0.000048	1'	0.000291

(续)

角度	弧度	角度	弧度	角度	弧度
2'	0.000582	2°	0.034907	70°	1.221730
3'	0.000873	3°	0.052360	80°	1.396263
4'	0.001164	4°	0.069813	90°	1.570796
5'	0.001454	5°	0.087266	100°	1.745329
6'	0.001745	6°	0.104720	120°	2.094395
7'	0.002036	7°	0.122173	150°	2.617994
8'	0.002327	8°	0.139626	180°	3.141593
9'	0.002618	9°	0.157080	200°	3.490659
10'	0.002909	10°	0.174533	250°	4.363323
20'	0.005818	20°	0.349066	270°	4.712389
30'	0.008727	30°	0.523599	300°	5.235988
40'	0.011636	40°	0.698132	360°	6.283185
50'	0.014544	50°	0.872665	1 rad (弧度) = 57°17'44.8"	
1°	0.017453	60°	1.047198		

## 五、常用三角函数计算

### 1. 常用三角函数计算公式 (表 1-31)

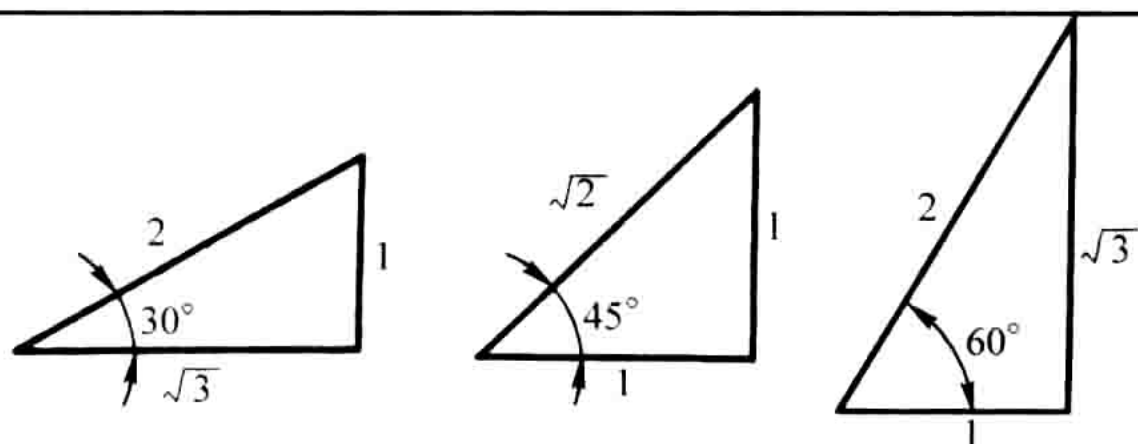
表 1-31 常用三角函数计算公式

名称	图 形	计算公式
直角三角形		$\alpha$ 的正弦 $\sin\alpha = \frac{a}{c}$ $\alpha$ 的余弦 $\cos\alpha = \frac{b}{c}$ $\alpha$ 的正切 $\tan\alpha = \frac{a}{b}$ $\alpha$ 的余切 $\cot\alpha = \frac{b}{a}$ $\alpha$ 的正割 $\sec\alpha = \frac{c}{b}$



(续)

名称	图 形	计算公式
直角三角形		$\alpha$ 的余割 $\csc \alpha = \frac{c}{a}$ $\alpha + \beta = 90^\circ \quad c^2 = a^2 + b^2$ 或 $c = \sqrt{a^2 + b^2}; a = \sqrt{c^2 - b^2}$ $b = \sqrt{c^2 - a^2}$ 余角函数: $\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$ $\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$ $\tan(90^\circ - \alpha) = \cot \alpha$ $\cot(90^\circ - \alpha) = \tan \alpha$ 反三角函数: $x = \sin \alpha \left( \alpha \in \left[ -\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right] \right)$ 的反函数 为 $\alpha = \arcsin x (x \in [-1, 1])$ $x = \cos \alpha (\alpha \in [0, 2\pi])$ 的反函数为 $\alpha = \arccos x (x \in [-1, 1])$ $x = \tan \alpha \left( \alpha \in \left( -\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right) \right)$ 的反函数 为 $\alpha = \arctan x (x \in (-\infty, +\infty))$ $x = \cot \alpha (\alpha \in (0, \pi))$ 的反函数为 $\alpha = \operatorname{arccot} x (x \in (-\infty, +\infty))$
锐角三角形		正弦定理: $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$ 余弦定理: $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$ 即: $\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$ $b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos B$ 即: $\cos B = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}$
钝角三角形		$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$ 即: $\cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$

2.  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 的三角函数值(表 1-32)表 1-32  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 的三角函数值

函数 \ 角度	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$
sin	$\frac{1}{2} = 0.5$	$\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.70711$	$\frac{\sqrt{3}}{2} = 0.86603$
cos	$\frac{\sqrt{3}}{2} = 0.86603$	$\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.70711$	$\frac{1}{2} = 0.5$
tan	$\frac{1}{\sqrt{3}} = 0.57735$	1	$\sqrt{3} = 1.73205$
cot	$\sqrt{3} = 1.73205$	1	$\frac{1}{\sqrt{3}} = 0.57735$

## 3. 三角函数表(见附录)

## 用法说明

本表的角间隔是  $2'$ ，若遇到带奇数分(如  $3'$ 、 $5'$ )或带秒(如  $24^\circ 35' 40''$ )的角度，可用比例法进行修正。

[例 1] 求  $30^\circ 15'$  的正弦( $\sin 30^\circ 15'$ )等于多少?

[解] 先查出  $\sin 30^\circ 14' = 0.50352$

$$\sin 30^\circ 16' = 0.50403$$

取  $\sin 30^\circ 14'$  与  $\sin 30^\circ 16'$  的平均值，就可以作为  $30^\circ 15'$  的正弦。即

$$\sin 30^\circ 15' = \frac{\sin 30^\circ 14' + \sin 30^\circ 16'}{2} = \frac{0.50352 + 0.50403}{2} = 0.50377$$

[例 2] 求  $24^{\circ}35'40''$  的正切 ( $\tan 24^{\circ}35'40''$ ) 等于多少?

[解] 先查出  $\tan 24^{\circ}34' = 0.45713$

$$\tan 24^{\circ}36' = 0.45784$$

$$0.45784 - 0.45713 = 0.00071$$

说明当角度增加  $2'$  ( $120''$ ) 时, 正切值增加  $0.00071$ , 现在角度增加  $1'40''$  ( $100''$ ), 假设正切增加值为  $x$ , 这时可以列出比例式

$$\frac{100}{120} = \frac{x}{0.00071}$$

$$x = \frac{0.00071 \times 100}{120} = 0.00059$$

所以  $\tan 24^{\circ}35'40'' = 0.45713 + 0.00059 = 0.45772$ 。

[例 3] 已知某角的正切 ( $\tan$ ) 等于  $0.5824$ , 求某角。

[解] 从附表“正切  $\tan$ ”一栏查出与  $0.5824$  相近的函数值  $0.58201$  和  $0.58279$

$$0.58279 - 0.58201 = 0.00078$$

$0.58201$  对应的角度是  $30^{\circ}12'$ ,  $0.58279$  对应的角度是  $30^{\circ}14'$ , 说明当正切值增加  $0.00078$  时, 角度增加  $2'$ 。现在某角的正切  $0.5824$  比  $30^{\circ}12'$  的正切  $0.58201$  增加  $0.00039$  ( $0.5824 - 0.58201 = 0.00039$ ), 可以根据比例式求出角度的增加值  $x$

$$\frac{0.00039}{0.00078} = \frac{x}{2'}$$

$$x = \frac{2' \times 0.00039}{0.00078} = 1'$$

所以正切为  $0.5824$  的角度  $= 30^{\circ}12' + 1' = 30^{\circ}13'$ 。

## 六、常用测量计算

### 1. 内圆弧与外圆弧计算(表 1-33)

表 1-33 内圆弧与外圆弧计算

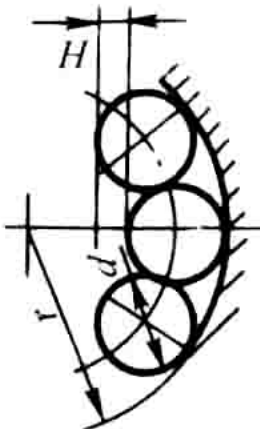
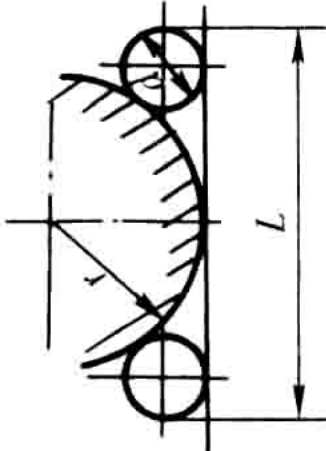
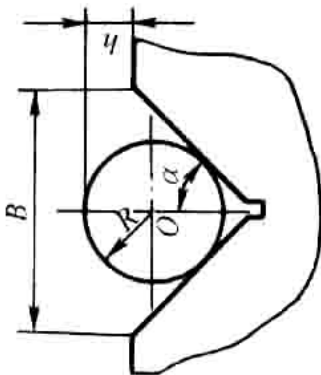
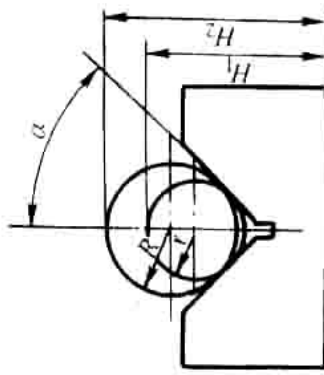
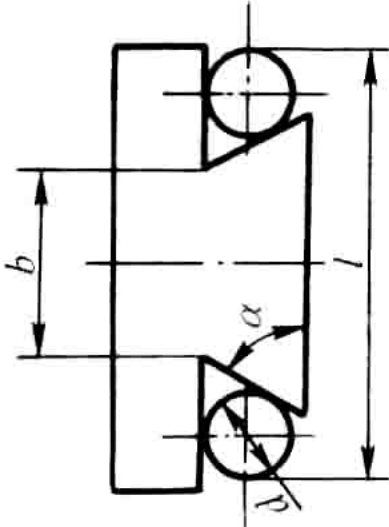
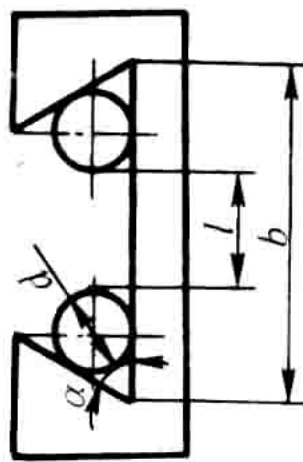
名称	图形	计算公式	应用举例
内圆弧		$r = \frac{d(d+H)}{2H}$ $H = \frac{d^2}{2\left(r - \frac{d}{2}\right)}$	<p>[例] 已知钢柱直径 <math>d = 20\text{mm}</math>, 游标深度卡尺读数 <math>H = 2.3\text{mm}</math>, 求圆弧工件的半径 <math>r</math></p> <p>[解] <math>r = \frac{20 \times (20 + 2.3)}{2 \times 2.3}\text{mm}</math>  <math>\approx 96.96\text{mm}</math></p>
外圆弧		$r = \frac{(L-d)^2}{8d}$	<p>[例] 已知钢柱直径 <math>d = 25.4\text{mm}</math>, <math>L = 158.699\text{mm}</math>, 求外圆弧半径 <math>r</math></p> <p>[解] <math>r = \frac{(L-d)^2}{8d}</math>  <math>= \frac{(158.699 - 25.4)^2}{8 \times 25.4}\text{mm}</math>  <math>= 87.444\text{mm}</math></p>

表 1-34 V 形槽宽度、角度计算

名称	图形	计算公式	应用举例
V 形槽宽度		$B = 2 \tan \alpha \times \left( \frac{R}{\sin \alpha} + R - h \right)$	<p>[例] 已知钢柱半径 <math>R = 12.5 \text{ mm}</math>, <math>\alpha = 30^\circ</math>, 量得 <math>h = 9.52 \text{ mm}</math>, 求槽宽度</p> <p>[解] <math>B = 2 \times \tan 30^\circ \times \left( \frac{12.5}{\sin 30^\circ} + 12.5 - 9.52 \right) \text{ mm}</math> <math>\approx 32.309 \text{ mm}</math></p>
V 形槽角度		$\sin \alpha = \frac{R - r}{(H_2 - R) - (H_1 - r)}$	<p>[例] 已知大钢柱半径 <math>R = 15 \text{ mm}</math>, 小钢柱半径 <math>r = 10 \text{ mm}</math>, 游标高度卡尺读数 <math>H_2 = 55.6 \text{ mm}</math>, <math>H_1 = 43.53 \text{ mm}</math>, 求 V 形槽斜角 <math>\alpha</math></p> <p>[解] <math>\sin \alpha = \frac{15 - 10}{(55.6 - 15) - (43.53 - 10)}</math> <math>\approx 0.7072</math> <math>\alpha = 45^\circ 0' 27''</math></p>

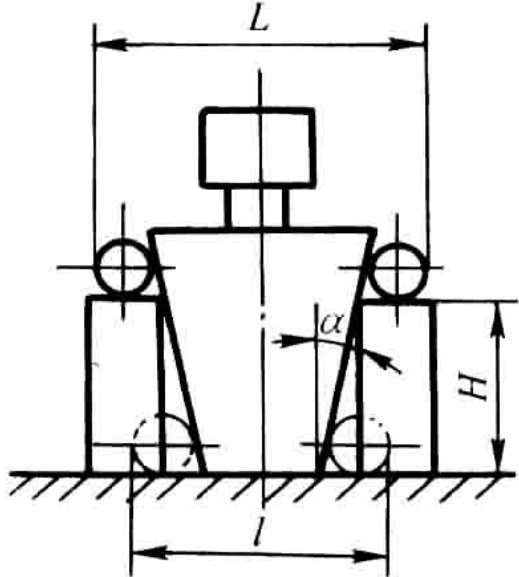
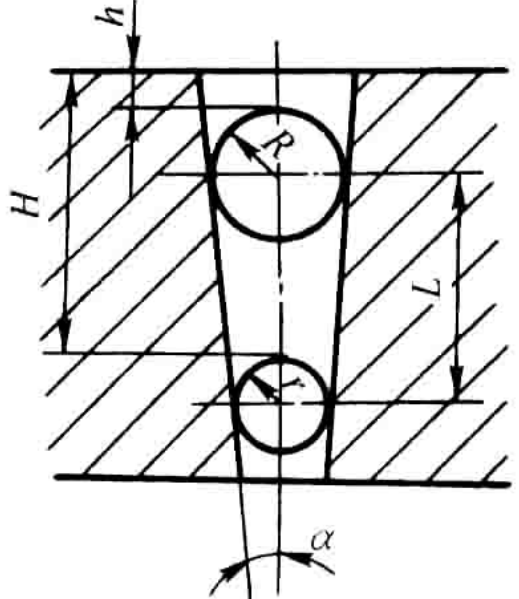
### 3. 燕尾与燕尾槽宽度计算 (表 1-35)

表 1-35 燕尾与燕尾槽宽度计算

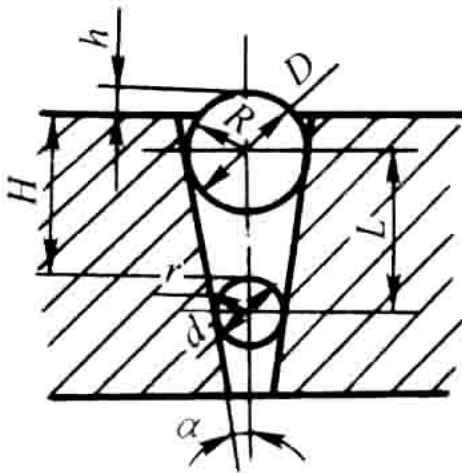
图 形	计算公式	应 用 举 例
	$l = b + d \left( 1 + \cot \frac{\alpha}{2} \right)$ $b = l - d \left( 1 + \cot \frac{\alpha}{2} \right)$	<p>[例] 已知钢柱直径 <math>d = 10\text{mm}</math>, <math>b = 60\text{mm}</math>, <math>\alpha = 55^\circ</math>, 求 <math>l</math> 读数</p> <p>[解] <math>l = 60\text{mm} + 10\text{mm} \times (1 + 1.9210) \approx 89.21\text{mm}</math></p>
	$l = b - d \left( 1 + \cot \frac{\alpha}{2} \right)$ $b = l + d \left( 1 + \cot \frac{\alpha}{2} \right)$	<p>[例] 已知钢柱直径 <math>d = 10\text{mm}</math>, <math>b = 72\text{mm}</math>, <math>\alpha = 55^\circ</math>, 求 <math>l</math> 读数</p> <p>[解] <math>l = 72\text{mm} - 10\text{mm} \times (1 + 1.9210) = 42.79\text{mm}</math></p>

## 4. 内圆锥与外圆锥计算(表 1-36)

表 1-36 内圆锥与外圆锥计算

名称	图 形	计算公式	应 用 举 例
外圆锥		$\tan \alpha = \frac{L - l}{2H}$	<p>[例] 已知游标卡尺读数 <math>L = 32.7\text{mm}</math>, <math>l = 28.5\text{mm}</math>, <math>H = 15\text{mm}</math>, 求斜角 <math>\alpha</math></p> <p>[解] <math>\tan \alpha = \frac{32.7 - 28.5}{2 \times 15} = 0.1400</math></p> <p><math>\alpha = 7^\circ 58' 11''</math></p>
内圆锥		$\sin \alpha = \frac{R - r}{L}$ $= \frac{R - r}{H + r - R - h}$	<p>[例] 已知大钢球半径 <math>R = 10\text{mm}</math>, 小钢球半径 <math>r = 6\text{mm}</math>, 游标深度卡尺读数 <math>H = 24.5\text{mm}</math>, <math>h = 2.2\text{mm}</math>, 求斜角 <math>\alpha</math></p> <p>[解] <math>\sin \alpha = \frac{10 - 6}{24.5 + 6 - 10 - 2.2} \approx 0.2186</math></p> <p><math>\alpha = 12^\circ 37' 37''</math></p>

(续)

名称	图 形	计算公式	应 用 举 例
内圆锥		$\sin \alpha = \frac{R-r}{L}$ $= \frac{R-r}{H+h-R+r}$	<p>[例] 已知大钢球半径 <math>R = 10\text{mm}</math>, 小钢球半径 <math>r = 6\text{mm}</math>, 游标深度卡尺读数 <math>H = 18\text{mm}</math>, <math>h = 1.8\text{mm}</math>, 求斜角 <math>\alpha</math></p> <p>[解] <math>\sin \alpha = \frac{10-6}{18+1.8-10+6} \approx 0.2532</math>  <math>\alpha = 14^{\circ}40'01''</math></p>

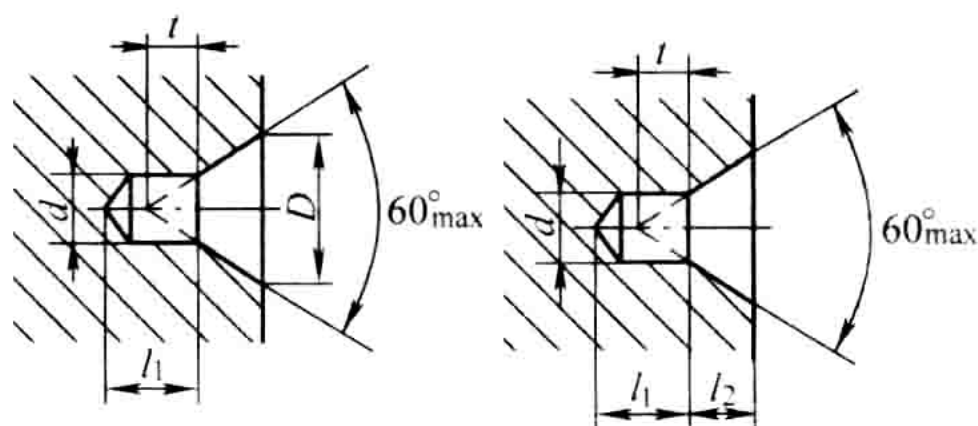
## 七、常用零件结构要素

### 1. $60^{\circ}$ 中心孔 (GB/T 145—2001)

$60^{\circ}$ 中心孔分 A 型、B 型、C 型和 R 型四种形式(表 1-37 ~ 表 1-40)。

表 1-37 A 型中心孔型式和尺寸

(单位: mm)





(续)

$d$	$D$	$l_2$	$t$
			参考尺寸
(0.50)	1.06	0.48	0.5
(0.63)	1.32	0.60	0.6
(0.80)	1.70	0.78	0.7
1.00	2.12	0.97	0.9
(1.25)	2.65	1.21	1.1
1.60	3.35	1.52	1.4
2.00	4.25	1.95	1.8
2.50	5.30	2.42	2.2
3.15	6.70	3.07	2.8
4.00	8.50	3.90	3.5
(5.00)	10.60	4.85	4.4
6.30	13.20	5.98	5.5
(8.00)	17.00	7.79	7.0
10.00	21.20	9.70	8.7

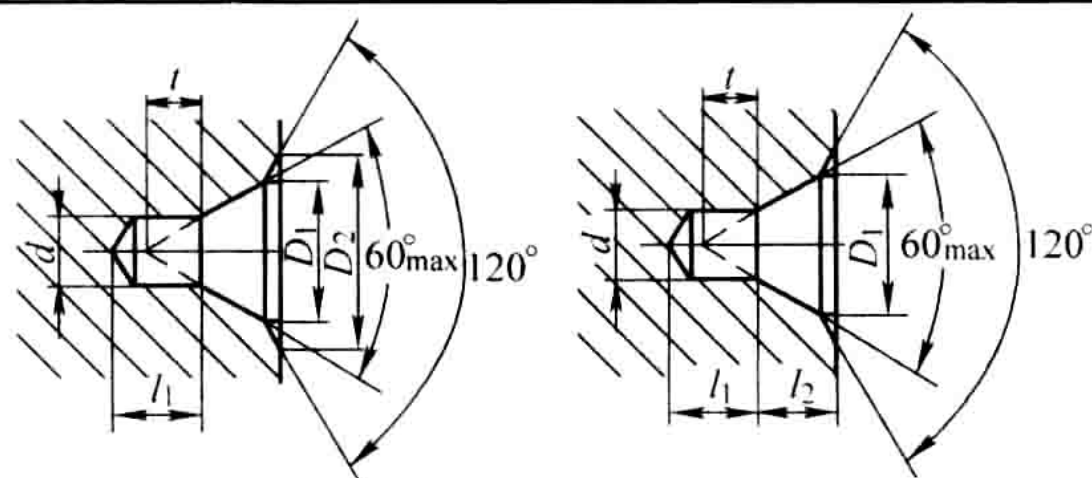
注：1. 尺寸  $l_1$  取决于中心钻的长度  $l_1$ ，即使中心钻重磨后再使用，此值也不应小于  $t$  值。

2. 表中同时列出了  $D$  和  $l_2$  尺寸，制造厂可任选其中一个尺寸。

3. 括号内的尺寸尽量不采用。

表 1-38 B 型中心孔型式和尺寸

(单位：mm)



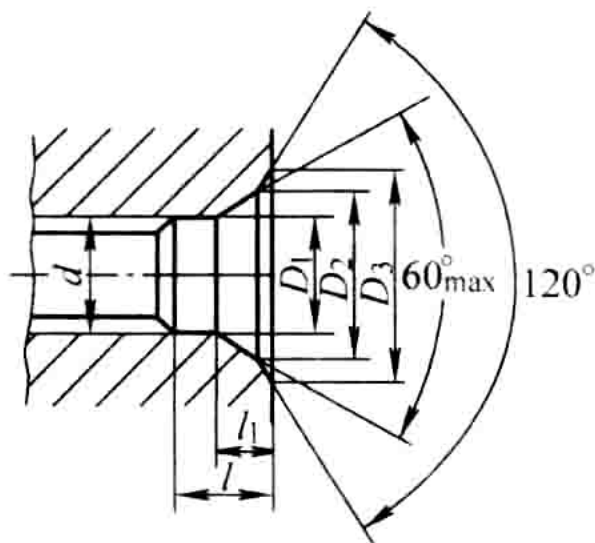
(续)

$d$	$D_1$	$D_2$	$l_2$	$t$
				参考尺寸
1.00	2.12	3.15	1.27	0.9
(1.25)	2.65	4.00	1.60	1.1
1.60	3.35	5.00	1.99	1.4
2.00	4.25	6.30	2.54	1.8
2.50	5.30	8.00	3.20	2.2
3.15	6.70	10.00	4.03	2.8
4.00	8.50	12.50	5.05	3.5
(5.00)	10.60	16.00	6.41	4.4
6.30	13.20	18.00	7.36	5.5
(8.00)	17.00	22.40	9.36	7.0
10.00	21.20	28.00	11.66	8.7

- 注：1. 尺寸  $l_1$  取决于中心钻的长度  $l_1$ ，即使中心钻重磨后再使用，此值也不应小于  $t$  值。
2. 表中同时列出了  $D_2$  和  $l_2$  尺寸，制造厂可任选其中一个尺寸。
3. 尺寸  $d$  和  $D_1$  与中心钻的尺寸一致。
4. 括号内的尺寸尽量不采用。

表 1-39 C 型中心孔型式和尺寸

(单位: mm)

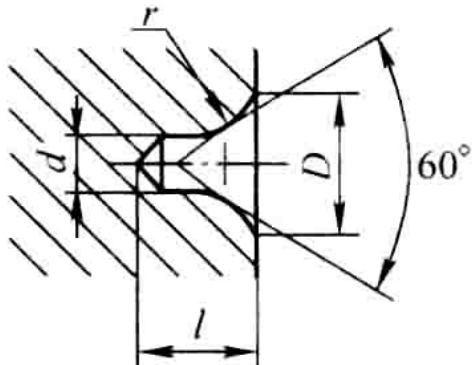


(续)

$d$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$l$	$l_1$
					参考尺寸
M3	3.2	5.3	5.8	2.6	1.8
M4	4.3	6.7	7.4	3.2	2.1
M5	5.3	8.1	8.8	4.0	2.4
M6	6.4	9.6	10.5	5.0	2.8
M8	8.4	12.2	13.2	6.0	3.3
M10	10.5	14.9	16.3	7.5	3.8
M12	13.0	18.1	19.8	9.5	4.4
M16	17.0	23.0	25.3	12.0	5.2
M20	21.0	28.4	31.3	15.0	6.4
M24	26.0	34.2	38.0	18.0	8.0

表 1-40 R 型中心孔型式和尺寸

(单位: mm)

	$d$	$D$	$l_{\min}$	$r$	
				max	min
	1.00	2.12	2.3	3.15	2.50
	(1.25)	2.65	2.8	4.00	3.15
	1.60	3.35	3.5	5.00	4.00
	2.00	4.25	4.4	6.30	5.00
	2.50	5.30	5.5	8.00	6.30
	3.15	6.70	7.0	10.00	8.00
	4.00	8.50	8.9	12.50	10.00
	(5.00)	10.60	11.2	16.00	12.50
	6.30	13.20	14.0	20.00	16.00
	(8.00)	17.00	17.9	25.00	20.00
	10.00	21.20	22.5	31.50	25.00

注: 括号内的尺寸尽量不采用。

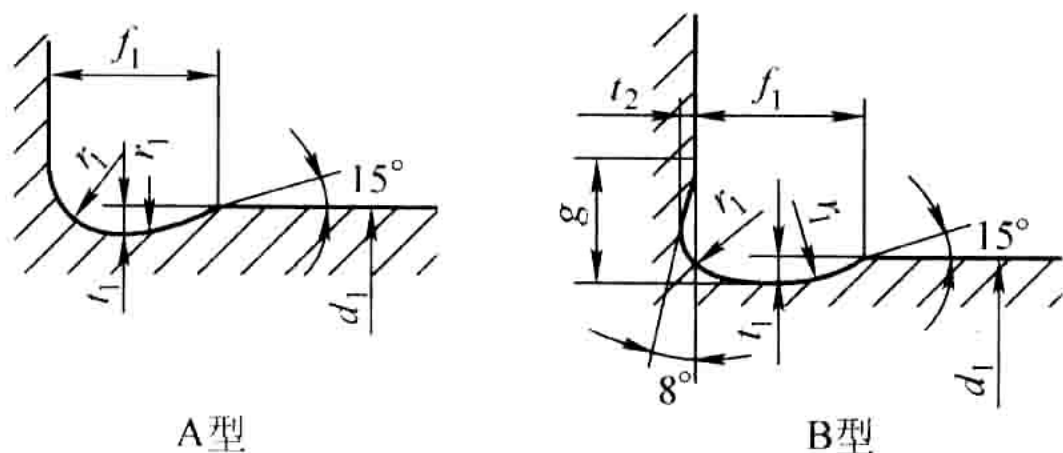
## 2. 各类槽

### (1) 退刀槽

1) 外圆退刀槽的各部尺寸(表 1-41)。

表 1-41 外圆退刀槽的各部尺寸

(单位: mm)



$r_1$	$t_1$ +0.1	$f_1$	$g$ $\approx$	$t_2 - 0.05$	推荐的配合直径 $d_1$	
					用在一般 载 荷	用在交变 载 荷
0.6	0.2	2	1.4	0.1	~ 18	—
	0.3	2.5	2.1	0.2	> 18 ~ 80	
1	0.4	4	3.2	0.3	> 80	
	0.2	2.5	1.8	0.1	—	> 18 ~ 50
1.6	0.3	4	3.1	0.2	—	> 50 ~ 80
2.5	0.4	5	4.8	0.3		> 80 ~ 125
4	0.5	7	6.4	0.3		125

注: A 型轴的配合面需磨削, 轴肩不磨削。

B 型轴的配合面及轴肩皆需磨削。

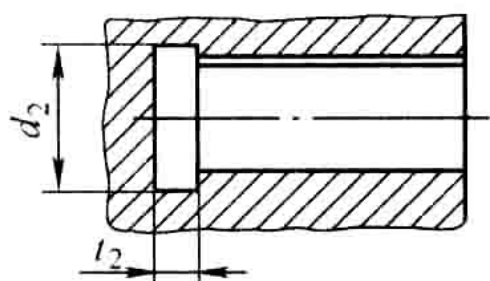
2) 带槽孔的退刀槽(表 1-42)。

表 1-42 带槽孔的退刀槽

图示及说明

退刀槽直径  $d_2$  可按选用的平键或楔键而定, 退刀槽的深度  $t_2$  一般为 20mm, 如因结构上的原因  $t_2$  的最小值不得小于 10mm

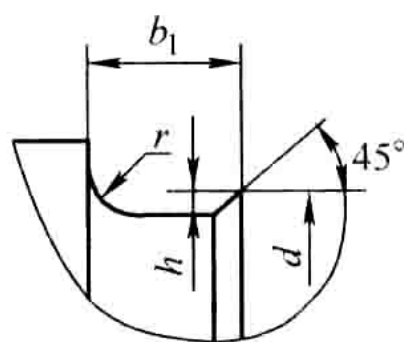
退刀槽的表面粗糙度值一般选用  $Ra3.2\mu\text{m}$ , 根据需要也可选用  $Ra1.6\mu\text{m}$ 、 $Ra0.8\mu\text{m}$ 、 $Ra0.4\mu\text{m}$



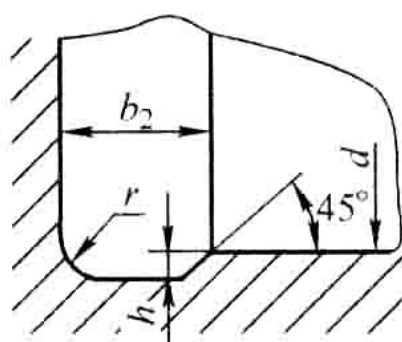
(2) 砂轮越程槽 (GB/T 6403.5—2008) (表 1-43 ~ 表 1-47)

表 1-43 回转面及端面砂轮越程槽

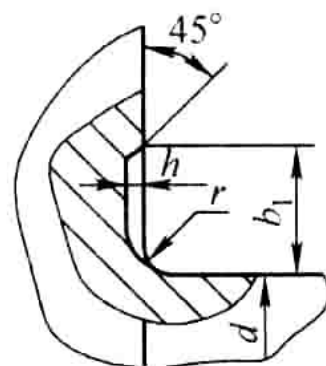
(单位: mm)



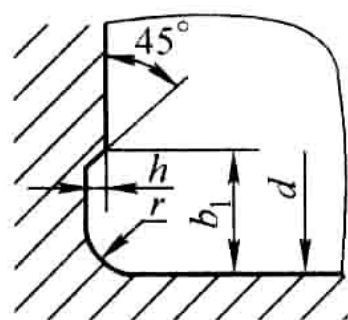
a) 磨外圆



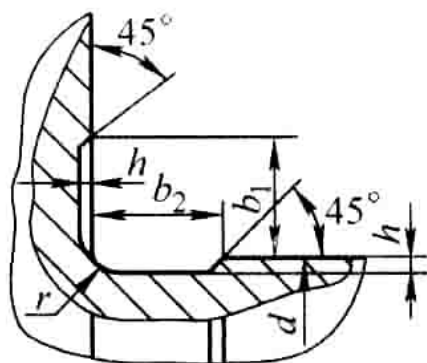
b) 磨内圆



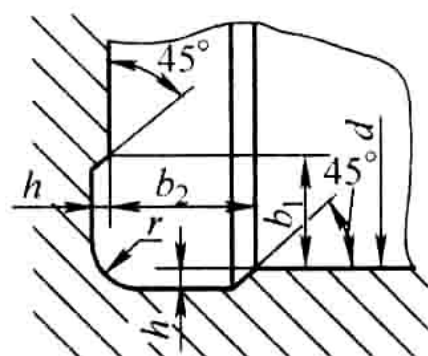
c) 磨外端面



d) 磨内端面



e) 磨外圆及端面



f) 磨内圆及端面

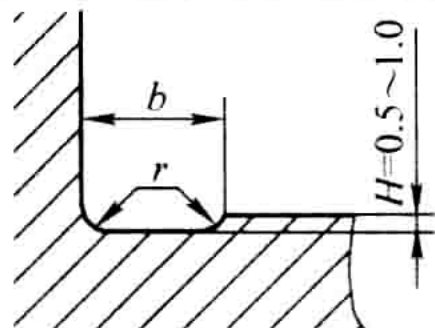
(续)

$b_1$	0.6	1.0	1.6	2.0	3.0	4.0	5.0	8.0	10
$b_2$	2.0	3.0		4.0		5.0		8.0	10
$h$	0.1	0.2		0.3	0.4		0.6	0.8	1.2
$r$	0.2	0.5		0.8	1.0		1.6	2.0	3.0
$d$	~ 10			10 ~ 50		50 ~ 100		100	

- 注：1. 越程槽内两直线相交处，不允许产生尖角。  
 2. 越程槽深度  $h$  与圆弧半径  $r$ ，要满足  $r < 3h$ 。  
 3. 磨削具有数个直径的工件时，可使用同一规格的越程槽。  
 4. 直径  $d$  值大的零件，允许选择小规格的砂轮越程槽。  
 5. 砂轮越程槽的尺寸公差和表面粗糙度根据该零件的结构、性能确定。

表 1-44 平面砂轮越程槽

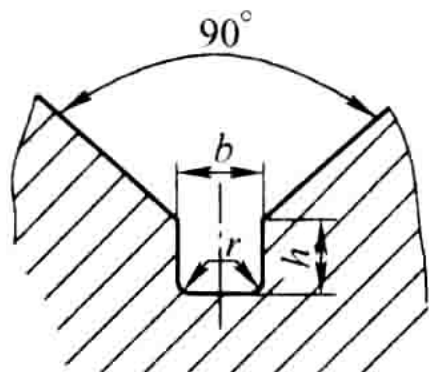
(单位：mm)



$b$	2	3	4	5
$r$	0.5	1.0	1.2	1.6

表 1-45 V 形面砂轮越程槽

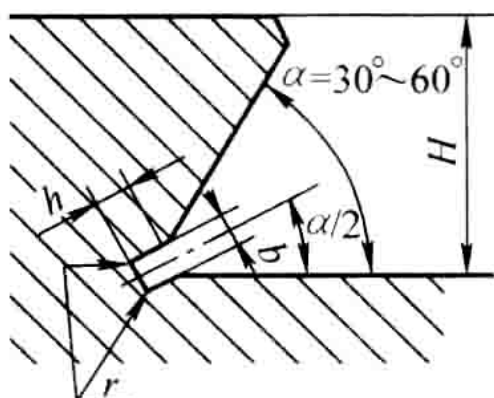
(单位：mm)



$b$	2	3	4	5
$h$	1.6	2.0	2.5	3.0
$r$	0.5	1.0	1.2	1.6

表 1-46 燕尾导轨砂轮越程槽

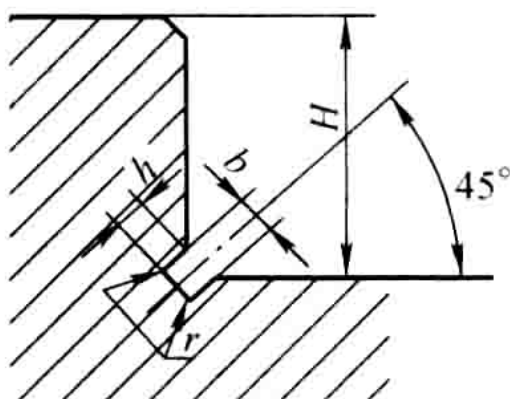
(单位: mm)



H	≤5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80
$\frac{b}{h}$	1	2	3			4			5			6	
r	0.5	0.5	1.0			1.6			1.6			2.0	

表 1-47 矩形导轨砂轮越程槽

(单位: mm)



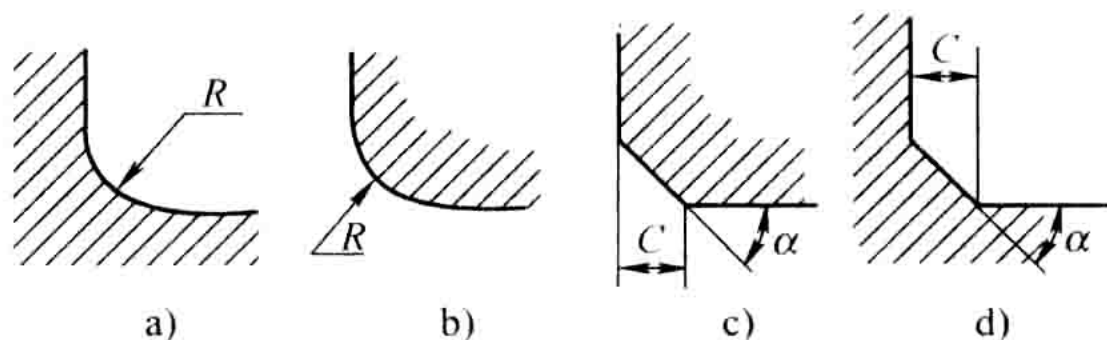
H	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
b	2				3				5		8	
h	1.6				2.0				3.0		5.0	
r	0.5				1.0				1.6		2.0	

## 3. 零件倒圆与倒角 (GB/T 6403.4—2008) (表 1-48 ~

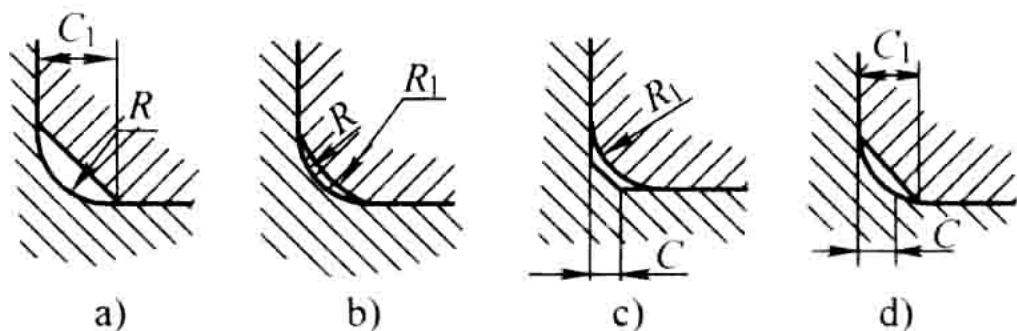
表 1-50)

表 1-48 倒圆倒角尺寸  $R$ 、 $C$  系列值

(单位: mm)



0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0
4.0	5.0	6.0	8.0	10	12	16	20	25	32	40	50	—

表 1-49 内角倒角、外角倒圆时  $C$  的最大值 $C_{\max}$  与  $R_1$  的关系 (单位: mm)

$R_1$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0
$C_{\max}$	—	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
$R_1$	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10	12	16	20	25
$C_{\max}$	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10	12

表 1-50 与直径  $\phi$  相应的倒角  $C$ 、倒圆  $R$  的推荐值

(单位: mm)

$\phi$	~ 3	> 3 ~ 6	> 6 ~ 10	> 10 ~ 18	> 18 ~ 30	> 30 ~ 50
$C$ 或 $R$	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.6



(续)

$\phi$	> 50 ~ 80	> 80 ~ 120	> 120 ~ 180	> 180 ~ 250	> 250 ~ 320	> 320 ~ 400
C 或 R	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0

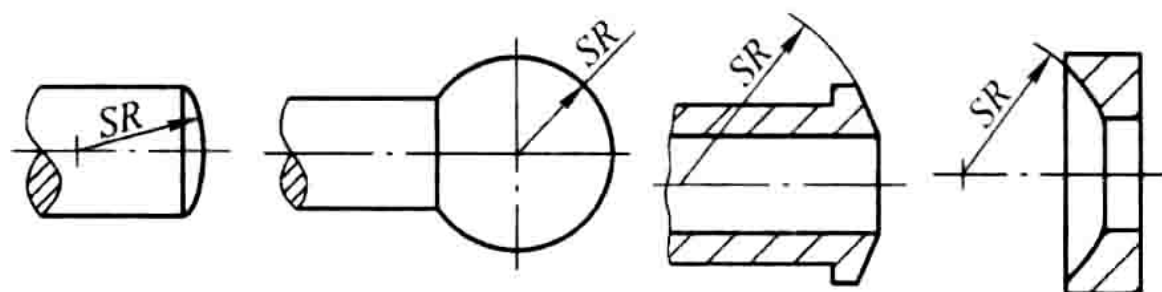
  

$\phi$	> 400 ~ 500	> 500 ~ 630	> 630 ~ 800	> 800 ~ 1000	> 1000 ~ 1250	> 1250 ~ 1600
C 或 R	8.0	10	12	16	20	25

## 4. 球面半径 (表 1-51)

表 1-51 球面半径系列值 (GB/T 6403.1—2008)

(单位: mm)



第 1 系列	0.2	0.4	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	20
第 2 系列	0.3	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	18	22

第 1 系列	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
第 2 系列	28	36	45	56	71	90	110	140	180	220	280

第 1 系列	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200
第 2 系列	360	450	560	710	900	1100	1400	1800	2200	2800	

注: 优先选用表中第 1 系列值。

## 5. 螺纹零件

(1) 紧固件 外螺纹零件的末端 (GB/T 2—2001)

1) 紧固件公称长度以内的末端型式 (图 1-1)。

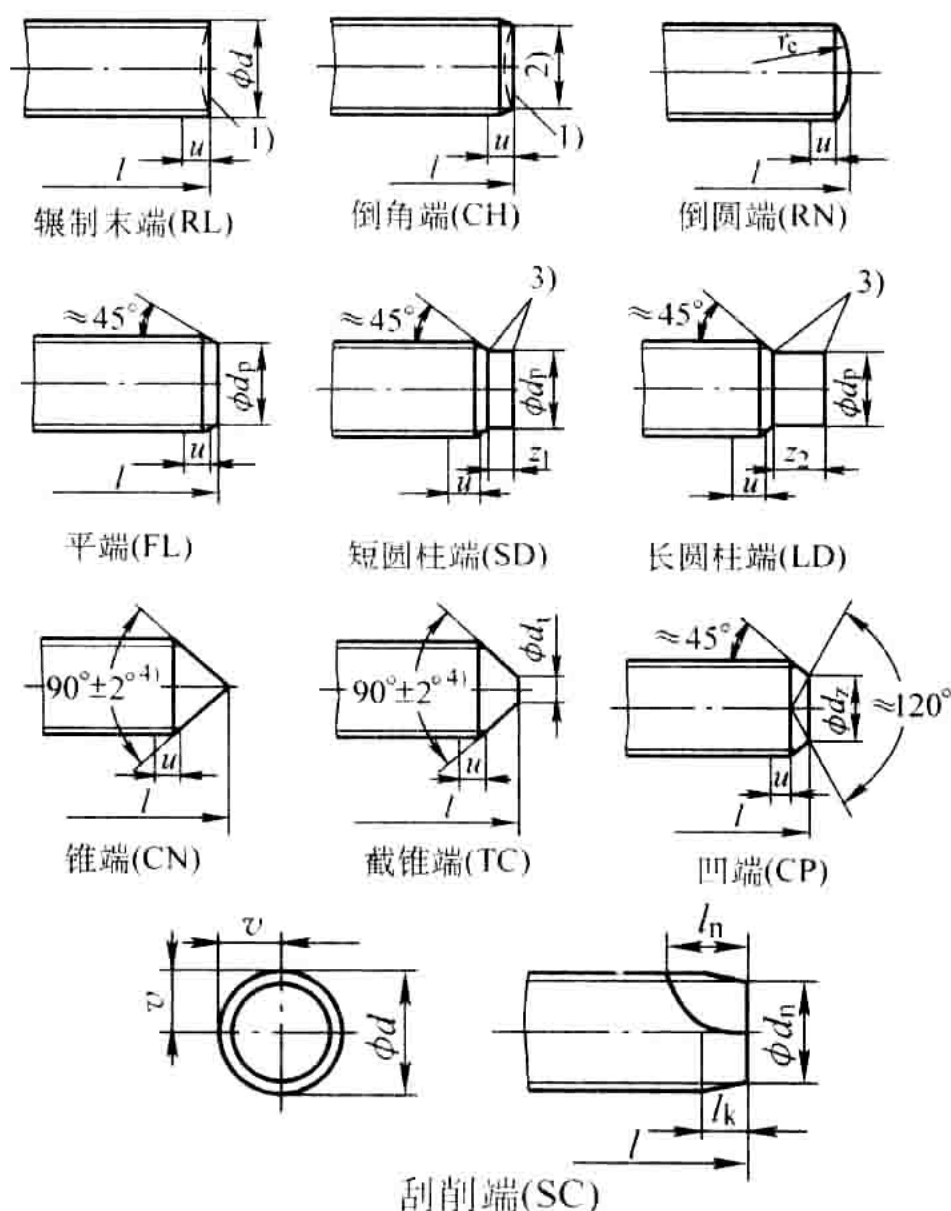
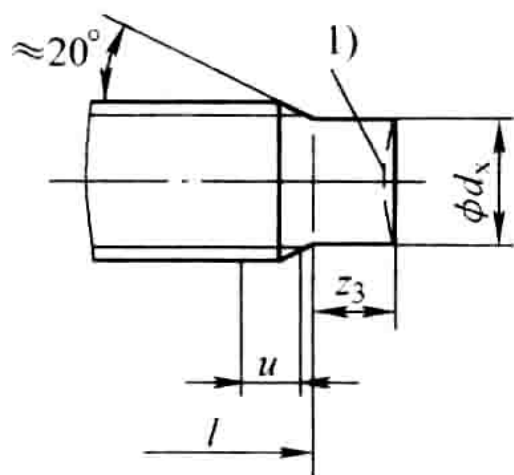


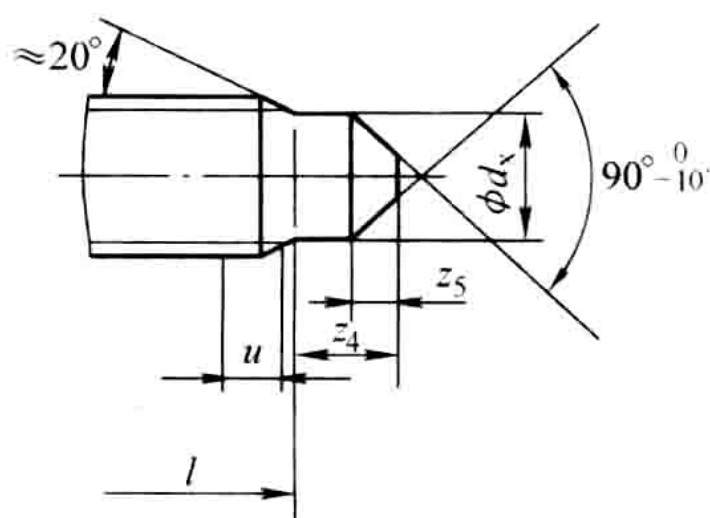
图 1-1 紧固件公称长度以内的末端形式

- 注：1.  $r_c \approx 1.4d$ ,  $v = 0.5d \pm 0.5\text{mm}$ ,  $d_n = d - 1.6P$ ,  $l_n \leq 5P$ ,  $l_k \leq 3P$ ,  $l_n - l_k \geq 2P$ ,  $P$  为螺距。  
 2.  $l$  为紧固件的公称长度。  
 3. 不完整螺纹的长度  $u \leq 2P$ 。  
 4. 对 FL、SD、LD 和 CP 型末端， $45^\circ$  仅指螺纹小径以下的末端部分。  
 1) 端面可以是凹面。  
 2) 小于或等于螺纹小径。  
 3) 倒圆。  
 4) 对短螺钉为  $120^\circ \pm 2^\circ$ ，并按产品标准的规定，如 GB/T 78—2007。

## 2) 紧固件公称长度以外的末端型式 (图 1-2)。



圆柱(平面端)导向端(PF)



截锥导向端(PC)

图 1-2 紧固件公称长度以外的末端型式

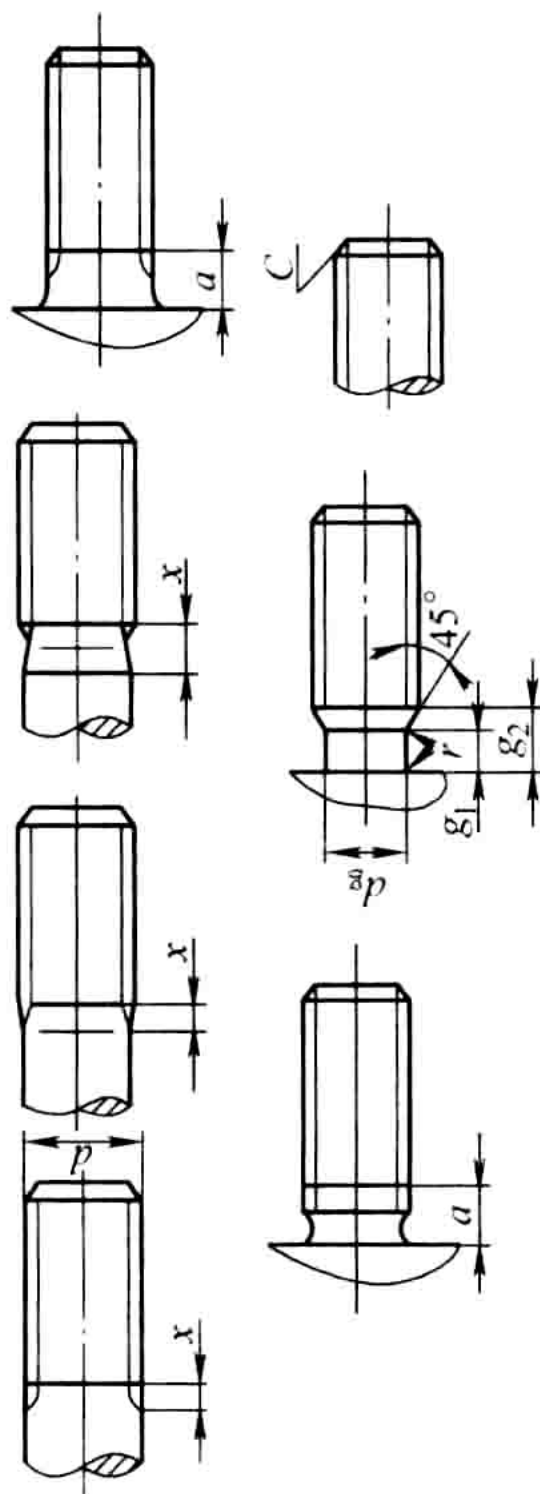
注：1. 不完整螺纹的长度  $u \leq 2P$ ,  $P$  为螺距。

2.  $20^\circ$  仅指螺纹小径以下的末端部分。

1) 端面可以是凹面。

(2) 普通外螺纹的收尾、肩距、退刀槽和倒角尺寸  
(表1-52)

表 1-52 普通外螺纹的收尾、肩距、退刀槽和倒角尺寸 (GB/T 3—1997) (单位: mm)



螺距 $P$	粗牙螺 纹外径 $d$	螺纹收尾 $x$ max		肩距 $a$ max			退 刀 槽			倒角 $C$
		一般	短的	一般	长的	短的	$g_2$ max	$g_1$ min	$r \approx$	
0.2		0.5	0.25	0.6	0.8	0.4				
0.25	1; 1.2	0.6	0.3	0.75	1	0.5	0.75	0.4	0.12	0.2
0.3	1.4	0.75	0.4	0.9	1.2	0.6	0.9	0.5	0.16	0.3
0.35	1.6; 1.8	0.9	0.45	1.05	1.4	0.7	1.05	0.6		
0.4	2	1	0.5	1.2	1.6	0.8	1.2			
0.45	2.2; 2.5	1.1	0.6	1.35	1.8	0.9	1.35	0.7	0.2	0.4
0.5	3	1.25	0.7	1.5	2	1	1.5	0.8		
0.6	3.5	1.5	0.75	1.8	2.4	1.2	1.8	0.9		0.5
0.7	4	1.75	0.9	2.1	2.8	1.4	2.1	1.1	0.4	0.6

(续)

螺距 $P$	粗牙螺 纹外径 $d$	螺纹收尾 $x$ max		肩距 $a$ max			退 刀 槽				倒角 $C$
		一般	短的	一般	长的	短的	$g_2$ max	$g_1$ min	$r$ $\approx$	$d_g$	
0.75	4.5	1.9	1	2.25	3	1.5	2.25	1.2	0.4	$d-1.2$	0.6
0.8	5	2	1	2.4	3.2	1.6	2.4	1.3		$d-1.3$	0.8
1	6;7	2.5	1.25	3	4	2	3	1.6	0.6	$d-1.6$	1
1.25	8	3.2	1.6	4	5	2.5	3.75	2		$d-2$	1.2
1.5	10	3.8	1.9	4.5	6	3	4.5	2.5	0.8	$d-2.3$	1.5
1.75	12	4.3	2.2	5.3	7	3.5	5.25	3	1	$d-2.6$	2
2	14;16	5	2.5	6	8	4	6	3.4		$d-3$	
2.5	18;20;22	6.3	3.2	7.5	10	5	7.5	4.4	1.2	$d-3.6$	2.5
3	24;27	7.5	3.8	9	12	6	9	5.2	1.6	$d-4.4$	
3.5	30;33	9	4.5	10.5	14	7	10.5	6.2		$d-5$	3
4	36;39	10	5	12	16	8	12	7	2	$d-5.7$	
4.5	42;45	11	5.5	13.5	18	9	13.5	8	2.5	$d-6.4$	4
5	48;52	12.5	6.3	15	20	10	15	9		$d-7$	
5.5	56;60	14	7	16.5	22	11	17.5	11	3.2	$d-7.7$	5
6	64;68	15	7.5	18	24	12	18			$d-8.3$	

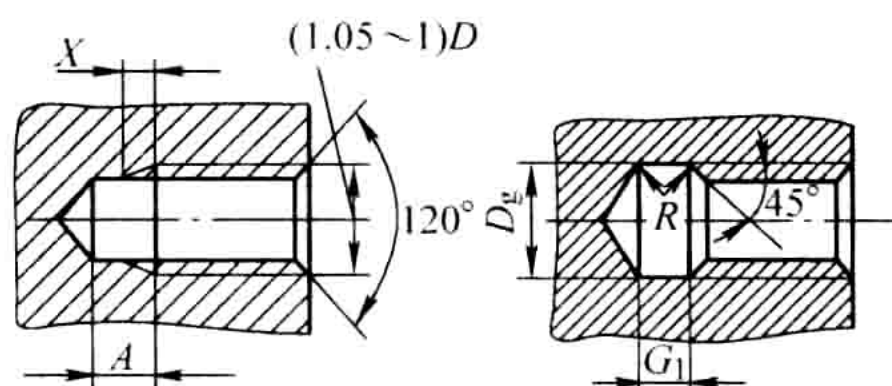
注:1. 外螺纹倒角和退刀槽过渡角一般按  $45^\circ$ ,也可按  $60^\circ$ 或  $30^\circ$ 。当螺纹按  $60^\circ$ 或  $30^\circ$ 倒角时,倒角深度应大于或等于牙型高度。

- 2. 肩距  $a$  是螺纹收尾  $x$  加螺纹空白的总长。设计时应优先考虑一般肩距尺寸。短的肩距只在结构需要时采用。产品等级为 B 或 C 级的螺纹紧固件可采用长肩距。
- 3. 细牙螺纹按本表螺距  $P$  选用。

(3) 普通内螺纹的收尾、肩距、退刀槽和倒角尺寸  
(表 1-53)

表 1-53 普通内螺纹的收尾、肩距、退刀槽  
和倒角尺寸 (GB/T 3—1997)

(单位: mm)



螺距 $P$	粗牙螺 纹大径 $D$	螺纹收尾		肩距 $A$		退 刀 槽			$D_g$
		$X$				$G_1$		$R$	
		一般	短的	一般	长的	一般	短的	$\approx$	
0.2		0.8	0.4	1.2	1.6				$D + 0.3$
0.25	1, 1.2	1	0.5	1.5	2				
0.3	1.4	1.2	0.6	1.8	2.4				
0.35	1.6, 1.8	1.4	0.7	2.2	2.8				
0.4	2	1.6	0.8	2.5	3.2				
0.45	2.2; 2.5	1.8	0.9	2.8	3.6				
0.5	3	2	1	3	4	2	1	0.2	
0.6	3.5	2.4	1.2	3.2	4.8	2.4	1.2	0.3	

(续)

螺距 $P$	粗牙螺 纹大径 $D$	螺纹收尾 $X$		肩距 $A$		退 刀 槽			$D_g$
		一般	短的	一般	长的	$G_1$		$R$ $\approx$	
						一般	短的		
0.7	4	2.8	1.4	3.5	5.6	2.8	1.4	0.4	$D + 0.3$
0.75	4.5	3	1.5	3.8	6	3	1.5	0.4	
0.8	5	3.2	1.6	4	6.4	3.2	1.6	0.4	
1	6; 7	4	2	5	8	4	2	0.5	$D + 0.5$
1.25	8	5	2.5	6	10	5	2.5	0.6	
1.5	10	6	3	7	12	6	3	0.8	
1.75	12	7	3.5	9	14	7	3.5	0.9	
2	14, 16	8	4	10	16	8	4	1	
2.5	18, 20, 22	10	5	12	18	10	5	1.2	
3	24, 27	12	6	14	22	12	6	1.5	
3.5	30, 33	14	7	16	24	14	7	1.8	
4	36, 39	16	8	18	26	16	8	2	
4.5	42, 45	18	9	21	29	18	9	2.2	
5	48, 52	20	10	23	32	20	10	2.5	
5.5	56, 60	22	11	25	35	22	11	2.8	
6	64, 68	24	12	28	38	24	12	3	

注：1. 内螺纹倒角一般是  $120^\circ$  倒角，也可以是  $90^\circ$  倒角。端面倒角直径为  $(1.05 \sim 1) D$ 。

2. 肩距  $A$  是螺纹收尾  $X$  加螺纹空白的总长。

3. 应优先采用一般长度的收尾和肩距；短的退刀槽只在结构需要时采用；产品等级为 B 或 C 级的螺纹紧固件可采用长肩距。

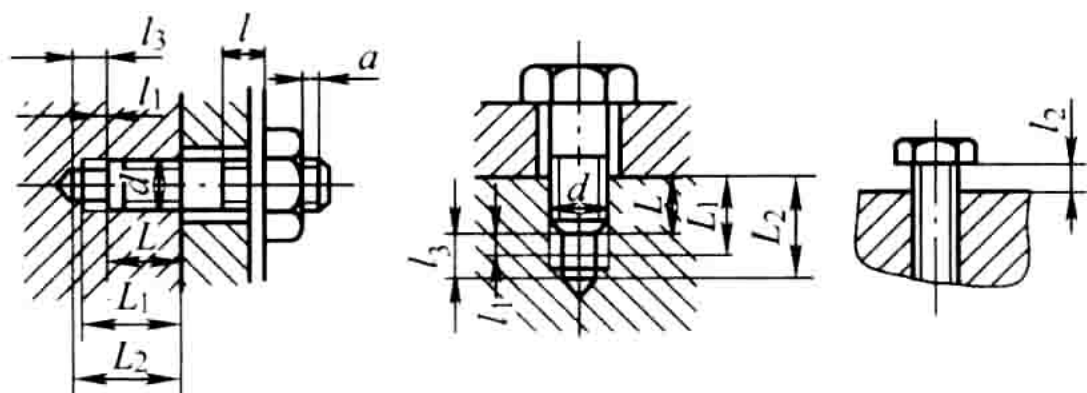
4. 细牙螺纹按本表螺距  $P$  选用。

(4) 普通螺纹的内、外螺纹余留长度、钻孔余留深

度、螺栓突出螺母的末端长度（表 1-54）

**表 1-54 普通螺纹的内、外螺纹余留长度、钻孔余留深度、螺栓突出螺母的末端长度**

（单位：mm）



螺距	螺纹直径		余留长度			末端长度
	粗牙	细牙	内螺纹	外螺纹	钻孔	
$P$	$d$		$l_1$	$l = l_2$	$l_3$	$a$
0.5	3		1	2	3	0.5 ~ 1.5
		5				
0.7	4		1.5	2.5	4	1 ~ 2
0.75		6			5	
0.8	5					
1	6		2	3.5	6	1.5 ~ 2.5
		8				
		10				
		14				
		16				
		18				
1.25	8	12	2.5	4	8	



(续)

螺距	螺纹直径		余留长度			末端长度
	粗牙	细牙	内螺纹	外螺纹	钻孔	
$P$	$d$		$l_1$	$l = l_2$	$l_3$	$a$
1.5	10		3	4.5	9	2 ~ 3
		14				
		16				
		18				
		20				
		22				
		24				
		27				
		30				
		33				
1.75	12		3.5	5.5	11	2.5 ~ 4
2	14		4	6	12	
	16					
		24				
		27				
		30				
		33				
		36				
		39				
		45				
		48				
		52				
2.5	18		5	7	15	
	20					
	22					

(续)

螺距	螺纹直径		余留长度			末端长度
	粗牙	细牙	内螺纹	外螺纹	钻孔	
$P$	$d$		$l_1$	$l=l_2$	$l_3$	$a$
3	24		6	8	8	3 ~ 5
	27					
		36				
		39				
		42				
		45				
		48				
		56				
		60				
		64				
		72				
		76				
3.5	30		7	9	21	4 ~ 7
4	36		8	10	24	
		56				
		60				
		64				
		68				
		72				
		76				
4.5	42		9	11	27	6 ~ 10
5	48		10	13	30	
5.5	56		11	16	33	
6	64		12	18	36	
	72					
	76					

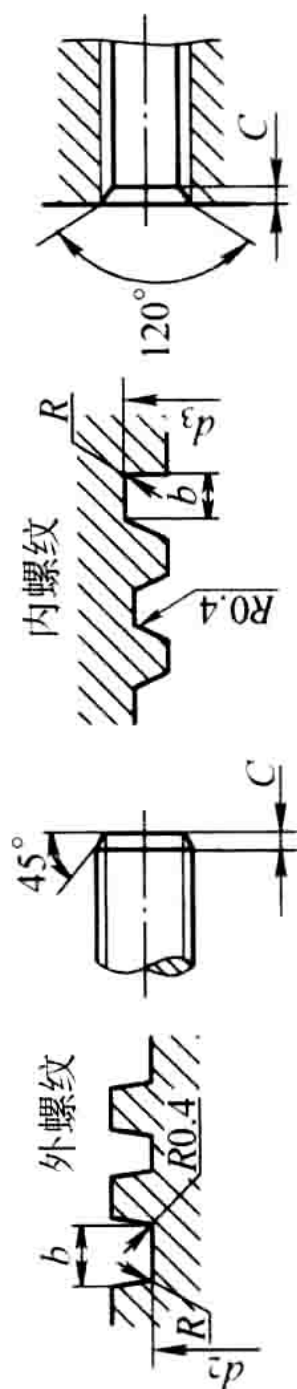
注：1. 拧入深度  $L$  由设计者决定。

2. 钻孔深度  $L_2 = L + l_3$ 。

3. 螺孔深度  $L_1 = L + l_1$ （不包括螺尾）。

## (5) 梯形螺纹的收尾、退刀槽和倒角尺寸 (表 1-55)

表 1-55 梯形螺纹的收尾、退刀槽和倒角尺寸 (单位: mm)



螺距 (或导程) $P$	$b$	$d_2$	$d_3$	$R$	$C$
2	2.5	$d-3$	$d+1$	1	1.5
3	4	$d-4$			2
4	5	$d-5.1$	$d+1.1$	1.5	2.5
5	6.5	$d-6.6$	$d+1.6$		3
6	7.5	$d-7.8$	$d+1.8$	2	3.5
8	10	$d-9.8$		2.5	4.5
10	12.5	$d-12$	$d+2$	3	5.5
12	15	$d-14$			6
16	20	$d-19.2$	$d+3.2$	4	9
20	24	$d-23.5$	$d+3.5$	5	11
24	30	$d-27.5$			13
32	40	$d-36$	$d+4$	6	17
40	50	$d-44$			21

注: 表中  $d$  为螺纹公称直径。



(续)

螺纹代号	螺距 $P$	外 螺 纹			内 螺 纹			
		螺纹收 尾 $L$	肩距 $a$	倒角 $C$	螺纹收 尾 $L_1$	$b_1$	$r_1$	退 刀 槽 $d_4$
Mc14	1.5	3	4.5	1	4.5	4.5	1	14.5
Mc18								18.5
Mc22								22.5
Mc27	2	4	6	1.5	6	6	1	27.5
Mc33								33.5
Mc42								42.5
Mc48								48.5
Mc60								60.5
Mc76								77.5
Mc90	3	6	8		9	9	1.5	91.5

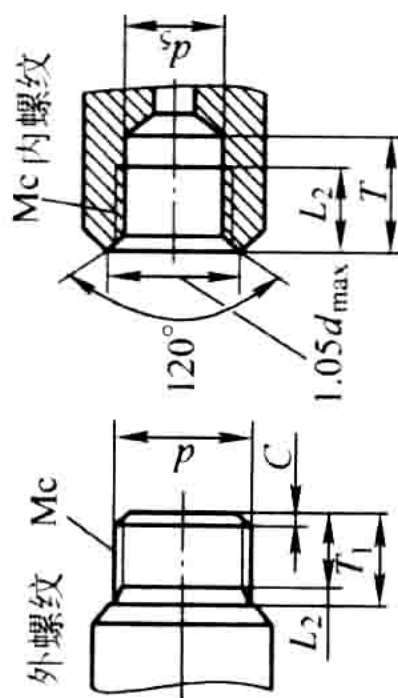
注：1. 外螺纹倒角和螺纹退刀槽过渡角一般按  $45^\circ$ ，也可按  $60^\circ$  或  $30^\circ$ 。当按  $60^\circ$  或  $30^\circ$  倒角时，倒角深度约等于螺纹深度。

2. 内螺纹倒角一般是  $120^\circ$  锥角，也可以是  $90^\circ$  锥角。

3.  $d$  为基面上螺纹外径，对内螺纹即螺孔端面的螺纹外径。

## 2) 米制锥螺纹接头尾端尺寸 (表 1-57)。

表 1-57 米制锥螺纹接头尾端尺寸 (单位: mm)



螺纹代号	d	L <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T	d <sub>5</sub>		C
					I	II	
Mc6	6.18	7.5	10.5	12	4	4.5	1
Mc8	8.18				6	6.5	
Mc10	10.18				8	8.5	
Mc14	14.28	11.5	16	18	11	11.8	1.5
Mc18	18.28				15	15.7	
Mc22	22.28				19	19.7	
Mc27	27.37	15	21	23	23	24	
Mc33	33.37				29	30	

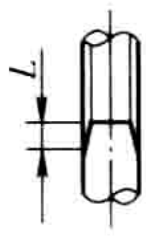
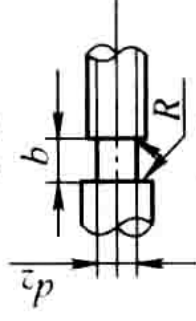
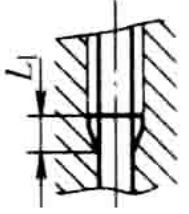
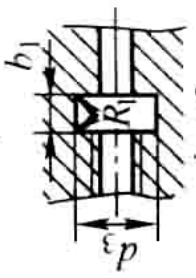
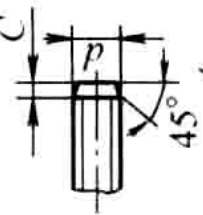
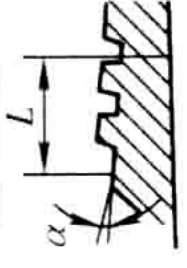
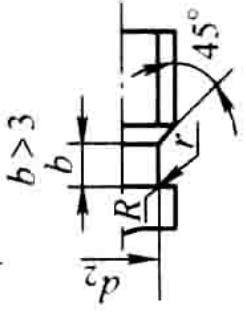
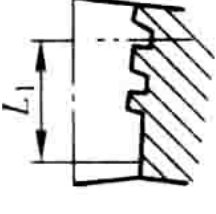
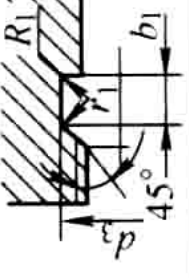
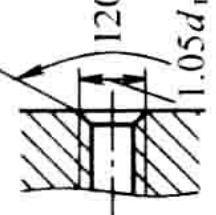
(续)

螺纹代号	$d$	$L_2$	$T_1$	$T$	$d_s$		$C$
					I	II	
Mc42	42.37	16	22	24	38	39	1.5
Mc48	48.37				44	45	
Mc60	60.37	18	24	26	56	57	

注：I—铰锥形前的底孔直径，用于高压接头，II—钻孔后攻螺纹用的底孔直径。 $d$ 为基面上螺纹外径。

### (7) 圆柱管螺纹收尾、退刀槽和倒角尺寸 (表 1-58)

表 1-58 圆柱管螺纹收尾、退刀槽和倒角尺寸 (单位: mm)

外 螺 纹		内 螺 纹		倒 角
收 尾	退刀槽	收 尾	退刀槽	
				
				

(续)

螺纹 代号	每英寸 牙数 $n$	外 螺 纹						内 螺 纹						$C$
		$L \leq$ ( $\alpha = 25^\circ$ 时)	$b$	$d_2$	$R$	$r$		$L_1$ $\leq$	$b_1$	$d_3$	$R_1$	$r_1$		
G1/8	28	1.5	2	8	0.5	—		2	2	10	0.5	—		0.6
G1/4	19	2	3	11	1	0.5		3	3	13.5	1	0.5		1
G3/8				14						17				
G1/2	14	2.5	4	18	1	0.5		4	4	21.5	1	0.5		
G5/8				20						23.5				
G3/4				23.5						27				
G1	11	3.5	5	29.5	1.5	0.5		5	6	34	1.5	1		1.5
G1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>				38						42.5				
G1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>				44						48.5				
G1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>				50						54.5				
G2				56						60.5				
G2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>				62						66.5				
G2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>				71				6	8	76	2			

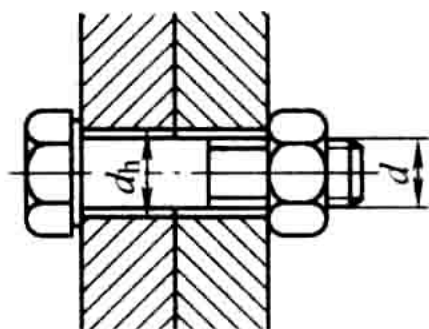




## 6. 紧固件用通孔和沉孔(表 1-59 ~ 表 1-63)

表 1-59 螺栓和螺钉通孔(GB/T 5277—1985)

(单位: mm)



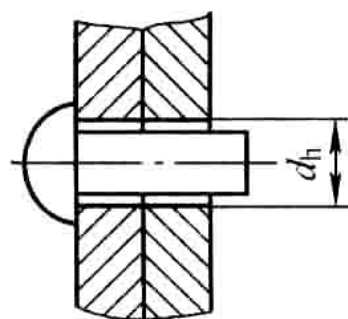
螺纹规格 $d$	通孔 $d_h$			螺纹规格 $d$	通孔 $d_h$		
	系 列				系 列		
	精 装 配	中 等 装 配	粗 装 配		精 装 配	中 等 装 配	粗 装 配
M1.6	1.7	1.8	2	M10	10.5	11	12
M1.8	2	2.1	2.2	M12	13	13.5	14.5
M2	2.2	2.4	2.6	M14	15	15.5	16.5
M2.5	2.7	2.9	3.1	M16	17	17.5	18.5
M3	3.2	3.4	3.6	M18	19	20	21
M3.5	3.7	3.9	4.2	M20	21	22	24
M4	4.3	4.5	4.8	M22	23	24	26
M4.5	4.8	5	5.3	M24	25	26	28
M5	5.3	5.5	5.8	M27	28	30	32
M6	6.4	6.6	7	M30	31	33	35
M7	7.4	7.6	8	M33	34	36	38
M8	8.4	9	10	M36	37	39	42
				M39	40	42	45

(续)

螺纹规格 $d$	通孔 $d_h$			螺纹规格 $d$	通孔 $d_h$		
	系 列				系 列		
	精 装 配	中 等 装 配	粗 装 配		精 装 配	中 等 装 配	粗 装 配
M42	43	45	48	M60	62	66	70
M45	46	48	52	M64	66	70	74
M48	50	52	56	M68	70	74	78
M52	54	56	62	M72	74	78	82
M56	58	62	66				

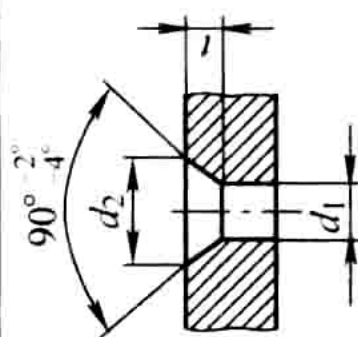
表 1-60 铆钉用通孔 (GB/T 152.1—1988)

(单位: mm)



铆钉公称直径 $d$		0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.6	2			
$d_h$ 精装配		0.7	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.1			
铆钉公称直径 $d$		2.5	3	3.5	4	5	6	8				
$d_h$ 精装配		2.6	3.1	3.6	4.1	5.2	6.2	8.2				
铆钉公称直径 $d$		10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
$d_h$	精装配	10.3	12.4	14.5	16.5	—	—	—	—	—	—	—
	粗装配	11	13	15	17	19	21.5	23.5	25.5	28.5	32	38

表 1-61 沉头紧固件用沉孔 (GB/T 152.2—1988) (单位: mm)



(1) 沉头螺钉及半沉头螺钉用沉孔

螺纹规格	M1.6	M2	M2.5	M3	M3.5	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
$d_2$ H13	3.7	4.5	5.6	6.4	8.4	9.6	10.6	12.8	17.6	20.3	24.4	28.4	32.4	40.4
$l \approx$	1	1.2	1.5	1.6	2.4	2.7	2.7	3.3	4.6	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0
$d_1$ H13	1.8	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5.5	6.6	9	11	13.5	15.5	17.5	22

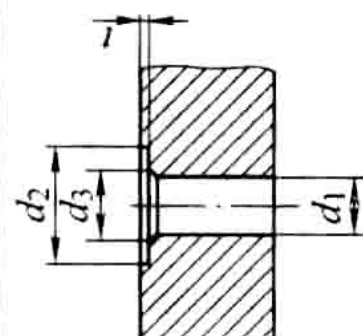
(2) 沉头自攻螺钉及半沉头自攻螺钉用沉孔

螺钉规格	ST2.2	ST2.9	ST3.5	ST4.2	ST4.8	ST5.5	ST6.3	ST8	ST9.5
$d_2$ H12	4.4	6.3	8.2	9.4	10.4	11.5	12.6	17.3	20
$l \approx$	1.1	1.7	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	4.6	5.2
$d_1$ H12	2.4	3.1	3.7	4.5	5.1	5.8	6.7	8.4	10

(3) 沉头木螺钉及半沉头木螺钉用沉孔

公称规格	1.6	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	10
$d_2$ H13	3.7	4.5	5.4	6.6	7.7	8.6	10.1	11.2	12.1	13.2	15.3	17.3	21.9
$l \approx$	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.2	2.7	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.8
$d_1$ H13	1.8	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5.0	5.5	6.0	6.6	7.6	9.0	11.0

表 1-62 圆柱头紧固件用沉孔 (GB/T 152.3—1988) (单位: mm)



(1) 内六角圆柱头螺钉用沉孔

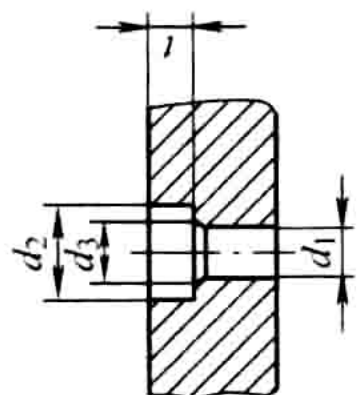
螺纹规格	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30	M36
$d_2$	3.3	4.3	5.0	6.0	8.0	10.0	11.0	15.0	18.0	20.0	24.0	26.0	33.0	40.0	48.0	57.0
$l$	1.8	2.3	2.9	3.4	4.6	5.7	6.8	9.0	11.0	13.0	15.0	17.5	21.5	25.5	32.0	38.0
$d_3$										16	18	20	24	28	36	42
$d_1$	1.8	2.4	2.9	3.4	4.5	5.5	6.6	9.0	11.0	13.5	15.5	17.5	22.0	26.0	33.0	39.0

(2) 内六角花形圆柱头螺钉及开槽圆柱头螺钉用沉孔

螺纹规格	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20
$d_2$ H13	8	10	11	15	18	20	24	26	33
$l$ H13	3.2	4.0	4.7	6.0	7.0	8.0	9.0	10.5	12.5
$d_3$						16	18	20	24
$d_1$ H13	4.5	5.5	6.6	9.0	11.0	13.5	15.5	17.5	22.0

表 1-63 六角头螺栓和六角螺母用沉孔 (GB/T 152.4—1988)

(单位: mm)



螺纹规格	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
$d_2$ H15	5	6	8	9	10	11	13	18	22	26	30	33	36	40
$d_3$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	18	20	22	24
$d_1$ H13	1.8	2.4	2.9	3.4	4.5	5.5	6.6	9.0	11.0	13.5	15.5	17.5	20.0	22.0
螺纹规格	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M39	M42	M45	M48	M52	M56	M60	M64
$d_2$ H15	43	48	53	61	66	71	76	82	89	98	107	112	118	125
$d_3$	26	28	33	36	39	42	45	48	51	56	60	68	72	76
$d_1$ H13	24	26	30	33	36	39	42	45	48	52	56	62	66	70

注: 对尺寸  $l$ , 只要能制出与通孔轴线垂直的圆平面即可。

## 第二章 产品几何技术规范

### 一、极限与配合

#### 1. 术语和定义

(1) 轴 轴通常指工件的圆柱形外尺寸要素，也包括非圆柱形外尺寸要素（由两平行平面或切面形成的被包容面）。

基准轴 是指在基轴制配合中选作基准的轴。在极限与配合制中，即上极限偏差为零的轴。

(2) 孔 孔通常指工件的圆柱形内尺寸要素，也包括非圆柱形内尺寸要素（由两平行平面或切面形成的包容面）。

基准孔 是指在基孔制配合中选作基准的孔。在极限与配合制中，即下极限偏差为零的孔。

(3) 尺寸 尺寸是以特定单位表示线性尺寸值的数值。

1) 公称尺寸。由图样规范确定的理想形状要素的尺寸，如图 2-1 所示。公称尺寸可以是一个整数或一个小数值，例如 32、15、8.75、0.5……通过它应用上、下极限

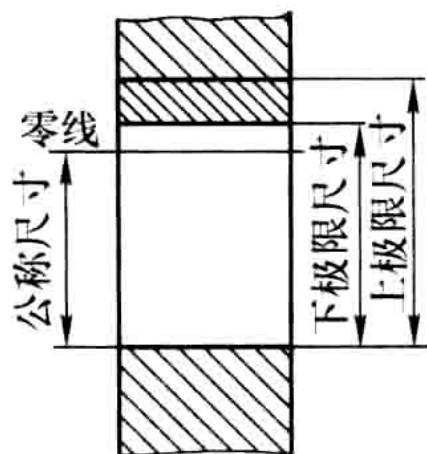


图 2-1 公称尺寸、上极限尺寸和下极限尺寸

偏差可以计算出极限尺寸。

2) 极限尺寸。尺寸要素允许尺寸的两个极端。

3) 上极限尺寸。尺寸要素允许的最大尺寸，如图 2-1 所示。

4) 下极限尺寸。尺寸要素允许的最小尺寸，如图 2-1 所示。

(4) 极限制 极限制是经标准化的公差与偏差制度。

(5) 零线 在极限与配合图解中，零线是表示公称尺寸的一条直线，以其为基准确定偏差和公差。通常，零线沿水平方向绘制，正偏差位于其上、负偏差位于其下，如图 2-2 所示。

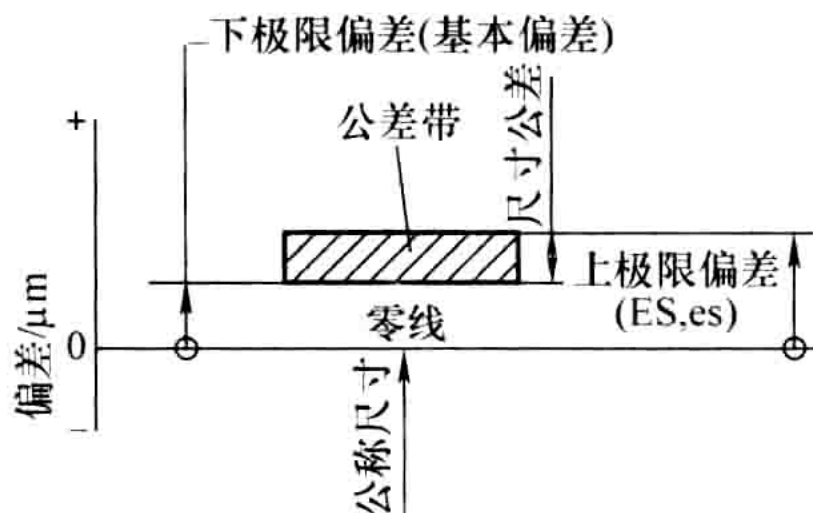


图 2-2 极限与配合图解

(6) 偏差 偏差是某一尺寸减去其公称尺寸所得的代数差。

1) 极限偏差分为上极限偏差和下极限偏差。

2) 上极限偏差为上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差。



3) 下极限偏差为下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差。

4) 基本偏差在本标准极限与配合制中, 确定公差带相对零线位置的那个极限偏差。它可以是上极限偏差或下极限偏差, 一般为靠近零线的那个偏差为基本偏差。

(7) 尺寸公差 尺寸公差 (简称公差) 是上极限尺寸减下极限尺寸之差, 或上极限偏差减下极限偏差之差。它是允许尺寸的变动量。尺寸公差是一个没有符号的绝对值。

1) 标准公差 (IT)。极限与配合制中规定的任一公差 (字母 IT 为 “国际公差” 的符号)。

2) 标准公差等级。极限与配合制中, 同一公差等级 (例如 IT7) 对所有公称尺寸的一组公差被认为具有同等精确程度。

3) 公差带。在极限与配合图解中, 由代表上极限偏差和下极限偏差或上极限尺寸和下极限尺寸的两条直线所限定的一个区域。它是由公差大小和其相对零线的位置如基本偏差来确定, 如图 2-2 所示。

4) 标准公差因子 ( $i, I$ )。在极限与配合制中, 用以确定标准公差的基本单位, 该因子是公称尺寸的函数。标准公差因子  $i$  用于公称尺寸至 500mm, 标准公差因子  $I$  用于公称尺寸大于 500mm。

(8) 间隙 间隙是孔的尺寸减去相配合轴的尺寸之差为正值, 如图 2-3 所示。

1) 最小间隙。在间隙配合中, 孔的下极限尺寸与轴

的上极限尺寸之差，如图 2-4 所示。

2) 最大间隙。在间隙配合或过渡配合中，孔的上极限尺寸与轴的下极限尺寸之差，如图 2-4 和图 2-5 所示。

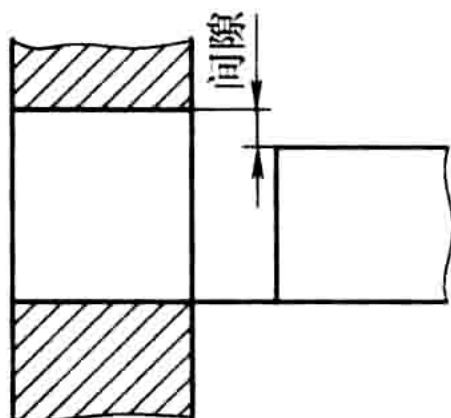


图 2-3 间隙

(9) 过盈 过盈是指孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为负值，如图 2-6 所示。

1) 最小过盈。在过盈配合中，孔的上极限尺寸与轴的下极限尺寸之差，如图 2-7 所示。

2) 最大过盈。在过盈配合或过渡配合中，孔的下极限尺寸与轴的上极限尺寸之差，如图 2-7 所示。

(10) 配合 配合是指公称尺寸相同的，并且相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

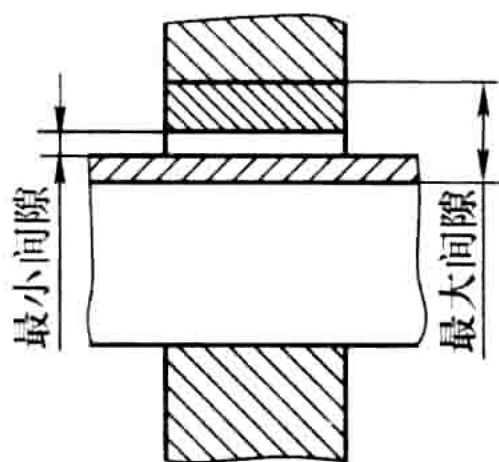


图 2-4 间隙配合

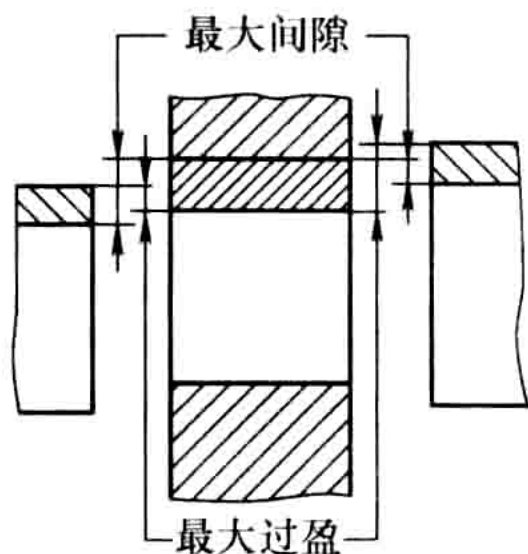


图 2-5 过渡配合

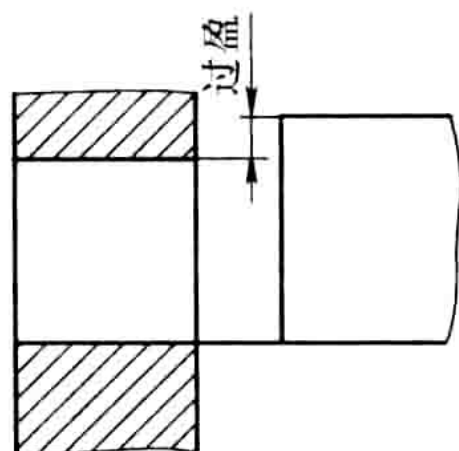


图 2-6 过盈

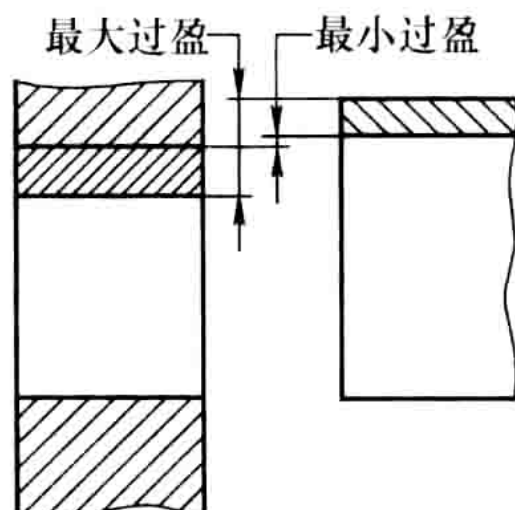


图 2-7 过盈配合

1) 间隙配合。具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之上，如图 2-8 所示。

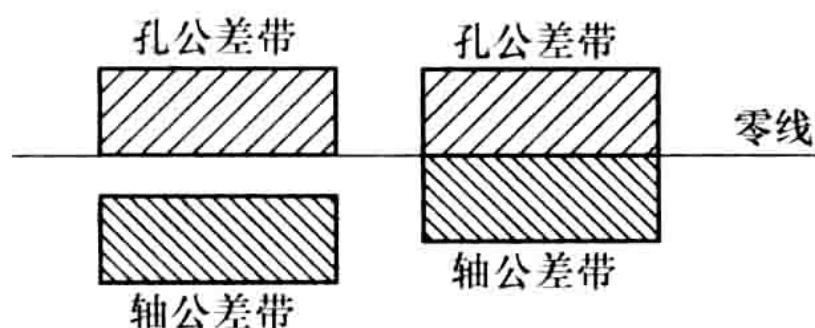


图 2-8 间隙配合的示意图

2) 过盈配合。具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之下，如图 2-9 所示。

3) 过渡配合。可能具有间隙或过盈的配合。此时，孔的公差带与轴的公差带相互交叠，如图 2-10 所示。

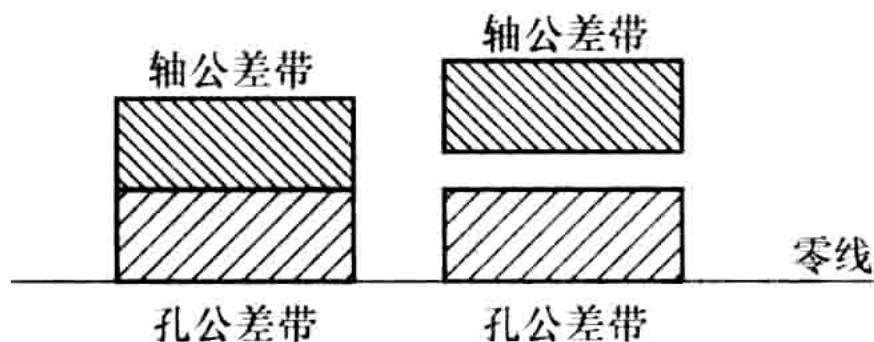


图 2-9 过盈配合的示意图

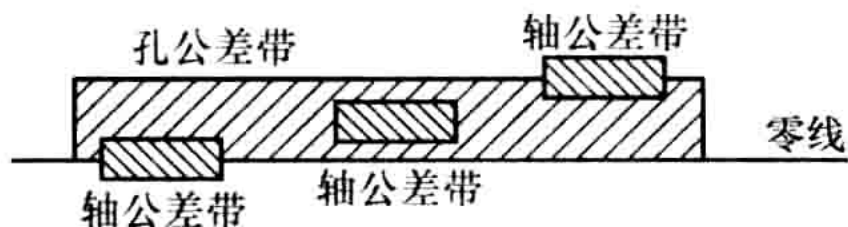


图 2-10 过渡配合的示意图

4) 配合公差。组成配合的孔与轴公差之和。它是允许间隙或过盈的变动量。配合公差是一个没有符号的绝对值。

(11) 配合制 配合制是同一极限制的孔和轴组成的一种配合制度。

1) 基轴制配合。基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。是轴的上极限尺寸与公称尺寸相等、轴的上极限偏差为零的一种配合制，如图 2-11 所示。

2) 基孔制配合。基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。是孔的下极限尺寸与公称尺寸相等、孔的下极限偏差为零的一种配合制，如图 2-12 所示。

## 2. 基本规定

(1) 公称尺寸分段 (表 2-1)

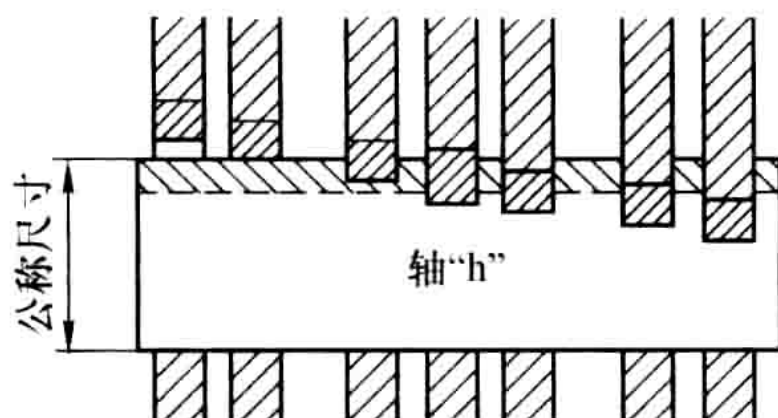


图 2-11 基轴制配合

- 注：1. 水平实线代表孔或轴的基本偏差。  
2. 虚线代表另一极限，表示孔和轴之间可能的不同组合与它们的公差等级有关。

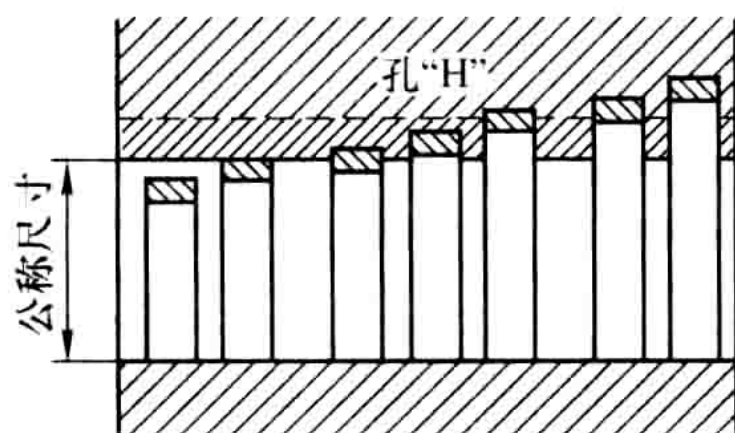


图 2-12 基孔制配合

- 注：1. 水平实线代表孔或轴的基本偏差。  
2. 虚线代表另一极限，表示孔和轴之间可能的不同组合与它们的公差等级有关。

(2) 标准公差的等级、代号及数值 标准公差分 20 级，即：IT01、IT0、IT1 ~ IT18。IT 表示标准公差，公差的等级代号用阿拉伯数字表示。从 IT01 至 IT18 等级依次降低，当其与代表基本偏差的字母一起组成公差带时，省略“IT”字母，如 h7，各级标准公差的数值见表 2-2。

表 2-1 公称尺寸分段 (单位: mm)

主段落		中间段落		主段落		中间段落	
大于	至	大于	至	大于	至	大于	至
—	3	—	—	315	400	315	355
3	6	—	—			355	400
6	10	—	—	400	500	400	450
10	18	10	14			450	500
		14	18	500	630	500	560
18	30	18	24			560	630
		24	30	630	800	630	710
30	50	30	40			710	800
		40	50	800	1000	800	900
50	80	50	65			900	1000
		65	80	1000	1250	1000	1120
80	120	80	100			1120	1250
		100	120	1250	1600	1250	1400
120	180	120	140			1400	1600
		140	160	1600	2000	1600	1800
180	250	160	180			1800	2000
		180	200	2000	2500	2000	2240
250	315	200	225			2240	2500
		225	250	2500	3150	2500	2800
		250	280			2800	3150
		280	315				

表 2-2 各级标准公差の数値

公称尺寸		公差等级									
/mm		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
大于	至	$\mu\text{m}$									
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22

(续)

公称尺寸		公差等级									
/mm		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
大于	至	$\mu\text{m}$									
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97
500	630	4.5	6	9	11	16	22	32	44	70	110
630	800	5	7	10	13	18	25	36	50	80	125
800	1000	5.5	8	11	15	21	28	40	56	90	140
1000	1250	6.5	9	13	18	24	33	47	66	105	165
1250	1600	8	11	15	21	29	39	55	78	125	195
1600	2000	9	13	18	25	35	46	65	92	150	230
2000	2500	11	15	22	30	41	55	78	110	175	280
2500	3150	13	18	26	36	50	68	96	135	210	330

公称尺寸		公差等级									
/mm		IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	$\mu\text{m}$				mm					
—	3	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
3	6	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
10	18	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
18	30	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3



(续)

公称尺寸		公差等级									
/mm		IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	$\mu\text{m}$			mm						
30	50	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
50	80	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
80	120	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
120	180	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
180	250	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
250	315	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
315	400	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
400	500	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7
500	630	175	280	440	0.70	1.10	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0
630	800	200	320	500	0.80	1.25	2.00	3.2	5.0	8.0	12.5
800	1000	230	360	560	0.90	1.40	2.30	3.6	5.6	9.0	14.0
1000	1250	260	420	660	1.05	1.65	2.60	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	310	500	780	1.25	1.95	3.10	5.0	7.8	12.5	19.5
1600	2000	370	600	920	1.50	2.30	3.70	6.0	9.2	15.0	23.0
2000	2500	440	700	1100	1.75	2.80	4.40	7.0	11.0	17.5	28.0
2500	3150	540	860	1350	2.10	3.30	5.40	8.6	13.5	21.0	33.0

注：1. 公称尺寸小于或等于 1mm 时，无 IT14 ~ IT18。

2. 公称尺寸大于 500mm 的 IT1 ~ IT15 的标准公差数值为试行的。

在 GB/T1800.1—2009 前言中，虽然删去了标准公差等级 IT01 和 IT0。为满足使用者的需要，允许在有关资料中给出。本册中仍保留了这两个级别。

(3) 基本偏差的代号 基本偏差的代号用拉丁字母表示，大写的为孔，小写的为轴，各 28 个。

孔：A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, J, JS,



K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC。

轴: a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, js, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc。

其中, H 代表基准孔, h 代表基准轴 (图 2-13)。

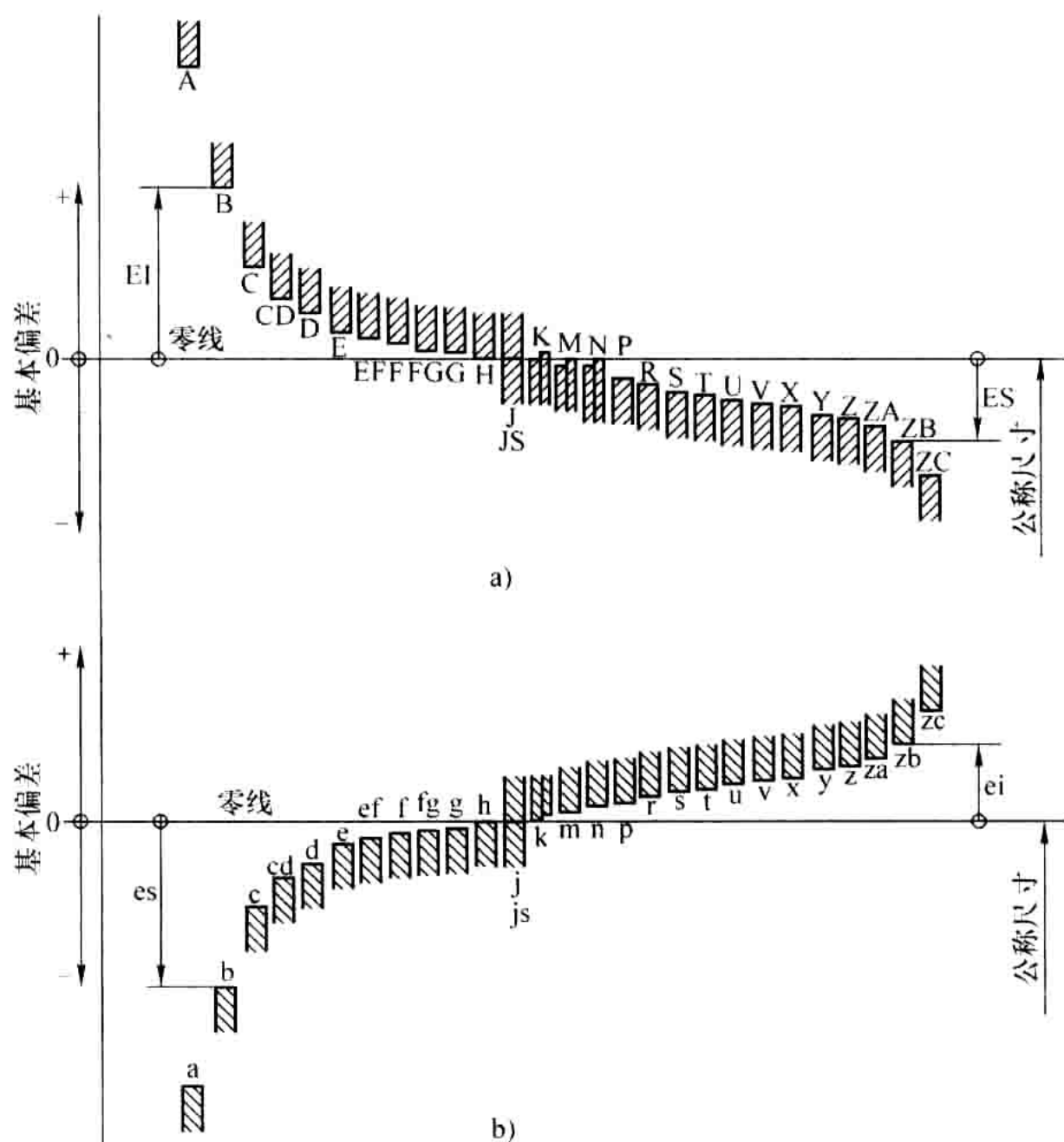


图 2-13 基本偏差系列示意图

a) 孔 b) 轴

(4) 偏差代号 偏差代号规定如下：孔的上极限偏差为 ES，孔的下极限偏差为 EI；轴的上极限偏差为 es，轴的下极限偏差为 ei。

(5) 轴的极限偏差 轴的基本偏差从 a 到 h 为上极限偏差，从 j 到 zc 为下极限偏差。

轴的基本偏差数值表见表 2-3 和表 2-4。

表 2-3 轴的基本偏差数值表 (一)

(单位:  $\mu\text{m}$ )

基本偏差		上 极 限 偏 差 (es)							
		a	b	c	cd	d	e	ef	f
公称尺寸 /mm		标 准 公 差 等 级							
大于	至	所 有 等 级							
—	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13
10	14	-290	-150	-95		-50	-32		-16
14	18								
18	24	-300	-160	-110		-65	-40		-20
24	30								
30	40	-310	-170	-120		-80	-50		-25
40	50	-320	-180	-130					
50	65	-340	-190	-140		-100	-60		-30
65	80	-360	-200	-150					
80	100	-380	-220	-170		-120	-72		-36
100	120	-410	-240	-180					

基本偏差		上 极 限 偏 差 (es)							
		a	b	c	cd	d	e	ef	f
公称尺寸 /mm		标 准 公 差 等 级							
大于	至	所 有 等 级							
120	140	-460	-260	-200		-145	-85		-43
140	160	-520	-280	-210					
160	180	-580	-310	-230					
180	200	-660	-340	-240		-170	-100		-50
200	225	-740	-380	-260					
225	250	-820	-420	-280					
250	280	-920	-480	-300		-190	-110		-56
280	315	-1050	-540	-330					
315	355	-1200	-600	-360		-210	-125		-62
355	400	-1350	-680	-400					
400	450	-1500	-760	-440		-230	-135		-68
450	500	-1650	-840	-480					
500	560					-260	-145		-76
560	630								
630	710					-290	-160		-80
710	800								
800	900					-320	-170		-86
900	1000								
1000	1120					-350	-195		-98
1120	1250								
1250	1400					-390	-220		-110
1400	1600								

(续)

基本偏差		上 极 限 偏 差 (es)							
		a	b	c	cd	d	e	ef	f
公称尺寸 /mm		标 准 公 差 等 级							
大于	至	所 有 等 级							
1600	1800					-430	-240		-120
1800	2000								
2000	2240					-480	-260		-130
2240	2500								
2500	2800					-520	-290		-145
2800	3150								

基本偏差		上极限偏差 (es)				下极限偏差 (ei)			
		fg	g	h	js	j			
基本尺寸 /mm		标 准 公 差 等 级							
大于	至	所 有 等 级				IT5、IT6	IT7	IT8	
—	3	-4	-2	0	偏差 = ± IT/2	-2	-4	-6	
3	6	-6	-4	0		-2	-4		
6	10	-8	-5	0		-2	-5		
10	14		-6	0		-3	-6		
14	18								
18	24		-7	0		-4	-8		
24	30								
30	40		-9	0		-5	-10		
40	50								
50	65		-10	0		-7	-12		
65	80								





(续)

基本偏差		下极限偏差 (ei)							
		k	m	n	p	r	s	t	
公称尺寸 /mm		标准公差等级							
大于	至	IT4 ~ IT7	≤ IT3 > IT7	所 有 等 级					
18	24	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	
24	30								+41
30	40	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48
40	50								+54
50	65	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66
65	80						+43	+59	+75
80	100	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91
100	120						+54	+79	+104
120	140	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122
140	160						+65	+100	+134
160	180						+68	+108	+146
180	200	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166
200	225						+80	+130	+180
225	250						+84	+140	+196
250	280	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218
280	315						+98	+170	+240
315	355	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268
355	400						+114	+208	+294
400	450	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330
450	500						+132	+252	+360
500	560	0	0	+26	+44	+78	+150	+280	+400

(续)

基本偏差		下极限偏差 (ei)							
		k	m	n	p	r	s	t	
公称尺寸 /mm		标准公差等级							
大于	至	IT4 ~ IT7	≤ IT3 > IT7	所 有 等 级					
560	630	0	0	+26	+44	+78	+155	+310	+450
630	710	0	0	+30	+50	+88	+175	+340	+500
710	800						+185	+380	+560
800	900	0	0	+34	+56	+100	+210	+430	+620
900	1000						+220	+470	+680
1000	1120	0	0	+40	+66	+120	+250	+520	+780
1120	1250						+260	+580	+840
1250	1400	0	0	+48	+78	+140	+300	+640	+960
1400	1600						+330	+720	+1050
1600	1800	0	0	+58	+92	+170	+370	+820	+1200
1800	2000						+400	+920	+1350
2000	2240	0	0	+68	+110	+195	+440	+1000	+1500
2240	2500						+460	+1100	+1650
2500	2800	0	0	+76	+135	+240	+550	+1250	+1900
2800	3150						+580	+1400	+2100



(续)

基本偏差		下极限偏差 (ei)							
		u	v	x	y	z	za	zb	zc
公称尺寸 /mm		标准公差等级							
大于	至	所 有 等 级							
—	3	+18		+20		+26	+32	+40	+60
3	6	+23		+28		+35	+42	+50	+80
6	10	+28		+34		+42	+52	+67	+97
10	14	+33		+40		+50	+64	+90	+130
14	18		+39	+45		+60	+77	+108	+150
18	24	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
24	30	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
30	40	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
40	50	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
50	65	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
65	80	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
80	100	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
100	120	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
120	140	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
140	160	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
160	180	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
180	200	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
200	225	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
225	250	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
250	280	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
280	315	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
315	355	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900

(续)

基本偏差		下极限偏差 (ei)							
		u	v	x	y	z	za	zb	zc
公称尺寸 /mm		标准公差等级							
大于	至	所 有 等 级							
355	400	+ 435	+ 530	+ 660	+ 820	+ 1000	+ 1300	+ 1650	+ 2100
400	450	+ 490	+ 595	+ 740	+ 920	+ 1100	+ 1450	+ 1850	+ 2400
450	500	+ 540	+ 660	+ 820	+ 1000	+ 1250	+ 1600	+ 2100	+ 2600
500	560	+ 600							
560	630	+ 660							
630	710	+ 740							
710	800	+ 840							
800	900	+ 940							
900	1000	+ 1050							
1000	1120	+ 1150							
1120	1250	+ 1300							
1250	1400	+ 1450							
1400	1600	+ 1600							
1600	1800	+ 1850							
1800	2000	+ 2000							
2000	2240	+ 2300							
2240	2500	+ 2500							
2500	2800	+ 2900							

(续)

基本偏差		下极限偏差 (ei)							
		u	v	x	y	z	za	zb	zc
公称尺寸 /mm		标准公差等级							
大于	至	所 有 等 级							
2800	3150	+3200							

注：1. 公称尺寸小于或等于 1mm 时，基本偏差 a 和 b 均不采用。

2. 公差带 js7 ~ js11，若 IT 的数值 ( $\mu\text{m}$ ) 为奇数，则取

$$\text{偏差 js} = \pm \frac{\text{IT} - 1}{2}。$$

轴的另一个偏差（下极限偏差或上极限偏差），根据轴的基本偏差和标准公差，按以下代数式计算

$$ei = es - IT \text{ 或 } es = ei + IT$$

(6) 孔的极限偏差 孔的基本偏差从 A 到 H 为下极限偏差，从 J 至 ZC 为上极限偏差。

孔的基本偏差数值表见表 2-5。

孔的另一个偏差（上极限偏差或下极限偏差），根据孔的基本偏差和标准公差，按以下代数式计算

$$EI = ES - IT \text{ 或 } ES = EI + IT$$

(7) 公差带代号 孔、轴公差带代号用基本偏差代号与公差等级代号组成。例如：H8、F8、K7、P7 等为孔的公差带代号；h7、f7、k6、p6 等为轴的公差带代号。其表示方法可以用下列示例之一：

孔： $\phi 50\text{H}8$ ， $\phi 50 \begin{smallmatrix} +0.039 \\ 0 \end{smallmatrix}$ ， $\phi 50\text{H}8 \left( \begin{smallmatrix} +0.039 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$ ；

轴： $\phi 50\text{f}7$ ， $\phi 50 \begin{smallmatrix} -0.025 \\ -0.050 \end{smallmatrix}$ ， $\phi 50\text{f}7 \left( \begin{smallmatrix} -0.025 \\ -0.050 \end{smallmatrix} \right)。$

表 2-5 孔的基本偏差数值表 (单位:  $\mu\text{m}$ )

基本偏差		下极限偏差 (EI)										上极限偏差 (ES)																				
		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	M	N															
公称尺寸 /mm		标准公差等级																														
大于	至	所有等级												IT6	IT7	IT8	≤ IT8	> IT8	≤ IT8	> IT8												
		偏差 = $\pm \frac{IT}{2}$																														
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0													+2	+4	+6	0	-2	-2	-4	-4
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0													+5	+6	+10	-1 +Δ	-4 +Δ	-8 +Δ	0	
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0													+5	+8	+12	-1 +Δ	-6 +Δ	-10 +Δ	0	
10	14	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0													+6	+10	+15	-1 +Δ	-7 +Δ	-12 +Δ	0	
14	18																															
18	24	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0													+8	+12	+20	-2 +Δ	-8 +Δ	-15 +Δ	0	
24	30																															
30	40	+310	+170	+120		+80	+50		+25		+9	0													+10	+14	+24	-2 +Δ	-9 +Δ	-17 +Δ	0	
40	50	+320	+180	+130																												
50	65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0													+13	+18	+28	-2 +Δ	-11 +Δ	-20 +Δ	0	
65	80	+360	+200	+150																												

$$\text{偏差} = \frac{IT}{2}$$

(续)

[illegible]

[illegible]

基本偏差	上极限偏差 (ES)										Δ 值									
	P 至 ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC							
公称尺寸 /mm	标准公差等级																			
大于	至	≤ IT7	> IT7										IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8		
—	3	在大 于 7 级的相应数值上增加一个 Δ 值	-6	-10	-14		-18		-20		-26	-32	-40	-60	0					
3	6		-12	-15	-19		-23		-28		-35	-42	-50	-80	1	1.5	1	3	4	6
6	10		-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7
10	14		-18	-23	-28		-33		-40		-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9
14	18					-39	-45		-60	-77	-108	-150								
18	24		-22	-28	-35		-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1.5	2	3	4	8	12
24	30					-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218						
30	40		-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1.5	3	4	5	9	14
40	50				-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325							
50	65	-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16	
65	80		-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480							

(续)

基本偏差	上极限偏差 (ES)											Δ 值										
	P 至 ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC									
公称尺寸 /mm	标准公差等级																					
大于 至	≤ IT7	> IT7															IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
80 100	-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19				
100 120		-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690										
120 140	-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23				
140 160		-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900										
160 180	-50	-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000	3	4	6	9	17	26				
180 200		-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150										
200 225	-56	-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	4	4	7	9	20	29				
225 250		-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350										
250 280	-62	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29				
280 315		-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700										
315 355		-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32				
355 400		-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100										

在大于 7 级的相应数值上增加一个 Δ 值





(续)

基本偏差	上极限偏差 (ES)											Δ 值										
	P 至 ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC									
公称尺寸 /mm	标准公差等级																					
大于 至	≤ IT7	> IT7															IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
1600 1800	在大 于 7 级的相应数值上增加一个 Δ 值	-170	-370	-820	-1200	-1850																
1800 2000			-400	-920	-1350	-2000																
2000 2240	在大 于 7 级的相应数值上增加一个 Δ 值	-195	-440	-1000	-1500	-2300																
2240 2500			-460	-1100	-1650	-2500																
2500 2800	在大 于 7 级的相应数值上增加一个 Δ 值	-240	-550	-1250	-1900	-2900																
2800 3150			-580	-1400	-2100	-3200																

注：1. 公称尺寸小于或等于 1mm 时，基本偏差 A 和 B 及大于 8 级的 N 均不采用。

2. 公差带 JS7 ~ JS11，若 IT 的数值 (μm) 为奇数，则取偏差  $JS = \pm \frac{IT-1}{2}$ 。

3. 特殊情况，当公称尺寸为 250 至 315mm 时，M6 的 ES = -9μm (不等于 -11μm)。

4. 对小于或等于 IT8 的 K、M、N 和小于或等于 IT7 的 P 至 ZC，所需 Δ 值从表内右侧栏选取。例如：大于 6 至 10mm 的 P6，Δ = 3μm，所以 ES = (-15 + 3) μm = -12μm。

(8) 基准制 在一般情况下, 优先采用基孔制。如有特殊需要, 允许将任一孔、轴公差带组成配合。

(9) 配合代号 配合代号用孔、轴公差带的组合表示, 写成分数形式, 分子为孔的公差带, 分母为轴的公差带。例如:  $H8/f7$  或  $\frac{H8}{f7}$ 。其表示方法可用以下示例之一:

$$\phi 50H8/f7 \text{ 或 } \phi 50 \frac{H8}{f7}; 10H7/n6 \text{ 或 } 10 \frac{H7}{n6}。$$

(10) 配合分类 配合有三类, 即间隙配合、过渡配合和过盈配合。属于哪一类配合取决于孔、轴公差带的相互关系。

基孔制 (基轴制) 中,  $a$  到  $h$  ( $A$  到  $H$ ) 用于间隙配合,  $j$  到  $zc$  ( $J$  到  $ZC$ ) 用于过渡配合和过盈配合。

(11) 公差带及配合的选用原则 孔、轴公差带及配合, 首先采用优先公差带及优先配合, 其次采用常用公差带及常用配合, 再次采用一般用途公差带。

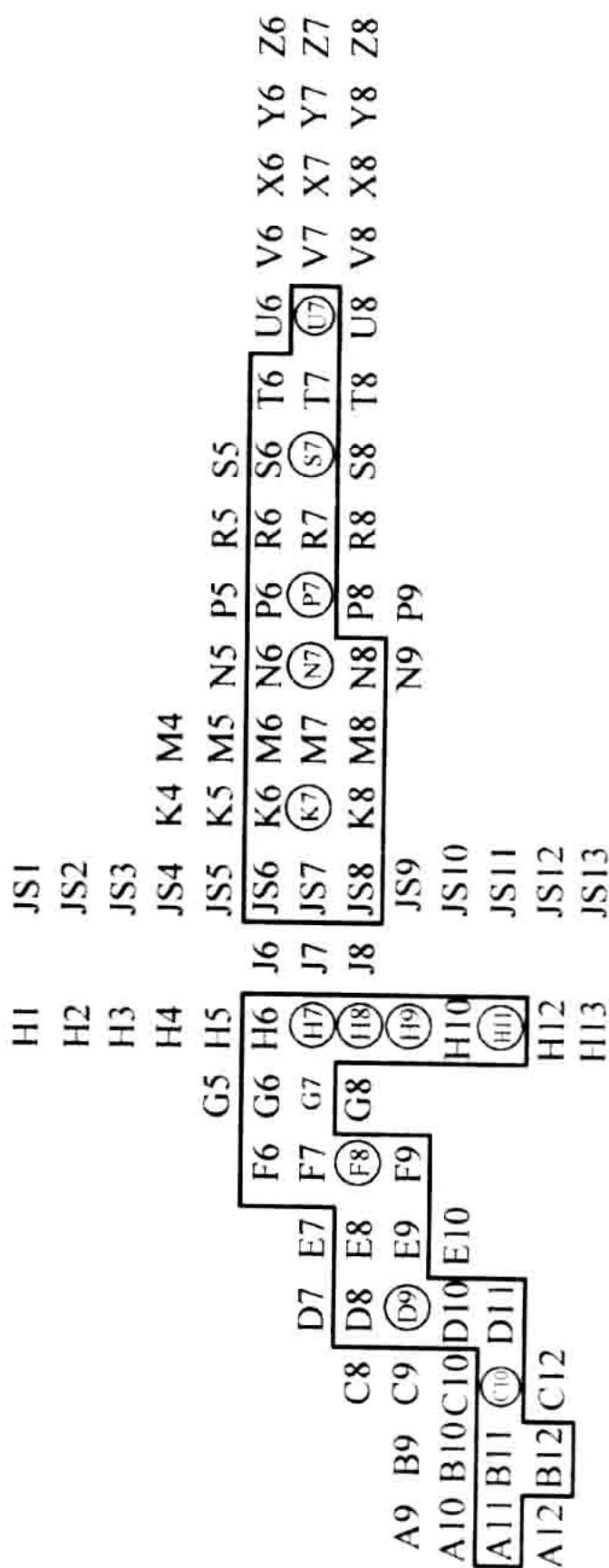
必要时, 可按标准所规定的标准公差与基本偏差组成孔、轴公差带及配合。

### 3. 孔、轴的极限偏差与配合

(1) 孔的常用和优先公差带 (尺寸  $\leq 500\text{mm}$ ) (图 2-14)

(2) 轴的常用和优先公差带 (尺寸  $\leq 500\text{mm}$ ) (图 2-15)

(3) 孔、轴的极限偏差数值 (表 2-6、表 2-7)



- 注: 1. 孔的一般公差带, 共 105 个(包括常用和优先)。  
 2. 带方框的为常用公差带, 共 43 个(包括优先)。  
 3. 圆圈中的为优先公差带, 共 13 个。

图 2-14 孔的常用和优先公差带

(4) 孔的极限偏差表见表 2-6, 轴的极限偏差表见表 2-7。

表 2-6 孔的极限偏差表 (单位:  $\mu\text{m}$ )

公称尺寸		公差带												
/mm		A				B				C				
大于	至	9	10	11	12	9	10	11	12	8	9	10	11	12
—	3	+295	+310	+330	+370	+165	+180	+200	+240	+74	+85	+100	+120	+160
		+270	+270	+270	+270	+140	+140	+140	+140	+60	+60	+60	+60	+60
3	6	+300	+318	+345	+390	+170	+188	+215	+260	+88	+100	+118	+145	+190
		+270	+270	+270	+270	+140	+140	+140	+140	+70	+70	+70	+70	+70
6	10	+316	+338	+370	+430	+186	+208	+240	+300	+102	+116	+138	+170	+230
		+280	+280	+280	+280	+150	+150	+150	+150	+80	+80	+80	+80	+80
10	18	+333	+360	+400	+470	+193	+220	+260	+330	+122	+138	+165	+205	+275
		+290	+290	+290	+290	+150	+150	+150	+150	+95	+95	+95	+95	+95
18	30	+352	+384	+430	+510	+212	+244	+290	+370	+143	+162	+194	+240	+320
		+300	+300	+300	+300	+160	+160	+160	+160	+110	+110	+110	+110	+110
30	40	+372	+410	+470	+560	+232	+270	+330	+420	+159	+182	+220	+280	+370
		+310	+310	+310	+310	+170	+170	+170	+170	+120	+120	+120	+120	+120

40	50	+ 382	+ 420	+ 480	+ 570	+ 242	+ 280	+ 340	+ 430	+ 169	+ 192	+ 230	+ 290	+ 380
		+ 320	+ 320	+ 320	+ 320	+ 180	+ 180	+ 180	+ 180	+ 130	+ 130	+ 130	+ 130	+ 130
50	65	+ 414	+ 460	+ 530	+ 640	+ 264	+ 310	+ 380	+ 490	+ 186	+ 214	+ 260	+ 330	+ 440
		+ 340	+ 340	+ 340	+ 340	+ 190	+ 190	+ 190	+ 190	+ 140	+ 140	+ 140	+ 140	+ 140
65	80	+ 434	+ 480	+ 550	+ 660	+ 274	+ 320	+ 390	+ 500	+ 196	+ 224	+ 270	+ 340	+ 450
		+ 360	+ 360	+ 360	+ 360	+ 200	+ 200	+ 200	+ 200	+ 150	+ 150	+ 150	+ 150	+ 150
80	100	+ 467	+ 520	+ 600	+ 730	+ 307	+ 360	+ 440	+ 570	+ 224	+ 257	+ 310	+ 390	+ 520
		+ 380	+ 380	+ 380	+ 380	+ 220	+ 220	+ 220	+ 220	+ 170	+ 170	+ 170	+ 170	+ 170
100	120	+ 497	+ 550	+ 630	+ 760	+ 327	+ 380	+ 460	+ 590	+ 234	+ 267	+ 320	+ 400	+ 530
		+ 410	+ 410	+ 410	+ 410	+ 240	+ 240	+ 240	+ 240	+ 180	+ 180	+ 180	+ 180	+ 180
120	140	+ 560	+ 620	+ 710	+ 860	+ 360	+ 420	+ 510	+ 660	+ 263	+ 300	+ 360	+ 450	+ 600
		+ 460	+ 460	+ 460	+ 460	+ 260	+ 260	+ 260	+ 260	+ 200	+ 200	+ 200	+ 200	+ 200
140	160	+ 620	+ 680	+ 770	+ 920	+ 380	+ 440	+ 530	+ 680	+ 273	+ 310	+ 370	+ 460	+ 610
		+ 520	+ 520	+ 520	+ 520	+ 280	+ 280	+ 280	+ 280	+ 210	+ 210	+ 210	+ 210	+ 210
160	180	+ 680	+ 740	+ 830	+ 980	+ 410	+ 470	+ 560	+ 710	+ 293	+ 330	+ 390	+ 480	+ 630
		+ 580	+ 580	+ 580	+ 580	+ 310	+ 310	+ 310	+ 310	+ 230	+ 230	+ 230	+ 230	+ 230
180	200	+ 775	+ 845	+ 950	+ 1120	+ 455	+ 525	+ 630	+ 800	+ 312	+ 355	+ 425	+ 530	+ 700
		+ 660	+ 660	+ 660	+ 660	+ 340	+ 340	+ 340	+ 340	+ 240	+ 240	+ 240	+ 240	+ 240

(续)

公称尺寸		公差带												
/mm		A				B				C				
大于	至	9	10	11	12	9	10	11	12	8	9	10	11	12
200	225	+855 +740	+925 +740	+1030 +740	+1200 +740	+495 +380	+565 +380	+670 +380	+840 +380	+332 +260	+375 +260	+445 +260	+550 +260	+720 +260
225	250	+935 +820	+1005 +820	+1110 +820	+1280 +820	+535 +420	+605 +420	+710 +420	+880 +420	+352 +280	+395 +280	+465 +280	+570 +280	+740 +280
250	280	+1050 +920	+1130 +920	+1240 +920	+1440 +920	+610 +480	+690 +480	+800 +480	+1000 +480	+381 +300	+430 +300	+510 +300	+620 +300	+820 +300
280	315	+1180 +1050	+1260 +1050	+1370 +1050	+1570 +1050	+670 +540	+750 +540	+860 +540	+1060 +540	+411 +330	+460 +330	+540 +330	+650 +330	+850 +330
315	355	+1340 +1200	+1430 +1200	+1560 +1200	+1770 +1200	+740 +600	+830 +600	+960 +600	+1170 +600	+449 +360	+500 +360	+590 +360	+720 +360	+930 +360
355	400	+1490 +1350	+1580 +1350	+1710 +1350	+1920 +1350	+820 +680	+910 +680	+1040 +680	+1250 +680	+489 +400	+540 +400	+630 +400	+760 +400	+970 +400
400	450	+1655 +1500	+1750 +1500	+1900 +1500	+2130 +1500	+915 +760	+1010 +760	+1160 +760	+1390 +760	+537 +440	+595 +440	+690 +440	+840 +440	+1070 +440
450	500	+1805 +1650	+1900 +1650	+2050 +1650	+2280 +1650	+995 +840	+1090 +840	+1240 +840	+1470 +840	+577 +480	+635 +480	+730 +480	+880 +480	+1110 +480

(续)

公称尺寸		公差带													
/mm		D					E					F			
大于	至	7	8	9	10	11	7	8	9	10	6	7	8	9	
—	3	+30 +20	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+80 +20	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+54 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+31 +6	
3	6	+42 +30	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+105 +30	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+68 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+40 +10	
6	10	+55 +40	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+130 +40	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+83 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+49 +13	
10	14	+68 +50	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+160 +50	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+102 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+59 +16	
14	18														
18	24	+86 +65	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+195 +65	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+124 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+72 +20	
24	30														
30	40	+105 +80	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+240 +80	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+150 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+87 +25	
40	50														
50	65	+130 +100	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+290 +100	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+180 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+104 +30	
65	80														



(续)

公称尺寸		公差带												
		D						E				F		
/mm		7	8	9	10	11	7	8	9	10	6	7	8	9
大于	至	+155	+174	+207	+260	+340	+107	+125	+159	+212	+58	+71	+90	+123
80	100	+120	+120	+120	+120	+120	+72	+72	+72	+72	+36	+36	+36	+36
100	120													
120	140	+185	+208	+245	+305	+395	+125	+148	+185	+245	+68	+83	+106	+143
140	160	+145	+145	+145	+145	+145	+85	+85	+85	+85	+43	+43	+43	+43
160	180													
180	200	+216	+242	+285	+355	+460	+146	+172	+215	+285	+79	+96	+122	+165
200	225	+170	+170	+170	+170	+170	+100	+100	+100	+100	+50	+50	+50	+50
225	250													
250	280	+242	+271	+320	+400	+510	+162	+191	+240	+320	+88	+108	+137	+186
280	315	+190	+190	+190	+190	+190	+110	+110	+110	+110	+56	+56	+56	+56
315	355	+267	+299	+350	+440	+570	+182	+214	+265	+355	+98	+119	+151	+202
355	400	+210	+210	+210	+210	+210	+125	+125	+125	+125	+62	+62	+62	+62
400	450	+293	+327	+385	+480	+630	+198	+232	+290	+385	+108	+131	+165	+223
450	500	+230	+230	+230	+230	+230	+135	+135	+135	+135	+68	+68	+68	+68



(续)

[illegible]

公称尺寸		公差带													
/mm		H						J			JS				
大于	至	10	11	12	13	6	7	8	1	2	3	4	5	6	
—	3	+40 0	+60 0	+100 0	+140 0	+2 -4	+4 -6	+6 -8	±0.4	±0.6	±1	±1.5	±2	±3	
3	6	+48 0	+75 0	+120 0	+180 0	+5 -3	±6 -8	+10 -8	±0.5	±0.75	±1.25	±2	±2.5	±4	
6	10	+58 0	+90 0	+150 0	+220 0	+5 -4	+8 -7	+12 -10	±0.5	±0.75	±1.25	±2	±3	±4.5	
10	14	+70 0	+110 0	+180 0	+270 0	+6 -5	+10 -8	+15 -12	±0.6	±1	±1.5	±2.5	±4	±5.5	
14	18														
18	24	+84 0	+130 0	+210 0	+330 0	+8 -5	+12 -9	+20 -13	±0.75	±1.25	±2	±3	±4.5	±6.5	
24	30														
30	40	+100 0	+160 0	+250 0	+390 0	+10 -6	+14 -11	+24 -15	±0.75	±1.25	±2	±3.5	±5.5	±8	
40	50														
50	65	+120 0	+190 0	+300 0	+460 0	+13 -6	+18 -12	+28 -18	±1	±1.5	±2.5	±4	±6.5	±9.5	
65	80														

(续)

公称尺寸		公差带													
/mm		H						J			JS				
大于	至	10	11	12	13	6	7	8	1	2	3	4	5	6	
80	100	+140	+220	+350	+540	+16	+22	+34	±1.25	±2	±3	±5	±7.5	±11	
100	120	0	0	0	0	-6	-13	-20							
120	140	+160	+250	+400	+630	+18	+26	+41	±1.75	±2.5	±4	±6	±9	±12.5	
140	160	0	0	0	0	-7	-14	-22							
160	180														
180	200														
200	225	+185	+290	+460	+720	+22	+30	+47	±2.25	±3.5	±5	±7	±10	±14.5	
225	250	0	0	0	0	-7	-16	-25							
250	280	+210	+320	+520	+810	+25	+36	+55	±3	±4	±6	±8	±11.5	±16	
280	315	0	0	0	0	-7	-16	-26							
315	355	+230	+360	+570	+890	+29	+39	+60	±3.5	±4.5	±6.5	±9	±12.5	±18	
355	400	0	0	0	0	-7	-18	-29							
400	450	+250	+400	+630	+970	+33	+43	+66	±4	±5	±7.5	±10	±13.5	±20	
450	500	0	0	0	0	-7	-20	-31							

(续)

[illegible]

(续)

公称尺寸		公差带													
/mm		JS							K						M
大于	至	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	4	
80	100	± 17	± 27	± 43	± 70	± 110	± 175	± 270		+ 2	+ 4	+ 10	+ 16		
100	120									- 13	- 18	- 25	- 38		
120	140									+ 3	+ 4	+ 12	+ 20		
140	160	± 20	± 31	± 50	± 80	± 125	± 200	± 315		- 15	- 21	- 28	- 43		
160	180														
180	200									+ 2	+ 5	+ 13	+ 22		
200	225	± 23	± 36	± 57	± 92	± 145	± 230	± 360		- 18	- 24	- 33	- 50		
225	250														
250	280	± 26	± 40	± 65	± 105	± 160	± 280	± 405		+ 3	+ 5	+ 16	+ 25		
280	315									- 20	- 27	- 36	- 56		
315	355	± 28	± 44	± 70	± 115	± 180	± 285	± 445		+ 3	+ 7	+ 17	+ 28		
355	400									- 22	- 29	- 40	- 61		
400	450									+ 2	+ 8	+ 18	+ 29		
450	500	± 31	± 48	± 77	± 125	± 200	± 315	± 485		- 25	- 32	- 45	- 68		

(续)

111

公称尺寸		公差带													
/mm		M					N					P			
大于	至	5	6	7	8		5	6	7	8	9	5	6	7	8
—	3	-2	-2	-2	-2		-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6	-6
		-6	-8	-12	-16		-8	-10	-14	-18	-29	-10	-12	-16	-20
3	6	-3	-1	0	+2		-7	-5	-4	-2	0	-11	-9	-8	-12
		-8	-9	-12	-16		-12	-13	-16	-20	-30	-16	-17	-20	-30
6	10	-4	-3	0	+1		-8	-7	-4	-3	0	-13	-12	-9	-15
		-10	-12	-15	-21		-14	-16	-19	-25	-36	-19	-21	-24	-37
10	14	-4	-4	0	+2		-9	-9	-5	-3	0	-15	-15	-11	-18
14	18	-12	-15	-18	-25		-17	-20	-23	-30	-43	-23	-26	-29	-45
18	24	-5	-4	0	+4		-12	-11	-7	-3	0	-19	-18	-14	-22
		-14	-17	-21	-29		-21	-24	-28	-36	-52	-28	-31	-35	-55
30	40	-5	-4	0	+5		-13	-12	-8	-3	0	-22	-21	-17	-26
40	50	-16	-20	-25	-34		-24	-28	-33	-42	-62	-33	-37	-42	-65
50	65	-6	-5	0	+5		-15	-14	-9	-4	0	-27	-26	-21	-32
		-19	-24	-30	-41		-28	-33	-39	-50	-74	-40	-45	-51	-78



(续)

公称尺寸 /mm		公差带												
		M					N					P		
大于	至	5	6	7	8	5	6	7	8	9	5	6	7	8
80	100	-8	-6	0	+6	-18	-16	-10	-4	0	-32	-30	-24	-37
100	120	-23	-28	-35	-48	-33	-38	-45	-58	-87	-47	-52	-59	-91
120	140	-9	-8	0	+8	-21	-20	-12	-4	0	-37	-36	-28	-43
140	160	-27	-33	-40	-55	-39	-45	-52	-67	-100	-55	-61	-68	-106
160	180													
180	200	-11	-8	0	+9	-25	-22	-14	-5	0	-44	-41	-33	-50
200	225	-31	-37	-46	-63	-45	-51	-60	-77	-115	-64	-70	-79	-122
225	250													
250	280	-13	-9	0	+9	-27	-25	-14	-5	0	-49	-47	-36	-56
280	315	-36	-41	-52	-72	-50	-57	-66	-86	-130	-72	-79	-88	-137
315	355	-14	-10	0	+11	-30	-26	-16	-5	0	-55	-51	-41	-62
355	400	-39	-46	-57	-78	-55	-62	-73	-94	-140	-80	-87	-98	-151
400	450	-16	-10	0	+11	-33	-27	-17	-6	0	-61	-55	-45	-68
450	500	-43	-50	-63	-86	-60	-67	-80	-103	-155	-88	-95	-108	-165

(续)

公称尺寸		公差带												
/mm		R				S				T			U	
	P	5	6	7	8	5	6	7	8	6	7	8	U	
大于	9												6	
—	-6 -31	-10 -14	-10 -16	-10 -20	-10 -24	-14 -18	-14 -20	-14 -24	-14 -28				-18 -24	
3	-12 -42	-14 -19	-12 -20	-11 -23	-15 -33	-18 -23	-16 -24	-15 -27	-19 -37				-20 -28	
6	-15 -51	-17 -23	-16 -25	-13 -28	-19 -41	-21 -27	-20 -29	-17 -32	-23 -45				-25 -34	
10	-18 -61	-20 -28	-20 -31	-16 -34	-23 -50	-25 -33	-25 -36	-21 -39	-28 -55				-30 -41	
18													-37 -50	
24	-22 -74	-25 -34	-24 -37	-20 -41	-28 -61	-32 -41	-31 -44	-27 -48	-35 -68	-37 -50	-33 -54	-41 -74	-44 -57	
30													-55 -71	
40	-26 -88	-30 -41	-29 -45	-25 -50	-34 -73	-39 -50	-38 -54	-34 -59	-43 -82	-43 -65	-39 -70	-48 -93	-65 -81	

(续)

公称尺寸		公差带												
/mm		P	R				S				T			U
大于	至	9	5	6	7	8	5	6	7	8	6	7	8	6
50	65	-32	-36	-35	-30	-41	-48	-47	-42	-53	-60	-55	-66	-81
			-49	-54	-60	-87	-61	-66	-72	-99	-79	-85	-100	
65	80	-106	-38	-37	-32	-43	-54	-53	-48	-59	-69	-64	-75	-96
			-51	-56	-62	-89	-67	-72	-78	-105	-88	-94	-115	
80	100	-37	-46	-44	-38	-51	-66	-64	-58	-71	-84	-78	-91	-117
			-61	-66	-73	-105	-81	-86	-93	-125	-106	-113	-139	
100	120	-124	-49	-47	-41	-54	-74	-72	-66	-79	-97	-91	-104	-137
			-64	-69	-76	-108	-89	-94	-101	-133	-119	-126	-158	-159
120	140	-43	-57	-56	-48	-63	-86	-85	-77	-92	-115	-107	-122	-163
			-75	-81	-88	-126	-104	-110	-117	-155	-140	-147	-185	-188
140	160	-143	-59	-58	-50	-65	-94	-93	-85	-100	-127	-119	-134	-183
			-77	-83	-90	-128	-112	-118	-125	-163	-152	-159	-197	-208
160	180	-43	-62	-61	-53	-68	-102	-101	-93	-108	-139	-131	-146	-203
			-80	-86	-93	-131	-120	-126	-133	-171	-164	-171	-209	-228
180	200	-43	-71	-68	-60	-77	-116	-113	-105	-122	-157	-149	-166	-227
			-91	-97	-106	-149	-136	-142	-151	-194	-186	-195	-238	-256

200	225	- 50 - 165	- 74 - 94	- 71 - 100	- 63 - 109	- 80 - 152	- 124 - 144	- 121 - 150	- 113 - 159	- 130 - 202	- 171 - 200	- 163 - 209	- 180 - 252	- 249 - 278
225	250		- 78 - 98	- 75 - 104	- 67 - 113	- 84 - 156	- 134 - 154	- 131 - 160	- 123 - 169	- 140 - 212	- 187 - 216	- 179 - 225	- 196 - 268	- 275 - 304
250	280		- 87 - 110	- 85 - 117	- 74 - 126	- 94 - 175	- 151 - 174	- 149 - 181	- 138 - 190	- 158 - 239	- 209 - 241	- 198 - 250	- 218 - 299	- 306 - 338
280	315	- 56 - 186	- 91 - 114	- 89 - 121	- 78 - 130	- 98 - 179	- 163 - 186	- 161 - 193	- 150 - 202	- 170 - 251	- 231 - 263	- 220 - 272	- 240 - 321	- 341 - 373
315	355		- 101 - 126	- 97 - 133	- 87 - 144	- 108 - 197	- 183 - 208	- 179 - 215	- 169 - 226	- 190 - 279	- 257 - 293	- 247 - 304	- 268 - 357	- 379 - 415
355	400	- 62 - 202	- 107 - 132	- 103 - 139	- 93 - 150	- 114 - 203	- 201 - 226	- 197 - 233	- 187 - 244	- 208 - 297	- 283 - 319	- 273 - 330	- 294 - 383	- 424 - 460
400	450		- 119 - 146	- 113 - 153	- 103 - 166	- 126 - 223	- 225 - 252	- 219 - 259	- 209 - 272	- 232 - 329	- 317 - 357	- 307 - 370	- 330 - 427	- 477 - 517
450	500	- 68 - 223	- 125 - 152	- 119 - 159	- 109 - 172	- 132 - 229	- 245 - 272	- 239 - 279	- 229 - 292	- 252 - 349	- 347 - 387	- 337 - 400	- 360 - 457	- 527 - 567

(续)

公称尺寸		公差带														
/mm		U			V			X			Y			Z		
大于	至	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	
—	3	-18 -28	-18 -32				-20 -26	-20 -30	-20 -34				-26 -32	-26 -36	-26 -40	
3	6	-19 -31	-23 -41				-25 -33	-24 -36	-28 -46				-32 -40	-31 -43	-35 -53	
6	10	-22 -37	-28 -50				-31 -40	-28 -43	-34 -56				-39 -48	-36 -51	-42 -64	
10	14	-26 -44	-33 -60				-37 -48	-33 -51	-40 -67				-47 -58	-43 -61	-50 -77	
14	18			-36 -47	-32 -50	-39 -66	-42 -53	-38 -56	-45 -72				-57 -68	-53 -71	-60 -87	
18	24	-33 -54	-41 -74	-43 -56	-39 -60	-47 -80	-50 -63	-46 -67	-54 -87	-59 -72	-55 -76	-63 -96	-69 -82	-65 -86	-73 -106	
24	30	-40 -61	-48 -81	-51 -64	-47 -68	-55 -88	-60 -73	-56 -77	-64 -97	-71 -84	-67 -88	-75 -108	-84 -97	-80 -101	-88 -121	
30	40	-51 -76	-60 -99	-63 -79	-59 -84	-68 -107	-75 -91	-71 -96	-80 -119	-89 -105	-85 -110	-94 -133	-107 -123	-103 -128	-112 -151	

40	50	-61	-70	-76	-72	-81	-92	-88	-97	-109	-105	-114	-131	-127	-136
		-86	-109	-92	-97	-120	-108	-113	-136	-125	-130	-153	-147	-152	-175
50	65	-76	-87	-96	-91	-102	-116	-111	-122	-138	-133	-144		-161	-172
		-106	-133	-115	-121	-148	-135	-141	-168	-157	-163	-190		-191	-218
65	80	-91	-102	-114	-109	-120	-140	-135	-146	-168	-163	-174		-199	-210
		-121	-148	-133	-139	-166	-159	-165	-192	-187	-193	-220		-229	-256
80	100	-111	-124	-139	-133	-146	-171	-165	-178	-207	-201	-214		-245	-258
		-146	-178	-161	-168	-200	-193	-200	-232	-229	-236	-268		-280	-312
100	120	-131	-144	-165	-159	-172	-203	-197	-210	-247	-241	-254		-297	-310
		-166	-198	-187	-194	-226	-225	-232	-264	-269	-276	-308		-332	-364
120	140	-155	-170	-195	-187	-202	-241	-233	-248	-293	-285	-300		-350	-365
		-195	-233	-220	-227	-265	-266	-273	-311	-318	-325	-363		-390	-428
140	160	-175	-190	-221	-213	-228	-273	-265	-280	-333	-325	-340		-400	-415
		-215	-253	-246	-253	-291	-298	-305	-343	-358	-365	-403		-440	-478
160	180	-195	-210	-245	-237	-252	-303	-295	-310	-373	-365	-380		-450	-465
		-235	-273	-270	-277	-315	-328	-335	-373	-398	-405	-443		-490	-528
180	200	-219	-236	-275	-267	-284	-341	-333	-350	-416	-408	-425		-503	-520
		-265	-308	-304	-313	-356	-370	-379	-422	-445	-454	-497		-549	-592
200	225	-241	-258	-301	-293	-310	-376	-368	-385	-461	-453	-470		-558	-575
		-287	-330	-330	-339	-382	-405	-414	-457	-490	-499	-542		-604	-647
225	250	-267	-284	-331	-323	-340	-416	-408	-425	-511	-503	-520		-623	-640
		-313	-356	-360	-369	-412	-445	-454	-497	-540	-549	-592		-669	-712

(续)

公称尺寸 /mm		公差带											
		U			V			X			Y		
大于	至	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	Z
250	280	-295 -347	-315 -396	-376 -408	-365 -417	-385 -466	-466 -498	-455 -507	-475 -556	-571 -603	-560 -612	-580 -661	-690 -742
280	315	-330 -382	-350 -431	-416 -448	-405 -457	-425 -506	-516 -548	-505 -557	-525 -606	-641 -673	-630 -682	-650 -731	-770 -822
315	355	-369 -426	-390 -479	-464 -500	-454 -511	-475 -564	-579 -615	-569 -626	-590 -679	-719 -755	-709 -766	-730 -819	-879 -936
355	400	-414 -471	-435 -524	-519 -555	-509 -566	-530 -619	-649 -685	-639 -696	-660 -749	-809 -845	-799 -856	-820 -909	-979 -1036
400	450	-467 -530	-490 -587	-582 -622	-572 -635	-595 -692	-727 -767	-717 -780	-740 -837	-907 -947	-897 -960	-920 -1017	-1077 -1140
450	500	-517 -580	-540 -637	-647 -687	-637 -700	-660 -757	-807 -847	-797 -860	-820 -917	-987 -1027	-977 -1040	-1000 -1097	-1227 -1290
													-1250 -1347

注：1. 公称尺寸小于 1mm 时，各级的 A 和 B 均不采用。

2. IT4 ~ IT8 只用于大 1mm 的公称尺寸。

3. 公差带 N9、N10 和 N11 只用于大于 1mm 的公称尺寸。

4. 公称尺寸大于 3mm 时，大于 IT8 的 K 的偏差值不作规定。

5. 公称尺寸为大于 3 ~ 6mm 的 J7 的偏差值与对应尺寸段的 JS7 等值。

表 2-7 轴的极限偏差表 (单位:  $\mu\text{m}$ )

公称尺寸 /mm		公差带														
		a					b					c				
大于	至	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12
—	3	-270	-270	-270	-270	-270	-140	-140	-140	-140	-140	-60	-60	-60	-60	-60
		-295	-310	-330	-370	-410	-165	-180	-200	-240	-280	-74	-85	-100	-120	-160
3	6	-270	-270	-270	-270	-270	-140	-140	-140	-140	-140	-70	-70	-70	-70	-70
6	10	-300	-318	-345	-390	-450	-170	-188	-215	-260	-320	-88	-100	-118	-145	-190
		-280	-280	-280	-280	-280	-150	-150	-150	-150	-150	-80	-80	-80	-80	-80
10	14	-316	-338	-370	-430	-500	-186	-208	-240	-300	-370	-102	-116	-138	-170	-220
		-290	-290	-290	-290	-290	-150	-150	-150	-150	-150	-95	-95	-95	-95	-95
14	18	-333	-360	-400	-470	-560	-193	-220	-260	-330	-420	-122	-138	-165	-205	-275
		-300	-300	-300	-300	-300	-160	-160	-160	-160	-160	-110	-110	-110	-110	-110
18	24	-352	-384	-430	-510	-630	-212	-244	-290	-370	-490	-143	-162	-194	-240	-320
		-310	-310	-310	-310	-310	-170	-170	-170	-170	-170	-120	-120	-120	-120	-120
24	30	-372	-410	-470	-560	-700	-232	-270	-330	-420	-560	-159	-182	-220	-280	-370
		-320	-320	-320	-320	-320	-180	-180	-180	-180	-180	-130	-130	-130	-130	-130
30	40	-382	-420	-480	-570	-710	-242	-280	-340	-430	-570	-169	-192	-230	-290	-380
		-340	-340	-340	-340	-340	-190	-190	-190	-190	-190	-140	-140	-140	-140	-140
40	50	-414	-460	-530	-640	-800	-264	-310	-380	-490	-650	-186	-214	-260	-330	-440
		-340	-340	-340	-340	-340	-190	-190	-190	-190	-190	-140	-140	-140	-140	-140
50	65	-414	-460	-530	-640	-800	-264	-310	-380	-490	-650	-186	-214	-260	-330	-440
		-340	-340	-340	-340	-340	-190	-190	-190	-190	-190	-140	-140	-140	-140	-140



公 差 带

公称尺寸		公 差 带														
/mm		a					b					c				
大于	至	9	10	11	12	13	9	10	11	12	13	8	9	10	11	12
65	80	-360	-360	-360	-360	-360	-200	-200	-200	-200	-200	-150	-150	-150	-150	-150
		-434	-480	-550	-660	-820	-274	-320	-390	-500	-660	-196	-224	-270	-340	-450
80	100	-380	-380	-380	-380	-380	-220	-220	-220	-220	-220	-170	-170	-170	-170	-170
		-467	-520	-600	-730	-920	-307	-360	-440	-570	-760	-224	-257	-310	-390	-520
100	120	-410	-410	-410	-410	-410	-240	-240	-240	-240	-240	-180	-180	-180	-180	-180
		-497	-550	-630	-760	-950	-327	-380	-460	-590	-780	-234	-267	-320	-400	-530
120	140	-460	-460	-460	-460	-460	-260	-260	-260	-260	-260	-200	-200	-200	-200	-200
		-560	-620	-710	-860	-1090	-360	-420	-510	-660	-890	-263	-300	-360	-450	-600
140	160	-520	-520	-520	-520	-520	-280	-280	-280	-280	-280	-210	-210	-210	-210	-210
		-620	-680	-770	-920	-1150	-380	-440	-530	-680	-910	-273	-310	-370	-460	-610
160	180	-580	-580	-580	-580	-580	-310	-310	-310	-310	-310	-230	-230	-230	-230	-230
		-680	-740	-830	-980	-1210	-410	-470	-560	-710	-940	-293	-330	-390	-480	-630
180	200	-660	-660	-660	-660	-660	-340	-340	-340	-340	-340	-240	-240	-240	-240	-240
		-775	-845	-950	-1120	-1380	-455	-525	-630	-800	-1060	-312	-355	-425	-530	-700
200	225	-740	-740	-740	-740	-740	-380	-380	-380	-380	-380	-260	-260	-260	-260	-260
		-855	-925	-1030	-1200	-1460	-495	-565	-670	-840	-1100	-332	-375	-445	-550	-720

225	250	- 820 - 935	- 820 - 1005	- 820 - 1110	- 820 - 1280	- 820 - 1540	- 420 - 535	- 420 - 605	- 420 - 710	- 420 - 880	- 420 - 1140	- 280 - 352	- 280 - 395	- 280 - 465	- 280 - 570	- 280 - 740
250	280	- 920 - 1050	- 920 - 1130	- 920 - 1240	- 920 - 1440	- 920 - 1730	- 480 - 610	- 480 - 690	- 480 - 800	- 480 - 1000	- 480 - 1290	- 300 - 381	- 300 - 430	- 300 - 510	- 300 - 620	- 300 - 820
280	315	- 1050 - 1180	- 1050 - 1260	- 1050 - 1370	- 1050 - 1570	- 1050 - 1860	- 540 - 670	- 540 - 750	- 540 - 860	- 540 - 1060	- 540 - 1350	- 330 - 411	- 330 - 460	- 330 - 540	- 330 - 650	- 330 - 850
315	355	- 1200 - 1340	- 1200 - 1430	- 1200 - 1560	- 1200 - 1770	- 1200 - 2090	- 600 - 740	- 600 - 830	- 600 - 960	- 600 - 1170	- 600 - 1490	- 360 - 449	- 360 - 500	- 360 - 590	- 360 - 720	- 360 - 930
355	400	- 1350 - 1490	- 1350 - 1580	- 1350 - 1710	- 1350 - 1920	- 1350 - 2240	- 680 - 820	- 680 - 910	- 680 - 1040	- 680 - 1250	- 680 - 1570	- 400 - 489	- 400 - 540	- 400 - 630	- 400 - 760	- 400 - 970
400	450	- 1500 - 1655	- 1500 - 1750	- 1500 - 1900	- 1500 - 2130	- 1500 - 2470	- 760 - 915	- 760 - 1010	- 760 - 1160	- 760 - 1390	- 760 - 1730	- 440 - 537	- 440 - 595	- 440 - 690	- 440 - 840	- 440 - 1070
450	500	- 1650 - 1805	- 1650 - 1900	- 1650 - 2050	- 1650 - 2280	- 1650 - 2620	- 840 - 995	- 840 - 1090	- 840 - 1240	- 840 - 1470	- 840 - 1810	- 480 - 577	- 480 - 635	- 480 - 730	- 480 - 880	- 480 - 1110

公称尺寸 /mm		公差带												
		d					e					f		
大于	至	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10	5	6	7
—	3	-20	-20	-20	-20	-20	-14	-14	-14	-14	-14	-6	-6	-6
		-30	-34	-45	-60	-80	-20	-24	-28	-39	-54	-10	-12	-16

(续)

公称尺寸 /mm		公差带									
		d					e				
大于	至	7	8	9	10	11	6	7	8	9	10
3	6	-30	-30	-30	-30	-30	-20	-20	-20	-20	-20
		-42	-48	-60	-78	-105	-28	-32	-38	-50	-68
6	10	-40	-40	-40	-40	-40	-25	-25	-25	-25	-25
		-55	-62	-76	-98	-130	-34	-40	-47	-61	-83
10	14	-50	-50	-50	-50	-50	-32	-32	-32	-32	-32
		-68	-77	-93	-120	-160	-43	-50	-59	-75	-102
18	24	-65	-65	-65	-65	-65	-40	-40	-40	-40	-40
		-86	-98	-117	-149	-195	-53	-61	-73	-92	-124
30	40	-80	-80	-80	-80	-80	-50	-50	-50	-50	-50
		-105	-119	-142	-180	-240	-66	-75	-89	-112	-150
50	65	-100	-100	-100	-100	-100	-60	-60	-60	-60	-60
		-130	-146	-174	-220	-290	-79	-90	-106	-134	-180
65	80	-100	-100	-100	-100	-100	-60	-60	-60	-60	-60
		-130	-146	-174	-220	-290	-79	-90	-106	-134	-180
10	14	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16
		-34	-34	-34	-34	-34	-24	-24	-24	-24	-24
20	24	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
		-41	-41	-41	-41	-41	-29	-29	-29	-29	-29
30	40	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25
		-50	-50	-50	-50	-50	-36	-36	-36	-36	-36
50	65	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30
		-60	-60	-60	-60	-60	-43	-43	-43	-43	-43

80	100	- 120	- 120	- 120	- 120	- 72	- 72	- 72	- 72	- 36	- 36	- 36
100	120	- 155	- 174	- 207	- 340	- 94	- 107	- 126	- 159	- 51	- 58	- 71
120	140											
140	160	- 145	- 145	- 145	- 145	- 85	- 85	- 85	- 85	- 43	- 43	- 43
160	180	- 185	- 208	- 245	- 395	- 110	- 125	- 148	- 185	- 61	- 68	- 83
180	200											
200	225	- 170	- 170	- 170	- 170	- 100	- 100	- 100	- 100	- 50	- 50	- 50
225	250	- 216	- 242	- 285	- 460	- 129	- 146	- 172	- 215	- 70	- 79	- 96
250	280	- 190	- 190	- 190	- 190	- 110	- 110	- 110	- 110	- 56	- 56	- 56
280	315	- 242	- 271	- 320	- 510	- 142	- 162	- 191	- 240	- 79	- 88	- 108
315	355	- 210	- 210	- 210	- 210	- 125	- 125	- 125	- 125	- 62	- 62	- 62
355	400	- 267	- 299	- 350	- 570	- 161	- 182	- 214	- 265	- 87	- 98	- 119
400	450	- 230	- 230	- 230	- 230	- 135	- 135	- 135	- 135	- 68	- 68	- 68
450	500	- 293	- 327	- 385	- 630	- 175	- 198	- 232	- 290	- 95	- 108	- 131

公称尺寸		公差带													
/mm		f							g						
大于	至	8	9	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	
—	3	-6 -20	-6 -31	-2 -5	-2 -6	-2 -8	-2 -12	-2 -16	0 -0.8	0 -1.2	0 -2	0 -3	0 -4	0 -6	
3	6	-10 -28	-10 -40	-4 -8	-4 -9	-4 -12	-4 -16	-4 -22	0 -1	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -5	0 -8	
6	10	-13 -35	-13 -49	-5 -9	-5 -11	-5 -14	-5 -20	-5 -27	0 -1	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -9	
10	14	-16 -43	-16 -59	-6 -11	-6 -14	-6 -17	-6 -24	-6 -33	0 -1.2	0 -2	0 -3	0 -5	0 -8	0 -11	
18	24	-20 -53	-20 -72	-7 -13	-7 -16	-7 -20	-7 -28	-7 -40	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -9	0 -13	
30	40	-25 -64	-25 -87	-9 -16	-9 -20	-9 -25	-9 -34	-9 -48	0 -1.5	0 -2.5	0 -4	0 -7	0 -11	0 -16	
50	65	-30 -76	-30 -104	-10 -18	-10 -23	-10 -29	-10 -40	-10 -56	0 -2	0 -3	0 -5	0 -8	0 -13	0 -19	
80	100	-36 -90	-36 -123	-12 -22	-12 -27	-12 -34	-12 -47	-12 -66	0 -2.5	0 -4	0 -6	0 -10	0 -15	0 -22	



(续)

公称尺寸 /mm		公差带											js		
		h											j		
大于	至	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	1	2	3	
—	3	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	0 -140	±2	+4 -2	+6 -4	±0.4	±0.6	±1	
3	6	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	0 -180	+3 -2	+6 -2	+8 -4	±0.5	±0.75	±1.25	
6	10	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150	0 -220	+4 -2	+7 -2	+10 -5	±0.5	±0.75	±1.25	
10	14	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -180	0 -270	+5 -3	+8 -3	+12 -6	±0.6	±1	±1.5	
14	18	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -210	0 -330	+5 -4	+9 -4	+13 -8	±0.75	±1.25	±2	
18	24	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250	0 -390	+6 -5	+11 -5	+15 -10	±0.75	±1.25	±2	
24	30	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250	0 -390	+6 -5	+11 -5	+15 -10	±0.75	±1.25	±2	
30	40	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250	0 -390	+6 -5	+11 -5	+15 -10	±0.75	±1.25	±2	
40	50	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250	0 -390	+6 -5	+11 -5	+15 -10	±0.75	±1.25	±2	





(续)

[illegible]

80	100	$\pm 5$	$\pm 7.5$	$\pm 11$	$\pm 17$	$\pm 27$	$\pm 43$	$\pm 70$	$\pm 110$	$\pm 175$	$\pm 270$	$\pm 13$ $\pm 3$	$\pm 18$ $\pm 3$
100	120												
120	140												
140	160	$\pm 6$	$\pm 9$	$\pm 12.5$	$\pm 20$	$\pm 31$	$\pm 50$	$\pm 80$	$\pm 125$	$\pm 200$	$\pm 315$	$\pm 15$ $\pm 3$	$\pm 21$ $\pm 3$
160	180												
180	200												
200	225	$\pm 7$	$\pm 10$	$\pm 14.5$	$\pm 23$	$\pm 36$	$\pm 57$	$\pm 92$	$\pm 145$	$\pm 230$	$\pm 360$	$\pm 18$ $\pm 4$	$\pm 24$ $\pm 4$
250	280												
280	315	$\pm 8$	$\pm 11.5$	$\pm 16$	$\pm 26$	$\pm 40$	$\pm 65$	$\pm 105$	$\pm 160$	$\pm 260$	$\pm 405$	$\pm 20$ $\pm 4$	$\pm 27$ $\pm 4$
315	355												
355	400	$\pm 9$	$\pm 12.5$	$\pm 18$	$\pm 28$	$\pm 44$	$\pm 70$	$\pm 115$	$\pm 180$	$\pm 285$	$\pm 445$	$\pm 22$ $\pm 4$	$\pm 29$ $\pm 4$
400	450												
450	500	$\pm 10$	$\pm 13.5$	$\pm 20$	$\pm 31$	$\pm 48$	$\pm 77$	$\pm 125$	$\pm 200$	$\pm 315$	$\pm 485$	$\pm 25$ $\pm 5$	$\pm 32$ $\pm 5$

(续)

[illegible]

[illegible]

(续)

[illegible]

50	65	+40 +32	+45 +32	+51 +32	+62 +32	+78 +32	+49 +41	+54 +41	+60 +41	+71 +41	+87 +41	+61 +53	+66 +53	+72 +53
65	80						+51 +43	+56 +43	+62 +43	+72 +43	+89 +43	+67 +59	+72 +59	+78 +59
80	100	+47 +37	+52 +37	+59 +37	+72 +37	+91 +37	+61 +51	+66 +51	+73 +51	+86 +51	+105 +51	+81 +71	+86 +71	+93 +71
100	120						+64 +54	+69 +54	+76 +54	+89 +54	+108 +54	+89 +79	+94 +79	+101 +79
120	140						+75 +63	+81 +63	+88 +63	+103 +63	+126 +63	+104 +92	+110 +92	+117 +92
140	160	+55 +43	+61 +43	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+77 +65	+83 +65	+90 +65	+105 +65	+128 +65	+112 +100	+118 +100	+125 +100
160	180						+80 +68	+86 +68	+93 +68	+108 +68	+131 +68	+120 +108	+126 +108	+133 +108
180	200						+91 +77	+97 +77	+106 +77	+123 +77	+149 +77	+136 +122	+142 +122	+151 +122
200	225	+64 +50	+70 +50	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+94 +80	+100 +80	+109 +80	+126 +80	+152 +80	+144 +130	+150 +130	+159 +130
225	250						+98 +84	+104 +84	+113 +84	+130 +84	+156 +84	+154 +140	+160 +140	+169 +140

(续)

公 差 带													
公称尺寸 /mm		p						r					
大于	至	4	5	6	7	8		4	5	6	7	8	s
250	280	+72	+79	+88	+108	+137		+110	+117	+126	+146	+175	+181
								+94	+94	+94	+94	+94	+158
280	315	+56	+56	+56	+56	+56		+114	+121	+130	+150	+179	+193
								+98	+98	+98	+98	+98	+170
315	355	+80	+87	+98	+119	+151		+126	+133	+144	+165	+197	+215
								+108	+108	+108	+108	+108	+190
355	400	+62	+62	+62	+62	+62		+132	+139	+150	+171	+203	+233
								+114	+114	+114	+114	+114	+208
400	450	+88	+95	+108	+131	+165		+146	+153	+166	+189	+223	+259
								+126	+126	+126	+126	+126	+232
450	500	+68	+68	+68	+68	+68		+152	+159	+172	+195	+229	+279
								+132	+132	+132	+132	+132	+252

公 差 带													
公称尺寸 /mm		s						t					
大于	至	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	v
—	3	+24	+28					+22	+24	+28	+32		
		+14	+14					+18	+18	+18	+18		
3	6	+31	+37					+28	+31	+35	+41		
		+19	+19					+23	+23	+23	+23		

6	10	+ 38 + 23	+ 45 + 23							+ 34 + 28	+ 37 + 28	+ 43 + 28	+ 50 + 28			
10	14	+ 46 + 28	+ 55 + 28							+ 41 + 33	+ 44 + 33	+ 51 + 33	+ 60 + 33			
14	18													+ 47 + 39	+ 50 + 39	+ 57 + 39
18	24	+ 56 + 35	+ 68 + 35							+ 50 + 41	+ 54 + 41	+ 62 + 41	+ 74 + 41	+ 56 + 47	+ 60 + 47	+ 68 + 47
24	30									+ 57 + 48	+ 61 + 48	+ 69 + 48	+ 81 + 48	+ 64 + 55	+ 68 + 55	+ 76 + 55
30	40	+ 68 + 43	+ 82 + 43							+ 71 + 60	+ 76 + 60	+ 85 + 60	+ 99 + 60	+ 79 + 68	+ 84 + 68	+ 93 + 68
40	50									+ 81 + 70	+ 86 + 70	+ 95 + 70	+ 109 + 70	+ 92 + 81	+ 97 + 81	+ 106 + 81
50	65	+ 83 + 53	+ 99 + 53							+ 100 + 87	+ 106 + 87	+ 117 + 87	+ 133 + 87	+ 115 + 102	+ 121 + 102	+ 132 + 102
65	80	+ 89 + 59	+ 105 + 59							+ 115 + 102	+ 121 + 102	+ 132 + 102	+ 148 + 102	+ 133 + 120	+ 139 + 120	+ 150 + 120
80	100	+ 106 + 71	+ 125 + 71							+ 139 + 124	+ 146 + 124	+ 159 + 124	+ 178 + 124	+ 161 + 146	+ 168 + 146	+ 181 + 146



(续)

公称尺寸 /mm		公差带												
		s		t				u				v		
大于	至	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7
100	120	+114 +79	+133 +79	+119 +104	+126 +104	+139 +104	+158 +104	+159 +144	+166 +144	+179 +144	+198 +144	+187 +172	+194 +172	+207 +172
120	140	+132 +92	+155 +92	+140 +122	+147 +122	+162 +122	+185 +122	+188 +170	+195 +170	+210 +170	+233 +170	+220 +202	+227 +202	+242 +202
140	160	+140 +100	+163 +100	+152 +134	+159 +134	+174 +134	+197 +134	+208 +190	+215 +190	+230 +190	+253 +190	+246 +228	+253 +228	+268 +228
160	180	+148 +108	+171 +108	+164 +146	+171 +146	+186 +146	+209 +146	+228 +210	+235 +210	+250 +210	+273 +210	+270 +252	+277 +252	+292 +252
180	200	+168 +122	+194 +122	+186 +166	+195 +166	+212 +166	+238 +166	+256 +236	+265 +236	+282 +236	+308 +236	+304 +284	+313 +284	+330 +284
200	225	+176 +130	+202 +130	+200 +180	+209 +180	+226 +180	+252 +180	+278 +258	+287 +258	+304 +258	+330 +258	+330 +310	+339 +310	+356 +310
225	250	+186 +140	+212 +140	+216 +196	+225 +196	+242 +196	+268 +196	+304 +284	+313 +284	+330 +284	+356 +284	+360 +340	+369 +340	+386 +340
250	280	+210 +158	+239 +158	+241 +218	+250 +218	+270 +218	+299 +218	+338 +315	+347 +315	+367 +315	+396 +315	+408 +385	+417 +385	+437 +385
280	315	+222 +170	+251 +170	+263 +240	+272 +240	+292 +240	+321 +240	+373 +350	+382 +350	+402 +350	+431 +350	+448 +425	+457 +425	+477 +425

315	355	+247	+279	+293	+304	+325	+357	+415	+426	+447	+479	+500	+511	+532
		+190	+190	+268	+268	+268	+268	+390	+390	+390	+390	+475	+475	+475
355	400	+265	+297	+319	+330	+351	+383	+460	+471	+492	+524	+555	+566	+587
		+208	+208	+294	+294	+294	+294	+435	+435	+435	+435	+530	+530	+530
400	450	+295	+329	+357	+370	+393	+427	+517	+530	+553	+587	+622	+635	+658
		+232	+232	+330	+330	+330	+330	+490	+490	+490	+490	+595	+595	+595
450	500	+315	+349	+387	+400	+423	+457	+567	+580	+603	+637	+687	+700	+723
		+252	+252	+360	+360	+360	+360	+540	+540	+540	+540	+660	+660	+660

公 差 带

公称尺寸

/mm

大于	至	v	x				y				z			
			5	6	7	8	6	7	8	8	6	7	8	8
—	3		+24 +20	+26 +20	+30 +20	+34 +20					+32 +26	+36 +26	+40 +26	
3	6		+33 +28	+36 +28	+40 +28	+46 +28					+43 +35	+47 +35	+53 +35	
6	10		+40 +34	+43 +34	+49 +34	+56 +34					+51 +42	+57 +42	+64 +42	
10	14		+48 +40	+51 +40	+58 +40	+67 +40					+61 +50	+68 +50	+77 +50	

(续)

公称尺寸 /mm		公差带											
大于	至	x				y				z			
		v	5	6	7	8	6	7	8	6	7	8	
14	18	+66 +39	+53 +45	+56 +45	+63 +45	+72 +45				+71 +60	+78 +60	+87 +60	
18	24	+80 +47	+63 +54	+67 +54	+75 +54	+87 +54	+76 +63	+84 +63	+96 +63	+86 +73	+94 +73	+106 +73	
24	30	+88 +55	+73 +64	+77 +64	+85 +64	+97 +64	+88 +75	+96 +75	+108 +75	+101 +88	+109 +88	+121 +88	
30	40	+107 +68	+91 +80	+96 +80	+105 +80	+119 +80	+110 +94	+119 +94	+133 +94	+128 +112	+137 +112	+151 +112	
40	50	+120 +81	+108 +97	+113 +97	+122 +97	+136 +97	+130 +114	+139 +114	+153 +114	+152 +136	+161 +136	+175 +136	
50	65	+148 +102	+135 +122	+141 +122	+152 +122	+168 +122	+163 +144	+174 +144	+190 +144	+191 +172	+202 +172	+218 +172	
65	80	+166 +120	+159 +146	+165 +146	+176 +146	+192 +146	+193 +174	+204 +174	+220 +174	+229 +210	+240 +210	+256 +210	
80	100	+200 +146	+193 +178	+200 +178	+213 +178	+232 +178	+236 +214	+249 +214	+268 +214	+280 +258	+293 +258	+312 +258	
100	120	+226 +172	+225 +210	+232 +210	+245 +210	+264 +210	+276 +254	+289 +254	+308 +254	+332 +310	+345 +310	+364 +310	
120	140	+265 +202	+266 +248	+273 +248	+288 +248	+311 +248	+325 +300	+340 +300	+363 +300	+390 +365	+405 +365	+428 +365	

140	160	+ 291	+ 298	+ 305	+ 320	+ 343	+ 365	+ 380	+ 403	+ 440	+ 455	+ 478
		+ 228	+ 280	+ 280	+ 280	+ 280	+ 340	+ 340	+ 340	+ 415	+ 415	+ 415
160	180	+ 315	+ 328	+ 335	+ 350	+ 373	+ 405	+ 420	+ 443	+ 490	+ 505	+ 528
		+ 252	+ 310	+ 310	+ 310	+ 310	+ 380	+ 380	+ 380	+ 465	+ 465	+ 465
180	200	+ 356	+ 370	+ 379	+ 396	+ 422	+ 454	+ 471	+ 497	+ 549	+ 566	+ 592
		+ 284	+ 350	+ 350	+ 350	+ 350	+ 425	+ 425	+ 425	+ 520	+ 520	+ 520
200	225	+ 382	+ 405	+ 414	+ 431	+ 457	+ 499	+ 516	+ 542	+ 604	+ 621	+ 647
		+ 310	+ 385	+ 385	+ 385	+ 385	+ 470	+ 470	+ 470	+ 575	+ 575	+ 575
225	250	+ 412	+ 445	+ 454	+ 471	+ 497	+ 549	+ 566	+ 592	+ 669	+ 686	+ 712
		+ 340	+ 425	+ 425	+ 425	+ 425	+ 520	+ 520	+ 520	+ 640	+ 640	+ 640
250	280	+ 466	+ 498	+ 507	+ 527	+ 556	+ 612	+ 632	+ 661	+ 742	+ 762	+ 791
		+ 385	+ 475	+ 475	+ 475	+ 475	+ 580	+ 580	+ 580	+ 710	+ 710	+ 710
280	315	+ 506	+ 548	+ 557	+ 577	+ 606	+ 682	+ 702	+ 731	+ 822	+ 842	+ 871
		+ 425	+ 525	+ 525	+ 525	+ 525	+ 650	+ 650	+ 650	+ 790	+ 790	+ 790
315	355	+ 564	+ 615	+ 626	+ 647	+ 679	+ 766	+ 787	+ 819	+ 936	+ 957	+ 989
		+ 475	+ 590	+ 590	+ 590	+ 590	+ 730	+ 730	+ 730	+ 900	+ 900	+ 900
355	400	+ 619	+ 685	+ 696	+ 717	+ 749	+ 856	+ 877	+ 909	+ 1036	+ 1057	+ 1089
		+ 530	+ 660	+ 660	+ 660	+ 660	+ 820	+ 820	+ 820	+ 1000	+ 1000	+ 1000
400	450	+ 692	+ 767	+ 780	+ 803	+ 837	+ 960	+ 983	+ 1017	+ 1140	+ 1163	+ 1197
		+ 595	+ 740	+ 740	+ 740	+ 740	+ 920	+ 920	+ 920	+ 1100	+ 1100	+ 1100
450	500	+ 757	+ 847	+ 860	+ 883	+ 917	+ 1040	+ 1063	+ 1097	+ 1290	+ 1313	+ 1347
		+ 660	+ 820	+ 820	+ 820	+ 820	+ 1000	+ 1000	+ 1000	+ 1250	+ 1250	+ 1250

注：1. 公称尺寸小于 1mm 时，各级的 a 和 b 均不采用。










2. IT4 ~ IT8 只用于大于 1mm 的公称尺寸。



## (5) 基孔制与基轴制优先、常用配合

1) 基孔制优先、常用配合见表 2-8。

表 2-8 基孔制优先、常用配合

基准孔	轴										
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m
	间隙配合								过渡配合		
H6						$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$
H7						$\frac{H7}{f6}$			$\frac{H7}{js6}$		$\frac{H7}{m6}$
H8					$\frac{H8}{e7}$		$\frac{H8}{f7}$		$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$
				$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h8}$			
H9			$\frac{H9}{c9}$		$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$				
H10			$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$			
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$		$\frac{H11}{d11}$							
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$			

(续)

基准孔	轴									
	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	过盈配合									
H6	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H6}{t5}$					
H7	▼ $\frac{H7}{n6}$	▼ $\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	▼ $\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	▼ $\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$
H8	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$				
H9										
H10										
H11										
H12										

注：1.  $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ 在公称尺寸小于或等于3mm和 $\frac{H8}{r7}$ 在小于或等于100mm时，为过渡配合。

2. 标注▼的配合为优先配合。

2) 基轴制优先、常用配合见表2-9。

表 2-9 基轴制优先、常用配合

基准轴	孔										
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M
	间隙配合								过渡配合		
h5						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{JS6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$
h6						$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{JS7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$
h7					$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{JS8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$			
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H9}{h9}$			
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$			
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$			
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$			



(续)

基准轴	孔									
	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
	过盈配合									
h5	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$					
h6	▀ $\frac{N7}{h6}$	▀ $\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	▀ $\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	▀ $\frac{U7}{h6}$				
h7	$\frac{N8}{h7}$									
h8										
h9										
h10										
h11										
h12										

注：标注▀的配合为优先配合。

3) 基孔制与基轴制优先、常用配合极限间隙或极限过盈见表 2-10。

4) 优先配合选用说明见表 2-11。

5) 各种配合特性及应用见表 2-12。

表 2-10 基孔制与基轴制 (公称尺寸至 500mm) 优先、常用配合

极限间隙或极限过盈 (单位:  $\mu\text{m}$ )

公称尺寸 /mm		间 隙 配 合															
		大于	至														
基孔制		$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9}$	
	基轴制	$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{H8}{h8}$		$\frac{D9}{h9}$	
-  3	3	+16 +6	+12 +2	+10 0	+22 +6	+18 +2	+16 0	+38 +14	+30 +6	+26 +2	+24 0	+48 +20	+42 +14	+34 +6	+28 0	+110 +60	+70 +20
	6	+23 +10	+17 +4	+13 0	+30 +10	+24 +4	+20 0	+50 +20	+40 +10	+34 +4	+30 0	+66 +30	+56 +20	+46 +10	+36 0	+130 +70	+90 +30
6  10	10	+28 +13	+20 +5	+15 0	+37 +13	+29 +5	+24 0	+62 +25	+50 +13	+42 +5	+37 0	+84 +40	+69 +25	+57 +13	+44 0	+152 +80	+112 +40
	14	+35	+25	+19	+45	+35	+29	+77	+61	+51	+45	+104	+86	+70	+54	+181	+136
14	18	+16	+6	0	+16	+6	0	+32	+16	+6	0	+50	+32	+16	0	+95	+50









(续)

基孔制	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{\varnothing}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H12}{b12}$	$\frac{H12}{h12}$	$\frac{H6}{js5}$
基轴制	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$	$\frac{H9}{h9}$		$\frac{D10}{h10}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{B12}{h12}$	$\frac{H12}{h12}$	$\frac{JS6}{h5}$
公称尺寸 /mm	间 隙 配 合													
大于 至	过渡配合													
30 40	+174	+149	+124	+320	+280	+200	+630	+490	+440	+400	+320	+670	+500	+21.5 +19
	+50	+25	0	+120	+80	0	+310	+170	+120	+80	0	+170	+500	+19
40 50				+330			+640	+500	+450			+680	0	-5.5 -8
				+130			+320	+180	+130			+180		
50 65	+208	+178	+148	+380	+340	+240	+720	+570	+520	+480	+380	+790	+600	+25.5 +22.5
	+60	+30	0	+140	+100	0	+340	+190	+140	+100	0	+190	+600	+22.5
65 80				+390			+740	+580	+530			+800	0	-6.5 -9.5
				+150			+360	+200	+150			+200		
80 100	+246	+210	+174	+450	+400	+280	+820	+660	+610	+560	+440	+920	+700	+29.5 +26
	+72	+36	0	+170	+120	0	+380	+220	+170	+120	0	+220	+700	+26
100 120				+460			+850	+680	+620			+940	0	-7.5 -11
				+180			+410	+240	+180			+240		

120	140	+285	+243	+200	+520 +200	+465 +320	+960 +460	+760 +260	+700 +200	+645 +500	+800 +1060	+34 +30.5	-9 -12.5
140	160	+85	+43	0	+530 +210	+465 +320	+1020 +520	+780 +280	+710 +210	+645 +500	+800 +1060	+34 +30.5	-9 -12.5
160	180				+550 +230		+1080 +580	+810 +310	+730 +230		+1110 +310		
180	200				+610 +240		+1240 +660	+920 +340	+820 +240		+1260 +340		
200	225	+330	+280	+230	+630 +260	+540 +170	+1320 +740	+960 +380	+840 +260	+750 +170	+1300 +380	+39 -10	+34.5 -14.5
225	250	+100	+50	0	+650 +280		+1400 +820	+1000 +420	+860 +280		+1340 +420		
250	280	+370	+316	+260	+720 +300	+610 +190	+1560 +920	+1120 +480	+940 +300	+830 +190	+1520 +480	+39 -16	
280	315	+110	+56	0	+750 +330		+1690 +1050	+1180 +540	+970 +330		+1580 +540		
315	355	+405	+342	+280	+820 +360	+670 +210	+1920 +1200	+1320 +600	+1080 +360	+930 +210	+1740 +600	+43 -18	
355	400	+125	+62	0	+860 +400		+2070 +1350	+1400 +680	+1120 +400		+1820 +680		
400	450	+445	+378	+310	+940 +440	+730 +230	+2300 +1500	+1560 +760	+1240 +440	+1030 +230	+2020 +760	+47 -20	
450	500	+135	+68	0	+980 +480		+2450 +1650	+1640 +840	+1280 +480		+2100 +840		





30	40	+14	+7	+33	+28	+23	+16	+8	+51	+44	+37
40	50	-13	-20	-8	-12	-18	-25	-33	-12	-19	-27
50	65	+17	+8	+39.5	+34	+28	+19	+10	+61	+53	+44
65	80	-15	-24	-9.5	-15	-21	-30	-39	-15	-23	-32
80	100	+19	+9	+46	+39	+32	+22	+12	+71	+62	+51
100	120	-18	-28	-11	-17	-25	-35	-45	-17	-27	-38
120	140	+22	+10	+52.5	+45	+37	+25	+13	+83	+71	+60
140	160	-21	-33	-12.5	-20	-28	-40	-52	-20	-31	-43
160	180										
180	200	+25	+12	+60.5	+52	+42	+29	+15	+95	+82	+68
200	225	-24	-37	-14.5	-23	-33	-46	-60	-23	-36	-50
225	250										
250	280	+28	+12 +14	+68	+58	+48	+32	+18	+107	+92	+77
280	315	-27	-43 -41	-16	-26	-36	-52	-66	-26	-40	-56
315	355	+32	+15	+75	+64	+53	+36	+20	+117	+101	+85
355	400	-29	-46	-18	-28	-40	-57	-73	-28	-44	-61
400	450	+35	+17	+83	+71	+58	+40	+23	+128	+111	+92
450	500	-32	-50	-20	-31	-45	-63	-80	-31	-48	-68

(续)

[illegible]

30	40	+30 -34	+22 -42	+13 -51	-1 -28	-10 -37	-18 -45	-27 -54	-32 -59 -38 -65	-1 -42
40	50									
50	65	+35 -41	+26 -50	+14 -62	-1 -33	-13 -45	-22 -54	-34 -66	-47 -79	-2 -51
65	80						-24 -56	-40 -72	-56 -88	
80	100	+41 -48	+31 -58	+17 -72	-1 -38	-15 -52	-29 -66	-49 -86	-69 -106	-2 -59
100	120						-32 -69	-57 -94	-82 -119	
120	140						-38 -81	-67 -110	-97 -140	
140	160	+48 -55	+36 -67	+20 -83	-2 -45	-18 -61	-40 -83	-75 -118	-109 -152	-3 -68
160	180						-43 -86	-83 -126	-121 -164	
180	200						-48 -97	-93 -142	-137 -186	
200	225	+55 -63	+41 -77	+22 -96	-2 -51	-21 -70	-51 -100	-101 -150	-151 -200	-4 -79
225	250						-55 -104	-111 -160	-167 -216	

(续)

基孔制	$\frac{H8}{m7}$		$\frac{H8}{n7}$		$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H6}{n5}$		$\frac{H6}{p5}$		$\frac{H6}{r5}$		$\frac{H6}{s5}$		$\frac{H6}{i5}$	$\frac{H7}{p6}$	
基轴制		$\frac{M8}{h7}$		$\frac{N8}{h7}$		$\frac{N6}{h5}$			$\frac{P6}{h5}$		$\frac{R6}{h5}$		$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$		$\frac{P7}{h6}$
公称尺寸 /mm		过 渡 配 合				过 盈 配 合										
大于	至															
250	280	+61	+47	+25	-2	-24	-62	-126	-186	-4	-88					
280	315	-72	-86	-108	-57	-79	-117	-181	-241	-208	-263					
315	355	+68	+52	+27	-1	-26	-72	-154	-232	-5	-98					
355	400	-78	-94	-119	-62	-87	-133	-215	-293	-258	-319					
400	450	+74	+57	+29	0	-28	-86	-192	-290	-5	-108					
450	500	-86	-103	-131	-67	-95	-153	-259	-357	-320	-387					

(续)

基孔制	$\frac{H7}{r6}$		$\frac{H7}{s6}$		$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$		$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$
基轴制		$\frac{R7}{h6}$		$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$		$\frac{U7}{h6}$								
过盈配合															
公称尺寸 /mm															
大于 至															
—	3	0 -16	-4 -20	-4 -20	-8 -24	-8 -24	-12 -28	-10 -26	-16 -32	-16 -32	-16 -32	+4 -20	0 -24	-4 -28	
3	6	-3 -23	-7 -27	-11 -31	-16 -36	-16 -36	-23 -43	-27 -51	+3 -27	-1 -31	-5 -35				
6	10	-4 -28	-8 -32	-13 -37	-19 -43	-19 -43	-27 -51	+3 -34	-1 -38	-6 -43					
10	14	-5 -34	-10 -39	-15 -44	-22 -51	-22 -51	-32 -61	+4 -41	-1 -46	-6 -51					
14	18				-21 -50	-27 -56	-42 -71								

(续)

基孔制	$\frac{H7}{r6}$		$\frac{H7}{s6}$		$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$		$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$
基轴制		$\frac{R7}{h6}$		$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$		$\frac{U7}{h6}$								
公称尺寸 /mm		过 盈 配 合													
大于	至														
18	24	-7	-14			-20	-26	-33	-42	-52		+5	-2		-8
24	30	-41	-48	-20	-54	-27	-34	-43	-54	-67	-86	-49	-56	-8	-15
30	40	-9	-18	-23	-64	-35	-43	-55	-69	-87	-101			-9	-21
40	50	-50	-59	-29	-70	-45	-56	-72	-89	-111	-128	+5	-4	-15	-31
50	65	-11	-23	-36	-85	-57	-72	-92	-114	-142	-152	-59	-68	-20	-41
		-60	-72	-85	-106	-121	-141	-163	-191	-217	-243	-71	-83	-96	-117

65	80	-13	-29	-45	-72	-90	-116	-144	-180	+3	-13	-29	-56
		-62	-78	-94	-121	-139	-165	-193	-229	-73	-89	-105	-132
80	100	-16	-36	-56	-89	-111	-143	-179	-223	+3	-17	-37	-70
		-73	-93	-113	-146	-168	-200	-236	-280	-86	-106	-125	-159
100	120	-19	-44	-69	-109	-137	-175	-219	-275	0	-25	-50	-90
		-76	-101	-126	-166	-194	-232	-276	-332	-89	-114	-139	-179
120	140	-23	-52	-82	-130	-162	-208	-260	-325	0	-29	-59	-107
		-88	-117	-147	-195	-227	-273	-325	-390	-103	-132	-162	-210
140	160	-25	-60	-94	-150	-188	-240	-300	-375	-2	-37	-71	-127
		-90	-125	-159	-215	-253	-305	-365	-440	-105	-140	-174	-230
160	180	-28	-68	-106	-170	-212	-270	-340	-425	-5	-45	-83	-147
		-93	-133	-171	-235	-277	-335	-405	-490	-108	-148	-186	-250
180	200	-31	-76	-120	-190	-238	-304	-379	-474	-5	-50	-94	-164
		-106	-151	-195	-265	-313	-379	-454	-549	-123	-168	-212	-282
200	225	-34	-84	-134	-212	-264	-339	-424	-529	-8	-58	-108	-186
		-109	-159	-209	-287	-339	-414	-499	-604	-126	-176	-226	-304
225	250	-38	-94	-150	-238	-294	-379	-474	-594	-12	-68	-124	-212
		-113	-169	-225	-313	-369	-454	-549	-669	-130	-186	-242	-330
250	280	-42	-105	-166	-263	-333	-423	-528	-658	-13	-77	-137	-234
		-126	-190	-250	-347	-417	-507	-612	-742	-146	-210	-270	-367
280	315	-46	-118	-188	-298	-373	-473	-598	-738	-17	-89	-159	-269
		-130	-202	-272	-382	-457	-557	-682	-822	-150	-222	-292	-402



(续)

基孔制	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$
基轴制	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$								
过盈配合												
公称尺寸 /mm	大于	至										
315	-51 -144	-133 -226	-211 -304	-333 -426	-418 -511	-533 -626	-673 -766	-843 -936	-19 -165	-101 -247	-179 -325	-301 -447
355	-57 -150	-151 -244	-237 -330	-378 -471	-473 -566	-603 -696	-763 -856	-943 -1036	-25 -171	-119 -265	-205 -351	-346 -492
400	-63 -166	-169 -272	-267 -370	-427 -530	-532 -635	-677 -780	-857 -960	-1037 -1140	-29 -189	-135 -295	-233 -393	-393 -553
450	-69 -172	-189 -292	-297 -400	-477 -580	-597 -700	-757 -860	-937 -1040	-1187 -1290	-35 -195	-155 -315	-263 -423	-443 -603

注：1. 表中“+”值为间隙量，“-”值为过盈量；标注▴的配合为优先配合。

2.  $\frac{H8}{r7}$ 在小于或等于100mm时，为过渡配合； $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ 在公称尺寸小于或等于3mm时，为过渡配合。

表 2-11 优先配合选用说明

优先配合		说明
基孔制	基轴制	
$\frac{H11}{c11}$	$\frac{C11}{h11}$	间隙非常大, 用于很松的、转动很慢的动配合, 要求大公差与大间隙的外露组件, 要求装配方便的很松的配合, 相当于旧国标 D6/dd6
$\frac{H9}{d9}$	$\frac{D9}{h9}$	间隙很大的自由转动配合, 用于精度为非主要要求时, 或有大的温度变动、高转速或大的轴颈压力时, 相当于旧国标 D4/de4
$\frac{H8}{f7}$	$\frac{F8}{h7}$	间隙不大的转动配合, 用于中等转速与中等轴颈压力的精确转动; 也用于装配较易的中等定位配合, 相当于旧国标 D/dc
$\frac{H7}{g6}$	$\frac{G7}{h6}$	间隙很小的滑动配合, 用于不希望自由转动, 但可自由移动和滑动并精密定位时; 也可用于要求明确的定位配合, 相当于旧国标 D/db
$\frac{H7}{h6}$ $\frac{H8}{h7}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{H11}{h11}$	$\frac{H7}{h6}$ $\frac{H8}{h7}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{H11}{h11}$	<p>均为间隙定位配合, 零件可自由装拆, 而工作时一般相对静止不动。在最大实体条件下的间隙为零, 在最小实体条件下的间隙由公差等级确定</p> <p>H7/h6 相当于旧国标 D/d; H8/h7 相当于旧国标 D3/d3, H9/h9 相当于旧国标 D4/d4; H11/h11 相当于旧国标 D6/d6</p>

优先配合		说 明
基孔制	基轴制	
$H7 \over k6$	$K7 \over h6$	过渡配合，用于精密定位，相当旧国标 D/gc
$H7 \over n6$	$N7 \over h6$	过渡配合，允许有较大过盈的更精密定位，相当旧国标 D/ga
$H7 \over p6$	$P7 \over h6$	过盈定位配合，即小过盈配合，用于定位精度特别重要时，能以最好的定位精度达到部件的刚性及对中性要求，而对内孔承受压力无特殊要求，不依靠配合的紧固性传递摩擦负荷，H7/p6 相当 D/ga ~ D/jf
$H7 \over s6$	$S7 \over h6$	中等压入配合，适用于一般钢件，或用于薄壁件的冷缩配合，用于铸铁件可得到最紧的配合，相当于旧国标 D/je
$H7 \over u6$	$U7 \over h6$	压入配合，适用于可以受高压力的零件或不宜承受大压力的冷缩配合

表 2-12 各种配合特性及应用

配合	基本偏差	配合特性及应用	
		可得到特别大的间隙，应用很少	可得到很大的间隙，一般适用于缓慢、松弛的动配合。用于工作条件较差（如农业机械），受力变形大，或为了便于装配，而必须保证有较大的间隙时，推荐配合为 H11/c11；其较高等级的配合，如 H8/c7 适用于轴在高温工作的紧密动配合，例如内燃机排气阀和导管
间隙配合	a、b		
	c		
	d		配合一般用于 IT7~11 级，适用于松的转动配合，如密封盖、滑轮、空转带轮等与轴的配合，也适用于大直径滑动轴承配合，如汽轮机、球磨机、轧辊成形和重型弯曲机及其他重型机械中的一些滑动支承
	e		多用于 IT7、8、9 级，通常适用要求有明显间隙，易于转动的支承配合，如大跨距支承、多支点支承等配合。高等级的 e 轴适用于大的、高速、重载支承，如涡轮发电机、大电动机的支承及内燃机主要轴承、凸轮轴支承、摇臂支承等配合
	f		多用于 IT6、7、8 级的一般转动配合。当温度影响不大时，被广泛用于普通润滑油（或润滑脂）润滑的支承，如齿轮箱、小电动机、泵等的转轴与滑动支承的配合
	g		配合间隙很小，制造成本高，除很轻负荷的精密装置外，不推荐用于转动配合。多用于 IT5、6、7 级，最适合不回转的精密滑动配合，也用于插销等定位配合。如精密连杆轴承、活塞及滑阀、连杆销等
	h		多用 IT4~11 级。广泛用于无相对转动的零件，作为一般的定位配合。若没有温度、变形影响，也用于精密滑动配合

(续)

配合	基本偏差	配合特性及应用
过渡配合	js	为完全对称偏差 ( $\pm IT/2$ ), 平均起来为稍有间隙的配合, 多用于 IT4 ~ 7 级, 要求间隙比 h 轴小, 并允许略有过盈的定位配合, 如联轴器, 可用手或木锤装配
	k	平均起来没有间隙的配合, 适用 IT4 ~ 7 级。推荐用于稍有过盈的定位配合。例如为了消除振动用的定位配合, 一般用木锤装配
	m	平均起来具有不大过盈的过渡配合。适用 IT4 ~ 7 级, 一般可用木锤装配, 但在最大过盈时, 要求相当的压入力
	n	平均过盈比 m 轴稍大, 很少得到间隙, 适用 IT4 ~ 7 级, 用锤子或压力机装配, 通常推荐用于紧密的组件配合, H6/n5 配合时为过盈配合
过盈配合	p	与 H6 或 H7 配合时是过盈配合, 与 H8 孔配合时则为过渡配合。对非铁类零件, 为较轻的压入配合, 当需要时易于拆卸。对钢、铸铁或铜、钢组件装配是标准压入配合
	r	对铁类零件为中等打入配合, 对非铁类零件, 为轻打入的配合, 当需要时可以拆卸。与 H8 孔配合, 直径在 100mm 以上时为过盈配合, 直径小时为过渡配合
	s	用于钢和铁制零件的永久性和半永久装配, 可产生相当大的结合力。当用弹性材料, 如轻合金时, 配合性质与铁类零件的 p 轴相当, 如套环压在轴上、阀座等配合。尺寸较大时, 为了避免损伤配合表面, 需用热胀或冷缩法装配
	t、u、v、 x、y、z	过盈量依次增大, 一般不推荐

#### 4. 一般公差、未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 1804—2000 规定了未注出公差的线性和角度尺寸的一般公差的公差等级和极限偏差数值。适用于金属切削加工的尺寸，也适用于一般的冲压加工的尺寸。非金属材料和其他工艺方法加工的尺寸可参照采用。

(1) 线性尺寸的极限偏差数值 (表 2-13)

表 2-13 线性尺寸的极限偏差数值

(单位: mm)

公差等级	尺寸分段			
	0.5 ~ 3	> 3 ~ 6	> 6 ~ 30	> 30 ~ 120
精密 f	$\pm 0.05$	$\pm 0.05$	$\pm 0.1$	$\pm 0.15$
中等 m	$\pm 0.1$	$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.3$
粗糙 c	$\pm 0.2$	$\pm 0.3$	$\pm 0.5$	$\pm 0.8$
最粗 v		$\pm 0.5$	$\pm 1$	$\pm 1.5$

公差等级	尺寸分段			
	> 120 ~ 400	> 400 ~ 1000	> 1000 ~ 2000	> 2000 ~ 4000
精密 f	$\pm 0.2$	$\pm 0.3$	$\pm 0.5$	
中等 m	$\pm 0.5$	$\pm 0.8$	$\pm 1.2$	$\pm 2$
粗糙 c	$\pm 1.2$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4$
最粗 v	$\pm 2.5$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 8$

表 2-14 倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差数值

(单位: mm)

公差等级	尺寸分段			
	0.5 ~ 3	> 3 ~ 6	> 6 ~ 30	> 30
精密 f	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1$	$\pm 2$
中等 m				
粗糙 c	$\pm 0.4$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 4$
最粗 v				

(2) 倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差数值 (表 2-14)

(3) 角度尺寸的极限偏差数值 (表 2-15)

**表 2-15 角度尺寸的极限偏差数值**

公差等级	长 度/mm				
	$\leq 10$	$> 10 \sim 50$	$> 50 \sim 120$	$> 120 \sim 400$	$> 400$
精密 f	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	$\pm 10'$	$\pm 5'$
中等 m					
粗糙 c	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 15'$	$\pm 10'$
最粗 v	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$

(4) 一般公差的图样表示法 若采用 GB/T 1804—2000 规定的一般公差, 应在图样标题栏附近或技术要求、技术文件 (如企业标准) 中注出标准编号及公差等级代号。例如选用中等级时, 标注为: GB/T 1804—m。

## 二、工件几何公差的标注和方法 (GB/T 1182—2008)

国家标准规定了工件几何公差 (形状、方向、位置和跳动公差) 标注的基本要求和方法。适用于工件的几何公差标注。

### 1. 符号

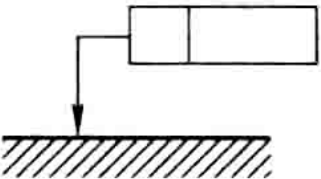
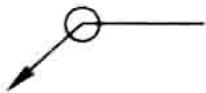
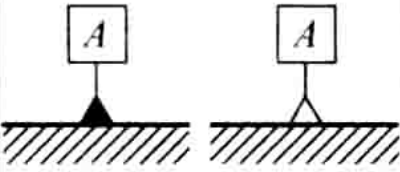
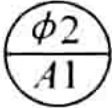

几何公差的几何特征符号和附加符号见表 2-16、表 2-17。

表 2-16 几何特征符号

公差类型	几何特征	符 号	有无基准
形状公差	直线度	—	无
	平面度		无
	圆度		无
	圆柱度		无
	线轮廓度		无
	面轮廓度		无
方向公差	平行度	//	有
	垂直度		有
	倾斜度		有
	线轮廓度		有
	面轮廓度		有
位置公差	位置度		有或无
	同心度（用于中心点）		有
	同轴度（用于轴线）		有
	对称度		有
	线轮廓度		有
	面轮廓度		有
跳动公差	圆跳动		有
	全跳动		有



表 2-17 附加符号

说 明	符 号	说 明	符 号
被测要素		全周 (轮廓)	
基准要素		包容要求	Ⓔ
基准目标		公共公差带	CZ
理论正确尺寸		小径	LD
延伸公差带	Ⓟ	大径	MD
最大实体要求	Ⓜ	中径、节径	PD
最小实体要求	Ⓛ	线素	LE
自由状态条件(非刚性零件)	ⓕ	不凸起	NC
		任意横截面	ACS

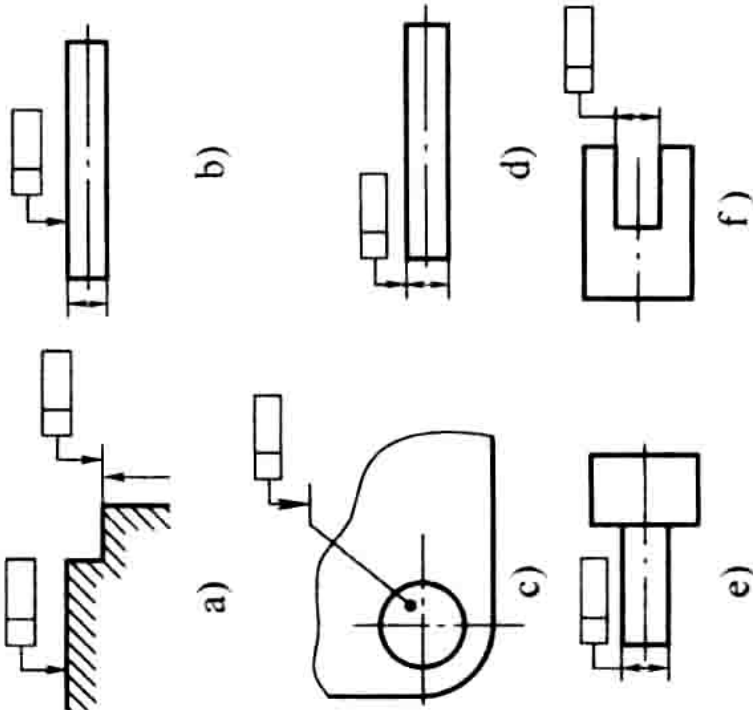
2. 用公差框格标注几何公差的基本要求(表 2-18)

3. 标注方法(表 2-19)

表 2-18 用公差框格标注几何公差的基本要求

标注方法及要求	图 示
<p>框格中的内容从左到右顺序填写</p> <p>第一格填写公差符号</p> <p>第二格填写公差值及有关符号, 如公差带是圆形或圆柱形的则在公差值前加注 <math>\phi</math>, 如是球形则加注 <math>S\phi</math></p> <p>第三格及以后填写基准代号</p>	<div> <div>— 0.1</div> <div>// 0.1 A</div> <div><math>\phi</math> 0.1 A C B</div> </div> <div> <div><math>\phi</math> S 0.1 A B C</div> <div><math>\phi</math> 0.1 A—B</div> </div>
<p>当某项公差应用于几个相同要素时, 应在公差框格的上方被测要素的尺寸之前注明要素的个数, 并在两者之间加上符号 “x”</p>	<div> <div>6x</div> <div><math>\square</math> 0.2</div> <div>6x<math>\phi</math> 12<math>\pm</math>0.02</div> <div><math>\phi</math> 0.1</div> </div>
<p>如果需要限制被测要素在公差带内的形状, 应在公差框格的下方注明</p>	<div> <div><math>\square</math> 0.1</div> <div>NC</div> </div>
<p>如果需要就某个要素给出几种几何特征的公差, 可将一个公差框格放在另一个的下面</p>	<div> <div>— 0.01</div> <div>// 0.06 B</div> </div>

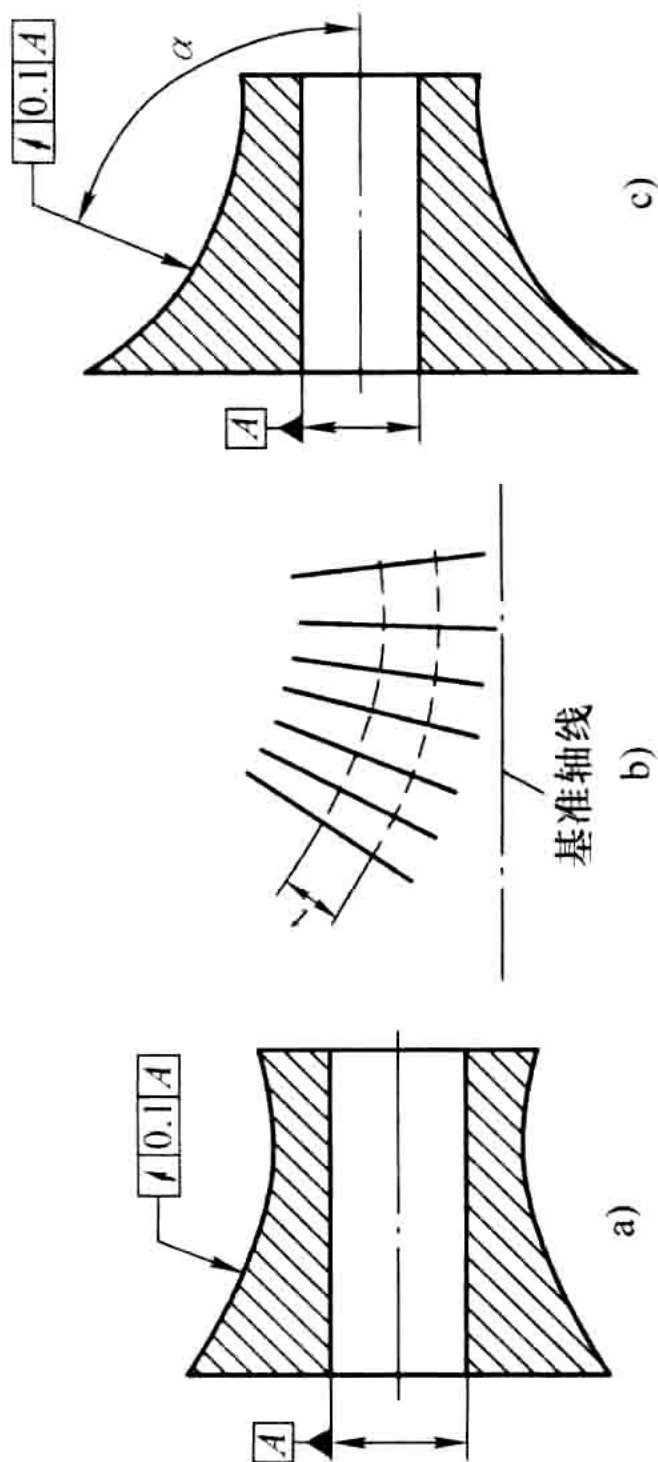
表 2-19 标注方法

名称	图示及说明
被测要素	<p>用带箭头的指引线将框格与被测要素相连, 按以下方式标注:</p> <p>当公差涉及轮廓线或表面时 (图 a 和图 b), 将箭头置于要素的轮廓线或轮廓线的延长线上 (但必须与尺寸线明显地分开)</p> <p>当指向实际表面时 (图 c), 箭头可置于带点的参考线上, 该点指在实际表面上</p> <p>当公差涉及轴线、中心平面或由带尺寸要素确定的点时, 则带箭头的指引线应与尺寸线的延长线重合 (图 d、图 e 和图 f)</p> 

名称

图示及说明

公差带



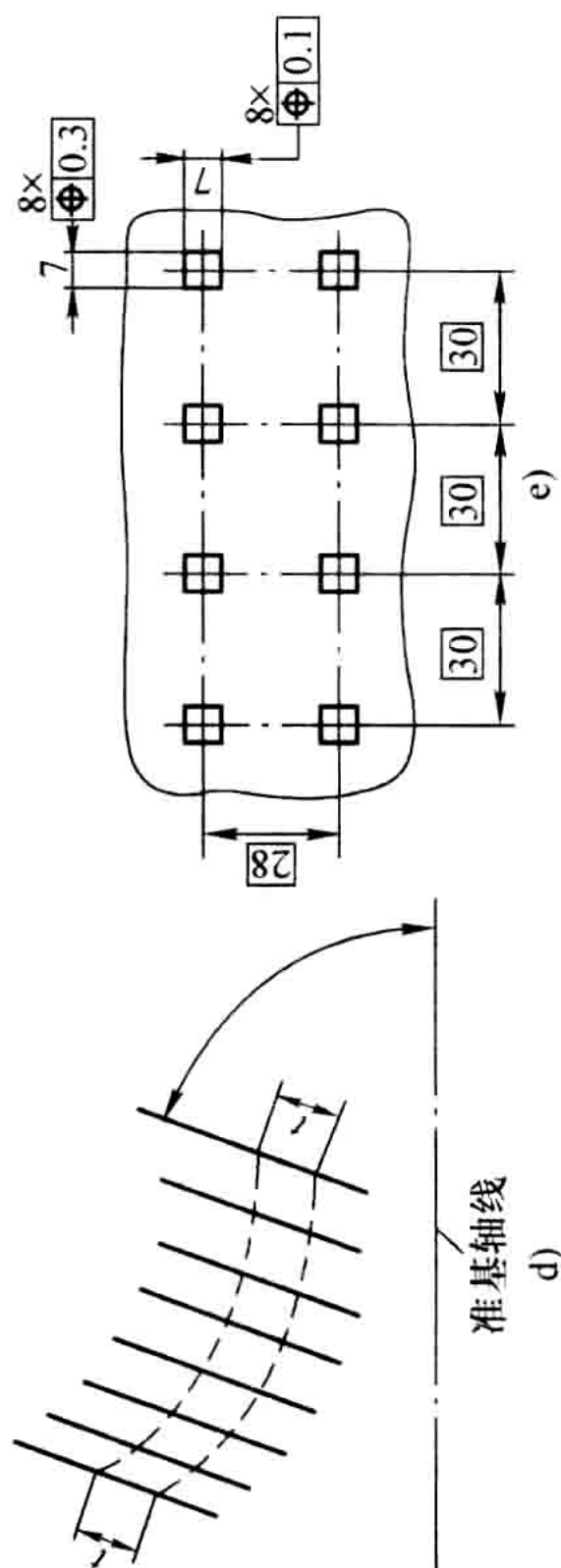
公差带的宽度方向为被测要素的法向 (图 a 和图 b)。另有说明时除外 (图 c 和图 d)

圆度公差带的宽度应在垂直于公称轴线的平面内确定

注: 图 c 中的角度  $\alpha$  (即使等于  $90^\circ$ ) 必须注出

(续)

图示及说明



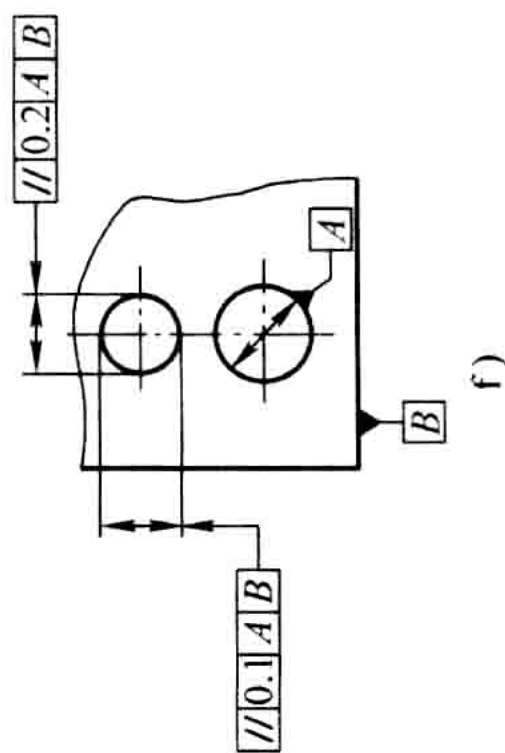
公差带

当中心点、中心线、中心面在一个方向上给定公差时：

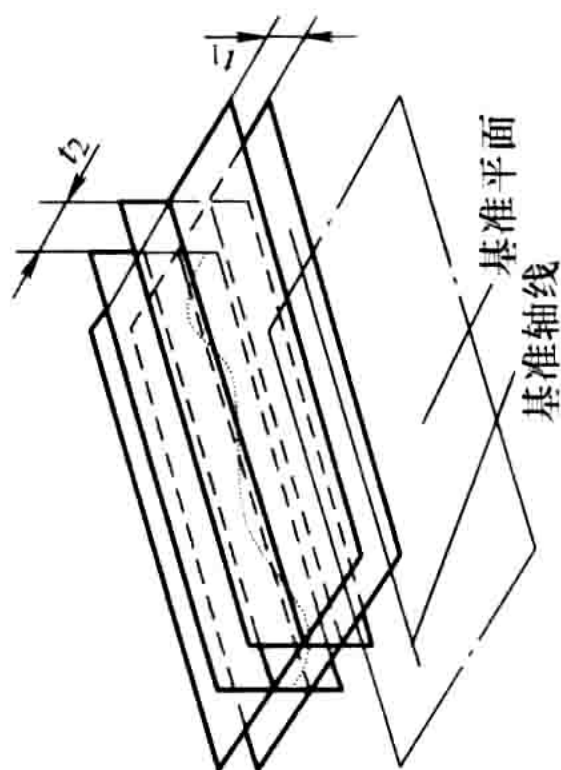
除非另有说明，位置公差公差带的宽度方向为理论正确尺寸图框的方向，并按指引线箭头所指互成  $0^\circ$  或  $90^\circ$ （图 e）

(续)

图示及说明



f)



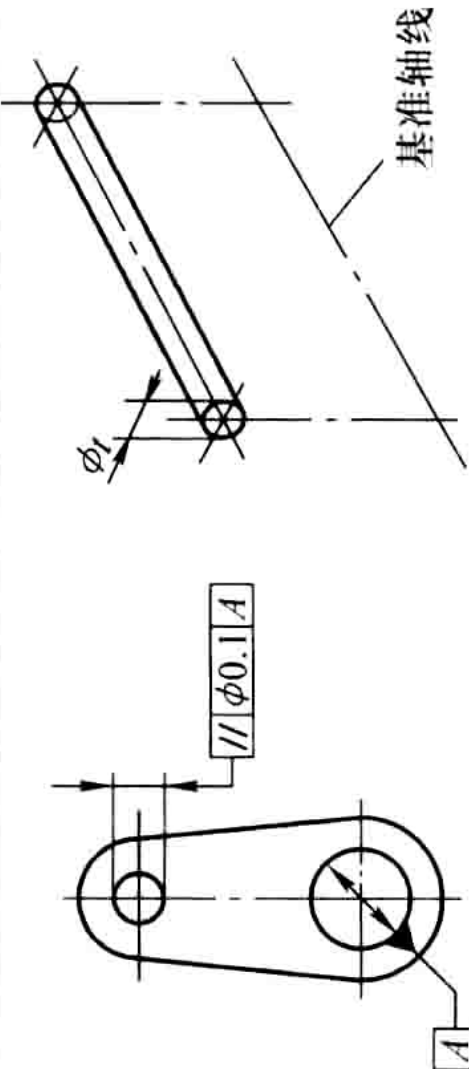
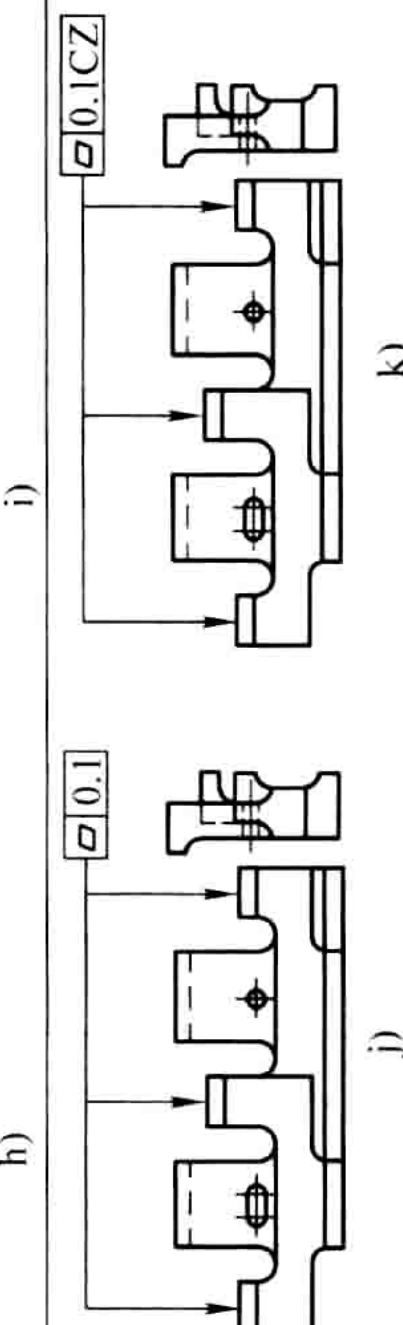
g)

除非另有说明，方向公差公差带的宽度方向为指引线箭头方向，与基准成  $0^\circ$  或  $90^\circ$  (图 f 和图 g)

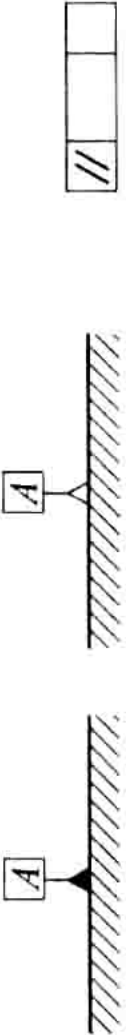

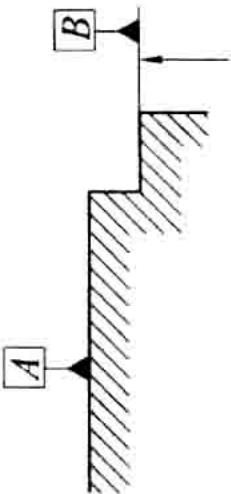
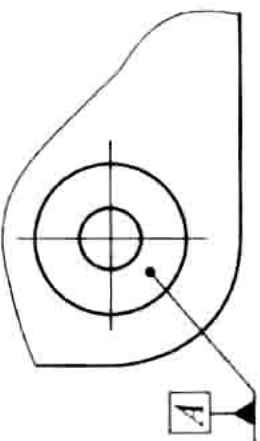
除非另有规定，当在同一基准体系中规定两个方向的公差时，它们的公差带是互相垂直的 (图 f 和图 g)

公差带

(续)


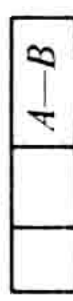

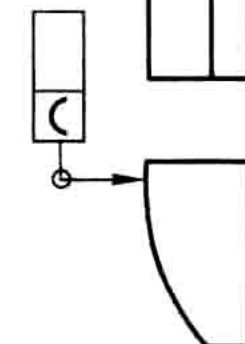
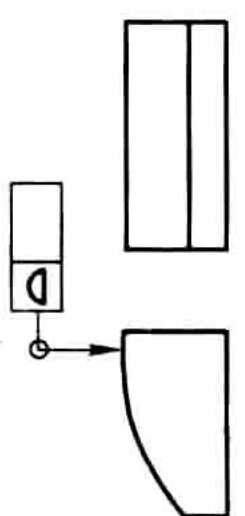
名称	图示及说明
公差带	<div data-bbox="221 744 685 1808">  <p data-bbox="699 1596 728 1659">h)</p> </div> <div data-bbox="221 212 685 723"> <p data-bbox="314 212 642 723">如公差值前面标注符号“<math>\phi</math>”，则公差带为圆柱形或圆形；如加注“<math>S\phi</math>”，则公差带为球形（图 h 和图 i）</p> </div> <div data-bbox="714 489 1113 1808">  <p data-bbox="714 1596 742 1659">j)</p> <p data-bbox="1085 1596 1113 1659">k)</p> </div> <div data-bbox="756 212 1156 468"> <p data-bbox="756 212 1085 468">对几个表面有同一数值的公差带要求，其表示方法可按图 j 标注</p> </div> <div data-bbox="1170 212 1285 1830"> <p data-bbox="1170 212 1285 1830">用同一公差带控制几个被测要素时，应在公差框格内公差值的后面加注公共公差带的符号（图 k）</p> </div>

(续)

名称	图示及说明
基	<div data-bbox="297 500 496 1527">  <p>a)</p>  <p>b)</p> </div> <p data-bbox="525 202 711 1819">相对于被测要素的基准，用一个大写字母表示。字母标注在基准方格内，与一个涂黑的或空白的三角形相连的表示基准（图 a），表示基准的字母也应注在公差框格内（图 b）</p> <p data-bbox="735 989 778 1776">注：涂黑的和空白的基准三角形含义相同</p>
准	<div data-bbox="835 212 1178 1266">  <p>c)</p>  <p>d)</p> </div> <p data-bbox="849 1319 963 1819">带基准字母的基准三角形按规定放置：</p> <p data-bbox="985 1319 1249 1819">当基准要素是轮廓线或轮廓面时，基准三角形放置在要素的轮廓线或其延长线上。与尺寸线明显错开，如图 c 所示。基准三角形也可放置在该轮廓面引出线的水平线上，如图 d 所示</p>

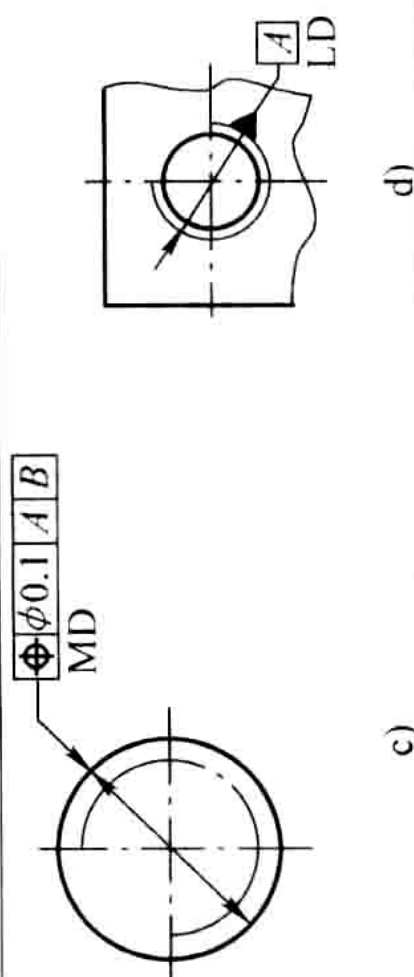


名称	图示及说明
基 准	<div data-bbox="305 1166 515 1555"> </div> <div data-bbox="548 1357 586 1395">e)</div> <div data-bbox="244 527 505 938"> </div> <div data-bbox="548 697 586 736">f)</div> <div data-bbox="715 1229 925 1527"> </div> <div data-bbox="958 1342 996 1385">g)</div> <div data-bbox="634 463 925 959"> </div> <div data-bbox="958 683 996 725">h)</div> <p data-bbox="1033 208 1219 1825">当基准要素是轴线、中心平面或中心点时，基准三角形放置在该尺寸线的延长线上（图 e、图 f、图 g），如尺寸线处安排不下两个箭头，则其中一个箭头可用基准三角形代替（图 f、图 g）</p> <p data-bbox="1239 236 1282 1783">如只以要素的某一局部作基准，则应用粗点画线表示出该部分并加注尺寸（图 h）</p>

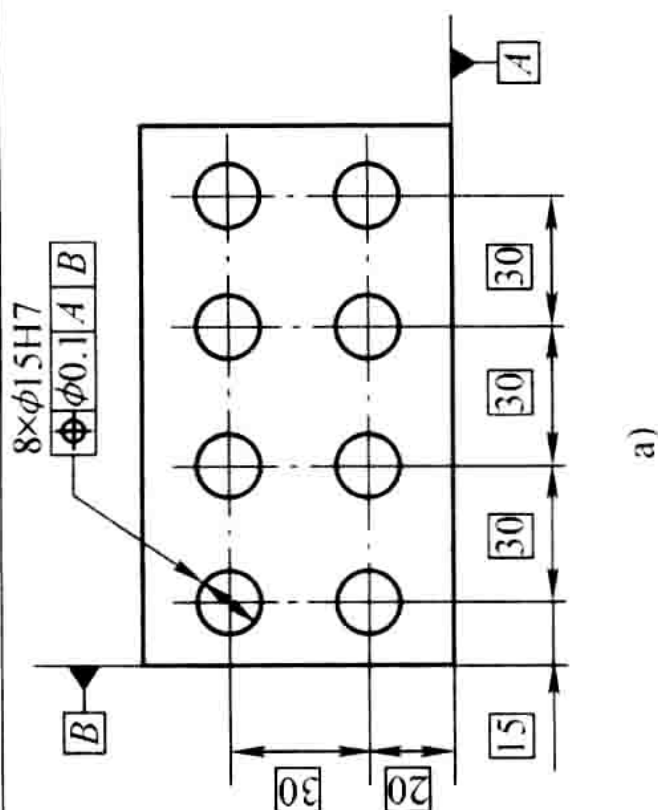
名称	图示及说明
基 准	<div data-bbox="285 532 428 1510">    <p>i)                      j)                      k)</p> </div> <p>单一基准要素用一个大写字母表示 (图 i)</p> <p>由两个要素组成的公共基准, 用由横线隔开的两个大写字母表示 (图 j)</p> <p>由两个或三个要素组成的基准体系 (即采用多基准), 表示基准的大写字母应按基准的优先顺序自左至右填写在框格内 (图 k)</p>
附 加 标 记	<div data-bbox="771 446 1013 1596">   <p>a)                      b)</p> </div> <p>如轮廓度公差适用于横截面内的整个外轮廓线或整个外轮廓面时, 应采用“全周”符号表示 (图 a、图 b)</p> <p>注: “全周”符号只包括由轮廓和公差所表示的各个表面</p>

图示及说明

在一般情况下，螺纹的轴线作为被测要素或基准时，大径轴线用“MD”表示，小径轴线用“LD”表示，中径轴线用“PD”表示。如果大径轴线作为被测要素，则用“MD”表示；如果小径轴线作为被测要素，则用“LD”表示；如果中径轴线作为被测要素，则用“PD”表示。



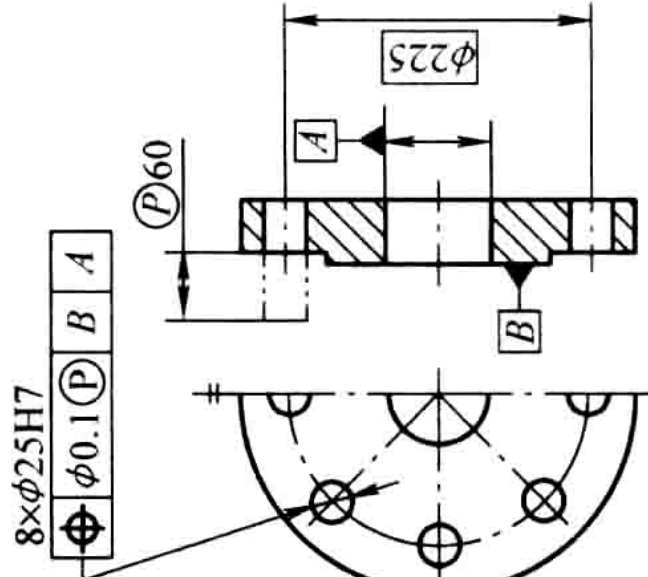
对于要素的位置、轮廓或倾斜度，其理论正确尺寸应标注在理论正确尺寸框中。对于要素的轮廓或倾斜度，其理论正确尺寸应标注在理论正确尺寸框中。


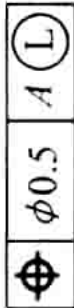


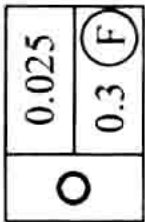


理论正确尺寸

名称	图示及说明
限定性规定	<p>如同一要素的公差值在全部被测要素内的任一局部有进一步的限制时，可在公差值的后面加注限定范围的线性尺寸值，并在两者间用斜线隔开（图 a），如标注的是两项或两项以上同样几何特征的公差，可以直接在表示全部被测要素公差要求的框格下方放置另一个公差框格（图 b）</p>
	<p>图 a) 标注示例：公差框格为 <math>\boxed{-0.05/200}</math>，表示在 200 的范围内公差为 -0.05。</p> <p>图 b) 标注示例：公差框格为 <math>\boxed{-0.1}</math>，下方放置另一个公差框格 <math>\boxed{-0.05/200}</math>，表示在 200 的范围内公差为 -0.05，而在其他范围内公差为 -0.1。</p>
限定性规定	<p>图 c) 标注示例：公差框格为 <math>\boxed{\parallel 0.1 A}</math>，表示公差为 0.1 倍的局部 A 的线性尺寸。</p> <p>图 d) 标注示例：公差框格为 <math>\boxed{\square 0.02}</math>，表示公差为 0.02 倍的局部 A 的线性尺寸。</p>
	<p>如给出的公差仅适用于被测要素的某一指定局部，则用粗点画线表示其范围，并加注尺寸（图 c、图 d）</p> <p>如仅只以要素的某一局部作为基准，则该部分应用粗点画线表示并加注尺寸，参见本表“基准”一项的图 h</p>

(续)

名称	图示及说明													
延伸公差带	<div></div> <p>延伸公差带用附加符号Ⓟ表示 详见 GB/T 17773</p>													
最大实体要求	<p>最大实体要求用附加符号Ⓜ表示。该符号可根据需要单独或同时标注在相应公差值或基准字母的后面，或同时置于两者后面（图 a、图 b、图 c）</p> <p>a)</p> <table border="1" data-bbox="1011 1487 1098 1827"><tr><td><math>\varnothing</math></td><td><math>\varnothing 0.04</math></td><td>Ⓜ</td><td>A</td></tr></table> <p>b)</p> <table border="1" data-bbox="1098 1487 1183 1827"><tr><td><math>\varnothing</math></td><td><math>\varnothing 0.04</math></td><td>A</td><td>Ⓜ</td></tr></table> <p>c)</p> <table border="1" data-bbox="1183 1423 1268 1827"><tr><td><math>\varnothing</math></td><td><math>\varnothing 0.04</math></td><td>Ⓜ</td><td>A</td><td>Ⓜ</td></tr></table>	$\varnothing$	$\varnothing 0.04$	Ⓜ	A	$\varnothing$	$\varnothing 0.04$	A	Ⓜ	$\varnothing$	$\varnothing 0.04$	Ⓜ	A	Ⓜ
$\varnothing$	$\varnothing 0.04$	Ⓜ	A											
$\varnothing$	$\varnothing 0.04$	A	Ⓜ											
$\varnothing$	$\varnothing 0.04$	Ⓜ	A	Ⓜ										

名称	图示及说明
最小实体要求	<p data-bbox="411 229 591 1342">最小实体要求用附加符号Ⓛ表示, 该符号可根据需要单独或同时标注在相应公差值或基准字母的后面, 或同时置于两者后面 (图 a、图 b、图 c)</p> <div data-bbox="368 1476 634 1832"> <p>a) </p> <p>b) </p> <p>c) </p> </div>
自由状态下的要求	<p data-bbox="901 229 1015 1470">对于非刚性零件的自由状态条件用符号Ⓜ表示, 该符号置于给出的公差值后面 (图 a、图 b)</p> <div data-bbox="825 1527 1068 1832"> <p>a) </p> <p>b) </p> </div>

注: 各附加符号Ⓟ、Ⓜ、Ⓛ、Ⓜ和 CZ, 可同时用于同一个公差框格中, 例如:



#### 4. 图样上标注公差值的规定 (GB/T1184—1996)

(1) 规定提出了下列项目的公差值或数系表

- 1) 直线度、平面度。
- 2) 圆度、圆柱度。
- 3) 平行度、垂直度、倾斜度。
- 4) 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动。
- 5) 位置度数系。

(2) 公差值的选用原则

1) 根据零件的功能要求,并考虑加工的经济性和零件的结构、刚性等情况,按表中数系确定要素的公差值。并考虑下列情况。

① 在同一要素上给出的形状公差值应小于位置公差值。如果求平行的两个表面,其平面度公差值应小于平行度公差值。

② 圆柱形零件的形状公差值(轴线的直线度除外)一般情况下应小于其尺寸公差值。

③ 平行度公差值应小于其相应的距离公差值。

2) 对于下列情况,考虑到加工的难易程度和除主参数外其他参数的影响,在满足零件功能的要求下,适当降低1~2级选用。

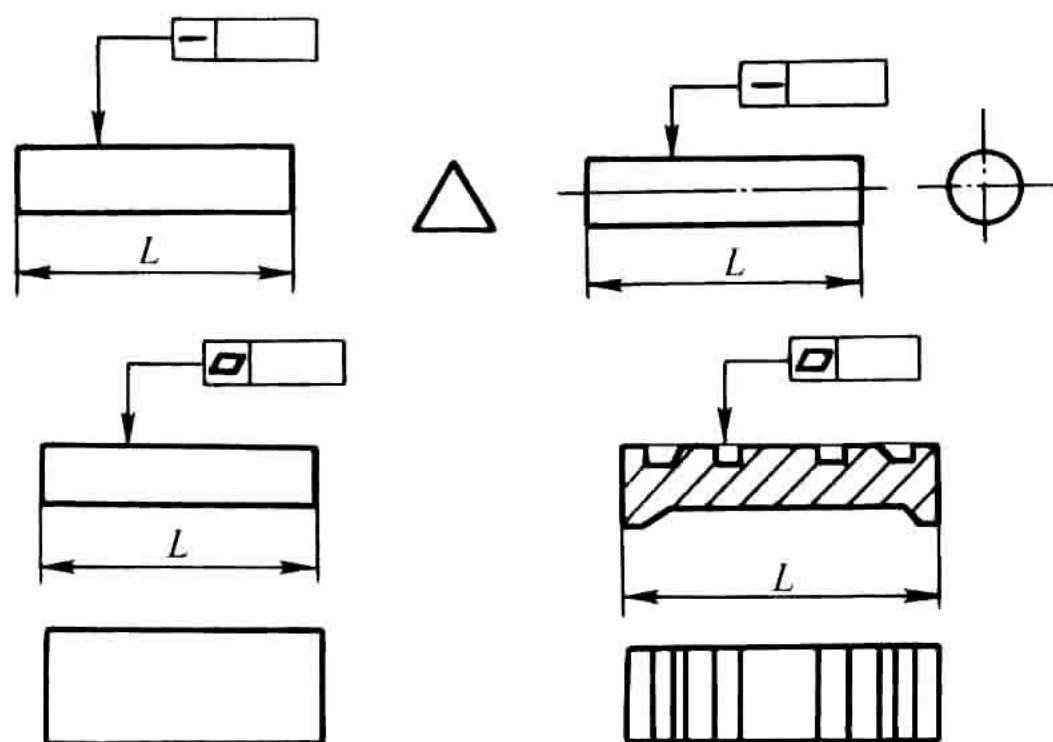
- ① 孔相对于轴。
- ② 细长比较大的轴或孔。
- ③ 距离较大的轴或孔。
- ④ 宽度较大(一般大于1/2长度)的零件表面。
- ⑤ 线对线和线对面相对于面对面的平行度。

⑥ 线对线和线对面相对于面对面的垂直度。

## 5. 公差值表

(1) 直线度、平面度公差值 (表 2-20)

表 2-20 直线度、平面度公差值



主参数 $L$ /mm	公差等级					
	1	2	3	4	5	6
	公差值 / $\mu\text{m}$					
$\leq 10$	0.2	0.4	0.8	1.2	2	3
$> 10 \sim 16$	0.25	0.5	1	1.5	2.5	4
$> 16 \sim 25$	0.3	0.6	1.2	2	3	5
$> 25 \sim 40$	0.4	0.8	1.5	2.5	4	6



(续)

主参数 $L$ /mm	公差等级					
	1	2	3	4	5	6
	公差值 / $\mu\text{m}$					
> 40 ~ 63	0.5	1	2	3	5	8
> 63 ~ 100	0.6	1.2	2.5	4	6	10
> 100 ~ 160	0.8	1.5	3	5	8	12
> 160 ~ 250	1	2	4	6	10	15
> 250 ~ 400	1.2	2.5	5	8	12	20
> 400 ~ 630	1.5	3	6	10	15	25

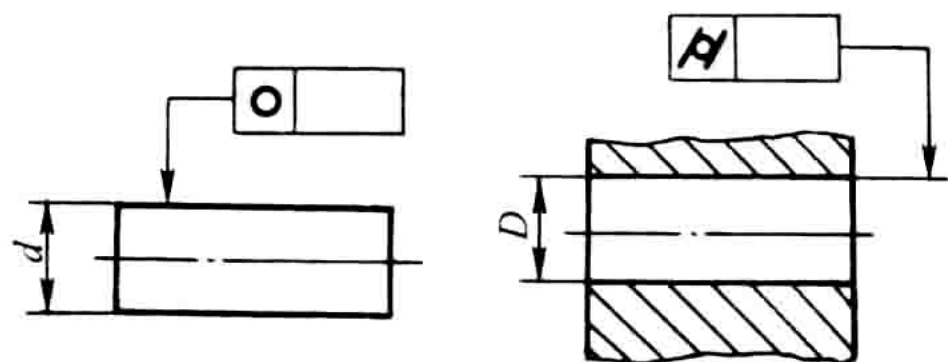
  

主参数 $L$ /mm	公差等级					
	7	8	9	10	11	12
	公差值 / $\mu\text{m}$					
$\leq 10$	5	8	12	20	30	60
> 10 ~ 16	6	10	15	25	40	80
> 16 ~ 25	8	12	20	30	50	100
> 25 ~ 40	10	15	25	40	60	120
> 40 ~ 63	12	20	30	50	80	150
> 63 ~ 100	15	25	40	60	100	200
> 100 ~ 160	20	30	50	80	120	250
> 160 ~ 250	25	40	60	100	150	300
> 250 ~ 400	30	50	80	120	200	400
> 400 ~ 630	40	60	100	150	250	500

(2) 圆度、圆柱度公差值 (表 2-21)

(3) 平行度、垂直度、倾斜度公差值 (表 2-22)

表 2-21 圆度、圆柱度公差值



主参数 $d (D)$ /mm	公差等级						
	0	1	2	3	4	5	6
	公差值 / $\mu\text{m}$						
$\leq 3$	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	2
$> 3 \sim 6$	0.1	0.2	0.4	0.6	1	1.5	2.5
$> 6 \sim 10$	0.12	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5
$> 10 \sim 18$	0.15	0.25	0.5	0.8	1.2	2	3
$> 18 \sim 30$	0.2	0.3	0.6	1	1.5	2.5	4
$> 30 \sim 50$	0.25	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4
$> 50 \sim 80$	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5
$> 80 \sim 120$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6
$> 120 \sim 180$	0.6	1	1.2	2	3.5	5	8
$> 180 \sim 250$	0.8	1.2	2	3	4.5	7	10
$> 250 \sim 315$	1.0	1.6	2.5	4	6	8	12
$> 315 \sim 400$	1.2	2	3	5	7	9	13
$> 400 \sim 500$	1.5	2.5	4	6	8	10	15

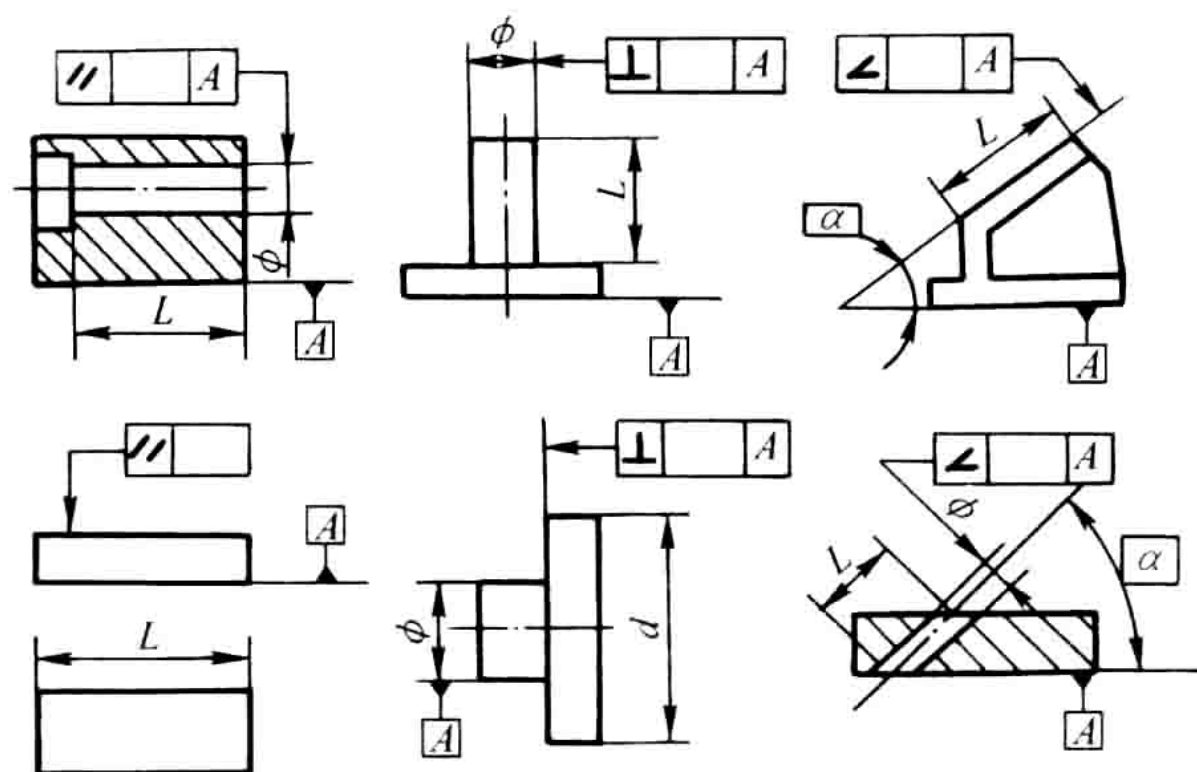
  

主参数 $d (D)$ /mm	公差等级					
	7	8	9	10	11	12
	公差值 / $\mu\text{m}$					
$\leq 3$	3	4	6	10	14	25
$> 3 \sim 6$	4	5	8	12	18	30

(续)

主参数 $d$ ( $D$ ) /mm	公差等级					
	7	8	9	10	11	12
	公差值 / $\mu\text{m}$					
> 6 ~ 10	4	6	9	15	22	36
> 10 ~ 18	5	8	11	18	27	43
> 18 ~ 30	6	9	13	21	33	52
> 30 ~ 50	7	11	16	25	39	62
> 50 ~ 80	8	13	19	30	46	74
> 80 ~ 120	10	15	22	35	54	87
> 120 ~ 180	12	18	25	40	63	100
> 180 ~ 250	14	20	29	46	72	115
> 250 ~ 315	16	23	32	52	81	130
> 315 ~ 400	18	25	36	57	89	140
> 400 ~ 500	20	27	40	63	97	155

表 2-22 平行度、垂直度、倾斜度公差值



(续)

主参数 $L, d (D)$ /mm	公差等级					
	1	2	3	4	5	6
	公差值 / $\mu\text{m}$					
$\leq 10$	0.4	0.8	1.5	3	5	8
$> 10 \sim 16$	0.5	1	2	4	6	10
$> 16 \sim 25$	0.6	1.2	2.5	5	8	12
$> 25 \sim 40$	0.8	1.5	3	6	10	15
$> 40 \sim 63$	1	2	4	8	12	20
$> 63 \sim 100$	1.2	2.5	5	10	15	25
$> 100 \sim 160$	1.5	3	6	12	20	30
$> 160 \sim 250$	2	4	8	15	25	40
$> 250 \sim 400$	2.5	5	10	20	30	50
$> 400 \sim 630$	3	6	12	25	40	60
$> 630 \sim 1000$	4	8	15	30	50	80
$> 1000 \sim 1600$	5	10	20	40	60	100
$> 1600 \sim 2500$	6	12	25	50	80	120
$> 2500 \sim 4000$	8	15	30	60	100	150
$> 4000 \sim 6300$	10	20	40	80	120	200
$> 6300 \sim 10000$	12	25	50	100	150	250

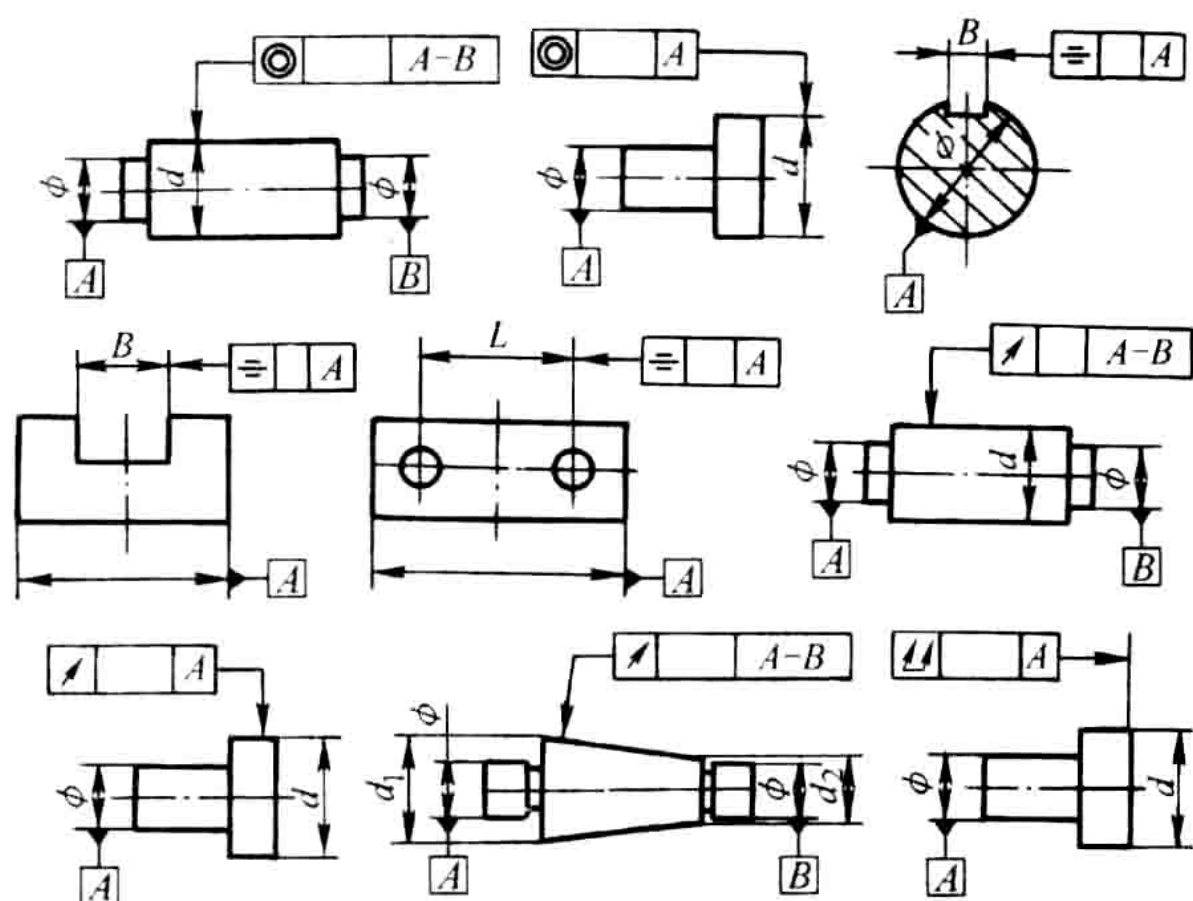
主参数 $L, d (D)$ /mm	公差等级					
	7	8	9	10	11	12
	公差值 / $\mu\text{m}$					
$\leq 10$	12	20	30	50	80	120
$> 10 \sim 16$	15	25	40	60	100	150
$> 16 \sim 25$	20	30	50	80	120	200
$> 25 \sim 40$	25	40	60	100	150	250
$> 40 \sim 63$	30	50	80	120	200	300
$> 63 \sim 100$	40	60	100	150	250	400
$> 100 \sim 160$	50	80	120	200	300	500
$> 160 \sim 250$	60	100	150	250	400	600
$> 250 \sim 400$	80	120	200	300	500	800

(续)

主参数 $L, d (D)$ /mm	公差等级					
	7	8	9	10	11	12
	公差值 / $\mu\text{m}$					
$>400 \sim 630$	100	150	250	400	600	1000
$>630 \sim 1000$	120	200	300	500	800	1200
$>1000 \sim 1600$	150	250	400	600	1000	1500
$>1600 \sim 2500$	200	300	500	800	1200	2000
$>2500 \sim 4000$	250	400	600	1000	1500	2500
$>4000 \sim 6300$	300	500	800	1200	2000	3000
$>6300 \sim 10000$	400	600	1000	1500	2500	4000

(4) 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差值(表 2-23)

表 2-23 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差值



(续)

主参数 $d (D) B, L$ /mm	公差等级					
	1	2	3	4	5	6
	公差值 / $\mu\text{m}$					
$\leq 1$	0.4	0.6	1.0	1.5	2.5	4
$> 1 \sim 3$	0.4	0.6	1.0	1.5	2.5	4
$> 3 \sim 6$	0.5	0.8	1.2	2	3	5
$> 6 \sim 10$	0.6	1	1.5	2.5	4	6
$> 10 \sim 18$	0.8	1.2	2	3	5	8
$> 18 \sim 30$	1	1.5	2.5	4	6	10
$> 30 \sim 50$	1.2	2	3	5	8	12
$> 50 \sim 120$	1.5	2.5	4	6	10	15
$> 120 \sim 250$	2	3	5	8	12	20
$> 250 \sim 500$	2.5	4	6	10	15	25
$> 500 \sim 800$	3	5	8	12	20	30
$> 800 \sim 1250$	4	6	10	15	25	40
$> 1250 \sim 2000$	5	8	12	20	30	50
$> 2000 \sim 3150$	6	10	15	25	40	60
$> 3150 \sim 5000$	8	12	20	30	50	80
$> 5000 \sim 8000$	10	15	25	40	60	100
$> 8000 \sim 10000$	12	20	30	50	80	120

主参数 $d (D) B, L$ /mm	公差等级					
	7	8	9	10	11	12
	公差值 / $\mu\text{m}$					
$\leq 1$	6	10	15	25	40	60
$> 1 \sim 3$	6	10	20	40	60	120
$> 3 \sim 6$	8	12	25	50	80	150
$> 6 \sim 10$	10	15	30	60	100	200
$> 10 \sim 18$	12	20	40	80	120	250
$> 18 \sim 30$	15	25	50	100	150	300
$> 30 \sim 50$	20	30	60	120	200	400

(续)

主参数 $d$ ( $D$ ) $B$ , $L$ /mm	公差等级					
	7	8	9	10	11	12
	公差值 / $\mu\text{m}$					
> 50 ~ 120	25	40	80	150	250	500
> 120 ~ 250	30	50	100	200	300	600
> 250 ~ 500	40	60	120	250	400	800
> 500 ~ 800	50	80	150	300	500	1000
> 800 ~ 1250	60	100	200	400	600	1200
> 1250 ~ 2000	80	120	250	500	800	1500
> 2000 ~ 3150	100	150	300	600	1000	2000
> 3150 ~ 5000	120	200	400	800	1200	2500
> 5000 ~ 8000	150	250	500	1000	1500	3000
> 8000 ~ 10000	200	300	600	1200	2000	4000

## 6. 几何公差未注公差值 (GB/T 1184—1996)

### (1) 几何公差的未注公差值

1) 直线度和平面度的未注公差值见表 2-24。选择公差值时, 对于直线度应按其相应线的长度选择; 对于平面度应按其表面的较长一侧或圆表面的直径选择。

2) 圆度的未注公差值等于标准的直径公差值, 但不能大于表 2-27 中圆跳动的未注公差值。

3) 圆柱度的未注公差值不做规定。圆柱度误差由三个部分组成: 圆度、直线度和相对素线的平行度误差, 而其中每一项误差均由它们的注出公差或未注公差控制。如因功能要求, 圆柱度应小于圆度、直线度和平行度的未注公差的综合结果, 应在被测要素上按 GB/T 1184—1996 的规定注出圆柱度公差值, 或采用包容要求。

表 2-24 直线度和平面度的未注公差值

(单位: mm)

公差等级	基本长度范围		
	$\leq 10$	$> 10 \sim 30$	$> 30 \sim 100$
H	0.02	0.05	0.1
K	0.05	0.1	0.2
L	0.1	0.2	0.4

公差等级	基本长度范围		
	$> 100 \sim 300$	$> 300 \sim 1000$	$> 1000 \sim 3000$
H	0.2	0.3	0.4
K	0.4	0.6	0.8
L	0.8	1.2	1.6

## (2) 位置公差的未注公差值

1) 平行度的未注公差值等于给出的尺寸公差值, 或直线度和平面度未注公差值中的相应公差值取较大者。应取两要素中的较长者作为基准; 若两要素的长度相等, 则可选任一要素为基准。

2) 垂直度的未注公差值见表 2-25。取形成直角的两边中较长的一边作为基准, 较短的一边作为被测要素, 若边的长度相等则可取其中的任意一边为基准。

表 2-25 垂直度的未注公差值

(单位: mm)

公差等级	基本长度范围			
	$\leq 100$	$> 100 \sim 300$	$> 300 \sim 1000$	$> 1000 \sim 3000$
H	0.2	0.3	0.4	0.5
K	0.4	0.6	0.8	1
L	0.6	1	1.5	2



3) 对称度的未注公差值见表 2-26。应取两要素中较长者作为基准, 较短者作为被测要素; 若两要素长度相等则可选任一要素为基准。

**表 2-26 对称度的未注公差值**

(单位: mm)

公差等级	基本长度范围			
	$\leq 100$	$> 100 \sim 300$	$> 300 \sim 1000$	$> 1000 \sim 3000$
H	0.5			
K	0.6		0.8	1
L	0.6	1	1.5	2

4) 同轴度的未注公差值未作规定。在极限状况下, 同轴度的未注公差值与圆跳动的未注公差值相等。

5) 圆跳动 (径向、轴向和斜向) 的未注公差值见表 2-27。对于圆跳动未注公差值, 应以设计和工艺给出的支承面作为基准, 否则应取两要素中较长的一个作为基准; 若两要素的长度相等, 则可选任一要素为基准。

**表 2-27 圆跳动的未注公差值**

(单位: mm)

公差等级	H	K	L
圆跳动公差值	0.1	0.2	0.5

## 三、表面结构

### 1. 基本术语新旧标准对照 (表 2-28)

表 2-28 基本术语新旧标准对照

基本术语 (GB/T 3505—2009)	GB/T 3505—1983	GB/T 3505—2009
取样长度	$l$	$l_p$ 、 $l_w$ 、 $l_r$ <sup>①</sup>
评定长度	$l_n$	$l_n$
纵坐标值	$y$	$Z(x)$
局部斜率		$\frac{dZ}{dX}$
轮廓峰高	$y_p$	$Z_p$
轮廓谷深	$y_v$	$Z_v$
轮廓单元高度		$Z_t$
轮廓单元宽度		$X_s$
在水平截面高度 $c$ 位置上 轮廓的实体材料长度	$\eta_p$	$Ml(c)$

① 给定的三种不同轮廓的取样长度。

## 2. 表面结构的参数新旧标准对照 (表 2-29)

表 2-29 表面结构的参数新旧标准对照

参数 (GB/T 3505—2009)	GB/T 3505 —1983	GB/T 3505 —2009	在测量范围内	
			评定长 度 $l_n$	取样 长度
最大轮廓峰高	$R_p$	$R_p$		✓
最大轮廓谷深	$R_m$	$R_v$		✓
轮廓最大高度	$R_y$	$R_z$		✓
轮廓单元的平均高度	$R_c$	$R_c$		✓
轮廓总高度	—	$R_t$	✓	
评定轮廓的算术平均偏差	$R_a$	$R_a$		✓
评定轮廓的均方根偏差	$R_q$	$R_q$		✓

(续)

参数 (GB/T 3505—2009)	GB/T 3505 —1983	GB/T 3505 —2009	在测量范围内	
			评定长度 $l_n$	取样长度
评定轮廓的偏斜度	$S_k$	$Rsk$		✓
评定轮廓的陡度	—	$Rku$		✓
轮廓单元的平均宽度	$S_m$	$Rsm$		✓
评定轮廓的均方根斜率	$\Delta_q$	$R\Delta q$		
轮廓支承长度率	—	$Rmr (c)$	✓	
轮廓水平截面高度	—	$R\delta c$	✓	
相对支承长度率	$t_p$	$Rmr$	✓	
十点高度	$R_z$	—		

注：1. ✓符号表示在测量范围内，现采用的评定长度和取样长度。

2. 表中取样长度是  $l_r$ 、 $l_w$  和  $l_p$ ，分别对应于  $R$ 、 $W$  和  $P$  参数。 $l_p = l_n$ 。
3. 在规定的三个轮廓参数中，表中只列出了粗糙度轮廓参数。例如：三个参数分别为  $Pa$ （原始轮廓）、 $Ra$ （粗糙度轮廓）、 $Wa$ （波纹度轮廓）。

### 3. 评定表面结构的参数及数值系列

标准 GB/T 1031—2009 采用中线制（轮廓法）评定表面粗糙度。

表面粗糙度的参数从轮廓的算术平均偏差  $Ra$ ，轮廓的最大高度  $Rz$  两项中选择。在幅度参数（峰和谷）常用的参数值范围  $Ra$  为  $0.025 \sim 6.3 \mu\text{m}$ ， $Rz$  为  $0.1 \sim 25 \mu\text{m}$ ，推荐优先选用  $Ra$ 。

(1) 轮廓的算术平均偏差  $R_a$  的系列值 轮廓的算术平均偏差, 指在取样长度内纵坐标值的算术平均值, 代号为  $R_a$ , 其系列值见表 2-30。

**表 2-30 轮廓的算术平均偏差  $R_a$  的系列值**

(GB/T 1031—2009) (单位:  $\mu\text{m}$ )

系列值	补充系列值	系列值	补充系列值
0.012	0.008	1.6	1.00
	0.010		1.25
	0.016		2.0
0.025	0.020	3.2	2.5
	0.032		4.0
	0.040		5.0
0.05	0.063	6.3	8.0
	0.080		10.0
	0.125		16.0
0.10	0.160	12.5	20
	0.25		32
	0.32		40
0.4	0.50	50	63
	0.63		80
0.8		100	

(2) 轮廓的最大高度  $R_z$  的系列值 轮廓的最大高度, 是指在取样长度内, 最大的轮廓峰高  $R_p$  与最大的轮廓谷深  $R_v$  之和的高度, 代号为  $R_z$ , 其系列值见表 2-31。

表 2-31 轮廓的最大高度  $R_z$  的系列值  
(GB/T 1031—2009) (单位:  $\mu\text{m}$ )

系列值	补充系列值	系列值	补充系列值
0.025			8.0
	0.032		10.0
	0.040	12.5	
0.05			16.0
	0.063		20
	0.080	25	
0.1			32
	0.125		40
	0.160	50	
0.2			63
	0.25		80
	0.32	100	
0.4			125
	0.50		160
	0.63	200	
0.8			250
	1.00		320
1.6	1.25	400	
			500
	2.0		630
3.2	2.5	800	
			1000
	4.0		1250
6.3	5.0	1600	

(3) 取样长度 ( $l_r$ ) 取样长度是指用于判别被评定轮廓不规则特征的  $X$  轴上的长度, 代号为  $l_r$ 。

为了在测量范围内较好地反映粗糙度的实际情况, 标准规定取样长度按表面粗糙程度选取相应的数值, 在取样

长度范围内，一般至少包含 5 个的轮廓峰和轮廓谷。规定和选择取样长度目的是为限制和削弱其他几何形状误差，尤其是表面波度对测量结果的影响。

取样长度的数值见表 2-32。

**表 2-32 取样长度的数值 ( $l_r$ )**

(单位: mm)

$l_r$	0.08	0.25	0.8	2.5	8	25
-------	------	------	-----	-----	---	----

(4) 评定长度 ( $l_n$ ) 评定长度是指用于判别被评定轮廓的  $x$  轴上方向的长度，代号为  $l_n$ 。它可以包含一个或几个取样长度。

为了较充分和客观地反映被测表面的表面粗糙度，须连续取几个取样长度的平均值作为测量结果。国标规定， $l_n = 5l_r$  为默认值。选取评定长度的目的是为了减小被测表面上表面粗糙度的不均匀性的影响。

取样长度与幅度参数之间有一定的联系，一般情况下，在测量  $R_a$ 、 $R_z$  时推荐按表 2-33 选取对应的取样长度值。

**表 2-33 取样长度 ( $l_r$ ) 和评定长度 ( $l_n$ ) 的数值**

(单位: mm)

$R_a/\mu\text{m}$	$R_z/\mu\text{m}$	$l_r/\text{mm}$	$l_n (l_n = 5l_r)/\text{mm}$
$\geq 0.008 \sim 0.02$	$\geq 0.025 \sim 0.1$	0.08	0.4
$> 0.02 \sim 0.1$	$> 0.1 \sim 0.5$	0.25	1.25
$> 0.1 \sim 2$	$> 0.5 \sim 10$	0.8	4
$> 2 \sim 10$	$> 10 \sim 50$	2.5	12.5
$> 10 \sim 80$	$> 50 \sim 320$	8	40

## 4. 表面粗糙度符号、代号及标注(GB/T 131—2006)

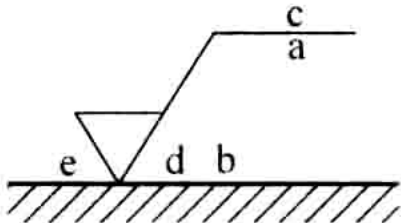
## (1) 表面粗糙度的符号(表 2-34)

表 2-34 表面粗糙度的符号

符号类型		符号	意 义
基本图形符号			仅用于简化代号标注,没有补充说明时不能单独使用
扩展图形符号	要求去除材料的图形符号		在基本图形符号上加一短横,表示指定表面是用去除材料的方法获得,如通过机械加工获得的表面
	不去除材料的图形符号		在基本图形符号上加一个圆圈,表示指定表面是用不去除材料方法获得
完整图形符号	允许任何工艺		当要求标注表面粗糙度特征的补充信息时,应在图形的长边上加一横线
	去除材料		
	不去除材料		
工件轮廓各表面的图形符号			当在图样某个视图上构成封闭轮廓的各表面有相同的表面粗糙度要求时,应在完整图形符号上加一个圆圈,标注在图样中工件的封闭轮廓线上。如果标注会引起歧义时,各表面应分别标注

(2) 表面粗糙度代号 在表面粗糙度符号的规定位置上,注出表面粗糙度数值及相关的规定项目后就形成了表面粗糙度代号。表面粗糙度代号标注方法见表 2-35。

表 2-35 表面粗糙度代号标注方法

图 示	标注方法说明
	<p>位置 a 注写表面粗糙度的单一要求:标注表面粗糙度参数代号、极限值和取样长度。为了避免误解,在参数代号和极限值间应插入空格。取样长度后应有一斜线“/”,之后是表面粗糙度参数符号,最后是数值,如 <math>-0.8/Rz6.3</math></p> <p>位置 a 和 b 注写两个或多个表面粗糙度要求:在位置 a 注写一个表面粗糙度要求,方法同(a);在位置 b 注写第二个表面粗糙度要求。如果要注写第三个或更多个表面粗糙度要求,图形符号应在垂直方向扩大,以空出足够的空间。扩大图形符号时,a 和 b 的位置随之上移</p> <p>位置 c 注写加工方法、表面处理、涂层或其他加工工艺要求等,如车、磨、镀等加工表面</p> <p>位置 d 注写表面纹理和方向,如“=”、“X”、“M”</p> <p>位置 e 注写加工余量,以 mm 为单位给出数值</p>



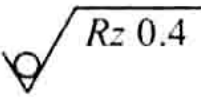
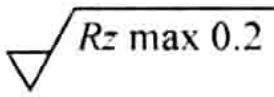
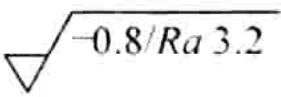
(3) 表面粗糙度评定参数的标注 表面粗糙度评定参数必须注出参数代号和相应数值,数值的单位均为  $\mu\text{m}$  (微米),数值的判断规则有两种:

1) 16% 规则,是所有表面粗糙度要求默认规则。

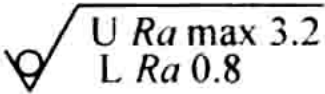
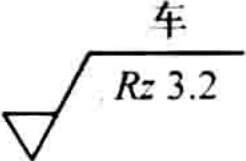
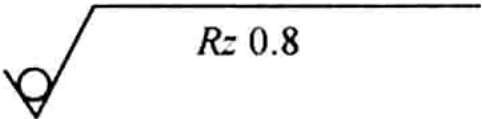
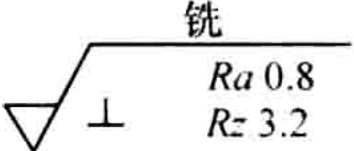

2) 最大规则,应用于表面粗糙度要求时,则参数代号中应加上“max”。

当图样上标注参数的最大值(max)或(和)最小值(min)时,表示参数中所有的实测值均不得超过规定值。当图样上采用参数的上限值(用U表示)(或、和)下限值(用L表示)时(表中未标注max或min的),表示参数的实测值中允许少于总数的16%的实测值超过规定值。具体标注示例及意义见表2-36。

表 2-36 表面粗糙度代号的标注示例及意义

符 号	含义/解释
	表示不允许去除材料,单向上限值,粗糙度的最大高度为 $0.4\mu\text{m}$ ,评定长度为5个取样长度(默认)，“16%规则”(默认)
	表示去除材料,单向上限值,粗糙度最大高度的最大值为 $0.2\mu\text{m}$ ,评定长度为5个取样长度(默认)，“最大规则”(默认)
	表示去除材料,单向上限值,取样长度为 $0.8\mu\text{m}$ ,算术平均偏差为 $3.2\mu\text{m}$ ,评定长度包含3个取样长度,“16%规则”(默认)

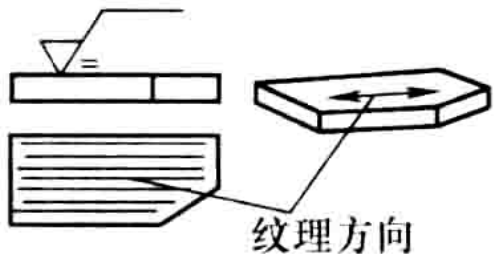
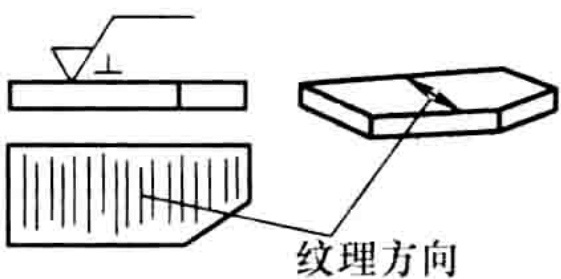
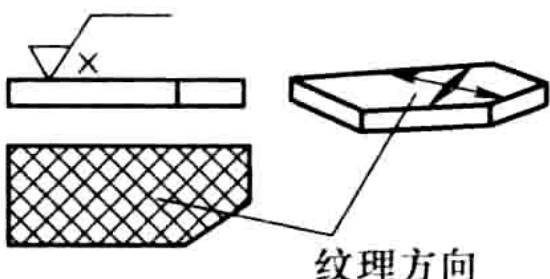
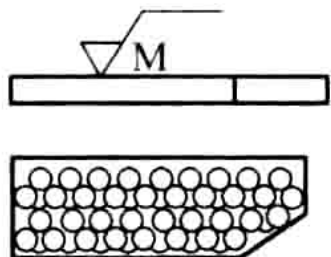
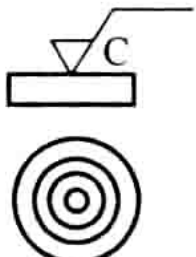
(续)

符 号	含义/解释
	<p>表示不允许去除材料,双向极限值,上限值:算术平均偏差为 <math>3.2\mu\text{m}</math>,评定长度为 5 个取样长度(默认),“最大规则”;下限值:算术平均偏差为 <math>0.8\mu\text{m}</math>,评定长度为 5 个取样长度(默认),“16% 规则”(默认)</p>
	<p>零件的加工表面的粗糙度要求由指定的加工方法获得时,用文字标注在符号上边的横线上</p>
	<p>在符号的横线上可注写镀(涂)覆或其他表面处理要求。镀覆后达到的参数值这些要求也可在图样的技术要求中说明</p>
	<p>需要控制表面加工纹理方向时,可在完整符号的右下角加注加工纹理方向符号</p>
	<p>在同一图样中,有多道加工工序的表面可标注加工余量时,加工余量标注在完整符号的左下方,单位为 mm</p>

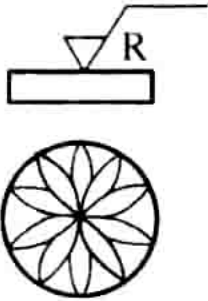
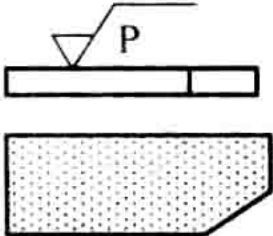
注:评定长度的( $l_n$ )的标注:若所标注的参数代号没有“max”,表明采用的有关标准中默认的评定长度。若不存在默认的评定长度时,参数代号中应标注取样长度的个数,如  $Ra3$ 、 $Rz3$ 、 $RSm3$ ……(要求评定长度为 3 个取样长度)。

## (4) 常用的加工纹理方向(表 2-37)

表 2-37 常用的加工纹理方向

符号	说明	示意图
=	纹理平行于视图所在的投影面	
⊥	纹理垂直于视图所在的投影面	
×	纹理呈两斜向交叉且与视图所在的投影面相交	
M	纹理呈多方向	
C	纹理呈近似同心圆且圆心与表面中心相关	

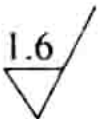
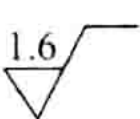
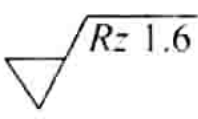
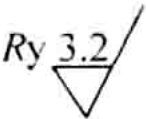
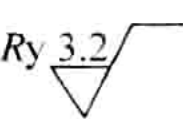
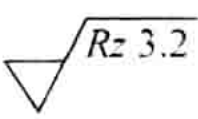
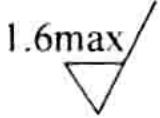
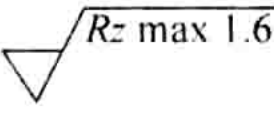
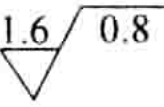
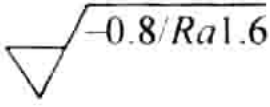
(续)

符号	说明	示意图
R	纹理呈近似的放射状与表面圆心相关	
P	纹理呈微粒、凸起,无方向	

注:如果表面纹理不能清楚地用这些符号表示,必要时可以在图样上加注说明。

#### (5) 表面粗糙度标注方法新旧标准对照(表 2-38)

表 2-38 表面粗糙度标注方法新旧标准对照

GB/T 131—1993	GB/T 131—2006	说明主要问题的示例
 		$Ra$ 只采用“16% 规则”
 		除了 $Ra$ “16% 规则”的参数
		“最大规则”
		$Ra$ 加取样长度

(续)

GB/T 131—1993	GB/T 131—2006	说明主要问题的示例
$Ry\ 3.2\ \sqrt{0.8}$	$\sqrt{-0.8/Rz\ 6.3}$	除 $Ra$ 外其他参数及 取样长度
$Ry\ 1.6\ \sqrt{6.3}$	$\sqrt{Ra\ 1.6\ Rz\ 6.3}$	$Ra$ 及其他参数
$Ry\ 3.2$	$\sqrt{Rz\ 6.3}$	评定长度中的取样长度 个数如果不是 5, 则 要注明个数 (此例表 示比例取样长度个数为 3)
—	$\sqrt{L\ Rz\ 1.6}$	下限值
$\frac{3.2}{1.6}$	$\sqrt{U\ Ra\ 3.2\ L\ Rz\ 1.6}$	上、下限值

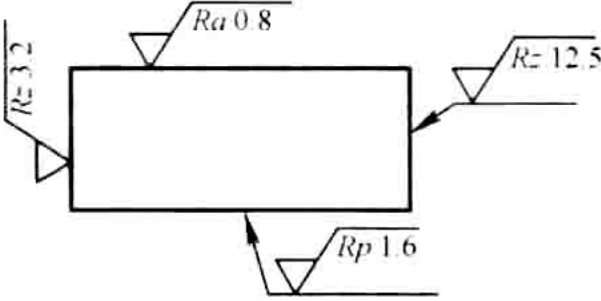
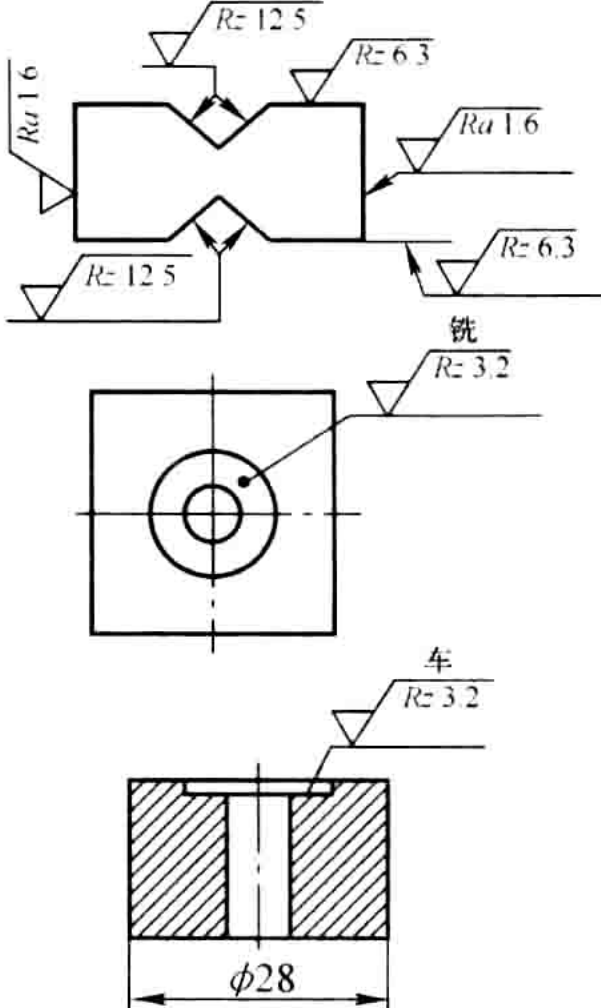
## 5. 表面粗糙度代号在图样上的标注方法

表面粗糙度要求对每一表面一般只标注一次, 并尽可能注在相应的尺寸及其公差的同一视图上。除非另有说明, 所标注的表面粗糙度要求是对完工零件表面的要求。

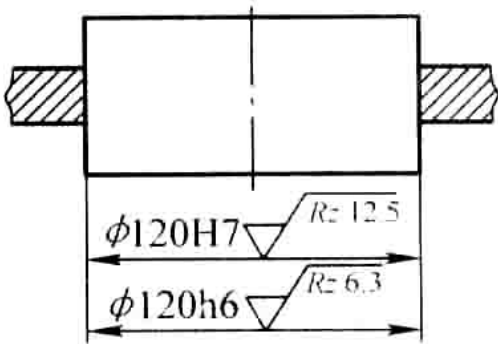
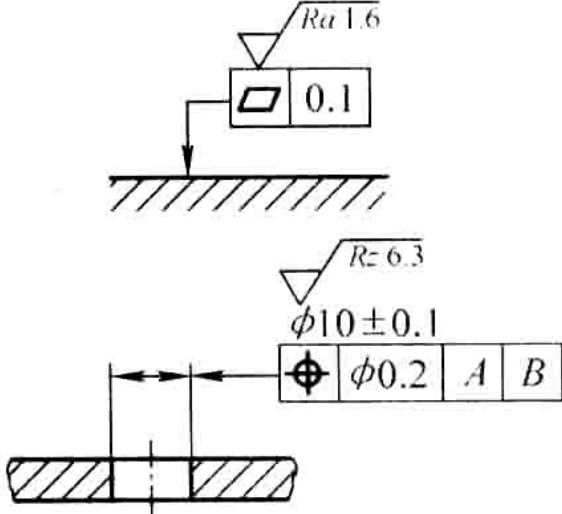
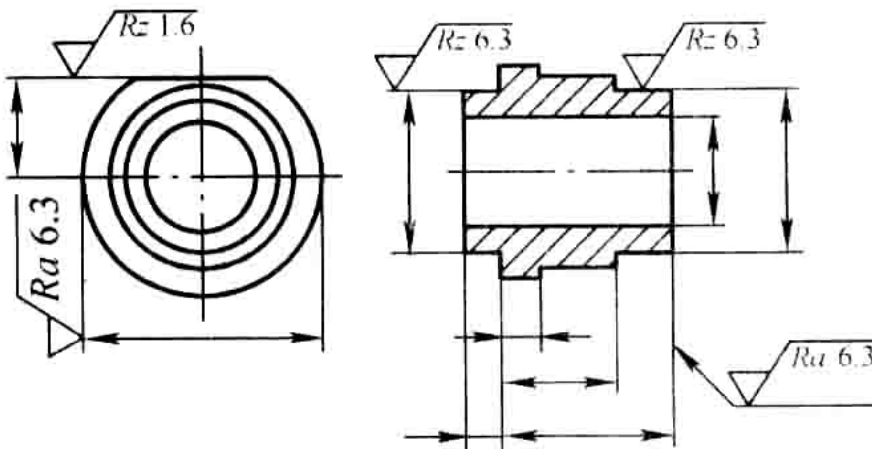
(1) 表面粗糙度在图样上标注方法示例(表 2-39)

(2) 表面粗糙度简化标注方法示例(表 2-40)

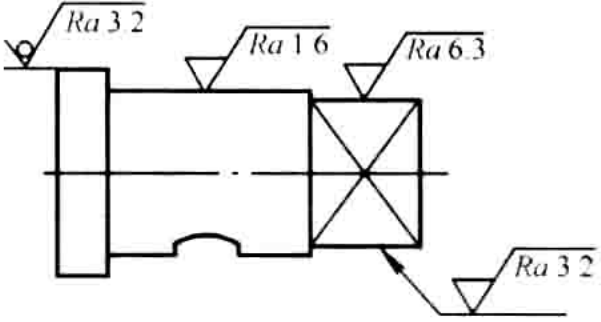
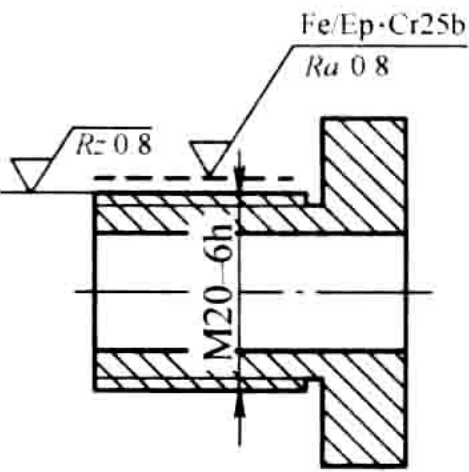
表 2-39 表面粗糙度在图样上标注方法示例

图 示	标注方法 说明
	<p>表面粗糙度的注写和读取方向与尺寸的注写和读取方向一致</p>
	<p>表面粗糙度要求可标注在轮廓线上,其符号应从材料外指向并接触表面。必要时,表面粗糙度符号也可用带箭头或黑点的指引线引出标注</p>

(续)

图 示	标注方法 说明
 <p>The diagram shows a shaft with two diameters. The upper diameter is <math>\phi 120H7</math> with a surface roughness symbol <math>Rz 12.5</math>. The lower diameter is <math>\phi 120h6</math> with a surface roughness symbol <math>Rz 6.3</math>. The shaft is shown in a cross-section with hatched areas on the ends.</p>	<p>在不致引起误解时,表面粗糙度要求可以标注在给定的尺寸线上</p>
 <p>The diagram shows a hole with a surface roughness symbol <math>Ra 1.6</math> and a geometric tolerance symbol <math>0.1</math>. Below it, a hole with a diameter of <math>\phi 10 \pm 0.1</math> is shown with a surface roughness symbol <math>Rz 6.3</math>. The hole is shown in a cross-section with hatched areas on the ends.</p>	<p>表面粗糙度要求可标注在几何公差框格的上方</p>
 <p>The diagram shows a hole with a surface roughness symbol <math>Rz 1.6</math> and a surface roughness symbol <math>Ra 6.3</math>. Below it, a hole with a diameter of <math>\phi 10 \pm 0.1</math> is shown with a surface roughness symbol <math>Rz 6.3</math>. The hole is shown in a cross-section with hatched areas on the ends.</p>	<p>表面粗糙度要求可以直接标注在延长线上</p>

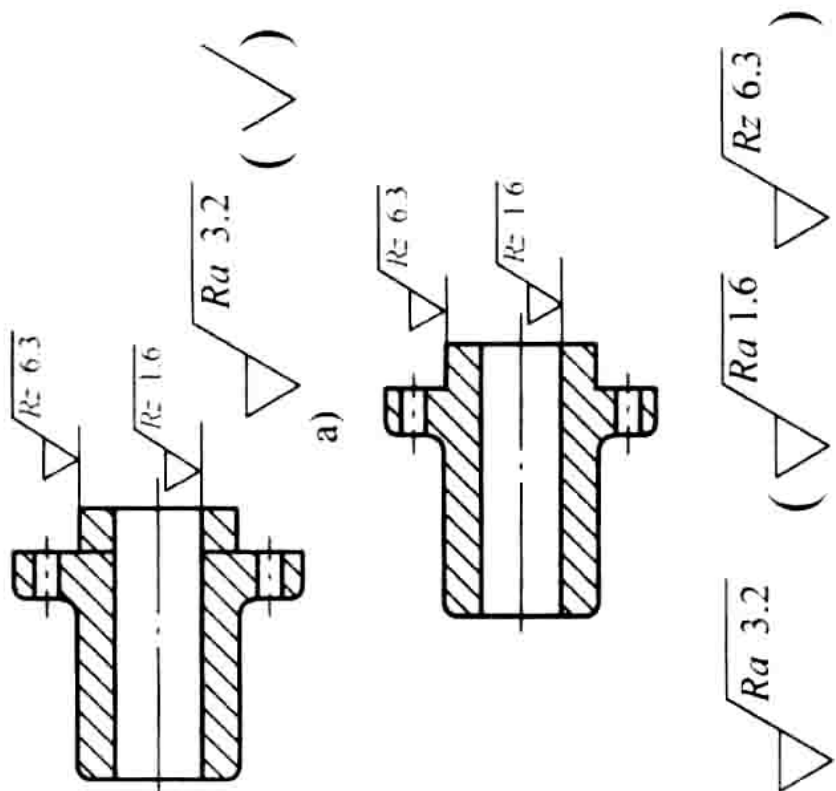
(续)

图 示	标注方法 说明
	<p>圆柱和棱柱表面的表面粗糙度要求只标注一次, 如果每个棱柱表面有不同的表面粗糙度要求, 则应分别单独标注</p>
	<p>由几种不同的工艺方法获得的同一表面, 当需要明确每种工艺方法的表面粗糙度要求时的标注方法</p>

## 6. 各级表面粗糙度的表面特征及应用举例(表 2-41)



表 2-40 表面粗糙度简化标注方法示例

图 示	标注方法说明
 <p>a)</p> <p>b)</p>	<p>有相同表面粗糙度要求的简化注 法</p> <p>如果在工件的多数（包括全部） 表面有相同的表面粗糙度要求，则 其表面粗糙度要求可统一标注在图 样的标题栏附近</p> <p>除全部表面有相同要求的情况 外，表面粗糙度要求在符号后面应 有</p> <p>1) 在圆括号内给出无任何其他 标注的基本符号（图 a）</p> <p>2) 在圆括号内给出不同的表面 粗糙度要求（图 b）</p> <p>不同表面粗糙度要求应直接标注 在图形中</p>

(续)

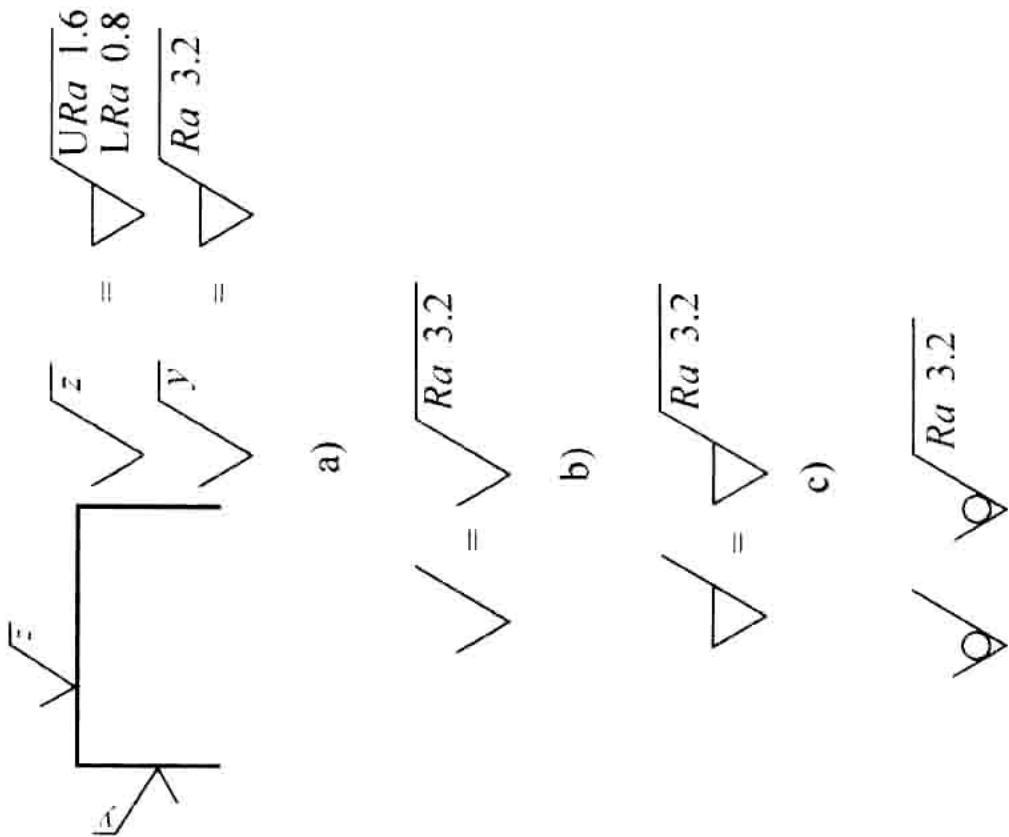
图 示	标注方法说明
 <p>a)</p> <p>b)</p> <p>c)</p> <p>d)</p>	<p>多个表面有共同要求的注法</p> <p>当多个表面具有相同的表面粗糙度要求或图样空间有限时的简化注法</p> <p>1) 图样空间有限时, 可用带字母的完整符号以等式的形式, 在图形或标题栏附近, 对有相同表面结构要求的表面进行简化标注 (图 a)</p> <p>2) 只用表面粗糙度符号的简化注法: 可用基本和扩展的表面粗糙度符号, 以等式的形式给出对多个表面共同的表面粗糙度要求</p> <p>① 未指定工艺方法的多个表面粗糙度要求的简化注法 (图 b)</p> <p>② 要求去除材料的多个表面粗糙度要求的简化注法 (图 c)</p> <p>③ 不允许去除材料的多个表面粗糙度要求的简化注法 (图 d)</p>

表 2-41 各级表面粗糙度的表面特征及应用举例

表面特征		$Ra/\mu\text{m}$	$Rz/\mu\text{m}$	应用举例
粗糙表面	可见刀痕	$>20 \sim 40$	$>80 \sim 160$	半成品粗加工过的表面, 非配合的加工表面, 如轴端面、倒角、钻孔、齿轮和带轮侧面、键槽底面、垫圈接触面等
	微见刀痕	$>10 \sim 20$	$>40 \sim 80$	
半光表面	微见加工痕迹	$>5 \sim 10$	$>20 \sim 40$	轴上不安装轴承或齿轮处的非配合表面、紧固件的自由装配表面、轴和孔的退刀槽等
	微辨加工痕迹	$>2.5 \sim 5$	$>10 \sim 20$	半精加工表面, 箱体、支架、端盖、套筒等和其他零件结合而无配合要求的表面, 需要发蓝的表面等
	看不清加工痕迹	$>1.25 \sim 2.5$	$>6.3 \sim 10$	接近于精加工表面、箱体上安装轴承的镗孔表面、齿轮的工作面
光表面	可辨加工痕迹方向	$>0.63 \sim 1.25$	$>3.2 \sim 6.3$	圆柱销、圆锥销, 与滚动轴承配合的表面, 普通车床导轨面, 内、外花键定心表面等

(续)

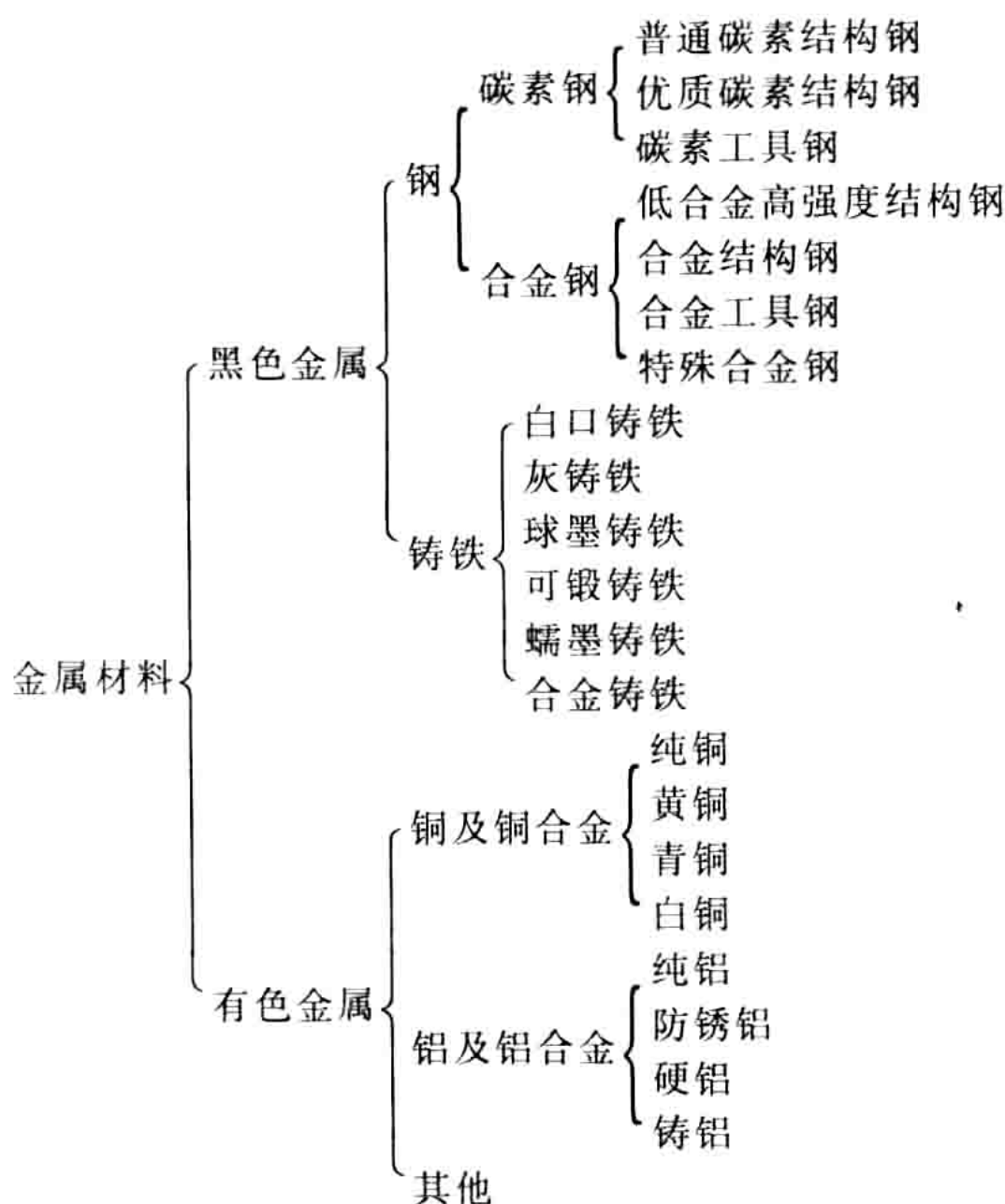
表面特征	$Ra/\mu\text{m}$	$Rz/\mu\text{m}$	应用举例
光表面	微辨加工 痕迹方向	$>0.32 \sim 0.63$	要求配合性质稳定的配合表面, 工作时受交变应力的重要零件, 较高精度车床的导轨面
	不可辨加工 痕迹方向	$>0.16 \sim 0.32$	精密机床主轴锥孔, 顶尖圆锥面, 发动 机曲轴、凸轮轴工作表面, 高精度齿轮齿 面
极光表面	暗光泽面	$>0.08 \sim 0.16$	精度机床主轴颈表面、一般量规工作表 面、气缸套内表面、活塞销表面等
	亮光泽面	$>0.04 \sim 0.08$	精度机床主轴颈表面、滚动轴承的滚动 体、高压油泵中柱塞和柱塞套配合的表面
	镜状光泽面	$>0.01 \sim 0.04$	
	镜面	$\leq 0.01$	高精度量仪、量块的工作表面, 光学仪 器中的金属镜面

# 第三章 常用材料及金属热处理

## 一、金属材料的分类及其性能

### 1. 金属材料的分类

常用的金属材料分类如下：



## 2. 钢铁材料性能的名词术语(表 3-1)

表 3-1 钢铁材料性能的名词术语

类别	术语	符号	单位	说明
物理性能	密度	$\rho$	$\text{kg/m}^3$	单位体积金属材料的质量
	熔点		$^{\circ}\text{C}$	由固态转变为液态的温度
	电阻率	$\rho$	$\Omega \cdot \text{m}$	金属传导电流的能力。电阻率大,导电性能差;反之,导电性能就好
	热导率	$\lambda$	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	单位时间内,当沿着热流方向的单位长度上温度降低 1K(或 $1^{\circ}\text{C}$ )时,单位面积允许导过的热量
	线胀系数	$\alpha_l$	$\text{K}^{-1}$	金属的温度每升高 $1^{\circ}\text{C}$ 所增加的长度与原来长度的比值
	磁导率	$\mu$	$\text{H/m}$	磁性材料中的磁感应强度( $B$ )和磁场强度( $H$ )的比值
	强度极限	$\sigma$	$\text{MPa}$	金属在外力作用下,断裂前单位面积上所能承受的最大载荷
力学性能	抗拉强度	$R_m$	$\text{MPa}$	外力是拉力时的强度极限
	抗压强度	$\sigma_{bc}$	$\text{MPa}$	外力是压力时的强度极限
	抗弯强度	$\sigma_{bB}$	$\text{MPa}$	外力的作用方向与材料轴线垂直,并在作用后使材料呈弯曲时的强度极限

(续)

类别	术语	符号	单位	说明
力学性能	屈服强度	$Re_L, Re_H$	MPa	开始出现塑性变形时的强度
	冲击韧度	$a_K$	J/cm <sup>2</sup>	指材料抵抗弯曲负荷的能力,即用摆锤一次冲断试样, $a$ 点单位面积所消耗的功
	断后伸长率	$A$	%	金属材料受拉力断裂后,总伸长量与原始长度比值的百分率
	断面收缩率	$\psi$	%	金属材料受拉力断裂后,其截面的缩减量与原始截面之比的百分率
	硬度			金属材料抵抗其他更硬物体压入自己表面的能力
	布氏硬度	HBW		用硬质合金球压入金属表面,加在钢球上的载荷,除以压痕面积所得的商即为布氏硬度值
	洛氏硬度	HRC		在特定的压头上以一定压力压入被测材料,根据压痕深度来度量材料的硬度,称为洛氏硬度,用HR表示。HRC是用1471N(150kgf)载荷,将顶角为120°的金刚石圆锥形压头压入金属表面测得的洛氏硬度值。主要用于测定淬火钢及较硬的金属材料

(续)

类别	术语	符号	单位	说明
力学性能	洛氏硬度	HRA		用 588.4N(60kgf) 载荷和顶角为 120° 的金刚石圆锥形压头测定的洛氏硬度。一般用于测定硬度很高或硬而薄的材料
		HRB		用 980.7N(100kgf) 载荷和直径为 1.59mm(即 1/16in) 的淬硬钢球所测得的洛氏硬度。主要用于测定硬度为 60~230HRB 的较软的金属材料
	维氏硬度	HV		用 49.03~980.7N(5~100kgf) 的载荷, 将顶角为 136° 的金刚石正四棱锥压头压入金属表面, 所加载荷除以压痕面积所得的商即为维氏硬度值。主要用于检验很薄(0.3~0.5mm) 的金属材料或厚度为 0.03~0.05mm 的零件表面的硬化层
	肖氏硬度	HS		一定质量(2.5g) 的钢球或金刚石球自一定的高度(一般为 254mm) 落下, 撞击金属后球回跳到某一高度 $h$ , 此高度即为肖氏硬度值

## 二、钢

### 1. 钢的分类(表 3-2)



表 3-2 钢的分类

分类方法	分类名称	说 明
按化学成分	碳素钢	<p>碳素钢是指钢中除铁、碳外,还含有少量锰、硅、硫、磷等元素的铁碳合金,按其含碳量的不同,可分为:</p> <p>1) 低碳钢——<math>w_C \leq 0.25\%</math></p> <p>2) 中碳钢——<math>w_C &gt; 0.25\% \sim 0.60\%</math></p> <p>3) 高碳钢——<math>w_C &gt; 0.60\%</math></p>
	合金钢	<p>为了改善钢的性能,在冶炼碳素钢的基础上,加入一些合金元素而炼成的钢,如铬钢、锰钢、铬锰钢、铬镍钢等。按其合金元素的总含量,可分为:</p> <p>1) 低合金钢——合金元素总的质量分数不大于 5%</p> <p>2) 中合金钢——合金元素总的质量分数为 5% ~ 10%</p> <p>3) 高合金钢——合金元素总的质量分数大于 10%</p>
	转炉钢	用转炉吹炼的钢,可分为底吹、侧吹、顶吹和空气吹炼、纯氧吹炼等转炉钢;根据炉衬的不同,又分酸性和碱性两种
按冶炼设备分	平炉钢	用平炉炼制的钢,按炉衬材料的不同分为酸性和碱性两种,一般平炉钢多为碱性
	电炉钢	用电炉炼制的钢,有电弧炉钢、感应炉钢及真空感应炉钢等。工业上大量生产的是碱性电弧炉钢
	沸腾钢	属脱氧不完全的钢,浇注时在钢锭模里产生沸腾现象。其优点是冶炼损耗少、成本低、表面质量及深冲性能好;缺点是成分和质量不均匀、耐腐蚀性差和力学强度较低,一般用于轧制碳素结构钢的型钢和钢板

(续)

分类方法	分类名称	说 明
按浇注 前脱氧 程度分	镇静钢	属脱氧完全的钢,浇注时在钢锭模里钢液镇静,没有沸腾现象。其优点是成分和质量均匀;缺点是成本较高。一般合金钢和优质碳素结构钢都为镇静钢
	半镇静钢	脱氧程度介于镇静钢和沸腾钢之间的钢,因生产较难控制,目前产量较少
	普通钢	钢中含杂质元素较多,一般 $w_S \leq 0.05\%$ , $w_P \leq 0.045\%$ ,如碳素结构钢、低合金结构钢等
按钢的 品质分	优质钢	钢中含杂质元素较少,一般 $w_S \leq 0.04\%$ 、 $w_P \leq 0.04\%$ ,如优质碳素结构钢、合金结构钢、碳素工具钢和合金工具钢、弹簧钢、轴承钢等
	高级 优质钢	钢中含杂质元素极少,一般 $w_S \leq 0.03\%$ , $w_P \leq 0.035\%$ ,如合金结构钢和工具钢等。高级优质钢在钢号后面通常加符号“A”或汉字“高”,以便识别
	结构钢	1) 建筑及工程用结构钢——简称建造用钢,它是指用于建筑、桥梁、船舶、锅炉或其他工程上制作金属构件的钢。如碳素结构钢、低合金钢、钢筋钢等 2) 机械制造用结构钢——是指用于制造机械设备上结构零件的钢。这类钢基本上都是优质钢或高级优质钢,主要有优质碳素结构钢、合金结构钢、易切结构钢、弹簧钢、滚动轴承钢等
按钢的 用途分	工具钢	一般用于制造各种工具,如碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢等。如按用途又可分为刃具钢、模具钢、量具钢

分类方法	分类名称	说明
按钢的用途分	特殊钢	具有特殊性能的钢,如不锈钢、耐酸钢、耐热不起皮钢、高电阻合金、耐磨钢、磁钢等
	专业用钢	这是指各个工业部门专业用途的钢,如汽车用钢、农机用钢、航空用钢、化工机械用钢、锅炉用钢、电工用钢、焊条用钢等
	铸钢	铸钢是指采用铸造方法而生产出来的一种钢铸件。铸钢主要用于制造一些形状复杂,难于进行锻造或切削加工成形而又要求较高的强度和塑性的零件
	锻钢	锻钢是指采用锻造方法生产出来的各种锻材和锻件。锻钢件的质量比铸钢件高,能承受大的冲击力作用,塑性、韧性和其他方面的力学性能也都比铸钢件高,所以凡是一些重要的机器零件都应当采用锻钢件
按制造加工形式分	热轧钢	热轧钢是指用热轧方法生产出来的各种热轧钢材。大部分钢材都是采用热轧轧成的,热轧常用来生产型钢、钢管、钢板等大型钢材,也用于轧制线材
	冷轧钢	冷轧钢是指用冷轧方法生产出来的各种冷轧钢材。与热轧钢相比,冷轧钢的特点是表面光洁、尺寸精确、力学性能好。冷轧常用来轧制薄板、钢带和钢管
	冷拔钢	冷拔钢是指用冷拔方法生产出来的各种冷拔钢材。冷拔钢的特点是精度高、表面质量好。冷拔主要用于生产钢丝,也用于生产直径在50mm以下的圆钢和六角钢,以及直径在76mm以下的钢管

注:1. 表中成分含量皆指质量分数。

2.  $w_C$ 、 $w_S$ 、 $w_P$  分别表示碳、硫、磷的质量分数。

## 2. 钢铁产品牌号表示方法 (GB/T 221—2008)

### (1) 牌号表示方法基本原则

1) 凡列入国家标准和行业标准的钢铁产品, 均应按本标准规定的牌号表示方法编写牌号。

2) 钢铁产品牌号的表示, 通常采用大写汉语拼音字母、化学元素符号和阿拉伯数字相结合的方法表示。为了便于国际交流和贸易的需要, 也可采用大写英文字母或国际惯例表示符号。

3) 采用汉语拼音字母或英文字母表示产品名称、用途、特性和工艺方法时, 一般从产品名称中选取有代表性的汉字的汉语拼音的首位字母或英文单词的首位字母。当和另一产品所取字母重复时, 改取第二个字母或第三个字母, 或同时选取两个 (或多个) 汉字或英文单词的首位字母。

采用汉语拼音字母或英文字母, 原则上只取一个, 一般不超过三个。

4) 产品牌号中各组成部分的表示方法应符合相应规定, 各部分按顺序排列, 如无必要可省略相应部分。除有特殊规定外, 字母、符号及数字之间应无间隙。

5) 产品牌号中的元素含量用质量分数表示。

(2) 产品用途、特性和工艺方法表示符号 (表 3-3)

(3) 牌号表示方法及示例 (表 3-4)

## 3. 常用钢牌号及用途

碳素结构钢的牌号及用途见表 3-5, 常用优质碳素结构钢的牌号及用途见表 3-6, 常用合金结构钢的牌号及用

表 3-3 产品用途、特性和工艺方法表示符号

产品名称	采用的汉字及汉语拼音或英文单词			采用字母	位置
	汉字	汉语拼音	英文单词		
炼钢用生铁	炼	LIAN	—	L	牌号头
铸造用生铁	铸	ZHU	—	Z	牌号头
球墨铸铁用生铁	球	QIU	—	Q	牌号头
耐磨生铁	耐磨	NAI MO	—	NM	牌号头
脱碳低磷粒铁	脱粒	TUO LI	—	TL	牌号头
含钒生铁	钒	FAN	—	F	牌号头
热轧光圆钢筋	热轧光圆钢筋	—	Hot Rolled Plain Bars	HPB	牌号头
热轧带肋钢筋	热轧带肋钢筋	—	Hot Rolled Ribbed Bars	HRB	牌号头
细晶粒热轧带肋钢筋	热轧带肋钢筋 + 细	—	Hot Rolled Ribbed Bars + Fine	HRBF	牌号头
冷轧带肋钢筋	冷轧带肋钢筋	—	Cold Rolled Ribbed Bars	CRB	牌号头
预应力混凝土用螺旋钢筋	预应力、螺旋、钢筋	—	Prestressing, Screw, Bars	PSB	牌号头
焊接气瓶用钢	焊瓶	HAN PING	—	HP	牌号头
管线用钢	管线	—	Line	L	牌号头
船用锚链钢	船锚	CHUAN MAO	—	CM	牌号头
煤机用钢	煤	MEI	—	M	牌号头
锅炉和压力容器用钢	容	RONG	—	R	牌号尾
锅炉用钢(管)	锅	GUO	—	G	牌号尾
低温压力容器用钢	低容	DI RONG	—	DR	牌号尾

(续)

产品名称	采用的汉字及汉语拼音或英文单词			采用字母	位置
	汉字	汉语拼音	英文单词		
桥梁用钢	桥	QIAO	—	Q	牌号尾
耐候钢	耐候	NAI HOU	—	NH	牌号尾
高耐候钢	高耐候	GAO NAI HOU	—	GNH	牌号尾
汽车大梁用钢	梁	LIANG	—	L	牌号尾
高性能建筑结构用钢	高建	GAO JIAN	—	GJ	牌号尾
低焊接裂纹敏感性钢	低焊接裂纹敏感性	—	Crack Free	CF	牌号尾
保证淬透性钢	淬透性	—	Hardenability	H	牌号尾
矿用钢	矿	KUANG	—	K	牌号尾
船用钢	采用国际符号				
车辆车轴用钢	辆轴	LIANG ZHOU	—	LZ	牌号头
机车车辆用钢	机轴	JI ZHOU	—	JZ	牌号头
非调质机械结构钢	非	FEI	—	F	牌号头
碳素工具钢	碳	TAN	—	T	牌号头
高碳铬轴承钢	滚	GUN	—	G	牌号头
钢轨钢	轨	GUI	—	U	牌号头
冷镦钢	铆螺	MAO LUO	—	ML	牌号头
焊接用钢	焊	HAN	—	H	牌号头
电磁纯铁	电铁	DIAN TIE	—	DT	牌号头
原料纯铁	原铁	YUAN TIE	—	YT	牌号头



表 3-4 牌号表示方法及示例

类别	牌号组成	示 例
生铁	牌号由两部分组成： 1) 表示产品用途、特性及工艺方法、用大写汉语拼音字母 2) 表示主要元素平均含量(以千分之几计)的阿拉伯数字。炼钢用生铁、铸造用生铁、球墨铸铁用生铁、耐磨生铁为硅元素平均含量。脱碳低磷粒铁为碳元素平均含量，含钒生铁为钒元素平均含量	硅的质量分数为 0.85% ~ 1.25% 的炼钢用生铁，阿拉伯数字为 10, L10 硅的质量分数为 2.80% ~ 3.20% 的铸造用生铁，阿拉伯数字为 30, Z30 硅的质量分数为 1.00% ~ 1.40% 的球墨铸铁用生铁，阿拉伯数字为 12, Q12 硅的质量分数为 1.60% ~ 2.00% 的耐磨生铁，阿拉伯数字为 18, NM18 碳的质量分数为 1.20% ~ 1.60% 的炼钢用脱碳低磷粒铁，阿拉伯数字为 14, TL14 钒的质量分数不小于 0.40% 的含钒生铁，阿拉伯数字为 04, F04
碳素结构钢和合金结构钢	牌号由四部分组成： 1) 采用代表屈服强度的拼音字母“Q”。 2) 钢的质量等级，用英文字母 A、B、C、D、E、F……表示(必要时) 3) 脱氧方式表示符号，沸腾钢、半镇静钢、镇静钢、特殊镇静钢分别以“F”、“b”、“Z”、“TZ”表示。镇静钢、特殊镇静钢、低合金高强度结构钢、最小屈服强度 235MPa, A 级、沸腾钢, Q235AF 低合金高强度结构钢：最小屈服强度 345MPa, D 级、特殊镇静钢, Q345D 热轧光圆钢筋：屈服强度特征值 235MPa, HPB235 热轧带肋钢筋：屈服强度特征值 335MPa, HRB335 细晶粒热轧带肋钢筋：屈服强度特征值 335MPa, HRBF335	碳素结构钢：最小屈服强度 235MPa, A 级、沸腾钢, Q235AF 低合金高强度结构钢：最小屈服强度 345MPa, D 级、特殊镇静钢, Q345D 热轧光圆钢筋：屈服强度特征值 235MPa, HPB235 热轧带肋钢筋：屈服强度特征值 335MPa, HRB335 细晶粒热轧带肋钢筋：屈服强度特征值 335MPa, HRBF335

(续)

类别	牌号组成	示 例
碳素结构钢和低合金结构钢	<p>静钢表示符号可以省略(必要时)</p> <p>4) 产品用途、特性和工艺方法表示符号见表 3-3(必要时)</p>	<p>冷轧带肋钢筋: 最小抗拉强度 550MPa、CRB550</p> <p>预应力混凝土用螺纹钢: 最小屈服强度 830MPa, PSB830</p> <p>焊接气瓶用钢: 最小屈服强度 345MPa, HP345</p> <p>管线用钢: 最小规定总延伸强度 415MPa, L415</p> <p>船用锚链钢: 最小抗拉强度 370MPa, CM370</p> <p>煤机用钢: 最小抗拉强度 510MPa, M510</p> <p>锅炉和压力容器用钢: 最小屈服强度 345MPa, Q345R</p>
优质碳素结构钢和优质碳素弹簧钢	<p>牌号由五部分组成:</p> <p>1) 以两位阿拉伯数字表示平均碳含量(以万分之几计)</p> <p>2) 含锰量较高的优质碳素结构钢, 加锰元素符号 Mn(必要时)</p> <p>3) 高级优质钢、特级优质钢分别用 A、E 表示, 优质钢不用字母表示(必要时)</p>	<p>优质碳素结构钢: <math>w(C) = 0.05\% \sim 0.11\%</math>, <math>w(Mn) = 0.25\% \sim 0.50\%</math>, 优质钢, 沸腾钢, 08F</p> <p>优质碳素结构钢: <math>w(C) = 0.47\% \sim 0.55\%</math>, <math>w(Mn) = 0.50\% \sim 0.80\%</math>, 高级优质钢, 镇静钢, 50A</p> <p>优质碳素结构钢: <math>w(C) = 0.48\% \sim 0.56\%</math>, <math>w(Mn) = 0.70\% \sim 1.00\%</math>, 特级优质钢, 镇静钢, 50MnE</p>



(续)

类别	牌号组成	示例
优质碳素结构钢和优质弹簧钢	4) 沸腾钢、半镇静钢、镇静钢分别用 F、b、z 表示。但镇静钢符号可以省略 (必要时) 5) 产品用途、特性或工艺方法表示符号见表 3-5 (必要时)	保证淬透性用钢: $w(C) = 0.42\% \sim 0.50\%$ , $w(Mn) = 0.50\% \sim 0.85\%$ , 高级优质钢, 镇静钢, 45AH 优质碳素弹簧钢: $w(C) = 0.62\% \sim 0.70\%$ , $w(Mn) = 0.90\% \sim 1.20\%$ , 优质钢, 镇静钢, 65Mn
易切削钢	牌号由三部分组成: 1) 易切削钢表示符号“Y” 2) 用两位阿拉伯数字表示平均碳含量 (以万分之几计) 3) 含钙、铅、锡等易切削元素的易切削钢, 在符号“Y”和阿拉伯数字后加易切削元素符号 Ca、Pb、Sn 加硫易切削钢和加硫磷易切削钢, 在符号“Y”和阿拉伯数字后不加易切削元素符号 较高含锰量的加硫或加硫磷易切削钢, 在符号“Y”和阿拉伯数字后加锰元素符号 Mn。为区分牌号, 对较高硫含量的易切削钢, 在牌号尾部加硫元素符号 S	易切削钢: 碳的质量分数为 $0.42\% \sim 0.50\%$ , 钙的质量分数为 $0.002\% \sim 0.006\%$ , Y45Ca 易切削钢: 碳的质量分数 $0.40\% \sim 0.48\%$ , 锰的质量分数 $1.35\% \sim 1.65\%$ , 硫的质量分数 $0.16\% \sim 0.24\%$ , Y45Mn 易切削钢: 碳的质量分数 $0.40\% \sim 0.48\%$ , 锰的质量分数 $1.35\% \sim 1.65\%$ , 硫的质量分数 $0.24\% \sim 0.32\%$ , Y45MnS

(续)

类别	牌号组成	示 例
合金结构钢和合金弹簧钢	<p>牌号由四部分组成:</p> <p>1) 用两位阿拉伯数字表示平均碳含量(以万分之几计)</p> <p>2) 合金元素含量表示方法: 平均质量分数小于 1.50% 时, 牌号中仅标明元素, 一般不标明含量; 平均合金质量分数为 1.50% ~ 2.49%、2.50% ~ 3.49%、3.50% ~ 4.49%、4.50% ~ 5.49% …… 时, 在合金元素后相应写成 2、3、4、5 ……</p> <p>3) 高级优质合金结构钢, 在牌号尾部加符号“<b>A</b>”表示</p> <p>特级优质合金结构钢, 在牌号尾部加符号“<b>E</b>”表示</p> <p>专用合金结构钢, 在牌号头部(或尾部)加代表产品用途的符号表示</p> <p>4) 产品用途、特性或工艺方法表示符号见表 3-3(必要时)</p>	<p>合金结构钢: <math>w(C) = 0.22\% \sim 0.29\%</math>, <math>w(Cr) = 1.50\% \sim 1.80\%</math>, <math>w(Mo) = 0.25\% \sim 0.35\%</math>, <math>w(V) = 0.15\% \sim 0.30\%</math>, 高级优质钢 25Cr2MoVA</p> <p>锅炉和压力容器用钢: <math>w(C) \leq 0.22\%</math>, <math>w(Mn) = 1.20\% \sim 1.60\%</math>, <math>w(Mo) = 0.45\% \sim 0.65\%</math>, <math>w(Nb) = 0.025\% \sim 0.050\%</math>, 特级优质钢, 18MnMoNbER</p> <p>优质弹簧钢: <math>w(C) = 0.56\% \sim 0.64\%</math>, <math>w(Si) = 1.60\% \sim 2.00\%</math>, <math>w(Mn) = 0.70\% \sim 1.00\%</math>, 优质钢, 60Si2Mn</p>

(续)

类别	牌号组成	示例
非调质机械结构钢	<p>牌号由四部分组成:</p> <p>1) 非调质机械结构钢用符号“F”表示</p> <p>2) 用两位阿拉伯数字表示平均碳含量(以万分之几计)</p> <p>3) 合金元素含量,以化学元素符号及阿拉伯数字表示,表示方法同合金结构钢中第二部分</p> <p>4) 改善切削性能的非调质机械结构钢加硫元素符号 S</p>	<p>非调质机械结构钢:碳的质量分数 0.32% ~ 0.39%, 钒的质量分数 0.06% ~ 0.13%, 硫的质量分数 0.035% ~ 0.075%, F35VS</p>
碳素工具钢	<p>牌号由四部分组成:</p> <p>1) 碳素工具钢用符号“T”表示</p> <p>2) 用阿拉伯数字表示,平均含碳量(以千分之几计)</p> <p>3) 较高含锰量碳素工具钢,加锰元素符号 Mn(必要时)</p> <p>4) 高级优质碳素工具钢用 A 表示,优质钢不用字母表示(必要时)</p>	<p>碳素工具钢:碳的质量分数 0.80% ~ 0.90%, 锰的质量分数 0.40% ~ 0.60%, 高级优质钢 T8MnA</p>

(续)

类别	牌号组成	示 例
合金工具 钢	<p>牌号由两部分组成：</p> <p>1) 平均碳的质量分数小于 1.00% 时, 采用一位数字表示碳含量(以千分之几计)。平均碳的质量分数不小于 1.00% 时, 不标明含碳量数字</p> <p>2) 合金元素含量, 用化学元素符号和阿拉伯数字表示, 表示方法同合金结构中第二部分。平均铬的质量分数小于 1% 的合金工具钢, 在铬含量(以千分之几计)前加数字“0”</p>	合金工具钢: 碳的质量分数 0.85% ~ 0.95%, 硅的质量分数 1.20% ~ 1.60%, 铬的质量分数 0.95% ~ 1.25%, 9SiCr
高速工具 钢	<p>高速工具钢牌号表示方法与合金结构钢相同, 但在牌号头部一般不标明表示含碳量的阿拉伯数字。为表示高速碳高速工具钢, 在牌号头部加“C”</p>	<p>高速工具钢: 碳的质量分数 0.80% ~ 0.90%, 钨的质量分数 5.50% ~ 6.75%, 钼的质量分数 4.50% ~ 5.50%, 铬的质量分数 3.80% ~ 4.40%, 钒的质量分数 1.75% ~ 2.20%, W6Mo5Cr4V2</p> <p>高速工具钢: 碳的质量分数 0.86% ~ 0.94%, 钨的质量分数 5.90% ~ 6.70%, 钼的质量分数 4.70% ~ 5.20%, 铬的质量分数 3.80% ~ 4.50%, 钒的质量分数 1.75% ~ 2.10%, CW6Mo5Cr4V2</p>

类别	牌号组成	示 例
高碳铬轴承钢	牌号由两部分组成: 1) (滚珠) 轴承钢表示符号“G”, 但不标明碳含量 2) 合金元素“Cr”符号及其含量(以千分之几计), 其他合金元素含量, 用化学元素符号及阿拉伯数字表示, 表示方法同合金结构钢中第二部分	高碳铬轴承钢: 铬的质量分数 1.40% ~ 1.65%, 硅的质量分数 0.45% ~ 0.75%, 锰的质量分数 0.95% ~ 1.25%, GCr15SiMn
渗碳轴承钢	采用合金结构钢的牌号表示方法, 仅在牌号头部加符号“G” 高级优质渗碳轴承钢, 在牌号尾部加“A”	高级优质渗碳轴承钢: 碳的质量分数 0.17% ~ 0.23%, 铬的质量分数 0.35% ~ 0.65%, 镍的质量分数 0.40% ~ 0.70%, 钼的质量分数 0.15% ~ 0.30%, G20CrNiMoA
高碳铬不锈钢和高温轴承钢	采用不锈钢和耐热钢的牌号表示方法, 牌号头部不加符号“G”	高碳铬不锈钢: 碳的质量分数 0.90% ~ 1.00%, 铬的质量分数 17.0% ~ 19.0%, G95Cr18 高温轴承钢: 碳的质量分数 0.75% ~ 0.85%, 铬的质量分数 3.75% ~ 4.25%, 钼的质量分数 4.00% ~ 4.50%, G80Cr4Mo4V
不锈钢和耐热钢	牌号采用合金元素符号和表示各元素含量的阿拉伯数字表示: (1) 碳含量: 用两位或三位阿拉伯数字表示碳含量最佳控制值(以万分之	不锈钢: 碳的质量分数不大于 0.08%, 铬的质量分数 18.00% ~ 20.00%, 镍的质量分数 8.00% ~ 11.00%, 06Cr19Ni10

(续)

类别	牌号组成	示 例
不锈钢和 耐热钢	<p>几或十万分之几计)</p> <p>1) 碳的质量分数上限为 0.08%、碳含量用 06 表示; 碳的质量分数上限为 0.20%, 碳含量用 16 表示; 碳的质量分数上限为 0.15%, 碳含量用 12 表示</p> <p>2) 碳的质量分数上限为 0.030% 时, 其牌号中的碳含量用 022 表示; 碳的质量分数上限为 0.020% 时, 其牌号中的碳含量用 015 表示</p> <p>3) 碳的质量分数为 0.16% ~ 0.25% 时, 其牌号中的碳含量用 20 表示</p> <p>(2) 合金元素表示方法同合金结构钢第二部分, 钢中加入铌、钛、锆、氮等合金元素, 应在牌号中标出</p>	<p>不锈钢: 碳的质量分数不大于 0.030%, 铬的质量分数 16.00% ~ 19.00%, 钛的质量分数 0.10% ~ 1.00%, 022Cr18Ti</p> <p>不锈钢: 碳的质量分数 0.15% ~ 0.25%, 铬的质量分数 14.00% ~ 16.00%, 锰的质量分数 14.00% ~ 16.00%, 镍的质量分数 1.50% ~ 3.00%, 氮的质量分数 0.15% ~ 0.30%, 20Cr15Mn15Ni12N</p> <p>耐热钢: 碳的质量分数不大于 0.25%, 铬的质量分数 24.00% ~ 26.00%, 镍的质量分数 19.00% ~ 22.00%, 20Cr25Ni20</p>
焊接用钢	<p>焊接用钢包括焊接用碳素钢、焊接用合金钢和焊接用不锈钢等, 其牌号表示方法是在各类焊接用钢牌号头部加符号“H”。高级优质焊接用钢, 在牌号尾部加符号“A”</p>	<p>焊接用钢: 碳的质量分数不大于 0.10%, 铬的质量分数 0.80% ~ 1.10%, 钼的质量分数 0.40% ~ 0.60% 的高级优质合金结构钢, H08CrMoA</p>
原料纯铁	<p>牌号由两部分组成:</p> <p>1) 原料纯铁表示符号“YT”</p> <p>2) 用阿拉伯数字表示不同牌号的顺序号</p>	<p>原料纯铁: 顺序号 1, YTi</p>



表 3-5 碳素结构钢的牌号及用途

牌号	主要特性	用 途
Q195	具有高的塑性、韧性和焊接性能，良好的压力加工性能，但强度低	用于制造地脚螺栓、犁铧、烟筒、屋面板、铆钉、低碳钢丝、薄板、焊管、拉杆、吊钩、支架、焊接结构
Q215		
Q235	具有良好的塑性、韧性和焊接性能，冷冲压性能，以及一定的强度，好的冷弯性能	广泛用于一般要求的零件和焊接结构。如受力不大的拉杆、连杆、销、轴、螺钉、螺母、套圈、支架、机座、建筑结构、桥梁等
Q275	具有较高的强度、较好的塑性和切削加工性能，一定的焊接性能。小型零件可以淬火强化	用于制造要求强度较高的零件，如齿轮、轴、链轮、键、螺栓、螺母、农机用型钢、输送链和链节

表 3-6 常用优质碳素结构钢的牌号及用途

钢组	牌号	热处理类型	硬度 HBW 小于或等于	用 途
普通 锰含 量钢	15	正火	148	塑性、韧性、焊接性能和冷冲压性能均极好，但强度较低，用于制造受力不大、韧性要求较高的零件、紧固件、冲压件以及不要求热处理的低负荷零件，例如螺栓、螺钉、拉杆、法兰盘等
		正火 回火	99 ~ 143	
	20	正火	156	用于制造不经受很大应力而要求很高韧性的机械零件，例如杠杆、轴套、螺钉、起重钩等。还可用于制造表面硬度高而心部有一定强度和韧性的渗碳零件
		正火 回火	103 ~ 156	

(续)

钢组	牌号	热处理 类型	硬度 HBW 小于或等于	用途
普通 锰含 量钢	45	正火	197 ~ 241	用于制造要求强度较高、韧性中等的零件,通常在调质、正火状态下使用,表面淬火硬度一般在 40 ~ 50HRC,例如齿轮、齿条、链轮、轴、键、销、压缩机及泵的零件和轴辊等。可代替渗碳钢制造齿轮、轴、活塞销等,但要经过高频感应加热淬火或火焰表面淬火
		正火 回火	156 ~ 217	
		调质	217 ~ 255	
	60		229 ~ 255	具有相当高的强度和弹性,但淬火时有产生裂纹的倾向,仅小型零件才能进行淬火,大型零件多采用正火。用于制造轴、弹簧、垫圈、离合器、凸轮等。冷变形时塑性较低
较高 锰含 量钢	20Mn	正火	197	此钢为高锰低碳渗碳钢,焊接性能尚可。可用于制造凸轮轴、齿轮、联轴器、铰链、拖杆等
	60Mn	正火	229 ~ 269	此钢的强度较高,淬透性比碳素弹簧钢好,脱碳倾向性小,但有过热敏感性,容易产生淬火裂纹,并有回火脆性。适于制造螺旋弹簧、板簧、各种扁圆弹簧、弹簧环和片以及冷拔钢丝(小于 7mm)和发条等

注:牌号中数字表示平均碳的质量分数为万分之几。例如,45 钢表示平均碳的质量分数为 0.45%。60Mn 钢,表示平均碳的质量分数为 0.6%,锰的质量分数为 0.70% ~ 1.00%。



途见表 3-7，常用弹簧钢的牌号及用途见表 3-8，铬轴承钢的牌号及用途见表 3-9，常用不锈钢、耐热钢、耐酸钢的牌号及用途见表 3-10，易切削结构钢牌号及用途见表 3-11，碳素工具钢的牌号及用途见表 3-12，合金工具钢的牌号及用途见表 3-13，高速工具钢的牌号及用途见表 3-14。

4. 常用钢的火花鉴别方法

(1) 火花图的基本知识 火花图的基本组成如图 3-1 所示。由于含碳量的不同，爆花可分为一次花、二次花、三次花和多次花。

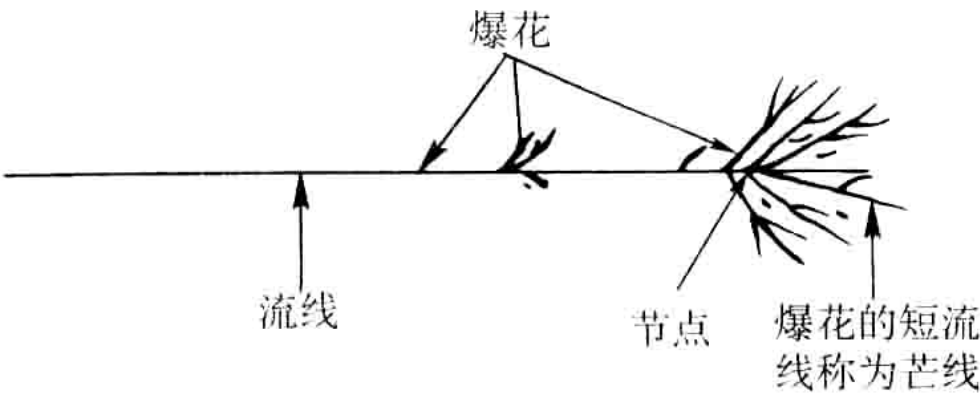


图 3-1 火花图的基本组成

1) 一次花（图 3-2）——在流线上的爆花，只有一次爆裂的芒线。一次花一般是碳的质量分数在 0.25% 以下的火花特征。

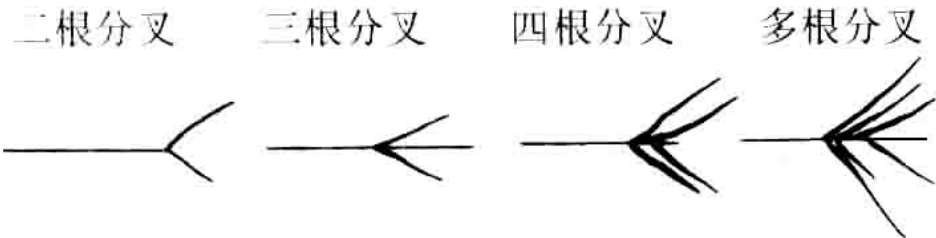


图 3-2 一次花图

表 3-7 常用合金结构钢的牌号及用途

牌 号	热 处 理					硬 度 HBW 小于或 等于	用 途
	淬 火		回 火		冷却 介质		
	温度/℃		淬 火 介 质	温 度 /℃			
	第一次 淬火	第二次 淬火					
20Mn2	850 880		水、油	200 400	水、 空气	187	对于截面较小的零件,此钢性能相当于20Cr钢,可用于制造渗碳小齿轮、小轴、活塞销、气门推杆、缸套等。渗碳淬火后硬度为56~62HRC
20MnVB	860		油	200	水、 空气	207	此钢可代替20CrNi钢制造渗碳零件,也可代替20Cr钢使用,渗碳淬火后硬度为56~62HRC
20SiMnVB	900		油	200	水、 空气	207	此钢可代替20CrMnTi钢制造高级渗碳齿轮等,渗碳淬火后硬度为56~62HRC
15Cr	880	800	水、油	200	水、 空气	179	用于制造心部要求韧性高的渗碳零件,例如螺栓、活塞销、凸轮、凸轮轴等
20Cr	880	800	水、油	200	水、 空气	179	用于制造心部要求强度较高、表面承受磨损的尺寸较大的渗碳零件,例如齿轮、活塞销、轴等。渗碳淬火后硬度为56~62HRC

(续)

牌 号	热 处 理						硬 度 HBW 小于或 等于	用 途
	淬 火		淬火 介质	回 火 温度 /℃	回 火 介 质			
	温度/℃							
	第一次 淬火	第二次 淬火						
20CrMn	850		油	200	水、 空气	187	用于制造无级变速器、摩擦轮、齿 轮与轴。此钢性能相当于20CrMnNi 钢,热处理后性能比20Cr钢好	
20CrMo	880		水、 油	500	水、 油	197	此钢为较高级的渗碳用钢,有 较高的高温强度,可在500~ 520℃下工作	
20CrMnMo	850		油	200	水、 空气	217	性能与15CrMnMo钢相同,用于 制造截面较大的零件,渗碳淬火 后硬度为50~62HRC	
	渗碳、淬火、回火				心部硬度 28~33 HRC			
	两次淬火、回火							
20CrMnTi	880	870	油	200	水、 空气	217	此钢为重要齿轮材料,用于制 造一般要求强度、韧性均高的减 速齿轮,渗碳淬火后硬度为56~ 62HRC	

(续)

牌 号	热 处 理					硬 度 HBW 小于或 等于	用 途
	淬 火		淬 火 介 质	回	火		
	温 度 /℃						
	第 一 次 淬 火	第 二 次 淬 火					
20CrNi	850		水、 油	460	水、 油	197	用于制造承受较高载荷的渗碳 件,例如齿轮、轴、花键轴、活塞 销、键等
12CrNi3	860	780	油	200	水、 空气	217	用于制造高载荷的渗碳齿轮、 小轴及销等
38CrMoAl	940		水、 油	640	水、 油	229	用于制造要求高耐磨性、高疲 劳强度和较高强度的渗氮零件, 例如工作温度在450℃的阀杆、阀 门、板簧、套筒、轴套等。渗氮后 表面硬度达1100~1200HV
35Mn2	840		水	500	水	207	零件截面小时( $\leq 15\text{mm}^2$ ),此 钢性能与40Cr钢相当,用于制造 各种重要的螺栓及小轴等,表面 淬火后硬度为40~50HRC
	正火 回火					207~ 241	

(续)

牌 号	热 处 理					硬 度 HBW 小于或 等于	用 途
	淬 火		回 火	冷 却 介 质			
	温 度/℃						
	第一次 淬火	第二次 淬火					
45Mn2	840		油	550	水、 油	217	此钢强度、耐磨性及淬透性均较高,调质后有良好的力学性能,也可在正火后使用。零件截面在50mm <sup>2</sup> 以下时可代替40Cr钢,表面淬火后硬度为45~55HRC
	正 火				187~242		
	正火、回火				178~241		
35SiMn	调 质						除了要求低温(-20℃)冲击韧度很高时外,此钢可全面代替40Cr钢制造截面积在60mm <sup>2</sup> 以下的调质零件,也可部分代替40CrNi钢,用于制造轴、齿轮以及在430℃以下工作的重要紧固件。表面淬火后硬度为45~55HRC
	900		水	590	水、 油	229	
	调 质					196~286	
42SiMn	880		水	590	水	229	此钢与35SiMn钢性能相同,主要用于制造截面较大需要表面淬火的零件,例如齿轮、轴等

(续)

牌 号	热 处 理					硬 度 HBW 小于或 等于	用 途
	淬 火		回 火	火			
	温度/℃						
	第一次 淬火	第二次 淬火	淬火 介质	温度 /℃	冷却 介质		
40Cr	850		油	500	水、 油	207	用于制造较重要的调质零件， 例如连杆、螺栓、进气阀、重要齿 轮、轴、曲轴、曲柄等。表面淬火 后硬度为48~55HRC。零件截面 在50mm以下时，油淬后有较高的 疲劳强度
	调 质					217 ~ 286	
38CrSi	900		油	600	水、 油	255	此钢比40Cr钢的淬透性能好， 低温冲击韧度较高，一般用于制 造直径为30~40mm的强度和耐 磨性要求较高的零件，例如汽车、 拖拉机上的轴、齿轮、气阀等

注：牌号表示方法举例：20Mn2 钢，表示平均碳的质量分数为0.20%、平均锰的质量分数为2%。12CrNi3 钢，表示平均碳的质量分数为0.12%、平均铬的质量分数小于1.5%、平均镍的质量分数为3%。

表 3-8 常用弹簧钢的牌号及用途

牌 号	热 处 理			硬 度 HBW 小 于 或 等 于	用 途
	淬 火 温 度 /℃	淬 火 介 质	回 火 温 度 /℃		
65	840	油	500	285	此钢经热处理后强度高,具有适宜的塑性和韧性,但淬透性低,只能淬透 12 ~ 15mm 的直径。用于制造一般机械用的板簧及螺旋弹簧
65Mn	830	油	540	302	此钢强度高,淬透性较好,可淬透 20mm 直径,脱碳倾向小,但有过热敏感性,易产生淬火裂纹,并有回火脆性。适于制造较大尺寸的扁圆弹簧、座垫板簧、弹簧发条、弹簧环、冷卷簧等
60Si2Mn 60Si2MnA	870	油	480	321	此钢高温回火后具有良好的综合力学性能。主要用于制造重要的板簧、螺旋弹簧、安全阀或止回阀用弹簧以及其他高应力下工作的重要弹簧,还可用作耐热( < 250℃ )弹簧等
60Si2CrA 60Si2CrVA	870 850	油	420 410	302	此钢综合力学性能很好,强度高,冲击韧度高,过热敏感性较低,高温性能较稳定。用于制造高应力弹簧以及最重要的、承受高负荷、耐冲击或耐热( ≤ 350℃ )的弹簧

(续)

牌 号	热 处 理			硬 度 HBW 小于或等于	用 途
	淬火温 度/℃	淬火 介质	回火温 度/℃		
50CrVA	850	油	500	321	此钢具有较高的综合力学性能、良好的冲击韧性,回火后强度高,高温性能稳定,淬透性很好,适于制造大截面高应力或耐热(<350℃)的螺旋弹簧

表 3-9 铬轴承钢的牌号及用途

牌 号	热 处 理			硬 度 HRC	用 途
	淬火温 度/℃	淬火 介质	回火温 度/℃		
GCr6	830 ~ 850	油、 水	150 ~ 160	61 ~ 65	用于制造直径小于 10mm 的滚珠、滚柱、滚锥、滚针;直径在 20mm 以内滚动轴承、壁厚小于 14mm、外径小于 250mm 的轴承套,20 ~ 50mm 的钢球,直径 25mm 的滚柱或滚轮、靠模、衬套、销子等易磨损零件等
GCr15	840 ~ 860	油	180 ~ 200 150 ~ 160	58 ~ 62 61 ~ 65	



牌 号	热 处 理			硬 度 HRC	用 途
	淬火温 度/℃	淬火 介质	回火温 度/℃		
GCr15SiMn	830 ~ 840	油	150 ~ 160	61 ~ 65	用于制造壁厚大于 14mm, 外径为 250mm 的套圈、直径为 50 ~ 200mm 的钢球, 其他同 GCr15 钢

注: 牌号表示方法举例: GCr15SiMn, 表示平均碳的质量分数为 1%, 平均铬的质量分数为 1.5%, 平均硅的质量分数为 0.5%, 平均锰的质量分数为 1%。

表 3-10 常用不锈钢、耐热钢、耐酸钢的牌号及用途

牌 号	用 途
1Cr13	此钢具有较高韧性, 用于制造受冲击负荷的零件, 例如结构件、不锈钢设备衬里、螺栓、螺母等
3Cr13	此钢具有较高的硬度和耐磨性, 用于制造热油泵轴、阀片、阀门、轴承、医疗器械、弹簧等零件
1Cr17Ni2	用于制造具有较高要求的耐硝酸及耐有机酸腐蚀的零件、容器和设备等
1Cr18Ni9	用于制造耐酸器具的外壳, 浮筒以及其他设备的低磁性零件
8Cr17	用于制造不锈钢切片机械刀具、手术刀片和耐酸设备零件等
1Cr18Ni9Ti	用于制造焊芯、抗磁仪表、医疗器械、耐酸容器衬里、输送管道等设备和零件

表 3-11 易切削结构钢的牌号及用途 (GB/T 8731—2008)

牌 号	用 途
Y12	用作制造机械上使用的螺钉、螺杆、螺母,联接机件用的螺栓、转向拉杆球形螺栓、油泵传动齿轮等
Y15	用作制造汽车用螺杆、螺母以及要求表面光洁的其他零件
Y20	用作制造缝纫机、打字机、计算机等小型机器上难于加工的复杂断面的零件,以及内燃机凸轮轴、离合器开关、球形卡头的销钉等
Y30	用于要求抗拉强度更高的部件,一般都以冷拉状态使用
Y40Mn	用于要求表面光洁的机床丝杠及经热处理的齿轮和轴等

表 3-12 碳素工具钢的牌号及用途 (GB/T 1298—2008)

牌 号	用 途
T7、T7A	用于制作承受撞击、振动载荷、韧性较好、硬度中等且切削能力不高的各种工具,如小尺寸风动工具(冲头、铤子),木工用的凿和锯,压模、锻模、钳工工具,铆钉冲模,车床顶尖、钻头、钻软岩石的钻头,镰刀、剪铁皮的剪子,还可用于制作弹簧、销轴、杆、垫片等耐磨、承受冲击、韧性不高的零件,T7钢还可制作手用大锤、钳工锤头、瓦工用抹子
T8、T8A	用于制造切削刃口在工作中不变热的、硬度和耐磨性较高的工具,如木材加工用的铣刀、埋头钻、铤钻、斧、铤、纵向手锯、圆锯片、滚子、铅锡合金压铸板和型芯、简单形状的模子和冲头、软金属切削刀具、打眼工具、钳工装配工具、铆钉冲模、虎钳口以及弹性垫圈、弹簧片、卡子、销子、夹子、止动圈等

(续)

牌 号	用 途
T9、T9A	用于制作硬度、韧性较高,但不受强烈冲击振动的工具,如冲头、冲模、中心冲、木工工具、切草机刀片、收割机中切割零件
T10、T10A	用于制造切削条件较差,耐磨性较高、且不受强烈振动、要求韧性及锋刃的工具,如钻头、丝锥、车刀、刨刀、扩孔刀具、螺纹板牙、铣刀、切烟和切纸机的刀具、锯条、机用细木工工具、拉丝模、直径或厚度为6~8mm且断面均匀的冷修边模及冲孔模、卡板量具以及用于制作冲击不大的耐磨零件,如小轴、低速传动轴承、滑轮轴、销子等
T11、T11A	用于制造钻头、丝锥、手用锯金属的锯条、形状简单的冲头和凹模、剪边模和剪冲模
T12、T12A	用于制造冲击小、切削速度不高、高硬度的各种工具,如铣刀、车刀、钻头、铰刀、扩孔钻、丝锥、板牙、刮刀、切螺纹刀具、锉刀、锯片、切黄铜用工具、羊毛剪刀、小尺寸的冷修边模及冲孔模以及高硬度但冲击小的机械零件
T13、T13A	用于制造要求极高硬度但不受冲击的工具,如刮刀、剃刀、拉丝工具、刻锉刀纹的工具、钻头、硬石加工用的工具、锉刀、雕刻用工具、剪羊毛刀片等

表 3-13 合金工具钢的牌号及用途(GB/T 1299—2000)

牌 号	用 途
9SiCr	适用于耐磨性高、切削不剧烈、且变形小的刀具,如板牙、丝锥、钻头、铰刀、齿轮铣刀、拉刀等,还可用作冷冲模及冷轧辊

(续)

牌 号	用 途
8MnSi	多用作木工鑿子、鋸條及其他工具,製造穿孔器與擴孔器工具以及小尺寸熱鍛模和沖頭、熱壓鍛模、螺栓、道釘沖模、拉絲模、冷沖模及切削工具
Cr06	多經冷軋成薄鋼帶後,用於製作剃刀、刀片及外科醫療刀具,也可用作刮刀、刻刀、銼刀等
W	多用於工作溫度不高、切削速度不大的刀具,如小型麻花鑽、絲錐、板牙、絞刀、鋸條、輥式刀具等
9Mn2V	適用於製作各種變形小,耐磨性高的精密絲杠、磨床主軸、样板、凸輪、量塊、量具及絲錐、板牙、絞刀以及壓鑄輕金屬和合金的推入裝置

表 3-14 高速工具鋼的牌號及用途(GB/T 9943—2008)

牌 号	用 途
W18Cr4V	通用型高速鋼,容易磨得光潔鋒利。適於製造形狀複雜、熱處理後刃形需要磨制的刀具,如拉刀、齒輪刀具等
W12Cr4V4Mo	高鈮高速鋼的硬度、熱硬性、耐磨性較普通高速鋼有顯著的提高。熱穩定性好,易脫碳,過熱敏感性較大,磨削性能差。僅用來製造形狀簡單的车刀
W6Mo5Cr4V2 W6Mo5Cr4V3	高鈮高速鋼碳化物分布均勻,熱塑溫度範圍較寬,利用壓力加工,普遍用於製造麻花鑽

2) 二次花 (图 3-3) ——在一次花的芒线上, 又一次发生爆裂所呈现的爆花形式。二次花一般是碳的质量分数在 0.25% ~ 0.60% 时的火花特征。



图 3-3 二次花图

3) 三次花与多次花 (图 3-4) ——在二次花的芒线上, 再一次发生爆裂的火花形式称三次花。若在三次花的芒线上继续有一次或数次爆裂出现, 这种形式的爆花称多次花。三次花与多次花是碳的质量分数在 0.65% 及 0.65% 以上时的火花特征。

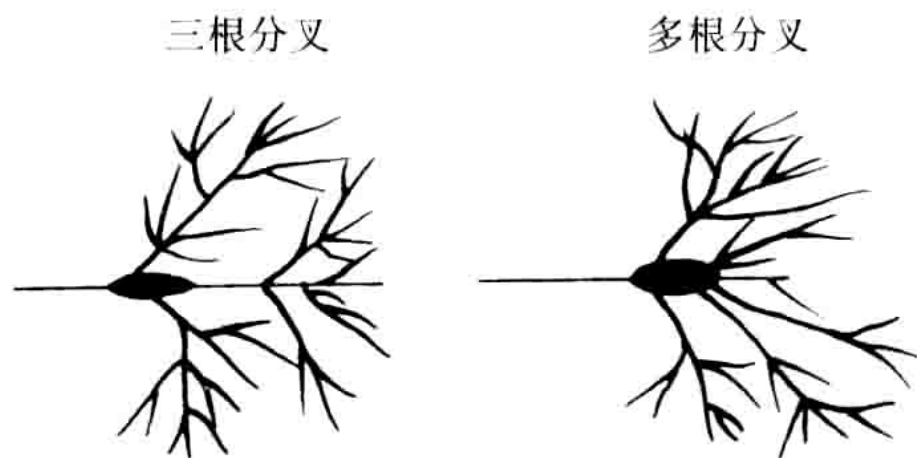


图 3-4 三次花与多次花图

单花——在整条流线上仅有一个爆花, 称为单花。

复花——在一条流线上有两个或两个以上爆花, 统称复花。有两个爆花的称两层复花; 有三个或三个以上爆花的称三层复花或多层复花。

(2) 低碳钢的火花图 以 15 钢为例，低碳钢的火花图如图 3-5 所示。整个火束呈草黄带红，发光适中。流线稍多，长度较长，自根部起逐渐膨胀粗大，至尾部又逐渐收缩，尾部下垂成半弧形。花量不多，爆花为四根分叉一次花，呈星形，芒线较粗。



图 3-5 低碳钢的火花图

(3) 中碳钢的火花图 以 40 钢为例，中碳钢的火花图如图 3-6 所示。整个火束呈黄色，发光明亮。流线多而

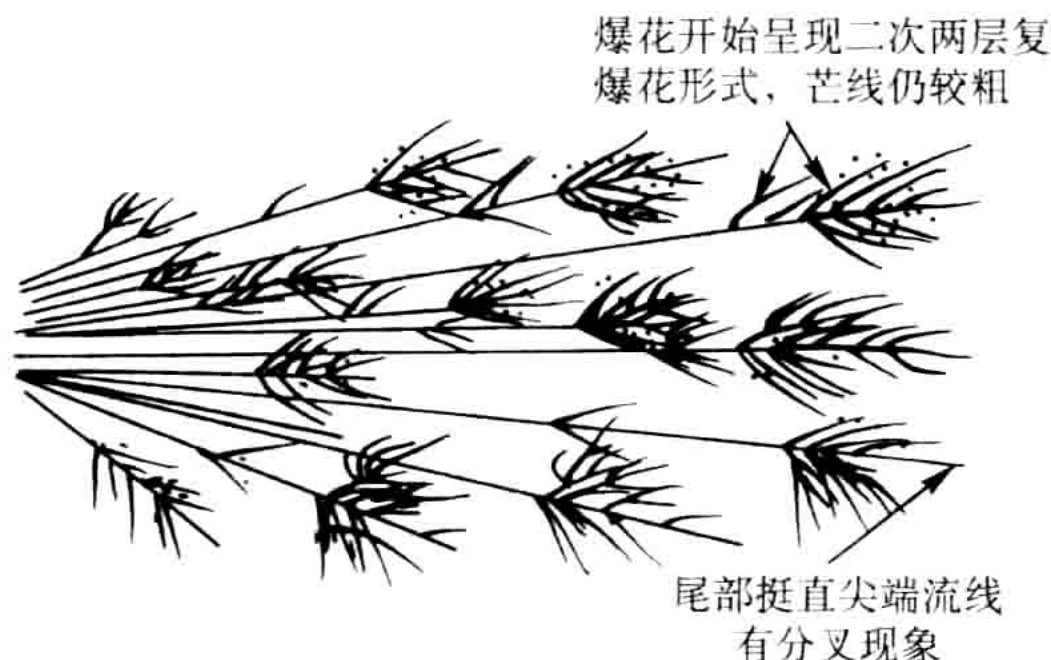


图 3-6 中碳钢的火花图



较细长，尾部挺直，尖端有分叉现象。爆花为多根分叉二次花，附有节点，芒线清晰，有较多的小花及花粉产生，并开始出现不完全的两层复花，火花盛开，射力较大，花量较多，约占整个火束的  $\frac{3}{5}$  以上。

(4) 高碳钢的火花图 以 65 钢为例，高碳钢的火花图如图 3-7 所示。整个火束呈黄色，光度根部暗，中部明亮，尾部次之。流线多而细，长宽较短，形挺直，射力很强。爆花为多根分叉二、三次爆裂三层复花，花量多而拥挤，占整个火束的  $\frac{3}{4}$  以上。芒线细长而量多，间距密，芒线间杂有更多的花粉。

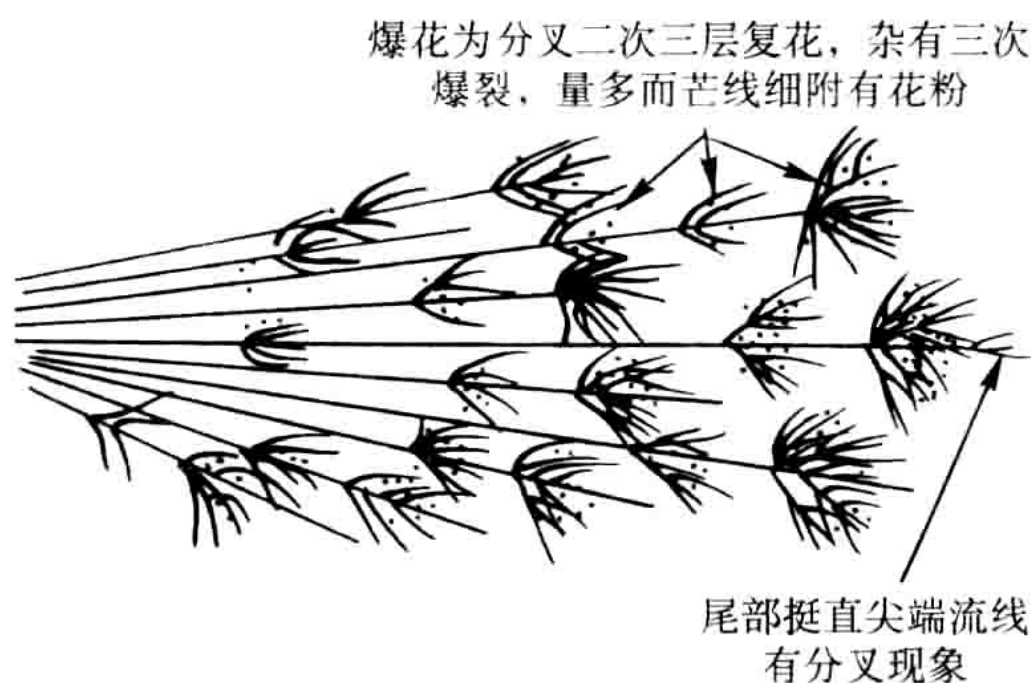


图 3-7 高碳钢的火花图

(5) 铬钢的火花图 以 7Cr3 钢为例，铬钢的火花图如图 3-8 所示。铬元素是助长产生爆花的，在一定范围内，铬的含量越多，产生的爆花也越多。铬元素的存在，使火束趋向明亮，火花爆裂非常活跃而正规，花状呈大星

形，分叉多而细，附有很多碎花粉。

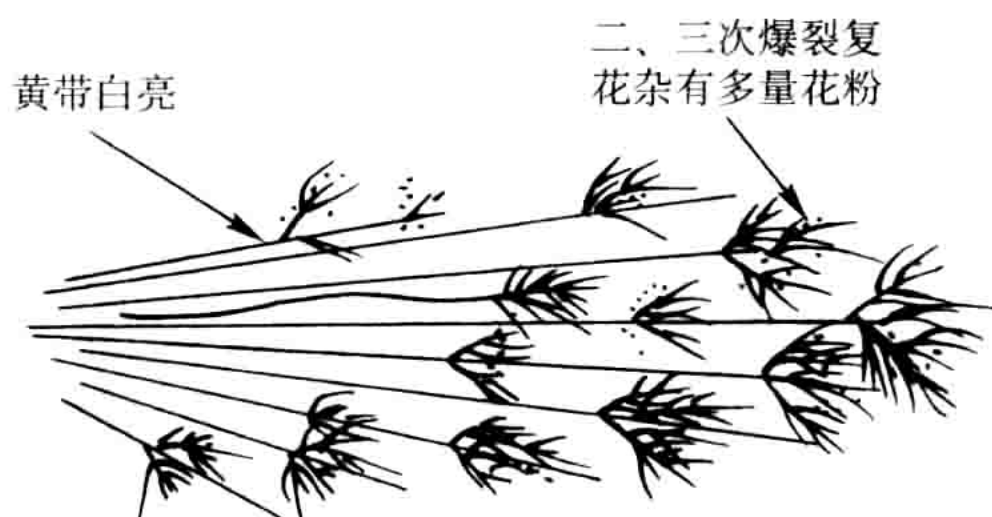


图 3-8 铬钢的火花图

7Cr3 为高碳低铬钢，与高碳钢的火花图有些相似，爆花为二、三次爆裂复花，花形较大，有多量花粉产生，花量多而拥挤。由于铬元素的存在，使火束的颜色为黄色而带白亮，流线短缩而稍粗，爆花多为大型爆花，枝状爆花不显著，另外根据手的感觉材料很硬，并在砂轮的外圈围绕很多火花。

(6) 锰钢的火花图 (图 3-9) 锰元素是助长火花爆裂最甚的元素，当钢中锰的质量分数为 1% ~ 2% 时，其



图 3-9 锰钢的火花图



火花形式与碳钢相仿，但它的明显特征是全体爆花呈星形，爆花核心较大，成为白亮的节点，花粉很多，花形较大，芒线稍细而长，花呈黄色，光度较亮，爆裂强度大于碳钢，流线也较其多而粗长。

普通锰合金结构钢、弹簧钢中锰的质量分数一般均在 1% ~ 2% 之间。若锰的质量分数在 2% 以上，则上面特征更为显著，在火束中有时产生特种的大花及小火团。

(7) 高速工具钢的火花图 以 W18Cr4V 为例，高速工具钢的火花图如图 3-10 所示。钨元素对火花爆裂的发生起抑制作用，钨的存在会使流线呈暗红色和细花，爆裂几乎完全不发生，在流线尾端产生狐尾花是钨的特有特征。

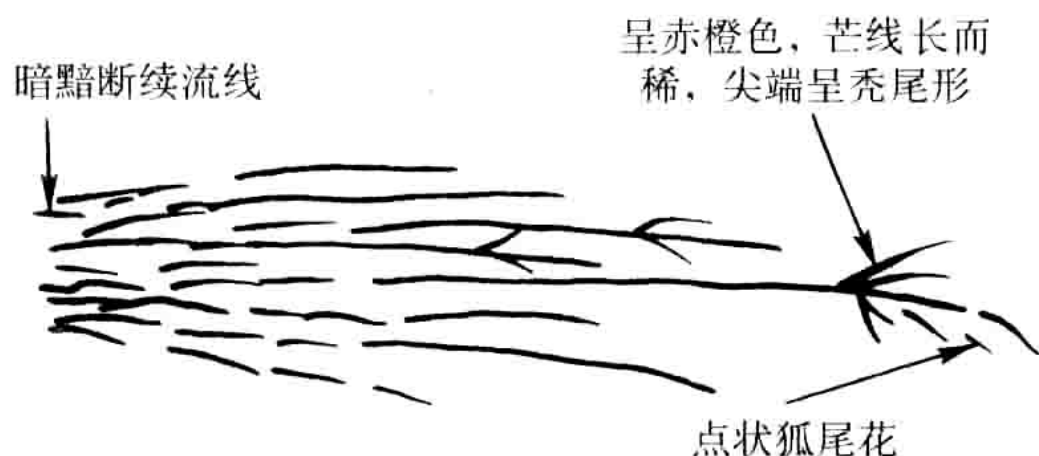


图 3-10 高速工具钢的火花图

W18Cr4V 的火花图火束细长，呈赤橙色，发光极暗弱。因受高钨的影响，几乎无火花爆裂，仅在尾部略有三、四分叉爆裂，花量极少。流线根部和中部呈继续状态，有时呈波浪流线，尾部膨胀下垂，形成点状狐尾花。同时手的感觉材料极硬，这是高速工具钢所具有的特征。

## 5. 钢材的涂色标记 (表 3-15)

表 3-15 钢材的涂色标记

类别	牌号或组别	涂色标记
普通碳素钢	0 号	红色 + 绿色
	1 号 (Q195)	白色 + 黑色
	2 号 (Q215)	黄色
	3 号 (Q235)	红色
	4 号 (Q255)	黑色
	5 号 (Q275)	绿色
	6 号	蓝色
	7 号	红色 + 棕色
优质碳素结构钢	05 ~ 15	白色
	20 ~ 25	棕色 + 绿色
	30 ~ 40	白色 + 蓝色
	45 ~ 85	白色 + 棕色
	15Mn ~ 40Mn	白色二条
	45Mn ~ 70Mn	绿色三条
合金结构钢	锰钢	黄色 + 蓝色
	硅锰钢	红色 + 黑色
	锰钒钢	蓝色 + 绿色
	铬钢	绿色 + 黄色
	铬硅钢	蓝色 + 红色
	铬锰钢	蓝色 + 黑色
	铬锰硅钢	红色 + 紫色
	铬钒钢	绿色 + 黑色
	铬锰钛钢	黄色 + 黑色
	铬钨钒钢	棕色 + 黑色
	钼钢	紫色
	铬钼钢	绿色 + 紫色
	铬锰钼钢	绿色 + 白色
	铬钼钒钢	紫色 + 棕色
	铬硅钼钒钢	紫色 + 棕色
	铬铝钢	铝白色
	铬钼铝钢	黄色 + 紫色
	铬钨钒铝钢	黄色 + 红色
	硼钢	紫色 + 蓝色
	铬钼钨钒钢	紫色 + 黑色
高速工具钢	W12Cr4V4Mo	棕色一条 + 黄色一条
	W18Cr4V	棕色一条 + 蓝色一条
	W9Cr4V2	棕色二条
	W9Cr4V	棕色一条

(续)

类别	牌号或组别	涂色标记
铬轴承钢	GCr9 GCr9SiMn GCr15 GCr15SiMn	白色一条 + 黄色一条 绿色二条 蓝色一条 绿色一条 + 蓝色一条
不锈钢 耐酸钢	铬钢 铬钛钢 铬锰钢 铬钼钢 铬镍钢 铬锰镍钢 铬镍钛钢 铬镍钨钢 铬钼钛钢 铬钼钒钢 铬镍钼钛钢 铬钼钒钨钢 铬镍铜钛钢 铬镍钼铜钛钢 铬镍钼铜钨钢	铝色 + 黑色 铝色 + 黄色 铝色 + 绿色 铝色 + 白色 铝色 + 红色 铝色 + 棕色 铝色 + 蓝色 铝色 + 蓝色 铝色 + 白色 + 黄色 铝色 + 红色 + 黄色 铝色 + 紫色 铝色 + 紫色 铝色 + 蓝色 + 白色 铝色 + 黄色 + 绿色 铝色 + 黄色 + 绿色 (铝色为宽条, 余为窄色条)
耐热钢	铬硅钢 铬钼钢 铬硅钼钢 铬钢 铬钼钒钢 铬镍钛钢 铬铝硅钢 铬硅钛钢 铬硅钼钛钢 铬硅钼钒钢 铬铝钢 铬镍钨钼钛钢 铬镍钨钼钢 铬镍钨钛钢	红色 + 白色 红色 + 绿色 红色 + 蓝色 铝色 + 黑色 铝色 + 紫色 铝色 + 蓝色 红色 + 黑色 红色 + 黄色 红色 + 紫色 红色 + 紫色 红色 + 铝色 红色 + 棕色 红色 + 棕色 铝色 + 白色 + 红色 (前为宽色条, 后为窄色条)

## 6. 钢的热处理

(1) 热处理工艺分类及代号 (表 3-16、表 3-17)

表 3-16 热处理工艺分类及代号(GB/T 12603—2005)

工艺总称	代号	工艺类型	代号	工艺名称	代号
热处理	5	整体热处理	1	退火	1
				正火	2
				淬火	3
				淬火和回火	4
				调质	5
				稳定化处理	6
				固溶处理,水韧处理	7
				固溶处理 + 时效	8
	5	表面热处理	2	表面淬火和回火	1
				物理气相沉积	2
				化学气相沉积	3
				等离子体增强化学气相沉积	4
				离子注入	5
				渗碳	1
				碳氮共渗	2
	5	化学热处理	3	渗氮	3
				氮碳共渗	4

(续)

工艺总称	代号	工艺类型	代号	工艺名称	代号
热处理	5	化学热处理	3	渗其他非金属	5
				渗金属	6
				多元共渗	7

加热方式及代号

加热方式	可控气氛 (气体)	真空	盐浴 (液体)	感应	火焰	激光	电子束	等离子体	固体 装箱	流态床	电接触
代号	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11

退火工艺及代号

退火工艺	去应力退火	均匀化退火	再结晶退火	石墨化退火	脱氢处理	球化退火	等温退火	完全退火	不完全退火
代号	St	H	R	G	D	Sp	I	F	P

淬火冷却介质、冷却方法及代号

冷却介质和方法	空气	油	水	盐水	有机聚合物水溶液	热浴	加压淬火	双介质淬火	分级淬火	等温淬火	形变淬火	气冷淬火	冷处理
代号	A	O	W	B	Po	H	Pr	I	M	At	Af	G	C

表 3-17 常用热处理工艺代号 (GB/T 12603—2005)

工艺名称	代 号	工艺名称	代 号	工艺名称	代 号
热处理	500	水冷淬火	513-W	可控气氛渗碳	531-01
感应热处理	500-04	盐浴淬火	513-B	真空渗碳	531-02
火焰热处理	500-05	盐浴淬火	513-H	盐浴渗碳	531-03
整体热处理	510	盐浴加热淬火	513-03	碳氮共渗	532
退火	511	淬火和回火	514	渗氮	533
去应力退火	511-St	调质	515	液体渗氮	533-03
球化退火	511-Sp	表面热处理	520	气体渗氮	533-01
等温退火	511-I	表面淬火和回火	521	氮碳共渗	534
正火	512	感应淬火和回火	521-04	渗硼	535(B)
淬火	513	火焰淬火和回火	521-05	固体渗硼	535-09(B)
空冷淬火	513-A	渗碳	531	液体渗硼	535-03(B)
油冷淬火	513-O	固体渗碳	531-09	渗硫	535(S)

## (2) 钢的热处理方法和应用 (表 3-18)

表 3-18 钢的热处理方法和应用

名称	操作方法	目 的	应用要点
退火	将钢件加热到 $A_{c3} + 30 \sim 50^\circ\text{C}$ 或 $A_{c1} + 30 \sim 50^\circ\text{C}$ 或 $A_{c1}$ 以下的温度, 经透烧和保温后, 一般随炉缓慢冷却	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 降低硬度, 提高塑性, 改善切削加工与压力加工性能</li> <li>2. 细化晶粒, 改善力学性能, 为下一步工序作准备</li> <li>3. 消除热、冷加工所产生的内应力</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适用于合金结构钢、碳素工具钢、合金工具钢、高速钢等的锻件、焊接件以及供应状态不合格的原材料</li> <li>2. 一般在毛坯状态进行退火</li> </ol>

名称	操作方法	目的	应用要点
正火(正常化)	将钢件加热到 $A_{c3}$ 或 $A_{cm}$ 以上 $30 \sim 50^\circ\text{C}$ , 保温后以稍大于退火的冷却速度冷却	正火的目的与退火相似	正火通常作为锻件、焊接件以及渗碳零件的预先热处理工序。对于性能要求不高的低碳和中碳的碳素结构钢及低合金钢,也可以作为最后的热处理。对于一般中、高合金钢,空冷可导致完全或局部淬火,因此不能作为最后热处理工序
淬火	将钢件加热到相变温度 $A_{c3}$ 或 $A_{c1}$ 以上,保温一定时间,然后在水、硝盐、油或空气中快速冷却	淬火一般是为了得到高硬度的马氏体组织,有时对某些高合金钢(如不锈钢、耐磨钢)淬火时,则是为了获得单一均匀的奥氏体组织,以提高其耐腐蚀性和耐磨性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 一般均用于 <math>w_c &gt; 0.30\%</math> 的碳钢和合金钢</li> <li>2. 淬火能充分发挥钢的强度和耐磨性潜力,但同时会造成很大的内应力,降低钢的塑性和冲击韧度,故需进行回火以得到较好的综合力学性能</li> </ol>
回火	将淬火后的钢件重新加热到 $A_{c1}$ 以下某一温度,经保温后,于空气中或油、热水、水中冷却	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 降低或消除淬火后的内应力,减少工件的变形和开裂</li> <li>2. 调整硬度,提高塑性和韧性,获得工作所要求的力学性能</li> <li>3. 稳定工件尺寸</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保持钢在淬火后的高硬度和耐磨性时用低温回火,在保持一定韧性的条件下提高弹性和屈服强度时采用中温回火,以保持高的冲击韧度和塑性为主,又有足够强度时用高温回火</li> <li>2. 一般钢尽量避免在 <math>230 \sim 280^\circ\text{C}</math>、不锈钢在 <math>400 \sim 450^\circ\text{C}</math> 之间回火,因这时会产生一次回火脆性</li> </ol>



(续)

名称	操作方法	目的	应用要点
调质	淬火后高温回火称为调质,即钢件加热到比淬火时高 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 的温度,保温后进行淬火,然后在 $400 \sim 720^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行回火	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 改善切削加工性能,提高加工表面光洁程度</li> <li>2. 减小淬火时的变形和开裂</li> <li>3. 获得良好的综合力学性能</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适用于淬透性较高的合金结构钢、合金工具钢和高速钢</li> <li>2. 不仅可以作为各种较为重要的结构件的最后热处理,而且还可作为某些精密件,如丝杠等的预先热处理,以减小变形</li> </ol>
时效	将钢件加热到 $80 \sim 200^{\circ}\text{C}$ ,保温 $5 \sim 20\text{h}$ 或更长一些时间,然后取出在空气中冷却	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 稳定钢件淬火后的组织,减小存放或使用期间的变形</li> <li>2. 减轻淬火以及磨削加工后的内应力,稳定形状和尺寸</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适用于经淬火后的各种钢种</li> <li>2. 常用于要求形状不再发生变形的精密工作,如精密丝杠、测量工具、床身箱体等</li> </ol>
冷处理	将淬火后的钢件,在低温介质(如干冰、液氮)中冷却到 $-60 \sim -80^{\circ}\text{C}$ 或更低,温度均匀一致后取出均温到室温	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使淬火钢件内的残留奥氏体全部转变为马氏体,从而提高钢件的硬度、强度、耐磨性和疲劳极限</li> <li>2. 稳定钢的组织,以稳定钢件的形状和尺寸</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 钢件淬火后应立即进行冷处理,然后再经低温回火,以消除低温冷却时的内应力</li> <li>2. 冷处理主要适用于合金钢制作的精密刀具、量具和精密零件</li> </ol>



(续)

名称	操作方法	目的	应用要点
火焰加热表面淬火	用氧乙炔混合气体燃烧的火焰,喷射到钢件表面上,快速加热,当达到淬火温度后立即喷水冷却	提高钢件表面硬度、耐磨性及疲劳强度,心部仍保持韧性状态	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多用于中碳钢制作,一般淬透层深度为2~6mm</li> <li>2. 适用于单件或小批生产的大型工件和需要局部淬火的工件</li> </ol>
感应加热表面淬火	将钢件放入感应器中,使钢件表层产生感应电流,在极短时间内加热到淬火温度,然后立即喷水冷却	提高钢件表面硬度、耐磨性及疲劳强度,心部仍保持韧性状态	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多用于中碳钢和中碳合金结构钢制件</li> <li>2. 由于集肤效应,高频感应加热淬火淬透层一般为1~2mm,中频感应加热淬火一般为3~5mm,工频感应加热淬火一般大于10mm</li> </ol>
渗碳	将钢件放入渗碳介质中,加热至900~950℃并保温,使钢件表面获得一定浓度和深度的渗碳层	提高钢件表面硬度、耐磨性及疲劳强度,心部仍保持韧性状态	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多用于 <math>w_c = 0.15\% \sim 0.25\%</math> 的低碳钢及低合金钢制件。一般渗碳层深度0.5~2.5mm</li> <li>2. 渗碳后必须经过淬火,使表面得到马氏体,才能实现渗碳的目的</li> </ol>
渗氮	利用在500~600℃时氨气分解出来的活性氮原子,使钢件表面被氮饱和,形成氮化层	提高钢件表面的硬度、耐磨性、疲劳强度以及耐蚀能力	多用于含有铝、铬、钼等合金元素的中碳合金结构钢,以及碳钢和铸铁。一般氮化层深度为0.025~0.8mm

氮碳共渗	向钢件表面同时渗碳和渗氮	提高钢件表面的硬度、耐磨性、疲劳强度以及耐腐蚀能力	<p>1. 多用于低碳钢、低合金结构钢以及工具钢制件。一般氮化层深度为0.02~3mm</p> <p>2. 氮化后还需淬火和低温回火</p>
------	--------------	---------------------------	--

注:表中  $A_{C1}$ 、 $A_{C3}$ 、 $A_{C_{cm}}$  指钢的加热临界点。

(3) 常用钢的热处理规范(表 3-19)

表 3-19 常用钢的热处理规范

材料名称	钢 号	交货状态 硬度 HBW	热处理规范				力学性能	
			淬火温度 /℃	淬火介质	回火温度 /℃	冷却 介质	抗拉强度 /MPa	淬火硬度 HRC
优质碳素结构钢	35	≤187	860 ~ 880	水或油	600 ~ 680	炉或空气	529	38 ~ 45
	40	≤217	830 ~ 850	水	580 ~ 640	炉或空气	568	45 ~ 50
	45	≤241	820 ~ 850	水或油	600 ~ 640	炉或空气	598	48 ~ 55
	50	≤241	820 ~ 850	水或油	按需要定	空气	627	—
	55	≤255	790 ~ 850	水或油	400 ~ 650	空气	647	—
	15Mn	≤163	850 ~ 900	水或油	450 ~ 650	空气	412	—
	30Mn	≤217	850 ~ 900	水或油	按需要定	空气	539	—
	40Mn	≤229	820 ~ 860	水或油	500 ~ 700	—	588	—
	50Mn	≤255	780 ~ 840	水或油	300 ~ 700	空气	647	—
	65Mn	≤285	780 ~ 840	水或油	按需要定	空气	735	—

(续)

材料名称	钢 号	交货状态 HBW	热处理规范				力学性能	
			淬火温度 /℃	淬火介质	回火温度 /℃	冷却 介质	抗拉强度 /MPa	淬火硬度 HRC
碳素工具钢	T7	≤187	800~820	水	140~200	—	—	56~62
	T7A	≤187	800~820	水	—	—	—	56~62
	T8	≤187	780~800	水	—	—	—	56~62
	T8A	≤197	780~800	水	140~200	—	—	56~62
	T10	≤197	760~780	水	140~250	—	—	56~64
	T10A	≤197	760~780	水	140~250	—	—	56~64
	T11	≤207	760~780	水	140~250	—	—	56~64
	T11A	≤207	760~780	水	140~250	—	—	56~64
	T12	≤207	760~780	水	140~250	—	—	56~64
	T12A	≤207	760~780	水	140~250	—	—	56~64
合金结构钢	15Cr	≤179	880	水或油	200	空气或水	735	—
	20Cr	≤179	880	水或油	200	空气或水	833	—
	30Cr	≤187	860	油	500	水或油	882	—
	40Cr	≤207	850	油	500	水或油	980	—
	50Cr	≤229	830	油	520	水或油	1078	—
	15CrMo	≤179	900	空气	650	空气	441	—
	20CrMo	≤197	880	水或油	500	水或油	882	—
	30CrMo	≤229	880	水或油	540	水或油	931	—
	35CrMo	≤229	850	油	550	水或油	980	—
	40CrV	≤241	880	油	650	水或油	882	—
	50CrV	≤255	860	油	500	水或油	1274	—

(续)

材料名称	钢号	交货状态 HBW	热处理规范				力学性能	
			淬火温度 /℃	淬火介质	回火温度 /℃	冷却介质	抗拉强度 /MPa	淬火硬度 HRC
弹簧钢	60Si2Mn	≤302	870	油	460	—	1274	—
	60Si2MnA	≤302	870	油	460	—	1568	—
不锈钢耐酸钢	1Cr13	127~187	1000~1050	油、水	700~790	油、水、空气	588	—
	2Cr13	126~197	1000~1050	油、水	660~770	油、水、空气	647	—
	3Cr13	131~207	1000~1050	油	200~300	—	—	≥48
	4Cr13	143~229	1050~1100	油	200~300	—	—	≥50
	1Cr18Ni9Ti	—	1100~1150	水	—	—	539	—
高速工具钢	W18Cr4V	207~255	1270~1285	油	550~570	油	—	≥62
	W9Cr4V2	207~255	1225~1240	油	550~570	油	—	≥62

## 7. 黑色金属硬度与强度换算(表3-20)

表 3-20 黑色金属硬度与强度换算(GB/T 1172—1999)

硬 度						抗 拉 强 度 $R_m$ /MPa									
洛氏		表面洛氏			维氏	布氏 ( $F/D^2 = 30$ )		碳钢	铬钢	铬钒钢	铬镍钢	铬钼钢	铬镍钼钢	超高强度钢	不锈钢
		HR 15N	HR 30N	HR 45N	HBW										
HRC	HRA				HV										
20.0	60.2	68.8	40.7	19.2	226	225		774	742	736	782	747	781		740

(续)

硬 度						抗 拉 强 度 $R_m$ /MPa									
洛氏		表面洛氏			维氏	布氏 ( $F/D^2=30$ )	碳钢	铬钢	铬钒钢	铬镍钢	铬钼钢	铬镍钼钢	铬锰硅钢	超高度 强度钢	不 锈 钢
		HRA	HR 15N	HR 30N	HR 45N	HV									
20.5	60.4	69.0	41.2	19.8	228	227	784	751	744	787	753	788		749	
21.0	60.7	69.3	41.7	20.4	230	229	793	760	753	792	760	794		758	
21.5	61.0	69.5	42.2	21.0	233	232	803	769	761	797	767	801		767	
22.0	61.2	69.8	42.6	21.5	235	234	813	779	770	803	774	809		777	
22.5	61.5	70.0	43.1	22.1	238	237	823	788	779	809	781	816		786	
23.0	61.7	70.3	43.6	22.7	241	240	833	798	788	815	789	824		796	
23.5	62.0	70.6	44.0	23.3	244	242	843	808	797	822	797	832		806	
24.0	62.2	70.8	44.5	23.9	247	245	854	818	807	829	805	840		816	
24.5	62.5	71.1	45.0	24.5	250	248	864	828	816	836	813	848		826	
25.0	62.8	71.4	45.5	25.1	253	251	875	838	826	843	822	856		837	
25.5	63.0	71.6	45.9	25.7	256	254	886	848	837	851	831	865	850	847	
26.0	63.3	71.9	46.4	26.3	259	257	897	859	847	859	840	874	859	858	
26.5	63.5	72.2	46.9	26.9	262	260	908	870	858	867	850	883	869	868	
27.0	63.8	72.4	47.3	27.5	266	263	919	880	869	876	860	893	879	879	
27.5	64.0	72.7	47.8	28.1	269	266	930	891	880	885	870	902	890	890	
28.0	64.3	73.0	48.3	28.7	273	269	942	902	892	894	880	912	901	901	
28.5	64.6	73.3	48.7	29.3	276	273	954	914	903	904	891	922	912	913	
29.0	64.8	73.5	49.2	29.9	280	276	965	925	915	914	902	933	923	924	
29.5	65.1	73.8	49.7	30.5	284	280	977	937	928	924	913	943	935	936	

(续)

硬 度					抗 拉 强 度 $R_m$ / MPa										
洛氏		表面洛氏			维氏	布氏 ( $F/D^2 = 30$ )	碳 钢	铬 钢	铬 钒 钢	铬 镍 钢	铬 钼 钢	铬 镍 钼 钢	铬 锰 硅 钢	超 高 强 度 钢	不 锈 钢
		HRC	HRA	HR 15N	HR 30N	HR 45N									
30.0	65.3	74.1	50.2	31.1	288	283	989	948	940	935	924	947	954		947
30.5	65.6	74.4	50.6	31.7	292	287	1002	960	953	946	936	959	965		959
31.0	65.8	74.7	51.1	32.3	296	291	1014	972	966	957	948	972	977		971
31.5	66.1	74.9	51.6	32.9	300	294	1027	984	980	969	961	985	989		983
32.0	66.4	75.2	52.0	33.5	304	298	1039	996	993	981	974	999	1001		996
32.5	66.6	75.5	52.5	34.1	308	302	1052	1009	1007	994	987	1012	1013		1008
33.0	66.9	75.8	53.0	34.7	313	306	1065	1022	1022	1007	1001	1027	1026		1021
33.5	67.1	76.1	53.4	35.3	317	310	1078	1034	1036	1020	1015	1041	1039		1034
34.0	67.4	76.4	53.9	35.9	321	314	1092	1048	1051	1034	1029	1056	1052		1047
34.5	67.7	76.7	54.4	36.5	326	318	1105	1061	1067	1048	1043	1071	1066		1060
35.0	67.9	77.0	54.8	37.0	331	323	1119	1074	1082	1063	1058	1087	1079		1074
35.5	68.2	77.2	55.3	37.6	335	327	1133	1088	1098	1078	1074	1103	1094		1087
36.0	68.4	77.5	55.8	38.2	340	332	1147	1102	1114	1093	1090	1119	1108		1101
36.5	68.7	77.8	56.2	38.8	345	336	1162	1116	1131	1109	1106	1136	1123		1116
37.0	69.0	78.1	56.7	39.4	350	341	1177	1131	1148	1125	1122	1153	1139		1130
37.5	69.2	78.4	57.2	40.0	355	345	1192	1146	1165	1142	1139	1171	1155		1145
38.0	69.5	78.7	57.6	40.6	360	350	1207	1161	1183	1159	1157	1189	1171		1161
38.5	69.7	79.0	58.1	41.2	365	355	1222	1176	1201	1177	1174	1207	1187	1170	1176



(续)

硬 度						抗 拉 强 度 $R_m / \text{MPa}$										
洛氏		表面洛氏				维氏	布氏 ( $F/D^2 = 30$ )	碳 钢	铬 钢	铬 钒 钢	铬 镍 钢	铬 铝 钢	铬 镍 钼 钢	铬 硅 钢	超 高 强 度 钢	不 锈 钢
		HRA	HR 15N	HR 30N	HR 45N											
39.0	70.0	79.3	58.6	41.8	371	360	1238	1192	1219	1195	1192	1226	1204	1195	1193	
39.5	70.3	79.6	59.0	42.4	376	365	1254	1208	1238	1214	1211	1245	1222	1219	1209	
40.0	70.5	79.9	59.5	43.0	381	370	1271	1225	1257	1233	1230	1265	1240	1243	1226	
40.5	70.8	80.2	60.0	43.6	387	375	1288	1242	1276	1252	1249	1285	1258	1267	1244	
41.0	71.1	80.5	60.4	44.2	393	381	1305	1260	1296	1273	1269	1306	1277	1290	1262	
41.5	71.3	80.8	60.9	44.8	398	386	1322	1278	1317	1293	1289	1327	1296	1313	1280	
42.0	71.6	81.1	61.3	45.4	404	392	1340	1296	1337	1314	1310	1348	1316	1336	1299	
42.5	71.8	81.4	61.8	45.9	410	397	1359	1315	1358	1336	1331	1370	1336	1359	1319	
43.0	72.1	81.7	62.3	46.5	416	403	1378	1335	1380	1358	1353	1392	1357	1381	1339	
43.5	72.4	82.0	62.7	47.1	422	409	1397	1355	1401	1380	1375	1415	1378	1404	1361	
44.0	72.6	82.3	63.2	47.7	428	415	1417	1376	1424	1404	1397	1439	1400	1427	1383	
44.5	72.9	82.6	63.6	48.3	435	422	1438	1398	1446	1427	1420	1462	1422	1450	1405	
45.0	73.2	82.9	64.1	48.9	441	428	1459	1420	1469	1451	1444	1487	1445	1473	1429	
45.5	73.4	83.2	64.6	49.5	448	435	1481	1444	1493	1476	1468	1512	1469	1496	1453	
46.0	73.7	83.5	65.0	50.1	454	441	1503	1468	1517	1502	1492	1537	1493	1520	1479	
46.5	73.9	83.7	65.5	50.7	461	448	1526	1493	1541	1527	1517	1563	1517	1544	1505	
47.0	74.2	84.0	65.9	51.2	468	455	1550	1519	1566	1554	1542	1589	1543	1569	1533	
47.5	74.5	84.3	66.4	51.8	475	463	1575	1546	1591	1581	1568	1616	1569	1594	1562	
48.0	74.7	84.6	66.8	52.4	482	470	1600	1574	1617	1608	1595	1643	1595	1620	1592	





(续)

[illegible]

## 8. 碳钢硬度及强度换算 (表 3-21)

表 3-21 碳钢硬度及强度换算 (GB/T 1172—1999)

硬 度							抗拉 强度 $R_m$ /MPa
洛氏	表面洛氏			维氏	布 氏		
HRB	HR15T	HR30T	HR45T	HV	HBW		
					$F/D^2$ = 10	$F/D^2$ = 30	
60.0	80.4	56.1	30.4	105	102		375
60.5	80.5	56.4	30.9	105	102		377
61.0	80.7	56.7	31.4	106	103		379
61.5	80.8	57.1	31.9	107	103		381
62.0	80.9	57.4	32.4	108	104		382
62.5	81.1	57.7	32.9	108	104		384
63.0	81.2	58.0	33.5	109	105		386
63.5	81.4	58.3	34.0	110	105		388
64.0	81.5	58.7	34.5	110	106		390
64.5	81.6	59.0	35.0	111	106		393
65.0	81.8	59.3	35.5	112	107		395
65.5	81.9	59.6	36.1	113	107		397
66.0	82.1	59.9	36.6	114	108		399
66.5	82.2	60.3	37.1	115	108		402
67.0	82.3	60.6	37.6	115	109		404
67.5	82.5	60.9	38.1	116	110		407
68.0	82.6	61.2	38.6	117	110		409
68.5	82.7	61.5	39.2	118	111		412
69.0	82.9	61.9	39.7	119	112		415
69.5	83.0	62.2	40.2	120	112		418
70.0	83.2	62.5	40.7	121	113		421
70.5	83.3	62.8	41.2	122	114		424
71.0	83.4	63.1	41.7	123	115		427
71.5	83.6	63.5	42.3	124	115		430
72.0	83.7	63.8	42.8	125	116		433
72.5	83.9	64.1	43.3	126	117		437
73.0	84.0	64.4	43.8	128	118		440

(续)

硬 度							抗拉 强度 $R_m$ /MPa
洛氏	表面洛氏			维氏	布 氏		
HRB	HR15T	HR30T	HR45T	HV	HBW		
					$F/D^2$ = 10	$F/D^2$ = 30	
73.5	84.1	64.7	44.3	129	119		444
74.0	84.3	65.1	44.8	130	120		447
74.5	84.4	65.4	45.4	131	121		451
75.0	84.5	65.7	45.9	132	122		455
75.5	84.7	66.0	46.4	134	123		459
76.0	84.8	66.3	46.9	135	124		463
76.5	85.0	66.6	47.4	136	125		467
77.0	85.1	67.0	47.9	138	126		471
77.5	85.2	67.3	48.5	139	127		475
78.0	85.4	67.6	49.0	140	128		480
78.5	85.5	67.9	49.5	142	129		484
79.0	85.7	68.2	50.0	143	130		489
79.5	85.8	68.6	50.5	145	132		493
80.0	85.9	68.9	51.0	146	133		498
80.5	86.1	69.2	51.6	148	134		503
81.0	86.2	69.5	52.1	149	136		508
81.5	86.3	69.8	52.6	151	137		513
82.0	86.5	70.2	53.1	152	138		518
82.5	86.6	70.5	53.6	154	140		523
83.0	86.8	70.8	54.1	156		152	529
83.5	86.9	71.1	54.7	157		154	534
84.0	87.0	71.4	55.2	159		155	540
84.5	87.2	71.8	55.7	161		156	546
85.0	87.3	72.1	56.2	163		158	551
85.5	87.5	72.4	56.7	165		159	557
86.0	87.6	72.7	57.2	166		161	563
86.5	87.7	73.0	57.8	168		163	570
87.0	87.9	73.4	58.3	170		164	576

(续)

硬 度							抗拉 强度 $R_m$ /MPa
洛氏	表面洛氏			维氏	布 氏		
HRB	HR15T	HR30T	HR45T	HV	HBW		
					$F/D^2$ = 10	$F/D^2$ = 30	
87.5	88.0	73.7	58.8	172		166	582
88.0	88.1	74.0	59.3	174		168	589
88.5	88.3	74.3	59.8	176		170	596
89.0	88.4	74.6	60.3	178		172	603
89.5	88.6	75.0	60.9	180		174	609
90.0	88.7	75.3	61.4	183		176	617
90.5	88.8	75.6	61.9	185		178	624
91.0	89.0	75.9	62.4	187		180	631
91.5	89.1	76.2	62.9	189		182	639
92.0	89.3	76.6	63.4	191		184	646
92.5	89.4	76.9	64.0	194		187	654
93.0	89.5	77.2	64.5	196		189	662
93.5	89.7	77.5	65.0	199		192	670
94.0	89.8	77.8	65.5	201		195	678
94.5	89.9	78.2	66.0	203		197	686
95.0	90.1	78.5	66.5	206		200	695
95.5	90.2	78.8	67.1	208		203	703
96.0	90.4	79.1	67.6	211		206	712
96.5	90.5	79.4	68.1	214		209	721
97.0	90.6	79.8	68.6	216		212	730
97.5	90.8	80.1	69.1	219		215	739
98.0	90.9	80.4	69.6	222		218	749
98.5	91.1	80.7	70.2	225		222	758
99.0	91.2	81.0	70.7	227		226	768
99.5	91.3	81.4	71.2	230		229	778
100.0	91.5	81.7	71.7	233		232	788

## 三、铸 铁

### 1. 铸铁名称、代号及牌号表示方法 (表 3-22)

**表 3-22 铸铁名称、代号及牌号表示方法**  
(GB/T 5612—2008)

分类	铸铁名称	代号	牌号表示方法实例
灰 铸 铁		HT	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <div style="margin-bottom: 5px;">QT</div> <div style="margin-bottom: 5px;">400</div> <div style="margin-bottom: 5px;">—</div> <div style="margin-bottom: 5px;">18</div> </div> <div> <p>伸长率 (%)</p> <p>抗拉强度 /MPa</p> <p>球墨铸铁代号</p> </div> </div>
	灰铸铁	HT	
	奥氏体灰铸铁	HTA	
	冷硬灰铸铁	HTL	
	耐磨灰铸铁	HTM	
	耐热灰铸铁	HTR	
	耐蚀灰铸铁	HTS	
球 墨 铸 铁		QT	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <div style="margin-bottom: 5px;">HTS</div> <div style="margin-bottom: 5px;">Si</div> <div style="margin-bottom: 5px;">15</div> <div style="margin-bottom: 5px;">Cr</div> <div style="margin-bottom: 5px;">4</div> <div style="margin-bottom: 5px;">RE</div> </div> <div> <p>稀土元素符号</p> <p>铬的名义含量</p> <p>铬的元素符号</p> <p>硅的名义含量</p> <p>硅的元素符号</p> <p>耐蚀灰铸铁代号</p> </div> </div>
	球墨铸铁	QT	
	奥氏体球墨铸铁	QTA	
	冷硬球墨铸铁	QTL	
	抗磨球墨铸铁	QTM	
	耐热球墨铸铁	QTR	
	耐蚀球墨铸铁	QTS	
蠕 墨 铸 铁		RuT	
可 锻 铸 铁		KT	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <div style="margin-bottom: 5px;">QTM</div> <div style="margin-bottom: 5px;">Mn</div> <div style="margin-bottom: 5px;">8</div> <div style="margin-bottom: 5px;">—</div> <div style="margin-bottom: 5px;">300</div> </div> <div> <p>抗拉强度 /MPa</p> <p>锰的名义含量</p> <p>锰的元素符号</p> <p>抗磨球墨铸铁代号</p> </div> </div>
	白心可锻铸铁	KTB	
	黑心可锻铸铁	KTH	
	珠光体可锻铸铁	KTZ	
白 口 铸 铁		BT	
	抗磨白口铸铁	BTM	
	耐热白口铸铁	BTR	
	耐蚀白口铸铁	BTS	

## 2. 常用铸铁牌号及用途

### (1) 常用的灰铸铁牌号及用途 (表 3-23)

**表 3-23 常用的灰铸铁牌号及用途**

牌号	硬度 HBW	用 途
HT150	129 ~ 192	用于制造端盖、泵体、轴承座、阀壳、管子及管路附件、手轮、一般机床附件、底座、床身以及其他复杂零件、滑座、工作台等
HT200	150 ~ 255	用于制造气缸、齿轮、底架、机体、飞轮、齿条、衬筒；一般机床铸有导轨的床身以及中等压力的液压缸、液压泵及阀门壳体等
HT250	163 ~ 255	用于制造阀门壳体、液压缸、气缸、联轴器、机体、齿轮、齿轮箱外壳、飞轮、衬筒、凸轮、轴承座等
HT300	185 ~ 278	用于制造齿轮、凸轮、车床卡盘；高压液压缸、液压泵和滑阀壳体等

### (2) 常用的可锻铸铁牌号及用途 (表 3-24)

**表 3-24 常用的可锻铸铁牌号及用途**

牌号	硬度 HBW	用 途
铁素体可锻铸铁 (黑心可锻铸铁)		
KTH300—06 KTH330—08 KTH350—10 KTH370—12	不大于 150	具有高的冲击韧度，强度适中，用于制造承受冲击、振动及扭转负荷下工作的零件，如薄壁铸件、机床零件、管道配件、低压阀门、运输机零件等
珠光体可锻铸铁		
KTZ450—06 KTZ550—04 KTZ650—02 KTZ700—02	150 ~ 200 180 ~ 230 210 ~ 260 240 ~ 290	韧性较低，但强度高，耐磨性好，且加工性好，可用来代替低碳、中碳、低合金钢及有色合金，制造要求较高强度和耐磨性的重要零件，例如曲轴、连杆、齿轮、摇臂、活塞环等，是近代机械工业中得到广泛应用且有发展前途的结构材料

## (3) 常用的球墨铸铁牌号及用途 (表 3-25)

表 3-25 常用的球墨铸铁牌号及用途

牌号	硬度 HBW	用 途
QT400—18 QT400—15	120 ~ 180	1. 农机具：重型机引五铧犁、轻型二铧犁、悬挂犁上的犁柱、犁托、犁侧板、牵引架、收割机及割草机上的导架、差速器壳、护刃器 2. 汽车、拖拉机、手扶拖拉机：牵引框、轮毂、驱动桥壳体、离合器壳、差速器壳、离合器拨叉、弹簧吊耳、汽车底盘悬挂件
QT450—10	160 ~ 210	3. 通用机械：1.6 ~ 6.4MPa 阀门的阀体、阀盖、支架；压缩机上承受一定温度的高低压气缸、输气管 4. 其他：铁路垫板、电机机壳、齿轮箱、气轮壳
QT500—7	170 ~ 230	内燃机的机油泵齿轮，汽轮机中温气缸隔板、水轮机的阀门体、铁路机车车辆轴瓦、机器座架、传动轴、链轮、飞轮、电动机架、千斤顶座等
QT600—3	190 ~ 270	1. 内燃机：5 ~ 4000 马力柴油机和汽油机的曲轴、部分轻型柴油机和汽油机的凸轮轴、气缸套、连杆、进排气门座 2. 农机具：脚踏脱粒机齿条、轻负荷齿轮、畜力犁铧
QT700—2 QT800—2	225 ~ 305 245 ~ 335	3. 机床：部分磨床、铣床、车床的主轴 4. 通用机械：空调机、气压机、冷冻机、制氧机及泵的曲轴、缸体、缸套 5. 冶金、矿山、起重机械：球磨机齿轴、矿车轮、桥式起重机大小车滚轮
QT900—2	280 ~ 360	1. 农机具：犁铧、耙片、低速农用轴承套圈 2. 汽车：曲线齿锥齿轮、转向节、传动轴 3. 拖拉机：减速齿轮 4. 内燃机：凸轮轴、曲轴



## (4) 常用的高硅耐蚀铸铁牌号及用途 (表 3-26)

表 3-26 常用的高硅耐蚀铸铁牌号及用途

牌号	硬度 HRC	用 途
HTSi11Cu2CrR	$\leq 45$	卧式离心机、潜水泵、阀门、旋塞、塔罐、冷却排水管、弯头等化工设备和零部件等
HTSi15R	$\leq 48$	各种离心泵、阀类、旋塞、管道配件、塔罐、低压容器及各种非标准零部件等
HTSi15Cr4R	$\leq 48$	在外加电流的阴极保护系统中, 大量用作辅助阳极铸件
HTSi15Cr4MoR	$\leq 48$	适用于强氯化物环境

## 四、有色金属及其合金

## 1. 有色金属及其合金产品代号表示方法

(1) 有色金属、合金名称及其汉语拼音字母的代号 (表 3-27)

表 3-27 有色金属、合金名称及其汉语拼音字母的代号

名称	采用汉字	采用符号	名称	采用汉字	采用符号
铜	铜	T	黄铜	黄	H
铝	铝	L	青铜	青	Q
镁	镁	M	白铜	白	B
镍	镍	N	钛及钛合金	钛	T

(2) 常用有色金属及其合金产品牌号的表示方法 (表 3-28)



表 3-28 常用有色金属及其合金产品牌号的表示方法

有色金属 及其合金	牌号举例		说 明
	名称	代号	
铝以及 铝合金	纯铝	1A99	<div>1 A 9 9         ① ② ③ ④</div> <p>国标 GB/T 3190—2008 中规定：</p> <p>① 表示铝及合金的组别，1 为纯铝，2 为以铜为主要合金元素的铝合金，3 则表示以锰为主要元素，4 对应硅，5 对应镁，6 对于镁和硅，7 对应锌，8 对应其他合金元素，9 为备用组</p> <p>② 若为字母，则表示原始纯铝或原始合金的改型情况，A 表示为原始铝或合金，B 表示已改型；若为数字，则表示合金元素或杂质极限含量的控制情况，0 表示其杂质极限含量无特殊限制，1~9 表示对一项或一项以上的单个杂质或合金元素极限含量进行特殊控制</p> <p>③、④ 最后两位数字仅用来识别同一组中不同合金或铝的纯度</p>
	铝合金	2A50、3A21	

(续)

有色金属及其合金	牌号举例		说明
	名称	代号	
铜以及铜合金	纯铜	T1、T2-M、TU1、TUMn	<p>Q Al 10 -3-1.5M — — — — —</p> <p>① ② ③ ④ ⑤</p> <p>① 为分类代号, T 为纯铜, TU 为无氧铜, TK 为真空铜, H 为黄铜, Q 为青铜, B 为白铜</p> <p>② 为主添加元素符号, 纯铜、一般黄铜、白铜不标; 三元以上的黄铜、白铜为第二主添加元素, 青铜为第一主加元素</p> <p>③ 为主添加元素含量, 百分之几, 纯铜中为金属顺序号; 黄铜中为铜含量 (Zn 为余数); 白铜为 Ni 或 Ni + Co 的含量。青铜为第一主添加元素含量</p> <p>④ 为添加元素的量, 百分之几, 纯铜、一般黄铜、白铜无此数字; 三元以上黄铜、白铜为第二添加元素含量; 青铜为第二主添加元素含量</p> <p>⑤ 为状态代号</p>
	黄铜 青铜 白铜	H62、HSn90-1 QSn4-3、QSn4-4-2.5 B25、BMn3-12	
钛以及钛合金		TA1-M、TA4、TB2 TC1、TC4	<p>TA 1- M — — — — —</p> <p>① ② ③</p> <p>① 为分类代号, A 表示 <math>\alpha</math> 型钛合金; B 表示 <math>\beta</math> 型钛合金; C 表示 <math>\alpha + \beta</math> 型钛合金</p> <p>② 为金属或合金的顺序号</p> <p>③ 为合金的状态号</p>

(续)

有色金属 及其合金	牌号举例		说 明
	名称	代号	
镁合金			<p>A Z 9 1 D           ① ② ③ ④ ⑤</p> <p>① 为名义含量(质量分数)最高的合金元素“Al” ② 为名义含量(质量分数)高的合金元素“Zn” ③ 为 Al 的含量(质量分数)大致为 9% ④ 为 Zn 的质量(质量分数)小于 1% ⑤ 标识代号</p>
		M2M ME20M	
镍以及 镍合金			<p>N Cu 28-2.5-1.5M           ① ② ③ ④ ⑤</p> <p>① 为分类代号, N 为纯镍或镍合金, NY 为阳极镍 ② 为主添加元素符号 ③ 为主添加元素含量或序号, 百分之几, 纯镍中为金属顺序号 ④ 为添加元素的量, 百分之几 ⑤ 为状态代号</p>
		N4NY1 NSi0.19 NMn2-2-1 NCu28-2.5-1.5 NCr10	

有色金属 及其合金	牌号举例		说 明
	名称	代号	
专用合金	焊料	HICuZn64 HlSnPb39 ChSnSb8-4	Hl Ag Cu 20- 15           ① ② ③ ④ ⑤ ① 为分类代号, Hl 焊料合金, I 为印刷合金, Ch 轴承合金、YG 钨钴合金、YT 钨钛合金、YZ 铸造碳化 钨、F 金属粉末、FLP 喷铝粉、FLX 细铝粉、FLM 铝镁 粉、FM 纯镁粉 ② 为第一基元素符号 ③ 为第二基元素符号 ④ 含量或等级数: 合金中第二基元素含量, 以百 分之几表示; 硬质合金中决定其特征的主元素成分; 金属粉末中纯度等级 ⑤ 含量或规格: 合金中其他添加元素含量, 以百 分之几表示; 金属粉末的粒度规格
	轴承合金	ChPbSb2-0. 2-0. 15	
	硬质合金	YG6 YT5 YZ2	

## 2. 铜及铜合金

(1) 工业纯铜的牌号和应用 (表 3-29)

**表 3-29 工业纯铜的牌号和应用 (GB/T 5231—2012)**

牌号	代号	产品形状	应用举例
一号铜	T1	板、带、箔、管	用作导电、导热、耐蚀器材。如电线、电缆、导电螺钉、爆破用雷管、化工用蒸发器、储藏器及各种管道等
二号铜	T2	板、带、箔、管、棒、线、型	
三号铜	T3	板、带、箔、管、棒、线	用作一般铜材,如电器开关、垫圈、垫片、铆钉、管嘴、油管及其他管道等

(2) 常用加工铜的牌号和应用 (表 3-30)

**表 3-30 常用加工铜的牌号和应用**  
(GB/T 5231—2012)

组别	牌号	代号	应用举例
普通黄铜	95 黄铜	H95	在一般机械制造中用作导管、冷凝管、散热器管、散热片、汽车水箱带以及导电零件等
	80 黄铜	H80	造纸网、薄壁管、皱纹管及房屋建筑用品
	70 黄铜	H70	复杂的冷冲件和深冲件,如散热器外壳、导管、波纹管、弹壳、垫片、雷管等
	68 黄铜	H68	
	65 黄铜	H65	小五金、日用品、小弹簧、螺钉、铆钉和机器零件
	63 黄铜	H63	各种深引伸和弯折制造的受力零件,如销钉、铆钉、垫圈、螺母、导管、气压表弹簧、筛网、散热器零件等
	62 黄铜	H62	

(续)

组别	牌号	代号	应用举例
铅黄铜	63-3 铅黄铜	HPb63-3	主要用于要求可切削性极高的钟表结构零件汽车拖拉机零件
	63-0.1 铅黄铜	HPb63-0.1	用于一般机器结构零件
	62-0.8 铅黄铜	HPb62-0.8	
	61-1	HPb61-1	用于高强、高切削性结构零件
	59-1 铅黄铜	HPb59-1	适于以热冲压和切削加工制作的各種结构零件, 如螺钉、垫圈、垫片、衬套、螺母、喷嘴等
锡黄铜	90-1 锡黄铜	HSn90-1	汽车拖拉机弹性套管及其他耐蚀减摩零件
铝黄铜	60-1-1 铝黄铜	HAL60-1-1	要求耐蚀的结构零件, 如齿轮、蜗轮、衬套、轴等
锰黄铜	58-2 锰黄铜	HMn58-2	腐蚀条件下工作的重要零件和弱电工业用零件
	57-3-1 锰黄铜	HMn57-3-1	耐腐蚀结构零件
	55-3-1 锰黄铜	HMn55-3-1	
铁黄铜	59-1-1 铁黄铜	HFe59-1-1	制作在摩擦和受海水腐蚀条件下工作的结构零件
	58-1-1 铁黄铜	HFe58-1-1	适于用热压和切削加工法制作的高强度耐蚀零件
硅黄铜	80-3 硅黄铜	HSi80-3	船舶零件、蒸汽管和水管配件
镍黄铜	65-5 镍黄铜	HNi65-5	压力表管、造纸网、船舶用冷凝管等, 可作锡磷青铜的代用品

(续)

组别	牌号	代号	应用举例
锡青铜	4-4-2.5 锡青铜	QSn4-4-2.5	制作在摩擦条件下工作的轴承、卷边轴套、衬套、圆盘以及衬套的内垫等。QSn4-4-4 使用温度可达 300℃ 以下，是一种热强性较好的锡青铜
	4-4-4 锡青铜	QSn4-4-4	
	6.5-0.1 锡青铜	QSn6.5-0.1	制作弹簧和导电性好的弹簧接触片，精密仪器中的耐磨零件和抗磁零件，如齿轮、电刷盒、振动片、接触器
	6.5-0.4 锡青铜	QSn6.5-0.4	除用作弹簧和耐磨零件外，主要用于造纸工业制作耐磨的铜网和单位负荷 < 981 MPa、圆周速度 < 3 m/s 的条件下工作的零件
	7-0.2 锡青铜	QSn7-0.2	制作中等载荷、中等滑动速度下承受摩擦的零件，如抗磨垫圈、轴承、轴套、蜗轮等，还可用作弹簧、簧片等
铝青铜	9-2 铝青铜	QAl9-2	高强度耐蚀零件以及在 250℃ 以下蒸汽介质中工作的管配件和海轮上零件
	9-4 铝青铜	QAl9-4	制作在高负荷下工作的抗磨、耐蚀零件，如轴承、轴套、齿轮、蜗轮、阀座等，也用于制作双金属耐磨零件
	10-3-1.5 铝青铜	QAl10-3-1.5	制作高温条件下工作的耐磨零件和各种标准件，如齿轮、轴承、衬套、圆盘、导向摇臂、飞轮、固定螺母等。可代替高锡青铜制作重要机件
	10-4-4 铝青铜	QAl10-4-4	高强度的耐磨零件和高温下 (400℃) 工作的零件，如轴衬、轴套、齿轮、球形座、螺母、法兰盘、滑座等以及其他各种重要的耐蚀耐磨零件

(续)

组别	牌号	代号	应用举例
铍青铜	2 铍青铜	QBe2	制作各种精密仪表、仪器中的弹簧和弹性元件, 各种耐磨零件以及在高速、高压和高温下工作的轴承、衬套, 矿山和炼油厂用的冲击不生火花的工具以及各种深冲零件
硅青铜	3-1 硅青铜	QSi3-1	用于制作在腐蚀介质中工作的各种零件、弹簧和弹簧零件, 以及蜗轮、蜗杆、齿轮、轴套、制动销和杆类耐磨零件, 也用于制作焊接结构中的零件, 可代替重要的锡青铜, 甚至铍青铜
	1-3 硅青铜	QSi1-3	用于制造在 300℃ 以下, 润滑不良、单位压力不大的工作条件下的摩擦零件 (如发动机排气和进气门的导向套) 以及在腐蚀介质中工作的结构零件
	3.5-3-1.5 硅青铜	QSi3.5-3-1.5	主要用作在高温工作的轴套材料
锰青铜	1.5 锰青铜	QMn1.5	用作电子仪表零件, 也可作为蒸汽锅炉管配件和接头等
	2 锰青铜	QMn2	
	5 锰青铜	QMn5	用于制作蒸汽机零件和锅炉的各种管接头、蒸汽阀门等高温耐腐蚀零件



## (3) 铸造铜合金的牌号和应用 (表 3-31)

**表 3-31 铸造铜合金的牌号和应用**  
(GB/T 1176—1987)

合金名称	合金牌号	应用举例
5-5-5 锡青铜	ZCuSn5Pb5Zn5	在较重载荷、中等滑动速度下工作的耐磨、耐蚀零件, 如轴瓦、衬套、缸套、活塞、离合器、泵件压盖、蜗轮等
10-1 锡青铜	ZCuSn10Pb1	可用于重载荷 (20MPa 以下) 和高滑动速度 (8m/s) 下工作的耐磨零件, 如连杆、衬套、轴瓦、齿轮、蜗轮等
10-5 锡青铜	ZCuSn10Pb5	结构材料, 耐蚀、耐酸的配件以及破碎机衬套、轴瓦
10-2 锡青铜	ZCuSn10Zn2	在中等及较重载荷和小滑动速度下工作的重要管配件, 以及阀、旋塞、泵体、齿轮、叶轮和蜗轮等
15-8 铅青铜	ZCuPb15Sn8	表面压力高, 又有侧压力的轴承, 可用来制造冷轧机的铜冷却管, 耐冲击载荷达 50MPa 的零件, 内燃机的双金属轴承, 主要用于最大载荷达 70MPa 的活塞销套, 耐酸配件
17-4-4 铅青铜	ZCuPb17— Sn4Zn4	一般耐磨件, 高滑动速度的轴承等
20-5 铅青铜	ZCuPb20Sn5	高滑动速度的轴承及破碎机、水泵、冷轧机轴承, 载荷达 40MPa 的零件, 抗腐蚀零件, 双金属轴承, 载荷达 70MPa 的活塞销套

(续)

合金名称	合金牌号	应用举例
30 铅青铜	ZCuPb30	要求高滑动速度的双金属轴瓦、减摩零件等
8-13-3 铝青铜	ZCuAl8Mn-13Fe3	适用于制造重型机械用轴套, 以及要求强度高、耐磨、耐压零件, 如衬套、法兰、阀体、泵体等
10-3 铝青铜	ZCuAl10Fe3	要求强度高、耐磨、耐蚀的重型铸件, 如轴套、螺母、蜗轮以及 250℃ 以下工作的管配件
10-3-2 铝青铜	ZCuAl10-Fe3Mn2	要求强度高、耐磨、耐蚀的零件, 如齿轮、轴承、衬套、管嘴, 以及耐热管配件等
38 黄铜	ZCuZn38	一般结构件和耐蚀零件, 如法兰、阀座、支架、手柄和螺母等
25-6-3-3 铝黄铜	ZCuZn25Al6-Fe3Mn3	适用高强度、耐磨零件, 如桥梁支承板、螺母、螺杆、耐磨板、滑板和蜗轮等
26-4-3-3 铝黄铜	ZCuZn26Al4-Fe3Mn3	要求强度高、耐蚀零件
38-2-2 锰黄铜	ZCuZn38Mn2-Pb2	一般用途的结构件, 船舶、仪表等使用的外形简单的铸件, 如套筒、衬套、轴瓦、滑块等
33-2 铅黄铜	ZCuZn33Pb2	煤气和给水设备的壳体, 机械制造业、电子技术、精密仪器和光学仪器的部分构件和配件
40-2 铅黄铜	ZCuZn40Pb2	一般用途的耐磨、耐蚀零件, 如轴套、齿轮等

### 3. 铝及铝合金

(1) 常用铝及铝合金的牌号和应用 (表 3-32)

**表 3-32 常用铝及铝合金的牌号和应用**

(GB/T 3190—2008)

组别	牌号		产品 种类	应用举例
	新牌号	旧牌号		
工业纯铝	1060 1050A	L2 L3	板、箔、 管、线	用于不承受载荷,但要求具有某种特性——如高的可塑性、良好的焊接性、高的耐蚀性或高的导电、导热性的结构元件,如铝箔用于制作垫片及电容器,其他半成品用于制作电子管隔离罩、电线保护套管、电缆电线线芯、飞机通风系统零件等
	1035 8A06	L4 L6	棒、板、 箔、管、 线、型	
防锈铝	3A21	LF21	板、箔、 管、棒、 型、线、	用于要求高的可塑性和良好的焊接性、在液体或气体介质中工作的低载荷零件,如油箱、汽油或润滑油导管、各种液体容器和其他用深拉制作的小负荷零件;线材用作铆钉
	5A02	LF2	板、箔、 管、棒、 型、线、 锻件	用于焊接在液体中工作的容器和构件(如油箱、汽油和润滑油导管)以及其他中等载荷的零件、车辆船舶的内部装饰件等;线材用作焊条和制作铆钉
	5A05	LF5	板、 棒、 管	用于制作在液体中工作的焊接零件、管道和容器以及其他零件
	5B05	LF10	线材	用作铆接铝合金和镁合金结构铆钉,铆钉在退火状态下铆入结构

(续)

组别	牌号		产品种类	应用举例
	新牌号	旧牌号		
硬铝	2A01	LY1	线材	这种合金广泛用作铆钉材料,用于中等强度和工业温度不超过100℃的结构用铆钉,因耐蚀性低,铆钉铆入结构时应在硫酸中经过阳极氧化处理,再用重铬酸钾填充氧化膜
	2A04	LY4	线材	用于结构工作温度为125~250℃的铆钉
	2A11	LY11	板、棒、管、型、锻件	用于各种中等强度的零件和构件,冲压的连接部件,空气螺旋桨叶片,局部镦粗的零件,如螺栓、铆钉等。铆钉应在淬火后2h内铆入结构
锻铝	2A70	LD7	棒、板、锻件和模锻件	用于制造内燃机活塞和在高温下工作的复杂锻件,如压气机叶轮、鼓风机叶轮等,板材可用作高温下工作的结构材料,用途比2A80更为广泛
	2A80	LD8	棒、锻件和模锻件	用于制作内燃机活塞,压气机叶片、叶轮、圆盘以及其他高温下工作的发动机零件

## (2) 常用铸造铝合金的代号和应用 (表 3-33)

表 3-33 常用铸造铝合金的代号和应用

(GB/T 1173—1995)

代号	应用举例
ZL101	适于铸造形状复杂、中等载荷零件,或要求高气密性,高耐蚀性,高焊接性,且环境温度不超过200℃的零件,如水泵、传动装置、壳体、抽水机壳体,仪器仪表壳体等
ZL101A	

(续)

代号	应用举例
ZL102	适于铸造形状复杂、低载荷的薄壁零件及耐腐蚀和气密性高、工作温度不高于 200℃ 的零件，如船舶零件、仪表壳体、机器盖等
ZL108	主要用于铸造汽车、拖拉机发动机活塞和其他在 250℃ 以下高温中工作的零件
ZL109	和 ZL108 可互用
ZL110	可用于活塞和其他工作温度较高的零件
ZL402	用于高静载荷、冲击载荷而不便热处理的零件及要求耐蚀和尺寸稳定的工作情况，如高速整铸叶轮、空压机活塞、精密机械、仪器、仪表等方面

五、粉末冶金材料的分类及应用（表 3-34）

表 3-34 粉末冶金材料的分类及应用

类别		主要性能要求	应用举例
机械零件材料	减摩材料	承载能力（ $pv$ 值）高，摩擦因数低，耐磨且不伤对偶。需要时，可满足自润滑、低噪声、耐高温等工况要求	铁、铜基含油轴承，含高石墨及二硫化钼的铁、铜基轴承，金属塑料制品铜铅双金属制品
	结构材料	硬度、强度及韧性。需要时，可满足耐磨、耐腐蚀、密封及导磁等工况要求	钢、铁、铜、不锈钢基的受力件，如齿轮、汽车及冰箱压缩机零件
	多孔材料	可控孔隙的大小、形态、分布及孔隙度。需要时，可满足耐热、耐腐蚀、导电、灭菌、催化等功能要求	铁、铜、镍、不锈钢、银、钛、铂、碳化钨基的过滤、减振、消声、防火、催化、电极、热交换及人造骨等制品

(续)

类别		主要性能要求	应用举例
机械零件材料	密封材料	静密封材料质软, 易与接触对偶贴紧, 本身不渗漏; 动密封材料耐磨, 本身不渗漏	热力管道上热胀冷缩球形补偿器的密封件, 泵用的硬质合金或精细陶瓷密封环
	摩擦材料	摩擦因数高且稳定, 耐短时高温, 导热性好, 高的能量负荷 (摩滑功与摩滑功率的乘积), 耐磨, 抗卡且不伤对偶	铁基、铜基、半金属及碳基的离合器片及制动带 (片)
工具材料	刀具材料	硬度、高温硬度、强度、韧性、抗切屑粘附性及耐磨性	硬质合金, 粉末高速钢, 氮化硅、氧化锆等精细陶瓷, 硬质合金与金刚石复合材料
	模具及凿岩工具材料	硬度、强度、韧性及耐磨性	高钴 ( $w_{Co} = 15\% \sim 25\%$ ) 硬质合金
	金刚石工具材料	金属胎体的硬度、强度, 与金刚石的粘接强度, 及金刚石本身的强度	砂轮修整工具, 石材加工工具, 玻璃加工工具, 珩磨工具, 拉丝模, 切削工具
高温材料	难熔金属及其化合物基合金材料	热强性、冲击韧度及硬度	钨、钼、钽、铌、锆、钛及其碳化物、硼化物、硅化物、氮化物基的高温材料
	弥散强化材料	热强性、抗蠕变能力	铝、铜、银、镍、铬、铁与氧化铝、氧化钇、氧化锆、氧化钽弥散相组成的抗晶粒长大的材料



(续)

类别		主要性能要求	应用举例
高温材料	精细陶瓷材料	热强性、高温硬度、硬度、耐磨性、抗氧化性及韧性	氮化硅、碳化硅、氮化铝、氧化铝、氧化锆及SiAlON等高温结构、耐磨材料、刀具及模具材料
电工材料	触头材料	电导率、耐电弧性	铜-钨、银-钨、铜-石墨等
	集电材料	电导率、减摩性及耐电弧性	铜-石墨、银-石墨、铜-碳纤维电刷, 铁(或铜)-铅-石墨电气火车受电弓滑板及电车滑块
	电热材料	电阻率、耐高温性能	钨、钼、硅化钼、碳化硅、氮化硅等发热元件、灯丝、极板

## 六、常用工程塑料的性能及应用 (表 3-35)

表 3-35 常用工程塑料的性能及应用

名称	特 性	应用举例
硬质聚氯乙烯(PVC)	强度较高, 化学稳定性及介电性能优良, 耐油性和抗老化性也较好, 易熔接及粘合, 价格较低。缺点是使用温度低(在 60℃ 以下), 线胀系数大, 成型加工性不良	制品有管、棒、板、焊条及管件, 除作日常生活用品外, 主要用作耐腐蚀的结构材料或设备衬里材料(代替有色金属、不锈钢和橡胶)及电气绝缘材料
低压聚乙烯(HDPE)	具有优良的介电性能、耐冲击、耐水性好, 化学稳定性高, 使用温度可达 80 ~ 100℃, 摩擦性能和耐寒性好。缺点是强度不高, 质较软, 成型收缩率大	用作一般电缆的包皮, 耐腐蚀的管道、阀、泵的结构零件, 亦可喷涂于金属表面, 作为耐磨、减摩及防腐蚀涂层

(续)

名称	特 性	应用举例
聚丙烯 (PP)	是最轻的塑料之一，其屈服、拉伸和压缩强度和硬度均优于低压聚乙烯，有很突出的刚性，高温（90℃）抗应力松弛性能良好，耐热性能较好，可在100℃以上使用，如无外力150℃也不变形，除浓硫酸、浓硝酸外，在许多介质中很稳定，低分子量的脂肪烃、芳香烃、氯化烃，对它有软化和溶胀作用，几乎不吸水，高频电性能不好，成型容易，但收缩率大，低温呈脆性，耐磨性不高	作一般结构零件，作耐腐蚀化工设备和受热的电气绝缘零件
改性聚苯乙烯 (204)	有较好的韧性和一定的冲击强度，透明度优良，化学稳定性、耐水、耐油性能较好，且易于成型	作透明零件，如汽车用各种灯罩和电气零件等
改性聚苯乙烯 (203A)	有较高的韧性和冲击强度；耐酸、耐碱性能好，不耐有机溶剂，电气性能优良，透光性好，着色性佳，并易成型	作一般结构零件和透明结构零件以及仪表零件、油浸式多点切换开关、电池外壳等
丙烯腈、丁二烯、苯乙烯 (ABS)	具有良好的综合性能，即高的冲击强度和良好的力学性能，优良的耐热、耐油性能和化学稳定性，尺寸稳定、易机械加工，表面还可镀金属，电性能良好	作一般结构或耐磨受力传动零件和耐腐蚀设备，用ABS制成泡沫夹层板可做小轿车车身
尼龙 66	疲劳强度和刚性较高，耐热性较好，摩擦因数低，耐磨性好，但吸湿性大，尺寸稳定性不够	适用于中等载荷、使用温度 $\leq 100 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 、无润滑或少润滑条件下工作的耐磨受力传动零件



(续)

名称	特 性	应用举例
尼龙 6	疲劳强度、刚性、耐热性稍不及尼龙 66, 但弹性好, 有较好的消振、降低噪声能力。其余同尼龙 66	在轻载荷、中等温度 (最高 80 ~ 100℃)、无润滑或少润滑、要求噪声低的条件下工作的耐磨受力传动零件
尼龙 610	强度、刚性、耐热性略低于尼龙 66, 但吸湿性较小, 耐磨性好	同尼龙 6, 宜作要求比较精密的齿轮, 用于湿度波动较大的条件下工作的零件
尼龙 1010	强度、刚性、耐热性均与尼龙 6 和 610 相似, 吸湿性低于尼龙 610, 成型工艺性较好, 耐磨性亦好	轻载荷、温度不高、湿度变化较大的条件下无润滑或少润滑的情况下工作的零件
单体浇铸尼龙 (MC 尼龙)	强度、耐疲劳性、耐热性、刚性均优于尼龙 6 及尼龙 66, 吸湿性低于尼龙 6 及尼龙 66, 耐磨性好, 能直接在模型中聚合成型, 宜浇铸大型零件	在较高载荷, 较高的使用温度 (最高使用温度小于 120℃) 无润滑或少润滑的条件下工作的零件
聚甲醛 (POM)	抗拉强度、冲击强度、刚性、疲劳强度、抗蠕变性能都很高, 尺寸稳定性好, 吸水性小、摩擦因数小, 有很好的耐化学药品能力, 性能不亚于尼龙, 但价格较低, 缺点是加热易分解, 成型比尼龙困难	可用作轴承、齿轮、凸轮、阀门、管道螺母、泵叶轮、车身底盘的小部件、汽车仪表板、汽化器、箱体、容器、杆件以及喷雾器的各种代铜零件

(续)

名称	特 性	应用举例
聚碳酸酯 (PC)	具有突出的冲击强度和抗蠕变性能, 有很高的耐热性, 耐寒性也很好, 脆化温度达 $-100^{\circ}\text{C}$ , 抗弯、抗拉强度与尼龙等相当, 并有较高的伸长率和弹性模量, 但疲劳强度小于尼龙 66, 吸水性较低, 收缩率小, 尺寸稳定性好, 耐磨性与尼龙相当, 并有一定的抗腐蚀能力。缺点是成型条件要求较高	可用作各种齿轮、蜗轮、齿条、凸轮、轴承、心轴、滑轮、传送链、螺母、垫圈、泵叶轮、灯罩、容器、外壳、盖板等
聚酚氧	具有良好的力学性能, 高的刚性、硬度和韧性。冲击强度可与聚碳酸酯相比, 抗蠕变性能与大多数热塑性塑料相比属于优等, 吸水性小, 尺寸稳定, 成型精度高, 一般推荐的最高使用温度为 $77^{\circ}\text{C}$	适用于精密的、形状复杂的耐磨受力传动零件, 仪表、计算机等零件
聚四氟乙烯 (PTFE、F-4)	具有优异的化学稳定性, 与强酸、强碱或强氧化剂均不起作用, 有很高的耐热性, 耐寒性, 使用温度为 $-180 \sim 250^{\circ}\text{C}$ , 摩擦因数很低, 是极好的自润滑材料。缺点是力学性能较低, 刚性差有冷流动性, 热导率低, 热膨胀大, 耐磨性不高 (可加入填充剂, 适当改善), 需采用预压烧结的方法, 成型加工费用较高	主要用作耐化学腐蚀、耐高温的密封元件, 如填料、衬垫、胀圈、阀座、阀片, 也用作输送腐蚀介质的高温管道, 耐腐蚀衬里, 容器以及轴承、导轨、无油润滑活塞环、密封圈等。其分散液可以作涂层及浸渍多孔制品

(续)

名称	特 性	应用举例
填充聚四氟乙烯 (PTFE)	用玻璃纤维粉末、二硫化钼、石墨、氧化钼、硫化钨、青铜粉、铅粉等填充的聚四氟乙烯, 在承载能力、刚性、 $pv$ 极限值等方面都有不同的提高	用于高温或腐蚀性介质中工作的摩擦零件如活塞环等
酚醛塑料 (PF)	力学性能很高, 刚性大, 冷流动性小, 耐热性很高 ( $100^{\circ}\text{C}$ 以上), 在水润滑下摩擦因数极低 ( $0.01 \sim 0.03$ ), $pv$ 值很高, 有良好的电性能和抵抗酸碱侵蚀的能力, 不易因温度和湿度的变化而变形, 成型简便, 价格低廉。缺点是性质较脆、色调有限, 耐光性差, 耐电弧性较小, 不耐强氧化性酸的腐蚀	常用的为层压酚醛塑料和粉末状压塑料, 有板材、管材及棒材等。可用作农用潜水电泵的密封件和轴承、轴瓦、带轮、齿轮、制动装置和离合装置的零件、摩擦轮及电器绝缘零件等
环氧树脂塑料 (EP)	具有较高的强度, 良好的化学稳定性和电绝缘性能, 成型收缩率小, 成型简便	制造金属拉深模、压形模、铸造模, 各种结构零件以及用来修补金属零件及铸件

$$\frac{5}{8}H = 0.541265877P;$$

(续)

$$\frac{3}{8}H = 0.324759526P; \quad \frac{1}{4}H = 0.216506351P;$$

$$\frac{1}{8}H = 0.108253175P。$$

$D$ 、 $d$ —内、外螺纹大径  $D_2$ 、 $d_2$ —内、外螺纹中径

$D_1$ 、 $d_1$ —内、外螺纹小径

$P$ —螺距  $H$ —原始三角形高度

## 2. 普通螺纹的代号与标记

(1) 标记方法 完整的螺纹标记由螺纹特征代号、尺寸代号、公差带代号及其他信息组成。螺纹特征代号用字母“M”表示。单线螺纹的尺寸代号为“公称直径×螺距”，公称直径和螺距数值的单位为 mm。对粗牙螺纹，可以省略标注其螺距项。多线螺纹的尺寸代号为“公称直径×Ph 导程 P 螺距”，公称直径、导程和螺距数值的单位为 mm。可在后面增加括号说明线数（英文）。

公差带代号包含中径和顶径公差带代号，中径公差带代号在前，顶径公差带代号在后，内螺纹用大写字母，外螺纹用小写字母。如果中径公差带代号与顶径公差带代号相同，则只标注一个公差带代号。螺纹尺寸代号与公差带间用“-”号分开。

大批生产的紧固件螺纹（中等公差精度和中等旋合长

度, 6H/6g) 不标注其公差带代号。

表示螺纹配合时, 内螺纹公差带代号在前, 外螺纹公差带代号在后, 中间用斜线分开。

对旋合长度为短组和长组的螺纹, 在公差带代号后应分别标注“S”和“L”代号。旋合长度代号与公差带间用“-”号分开。中等旋合长度组不标注旋合长度代号(N)。

左旋螺纹在旋合长度代号之后标注“LH”代号。旋合长度代号与旋向代号间用“-”号分开。右旋螺纹不标注旋向代号。

## (2) 标记示例

1) 普通螺纹特征代号和尺寸代号部分的标注:

① 公称直径为 8mm、螺距为 1mm 的单线细牙螺纹: M8 × 1。

② 公称直径为 8mm、螺距为 1.25mm 的单线粗牙螺纹: M8。

③ 公称直径为 16mm、螺距为 1.5mm、导程为 3mm 的双线螺纹:

M16 × Ph3P1.5 或 M16 × Ph3P1.5 (two starts)。

2) 增加公差带代号后的标注:

① 中径公差带为 5g、顶径公差带为 6g 的外螺纹: M10 × 1-5g6g。

② 中径公差带和顶径公差带均为 6g 的粗牙外螺纹: M10-6g。

③ 中径公差带为 5H、顶径公差带为 6H 的内螺纹:

M10 × 1-5H6H。

④ 中径公差带和顶径公差带均为 6H 的粗牙内螺纹：M10-6H。

⑤ 中径公差带和顶径公差带均为 6g、中等公差精度的粗牙外螺纹：M10。

⑥ 中径公差带和顶径公差带均为 6H、中等公差精度的粗牙内螺纹：M10。

⑦ 公差带为 6H 的内螺纹与公差带为 5g6g 的外螺纹组成配合：M20 × 2-6H/5g6g。

⑧ 公差带为 6H 的内螺纹与公差带为 6g 的外螺纹组成配合（中等精度、粗牙）：M6。

3) 增加旋合长度代号后的标注：

① 短旋合长度的内螺纹：M20 × 2-5H-S。

② 长旋合长度的内、外螺纹：M6-7H/7g6g-L。

③ 中等旋合长度的外螺纹（粗牙、中等精度的 6g 公差带）：M6。

4) 增加旋向代号后的标注（完整标记）：

① 左旋螺纹：M8 × 1-LH（公差带代号和旋合长度代号被省略）；

M6 × 0.75-5h6h-S-LH

M14 × Ph6P2-7H-L-LH 或 M14 × Ph6P2（three starts）-7H-L-LH。

② 右旋螺纹：M6（螺距、公差带代号、旋合长度代号和旋向代号被省略）。

3. 普通螺纹标准系列的直径与螺距（表 4-2）

表 4-2 普通螺纹标准系列的直径与螺距  
(GB/T 193—2003) (单位: mm)

公称直径 $D$ 、 $d$			螺距 $P$	
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细牙
1	1.1		0.25	0.2
1.2			0.25	
1.6			0.25	
	1.4		0.3	0.2
	1.8		0.35	
			0.35	
2	2.2		0.4	0.25
			0.45	
2.5	3.5		0.45	0.35
3			0.5	
			0.6	
4	4.5		0.7	0.5
			0.75	
5			0.8	
		5.5		
6	7		1	0.75
			1	0.75
8			1.25	1, 0.75
		9	1.25	1, 0.75
10		11	1.5	1.25, 1, 0.75
			1.5	1.5, 1, 0.75
12	14		1.75	1.25, 1
			2	1.5, 1.25 <sup>①</sup> , 1
		15		1.5, 1
16		17	2	1.5, 1
				1.5, 1



(续)

公称直径 $D$ 、 $d$			螺距 $P$	
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细牙
20	18 22		2.5 2.5 2.5	2, 1.5, 1
24		25 26	3	2, 1.5, 1 2, 1.5, 1 1.5
	27		3	2, 1.5, 1
30		28	3.5	2, 1.5, 1 (3), 2, 1.5, 1
36	33	32 35 <sup>②</sup>	3.5	2, 1.5 (3), 2, 1.5 1.5
		38	4	3, 2, 1.5 1.5
	39	40	4	3, 2, 1.5 3, 2, 1.5
42			4.5	
48	45		4.5 5	4, 3, 2, 1.5
56	52	50 55	5	3, 2, 1.5 4, 3, 2, 1.5 4, 3, 2, 1.5
		58	5.5	4, 3, 2, 1.5 4, 3, 2, 1.5
	60		5.5	4, 3, 2, 1.5 4, 3, 2, 1.5
64		62	6	4, 3, 2, 1.5 4, 3, 2, 1.5
		65		4, 3, 2, 1.5 4, 3, 2, 1.5
	68		6	4, 3, 2, 1.5

(续)

公称直径 $D$ 、 $d$			螺距 $P$	
第一系列	第二系列	第三系列	粗牙	细牙
72	76	70		6, 4, 3, 2, 1.5
		75		6, 4, 3, 2, 1.5
		78		4, 3, 2, 1.5
		80		6, 4, 3, 2, 1.5
				2
		82		6, 4, 3, 2, 1.5
				2
90	85			6, 4, 3, 2
	95			
	100			
	105			
110				
125	115	135		6, 4, 3, 2
	120			6, 4, 3, 2
	130			8, 6, 4, 3, 2
				8, 6, 4, 3, 2
140		145		6, 4, 3, 2
				8, 6, 4, 3, 2
				6, 4, 3, 2
	150			8, 6, 4, 3, 2

注：1. 直径优先选用第一系列，第三系列尽可能不用。

2. 括号内的螺距尽可能不用。

① M14 × 1.25 仅用于发动机的火花塞。

② M35 × 1.5 仅用于轴承的锁紧螺母。

#### 4. 普通螺纹的基本尺寸 (表 4-3)

表 4-3 普通螺纹的基本尺寸

(GB/T 196—2003) (单位: mm)

公称直径 (大径) $D$ 、 $d$	螺距 $P$	中径 $D_2$ 或 $d_2$	小径 $D_1$ 或 $d_1$	公称直径 (大径) $D$ 、 $d$	螺距 $P$	中径 $D_2$ 或 $d_2$	小径 $D_1$ 或 $d_1$
1	0.25	0.838	0.729	5.5	0.5	5.175	4.959
	0.2	0.870	0.783	6	1	5.350	4.917
1.1	0.25	0.938	0.829		0.75	5.513	5.188
	0.2	0.970	0.883	7	1	6.350	5.917
1.2	0.25	1.038	0.929		0.75	6.513	6.188
	0.2	1.070	0.983	8	1.25	7.188	6.647
1.4	0.3	1.205	1.075		1	7.350	6.917
	0.2	1.270	1.183		0.75	7.513	7.188
1.6	0.35	1.373	1.221	9	1.25	8.188	7.647
	0.2	1.470	1.383		1	8.350	7.917
1.8	0.35	1.573	1.421		0.75	8.513	8.188
	0.2	1.670	1.583	10	1.5	9.026	8.376
2	0.4	1.740	1.567		1.25	9.188	8.647
	0.25	1.838	1.729		1	9.350	8.917
2.2	0.45	1.908	1.713		0.75	9.513	9.188
	0.25	2.038	1.929	11	1.5	10.026	9.376
2.5	0.45	2.208	2.013		1	10.350	9.917
	0.35	2.273	2.121		0.75	10.513	10.188
3	0.5	2.675	2.459	12	1.75	10.863	10.106
	0.35	2.773	2.621		1.5	11.026	10.376
3.5	0.6	3.110	2.850		1.25	11.188	10.647
	0.35	3.273	3.121		1	11.350	10.917
4	0.7	3.545	3.242	14	2	12.701	11.835
	0.5	3.675	3.459		1.5	13.026	12.376
4.5	0.75	4.013	3.688		1.25	13.188	12.647
	0.5	4.175	3.959		1	13.350	12.917
5	0.8	4.480	4.134	15	1.5	14.026	13.376
	0.5	4.675	4.459		1	14.350	13.917

(续)

公称直径 (大径) $D$ 、 $d$	螺距 $P$	中径 $D_2$ 或 $d_2$	小径 $D_1$ 或 $d_1$	公称直径 (大径) $D$ 、 $d$	螺距 $P$	中径 $D_2$ 或 $d_2$	小径 $D_1$ 或 $d_1$
16	2	14.701	13.835	30	3.5	27.727	26.211
	1.5	15.026	14.376		3	28.051	26.752
	1	15.350	14.917		2	28.701	27.835
17	1.5	16.026	15.376		1.5	29.026	28.376
	1	16.350	15.917		1	29.350	28.917
18	2.5	16.376	15.294	32	2	30.701	29.835
	2	16.701	15.835		1.5	31.026	30.376
	1.5	17.026	16.376	33	3.5	30.727	29.211
	1	17.350	16.917		3	31.051	29.752
20	2.5	18.376	17.294		2	31.701	30.835
	2	18.701	17.835		1.5	32.026	31.376
	1.5	19.026	18.376	35	1.5	34.026	33.376
	1	19.350	18.917	36	4	33.402	31.670
22	2.5	20.376	19.294		3	34.051	32.752
	2	20.701	19.835		2	34.701	33.835
	1.5	21.026	20.376		1.5	35.026	34.376
	1	21.350	20.917		1.5	37.026	36.376
				38	1.5	37.026	36.376
24	3	22.051	20.752	39	4	36.402	34.670
	2	22.701	21.835		3	37.051	35.752
	1.5	23.026	22.376		2	37.701	36.835
	1	23.350	22.917		1.5	38.026	37.376
25	2	23.701	22.835	40	3	38.051	36.752
	1.5	24.026	23.376		2	38.701	37.835
	1	24.350	23.917		1.5	39.026	38.376
26	1.5	25.026	24.376	42	4.5	39.077	37.129
27	3	25.051	23.752		4	39.402	37.670
	2	25.701	24.835		3	40.051	38.752
	1.5	26.026	25.376		2	40.701	39.835
	1	26.350	25.917		1.5	41.026	40.376
28	2	26.701	25.835	45	4.5	42.077	40.129
	1.5	27.026	26.376		4	42.402	40.670
	1	27.350	26.917		3	43.051	41.752

(续)

公称直径 (大径) $D$ 、 $d$	螺距 $P$	中径 $D_2$ 或 $d_2$	小径 $D_1$ 或 $d_1$	公称直径 (大径) $D$ 、 $d$	螺距 $P$	中径 $D_2$ 或 $d_2$	小径 $D_1$ 或 $d_1$
45	2	43.701	42.835	55	2	53.701	52.835
	1.5	44.026	43.376		1.5	54.026	53.376
48	5	44.752	42.587	56	5.5	52.428	50.046
	4	45.402	43.670		4	53.402	51.670
	3	46.051	44.752		3	54.051	52.752
	2	46.701	45.835		2	54.701	53.835
	1.5	47.026	46.376		1.5	55.026	54.376
50	3	48.051	46.752	58	4	55.402	53.670
	2	48.701	47.835		3	56.051	54.752
	1.5	49.026	48.376		2	56.701	55.835
52	5	48.752	46.587		1.5	57.026	56.376
	4	49.402	47.670	60	5.5	56.428	54.046
	3	50.051	48.752		4	57.402	55.670
	2	50.701	49.835		3	58.051	56.752
	1.5	51.026	50.376		2	58.701	57.835
55	4	52.402	50.670		1.5	59.026	58.376
	3	53.051	51.752				

注： $D_2 = D - 0.6495P$ ， $D_1 = D - 1.0825P$ ， $d_2 = d - 0.6495P$ ， $d_1 = d - 1.0825P$ 。

## 5. 普通螺纹的管路系列 (GB/T 1414—2003) (表 4-4)

表 4-4 普通螺纹的管路系列 (单位: mm)

公称直径 $D$ 、 $d$		螺距 $P$	公称直径 $D$ 、 $d$		螺距 $P$
第 1 选择	第 2 选择		第 1 选择	第 2 选择	
8		1.25, 1		14	2, 1.5
10		1.25, 1	16		1.5, 1
12		1		18	2, 1.5

(续)

公称直径 $D$ 、 $d$		螺距 $P$	公称直径 $D$ 、 $d$		螺距 $P$
第 1 选择	第 2 选择		第 1 选择	第 2 选择	
20		1.5	72		3
	22	1.5		76	3
24		2	80		1.5
	27	2		85	2
30		2, 1.5	90		4
	33	2	100		3
36		1.5		115	4
	39	3	125		2
42		3, 2	140		3
48		3, 2		150	2
	52	1.5	160		2
	60	3, 2		170	4
64		1.5			

## 6. 普通螺纹的公差与配合 (GB/T 197—2003)

GB/T 197—2003《普通螺纹 公差》规定了公称直径在 1 ~ 355mm 范围内普通螺纹的公差和基本偏差, 并对内、外螺纹的配合提出了要求; 标准还规定了螺纹配合最小间隙为零, 以及具有保证间隙的螺纹公差和基本偏差。

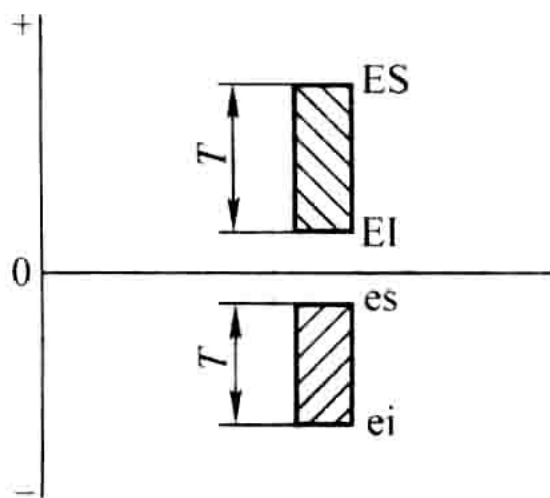


图 4-1 螺纹公差带及基本偏差

(1) 普通螺纹公差带 螺纹公差带由公差带  $T$ —公差  $ES$ —内螺纹上极限偏差的位置和公差带的大小组  $EI$ —内螺纹下极限偏差  $es$ —外螺纹上极限偏差  $ei$ —外螺纹下极限偏差

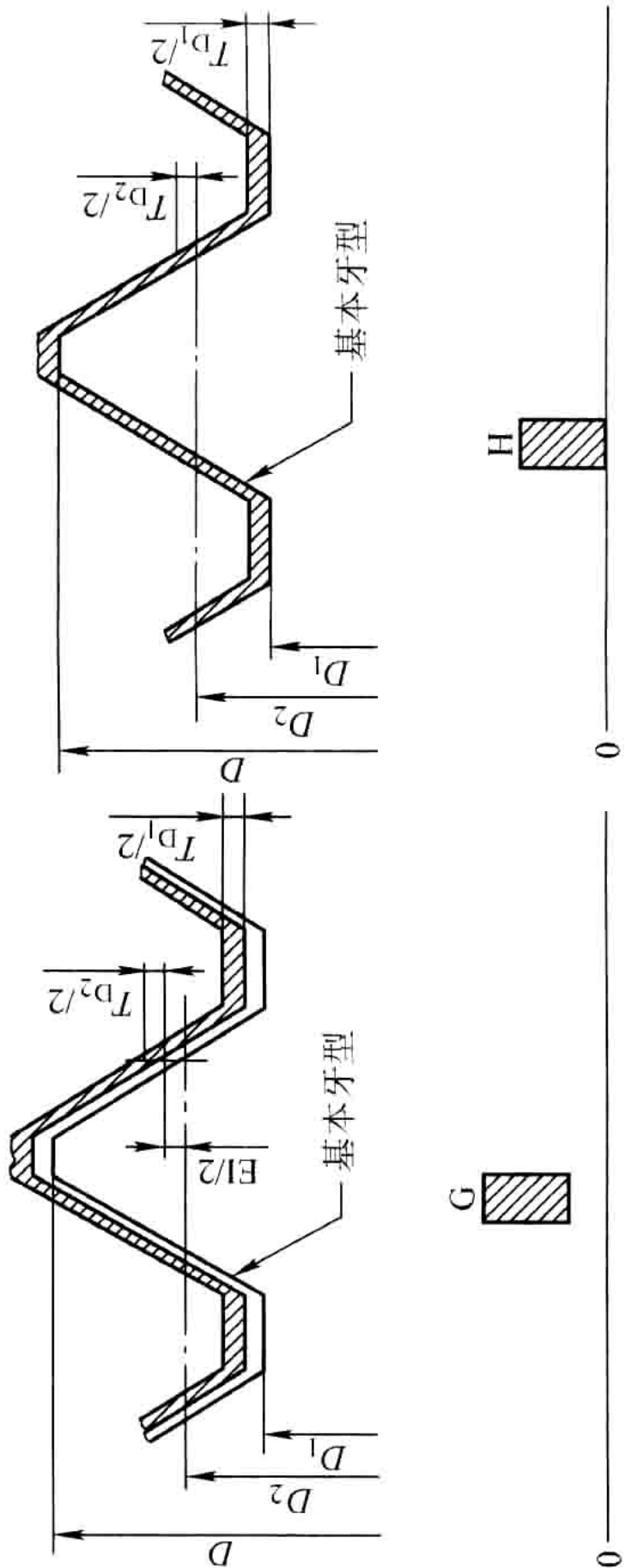
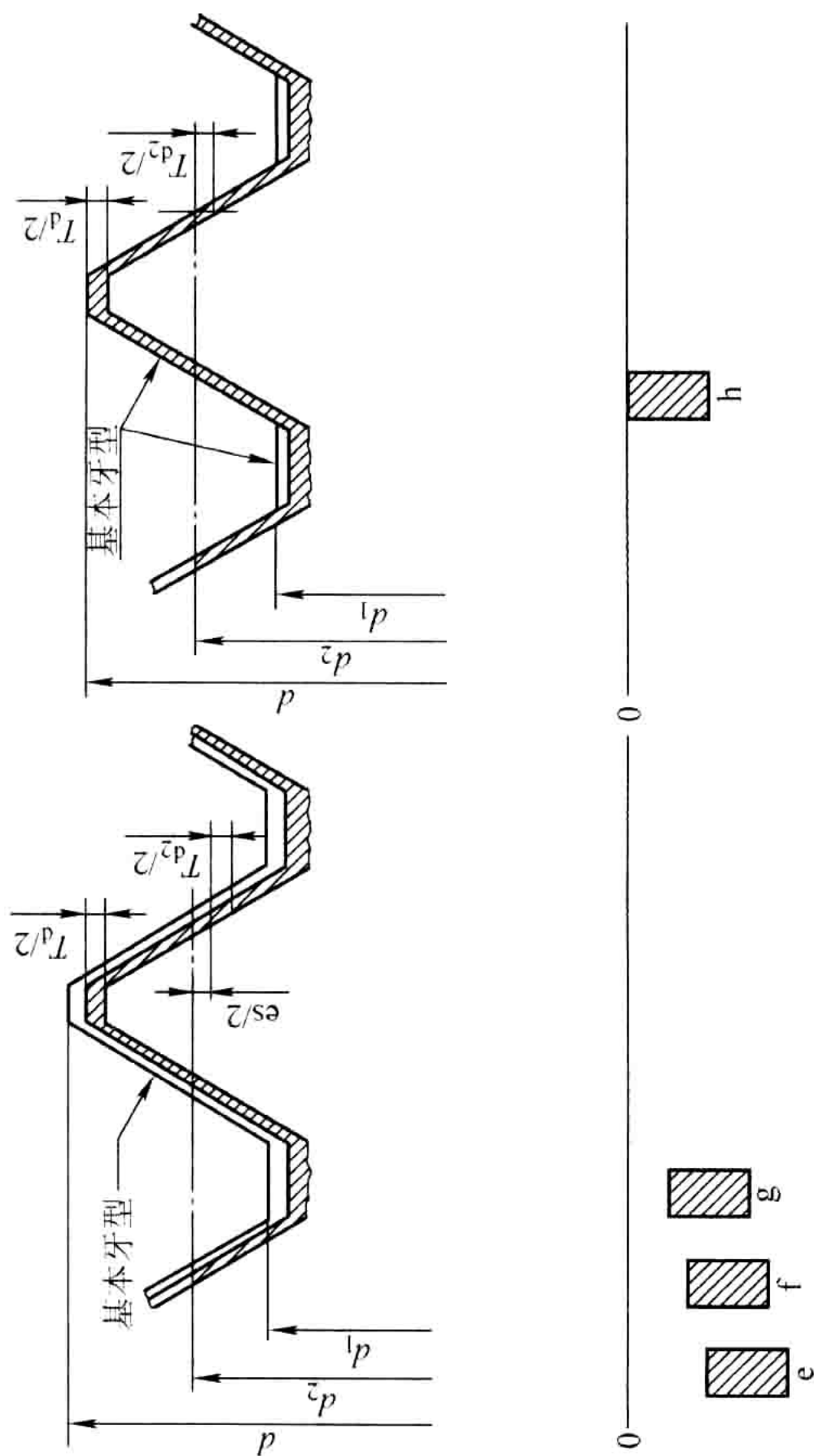


图 4-2 内螺纹公差带位置  
 $T_{D1}$ —内螺纹小径公差  $T_{D2}$ —内螺纹中径公差

图 4-3 外螺纹公差带位置  
 $T_d$ —外螺纹大径公差  $T_{d_2}$ —外螺纹中径公差





带的位置是指公差带的起始点到基本牙型的距离，并称为基本偏差。国家标准规定外螺纹的上极限偏差（ $es$ ）和内螺纹的下极限偏差（ $EI$ ）为基本偏差。

对内螺纹规定了  $G$  和  $H$  两种位置（图 4-2），对外螺纹规定了  $e$ 、 $f$ 、 $g$  和  $h$  四种位置（图 4-3）。 $H$ 、 $h$  的基本偏差为零， $G$  的基本偏差为正值， $e$ 、 $f$ 、 $g$  的基本偏差为负值。

## （2）内、外螺纹基本偏差（表 4-5）

表 4-5 内、外螺纹基本偏差

螺距 $P$ /mm	基本偏差/ $\mu\text{m}$					
	内螺纹 $D_2$ 、 $D_1$		外螺纹 $d$ 、 $d_2$			
	$G$ $EI$	$H$ $EI$	$e$ $es$	$f$ $es$	$g$ $es$	$h$ $es$
0.2	+17	0	—	—	-17	0
0.25	+18	0	—	—	-18	0
0.3	+18	0	—	—	-18	0
0.35	+19	0	—	-34	-19	0
0.4	+19	0	—	-34	-19	0
0.45	+20	0	—	-35	-20	0
0.5	+20	0	-50	-36	-20	0
0.6	+21	0	-53	-36	-21	0
0.7	+22	0	-56	-38	-22	0
0.75	+22	0	-56	-38	-22	0
0.8	+24	0	-60	-38	-24	0
1	+26	0	-60	-40	-26	0
1.25	+28	0	-63	-42	-28	0
1.5	+32	0	-67	-45	-32	0
1.75	+34	0	-71	-48	-34	0
2	+38	0	-71	-52	-38	0
2.5	+42	0	-80	-58	-42	0
3	+48	0	-85	-63	-48	0
3.5	+53	0	-90	-70	-53	0
4	+60	0	-95	-75	-60	0
4.5	+63	0	-100	-80	-63	0

(续)

螺距 $P$ /mm	基本偏差/ $\mu\text{m}$					
	内螺纹 $D_2$ 、 $D_1$		外螺纹 $d$ 、 $d_2$			
	G EI	H EI	e es	f es	g es	h es
5	+71	0	-106	-85	-71	0
5.5	+75	0	-112	-90	-75	0
6	+80	0	-118	-95	-80	0
8	+100	0	-140	-118	-100	0

(3) 内、外螺纹各直径的公差等级 (表 4-6)

表 4-6 内、外螺纹各直径公差等级

螺 纹 直 径		公 差 等 级
内螺纹	小径 $D_1$	4, 5, 6, 7, 8
	中径 $D_2$	4, 5, 6, 7, 8
外螺纹	大径 $d$	4, 6, 8
	中径 $d_2$	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

(4) 螺纹旋合长度 螺纹旋合长度分短旋合长度组 S、中等旋合长度组 N 和长旋合长度组 L 三组, 见表 4-7。

表 4-7 普通螺纹旋合长度 (单位: mm)

公称直径 $D、d$		螺距 $P$	旋合长度			
			S	N		L
$>$	$\leq$		$\leq$	$>$	$\leq$	$>$
0.99	1.4	0.2	0.5	0.5	1.4	1.4
		0.25	0.6	0.6	1.7	1.7
		0.3	0.7	0.7	2	2
1.4	2.8	0.2	0.5	0.5	1.5	1.5
		0.25	0.6	0.6	1.9	1.9
		0.35	0.8	0.8	2.6	2.6
		0.4	1	1	3	3
		0.45	1.3	1.3	3.8	3.8

(续)

公称直径 $D$ 、 $d$		螺距 $P$	旋合长度			
			S	N		L
>	≤		≤	>	≤	>
2.8	5.6	0.35	1	1	3	3
		0.5	1.5	1.5	4.5	4.5
		0.6	1.7	1.7	5	5
		0.7	2	2	6	6
		0.75	2.2	2.2	6.7	6.7
		0.8	2.5	2.5	7.5	7.5
5.6	11.2	0.75	2.4	2.4	7.1	7.1
		1	3	3	9	9
		1.25	4	4	12	12
		1.5	5	5	15	15
11.2	22.4	1	3.8	3.8	11	11
		1.25	4.5	4.5	13	13
		1.5	5.6	5.6	16	16
		1.75	6	6	18	18
		2	8	8	24	24
		2.5	10	10	30	30
22.4	45	1	4	4	12	12
		1.5	6.3	6.3	19	19
		2	8.5	8.5	25	25
		3	12	12	36	36
		3.5	15	15	45	45
		4	18	18	53	53
		4.5	21	21	63	63
45	90	1.5	7.5	7.5	22	22
		2	9.5	9.5	28	28
		3	15	15	45	45
		4	19	19	56	56
		5	24	24	71	71
		5.5	28	28	85	85
		6	32	32	95	95

(5) 螺纹公差带的选用 (表 4-8)

表 4-8 螺纹公差带的选用

(1) 内螺纹推荐公差带									
精度	公差带位置 G			公差带位置 H					
	S	N	L	S	N	L			
精密	—	—	—	4H	5H	6H			
中等	(5G)	*6G	(7G)	*5H	*6H	*7H			
粗糙	—	(7G)	(8G)	—	7H	8H			

(2) 外螺纹推荐公差带									
精度	公差带位置 e			公差带位置 f			公差带位置 g		
	S	N	L	S	N	L	S	N	L
精密	—	—	—	—	—	—	(4g)	(5g4g)	(3h4h)
中等	—	*6e	(7e6e)	—	*6f	—	(5g6g)	*6g	(7h6h)
粗糙	—	(8e)	(9e8e)	—	—	—	8g	(9g8g)	—

注：1. 大量生产的紧固件螺纹，推荐采用带方框的公差带；

2. 带 \* 的公差带应优先选用，不带 \* 的公差带其次，括号内的公差带尽可能不用。



(续)

基本大径/ mm		螺距/ mm	内螺纹					外螺纹				
			公差带	中径		小径		公差带	中径			
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei
5.6	11.2	1	5G	+144	+26	+216	+26	5g6g	-26	-116	-26	-206
			5H	+118	0	+190	0	5h4h	0	-90	0	-112
			—	—	—	—	—	5h6h	0	-90	0	-180
			—	—	—	—	—	6e	-60	-172	-60	-240
			—	—	—	—	—	6f	-40	-152	-40	-220
			6G	+176	+26	+262	+26	6g	-26	-138	-26	-206
			6H	+150	0	+236	0	6h	0	-112	0	-180
			—	—	—	—	—	7e6e	-60	-200	-60	-240
		1.25	7G	+216	+26	+326	+26	7g6g	-26	-166	-26	-206
			7H	+190	0	+300	0	7h6h	0	-140	0	-180
			8G	+262	+26	+401	+26	8g	-26	-206	-26	-306
			8H	+236	0	+375	0	9g8g	-26	-250	-26	-306
		—	—	—	—	—	3h4h	0	-60	0	-132	
		4H	+100	0	+170	0	4h	0	-75	0	-132	
		5G	+153	+28	+240	+28	5g6g	-28	-123	-28	-240	
		5H	+125	0	+212	0	5h4h	0	-95	0	-132	
		—	—	—	—	—	5h6h	0	-95	0	-212	
		—	—	—	—	—	6e	-63	-181	-63	-275	
						6f	-42	-160	-42	-254		

(续)

基本大径/ mm		螺距/ mm	内螺纹					外螺纹			
			公差带	中径		小径		公差带	中径		大径
				ES	EI	ES	EI		es	ei	
5.6	>	1.25	6G	+188	+28	+293	+28	6g	-28	-146	-28
			6H	+160	0	+265	0	6h	0	-118	-212
			—	—	—	—	—	7e6e	-63	-213	-275
			7G	+228	+28	+363	+28	7g6g	-28	-178	-240
			7H	+200	0	+335	0	7h6h	0	-150	-212
			8G	+278	+28	+453	+28	8g	-28	-218	-363
			8H	+250	0	+425	0	9g8g	-28	-264	-363
			—	—	—	—	—	3h4h	0	-67	-150
	11.2	1.5	4H	+112	0	+190	0	4h	0	-85	-150
			5G	+172	+32	+268	+32	5g6g	-32	-138	-268
			5H	+140	0	+236	0	5h4h	0	-106	-150
			—	—	—	—	—	5h6h	0	-106	-236
			—	—	—	—	—	6e	-67	-199	-303
			—	—	—	—	—	6f	-45	-177	-281
			6G	+212	+32	+332	+32	6g	-32	-164	-268
			6H	+180	0	+300	0	6h	0	-132	-236
			—	—	—	—	—	7e6e	-67	-237	-303
			7G	+256	+32	+407	+32	7g6g	-32	-202	-268
			7H	+224	0	+375	0	7h6h	0	-170	-236
			8G	+312	+32	+507	+32	8g	-32	-244	-407
			8H	+280	0	+475	0	9g8g	-32	-297	-407

(续)

基本大径/ mm		螺距/ mm	内螺纹						外螺纹		
			公差带	中径		小径		公差带	中径		大径
				ES	EI	ES	EI		es	ei	
11.2	22.4	1	—	—	—	—	—	3h4h	0	-60	-112
			4H	+100	0	+150	0	4h	0	-75	-112
			5G	+151	+26	+216	+26	5g6g	-26	-121	-206
			5H	+125	0	+190	0	5h4h	0	-95	-112
			—	—	—	—	—	5h6h	0	-95	-180
			—	—	—	—	—	6e	-60	-178	-240
			—	—	—	—	—	6f	-40	-158	-220
			6G	+186	+26	+262	+26	6g	-26	-144	-206
			6H	+160	0	+236	0	6h	0	-118	-180
			—	—	—	—	—	7e6e	-60	-210	-240
			7G	+226	+26	+326	+26	7g6g	-26	-176	-206
			7H	+200	0	+300	0	7h6h	0	-150	-180
			8G	+276	+26	+401	+26	8g	-26	-216	-306
			8H	+250	0	+375	0	9g8g	-26	-262	-306
		1.25	—	—	—	—	—	3h4h	0	-67	-132
			4H	+112	0	+170	0	4h	0	-85	-132
			5G	+168	+28	+240	+28	5g6g	-28	-134	-240
			5H	+140	0	+212	0	5h4h	0	-106	-132
			—	—	—	—	—	5h6h	0	-106	-212



(续)

基本大径/ mm		螺距/ mm	内螺纹				外螺纹					
			公差带	中径		小径		公差带	中径		大径	
				ES	EI	ES	EI		es	ei		es
>	≤	1.25	—	—	—	—	—	6e	-63	-195	-63	-275
			—	—	—	—	—	6f	-42	-174	-42	-254
			6G	+208	+28	+293	+28	6g	-28	-160	-28	-240
			6H	+180	0	+265	0	6h	0	-132	0	-212
			—	—	—	—	—	7e6e	-63	-233	-63	-275
			7G	+252	+28	+363	+28	7g6g	-28	-198	-28	-240
			7H	+224	0	+335	0	7h6h	0	-170	0	-212
			8G	+308	+28	+453	+28	8g	-28	-240	-28	-363
			8H	+280	0	+425	0	9g8g	-28	-293	-28	-363
			11.2	22.4	1.5	—	—	—	—	—	3h4h	0
4H	+118	0				+190	0	4h	0	-90	0	-150
5G	+182	+32				+268	+32	5g6g	-32	-144	-32	-268
5H	+150	0				+236	0	5h4h	0	-112	0	-150
—	—	—				—	—	5h6h	0	-112	0	-236
—	—	—				—	—	6e	-67	-207	-67	-303
—	—	—				—	—	6f	-45	-185	-45	-281
6G	+222	+32				+332	+32	6g	-32	-172	-32	-268
6H	+190	0				+300	0	6h	0	-140	0	-236

(续)

基本大径/ mm		螺距/ mm	内螺纹				外螺纹					
			公差带	中径		小径		公差带	中径		大径	
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei
>	11.2	22.4	1.5	—	—	—	—	7e6e	-67	-247	-67	-303
				7G	+268	+32	+407	+32	-32	-212	-32	-268
				7H	+236	0	+375	0	0	-180	0	-236
				8G	+332	+32	+507	+32	-32	-256	-32	-407
			8H	+300	0	+475	0	9g8g	-32	-312	-32	-407
			1.75	—	—	—	—	3h4h	0	-75	0	-170
		4H		+125	0	+212	0	4h	0	-95	0	-170
		5G		+194	+34	+299	+34	5g6g	-34	-152	-34	-299
		5H		+160	0	+265	0	5h4h	0	-118	0	-170
		—		—	—	—	—	5h6h	0	-118	0	-265
		—		—	—	—	—	6e	-71	-221	-71	-336
		—		—	—	—	—	6f	-48	-198	-48	-313
		6G		+234	+34	+369	+34	6g	-34	-184	-34	-299
		6H		+200	0	+335	0	6h	0	-150	0	-265
		—		—	—	—	—	7e6e	-71	-261	-71	-336
		7G		+284	+34	+459	+34	7g6g	-34	-224	-34	-299
		7H		+250	0	+425	0	7h6h	0	-190	0	-265
		8G	+349	+34	+564	+34	8g	-34	-270	-34	-459	
		8H	+315	0	+530	0	9g8g	-34	-334	-34	-459	

(续)

基本大径/ mm		螺距/ mm	内螺纹				外螺纹				
			公差带	中径		小径		公差带	中径		大径
				ES	EI	ES	EI		es	ei	
11.2    22.4	2	—	—	—	—	—	3h4h	0	-80	0	-180
		4H	+132	0	+236	0	4h	0	-100	0	-180
		5G	+208	+38	+338	+38	5g6g	-38	-163	-38	-318
		5H	+170	0	+300	0	5h4h	0	-125	0	-180
		—	—	—	—	—	5h6h	0	-125	0	-280
		—	—	—	—	—	6e	-71	-231	-71	-351
		—	—	—	—	—	6f	-52	-212	-52	-332
		6G	+250	+38	+413	+38	6g	-38	-198	-38	-318
		6H	+212	0	+375	0	6h	0	-160	0	-280
		—	—	—	—	—	7e6e	-71	-271	-71	-351
		7G	+303	+38	+513	+38	7g6g	-38	-238	-38	-318
		7H	+265	0	+475	0	7h6h	0	-200	0	-280
		8G	+373	+38	+638	+38	8g	-38	-288	-38	-488
		8H	+335	0	+600	0	9g8g	-38	-353	-38	-448
	2.5	—	—	—	—	—	3h4h	0	-85	0	-212
		4H	+140	0	+280	0	4h	0	-106	0	-212
		5G	+222	+42	+397	+42	5g6g	-42	-174	-42	-377
		5H	+180	0	+355	0	5h4h	0	-132	0	-212
		—	—	—	—	—	5h6h	0	-132	0	-335

(续)

基本大径/ mm			螺距/ mm	内螺纹				外螺纹											
				公差带	中径		小径		公差带	中径		大径							
					ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei						
>	≤																		
11.2	22.4	2.5		—	—	—	—	—	—	6e	-80	-250	-80	-415					
				—	—	—	—	—	—	6f	-58	-228	-58	-393					
			6G	+266	+42	+492	+42	+42	+42	6g	-42	-212	-42	-377					
			6H	+224	0	+450	0	0	0	6h	0	-170	0	-335					
			—	—	—	—	—	—	—	7e6e	-80	-292	-80	-415					
			7G	+322	+42	+602	+42	+42	+42	7g6g	-42	-254	-42	-377					
			7H	+280	0	+560	0	0	0	7h6h	0	-212	0	-335					
			8G	+397	+42	+752	+42	+42	+42	8g	-42	-307	-42	-572					
			8H	+355	0	+710	0	0	0	9g8g	-42	-377	-42	-572					
			—	—	—	—	—	—	—	3h4h	0	-63	0	-112					
			4H	+106	0	+150	0	0	0	4h	0	-80	0	-112					
			5G	+158	+26	+218	+26	+26	+26	5g6g	-26	-126	-26	-206					
			5H	+132	0	+190	0	0	0	5h4h	0	-100	0	-112					
			—	—	—	—	—	—	—	5h6h	0	-100	0	-180					
			—	—	—	—	—	—	—	6e	-60	-185	-60	-240					
			—	—	—	—	—	—	—	6f	-40	-165	-40	-220					
			6G	+196	+26	+262	+26	+26	+26	6g	-26	-151	-26	-206					
			6H	+170	0	+236	0	0	0	6h	0	-125	0	-180					
			—	—	—	—	—	—	—	7e6e	-60	-220	-60	-240					
22.4	45	1																	

(续)

基本大径/ mm		螺距/ mm	内螺纹					外螺纹				
			公差带	中径		小径		公差带	中径		大径	
				ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei
22.4	45	1	7G	+238	+26	+326	+26	7g6g	-26	-186	-26	-206
			7H	+212	0	+300	0	7h6h	0	-160	0	-180
			8G	—	—	—	—	8g	-26	-226	-26	-306
			8H	—	—	—	—	9g8g	-26	-276	-26	-306
		—	—	—	—	—	3h4h	0	-75	0	-150	
		4H	+125	0	+190	0	4h	0	-95	0	-150	
		5G	+192	+32	+268	+32	5g6g	-32	-150	-32	-268	
		5H	+160	0	+236	0	5h4h	0	-118	0	-150	
		—	—	—	—	—	5h6h	0	-118	0	-236	
		—	—	—	—	—	6e	-67	-217	-67	-303	
		—	—	—	—	—	6f	-45	-195	-45	-281	
		6G	+232	+32	+332	+32	6g	-32	-182	-32	-268	
		6H	+200	0	+300	0	6h	0	-150	0	-236	
		—	—	—	—	—	7e6e	-67	-257	-67	-303	
		7G	+282	+32	+407	+32	7g6g	-32	-222	-32	-268	
		7H	+250	0	+375	0	7h6h	0	-190	0	-236	
8G	+347	+32	+507	+32	8g	-32	-268	-32	-407			
8H	+315	0	+475	0	9g8g	-32	-332	-32	-407			

(续)

基本大径/ mm		螺距/ mm	内 螺 纹					外 螺 纹				
			公差带	中 径		小 径		公差带	中 径		大 径	
				ES	EI	ES	EI		es	ei		es
22.4	45	2	—	—	—	—	—	3h4h	0	-85	0	-180
			4H	+140	0	+236	0	4h	0	-106	0	-180
			5G	+218	+38	+338	+38	5g6g	-38	-170	-38	-318
			5H	+180	0	+300	0	5h4h	0	-132	0	-180
			—	—	—	—	—	5h6h	0	-132	0	-280
			—	—	—	—	—	6e	-71	-241	-71	-351
			—	—	—	—	—	6f	-52	-222	-52	-332
			6G	+262	+38	+413	+38	6g	-38	-208	-38	-318
			6H	+224	0	+375	0	6h	0	-170	0	-280
			—	—	—	—	—	7e6e	-71	-283	-71	-351
			7G	+318	+38	+513	+38	7g6g	-38	-250	-38	-318
			7H	+280	0	+475	0	7h6h	0	-212	0	-280
		8G	+393	+38	+638	+38	8g	-38	-307	-38	-488	
		8H	+355	0	+600	0	9g8g	-38	-373	-38	-488	
	3	—	—	—	—	—	3h4h	0	-100	0	-236	
		4H	+170	0	+315	0	4h	0	-125	0	-236	
		5G	+260	+48	+448	+48	5g6g	-48	-208	-48	-423	
		5H	+212	0	+400	0	5h4h	0	-160	0	-236	

(续)

基本大径/ mm		螺距/ mm	内螺纹				外螺纹				
			公差带	中径		小径		公差带	中径		大径
				ES	EI	ES	EI		es	ei	
22.4	>	3	—	—	—	—	6e	-85	-285	-85	-460
			—	—	—	—	6f	-63	-263	-63	-438
			6G	+313	+48	+548	+48	-48	-248	-48	-423
			6H	+265	0	+500	0	0	-200	0	-375
			—	—	—	—	7e6e	-85	-335	-85	-460
			7G	+383	+48	+678	+48	-48	-298	-48	-423
			7H	+335	0	+630	0	0	-250	0	-375
			8G	+473	+48	+848	+48	-48	-363	-48	-648
3.5	>	3.5	8H	+425	0	+800	0	-48	-448	-48	-648
			—	—	—	—	3h4h	0	-106	0	-265
			4H	+180	0	+355	0	0	-132	0	-265
			5G	+277	+53	+503	+53	-53	-223	-53	-478
			5H	+224	0	+450	0	0	-170	0	-265
			—	—	—	—	5h6h	0	-170	0	-425
			—	—	—	—	6e	-90	-302	-90	-515
			—	—	—	—	6f	-70	-282	-70	-495
	>		6G	+333	+53	+613	+53	-53	-265	-53	-478
			6H	+280	0	+560	0	0	-212	0	-425
			—	—	—	—	7e6e	-90	-355	-90	-515

(续)

基本大径/ mm		螺距/ mm	内螺纹				外螺纹					
			公差带	中径		小径		公差带	中径		大径	
				ES	EI	ES	EI		es	ei		es
22.4	45	3.5	7G	+408	+53	+763	+53	7g6g	-53	-318	-53	-478
			7H	355	0	+710	0	7h6h	0	-265	0	-425
			8G	+503	+53	+953	+53	8g	-53	-388	-53	-723
			8H	+450	0	+900	0	9g8g	-53	-478	-53	-723
		—	—	—	—	—	3h4h	0	-112	0	-300	
		4H	+190	0	+375	0	4h	0	-140	0	-300	
		5G	+296	+60	+535	+60	5g6g	-60	-240	-60	-535	
		5H	+236	0	+475	0	5h4h	0	-180	0	-300	
		—	—	—	—	—	5h6h	0	-180	0	-475	
		—	—	—	—	—	6e	-95	-319	-95	-570	
		—	—	—	—	—	6f	-75	-299	-75	-550	
		6G	+360	+60	+660	+60	6g	-60	-284	-60	-535	
		6H	+300	0	+600	0	6h	0	-224	0	-475	
		—	—	—	—	—	7e6e	-95	-375	-95	-570	
		7G	+435	+60	+810	+60	7g6g	-60	-340	-60	-535	
		7H	+375	0	+750	0	7h6h	0	-280	0	-475	
		8G	+535	+60	+1010	+60	8g	-60	-415	-60	-810	
		8H	+475	0	+950	0	9g8g	-60	-510	-60	-810	



(续)

基本大径/ mm			螺距/ mm	内螺纹				外螺纹					
				公差带	中径		小径		公差带	中径		大径	
					ES	EI	ES	EI		es	ei	es	ei
>	≤			—	—	—	—	3h4h	0	-118	0	-315	
		4H	+200	0	+425	0	4h	0	-150	0	-315		
		5G	+313	+63	+593	+63	5g6g	-63	-253	-63	-563		
		5H	+250	0	+530	0	5h4h	0	-190	0	-315		
		—	—	—	—	—	5h6h	0	-190	0	-500		
		—	—	—	—	—	6e	-100	-336	-100	-600		
		—	—	—	—	—	6f	-80	-316	-80	-580		
		6G	+378	+63	+733	+63	6g	-63	-299	-63	-563		
		6H	+315	0	+670	0	6h	0	-236	0	-500		
		—	—	—	—	—	7e6e	-100	-400	-100	-600		
22.4	45	4.5	7G	+463	+63	+913	+63	7g6g	-63	-363	-63	-563	
			7H	+400	0	+850	0	7h6h	0	-300	0	-500	
			8G	+563	+63	+1123	+63	8g	-63	-438	-63	-863	
			8H	+500	0	+1060	0	9g8g	-63	-538	-63	-863	

## (二) 梯形螺纹

### 1. 梯形螺纹的牙型 (GB/T 5796.1—2005)

该标准规定了两种梯形螺纹牙型, 即基本牙型和设计牙型。

(1) 基本牙型 即理论牙型。基本牙型是由顶角为  $30^\circ$  的原始等腰三角形, 截去顶部和底部所形成的内、外螺纹共有的牙型 (图 4-4)。

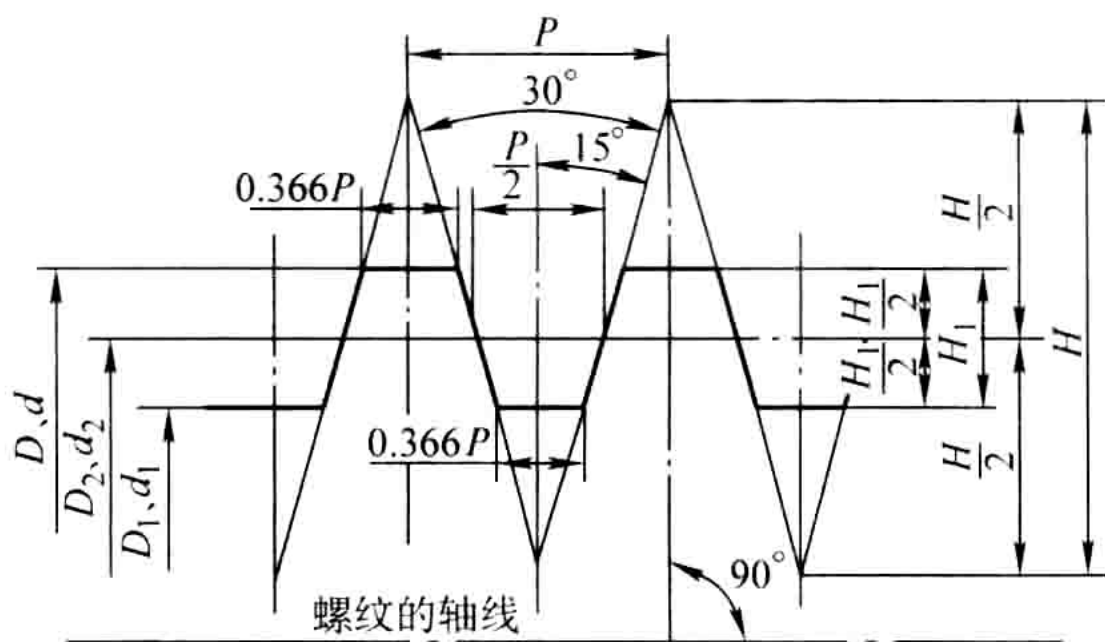
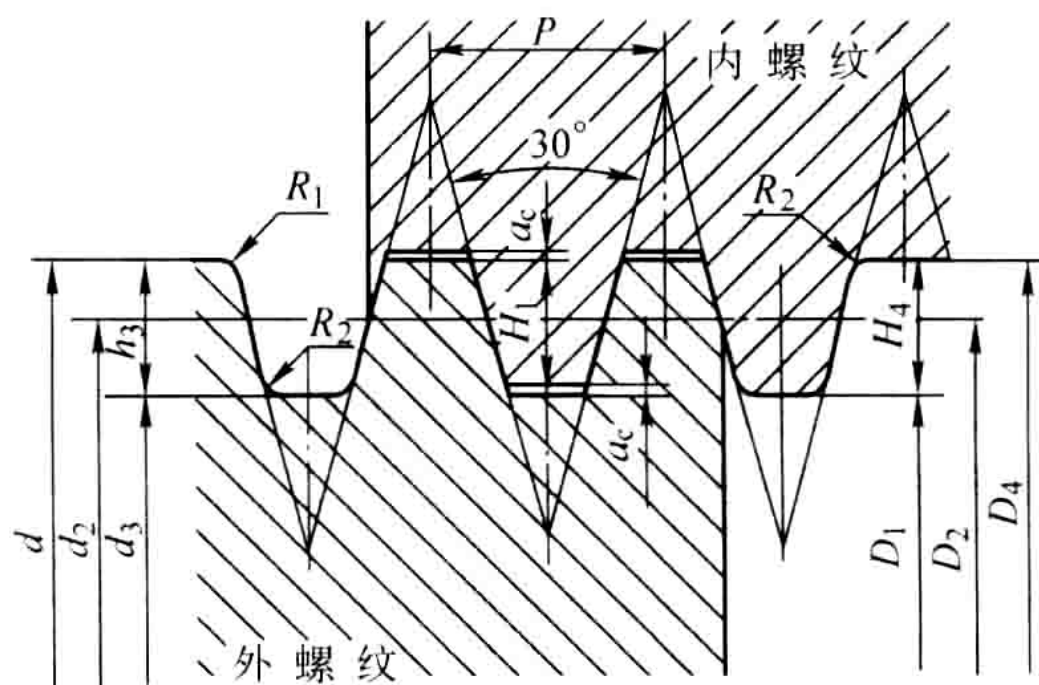


图 4-4 梯形螺纹基本牙型

$D$ —内螺纹大径  $d_2$ —外螺纹中径  $P$ —螺距  
 $d$ —外螺纹大径 (公称直径)  $D_1$ —内螺纹小径  
 $H$ —原始三角形高度  $D_2$ —内螺纹中径  
 $d_1$ —外螺纹小径  $H_1$ —基本牙型高度

(2) 设计牙型 设计牙型与基本牙型的不同点为大径和小径间都留有一定的间隙, 牙顶、牙底给出了制造所需的圆弧, 如图 4-5 所示。



外螺纹大径	$d$
螺距	$P$
牙顶间隙	$a_c$
基本牙型高度	$H_1 = 0.5P$
外螺纹牙高	$h_3 = H_1 + a_c = 0.5P + a_c$
内螺纹牙高	$H_4 = H_1 + a_c = 0.5P + a_c$
外螺纹中径	$d_2 = d - H_1 = d - 0.5P$
内螺纹中径	$D_2 = d - H_1 = d - 0.5P$
外螺纹小径	$d_3 = d - 2h_3 = d - P - 2a_c$
内螺纹小径	$D_1 = d - 2H_1 = d - P$
内螺纹大径	$D_4 = d + 2a_c$
外螺纹牙顶圆角半径	$R_{1\max} = 0.5a_c$
牙底圆角半径	$R_{2\max} = a_c$

图 4-5 设计牙型

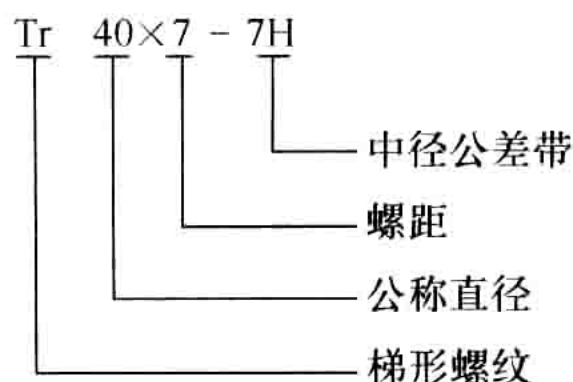
## 2. 梯形螺纹的代号与标记

梯形螺纹用“Tr”表示。单线螺纹用“公称直径×螺距”表示，多线螺纹用“公称直径×导程（P 螺距）”表示。当螺纹为左旋时，需在尺寸规格之后加注“LH”，右旋不注出。

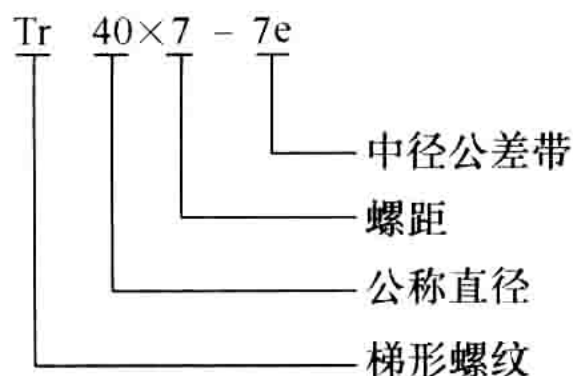
梯形螺纹的标记是由梯形螺纹代号、公差带代号及旋合长度代号组成。梯形螺纹的公差带代号仅包含中径公差带代号。当旋合长度为 N 组时，不标注旋合长度代号。

示例如下：

内螺纹



外螺纹

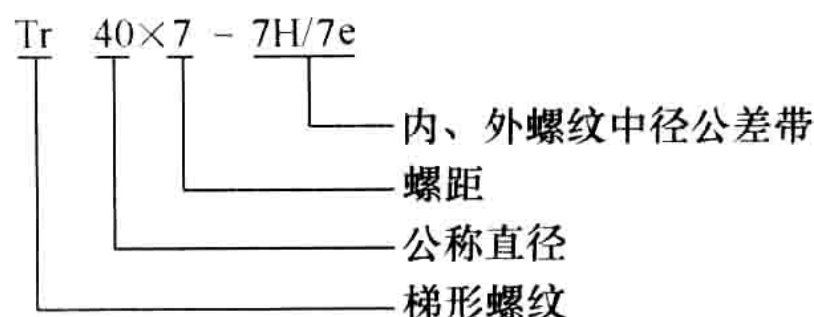


左旋外螺纹

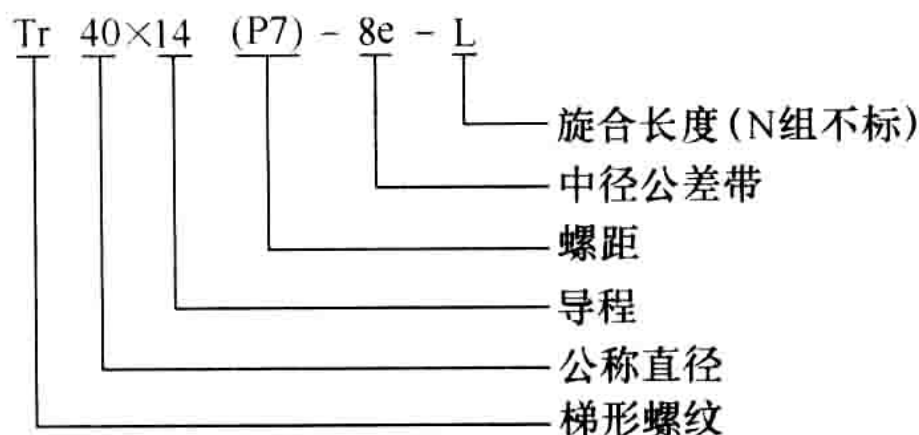


螺纹副的公差带要分别注出内、外公差代号，前者为内螺纹，后者为外螺纹，中间用斜线分开：

螺纹副



当旋合长度为 L 组时，旋合长度代号 L 写在公差带代号的后面，并用“-”隔开：



### 3. 梯形螺纹的直径与螺距 (表 4-10)

表 4-10 梯形螺纹的直径与螺距

(GB/T 5796.2—2005) (单位: mm)

公称直径			螺距 $P$
第一系列	第二系列	第三系列	
8			(1.5)
	9		(2), 1.5
10			(2), 1.5
	11		3, (2)
12			(3), 2
	14		(3), 2
16			(4), 2
	18		(4), 2
20			(4), 2
	22		8, (5), 3
24			8, (5), 3
	26		8, (5), 3
28			8, (5), 3
	30		10, (6), 3
32			10, (6), 3
	34		10, (6), 3
36			10, (6), 3
	38		10, (7), 3
40			10, (7), 3
	42		10, (7), 3
44			12, (7), 3
	46		12, (8), 3

(续)

公称直径			螺距 $P$
第一系列	第二系列	第三系列	
48			12, (8), 3
	50		12, (8), 3
52			12, (8), 3
	55		14, (9), 3
60			14, (9), 3
	65		16, (10), 4
70			16, (10), 4
	75		16, (10), 4
80			16, (10), 4
	85		18, (12), 4
90			18, (12), 4
	95		18, (12), 4
100			20, (12), 4
		105	20, (12), 4
	110		20, (12), 4
		115	22, (14), 6
120			22, (14), 6
		125	22, (14), 6
	130		22, (14), 6
		135	24, (14), 6
140			24, (14), 6
		145	24, (14), 6
	150		24, (16), 6
		155	24, (16), 6

(续)

公称直径			螺距 $P$
第一系列	第二系列	第三系列	
160			28, (16), 6
		165	28, (16), 6
	170		28, (16), 6
		175	28, (16), 8
180			28, (18), 8
		185	32, (18), 8
	190		32, (18), 8
		195	32, (18), 8
200			32, (18), 8
	210		36, (20), 8
220			36, (20), 8
	230		36, (20), 8
240			36, (22), 8
	250		40, (22), 12
260			40, (22), 12
	270		40, (24), 12
280			40, (24), 12
	290		44, (24), 12
300			44, (24), 12

- 注：1. 应优先选用第一系列直径，其次选用第二系列直径。  
 2. 新产品设计中，不宜选用第三系列直径。  
 3. 优先选用括号中的螺距。  
 4. 如果需要使用表中规定以外的螺距，则选用表中邻近直径所对应的螺距。

#### 4. 梯形螺纹的基本尺寸 (表 4-11)



表 4-11 梯形螺纹的基本尺寸 (GB/T 5796.3—2005) (单位: mm)

第一系列	公称直径 $d$		螺距 $P$	中径 $d_2 = D_2$	大径 $D_4$	小径	
	第二系列	第三系列				$d_3$	$D_1$
8			1.5	7.250	8.300	6.200	6.500
	9		1.5	8.250	9.300	7.200	7.500
			2	8.000	9.500	6.500	7.000
10			1.5	9.250	10.300	8.200	8.500
			2	9.000	10.500	7.500	8.000
	11		2	10.000	11.500	8.500	9.000
			3	9.500	11.500	7.500	8.000
12			2	11.000	12.500	9.500	10.000
			3	10.500	12.500	8.500	9.000
	14		2	13.000	14.500	11.500	12.000
			3	12.500	14.500	10.500	11.000
16			2	15.000	16.500	13.500	14.000
			4	14.000	16.500	11.500	12.000
	18		2	17.000	18.500	15.500	16.000
			4	16.000	18.500	13.500	14.000
20			2	19.000	20.500	17.500	18.000
			4	18.000	20.500	15.500	16.000

(续)

公称直径 $d$			螺距 $P$	中径 $d_2 = D_2$	大径 $D_4$	小径	
第一系列	第二系列	第三系列				$d_3$	$D_1$
24	22		3	20.500	22.500	18.500	19.000
			5	19.500	22.500	16.500	17.000
			8	18.000	23.000	13.000	14.000
28	26		3	22.500	24.500	20.500	21.000
			5	21.500	24.500	18.500	19.000
			8	20.000	25.000	15.000	16.000
32	30		3	24.500	26.500	22.500	23.000
			5	23.500	26.500	20.500	21.000
			8	22.000	27.000	17.000	18.000
36	34		3	26.500	28.500	24.500	25.000
			5	25.500	28.500	22.500	23.000
			8	24.000	29.000	19.000	20.000
40	38		3	28.500	30.500	26.500	27.000
			6	27.000	31.000	23.000	24.000
			10	25.000	31.000	19.000	20.000
45	42		3	30.500	32.500	28.500	29.000
			6	29.000	33.000	25.000	26.000
			10	27.000	33.000	21.000	22.000
50	48		3	32.500	34.500	30.500	31.000
			6	31.000	35.000	27.000	28.000
			10	29.000	35.000	23.000	24.000

(续)

公称直径 $d$			螺距 $P$	中径 $d_2 = D_2$	大径 $D_4$	小径	
第一系列	第二系列	第三系列				$d_3$	$D_1$
36			3	34.500	36.500	32.500	33.000
			6	33.000	37.000	29.000	30.000
			10	31.000	37.000	25.000	26.000
	38		3	36.500	38.500	34.500	35.000
			7	34.500	39.000	30.000	31.000
			10	33.000	39.000	27.000	28.000
40			3	38.500	40.500	36.500	37.000
			7	36.500	41.000	32.000	33.000
			10	35.000	41.000	29.000	30.000
	42		3	40.500	42.500	38.500	39.000
			7	38.500	43.000	34.000	35.000
			10	37.000	43.000	31.000	32.000
44			3	42.500	44.500	40.500	41.000
			7	40.500	45.000	36.000	37.000
			12	38.000	45.000	31.000	32.000
	46		3	44.500	46.500	42.500	43.000
			8	42.000	47.000	37.000	38.000
			12	40.000	47.000	33.000	34.000
48			3	46.500	48.500	44.500	45.000
			8	44.000	49.000	39.000	40.000
			12	42.000	49.000	35.000	36.000

(续)

公称直径 $d$			螺距 $P$	中径 $d_2 = D_2$	大径 $D_4$	小径	
第一系列	第二系列	第三系列				$d_3$	$D_1$
52	50		3	48.500	50.500	46.500	47.000
			8	46.000	51.000	41.000	42.000
			12	44.000	51.000	37.000	38.000
52			3	50.500	52.500	48.500	49.000
			8	48.000	53.000	43.000	44.000
			12	46.000	53.000	39.000	40.000
60	55		3	53.500	55.500	51.500	52.000
			9	50.500	56.000	45.000	46.000
			14	48.000	57.000	39.000	41.000
60			3	58.500	60.500	56.500	57.000
			9	55.500	61.000	50.000	51.000
			14	53.000	62.000	44.000	46.000
70	65		4	63.000	65.500	60.500	61.000
			10	60.000	66.000	54.000	55.000
			16	57.000	67.000	47.000	49.000
70			4	68.000	70.500	65.500	66.000
			10	65.000	71.000	59.000	60.000
			16	62.000	72.000	52.000	54.000
75	75		4	73.000	75.500	70.500	71.000
			10	70.000	76.000	64.000	65.000
			16	67.000	77.000	57.000	59.000

(续)

公称直径 $d$			螺距 $P$	中径 $d_2 = D_2$	大径 $D_4$	小径	
第一系列	第二系列	第三系列				$d_3$	$D_1$
80			4	78.000	80.500	75.500	76.000
			10	75.000	81.000	69.000	70.000
			16	72.000	82.000	62.000	64.000
	85		4	83.000	85.500	80.500	81.000
			12	79.000	86.000	72.000	73.000
			18	76.000	87.000	65.000	67.000
90			4	88.000	90.500	85.500	86.000
			12	84.000	91.000	77.000	78.000
			18	81.000	92.000	70.000	72.000
	95		4	93.000	95.500	90.500	91.000
			12	89.000	96.000	82.000	83.000
			18	86.000	97.000	75.000	77.000
100			4	98.000	100.500	95.500	96.000
			12	94.000	101.000	87.000	88.000
			20	90.000	102.000	78.000	80.000
	105		4	103.000	105.500	100.500	101.000
			12	99.000	106.000	92.000	93.000
			20	95.000	107.000	83.000	85.000
	110		4	108.000	110.500	105.500	106.000
			12	104.000	111.000	97.000	98.000
			20	100.000	112.000	88.000	90.000

(续)

公称直径 $d$			螺距 $P$	中径 $d_2 = D_2$	大径 $D_4$	小径	
第一系列	第二系列	第三系列				$d_3$	$D_1$
		115	6 14 22	112. 000 108. 000 104. 000	116. 000 117. 000 117. 000	108. 000 99. 000 91. 000	109. 000 101. 000 93. 000
120			6 14 22	117. 000 113. 000 109. 000	121. 000 122. 000 122. 000	113. 000 104. 000 96. 000	114. 000 106. 000 98. 000
		125	6 14 22	122. 000 118. 000 114. 000	126. 000 127. 000 127. 000	118. 000 109. 000 101. 000	119. 000 111. 000 103. 000
	130		6 14 22	127. 000 123. 000 119. 000	131. 000 132. 000 132. 000	123. 000 114. 000 106. 000	124. 000 116. 000 108. 000
		135	6 14 24	132. 000 128. 000 123. 000	136. 000 137. 000 137. 000	128. 000 119. 000 109. 000	129. 000 121. 000 111. 000
140			6 14 24	137. 000 133. 000 128. 000	141. 000 142. 000 142. 000	133. 000 124. 000 114. 000	134. 000 126. 000 116. 000
		145	6 14 24	142. 000 138. 000 133. 000	146. 000 147. 000 147. 000	138. 000 129. 000 119. 000	139. 000 131. 000 121. 000
	150		6 16 24	147. 000 142. 000 138. 000	151. 000 152. 000 152. 000	143. 000 132. 000 124. 000	144. 000 134. 000 126. 000

## 5. 梯形螺纹的公差 (GB/T 5796.4—2005)

### (1) 公差带位置与基本偏差

内螺纹大径  $D_4$ 、中径  $D_2$  和小径  $D_1$  的公差带位置为 H，其基本偏差 EI 为零，如图 4-6 所示。

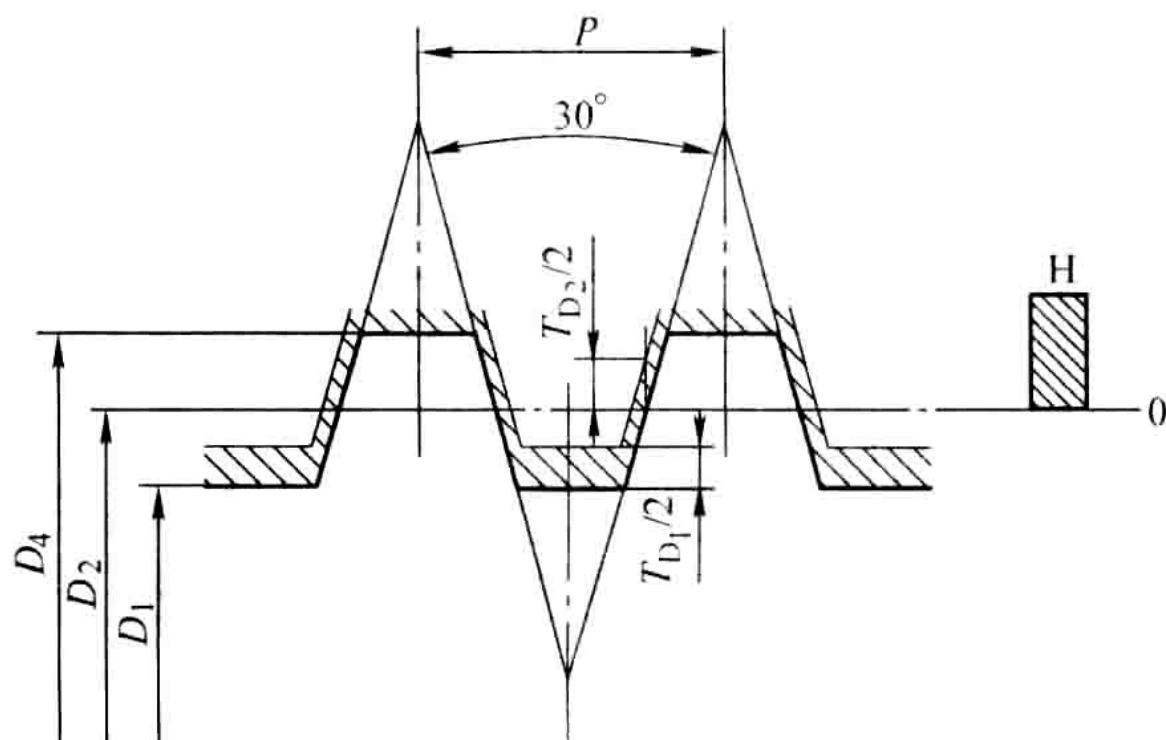


图 4-6 内螺纹公差带

$D_4$ —内螺纹大径  $D_1$ —内螺纹小径

$T_{D_1}$ —内螺纹小径公差  $T_{D_2}$ —内螺纹中径公差

$D_2$ —内螺纹中径  $P$ —螺距

外螺纹中径  $d_2$  的公差带位置为 e 和 c，其基本偏差 es 为负值；外螺纹大径  $d$  和小径  $d_3$  的公差带位置为 h，其基本偏差 es 为零，如图 4-7 所示。

外螺纹大径和小径的公差带基本偏差为零，与中径公差带位置无关。

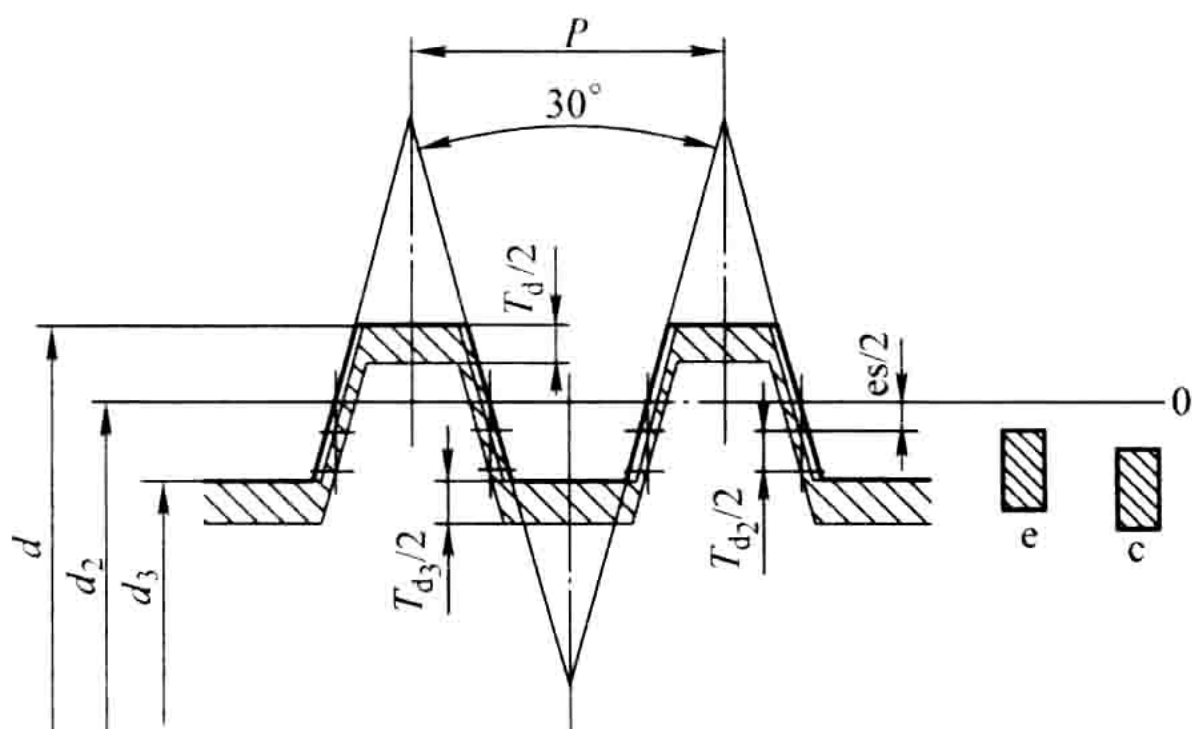


图 4-7 外螺纹公差带

$d$ —外螺纹大径  $d_2$ —外螺纹中径  $d_3$ —外螺纹小径

$P$ —螺距  $es$ —中径基本偏差  $T_d$ —外螺纹大径公差

$T_{d_2}$ —外螺纹中径公差  $T_{d_3}$ —外螺纹小径公差

(2) 内、外螺纹中径基本偏差 (表 4-12)

表 4-12 内、外螺纹中径基本偏差

螺距 $P/\text{mm}$	基 本 偏 差 $/\mu\text{m}$		
	内螺纹 $D_2$	外螺纹 $d_2$	
	H EI	c es	e es
1.5	0	-140	-67
2	0	-150	-71
3	0	-170	-85
4	0	-190	-95
5	0	-212	-106
6	0	-236	-118



(续)

螺距 $P/\text{mm}$	基 本 偏 差 $/\mu\text{m}$		
	内螺纹 $D_2$	外螺纹 $d_2$	
	H EI	c es	e es
7	0	-250	-125
8	0	-265	-132
9	0	-280	-140
10	0	-300	-150
12	0	-335	-160
14	0	-355	-180
16	0	-375	-190
18	0	-400	-200
20	0	-425	-212
22	0	-450	-224
24	0	-475	-236
28	0	-500	-250
32	0	-530	-265
36	0	-560	-280
40	0	-600	-300
44	0	-630	-315

(3) 内、外螺纹各直径公差等级 (表 4-13)

表 4-13 内、外螺纹各直径公差等级

直 径	公 差 等 级
内螺纹小径 $D_1$	4
外螺纹大径 $d$	4
内螺纹中径 $D_2$	7、8、9
外螺纹中径 $d_2$	7、8、9
外螺纹小径 $d_3$	7、8、9

注：其中外螺纹的小径  $d_3$  与中径  $d_2$  应选取相同的公差等级。

## (4) 内螺纹小径公差 (表 4-14)

表 4-14 内螺纹小径公差  $T_{D_1}$ 

螺距 $P/\text{mm}$	4 级公差/ $\mu\text{m}$	螺距 $P/\text{mm}$	4 级公差/ $\mu\text{m}$
1.5	190	16	1000
2	236	18	1120
3	315	20	1180
4	375	22	1250
5	450	24	1320
6	500	28	1500
7	560	32	1600
8	630	36	1800
9	670	40	1900
10	710	44	2000
12	800		
14	900		

## (5) 外螺纹大径公差 (表 4-15)

表 4-15 外螺纹大径公差  $T_d$ 

螺距 $P/\text{mm}$	4 级公差/ $\mu\text{m}$	螺距 $P/\text{mm}$	4 级公差/ $\mu\text{m}$
1.5	150	16	710
2	180	18	800
3	236	20	850
4	300	22	900
5	335	24	950
6	375	28	1060
7	425	32	1120
8	450	36	1250
9	500	40	1320
10	530	44	1400
12	600		
14	670		

## (6) 内螺纹中径公差 (表 4-16)

表 4-16 内螺纹中径公差  $T_{D_2}$  (单位:  $\mu\text{m}$ )

基本大径 $d/\text{mm}$		螺距 $P$ /mm	公差等级		
>	$\leq$		7	8	9
5.6	11.2	1.5	224	280	355
		2	250	315	400
		3	280	355	450
11.2	22.4	2	265	335	425
		3	300	375	475
		4	355	450	560
		5	375	475	600
		8	475	600	750
22.4	45	3	335	425	530
		5	400	500	630
		6	450	560	710
		7	475	600	750
		8	500	630	800
		10	530	670	850
		12	560	710	900
45	90	3	355	450	560
		4	400	500	630
		8	530	670	850
		9	560	710	900
		10	560	710	900
		12	630	800	1 000
		14	670	850	1 060
		16	710	900	1 120
		18	750	950	1 180
90	180	4	425	530	670
		6	500	630	800
		8	560	710	900
		12	670	850	1 060
		14	710	900	1 120
		16	750	950	1 180
		18	800	1 000	1 250

(续)

基本大径 $d/\text{mm}$		螺距 $P$ / $\text{mm}$	公差等级		
$>$	$\leq$		7	8	9
90	180	20	800	1 000	1 250
		22	850	1 060	1 320
		24	900	1 120	1 400
		28	950	1 180	1 500
180	355	8	600	750	950
		12	710	900	1 120
		18	850	1 060	1 320
		20	900	1 120	1 400
		22	900	1 120	1 400
		24	950	1 180	1 500
		32	1 060	1 320	1 700
		36	1 120	1 400	1 800
		40	1 120	1 400	1 800
		44	1 250	1 500	1 900

(7) 外螺纹中径公差 (表 4-17)

表 4-17 外螺纹中径公差  $T_{d_2}$  (单位:  $\mu\text{m}$ )

基本大径 $d/\text{mm}$		螺距 $P$ / $\text{mm}$	公差等级		
$>$	$\leq$		7	8	9
5.6	11.2	1.5	170	212	265
		2	190	236	300
		3	212	265	335
11.2	22.4	2	200	250	315
		3	224	280	355
		4	265	335	425
		5	280	355	450
		8	355	450	560
22.4	45	3	250	315	400
		5	300	375	475
		6	335	425	530

(续)

基本大径 $d/\text{mm}$		螺距 $P$ /mm	公差等级		
>	≤		7	8	9
22.4	45	7	355	450	560
		8	375	475	600
		10	400	500	630
		12	425	530	670
45	90	3	265	335	425
		4	300	375	475
		8	400	500	630
		9	425	530	670
		10	425	530	670
		12	475	600	750
		14	500	630	800
		16	530	670	850
		18	560	710	900
90	180	4	315	400	500
		6	375	475	600
		8	425	530	670
		12	500	630	800
		14	530	670	850
		16	560	710	900
		18	600	750	950
		20	600	750	950
		22	630	800	1 000
		24	670	850	1 060
		28	710	900	1 120
180	355	8	450	560	710
		12	530	670	850
		18	630	800	1 000
		20	670	850	1 060
		22	670	850	1 060
		24	710	900	1 120

(续)

基本大径 $d/\text{mm}$		螺距 $P$ / $\text{mm}$	公差等级		
$>$	$\leq$		7	8	9
180	355	32	800	1 000	1 250
		36	850	1 060	1 320
		40	850	1 060	1 320
		44	900	1 120	1 400

(8) 外螺纹小径公差 (表 4-18)

表 4-18 外螺纹小径公差  $T_{d_3}$  (单位:  $\mu\text{m}$ )

基本 大径 $d/\text{mm}$		螺距 $P$ $/\text{mm}$	中径公差带 位置为 c			中径公差带 位置为 e		
			公差等级			公差等级		
$>$	$\leq$		7	8	9	7	8	9
5.6	11.2	1.5	352	405	471	279	332	398
		2	388	445	525	309	366	446
		3	435	501	589	350	416	504
11.2	22.4	2	400	462	544	321	383	465
		3	450	520	614	365	435	529
		4	521	609	690	426	514	595
		5	562	656	775	456	550	669
		8	709	828	965	576	695	832
22.4	45	3	482	564	670	397	479	585
		5	587	681	806	481	575	700
		6	655	767	899	537	649	781
		7	694	813	950	569	688	825
		8	734	859	1 015	601	726	882
		10	800	925	1 087	650	775	937
		12	866	998	1 223	691	823	1 048
45	90	3	501	589	701	416	504	616
		4	565	659	784	470	564	689
		8	765	890	1 052	632	757	919
		9	811	943	1 118	671	803	978
		10	831	963	1 138	681	813	988
		12	929	1 085	1 273	754	910	1 098

(续)

基本 大径 $d/\text{mm}$		螺距 $P$ $/\text{mm}$	中径公差带 位置为 c			中径公差带 位置为 e		
			公差等级			公差等级		
>	≤		7	8	9	7	8	9
45	90	14	970	1 142	1 355	805	967	1 180
		16	1 038	1 213	1 438	853	1 028	1 253
		18	1 100	1 288	1 525	900	1 088	1 320
90	180	4	584	690	815	489	595	720
		6	705	830	986	587	712	868
		8	796	928	1 103	663	795	970
		12	960	1 122	1 335	785	947	1 160
		14	1 018	1 193	1 418	843	1 018	1 243
		16	1 075	1 263	1 500	890	1 078	1 315
		18	1 150	1 338	1 588	950	1 138	1 388
		20	1 175	1 363	1 613	962	1 150	1 400
		22	1 232	1 450	1 700	1 011	1 224	1 474
		24	1 313	1 538	1 800	1 074	1 299	1 561
		28	1 388	1 625	1 900	1 138	1 375	1 650
180	355	8	828	965	1 153	695	832	1 020
		12	998	1 173	1 398	823	998	1 223
		18	1 187	1 400	1 650	987	1 200	1 450
		20	1 263	1 488	1 750	1 050	1 275	1 537
		22	1 288	1 513	1 775	1 062	1 287	1 549
		24	1 363	1 600	1 875	1 124	1 361	1 636
		32	1 530	1 780	2 092	1 265	1 515	1 827
		36	1 623	1 885	2 210	1 343	1 605	1 930
		40	1 663	1 925	2 250	1 363	1 625	1 950
		44	1 755	2 030	2 380	1 440	1 715	2 065

(9) 多线螺纹中径公差修正系数 多线螺纹的顶径公差和底径公差与具有相同螺距单线螺纹相同。多线螺纹的中径公差是在单线螺纹中径公差的基础上,按线数不同分别乘一修正系数而得,其值见表 4-19。

表 4-19 多线螺纹中径公差修正系数

线 数	2	3	4	$\geq 5$
修正系数	1.12	1.25	1.4	1.6

(10) 螺纹公差带的选用 梯形螺纹规定了中等和粗糙两种精度,选择原则是,中等为一般用途,粗糙在制造螺纹有困难时采用,见表 4-20。

表 4-20 内、外梯形螺纹公差带选用

精 度	内 螺 纹		外 螺 纹	
	N	L	N	L
中 等	7H	8H	7e	8e
粗 糙	8H	9H	8c	9c

## 6. 螺纹旋合长度

旋合长度按公称直径和螺距的大小分为中等旋合长度组 N 和长旋合长度组 L 两组 (表 4-21)。

表 4-21 螺纹旋合长度 (单位: mm)

基本大径 $d$		螺距 $P$	旋合长度组		
			N		L
>	$\leq$		>	$\leq$	>
5.6	11.2	1.5	5	15	15
		2	6	19	19
		3	10	28	28



(续)

基本大径 $d$		螺距 $P$	旋合长度组		
			N		L
>	≤		>	≤	>
11.2	22.4	2	8	24	24
		3	11	32	32
		4	15	43	43
		5	18	53	53
		8	30	85	85
22.4	45	3	12	36	36
		5	21	63	63
		6	25	75	75
		7	30	85	85
		8	34	100	100
		10	42	125	125
		12	50	150	150
45	90	3	15	45	45
		4	19	56	56
		8	38	118	118
		9	43	132	132
		10	50	140	140
		12	60	170	170
		14	67	200	200
		16	75	236	236
		18	85	265	265
90	180	4	24	71	71
		6	36	106	106
		8	45	132	132
		12	67	200	200
		14	75	236	236
		16	90	265	265
		18	100	300	300

(续)

基本大径 $d$		螺距 $P$	旋合长度组		
			N		L
>	≤		>	≤	>
90	180	20	112	335	335
		22	118	355	355
		24	132	400	400
		28	150	450	450
180	355	8	50	150	150
		12	75	224	224
		18	112	335	335
		20	125	375	375
		22	140	425	425
		24	150	450	450
		32	200	600	600
		36	224	670	670
		40	250	750	750
		44	280	850	850

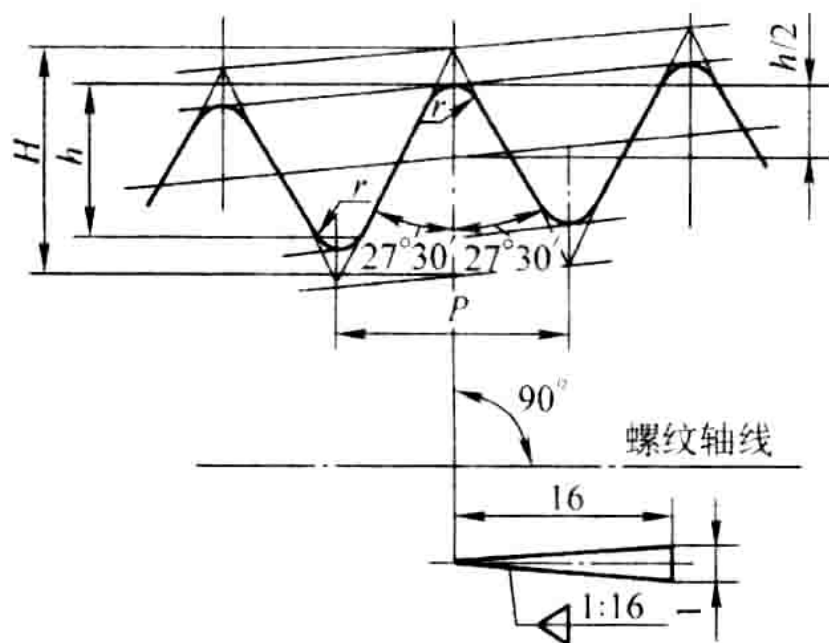
### (三) 55°管螺纹

#### 1. 55°密封管螺纹 (GB/T 7306—2000)

55°密封管螺纹 (GB/T 7306—2000) 标准规定联接形式有两种, 即圆锥内螺纹与圆锥外螺纹联接和圆柱内螺纹与圆锥外螺纹的联接。两种联接形式都具有密封性能, 必要时允许在螺纹副内加入密封填料。

#### (1) 牙型及要素名称代号

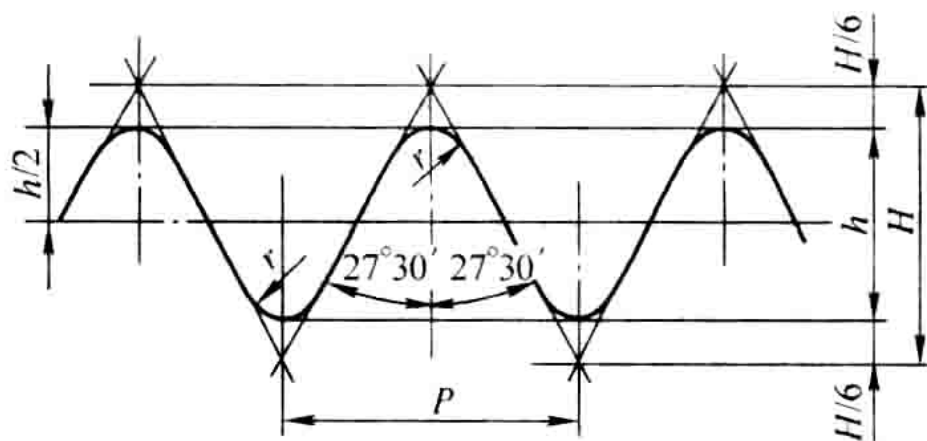
- 1) 圆锥外螺纹基本牙型如图 4-8 所示。
- 2) 圆柱内螺纹基本牙型如图 4-9 所示。
- 3) 要素名称及代号见表 4-22。



$$P = \frac{25.4}{n} \quad H = 0.960237P \quad h = 0.640327P \quad r = 0.137278P$$

$n$  为每 25.4mm 内的牙数

图 4-8 圆锥外螺纹基本牙型



$$P = \frac{25.4}{n} \quad H = 0.960491P \quad h = 0.640327P \quad r = 0.137329P$$

$$\frac{H}{6} = 0.160082P$$

图 4-9 圆柱内螺纹基本牙型

表 4-22 要素名称及代号

名 称	代 号
内螺纹在基准平面上的大径	$D$
外螺纹在基准平面上的大径 (基准直径)	$d$
内螺纹在基准平面上的中径	$D_2$
外螺纹在基准平面上的中径	$d_2$
内螺纹在基准平面上的小径	$D_1$
外螺纹在基准平面上的小径	$d_1$
螺距	$P$
原始三角形高度	$H$
螺纹牙高	$h$
螺纹牙顶和牙底的圆弧半径	$r$
每 25.4mm 轴向长度内的螺纹牙数	$n$
外螺纹基准距离 (基准平面位置) 公差	$T_1$
内螺纹基准平面位置公差	$T_2$

(2) 螺纹的基本尺寸 圆锥管螺纹的尺寸在基准平面上给出, 与圆锥外螺纹配合的圆柱内螺纹尺寸与同规格的圆锥内螺纹基面上的尺寸相同。

螺纹中径和小径的数值按下列公式计算

$$d_2 = D_2 = d - 0.640327P$$

$$d_1 = D_1 = d - 1.280654P$$

螺纹的基本尺寸及其公差见表 4-23。

(3) 基准平面位置 圆锥外螺纹基准平面的理论位置位于垂直于螺纹轴线、与小端面 (参照平面) 相距一个基准距离的平面内 (图 4-10); 圆锥内螺纹、圆柱内螺纹基准平面的理论位置位于垂直于螺纹轴线、深入端面 (参照平面) 以内  $0.5P$  的平面内 (图 4-11)。

表 4-23 螺纹的基本尺寸及其公差

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
尺寸 代号	每 25.4mm 内所包含 的牙数 $n$	螺距 $P$	牙高 $h$	基准平面内的基本直径			基准距离					
				大径(基 准直径) $d = D$	中径 $d_2 = D_2$	小径 $d_1 = D_1$	基本	极限偏差 $\pm T_1/2$		最大	最小	
								mm	圈数			mm
1/16	28	0.907	0.581	7.723	7.142	6.561	4	0.9	1	4.9	3.1	
1/8	28	0.907	0.581	9.728	9.147	8.566	4	0.9	1	4.9	3.1	
1/4	19	1.337	0.856	13.157	12.301	11.445	6	1.3	1	7.3	4.7	
3/8	19	1.337	0.856	16.662	15.806	14.950	6.4	1.3	1	7.7	5.1	
1/2	14	1.814	1.162	20.955	19.793	18.631	8.2	1.8	1	10.0	6.4	
3/4	14	1.814	1.162	26.441	25.279	24.117	9.5	1.8	1	11.3	7.7	
1	11	2.309	1.479	33.249	31.770	30.291	10.4	2.3	1	12.7	8.1	
1¼	11	2.309	1.479	41.910	40.431	38.952	12.7	2.3	1	15.0	10.4	
1½	11	2.309	1.479	47.803	46.324	44.845	12.7	2.3	1	15.0	10.4	
2	11	2.309	1.479	59.614	58.135	56.656	15.9	2.3	1	18.2	13.6	
2½	11	2.309	1.479	75.184	73.705	72.226	17.5	3.5	1½	21.0	14.0	
3	11	2.309	1.479	87.884	86.405	84.926	20.6	3.5	1½	24.1	17.1	
4	11	2.309	1.479	113.030	111.551	110.072	25.4	3.5	1½	28.9	21.9	
5	11	2.309	1.479	138.430	136.951	135.472	28.6	3.5	1½	32.1	25.1	
6	11	2.309	1.479	163.830	162.351	160.872	28.6	3.5	1½	32.1	25.1	

(续)

13	14	15	16	17	18	19	20
装配余量	有效 外螺纹的 螺距不小于 基准距离分别为	外螺纹的有效			圆锥内螺纹基准平面 轴向位置的极限偏差 $\pm T_2/2$	圆柱内螺纹直径的 极限偏差 $\pm T_2/2$	
		螺距不小于					
		基准距离分别为					
		基本	最大	最小			
		mm					
圈数	mm					轴向圈数	
2.5	2 $\frac{3}{4}$	6.5	7.4	5.6	1.1	0.071	1 $\frac{1}{4}$
2.5	2 $\frac{3}{4}$	6.5	7.4	5.6	1.1	0.071	1 $\frac{1}{4}$
3.7	2 $\frac{3}{4}$	9.7	11	8.4	1.7	0.104	1 $\frac{1}{4}$
3.7	2 $\frac{3}{4}$	10.1	11.4	8.8	1.7	0.104	1 $\frac{1}{4}$
5.0	2 $\frac{3}{4}$	13.2	15	11.4	2.3	0.142	1 $\frac{1}{4}$
5.0	2 $\frac{3}{4}$	14.5	16.3	12.7	2.3	0.142	1 $\frac{1}{4}$
6.4	2 $\frac{3}{4}$	16.8	19.1	14.5	2.9	0.180	1 $\frac{1}{4}$
6.4	2 $\frac{3}{4}$	19.1	21.4	16.8	2.9	0.180	1 $\frac{1}{4}$
6.4	2 $\frac{3}{4}$	19.1	21.4	16.8	2.9	0.180	1 $\frac{1}{4}$
7.5	3 $\frac{1}{4}$	23.4	25.7	21.1	2.9	0.180	1 $\frac{1}{4}$
9.2	4	26.7	30.2	23.2	3.5	0.216	1 $\frac{1}{2}$
9.2	4	29.8	33.3	26.3	3.5	0.216	1 $\frac{1}{2}$
10.4	4 $\frac{1}{2}$	35.8	39.3	32.3	3.5	0.216	1 $\frac{1}{2}$
11.5	5	40.1	43.6	36.6	3.5	0.216	1 $\frac{1}{2}$
11.5	5	40.1	43.6	36.6	3.5	0.216	1 $\frac{1}{2}$

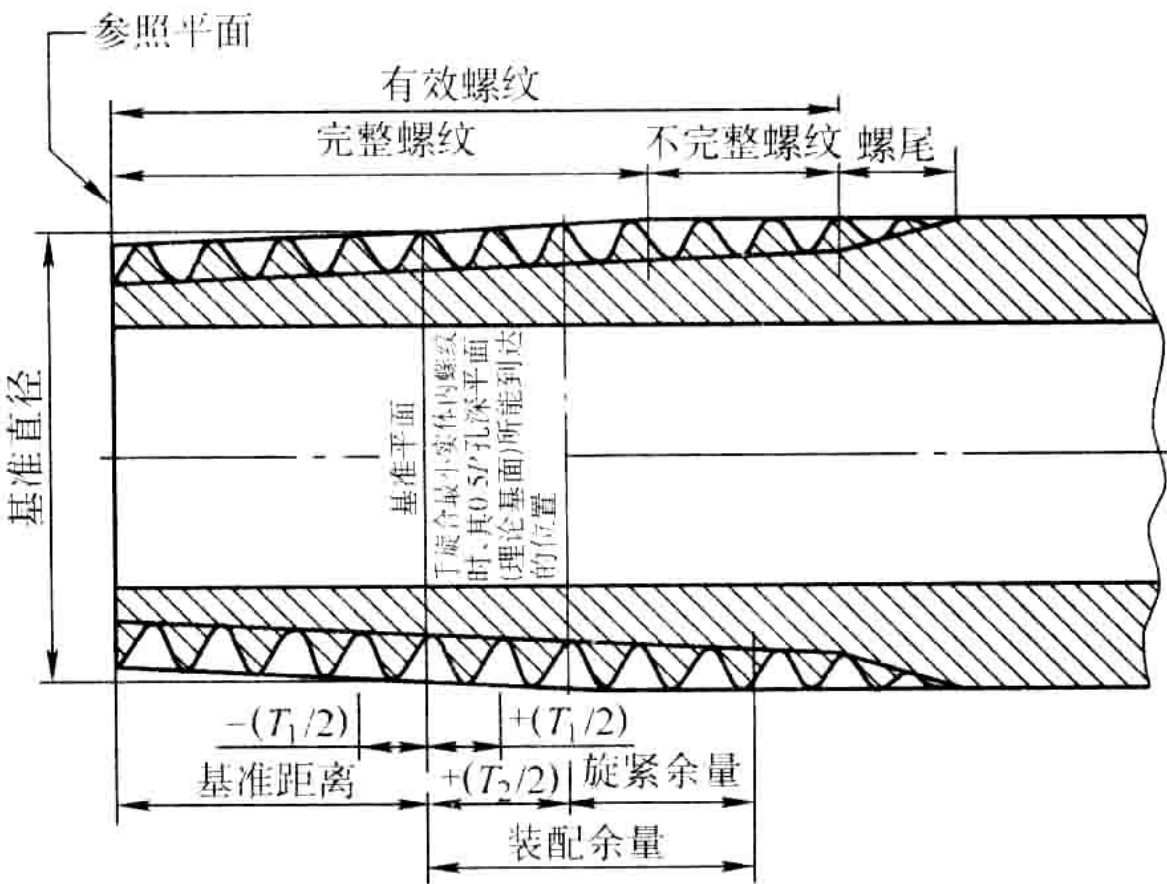


图 4-10 圆锥外螺纹上各主要尺寸的分布位置

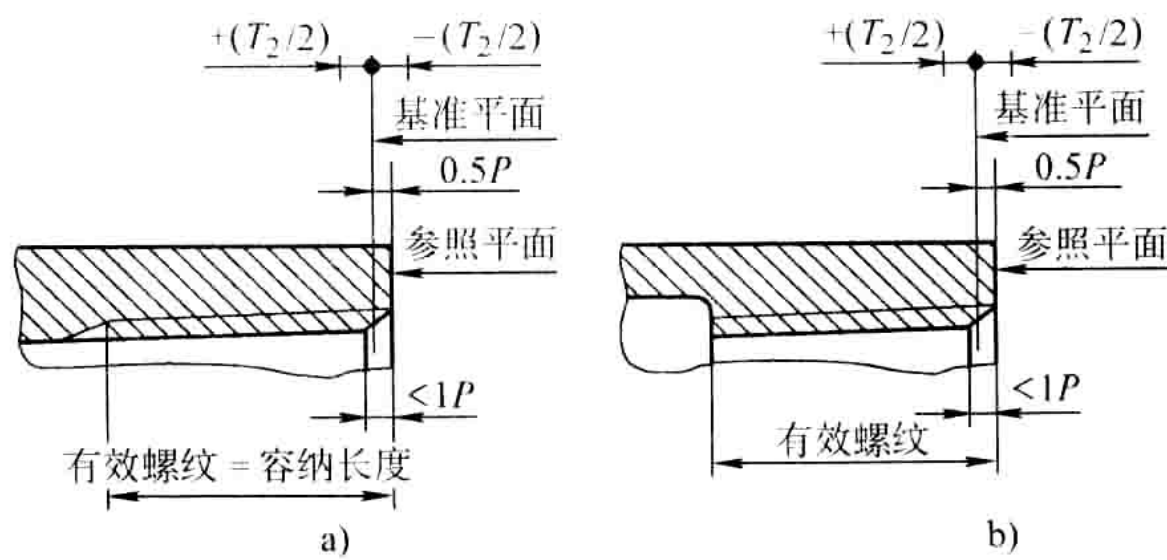


图 4-11 圆锥（圆柱）内螺纹上各主要尺寸的分布位置





(5) 公差 圆锥外螺纹基准距离的极限偏差 ( $\pm T_1/2$ ) 应符合表 4-23 中第 9、10 项的规定。

圆锥内螺纹基准平面位置的极限偏差 ( $\pm T_2/2$ ) 应符合表 4-23 中第 18、20 项的规定。

圆柱内螺纹各直径的极限偏差应符合表 4-23 中第 19、20 项的规定。

(6) 螺纹特征代号及标记示例 管螺纹的标记由螺纹特征代号和尺寸代号组成。

螺纹特征代号：

Rc——圆锥内螺纹；

Rp——圆柱内螺纹；

R<sub>1</sub>——与 Rp 配合的圆锥外螺纹；

R<sub>2</sub>——与 Rc 配合的圆锥外螺纹。

螺纹尺寸代号为表 4-23 中第 1 项所规定的分数或整数。

标记示例：

尺寸代号为 3/4 的右旋圆锥内螺纹的标记为 Rc3/4。

尺寸代号为 3/4 的右旋圆柱内螺纹的标记为 Rp3/4。

与 Rc 配合使用尺寸代号为 3/4 的右旋圆锥外螺纹的标记为 R<sub>2</sub>3/4。

与 Rp 配合使用尺寸代号为 3/4 的右旋圆锥外螺纹的标记为 R<sub>1</sub>3/4。

当螺纹为左旋时，应在尺寸代号后加注“LH”。如尺寸代号为 3/4 左旋圆锥内螺纹的标记为 Rc3/4LH。

表示螺纹副时, 螺纹特征代号为“ $R_c/R_2$ ”或“ $R_p/R_1$ ”。前面为内螺纹的特征代号, 后面为外螺纹的特征代号, 中间用斜线分开。

圆锥内螺纹与圆锥外螺纹的配合:  $R_c/R_2 3/4$ 。

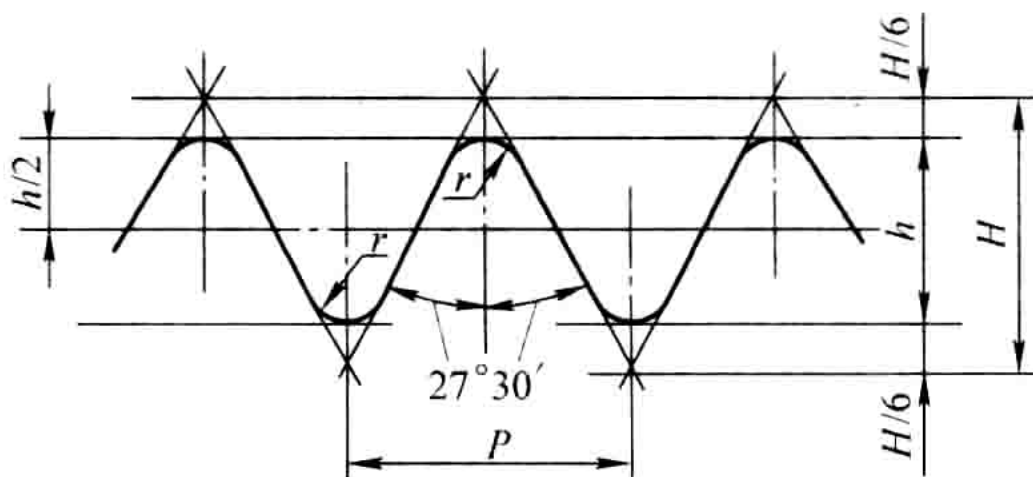
圆柱内螺纹与圆锥外螺纹的配合:  $R_p/R_1 3/4$ 。

左旋圆锥内螺纹与圆锥外螺纹的配合  $R_c/R_2 3/4 LH$ 。

## 2. $55^\circ$ 非密封管螺纹

$55^\circ$ 非密封管螺纹 (GB/T 7307—2001) 标准规定管螺纹其内、外螺纹均为圆柱螺纹, 不具备密封性能 (只是作为机械联接用), 若要求联接后具有密封性能, 可在螺纹副外采取其他密封方式。

### (1) 牙型及牙型尺寸计算 (图 4-12)



$$P = \frac{25.4}{n} \quad H = 0.960491P$$

$$h = 0.640327P \quad r = 0.137329P \quad H/6 = 0.160082P$$

式中  $n$ ——每 25.4mm 内的螺纹牙数

图 4-12 圆柱管螺纹基本牙型

### (2) 基本尺寸和公差 螺纹中径和小径的基本尺寸按

下列公式计算

$$d_2 = D_2 = d - 0.640327P$$

$$d_1 = D_1 = d - 1.280645P$$

外螺纹的上极限偏差 (es) 和内螺纹的下极限偏差 (EI) 为基本偏差, 基本偏差为零。对内螺纹中径和小径只规定一种公差等级, 下极限偏差为零, 上极限偏差为正。对外螺纹中径公差分为 A 和 B 两个等级, 对外螺纹大径, 规定了一种公差, 均是上极限偏差为零, 下极限偏差为负。螺纹的牙顶在给出的公差范围内允许削平。

55°非密封管螺纹的基本尺寸和公差见表 4-24。

公差带的分布情况见图 4-13。

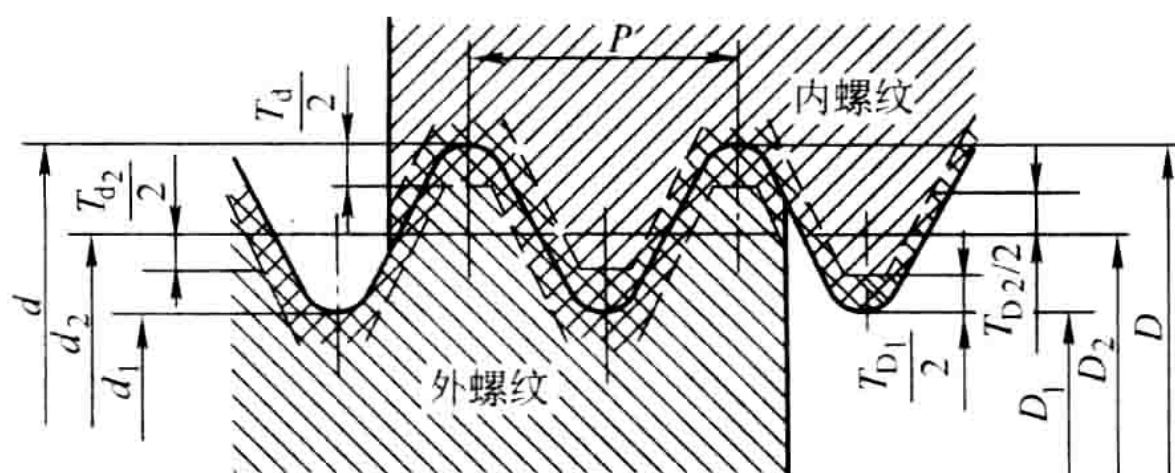


图 4-13 螺纹公差带的位置

(3) 螺纹特征代号及标记示例 55°非密封管螺纹的标记由螺纹特征代号、尺寸代号和公差等级代号组成, 螺纹特征代号用字母 G 表示。

标记示例:

外螺纹 A 级  $G1\frac{1}{2}A$ 。

外螺纹 B 级  $G1\frac{1}{2}B$ 。

表 4-24 55°非密封管螺纹的基本尺寸和公差 (单位:mm)

螺纹 的 尺寸 代号	每 25.4 mm 内所包 含的 牙数 $n$	螺距 $P$	牙高 $h$	基本尺寸			外 螺 纹				内 螺 纹				
				大径 $d = D$	中径 $d_2 = D_2$	小径 $d_1 = D_1$	大径公差 $T_d$	中径公差 <sup>①</sup> $T_{d_2}$			中径公差 <sup>①</sup> $T_{D_2}$	小径公差 $T_{D_1}$			
								下 极 限 偏 差	上 极 限 偏 差	B 级		下 极 限 偏 差	上 极 限 偏 差		
														A 级	B 级
1/16	28	0.907	0.581	7.723	7.142	6.561	-0.214 0	-0.107	-0.214 0	0 0	+0.107 0	0 0	+0.282		
1/8	28	0.907	0.581	9.728	9.147	8.566	-0.214 0	-0.107	-0.214 0	0 0	+0.107 0	0 0	+0.282		
1/4	19	1.337	0.856	13.157	12.301	11.445	-0.250 0	-0.125	-0.250 0	0 0	+0.125 0	0 0	+0.445		
3/8	19	1.337	0.856	16.662	15.806	14.950	-0.250 0	-0.125	-0.250 0	0 0	+0.125 0	0 0	+0.445		
1/2	14	1.814	1.162	20.955	19.793	18.631	-0.284 0	-0.142	-0.284 0	0 0	+0.142 0	0 0	+0.541		
5/8	14	1.814	1.162	22.911	21.749	20.587	-0.284 0	-0.142	-0.284 0	0 0	+0.142 0	0 0	+0.541		
3/4	14	1.814	1.162	26.441	25.279	24.117	-0.284 0	-0.142	-0.284 0	0 0	+0.142 0	0 0	+0.541		
7/8	14	1.814	1.162	30.201	29.039	27.877	-0.284 0	-0.142	-0.284 0	0 0	+0.142 0	0 0	+0.541		
1	11	2.309	1.479	33.249	31.770	30.291	-0.360 0	-0.180	-0.360 0	0 0	+0.180 0	0 0	+0.640		
1 1/8	11	2.309	1.479	37.897	36.418	34.939	-0.360 0	-0.180	-0.360 0	0 0	+0.180 0	0 0	+0.640		
1 1/4	11	2.309	1.479	41.910	40.431	38.952	-0.360 0	-0.180	-0.360 0	0 0	+0.180 0	0 0	+0.640		
1 1/2	11	2.309	1.479	47.803	46.324	44.845	-0.360 0	-0.180	-0.360 0	0 0	+0.180 0	0 0	+0.640		
1 3/4	11	2.309	1.479	53.746	52.267	50.788	-0.360 0	-0.180	-0.360 0	0 0	+0.180 0	0 0	+0.640		

(续)

螺纹 的 尺寸 代号	每 25.4 mm 内所包 含的 牙数 $n$	螺距 $P$	牙高 $h$	基本尺寸			外 螺 纹			内 螺 纹					
				大径 $d = D$	中径 $d_2 = D_2$	小径 $d_1 = D_1$	大径公差 $T_d$	中径公差 <sup>①</sup> $T_{d_2}$			中径公差 <sup>①</sup> $T_{D_2}$	小径公差 $T_{D_1}$			
								下 极 限 偏 差	上 极 限 偏 差	下 极 限 偏 差					
													A 级	B 级	下 极 限 偏 差
2	11	2.309	1.479	59.614	58.135	56.656	-0.360	0	-0.180	-0.360	0	+0.180	0	+0.640	
2¼	11	2.309	1.479	65.710	64.231	62.752	-0.434	0	-0.217	-0.434	0	+0.217	0	+0.640	
2½	11	2.309	1.479	75.184	73.705	72.226	-0.434	0	-0.217	-0.434	0	+0.217	0	+0.640	
2¾	11	2.309	1.479	81.534	80.055	78.576	-0.434	0	-0.217	-0.434	0	+0.217	0	+0.640	
3	11	2.309	1.479	87.884	86.405	84.926	-0.434	0	-0.217	-0.434	0	+0.217	0	+0.640	
3½	11	2.309	1.479	100.330	98.851	97.372	-0.434	0	-0.217	-0.434	0	+0.217	0	+0.640	
4	11	2.309	1.479	113.030	111.551	110.072	-0.434	0	-0.217	-0.434	0	+0.217	0	+0.640	
4½	11	2.309	1.479	125.730	124.251	122.772	-0.434	0	-0.217	-0.434	0	+0.217	0	+0.640	
5	11	2.309	1.479	138.430	136.951	135.472	-0.434	0	-0.217	-0.434	0	+0.217	0	+0.640	
5½	11	2.309	1.479	151.130	149.651	148.172	-0.434	0	-0.217	-0.434	0	+0.217	0	+0.640	
6	11	2.309	1.479	163.830	162.351	160.872	-0.434	0	-0.217	-0.434	0	+0.217	0	+0.640	

① 对薄壁件,此公差适用于平均中径,该中径是测量两个互相垂直直径的算术平均值。

内螺纹  $G1\frac{1}{2}$ 。

当螺纹为左旋时，在内螺纹的尺寸代号或外螺纹的公差等级代号后加注“LH”，例如  $G1\frac{1}{2}LH$ ， $G1\frac{1}{2}A-LH$ 。

表示螺纹副时，仅需标注外螺纹的标记代号。

#### (四) 60°密封管螺纹<sup>①</sup>

GB/T 12716—2011 标准规定了牙型角为 60°，螺纹副本身具有密封性的管螺纹的牙型、基本尺寸、公差和标记。配合后的螺纹副具有密封能力，使用中允许加入密封填料。

内螺纹有圆锥内螺纹和圆柱内螺纹两种，外螺纹仅有圆锥外螺纹一种。内、外螺纹可组成两种密封配合形式，圆锥内螺纹与圆锥外螺纹组成“锥/锥”配合，圆柱内螺纹与圆锥外螺纹组成“柱/锥”配合。

#### 1. 术语及代号（表 4-25）

表 4-25 螺纹术语及代号

术 语	代 号
内螺纹在基准平面内的大径	$D$
外螺纹在基准平面内的大径	$d$
内螺纹在基准平面内的中径	$D_2$
外螺纹在基准平面内的中径	$d_2$
内螺纹在基准平面内的小径	$D_1$
外螺纹在基准平面内的小径	$d_1$

① 《60°密封管螺纹》（GB/T 12716—2011）等效采用了美国标准 ASME B1.20.2M：2006《一般用途管螺纹》中密封管螺纹的技术内容。

(续)

术 语	代 号
螺距	$P$
原始三角形高度	$H$
螺纹牙型高度	$h$
每 25.4mm 轴向长度内所包含的螺纹牙数	$n$
削平高度	$f$
基准直径	—
基准平面	—
基准距离	$L_1$
完整螺纹长度	$L_5$
不完整螺纹长度	$L_6$
螺尾长度	$V$
有效螺纹长度	$L_2$
装配余量	$L_3$
旋紧余量	$L_7$

## 2. 螺纹牙型

圆柱内螺纹的牙型 (图 4-14a); 圆锥内、外螺纹的牙型 (图 4-14b)。

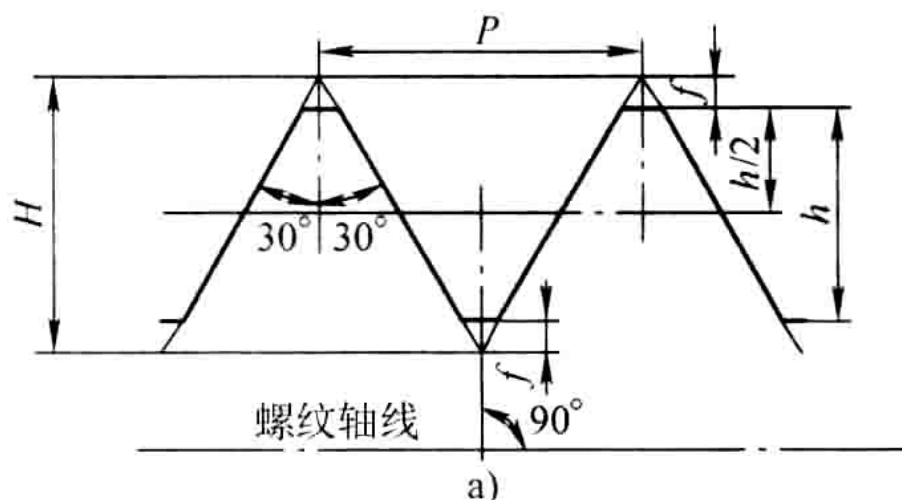


图 4-14 螺纹牙型

a) 圆柱内螺纹的牙型

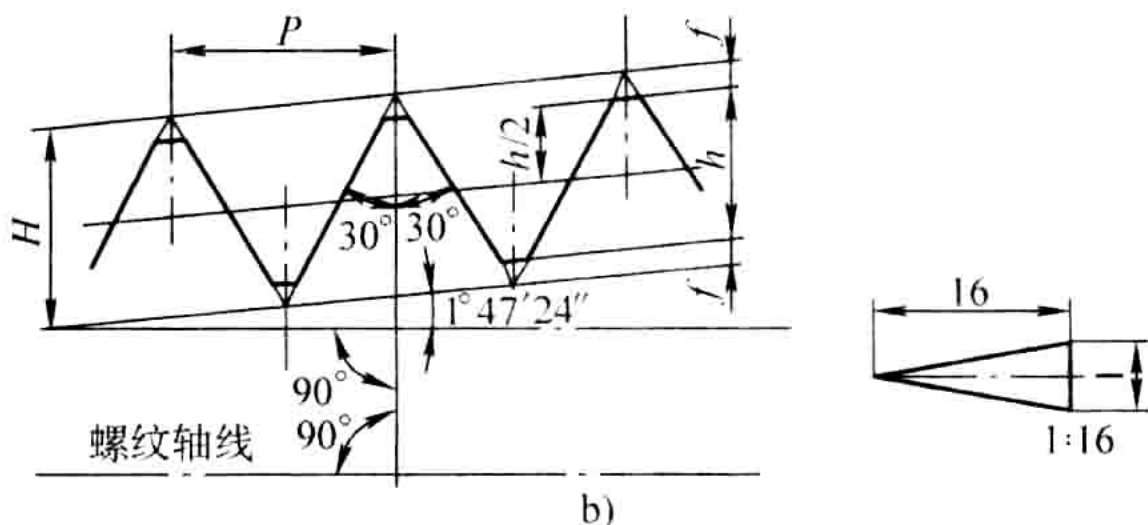


图 4-14 螺纹牙型 (续)

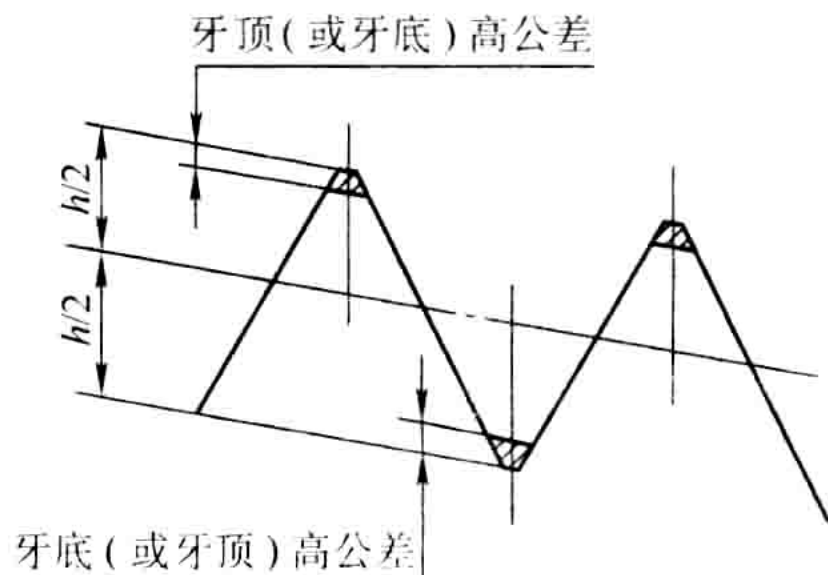
b) 圆锥内、外螺纹的牙型

## (1) 牙型尺寸计算公式

$$P = \frac{25.4}{n} \quad H = 0.866025P$$

$$h = 0.800000P \quad f = 0.033P$$

## (2) 牙顶高和牙底高公差 (表 4-26)

表 4-26  $60^\circ$ 密封管螺纹的牙顶高和牙底高公差



(续)

25.4mm 轴向长度内所包含的牙数	牙顶高和牙底高公差/mm
27	0.061
18	0.079
14	0.081
11.5	0.086
8	0.094

### 3. 圆锥管螺纹的基本尺寸及公差

(1) 圆锥管螺纹各主要尺寸的位置 (图 4-15) 和基本尺寸 (表 4-27)

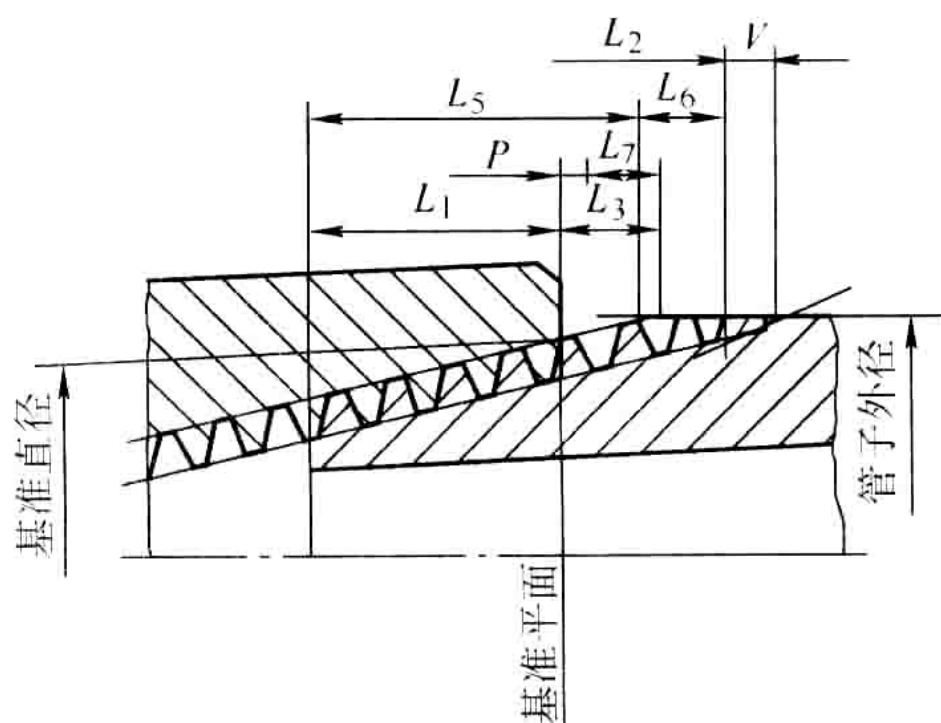


图 4-15 圆锥外螺纹上主要尺寸位置

(2) 基准平面位置 圆锥外螺纹基准平面的理论位置位于垂直于螺纹轴线、与小端面 (参照平面) 相距一个基准距离的平面内。内螺纹基准平面的理论位置位于垂直于螺纹轴线的端面 (参考平面) 内 (图 4-15)。

表 4-27 圆锥管螺纹的基本尺寸

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
螺纹 尺寸 代号	25.4mm 内包含的 牙数 $n$	螺距 $P$	牙型 高度 $h$	基准平面内的基本直径			基准距离 $L_1$		装配余量 $L_3$		外螺纹 小端面 内的基 本小径
				大径 $d = D$	中径 $d_2 = D_2$	小径 $d_1 = D_1$					
				mm			圈数	mm	圈数	mm	
1/16	27	0.941	0.752	7.895	7.142	6.389	4.32	4.064	3	2.822	6.137
1/8	27	0.941	0.752	10.242	9.489	8.736	4.36	4.102	3	2.822	8.481
1/4	18	1.411	1.129	13.616	12.487	11.358	4.10	5.786	3	4.234	10.996
3/8	18	1.411	1.129	17.055	15.926	14.797	4.32	6.096	3	4.234	14.417
1/2	14	1.814	1.451	21.223	19.772	18.321	4.48	8.128	3	5.443	17.813
3/4	14	1.814	1.451	26.568	25.117	23.666	4.75	8.611	3	5.443	23.127
1	11.5	2.209	1.767	33.228	31.461	29.694	4.60	10.160	3	6.627	29.060
1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	11.5	2.209	1.767	41.985	40.218	38.451	4.83	10.668	3	6.627	37.785
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	11.5	2.209	1.767	48.054	46.287	44.520	4.83	10.668	3	6.627	43.853
2	11.5	2.209	1.767	60.092	58.325	56.558	5.01	11.074	3	6.627	55.867
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8	3.175	2.540	72.699	70.159	67.619	5.46	17.323	2	6.350	66.535
3	8	3.175	2.540	88.608	86.068	83.528	6.13	19.456	2	6.350	82.311
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8	3.175	2.540	101.316	98.776	96.236	6.57	20.853	2	6.350	94.933
4	8	3.175	2.540	113.973	111.433	108.893	6.75	21.438	2	6.350	107.554
5	8	3.175	2.540	140.952	138.412	135.872	7.50	23.800	2	6.350	134.384

(续)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
螺纹 尺寸 代号	25.4mm 内包含的 牙数 $n$	螺距 $P$	牙型 高度 $h$	基准平面内的基本直径			基准距离 $L_1$		装配余量 $L_3$		外螺纹 小端面 内的基 本小径
				大径 $d = D$	中径 $d_2 = D_2$	小径 $d_1 = D_1$					
				mm			圈数	mm	圈数	mm	
6	8	3.175	2.540	167.792	165.252	162.712	7.66	24.333	2	6.350	161.191
8	8	3.175	2.540	218.441	215.901	213.361	8.50	27.000	2	6.350	211.673
10	8	3.175	2.540	272.312	269.772	267.232	9.68	30.734	2	6.350	265.311
12	8	3.175	2.540	323.032	320.492	317.952	10.88	34.544	2	6.350	315.793
14	8	3.175	2.540	354.904	352.365	349.825	12.50	39.675	2	6.350	347.345
16	8	3.175	2.540	405.784	403.244	400.704	14.50	46.025	2	6.350	397.828
18	8	3.175	2.540	456.565	454.025	451.485	16.00	50.800	2	6.350	448.310
20	8	3.175	2.540	507.246	504.706	502.166	17.00	53.975	2	6.350	498.793
24	8	3.175	2.540	608.608	606.068	603.528	19.00	60.325	2	6.350	599.758

注:1. 可参照表中第12栏数据选择攻螺纹前的麻花钻直径。

2. 螺纹收尾长度( $V$ )为3.47 $P$ 。

### (3) 公差

1) 圆锥管螺纹基准平面的轴向位置极限偏差为  $\pm 1P$ 。

2) 大径和小径公差应随其中径尺寸的变化而变化, 以保证螺纹牙顶高和牙底高尺寸在规定的公差范围内, 见表 4-26。

3) 圆锥管螺纹的单项要素极限偏差 (表 4-28)。

**表 4-28 圆锥管螺纹的单项要素极限偏差**

在 25.4mm 轴向长度 内所包含的 牙数 $n$	中径线锥度 (1/16) 的极限 偏差	有效螺纹的 导程累积 偏差/mm	牙侧角极限 偏差 / ( $^{\circ}$ )
27	+ 1/96 - 1/192	$\pm 0.076$	$\pm 1.25$
18, 14			$\pm 1$
11.5, 8			$\pm 0.75$

注: 对有效螺纹长度大于 25.4mm 的螺纹, 其导程累积误差的最大测量跨度为 25.4mm。

### 4. 圆柱内螺纹的基本尺寸及公差

1) 圆柱内螺纹大径、中径和小径的基本尺寸应分别与圆锥螺纹在基准平面内的大径、中径和小径基本尺寸相等 (见表 4-27)。

2) 基准平面的位置: 圆柱内螺纹基准平面的理论位置位于垂直于螺纹轴线的端面内。

3) 大径和小径公差: 应随其中径尺寸的变化而变化, 以保证螺纹牙顶高和牙底高尺寸在所规定的公差范围内, 见表 4-26。

4) 圆柱内螺纹基准平面的位置极限偏差为  $\pm 1.5P$ 。

5) 圆柱内螺纹的极限尺寸见表 4-29。

**表 4-29 圆柱内螺纹的极限尺寸**

螺纹 尺寸代号	在 25.4mm 长度内 所包含的牙数 $n$	中径/mm		小径/mm
		max	min	min
1/8	27	9.578	9.401	8.636
1/4	18	12.619	12.355	11.227
3/8	18	16.058	15.794	14.656
1/2	14	19.942	19.601	18.161
3/4	14	25.288	24.948	23.495
1	11.5	31.669	31.255	29.489
1 1/4	11.5	40.424	40.010	38.252
1 1/2	11.5	46.495	46.081	44.323
2	11.5	58.532	58.118	56.363
2 1/2	8	70.457	69.860	67.310
3	8	86.365	85.771	83.236
3 1/2	8	99.073	98.478	95.936
4	8	111.730	111.135	108.585

注：可参照最小小径数据选择攻螺纹前的麻花钻直径。

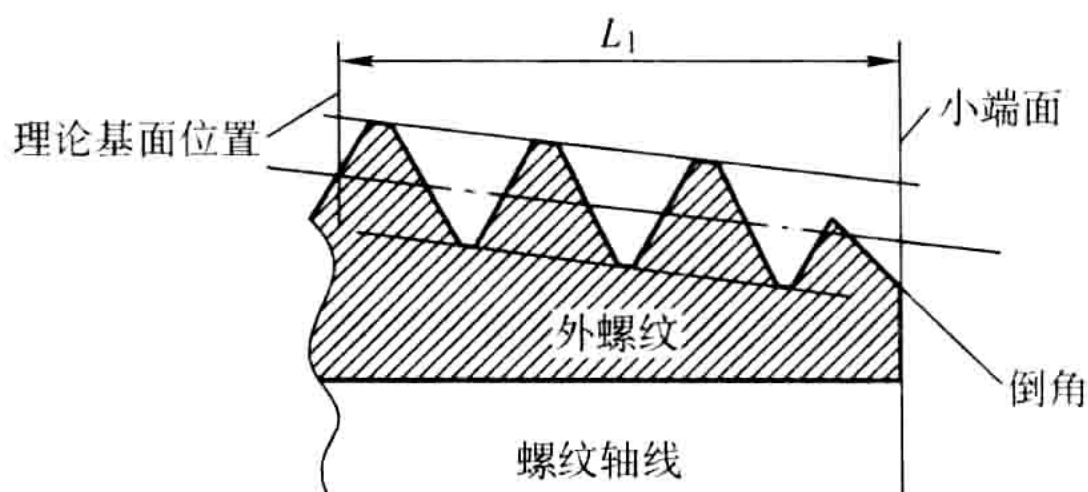
## 5. 有效螺纹的长度

圆锥外螺纹的有效螺纹长度不应小于其基准距离的实际尺寸与装配余量之和。内螺纹的有效螺纹长度不应小于其基准平面位置的实际偏差、基准距离的基本尺寸与装配余量之和。

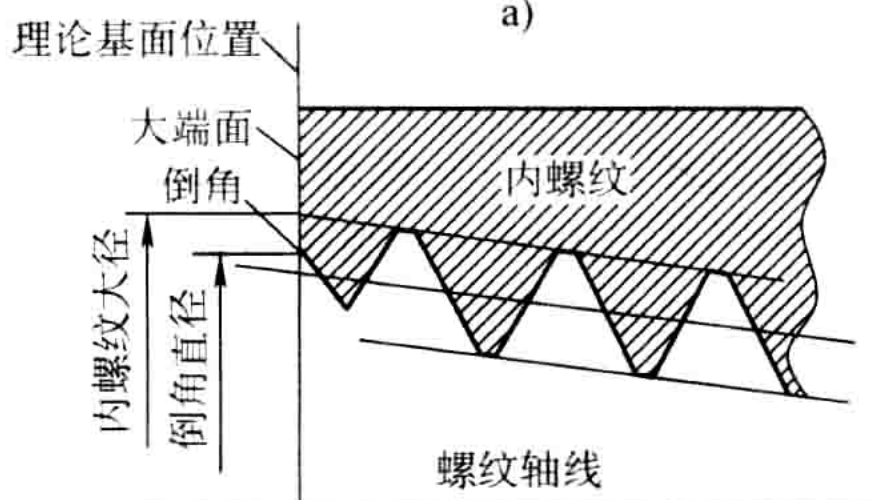
## 6. 倒角对基准平面理论位置的影响

1) 在外螺纹的小端面倒角，其基准平面的理论位置不变，如图 4-16a 所示。

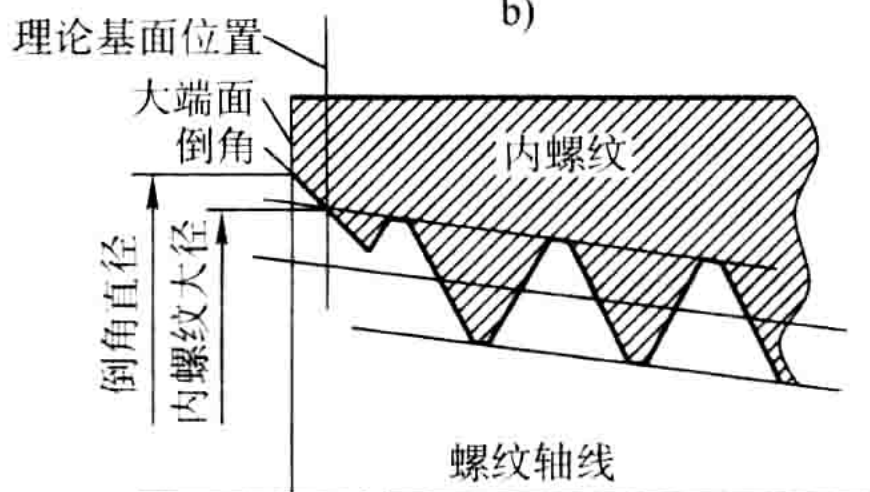
2) 在内螺纹的大端面倒角，如倒角直径小于或等于



a)



b)



c)

图 4-16 倒角对基准平面理论位置的影响

大端面上内螺纹的大径，则基准平面的轴向理论位置不变，如图 4-16b 所示。

3) 在内螺纹的大端面倒角，如倒角的直径大于大端面上内螺纹的大径，则基准平面的理论位置位于内螺纹大径圆锥或大径圆柱与倒角圆锥相交的轴向位置处，如图 4-16c 所示。

## 7. 螺纹特征代号及标记示例

管螺纹的标记由螺纹特征代号和螺纹尺寸代号组成（尺寸代号见表 4-27）。

螺纹特征代号：NPT——圆锥管螺纹；

NPSC——圆柱内螺纹。

标记示例：尺寸代号为 3/4 单位的右旋圆柱内螺纹

NPSC3/4

尺寸代号为 6 的右旋圆锥内螺纹或圆锥外螺纹 NPT6

当螺纹为左旋时，应在尺寸代号后面加注“LH”。

尺寸代号为 14 的左旋圆锥内螺纹或圆锥外螺纹 NPT 14-LH。

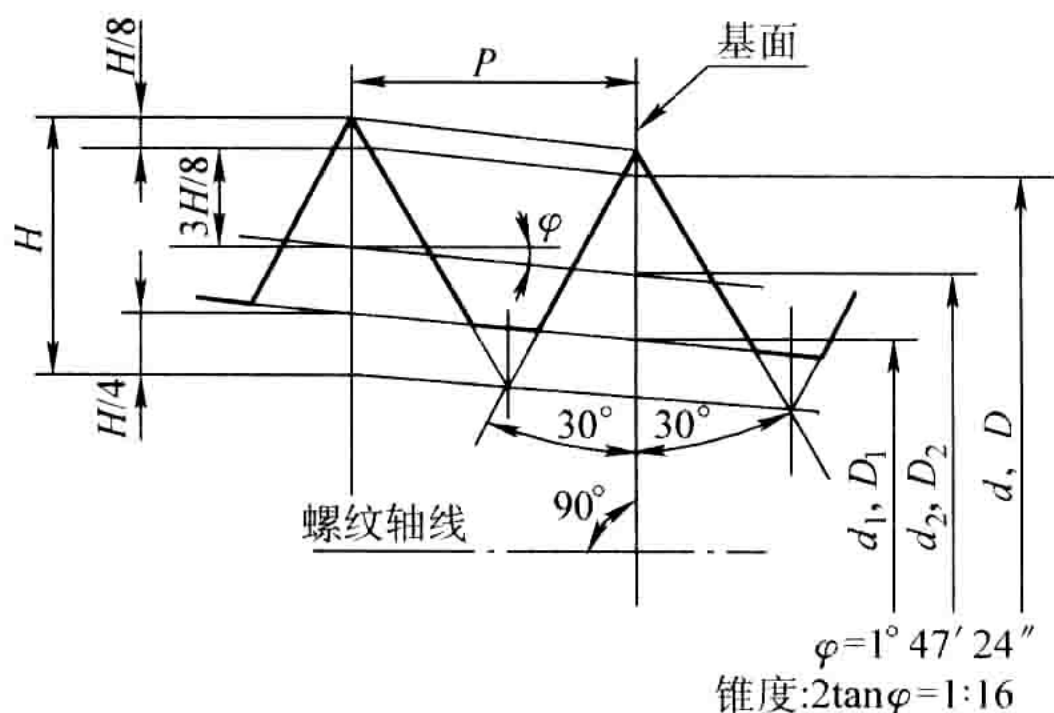
## （五）米制密封螺纹

GB/T 1415—2008 规定米制密封螺纹（Mc、Mp）有两种配合方式：圆柱内螺纹与圆锥外螺纹组成“柱/锥”配合，圆锥内螺纹与圆锥外螺纹组成“锥/锥”配合。为提高密封性，允许在螺纹配合面加密封填料。

### 1. 牙型

1) 米制密封圆柱内螺纹的牙型见表 4-1 中图。

2) 米制密封圆锥管螺纹的设计牙型见图 4-17。



$$H = \frac{\sqrt{3}}{2}P = 0.866025404P \quad \frac{H}{4} = 0.216506351P$$

$$\frac{5}{8}H = 0.541265877P \quad \frac{H}{8} = 0.108253175P$$

图 4-17 米制密封圆锥管螺纹的设计牙型

## 2. 基准平面位置

圆锥外螺纹基准平面的理论位置在垂直于螺纹轴线、与小端面相距一个基准距离的平面内。内螺纹基准平面的理论位置在垂直于螺纹轴线的端面内（图 4-18）。

## 3. 基本尺寸

米制密封螺纹的基本尺寸见表 4-30。外螺纹上的轴向尺寸分布位置见图 4-18。

其中:  $D_2 = d_2 = D - 0.6495P$ ;

$D_1 = d_1 = D - 1.0825P$ 。



表 4-30 米制密封螺纹的基本尺寸

(单位: mm)

螺纹公称直径 $D, d$	螺距 $P$	基准平面内的直径 <sup>①</sup>			基准距离 <sup>②</sup>		最小有效螺纹长度 <sup>②</sup>	
		大径 $D, d$	中径 $D_2, d_2$	小径 $D_1, d_1$	标准型 $L_1$	短型 $L_{1短}$	标准型 $L_2$	短型 $L_{2短}$
8	1	8.000	7.350	6.917	5.500	2.500	8.000	5.500
10	1	10.000	9.350	8.917	5.500	2.500	8.000	5.500
12	1	12.000	11.350	10.917	5.500	2.500	8.000	5.500
14	1.5	14.000	13.026	12.376	7.500	3.500	11.000	8.500
16	1	16.000	15.350	14.917	5.500	2.500	8.000	5.500
	1.5	16.000	15.026	14.376	7.500	3.500	11.000	8.500
20	1.5	20.000	19.026	18.376	7.500	3.500	11.000	8.500
27	2	27.000	25.701	24.835	11.000	5.000	16.000	12.000
33	2	33.000	31.701	30.835	11.000	5.000	16.000	12.000
42	2	42.000	40.701	30.835	11.000	5.000	16.000	12.000
48	2	48.000	46.701	45.835	11.000	5.000	16.000	12.000
60	2	60.000	58.701	57.835	11.000	5.000	16.000	12.000
72	3	72.000	70.051	68.752	16.500	7.500	24.000	18.000
76	2	76.000	74.701	73.835	11.000	5.000	16.000	12.000
90	2	90.000	88.701	87.835	11.000	5.000	16.000	12.000
	3	90.000	88.051	86.752	16.500	7.500	24.000	18.000
115	2	115.000	113.701	112.835	11.000	5.000	16.000	12.000
	3	115.000	113.051	111.752	16.500	7.500	24.000	18.000
140	2	140.000	138.701	137.835	11.000	5.000	16.000	12.000
	3	140.000	138.051	136.752	16.500	7.500	24.000	18.000
170	3	170.000	168.051	166.752	16.500	7.500	24.000	18.000

① 对圆锥螺纹,不同轴向位置平面内的螺纹直径数值是不同的。要注意各直径的轴向位置。

② 基准距离有两种型式:标准型和短型。两种基准距离分别对应两种型式的最小有效螺纹长度。标准型基准距离  $L_1$  和标准型最小有效螺纹长度  $L_2$  适用于由圆锥内螺纹与圆锥外螺纹组成的“锥/锥”配合螺纹;短型基准距离  $L_{1短}$  和短型最小有效螺纹长度  $L_{2短}$  适用于由圆柱内螺纹与圆锥外螺纹组成的“柱/锥”配合螺纹。选择时要注意两种配合形式对应两组不同的基准距离和最小有效螺纹长度,避免选择错误。

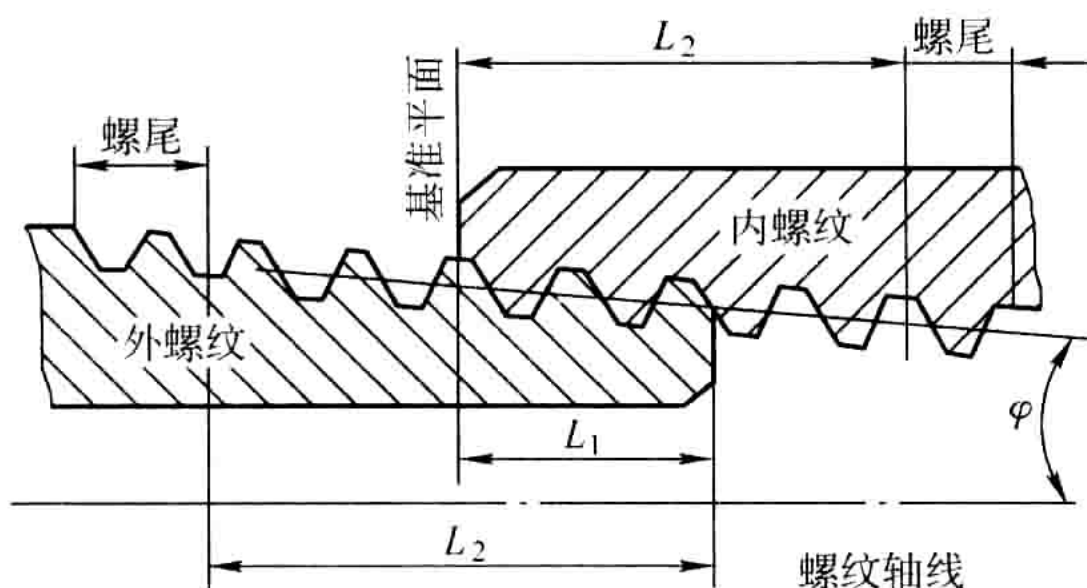


图 4-18 米制密封螺纹基准平面理论位置  
及轴向尺寸分布位置

#### 4. 公差

圆锥螺纹基准平面位置的极限偏差见表 4-31。

圆柱内螺纹的中径公差带为  $5H$ ，小径公差带为  $4H$ ，其公差值在普通螺纹公差表中查取。圆柱内螺纹的大径极限偏差见表 4-32。

表 4-31 圆锥螺纹基准平面位置的极限偏差

(单位: mm)

螺距 $P$	外螺纹基准平面的极限 偏差 ( $\pm T_1/2$ )	内螺纹基准平面的极限 偏差 ( $\pm T_2/2$ )
1	0.7	1.2
1.5	1	1.5
2	1.4	1.8
3	2	3

表 4-32 圆柱内螺纹的大径极限偏差

(单位:mm)

螺距 $P$	螺纹大径极限偏差
1	$\pm 0.045$
1.5	$\pm 0.065$
2	$\pm 0.085$
3	$\pm 0.105$

### 5. 螺纹长度

米制密封圆锥螺纹的最小有效螺纹长度不应小于表 4-30 的规定值。米制密封圆柱内螺纹的最小有效螺纹长度不应小于表 4-30 规定值的 80%。

### 6. 螺纹代号及标记示例

米制密封螺纹的完整标记由螺纹特征代号、尺寸代号和基准距离组别代号组成。

1) 圆锥螺纹的特征代号为  $M_c$ 。

2) 圆柱内螺纹的特征代号为  $M_p$ 。

3) 基准距离组别代号:采用标准型基准距离时,可以省略基准距离组别代号(N);采用短型基准距离时,标注组别代号“S”,中间用“-”分开。

4) 对左旋螺纹,应在基准距离组别代号后标注“LH”,右旋螺纹不标注旋向代号。

示例:

公称直径为 12mm、螺距为 1mm、标准型基准距离的右旋圆锥管螺纹:  $M_c12 \times 1$ ;

公称直径为 20mm、螺距为 1.5mm、短型基准距离的右

旋圆锥管螺纹:  $Mc20 \times 1.5-S$ ;

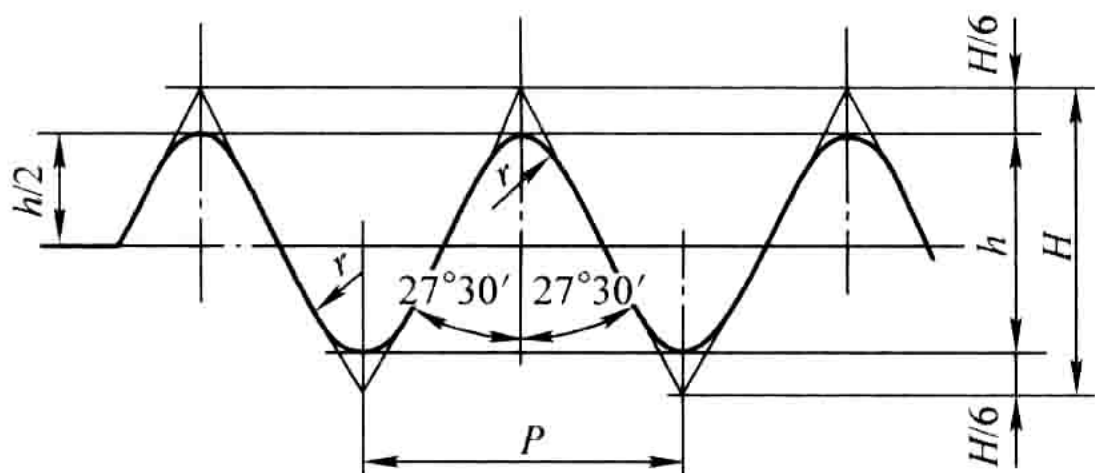
公称直径为 42mm、螺距为 2mm、短型基准距离的左旋圆柱螺纹:  $Mc42 \times 2-S-LH$ 。

与圆锥外螺纹配合的圆柱内螺纹采用米制普通螺纹, 其牙型、基本尺寸、公差值同米制普通螺纹。

## (六) 寸制惠氏螺纹

### 1. 牙型

寸制惠氏螺纹的设计牙型如图 4-19 所示。



$$H = 0.960491P \quad h = 0.640327P$$

$$\frac{H}{6} = 0.160082P \quad r = 0.137329P$$

图 4-19 寸制惠氏螺纹的设计牙型

### 2. 寸制惠氏螺纹的标准系列(表 4-33)

### 3. 基本尺寸

惠氏粗牙螺纹和细牙螺纹基本尺寸分别见表 4-34 和表 4-35, 特殊系列惠氏螺纹基本尺寸按下列公式计算

$$D_2 = d_2 = D - 0.640327P$$

$$D_1 = d_1 = D - 1.280654P$$

表 4-33 惠氏螺纹的标准系列

公称直径 /in	牙 数		公称直径 /in	牙 数	
	粗牙 (B. S. W.)	细牙 (B. S. F.)		粗牙 (B. S. W.)	细牙 (B. S. F.)
1/8	(40)	—	1 1/2	6	8
3/16	24	(32)	1 5/8	—	(8)
7/32	—	(28)	1 3/4	5	7
1/4	20	26	2	4.5	7
9/32	—	(26)	2 1/4	4	6
5/16	18	22	2 1/2	4	6
3/8	16	20	2 3/4	3.5	6
7/16	14	18	3	3.5	5
1/2	12	16	3 1/4	(3.25)	5
9/16	(12)	16	3 1/2	3.25	4.5
5/8	11	14	3 3/4	(3)	4.5
11/16	(11)	(14)	4	3	4.5
3/4	10	12	4 1/4	—	4
7/8	9	11	4 1/2	2.875	—
1	8	10	5	2.75	—
1 1/8	7	9	5 1/2	2.625	—
1 1/4	7	9	6	2.5	—
1 3/8	—	(8)			

注：优先选用不带括号的牙数。1 in = 25.4 mm，全书后同。

表 4-34 惠氏粗牙螺纹 (B. S. W.) 的基本尺寸  
(单位: in)

公称直径	牙数	螺距	牙高	大径	中径	小径
1/8	40	0.02500	0.0160	0.1250	0.1090	0.0930
3/16	24	0.04167	0.0267	0.1875	0.1608	0.1341
1/4	20	0.05000	0.0320	0.2500	0.2180	0.1860

(续)

公称直径	牙数	螺距	牙高	大径	中径	小径
5/16	18	0.05556	0.0356	0.3125	0.2769	0.2413
3/8	16	0.06250	0.0400	0.3750	0.3350	0.2950
7/16	14	0.07143	0.0457	0.4375	0.3198	0.3461
1/2	12	0.08333	0.0534	0.5000	0.4466	0.3932
9/16	12	0.08333	0.0534	0.5625	0.5091	0.4557
5/8	11	0.09091	0.0582	0.6250	0.5668	0.5086
11/16	11	0.09091	0.0582	0.6875	0.6293	0.5711
3/4	10	0.10000	0.0640	0.7500	0.6860	0.6220
7/8	9	0.11111	0.0711	0.8750	0.8039	0.7328
1	8	0.12500	0.0800	1.0000	0.9200	0.8400
1 1/8	7	0.14286	0.0915	1.1250	1.0335	0.9420
1 1/4	7	0.14286	0.0915	1.2500	1.1585	1.0670
1 1/2	6	0.16667	0.1067	1.5000	1.3933	1.2866
1 3/4	5	0.20000	0.1281	1.7500	1.6219	1.4938
2	4.5	0.22222	0.1423	2.0000	1.8577	1.7154
2 1/4	4	0.25000	0.1601	2.2500	2.0899	1.9298
2 1/2	4	0.25000	0.1601	2.5000	2.3399	2.1798
2 3/4	3.5	0.28571	0.1830	2.7500	2.5670	2.3840
3	3.5	0.28571	0.1830	3.0000	2.8170	2.6340
3 1/4	3.25	0.30769	0.1970	3.2500	3.0530	2.8560
3 1/2	3.25	0.30769	0.1970	3.5000	3.3030	3.1060
3 3/4	3	0.33333	0.2134	3.7500	3.5366	3.3232
4	3	0.33333	0.2134	4.0000	3.7866	3.5732
4 1/2	2.875	0.34783	0.2227	4.5000	4.2773	4.0546
5	2.75	0.36364	0.2328	5.0000	4.7672	4.5344
5 1/2	2.625	0.38095	0.2439	5.5000	5.2561	5.0122
6	2.5	0.40000	0.2561	6.0000	5.7439	5.4878

表 4-35 惠氏细牙螺纹 (B. S. F.) 的基本尺寸  
(单位: in)

公称直径	牙数	螺距	牙高	大径	中径	小径
3/16	32	0.03125	0.0200	0.1875	0.1675	0.1475
7/32	28	0.03571	0.0229	0.2188	0.1959	0.1730
1/4	26	0.03846	0.0246	0.2500	0.2254	0.2008
9/32	26	0.03846	0.0246	0.2812	0.2566	0.2320
5/16	22	0.04545	0.0291	0.3125	0.2834	0.2543
3/8	20	0.05000	0.0320	0.3750	0.3430	0.3110
7/16	18	0.05556	0.0356	0.4375	0.4019	0.3663
1/2	16	0.06250	0.0400	0.5000	0.4600	0.4200
9/16	16	0.06250	0.0400	0.5625	0.5225	0.4825
5/8	14	0.07143	0.0457	0.6250	0.5793	0.5336
11/16	14	0.07143	0.0457	0.6875	0.6418	0.5961
3/4	12	0.08333	0.0534	0.7500	0.6966	0.6432
7/8	11	0.09091	0.0582	0.8750	0.8168	0.7586
1	10	0.10000	0.0640	1.0000	0.9360	0.8720
1 1/8	9	0.11111	0.0711	1.1250	1.0539	0.9828
1 1/4	9	0.11111	0.0711	1.2500	1.1789	1.1078
1 3/8	8	0.12500	0.0800	1.3750	1.2950	1.2150
1 1/2	8	0.12500	0.0800	1.5000	1.4200	1.3400
1 5/8	8	0.12500	0.0800	1.6250	1.5450	1.4650
1 3/4	7	0.14286	0.0915	1.7500	1.6585	1.5670
2	7	0.14286	0.0915	2.0000	1.9085	1.8170
2 1/4	6	0.16667	0.1067	2.2500	2.1433	2.0366
2 1/2	6	0.16667	0.1067	2.5000	2.3933	2.2866
2 3/4	6	0.16667	0.1067	2.7500	2.6433	2.5366
3	5	0.20000	0.1281	3.0000	2.8719	2.7438
3 1/4	5	0.20000	0.1281	3.2500	3.1219	2.9938







(续)

2) 基本齿条齿廓

基本齿条 齿廓类型	几何参数					推荐使用场合
	$\alpha_p$	$h_{ap}$	$c_p$	$h_{fp}$	$\rho_{fp}$	
A	$20^\circ$	$1m$	$0.25m$	$1.25m$	$0.38m$	用于传递大转矩的齿轮
B	$20^\circ$	$1m$	$0.25m$	$1.25m$	$0.3m$	用于通常的场合。 用标准滚刀加工时， 可用 C 型
C	$20^\circ$	$1m$	$0.25m$	$1.25m$	$0.25m$	
D	$20^\circ$	$1m$	$0.4m$	$1.4m$	$0.39m$	齿根圆角为单圆弧齿根圆角。用于高精度、传递大转矩齿轮

GB/T 1356—2001《通用机械和重型机械用圆柱齿轮标准基本齿条齿廓》规定了通用机械和重型机械用渐开线圆柱齿轮（外齿或内齿）的基本齿条齿廓的特性。标准适用于 GB/T 1357—1987 规定的模数  $m \geq 1\text{mm}$  的标准模数。

## (2) 代号和单位（表 4-37）

表 4-37 代号和单位

符号	意 义	单位
$c_p$	标准基本齿条轮齿与相啮标准基本齿条轮齿之间的顶隙	mm
$e_p$	标准基本齿条轮齿齿槽宽	mm

(续)

符号	意 义	单位
$h_{ap}$	标准基本齿条轮齿齿顶高	mm
$h_{fp}$	标准基本齿条轮齿齿根高	mm
$h_{Ffp}$	标准基本齿条轮齿齿根直线部分的高度	mm
$h_p$	标准基本齿条的齿高	mm
$h_{wp}$	标准基本齿条和相啮标准基本齿条轮齿的有效齿高	mm
$m$	模数	mm
$p$	齿距	mm
$s_p$	标准基本齿条轮齿的齿厚	mm
$\alpha_p$	压力角	(°)
$\rho_{fp}$	基本齿条的齿根圆角半径	mm

## (3) 渐开线圆柱齿轮模数系列 (表 4-38)

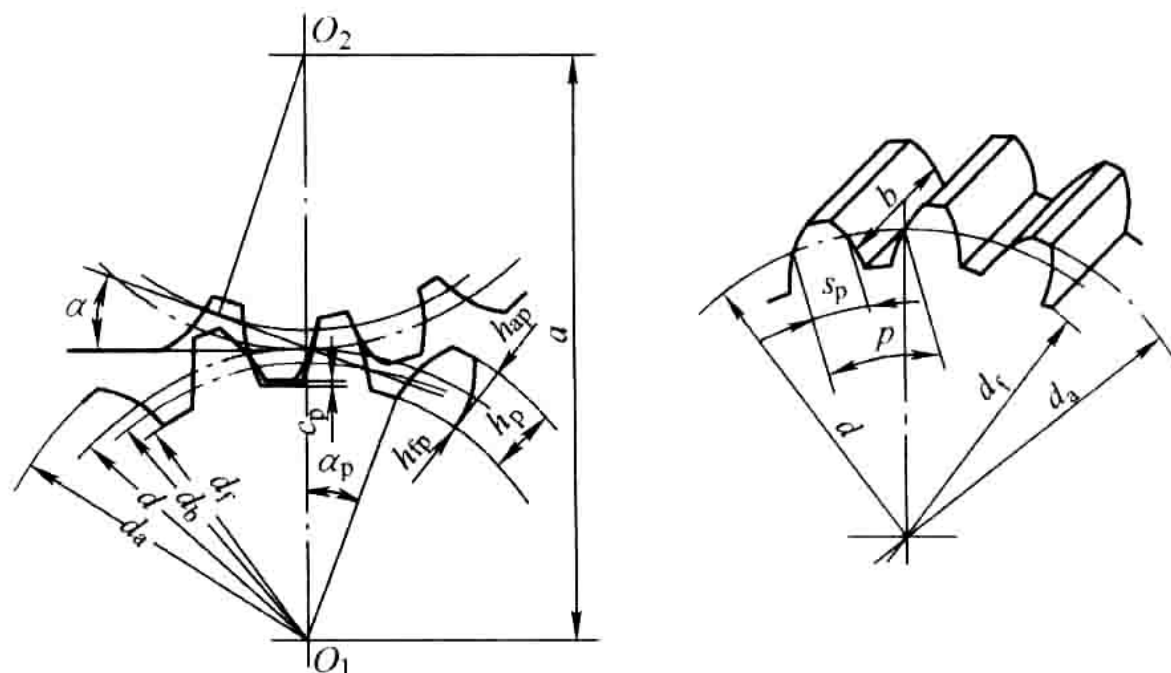
**表 4-38 渐开线圆柱齿轮模数**  
(GB/T 1357—2008) 系列

第一系列	1 1.25 1.5 2 2.5 3 4 5 6 8 10 12 16 20 25 32 40 50
第二系列	1.125 1.375 1.75 2.25 2.75 3.5 4.5 5.5 (6.5) 7 9 (11) 14 18 22 28 36 45

**2. 圆柱齿轮的几何尺寸计算**

## (1) 外啮合标准圆柱齿轮几何尺寸计算 (表 4-39)

表 4-39 外啮合标准圆柱齿轮几何尺寸计算



## 直 齿 轮

项目	名称	代号	计算公式	说明
基本参数	模数	$m$	—	按规定选取
	齿数	$z$	—	按传动要求确定
	压力角	$\alpha_p$	$\alpha_p = 20^\circ$	—
	齿顶高系数	$h_a$	$h_a = 1$	—
	顶隙系数	$c_p$	$c_p = 0.25$	—
几何尺寸	分度圆直径	$d$	$d = mz$	—
	齿顶高	$h_{ap}$	$h_{ap} = h_a m = m$	—
	齿根高	$h_{fp}$	$h_{fp} = (h_a + c_p) m = 1.25m$	—
	齿高	$h_p$	$h_p = h_{ap} + h_{fp} = 2.25m$	—
	齿顶圆直径	$d_a$	$d_a = d + 2h_{ap} = m(z + 2)$	—
	齿根圆直径	$d_f$	$d_f = d - 2h_{fp} = m(z - 2.5)$	—
	齿距	$p$	$p = \pi m$	—

(续)

## 直 齿 轮

项目	名称	代号	计算公式	说明
几何尺寸	齿厚	$s_p$	$s_p = \frac{p}{2} = \frac{\pi m}{2}$	—
	齿宽	$b$	$b$	齿的轴向长度
	中心距	$a$	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$	—

## 斜 齿 轮

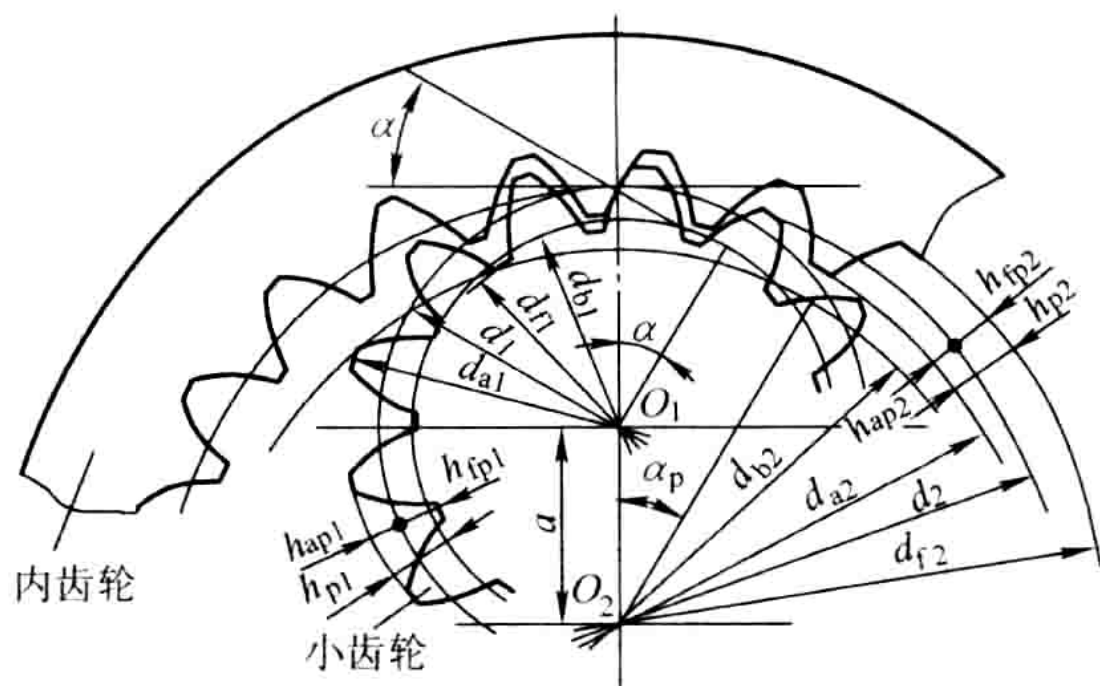
项目	名称	代号	计算公式	说明
基本参数	模数	$m$	$m_n = m_t \cos \beta$ $m_t$ ——端面模数 $m_n$ ——法面模数	按规定选取
	齿数	$z$	—	按传动要求确定
	压力角	$\alpha_p$	$\alpha_{pn} = 20^\circ$	—
	分度圆螺旋角	$\beta$	—	常在 $8^\circ \sim 20^\circ$ 内选择
	齿顶高系数	$h_a$	$h_{an} = 1$	—
	顶隙系数	$c_p$	$c_{pn} = 0.25$	—
几何尺寸	分度圆直径	$d$	$d = \frac{m_n z}{\cos \beta}$	—
	齿顶高	$h_{ap}$	$h_{ap} = h_{an} m_n = m_n$	—
	齿根高	$h_{fp}$	$h_{fp} = (h_{an} + c_p) m_n = 1.25 m_n$	—
	齿高	$h_p$	$h_p = h_{ap} + h_{fp} = 2.25 m_n$	—
	齿顶圆直径	$d_a$	$d_a = d + 2h_{ap}$	—
	齿根圆直径	$d_f$	$d_f = d - 2h_{fp}$	—

斜 齿 轮

项目	名称	代号	计算公式	说明
几何尺寸	齿距	$p$	$p = \pi m_n$	—
	齿厚	$s_p$	$s_{pn} = \frac{p_n}{2} = \frac{\pi m_n}{2}$	—
	齿宽	$b$	$b$	齿的轴向长度
	中心距	$a$	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m_n(z_1 + z_2)}{2 \cos \beta}$	—

(2) 内啮合标准圆柱齿轮几何尺寸计算 (表 4-40)

表 4-40 内啮合标准圆柱齿轮几何尺寸计算



(续)

项目	名称	代号	计算公式	说明
基本参数	模数	$m$	—	按规定选取
	齿数	$z$	一般取 $z_2 - z_1 > 10$	按传动要求确定
	分度圆压力角	$\alpha_p$	$\alpha_p = 20^\circ$	—
	齿顶高系数	$h_a$	$h_a = 1$	—
	顶隙系数	$c_p$	$c_p = 0.25$	—
几何尺寸	分度圆直径	$d_2$	$d_2 = z_2 m$	—
	基圆直径	$d_{b2}$	$d_{b2} = d_2 \cos \alpha$	—
	齿顶圆直径	$d_{a2}$	$d_{a2} = d_2 - 2h_a m + \Delta d_a$ $\Delta d_a = \frac{2h_a m}{z_2 \tan^2 \alpha_p}$ 当 $h_a = 1, \alpha_p = 20^\circ$ 时, $\Delta d_a = \frac{15.1m}{z_2}$	—
	齿根圆直径	$d_{f2}$	$d_{f2} = d_2 + 2(h_a + c_p)m$	—
	全齿高	$h_{p2}$	$h_{p2} = \frac{1}{2}(d_{f2} - d_{a2})$	—
	中心距	$a$	$a = \frac{1}{2}(z_2 - z_1)m$	—

### 3. 精度等级及其选择

(1) 精度等级 渐开线圆柱齿轮精度标准 (GB/T 10095.1 ~ 2—2008) 中共有 13 个精度等级, 用数字 0 ~ 12 由高到低的顺序排列, 0 级精度最高, 12 级精度最低。

0 ~ 2 级是有待发展的精度等级, 齿轮各项偏差的允许值很小, 目前我国只有少数企业能制造和检验测量 2 级精度的齿轮。通常, 将 3 ~ 5 级精度称为高精度, 将 6 ~ 8 级称为中等精度, 而将 9 ~ 12 级称为低精度。

径向综合偏差的精度等级由  $F''_i$ 、 $f''_i$  的 9 个等级组成, 其中 4 级精度最高, 12 级精度最低。

齿轮精度等级见表 4-41, 齿轮各项偏差代号名称见表 4-42。

表 4-41 齿轮精度等级

标准	偏差项目	精度等级												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GB/T 10095. 1	$f_{pt}$ 、 $F_{pk}$ 、 $F_p$ 、 $F_{\alpha}$ 、 $F_{\beta}$ 、 $F'_i$ 、 $f'_i$													
GB/T 10095. 2	$F_r$													
	$F''_i$ 、 $f''_i$													

表 4-42 齿轮各项偏差代号名称

代号	名 称
$f_{pt}$	单个齿距偏差
$F_{pk}$	齿距累积偏差

(续)

代号	名 称
$F_p$	齿距累积总偏差
$F_\alpha$	齿廓总偏差
$F_\beta$	螺旋线总偏差、总公差
$F'_i$	切向综合总偏差、总公差
$f'_i$	一齿切向综合偏差、综合公差
$F_r$	径向圆跳动偏差、径向圆跳动公差
$F''_i$	径向综合总偏差、综合公差
$f''_i$	一齿径向综合偏差、综合公差

## (2) 精度等级的选择

1) 在给定的技术文件中, 如果所要求的齿轮精度规定为 GB/T 10095.1 的某级精度而无其他规定时, 则齿距偏差 ( $f_{pt}$ 、 $F_{pk}$ 、 $F_p$ )、齿廓偏差 ( $F_\alpha$ )、螺旋线偏差 ( $F_\beta$ ) 的允许值均按该精度等级。

2) GB/T 10095.1 规定, 可按供需双方协议对工作齿面和非工作齿面规定不同的精度等级, 或对不同的偏差项目规定不同的精度等级。另外, 也可仅对工作齿面规定所要求的精度等级。

3) 径向综合偏差精度等级不一定与 GB/T 10095.1 中的要素偏差 (如齿距、齿廓、螺旋线) 选用相同的等级。当文件需叙述齿轮精度要求时, 应注明 GB/T 10095.1 或 GB/T 10095.2。

4) 选择齿轮精度等级时, 必须根据其用途、工作条件等要求来确定, 即必须考虑齿轮的工作速度、传递功率、工作的持续时间、机械振动、噪声和使用寿命等方面



的要求。齿轮精度等级可用算法确定，但目前企业界主要是采用经验法（或表格法）。表 4-43 为各类机器传动中所应用的齿轮精度等级，表 4-44 为各精度等级齿轮的适用范围。

**表 4-43 各类机器传动中所应用的齿轮精度等级**

产品类型	精度等级	产品类型	精度等级
测量齿轮	2 ~ 5	航空发动机	4 ~ 8
透平齿轮	3 ~ 6	拖拉机	6 ~ 9
金属切削机床	3 ~ 8	通用减速器	6 ~ 9
内燃机车	6 ~ 7	轧钢机	6 ~ 10
汽车底盘	5 ~ 8	矿用绞车	8 ~ 10
轻型汽车	5 ~ 8	起重机械	7 ~ 10
载重汽车	6 ~ 9	农业机械	8 ~ 11

**表 4-44 各精度等级齿轮的适用范围**

精度等级	工作条件与适用范围	圆周速度 / (m/s)		齿面的 最后加工
		直齿	斜齿	
3	用于最平稳且无噪声的极高速下工作的齿轮，特别精密的分度机构齿轮，特别精密机械中的齿轮，控制机构齿轮，检测 5、6 级的测量齿轮	> 50	> 75	特精密的磨齿和珩磨用精密滚刀滚齿或单边剃齿后的大多数不经淬火的齿轮
4	用于精密分度机构的齿轮，特别精密机械中的齿轮，高速透平齿轮，控制机构齿轮，检测 7 级的测量齿轮	> 40	> 70	精密磨齿，大多数用精密滚刀滚齿和珩齿或单边剃齿

(续)

精度等级	工作条件与适用范围	圆周速度 / (m/s)		齿面的 最后加工
		直齿	斜齿	
5	用于高平稳且低噪声的高速传动中的齿轮, 精密机构中的齿轮, 透平传动的齿轮, 检测8、9级的测量齿轮 重要的航空、船用齿轮箱齿轮	> 20	> 40	精密磨齿, 大多数用精密滚刀加工, 进而研齿或剃齿
6	用于高速下平稳工作, 需要高效率及低噪声的齿轮, 航空、汽车用齿轮, 读数装置中的精密齿轮, 机床传动链齿轮, 机床传动齿轮	≤ 15	≤ 30	精密磨齿或剃齿
7	在高速和适度功率或大功率和适当速度下工作的齿轮, 机床变速箱进给齿轮, 高速减速器的齿轮, 起重机齿轮, 汽车以及读数装置中的齿轮	≤ 10	≤ 15	无需热处理的齿轮, 用精密刀具加工 对于淬硬齿轮必须精整加工(磨齿、研齿、珩磨)
8	一般机器中无特殊精度要求的齿轮, 机床变速齿轮, 汽车制造业中不重要齿轮, 冶金、起重、机械齿轮, 通用减速器的齿轮, 农业机械中的重要齿轮	≤ 6	≤ 10	滚、插齿均可, 不用磨齿, 必要时剃齿或研齿

(续)

精度等级	工作条件与适用范围	圆周速度 / (m/s)		齿面的 最后加工
		直齿	斜齿	
9	用于不提精度要求的粗糙工作的齿轮, 因结构上考虑, 受载低于计算载荷的传动用齿轮, 重载、低速不重要工作机械的传力齿轮, 农机齿轮	$\leq 2$	$\leq 4$	不需要特殊的精加工工序

#### 4. 齿坯公差

齿坯是指在轮齿加工前供制造齿轮用的工件。齿坯的尺寸偏差直接影响齿轮的加工精度, 影响齿轮副的接触和运行。

##### (1) 基准面的形状公差

1) 基准面的要求精度取决于齿轮精度等级和基准面的相对位置。

① 齿轮精度等级。基准面的极限值应远小于单个轮齿的公差值。

② 基准面的相对位置。一般地说, 跨距占轮齿分度圆直径的比例越大, 则给定的公差就越松。

2) 必须在齿轮图样上规定基准面的精度要求。所有基准面的形状公差应不大于表 4-45 中规定值。

3) 基准面 (轴向和径向) 应加工得与齿轮坯的实际轴孔、轴颈和肩部完全同心。

表 4-45 基准面与安装面的形状公差

确定轴线的 基准面	公差项目		
	圆度	圆柱度	平面度
两个“短的” 圆柱或圆锥形基 准面	$0.04 (L/b)$ $F_{\beta}$ 或 $0.1F_p$ 取 两者中之小值	—	—
一个“长的” 圆柱或圆锥形基 准面	—	$0.04 (L/b)$ $F_{\beta}$ 或 $0.1F_p$ 取 两者中之小值	—
一个“短的” 圆柱面和一个端 面	$0.06F_p$	—	$0.06(D_d/b)F_{\beta}$

注：1.  $L$ —轴承跨距， $b$ —齿宽， $F_{\beta}$ —螺旋线总偏差， $F_p$ —齿距累积总偏差， $D_d$ —基准面直径。

2. 齿轮坯公差应减至能经济制造的最小值。

(2) 工作及制造安装面的形状公差 工作及制造安装面的形状公差，也不能大于表 4-45 中的规定值。

(3) 工作轴线的跳动公差 当基准轴线与工作轴线不重合时，则工作安装面相对于基准轴线的跳动必须在图样上予以规定，跳动公差不应大于表 4-46 中规定值。

表 4-46 安装面的跳动公差

确定轴线的 基准面	跳动量（总的指示幅度）	
	径 向	轴 向
仅指圆柱或圆 锥形基准面	$0.15 (L/b) F_{\beta}$ 或 $0.3F_p$ 取两者中之大值	—
一个圆柱基准 面和一个端面基 准面	$0.3F_p$	$0.2 (D_d/b) F_{\beta}$

注：齿轮坯的公差应减至能经济制造的最小值。

(4) 齿轮切削和检验时使用的安装面 齿轮在制造和检验过程中, 安装齿轮时应使其旋转的实际轴线与图样上规定的基准轴线重合。

除非在制造和检验中用来安装齿轮的安装面就是基准面, 否则这些安装面相对于基准轴线的位置也必须予以控制。

(5) 齿顶圆柱面 设计者应对齿顶圆直径选择合适的公差, 以保证有最小限度的设计重合度, 并且有足够的齿顶间隙。如果将齿顶圆柱面作为基准面, 除了上述数值仍可用作尺寸公差外, 其形状公差不应大于表 4-45 中所规定的相关数值。

(6) 其他齿轮的安装面 在一个与小齿轮做成一体的轴上, 常有一段用来安装一个大齿轮。这时, 大齿轮安装面的公差应在妥善考虑大齿轮的质量要求后再选择。常用的办法是相对于已经确定的基准轴线规定允许的跳动量。

(7) 齿坯公差应用示例 (图 4-20、图 4-21)

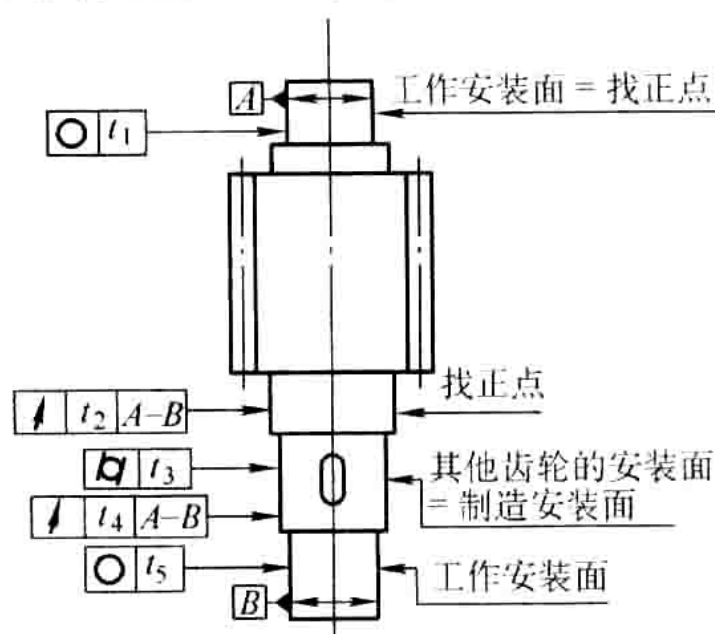


图 4-20 齿轮轴

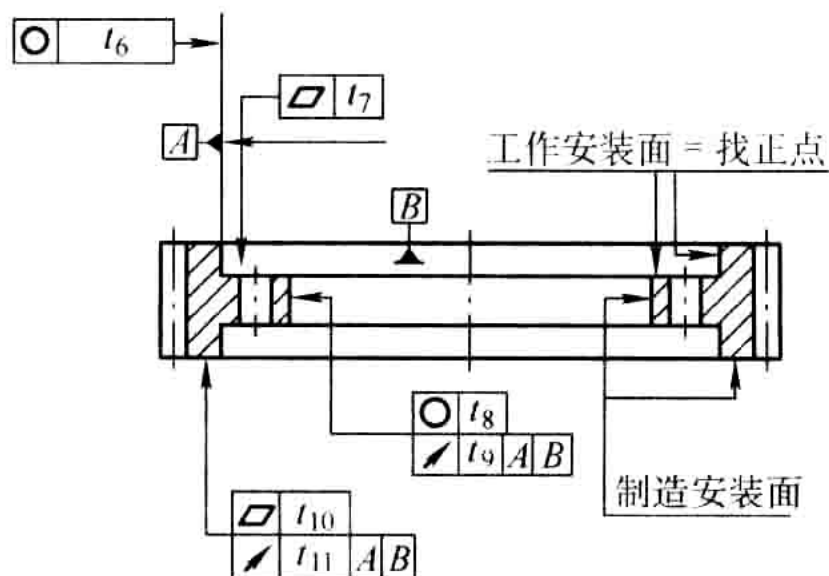


图 4-21 齿圈

## (二) 齿条

### 1. 齿条的几何尺寸计算 (表 4-47)

表 4-47 齿条的几何尺寸计算

项目	名称	代号	计算公式
基本参数	模数	$m$	
	压力角	$\alpha_p$	$\alpha_p = 20^\circ$
	齿顶高系数	$h_a$	$h_a = 1$
	顶隙系数	$c_p$	$c_p = 0.25$
	齿条齿根圆半径	$\rho_{fp}$	$\rho_{fp} = 0.38m$
几何尺寸	齿距	$p$	$p = \pi m$
	齿厚	$s_p$	$s_p = 1.5708m$
	齿顶高	$h_{ap}$	$h_{ap} = h_a m$
	齿根高	$h_{fp}$	$h_{fp} = (h_a + c_p) m$
	齿全高	$h_p$	$h_p = h_{ap} + h_{fp}$

### 2. 齿条精度 (GB/T 10096—1988)

GB/T 10096—1988 对基本齿廓符合 GB/T 1356—2001 规定的齿条及由直齿或斜齿圆柱齿轮与齿条组成的齿条副

规定了误差定义、代号、精度等级、检验与公差、侧隙和图样标注等,对法向模数  $m_n \geq 1 \sim 40\text{mm}$ 、工作齿宽到 630mm 的齿条规定了公差或极限偏差值。

### (1) 精度等级、公差组及其组合

1) 精度等级。标准对齿条及齿条副规定 12 个精度等级,第 1 级精度等级最高,第 12 级精度等级最低。

2) 公差组。按照各项误差项目的特性和对传动性能的主要影响,标准将各项公差划分为三个公差组(见表 4-48)。

表 4-48 公差组

公差组	I	II	III
公差与极限 偏差项目	$F'_i$ 、 $F_p$ 、 $F''_i$ 、 $F_r$	$f'_i$ 、 $f''_i$ 、 $f_t$ 、 $\pm f_{pt}$	$F_\beta$

3) 公差组合。根据不同的使用要求,允许各公差组选用不同的精度等级。但在同一公差组内,各项公差与极限偏差应保持相同的精度等级。

4) 齿条各项偏差代号名称见表 4-49。

表 4-49 齿条各项偏差代号名称

代 号	名 称
$F'_i$	切向综合公差
$F_p$	齿距累积公差
$F''_i$	径向综合公差
$F_r$	齿槽跳动公差
$f'_i$	一齿切向综合公差
$f''_i$	一齿径向综合公差
$f_t$	齿形公差
$\pm f_{pt}$	齿距极限偏差
$F_\beta$	齿向公差

(2) 齿厚极限偏差 齿厚极限偏差的上极限偏差  $E_{ss}$  及下极限偏差  $E_{si}$  可按表 4-50 选用。

表 4-50 齿厚极限偏差

$C = +1f_{pt}$	$G = -6f_{pt}$	$L = -16f_{pt}$	$R = -40f_{pt}$
$D = 0$	$H = -8f_{pt}$	$M = -20f_{pt}$	$S = -50f_{pt}$
$E = -2f_{pt}$	$J = -10f_{pt}$	$N = -25f_{pt}$	
$F = -4f_{pt}$	$K = -12f_{pt}$	$P = -32f_{pt}$	

例如：上极限偏差选用代号 F（等于  $-4f_{pt}$ ），下极限偏差选用代号 L（等于  $-16f_{pt}$ ），则齿厚极限偏差用代号 FL 表示，如图 4-22 所示。

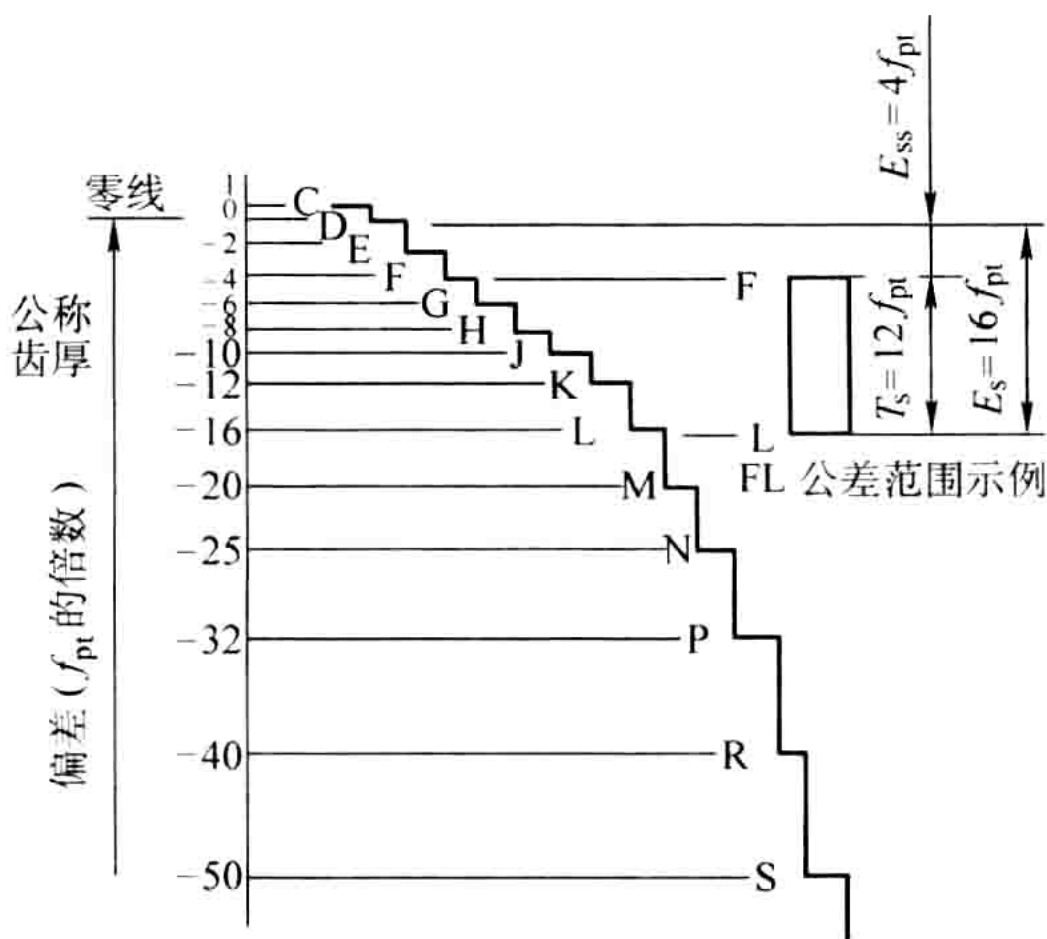


图 4-22 齿厚极限偏差代号

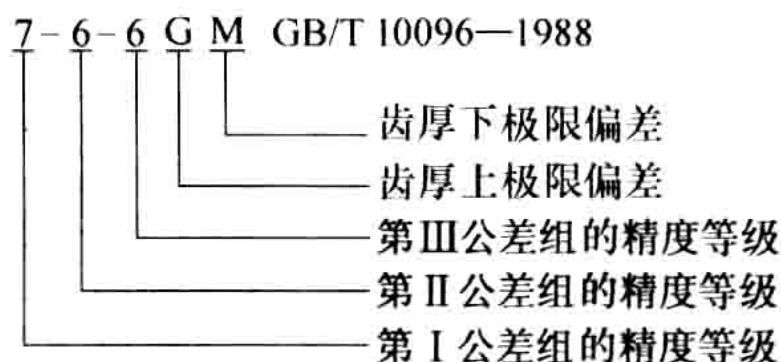
(3) 标记示例



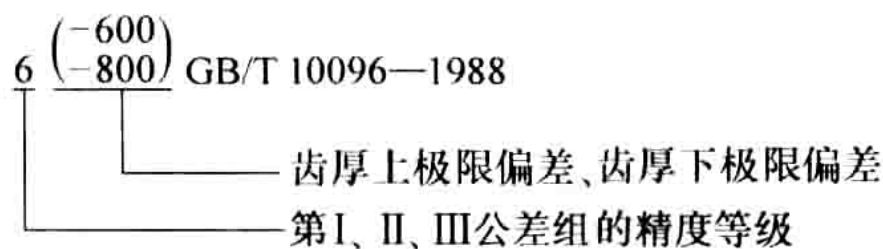
1) 齿条的三个公差组精度为 7 级, 其齿厚上极限偏差为 F, 下极限偏差为 L, 标注为:



2) 齿条第 I 公差组精度为 7 级, 第 II 公差组精度为 6 级, 第 III 公差组精度为 6 级, 齿厚上极限偏差为 G, 齿厚下极限偏差为 M, 标注为:



3) 齿条的三个公差组精度同为 6 级, 其齿厚上极限偏差为  $-600\mu\text{m}$ , 下极限偏差为  $-800\mu\text{m}$ , 标注为:



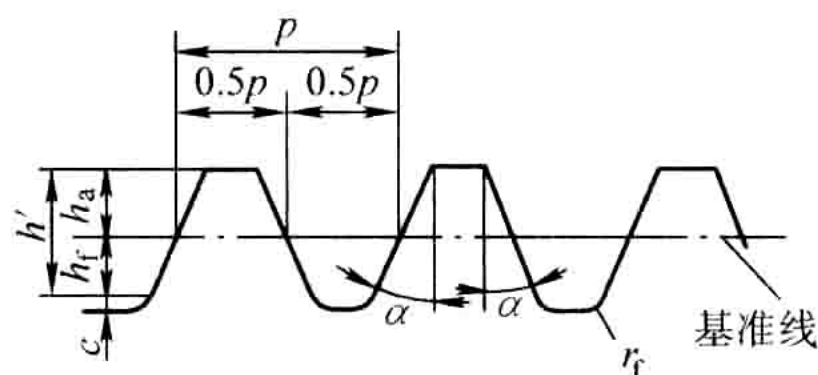
### (三) 锥齿轮

#### 1. 锥齿轮基本齿廓尺寸参数

GB/T 12369—1990《直齿及斜齿锥齿轮基本齿廓》, 对大端端面模数  $m \geq 1\text{mm}$  的直齿及斜齿锥齿轮规定了其基本齿廓的形状和尺寸参数 (见表 4-51)。

表 4-51 锥齿轮基本齿廓尺寸参数

图 示



尺寸参数

齿形角 $\alpha$	$20^\circ$ $14^\circ30'$ (根据需要采用) $25^\circ$ (根据需要采用)
齿顶高 $h_a$	$1m_n$
工作高度 $h'$	$2m_n$
齿距 $p$	$\pi m_n / \cos\beta$ (在大端端面基准面上)
顶隙 $c$	$0.2m_n$
齿根圆角半径 $r_f$	$0.3m_n$ $\geq 0.35m_n$ (在啮合允许时)

注：齿廓可以修缘，原则上在齿顶修缘，齿高方向最大值为  $0.6m_n$ ，齿厚方向最大值为  $0.02m_n$ 。

## 2. 模数

GB/T 12368—1990《锥齿轮模数》，对直齿、斜齿及曲线齿（齿线为圆弧线、长幅外摆线及准渐开线等）、锥齿轮，规定了模数系列（见表 4-52）。锥齿轮模数是指大端端面模数，代号为  $m$ ，单位为 mm。

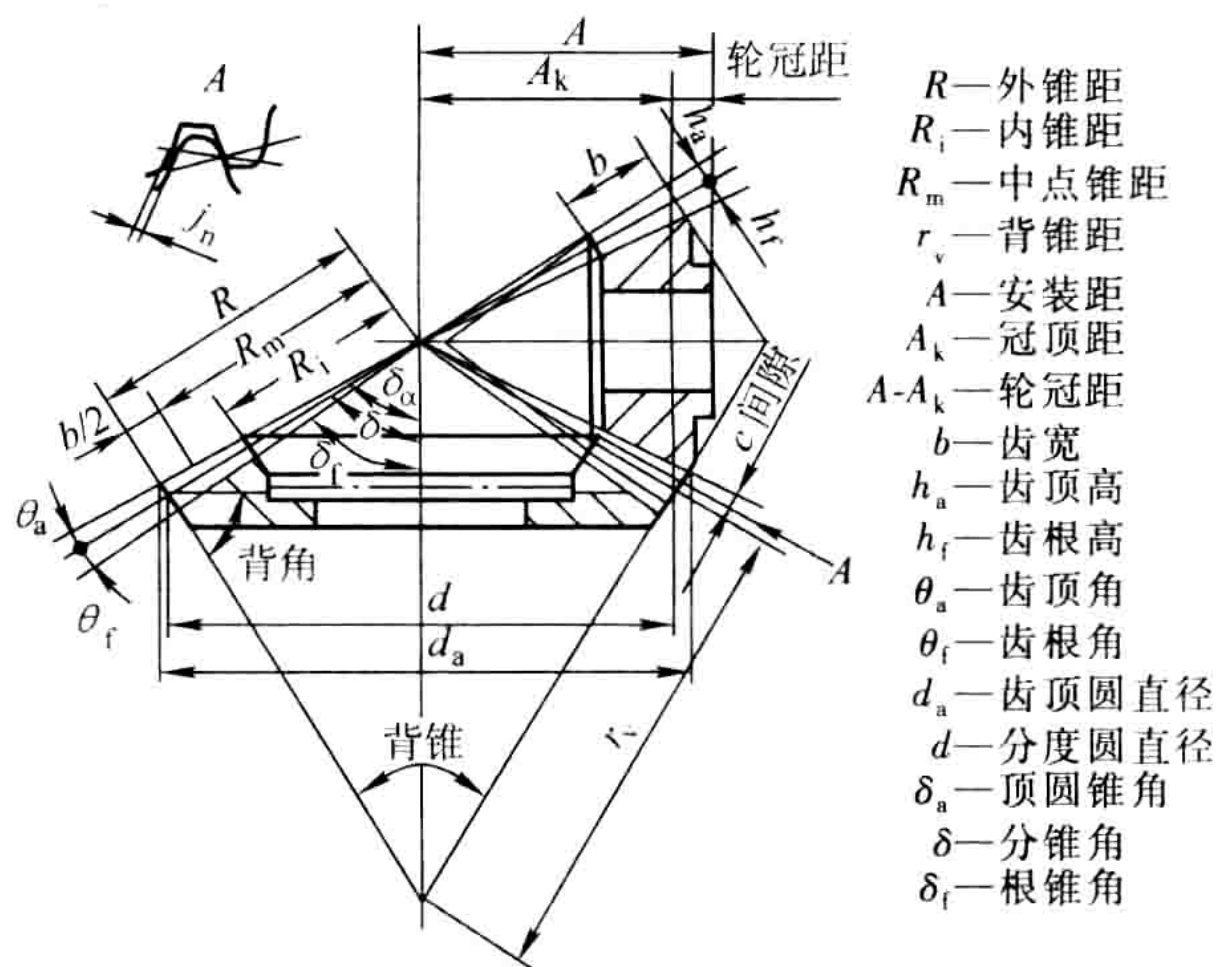
表 4-52 锥齿轮模数 (单位: mm)

锥齿轮 模数	0.1, 0.12, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 1.125, 1.25, 1.375, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5, 2.75, 3, 3.25, 3.5, 3.75, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50
-----------	---

## 3. 直齿锥齿轮几何尺寸计算 (表 4-53)

表 4-53 直齿锥齿轮几何尺寸计算

(单位: mm)



(续)

名 称	代号	计 算 公 式	
		小 齿 轮	大 齿 轮
模 数	$m$	大端模数 $m = d_1/z_1 = d_2/z_2$	
齿 数	$z$	$z_1$	$z_2$
轴 交 角	$\Sigma$	根据结构要求设计确定	
分 锥 角	$\delta$	$\Sigma = 90^\circ$ 时 $\delta_1 = \arctan \frac{z_1}{z_2}$	$\delta_2 = \Sigma - \delta_1$
		$\Sigma < 90^\circ$ 时 $\delta_1 = \arctan \frac{\sin \Sigma}{\frac{z_2}{z_1} + \cos \Sigma}$	$\delta_2 = \Sigma - \delta_1$
		$\Sigma > 90^\circ$ 时 $\delta_1 = \arctan \frac{\sin (180^\circ - \Sigma)}{\frac{z_2}{z_1} - \cos (180^\circ - \Sigma)}$	$\delta_2 = \Sigma - \delta_1$
分度圆直径	$d$	$d_1 = mz_1$	$d_2 = mz_2$
外 锥 距	$R$	$R = \frac{d_1}{2 \sin \delta_1}$ 当 $\Sigma = 90^\circ$ 时, $R = \frac{d_1}{2 \sin \delta_1} = \frac{m}{2} \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$	
齿 宽	$b$	$\frac{R}{3} \geq b \leq 10m$	
齿 顶 高	$h_a$	$m$	

(续)

名 称	代号	计 算 公 式	
		小 齿 轮	大 齿 轮
齿 根 高	$h_f$	$1.2m$	
全 齿 高	$h$	$2.2m$	
大端齿顶圆直径	$d_a$	$d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} \cos\delta_1$	$d_{a2} = d_2 + 2h_{a2} \cos\delta_2$
齿 根 角	$\theta_f$	$\theta_f = \arctan \frac{h_f}{R}$	$\theta_f = \arctan \frac{h_f}{R}$
齿 顶 角	$\theta_a$	等齿顶间隙收缩齿	
		$\theta_{a1} = \theta_{f2} = \arctan \frac{h_{f2}}{R}$	$\theta_{a2} = \theta_{f1} = \arctan \frac{h_{f1}}{R}$
		不等齿顶间隙收缩齿	
		$\theta_{a1} = \arctan \frac{h_{a1}}{R}$	$\theta_{a2} = \arctan \frac{h_{a2}}{R}$
顶圆锥角	$\delta_a$	等齿顶间隙收缩齿	
		$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{f2}$	$\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_{f1}$
		不等齿顶间隙收缩齿	
		$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{a1}$	$\delta_{a2} = \delta_2 + \theta_{a2}$
根圆锥角	$\delta_f$	$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_{f1}$	$\delta_{f2} = \delta_2 - \theta_{f2}$
冠 顶 距	$A_k$	$\Sigma = 90^\circ$ 时	
		$A_{k1} = \frac{d_2}{2} - h_{a1} \sin\delta_1$	$A_{k2} = \frac{d_1}{2} - h_{a2} \sin\delta_2$
		$\Sigma \neq 90^\circ$ 时	
		$A_{k1} = R \cos\delta_1 - h_{a1} \sin\delta_1$	$A_{k2} = R \cos\delta_2 - h_{a2} \sin\delta_2$

(续)

名 称	代号	计 算 公 式	
		小 齿 轮	大 齿 轮
大端分度 圆弧齿厚	$s$	$s_1 = \frac{\pi m}{2}$	$s_2 = \frac{\pi m}{2}$
大端分度 圆弦齿厚	$\bar{s}$	$\bar{s}_1 = s_1 - \frac{s_1^3}{6d_1^2}$	$\bar{s}_2 = s_2 - \frac{s_2^3}{6d_2^2}$
大端分度 圆弦齿高	$\bar{h}$	$\bar{h}_{a1} = h_{a1} + \frac{s_1^2}{4d_1} \cos \delta_1$	$\bar{h}_{a2} = h_{a2} + \frac{s_2^2}{4d_2} \cos \delta_2$
齿角 (刨齿机用)	$\lambda$	$\lambda_1 \approx \frac{3438}{R} \times \left( \frac{s_1}{2} + h_{\Pi} \tan \alpha \right)$	$\lambda_2 \approx \frac{3438}{R} \times \left( \frac{s_2}{2} + h_{\Pi} \tan \alpha \right)$

注：为提高精切齿的精度及精切刀寿命，粗切时可以沿齿宽上切深 0.05mm 的增量，即实际齿根高比计算的多 0.05mm。

#### 4. 锥齿轮精度

锥齿轮精度标准 GB/T 11365—1989 适用于中点法向模数  $m_n \geq 1\text{mm}$  的直齿、斜齿、曲线齿锥齿轮和准双曲面齿轮。标准对齿轮及齿轮副规定 12 个精度等级，并将齿轮和齿轮副的公差项目分成三个公差组。

根据使用要求，允许各公差组选用不同的精度等级。但对齿轮副中大、小齿轮的同一公差组，应规定同一精度等级。

##### (1) 锥齿轮及齿轮副的公差组 (表 4-54)

表 4-54 锥齿轮及齿轮副的公差组

公差组		公差与极限偏差项目
I	齿 轮	$F'_i$ 、 $F''_{i\Sigma}$ 、 $F_p$ 、 $F_{pk}$ 、 $F_r$
	齿轮副	$F'_{ic}$ 、 $F''_{i\Sigma c}$ 、 $F_{vj}$
II	齿 轮	$f'_i$ 、 $f''_{i\Sigma}$ 、 $f'_{zk}$ 、 $f_{pt}$ 、 $f_c$
	齿轮副	$f'_{ic}$ 、 $f''_{i\Sigma c}$ 、 $f'_{zkc}$ 、 $f'_{zxc}$ 、 $f_{AM}$
III	齿 轮	接触斑点
	齿轮副	接触斑点 $f_a$

(2) 锥齿轮各项偏差代号名称 (表 4-55)

表 4-55 锥齿轮各项偏差代号名称

代 号	名 称
$F'_i$	切向综合公差
$F''_{i\Sigma}$	轴交角综合公差
$F_p$	齿距累积公差
$F_{pk}$	$k$ 个齿距累积公差
$F_r$	齿圈跳动公差
$F'_{ic}$	齿轮副切向综合公差
$F''_{i\Sigma c}$	齿轮副轴交角综合公差
$F_{vj}$	齿轮副侧隙变动公差
$f'_i$	一齿切向综合公差
$f''_{i\Sigma}$	一齿轴交角综合公差
$f'_{zk}$	周期误差的公差
$f_{pt}$	齿距极限偏差
$f_c$	齿形相对误差的公差

(续)

代 号	名 称
$f'_{ic}$	齿轮副一齿切向综合公差
$f''_{i\Sigma c}$	齿轮副一齿轴交角综合公差
$f'_{zkc}$	齿轮副周期误差的公差
$f'_{zzc}$	齿轮副齿频周期误差的公差
$f'_{\Delta M}$	齿圈轴向位移极限偏差
$f_a$	齿轮副轴间距极限偏差

(3) 齿轮副侧隙 齿轮副的最小法向侧隙 ( $j_{nmin}$ ) 种类为 6 种: a、b、c、d、e、h。法向侧隙公差种类为 5 种: A、B、C、D、H。推荐法向侧隙公差种类与最小法向侧隙种类的对应关系为: A—a, B—b, C—c, D—d, H—e 和 H—h (见图 4-23)。

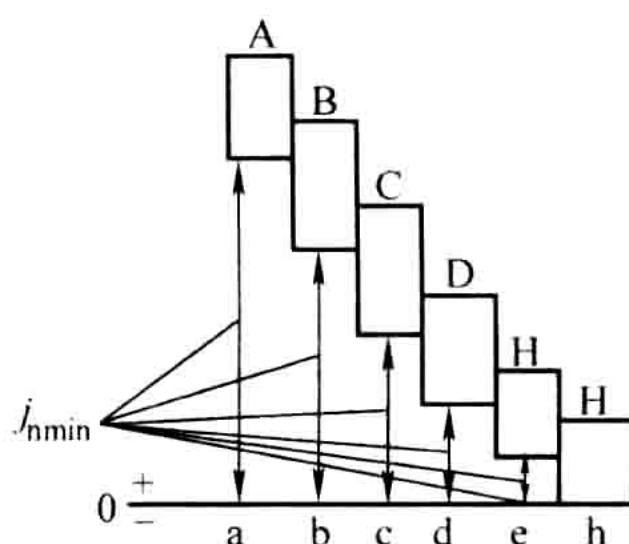
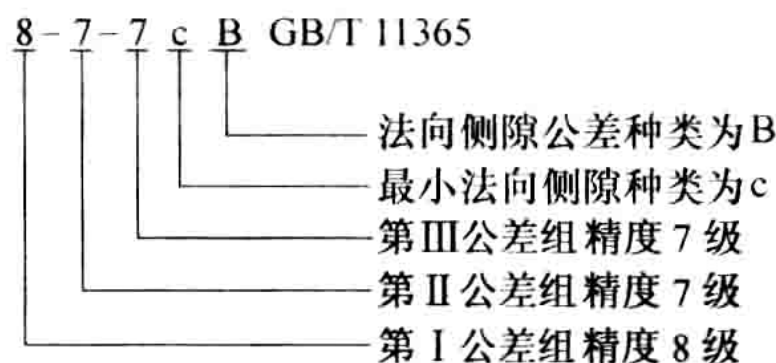
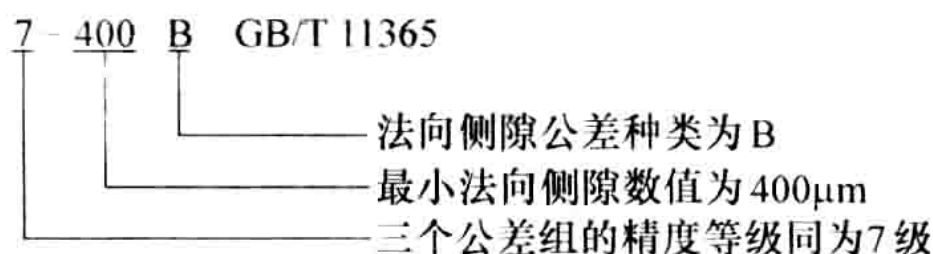
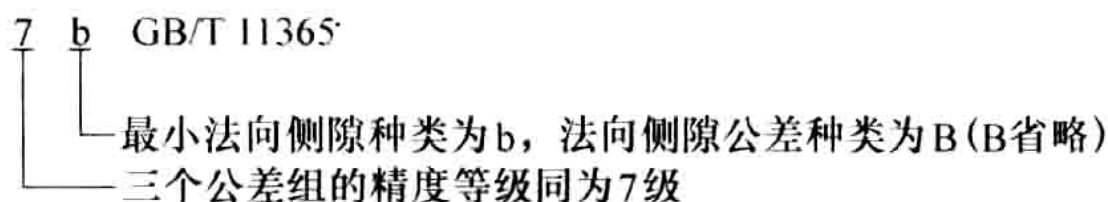


图 4-23 最小法向侧隙与法向侧隙公差的推荐关系

#### (4) 齿轮精度标注示例





## 5. 齿坯要求

齿坯质量直接影响切齿精度，同时影响检验数据的可靠性，还影响齿轮副的安装精度。所以齿轮的加工、检验和安装的定位基准面应尽量一致，并在齿轮图样上予以标注。齿坯各项公差和偏差见表4-56～表4-58。

表 4-56 齿坯尺寸公差

精度等级	4	5	6	7	8	9	10	11	12
轴径尺寸公差	IT4	IT5	IT6		IT7				
孔径尺寸公差	IT5	IT6	IT7		IT8				
外径尺寸	0	0		0					
极限偏差	- IT7	- IT8		- IT9					

表 4-57 齿坯顶锥母线跳动和基准轴向圆跳动公差  
(单位:  $\mu\text{m}$ )

类别	大于	到	跳动公差	精度等级 <sup>①</sup>			
				4	5 ~ 6	7 ~ 8	9 ~ 12
外径 /mm	—	30	顶锥 母线 跳动 公差	10	15	25	50
	30	50		12	20	30	60
	50	120		15	25	40	80
	120	250		20	30	50	100
	250	500		25	40	60	120
	500	800		30	50	80	150
	800	1250		40	60	100	200
	1250	2000		50	80	120	250
	2000	3150		60	100	150	300
	3150	5000		80	120	200	400
基准 端面 直径 /mm	—	30	基准 端面 圆跳 动公 差	4	6	10	15
	30	50		5	8	12	20
	50	120		6	10	15	25
	120	250		8	12	20	30
	250	500		10	15	25	40
	500	800		12	20	30	50
	800	1250		15	25	40	60
	1250	2000		20	30	50	80
	2000	3150		25	40	60	100
	3150	5000		30	50	80	120

① 当三个公差组精度等级不同时,按最高的精度等级确定公差值。

表 4-58 齿坯轮冠距和顶锥角极限偏差

中点法向模数 /mm	轮冠距极限偏差 / $\mu\text{m}$	顶锥角极限 偏差 ( $'$ )
$\leq 1.2$	0 -50	+15 0
$> 1.2 \sim 10$	0 -75	+8 0
$> 10$	0 -100	+8 0

## (四) 圆柱蜗杆和蜗轮

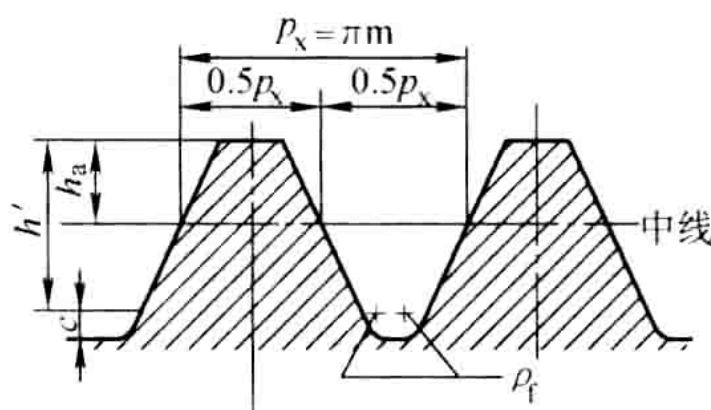
## 1. 圆柱蜗杆的基本齿廓 (GB/T 10087—1988)

标准规定了圆柱蜗杆基本齿廓。本标准适用于模数  $m \geq 1\text{mm}$ , 轴交角  $\Sigma = 90^\circ$  的圆柱蜗杆传动, 其基本蜗杆的类型为阿基米德蜗杆 (ZA 蜗杆)、法向直廓蜗杆 (ZN 蜗杆)、渐开线蜗杆 (ZI 蜗杆) 和锥面包络圆柱蜗杆 (ZK 蜗杆)。

标准规定的圆柱蜗杆的基本齿廓是指基本蜗杆在给定截面上的规定齿形。基本齿廓的尺寸参数在蜗杆的轴平面内规定 (见表 4-59)。

表 4-59 圆柱蜗杆基本齿廓

基本齿廓 (在轴平面内)



(续)

参数名称		代号	数值	说 明
齿顶高		$h_a$	$1m$	齿顶高系数 $h_a^* = 1$
工作齿高		$h$	$2m$	在工作齿高部分的齿形是直线
轴向齿距		$p_x$	$\pi m$	中线上的齿厚和齿槽宽相等
顶隙		$c$	$0.2m$	顶隙系数 $c^* = 0.2$
齿根圆角半径		$\rho_f$	$0.3m$	
齿形角	ZA 蜗杆	$\alpha_x$	$20^\circ$	蜗杆的轴向齿形角
	ZN 蜗杆	$\alpha_n$	$20^\circ$	蜗杆的法向齿形角
	ZI 蜗杆	$\alpha_n$	$20^\circ$	蜗杆的法向齿形角
产形角	ZK 蜗杆	$\alpha_0$	$20^\circ$	为形成蜗杆齿面的锥形刀具的产形角

- 注：1. 圆柱蜗杆的基本齿廓是指基本蜗杆在给定截面上的规定齿形。基本蜗杆的类型推荐采用 ZI、ZK 蜗杆。
2. 采用短齿时， $h_a = 0.8m$ ， $h' = 1.6m$ 。
3. 顶隙  $c$  允许减小到  $0.15m$  或增大至  $0.35m$ 。
4. 齿根圆角半径  $\rho_f$  允许减小到  $0.2m$  或增大至  $0.4m$ ，也允许加工成单圆弧。
5. 允许齿顶倒圆，但圆角半径不大于  $0.2m$ 。
6. 在动力传动中，当导程角  $\gamma > 30^\circ$  时，允许增大齿形角，推荐采用  $25^\circ$ ；在分度传动中，允许减小齿形角，推荐采用  $15^\circ$  或  $12^\circ$ 。

## 2. 圆柱蜗杆的主要参数

(1) 模数 蜗杆模数  $m$  是指蜗杆的轴向模数。通常应按表 4-60 规定的数值选取。应优先采用第一系列。

**表 4-60 圆柱蜗杆模数  $m$  (GB/T 10088—1988)**

(单位: mm)

第一系列	0.1, 0.12, 0.16, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1, 1.25, 1.6, 2, 2.5, 3.15, 4, 5, 6.3, 8, 10, 12.5, 16, 20, 25, 31.5, 40
第二系列	0.7, 0.9, 1.5, 3, 3.5, 4.5, 5.5, 6, 7, 12, 14

(2) 蜗杆分度圆直径  $d_1$  蜗杆分度圆直径  $d_1$  应按表 4-61 规定的数值选取。优先采用第一系列。

**表 4-61 蜗杆分度圆直径  $d_1$**

(GB/T 10088—1988) (单位: mm)

第一系列	4, 4.5, 5, 5.6, 6.3, 7.1, 8, 9, 10, 11.2, 12.5, 14, 16, 18, 20, 22.4, 25, 28, 31.5, 35.5, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400
第二系列	6, 7.5, 8.5, 15, 30, 38, 48, 53, 60, 67, 75, 85, 95, 106, 118, 132, 144, 170, 190, 300

(3) 蜗杆分度圆上的导程角  $\gamma$  (表 4-62)

表 4-62 蜗杆分度圆上的导程角  $\gamma$

$q \backslash z_1$	14	13	12	11
1	4°05'08"	4°23'55"	4°45'49"	5°11'40"
2	8°07'48"	8°44'46"	9°27'44"	10°18'17"
3	12°05'41"	12°59'41"	14°02'10"	15°15'18"
4	15°56'43"	17°06'10"	18°26'06"	19°58'59"

$q \backslash z_1$	10	9	8
1	5°42'38"	6°20'25"	7°07'30"
2	11°18'36"	12°31'44"	14°02'10"
3	16°41'57"	18°26'06"	20°33'22"
4	21°48'05"	23°57'45"	26°33'54"

注： $z_1$  蜗杆头数， $q$  为直径系数。

(4) 蜗杆头数  $z_1$  与蜗轮齿数  $z_2$  的推荐值 (表 4-63)

表 4-63 蜗杆头数  $z_1$  与蜗轮齿数  $z_2$  的推荐值

$i = \frac{z_2}{z_1}$	$z_1$	$z_2$
7 ~ 8	4	28 ~ 32
9 ~ 13	3 ~ 4	27 ~ 52
14 ~ 24	2 ~ 3	28 ~ 72
25 ~ 27	2 ~ 3	50 ~ 81
28 ~ 40	1 ~ 2	28 ~ 80
$\geq 40$	1	$\geq 40$

(5) 中心距 一般圆柱蜗杆传动的减速装置的中心距  $a$  按表 4-64 选用。

表 4-64 中心距

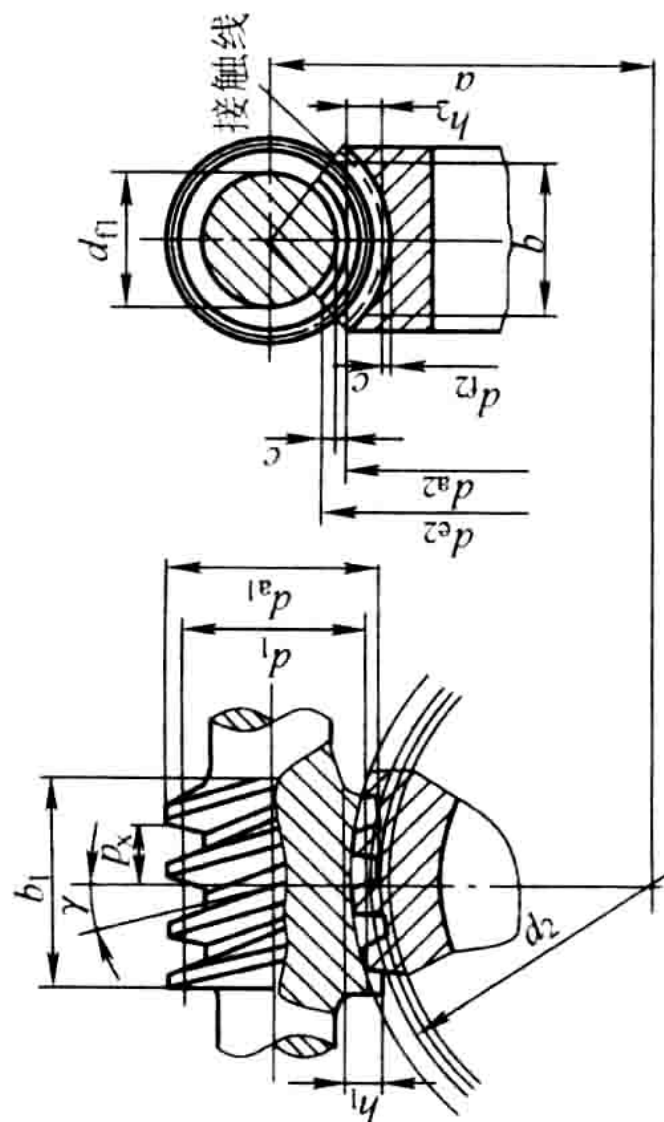
中心距	40	50	63	80	100	125	160	(180)	200
$a/\text{mm}$	(225)	250	(280)	315	(355)	400	(450)	500	—

注: 括号中的数值尽可能不用。

### 3. 圆柱蜗杆传动几何尺寸计算 (表 4-65)

表 4-65 圆柱蜗杆传动几何尺寸计算 (GB/T 10085—1988)

(单位: mm)



名 称	代号	关 系 式	说 明
中心距	$a$	$a = (d_1 + d_2 + 2x_2 m) / 2$	按规定选取
蜗杆头数	$z_1$		按规定选取
蜗轮齿数	$z_2$		按传动比确定
齿形角	$\alpha$	$\alpha_x = 20^\circ$ 或 $\alpha_n = 20^\circ$	按蜗杆类型确定
模数	$m$	$m = m_x = \frac{m_n}{\cos \gamma}$	按规定选取
传动比	$i$	$i = n_1 / n_2$	蜗杆为主动, 按规定选取
蜗轮变位系数	$x_2$	$x_2 = \frac{a}{m} - \frac{d_1 + d_2}{2m}$	正常蜗轮变位系数取零
蜗杆直径系数	$q$	$q = d_1 / m$	
蜗杆轴向齿距	$p_x$	$p_x = \pi m$	
蜗杆导程	$p_z$	$p_z = \pi m z_1$	
蜗杆分度圆直径	$d_1$	$d_1 = m q$	按规定选取
蜗杆齿顶圆直径	$d_{a1}$	$d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = d_1 + 2h_a^* m$	$h_a^* = 1$
蜗杆齿根圆直径	$d_{f1}$	$d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = d_1 - 2(h_a^* m + c)$	



(续)

名 称	代号	关 系 式	说 明
顶隙	$c$	$c = c^* m$	$c^* = 0.2$
渐开线蜗杆基圆直径	$d_{b1}$	$d_{b1} = d_1 \tan \gamma / \tan \gamma_b = m z_1 / \tan \gamma_b$	
蜗杆齿顶高	$h_{a1}$	$h_{a1} = h_a^* m = \frac{1}{2}(d_{a1} - d_1)$	按规定
蜗杆齿根高	$h_n$	$h_n = (h_a^* + c^*) m = \frac{1}{2}(d_1 - d_n)$	
蜗杆齿高	$h_1$	$h_1 = h_{a1} + h_n = \frac{1}{2}(d_{a1} - d_n)$	
蜗杆导程角	$\gamma$	$\tan \gamma = m z_1 / d_1 = z_1 / q$	
渐开线蜗杆基圆导程角	$\gamma_b$	$\cos \gamma_b = \cos \gamma \cos \alpha_n$	
蜗杆齿宽	$b_1$		由设计确定
蜗轮分度圆直径	$d_2$	$d_2 = m z_2$	
蜗轮喉圆直径	$d_{a2}$	$d_{a2} = d_2 + 2h_{a2}$	
蜗轮齿根圆直径	$d_{f2}$	$d_{f2} = d_2 - 2h_{f2}$	

(续)

名 称	代号	关 系 式	说 明
蜗轮齿顶高	$h_{a2}$	$h_{a2} = \frac{1}{2}(d_{a2} - d_2)$	
蜗轮齿根高	$h_{f2}$	$h_{f2} = \frac{1}{2}(d_2 - d_{f2})$	
蜗轮齿高	$h_2$	$h_2 = h_{a2} + h_{f2} = \frac{1}{2}(d_{a2} - d_{f2})$	
蜗轮咽喉母圆半径	$r_{g2}$	$r_{g2} = a - \frac{1}{2}d_{a2}$	
蜗轮齿宽	$b_2$		由设计确定
蜗轮齿宽角	$\theta$	$\theta = 2\arcsin\left(\frac{b_2}{d_1}\right)$	
蜗杆轴向齿厚	$s_x$	$s_x = \frac{1}{2}\pi m$	
蜗杆法向齿厚	$s_n$	$s_n = s_x \cos \gamma$	
蜗轮齿厚	$s_1$	按蜗杆节圆处轴向齿槽宽 $e'_x$ 确定	
蜗杆节圆直径	$d'_1$	$d'_1 = d_1 + 2x_2 m = m(q + 2x_2)$	正常蜗轮 $x_2 = 0$
蜗轮节圆直径	$d'_2$	$d'_2 = d_2$	

## 4. 圆柱蜗杆、蜗轮精度

### (1) 公差组、精度等级及其选择

1) 公差组。按各误差项目对蜗杆传动使用要求的主要影响, 将蜗杆、蜗轮及传动制造误差的公差 (极限偏差) 分为三个公差组, 见表 4-66。

**表 4-66 蜗杆、蜗轮及传动的公差组**

(GB/T 10089—1988)

应用 公差组	蜗杆	蜗轮	传动副
I	—	$F'_i, F''_i, F_p, F_{pk}, F_r$	$F'_{ic}$
II	$f_h, f_{hL}, f_{px},$ $f_{pxL}, f_r$	$f'_i, f''_i, f_{pt}$	$f'_{ic}$
III	$f_{\Pi}$	$f_{\Sigma}$	接触斑点, $f_a, f_{\Sigma}, f_x$

2) 蜗杆、蜗轮各项偏差代号名称 (表 4-67)。

**表 4-67 蜗杆、蜗轮各项偏差代号名称**

代 号	名 称
$F'_i$	蜗轮切向综合公差
$F''_i$	蜗轮径向综合公差
$F_p$	蜗轮齿距累积公差
$F_{pk}$	蜗轮 $k$ 个齿距累积公差
$F_r$	蜗轮齿圈径向圆跳动公差
$F'_{ic}$	蜗杆副的切向综合公差
$f_h$	蜗杆一转螺旋线公差
$f_{hL}$	蜗杆螺旋线公差
$f_{px}$	蜗杆轴向齿距极限偏差

(续)

代 号	名 称
$f_{pxL}$	蜗杆轴向齿距累积公差
$f_r$	蜗杆齿槽径向圆跳动公差
$f'_i$	蜗轮一齿切向综合公差
$f''_i$	蜗轮一齿径向综合公差
$f_{pt}$	蜗轮齿距极限偏差
$f'_{ic}$	蜗杆副的一齿切向综合公差
$f_{f1}$	蜗杆齿形公差
$f_{f2}$	蜗轮齿形公差
$f_a$	蜗杆副的中心距极限偏差
$f_{\Sigma}$	蜗杆副的轴交角极限偏差
$f_x$	蜗杆副的中间平面极限偏差

3) 精度等级的选择。蜗杆、蜗轮和蜗杆传动共分为 12 个等级。第 1 级的精度最高, 第 12 级的精度最低。

根据使用要求, 允许各公差组选用不同的精度等级。蜗杆和配对蜗轮的精度等级一般取成相同, 也允许取成不相同。对有特殊要求的蜗杆传动, 除  $F_r$ 、 $F''_i$ 、 $f''_i$ 、 $f_r$  项目外, 其蜗杆、蜗轮左右齿面的精度等级也可取成不相同。常用的精度等级范围见表 4-68。

表 4-68 常用的精度等级范围

序号	用 途	精度等级范围
1	测量蜗杆	1 ~ 5
2	分度蜗轮母机的分度传动	1 ~ 3
3	齿轮机床的分度转动	3 ~ 5
4	高精度分度装置	1 ~ 4
5	一般分度装置	3 ~ 5
6	机床进给、操纵机构	5 ~ 8

(续)

序号	用 途	精度等级范围
7	化工机械调速传动	5 ~ 8
8	冶金机械升降机构	5 ~ 7
9	起重运输机械、电梯的曳引装置	6 ~ 9
10	通用减速器	6 ~ 8
11	纺织机械传动装置	6 ~ 8
12	舞台升降装置	9 ~ 12
13	煤气发生炉调速装置	9 ~ 12
14	塑料蜗杆、蜗轮	9 ~ 12

## (2) 侧隙种类及选择

蜗杆传动有八种侧隙，按最小法向侧隙值由大到小的顺序，分别用字母代号 a、b、c、d、e、f、g、h 表示，如图 4-24 所示。各种侧隙的最小极限值见表 4-69。

八种侧隙种类的侧隙规范值是蜗杆传动在  $20^\circ$  时的情况下确定的，未计入传动发热和传动弹性变形的影响。

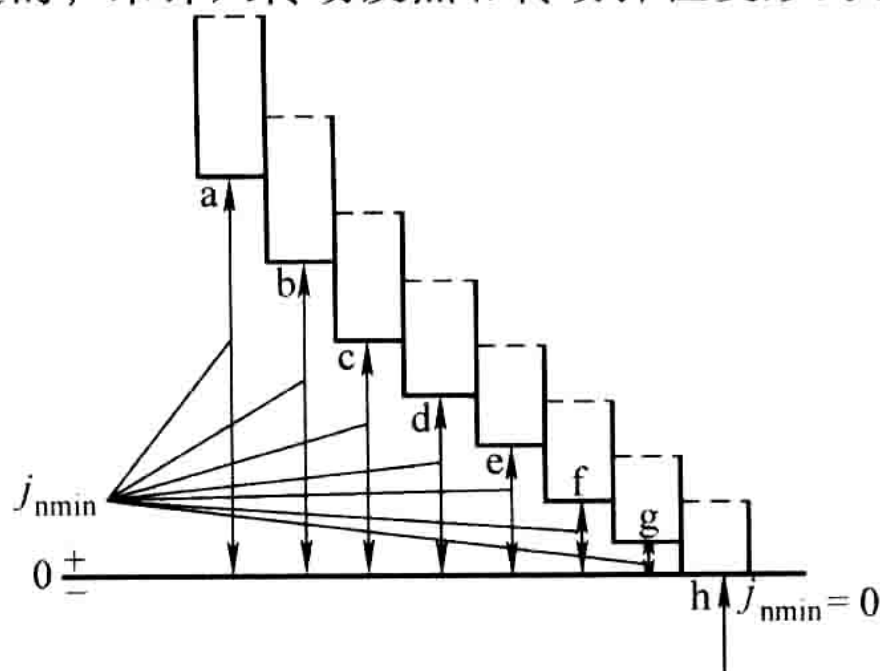


图 4-24 蜗杆传动最小法向侧隙

侧隙种类与传动精度等级无关，但侧隙值的大小则受

制造误差的影响。在选择侧隙种类时须考虑同运动精度(第 I 公差组)等级的对应关系,见表 4-69。

表 4-69 侧隙种类与适用的精度等级

侧隙种类	h	g	f	e	d	c	b	a
第 I 公差组 精度等级	1 ~ 6	1 ~ 6	1 ~ 7	3 ~ 8	3 ~ 9	3 ~ 10	3 ~ 12	5 ~ 12

### (3) 标注示例

蜗杆 5 f GB/T 10089—1988

侧隙种类代号  
第 II、III 公差组的精度等级

蜗轮 5 f GB/T 10089—1988

侧隙种类代号  
蜗轮第 I、II、III 公差组的精度等级

蜗杆 5  $\begin{matrix} (-0.27) \\ (-0.40) \end{matrix}$  GB/T 10089—1988

齿厚极限偏差  
第 II、III 公差组的精度等级

蜗轮 5-6-6 f GB/T 10089—1988

侧隙种类代号  
第 III 公差组精度等级  
第 II 公差组精度等级  
第 I 公差组精度等级

若上例中齿厚极限偏差为非标准值,如上极限偏差为 +0.10mm,下极限偏差为 -0.10mm,则标注为:

5-6-6 ( $\pm 0.10$ ) GB/T 10089—1988

若蜗轮齿厚无公差要求,则标注为:

## 5-6-6 GB/T 10089—1988

对蜗杆传动，应标注出相应的精度等级和侧隙种类代号。如传动的三个公差组的精度同为 5 级，侧隙种类为 f，则标注为：

传动 5 f GB/T 10089—1988

若此例中侧隙为非标准值，如  $j_{tmin} = 0.03\text{mm}$ ， $j_{tmax} = 0.06\text{mm}$ ，则标注为：

传动 5  $\begin{pmatrix} 0.03 \\ 0.06 \end{pmatrix}_t$  GB/T 10089—1988

若为法向侧隙时，则标注为：

传动 5  $\begin{pmatrix} 0.03 \\ 0.06 \end{pmatrix}$  GB/T 10089—1988

## 5. 齿坯要求

齿坯的加工质量直接影响轮齿制造精度和测量结果的准确性。因此，必须对齿坯检验提出具体要求：

1) 蜗杆、蜗轮在加工、检验、安装时的径向、轴向基准面应尽可能一致，并须在图样上标注。

2) 蜗杆、蜗轮的齿坯检验项目及公差见表 4-70、表 4-71，对于其他非基准面的结构要素的尺寸、形状和位置公差及表面粗糙度可自行规定。

**表 4-70 蜗杆、蜗轮齿坯检验项目及公差**  
(GB/T 10089—1988)

精度等级		3	4	5	6
孔	尺寸公差	IT4		IT5	IT6
	形状公差	IT3		IT4	IT5

(续)

精度等级		3	4	5	6
轴	尺寸公差	IT4		IT5	
	形状公差	IT3		IT4	
齿顶圆直径公差		IT7			IT8
精度等级		7	8	9	10
孔	尺寸公差	IT7		IT8	
	形状公差	IT6		IT7	
轴	尺寸公差	IT6		IT7	
	形状公差	IT5		IT6	
齿顶圆直径公差		IT8			IT9

注：1. 当三个公差组的精度等级不同时，按最高精度等级确定公差。

2. 当齿顶圆不作测量齿厚基准时，尺寸公差按 IT11 确定，但不得大于 0.1mm。

**表 4-71 蜗杆、蜗轮齿坯基准面径向和轴向圆跳动公差**  
(GB/T 10089—1988) (单位:  $\mu\text{m}$ )

基准面直径 $d/\text{mm}$	精度等级			
	3 ~ 4	5 ~ 6	7 ~ 8	9 ~ 10
$\leq 31.5$	2.8	4	7	10
$> 31.5 \sim 63$	4	6	10	16
$> 63 \sim 125$	5.5	8.5	14	22
$> 125 \sim 400$	7	11	18	28
$> 400 \sim 800$	9	14	22	36
$> 800 \sim 1600$	12	20	32	50
$> 1600 \sim 2500$	18	28	45	71
$> 2500 \sim 4000$	25	40	63	100

注：1. 当三个公差组的精度等级不同时，按最高精度等级确定公差。

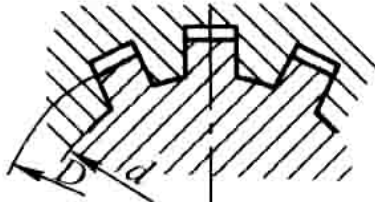
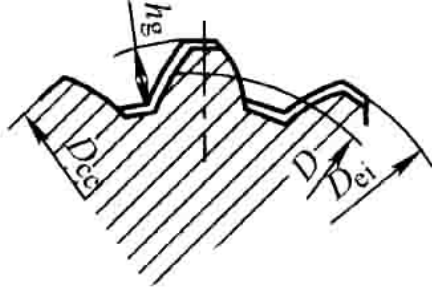
2. 当以齿顶圆作为测量基准时，齿顶圆即属齿坯基准面。



## 三、花 键

### 1. 花键联接的类型、特点和应用 (表 4-72)

表 4-72 花键联接的类型、特点和应用

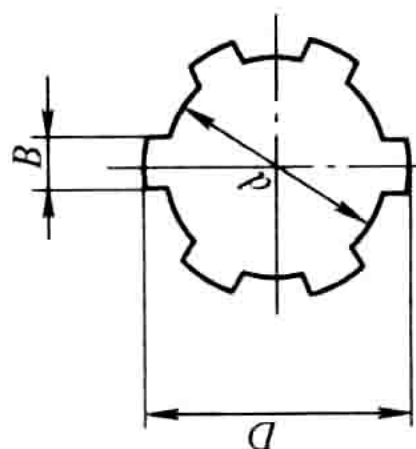
类 型	特 点	应 用
<p>矩形花键 (GB/T 1144—2001)</p> 	<p>多齿工作,承载能力高,对中性、导向性好,齿根较浅,应力集中较小,轴与毂强度削弱小 加工方便,能用磨削方法获得较高的精度。标准中规定两个系统:轻系列,用于载荷较轻的静联接;中系列,用于中等载荷</p>	<p>应用广泛,如飞机、汽车、拖拉机、机床制造业、农业机械及一般机械传动装置等</p>
<p>渐开线花键 (GB/T 3478.1—1995)</p> 	<p>齿廓为渐开线,受载时齿上有径向力,能起自动定心作用,使各齿受力均匀,强度高、寿命长。加工工艺与齿轮相同,易获得较高精度和互换性 渐开线花键标准压力角 <math>\alpha_D</math> 有 <math>30^\circ</math> 及 <math>45^\circ</math> 两种</p>	<p>用于载荷较大,定心精度要求较高,以及尺寸较大的联接</p>

### 2. 矩形花键

(1) 矩形花键尺寸系列 圆柱轴用小径定心矩形花键 (GB/T 1144—2001) 的尺寸分轻、中两个系列。

1) 矩形花键的基本尺寸系列(表 4-73)。

表 4-73 矩形花键的基本尺寸系列



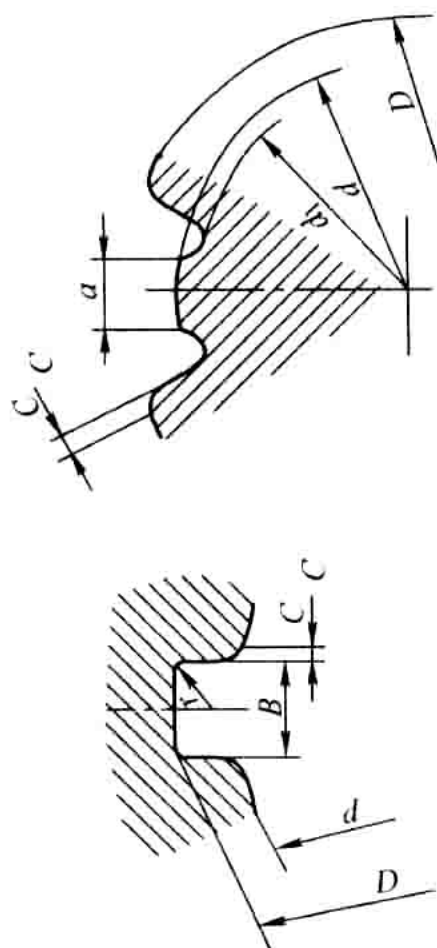
小径 $d$	轻 系 列			中 系 列		
	规格 $N \times d \times D \times B$	键数 $N$	大径 $D$ /mm	键宽 $B$ /mm	规格 $N \times d \times D \times B$	键数 $N$
11					$6 \times 11 \times 14 \times 3$	
13					$6 \times 13 \times 16 \times 3.5$	
16	—	—	—	—	$6 \times 16 \times 20 \times 4$	6
18					$6 \times 18 \times 22 \times 5$	
21					$6 \times 21 \times 25 \times 5$	

小径 $d$	轻 系 列				中 系 列			
	规格 $N \times d \times D \times B$	键数 $N$	大径 $D$ /mm	键宽 $B$ /mm	规格 $N \times d \times D \times B$	键数 $N$	大径 $D$ /mm	键宽 $B$ /mm
23	$6 \times 23 \times 26 \times 6$	6	26	6	$6 \times 23 \times 28 \times 6$	6	28	6
26	$6 \times 26 \times 30 \times 6$		30	6	$6 \times 26 \times 32 \times 6$		32	6
28	$6 \times 28 \times 32 \times 7$		32	7	$6 \times 28 \times 34 \times 7$		34	7
32	$6 \times 32 \times 36 \times 6$		36	6	$8 \times 32 \times 38 \times 6$	8	38	6
36	$8 \times 36 \times 40 \times 7$	8	40	7	$8 \times 36 \times 42 \times 7$		42	7
42	$8 \times 42 \times 46 \times 8$		46	8	$8 \times 42 \times 48 \times 8$		48	8
46	$8 \times 46 \times 50 \times 9$		50	9	$8 \times 46 \times 54 \times 9$		54	9
52	$8 \times 52 \times 58 \times 10$		58	10	$8 \times 52 \times 60 \times 10$		60	10
56	$8 \times 56 \times 62 \times 10$		62	10	$8 \times 56 \times 65 \times 10$		65	10
62	$8 \times 62 \times 68 \times 12$		68	12	$8 \times 62 \times 72 \times 12$		72	12
72	$10 \times 72 \times 78 \times 12$	10	78	12	$10 \times 72 \times 82 \times 12$	10	82	12
82	$10 \times 82 \times 88 \times 12$		88	12	$10 \times 82 \times 92 \times 12$		92	12
92	$10 \times 92 \times 98 \times 14$		98	14	$10 \times 92 \times 102 \times 14$		102	14
102	$10 \times 102 \times 108 \times 16$		108	16	$10 \times 102 \times 112 \times 16$		112	16
112	$10 \times 112 \times 120 \times 18$		120	18	$10 \times 112 \times 125 \times 18$		125	18

注：本标准适用小径定心矩形花键的基本尺寸。

2) 矩形花键键槽的截面尺寸(表 4-74)。

表 4-74 矩形花键键槽的截面尺寸



轻 系 列				中 系 列					
规格 $N \times d \times D \times B$	$C$	$r$	参 考		规格 $N \times d \times D \times B$	$C$	$r$	参 考	
			$d_{1\min}$	$a_{\min}$				$d_{1\min}$	$a_{\min}$
—	—	—		—	$6 \times 11 \times 14 \times 3$	0.2	0.1	—	—
					$6 \times 13 \times 16 \times 3.5$				
					$6 \times 16 \times 20 \times 4$	0.3	0.2	14.4	1.0
$6 \times 18 \times 22 \times 5$	16.6	1.0							
$6 \times 23 \times 26 \times 6$	0.2	0.1	22	3.5	$6 \times 21 \times 25 \times 5$	0.3	0.2	19.5	2.0
					$6 \times 23 \times 28 \times 6$			21.2	1.2

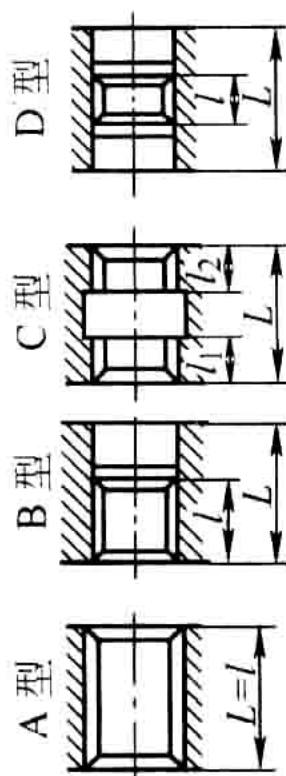
(续)

轻 系 列				中 系 列					
规格 $N \times d \times D \times B$	$C$	$r$	参考		规格 $N \times d \times D \times B$	$C$	$r$	参考	
			$d_{1\min}$	$a_{\min}$				$d_{1\min}$	$a_{\min}$
$6 \times 26 \times 30 \times 6$			24.5	3.8	$6 \times 26 \times 32 \times 6$			23.6	1.2
$6 \times 28 \times 32 \times 7$			26.6	4.0	$6 \times 28 \times 34 \times 7$			25.8	1.4
$8 \times 32 \times 36 \times 6$	0.3	0.2	30.3	2.7	$8 \times 32 \times 38 \times 6$	0.4	0.3	29.4	1.0
$8 \times 36 \times 40 \times 7$			34.4	3.5	$8 \times 36 \times 42 \times 7$			33.4	1.0
$8 \times 42 \times 46 \times 8$			40.5	5.0	$8 \times 42 \times 48 \times 8$			39.4	2.5
$8 \times 46 \times 50 \times 9$			44.6	5.7	$8 \times 46 \times 54 \times 9$			42.6	1.4
$8 \times 52 \times 58 \times 10$			49.6	4.8	$8 \times 52 \times 60 \times 10$	0.5	0.4	48.6	2.5
$8 \times 56 \times 62 \times 10$			53.5	6.5	$8 \times 56 \times 65 \times 10$			52.0	2.5
$8 \times 62 \times 68 \times 12$			59.7	7.3	$8 \times 62 \times 72 \times 12$			57.7	2.4
$10 \times 72 \times 78 \times 12$	0.4	0.3	69.6	5.4	$10 \times 72 \times 82 \times 12$	0.6	0.5	67.4	1.0
$10 \times 82 \times 88 \times 12$			79.3	8.5	$10 \times 82 \times 92 \times 12$			77.0	2.9
$10 \times 92 \times 98 \times 14$			89.6	9.9	$10 \times 92 \times 102 \times 14$			87.3	4.5
$10 \times 102 \times 108 \times 16$			99.6	11.3	$10 \times 102 \times 112 \times 16$			97.7	6.2
$10 \times 112 \times 120 \times 18$	0.5	0.4	108.8	10.5	$10 \times 112 \times 125 \times 18$			106.2	4.1

注： $d_1$  和  $a$  值仅适用于展成法加工。

## 3) 矩形内花键的长度系列(表 4-75)。

表 4-75 矩形内花键的长度系列 (单位: mm)



小径 $d$ 范围	11	13	16 ~ 21	23 ~ 32	36 ~ 52	56, 62	72	82, 92	102, 112
$l$ 或 $l_1 + l_2$ 范围	10 ~ 50	10 ~ 50	10 ~ 80	10 ~ 80	22 ~ 120	22 ~ 120	32 ~ 120	32 ~ 200	32 ~ 200
$L$	50	80	80	120	200	250	250	250	300
$l$ 或 $l_1 + l_2$ 系列	10, 12, 15, 18, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 38, 42, 45, 48, 50, 56, 60, 63, 71, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 160, 180, 200								

## (2) 矩形花键的公差与配合

1) 矩形内、外花键的尺寸公差带(表 4-76)。

表 4-76 矩形内、外花键的尺寸公差带

内 花 键				外 花 键			装配形式	
$d$	$D$	$B$		$d$	$D$	$B$		
		拉削后不 热处理	拉削后 热处理					
一般用								
H7	H10	H9	H11	f7	a11	d10	滑动	
				g7		f9	紧滑动	
				h7		h10	固定	
精密传动用								
H5	H10	H7、H9		f5	a11	d8	滑动	
				g5		f7	紧滑动	
				h5		h8	固定	
H6						f6	d8	滑动
						g6	f8	紧滑动
						h6	h8	固定

注：1. 精密传动用的内花键，当需要控制键侧配合间隙时，槽宽可选用 H7，一般情况下可选用 H9。

2.  $d$  为 H6 和 H7 的内花键，允许与提高一级的外花键配合。

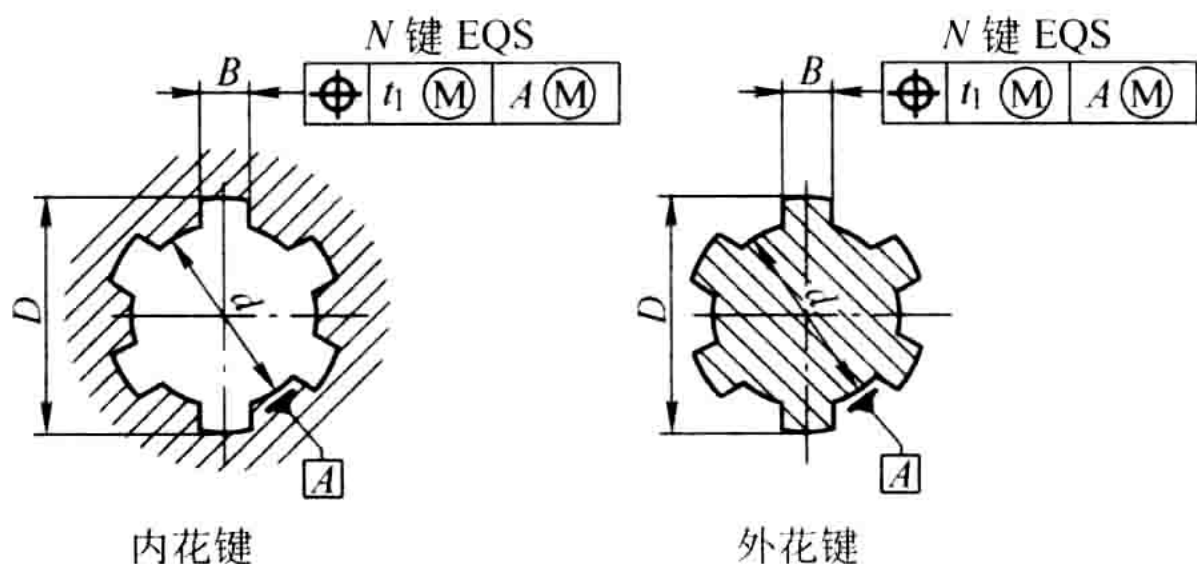
2) 矩形花键键槽宽及键宽位置度公差（表 4-77）。

3) 矩形花键键槽宽或键宽对称度公差（表 4-78）。

4) 矩形花键表面粗糙度  $Ra$ （表 4-79）。

表 4-77 矩形花键键槽宽及键宽位置度公差

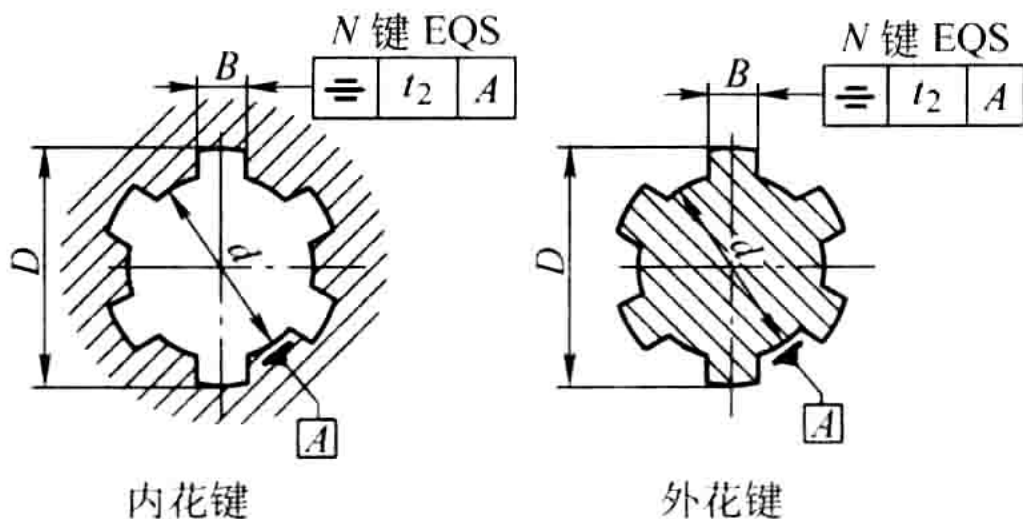
(单位: mm)



键槽宽或键宽 $B$			3	3.5 ~ 6	7 ~ 10	12 ~ 18
$t_1$	键槽宽		0.01	0.015	0.02	0.025
	键宽	滑动、固定	0.01	0.015	0.02	0.025
		紧滑动	0.006	0.01	0.013	0.016

表 4-78 矩形花键键槽宽或键宽对称度公差

(单位: mm)





(续)

键槽宽或键宽 $B$		3	3.5 ~ 6	7 ~ 10	12 ~ 18
$l_2$	一般用	0.010	0.012	0.015	0.018
	精密传动用	0.006	0.008	0.009	0.011

注：表中对称度公差包括等分公差。

**表 4-79 矩形花键的表面粗糙度  $Ra$**

(单位:  $\mu\text{m}$ )

内 花 键				外 花 键			
公差等级	小径	齿侧面	大径	公差等级	小径	齿侧面	大径
IT5	0.4	3.2	3.2	IT5	0.4	0.8 ~ 1.6	3.2
IT6	0.8			IT6	0.8		
IT7	0.8 ~ 1.6			IT7	0.8 ~ 1.6		

(3) 标记示例 矩形花键的标记代号应按次序包括下列项目：键数  $N$ 、小径  $d$ 、大径  $D$ 、键宽  $B$ 、基本尺寸、配合的公差带代号和标准编号。

示例：

键数  $N=6$ ,  $d=23 \frac{\text{H}7}{\text{f}7}$ ,  $D=26 \frac{\text{H}10}{\text{a}11}$ ,  $B=6 \frac{\text{H}11}{\text{d}10}$  的标记如下：

花键规格： $N \times d \times D \times B$

$6 \times 23 \times 26 \times 6$

花键副： $6 \times 23 \frac{\text{H}7}{\text{f}7} \times 26 \frac{\text{H}10}{\text{a}11} \times 6 \frac{\text{H}11}{\text{d}10}$  (GB/T 1144—2001)

内花键： $6 \times 23\text{H}7 \times 26\text{H}10 \times 6\text{H}11$  (GB/T 1144—2001)

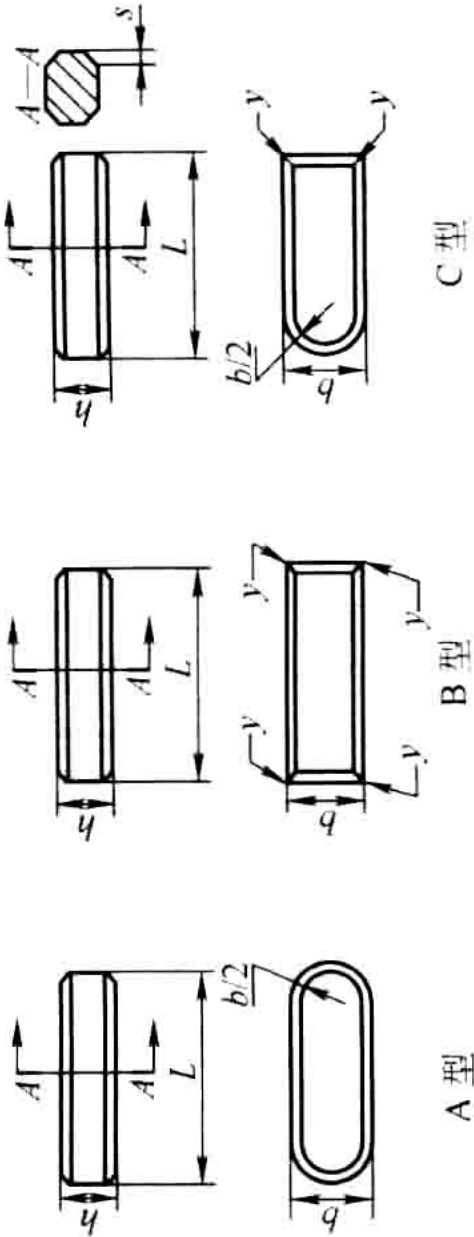
外花键： $6 \times 23\text{f}7 \times 26\text{a}11 \times 6\text{d}10$  (GB/T 1144—2001)

# 四、键

## 1. 平键

### (1) 普通型平键(表 4-80)

表 4-80 普通型平键 (单位:mm)



标记示例:圆头普通平键(A型),  $b=10\text{mm}$ ,  $h=8\text{mm}$ ,  $L=25\text{mm}$  标记为

GB/T 1096 键 10×8×25

对同一尺寸的平头普通平键(B型)或单头普通平键(C型),标记为

GB/T 1096 键 B10×8×25

GB/T 1096 键 C10×8×25

(续)

轴径 $d$	$b$		$h$			倒角或 倒圆 $s$	$L$ (h14)
	基本 尺寸	极限偏差 $h_8$	基本 尺寸	极限偏差			
				$h_8$ (方形)	$h_{11}$ (矩形)		
自 6 ~ 8	2	0	2	0	0 -0.014	6 ~ 20	
> 8 ~ 10	3	-0.014	3	-0.014		6 ~ 36	
> 10 ~ 12	4	0	4	0		8 ~ 45	
> 12 ~ 17	5	-0.018	5	-0.018	0.25 ~ 0.4	10 ~ 56	
> 17 ~ 22	6		6			14 ~ 70	
> 22 ~ 30	8	0	7	0 -0.090		18 ~ 90	
> 30 ~ 38	10	-0.022	8		22 ~ 110		
> 38 ~ 44	12	0 -0.027	8		28 ~ 140		
> 44 ~ 50	14		9	36 ~ 160			
> 50 ~ 58	16		10	45 ~ 180			
> 58 ~ 65	18		11	0 -0.110	50 ~ 200		
> 65 ~ 75	20	0	12		56 ~ 220		
> 75 ~ 85	22	-0.033	14		63 ~ 250		
> 85 ~ 95	25		14	70 ~ 280			
> 95 ~ 110	28		16	80 ~ 320			
> 110 ~ 130	32	0 -0.039	18		90 ~ 360		

(续)

轴径 $d$	$b$		$h$			倒角或 倒圆 $s$	$L$ (h14)
	基本 尺寸	极限偏差 $h8$	基本 尺寸	极限偏差			
				$h8$ (方形)	$h11$ (矩形)		
> 130 ~ 150	36		20		0	1 ~ 1.2	100 ~ 400
> 150 ~ 170	40	0	22		-0.130		100 ~ 400
> 170 ~ 200	45	-0.039	25				110 ~ 450
> 200 ~ 230	50		28				125 ~ 500
> 230 ~ 260	56		32			1.6 ~ 2.0	140 ~ 500
> 260 ~ 290	63	0	32				160 ~ 500
> 290 ~ 330	70	-0.046	36		0		180 ~ 500
> 330 ~ 380	80		40		-0.160	2.5 ~ 3	200 ~ 500
> 380 ~ 440	90	0	45				220 ~ 500
> 440 ~ 500	100	-0.054	50				250 ~ 500
$L$ 系列	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 500						

注: 当键长大于 500mm 时, 其长度应按 GB/T 321 的 R20 系列选取, 为减小由于直线度而引起的问题, 键长应小于 10 倍的键宽。

表 4-81 导向型平键 (GB/T 1097—2003) (单位: mm)

<p>A 型</p> <p> <math>Ra 6.3</math>  <math>h</math>  <math>h_1</math>  <math>D</math>  <math>d_1</math>  <math>R = \frac{b}{2}</math>  <math>L</math>  <math>L_1</math>  <math>L_2</math>  <math>L_3</math>  <math>Ra 1.6</math> </p>	<p>B 型</p> <p> <math>120^\circ</math>  <math>h</math>  <math>b</math>  <math>d</math>  <math>L</math>  <math>Ra 6.3</math>  <math>Ra 1.6</math> </p>	<p>           标记示例:            宽度 <math>b = 16\text{mm}</math>、高度  <math>h = 10\text{mm}</math>、长度 <math>L =</math>            100mm 导向 A 型平键            的标记为:            GB/T 1097 键 16 ×            100            宽度 <math>b = 16\text{mm}</math>、高度  <math>h = 10\text{mm}</math>、长度 <math>L =</math>            100mm 导向 B 型平键            的标记为:            GB/T 1097 键 B16            × 100         </p> <p> <math>Ra 12.5</math>  <math>Ra 1.6</math>  <math>L_4</math>  <math>L_5</math>  <math>d</math>  <math>C</math> 或 <math>r</math> </p>
--	--	---

$b$	基本尺寸										8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45								
	极限偏差 (h8)										0 -0.022	0 -0.027	0 -0.033	0 -0.039	0 -0.043	0 -0.048	0 -0.053	0 -0.058	0 -0.063	0 -0.068	0 -0.073	0 -0.078	0 -0.083	0 -0.088	0 -0.093							
$h$	基本尺寸										7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	20	22	25								
	极限偏差 (h11)										0 -0.090	0 -0.090	0 -0.090	0 -0.100	0 -0.110	0 -0.110	0 -0.110	0 -0.110	0 -0.110	0 -0.110	0 -0.110	0 -0.110	0 -0.110	0 -0.110	0 -0.130							
$C$ 或 $r$										0.25 ~ 0.40	0.40 ~ 0.60										0.60 ~ 0.80						1.00 ~ 1.20					
$h_1$										2.4	3.0	3.5	4.5	6	7	8	10	12	15	18	22	28	36	45								
$d$										M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	16	20	25	32	40	50	63	80								
$d_1$										3.4	4.5	5.5	6.6	9	11	14	16	20	25	32	40	50	63	80								
$D$										6	8.5	10	12	15	18	22	28	36	45	56	70	88	110	140								
$C_1$										0.3	0.5										1.0											
$L_0$										7	8	10	12	15	18	22	28	36	45	56	70	88	110	140								
螺钉 ( $d \times L_4$ )		M3 × 8	M3 × 10	M4 × 10	M4 × 12	M5 × 10	M6 × 12	M6 × 16	M8 × 16	M10 × 20	M12 × 25																					

L 与  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  的对应长度系列

$L$	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	220	250	280	320	360	400	450
$L_1$	13	14	16	18	20	23	26	30	35	40	48	54	60	66	75	80	90	100	110	120	140	160	180	200	220	250
$L_2$	12.5	14	16	18	20	22.5	25	28	31.5	35	40	45	50	55	62	70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	225
$L_3$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100



轴径	键的公称尺寸					
	$b(h8)$		$h(h11)$		倒角或倒圆 $s$	$L(h14)$
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
$d$	5	0	3	0 -0.060	0.25 ~ 0.4	10 ~ 56
	6	-0.018	4			14 ~ 70
	8	0	5	0	0.4 ~ 0.6	18 ~ 90
	10	-0.022	6	-0.075		22 ~ 110
	12		6			28 ~ 140
	14	0	6			36 ~ 160
	16	-0.027	7			45 ~ 180
	18		7			50 ~ 200
	20		8	0	0.6 ~ 0.8	56 ~ 220
	22	0	9	-0.090		63 ~ 250
	25	-0.033	9			70 ~ 280
	28		10			80 ~ 320
	32	0	11	0		90 ~ 360
	36	-0.039	12	-0.110	1.0 ~ 1.2	100 ~ 400



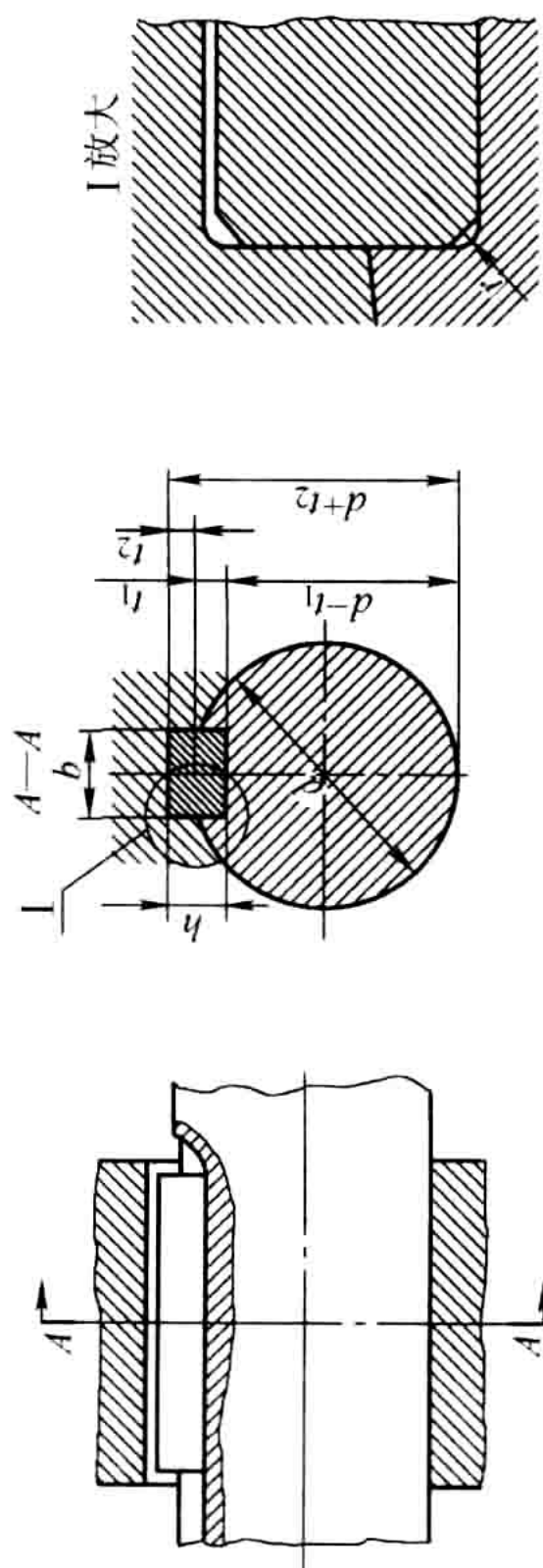
(续)

键槽尺寸						
轴径	$t_1$		$t_2$		$b$	半径 $r$
	尺寸	公差	尺寸	公差		
$d$ 12~17 >17~22 >22~30 >30~38 >38~44 >44~50 >50~58 >58~65	1.8	+0.1 0	1.4	+0.1 0	基本 尺寸同 键的基 本尺寸, 公差见 表 4-80 相应部 分	0.16~0.25
	2.5		1.8			
	3		2.3			
	3.5		2.8			
	3.5		2.8			
	3.5	2.8	3.3	+0.2 0		0.25~0.4
	4	3.3				
	4	3.3				
	5	3.3				
	5.5	3.8				
>85~95 >95~110 >110~130	5.5	+0.2 0	3.8	+0.2 0	0.4~0.6	
	6		4.3			
	7		4.4			
	7.5		4.9			
>130~150	7.5				0.70~1.0	
L 系列	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400					

(4) 普通型平键和导向型平键的键槽的尺寸公差 (表 4-83)

表 4-83 普通型平键和导向型平键的键槽的尺寸与公差 (GB/T 1095—2003)

(单位: mm)



(续)

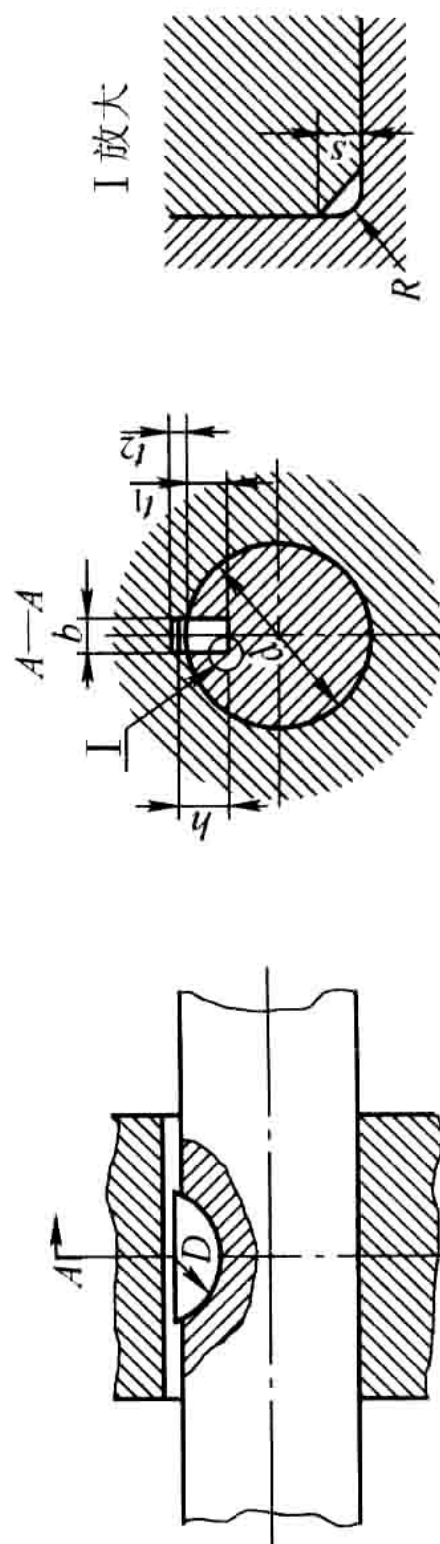
键 槽												
键尺寸 $b \times h$	宽度 $b$				深度				半径			
	极限偏差				轴 $t_1$		毂 $t_2$		min	max		
	正常联接		紧密联接		松联接		基本尺寸	极限偏差				
	轴 N9	毂 JS9	轴和毂 P9	轴 H9	毂 D10							
	2 × 2	-0.004	±	-0.006	+0.025	+0.060	1.2	1.0	+0.1 0	+0.1 0	0.08	0.16
3 × 3	-0.029	0.0125	-0.031	0	+0.020	1.8	1.4					
4 × 4	0	±0.015	-0.012	+0.030	+0.078	2.5	1.8					
5 × 5	-0.030		-0.042	0	+0.030	3.0	2.3	+0.2 0	+0.2 0	0.16	0.25	
6 × 6						3.5	2.8					
8 × 7	0	±0.018	-0.015	+0.036	+0.098	4.0	3.3					
10 × 8	-0.036		-0.051	0	+0.040	5.0	3.3	+0.2 0	+0.2 0	0.25	0.40	
12 × 8						5.0	3.3					
14 × 9	0	±	-0.018	+0.043	+0.120	5.5	3.8					
16 × 10	-0.043	0.0215	-0.061	0	+0.050	6.0	4.3	+0.2 0	+0.2 0	0.25	0.40	
18 × 11						7.0	4.4					
20 × 12						7.5	4.9					
22 × 14						9.0	5.4					

25 × 14	25	0	±0.026	-0.022	+0.052	+0.149	9.0	5.4		
28 × 16	28	-0.052		-0.074	0	+0.065	10.0	6.4	0.40	0.60
32 × 18	32						11.0	7.4		
36 × 20	36						12.0	8.4		
40 × 22	40	0	±0.031	-0.026	+0.062	+0.180	13.0	9.4	0.70	1.00
45 × 25	45	-0.062		-0.088	0	+0.080	15.0	10.4		
50 × 28	50						17.0	11.4		
56 × 32	56						20.0	12.4	+0.3	
63 × 32	63	0	±0.037	-0.032	+0.074	+0.220	20.0	12.4	0	1.60
70 × 36	70	-0.074		-0.106	0	+0.100	22.0	14.4		
80 × 40	80						25.0	15.4		
90 × 45	90	0	±	-0.037	+0.087	+0.260	28.0	17.4	2.00	2.50
100 × 50	100	-0.087	0.0435	-0.124	0	+0.120	31.0	19.5		

2. 半圓鍵 (表 4-84)

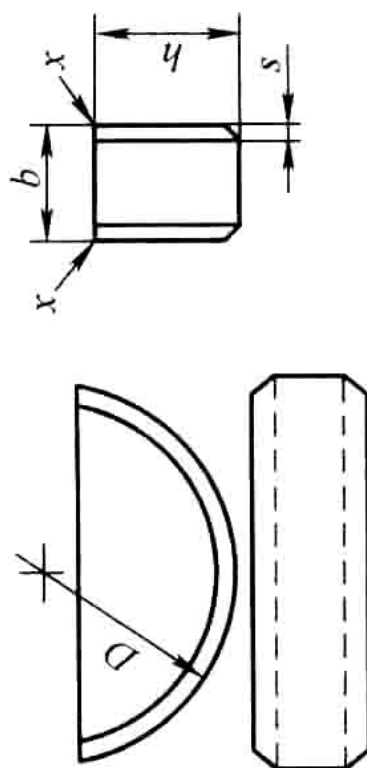
表 4-84 半圆键 (GB/T 1099.1—2003) (单位: mm)

键和键槽的剖面尺寸



注: 键尺寸中的公称直径  $D$  即为键槽直径最小值。

键的型式和尺寸



注:  $x \leq s_{\max}$

标记示例:

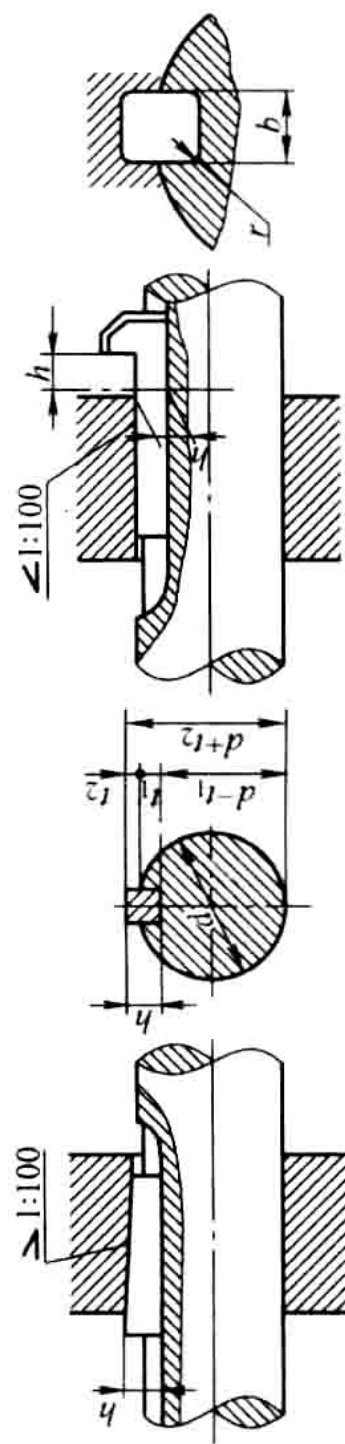
宽度  $b = 6\text{mm}$ 、高度  $h = 10\text{mm}$ 、直径  $D = 25\text{mm}$  普通型半圆键的标记为:

GB/T 1099.1 键 6 × 10 × 25

轴径 $d$		键的公称尺寸					键槽尺寸				
传递转矩用	定位用	$b$ (h8)	$h$ (h11)	$D$ (h12)	倒角或 倒圆 $s$	轴 $t_1$		轮毂 $t_2$		$b$	
						基本尺寸	公差	基本尺寸	公差		
3~4	3~4	1.0	1.4	4	0.16 ~ 0.25	1.0	+0.1 0	0.6	+0.1 0	0.08 ~ 0.16	基本尺寸同键的基 本尺寸, 公差见 表 4-83 相应 部分
>4~5	>4~6	1.5	2.6	7		2.0		0.8			
>5~6	>6~8	2.0	2.6	7		1.8		1.0			
>6~7	>8~10	2.0	3.7	10		2.9		1.0			
>7~8	>10~12	2.5	3.7	10		2.7		1.2			
>8~10	>12~15	3.0	5.0	13	3.8	1.4	+0.2 0	0.16 ~ 0.25	0.25 ~ 0.4		
>10~12	>15~18	3.0	6.5	16	5.3	1.4					
>12~14	>18~20	4.0	6.5	16	5.0	1.8					
>14~16	>20~22	4.0	7.5	19	6.0	1.8					
>16~18	>22~25	5.0	6.5	16	4.5	2.3					
>18~20	>25~28	5.0	7.5	19	0.25 ~ 0.4	5.5	+0.3 0	2.3	+0.2 0		
>20~22	>28~32	5.0	9.0	22		7.0		2.3			
>22~25	>32~36	6.0	9.0	22		6.5		2.8			
>25~28	>36~40	6.0	10	25		7.5		2.8			
>28~32	40	8.0	11	28		8		3.3			
>32~38	—	10	13	32	0.6	10		3.3			

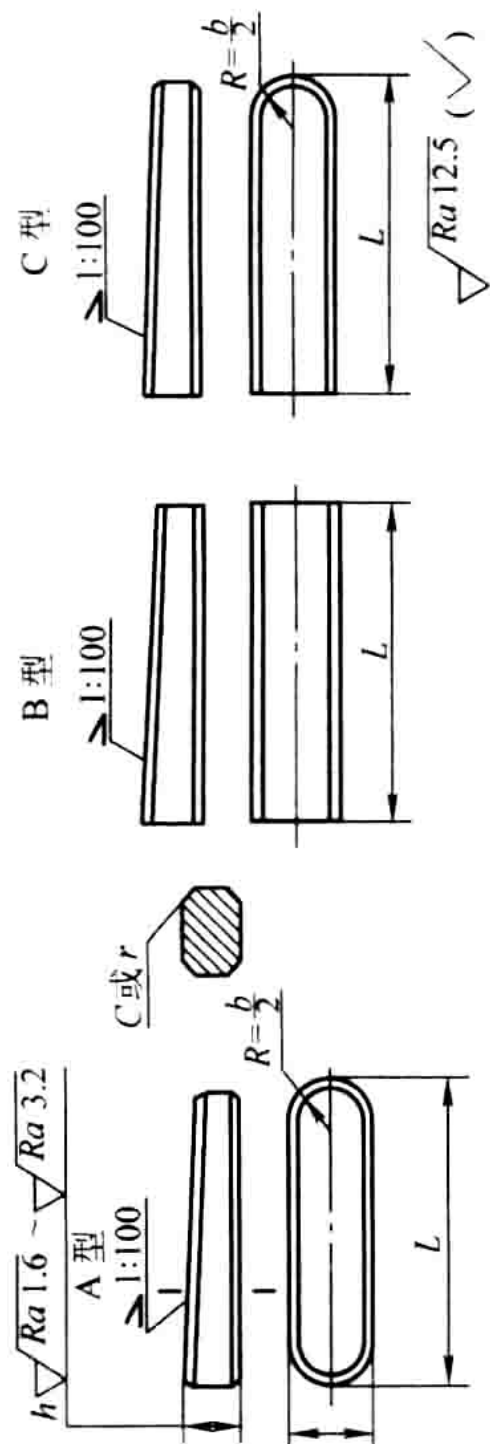
## 3. 楔键 (表 4-85)

表 4-85 楔键 (GB/T 1563 ~ 1565—2003) (单位: mm)



注: 1.  $(d + t_2)$  及  $t_2$  表示大端轮毂槽深度。

2. 安装时, 键的斜面与轮毂槽的斜面必须紧密贴合。



标记示例:

宽度  $b = 16\text{mm}$ 、高度  $h = 10\text{mm}$ 、长度  $L = 100\text{mm}$  普通 A 型楔键的标记为:

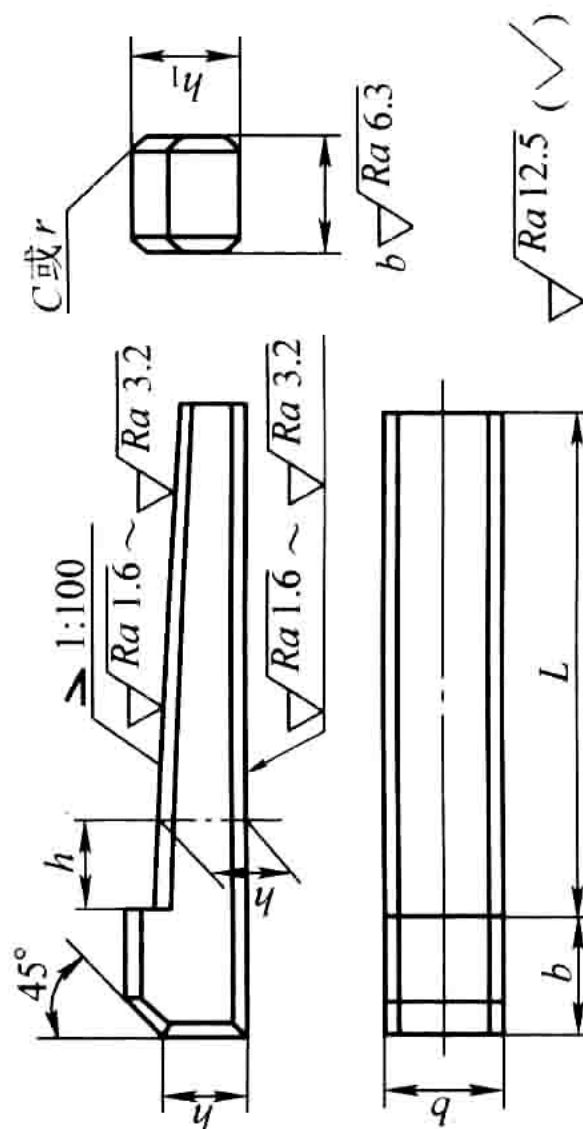
GB/T 1564 键 16 × 100

宽度  $b = 16\text{mm}$ 、高度  $h = 10\text{mm}$ 、长度  $L = 100\text{mm}$  普通 B 型楔键的标记为:

GB/T 1564 键 B16 × 100

宽度  $b = 16\text{mm}$ 、高度  $h = 10\text{mm}$ 、长度  $L = 100\text{mm}$  普通 C 型楔键的标记为:

GB/T 1564 键 C16 × 100



标记示例:

宽度  $b = 16\text{mm}$ 、高度  $h = 10\text{mm}$ 、长度  $L = 100\text{mm}$  钩头楔键的标记为:

GB/T 1565 键 16 × 100



(续)

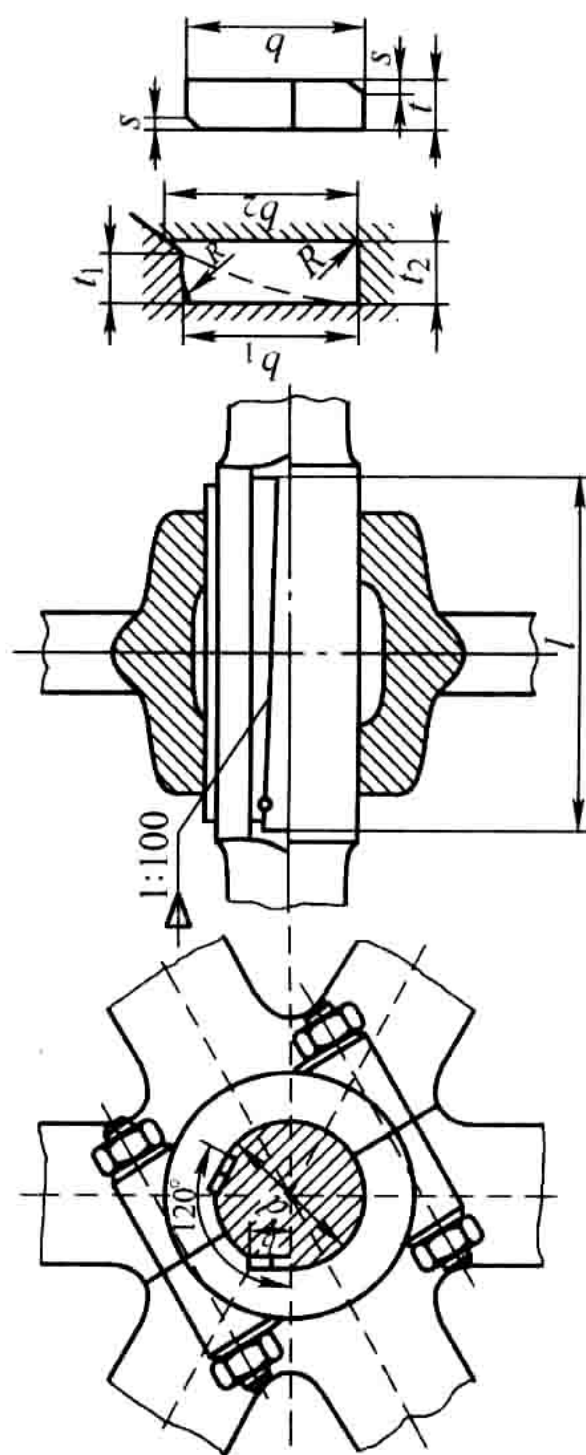
轴 径 $d$	键的公称尺寸					键槽深度			
	$b$ (h8)	$h$ (h11)	倒角或 倒圆 $s$	$h_1$	$L$ (h14)		轴 $t_1$		半径 $r$
					GB/T 1564 —2003	GB/T 1565 —2003	公称	公差	
6~8	2 <sup>①</sup>	2 <sup>①</sup>	0.16 ~0.25	7	6~20	—	1.2	0.5	0.08 ~0.16
>8~10	3 <sup>①</sup>	3 <sup>①</sup>			6~36	—	1.8	0.9	
>10~12	4	4			8~45	14~45	2.5	1.2	
>12~17	5	5	0.25 ~0.4	8	10~56	14~56	3.0	1.7	0.16 ~0.25
>17~22	6	6		10	14~70		3.5	2.2	
>22~30	8	7		11	18~90		4.0	2.4	
>30~38	10	8	0.4 ~0.6	12	22~110		5.0	2.4	0.25 ~0.40
>38~44	12	8		12	28~140		5.0	2.4	
>44~50	14	9		14	36~160		5.5	2.9	
>50~58	16	10		16	45~180		6.0	3.4	
>58~65	18	11		18	50~200		7.0	3.4	
>65~75	20	12	0.6 ~0.8	20	56~220		7.5	3.9	0.40 ~0.60
>75~85	22	14		22	63~250		9.0	4.4	
>85~95	25	14		22	70~280		9.0	4.4	

>95 ~ 110	28	16		25	80 ~ 320 90 ~ 360	10.0 11.0	5.4 6.4	
>110 ~ 130	32	18		28				
>130 ~ 150	36	20		32	100 ~ 400	12	7.1	
>150 ~ 170	40	22	1.0	36	100 ~ 400	13	8.1	0.70 ~ 1.00
>170 ~ 200	45	25	~ 1.2	40	110 ~ 450 110 ~ 400	15	9.1	
>200 ~ 230	50	28		45	125 ~ 500	17	10.1	
>230 ~ 260	56	32		50	140 ~ 500	20	11.1	+0.3 +0.3
>260 ~ 290	63	32	1.6 ~ 2.0	50	160 ~ 500	20	11.1	0
>290 ~ 330	70	36		56	180 ~ 500	22	13.1	1.2 ~ 1.6
>330 ~ 380	80	40		63	200 ~ 500	25	14.1	
>380 ~ 440	90	45	2.5 ~ 3.0	70	220 ~ 500	28	16.1	2.0 ~ 2.5
>440 ~ 500	100	50		80	250 ~ 500	31	18.1	
<i>l</i> 系列	6 <sup>①</sup> , 8 <sup>①</sup> , 10 <sup>①</sup> , 12 <sup>①</sup> , 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 500							

① 钩头型楔键无该尺寸。

## 4. 切向键 (表 4-86)

表 4-86 切向键 (GB/T 1974—2003) (单位: mm)



标记示例:

计算宽度  $b = 24\text{mm}$ 、厚度  $t = 8\text{mm}$ 、长度  $l = 100\text{mm}$  的普通型切向键的标记为:

GB/T 1974 切向键 24 × 8 × 100

计算宽度  $b = 60\text{mm}$ 、厚度  $t = 20\text{mm}$ 、长度  $l = 250\text{mm}$  的强力型切向键的标记为:

GB/T 1974 强力切向键 60 × 20 × 250



普通切向键										强力切向键									
轴径 $d$	键		键 槽						键		键 槽								
	$l$	$s$	深 度			计算宽度		半径 $R$		$t$	$s$	深 度			计算宽度		半径 $R$		
			轮毂 $t_1$	尺寸偏差	轴 $t_2$	轮毂 $b_1$	轴 $b_2$	min	max			轮毂 $b_1$	轴 $b_2$	min	max				
110	9	$0.6 \sim 0.8$	9		9.3	30.1	30.6	0.4	0.6	11		11	$0 \begin{smallmatrix} -0.2 \end{smallmatrix}$	$11.4 \begin{smallmatrix} +0.2 \\ 0 \end{smallmatrix}$	33	33.5			
120						33.2	33.6			12	$1 \sim 1.2$	12		12.4	36	36.5			
125	10		10		$10.3 \begin{smallmatrix} +0.2 \\ -0.2 \end{smallmatrix}$	33.9	34.4			13		13		12.9	37.5	38.0			
130						34.6	35.1							13.4	39	39.5	0.7	1.0	
140	11	$1 \sim 1.2$	11		11.4	37.7	38.3	0.7	1.0	14		14		14.4	42	42.5			
150						39.1	39.7			15		15		15.4	45	45.5			
160						42.1	42.8			16	$1.6 \sim 2$	16		16.4	48	48.5			
170	12		12		12.4	43.5	44.2			17		17	$0 \begin{smallmatrix} -0.3 \end{smallmatrix}$	$17.4 \begin{smallmatrix} +0.3 \\ 0 \end{smallmatrix}$	51	51.5	1.2	1.6	
180						44.9	45.6			18		18		18.4	54	54.5			

190	14				49.6	50.3				19		19		19.4	57	57.5	
200		14			51.0	51.7				20		20		20.4	60	60.5	
220	16	1.6			57.1	57.8				22	2.5	22		22.4	66	66.5	
240		~			59.9	60.6	1.2	1.6		24	~3	24		24.4	72	72.5	
250	18	2.0			64.6	65.3				25		25		25.4	75	75.5	
260					66.0	66.7				26		26		26.4	78	78.5	2.0 2.5
280	20				72.1	72.8				28		28		28.4	84	84.5	
300					74.8	75.5				30		30		30.4	90	90.5	
320	22	2.5			81.0	81.6				32	3	32		32.4	96	96.5	
340		~3			83.6	84.3	2.0	2.5		34	~4	34		-0.334.4	102	102.5	
360	26				93.2	93.8				36		36		36.4	108	108.5	
380					95.9	96.6				38		38		38.4	114	114.5	
400					98.6	99.3				40		40		40.4	120	120.5	
420					108.2	108.8				42		42		42.4	126	126.5	2.5 3.0
440	30	3			110.9	111.6						44		44.4	132	132.5	
450		~4			112.3	112.9	2.5	3.0		45		45		45.4	135	135.5	
460					113.6	114.3						46		48	138	138.5	
480	34				123.1	123.8				48		48		48.5	144	144.5	



## 五、滚动轴承

滚动轴承由外圈、内圈、滚动体和保持架四部分组成(图4-25),工作时滚动体在内、外圈的滚道上滚动,形成滚动摩擦。它具有摩擦小、效率高、轴向尺寸小、装拆方便等优点。

### 1. 滚动轴承的分类

(1) 按轴承所能承受的载荷方向或公称接触角的不同分类

1) 向心轴承: 主要用于承受径向载荷的滚动轴承, 其公称接触角从 $0^{\circ}$ 到 $45^{\circ}$ 。按公称接触角不同又分两种。

① 径向接触轴承: 公称接触角为 $0^{\circ}$ 的向心轴承, 如深沟球轴承。

② 角接触向心轴承: 公称接触角大于 $0^{\circ}$ 到 $45^{\circ}$ 的向心轴承。

2) 推力轴承: 主要用于承受轴向载荷的滚动轴承, 其公称接触角大于 $45^{\circ}$ 到 $90^{\circ}$ 。按公称接触角的不同分两种。

① 轴向接触轴承: 公称接触角为 $90^{\circ}$ 的推力轴承。

② 角接触推力轴承: 公称接触角大于 $45^{\circ}$ 但小于 $90^{\circ}$ 的推力轴承。

(2) 按轴承中的滚动体分类

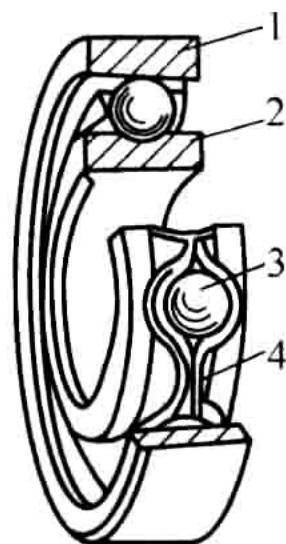


图4-25 滚动轴承的构造

1—外圈 2—内圈

3—滚动体 4—保持架



1) 球轴承: 滚动体为球。

2) 滚子轴承: 滚子轴承按滚子的种类不同, 又分为圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承、调心滚子轴承、滚针轴承。

(3) 按调心性分类 轴承按其工作时能否调心, 分为非调心轴承和调心轴承。

(4) 综合分类 轴承按其所能承受的载荷方向或公称接触角、滚动体的种类与列数、调心与否综合分为: 深沟球轴承、外球面球轴承、双列深沟球轴承、调心球轴承、角接触球轴承、双列角接触球轴承、四点接触球轴承、推力球轴承、滚针轴承、圆柱滚子轴承、调心滚子轴承、圆锥滚子轴承、推力圆柱滚子轴承、推力调心滚子轴承。

## 2. 滚动轴承代号的构成 (GB/T 272—1993)

轴承代号由基本代号、前置代号和后置代号构成, 其排列顺序是

前置代号	基本代号	后置代号
------	------	------

(1) 基本代号 基本代号表示轴承的基本类型、结构和尺寸, 是轴承代号的基础。

1) 滚动轴承 (滚针轴承除外) 基本代号。轴承外形尺寸符合 GB/T 273.1、GB/T 273.2、GB/T 273.3、GB/T 3882 任一标准规定的外形尺寸, 其基本代号由轴承类型代号、尺寸系列代号、内径代号构成。排列顺序如下。

类型代号    尺寸系列代号    内径代号

表中类型代号用阿拉伯数字 (以下简称数字) 或大

写拉丁字母（以下简称字母）表示，尺寸系列代号和内径代号用数字表示。

【例】 6204 6——类型代号，2——尺寸系列，04——内径代号

N2210 N——类型代号，22——尺寸系列代号，10——内径代号

2) 类型代号。轴承类型代号用数字或字母表示，见表4-87。

**表 4-87 滚动轴承类型代号**

代号	轴 承 类 型	代号	轴 承 类 型
0	双列角接触球轴承	6	深沟球轴承
1	调心球轴承	7	角接触球轴承
2	调心滚子轴承和推力调心滚子轴承	8	推力圆柱滚子轴承
3	圆锥滚子轴承	N	圆柱滚子轴承,双列或多列用字母 NN 表示
4	双列深沟球轴承	U	外球面球轴承
5	推力球轴承	QJ	四点接触球轴承

注：在表中代号后或前加字母或数字表示该类轴承中的不同结构。

3) 尺寸系列代号。尺寸系列代号由轴承的宽（高）度系列代号和直径系列代号组合而成。

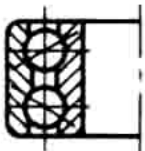
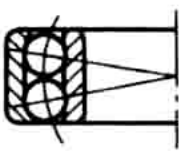
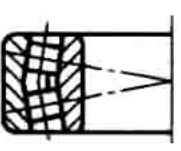
向心轴承和推力轴承尺寸系列代号见表 4-88。

表 4-88 向心轴承和推力轴承尺寸系列代号


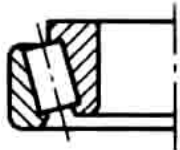
直径 系列 代号	向 心 轴 承						推 力 轴 承					
	宽度系列代号						高度系列代号					
	8	0	1	2	3	4	5	6	7	9	1	2
尺寸系列代号												
7	—	—	17	—	37	—	—	—	—	—	—	—
8	—	08	18	28	38	48	58	68	—	—	—	—
9	—	09	19	29	39	49	59	69	—	—	—	—
0	—	00	10	20	30	40	50	60	70	90	10	—
1	—	01	11	21	31	41	51	61	71	91	11	—
2	82	02	12	22	32	42	52	62	72	92	12	22
3	83	03	13	23	33	—	—	—	73	93	13	23
4	—	04	—	24	—	—	—	—	74	94	14	24
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95	—	—

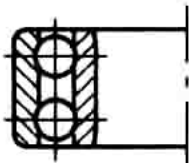
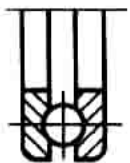
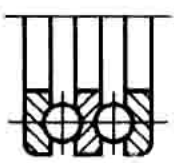
4) 常用滚动轴承基本结构形式。常用轴承类型、尺寸系列代号及由轴承类型代号及尺寸系列代号组成的组合代号见表 4-89。

表 4-89 常用滚动轴承基本结构形式、类型代号、尺寸系列代号

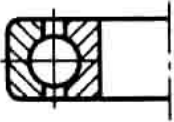
轴承类型	简图	类型代号	尺寸系列代号	组合代号	标准编号
双列角接触球轴承		(0)	32	32	GB/T 296 —1994
		(0)	33	33	
调心球轴承		1	(0) 2	12	GB/T 281 —1994
		(1)	22	22	
		1	(0) 3	13	
		(1)	23	23	
调心滚子轴承		2	13	213	GB/T 288 —1994
		2	22	222	
		2	23	223	
		2	30	230	
		2	31	231	
		2	32	232	
		2	40	240	
		2	41	241	

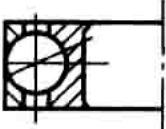
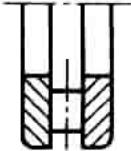
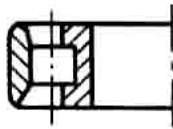
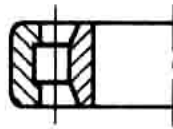
(续)

轴承类型	简图	类型代号	尺寸系列 代号	组合代号	标准编号
推力调心滚子轴承		2	92	292	GB/T 5859 —1994
		2	93	293	
		2	94	294	
圆锥滚子轴承		3	02	302	GB/T 297 —1994
		3	03	303	
		3	13	313	
		3	20	320	
		3	22	322	
		3	23	323	
		3	29	329	
		3	30	330	
		3	31	331	
		3	32	332	

双列深沟球轴承		4 4	(2) 2 (2) 3	42 43	
推力球轴承		5 5 5 5	11 12 13 14	511 512 513 514	GB/T 301 —1995
双向推力球轴承		5 5 5	22 23 24	522 523 524	GB/T 301 —1995

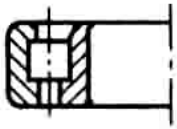
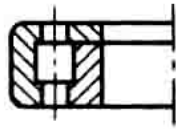
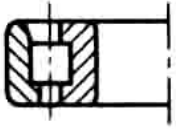
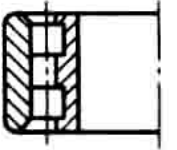
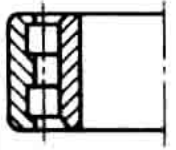
(续)

轴承类型	简图	类型代号	尺寸系列 代号	组合代号	标准号
推力球轴承	带球面座圈的推力球轴承	5 5 5 5	32 <sup>①</sup> 33 34	532 533 534	GB/T 276 —1994
	带球面座圈的双向推力球轴承	5 5 5	42 <sup>②</sup> 43 44	542 543 544	
深沟球轴承		6 6 6 6	17 37 18 19	617 637 618 619	
		16	(0) 0	160	
		6	(1) 0	60	
		6	(0) 2	62	
		6	(0) 3	63	
		6	(0) 4	64	

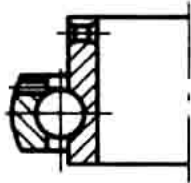
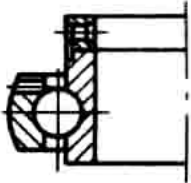
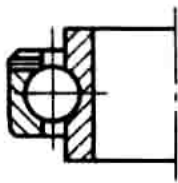
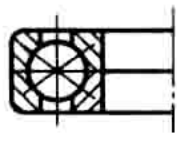
角接触球轴承		7	19	719	GB/T 292 —1994
		7	(1) 0	70	
		7	(0) 2	72	
		7	(0) 3	73	
		7	(0) 4	74	
推力圆柱滚子轴承		8	11	811	GB/T 4663 —1994
		8	12	812	
圆柱滚子轴承		N	10	N10	GB/T 283 —1994
		N	(0) 2	N2	
		N	22	N22	
		N	(0) 3	N3	
		N	23	N23	
内圈无挡边圆柱滚子轴承		N	(0) 4	N4	
		NU	10	NU10	GB/T 283 —1994
		NU	(0) 2	NU2	
		NU	22	NU22	
		NU	(0) 3	NU3	
		NU	23	NU23	
		NU	(0) 4	NU4	



(续)

轴承类型	简图	类型代号	尺寸系列代号	组合代号	标准号
内圈单挡边 圆柱滚子轴承		NJ NJ NJ NJ NJ	(0) 2 22 (0) 3 23 (0) 4	NJ2 NJ22 NJ3 NJ23 NJ4	GB/T 283 —1994
内圈单挡边并 带平挡圈圆柱 滚子轴承		NUP NUP NUP NUP	(0) 2 22 (0) 3 23	NUP2 NUP22 NUP3 NUP23	
外圈单挡边 圆柱滚子轴承		NF	(0) 2 (0) 3 23	NF2 NF3 NF3	
双列圆柱 滚子轴承		NN	30	NN30	GB/T 285 —1994
内圈无挡边双 列圆柱滚子轴承		NNU	49	NNU49	

圆柱滚子轴承

外球面球轴承	带顶丝外球面球轴承		UC UC	2 3	UC2 UC3	GB/ 3882 —1995
	带偏心套外球面球轴承		UEL UEL	2 3	UEL2 UEL3	
	圆锥孔外球面球轴承		UK UK	2 3	UK2 UK3	
	四点接触球轴承		QJ	(0) 2 (03)	QJ2 QJ3	GB/T 294 —1994

注：表中用括号内的数字表示在组合代号中省略。

① 尺寸系列实为 12、13、14，分别用 32、33、34 表示。

② 尺寸系列实为 22、23、24，分别用 42、43、44 表示。

## 5) 滚动轴承内径代号 (表 4-90)

表 4-90 滚动轴承内径代号

轴承公称 内径/mm		内径代号	示 例
0.6 到 10 (非整数)		用公称内径毫米数直接表示, 在其与尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承 618/2.5 $d = 2.5 \text{ mm}$
1 到 9 (整数)		用公称内径毫米数直接表示, 对深沟及角接触球轴承 7, 8, 9 直径系列, 内径与尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承 625 618/5 $d = 5 \text{ mm}$
10 到 17	10 12 15 17	00 01 02 03	深沟球轴承 6200 $d = 10 \text{ mm}$
20 到 480 (22, 28, 32 除外)		公称内径除以 5 的商数, 商数为个位数, 需在商数左边加“0”, 如 08	调心滚子轴承 23208 $d = 40 \text{ mm}$
大于和等于 500 以及 22, 28, 32		用公称内径毫米数直接表示, 但在与尺寸系列之间用“/”分开	调心滚子轴承 230/500 $d = 500 \text{ mm}$ 深沟球轴承 62/22 $d = 22 \text{ mm}$

注: 例如, 调心滚子轴承 23224 2——类型代号 32——尺寸系列代号 24——内径代号  $d = 120 \text{ mm}$ 。

6) 滚针轴承基本代号。基本代号由轴承类型代号和表示轴承配合安装特征和尺寸构成。代号中类型代号用字母表示,表示轴承配合安装特征的尺寸,用尺寸系列、内径代号或者直接用毫米数表示。

滚针轴承基本结构形式、类型代号、配合安装特征尺寸代号见表 4-91。

7) 基本代号编制规则。基本代号中当轴承类型代号用字母表示时,编排时应与表示轴承尺寸的系列代号、内径代号或安装配合特征尺寸的数字之间空半个汉字距。例: NJ 230, AXK 0821。

(2) 前置、后置代号。前置、后置代号是滚动轴承在结构形状、尺寸、公差、技术要求等有改变时,在其基本代号左右添加的补充代号。滚动轴承前、后置代号排列顺序见表 4-92。

1) 前置代号。前置代号用字母表示。滚动轴承前置代号及其含义见表 4-93。

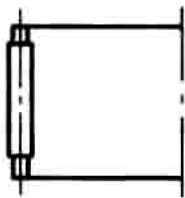

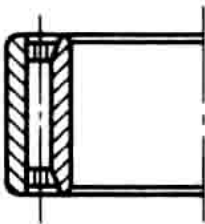
2) 后置代号编制规则。后置代号用字母(或加数字)表示。

滚动轴承后置代号的编制规则:

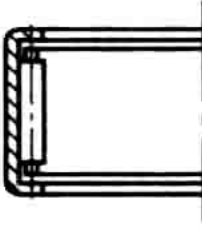
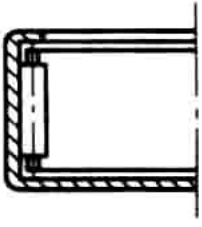
a. 后置代号置于基本代号的右边并与基本代号空半个汉字距(代号中有符号“-”“/”除外)。当改变项目多、具有多组后置代号,按轴承代号表所列从左至右的顺序排列;

b. 改变为 4 组(含 4 组)以后的内容,则在其代号前用“/”与前面代号隔开;

表 4-91 滚针轴承基本结构形式、类型代号、安装特征尺寸代号

轴承类型	简 图	类型 代号	配合安装特征 尺寸表示	轴承基本代号	标准编号
滚针和保 持架组件		K	$F_w \times E_w \times B_c$	$KF_w \times E_w \times B_c$	JB/T 7918 —1995
推力滚针 和保持架组 件		AXK	$D_{c1} D_c$ ①	AXKD <sub>c1</sub> D <sub>c</sub>	GB/T 4605 —2003
滚针轴承		NA	用尺寸系列代 号、内径代号表示	NA 4800 NA 4900 NA 6900	GB/T 5801 —1994
			尺寸系 列代号 48 49 69	内径代号 按表 4-93 ②	

滚针轴承

穿孔型冲 压外圈滚针 轴承		HK	$F_w B^{①}$	$HKF_w B$	GB/T 290 —1998
封口型冲 压外圈滚针 轴承		BK	$F_w B^{①}$	$BKF_w B$	GB/T 290 —1998

注：表中  $F_w$ —无内圈滚针轴承滚针总体内径（滚针保持架组件内径）； $E_w$ —滚针保持架组件外  
径； $B$ —轴承公称宽度； $B_c$ —滚针保持架组件宽度； $D_{c1}$ —推力滚针保持架组件内径； $D_c$ —  
推力滚针保持架组件外径。

① 尺寸直接用毫米数表示时，如是个位数，需在其左边加“0”。如8mm用08表示。

② 内径代号除  $d < 10\text{mm}$  用“/实际公称毫米数”表示外，其余按上表内径代号标注规定。

表 4-92 滚动轴承前、后置代号排列顺序

轴 承 代 号								
前置代号	基本代号	后 置 代 号 (组)						
		1	2	3	4	5	6	7 8
成套轴承 分部件		内部 结构	密封与 防尘套 圈变型	保持架 及其 材料	轴 承 材 料	公差 等 级	游隙	配置  其他

表 4-93 滚动轴承前置代号及其含义

代 号	含 义	示 例
L	可分离轴承的可分离内圈或外圈	LNU 207 LN 207
R	不带可分离内圈或外圈的轴承 (滚针轴承仅适用于 NA 型)	RNU 207 RNA 6904
K	滚子和保持架组件	K 81107
WS	推力圆柱滚子轴承轴圈	WS 81107
GS	推力圆柱滚子轴承座圈	GS 81107

[例] 6205-2Z/P6 22308/P63

c. 改变内容为 4 组后的两组, 在前组与后组代号中的数字或文字表示含义可能混淆时, 两代号间空半个字距。

例如 6208/P63 V1

### 3) 后置代号及其含义 (表 4-94 ~ 表 4-98)

**表 4-94 滚动轴承内部结构代号及其含义**

代号	含 义	示 例
A、B C、D E	1) 表示内部结构改变 2) 表示标准设计, 其含义随不同类型、结构而异	B① 角接触球轴承 公称接触角 $\alpha = 40^\circ$ , 例 7210B ② 圆锥滚子轴承 接触角加大, 例 32310B C① 角接触球轴承 公称接触角 $\alpha = 15^\circ$ 7005C ② 调心滚子轴承 C 型 23122C E 加强型 <sup>①</sup> NU 207E
AC D ZW	角接触球轴承 公称接触角 $\alpha = 25^\circ$ 剖分式轴承 滚针保持架组件 双列	7210AC  K50 × 55 × 20D K20 × 25 × 40ZW

① 加强型, 即内部结构设计改进, 增大轴承承载能力。

**表 4-95 滚动轴承密封、防尘与外部形状变化的代号及其含义**

代 号	含 义	示 例
K	圆锥孔轴承锥度 1:12 (外球面球轴承除外)	1210K
K30	圆锥孔轴承锥度 1:30	241 22 K30



(续)

代 号	含 义	示 例
R	轴承外圈有止动挡边 (凸缘外圈) (不适用于内径小于 10mm 的向心球 轴承)	30307 R
N	轴承外圈上有止动槽	6210 N
NR	轴承外圈上有止动槽, 并带止动环	6210 NR
-RS	轴承一面带骨架式橡胶密封圈 (接触式)	6210-RS
-2RS	轴承两面带骨架式橡胶密封圈 (接触式)	6210-2RS
-RZ	轴承一面带骨架式橡胶密封圈 (非接触式)	6210-RZ
-2RZ	轴承两面带骨架式橡胶密封圈 (非接 触式)	6210-2RZ
-Z	轴承一面带防尘盖	6210-Z
-2Z	轴承两面带防尘盖	6210-2Z
-RSZ	轴承一面带骨架式橡胶密封圈 (接 触 式)、一面带防尘盖	6210-RSZ
-RZZ	轴承一面带骨架式橡胶密封圈 (非接 触式)、一面带防尘盖	6210-RZZ
-ZN	轴承一面带防尘盖, 另一面外圈有止 动槽	6210-ZN
-ZNR	轴承一面带防尘盖, 另一面外圈有止 动槽并带止动环	6210-ZNR
-ZNB	轴承一面带防尘盖, 同一面外圈有止 动槽	6210-ZNB
-2ZN	轴承两面带防尘盖, 外圈有止动槽	6210-2ZN
U	推力球轴承带球面垫圈	53210 U

注: 密封圈代号与防尘盖代号同样可以与止动槽代号进行多种组合。

表 4-96 滚动轴承公差等级代号及其含义

代 号	含 义	示 例
/P0	公差等级符合标准规定的 0 级, 代号中省略不表示	6203
/P6	公差等级符合标准规定的 6 级	6203/P6
P6x	公差等级符合标准规定的 6x 级	30210/P6x
/P5	公差等级符合标准规定的 5 级	6203/P5
/P4	公差等级符合标准规定的 4 级	6203/P4
/P2	公差等级符合标准规定的 2 级	6203/P2

表 4-97 滚动轴承游隙代号及其含义

代 号	含 义	示 例
/C1	游隙符合标准规定的 1 组	NN 3006K/C1
/C2	游隙符合标准规定的 2 组	6210/C2
—	游隙符合标准规定的 0 组	6210
/C3	游隙符合标准规定的 3 组	6210/C3
/C4	游隙符合标准规定的 4 组	NN 3006K/C4
/C5	游隙符合标准规定的 5 组	NNU 4920 K/C5

注: 公差等级代号与游隙代号需同时表示时, 可进行简化, 取公差等级代号加上游隙组号 (0 组不表示) 组合表示。

[例] /P63 表示轴承公差等级 P6 级, 径向游隙 3 组。

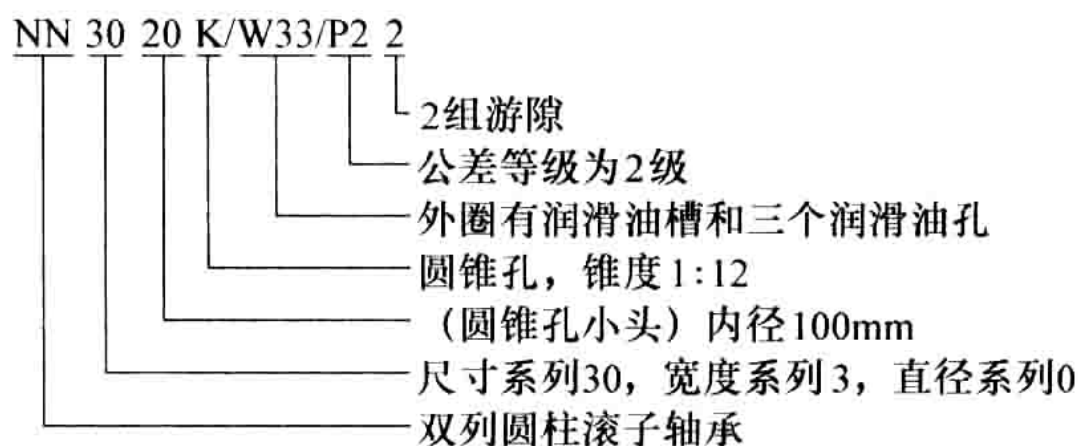
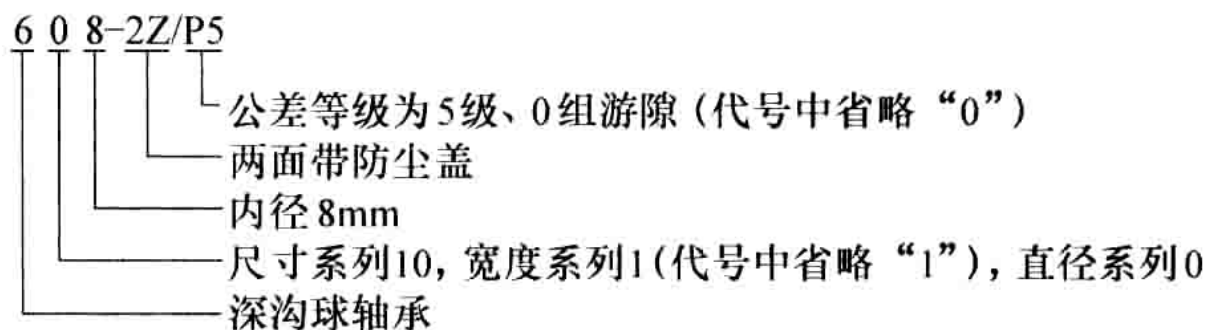
/P52 表示轴承公差等级 P5 级, 径向游隙 2 组。

表 4-98 滚动轴承配置代号及其含义

代 号	含 义	示 例
/DB	成对背对背安装	7210C/DB
/DF	成对面对面安装	32208/DF
/DT	成对串联安装	7210C/DT

其他在轴承振动、噪声、摩擦力矩、工作温度、润滑等要求特殊时, 其代号按 JB/T 2974 的规定。

## 轴承代号示例



### 3. 滚动轴承的配合

#### (1) 深沟球轴承和推力球轴承与轴的配合 (表 4-99)

表 4-99 深沟球轴承和推力球轴承与轴的配合

轴旋转 状况	应用举例	轴承公称尺寸/mm		配合
		深沟球轴承和 推力球轴承	圆柱滚子 轴承和圆锥 滚子轴承	
轴不旋转	滚子	所有内径的尺寸		g6
	张紧滑轮, 外圈旋转的 振动器	所有内径的尺寸		h6
轴旋转	齿轮 传动箱	$\leq 18$		h5
		18 ~ 100	$\leq 40$	js6
		100 ~ 200	40 ~ 140	k6
			140 ~ 200	m6
	主轴, 精密 机械和高速 机械	$\leq 18$		h5
		18 ~ 100	$\leq 40$	js5
		100 ~ 200	40 ~ 140	k5
			140 ~ 200	m5
	一般通用 机械	$\leq 18$		js5
		18 ~ 100	$\leq 40$	k5
		100 ~ 140	40 ~ 100	m5
		140 ~ 200	100 ~ 140	m6
			140 ~ 200	m6

(2) 深沟球轴承和推力球轴承与外壳的配合 (表 4-100)

(3) 推力轴承与轴或外壳的配合 (表 4-101)

表 4-100 深沟球轴承和推力球轴承与外壳的配合

外圈旋转情况	应用 举 例	配 合
外圈旋转	张紧滑轮	M7
外圈不旋转	一般机械用轴承	H7
	多支点长轴	H8
	磨头主轴用球轴承	J6, JS6
	主轴用滚子轴承	(K6), M6, N6

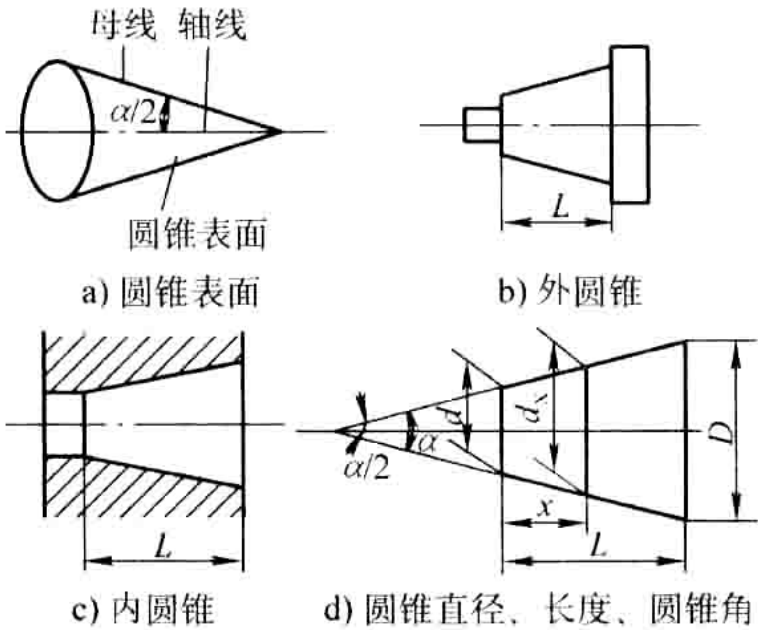
表 4-101 推力轴承与轴或外壳的配合

负荷种类	轴承类型	轴承公称直径/mm	配 合
纯轴向负荷	推力球轴承	各种内径	js, js5
	角接触球轴承		k6
	推力球轴承	各种外径	H8

六、锥度、锥角及公差

1. 圆锥的术语及定义（表 4-102）

表 4-102 圆锥的术语及定义（GB/T 157—2001）



(续)

术 语	定 义
圆锥表面	与轴线成一定角度, 且一端相交于轴线的一条直线段 (母线), 围绕着该轴线旋转形成的表面 (见图 a)
圆锥	由圆锥表面与一定尺寸所限定的几何体 外圆锥是外部表面为圆锥表面的几何体 (见图 b), 内圆锥是内部表面为圆锥表面的几何体 (见图 c)
圆锥角 $\alpha$	在通过圆锥轴线的截面内, 两条素线间的夹角 (见图 d)
圆锥直径	圆锥在垂直轴线截面上的直径 (见图 d)。常用的有: 1) 最大圆锥直径 $D$ 2) 最小圆锥直径 $d$ 3) 给定截面圆锥直径 $d_x$
圆锥长度 $L$	最大圆锥直径截面与最小圆锥直径截面之间的轴向距离 (见图 d)
锥度 $C$	两个垂直圆锥轴线截面的圆锥直径之差与该两截面间的轴向距离之比 如: 最大圆锥直径 $D$ 与最小圆锥直径 $d$ 之差对圆锥长度 $L$ 之比 $C = \frac{D - d}{L}$ 锥度 $C$ 与圆锥角 $\alpha$ 的关系为 $C = 2 \tan \frac{\alpha}{2} = 1 : \frac{1}{2} \cot \frac{\alpha}{2}$ 锥度一般用比例或分式形式表示

## 2. 锥度与锥角系列 (GB/T 157—2001)

(1) 一般用途圆锥的锥度与锥角 (表 4-103)

(2) 特定用途的圆锥 (表 4-104)

## 3. 圆锥公差 (GB/T 11334—2005)

GB/T 11334—2005 中规定了圆锥公差的项目、给定了方法和公差数值。适用于锥度  $C$  从 1:3 至 1:500、圆锥长度  $L$  从 6 ~ 630mm 的光滑圆锥。标准中的圆锥角公差也适用于棱体的角度与斜度。(表 4-106 中数值用于棱体的角度时, 以该角短边长度作为  $L$  选取公差值)。

(1) 圆锥直径公差 ( $T_D$ ) 所能限制的最大圆锥角误差 表 4-105 列出了圆锥长度  $L$  为 100mm 时, 圆锥直径公差  $T_D$  所能限制的最大圆锥角误差  $\Delta\alpha_{\max}$ 。

(2) 圆锥角公差  $AT$  圆锥角公差  $AT$  共分 12 个公差等级, 用  $AT1, AT2, AT3, \dots, AT12$  表示。

圆锥角公差可用两种形式表示:

$AT_\alpha$ ——以角度单位微弧度或以度、分、秒表示, 单位为  $\mu\text{rad}$ ;

$AT_D$ ——以长度单位微米表示, 单位为  $\mu\text{m}$ 。

$AT_\alpha$  和  $AT_D$  的关系如下

$$AT_D = AT_\alpha \times L \times 10^{-3}$$

式中  $L$  单位为 mm。

圆锥角公差数值见表 4-106。

表 4-103 一般用途圆锥的锥度与锥角 (GB/T 157—2001)

基 本 值		推 算 值			
		圆锥角 $\alpha$			锥度 $C$
		( $^{\circ}$ ) ( $'$ ) ( $''$ )	( $^{\circ}$ )	rad	
系列 1	系列 2				
120 $^{\circ}$	—	—	—	2.094 395 10	1: 0.288 675 1
90 $^{\circ}$	—	—	—	1.570 796 33	1: 0.500 000 0
—	75 $^{\circ}$	—	—	1.308 996 94	1: 0.651 612 7
60 $^{\circ}$	—	—	—	1.047 197 55	1: 0.866 025 4
45 $^{\circ}$	—	—	—	0.785 398 16	1: 1.207 106 8
30 $^{\circ}$	—	—	—	0.523 598 78	1: 1.866 025 4
1:3	—	18 $^{\circ}$ 55'28.7199"	18.924 644 42 $^{\circ}$	0.330 297 35	—
—	1:4	14 $^{\circ}$ 15'0.1177"	14.250 032 70 $^{\circ}$	0.248 709 99	—
1:5	—	11 $^{\circ}$ 25'16.2706"	11.421 186 27 $^{\circ}$	0.199 337 30	—
—	1:6	9 $^{\circ}$ 31'38.2202"	9.527 283 38 $^{\circ}$	0.166 282 46	—
—	1:7	8 $^{\circ}$ 10'16.4408"	8.171 233 56 $^{\circ}$	0.142 614 93	—
—	1:8	7 $^{\circ}$ 9'9.6075"	7.152 668 75 $^{\circ}$	0.124 837 62	—
1:10	—	5 $^{\circ}$ 43'29.3176"	5.724 810 45 $^{\circ}$	0.099 916 79	—
—	1:12	4 $^{\circ}$ 46'18.7970"	4.771 888 06 $^{\circ}$	0.083 285 16	—
—	1:15	3 $^{\circ}$ 49'5.8975"	3.818 304 87 $^{\circ}$	0.066 641 99	—
1:20	—	2 $^{\circ}$ 51'51.0925"	2.864 192 37 $^{\circ}$	0.049 989 59	—
1:30	—	1 $^{\circ}$ 54'34.8570"	1.909 682 51 $^{\circ}$	0.033 330 25	—



(续)

基 本 值		推 算 值			
系列 1	系列 2	圆锥角 $\alpha$			锥度 $C$
		(°) (′) (″)	(°)	rad	
1:50	—	1°8′45.1586″	1.145 877 40°	0.019 999 33	—
1:100	—	34′22.6309″	0.572 953 02°	0.009 999 92	—
1:200	—	17′11.3219″	0.286 478 30°	0.004 999 99	—
1:500	—	6′52.5295″	0.114 591 52°	0.002 000 00	—

注：系列 1 中 120°~1:3 的数值近似按 R10/2 优先数系列，1:5~1:500 按 R10/3 优先数系列（见 GB/T 321—2005）。

表 4-104 特定用途的圆锥（GB/T 157—2001）

基本值	推 算 值				标准号 GB/T (ISO)	用途
	圆锥角 $\alpha$			锥度 $C$		
	$(^{\circ})(')(")$	$(^{\circ})$	rad			
$11^{\circ}54'$	—	—	0.207 694 18	1:4.797 451 1	(5237) (8489-5)	纺织
$8^{\circ}40'$	—	—	0.151 261 87	1:6.598 441 5	(8489-3) (8489-4) (324.575)	机械 和附 件
$7^{\circ}$	—	—	0.122 173 05	1:8.174 927 7	(8489-2)	

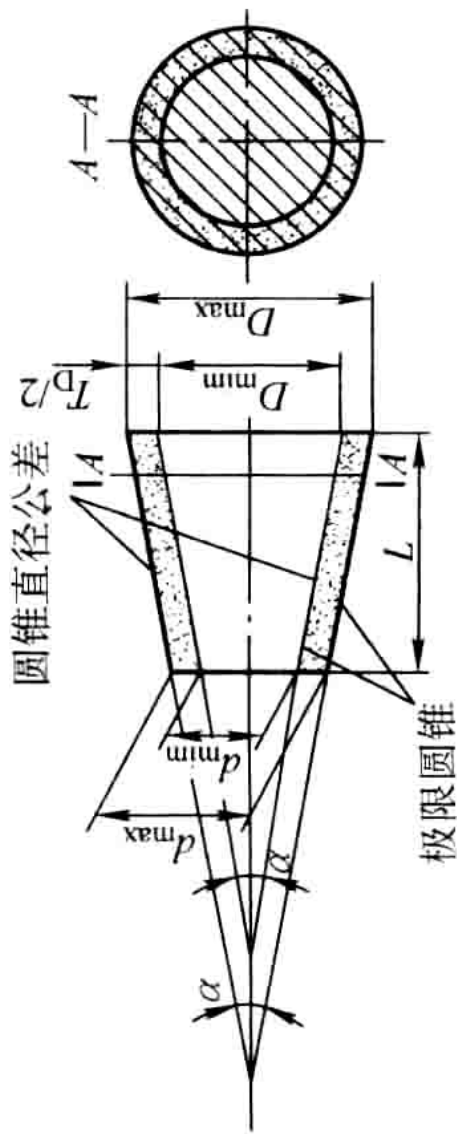
1:38	1°30'27.708 0"	1.507 696 67°	0.026 314 27	—	(368)	纺织 机械 和附 件
1:64	0°53'42.822 0"	0.895 228 34°	0.015 624 68	—	(368)	
7:24	16°35'39.444 3"	16.594 290 08°	0.289 625 00	1:3.428 571 4	3837.3 (297)	机床主 轴工具 配合
1:12.262	4°40'12.151 4"	4.670 042 05°	0.081 507 61	—	(239)	贾各 锥度 No. 2
1:12.972	4°24'52.903 9"	4.414 695 52°	0.077 050 97	—	(239)	贾各 锥度 No. 1
1:15.748	3°38'13.442 9"	3.637 067 47°	0.063 478 80	—	(239)	贾各 锥度 No. 33
6:100	3°26'12.177 6"	3.436 716 00°	0.059 982 01	1:16.666 666 7	1962 (594-1) (595-1) (595-2)	医疗 设备

(续)

基本值	推 算 值				标准号 GB/T (ISO)	用途
	圆锥角 $\alpha$		锥度 $C$			
	(°)(')(")	(°)	rad			
1:18.779	3°3'1.207 0"	3.050 335 27°	0.053 238 39	—	(239)	贾各 锥度 No. 3
1:19.002	3°0'52.395 6"	3.014 554 34°	0.052 613 90	—	1443 (296)	莫氏 锥度 No. 5
1:19.180	2°59'11.725 8"	2.986 590 50°	0.052 125 84	—	1443 (296)	莫氏 锥度 No. 6
1:19.212	2°58'53.825 5"	2.981 618 20°	0.052 039 05	—	1443 (296)	莫氏 锥度 No. 0
1:19.254	2°58'30.421 7"	2.975 117 13°	0.051 925 59	—	1443 (296)	莫氏 锥度 No. 4
1:19.264	2°58'24.864 4"	2.973 573 43°	0.051 898 65	—	(239)	贾各 锥度 No. 6

1:19.922	2°52'31.446 3"	2.875 401 76°	0.050 185 23	—	1443 (296)	莫氏 锥度 No. 3
1:20.020	2°51'40.796 0"	2.861 332 23°	0.049 939 67	—	1443 (296)	莫氏 锥度 No. 2
1:20.047	2°51'26.928 3"	2.857 480 08°	0.049 872 44	—	1443 (296)	莫氏 锥度 No. 1
1:20.288	2°49'24.780 2"	2.823 550 06°	0.049 280 25	—	(239)	贾各 锥度 No. 0
1:23.904	2°23'47.624 4"	2.396 562 32°	0.041 827 90	—	1443 (296)	布朗 夏普 锥度 No. 1 ~ No. 3
1:28	2°2'45.817 4"	2.046 060 38°	0.035 710 49	—	(8382)	复苏器 (医用)
1:36	1°35'29.209 6"	1.591 447 11°	0.027 775 99	—	(5356-1)	麻醉 器具
1:40	1°25'56.351 6"	1.432 319 89°	0.024 998 70	—		

表 4-105 圆锥直径公差 ( $T_D$ ) 所能限制的最大限度圆锥角误差



圆锥 直径 公差 等级	圆 锥 直 径 /mm										$\Delta\alpha_{max}/\mu rad$					
	$\leq 3$	$>3$ ~6	$>6$ ~10	$>10$ ~18	$>18$ ~30	$>30$ ~50	$>50$ ~80	$>80$ ~120	$>120$ ~180	$>180$ ~250	$>250$ ~315	$>315$ ~400	$>400$ ~500			
IT01	3	4	4	5	6	6	8	10	12	20	25	30	40			
IT0	5	6	6	8	10	10	12	15	20	30	40	50	60			
IT1	8	10	10	12	15	15	20	25	35	45	60	70	80			
IT2	12	15	15	20	25	25	30	40	50	70	80	90	100			
IT3	20	25	25	30	40	40	50	60	80	100	120	130	150			
IT4	30	40	40	50	60	70	80	100	120	140	160	180	200			
IT5	40	50	60	80	90	110	130	150	180	200	230	250	270			

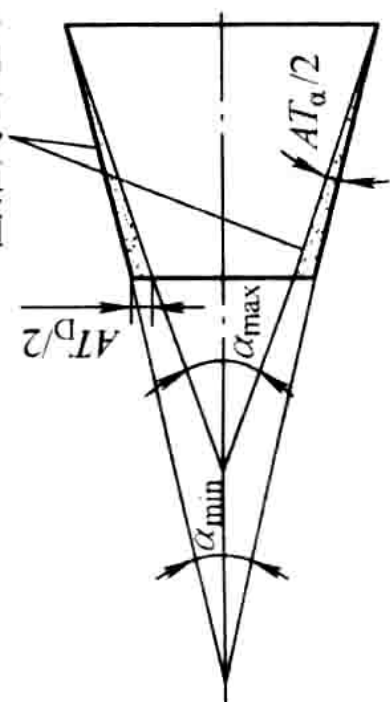
(续)

圆锥 直径 公差 等级	圆 锥 直 径 /mm										
	<3	>3 ~6	>6 ~10	>10 ~18	>18 ~30	>30 ~50	>50 ~80	>80 ~120	>120 ~180	>180 ~250	>250 ~315
	$\Delta\alpha_{\max}/\mu\text{rad}$										
IT6	60	80	90	110	130	160	190	220	250	290	320
IT7	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520
IT8	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810
IT9	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300
IT10	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100
IT11	600	750	900	1000	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200
IT12	1000	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200
IT13	1400	1800	2200	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200	8100
IT14	2500	3000	3600	4300	5200	6200	7400	8700	10000	11500	13000
IT15	4000	4800	5800	7000	8400	10000	12000	14000	16000	18500	21000
IT16	6000	7500	9000	11000	13000	16000	19000	22000	25000	29000	32000
IT17	10000	12000	15000	18000	21000	25000	30000	35000	40000	46000	52000
IT18	14000	18000	22000	27000	33000	39000	46000	54000	63000	72000	81000

注：圆锥长度不等于 100mm 时，需将表中的数值乘以 100/L，L 的单位为 mm。

表 4-106 圆锥角公差数值

圆锥角公差带



基本圆锥长度 $L/\text{mm}$		圆锥角公差等级									
		AT1			AT2			AT3			$\mu\text{m}$
		$AT_\alpha$ (")		$AT_D$ $\mu\text{m}$	$AT_\alpha$ (")		$AT_D$ $\mu\text{m}$	$AT_\alpha$ (")		$AT_D$ $\mu\text{m}$	
大于	至	$\mu\text{rad}$	(")	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	(")	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	(")	$\mu\text{m}$	
自 6	10	50	10	>0.3 ~ 0.5	80	16	>0.5 ~ 0.8	125	26	>0.8 ~ 1.3	
10	16	40	8	>0.4 ~ 0.6	63	13	>0.6 ~ 1.0	100	21	>1.0 ~ 1.6	
16	25	31.5	6	>0.5 ~ 0.8	50	10	>0.8 ~ 1.3	80	16	>1.3 ~ 2.0	
25	40	25	5	>0.6 ~ 1.0	40	8	>1.0 ~ 1.6	63	13	>1.6 ~ 2.5	
40	63	20	4	>0.8 ~ 1.3	31.5	6	>1.3 ~ 2.0	50	10	>2.0 ~ 3.2	
63	100	16	3	>1.0 ~ 1.6	25	5	>1.6 ~ 2.5	40	8	>2.5 ~ 4.0	
100	160	12.5	2.5	>1.3 ~ 2.0	20	4	>2.0 ~ 3.2	31.5	6	>3.2 ~ 5.0	
160	250	10	2	>1.6 ~ 2.5	16	3	>2.5 ~ 4.0	25	5	>4.0 ~ 6.3	
250	400	8	1.5	>2.0 ~ 3.2	12.5	2.5	>3.2 ~ 5.0	20	4	>5.0 ~ 8.0	
400	630	6.3	1	>2.5 ~ 4.0	10	2	>4.0 ~ 6.3	16	3	>6.3 ~ 10.0	

(续)

基本圆锥长度 $L/\text{mm}$		圆锥公差等级									
		AT4			AT5			AT6			
		$AT_\alpha$		$AT_D$	$AT_\alpha$		$AT_D$	$AT_\alpha$		$AT_D$	
大于	至	$\mu\text{rad}$	( $''$ )	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	( $'$ )( $''$ )	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	( $'$ )( $''$ )	$\mu\text{m}$	
自 6	10	200	41	$>1.3 \sim 2.0$	315	1'05"	$>2.0 \sim 3.2$	500	1'43"	$>3.2 \sim 5.0$	
10	16	160	33	$>1.6 \sim 2.5$	250	52"	$>2.5 \sim 4.0$	400	1'22"	$>4.0 \sim 6.3$	
16	25	125	26	$>2.0 \sim 3.2$	200	41"	$>3.2 \sim 5.0$	315	1'05"	$>5.0 \sim 8.0$	
25	40	100	21	$>2.5 \sim 4.0$	160	33"	$>4.0 \sim 6.3$	250	52"	$>6.3 \sim 10.0$	
40	63	80	16	$>3.2 \sim 5.0$	125	26"	$>5.0 \sim 8.0$	200	41"	$>8.0 \sim 12.5$	
63	100	63	13	$>4.0 \sim 6.3$	100	21"	$>6.3 \sim 10.0$	160	33"	$>10.0 \sim 16.0$	
100	160	50	10	$>5.0 \sim 8.0$	80	16"	$>8.0 \sim 12.5$	125	26"	$>12.5 \sim 20.0$	
160	250	40	8	$>6.3 \sim 10.0$	63	13"	$>10.0 \sim 16.0$	100	21"	$>16.0 \sim 25.0$	
250	400	31.5	6	$>8.0 \sim 12.5$	50	10"	$>12.5 \sim 20.0$	80	16"	$>20.0 \sim 32.0$	
400	630	25	5	$>10.0 \sim 16.0$	40	8"	$>16.0 \sim 25.0$	63	13"	$>25.0 \sim 40.0$	



基本圆锥长度 $L/\text{mm}$		圆锥角公差等级									
		AT7			AT8			AT9			
		$AT_\alpha$		$AT_D$	$AT_\alpha$		$AT_D$	$AT_\alpha$		$AT_D$	
大于	至	$\mu\text{rad}$	$(\prime)(\prime\prime)$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	$(\prime)(\prime\prime)$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$	$(\prime)(\prime\prime)$	$\mu\text{m}$	
自 6	10	800	2'45"	>5.0 ~ 8.0	1250	4'18"	>8.0 ~ 12.5	2000	6'52"	>12.5 ~ 20	
10	16	630	2'10"	>6.3 ~ 10.0	1000	3'26"	>10.0 ~ 16.0	1600	5'30"	>16 ~ 25	
16	25	500	1'43"	>8.0 ~ 12.5	800	2'45"	>12.5 ~ 20.0	1250	4'18"	>20 ~ 32	
25	40	400	1'22"	>10.0 ~ 16.0	630	2'10"	>16.0 ~ 25.0	1000	3'26"	>25 ~ 40	
40	63	315	1'05"	>12.5 ~ 20.0	500	1'43"	>20.0 ~ 32.0	800	2'45"	>32 ~ 50	
63	100	250	52"	>16.0 ~ 25.0	400	1'22"	>25.0 ~ 40.0	630	2'10"	>40 ~ 63	
100	160	200	41"	>20.0 ~ 32.0	315	1'05"	>32.0 ~ 50.0	500	1'43"	>50 ~ 80	
160	250	160	33"	>25.0 ~ 40.0	250	52"	>40.0 ~ 63.0	400	1'22"	>63 ~ 100	
250	400	125	26"	>32.0 ~ 50.0	200	41"	>50.0 ~ 80.0	315	1'05"	>80 ~ 125	
400	630	100	21"	>40.0 ~ 63.0	160	33"	>63.0 ~ 100.0	250	52"	>100 ~ 160	

(续)

基本圆锥长度 $L/\text{mm}$		圆锥角公差等级					
		AT10		AT11		AT12	
		$AT_\alpha$	$AT_D$	$AT_\alpha$	$AT_D$	$AT_\alpha$	$AT_D$
大于	至	$\mu\text{rad}$ (') (")	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$ (') (")	$\mu\text{m}$	$\mu\text{rad}$ (') (")	$\mu\text{m}$
自 6	10	3150 10'49"	>20 ~ 32	5000 17'10"	>32 ~ 50	8000 27'28"	>50 ~ 80
10	16	2500 8'35"	>25 ~ 40	4000 13'44"	>40 ~ 63	6300 21'38"	>63 ~ 100
16	25	2000 6'52"	>32 ~ 50	3150 10'49"	>50 ~ 80	5000 17'10"	>80 ~ 125
25	40	1600 5'30"	>40 ~ 63	2500 8'35"	>63 ~ 100	4000 13'44"	>100 ~ 160
40	63	1250 4'18"	>50 ~ 80	2000 6'52"	>80 ~ 125	3150 10'49"	>125 ~ 200
63	100	1000 3'26"	>63 ~ 100	1600 5'30"	>100 ~ 160	2500 8'35"	>160 ~ 250
100	160	800 2'45"	>80 ~ 125	1250 4'18"	>125 ~ 200	2000 6'52"	>200 ~ 320
160	250	630 2'10"	>100 ~ 160	1000 3'26"	>160 ~ 250	1600 5'30"	>250 ~ 400
250	400	500 1'43"	>125 ~ 200	800 2'45"	>200 ~ 320	1250 4'18"	>320 ~ 500
400	630	400 1'22"	>160 ~ 250	630 2'10"	>250 ~ 400	1000 3'26"	>400 ~ 630

注: 1. 本标准中的圆锥角公差也适用于棱体的角度与斜度。

2. 圆锥角公差  $AT$  如需要更高或更低等级时, 可按公比 1.6 向两端延伸。更高等级用  $AT0$ 、 $AT01$ ……表示, 更低等级用  $AT13$ 、 $AT14$ ……表示。

3. 圆锥角的极限偏差可按单向 ( $\alpha + AT_\alpha$ 、 $\alpha - AT_\alpha$ ) 或双向 ( $\alpha \pm AT/2$ ) 取值。

4.  $AT_\alpha$  和  $AT_D$  的关系式为:  $AT_D = AT_\alpha \times L \times 10^{-3}$ 。表中  $AT_D$  取值举例;

例 1:  $L$  为 63mm, 选用  $AT7$ , 则  $AT_\alpha$  为 315  $\mu\text{rad}$  或 1'05",  $AT_D$  为 20  $\mu\text{m}$ 。

例 2:  $L$  为 50mm, 选用  $AT7$ , 则  $AT_\alpha$  为 315  $\mu\text{rad}$  或 1'05", 而  $AT_D = AT_\alpha \times L \times 10^{-3} = 315 \times 50 \times 10^{-3} \mu\text{m} = 15.75 \mu\text{m}$ , 取  $AT_D$  为 15.8  $\mu\text{m}$ 。

5. 1  $\mu\text{rad}$  等于半径为 1m, 弧长为 1  $\mu\text{m}$  所对应的圆心角。5  $\mu\text{rad} \approx 1''$ , 300  $\mu\text{rad} \approx 1'$ 。

# 第五章 切削刀具

## 一、刀具基本知识

### 1. 刀具切削部分的名称及定义

(1) 刀具部分切削刃和表面 (图 5-1)。

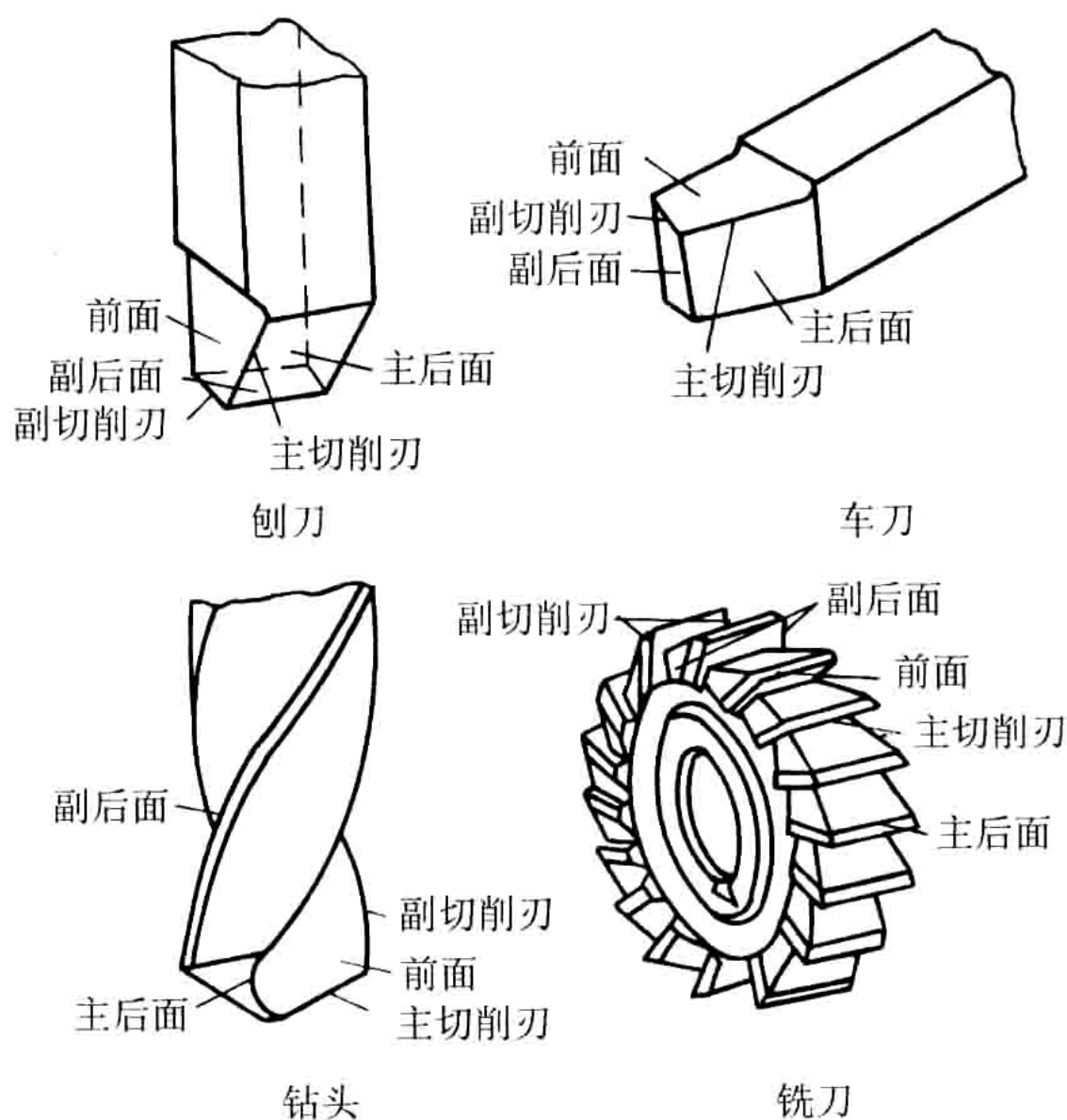


图 5-1 刀具部分切削刃和表面

## (2) 刀具各部分名称及定义 (表 5-1)

**表 5-1 刀具各部分名称及定义 (GB/T 12204—2010)**

名称	定 义
前面	刀具上切屑流过的表面
后面	与工件上切削中产生的表面相对的表面
主后面	刀具上同前面相交形成主切削刃的后面
副后面	刀具上同前面相交形成副切削刃的后面
切削刃	刀具前面上拟作切削用的刃
主切削刃	起始于切削刃上主偏角为零的点, 并至少有一段切削刃拟用来在工件上切出过渡表面的那个整段切削刃 (是前面和主后面的交线, 担负主要切削)
副切削刃	切削刃上除主切削刃以外的刃, 亦起始于主偏角为零的点, 但它向背离主切削刃的方向延伸 (是前面和副后面的交线, 也起切削作用)

**2. 确定刀具角度的三个辅助平面名称和定义**

(1) 切削平面 通过切削刃上选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面 (图 5-2)。

(2) 基面 过切削刃选定点的平面, 它平行或垂直于刀具在制造、刃磨及测量时适合于安装或定位的一个平面或轴线, 一般说来其方位要垂直于假定的主运动方向。

(3) 正交平面 通过切削刃选定点并同时垂直于基面和切削平面的平面 (图 5-3)。

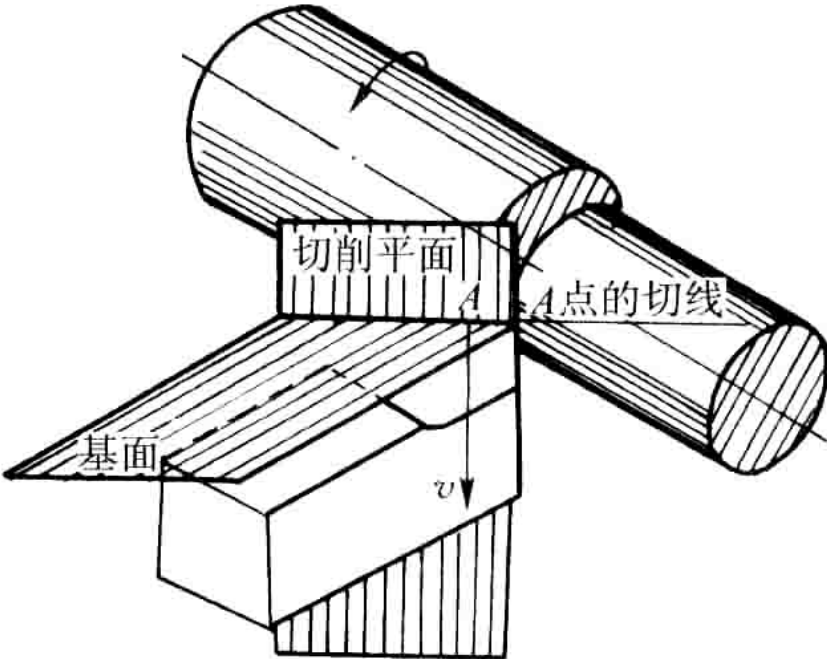


图 5-2 切削平面和基面

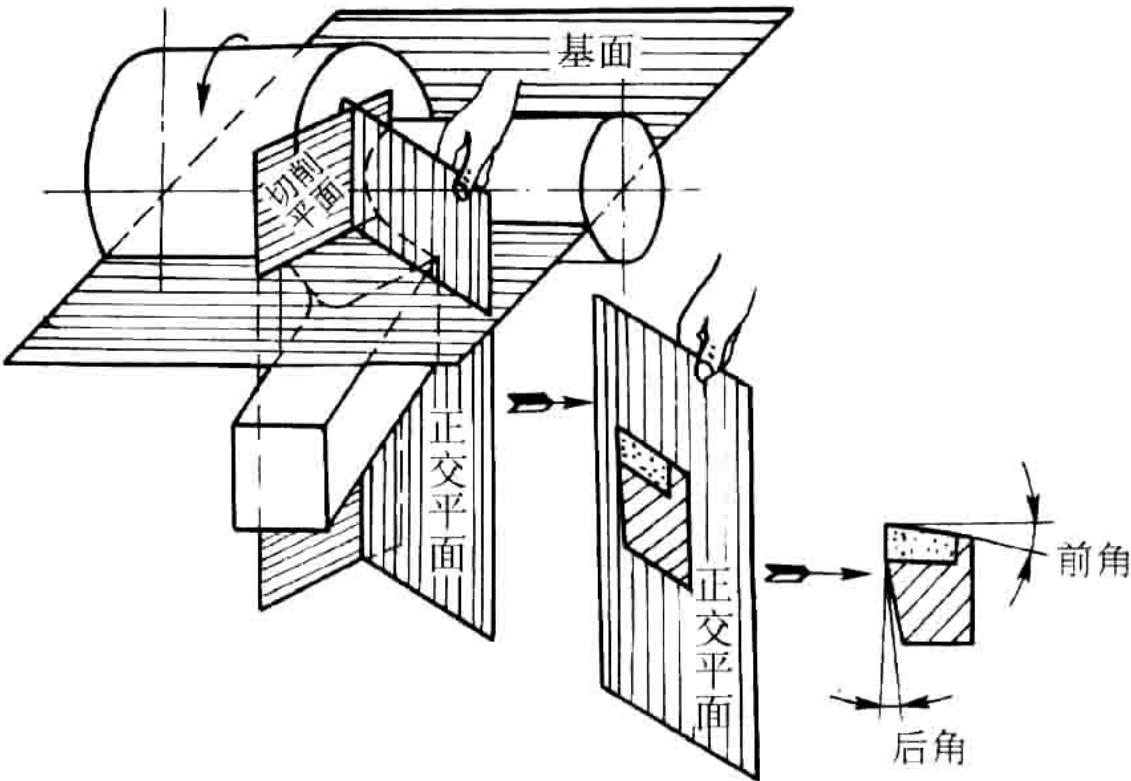
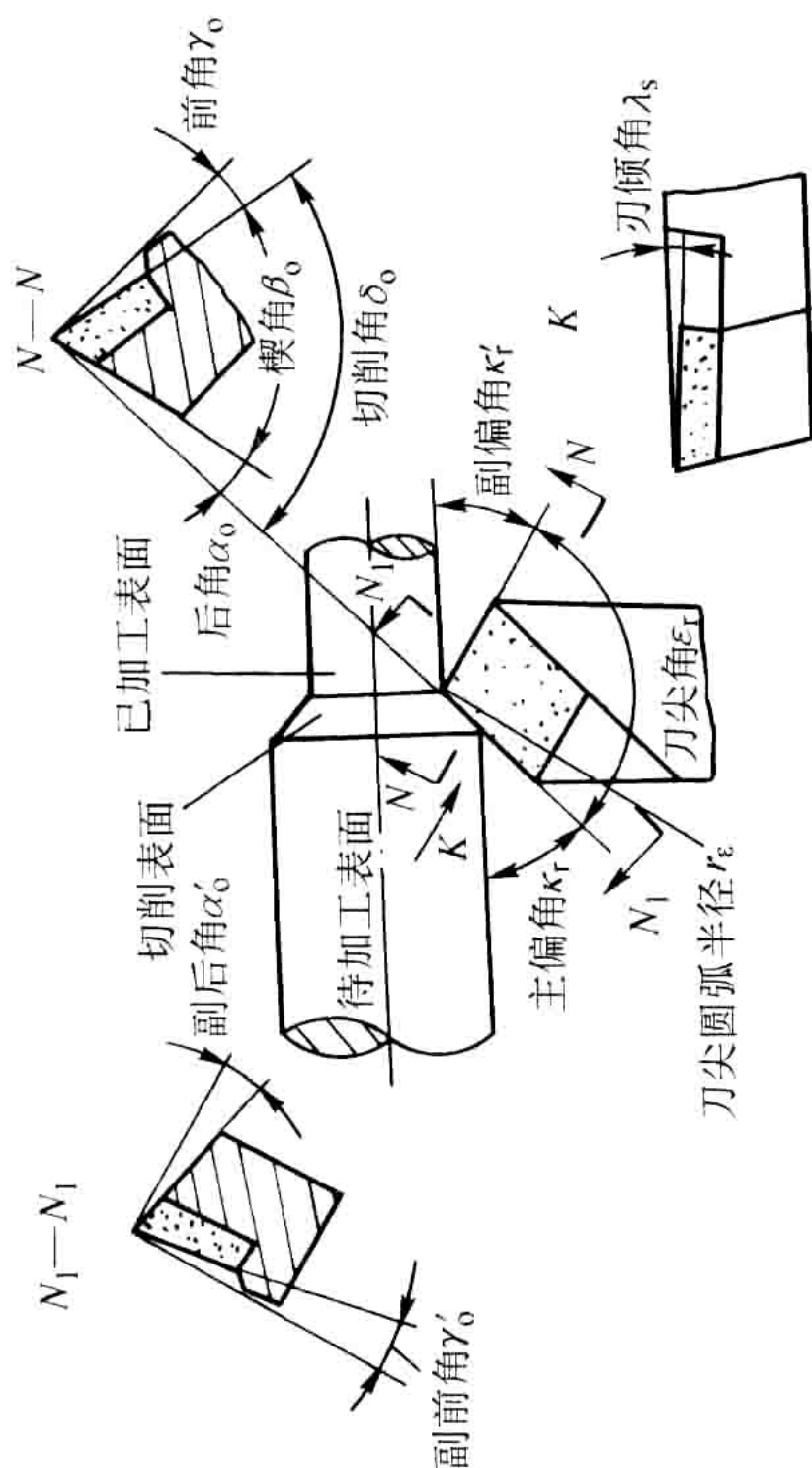


图 5-3 正交平面

3. 刀具的切削角度及其作用（表 5-2）

表 5-2 刀具的切削角度及其作用



名称	代号	位置和作用
前角	$\gamma_0$	前面与基面间的夹角, 在正交平面内测量。它影响切屑变形和切屑与前面的摩擦及刀具强度

(续)

名称	代号	位置和作用
副前角	$\gamma'_0$	前面经过副切削刃与基面的夹角
后角	$\alpha_0$	主后面与切削平面间的夹角,在正交平面内测量。用来减少主后面与工件的摩擦
副后角	$\alpha'_0$	副后面与通过副切削刃并垂直于基面的平面之间的夹角。用来减少副后面与已加工表面的摩擦
主偏角	$\kappa_r$	主切削刃与被加工表面(进给方向)之间的夹角 当背吃刀量和进给量一定时,改变主偏角可以使切屑变薄或变厚,影响散热情况和切削力的变化
副偏角	$\kappa'_r$	副切削平面与假定工作平面(进给方向)之间的夹角,在基面中测量。它可以避免副切削刃与已加工表面摩擦,影响已加工表面粗糙度
过渡偏角	$\kappa_0$	过渡刀刃与被加工表面(进给方向)之间的夹角。用来增加刀尖强度
刃倾角	$\lambda_s$	主切削刃与基面之间的夹角。它可以控制切屑流出方向,增加切削刃强度并能使切削力均匀
楔角	$\beta_0$	前面与后面之间的夹角,在正交平面内测出。它影响刀头截面的大小

切削角	$\delta_0$	前面和切削平面间的夹角,在正交平面内测出
刀尖角	$\varepsilon_r$	主切削平面与副切削平面的夹角,在基面中测量。它影响刀头强度和导热能力
倒棱		在切刀前面切削刃上的狭窄平面。用来增加切削刃强度

#### 4. 刀具切削角度的作用及选择原则(表 5-3)

表 5-3 刀具切削角度的作用及选择原则

名称	作用	选用原则
前 角 $\gamma_0$	1. 加大前角,刀具锐利,减少切屑的变形	1. 加工硬度高、机械强度大及脆性材料时,应取较小的前角
	2. 加大前角可减少切屑在前刀面的摩擦	2. 加工硬度低、机械强度小及塑性材料时,应取较大的前角
	3. 加大前角可抑制或消除积屑瘤,降低径向切削分力	3. 粗加工应取较小的前角,精加工应取较大的前角
	4. 减小前角可增强刀尖强度	4. 刀具材料韧性差时前角应取小些,刀具材料韧性好时前角应大些
		5. 机床、夹具、工件、刀具系统刚性差,应取较大的前角



(续)

名称	作用	选用原则
后角 $\alpha_0$	1. 减少刀具后刀面与工件过渡表面和已加工表面间的摩擦 2. 当前角确定之后,后角越大,刃口越锋利,但相应减小楔角,影响刀具强度和散热面积	1. 加工硬度高、机械强度大及脆性材料时,应取较小的后角 2. 加工硬度低、机械强度小及塑性材料时,应取较大的后角 3. 粗加工应取较小后角,精加工应取较大后角 4. 采用负前角车刀,后角应取大些 5. 工件与车刀的刚性差时应取较小的后角
主偏角 $\kappa_r$	1. 在进给量 $f$ 和背吃刀量 $a_p$ 相同的情况下,改变主偏角大小可以改变切削层公称宽度 $b_D$ 和切削层公称厚度 $h_D$ 2. 改变主偏角大小,可以改变径向切削分力和轴向切削分力之间的比例,以适应不同机床、工件、夹具的刚性	1. 工件材料硬,应选取较小的主偏角 2. 刚性差的工件(如细长轴)应增大主偏角,减小径向切削分力 3. 在机床、夹具、工件、刀具系统刚性较好的情况下,主偏角应尽可能选小些 4. 主偏角应根据工件形状选取,台阶轴 $\kappa_r = 90^\circ$ ,中间切入工件 $\kappa_r = 60^\circ$
副偏角 $\kappa_r'$	1. 减少副切削刃与工件已加工表面之间的摩擦 2. 改善工件表面粗糙度和刀具的散热面积,提高刀具的寿命	1. 机床夹具、工件、刀具系统刚性好,可选较小的副偏角 2. 精加工刀具应取较小的副偏角 3. 加工细长轴工件时取较大的副偏角 4. 加工中间切入的工件 $\kappa_r' = 60^\circ$

刃 倾 角 $\lambda_s$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可以控制切屑流出的方向</li> <li>2. 增强切削刃的强度, <math>\lambda_s</math> 为负值时强度高, <math>\lambda_s</math> 为正值时强度差</li> <li>3. 使切削刃逐渐切入工件, 切削力均匀, 切削过程平稳</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 精加工时刃倾角应取正值, 粗加工时刃倾角应取负值</li> <li>2. 断续切削时刃倾角应取负值</li> <li>3. 机床、夹具、工件、刀具系统刚性较好时刃倾角可为负值, 反之增大刃倾角</li> </ol>
过 渡 刃	提高刀尖的强度, 改善散热条件	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 圆弧过渡刃多用于车刀、刨刀等单刃刀具上。高速钢车刀圆弧半径 <math>r_g = 0.5 \sim 5\text{mm}</math>, 硬质合金车刀圆弧半径 <math>r_g = 0.5 \sim 2\text{mm}</math></li> <li>2. 直线型过渡刃多用于切削刃形状对称的切断刀和多刃刀具, 直线形过渡刃长度一般为 <math>(0.5 \sim 2)\text{mm}</math></li> <li>3. 直线型过渡刃的偏角一般为主偏角的 <math>1/2</math></li> </ol>
修 光 刃	能减少车削后的残留面积, 降低工件表面粗糙度, 修光刃的长度一般为 $(1.2 \sim 1.5)f$	<p>在机床、夹具、工件、刀具系统刚性较好的情况下, 采用修光刃才能取得好的效果</p>

## 5. 车刀几何角度的选择 (表 5-4)

表 5-4 车刀几何角度的选择

(1) 高速钢车刀前角及后角的参考值			
工 件 材 料		前角 $\gamma_o / (^\circ)$	后角 $\alpha_o / (^\circ)$
钢和铸钢	$R_m = 400 \sim 500 \text{ MPa}$	20 ~ 25	8 ~ 12
	$R_m = 700 \sim 1000 \text{ MPa}$	5 ~ 10	5 ~ 8
镍铬钢和铬钢	$R_m = 700 \sim 800 \text{ MPa}$	5 ~ 15	5 ~ 7
灰铸铁	160 ~ 180HBW	12	6 ~ 8
	220 ~ 260HBW	6	6 ~ 8
可锻铸铁	140 ~ 160HBW	15	6 ~ 8
	170 ~ 190HBW	12	6 ~ 8
铜、铝、巴氏合金		25 ~ 30	8 ~ 12
中硬青铜及黄铜		10	8
硬青铜		5	6
钨		20	15
铌		20 ~ 25	12 ~ 15
钼合金		30	10 ~ 12
镁合金		25 ~ 35	10 ~ 15

(2) 硬质合金车刀前角及后角的参考值

工 件 材 料		前角 $\gamma_o / (^\circ)$	后角 $\alpha_o / (^\circ)$
结构钢、合金钢及铸钢	$R_m \leq 800 \text{ MPa}$	10 ~ 15	6 ~ 8
	$R_m = 800 \sim 1000 \text{ MPa}$	5 ~ 10	6 ~ 8

(续)

工 件 材 料	前角 $\gamma_o/(\circ)$	后角 $\alpha_o/(\circ)$
高强度钢及表面有夹杂的铸钢, $R_m > 1000\text{MPa}$	$-5 \sim -10$	$6 \sim 8$
不锈钢	$15 \sim 30$	$8 \sim 10$
耐热钢, $R_m = 700 \sim 1000\text{MPa}$	$10 \sim 12$	$8 \sim 10$
变形锻造高温合金	$5 \sim 10$	$10 \sim 15$
铸造高温合金	$0 \sim 5$	$0 \sim 15$
钛合金	$5 \sim 15$	$10 \sim 15$
淬火钢 40HRC 以上	$-5 \sim -10$	$8 \sim 10$
高锰钢	$-5 \sim 5$	$8 \sim 12$
铬锰钢	$-2 \sim -5$	$8 \sim 10$
灰铸铁、青铜、脆性黄铜	$5 \sim 15$	$6 \sim 8$
韧性黄铜	$15 \sim 25$	$8 \sim 12$
纯铜	$25 \sim 35$	$8 \sim 12$
铝合金	$20 \sim 30$	$8 \sim 12$
纯铁	$25 \sim 35$	$8 \sim 10$
纯钨铸锭	$5 \sim 15$	$8 \sim 12$
纯钨铸锭及烧结钨棒	$15 \sim 35$	6

## (3) 倒棱前角及倒棱宽度参考值

刀具材料	工件材料	倒棱前角 $\gamma_{ol}/(\circ)$	倒棱宽度 $b_\gamma/\text{mm}$
高速钢	结构钢	$0 \sim 5$	$(0.8 \sim 1.0)f$
硬质合金	低碳钢、不锈钢	$-5 \sim -10$	$\leq 0.5f$
	中碳钢、合金钢	$-10 \sim -15$	$(0.3 \sim 0.8)f$
	灰铸铁	$-5 \sim -10$	$\leq 0.5f$

(4) 主偏角和副偏角参考值

加工情况	加工 冷硬铸 铁、高锰 钢等高 硬度、高 强度材 料,且工 艺系统 刚性好	工艺 系统刚 性较好, 加工外 圆及端 面,能中 间切入	工艺 系统刚 性较差, 粗加工、 强力切 削	工艺 系统刚 性差,车 台阶轴、 细长轴、 薄壁件	车断、车槽
主偏角 $\kappa_r$	$10^\circ \sim 30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ \sim 75^\circ$	$75^\circ \sim 93^\circ$	$\geq 90^\circ$
副偏角 $\kappa_r'$	$10^\circ \sim 5^\circ$	$45^\circ$	$15^\circ \sim 10^\circ$	$10^\circ \sim 5^\circ$	$1^\circ \sim 2^\circ$

(5) 刃倾角参考值

适用范围	精车细 长轴	精车有 色金属	粗车一 般钢和 铸铁	粗车 余量不 均、淬 硬钢等	冲击较 大的断 续车削
$\lambda_s$	$0^\circ \sim 5^\circ$	$5^\circ \sim 10^\circ$	$0^\circ \sim -5^\circ$	$-5^\circ \sim$ $-10^\circ$	$-5^\circ \sim$ $-15^\circ$

## 二、刀具切削部分的材料

1. 各种高速钢的力学性能和适用范围 (表 5-5)
2. 常用硬质合金的使用范围 (表 5-6)
3. 国产涂层刀片的部分牌号及推荐用途 (表 5-7)
4. 几种新牌号硬质合金的性能及应用 (表 5-8)

表 5-5 各种高速钢的力学性能和适用范围

牌 号	硬度 HRC	抗弯强 度/GPa	冲击韧 度/(MJ/ m <sup>2</sup> )	600°C 时的硬 度 HRC	主要性能和适用范围
W18Cr4V	63~66	3.0~ 3.4	0.18~ 0.32	48.5	综合性能好,通用性强,可磨性好,适于制造加工轻合金、碳素钢、合金钢、普通铸铁的精加工和复杂刀具,如螺纹车刀、成形车刀、拉刀等
W6Mo5Cr4V2	63~66	3.5~ 4.0	0.30~ 0.40	47~48	强度和冲击韧性略高于 W18Cr4V,热硬性略低于 W18Cr4V,热塑性好,适于制造加工轻合金、碳钢、合金钢的热成形刀具以及承受冲击、结构薄弱的刀具
W14Cr4VMnRE	64~66	4.0	0.31	50.5	切削性能与 W18Cr4V 相当,热塑性好,适于制作热轧刀具
W9Mo3Cr4V	65~ 66.5	4.0~ 4.5	0.35~ 0.40		刀具寿命比 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2 有一定程度提高,适于加工普通轻合金,钢材和铸铁

(续)

牌 号	硬度 HRC	抗弯强 度/GPa	冲击韧 度/(MJ/ m <sup>2</sup> )	600°C 时的硬 度 HRC	主要性能和适用范围
9W18Cr4V	66 ~ 68	3.0 ~ 3.4	0.17 ~ 0.22	51	属高碳高速钢, 常温硬度和高温硬度有所提高, 适用于制造加工普通钢材和铸铁、耐磨性要求较高的钻头、铰刀、丝锥、铣刀和车刀等或加工较硬材料(220~250HBW)的刀具, 但不宜承受大的冲击
W6Mo5Cr4V2	67 ~ 68	3.5	0.13 ~ 0.26	52.1	
W12Cr4V4Mo	66 ~ 67	3.2	~0.1	52	属高钒高速钢, 耐磨性很好, 适合切削对刀具磨损极大的材料, 如纤维、硬橡胶、塑料等, 也用于加工不锈钢、高强度钢和高温合金等
W6Mo5Cr4V3	65 ~ 67	3.2	~0.25	51.7	
W2Mo9Cr4VCo8	67 ~ 69	2.7 ~ 3.8	0.23 ~ ~0.30	55	属含钴超硬高速钢, 有很高的常温和高硬度, 适合加工高强度耐热钢、高温合金、钛合金等难加工材料。W2Mo9-Cr4VCo8 可磨性好, 适于作精密复杂刀具, 但不宜在冲击切削条件下工作
W10Mo4Cr4V3Co10	67 ~ 69	2.35	~0.1	55.5	

W7Mo4Cr4V2Co5	67 ~ 69	2.5 ~ 3.0	0.23 ~ 0.30	54	属美国生产的 M40 系列, 使用范围与 W2Mo9Cr4VCo8 类同
W12Cr4V5Co5	66 ~ 68	3.0	~0.25	54	常温硬度和耐磨性都很好, 600℃ 高温硬度接近 W2Mo9Cr4VCo8 钢, 适用于加工耐热不锈钢、高温合金、高强度钢等难加工材料, 适合制造钻头、滚刀、拉刀、铣刀等
W6Mo5Cr4V2Co8	66 ~ 68	3.0	~0.3	54	属含铝超硬高速钢, 切削性能相当于 W2Mo9Cr4VCo8, 宜于制造铣刀、钻头、铰刀、齿轮刀具和拉刀等, 用于加工合金钢、不锈钢、高强度钢和高温合金等
W6Mo5Cr4V2Al	67 ~ 69	2.9 ~ 3.9	0.23 ~ 0.3	55	
W12Mo3Cr4V3N	67 ~ 69	2.0 ~ 3.5	0.15 ~ 0.30	55	含氮超硬高速钢, 硬度、强度、韧性与 W2Mo9Cr4VCo8 相当, 可作为含钴钢的代用品, 用于低速切削难加工材料和低速高精加工



(续)

牌 号	硬 度 HRC	抗 弯 强 度/GPa	冲 击 韧 度/( MJ/ m <sup>2</sup> )	600℃ 时 的 硬 度 HRC	主要性能和适用范围
W6Mo5Cr4V5SiNbAl	66 ~ 68	3.6 ~ 3.9	0.26 ~ 0.27	51	属含 SiNbAl 超硬高速钢， W6Mo5Cr4V5SiNbAl 强度和韧性 较好，用于加工不锈钢，耐热钢、 高强度钢，W18Cr4V4SiNbAl 硬度很 高，可加工高温合金、奥氏体不锈 钢及硬度在 40 ~ 50HRC 以下的 淬火工件
W18Cr4V4SiNbAl	67 ~ 69	2.3 ~ 2.5	0.11 ~ 0.22	51	

注：1. 本表由于资料来源并非在同一条件下试验，数字仅作参考。

2. 表中所列性能参数，均指淬火处理以后。

表 5-6 常用硬质合金的使用范围

牌 号	使 用 性 能	使 用 范 围
YG3 <sup>①</sup>	在 YG 类合金中，耐磨性仅次于 YG3X、YG6A，能使用较高的切削速 度，但对冲击和振动比较敏感	适用于铸铁、有色金属及其合金、非金属材料（橡胶、纤维、塑料、板岩、玻璃、石墨电极等）连续精车及半精车
YG3X	属细晶粒合金，是 YG 类合金中耐 磨性最好的一种，但冲击韧度较差	适用于铸铁、有色金属及其合金的精车、精镗等，亦适用于淬硬钢及钨、钼材料的精加工

YG6	耐磨性较高,但低于 YG6X、YG3X 及 YG3	适用于铸铁、有色金属及其合金、非金属材料连续切削时的粗车、间断切削时的半精车、精车,连续断面的半精铣与精铣
YG6X	属细晶粒合金,其耐磨性较高,而使用强度接近 YG6	适用于冷硬铸铁、合金铸铁、耐热钢的加工,亦适用于普通铸铁的精加工,并可用于制造仪器仪表工业用的小型刀具和小模数滚刀
YG8	使用强度较高,抗冲击和抗振性能较 YG6 好,耐磨性和允许的切削速度较低	适用于铸铁、有色金属及其合金、非金属材料的粗加工
YG8C	属粗晶粒合金,使用强度较高,接近于 YG11	适用于重载切削下的车刀、刨刀等
YG6A (YA6)	属细晶粒合金,耐磨性和使用强度与 YG6X 相似	适用于硬铸铁、灰铸铁、球墨铸铁、有色金属及其合金、耐热合金钢的半精加工,亦可用于高锰钢、淬硬钢及合金钢的半精加工和精加工
YT5	在 YT 类合金中,强度最高,抗冲击和抗振性能最好,但耐磨性较差	适用于碳钢及合金钢不连续面的粗车、粗刨、半精刨、粗铣、钻孔等
YT14	使用强度高,抗冲击和抗振性能好,但较 YT5 稍差,耐磨性及允许的切削速度较 YT5 高	适用于碳钢和合金钢的粗车,间断切削时的半精车和精车,连续面的粗铣等

(续)

牌 号	使 用 性 能	使 用 范 围
YT15	耐磨性优于 YT14, 但抗冲击性能较 YT14 差	适用于碳钢与合金钢加工中连续切削时的粗车、半精车及精车, 间断切削时的断面精车, 连续面的半精铣与精铣等
YT30	耐磨性及允许的切削速度较 YT15 高, 但使用强度及冲击韧性较差, 焊接及刃磨极易产生裂纹	适用于碳钢及合金钢的精加工, 如小断面精车, 精镗、精扩等
YW1	扩展了 YT 类合金的使用性能, 能承受一定的冲击负荷, 通用性较好	适用于耐热钢、高锰钢、不锈钢等难加工材料的精加工, 也适合一般钢材和铸铁及有色金属的精加工
YW2	耐磨性稍次于 YW1 合金, 但使用强度较高, 能承受较大的冲击负荷	适用于耐热钢、高锰钢、不锈钢及高级合金钢等难加工钢材的精加工、半精加工, 也适合一般钢材和铸铁及有色金属的加工
YN10	耐磨性和耐热性好, 硬度与 YT30 相当, 强度比 YT30 稍高, 焊接性能及刃磨性能较 YT30 为好	适用于碳素钢、合金钢、不锈钢、工具钢及淬硬钢的连续面精加工, 对于较长件和表面粗糙度值要求小的工件, 加工效果尤佳
YN05	硬度和耐热性是硬质合金中最高的, 耐磨性接近陶瓷, 但抗冲击和抗振动性能差	适用于钢、淬硬钢、合金钢、铸钢和合金铸铁的高速精加工, 及工艺系统刚性特别好的细长件的精加工

① 硬质合金的最新标准为 GB/T 18376.1—2008, 因新牌号在企业间尚未完全推广, 故本手册仍采用旧标准提法。

表 5-7 国产涂层刀片的部分牌号及推荐用途

牌 号	基体材料	涂层厚度/ $\mu\text{m}$	相当 ISO	性能及推荐用途
CN15	YW1	4~9	M10~M20 P05~P20 K05~K20	基体耐磨性好,韧性稍差,适用于各种钢的连续切削和精加工,也可用于铸铁及有色金属精加工
CN25	YW2	4~9	M10~M20 K10~K30	基体韧性适中。适用于钢件精加工及半精加工,也可加工铸铁和有色金属
CN35	YT5	4~9	P20~P40 K20~K40	基体韧性较好,适用于钢材粗加工,间断切削和强力切削
CN16	YG6	4~9	M05~M20 K05~K20	适用于铸铁、有色金属及其合金精加工
CN26	YG8	4~9	M10~M20 K20~K30	适用于铸铁、有色金属及其合金半精加工及粗加工
CA15	特制专用基体	4~8	M05~M20 K05~K20	适用于铸铁、有色金属及其合金精加工和半精加工
CA25	特制专用基体	4~8	M10~M30 K20~K30	适用于铸铁、有色金属及其合金半精加工及粗加工
YB115 (YB21)	特制专用基体	5~8	K05~K25	适用于铸铁和其他短切屑材料的粗加工
YB125 (YB02)	特制专用基体	5~8	K05~K20 P10~P40	具有很好的耐磨性和抗塑性变形能力,宜在高速下精加工、半精加工钢、铸钢、锻造不锈钢及铸铁

(续)

牌 号	基体材料	涂层厚度/ $\mu\text{m}$	相当 ISO	性能及推荐用途
YB135 (YB11)	特制专用基体	5~8	P25~P45 M15~M30	粗车钢和铸钢, 钻削钢、铸钢、可锻铸铁、球铁、锻造奥氏体不锈钢等
YB215 (YB01)	特制专用基体	4~9	P05~P35 M10~M25 K05~K20	耐磨性和通用性很好, 主要用于精加工和半精加工各种工程材料
YB415 (YB03)	特制专用基体	4~9	P05~P30 M05~M25 K05~K20	耐磨性和通用性很好, 适于高速切削铸铁、钢和铸钢以及锻造不锈钢等
YB435	特制专用基体	4~9	P15~P45 M10~M30 K05~K25	适于粗加工和半精加工钢和铸钢等材料, 在不良条件下宜采用中等切削速度和进给量
ZC01	YT15	5~10	P10~P20 K05~K20	涂层 TiN, 抗月牙洼磨损好, 适用于碳钢、合金钢铸铁等材料的精加工和半精加工
ZC02	YT14	5~10	P05~P20 M10~M20 K04~K20	TiC/TiN 复合涂层, 具有 TiN 涂层抗月牙洼磨损好和 TiC 涂层抗后面磨损好的优点, 适用于碳钢、合金钢的精加工和半精加工
ZC05	YT5	5~10	P05~P25 M05~M20	TiC/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 复合涂层, 与基体结合牢固, 抗氧化能力高, 耐磨耐腐, 适用于多种钢材、铸铁的精加工和半精加工

ZC08	YG6 YG8	5~10	P20~P35 K15~K30	HN 涂层, 寿命高, 通用性好, 适用于各种钢材、铸铁在高、中、低速下精加工和半精加工
------	------------	------	--------------------	--

注: 表中( )为旧标准。

表 5-8 几种新牌号硬质合金的性能及应用

牌 号	物理力学性能			使用性能	用 途
	密度 /(g/cm <sup>3</sup> )	硬度 HRA	抗弯强度 /GPa		
YM051 (YH1)	14.2~ 14.4	≥93.0	1.76~ 2.158	系超细颗粒合金, 耐磨性好、高温硬度高、韧性好、通用性强	适用于铁基、铁镍基和镍基高温合金、高强度钢、高锰钢的粗精加工, 淬火钢、特殊耐热不锈钢的精加工和半精加工, 以及非金属陶瓷、花岗岩的加工
YM052 (YH2)	13.9~ 14.1	≥93.3	1.66~ 2.06	系超细颗粒合金, 通用性好、高温硬度高、耐磨性优良	适用于特种耐热不锈钢、高强度钢、冷硬铸铁的粗精加工, 高强度钢的精加工, 淬火钢、钛基高温合金的精加工及半精加工, 以及玻璃制品的加工
YM053 (YH3)	13.9~ 14.2	≥93.0	1.66~ 2.06	系超细颗粒合金, 耐磨性优良, 高温硬度高	适用于高镍冷硬铸铁、无限冷硬球墨铸铁、白口铁的粗精加工, 亦适于一般铸铁的粗精加工

(续)

牌号	物理力学性能			使用性能	用途
	密度 /(g/cm <sup>3</sup> )	硬度 HRA	抗弯强度 /GPa		
YS2 (YG10H)	14.3 ~ 14.5	91.5	2.158	系亚细颗粒合金,耐磨性较好、抗冲击和抗振性能高	适用于低速粗车、铣削高温合金及钛合金,做切断刀及丝锥更佳
YD15 (YGRM)	15.0	92.0	1.76	系细颗粒合金,耐磨性优良、抗冲击性能良好,抗粘接能力强	适用于精车、半精车钛合金、高温合金,以及各类铸铁及高强度钢加工
YC8W (W4)	14.7	92.0	1.962	耐磨性及允许的切削速度比 YC8 高,抗冲击性能良好	适用于加工钛合金、高温合金及耐热不锈钢
YW3	12.7 ~ 13.3	92.0	1.373	耐磨性和高温硬度很高,抗冲击性能中等,韧性较好	适用于耐热合金钢、高强度钢、低合金超高强度钢的精加工和半精加工,亦可在冲击小的情况下粗加工
YW4	12.1 ~ 12.5	92.0	1.275	具有极好的耐热性和抗粘接能力,通用性良好	适用于碳素钢及除镍基以外的大多数合金钢、调质钢加工,尤其适用于精加工耐热不锈钢



YT05	12.5 ~ 12.9	92.5	1.177	耐磨性和热硬性 良好,具有足够的 高温硬度和韧性	适用于碳素钢、合金钢和高强度 钢的精加工和半精加工,亦适 用于淬火钢及含钴较高的合金加 工
YS30 (YTM30)	12.45	91.3	1.765	耐磨性较好,抗 冲击性能优良,抗 月牙洼磨损良好	适用于大进给量、高效率铣削 各种钢材,尤其是合金钢的铣削
YT798	11.8 ~ 12.5	150	$\geq 0.892$	有较好的高温硬 度,强度较高,抗热 振性好	适用于高强度钢、高锰钢、不锈 钢及一般低碳合金钢的断续车 削、铣削,特别适用于做铣刀
YT712	11.5 ~ 12.0	130	$\geq 0.897$	综合性能好,高 温硬度及耐磨性优 于 YT798	适用于高强度合金钢、高速钢、 高锰钢,以及硅钢片组合件、中硬 合金钢的粗车、半精车
YT715	11.0 ~ 12.0	120	$\geq 0.897$	高温硬度、耐磨 性好,允许切削速 度高	适用于高强度合金钢的半精加 工、精加工及螺纹加工
YT758	13.0 ~ 13.5	145	$\geq 0.897$	高温硬度及抗氧 化性能优于 YW2	特别适用于加工淬火钢、轧辊 等
YT813	14.05 ~ 14.1	160	$\geq 0.892$	具有较高的高温 硬度、高温韧性,通 用性好,优于 YG6X 和 YW2	适于加工镍基、铁基高温合金, 钴合金、高锰钢、不锈钢、硬度小 于 50HRC 的淬火钢及钛合金



(续)

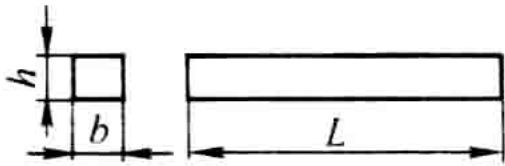
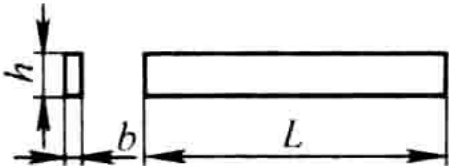
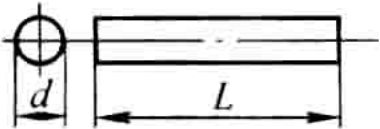
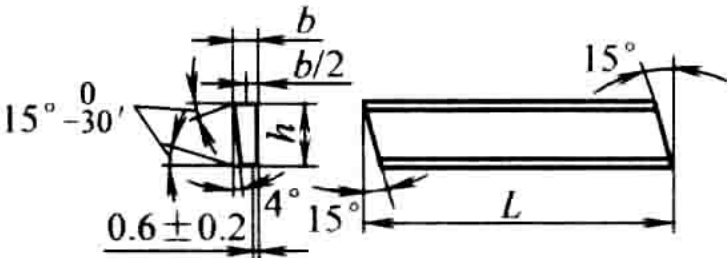
牌号	物理力学性能			使用性能	用途
	密度 /(g/cm <sup>3</sup> )	硬度 HRA	抗弯强度 /GPa		
YG643M	13.7	150	≥0.912	有较高的耐磨性、抗氧化性能, 粘接性能好	适用于高温合金及超高强度钢的精加工及半精加工
1 <sup>#</sup>		160	≥0.892	系细颗粒合金, 具有较高耐磨性, 优于 YG6A	适用于高温合金、不锈钢、钛合金、纯钨、纯铁的加工, 宜采用大前角切削
3 <sup>#</sup>		100	≥0.902	系细颗粒合金, 耐磨性优于 YG3X	适用于铸铁、非铁金属及其合金的精镗, 亦适用于合金钢、淬火的钢的精加工
M2		170	≥0.882	有较好的高温硬度、耐磨性和冲击韧性, 综合性能好	适用于高强度合金钢、高锰钢的加工, 尤其适用于铣削加工
M3		190	≥0.877	有较好的高温硬度及耐磨性, 冲击韧性优于 M2	适用于高强度合金钢、高锰钢、反磁钢、硅钢片组合件的车削加工
T20		110	≥0.902	耐磨性和 YT30 相近, 但强度高于 YT30, 通用性好	适用于碳素钢、合金钢的精加工, 并可加工硬度为 60HRC 左右的淬火钢
T40		90	≥0.907	耐磨性及允许切削速度均高于 T20	可加工硬度大于 60HRC 的钢材

# 三、车 刀

## 1. 高速钢车刀条 (表 5-9)

表 5-9 高速钢车刀条 (GB/T 4211.1 ~

4211.2—2004) (单位: mm)

类型	图 示	规格范围
正方形		$h \times b \times L$ $4 \times 4 \times 63 \sim$ $25 \times 25 \times 200$
圆形		$d \times L$ $4 \times 63 \sim$ $20 \times 200$
矩形		$h \times b \times L$ $6 \times 4 \times 100 \sim$ $25 \times 12 \times 200$
不规则四边形		$h \times b \times L$ $12 \times 3 \times 85 \sim$ $25 \times 6 \times 250$

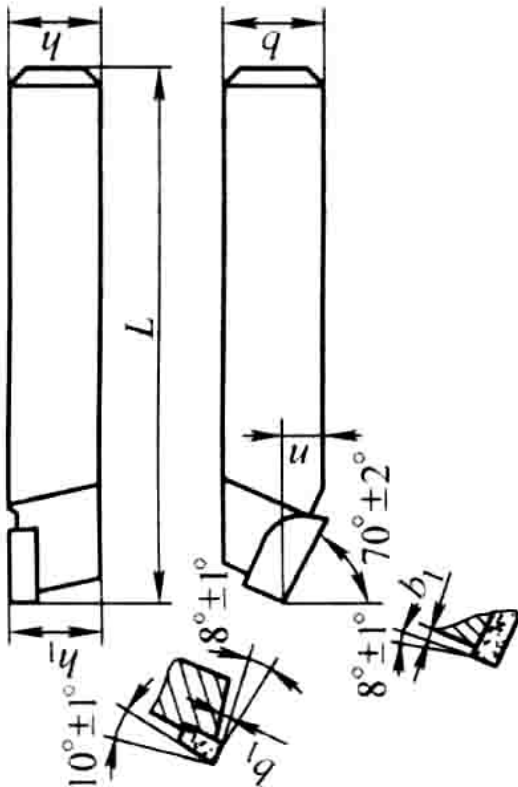
## 2. 硬质合金焊接车刀

(1) 硬质合金车刀形式及规格尺寸

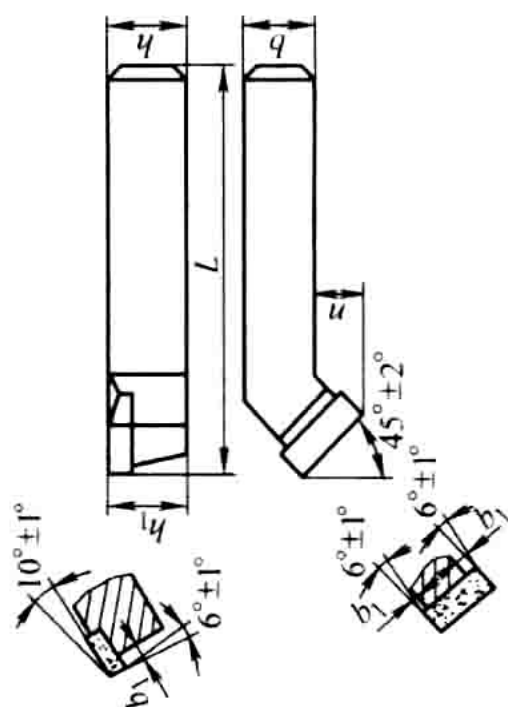
1) 硬质合金外表面车刀 (GB/T 17985.2—2000)。

硬质合金外表面车刀共有 11 种形式, 其形式及规格尺寸见表 5-10。

表 5-10 硬质合金外表面车刀形式及规格尺寸 (单位: mm)

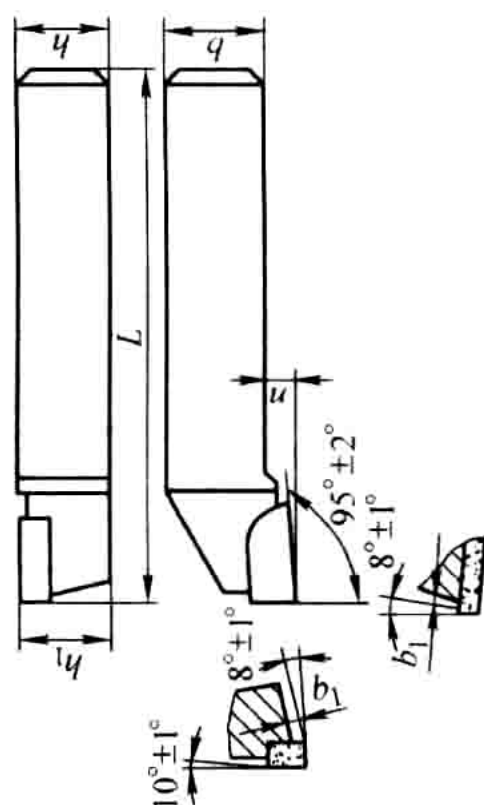
名 称	车刀形式	主要尺寸范围
70° 外圆 车刀 (右、 左)		$L = 90 \sim 240$ $h = 10 \sim 50$ $b = 10 \sim 50$ $h_1 = 10 \sim 50$

$L = 90 \sim 240$   
 $h = 10 \sim 50$   
 $b = 10 \sim 50$   
 $h_1 = 10 \sim 50$



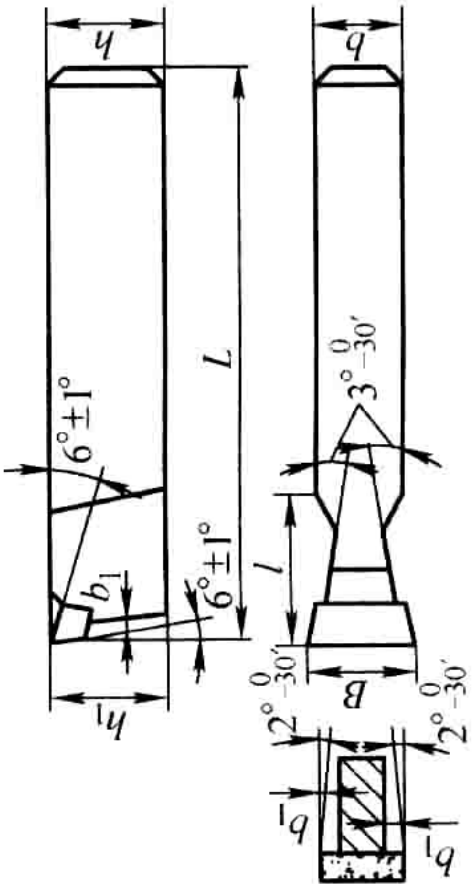
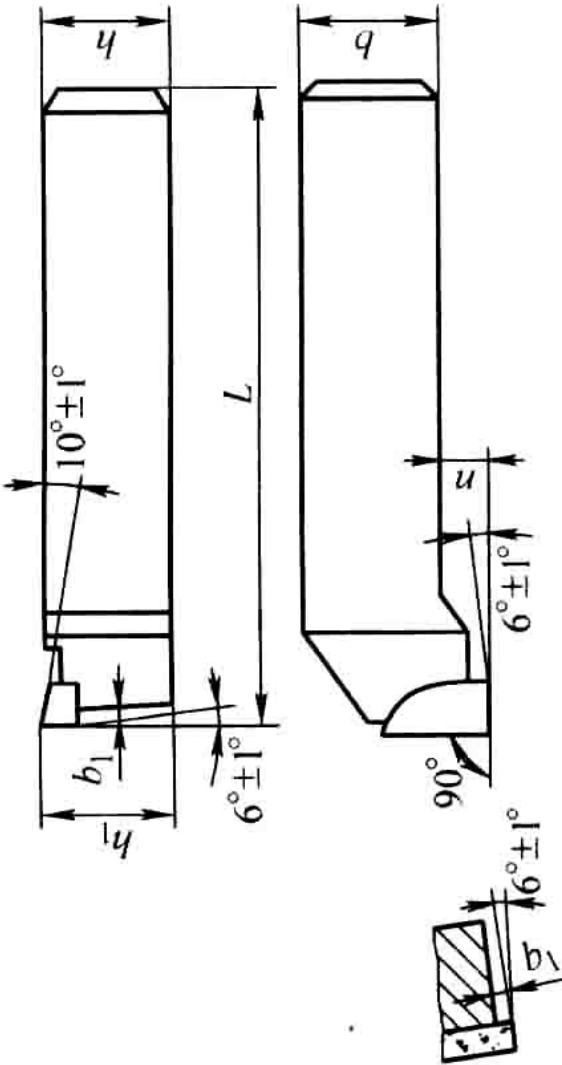
45° 端面  
 车刀 (右、  
 左)

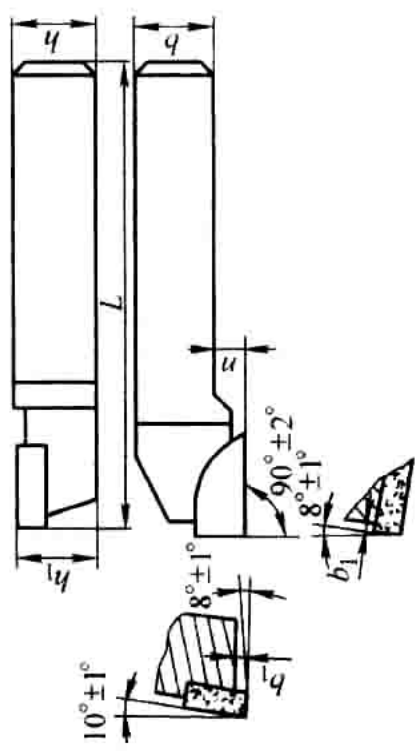
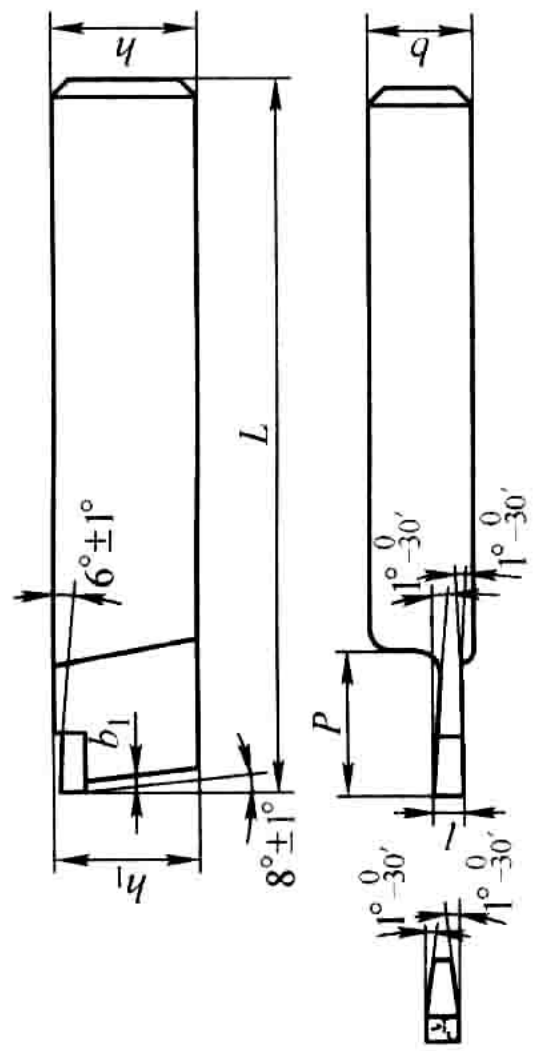
$L = 110 \sim 240$   
 $h = 16 \sim 50$   
 $b = 10 \sim 32$   
 $h_1 = 16 \sim 50$



95° 外圆  
 车刀 (右、  
 左)

(续)

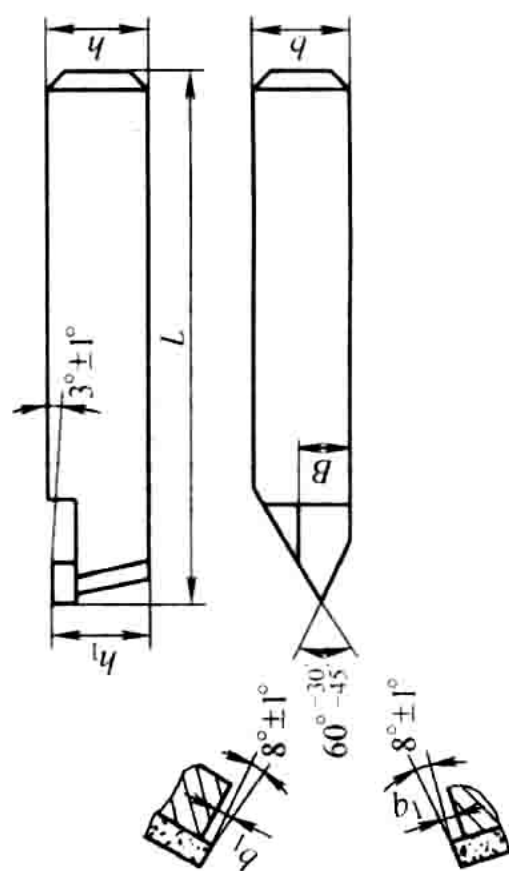
名 称	车刀形式	主要尺寸范围
切槽车刀		$L = 125 \sim 240$ $h = 20 \sim 50$ $b = 12 \sim 32$ $h_1 = 20 \sim 50$
90° 端面车刀 (右、左)		$L = 125 \sim 240$ $h = 20 \sim 50$ $b = 20 \sim 50$ $h_1 = 20 \sim 50$

<p>90° 外圆 车刀 (右、 左)</p>		<p><math>L = 90 \sim 240</math> <math>h = 10 \sim 50</math> <math>b = 10 \sim 50</math> <math>h_1 = 10 \sim 50</math></p>
<p>A 型切断 车刀 (右、 左)</p>		<p><math>L = 100 \sim 240</math> <math>h = 12 \sim 50</math> <math>b = 8 \sim 32</math> <math>h_1 = 12 \sim 50</math></p>



外螺纹车

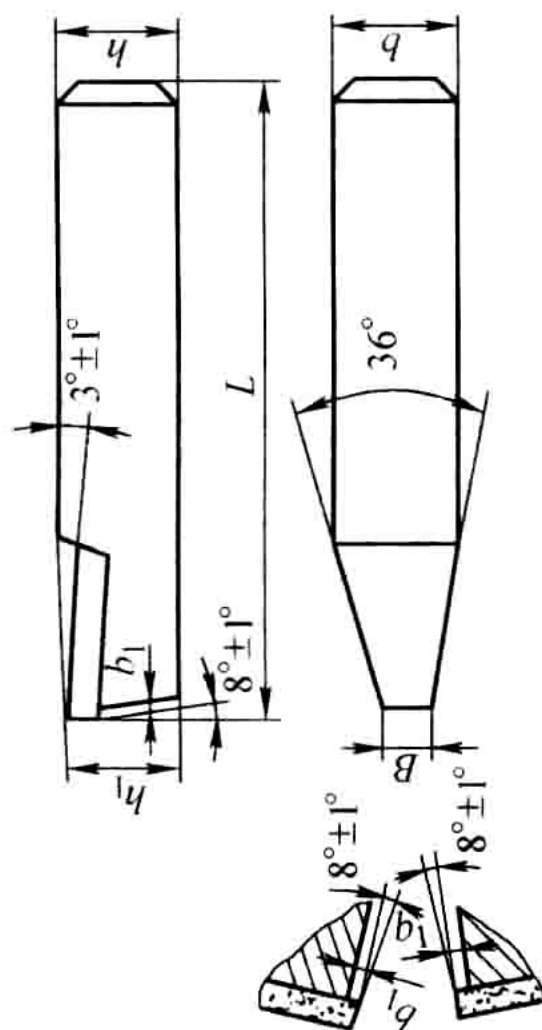
刀



$L = 100 \sim 170$   
 $h = 12 \sim 32$   
 $b = 8 \sim 20$   
 $h_1 = 12 \sim 32$

皮带轮车

刀

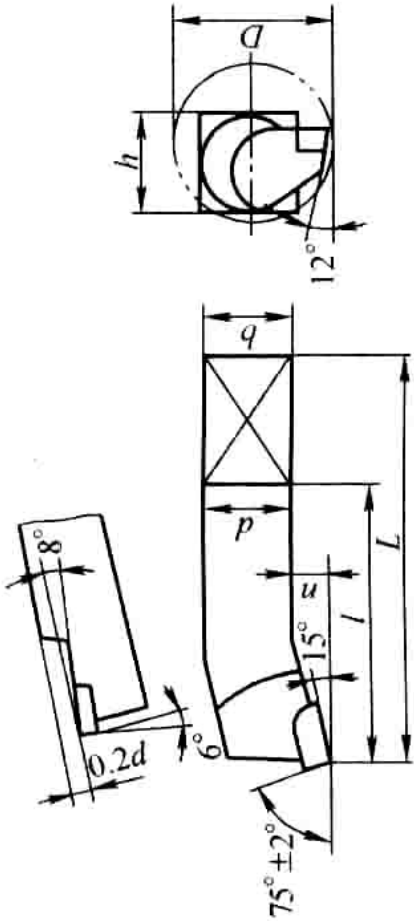
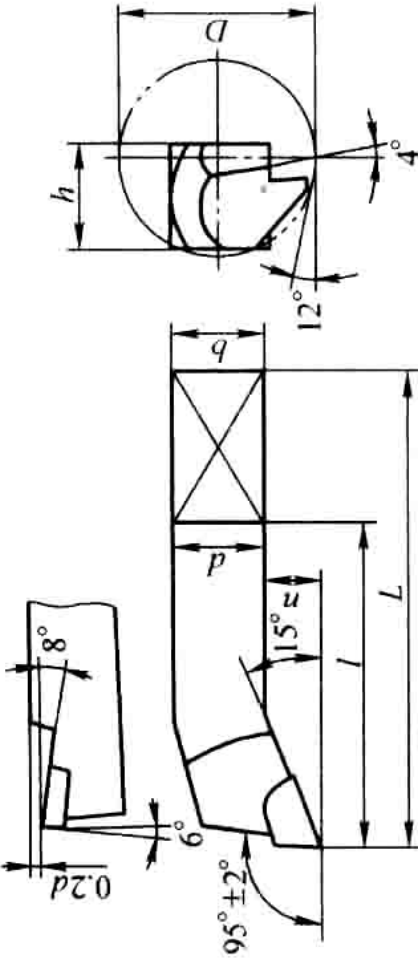


$L = 100 \sim 170$   
 $h = 12 \sim 32$   
 $b = 12 \sim 20$   
 $h_1 = 12 \sim 32$



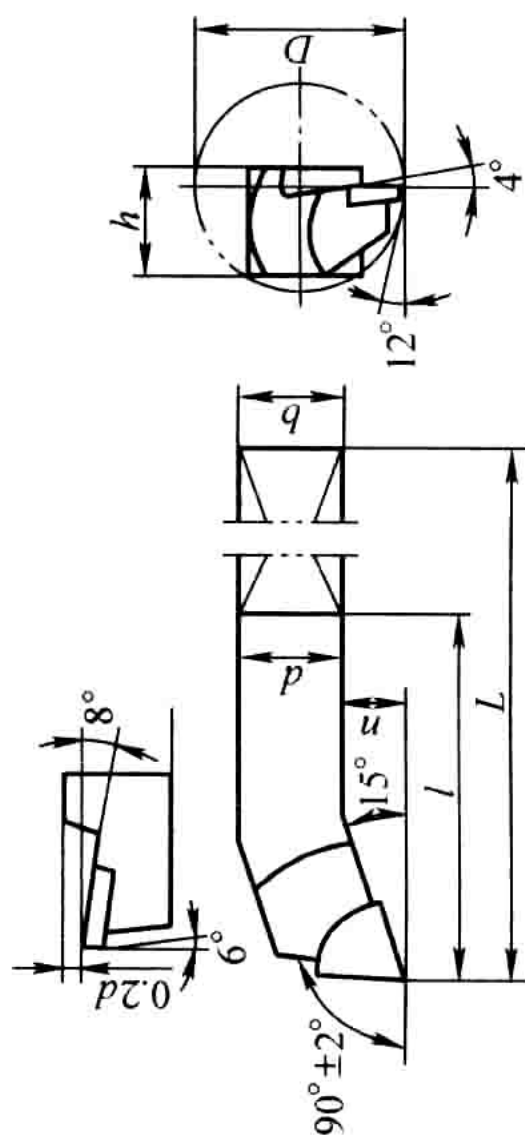
2) 硬质合金内表面车刀(GB/T 17985.3—2000)。  
硬质合金内表面车刀共有6种形式,其形式及规格尺寸见表5-11。

表 5-11 硬质合金内表面车刀形式及规格尺寸 (单位:mm)

名 称	车刀形式	主要尺寸范围
75° 内孔 车刀		$L = 125 \sim 355$ $h = 8 \sim 32$ $b = 8 \sim 32$ $l = 40 \sim 160$
95° 内孔 车刀		$L = 125 \sim 355$ $h = 8 \sim 32$ $b = 8 \sim 32$ $l = 40 \sim 160$

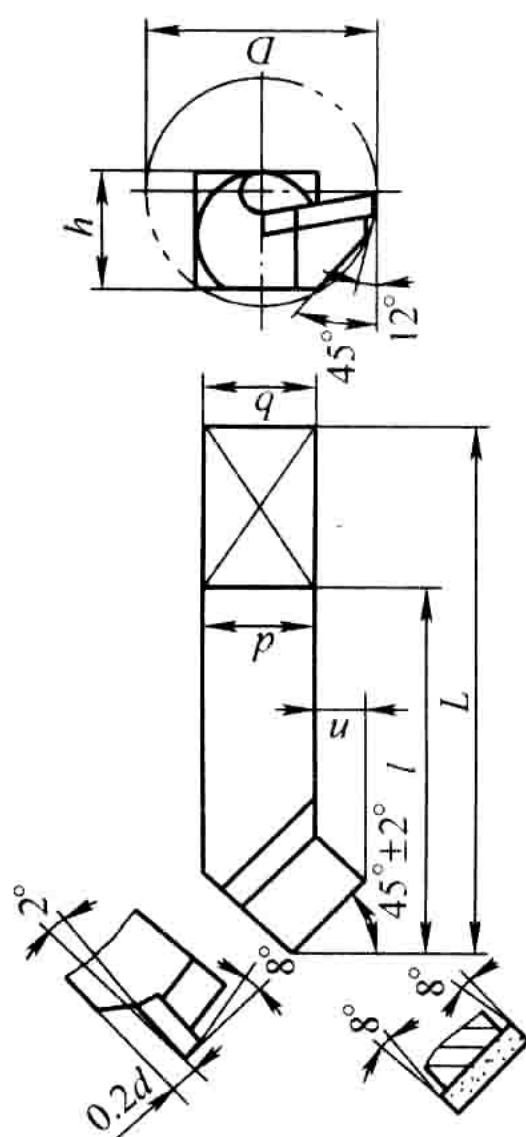
90° 内孔

车刀

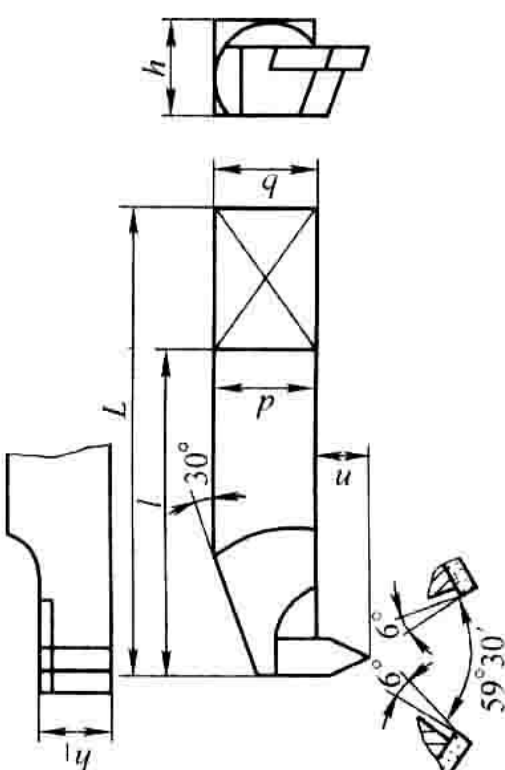
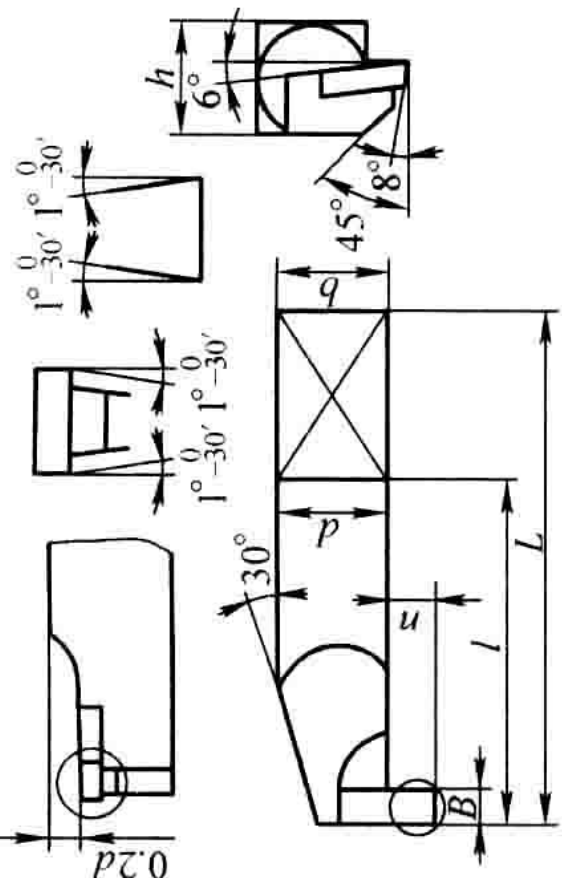
 $L = 125 \sim 355$  $h = 8 \sim 32$  $b = 8 \sim 32$  $l = 40 \sim 160$ 

45° 内孔

车刀

 $L = 125 \sim 355$  $h = 8 \sim 32$  $b = 8 \sim 32$  $l = 40 \sim 160$

(续)

名 称	车刀形式	主要尺寸范围
内螺纹车 刀		$L = 125 \sim 355$ $h = 8 \sim 32$ $b = 8 \sim 32$ $l = 40 \sim 160$
内切槽车 刀		$L = 125 \sim 355$ $h = 8 \sim 32$ $b = 8 \sim 32$ $l = 40 \sim 160$

## (2) 硬质合金焊接车刀刀片(表 5-12)

表 5-12 硬质合金焊接车刀刀片 (YS/T 253—1994) (单位: mm)

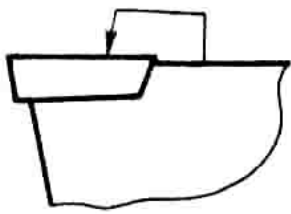
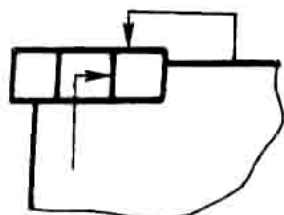
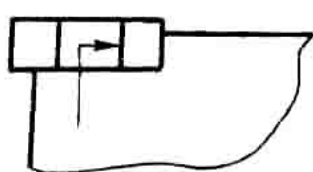
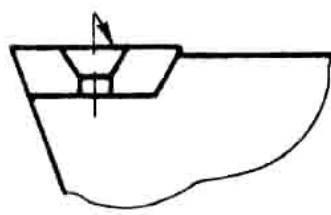
A 型				B 型				C 型				D 型				E 型			
型 号	基本尺寸			型 号	基本尺寸			型 号	基本尺寸			型 号	基本尺寸			型 号	基本尺寸		
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>		<i>l</i>	<i>t</i>	<i>s</i>
A5	5	3	2	B5	5	3	2	C5	5	3	2	D3	3.5	8	3	E4	4	10	2.5
A6	6	4	2.5	B6	6	4	2.5	C6	6	4	2.5					E5	5	12	3
A8	8	5	3	B8	8	5	3	C8	8	5	3	D4	4.5	10	4	E6	6	14	3.5
A10	10	6	4	B10	10	6	4	C10	10	6	4					E8	8	16	4
A12	12	8	5	B12	12	8	5	C12	12	8	5	D5	5.5	12	5	E10	10	18	5
A16	16	10	6	B16	16	10	6	C16	16	10	6	D6	6.5	14	6	E12	12	20	6
A20	20	12	7	B20	20	12	7	C20	20	12	7	D8	8.5	16	8	E16	16	22	7
A25	25	14	8	B25	25	14	8	C25	25	14	8								
A32	32	18	10	B32	32	18	10	C32	32	18	10	D10	10.5	18	10	E20	20	25	8
A40	40	22	12	B40	40	22	12	C40	40	22	12					E25	25	28	9
A50	50	25	14	B50	50	25	14	C50	50	25	14	D12	12.5	20	12	E32	32	32	10

### 3. 可转位车刀

(1) 可转位车刀型号表示规则 (GB/T 5343.1—2007) 可转位车刀的型号由顺序排列的一组字母和数字代号组成, 共有 10 位代号, 分别表示车刀的各项特征。

① 第一位代号用一个字母表示车刀的夹紧方式, 见表 5-13。

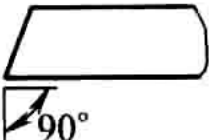
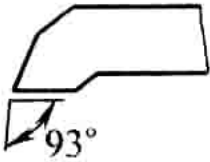
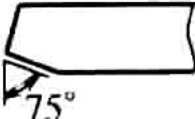


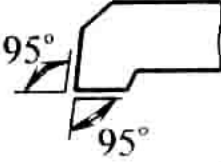
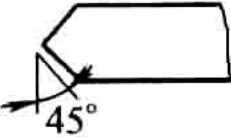

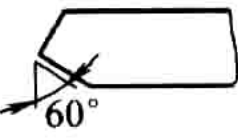
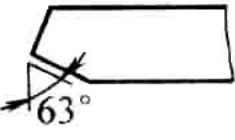

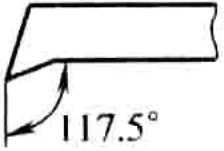
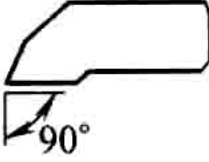
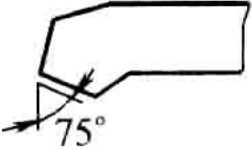
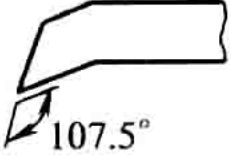
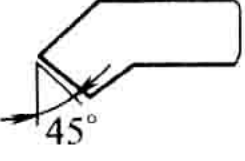
表 5-13 车刀的夹紧方式代号

代号	车刀刀片夹紧方式	
C		装无孔刀片, 利用压板从刀片上方将刀片夹紧, 如压板式
M		装圆孔刀片, 从刀片上方并利用刀片孔将刀片夹紧, 如楔钩式
P		装圆孔刀片, 利用刀片孔将刀片夹紧。如杠杆式、偏心式、拉垫式等
S		装沉孔刀片, 螺钉直接穿过刀片孔将刀片夹紧, 如压孔式




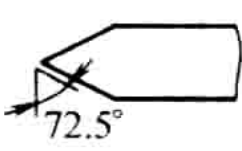
② 第二位代号用一个字母表示车刀上刀片的形状, 表示刀片形状的代号按 GB/T 2076—2007 《切削刀具用可转位刀片型号表示规则》的规定。

③ 第三位代号用一个字母表示车刀的头部形式的代号 (表 5-14)。

表 5-14 车刀的头部形式的代号

代号	车刀头部形式		代号	车刀头部形式	
A		90° 直头 侧切	J		93° 偏头 侧切
B		75° 直头 侧切	K		75° 偏头 端切
C		90° 直头 端切	L		95° 偏头 侧切 及端切
D		45° 直头 侧切	M		50° 直头 侧切
E		60° 直头 侧切	N		63° 直头 侧切
F		90° 偏头 端切	P		117.5° 偏头 侧切
G		90° 偏头 侧切	R		75° 偏头 侧切
H		107.5° 偏头 侧切	S		45° 偏头 端切

(续)

代号	车刀头部形式		代号	车刀头部形式	
T		60° 偏头 侧切	W		60° 偏头 端切
U		93° 偏头 端切		Y	85° 偏头 端切
V		72.5° 直头 侧切			

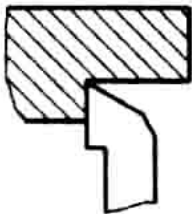
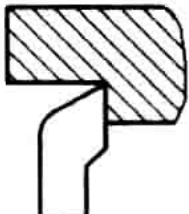
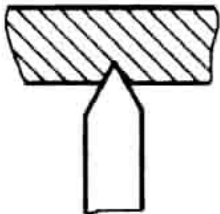
注：1. D型和S型车刀也可以安装圆形（R型）刀片。

2. 表中所示角度均为主偏角  $\kappa_r$ 。

④ 第四位代号用一个字母表示车刀上刀片法向后角的大小。表示刀片法向后角大小的代号按 GB/T 2076—2007 的规定。

⑤ 第五位代号用一个字母表示车刀的切削方向代号，见表 5-15。

表 5-15 车刀切削方向代号

代号	R	L	N
切削方向			
	右切车刀	左切车刀	左、右切通用车刀

⑥ 第六位代号用两位数字表示车刀的高度。当刀尖高度与刀杆高度相等时，以刀杆高度的数值为代号。例

如：刀杆高度为 25mm 的车刀，则第六位代号为 25。如果高度的数值不足两位数时，则在该数前加“0”。例如：刀杆高度为 8mm 时，则第六位代号为 08。

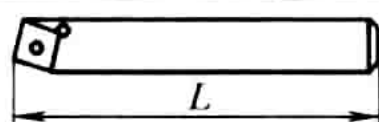
当刀尖高度与刀杆高度不相等时，以刀尖高度的数值为代号。

⑦ 第七位代号用两位数字表示车刀刀杆宽度。例如：刀杆宽度为 20mm 的车刀，则第七位代号为 20。如果宽度的数值不足两位数时，则在该数前加“0”。例如刀杆宽度为 8mm，则第七位代号为 08。

⑧ 第八位代号用符号“—”或用一个字母表示车刀的长度。对于长度符合 GB/T 5343.2—2007 中长刀杆系列的车刀，其第八位代号以符号“—”表示；对于仅是长度不符合 GB/T 5343.2—2007 中长刀杆系列的车刀，其第八位代号按表 5-16 规定的符号来表示。

表 5-16 车刀长度的代号

(单位：mm)



代号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
车刀长度	32	40	50	60	70	80	90	100	110	125	140	150

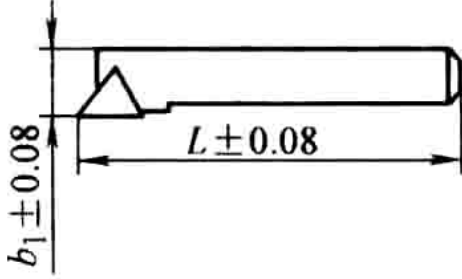
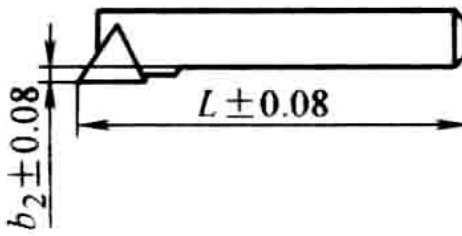
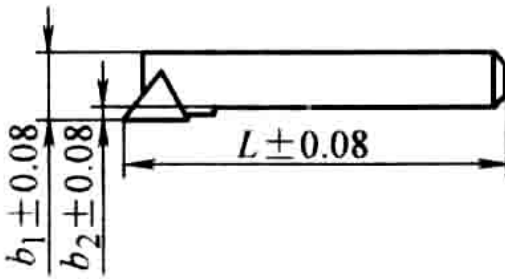
代号	N	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
车刀长度	160	170	180	200	250	300	350	400	450	特殊长度	500



⑨ 第九位代号用两位数字表示车刀上刀片的边长。表示刀片边长的代号按 GB/T 2076—2007 的规定。

⑩ 第十位代号用一个字母表示不同测量基准的精密级车刀，见表 5-17。

表 5-17 车刀测量基准的代号

代 号	图 示
Q	 <p>外侧面和后端面为测量基准面</p>
F	 <p>内侧面和后端面为测量基准面</p>
B	 <p>内、外侧面和后端面为测量基准面</p>

(2) 优先采用的形式和尺寸 优先采用的 29 种可转位车刀的规格和尺寸范围见表 5-18。

标记示例:

示例 1:

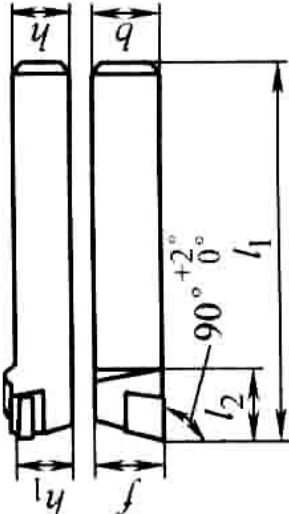
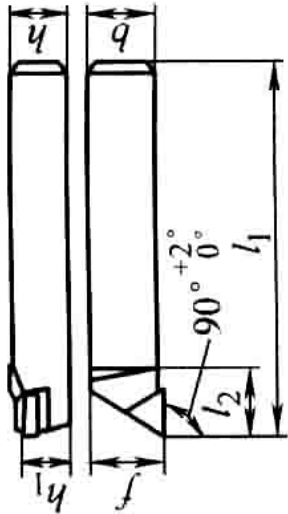
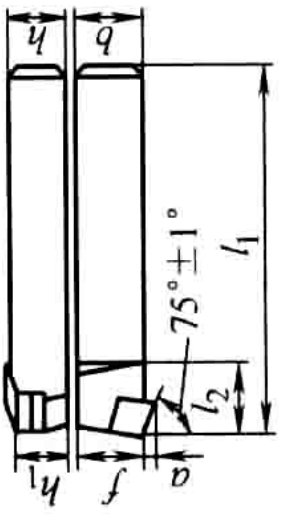


示例 2:

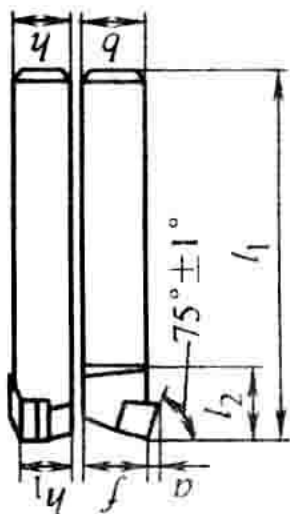
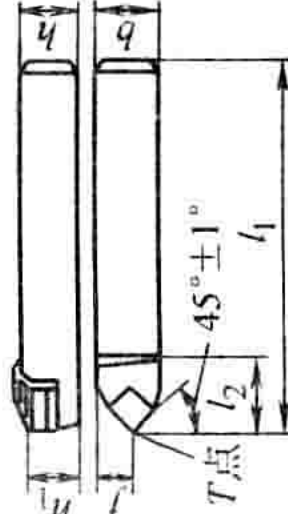
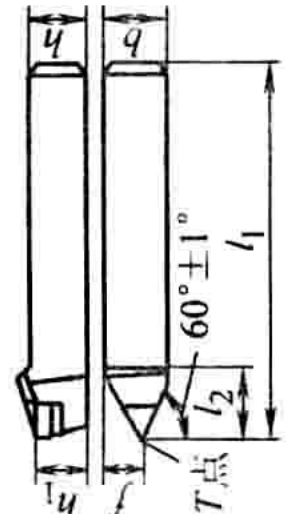


(3) 可转位内孔车刀 可转位内孔车刀刀杆形式有圆形截面、正方形截面和矩形截面三种。可转位内孔车刀的规格和尺寸范围见表 5-19。

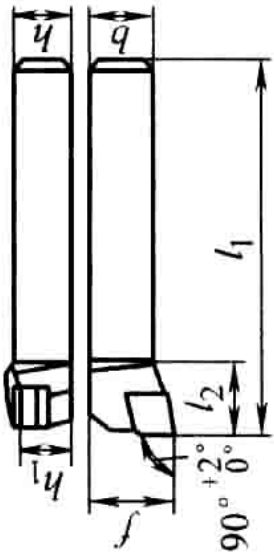
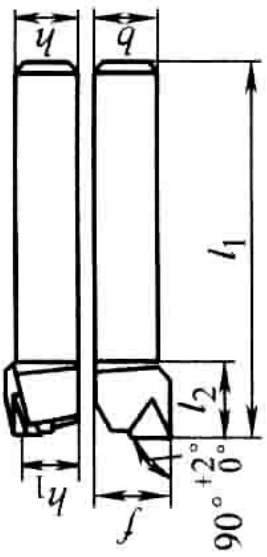
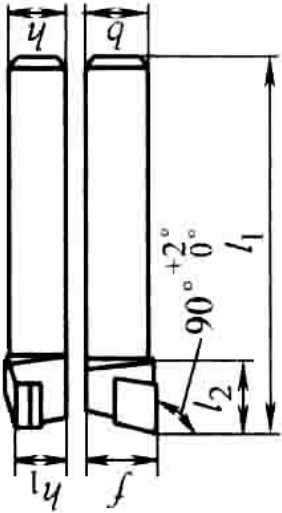
表 5-18 优先采用的 29 种可转位车刀的规格和尺寸范围 (GB/T 5343.2—2007)

车刀名称及 用刀片代号	车 刀 形 式	主要尺寸范围		规格品种数	
		$(h/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(b/\text{mm}) \times (l_1/\text{mm})$		右切 车刀	左切 车刀
装 C 型刀 片的 $90^\circ$ 直 头外圆车刀		$8 \times 8 \times 8 \times 60$ $\sim 10 \times 10 \times 10 \times 70$		2	2
装 T 型刀 片的 $90^\circ$ 直 头外圆车刀		$12 \times 12 \times 12 \times 80$ $\sim 40 \times 40 \times 40 \times 200$		7	7
装 C 型刀 片的 $75^\circ$ 直 头外圆车刀		$8 \times 8 \times 8 \times 60$ $\sim 12 \times 12 \times 12 \times 80$		3	3

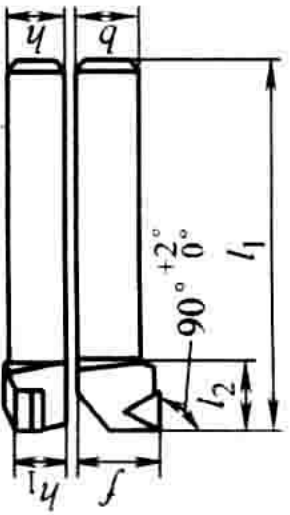
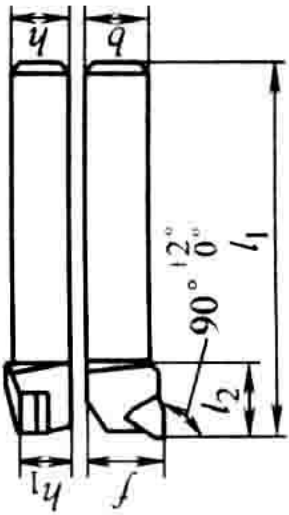

(续)

车刀名称及 用刀片代号	车刀形式	主要尺寸范围		规格品种数	
		$(h/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(b/\text{mm}) \times (l_1/\text{mm})$		右切 车刀	左切 车刀
装 S 型刀 片的 $75^\circ$ 直 头外圆车刀		$16 \times 16 \times 16 \times 100$ $\sim 50 \times 50 \times 50 \times 250$		14	14
装 S 型刀 片的 $45^\circ$ 直 头外圆车刀		$12 \times 12 \times 12 \times 80$ $\sim 32 \times 32 \times 32 \times 170$		6	
装 T 型刀 片的 $60^\circ$ 直 头外圆车刀		$20 \times 20 \times 20 \times 125$ $\sim 40 \times 40 \times 32 \times 200$		8	

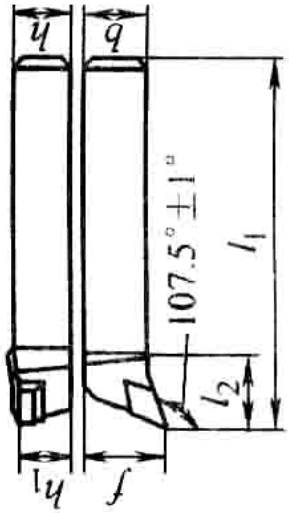
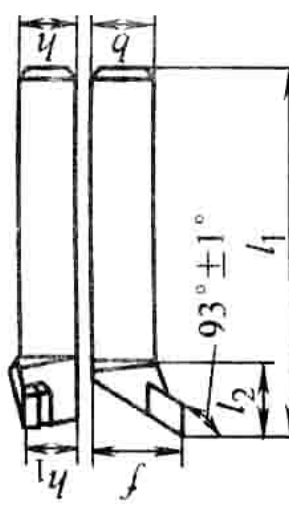
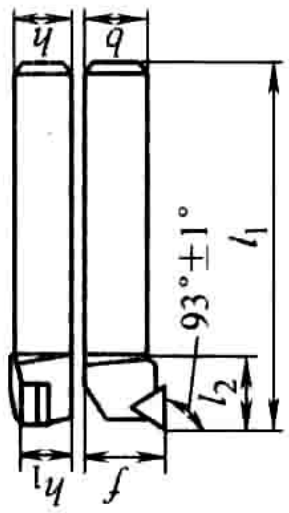
(续)

车刀名称及 用刀片代号	车刀形式	主要尺寸范围		规格品种数	
		$(h/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(b/\text{mm}) \times (l_1/\text{mm})$		右切 车刀	左切 车刀
装 C 型刀 片的 $90^\circ$ 偏 头端面车刀		$8 \times 8 \times 8 \times 60$ $\sim 10 \times 10 \times 10 \times 70$		2	2
装 T 型刀 片的 $90^\circ$ 偏 头端面车刀		$12 \times 12 \times 12 \times 80$ $\sim 40 \times 40 \times 40 \times 200$		14	14
装 C 型刀 片的 $90^\circ$ 偏 头外圆车刀		$8 \times 8 \times 8 \times 60$ $\sim 10 \times 10 \times 10 \times 70$		2	2

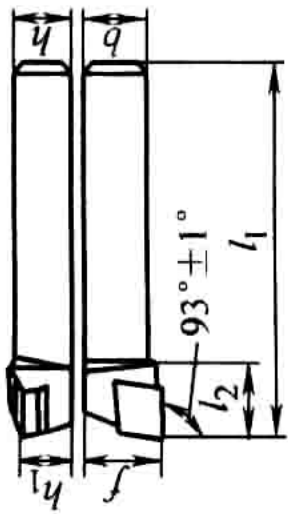
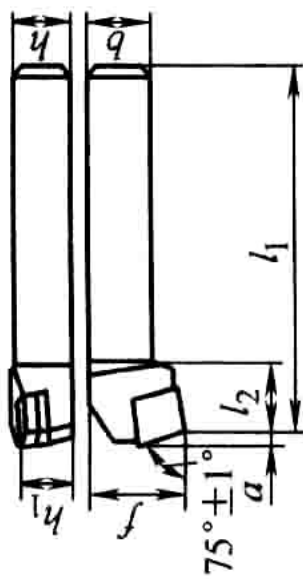
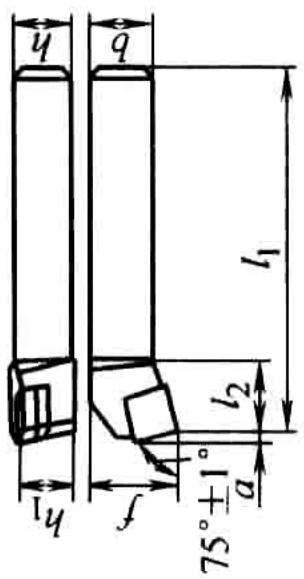
(续)

车刀名称及 用刀片代号	车刀形式	主要尺寸范围		规格品种数	
		$(h/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(b/\text{mm}) \times (l_1/\text{mm})$		右切 车刀	左切 车刀
装 T 型刀 片的 $90^\circ$ 偏 头外圆车刀		$12 \times 12 \times 12 \times 80$ $\sim 50 \times 50 \times 50 \times 250$		16	16
装 F 型刀 片的 $90^\circ$ 偏 头外圆车刀		$20 \times 20 \times 20 \times 125$ $\sim 50 \times 50 \times 50 \times 250$		13	13
装 W 型刀 片的 $90^\circ$ 偏 头外圆车刀		$20 \times 20 \times 20 \times 125$ $\sim 40 \times 40 \times 40 \times 200$		12	12

(续)

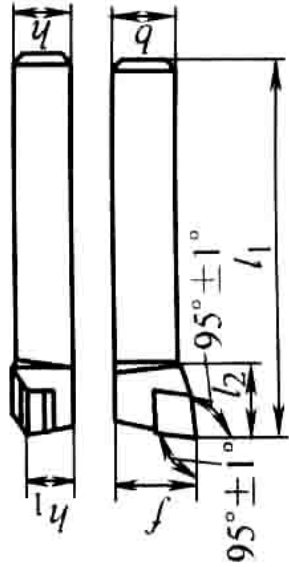
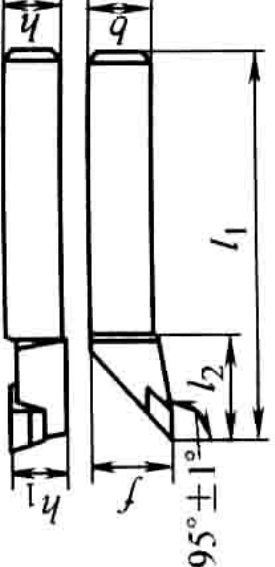
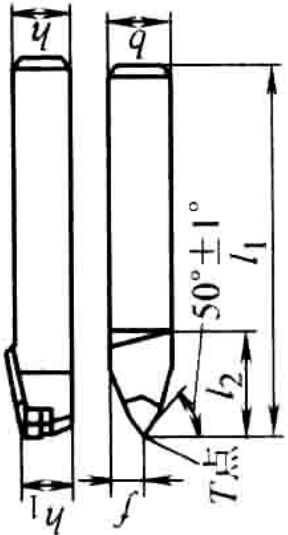
车刀名称及 用刀代号	车 刀 形 式	主要尺寸范围		规格品种数	
		$(h/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(b/\text{mm}) \times (l_1/\text{mm})$		右切 车刀	左切 车刀
装 D 型刀 片的 $107.5^\circ$ 偏头外圆车 刀		$10 \times 10 \times 10 \times 70$ $\sim 32 \times 32 \times 25 \times 170$	8	8	8
装 D 型刀 片的 $93^\circ$ 偏 头外圆车刀		$8 \times 8 \times 8 \times 60$ $\sim 40 \times 40 \times 32 \times 200$	10	10	10
装 T 型刀 片的 $93^\circ$ 偏 头外圆车刀		$20 \times 20 \times 20 \times 125$ $\sim 40 \times 40 \times 32 \times 200$	7	7	7

(续)

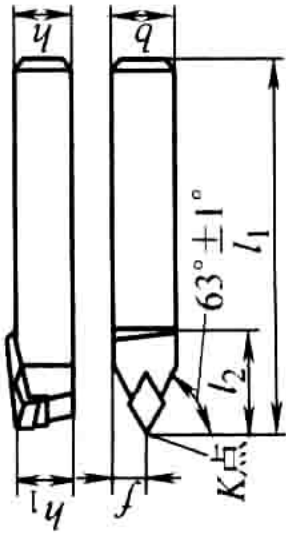
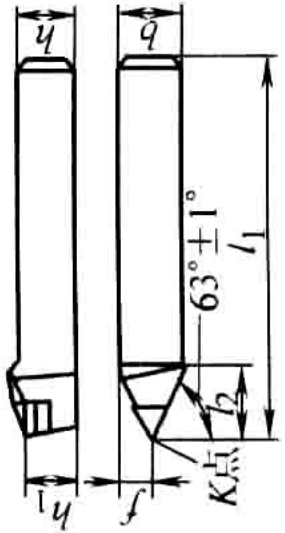
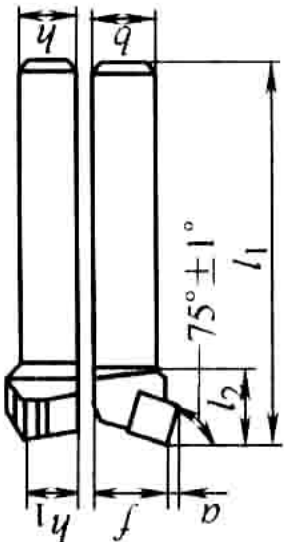
车刀名称及 用刀代号	车刀形式	规格品种数	
		主要尺寸范围 ( $h/\text{mm}$ ) $\times$ ( $h_1/\text{mm}$ ) $\times$ ( $b/\text{mm}$ ) $\times$ ( $l_1/\text{mm}$ )	右切 车刀 左切 车刀
装 C 型刀 片的 $93^\circ$ 偏 头外圆车刀		$25 \times 25 \times 20 \times 150$ $\sim 40 \times 40 \times 32 \times 200$	8 8
装 C 型刀 片的 $75^\circ$ 偏 头端面车刀		$8 \times 8 \times 8 \times 60$ $\sim 10 \times 10 \times 10 \times 70$	2 2
装 S 型刀 片的 $75^\circ$ 偏 头端面车刀		$12 \times 12 \times 12 \times 80$ $\sim 40 \times 40 \times 40 \times 200$	19 19



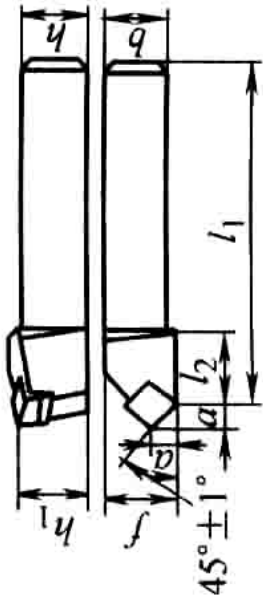
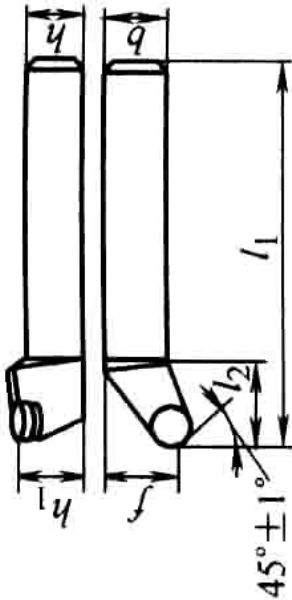
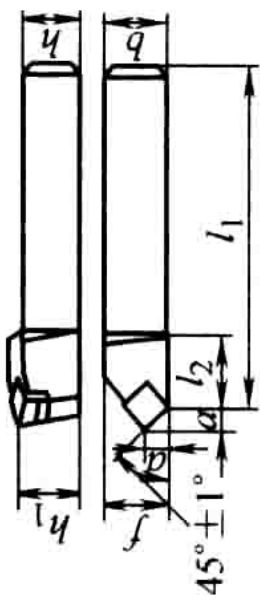
(续)

车刀名称及 用刀片代号	车 刀 形 式	主要尺寸范围		规格品种数	
		$(h/\text{mm}) \times (b/\text{mm}) \times (l_1/\text{mm})$	$(h_1/\text{mm}) \times (l_1/\text{mm})$	右切 车刀	左切 车刀
装 C 型刀 片的 $95^\circ$ 偏 头外圆及端 面车刀		$8 \times 8 \times 8 \times 60$ $\sim 40 \times 40 \times 40 \times 200$		12	12
装 V 型刀 片的 $95^\circ$ 偏 头外圆车刀		$20 \times 20 \times 20 \times 125$ $\sim 32 \times 32 \times 25 \times 170$		3	3
装 W 型刀 片的 $50^\circ$ 直 头外圆车刀		$20 \times 20 \times 20 \times 125$ $\sim 40 \times 40 \times 32 \times 200$		9	

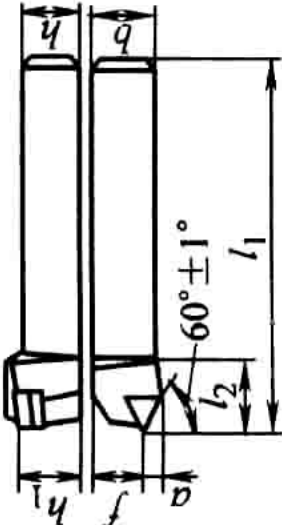
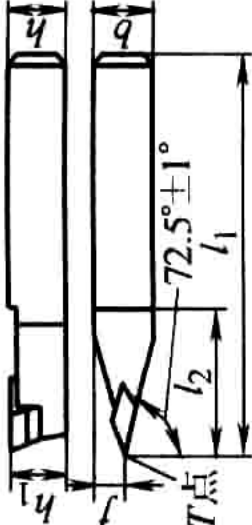
(续)

车刀名称及 用刀代号	车 刀 形 式	主要尺寸范围		规格品种数	
		$(h/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times (b/\text{mm}) \times (l_1/\text{mm})$	右切 车刀	左切 车刀	
装 D 型刀 片的 $63^\circ$ 直 头外圆车刀		$8 \times 8 \times 8 \times 60$ $\sim 40 \times 40 \times 32 \times 150$	9	9	
装 T 型刀 片的 $63^\circ$ 直 头外圆车刀		$25 \times 25 \times 25 \times 150$ $\sim 40 \times 40 \times 32 \times 150$	6	6	
装 S 型刀 片的 $75^\circ$ 偏 头外圆车刀		$12 \times 12 \times 12 \times 80$ $\sim 50 \times 50 \times 50 \times 250$	21	21	

(续)

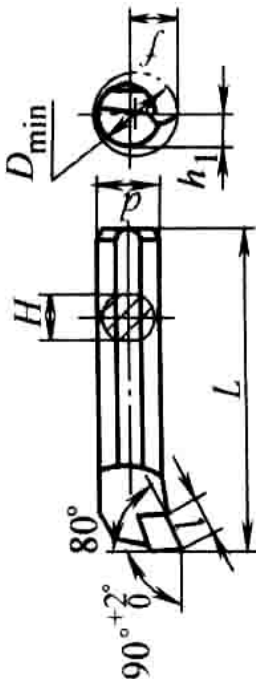
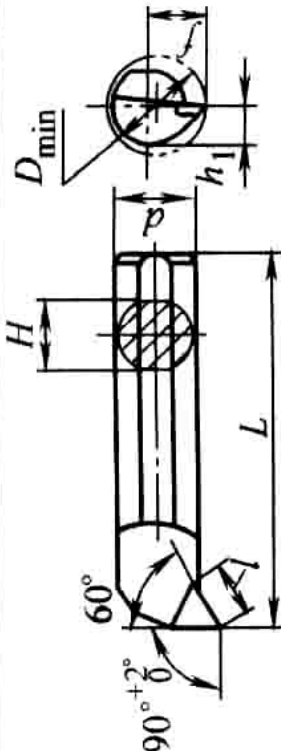
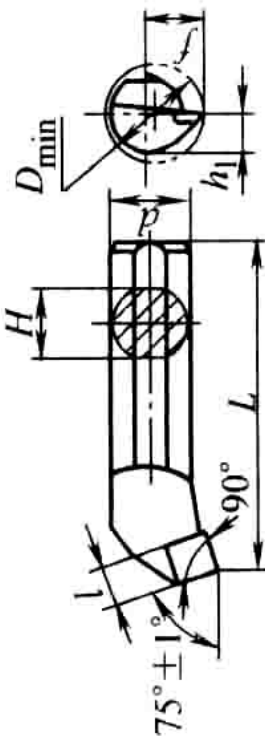
车刀名称及 用刀片代号	车刀形式	主要尺寸范围		规格品种数	
		$(h/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(b/\text{mm}) \times (l_1/\text{mm})$		右切 车刀	左切 车刀
装 C 型刀 片的 $45^\circ$ 偏 头外圆车刀		$8 \times 8 \times 8 \times 60$ $\sim 10 \times 10 \times 10 \times 70$		2	2
装 R 型刀 片的 $45^\circ$ 偏 头外圆车刀		$20 \times 20 \times 20 \times 125$ $\sim 40 \times 40 \times 40 \times 200$		11	11
装 S 型刀 片的 $45^\circ$ 偏 头外圆车刀		$12 \times 12 \times 12 \times 80$ $\sim 50 \times 50 \times 50 \times 250$		16	16

(续)

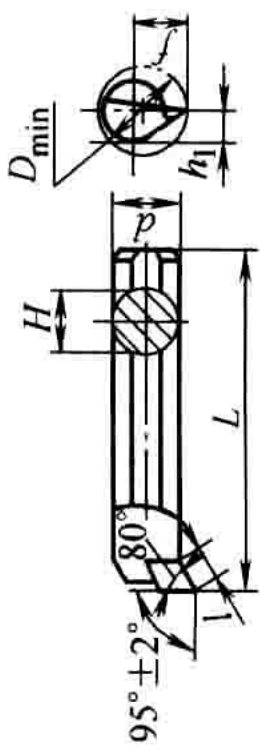
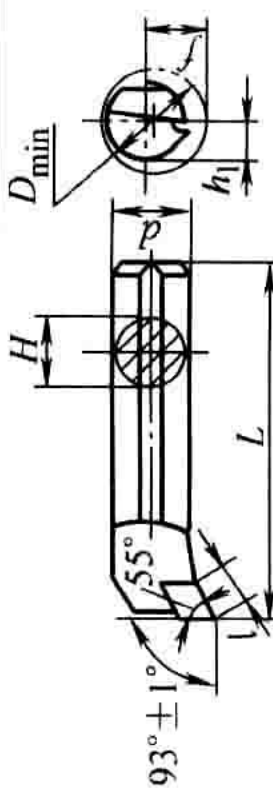
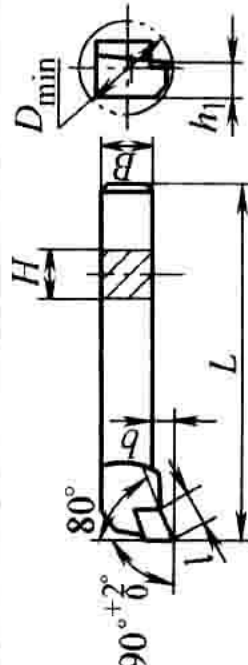
车刀名称及 用刀片代号	车刀形式	主要尺寸范围		规格品种数	
		$(h/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(b/\text{mm}) \times (l_1/\text{mm})$		右切 车刀	左切 车刀
装 T 型刀 片的 $60^\circ$ 偏 头外圆车刀		$12 \times 12 \times 12 \times 80$ $\sim 40 \times 40 \times 40 \times 200$	13	13	13
装 V 型刀 片的 $72.5^\circ$ 直头外圆车 刀		$20 \times 20 \times 20 \times 125$ $\sim 32 \times 32 \times 25 \times 170$	3		

注: 可转位车刀分普通级和精密级两种, 这里只介绍普通级的规格尺寸。

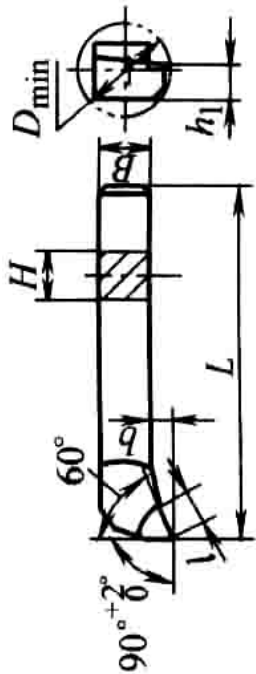
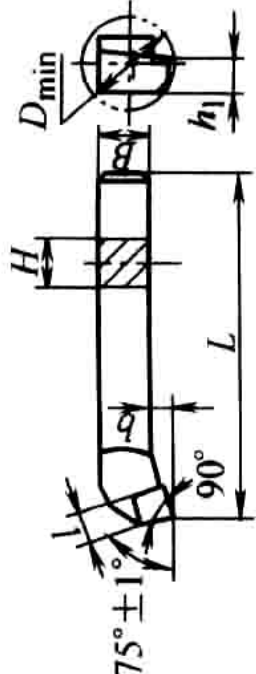
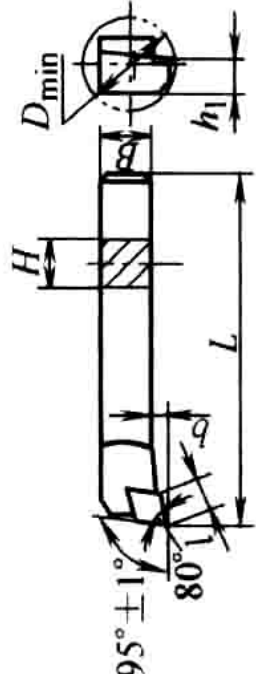
表 5-19 可转位内孔车刀的规格和尺寸范围

车刀名称 及用刀片 代号	车 刀 形 式	主要尺寸范围		规格 品种 数
		$(d/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(L/\text{mm}) \times (f/\text{mm}) \times$ $(D_{\min}/\text{mm})$		
圆形截面刀杆				
装 C 型刀片的 90°车刀		$10 \times 5 \times 100 \times 7 \times 13$ ~ $60 \times 30 \times 400 \times 43 \times 80$	9	
装 T 型 刀片的 90°车刀		$10 \times 5 \times 100 \times 7 \times 13$ ~ $60 \times 30 \times 400 \times 43 \times 80$	9	
装 S 型 刀片的 75°车刀		$16 \times 8 \times 150 \times 11 \times 20$ ~ $60 \times 30 \times 400 \times 43 \times 80$	7	

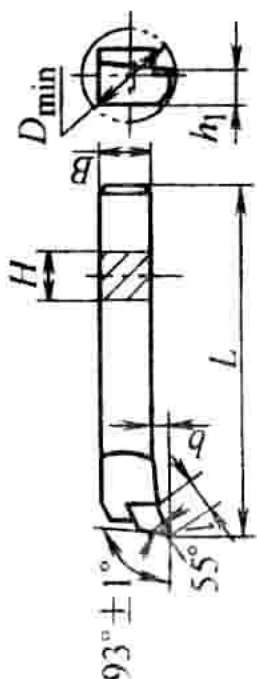
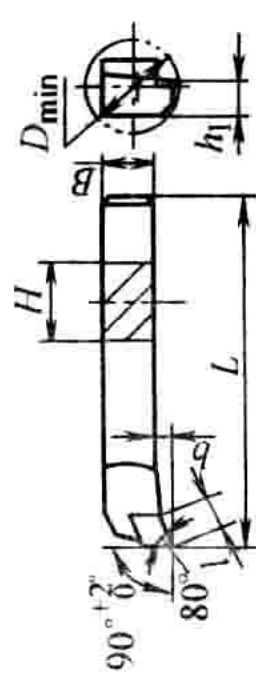
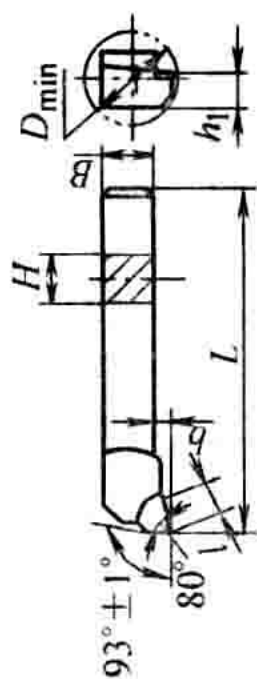
(续)

车刀名称 及用刀片 代号	车 刀 形 式	主要尺寸范围		规格 品种 数
		$(d/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(L/\text{mm}) \times (f/\text{mm}) \times$ $(D_{\min}/\text{mm})$		
圆形截面刀杆				
装 C 型刀片的 95°车刀		$10 \times 5 \times 100 \times 7 \times 13$ ~ $60 \times 30 \times 400 \times 43 \times 80$	9	
装 D 型刀片的 93°车刀		$12 \times 6 \times 125 \times 9 \times 16$ ~ $60 \times 30 \times 400 \times 43 \times 80$	8	
正方形截面刀杆				
装 C 型刀片的 90°车刀		$12 \times 8 \times 12 \times 125 \times 25$ ~ $50 \times 34 \times 50$ × $350 \times 100$	7	

(续)

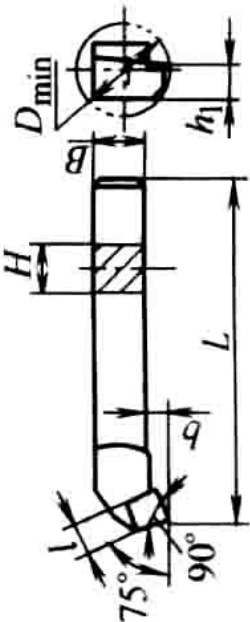
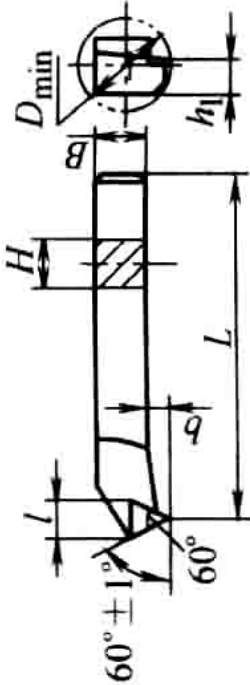
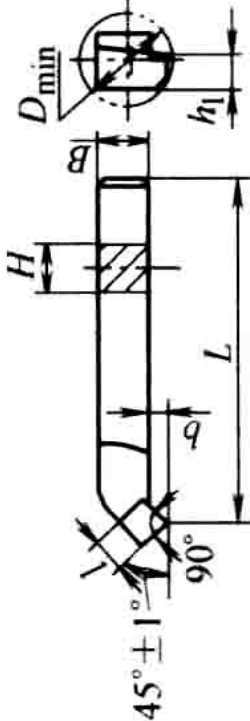
车刀名称 及用刀片 代号	车 刀 形 式	主要尺寸范围		规格 品种 数
		$(H/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(B/\text{mm}) \times (L/\text{mm}) \times$ $(D_{\min}/\text{mm})$		
正方形截面刀杆				
装 T 型 刀片的 90°车刀		$12 \times 8 \times 12 \times 125 \times 25$ ~ $50 \times 34 \times 50 \times 350 \times 100$	7	
装 S 型 刀片的 75°车刀		$16 \times 11 \times 16 \times 150 \times 32$ ~ $50 \times 34 \times 50 \times 350 \times 100$	6	
装 C 型刀片的 95°车刀		$12 \times 8 \times 12 \times 125 \times 25$ ~ $50 \times 34 \times 50 \times 350 \times 100$	7	

(续)

车刀名称 及用刀片 代号	车刀形式	主要尺寸范围		规格 品种 数
		$(H/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(B/\text{mm}) \times (L/\text{mm}) \times$ $(D_{\min}/\text{mm})$		
正方形截面刀杆				
装 D 型刀片的 93°车刀		$12 \times 8 \times 12 \times 125 \times 25$ ~ $50 \times 34 \times 50 \times 350 \times 100$	7	
矩形截面刀杆				
装 C 型刀片的 90°车刀		$25 \times 20 \times 20 \times 200 \times 50$ ~ $50 \times 40 \times 40 \times 350 \times 100$	4	
装 W 型刀片的 93°车刀		$25 \times 20 \times 20 \times 200 \times 50$ ~ $50 \times 40 \times 40 \times 350 \times 100$	4	



(续)

车刀名称 及用刀片 代号	车刀形式	主要尺寸范围		规格 品种 数
		$(H/\text{mm}) \times (h_1/\text{mm}) \times$ $(B/\text{mm}) \times (L/\text{mm}) \times$ $(D_{\min}/\text{mm})$		
矩形截面刀杆				
装 S 型 刀片的 75°车刀		$25 \times 20 \times 20 \times 200 \times 50$ $\sim 50 \times 40 \times 40 \times 350 \times 100$	4	
装 T 型 刀片的 60°车刀		$25 \times 20 \times 20 \times 200 \times 50$ $\sim 50 \times 40 \times 40 \times 350 \times 100$	4	
装 S 型 刀片的 45°车刀		$25 \times 20 \times 20 \times 200 \times 50$ $\sim 50 \times 40 \times 40 \times 350 \times 100$	4	

注:  $D_{\min}$  为最小加工直径。

## (4) 切削刀具用可转位刀片 (GB/T 2076—2007)






1) 刀片型号表示规则。可转位刀具的型号标记由 9 个代号组成, 表示刀片的尺寸和基本特征。其中代号①~⑦是必须的, 代号⑧和⑨在需要时使用, 见表 5-20。

表 5-20 可转位刀片型号表示规则



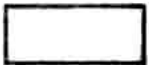
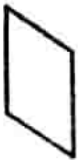


代号	①	②	③
意义	刀片形状	刀片法后角	允许偏差等级
代号	④	⑤	⑥
意义	夹固形式及有无断屑槽	刀片长度	刀片厚度
代号	⑦	⑧	⑨...
意义	刀尖角形状	切削刃截面形状	切削方向...

“①”表示刀片形状代号, 见表 5-21。

表 5-21 “①”表示刀片形状代号

刀片形状类别	代号	刀片形状	刀尖角 $\varepsilon_r / (^\circ)$
等边等角	H		120
	O		135
	P		108
	S		90
	T		60

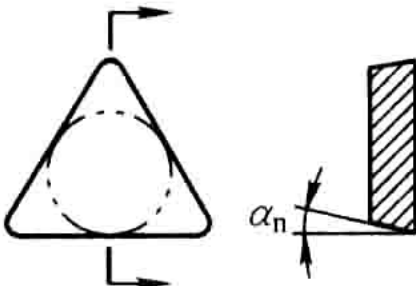
(续)

刀片形状类别	代号	刀片形状	刀尖角 $\varepsilon_r / (^\circ)$
等边不等角	C		80 <sup>①</sup>
	D		55 <sup>①</sup>
	E		75 <sup>①</sup>
	M		86 <sup>①</sup>
	V		35 <sup>①</sup>
	W		80 <sup>①</sup>
等角不等边	L		90
不等边不等角	A		85 <sup>①</sup>
	B		82 <sup>①</sup>
	K		55 <sup>①</sup>
	F		82 <sup>①</sup>
圆形	R		—

① 所示角度是指较小的角度。

“②”表示刀片法后角大小的代号，见表 5-22。

表 5-22 “②” 表示刀片法后角大小的代号

	代号	法后角/(°)
	A	3
	B	5
	C	7
	D	15
	E	20
	F	25
	G	30
	N	0
	P	11
O	其他需专门说明的法后角	

“③” 表示刀片主要尺寸允许偏差代号，见表 5-23。

“④” 表示夹固形式及有无断屑槽代号，见表 5-24。

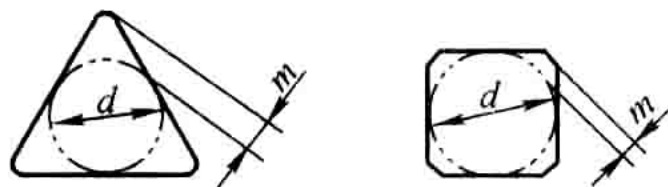
表 5-23 “③”表示刀片主要尺寸允许偏差代号(单位:mm)



a) 刀片边为奇数，刀尖为圆角



b) 刀片边为偶数，刀尖为圆角



c) 带修光刃刀片



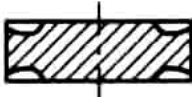
(续)

代号	刀片内切圆直径 $d$	刀尖位置尺寸 $m$	刀片厚 $s$
A <sup>①</sup>	$\pm 0.025$	$\pm 0.005$	$\pm 0.025$
F <sup>①</sup>	$\pm 0.013$	$\pm 0.005$	$\pm 0.025$
C <sup>①</sup>	$\pm 0.025$	$\pm 0.013$	$\pm 0.025$
H	$\pm 0.013$	$\pm 0.013$	$\pm 0.025$
E	$\pm 0.025$	$\pm 0.025$	$\pm 0.025$
G	$\pm 0.025$	$\pm 0.025$	$\pm 0.13$
J <sup>①</sup>	$\pm 0.05 \sim \pm 0.15^{②}$	$\pm 0.005$	$\pm 0.025$
K <sup>①</sup>	$\pm 0.05 \sim \pm 0.15^{②}$	$\pm 0.013$	$\pm 0.025$
L <sup>①</sup>	$\pm 0.05 \sim \pm 0.15^{②}$	$\pm 0.025$	$\pm 0.025$
M	$\pm 0.05 \sim \pm 0.15^{②}$	$\pm 0.08 \sim \pm 0.2^{②}$	$\pm 0.13$
N	$\pm 0.05 \sim \pm 0.15^{②}$	$\pm 0.08 \sim \pm 0.2^{②}$	$\pm 0.025$
U	$\pm 0.08 \sim \pm 0.25^{②}$	$\pm 0.13 \sim \pm 0.38^{②}$	$\pm 0.13$

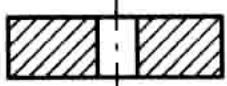
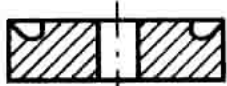
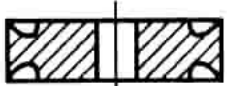

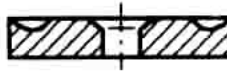





① 通常用于具有修光刃的可转位刀片。

② 允许偏差取决于刀片尺寸的大小。

表 5-24 “④” 表示夹固形式及有无断屑槽代号

代号	固定形式	断屑槽	示意图
N	无固定孔	无断屑槽	
R		单面有断屑槽	
F		双面有断屑槽	

(续)

代号	固定形式	断屑槽	示意图
A	有圆形 固定孔	无断屑槽	
M		单面有断屑槽	
G		双面有断屑槽	
W	单面有 40° ~ 60° 固定沉孔	无断屑槽	
T		单面有断屑槽	
Q	双面有 40° ~ 60° 固定沉孔	无断屑槽	
U		双面有断屑槽	
B	单面有 70° ~ 90° 固定沉孔	无断屑槽	
H		单面有断屑槽	
C	双面有 70° ~ 90° 固定沉孔	无断屑槽	
J		双面有断屑槽	
X	其他固定方式和断屑槽形式, 需附图形或加以说明		

“⑤”表示刀片长度代号，见表 5-25。

**表 5-25 “⑤”表示刀片长度代号**

(单位: mm)

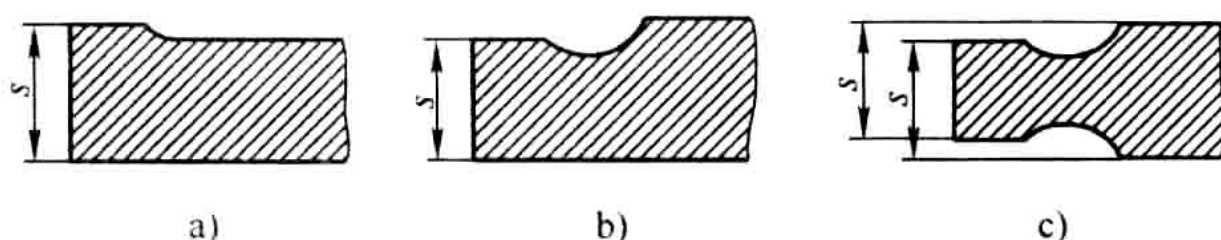
刀片形状类别	举例		说 明
	长度	代号	
等边刀片	9.525	09	用整数表示,不计小数
	15.5	15	
不等边刀片	19.5	19	
圆形刀片	15.875	15	

注: 不等边刀片通常用主切削刃或较长边的尺寸值作为长度代号。

“⑥”表示刀片厚度代号，见表 5-26。

**表 5-26 “⑥”表示刀片厚度代号**

(单位: mm)

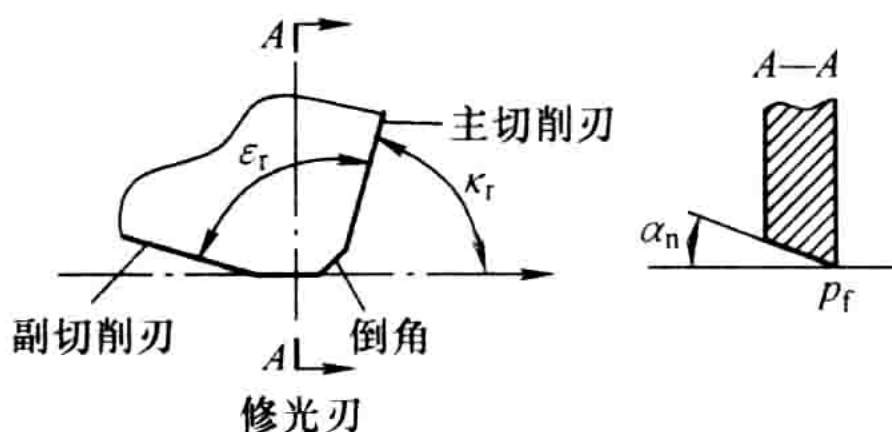


代号	s	代号	s	代号	s	代号	s
02	2.38	T3	3.97	05	5.56	07	7.93
03	3.18	04	4.76	06	6.35	09	9.52

注: 当刀片厚度整数值相同, 而小数值不同时, 则将小数部分大的刀片代号用“T”代替0, 以示区别。

“⑦”表示刀尖角形状的代号，见表 5-27。

表 5-27 “⑦”表示刀尖角形状的代号

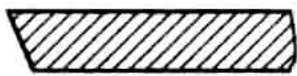
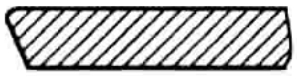
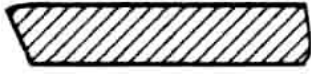





刀尖圆弧半径	切削刃主偏角		修光刃法后角	
	代号	$\kappa_r / (^\circ)$	代号	$\alpha_n / (^\circ)$
1. 若刀尖角为圆角，其按 0.1mm 为单位测量得到的圆弧半径值表示。如果数值小于 10，则在数字前加“0”，如刀尖圆弧半径为 0.8mm，其代号为 08；如刀尖圆弧半径为 1.6mm，其代号为 16 2. 若刀尖角不是圆角时，则代号为 00	A	45	A	3
	D	60	B	5
	E	75	C	7
	F	85	D	15
	P	90	E	20
	Z	其他角度	F	25
			G	30
			N	0
			P	11
			Z	其他角度

“⑧”表示刀片切削刃截面形状的字母代号，见表 5-28。

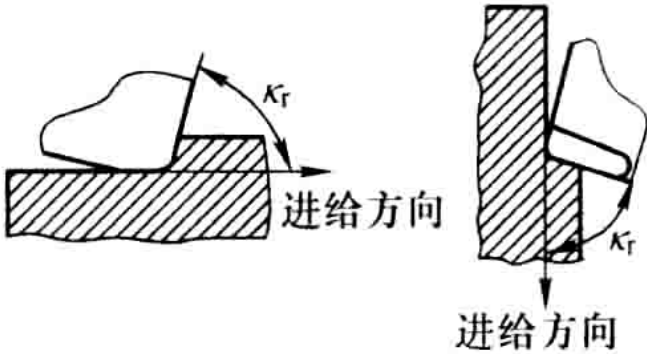


表 5-28 “⑧” 表示刀片切削刃截面形状的字母代号

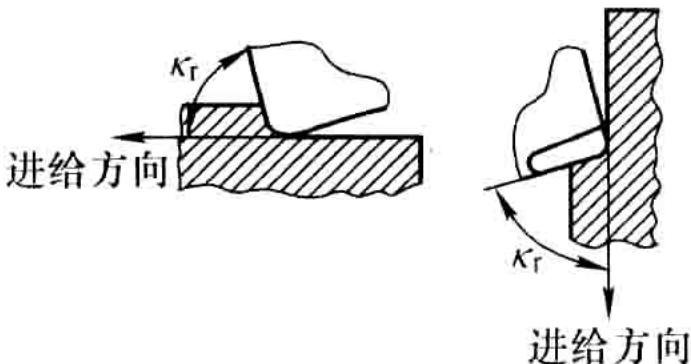
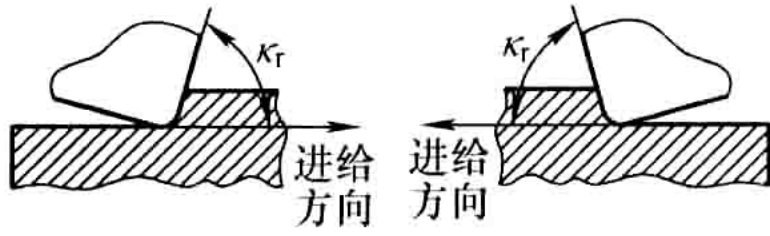
代号	刀片切削刃截面形状	示意图
F	尖锐切削刃	
E	倒圆切削刃	
T	倒棱切削刃	
S	既倒棱又倒圆切削刃	
Q	双倒棱切削刃	
P	既双倒棱又倒圆切削刃	

“⑨” 表示刀片切削方向的字母代号，见表 5-29。

表 5-29 “⑨” 表示刀片切削方向的字母代号

代号	切削方向	刀片的应用	示意图
R	右切	适用于非等边、非对称角、非对称刀尖、有或没有非对称断屑槽刀片，只能用该进给方向	

(续)

代号	切削方向	刀片的应用	示意图
L	左切	适用于非等边、非对称角、非对称刀尖、有或没有非对称断屑槽刀片，只能用该进给方向	
N	双向	适用于有对称刀尖、对称角、对称边和对称断屑槽的刀片，可能采用两个进给方向	

“⑩”表示型号标记示例见表 5-30，为可选代号。

表 5-30 “⑩”表示型号标记示例（新、旧标准对照）

GB/T 2076—2007

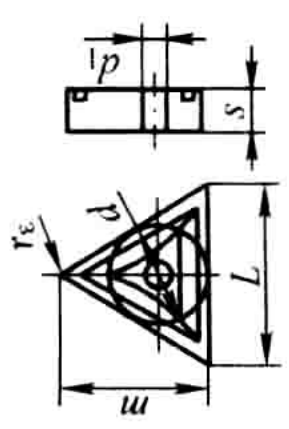
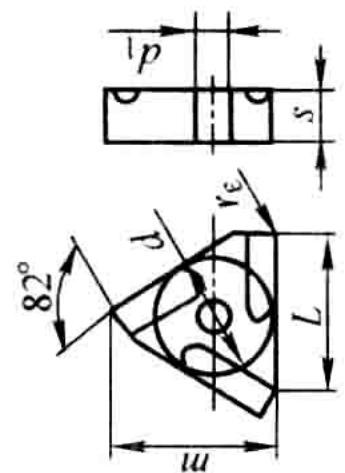
T	P	G	N	16	03	08	E	N	
									切削方向为双向
									切削刃截面形状为倒圆切削
									刀尖圆角半径为0.8mm
									刀片厚度为3.18mm
									刀片切削刃长为16.5mm
									无固定孔、无断屑槽
									刀片允许偏差G级
									刀片法后角11°
									刀片形状为正三角形

GB/T 2076—1987

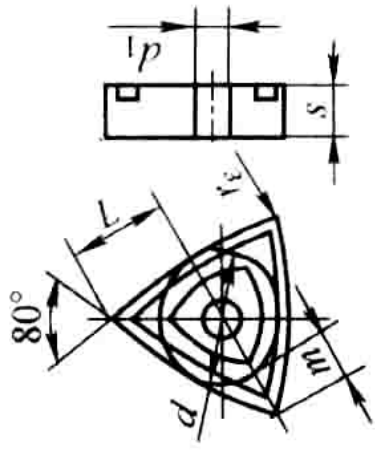
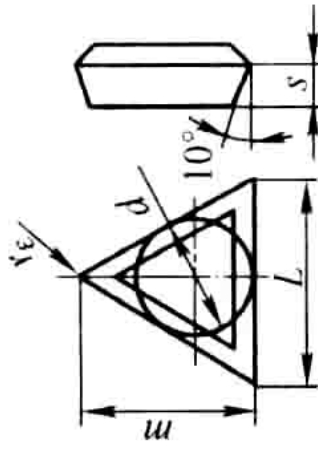
T	N	U	M	16	04	08	R	A4	
									断屑槽形式为A型，槽宽为4mm
									切削方向为右切
									刀尖圆角半径为0.8mm
									刀片厚度为4.76mm
									刀片切削刃长为16.5mm
									刀片单面有断屑槽，有圆形固定孔
									刀片允许偏差等级为U级
									刀片法后角为0°
									刀片形状为正三角形

2) 可转位刀片的型号与基本参数（表 5-31）。

表 5-31 可转位刀片的型号与基本参数 (单位:mm)

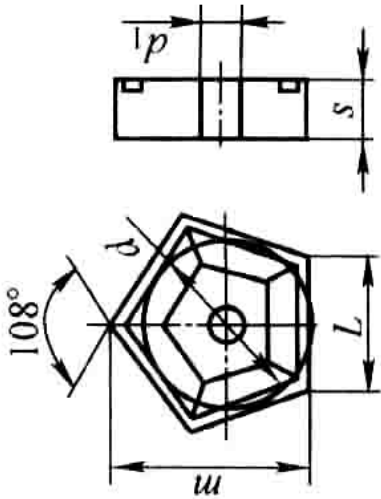
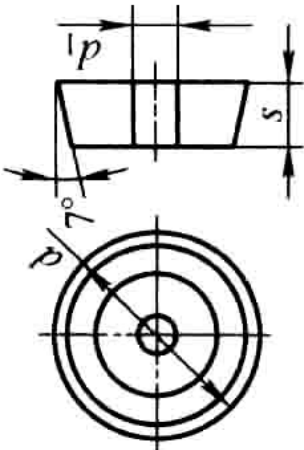
型号	刀片简图	L	d		s	$d_1$ $\pm 0.08$	$r_e$
			尺寸	公差			
TNMM160408		16.5	9.525	$\pm 0.05$	4.76	3.81	0.8
TNMM160412							1.2
TNMM220412		22.0	12.70	$\pm 0.08$	4.76	5.16	1.2
TNMM220416							1.6
FNMM110402		11	9.525	$\pm 0.05$	4.76	3.81	0.2
FNMM110404							0.4
FNMM150402		15	12.70	$\pm 0.08$	4.76	5.16	0.2
FNMM150404							0.4

(续)

型号	刀片简图	L	d		s	d <sub>1</sub>	r <sub>e</sub>
			尺寸	公差			
WNMM080404		8.45	12.70	±0.08	4.76	5.16	0.4
WNMM080408							0.8
WNMM110608							0.8
WNMM110612		11.63	15.875	±0.10	6.35	6.35	1.2
TPMR110302		11.0	6.35	±0.05	3.18	—	0.2
TPMR110304							0.4
TPMR160302		16.5	9.525	±0.05	3.18	—	0.2
TPMR160304							0.4

SPMR090302		9.525	9.525	$\pm 0.05$	3.18	—	0.2
SPMR090304							0.4
SPMR120304		12.70	12.70	$\pm 0.08$	3.18	—	0.4
SPMR120308							0.8
SNMM090304		9.525	9.525	$\pm 0.05$	3.18	3.81	0.4
SNMM090308							0.8
SNMM120408		12.70	12.70	$\pm 0.08$	5.16	5.16	0.4
SNMM120412							0.8
SNNM190612		19.05	19.05	$\pm 0.10$	7.93	7.93	1.2
SNNM190616							1.6
DNMM150408		15.5	12.70	$\pm 0.08$	4.76	5.16	0.8
DNMM150412							1.2
DNMM150608		15.5	12.70	$\pm 0.08$	6.35	5.16	0.8
DNMM150612							1.2

(续)

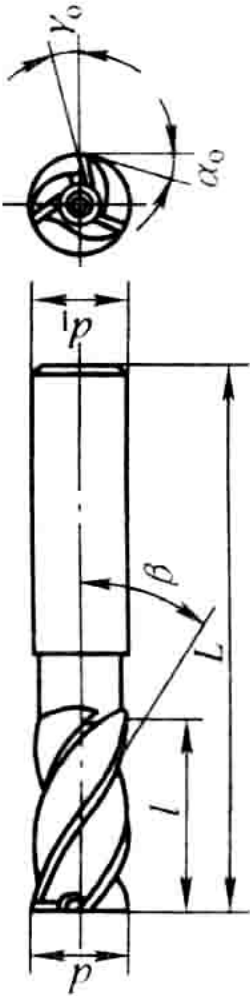
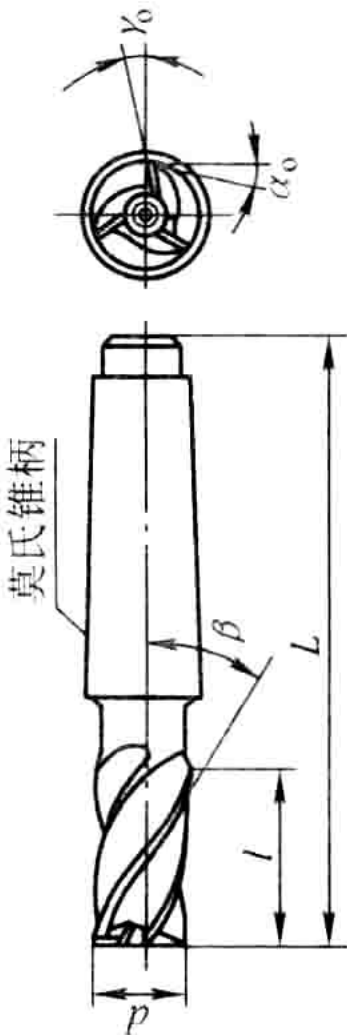
型号	刀片简图	$L$	$d$		$s$	$d_1$ $\pm 0.08$	$r_e$
			尺寸	公差			
PNMM110412		11.56	15.875	$\pm 0.10$	6.35	6.35	1.2
PNMM110420							2.0
PNMM130620		13.87	19.05	$\pm 0.10$	7.93	7.93	1.6
PNMM130624							2.4
RCMM090300		—	9.525	$\pm 0.05$	3.18	3.18	0.8
RCMM120400			12.70	$\pm 0.08$	4.76	5.16	
RCMM150600			15.875	$\pm 0.10$	6.35	6.35	
RCMM190600			19.05	$\pm 0.10$	6.35	7.93	
RCMM250700			25.40	$\pm 0.13$	7.93	9.12	

## 四、铣 刀

### 1. 常用铣刀的类型、规格范围及标准代号

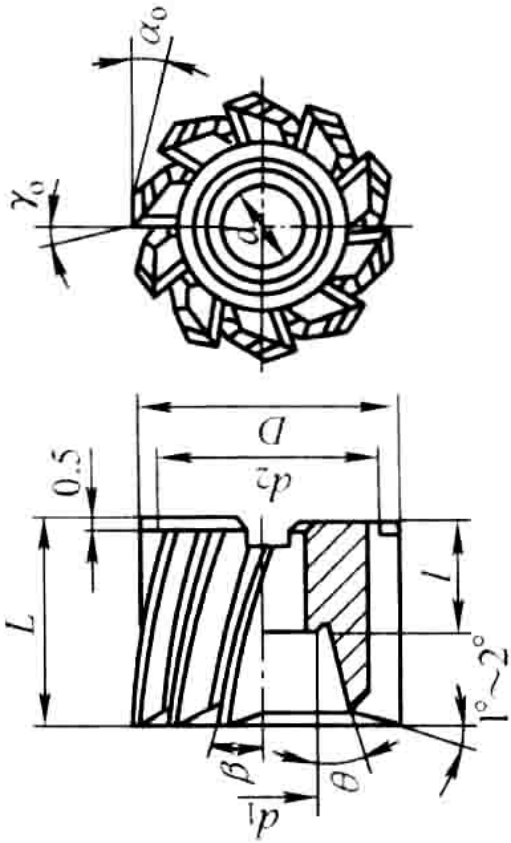
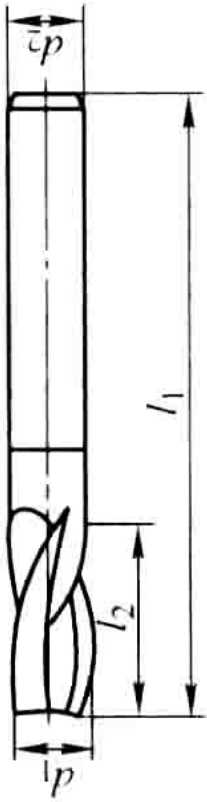
#### (1) 立铣刀(表 5-32)

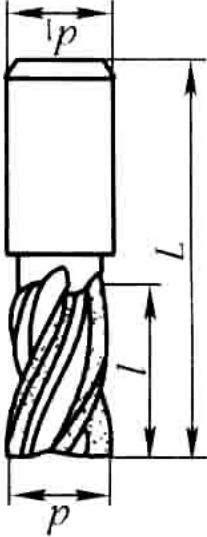
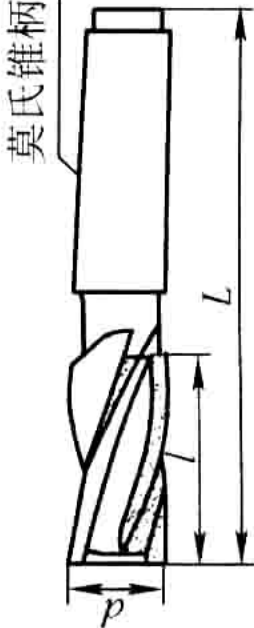
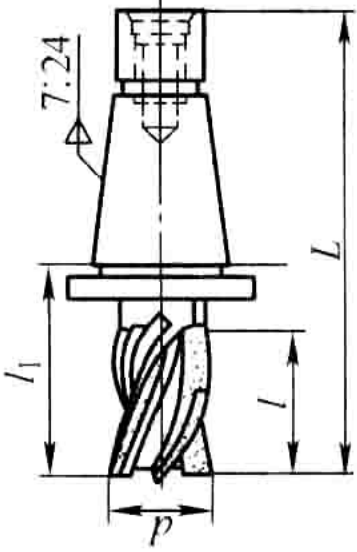
表 5-32 立铣刀

类型	简图	规格范围 $d$ 或 $D/\text{mm}$	标准代号
直柄 立铣刀		2 ~ 71	GB/T 6117.1 —2010
莫氏 锥柄立 铣刀		6 ~ 36	GB/T 6117.2 —2010



(续)

类型	简图	规格范围 $d$ 或 $D$ /mm	标准代号
套式 立铣刀		40 ~ 160	GB/T 1114.1 —1998
整体 硬质合 金直柄 立铣刀		1 ~ 20	GB/T 16770.1 —2008

<p>硬质合金螺旋柄立铣刀</p>		<p>12 ~ 40</p>	<p>GB/T 16456.1 —2008</p>
<p>莫氏锥柄硬质合金螺旋齿立铣刀</p>		<p>16 ~ 63</p>	<p>GB/T 16456.3 —2008</p>
<p>7:24 锥柄硬质合金螺旋齿立铣刀</p>		<p>32 ~ 63</p>	<p>GB/T 16456.2 —2008</p>

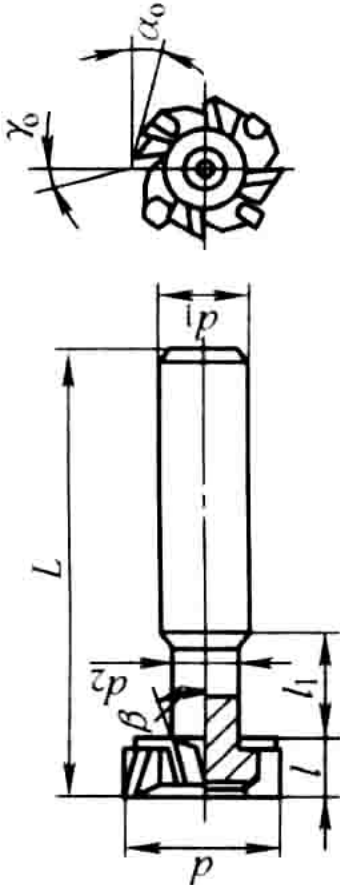
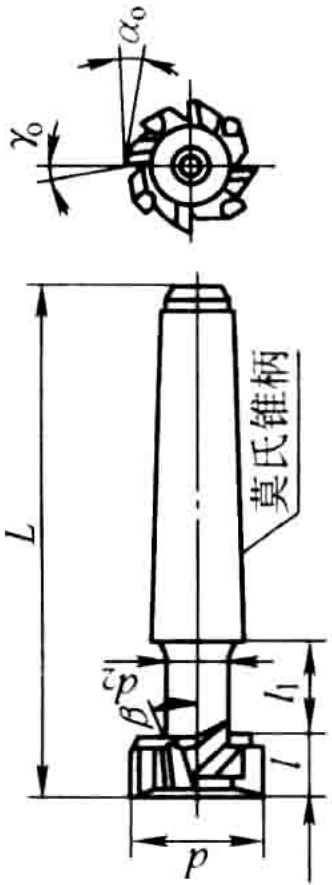
## (2) 键槽铣刀(表 5-33)

表 5-33 键槽铣刀

类型	简图	规格范围 $d/\text{mm}$	标准代号
直柄 键槽铣 刀		2 ~ 20	GB/T 1112.1 —1997
莫氏 锥柄键 槽铣刀		14 ~ 50	GB/T 1112.2 —1997

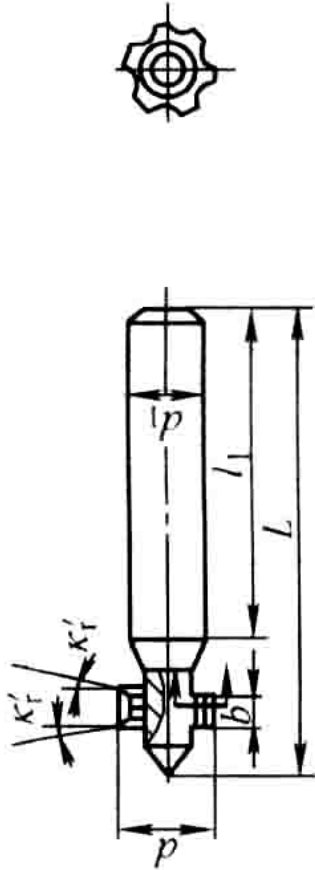
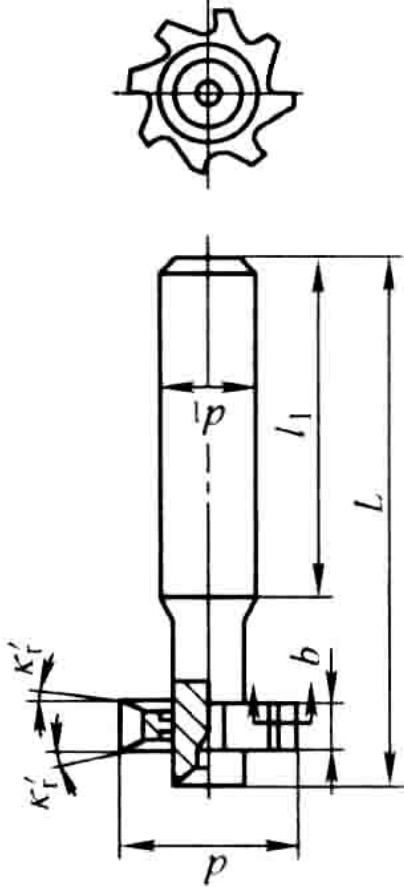
(3) T 形槽铣刀(表 5-34)

表 5-34 T 形槽铣刀

类型	简图	规格范围 $d/\text{mm}$	标准代号
直柄 T 形槽 铣刀		11 ~ 60	GB/T 6124.1 —2007
莫氏 锥柄 T 形槽铣 刀		18 ~ 95	GB/T 6124.2 —2007

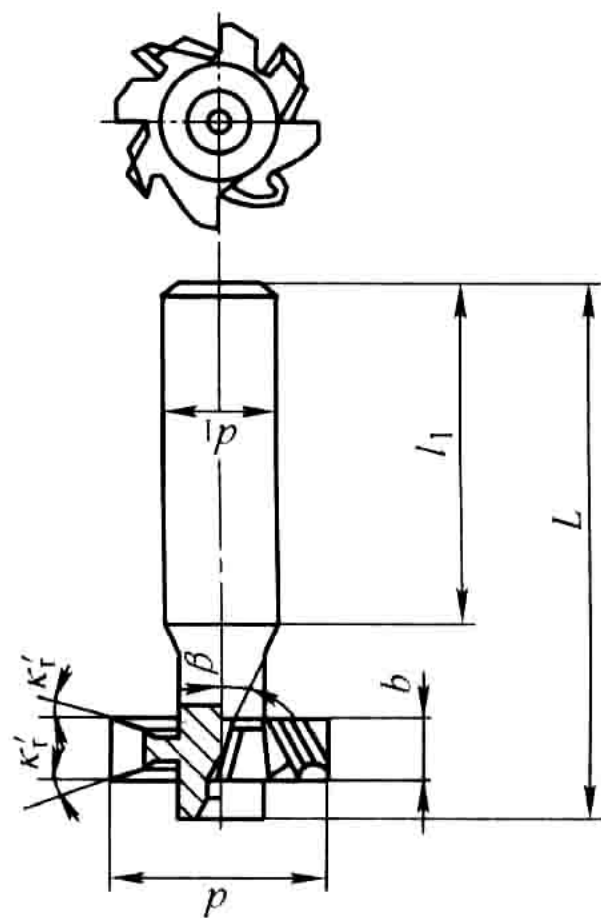
(4) 半圆键槽铣刀(表 5-35)

表 5-35 半圆键槽铣刀

类型	简图	规格范围 <i>d</i> /mm	标准代号
A 型		4.25 ~ 33.90	GB/T 1127 —2007
B 型			

GB/T 1127  
—2007

4.25 ~  
33, 90



C 型

(5) 燕尾槽铣刀(表 5-36)

表 5-36 燕尾槽铣刀

类型	简图	规格范围 $d/\text{mm}$	标准代号
直柄 燕尾槽 铣刀 (I型)		16 ~ 32	GB/T 6338 —2004
直柄 反燕尾 槽铣刀 (II型)			

注:  $\alpha$  为  $45^\circ$ 、 $50^\circ$ 、 $55^\circ$ 、 $60^\circ$  四种规格。

(6) 槽铣刀(表 5-37)

表 5-37 槽铣刀

类型	简图	规格范围 $d/\text{mm}$	标准代号
尖齿 槽铣刀		50 ~ 125	GB/T 1119.1 —2002
螺钉 槽铣刀		60 ~ 75	JB/T 8366 —1996



(7) 锯片铣刀(表 5-38)

表 5-38 锯片铣刀

类型	简图	规格范围 $D/mm$	标准代号
粗齿 锯片铣 刀		63 ~ 315	GB/T 6120 —1996
细齿 锯片铣 刀		63 ~ 315	GB/T 6120 —1996

(续)

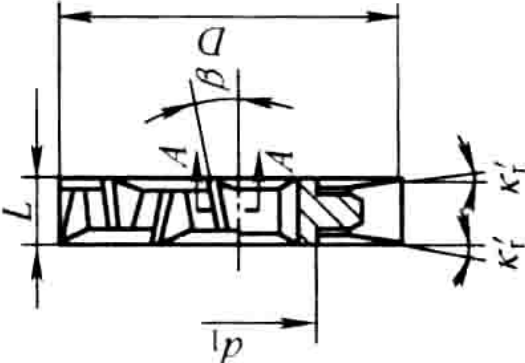
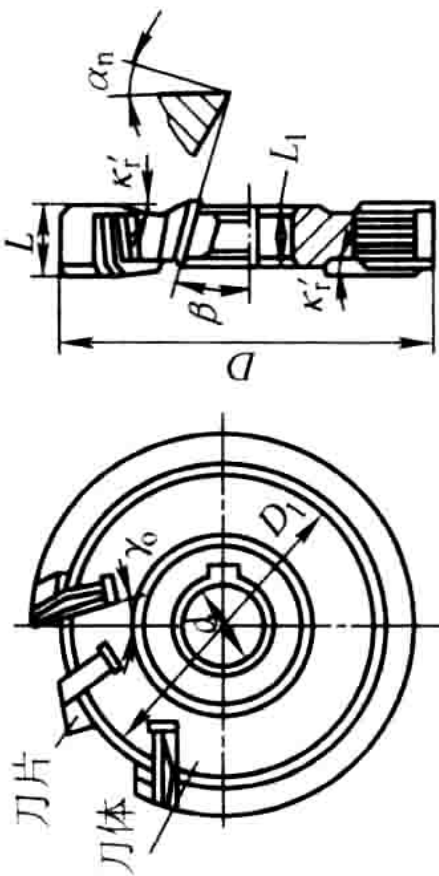
类型	简图	规格范围 $D/\text{mm}$	标准代号
整体 硬质合 金锯片 铣刀		63 ~ 125	GB/T 14301 —2008

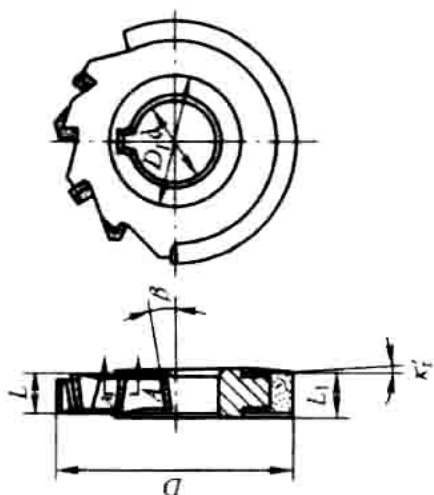
(8) 三面刃铣刀(表 5-39)

表 5-39 三面刃铣刀

类型	简图	规格范围 $D/\text{mm}$	标准代号
直齿 三面刃 铣刀		5 ~ 200	GB/T 6119.1 —1996

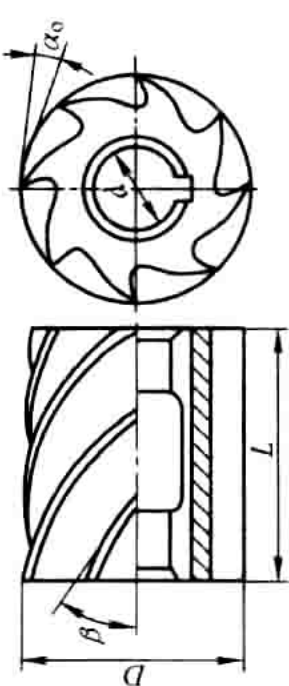
(续)

类型	简图	规格范围 $D/\text{mm}$	标准代号
错齿 三面刃 铣刀		50 ~ 200	GB/T 6119.1 —1996
镶齿 三面刃 铣刀		80 ~ 315	JB/T 7953 —2010

硬质 合金 齿三面 刃铣刀		63 ~ 250	GB/T 9062 —2006
------------------------	---	----------	--------------------

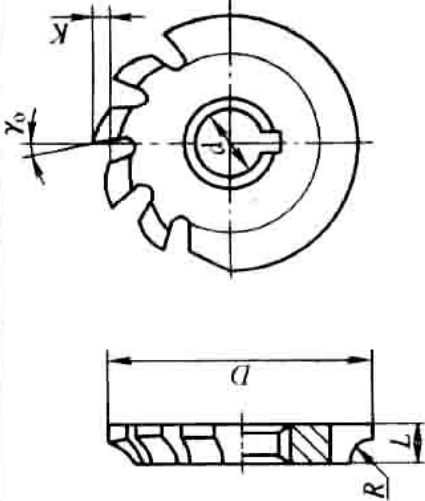
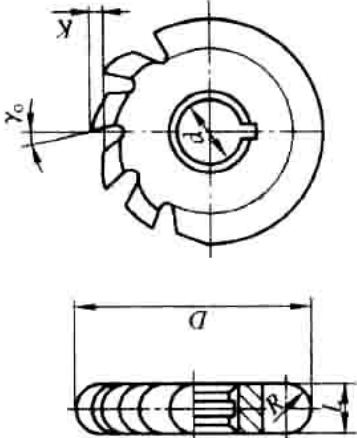
(9) 圆柱形铣刀(表 5-40)

表 5-40 圆柱形铣刀

类型	简图	规格范围 $D/\text{mm}$	标准代号
圆柱 形铣刀		50 ~ 100	GB/T 1115.2 —2002

(10) 铲背成形铣刀(表 5-41)  
(11) 角度铣刀(表 5-42)

表 5-41 铲背成形铣刀

类型	简图	规格范围 <i>R</i> /mm	标准代号
圆角 铣刀		1 ~ 20	GB/T 6122.1 —2002
凸半 圆铣刀		1 ~ 20	GB/T 1124.2 —2007

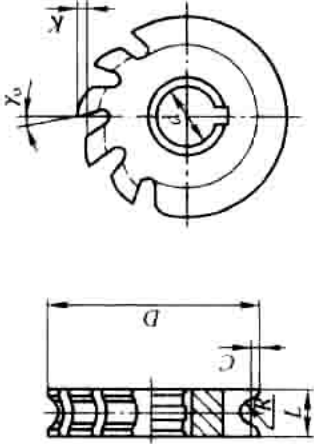
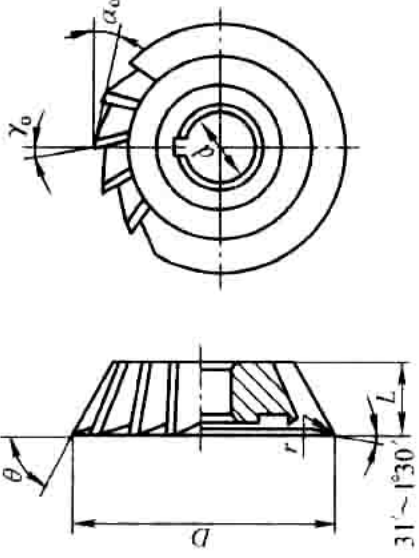
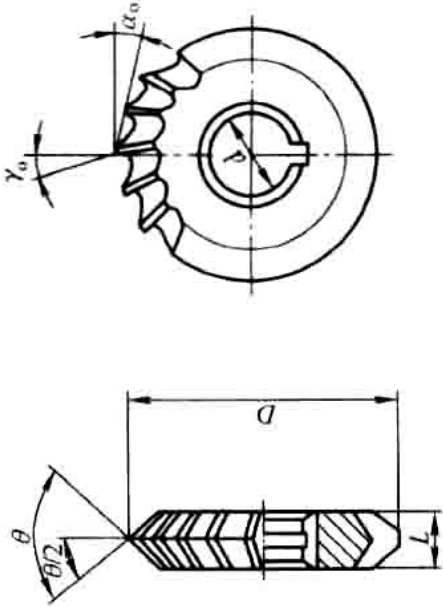
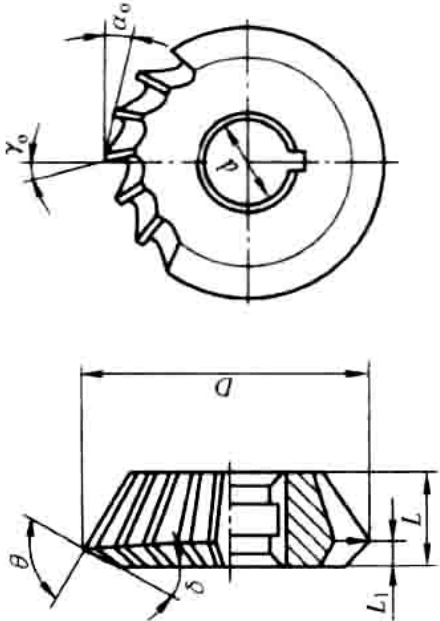
凹半 圆铣刀		1 ~ 20	GB/T 1124.1 —2007
-----------	---	--------	----------------------

表 5-42 角度铣刀

类型	简图	规格范围 $D/\text{mm}$	标准代号
单角 铣刀 ( $\theta$ 为 $18^\circ \sim 90^\circ$ )		40 ~ 100	GB/T 6128.1 —2007

(续)

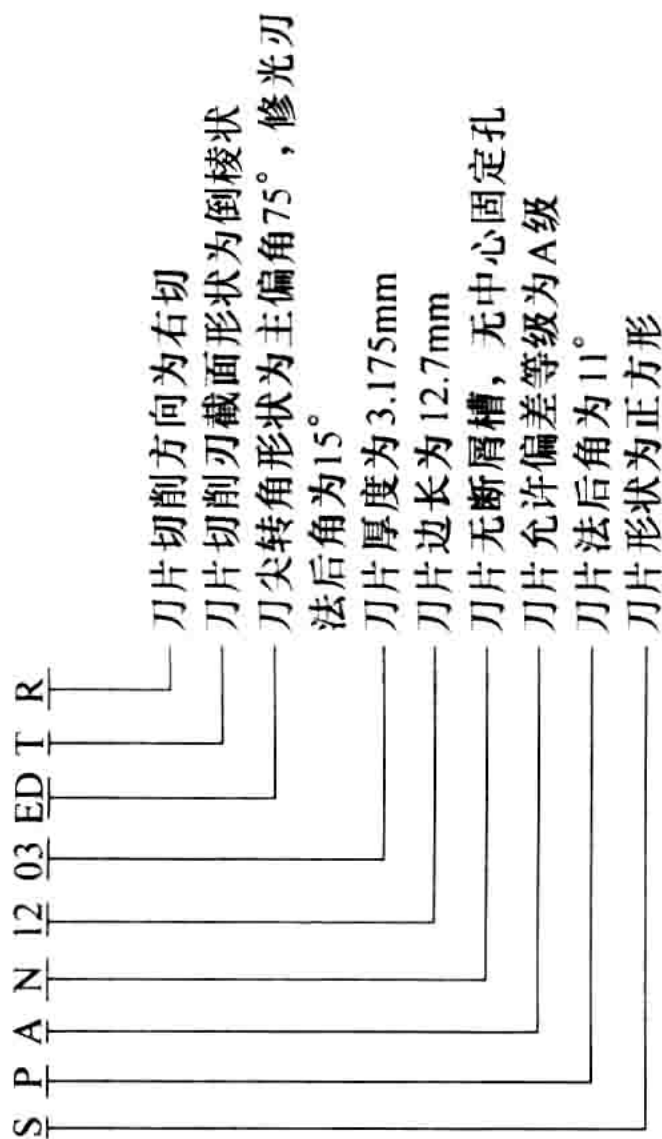
类型	简图	规格范围 $D/\text{mm}$	标准代号
对称 双角铣 刀 ( $\theta$ 为 $18^\circ$ ~ $90^\circ$ )		50 ~ 100	GB/T 6128.3 —2007
不对 称双角 铣刀 为 ( $\theta$ 为 $50^\circ$ ~ $100^\circ$ ) ( $\delta$ 为 $15^\circ$ ~ $25^\circ$ )		50 ~ 100	GB/T 6128.2 —2007

## 2. 可转位铣刀

### (1) 可转位铣刀用刀片

1) 铣刀片型号表示规则。铣刀片和车刀片型号表示规则基本相同,唯一的区别是刀片型号的第7项,刀片转角形状或刀片圆角半径(车刀片)的代号。

标记示例:



2) 硬质合金可转位铣刀片形式及基本尺寸见表 5-43 ~ 表 5-49。

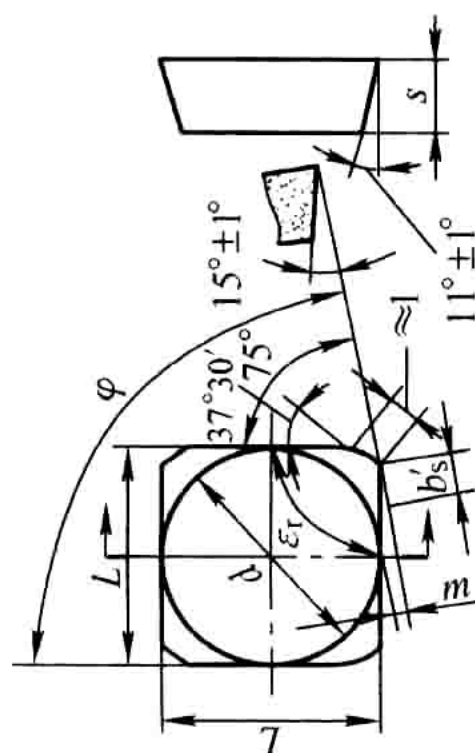




SNKN1504ENN	15.875	4.76	1.4	1.50	90°	±30'	75°	0' ~ +30'
SNAN1904ENN								
SNCN1904ENN	19.05	4.76	2.0	1.30	90°	±8'	75°	0' ~ +15'
SNKN1904ENN						±30'		0' ~ +30'

表 5-44 主偏角 75°、法向后角 11°、修光刃后角 11°或 15°的正方形刀片

(单位: mm)





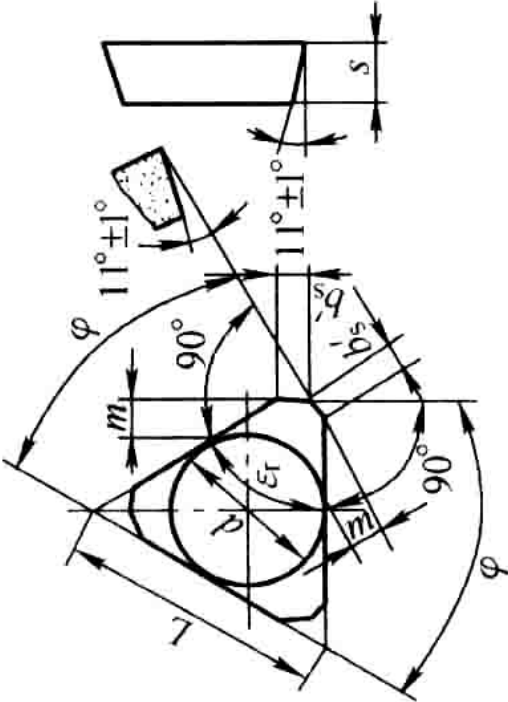


(续)

型 号	$d = L$	$s$	$b'_s \approx$	$m$	$\varepsilon_r$			$\varphi$	
					度数	极限偏差	度数	极限偏差	
SNKN1504 ANN	15.875	4.76	3.0	2.50	90°	$\pm 30'$	45°	$\pm 15'$	
SNAN1904 ANN	19.05	4.76	3.0	2.50	90°	$\pm 8'$	45°	$\pm 8'$	
SNCN1904 ANN									
SNKN1904 ANN						$\pm 30'$		$\pm 15'$	

表 5-46 主偏角 90°、法向后角 11°、修光刃法向后角 11°的三角形刀片

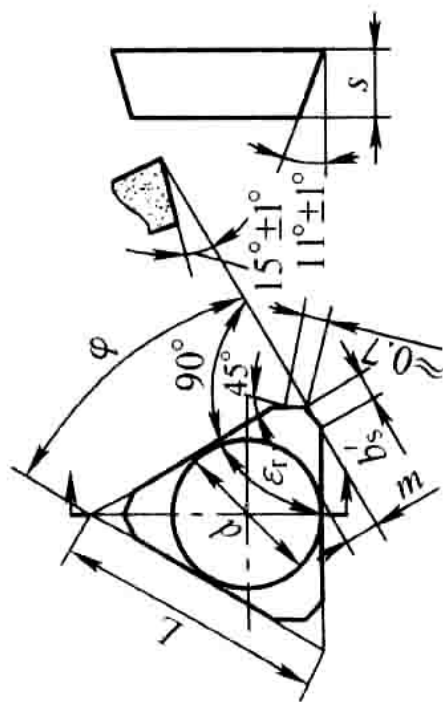
(单位: mm)



型 号	$L \approx$	$d$	$s$	$b'_s$	$m$	$\varepsilon_r$		$\varphi$			
						度数	极限偏差	度数	极限偏差		
TPAN1103PPN	11.0	6.35	3.175	0.7	1.72	60°	$\pm 8'$	30°	$0' \sim +15'$		
TPCN1103PPN							$\pm 30'$		$0' \sim +30'$		
TPKN1103PPN							$\pm 8'$		$0' \sim +15'$		
TPAN1603PPN	16.5	9.525		1.2	2.45		60°		$\pm 8'$	30°	$0' \sim +15'$
TPCN1603PPN									$\pm 30'$		$0' \sim +30'$
TPKN1603PPN									$\pm 30'$		$0' \sim +30'$
TPAN2204PPN	22.0	12.70		1.3	3.55	60°		$\pm 8'$	30°		$0' \sim +15'$
TPCN2204PPN								$\pm 30'$			$0' \sim +30'$
TPKN2204PPN								$\pm 30'$			$0' \sim +30'$

表 5-47 主偏角  $90^\circ$ 、法向后角  $11^\circ$ 、修光刃法向后角  $15^\circ$  的三角形刀片

(单位: mm)



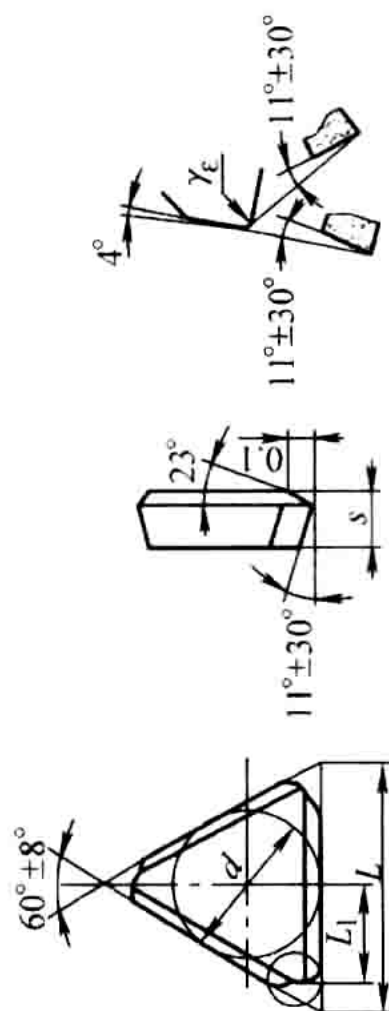
型 号	$L \approx$	$d$	$s$	$b'_s$	$m$	$\varepsilon_r$		$\varphi$	
						度数	极限偏差	度数	极限偏差
TPAN1603PDR	16.5	9.525	3.175	1.3	2.45	60°	$\pm 8'$	30°	$0' \sim +15'$
TPAN1603PDL									
TPCN1603PDR									
TPCN1603PDL						$\pm 30'$	$0' \sim +30'$		
TPKN1603PDR									
TPKN1603PDL									

(续)

型 号	$L \approx$	$d$	$s$	$b'_s$	$m$	$\varepsilon_r$		$\varphi$		
						度数	极限偏差	度数	极限偏差	
TPAN2204PDR	22.0	12.70	4.76	1.4	3.55	60°	$\pm 8'$	30°	$0' \sim +15'$	
TPAN2204PDL										
TPCN2204PDR										
TPCN2204PDL							$\pm 30'$			
TPKN2204PDR										
TPKN2204PDL										$0' \sim +30'$

表 5-48 主偏角  $90^\circ$ 、法向后角  $11^\circ$  的不等边、不等角六边形刀片

(单位: mm)











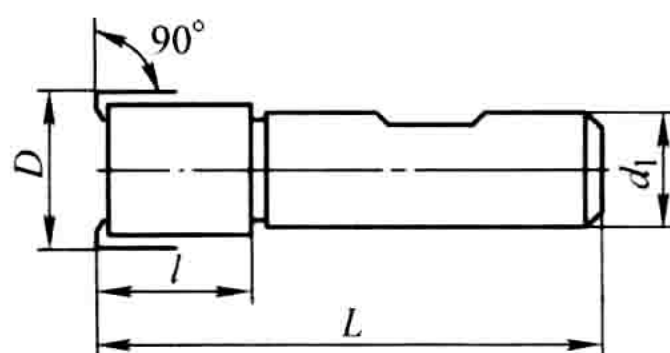
## (2) 可转位铣刀形式和基本尺寸

1) 可转位削平型直柄立铣刀 (表 5-50)。

2) 可转位莫氏锥柄立铣刀 (表 5-51)

表 5-50 可转位削平型直柄立铣刀

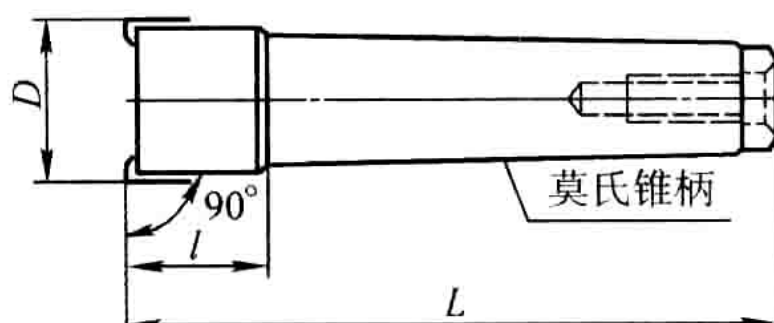
(GB/T 5340.1—2006) (单位: mm)



$D$ (js14)		$d_1$ (h6)		$L$ (h16)		参考值	
基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差	$l$	齿数
12	$\pm 0.215$	12	0 -0.011	70	0 -1.9	20	1
14							
16	$\pm 0.125$	16		75		25	
18							
20	$\pm 0.26$	20	0 -0.013	82		30	2
25		25		96		38	
32	$\pm 0.31$	32	0 -0.016	100	0 -2.2		3
40							
50				110		48	

表 5-51 可转位莫氏锥柄立铣刀

(GB/T 5340.2—2006) (单位: mm)

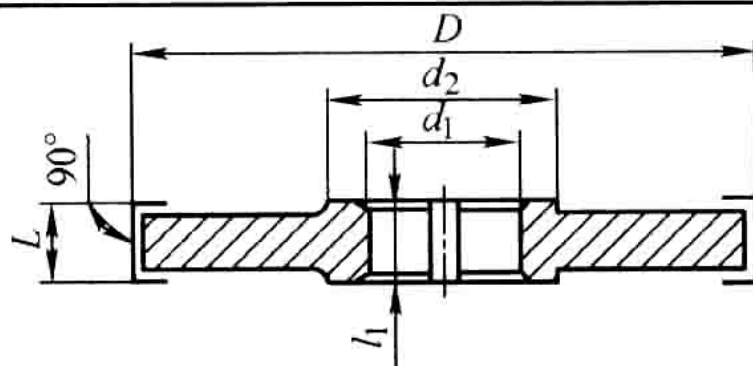


$D$ (js14)		$L$ (h16)		莫氏锥柄号	参考值	
基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差		$l$	齿数
12	$\pm 0.215$	90	0 -2.2	2	20	1
14		94			25	
16						
18						
20	$\pm 0.26$	116	0 -2.5	3	30	2
25		124			38	
32						
40	$\pm 0.31$	157		4	48	3
50						

3) 可转位三面刃铣刀 (表 5-52)。

表 5-52 可转位三面刃铣刀

(GB/T 5341—2006) (单位: mm)



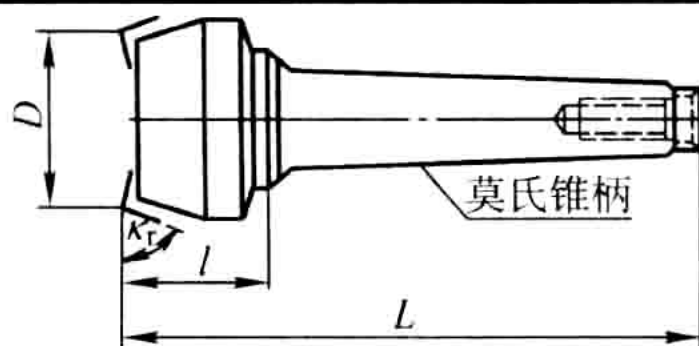
(续)

$D$ (js16)		$L$ (H12)		$d_1$ (H7)		$d_2$	$l_1^{+2}$	齿数 (参 考)	
基本 尺寸	偏 差	基本 尺寸	偏 差	基本 尺寸	偏 差				
80	$\pm 0.95$	10	$+0.15$ 0	27	$+0.021$ 0	41	10	6	
100	$\pm 1.10$	10	$+0.18$ 0	32	$+0.025$ 0	47	10	8	
		12					12		
125	$\pm 1.25$	12		40		55	12		
		16					16		
160		16		40		55	16	10	
		20					20		
200	$\pm 1.45$	20	$+0.21$ 0	50			69	20	12
		25	25						

4) 可转位锥柄面铣刀 (表 5-53)。

表 5-53 可转位锥柄面铣刀

(GB/T 5342.2—2006) (单位: mm)

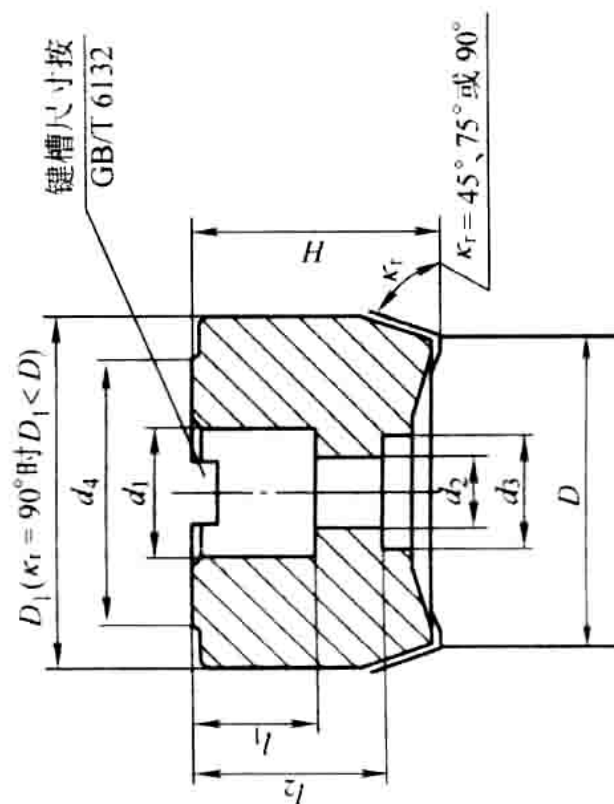


$D$ (js14)		$L$ (h16)		莫氏锥柄号	参考值	
基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差		$l$	齿数
63	$\pm 0.37$	157	0	4	48	4
80			-2.5			6

5) 可转位套式面铣刀 (表 5-54)。

表 5-54 可转位套式面铣刀 (GB/T 5342.1—2006) (单位: mm)

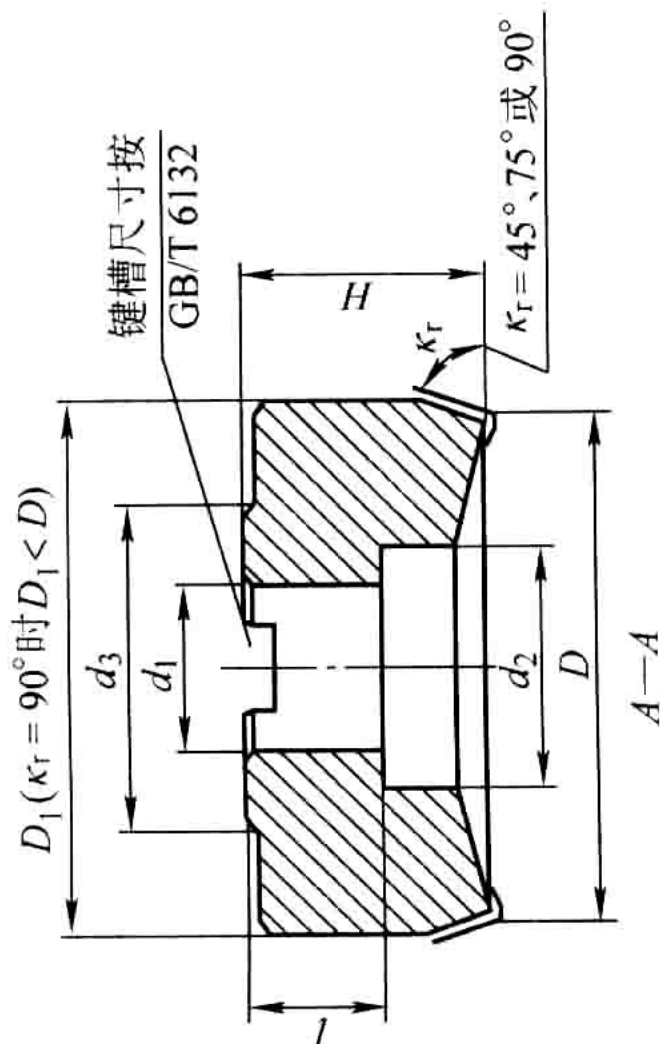
## (1) A 型面铣刀



$D$ (js16)		$d_1$ (H7)		$d_2$	$d_3$	$d_{4min}$	$H$	$l_1$	$l_{2max}$	紧固螺钉
基本尺寸	偏差	基本尺寸	偏差							
50	$\pm 0.80$	22	$+0.021$	11	18	41	40	20	33	M10
63	$\pm 0.95$	27	0	13.5	20	49	50	22	37	M12
80								25	33	M16
100	$\pm 1.10$	32	$+0.025$ 0	17.5	27	59				

(续)

(2) B 型面铣刀



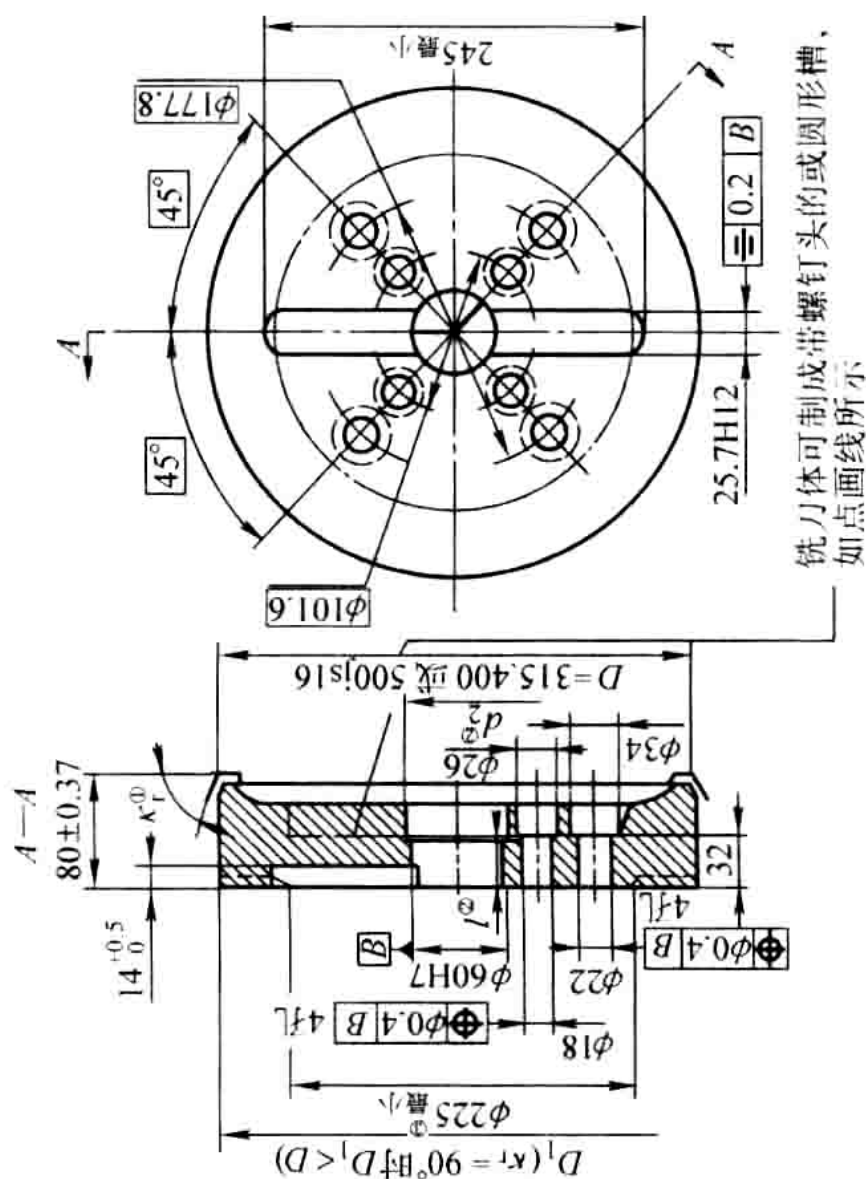
D(js16)	偏差	d <sub>1</sub> (H7)		d <sub>2</sub>	d <sub>3min</sub>	H	l		紧固螺钉
		基本尺寸	偏差				min	max	
80	±0.95	27	+0.021 0	38	49	50	22	30	M12
100	±1.10	32	+0.025 0	45	59		25	32	M16
125	±1.25	40	0	56	71	63	28	35	M20







(续)

(5) C 型面铣刀  $D = 315\text{mm}$ 、 $400\text{mm}$  和  $500\text{mm}$  60 号定心刀杆

铣刀体可制成带螺钉头的或圆形槽, 如点画线所示

注: ①  $\kappa_r = 45^\circ$ 、 $75^\circ$  或  $90^\circ$

②  $d_2$  由制造厂自定

③ 在刀体背面上直径 225mm (最小) 处的空刀是任选的



(续)

模数系列		D	d	B														齿数 z	背吃刀量
				铣 刀 号															
				1	1 $\frac{1}{2}$	2	2 $\frac{1}{2}$	3	3 $\frac{1}{2}$	4	4 $\frac{1}{2}$	5	5 $\frac{1}{2}$	6	6 $\frac{1}{2}$	7	7 $\frac{1}{2}$	8	
0.60																18	1.32		
0.70		40	16															1.54	
0.80				4		4		4		4		4		4		4	16	1.76	
0.90																		1.98	
1.00																		2.20	
1.25		50		4.8		4.6		4.4		4.2		4.1		4.0		4.0	14	2.75	
1.50			55	5.6		5.4		5.2		5.1		4.9		4.7		4.5		3.30	
1.75			22	6.5	—	6.3	—	6.0	—	5.8	—	5.6	—	5.4	—	5.2		3.85	
2.00		60		7.3		7.1		6.8		6.6		6.3		6.1		5.9		4.40	
2.25				8.2		7.9		7.6		7.3		7.1		6.8		6.5		4.95	
2.50		65		9.0		8.7		8.4		8.1		7.8		7.5		7.2	12	5.50	
2.75		70		9.9		9.6		9.2		8.8		8.5		8.2		7.9		6.05	
3.00			27	10.7		10.4		10.0		9.6		9.2		8.9		8.5		6.60	
3.25			75	11.5		11.2		10.7		10.3		9.9		9.6		9.3		7.15	
3.50				12.4		12.0		11.5		11.1		10.7		10.3		9.9		7.70	

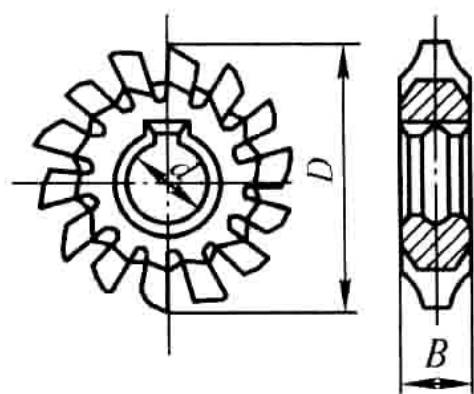
(续)

模数系列		D	d	B																齿数 z	背吃 刀量
				铣 刀 号																	
				1	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	$4\frac{1}{2}$	5	$5\frac{1}{2}$	6	$6\frac{1}{2}$	7	$7\frac{1}{2}$	8			
1	2			13.3		12.8		12.3		11.9		11.4		11.0		10.5		10.0		8.25	
		80	27	14.1		13.7		13.1		12.6		12.2		11.7		11.2		10.7	12	8.80	
	4.50			15.3		14.9		14.4		13.9		13.6		13.1		12.6		12.0		9.90	
		90		16.8		16.3		15.8		15.4		14.9		14.5		13.9		13.2		11.00	
	5.50	95		18.4	—	17.9	—	17.3	—	16.7	—	16.3	—	15.8	—	15.3	—	14.5		12.10	
		100		19.9		19.4		18.8		18.1		17.6		17.1		16.4		15.7	11	13.20	
	6.50			21.4		20.8		20.2		19.4		19.0		18.4		17.8		17.0		14.30	
	7.00	105	32	22.9		22.3		21.6		20.9		20.3		19.7		19.0		18.2		15.40	
				26.1		25.3		24.4		23.7		23.0		22.3		21.5		20.7		17.60	
		110		29.2	28.7	28.3	28.1	27.6	27.0	26.6	26.1	25.9	25.4	25.1	24.7	24.3	23.9	23.3		19.80	
10		115		32.2	31.7	31.2	31.0	30.4	29.8	29.3	28.7	28.5	28.0	27.6	27.2	26.7	26.3	25.7		22.00	
	11	120		35.3	34.8	34.3	34.0	33.3	32.7	32.1	31.5	31.3	30.7	30.3	29.9	29.3	28.9	28.2	10	24.20	
				38.3	37.7	37.2	36.9	36.1	35.5	35.0	34.3	34.0	33.4	33.0	32.4	31.7	31.3	30.6		26.40	
	12	145	40	44.7	44.0	43.4	43.0	42.1	41.3	40.6	39.8	39.5	38.8	38.4	37.7	37.0	36.3	35.5		30.80	
		160		50.7	49.9	49.3	48.7	47.8	46.8	46.1	45.1	44.8	44.0	43.5	42.8	41.9	41.3	40.3		35.20	
16		170																			

## 2. 盘形锥齿轮铣刀形式和基本尺寸 (表 5-56)

表 5-56 盘形锥齿轮铣刀形式和基本尺寸

(单位: mm)

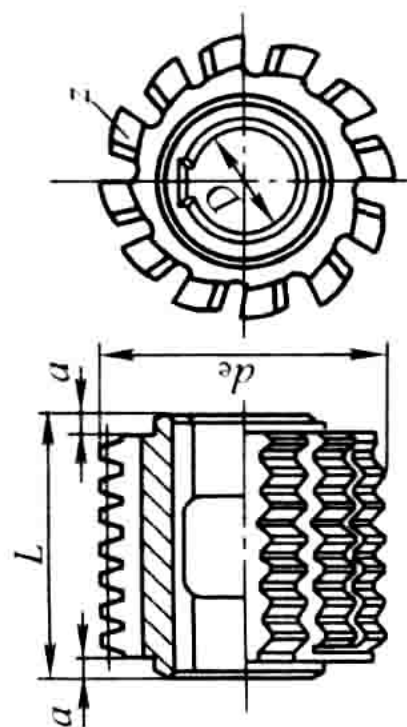


模数 $m$	基本尺寸			模数 $m$	基本尺寸		
	$D$	$B$	$d$		$D$	$B$	$d$
0.3	40	4	16	3.25	75	11.5	27
0.35	40	4	16	3.5	75	12.4	27
0.4	40	4	16	3.75	80	13.3	27
0.5	40	4	16	4	80	14.1	27
0.6	40	4	16	4.5	80	15.3	27
0.7	40	4	16	5	90	16.8	32
0.8	40	4	16	5.5	95	18.4	32
0.9	40	4	16	6	100	19.9	32
1	40	4	16	6.5	105	21.4	32
1.25	50	4.8	22	7	105	22.9	32
1.5	55	5.6	22	8	110	26.1	32
1.75	60	6.5	22	9	115	29.2	32
2	60	7.3	22	10	120	31.7	32
2.25	60	8.2	22	11	135	35.3	40
2.5	65	9.0	22	12	145	38.3	40
2.75	70	9.9	27	14	160	44.7	40
3	70	10.7	27	16	170	50.7	40

## 3. 渐开线齿轮滚刀形式和基本尺寸

## (1) 齿轮滚刀(表 5-57)

表 5-57 齿轮滚刀(GB/T 6083—2001) (单位:mm)



模数系列		I 型						II 型					
第 1 系列	第 2 系列	$d_e$	$L$	$D$	$a_{\min}$	$z$	$d_e$	$L$	$D$	$a_{\min}$	$z$		
1 1.25		63	63	27		16	50	32	22	4	14		
								63	40				
1.5	1.75	71	71	32	5	14	71	50	27			32	12
2	2.25	80	80					63					
2.5	2.75	90	90	40			80	71					



(续)

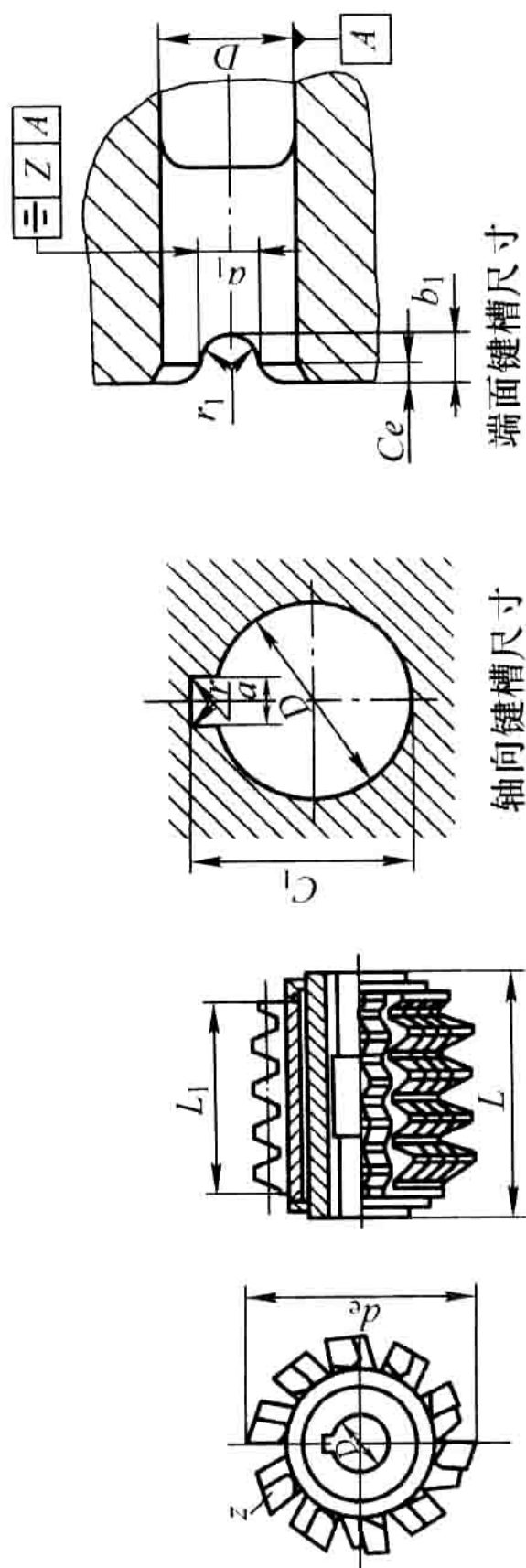
模数系列		I 型						II 型					
第 1 系列	第 2 系列	$d_e$	$L$	$D$	$a_{\min}$	$z$	$d_e$	$L$	$L$	$a_{\min}$	$z$		
3	3.5	100	100	40	5	14	90	90	32	4	12		
4	4.5	112	112			12	100	100			10		
5	5.5	125	125	50			112	112	40				
6	7	140	140				118	112					
8	9	160	160	60			125	140	5				
10		180	180				150	170					
		200	200				50						

注：本齿轮滚刀的模数为 1 ~ 10mm，用于渐开线圆柱齿轮的齿形加工。其基本形式有两种：

I 型适用于 JB/T 3227—2013《高精度齿轮滚刀 通用技术条件》所规定的 AAA 级滚刀及 GB/T 6084—2001《齿轮滚刀 通用技术条件》所规定的 AA 级滚刀。II 型适用于 GB/T 6084—2001 所规定的 AA、A、B、C 四种精度的滚刀。滚刀做成单片、右旋，容屑槽为平行于轴线的直槽。

## (2) 镶片齿轮滚刀(表 5-58)

表 5-58 镶片齿轮滚刀(GB/T 9205—2005) (单位:mm)



(续)

模数系列		带轴向键槽型						带端面键槽型				
第一系列	第二系列	$d_e$	$L$	$D$	$L_1$	$z$		$d_e$	$L$	$D$	$L_1$	$z$
10		205	220	60	175	10		205	245	60	175	10
	11	215	235		190			215	260		190	
12		220	240		195			220	265		195	
	14	235	260		215			235	285		215	
16		250	280	80	235			250	305	80	235	
	18	265	300		255			265	325		255	
20		280	320		275			280	345		275	
	22	315	335		285			315	365		285	
25		330	350	80	300			330	380	80	300	
	28	345	365		315			345	395		315	
	30	360	385		335			360	415		335	
32		375	405		355			375	435		355	

(续)

轴向键槽尺寸

D	a		C <sub>1</sub>		r	
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
50	12	+0.205 +0.095	53.5	+0.2 0	1.6	0 -0.5
60	14		64.2		2.0	
80	18		85.5		2.5	
100	25	+0.240 +0.110	107.0			

端面键槽尺寸

D	a <sub>1</sub>		b <sub>1</sub>		r <sub>1max</sub>	e		z
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		基本尺寸	极限偏差	
50	18.4	+0.130 0	10.0	+0.220 0	2.0	1.0	+0.3 0	0.20
60	20.5		11.2	+0.270 0	2.5	1.2	+0.5 0	0.25
80	25.5		14.0					
100			16.0		3.0	1.6		

注：镶片齿轮滚刀的模数为 10 ~ 32mm，用于渐开线圆柱齿轮的齿形加工。滚刀做成单头、右旋、零度前角，容屑槽为平行于轴线的直槽。



(续)

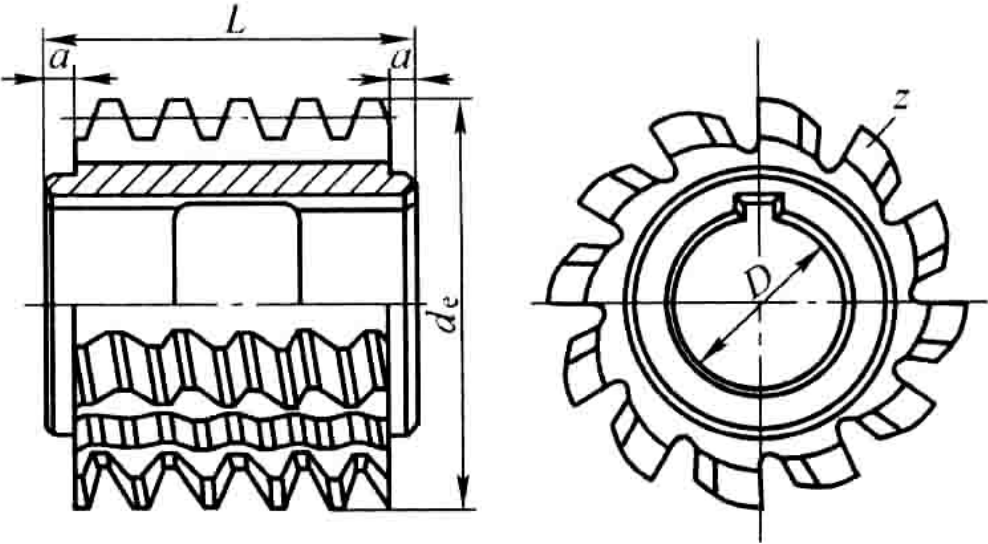
模数系列		$\phi 25$						$\phi 32$						$\phi 40$					
I	II	$d_e$	$L$	$D$	$d_1$	$a_{\min}$	$z$	$d_e$	$L$	$D$	$d_1$	$a_{\min}$	$z$	$d_e$	$L$	$D$	$d_1$	$a_{\min}$	$z$
0.25			10				15												
0.30																			
	0.35																		
0.40			15				12												
0.50		25		8	15	2.5													
0.60								32		13	22	2.5		40	30	16	25	4	15
	0.70																		
0.80			20				10		20				10		40				
	0.90																		

注：小模数齿轮滚刀的模数为 0.1~0.9，压力角为  $20^\circ$ ，滚刀直径分为 25mm、32mm、40mm 三种。其精度等级分为 AAA、AA、A 和 B 级四种。滚刀做成单头、右旋，容屑槽为平行于轴线的直槽。

(4) 磨前齿轮滚刀 (表 5-60)

表 5-60 磨前齿轮滚刀 (JB/T 7968.1—1999)

(单位: mm)



模数系列		$d_e$	$L$	$D$	$a_{\min}$	$z$
I	II					
1	—	50	32	22	5	12
1.25			40			
1.5	—	63	50	27		
—	1.75					
2	—					
—	2.25	71	56			
2.5	—		63			
—	2.75					
3	—	80	71	32		
—	3.25					
—	3.5					
—	3.75	90	80			10

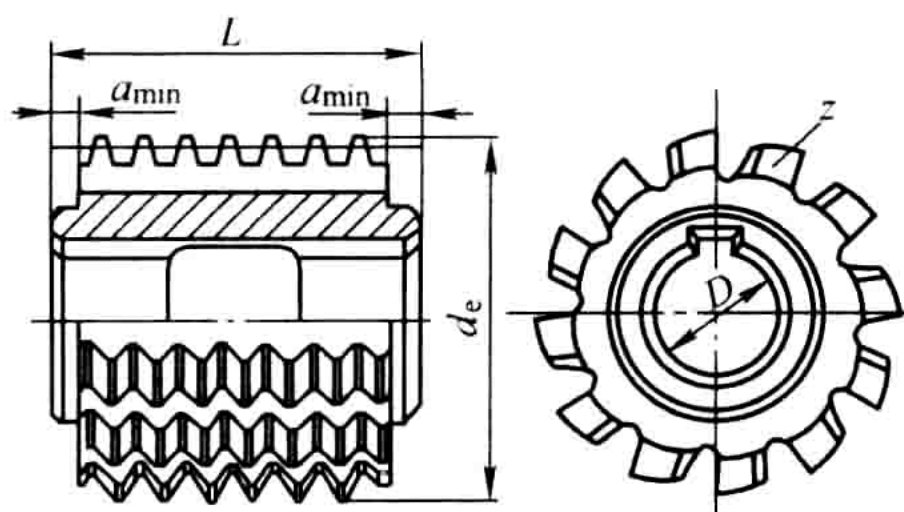
(续)

模数系列		$d_e$	$L$	$D$	$a_{\min}$	$z$
I	II					
4	—	90	80	32	5	10
—	4.5		90			
5	—	100	100			
—	5.5	112	112	40		
6	—		112			
—	6.5	118	118			
—	7		125			
8	—	125	132			
—	9	140	150			
10	—	150	170	50		

(5) 剃前齿轮滚刀(表 5-61)

表 5-61 剃前齿轮滚刀(JB/T 4103—2006)

(单位:mm)





(续)

模数系列		$d_e$	$L$	$D$	$a_{\min}$	$z$
I	II					
1	—	50	32	22	5	12
1.25	—		40			
1.5	—	63	50	27		
—	1.75					
2	—					
—	2.25	71	56			
2.5	—		63			
—	2.75					
3	—	80	71	32		
—	3.25					
—	3.5					
—	3.75	90	80			10
4	—		90			
—	4.5		90			
5	—	100	100			
—	5.5	112	112	40		
6	—					
—	6.5	118	118			
—	7		125			
8	—		125			

## 六、丝锥和板牙

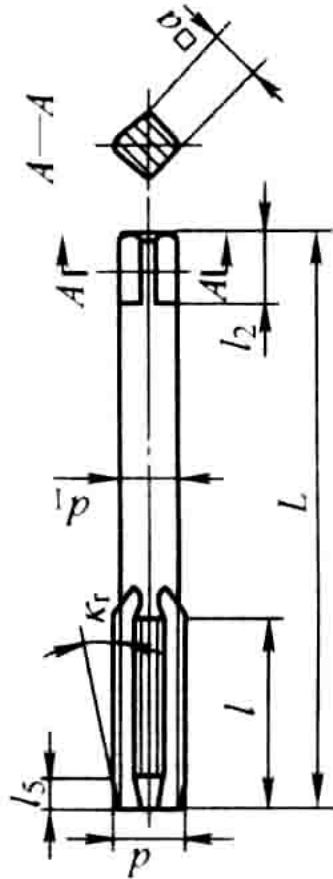
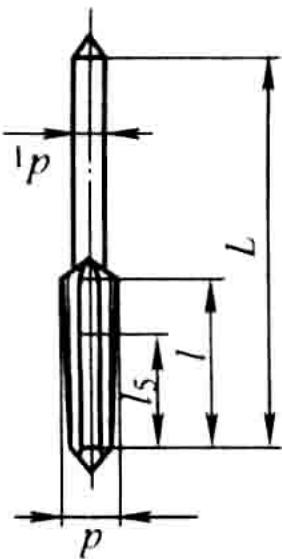
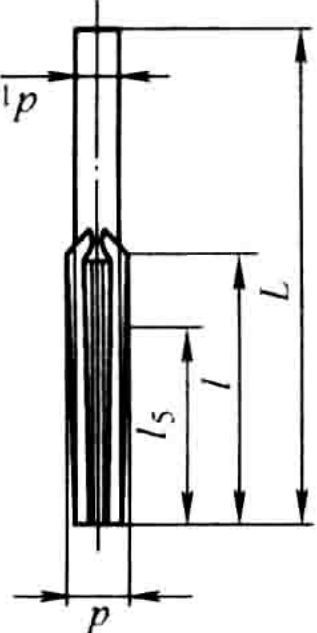
### 1. 常用丝锥规格范围及标准代号(表 5-62)

表 5-62 常用丝锥规格范围及标准代号

类型	简 图	规格范围	标准代号
粗柄机 用和手用 丝锥		粗牙为 M1 ~ M2.5 细牙为 M1 × 0.2 ~ M2.5 × 0.35	GB/T 3464.1 —2007
粗柄带 颈机用和 手用丝锥		粗牙为 M3 ~ M10 细牙为 M3 × 0.35 ~ M10 × 1.25	GB/T 3464.1 —2007
细柄机 用和手用 丝锥		粗牙为 M3 ~ M68 细牙为 M3 × 0.35 ~ M100 × 6	GB/T 3464.1 —2007

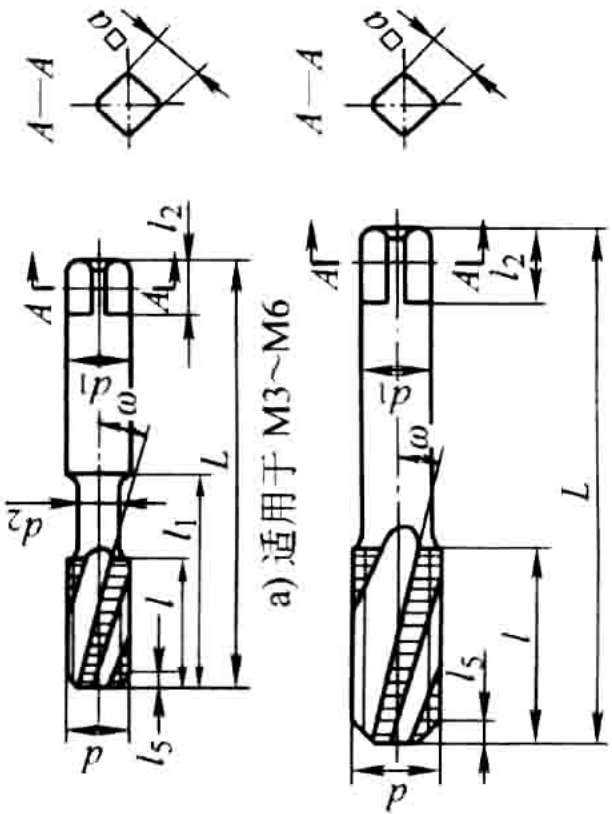
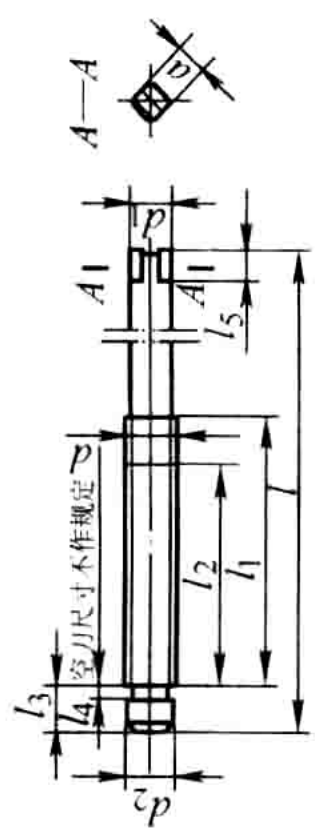
(续)

类型	简图	规格范围	标准代号
细长柄 机用丝锥		粗牙为 M3 ~ M24 细牙为 M3 × 0.35 ~ M24 × 2	GB/T 3464.2 —2003
粗短柄 机用和手 用丝锥		粗牙为 M1 ~ M2.5 细牙为 M1 × 0.2 ~ M2.5 × 0.35	GB/T 3464.3 —2007
粗柄带 颈短柄机 用和手用 丝锥		粗牙为 M3 ~ M10 细牙为 M3 × 0.35 ~ M10 × 1.25	GB/T 3464.3 —2007

细短柄 机用和手 用丝锥		粗牙为 M3 ~ M52 细牙为 M3 × 0.35 ~ M52 × 4	GB/T 3464.3 —2007
螺母丝 锥 ( $d \leq 5\text{mm}$ )		粗牙为 M2 ~ M5 细牙为 M3 × 0.35 ~ M5 × 0.5	GB/T 967 —2008
圆柄螺 母丝锥 ( $d > 5 \sim 30\text{mm}$ )		粗牙为 M6 ~ M30 细牙为 M6 × 0.75 ~ M30 × 1	GB/T 967 —2008

(续)

类型	简图	规格范围	标准代号
螺母 锥 ( $d > 5\text{mm}$ )		粗牙为 M6 ~ M52 细牙为 M6 × 0.75 ~ M52 × 1.5	GB/T 967 —2008
长柄螺母 锥		粗牙为 M3 ~ M33 细牙为 M3 × 0.35 ~ M52 × 1.5	JB/T 8786 —1998
米制锥 螺纹丝锥		ZM6 ~ ZM60	

螺旋槽 丝锥	 <p>a) 适用于 M3~M6</p> <p>b) 适用于 M7~M33</p>	粗牙为 M3 ~ M27 细牙为 M3 × 0.35 ~ M33 × 3	GB/T 3506 —2008
梯形螺 纹丝锥		Tr8 × 1.5 ~ Tr52 × 8	GB/T 9989.1 —1999

(续)

类型	简图	规格范围	标准代号
55° 圆柱管螺纹 丝锥		G 系列: G1/16 ~ G4 Rp 系列: Rp1/16 ~ Rp4	GB/T 20333 —2006
55° 圆锥管螺纹 丝锥		Rc1/16 ~ Rc4	GB/T 20333 —2006

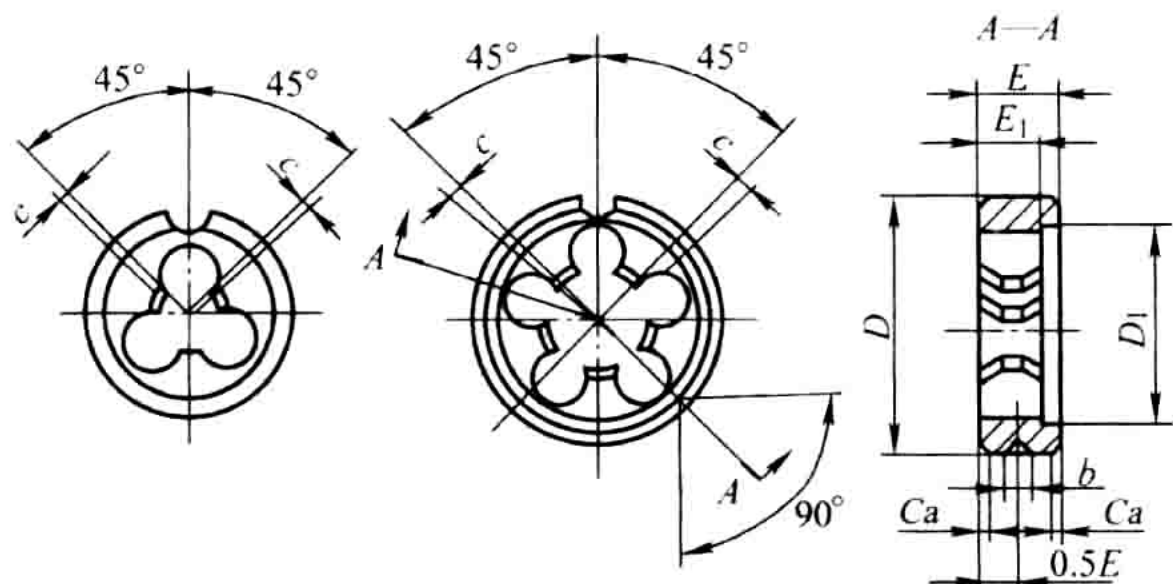
注:1. 米制锥螺纹丝锥适用于加工用螺纹密封的米制锥螺纹(GB/T 1415—1992)。

2. 55°圆柱管螺纹丝锥有 G、G-D、Rp 三个系列。G 和 G-D 系列适用于加工 55°非密封管螺纹, Rp 系列适用于加工 55°密封管螺纹。

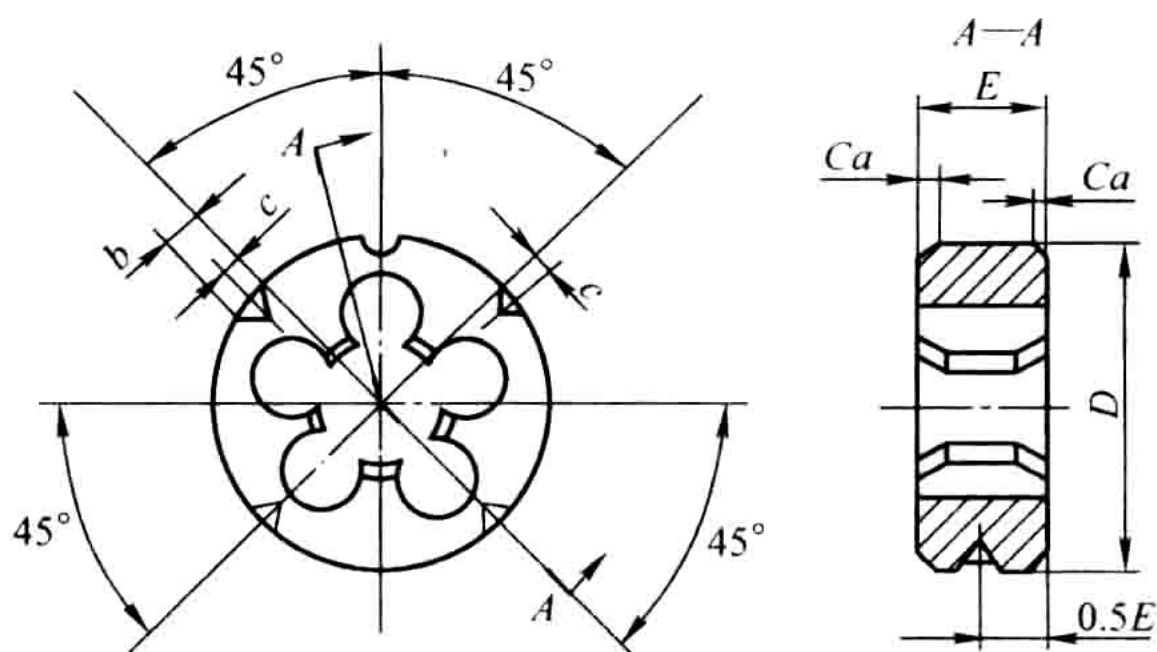
3. 55°圆锥管螺纹丝锥适用于加工 55°密封管螺纹。

## 2. 常用板牙规格范围及标准代号(表 5-63)

表 5-63 常用板牙规格范围及标准代号



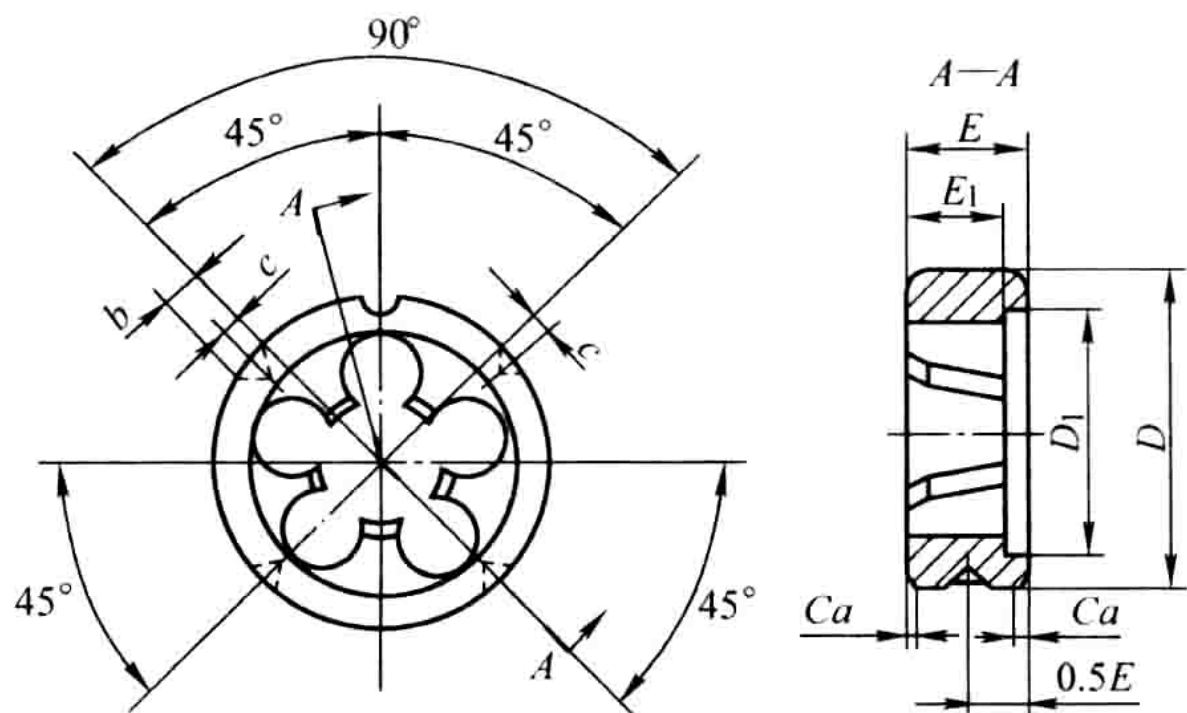
类 型	规格范围	标准代号
圆板牙	粗牙为 M1 ~ M68 细牙为 M1 × 0.2 ~ M56 × 4	GB/T 970.1—2008





(续)

类 型	规格范围	标准代号
G 系列圆柱管 螺纹圆板牙	G1/16 ~ G2 1/4	GB/T 20324—2006



类 型	规格范围	标准代号
R 系列圆锥管 螺纹圆板牙	R1/16 ~ R2	GB/T 20328—2006

- 注：1. 圆板牙适于加工普通螺纹（GB/T 192—2003 ~ GB/T 193—2003、GB/T 196—2003 ~ GB/T 197—2003）。
2. G 系列圆柱管螺纹圆板牙适用于加工 55° 非密封管螺纹（GB/T 7307—2001）
3. R 系列圆锥管螺纹圆板牙适用于加工 55° 密封管螺纹（GB/T 7306.1—2000、GB/T 7306.2—2000）。

# 第六章 车 工 工 作

## 一、车刀的手工刃磨<sup>⊖</sup>

### 1. 砂轮的选择

刃磨车刀常用的砂轮有两种：一种是白刚玉（WA）砂轮，其砂粒韧性较好，比较锋利，硬度稍低，适用于刃磨高速钢车刀（一般选用 F46 ~ F60 粒度）；另一种是绿碳化硅（GC）砂轮，其砂粒硬度高，切削性能好，适用于刃磨硬质合金车刀（一般选用 F46 ~ F60 粒度）。

### 2. 刃磨的步骤

1) 先把车刀前面、主后面和副后面等处的焊渣磨去，并磨平车刀的底平面。

2) 粗磨刀杆部分的主后面和副后面，其后角应比刀片的后角大  $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ ，以便刃磨刀片的后角。

3) 粗磨刀片上的主后面、副后面和前面，粗磨出来的主后角、副后角应比所要求的后角大  $2^{\circ}$  左右（图 6-1）。

4) 精磨前面及断屑槽。断屑槽一般有两种形状，即直线形和圆弧形。刃磨圆弧形断屑槽，必须把砂轮的外圆与平面的交接处修整成相应的圆弧。刃磨直线形断屑槽，砂轮的外圆与平面的交接处应修整得尖锐。刃磨时，刀尖

---

⊖ 标准麻花钻的刃磨及修磨；群钻的手工刃磨方法见第十章钻、铰工作。

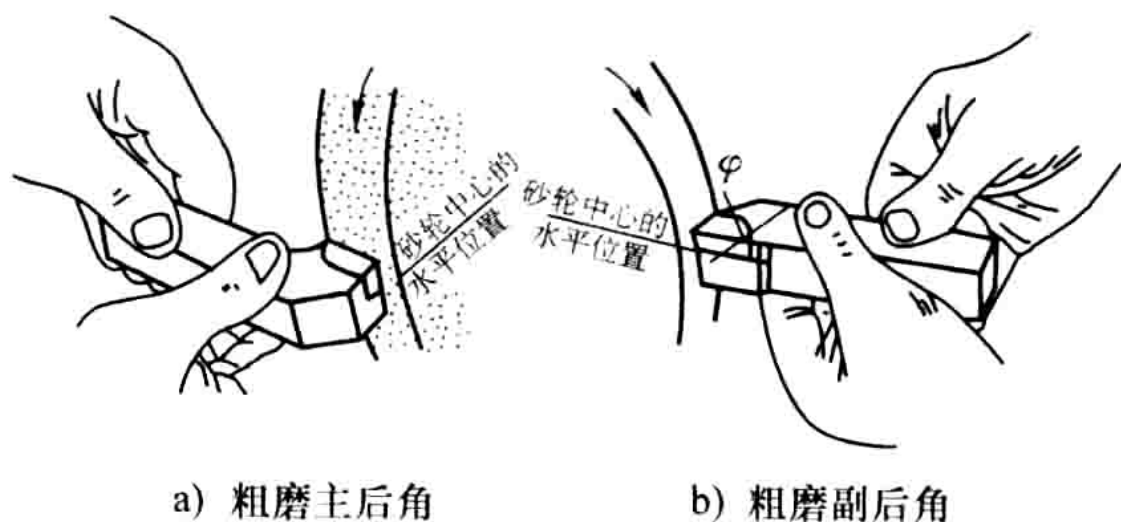


图 6-1 粗磨主后角和副后角

可向上或向下磨削（图 6-2），应注意断屑槽形状、位置及前角大小。

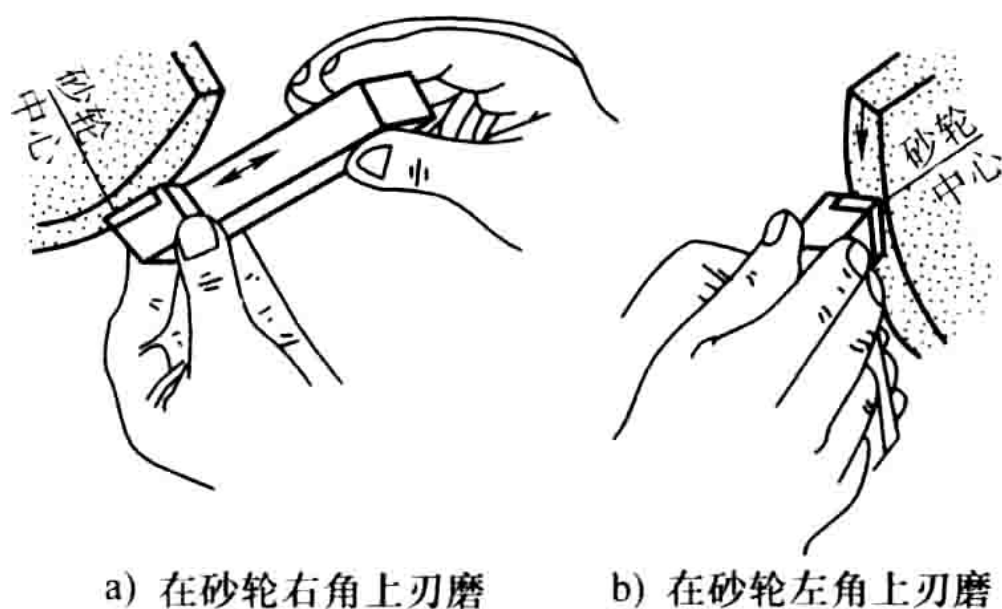


图 6-2 磨断屑槽

5) 精磨主后面和副后面。刃磨时，将车刀底平面靠在调整好角度的台板上，使切削刃轻靠住砂轮端面进行刃磨，刃磨后的刃口应平直。精磨时，应注意主、副后角的角度（图 6-3）。

6) 磨负倒棱。刃磨时，用力要轻，车刀要沿主切削刃的后端向刀尖方向摆动。磨削时可以用直磨法和横磨法(图6-4)。

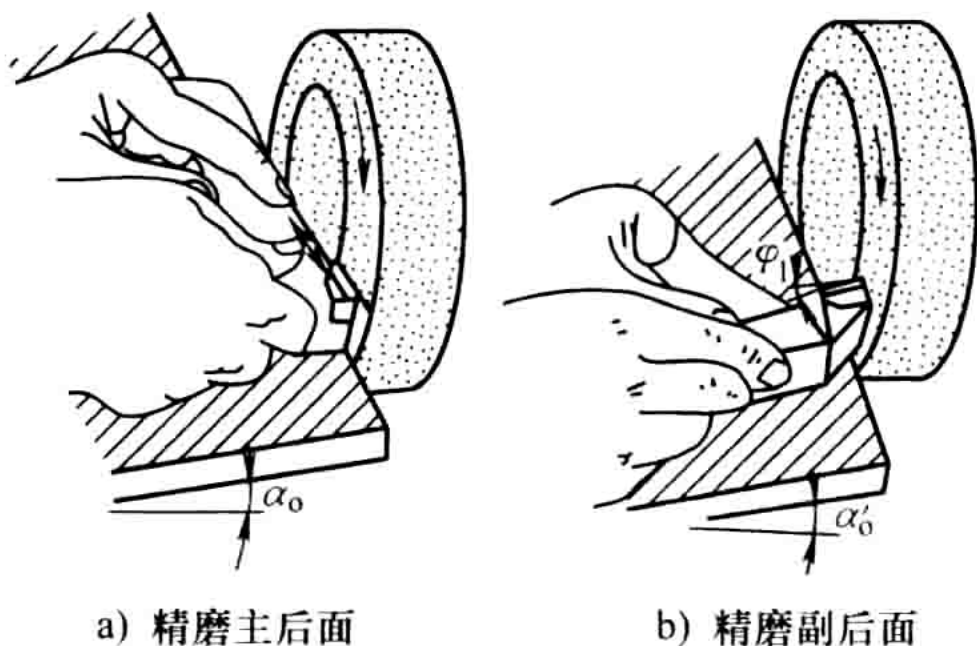


图 6-3 精磨主、副后面

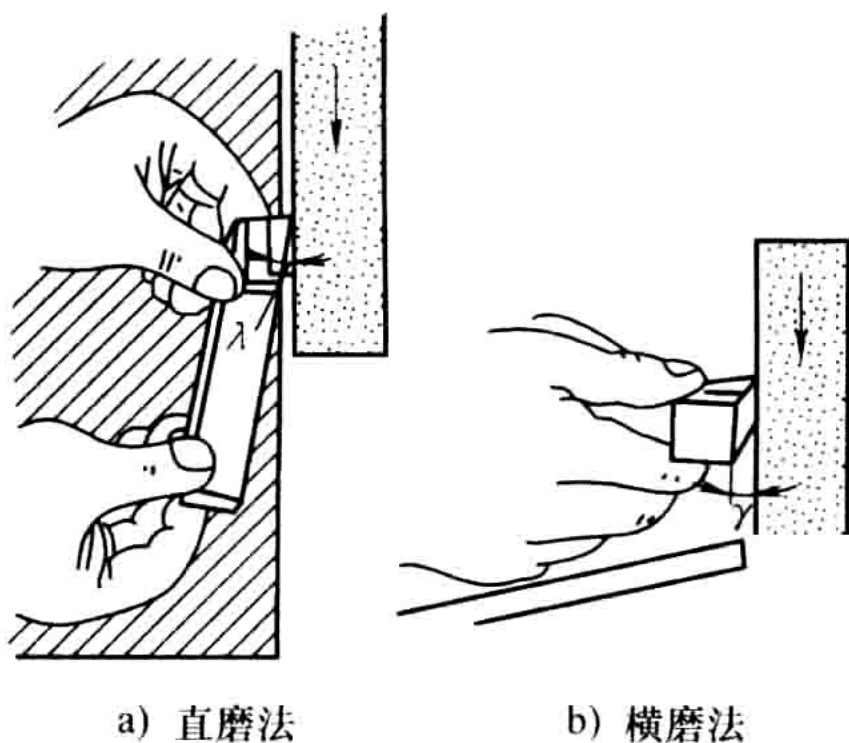


图 6-4 磨负倒棱

7) 磨过渡刃。过渡刃有直线形和圆弧形两种，刃磨方法和精磨后面时基本相同（图 6-5）。

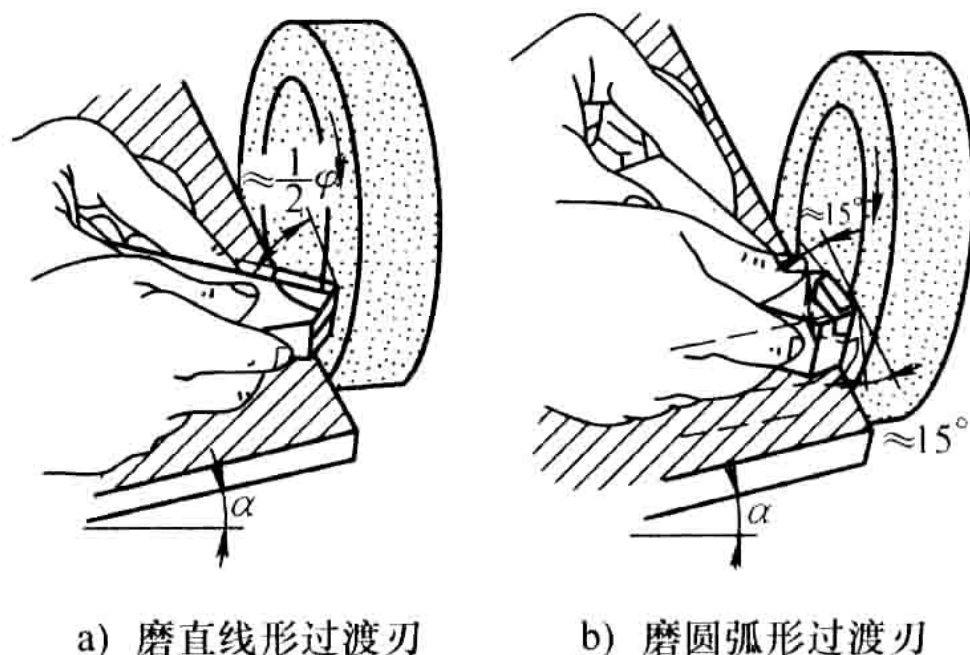


图 6-5 磨过渡刃

对于车削较硬材料的车刀，也可以在过渡刃上磨出负倒棱。对于大进给量车刀，可用相同方法在副切削刃上磨出修光刃（图 6-6）。

刃磨后的切削刃一般不够平滑光洁，刃口呈锯齿形，切削时会影响工件的表面粗糙度，所以手工刃磨后的车刀应用磨石进行研磨，以消除刃磨后的残留痕迹。

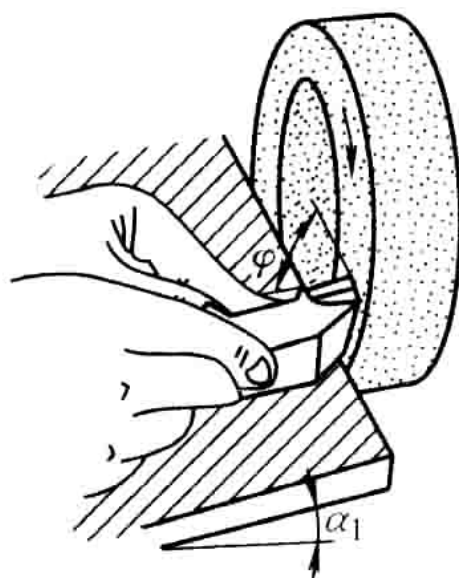
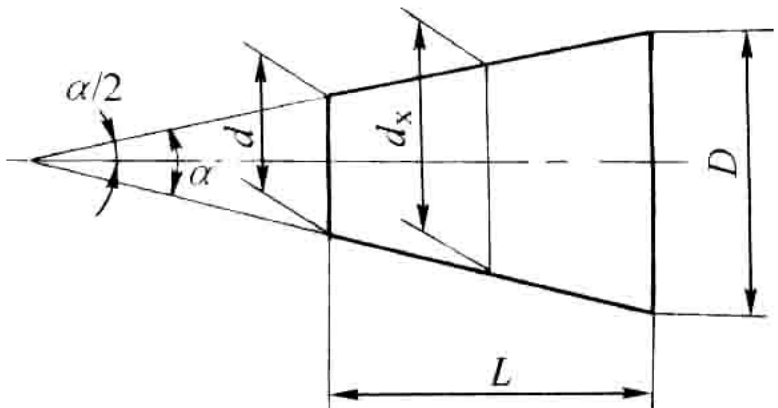


图 6-6 磨修光刃

## 二、车 锥 体

### 1. 锥体各部分名称和尺寸计算（表 6-1）

表 6-1 锥体各部分名称和尺寸计算

	名称	计算公式
	斜度 $S$	$S = \tan \frac{\alpha}{2},$ $S = \frac{D - d}{2L},$ $S = \frac{C}{2}$
	锥度 $C$	$C = 2S,$ $C = 2 \tan \frac{\alpha}{2},$ $C = \frac{D - d}{L}$
	最大圆锥直径 $D$	$D = d + 2L \tan \frac{\alpha}{2},$ $D = d + CL,$ $D = d + 2LS$
	最小圆锥直径 $d$	$d = D - 2L \tan \frac{\alpha}{2},$ $d = D - CL,$ $d = D - 2LS,$

$D$ —最大圆锥直径     $d$ —最小圆锥直径  
 $d_x$ —给定截面圆锥直径     $L$ —圆锥长度  
 $\alpha$ —圆锥角     $\alpha/2$ —圆锥半角

### 2. 车锥体方法

圆锥体有各种不同的形式，在车床上加工圆锥体主要有四种方法：

(1) 转动小刀架车锥体 这种方法适用于车削长度较短，圆锥半角（斜角） $\alpha/2$  较大的圆锥体（图 6-7）。

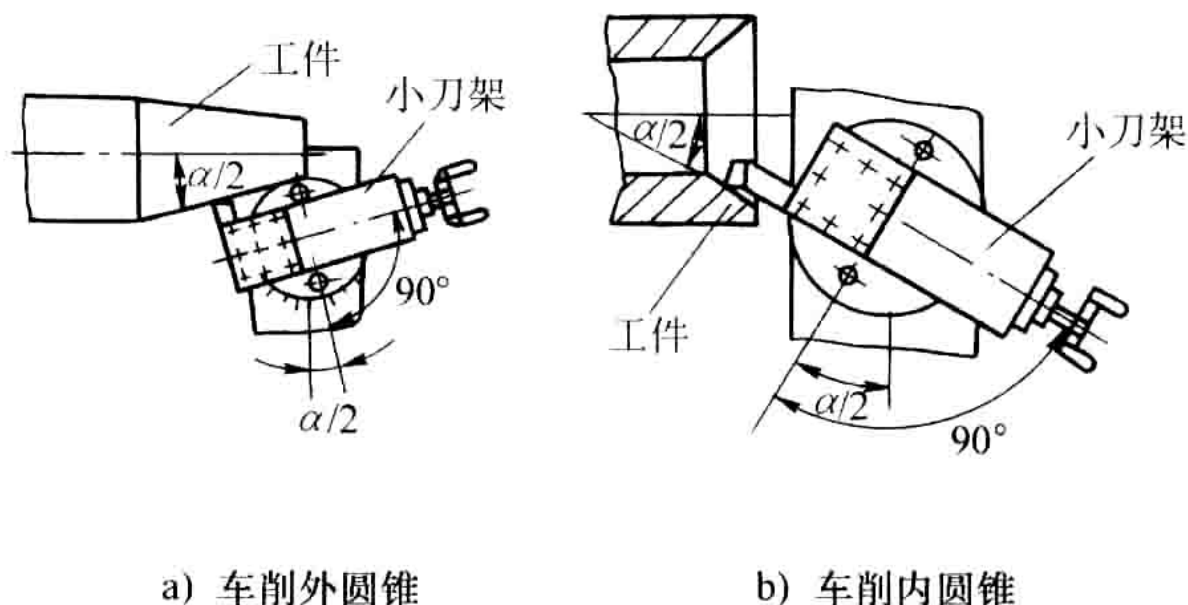


图 6-7 转动小刀架车锥体

由于圆锥的角度标注方法不同，一般不能直接按图样上所标注的角度转动小刀架，必须经过换算。换算的原则是把图样上所标注的角度，换算成圆锥素线与零件轴线（即车床主轴轴线）的夹角，即  $\alpha/2$ ，这就是车床小刀架应该转过的角度。

计算公式

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2L} \text{ 或 } \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{C}{2}$$

〔例 1〕 已知圆锥体的最大圆锥直径  $D = 24\text{mm}$ ，最小圆锥直径  $d = 20\text{mm}$ ，圆锥长度  $L = 32\text{mm}$ ，求小刀架转动角度  $\frac{\alpha}{2}$ 。

〔解〕  $\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2L} = \frac{24-20}{2 \times 32} = 0.0625$

查三角函数表  $\tan 3^\circ 34' = 0.06233$ ， $\tan 3^\circ 36' = 0.06291$

取平均值  $\tan 3^{\circ}35' = 0.06262$

所以  $\frac{\alpha}{2} \approx 3^{\circ}35'$

〔例 2〕 车削一锥体，已知锥度  $C = 1:10$ ，问小刀架应转多少度？

$$[\text{解}] \quad \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{C}{2} = \frac{\frac{1}{10}}{2} = \frac{1}{20} = 0.05$$

查三角函数表  $\tan 2^{\circ}52' = 0.05007$ ，所以  $\frac{\alpha}{2} \approx 2^{\circ}52'$ ，即小刀架应转过  $2^{\circ}52'$ 。

(2) 用靠模板法车锥体 对尺寸相同和批量大且精度高、角度小的圆锥体用靠模板方法（图 6-8）加工。用这种方法，靠模板调整方便、准确，可以自动进刀，车削圆锥体和圆锥孔的质量较高。但靠模装置的角度调节范围较小，一般在  $12^{\circ}$  以下。

〔例 1〕 已知圆锥体最大圆锥直径  $D = 400\text{mm}$ ，最小圆锥直径  $d = 350\text{mm}$ ，圆锥长度  $L = 250\text{mm}$ ，靠模板的支距  $H = 500\text{mm}$ ，求靠模板的偏移量  $B$  等于多少。

表 6-2 计算公式

已知条件	计 算 公 式
$D$ （最大圆锥直径） $d$ （最小圆锥直径） $L$ （圆锥长度） $H$ （支距） $B$ （靠模偏移量）	$B = H \times \frac{D - d}{2L} = \frac{H}{2} \times \frac{D - d}{L}$



(续)

已知条件	计 算 公 式
$C$ (锥度) $H$ (支距)	$B = \frac{H}{2} \times C$

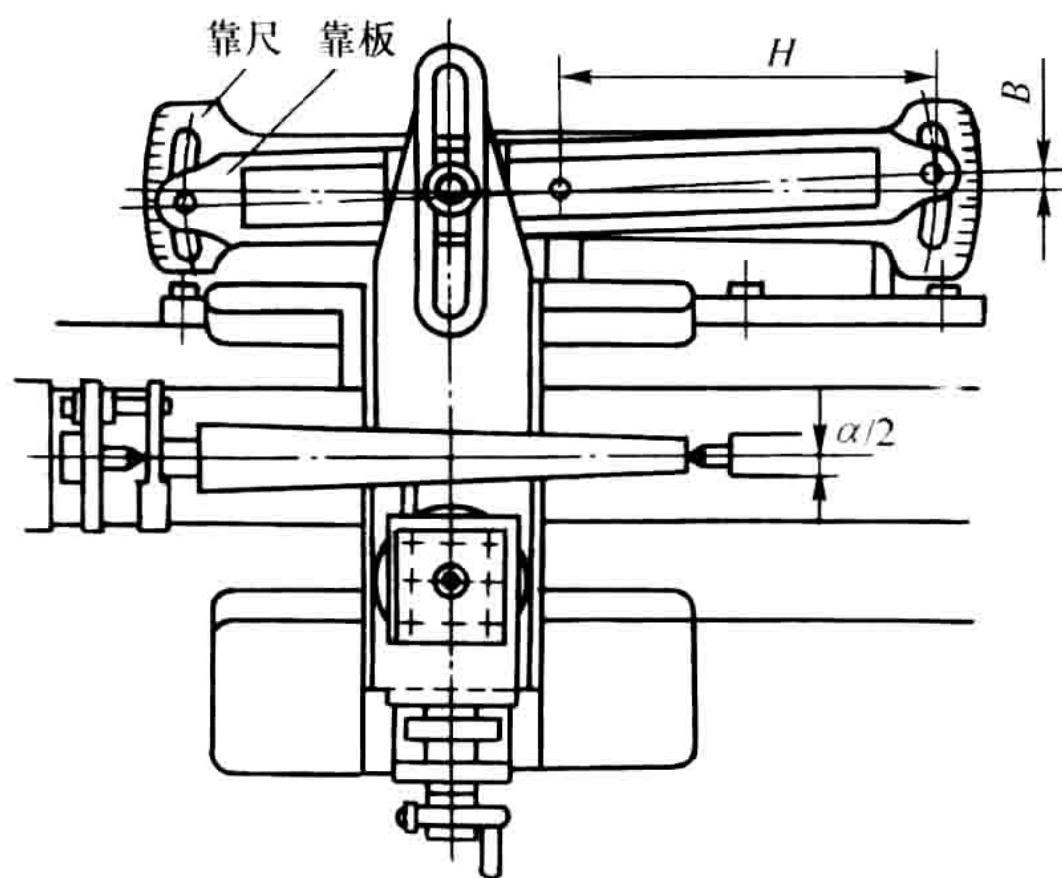


图 6-8 用靠模板法车锥体

$H$ —靠模板转动中心到刻线处的距离，称为支距；

$\frac{\alpha}{2}$ —靠模板旋转角度，它等于圆锥体的斜角，计算公式与小刀架转动角度相同； $B$ —靠模板的偏移量，可用表 6-2 公式计算。

$$[\text{解}] \quad B = \frac{H}{2} \times \frac{D-d}{L} = \frac{500}{2} \times \frac{400-350}{250} \text{mm} = 50 \text{mm}$$

[例 2] 圆锥体的尺寸同例 1，求靠模板的旋转角度

$$\frac{\alpha}{2}^{\circ}$$

$$[\text{解}] \quad \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2L} = \frac{400-350}{2 \times 250} = 0.1$$

查三角函数表  $\tan 5^{\circ}42' = 0.09981$ ,  $\tan 5^{\circ}44' = 0.10040$

取平均值  $\tan 5^{\circ}43' = 0.10011$

$$\text{所以} \quad \frac{\alpha}{2} \approx 5^{\circ}43'$$

(3) 车标准锥度和常用锥度时小刀架和靠模板转动角度表 (表 6-3)

**表 6-3 车标准锥度和常用锥度时  
小刀架和靠模板转动角度表**

锥体名称		锥度	小刀架和靠模板转动角度 (锥体斜角)	锥体名称	锥度	小刀架和靠模板转动角度 (锥体斜角)
莫氏	0	1:19.212	1°29'27"	常用 锥度	1:200	0°08'36"
	1	1:20.047	1°25'43"		1:100	0°17'11"
	2	1:20.020	1°25'50"		1:50	0°34'23"
	3	1:19.922	1°26'16"		1:30	0°57'17"
	4	1:19.254	1°29'15"		1:20	1°25'56"
	5	1:19.002	1°30'26"		1:15	1°54'33"
	6	1:19.180	1°29'36"		1:12	2°23'09"
30°		1:1.866	15°		1:10	2°51'45"
45°		1:1.207	22°30'		1:8	3°34'35"
60°		1:0.866	30°		1:7	4°05'08"
75°		1:0.652	37°30'		1:5	5°42'38"
90°		1:0.500	45°		1:3	9°27'44"
120°		1:0.289	60°		7:24	8°17'46"

(4) 用偏移尾座法车锥体 当工件精度要求不高, 锥

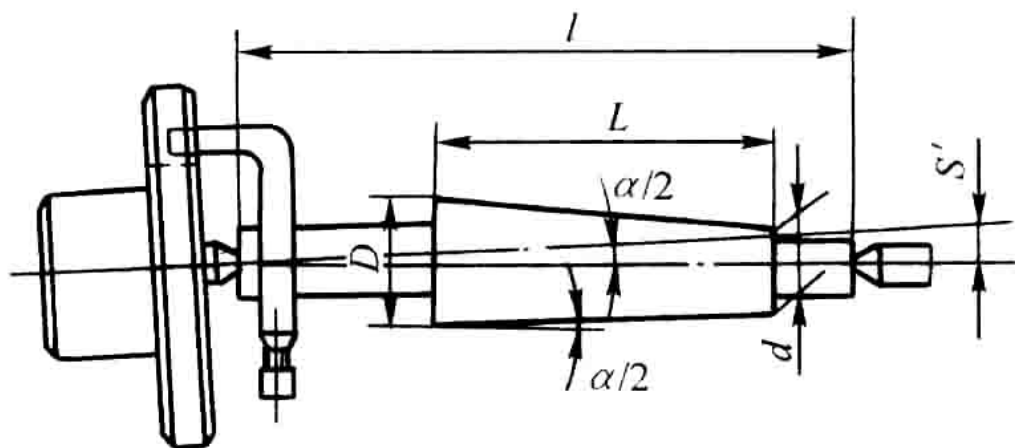


图 6-9 用偏移尾座法车锥体

体较长，而锥度又较小时，可采用偏移尾座法车锥体（图 6-9）。这种方法适用于卧式车床采用自动进刀车锥面。工件表面粗糙度值较大，但因顶尖在中心孔中歪斜，接触不良，所以中心孔磨损不均。受尾座偏移量限制、不能车锥角大的工件，也不能车锥孔及整锥体。

偏移量  $S'$  的计算公式：

当工件全长  $l$  不等于锥形部分长度  $L$  时

$$S' = \frac{l}{2} \times \frac{D - d}{L}、S' = \frac{l}{2}C \text{ 或 } S' = lS$$

当工件全长  $l$  等于锥形部分长度  $L$  时  $S' = \frac{D - d}{2}$

〔例 1〕 已知一圆锥体  $D = 80\text{mm}$ ， $d = 75\text{mm}$ ， $L = 100\text{mm}$ ， $l = 120\text{mm}$ ，求尾座偏移量  $S'$ 。

〔解〕  $S' = \frac{l}{2} \times \frac{D - d}{L} = \frac{120}{2} \times \frac{80 - 75}{100} \text{mm} = 3\text{mm}$

〔例 2〕 已知一圆锥体  $D = 30\text{mm}$ ， $C = 1:20$ ， $L = 60\text{mm}$ ， $l = 80\text{mm}$ ，求尾座偏移量  $S'$ 。

$$[\text{解}] \quad S' = \frac{l}{2}C = \frac{80}{2} \times \frac{1}{20} \text{mm} = 2 \text{mm}$$

根据计算出来的偏移量  $S'$ ，利用尾座本身的刻度，把尾座偏移后即可车削。偏移时也可采用指示表或其他方法来控制尺寸  $S'$ 。

(5) 用宽刃刀车锥体 在车削较短的圆锥面时，也可以用宽刃刀直接车出（图 6-10）。宽刃刀的切削刃必须平直，切削刃与主轴轴线的夹角应等于工件圆锥半角  $\alpha/2$ ，使用宽刃刀车圆锥面时，车床必须具有很好的刚性，否则容易引起振动。

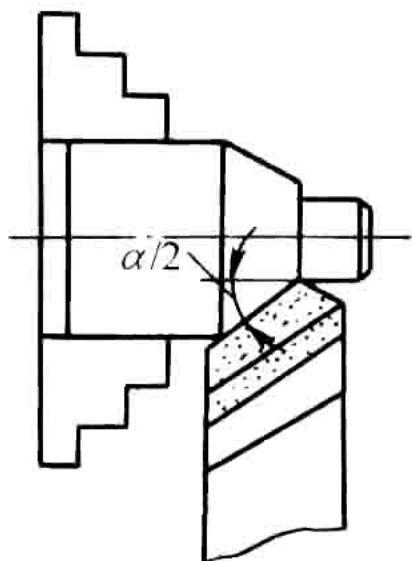


图 6-10 用宽刃刀车锥体

### 3. 车削圆锥时尺寸的控制方法

在车削圆锥工件时，一般是用环规或塞规检验工件的锥度和尺寸。当锥度已车准，而尺寸未达到要求时，必须再进给车削。当用量规测量出长度  $a$ （图 6-11）后，可用以下方法确定横向进给量。

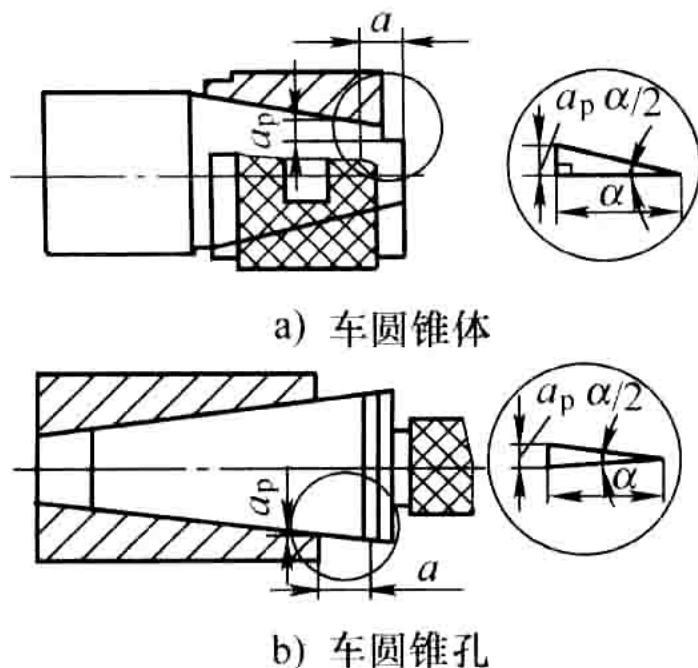


图 6-11 圆锥尺寸控制方法

#### (1) 计算法

计算公式为

$$a_p = a \times \tan \frac{\alpha}{2} \text{ 或 } a_p = a \times \frac{C}{2}$$

式中  $a_p$ ——极限量规刻线或台阶中心离开工件端面的距离为  $a$  时的背吃刀量 (mm);

$\frac{\alpha}{2}$ ——圆锥半角;

$C$ ——锥度。

〔例 1〕 已知工件的圆锥半角  $\alpha/2 = 1^\circ 30'$ , 用环规测量时, 工件小端离开环规台阶中心为 4mm, 问背吃刀量多少才能使小端直径尺寸合格?

$$\begin{aligned} \text{〔解〕 } a_p &= a \times \tan \frac{\alpha}{2} = 4\text{mm} \times \tan 1^\circ 30' \\ &= 4\text{mm} \times 0.02619 = 0.105\text{mm} \end{aligned}$$

〔例 2〕 已知工件锥度为 1:20, 用环规测量工件小端时, 小端离开环规台阶中心为 2mm, 问背吃刀量多少才能使小端直径尺寸合格?

$$\begin{aligned} \text{〔解〕 } a_p &= a \times \frac{C}{2} = 2\text{mm} \times \frac{1}{20} \\ &= 2\text{mm} \times \frac{1}{40} = 0.05\text{mm} \end{aligned}$$

(2) 移动床鞍法 当用极限量规量出长度  $a$  (图 6-12) 后, 取下量规, 使车刀轻轻接触工件小端面; 接着移动小滑板, 使车刀离开工件端面一段  $a$  的距离; 然后移动床鞍, 使车刀同工件端面接触后即可进行车削。

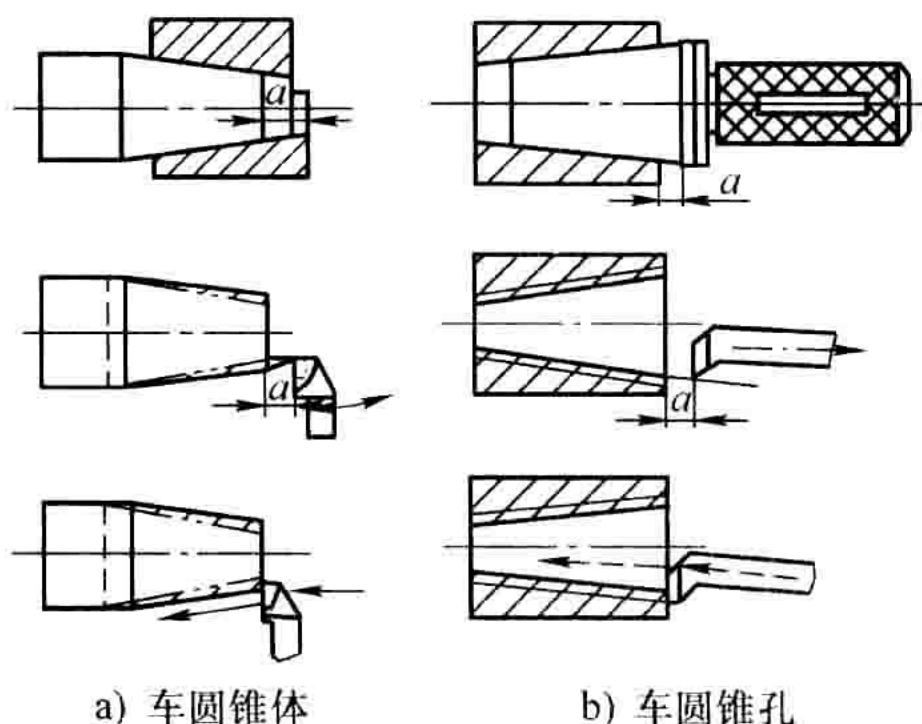


图 6-12 移动床鞍法

## 4. 车圆锥面时产生废品的原因及预防方法 (表 6-4)

表 6-4 车圆锥面时产生废品的原因及预防方法

废品种类	产生原因	预防方法
锥度 (角度) 不正确	1. 用转动小滑板车削时 (1) 小滑板转动角度计算错误 (2) 小滑板移动时松紧不匀	(1) 仔细计算小滑板应转的角度和方向,并反复试车校正 (2) 调整镶条使小滑板移动均匀
	2. 用偏移尾座法车削时 (1) 尾座偏移位置不正确 (2) 工件长度不一致	(1) 重新计算和调整尾座偏移量 (2) 如工件数量较多,各件的长度必须一致

(续)

废品种类	产生原因	预防方法
锥度 (角度) 不正确	3. 用靠模法车削时 (1) 靠模角度调整不正确 (2) 滑块与靠模板配合不良	(1) 重新调整靠模板角度 (2) 调整滑块和靠模板之间的间隙
	4. 用宽刃刀车削时 (1) 装刀不正确 (2) 切削刃不直	(1) 调整切削刃的角度和对准中心 (2) 修磨切削刃,使之平直
	5. 铰锥孔时 (1) 铰刀锥度不正确 (2) 铰刀的安装轴线与工件旋转轴线不同轴	(1) 修磨铰刀 (2) 用指示表和试棒调整尾座中心
大小端尺寸 不正确	没有经常测量大小端直径	经常测量大小端直径,并按计算尺寸控制吃刀量
双曲线 误差	车刀没有对准工件中心	车刀必须严格对准工件中心

### 三、车 球 面

采用车削方法加工球面的原理是：一个旋转的刀具沿着一个旋转的物体运动，两轴线相交但不重合，这样刀尖在物体上形成的轨迹为一球面。车削时，工件中心线与刀具中心线要在同一平面上。

球面的加工方法是將卧式车床的小滑板卸去，在滑板上安装能进行回转运动的专用工具，来车削内、外圆弧和

球面，这种方法称旋风铣<sup>①</sup>。也可采用蜗杆副传动装置手动车外球面及内球面方法：

### 1. 车外球面装置

用手动转动蜗杆轴上的手柄车出球面（图 6-13），适用于车  $\phi 30 \sim \phi 80\text{mm}$  的外球面，形状精度可达  $0.02\text{mm}$ ，表面粗糙度值小于  $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

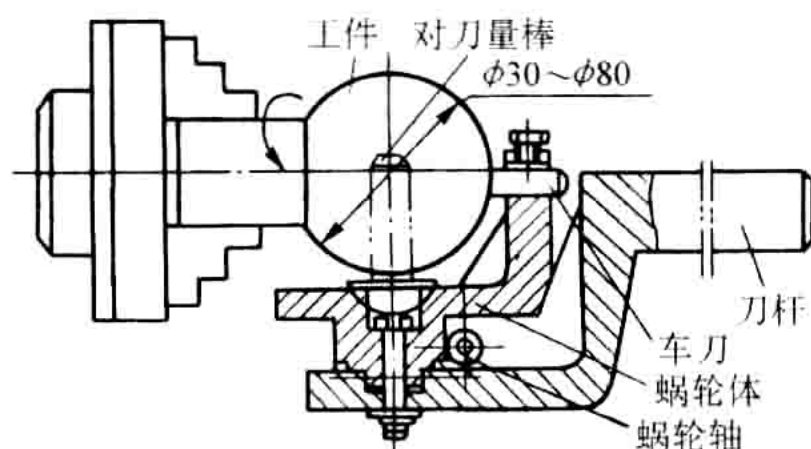


图 6-13 车外球面装置

### 2. 车内球面装置（图 6-14）

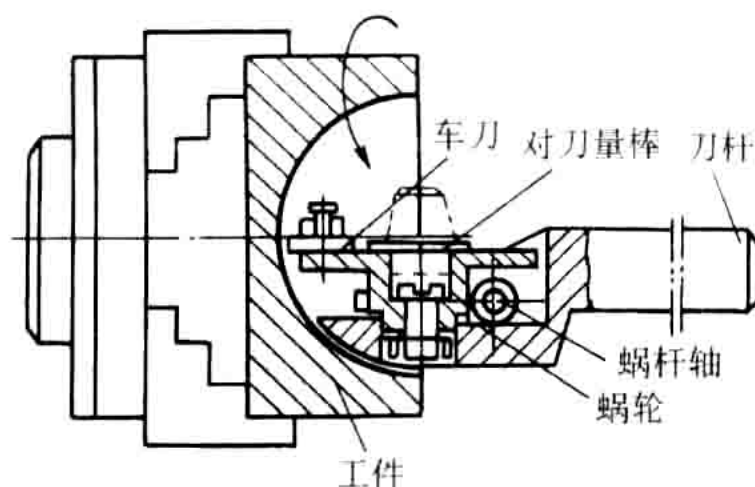


图 6-14 车内球面装置

① 用旋风铣方法车削球面，可参见第七章铣工工作，铣削球面。



用手动转动蜗杆轴上的手柄，车出球面，适用于车  $\phi 30 \sim \phi 80\text{mm}$  的内球面，形状精度可达  $0.02\text{mm}$ ，表面粗糙度值小于  $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

## 四、车 成 形 面

### 1. 用成形刀（样板刀）车成形面

这种方法是将切削刀具刃磨成工件成形面的形状，从径向或轴向进给将成形面加工成形。也可将工件的成形面划分成几段，将几把车刀按各分段形面的形状刃磨，分别将整个成形面分段加工成形。

(1) 普通成形刀（图 6-15） 这种成形刀的切削刃廓形根据工件的成形表面刃磨，刀体结构和装夹与普通车刀相同。这种刀具制作方便，可用手工刃磨，但精度较低。若精度要求较高时，可在工具磨床上刃磨。这种成形车刀常用于加工简单的成形面。

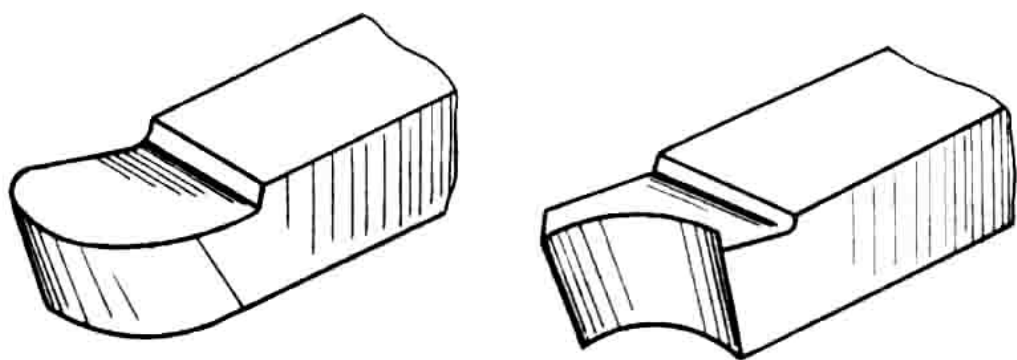


图 6-15 普通成形刀

(2) 棱形成形刀（图 6-16） 这种成形刀由刀头和刀杆两部分组成。刀头的切削刃按工件的形状在工具磨床上用成形砂轮磨削成形。后部有燕尾块，安装在弹性刀杆的

燕尾槽中，用螺钉紧固。刀杆上的燕尾槽做成倾斜状，这样成形刀产生了后角，切削刃磨损后，只需刃磨刀头的前面；切削刃磨低后，可以把刀头向上拉起，直至刀头无法夹住为止。这种成形刀精度高，刀具寿命长，但制造比较复杂。

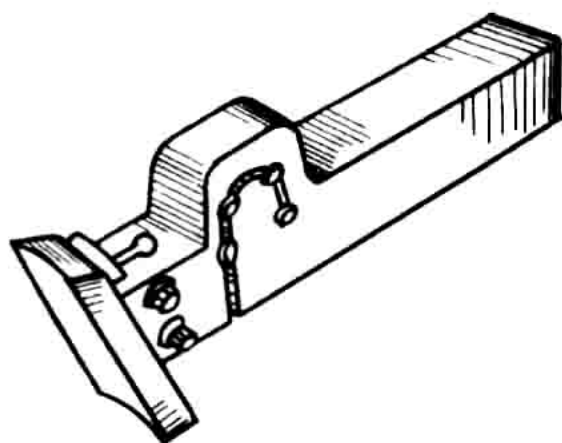


图 6-16 棱形成形刀

(3) 圆形成形刀 (图 6-17) 这种成形刀做成圆轮形，在圆轮上开有缺口，使它形成前面 1 和主切削刃 2。使用时，将它安装在弹性刀杆上。为了防止圆轮转动，在侧面做出端面齿 3，使之与刀杆侧面上的端面齿相啮合。圆形成形刀的主切削刃必须比圆轮中心低一些，否则后角为零度 (图 6-18a)。主切削刃低于圆轮中心的距离 (图 6-18b) 可用下式计算

$$H = \frac{D}{2} \sin \alpha。$$

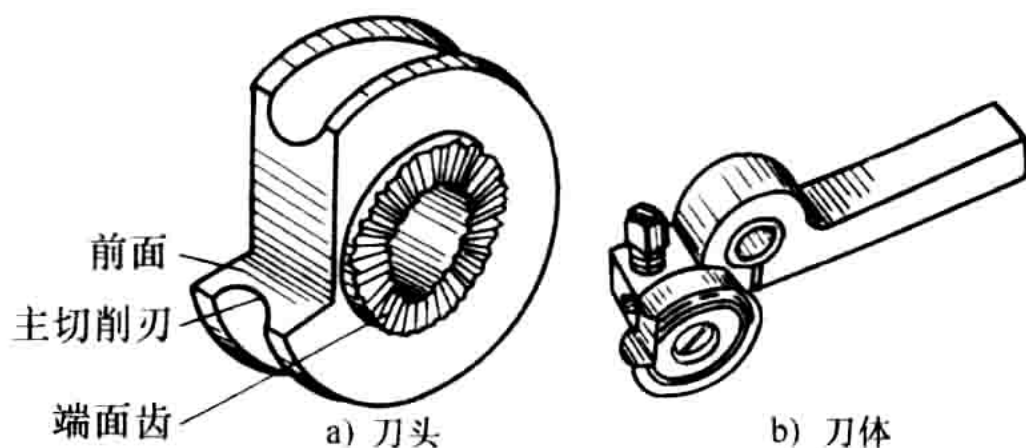


图 6-17 圆形成形刀

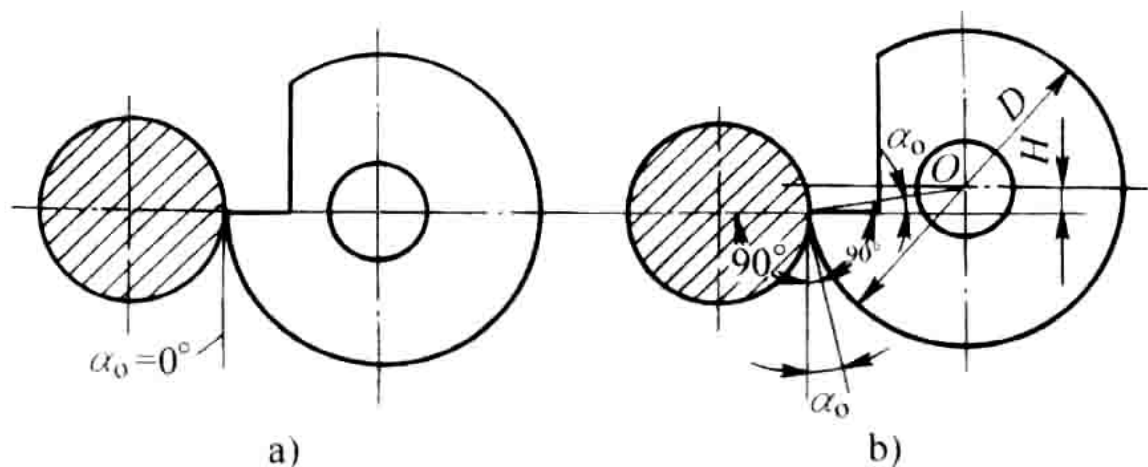


图 6-18 圆形成形刀的后角

式中  $H$ ——刀口低于圆轮中心的距离 (mm);

$D$ ——圆形成形刀直径 (mm);

$\alpha_0$ ——成形刀的后角 (一般为  $6^\circ \sim 10^\circ$ )。

(4) 分段切削成形刀 这种成形刀是按加工零件的特殊形面分段制成, 然后再分段加工形面。图 6-19 所示为冲模的冲头, 由于成形面素线较长, 用一把成形刀车削时切削抗力太大, 所以将成形面分成  $AB$ 、 $BC$ 、 $CD$ 、 $DE$  四段, 采用

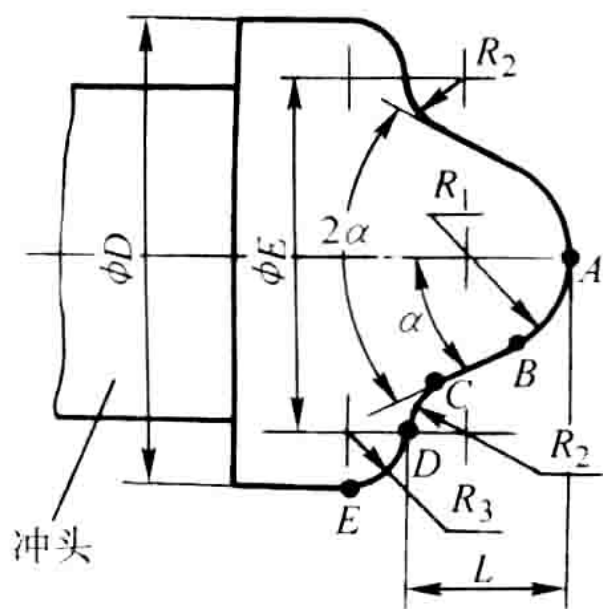


图 6-19 冲头

四把对应各段形状的成形刀进行切削 (图 6-20)。

加工时必须先粗车后再用成形刀精车连接。精车时一般采用手动进给, 机床转速取低速, 进刀速度也不宜太

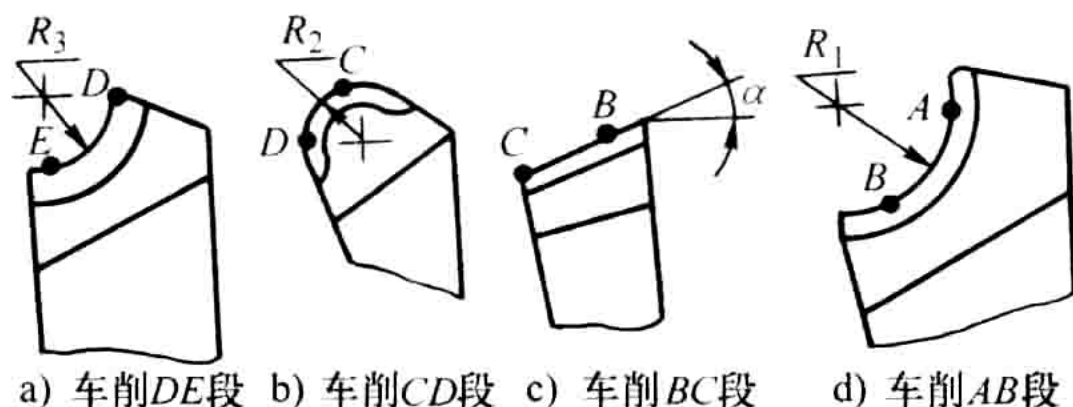


图 6-20 分段切削的成形刀

快。

## 2. 用靠模法车成形面

(1) 靠板靠模法 在车床上用靠板靠模法车削成形面，实际上和用靠模车圆锥的方法基本相同。只需把锥度靠模板换上一个带有成形面的靠模即可车削成形面。

如图 6-21 所示，先将靠模支架和靠模板装上。靠模板是一条曲线沟模，它的形状与工件成形面相同。滚柱通过拉杆与中滑板联接（这时应先将中滑板丝杠抽去），当床鞍做纵向运动时，滚柱 3 沿着靠模板的曲线沟槽移动，使车刀刀尖做相应的曲线移动，这样就完成了成形面的加工。若把小滑板转过  $90^\circ$ ，就可以进行横向进给。

这种靠模法操作方便，形面准确，质量稳定，但只能加工成形面变化不大的工件。

(2) 尾座靠模法 如图 6-22 所示，在尾座套筒锥孔内装夹一个标准样件（即靠模），在刀架上装一个长刀夹，在刀夹上装车刀和靠模杆。车削时用双手操纵中、小滑板，使靠模杆始终贴住靠模，并沿着靠模的表面移动，使车刀在工件表面上车出与靠模形状相同的成形面。这种方

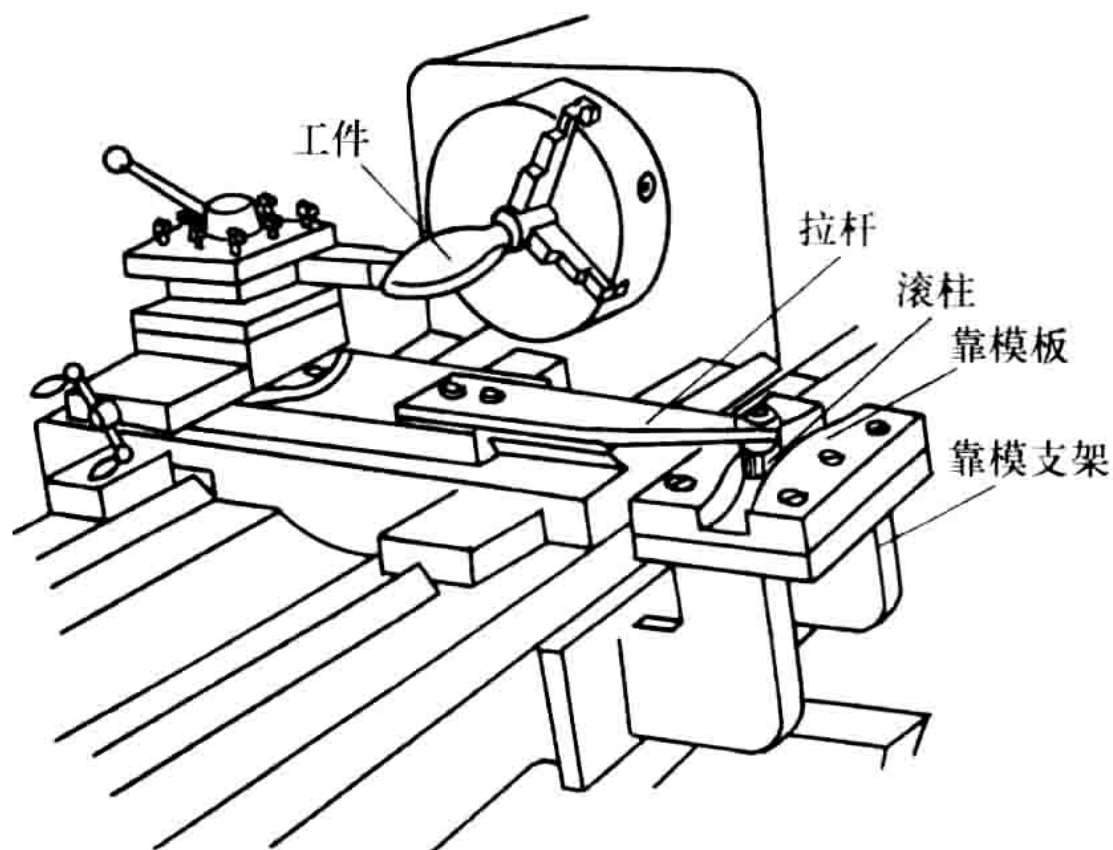


图 6-21 用靠模法车削成形面

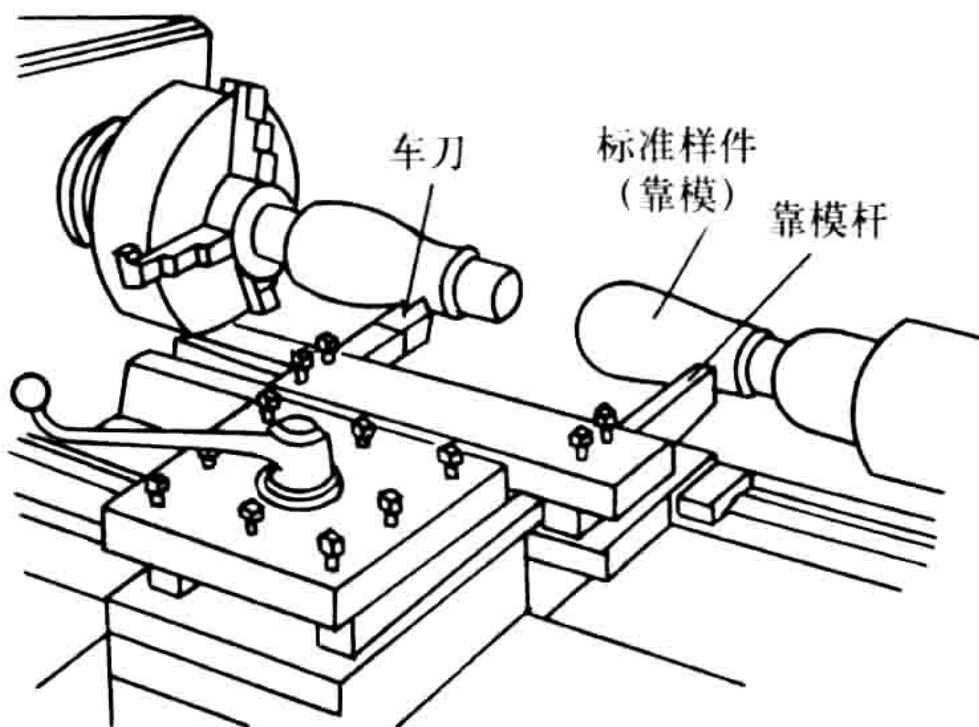


图 6-22 尾座靠模法车成形面

法简单，在一般车床上都能使用。

(3) 横向靠模法 用以车工件端面上的成形面，如图 6-23 所示。靠模装夹在尾座套筒锥孔内的夹板上，用螺钉紧固。把装有刀杆的刀夹装夹在方刀架上，滚轮由弹簧保证紧靠住靠模。为了防止刀杆在刀夹中转动，在刀杆上铣一个键槽安装键。车削时，中滑板自动进给，滚轮沿着靠模的曲线表面横向移动，车刀即车出工件的成形端面。

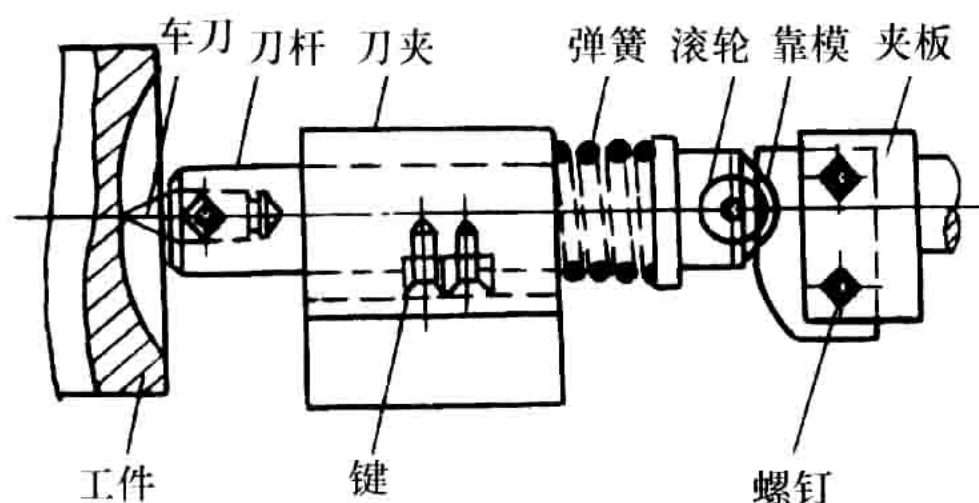


图 6-23 横向靠模法车成形面

## 五、车 偏 心

### 1. 在自定心卡盘上车偏心工件（图 6-24）

这种方法适用于加工数量较多，长度较短，偏心距较小，精度要求不高的偏心工件。

装夹工件时，应在自定心卡盘中的一个爪上加上垫片，其垫片厚度计算公式如下

$$x = 1.5e \pm K; K = 1.5\Delta e$$

式中  $x$ ——垫片厚度（mm）；

$e$ ——偏心工件的偏心距 (mm);

$K$ ——偏心距修正值 (mm), 正负值按实测结果确定;

$\Delta e$ ——试切削后实测偏心误差。

【例】用自定心卡盘车一个偏心工件,  $d = 50\text{mm}$ ,  $e = 4\text{mm}$ , 求垫片厚度。

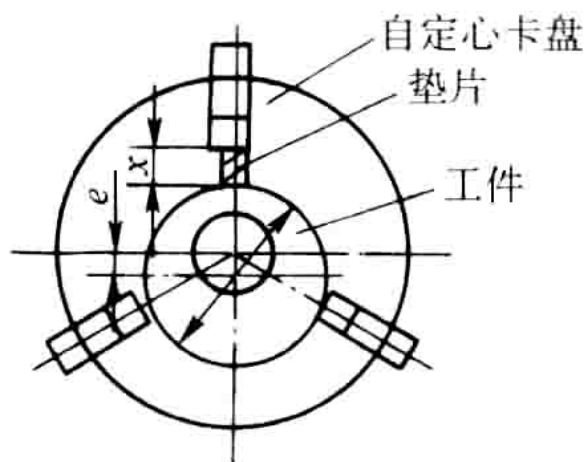


图 6-24 用自定心卡盘装夹车偏心工件

【解】  $x = 1.5e = 1.5$

$\times 4\text{mm} = 6\text{mm}$

若试切后实测偏心距为  $4.04\text{mm}$

$$\Delta e = 4.04\text{mm} - 4\text{mm} = 0.04\text{mm}$$

$$K = 1.5 \times 0.04\text{mm} = 0.06\text{mm}$$

则垫片实际尺寸为

$$x = 1.5e - K = 6\text{mm} - 0.06\text{mm} = 5.94\text{mm}$$

## 2. 在双卡盘上车偏心工件 (图 6-25)

这种方法适用于加工长度较短、偏心距较小, 数量较多的偏心工件。

加工前应先调整偏心距。首先用一根加工好的心轴装夹在自定心卡盘上, 并找正。然后调整单动卡盘, 将心轴中心偏移一个工件的偏心距。卸下心轴, 就可以装夹工件进行加工。这种方法的优点是一批工件中只需找正一次偏心距; 缺点是两个卡盘重叠一起, 刚性较差。



### 3. 在花盘上车偏心工件 (图 6-26)

这种方法适用于加工工件长度较短, 偏心距较大, 精度要求不高的偏心孔工件。

在加工偏心孔前, 先将工件外圆, 两端面加工至要求后, 在一端面上划好偏心孔的位置, 然后用压板把工件装夹在花盘上, 用划线盘进行找正后压紧, 即可车削。

### 4. 用偏心卡盘车偏心工件 (图 6-27)

这种方法适用于加工短轴、盘、套类的较精密的偏心工件。

偏心卡盘分两层, 花盘用螺钉固定在车床主轴的连接盘上, 偏心体与花盘燕尾槽相互配合, 其上装有自定心卡盘。利用丝杠来调整卡盘的中心距。偏心距  $e$  的大小可在两个测头 1、2 之间测量。当偏心距为零时, 测头 1、2 正好相碰。转动丝杠时, 测头 2 逐渐离开 1, 离开的尺寸即是偏心距。当偏心距调整好后, 用四个螺钉紧固, 把工件装夹在自定心卡盘上, 就可以进行车削。

其优点是装夹方便, 能保证加工质量, 并能获得较高

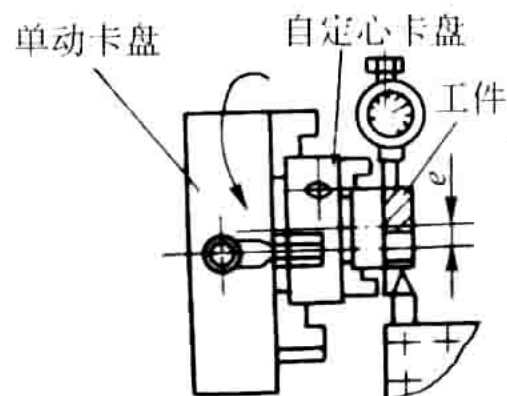


图 6-25 用双卡盘装夹车偏心工件

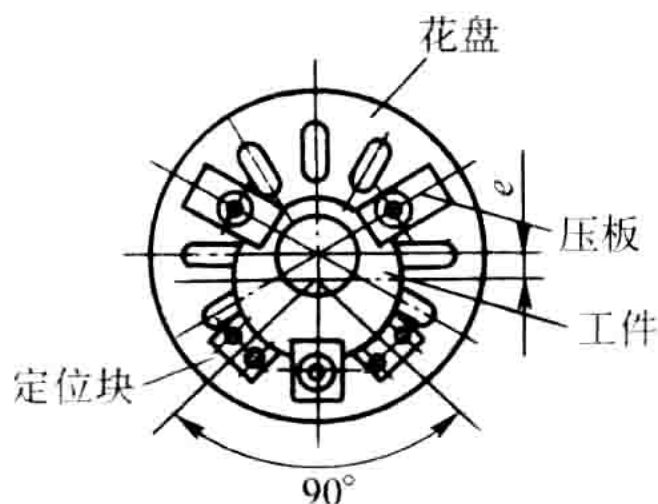


图 6-26 用花盘装夹车偏心工件



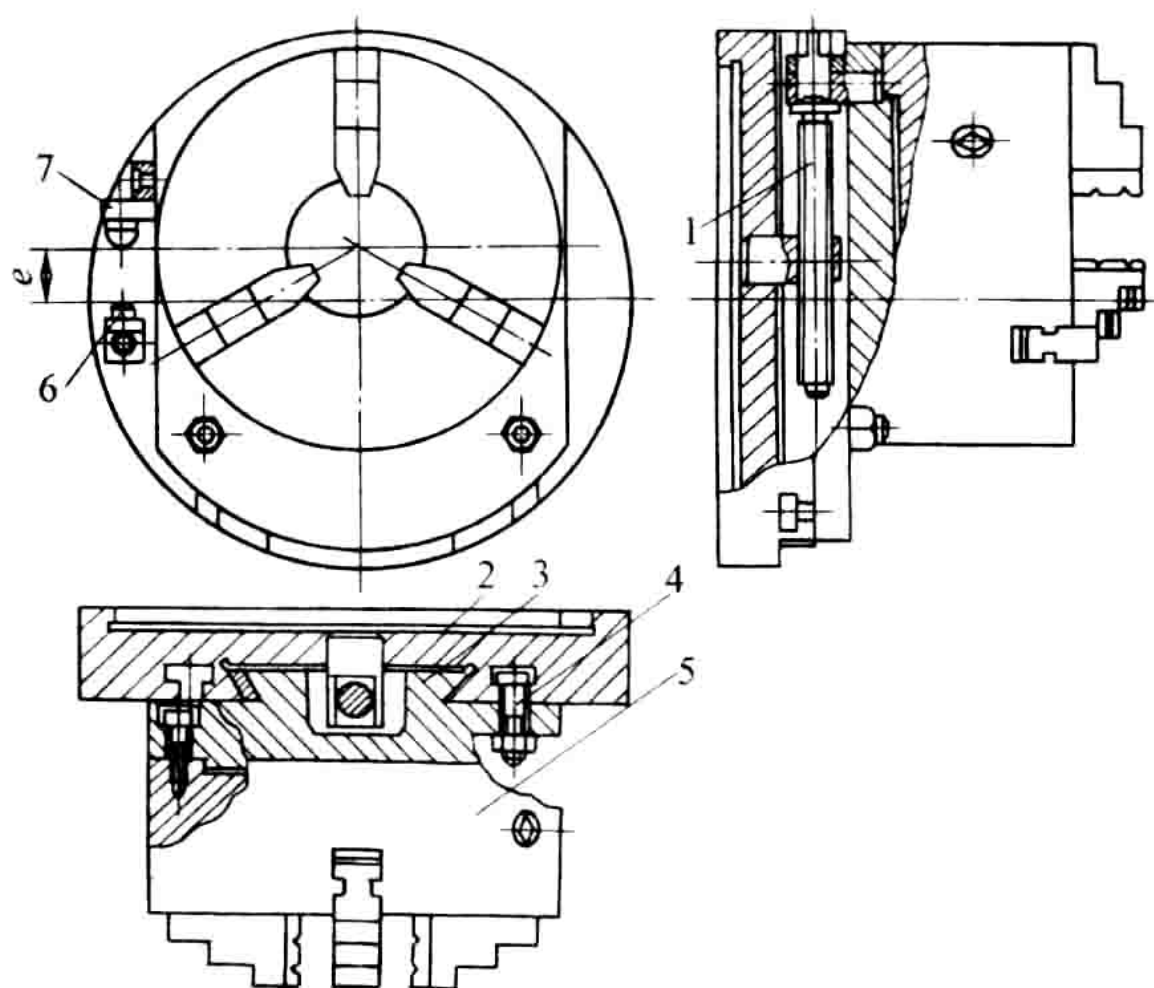


图 6-27 偏心卡盘

1—丝杠 2—花盘 3—偏心体 4—螺钉  
5—自定心卡盘 6、7—测头

的精度，通用性强。

### 5. 用两顶尖车偏心工件（图 6-28）

这种方法适用于加工较长的偏心工件。

在加工前应先在工件两端划出中心点的中心孔

和偏心点的中心孔，并加工出中心孔，然后用前后顶尖顶

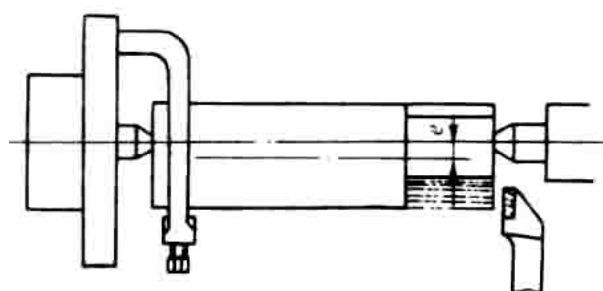


图 6-28 用两顶尖装夹偏心工件

住，便可以车削了。

若偏心距小时，可采用切去中心孔的方法加工（图 6-29）。

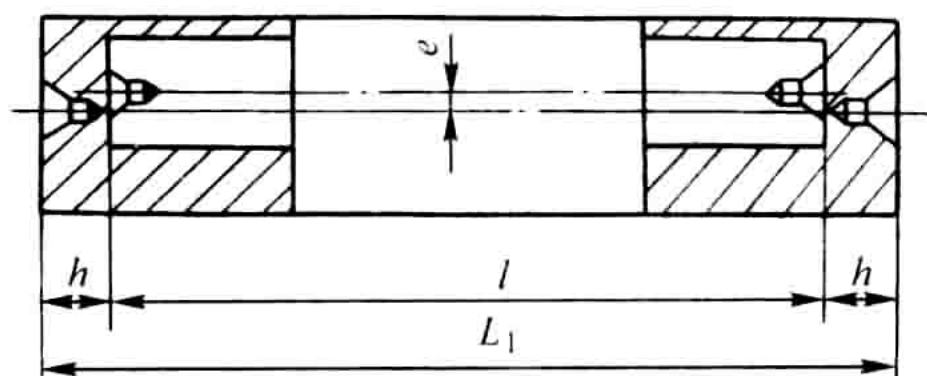


图 6-29 毛坯尺寸加长的偏心轴

偏心距较小的偏心轴，在钻偏心中心孔时可能跟主轴中心孔相互干涉。这时可将工件长度加长两个中心孔的深度。加工时，可先把毛坯车成光轴，然后车去两端中心孔至工件要求的长度，再划线，钻偏心中心孔，车偏心轴。

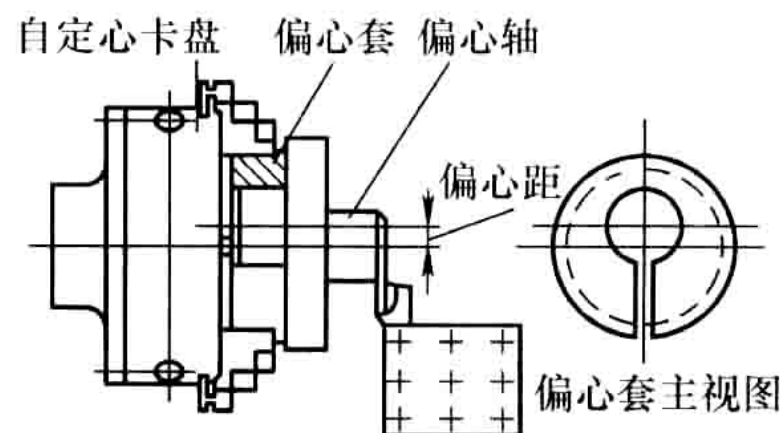
## 6. 用专用夹具车偏心工件（图 6-30）

这种方法适用于加工精度要求高而且批量较大的偏心工件。

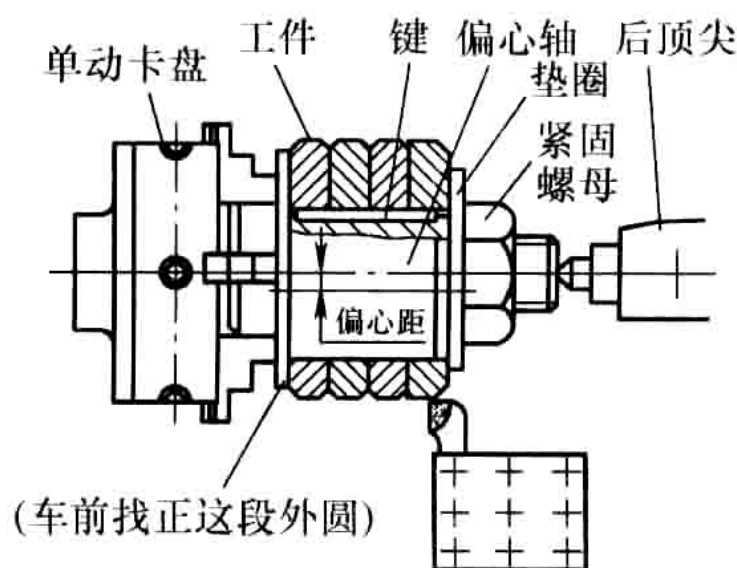
加工前应根据工件上的偏心距加工出相应的偏心轴或偏心套，然后将工件装夹在偏心套或偏心轴上进行车削。

## 7. 测量偏心距的方法

（1）用心轴和指示表测量（图 6-31） 这种测量方法适用于精度要求较高而偏心距较小的偏心工件。用指示表测量偏心工件，是以孔作为基准面，用一个夹在自定心卡盘上的心轴支承工件。指示表的测头指在偏心工件的外圆上，将偏心工件的一个端面靠在卡爪上，缓慢转动。指示



a) 用偏心套车偏心轴



b) 用偏心轴车偏心套

图 6-30 车削偏心专用夹具

表上的读数应该是两倍的偏心距，否则工件的偏心距就不合格。

(2) 用等高 V 形架和指示表测量 (图 6-32) 用指示表测量偏心轴时，可将偏心轴放在平板上的两个等高的 V 形架上支承。指示表测头指在偏心外圆上，缓慢转动偏心轴。指示表上的读数也应该等于两倍偏心距。

以上两种方法中，指示表也可装在游标高度卡尺上使

用（图 6-33），以扩大测量范围。

（3）用两顶尖孔和指示表测量（图 6-34）这种方法适用于两端有中心孔，偏心距较小的偏心轴测量。其测量方法是将工件装夹在两

顶尖之间，指示表的测头指在偏心工件的外圆上，用手转动偏心轴，指示表上的读数应是偏心距的两倍。

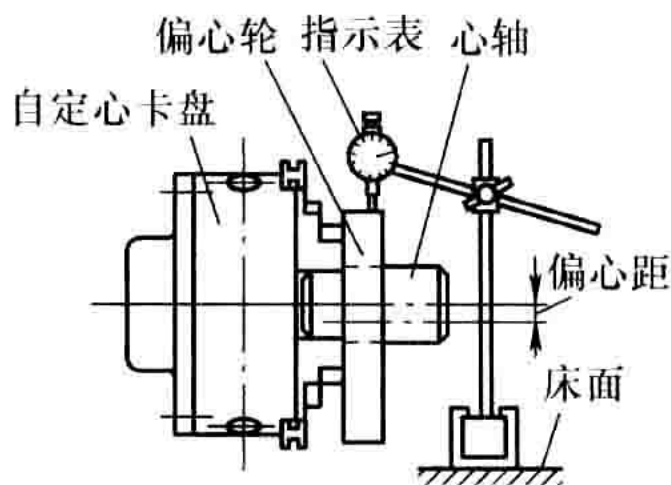


图 6-31 用心轴和指示表测量偏心轮

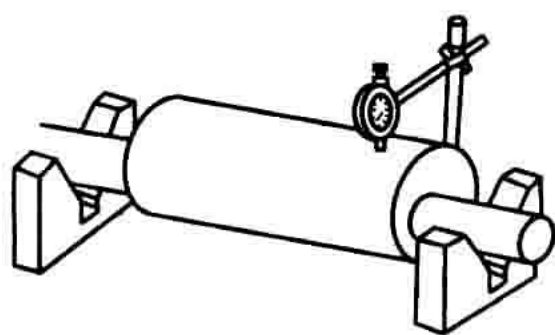


图 6-32 用等高 V 形架和指示表测量偏心轴

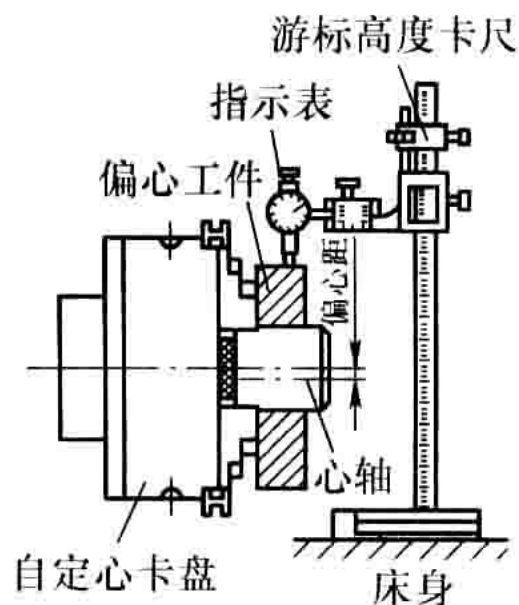


图 6-33 指示表与游标高度卡尺配合测量偏心工件

偏心套的偏心距也可用上述的方法来测量，但是必须将偏心套装在心轴上才能测量。

(4) 用 V 形架间接测量 (图 6-35) 因受指示表测量范围的限制, 偏心距较大的工件可用间接测量偏心距的方法。把工件放在平板上的 V 形架上, 转动偏心轴, 用指示表测出偏心轴的最高点。工件固定不动, 水平移动指示表, 测出偏心轴外圆到基准轴外圆之间的距离  $a$ , 然后用下式计算出偏心距  $e$

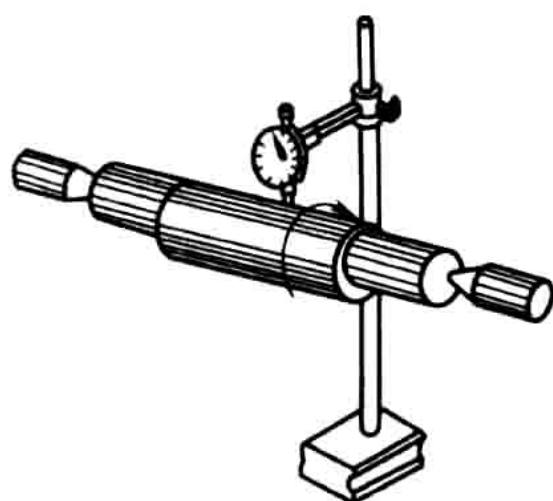


图 6-34 用两顶尖孔和指示表测量偏心工件

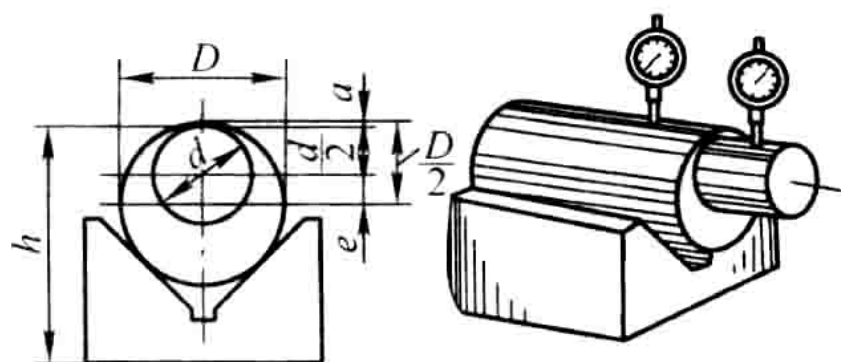


图 6-35 用 V 形架间接测量偏心距

$$D/2 = e + d/2 + a$$

$$e = D/2 - d/2 - a$$

式中  $e$ ——偏心距 (mm);

$D$ ——基准轴直径 (mm);

$d$ ——偏心轴直径 (mm);

$a$ ——基准轴外圆到偏心轴外圆之间的最小距离

(mm)。

用这种方法,必须把基准轴直径和偏心轴直径用千分尺测量出正确的实际尺寸,否则计算时会产生误差。

## 六、滚 压 加 工

滚压加工是一种对机械零件表面进行光整和强化加工的工艺。在车床上应用滚压工具在工件表面上施加一定的压力来强行滚压,可使金属表层产生塑性变形,修正工件表面的微观几何形状,降低表面粗糙度值,同时提高工件的表面硬度、耐磨性和抗疲劳强度。这种方法主要用于大型轴类、套筒类零件的内、外旋转表面的加工,滚压螺钉、螺栓等零件的螺纹,以及滚压小模数齿轮和滚花加工等。

### 1. 滚压加工常用工具及其应用 (表 6-5)

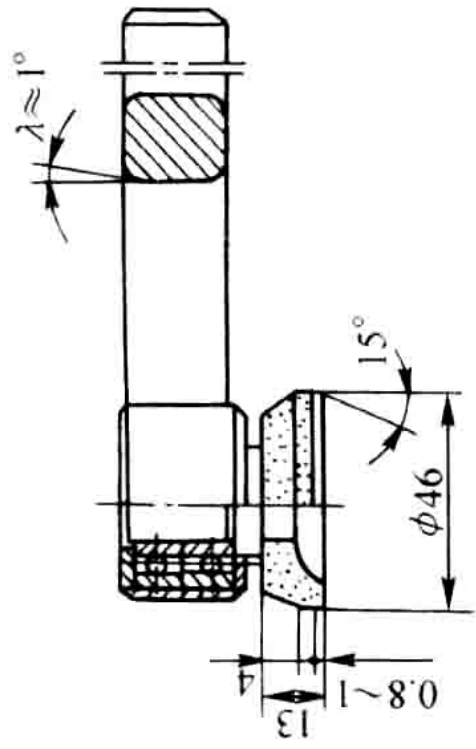
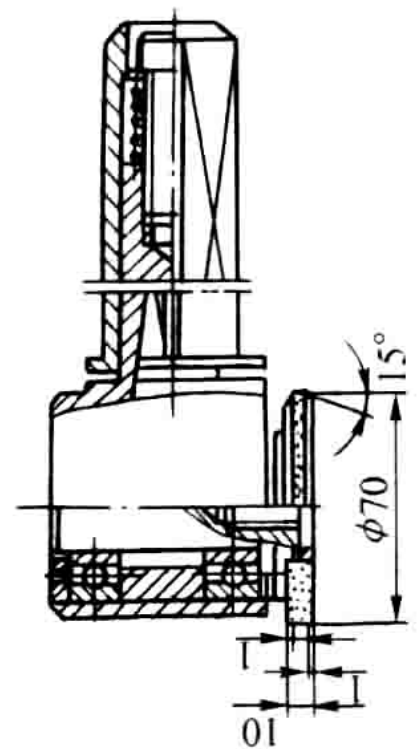
### 2. 滚轮式滚压工具常用的滚轮外圆形状及应用

(1) 带圆柱形部分(宽度为  $b$ )和斜角的滚轮(图 6-36) 这种滚轮适用于滚压长度不受限制的圆柱面或平面。滚压小零件时,  $b = 2 \sim 5\text{mm}$ ; 滚压大零件时,  $b = 12 \sim 15\text{mm}$ 。

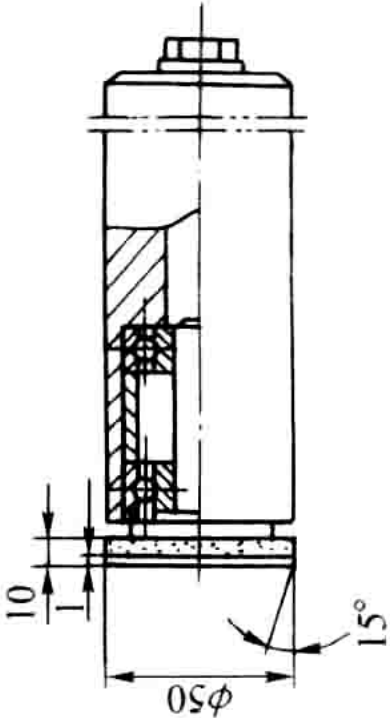
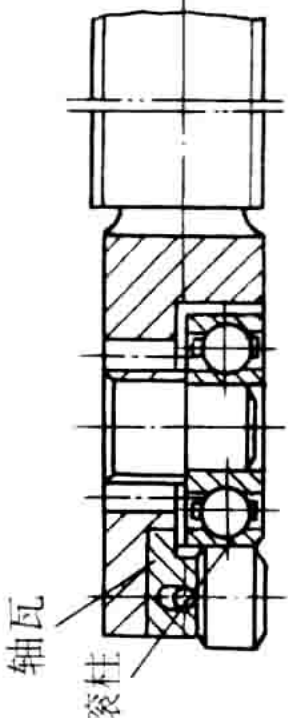
(2) 具有半径  $R$  的球形面滚轮(图 6-37) 这种滚轮适用于滚压刚性较差的零件,圆柱面或平面的长度不受限制。

(3) 凸出部分具有半径  $R$  的球形面滚轮(图 6-38) 这种滚轮适用于滚压零件上的凹槽或凹圆角。

表 6-5 滚压加工常用工具及其应用

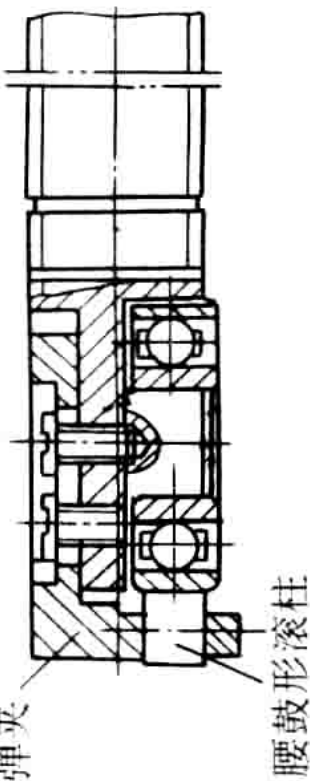
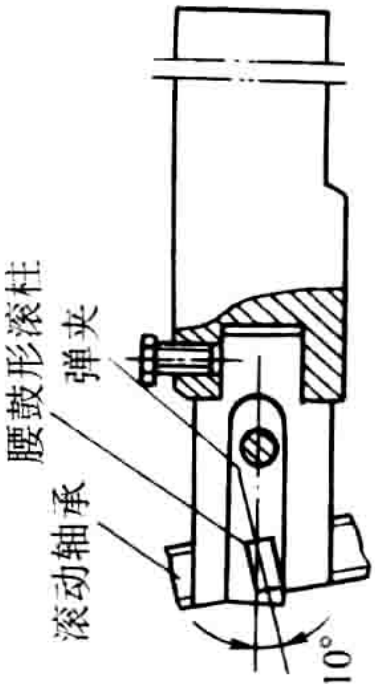
形式	结构示意图	特点	注意事项
硬质合金滚轮式内、外圆滚压工具	 <p>滚压小尺寸外圆</p>	<p>1. 具有滚辗和滚研压两种效应,滚压效果较好</p> <p>2. 滚轮外径较大,减小了滚轮的转速,使滚轮的寿命增加,且可采用较高的滚压速度</p> <p>3. 滚压时,无须加油润滑,冷却</p>	<p>1. 工具的滚轮轴线应相对工件轴线在垂直平面内,顺时针方向倾斜 <math>\lambda = 1^\circ</math> 左右,使其具有楔入及滚研压效应</p> <p>2. 安装工具时,应使滚轮轴线相对工件轴线在水平面内顺时针方向倾斜 <math>1^\circ</math> 左右 (目测时,滚轮型面与工件的实际接触宽度约 <math>3 \sim 4\text{mm}</math>),以使工件表面的弹性变形区逐渐复原、挤光</p>
	 <p>滚压大尺寸外圆</p>		

(续)

形式	结构示意图	特点	注意事项
硬质合金滚轮式内、外圆滚压工具	 <p>滚压内孔</p>	<p>4. 能滚压台阶轴、短孔、不通孔等塑性材料的工件</p>	<p>3. 滚轮的滚辗压角 <math>\gamma = 10^\circ \sim 14^\circ</math> 以保证顺利楔入工件进行滚辗</p> <p>4. 滚压前, 工件表面和滚轮型面应保持清洁无油污。工件表面不应有局部缩孔或硬化现象</p>
滚柱式内、外圆滚压工具	 <p>滚压外圆</p>	<p>1. 具有较大的滚研压效应的</p> <p>2. 滚柱与工件的接触面小, 滚压时, 无须施加很大的压力</p>	<p>1. 安装工具时, 滚柱对准工件中心, 并使滚柱轴线相对工件轴线在垂直平面上顺时针方向倾斜一个角度 <math>\lambda</math></p>

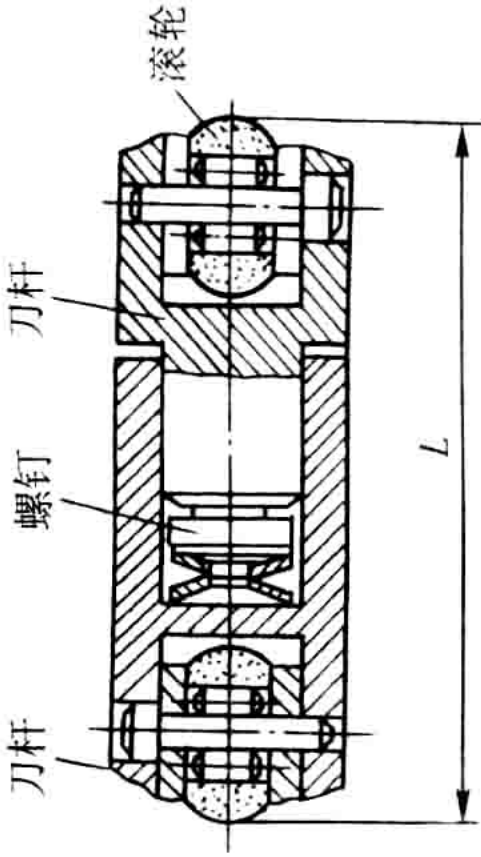


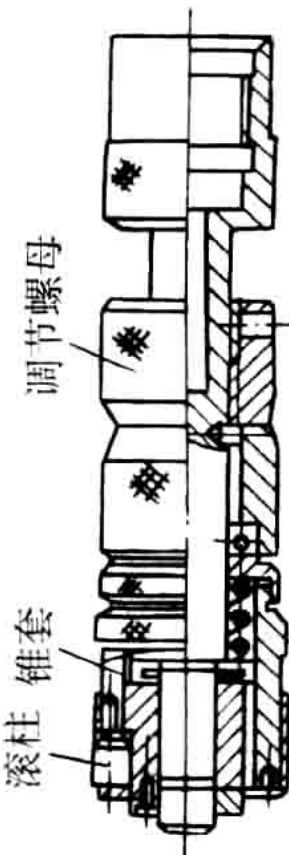
(续)

形式	结构示意图	特点	注意事项
滚压大孔		<p>3. 不宜滚压经调质处理的硬度高的工件, 对不通孔和有台阶的内孔, 不能滚压到底</p>	<p>外圆滚压 <math>\lambda = 15^\circ \sim 30^\circ</math></p> <p>内孔滚压 <math>\lambda = 5^\circ \sim 25^\circ</math></p> <p>中小孔滚压 <math>\lambda = 10^\circ</math></p> <p>2. 滚柱与弹夹的配合间隙不宜过大, 一般在 0.1mm 左右, 否则工件表面会产生振动痕迹</p>
滚压小孔			

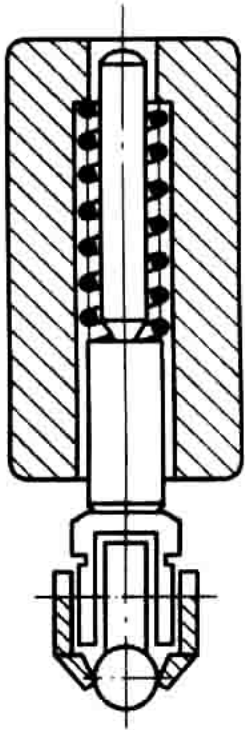
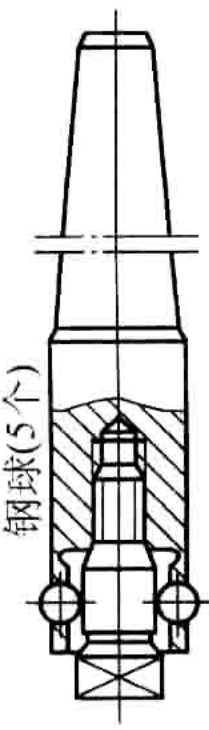
滚柱式内、外圆滚压工具

(续)

形式	结构示意图	特点	注意事项
硬质合金 YZ 型深孔滚压工具 滚压深孔		<p>1. 为加工不同尺寸范围的孔径,滚压工具可调节或改组成不同长度的规格 (<math>L = 80 \sim 95\text{mm}</math>, <math>95 \sim 110\text{mm}</math>, <math>110 \sim 230\text{mm}</math>)</p> <p>2. 采用弹性方式滚压,压力均匀,调整方便</p> <p>3. 在滚轮进入给方向前装给有滚压导向部分,能保持滚压后的表面粗糙度</p>	<p>1. 成组碟形弹簧应采取面对面对背“《》”或背对背“《》”的装法</p> <p>2. 滚轮材料为 YG6X,其型面可在工具磨床上用碗形砂轮磨出,然后用海绵蘸研磨膏研磨</p>

形式	结构示意图	特点	注意事项
圆锥滚柱深孔滚压工具	 <p style="text-align: center;">滚 压 深 孔</p>	<p>1. 采用圆锥形滚柱型面, 滚压时, 滚柱与工件具有 <math>30' \sim 1^\circ</math> 的斜角, 使工件的弹性变形区逐渐复原以降低孔壁的表面粗糙度值</p> <p>2. 与钢珠型面相比, 它同工件的接触面增大, 从而可加大进给量</p>	<p>1. 滚压时应采用切削液, 它可由 50% 硫化切削液 + 50% 柴油或全损耗系统用油、煤油配制而成</p> <p>2. 滚柱的压入深度可由调节螺母调整, 调节螺母旋转一圈, 滚压头直径方向的增量 <math>x = 2 \times 1.5 \text{ mm} \times \tan 30' = 0.0262 \text{ mm}</math></p> <p>式中 调节螺母的螺旋距为 1.5 mm</p> <p>心轴锥套圆锥体斜角为 <math>30'</math></p>

(续)

形式	结构示意图	特点	注意事项
滚压外圆		<p>1. 采用滚动轴承的滚珠,具有高精度、高硬度,低表面粗糙度值等优点</p> <p>2. 滚珠与工件的轴向摩擦力小,因而滚压工具的轴向载荷小</p>	<p>1. 为使滚珠和工件之间的摩擦力大于滚珠和支承之间的摩擦力,滚珠应支承在一个或两个滚动轴承的外环上</p> <p>2. 弹性滚压工具有于滚压精度不太高的场合</p>
滚压内孔		<p>3. 滚压内孔的滚压工具,其直径大小可以调节</p>	

滚珠式滚压工具

(4) 具有综合形状的滚轮 (图 6-39) 这种滚轮适用于滚压零件上的端面 ( $a$  部分)、凹形面 ( $R$  部分) 和圆柱面 ( $b$  部分)。

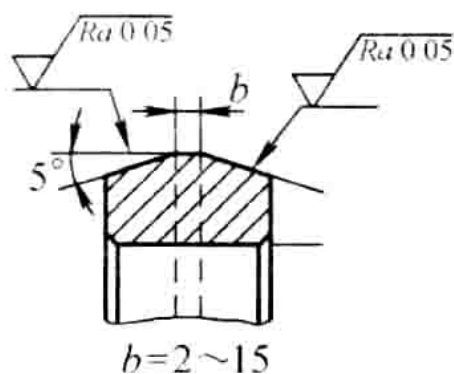


图 6-36 带圆柱形部分 (宽度为  $b$ ) 和斜角的滚轮

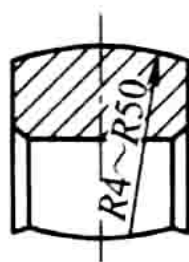


图 6-37 具有半径  $R$  的球形面滚轮

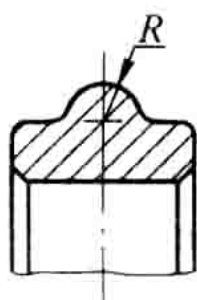


图 6-38 凸出部分具有半径  $R$  的球形面滚轮

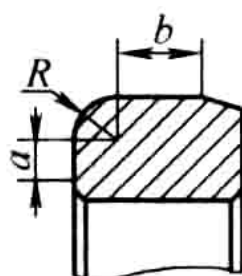


图 6-39 具有综合形状的滚轮

(5) 滚压特殊形状表面的滚轮 (图 6-40) 这种滚轮适用于滚压特殊形状的零件。

滚轮可用 T12A、CrWMn、Cr12、5CrNiMn 等材料制造, 热处理硬度为 58 ~ 65HRC, 也可采用硬质合金制造。

滚轮一般支承在滚动轴承上。滚轮的表面粗糙度值一般在  $Ra0.2\mu m$  以

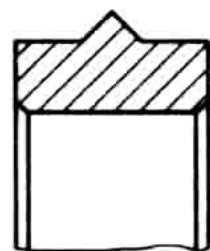


图 6-40 滚压特殊形状表面的滚轮

下。滚轮与相配合的心轴的同轴度误差应小于  $0.01\text{mm}$ 。

### 3. 滚轮滚压的加工方法

滚轮滚压可加工圆柱形或锥形的外表面和内表面，曲线旋转体的外表面、平面、端面、凹槽，台阶轴的过渡圆角等（图 6-41）。

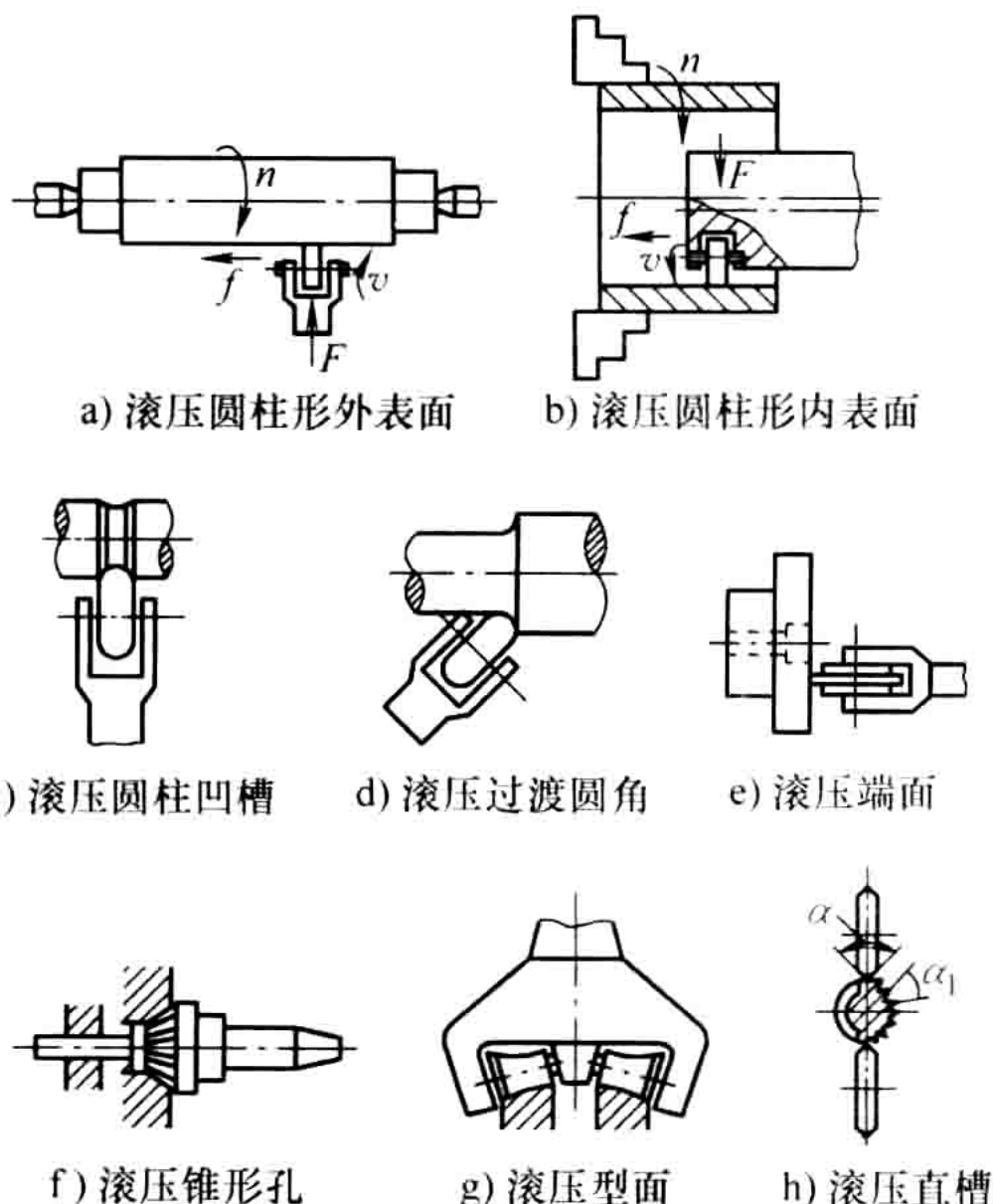


图 6-41 滚轮滚压示例

滚压用的滚轮数量有一个、两个或三个。单一滚轮滚压只能用于具有足够刚度的工件。若工件刚度较小，则须

用两个或三个滚轮，在相对的方向上同时进行滚压，以免工件弯曲变形（图 6-42）。

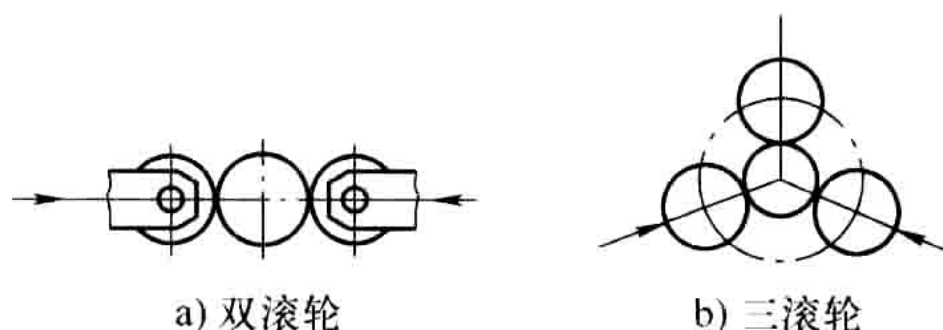


图 6-42 多滚轮滚压圆柱形外表面示意

#### 4. 滚花

(1) 花纹的种类及其尺寸（GB/T 6403.3—2008）

按标准规定，花纹有直纹和网纹两种。花纹的粗细由节距  $p$  来决定，滚花的标注方法及其尺寸见图 6-43 和表 6-6。

表 6-6 滚花尺寸表（单位：mm）

模数 $m$	$h$	$r$	节距 $p$
0.2	0.132	0.06	0.628
0.3	0.198	0.09	0.942
0.4	0.264	0.12	1.257
0.5	0.326	0.16	1.571

注：表中  $h = 0.785m - 0.414r$ 。

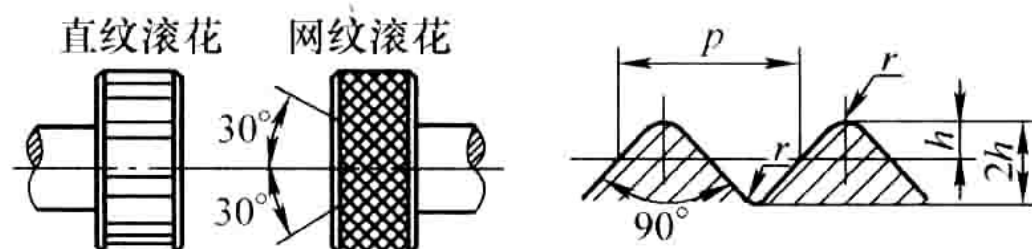


图 6-43 滚花种类及标注方法

标记示例:

- 1) 模数  $m = 0.3\text{mm}$  直纹滚花: 直纹  $m0.3$ 。
- 2) 模数  $m = 0.4\text{mm}$  网纹滚花: 网纹  $m0.4$ 。

(2) 滚花刀的种类 滚花刀一般有单轮、双轮及六轮三种 (图 6-44)。单轮滚花刀通常用于滚压直纹, 双轮滚花刀和六轮滚花刀用于滚压网纹。双轮滚花刀由节距相同的一个左旋和一个右旋滚花刀组成一组。六轮滚花刀是把网纹模数  $m$  不等的三组双轮滚花刀装在同一把特制的刀杆上。

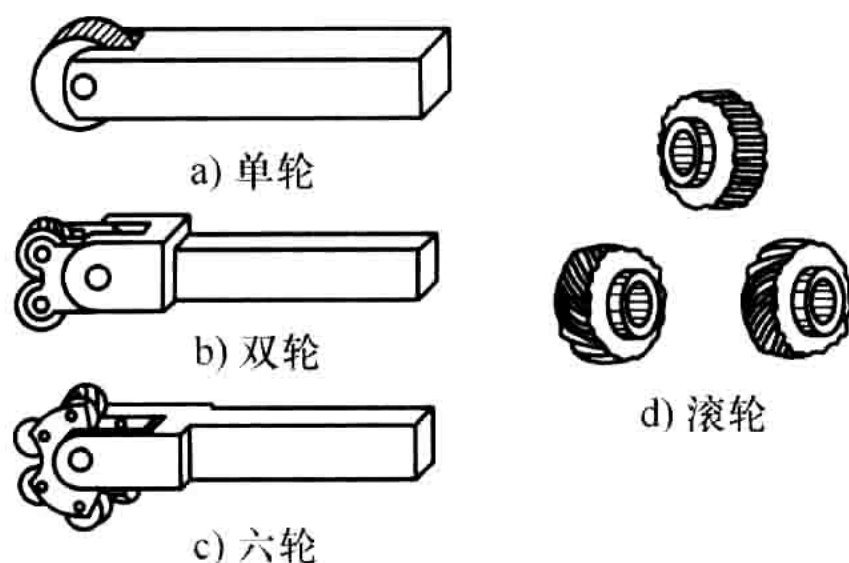


图 6-44 滚花刀的种类

### (3) 滚花加工时的注意事项

1) 滚花时产生的背向力较大,使工件表面产生塑性变形。所以在车削外径时,应根据工件材料的性质和滚花节距  $p$  的大小,将滚花部位的外径车小约  $(0.2 \sim 0.5)p$ 。

2) 滚花前,工件表面粗糙度值应为  $Ra12.5\mu\text{m}$ 。

3) 滚花刀的装夹应与工件表面平行。在滚花刀开始



接触工件时，必须用较大的压力进给，使工件圆周上一开始就形成较深的花纹，不易产生乱纹。这样来回滚压 1 ~ 2 次，直到花纹凸出为止。

为了减少开始时的背向力，可用滚花刀宽度的 1/2 或 1/3 进行滚压，或把滚轮刀尾部安装得略向左偏一些，使滚花刀与工件表面有一个很小的夹角（类似车刀的

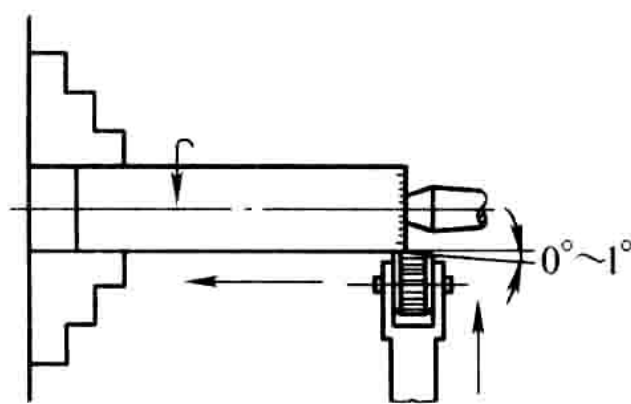


图 6-45 滚花刀的安装

副偏角)，这样滚花刀就容易切入工件表面（图 6-45）。

4) 滚花时应选择较低的切削速度。在滚花过程中，必须经常加入切削液并清除切屑，以免损坏滚花刀，防止滚花刀被切屑堵塞而影响花纹的质量。

5) 滚花后工件直径大于滚花前直径，其值  $\Delta \approx (0.8 \sim 1.6) m$ 。

6) 滚花一般在精车之前进行。

## 七、冷绕弹簧

1. 卧式车床可绕制弹簧的种类（图 6-46）

2. 绕制圆柱形螺旋弹簧用心轴直径的计算

(1) 冷绕弹簧用心轴直径的经验公式

$$D_0 = \left[ \left( 1 - 0.0167 \times \frac{d + D_1}{d} \right) \pm 0.02 \right] \times D_1$$

式中  $D_0$ ——心轴直径 (mm);  
 $D_1$ ——弹簧内径 (mm);  
 $d$ ——钢丝直径 (mm)。

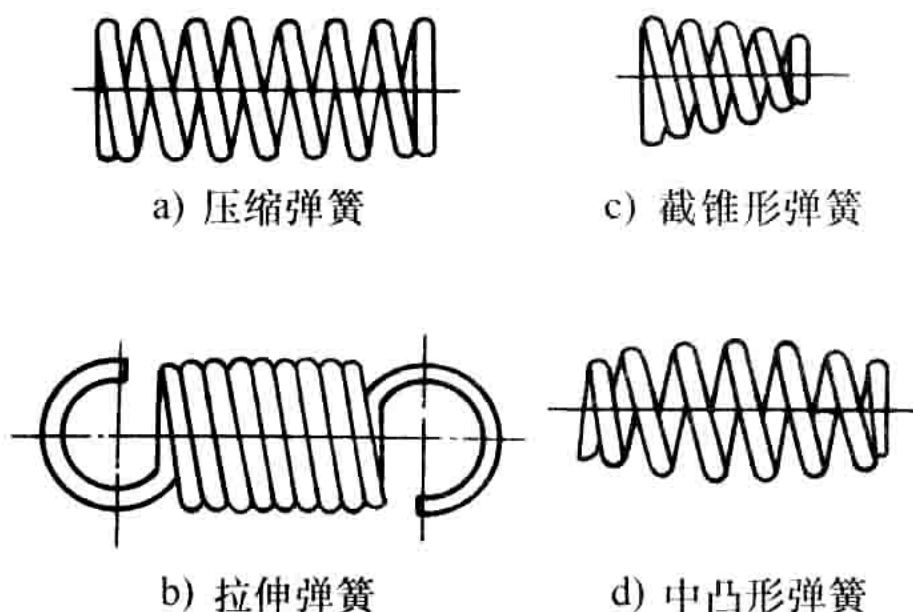


图 6-46 弹簧的种类

如果用中级弹簧钢丝, 钢丝直径  $d < 1\text{mm}$  时, 心轴系数取  $-0.02\text{mm}$ ;  $d > 2.5\text{mm}$  时, 取  $+0.02\text{mm}$ 。

当用高级弹簧钢丝、钢丝直径  $d < 2\text{mm}$  时, 心轴系数取  $-0.02\text{mm}$ ;  $d > 3.5\text{mm}$  时, 取  $+0.02\text{mm}$ 。钢丝直径在上述范围外, 此项系数可不考虑。

## (2) 冷绕弹簧用心轴直径的近似公式

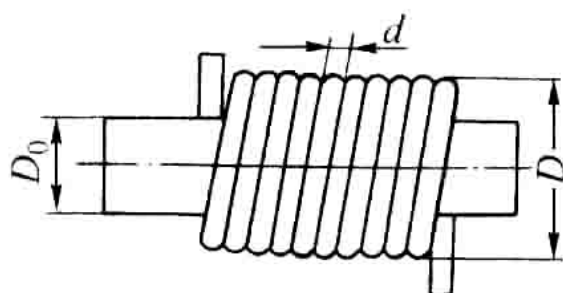
$$D_0 = (0.75 \sim 0.8) D_1$$

如果弹簧以内径与其他零件相配, 近似公式中的系数应选用较大值; 如果弹簧以外径与其他零件相配, 近似公式中的系数应选用较小值。弹簧心轴直径也可查表 6-7。

计算和查得的心轴直径是近似的。正式绕制弹簧前, 最好先进行试验, 即先绕 2 ~ 3 圈, 让其扩大、然后测量

内径是否符合要求，再根据测量结果修正心轴直径。如果

**表 6-7 弹簧心轴直径 (单位: mm)**



$d$	0.3	0.5	0.8	1.0	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	心轴公差
$D$	心轴直径 $D_0$										
3	2.1										$\pm 0.1$
4	3.1	2.5									
5	4.0	3.5	2.7	2.0							
6	5.0	4.5	3.6	2.9							
8		6.4	5.5	4.8							
10		8.4	7.4	6.7							
12			9.3	8.5	6.1	4.8					
14			11.1	10.4	8.0	6.6	5.2				
18				14.3	11.9	10.4	9.0				$\pm 0.2$
20				16.2	13.8	12.2	10.8				
22					16.6	14.1	12.7	10.5			
32					25.5	24.0	22.5	20.2	17.2	16.1	
40							30.3	28.1	26.1	24.0	
50								37.9	35.8	33.5	
60								47.2	45.0	42.5	

注: 1. 在车床上热盘弹簧, 心轴直径应等于弹簧内径。

2. 冷绕弹簧用的心轴直径按小于弹簧内径选定, 其差值按经验决定。2 级和 3 级精度钢弹簧可按本表的数据选用。

3. 表中  $D$  为弹簧外径,  $d$  为钢丝直径。

心轴直径偏差不大，也可以利用调整对钢丝牵引力的方法，使弹簧的直径稍微增大或减小。

## 八、车细长轴

工件的长度与直径之比大于 25 ( $L/d > 25$ ) 的轴类零件称为细长轴。

### 1. 细长轴的加工特点

1) 工件刚性差、拉弯力弱，并有因材料自重下垂的弯曲现象。

2) 在切削过程中，工件受热伸长会产生弯曲变形，甚至会使工件卡死在顶尖间而无法加工。

3) 工件受切削力作用易产生弯曲，从而引起振动，影响工件的精度和表面粗糙度。

4) 采用跟刀架和中心架辅助工、夹具，对操作技能要求高，与之配合的机床、夹具、刀具等多方面的协调困难，也是产生振动的原因，会影响加工精度。

5) 由于工件长，每次进给的切削时间长，刀具磨损和工件尺寸变化大，难以保证加工精度。

因此，在车削细长轴时，对工件的装夹、刀具、机床、辅助工夹具及切削用量等要合理选择，精心调整。

### 2. 细长轴的装夹

(1) 钻中心孔 将棒料一端钻好中心孔。当毛坯直径小于机床主轴通孔时，按一般方法加工中心孔，但是棒料伸出床头后面的部分应加强安全措施；当棒料直径大于机床主轴通孔或弯曲较大时，则用卡盘夹持一端，另一端用

中心架支承其外圆毛坯面，先钻好可供活顶尖顶住的不规则中心孔，然后车出一段完整的外圆柱面，再用中心架支承该圆柱面，修正原来的中心孔，达到圆度的要求。应注意，在开始架中心架时，应使工件旋转中心与中心钻的中心重合，否则中心钻在工件端面上划圈，导致中心钻折断。

中心孔是细长轴的主要定位基准。精加工时，中心孔要求更高。一般精加工前要修正中心孔，使两端中心孔同轴，角度、圆度、表面粗糙度符合要求。因此，在必要时还应将两端中心孔进行研磨。

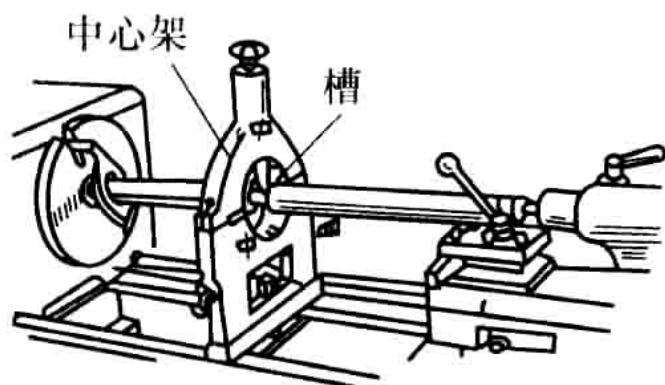


图 6-47 中心架直接支承在工件中间

## (2) 装夹方式

### 1) 用中心架装夹

① 中心架直接支承在工件中间（图 6-47）。这种方法适用于允许调头接刀车削，这样支承可改善细长轴的刚性。在工件装上中心架之前，必须在毛坯中间车一段安装

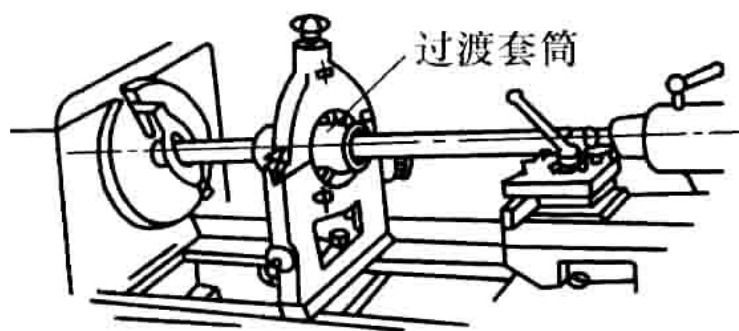


图 6-48 用过渡套筒支承工件

中心架卡爪的沟槽。

车削时，卡爪与工件接触处应经常加润滑油。为了使卡爪与工件保持良好的接触，也可以在卡爪与工件之间加一层砂布或研磨剂，使接触更好。

② 用过渡套筒支承工件（图 6-48）。要在细长轴中间车削一条沟槽是比较困难的，为了解决这个问题，可采用过渡套筒装夹细长轴，使卡爪不直接与毛坯接触，而使卡爪与过渡套筒的外表面接触。过渡套筒的两端各装有四个螺钉，用这些螺钉夹住毛坯工件，但过渡套筒的外圆必须找正。

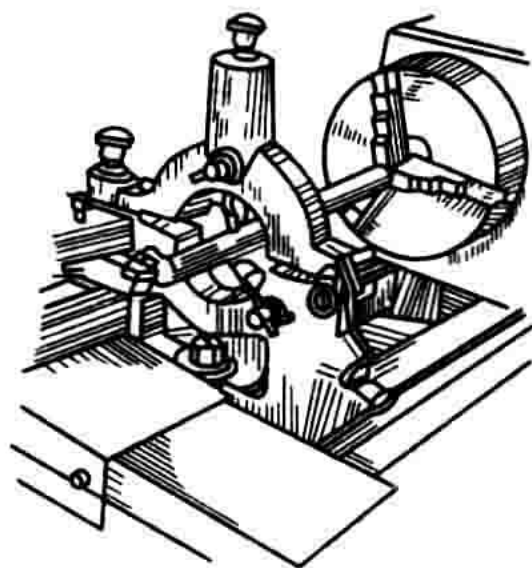


图 6-49 一端夹住、一端架中心架

③ 一端夹住、一端架中心架（图 6-49）。除钻中心孔外，车削长轴的端面、较长套筒的内孔、内螺纹时，都可用一端夹住、一端架中心架的方法。这种方法使用范围广泛。

④ 对中心架支承卡爪的调整。在调整中心架卡爪前，应在卡盘和顶尖之间将工件两端支承好。中心架卡爪的调整，重点是注意两侧下方的卡爪，它决定工件中心位置是否能保持在水轴轴线的延长线上。因此，支承力应均等而且适度，否则将因操作失误顶弯工件。位于工件上方的卡

爪起承受主切削力  $F_c$  的作用。按顺序, 它应在下方两侧卡爪支承调整稳妥之后, 再进行支承调整, 并注意不能顶压过紧。调整之后应使中心架每个卡爪都能如精密配合的滑动轴承的内壁一样保持相同的微小间隙, 作自由滑动。应随时注意中心架各个卡爪的磨损情况, 及时地调整和补偿。

中心架的三个卡爪在长期使用磨损后, 可用青铜、球墨铸铁或尼龙 1010 等材料的卡爪更换。

2) 用跟刀架装夹 (图 6-50)。车细长轴时最好采用三爪跟刀架 (图 6-51)。它有平衡主切削力  $F_c$ 、背向力  $F_p$  和承受工件重力  $G$  的作用。各支承卡爪的触头由可以更换的耐磨铸铁制成。支承爪圆弧可预先经镗削加工而成, 也可以在车削时利用工件粗车后的粗糙表面进行磨合。在调整跟刀架各支承压力时, 力度要适中, 并要供给充分的切削液, 才能保证跟刀架支承的稳定和工件的尺寸精度。

(3) 装夹时的注意事项

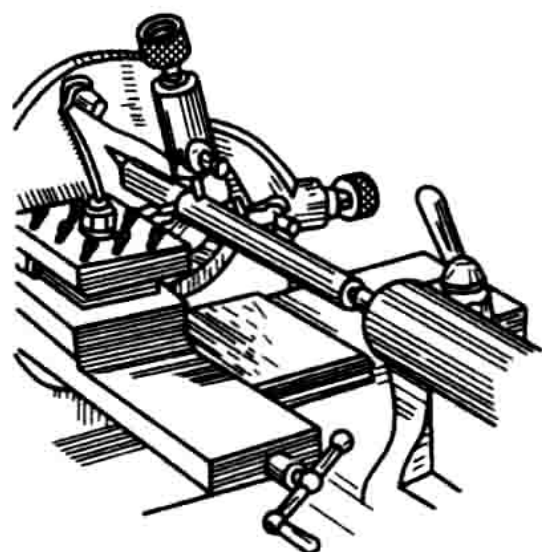


图 6-50 跟刀架装夹工件

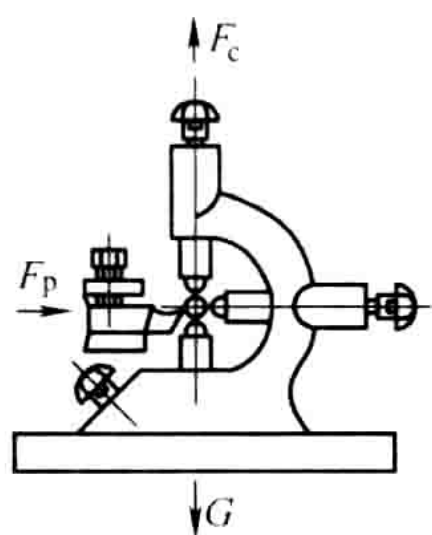


图 6-51 三爪跟刀架



1) 当材料毛坯弯曲较大时, 使用单动卡盘装夹为宜。因为单动卡盘具有可调整被夹工件圆心位置的特点。当工件毛坯加工余量充足时, 利用它将弯曲过大的毛坯部分“借”正, 保证外径能全部车圆, 并应留有足够的半精加工余量。

2) 卡爪夹持毛坯不宜过长, 一般为  $15 \sim 20\text{mm}$ , 并且应加垫铜皮, 或用直径  $\phi 4 \sim \phi 6\text{mm}$  的钢丝在夹头上绕一圈, 充当垫块 (图 6-52)。这样可以防止因材料尾端外圆不平, 产生受力不均而迫使工件弯曲的情况产生。

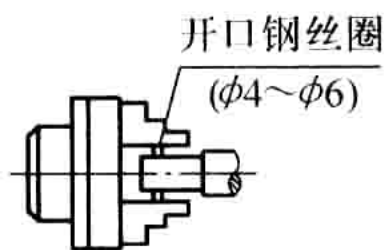


图 6-52 卡盘装夹工件

3) 尾座端顶尖采用弹性回转顶尖 (图 6-53)。

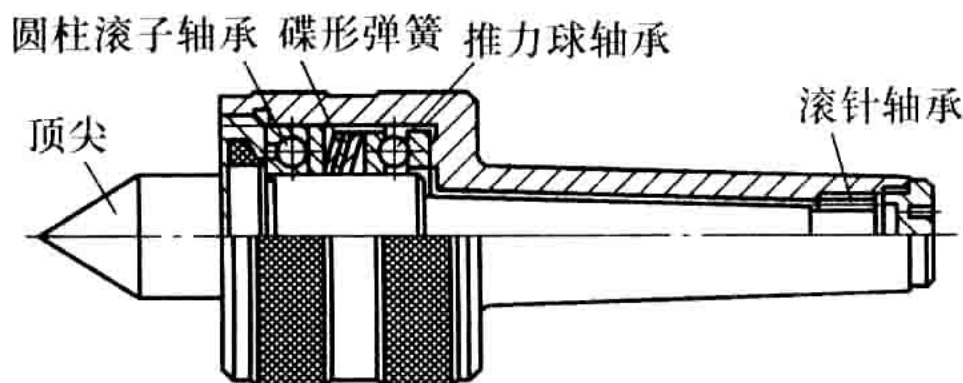


图 6-53 弹性回转顶尖

在加工过程中, 由于切削热而使工件变形伸长时, 工件推动顶尖 1 使碟形弹簧 3 压缩变形, 可有效地补偿工件的热变形伸长, 工件不易弯曲, 使车削顺利。

调整顶尖对工件的压力时, 一般是在车床开动后, 用



手指能将顶尖头部捏住，使其不转动为宜。

## 九、螺 纹 加 工

### (一) 车 螺 纹

#### 1. 对三角形螺纹车刀几何形状的要求

1) 当车刀的背前角<sup>⊙</sup> $\gamma_p = 0^\circ$ 时，车刀的刀尖角 $\varepsilon_r$ 应等于牙型角 $\alpha$ ，如 $\gamma_p \neq 0^\circ$ 应进行修正（图 6-54）。

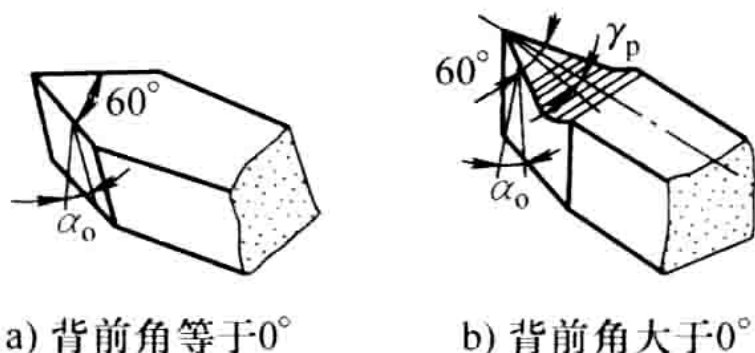


图 6-54 螺纹车刀前角与车刀几何形状关系

$$\tan \frac{\varepsilon'_r}{2} = \tan \frac{\alpha}{2} \cos \gamma_p$$

式中  $\varepsilon'_r$ ——有背前角的刀尖角；

$\alpha$ ——螺纹牙型角；

$\gamma_p$ ——螺纹车刀的背前角。

- 2) 车刀进刀后角因螺旋角的影响应磨得大些。
- 3) 车刀的左右切削刃必须是直线。
- 4) 刀尖角对于刀具轴线必须对称。

---

⊙ 在 GB/T 12204—2010 中规定的背前角，就是俗称的径向前角。

## 2. 车螺纹车刀的刀尖宽度尺寸

(1) 车梯形螺纹车刀的刀尖宽度尺寸 (表 6-8)

**表 6-8 车梯形螺纹车刀的刀尖宽度尺寸**

(牙型角  $\alpha = 30^\circ$ ) (单位: mm)

计算公式: 刀尖宽度 = $0.366 \times \text{螺距} - 0.536 \times \text{间隙}$					
螺距	刀尖宽度	螺距	刀尖宽度	螺距	刀尖宽度
2	0.598	8	2.660	24	8.248
3	0.964	10	3.292	32	11.176
4	1.330	12	4.124	40	14.104
5	1.562	16	5.320	48	17.032
6	1.928	20	6.784		

注: 间隙的数值可查梯形螺纹基本尺寸表。

(2) 车模数蜗杆车刀的刀尖宽度尺寸 (表 6-9)

**表 6-9 车模数蜗杆车刀的刀尖宽度尺寸**

(牙型角  $\alpha = 40^\circ$ ) (单位: mm)

计算公式: 刀尖宽度 = $0.843 \times \text{模数} - 0.728 \times \text{间隙}$ (若取间隙 = $0.2 \times \text{模数}$ , 则刀尖宽度 = $0.697 \times \text{模数}$ )					
模数	刀尖宽度	模数	刀尖宽度	模数	刀尖宽度
1	0.697	(4.5)	3.137	12	8.364
1.5	1.046	5	3.485	14	9.758
2	1.394	6	4.182	16	11.152
2.5	1.743	(7)	4.879	18	12.546
3	2.091	8	5.576	20	13.940
(3.5)	2.440	(9)	6.273	25	17.425
4	2.788	10	6.970	(30)	20.910

注: 括号内的尺寸尽量不采用。

(3) 车径节蜗杆车刀的刀尖宽度尺寸 (表 6-10)

## 3. 卧式车床车螺纹交换齿轮计算

在卧式车床上车削标准螺距的螺纹时，一般不需要进行交换齿轮的计算，只有车削特殊螺距时，才进行交换齿轮的计算。

**表 6-10 车径节蜗杆车刀的刀尖宽度尺寸**

(牙型角  $\alpha = 29^\circ$ ) (单位: mm)

$$\text{计算公式: 刀尖宽} = \frac{25.4 \times 0.9723}{\text{径节 } P} = \frac{24.6964}{P}$$

径节 $P$	刀尖宽度	径节 $P$	刀尖宽度	径节 $P$	刀尖宽度
1	24.696	8	3.087	18	1.372
2	12.348	9	2.744	20	1.235
3	8.232	10	2.470	22	1.123
4	6.174	11	2.245	24	1.029
5	4.939	12	2.058	26	0.950
6	4.116	14	1.764	28	0.882
7	3.528	16	1.544	30	0.823

注：刀尖宽度 = 螺纹槽底宽度，通常采用这个尺寸作为磨刀样板（精车）。

(1) 车特殊螺距时的计算方法。螺距特殊是指螺距（或每英寸牙数、模数等）在铭牌上找不到，其对应的传动比  $i$  可以用下列公式计算

$$\text{车米制螺纹或模数蜗杆: } i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{a}{a_1} \times i_{\text{原}}$$

$$\text{车英制螺纹或径节蜗杆: } i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{b_1}{b} \times i_{\text{原}}$$

(上面公式不论英制车床或米制车床都适用)

式中  $a$ ——工件螺纹的螺距或模数；

$a_1$ ——在铭牌上任意选取的螺距或模数。如果  $a$  是

螺距，那么  $a_1$  应该在铭牌螺距一栏中任意选取；如果  $a$  是模数，那么  $a_1$  应该在铭牌模数一栏中任意选取；

$b$ ——工件螺纹的每英寸牙数或径节；

$b_1$ ——在铭牌上任意选取的每英寸牙数或径节。如果  $b$  是每英寸牙数，那么  $b_1$  应在铭牌上每英寸牙数一行中任意选取；如果  $b$  是径节，那么  $b_1$  应在铭牌上径节一栏中任意选取；

$i_{\text{原}}$ ——所选出来的  $a_1$  或  $b_1$  原来位置上的交换齿轮比，此比值在铭牌上是注明的。

**[例 1]** 在 C6140 型车床上，要车螺距  $P = 0.9\text{mm}$  的螺纹，怎样计算交换齿轮齿数和变换手柄位置？

**[解]**  $0.9\text{mm}$  的螺距在铭牌上是没有的。可以在米制螺纹螺距一行中选  $a_1 = 0.8\text{mm}$ ，由铭牌查出  $i_{\text{原}} = \frac{22}{33} \times \frac{20}{25}$ ，手柄在 1 的位置，现在要车螺距  $0.9\text{mm}$  的螺纹，则

$$\begin{aligned}\text{传动比 } i &= \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{a}{a_1} \times i_{\text{原}} = \frac{0.9}{0.8} \times \frac{22}{33} \times \frac{20}{25} \\ &= \frac{40}{48} \times \frac{36}{50}\end{aligned}$$

手柄仍放在 1 的位置。

**[例 2]** 在 C6140 型车床上车每英寸  $10\frac{1}{2}$  牙的英制螺纹，怎样计算交换齿轮和变换手柄位置？

**[解]** 每英寸  $10\frac{1}{2}$  牙的螺距在铭牌上是没有的。可

在英制螺纹每英寸牙数一栏中选取  $b_1 = 5.5$ ，查出

$$i_{\text{原}} = \frac{25}{31} \times \frac{21}{22}, \text{手柄在 3 的位置}$$

需车每英寸牙数为  $10\frac{1}{2}$  的螺纹，则

$$\text{传动比 } i = \frac{b_1}{b} i_{\text{原}} = \frac{5.5}{10.5} \times \frac{25}{31} \times \frac{21}{22} = \frac{21}{42} \times \frac{25}{31}$$

手柄放在 3 的位置上。

(2) 车模数或径节蜗杆时的计算方法

$$\text{车模数蜗杆: } i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{\text{工件模数}}{\text{铭牌所选螺距}} \times \frac{22}{7} \times i_{\text{原}}$$

$$\text{车径节蜗杆: } i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{\text{铭牌所选每英寸牙数}}{\text{工件径节}} \times \frac{22}{7} \times i_{\text{原}}$$

应用以上公式应注意：如果需要车模数蜗杆，应在铭牌米制螺距一行中选取；如果要车径节蜗杆，应在铭牌上英制螺纹（每英寸牙数）一行中选取，并尽可能使选出的数字与所车工件数字相同。

**[例 1]** 在一台带有进给箱的英制车床上车一个模数  $m = 2.5\text{mm}$  的蜗杆，怎样计算交换齿轮齿数和变换手柄位置。

**[解]** 在铭牌米制螺距一行中选取 2.5，查出  $i_{\text{原}} = \frac{50}{127}$ ，

手柄 A 在 8 的位置上，手柄 B 应放在 3 的位置上。

需车模数 2.5mm 的蜗杆，则

$$i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{\text{工件模数}}{\text{铭牌所选螺距}} \times \frac{22}{7} \times i_{\text{原}} = \frac{2.5}{2.5} \times \frac{22}{7} \times \frac{50}{127}$$

$$= \frac{100}{35} \times \frac{55}{127}$$

手柄 A 在 8 的位置上, 手柄 B 放在 3 的位置上。

**[例 2]** 在一台有进给箱的米制车床上车一径节为 12 的蜗杆螺纹, 求交换齿轮齿数和手柄位置。

**[解]** 在铭牌英制螺纹一行中选取 12, 查出

$$i_{\text{原}} = \frac{50}{60} \times \frac{70}{80}$$

需车径节为 12 的蜗杆, 则

$$\begin{aligned} i &= \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{\text{铭牌所选每英寸牙数}}{\text{工件径节}} \times \frac{22}{7} \times i_{\text{原}} \\ &= \frac{12}{12} \times \frac{22}{7} \times \frac{50}{60} \times \frac{70}{80} = \frac{50}{30} \times \frac{55}{40} \end{aligned}$$

手柄应放在车每英寸 12 牙时所规定的位置。

#### 4. 车多线螺纹时交换齿轮的计算及分线方法

圆柱体上只有一条螺旋槽的螺纹叫做单线螺纹, 凡有两条或两条以上螺旋槽的螺纹, 叫多线螺纹 (图 6-55)。

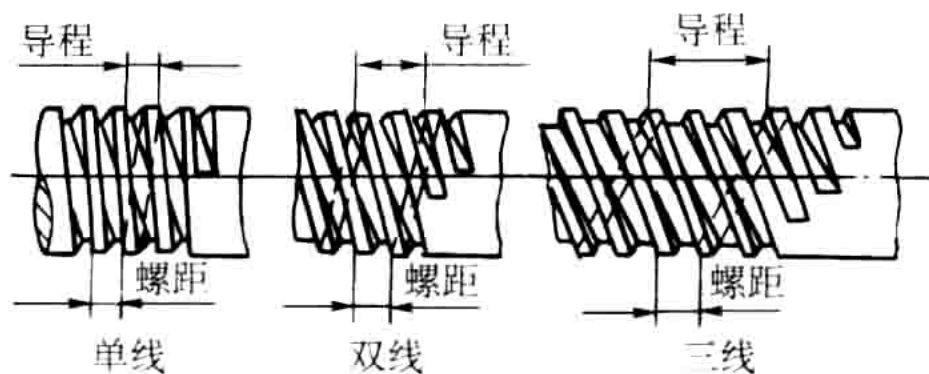


图 6-55 螺纹形式

##### (1) 导程计算公式

$$P_h = nP$$

式中  $P_h$ ——螺纹导程 (mm);

$P$ ——螺纹螺距 (mm);

$n$ ——螺纹线数。

(2) 交换齿轮计算 车多线螺纹时的传动比是按螺纹导程来计算的。为了减少计算导程 (或者多线螺纹的每英寸牙数) 的麻烦, 只需在单线螺纹的公式后面乘以螺纹线数。

例如, 用米制车床车米制多线螺纹, 计算公式为

$$\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{\text{工件螺距}}{\text{丝杠螺距}} \times \text{线数}$$

[例 1] 车床丝杠螺距  $P_{\text{丝}} = 6\text{mm}$ , 车削一工件螺距为  $2.5\text{mm}$  的双线螺纹, 求交换齿轮齿数。

$$[\text{解}] \quad \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{2.5}{6} \times 2 = \frac{5}{6} = \frac{50}{60}$$

[例 2] 车床丝杠每英寸 4 牙, 需车削工件是每英寸 10 牙的双线螺纹, 计算交换齿轮齿数。

$$[\text{解}] \quad \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{4}{10} \times 2 = \frac{4}{5} = \frac{40}{50}$$

### (3) 车多线螺纹的分线方法

1) 用小刀架的丝杠分线 (图 6-56): 这种方法属于轴向分线法。当车好一条螺旋线后, 把车刀轴向移动一个螺距, 就可车削第二条螺旋线。前移的距离可用指示表测出, 也可以按小刀架摇过的格数来计算。

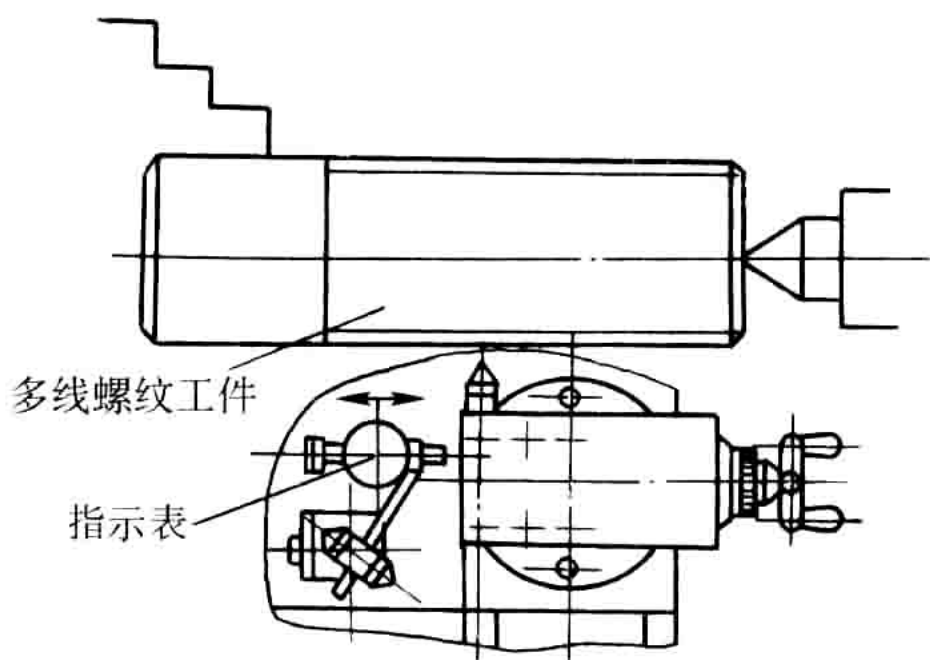


图 6-56 用小刀架的丝杠分线

$$\begin{aligned}
 \text{小刀架摇把摇过的格数} &= \frac{\text{工件的螺距}}{\frac{\text{小刀架丝杠螺距}}{\text{刻度盘一圈的格数}}} \\
 &= \frac{\text{工件的螺距} \times \text{刻度盘一圈的格数}}{\text{小刀架丝杠螺距}}
 \end{aligned}$$

〔例〕 车床小刀架丝杠螺距为 5mm，小刀架刻度盘一圈 100 格，所车工件 Tr20 × 6 (P2)，问如何用小刀架丝杠分线？

〔解〕 摇把应转的格数 =  $\frac{2 \times 100}{5} = 40$  (格)

即车完每一条螺旋线后，将小刀架摇把摇过 40 格，使小刀架往前移一个螺距 (2mm)，就可车另一个头的螺纹。

2) 用交换齿轮齿数分线 (图 6-57)：这种方法属于圆



周分线法，即当车好第一条螺旋线以后，使工件跟车刀的传动链脱开，并把工件转过一定的齿数（双线螺纹转

$\frac{z_1}{2}$ ，三线螺纹转 $\frac{z_1}{3}$ ）后，

再合上传动链就可以车另一条螺旋线。这样依次分线就可车出螺旋线。

当交换齿轮中的主动轮齿数是螺旋线数的倍数时，就可以按下列步骤进行分线：当车好

第一条螺旋线后，停机；在主轴交换齿轮  $z_1$ （主动轮 A）上用粉笔做好三等分（或两等分）；然后将中间轮 B 与主轴齿轮 A 脱开，用手转动卡盘；使记号 2 的一个齿转到原来 1 的位置上；这时再将中间轮 B 与主轴齿轮 A 啮合，即可车第二条螺旋线。

第三条螺旋线的分线方法与第二条螺旋线的分线方法相同。

## 5. 螺纹车削方法

- (1) 螺纹车刀对刀方法及安装（表 6-11）
- (2) 三角形螺纹车削方法（表 6-12）
- (3) 梯形螺纹车削方法（表 6-13）

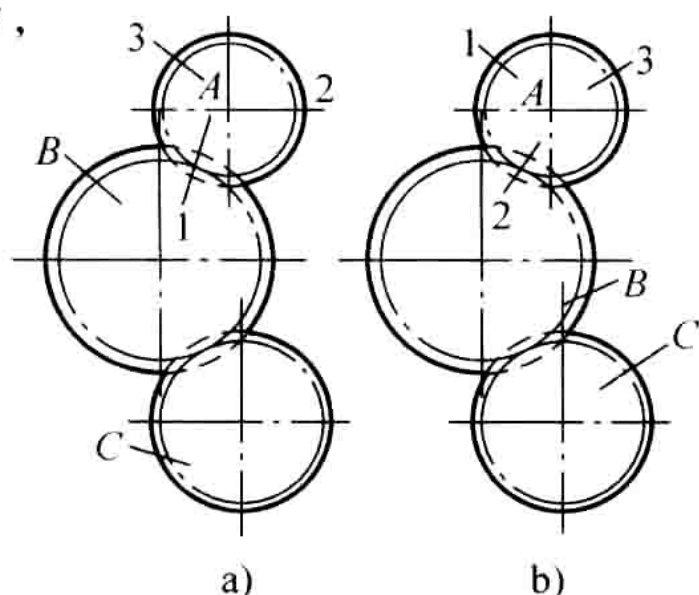
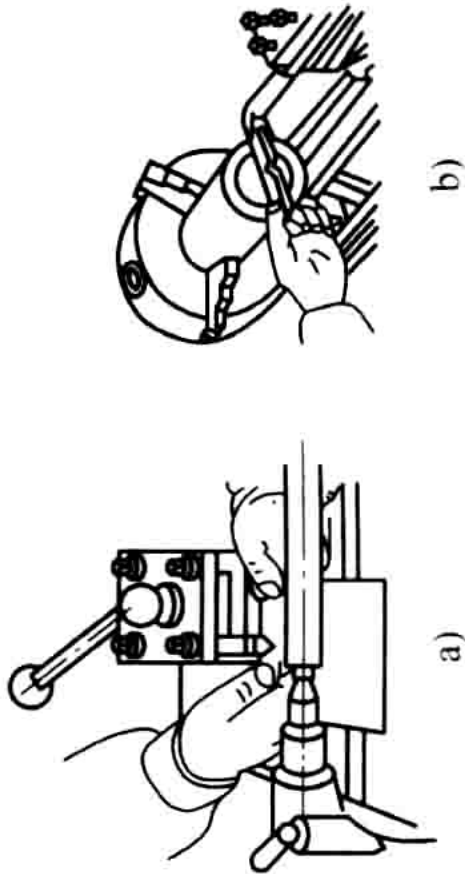
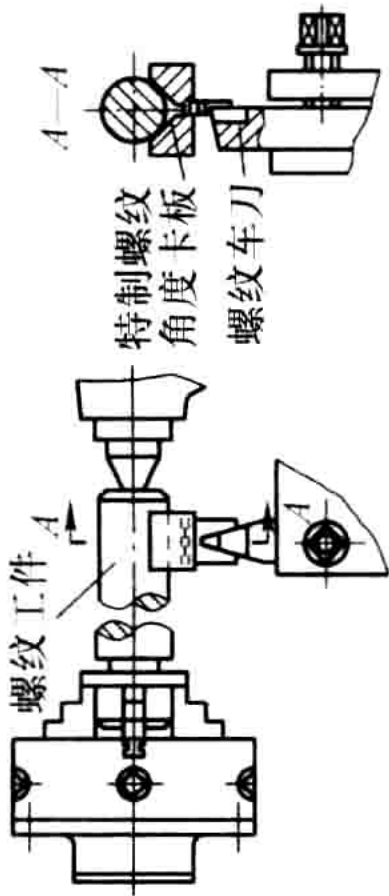
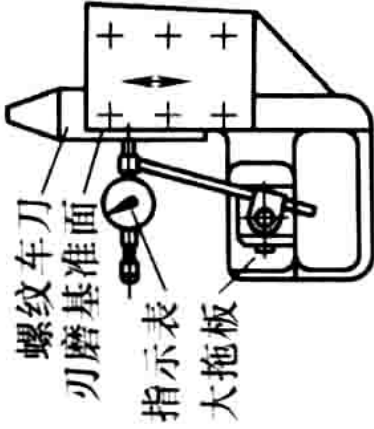
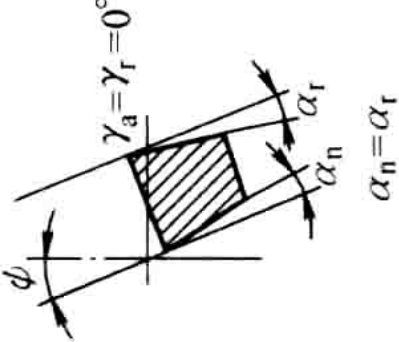


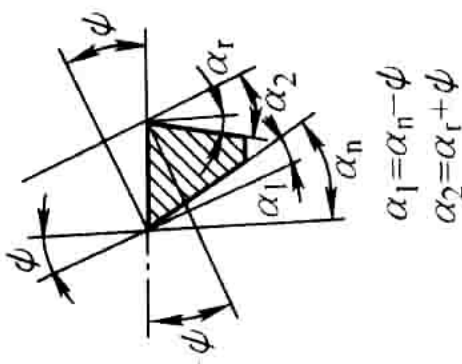
图 6-57 用交换齿轮齿数分线

表 6-11 螺纹车刀对刀方法及安装

项目	简图	安装要点及应用
对刀方法	 <p>a)</p> <p>b)</p>	<p>用中心规(螺纹角度卡板)安装外螺纹车刀(图 a)及内螺纹车刀(图 b)。对刀精度低,适用于一般螺纹车削</p>
	 <p>螺纹工件 A</p> <p>特制螺纹角度卡板</p> <p>螺纹车刀</p> <p>A—A</p>	<p>用带有 V 形块的特制螺纹角度卡板,卡板后面做一 V 形角尺面,装刀时放在螺纹外圆上,作为基准,以保证螺纹车刀的刀尖角对分线与螺纹工件的轴线垂直。这种方法对刀精度较高,适用于车削精度较高的螺纹工件</p>

项目	简图	安装要点及应用
对刀方法		<p>在使用工具磨床刃磨车刀的刀尖角时,选用刀杆上一个侧面作为刃磨基准面,在装刀时,用指示表找正该基准面的平面度,这样可以保证装刀的偏差。这种方法对刀精度最高,适用于车削精密螺纹</p>
法向安装车刀方法		<p>法向安装螺纹车刀,使两侧刃的工作前、后角相等,切削条件一致。切削顺利,但会使牙型产生误差</p> <p>法向安装车刀主要适用于粗车螺纹升角 <math>\phi &gt; 3^\circ</math> 的螺纹以及车削法向直廓蜗杆</p>

(续)

项目	简图	安装要点及应用
轴向安装车刀方法	 <p> <math>\alpha_1 = \alpha_n - \psi</math>  <math>\alpha_2 = \alpha_r + \psi</math> </p>	<p>轴向安装螺纹车刀,车刀两侧刃的工作前、后角不等,一侧刃的工作前角变小,后角增大,而另一侧刃则相反</p> <p>轴向安装车刀主要适用于各种螺纹的精车以及车削轴向直廓蜗杆</p>

轴向安装车刀方法

表 6-12 三角形螺纹车削方法

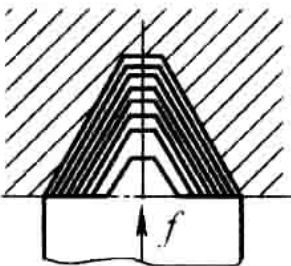
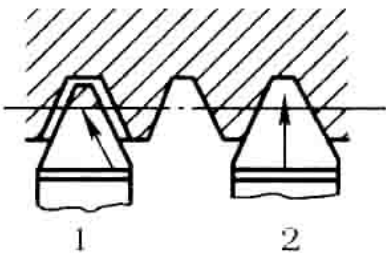
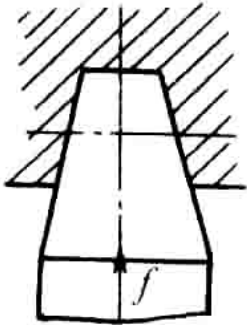
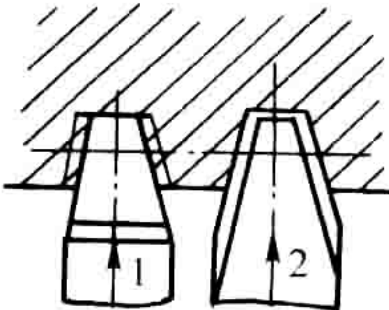
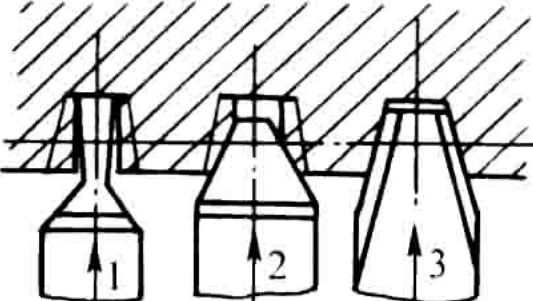
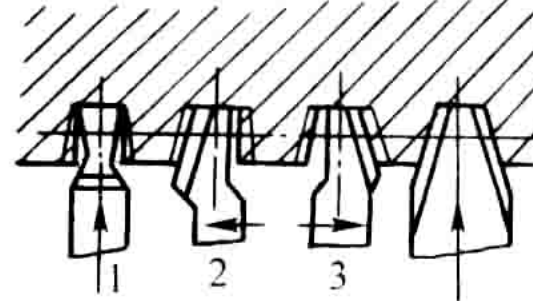
螺距/mm	$P < 3$	$P > 3$
车削方法	<p>用一把硬质合金车刀，径向进刀车出螺纹</p> 	<p>首先用粗车刀斜向进刀粗车，后用精车刀径向进刀精车。若为精密螺纹，精车时应用轴向进刀分别精车牙型两侧</p> 

表 6-13 梯形螺纹车削方法

螺距/mm	$P \leq 3$	$P \leq 8$
车削方法	<p>用一把车刀，径向进刀粗、精车成</p> 	<p>首先用比牙型角小 <math>2^\circ</math> 的粗车刀径向进刀车至底径，而后用精车刀径向进刀精车</p> 

(续)

螺距 /mm	$P < 10$	$P \geq 16$
车削方法	<p>首先用切槽车刀径向进刀车至底径，再用刃形小于牙型角 <math>2^\circ</math> 的粗车刀径向进刀粗车，最后用开有卷屑槽的精车刀径向进刀精车</p> 	<p>先用切刀径向进刀粗车至底径，再用左、右偏刀轴向进刀粗车两侧，最后用精车刀径向进刀精车</p> 

注：车削蜗杆时可参考此表。

#### (4) 矩形螺纹车削方法 (表 6-14)

表 6-14 矩形螺纹车削方法

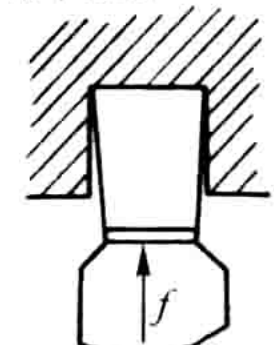
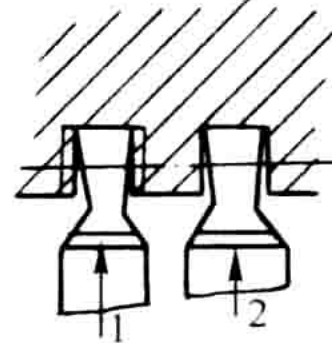
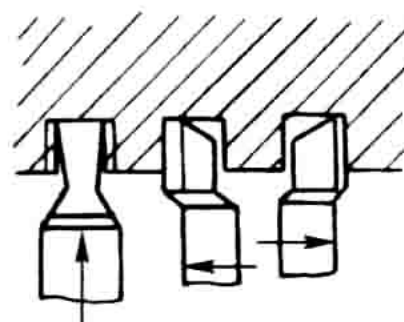
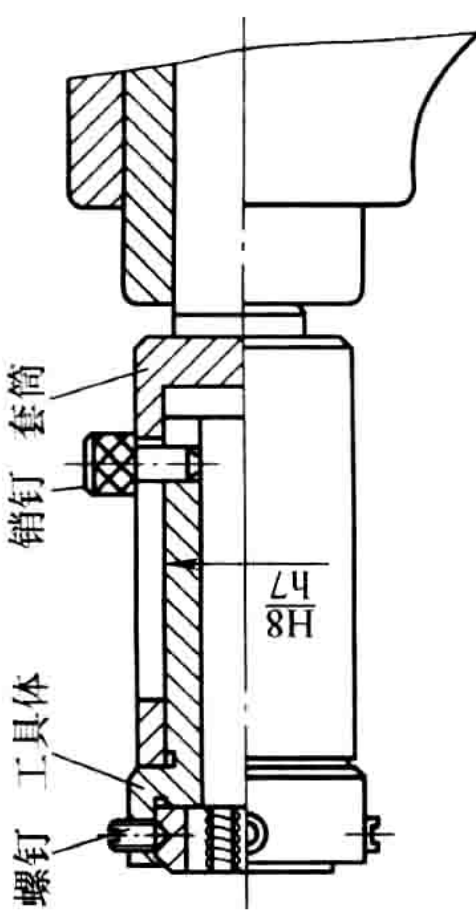
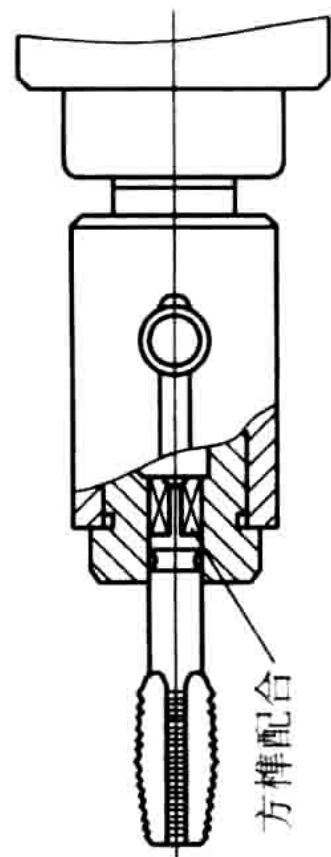
螺距 /mm	$P \leq 4$	$P \leq 12$	$P > 12$
车削方法	<p>用一把车刀，径向进刀车成。精密螺纹用两把刀，径向进刀粗、精车而成</p> 	<p>分别用粗、精车刀径向进刀粗、精车</p> 	<p>先用切刀径向进刀车至底径，后用左、右精车偏刀分别精车牙型两侧 (轴向进刀)</p> 

表 6-15 用车床套螺纹和攻螺纹的工具

名 称	图 示	应用说明
套 螺 纹 工 具	 <p>螺钉 工具体 销钉 套筒</p> <p><math>H8/h7</math></p>	<p>先将套螺纹工具安装在尾座套筒内,工具体左端孔内装上板牙,并用螺钉固定。套筒上有一条长槽,长槽内由销钉插入工具体中,防止套螺纹时转动</p>
攻 螺 纹 工 具	 <p>方榫配合</p>	<p>攻螺纹工具与套螺纹工具相似,只要将中间工具体改换成能装夹丝锥的工具体,即方孔配合</p>

## (二) 用板牙和丝锥切削螺纹

板牙套螺纹一般用在不大于 M16 或螺距小于 2mm 的外螺纹。丝锥适用于加工直径或螺距较小的内螺纹。

### 1. 用车床套螺纹和攻螺纹的工具 (表 6-15)

### 2. 攻螺纹前底孔尺寸的计算

#### (1) 普通螺纹攻螺纹前钻孔用麻花钻直径 (表 6-16)

**表 6-16 普通螺纹攻螺纹前钻孔用麻花钻直径**  
(GB/T 20330—2006) (单位: mm)

公称直径 $D$	螺距 $P$		钻头直径 $d$
1	粗	0.25	0.75
2	粗	0.4	1.6
3	粗	0.5	2.5
	细	0.35	2.65
4	粗	0.7	3.3
	细	0.5	3.5
5	粗	0.8	4.2
	细	0.5	4.5
6	粗	1	5
	细	0.75	5.2
8	粗	1.25	6.8
	细	1	7
		0.75	7.2
10	粗	1.5	8.5
	细	1.25	8.8
		1	9
		0.75	9.2
12	粗	1.75	10.2
	细	1.5	10.5
		1.25	10.8
		1	11



(续)

公称直径 $D$	螺距 $P$		钻头直径 $d$
14	粗	2	11.9
	细	1.5	12.5
		1.25 1	12.8 13
16	粗	2	14
	细	1.5	14.5
		1	15
18	粗	2.5	15.4
	细	2	16
		1.5 1	16.5 17
20	粗	2.5	17.4
	细	2	18
		1.5 1	18.5 19
22	粗	2.5	19.5
	细	2	20
		1.5 1	20.5 21
24	粗	3	21
	细	2	22
		1.5 1	22.5 23
27	粗	3	24
	细	2	25
		1.5 1	25.5 26

(续)

公称直径 $D$	螺距 $P$		钻头直径 $d$
30	粗	3.5	26.5
	细	3	27
		2	28
		1.5	28.5
		1	29
33	粗	3.5	29.5
	细	3	30
		2	31
		1.5	31.5
36	粗	4	32
	细	3	33
		2	34
		1.5	34.5
39	粗	4	35
	细	3	36
		2	37
		1.5	37.5
42	粗	4.5	37.3
	细	4	38
		3	39
		2	40
		1.5	40.5
45	粗	4.5	40.5
	细	4	41
		3	42
		2	43
		1.5	43.5

(续)

公称直径 $D$	螺距 $P$		钻头直径 $d$
48	粗	5	43
	细	4	44
		3	45
		2	46
		1.5	46.5
52	粗	5	47
	细	4	48
		3	49
		2	50
		1.5	50.5

(2) 英制螺纹钻底孔用麻花钻直径 (表 6-17)

表 6-17 英制螺纹钻底孔用麻花钻直径

(GB/T 20330—2006)

类别	公称直径/in	每寸牙数	钻头直径/mm
统一制 粗牙螺纹 (UNC)	1/4	20	5.10
	5/16	18	6.60
	3/8	16	8.00
	7/16	14	9.40
	1/2	13	10.80
	9/16	12	12.20
	5/8	11	13.50
	3/4	10	16.50
	7/8	9	19.50
	1	8	22.25
	1 1/8	7	25.00
	1 1/4	7	28.00

(续)

类别	公称直径/in	每寸牙数	钻头直径/mm
统一制 粗牙螺纹 (UNC)	1 $\frac{3}{8}$	6	30.75
	1 $\frac{1}{2}$	6	34.00
	1 $\frac{3}{4}$	5	39.50
	2	4 $\frac{1}{2}$	45.00
统一制 细牙螺纹 (UNF)	1/4	28	5.50
	5/16	24	6.90
	3/8	24	8.50
	7/16	20	9.90
	1/2	20	11.50
	9/16	18	12.90
	5/8	18	14.50
	3/4	16	17.50
	7/8	14	20.40
	1	12	23.25
	1 $\frac{1}{8}$	12	26.50
	1 $\frac{1}{4}$	12	29.50
	1 $\frac{3}{8}$	12	32.75
	1 $\frac{1}{2}$	12	36.00

(3) 管螺纹钻底孔用麻花钻直径 (表 6-18)

表 6-18 管螺纹钻底孔用麻花钻直径  
(GB/T 20330—2006)

类别	公称直径/in	每寸牙数	钻头直径/mm
不用螺纹密封的管螺纹	1/16	28	6.80
	1/8	28	8.80

(续)

类别	公称直径/in	每寸牙数	钻头直径/mm
不用螺纹密封的管螺纹	1/4	19	11.80
	3/8	19	15.25
	1/2	14	19.00
	5/8	14	21.00
	3/4	14	24.50
	7/8	14	28.25
	1	11	30.75
	1 1/8	11	35.50
	1 1/4	11	39.50
	1 1/2	11	45.00
	1 3/4	11	51.00
	2	11	57.00
统一制细牙螺纹	1/16	28	6.60
	1/8	28	8.60
	1/4	19	11.50
	3/8	19	15.00
	1/2	14	18.50
	3/4	14	24.00
	1	11	30.25
	1 1/4	11	39.00
	1 1/2	11	45.00
	2	11	56.50

(4) 55°密封圆锥管螺纹与 60°圆锥管螺纹钻底孔用钻头直径 (表 6-19)

### 3. 套螺纹前圆杆直径尺寸表 (表 6-20)

#### 4. 攻螺纹和套螺纹时产生废品的原因及预防方法 (表 6-21)

**表 6-19 55°密封圆锥管螺纹与 60°圆锥管螺纹钻  
底孔用钻头直径**

55°密封圆锥管螺纹		
螺纹尺寸代号	每英寸牙数	钻头直径/mm
1/8	28	8.4
1/4	19	11.2
3/8	19	14.7
1/2	14	18.3
3/4	14	23.6
1	11	29.7
1 1/4	11	38.3
1 1/2	11	44.1
2	11	55.8
60°圆锥管螺纹		
螺纹尺寸代号	每英寸牙数	钻头直径/mm
1/8	27	8.6
1/4	18	11.1
3/8	18	14.5
1/2	14	17.9
3/4	14	23.2
1	11 1/2	29.2
1 1/4	11 1/2	37.9
1 1/2	11 1/2	43.9
2	11 1/2	56

(单位:mm)

表 6-20 套螺纹前圆杆直径尺寸表

螺纹 直径 $d$	粗牙普通螺纹			英制螺纹			圆柱管螺纹		
	螺距 $P$	圆杆直径 $D$		螺纹 直径 in	圆杆直径 $D$		螺纹尺 寸代号	管子外径 $D$	
		最小 直径	最大 直径		最小 直径	最大 直径		最小 直径	最大 直径
M6	1	5.8	5.9	1/4	5.9	6	1/8	9.4	9.5
M8	1.25	7.8	7.9	5/16	7.4	7.6	1/4	12.7	13
M10	1.5	9.75	9.85	3/8	9	9.2	3/8	16.2	16.5
M12	1.75	11.75	11.9	1/2	12	12.2	1/2	20.5	20.8
M14	2	13.7	13.85	—	—	—	5/8	22.5	22.8
M16	2	15.7	15.85	5/8	15.2	15.4	3/4	26	26.3
M18	2.5	17.7	17.85	—	—	—	7/8	29.8	30.1
M20	2.5	19.7	19.85	3/4	18.3	18.5	1	32.8	33.1
M22	2.5	21.7	21.85	7/8	21.4	21.6	1 1/8	37.4	37.7
M24	3	23.65	23.8	1	24.5	24.8	1 1/4	41.4	41.7
M27	3	26.65	26.8	1 1/4	30.7	31	1 3/8	43.8	44.1
M30	3.5	29.6	29.8	—	—	—	1 1/2	47.3	47.6
M36	4	35.6	35.8	1 1/2	37	37.3	—	—	—
M42	4.5	41.55	41.75	—	—	—	—	—	—
M48	5	47.5	47.7	—	—	—	—	—	—
M52	5	51.5	51.7	—	—	—	—	—	—
M60	5.5	59.45	59.7	—	—	—	—	—	—
M64	6	63.4	63.7	—	—	—	—	—	—
M68	6	67.4	67.7	—	—	—	—	—	—

**表 6-21 攻螺纹和套螺纹时产生废品的原因  
及预防方法**

废品种类	产生原因	预防方法
牙型高度 不够	(1) 套螺纹前的外 圆车得太小 (2) 攻螺纹前的内 孔钻得太大	按计算的尺寸来加工外 圆和内孔
螺纹中径 尺寸不对	(1) 丝锥和板牙装 夹歪斜 (2) 丝锥和板牙磨 损	(1) 找正尾座跟主轴同 轴度, 使其在 0.05mm 以 内, 板牙端面必须装得跟 主轴轴线垂直 (2) 更换丝锥和板牙
螺纹表面 粗糙度高	(1) 切削速度太高 (2) 切削液减少或 选用不当 (3) 丝锥与板牙齿 部崩裂 (4) 容屑槽切屑堵 塞	(1) 降低切削速度 (2) 合理选择和充分浇 注切削液 (3) 修磨或调换丝锥或 板牙 (4) 经常清除容屑槽中 的切屑

### (三) 螺纹的测量

#### 1. 三针测量方法

用量针测量螺纹中径的方法, 叫做三针测量法。测量时, 在螺纹凹槽内放置具有同样直径  $D$  的三根量针 (图 6-58), 然后用千分尺来测量尺寸  $M$  的大小, 以验证所加工的螺纹中径是否正确。



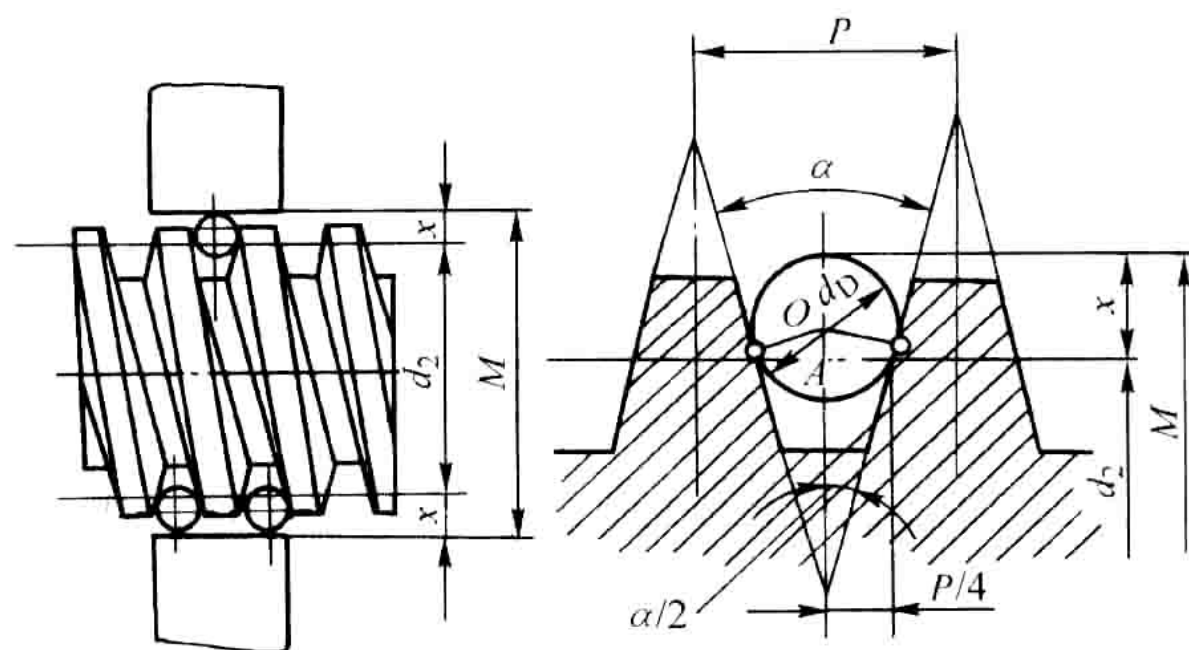


图 6-58 三针测量

## (1) 计算公式

$$M = d_2 + d_D \left( 1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) - \frac{P}{2} \cot \frac{\alpha}{2}$$

式中  $M$ ——千分尺测得的尺寸 (mm);

$d_2$ ——螺纹中径 (mm);

$d_D$ ——钢针直径 (mm);

$\alpha$ ——工件牙型角 ( $^\circ$ );

$P$ ——工件螺距 (mm)。

如果已知螺纹牙型角, 也可用表 6-22 所列简化公式计算螺纹中径  $M$ 。

(2) 钢针直径  $d_D$  的计算公式

$$d_D = \frac{P}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}$$

表 6-22 三针测量  $M$  值计算的简化公式

螺纹牙型角 $\alpha$	简 化 公 式
$60^\circ$	$M = d_2 + 3d_D - 0.866P$
$55^\circ$	$M = d_2 + 3.166d_D - 0.960P$
$30^\circ$	$M = d_2 + 4.864d_D - 1.866P$
$40^\circ$	$M = d_2 + 3.924d_D - 1.374P$
$29^\circ$	$M = d_2 + 4.994d_D - 1.933P$

如果已知螺纹牙型角，也可用表 6-23 所列简化公式计算  $d_D$ 。

表 6-23 三针测量钢针直径计算的简化公式

螺纹牙型角 $\alpha$	简 化 公 式
$60^\circ$	$d_D = 0.577P$
$55^\circ$	$d_D = 0.564P$
$30^\circ$	$d_D = 0.518P$
$40^\circ$	$d_D = 0.533P$
$29^\circ$	$d_D = 0.516P$

(3) 测量普通螺纹时的  $M$  值 (表 6-24)

表 6-24 测量普通螺纹时的  $M$  值

(单位: mm)

螺纹直径 $d$	螺距 $P$	钢针直径 $d_D$	三针测量值 $M$
1	0.2	0.118	1.051
1	0.25	0.142	1.047
1.2	0.2	0.118	1.251
1.2	0.25	0.142	1.247
1.4	0.2	0.118	1.451

(续)

螺纹直径 $d$	螺距 $P$	钢针直径 $d_D$	三针测量值 $M$
1.4	0.3	0.170	1.455
1.7	0.2	0.118	1.751
1.7	0.35	0.201	1.773
2	0.25	0.142	2.047
2	0.4	0.232	2.090
2.3	0.25	0.142	2.347
2.3	0.4	0.232	2.390
2.6	0.35	0.201	2.673
2.6	0.45	0.260	2.698
3	0.35	0.201	3.073
3	0.5	0.291	3.115
3.5	0.35	0.201	3.573
4	0.5	0.291	4.115
4	0.7	0.402	4.145
5	0.5	0.291	5.115
5	0.8	0.461	5.171
6	0.75	0.433	6.162
6	1	0.572	6.200
8	0.5	0.291	8.115
8	1	0.572	8.200
8	1.25	0.724	8.278
9	0.35	0.201	9.073
9	0.5	0.291	9.116
10	0.35	0.204	10.073
10	0.5	0.291	10.115
10	1	0.572	10.200
10	1.5	0.866	10.325
11	0.35	0.201	11.073
11	0.5	0.291	11.115
12	0.5	0.291	12.115

(续)

螺纹直径	螺距	钢针直径	三针测量值
$d$	$P$	$d_D$	$M$
12	0.75	0.433	12.162
12	1.25	0.724	12.278
12	1.75	1.008	12.372
14	0.5	0.291	14.115
14	0.75	0.443	14.162
14	1.5	0.866	14.325
14	2	1.157	14.440
16	0.5	0.291	16.115
16	0.75	0.433	16.162
16	1.5	0.866	16.325
16	2	1.157	16.440
18	0.5	0.291	18.115
18	0.75	0.433	18.162
18	1.5	0.866	18.325
18	2.5	1.441	18.534
20	0.5	0.291	20.115
20	0.75	0.433	20.162
20	1.5	0.866	20.325
20	2.5	1.441	20.534
22	0.5	0.291	22.115
22	0.75	0.433	22.162
22	1.5	0.866	22.325
22	2.5	1.441	22.534
24	0.75	0.433	24.162
24	1	0.572	24.200
24	1.5	0.866	24.325
24	2	1.157	24.440
24	3	1.732	24.649
27	0.75	0.433	27.162
27	1	0.572	27.200

(续)

螺纹直径	螺距	钢针直径	三针测量值
$d$	$P$	$d_D$	$M$
27	1.5	0.866	27.325
27	2	1.157	27.440
27	3	1.732	27.649
30	0.75	0.433	30.162
30	1	0.572	30.200
30	1.5	0.866	30.325
30	2	1.157	30.440
30	3.5	2.020	30.756
33	0.75	0.433	33.162
33	1	0.572	33.200
33	1.5	0.866	33.325
33	2	1.157	33.440
36	1	0.572	36.200
36	1.5	0.866	36.325
36	2	1.157	36.440
36	3	1.732	36.649
36	4	2.311	36.871
39	1	0.572	39.200
39	1.5	0.866	39.325
39	2	1.157	39.440
39	3	1.732	39.649
42	0.75	0.433	42.162
42	1	0.572	42.200
42	1.5	0.866	42.325
42	2	1.157	42.440
42	3	1.732	42.649
42	4.5	2.595	42.966
45	0.75	0.433	45.162
45	1	0.572	45.200
45	1.5	0.866	45.325

(续)

螺纹直径	螺距	钢针直径	三针测量值
$d$	$P$	$d_D$	$M$
45	2	1.157	45.440
45	3	1.732	45.649
48	0.75	0.433	48.162
48	1	0.572	48.200
48	1.5	0.866	48.325
48	2	1.157	48.440
48	3	1.732	48.649
48	5	2.866	49.080
52	0.75	0.433	52.162
52	1	0.572	52.200
52	1.5	0.866	52.325
52	2	1.157	52.440
52	3	1.732	52.649
56	1	0.572	56.200
56	1.5	0.866	56.325
56	2	1.157	56.440
56	3	1.732	56.649
56	4	2.311	56.871
56	5.5	3.177	57.196
60	1	0.572	60.200
60	1.5	0.866	60.325
60	2	1.157	60.440
60	3	1.732	60.649
60	4	2.311	60.871
64	1	0.572	64.200
64	1.5	0.866	64.325
64	2	1.157	64.440
64	3	1.732	64.649
64	4	2.311	64.871
64	6	3.468	65.311

(续)

螺纹直径	螺距	钢针直径	三针测量值
$d$	$P$	$d_D$	$M$
68	1	0.572	68.200
68	1.5	0.866	68.325
68	2	1.157	68.440
68	3	1.732	68.649
68	4	2.311	68.871
72	1	0.572	72.200
72	1.5	0.866	72.325
72	2	1.157	72.440
72	3	1.732	72.649
72	4	2.311	72.871
72	6	3.468	73.311
76	1	0.572	76.200
76	1.5	0.866	76.325
76	2	1.157	76.440
76	3	1.732	76.649
76	4	2.311	76.871
76	6	3.468	77.311
80	1	0.572	80.200
80	1.5	0.866	80.325
80	2	1.157	80.440
80	3	1.732	80.649
80	4	2.311	80.871
80	6	3.468	81.311
85	1	0.572	85.200
85	1.5	0.866	85.325
85	2	1.157	85.440
85	3	1.732	85.649
85	4	2.311	85.871
85	6	3.468	86.311
90	1	0.572	90.200

(续)

螺纹直径 $d$	螺距 $P$	钢针直径 $d_D$	三针测量值 $M$
90	1.5	0.866	90.325
90	2	1.157	90.440
90	3	1.732	90.649
90	4	2.311	90.871
90	6	3.468	91.311
95	1	0.572	95.200
95	1.5	0.866	95.325
95	2	1.157	95.440
95	3	1.732	95.649
95	4	2.311	95.871
95	6	3.468	96.311
100	1	0.572	100.200
100	1.5	0.866	100.325
100	2	1.157	100.440
100	3	1.732	100.649

注：当螺距  $P = 1\text{mm}$  时，计算得到的钢针直径  $d_D = 0.577\text{mm}$ ，但实际使用的钢针直径为  $0.572\text{mm}$ ，下同。

(4) 测量梯形螺纹时的  $M$  值 (表 6-25)

(5) 测量英制螺纹时的  $M$  值 (表 6-26)

**表 6-25 测量梯形螺纹时的  $M$  值**

(单位: mm)

螺纹直径 $d$	螺距 $P$	钢针直径 $d_D$	三针测量值 $M$
10	1.5	0.796	10.230
10	2	1.008	10.171
12	2	1.008	12.171



(续)

螺纹直径	螺 距	钢针直径	三针测量值
$d$	$P$	$d_D$	$M$
12	3	1.732	13.326
14	2	1.008	14.171
14	3	1.732	15.326
16	2	1.008	16.171
16	4	2.020	16.361
18	2	1.008	18.171
18	4	2.020	18.361
20	2	1.008	20.171
20	4	2.020	20.361
22	3	1.732	23.325
22	5	2.595	22.791
22	8	4.400	24.472
24	3	1.732	25.326
24	5	2.595	24.791
24	8	4.400	26.472
26	3	1.732	27.325
26	5	2.595	26.791
26	8	4.400	28.472
28	3	1.732	29.376
28	5	2.595	28.791
28	8	4.400	30.472
30	3	1.732	31.326
30	6	3.177	31.256
30	10	5.180	31.535
32	3	1.732	33.326
32	6	3.177	33.256
32	10	5.180	33.535
36	3	1.732	37.326
36	6	3.177	37.256
36	10	5.180	37.535

(续)

螺纹直径	螺 距	钢针直径	三针测量值
$d$	$P$	$d_D$	$M$
40	3	1.732	41.326
40	7	3.550	40.705
40	10	5.180	41.535
44	3	1.732	45.326
44	7	3.550	44.705
44	12	6.216	45.842
48	3	1.732	49.326
48	8	4.400	50.472
48	12	6.216	49.843
50	3	1.732	51.326
50	8	4.400	52.473
50	12	6.216	51.842
52	3	1.732	53.326
52	8	4.400	54.473
52	12	6.216	53.842
55	3	1.732	56.326
55	9	4.773	56.920
55	14	7.252	57.149
60	3	1.732	61.326
60	9	4.773	60.273
60	14	7.252	62.149
65	4	2.020	65.361
65	10	5.180	66.535
65	16	8.588	68.914
70	4	2.020	70.361
70	10	5.180	71.535
70	16	8.588	73.914
75	4	2.020	75.361
75	10	5.180	76.535
75	16	8.588	78.914

(续)

螺纹直径 $d$	螺 距 $P$	钢针直径 $d_D$	三针测量值 $M$
80	4	2.020	80.361
80	10	5.180	81.535
80	16	8.588	83.914
85	4	2.020	85.361
85	12	6.216	86.842
85	18	9.324	87.764
90	4	2.020	90.361
90	12	6.216	91.842
90	18	9.324	92.764
95	4	2.020	95.361
95	12	6.216	96.842
95	18	9.324	97.764
100	4	2.020	100.361
100	12	6.216	101.842
100	20	10.360	103.071

注：当  $P$  等于 10mm 或大于 10mm 时，表中所列的钢针直径是指最佳直径。

表 6-26 测量英制螺纹时的  $M$  值

螺纹直径 $d/\text{in}$	每英寸的牙数	钢针直径 $d_D/\text{mm}$	三针测量值 $M/\text{mm}$
3/16	24	0.572	4.880
1/4	20	0.724	6.609
5/16	18	0.796	8.194
3/8	16	0.866	9.730
1/2	12	1.157	12.974
5/8	11	1.302	16.301
3/4	10	1.441	19.546
7/8	9	1.591	22.741

(续)

螺纹直径 $d/\text{in}$	每英寸的牙数	钢针直径 $d_D/\text{mm}$	三针测量值 $M/\text{mm}$
1	8	1.732	25.800
$1\frac{1}{8}$	7	2.020	29.161
$1\frac{1}{4}$	7	2.020	32.336
$1\frac{1}{2}$	6	2.311	38.640
$1\frac{3}{4}$	5	2.886	45.455
2	$4\frac{1}{2}$	3.177	51.822
$2\frac{1}{4}$	4	3.580	58.318
$2\frac{1}{2}$	4	3.468	64.668
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{2}$	4.400	71.185
3	$3\frac{1}{2}$	4.091	77.535
$3\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$	4.400	83.969
$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	4.400	90.319
$3\frac{3}{4}$	3	4.773	96.806
4	3	4.773	103.153

## 2. 单针测量法

螺纹中径的测量，除三针测量方法外还有单针测量方法（图 6-59），其特点是用一根钢针，测量比较简便，计算公式如下

$$A = \frac{M + d_0}{2}$$

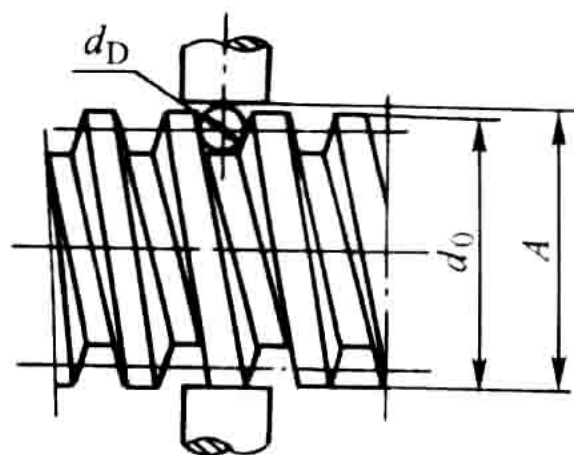


图 6-59 单针测量

式中  $A$ ——单针测量时千分尺上测得的尺寸（mm）；  
 $d_0$ ——螺纹外径的实际尺寸（mm）；  
 $M$ ——三针测量值（mm）。

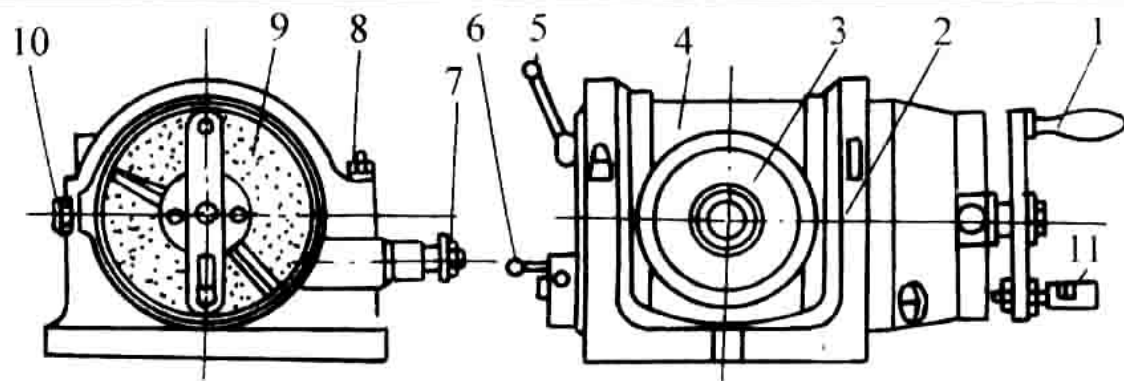
# 第七章 铣 工 工 作

## 一、常用分度头分度方法及计算

### 1. 分度头

(1) 分度头的结构形式及主要参数 (表 7-1)

表 7-1 分度头的结构形式及主要参数



- 1—手柄 2—底座 3—主轴 4—回转体  
 5—主轴刹紧手柄 6—蜗杆脱落手柄  
 7—交换齿轮轴 8—螺母 9—分度盘  
 10—分度盘锁紧螺钉

型号	F1180	F11100	F11125	F11160
规格名称	(FW80)	(FW100)	(FW125)	(FW160)
中心高/mm	80	100	125	160
主轴锥孔号 (莫氏)	3	3	4	4
主轴倾斜角 (水平方向)	-6° ~ +90°	-6° ~ +90°	-6° ~ +90°	-6° ~ +90°

(续)

型号	F1180	F11100	F11125	F11160
规格名称	(FW80)	(FW100)	(FW125)	(FW160)
蜗杆副速比	1:40	1:40	1:40	1:40
定位键宽度	12	14	18	18
主轴法兰盘定位短锥直径/mm	36.512	41.275	53.975	53.975

注：表中括号内型号为旧标准。

## (2) 分度头传动系统 (图 7-1)

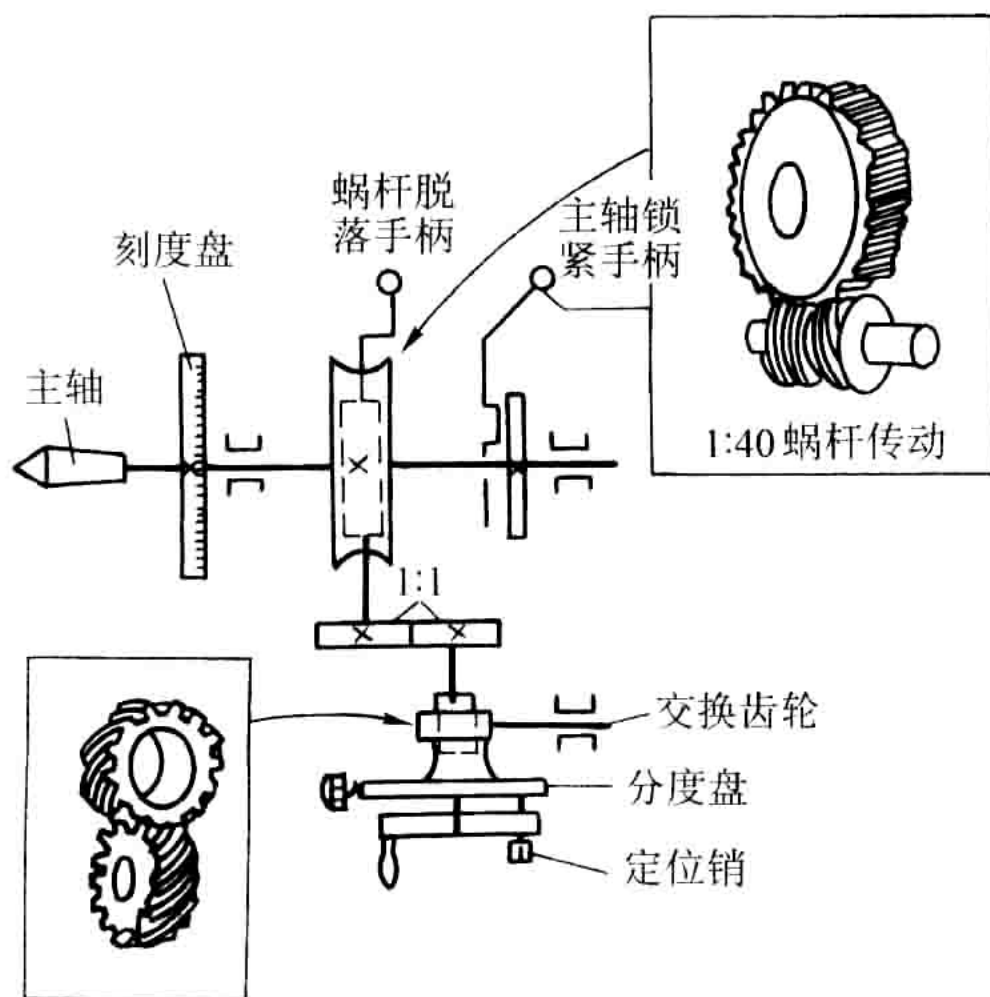


图 7-1 分度头传动系统

(3) 分度头定数、分度盘孔数和交换齿轮齿数 (表 7-2)

表 7-2 分度头定数、分度盘孔数和交换齿轮齿数

分度头形式	定数	分度盘的孔数	交换齿轮齿数
带一块分度盘	40	正面:24、25、28、30、34、37、38、39、41、42、43 反面:46、47、49、51、53、54、57、58、59、62、66	25、25、30、35、40、50、55、60、70、80、90、100
带两块分度盘	40	第一块 正面:24、25、28、30、34、37 反面:38、39、41、42、43 第二块 正面:46、47、49、51、53、54 反面:57、58、59、62、66	

## 2. 分度方法及计算

(1) 单式分度法计算及分度表 (表 7-3)

表 7-3 单式分度法计算及分度表

$$n \text{ (手柄的转数)} = \frac{40 \text{ (分度头定数)}}{z \text{ (工件等分数)}}$$

工件等分数	分度盘孔数	手柄回转数	转过的孔距数	工件等分数	分度盘孔数	手柄回转数	转过的孔距数
2	任意	20	—	10	任意	4	—
3	24	13	8	11	66	3	42
4	任意	10	—	12	24	3	8
5	任意	8	—	13	39	3	3
6	24	6	16	14	28	2	24
7	28	5	20	15	24	2	16
8	任意	5	—	16	24	2	12
9	54	4	24	17	34	2	12

(续)

工件等 分 数	分度盘 孔 数	手柄回 转 数	转过的 孔距数	工件等 分 数	分度盘 孔 数	手柄回 转 数	转过的 孔距数
18	54	2	12	48	24	—	20
19	38	2	4	49	49	—	40
20	任意	2	—	50	25	—	20
21	42	1	38	51	51	—	40
22	66	1	54	52	39	—	30
23	46	1	34	53	53	—	40
24	24	1	16	54	54	—	40
25	25	1	15	55	66	—	48
26	39	1	21	56	28	—	20
27	54	1	26	57	57	—	40
28	42	1	18	58	58	—	40
29	58	1	22	59	59	—	40
30	24	1	8	60	42	—	28
31	62	1	18	62	62	—	40
32	28	1	7	64	24	—	15
33	66	1	14	65	39	—	24
34	34	1	6	66	66	—	40
35	28	1	4	68	34	—	20
36	54	1	6	70	28	—	16
37	37	1	3	72	54	—	30
38	38	1	2	74	37	—	20
39	39	1	1	75	30	—	16
40	任意	1	—	76	38	—	20
41	41	—	40	78	39	—	20
42	42	—	40	80	34	—	17
43	43	—	40	82	41	—	20
44	66	—	60	84	42	—	20
45	54	—	48	85	34	—	16
46	46	—	40	86	43	—	20
47	47	—	40	88	66	—	30



(续)

工件等 分 数	分度盘 孔 数	手柄回 转 数	转过的 孔距数	工件等 分 数	分度盘 孔 数	手柄回 转 数	转过的 孔距数
90	54	—	24	144	54	—	15
92	46	—	20	145	58	—	16
94	47	—	20	148	37	—	10
95	38	—	16	150	30	—	8
96	24	—	10	152	38	—	10
98	49	—	20	155	62	—	16
100	25	—	10	156	39	—	10
102	51	—	20	160	28	—	7
104	39	—	15	164	41	—	10
105	42	—	16	165	66	—	16
106	53	—	20	168	42	—	10
108	54	—	20	170	34	—	8
110	66	—	24	172	43	—	10
112	28	—	10	176	66	—	15
114	57	—	20	180	54	—	12
115	46	—	16	184	46	—	10
116	58	—	20	185	37	—	8
118	59	—	20	188	47	—	10
120	66	—	22	190	38	—	8
124	62	—	20	192	24	—	5
125	25	—	8	195	39	—	8
130	39	—	12	196	49	—	10
132	66	—	20	200	30	—	6
135	54	—	16	204	51	—	10
136	34	—	10	205	41	—	8
140	28	—	8	210	42	—	8

〔例〕 铣一直齿圆柱齿轮，齿数  $z = 12$ ，求每次分度头手柄的转数？

〔解〕 用公式计算

$$n = \frac{40}{z} = \frac{40}{12} = 3 \frac{4}{12} = 3 \frac{8}{24}$$

即铣完一齿后，分度头手柄摇 3 转，再在 24 的孔圈上转过 8 个孔距。

查单式分度表：工件等分数 12，分度盘孔数 24，手柄回转数 3，转过的孔距数 8，和用公式计算的结果相同。

## (2) 角度分度法

### 1) 计算公式。

工件角度以“度”为单位时

$$n = \frac{\theta}{9^\circ}$$

工件角度以“分”为单位时

$$n = \frac{\theta}{9 \times 60'} = \frac{\theta}{540'}$$

工件角度以“秒”为单位时

$$n = \frac{\theta}{9 \times 60 \times 60''} = \frac{\theta}{32400''}$$

式中  $n$ ——分度头手柄转数；

$\theta$ ——工件等分的角度。

**[例 1]** 在一轴上铣两个键槽，其夹角为  $77^\circ$ ，应如何分度？

**[解]** 把  $77^\circ$  代入以“度”为单位的公式中

$$n = \frac{77^\circ}{9^\circ} = 8 \frac{5}{9} = 8 \frac{30}{54}$$

即分度头手柄转 8 圈后再在 54 孔圈上转过 30 孔距。

**[例 2]** 若一轴上两槽间的夹角为  $7^\circ 21' 30''$ ，应如何

分度?

[解] 首先把  $7^{\circ}21'30''$  化成“秒”。

$$7^{\circ}21'30'' = 26490''$$

把  $26490''$  代入以“秒”为单位的公式中, 得

$$n = \frac{\theta}{32400''} = \frac{26490''}{32400''} = 0.8176 \approx \frac{54}{66}$$

2) 角度分度表 (表 7-4)。

表 7-4 角度分度表 (分度头定数为 40)

分度头主轴转角			分度盘 孔 数	转过的 孔距数	折合手柄 转 数
度 ( $^{\circ}$ )	分 ( $'$ )	秒 ( $''$ )			
0	10	0	54	1	0.0185
0	20	0	54	2	0.0370
0	30	0	54	3	0.0556
0	40	0	54	4	0.0741
0	50	0	54	5	0.0926
1	0	0	54	6	0.1111
1	10	0	54	7	0.1296
1	20	0	54	8	0.1481
1	30	0	30	5	0.1667
1	40	0	54	10	0.1852
1	50	0	54	11	0.2037
2	0	0	54	12	0.2222
2	10	0	54	13	0.2407
2	20	0	54	14	0.2593
2	30	0	54	15	0.2778
2	40	0	54	16	0.2963
2	50	0	54	17	0.3148
3	0	0	30	10	0.3333
3	10	0	54	19	0.3519
3	20	0	54	20	0.3704
3	30	0	54	21	0.3889

(续)

分度头主轴转角			分度盘	转过的	折合手柄
度 (°)	分 (')	秒 (")	孔 数	孔距数	转 数
3	40	0	54	22	0.4074
3	50	0	54	23	0.4259
4	0	0	54	24	0.4444
4	10	0	54	25	0.4630
4	20	0	54	26	0.4814
4	30	0	66	33	0.5000
4	40	0	54	28	0.5200
4	50	0	54	29	0.5370
5	0	0	54	30	0.5556
5	10	0	54	31	0.5741
5	20	0	54	32	0.5926
5	30	0	54	33	0.6111
5	40	0	54	34	0.6296
5	50	0	54	35	0.6481
6	0	0	30	20	0.6667
6	10	0	54	37	0.6852
6	20	0	54	38	0.7037
6	30	0	54	39	0.7222
6	40	0	54	40	0.7407
6	50	0	54	41	0.7593
7	0	0	54	42	0.7778
7	10	0	54	43	0.7963
7	20	0	54	44	0.8148
7	30	0	30	45	0.8333
7	40	0	54	46	0.8519
7	50	0	54	47	0.8704
8	0	0	54	48	0.8889
8	10	0	54	49	0.9074
8	20	0	54	50	0.9259
8	30	0	54	51	0.9444
8	40	0	54	52	0.9630
8	50	0	54	53	0.9815
9	0	0			1.0000

(3) 直线移距分度法 就是把分度头主轴或侧轴和纵向工作台丝杠用交换齿轮联接起来, 移距时只要转动分度手柄, 通过齿轮传动, 使工作台作精确的移距。这种方法适用于加工精度较高的齿条和直尺刻线等的等分移距分度。常用的直线移距分度法有两种:

1) 主轴交换齿轮法。这种方法是先在分度头主轴后锥孔插入安装交换齿轮心轴, 然后在主轴与纵向丝杠之间装上交换齿轮 (图 7-2)。当转动分度手柄时, 运动便会通过交换齿轮传至纵向丝杠, 使工作台产生移距。

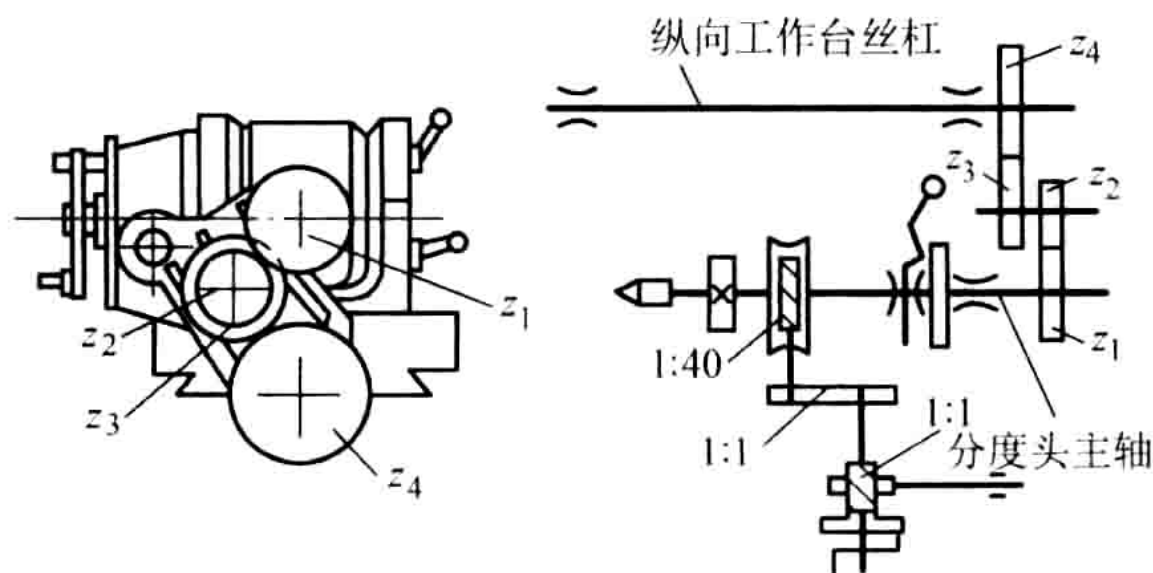


图 7-2 主轴交换齿轮法

交换齿轮计算公式为

$$\frac{40S}{nP} = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4}$$

式中 40——分度头定数;

$S$ ——工件每格距离 (mm);

$n$ ——每次移距分度头手柄转数;

$P$ ——铣床纵向工作台丝杠螺距 (mm)。

由于传动经过 1:40 的蜗杆副减速, 所以适于刻线间隔较小的移距分度。式中的  $n$  虽然可以任意选取, 但为了保证计算交换齿轮的传动比合理,  $n$  尽可能不要选得太大, 应取在 1~10 之间。

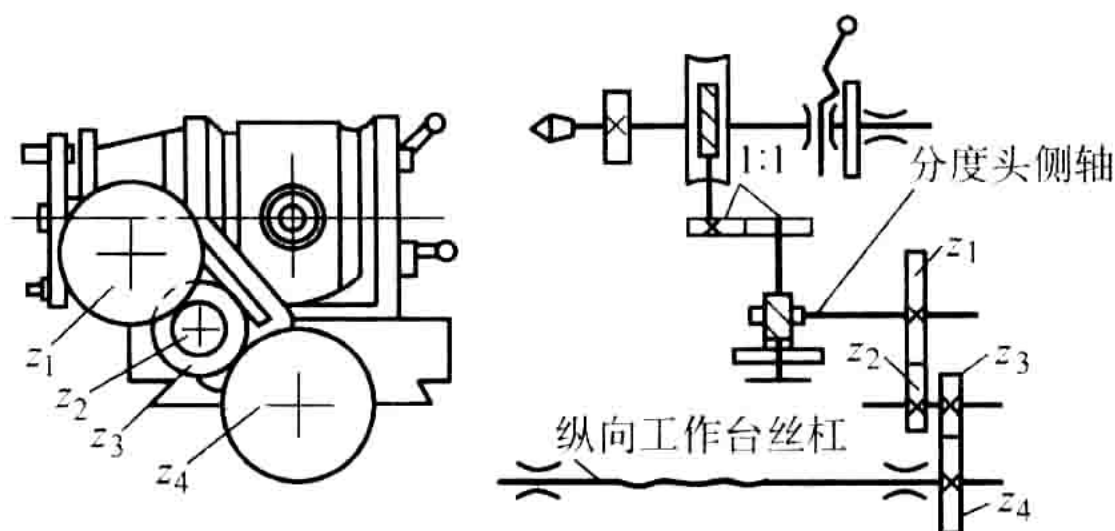


图 7-3 侧轴交换齿轮法

2) 侧轴交换齿轮法。这种方法是在分度头侧轴和工作台纵向传动丝杠之间装上交换齿轮 (图 7-3)。由于传动不经过 1:40 的蜗杆副传动, 所以适用于间隔较大的移距。

交换齿轮的计算公式为

$$\frac{S}{nP} = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4}$$

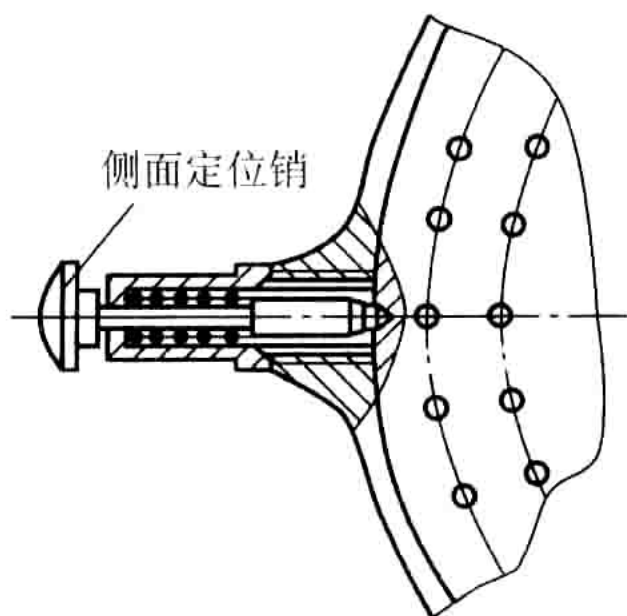


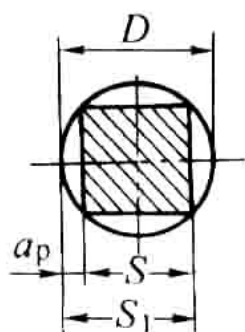
图 7-4 紧固螺孔改装上定位销

由于分度头传动结构的原因,采用侧轴交换齿轮法,在分度时不能将分度手柄的定位销拔出,应该松开分度盘的紧固螺钉连同分度盘一起转动。为了正确控制分度手柄的转数,可将分度盘的紧固螺钉,改装为侧面定位销(图7-4),并在分度盘外圆上钻一个定位孔。分度时,左手拔出侧面定位销,右手将分度手柄连同分度盘一起转动,当摇到预定转数时,靠弹簧的作用,侧面定位销就自动弹入定位孔内。

## 二、铣四方和六方

### 1. 铣四方尺寸(表7-5)

表 7-5 铣四方尺寸 (单位: mm)



计算公式:

$$S = 0.707D$$

$$a_p = 0.147D = \frac{D - S}{2}$$

$$S_1 = 0.854D$$

$$D = 1.414S$$

四方对 边距离 $S$	圆料 直径 $D$	对边到圆 的距离 $S_1$	铣削 深度 <sup>①</sup> $a_p$	四方对 边距离 $S$	圆料 直径 $D$	对边到圆 的距离 $S_1$	铣削 深度 <sup>①</sup> $a_p$
5	7.07	6.04	1.04	10	14.14	12.08	2.07
5.5	7.78	6.64	1.14	12	16.97	14.49	2.49
6	8.48	7.24	1.24	14	19.80	16.91	2.90
7	9.90	8.45	1.45	17	24.04	20.53	3.52
8	11.31	9.66	1.66	19	26.87	22.94	3.94

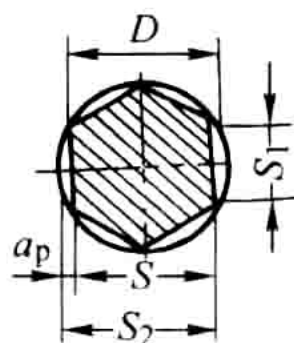
(续)

四方对 边距离 $S$	圆料 直径 $D$	对边到圆 的距离 $S_1$	铣削 深度 <sup>①</sup> $a_p$	四方对 边距离 $S$	圆料 直径 $D$	对边到圆 的距离 $S_1$	铣削 深度 <sup>①</sup> $a_p$
22	31.11	26.57	4.56	46	65.04	55.55	9.52
24	33.94	28.98	4.97	50	70.70	60.38	10.35
27	38.18	32.60	5.59	55	77.77	66.42	11.39
30	42.42	36.23	6.21	65	91.91	78.49	13.46
32	45.25	38.64	6.63	75	106.05	90.57	15.53
36	50.90	43.47	7.45	80	113.12	96.60	16.56
41	57.97	49.51	8.49	90	127.26	108.68	18.63

- ① 铣削层宽度  $B$  和铣削层深度  $t$  的概念是旧标准的名称，在 GB/T 12204—2010 金属切削基本术语中，被相应的背吃刀量  $a_p$  和侧吃刀量  $a_e$  所取代，具体替代情况如下：  
 对于铣削层宽度  $B$ ：当采用圆柱形铣刀铣削时称为背吃刀量  $a_p$ ；当采用面铣刀铣削时称为侧吃刀量  $a_e$ 。  
 对于铣削层深度  $t$ ：当采用圆柱铣刀铣削时称为侧吃刀量  $a_e$ ；当采用面铣刀铣削时称为背吃刀量  $a_p$ ，特此说明。

## 2. 铣六方尺寸 (表 7-6)

表 7-6 铣六方尺寸 (单位: mm)



计算公式:

$$S = 0.866D$$

$$a_p = 0.067D = \frac{D - S}{2}$$

$$S_2 = 0.933D$$

$$D = 1.155S$$

$$S_1 = 0.5D$$



(续)

六方对 边距离 $S$	圆料 直径 $D$	对边到圆 的距离 $S_2$	铣削 深度 $a_p$	六方对 边距离 $S$	圆料 直径 $D$	对边到圆 的距离 $S_2$	铣削 深度 $a_p$
3.2	3.70	3.45	0.25	27	31.19	29.10	2.09
4	4.62	4.31	0.31	30	34.65	32.33	2.33
5	5.78	5.39	0.39	34	39.27	36.64	2.63
5.5	6.35	5.93	0.43	36	41.58	38.79	2.79
7	8.09	7.54	0.55	41	47.36	44.18	3.18
8	9.24	8.61	0.62	46	53.13	49.57	3.57
10	11.55	10.78	0.78	50	57.75	53.90	3.89
11	12.71	11.85	0.85	55	63.53	59.27	4.27
13	15.02	14.01	1.00	60	69.30	64.66	4.64
16	18.48	17.24	1.24	65	75.08	70.05	5.04
18	20.79	19.40	1.40	70	80.85	75.43	5.42
21	24.26	22.63	1.63	75	86.63	80.82	5.81
24	27.72	25.86	1.68	80	92.40	86.21	6.20

### 三、铣 离 合 器

离合器的种类有牙嵌离合器和摩擦离合器等,前者靠端面齿相互嵌入对方的齿槽传动,后者靠摩擦传动。

#### 1. 牙嵌离合器的种类及特点(表 7-7)

#### 2. 铣矩形齿离合器

这种离合器可分奇数齿和偶数齿两种。刀具选择相同,其铣削方法略有区别。

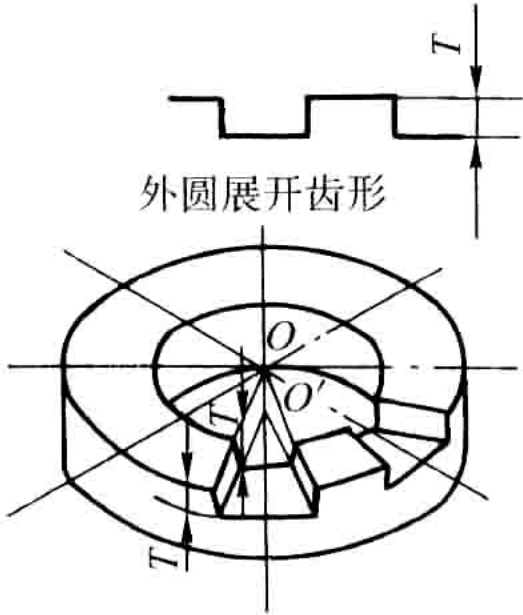
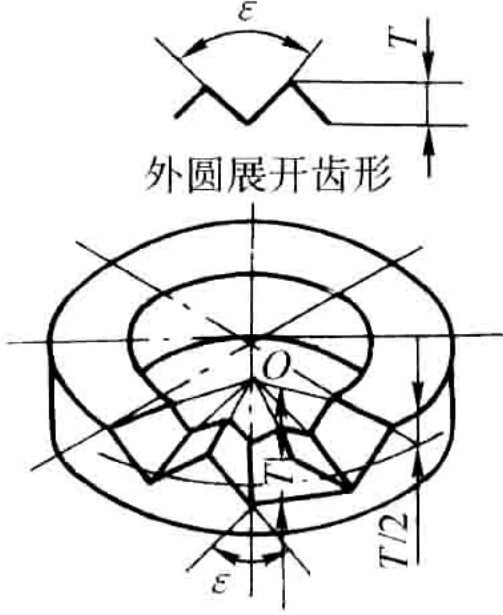
##### (1) 奇数齿离合器铣削

##### 1) 计算铣刀最大宽度(mm)

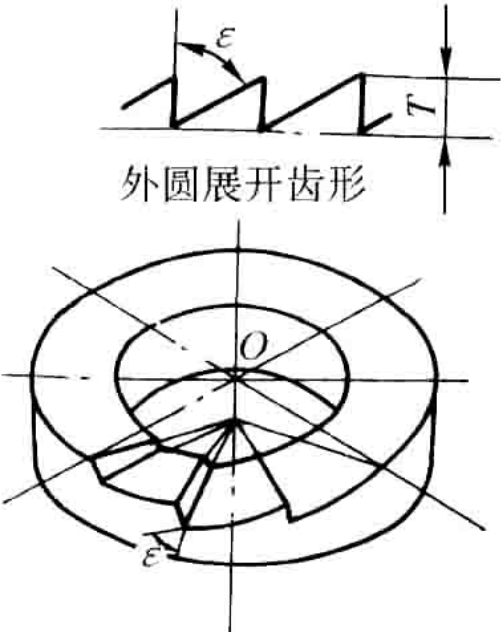
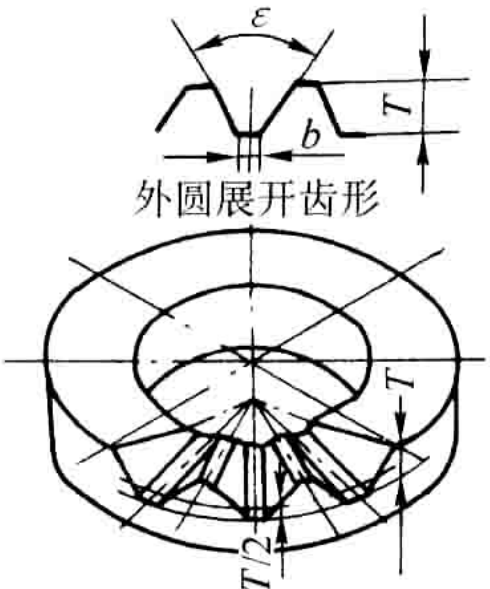
$$B = \frac{d}{2} \sin \frac{180^\circ}{z}$$

式中  $d$ ——离合器孔径(mm);  
 $z$ ——离合器齿数。

表 7-7 牙嵌离合器的种类及特点

名 称	基 本 齿 形	特 点
矩形齿 离合器		齿侧平面通过工件轴线
尖齿离 合器		整个齿形向轴线上一点收缩

(续)

名 称	基 本 齿 形	特 点
锯形齿 离合器	 <p>外圆展开齿形</p>	直齿面通过 工件轴线,斜齿 面向轴线上一点收缩
梯形收 缩齿离合 器	 <p>外圆展开齿形</p>	齿顶及槽底 在齿长方向都 等宽,而且中心 线通过离合器 轴线

2) 将铣刀一侧对准工件中心 (图 7-5a), 铣削时铣刀应铣过槽 1 和 3 的一侧, 分度后再铣槽 2 和 4 的一侧 (每次进给同时铣出两个齿的不同侧面), 这样依次铣削即可。

3) 加工离合器齿侧间隙的方法

① 将离合器的各齿侧面都铣得偏过中心一个距离

(图 7-5b)。这可在对刀时调整铣刀侧刃，使其超过中心  $e = 0.1 \sim 0.5\text{mm}$  来达到。这种方法不增加铣削次数，但由于齿侧面不通过中心，离合器结合时齿侧面只有外圆处接触，影响承载能力，所以这种方法只适用于要求不高的离合器。

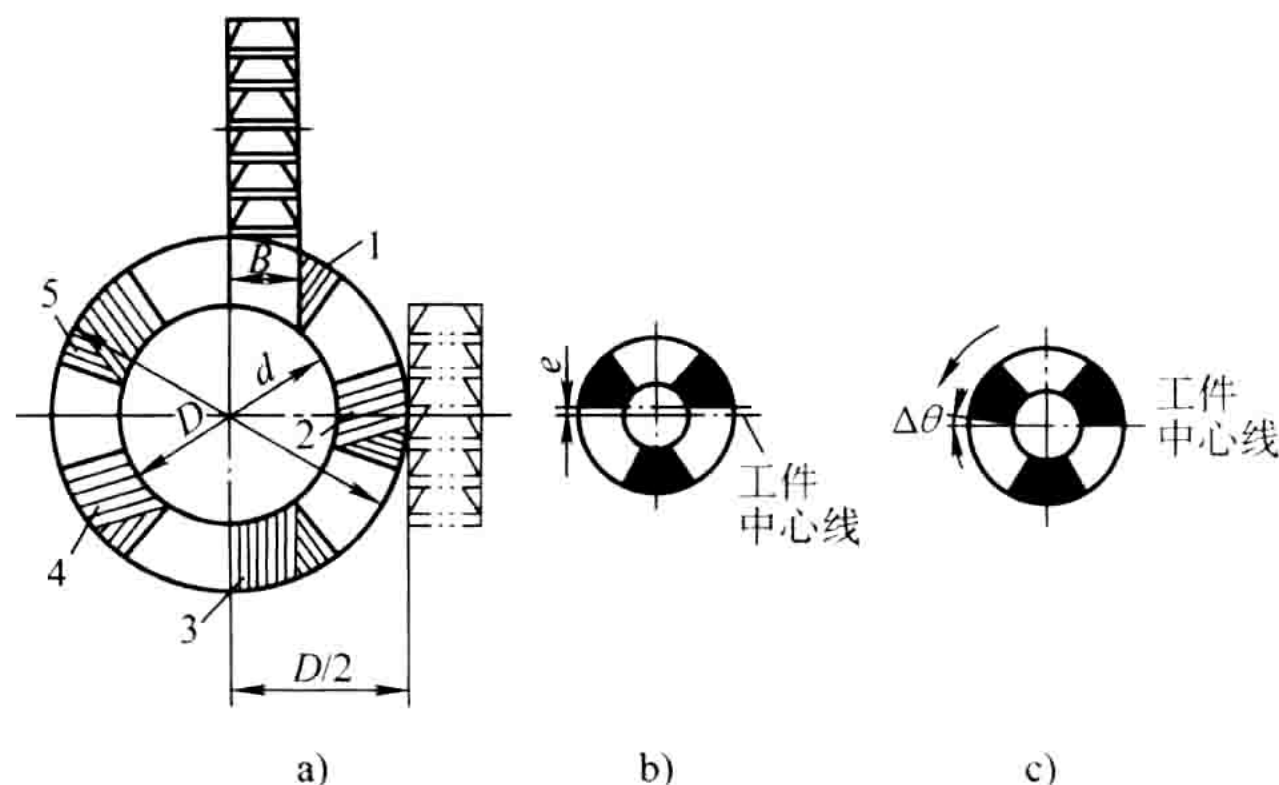


图 7-5 奇数齿离合器的铣削

② 将齿槽角铣得略大于齿面角（图 7-5c），这种方法是在离合器铣削之后，再使离合器转过一个角度  $\Delta\theta = 1^\circ \sim 2^\circ$  铣一次。把所有齿的同名侧铣去一些来达到。此法也适用于齿槽角大于齿面角的宽齿槽离合器，此时  $\Delta\theta = \frac{\text{齿槽角} - \text{齿面角}}{2}$ 。用这种方法铣削离合器，其齿侧面仍是通过轴心的径向平面，齿侧面贴合较好，所以一般用于要

求较高的离合器加工。

## (2) 偶数齿离合器的铣削 (图 7-6)

1) 矩形偶数齿离合器的对刀方法和铣刀宽度的选择与奇数齿相同。

2) 铣偶数齿离合器时, 每次只能铣一个槽的一侧, 而不能通过整个端面。

3) 当各齿的同一侧铣完后, 铣另一侧时, 需要重新对刀, 其方法是摇动分度头手柄, 使工件转过一个齿槽角 (即分度头手柄转过  $\frac{20}{z}$ ), 使齿的另一侧与铣刀侧

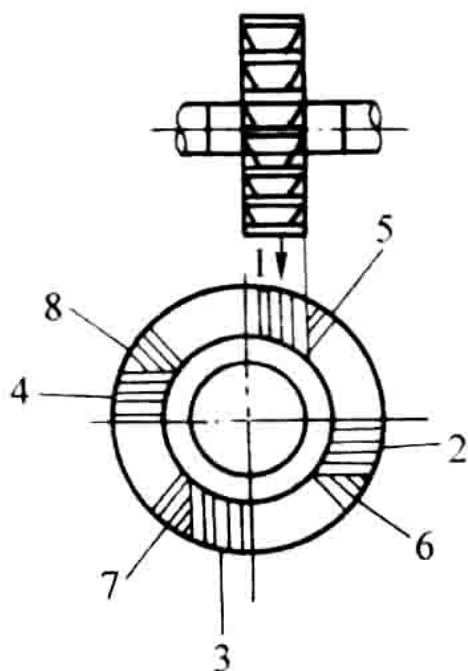


图 7-6 偶数齿离合器的铣削

刃平行, 再将工作台横向移动一个铣刀宽度的距离。使齿的另一侧对准铣刀的另一侧, 这样依次进行铣削即可。

## 3. 铣梯形齿离合器

1) 铣梯形齿离合器可选用成形铣刀。

2) 对刀方法如图 7-7 所示, 且与尖齿对刀法相同。对刀时, 应使铣刀刀尖通过工件轴心。

3) 计算分度头扳角  $\varphi$

$$\cos \varphi = \tan \frac{90^\circ}{z} \cot \frac{\theta}{2}$$

式中  $\theta$ ——铣刀廓形角;

$z$ ——离合器齿数。

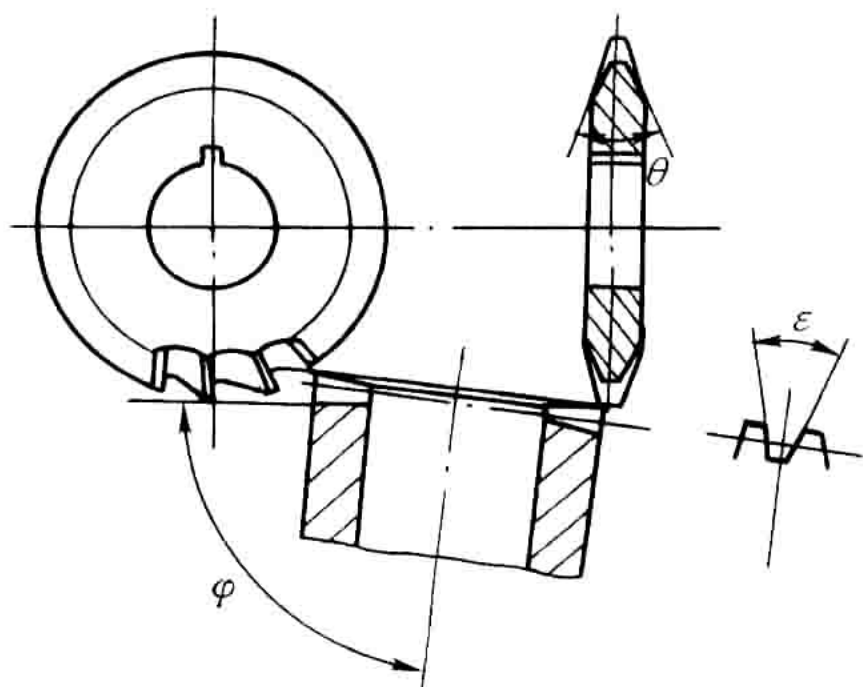


图 7-7 铣梯形齿离合器

4) 铣梯形齿和尖齿离合器时分度头的倾斜角  $\varphi$  值 (表 7-8)。

表 7-8 铣梯形齿和尖齿离合器时  
分度头的倾斜角  $\varphi$  值

离合器 齿数 $z$	双角铣刀角度 $\theta$		离合器 齿数 $z$	双角铣刀角度 $\theta$	
	60°	90°		60°	90°
	分度头倾斜角 $\varphi$			分度头倾斜角 $\varphi$	
8	69°51′	78°30′	14	78°45′	83°32′
9	72°13′	79°51′	15	79°31′	83°58′
10	74°05′	80°53′	16	80°11′	84°21′
11	75°35′	81°53′	17	80°46′	84°41′
12	76°50′	82°26′	18	81°17′	84°59′
13	77°52′	83°02′	19	81°45′	85°15′

(续)

离合器 齿数 $z$	双角铣刀角度 $\theta$		离合器 齿数 $z$	双角铣刀角度 $\theta$	
	60°	90°		60°	90°
	分度头倾斜角 $\varphi$			分度头倾斜角 $\varphi$	
20	82°10′	85°29′	41	86°12′	87°48′
21	82°34′	85°42′	42	86°17′	87°51′
22	82°53′	85°54′	43	86°22′	87°54′
23	83°12′	86°05′	44	86°27′	87°57′
24	83°29′	86°15′	45	86°32′	88°00′
25	83°45′	86°24′	46	86°37′	88°03′
26	84°01′	86°32′	47	86°41′	88°05′
27	84°13′	86°39′	48	86°45′	88°08′
28	84°25′	86°46′	49	86°49′	88°10′
29	84°37′	86°53′	50	86°53′	88°12′
30	84°47′	86°59′	51	86°56′	88°14′
31	84°57′	87°05′	52	87°00′	88°16′
32	85°06′	87°11′	53	87°03′	88°18′
33	85°16′	87°16′	54	87°07′	88°20′
34	85°25′	87°21′	55	87°10′	88°22′
35	85°32′	87°26′	56	87°14′	88°24′
36	85°40′	87°30′	57	87°16′	88°25′
37	85°47′	87°34′	58	87°19′	88°27′
38	85°54′	87°38′	59	87°24′	88°30′
39	86°00′	87°42′	60	87°24′	88°30′
40	86°06′	87°45′			

#### 4. 铣尖齿离合器

1) 选用对称双角铣刀，其廓形角  $\theta$  与离合器齿形角  $\varepsilon$  相等，如图 7-8 所示。

2) 对刀时，应使双角铣刀刀尖通过工件轴心。

3) 计算分度头倾斜角  $\varphi$ ，  
其与铣梯形齿离合器相同。

### 5. 铣锯齿形离合器

1) 选用单角铣刀，其廓形角  $\theta$  与离合器齿形角  $\varepsilon$  相等，如图 7-9 所示。

2) 对刀时，应使单角铣刀的端面侧刃通过工件轴心。

3) 计算分度头倾斜角  $\varphi$

$$\cos \varphi = \tan \frac{180^\circ}{z} \cot \theta$$

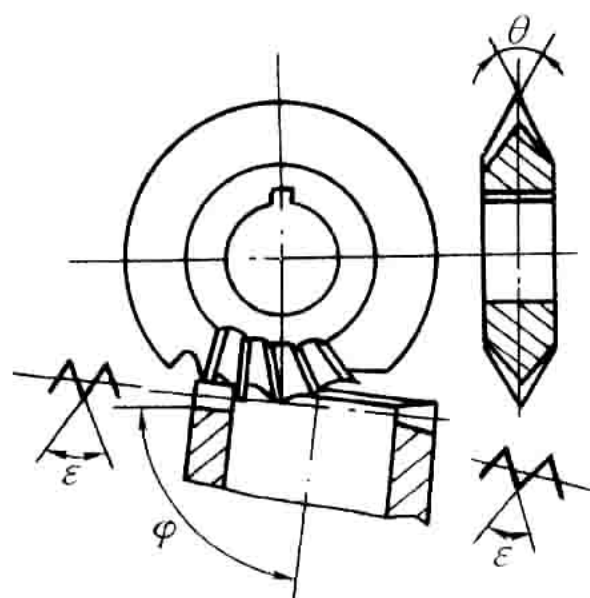


图 7-8 铣尖齿离合器

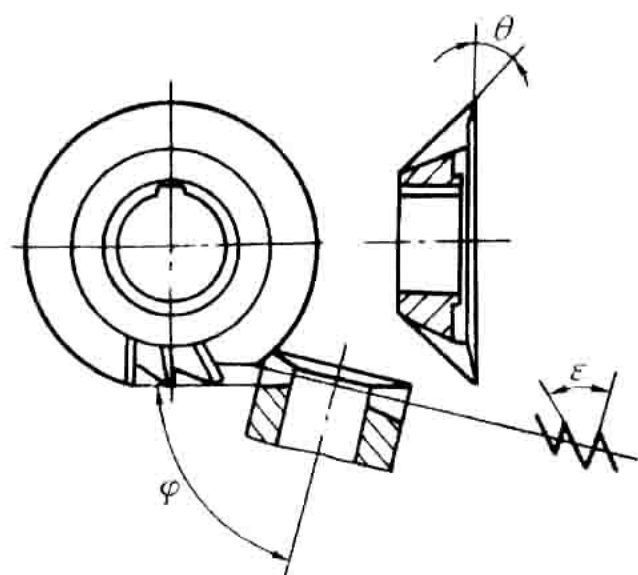


图 7-9 铣锯齿形离合器

式中  $\theta$ ——单角铣刀廓形角；

$z$ ——离合器齿数。

4) 铣锯齿形离合器时分度头的倾斜角  $\varphi$  值(表 7-9)



表 7-9 铣锯齿形离合器时分度头的倾斜角  $\varphi$  值

离合器 齿数 $z$	单角铣刀角度 $\theta$ (即离合器齿形角)					
	60°	65°	70°	75°	80°	85°
	分度头倾斜角 $\varphi$					
5	65°12'	70°12'	74°40'	78°47'	82°12'	86°21'
6	70°32'	74°23'	77°52'	81°06'	84°09'	87°06'
7	73°50'	77°02'	79°54'	82°35'	85°10'	87°35'
8	76°10'	78°52'	81°20'	83°38'	85°48'	87°55'
9	77°52'	80°14'	82°23'	84°24'	86°19'	88°11'
10	79°12'	81°17'	83°13'	85°00'	86°43'	88°22'
11	80°14'	82°08'	83°54'	85°29'	87°04'	88°32'
12	81°06'	82°49'	84°24'	85°53'	87°18'	88°39'
13	81°49'	83°24'	84°51'	86°13'	87°30'	88°46'
14	82°26'	83°54'	85°12'	86°30'	87°42'	88°51'
15	82°57'	84°19'	85°34'	86°44'	87°51'	88°56'
16	83°24'	84°41'	85°51'	86°57'	87°59'	89°00'
17	83°48'	85°00'	86°06'	87°08'	88°07'	89°04'
18	84°09'	85°17'	86°19'	87°17'	88°13'	89°07'
19	84°30'	85°32'	86°31'	87°26'	88°19'	89°10'
20	84°46'	85°46'	86°42'	87°34'	88°24'	89°12'
21	85°01'	85°58'	86°51'	87°41'	88°29'	89°15'
22	85°13'	86°09'	87°00'	87°48'	88°33'	89°17'
23	85°27'	86°20'	87°08'	87°53'	88°37'	89°19'
24	85°38'	86°29'	87°15'	87°59'	88°40'	89°20'
25	85°49'	86°37'	87°22'	88°04'	88°43'	89°22'
26	85°59'	86°45'	87°28'	88°08'	88°46'	89°24'
27	86°08'	86°53'	87°34'	88°12'	88°50'	89°25'
28	86°16'	86°59'	87°39'	88°16'	88°52'	89°26'
29	86°24'	87°06'	87°44'	88°20'	88°54'	89°27'
30	86°31'	87°11'	87°48'	88°23'	88°56'	89°28'
31	86°39'	87°18'	87°53'	88°25'	88°59'	89°29'

## 四、铣 凸 轮

凸轮的种类比较多，常用的有圆盘凸轮（图 7-10）和圆柱凸轮（图 7-11）。

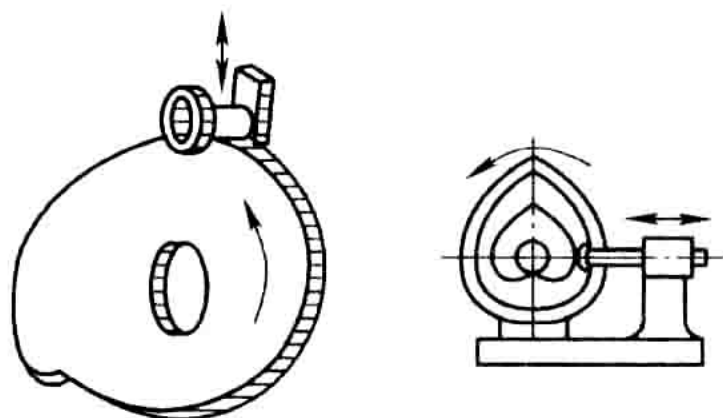


图 7-10 圆盘凸轮

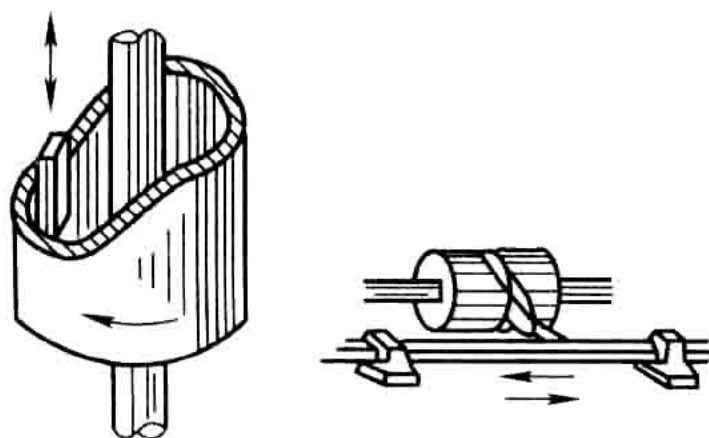
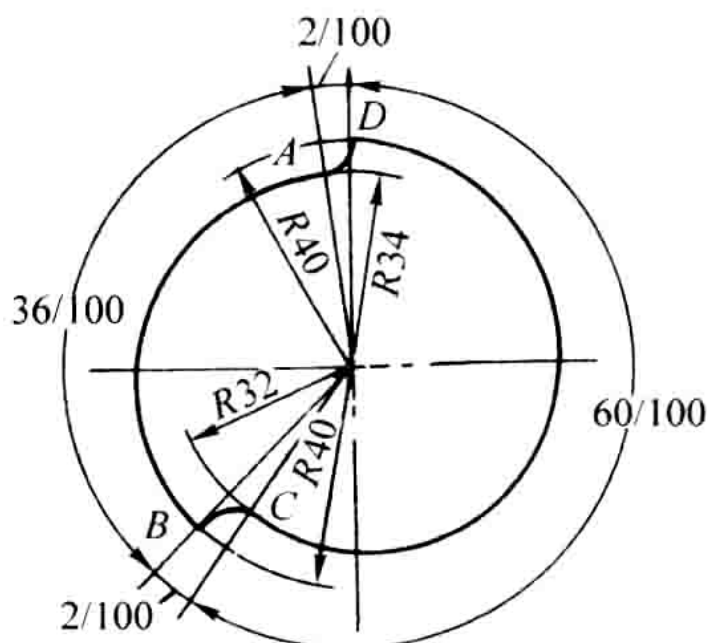


图 7-11 圆柱凸轮

通常在铣床上铣削加工的是等速凸轮。等速凸轮就是当凸轮周边上某一点转过相等的角度时，便在半径方向上（或轴线方向上）移动相等的距离。等速凸轮的工作型面一般都采用阿基米德螺旋面。

1. 凸轮传动的三要素（表 7-10）
2. 铣等速圆盘凸轮

表 7-10 凸轮传动的三要素



名称	定 义	计 算 公 式
升高量 $H$	凸轮工作曲线最高点半径和最低点半径之差	工作曲线 $AB$ 的升高量 $H = 40\text{mm} - 34\text{mm} = 6\text{mm}$ 工作曲线 $CD$ 的升高量 $H = 40\text{mm} - 32\text{mm} = 8\text{mm}$
升高率 $h$	凸轮工作曲线旋转一个单位角度或者转过等分圆周的一等分时, 被动件上升或下降的距离	凸轮圆周按 $360^\circ$ 角等分时, 升高率 $h$ 应为 $h = \frac{H}{\theta}$ 式中 $\theta$ ——工作曲线在圆周上所 占的度数 凸轮圆周按 100 格等分时, 升高率 $h$ 应为 $h = \frac{H}{A}$ 式中 $A$ ——工作曲线在圆周上所 占的百分格数

(续)

名称	定 义	计 算 公 式
导程 $P_h$	工作曲线按一定的升高率, 旋转一周时的升高量	<p>凸轮圆周按 <math>360^\circ</math> 角等分时, 导程 <math>P_h</math> 应为</p> $P_h = 360^\circ h = 360^\circ \times \frac{H}{\theta} = \frac{360^\circ H}{\theta}$ <p>凸轮圆周按 100 格等分时, 导程 <math>P_h</math> 应为</p> $P_h = 100h = 100 \times \frac{H}{A} = \frac{100H}{A}$

## (1) 垂直铣削法 (图 7-12)

1) 这种方法用于仅有一条工作曲线, 或者虽然有几条工作曲线, 但它们的导程都相等, 并且所铣凸轮的外径较大, 铣刀能靠近轮坯而顺利切削 (图 7-12a)。

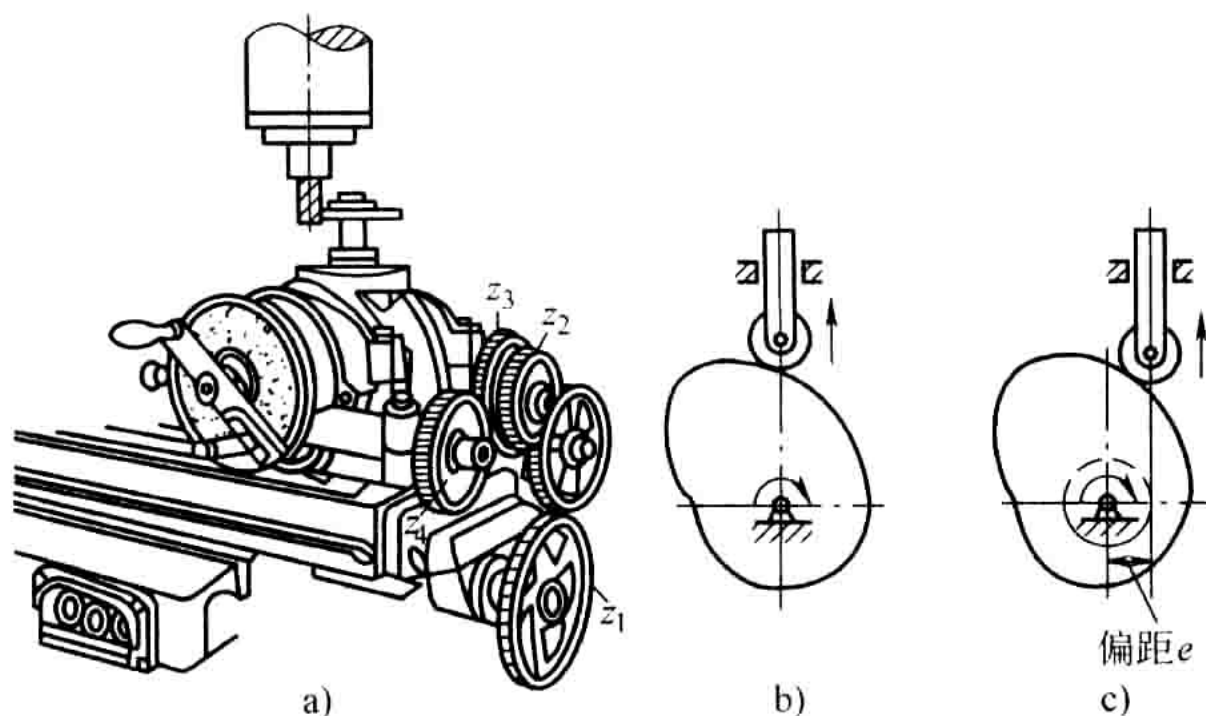


图 7-12 垂直铣削等速圆盘凸轮

2) 立铣刀直径应与凸轮推杆上的小滚轮直径相同。

### 3) 分度头交换齿轮轴与工作台丝杠的交换齿轮计算

$$i = \frac{40P_{\text{丝}}}{P_h}$$

式中 40——分度头定数；

$P_{\text{丝}}$ ——工作台丝杠螺距 (mm)；

$P_h$ ——凸轮导程 (mm)。

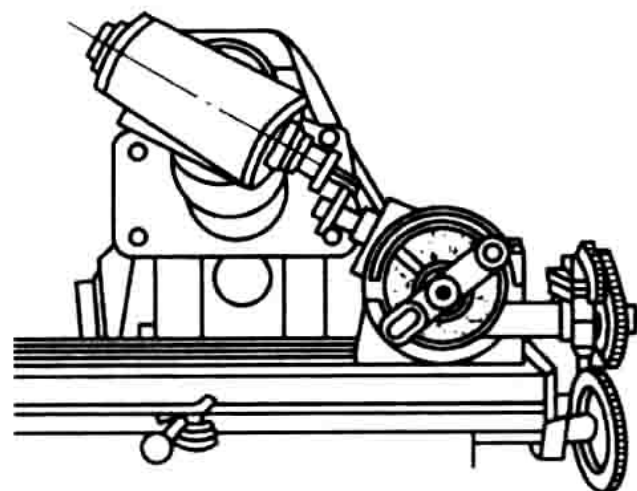
4) 铣削圆盘凸轮时的对刀位置必须根据从动件的位置来确定。

若从动件是对心直动式的圆盘凸轮 (图 7-12b)，对刀时应将铣刀和工件的中心连线调整到与纵向进给方向一致。

若从动件是偏置直动式的圆盘凸轮 (图 7-12c)，则应调整工作台，使铣刀对中后再偏移一个距离。这个距离必须等于从动件的偏距  $e$ ，并且偏移的方向也必须和从动件的偏置方向一致。

### (2) 扳角度铣削法 (图 7-13)

1) 这种方法用于有几条工作曲线，各条曲线的导程不相等，或者凸轮导程是大质数、零星小数，选配齿轮困难等。



2) 计算分度头主轴扳转角度。

图 7-13 扳角度铣削等速圆盘凸轮

① 计算凸轮的导程  $P_h$ 。选择  $P'_h$  ( $P'_h$ 可以由自己决定, 但  $P'_h$ 应大于  $P_h$  并能分解因子)。

② 计算分度头转动角度  $\alpha$

$$\sin \alpha = \frac{P_h}{P'_h}$$

3) 计算传动比 (按选择的  $P'_h$  计算)

$$i = \frac{40P_{\text{丝}}}{P'_h}$$

4) 计算立铣头的转动角度  $\beta$

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

5) 计算铣刀长度

$$l = a + H \cot \alpha + 10 \text{ mm}$$

式中  $a$ ——凸轮厚度 (mm);

10——多留出的切削刃长度;

$\alpha$ ——分度头主轴扳转角度。

6) 铣削加工工艺程序与垂直铣削法相似。

[例] 铣如图 7-14 所示的圆盘凸轮, 工作曲线  $H_{AB} = 22.5 \text{ mm}$ ,  $H_{DE} = 9.6 \text{ mm}$ ,  $CD$  为同心圆弧, 凸轮厚度  $a = 15 \text{ mm}$ 。工作台丝杠  $P_{\text{丝}} = 6 \text{ mm}$ , 计算各部调整尺寸。

[解]

1) 计算工件导程:

工作曲线  $AB$  所对的圆心角  $\theta = 240^\circ$

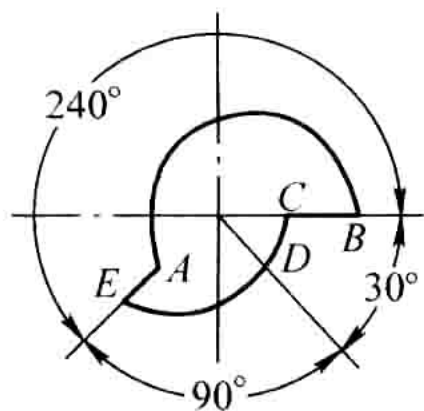


图 7-14 圆盘凸轮

$$P_{h(AB)} = \frac{360^\circ H}{\theta} = \frac{360^\circ \times 22.5}{240^\circ} \text{mm} = 33.75 \text{mm}$$

工作曲线  $DE$  所对的圆心角  $\theta = 90^\circ$

$$P_{h(DE)} = \frac{360^\circ H}{\theta} = \frac{360^\circ \times 9.6 \text{mm}}{90^\circ} = 38.4 \text{mm}$$

2) 选择  $P'_h$ :  $P'_h = 40$  ( $P'_h > P_h$ )。

3) 计算分度头扳转角度  $\alpha$ :

$$\sin \alpha = \frac{P_{h(AB)}}{P'_h} = \frac{33.75}{40} = 0.8437, \alpha = 57^\circ 32'$$

$$\sin \alpha = \frac{P_{h(DE)}}{P'_h} = \frac{38.4}{40} = 0.96, \alpha = 73^\circ 45'$$

4) 计算立铣头扳转角度  $\beta$ :

$AB$  工作曲线应为

$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 57^\circ 32' = 32^\circ 28'$$

$DE$  工作曲线应为

$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 73^\circ 45' = 16^\circ 15'$$

5) 计算传动比  $i$  (按选择的  $P'_h$  计算):

$$i = \frac{40 P_{\text{齿}}}{P'_h} = \frac{240}{40} = \frac{100 \times 90}{25 \times 60}$$

6) 铣刀长度的计算:

$$l = a + H \cot \alpha + 10$$

$$= 15 \text{mm} + 22.5 \text{mm} \times \cot 57^\circ 32' + 10 \text{mm}$$

$$= 15 \text{mm} + 22.5 \text{mm} \times 0.8437 + 10 \text{mm} = 44 \text{mm}$$

### 3. 铣等速圆柱凸轮

等速圆柱凸轮分螺旋槽凸轮和端面凸轮 (图 7-11),

其中螺旋槽凸轮铣削方法和铣削螺旋槽基本相同。所不同的是，圆柱螺旋槽凸轮工作型面往往是由多个不同导程的螺旋面（螺旋槽）组成的，它们各自所占的中心角不同，而且不同的螺旋面（螺旋槽）之间还常通过圆弧连接，因此导程的计算就比较复杂。在实际生产中应根据图样给定的不同条件，采用不同的方法来计算凸轮曲线的导程。

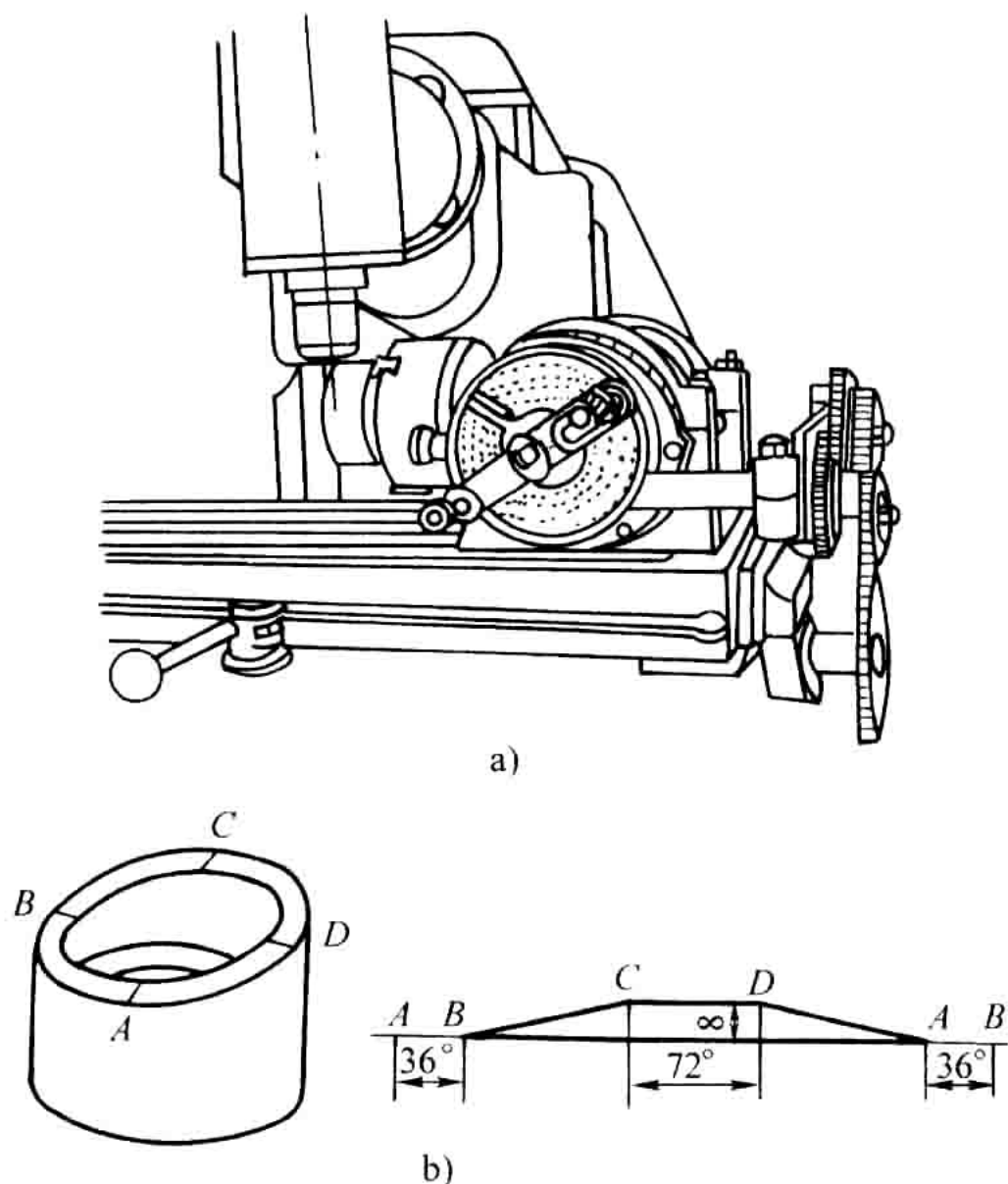


图 7-15 等速圆柱（端面）凸轮的铣削



计算等速圆柱螺旋槽凸轮导程，若加工图样上给定螺旋角  $\beta$  时，导程计算公式为  $P_h = \pi d \cot \beta$  ( $d$  为工件外径)。

等速圆柱（端面）凸轮的铣削如图 7-15 所示。

1) 铣削等速圆柱凸轮的原理与铣削等速圆盘凸轮相同，只是分度头主轴应平行于工作台（图 7-15a）。

2) 铣削时的调整计算方法与用垂直铣削法铣削等速圆盘凸轮相同。

3) 圆柱凸轮曲线的上升和下降部分需分两次铣削（图 7-15b）。图 7-15b 中， $AD$  段是右旋， $BC$  段是左旋。铣削中以增减惰轮来改变分度头主轴的旋转方向，即可完成左、右旋工作曲线。

## 五、铣 球 面

采用铣削法加工圆球，可以在铣床上进行也可以在车床上进行，其原理是一样的，即：一个旋转的刀具沿着一个旋转的物体运动，两轴线相交但又不重合，那么刀尖在物体上形成的轨迹则为球面。

铣削时，工件中心线与刀盘中心线要在同一平面上。工件装夹在分度头三爪上（图 7-16），由电

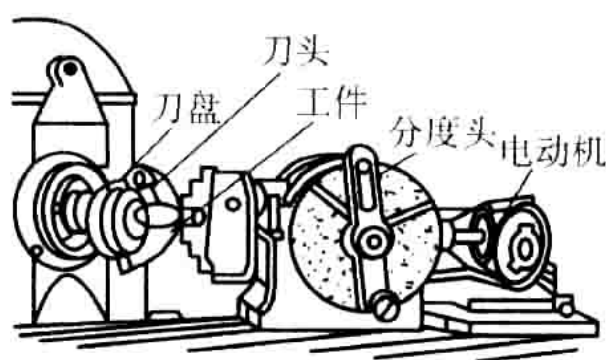


图 7-16 球面铣削装夹及传动机构

动机减速后带动或用机床纵向丝杠（掉丝杠螺母）通过

交换齿轮带动旋转。

### 1. 铣整球 (图 7-17)

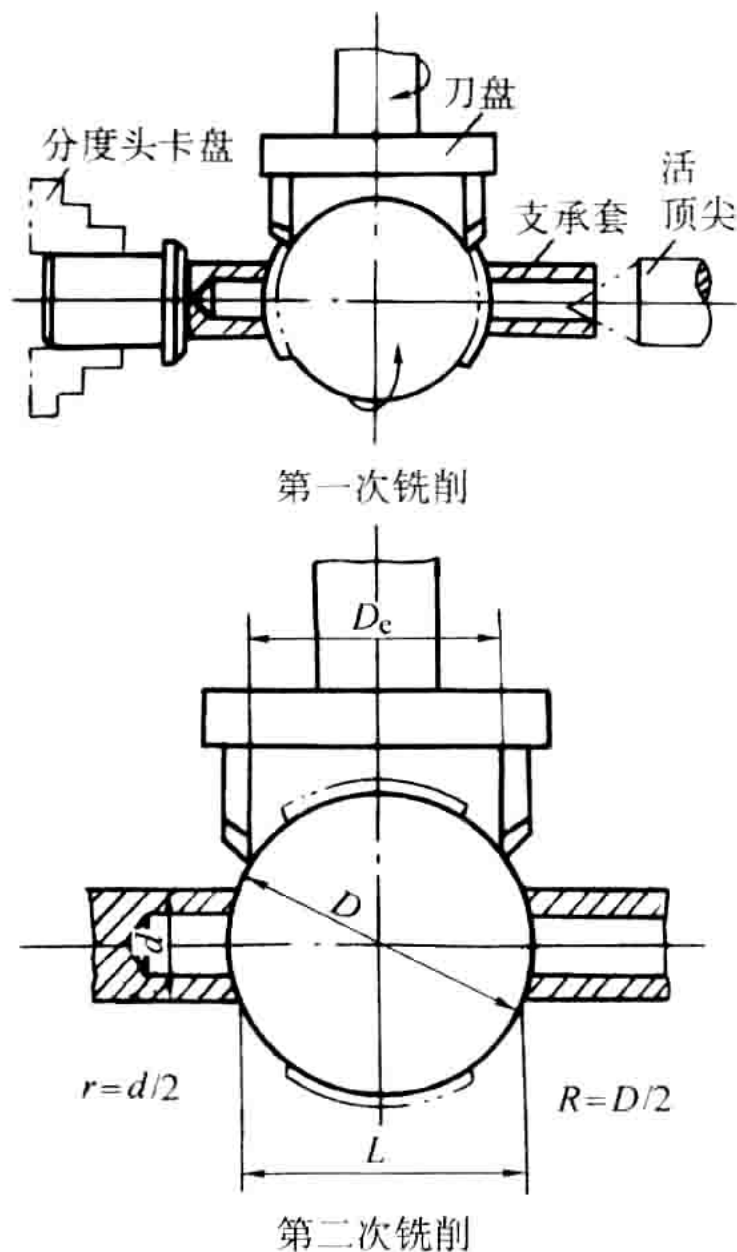


图 7-17 铣整球

(1) 第一次铣削 对刀直径  $D_c$ ，一般应控制在  $L > D_c > \sqrt{2}R$  的范围内

$$L = \sqrt{D^2 - d^2} = 2 \sqrt{R^2 - r^2}$$

式中  $L$ ——两支承套间距离 (mm)；

$D$ 、 $R$ ——工件的直径和半径 (mm);

$d$ 、 $r$ ——支承套的直径和半径 (mm)。

(2) 第二次铣削 (按前者水平转  $90^\circ$ )

## 2. 铣带柄圆球 (图 7-18)

(1) 求分度头应扳角度  $\alpha$

$$\tan \alpha = \frac{BC}{AC} = \frac{\frac{d}{2}}{L_1} = \frac{d}{2L_1}$$

$$L_1 = \frac{D + \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

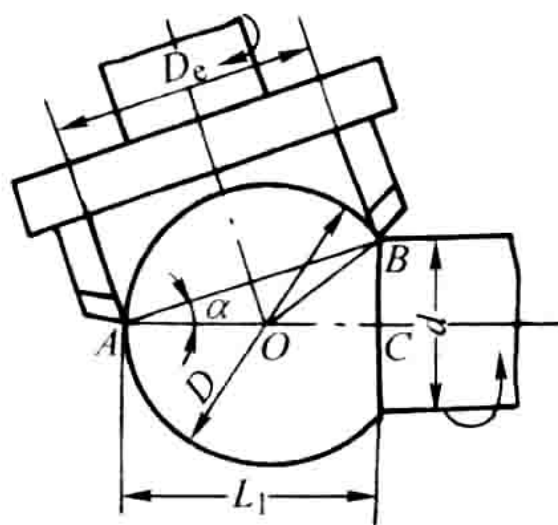


图 7-18 铣带柄圆球

(2) 求对刀直径  $D_c$

$$D_c = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + L_1^2}$$

或  $\frac{D_c}{2} = OA \cos \alpha = R \cos \alpha$

所以  $D_c = 2R \cos \alpha = D \cos \alpha$

## 3. 铣内球面 (图 7-19)

(1) 求分度头应扳角度  $\alpha$

$$\angle AOB = 2\alpha$$

$$\sin 2\alpha = \frac{AB}{AO} = \frac{\frac{d}{2}}{R} = \frac{d}{2R} = \frac{d}{D}$$

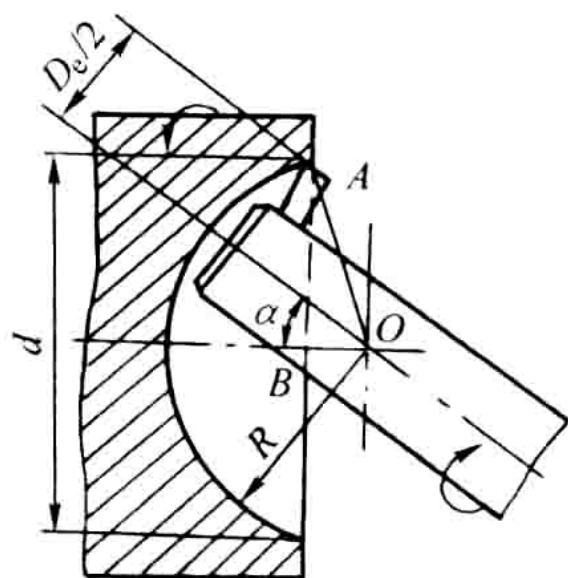


图 7-19 铣内球面

(2) 求对刀半径  $\frac{D_c}{2}$

$$\frac{D_c}{2} = R \sin \alpha$$

## 六、刀具开齿计算

### 1. 对前角 $\gamma_o = 0^\circ$ 的铣刀开齿

#### (1) 用单角铣刀开齿方法

1) 齿槽加工。如图 7-20 所示，将铣刀的端面切削刃对准工件中心，然后切至所要求齿槽深度，依次将全部齿槽铣出即可。注意工作铣刀的角度必须与齿槽角  $\theta$  相等。

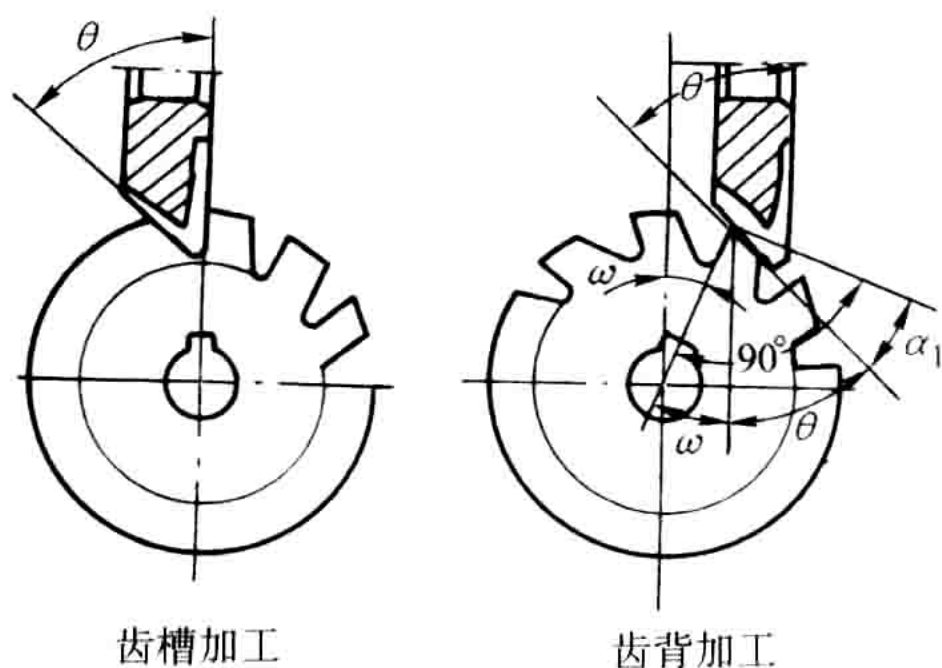


图 7-20 用单角铣刀开齿方法

2) 齿背加工。齿槽加工后，可直接用单角铣刀加工齿背。但必须将工件转过一个角度  $\omega$  (图 7-20)

$$\omega = 90^\circ - \theta - \alpha_1$$

式中  $\omega$ ——分度头主轴的回转角 ( $^\circ$ );

$\theta$ ——工件的齿槽角 ( $^\circ$ );

$\alpha_1$ ——工件的齿背角 ( $^\circ$ )。

然后可按下式计算出分度头手柄转数  $n$ ,

$$n = \frac{\omega}{9^\circ} = \frac{90^\circ - \theta - \alpha_1}{9^\circ}$$

## (2) 用双角铣刀开齿方法

1) 齿槽加工：可以用双角铣刀加工，但必须使工作铣刀相对工件中心偏移一个距离  $S$  (图 7-21)

$$S = (R - h) \sin \theta_1$$

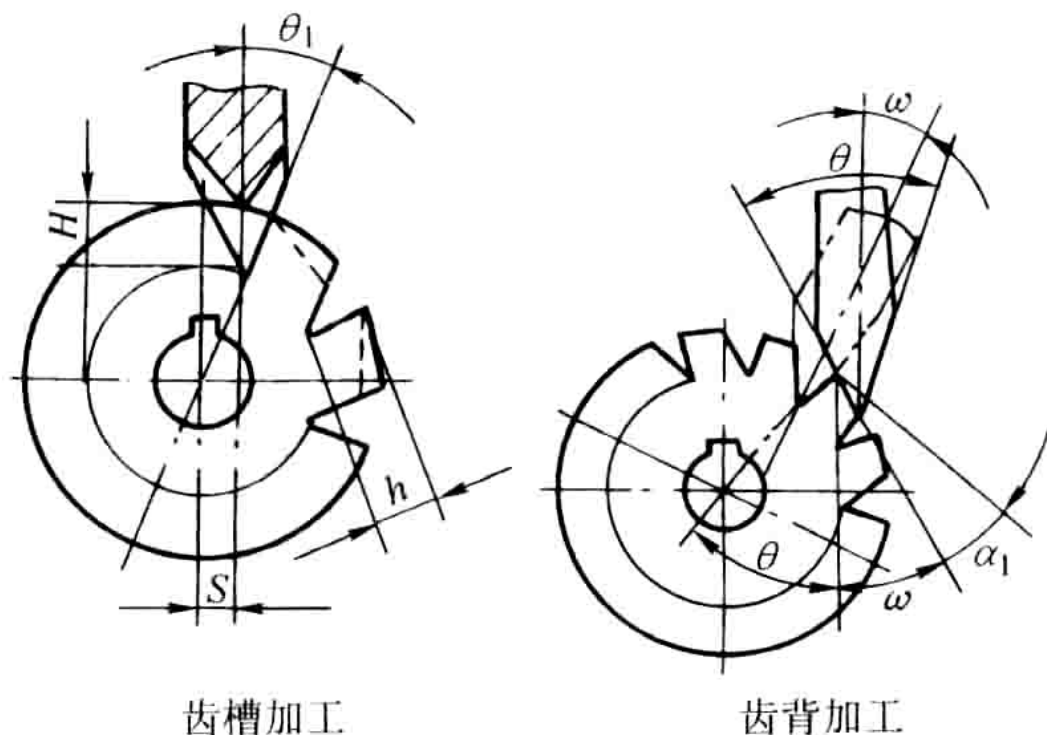


图 7-21 用双角铣刀开齿方法

偏移后还应计算出升高量  $H$

$$H = R - (R - h) \cos \theta_1$$

式中  $R$ ——工件半径 (mm);

$h$ ——工件齿槽深度 (mm);

$\theta_1$ ——双角铣刀的小角度 ( $^\circ$ )。

2) 齿背加工: 分度头主轴回转角  $\omega$  的计算和分度方法与用单角铣刀加工  $\gamma_0 = 0^\circ$  的齿背时相同, 但公式中的  $\theta$  是代表双角铣刀的角度 (包括小角度  $\theta_1$  在内)。

3) 用双角铣刀铣前角等于零度齿槽时, 也可采用下面简易对刀方法。

加工时, 刀尖与工件中心线对正后, 先铣出浅印  $A$  (图 7-22a), 然后将工件转过一个工作铣刀小角度  $\theta_1$ , 并且使刀尖仍然对正浅印  $A$  (图 7-22b), 再降低工作台, 使工件按图中箭头  $B$  的方向离开刀尖一个距离  $S$  (图 7-22c)

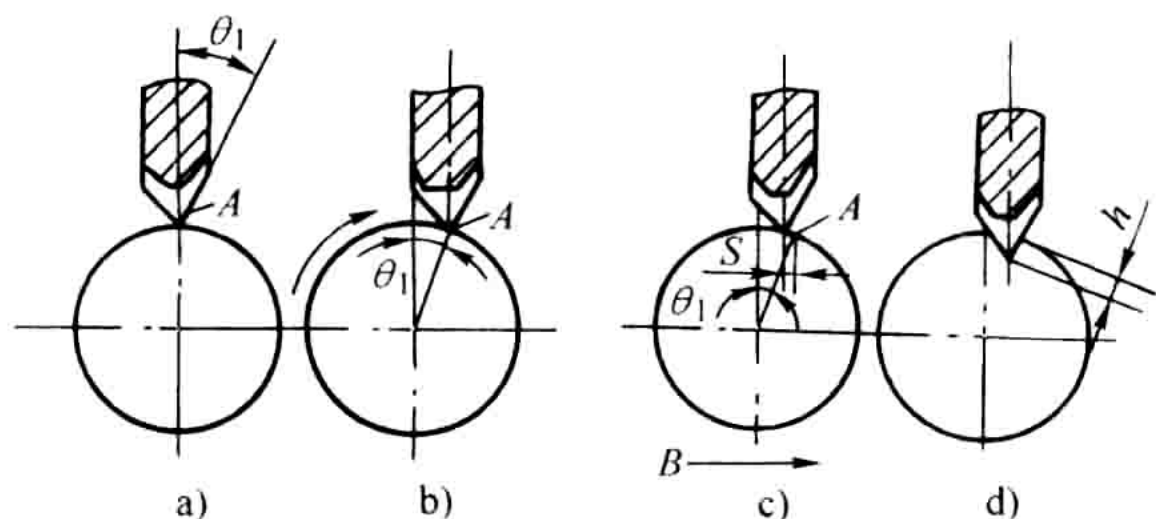


图 7-22 简易对刀方法

移动距离  $S$  用下式计算

$$S = h \sin \theta_1$$

式中  $\theta_1$ ——工件转过角度 ( $^\circ$ ), 即工作铣刀小角度;  
 $h$ ——工件齿槽深度 (mm)。

工作台横向移动后, 接着升高工作台进行铣削, 当铣刀刀齿铣到浅印  $A$  后 (图 7-22d) 切削深度就达到尺寸了。

## 2. 对前角 $\gamma_o > 0^\circ$ 的铣刀开齿

### (1) 用单角铣刀开齿方法

1) 齿槽加工：如图 7-23 所示，为保证前角  $\gamma_o$  的大小，工作铣刀在进给时应与工件中心偏移一个距离  $S$ 。其值为

$$S = R \sin \gamma_o$$

计算升高量  $H$

$$H = R(1 - \cos \gamma_o) + h$$

式中  $R$ ——工件半径 (mm)；

$\gamma_o$ ——工件前角 ( $^\circ$ )；

$h$ ——工件齿槽深度 (mm)。

2) 齿背加工 (图 7-23)：齿槽加工后，可直接用单角

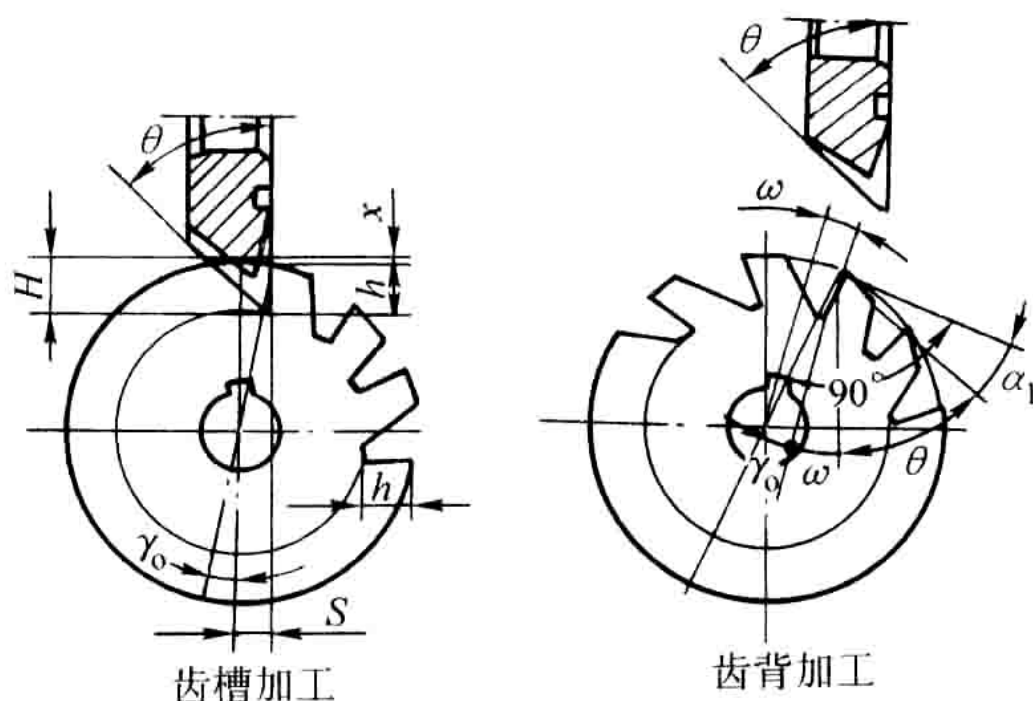


图 7-23 用单角铣刀开齿方法

铣刀加工齿背，但必须将工件转过一个角度  $\omega$

$$\omega = 90^\circ - \theta - \alpha_1 - \gamma_0$$

然后再换算成分度头手柄转数  $n$ 。

3) 用单角铣刀铣削前角大于零度齿槽的简易对刀方法。先使单角铣刀端面切削刃对准工件中心，并铣出浅印  $A$ 。然后，将工件按图 7-24 中所示箭头方向转动一个  $\gamma_0$  角（刀坯前角），再重新使铣刀刀尖和浅印  $A$  对准，工作台升高一个齿槽深度  $h$  后，就可正式铣削。

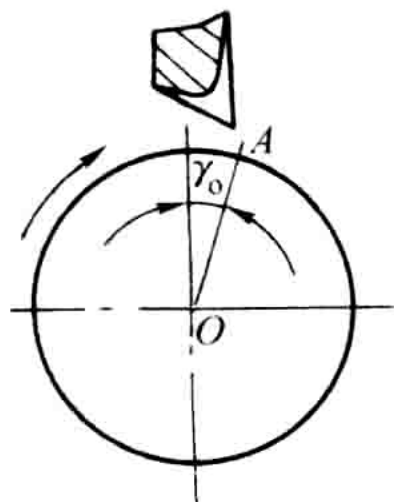


图 7-24 简易对刀方法

## (2) 用双角铣刀开齿方法

1) 齿槽加工。计算铣刀偏移距离  $S$  (图 7-25)

$$S = R \sin(\theta_1 + \gamma_0) - h \sin \theta_1$$

计算升高量  $H$

$$H = R[1 - \cos(\theta_1 + \gamma_0)] + h \cos \theta_1$$

式中  $R$ ——工件半径 (mm);

$\gamma_0$ ——工件前角 ( $^\circ$ );

$\theta_1$ ——双角铣刀的小角度 ( $^\circ$ );

$h$ ——工件齿槽深 (mm)。

2) 齿背加工。如图 7-25 所示， $\omega$  的计算和分度方法与用单角铣刀加工  $\gamma_0 > 0^\circ$  的齿背时相同。

用双角铣刀铣削前角大于零度的刀坯时，也可采用简易对刀的方法。这种方法与用双角铣刀铣削前角等于零度的刀坯时基本相似。现举例说明加工方法。



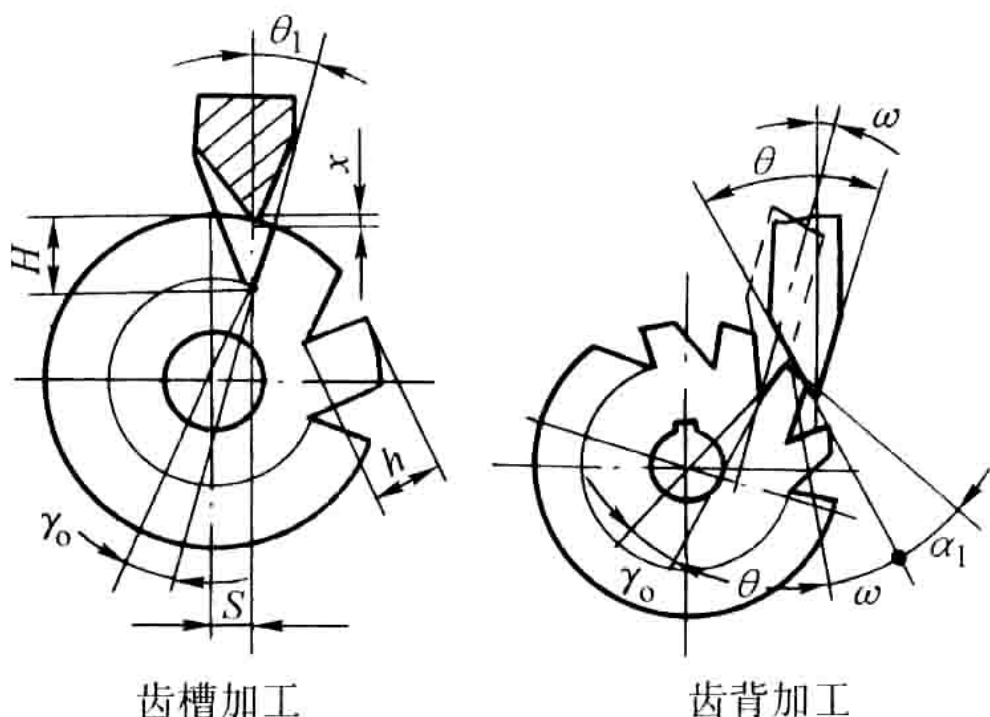


图 7-25 用双角铣刀开齿方法

〔例〕 已知一刀坯  $D = 100\text{mm}$ ,  $h = 12\text{mm}$ ,  $\gamma_0 = 5^\circ$ , 用双角铣刀  $\theta = 55^\circ$ 、 $\theta_1 = 15^\circ$  进行加工。试述所有各部调整及铣削过程。

〔解〕 加工方法和步骤：

- ① 工件安装找正后，将铣刀刀尖对正工件的中心。
- ② 使工件靠近铣刀，并铣出一条刀印。
- ③ 旋转分度头手柄，使工件朝工作铣刀的小角度方向转动一个角度，其大小为铣刀小角角度加上工件的前角

$$\theta_1 + \gamma_0 = 15^\circ + 5^\circ = 20^\circ$$

手柄应转数  $n$

$$n = \frac{20^\circ}{9^\circ} = 2 \frac{2}{9} = 2 \frac{12}{54}$$

- ④ 移动工作台，使工作铣刀的刀尖重新对准刚才铣出的浅印。然后降低工作台，使工件上的浅印反向离开刀

尖一个距离  $S$

$$S = h \sin \theta_1 = 12 \text{mm} \times \sin 15^\circ = 12 \text{mm} \times 0.259 = 3.1 \text{mm}$$

⑤ 升高铣削，待铣刀铣到浅印处，齿深即合适。

⑥ 然后将工件退回到原位置进行分度，依次铣出各齿。

### 3. 圆柱螺旋齿铣刀刀坯的铣削

(1) 刀具的选择 加工螺旋齿应该用双角铣刀。双角铣刀的角度和旋向应根据工件的齿槽角决定（图 7-26）。当工件的旋向为“右旋”时，应选用“左切”双角铣刀；当工件的旋向为“左旋”时，应选用“右切”双角铣刀。

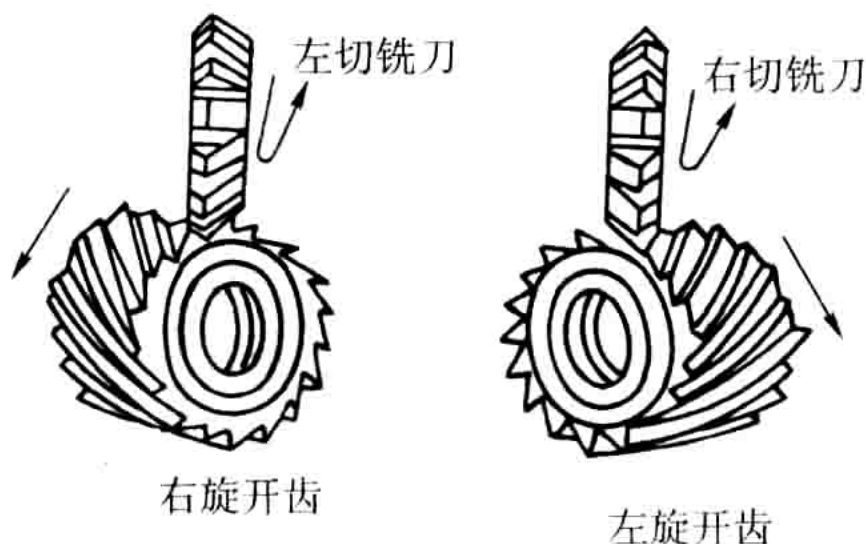
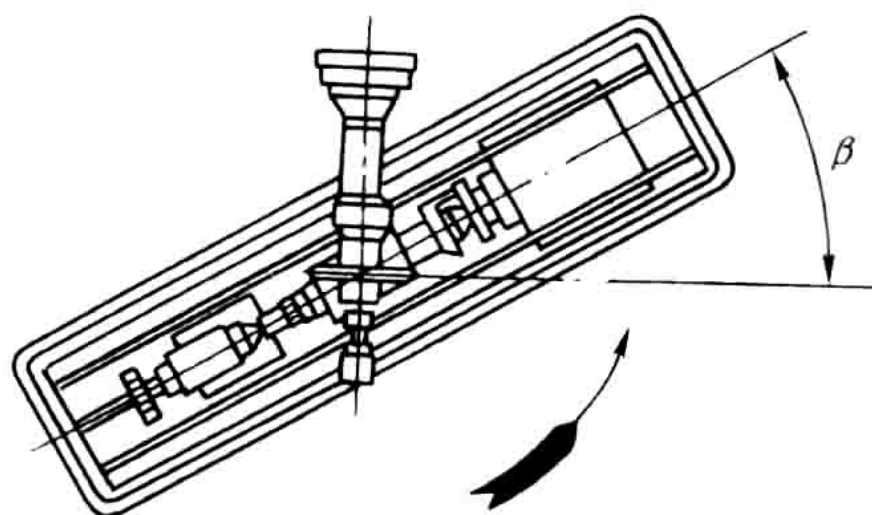


图 7-26 工作铣刀

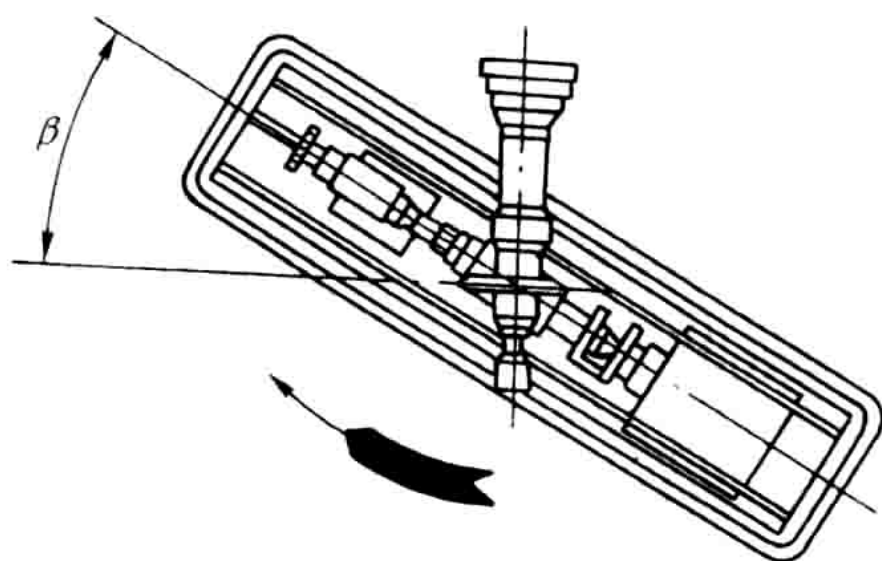
如果没有合适的刀具，用“左切”双角铣刀加工“左旋”齿槽或用“右切”双角铣刀加工“右旋”齿槽时，一般工作台角度应多扳  $3^\circ$  左右来弥补可能发生“内切”现象。

(2) 工作台转角角度的确定 铣“右旋”齿槽，工作台逆时针转动一个螺旋角；铣“左旋”齿槽，工作台顺时针

针转动一个螺旋角（图 7-27）。



a) 右旋铣刀开齿



b) 左旋铣刀开齿

图 7-27 工作台转角角度的确定

当工件螺旋角  $\beta < 20^\circ$  时，工作台扳转角度等于工件的螺旋角  $\beta$ 。当工件螺旋角  $\beta > 20^\circ$  时，为了避免工作铣刀发生“内切”，工作台实际转动角度  $\beta_1$  应小于工件螺旋角  $\beta$

$$\tan \beta_1 = \tan \beta \cos(\theta_1 + \gamma_{on})$$

式中  $\beta$ ——工件螺旋角 ( $^{\circ}$ );

$\beta_1$ ——工作台实际转角 ( $^{\circ}$ );

$\theta_1$ ——工作铣刀的小角度 ( $^{\circ}$ );

$\gamma_{on}$ ——工件的法向前角 ( $^{\circ}$ )。

(3) 传动比的计算 传动比

$$i = \frac{40P_{\text{丝}}}{P_h} = \frac{40P_{\text{丝}}}{\pi D \cot \beta}$$

式中 40——分度头定数;

$P_{\text{丝}}$ ——铣床纵向工作台丝杠螺距 (mm);

$P_h$ ——工件导程 (mm);

$D$ ——工件外径 (mm)。

[例] 要铣削一条螺旋槽  $\beta = 26^{\circ}$ ,  $D = 110\text{mm}$ , 计算传动比  $i$ 。

$$\begin{aligned} [\text{解}] \quad i &= \frac{40P_{\text{丝}}}{\pi D \cot \beta} = \frac{40 \times 6}{3.14 \times 110 \times \cot 26^{\circ}} \\ &= \frac{240}{708.07} = 0.339 \end{aligned}$$

查交换齿轮表 (表 7-35)  $0.34028 = \frac{70 \times 35}{80 \times 90}$  即采用两

套交换齿轮, 主动轮 70、35, 从动轮 80、90。

(4) 偏移量  $S$  和升高量  $H$  的计算

1) 计算公式

$$S = \frac{R}{\cos^2 \beta} \sin(\theta_1 + \gamma_{on}) - h \sin \theta_1$$

$$H = R[1 - \cos(\theta_1 + \gamma_{on})] + h \cos \theta_1$$

式中  $R$ ——工件半径 (mm);

$\gamma_{on}$ ——工件法向前角 ( $^{\circ}$ );

$\theta_1$ ——工作铣刀的小角度 ( $^{\circ}$ );

$h$ ——工件的齿槽深 (mm)。

2) 铣螺旋齿的偏移量  $S$  值也可由表 7-11 直接查得。

[例] 已知, 加工一把圆柱右旋铣刀,  $D = 80\text{mm}$ ,  $\beta = 30^{\circ}$ ,  $z = 16$ ,  $h = 6\text{mm}$ ,  $\gamma_{on} = 15^{\circ}$ , 齿槽角  $\theta = 65^{\circ}$ , 求加工中的一般调整。

[解] 1) 采用“左切”双角铣刀, 齿形角  $\theta = 65^{\circ}$  (其中小角角度  $\theta_1 = 15^{\circ}$ )。

2) 工作台应转角度  $\beta_1$

$$\begin{aligned}\tan\beta_1 &= \tan\beta \cos(\theta_1 + \gamma_{on}) \\ &= \tan 30^{\circ} \times \cos(15^{\circ} + 15^{\circ}) = 0.5\end{aligned}$$

故  $\beta_1 = 26^{\circ}34'$

即工作台逆时针转动  $26^{\circ}34'$ 。

$$\begin{aligned}3) \text{ 传动比 } i &= \frac{40P_{\text{丝}}}{\pi D \cot\beta} = \frac{40 \times 6}{3.14 \times 80 \times \cot 30^{\circ}} \\ &= \frac{240}{435.58} = 0.591\end{aligned}$$

查交换齿轮表 (表 7-35)  $0.55682 = \frac{70 \times 35}{55 \times 80}$ , 即两套交换齿轮, 主动轮 70、35; 被动轮 55、80。

$$\begin{aligned}4) \text{ 偏移量 } S &= \frac{R}{\cos^2\beta} \sin(\theta_1 + \gamma_{on}) - h \sin\theta \\ &= \frac{40}{\cos^2 30^{\circ}} \times \sin(15^{\circ} + 15^{\circ}) - 6 \times \sin 15^{\circ}\end{aligned}$$

$$= 25.11 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 5) \text{ 升高量 } H &= R [1 - \cos(\theta_1 + \gamma_{\text{on}})] + h \cos \theta_1 \\ &= 40 \times [1 - \cos(15^\circ + 15^\circ)] + 6 \\ &\quad \times \cos 15^\circ = 11.155 \text{ mm} \end{aligned}$$

表 7-11 铣螺旋齿的偏移量  $S$  值

螺旋角 $\beta$	前角 $\gamma_{\text{on}}$			
	$5^\circ$	$10^\circ$	$12^\circ$	$15^\circ$
$10^\circ$	$0.176D$	$0.218D$	$0.234D$	$0.258D$
	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$
$15^\circ$	$0.183D$	$0.226D$	$0.244D$	$0.268D$
	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$
$20^\circ$	$0.194D$	$0.238D$	$0.257D$	$0.283D$
	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$
$25^\circ$	$0.208D$	$0.257D$	$0.276D$	$0.304D$
	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$
$30^\circ$	$0.228D$	$0.282D$	$0.303D$	$0.330D$
	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$
$35^\circ$	$0.255D$	$0.305D$	$0.338D$	$0.373D$
	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$
$40^\circ$	$0.290D$	$0.355D$	$0.387D$	$0.426D$
	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$
$45^\circ$	$0.342D$	$0.423D$	$0.454D$	$0.500D$
	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$	$-0.26h$

注：1. 表中数据是根据工作铣刀小角度  $\theta_1$  计算的，如果条件改变应按公式计算。

2. 表中及公式中均未考虑工作铣刀的刀尖半径  $r$ ，如需要考虑，从  $S$  值中减去“ $0.7r$ ”即可。

#### 4. 麻花钻的铣削

常用的麻花钻头有两条螺旋形的沟槽，其螺旋角为  $\beta$ ，如图 7-28 所示。

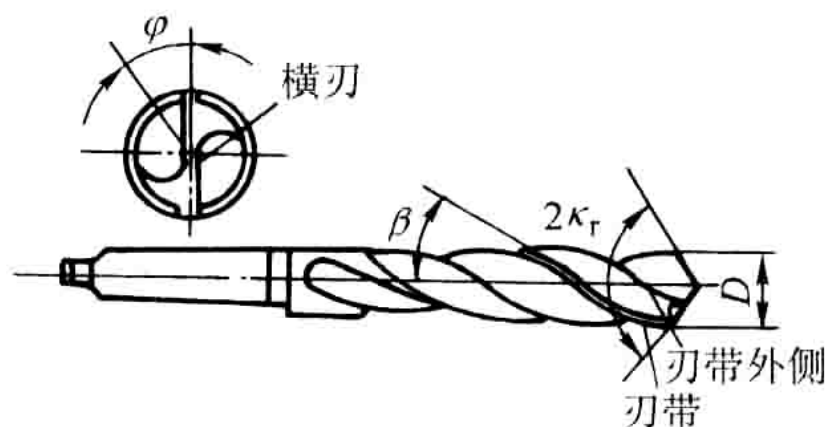


图 7-28 钻头

铣削钻头螺旋槽及齿背所用的铣刀是一组成形铣刀，其刀齿的几何形状根据钻头的直径来决定的，如图 7-29 所示。如果选择得不正确，就不能保证加工出来钻头的钻槽截形。

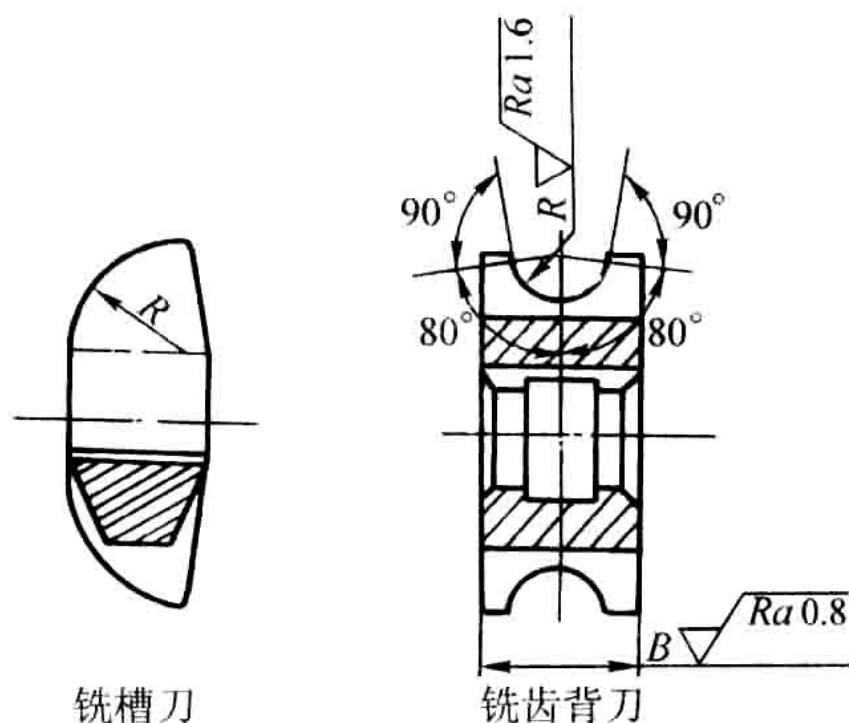


图 7-29 铣钻头用铣刀

铣削时，工作台转角大小、转动方向与进给运动规律都和铣螺旋齿圆柱形铣刀相同。但对刀时一般采用试铣的方法。

### 5. 端面齿的铣削

(1) 刀具的选择 采用单角铣刀，其截形角应与被加工工件的齿槽角相同。

(2) 分度头倾斜角  $\varphi$  的计算公式 三面刃铣刀、单角铣刀等都具有端面齿。为保证刀齿全长上刃口棱边的宽度相等，在开齿时应把分度头主轴倾斜一个角度  $\varphi$ ，如图 7-30 所示。

$$\cos \varphi = \tan \frac{360^\circ}{z} \cot \theta$$

式中  $z$ ——刀坯齿数；  
 $\theta$ ——工作铣刀截形角。

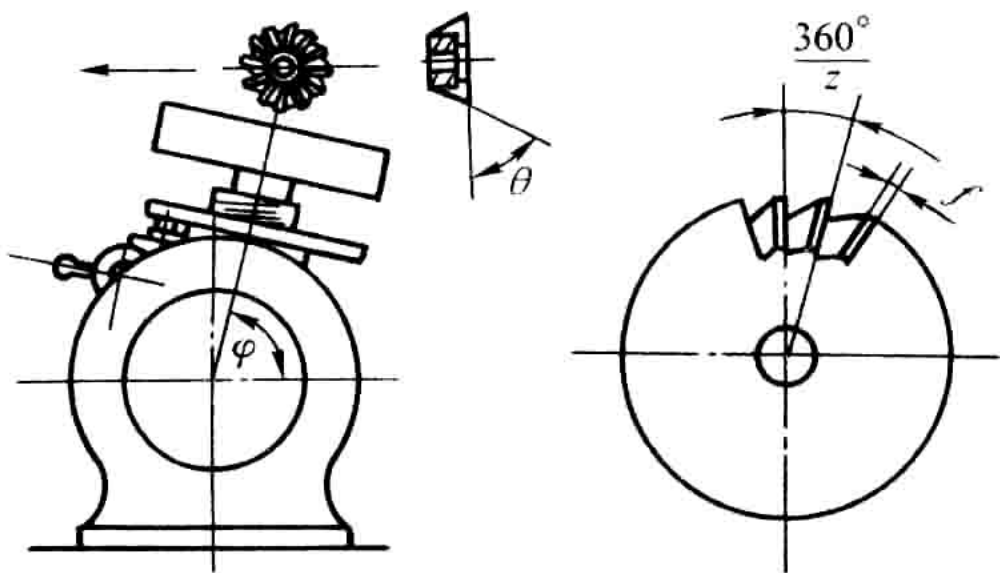


图 7-30 端面齿的铣削

(3) 偏移量  $S$  的计算 当被加工工件前角等于零度



时, 单角工作铣刀的端面切削刃对准工件中心就可以进行铣削。

当被加工工件前角大于零度时, 单角工作铣刀端面切削刃对正工件中心后还需将工作台横向移动一个距离  $S$

$$S = R \sin \gamma_{os}$$

式中  $R$ ——工件半径 (mm);

$\gamma_{os}$ ——工件刀齿端面前角。

实际生产中, 虽然计算出偏移量  $S$  值, 但为了保证端面切削刃和圆周切削刃互相对齐, 平滑连接, 往往采用试铣方法来对刀。铣端面齿分度头扳转角  $\varphi$  值见表 7-12。

**表 7-12 铣端面齿分度头扳转角  $\varphi$  值**

工作铣刀 截形角 $\theta$	刀 坯 齿 数 $z$					
	8	10	12	14	16	18
80°	79°51'	82°38'	84°09'	85°08'	85°49'	86°19'
75°	74°27'	78°59'	81°06'	82°35'	83°38'	84°24'
70°	68°39'	74°40'	77°52'	79°54'	81°20'	82°27'
65°	62°12'	70°12'	74°23'	77°01'	78°52'	80°14'
工作铣刀 截形角 $\theta$	刀 坯 齿 数 $z$					
	20	22	24	26	28	
80°	86°43'	87°02'	87°18'	87°30'	87°42'	
75°	85°00'	85°30'	85°53'	86°13'	86°30'	
70°	83°12'	83°52'	84°24'	84°51'	85°14'	
65°	81°17'	82°08'	82°49'	83°24'	83°53'	

## 6. 锥面齿的铣削

锥面的开齿与端面上开齿有很多相同的地方, 如工作铣刀选用单角铣刀, 其截形角  $\theta$  应等于刀坯的齿槽角, 横

向偏移量  $S$  的计算方法等均一样。

锥面刀齿也要求刀齿在全长上棱边宽度一致，所以齿槽应是大端深，小端浅，因此铣削时分度头也要扳起一个角度  $\varphi$  如图 7-31 所示。

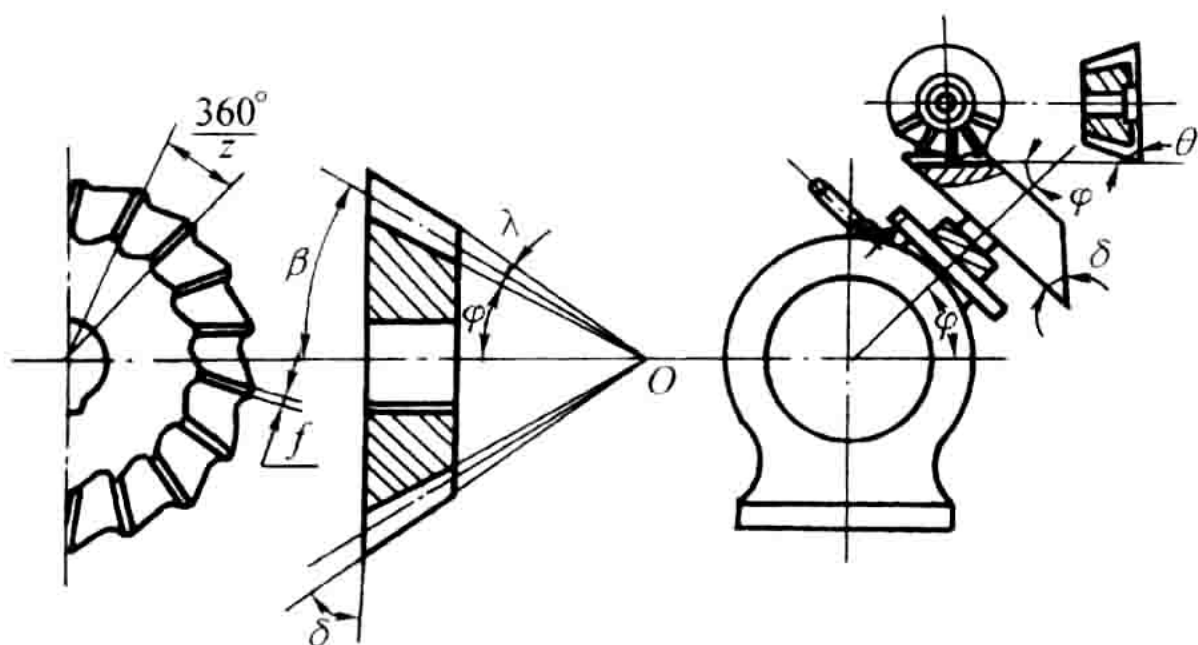


图 7-31 锥面齿的铣削

$$\varphi = \beta - \lambda$$

$$\tan \beta = \cos \frac{360^\circ}{z} \cot \delta$$

$$\sin \lambda = \tan \frac{360^\circ}{z} \cot \theta \sin \beta$$

式中  $\beta$ ——工件刀齿齿高中线与工件轴线间夹角 ( $^\circ$ )；  
 $\lambda$ ——工件刀齿中线与齿槽底线间夹角 ( $^\circ$ )；  
 $z$ ——工件刀齿数；  
 $\delta$ ——工件锥面与大端端面的夹角 ( $^\circ$ )；  
 $\theta$ ——工作铣刀角度 ( $^\circ$ )。

实际生产中，开单角铣刀锥面齿时分度头扳转角  $\varphi$  值

表 7-13 开单角铣刀锥面齿时分度头扳转角  $\varphi$  值 $\delta$  角为  $45^\circ$ 

齿数 $z$	开齿用角度铣刀的角度								
	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°
12	40°54′	39°00′	37°04′	35°05′	33°00′	30°46′	28°18′	25°33′	20°24′
14	42°01′	40°24′	38°46′	37°04′	35°17′	33°23′	31°18′	28°58′	26°19′
16	42°44′	41°19′	39°54′	38°25′	36°52′	35°18′	33°24′	31°23′	29°05′
18	43°13′	41°58′	40°42′	39°23′	38°01′	36°33′	34°57′	33°10′	31°09′
20	43°34′	42°27′	41°18′	40°08′	38°53′	37°35′	36°09′	34°33′	32°44′
22	43°49′	42°48′	41°46′	40°42′	39°34′	38°23′	37°04′	35°38′	33°59′
24	44°00′	43°04′	42°07′	41°09′	40°07′	39°02′	37°50′	36°30′	35°01′
26	44°09′	43°17′	42°25′	41°31′	40°34′	39°34′	38°28′	37°14′	35°52′
28	44°16′	43°28′	42°40′	41°49′	40°57′	39°55′	39°00′	37°52′	36°36′
30	44°22′	43°37′	42°52′	42°05′	41°16′	40°24′	39°27′	38°34′	37°12′
32	44°27′	43°45′	43°03′	42°19′	41°29′	40°44′	39°51′	38°51′	37°44′

(续)

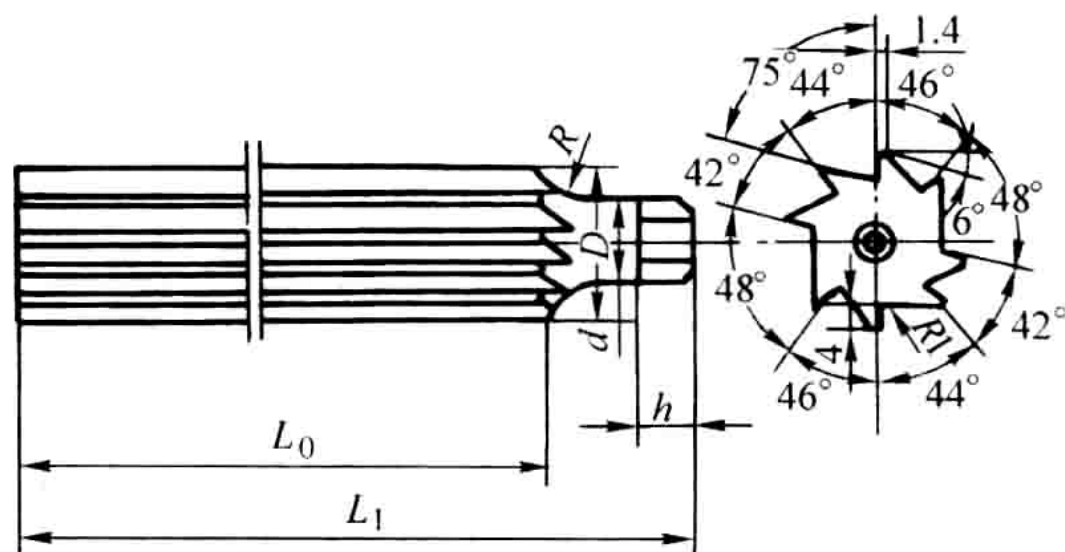
 $\delta$ 角为  $60^\circ$ 

齿数 $z$	开齿用角度铣刀的角度								
	$90^\circ$	$85^\circ$	$80^\circ$	$75^\circ$	$70^\circ$	$65^\circ$	$60^\circ$	$55^\circ$	$50^\circ$
12	$26^\circ 34'$	$25^\circ 16'$	$23^\circ 57'$	$22^\circ 36'$	$21^\circ 11'$	$20^\circ 39'$	$18^\circ 00'$	$16^\circ 09'$	$14^\circ 03'$
14	$27^\circ 29'$	$26^\circ 22'$	$25^\circ 14'$	$24^\circ 04'$	$22^\circ 50'$	$21^\circ 32'$	$20^\circ 06'$	$18^\circ 22'$	$16^\circ 44'$
16	$28^\circ 04'$	$27^\circ 05'$	$26^\circ 06'$	$25^\circ 04'$	$24^\circ 00'$	$22^\circ 51'$	$21^\circ 36'$	$20^\circ 13'$	$18^\circ 39'$
18	$28^\circ 29'$	$27^\circ 37'$	$26^\circ 44'$	$25^\circ 49'$	$24^\circ 52'$	$23^\circ 50'$	$22^\circ 44'$	$21^\circ 30'$	$20^\circ 06'$
20	$28^\circ 46'$	$27^\circ 59'$	$27^\circ 11'$	$26^\circ 22'$	$25^\circ 30'$	$24^\circ 35'$	$23^\circ 35'$	$22^\circ 29'$	$21^\circ 14'$
22	$28^\circ 59'$	$28^\circ 16'$	$27^\circ 33'$	$26^\circ 48'$	$26^\circ 01'$	$25^\circ 11'$	$24^\circ 16'$	$23^\circ 16'$	$22^\circ 07'$
24	$29^\circ 09'$	$28^\circ 30'$	$27^\circ 50'$	$27^\circ 09'$	$26^\circ 26'$	$25^\circ 40'$	$24^\circ 50'$	$23^\circ 54'$	$22^\circ 52'$
26	$29^\circ 16'$	$28^\circ 40'$	$28^\circ 03'$	$27^\circ 25'$	$26^\circ 45'$	$26^\circ 03'$	$25^\circ 17'$	$24^\circ 26'$	$23^\circ 28'$
28	$29^\circ 22'$	$28^\circ 48'$	$28^\circ 14'$	$27^\circ 39'$	$27^\circ 02'$	$26^\circ 23'$	$25^\circ 42'$	$24^\circ 52'$	$23^\circ 59'$
30	$29^\circ 27'$	$28^\circ 56'$	$28^\circ 24'$	$27^\circ 51'$	$27^\circ 16'$	$26^\circ 39'$	$26^\circ 00'$	$25^\circ 15'$	$24^\circ 25'$
32	$29^\circ 31'$	$29^\circ 02'$	$28^\circ 32'$	$28^\circ 01'$	$27^\circ 28'$	$26^\circ 54'$	$26^\circ 16'$	$25^\circ 35'$	$24^\circ 48'$

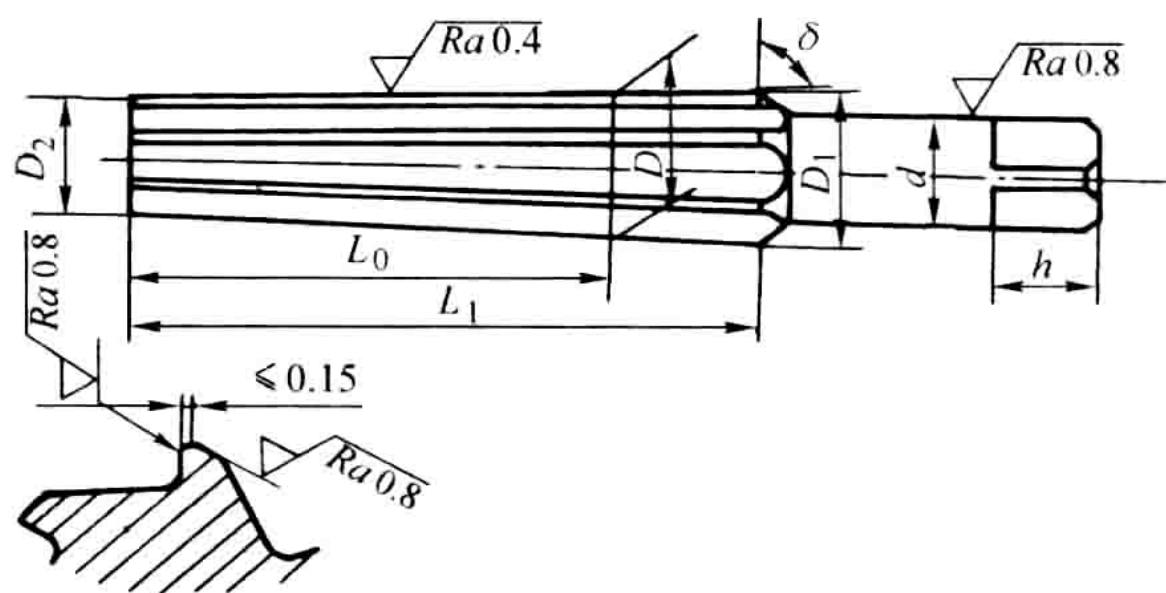
可从表 7-13 查得。铣削背吃刀量  $a_p$  也可用试切法来确定, 主要应保证锥面上切削刃棱边宽度所规定的数值。

## 7. 铰刀的开齿

一般铰刀有圆柱铰刀和圆锥铰刀两种, 如图 7-32 所



a) 圆柱铰刀



b) 圆锥铰刀

图 7-32 铰刀

表 7-14 铰刀刀齿的不等分分度表

(分度头定数 40, 铣 6 ~ 16 齿铰刀时, 取用 49 孔分度盘)

铰 刀 齿 数	第 一 个 角 度	转 数	孔 数	第 二 个 角 度	转 数	孔 数	第 三 个 角 度	转 数	孔 数	第 四 个 角 度	转 数	孔 数
6	58°2'	6	22	59°53'	6	32	62°5'	6	44	48°	5	16
8	42°	4	32	44°	4	44	46°	5	6	37°30'	4	8
10	33°	3	34	34°30'	3	41	36°	4	—	30°30'	3	19
12	27°30'	3	3	28°30'	3	8	29°30'	3	14	25°45'	2	43
14	23°30'	2	30	24°15'	2	34	25°	2	38	22°15'	2	23
16	20°30'	2	14	21°	2	17	21°30'	2	20			

铰 刀 齿 数	第 五 个 角 度	转 数	孔 数	第 六 个 角 度	转 数	孔 数	第 七 个 角 度	转 数	孔 数	第 八 个 角 度	转 数	孔 数
6												
8												
10	39°	4	15									
12	31°30'	3	24	32°30'	3	30						
14	26°30'	2	46	27°	3	—	28°	3	5			
16	22°45'	2	26	23°15'	2	29	24°	2	32	24°45'	2	35

示。圆柱铰刀的开齿方法与在圆盘形刀坯上开直齿时相同。

圆锥铰刀又有等分齿和不等分齿之分，不等分齿是常用的，故需分度，为了保证全部刀齿的切削刃宽度一致，在加工中各齿的吃刀量不应完全一致，中心角大的刀齿铣得深些，中心角小的刀齿铣得浅些。

另外铣削圆锥铰刀时，还要将分度头扳转一个角度，其计算公式与用角度铣刀开锥面齿时分度头倾斜角  $\varphi$  的公式相同，因一般锥铰刀的工作图中未给出刀齿角  $\delta$ ，而是给出大小端直径及工作部分长度，这时可按下式求出  $\delta$  角

$$\tan \delta = \frac{D_1 - D_2}{2L}$$

式中  $D_1$ ——铰刀大端直径 (mm)；

$D_2$ ——铰刀小端直径 (mm)；

$L$ ——铰刀圆锥部分长度 (mm)。

求出  $\delta$  角后，可代入铣锥面齿的有关公式中，求出分度头的扳转角  $\varphi$  即可加工。

铰刀刀齿的不等分分度可查表 7-14。

## 七、齿 轮 加 工

### (一) 成形法铣削齿轮用铣刀

在万能铣床上，采用成形法铣削直齿圆柱齿轮、齿条、斜齿圆柱齿轮、直齿锥齿轮时，一般用盘形齿轮铣刀 (表 5-55)。

齿轮铣刀将同一模数齿轮按齿数划分为一组 8 把或 15

把两种, 通常模数  $m = 1 \sim 8\text{mm}$  时为一组 8 把 (表 7-15), 模数  $9 \sim 16\text{mm}$  时一组 15 把 (表 7-16)。

**表 7-15 一组 8 把模数铣刀和径节铣刀所铣的齿轮齿数表**

所铣 齿轮 齿数	12 ~ 13	14 ~ 16	17 ~ 20	21 ~ 25	26 ~ 34	35 ~ 54	55 ~ 134	135 ~ 齿条
模 数 铣 刀	1	2	3	4	5	6	7	8
径 节 铣 刀	8	7	6	5	4	3	2	1

**表 7-16 一组 15 把模数铣刀所铣的齿轮齿数表**

铣刀号数	所铣齿数	铣刀号数	所铣齿数
1	12	5	26 ~ 29
$1\frac{1}{2}$	13	$5\frac{1}{2}$	30 ~ 34
2	14	6	35 ~ 41
$2\frac{1}{2}$	15 ~ 16	$6\frac{1}{2}$	42 ~ 54
3	17 ~ 18	7	55 ~ 79
$3\frac{1}{2}$	19 ~ 20	$7\frac{1}{2}$	80 ~ 134
4	21 ~ 22	8	135 ~ 齿条
$4\frac{1}{2}$	23 ~ 25		

## (二) 铣直齿圆柱齿轮

[例] 一个直齿圆柱齿轮,  $m = 3\text{mm}$ ,  $z = 24$ 。

① 铣刀的选定。已知  $m = 3\text{mm}$ ,  $z = 24$ , 根据表 7-15 可知, 对应的所铣齿轮齿数为 21 ~ 25, 应选用 4 号铣刀。

② 分度头计算。按单式分度法计算公式计算 (或查表 7-3 单式分度法计算及分度表)



$$h = \frac{40}{z} = \frac{40}{24} = 1 \frac{16}{24}$$

即铣完一齿后，分度头手柄摇 1 转，再在 24 的孔圈上转过 16 个孔距。

③ 工件装夹与找正。若加工的是直齿圆柱齿轮轴，一般用分度头夹一端，尾座顶尖顶一端（图 7-33）。若加工的是直齿圆柱齿轮，则应配制相应的心轴，将工件锁紧在心轴上，也是用分度头夹心轴一端。尾座顶尖顶一端，也是用分度头夹心轴一端。尾座顶尖顶一端，但应保证加工时进、退刀的余量。

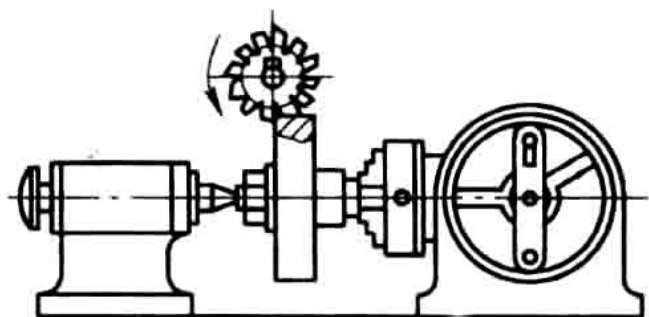


图 7-33 铣直齿圆柱齿轮轴

装夹后应对工件进行找正：

- a. 找正工件的径向圆跳动和轴向圆跳动。
- b. 找正分度头与尾座顶尖间的等高（即工件的等高）。
- c. 找正工件相对铣床升降导轨的平行度。

④ 对刀及吃刀量的控制。加工齿轮用刀具对正工件中心一般采用切痕法（图 7-34），即将工作台上升，使齿坯接近铣刀，然后凭目测使铣刀廓形对称线大致对准齿坯中心，再开动机床使铣刀旋转并逐渐升高工作

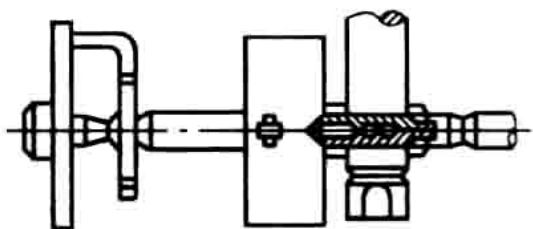


图 7-34 用切痕法对中

台，使铣刀的圆周切削刃和齿坯微微接触，同时来回移动横向工作台，这时齿坯上出现了一个椭圆形刀痕，接着调整铣刀廓形对称线对准椭圆中心即可。

刀具对准后，应锁紧横向工作台。吃刀量应按  $2.25m$  计算，即  $2.25 \times 3\text{mm} = 6.75\text{mm}$ 。为保证齿面的表面粗糙度，一般齿轮加工均分粗铣、精铣两次进行，一般粗铣后要留  $1.5 \sim 2\text{mm}$  余量再精铣。所以该例中铣第一刀的吃刀量控制在  $4.75 \sim 5\text{mm}$  为宜，在加工第二刀时，应对好齿轮所要求的尺寸后，再铣削完成。

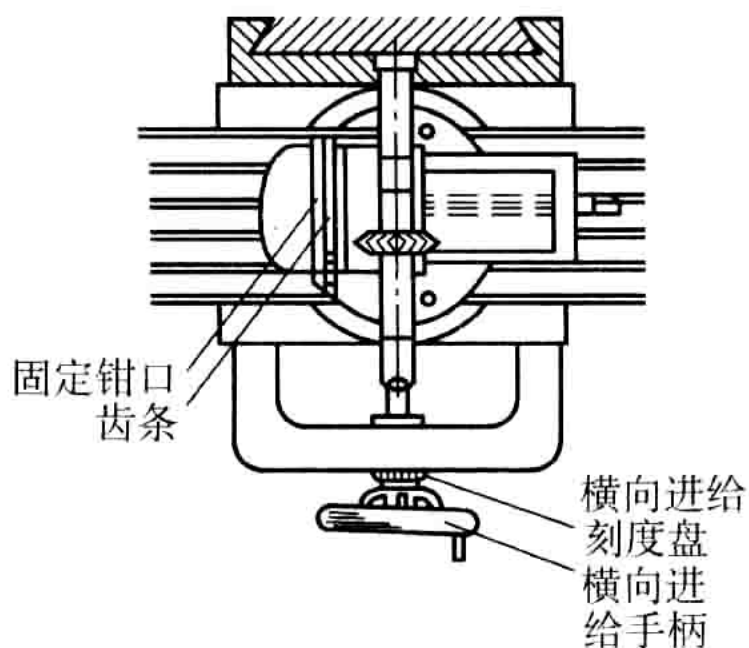


图 7-35 横向移距方法铣齿条

### (三) 铣齿条

#### 1. 横向移距方法 (图 7-35)

横向移距方法是用铣床横向刻度盘控制齿距。其刻度盘转动格数  $n$  计算公式为

$$n = \pi m / F$$

式中  $m$ ——齿条模数 (mm)；

$F$ ——刻度盘每格的移动量 (mm)。

#### 2. 分度头侧轴交换齿轮齿数的计算方法

当铣长齿条时，可将万能铣头改装成横切专用铣刀装置 (图 7-36)。分齿可采用分度头侧轴安装交换齿轮方法

(图 7-37), 其计算方法如下:

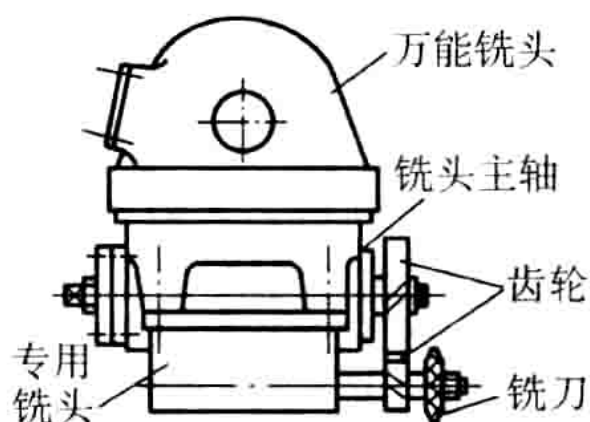


图 7-36 万能铣头改装结构

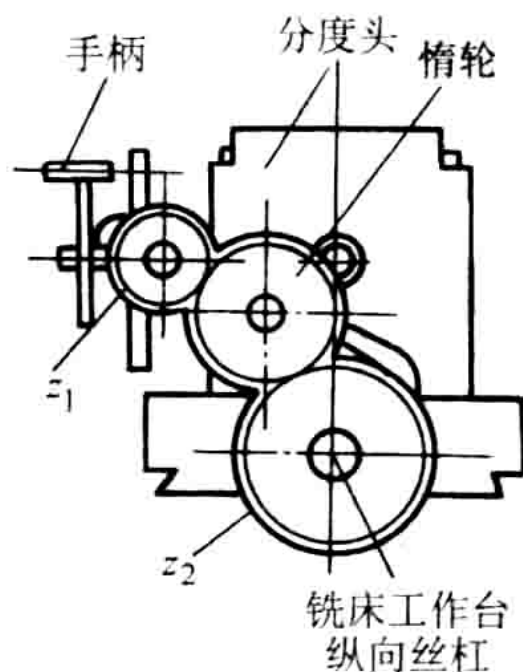


图 7-37 分度头侧轴  
交换齿轮方法

当铣床工作台纵向丝杠螺距  $P_{\text{丝}} = 6\text{mm}$ , 被加工齿条模数为  $m$ , 小齿轮  $z_1 = 22$ , 大齿轮  $z_2 = 42$ 。手柄的回转数为  $n$ , 则

$$\pi m = n \frac{z_1}{z_2} P_{\text{丝}} = n \times \frac{22}{42} \times 6 = n \times \frac{22}{7}$$

取  $\pi \approx \frac{22}{7}$ , 则  $m = n$ 。

所以分度头手柄的回转数等于被加工齿条的模数。因此在分齿时, 只要按被加工齿条的模数  $m$  转动分度头手柄即可。

若铣床工作台纵向丝杠  $P_{\text{丝}} = 4\text{mm}$ , 则需把大齿轮齿数改为  $z_2 = 28$ 。

## (四) 铣斜齿圆柱齿轮

### 1. 铣刀号数的选择

(1) 选择铣刀号数用当量齿数的计算公式选择铣刀号数用当量齿数:

$$z_v = \frac{z}{\cos^3 \beta} = \frac{\text{齿轮齿数}}{(\cos \text{螺旋角})^3}$$

[例] 已知齿轮  $z = 24$ ,  $m_n = 4\text{mm}$ ,  $\beta = 45^\circ$ , 求加工时应采用的铣刀号数。

$$\begin{aligned} [\text{解}] \quad z_v &= \frac{z}{\cos^3 \beta} = \frac{24}{\cos^3 45^\circ} = \frac{24}{0.707^3} \\ &\approx 68 \end{aligned}$$

查表 7-15, 便知用 7 号铣刀。

(2) 选择铣刀号数用系数表 (表 7-17)

为了简化计算, 可用系数表直接查出不同角度的  $\frac{1}{\cos^3 \beta}$  值, 与齿轮齿数  $z$  相乘后, 即得出选择铣刀号数, 用当量齿数  $z_v$

$$\begin{aligned} z_v &= zK \\ K &= \frac{1}{\cos^3 \beta} \end{aligned}$$

[例] 同上例, 用系数表求铣刀号数。

[解] 查系数表, 知  $\beta = 45^\circ$  时,  $K = 2.828$

$$z_v = zK = 24 \times 2.828 = 67.9 \approx 68$$

查表 7-15, 便知用 7 号铣刀。

(3) 铣斜齿圆柱齿轮用铣刀号数图表 (图 7-38)

[例] 同上例, 用查图 7-38 方法求铣刀号数。

表 7-17 选择铣刀号数用系数表

$\beta$	$K$	$\beta$	$K$	$\beta$	$K$
0°0'	1.000	15°0'	1.110	30°0'	1.540
0°30'	1.000	15°30'	1.118	30°30'	1.563
1°0'	1.001			31°0'	1.588
1°30'	1.001	16°0'	1.127	31°30'	1.613
		16°30'	1.136		
2°0'	1.002	17°0'	1.145	32°0'	1.640
2°30'	1.003	17°30'	1.154	32°30'	1.667
3°0'	1.004			33°0'	1.695
3°30'	1.005	18°0'	1.163	33°30'	1.724
		18°30'	1.172		
4°0'	1.007	19°0'	1.182	34°0'	1.755
4°30'	1.009	19°30'	1.193	34°30'	1.787
5°0'	1.011			35°0'	1.819
5°30'	1.013	20°0'	1.204	35°30'	1.853
		20°30'	1.216		
6°0'	1.016	21°0'	1.228	36°0'	1.889
6°30'	1.019	21°30'	1.241	36°30'	1.926
7°0'	1.022			37°0'	1.963
7°30'	1.026	22°0'	1.254	37°30'	2.003
		22°30'	1.268		
8°0'	1.030	23°0'	1.282	38°0'	2.044
8°30'	1.034	23°30'	1.297	38°30'	2.086
9°0'	1.038			39°0'	2.130
9°30'	1.042	24°0'	1.312	39°30'	2.177
		24°30'	1.328		
10°0'	1.047	25°0'	1.344	40°0'	2.225
10°30'	1.052	25°30'	1.360	40°30'	2.275
11°0'	1.057			41°0'	2.326
11°30'	1.062	26°0'	1.377	41°30'	2.380
		26°30'	1.395		
12°0'	1.068	27°0'	1.414	42°0'	2.436
12°30'	1.074	27°30'	1.434	42°30'	2.495
13°0'	1.080			43°0'	2.557
13°30'	1.087	28°0'	1.454	43°30'	2.621
		28°30'	1.474		
14°0'	1.094	29°0'	1.495	44°0'	2.687
14°30'	1.102	29°30'	1.517	44°30'	2.756
				45°0'	2.828

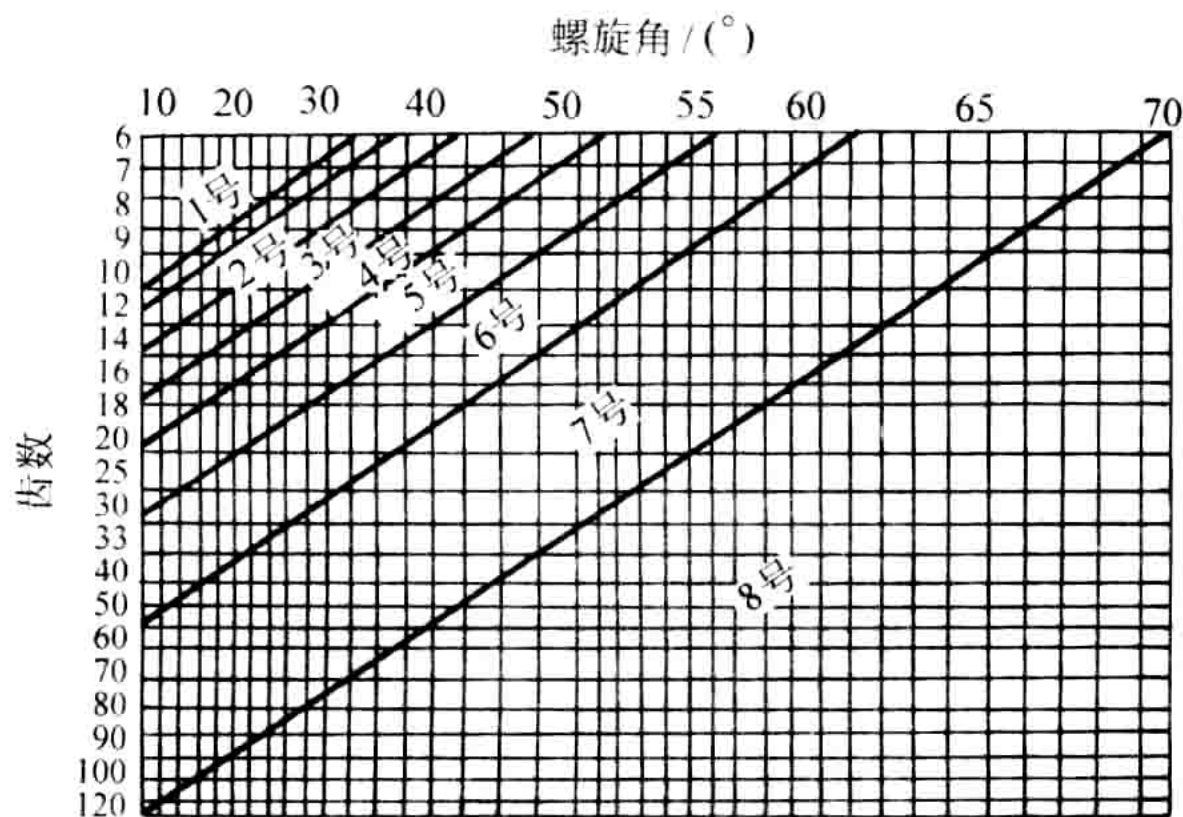


图 7-38 铣斜齿圆柱齿轮用铣刀号数图表

〔解〕 在图表中的螺旋角一边找到  $45^\circ$  后向下看，在齿数一边找到 24 齿再向右看，这两线交点，在 7 号范围内，说明应选用 7 号铣刀。

可见，用这个表选用铣刀号数比较方便。它可以直接用斜齿轮的实际齿数来查表，而不必再计算当量齿数。

## 2. 交换齿轮的计算及配轮装置

### (1) 交换齿轮计算公式

$$\begin{aligned}
 \text{传动比 } i &= \frac{40P_{\text{丝}}}{P_h} = \frac{40P_{\text{丝}}}{d' \pi \cot \beta} \\
 &= \frac{40P_{\text{丝}}}{m_z \pi \cot \beta} = \frac{40P_{\text{丝}} \sin \beta}{\pi m_n z} = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4}
 \end{aligned}$$

式中 40——分度头定数；

$P_{\text{丝}}$ ——工作台丝杠螺距 (mm);

$P_h$ ——工作导程 (mm);

$d'$ ——齿轮节圆直径 (mm);

$\beta$ ——齿轮螺旋角 ( $^\circ$ );

$m_t$ ——端面模数 (mm);

$m_n$ ——法向模数 (mm);

$z$ ——齿数。

〔例〕 加工一齿轮,  $z = 30$ ,  $m_n = 4\text{mm}$ ,  $\beta = 18^\circ$ , 所用分度头定数为 40, 工作台丝杠螺距  $P_{\text{丝}} = 6\text{mm}$ , 求传动比  $i$ 。

$$\begin{aligned} \text{〔解〕 传动比 } i &= \frac{40 P_{\text{丝}} \sin \beta}{\pi m_n z} \\ &= \frac{40 \times 6 \times \sin 18^\circ}{3.1416 \times 4 \times 30} \approx 0.19673 \end{aligned}$$

查表 7-35

$$i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{55 \times 25}{70 \times 100}$$

(2) 配轮装置示意图 (图 7-39)。

### 3. 工作台扳转角度

用盘形铣刀在万能铣床上铣削螺旋槽时, 为了使螺旋槽方向和刀具旋转平面一致, 必须将万能铣床纵向工作台在水平面内旋转一个角度。工作台旋转角度的大小和方向与工件的螺旋角有关, 即铣右旋斜齿圆柱齿轮时, 工作台逆时针转动一个螺旋角  $\beta$ ; 铣左旋斜齿圆柱齿轮时, 工作台顺时针转动一个螺旋角  $\beta$ 。

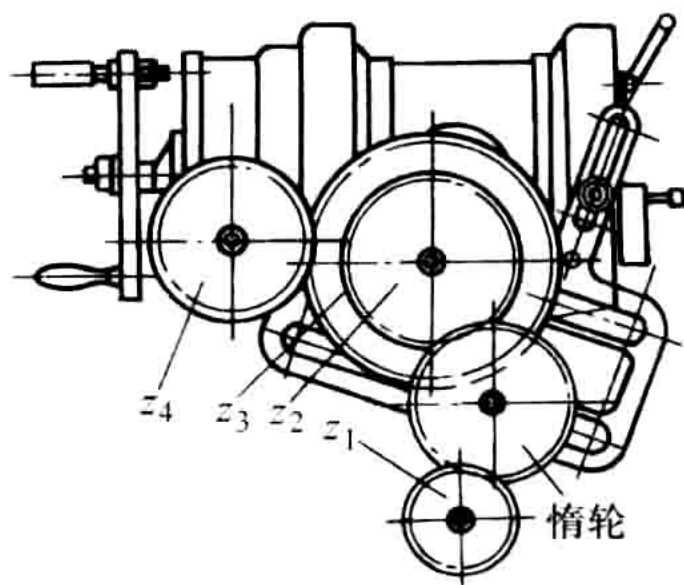


图 7-39 配轮装置示意图

#### 4. 工件旋转方向和工作台转动方向及惰轮装置表 (表 7-18)

表 7-18 工件旋转方向和工作台转动  
方向及惰轮装置表

被加工齿轮 螺旋方向	工作台转动 方向和工作 的旋转方向 <sup>①</sup>	交换齿轮及惰轮	
		两对交换齿轮	三对交换齿轮
右 旋	逆时针转动	不加惰轮	加一个惰轮
左 旋	顺时针转动	加一个惰轮	不加惰轮

① 对着分度头主轴方向看。

### (五) 铣直齿锥齿轮

#### 1. 铣刀号数的选择

在普通铣床上铣直齿锥齿轮，要用专门加工锥齿轮的铣刀（刀上印有“△”标记）。这种刀也是每种模数 8 把，但比同一模数同一号数的圆柱齿轮铣刀薄一些。铣刀



模数按齿轮大端选择，号数可用以下两种方法选择。

(1) 计算法 锥齿轮铣刀的刀号和加工齿数的范围与圆柱齿轮铣刀相同，因而表 7-15、表 7-16 也适用于直齿锥齿轮，但必须用当量齿数  $z_v$  来查表

$$z_v = \frac{z}{\cos \delta} = \frac{\text{锥齿轮齿数}}{\cos \text{分锥角}}$$

(2) 铣直齿锥齿轮用铣刀号数图表 (图 7-40)

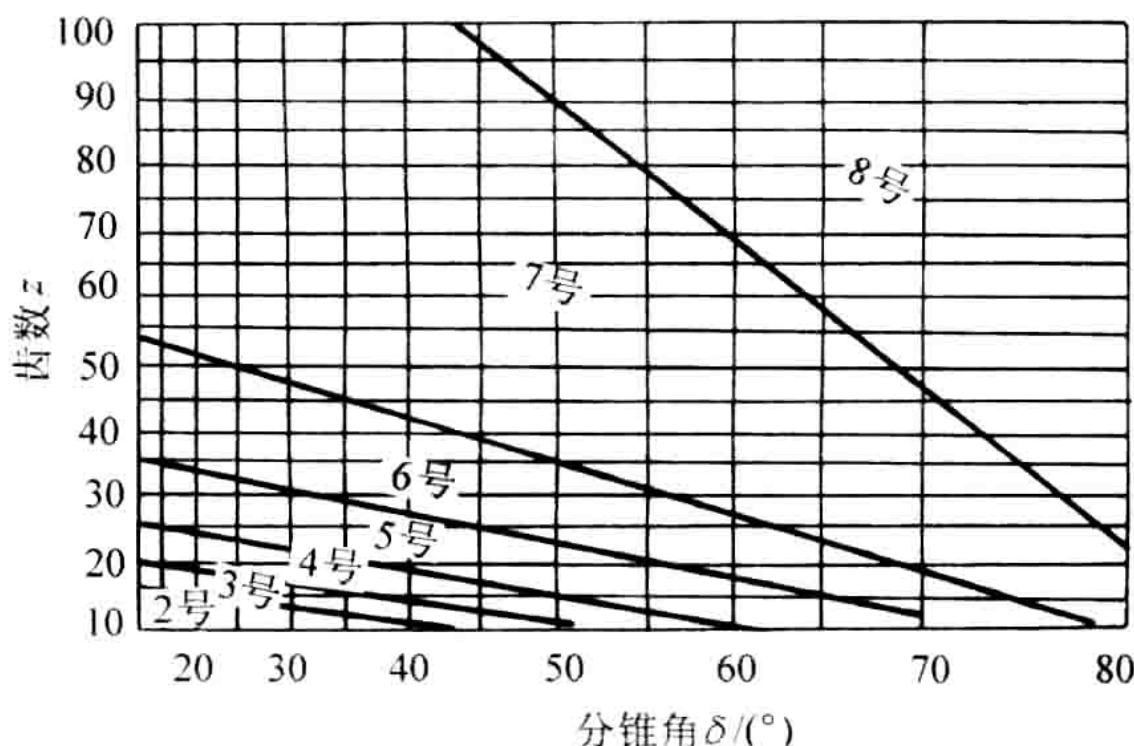


图 7-40 铣直齿锥齿轮用铣刀号数图表

〔例〕 要加工一直齿锥齿轮， $z = 50$ ， $\delta = 45^\circ$ ，求应选用的铣刀号数。

〔解〕 首先在节锥角一边找到  $45^\circ$  往上看，再在齿数一边找到 50（锥齿轮的实际齿数）往右看，这两条线相交处在 7 号范围内，所以用 7 号铣刀。

## 2. 铣削方法

(1) 分度头扳转角计算 分度头扳转角等于根锥素线与锥齿轮轴线的夹角  $\delta_f$  (根圆锥角), 即切削角 (图 7-41)

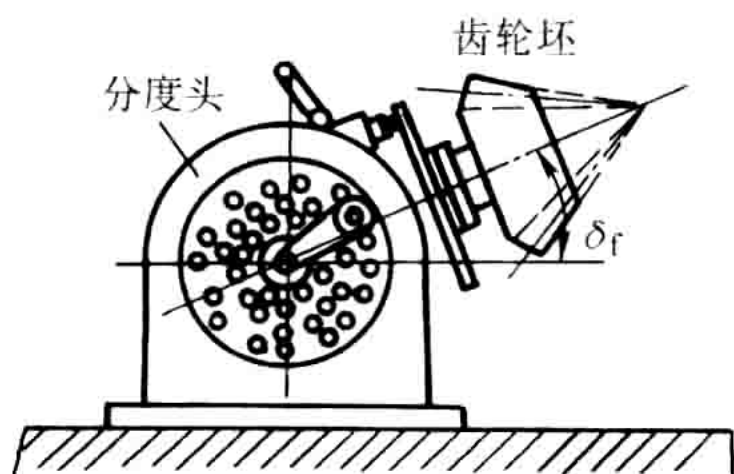


图 7-41 分度头扳转角示意图

分度头扳转角的计算

$$\delta_f = \delta - \theta_f$$

式中  $\delta$ ——分锥角 ( $^\circ$ );

$\theta_f$ ——齿根角 ( $^\circ$ )。

(2) 横向偏移量  $S$  的计算

$$S = \frac{mb}{2R}$$

式中  $m$ ——模数 (mm);

$b$ ——齿面宽 (mm);

$R$ ——锥距 (mm)。

[例] 要加工一直齿锥齿轮,  $m = 3\text{mm}$ ,  $z = 25$ , 分锥角  $\delta = 45^\circ$ , 齿宽  $b = 18\text{mm}$ , 锥距  $R = 53\text{mm}$ , 求横向移位量  $S$ 。

[解] 
$$S = \frac{mb}{2R} = \frac{3 \times 18}{2 \times 53} \text{mm} = 0.53\text{mm}$$

(3) 铣削过程 (图 7-42) 将铣刀对准工件中心, 按大端模数铣至全齿深  $h = 2.2m$ , 铣出全部直齿槽, 并测出

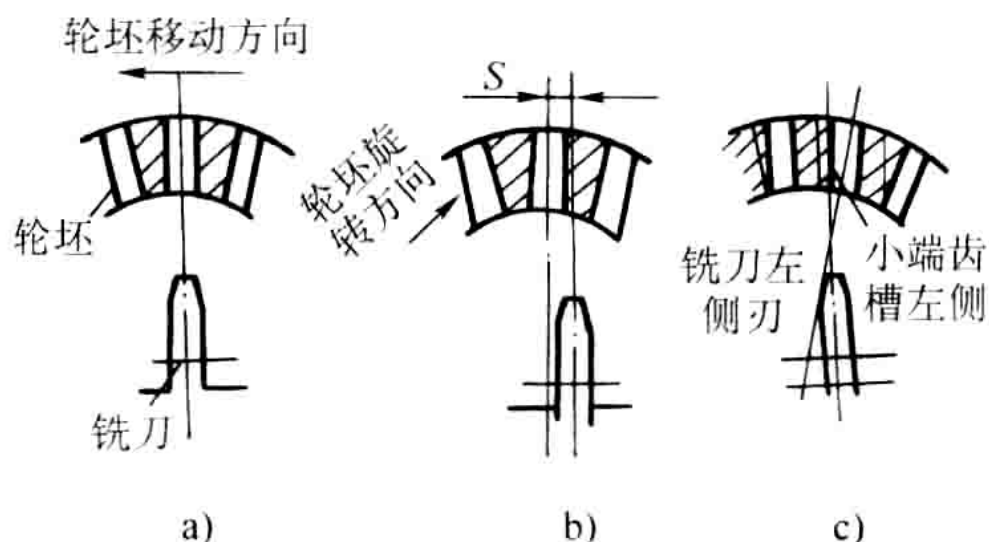


图 7-42 铣削过程

大端齿厚。然后铣大端两侧余量。如图 7-42 所示为铣大端左侧余量。先按图 7-42a 所示箭头方向将工作台移动一个距离  $S$  (横向移位量)，再按图 7-42b 所示箭头方向转动分度头 (工作台移动方向与分度头转动方向相反)，使铣刀左侧刃刚刚贴着小端齿槽左侧铣一刀 (图 7-42c)。立即用游标齿轮卡尺测量大端的齿厚，这时的尺寸  $= \frac{1}{2} \times$  (开出直槽后的大端齿厚—图样要求齿厚) + 图样要求齿厚。如果还有余量就应把分度头再转一两个孔。铣大端右侧时，按上面移动的  $S$  值和分度头转数值反方向加倍摇好，这样加工出的齿轮小端齿顶、齿根稍厚一些，若啮合要求较高，应对齿顶进行修锉。

### (六) 飞刀展成铣蜗轮

蜗轮蜗杆啮合时，沿中心平面的切面内相当于齿轮齿条的啮合。蜗杆转动一圈，相当于齿条沿轴向移动一个齿距 (单头蜗杆) 或几个齿距 (多头蜗杆)，蜗轮相应地转

过一个齿或几个齿。蜗杆继续转动，蜗轮也继续转过相应的齿数，即蜗轮做旋转运动时，蜗杆相似地做齿条的推进运动。而飞刀就相当于蜗杆上齿的一部分，利用飞刀作旋转运动就能进行切削。根据这一原理，就可利用飞刀展成铣蜗轮。

### 1. 铣削方法

如图 7-43 所示，首先将立铣头扳一个角度，使刀杆轴线与水平面的夹角等于蜗轮的螺旋角，即等于蜗杆的导程角。为了得到连续展成运动，必须将纵向工作台丝杠与分度头配轮轴之间用交换齿轮联接起来，在纵向工作台对应飞刀完成切向进给运动的同时，通过交换齿轮使蜗轮完成相应的转动。

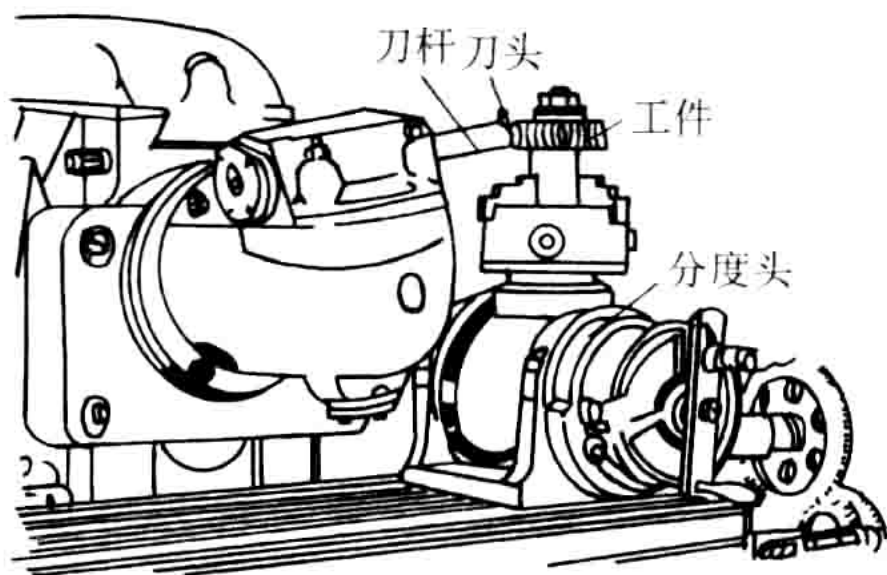


图 7-43 飞刀展成铣蜗轮

由于飞刀转动与工件转动之间没有固定联系，因而不能连续分齿，要在展成切出一个齿后，将刀头转向上方，工作台退回原位，用手摇动分度头手柄，分过一齿后再铣

下一个齿。

用这种方法（连续展成，断续分齿法）加工出的蜗轮，是斜直槽而不是螺旋槽，因而当螺旋角较大时，啮合性能较差。

## 2. 交换齿轮计算

(1) 展成交换齿轮计算 根据展成原理，工件转过一个齿 $\left(\frac{1}{z}\text{转}\right)$ ，工作台要相应地再纵向移动一个蜗轮齿距（其值为 $\pi m_x$ ），从而可以导出交换齿轮计算公式

$$i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{40P_{\text{丝}}}{z\pi m_x} = \frac{40P_{\text{丝}}}{\pi d_2}$$

式中 40——分度头定数；

$P_{\text{丝}}$ ——机床丝杠螺距（mm）；

$m_x$ ——轴向模数（mm）；

$d_2$ ——蜗轮分度圆直径（mm）。

## (2) 分齿计算

根据蜗轮的齿数 $z_2$ 算出分度头手柄转数 $n$ ，即 $n = \frac{40}{z_2}$

（可查单式分度表）。

## 3. 铣头扳转角度方向、工件旋转方向及惰轮装置（表 7-19）

## 4. 飞刀部分尺寸计算公式表（表 7-20）

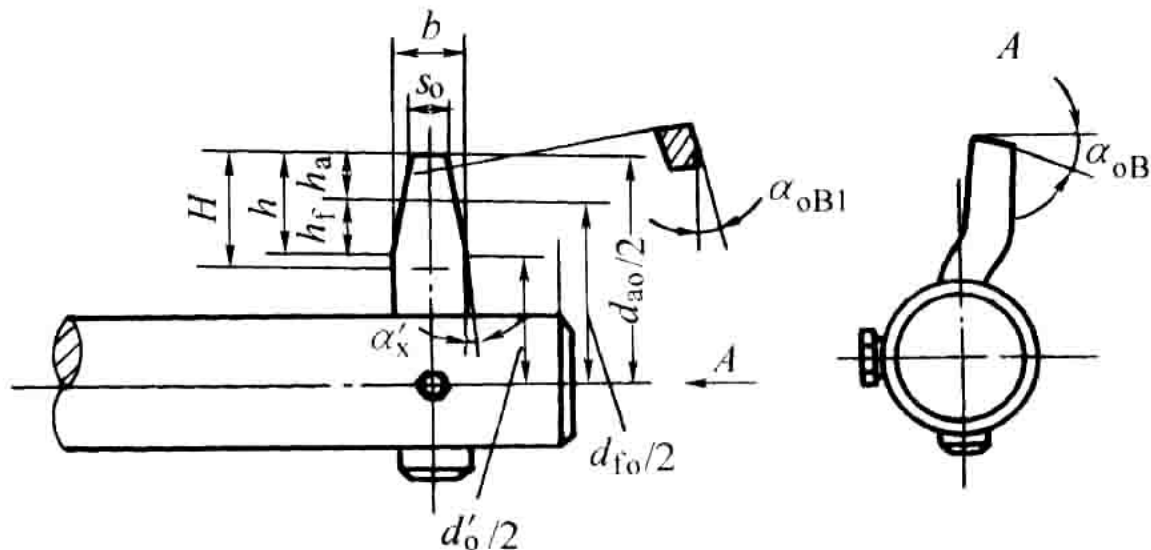
[例] 已知一对蜗轮蜗杆， $m_x = 3\text{mm}$ ，螺旋角 $\beta = 12^\circ 30'$ ，蜗轮 $z_2 = 30$ ，节圆直径 $d_2 = 90\text{mm}$ ，蜗杆节圆直径 $d_1 = 54\text{mm}$ ，右旋，机床丝杠螺距 $P_{\text{丝}} = 6\text{mm}$ 。求展成传动

比, 飞刀各部分尺寸及分度头手柄转数。

**表 7-19 铣头扳转角度方向、工件  
旋转方向及惰轮装置**

刀具 位置	铣头扳转角度方向		工作台 运动方向	工件旋 转方向	两对交 换齿轮	三对交 换齿轮
	右旋 蜗轮	左旋 蜗轮	右旋蜗轮和左旋蜗轮一致			
在工件 外边	顺时针	逆时针	←	逆时针	不加惰轮	加一惰轮
在工件 里边	逆时针	顺时针	←	顺时针	加一惰轮	不加惰轮

**表 7-20 飞刀部分尺寸计算公式表**



各部名称	计算公式	备 注
飞刀节圆 直 径	$d_{fo} = \frac{d_1}{\cos\beta} + am_x$	$d_1$ 是蜗杆节圆直径, $\beta$ 是导程角, 当 $\beta = 3^\circ \sim 20^\circ$ 时, 取 $a = 0.1 \sim 0.3$

(续)

各部名称	计算公式	备 注
齿顶高	$h_a = h_a^* m_x + c^* m_x + 0.1 m_x$	$h_a^*$ 是蜗轮齿顶高系数, $c^* m_x$ 是标准径向间隙, $0.1 m_x$ 为刃磨量, $m_x$ 为蜗 杆轴向模数
齿根高	$h_f = h_a^* m_x + c^* m_x$	
全齿高	$h = h_a + h_f$	
飞刀节圆 齿 厚	$s_o = \frac{\pi m_x}{2} \cos \beta$	
飞刀外径	$d_{ao} = d_{fo} + 2h_a$	
飞刀根径	$d'_o = d_{fo} - 2h_f$	
飞刀顶刃 后 角	$\alpha_{oB}$ 一般取 $10^\circ \sim 12^\circ$	
侧刃法向 后 角	$\tan \alpha_{oBl} = \tan \alpha_{oB} \sin \alpha_n$	$\alpha_n$ ① 是蜗杆法向齿形角。 必须使 $\alpha_{oBl} \geq 3^\circ$ , 若计算 结果 $\alpha_{oBl} < 3^\circ$ , 则应增大 顶刃后角
刀齿顶刃 圆角半径	$r = 0.2 m_x$	
飞刀宽度	$b = s_o + 2h_f \tan \alpha_n + 2y$	$2y = 0.5 \sim 2 \text{ mm}$ (此值为 加宽量)
刀齿深度	$H = \frac{d_{ao} - d'_o}{2} + K$	$K = \frac{\pi d_{ao}}{z} \tan \alpha_{oB}$
齿形角	$\alpha'_x = \alpha_n - \frac{\sin^3 \beta \times 90^\circ}{z_1 \text{ (蜗杆头数)}}$	当 $\beta \leq 20^\circ$ 时, 可取 $\alpha'_x = \alpha_n$

①  $\tan \alpha_n = \tan \alpha_x \cos \beta$ ,  $\alpha_x$  是蜗杆轴向齿形角,  $\alpha_n$  是蜗杆法向齿形角。

$$[\text{解}] \quad i = \frac{40P_{\text{丝}}}{\pi d_2} = \frac{40 \times 6}{3.1416 \times 90} \approx 0.84883$$

$$i = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} \approx \frac{80 \times 35}{55 \times 60}$$

飞刀头各部分尺寸计算：

(1) 飞刀节圆直径

$\beta = 12^\circ 30'$  (在  $3^\circ \sim 20^\circ$  范围内), 可取  $a = 0.2$ 。

$$\begin{aligned} d_{f_0} &= \frac{d_1}{\cos \beta} + am_x = \frac{54}{\cos 12^\circ 30'} + 0.2 \times 3 \\ &= \frac{54 \text{ mm}}{0.9763} + 0.6 \text{ mm} \\ &= 55.31 \text{ mm} + 0.6 \text{ mm} = 55.91 \text{ mm} \end{aligned}$$

(2) 齿顶高

$$\begin{aligned} h_a &= fm_x + cm_x + 0.1m_x \\ &= 1 \times 3 \text{ mm} + 0.2 \times 3 \text{ mm} + 0.1 \times 3 \text{ mm} \\ &= 3 \text{ mm} + 0.6 \text{ mm} + 0.3 \text{ mm} = 3.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

(3) 齿根高

$$h_f = fm_x + cm_x = 1 \times 3 \text{ mm} + 0.2 \times 3 \text{ mm} = 3.6 \text{ mm}$$

(4) 全齿高

$$h = h_a + h_f = 3.9 \text{ mm} + 3.6 \text{ mm} = 7.5 \text{ mm}$$

(5) 飞刀节圆齿厚

$$\begin{aligned} s_o &= \frac{\pi m_x}{2} \cos \beta = \frac{3.14 \times 3}{2} \times \cos 12^\circ 30' \\ &= 4.71 \text{ mm} \times 0.9763 = 4.598 \text{ mm} \end{aligned}$$

(6) 飞刀回转外径



$$d_{ao} = d_{fo} + 2h_a = 55.91\text{mm} + 2 \times 3.9\text{mm} = 63.71\text{mm}$$

(7) 飞刀根径

$$d'_o = d_{fo} - 2h_f = 55.91\text{mm} - 2 \times 3.6\text{mm} = 48.71\text{mm}$$

(8) 飞刀顶刃后角取

$$\alpha_{oB} = 10^\circ$$

(9) 侧刃法向后角取

$$\alpha_{oBl} = 5^\circ$$

(10) 刀齿顶刃圆角半径  $r$

$$r = 0.2m_x = 0.2 \times 3\text{mm} = 0.6\text{mm}$$

(11) 铣刀宽度

$$b = s_o + 2h_f \tan \alpha_n + 2y$$

其中  $\tan \alpha_n = \tan \alpha_x \cos \beta = \tan 20^\circ \times \cos 12^\circ 30' = 0.35534$

取  $2y = 1$

所以  $b = 4.598\text{mm} + 2 \times 3.6\text{mm} \times 0.35534 + 1\text{mm}$

$$= 4.598\text{mm} + 7.2\text{mm} \times 0.35534 + 1\text{mm}$$

$$= 4.598\text{mm} + 2.56\text{mm} + 1\text{mm} = 8.158\text{mm}$$

(12) 刀齿深度

$$H = \frac{d_{ao} - d'_o}{2} + K$$

因为

$$K = \frac{\pi d_{ao}}{z} \tan \alpha_{oB}$$

$$\text{所以 } H = \frac{63.71 - 48.71}{2} \text{mm} + \frac{3.14 \times 63.71}{30} \text{mm}$$

$$\times 0.176$$

$$= 7.5\text{mm} + 1.174\text{mm} = 8.674\text{mm}$$

(13) 齿形角

$$\alpha'_x = \alpha_n - \frac{\sin^3 \beta \times 90^\circ}{z_1}$$

因为

$$\beta = 12^\circ 30' < 20^\circ$$

可取

$$\alpha'_x = \alpha_n$$

$$\tan \alpha_n = 0.35534$$

所以

$$\alpha'_x = \alpha_n = 19^\circ 34'$$

分齿计算

$$n = \frac{40}{z_2} = \frac{40}{30} = 1 \frac{8}{24}$$

即展成切削一齿后，手柄回转一圈，再在分度盘 24 的孔圈上，转过 8 个孔距数。

刀具安装在工件里边（即表 7-19 第二种情况），已知蜗轮是右旋，所以飞刀刀杆应逆时针扳转  $12^\circ 30'$ ，算出的两对展成交换齿轮应加一个惰轮，这样蜗轮的转动方向为顺时针。

### （七）滚齿

#### 1. 滚齿机传动系统（以 Y38 为例）（图 7-44）

#### 2. 常用滚齿机联系尺寸

（1）滚齿机主要相关尺寸（表 7-21）

（2）工作台尺寸（表 7-22）

（3）刀架及尾架尺寸（表 7-23）

#### 3. 滚齿常用夹具及齿轮安装（表 7-24）

#### 4. 滚刀心轴和滚刀的安装要求（表 7-25）

#### 5. 滚刀精度的选择（表 7-26）

#### 6. 滚齿调整

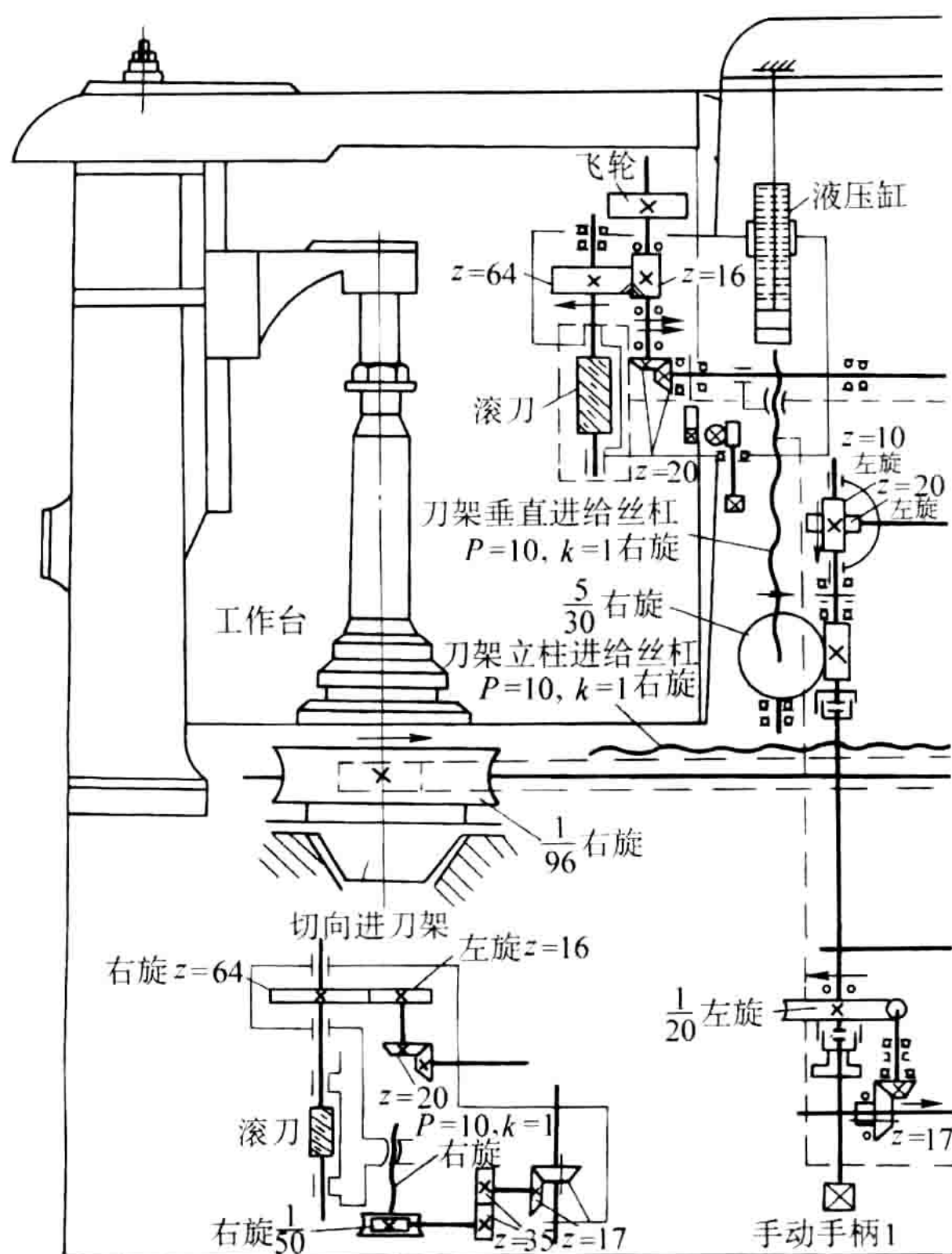
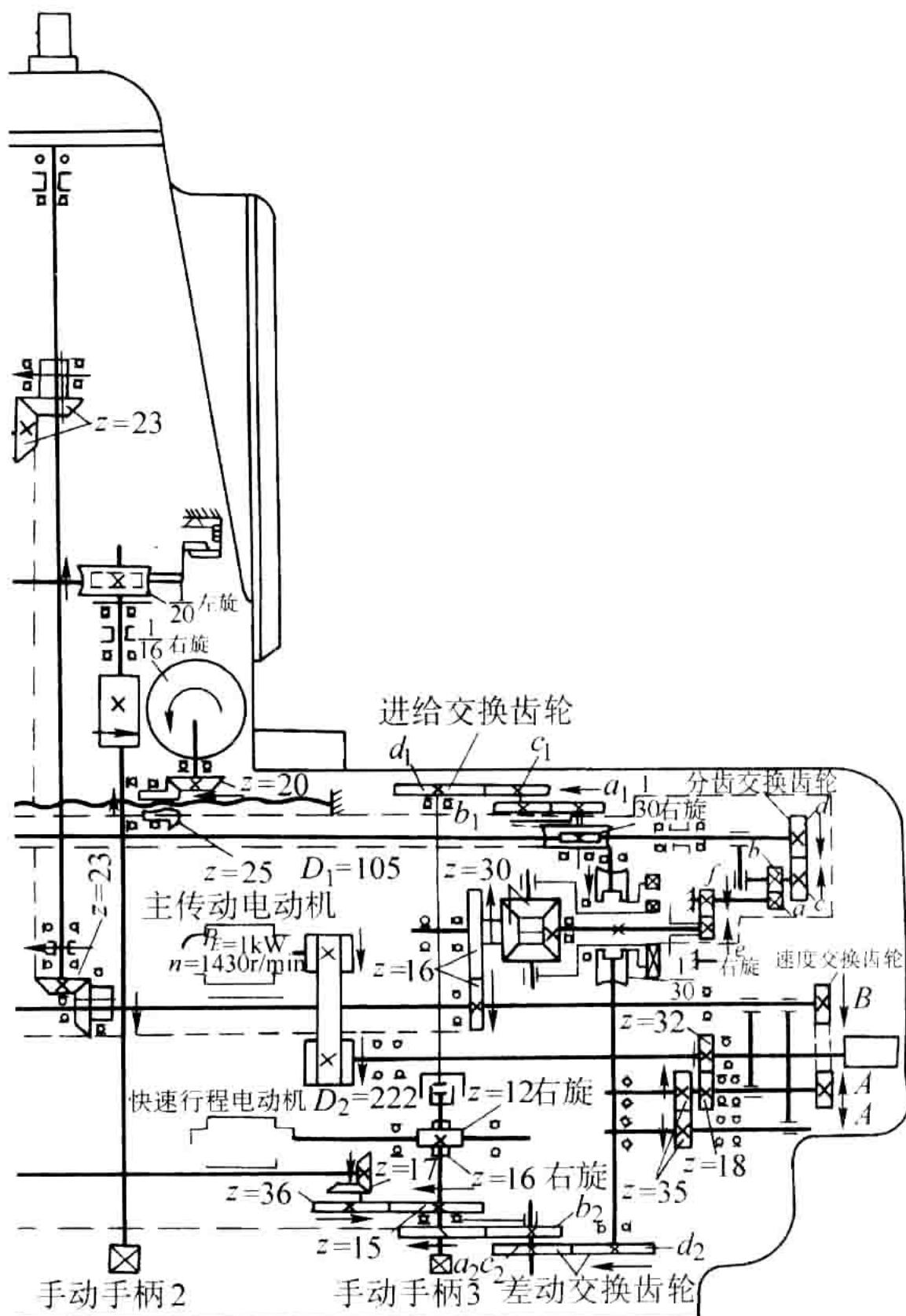
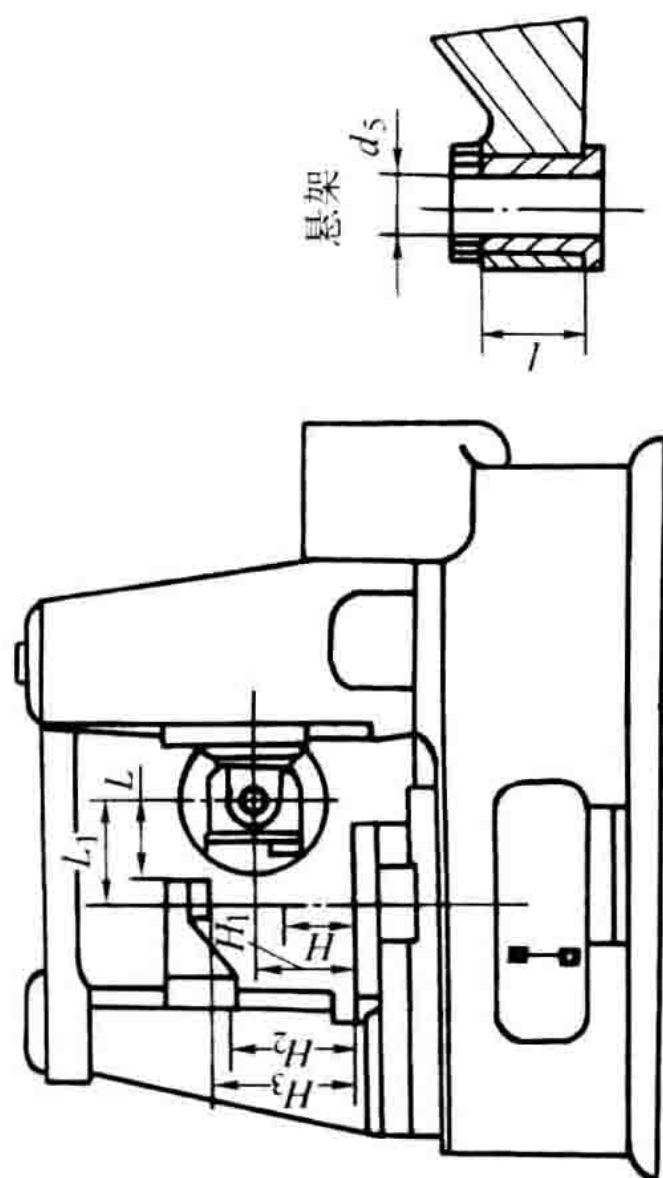


图 7-44 Y38 滚齿机

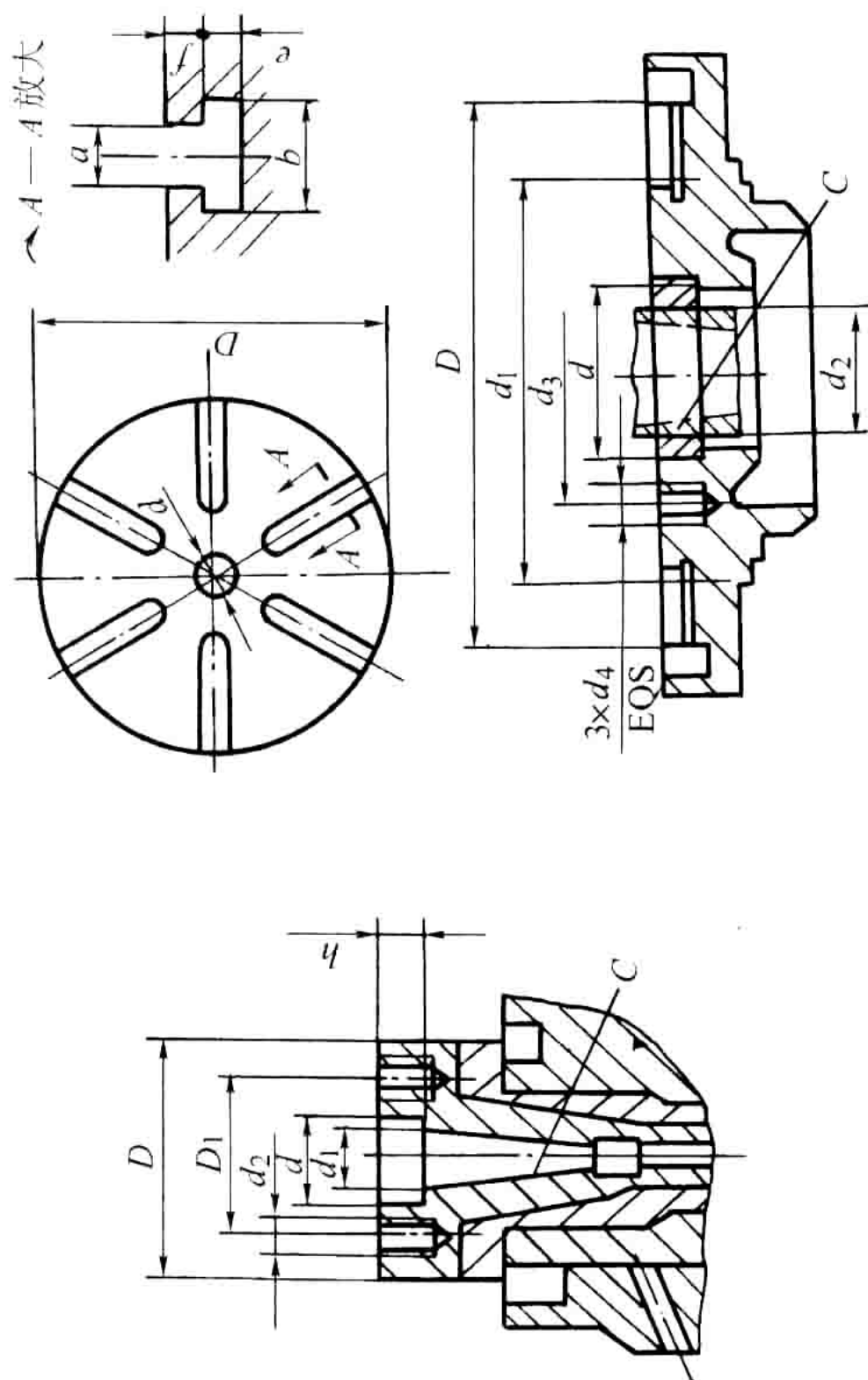


传动系统图



机床型号	最大加工范围			滚刀轴中心 线至工作台 面的距离		滚刀轴中心 线至工作台 中心线距离		工作台面 至悬架下面 尺寸		悬架尺寸		可安装 最大滚 刀直径
	直径	模数	宽度	$H$	$H_1$	$L$	$L_1$	$H_2$	$H_3$	$d_s$	$l$	
Y31	125	1.5	80	50	150	15	85	60	210	12	40	55
Y32B	200	4	180	110	300	30	160	150	365	35	65	80
Y3150	500	6	240	170	350	25	320	280	500	25	71	120
Y38	800	8	240	205	275	80	470	420	780	25	80	120
Y38-1 (Y3180A)	800	8	220	195	465	60	500	495	660	22.7	76	125
Y310	1000	12	300	210	590	90	605	310	650	35	105	200

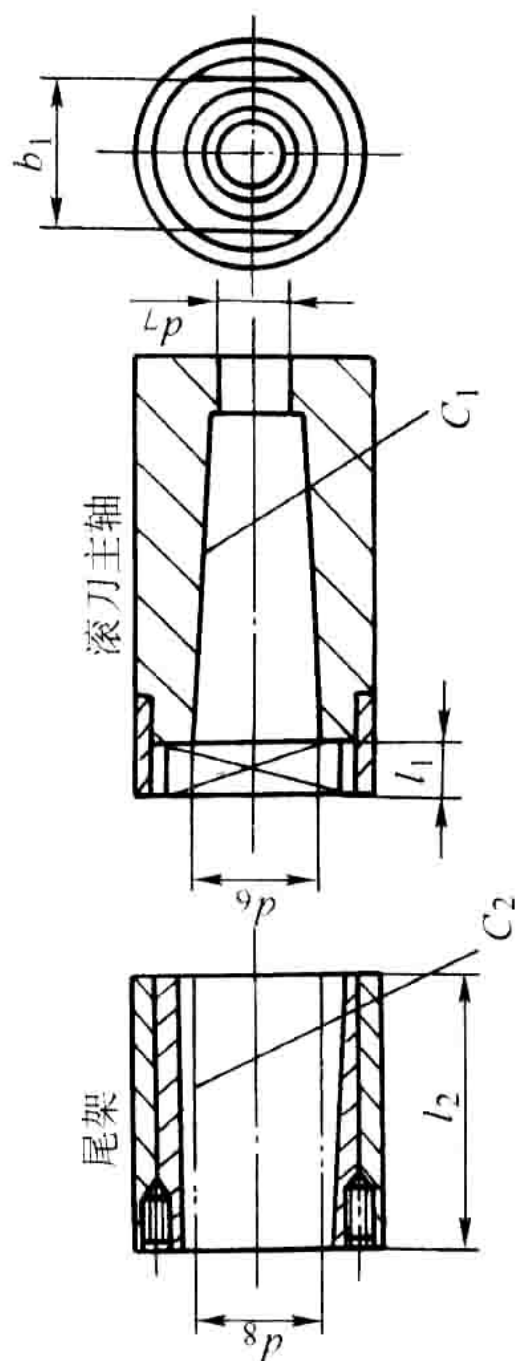
表 7-22 工作台尺寸 (单位: mm)



机床 型号	工作台尺寸						工件心轴 座孔锥度 $C$	工作台尺寸									
	$D$	$D_1$	$d$	$d_1$	$d_2$	$h$		$D$	$d$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$a$	$b$	$e$	$f$
Y31	90	72	50	23.825	M8	15	莫氏 3 号										
Y32B	150	72	65	31.267	M8	20		莫氏 4 号									
Y3150							65(直孔)	330	85	156	65	100	M8	14	24	11	15
Y38								莫氏 5 号	475	100	195	80	145	M12	18	30	14
Y38-1							莫氏 5 号	570	100	272	80	145	M12	18			
Y310							莫氏 5 号	670	170	282	140	205	M8	22			



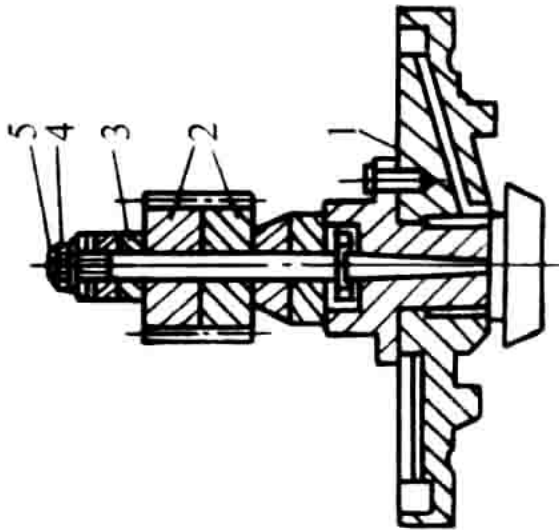
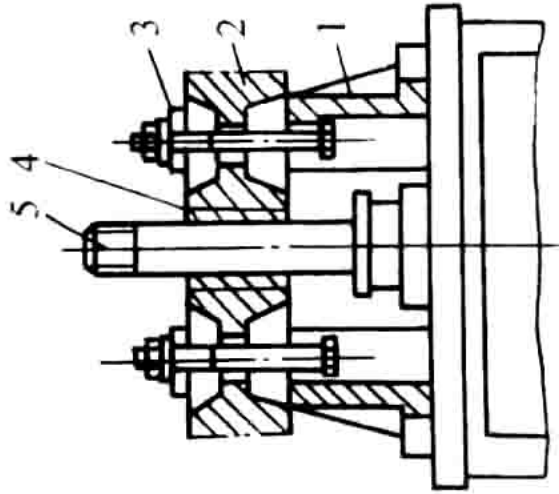
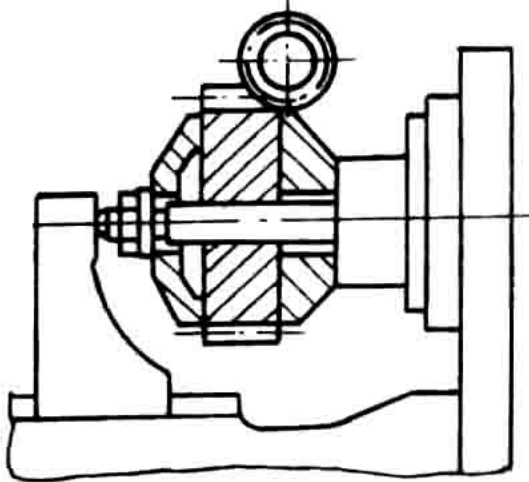
表 7-23 刀架及尾架尺寸 (单位: mm)



机床 型号	刀架最大 垂直行程	刀架最大 回转角度	主轴孔 锥度 $C_1$	主 轴 尺 寸				尾 架 尺 寸		尾架孔 锥度 $C_2$
				$d_6$	$d_7$	$l_1$	$b_1$	$d_8$	$l_2$	
Y31	100	360°	莫氏 2 号	17.780	12	7	32	13	30	1:5
Y32B	200	±60°	莫氏 4 号	31.267	16	15	32	22、27	50	1:5
Y3150	260	±90°	莫氏 4 号	31.267	16	—	32	22、27、32	65	1:5
Y38	270	360°	莫氏 5 号	44.399	20	16	45	22、27、32	65	1:5
Y38-1	270	360°	莫氏 4 号	31.267	16	12	32	22、27、32	60	1:5
Y310	280	240°	莫氏 5 号	44.399	20	16	48	27、32、40	95	1:5

注:表中有两个数据者系不同厂生产的同一型号产品的有关参数。

表 7-24 滚齿常用夹具及齿轮的安装

立式滚齿机用夹具及齿轮安装		
小型带孔齿轮	中型带孔齿轮	带孔齿轮 (用后立柱支撑)
 <p>1—工作台 2—齿轮 3—垫圈 4—螺母 5—心轴</p>	 <p>1—支座 2—齿轮 3—压板 4—可换套筒 5—心轴</p>	

(续)

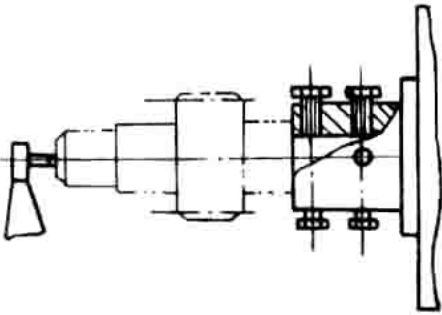
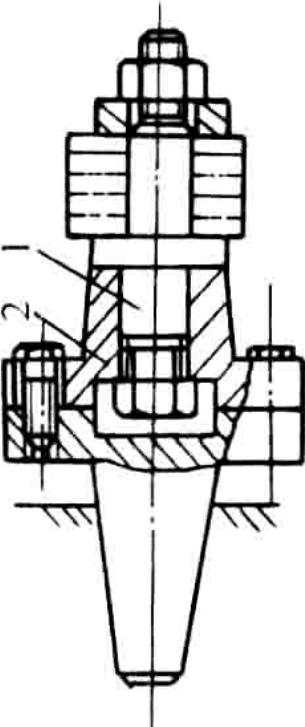
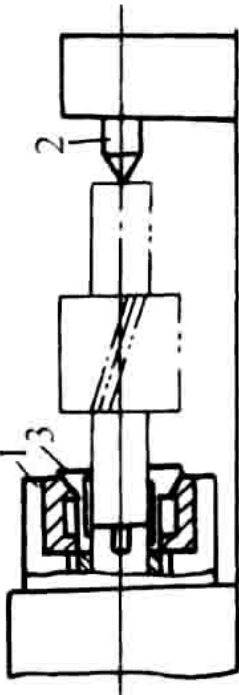
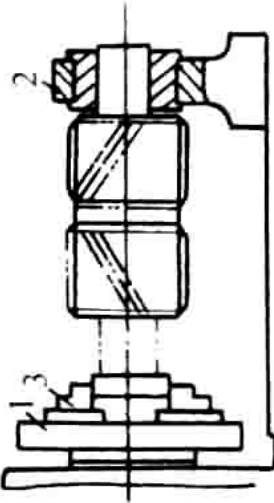
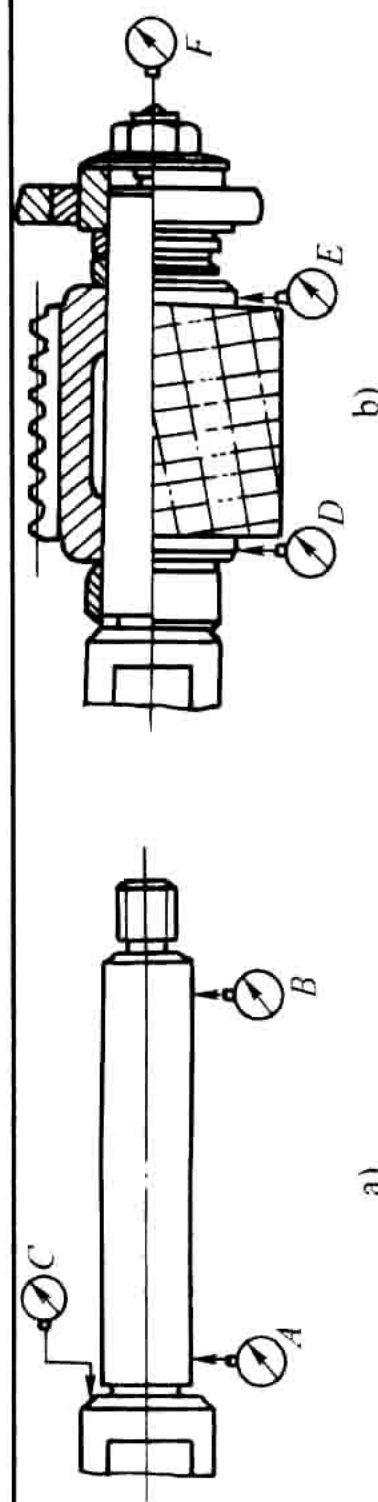
立式滚齿机用夹具及齿轮安装	卧式滚齿机用夹具
<p>轴齿轮</p> 	<p>带孔齿轮</p>  <p>1—心轴 2—法兰盘</p>
卧式滚齿机用夹具	
<p>轴 齿 轮</p>  <p>1—主轴 2—后顶尖 3—卡盘</p>	<p>人 字 齿 轮</p>  <p>1—主轴 2—支架 3—卡盘</p>

表 7-25 滚刀心轴和滚刀的安装要求



a)

b)

齿轮精度 等级	模数 /mm	径向和轴向圆跳动公差/mm					
		滚 刀 心 轴		滚 刀 台 肩		轴 向 圆 跳 动	
		A	B	C	D	E	F
5~6	$\leq 2.5$	0.003	0.006	0.003	0.005	0.007	0.005
	$> 2.5 \sim 10$	0.005	0.008	0.005	0.010	0.012	
7	$\leq 1$	0.005	0.008	0.005	0.010	0.012	0.010
	$> 1 \sim 6$	0.010	0.015	0.010	0.015	0.018	
	$> 6$	0.020	0.025	0.020	0.020	0.025	
8	$\leq 1$	0.01	0.015	0.01	0.015	0.020	0.015
	$> 1 \sim 6$	0.02	0.025	0.02	0.025	0.030	
	$> 6$	0.03	0.035	0.025	0.030	0.040	
9	$\leq 1$	0.015	0.020	0.015	0.020	0.030	0.020
	$> 1 \sim 6$	0.035	0.040	0.030	0.040	0.050	
	$> 6$	0.045	0.050	0.040	0.050	0.060	

表 7-26 滚刀精度的选用

齿轮精度	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 9	10 ~ 12
滚刀精度	AA	A	B	C

注：滚切 6 级精度以上的齿轮，需设计制造更高精度的滚刀。

### (1) 交换齿轮计算及滚齿机定数

#### 1) 交换齿轮计算

##### ① 分齿交换齿轮计算公式

$$\frac{\text{分齿定数} \times K}{z} = \frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$$

式中  $K$ ——滚刀头数；

$z$ ——齿数。

##### ② 进给交换齿轮计算公式

$$\text{垂直进给定数} \times f_{\text{垂}} = \frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$$

$$\text{水平进给定数} \times f_{\text{平}} = \frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$$

式中  $f_{\text{垂}}$ ——垂直进给量 (mm)；

$f_{\text{平}}$ ——水平进给量 (mm)。

##### ③ 差动交换齿轮计算公式

$$\frac{\text{差动定数} \times \sin \beta}{m_n K} = \frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2}$$






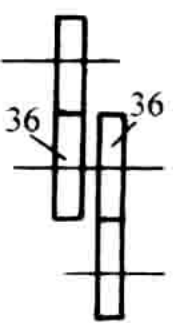

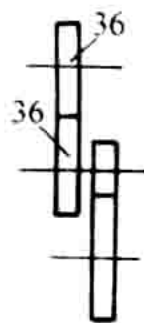
式中  $\beta$ ——工件螺旋角 (°)；

$m_n$ ——法向模数 (mm)。

#### 2) Y37、Y38 滚齿机定数表 (表 7-27)

### (2) 滚刀安装角度和工作台转动方向及惰轮装置

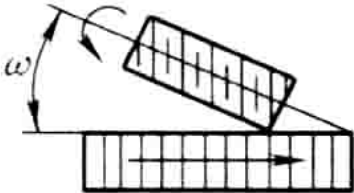
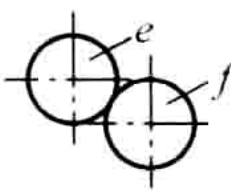
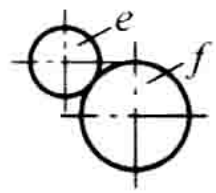
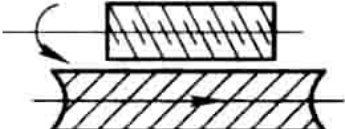
表 7-27 Y37、Y38 滚齿机定数表

Y37							
分 齿 定 数				进 给 定 数		差 动 定 数	
$z \leq 200$		$z > 200$		垂 直	水 平		
直齿圆 柱齿轮	斜齿轮	直齿圆 柱齿轮	斜齿轮				
$e = 36$	$e = 36$	$e = 24$	$e = 24$				
				$\frac{9}{32}$	$\frac{2}{3}$	5.96831	
$f = 36$	$f = 36$	$f = 48$	$f = 48$				
定数 24	定数 48	定数 48	定数 96				
Y38							
分 齿 定 数				进 给 定 数		差 动 定 数	
$z \leq 161$		$z > 161$		垂 直	水 平		
直齿圆 柱齿轮	斜齿轮	直齿圆 柱齿轮	斜齿轮				
$e = 36$	$e = 36$	$e = 24$	$e = 24$				
				$\frac{3}{4}$ ①	$\frac{5}{4}$	7.95775	
$f = 36$	$f = 36$	$f = 48$	$f = 48$				
定数 24	定数 24	定数 48	定数 48				

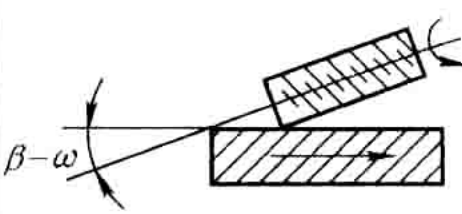
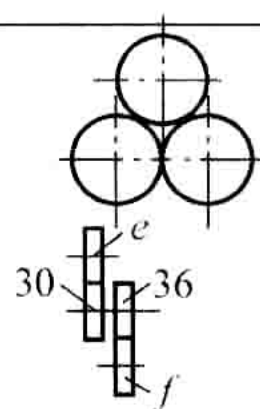
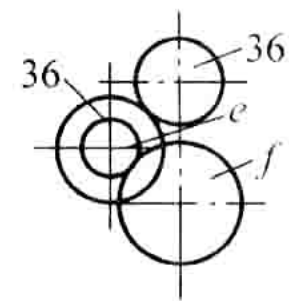
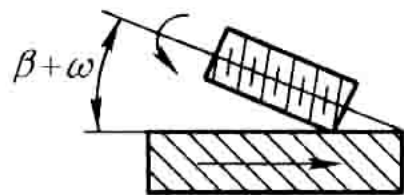
① 若机床上与进给交换齿轮相连的蜗杆副是 2/24，垂直进给定数应是 3/10。

1) 在 Y38 上用右旋滚刀时, 滚刀安装角度和工作台回转方向及惰轮装置表 (表 7-28)。

**表 7-28 在 Y38 上用右旋滚刀时, 滚刀安装角度和工作台回转方向及惰轮装置表**

齿轮种类	滚刀安装角度和工作台回转方向		齿 轮 $e$ 和 $f$			
			当 $z \leq 161$ 时		当 $z > 161$ 时	
直齿圆柱齿轮						
蜗轮			$\frac{e}{f} = \frac{36}{36}$		$\frac{e}{f} = \frac{24}{48}$	
齿轮种类	分齿交换齿轮及惰轮 $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$		进给交换齿轮及惰轮 $\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$		差动交换齿轮及惰轮 $\frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2}$	
	一对齿轮	两对齿轮	一对齿轮	两对齿轮	一对齿轮	两对齿轮
直齿圆柱齿轮	加一个惰轮	不加惰轮	加一个惰轮	不加惰轮	—	—
蜗轮	加一个惰轮	不加惰轮	加一个惰轮	不加惰轮	—	—

(续)

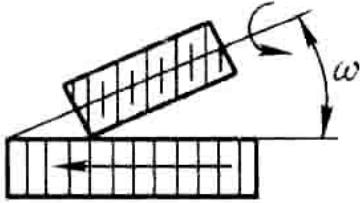
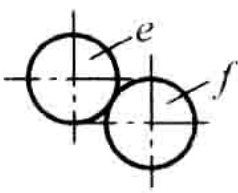
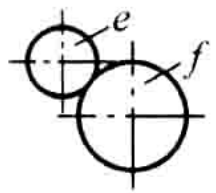
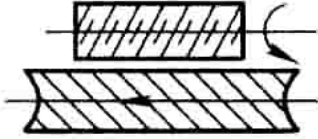
齿轮种类	滚刀安装角度和 工作台回转方向		齿 轮 $e$ 和 $f$			
			当 $z \leq 161$ 时		当 $z > 161$ 时	
右旋齿轮						
左旋齿轮			$\frac{e}{f} = \frac{36}{36}$		$\frac{e}{f} = \frac{24}{48}$	
齿轮种类	分齿交换齿轮 及惰轮 $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$		进给交换齿轮 及惰轮 $\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$		差动交换齿轮 及惰轮 $\frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2}$	
	一对 齿轮	两对 齿轮	一对 齿轮	两对 齿轮	一对 齿轮	两对 齿轮
右旋齿轮	加一个 惰轮	不加惰轮	加一个 惰轮	不加惰轮	加一个 惰轮	不加惰轮
左旋齿轮	加一个 惰轮	不加惰轮	加一个 惰轮	不加惰轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮

注:  $\omega$ —滚刀螺旋角;  $\beta$ —工件螺旋角。

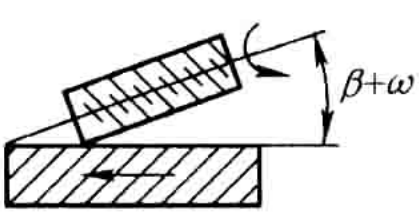
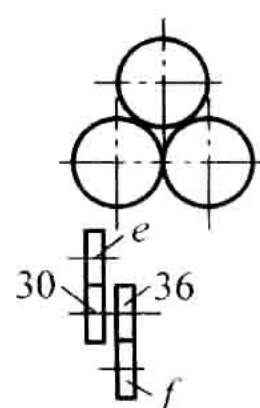
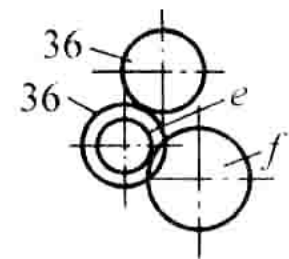
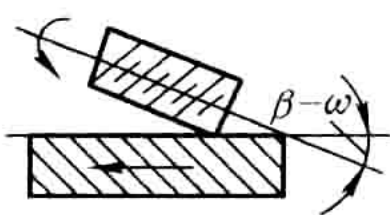


2) 在 Y38 上用左旋滚刀时, 滚刀安装角度和工作台回转方向及惰轮装置表 (表 7-29)。

表 7-29 在 Y38 上用左旋滚刀时, 滚刀安装角度和工作台回转方向及惰轮装置表

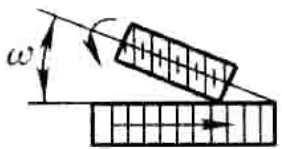
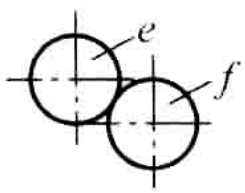
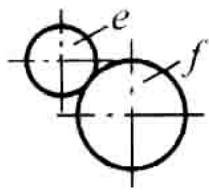
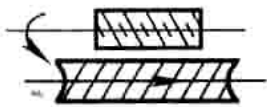
齿轮种类	滚刀安装角度和工作台回转方向		齿 轮 $e$ 和 $f$			
			当 $z \leq 161$ 时		当 $z > 161$ 时	
直齿圆柱齿轮						
蜗轮			$\frac{e}{f} = \frac{36}{36}$		$\frac{e}{f} = \frac{24}{48}$	
齿轮种类	分齿交换齿轮及惰轮 $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$		进给交换齿轮及惰轮 $\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$		差动交换齿轮及惰轮 $\frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2}$	
	一对齿轮	两对齿轮	一对齿轮	两对齿轮	一对齿轮	两对齿轮
直齿圆柱齿轮	加两个惰轮	加一个惰轮	加两个惰轮	加一个惰轮	—	—
蜗轮	加两个惰轮	加一个惰轮	加两个惰轮	加一个惰轮	—	—

(续)

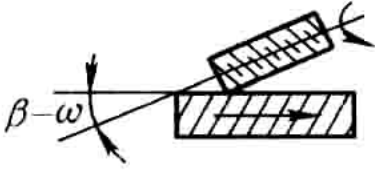
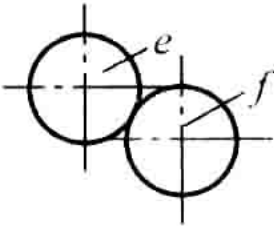
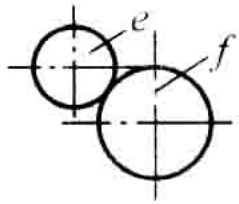
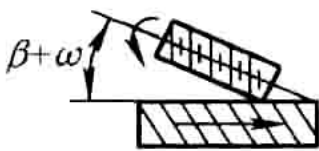
齿轮种类	滚刀安装角度和 工作台回转方向		齿 轮 $e$ 和 $f$			
			当 $z \leq 161$ 时		当 $z > 161$ 时	
右旋齿轮						
左旋齿轮			$\frac{e}{f} = \frac{36}{36}$		$\frac{e}{f} = \frac{24}{48}$	
齿轮种类	分齿交换齿轮 及惰轮 $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$		进给交换齿轮 及惰轮 $\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$		差动交换齿轮 及惰轮 $\frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2}$	
	一对 齿轮	两对 齿轮	一对 齿轮	两对 齿轮	一对 齿轮	两对 齿轮
右旋齿轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮
左旋齿轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	加一个 惰轮	不加 惰轮

3) 在 Y37 上用右旋滚刀时, 滚刀安装角度和工作台回转方向及惰轮装置表 (表 7-30)。

表 7-30 在 Y37 上用右旋滚刀时, 滚刀安装角度和工作台回转方向及惰轮装置表

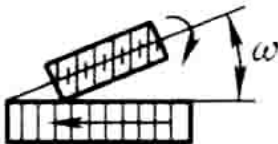
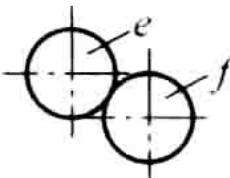
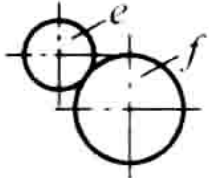
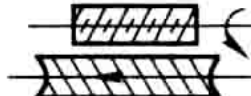
齿轮种类	滚刀安装角度和工作台回转方向		齿 轮 $e$ 和 $f$			
			当 $z \leq 200$ 时		当 $z > 200$ 时	
直齿圆柱齿轮						
蜗轮			$\frac{e}{f} = \frac{36}{36}$		$\frac{e}{f} = \frac{24}{48}$	
齿轮种类	分齿交换齿轮及惰轮 $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$		进给交换齿轮及惰轮 $\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$		差动交换齿轮及惰轮 $\frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2}$	
	一对齿轮	两对齿轮	一对齿轮	两对齿轮	一对齿轮	两对齿轮
直齿圆柱齿轮	加一个惰轮	不加惰轮	加一个惰轮	不加惰轮	—	—
蜗轮	加一个惰轮	不加惰轮	加一个惰轮	不加惰轮	—	—

(续)

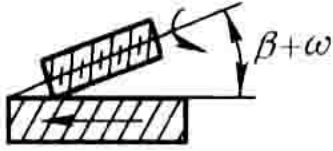
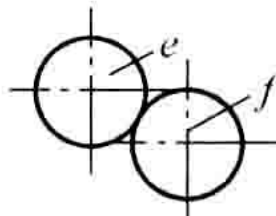
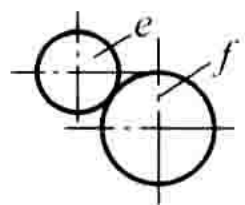
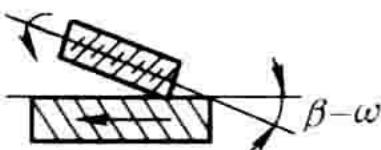
齿轮种类	滚刀安装角度和 工作台回转方向		齿 轮 $e$ 和 $f$			
			当 $z \leq 200$ 时		当 $z > 200$ 时	
右旋齿轮						
左旋齿轮			$\frac{e}{f} = \frac{36}{36}$		$\frac{e}{f} = \frac{24}{48}$	
齿轮种类	分齿交换齿轮 及惰轮 $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$		进给交换齿轮 及惰轮 $\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$		差动交换齿轮 及惰轮 $\frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2}$	
	一对 齿轮	两对 齿轮	一对 齿轮	两对 齿轮	一对 齿轮	两对 齿轮
右旋齿轮	加一个 惰轮	不加惰轮	加一个 惰轮	不加惰轮	加一个 惰轮	不加惰轮
左旋齿轮	加一个 惰轮	不加惰轮	加一个 惰轮	不加惰轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮

4) 在 Y37 上用左旋滚刀时, 滚刀安装角度和工作台回转方向及惰轮装置表 (表 7-31)。

表 7-31 在 Y37 上用左旋滚刀时, 滚刀安装角度和  
工作台回转方向及惰轮装置表

齿轮种类	滚刀安装角度和 工作台回转方向	齿 轮 $e$ 和 $f$				
		当 $z \leq 200$ 时	当 $z > 200$ 时			
直齿圆柱齿轮						
蜗 轮		$\frac{e}{f} = \frac{36}{36}$	$\frac{e}{f} = \frac{24}{48}$			
齿轮种类	分齿交换齿轮 及惰轮 $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$		进给交换齿轮 及惰轮 $\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$		差动交换齿轮 及惰轮 $\frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2}$	
	一对 齿轮	两对 齿轮	一对 齿轮	两对 齿轮	一对 齿轮	两对 齿轮
直齿圆柱齿轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	—	—
蜗 轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	—	—

(续)

齿轮种类	滚刀安装角度和 工作台回转方向	齿 轮 $e$ 和 $f$				
		当 $z \leq 200$ 时	当 $z > 200$ 时			
右旋齿轮						
左旋齿轮		$\frac{e}{f} = \frac{36}{36}$	$\frac{e}{f} = \frac{24}{48}$			
齿轮种类	分齿交换齿轮 及惰轮 $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$		进给交换齿轮 及惰轮 $\frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$		差动交换齿轮 及惰轮 $\frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2}$	
	一对 齿轮	两对 齿轮	一对 齿轮	两对 齿轮	一对 齿轮	两对 齿轮
右旋齿轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮
左旋齿轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	加两个 惰轮	加一个 惰轮	加一个 惰轮	不加惰轮

## 7. 滚铣大质数齿轮 (以 Y38 为例)

在滚齿机上加工 100 齿以上的质数直齿圆柱齿轮 (如 113、197 齿等) 时, 交换齿轮计算与加工一般齿轮不同, 可根据下面介绍的公式算出各组交换齿轮。

(1) 滚铣大质数直齿圆柱齿轮时各组交换齿轮计算

1) 分齿交换齿轮计算

$$\frac{24K}{z \pm p} = \frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$$

当  $z \leq 161$  时, 定数用 24; 当  $z > 161$  时, 定数用 48。

式中  $K$ ——滚刀头数;

$\pm p$ ——加减任意一个分数, 但要保证使分子分母能互相约简。

2) 进给交换齿轮计算

$$\frac{3}{4} f_{\text{进}} = \frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$$

式中  $f_{\text{进}}$ ——垂直进给量。

3) 差动交换齿轮计算

$$\pm \frac{25^{\odot} p}{f_{\text{进}} K} = \frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2}$$

若分齿交换齿轮公式中用 “ $z + p$ ”, 则差动交换齿轮公式前取 “ $-$ ” 号, 表示差动补给运动与工作台转动方向一致, 使工作台多转一点, 用两对齿轮时不加惰轮; 反之, 若分齿交换齿轮公式中用 “ $z - p$ ”, 则差动交换齿轮公式前取 “ $+$ ” 号, 表示差动补给运动使工作台少转一点, 用两对齿轮时, 加一个惰轮。

【例】在 Y38 型滚齿机上要加工一个 101 齿的直齿圆柱齿轮, 如果使用的是单头滚刀, 进给量  $f_{\text{进}} = 1 \text{ mm}$ , 试求各组交换齿轮。

⊙ 即  $\pi \times \text{差动定数} = \pi \times 7.95775 \approx 25$ 。

[解] 设  $p = \frac{1}{20}$ , 前边取 “+” 号,  $\frac{e}{f} = \frac{36}{36} = 1$

则 分齿交换齿轮:

$$\frac{24K}{z+p} = \frac{24 \times 1}{101 + \frac{1}{20}} = \frac{24 \times 20}{2021} = \frac{20 \times 24}{43 \times 47}$$

进给交换齿轮:

$$\frac{3}{4}f_{\text{进}} = \frac{3}{4} \times 1 = \frac{30}{40}$$

差动交换齿轮: 因分齿交换齿轮公式中用 “ $z+p$ ”, 则差动交换齿轮公式前取 “-” 号, 即

$$-\frac{25p}{f_{\text{差}}K} = -\frac{25 \times \frac{1}{20}}{1 \times 1} = -\frac{25}{20} = -\frac{5 \times 5}{5 \times 4} = -\frac{50 \times 25}{25 \times 40}$$

表示差动补给运动与工作台转动方向一致, 即多转, 不加惰轮。

(2) 滚铣大质数斜齿圆柱齿轮时各组交换齿轮计算

1) 分齿交换齿轮计算

$$\frac{24K}{z \pm p} = \frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$$

当  $z \leq 161$  时, 定数用 24; 当  $z > 161$  时, 定数用 48。

2) 进给交换齿轮计算

$$\frac{3}{4}f_{\text{进}} = \frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1}$$

3) 差动交换齿轮计算



$$\pm \frac{7.95775 \sin \beta}{m_n K} \pm \frac{25^{\ominus} p}{f_{\text{进}} K} = \frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2}$$

式中符号意义：

当工件与滚刀螺旋方向相同时，第一项前用“-”号；方向相反时，用“+”号。

当分齿交换齿轮公式中用 $z+p$ 时，第二项前用“-”号；当分齿交换齿轮中用 $z-p$ 时，第二项前用“+”号。

第一项和第二项若符号相同则相加；若符号相反则相减。其结果得“-”号，表示差动补给运动与工作台转动方向一致，使工作台多转一点，用两对齿轮时，不加惰轮；反之，结果得“+”号，表示差动补给运动与工作台转动方向相反，使工作台少转一点，用两对齿轮时，加一个惰轮。

〔例〕 在 Y38 型滚齿机上，加工一右旋斜齿圆柱齿轮， $m_n = 2\text{mm}$ ， $\beta = 30^\circ$ ， $z = 103$ ， $f_{\text{进}} = 1\text{mm}$ ，用右旋单头滚刀，试求各组交换齿轮。

〔解〕 设  $p = \frac{1}{25}$ ，前边取“+”号。则分齿交换齿轮：

$$\frac{24K}{z+p} = \frac{24 \times 1}{103 + \frac{1}{25}} = \frac{24 \times 25}{2576} = \frac{24 \times 25}{16 \times 7 \times 23} = \frac{25 \times 60}{70 \times 92}$$

$$\text{进给交换齿轮：} \frac{3}{4} f_{\text{进}} = \frac{3}{4} \times 1 = \frac{30}{40}$$

差动交换齿轮：

---

⊖ 即  $\pi \times \text{差动定数} = \pi \times 7.95775 \approx 25$ ，如果用其他机床，也可用这个公式计算各组交换齿轮，但需将分齿、进给、差动三个定数改为相应机床的定数。

由于工件与滚刀螺旋方向相同，差动交换齿轮公式第一项前用“-”号。又因分齿交换齿轮公式中用 $z+p$ ，所以第二项前也用“-”号。

$$\begin{aligned}
 & -\frac{7.95775 \sin \beta}{m_n K} - \frac{25p}{f_{\text{分}} K} = -\frac{7.95775 \times \sin 30^\circ}{2 \times 1} \\
 & -\frac{25 \times \frac{1}{25}}{1 \times 1} = -\frac{7.95775 \times 0.5}{2 \times 1} - 1 = \\
 & -1.98944 - 1 = -2.98944 \approx -\frac{45 \times 95}{22 \times 65}
 \end{aligned}$$

结果得“-”号，表示用两对齿轮时，不加惰轮。

注意：因为是质数齿轮，在加工中，差动运动（附加转动）是分齿运动不可分割的一部分，即在加工过程中分齿运动和差动运动不能分开，否则分齿就乱了。所以在加工中，如果切削第二刀时，只能先利用反车自动返回，然后再进行切削。

## 8. 分齿及差动交换齿轮表

(1) Y38 滚齿机加工直齿斜齿圆柱齿轮（滚刀头数  $K=1$ ）时的分齿交换齿轮表（表 7-32）

**表 7-32 Y38 滚齿机加工直齿、斜齿圆柱齿轮**  
(滚刀头数  $K=1$ ) 时的分齿交换齿轮表

$z$	分齿交换齿轮	$z$	分齿交换齿轮	$z$	分齿交换齿轮
10	40/20 × 24/20	15	40/20 × 20/25	20	30/23 × 23/25
11	45/25 × 40/33	16	30/20 × 25/25	21	40/20 × 20/35
12	40/20 × 20/20	17	40/20 × 24/34	22	30/20 × 24/33
13	50/20 × 48/65	18	40/24 × 20/25	23	30/23 × 24/30
14	40/20 × 30/35	19	45/25 × 40/57	24	25/25 × 25/25

(续)

z	分齿交换齿轮	z	分齿交换齿轮	z	分齿交换齿轮
25	30/25 × 20/25	55	24/20 × 20/55	85	24/34 × 20/50
26	40/20 × 30/65	56	25/35 × 24/40	86	24/40 × 20/43
27	40/20 × 20/45	57	24/20 × 20/57	87	20/25 × 20/58
28	25/20 × 24/35	58	24/20 × 20/58	88	25/40 × 24/55
29	40/20 × 24/58	59	24/20 × 20/59	89	24/20 × 20/89
30	24/23 × 23/30	60	20/25 × 20/40	90	20/30 × 20/50
31	40/20 × 24/62	61	24/20 × 20/61	91	25/35 × 24/65
32	25/20 × 24/40	62	24/20 × 20/62	92	24/23 × 20/80
33	24/23 × 23/33	63	20/30 × 20/35	93	20/25 × 20/62
34	24/23 × 23/34	64	25/20 × 24/80	94	24/40 × 20/47
35	24/23 × 23/35	65	24/20 × 20/65	95	24/20 × 20/95
36	25/25 × 20/30	66	20/20 × 20/55	96	20/20 × 20/80
37	24/20 × 20/37	67	24/20 × 20/67	97	24/20 × 20/97
38	30/20 × 24/57	68	24/34 × 20/40	98	24/20 × 20/98
39	40/20 × 20/65	69	20/23 × 20/50	99	20/33 × 20/50
40	24/20 × 20/40	70	24/35 × 20/40	100	24/40 × 20/50
41	24/20 × 20/41	71	24/20 × 20/71	101	—
42	23/23 × 20/35	72	20/30 × 20/40	102	20/34 × 20/50
43	24/20 × 20/43	73	24/20 × 20/73	103	—
44	25/20 × 24/55	74	24/37 × 20/40	104	25/40 × 24/65
45	24/20 × 20/45	75	20/25 × 20/50	105	20/35 × 20/50
46	24/23 × 20/40	76	25/20 × 24/95	106	24/40 × 20/53
47	24/20 × 20/47	77	25/35 × 24/55	107	—
48	20/20 × 20/40	78	20/20 × 20/65	108	20/40 × 20/45
49	40/20 × 24/98	79	24/20 × 20/79	109	—
50	24/25 × 20/40	80	24/20 × 20/80	110	24/40 × 20/55
51	24/30 × 20/34	81	20/30 × 20/45	111	20/37 × 20/50
52	25/20 × 24/65	82	24/40 × 20/41	112	25/40 × 24/70
53	24/20 × 20/53	83	24/20 × 20/83	113	—
54	20/20 × 20/45	84	20/35 × 20/40	114	20/20 × 20/95

(续)

$z$	分齿交换齿轮	$z$	分齿交换齿轮	$z$	分齿交换齿轮
115	24/25 × 20/92	140	24/40 × 20/70	166	24/20 × 20/83
116	24/40 × 20/58	141	20/47 × 20/50	168	20/35 × 20/40
117	20/30 × 20/65	142	24/40 × 20/71	169	60/97 × 45/98
118	24/40 × 20/59	143	—	170	24/34 × 20/50
119	24/34 × 20/70	144	20/48 × 20/50	171	20/25 × 20/57
120	20/40 × 20/50	145	24/50 × 20/58	172	24/40 × 20/43
121	—	146	24/40 × 20/73	174	20/25 × 20/58
122	24/40 × 20/61	147	20/35 × 20/70	175	24/35 × 20/50
123	20/41 × 20/50	148	24/37 × 20/80	176	25/40 × 24/55
124	24/40 × 20/62	149	—	177	20/25 × 20/59
125	24/25 × 20/100	150	20/25 × 20/100	178	24/20 × 20/89
126	20/35 × 20/60	151	—	180	20/30 × 20/50
127	—	152	25/40 × 24/95	182	25/35 × 24/65
128	25/40 × 24/80	153	20/34 × 20/75	183	20/25 × 20/61
129	20/43 × 20/50	154	—	184	24/23 × 20/80
130	24/40 × 20/65	155	24/50 × 20/62	185	24/37 × 20/50
131	—	156	20/40 × 20/65	186	20/25 × 20/62
132	20/40 × 20/55	157	—	187	24/34 × 20/55
133	25/35 × 24/95	158	24/40 × 20/79	188	24/40 × 20/47
134	24/40 × 20/67	159	20/50 × 20/53	189	20/35 × 20/45
135	20/45 × 20/50	160	24/40 × 20/80	190	24/20 × 20/95
136	24/34 × 20/80	161	24/35 × 20/92	192	20/20 × 20/80
137	—	162	20/30 × 20/45	194	24/20 × 20/97
138	20/25 × 20/92	164	24/40 × 20/41	195	20/25 × 20/65
139	—	165	20/25 × 20/55	196	24/20 × 20/98
				198	20/33 × 20/50
				200	24/40 × 20/50

注：凡表内无数值者，必须利用差动装置。

(2) Y38 滚齿机加工大质数直齿圆柱齿轮(滚刀头数  $K=1$ )时,分齿差动交换齿轮表(表 7-33)

**表 7-33 Y38 滚齿机加工大质数直齿圆柱齿轮**  
(滚刀头数  $K=1$ )时,分齿差动交换齿轮表

齿数 $z$	$p$	分齿交换齿轮	差动交换齿轮	
			$f_{\text{差}} = 0.75\text{mm}$	$f_{\text{差}} = 1\text{mm}$
101	1/20	24/43 × 20/47	55/33	50/40
137	1/20	25/43 × 25/83	55/33	50/40
241	1/20	23/33 × 20/70	40/24	50/40
362	1/20	59/89 × 20/100	55/33	50/40
386	1/20	33/65 × 24/98	95/57	50/40
389	-1/20	34/58 × 20/95	40/24	50/40
401	1/20	37/79 × 23/90	40/24	50/40
428	1/20	43/90 × 23/98	40/24	50/40
446	1/20	23/57 × 20/75	40/24	50/40
451	1/20	34/71 × 20/90	40/24	50/40
461	1/20	34/71 × 20/92	40/24	50/40
478	1/20	20/48 × 20/83	40/24	50/40
479	1/20	30/71 × 23/97	40/24	50/40
481	1/20	37/89 × 24/100	55/33	50/40
482	-1/15	24/61 × 20/79	50/20 × 40/45	55/33
483	1/20	40/83 × 20/97	55/33	30/24
489	1/15	24/67 × 20/73	50/20 × 40/45	55/33



注:表中  $p$  为“-”值时,则差动交换齿轮需加一个惰轮。

## 9. 滚齿加工常见缺陷及消除方法 (表 7-34)

**表 7-34 滚齿加工常见缺陷及消除方法**



缺陷名称	主要原因	消除方法
齿数不正确	1) 跨轮或分齿交换齿轮调整不正确	1) 重新调整跨轮、分齿交换齿轮,并检查惰轮加置是否正确

(续)

缺陷名称	主要原因	消除方法
齿数不正确	2) 滚刀选用错误 3) 工件毛坯尺寸不正确 4) 滚切斜齿轮时, 附加运动方向不对	2) 合理选用滚刀 3) 更换工件毛坯 4) 增加或减少差动交换齿轮中的惰轮
齿形不正常 1. 齿面出棱 	滚刀齿形误差太大或分齿运动瞬时速比较变化大, 工件缺陷状况有四种: 1) 滚刀刃磨后, 刀齿等分性差 2) 滚刀轴向窜动大 3) 滚刀径向圆跳动误差大 4) 滚刀用钝	主要方法: 着眼于滚刀刃磨质量, 滚刀安装精度以及机床主轴的几何精度: 1) 控制滚刀刃磨质量 2) 保证滚刀的安装精度: 同时, 安装滚刀时不能敲击; 垫圈端面平整; 螺母端面要垂直; 锥孔内部应清洁; 后托架装上后, 不能留间隙 3) 复查机床主轴的旋转精度, 并修复调整机床前后轴承, 尤其是止推垫片 4) 更换新刀
2. 齿形不对称 	1) 滚刀安装不对称 2) 滚刀刃磨后, 前刀面的径向误差大 3) 滚刀刃磨后, 螺旋角或导程误差大 4) 滚刀安装角的误差太大	1) 用“啃刀花”法或对刀规对刀 2) 控制滚刀刃磨质量 3) 重新调整滚刀的安装角



(续)

缺陷名称	主要原因	消除方法
<p>3. 齿形角不对</p> 	<p>1) 滚刀本身的齿形角误差太大</p> <p>2) 滚刀刃磨后,前刀面的径向误差大</p> <p>3) 滚刀安装角的误差大</p>	<p>1) 合理选用滚刀的精度</p> <p>2) 控制滚刀的刃磨质量</p> <p>3) 重新调整滚刀的安装角</p>
<p>4. 齿形周期性误差</p> 	<p>1) 滚刀安装后,径向圆跳动或轴向窜动大</p> <p>2) 机床工作台回转不均匀</p> <p>3) 跨轮或分齿交换齿轮安装偏心或齿面磕碰</p> <p>4) 刀架滑板有松动</p> <p>5) 工件装夹不合理产生振摆</p>	<p>1) 控制滚刀的安装精度</p> <p>2) 检查机床工作台分度蜗杆的轴向窜动,并调整修复</p> <p>3) 检查跨轮及分齿交换齿轮的安装及运转状况</p> <p>4) 调整刀架滑板的镶条</p> <p>5) 合理选用工件装夹的正确方案</p>
<p>齿圈径向圆跳动超差</p>	<p>工件内孔中心与机床工作台回转中心不重合</p> <p>1. 有关机床、夹具方面:</p> <p>1) 工作台径向圆跳动误差大</p> <p>2) 心轴磨损或径向圆跳动误差大</p>	<p>着眼于控制机床工作台的回转精度与工件的正确安装</p> <p>1. 有关机床和夹具方面:</p> <p>1) 检查并修复工作台回转导轨</p> <p>2) 合理使用和保养工件心轴</p>

(续)



缺陷名称	主要原因	消除方法
齿圈径向圆跳动超差	<p>3) 上下顶针有摆差或松动</p> <p>4) 夹具定位端面与工作台回转中心线不垂直</p> <p>5) 工件装夹元件, 例如垫圈和螺母精度不够</p> <p>2. 有关工件方面:</p> <p>1) 工件定位孔直径超差</p> <p>2) 找正工件外圆安装时, 外圆与内孔的同轴度超差</p> <p>3) 工件夹紧刚性差</p>	<p>3) 修复后立柱及上顶针的精度</p> <p>4) 切削前, 应找正夹具定位端面的轴向圆跳动精度。定位端面只准内凹</p> <p>5) 装夹元件, 垫圈两平面应平行; 夹紧螺母端面对螺纹中心线应垂直</p> <p>2. 有关工件方面:</p> <p>1) 控制工件定位孔的尺寸精度</p> <p>2) 控制工件外圆与内孔的同轴度误差</p> <p>3) 夹紧力应施加于工件刚性足够的部位</p>
齿向误差超差	<p>滚刀垂直进给方向与齿坯内孔中心线方向偏斜太大。加工斜齿轮时, 还有附加运动的不正确</p> <p>1. 有关机床和夹具方面:</p> <p>1) 立柱三角导轨与工作台轴线不平行</p> <p>2) 工作台轴向圆跳动误差大</p>	<p>着眼于控制机床几何精度和工件的正确安装。下列第 4)、5)、6)、7) 条, 主要适用加工斜齿轮时</p> <p>1. 有关机床和夹具方面:</p> <p>1) 修复立柱精度, 控制机床热变形</p> <p>2) 修复工作台的回转精度</p>





(续)

缺陷名称	主要原因	消除方法
齿向误差超差	3) 上、下顶针不同心 4) 分度蜗杆副的啮合间隙大 5) 分度蜗杆副的传动存在有周期性误差 6) 垂直进给丝杠螺距误差大 7) 分齿、差动交换齿轮误差大	3) 修复后立柱或上、下顶针的精度 4) 合理调整分度蜗杆副的啮合间隙 5) 修复分度蜗杆副的零件精度,并合理调整安装 6) 垂直进给丝杠因使用磨损而精度达不到时,应及时更换 7) 应控制差动交换齿轮的计算误差
	2. 有关工件方面: 1) 齿坯两端面不平行 2) 工件定位孔与端面不垂直	2. 有关工件方面: 1) 控制齿坯两端面的平行度误差 2) 控制齿坯定位孔与端面的垂直度
齿距累积误差超差	滚齿机工作台每一转中回转不均匀的最大误差太大: 1) 分度蜗杆副传动精度误差 2) 工作台的径向圆跳动误差与轴向圆跳动误差大 3) 分齿交换齿轮啮合太松或存在磕碰现象	着眼于分齿运动链的精度,尤其是分度蜗杆副与滚刀两方面: 1) 修复分度蜗杆副的传动精度 2) 修复工作台的回转精度 3) 检查分齿交换齿轮的啮合松紧和运转状况

(续)

缺陷名称	主要原因	消除方法
齿面缺陷 1. 撕裂 	1) 齿坯材质不均匀 2) 齿坯热处理方法不当 3) 切削用量选用不合理而产生积屑瘤 4) 切削液效能不高 5) 滚刀用钝, 不锋利	1) 控制齿坯材料质量 2) 正确选用热处理方法, 尤其是调质处理后的硬度, 建议采用正火处理 3) 正确选用切削用量, 避免产生积屑瘤 4) 正确选用切削液, 尤其要注意它的润滑性能 5) 更换新刀
2. 啃齿 	由于滚刀与齿坯的相互位置发生突然变化所造成: 1) 立柱三角导轨太松, 造成滚刀进给突然变化; 立柱三角导轨太紧, 造成爬行现象 2) 刀架斜齿轮啮合间隙大 3) 油压不稳定	寻找和消除一些突然因素: 1) 调整立柱三角导轨: 要求紧松适当 2) 刀架斜齿轮若因使用时间久而磨损应更换 3) 合理保养机床, 尤其是清洁, 使油路保持畅通, 油压保持稳定

(续)

缺陷名称	主要原因	消除方法
<p>3. 振纹</p> 	<p>由于振动所造成:</p> <p>1) 机床内部某传动环节的间隙大</p> <p>2) 工件与滚刀的装夹刚性不够</p> <p>3) 切削用量选用太大</p> <p>4) 后托架安装后, 间隙大</p>	<p>寻找与消除振动源:</p> <p>1) 对于使用时间久而磨损严重的机床及时大修</p> <p>2) 提高滚刀的装夹刚性, 例如缩小支承间距离; 带柄滚刀应尽量加大轴径等</p> <p>提高工件的装夹刚性: 例如, 尽量加大支承端面, 支承端面(包括工件)只准内凹; 缩短上下顶尖间距离</p> <p>3) 正确选用切削用量</p> <p>4) 正确安装后托架</p>
<p>4. 鱼鳞</p> 	<p>齿坯热处理方法不当, 其中在加工调质处理后的钢件时比较多见</p>	<p>1) 酌情控制调质处理的硬度</p> <p>2) 建议采用正火处理作为齿坯的预先热处理</p>

## (八) 交换齿轮表(表 7-35)

表 7-35 交换齿轮表

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
14.40000	100	25	90	25	7.20000	100	25	90	50
12.80000	100	25	80	25	7.04000	80	25	55	25
12.00000	100	25	90	30	7.00000	100	25	70	40
11.52000	90	25	80	25	6.85714	100	25	60	35
11.20000	100	25	70	25	6.72000	70	25	60	25
10.66667	100	25	80	30	6.66667	100	30	80	40
10.28571	100	25	90	35	6.60000	90	25	55	30
10.08000	90	25	70	25	6.54545	100	25	90	55
9.60000	100	25	60	25	6.42857	100	35	90	40
9.33333	100	25	70	30	6.40000	100	25	80	50
9.14286	100	25	80	35	6.30000	90	25	70	40
9.00000	100	25	90	40	6.28571	100	25	55	35
8.96000	80	25	70	25	6.17143	90	25	60	35
8.80000	100	25	55	25	6.16000	70	25	55	25
8.64000	90	25	60	25	6.00000	100	25	90	60
8.57143	100	30	90	35	5.86667	80	25	55	30
8.40000	90	25	70	30	5.83333	100	30	70	40
8.22857	90	25	80	35	5.81818	100	25	80	55
8.00000	100	25	80	40	5.76000	90	25	80	50
7.92000	90	25	55	25	5.71429	100	35	80	40
7.68000	80	25	60	25	5.65714	90	25	55	35
7.61905	100	30	80	35	5.60000	100	25	70	50
7.50000	100	30	90	40	5.50000	100	25	55	40
7.46667	80	25	70	30	5.48571	80	25	60	35
7.33333	100	25	55	30	5.45455	100	30	90	55

(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
5.40000	90	25	60	40	4.26667	80	25	40	30
5.33333	100	25	80	60	4.24242	100	30	70	55
5.28000	60	25	55	25	4.20000	90	25	70	60
5.25000	90	30	70	40	4.19048	80	30	55	35
5.23810	100	30	55	35	4.16667	100	30	50	40
5.23636	90	25	80	55	4.15584	100	35	80	55
5.14286	100	25	90	70	4.12500	90	30	55	40
5.13333	70	25	55	30	4.11429	90	25	80	70
5.12000	80	25	40	25	4.09091	100	40	90	55
5.09091	100	25	70	55	4.07273	80	25	70	55
5.04000	90	25	70	50	4.00000	100	25	90	90
5.02857	80	25	55	35	3.96000	90	25	55	50
5.00000	100	30	90	60	3.92857	100	35	55	40
4.95000	90	25	55	40	3.92727	90	25	60	55
4.84848	100	30	80	55	3.92000	70	25	35	25
4.80000	100	25	60	50	3.88889	100	30	70	60
4.76190	100	30	50	35	3.85714	90	35	60	40
4.71429	90	30	55	35	3.85000	70	25	55	40
4.67532	100	35	90	55	3.84000	80	25	60	50
4.66667	100	25	70	60	3.81818	90	30	70	55
4.58333	100	30	55	40	3.80952	100	30	80	70
4.58182	90	25	70	55	3.77143	60	25	55	35
4.57143	100	25	80	70	3.75000	100	30	90	80
4.50000	100	25	90	80	3.74026	90	35	80	55
4.48000	80	25	70	50	3.73333	80	25	70	60
4.44444	100	30	80	60	3.67347	100	35	90	70
4.40000	100	25	55	50	3.66667	100	25	55	60
4.36364	100	25	60	55	3.65714	80	25	40	35
4.32000	90	25	60	50	3.63636	100	40	80	55
4.28571	100	30	90	70	3.60000	100	25	90	100

(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
3.57143	100	35	50	40	2.93878	90	35	80	70
3.55556	100	25	80	90	2.93333	80	25	55	60
3.53571	90	35	55	40	2.91667	100	30	70	80
3.52000	80	25	55	50	2.90909	100	50	80	55
3.50000	100	25	70	80	2.88000	90	25	80	100
3.49091	80	25	60	55	2.86364	90	40	70	55
3.42857	100	25	60	70	2.85714	100	35	90	90
3.39394	80	30	70	55	2.82857	90	25	55	70
3.36000	70	25	60	50	2.81250	100	40	90	80
3.33333	100	30	90	90	2.80519	90	35	60	55
3.30000	90	25	55	60	2.80000	100	25	70	100
3.27273	100	50	90	55	2.77778	100	30	50	60
3.26667	70	25	35	30	2.75000	100	25	55	80
3.26531	100	35	80	70	2.74286	80	25	60	70
3.21429	100	35	90	80	2.72727	100	55	90	60
3.20833	70	30	55	40	2.70000	90	25	60	80
3.20000	100	25	80	100	2.66667	100	30	80	100
3.18182	100	40	70	55	2.64000	60	25	55	50
3.15000	90	25	70	80	2.62500	90	30	70	80
3.14286	100	25	55	70	2.61905	100	30	55	70
3.11688	100	35	60	55	2.61818	90	50	80	55
3.11111	100	25	70	90	2.59740	100	35	50	55
3.08571	90	25	60	70	2.59259	100	30	70	90
3.08000	70	25	55	50	2.57143	100	35	90	100
3.05556	100	30	55	60	2.56667	70	25	55	60
3.05455	70	25	60	55	2.56000	80	25	40	50
3.04762	80	30	40	35	2.54545	100	50	70	55
3.03030	100	30	50	55	2.53968	100	35	80	90
3.00000	100	30	90	100	2.52000	90	25	70	100
2.96296	100	30	80	90	2.51429	80	25	55	70

(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
2.50000	100	40	90	90	2.13333	80	25	60	90
2.49351	80	35	60	55	2.12121	100	55	70	60
2.48889	80	25	70	90	2.10000	90	30	70	100
2.47500	90	25	55	80	2.09524	80	30	55	70
2.45455	90	40	60	55	2.08333	100	30	50	80
2.45000	70	25	35	40	2.07792	100	55	80	70
2.44898	100	35	60	70	2.07407	80	30	70	90
2.44444	100	25	55	90	2.06250	90	30	55	80
2.42424	100	55	80	60	2.05714	90	35	80	100
2.40000	100	25	60	100	2.04545	100	55	90	80
2.38095	100	30	50	70	2.04167	70	30	35	40
2.35714	90	30	55	70	2.04082	100	35	50	70
2.33766	100	55	90	70	2.03704	100	30	55	90
2.33333	100	30	70	100	2.03636	80	50	70	55
2.32727	80	25	40	55	2.02041	90	35	55	70
2.29167	100	30	55	80	2.00000	100	50	90	90
2.29091	90	50	70	55	1.98000	90	25	55	100
2.28571	100	35	80	100	1.96875	90	40	70	80
2.27273	100	40	50	55	1.96429	100	35	55	80
2.25000	100	40	90	100	1.96364	90	50	60	55
2.24490	100	35	55	70	1.96000	70	25	35	50
2.24000	80	25	70	100	1.95918	80	35	60	70
2.22222	100	40	80	90	1.95556	80	25	55	90
2.20408	90	35	60	70	1.94444	100	40	70	90
2.20000	100	25	55	100	1.93939	80	30	40	55
2.18750	100	40	70	80	1.92857	90	35	60	80
2.18182	100	50	60	55	1.92500	70	25	55	80
2.16000	90	25	60	100	1.92000	80	25	60	100
2.14286	100	60	90	70	1.90909	90	55	70	60
2.13889	70	30	55	60	1.90476	100	60	80	70



(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
1.88571	60	25	55	70	1.63265	100	35	40	70
1.87500	100	60	90	80	1.62963	80	30	55	90
1.87013	90	55	80	70	1.61616	100	55	80	90
1.86667	80	30	70	100	1.60714	100	70	90	80
1.85185	100	30	50	90	1.60417	70	30	55	80
1.83673	90	35	50	70	1.60000	100	50	80	100
1.83333	100	30	55	100	1.59091	100	55	70	80
1.82857	80	25	40	70	1.58730	100	35	50	90
1.81818	100	55	90	90	1.57500	90	40	70	100
1.80000	100	50	90	100	1.57143	100	35	55	100
1.79592	80	35	55	70	1.56250	100	40	50	80
1.78571	100	35	50	80	1.55844	100	55	60	70
1.78182	70	25	35	55	1.55556	100	50	70	90
1.77778	100	50	80	90	1.54688	90	40	55	80
1.76786	90	35	55	80	1.54286	90	35	60	100
1.76000	80	25	55	100	1.54000	70	25	55	100
1.75000	100	40	70	100	1.52778	100	40	55	90
1.74603	100	35	55	90	1.52727	70	50	60	55
1.74545	80	50	60	55	1.52381	80	35	60	90
1.71875	100	40	55	80	1.51515	100	55	50	60
1.71429	100	35	60	100	1.50000	100	60	90	100
1.71111	70	25	55	90	1.48485	70	30	35	55
1.69697	80	55	70	60	1.48148	100	60	80	90
1.68750	90	40	60	80	1.46939	90	35	40	70
1.68000	70	25	60	100	1.46667	80	30	55	100
1.66667	100	60	90	90	1.45833	100	60	70	80
1.66234	80	35	40	55	1.45455	100	55	80	100
1.65000	90	30	55	100	1.44000	90	50	80	100
1.63636	100	55	90	100	1.43182	90	55	70	80
1.63333	70	25	35	60	1.42857	100	70	90	90



(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
1.42593	70	30	55	90	1.25000	100	80	90	90
1.42222	80	25	40	90	1.24675	80	55	60	70
1.41429	90	35	55	100	1.24444	80	50	70	90
1.41414	100	55	70	90	1.23750	90	40	55	100
1.40625	90	40	50	80	1.22727	90	55	60	80
1.40260	90	55	60	70	1.22500	70	25	35	80
1.40000	100	50	70	100	1.22449	100	35	30	70
1.39683	80	35	55	90	1.22222	100	50	55	90
1.38889	100	40	50	90	1.21212	100	55	60	90
1.37565	100	40	55	100	1.20313	70	40	55	80
1.37143	80	35	60	100	1.20000	100	50	60	100
1.36364	100	55	60	80	1.19048	100	60	50	70
1.36111	70	30	35	60	1.18519	80	30	40	90
1.35000	90	40	60	100	1.17857	90	60	55	70
1.34694	60	35	55	70	1.16883	90	55	50	70
1.33333	100	60	80	100	1.16667	100	60	70	100
1.32000	60	25	55	100	1.16364	80	50	40	55
1.31250	90	60	70	80	1.14583	100	60	55	80
1.30952	100	60	55	70	1.14545	90	55	70	100
1.30909	90	55	80	100	1.14286	100	70	80	100
1.30612	80	35	40	70	1.13636	100	55	50	80
1.29870	100	55	50	70	1.13131	80	55	70	90
1.29630	100	60	70	90	1.12500	100	80	90	100
1.28571	100	70	90	100	1.12245	55	35	50	70
1.28333	70	30	55	100	1.12000	80	50	70	100
1.28000	80	25	40	100	1.11364	70	40	35	55
1.27273	100	55	70	100	1.11111	100	80	80	90
1.26984	100	70	80	90	1.10204	90	35	30	70
1.26000	90	50	70	100	1.10000	100	50	55	100
1.25714	80	35	55	100	1.09375	100	40	35	80

(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
1.09091	100	55	60	100	0.96970	80	55	60	90
1.08889	70	25	35	90	0.96429	90	70	60	80
1.08000	90	50	60	100	0.96250	70	40	55	100
1.07143	100	70	60	80	0.96000	80	50	60	100
1.06944	70	40	55	90	0.95455	90	55	35	60
1.06667	80	50	60	90	0.95238	100	70	60	90
1.06061	100	55	35	60	0.94286	60	35	55	100
1.05000	90	60	70	100	0.93750	100	40	30	80
1.04762	80	60	55	70	0.93506	90	55	40	70
1.04167	100	60	50	80	0.93333	80	60	70	100
1.03896	100	55	40	70	0.92593	100	60	50	90
1.03704	80	60	70	90	0.91837	90	35	25	70
1.03125	90	60	55	80	0.91667	100	60	55	100
1.02857	90	70	80	100	0.91429	80	35	40	100
1.02273	90	55	50	80	0.90909	100	55	50	100
1.02083	70	30	35	80	0.90741	70	30	35	90
1.02041	100	35	25	70	0.90000	90	80	80	100
1.01852	100	60	55	90	0.89796	55	35	40	70
1.01818	80	55	70	100	0.89286	100	70	50	80
1.01587	80	35	40	90	0.89091	70	50	35	55
1.01010	100	55	50	90	0.88889	100	90	80	100
1.00000	100	90	90	100	0.88393	90	70	55	80
0.99000	90	50	55	100	0.88000	80	50	55	100
0.98438	90	40	35	80	0.87500	100	80	70	100
0.98214	100	70	55	80	0.87302	100	70	55	90
0.98182	90	55	60	100	0.87273	80	55	60	100
0.98000	70	25	35	100	0.85938	55	40	50	80
0.97959	80	35	30	70	0.85714	100	70	60	100
0.97778	80	50	55	90	0.85556	70	50	55	90
0.97222	100	80	70	90	0.84848	80	55	35	60

(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
0.84375	90	40	30	80	0.73469	60	35	30	70
0.84000	70	50	60	100	0.73333	80	60	55	100
0.83333	100	80	60	90	0.72917	100	60	35	80
0.83117	80	55	40	70	0.72727	100	55	40	100
0.82500	90	60	55	100	0.72000	90	50	40	100
0.81818	90	55	50	100	0.71591	90	55	35	80
0.81667	70	30	35	100	0.71429	100	70	50	100
0.81633	80	35	25	70	0.71296	70	60	55	90
0.81481	80	60	55	90	0.71111	80	50	40	90
0.80808	100	55	40	90	0.70707	100	55	35	90
0.80357	90	70	50	80	0.70313	90	40	25	80
0.80208	70	60	55	80	0.70130	90	55	30	70
0.80000	100	50	40	100	0.70000	100	50	35	100
0.79545	100	55	35	80	0.69841	80	70	55	90
0.79365	100	70	50	90	0.69444	100	80	50	90
0.78750	90	80	70	100	0.68750	100	80	55	100
0.78571	100	70	55	100	0.68571	80	70	60	100
0.78125	100	40	25	80	0.68182	100	55	30	80
0.77922	100	55	30	70	0.68056	70	40	35	90
0.77778	100	90	70	100	0.67500	90	80	60	100
0.77143	90	70	60	100	0.67347	55	35	30	70
0.77000	70	50	55	100	0.66667	100	90	60	100
0.76563	70	40	35	80	0.66000	60	50	55	100
0.76389	100	80	55	90	0.65625	90	60	35	80
0.76364	70	55	60	100	0.65476	55	60	50	70
0.76190	80	70	60	90	0.65455	90	55	40	100
0.75758	100	55	25	60	0.64935	100	55	25	70
0.75000	100	80	60	100	0.64815	100	60	35	90
0.74242	70	55	35	60	0.64646	80	55	40	90
0.74074	100	60	40	90	0.64286	90	70	50	100

(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
0.64167	70	60	55	100	0.56000	80	50	35	100
0.64000	80	50	40	100	0.55682	70	55	35	80
0.63636	100	55	35	100	0.55556	100	90	50	100
0.63492	100	70	40	90	0.55000	90	90	55	100
0.63000	90	50	35	100	0.54688	70	40	25	80
0.62857	80	70	55	100	0.54545	100	55	30	100
0.62500	100	80	50	100	0.54444	70	50	35	90
0.62338	80	55	30	70	0.54000	90	50	30	100
0.62222	80	90	70	100	0.53571	100	70	30	80
0.61875	90	80	55	100	0.53472	70	80	55	90
0.61364	90	55	30	80	0.53333	80	90	60	100
0.61250	70	40	35	100	0.53030	70	55	25	80
0.61224	60	35	25	70	0.52500	90	60	35	100
0.61111	100	90	55	100	0.52381	60	70	55	90
0.60606	100	55	30	90	0.52083	100	60	25	80
0.60156	55	40	35	80	0.51948	80	55	25	70
0.60000	100	50	30	100	0.51852	80	60	35	90
0.59524	100	60	25	70	0.51563	55	40	30	80
0.59259	80	60	40	90	0.51429	90	70	40	100
0.58929	60	70	55	80	0.51136	90	55	25	80
0.58442	90	55	25	70	0.51042	70	60	35	80
0.58333	100	60	35	100	0.51020	50	35	25	70
0.58182	80	55	40	100	0.50926	55	60	50	90
0.57292	55	60	50	80	0.50909	80	55	35	100
0.57273	90	55	35	100	0.50794	80	70	40	90
0.57143	100	70	40	100	0.50505	100	55	25	90
0.56818	100	55	25	80	0.50000	100	80	40	100
0.56566	80	55	35	90	0.49495	70	55	35	90
0.56250	90	80	50	100	0.49107	55	70	50	80
0.56122	55	35	25	70	0.49091	90	55	35	100

(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
0.49000	70	50	35	100	0.42424	70	55	30	90
0.48980	40	35	30	70	0.42000	70	50	30	100
0.48889	80	90	55	100	0.41667	100	80	30	90
0.48611	100	80	35	90	0.41250	60	80	55	100
0.48485	80	55	30	90	0.40909	90	55	25	100
0.48214	90	70	30	80	0.40833	70	60	35	100
0.48125	70	80	55	100	0.40816	40	35	25	70
0.48000	80	50	30	100	0.40741	55	60	40	90
0.47727	70	55	30	80	0.40404	80	55	25	90
0.47619	100	70	30	90	0.40179	90	70	25	80
0.47143	60	70	55	100	0.40104	55	60	35	80
0.46875	90	60	25	80	0.40000	90	90	40	100
0.46753	60	55	30	70	0.39773	70	55	25	80
0.46667	80	60	35	100	0.39683	100	70	25	90
0.46296	100	60	25	90	0.39375	90	80	35	100
0.45833	60	80	55	90	0.39286	55	70	50	100
0.45714	80	70	40	100	0.39063	50	40	25	80
0.45455	100	55	25	100	0.38961	60	55	25	70
0.45370	70	60	35	90	0.38889	100	90	35	100
0.45000	90	80	40	100	0.38571	90	70	30	100
0.44643	100	70	25	80	0.38500	55	50	35	100
0.44545	70	55	35	100	0.38194	55	80	50	90
0.44444	100	90	40	100	0.38182	70	55	30	100
0.44000	55	50	40	100	0.38095	80	70	30	90
0.43750	100	80	35	100	0.37879	50	55	25	60
0.43651	55	70	50	90	0.37500	100	80	30	100
0.43636	80	55	30	100	0.37037	80	60	25	90
0.42969	55	40	25	80	0.36667	60	90	55	100
0.42857	100	70	30	100	0.36458	70	60	25	80
0.42778	70	90	55	100	0.36364	80	55	25	100

(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
0.36000	60	50	30	100	0.30556	55	90	50	100
0.35714	100	70	25	100	0.30303	60	55	25	90
0.35648	55	60	35	90	0.30000	90	90	30	100
0.35556	80	90	40	100	0.29762	50	60	25	70
0.35354	70	55	25	90	0.29464	55	70	30	80
0.35000	90	90	35	100	0.29167	70	80	30	90
0.34921	55	70	40	90	0.28646	55	60	25	80
0.34722	100	80	25	90	0.28571	80	70	25	100
0.34375	55	80	50	100	0.28409	50	55	25	80
0.34286	80	70	30	100	0.28283	40	55	35	90
0.34091	60	55	25	80	0.28125	90	80	25	100
0.34028	70	80	35	90	0.28000	40	50	35	100
0.33750	90	80	30	100	0.27778	100	90	25	100
0.33333	100	90	30	100	0.27500	55	80	40	100
0.33000	55	50	30	100	0.27344	35	40	25	80
0.32813	35	40	30	80	0.27273	60	55	25	100
0.32738	55	60	25	70	0.27222	70	90	35	100
0.32727	60	55	30	100	0.26786	60	70	25	80
0.32468	50	55	25	70	0.26736	55	80	35	90
0.32407	70	60	25	90	0.26667	80	90	30	100
0.32143	90	70	25	100	0.26515	35	55	25	60
0.32083	55	60	35	100	0.26250	70	80	30	100
0.31818	70	55	25	100	0.26190	55	70	30	90
0.31746	80	70	25	90	0.26042	50	60	25	80
0.31429	55	70	40	100	0.25974	40	55	25	70
0.31250	100	80	25	100	0.25926	40	60	35	90
0.31169	40	55	30	70	0.25714	60	70	30	100
0.31111	80	90	35	100	0.25510	25	35	25	70
0.30625	70	80	35	100	0.25463	55	60	25	90
0.30612	30	35	25	70	0.25455	40	55	35	100



(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
0.25253	50	55	25	90	0.19886	35	55	25	80
0.25000	90	90	25	100	0.19841	50	70	25	90
0.24554	55	70	25	80	0.19643	55	70	25	100
0.24444	55	90	40	100	0.19531	25	40	25	80
0.24306	70	80	25	90	0.19481	30	55	25	70
0.24242	40	55	30	90	0.19444	70	90	25	100
0.24063	55	80	35	100	0.19097	55	80	25	90
0.24000	40	50	30	100	0.19091	35	55	30	100
0.23864	35	55	30	80	0.19048	40	70	30	90
0.23810	60	70	25	90	0.18939	25	55	25	60
0.23571	55	70	30	100	0.18750	60	80	25	100
0.23438	30	40	25	80	0.18519	40	60	25	90
0.23333	70	90	30	100	0.18333	55	90	30	100
0.23148	50	60	25	90	0.18229	35	60	25	80
0.22917	55	80	30	90	0.18182	40	55	25	100
0.22727	50	55	25	100	0.17857	50	70	25	100
0.22500	60	80	30	100	0.17677	35	55	25	90
0.22321	50	70	25	80	0.17500	40	80	35	100
0.22222	80	90	25	100	0.17361	50	80	25	90
0.21875	70	80	25	100	0.17188	55	80	25	100
0.21825	55	70	25	90	0.17143	40	70	30	100
0.21818	40	55	30	100	0.17045	30	55	25	80
0.21429	60	70	25	100	0.16667	60	90	25	100
0.21389	55	90	35	100	0.16234	25	55	25	70
0.21212	35	55	30	90	0.16204	35	60	25	90
0.21000	35	50	30	100	0.15909	35	55	25	100
0.20833	60	80	25	90	0.15873	40	70	25	90
0.20625	55	80	30	100	0.15625	50	80	25	100
0.20202	40	55	25	90	0.15556	40	90	35	100
0.20000	60	90	30	100	0.15278	55	90	25	100

(续)

传动比	交换齿轮				传动比	交换齿轮			
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$
0.15152	30	55	25	90	0.11667	35	90	30	100
0.15000	40	80	30	100	0.11574	25	60	25	90
0.14881	25	60	25	70	0.11364	25	55	25	100
0.14583	35	80	30	90	0.11161	25	70	25	80
0.14286	40	70	25	100	0.11111	40	90	25	100
0.14205	25	55	25	80	0.10938	35	80	25	100
0.13889	50	90	25	100	0.10714	30	70	25	100
0.13636	30	55	25	100	0.10417	30	80	25	90
0.13393	30	70	25	80	0.09921	25	70	25	90
0.13333	40	90	30	100	0.09722	35	90	25	100
0.13125	35	80	30	100	0.09375	30	80	25	100
0.13021	25	60	25	80	0.08929	25	70	25	100
0.12626	25	55	25	90	0.08681	25	80	25	90
0.12500	40	80	25	100	0.08333	30	90	25	100
0.12153	35	80	25	90	0.07813	25	80	25	100
0.11905	30	70	25	90	0.06944	25	90	25	100

## (九) 齿轮的测量

### 1. 公法线长度的测量

#### (1) 标准直齿圆柱齿轮公法线长度测量

1) 公法线长度计算公式(表 7-36)。

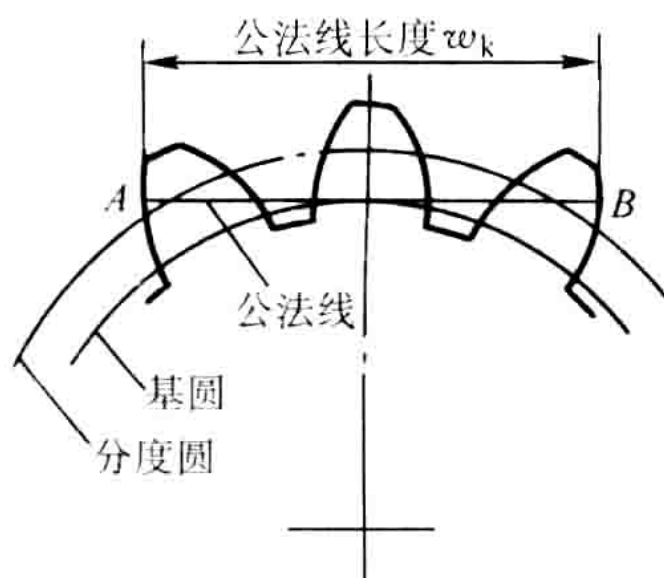
2) 标准直齿圆柱齿轮公法线长度数值表(表 7-37)。

#### (2) 斜齿圆柱齿轮公法线长度测量

#### (3) 公法线长度及跨测齿数计算公式



表 7-36 公法线长度计算公式



压力角 $\alpha$	公法线长度 $w_k$ /mm	跨测齿数 $k$
$20^\circ$	$w_k = m \cos 20^\circ [\pi (k - 0.5) + 0.0149z]$ $= m \times [2.952 (k - 0.5) + 0.014z]$	$k = \frac{\alpha}{180^\circ} z + 0.5$ $= 0.111z + 0.5$
$14 \frac{1}{2}^\circ$	$w_k = m \cos 14 \frac{1}{2}^\circ [\pi (k - 0.5) + 0.00555z]$ $= m \times [3.0415 (k - 0.5) + 0.00537z]$	$k = \frac{\alpha}{180^\circ} z + 0.5$ $= 0.08z + 0.5$

表 7-37 标准直齿圆柱齿轮公法线长度数值表

(  $m = 1\text{mm}$ ,  $\alpha = 20^\circ$  )

被测齿轮 总齿数 $z$	跨测 齿数 $k$	公法线 长度值 $w_k/\text{mm}$	被测齿轮 总齿数 $z$	跨测 齿数 $k$	公法线 长度值 $w_k/\text{mm}$
10	2	4.5683	12	2	4.5963
11	2	4.5823	13	2	4.6103

(续)

被测齿轮 总齿数 $z$	跨测 齿数 $k$	公法线 长度值 $w_k/\text{mm}$	被测齿轮 总齿数 $z$	跨测 齿数 $k$	公法线 长度值 $w_k/\text{mm}$
14	2	4.6243	43	5	13.8868
15	2	4.6383	44	5	13.9008
16	2	4.6523	45	5	13.9148
17	2	4.6663	46	6	16.8810
18	2	4.6803	47	6	16.8950
19	3	7.6464	48	6	16.9090
20	3	7.6604	49	6	16.9230
21	3	7.6744	50	6	16.9370
22	3	7.6884	51	6	16.9510
23	3	7.7025	52	6	16.9650
24	3	7.7165	53	6	16.9790
25	3	7.7305	54	6	16.9930
26	3	7.7445	55	7	19.9591
27	3	7.7585	56	7	19.9732
28	4	10.7246	57	7	19.9872
29	4	10.7386	58	7	20.0012
30	4	10.7526	59	7	20.0152
31	4	10.7666	60	7	20.0292
32	4	10.7806	61	7	20.0432
33	4	10.7946	62	7	20.0572
34	4	10.8086	63	7	20.0712
35	4	10.8226	64	8	23.0373
36	4	10.8367	65	8	23.0513
37	5	13.8028	66	8	23.0653
38	5	13.8168	67	8	23.0793
39	5	13.8308	68	8	23.0933
40	5	13.8448	69	8	23.1074
41	5	13.8588	70	8	23.1214
42	5	13.8728	71	8	23.1354

(续)

被测齿轮 总齿数 $z$	跨测 齿数 $k$	公法线 长度值 $w_k/\text{mm}$	被测齿轮 总齿数 $z$	跨测 齿数 $k$	公法线 长度值 $w_k/\text{mm}$
72	8	23.1494	100	12	35.3500
73	9	26.1155	101	12	35.3641
74	9	26.1295	102	12	35.3781
75	9	26.1435	103	12	35.3921
76	9	26.1575	104	12	35.4061
77	9	26.1715	105	12	35.4201
78	9	26.1855	106	12	35.4341
79	9	26.1995	107	12	35.4481
80	9	26.2135	108	12	35.4572
81	9	26.2275	109	13	38.4282
82	10	29.1937	110	13	38.4422
83	10	29.2077	111	13	38.4563
84	10	29.2217	112	13	38.4703
85	10	29.2357	113	13	38.4843
86	10	29.2497	114	13	38.4983
87	10	29.2637	115	13	38.5123
88	10	29.2777	116	13	38.5263
89	10	29.2917	117	13	38.5403
90	10	29.3057	118	14	41.5064
91	11	32.2719	119	14	41.5205
92	11	32.2859	120	14	41.5344
93	11	32.2999	121	14	41.5484
94	11	32.3139	122	14	41.5625
95	11	32.3279	123	14	41.5765
96	11	32.3419	124	14	41.5905
97	11	32.3559	125	14	41.6045
98	11	32.3699	126	14	41.6185
99	11	32.3839	127	15	44.5846

(续)

被测齿轮 总齿数 $z$	跨测 齿数 $k$	公法线 长度值 $w_k/\text{mm}$	被测齿轮 总齿数 $z$	跨测 齿数 $k$	公法线 长度值 $w_k/\text{mm}$
128	15	44.5986	157	18	53.8612
129	15	44.6126	158	18	53.8752
130	15	44.6266	159	18	53.8892
131	15	44.6406	160	18	53.9032
132	15	44.6546	161	18	53.9172
133	15	44.6686	162	18	53.9312
134	15	44.6826	163	19	56.8973
135	15	44.6966	164	19	56.9113
136	16	47.6628	165	19	56.9254
137	16	47.6768	166	19	56.9394
138	16	47.6908	167	19	56.9534
139	16	47.7048	168	19	56.9674
140	16	47.7188	169	19	56.9814
141	16	47.7328	170	19	56.9954
142	16	47.7468	171	19	57.0094
143	16	47.7608	172	20	59.9755
144	16	47.7748	173	20	59.9895
145	17	50.7410	174	20	60.0035
146	17	50.7550	175	20	60.0175
147	17	50.7690	176	20	60.0315
148	17	50.7830	177	20	60.0456
149	17	50.7970	178	20	60.0596
150	17	50.8110	179	20	60.0736
151	17	50.8250	180	20	60.0876
152	17	50.8390	181	21	63.0537
153	17	50.8530	182	21	63.0677
154	18	53.8192	183	21	63.0817
155	18	53.8332	184	21	63.0957
156	18	53.8472	185	21	63.1097

(续)

被测齿轮 总齿数 $z$	跨测 齿数 $k$	公法线 长度值 $w_k/\text{mm}$	被测齿轮 总齿数 $z$	跨测 齿数 $k$	公法线 长度值 $w_k/\text{mm}$
186	21	63.1237	194	22	66.1879
187	21	63.1377	195	22	66.2019
188	21	63.1517	196	22	66.2159
189	21	63.1657	197	22	66.2299
190	22	66.1319	198	22	66.2439
191	22	66.1459	199	23	69.2101
192	22	66.1599	200	23	69.2241
193	22	66.1739			

注：1. 若模数  $m \neq 1\text{mm}$ ，其  $w_k$  值等于表中的  $w_k$  值乘  $m$ 。

2. 内齿轮公法线长度可按表 7-37 查得，测量方法如图 7-45 所示。

### 公法线长度

$$w_{kn} = m_n \cos \alpha_n [\pi(k - 0.5) + z \operatorname{inv} \alpha_t]$$

式中  $w_{kn}$ ——法向公法线长度 (mm)；

$m_n$ ——法向模数；

$\alpha_n$ ——法向压力角 (°)；

$\alpha_t$ ——端面压力角 (°)；

$\operatorname{inv}$ ——渐开线函数。

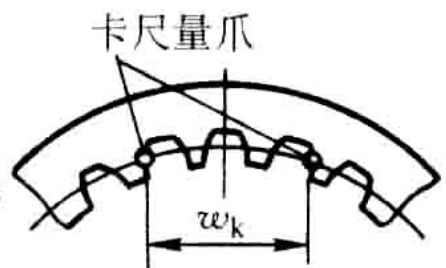


图 7-45 内齿轮  
公法线长度测量

一般加工时图样上给出  $\alpha_n$ ，因此可用下面公式计算出  $\alpha_t$

$$\tan \alpha_t = \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta}$$

式中  $\beta$ ——螺旋角 (°)。

### 跨测齿数

$$k = \frac{\alpha_1 z}{180^\circ \cos^3 \beta} + 0.5$$

注意：齿宽  $b \geq w_{kn} \sin \beta$ ，才能测量。测量时要在法线上进行（图 7-46）。

〔例〕 已知一斜齿轮  $z = 26$ ， $m_n = 3.25 \text{ mm}$ ， $\alpha_n = 20^\circ$ ，螺旋角  $\beta = 21^\circ 47' 12''$ 。求该齿轮的公法线长度  $w_{kn}$  以及跨测齿数  $k$ 。

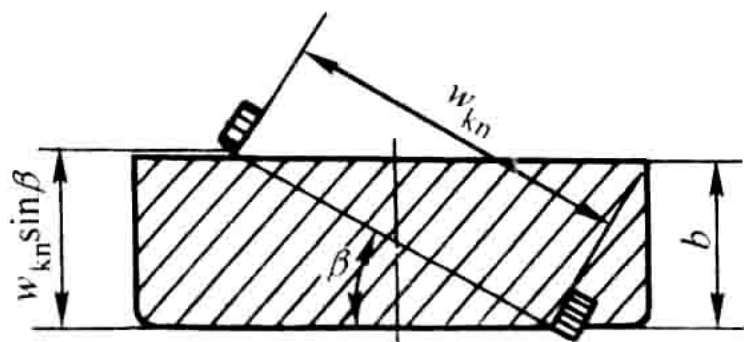


图 7-46  $b \geq w_{kn} \sin \beta$  时斜齿轮才能测量公法线长度示意图

〔解〕 先求出  $\alpha_1$

$$\tan \alpha_1 = \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta} = \frac{\tan 20^\circ}{\cos 21^\circ 47' 12''} = 0.39196$$

即  $\alpha_1 = 21^\circ 24' 11''$

再求跨测齿数  $k$

$$k = \frac{\alpha_1 z}{180^\circ \cos^3 \beta} + 0.5 = \frac{21^\circ 24' 11''}{180^\circ} \times \frac{26}{\cos^3 21^\circ 47' 12''} + 0.5 = 3.86 + 0.5 \approx 4$$

由渐开线函数表中查得

$$\text{inv} \alpha_1 = \text{inv} 21^\circ 24' 11'' = 0.0184$$

将上面所得数值代入公法线计算公式

$$\begin{aligned} w_{kn} &= m_n \cos \alpha_n [\pi (k - 0.5) + z \text{inv} \alpha_1] \\ &= 3.25 \times \cos 20^\circ [3.1416 \times (4 - 0.5) + 26 \times 0.0184] \text{ mm} = 35.042 \text{ mm} \end{aligned}$$

(4) 渐开线函数表(表 7-38)

表 7-38 渐开线函数表

$\alpha$ /(°)	各行前几位 相同的数字	0'	5'	10'	15'	20'	25'
1	0.000	00177	00225	00281	00346	00420	00504
2	0.000	01418	01603	01804	02020	02253	02503
3	0.000	04790	05201	05634	06091	06573	07079
4	0.000	11364	12090	12847	13634	14453	15305
5	0.000	22220	23352	24522	25731	26978	28266
6	0.00	03845	04008	04175	04347	04524	04706
7	0.00	06115	06337	06564	06797	07035	07279
8	0.00	09145	09435	09732	10034	10343	10559
9	0.00	13048	13416	13792	14174	14563	14960
10	0.00	17941	18397	18860	19332	19812	20299
11	0.00	23941	24495	25057	25628	26208	26797
12	0.00	31171	31832	32504	33185	33875	34575
13	0.00	39754	40534	41325	42126	42938	43760
14	0.00	49819	50729	51650	52582	53526	54482
15	0.00	61498	62548	63611	64686	65773	66873
16	0.0	07493	07613	07735	07857	07982	08107
17	0.0	09025	09161	09299	09439	09580	09722
18	0.0	10760	10915	11071	11228	11387	11547
19	0.0	12715	12888	13063	13240	13418	13598
20	0.0	14904	15098	15293	15490	15689	15890
21	0.0	17345	17560	17777	17996	18217	18440
22	0.0	20054	20292	20533	20775	21019	21266
23	0.0	23049	23312	23577	23845	24114	24386
24	0.0	26350	26639	26931	27225	27521	27820
25	0.0	29975	30293	30613	30935	31260	31587
26	0.0	33947	34294	34644	34997	35352	35709
27	0.0	38287	38666	39047	39432	39819	40209
28	0.0	43017	43430	43845	44264	44685	45110
29	0.0	48164	48612	49064	49518	49976	50437
30	0.0	53751	54238	54728	55221	55717	56217
31	0.0	59809	60336	60866	61400	61937	62478
32	0.0	66364	66934	67507	68084	68665	69250

(续)

$\alpha$ /(°)	各行前几位 相同的数字	0'	5'	10'	15'	20'	25'
33	0.0	73449	74064	74684	75307	75934	76565
34	0.0	81097	81760	82428	83100	83777	84457
35	0.0	89342	90058	90777	91502	92230	92963
36	0.	09822	09899	09977	10055	10133	10212
37	0.	10778	10861	10944	11028	11113	11197
38	0.	11806	11895	11985	12075	12165	12257
39	0.	12911	13006	13102	13199	13297	13395
40	0.	14097	14200	14303	14407	14511	14616
41	0.	15370	15480	15591	15703	15815	15928
42	0.	16737	16855	16974	17093	17214	17336
43	0.	18202	18329	18457	18585	18714	18844
44	0.	19774	19910	20047	20185	20323	20463
45	0.	21460	21606	21753	21900	22049	22108
46	0.	23268	23424	23582	23740	23899	24059
47	0.	25206	25374	25513	25713	25883	26055
48	0.	27285	27465	27646	27828	28012	28196
49	0.	29516	29709	29903	30098	30295	30492
50	0.	31909	32116	32324	32534	32745	32957
51	0.	34478	34700	34924	35149	35376	35604
52	0.	37237	37476	37716	37958	38202	38446
53	0.	40202	40459	40717	40977	41239	41502
54	0.	43390	43667	43945	44225	44506	44789
55	0.	46822	47119	47419	47720	48023	48328
56	0.	50518	50838	51161	51486	51813	52141
57	0.	54503	54849	55197	55547	55900	56255
58	0.	58804	59178	59554	59933	60314	60697
59	0.	63454	63858	64265	64674	65086	65501



(续)

$\alpha$ /(°)	各行前几位 相同的数字	30'	35'	40'	45'	50'	55'
1	0.000	00598	00704	00821	00950	01992	01248
2	0.000	02771	03058	03364	03689	04035	04402
3	0.000	07610	08167	08751	09362	10000	10668
4	0.000	16189	17107	18059	19045	20067	21125
5	0.000	29594	30963	32374	33827	35324	36864
6	0.00	04897	05093	05280	05481	05687	05898
7	0.00	07528	07783	08044	08310	08582	08861
8	0.00	10980	11308	11643	11984	12332	12687
9	0.00	15363	15774	16193	16618	17051	17492
10	0.00	20795	21299	21810	22330	22859	23396
11	0.00	27394	28001	28616	29241	29875	30518
12	0.00	35285	36005	36735	37474	38224	38984
13	0.00	44593	45437	46291	47157	48033	48921
14	0.00	55448	56427	57417	58420	59434	60460
15	0.00	67985	69110	70248	71398	72561	73738
16	0.0	08234	08362	08492	08623	08756	08889
17	0.0	09866	10012	10158	10307	10456	10608
18	0.0	11709	11873	12038	12205	12373	12543
19	0.0	13779	13963	14148	14334	14523	14713
20	0.0	16092	16296	16502	16710	16920	17132
21	0.0	18665	18891	19120	19350	19583	19817
22	0.0	21514	21765	22018	22272	22529	22788
23	0.0	24660	24936	25214	25495	25778	26062
24	0.0	28121	28424	28729	29037	29348	29660
25	0.0	31917	32249	32583	32920	33260	33602
26	0.0	36069	36432	36798	37166	37537	37910
27	0.0	40602	40997	41395	41797	42201	42607
28	0.0	45537	45967	46400	46837	47276	47718

(续)

$\alpha$ /(°)	各行前几位 相同的数字	30'	35'	40'	45'	50'	55'
29	0.0	50901	51368	51838	52312	52788	53268
30	0.0	56720	57226	57736	58249	58765	59285
31	0.0	63022	63570	64122	64677	65236	65799
32	0.0	69838	70430	71026	71626	72230	72838
33	0.0	77200	77839	78483	79130	79781	80437
34	0.0	85142	85832	86525	87223	87925	88631
35	0.0	93701	94443	95190	95924	96698	97459
36	0.	10292	10371	10452	10533	10614	10696
37	0.	11283	11369	11455	11542	11630	11718
38	0.	12348	12441	12534	12627	12721	12815
39	0.	13493	13592	13692	13792	13893	13995
40	0.	14722	14829	14936	15043	15152	15261
41	0.	16041	16156	16270	16386	16502	16619
42	0.	17457	17579	17702	17826	17951	18076
43	0.	18975	19106	19238	19371	19505	19639
44	0.	20603	20743	20885	21028	21171	21315
45	0.	22348	22490	22651	22804	22958	23112
46	0.	24220	24382	24545	24709	24874	25040
47	0.	26228	26401	26576	26752	26929	27107
48	0.	28381	28567	28755	28943	29133	29324
49	0.	30691	30891	31092	31295	31493	31703
50	0.	33171	33385	33601	33818	34037	34257
51	0.	35833	36063	36295	36529	36763	36990
52	0.	38693	38941	39190	39441	39693	39947
53	0.	41767	42034	42302	42571	42843	43116
54	0.	45074	45361	45650	45904	46232	46526
55	0.	48635	48944	49255	49568	49882	50199
56	0.	52472	52805	53141	53478	53817	54159

(续)

$\alpha$ /(°)	各行前几位 相同的数字	30'	35'	40'	45'	50'	55'
57	0.	56612	56972	57333	57698	58064	58433
58	0.	61083	61472	61863	62257	62653	63052
59	0.	65919	66340	66763	67189	67618	68050

注：用法说明

1. 找出角  $\alpha = 14^\circ 30'$  的  $\text{inv}$ 。  $\text{inv}\alpha = 0.0055448$ 。

2. 找出角  $\alpha = 22^\circ 18' 25''$  的  $\text{inv}$ 。在表中找出  $\text{inv}22^\circ 15' = 0.020775$ 。表中  $5'$  ( $300''$ ) 的差为  $0.000244$ ，附加的  $3' 25''$  ( $205''$ ) 的  $\text{inv}$  数值应为  $\frac{0.000244 \times 205}{300} = 0.000167$ ，因

此  $\text{inv}22^\circ 18' 25'' = 0.020775 + 0.000167 = 0.020942$ 。

## (5) 公法线平均长度偏差及公差

1) 外齿轮公法线平均长度上极限偏差  $E_{wms}$  (为负值) 和内齿轮公法线平均长度下极限偏差  $E_{wmi}$  (为正值) (表 7-39)。

2) 公法线平均长度公差  $T_{wm}$  (表 7-40)。

表 7-39 外齿轮公法线平均长度上极限偏差  $E_{wms}$  (为负值)内齿轮公法线平均长度下极限偏差  $E_{wmi}$  (为正值)(单位:  $\mu\text{m}$ )

侧隙种类	齿轮第 II 公差组精度等级	法向模数 /mm	分度圆直径/mm				
			$\leq 50$	$> 50 \sim 80$	$> 80 \sim 125$	$> 125 \sim 180$	$> 180 \sim 250$
b	3	$\geq 1 \sim 10$	63	71	80	100	112
		$> 10 \sim 25$	—	—	90	100	112
	4	$\geq 1 \sim 10$	63	71	90	100	112
		$> 10 \sim 25$	—	—	90	100	112

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			≤50	>50 ~80	>80 ~125	>125 ~180	>180 ~250
b	5	≥1~10	71	80	90	100	112
		>10~25	—	—	100	112	125
	6	≥1~10	80	90	100	112	125
		>10~25	—	—	112	125	140
	7	≥1~10	90	100	112	125	140
		>10~25	—	—	125	140	160
c	8	≥1~10	100	112	125	140	160
		>10~25	—	—	140	160	180
	9	≥1~10	112	125	140	160	180
		>10~25	—	—	200	200	200
	10	≥1~10	140	160	180	180	200
		>10~25	—	—	224	250	250
c	3	≥1~10	40	50	56	63	71
		>10~25	—	—	56	63	71
	4	≥1~10	45	50	56	63	71
		>10~25	—	—	63	71	80
	5	≥1~10	50	63	63	71	80
		>10~25	—	—	80	90	90
c	6	≥1~10	56	63	71	80	90
		>10~25	—	—	80	90	100
	7	≥1~10	71	71	80	90	100
		>10~25	—	—	100	112	125
c	8	≥1~10	80	90	100	100	112
		>10~25	—	—	125	140	140

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			≤50	>50 ~80	>80 ~125	>125 ~180	>180 ~250
c	9	≥1~10 >10~25	100 —	112 —	125 160	125 180	140 180
	10	≥1~10 >10~25	125 —	140 —	140 200	160 200	160 224
d	3	≥1~10 >10~25	28 —	32 —	40 40	45 45	50 50
	4	≥1~10 >10~25	36 —	40 —	40 50	45 56	50 63
	5	≥1~10 >10~25	40 —	45 —	50 56	56 63	63 71
	6	≥1~10 >10~25	50 —	56 —	56 71	63 80	71 90
	7	≥1~10 >10~25	56 —	63 —	71 80	80 90	80 100
	8	≥1~10 >10~25	71 —	71 —	80 112	90 112	100 112
	9	≥1~10 >10~25	90 —	100 —	112 140	112 140	125 160
	10	≥1~10 >10~25	112 —	125 —	125 180	140 180	160 200
e	3	≥1~10 >10~25	22 —	25 —	28 36	32 40	36 40
	4	≥1~10 >10~25	25 —	28 —	32 36	36 40	40 45

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			≤50	>50 ~80	>80 ~125	>125 ~180	>180 ~250
e	5	≥1~10	32	36	40	45	50
		>10~25	—	—	50	56	56
	6	≥1~10	40	45	50	56	56
		>10~25	—	—	63	63	71
	7	≥1~10	50	56	56	63	71
		>10~25	—	—	80	90	90
	8	≥1~10	63	63	71	80	80
		>10~25	—	—	100	100	112
	9	≥1~10	80	90	90	100	112
		>10~25	—	—	140	140	140
	10	≥1~10	100	112	112	125	140
		>10~25	—	—	160	160	180
侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			>250 ~315	>315 ~400	>400 ~500	>500 ~630	>630 ~800
b	3	≥1~10	125	125	140	160	180
		>10~25	125	140	140	160	180
	4	≥1~10	125	140	140	160	180
		>10~25	125	140	160	160	180
	5	≥1~10	125	140	160	180	200
		>10~25	140	140	160	180	200
	6	≥1~10	140	140	160	180	200
		>10~25	160	160	160	180	200
	7	≥1~10	140	160	160	180	200
		>10~25	180	180	200	224	250

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			> 250 ~ 315	> 315 ~ 400	> 400 ~ 500	> 500 ~ 630	> 630 ~ 800
b	8	$\geq 1 \sim 10$	180	180	200	200	224
		$> 10 \sim 25$	180	200	224	224	250
	9	$\geq 1 \sim 10$	200	200	224	250	280
		$> 10 \sim 25$	224	224	250	280	315
	10	$\geq 1 \sim 10$	224	224	250	280	315
		$> 10 \sim 25$	250	280	280	315	355
c	3	$\geq 1 \sim 10$	80	90	100	100	125
		$> 10 \sim 25$	80	90	100	112	125
	4	$\geq 1 \sim 10$	80	90	100	112	125
		$> 10 \sim 25$	90	90	100	112	125
	5	$\geq 1 \sim 10$	90	100	100	112	125
		$> 10 \sim 25$	100	112	112	125	140
	6	$\geq 1 \sim 10$	100	112	112	125	140
		$> 10 \sim 25$	112	125	125	140	160
	7	$\geq 1 \sim 10$	112	125	140	140	160
		$> 10 \sim 25$	125	140	140	160	180
d	3	$\geq 1 \sim 10$	56	56	63	71	80
		$> 10 \sim 25$	56	63	63	71	80

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			>250 ~315	>315 ~400	>400 ~500	>500 ~630	>630 ~800
d	4	≥1~10	56	63	63	71	80
		>10~25	63	63	71	80	90
	5	≥1~10	63	71	71	80	90
		>10~25	80	80	90	100	112
	6	≥1~10	71	80	90	90	100
		>10~25	90	90	90	100	112
	7	≥1~10	90	90	100	112	125
>10~25		112	112	125	140	140	
8	≥1~10	112	112	112	125	125	
	>10~25	125	125	140	160	160	
9	≥1~10	140	140	140	140	160	
	>10~25	160	180	180	200	200	
10	≥1~10	160	160	160	160	180	
	>10~25	200	200	200	224	224	
e	3	≥1~10	40	40	45	50	56
		>10~25	40	45	50	56	56
	4	≥1~10	40	45	45	50	56
		>10~25	50	50	56	63	71
	5	≥1~10	50	56	63	71	71
		>10~25	56	63	63	71	80
	6	≥1~10	56	63	63	71	80
>10~25		71	80	80	90	100	
7	≥1~10	80	80	80	90	90	
	>10~25	90	90	100	112	112	
8	≥1~10	90	90	100	112	112	
	>10~25	112	125	125	125	140	



(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			> 250 ~ 315	> 315 ~ 400	> 400 ~ 500	> 500 ~ 630	> 630 ~ 800
e	9	$\geq 1 \sim 10$	112	125	125	140	140
		$> 10 \sim 25$	140	160	160	160	180
	10	$\geq 1 \sim 10$	140	160	160	160	180
		$> 10 \sim 25$	180	180	200	200	224
侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			> 800 ~ 1000	> 1000 ~ 1250	> 1250 ~ 1600	> 1600 ~ 2000	> 2000 ~ 2500
b	3	$\geq 1 \sim 10$	200	250	280	355	400
		$> 10 \sim 25$	200	250	280	355	400
	4	$\geq 1 \sim 10$	200	250	280	355	400
		$> 10 \sim 25$	224	250	280	355	400
	5	$\geq 1 \sim 10$	224	250	315	355	400
		$> 10 \sim 25$	224	250	315	355	400
	6	$\geq 1 \sim 10$	224	250	315	355	400
		$> 10 \sim 25$	224	280	315	355	450
	7	$\geq 1 \sim 10$	250	280	315	400	450
		$> 10 \sim 25$	250	280	315	450	450
	8	$\geq 1 \sim 10$	250	280	315	400	450
		$> 10 \sim 25$	280	315	355	400	450
	9	$\geq 1 \sim 10$	280	315	355	450	500
		$> 10 \sim 25$	355	400	400	450	500
	10	$\geq 1 \sim 10$	355	355	400	450	500
		$> 10 \sim 25$	355	400	450	560	560
c	3	$\geq 1 \sim 10$	140	160	180	224	250
		$> 10 \sim 25$	140	160	180	224	250

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数 /mm	分度圆直径/mm				
			> 800 ~ 1000	> 1000 ~ 1250	> 1250 ~ 1600	> 1600 ~ 2000	> 2000 ~ 2500
c	4	≥1 ~ 10	140	160	180	224	250
		> 10 ~ 25	140	160	200	224	280
	5	≥1 ~ 10	140	160	200	224	280
		> 10 ~ 25	160	180	200	250	280
	6	≥1 ~ 10	160	180	200	250	280
		> 10 ~ 25	180	200	200	250	280
	7	≥1 ~ 10	180	200	224	250	315
> 10 ~ 25		200	224	250	280	315	
d	8	≥1 ~ 10	200	224	250	280	315
		> 10 ~ 25	224	250	280	315	355
	9	≥1 ~ 10	224	250	280	315	355
		> 10 ~ 25	250	280	315	355	450
	10	≥1 ~ 10	250	280	315	355	400
		> 10 ~ 25	280	315	355	400	450
	3	≥1 ~ 10	90	100	125	140	180
> 10 ~ 25		90	112	125	140	180	
d	4	≥1 ~ 10	90	112	125	140	180
		> 10 ~ 25	100	112	125	160	180
	5	≥1 ~ 10	100	112	140	160	200
		> 10 ~ 25	112	125	140	160	200
	6	≥1 ~ 10	125	125	140	160	200
		> 10 ~ 25	125	140	160	200	200
	7	≥1 ~ 10	140	160	180	200	224
> 10 ~ 25		140	160	180	224	250	
8	≥1 ~ 10	140	160	180	224	250	
	> 10 ~ 25	160	180	200	224	280	

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			> 800 ~ 1000	> 1000 ~ 1250	> 1250 ~ 1600	> 1600 ~ 2000	> 2000 ~ 2500
d	9	$\geq 1 \sim 10$	180	200	224	280	315
		$> 10 \sim 25$	224	224	250	280	315
	10	$\geq 1 \sim 10$	180	200	250	280	355
		$> 10 \sim 25$	250	280	280	315	355
e	3	$\geq 1 \sim 10$	63	71	90	100	125
		$> 10 \sim 25$	63	80	90	100	125
	4	$\geq 1 \sim 10$	63	80	90	100	125
		$> 10 \sim 25$	71	80	90	112	125
	5	$\geq 1 \sim 10$	80	90	100	112	140
		$> 10 \sim 25$	90	100	112	125	140
	6	$\geq 1 \sim 10$	90	100	112	140	140
		$> 10 \sim 25$	100	112	125	140	160
	7	$\geq 1 \sim 10$	100	125	140	160	180
		$> 10 \sim 25$	125	140	140	180	200
	8	$\geq 1 \sim 10$	125	125	140	180	200
		$> 10 \sim 25$	140	160	180	200	224
	9	$\geq 1 \sim 10$	160	160	180	224	250
		$> 10 \sim 25$	200	200	224	250	280
	10	$\geq 1 \sim 10$	200	200	224	250	280
		$> 10 \sim 25$	224	250	280	315	315

## 2. 分度圆弦齿厚的测量(图 7-47)

### (1) 计算公式

分度圆弦齿厚

$$\bar{s} = mz \sin \frac{90^\circ}{z}$$

表 7-40 公法线平均长度公差  $T_{wm}$ (单位:  $\mu\text{m}$ )

齿厚 公差 等级	法向 模数 /mm	分度圆直径/mm							
		$\leq 50$	$> 50$ ~ 80	$> 80$ ~ 125	$> 125$ ~ 180	$> 180$ ~ 250	$> 250$ ~ 315	$> 315$ ~ 400	$> 400$ ~ 500
3	$\geq 1$ ~ 25	14	16	20	25	28	32	32	36
4		14	22	25	28	32	36	45	45
5		20	25	28	32	36	45	50	50
6		25	32	36	45	50	50	63	71
7		28	36	45	50	63	71	71	80
8		36	45	56	63	71	90	90	100
9		45	56	63	80	100	112	112	125
10		56	71	90	100	125	140	140	160

齿厚 公差 等级	法向 模数 /mm	分度圆直径/mm						
		$> 500$ ~ 630	$> 630$ ~ 800	$> 800$ ~ 1000	$> 1000$ ~ 1250	$> 1250$ ~ 1600	$> 1600$ ~ 2000	$> 2000$ ~ 2500
3	$\geq 1$ ~ 25	40	45	50	71	80	100	112
4		50	56	63	80	90	125	140
5		56	71	90	100	112	140	160
6		80	90	100	125	140	180	200
7		90	112	125	140	160	224	250
8		125	140	160	180	200	280	315
9		160	180	200	224	280	355	400
10		180	224	250	280	355	450	500

分度圆弦齿高

$$\bar{h}_a = \frac{m}{2} \left[ 2 + z \left( 1 - \cos \frac{90^\circ}{z} \right) \right]$$

测量斜齿轮时,应以法向模数  $m_n$  和当量齿数  $z_v$  来代替公式中的  $m$  和  $z$ 。

$$z_v = \frac{z}{\cos^3 \beta}$$

测量锥齿轮时,测量位置应取在大头,所以应以大端模数和当量齿数  $z_v$  来代替公式中的  $m$  和  $z$ 。

$$z_v = \frac{z}{\cos \delta}$$

式中  $\delta$ ——分锥角。

## (2) 分度圆弦齿厚的测量尺寸表(表 7-41)

表 7-41 分度圆弦齿厚的测量尺寸表 ( $m = 1 \text{ mm}$ )  
(单位: mm)

齿数 $z$	弦齿厚 $\bar{s}$	弦齿高 $\bar{h}_a$	齿数 $z$	弦齿厚 $\bar{s}$	弦齿高 $\bar{h}_a$
10	1.5643	1.0615	20	1.5692	1.0308
11	1.5655	1.0560	21	1.5693	1.0294
12	1.5663	1.0513	22	1.5694	1.0280
13	1.5669	1.0474	23	1.5695	1.0268
14	1.5675	1.0440	24	1.5696	1.0257
15	1.5679	1.0411	25	1.5697	1.0247
16	1.5683	1.0385	26	1.5698	1.0237
17	1.5686	1.0363	27	1.5698	1.0228
18	1.5688	1.0342	28	1.5699	1.0220
19	1.5690	1.0324	29	1.5700	1.0212

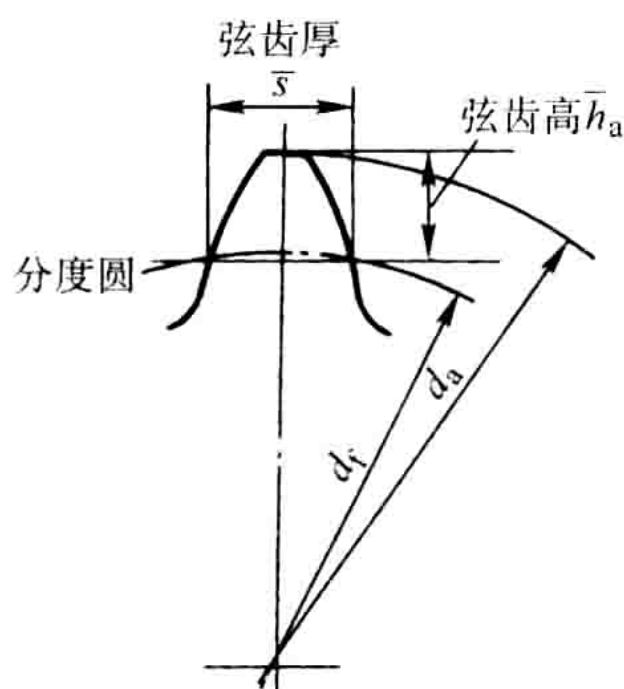


图 7-47 分度圆弦齿厚的测量

(续)

齿数 $z$	弦齿厚 $\bar{s}$	弦齿高 $\bar{h}_a$	齿数 $z$	弦齿厚 $\bar{s}$	弦齿高 $\bar{h}_a$
30	1.5701	1.0205	60	1.5706	1.0103
31	1.5701	1.0199	61	1.5706	1.0101
32	1.5702	1.0193	62	1.5706	1.0100
33	1.5702	1.0187	63	1.5706	1.0098
34	1.5702	1.0181	64	1.5706	1.0096
35	1.5703	1.0176	65	1.5706	1.0095
36	1.5703	1.0171	66	1.5706	1.0093
37	1.5703	1.0167	67	1.5706	1.0092
38	1.5703	1.0162	68	1.5706	1.0091
39	1.5704	1.0158	69	1.5706	1.0089
40	1.5704	1.0154	70	1.5706	1.0088
41	1.5704	1.0150	71	1.5707	1.0087
42	1.5704	1.0146	72	1.5707	1.0086
43	1.5704	1.0143	73	1.5707	1.0084
44	1.5705	1.0140	74	1.5707	1.0083
45	1.5705	1.0137	75	1.5707	1.0082
46	1.5705	1.0134	76	1.5707	1.0080
47	1.5705	1.0131	77	1.5707	1.0080
48	1.5705	1.0128	78	1.5707	1.0079
49	1.5705	1.0126	79	1.5707	1.0078
50	1.5705	1.0124	80	1.5707	1.0077
51	1.5705	1.0121	81	1.5707	1.0076
52	1.5706	1.0119	82	1.5707	1.0075
53	1.5706	1.0116	83	1.5707	1.0074
54	1.5706	1.0114	84	1.5707	1.0073
55	1.5706	1.0112	85	1.5707	1.0073
56	1.5706	1.0110	86	1.5707	1.0072
57	1.5706	1.0108	87	1.5707	1.0071
58	1.5706	1.0106	88	1.5707	1.0070
59	1.5706	1.0104	89	1.5707	1.0069

(续)

齿数 $z$	弦齿厚 $\bar{s}$	弦齿高 $\bar{h}_a$	齿数 $z$	弦齿厚 $\bar{s}$	弦齿高 $\bar{h}_a$
90	1.5707	1.0069	110	1.5708	1.0056
91	1.5707	1.0068	115	1.5708	1.0054
92	1.5707	1.0067	120	1.5708	1.0051
93	1.5707	1.0066	125	1.5708	1.0049
94	1.5707	1.0065	127	1.5708	1.0048
95	1.5707	1.0065	130	1.5708	1.0047
96	1.5707	1.0064	135	1.5708	1.0046
97	1.5707	1.0064	140	1.5708	1.0044
98	1.5707	1.0063	145	1.5708	1.0042
99	1.5707	1.0062	150	1.5708	1.0041
100	1.5707	1.0062	齿条	1.5708	1.0000
105	1.5708	1.0059			

注：测量斜齿轮和锥齿轮时，应按当量齿数  $z_v$  来查表。

3. 固定弦齿厚的测量(图 7-48)

(1) 计算公式

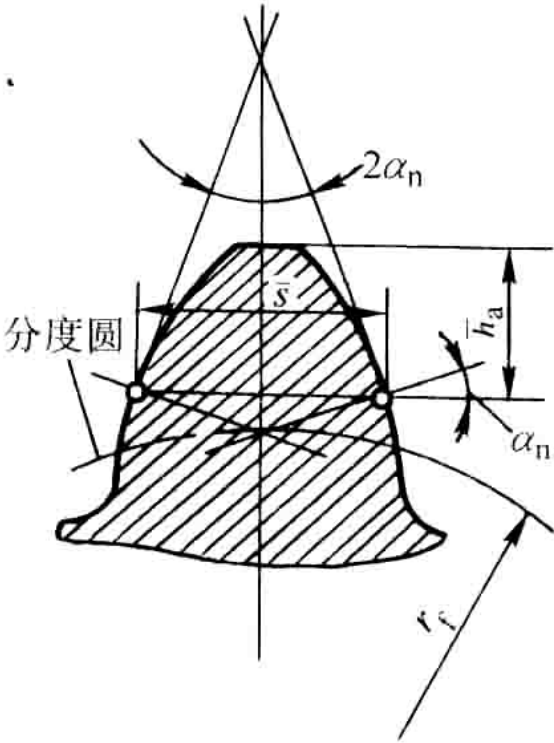
固定弦齿厚

$$\bar{s} = \frac{\pi}{2} m_n \cos^2 \alpha_n$$

固定弦齿高

$$\bar{h} = h_a - \frac{\pi}{8} m_n \sin 2\alpha_n$$

式中  $m_n$ ——法向模数(mm)；  
 $\alpha_n$ ——法向压力角(°)；  
 $h_a$ ——齿顶高(mm)。



$\alpha_n = 20^\circ、14\frac{1}{2}^\circ$ 时的简化计 图 7-48 固定弦齿厚的测量

算公式见表 7-42。

表 7-42 简化计算公式

$\alpha_n$	$\bar{s}$	$\bar{h}_a$
$20^\circ$	$1.387m_n$	$0.748m_n$
$14\frac{1}{2}^\circ$	$1.472m_n$	$0.810m_n$

[例] 有一直齿圆柱齿轮, 模数  $m = 4\text{mm}$ , 压力角  $\alpha = 20^\circ$ , 求固定弦齿厚  $\bar{s}$  和固定弦齿高  $\bar{h}_a$ 。

[解] 根据上表公式计算得:

$$\bar{s} = 1.387m_n = 1.387 \times 4\text{mm} = 5.548\text{mm}$$

$$\bar{h}_a = 0.748m_n = 0.748 \times 4\text{mm} = 2.99\text{mm}$$

(2) 固定弦齿厚测量尺寸表(表 7-43)

表 7-43 固定弦齿厚测量尺寸表(单位: mm)

$m$	$\alpha_n = 20^\circ$		$m$	$\alpha_n = 20^\circ$	
	$\bar{s}$	$\bar{h}_a$		$\bar{s}$	$\bar{h}_a$
1	1.3871	0.7476	4.75	6.5885	3.5510
1.25	1.7338	0.9344	5	6.9353	3.7379
1.5	2.0806	1.1214	5.5	7.6288	4.1117
1.75	2.4273	1.3082	6	8.3223	4.4854
2	2.7741	1.4951	6.5	9.0158	4.8592
2.25	3.1209	1.6820	7	9.7093	5.2330
2.5	3.4677	1.8689	7.5	10.4029	5.6068
2.75	3.8144	2.0558	8	11.0964	5.9806
3	4.1612	2.2427	9	12.4834	6.7282
3.25	4.5079	2.4296	10	13.8705	7.4757
3.5	4.8547	2.6165	11	15.2575	8.2233
3.75	5.2017	2.8034	12	16.6446	8.9709
4	5.5482	2.9903	13	18.0316	9.7185
4.25	5.8950	3.1772	14	19.4187	10.4661
4.5	6.2417	3.3641	15	20.8057	11.2137



(续)

$m$	$\alpha_n = 20^\circ$		$m$	$\alpha_n = 20^\circ$	
	$\bar{s}$	$\bar{h}_a$		$\bar{s}$	$\bar{h}_a$
16	22.1928	11.9612	22	30.5151	16.4467
18	24.9669	13.4564	24	33.2892	17.9419
20	27.7410	14.9515	25	34.6762	18.6895

注:测量斜齿轮时,应按法向模数  $m_n$  来查表。测量锥齿轮时,应按大端模数来查表。

#### 4. 齿厚上极限偏差及公差

(1) 齿厚上极限偏差  $E_{ss}$  (表 7-44)

表 7-44 齿厚上极限偏差  $E_{ss}$  (为负值) (单位:  $\mu\text{m}$ )

侧隙种类	齿轮第 II 公差组精度等级	法向模数 /mm	分度圆直径/mm				
			$\leq 50$	$> 50 \sim 80$	$> 80 \sim 125$	$> 125 \sim 180$	$> 180 \sim 250$
b	3	$\geq 1 \sim 10$	63	71	80	100	112
		$> 10 \sim 25$	—	—	90	100	112
	4	$\geq 1 \sim 10$	63	71	90	100	112
		$> 10 \sim 25$	—	—	90	100	112
	5	$\geq 1 \sim 10$	71	80	90	100	112
		$> 10 \sim 25$	—	—	100	112	125
	6	$\geq 1 \sim 10$	71	80	90	112	125
		$> 10 \sim 25$	—	—	100	112	125
	7	$\geq 1 \sim 10$	80	90	100	112	125
		$> 10 \sim 25$	—	—	112	125	140
	8	$\geq 1 \sim 10$	90	100	112	125	140
		$> 10 \sim 25$	—	—	125	140	160
	9	$\geq 1 \sim 10$	100	112	125	140	160
		$> 10 \sim 25$	—	—	160	160	160
	10	$\geq 1 \sim 10$	125	140	160	160	180
		$> 10 \sim 25$	—	—	180	200	200

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			≤50	>50 ~80	>80 ~125	>125 ~180	>180 ~250
c	3	≥1~10	40	50	56	63	71
		>10~25	—	—	56	63	71
	4	≥1~10	45	50	56	63	71
		>10~25	—	—	63	71	80
	5	≥1~10	45	56	63	71	80
		>10~25	—	—	71	80	80
	6	≥1~10	50	56	63	71	80
		>10~25	—	—	71	80	90
d	7	≥1~10	56	63	71	80	90
		>10~25	—	—	80	90	100
	8	≥1~10	63	71	80	90	100
		>10~25	—	—	100	112	112
	9	≥1~10	80	90	100	112	125
		>10~25	—	—	125	140	140
	10	≥1~10	100	112	125	140	140
		>10~25	—	—	160	160	180
d	3	≥1~10	28	32	40	45	50
		>10~25	—	—	40	45	50
	4	≥1~10	32	36	40	45	50
		>10~25	—	—	45	50	56
	5	≥1~10	36	40	45	50	56
		>10~25	—	—	50	56	63
d	6	≥1~10	40	45	50	56	63
		>10~25	—	—	56	63	71
d	7	≥1~10	45	50	56	63	71
		>10~25	—	—	63	71	80

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			≤50	>50 ~80	>80 ~125	>125 ~180	>180 ~250
d	8	≥1~10	56	56	63	71	80
		>10~25	—	—	80	90	90
	9	≥1~10	71	80	90	90	100
		>10~25	—	—	100	112	125
	10	≥1~10	90	100	100	112	125
		>10~25	—	—	140	140	160
e	3	≥1~10	22	25	28	32	36
		>10~25	—	—	32	36	36
	4	≥1~10	22	25	28	32	36
		>10~25	—	—	32	36	40
	5	≥1~10	28	32	36	40	45
		>10~25	—	—	40	45	50
	6	≥1~10	32	36	40	45	45
		>10~25	—	—	45	50	56
	7	≥1~10	36	40	45	50	56
		>10~25	—	—	56	63	63
	8	≥1~10	45	50	56	63	63
		>10~25	—	—	71	71	80
	9	≥1~10	63	71	71	80	90
		>10~25	—	—	100	100	112
	10	≥1~10	80	90	90	100	112
		>10~25	—	—	125	125	140

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			> 250 ~ 315	> 315 ~ 400	> 400 ~ 500	> 500 ~ 630	> 630 ~ 800
b	3	$\geq 1 \sim 10$	125	125	140	160	180
		$> 10 \sim 25$	125	140	140	160	180
	4	$\geq 1 \sim 10$	125	140	140	160	180
		$> 10 \sim 25$	125	140	160	160	180
	5	$\geq 1 \sim 10$	125	140	160	180	230
		$> 10 \sim 25$	140	140	160	180	200
	6	$\geq 1 \sim 10$	140	140	160	180	200
		$> 10 \sim 25$	140	160	160	180	200
c	7	$\geq 1 \sim 10$	140	160	160	180	200
		$> 10 \sim 25$	160	160	180	200	224
	8	$\geq 1 \sim 10$	160	160	180	200	224
		$> 10 \sim 25$	160	180	200	200	224
	9	$\geq 1 \sim 10$	180	180	200	224	250
		$> 10 \sim 25$	200	200	224	250	280
	10	$\geq 1 \sim 10$	200	200	224	250	280
		$> 10 \sim 25$	224	250	250	280	315
	3	$\geq 1 \sim 10$	80	90	100	100	125
		$> 10 \sim 25$	80	90	100	112	125
	4	$\geq 1 \sim 10$	80	90	100	112	125
		$> 10 \sim 25$	90	90	100	112	125
	5	$\geq 1 \sim 10$	90	100	100	112	125
		$> 10 \sim 25$	90	100	112	125	140
	6	$\geq 1 \sim 10$	90	100	112	125	140
		$> 10 \sim 25$	100	112	112	125	140

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			> 250 ~ 315	> 315 ~ 400	> 400 ~ 500	> 500 ~ 630	> 630 ~ 800
c	7	$\geq 1 \sim 10$	100	112	125	125	140
		$> 10 \sim 25$	112	125	125	140	160
	8	$\geq 1 \sim 10$	112	125	125	140	160
		$> 10 \sim 25$	125	140	140	160	180
d	9	$\geq 1 \sim 10$	140	140	160	160	180
		$> 10 \sim 25$	160	160	180	180	200
	10	$\geq 1 \sim 10$	160	180	180	180	200
		$> 10 \sim 25$	180	200	200	224	224
	3	$\geq 1 \sim 10$	56	56	63	71	80
		$> 10 \sim 25$	56	63	63	71	80
	4	$\geq 1 \sim 10$	56	63	63	71	80
		$> 10 \sim 25$	63	63	71	80	90
	5	$\geq 1 \sim 10$	63	71	71	80	90
		$> 10 \sim 25$	71	71	80	90	100
	6	$\geq 1 \sim 10$	63	71	80	80	90
		$> 10 \sim 25$	71	80	80	90	100
	7	$\geq 1 \sim 10$	80	80	90	100	112
		$> 10 \sim 25$	90	90	100	112	112
	8	$\geq 1 \sim 10$	90	90	100	112	112
		$> 10 \sim 25$	100	100	112	125	125
	9	$\geq 1 \sim 10$	112	112	125	125	140
		$> 10 \sim 25$	125	140	140	160	160
	10	$\geq 1 \sim 10$	125	140	140	160	160
		$> 10 \sim 25$	160	160	180	180	200

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			> 250 ~ 315	> 315 ~ 400	> 400 ~ 500	> 500 ~ 630	> 630 ~ 800
e	3	$\geq 1 \sim 10$	40	40	45	50	56
		$> 10 \sim 25$	40	45	50	56	56
	4	$\geq 1 \sim 10$	40	45	45	50	56
		$> 10 \sim 25$	45	45	50	56	63
	5	$\geq 1 \sim 10$	45	50	56	63	63
		$> 10 \sim 25$	50	56	56	63	71
	6	$\geq 1 \sim 10$	50	56	56	63	71
		$> 10 \sim 25$	56	63	63	71	80
b	3	$\geq 1 \sim 10$	200	250	280	355	400
		$> 10 \sim 25$	200	250	280	355	400
	4	$\geq 1 \sim 10$	200	250	280	355	400
		$> 10 \sim 25$	224	250	280	355	400

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			> 800 ~ 1000	> 1000 ~ 1250	> 1250 ~ 1600	> 1600 ~ 2000	> 2000 ~ 2500
b	5	$\geq 1 \sim 10$	224	250	315	355	400
		$> 10 \sim 25$	224	250	315	355	400
	6	$\geq 1 \sim 10$	224	250	315	355	400
		$> 10 \sim 25$	224	280	315	355	450
	7	$\geq 1 \sim 10$	250	280	315	400	450
		$> 10 \sim 25$	250	280	315	400	450
c	8	$\geq 1 \sim 10$	250	280	315	400	450
		$> 10 \sim 25$	250	315	355	400	450
	9	$\geq 1 \sim 10$	280	315	355	450	500
		$> 10 \sim 25$	315	355	400	450	500
	10	$\geq 1 \sim 10$	315	355	400	450	500
		$> 10 \sim 25$	315	355	400	500	560
c	3	$\geq 1 \sim 10$	140	160	180	224	250
		$> 10 \sim 25$	140	160	180	224	250
	4	$\geq 1 \sim 10$	140	160	180	224	250
		$> 10 \sim 25$	140	160	200	224	280
	5	$\geq 1 \sim 10$	140	160	200	224	280
		$> 10 \sim 25$	160	180	200	250	280
c	6	$\geq 1 \sim 10$	160	180	200	250	280
		$> 10 \sim 25$	160	180	200	250	280
	7	$\geq 1 \sim 10$	160	200	224	250	315
		$> 10 \sim 25$	180	200	224	280	315
	8	$\geq 1 \sim 10$	180	200	224	280	315
		$> 10 \sim 25$	200	224	250	280	315

(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			> 800 ~ 1000	> 1000 ~ 1250	> 1250 ~ 1600	> 1600 ~ 2000	> 2000 ~ 2500
c	9	$\geq 1 \sim 10$	200	224	280	315	355
		$> 10 \sim 25$	224	250	280	315	400
	10	$\geq 1 \sim 10$	224	250	280	315	400
		$> 10 \sim 25$	250	280	315	355	400
d	3	$\geq 1 \sim 10$	90	100	125	140	180
		$> 10 \sim 25$	90	112	125	140	180
	4	$\geq 1 \sim 10$	90	112	125	140	180
		$> 10 \sim 25$	100	112	125	160	180
	5	$\geq 1 \sim 10$	100	112	140	160	200
		$> 10 \sim 25$	112	125	140	160	200
	6	$\geq 1 \sim 10$	112	125	140	160	200
		$> 10 \sim 25$	112	125	140	180	200
	7	$\geq 1 \sim 10$	125	140	160	180	224
		$> 10 \sim 25$	125	140	160	200	224
	8	$\geq 1 \sim 10$	125	140	160	200	224
		$> 10 \sim 25$	140	160	180	200	250
	9	$\geq 1 \sim 10$	160	180	200	250	280
		$> 10 \sim 25$	180	200	224	250	280
	10	$\geq 1 \sim 10$	180	200	224	250	315
		$> 10 \sim 25$	224	224	250	280	315
e	3	$\geq 1 \sim 10$	63	71	90	100	125
		$> 10 \sim 25$	63	80	90	100	125
	4	$\geq 1 \sim 10$	63	80	90	100	125
		$> 10 \sim 25$	71	80	90	112	125



(续)

侧隙种类	齿轮第Ⅱ公差组精度等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
			> 800 ~ 1000	> 1000 ~ 1250	> 1250 ~ 1600	> 1600 ~ 2000	> 2000 ~ 2500
e	5	$\geq 1 \sim 10$	71	90	100	112	140
		$> 10 \sim 25$	80	90	100	125	140
	6	$\geq 1 \sim 10$	80	90	100	125	140
		$> 10 \sim 25$	90	100	112	125	140
	7	$\geq 1 \sim 10$	90	112	125	140	160
		$> 10 \sim 25$	100	112	125	160	180
	8	$\geq 1 \sim 10$	100	112	125	160	180
		$> 10 \sim 25$	112	125	140	160	200
	9	$\geq 1 \sim 10$	140	140	160	200	224
		$> 10 \sim 25$	160	160	180	224	250
	10	$\geq 1 \sim 10$	160	180	200	224	250
		$> 10 \sim 25$	180	200	224	250	280

(2) 齿厚公差  $T_s$  (表 7-45)表 7-45 齿厚公差  $T_s$  (单位:  $\mu\text{m}$ )

齿厚公差等级	法向模数/mm	分度圆直径/mm				
		$\leq 50$	> 50 ~ 80	> 80 ~ 125	> 125 ~ 180	> 180 ~ 250
3	$\geq 1 \sim 10$	20	22	28	32	36
	$> 10 \sim 25$	—	—	28	32	36
4	$\geq 1 \sim 10$	25	32	36	40	45
	$> 10 \sim 25$	—	—	40	45	50
5	$\geq 1 \sim 10$	36	40	45	50	56
	$> 10 \sim 25$	—	—	50	56	63

(续)

齿厚 公差 等级	法向 模数 /mm	分度圆直径/mm				
		≤50	>50 ~80	>80 ~125	>125 ~180	>180 ~250
6	≥1~10	50	56	63	71	80
	>10~25	—	—	71	80	90
7	≥1~10	63	71	80	90	100
	>10~25	—	—	100	112	112
8	≥1~10	80	90	100	112	125
	>10~25	—	—	125	140	140
9	≥1~10	100	112	125	146	160
	>10~25	—	—	160	160	180
10	≥1~10	125	140	160	180	200
	>10~25	—	—	200	224	224

齿厚 公差 等级	法向 模数 /mm	分度圆直径/mm				
		>250 ~315	>315 ~400	>400 ~500	>500 ~630	>630 ~800
3	≥1~10	40	40	45	50	56
	>10~25	40	45	50	50	56
4	≥1~10	50	56	56	63	71
	>10~25	50	56	63	71	80
5	≥1~10	63	71	71	80	90
	>10~25	71	71	80	90	100
6	≥1~10	80	90	100	112	125
	>10~25	90	100	112	112	125
7	≥1~10	112	112	125	140	160
	>10~25	125	125	140	160	160

(续)

齿厚 公差 等级	法向 模数 /mm	分度圆直径/mm				
		> 250 ~ 315	> 315 ~ 400	> 400 ~ 500	> 500 ~ 630	> 630 ~ 800
8	$\geq 1 \sim 10$	140	140	160	180	200
	> 10 ~ 25	160	160	180	180	200
9	$\geq 1 \sim 10$	180	180	200	224	250
	> 10 ~ 25	200	200	224	250	280
10	$\geq 1 \sim 10$	224	224	250	280	315
	> 10 ~ 25	250	250	280	315	315

齿厚 公差 等级	法向 模数 /mm	分度圆直径/mm				
		> 800 ~ 1000	> 1000 ~ 1250	> 1250 ~ 1600	> 1600 ~ 2000	> 2000 ~ 2500
3	$\geq 1 \sim 10$	63	80	90	112	125
	> 10 ~ 25	71	80	90	112	125
4	$\geq 1 \sim 10$	80	100	112	140	160
	> 10 ~ 25	90	100	112	140	160
5	$\geq 1 \sim 10$	112	125	140	180	200
	> 10 ~ 25	112	125	140	180	200
6	$\geq 1 \sim 10$	140	160	180	224	250
	> 10 ~ 25	140	160	200	224	280
7	$\geq 1 \sim 10$	180	200	224	280	315
	> 10 ~ 25	180	200	250	280	355
8	$\geq 1 \sim 10$	224	250	280	355	400
	> 10 ~ 25	224	250	315	355	400
9	$\geq 1 \sim 10$	280	315	355	450	500
	> 10 ~ 25	315	355	400	450	560
10	$\geq 1 \sim 10$	355	400	450	560	630
	> 10 ~ 25	355	400	500	560	710

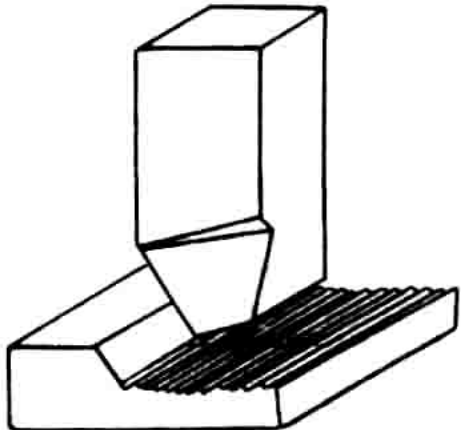
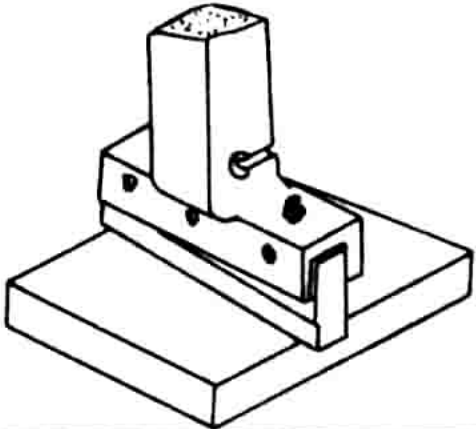
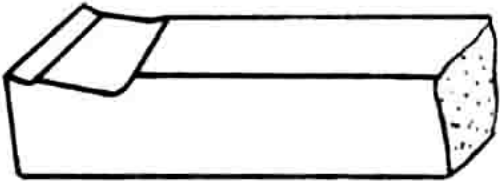
# 第八章 刨、插工工作

## 一、刨 工



### 1. 刨刀

(1) 刨刀的结构型式(表 8-1)

表 8-1 刨刀的结构型式

种类	图 示	特点及用途
粗刨刀		粗加工表面用刨刀,多为强力刨刀,以提高切削效率
精刨刀		精细加工用刨刀,多为宽刃形式,以获得较低表面粗糙度值的表面
整体刨刀		刀头与刀杆为同一材料制成,一般高速钢刀具多是此种形式

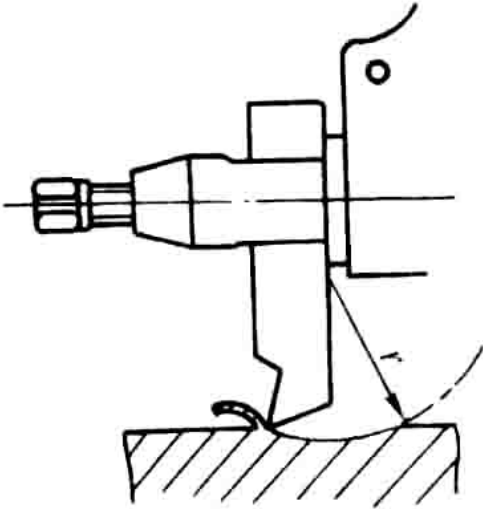
(续)

种类	图 示	特点及用途
焊接刨刀		刀头与刀杆由两种材料焊接而成,刀头一般为硬质合金刀片
机械夹固式刨刀		刀头与刀杆为不同材料,用压板、螺栓等把刀头紧固在刀杆上

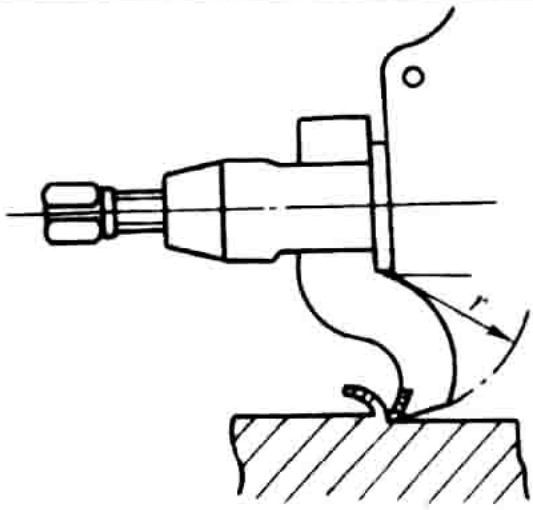
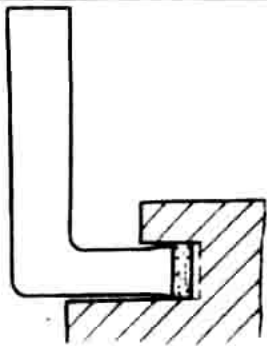
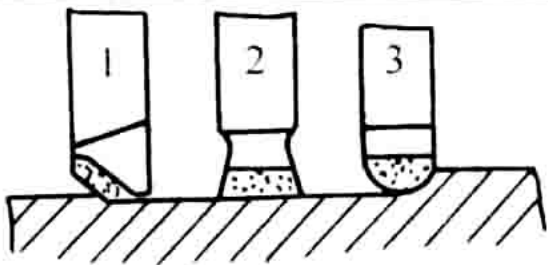
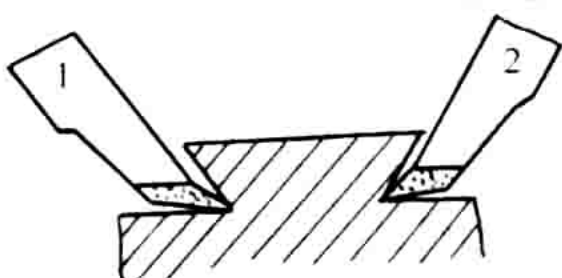
(2) 常用刨刀的种类及用途(表 8-2)

(3) 刨刀切削角度的选择(表 8-3)

表 8-2 常用刨刀的种类及用途

种类	图 示	特点及用途
直杆刨刀		刀杆为直杆。粗加工用

(续)

种类	图 示	特点及用途
弯颈刨刀		<p>刀杆的刀头部分向后弯曲。在刨削力作用下发生弯曲弹性变形,不扎刀。切断、切槽、精加工用</p>
弯头刨刀		<p>刀头部分向左或右弯曲。用于切槽</p>
平面刨刀	 <p>1—尖头平面刨刀 2—平头平面刨刀 3—圆头平面刨刀</p>	<p>粗、精刨平面用</p>
偏刀	 <p>1—左偏刀 2—右偏刀</p>	<p>用于加工互成角度的平面、斜面、垂直面等</p>

(续)

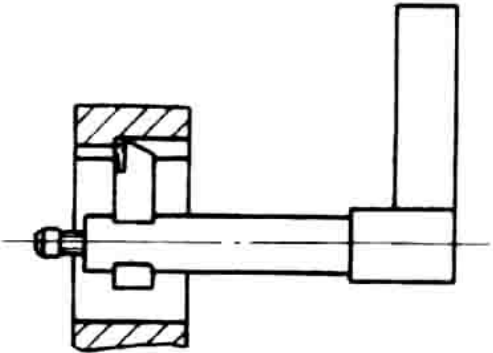
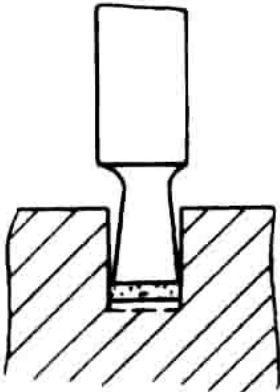
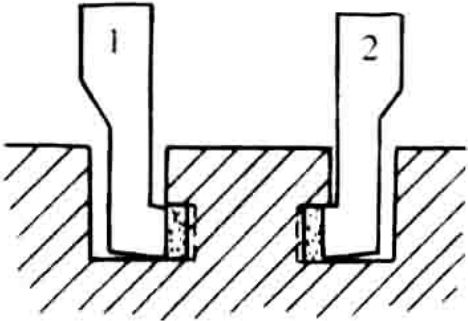
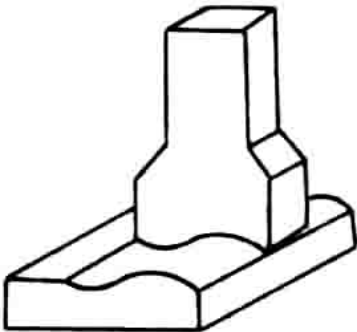
种类	图 示	特点及用途
内孔刀		加工内孔表面与内孔槽
切刀		用于切槽、切断、刨台阶
弯切刀	 <p>1—左弯切刀 2—右弯切刀</p>	加工T形槽、侧面槽等
成形刀		加工特殊形状表面。刨刀切削刃形状与工件表面一致，一次成形

表 8-3 刨刀切削角度的选择

加工性质	工件材料	刀具材料	前角 $\gamma_0$	后角 $\alpha_0^{①}$	刃倾角 $\lambda_s$	主偏角 $\kappa_r^{②}$
粗加工	铸铁或青铜	W18Cr4V	10° ~ 15°	7° ~ 9°	-10° ~ -15°	45° ~ 75°
		YG8, YG6	10° ~ 13°	6° ~ 8°	-10° ~ -20°	
	钢 $\sigma_b < 750\text{MPa}$	W18Cr4V	15° ~ 20°	5° ~ 7°	-10° ~ -20°	45° ~ 75°
		YW2, YT15	15° ~ 18°	4° ~ 6°	-10° ~ -20°	
	淬硬钢 铝	YG8, YG6X	-15° ~ -10°	10° ~ 15°	-15° ~ -20°	10° ~ 30°
		W18Cr4V	40° ~ 45°	5° ~ 8°	-3° ~ -8°	
精加工	铸铁或青铜	W18Cr4V	-10° ~ 0°	6° ~ 8°	5° ~ 15°	0° ~ 45°
		YG8, YG6X	-15° ~ -10° <sup>③</sup> 10° ~ 20°	3° ~ 5°	0° ~ 10°	
	钢 $\sigma_b < 750\text{MPa}$	W18Cr4V	25° ~ 30°	5° ~ 7°	3° ~ 15°	
		YW2, YG6X	22° ~ 28°	5° ~ 7°	5° ~ 10°	
	淬硬钢 铝	YG8, YG8A	-15° ~ -10°	10° ~ 20°	15° ~ 20°	10° ~ 30°
		W18Cr4V	45° ~ 50°	5° ~ 8°	-5° ~ 0°	

① 精刨时, 可根据情况在刀面上磨出消振棱。一般倒棱后角  $\alpha_{a1} = -1.5^\circ \sim 0^\circ$ , 倒棱宽度  $b_{a1} = 0.1 \sim 0.5\text{mm}$ 。

② 机床功率较小、刚性较差时, 主偏角选大值, 反之选小值。主切削刃和副切削刃之间宜采用圆弧过渡。

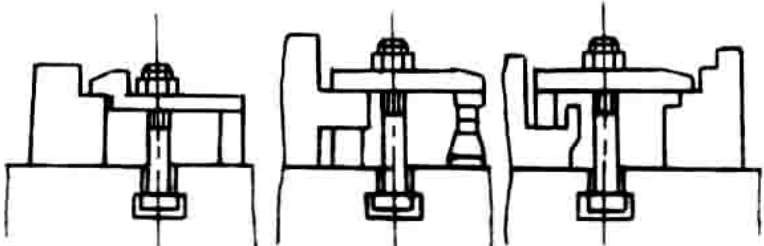
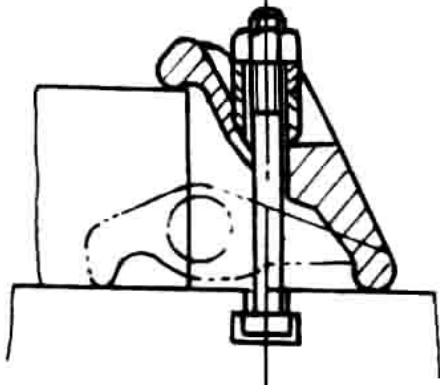
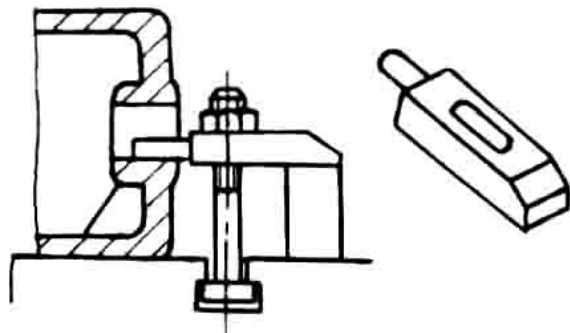
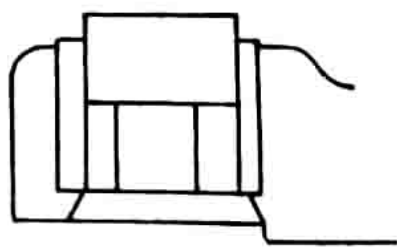
③ 两组推荐值都可用, 视具体情况选用。



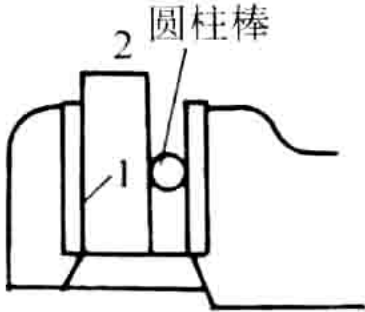
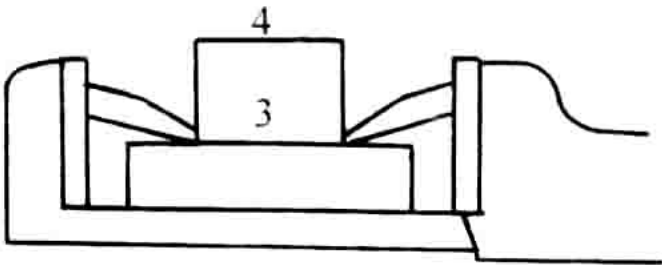
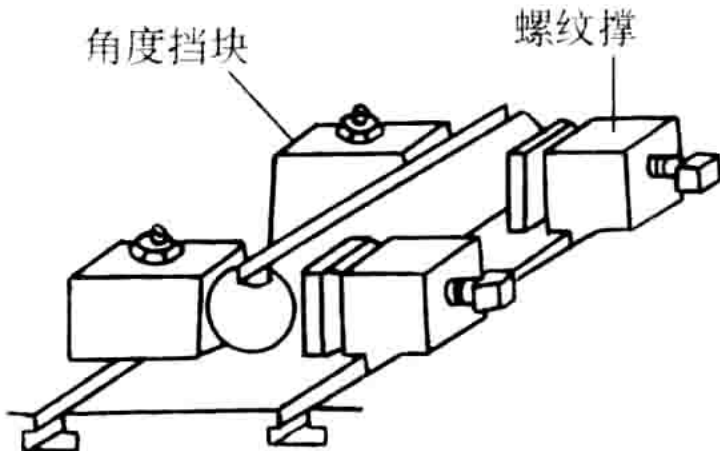
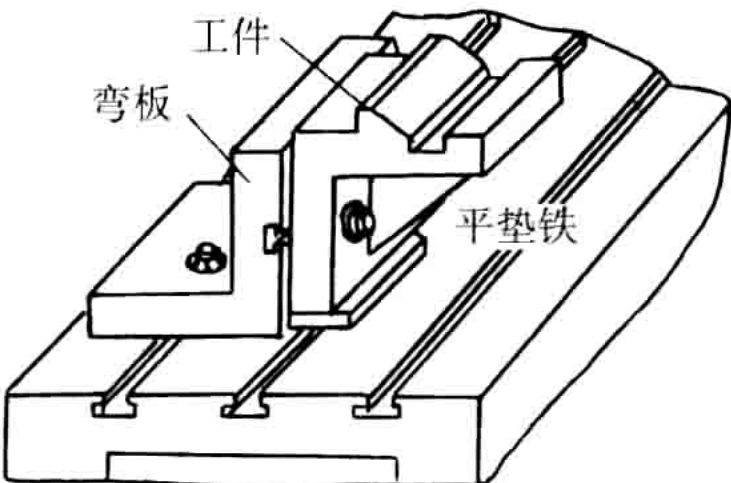
## 2. 装夹方法与刨削工具

(1) 刨工常用装夹方法(表 8-4)

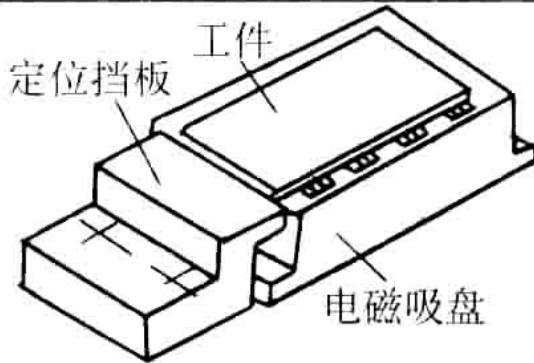
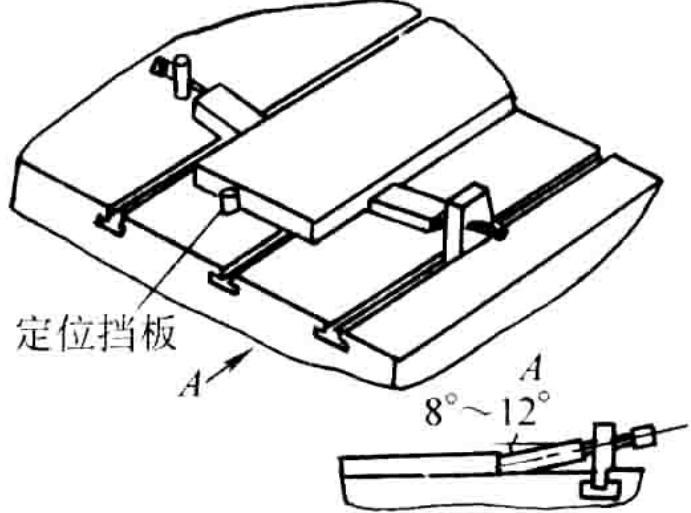
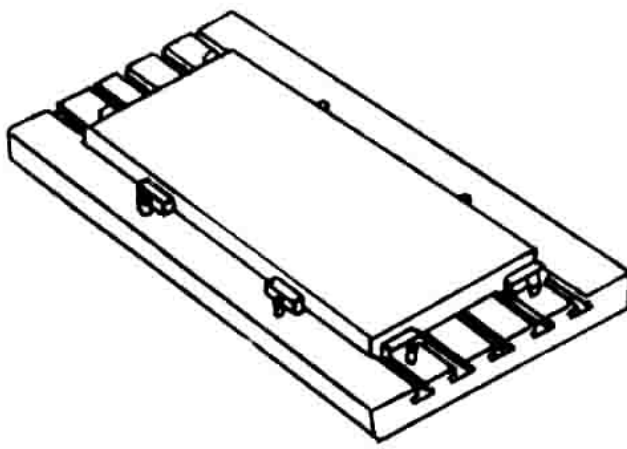
表 8-4 刨工常用装夹方法

装夹方法	简图
平压板 和弯头压 板	
压板装夹 可调压板	
孔内压板	
机用虎钳装夹 刨一般平面	

(续)

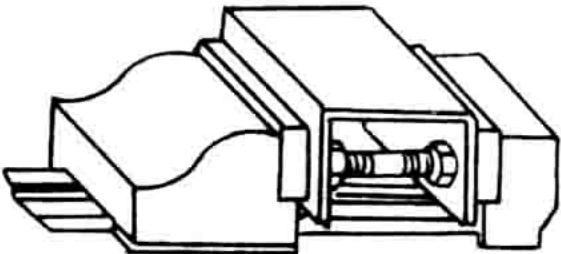
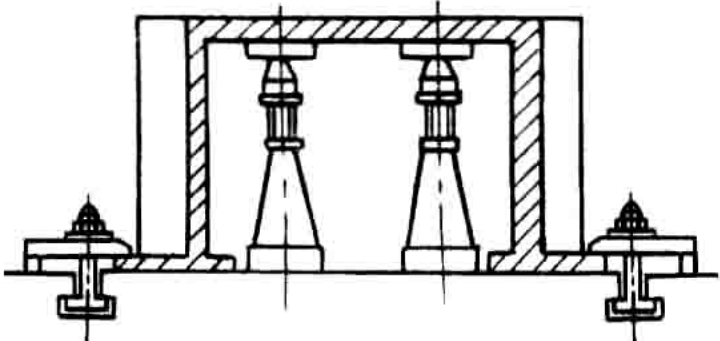
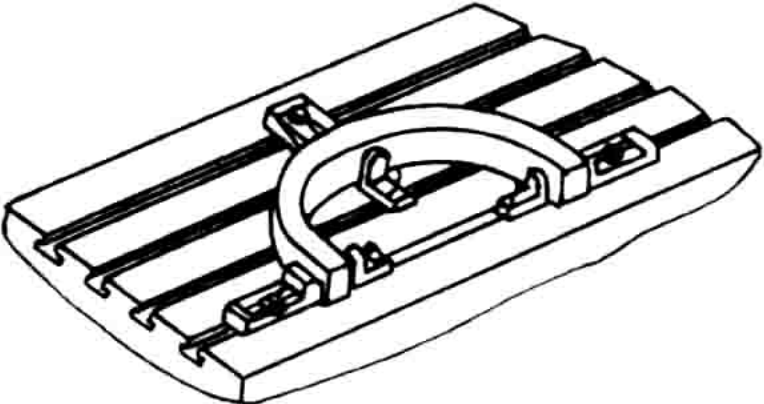
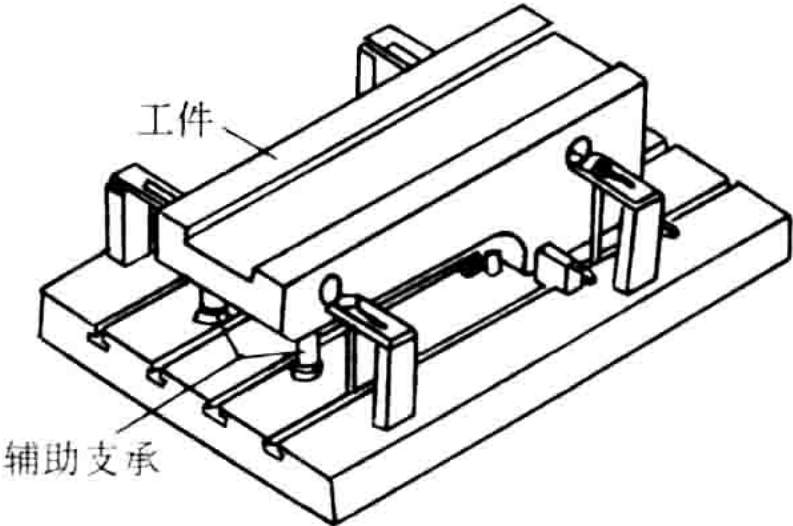
装夹方法	简图
机用虎钳装夹	<p data-bbox="191 374 365 625">平面 (1、2)有 垂直度要 求时</p> 
	<p data-bbox="191 704 365 955">平面 (3、4)有 平行度要 求时</p> 
圆柱与圆管工件装夹	<p data-bbox="191 1034 365 1421">用角度 挡块和螺 纹撑在工 作台上装 夹圆柱形 工件</p> 
弯板装夹	 <p data-bbox="479 1502 665 1608">工件</p> <p data-bbox="479 1566 565 1608">弯板</p> <p data-bbox="843 1693 965 1736">平垫铁</p>

(续)

装夹方法	简图
<p>电磁吸盘吸紧</p>	<p>为防止工件的移动,在对着切削力方向的一端应装有定位挡板。适于加工基面平整和尺寸不大的工件</p>  <p>The diagram shows a rectangular workpiece mounted on an electromagnetic chuck. A positioning stop is installed at one end of the workpiece, opposite to the direction of the cutting force. Labels include '定位挡板' (Positioning stop), '工件' (Workpiece), and '电磁吸盘' (Electromagnetic chuck).</p>
<p>用螺纹撑和挡块在工作台上装夹薄板工件</p>	 <p>The diagram illustrates a thin plate workpiece being clamped on a worktable. It uses threaded supports and blocks. A detail view shows a block with a wedge angle labeled <math>8^{\circ} \sim 12^{\circ}</math>. Labels include '定位挡板' (Positioning stop) and 'A'.</p>
<p>楔铁夹紧薄板工件</p>	<p>楔铁斜度采用 1:100, 适于加工薄而大的工件。粗加工时, 考虑热变形的影响, 必须将纵向的楔铁适当放松些, 且工件两面应轮流翻转, 多次重新装夹加工, 使两加工面的内应力接近平衡</p>  <p>The diagram shows a thin plate workpiece clamped using multiple wedge blocks along its edges. The workpiece is rectangular and the clamping is done on both long sides.</p>

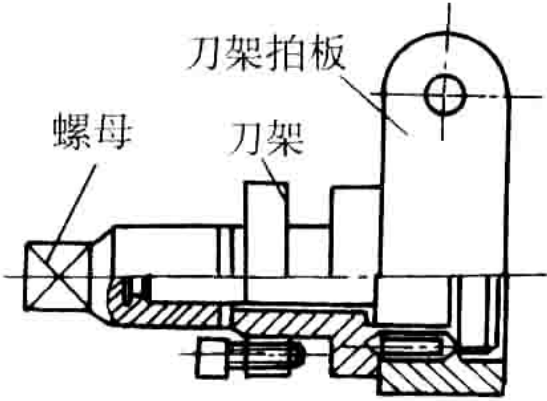
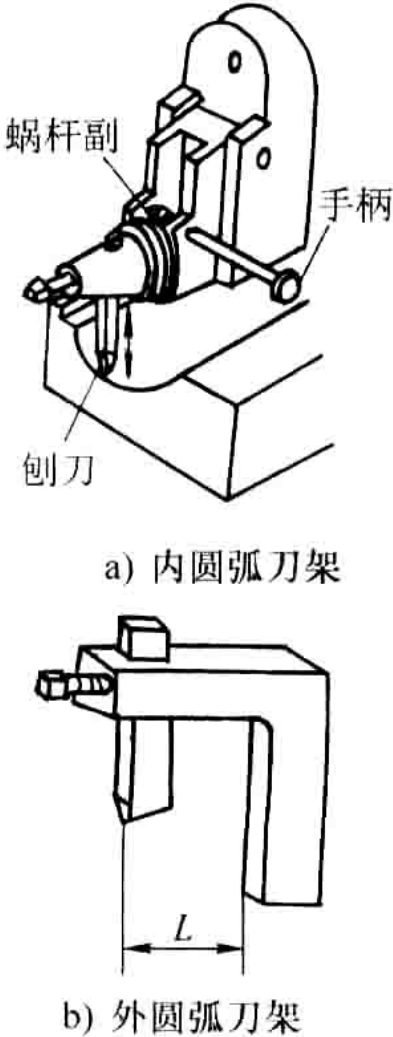
薄板工件装夹

(续)

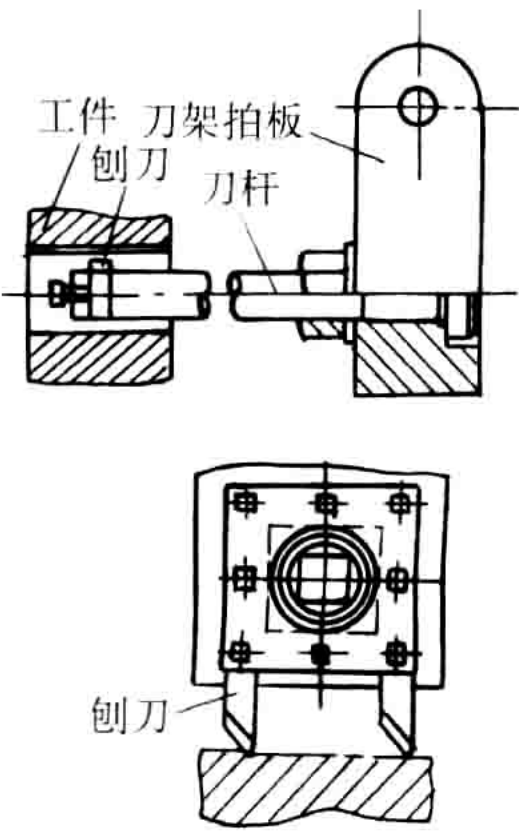
装夹方法	简图
薄壁 工件装夹 台虎钳 与螺栓配 合装夹	
压板与 千斤顶配 合装夹	
弧形 工件装夹 用螺纹 撑在工作 台上装夹	
不规则 工件装夹	 <p>工件</p> <p>辅助支承</p>

(2) 刨削工具(表 8-5)

表 8-5 刨削工具

名称	简 图	说 明
刨内槽工具		齿轮或带轮等内孔工件的键槽一般采用插床加工,但也可采用牛头刨床加工。加工时只要拆除原来刀架拍板的刀杆,并加装图示的刀杆,即可刨削内孔键槽。刨削时宜将刀架拍板固定,以防刨削时由于往复运动引起刀架来回跳动,产生扎刀现象
刨削内外圆弧工具		在牛头刨床上加工内外圆弧曲面,需把原刀架拍板改成图中所示刀架。加工时每次回程进刀,匀速地旋转手柄,使刀头依蜗轮中心轴线转动进刀,即可获得内圆弧曲面。刀尖与蜗轮轴线的距离应等于圆弧曲面的半径 $R$ 。当拆除刨刀改用刀杆时,同理可获得外圆弧曲面,但被加工件长度受刀杆装刀孔前面与刀杆内侧长度 $L$ 的限制

(续)

名称	简 图	说 明
四方刀架		<p>采用图示的四方刀架,可以同时安装几种用途的刀具,如为了提高生产率,可以同时安装两把刀具,以进行粗、精加工平面等</p>

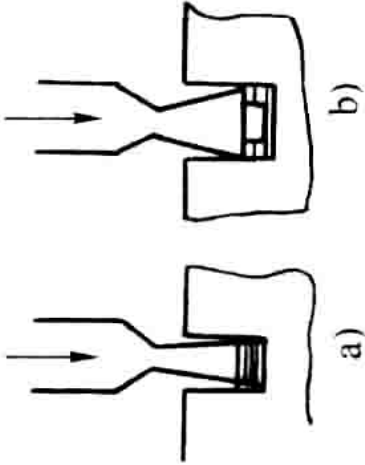
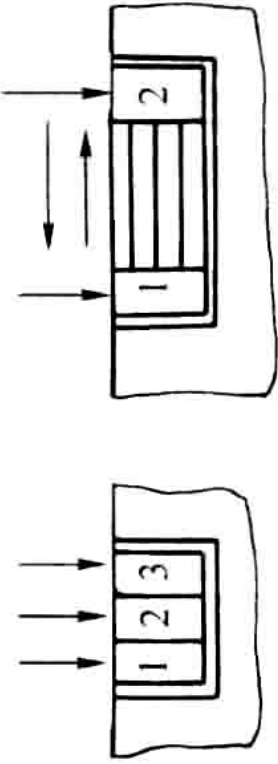
### 3. 刨削加工方法

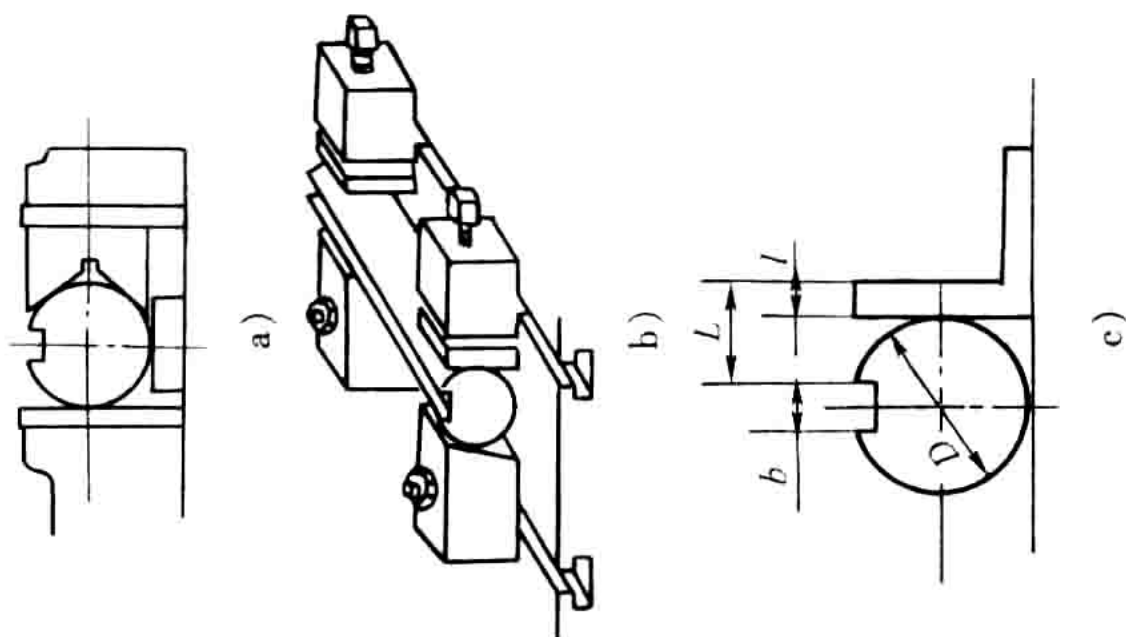
- (1) 槽类工件的刨削与切断(表 8-6)
- (2) 精刨的类型及特点(表 8-7)
- (3) 常用刨削用量(表 8-8)

### 4. 刨削废品产生的原因和防止方法

- (1) 刨平面、平行面及简单关联面废品产生的原因和防止方法(表 8-9)
- (2) 刨垂直面及台阶面废品产生的原因和防止方法(表 8-10)
- (3) 刨斜面废品产生的原因和防止方法(表 8-11)

表 8-6 槽类工件的刨削与切断

类别	图示或说明	加工方法
直角沟槽		<p>当槽的精度要求不高且又较窄时，可按图 a 一次将槽刨完</p> <p>当精度要求较高且宽度又较大时，可按图 b 先用较窄的切槽刀开槽，然后用等宽的切槽刀精刨</p>
		<p>宽度很宽的槽，按下列两种方法加工：</p> <p>图 a 所示为按 1、2、3 顺序用切刀垂直进给，三面各留余量 <math>0.1 \sim 0.3\text{mm}</math>，粗切后再进行精刨</p> <p>图 b 所示为先用切槽刀刨出 1、2 槽，再用尖头刨刀粗刨中间，三面各留余量 <math>0.1 \sim 0.3\text{mm}</math>，最后换切槽刀精刨</p>



轴上直通槽

短的工作件可按图 a 所示用机用虎钳装夹, 长的工作件可按图 b 所示直接装夹在工作台台面上

为了保证槽侧与轴线的平行度要求, 装夹时应用手指指示表找正侧素线

粗刨直通槽方法与刨直角沟槽相同

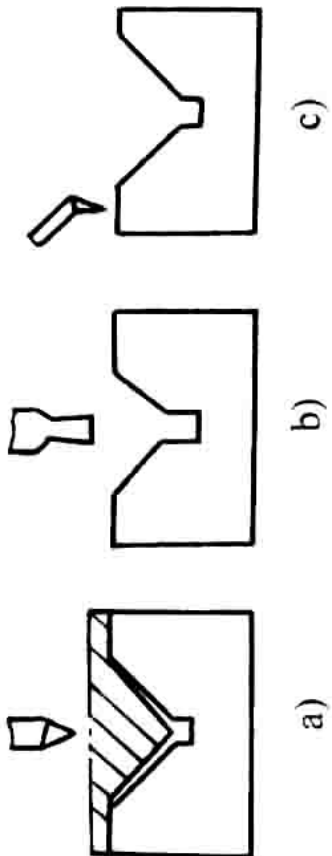
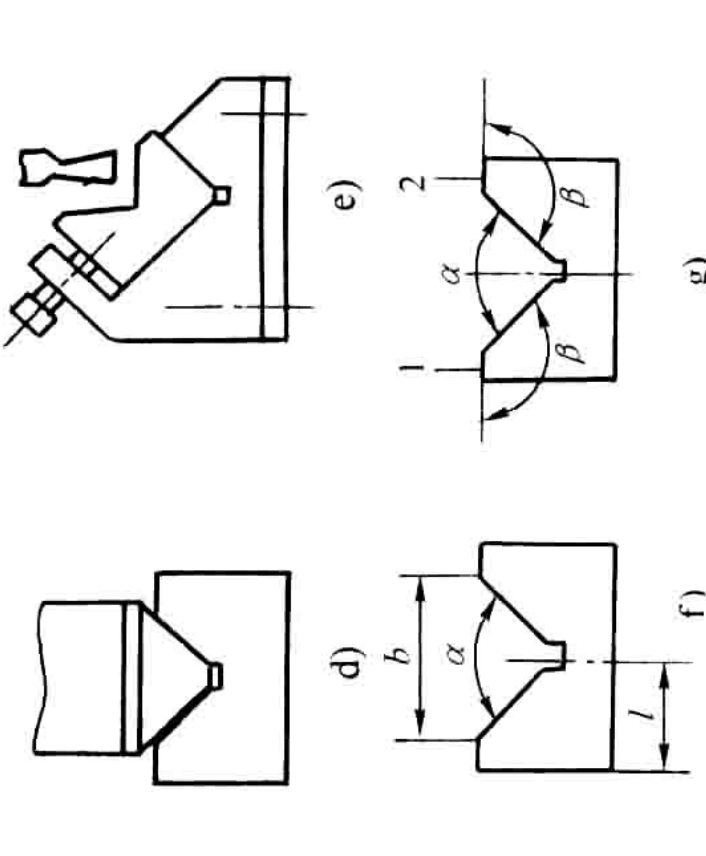
精刨时, 先用切槽刀垂直进给精刨一个侧面, 此时要特别注意保证键槽对轴线的对称度, 测量方法可参照图 c, 其

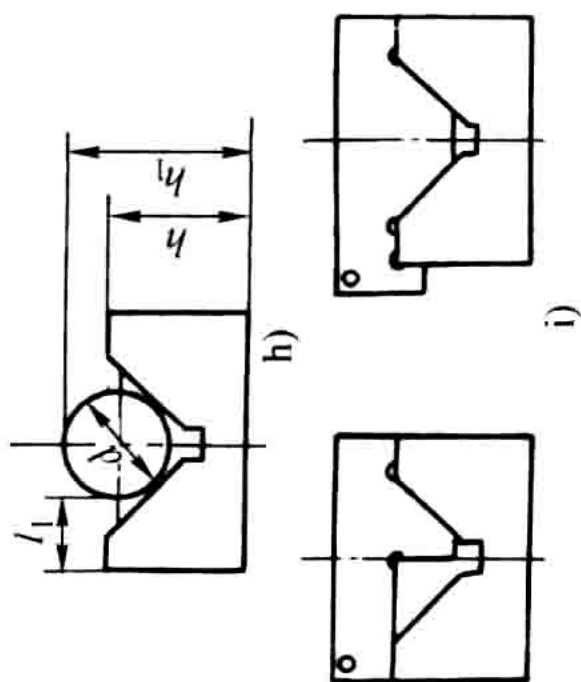
中  $L = \frac{D-b}{2} + l$  ( $D$  为轴的实际尺寸;  $b$

为键槽按中间公差的宽度),  $l$  值可用游标卡尺或公法线千分尺测量。精刨完一侧后, 再精刨另一侧, 达到槽宽要求



(续)

类别	图示或说明	加工方法
V 形 槽		<p>(1) 加工方法</p> <p>1) 按尺寸划线, 用水平走刀粗刨大部分余量, 如图 a 所示</p> <p>2) 按图 b 所示切空刀槽</p> <p>3) 倾斜刀架, 用偏刀刨两斜面, 如图 c 所示</p>
		<p>4) 尺寸小的 V 形槽, 可用样板刀精刨, 如图 d 所示</p> <p>5) 可按图 e 所示用夹具刨 V 形槽</p> <p>(2) 测量方法 (V 形槽尺寸要素见图 f)</p> <p>1) 以 1、2 顶面为基准按图 g 所示检查两个 <math>\beta</math> 角, <math>\beta = 90^\circ + \alpha/2</math>。如 <math>\beta</math> 正确, 则 <math>\alpha</math> 角正确, 且 <math>\alpha</math> 的角平分线与 1、2 面垂直</p>



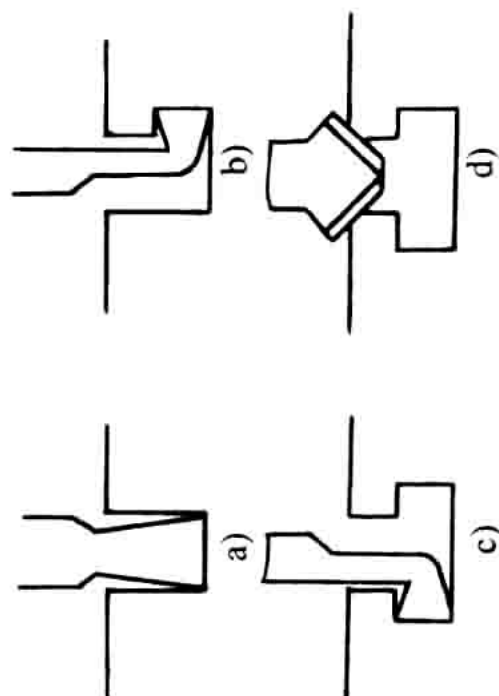
2) 按图 h 测量  $l_1$ ,  $l_1 = l - \frac{d}{2}$

3) 按图 h 测量  $h_1$

$$h_1 = \frac{d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + h + \frac{d}{2} - \frac{b}{2} \cot \frac{\alpha}{2}$$

如  $h_1$  准确, 则尺寸  $b$  准确

4) 成批生产时, 可用样板检查, 如图 i 所示



1) 用直槽刀按图 a 所示切直槽

2) 按图 b 所示用左弯切刀加工一侧凹槽

3) 按图 c 所示用右弯切刀加工另一侧面凹槽

4) 用  $45^\circ$  倒角刀按图 d 所示倒角

注意: 刨 T 形槽时切削用量要小; 刨刀回程时, 必须将刀具抬起 T 形槽外

T 形槽



(续)

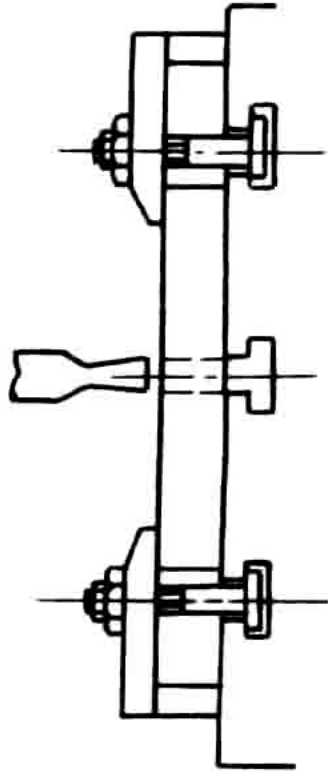
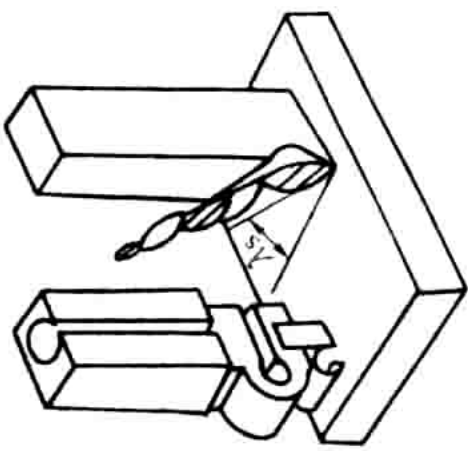
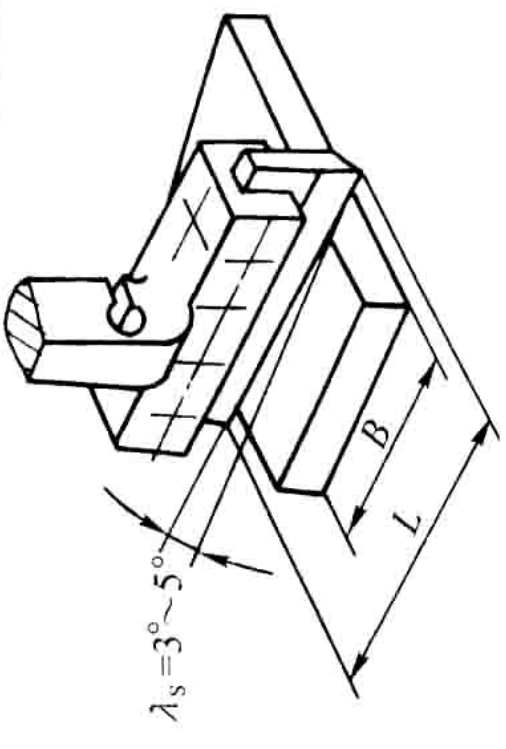
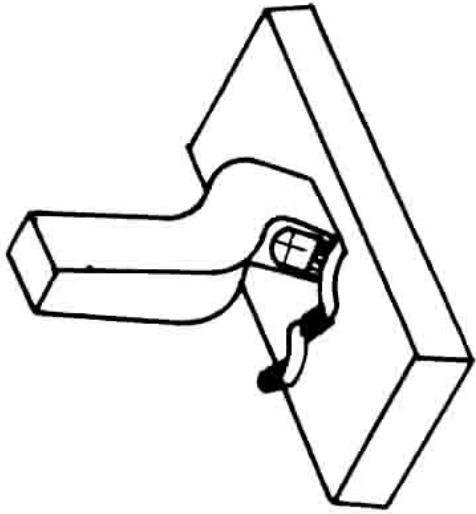
类别	图示或说明	加工方法
切 断		1) 根据图样要求, 按划线或用金属直尺进行对刀切断 2) 工件接近切断时进给量要减小 3) 如工件较厚, 可把工件翻转装夹, 两面各刨一半 4) 注意切断过程中切口尺寸不能因夹紧力而变小

表 8-7 精刨的类型及特点

类型	简 图	特点与应用
直线刃精刨 一般宽刀精刨		1) 一般刃宽 10 ~ 60mm 2) 自动横向进给 3) 适用于在牛头刨床上加工铸铁和钢件。加工铸铁时, 取 $\lambda_s = 3^\circ \sim 8^\circ$ ; 加工钢件时, 取 $\lambda_s = 10^\circ \sim 15^\circ$ 4) 表面粗糙度值可达 $Ra1.6 \sim 0.8 \mu\text{m}$

(续)

类型	简 图	特点与应用
直线刃精刨		<p>1) 一般刃宽 <math>L = 100 \sim 240 \text{ mm}</math></p> <p>2) <math>L &gt; B</math> 时, 没有横向进给, 只有垂直进给; <math>L \leq B</math> 时, 一般采用排刀法, 常取进给量 <math>f = (0.2 \sim 0.6) L</math>, 用指示表控制垂直进给量</p> <p>3) 适于在龙门刨床上加工铸铁和钢件</p> <p>4) 表面粗糙度值可达 <math>Ra1.6 \sim 0.8 \mu\text{m}</math></p>
曲线刃精刨		<p>1) 采用圆弧刃, 在同样的切削用量下, 单位刃长的负荷轻, 刀尖强度高, 耐冲击, 因而刀具寿命长</p> <p>2) 切削刃上每点的刃倾角都是变化的, 可增大前角, 减小切屑变形, 因此在同样切削用量下, 可减小切削力和使切屑流畅排出, 并能微量进给 (<math>0.01 \sim 0.1 \text{ mm}</math>)</p> <p>3) 适用于加工碳素工具钢和合金工具钢, 比直线刃可提高效率 2~3 倍</p> <p>4) 表面粗糙度值可达 <math>Ra1.6 \sim 0.8 \mu\text{m}</math></p>

(续)

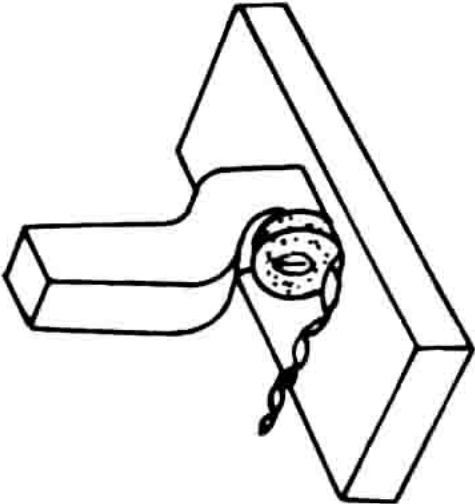
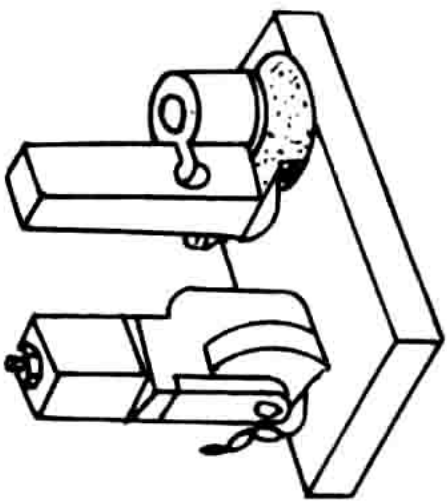
类型	简图	特点与应用
曲线刃精刨		<p>1) 除具有圆弧刃的特点外, 刃磨一次可分段使用, 这样刀具寿命相对较长</p> <p>2) 节省辅助时间</p> <p>3) 适用于加工中碳钢</p> <p>4) 表面粗糙度值可达 <math>Ra3.2 \sim 1.6 \mu m</math></p>
圆形刃精刨		<p>1) 显著提高切削效率和刀具寿命</p> <p>2) 在后刀面上有一个压光棱带;  <math>\alpha_{o1} = 0^\circ</math>, <math>b_{a1} = 0.2 \sim 1 mm</math>, 因而可提高表面加工质量</p> <p>3) 适用于加工铸铁、钢件、石材等多种材料</p> <p>4) 表面粗糙度值可达 <math>Ra1.6 \sim 0.8 \mu m</math></p>

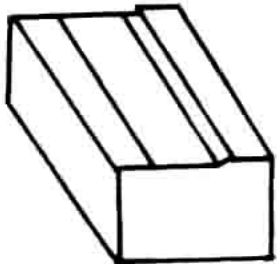
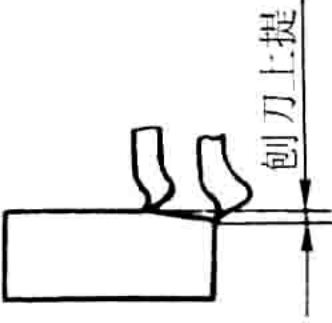
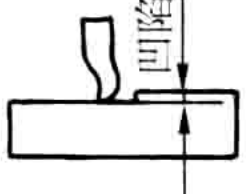
表 8-8 常用刨削用量

工序名称	机床类型	刀具材料	工件材料 <sup>①</sup>	背吃刀量 $a_p$ /mm	进给量 $f$ /(mm/双行程)	切削速度 $v_c$ /(m/min)
粗加工	牛头刨床	W18Cr4V	铸铁 钢	4~6 3~5	0.66~1.33 0.33~0.66	15~25 15~25
		YG8 YT5	铸铁 钢	10~15 8~12	0.66~1.0 0.33~0.66	30~40 25~35
	龙门刨床	W18Cr4V	铸铁 钢	10~20 5~15	1.2~4.0 1.0~2.5	15~25 15~25
		YG8 YT5	铸铁 钢	25~50 20~40	1.5~3.0 1.0~2.0	30~60 40~50
	牛头刨床	W18Cr4V	铸铁 钢	0.03~0.05 0.03~0.05	0.33~2.33 <sup>②</sup> 0.33~2.33	5~10 5~8
		YG8 YT5	铸铁 钢	0.03~0.05 0.03~0.05	0.33~2.33 0.33~2.33	5~8 5~8
精加工	龙门刨床	W18Cr4V	铸铁 钢	0.005~0.01 0.005~0.01	1~15 <sup>②</sup> 1~15	3~5 3~5
		YG8 YT5	铸铁 钢	0.03~0.05 0.03~0.05	1~20 1~20	4~6 4~6

① 铸铁 170~240HBW；钢  $R_m = 700 \sim 1000 \text{MPa}$ 。

② 根据修光刃宽度来确定  $f$ ，一般取  $f$  为修光刃宽度的 0.6~0.8 倍。

表 8-9 刨平面、平行面及简单关联面  
废品产生的原因和防止方法

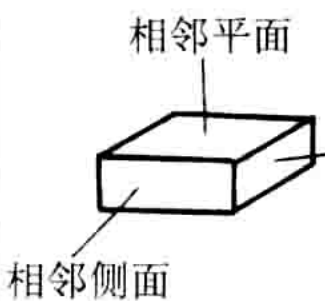
刨削工艺	废品种类示例	产生原因	防止方法
刨平面	平面上有小沟纹或小台阶 	1) 刀架丝杠与螺母的间隙过大 2) 舌块、滑枕等部分配合间隙过大 3) 调整刀架刨削吃刀量以后,忘记拧紧紧固螺钉 4) 刨削时中途停机	1) 调整刀架丝杠与螺母间隙 2) 调整舌块、滑枕等部分配合间隙 3) 刨削吃刀量调整后,一定要把紧固螺钉拧紧 4) 精刨平面时,不要中途停机
	工件后端不平整,开始刨削一端造成倾斜的倒棱面 	1) 刀架丝杠与螺母的间隙过大 2) 舌块、滑枕等部分配合间隙过大 3) 刨削吃刀量太大 4) 刀架丝杠上端锁紧螺母松动 5) 刀具伸出量过长	1) 检查刀架丝杠上端锁紧螺母是否松动,并将其拧紧 2) 调整刀架一侧的镶条,使松紧适宜
	平面上某部分出现凹陷现象 	由于牛头刨床大齿轮曲柄销的丝杠一端锁紧螺母松动	注意机床运转声音,如听到“嘎噠”、“嘎噠”声音,就说明锁紧螺母松动,应立即停机,揭开护盖,用扳手将其拧紧



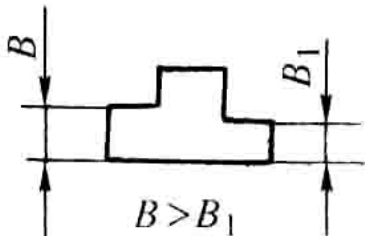
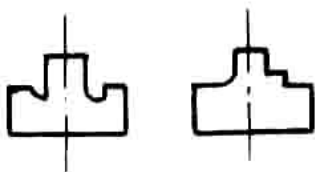
(续)

刨削工艺	废品种类示例	产生原因	防止方法
刨平面	工件表面上有纵向和横向波纹	1) 由机床、夹具、工件等部分的振动而引起的。如工作台有松动现象,滑枕镶条松动,刀架安装不紧,工件装夹不当等 2) 刨刀几何角度选择不当或刀尖不锋利	1) 检查机床、夹具、工件产生振动的原因,并及时排除  2) 正确选择刨刀几何角度,及时刃磨刀具
刨平行面及互成直角关联面	除上述刨平面时产生废品的原因以外,还有两相对面不平行和两相邻面不垂直	1) 机用虎钳钳口对其底面或钳身滑动面不垂直 2) 机用虎钳固定钳口和活动钳口在垂直面内不平行 3) 机用虎钳底面与工作台面之间有切屑 4) 钳口和垫铁上的脏物和切屑没有清除 5) 工件装夹不正确,如工件与钳口没有贴紧,或工件基准面不正确等	1) 检查机用虎钳钳口对其底面或钳身滑动面的垂直度、精度 2) 检查两钳口的平行度、精度,可用垫纸法消除  3) 安装前擦净机用虎钳底面与工作台面 4) 消除脏物和切屑  5) 检查工件基准面,正确装夹工件

表 8-10 创垂直面及台阶面废品产生的原因和防止方法

刨削工艺	废品种类示例	产生原因	防止方法
创垂直面	<p>垂直面对相邻平面不垂直</p> 	<p>1) 刀架刻度没有对准零位, 以致刀架进给方向与工作台的平面不垂直</p> <p>2) 刀架镶条没有调整好, 上下升降刀架时松紧不一致, 工作时容易松动而靠向一边</p> <p>3) 工件装夹不正, 两端高低不平</p> <p>4) 工作台横向进给丝杠与螺母间的间隙未消除</p> <p>5) 工作台本身不精确, 左右在水平方向有误差</p> <p>6) 刀架和刨刀伸出过长</p>	<p>1) 对准刀架零位刻度, 并找正刀架进给方向与工作台平面的垂直度</p> <p>2) 正确调整刀架镶条, 注意镶条上下松紧要一致</p> <p>3) 清除机用虎钳底面与工作台面之间的切屑, 并在水平方向找正工件后装夹</p> <p>4) 消除丝杠与螺母间的间隙</p> <p>5) 检查并排除机床工作台几何精度超差</p> <p>6) 正确装夹刨刀</p>
	<p>垂直面对相邻侧面不垂直</p>	<p>1) 机用虎钳钳口与滑枕行程方向不垂直</p> <p>2) 刨削力过大, 使工件和夹具产生振动</p>	<p>1) 找正机用虎钳钳口对行程方向的垂直度</p> <p>2) 刨削用量选择不要太大</p>

(续)

刨削工艺	废品种类示例	产生原因	防止方法
刨垂直面	表面不光洁	1) 刨刀几何角度不合理,并且磨得过尖 2) 刨刀安装太斜(与垂直面交角大),使实切削偏角太大 3) 吃刀量和进给量过大	1) 正确选择刨刀几何角度,加大刀尖圆弧半径 2) 安装刨刀不要太斜 3) 吃刀量和进给量选择不要过大
	左右台阶不等高或不符合图样要求 	1) 测量不准确 2) 刨左、右台阶水平面时,换刀后没有调整好	1) 仔细测量,仔细操作 2) 换刀时认真调整
刨台阶	台阶不清根或清根过量 	垂直进给或水平进给没有走到底或走过量	正确使用刻度盘并注意加工方法
	台阶两侧面不垂直	刀架没有对准零线或刀架刻度本身不正确	加工前用角尺找正对刀

(续)

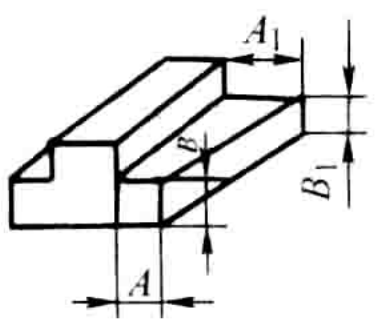
刨削工艺	废品种类示例	产生原因	防止方法
刨台阶	台阶尺寸前后端不一致  $A < A_1$ $B > B_1$	工件装夹不正确或由于基面不好,在两次装夹中变形	刨削前对工件进行找正

表 8-11 刨斜面废品产生的原因和防止方法

刨削工艺	废品种类	产生原因	防止方法
刨斜面	角度大于或小于图样要求	1) 划线错了 2) 刀架角度扳错了 3) 工件左右高度不等	1) 仔细检查划线 2) 认真调整刀架角度 3) 找正工件左右等高
	加工的边和加工线不平行	1) 加工线划错 2) 工件前后的高度不等	1) 仔细检查加工线 2) 找正工件前后等高
	夹角不清根	1) 水平方向进给和倾斜方向进给的接刀不好 2) 加工方法不正确	1) 细心操作,仔细观察 2) 学习和掌握加工方法

(续)

刨削工艺	废品种类	产生原因	防止方法
刨斜面	较长的斜度工件全长内不平直	1) 精刨时夹紧力过大,以致工件卸下后发生变形而弯曲 2) 工件材料本身的内应力 3) 基面平面度不好	1) 精刨前稍稍放松夹紧力,以除去材料的内应力 2) 精刨前经回火或时效处理 3) 修刨基面
	表面不光洁	1) 进给量太大或吃刀量过浅 2) 刨刀伸出过长,以致在加工时产生振动 3) 刀具几何角度不正确	1) 进给量不要过大 2) 正确装夹刨刀 3) 正确选择刀具几何角度
	刨过了线或加工表面不平	1) 工作中粗枝大叶,看错了加工线 2) 工件和夹具振动	1) 细心操作,看准加工线 2) 夹紧工件和夹具,排除振动

## (4) 切断时废品产生的原因和防止方法(表 8-12)

表 8-12 切断时废品产生的原因和防止方法

刨削工艺	废品种类	产生原因	防止方法
切断	切断面与相邻面不垂直	1) 刀架不垂直 2) 刀架镶条上、下松紧不一致 3) 工件装夹不平,以及钳口与行程方向不垂直 4) 刀具尖角不一致	1) 找正刀架 2) 正确调整刀架镶条 3) 找正工件及钳口 4) 正确刃磨刀具

(续)

刨削工艺	废品种类	产生原因	防止方法
切断	切断面不光	1) 进给量太大 2) 行程太快  3) 副偏角及副后角过小	1) 进给量不要过大 2) 切入和切出的空行程加长 3) 正确选择几何角度

(5) 刨直角槽及 V 形槽废品产生的原因和防止方法  
(表 8-13)

**表 8-13 刨直角槽及 V 形槽废品产生的原因和防止方法**

刨削工艺	废品种类	产生原因	防止方法
刨直角槽	槽宽不符合图样要求	1) 刨刀主切削刃宽度不正确 2) 刨刀装夹不正确 3) 操作时粗心大意	1) 按槽宽尺寸磨出正确的主切削刃宽度 2) 正确装夹刨刀 3) 仔细操作
	槽壁有小台阶或上宽下窄	1) 刨刀刃磨得不正确 2) 主切削刃重磨后变窄	1) 正确刃磨刨刀, 修磨修光刃 2) 重磨主切削刃后注意槽宽尺寸
	槽的两侧或两端深度不一致	1) 工件装夹不正确 2) 刨刀主切削刃装夹不平	1) 找正工件后装夹 2) 正确装夹刨刀
刨 V 形槽	槽壁不垂直	1) 工件装夹不正确 2) 刀架刻度没有对准零位	1) 找正工件后装夹 2) 对准零位并找正刀架

(续)

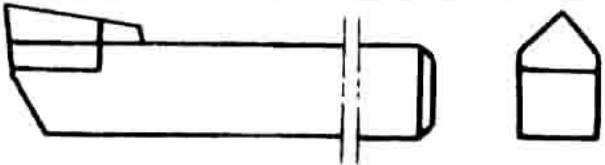
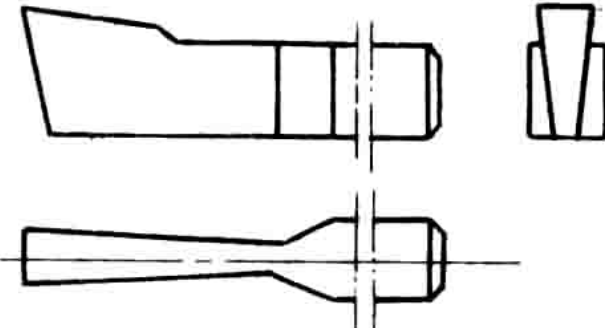
刨削工艺	废品种类	产生原因	防止方法
刨V形槽	槽的方向不符合图样要求	工件装夹不正确	找正工件后装夹
	V形槽角度不符合图样要求	1) 刀架角度扳错 2) 刀架刻度不准确	1) 认真操作, 仔细调整刀架角度 2) 加工前用角尺和划线找正
	加工面不光洁	1) 进给量太大 2) 刨刀切削刃已磨钝	1) 进给量不要过大 2) 重磨刨刀, 保持锋利

## 二、插 工

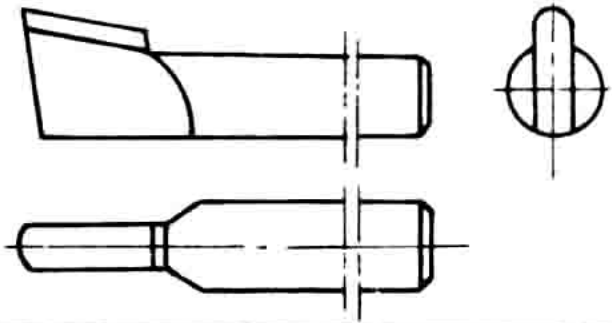
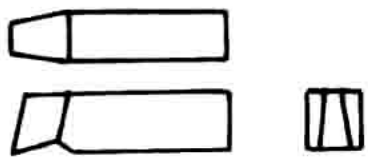
### 1. 插刀

(1) 常用插刀类型及用途(表 8-14)

表 8-14 常用插刀类型及用途

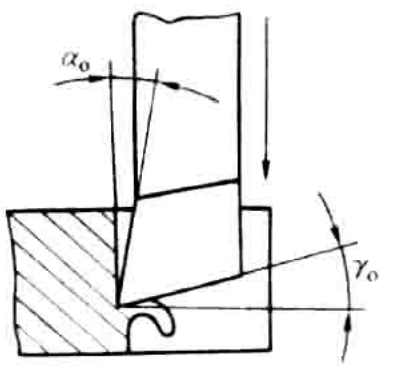
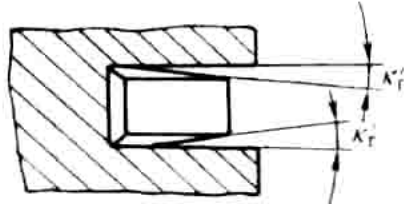
类型	图 示	用 途
尖刀		多用于粗插或插削多边形孔
切刀		常用于插削直角形沟槽和各种多边形孔

(续)

类型	图 示	用 途
成形刀		根据工件表面形状需要刃磨而成,按形状分为角度、圆弧和齿形等成形刀
小刀头		可按加工要求刃磨成各种形状,装夹在刀杆中,适用于粗、精和成形加工。因受刀杆限制不适宜加工小孔、窄槽或不通孔

## (2) 插刀主要几何角度(表 8-15)

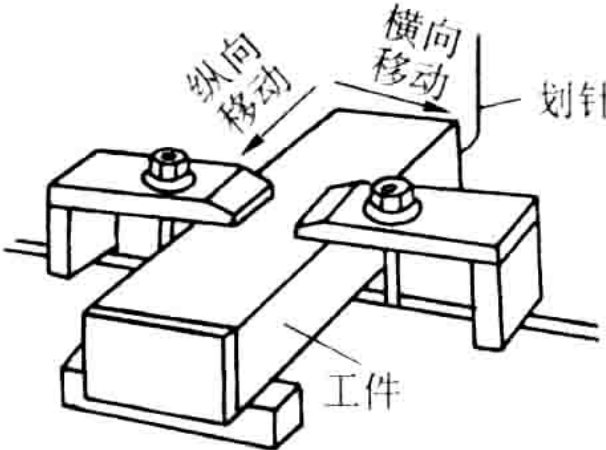
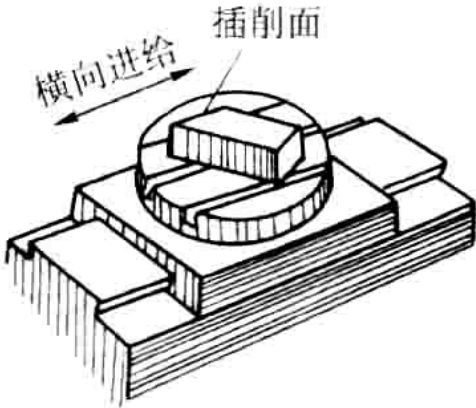
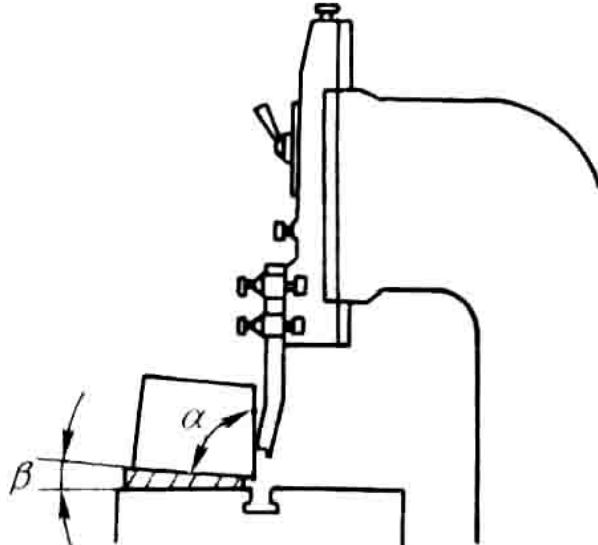
表 8-15 插刀主要几何角度

图 示	前角 $\gamma_o$			后角 $\alpha_o$	副偏角 $\kappa'_r$	副后角 $\alpha'_o$
	普通钢	铸铁	硬韧钢			
	5° ~ 12°	0° ~ 5°	1° ~ 3°	4° ~ 8°	1° ~ 2°	1° ~ 2°
						

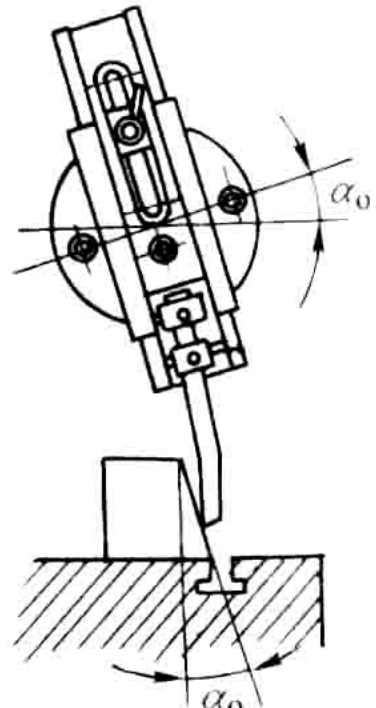
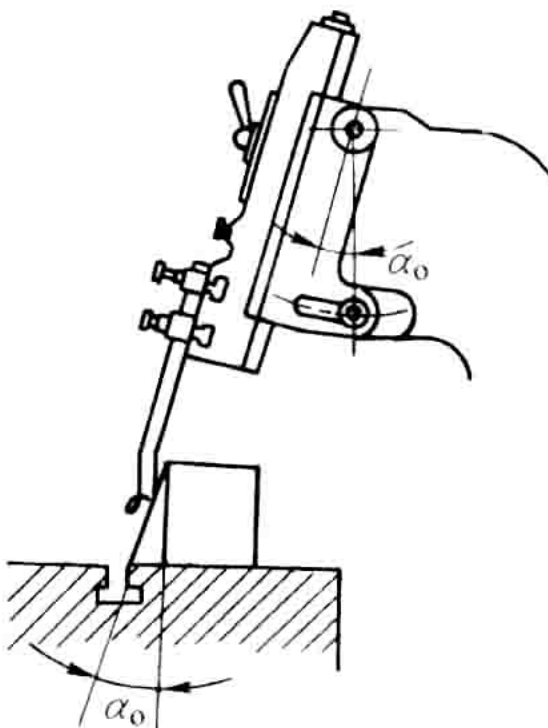


## 2. 常用装夹和加工方法(表 8-16)

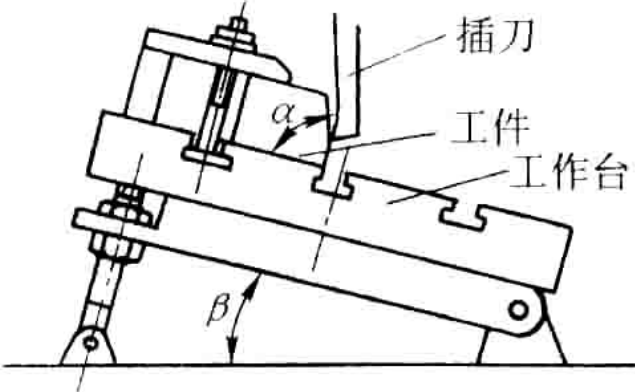
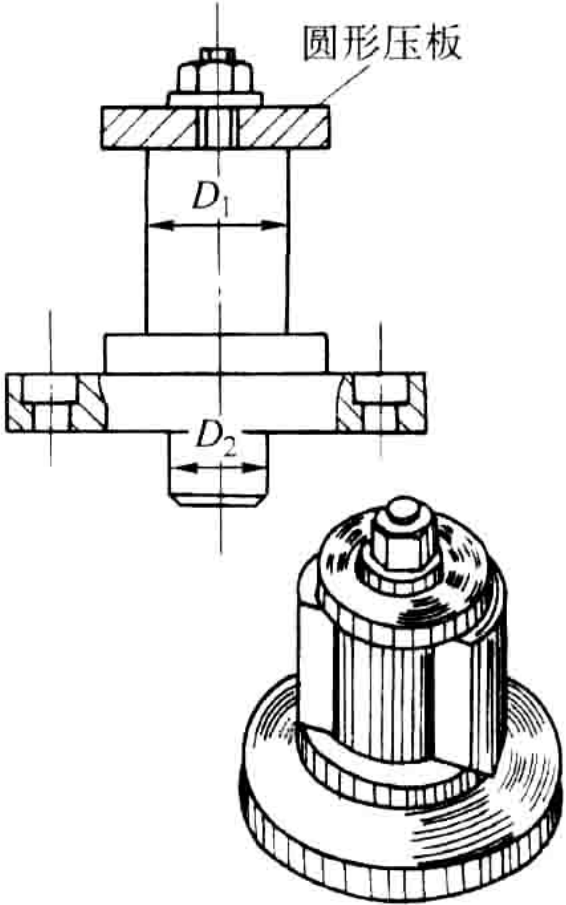
表 8-16 常用装夹和加工方法

插削方式	加工方法
插垂直面	<p>将工件安装在工作台中间位置的两块等高垫铁上,并将划针安装在滑枕上,使滑枕上下移动,找正工件侧面上已划好的垂直线,然后横向移动工作台。用划针检查插削面与横向进给方向的平行度,最后进行插削</p> 
插斜面	<p>将工件放在工作台上,按划线找正工件,使加工面与横向进给方向平行,然后采用插削垂直面的方法进行插削</p>  <p>用斜垫铁将工件垫起,使待加工表面处于垂直状态,然后用插削垂直面的方法进行插削。垫铁角度为 <math>90^\circ - \alpha</math>, 这种方法适用于 <math>\beta \leq 11^\circ 25'</math> 的工件</p> 

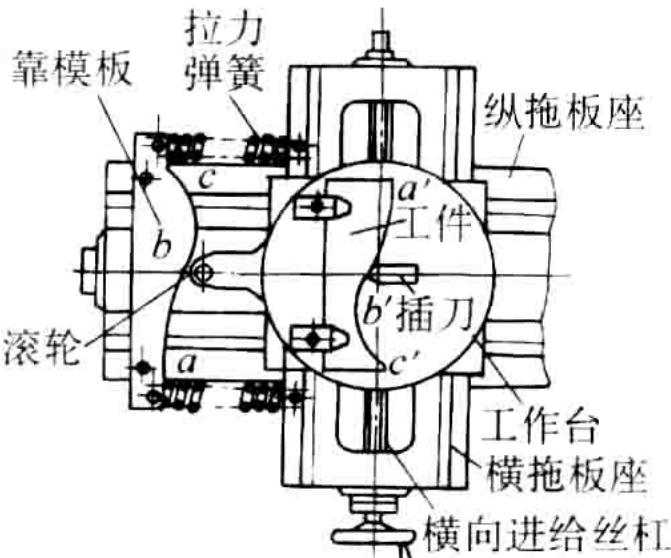
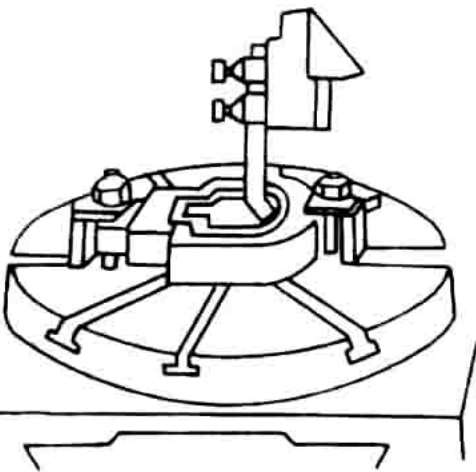
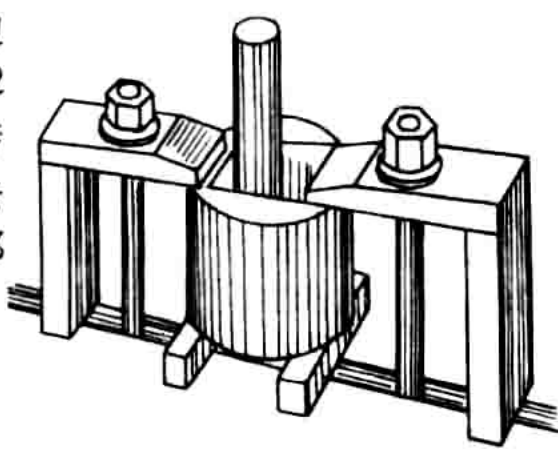
(续)

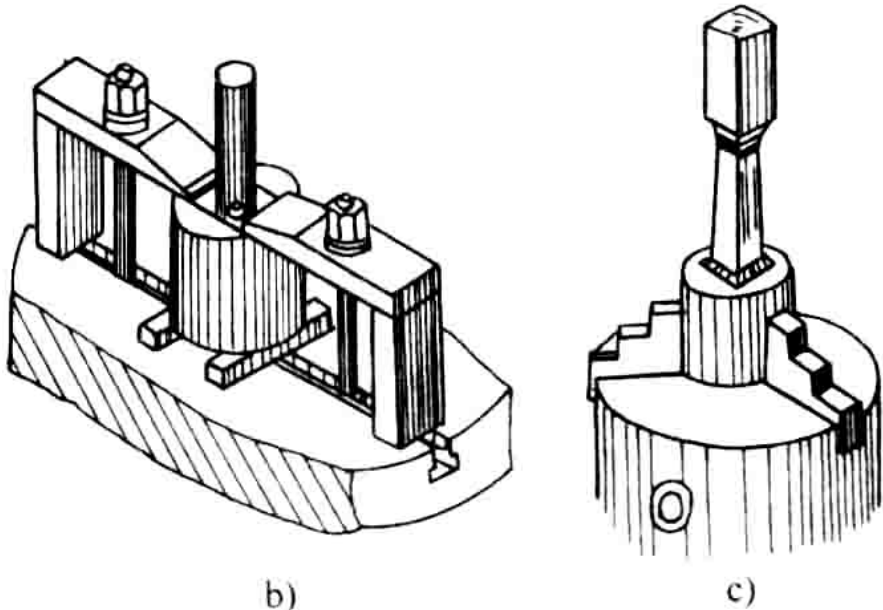
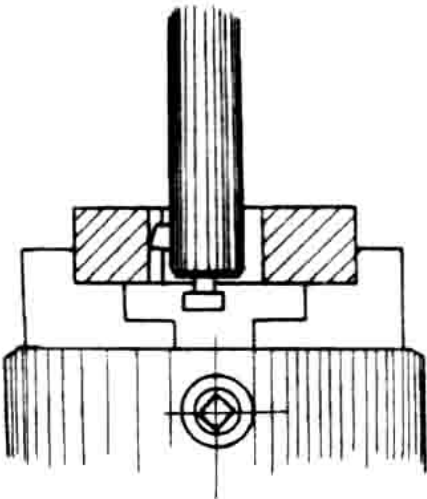
插削方式	加工方法
插斜面	<p>工件平放在工作台上，将滑枕按工件的斜度倾斜一个角度进行插削</p> <p>1) 滑枕在横向垂直面内倾斜</p>  <p style="text-align: right;">滑枕在横向垂直面内倾斜</p>
	<p>2) 滑枕在纵向垂直面内倾斜</p>  <p style="text-align: right;">滑枕在纵向垂直面内倾斜</p>

(续)

插削方式	加工方法
插斜面	<p>将工作台倾斜 <math>\beta</math> (<math>\beta = 90^\circ - \alpha</math>) 角, 然后按插削垂直面的方法插削斜面, 此方法只适用于工作台可倾斜成一定角度的插床或在工作台上加一个可倾斜的工作台</p> 
插曲面	<p>将夹具的定位圆置于工作台中心定位孔内, 将夹具压紧在工作台上, 然后把工件装夹在夹具上, 按照插削垂直面的方法进行插削, 工作作圆周进给。若工件批量较小, 可用自定心卡盘或压板螺栓直接在工作台上装夹工件</p> 

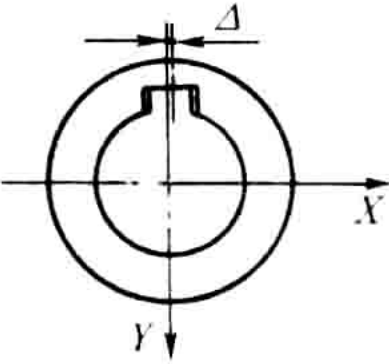
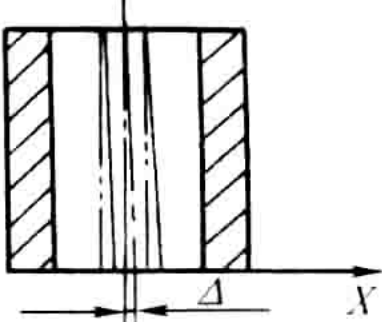
(续)

插削方式	加工方法
插曲面	<p>在插床纵向导轨上固定一块靠模板,将纵向进给丝杠拆去,并用弹簧拉紧,使滚轮紧靠靠模板,这样利用工作台的横向进给,就可以插出与靠模板曲线形状相反的曲面</p> 
	<p>插削复杂的成形面时,先用划针按划线找正,利用工作台圆周进给加工圆弧表面,纵向或横向进给加工直线部分</p> <p>插削简单的圆弧面可采用赶弧法,插削批量较大的小尺寸成形内孔面时,可采用成形刀插削</p> 
插方孔	<p>按划线找正粗插各边(图 a),每边留余量 0.2 ~ 0.5mm,将工作台转 45°角,用角度刀头插去四个内角上未插去的部</p>  <p style="text-align: center;">a)</p>

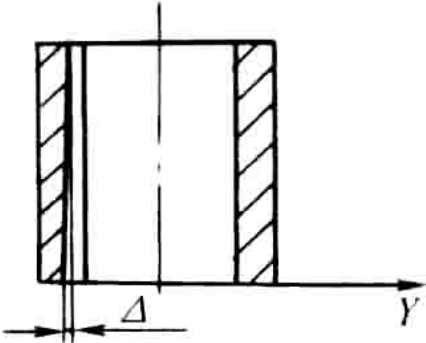
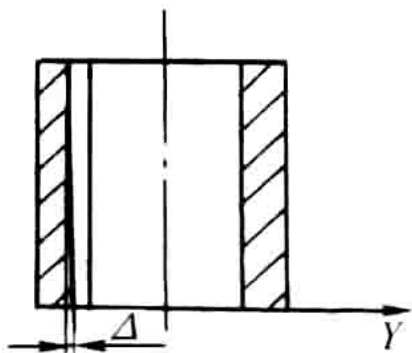
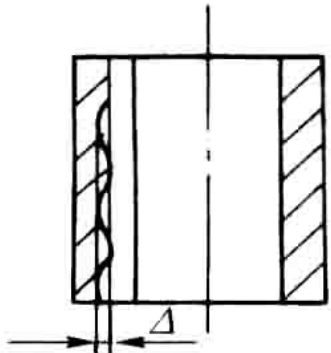
插削方式	加工方法
<p>插方孔</p>	<div data-bbox="325 346 1200 953">  <p>b) c)</p> </div> <p>分(图 b),然后精插第一边,测量该边至基面的尺寸,符合要求后将工作台精确转 <math>180^\circ</math> 角,精插其相对的一边,并测量方孔宽度尺寸,符合要求后,再将工作台精确转 <math>90^\circ</math> 角,用上述方法插削第二边及第四边</p> <p>对于尺寸较小的方孔,在进行粗插加工后可按图 c 所示的方法,用整体方插刀插削</p>
<p>插键槽</p>	<p>按工件端面上的划线找正对刀后,插削键槽,先用手动进给至 <math>0.5\text{mm}</math> 深时,停机检查键槽宽度尺寸及键槽的对称度,调整正确后继续插削至要求</p> <p>找正插刀时,将指示表固定在工作台上,使指示表测头触及插刀侧面,纵向移动工作台,测得插刀侧面的最高点,将工作台准确地转 <math>180^\circ</math> 角,按上述方法测得插刀另一侧面的最高点,前后两次读数差的一半即为主切削刃中心与工作台轴线的重合度数值,此时可移动横向工作台,使插刀处于正确位置</p> <div data-bbox="915 1293 1338 1789">  </div>

## 3. 插削常见缺陷和产生原因(表 8-17)

表 8-17 插削常见缺陷和产生原因

工件缺陷	简 图	产生原因及消除措施
键槽对称 度超差		<p>主要是对刀问题,可用对刀样板、刀尖划痕或指示表找正来解决</p>
键侧平行 度超差		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 机床垂直导轨侧面与工作台面在 X 方向上不垂直或间隙过大</li> <li>2) 插刀两侧刃后角不对称或者主刃有刀倾角</li> <li>3) 两侧刃研磨后锋利程度不一致</li> <li>4) 刀杆刚性差,刀杆上开的刀槽不对称</li> </ol>

(续)

工件缺陷	简 图	产生原因及消除措施
键槽底面对工件轴线的等高性超差		<p>1) 机床垂直导轨面与工作台在 <math>Y</math> 方向上不垂直或间隙过大, 检查工件端面与轴线的垂直度</p> <p>2) 刀杆刚性差, 可采用弹性刀杆</p> <p>3) 前角或后角过大</p> <p>4) 刀杆槽与刀具接触面呈凸形, 采用凹槽插刀杆</p>
		<p>1) 机床垂直导轨面与工作台在 <math>Y</math> 方向上不垂直或间隙过大</p> <p>2) 刀杆刚性差, 若条件允许, 可增加刀杆直径, 或采用弹性刀杆</p> <p>3) 插刀前角或后角过小</p>
		<p>1) 插刀前角或后角过大</p> <p>2) 刀杆槽底面呈凸形</p>

# 第九章 磨 工 工 作

## 一、普通磨料和磨具

### 1. 磨料的品种、代号及其应用范围(表 9-1)

表 9-1 磨料的品种、代号及其应用范围  
(GB/T 2476—1994)

种类	名称	代号	特性	应用范围
刚 玉 类	棕刚玉	A	呈棕褐色,硬度较高,韧性较大,价格相对较低	适于磨削抗拉强度较高的金属材料,如碳钢、合金钢、可锻铸铁、硬青铜等
	白刚玉	WA	呈白色,硬度比棕刚玉高,韧性较棕刚玉低,易破碎,棱角锋利	适于磨削淬火钢、合金钢、高碳钢、高速钢,以及加工螺纹及薄壁件等
	单晶刚玉	SA	呈淡黄或白色,单颗粒球状晶体,强度与韧性均比棕刚玉、白刚玉高,具有良好的多棱多角的切削刃,切削能力较强	适于磨削不锈钢、高钒钢、高速钢等高硬、高韧性材料,以及易变形、烧伤的工件,也适用于高速磨削和低表面粗糙度值磨削
	微晶刚玉	MA	呈棕黑色,磨粒由许多微小晶体组成,韧性大,强度高,工作时呈微刃破碎,自锐性能好	适于磨削不锈钢、轴承钢、特种球墨铸铁等较难磨材料,也适于成形磨、切入磨、高速磨及镜面磨等精加工



(续)

种类	名称	代号	特性	应用范围
刚玉类	铬刚玉	PA	呈玫瑰红或紫红色,韧性高于白刚玉,效率高,加工后表面粗糙度较低	适于刀具、量具、仪表、螺纹等低表面粗糙度值的磨削
	锆刚玉	ZA	呈灰褐色,具有较高的韧性和耐磨性,是 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{ZrO}_2$ 的复合氧化物	适用于对耐热合金钢、钛合金及奥氏体不锈钢等难磨材料进行磨削和重负荷磨削
	黑刚玉	BA	呈黑色,又名人造金刚砂,硬度低,但韧性好,自锐性、亲水性能好,价格较低	多用于研磨与抛光,并可用来制造树脂砂轮及砂布、砂纸等
碳化物类	黑碳化硅	C	呈黑色,有光泽,硬度高,但性脆,导热性能好,棱角锋利,自锐性优于刚玉	适于磨削铸铁、黄铜、铅、锌等抗拉强度较低的金属材料,也适于加工各类非金属材料,如橡胶、塑料、矿石、耐火材料及热敏性材料的干磨等,也可用于珠宝、玉器的自由磨粒研磨等
	绿碳化硅	GC	呈绿色,硬度和脆性均较黑色碳化硅为高,导热性好,棱角锋利,自锐性能好	主要用于硬质合金刀具、工件、螺纹和其他工具的精磨,适于加工宝石、玉石、钟表宝石轴承及贵金属、半导体的切割、磨削和自由磨粒的研磨等

(续)

种类	名称	代号	特性	应用范围
碳化物类	立方碳化硅	SC	呈黄绿色,晶体呈立方形,强度高于黑碳化硅,脆性高于绿碳化硅,棱角锋锐	适于磨削韧而黏的材料,如不锈钢、轴承钢等,尤适于微型轴承沟槽的超精加工等
	碳化硼	BC	呈灰黑色,在普通磨料中硬度最高,磨粒棱角锐利,耐磨性能好	适于硬质合金、宝石及玉石等材料的研磨与抛光

## 2. 磨料粒度号及其选择

### (1) 粗磨粒度号及其基本尺寸(表 9-2)

表 9-2 粗磨粒度号及其基本尺寸(GB/T 2484—2006)

粒 度 号		基本尺寸/ $\mu\text{m}$
粗粒度	F4	5600 ~ 4750
	F5	4750 ~ 4000
	F6	4000 ~ 3350
	F7	3350 ~ 2800
	F8	2800 ~ 2360
	F10	2360 ~ 2000
	F12	2000 ~ 1700
	F14	1700 ~ 1400
	F16	1400 ~ 1180
	F20	1180 ~ 1000
	F22	1000 ~ 850
	F24	850 ~ 710
中粒度	F30	710 ~ 600

(续)

粒 度 号		基本尺寸/ $\mu\text{m}$
中粒度	F36	600 ~ 500
	F40	500 ~ 425
	F46	425 ~ 355
	F54	355 ~ 300
	F60	300 ~ 250
细粒度	F70	250 ~ 212
	F80	212 ~ 180
	F90	180 ~ 150
	F100	150 ~ 125
	F120	125 ~ 106
	F150	106 ~ 75
	F180	90 ~ 63
	F220	75 ~ 53

(2) 微粉粒度号及其基本尺寸(表 9-3)

**表 9-3 微粉粒度号及其基本尺寸**  
(GB/T 2484—2006)

粒度号	基本尺寸/ $\mu\text{m}$		
	最大值	中 值	最小值
F230	82	$53 \pm 3.0$	34
F240	70	$44.5 \pm 2.0$	28
F280	59	$36.5 \pm 1.5$	22
F320	49	$29.2 \pm 1.5$	16.5
F360	40	$22.8 \pm 1.5$	12
F400	32	$17.3 \pm 1.0$	8
F500	25	$12.8 \pm 1.0$	5

(续)

粒度号	基本尺寸/ $\mu\text{m}$		
	最大值	中 值	最小值
F600	19	$9.3 \pm 1.0$	3
F800	14	$6.5 \pm 1.0$	2
F1000	10	$4.5 \pm 1.0$	1
F1200	7	$3 \pm 0.5$	1

(3) 不同粒度磨具的使用范围(表 9-4)

表 9-4 不同粒度磨具的使用范围

磨具粒度	一般使用范围
F14 ~ F24	磨钢锭,铸件打毛刺,切断钢坯等
F36 ~ F46	一般平磨、外圆磨和无心磨
F60 ~ F100	精磨和刀具刃磨
F120 ~ F600	精磨、珩磨、螺纹磨
细于 F600	精细研磨、镜面磨削

3. 磨具硬度代号(表 9-5)

表 9-5 磨具硬度代号(GB/T 2484—2006)

磨具硬度	极软	很软	软	
硬度代号	A、B、C、D	E、F、G	H、J、K	
磨具硬度	中级	硬	很硬	极硬
硬度代号	L、M、N	P、Q、R、S	T	Y

4. 磨具组织号及其适用范围(表 9-6)

5. 结合剂的代号、性能及其适用范围(表 9-7)

表 9-6 磨具组织号及其适用范围

磨粒率	磨粒率由大——>小														
组织号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
磨粒率 (%)	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38	36	34
适用范围	重负荷磨削, 成形、精密磨削, 间断磨削及由加工材料等				无心磨, 内、外圆磨和工具磨, 淬硬工件刃磨等				粗磨和磨削韧性大、硬度不高的工件, 机床导轨和硬质合金刀具磨削, 适合磨削薄壁、细长工件, 或砂轮与工件接触面大以及平面磨削等				磨削热敏性较大的钨银合金、磁钢、有色金属, 以及塑料、橡胶等非金属材料		

表 9-7 结合剂的代号、性能及其适用范围  
(GB/T 2484—2006)

类别	名称及代号	原料	性能	适用范围
无机结合剂	陶瓷结合剂 V	粘土、长石、硼玻璃、石英及滑石等	化学性能稳定, 耐热, 抗酸、碱, 气孔率大, 磨耗小, 强度较高, 能较好保持磨具的几何形状, 但脆性较大	适用于内、外圆、无心、平面、螺纹及成形磨削, 以及刃磨、珩磨及超精磨等, 适于对碳钢、合金钢、不锈钢、铸铁、非铁金属以及玻璃、陶瓷等材料进行加工

(续)

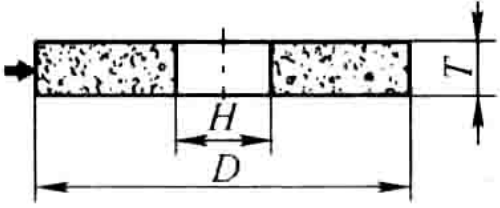
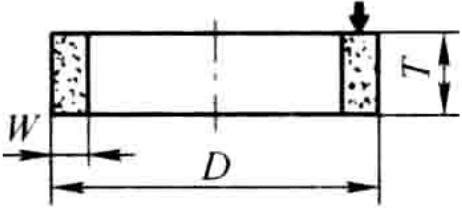
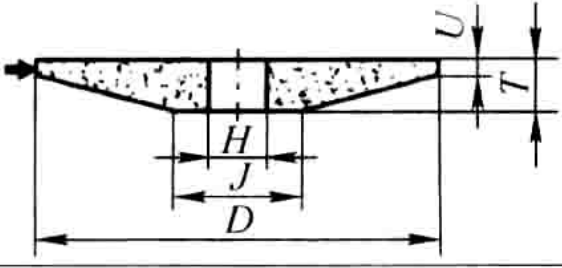
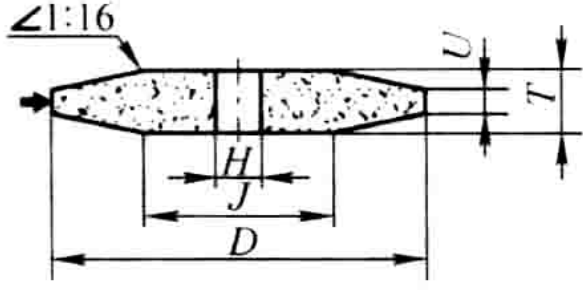
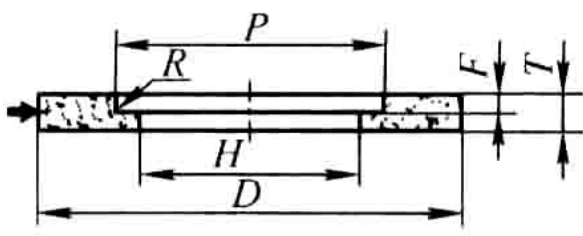
类别	名称及代号	原 料	性 能	适用范围
无机结合剂	菱 苦 土 结 合 剂 Mg	氧 化 镁 及 氯 化 镁 等	工作时发热 量小,其结合能 力次于陶瓷结 合剂,有良好的 自锐性,强度较 低且易水解	适于磨削热传导性差的 材料,及磨具与工件接触面 较大的工件,还广泛用于石 材加工和磨米
有机结合剂	树 脂 或 其 他 热 固 性 有 机 结 合 剂 B 纤 维 增 强 树 脂 结 合 剂 BF	酚 醛 树 脂 或 环 氧 树 脂 等	结合强度高, 具有一定的弹 性,能在高速下 进行工作,自锐 性能好,但其耐 热性、坚固性较 陶瓷结合剂差, 且不耐酸、碱	适用于荒磨、切断和自由 磨削,如磨钢锭、打磨铸件 和锻件毛刺等。可用来制 造高速、低表面粗糙度、重 负荷、薄片切断砂轮,以及 各种特殊要求的砂轮
	橡 胶 结 合 剂 R 增 强 橡 胶 结 合 剂 RF	合 成 及 天 然 橡 胶	强度高、弹性 好,磨具结构紧 密,气孔率较 小。磨粒钝化 后易脱落,但耐 酸、耐油及耐热 性能较差,磨削 时有臭味	适于制造无心磨导轮,精 磨、抛光砂轮,超薄型切割 用片状砂轮以及轴承精加 工用砂轮

## 6. 磨具代号

(1) 通用砂轮代号 (表 9-8)

表 9-8 通用砂轮代号

(GB/T 2484—2006)

代号	示意图	形状尺寸标记
1		平形砂轮 1 型-圆周型 面 <sup>①</sup> - $D \times T \times H$
2		粘结或夹紧用筒 形砂轮 2 型- $D \times T \times W$
3		单斜边砂轮 3 型- $D/J \times T \times H$
4		双斜边砂轮 4 型- $D \times T \times H$
5		单面凹砂轮 5 型-圆周型 面 <sup>①</sup> - $D \times T \times H-P \times F$

(续)

代号	示意图	形状尺寸标记
6		杯形砂轮 6 型- $D \times T \times H-W$ $\times E$
7		双面凹一号砂轮 7 型-圆周型面 <sup>①</sup> - $D \times T \times H-P \times F/G$
8		双面凹二号砂轮 8 型- $D \times T \times H-W$ $\times J \times F/G$
9		双杯形砂轮 9 型- $D \times T \times H-W$ $\times E$
11		碗形砂轮 11 型- $D/J \times T \times$ $H-W \times E$



(续)

代号	示意图	形状尺寸标记
12a		碟形砂轮 12a 型- $D/J \times T \times H$
12b		碟形砂轮 12b 型- $D/J \times T \times H-U$
13		茶托形砂轮 13 型- $D/J \times T/U \times H-K$
20		单面锥砂轮 20 型- $D/K \times T/N \times H$
21		双面锥砂轮 21 型- $D/K \times T/N \times H$

(续)

代号	示意图	形状尺寸标记
22		单面凹单面锥砂轮 22 型- $D/K \times T/N$ $\times H-P \times F$
23		单面凹锥砂轮 23 型- $D \times T/N \times$ $H-P \times F$
24		双面凹单面锥砂轮 24 型- $D \times T/N \times$ $H-P \times F/G$
25		单面凹双面锥砂轮 25 型- $D/K \times T/N$ $\times H-P \times F$
26		双面凹锥砂轮 26 型- $D \times T/N \times$ $H-P \times F/G$

(续)

代号	示意图	形状尺寸标记
27		钹形砂轮 27 型- $D \times U \times H$
28		锥面钹形砂轮 28 型- $D \times U \times H$
35		粘结或夹紧用 圆盘砂轮 35 型- $D \times T \times H$
36		螺栓紧固平形 砂轮 36 型- $D \times T \times H$ H-嵌装螺母
37		螺栓紧固筒形砂 轮 ( $W \leq 0.17D$ ) 37 型- $D \times T \times W$ W-嵌装螺母
38		单面凸砂轮 38 型-圆周型 面 <sup>①</sup> - $D/J \times T/U \times H$

(续)

代号	示意图	形状尺寸标记
39		双面凸砂轮 39 型-圆周型面 <sup>①</sup> - $D/J \times T/U \times H$
41		平形切割砂轮 41 型- $D \times T \times H$
42		钹形切割砂轮 42 型- $D \times U \times H$

注：表图中有“➡”者为基本工作面（下同）。

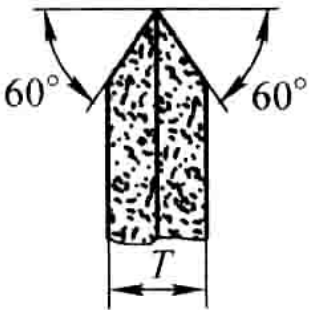

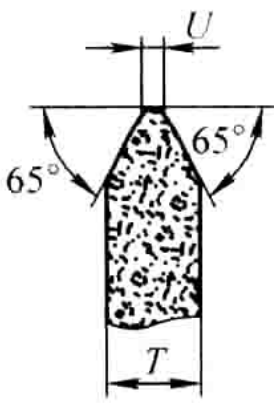
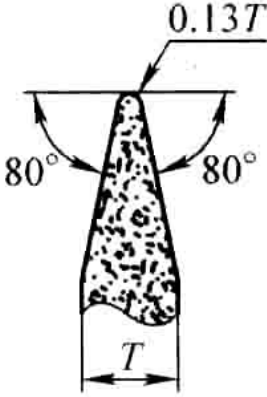
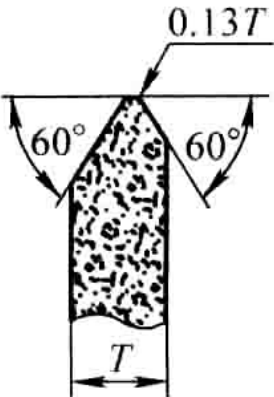
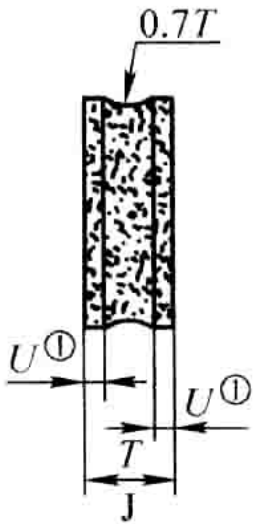
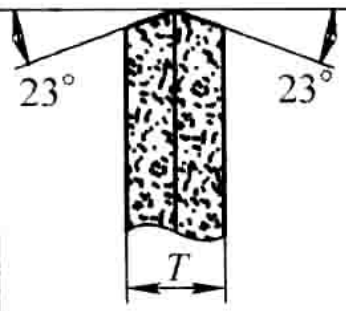

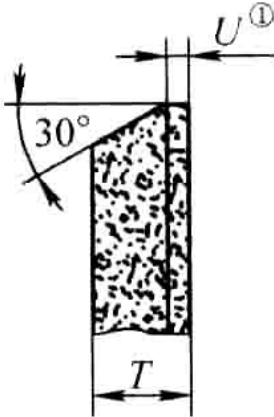
① 对应的圆周型面见表 9-9。

(2) 圆周型面 平形砂轮的圆周可有各种型面。其中一些型面是标准化的，应在砂轮型号后面用字母表示（表 9-9）。

表 9-9 圆周型面

代号	B	C	D
型面			

(续)

代号	E	F	G
型面	 <p>E</p>	 <p>F</p>	 <p>G</p>
代号	H	I	J
型面	 <p>H</p>	 <p>I</p>	 <p>J</p>
代号	K	L	M
型面	 <p>K</p>	 <p>L</p>	 <p>M</p>

(续)

代号	N	P	Q
型面			

①  $U = 3.2\text{mm}$ , 除非订货单另有规定。

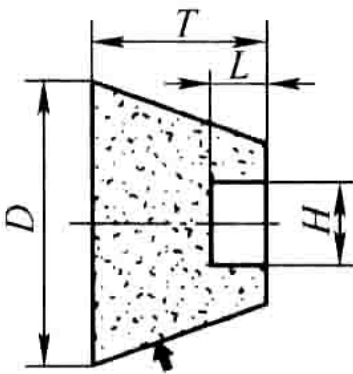
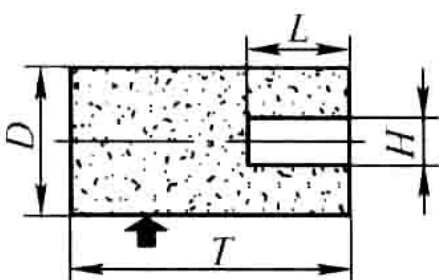
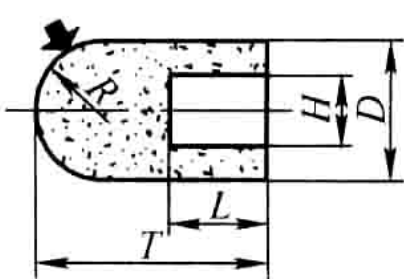
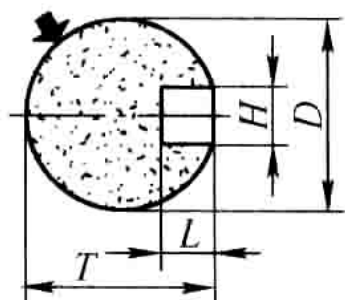
② 对于 N 型面,  $V$  和  $X$  根据订货单而定。

(3) 不带柄磨头代号 (表 9-10)

表 9-10 不带柄磨头代号 (GB/T 2484—2006)

代号	示意图	形状尺寸标记
16		椭圆锥磨头 16 型- $D \times T \times H$
17a		60°锥磨头 17a 型- $D \times T \times H$
17b		圆头锥磨头 17b 型- $D \times T \times H$

(续)

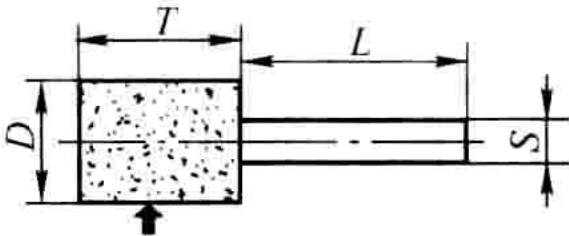
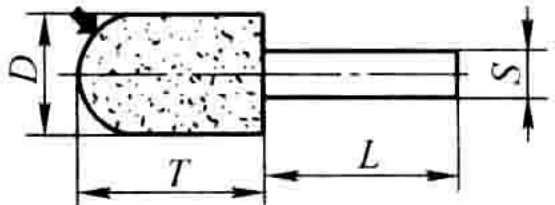
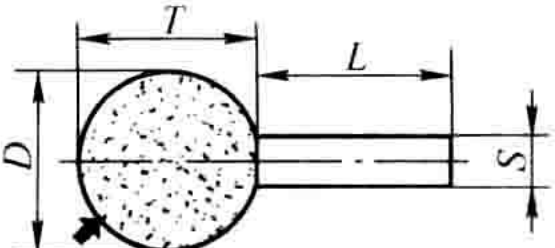
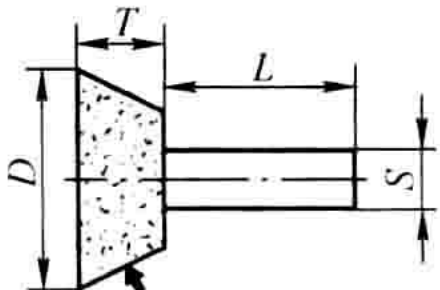
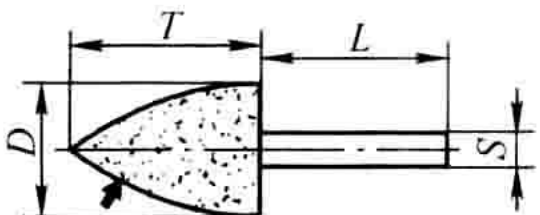
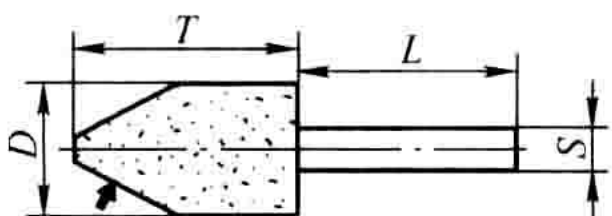
代号	示意图	形状尺寸标记
17c		截锥磨头 17c 型- $D \times T \times H$
18a		圆柱形磨头 18a 型- $D \times T \times H$
18b		半球形磨头 18b 型- $D \times T \times H$
19		球形磨头 19 型- $D \times T \times H$

(4) 带柄磨头代号 (表 9-11)

(5) 一般磨石 (油石) 代号 (表 9-12)

(6) 超精磨石 (油石) 代号 (表 9-13)

表 9-11 带柄磨头代号 (GB/T 2484—2006)

代号	示意图	形状尺寸标记
52		带柄圆柱磨头 5201 型- $D \times T \times S$ - $L$
		带柄半球形磨头 5202 型- $D \times T \times S$ - $L$
		带柄球形磨头 5203 型- $D \times T \times S$ - $L$
		带柄截锥磨头 5204 型- $D \times T \times S$ - $L$
		带柄椭圆锥磨头 5205 型- $D \times T \times S$ - $L$
		带柄 60° 锥磨头 5206 型- $D \times T \times S$ - $L$



(续)

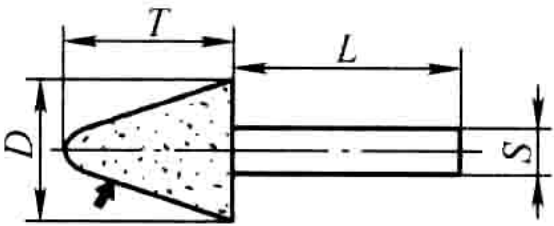
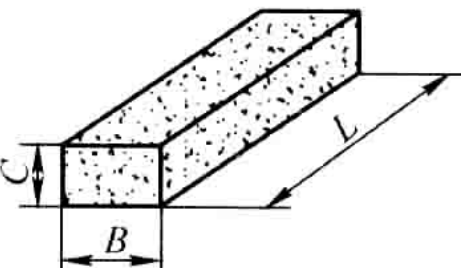
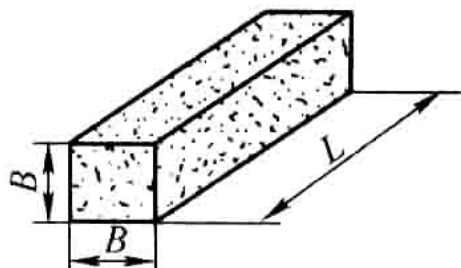
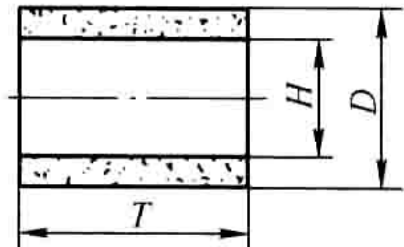
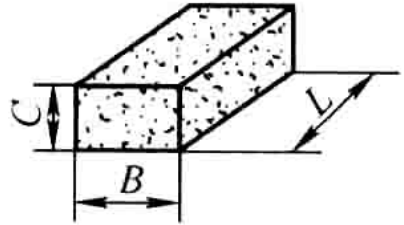
代号	示意图	形状尺寸标记
52		带柄圆头锥磨头 5207 型- $D \times T \times S-L$

表 9-12 一般磨石（油石）代号（GB/T 2484—2006）

代号	示意图	形状尺寸标记
54		长方形珩磨磨石 5410 型- $B \times C \times L$
		正方形珩磨磨石 5411 型- $B \times L$
		珩磨磨石 5420 型- $D \times T \times H$
90		长方形磨石 9010 型- $B \times C \times L$

(续)

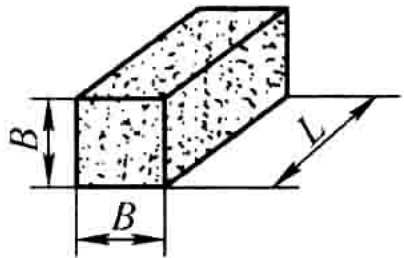
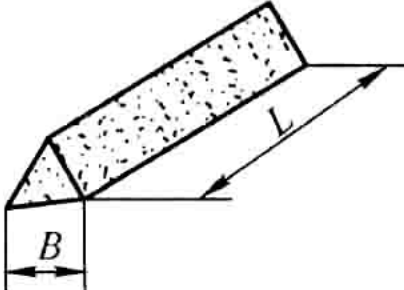
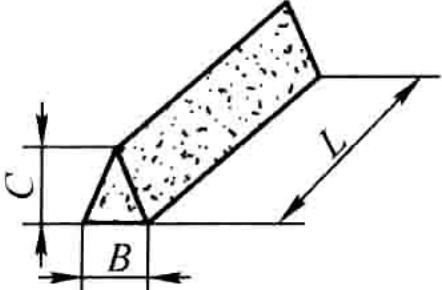
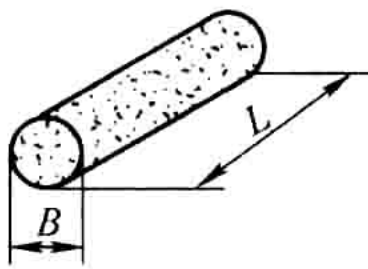
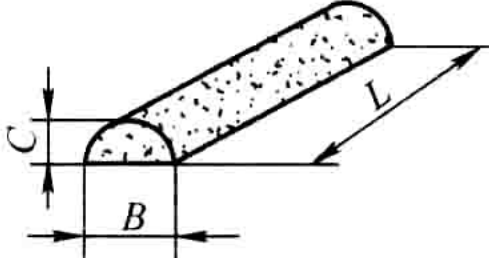
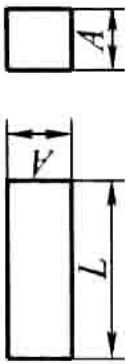
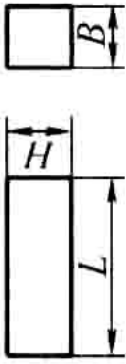
代号	示意图	形状尺寸标记
90		正方形磨石 9011 型- $B \times L$
		三角形磨石 9020 型- $B \times L$
		刀形磨石 9021 型- $B \times C \times L$
		圆形磨石 9030 型- $B \times L$
		半圆形磨石 9040 型- $B \times C \times L$

表 9-13 超精磨石 (油石) 代号 (GB/T 14319—1993)

代号	名称	形 状 图	尺寸 标记	代号	名称	形 状 图	尺寸 标记
SFJ	正方形 超精 油石		SFJ- $A \times L$	SCJ	长方形 超精 油石		SCJ- $B \times H \times L$

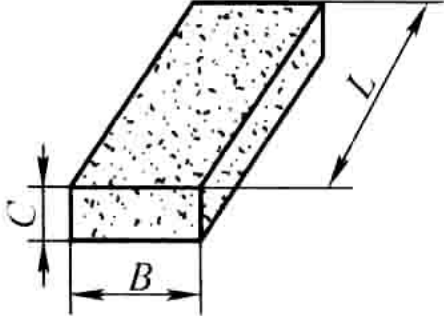
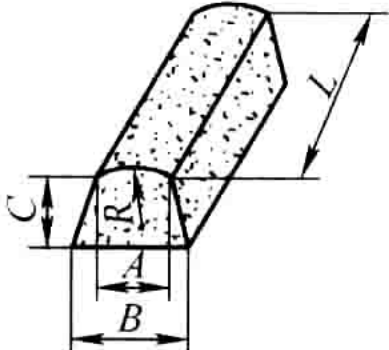
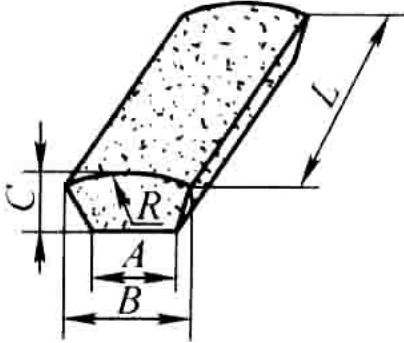
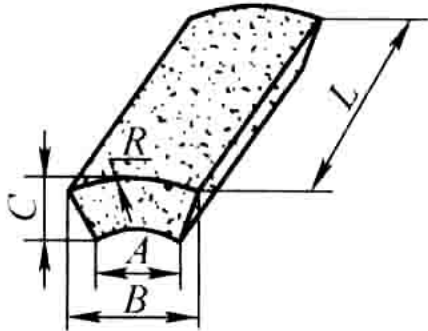
(7) 陶瓷结合剂强力珩磨磨石 (油石) 代号 (表 9-14)

表 9-14 陶瓷结合剂强力珩磨磨石 (油石) 代号 (GB/T 14320—1993)

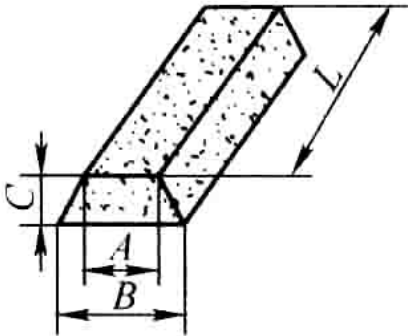
代号	名称	形 状 图	尺寸 标记	代号	名称	形 状 图	尺寸 标记
SFHQ	正方形 油石		SFHQ- $A \times L$	SCHQ	长方形 油石		SCHQ- $B \times H \times L$

## (8) 砂瓦代号 (表 9-15)

表 9-15 砂瓦代号 (GB/T 2484—2006)

代号	示意图	形状尺寸标记
31		平形砂瓦 3101 型- $B \times C \times L$
		平凸形砂瓦 3102 型- $B \times A \times R \times L$
		凸平形砂瓦 3103 型- $B \times A \times R \times L$
		扇形砂瓦 3104 型- $B \times A \times R \times L$

(续)

代号	示意图	形状尺寸标记
31		梯形砂瓦 3109 型- $B \times A \times C \times L$

(9) 砂轮的标记方法示例 (GB/T 2484—2006)

砂轮	GB/T 4127	1	N	300	50	76.2	—	A	F36	L	5	V	—	50m/s
砂轮														
对应标准号														
型号1														
圆周型面														
外径														
厚度														
孔径														
磨料牌号 (四个空格间隔)														
磨料种类														
粒度														
硬度等级														
组织														
结合剂种类														
结合剂牌号 (四个空格间隔)														
最高工作速度														

7. 普通磨具的最高工作速度 (表 9-16)

表 9-16 普通磨具的最高工作速度

磨具名称	形状 代号	最高工作速度 / (m/s)				
		陶瓷 结合剂	树脂 结合剂	橡胶 结合剂	菱苦土 结合剂	增强树脂 结合剂
平形砂轮	1	35	40	35	—	—
丝锥板牙抛光砂轮	1	—	—	20	—	—
石墨抛光砂轮	1	—	30	—	—	—
镜面磨砂轮	1	—	25	—	—	—
柔性抛光砂轮	1	—	—	23	—	—
磨螺纹砂轮	1	50	50	—	—	—
树脂重负荷钢坯修磨砂轮	1	—	50~60	—	—	—
筒形砂轮	2	25	30	—	—	—
单斜边砂轮	3	35	40	—	—	—
双斜边砂轮	4	35	40	—	—	—
单面凹砂轮	5	35	40	35	—	—
杯形砂轮	6	30	35	—	—	—
双面凹一号砂轮	7	35	40	35	—	—
双面凹二号砂轮	8	30	30	—	—	—
碗形砂轮	11	30	35	—	—	—

(续)

磨具名称	形状 代号	最高工作速度/(m/s)				
		陶瓷 结合剂	树脂 结合剂	橡胶 结合剂	菱苦土 结合剂	增强树脂 结合剂
碟形砂轮	12a 12b	30	35	—	—	—
单面凹锥砂轮	23	35	40	—	—	—
双面凹锥砂轮	26	35	40	—	—	—
钹形砂轮	27	—	—	—	—	60~80
砂瓦	31	30	30	—	—	—
螺栓紧固平形砂轮	36	—	35	—	—	—
单面凸砂轮	38	35	—	—	—	—
平形切割砂轮	41	35	50	50	—	60~80
带柄磨头	52	25	25	—	—	—
小砂轮	—	35	35	35	—	—

注：特殊最高工作速度的磨具，应按用户要求制造，但必须有醒目标志。

## 二、超硬磨料和磨具

超硬磨料指金刚石、立方氮化硼等以显著高硬度为特征的磨料。

1. 超硬磨料的品种、代号及应用范围 (表 9-17)

表 9-17 超硬磨料的品种、代号及应用范围 (GB/T 23536—2009、GB/T 6408—2003)

项目 类别	品种	代号	粒度	推荐用途
人造金刚石 (GB/T 23536 —2009)	磨料级	RVD	35/40 ~ 325/400	陶瓷、树脂结合剂磨具；研磨 工具等
		MBD		金属结合剂磨具；电镀制品等
	锯切级	SMD	16/18 ~ 70/80	锯切、钻探工具、电镀制品等
	修整级	DMD	30/35 及以粗	修整工具；单粒或多粒修整器 等
	微粉	MPD	M0/0.5 ~ M36/54	精磨、研磨、抛光工具；聚晶 复合材料等
立方氮化硼 (GB/T 6408 —2003)	黑色立方	CBN100	50/60, 60/70, 70/80	树脂、陶瓷、金属
	氮化硼	CBN300	80/100, 100/200, 120/140	结合剂制品
	琥珀色立方	CBN200	140/170, 170/200, 200/230	硬、韧金属材料研磨和抛光
	氮化硼	CBN400	230/270, 270/325	



## 2. 粒度

(1) 超硬磨料的粒度号及尺寸范围 (表 9-18)

**表 9-18 超硬磨料的粒度号及尺寸范围**  
(GB/T 6406—1996) (单位:  $\mu\text{m}$ )

范围	粒度号	通过网孔基本尺寸	不通过网孔基本尺寸
窄范围	16/18	1180	1000
	18/20	1000	850
	20/25	850	710
	25/30	710	600
	30/35	600	500
	35/40	500	425
	40/45	425	355
	45/50	355	300
	50/60	300	250
	60/70	250	212
	70/80	212	180
	80/100	180	150
	100/120	150	125
	120/140	125	106
	140/170	106	90
	170/200	90	75
	200/230	75	63
	230/270	63	53
宽范围	270/325	53	45
	325/400	45	38
	16/20	1180	850
	20/30	850	600
	30/40	600	425
	40/50	425	300
	60/80	250	180

## (2) 微粉粒度标记及尺寸范围 (表 9-19)

表 9-19 微粉粒度标记及尺寸范围

(JB/T 7990—2012) (单位:  $\mu\text{m}$ )

粒度 标记	公称尺寸范 围 $D/\mu\text{m}$	$D_5$ (最小值) $/\mu\text{m}$	$D_{95}$ (最大值) $/\mu\text{m}$	最大颗粒 $/\mu\text{m}$
M0/0.25	0 ~ 0.25	0.0	0.25	0.75
M0/0.5	0 ~ 0.5	0.0	0.5	1.50
M0/1	0 ~ 1	0.0	1.0	3.0
M0.5/1	0.5 ~ 1	0.5	1.0	3.0
M1/2	1 ~ 2	1.0	2.0	6.0
M2/4	2 ~ 4	2.0	4.0	9.0
M3/6	3 ~ 6	3.0	6.0	12.0
M4/8	4 ~ 8	4.0	8.0	15.0
M5/10	5 ~ 10	5.0	10.0	18.5
M6/12	6 ~ 12	6.0	12.0	20.0
M8/16	8 ~ 16	8.0	16.0	24.0
M10/20	10 ~ 20	10.0	20.0	26.0
M15/25	15 ~ 25	15.0	25.0	34.0
M20/30	20 ~ 30	20.0	30.0	40.0
M25/35	25 ~ 35	25.0	35.0	48.0
M30/40	30 ~ 40	30.0	40.0	52.0
M35/55	35 ~ 55	35.0	55.0	71.5
M40/60	40 ~ 60	40.0	60.0	78.0
M50/70	50 ~ 70	50.0	70.0	90.0

注: 1.  $D_5$  常用于表示粉体细端的粒度指标。2.  $D_{95}$  常用于表示粉体粗端的粒度指标。

## 3. 超硬磨料结合剂及其代号、性能和应用范围 (表 9-

20)

表 9-20 超硬磨料结合剂及其代号、性能和应用范围

结合剂 及其代号	性 能	应用范围
树脂 结合剂 B	磨具自锐性好, 故不易堵塞, 有弹性, 抛光性能好, 但结合强度差, 不宜结合较粗磨粒, 耐磨、耐热性差, 故不适于较重负荷磨削, 可采用镀敷金属衣磨料, 以改善结合性能	树脂结合剂的金刚石磨具主要用于硬质合金工件和刀具以及非金属材料的半精磨和精磨; 树脂结合剂的立方氮化硼磨具主要用于高钒高速钢刀具的刃磨以及工具钢、不锈钢、耐热合金钢工件的半精磨与精磨
陶瓷 结合剂 V	耐磨性较树脂结合剂高, 工作时不易发热和堵塞, 热膨胀量小, 且磨具易修整	陶瓷结合剂的磨具常用于精密螺纹、齿轮的精磨及接触面较大的成形磨, 并适于加工超硬材料烧结体的工件
金属结合剂 M	青铜结合剂  结合强度较高, 形状保持性好, 使用寿命较长, 且可承受较大负荷。但磨具自锐性差, 易堵塞发热, 故不宜结合细粒度磨料, 磨具修整也较困难	金属结合剂的金刚石磨具主要用于对玻璃、陶瓷、石料、半导体等非金属硬脆材料的粗、精磨及切割、成形磨以及对各种材料的珩磨; 金属结合剂的立方氮化硼磨具用于合金钢等材料的珩磨, 效果显著
	电镀金属结合剂  结合强度高, 表层磨粒密度较高, 且均裸露于表面, 故切削刃口锐利, 加工效率高。但由于镀层较薄, 因此使用寿命较短	电镀金属结合剂的磨具多用于成形磨削。电镀金属结合剂还用来制造小磨头、套料刀、切割锯片及修整滚轮等。电镀金属立方氮化硼磨具用于加工各种钢类工件的小孔, 精度高, 效率高, 对小径不通孔的加工效果尤显优越

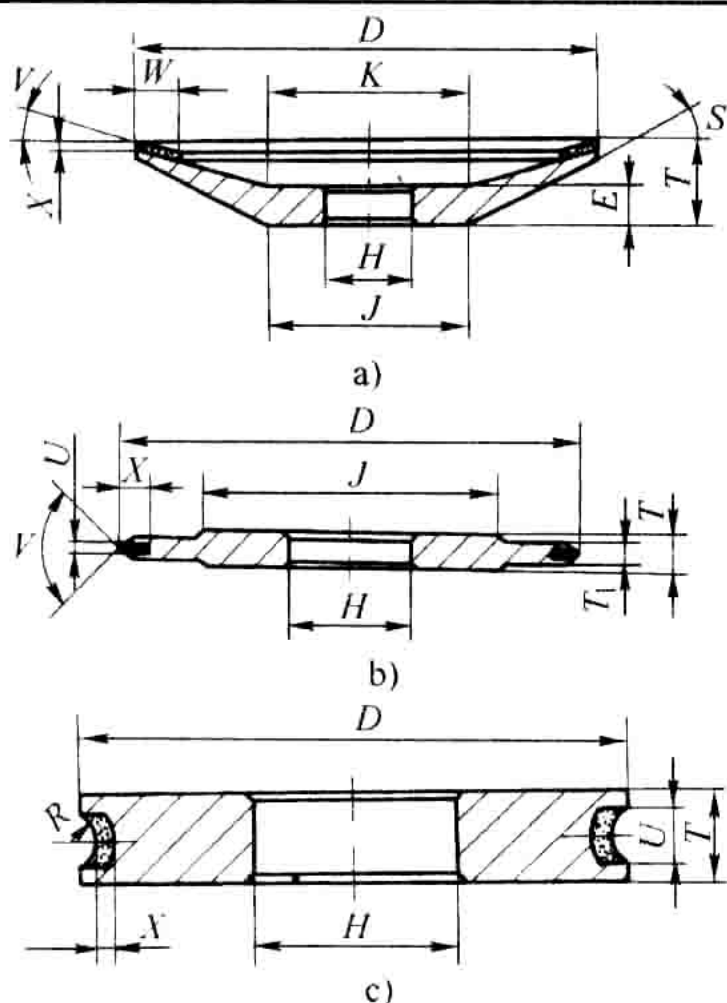
## 4. 浓度代号(表 9-21)

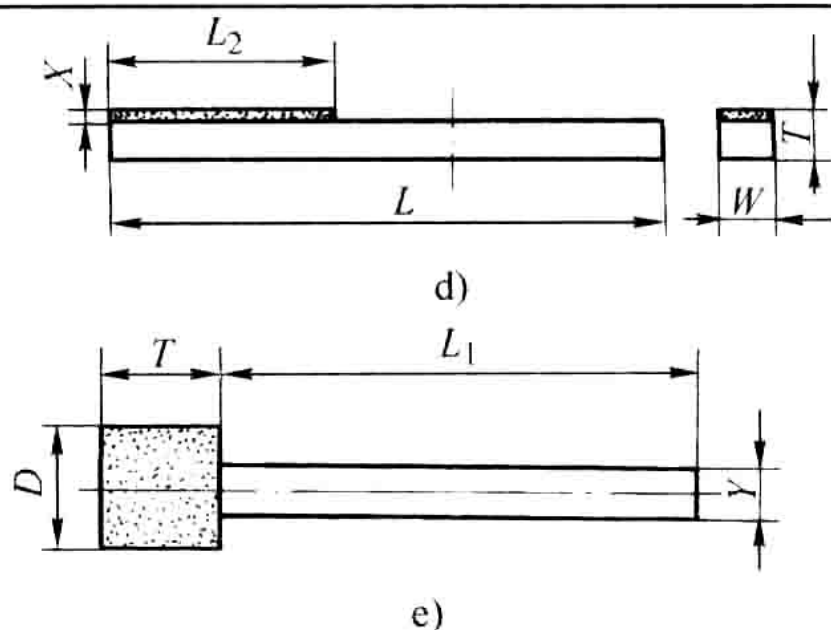
表 9-21 浓度代号(GB/T 6409.1—1994)

代 号	磨料含量/( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	浓 度
25	0.22	25%
50	0.44	50%
75	0.66	75%
100	0.88	100%
150	1.32	150%

注：磨料在磨具中的浓度基础值是 100% 时，等于  $0.88\text{g}/\text{cm}^3$ 。

## 5. 砂轮、磨石及磨头的尺寸代号(表 9-22)

表 9-22 砂轮、磨石及磨头的尺寸代号  
(GB/T 6409.1—1994)



尺寸代号及名称:

$D$ —直径	$E$ —孔处厚度	$V$ —面角(磨料层)
$H$ —孔径	$K$ —凹面直径	$W$ —磨料层宽度
$J$ —台径	$S$ —基体角度	$X$ —磨料层深度
$L$ —柄长	$T$ —总厚度	$Y$ —心轴直径
$L_1$ —轴长	$T_1$ —基体厚度	$R$ —半径
$L_2$ —磨料层长度	$U$ —磨料层厚度	

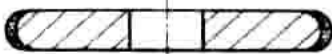
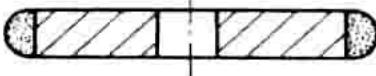

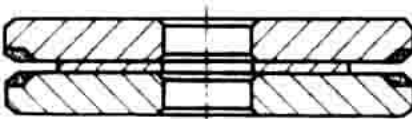
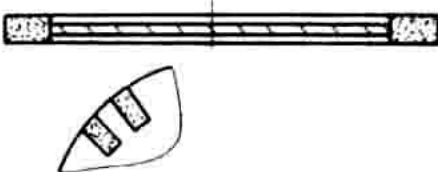
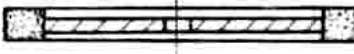
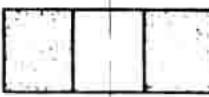
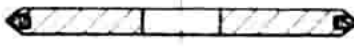
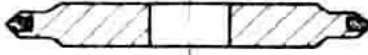
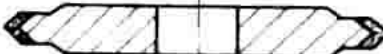
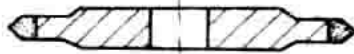

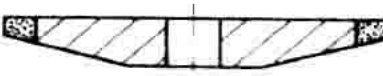
## 6. 砂轮、磨石及磨头形状及代号(表 9-23)

表 9-23 砂轮、磨石及磨头形状及代号




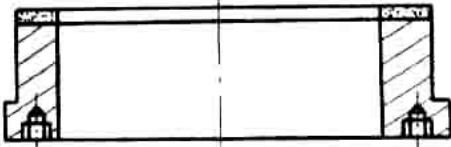
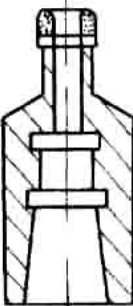
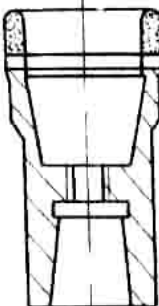
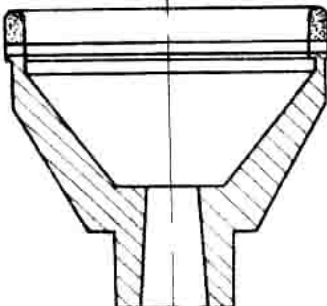
(GB/T 6409.1—1994)

系列	名称	形 状	代号
平行系	平形砂轮		1A1
	平形倒角砂轮		1L1
	平形加强砂轮		14A1

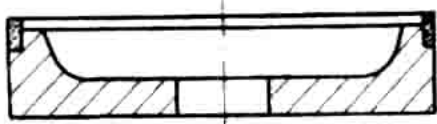
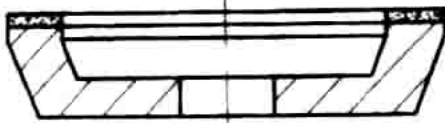
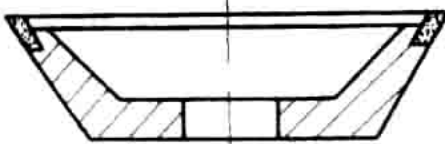
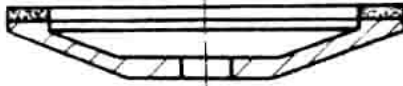
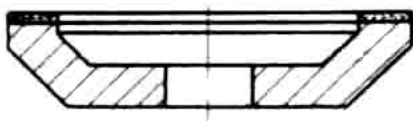

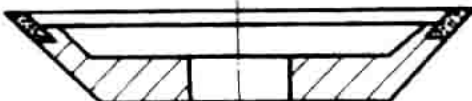


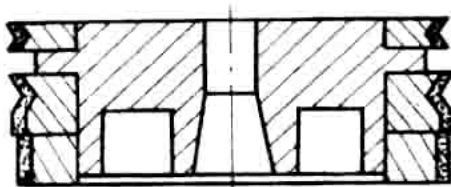
(续)

系列	名称	形 状	代号
平行系	弧形 砂轮		1FF1
			1F1
	平形燕 尾砂轮		1EE1V
	双内斜 边砂轮		1V9
	切割 砂轮		1A6Q
	薄片 砂轮		1A1R
	平形小 砂轮		1A8
	双斜边 砂轮		1E6Q
			14E6Q
			14EE1
			14E1
			1DD1
	单斜边 砂轮		4B1

(续)


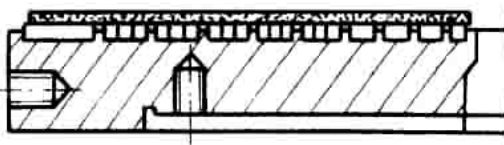
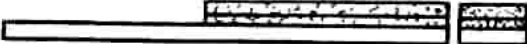
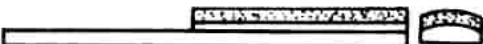


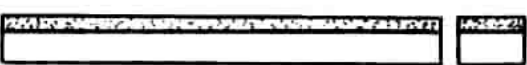

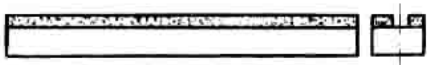
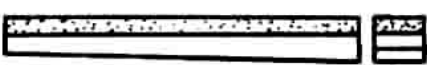
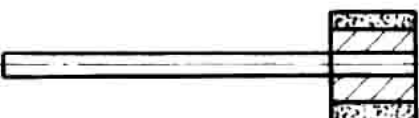
系列	名称	形 状	代号
平行系	单面凹砂轮		6A2
	双面凹砂轮		9A1
			9A3
筒形系	筒形砂轮		6A2T
	筒形 1 号砂轮		2F2/1
	筒形 2 号砂轮		2F2/2
	筒形 3 号砂轮		2F2/3

(续)

系列	名称	形 状	代号
杯 形 系	杯形 砂轮		6A9
	碗形 砂轮		11A2
	碗形 砂轮		11V9
碟 形 系	碟形 砂轮		12A2/20°
			12A2/45°
			12D1
			12V9
			12V2
专 用 加 工 系	磨边 砂轮		1DD6Y
			2EEA1V



(续)

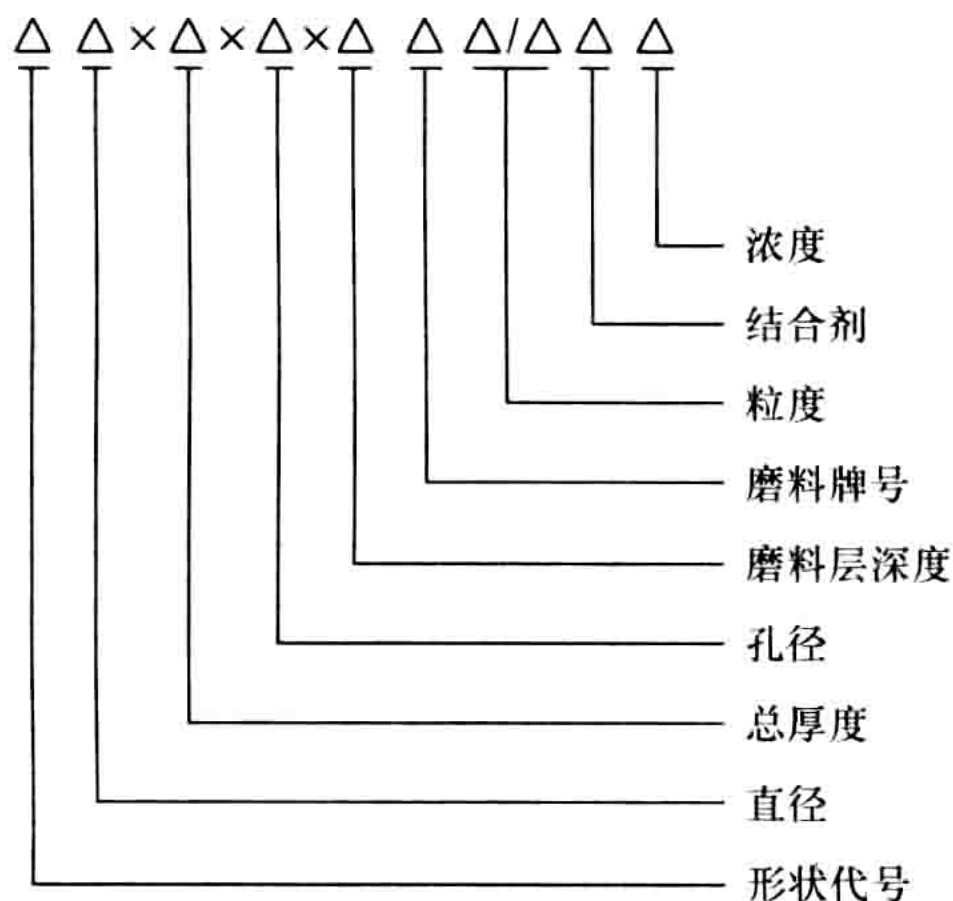
系列	名称	形 状	代号
专用加工系	磨 盘		1A2
			10X6A2T
油 石 类	带柄平 形磨石		HA
	带柄弧 形磨石		HH
	带柄三 角磨石		HEE
	平形带 弧磨石		HMA/1
	平形 磨石		HMA/2
	弧形 磨石		HMH
	平形带 槽磨石		2HMA
	基体带 斜磨石		HMA/S°
磨头类	磨 头		1A1W

注：GB/T 2787—2001 新标准已将油石名词改为磨石。

## 7. 标记示例

超硬磨具及制品的标记，应包括产品形状代号、特征尺寸、磨料牌号和粒度、结合代号、浓度等若干要素，构成完整的产品标记。

### (1) 砂轮

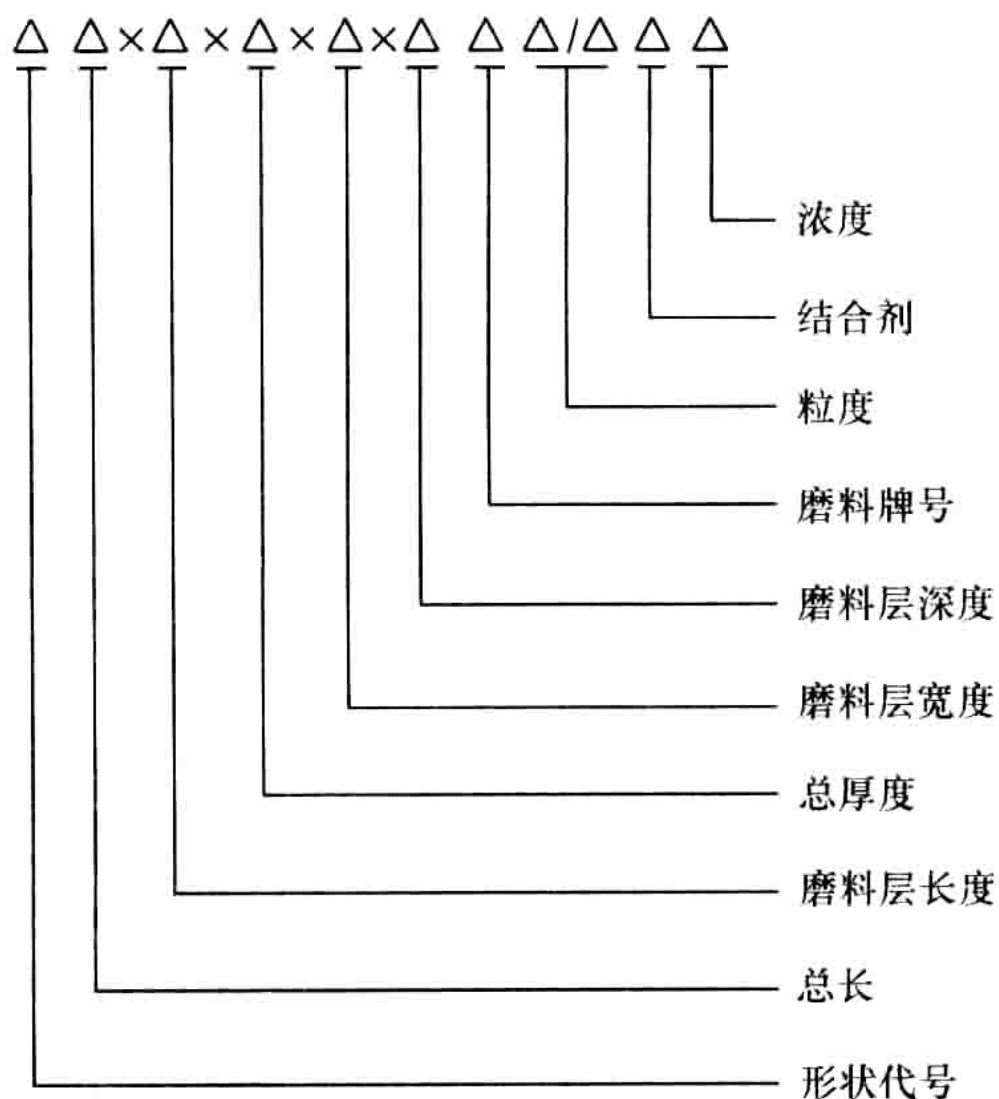


示例：形状代号 1A1、 $D = 50\text{mm}$ 、 $T = 4\text{mm}$ 、 $H = 10\text{mm}$ 、 $X = 3\text{mm}$ 、磨料牌号 RVD、粒度 100/120、结合剂 B、浓度 75 的砂轮标记为：

1A1 50  $\times$  4  $\times$  10  $\times$  3 RVD 100/120 B 75

### (2) 磨石

示例：形状代号 HA、 $L = 150\text{mm}$ 、 $L_2 = 40\text{mm}$ 、 $T = 10\text{mm}$ 、 $W = 10\text{mm}$ 、 $X = 2\text{mm}$ 、磨料牌号 RVD、粒度 120/140、结合剂 B、浓度 75 的磨石标记为：



HA 150 × 40 × 10 × 10 × 2 RVD 120/140 B 75

## 8. 超硬磨料制品形状代号及主要用途 (表 9-24)

表 9-24 超硬磨料制品形状代号及主要用途

名 称	代 号	主要用途
平形砂轮	1A1	外圆、平面、内圆、 无心磨、刃磨、螺纹磨、 电解磨等
平形倒角砂轮	1L1	
平形加强砂轮	14A1	
弧形砂轮	1FF1	
弧形砂轮	1F1	
平形燕尾砂轮	1EE1V	
双内斜边砂轮	1V9	

(续)

名 称	代 号	主要用途
切割砂轮	1A6Q	切非金属材料
薄片砂轮	1A1R	
平形小砂轮	1A8	磨内孔、模具整形
双斜边砂轮	1E6Q	外圆、平面、内圆、 无心磨、刃磨、螺纹磨、 电解磨、磨槽、磨齿等
双斜边砂轮	14E6Q	
双斜边砂轮	14EE1	
双斜边砂轮	14E1	
双斜边砂轮	1DD1	
单斜边砂轮	4B1	
单面凹砂轮	6A2	
双面凹砂轮	9A1	
双面凹砂轮	9A3	
筒形砂轮	6A2T	铣磨光学玻璃平面、 球面、弧面等
筒形 1 号砂轮	2F2/1	
筒形 2 号砂轮	2F2/2	
筒形 3 号砂轮	2F2/3	
杯形砂轮	6A9	刃磨
碗形砂轮	11A2	刃磨、电解磨
碗形砂轮	11V9	磨齿形面
碟形砂轮	12A2/20°	磨铣刀、铰刀、拉刀、 齿轮、齿面、锯齿、端 面磨、平面磨、电解等
碟形砂轮	12A2/45°	
碟形砂轮	12D1	
碟形砂轮	12V9	
碟形砂轮	12V2	
磨边砂轮	1DD6Y	
磨边砂轮	2EEA1V	光学、镜片、玻璃磨 边
磨边砂轮	14A1	
磨边砂轮	2D9	

(续)

名 称	代 号	主要用途
磨边砂轮	9A1	光学、镜片、玻璃磨边
磨边砂轮	1A1	
精磨片	1A8/1	
精磨片	1P8/2	精磨和超精磨光学镜片、玻璃、陶瓷、宝石等
精磨片	1A2/3	
精磨片	1A2/4	
带柄平形油石	HA	修磨硬质合金、钢制模具
带柄弧形油石	HH	
带柄三角油石	HEE	
平行带弧油石	HMA/1	
平形油石	HMA/2	精密珩磨淬火钢、不锈钢、铸铁、渗氮钢等内孔
弧形油石	HMH	
平形带槽油石	2HMA	
基体带斜油石	HMA/S	
磨头	1A1W	雕刻、内孔及复杂面
电镀平头扁锉	CP1	钳工修整工具、模具等
电镀尖头圆锉	CJ1	
电镀尖头方锉	CJ2	
电镀尖头等边三角形锉	CJ3	
电镀尖头圆锉	CJ4	
电镀尖头双边圆扁锉	CJ5	
电镀尖头刀形锉	CJ6	
电镀尖头三角锉	CJ7	
电镀尖头双半圆锉	CJ8	
电镀尖头椭圆锉	CJ9	

### 三、磨 削 方 法

#### 1. 砂轮平衡与修整

(1) 砂轮调整平衡方法(图 9-1)

1) 找出砂轮的重心最下位置点  $A$ 。

2) 在  $A$  点同一直径上的对应点做一记号  $B$ 。

3) 加入平衡块  $C$ ，使  $A$  和  $B$  两点位置不变。

4) 再加入平衡块  $D$ 、 $E$ ，并仍使  $A$  和  $B$  两点位置不变，如有变动可以上下调整  $D$ 、 $E$ ，使  $A$ 、 $B$  两点恢复原位，此时砂轮左右已平衡。

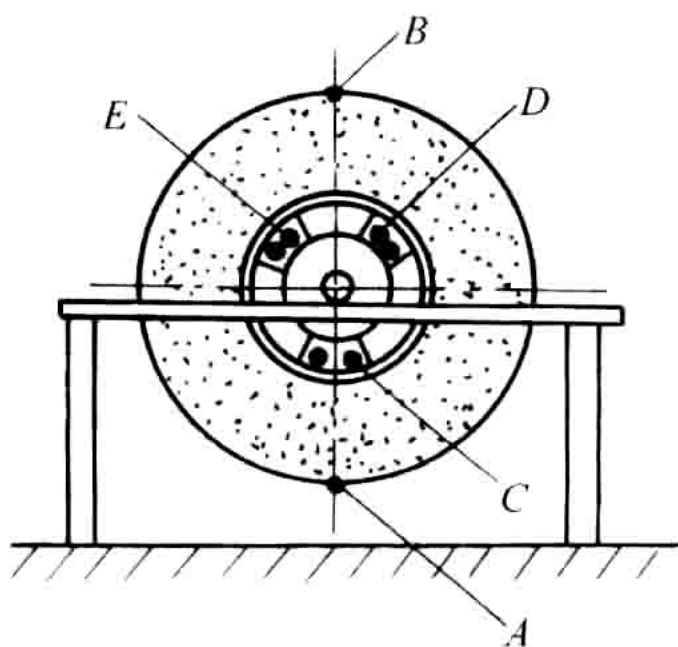


图 9-1 砂轮调整平衡方法

5) 将砂轮转动  $90^\circ$ ，如不平衡，将  $D$ 、 $E$  同时向  $A$  或  $B$  点移动，直到  $A$ 、 $B$  两点平衡为止。

6) 如此调整使砂轮能在任何方位上稳定下来，砂轮就平衡好了。根据砂轮直径的大小检查六个或八个方位即可。

## (2) 砂轮调整静平衡时注意事项

- 1) 平衡架要放水平，特别是纵向方向。
- 2) 将砂轮中的冷却液甩净。
- 3) 砂轮要紧固，法兰盘、平衡块要洗净。
- 4) 砂轮法兰盘内锥孔与平衡心轴配合要紧密，心轴不应弯曲。
- 5) 砂轮平衡后，平衡块应紧固。
- 6) 平衡架最好采用刀口式，因与心轴接触面小，反

应较灵敏。

### (3) 砂轮的修整

1) 修整砂轮的基本原则：砂轮的修整直接关系到工件表面的精度和生产率。因此砂轮的修整是十分重要的。

一般根据工件表面的精度要求、砂轮的性质、工件的材料和加工形式等方面来决定砂轮表面修整的粗细及修整的方法。

表面精度要求高，砂轮修整得要平细。

材料硬、接触面大的，砂轮修整得要粗糙。

粗磨较精磨的砂轮修整得要粗糙。

横向、纵向进给量大时，砂轮表面要粗糙。

横向、纵向进给量小时，砂轮表面要平细。

在高光洁、高精度磨削时需要有适当的空进给。

2) 正确使用金刚石工具：金刚石工具有很高的硬度和耐磨性，因此是修整砂轮的主要工具。为了正确使用这类工具，需注意以下几点：

① 根据砂轮的大小，选择金刚石的大小。金刚石的大小是以克拉(每克拉等于 0.2g 重)为单位。砂轮直径在 100mm 以下时，可选 0.25 克拉的金刚石；在 300 ~ 400mm 时，选 1 克拉的金刚石。

② 金刚石的顶角，一般取  $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$  较为合理，并且应经常保持金刚石的锋利性。

③ 金刚石的安装角度一般取  $10^{\circ}$  (图 9-2)，这样可以保持金刚石的锋利性。

金刚石安装高度要低于砂轮中心 1 ~ 2mm，如果高于砂

轮中心, 会使金刚石产生振动, 影响修整磨粒微刃性和等高性的要求, 而且金刚石尖锋也容易嵌入砂轮。

④ 金刚石刀杆的安装位置, 应使砂轮在修整时与磨削工

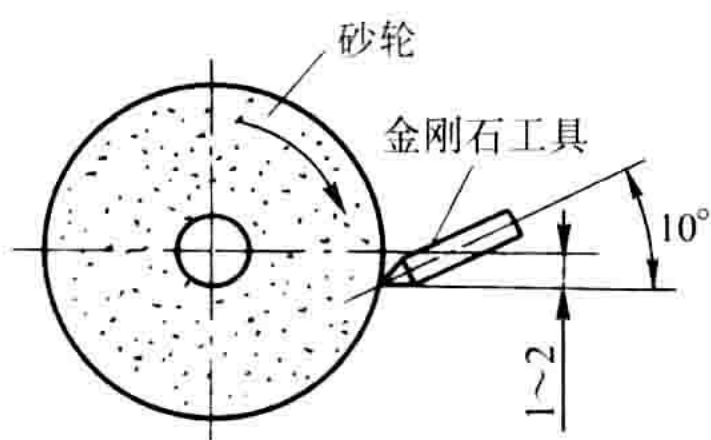


图 9-2 金刚石工具安装角度

件时的位置相同。如果相差太大, 当砂轮架导轨与床身导轨不垂直或本身偏斜, 会使砂轮在磨削时出现单面接触, 影响加工精度。

⑤ 修整时应充分浇注切削液, 同时必须浇注在整个砂轮宽度上。绝对不允许断续地供给切削液, 以免金刚石因骤冷骤热而碎裂。

干磨修整砂轮时, 修几刀后应停顿一下, 使金刚石得以冷却。

## 2. 常用磨削液的组成及使用性能(表 9-25)

表 9-25 常用磨削液的组成及使用性能

名称	组成(质量分数)(%)	使用性能
69-1 乳化液	石油磺酸钡	用于磨削钢与铸铁件时, 乳化液质量分数为 2% ~ 5%
	磺化蓖麻油	
	油酸	
	三乙醇胺	
	氢氧化钾	
	L-AN10 ~ L-AN15 全损耗系统用油	
		余量



(续)

名称	组成(质量分数)(%)		使用性能
NL 乳 化液	石油磺酸钠	36	乳化剂含量高, 低浓度, 为浅色透 明液 用于磨削黑色及有 色金属时, 乳化液质 量分数为 2% ~ 3%
	蓖麻油酸钠皂	19	
	三乙醇胺	6	
	苯骈三氮唑	0.2	
	L-AN10 全损耗系统用油	余量	
防 锈 乳 化液	石油磺酸钠	11 ~ 12	用于磨削黑色金属 及光学玻璃, 加入 0.3% 亚 硝 酸 钠 及 0.5% 碳 酸 钠 于 已 配 好的乳化液中, 可进 一步提高防锈性能 乳化液质量分数 2% ~ 5%
	石油磺酸钡	8 ~ 9	
	环烷酸钠	12	
	三乙醇胺	1	
	L-AN22 全损耗系统用油	余量	
半 透 明 乳化液	石油磺酸钠	39.4	用于精磨, 配制 时可加苯乙醇胺, 质量分数为 2% ~ 3%
	三乙醇胺	8.7	
	油酸	16.7	
	乙酸	4.9	
	L-AN22 全损耗系统用油	余量	
极 压 乳 化液	防锈甘油络合物(硼酸 62 份、甘油 92 份、45% 的氢 氧化钠 65 份)	22.4	有良好的润滑和 防锈性能, 多用于 黑色金属磨削, 乳 化液质量分数为 5% ~ 10%
	硫代硫酸钠	9.4	
	亚硝酸钠	11.7	
	三乙醇胺	7	
	聚乙二醇(分子量 400)	2.5	
	碳酸钠	5	
	水	余量	

(续)

名称	组成(质量分数)(%)	使用性能
420 号 磨削液	甘油 0.5 三乙醇胺 0.4 苯甲酸钠 0.5 亚硝酸钠 0.8 ~ 1 水 余量	用于高速磨削与缓进给磨削, 有时要加消泡剂, 如将甘油换为硫化油酸聚氧乙烯醚可提高磨削效果, 如换为氯化硬脂酸聚氧乙烯醚适于磨 In-738 叶片
3 号 高 负 荷 磨 削液	硫化油酸 30 三乙醇胺 23.3 非离子型表面活性剂 16.7 硼酸盐 5 水 25 消泡剂(有机硅)另加 2.5/1000	具有良好的清洗、冷却等性能有较高的极压性(PK 值 > 2500N) 适用于缓进给强力磨削, 其磨削液质量分数为 1.5% ~ 3%
磨削液	三乙醇胺 17.5 癸二酸 10 聚乙二醇(分子量 400) 10 苯骈三氮唑 2 水 余量	用于磨削黑色金属与有色金属, 不磨铜件, 可不加苯骈三氮唑, 磨削液质量分数为 1% ~ 2%

### 3. 磨外圆

外圆磨削是对工件圆柱形、圆锥形外表面, 多台阶轴外表面及旋转体外曲面进行的磨削。外圆磨削一般能达到  $Ra0.32 \sim 1.25\mu m$  的表面粗糙度值, 加工公差等级为 IT6 ~ IT7。

(1) 磨外圆砂轮的选择(表 9-26)

表 9-26 磨外圆砂轮的选择

加工材料	磨削要求	砂轮的特性			
		磨料	粒度	硬度	结合剂
未淬火的碳钢 及合金钢	粗磨	A	F36 ~ F46	M ~ N	V
	精磨	A	F46 ~ F60	M ~ Q	V
软青铜	粗磨	C	F24 ~ F36	K	V
	精磨	C	F46 ~ F60	K ~ M	V
不锈钢	粗磨	SA	F36	M	V
	精磨	SA	F60	L	V
铸铁	粗磨	C	F24 ~ F36	K ~ L	V
	精磨	C	F60	K	V
纯铜	粗磨	C	F36 ~ F46	K ~ L	B
	精磨	WA	F60	K	V
硬青铜	粗磨	WA	F24 ~ F36	L ~ M	V
	精磨	PA	F46 ~ F60	L ~ P	V
调质的合金钢	粗磨	WA	F40 ~ F60	L ~ M	V
	精磨	PA	F60 ~ F80	M ~ P	V
淬火的碳钢 及合金钢	粗磨	WA	F40 ~ F60	K ~ M	V
	精磨	PA	F60 ~ F100	L ~ N	V
渗氮钢 (38CrMoAlA)	粗磨	PA	F46 ~ F60	K ~ N	V
	精磨	SA	F60 ~ F80	L ~ M	V
高速钢	粗磨	WA	F36 ~ F46	K ~ L	V
	精磨	PA	F60	K ~ L	V
硬质合金	粗磨	GC	F46	K	V
	精磨	SD	F100	K	B

(2) 磨外圆砂轮速度的选择(表 9-27)

表 9-27 磨外圆砂轮速度的选择

砂轮速度/(m/s)	陶瓷结合剂砂轮	≤35
	树脂结合剂砂轮	<50

## (3) 外圆的磨削余量 (表 9-28)

表 9-28 外圆的磨削余量 (直径余量) (单位: mm)

工件 直径	余量 限度	磨削前								粗磨后 精磨前	精磨后 研磨前
		未经热处理的轴				经热处理的轴					
		轴的长度									
		<100	101 ~ 200	201 ~ 400	401 ~ 700	<100	101 ~ 300	301 ~ 600	601 ~ 1000		
≤10	max min	0.20 0.10	— —	— —	— —	0.25 0.15	— —	— —	— —	0.020 0.015	0.008 0.005
11 ~ 18	max min	0.25 0.15	0.30 0.20	— —	— —	0.30 0.20	0.35 0.25	— —	— —	0.025 0.020	0.008 0.006
19 ~ 30	max min	0.30 0.20	0.35 0.25	0.40 0.30	— —	0.35 0.25	0.40 0.30	0.45 0.35	— —	0.030 0.025	0.010 0.007
31 ~ 50	max min	0.30 0.20	0.35 0.25	0.40 0.30	0.45 0.35	0.40 0.25	0.50 0.30	0.55 0.40	0.70 0.50	0.035 0.028	0.010 0.008
51 ~ 80	max min	0.35 0.20	0.40 0.25	0.45 0.30	0.55 0.35	0.45 0.30	0.55 0.35	0.65 0.45	0.75 0.50	0.035 0.028	0.013 0.008
81 ~ 120	max min	0.45 0.25	0.50 0.35	0.55 0.35	0.60 0.40	0.55 0.35	0.60 0.40	0.70 0.45	0.80 0.45	0.040 0.032	0.014 0.010
121 ~ 180	max min	0.50 0.30	0.55 0.35	0.60 0.40	— —	0.60 0.40	0.70 0.50	0.80 0.55	— —	0.045 0.038	0.016 0.012
181 ~ 260	max min	0.60 0.40	0.60 0.40	0.65 0.45	— —	0.70 0.50	0.75 0.55	0.85 0.60	— —	0.050 0.040	0.020 0.015

4. 磨内圆

内圆磨削是对工件圆柱孔、圆锥孔、孔端面 and 特殊形状内孔表面进行的磨削。内圆磨削一般能达到  $Ra0.02 \sim 0.01\mu\text{m}$  的表面粗糙度值，加工公差等级为 IT6 ~ IT7。

(1) 磨内圆砂轮的选择(表 9-29)

表 9-29 磨内圆砂轮的选择

(1)磨内圆砂轮直径的选择			
被磨孔的 直径/mm	砂轮直径 /mm	被磨孔的 直径/mm	砂轮 直径/mm
12 ~ 17	10	45 ~ 55	40
17 ~ 22	15	55 ~ 70	50
22 ~ 27	20	70 ~ 80	65
27 ~ 32	25	80 ~ 100	75
32 ~ 45	30	100 ~ 125	85

(2)磨内圆砂轮宽度的选择

磨削长度/mm	14	30	45	> 50
砂轮宽度/mm	10	25	32	40

(3)磨内圆砂轮的选择

加工材料	磨削要求	砂轮的特性			
		磨料	粒度	硬度	结合剂
未淬火碳素钢	粗磨	A	F24 ~ F46	K ~ M	V
	精磨	A	F46 ~ F60	K ~ N	V

(续)

(3) 磨内圆砂轮的选择

加工材料	磨削要求	砂轮的特性			
		磨料	粒度	硬度	结合剂
铝	粗磨	C	F36	K ~ L	V
	精磨	C	F60	L	V
铸铁	粗磨	C	F24 ~ F36	K ~ L	V
	精磨	C	F46 ~ F60	K ~ L	V
纯铜	粗磨	A	F16 ~ F24	K ~ L	V
	精磨	A	F24	K ~ M	B
硬青铜	粗磨	A	F16 ~ F24	J ~ K	V
	精磨	A	F24	K ~ M	V
调质合金钢	粗磨	A	F46	K ~ L	V
	精磨	WA	F60 ~ F80	K ~ L	V
淬火碳钢 及合金钢	粗磨	WA	F46	K ~ L	V
	精磨	PA	F60 ~ F80	K ~ L	V
渗氮钢	粗磨	WA	F46	K ~ L	V
	精磨	SA	F60 ~ F80	K ~ L	V
高速钢	粗磨	WA	F36	K ~ L	V
	精磨	PA	F24 ~ F36	M ~ N	B

(2) 磨内圆砂轮速度的选择(表 9-30)

表 9-30 磨内圆砂轮速度的选择

砂轮直径/mm	<8	9~12	13~18	19~22	23~25	26~30	31~33	34~41	42~49	>50
磨钢、铸铁时的速度/(m/s)	10	14	18	20	21	23	24	26	27	30

(3) 内圆的磨削余量 (表 9-31)

表 9-31 内圆的磨削余量 (直径余量) (单位: mm)

孔径 范围	余量 限度	最后磨削前										粗磨后 精磨前
		未经淬火的孔					经淬火的孔					
		孔长										
		<50	50 ~ 100	100 ~ 200	200 ~ 300	<50	50 ~ 100	100 ~ 200	200 ~ 300			
≤10	max min	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0.020 0.015	
11 ~ 18	max min	0.22 0.12	0.25 0.13	— —	— —	0.25 0.15	0.28 0.18	— —	— —	— —	0.030 0.020	
19 ~ 30	max min	0.28 0.15	0.28 0.15	— —	— —	0.30 0.18	0.30 0.22	0.35 0.35	— —	— —	0.040 0.030	
31 ~ 50	max min	0.30 0.15	0.30 0.15	0.35 0.20	— —	0.35 0.20	0.35 0.25	0.40 0.28	— —	— —	0.050 0.040	
51 ~ 80	max min	0.30 0.15	0.32 0.18	0.35 0.20	0.40 0.25	0.40 0.25	0.40 0.28	0.45 0.30	0.50 0.35	— —	0.060 0.050	

(续)

孔径 范围	余量 限度	最后磨削前										粗磨后 精磨前
		未经淬火的孔					经淬火的孔					
		孔长										
		<50	50 ~ 100	100 ~ 200	200 ~ 300	<50	50 ~ 100	100 ~ 200	200 ~ 300			
81 ~ 120	max min	0.37 0.20	0.40 0.20	0.45 0.25	0.50 0.30	0.50 0.30	0.50 0.30	0.55 0.35	0.60 0.40	0.60 0.40	0.070 0.050	
121 ~ 180	max min	0.40 0.25	0.42 0.25	0.45 0.25	0.50 0.30	0.50 0.30	0.55 0.35	0.60 0.40	0.65 0.45	0.70 0.50	0.080 0.060	
181 ~ 260	max min	0.45 0.25	0.48 0.28	0.50 0.30	0.55 0.35	0.60 0.40	0.65 0.45	0.70 0.50	0.75 0.55	0.75 0.55	0.090 0.065	

注：表中推荐的数据适合成批生产，如果要求有完整的工艺装备和合理的工艺规程，可根据具体情况选用。

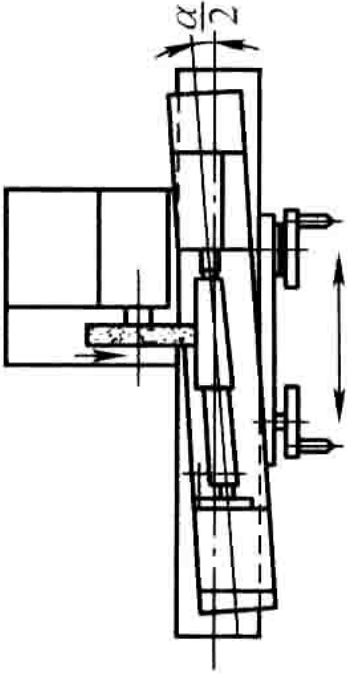
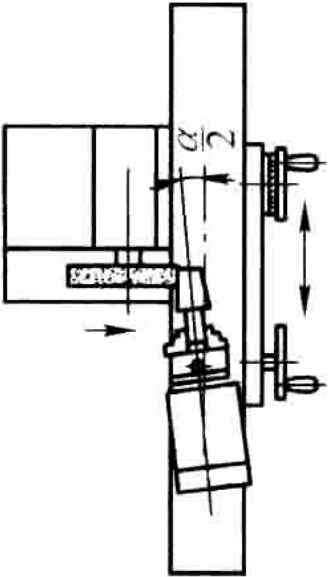
## 5. 磨圆锥面

磨削圆锥面时，一般要使工件旋转轴线相对于工作台运动方向偏斜一个圆锥半角，即圆锥素线与圆锥轴线之间的夹角 ( $\alpha/2$ )。这是外圆锥磨削和内圆锥磨削共同的特点。

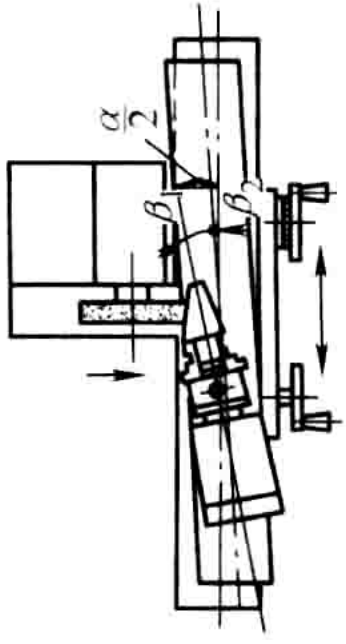
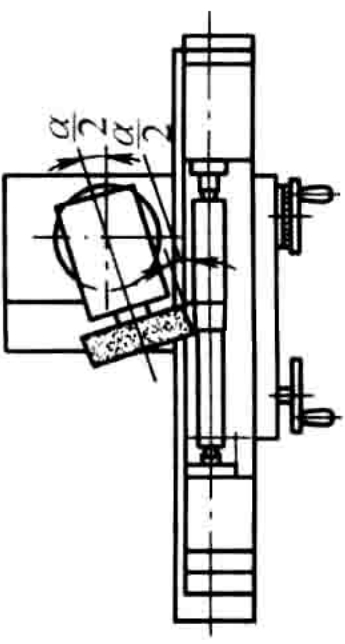
(1) 外圆锥面的磨削 外圆锥面一般在外圆磨床或万能外圆磨床上磨削，根据工件形状和锥 (角) 度的大小不同，采用不同的方法 (表 9-32)。



表 9-32 外圆锥面磨削的几种方法

磨削方法	图 示	说 明
工作台转动磨削外圆锥面		<p>这种方法适用于锥度不大的外圆锥面。磨削时，把工件装夹在两顶尖之间，将上工作台（工件圆锥半角）转过 <math>\alpha/2</math>（工件圆锥半角）即可磨削。一般采用纵磨法。工作台上转动角度（标尺右边的刻度），左边的刻度为相应角度的十分之一，并调整在顶尖距为 1m 的外圆磨床上，工作顺时针回转角度一般为 <math>6^\circ \sim 9^\circ</math>，磨削圆锥角小于 <math>12^\circ \sim 18^\circ</math> 的外圆锥面。这种方法装夹工件简单，机床调整方便，精度容易保证。</p>
头架转动磨削外圆锥面		<p>当工件的圆锥半角超过工作台上工作台所允许的圆锥半角时，可采用把工件转动回来磨削。此法是将工件装夹在头架座上，将头架座转过 <math>\alpha/2</math> 即可磨削。但是，必须经过试磨，确定角度值，才能进行磨削。这种方法精度较高，但调整较麻烦。</p>

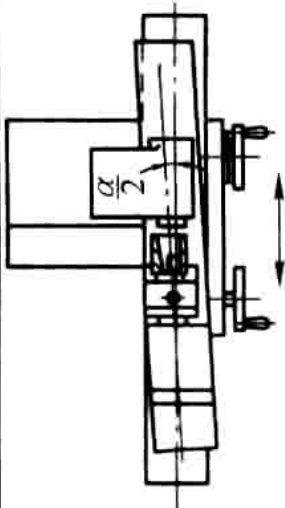
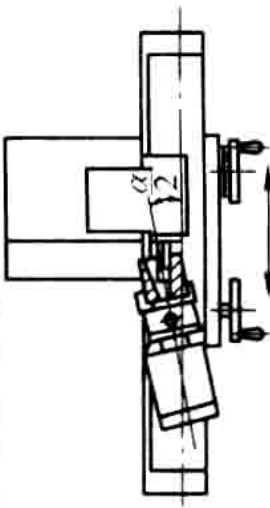
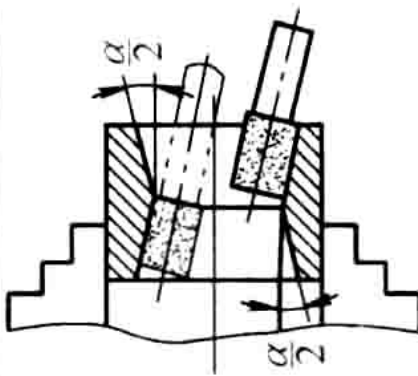
(续)

磨削方法	图 示	说 明
同时转动工作台和头圆锥面		<p>当采用转动头架磨外圆锥面时,有时遇到工件伸出较长,或外圆锥较大,砂轮架已退到极限位置,工件与砂轮相碰不能磨削,如果距离又不多时,可采用这种方法,即把上工作台逆时针偏移一个角度<math>\beta_2</math>,使头架转动角度比原来小些,这样工件相对就退出了。这时头架转动的角度<math>\beta_1</math>跟工作台转过的角度<math>\beta_2</math>之和应等于<math>\alpha/2</math></p>
转动砂轮架磨外圆锥面		<p>这种方法适用于磨削锥度较大而又较长的工件。砂轮架应转过<math>\alpha/2</math>,磨削时必须注意工作台不能作纵向进给,只能用砂轮的横向进给来进行磨削。当工件圆锥素线长度大于砂轮的宽度时,只能用分段接刀的方法进行磨削,修整砂轮时必须将砂轮架转回到“零位”,这样来回调整比较麻烦。而且磨削时工作台不能纵向运动,这样会影响加工精度和表面粗糙度值,所以一般情况下很少采用</p>

(2) 内圆锥面的磨削 内圆锥面一般在内圆磨床或万能外圆磨床上磨削。磨内

圆锥的原理与磨外圆锥的原理相同，常用的几种方法见表 9-33。

表 9-33 内圆锥面磨削的几种方法

磨削方法	图 示	说 明
转动工 作台磨内 圆锥面		将工作台转过 $\alpha/2$ 。工作台纵向往复运动，砂轮作横向进给 这种方法仅限于磨削圆锥角小于 $18^\circ$ （因受工作台转角的限制）且较长的内圆锥面
转动头 架磨内圆 锥面		将头架转过 $\alpha/2$ （工件圆锥半角）。工作台纵向往复运动，砂轮作微量横向进给 这种方法适用于锥度较大、长度较短的内圆锥面
转动头 架磨内圆 锥面		若工件两端有左右对称的内圆锥时，先把外端内圆锥面磨削正确，不变动头架的角度，将内圆砂轮摇向对面，再磨削里面的一个内圆锥。这样可以保证两内圆锥的同轴度

## 6. 磨平面

在平面磨床上磨削平面，精度一般可达公差等级 IT6 ~ IT7，表面粗糙度为  $Ra0.63 \sim 0.16\mu\text{m}$ 。精密平面磨床，磨削表面粗糙度可达  $Ra0.1\mu\text{m}$ ，平行度误差在 1000mm 长度内为 0.01mm。

### (1) 磨平面砂轮的选择(表 9-34)

表 9-34 磨平面砂轮的选择

工件材料		非淬火 碳素钢	调质 合金钢	淬火碳素钢、 合金钢	铸铁
砂轮 的特性	磨料	A	A	WA	C
	粒度	F36 ~ F46	F36 ~ F46	F36 ~ F46	F36 ~ F46
	硬度	L ~ N	K ~ M	J ~ K	K ~ M
	组织	5 ~ 6	5 ~ 6	5 ~ 6	5 ~ 6
	结合剂	V	V	V	V

### (2) 磨平面砂轮速度的选择(表 9-35)

表 9-35 磨平面砂轮速度的选择

磨削形式	工件材料	粗磨/(m/s)	精磨/(m/s)
圆周磨削	灰铸铁	20 ~ 22	22 ~ 25
	钢	22 ~ 25	25 ~ 30
端面磨削	灰铸铁	15 ~ 18	18 ~ 20
	钢	18 ~ 20	20 ~ 25

### (3) 平面的磨削余量(表 9-36)

表 9-36 平面的磨削余量 (单位: mm)

加工性质	加工面长度	加工面宽度					
		$\leq 100$		$> 100 \sim 300$		$> 300 \sim 1000$	
		余量	公差	余量	公差	余量	公差
零件在装置 时未经校准	$\leq 300$	0.3	0.1	0.4	0.12	—	—
	$> 300 \sim 1000$	0.4	0.12	0.5	0.15	0.6	0.15
	$> 1000 \sim 2000$	0.5	0.15	0.6	0.15	0.7	0.15

(续)

加工性质	加工面长度	加工面宽度					
		≤100		>100 ~ 300		>300 ~ 1000	
		余量	公差	余量	公差	余量	公差
零件装置在 夹具中或用 指示表校准	≤300	0.2	0.1	0.25	0.12	—	—
	>300 ~ 1000	0.25	0.12	0.3	0.15	0.4	0.15
	>1000 ~ 2000	0.3	0.15	0.4	0.15	0.4	0.15

- 注：1. 表中数值系每一加工面的加工余量。
2. 如几个零件同时加工时，长度及宽度为装置在一起的各零件尺寸(长度或宽度)及各零件间的间隙之总和。
3. 热处理的零件磨削的加工余量系将表中数值乘以 1.2。
4. 磨削的加工余量和公差用于有公差的表面的加工，其他尺寸按照自由尺寸的公差进行加工。

7. 薄片工件的磨削

薄片工件的磨削比较困难，因为这类工件热处理容易变形，而且磨削时弹性变形大，原有的变形和凹凸不平不容易磨去，特别在横向进给方向容易翘曲，并随着磨削用量的增加而趋于严重，其翘曲方向基本上都是凹面在砂轮一边(图 9-3a)。

另外，磨削时的微小振动会使工件表面产生波纹，使表面粗糙度值变大。为保证磨

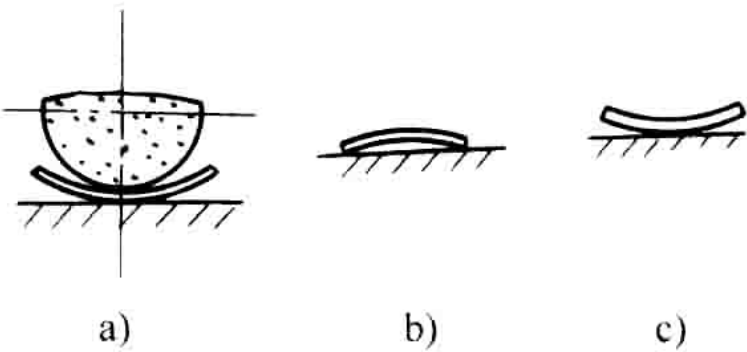


图 9-3 薄片工件的磨削

削质量，首先应在车、刨、铣加工时严格保证平面的各项精度要求，然后按下述方法进行磨削。

1) 应选择硬度较低、粒度较粗、组织疏松的白刚玉砂轮进行磨削。

2) 为了防止翘曲变形，应分几次装夹，从两面交替磨去相同的金属层。这样依次磨削，可使工件的翘曲变形限制在允许的范围内。

3) 为了保证薄片工件两面的平行性，可将凸面放在上面(图 9-3b)，磨削到平直，再翻转工件磨削另一面。这样多次翻转，两面交替磨削，可使工件保持平行。

4) 磨削时，为了减少行程次数，可将工件凹面向上(图 9-3c)。磨削第一面时，磨削用量选大些，利用强力磨削使工件平直。

5) 如果两平面要求精度高时，可在吸盘和工件之间垫一薄油毛毡或呢料，以减少对工件的磁力。

6) 要获得精确的平面，可停止横向进给，磨削到不见火花为止。

## 8. 细长轴的磨削

磨削细长轴时，由于让刀和弹性弯曲变形，工件易产生腰鼓形、细腰形、锥形、椭圆形和不同轴等几何形状误差，因此磨削时应注意以下几点：

1) 要保证两顶尖的同轴度、床面斜度等。顶尖孔要干净。工件不宜顶得太紧，顶尖孔应有良好的润滑。

2) 磨空心工件时，工件装到心轴后没加工完不得卸下来。

3) 砂轮要选粒度粗一些, 硬度低一些, 组织松一些, 宽度窄一些的, 以减小磨削力, 而且磨削的背吃刀量要小, 尤其要控制精磨的磨削的背吃刀量, 必要时可空磨几次。

4) 工件较长, 而要求精度高时, 应加托架支承。托架数目应根据工件长度和直径确定(表 9-37), 并使支承中心与工件中心线相重合。工件与托架在接触表面应首先磨出或装上专用套筒, 以保证安装精度。

表 9-37 托架数目选择

工件直径 /mm	工 件 长 度 /mm										
	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1500	1800	2100
	托 架 数 目										
< 20	1	2	3	4	5	6	7	—	—	—	—
20 ~ 25	—	1	2	3	4	5	6	7	—	—	—
26 ~ 35	—	1	2	3	4	4	5	7	—	—	—
36 ~ 50	—	—	1	2	2	3	3	4	5	7	—
51 ~ 60	—	—	1	1	2	2	2	3	4	5	6
61 ~ 75	—	—	1	1	2	2	2	2	3	4	5
76 ~ 100	—	—	—	1	1	1	2	2	3	4	5
101 ~ 125	—	—	—	1	1	1	2	2	2	3	4
126 ~ 150	—	—	—	1	1	1	1	1	2	2	3
151 ~ 200	—	—	—	—	1	1	1	1	2	2	3
201 ~ 250	—	—	—	—	—	1	1	1	1	2	2
251 ~ 300	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	2

5) 为降低工件的椭圆度, 可采用双拨杆拨盘。

6) 要经常修整砂轮, 减小磨削时的径向分力。

## 9. 刀具刃磨



## (1) 刀具刃磨的砂轮选择

1) 刀具刃磨时砂轮的选择(表 9-38)。

表 9-38 刀具刃磨时砂轮的选择

刀具名称	刃磨部位	刀具材料	选用砂轮的参数
铰刀	磨前刀面	高速钢	WAF60 ~ F80J ~ KV
		硬质合金	GCF100 ~ F120H ~ JV
	磨前锥刃和 圆周刃后角	高速钢	WAF60 ~ F80J ~ KV
		硬质合金	GCF100H ~ JV
立铣刀	磨圆周齿及 端面齿前刀面	高速钢	WAF80 ~ F120J ~ KV
		硬质合金	GCF80 ~ F120J ~ KV
	磨圆周齿及 端面齿后刀面	高速钢	WAF80J ~ KV
		硬质合金	GCF100 ~ F120HV
圆柱形 铣刀	磨前刀、后 刀面	高速钢	WAF60 ~ F70KV
套式面 铣刀	磨圆周刃、 端面刃和主切 削刃后角	高速钢	WAF46H ~ JV
		硬质合金	GCF100HV
三面刃 铣刀	磨圆周齿前 刀面	高速钢	WAF60 ~ F80H ~ JV
		硬质合金	GCF100H ~ JV
	磨端面齿后 角、副偏角和 圆周齿后角	高速钢	WAF60 ~ F80J ~ KV
		硬质合金	GCF100H ~ JV
镶硬质 合金三面 刃铣刀	磨圆周齿、 端面齿后角、 端面齿副偏角 和 45° 过渡刃	硬质合金	GCF46H ~ JV



(续)

刀具名称	刃磨部位	刀具材料	选用砂轮的参数
切口铣刀和细齿锯片铣刀	磨前、后刀面	高速钢	WAF46 ~ F80KV
		硬质合金	GCF100 ~ F120HV
镶齿圆锯片	磨前、后刀面	高速钢	WAF46 ~ F70J ~ KV
角度铣刀	磨斜面刃前角和后角	高速钢	WAF60 ~ F80K ~ LA
齿轮滚刀	磨前刀面 (模数 7 ~ 30mm 铲齿)	高速钢	WAF46HV
	磨前刀面 (模数 > 10mm)	高速钢	WAF60 ~ F70HV
	磨前刀面 (模数 > 1mm)	硬质合金	金刚石砂轮
插齿刀	粗、精磨前刀面	高速钢	WAF60 ~ F80H ~ KV ~ B
	磨后刀面		WAF80 ~ F100J ~ KV
齿轮铣刀	磨前刀面 (模数 < 1mm)	高速钢	WAF80KV
	磨前刀面 (模数 > 1mm)		WAF46 ~ F70H ~ JV
圆拉刀	磨后刀面	高速钢	WAF60 ~ F70J ~ LV
	粗磨前刀面		WAF60 ~ F80J ~ KV
	精磨后刀面		GCF150K ~ LB

(续)

刀具名称	刃磨部位	刀具材料	选用砂轮的参数
花键拉刀	粗磨前刀面	高速钢	WAF60 ~ F80J ~ KV
	精磨前刀面		GCF150K ~ LB
键槽拉刀	粗磨前刀面	高速钢	WAF60 ~ F70KV
	精磨前刀面		GCF120JB

2) 刃磨一般刀具时砂轮形状与外径的选择 (表 9-39)。

(2) 砂轮和支片安装位置的确定 (表 9-40)

(3) 刀具刃磨的方法 (表 9-41)

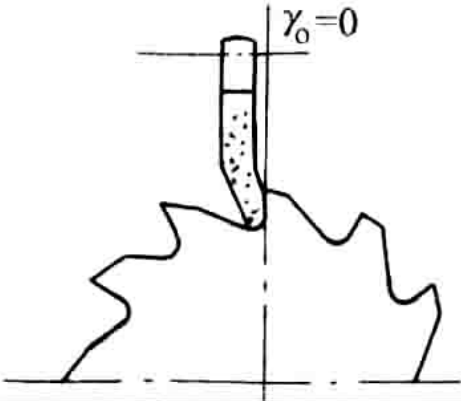
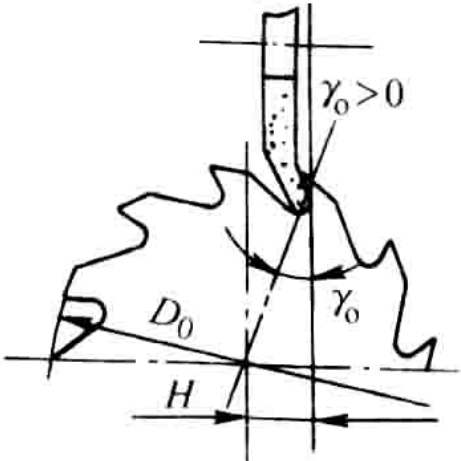
**表 9-39 刃磨一般刀具时砂轮形状与外径的选择**

刃磨部位	形状与外径	刃磨范围	说 明
刃磨前面	小角度单斜边砂轮 (3) 碟形一号砂轮 (12a) 外 径 $\phi 150\text{mm}$	用于各种铲齿刀具、铰刀、立铣刀、面铣刀、角度铣刀、槽铣刀、圆柱形铣刀、拉刀、三面刃铣刀等	1) 当磨不到槽根时应改用外径 $\phi 50 \sim \phi 75\text{mm}$ 的小砂轮 2) 刃磨螺旋槽或斜槽刀具的前角, 应在砂轮斜面上磨削 3) 刃磨直槽刀具的前角, 在砂轮的斜面或平面上磨削都可以
	平形砂轮 (1)	用于刃磨车刀、钻头、插齿刀等	在刃磨插齿刀前面时, 砂轮的直径要小于前面锥形的曲率半径

(续)

刃磨部位	形状与 外径	刃磨范围	说 明
刃磨后面	碗形砂轮 (11) 杯形砂轮 (6) 外 径 $\phi 75 \sim \phi 125 \text{ mm}$	用于各种铰刀、立铣刀、面铣刀、T形槽铣刀、镶齿铣刀、圆柱形铣刀、三面刃铣刀等	磨削细齿刀具时, 砂轮外径应减小至 $\phi 100$ 以内, 并需把砂轮外径调整到刀具的中心线以下, 否则会产生磨坏邻齿的情况

表 9-40 砂轮和支片安装位置的确定

磨削方式	砂轮形状	图 示	说 明
前角的刃磨	用碟形砂轮		刃磨前角 $\gamma_0 = 0^\circ$ 时, 砂轮平面的延长线应通过刀具中心
			刃磨前角 $\gamma_0 > 0^\circ$ 时, 砂轮平面应偏移刀具轴线一距离 $H$ $H = \frac{D_0}{2} \sin \gamma_0$ $D_0$ ——铣刀直径 (mm)

(续)

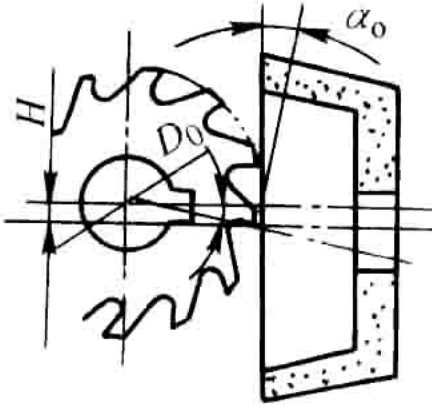
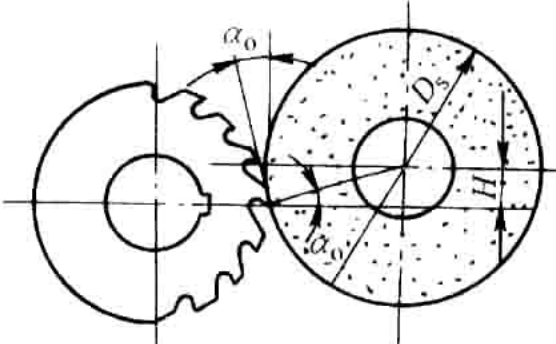
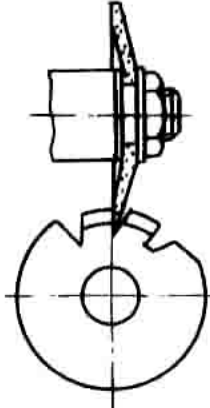
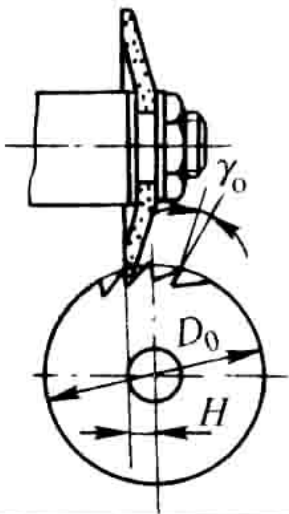
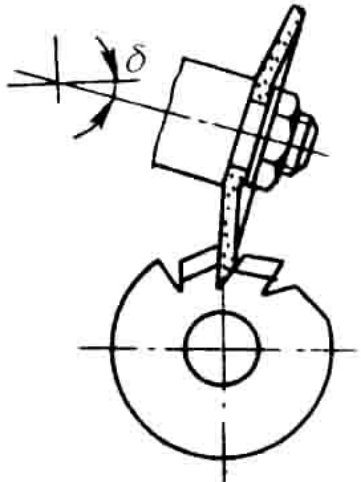
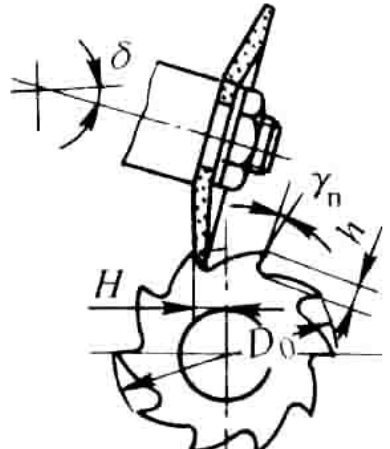
磨削方式	砂轮形状	图 示	说 明
后角的刃磨	用杯形或碟形砂轮		<p>支片顶端相对刀具中心应下降 <math>H</math> 值</p> $H = \frac{D_0}{2} \sin \alpha_0$ <p>或 <math>H = 0.087 D \alpha_0</math></p> <p><math>\alpha_0</math>——刀具后角 (<math>^\circ</math>)</p> <p><math>D_0</math>——铣刀直径 (mm)</p>
	用平形砂轮		<p>砂轮轴线应高于刀具轴线 <math>H</math> 值</p> $H = \frac{D_s}{2} \sin \alpha_0$ <p><math>\alpha_0</math>——刀具后角 (<math>^\circ</math>)</p> <p><math>D_s</math>——砂轮直径 (mm)</p>

表 9-41 刀具刃磨的方法

## 铣刀刃磨

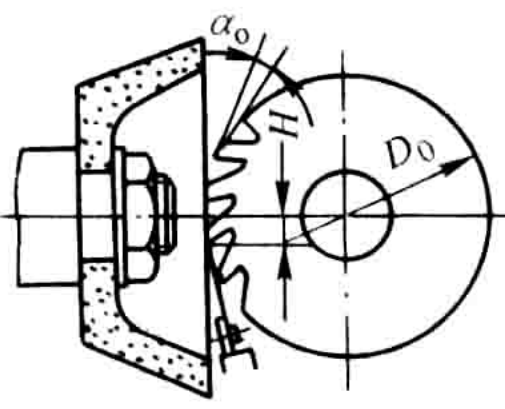
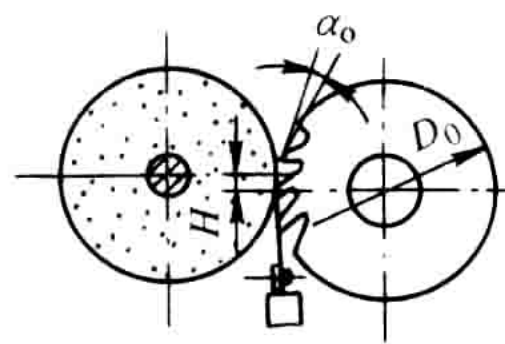
刃磨部位	说 明
前刀面	<p>1) 用于磨削前角 <math>\gamma_0 = 0^\circ</math> 的直齿三面刃铣刀及铲齿成形铣刀等</p> <p>2) 磨削时砂轮平面通过铣刀轴线</p> 

(续)

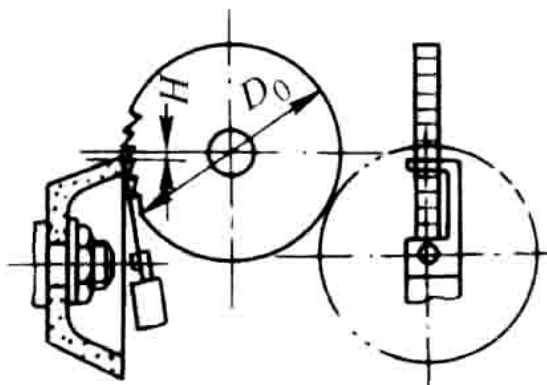
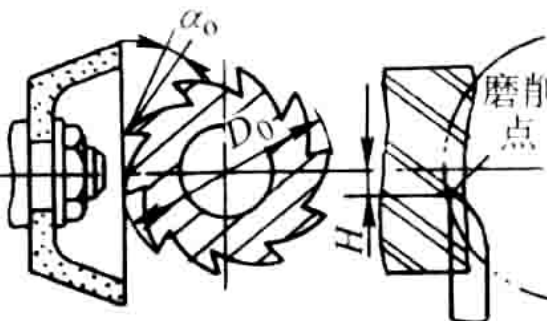
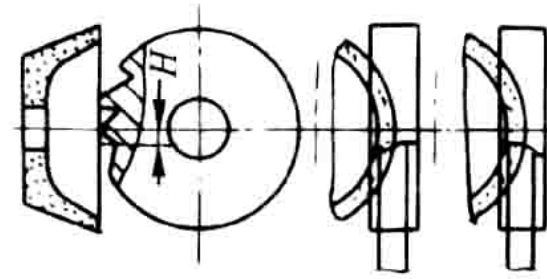
铣刀刃磨	
刃磨部位	说 明
前刀面	<div><div><div>1) 用于磨削前角 <math>\gamma_o &gt; 0^\circ</math> 的直齿三面刃铣刀、槽铣刀、角度铣刀等</div><div>2) 磨削时, 砂轮平面偏离铣刀轴线一个距离 <math>H</math></div><div><math display="block">H = \frac{D_0}{2} \sin \gamma_o</math></div><div>式中 <math>D_0</math>——铣刀外径 (mm)</div><div><math>\gamma_o</math>——铣刀刀齿前角 (<math>^\circ</math>)</div></div><div></div></div>
	<div><div><div>1) 用于磨削法向前角 <math>\gamma_n = 0^\circ</math> 的斜齿 (或螺旋齿) 铣刀</div><div>2) 磨削时砂轮斜面的延长线应通过铣刀轴线</div><div>3) 砂轮轴线自水平面向下扳一个等于砂轮斜角 <math>\delta</math> 的倾角</div><div>4) 砂轮轴线在水平面回转一个 <math>\varphi</math> 角, 使砂轮的磨削平面平行于刀齿前刀面</div><div><math display="block">\varphi = \beta</math></div><div><math>\beta</math>——铣刀的斜角 (或螺旋角)</div></div><div></div></div>
	<div><div><div>1) 用于磨削法向前角 <math>\gamma_n &gt; 0^\circ</math> 的斜齿或螺旋齿铣刀</div><div>2) 磨削时砂轮轴线在水平面向下扳一个等于砂轮斜角的倾角 <math>\delta</math>, 并回转一个 <math>\varphi</math> 角, 其大小等于刀齿的螺旋角 <math>\beta</math></div></div><div></div></div>

(续)

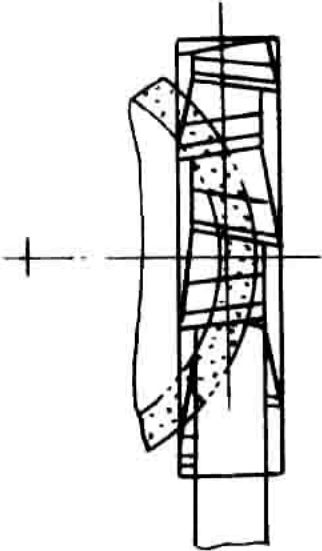
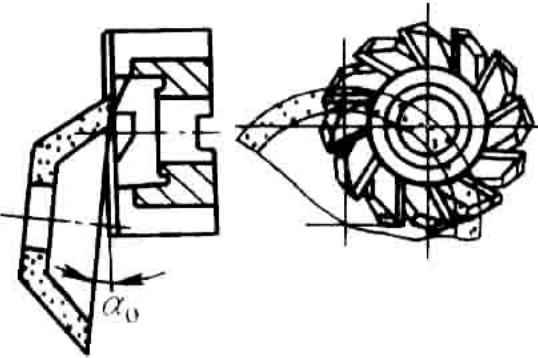
## 铣刀刃磨

刃磨部位	说 明
前刀面	<p>3) 砂轮斜面的磨削平面偏离铣刀中心一个距离 <math>H</math></p> $H = \frac{D_0}{2} \frac{1}{\cos^2 \beta} \sin (\delta + \gamma_n) - h \sin \delta$ <p>式中 <math>D_0</math>——铣刀直径 (mm)  <math>\beta</math>——铣刀斜角 (或螺旋角) (<math>^\circ</math>)  <math>\delta</math>——砂轮斜角 (<math>^\circ</math>)  <math>\gamma_n</math>——铣刀法向前角 (<math>^\circ</math>)  <math>h</math>——铣刀刀齿高度</p>
后刀面	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>1) 用于磨削粗齿直齿铣刀</p> <p>2) 用碗形 (或杯形) 砂轮的端面进行磨削</p> <p>3) 砂轮与铣刀在同一轴线上</p> <p>4) 支片低于铣刀轴线高度 <math>H</math></p> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;">  <p><math>\alpha_0</math>—后角</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="flex: 1;"> <p>1) 用于磨削粗齿直齿铣刀</p> <p>2) 用平形砂轮外圆进行磨削</p> <p>3) 砂轮轴线高于铣刀轴线高度 <math>H</math></p> <p>4) 支片支撑在铣刀轴线高度上</p> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;">  </div> </div>

## 铣刀刃磨

刃磨部位	说 明
	<p>1) 用于磨削细齿直齿铣刀</p> <p>2) 用碗形砂轮端面进行磨削</p> <p>3) 砂轮轴线低于铣刀轴线, 并使砂轮外径接近铣刀刀齿后面</p> <p>4) 采用细齿支片, 使支片低于铣刀轴线高度 <math>H</math></p> 
后刀面	<p>1) 用于斜齿 (或螺旋齿) 铣刀磨削</p> <p>2) 用碗形 (或杯形) 砂轮端面进行磨削</p> <p>3) 支片低于铣刀轴线高度 <math>H</math>, 并支于砂轮的磨削点下面 (采用斜支片或螺旋支片)</p> <p>4) 磨削时, 铣刀在轴向移动的同时, 并连续旋转 (使支片紧靠于前刀面上)</p> 
	<p>1) 用于磨削错齿 (或镶齿) 三面刃铣刀</p> <p>2) 砂轮与铣刀在同一轴线上</p> <p>3) 支片低于铣刀轴线高度 <math>H</math>, 并支于砂轮磨削下面 (用斜支片)</p> <p>4) 磨削时, 前刀面紧靠于支片上, 铣刀在轴向移动的同时, 并按斜槽方向旋转</p> <p>5) 左右方向刀齿分两次磨削, 磨完一个方向的齿, 更换支片再磨另一方向的齿</p> 

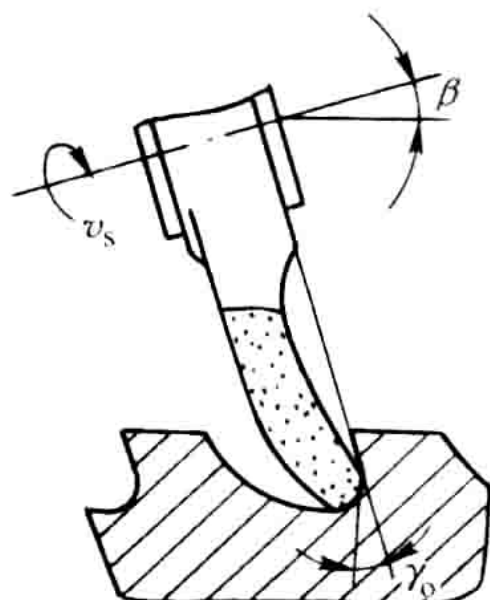
(续)

刃磨部位	说 明
	<p>1) 用于磨削错齿 (或镶齿) 三面刃铣刀</p> <p>2) 砂轮与铣刀在同一轴线上</p> <p>3) 支片低于铣刀轴线高度 <math>H</math>, 并支于砂轮磨削下面 (用斜支片)</p> <p>4) 磨削时, 前刀面紧靠于支片上, 铣刀在轴向移动的同时, 并按斜槽方向旋转</p> <p>5) 左右方向刀齿同时磨削时, 采用双向斜支片, 使支片的最高点位于左右向刀齿的中点</p> 
后刀面	<p>1) 用于磨削立铣刀、三面刃铣刀、端面铣刀端面刃的磨削</p> <p>2) 用碗形砂轮端面进行磨削</p> <p>3) 铣刀齿端面刃处于水平位置</p> <p>4) 砂轮轴线低于铣刀轴线, 砂轮的磨削平面 (端面) 在垂直平面倾斜一个 <math>\alpha_0</math> 角</p> <p>5) 当铣刀端面齿有 <math>\kappa'_r</math> 角时, 铣刀轴线在水平内应转一个 <math>\kappa'_r</math> 角</p> 

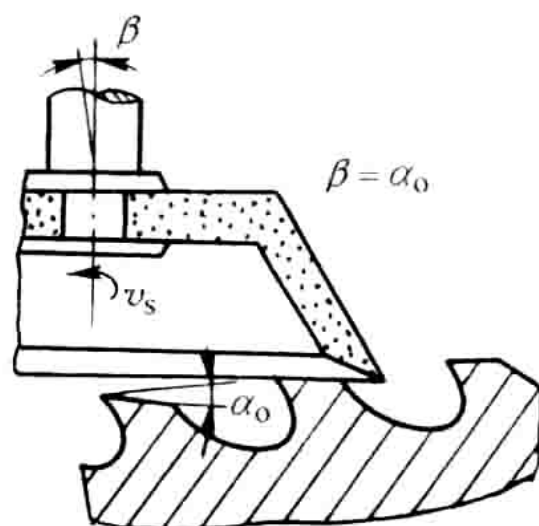


## 拉刀刃磨

刃磨部位	说 明
------	-----



平面拉刀前刀面



平面拉刀后刀面

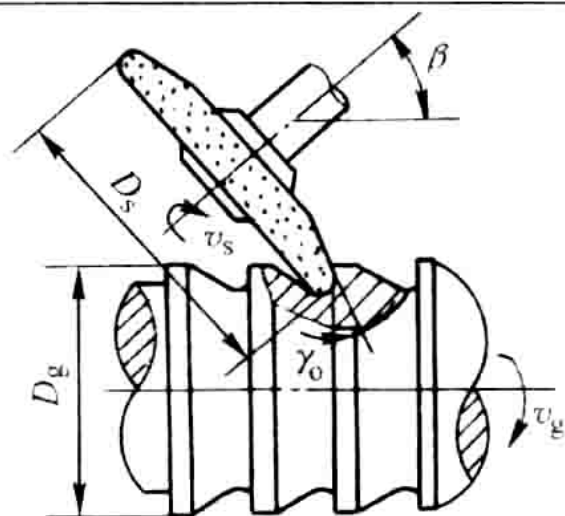
- 1) 采用碟形砂轮的端面刃磨前刀面
- 2) 砂轮轴线的倾斜角  $\beta$  等于平面拉刀齿前角  $\gamma_0$
- 3) 用碗形砂轮刃磨平面拉刀后刀面时, 磨头倾斜角等于平面拉刀后角  $\alpha_0$

圆拉刀  
前刀面

用直线锥面砂轮刃磨出的前刀面, 表面粗糙度值较高, 拉削效果和质量较差。但因方法简便, 目前仍被采用

其砂轮最大直径计算如下

$$D_s = \frac{D_g \sin(\beta - \gamma_0)}{\sin \gamma_0}$$



用直线锥面磨削法刃磨圆拉刀

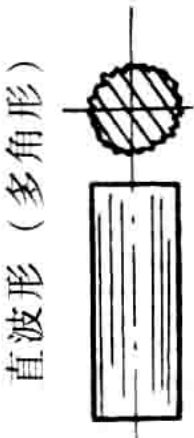

(续)

## 拉刀刃磨


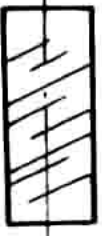

刃磨部位	说 明
圆拉刀 前刀面	<p>式中 <math>D_s</math>——允许选择的砂轮最大直径 (mm)</p> <p><math>D_g</math>——拉刀第一齿的外径 (mm)</p> <p><math>\beta</math>——磨头倾斜角 (即砂轮的安装角)</p> <p><math>\gamma_o</math>——拉刀齿前角</p>
圆拉刀前刀面	<p>用弧线球面砂轮刃磨出的前刀面, 刃口锋利, 有利卷屑, 拉削效果和质量较好</p> <p>其砂轮最大直径计算如下</p> $D_s = 1.05 \sin \beta [D_g \cot \gamma_o + 2h \tan \gamma_o - \cot \beta (D_g - 2h)]$ <p>式中 <math>D_s</math>——允许选择的砂轮最大直径 (mm)</p> <p><math>D_g</math>——拉刀第一齿的外径 (mm)</p> <p><math>\beta</math>——磨头倾斜角</p> <p><math>\gamma_o</math>——拉刀齿前角</p> <p><math>h</math>——拉刀齿前刀面与槽底 <math>r</math> 的切点 <math>D</math> 到刀齿外径上一点 <math>A</math> 的垂直距离 (一般可按图样要求选择)</p> <div data-bbox="828 676 1375 1308"> </div> <p>用弧线球面磨削法刃磨圆拉刀</p>

## 10. 磨削时缺陷产生的原因和防止措施 (表 9-42)



表 9-42 磨削时缺陷产生的原因和防止措施

缺陷名称	产生原因	防止措施
直波形 (多角形) 	工件表面沿母线方向存在一条直线痕迹, 而从工件的断面看则为多角形。这是由于砂轮和电动机的不平衡、两顶尖的刚性差、砂轮切削刃变钝等原因引起振动而产生的	1) 将砂轮进行精细的静平衡 2) 砂轮切削刃钝化后应及时进行修整 3) 低粗糙度值磨削时, 砂轮电动机应进行平衡, 电动机底脚要垫硬橡皮或木块, 进行消振, 传动带在一组内的长短、厚薄应一致 4) 工件两端中心孔需研磨
螺旋形 	在工作表面上出现一条很浅的螺旋线痕迹, 这是由于: 1) 修整砂轮时, 冷却不够, 使金刚钻发热膨胀, 砂轮工作面修不平, 磨削时往往一个棱边接触工件, 引起的螺旋形与工件转速和工作台速度是一致的 2) 工作台润滑油浮力过大, 在运动中产生摆动, 引起的螺旋形与工作台速度是不一致的	1) 修整砂轮时, 工作台行程要平稳, 切削液要大量冲在金刚钻与砂轮接触点上 2) 砂轮两边尖角, 可用磨石修圆 3) 工作台润滑油调节要恰当, 不宜过多, 但太少了也可能引起爬行

(续)

缺陷名称	产生原因	防止措施
划伤 	磨削时磨粒脱落在砂轮与工件之间, 或者是切削液不干净所致	1) 换用硬度高一些的砂轮 2) 切削液采用过滤装置
烧伤 	可分螺旋线烧伤和点线形烧伤, 烧伤痕迹一般都比较深。这是由于: 横进给量过大, 砂轮硬度和转速过高, 修整砂轮过细, 使微刃切削性能降低	1) 在普通磨削时, 砂轮硬度选用中软以下, 修整砂轮时加快行程, 采用大气孔砂轮或间断磨削 2) 在低粗糙度值磨削时, 砂轮线速度降低到 $16 \sim 20 \text{ m/s}$ , 减少横进给次数, 加大切削液, 选用树脂加石墨细粒度砂轮
弯曲 	特别是在磨削细长轴时, 更容易出现, 这是由于: 1) 一般细长轴本身刚性差, 承受不了磨削时的径向力 2) 砂轮工作面过宽, 自锐性差, 砂轮钝化后没有及时修整, 使磨削时径向力增加, 一般容易使细长轴弯曲	1) 砂轮硬度选用软的, 并改小砂轮工作面 2) 宜采用高速磨削 3) 使用中心托架, 并采用万用电表控制托架与工件的接触推力

(续)

缺陷名称	产生原因	防止措施
喇叭形 	<p>一般在磨削小直径深孔时，往往出现两头大中间小的缺陷。主要由于磨杆细而无刚性，当砂轮接触工件时，磨杆产生弹性弯曲，磨削用量越大，弹性弯曲越大，直线性越差</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 可改用 YG8 等硬质合金制作磨杆</li> <li>2) 砂轮可用无机粘结，焊接在磨杆上，并用钻头夹持磨杆，连接在磨头心轴上</li> </ol>
翘曲 	<p>在磨削较薄而面积大的平面工件时，常常会产生翘曲现象，其主要原因是热变形和弹性变形的结果</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 采用间断磨削</li> <li>2) 在磁力吸盘整流器内加装电阻或调压变压器，减少磁力，使工件能在自然状态下进行加工</li> <li>3) 在磁力吸盘与工件之间垫一块薄橡皮或油毛毡，也可同样对工件减少磁力。如果两平面要求高时，可采用呢料替代</li> </ol> <p>以上措施有时需同时采用。但尽可能将工件多翻转几次，便于将小翘曲磨去</p>

# 第十章 钻、铰工作

## 一、钻 孔

### (一) 钻头

#### 1. 麻花钻

(1) 标准麻花钻的结构与几何角度 (图 10-1)

(2) 通用型麻花钻的主要几何参数 (表 10-1)

表 10-1 通用型麻花钻的主要几何参数

钻头直径 $d/\text{mm}$	螺旋角 $\beta/ (^{\circ})$	顶角 $2\phi/ (^{\circ})$	后角 $\alpha_0/ (^{\circ})$	横刃斜角 $\psi/ (^{\circ})$
0.1 ~ 0.28	19	118	28	40 ~ 60
0.29 ~ 0.35	20		26	
0.36 ~ 0.49				
0.50 ~ 0.70	22		24	
0.72 ~ 0.98	23			
1.00 ~ 1.95	24		22	
2.00 ~ 2.65	25		20	
2.70 ~ 3.30	26		18	
3.40 ~ 4.70	27		16	
4.80 ~ 6.70	28			
6.80 ~ 7.50	29		14	
7.60 ~ 8.50				
8.60 ~ 18.00	30		12	
18.25 ~ 23.00			10	
23.25 ~ 100			8	

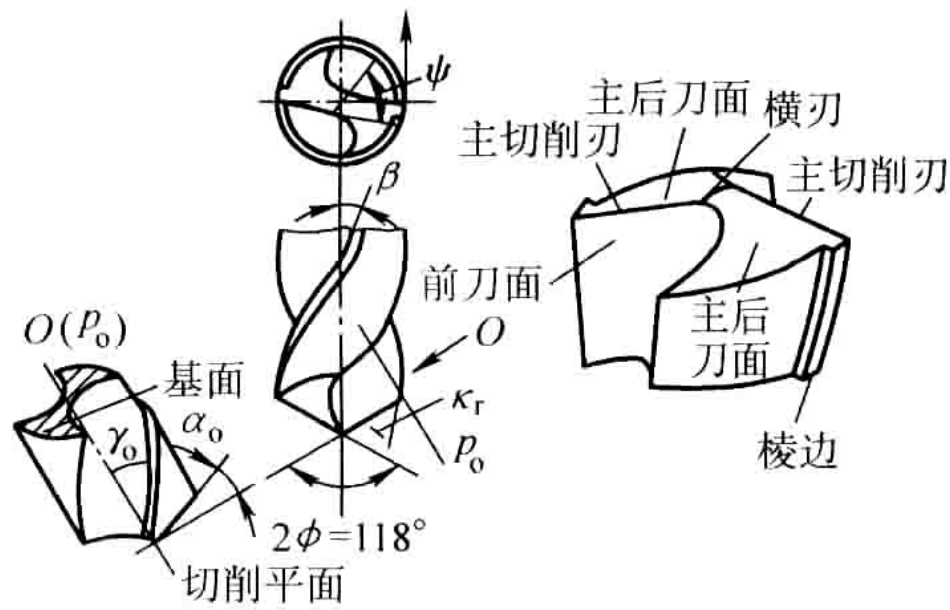
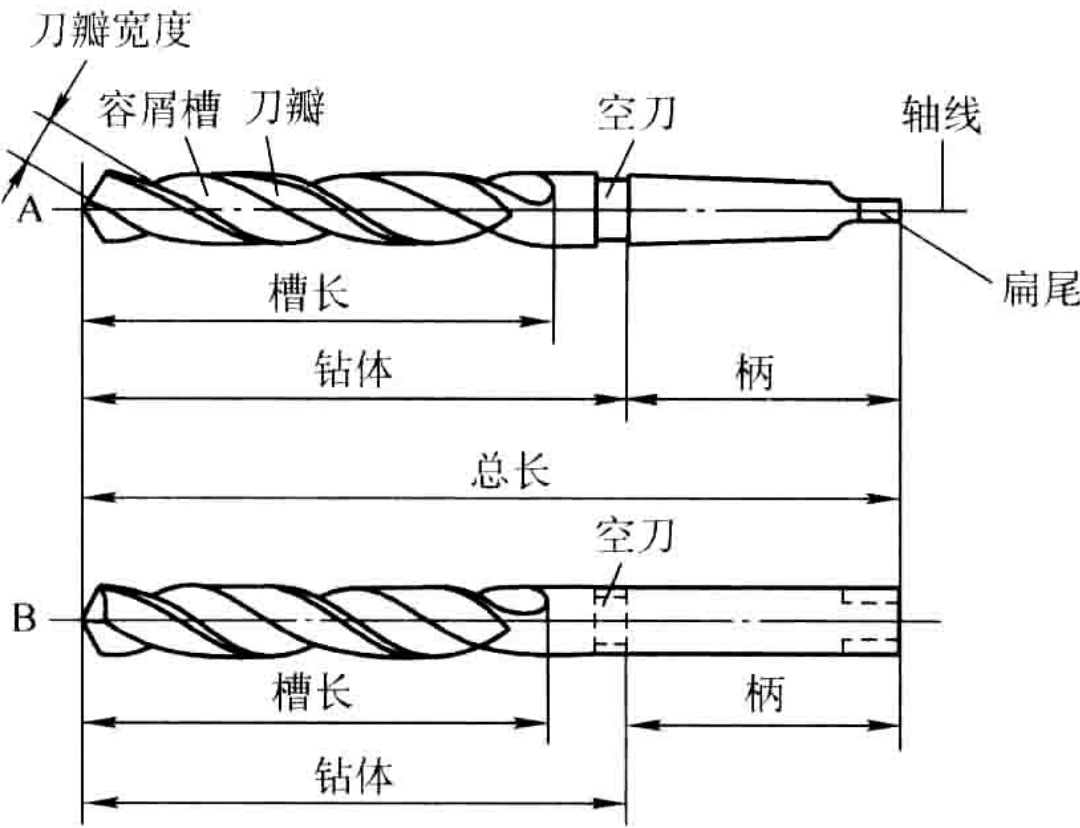


图 10-1 标准麻花钻的结构与几何角度

$2\phi$ —顶角  $\beta$ —螺旋角  $\gamma_0$ —前角

$\alpha_0$ —后角  $\psi$ —横刃斜角

(3) 加工不同材料时麻花钻头的几何角度 (表 10-2)

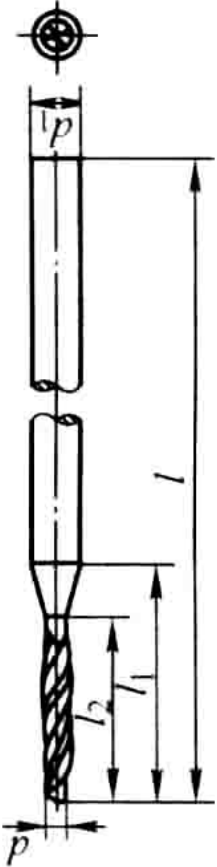
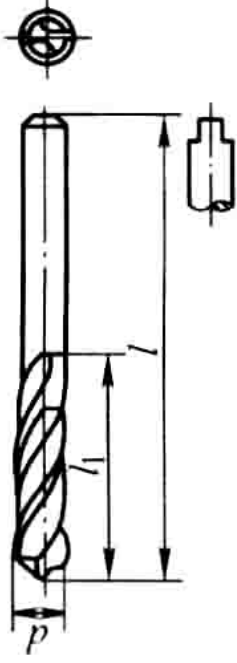
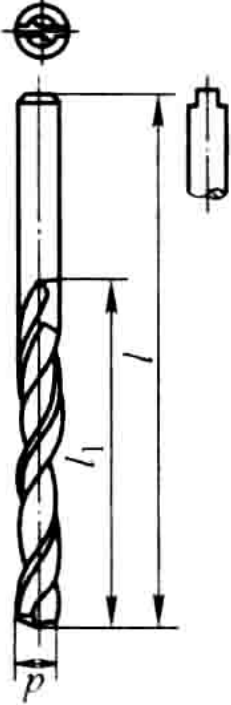
**表 10-2 加工不同材料时麻花钻头的几何角度**

加工材料	顶角 / (°)	后角 / (°)	横刃斜角 / (°)	螺旋角 / (°)
一般材料	116 ~ 118	12 ~ 15	35 ~ 45	20 ~ 32
一般硬材料	116 ~ 118	6 ~ 9	25 ~ 35	20 ~ 32
铝合金 (通孔)	90 ~ 120	12	35 ~ 45	17 ~ 20
铝合金 (深孔)	118 ~ 130	12	35 ~ 45	32 ~ 45
软黄铜和青铜	118	12 ~ 15	35 ~ 45	10 ~ 30
硬青铜	118	5 ~ 7	25 ~ 35	10 ~ 30
铜和铜合金	110 ~ 130	10 ~ 15	35 ~ 45	30 ~ 40
硬度较低的铸铁	90 ~ 118	12 ~ 15	30 ~ 45	20 ~ 32
冷 (硬) 铸铁	118 ~ 135	5 ~ 7	25 ~ 35	20 ~ 32
淬火钢	118 ~ 125	12 ~ 15	35 ~ 45	20 ~ 32
铸钢	118	12 ~ 15	35 ~ 45	20 ~ 32
锰钢 (锰的质量分 数为 7% ~ 13%)	150	10	25 ~ 35	20 ~ 32
高速钢	135	5 ~ 7	25 ~ 35	20 ~ 32
镍钢(250 ~ 400HBW)	130 ~ 150	5 ~ 7	25 ~ 35	20 ~ 32
木料	70	12	35 ~ 45	30 ~ 40
硬橡胶	60 ~ 90	12 ~ 15	35 ~ 45	10 ~ 20

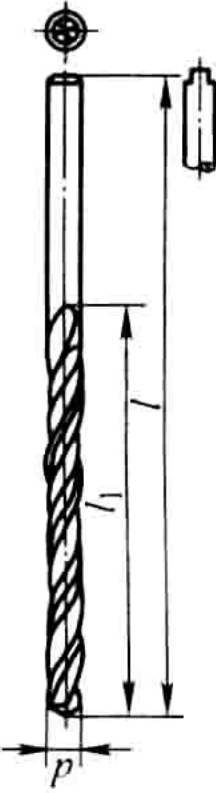
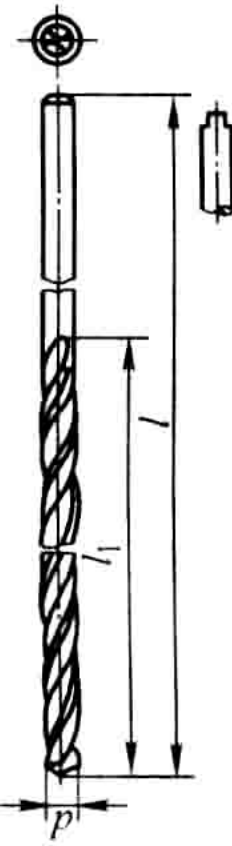
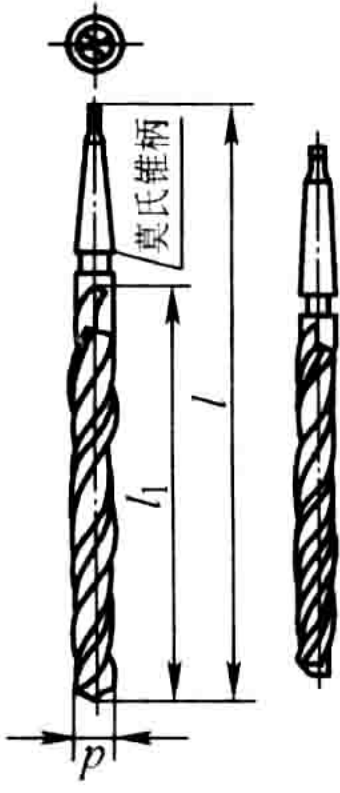
(4) 高速钢麻花钻的类型、直径范围及标准代号  
(表 10-3)



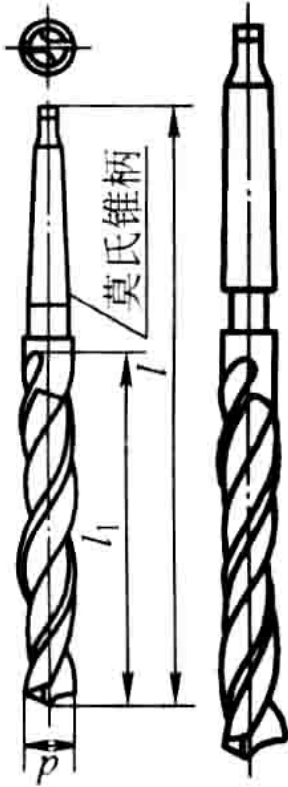
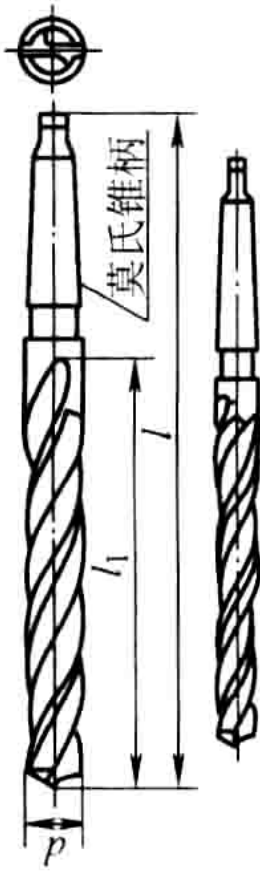
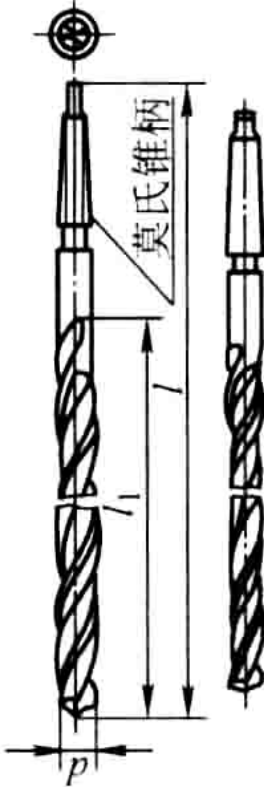
表 10-3 高速钢麻花钻的类型直径范围及标准代号

类 型	简 图	直径范围 $d/\text{mm}$	标准代号
粗直柄小麻花钻		0.1 ~ 0.35	GB/T 6135.1— 2008
直柄短麻花钻		0.5 ~ 40.0	GB/T 6135.2— 2008
直柄麻花钻		2.0 ~ 20.0	GB/T 6135.3— 2008

(续)


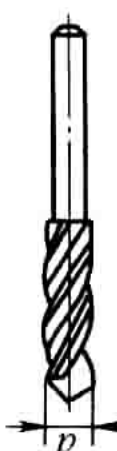

类 型	简 图	直径范围 $d/\text{mm}$	标准代号
直柄长麻花 钻		1.0 ~ 31.5	GB/T 6135.4— 2008
直柄超长麻 花钻		2.0 ~ 14.0	GB/T 6135.5— 2008
莫氏锥柄麻 花钻		3.0 ~ 100.0	GB/T 1438.1— 2008

(续)

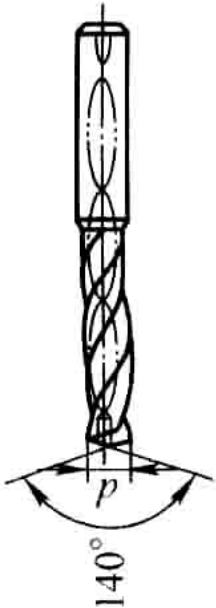
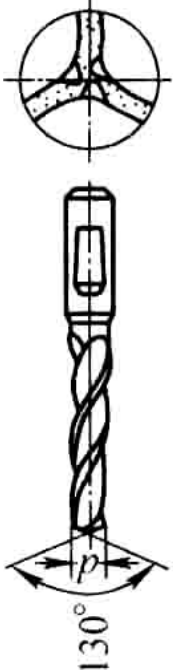
类 型	简 图	直径范围 $d/\text{mm}$	标准代号
莫氏锥柄长 麻花钻		5.0 ~ 50.0	GB/T 1438.2— 2008
莫氏锥柄加 长麻花钻		6.0 ~ 30.0	GB/T 1438.3— 2008
莫氏锥柄超 长麻花钻		6.0 ~ 50.0	GB/T 1438.4— 2008

## (5) 整体硬质合金麻花钻的类型和用途 (表 10-4)

表 10-4 整体硬质合金麻花钻的类型和用途

类 型	直径范围 /mm	简 图	用 途
整体硬质合金 粗柄麻花钻	0.2 ~ 3.175		加工印制电路板用
整体硬质合金 定直径圆柱柄麻 花钻	3.2 ~ 6.5		加工玻璃纤维环氧树 脂电路板、纸-胶木电路 板等
整体硬质合金 直柄麻花钻	1 ~ 20		加工印制电路板, 铸 铁、非铁金属、钢、耐 热钢、合金钢、淬硬钢、 塑料、石墨等

(续)

类 型	直径范围 /mm	简 图	用 途
整体硬质合金 直柄内冷却麻花 钻	5 ~ 20		用途和整体硬质合金 直柄麻花钻相同。但由 于有内冷却，刀具性能 更好
削平柄硬质合 金三刃麻花钻	3 ~ 20		用于高效加工直线度 要求高的孔，可加工钢、 铸铁、耐热合金、淬硬 钢及钛合金等

## 2. 几种特殊用途的钻头

### (1) 分屑钻头 (图 10-2)

[加工范围]

碳素钢与合金结构钢。

[几何形状]

#### 1) 分屑槽尺寸 (表 10-5)

#### 2) 横刃长度为 0.75 ~

1.5mm, 应注意修磨对称。

[钻削特点]

#### ① 切削用量 (表 10-6)

表 10-5 分屑槽尺寸 (单位: mm)

钻头直径	总槽数	$l_2$	$c$	$l_1'$	$l_1$	$l_1''$
12 ~ 18	2	0.85 ~ 1.3	0.6 ~ 0.9	2.3	4.6	—
> 18 ~ 35	3	1.3 ~ 2.1	0.9 ~ 1.5	3.6	7.2	7.2
> 35 ~ 50	5	2.1 ~ 3	1.5 ~ 2	5	10	10 <sup>①</sup>

① 有两条槽时, 槽距应为 10mm, 具体尺寸可按钻头直径决定。

表 10-6 切削用量

钻头直径 $d/\text{mm}$	进给量 $f$ / (mm/r)	行程长度 $L/\text{mm}$	转速 $n$ / (r/min)	钻削速度 $v$ / (m/min)
16	0.4	50	1200	61
20	0.56	60	1000	64
35	0.56	80	500	56
57	0.56	100	255	46

② 加工表面粗糙度值可达  $Ra6.3 \sim 3.2\mu\text{m}$ , 刀具寿命为 2 ~ 3h, 效率可提高 2 ~ 3 倍。

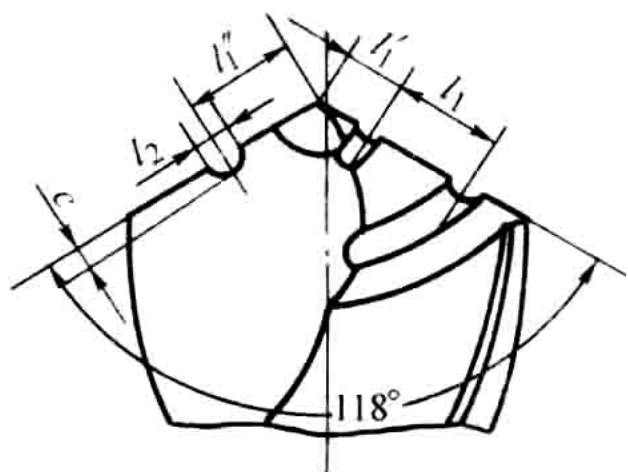


图 10-2 分屑钻头



② 表面粗糙度值可达  $Ra6.3 \sim 3.2\mu\text{m}$ , 刀具寿命为  $4 \sim 5\text{h}$ , 效率可提高  $2 \sim 4$  倍。

(3) 钻不锈钢钻头  
(图 10-4)

[加工范围]

不锈钢与耐热钢。

[几何形状]

① 分屑槽尺寸:  $l_2 = 1.5 \sim 1.75\text{mm}$

$$c = 0.5 \sim 0.6\text{mm}$$

$$l_1 = \frac{d}{6} \sim \frac{d}{7}$$

② 修磨横刃, 使该处为正前角, 横刃长见表 10-8。

表 10-8 横刃长

钻头直径 $d/\text{mm}$	6 ~ 25	> 25 ~ 30	> 30
横刃长/mm	0.4 ~ 0.5	0.6 ~ 0.7	0.7 ~ 0.8

③ 顶角与后角 (表 10-9)

④ 修磨棱边, 宽度为  $0.5 \sim 1\text{mm}$ , 后角为  $30^\circ$ 。

表 10-9 顶角与后角

钻头直径 $d/\text{mm}$	顶角 $2\phi/ (^\circ)$	后角 $\alpha_0/ (^\circ)$
< 15	135 ~ 140	12 ~ 15
> 15 ~ 30	130 ~ 135	10 ~ 12
> 30 ~ 40	125 ~ 130	8 ~ 10
> 40	120 ~ 125	7 ~ 8

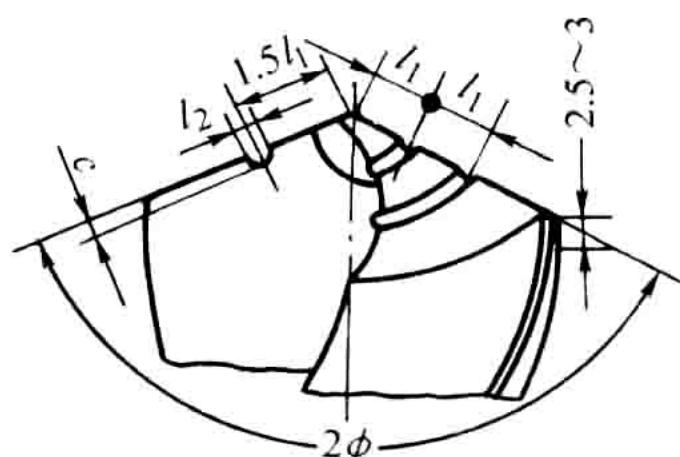


图 10-4 钻不锈钢钻头



[ 钻削特点 ]

① 切削用量 ( 表 10-10 )

表 10-10 切削用量

加工材料	1Cr18Ni9Ti		0Cr17Ni6Mo7	
钻孔直径 $d/\text{mm}$	钻削速度 $v/\text{ (m/min)}$	进给量 $f$ $/\text{ (mm/r)}$	钻削速度 $v/\text{ (m/min)}$	进给量 $f$ $/\text{ (mm/r)}$
8 ~ 18	10 ~ 12	0.12 ~ 0.16	8 ~ 10	0.12 ~ 0.16
> 18	8 ~ 10	0.12 ~ 0.2	7 ~ 8	0.12 ~ 0.2

② 表面粗糙度值可达  $Ra6.3 \sim 3.2\mu\text{m}$ ，效率提高 1 ~ 2 倍，刀具寿命为 1 ~ 2h。

③ 注意经常清除切削刃上的积屑瘤，钻头未退出孔之前不要停机。

(4) 钻铝合金钻头 ( 图 10-5 )

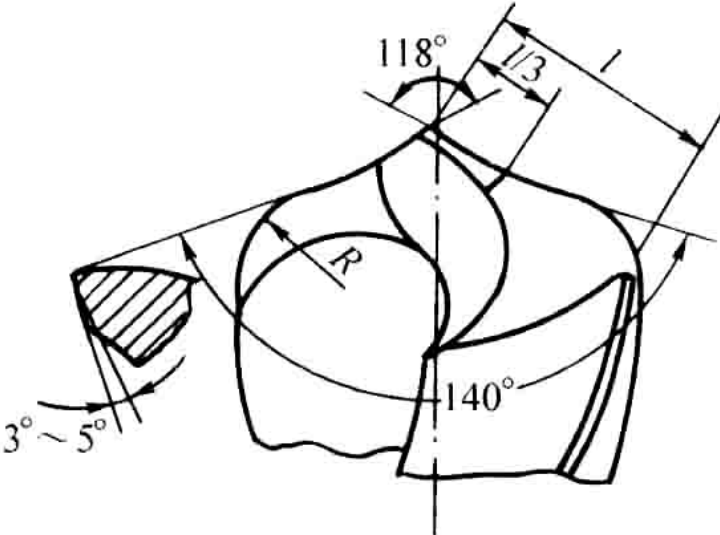


图 10-5 钻铝合金钻头

[ 加工范围 ]

铝合金。

[ 几何形状 ]

- ① 前角  $\gamma_0 = 3^\circ \sim 5^\circ$ 。
- ② 外刃圆角半径  $R = \frac{d}{4}$ 。
- ③ 横刃与前刀面一起修磨成光滑圆弧连接。

[ 钻削特点 ]

① 切削用量：钻  $\phi 13 \sim \phi 17\text{mm}$  孔时， $n = 2000 \sim 3000\text{r/min}$ ， $f = 0.4 \sim 0.6\text{mm/r}$ （加切削液）。

② 表面粗糙度值可达  $Ra6.3 \sim 3.2\mu\text{m}$ ，刀具寿命为  $1 \sim 2\text{h}$ ，效率提高 4 倍。

③ 前刀面背光，不易粘积屑瘤，切屑像弧叶般顺利排出。

(5) 钻纯铜钻头  
(图 10-6)

[加工范围]

纯铜。

[几何形状]

横刃斜角为  $30^\circ$ 。

[钻削特点]

① 切削用量：钻  $\phi 17.3\text{mm}$  孔时， $n = 1700\text{ r/min}$ ， $f = 0.5 \sim 1\text{mm/r}$ 。

② 三重顶角可分屑，排屑顺利，钻头不致被咬住。

③ 横刃窄，钻芯顶角小，定心好。

④ 表面粗糙度值可达  $Ra6.3 \sim 3.2\mu\text{m}$ ，刀具寿命  $2 \sim 3\text{h}$ ，效率提高 3 倍。

(6) 钻青铜钻头 (图 10-7)

[加工范围]

青铜。

[几何形状]

① 横刃长为  $0.5 \sim 0.75\text{mm}$ 。

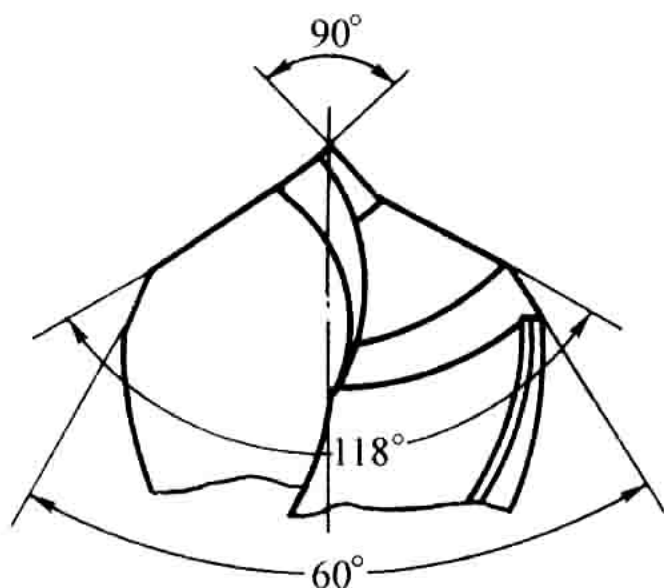


图 10-6 钻纯铜钻头

② 后角  $\alpha_o = 8^\circ \sim 10^\circ$ 。

③ 修磨前面，减小前角到  $-0.5^\circ \sim 0^\circ$ 。

[钻削特点]

① 切削用量：  
钻  $\phi 18\text{mm}$  孔时， $n = 600 \sim 1000 \text{ r/min}$ ， $f = 0.4 \sim 0.6 \text{ mm/r}$ 。

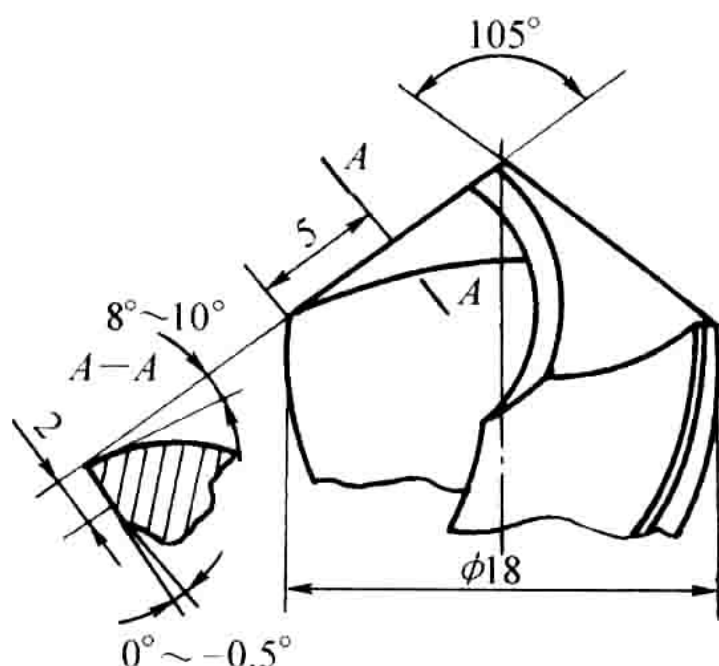


图 10-7 钻青铜钻头

② 表面粗糙度  
值可达  $Ra 3.2 \mu\text{m}$ ，效率提高 5 倍。

③ 前角小，避免钻头梗死，出口无毛边，安全可靠。

(7) 钻高锰钢的硬质合金钻头 (图 10-8)

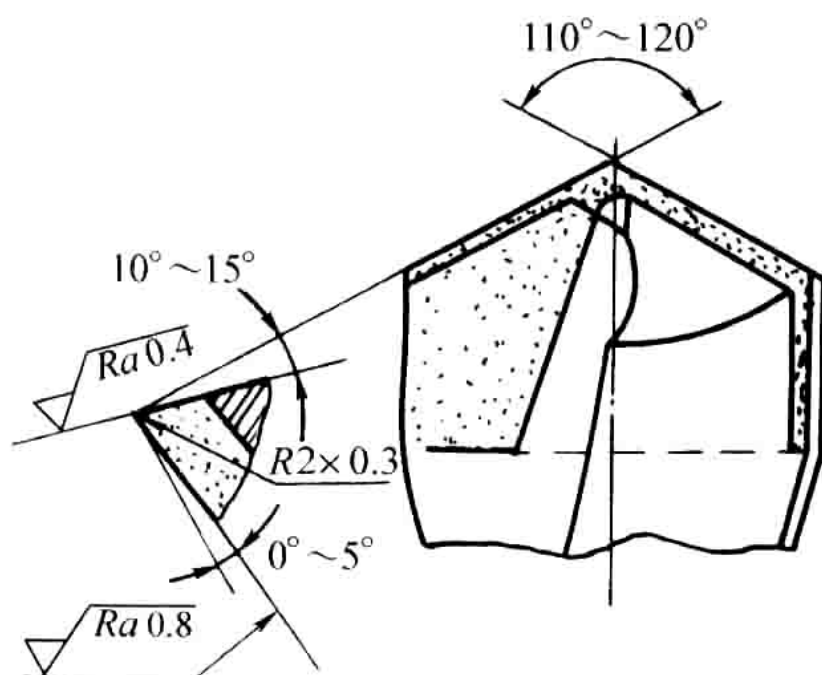


图 10-8 钻高锰钢的硬质合金钻头

[加工范围]

高锰钢。

[几何形状]

① 前角  $\gamma_o = 0^\circ \sim 5^\circ$ 。

② 后角  $\alpha_o = 10^\circ \sim 15^\circ$ 。

③ 横刃斜角  $\psi = 77^\circ$ 。

④ 横刃长  $b$ ：

$d = 16 \sim 18\text{mm}$ ,  $b = 1.2\text{mm}$ ;  $d = 20 \sim 22\text{mm}$ ,  $b = 1.5\text{mm}$ ;  $d = 24 \sim 30\text{mm}$ ,  $b = 1.8 \sim 2\text{mm}$ 。

⑤ YG8 刀片, 焊装斜角为  $6^\circ$ , 增大刀片部分的倒锥。

[钻削特点]

① 进给量 (表 10-11)

表 10-11 进给量

直径 $d/\text{mm}$	16	18	20	24	28	30
进给量 $f/(\text{mm}/\text{r})$	0.045	0.05	0.065	0.075	0.085	0.09

钻  $\phi 18\text{mm}$  孔时,  $v = 15\text{m}/\text{min}$ ; 钻  $\phi 28\text{mm}$  孔时,  $v = 24\text{m}/\text{min}$ 。

② 最好用硫化乳化液冷却, 流量要充足,  $8 \sim 10\text{L}/\text{min}$ 。

③ 寿命可达 40min 以上。

(8) 精钻孔钻头 (图 10-9)

[加工范围]

低碳钢、中碳钢和 1Cr18Ni9Ti 不锈钢扩钻精孔。

[几何形状]

① 后角  $\alpha_o \approx 15^\circ \sim 17^\circ$ , 最外缘处约为  $30^\circ$ 。

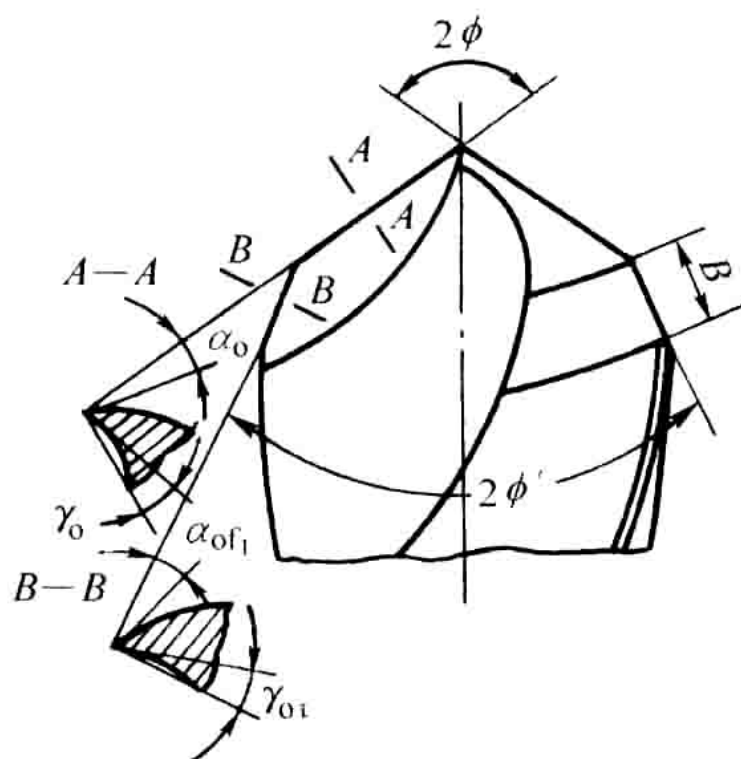


图 10-9 精钻孔钻头

② 修磨顶角时要尽量保证对称，其数值见表 10-12。

表 10-12 顶角数值

加工材料	$2\phi$	$2\phi'$
脆性材料	$100^\circ \sim 115^\circ$	$50^\circ \sim 60^\circ$
韧性材料	$100^\circ \sim 110^\circ$	$45^\circ \sim 50^\circ$

③ 前角  $\gamma_0 = 15^\circ \sim 20^\circ$ 。

④  $B \approx 0.2d$

⑤ 棱边宽度为  $0.2 \sim 0.4\text{mm}$ ，副后角  $= 6^\circ \sim 8^\circ$ 。

[ 钻削特点 ]

① 精度可达 2 ~ 4 级，表面粗糙度值可达  $Ra0.80 \sim 0.40\mu\text{m}$ 。

② 切削用量： $v = 2 \sim 10\text{m/min}$ ， $f = 0.04 \sim 0.14\text{mm/r}$ ， $a_p = 0.15 \sim 0.5\text{mm}$ （单边余量）。

③ 用高压泵送进清洁的乳化液加矿物油进行冷却。

### (9) 钻软橡胶钻头 (图 10-10)

[加工范围]

软橡胶。

[钻削特点]

① 表面粗糙度值可达  $Ra6.3\mu m$ 。

② 切削用量:  $n = 1000r/min$ ,  $f = 0.3mm/r$ 。

(10) 钻软塑料、硬橡胶钻头 (图 10-11)。

[加工范围]

塑料与橡胶。

[几何形状]

① 修磨前刀面, 加大前角。

② 大后角,  $\alpha_o = 30^\circ$ 。

③ 横刃长为  $0.3mm$ 。

[钻削特点]

① 切削用量:

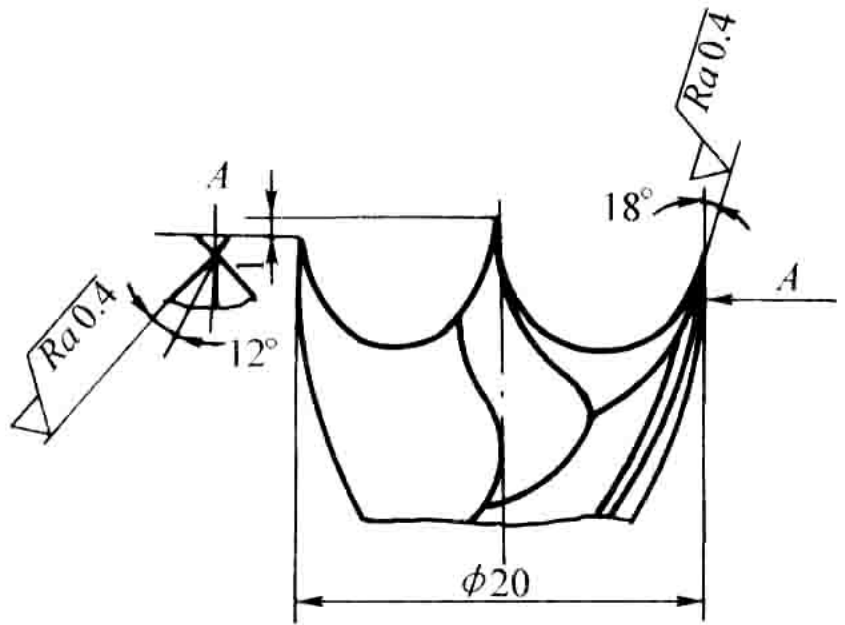


图 10-10 钻软橡胶钻头

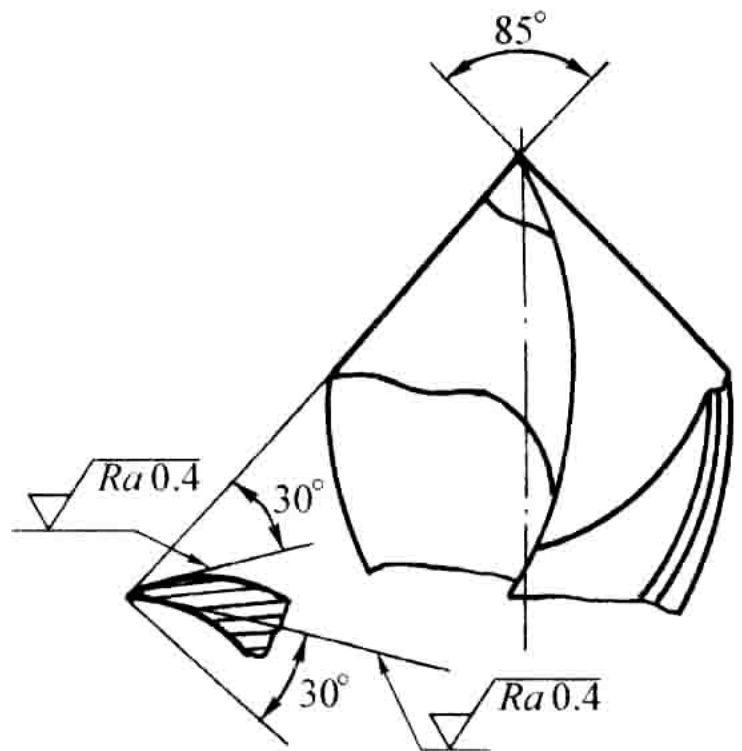


图 10-11 钻软塑料、硬橡胶钻头

钻  $\phi 18\text{mm}$  孔时,  $n = 1000\text{r/min}$ ,  $f = 0.5\text{mm/r}$ 。

② 表面粗糙度值可达  $Ra6.3\mu\text{m}$ , 效率提高 1~2 倍。

### 3. 标准麻花钻的刃磨及修磨

(1) 标准麻花钻的刃磨方法 刃磨时 (图 10-12), 右手握住钻头的工作部分, 食指尽可能靠近切削部分作钻头摆动的支点, 并掌握好钻头绕轴线的转动和加在砂轮上的压力。将主切削刃与砂轮中心平面

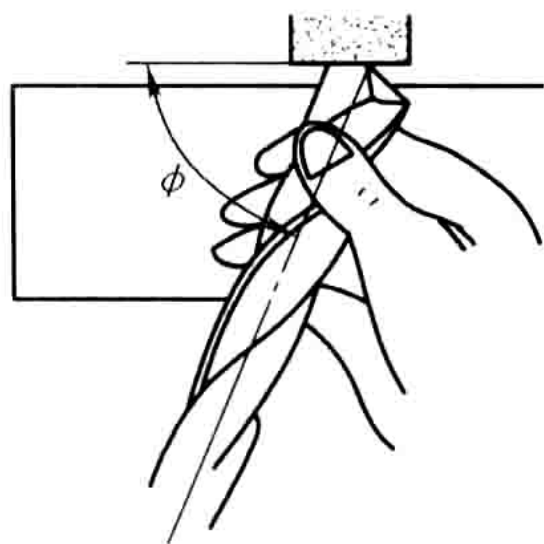


图 10-12 刃磨钻头主切削刃

面放置在一个水平面内, 而且使钻头的轴线与砂轮圆柱面母线在水平面内的夹角为  $\phi$ 。左手握住钻柄作上下摆动。钻头转动的目的是使整个后面都能磨到, 上下摆动磨出不同后角 (钻头的后角在钻头的不同半径处是不相等的)。两手的动作必须稳定, 协调一致, 转动的同时上下摆动, 磨好一个主切削刃后, 翻转  $180^\circ$  磨另一个主切削刃。

粗磨时, 一般后面的下部先接触砂轮, 左手上摆进行刃磨, 精磨时, 一般主切削刃先接触砂轮, 左手下摆进行刃磨, 而且磨削量要小, 刃磨时间要短。在刃磨过程中, 要随时检查角度的正确性和对称性, 同时还要随时将钻头浸入水中冷却以免退火。

主切削刃刃磨后应对以下几方面进行检查:

1) 检查顶角  $2\phi$  的大小是否正确, 是否对称于钻头轴

线。

2) 检查两主切削刃是否长短一致, 高低一致。

检查以上两项时, 把钻头切削部分向上竖立, 两眼平视, 观察两切削刃, 并反复多次旋转  $180^\circ$  进行观察, 如结果一样, 就说明对称了。

3) 钻头外缘处的后角可直接用目测检查。近中心处的后角, 可以通过检查横刃斜角  $\psi$  是否正确来确定。

## (2) 标准麻花钻的修磨

1) 标准麻花钻几何形状的分析。标准麻花钻由于结构上的原因, 其切削部分的几何形状不尽合理, 主要有以下几个方面:

① 钻头横刃较长, 横刃前角为负值, 钻削时, 实际上不是切削, 而是刮削和挤压, 轴向抗力增大。同时横刃过长, 钻头的定心作用较差, 钻削时容易产生振动。

② 主切削刃上各点的前角大小不一样, 使切削性能不同。尤其靠近横刃处前角为负值, 切削条件很差, 实际处于刮削状态。

③ 主切削刃外缘处的刀尖角较小, 前角很大, 刀齿强度很低, 而钻削时此处的切削速度又最高, 故容易磨损。

④ 主切削刃长, 而且全部参加切削, 各处切屑排出的速度相差较大, 使切屑卷曲成螺旋卷, 容易在螺旋槽内堵塞, 影响排屑和切削液的注入。

⑤ 钻头导向部分棱边较宽, 而且副后角为  $0^\circ$ , 所以靠近切削部分的一段棱边与孔壁的摩擦比较严重, 故容易发热和磨损。



综上所述,标准麻花钻的几何形状不能适应加工各种材料和不同加工条件的需要,所以通常要对标准麻花钻的几何形状进行适当的修磨。

## 2) 标准麻花钻的修磨方法如下

① 修磨主切削刃(修磨顶角  $2\phi$ )。标准麻花钻顶角  $2\phi = 118^\circ$ ,修磨时应根据加工材料的不同按表 10-2 对应修磨。

修磨主切削刃时,可磨出第二顶角  $2\phi_0$ (图 10-13),即在外缘处磨出过渡刃。一般  $2\phi_0 = 70^\circ \sim 75^\circ$ ,  $f_0 = 0.2d$ 。其目的是增加切削刃的总长度和增大刀尖角  $\varepsilon_r$ ,从而增加刀齿强度,使切削刃与棱边交角处的耐磨性提高,提高钻头使用寿命。同时也有利于减小孔壁表面粗糙度。

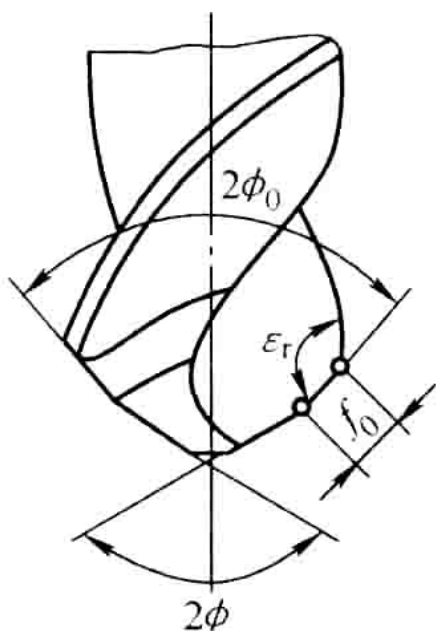


图 10-13 修磨主切削刃

② 修磨横刃(图 10-14)。

修磨横刃的目的是减短横刃长度

度,并使靠近钻芯处的前角增大,以减小切削时的轴向抗力和挤刮现象,改善定心作用。修磨后横刃长度为原来的  $1/5 \sim 1/3$ ,并

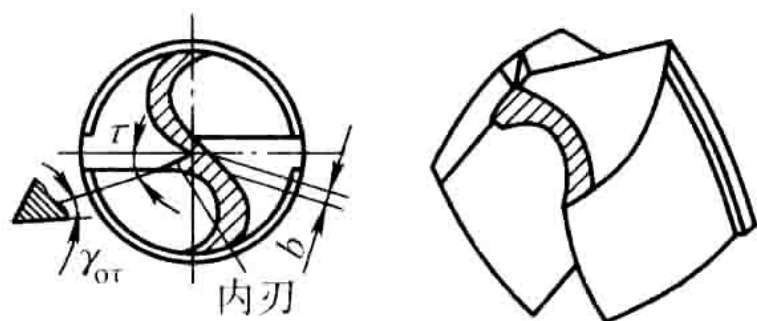


图 10-14 修磨横刃

形成内刃,内刃斜角  $\tau = 20^\circ \sim 30^\circ$ ,内刃前角  $\gamma_{or} = -15^\circ \sim 0^\circ$ ,一般钻头直径在 5mm 以上的均须修磨横刃。

③ 修磨分屑槽。一般直径大于 15mm 的钻头，在钻削钢件时，都应在钻头的主后刀面修磨出几条相互错开的分屑槽（图 10-15），以使切屑变窄，排屑顺利。

④ 修磨前刀面。修磨前刀面是将钻头主切削刃和副切削刃交角处的前刀面磨去一块（图 10-16），以减小此处的前角，提高刀齿的强度。

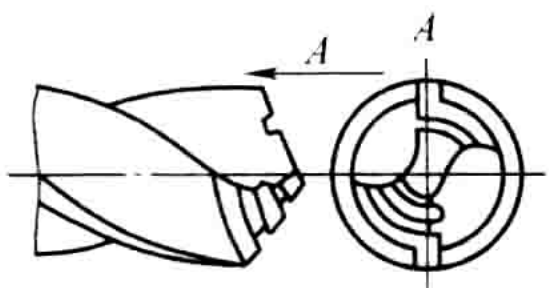


图 10-15 修磨分屑槽

⑤ 修磨棱边。修磨棱边是为减少棱边与孔壁的摩擦，提高钻头使用寿命。修磨后的副后角  $\alpha'_0 = 6^\circ \sim 8^\circ$ ，但必须保留 0.2 ~ 0.4mm 宽的未经修磨的棱边。副后角修磨长度  $L = (0.1 \sim 0.2)d$ （图 10-17）。

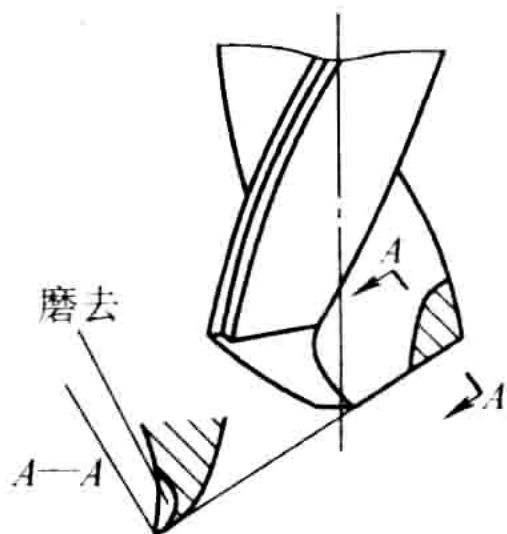


图 10-16 修磨前刀面

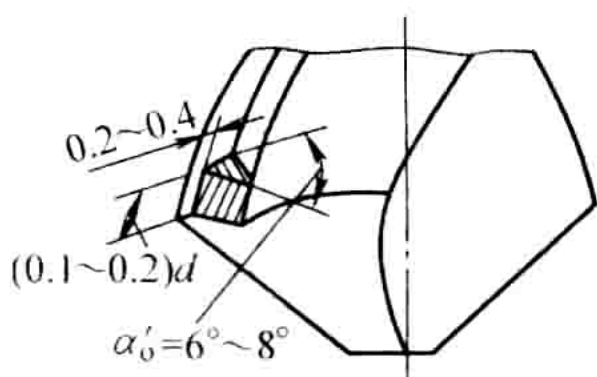


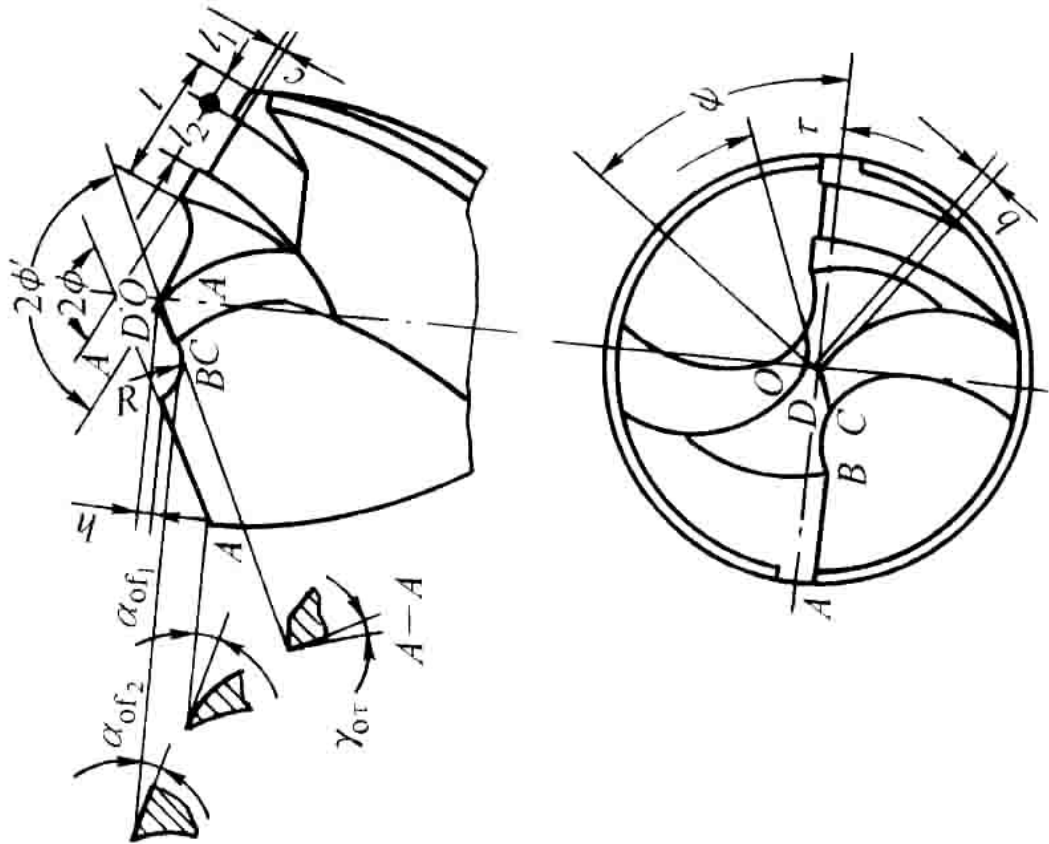
图 10-17 修磨棱边

#### 4. 几种典型群钻的几何参数和刃磨方法

##### (1) 几种典型群钻的几何参数

1) 基本型群钻切削部分几何参数 (表 10-13)

表 10-13 基本型群钻切削部分几何参数



特点口诀

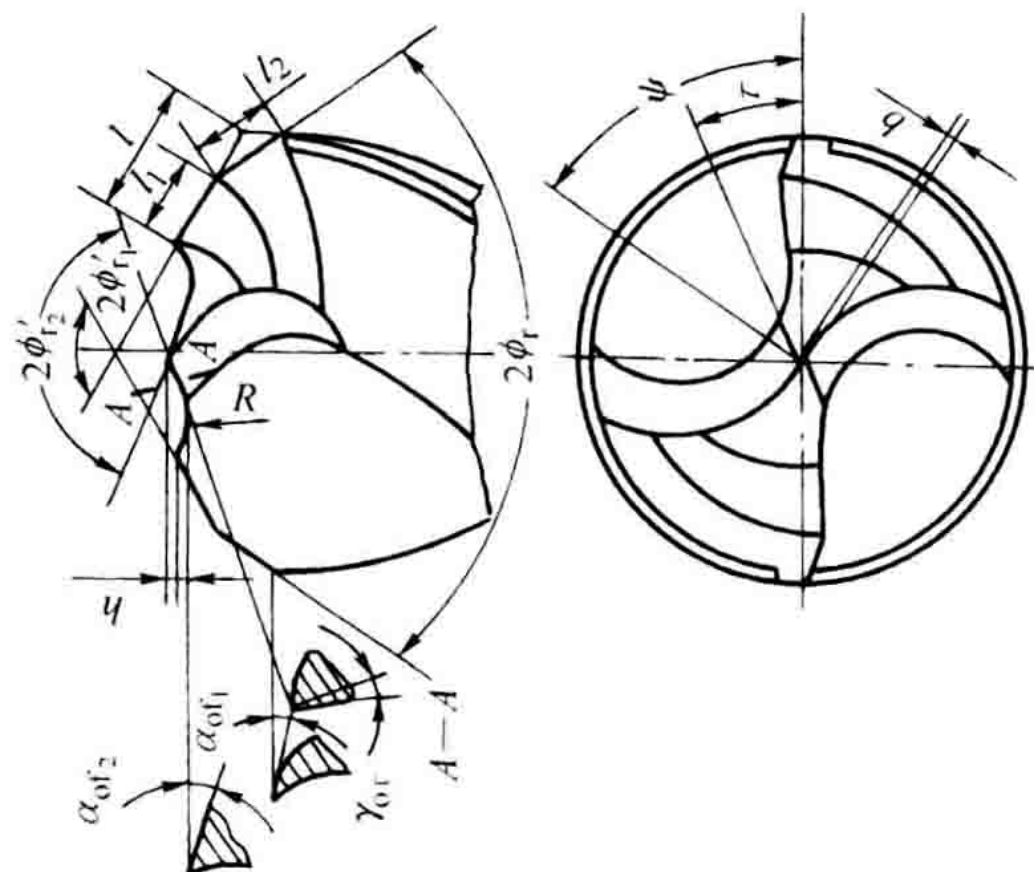
三尖七刃锐当先，  
月牙弧槽分两边，  
一侧外刃宽分屑，  
横刃磨低窄又尖。

钻头直径 $\phi$	钻头直径 $d$	尖高 $h$	圆弧 半径 $R$	外刃 长 $l$	槽距		槽宽 $l_2$	槽刃长		槽深 $c$	槽数 $z$	外刃顶角		内刃 顶角 $2\phi'$	横刃斜角		内刃 前角 $\gamma_{or}$	内刃 斜角 $\tau$	外刃 后角 $\alpha_{of1}$	圆弧 后角 $\alpha_{of2}$									
					$l_1$	$l_2$		I	II			I	II		I	II													
																					$b$	$2\phi$	$\psi$						
/mm										/条										/ (°)									
5~7	0.2	0.75	1.3	~	~	0.2	0.15	~	~	~	~							20	15	18									
>7~10	0.28	1	1.9	~	~	0.3	0.2	~	~	~	~																		
>10~15	0.36	1.5	2.6	~	~	0.4	0.3	~	~	~	~																		
>15~20	0.55	1.5	5.5	1.4	2.7	0.5	0.4																						
>20~25	0.7	2	7.0	1.8	3.4	0.6	0.48																						
>25~30	0.85	2.5	8.5	2.2	4.2	0.75	0.55	1	1	1	1	125	140	135	65	60	-10	25	12	15									
>30~35	1	3	10	2.5	5	0.9	0.65																						
>35~40	1.15	3.5	11.5	2.9	5.8	1.05	0.75																						
>40~45	1.3	4	13	2.2	3.25	1.15	0.85																						
>45~50	1.45	4.5	14.5	2.4	3.6	1.3	0.95	1.5	2	2	2							30	10	12									
>50~60	1.65	5	17	2.9	4.25	1.45	1.05																						

注：参数值按直径范围的中间值来定，允许偏差为 $\pm$ 。下同。

2) 加工铸铁用群钻切削部分几何参数（表 10-14）

表 10-14 加工铸铁用群钻切削部分几何参数



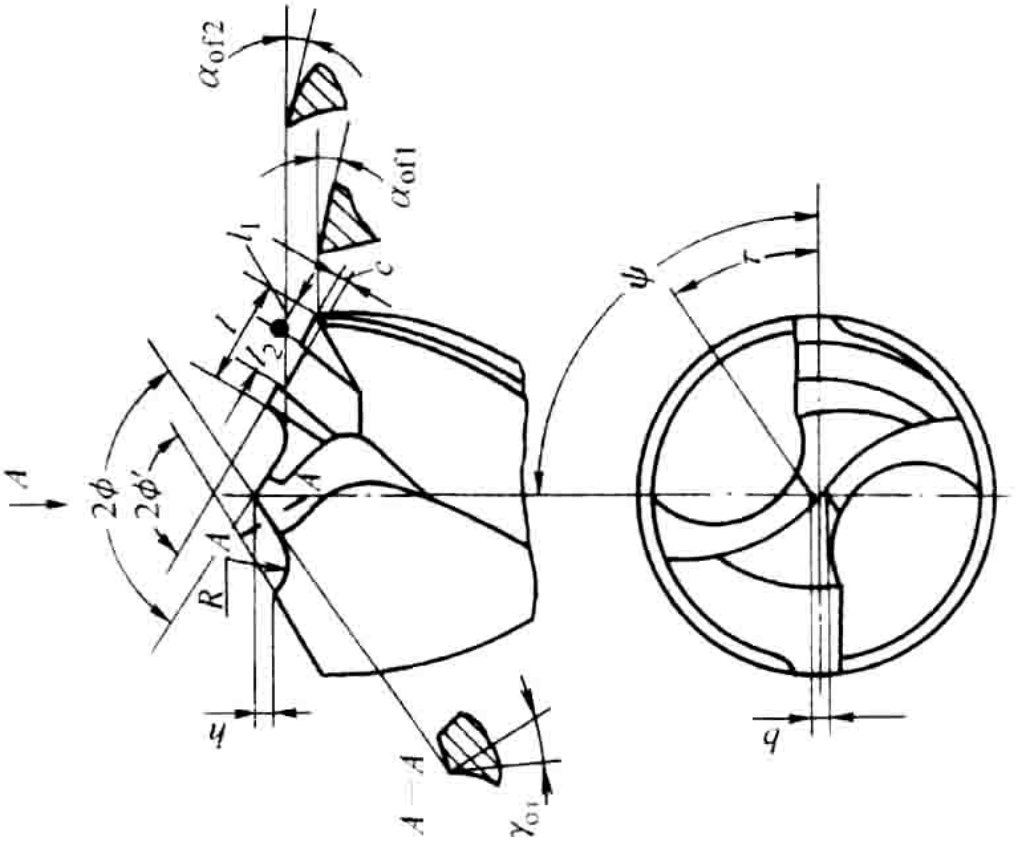
## 特点口诀

铸铁屑碎赛磨料，  
转速稍低大进给量，  
三尖刃利加冷却，  
双重顶角寿命高。



3) 加工纯铜用群钻切削部分几何参数 (表 10-15)

表 10-15 加工纯铜用群钻切削部分几何参数



特点口诀

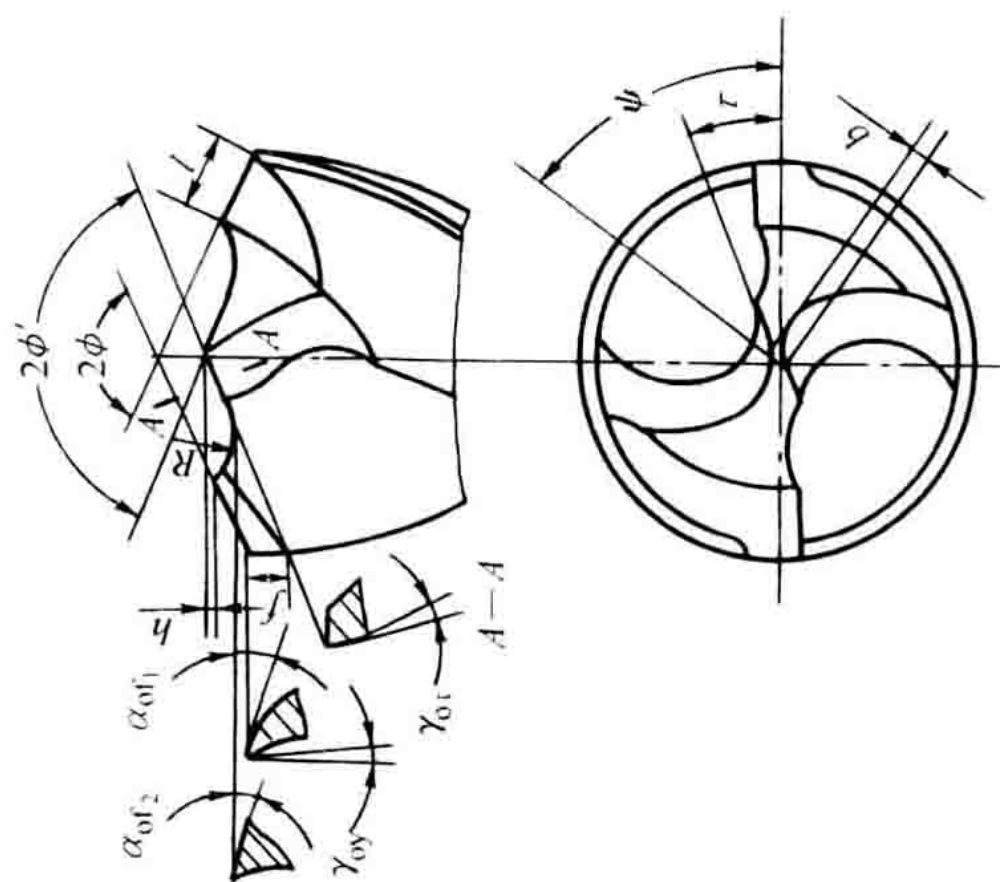
纯铜群钻钻芯高，  
圆弧后角要减小，  
横刃斜角九十度，  
孔形光整无多角。





## 4) 加工黄铜用群钻切削部分几何参数 (表 10-16)

表 10-16 加工黄铜用群钻切削部分几何参数



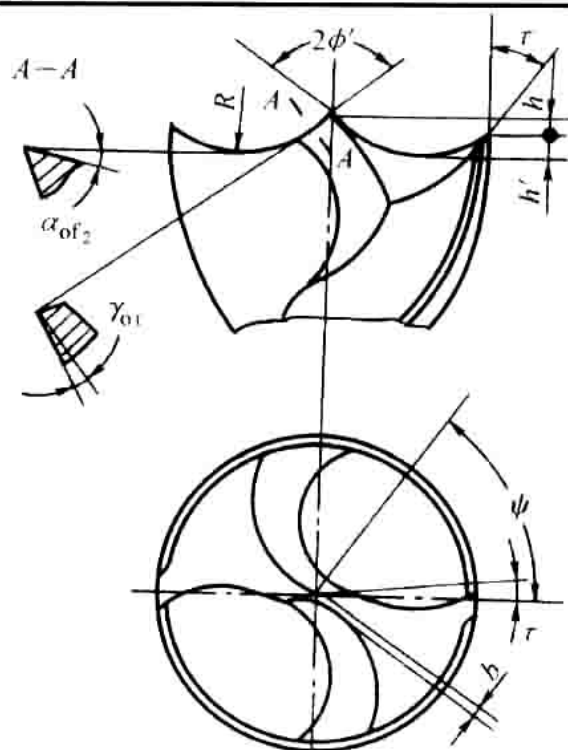
## 特点口诀

黄铜钻孔易“扎刀”，  
外刃前角要减小，  
棱边磨窄修圆弧，  
孔圆光整质量高。

钻头直径 $d$	尖高 $h$	圆弧 半径 $R$	横刃 长 $b$	外刃 长 $l$	修磨 长度 $f$	外刃顶角			内刃 顶角 $2\phi'$	横刃 斜角 $\psi$	外刃 纵向 前角 $\gamma_{or}$	内刃 前角 $\gamma_{oy}$	内刃 斜角 $\tau$	外刃 后角 $\alpha_{of1}$	圆弧 后角 $\alpha_{of2}$
						I	II	$2\phi$							
/mm						/ (°)									
5~7	0.2	0.75	0.15	1.3	1.5	125	110	135	65	8	-10	20	15	18	
>7~10	0.3	1	0.2	1.9											
>10~15	0.4	1.5	0.3	2.6											
>15~20	0.55	2	0.4	3.8	3										
>20~25	0.70	2.5	0.48	4.9											
>25~30	0.85	3	0.55	6											
>30~35	1	3.5	0.65	7.1											
>35~40	1.15	4	0.75	8.2											

5) 加工薄板用群钻切削部分几何参数 (表 10-17)

表 10-17 加工薄板用群钻切削部分几何参数



## 特点口诀

迂回、钳制靠三尖，  
内定中心外切圈，  
压力减轻变形小，  
孔形圆整又安全。

钻头直径 $d$	横刃 长 $b$	尖高 $h$	圆弧半 径 $R$	圆弧深 度 $h'$	内刃顶 角 $2\phi'$	刃尖 角 $\varepsilon_r$	内刃前 角 $\gamma_{or}$	圆弧后 角 $\alpha_{of_2}$
/mm					/ (°)			
5 ~ 7	0.15	0.5	用单圆 弧连接	$>(\delta+1)$	110	40	-10	15
$>7 \sim 10$	0.20							
$>10 \sim 15$	0.30							
$>15 \sim 20$	0.40	1	用双圆 弧连接					12
$>20 \sim 25$	0.48							
$>25 \sim 30$	0.55							
$>30 \sim 35$	0.65	1.5						
$>35 \sim 40$	0.75							

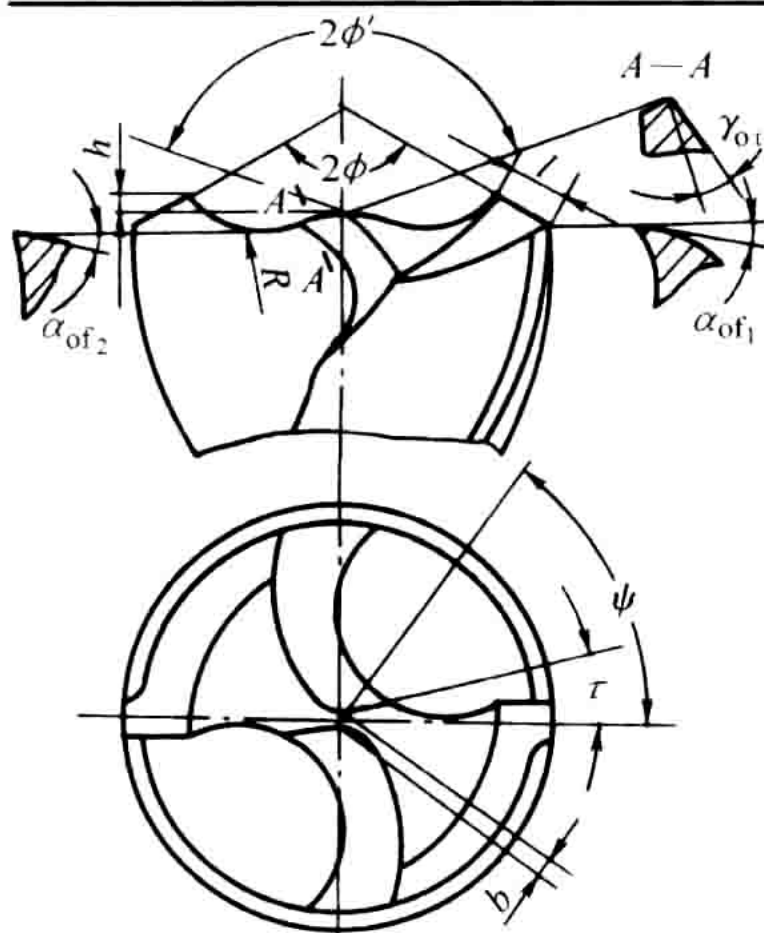
注：1.  $\delta$  是指料厚。

2. 参数值按直径范围的中间值来定，允许偏差为  $\pm$ 。 $\psi$ 、 $\tau$  可参考其他钻头选取。

6) 加工毛坯用扩孔群钻切削部分几何参数（表 10-

18)

表 10-18 加工毛坯用扩孔群钻切削部分几何参数



## 特点口诀

毛坯扩孔定心难，  
 钻芯低于两外尖，  
 外刃切入手进给，  
 再用机进也不偏。

钻头直径 $d$	尖高 $h$	圆弧半径 $R$	横刃长 $b$	外刃长 $l$	外刃顶角 $2\phi$	内刃顶角 $2\phi'$
/mm					/ (°)	
30 ~ 45	1.5	6	1.5	按扩孔 余量决 定	120	140
> 45 ~ 60	2	7	2			
> 60 ~ 80	2.5	8	2.5			
钻头直径 $d$	横刃斜角 $\psi$	内刃前角 $\gamma_{or}$	内刃斜角 $\tau$	外刃后角 $\alpha_{of1}$	圆弧后角 $\alpha_{of2}$	
/ (°)						
30 ~ 45	65	- 15	30	12	12	
> 45 ~ 60			35	10	10	
> 60 ~ 80			40	8	8	

(2) 群钻的手工刃磨方法 以中型群钻（直径 15 ~ 40mm）为例（图 10-18）。

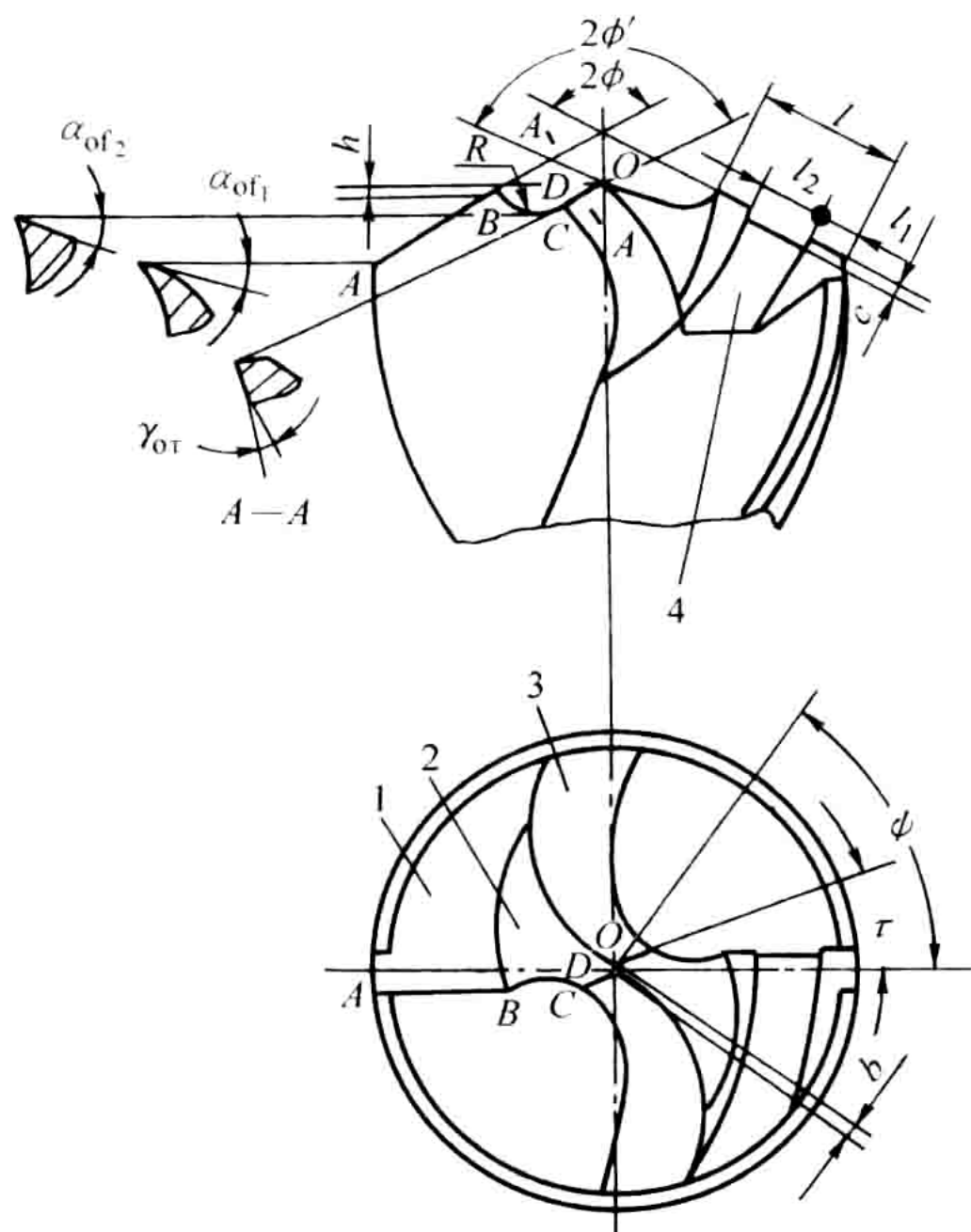


图 10-18 中型群钻

1—外刃后面 2—月牙槽后面

3—内刃前面 4—分屑槽

1) 刃磨前准备——修整砂轮（图 10-19）

[口诀] 砂轮要求不特殊，  
通用砂轮就满足。  
外圆轮侧修平整，  
圆角可小月牙弧。

[注意事项]

砂轮型号建议用 1—  
WAF60K ~ L。

砂轮圆角不得大于参数表  
中标出的圆弧半径 ( $R$ ) 值。

2) 磨外直刃 (图 10-20)

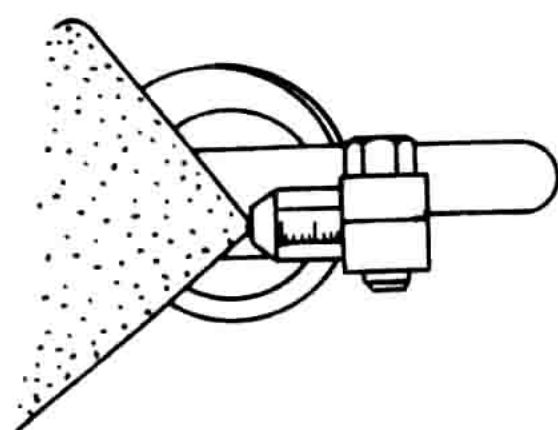
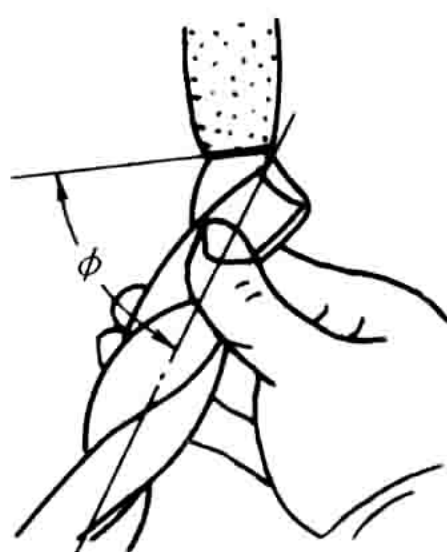
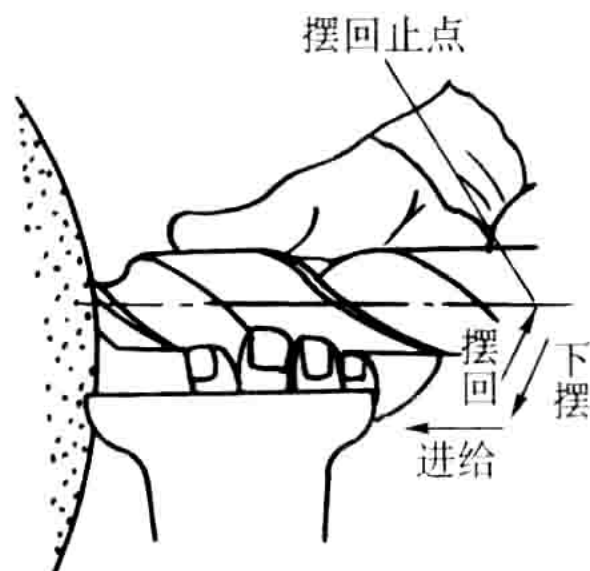


图 10-19 刃磨前修整砂轮



a)



b)

图 10-20 磨外直刃

[口诀] 钻刃摆平轮面靠，  
钻轴左斜出顶角。  
由刃向背磨后面，  
上下摆动尾别翘。

## [注意事项]

① 开始刃磨，钻刃接触砂轮，一只手握住钻头某个固定的部位作定位支点，另一只手将钻尾上下摆动，同时吃刀，磨出后面1，保证外刃后角 ( $\alpha_{of_1}$ )。

② 钻尾摆动时不得高出水平面，以防止磨出负后角。

③ 当切削刃即将磨好成形时，注意磨削不可由刃背向刃口方向进行，以免刃口退火。

## 3) 磨月牙槽 (图 10-21)

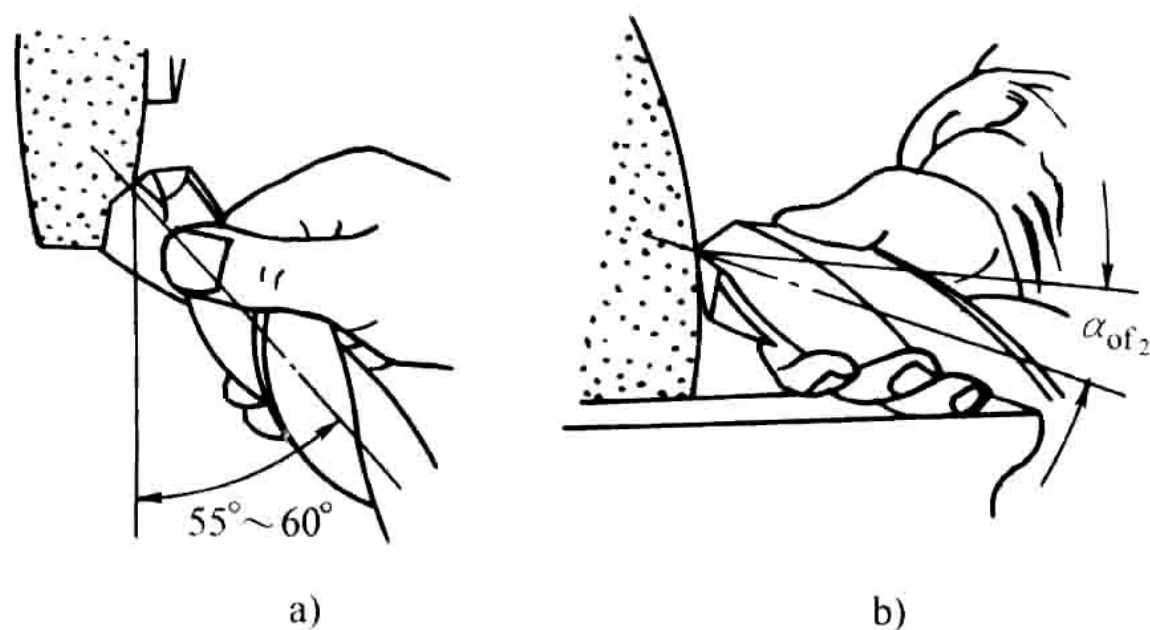


图 10-21 磨月牙槽

[口诀] 刀对轮角刃别翘，  
钻尾压下弧后角 ( $\alpha_{of_2}$ )，  
轮侧钻轴夹  $55^{\circ}$ ，  
上下勿动平进刀。

## [注意事项]

① 手拿钻头，使钻头主切削刃基本水平，以保证横刃斜角适当，和 B 点 (图 10-18) 处的侧后角为正值。

若外直刃外缘点向上翘，会使  $B$  点处出负值后角，并使横刃斜角 ( $\psi$ ) 变小。

② 开始刃磨，钻头水平向前缓慢平稳送进，磨出后面 2，形成圆弧刃，应保证圆弧半径 ( $R$ ) 和外刃长 ( $l$ )。如果砂轮圆角小于要求的圆弧半径 ( $R$ ) 值，则钻头还应在水平面做微小的摆动，以得到表中的  $R$  值。

③ 钻头千万不可在垂直面内上下摆动，或绕钻轴转动，否则横刃变成  $S$  形，横刃斜角变小，而且圆弧形状也不易控制对称。

④ 对圆弧和钻芯尖的对称性要求较严，在翻转  $180^\circ$  磨另一边的后面 2 时，应特别注意。

#### 4) 修磨横刃 (图 10-22)

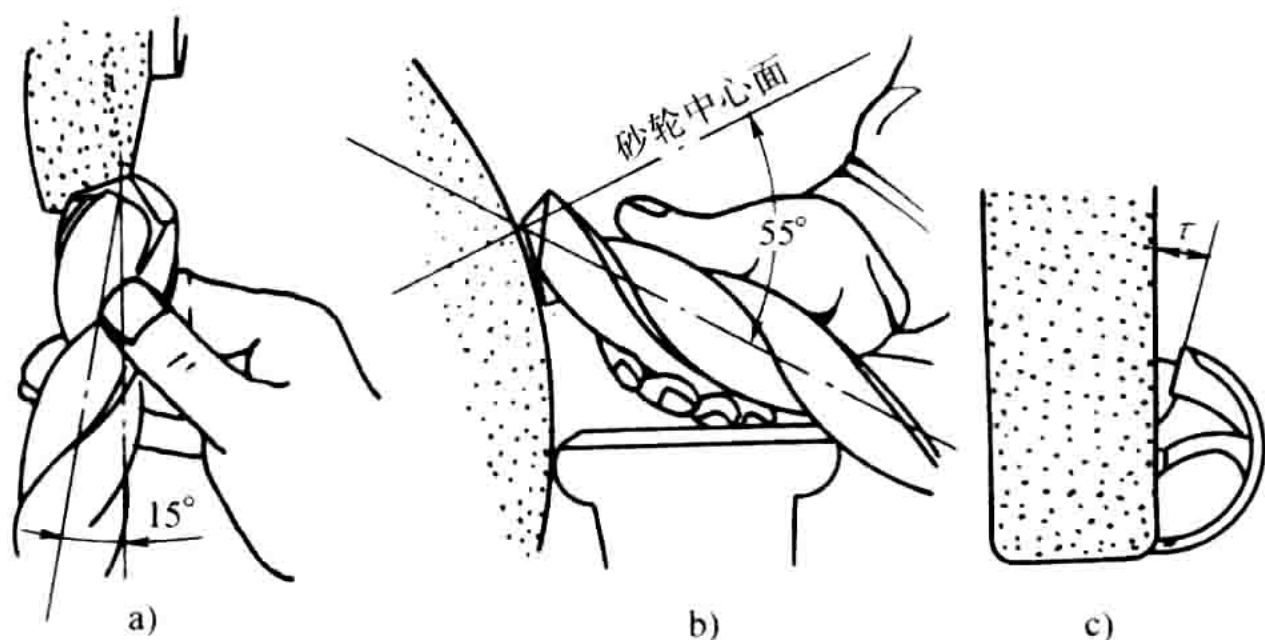


图 10-22 修磨横刃

[口诀]

钻轴左倾 15 度，



尾柄下压约  $55^\circ$ ，  
外刃轮侧夹“ $\tau$ ”角，  
钻芯缓进别烧糊。

[注意事项]

① 开始刃磨，钻头上的磨削点逐渐由外刃背向钻芯移动，磨出前面 3（图 10-18），保证内刃斜角（ $\tau$ ）和内刃前角（ $\gamma_{\text{or}}$ ）。

② 由外向里刃磨时，磨削量应由大到小，磨至钻芯时要轻，防止刃口退火（烧糊）。

③ 刃磨时，要严防由于外直刃与轮侧的夹角（ $\tau$ ）太小，而磨到圆弧刃甚至外直刃。这个角度的大小要求不严。但必须强调两个“ $\tau$ ”角的一致性。

④ 钻芯不要磨得过薄。

### 5) 磨外直刃上的分屑槽（图 10-23）

[口诀] 片砂轮或小砂轮，  
垂直刃口两平分，  
开槽选在高刃上，  
槽侧后角要留心。

[注意事项]

① 最好选用橡胶切割砂轮，也可用普通小砂轮，但砂轮圆角半径要修小一点。

② 手拿钻头，目测两外直刃，如两外直刃有高有低，

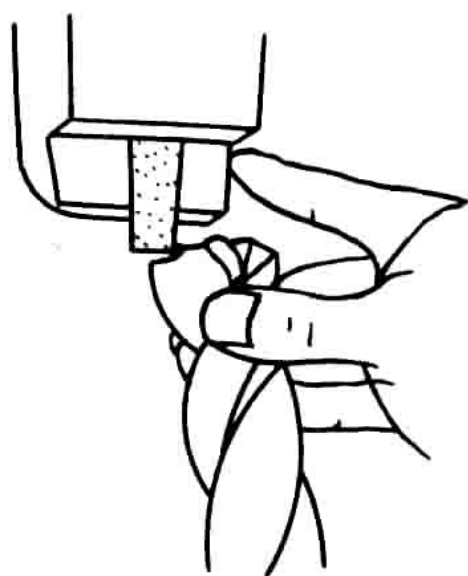


图 10-23 磨外直刃上的分屑槽

选定较高的一刃，使片砂轮侧面（或小砂轮的圆角平分面）与它垂直，并对准外直刃的中间。

③ 开始刃磨，钻头接触砂轮，同时在垂直面内摆动钻尾，磨出分屑槽 4 和分屑槽侧后角，保证槽距 ( $l_1$ )、槽宽 ( $l_2$ ) 和槽深 ( $c$ )。

## （二）钻孔的方法

### 1. 钻不同孔距精度所用的加工方法（表 10-19）

表 10-19 钻不同孔距精度所用的加工方法

孔距精度/mm	加 工 方 法	适用范围
$\pm 0.25 \sim 0.5$	划线找正、配合测量与简易钻模	单件、小批生产
$\pm 0.1 \sim 0.25$	用普通夹具或组合夹具，配合快换卡头	小、中批生产
	盘、套类工件可用通用分度夹具	
$\pm 0.03 \sim 0.1$	利用坐标工作台、指示表、量块、专用对刀装置或采用坐标、数控钻床	单件、小批生产
	采用专用夹具	大批量生产

### 2. 切削液的选用（表 10-20）

### 3. 几种特形钻套的使用

当工件的形状或工序的加工条件不宜采用标准钻套时，就应采用特形钻套，保证钻削加工质量。

（1）加长钻套（图 10-24） 是在工件凹腔内钻孔用的钻套，装卸工件时钻套可以提起，钻套上部孔径必须扩大，以减少与刀具的接触长度，减少摩擦。

表 10-20 切削液的选择

加工材料	切 削 液
碳素钢、合金钢	① 3% ~ 5% 乳化液 ② 5% ~ 10% 极压乳化液
不锈钢、高温合金	① 10% ~ 15% 乳化液 ② 10% ~ 20% 极压乳化液 ③ 含氯（氯化石蜡）的切削油 ④ 含硫、磷、氯的切削油
铸铁、黄铜	① 一般不加 ② 3% ~ 5% 乳化液
纯铜、铝及其合金	① 3% ~ 5% 乳化液 ② 煤油 ③ 煤油与菜籽油的混合油
硬橡胶、胶木、硬纸板	① 一般不加 ② 风冷
有机玻璃	10% ~ 15% 乳化液

(2) 削边钻套（图 10-25） 用于加工中心距较小而不能采用标准钻套的孔，但应保证削边厚度  $b \geq 1 \sim 2\text{mm}$ 。

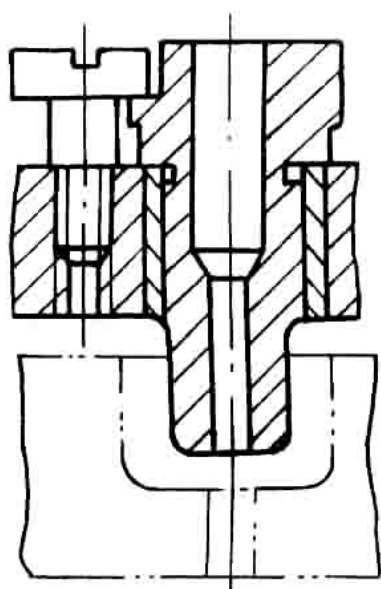


图 10-24 加长钻套

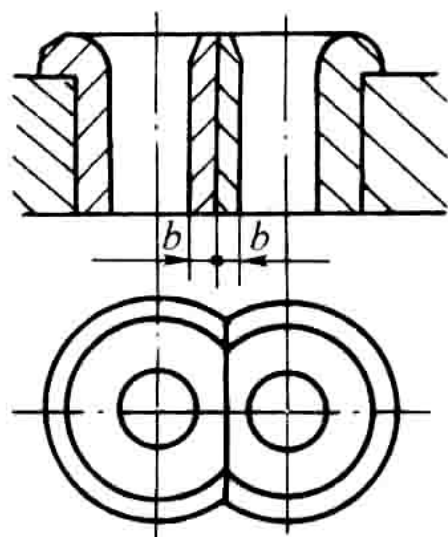


图 10-25 削边钻套

(3) 斜面钻套、圆弧面钻套 (图 10-26) 用于在斜面或圆弧面上钻孔, 可防止钻头切入时引偏或折断。

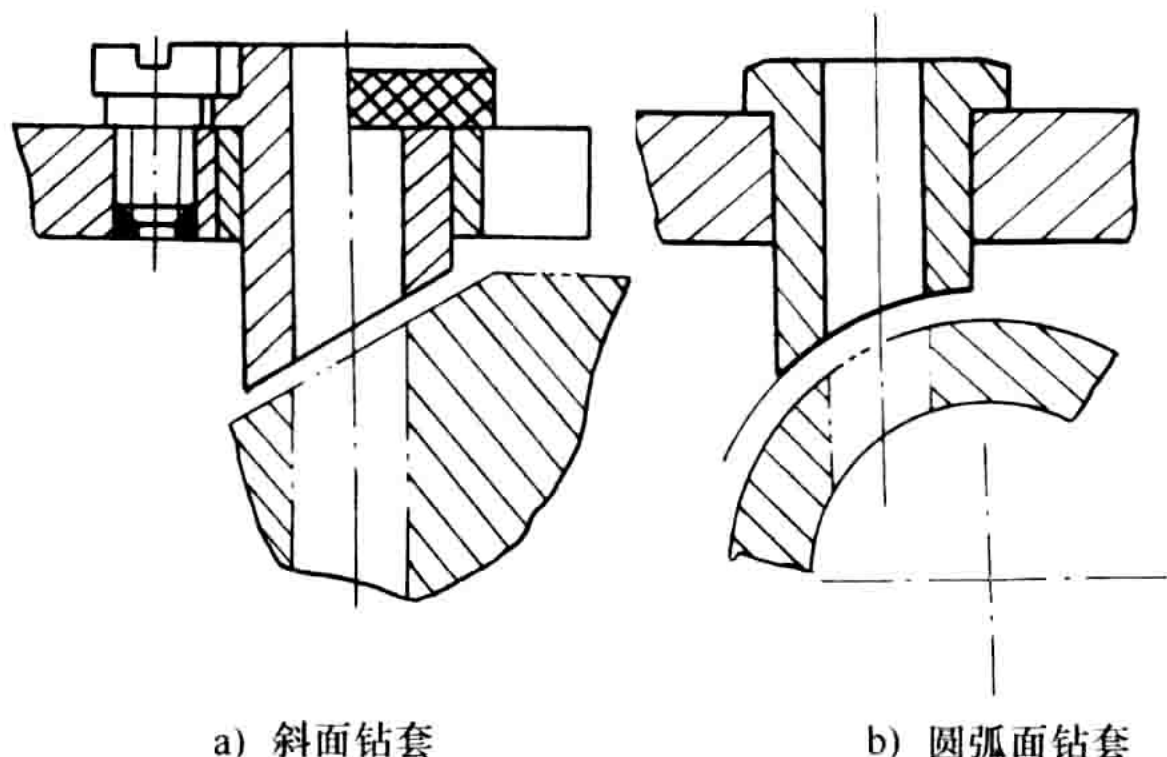


图 10-26 斜面钻套和圆弧面钻套

(4) 中间钻套 (图 10-27) 用于加工间断孔, 实际作用为双导向或多导向, 以免钻头偏斜。

#### 4. 钻半 (缺) 圆孔

钻半圆孔时, 可把两工件合起来或用同样材料的垫块与工件合在一起钻 (图 10-28a)。

若钻削缺孔, 可用同样材料镶嵌在工件内, 钻孔后去掉这块材料, 工件留下了缺圆孔 (图 10-28b)。

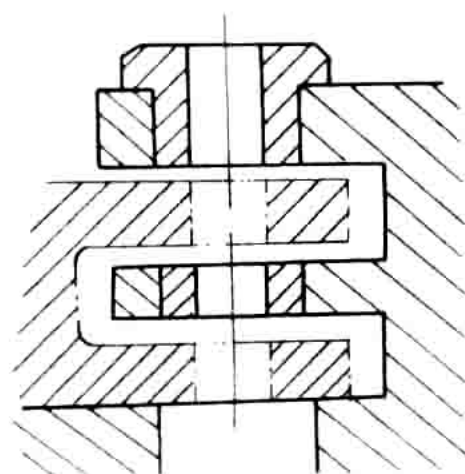


图 10-27 中间钻套

#### 5. 钻骑缝孔 (图 10-29)

钻骑缝孔要选用短钻头, 钻头的横刃要磨短, 以增强

钻头刚度和定心作用。若两种零件材料不同，样冲眼应打在略偏于硬材料一边，并在钻孔时使钻头略往硬材料一边偏。

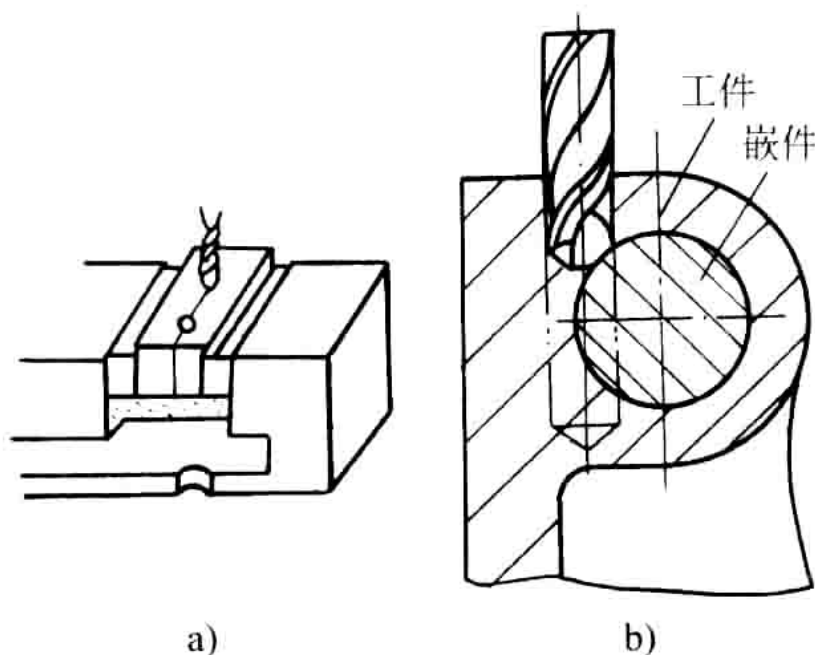


图 10-28 钻半（缺）圆孔

## 6. 在斜面上 钻孔（图 10-30）

若不采用钻模和专用的斜面钻套，钻斜面上的孔时，钻头必然会产生偏歪，滑移而无法定心。为保证钻削顺利进行，可采取如下方法：

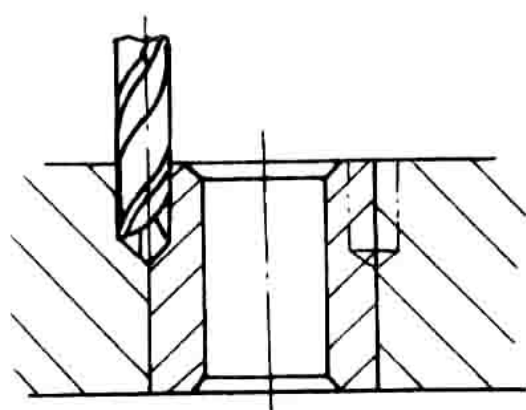


图 10-29 钻骑缝孔

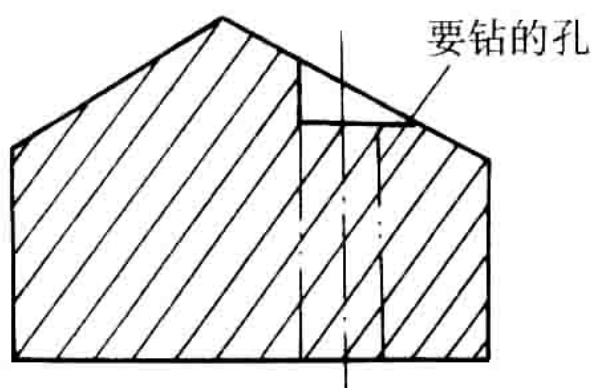


图 10-30 在斜面上钻孔

- 1) 先用立铣刀在斜面上铣出一个平面，然后再钻孔。
- 2) 先用錾子在斜面上錾出一个小平面后，用中心钻钻出一个较大的锥坑，或用小钻头钻出一个浅孔，然后再钻孔。

## 7. 钻孔切削用量的选择（表 10-21）

表 10-21 钻孔切削用量的选择

1) 高速钢钻头钻削不同材料的切削用量											
加工材料		硬 度		切削速 度 $v$ / ( m/ min)	钻头直径 $d$ /mm					钻头螺 旋角 / (°)	顶角 / (°)
					<3	3~6	6~13	13~19	19~25		
		布氏 HBW	洛氏 HRB								
铝及铝合金		45~105	~62	105	0.08	0.15	0.25	0.40	0.48	32~42	90~118
铜及	高加工性	~124	10~70	60	0.08	0.15	0.25	0.40	0.48	15~40	118
铜合金	低加工性	~124	10~70	20	0.08	0.15	0.25	0.40	0.48	0~25	118
镁及镁合金		50~90	~52	45~120	0.08	0.15	0.25	0.40	0.48	25~35	118
锌合金		80~100	41~62	75	0.08	0.15	0.25	0.40	0.48	32~42	118
碳钢		175~225	88~98	20	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	25~35	118
合金钢	0.12~ 0.25C	175~225	88~98	21	0.08	0.15	0.20	0.40	0.48	25~35	118
	0.30~ 0.65C	175~225	88~98	15~18	0.05	0.09	0.15	0.21	0.26	25~35	118
	工具钢	196	94	18	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	25~35	118
灰铸铁	软	120~150	~80	43~46	0.08	0.15	0.25	0.40	0.48	20~30	90~118
	中硬	160~220	80~97	24~34	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	14~25	90~118

(续)

1) 高速钢钻头钻削不同材料的切削用量

加工材料	硬 度		切削速 度 $v$ / ( m/ min )	钻头直径 $d$ /mm						钻头螺 旋角 / ( ° )	顶角 / ( ° )
				<3	3 ~ 6	6 ~ 13	13 ~ 19	19 ~ 25			
进给量 $f$ / ( mm/r )											
可锻铸铁	112 ~ 126	~ 71	27 ~ 37	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	20 ~ 30	90 ~ 118	
球墨铸铁	190 ~ 225	~ 98	18	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	14 ~ 25	90 ~ 118	
塑料	—	—	30	0.08	0.13	0.20	0.26	0.32	15 ~ 25	118	
硬橡胶	—	—	30 ~ 90	0.05	0.09	0.15	0.21	0.26	10 ~ 20	90 ~ 118	

2) 硬质合金钻头钻削不同材料的切削用量

加工材料	抗拉强度 $R_m$ /MPa	硬度 HBW	进给量 $f$ / (mm/r)		切削速度 $v$ / (m/min)		切削液
			$d$ /mm				
			5 ~ 10	11 ~ 30	5 ~ 10	11 ~ 30	
工具钢	1000	300	0.08 ~ 0.12	0.12 ~ 0.2	35 ~ 40	40 ~ 45	非水溶性切削油
	1800 ~ 1900	500	0.04 ~ 0.15	0.05 ~ 0.08	8 ~ 11	11 ~ 14	
	2300	575	<0.02	<0.03	<6	7 ~ 10	

非水溶性切削油

镍铬钢	1000 1400	300	0.08 ~ 0.12	0.12 ~ 0.2	35 ~ 40	40 ~ 45	非水溶 性切削油
铸钢	500 ~ 600	—	0.04 ~ 0.05	0.05 ~ 0.08	15 ~ 20	20 ~ 25	
不锈钢	—	—	0.08 ~ 0.12	0.12 ~ 0.2	35 ~ 38	38 ~ 40	
耐热钢	—	—	0.08 ~ 0.12	0.12 ~ 0.2	25 ~ 27	27 ~ 35	
灰铸铁	—	200	0.01 ~ 0.05	0.05 ~ 0.1	3 ~ 6	5 ~ 8	干切或乳化液
	—	—	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5	40 ~ 45	45 ~ 60	
合金铸铁	—	230 ~ 350	0.03 ~ 0.07	0.05 ~ 0.1	20 ~ 40	25 ~ 45	非水溶性切 削油或乳化液
	—	350 ~ 400	0.03 ~ 0.05	0.04 ~ 0.08	8 ~ 20	10 ~ 25	
可锻铸铁	—	—	0.15 ~ 0.2	0.2 ~ 0.4	35 ~ 38	38 ~ 40	干切或 乳化液
黄铜	—	—	0.07 ~ 0.15	0.1 ~ 0.2	70 ~ 100	90 ~ 100	
铸造青铜	—	—	0.07 ~ 0.1	0.09 ~ 0.2	50 ~ 70	55 ~ 75	
铝	—	—	0.15 ~ 0.3	0.3 ~ 0.8	250 ~ 270	270 ~ 300	干切或汽油
硬橡胶	—	—	0.2 ~ 0.4		30 ~ 60		
热固性树脂	—	—	0.04 ~ 0.1		60 ~ 90		
塑料	—	—	0.05 ~ 0.25		30 ~ 60		
玻璃	—	—	手进		4.5 ~ 7.5		
玻璃纤维 复合材料	—	—	0.063 ~ 0.127		198		

8. 钻孔中常见缺陷的产生原因和解决方法 (表 10-22)



表 10-22 钻孔中常见缺陷的产生原因和解决方法

序号	缺陷内容	产生原因	解决办法
1	孔径增大、误差大	1) 钻头左、右切削刃不对称, 摆差大 2) 钻头横刃太长 3) 钻头刃口崩刃 4) 钻头刃带上有积屑瘤 5) 钻头弯曲 6) 进给量太大 7) 钻床主轴摆差大或松动	1) 刃磨时保证钻头左、右切削刃对称, 摆差在允许范围内 2) 修磨横刃, 减小横刃长度 3) 及时发现崩刃情况, 并更换钻头 4) 将刃带上的积屑瘤用磨石修整到合格 5) 校直或更换 6) 降低进给量 7) 及时调整和维修钻床
2	孔径小	1) 钻头刃带已严重磨损 2) 钻出的孔不圆	1) 更换合格钻头 2) 见序号 3 的解决办法
3	钻孔时产生振动或孔不圆	1) 钻头后角太大 2) 无导向套或导向套与钻头配合间隙过大 3) 钻头左、右切削刃不对称, 摆差大	1) 减小钻头后角 2) 钻杆伸出过长时必须要有导向套, 采用合适间隙的导向套或先钻中心孔再钻孔 3) 刃磨时保证钻头左、右切削刃对称, 摆差在允许范围内

(续)

序号	缺陷内容	产生原因	解决办法
3	钻孔时产生振动或孔不圆	4) 主轴轴承松动 5) 工件夹紧不牢 6) 工件表面不平整, 有气孔砂眼 7) 工件内部有缺口、交叉孔	4) 调整或更换轴承 5) 改进夹具与定位装置 6) 更换合格毛坯 7) 改变工序顺序或改变工件结构
4	孔位超差, 孔歪斜	1) 钻头已磨钝 2) 钻头左、右切削刃不对称, 摆差大 3) 钻头横刃太长 4) 钻头与导向套配合间隙过大 5) 主轴与导向套中心线不同轴, 主轴与工作台面不垂直 6) 钻头在切削时振动 7) 工件表面不平整, 有气孔砂眼 8) 工件内部有缺口、交叉孔 9) 导向套底端面与工件表面间的距离大, 导向套长度短	1) 重磨钻头 2) 刃磨时保证钻头左、右切削刃对称, 摆差在允许范围内 3) 修磨横刃, 减小横刃长度 4) 采用合适间隙的导向套 5) 找正机床夹具位置。检查钻床主轴的垂直度 6) 先钻中心孔再钻孔, 采用导向套 7) 更换合格毛坯 8) 改变工序顺序或改变工件结构 9) 加长导向套长度

(续)

序号	缺陷内容	产生原因	解决办法
4	孔位超差, 孔歪斜	10) 工件夹紧不牢 11) 工件表面倾斜 12) 进给量不均匀	10) 改进夹具与定位装置 11) 正确定位安装 12) 使进给量均匀
5	钻头折断	1) 切削用量选择不当 2) 钻头崩刃 3) 钻头横刃太长 4) 钻头已钝, 刃带严重磨损呈正锥形 5) 导向套底端面与工件表面间的距离太小, 排屑困难 6) 切削液供应不足 7) 切屑堵塞钻头的螺旋槽, 或切屑卷在钻头上, 使切削液不能进入孔内 8) 导向套磨损成倒锥形, 退刀时, 钻屑夹在钻头与导向套之间	1) 减少进给量和切削速度 2) 及时发现崩刃情况, 当加工较硬的钢件时, 后角要适当减小 3) 修磨横刃, 减小横刃长度 4) 及时更换钻头, 刃磨时将磨损部分全部磨掉 5) 加大导向套与工件间的距离 6) 切削液喷嘴对准加工孔口; 加大切削液流量 7) 减小切削速度、进给量; 采用断屑措施; 或采用分级进给方式, 使钻头退出数次 8) 及时更换导向套

(续)

序号	缺陷内容	产生原因	解决办法
5	钻头折断	<p>9) 快速行程終了位置距工件太近, 快速行程转向工件进给时误差大</p> <p>10) 孔钻通时, 由于进给阻力迅速下降而进给量突然增加</p> <p>11) 工件或夹具刚性不足, 钻通时弹性恢复, 使进给量突然增加</p> <p>12) 进给丝杠磨损, 动力头重锤重量不足。动力液压缸反压力不足, 当孔钻通时, 动力头自动下落, 使进给量增大</p> <p>13) 钻铸件时遇到缩孔</p> <p>14) 锥柄扁尾折断</p>	<p>9) 增加工作行程距离</p> <p>10) 修磨钻头顶角, 尽可能降低钻孔轴向力; 孔将要钻通时, 改为手动进给, 并控制进给量</p> <p>11) 减少机床、工件、夹具的弹性变形; 改进夹紧定位, 增加工件、夹具刚性; 增加二次进给</p> <p>12) 及时维修机床, 增加动力头重锤重量; 增加二次进给</p> <p>13) 对估计有缩孔的铸件要减少进给量</p> <p>14) 更换钻头, 并注意擦净锥柄油污</p>
6	钻头寿命低	1) 同第5项之1)、3)、4)、5)、6)、7)	1) 同第5项之1)、3)、4)、5)、6)、7)

(续)

序号	缺陷内容	产生原因	解决办法
6	钻头寿命低	2) 钻头切削部分几何形状与所加工的材料不适应  3) 其他	2) 加工铜件时, 钻头应选用较小后角, 避免钻头自动钻入工件, 使进给量突然增加; 加工低碳钢时, 可适当增大后角, 以增加钻头寿命; 加工较硬的钢材时, 可采用双重钻头顶角, 开分屑槽或修磨横刃等, 以增加钻头寿命 3) 改用新型适用的高速钢 (铝高速钢、钴高速钢) 钻头或采用涂层刀具; 消除加工件的夹砂、硬点等不正常情况
7	孔壁表面粗糙	1) 钻头不锋利 2) 后角太大 3) 进给量太大 4) 切削液供给不足, 切削液性能差 5) 切屑堵塞钻头的螺旋槽 6) 夹具刚性不够 7) 工件材料硬度过低	1) 将钻头磨锋利 2) 采用适当后角 3) 减少进给量 4) 加大切削液流量, 选择性能好的切削液 5) 见第5项之7)  6) 改进夹具 7) 增加热处理工序, 适当提高工件硬度

## 二、扩 孔

扩孔是用扩孔刀具对工件上已有的孔进行扩大加工, 如钻孔、铸孔、锻孔和冲孔的扩大加工。扩孔可以作为孔

的最终加工，也可以作为铰孔、磨孔前的预加工工序。扩孔后，孔的公差等级一般可达 IT9 ~ IT10，表面粗糙度值可达  $Ra12.5 \sim 3.2 \mu m$ 。

### 1. 扩孔钻类型、规格范围及标准代号（表 10-23）

### 2. 扩孔方法

(1) 用麻花钻扩孔 在实际生产中，常用经修磨的麻花钻当扩孔钻使用。

在实心材料上钻孔，如果孔径较大，不能用麻花钻一次钻出，常用直径较小的麻花钻预钻一孔，然后用大直径的麻花钻进行扩孔（图 10-31）。

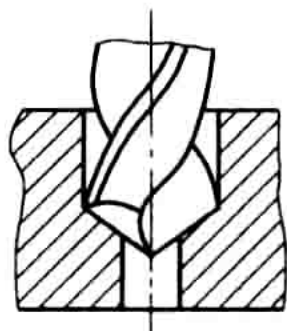


图 10-31 用麻花钻扩孔

在预钻孔上扩孔的麻花钻，几何参数与钻孔时基本相同。由于扩孔时避免了麻花钻横刃切削的不良影响，可适当提高切削用量。同时，由于背吃刀量减小，使切屑容易排出，

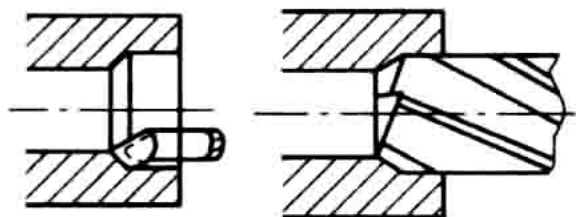


图 10-32 扩孔前的镗孔

因此扩孔后，孔的表面粗糙度也有一定程度的降低。

用麻花钻扩孔时，扩孔前的钻孔直径为孔径的 0.5 ~ 0.7 倍，扩孔时的切削速度约为钻孔的 1/2，进给量约为钻孔的 1.5 ~ 2 倍。

(2) 用扩孔钻扩孔 扩孔钻的切削条件要比麻花钻好。由于它的切削刃较多，因此扩孔时切削比较平稳，导向作用好，不易产生偏移。但为了提高扩孔的精度，还应注意以下几点：

表 10-23 扩孔钻类型、规格范围及标准代号

类型	简 图	规格范围 <sup>①</sup> $d/mm$ 推荐值	标准 代号
直柄 扩孔钻		3 ~ 19.7	GB/ T4256— 2004
莫氏 锥柄 扩孔钻		7.8 ~ 50	GB/ T4256— 2004
套式 扩孔钻		25 ~ 100	GB/ T1142— 2004

① 直径  $d$  “推荐值” 系常备的扩孔钻规格，用户有特殊需要时也可供应 “分级范围” 内的任一直径的扩孔钻。直径  $d \leq 6mm$  的扩孔钻可制成反顶尖。

1) 钻孔后,在不改变工件和机床主轴相互位置的情况下,立即换上扩孔钻进行扩孔。这样可使钻头与扩孔钻的中心重合,使切削均匀平稳,保证加工质量。

2) 扩孔前先用镗刀镗出一段直径与扩孔钻相同的导向孔(图 10-32),这样可使扩孔钻在一开始就有较好的导向,而不至于随着原有不正确的孔偏斜。这种方法多用于铸孔、锻孔的扩孔。

3) 也可采用钻套为导向进行扩孔。

**3. 扩孔、钻扩孔中常见问题的产生原因和解决方法**  
(见表 10-24)

**表 10-24 扩孔、钻扩孔中常见问题  
的产生原因和解决方法**

问题	产生原因	解决方法
孔径增大	1) 扩孔钻切削刃摆差大 2) 扩孔钻刃口崩刃 3) 扩孔钻刃带上有积屑瘤 4) 安装扩孔钻时,锥柄表面油污未擦干净,或锥面有磕、碰伤	1) 刃磨时保证摆差在允许范围内 2) 及时发现崩刃情况,更换刀具 3) 将刃带上的积屑瘤用磨石修整到合格 4) 安装扩孔钻前必须将扩孔钻锥柄及机床主轴锥孔内部油污擦干净,锥面有磕、碰伤处用磨石修光



(续)

问题	产生原因	解决方法
孔表面粗糙	1) 切削用量过大 2) 切削液供给不足 3) 扩孔钻过度磨损	1) 适当降低切削用量 2) 切削液喷嘴对准加工孔口；加大切削液流量 3) 定期更换扩孔钻；刃磨时把磨损区全部磨去
孔位置精度超差	1) 导向套配合间隙大 2) 主轴与导向套同轴度误差大 3) 主轴轴承松动	1) 位置公差要求较高时，导向套与刀具配合要精密些 2) 找正机床与导向套位置 3) 调整主轴轴承间隙

三、铰 孔

用铰钻对工件的孔口表面进行各种成形加工，称为铰孔（削）。常用的铰孔形式见表 10-25。

表 10-25 常用的铰孔形式

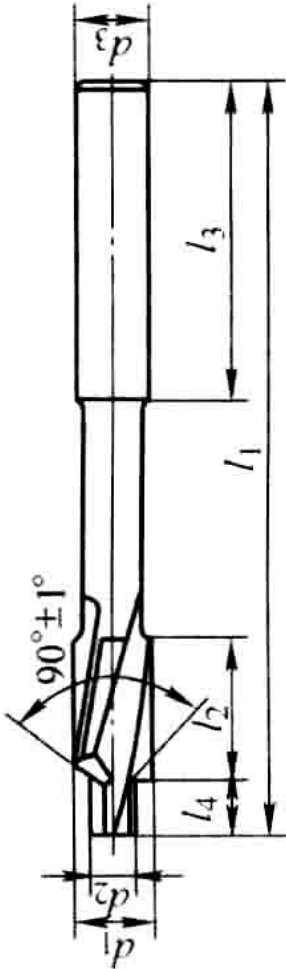
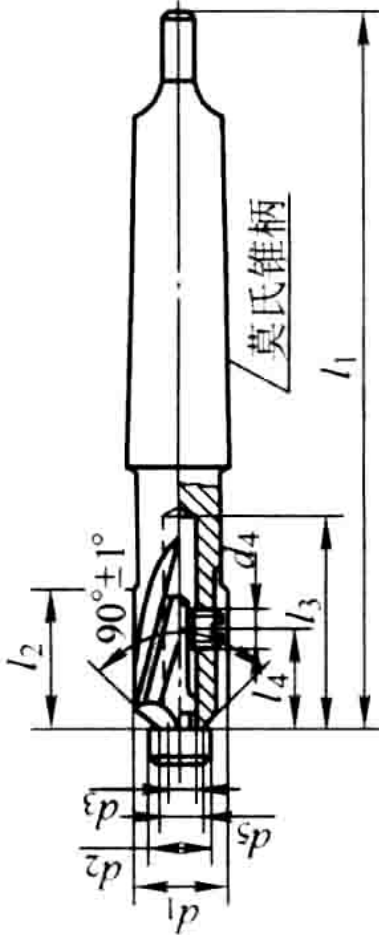
铰孔形式	铰圆柱形沉孔	铰圆锥形沉孔	铰凸台平面
图例			

1. 铰钻类型、规格范围及标准代号（表 10-26）

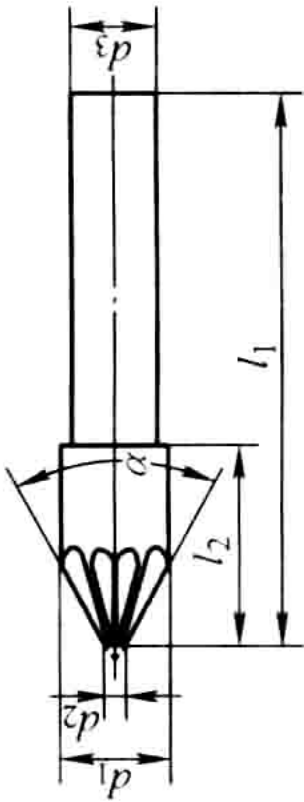
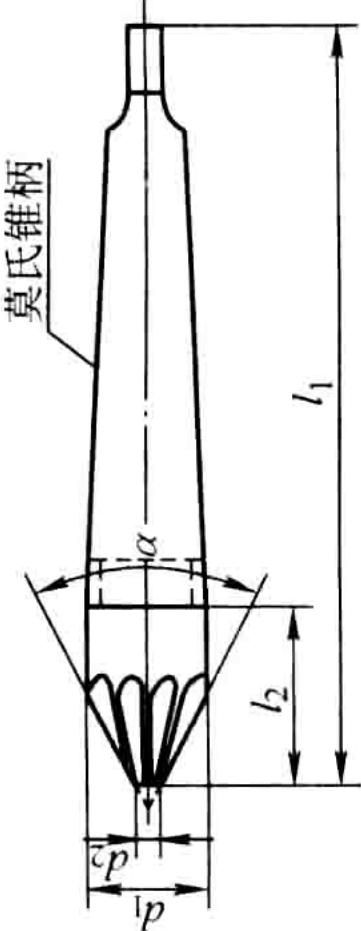
表 10-26 铤钻类型、规格范围及标准代号

类 型	简 图	规格尺寸 范围/mm	标准代号
60°、90°、 120°直柄锥面 铤钻		$d_1$ 8 ~ 25	GB/T 4258— 2004
60°、90°、 120°莫氏锥柄 锥面铤钻		$d_1$ 16 ~ 80	GB/T 1143— 2004

(续)

类 型	简 图	规格尺寸 范围/mm	标准代号
带整体导柱 直柄平底铤钻		$(d_1 \times d_2)$ $3.3 \times 1.8$ $\sim 20 \times 13.5$	GB/T 4260— 2004
带可换导柱 莫氏锥柄平底 铤钻		$(d_1 \times d_2)$ $13 \times 6.6$ $\sim 61 \times 33$	GB/T 4261— 2004

(续)

类 型	简 图	规格尺寸 范围/mm	标准代号
带整体导柱 直柄 90° 锥面 铤钻		$(d_1 \times d_2)$ $3.7 \times 1.8$ $\sim 17.6 \times 9$	GB/T 4263— 2004
带可换导柱 莫氏锥柄 90° 锥面铤钻		$(d_1 \times d_2)$ $13.8 \times 6.6$ $\sim 40.4 \times 22$	GB/T 4264— 2004

## 2. 用麻花钻改制铤钻

1) 用标准麻花钻改制成带导柱的平底铤钻 (图 10-33)。一般选用比较短的麻花钻, 在磨床上把麻花钻的端部磨出圆柱形导柱, 其直径  $d$  与工件上已有的孔采用  $f7$  的间隙配合。端面上的切削刃用薄片砂轮磨出, 后角一般为  $\alpha_0 = 8^\circ$ , 磨花钻的螺旋槽与导柱面形成的刃口要用磨石磨钝。

若将标准麻花钻改制成不带导柱的平底铤钻 (图 10-34), 则它既可铤圆柱形

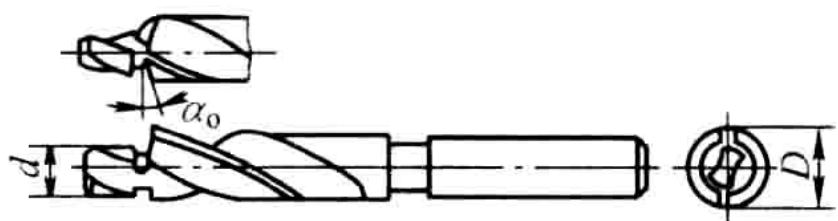


图 10-33 改制的带导柱的平底铤钻

沉孔, 又可以铤平孔口端面。如果将凸尖部全部磨平, 则可用来铤平不通孔的孔底。

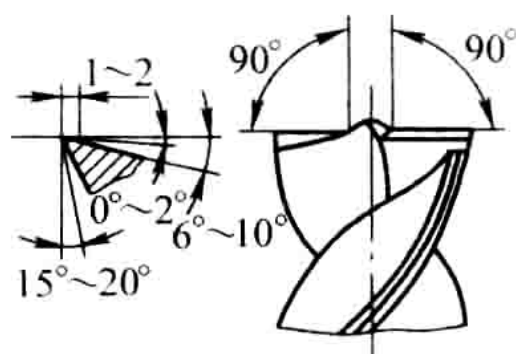


图 10-34 改制的不带导柱的平底铤钻

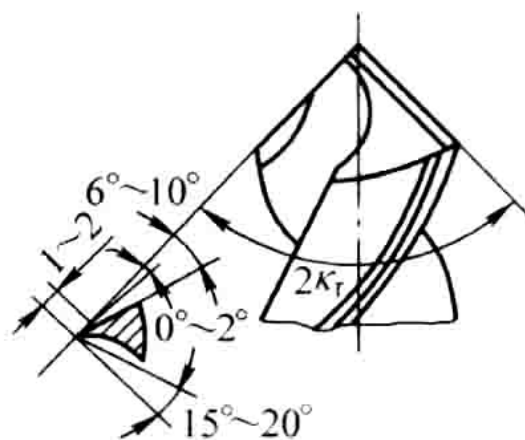


图 10-35 改制的锥形铤钻

2) 用标准麻花钻改制成锥形铤钻 (图 10-35) 其锥

角按沉头孔规定的角度确定。为保证镗出的锥形沉头孔的表面粗糙度较小，后角磨得小些，一般取  $\alpha_o = 6^\circ \sim 10^\circ$ ，并有  $1 \sim 2\text{mm}$  的倒棱，麻花钻外缘处的前角也磨得小一些，一般取  $\gamma_o = 15^\circ \sim 20^\circ$ ，两切削刃要磨得对称。

### 3. 镗端面

(1) 简单端面镗钻 简单端面镗钻如图 10-36 所示。它由刀杆（镗杆）和刀片（高速钢）组成。刀杆上的方孔与刀片尺寸采用 h6 的间隙配合，并与刀杆轴线垂直。刀杆端部的外圆直径与工件已有孔采用 f7 的间隙配合，以保证良好的引导作用，使镗出的端面与孔的中心线垂直。

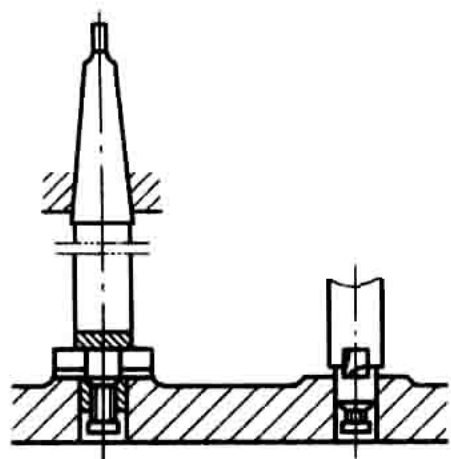


图 10-36 简单端面镗钻

刀片的角度，镗铸铁材料时  $\gamma_o = 5^\circ \sim 10^\circ$ 。镗钢时  $\gamma_o = 15^\circ \sim 20^\circ$ ；后角  $\alpha_o = 6^\circ \sim 8^\circ$ ，副后角  $\alpha'_o = 4^\circ \sim 6^\circ$ 。

图 10-37 所示为采用衬套作导向装置反镗端面。

(2) 多齿端面镗钻 多齿端面镗钻的刀体为套式，只在端面上有切削刃（图 10-38）。使用时与刀杆相配，靠紧定螺钉传递扭矩。刀杆的圆柱部分伸入工件已有孔内，起导向作用，保证镗削的平面与孔的中心线垂直。由于端面镗钻的加工对象主要是铸铁件，因此刀体上一般镶有硬质合金刀片。

4. 镗孔中常见问题的产生原因和解决方法（表 10-27）

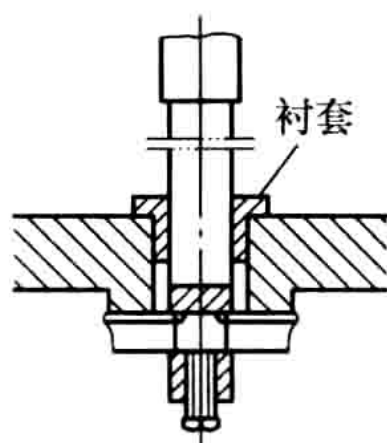


图 10-37 用衬套作导向装置

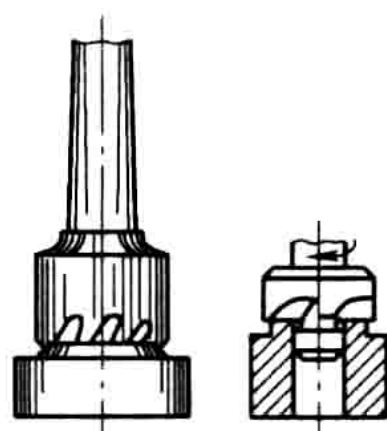


图 10-38 多齿端面铣钻

表 10-27 镗孔中常见问题的产生原因和解决方法

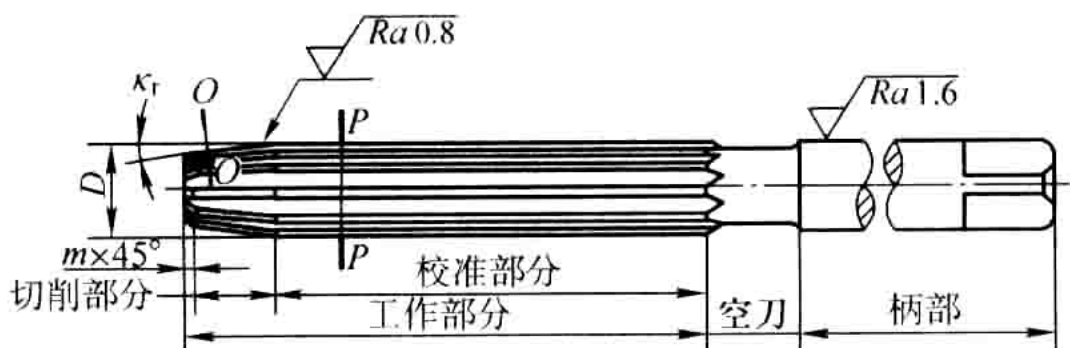
问题	产生原因	解决方法
锥面、 平面呈多 角形	1) 前角太大, 有扎 刀现象 2) 切削速度太高 3) 选择切削液不当 4) 工件或刀具装夹 不牢固 5) 镗钻切削刃不对 称	1) 减小前角 2) 降低切削速度 3) 合理选择切削液 4) 重新装夹工件和刀具 5) 正确刃磨
平面呈 凹凸形	镗钻切削刃与刀杆旋 转轴线不垂直	正确刃磨和安装镗钻
表面粗 糙度高	1) 镗钻几何参数不 合理 2) 选用切削液不当 3) 刀具磨损	1) 正确刃磨 2) 合理选择切削液 3) 重新刃磨

## 四、铰 孔

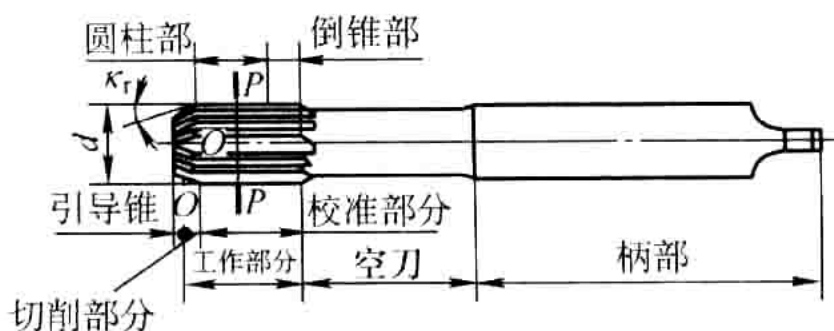
用铰刀对已经粗加工的孔进行精加工称为铰削（铰孔）。铰削可提高孔的尺寸精度，降低表面粗糙度值，铰削后孔的公差等级可达 IT9 ~ IT7，表面粗糙度值可达  $Ra0.8 \sim 3.2 \mu m$ 。

### （一）铰刀

#### 1. 铰刀的结构和几何角度（图 10-39）



a) 手用铰刀



b) 机用铰刀

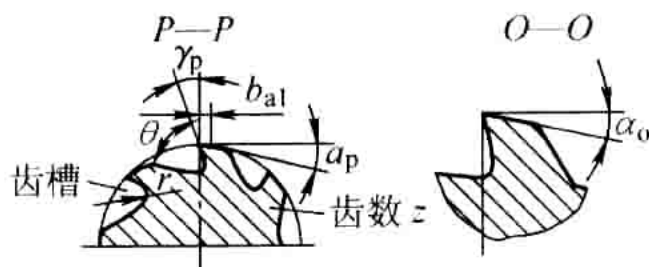


图 10-39 铰刀



## 2. 高速钢铰刀的几何参数

(1) 高速钢铰刀的前角  $\gamma_o$  与后角  $\alpha_o$ 。铰削时切削厚度较小, 切屑与前面在切削刃附近接触, 前角  $\gamma_o$  对切屑变形的影响不显著。为了便于制造和修磨, 一般铰刀的前角  $\gamma_o = 0^\circ$  (在生产应用中铰刀前角也可取  $0^\circ \sim 4^\circ$ ), 后角  $\alpha_o = 6^\circ \sim 10^\circ$ 。

标准高速钢铰刀的后角  $\alpha_o$ 、刃带宽度  $b_{\alpha 1}$  和齿背宽度  $b_{\alpha 2}$  见表 10-28。

表 10-28 高速钢铰刀后角  $\alpha_o$ 、  
刃带宽度  $b_{\alpha 1}$  和齿背宽度  $b_{\alpha 2}$

铰刀直径 $d/\text{mm}$	1 ~ 3	> 3 ~ 10	> 10 ~ 18	> 18 ~ 30	> 30 ~ 50	> 50 ~ 80
刃带宽度 $b_{\alpha 1}/\text{mm}$	0.05 ~ 0.1	0.1 ~ 0.15	0.15 ~ 0.25	0.2 ~ 0.3	0.25 ~ 0.4	0.3 ~ 0.5
后角 $\alpha_o$	$14^\circ \sim 18^\circ$	$10^\circ \sim 14^\circ$	$8^\circ \sim 12^\circ$	$6^\circ \sim 10^\circ$	$6^\circ \sim 10^\circ$	$6^\circ \sim 10^\circ$
齿背宽度 $b_{\alpha 2}/\text{mm}$	0.3 ~ 0.7	0.4 ~ 0.8	0.9 ~ 1.2	1 ~ 1.3	1.3 ~ 1.7	1.8 ~ 2.3

(2) 铰刀的主偏角  $\kappa_r$ 。铰刀的主偏角  $\kappa_r$  大小主要影响被加工孔的精度和表面粗糙度, 见表 10-29。

表 10-29 铰刀的主偏角  $\kappa_r$

铰刀类型	加工材料 (或孔形式)	$\kappa_r$
手用铰刀	各种材料	$0^\circ 30' \sim 1^\circ 30'$
机用铰刀	铸铁	$3^\circ \sim 5^\circ$
	钢	$12^\circ \sim 15^\circ$
	不通孔	$45^\circ$

(3) 铰刀的刃倾角  $\lambda_s$  为提高铰孔质量, 在铰削钢件时, 铰刀切削部分的前刀面上, 磨有刃倾角  $\lambda_s$ , 可使切削平稳, 切屑从孔前方排出, 适合加工通孔, 一般  $\lambda_s = 15^\circ$  (图 10-40)。

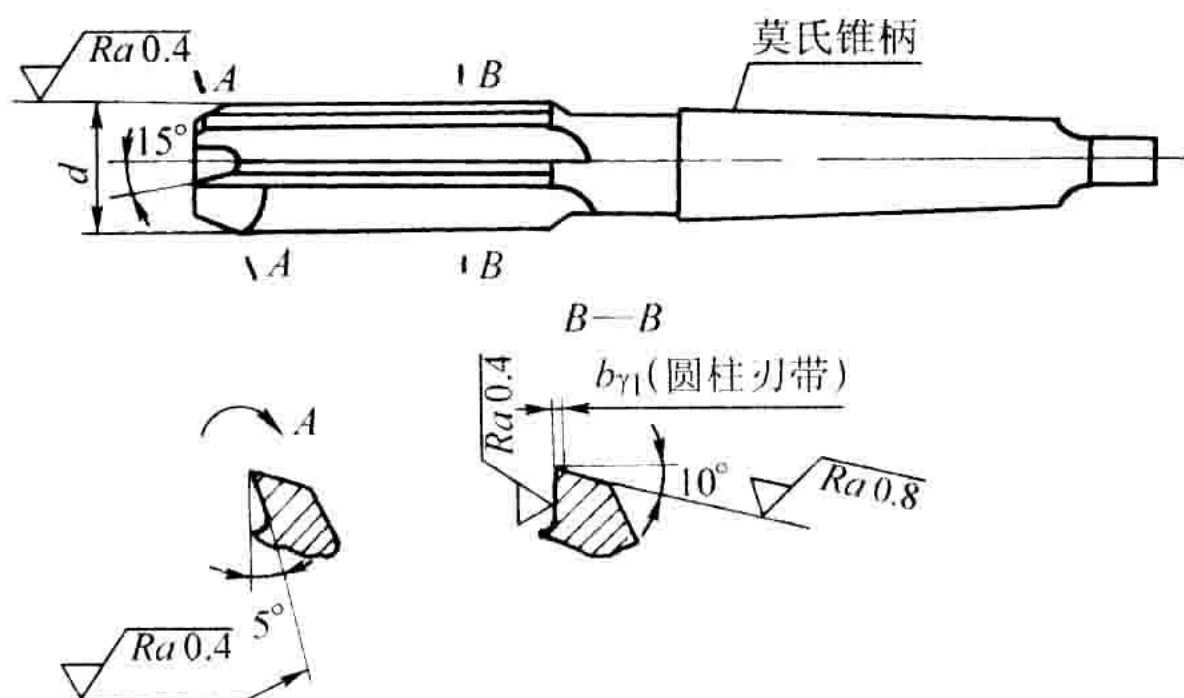


图 10-40 带刃倾角锥柄机用铰刀

(4) 铰刀的螺旋角  $\beta$  铰刀的齿槽有直槽和螺旋槽两种, 直槽刃磨方便, 螺旋槽切削平稳, 适用于深孔及断续表面的铰削。螺旋槽的旋向有左旋和右旋两种: 右旋铰刀切削时, 切屑向后排, 适于加工不通孔。左旋铰刀切削时, 切屑向前排出, 适于加工通孔。螺旋角大小与加工材料有关, 加工灰铸铁、硬钢材料时,  $\beta = 7^\circ \sim 8^\circ$ ; 加工可锻铸铁、钢材料时,  $\beta = 12^\circ \sim 20^\circ$ ; 加工轻金属时,  $\beta = 35^\circ \sim 45^\circ$ 。

(5) 铰刀的倒锥度 一般铰刀工作部分长度为 (0.8

~3)  $d$ ; 圆柱校准部分长度为  $(0.25 \sim 0.5)d$ , 见表 10-30。

表 10-30 铰刀倒锥度 (单位: mm)

铰刀类型	直径 $d$	倒锥度
手用铰刀	$\leq 20$	0.005 ~ 0.015
	$> 20 \sim 50$	0.01 ~ 0.02
机用铰刀	$\leq 2.8$	0.005 ~ 0.02
	$> 2.8 \sim 6$	0.02 ~ 0.04
	$> 6 \sim 18$	0.03 ~ 0.05
	$> 18 \sim 32$	0.04 ~ 0.06
	$> 32 \sim 50$	0.05 ~ 0.07
	$> 50 \sim 80$	0.06 ~ 0.08

(6) 铰刀的齿数  $z$  铰刀的齿数  $z$  与铰刀直径及工件材料有关。加工韧性材料时  $z$  取小值, 加工脆性材料时  $z$  取大值 (表 10-31)。

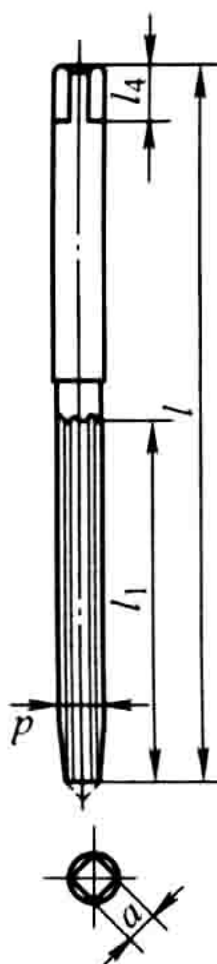
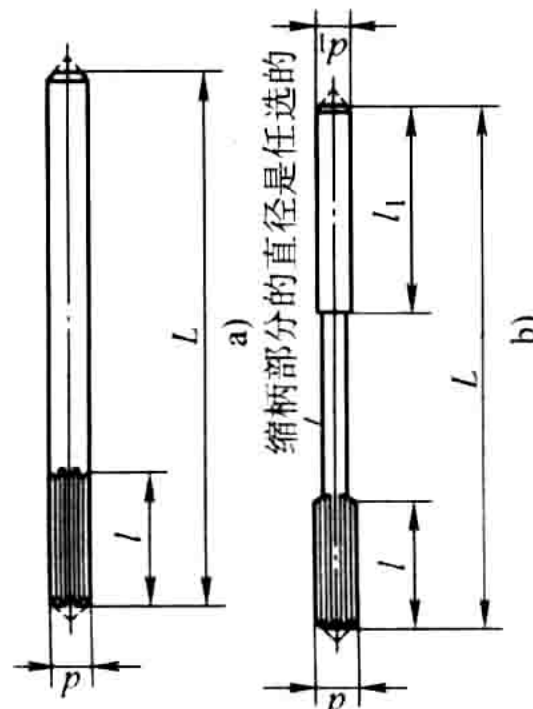
表 10-31 铰刀齿数的选取

(单位: mm)

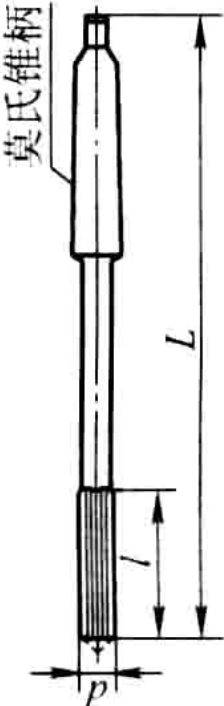
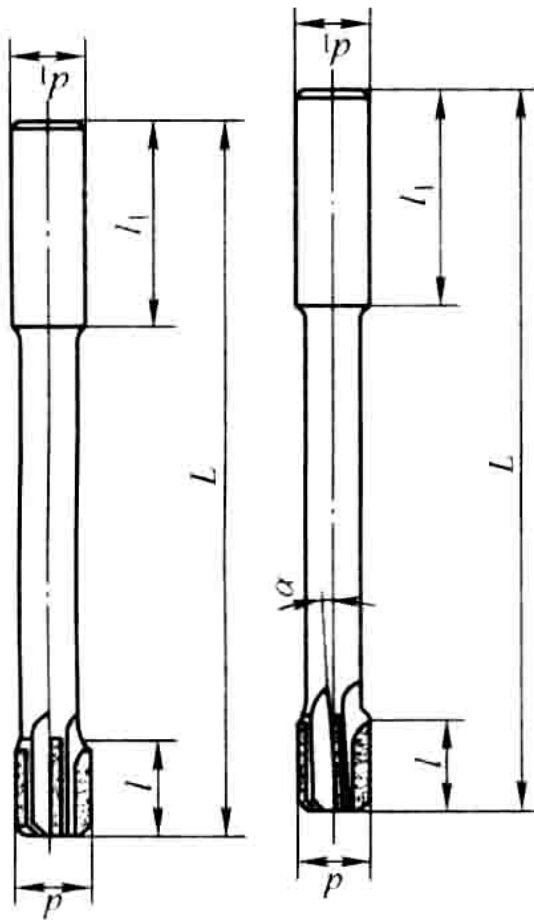
高速钢机 用铰刀	铰 刀 直 径  $d$	1 ~ 2.8	$> 2.8$ ~ 20	$> 20$ ~ 30	$> 30$ ~ 40	$> 40$ ~ 50	$> 50.8$ ~ 80	$> 80$ ~ 100
高速钢带 刃倾角机 用铰刀		$> 5.3$ ~ 18	$> 18$ ~ 30	$> 30$ ~ 40	—	—	—	—
硬质合金 机用铰刀		$> 5.3$ ~ 15	$> 15$ ~ 31.5	$> 31.5$ ~ 40	42 ~ 62	65 ~ 80	82 ~ 100	—
铰刀齿数	$z$	4	6	8	10	12	14	16

### 3. 常用铰刀的形式、标准代号及规格范围 (表10-32)

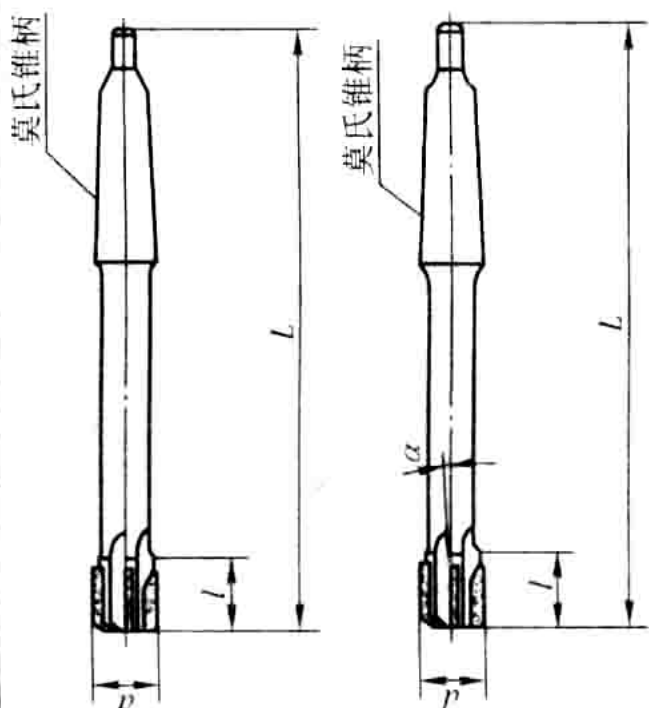
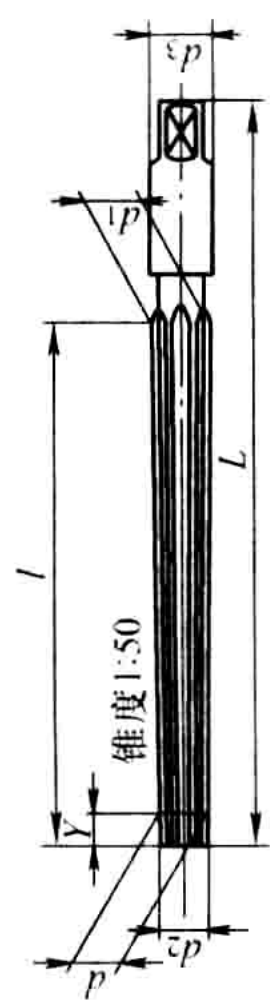
表 10-32 常用铰刀的形式、标准代号及规格范围

类 型	图 示	规格尺寸范围/mm
手 用 铰 刀 (GB/T 1131.1 ~2—2004)		$d \times l \times l_1$ $3.5 \times 71 \times 35 \sim 50$ $\times 347 \times 174$ 分为 H7、H8、 H9 三个精度等级
直柄机用铰 刀 ( GB/T 1132 —2004 )		$d \times L \times l$ $3.5 \times 70 \times 18$ $\sim 20 \times 195 \times 60$ 分为 H7、H8、 H9 三个精度等级

(续)

类 型	图 示	规格尺寸范围/mm
莫氏锥柄机 用 铰 刀 (GB/T 1132— 2004)		$d \times L \times l$ $5.5 \times 138 \times 26$ $\sim 50 \times 344 \times 86$ 分为 H7、H8、 H9 三个精度等级
硬质合金直 柄机用铰刀 (GB/T 4251— 2008)		$d \times d_1 \times L \times l$ $6 \times 5.6 \times 93 \times 17$ $\sim 20 \times 16 \times 195 \times$ 25 分为 H7、H8、 H9 三个精度等级

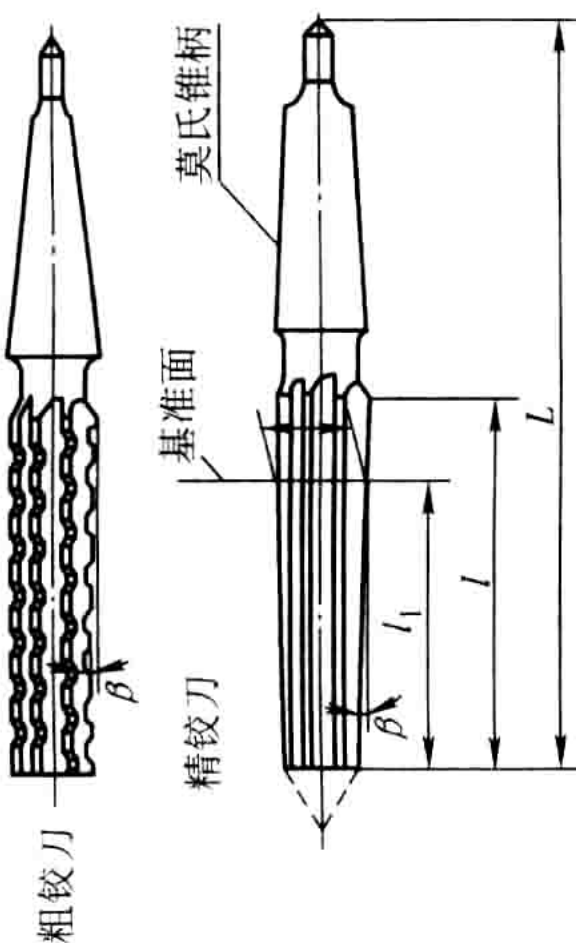
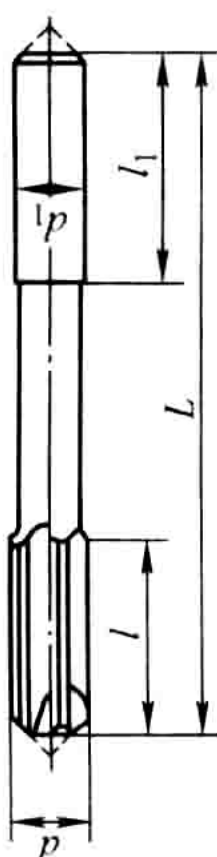
(续)

类 型	图 示	规格尺寸范围/mm
硬质合金莫 氏锥柄机用铰 刀(GB/T 4251 —2008)		$d \times L \times l$ $7.5 \times 156 \times 17 \sim$ $37.5 \times 329 \times 34$ 分为 H7、H8、 H9 三个精度等级
手用 1:50 锥度销子铰刀 (GB/T 20774 —2006)		$d \times L \times l \times d_1$ $0.6 \times 35 \times 10 \times$ $0.7 \sim 50 \times 300 \times$ $220 \times 54.1$

(续)

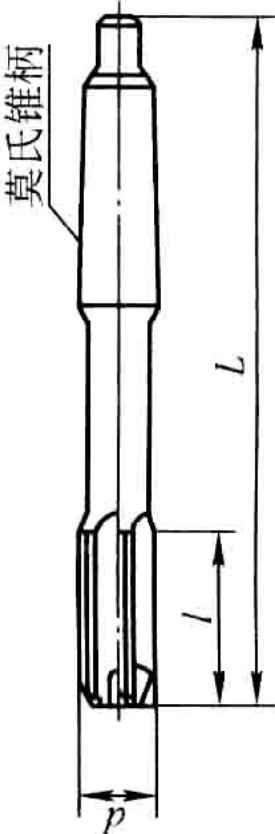
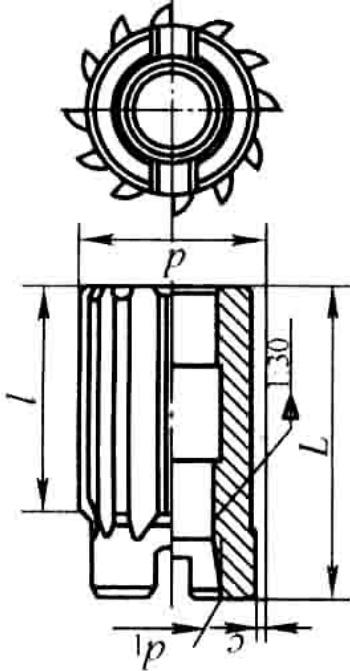
类 型	图 示	规格尺寸范围/mm
锥柄机用 1:50锥度销子 铰刀 (GB/T 20332—2006)	<p>锥度 1:50</p> <p>莫氏锥柄</p> <p><math>p</math></p> <p><math>z_p</math></p> <p><math>l_1</math></p> <p><math>L</math></p>	$d \times L \times l_1 \times d_1$ $5 \times 155 \times 73 \times$ $6.36 \sim 50 \times 500 \times$ $360 \times 56.90$
直柄莫氏圆 锥和米制圆锥 铰刀 (GB/T 1139—2004)	<p>粗铰刀</p> <p>基准面</p> <p>精铰刀</p> <p><math>p</math></p> <p><math>\beta</math></p> <p><math>l_1</math></p> <p><math>L</math></p>	圆锥号 米制: 4、6 莫氏: 0~6

(续)

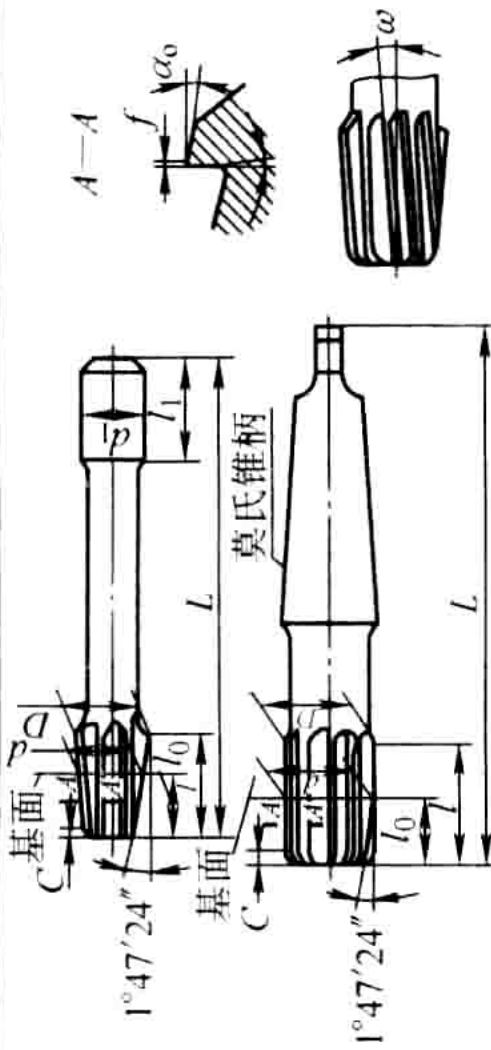
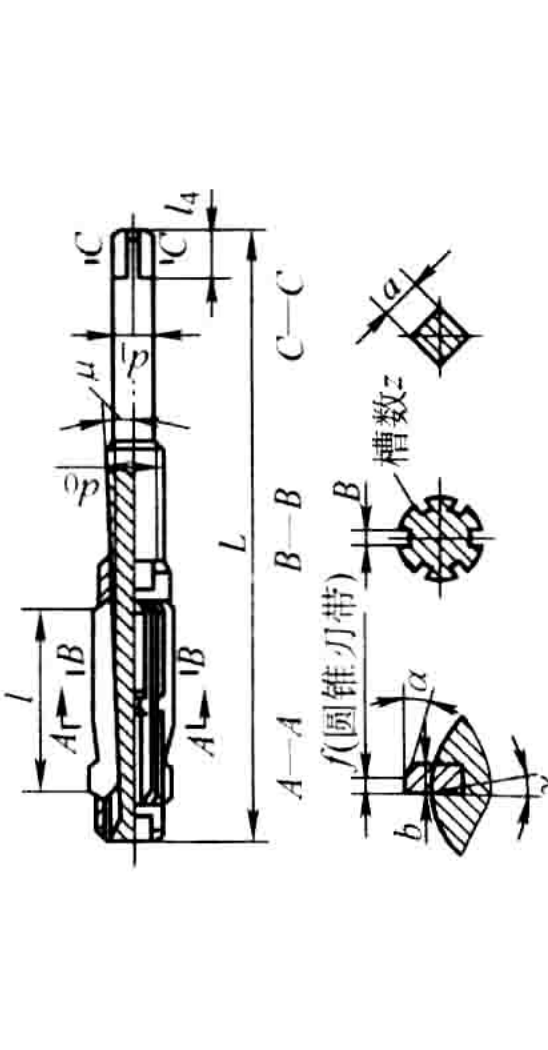
类 型	图 示	规格尺寸范围/mm
锥柄莫氏圆锥和米制圆锥铰刀 (GB/T 1139—2004)	 <p>粗铰刀</p> <p>精铰刀</p> <p>基准面</p> <p>莫氏锥柄</p> <p>圆锥号 米制: 4、6 莫氏: 0~6</p>	$d \times L \times l$ $5.5 \times 93 \times 26 \sim 20 \times 195 \times 60$ 分为 H7、H8、H9 三个精度等级
带刃倾角直柄机用铰刀 (GB/T 1134—2008)		$d \times L \times l$ $5.5 \times 93 \times 26 \sim 20 \times 195 \times 60$ 分为 H7、H8、H9 三个精度等级



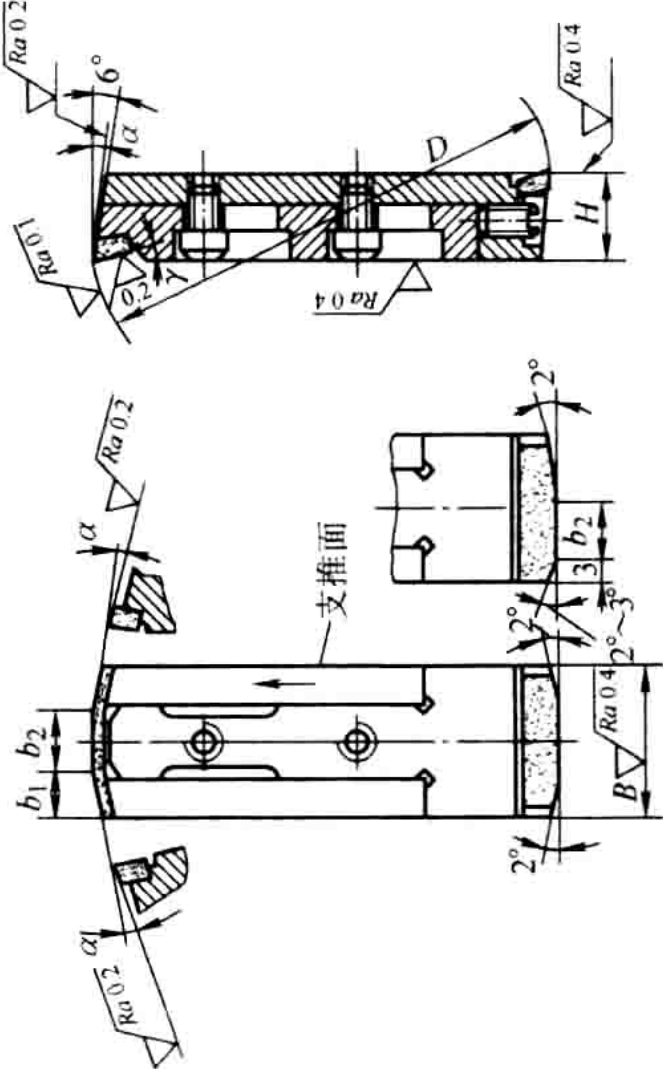
(续)

类 型	图 示	规格尺寸范围/mm
带刃倾角莫氏锥柄机用铰刀 (GB/T 1134—2008)		$d \times L \times l$ $8 \times 156 \times 33 \sim 40 \times 329 \times 81$ 分为 H7、H8、H9 三个精度等级
套式机用铰刀		$d \times L \times l$ $25 \times 45 \times 32 \sim 100 \times 100 \times 71$ 分为 H7、H8、H9 三个精度等级

(续)

类 型	图 示	规格尺寸范围/mm
米制锥螺纹 锥孔铰刀		螺纹代号 ZM6 ~ ZM60
可调节手动 铰刀 (JB/T 3869—1999)		调节范围 (直径) (6.5 ~ 7.0) ~ (84 ~ 100)

(续)

类 型	图 示	规格尺寸范围/mm
硬质合金可 调节浮动铰刀 ( JB/T 7426— 2006 )	 <p>A 型 (加工通孔)    B 型 (加工不通孔)</p>	调节范围 $\times D$ ( 20 ~ 22 ) $\times$ 20 ~ ( 210 ~ 230 ) $\times$ 210

## (二) 铰孔的方法

### 1. 铰刀直径的确定及铰刀的研磨

铰刀的直径和公差直接影响被加工孔的尺寸精度。在确定铰刀的直径和公差时,应考虑被加工孔的公差、铰孔时的扩张或收缩量、铰刀使用时的磨损量以及铰刀本身的制造公差等。

铰孔后孔径可能缩小,其因素很多,目前对收缩量的大小尚无统一规定。一般对铰刀直径的确定多采用经验数值。

铰削基准孔时铰刀公差可按下式确定

$$\text{上极限偏差} = \frac{2}{3} \text{被加工孔公差}$$

$$es = \frac{2}{3} IT$$

$$\text{下极限偏差} = \frac{1}{3} \text{被加工孔公差}$$

$$ei = \frac{1}{3} IT$$

**[例]** 若被加工孔的尺寸为  $\phi 16^{+0.027}_0$  mm, 求所用铰刀的直径尺寸。

**[解]** 铰刀直径的公称尺寸应为  $\phi 16$  mm。

铰刀公差:

$$\text{上极限偏差 } es = \frac{2}{3} IT = \frac{2}{3} \times 0.027 \text{ mm} = 0.018 \text{ mm}$$

$$\text{下极限偏差 } ei = \frac{1}{3} IT = \frac{1}{3} \times 0.027 \text{ mm} = 0.009 \text{ mm}$$

因此,所选用铰刀尺寸应为  $\phi 16^{+0.018}_{+0.009}$  mm。

新的标准圆柱铰刀，直径上留有研磨余量，而且棱边的表面粗糙度值也较高，所以铰削标准公差等级为 IT8 以上的孔时，先要将铰刀直径研磨到所需要的尺寸精度。

研磨铰刀的方法有以下几种：

1) 径向调整式研磨工具（图 10-41）。它是由壳套、研套和调整螺钉组成的。孔径尺寸用精镗或由待研的铰刀铰出，研套上铣出开口斜槽，由调整螺钉控制研

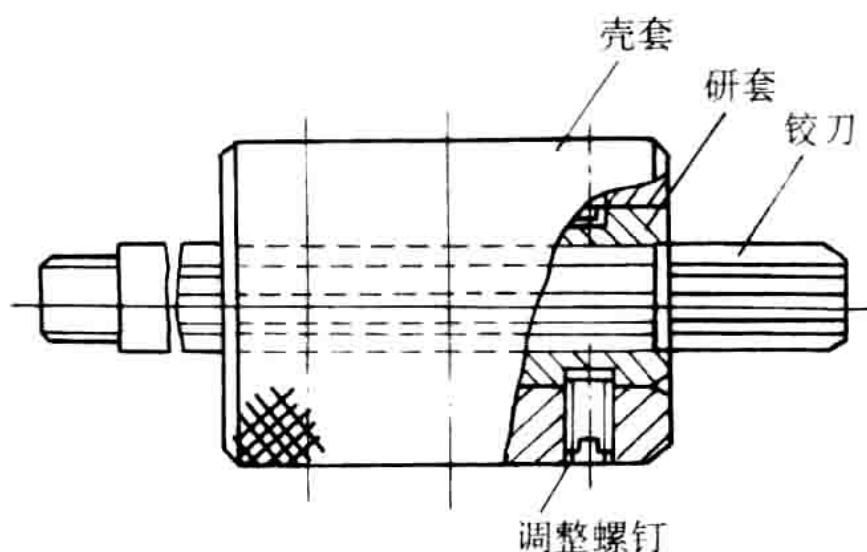


图 10-41 径向调整式研磨工具

套弹性变形，进行研磨以达到要求的尺寸。

径向调整式研磨工具制造方便，但研套的孔径尺寸不易调成一致，所以研磨的精度不高。

2) 轴向调整式研磨工具（图 10-42）。它是由壳套、研套、调整螺母和限位螺钉组成的。研套和壳套以圆锥配合。研套沿轴向铣有开口直槽，这样可依靠弹性变形改变孔径的尺寸。研套外圆上还铣有直槽，在限位螺钉的控制下，只能做轴向移动而不能转动。再旋动两端的调整螺母，研套在轴向移动的同时使研套的孔径得到调整。

轴向调整式研磨工具的研套孔径胀缩均匀、准确，能使尺寸公差控制在很小的范围内，所以适用于研磨精密铰刀。

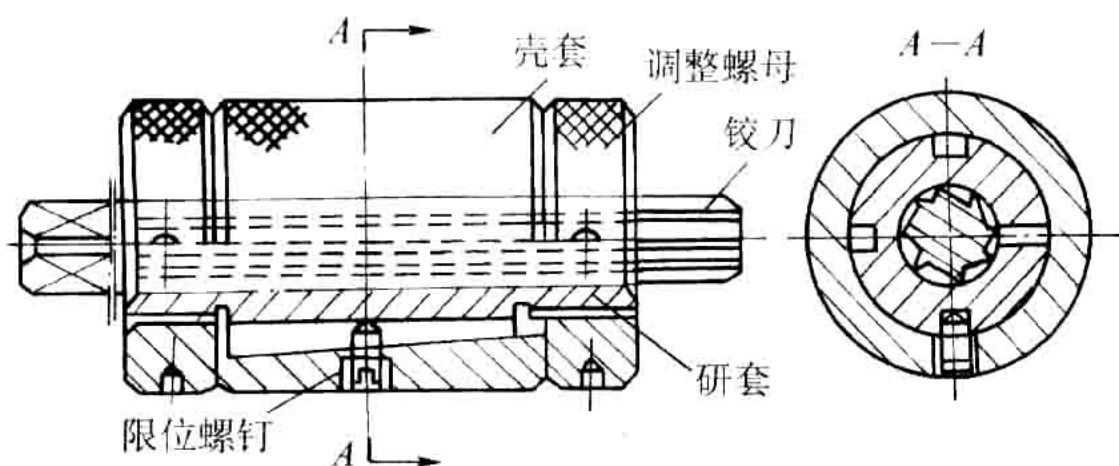


图 10-42 轴向调整式研磨工具

## 2. 铰削余量 (表 10-33)

表 10-33 铰削余量 (单位: mm)

铰孔直径	< 5	5 ~ 20	21 ~ 32	33 ~ 50	51 ~ 70
铰孔余量	0.1 ~ 0.2	0.2 ~ 0.3	0.3	0.5	0.8

## 3. 铰孔时切削液的选择 (表 10-34)

## 4. 铰孔切削用量的选择 (表 10-35)

## 5. 铰孔中常见缺陷的产生原因和解决方法 (表 10-36)

表 10-34 铰孔时切削液的选择

加工材料	切 削 液	
钢	1	10% ~ 20% 的乳化液
	2	铰孔要求高时, 采用 30% 菜籽油加 70% 肥皂水
	3	铰孔的精度要求更高时, 可用菜籽油、柴油、猪油等
铸铁	1	一般不用
	2	煤油。注意: 煤油会引起孔径缩小, 最大收缩量可达 0.02 ~ 0.04mm
	3	低浓度乳化液
铝		煤油
铜		乳化液

表 10-35 铰孔切削用量的选择

## 1) 高速钢铰刀加工不同材料的切削用量

铰刀直径 $d_0/\text{mm}$	低碳钢 120 ~ 200 HBW		低合金钢 200 ~ 300 HBW		高合金钢 300 ~ 400 HBW		软铸铁 130HBW		中硬铸铁 175HBW		硬铸铁 230HBW	
	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)
6	0.13	23	0.10	18	0.10	7.5	0.15	30.5	0.15	26	0.15	21
9	0.18	23	0.18	18	0.15	7.5	0.20	30.5	0.20	26	0.20	21
12	0.20	27	0.20	21	0.18	9	0.25	36.5	0.25	29	0.25	24
15	0.25	27	0.25	21	0.20	9	0.30	36.5	0.30	29	0.30	24
19	0.30	27	0.30	21	0.25	9	0.38	36.5	0.38	29	0.36	24
22	0.33	27	0.33	21	0.25	9	0.43	36.5	0.43	29	0.41	24
25	0.51	27	0.38	21	0.30	9	0.51	36.5	0.51	29	0.41	24

(续)

铰刀直径 $d_0$ /mm	可锻铸铁		铸造黄铜 及青铜		铸造铝合金 及锌合金		塑料		不锈钢		钛合金	
	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)	$f$ /(mm /r)	$v$ /(m /min)
6	0.10	17	0.13	46	0.15	43	0.13	21	0.05	7.5	0.15	9
9	0.18	20	0.18	46	0.20	43	0.18	21	0.10	7.5	0.20	9
12	0.20	20	0.23	52	0.25	49	0.20	24	0.15	9	0.25	12
15	0.25	20	0.30	52	0.30	49	0.25	24	0.20	9	0.25	12
19	0.30	20	0.41	52	0.38	49	0.30	24	0.25	11	0.30	12
22	0.33	20	0.43	52	0.43	49	0.33	24	0.30	12	0.38	18
25	0.38	20	0.51	52	0.51	49	0.51	24	0.36	14	0.51	18



(续)

2) 硬质合金铰刀铰孔的切削用量

加工材料		铰刀直径 $d_0$ /mm	背吃刀量 $a_p$ /mm	进给量 $f$ /(mm/r)	切削速度 $v$ /(m/min)
钢	$R_m$ /MPa	$\leq 1000$	0.08 ~ 0.12 0.12 ~ 0.15 0.15 ~ 0.20	0.15 ~ 0.25 0.20 ~ 0.35 0.30 ~ 0.50	6 ~ 12
		$> 1000$	0.08 ~ 0.12 0.12 ~ 0.15 0.15 ~ 0.20	0.15 ~ 0.25 0.20 ~ 0.35 0.30 ~ 0.50	4 ~ 10
	铸钢 $R_m$ $\leq 700$ MPa	$< 10$ 10 ~ 20 20 ~ 40	0.08 ~ 0.12 0.12 ~ 0.15 0.15 ~ 0.20	0.15 ~ 0.25 0.20 ~ 0.35 0.30 ~ 0.50	6 ~ 10
		$< 10$ 10 ~ 20 20 ~ 40	0.08 ~ 0.12 0.12 ~ 0.15 0.15 ~ 0.20	0.15 ~ 0.25 0.20 ~ 0.35 0.30 ~ 0.50	8 ~ 15
灰铸铁 HBW	$\leq 200$	$< 10$ 10 ~ 20 20 ~ 40	0.08 ~ 0.12 0.12 ~ 0.15 0.15 ~ 0.20	0.15 ~ 0.25 0.20 ~ 0.35 0.30 ~ 0.50	5 ~ 10
	$> 200$	$< 10$ 10 ~ 20 20 ~ 40	0.08 ~ 0.12 0.12 ~ 0.15 0.15 ~ 0.20	0.15 ~ 0.25 0.20 ~ 0.35 0.30 ~ 0.50	3 ~ 5
冷硬铸铁 65 ~ 80HBW		$< 10$ 10 ~ 20 20 ~ 40	0.08 ~ 0.12 0.12 ~ 0.15 0.15 ~ 0.20	0.15 ~ 0.25 0.20 ~ 0.35 0.30 ~ 0.50	3 ~ 5

表 10-36 铰孔中常见缺陷的产生原因和解决方法

序号	缺陷内容	产生原因	解决方法
1	孔径增大,误差大	1) 铰刀外径尺寸设计值偏大或铰刀刃口有毛刺 2) 切削速度过高 3) 进给量不当或加工余量太大 4) 铰刀主偏角过大 5) 铰刀弯曲 6) 铰刀刃口上粘附着积屑瘤 7) 刃磨时铰刀刃口摆差超差 8) 切削液选择不合适 9) 安装铰刀时,锥柄表面油污未擦干净,或锥面有磕、碰伤 10) 锥柄的扁尾偏位,装入机床主轴后与锥柄圆锥干涉 11) 主轴弯曲或主轴轴承过松或损坏	1) 根据具体情况适当减小铰刀外径;将铰刀刃口毛刺修光 2) 降低切削速度 3) 适当调整进给量或减少加工余量 4) 适当减小主偏角 5) 校直或报废弯曲铰刀 6) 用磨石仔细修整到合格 7) 将摆差控制在允许范围内 8) 选择冷却性能较好的切削液 9) 安装铰刀前必须将铰刀锥柄及机床主轴锥孔内部油污擦干净,锥面有磕、碰伤处用磨石修光 10) 修磨铰刀扁尾 11) 调整或更换主轴轴承

(续)

序号	缺陷内容	产生原因	解决办法
1	孔径增大,误差大	12) 铰刀浮动不灵活,与工件不同轴 13) 手铰孔时两手用力不均匀,使铰刀左右晃动	12) 重新调整浮动卡头,并调整同轴度 13) 注意正确操作
2	孔径小	1) 铰刀外径尺寸设计值偏小 2) 切削速度过低 3) 进给量过大 4) 铰刀主偏角过小 5) 切削液选择不合适 6) 铰刀已磨损,刃磨时磨损部分未磨去 7) 铰薄壁钢件时,铰完孔后内孔弹性恢复使孔径缩小 8) 铰钢料时,余量太大或铰刀不锋利,易产生弹性恢复,使孔径缩小 9) 内孔不圆,孔径不合格	1) 更改铰刀外径尺寸 2) 适当提高切削速度 3) 适当降低进给量 4) 适当增大主偏角 5) 选择润滑性能好的油性切削液 6) 定期更换铰刀,正确刃磨铰刀切削部分 7) 设计铰刀尺寸时应考虑此因素,或根据实际情况取值 8) 作试验性切削,取合适余量;将铰刀磨锋利 9) 见序号3

(续)

序号	缺陷内容	产生原因	解决办法
3	内孔不圆	1) 铰刀过长,刚性不足,铰削时产生振动 2) 铰刀主偏角过小 3) 铰刀刃带窄 4) 铰孔余量偏小 5) 孔表面有缺口、交叉孔 6) 孔表面有砂眼、气孔 7) 主轴轴承松动,无导向套,或铰刀与导向套配合间隙过大 8) 薄壁工件装夹得过紧,卸下后工件变形	1) 刚性不足的铰刀可采用不等分齿距的铰刀;铰刀的安装应采用刚性连接 2) 增大主偏角 3) 选用合格铰刀 4) 控制预加工工序的孔位误差 5) 采用不等分齿距的铰刀;采用较长、较精密的导向套 6) 选用合格毛坯 7) 采用等齿距铰刀铰较精密的孔时,对机床主轴间隙与导向套的配合间隙应要求较高 8) 采用恰当的夹紧方法,减小夹紧力
4	孔表面有明显的棱面	1) 铰孔余量过大 2) 铰刀切削部分后角过大	1) 减小铰孔余量 2) 减小切削部分后角

(续)

序号	缺陷内容	产生原因	解决办法
4	孔表面有 明显棱面	3) 铰刀刃带过宽 4) 工件表面有气孔、砂眼 5) 主轴摆差大	3) 修磨刃带宽度 4) 选用合格毛坯 5) 调整机床主轴
5	孔表面粗糙	1) 切削速度过高 2) 切削液选择不合适 3) 铰刀主偏角过大, 铰刀刃口不等 4) 铰孔余量太大 5) 铰孔余量不均匀或太小, 局部表面未铰到 6) 铰刀切削部分摆差超差, 刃口不锋利, 表面粗糙 7) 铰刀刃带过宽 8) 铰孔时排屑不良 9) 铰刀过度磨损	1) 降低切削速度 2) 根据加工材料选择切削液 3) 适当减小主偏角, 正确刃磨铰刀刃口 4) 适当减小铰孔余量 5) 提高铰孔前底孔位置精度与质量, 或增加铰孔余量 6) 选用合格铰刀 7) 修磨刃带宽度 8) 根据具体情况减少铰刀齿数, 加大容屑空间; 或采用带刃倾角铰刀, 使排屑顺利 9) 定期更换铰刀, 刃磨时把磨损区全部磨去

(续)

序号	缺陷内容	产生原因	解决办法
5	孔表面粗糙	<p>10) 铰刀碰伤, 刃口留有毛刺或崩刃</p> <p>11) 刃口有积屑瘤</p> <p>12) 由于材料关系, 不适用 <math>0^\circ</math> 前角或负前角铰刀</p>	<p>10) 铰刀在刃磨、使用及运输过程中应采取保护措施, 避免磕、碰伤; 对已碰伤的铰刀, 应用特细的磨石将磕、碰伤修好, 或更换铰刀</p> <p>11) 用磨石修整到合格</p> <p>12) 采用前角为 <math>5^\circ \sim 10^\circ</math> 的铰刀</p>
6	铰刀寿命低	<p>1) 铰刀材料不合适</p> <p>2) 铰刀在刃磨时烧伤</p> <p>3) 切削液选择不合适, 切削液未能顺利地流到切削处</p> <p>4) 铰刀刃磨后表面粗糙度太粗</p>	<p>1) 根据加工材料选择铰刀材料, 可采用硬质合金铰刀或涂层铰刀</p> <p>2) 严格控制刃磨切削用量, 避免烧伤</p> <p>3) 根据加工材料正确选择切削液; 经常清除切屑槽内的切屑, 用足够压力的切削液</p> <p>4) 通过精磨或研磨达到要求</p>

(续)

序号	缺陷内容	产生原因	解决办法
7	孔位置精度超差	1) 导向套磨损 2) 导向套底端距工件太远, 导向套长度短, 精度低 3) 主轴轴承松动	1) 定期更换导向套 2) 加长导向套, 提高导向套与铰刀间的配合精度 3) 及时维修机床, 调整主轴轴承间隙
8	铰刀刀齿崩刃	1) 铰孔余量过大 2) 工件材料硬度过高 3) 切削刃摆差过大, 切削负荷不均匀 4) 铰刀主偏角太小, 使切削宽度增大 5) 铰深孔或不通孔时, 切屑太多, 又未及时清除 6) 刃磨时刀齿已磨裂	1) 修改预加工的孔径尺寸 2) 降低材料硬度, 改用负前角铰刀或硬质合金铰刀 3) 控制摆差在合格范围内 4) 加大主偏角 5) 注意及时清除切屑或采用带刃倾角铰刀 6) 注意刃磨质量

(续)

序号	缺陷内容	产生原因	解决办法
9	铰刀柄部折断	1) 铰孔余量过大 2) 铰锥孔时,粗、精铰削余量分配及切削用量选择不合适 3) 铰刀刀齿容屑空间小,切屑堵塞	1) 修改预加工的孔径尺寸 2) 修改余量分配,合理选择切削用量 3) 减少铰刀齿数,加大容屑空间,或将刀齿间隔磨去一齿
10	铰孔后孔的中心线不直	1) 铰孔前的钻孔不直,特别是孔径较小时,由于铰刀刚性较差,不能纠正原有的弯曲度 2) 铰刀主偏角过大,导向不良,使铰刀在铰削中容易偏差方向 3) 切削部分倒锥过大 4) 铰刀在断续孔中部间隙处位移 5) 手铰孔时,在一个方向上用力过大,迫使铰刀向一边偏斜,破坏了铰孔的垂直度	1) 增加扩孔或镗孔工序找正孔 2) 减小主偏角 3) 调换合适的铰刀 4) 调换有导向部分或加长切削部分的铰刀 5) 注意正确操作



# 第十一章 钳工工作

## 一、划 线

### 1. 划线的种类

划线分平面划线和立体划线两种。平面划线是指在工件的一个表面（即工件的两坐标体系内）上划线就能表示出加工界线的划线（图 11-1），例如在板料上划线，在盘状工件端面上划线等。而立体划线是指在工件的几个不同表面（即工件的三坐标体系内）上划线才能明确表示出加工界线的划线（图 11-2），例如在支架、箱体、曲轴等工件上划线。

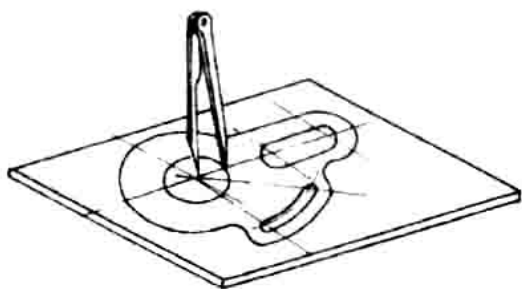


图 11-1 平面划线

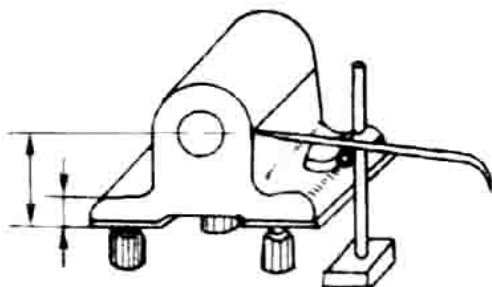
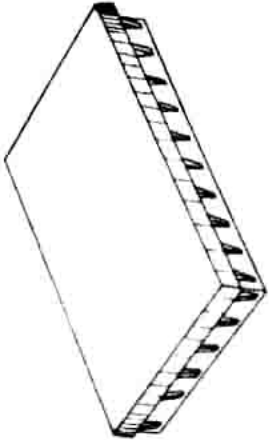
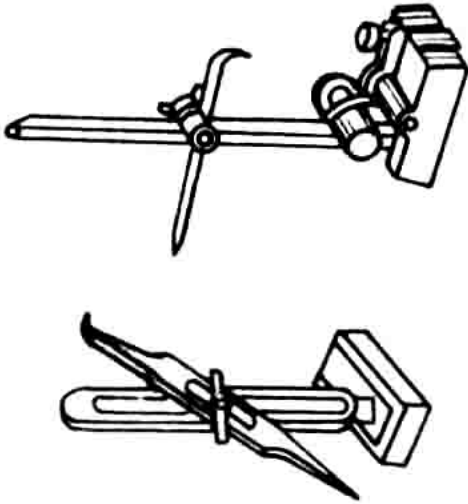


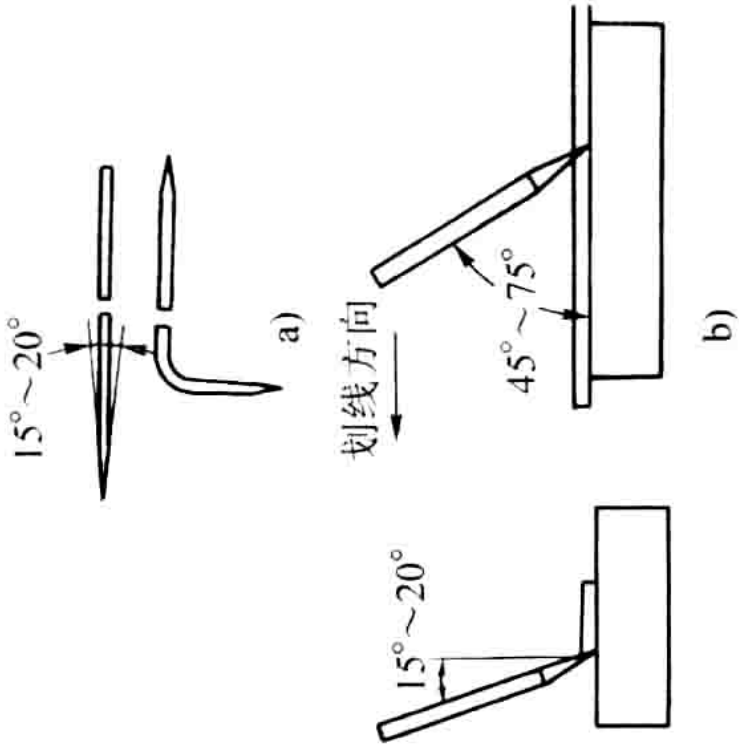
图 11-2 立体划线

## 2. 常用划线工具的名称及用途(表 11-1)

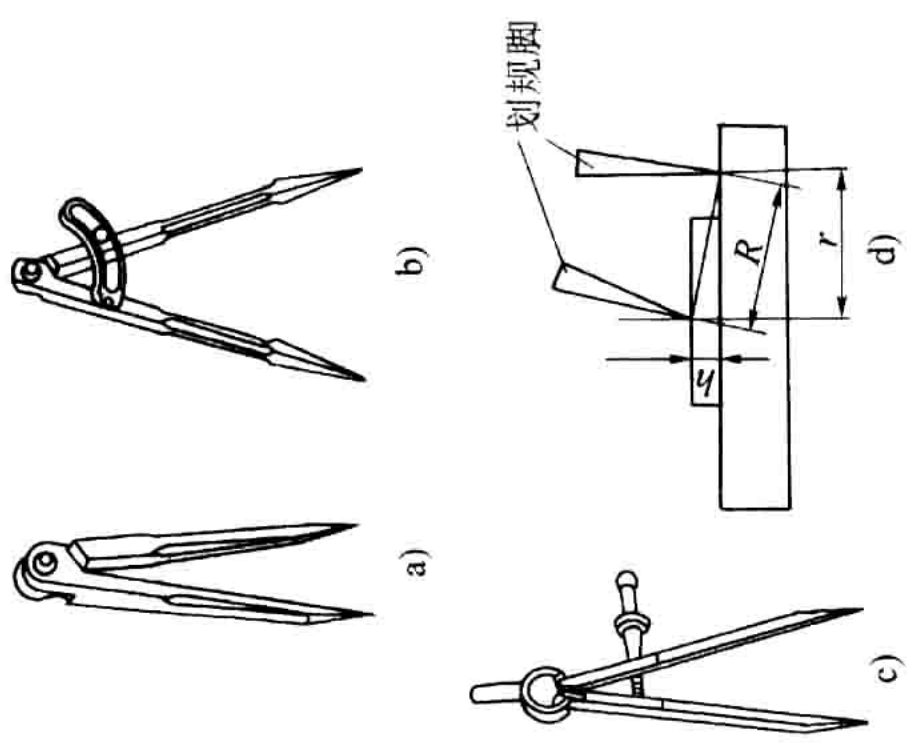
表 11-1 常用划线工具的名称及用途

工具名称	图 示	用 途
平板		用铸铁制成,表面经过精刨或刮削加工。它的工作表面是划线及检测的基准
划线盘		<p>划线盘是用来在工件上划线或找正工件位置常用的工具。划针的直头一端(焊有高速钢或硬质合金)用来划线,而弯头一端常用来找正工件位置</p> <p>划线时划针应尽量处于水平位置,不要倾斜太大,划针伸出部分应尽量短些,并要牢固地夹紧。操作时划针应与被划线工件表面之间保持 <math>40^\circ \sim 60^\circ</math> 夹角(沿划线方向)</p>


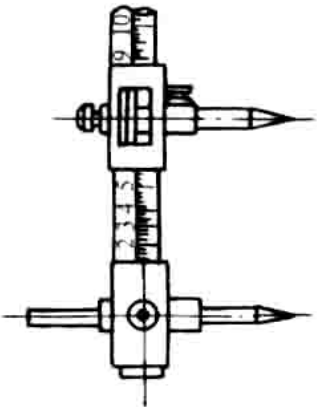
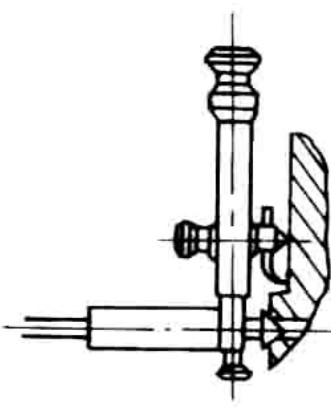
(续)

工具名称	图 示	用 途
划针	 <p data-bbox="297 208 753 880">划针是划线用的基本工具。常用的划针是用 <math>\phi 3 \sim \phi 6 \text{ mm}</math> 弹簧钢丝或高速钢制成的, 尖端磨成 <math>15^\circ \sim 20^\circ</math> 的尖角(图 a), 并经过热处理, 硬度可达 <math>55 \sim 60 \text{ HRC}</math>。有的划针在尖端部位焊有硬质合金, 使针尖能保持长期锋利</p> <p data-bbox="776 208 1233 880">划线时针尖要靠紧导向工具的边缘, 上部向外侧倾斜 <math>15^\circ \sim 20^\circ</math>, 向划线方向倾斜 <math>45^\circ \sim 75^\circ</math>(图 b)。划线要做到一次划成, 不要重复地划出一条线条。力度适当, 才能使划出的线条既清晰又准确, 否则线条变粗, 反而模糊不清</p>	

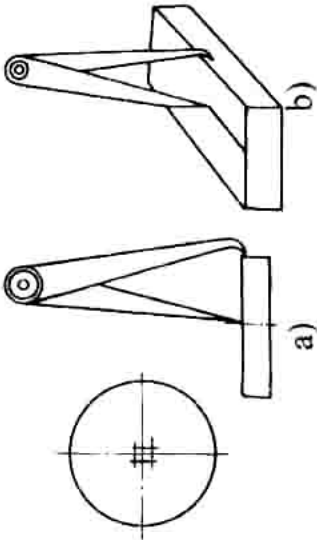
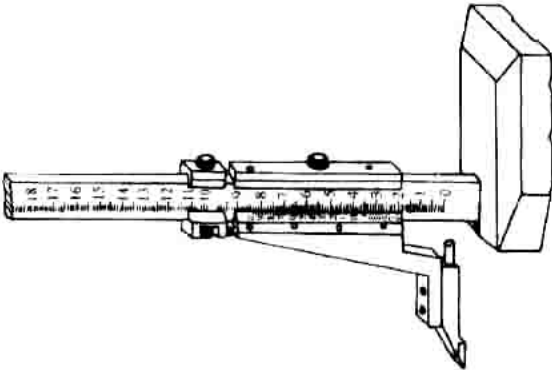
(续)

工具名称	图 示	用 途
划 规	 <p>a) 标准划规</p> <p>b) 弹簧划规</p> <p>c) 扇形划规</p> <p>d) 划规脚几何示意图</p> <p>划规脚</p> <p><math>R = \sqrt{r^2 + h^2}</math></p> <p>式 中 <math>r</math>——所划圆的半径(mm)  <math>h</math>——划规两脚尖角高低差的距离(mm)</p>	<p>划规用来划圆和圆弧、等分线段、等分角度以及量取尺寸等。划规用中碳钢或工具钢制成,两脚尖端经过热处理,硬度可达48~53HRC。有的划规在两脚端部焊上一段硬质合金,使用时耐磨性更好</p> <p>常用划规有普通划规(图a)、扇形划规(图b)、弹簧划规(图c)三种</p> <p>有时使用划规划圆两脚尖脚不在同一平面上(图d),即所划线中心高于(或低于)所划圆周平面,则两尖角的距离就不是所划圆的半径,此时应把划规两尖脚的距离调为</p>


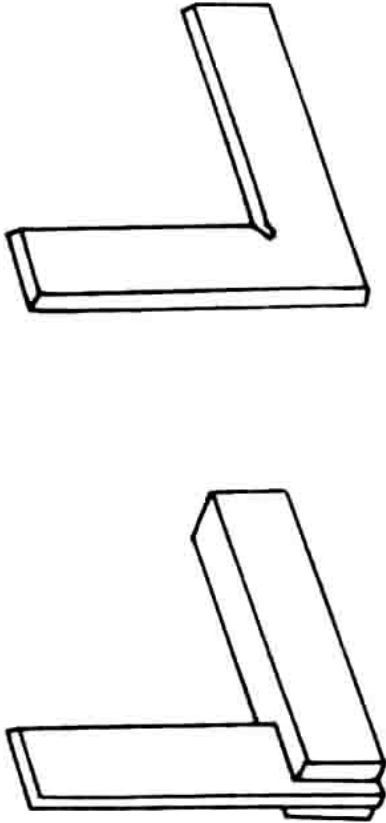
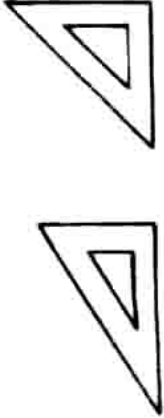
(续)

工具名称	图 示	用 途
大尺寸划规		<p>大尺寸划规是专门用来划大尺寸圆或圆弧的。在滑杆上调整两个划规脚,就可得到所需的尺寸</p>
游标划规		<p>游标划规又称“地规”。游标划规带有游标刻度,游标划针可调节距离,另一划针可调节高低,适用于大尺寸划线和在阶梯面上划线</p>
专用划规		<p>与游标划规相似,可以用零件上的孔为圆心划同心圆或弧,也可以在阶梯面上划线</p>


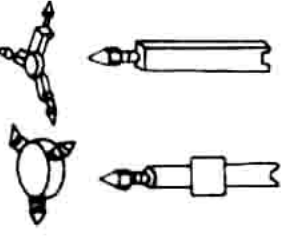
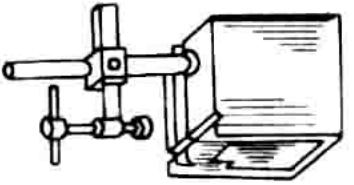
(续)

工具名称	图 示	用 途
单脚划规		<p>单脚划规是用碳素工具钢制成，划线尖端焊上高速钢</p> <p>单脚划规可用来求圆形工件中心(图 a)，操作比较方便。也可沿加工好的直面划平行线(图 b)</p>
游标高度卡尺		<p>这是一种精密的划线与测量结合的工具，要注意保护划刀刃(有的划刀刃焊有硬质合金)</p>

(续)

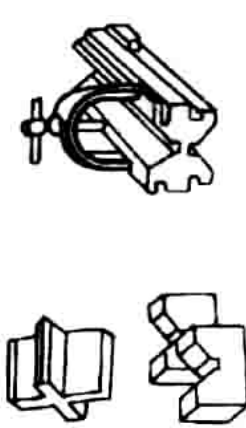
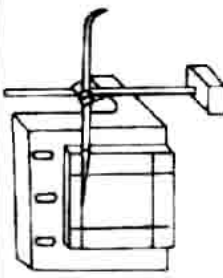
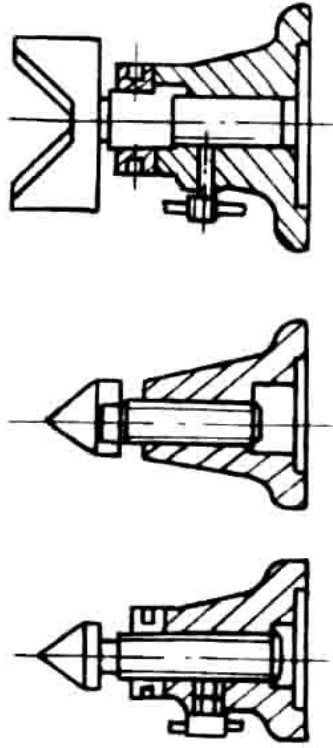
工具名称	图 示	用 途
样冲		<p>样冲用工具钢制成,并经热处理,硬度可达 55 ~ 60HRC,其尖角磨成 60°。也可用报废的刀具改制</p> <p>使用时样冲应先向外倾斜,以便于样冲尖对准线条,对准后再立直,用锤子锤击</p>
直角尺		<p>在划线时常用作划平行线或垂直线的导向工具,也可用来找正工件在划线平台上的垂直位置</p>
三角板		<p>常用 2 ~ 3mm 的钢板制成,表面没有尺寸刻度,但有精确的两条直角边及 30°、45°、60°斜面,通过适当组合,可用于划各种特殊角度线</p>


(续)

工具名称	图 示	用 途
曲线板		用薄钢板制成,表面平整光洁,常用来划各种光滑的曲线
中心架		调整带尖头的可伸缩螺钉,可将中心架固定在工件的空心孔中,以便于划中心线时在其上定出孔的中心
方箱		方箱是用灰铸铁制成的空心立方体或长方体,其相对平面互相平行、相邻平面互相垂直。划线时,可用C形夹头将工件夹于方箱上,再通过翻转方箱,便可在一次安装情况下,将工件上互相垂直的线全部划出来。方箱上的V形槽平行于相应的平面,是装夹圆柱形工件用的



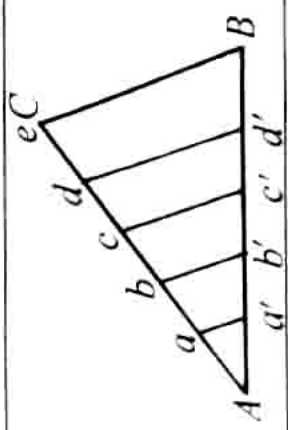

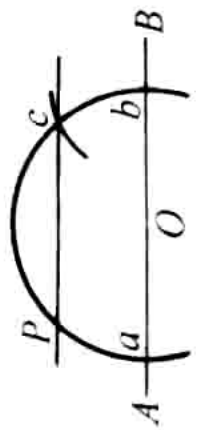
(续)

工具名称	图 示	用 途
V 形块		<p>一般 V 形块都是一副两块, 两块的平面与 V 形槽都是在一次安装中磨削加工的。V 形槽夹角为 <math>90^\circ</math> 或 <math>120^\circ</math>, 用来支承轴类零件, 带 U 形夹的 V 形块可翻转三个方向, 在工件上划出相互垂直的线</p>
角铁		<p>角铁一般是用铸铁制成的, 它有两个互相垂直的平面。角铁上的孔或槽是搭压板时穿螺栓用的</p>
千斤顶		<p>千斤顶是用来支持毛坯或形状不规则的工件进行立体划线的工具。它可调整工件的高度, 以便安装不同形状的工件</p> <p>用千斤顶支持工件时, 一般要同时用三个千斤顶支承在工件的下部, 三个支承点离工件重心应尽量远一些, 三个支承点所组成的三角形面积应尽量大, 在工件较重的一端放两个千斤顶, 较轻的一端放一个千斤顶, 这样比较稳定</p> <p>带 V 形块的千斤顶, 是用于支持工件圆柱面的</p>

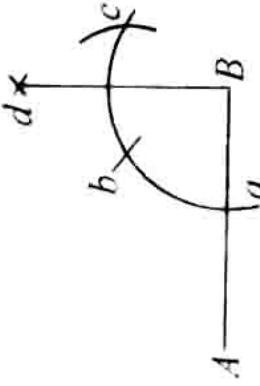
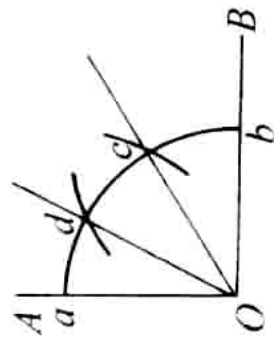
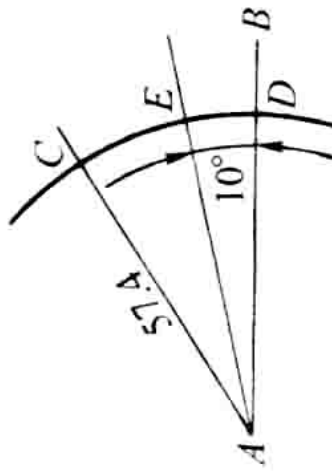
工具名称	图 示	用 途
斜垫铁		用来支持和垫高毛坯工件, 能对工件的高低作少量的调节

## 3. 基本划线方法(表 11-2)

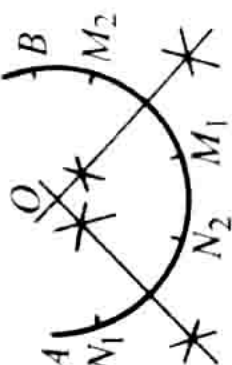
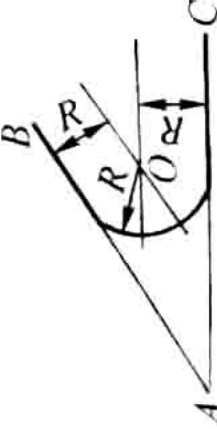
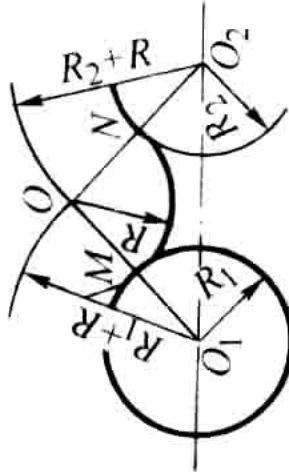
表 11-2 基本划线方法

划线要求	划 线 方 法
等分直 线 AB 为 五等分 (或若干 等分)	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 作线段 AC 与已知直线 AB 成 <math>20^\circ \sim 40^\circ</math> 角</li> <li>2. 由 A 点起在 AC 上任意截取五等分点 a、b、c、d、e</li> <li>3. 连接 Be。过 d、c、b、a 点分别作 Be 的平行线。各平行线在 AB 上的交点 d'、c'、b'、a' 即为五等分点</li> </ol>
与 AB 距 离的 平行线	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在已知直线 AB 上任意取两点 a、b</li> <li>2. 分别以 a、b 点为圆心, R 为半径, 在同侧划圆弧</li> <li>3. 作两圆弧的公切线, 即为所求的平行线</li> </ol>
过线外 一点 P, 作线段 AB 的平 行线	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在线段 AB 的中段任取一点 O</li> <li>2. 以 O 点为圆心, OP 为半径作圆弧, 交 AB 于 a、b 两点</li> <li>3. 以 b 点为圆心, aP 为半径作圆弧, 交圆弧 ab 于 c 点</li> <li>4. 连接 Pc, 即为所求平行线</li> </ol>

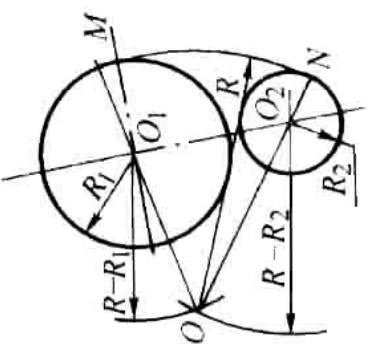
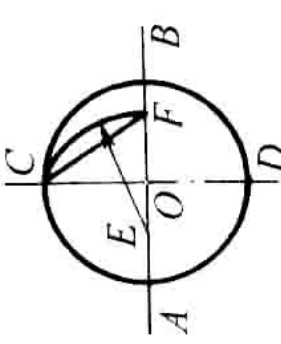
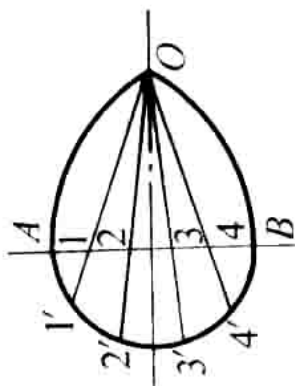
(续)

划线要求	划 线 方 法
过已知 线段 $AB$ 的端点 $B$ 作垂线	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以 <math>B</math> 点为圆心, 取 <math>Ba</math> 为半径作圆弧交线段 <math>AB</math> 于 <math>a</math> 点</li> <li>2. 以 <math>aB</math> 为半径, 在圆弧上截取 <math>\widehat{ab}</math> 和 <math>\widehat{bc}</math></li> <li>3. 以 <math>b</math>、<math>c</math> 点为圆心, <math>Ba</math> 为半径作圆弧, 得交点 <math>d</math> 点。连接 <math>dB</math>, 即为所求垂线</li> </ol>
求 作 $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $120^\circ$ 的角度	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以直角的顶点 <math>O</math> 为圆心, 任意长为半径作圆弧, 与直角边 <math>OA</math>、<math>OB</math> 交于 <math>a</math>、<math>b</math></li> <li>2. 以 <math>Oa</math> 为半径, 分别以 <math>a</math>、<math>b</math> 点为圆心作圆弧, 交圆弧 <math>\widehat{ab}</math> 于 <math>c</math>、<math>d</math> 两点</li> <li>3. 连接 <math>Oc</math>、<math>Od</math>, 则 <math>\angle bOc</math>、<math>\angle cOd</math>、<math>\angle dOa</math> 均为 <math>30^\circ</math> 角</li> <li>4. 用等分角度的方法, 亦可作出 <math>15^\circ</math>、<math>45^\circ</math>、<math>60^\circ</math>、<math>75^\circ</math> 及 <math>120^\circ</math> 的角</li> </ol>
任意角 度的近似 作法	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 作直线 <math>AB</math></li> <li>2. 以 <math>A</math> 点为圆心, <math>57.4\text{mm}</math> 为半径作圆弧 <math>\widehat{CD}</math></li> <li>3. 以 <math>D</math> 点为圆心, <math>10\text{mm}</math> 为半径在圆弧 <math>\widehat{CD}</math> 上截取, 得 <math>E</math> 点</li> <li>4. 连接 <math>AE</math>, 则 <math>\angle EAD</math> 近似为 <math>10^\circ</math>, 第三步中, 半径每 <math>1\text{mm}</math> 所截弧长近似为 <math>1^\circ</math></li> </ol>

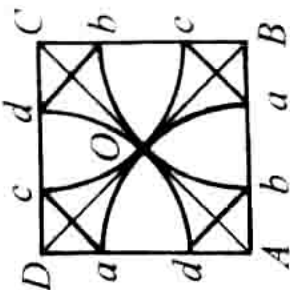
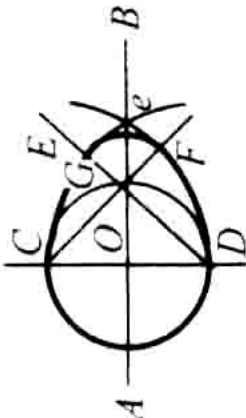
(续)

划线要求	划 线 方 法
求已知弧的圆心	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在已知圆弧<math>\widehat{AB}</math>上取点<math>N_1, N_2, M_1, M_2</math>, 并分别作线段<math>N_1M_1</math>和<math>N_2M_2</math>的垂直平分线</li> <li>2. 两垂直平分线的交点<math>O</math>, 即为圆弧<math>\widehat{AB}</math>的圆心</li> </ol>
作圆弧与两相交直线相切	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在两相交直线的锐角<math>\angle BAC</math>内侧, 作与两直线相距为<math>R</math>的两条平行线, 得交点<math>O</math></li> <li>2. 以<math>O</math>点为圆心、<math>R</math>为半径作圆弧即成</li> </ol>
作圆弧与两圆外切	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 分别以<math>O_1, O_2</math>点为圆心, 以<math>R_1 + R</math>及<math>R_2 + R</math>为半径作圆弧交于<math>O</math>点</li> <li>2. 连接<math>O_1O</math>交已知圆于<math>M</math>点, 连接<math>O_2O</math>交已知圆于<math>N</math>点</li> <li>3. 以<math>O</math>点为圆心、<math>R</math>为半径作圆弧即成</li> </ol>

(续)

划线要求	划 线 方 法
作圆弧 与两圆内 切	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 分别以 <math>O_1</math>、<math>O_2</math> 点为圆心, <math>R - R_1</math> 和 <math>R - R_2</math> 为半径作弧交于 <math>O</math> 点</li> <li>2. 以 <math>O</math> 点为圆心、<math>R</math> 为半径作圆弧即成</li> </ol>
把圆周 五等分	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 过圆心 <math>O</math> 作直径 <math>CD \perp AB</math></li> <li>2. 取 <math>OA</math> 的中点 <math>E</math></li> <li>3. 以 <math>E</math> 点为圆心、<math>EC</math> 为半径作圆弧交 <math>AB</math> 于 <math>F</math> 点, <math>CF</math> 即为圆五等分的长度</li> </ol>
任意等 分半圆	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 将圆的直径 <math>AB</math> 分为任意等分, 得交点 1、2、3、4、……</li> <li>2. 分别以 <math>A</math>、<math>B</math> 为圆心、<math>AB</math> 为半径作圆弧交于 <math>O</math> 点</li> <li>3. 连接 <math>O1</math>、<math>O2</math>、<math>O3</math>、<math>O4</math>、……并分别延长交半圆于 <math>1'</math>、<math>2'</math>、<math>3'</math>、<math>4'</math>、……<math>1'</math>、<math>2'</math>、<math>3'</math>、<math>4'</math>、……即为半圆的等分点</li> </ol>

(续)

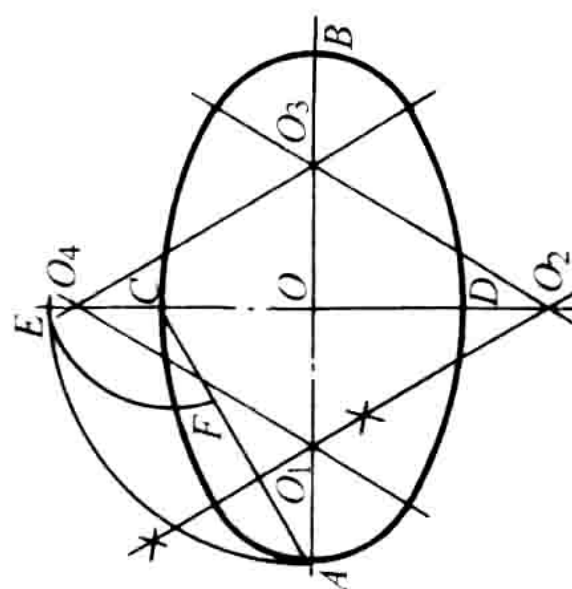
划 线 方 法	划 线 方 法
划 线 要 求	划 线 方 法
作正八边形	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 作正方形 <math>ABCD</math> 的对角线 <math>AC</math> 和 <math>BD</math>, 交于 <math>O</math> 点</li> <li>2. 分别以 <math>A, B, C, D</math> 为圆心, <math>AO, BO, CO, DO</math> 为半径作圆弧, 交正方形于 <math>a, a, b, b, c, c, d, d</math></li> <li>3. 连接 <math>bd, ac, db, ca</math> 即得正八边形</li> </ol>
卵圆划法	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 作线段 <math>CD</math> 垂直于 <math>AB</math>, 相交于 <math>O</math> 点</li> <li>2. 以 <math>O</math> 点为圆心, <math>OC</math> 为半径作圆, 交 <math>AB</math> 于 <math>G</math> 点</li> <li>3. 分别以 <math>D, C</math> 为圆心, <math>DC</math> 为半径作弧交于 <math>e</math></li> <li>4. 连接 <math>DC, CG</math> 并延长, 分别交圆弧于 <math>E, F</math></li> <li>5. 以 <math>G</math> 点为圆心, <math>GE</math> 为半径划弧, 即得卵圆形</li> </ol>

(续)

划线要求

划 线 方 法

1. 划  $AB$  和  $CD$  相互垂直且平分
2. 连接  $AC$ , 并以  $O$  点为圆心,  $OA$  为半径划圆弧交  $OC$  的延长线于  $E$  点
3. 以  $C$  点为圆心,  $CE$  为半径划圆弧, 交  $AC$  于  $F$  点
4. 划  $AF$  的垂直平分线交  $AB$  于  $O_1$ , 交  $CD$  延长线于  $O_2$ , 并截取  $O_1$  和  $O_2$  点对于  $O$  点的对称点  $O_3$  和  $O_4$  点
5. 分别以  $O_1$ 、 $O_2$  和  $O_3$ 、 $O_4$  为圆心,  $O_1A$ 、 $O_2C$  和  $O_3B$ 、 $O_4D$  为半径划出四段圆弧, 圆滑连接后即得椭圆



已知:

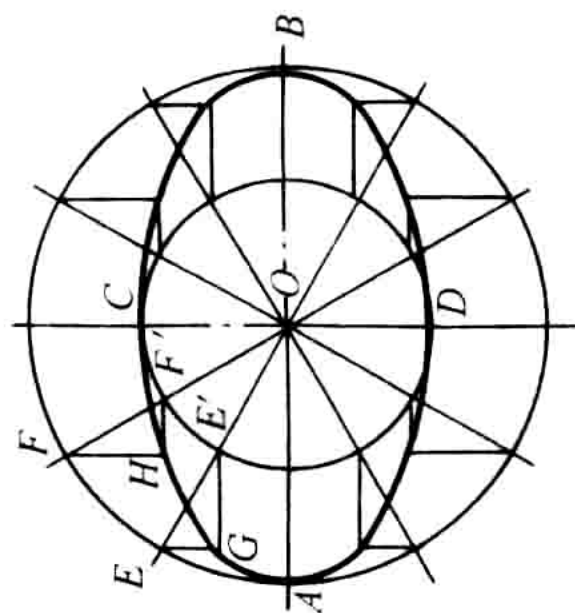
 $AB$ —椭圆长轴 $CD$ —椭圆短轴椭圆  
(用四心  
法)

(续)

划线要求

划 线 方 法

椭圆  
(用同心  
圆法)



已知:

AB—椭圆长轴

CD—椭圆短轴

1. 以  $O$  点为圆心, 分别用长、短轴  $AB$  和  $CD$  作直径划两个同心圆
2. 通过  $O$  点相隔一定角度划一系列射线与两圆相交得  $E, E', F, F', \dots$  交点
3. 分别过  $E, F, \dots$  和  $E', F', \dots$  点划  $CD$  和  $AB$  的平行线相交于  $G, H, \dots$  点
4. 圆滑连接  $A, G, H, C, \dots$  等点后即得椭圆

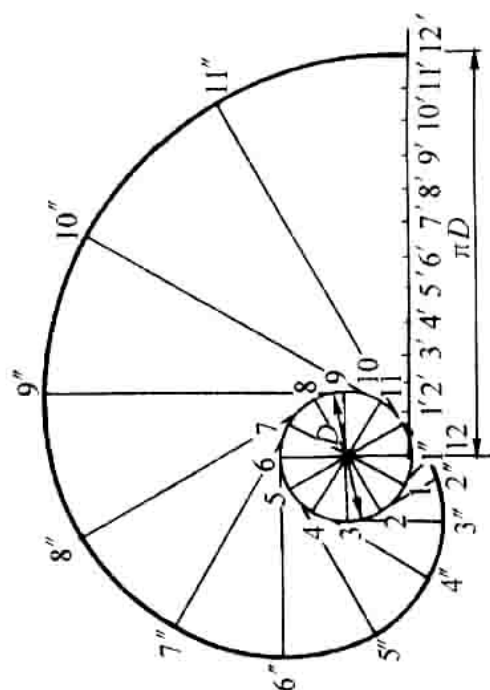


(续)

划线要求

划 线 方 法

1. 以直径  $D$  划渐开线的基圆, 并等分圆周 (图上为 12 等分), 得各等分点 1、2、3……12
2. 从各等分点分别划基圆的切线
3. 在切点 12 的切线上截取  $12-12' = \pi D$ , 并等分该线段得各等分点 1'、2'、3'……12'
4. 在基圆各切线上依次截取线段, 使其长度分别为  $1-1'' = 12-1'$ 、 $2-2'' = 12'-2'$ …… $11-11'' = 12-11'$
5. 圆滑连接 12、1''、2''……12'' 各点即为已知基圆的渐开线



渐开线

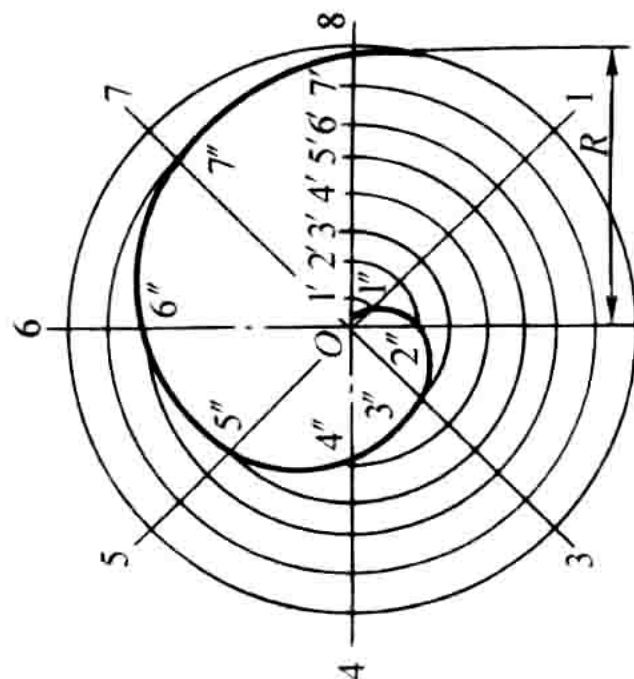
已知:

 $D$ —基圆直径

(续)

划线要求

划 线 方 法



1. 过半径为  $R$  的圆的圆心  $O$  作若干等分线  $0-1, 0-2, 0-3, \dots, 0-8$  等分圆周 (图上为 8 等分)

2. 将  $0-8$  分成相同的 8 等分, 得各等分点  $1', 2', 3', \dots, 8$

3. 过各等分点作同心圆与相应的等分线交于  $1'', 2'', 3'', \dots, 8$  各点

4. 圆滑连接各交点, 即得阿基米德螺旋线

已知:

 $R$ —螺旋升量

阿基米  
德螺旋线  
(等速运  
动曲线)

## 4. 划线程序

### (1) 划线前的准备工作

1) 若是铸件毛坯, 应先将残余型砂、毛刺、浇注系统及冒口进行清理、整平, 并且锉平划线部位的表面。对锻件毛坯, 应将氧化皮除去。对于“半成品”的已加工表面, 若有锈蚀, 应用钢丝刷将浮锈刷去, 修钝锐边、油污擦净。

2) 按图样和技术要求仔细分析工件特点和划线要求, 确定划线基准及放置支承位置, 并检查工件的误差和缺陷, 确定借料的方案。

3) 为了划出孔的中心, 在孔中要装入中心塞块。一般小孔多用木塞块 (图 11-3a) 或铅塞块 (图 11-3b) 大孔用可调式中心顶 (图 11-3c)。

4) 划线部位清理后应涂色。涂料要涂得均匀而且要薄, 常用涂料及应用见表 11-3。

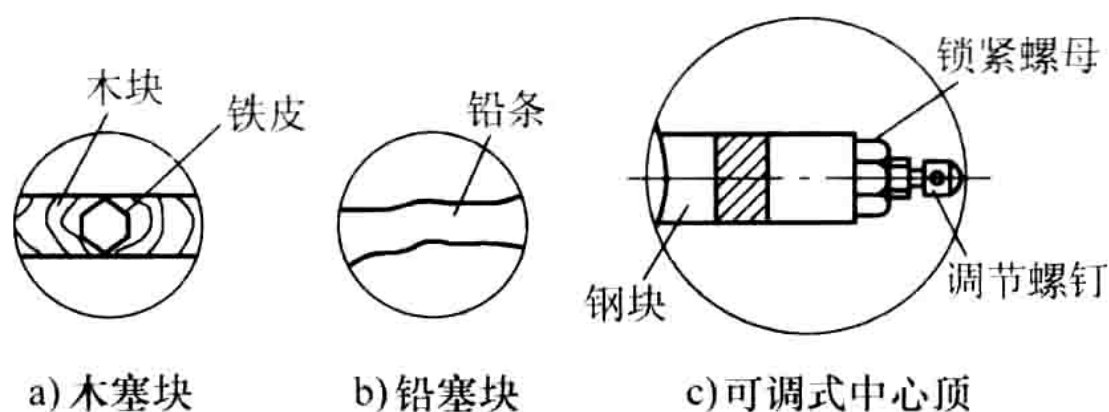


图 11-3 中心塞块

### (2) 划线

1) 把工件夹持稳当, 调整支承、找正, 结合借料方案进行划线。

2) 先划基准线和位置线, 再划加工线, 即先划水平线, 再划垂直线、斜线, 最后划圆、圆弧和曲线。

**表 11-3 划线常用涂料及应用**

待涂表面	涂 料
未加工表面 (黑皮表面)	白灰水 (白灰、乳胶和水) 白垩溶液 (白垩粉、水, 并加入少量亚麻油和干燥剂) 粉笔
已加工表面	硫酸铜溶液 (硫酸铜加水或酒精) 蓝油 (龙胆紫加虫胶和酒精) 绿油 (孔雀绿加虫胶和酒精) 红油 (品红加虫胶和酒精)

3) 立体工件按上述方法, 进行翻转放置依次划线。

### (3) 检查、打样冲眼

1) 对照图样和工艺要求, 对工件依划线顺序从基准开始逐项检查, 对错划或漏划应及时改正, 保证划线的准确。

2) 检查无误后, 在加工界线上打样冲眼。样冲眼必须打正, 毛坯面要适当深些, 已加工面或薄板件要浅些、稀些。精加工表面和软材料上可不打样冲眼。

## 5. 几种典型钣金金属开图实例

### (1) 一端斜截 $45^\circ$ 圆管

1) 零件形式及尺寸如图 11-4 所示。

2) 展开图画法 (图 11-5)。图 11-5a 的俯视图和主视图为放样图。当圆管斜截后不铲坡口还能保持斜截角度

时,可根据此放样图画展开图,只要求出  $r$ 、 $r'$  即可,其计算式为

$$r = \frac{d + 2t}{2} \quad r' = \frac{d}{2}$$

展开图画法:计算出展开长度并分为 12 等分(不等于俯视图的等分);由各等分点向上引垂线,由圆  $O$  的圆周等分点向右引水平线;把垂线和水平线的对应交点连成曲线,即得所求展开图(图 11-5a)。

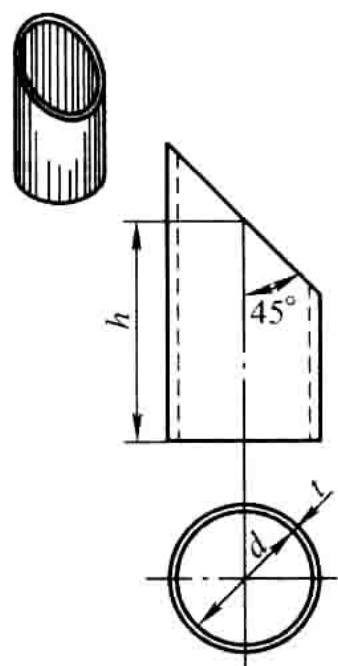


图 11-4 零件形式及尺寸

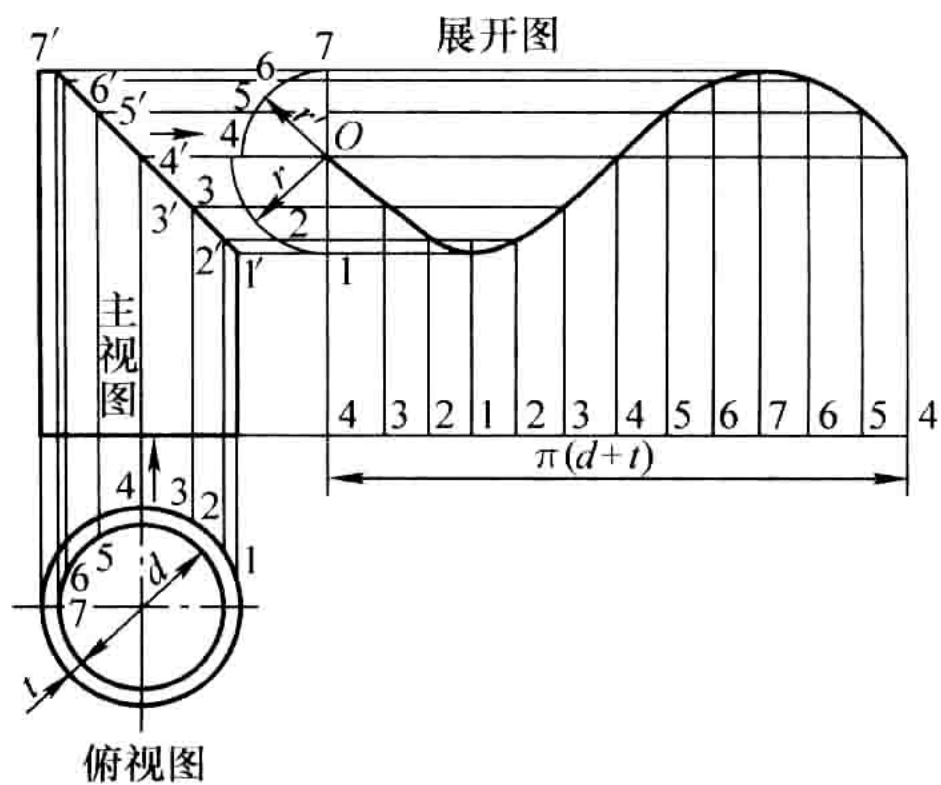
当圆管斜截成  $45^\circ$  后,要求(已知:  $h$ 、 $d$ 、 $t$ 、和  $45^\circ$  角)外面铲坡口时,只求出  $r'$  即可作展开图,如图 11-5b 所示。

## (2) 圆管弯头

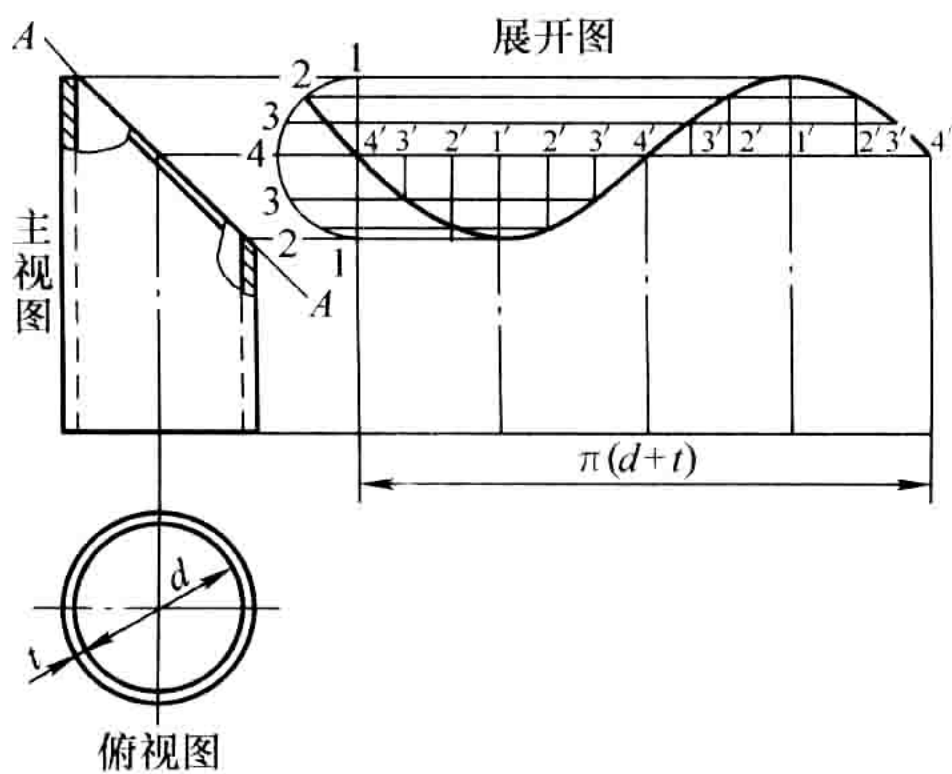
1) 零件形式(图 11-6)。

2) 展开图画法(图 11-7)。先画辅视图再画展开图。

辅视图画法:作  $B'C'$  线与左视图的  $BC$  线平行且相等,  $BB'$ 、 $CC'$  垂直于  $BC$ 。再由  $A$  点作  $BB'$  的平行线,并与以  $B'$  为中心、主视图中的  $a$  为半径所画圆弧交于  $A'$  点。连接  $A'B'$ , 则  $A'B'$ 、 $B'C'$  即为两管的中心线,  $\angle A'B'C'$  即为实际角。再用已知半径的距离  $\left(\frac{d}{2} + t\right)$ , 引与中心线的对称平行线,对应交点连线即得出接合线  $EH$ , 再由点  $A'$ 、 $C'$  分别引对中心线的垂直线得交点为  $F$ 、 $G$ 、 $I$ 、 $D$ , 即完成辅视图。



a)



b)

图 11-5 展开图画法

展开图画法：在  $ID$  延长线上截取  $MN$  等于按管子中径的展开长度。由  $M$ 、 $N$  点引  $MN$  的垂线  $4-M$ 、 $4-N$ 。取  $4-M$ 、 $4-N$  等于辅视图  $B'C'$ 。12 等分直线  $4-4$ ，等分点为 4、5、6、7、6……2、1、2、3、4。由各等分点作  $4-4$  的垂线， $4-4$  一端的垂线  $4-N$  与由接合线点  $E$ （里皮）、 $B'$ 、 $H$ （外皮）所作的  $ID$  的平行线的交点为  $7'$ 、 $4$ 、 $1'$ 。以 4 点为中心， $7'-4$ 、 $4-1'$  为半径画同心  $1/4$  圆周。分别 3 等分  $1/4$  圆周，等分点为  $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 、 $5'$ 、 $6'$ 、 $7'$ 。由各等分点作  $4-4$  的平行线，将其与  $4-4$  各垂线的对应交点连成曲线，即得出下管展开图。再用主视图  $pa$  的距离作  $4-4$  的平行线  $M'N'$ ，则  $4-N'-M'-4$  即为上管展开图。

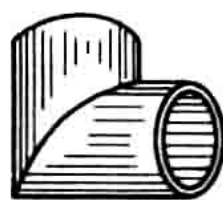


图 11-6 零件形式

### (3) 直交等径三通管

1) 零件形式及尺寸如图 11-8 所示。

2) 展开图画法如图 11-9 所示。

管 I 画法：画水平线  $AB$  管于管 I 中径的展开长度  $\pi(d+t)$ 。由点  $B$  引  $AB$  的垂线，在该垂线上截取  $BO$  等于已知尺寸  $h$ 。以  $O$  点为圆心， $R$  为半径画  $1/4$  圆周，3 等分  $1/4$  圆周，等分点为  $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 。由  $4'$  点向左引水平线，与由  $A$  点引  $AB$  的垂线交于 4 点。12 等分  $4-4'$  线，由各等分点引  $4-4'$  的垂线，将其与由  $1/4$  圆周各等分点向左引水平线的对应交点连成曲线，即为所求的展开图。

管 II 画法：在  $A-4$  向下延长线上取  $CD$  和  $DE$  等于已知尺寸  $a$ ，由  $C$ 、 $D$ 、 $E$  向右引水平线，与  $BO$  向下延长线相交，得交点  $C'$ 、 $D'$ 、 $E'$ 。4 等分  $CC'$ ，由各等分点引

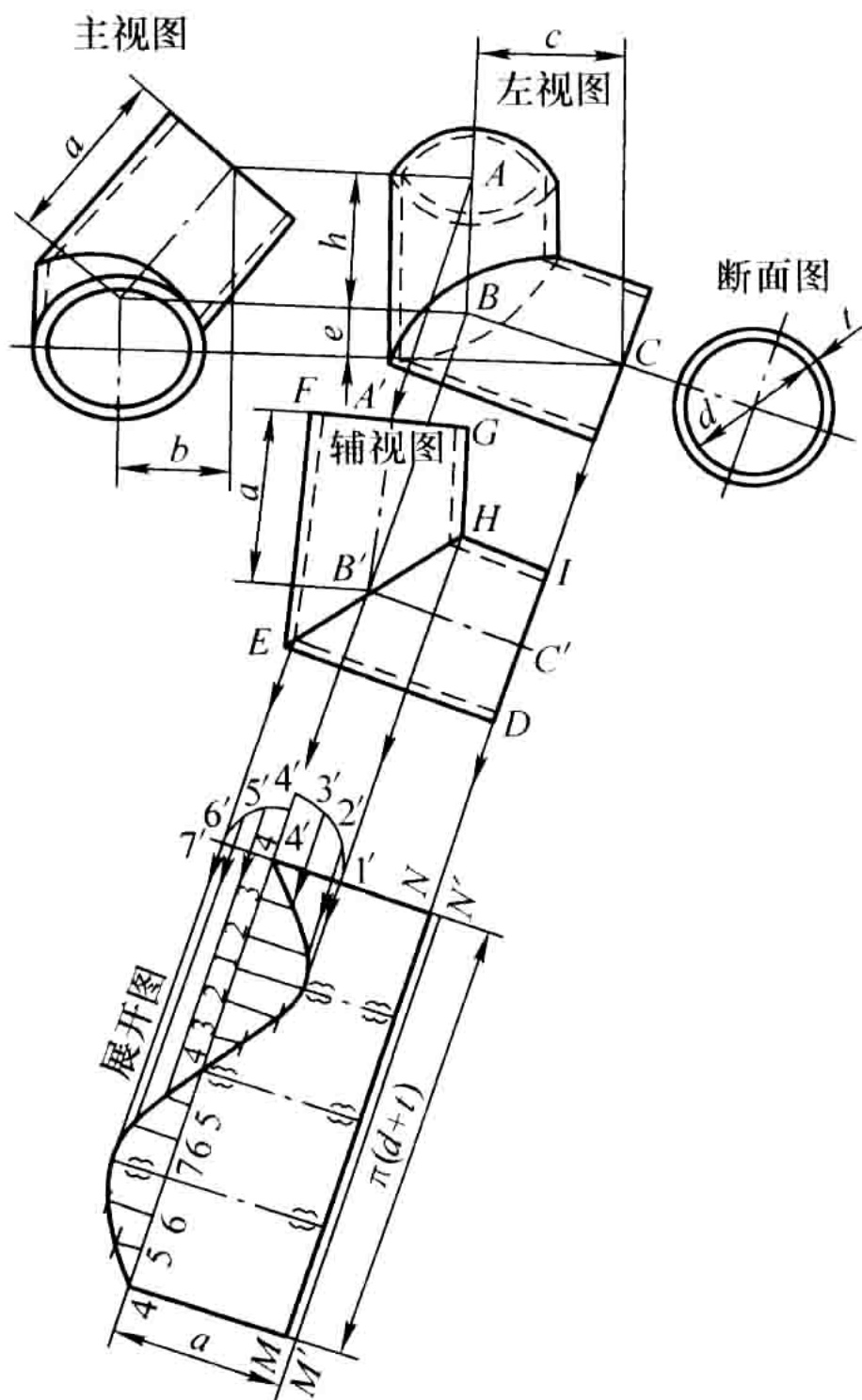


图 11-7 展开图画法

已知:  $a, b, c, d, e, h, t$ 

$CC'$ 的下垂线与  $EE'$ 相交为圆管卷成后的表面中心线, 即得出所求展开图。



切孔的画法：  
6 等分管 II 展开图的 1-1。以 1 点为中心  $R$  作半径画  $1/4$  圆周，3 等分  $1/4$  圆周，等分点为  $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 。由各等分点向左引水平线与 1-1 各等分点引出的垂线相交，将各交点连成曲线，并在 1-1 下边画对称曲线，即得出切孔实形。

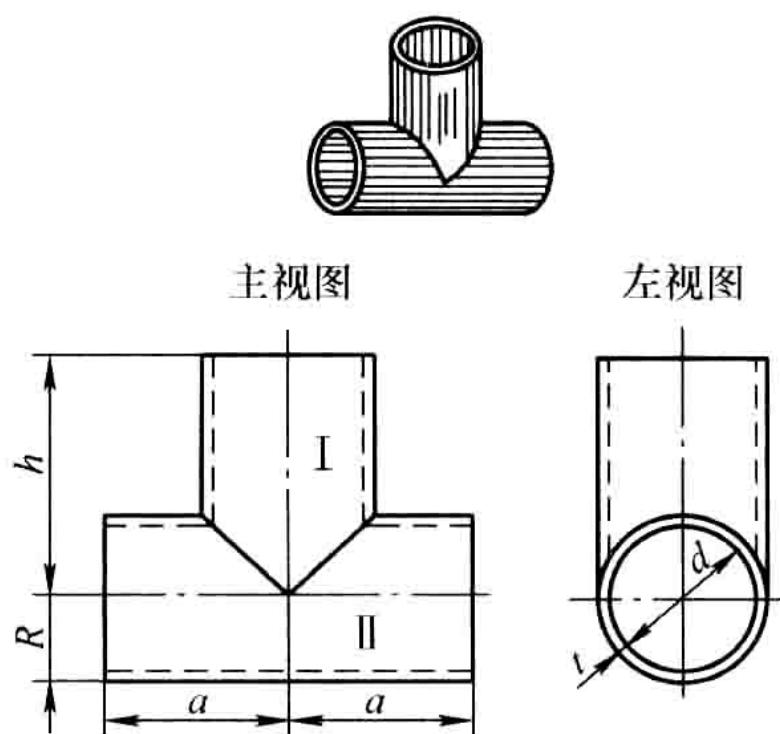


图 11-8 零件形式及尺寸

已知： $a$ 、 $d$ 、 $h$ 、 $t$ 、 $R$

#### (4) 斜接等径三通管

1) 零件形式如图 11-10 所示。

2) 展开图画法如图 11-11 所示。

作展开图要计算出  $r'$ 、 $r$  两个尺寸，计算公式为

$$\alpha = \frac{\beta}{2} \quad r' = \frac{d + 2t}{2} \tan \alpha \quad r = \frac{d + 2t}{2} \cot \alpha$$

管 II 展开图画法：由点  $A$  引  $AC$  下垂线，取  $A'A''$  等于按管 II 中径的展开长度  $\pi(d+t)$ ，由  $A'A''$  向右引水平线，与由点  $C$  引  $AC$  的下垂线的对应交点为  $C'$ 、 $C''$ 。 $A'A''C''C'$  即为管 II 的展开图。4 等分  $A'A''$ ，由等分点向右引水平线与  $C'C''$  相交，即为圆管卷成后的表面中心线。

切孔的画法：由接合线点  $E$ 、 $B$ 、 $F$  引下垂线，与上中心线的对应交点为  $4''$ 、 $1$ 、 $4'$ 。以点  $1$  为中心， $1-4'$ 、 $1-4''$  为半径画同心  $1/4$  圆周。分别  $3$  等分  $1/4$  圆周，等分点为  $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$  及  $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 $4''$ 。由各等分点引下垂线， $6$  等分  $1-1$ ，等分点为  $1$ 、 $2$ 、 $3$ 、 $4$ 、 $3$ 、 $2$ 、 $1$ 。各等分点引水平线与下垂线相交，将各交点连成曲线，即得出切孔实形。

I 展开图画法：在  $A'C'$  向右延长线上取  $4-G$  等于主视图上的尺寸  $l$ ，由点  $4$ 、 $G$  引下垂线与  $A''C''$  向右延长线相交，得交点为  $4$ 、 $H$ 。 $12$  等分  $4-4$ ，等分点为  $4$ 、 $3$ 、 $2$ 、 $1$ 、 $2$ 、 $3$ 、 $4$ 。由各等分点向右画水平线，

以点  $1$  为圆心， $r$ 、 $r'$  作半径画同心  $1/4$  圆周，分别  $3$  等分  $1/4$  圆周，等分点为  $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$  及  $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 $4''$ 。由各等分点引下垂线与水平线相交，将各交点连成曲线，即为所求的展开图。

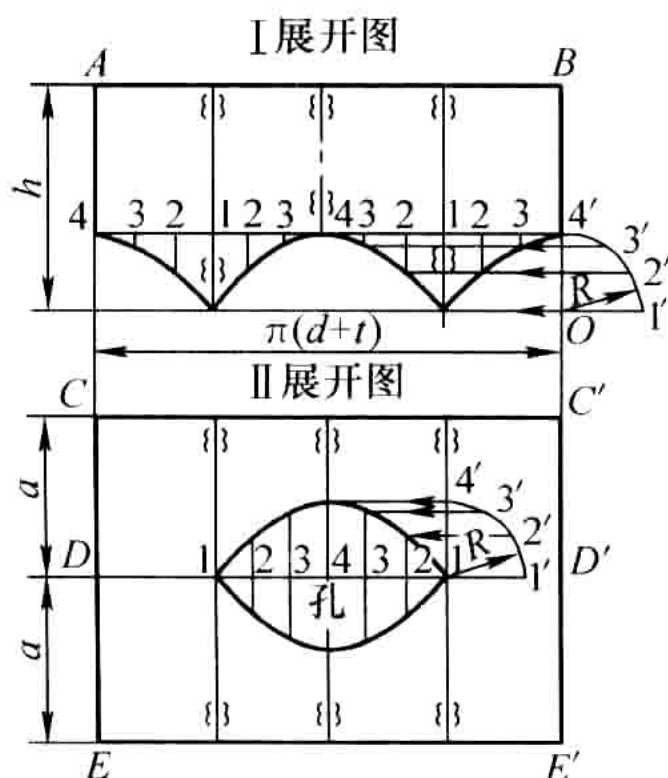


图 11-9 展开图画法



图 11-10 零件形式

已知： $a$ 、 $b$ 、 $d$ 、 $t$  及角  $\beta$



2) 展开图画法如图 11-13 所示。

小圆管的展开图画法：画水平线  $AB$  等于小管中径展开长度  $\pi(d' + t)$ 。由  $A$  点引  $AB$  的垂线  $AO$  且等于已知尺寸  $h$ 。以  $O$  点为圆心支管内径  $1/2$  作半径画  $1/4$  圆周，3 等分  $1/4$

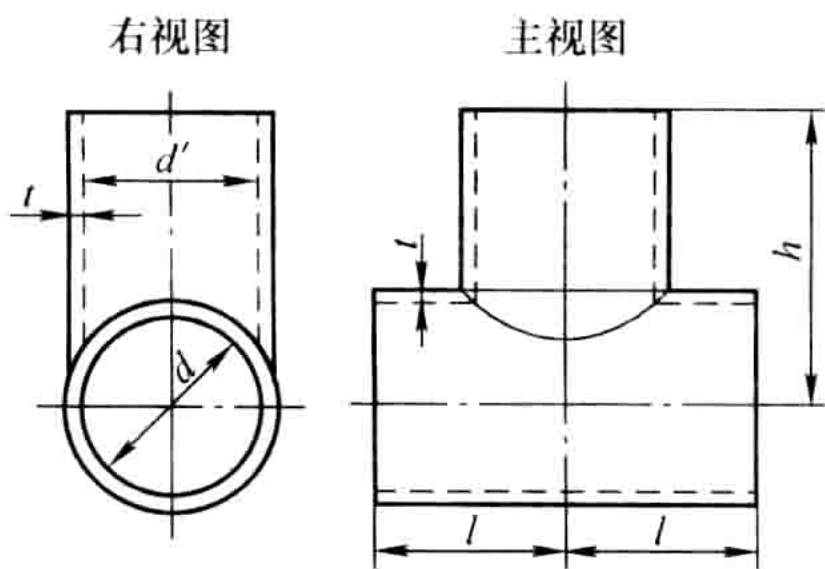


图 11-12 零件形式及尺寸

已知： $h$ 、 $l$ 、 $d$ 、 $d'$ 、 $t$

圆周，等分点为 1、2、3、4，再以  $O$  点为圆心、 $\frac{d}{2}$  作半径画圆弧，与由点 1、2、3、4 引  $AO$  的平行线相交，得交点为  $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ ，即得小圆管与大圆管相交的接合点。由  $1'$  点引  $AB$  的平行线  $1'-1$ ，其长等于  $AB$ 。12 等分  $1'-1$ ，由各等分点引下垂线，与由点  $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$  向右引的  $AB$  的平行线相交，将各交点连成曲线，即为所求的展开图。

切孔展开图画法切孔展开图须用大圆管外径作展开（大圆管则按普通圆管展开，不先开孔，故本例未作大圆管展开图）。当小圆管直径较小时，则可用样板画开孔切割线。

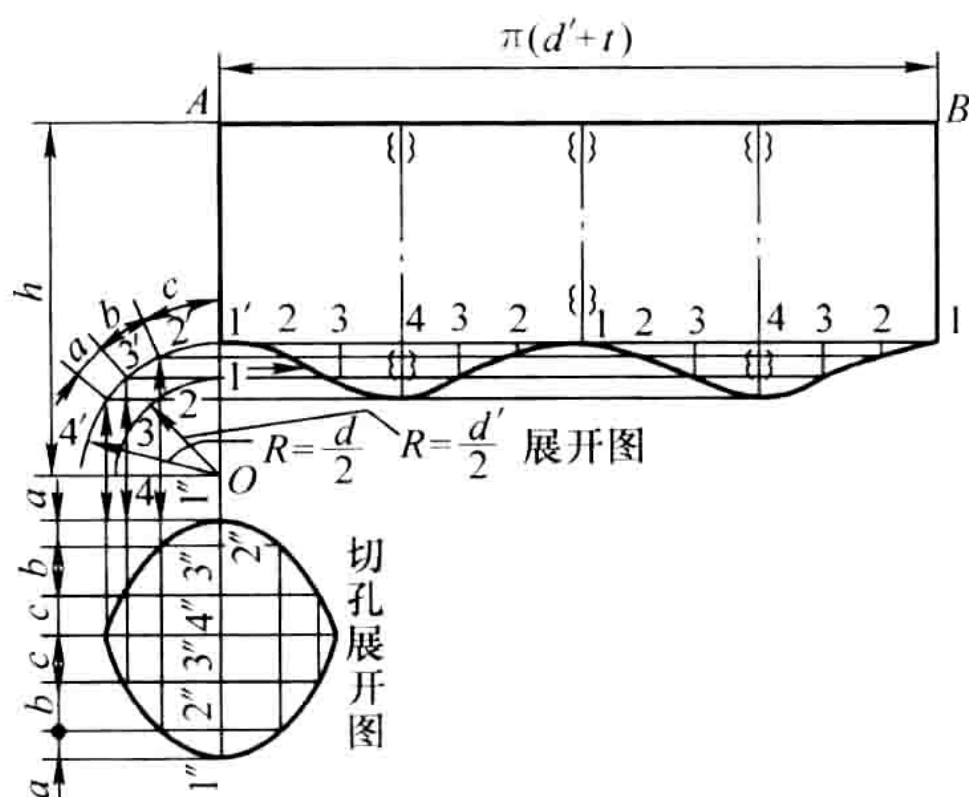


图 11-13 展开图画法

在  $AO$  延长线上取  $1''-4''-1''$  等于大圆弧  $1'-4'$  伸直的两倍，在其上照画各点，并作水平线，与由点  $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$  向下引  $AO$  的平行线相交，将各交点连成曲线，并在右边画对称曲线，得出所求的展开图。

#### (6) 等角 V 形等径三通管

- 1) 零件形式如图 11-14 所示。
- 2) 展开图画法如图 11-15 所示。

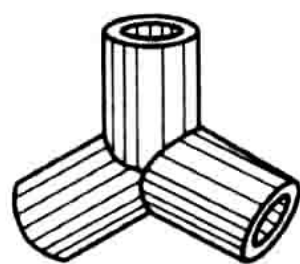


图 11-14 零件形式

已知： $a$ 、 $t$ 、 $d$ ，  
三通管直径相等，  
且角度均为  $120^\circ$

首先用计算法求出  $r$  的距离， $r = \frac{d + 2t}{2} \tan 30^\circ$ 。再作展

开图。

展开图画法：画  $AB$  等于管子中径的展开长度  $\pi (d +$

$t$ )，由  $A$ 、 $B$  点引  $AB$  的垂线  $A-1$ 、 $B-1$ 。取  $A-1$  等于主视图中的尺寸  $a$ ，由 1 点向右引  $AB$  的平行线与  $B-1$  相交，交点为 1 点。12 等分 1-1。由各等分点引下垂直，以 1 点为圆心、 $r$  作半径画  $1/4$  圆周。3 等分  $1/4$  圆周，等分点为  $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 。由各等分点向左引水平线与垂线相交，将各交点连成曲线，即得出所求的展开图。

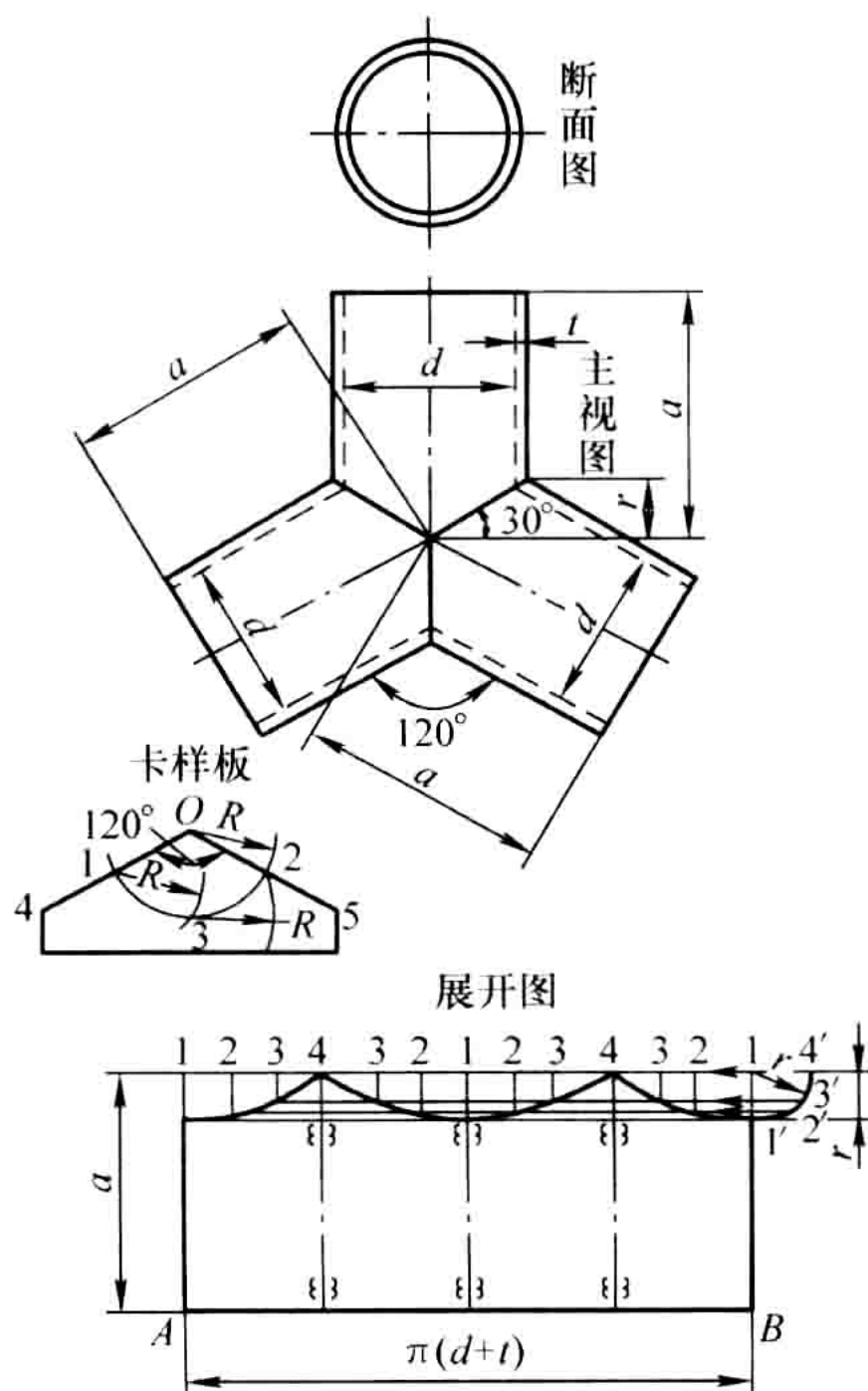


图 11-15 展开图画法

卡样板的画法：卡样板主要要求是角度精确，样板的长度按实际情况决定。画  $O-4$  直线。以  $O$  点为圆心，取任

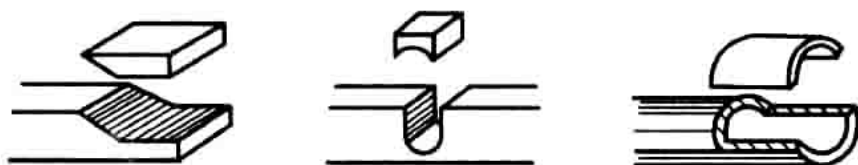
意长度  $R$  作半径画圆弧 1-2，与  $O-4$  交点为 1。以 1 点为圆心、 $R$  作半径画圆弧与 1-2 弧交点为 3。以 3 点为圆心、 $R$  作半径画圆弧与 1-2 圆弧交于 2。连接  $O-2$ ， $\angle 102$  即为所求卡样板的实际角度  $120^\circ$ 。 $4-O$  和  $O-5$  的长度应根据三通管的实际大小决定。

## 二、锯 削

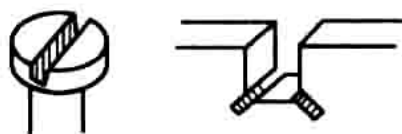
用锯对材料或工件进行切断或切槽等加工方法称锯削。钳工的锯削是利用手锯对较小的材料和工件进行分割或切槽（图 11-16）。



a) 锯断各种型材或半成品



b) 锯掉工件上多余部分



c) 在工件上锯沟槽

图 11-16 锯削的应用

### 1. 锯削工具

手工锯削所使用的工具是手锯，是由锯架和锯条组

成。

### (1) 锯架

1) 钢板制锯架形式和规格尺寸 (表 11-4)。

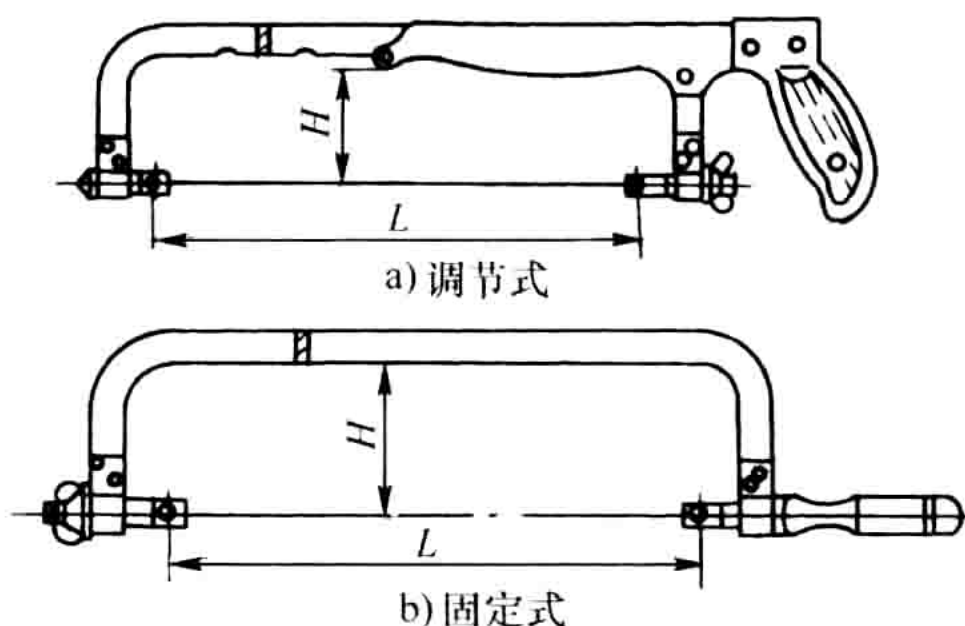
2) 钢管制锯架形式和规格尺寸 (表 11-5)。

(2) 锯条 锯条长度是以两端安装孔的中心距来表示的。

锯条的许多锯齿在制造时按一定的规则左右错开, 排列成一定的形状, 称为锯路, 锯路分为 J 型 (交叉型) 和 B 型 (波浪型) 两种 (图 11-17)。

**表 11-4 钢板制锯架形式和规格尺寸**

(QB/T 1108—1991) (单位: mm)



形式	规格 $L$	最大锯切深度 $H$
调节式	200、250、300	64
固定式	300	64



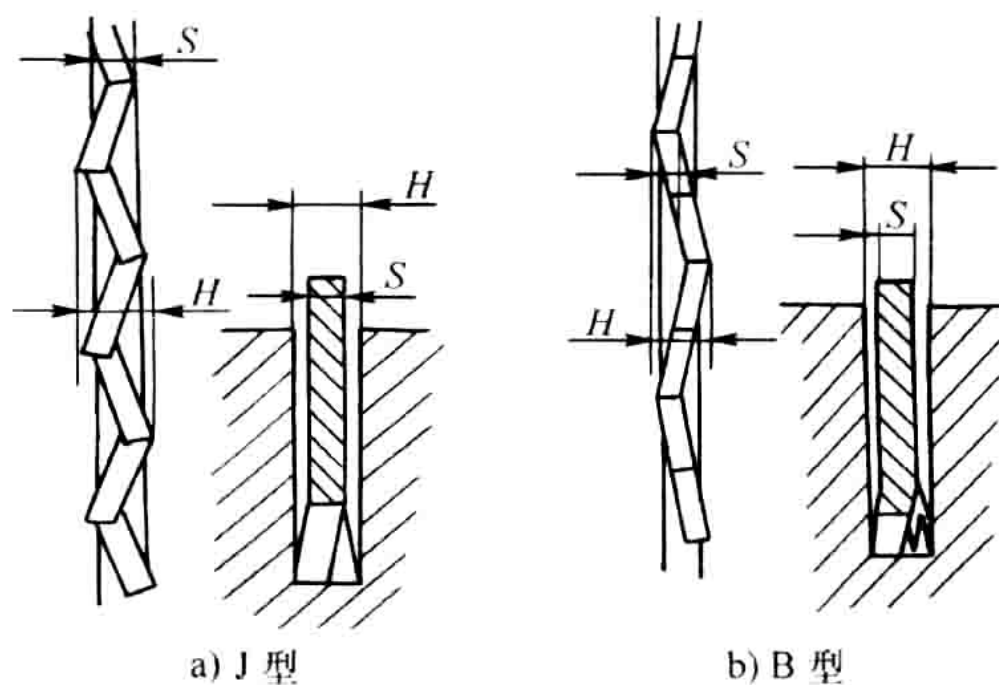
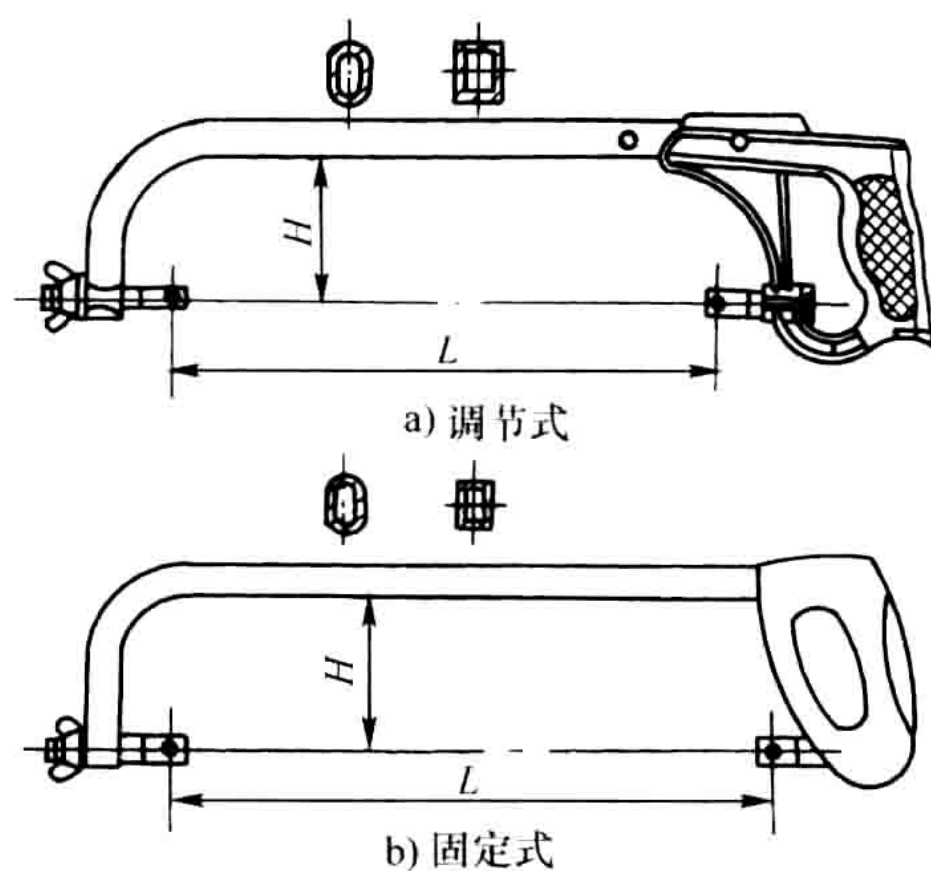


图 11-17 锯路型式  
表 11-5 钢管制锯架形式和规格尺寸  
(QB/T 1108—1991) (单位: mm)



(续)

形式	规格 $L$	最大锯切深度 $H$
调节式	250、300	74
固定式	300	74

锯条根据齿距不同分粗齿、中齿、细齿三种。不同齿距适用于锯削不同材料（表 11-6）。

表 11-6 锯条的选用

锯 齿 规 格	适 用 材 料
粗齿 (齿距为 1.4 ~ 1.8 mm)	低碳钢、铝、纯铜及较厚工件
中齿 (齿距为 1.2 mm)	普通钢材、铸铁、黄铜、厚壁管子、较厚的型钢等
细齿 (齿距为 0.8 ~ 1 mm)	硬性金属、小而薄的型钢、板料、薄壁管子等

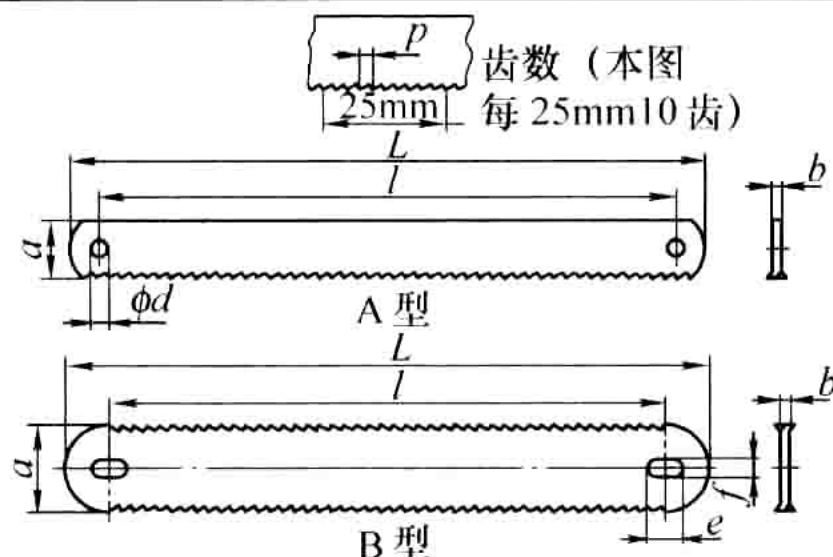
1) 手用钢锯条规格尺寸见表 11-7。

2) 锯条齿部硬度见表 11-8。

3) 手用钢锯条齿形角见表 11-9。

表 11-7 手用钢锯条规格尺寸 (GB/T 14764—2008)

(单位: mm)



(续)

形式	长度 $l$	宽度 $a$	厚度 $b$	齿距 $p$	销孔 $d$ 、( $e \times f$ )	全长 $L_{\max}$
A 型	300	12.0 或	0.65	0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.5, 1.8	3.8	315
	250	10.7				265
B 型	296	22	0.65	0.8	$8 \times 5$	315
				1.0		
	292	25		1.4	$12 \times 6$	

注：GB/T 14764—1993 手用钢锯条按其特性分为全硬型（H）和挠性型（F）；按材质分为优质碳素结构钢（D）、碳素工具钢（T）、合金工具钢（M）、高速钢（G）和双金属复合钢（Bi）五种；按其形式分为单面齿型（A）、双面齿型（B）两种。

表 11-8 锯条齿部硬度

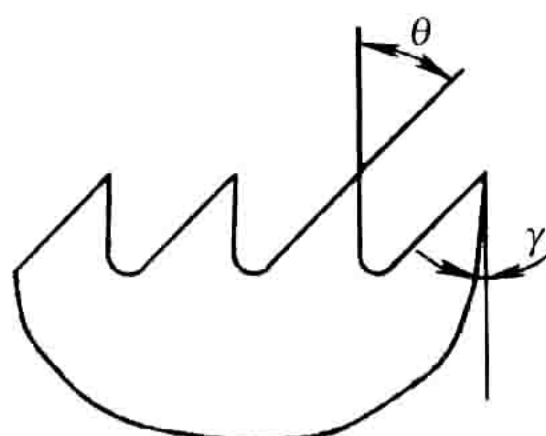
(单位：mm)

材 料	最小硬度 HRA
碳素结构钢	76
碳素工具钢	81
合金工具钢	
高速工具钢	82
双金属复合钢	

## 2. 锯削方法

(1) 棒料的锯削 (图 11-18) 棒料的锯削断面如果要求比较平整, 应从起锯开始连续锯到结束。若所锯削的断面要求不高, 可改变几次锯削的方向, 使棒料转过一个角度再锯, 这样, 由于锯削面变小而容易锯削, 可提高工作效率。

**表 11-9 手用钢锯条齿形角 (GB/T 14764—2008)**



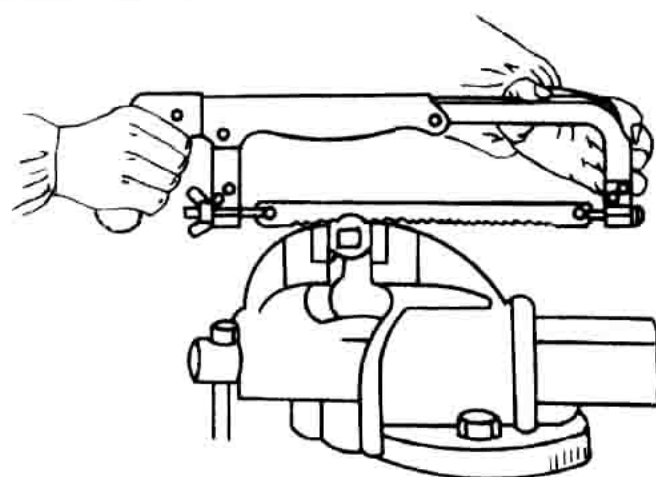
齿形角形状

齿距/mm	$\theta/ (^{\circ})$	$\gamma/ (^{\circ})$
0.8、1.0、1.2	46 ~ 53	-2 ~ 2
1.4、1.5、1.8	50 ~ 58	

## (2) 管子的锯削

锯削管子时必须把管子夹正。对于薄壁管子和精加工过的管子, 应夹在有 V 形槽的两个木衬垫之间 (图 11-19), 以防将管子夹扁或夹坏表面。

锯削薄壁管子时, 不



**图 11-18 棒料的锯削**

应在一个方向从开始连续锯削到结束（图 11-20b），否则锯齿会被管壁钩住而崩裂。正确的方法是，先在一个方向锯到管子内壁处，然后把管子向推锯的方向转过一个角度，并连接原锯缝再锯到管子的内壁处，如此进行几次，直到锯断为止（图 11-20a）。

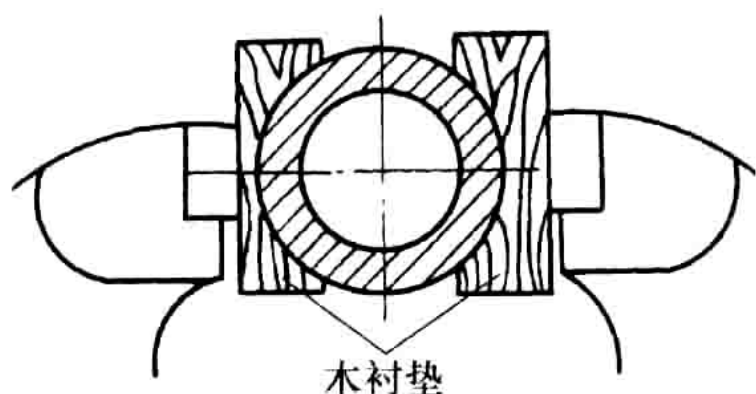


图 11-19 管子的装夹

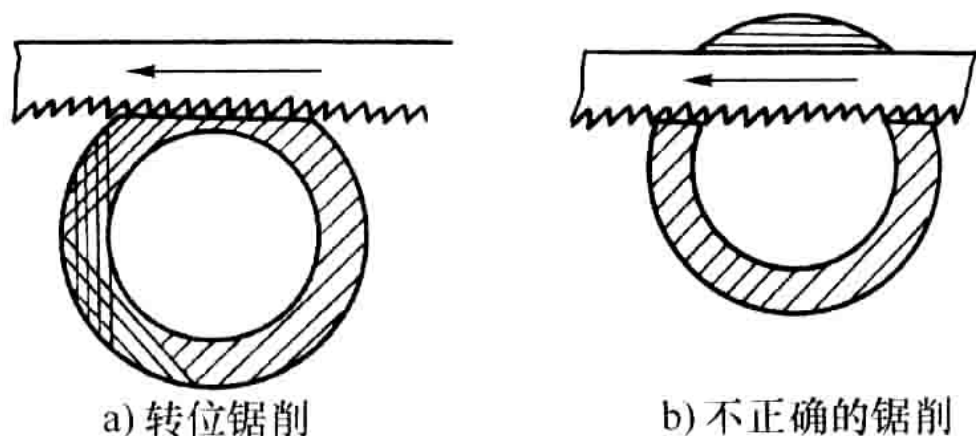


图 11-20 管子的锯削

(3) 薄板料的锯削 锯削薄板料时，尽可能从宽面上锯下去。当一定要在板料的狭面上锯下去时，应该把板料夹在两块木板之间（图 11-21a），连木块一起锯下去。这样可避免锯齿被钩住，同时也增加了板料的刚性，使锯削过程中不会颤动。另一种方法是把薄板料夹在台虎钳上（图 11-21b）用手锯作横向斜推锯，可使锯齿与薄板料接触的齿数增加，避免锯齿崩裂。

(4) 深缝的锯削 锯削深缝时，当锯缝的深度到达锯

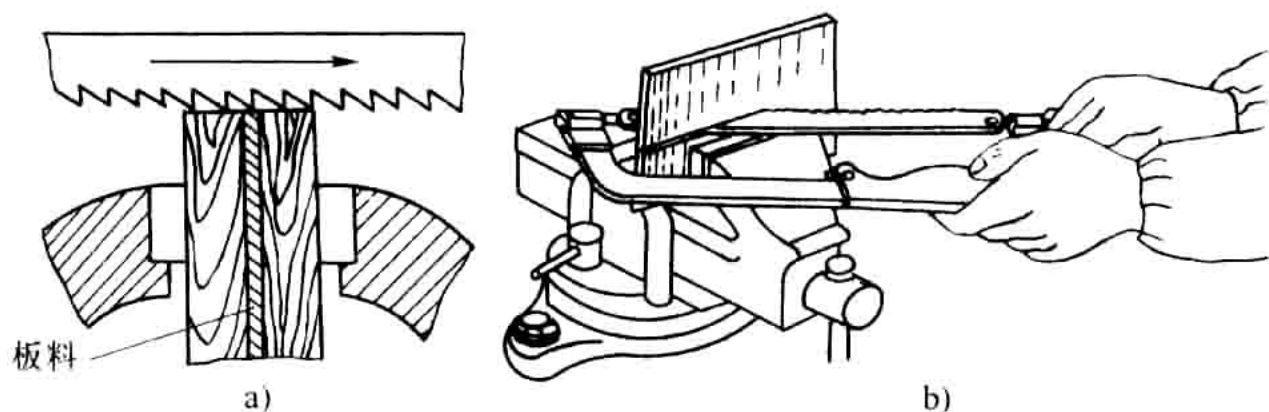


图 11-21 薄板料的锯削

架的高度时（图 11-22a），为了防止锯架与工件相碰，应将锯条转过  $90^\circ$  重新安装，使锯架转到工件的旁边再锯（图 11-22b、c）。由于钳口的高度有限，工件应逐渐改变装夹位置，但始终使锯削部位处于钳口附近，并应将工件夹紧牢靠，以防损坏锯条或锯缝的质量。

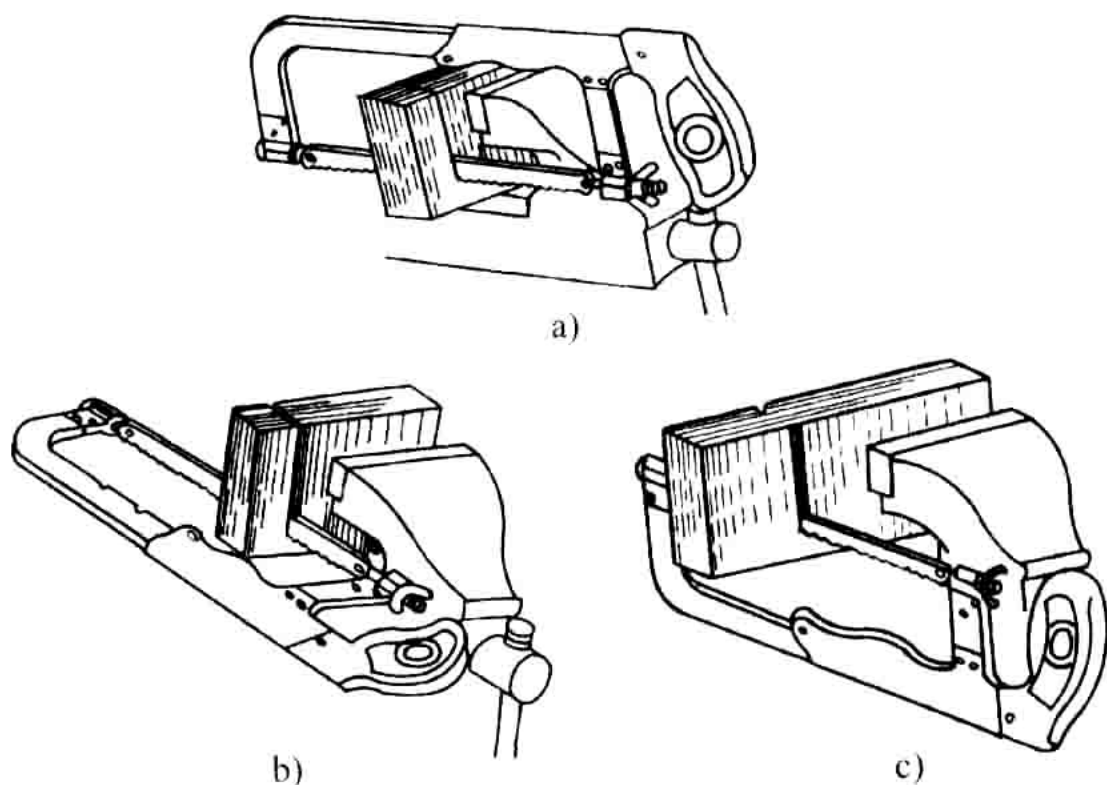
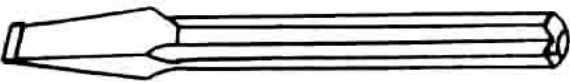

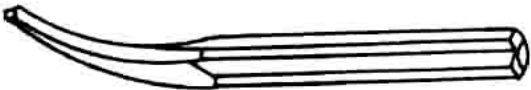


图 11-22 深缝的锯削

三、 削

- 1. 子的种类及用途（表 11-10）
- 2. 子几何角度的选择（表 11-11）

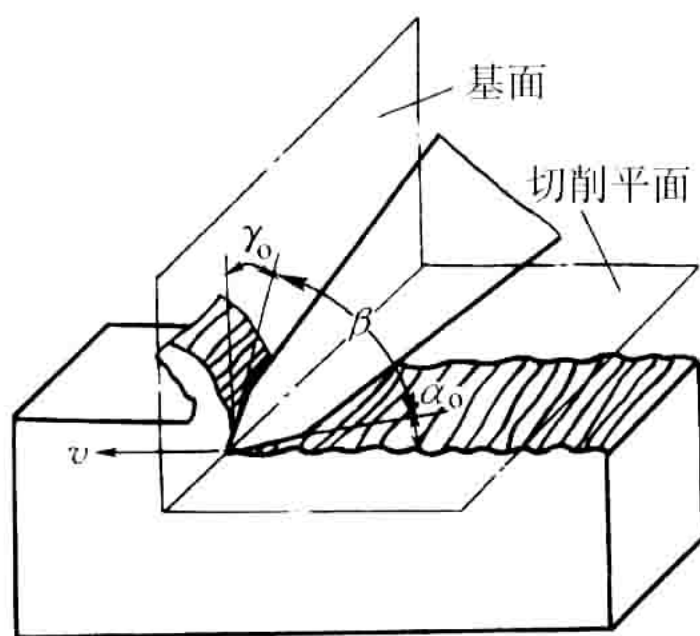
表 11-10 子的种类及用途

名称	简 图	特点及用途
扁  子		切削部分扁平、切削刃略带圆弧，常用于  切平面，去除凸缘、毛边和分割材料
狭  子 (尖  子)		切削刃较短，切削部分的两个侧面从切削刃起向柄部逐渐变狭，主要用于  槽和分割曲线形板料
油槽  子		切削刃短，并呈圆弧形或菱形，切削部分常做成弯曲形状。主要用来  削润滑油槽

3. 子的淬火与回火方法

子是用碳素工具钢（T7A 或 T8A）铸造制成的，经锻造成的 子要经过淬火、回火后才能使用。

表 11-11 錾子几何角度选择



錾削时的角度

工件材料	$\beta_0$ (楔角)	$\alpha_0$ (后角)	$\gamma_0$ (前角)
工具钢、铸铁	$70^\circ \sim 60^\circ$	$5^\circ \sim 8^\circ$	$\gamma_0 = 90^\circ - (\beta_0 + \alpha_0)$
结构钢	$60^\circ \sim 50^\circ$	$5^\circ \sim 8^\circ$	
铜、铝、锡	$45^\circ \sim 30^\circ$	$5^\circ \sim 8^\circ$	

淬火时把已磨好的錾子的切削部分约 20mm 长的一端加热到  $760 \sim 780^\circ\text{C}$  (呈暗橘红色) 后, 迅速从炉中取出, 并垂直地把錾子放入水中冷却 (图 11-23)。浸入深度约 5 ~ 6mm, 并将錾子沿着水面缓慢地移动, 由此造成水面波动, 又使淬硬与不淬硬部分不致有明显的界线, 避免了錾子在淬硬与不淬硬的界限处断裂。待冷却到錾子露出水面部分呈黑色时, 由水中取出。这时利用錾子上部的余热进行回火。首先迅速擦去前、后刀面上的氧化层和污物,



然后观察切削部分随温度升高而颜色变化的情况，錾子刚出水时呈白色，随后由白色变为黄色、再由黄色变为蓝色。当变成黄色时，把錾子全部浸入水中冷却，这种情况的回火俗称为“黄火”，如果变成蓝色时，把錾子全部浸入水中冷却，这种情况的回火俗称为“蓝火”。

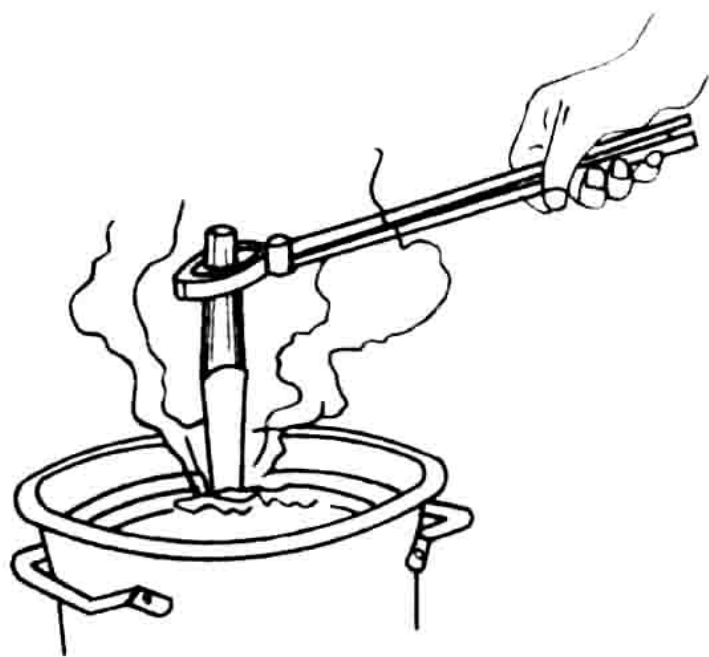


图 11-23 錾子的淬火

“黄火”的硬度比“蓝火”的硬度高些，不易磨损，但“黄火”的韧性比“蓝火”的差些。所以一般采用两者之间的硬度“黄蓝火”，这样既能达到较高的硬度，又能保持一定的韧性。

但应注意錾子出水后，由白色变为黄色，由黄色变为蓝色，时间很短，只有数秒钟，所以要取得“黄蓝火”就必须把握好时机。

#### 4. 錾削方法

(1) 錾切板料的方法 常用錾切板料的方法有以下三种。

1) 工件夹在台虎钳上錾切。錾切时，板料要按划线（切断线）与钳口平齐，用扁錾沿着钳口并斜对着板料（约成  $45^\circ$  角）自右向左錾切（图 11-24）。

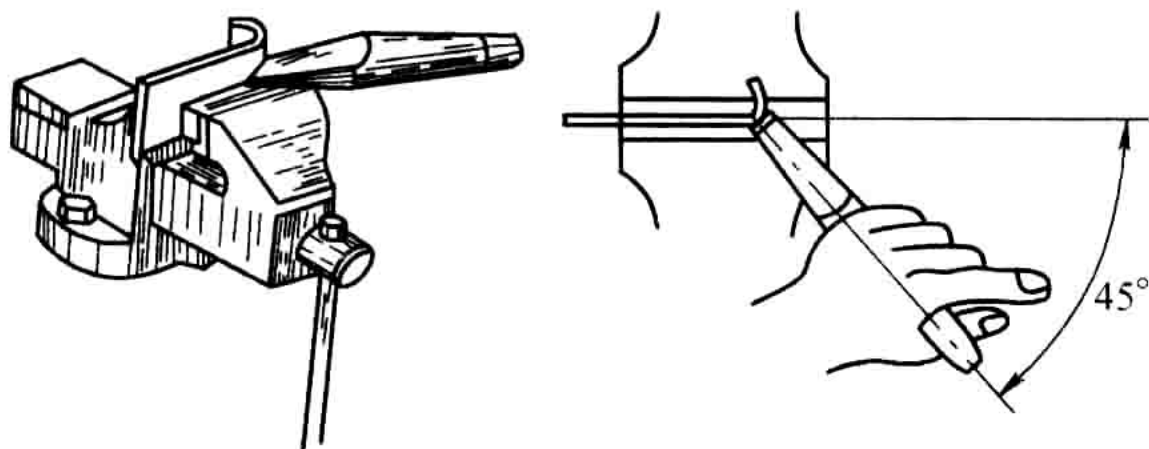


图 11-24 在台虎钳上鋸切板料

鋸切时，鋸子的刃口不能正对着板料鋸切，否则由于板料的弹动和变形，造成切断处不平整或出现裂缝（图 11-25）。

2) 在铁砧上或平板上鋸切。对于尺寸较大的板料，在台虎钳上不能夹持时，应放在铁砧上鋸切（图 11-26）。切断用的鋸子，其切削刃应磨有适当的弧形，这样不但便于鋸削，而且鋸痕也齐整（图 11-27）。再有鋸子切削刃的宽度应视需要而定。当鋸切直线段时，扁鋸切削刃可宽些。鋸切曲线段时，刃宽应根据曲率半径大小决定，使鋸痕能与曲线基本一致。

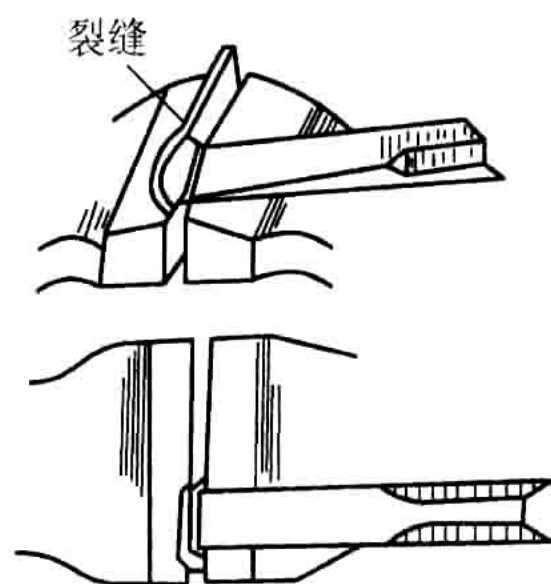


图 11-25 鋸切薄料  
的不正确方法

鋸切时应由前向后排鋸，鋸子要放斜些，似剪切状，然后逐步放垂直，依次鋸切（图 11-28）。

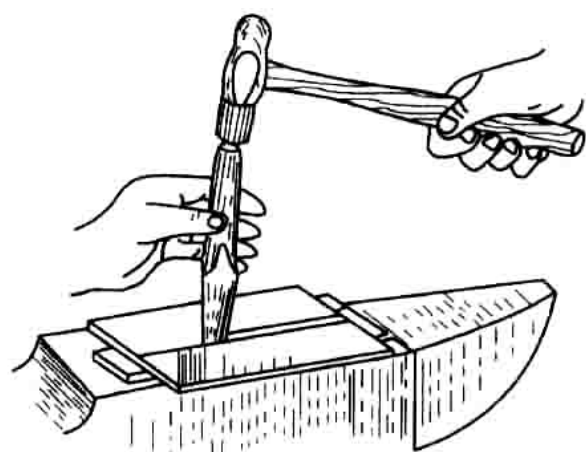


图 11-26 在铁砧上錾切板料

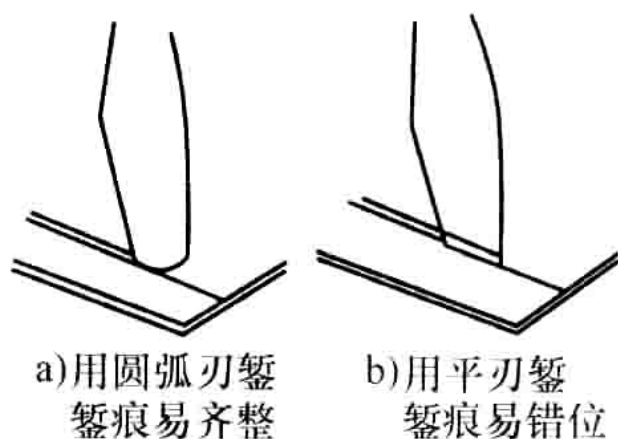


图 11-27 錾切板料方法

3) 用密集钻孔配合錾子錾切。当工件轮廓线较复杂时, 为了减小工件变形, 一般先按轮廓线钻出密集的排孔, 然后再用扁錾、狭錾逐步錾切 (图 11-29)。

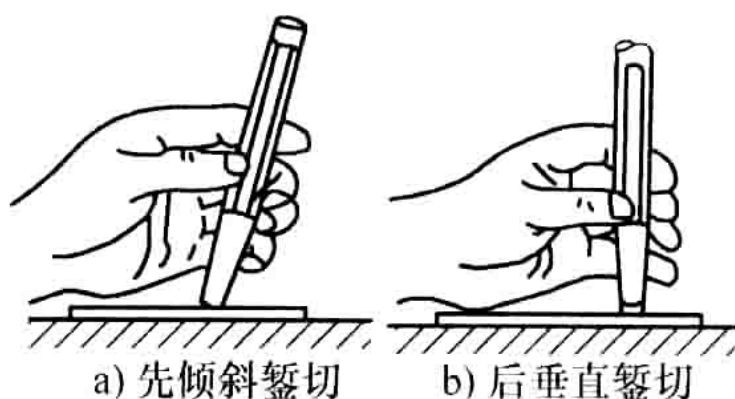


图 11-28 錾切步骤

(2) 錾削平面的方法

1) 起錾与终錾。起錾应先从工件的边缘尖角处将錾子向下倾斜 (图 11-30a), 只需轻轻

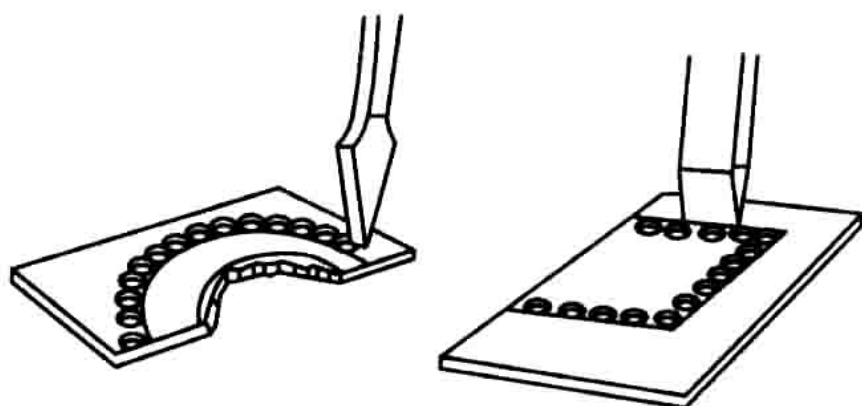


图 11-29 用密集钻孔配合錾切

敲打錾子, 就容易錾出斜面, 同时慢慢把錾子移向中间,

然后按正常錾削角度进行錾削。若必须采用正面起錾的方法，此时錾子刃口要贴住工件的端面，此时錾子头部仍向下倾斜（图 11-30b），轻轻敲打錾子，待錾出一个小斜面，然后再按正常角度进行錾削。

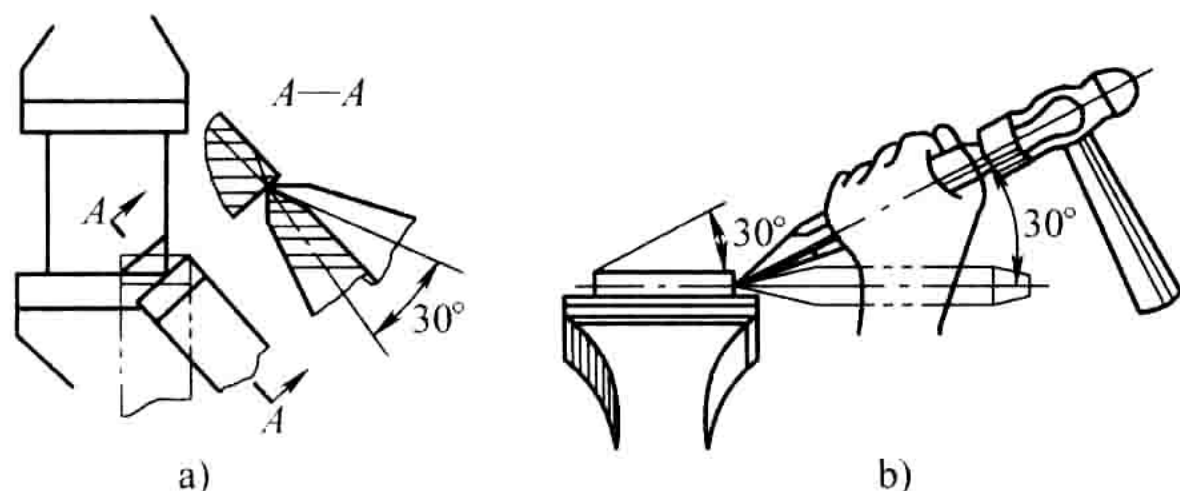


图 11-30 起錾方法

终錾即当錾削快到尽头时，要防止工件边缘材料的崩裂，尤其是錾铸铁、青铜等脆性材料时要特别注意。当錾削接近尽头约 10 ~ 15mm 时，必须调头从相反方向錾去余下的部分（图 11-31a），如果不调头就容易使工件的边缘崩裂（图 11-31b）。

2) 錾削平面。錾削平面采用扁錾，每次錾削材料厚度一般为 0.5 ~ 2mm。

在錾削较宽的平面时，当工件被切削面的宽度超过錾子切削刃的宽度时，一般要先用狭錾以适当的间隔开出工艺直槽（图 11-32），然后再用扁錾将槽间的凸起部分錾平。

在錾削较窄的平面时（如槽间凸起部分），錾子的切削刃最好与錾削前进方向倾斜一个角度（图 11-33），使切削刃与工件有较多的接触面，这样在錾削过程中容易使錾

子掌握平稳。

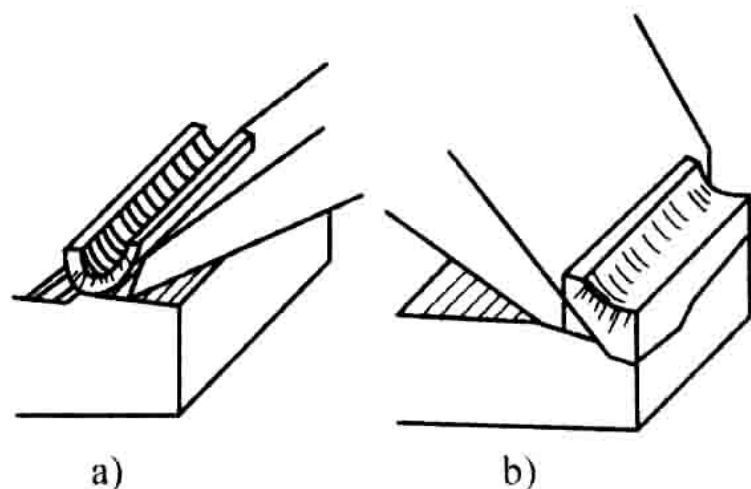


图 11-31 鏖到尽头时的方法

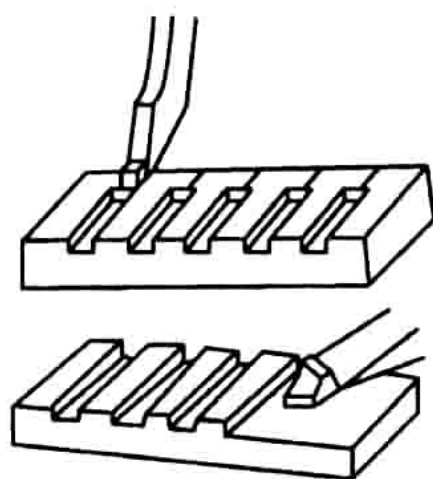


图 11-32 鏖削较宽平面

### (3) 鏖削油槽的方法 (图 11-34)

油槽鏖的切削部分, 应根据图样上油槽的断面形状、尺寸进行刃磨。同时, 在工件需鏖削油槽部位划线。起鏖时鏖子要慢慢地加深到尺寸要求, 鏖到尽头时刃口必须慢慢翘起, 保证槽底圆滑过渡。如果在曲面上鏖油槽, 鏖子倾斜情况应随着曲面而变动, 使鏖削时的后角保持不变, 保证鏖削顺利进行。

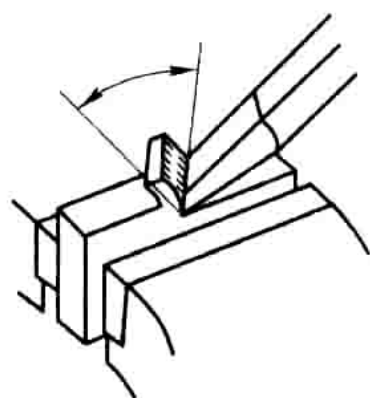


图 11-33 鏖削较窄平面

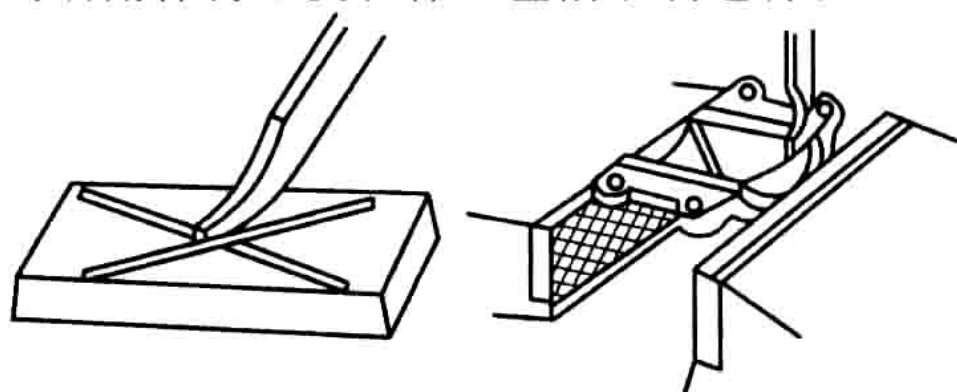


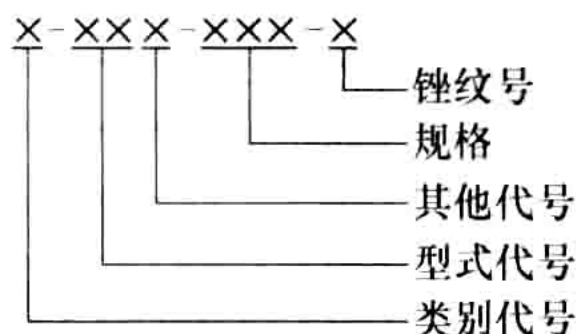
图 11-34 鏖削油槽

## 四、铰 削

用铰刀对工件表面进行切削加工的方法称为铰削。铰削加工的精度可达  $0.01\text{mm}$ ，表面粗糙度值可达  $Ra0.8\mu\text{m}$ 。铰削范围较广，可以铰削工件的内、外表面和各种沟槽，钳工在装配过程中也经常用铰刀对零件进行修整。

### 1. 铰刀的分类及基本参数 (GB/T 5806—2003)

(1) 铰刀编号规则 铰刀编号由类别代号、型式代号、其他代号、规格、铰纹号组成。



### (2) 铰刀的类别和型式代号 (表 11-12)

表 11-12 铰刀类别和型式代号

类别代号	类 别	型式代号	型 式
Q	钳工铰	01	齐头扁铰
		02	尖头扁铰
		03	半圆铰
		04	三角铰
		05	方铰
		06	圆铰
J	锯铰	01	齐头三角锯铰
		02	尖头三角锯铰
		03	齐头扁锯铰

(续)

类别代号	类 别	型式代号	型 式
J	锯 铰	04	尖头扁锯铰
		05	菱形锯铰
		06	弧面菱形锯铰
		07	弧面三角锯铰
Z	整形铰	01	齐头扁铰
		02	尖头扁铰
		03	半圆铰
		04	三角铰
		05	方铰
		06	圆铰
		07	单面三角铰
		08	刀形铰
		09	双半圆铰
		10	椭圆铰
		11	圆边扁铰
		12	菱形铰
Y	异形铰	01	齐头扁铰
		02	尖头扁铰
		03	半圆铰
		04	三角铰
		05	方铰
		06	圆铰
		07	单面三角铰
		08	刀形铰
		09	双半圆铰
		10	椭圆铰

(续)

类别代号	类 别	型式代号	型 式
B	钟表锉	01	齐头扁锉
		02	尖头扁锉
		03	半圆锉
		04	三角锉
		05	方锉
		06	圆锉
		07	单面三角锉
		08	刀形锉
		09	双半圆锉
		10	棱边锉
T	特殊钟表锉	01	齐头扁锉
		02	三角锉
		03	方锉
		04	圆锉
		05	单面三角锉
		06	刀形锉
M	木锉	01	扁木锉
		02	半圆木锉
		03	圆木锉
		04	家具半圆木锉

(3) 其他代号 (表 11-13)

表 11-13 其他代号

代 号	型 别	代 号	型 别	代 号	型 别
p	普通型	h	厚型	t	特窄型
b	薄型	z	窄型	l	螺旋型

(4) 锉纹参数

1) 钳工锉的锉纹参数 (表 11-14)。



表 11-14 钳工锉的锉纹参数

规格 /mm	每 10mm 主锉纹条数					辅锉纹 条数	边锉纹条数	主锉纹斜角 $\lambda$		辅锉纹斜角 $\omega$		边锉纹 斜角 $\theta$
	锉纹号							1 ~ 3 号锉纹	4 ~ 5 号锉纹	1 ~ 3 号锉纹	4 ~ 5 号锉纹	
	1	2	3	4	5							
100	14	20	28	40	56	为主锉 纹条数的 75% ~ 95%	为主锉条 数的 100% ~ 120%	65°	72°	45°	52°	90°
125	12	18	25	36	50							
150	11	16	22	32	45							
200	10	14	20	28	40							
250	9	12	18	25	36							
300	8	11	16	22	32							
350	7	10	14	20	—							
400	6	9	12	—	—							±5°
450	5.5	8	11	—	—							
公差	±5% (其公差值 不足 0.5 条时可圆 整为 0.5 条)					—						

## 2) 整形锉、异形锉、钟表锉和特殊钟表锉的锉纹参数 (表 11-15)。

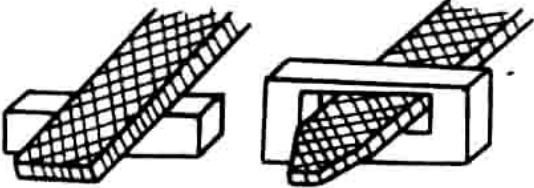
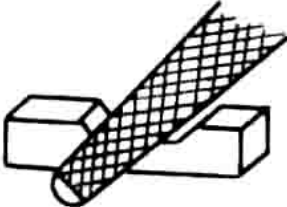
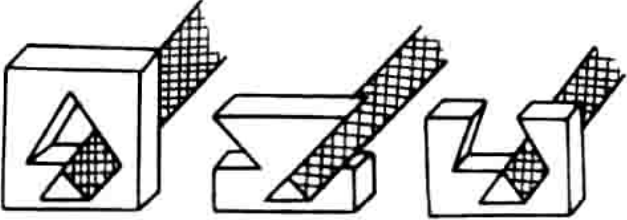

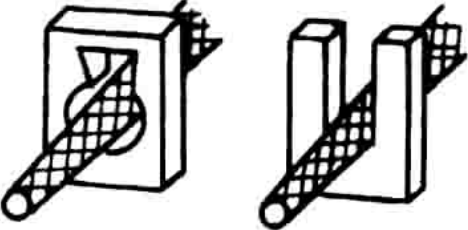
表 11-15 整形锉、异形锉、钟表锉和特殊钟表锉的锉纹参数

规格 /mm	每 10mm 主锉纹条数										边锉纹 条数	辅锉纹 条数	主锉 纹斜 角 $\lambda$	辅锉 纹斜 角 $\omega$	边锉 纹斜 角 $\theta$	切齿数	
	锉纹号															主锉 纹斜 角 $\lambda$	辅锉 纹斜 角 $\omega$
	00	0	1	2	3	4	5	6	7	8							
75	—	—	—	—	50	56	63	80	100	112							
100	—	—	—	40	50	56	63	80	100	112							
120	—	—	32	40	50	56	63	80	100	—							
140	—	25	32	40	50	56	63	80	—	—			72°	52°	80°	55° 40°	
160	20	25	32	40	50	—	—	—	—	—	为主锉 纹条数的 65% ~ 85%	为主锉 纹条数的 90% ~ 110%					
170	20	25	32	40	50	—	—	—	—	—							
180	20	25	32	40	—	—	—	—	—	—							
公差	± 5%												± 4°	± 10°	± 5°		

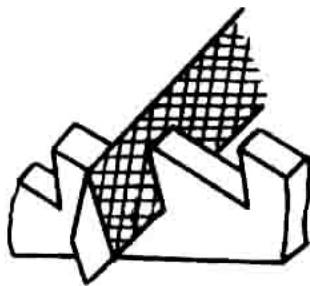
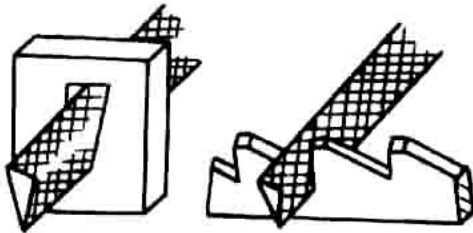
## 2. 锉刀的选用

(1) 按锉刀形状选用 (表 11-16)

表 11-16 按锉刀形状选用

锉刀类别	用 途	示 例
扁锉	锉平面、 外圆面、凸 弧面	
半圆锉	锉凹弧面、 平面	
三角锉	锉内角、 三角孔、平 面	
方锉	锉方孔、 长方孔	
圆锉	锉圆孔、 半径较小的 凹弧面、椭 圆面	

(续)

锉刀类别	用 途	示 例
菱形锉	锉菱形孔、 锐角槽	
刀形锉	锉内角、 窄槽、楔形 槽、锉方孔、 三角孔、长 方孔的平面	

(2) 按加工精度选用锉刀 (表 11-17)

表 11-17 按加工精度选用锉刀

锉刀类别	适 用 场 合		
	锉削余量/mm	尺寸精度/mm	表面粗糙度 $Ra/\mu m$
粗齿锉刀	0.5 ~ 1	0.20 ~ 0.5	50 ~ 12.5
中齿锉刀	0.2 ~ 0.5	0.05 ~ 0.20	6.3 ~ 3.2
细齿锉刀	0.02 ~ 0.05	0.02 ~ 0.05	6.3 ~ 1.6
双细齿锉刀	0.03 ~ 0.05	0.01 ~ 0.02	3.2 ~ 0.8
油光锉	< 0.03	0.01	0.8 ~ 0.4

### 3. 锉削方法

#### (1) 平面的锉削方法

1) 顺向锉法。顺着同一方向对工件进行锉削的方法称为顺向锉法 (图 11-35)。顺向锉法是最基本的锉削方

法。其特点是锉痕正直、整齐美观。适用于锉削不大的平面和最后的锉光。

2) 交叉锉法。锉削时锉刀从两个交叉的方向对工件表面进行锉削的方法称为交叉锉法(图11-36)。交叉锉法的特点是锉刀与工件的接触面大, 锉刀容易掌握平稳, 锉削时还可以从锉痕上判断出锉削面高低情况, 表面容易锉平, 但锉痕不正直。所以交叉锉法只适用于作粗锉, 精加工时要改用顺向锉法, 才能得到正直的锉痕。

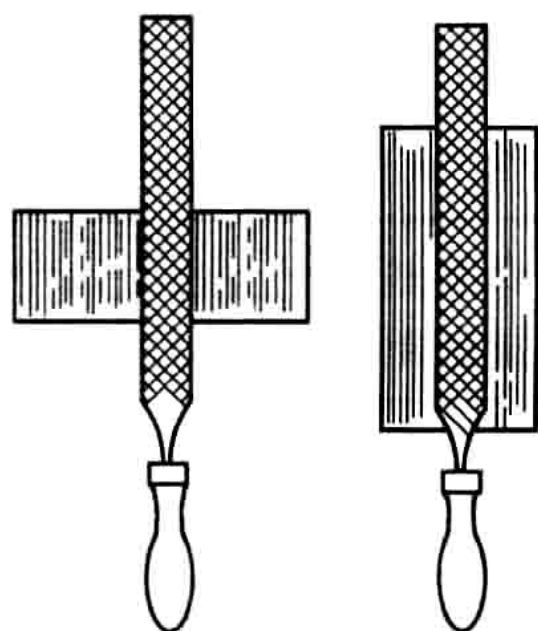


图 11-35 顺向锉法

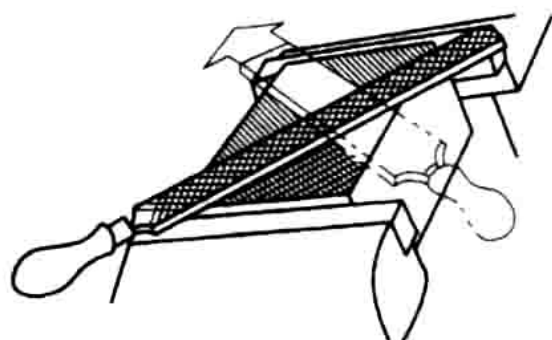


图 11-36 交叉锉法

在锉削平面时, 不管是顺向锉还是交叉锉, 为使整个平面都能均匀地锉削到, 一般每次退回锉刀时都要向旁边略为移动一些(图11-37)。

3) 推锉法。用两手对称地横握锉刀, 用两大拇指推动锉刀顺着工件长度方向进行锉削的一种方法称为推锉法(图11-38)。推锉法一般在锉削狭长的平面或顺向锉法锉刀推进受阻时采用(图11-39)。推锉法切削效率不高, 所

以常用在加工余量较小和修正尺寸时采用。

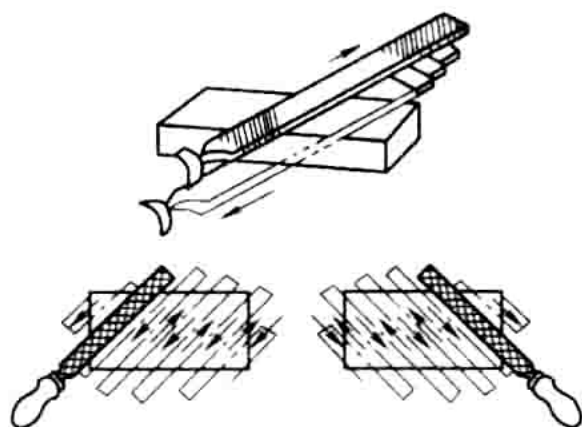


图 11-37 锉刀的移动

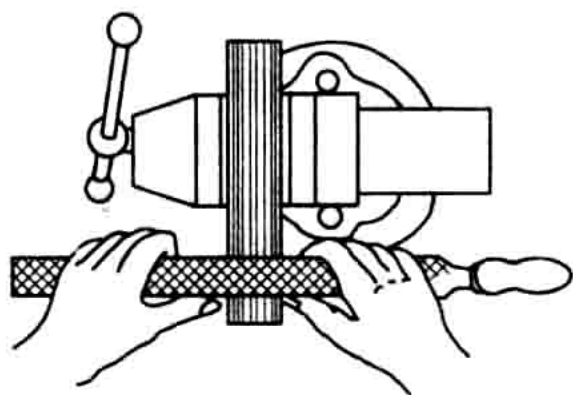


图 11-38 推锉法

## (2) 曲面的锉削方法

1) 外圆弧面的锉削方法。锉削外圆弧面时，锉刀要同时完成两个运动，即锉刀在作前进运动的同时，还应绕工件圆弧的中心转动。其锉削方法有两种：

① 顺着圆弧面锉（图 11-40a）。锉削时右手把锉刀柄部往下压，左手把锉刀前端向上抬，这样锉出的圆弧面不会出现棱边现象，使圆弧面光洁圆滑。它的缺点是不易发挥锉削力量，而且锉削效率不高，只适用于在加工余量较小或精锉圆弧面时采用。

② 横着圆弧面锉（图 11-40b）。锉削时锉刀向着图示方向作直线推进、容易发挥锉削力量，能较快地把圆弧外的部分锉成接近圆弧的多棱形，然后再用顺着圆弧面锉的方法精锉成圆弧。



a) 推锉狭平面



b) 推锉内圆弧面

图 11-39 推锉法的应用

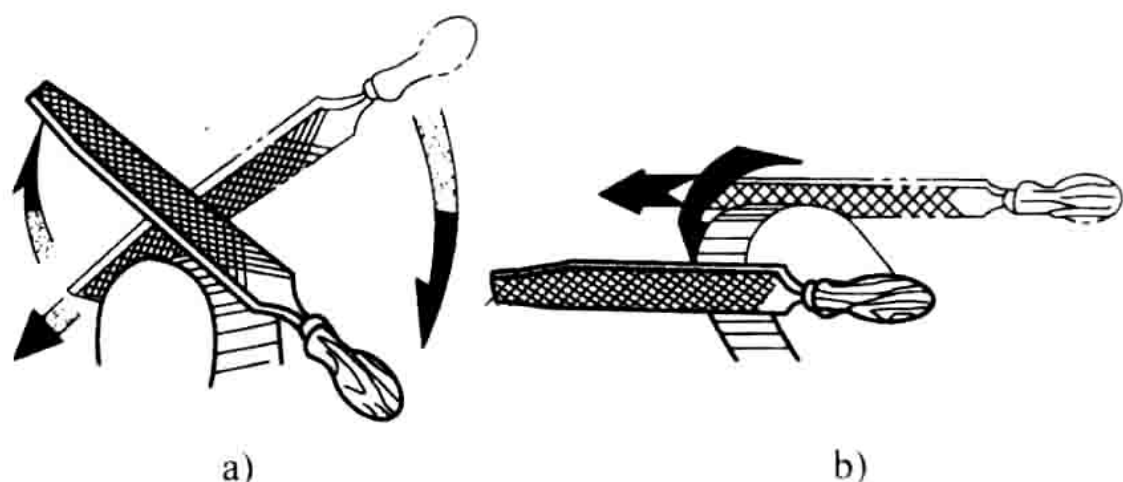


图 11-40 外圆弧面的锉削方法

2) 内圆弧面的锉削方法。锉削内圆弧面时，锉刀要同时完成三个运动（图 11-41）。

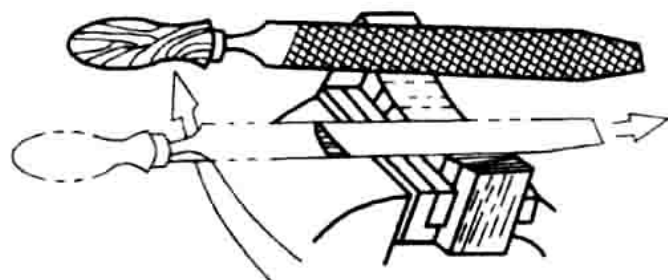


图 11-41 内圆弧面的锉削方法

① 前进运动。

② 随圆弧面向左或向右移动（约半个到一个锉刀直径）。

③ 绕锉刀中心线转动（顺时针或逆时针方向转动）。

如果锉刀只作前进运动，即圆锉刀的工作面不作沿工件圆弧曲线的运动，而只作垂直于工件圆弧方向的运动，那么就将圆弧面锉成凹形（深坑）（图 11-42a）。

如果锉刀只有前进和向左（或向右）的移动，锉刀的工作面仍不作沿工件圆弧曲线的运动，而作沿工件圆弧的切线方向的运动，那么锉出的圆弧面将成棱形（图 11-42b）。

锉削时只有将三个运动同时完成，才能使锉刀工作面沿工件的圆弧作锉削运动，加工出圆滑的内圆弧面来。

(图 11-42c)

(3) 确定锉削顺序的一般原则

1) 选择工件所有锉削面中最大的平面光锉, 达到规定的平面度要求后作为其他平面锉削时的测量基准。

2) 先锉平行面达到规定的平面度要求后, 再锉与其相关的垂直面, 以便于控制尺寸和精度要求。

3) 平面与曲面连接时, 应先锉平面后再锉曲面, 以便于圆滑连接。

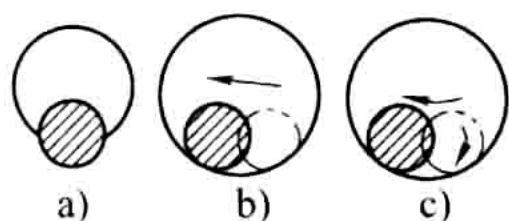


图 11-42 内圆弧面锉削时的三个运动分析

## 五、刮 削

刮削是在标准工具的工作面上涂以显示剂, 使其与被刮工件两者合研显点 (凸点), 然后利用刮刀将高点金属刮除。这种方法具有切削量、切削力小, 产生热量少, 加工方便和装夹变形小等特点。工件表面经刮削后, 能获得很高的几何精度、尺寸精度、接触精度、传动精度, 可降低表面粗糙度值。另外刮削后留下的一层薄花纹, 既可增加工件表面的美观又可储油, 可以润滑工件接触表面, 减少摩擦, 提高工件使用寿命。

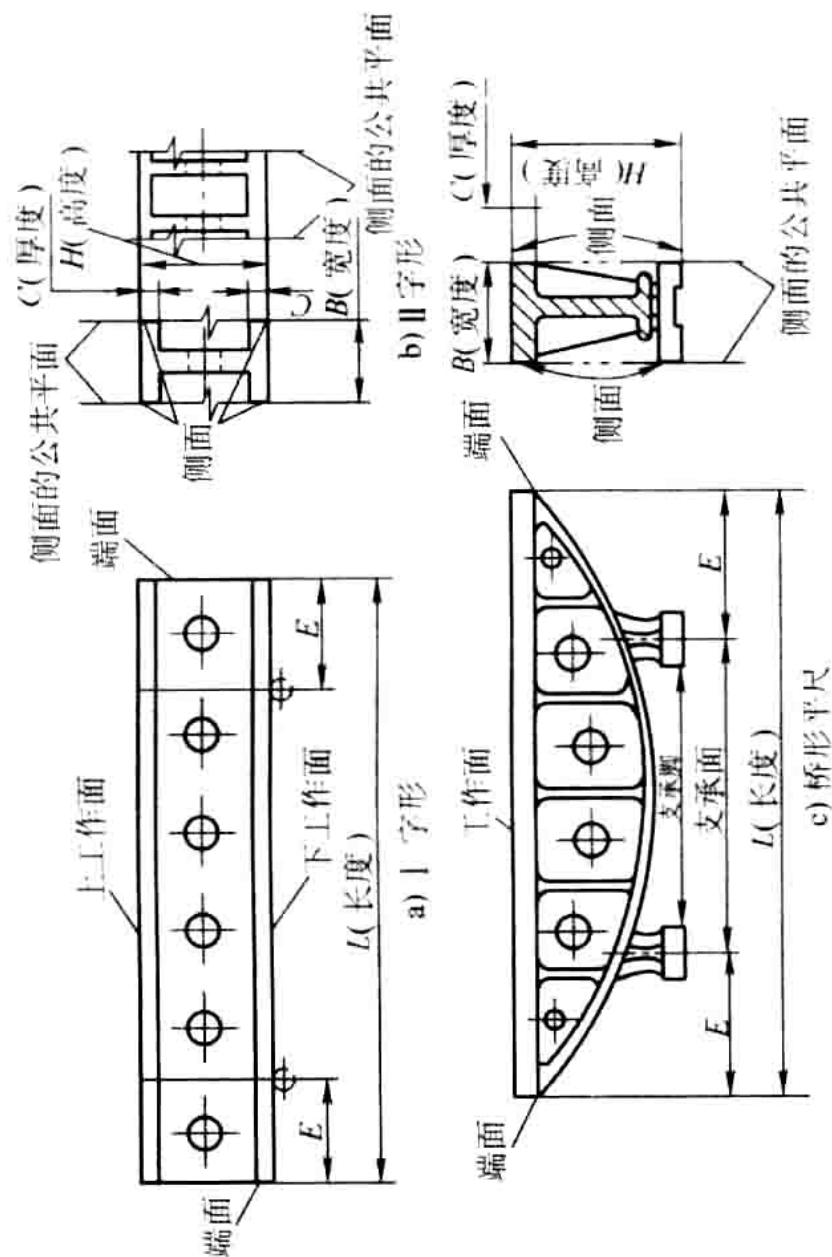
由于刮削使用的工具简单, 不受工件形状和位置的限制而能获得很高的精度, 所以较广泛地应用于机械制造中, 如机床导轨面、转动轴颈和滑动轴承之间的接触面、工具和量具的接触面以及密封表面等的加工中。



1. 通用刮研工具

1) 铸铁平尺 铸铁平尺的精度分 00 级、0 级、1 级、2 级四级。铸铁平尺形式及规格尺寸见表 11-18。

表 11-18 铸铁平尺形式及规格尺寸 (单位: mm)



(续)

规格	I 字形和 II 字形平尺					桥形平尺				
	L	B	C	H		L	B	C	H	
400	400	30	≥8	≥75		—	—	—	—	
500	500	30	≥8	≥75		—	—	—	—	
630	630	35	≥10	≥80		—	—	—	—	
800	800	35	≥10	≥80		—	—	—	—	
1000	1000	40	≥12	≥100		1000	50	≥16	≥180	
1250	1250	40	≥12	≥100		1250	50	≥16	≥180	
1600	1600*	45	≥14	≥150		1600	60	≥24	≥300	
2000	2000*	45	≥14	≥150		2000	80	≥26	≥350	
2500	2500*	50	≥16	≥200		2500	90	≥32	≥400	
3000	3000*	55	≥20	≥250		3000	100	≥32	≥400	
4000	4000*	60	≥20	≥280		4000	100	≥38	≥500	
5000	—	—	—	—		5000	110	≥40	≥550	
6300	—	—	—	—		6300	120	≥50	≥600	

(续)

规格	I 字形和Ⅱ字形平尺				桥形平尺			
	L	B	C	H	L	B	C	H
	测 试 项 目				精 度 等 级			
25mm×50mm 单位面积内接触点面积的比率					00	0	1	2
25mm×25mm 面积内接触点数					≥20%		≥16%	≥10%
					≥25			≥20

注:1. 带“\*”尺寸,建议制成Ⅱ字形平尺。

2. 距工作面边缘 0.01L(最大为 10mm)范围内接触点面积的比率或接触点数不计,且任意一点都不得高于工作面。

铸铁平尺工作面的直线公差见表 11-19。

表 11-19 铸铁平尺工作面的直线公差

规格	精度等级		
	00	0	1
	直线度公差值/μm		
400	1.6	2.6	5
500	1.8	3.0	6

(续)

规格	精度等级			
	00	0	1	2
	直线度公差值/ $\mu\text{m}$			
630	2.1	3.5	7	—
800	2.5	4.2	8	—
1000	3.0	5.0	10	20
1250	3.6	6.0	12	24
1600	4.4	7.4	15	30
2000	5.4	9.0	18	36
2500	6.6	11.0	22	44
3000	7.8	13.0	26	52
4000	—	17.0	34	68
5000	—	21.0	42	84
6300	—	—	52	105
任意 200	1.1	1.8	4	7

注:1. 表中数值均按标准温度  $20^{\circ}\text{C}$  给定。

2. 距工作面边缘  $0.01L$  (最大为  $10\text{mm}$ ) 范围内直线度公差不计, 且任意一点都不得高于工作面。

I、II 字形平尺上工作面与下工作面的平行度公差，桥形平尺工作面与支承脚支承面的平行度公差，平尺侧面对工作面的垂直度公差见表 11-20。




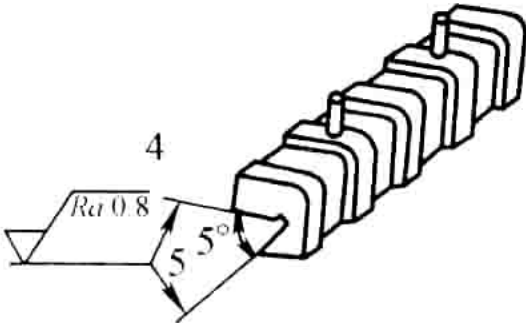
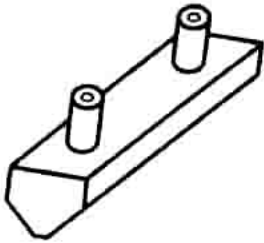
**表 11-20 铸铁平尺工作面平行度、垂直度公差**

规格 尺寸 /mm	精度等级							
	00	0	1	2	00	0	1	2
	上工作面与下工作面 (或支承面) 的平行度 公差/ $\mu\text{m}$				侧面对工作面的 垂直度公差/ $\mu\text{m}$			
400	2.4	3.9	8	—	8.0	13.0	25	—
500	2.7	4.5	9	—	9.0	15.0	30	—
630	3.2	5.3	11	—	10.5	18.0	35	—
800	3.8	6.3	12	—	12.5	21.0	40	—
1000	4.5	7.5	15	30	15.0	25.0	50	100
1250	5.4	9.0	18	36	18.0	30.0	60	120
1600	6.6	11.1	23	45	22.0	37.0	75	150
2000	8.1	13.5	27	54	27.0	45.0	90	180
2500	9.9	16.5	33	66	33.0	55.0	110	220
3000	11.7	19.5	39	78	39.0	65.0	130	260
4000	—	25.5	51	102	—	85.0	170	340
5000	—	31.5	63	126	—	105.0	210	420
6300	—	—	78	158	—	—	260	525

注：平行度公差值为表 11-19 中直线度公差值的 1.5 倍，垂直度公差值为表 11-19 中直线度公差值的 5 倍。

2) 专用刮研工具（表 11-21）。

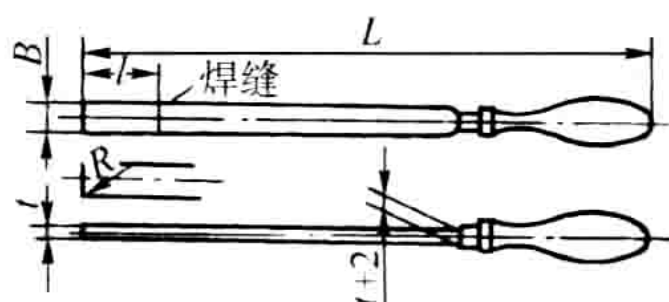
表 11-21 专用刮研工具

图 示	用 途
	刮削凸燕尾导轨用研具
	刮削 V 形与平面组合导轨研具
	刮削 $55^\circ$ 单燕尾凹导轨用研具
	刮削 $55^\circ$ 单燕尾凸导轨用研具
	刮削单条 V 形导轨研具

## 2. 刮刀的种类及用途 (表 11-22)

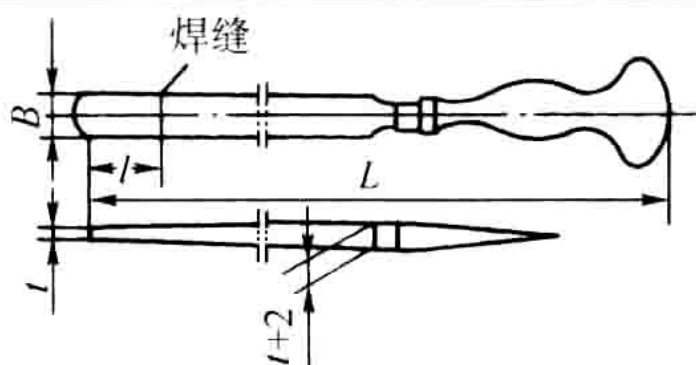
表 11-22 刮刀的种类及用途 (单位: mm)

(1) 普通手推平面刮刀的形状和尺寸



尺寸 种类	$L$	$l$	$B$	$t$	$R$	用途
粗刮刀	450 ~ 600	150	25 ~ 30	4 ~ 4.5	120	粗刮
细刮刀	350 ~ 450	100	25	3 ~ 3.5	60	细刮
精刮刀	300 ~ 350	75	20	2.5 ~ 3	50	精刮或刮花
小刮刀	200 ~ 300	50	15	2.5	40	小工件精刮

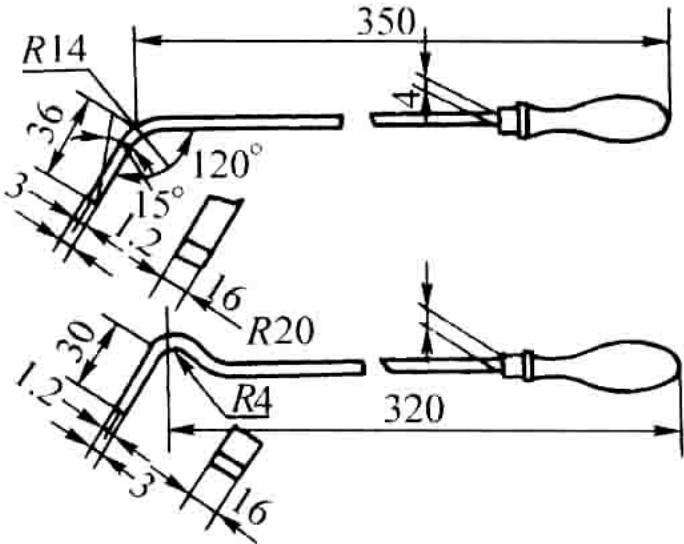
(2) 挺刮式平刮刀的形状和尺寸



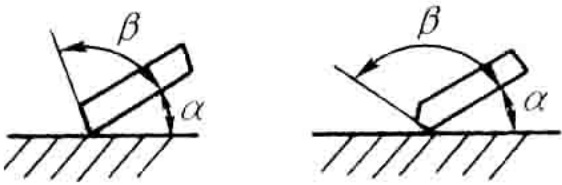
尺寸 种类	$L$	$l$	$B$	$t$	用途
大型	600 ~ 700	150	25 ~ 30	4 ~ 5	粗刮大平面
小型	450 ~ 600	150	20 ~ 25	3.5 ~ 4	细刮大平面

(续)

(3) 拉刮刀

形状和尺寸	用 途
	1) 用于精刮或刮花 2) 可拉刮带有台阶的平面

(4) 平面刮刀的刃角与工件表面的角度

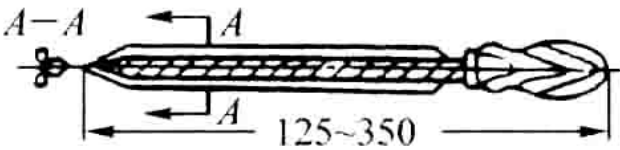
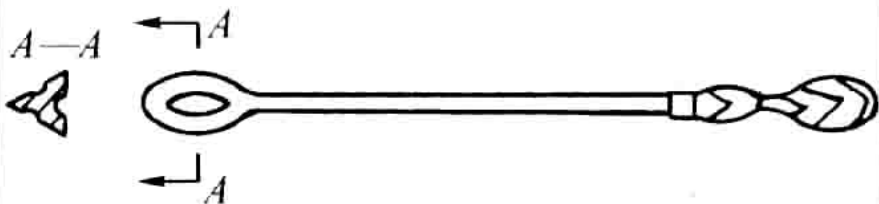
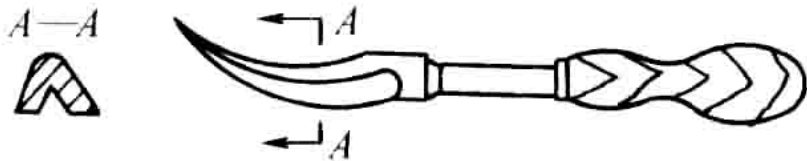


工件材料	$\alpha$	$\beta$		
		粗刮	细刮	精刮或刮花
钢	$15^{\circ} \sim 25^{\circ}$	$85^{\circ} \sim 90^{\circ}$	$85^{\circ} \sim 90^{\circ}$	$85^{\circ} \sim 90^{\circ}$
铸铁、青铜	$15^{\circ} \sim 25^{\circ}$	$90^{\circ} \sim 92.5^{\circ}$	$92.5^{\circ} \sim 95^{\circ}$	$95^{\circ} \sim 100^{\circ}$



(续)

## (5) 曲面刮刀的分类及用途

名称	图 示	用 途
三角刮刀		常用三角锉刀改制而成, 用刮削各种曲面
蛇头刮刀		刀头部有 3 个带圆弧形的刃, 两平面磨有凹槽, 切削刃的大小根据粗、精刮削而定, 常用于精刮各种曲面
柳叶刮刀		刀头部有两个刃口, 口的中部有一弧形钩槽, 适用于刮削对开轴承及套形轴承

## 3. 刮削用显示剂 (表 11-23)

表 11-23 刮削用显示剂

种类	成 分	特 点	应用范围
红丹	一氧化铅再度氧化制成, 俗称铅丹。配方为: 红丹: N32G 液压油; 煤油 $\approx 100:7:3$	呈橘黄色, 粒度细腻, 研点真实, 无腐蚀作用, 但研点后颜色较淡, 对眼睛有反光刺激, 虽有铅毒现象产生, 但对人体无较大妨害	应用于铸钢件及部分有色金属的刮削, 是金属切削机床机械加工结合面接触检验及评定和锥孔接触精度评定的显示剂
	氧化铁红 配方同上	呈红褐色, 粒度较粗, 研点清楚, 对眼睛无反光作用	可用于铸钢件及部分有色金属的刮削, 但不能作为接触精度评定的显示剂
普鲁士蓝油	普鲁士蓝粉混合适量 L-AN10 全损耗系统用油与蓖麻油	呈深蓝色, 研点小而清楚, 刮点显示真实, 当室内温度较低时不易涂刷	用于精密零件, 特别适用于有色金属刮削和检验
印红油	碱性品红溶解在乙醇中, 加入甘油配制而成	呈鲜红色, 对眼睛略有反光刺激, 取材方便	用于锥孔接触及刮削面的接触判别, 但不作为评定用显示剂
烟墨油	烟墨与全损耗系统用油混合	点子成黑色, 研点小而清楚	用于表面呈银白色的金属刮削和检验, 较少采用

(续)

种类	成分	特点	应用范围
松节油 或酒精	松节油或酒精	研点发光亮, 特别精细真实, 对零件有腐蚀作用, 对眼睛有反光刺激	用于精密零件的刮削 与检验,较少采用

#### 4. 刮削余量

(1) 平面刮削余量 (表 11-24)

表 11-24 平面刮削余量 (单位: mm)

零件宽度	零件长度				
	100 ~ 500	500 ~ 1000	1000 ~ 2000	2000 ~ 4000	4000 ~ 6000
≤100	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
>100 ~ 500	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40
>500 ~ 1000	0.25	0.25	0.35	0.45	0.50

(2) 内孔刮削余量 (表 11-25)

表 11-25 内孔刮削余量 (单位: mm)

内孔直径	内孔长度		
	≤100	>100 ~ 200	>200 ~ 300
≤80	0.04 ~ 0.06	0.06 ~ 0.09	0.09 ~ 0.12
>80 ~ 120	0.07 ~ 0.10	0.10 ~ 0.13	0.13 ~ 0.16
>120 ~ 180	0.10 ~ 0.13	0.13 ~ 0.16	0.16 ~ 0.19
>180 ~ 260	0.13 ~ 0.16	0.16 ~ 0.19	0.19 ~ 0.22
>260 ~ 360	0.16 ~ 0.19	0.19 ~ 0.22	0.22 ~ 0.25

#### 5. 刮削精度要求

刮削面的精度常用 25mm × 25mm 内的研点数目表示。

## (1) 平面刮点要求 (表 11-26)

表 11-26 平面刮点要求

表面类型	每 25mm ×25mm 内的点数	刮削前 工件表面 粗糙度 $Ra/\mu m$	应用举例
超精密面	> 25	3.2	0 级平板, 精密量仪
精密面	20 ~ 25	3.2	1 级平板, 精密量具
	16 ~ 20	6.3	精密机床导轨、精密滑动轴承
一般	12 ~ 16	6.3	机床导轨及导向面, 工具基准面
	8 ~ 12	6.3	一般基准面, 机床导向面, 密封结合面
	5 ~ 8	6.3	一般结合面
	2 ~ 5	6.3	较粗糙机件的固定结合面

## (2) 滑动轴承刮点要求 (表 11-27)

表 11-27 滑动轴承刮点要求

轴承 直径 /mm	金属切削机床			锻压设备、 通用机械		动力机械、 冶金设备	
	机床精度等级						
	Ⅲ级和 Ⅲ级 以上	Ⅳ级	Ⅴ级	重要	一般	重要	一般
	每 25mm × 25mm 的刮点数						
≤120	20	16	12	12	8	8	5
>120	16	12	10	8	6	6	2

## (3) 金属切削机床刮点要求 (表 11-28)

表 11-28 金属切削机床刮点要求

机床精度等级	静压、滑、滚导轨		移置导轨		镶条压板滑动面	特别重要结合面
	每条导轨宽度/mm					
	≤250	>250	≤100	>100		
	接触点数每 25mm × 25mm					
Ⅲ级和Ⅲ级以上	20	16	16	12	12	12
Ⅳ级	16	12	12	10	10	8
Ⅴ级	10	8	8	6	6	6

## 6. 刮削方法

## (1) 平面刮削要点 (表 11-29)

表 11-29 平面刮削要点




类别	刮 削 要 点
粗刮	在整个刮削面上采用连续推铲的方法, 使刮出的刀迹连成长片。粗刮时有时会出现平面四周高中间低的现象, 故四周必须多刮几次, 且每刮一遍应转过 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 的角度交叉刮削, 直至每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 面积内含 4 ~ 6 个研点为止
细刮	采用刮刀宽以 15mm 为宜。刮削时, 刀迹长度不超过切削刃的宽度, 每刮一遍要变换一个方向, 以形成 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的网纹。整个细刮过程中随着研点的增多, 刀迹应逐渐缩短, 直至每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 面积内含 12 ~ 25 个研点为止
精刮	刀迹长度一般为 5mm 左右。落刀要轻, 起刀后迅速挑起, 每个研点上只能刮一刀, 不能重复, 并始终交叉进行。当研点增至每 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ 内有 20 个研点时, 应按以下三个步骤刮削, 直至达到规定的研点数 (1) 最大最亮的研点全部刮去 (2) 中等研点在其顶点刮去一小片 (3) 小研点不刮

(续)

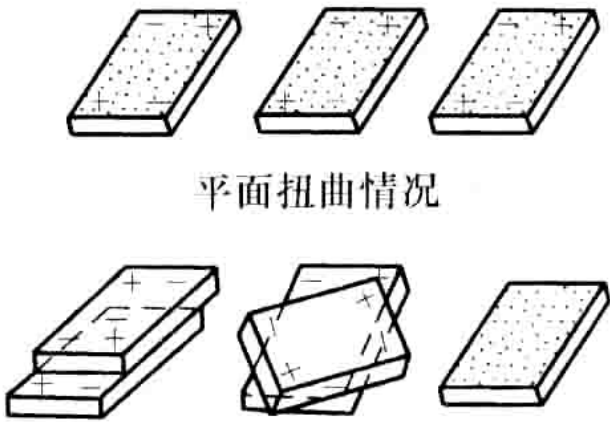
类别	刮削要点
刮花	<p>常用花纹有斜纹花和月牙花两种</p> <p>刮斜纹花时精刮刀与工件边成 <math>45^\circ</math> 方向刮削, 花纹大小视刮削面大小而定。刮削时应一个方向刮定再刮削另一个方向</p> <p>刮月牙花时左手按刮刀前部, 起压和掌握方向的作用, 右手握刮刀中部作适当的扭动, 然后起刀, 以形成花纹。依次交叉成 <math>45^\circ</math> 方向连续推扭刮削</p>

(2) 基准平板刮削方法刮削基准平板 (原始平板) 采用三块对研方法 (表 11-30)

表 11-30 基准平板刮削方法

方 法	简 图
<p>正研:</p> <p>先将三块平板单独进行粗刮, 去除机械加工的刀痕和锈斑等。然后将三块平板分别标号进行刮研, 其过程要经三次循环</p> <p>一次循环: 先设 1 号为基准, 与 2 号互研互刮, 与 3 号互研、单刮 3 号, 使 1 与 2 号、2 与 3 号相贴合</p>	 <p>未刮 刮后</p>
<p>二次循环: 在上一次基础上以 2 号平板为基准, 1 号与 2 号平板互研单刮 1 号、3 号与 1 号平板互研互刮</p>	 <p>未刮 刮后 未刮 刮后</p>
<p>三次循环: 在上一次基础上, 以 3 号为基准, 2 号与 3 号平板互研, 单刮 2 号, 1 号与 2 号平板互研互刮 (然后重复循环, 直至规定要求)</p>	 <p>未刮 刮后 未刮 刮后</p>

(续)

方 法	简 图
<p>对角研：</p> <p>在正研过程中，三块平板还应转换方向（<math>45^\circ</math>）互研，以免在平板对角部位产生扭曲现象</p> <p>经互研发现有扭曲，应根据研点修刮，直至研点分布均匀和消除扭曲，使三块平板相互之间，无论是直研，调头研，对角研，研点情况完全相同为止</p>	 <p>平面扭曲情况</p> <p>对角研点检查</p>

(3) 曲面的刮削方法 曲面刮削一般是指内曲面刮削。其刮削的原理与平面刮削一样，但刮削方法及所用的工具不同。内曲面刮削常用三角刮刀或蛇头刮刀。刮削时，刮刀应在曲面内作后拉或前推的螺旋运动。

内曲面刮削一般以校准轴（又称工艺轴）或相配合的工作轴作为内曲面研点的校准工具。校准时将显示剂涂布在轴的圆周面上，使轴在内曲面上来回旋转显示出研点（图 11-43）然后根据研点进行刮削。刮削时应注意以下几点：

1) 刮削时用力不可太大，否则容易发生抖动，表面产生振痕。

2) 研点时配合轴应沿内曲面作来回旋转，精刮时转动弧长应小于 25mm。切忌沿轴线方向作直线研点。

3) 每刮一遍之后，下一遍刮削应交叉进行，因为交叉刮削可避免刮削面产生波纹，研点也不会成条状。

4) 在一般情况下由于孔的前、后端磨损快，因此刮削内

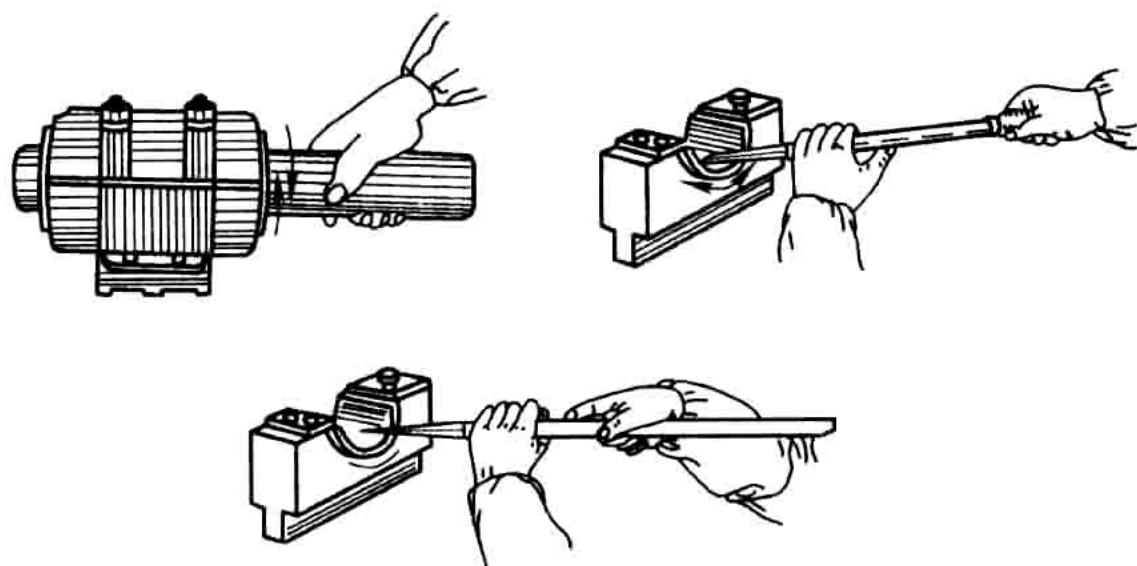
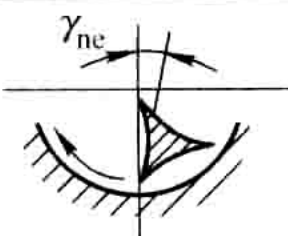
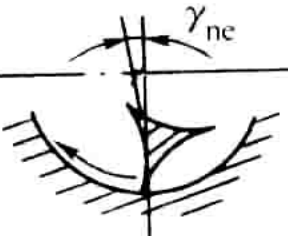
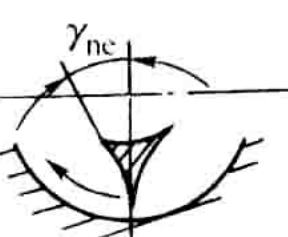


图 11-43 内曲面的显点和刮削

孔时，前后端的研点要多些，中间段的研点可以少些。

5) 曲面刮刀的前角及用力方向见表 11-31。

表 11-31 曲面刮刀的前角及用力方向

刮削类别	应用说明	
粗刮		刮刀呈正前角，刮出的切屑较厚，故能获得较高的刮削效率
细刮		刮刀具有较小的负前角，刮出的切屑较薄，能很好地刮去研点，并能较快地把各处集中的研点改变成均匀分布的研点
精刮		刮刀具有较大的负前角，刮出的切屑极薄，不会产生凹痕，故能获得较低的表面粗糙度值



## (4) 刮削面缺陷的分析 (表 11-32)

表 11-32 刮削面缺陷的分析

缺陷形式	特    征	产生原因
深凹痕	刮削面研点局部稀少或刀迹与显示研点高低相差太多	1. 粗刮时用力不均、局部落刀太重或多次刀迹重叠 2. 切削刃磨得过于弧形
撕痕	刮削面上有粗糙的条状刮痕, 比正常刀迹深	1. 切削刃不光滑和不锋利 2. 切削刃有缺口或裂纹
振痕	刮削面上出现有规则的波纹	多次同向刮削, 刀迹没有交叉
划道	刮削面上划出深浅不一的直线	研点时夹有砂粒、切屑等杂质, 或显示剂不清洁
刮削面精密 度不准确	显点情况无规律的改变且捉摸不定	1. 推磨研点时压力不均, 研具伸出工件太多, 按出现的假点刮削造成 2. 研具本身不准确

## 六、研    磨

用研磨工具和研磨剂, 在一定压力下通过研具与工件作相对滑动, 从工件表面上磨掉一层极薄的金属, 以提高工件尺寸、形状精度和降低表面粗糙度值的精整加工方法称研磨。

研磨精度可达  $0.025\mu\text{m}$ , 球体圆度可达  $0.025\mu\text{m}$ , 圆柱度可达  $0.1\mu\text{m}$ , 表面粗糙度值可达  $Ra0.01\mu\text{m}$ , 并能使

两个平面达到精密配合。研磨主要用于精密的零件，如量规、精密配合件、光学零件等。

研磨特点及作用有以下几点：

1) 研磨可以获得用其他方法难以达到的高尺寸精度和形状精度。

2) 磨粒在工件表面不重复先前运动轨迹，易于切削掉加工表面凸峰，容易获得极低的表面粗糙度值。

3) 经研磨后的零件能提高加工表面的耐磨性、耐蚀能力及疲劳强度，从而延长了零件的使用寿命。

4) 加工方法简单，不需复杂设备，但加工效率较低。

## 1. 研磨的分类

(1) 湿研磨 又称敷砂研磨。将稀糊状或液状研磨剂涂敷或连续注入研具表面，磨粒在工件与研具之间不停地滑动或滚动，形成对工件的切削运动，加工表面呈无光泽的麻点状。一般用于粗研磨。

(2) 干研磨 又称嵌砂研磨或压砂研磨。在一定的压力下，将磨料均匀地压嵌在研具的表层中，研磨时只需在研具表面涂以少量的润滑剂即可，干研磨可获得很高的加工精度和低表面粗糙度值，但研磨效率较低，一般用于精研磨。

(3) 半干研磨 采用糊状的研磨膏作研磨剂，其研磨性能介于湿研磨与干研磨之间，用于粗研磨和精研磨均可。

## 2. 研具

### (1) 研具材料

## 1) 常用研具材料的性能及适用范围 (表 11-33)。

表 11-33 常用研具材料的性能及适用范围

材料	性能与要求	用 途
灰铸铁	120 ~ 160HBW, 金相组织以铁素体为主, 可适当增加珠光体比例, 用石墨球化及磷共晶等办法提高使用性能	用于湿式研磨平板
高磷铸铁	160 ~ 200HBW, 以均匀细小的珠光体 (70% ~ 85%) 为基体, 可提高平板的使用性能	用于干式研磨平板及嵌砂平板
10、20 低碳钢	强度较高	用于铸铁研具强度不足时, 如 M5 以下螺纹孔, $d < 8\text{mm}$ 小孔及窄槽等的研磨
黄铜、纯铜	磨粒易嵌入, 研磨工效高, 但强度低, 不能承受过大的压力, 耐磨性差, 加工表面粗糙度值高	用于余量大的工件粗研及青铜件和小孔研磨
木材	要求木质紧密、细致、纹理平直、无节疤、虫伤	用于研磨铜或其他软金属
沥青	磨粒易嵌入, 不能承受大的压力	用于玻璃、水晶、电子元件等的精研与镜面研磨
玻璃	脆性大, 一般要求 10mm 厚度, 并经 450° 退火, 处理	用于精研, 并配用氧化铬研磨膏, 可获得良好研磨效果

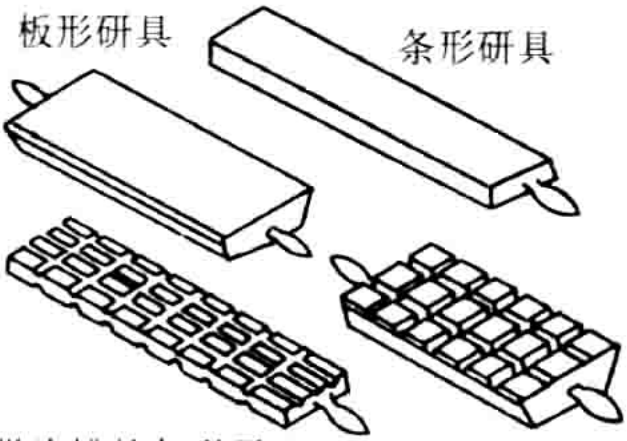
2) 常用干研嵌砂平板材料成分 (表 11-34)。

表 11-34 常用干研嵌砂平板材料成分

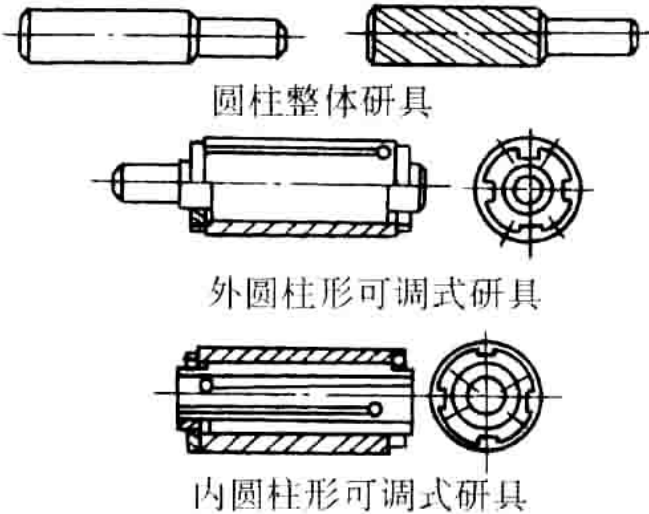
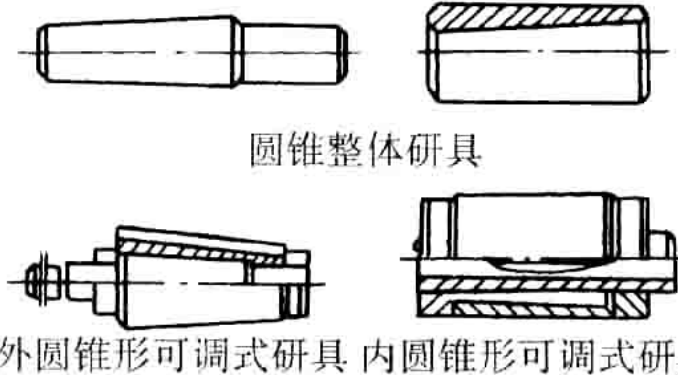
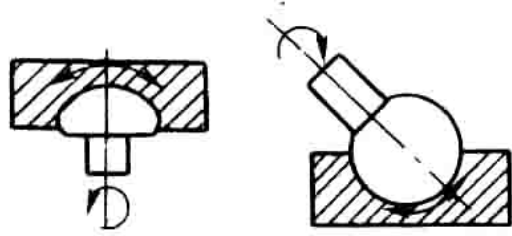
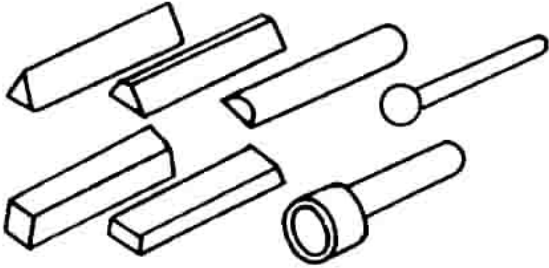
嵌砂 粒度	干研平板成分 (质量分数) (%)								金相组织 及硬度
	C	Si	Mn	P	S	Sb	Ti	Cu	
W5、 W2.5	3.2	2.14	0.74	0.2	0.1	0.045	—	—	粗片状珠光体占 70%，游离碳呈 A 型 4 ~ 5 级，硬度 为 156HBW
W1.5、 W1	2.88	1.58	0.84	0.95	0.05	—	0.15	0.78	薄片状及细片状 珠光体约占 85%， 二元磷共晶网状分 布，游离碳呈 A 型 4 ~ 5 级，硬度为 192HBW

(2) 研磨工具的种类及用途 (表 11-35)

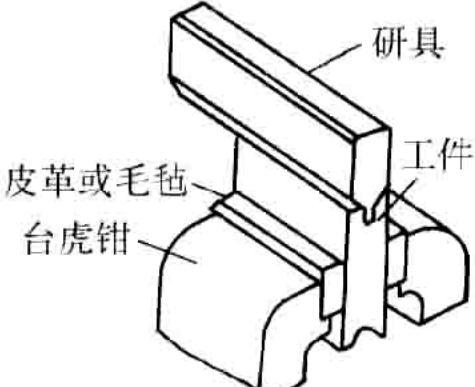
表 11-35 研磨工具的种类及用途

研具 名称	形 式	用途
条板形研具	 <p>板形研具      条形研具</p> <p>带沟槽的条形研具      带角度的条形研具</p>	用来研磨量块和各种精密量具，也常用来对外圆柱形或外圆锥形工件进行抛光加工

(续)

研具名称	形 式	用途
圆柱形研具	 <p>圆柱整体研具</p> <p>外圆柱形可调式研具</p> <p>内圆柱形可调式研具</p>	<p>研磨工件的内、外圆柱表面，研具可分为整体和可调两种形式</p>
圆锥形研具	 <p>圆锥整体研具</p> <p>外圆锥形可调式研具 内圆锥形可调式研具</p>	<p>研磨工件的内、外圆锥表面。研具一般采用整体形式</p>
球形研具		<p>几何形状应与工件的要求完全一致，用于研磨弧形和球面工件</p>
成形研具		<p>研磨工件的成形部位</p>

(续)

研具名称	形 式	用途
V形槽研具		几何形状应与工件的要求完全一致，是用于研磨 V 形槽的专用研具

### 3. 研磨剂

(1) 常用研磨液 (表 11-36)

(2) 常用液态研磨剂 (表 11-37)

表 11-36 常用研磨液

工 件 材 料		研 磨 液
钢	粗研	煤油 3 份, L-AN10 全损耗系统用油 1 份, 透平油或锭子油 (少量), 轻质矿物油 (适量)
	精研	10 号全损耗系统用油
铸铁		煤油
铜		动物油 (熟猪油与磨料拌成糊状, 后加 30 倍煤油), 锭子油 (少量), 植物油 (适量)
淬火钢、不锈钢		植物油、透平油或乳化液
硬质合金		航空汽油
金刚石		橄榄油、圆度仪油或蒸馏水
金、银、白金		酒精或氨水
玻璃、水晶		水

表 11-37 常用液态研磨剂

配 方	调 法	用 途
金刚砂 2 ~ 3g 硬脂酸 2 ~ 2.5g 航空汽油 80 ~ 100g 煤 油 数滴	先将硬脂酸和航空汽油在清洁的瓶中混合，然后放入金刚砂摇晃至乳白状而金刚砂不易沉下为止，最后滴入煤油	研磨各种硬质合金刀具
白刚玉 (F1000) 16g 硬脂酸 8g 蜂 蜡 1g 航空汽油 80g 煤 油 95g	先将硬脂酸与蜂蜡溶解，冷却后加入航空汽油搅拌，然后用双层纱布过滤，最后加入研磨和煤油	精研磨高速钢刀具及一般钢材

干研时压砂用研磨剂配方见表 11-38。

表 11-38 干研时压砂用研磨剂配方

序号	成 分	备 注
1	白刚玉 (F1200 以下) 15g 硬脂酸混合脂 8g 航空汽油 200mL 煤油 35mL	使用时不加任何辅料
2	白刚玉 (F1200 以下) 25g 硬脂酸混合脂 0.5g 航空汽油 200mL	使用时，平板表面涂以少量硬脂酸混合脂，并加数滴煤油
3	白刚玉 50g 硬脂酸混合脂 4 ~ 5g 与航空汽油及煤油配成 500mL	航空汽油与煤油的比例取决于磨料的粒度 F1200 以下：汽油 9 份 煤油 1 份 F1200：汽油 7 份 煤油 3 份

(续)

序号	成 分	备 注
4	刚玉 (F1000 ~ F1200) 适量, 煤油 6 ~ 20 滴, 直接放在平板上用氧化铬研磨膏调成稀糊状	

## (3) 常用研磨膏配方

1) 刚玉研磨膏成分及用途 (表 11-39)。

表 11-39 刚玉研磨膏成分及用途

粒度号	成分及比例 (质量分数, %)				用 途
	微粉	混合脂	油酸	其他	
F600	52	26	20	硫化油 2 或煤油少许	粗研
F800	46	28	26	煤油少许	半精研及研窄长表面
F1000	42	30	28	煤油少许	半精研
F1200	41	31	28	煤油少许	精研及研端面
F1200 以下	40	32	28	煤油少许	精研
	40	26	26	凡士林 8	精细研
	25	35	30	凡士林 10	精细研及抛光

2) 碳化硅、碳化硼研磨膏成分及用途 (表 11-40)。

3) 人造金刚石研磨膏 (表 11-41)。

表 11-40 碳化硅、碳化硼研磨膏成分及用途

研磨膏名称	成分及比例 (质量分数, %)	用途
碳化硅	碳化硅 (F240 ~ F320) 83、黄油 17	粗研



(续)

研磨膏名称	成分及比例 (质量分数, %)	用途
碳化硼	碳化硼 (F600) 65、石蜡 35	半精研
混合研磨膏	碳化硼 (F600) 35、白刚玉 (F600 ~ F1000) 与混合脂 15、油酸 35	半精研
碳化硼	碳化硼 (F1200 以下) 76、石蜡 12、羊油 10、松节油 2	精细研

表 11-41 人造金刚石研磨膏

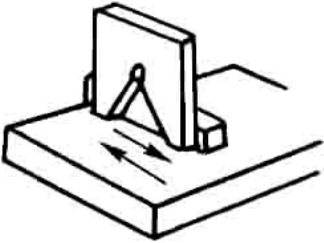
规格	颜色	加工表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	规格	颜色	加工表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$
F800	青莲	0.16 ~ 0.32	F1200 以下	橘红	0.02 ~ 0.04
F1000	蓝	0.08 ~ 0.32		天蓝	0.01 ~ 0.02
F1200	玫红	0.08 ~ 0.16		棕	0.008 ~ 0.012
F1200	橘黄	0.04 ~ 0.08		中蓝	$\leq 0.01$
以下	草绿	0.04 ~ 0.08			

注：不同粒度研磨膏采用不同颜色以示区别。

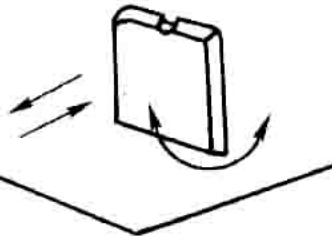
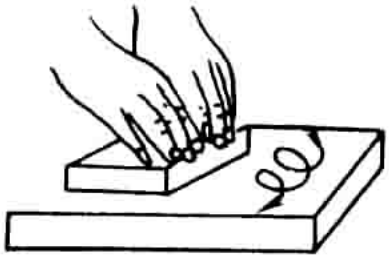
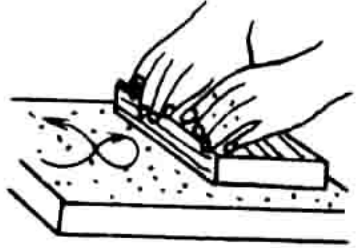
4. 研磨方法

(1) 手工研磨运动轨迹形式 (表 11-42)

表 11-42 手工研磨运动轨迹形式



轨迹形式	简 图	适用范围
直线 往复式		常用于研磨有台阶的狭长平面，如平面样板、直角尺的测量面等。能获得较高的几何精度

(续)

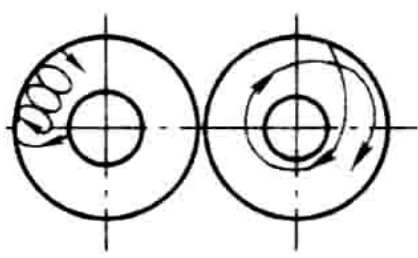
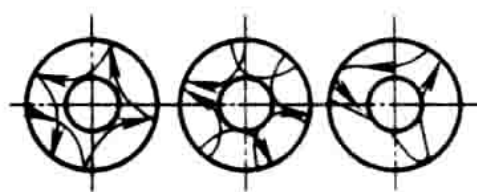
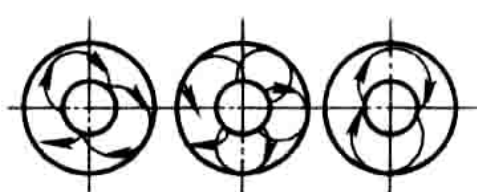
轨迹形式	简 图	适用范围
摆动 直线式		用于研磨某些圆弧面, 如样板角尺, 双斜面直尺的圆弧测量面
螺旋 式		用于研磨圆片或圆柱形工件的端面, 能获得较低的表面粗糙度值和平面度
8 字 形或仿 8 字形 式		常用于研磨小平面工件, 如量规的测量面等

## (2) 机械研磨运动轨迹类型 (表 11-43)

表 11-43 机械研磨运动轨迹类型

轨迹 类型	轨迹图形	特点及适用范围
直线往 复式		工件在平板上作平面平行运动, 其研磨速度一致, 研磨量均匀, 运动较平稳, 研磨行程的同一性较好。但研磨轨迹容易重复, 平板磨损不一致。适用于加工底面狭长而高的工件
正弦曲 线式		工件始终保持平面平行运动, 主要是成形研磨。由于轨迹交错频繁, 研磨表面粗糙度值比直线往复式有明显降低

(续)

轨迹类型	轨迹图形	特点及适用范围
周摆线式		工件运动能走遍整个板面, 结构简单, 加工表面粗糙度值低。但因工件前导边始终不变换, 且工件各点的行程不一致性较大, 不易保持研磨盘的平面度。适用于加工扁平工件及圆柱工件的端面
内摆线式		内、外摆线式轨迹适于研磨圆柱形工件端面, 及底面为正方形或矩形、长宽比小于2:1的扁平工件。这种轨迹的尺寸一致性好, 平板磨损较均匀, 故研磨质量好, 效率较高, 适用于大批生产
外摆线式		

## (3) 研具压砂程序 (表 11-44)

表 11-44 研具压砂程序

序号	工序名称	说 明
1	涂硬脂酸	用煤油清洗擦净研具, 涂抹一层硬脂酸
2	倒砂, 抹匀及晾干	将浸泡好的液态研磨剂摇晃均匀, 并倒在研具表面, 抹匀、晾干
3	滴加液态润滑剂	滴加适量煤油, 把晾干的研磨粉调匀呈黏糊状, 然后将另一块研具合上, 开始嵌压砂
4	嵌压砂	按“8”字形运动推研研具, 并经常调转上研具的方向, 一般需3~5遍, 才能使磨粒均匀嵌入并有一定深度

(续)

序号	工序名称	说 明
5	擦净	取下上研具，用脱脂棉擦净研具表面。
6	试块检查	用与被研工件材料相同的试块，在研具表面直线往复推研几下。当试块推研时切削速度很快，且表面研磨条纹细密均匀，则说明研具表面嵌砂多而均匀，即可正式使用

## (4) 研磨工艺参数的选择

## 1) 研磨余量的选择 (表 11-45)

表 11-45 研磨余量的选择 (单位: mm)

平面研磨余量			
平面长度	平面宽度		
	$\leq 25$	26 ~ 75	76 ~ 150
$\leq 25$	0.005 ~ 0.007	0.007 ~ 0.010	0.010 ~ 0.014
26 ~ 75	0.007 ~ 0.010	0.010 ~ 0.016	0.016 ~ 0.020
76 ~ 150	0.010 ~ 0.014	0.016 ~ 0.020	0.020 ~ 0.024
151 ~ 250	0.014 ~ 0.018	0.020 ~ 0.024	0.024 ~ 0.030
外圆研磨余量			
直 径	余 量	直 径	余 量
$\leq 10$	0.005 ~ 0.008	51 ~ 80	0.008 ~ 0.012
11 ~ 18	0.006 ~ 0.008	81 ~ 120	0.010 ~ 0.014
19 ~ 30	0.007 ~ 0.010	121 ~ 180	0.012 ~ 0.016
31 ~ 50	0.008 ~ 0.010	181 ~ 260	0.015 ~ 0.020

(续)

内孔研磨余量		
孔 径	铸 铁	钢
25 ~ 125	0.020 ~ 0.100	0.010 ~ 0.040
150 ~ 275	0.080 ~ 0.160	0.020 ~ 0.050
300 ~ 500	0.120 ~ 0.200	0.040 ~ 0.060

- 注：1. 对于外圆，经过精磨的工件，手工研磨余量为 3 ~ 8 $\mu\text{m}$ ，机械研磨余量为 8 ~ 15 $\mu\text{m}$ 。
2. 对于内孔，经过精磨的工件，手工研磨直径余量为 5 ~ 10 $\mu\text{m}$ 。

## 2) 研磨速度的选择 (表 11-46)

**表 11-46 研磨速度的选择** (单位: m/min)

研磨类型	平 面		外 圆	内 孔	其 他
	单面	双面			
湿研	20 ~ 120	20 ~ 60	50 ~ 75	50 ~ 100	10 ~ 70
干研	10 ~ 30	10 ~ 15	10 ~ 25	10 ~ 20	2 ~ 8

- 注：1. 工件材质软或精度要求高时，速度取小值。
2. 内孔指孔径范围 6 ~ 10mm。

## 3) 研磨压力的选择 (表 11-47)

**表 11-47 研磨压力的选择**

(单位: MPa)

研磨类型	平面	外圆	内孔 <sup>①</sup>	其他
湿研	0.10 ~ 0.15	0.15 ~ 0.25	0.12 ~ 0.28	0.08 ~ 0.12
干研	0.01 ~ 0.10	0.05 ~ 0.15	0.04 ~ 0.16	0.03 ~ 0.10

① 孔径范围 5 ~ 20mm。

# 附录 三角函数表

0°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.00000	1.0000	0.00000	$\infty$	60
2	00058	0000	00058	1718.87	58
4	00116	0000	00116	859.44	56
6	00175	0000	00175	572.96	54
8	00233	0000	00233	429.72	52
10	0.00291	1.0000	0.00291	343.77	50
12	00349	99999	00349	286.48	48
14	00407	99999	00407	245.55	46
16	00465	99999	00465	214.86	44
18	00524	99999	00524	190.98	42
20	0.00582	0.99998	0.00582	171.89	40
22	00640	99998	00640	156.26	38
24	00698	99998	00698	143.24	36
26	00756	99997	00765	132.22	34
28	00814	99997	00815	122.77	32
30	0.00873	0.99996	0.00873	114.59	30
32	00931	99996	00931	107.43	28
34	00989	99995	00989	101.11	26
36	01047	99995	01047	95.489	24
38	01105	99994	01105	90.463	22
40	0.01164	0.99993	0.01164	85.940	20
42	01222	99993	01222	81.847	18
44	01280	99992	01280	78.126	16
46	01338	99991	01338	74.729	14
48	01396	99990	01396	71.615	12
50	0.01454	0.99989	0.01455	68.750	10
52	01513	99989	01513	66.105	8
54	01571	99988	01517	63.657	6
56	01629	99987	01629	61.383	4
58	01687	99986	01687	59.266	2
60	0.01745	0.99985	0.01746	57.290	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

89°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.01745	0.99985	0.01746	57.290	60
2	01803	99984	01804	55.442	58
4	01862	99983	01862	53.709	56
6	01920	99982	01920	52.081	54
8	01978	99980	01978	50.549	52
10	0.02036	0.99979	0.02036	49.104	50
12	02094	99978	02095	47.740	48
14	02152	99977	02153	46.449	46
16	02211	99976	02211	45.226	44
18	02269	99974	02269	44.066	42
20	0.02327	0.99973	0.02328	42.964	40
22	02385	99972	02386	41.916	38
24	02443	99970	02444	40.917	36
26	02501	99969	02502	39.965	34
28	02560	99967	02560	39.057	32
30	0.02618	0.99966	0.02619	38.188	30
32	02676	99964	02677	37.358	28
34	02734	99963	02735	36.563	26
36	02792	99961	02793	35.801	24
38	02850	99959	02851	35.070	22
40	0.02908	0.99958	0.02910	34.368	20
42	02967	99956	02968	33.694	18
44	03025	99954	03026	33.045	16
46	03083	99952	03084	32.421	14
48	03141	99951	03143	31.821	12
50	0.03199	0.99949	0.03201	31.242	10
52	03257	99947	03259	30.683	8
54	03316	99945	03317	30.145	6
56	03374	99943	03376	29.624	4
58	03432	99941	03434	29.122	2
60	0.03490	0.99939	0.03492	28.636	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')



2°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.03490	0.99939	0.03492	28.636	60
2	03548	99937	03550	28.166	58
4	03606	99935	03609	27.712	56
6	03664	99933	03667	27.271	54
8	03723	99931	03725	26.845	52
10	0.03781	0.99929	0.03783	26.432	50
12	03839	99926	03842	26.031	48
14	03897	99924	03900	25.642	46
16	03955	99922	03958	25.264	44
18	04013	99919	04016	24.898	42
20	0.04071	0.99917	0.04075	24.542	40
22	04129	99915	04133	24.196	38
24	04188	99912	04191	23.859	36
26	04246	99910	04250	23.532	34
28	04304	99907	04308	23.214	32
30	0.04362	0.99905	0.04366	22.904	30
32	04420	99902	04424	22.602	28
34	04478	99900	04483	22.308	26
36	04536	99897	04541	22.022	24
38	04594	99894	04599	21.743	22
40	0.04653	0.99892	0.04658	21.470	20
42	04711	99889	04716	21.205	18
44	04769	99886	04774	20.946	16
46	04827	99883	04833	20.693	14
48	04885	99881	04891	20.446	12
50	0.04943	0.99878	0.04949	20.206	10
52	05001	99875	05007	19.970	8
54	05059	99872	05066	19.740	6
56	05117	99869	05124	19.516	4
58	05175	99866	05182	19.296	2
60	0.05234	0.99863	0.05241	19.081	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

87°



3°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.05234	0.99863	0.05241	19.081	60
2	05292	99860	05299	18.871	58
4	05350	99857	05357	18.666	56
6	05408	99854	05416	18.464	54
8	05466	99851	05474	18.268	52
10	0.05524	0.99847	0.05533	18.075	50
12	05582	99844	05591	17.886	48
14	05640	99841	05649	17.702	46
16	05698	99838	05708	17.521	44
18	05756	99834	05766	17.343	42
20	0.05814	0.99831	0.05824	17.169	40
22	05873	99827	05883	16.999	38
24	05931	99824	05941	16.832	36
26	05989	99821	05999	16.668	34
28	06047	99817	06058	16.507	32
30	0.06105	0.99813	0.06116	16.350	30
32	06163	99810	06175	16.195	28
34	06221	99806	06233	16.043	26
36	06279	99803	06291	15.895	24
38	06337	99799	06350	15.748	22
40	0.06395	0.99795	0.06408	15.605	20
42	06453	99792	06467	15.464	18
44	06511	99788	06525	15.325	16
46	06569	99784	06584	15.189	14
48	06627	99780	06642	15.056	12
50	0.06685	0.99776	0.06700	14.924	10
52	06743	99772	06759	14.795	8
54	06802	99768	06817	14.669	6
56	06860	99764	06876	14.544	4
58	06918	99760	06934	14.421	2
60	0.06976	0.99756	0.06993	14.301	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

86°

4°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.06976	0.99756	0.06993	14.301	60
2	07034	99752	07051	14.182	58
4	07092	99748	07110	14.065	56
6	07150	99744	07168	13.951	54
8	07208	99740	07227	13.838	52
10	0.07266	0.99736	0.07285	13.727	50
12	07324	99731	07344	13.617	48
14	07382	99727	07402	13.510	46
16	07440	99723	07461	13.404	44
18	07498	99719	07519	13.300	42
20	0.07556	0.99714	0.07578	13.197	40
22	07614	99710	07636	13.096	38
24	07672	99705	07695	12.996	36
26	07730	99701	07753	12.898	34
28	07788	99696	07812	12.801	32
30	0.07846	0.99692	0.07870	12.706	30
32	07904	99687	07929	12.612	28
34	07962	99683	07987	12.520	26
36	08020	99678	08046	12.429	24
38	08078	99673	08104	12.339	22
40	0.08136	0.99668	0.08163	12.251	20
42	08194	99664	08221	12.163	18
44	08252	99659	08280	12.077	16
46	08310	99654	08339	11.992	14
48	08368	99649	08397	11.909	12
50	0.08426	0.99644	0.08456	11.826	10
52	08484	99639	08514	11.745	8
54	08542	99635	08573	11.664	6
56	08600	99630	08632	11.585	4
58	08658	99625	08690	11.507	2
60	0.08716	0.99619	0.08749	11.430	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

85°

5°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.08716	0.99619	0.08749	11.430	60
2	08774	99614	08807	11.354	58
4	08831	99609	08866	11.279	56
6	08889	99604	08925	11.205	54
8	08947	99599	08983	11.132	52
10	0.09005	0.99594	0.09042	11.059	50
12	09063	99588	09101	10.988	48
14	09121	99583	09159	10.918	46
16	09179	99578	09218	10.848	44
18	09237	99572	09277	10.780	42
20	0.09295	0.99567	0.09335	10.712	40
22	09353	99562	09394	10.645	38
24	09411	99556	09453	10.579	36
26	09469	99551	09511	10.514	34
28	09527	99545	09570	10.449	32
30	0.09585	0.99540	0.09629	10.385	30
32	09642	99534	09688	10.322	28
34	09700	99528	09746	10.260	26
36	09758	99523	09805	10.199	24
38	09816	99517	09864	10.138	22
40	0.09874	0.99511	0.09923	10.078	20
42	09932	99506	09981	10.019	18
44	09990	99500	10040	9.9601	16
46	10048	99494	10099	9.9021	14
48	10106	99488	10158	9.8448	12
50	0.10164	0.99482	0.10216	9.7882	10
52	10221	99476	10275	9.7322	8
54	10279	99470	10334	9.6768	6
56	10337	99464	10393	9.6220	4
58	10395	99458	10452	9.5679	2
60	0.10453	0.99452	0.10510	9.5144	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

84°

6°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 10453	0. 99452	0. 10510	9. 5144	60
2	10511	99446	10569	4614	58
4	10569	99440	10628	4090	56
6	10626	99434	10687	3572	54
8	10684	99428	10746	3060	52
10	0. 10742	0. 99421	0. 10805	9. 2553	50
12	10800	99415	10863	2051	48
14	10858	99409	10922	1555	46
16	10916	99402	10981	1065	44
18	10973	99396	11040	0579	42
20	0. 11031	0. 99390	0. 11099	9. 0098	40
22	11089	99383	11158	8. 9623	38
24	11147	99377	11217	9152	36
26	11205	99370	11276	8686	34
28	11263	99364	11335	8225	32
30	0. 11320	0. 99357	0. 11394	8. 7769	30
32	11378	99351	11452	7317	28
34	11436	99344	11511	6870	26
36	11494	99337	11570	6427	24
38	11552	99331	11629	5989	22
40	0. 11609	0. 99324	0. 11688	8. 5555	20
42	11667	99317	11747	5126	18
44	11725	99310	11806	4701	16
46	11783	99303	11865	4280	14
48	11840	99297	11924	3863	12
50	0. 11898	0. 99290	0. 11983	8. 3450	10
52	11956	99283	12042	3041	8
54	12014	99276	12101	2636	6
56	12071	99269	12160	2234	4
58	12129	99262	12219	1837	2
60	0. 12187	0. 99255	0. 12278	8. 1443	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

83°

7°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 12187	0. 99255	0. 12278	8. 1443	60
2	12245	99248	12338	1054	58
4	12302	99240	12397	0667	56
6	12360	99233	12456	0285	54
8	12418	99226	12515	7. 9906	52
10	0. 12476	0. 99219	0. 12574	7. 9530	50
12	12533	99211	12633	9158	48
14	12591	99204	12692	8789	46
16	12649	99197	12751	8424	44
18	12706	99189	12810	8062	42
20	0. 12764	0. 99182	0. 12869	7. 7704	40
22	12822	99175	12929	7348	38
24	12880	99167	12988	6996	36
26	12937	99160	13047	6647	34
28	12995	99152	13105	6301	32
30	0. 13053	0. 99144	0. 13165	7. 5958	30
32	13110	99137	13224	5618	28
34	13168	99129	13284	5281	26
36	13226	99122	13343	4947	24
38	13283	99113	13402	4615	22
40	0. 13341	0. 99106	0. 13461	7. 4287	20
42	13399	99098	13521	3962	18
44	13456	99091	13580	3639	16
46	13514	99083	13639	3319	14
48	13572	99075	13698	3002	12
50	0. 13629	0. 99067	0. 13758	7. 2687	10
52	13687	99059	13817	2375	8
54	13744	99051	13876	2066	6
56	13802	99043	13935	1759	4
58	13860	99035	13995	1455	2
60	0. 13917	0. 99027	0. 14054	7. 1154	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

82°

8°

分 ( ' )	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 13917	0. 99027	0. 14054	7. 1154	60
2	13975	99019	14113	0855	58
4	14033	99011	14173	0558	56
6	14090	99002	14232	0264	54
8	14148	98994	14291	6. 9972	52
10	0. 14205	0. 98986	-0. 14351	6. 9682	50
12	14263	98978	14410	9395	48
14	14320	98969	14470	9110	46
16	14378	98961	14529	8828	44
18	14436	98953	14588	8548	42
20	0. 14493	0. 98944	0. 14648	6. 8269	40
22	14551	98936	14707	7994	38
24	14608	98927	14767	7720	36
26	14666	98919	14826	7448	34
28	14723	98910	14886	7179	32
30	0. 14781	0. 98902	0. 14945	6. 6912	30
32	14838	98893	15005	6646	28
34	14896	98884	15064	6383	26
36	14954	98876	15124	6122	24
38	15011	98867	15183	5863	22
40	0. 15069	0. 98858	0. 15243	6. 5606	20
42	15126	98849	15302	5350	18
44	15184	98841	15362	5097	16
46	15241	98832	15421	4846	14
48	15299	98823	15481	4596	12
50	0. 15356	0. 98814	0. 15540	6. 4348	10
52	15414	98805	15600	4103	8
54	15471	98796	15660	3859	6
56	15529	98787	15719	3617	4
58	15586	98778	15779	3376	2
60	0. 15643	0. 98769	0. 15838	6. 3138	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 ( ' )

81°

9°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.15643	0.98769	0.15838	6.3138	60
2	15701	98760	15898	2901	58
4	15758	98751	15958	2666	56
6	15816	98741	16017	2432	54
8	15873	98732	16077	2200	52
10	0.15931	0.98723	0.16137	6.1970	50
12	15988	98714	16196	1742	48
14	16046	98704	16256	1515	46
16	16103	98695	16316	1290	44
18	16160	98686	16376	1066	42
20	0.16218	0.98676	0.16435	6.0844	40
22	16275	98667	16495	0624	38
24	16333	98657	16555	0405	36
26	16390	98648	16615	0188	34
28	16447	98638	16674	5.9972	32
30	0.16505	0.98629	0.16734	5.9758	30
32	16562	98619	16794	9545	28
34	16620	98609	16854	9333	26
36	16677	98600	16914	9124	24
38	16734	98590	16974	8915	22
40	0.16792	0.98580	0.17033	5.8708	20
42	16849	98570	17093	8502	18
44	16906	98561	17153	8298	16
46	16964	98551	17213	8095	14
48	17021	98541	17273	7894	12
50	0.17078	0.98531	0.17333	5.7694	10
52	17136	98521	17393	7495	8
54	17193	98511	17453	7297	6
56	17250	98501	17513	7101	4
58	17308	98491	17573	6906	2
60	0.17365	0.98481	0.17633	5.6713	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

80°



## 10°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.17365	0.98481	0.17633	5.6713	60
2	17422	98471	17693	6521	58
4	17479	98461	17753	6329	56
6	17537	98450	17813	6140	54
8	17594	98440	17873	5951	52
10	0.17651	0.98430	0.17933	5.5764	50
12	17708	98420	17993	5578	48
14	17766	98409	18053	5393	46
16	17823	98399	18113	5209	44
18	17880	98389	18173	5026	42
20	0.17937	0.98378	0.18233	5.4845	40
22	17995	98368	18293	4665	38
24	18052	98357	18353	4486	36
26	18109	98347	18414	4308	34
28	18166	98336	18474	4131	32
30	0.18224	0.98325	0.18534	5.3955	30
32	18281	98315	18594	3781	28
34	18338	98304	18654	3607	26
36	18395	98294	18714	3435	24
38	18452	98283	18775	3263	22
40	0.18509	0.98272	0.18835	5.3093	20
42	18567	98261	18895	2924	18
44	18624	98250	18955	2755	16
46	18681	98240	19016	2588	14
48	18738	98229	19076	2422	12
50	0.18795	0.98218	0.19136	5.2257	10
52	18852	98207	19197	2092	8
54	18910	98196	19257	1929	6
56	18967	98185	19317	1767	4
58	19024	98174	19378	1606	2
60	0.19081	0.98163	0.19438	5.1446	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 79°



## 11°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 19081	0. 98163	0. 19438	5. 1446	60
2	19138	98152	19498	1286	58
4	19195	98140	19559	1128	56
6	19252	98129	19619	0970	54
8	19309	98118	19680	0814	52
10	0. 19366	0. 98107	0. 19740	5. 0658	50
12	19423	98096	19801	0504	48
14	19481	98084	19861	0350	46
16	19538	98073	19921	0197	44
18	19595	98061	19982	0045	42
20	0. 19652	0. 98050	0. 20042	4. 9894	40
22	19709	98039	20103	9744	38
24	19766	98027	20164	9594	36
26	19823	98016	20224	9446	34
28	19880	98004	20285	9298	32
30	0. 19937	0. 97992	0. 20345	4. 9152	30
32	19994	97981	20406	9006	28
34	20051	97969	20466	8860	26
36	20108	97958	20527	8716	24
38	20165	97946	20588	8573	22
40	0. 20222	0. 97934	0. 20648	4. 8430	20
42	20279	97922	20709	8288	18
44	20336	97910	20770	8147	16
46	20393	97899	20830	8007	14
48	20450	97887	20891	7867	12
50	0. 20507	0. 97875	0. 20952	4. 7729	10
52	20563	97863	21013	7591	8
54	20620	97851	21073	7453	6
56	20677	97839	21134	7317	4
58	20734	97827	21195	7181	2
60	0. 20791	0. 97815	0. 21256	4. 7046	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 78°

12°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 20791	0. 97815	0. 21256	4. 7046	60
2	20848	97803	21316	6912	58
4	20905	97791	21377	6779	56
6	20962	97778	21438	6646	54
8	21019	97766	21499	6514	52
10	0. 21076	0. 97754	0. 21560	4. 6382	50
12	21132	97742	21621	6252	48
14	21189	97729	21682	6122	46
16	21246	97717	21743	5993	44
18	21303	97705	21804	5864	42
20	0. 21360	0. 97692	0. 21864	4. 5736	40
22	21417	97680	21925	5609	38
24	21474	97667	21986	5483	36
26	21530	97655	22047	5357	34
28	21587	97642	22108	5232	32
30	0. 21644	0. 97630	0. 22169	4. 5107	30
32	21701	97617	22231	4983	28
34	21758	97604	22292	4860	26
36	21814	97592	22353	4737	24
38	21871	97579	22414	4615	22
40	0. 21928	0. 97566	0. 22475	4. 4494	20
42	21985	97553	22536	4374	18
44	22041	97541	22597	4253	16
46	22098	97528	22658	4134	14
48	22155	97515	22719	4015	12
50	0. 22212	0. 97502	0. 22781	4. 3897	10
52	22268	97489	22842	3779	8
54	22325	97476	22903	3662	6
56	22382	97463	22964	3546	4
58	22438	97450	23026	3430	2
60	0. 22495	0. 97437	0. 23087	4. 3315	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

77°

## 13°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 22495	0. 97437	0. 23087	4. 3315	60
2	22552	97424	23148	3200	58
4	22608	97411	23209	3086	56
6	22665	97398	23271	2972	54
8	22722	97384	23332	2859	52
10	0. 22778	0. 97371	0. 23393	4. 2747	50
12	22835	97358	23455	2635	48
14	22892	97345	23516	2524	46
16	22948	97331	23577	2413	44
18	23005	97318	23639	2303	42
20	0. 23062	0. 97304	0. 23700	4. 2193	40
22	23118	97291	23762	2084	38
24	23175	97278	23823	1976	36
26	23231	97264	23885	1868	34
28	23288	97251	23946	1760	32
30	0. 23345	0. 97237	0. 24008	4. 1653	30
32	23401	97223	24069	1547	28
34	23458	97210	24131	1441	26
36	23514	97196	24193	1335	24
38	23571	97182	24254	1230	22
40	0. 23627	0. 97169	0. 24316	4. 1126	20
42	23684	97155	24377	1022	18
44	23740	97141	24439	0918	16
46	23797	97127	24501	0815	14
48	23853	97113	24562	0713	12
50	0. 23910	0. 97100	0. 24624	4. 0611	10
52	23966	97086	24686	0500	8
54	24023	97072	24747	0408	6
56	24079	97058	24809	0308	4
58	24136	97044	24871	0207	2
60	0. 24192	0. 97030	0. 24933	4. 0108	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 76°

14°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 24192	0. 97030	0. 24933	4. 0108	60
2	24249	97015	24995	0009	58
4	24305	97001	25056	3. 9910	56
6	24362	96987	25118	9812	54
8	24418	96973	25180	9714	52
10	0. 24474	0. 96959	0. 25242	3. 9617	50
12	24531	96945	25304	9520	48
14	24587	96930	25366	9423	46
16	24644	96916	25428	9327	44
18	24700	96902	25490	9232	42
20	0. 24756	0. 96887	0. 25552	3. 9136	40
22	24813	96873	25614	9042	38
24	24869	96858	25676	8947	36
26	24925	96844	25738	8854	34
28	24982	96829	25800	8760	32
30	0. 25038	0. 96815	0. 25862	3. 8667	30
32	25094	96800	25924	8575	28
34	25151	96786	25986	8482	26
36	25207	96771	26048	8391	24
38	25263	96756	26110	8299	22
40	0. 25320	0. 96742	0. 26172	3. 8208	20
42	25376	96727	26235	8118	18
44	25432	96712	26297	8028	16
46	25488	96697	26359	7938	14
48	25545	96682	26421	7848	12
50	0. 25601	0. 96667	0. 26483	3. 7760	10
52	25657	96653	26546	7671	8
54	25713	96638	26608	7583	6
56	25769	96623	26670	7495	4
58	25826	96608	26733	7408	2
60	0. 25882	0. 96593	0. 26795	3. 7321	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

75°

## 15°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 25882	0. 96593	0. 26795	3. 7321	60
2	25938	96578	26857	7234	58
4	25994	96562	26920	7148	56
6	26050	96547	26982	7062	54
8	26107	96532	27044	6976	52
10	0. 26163	0. 96517	0. 27107	3. 6891	50
12	26219	96502	27169	6806	48
14	26275	96486	27232	6722	46
16	26331	96471	27294	6638	44
18	26387	96456	27357	6554	42
20	0. 26443	0. 96440	0. 27419	3. 6470	40
22	26500	96425	27482	6387	38
24	26556	96410	27545	6305	36
26	26612	96394	27607	6222	34
28	26668	96379	27670	6140	32
30	0. 26724	0. 96363	0. 27732	3. 6059	30
32	26780	96347	27795	5978	28
34	26836	96332	27858	5897	26
36	26892	96316	27921	5816	24
38	26948	96301	27983	5736	22
40	0. 27004	0. 96285	0. 28046	3. 5656	20
42	27060	96269	28109	5576	18
44	27116	96253	28172	5497	16
46	27172	96238	28234	5418	14
48	27228	96222	28297	5339	12
50	0. 27284	0. 96206	0. 28360	3. 5261	10
52	27340	96190	28423	5183	8
54	27396	96174	28486	5105	6
56	28452	96158	28549	5028	4
58	27508	96142	28612	4951	2
60	0. 27564	0. 96126	0. 28675	3. 4874	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 74°

## 16°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 27564	0. 96126	0. 28675	3. 4874	60
2	27620	96110	28738	4798	58
4	27676	96094	28801	4722	56
6	27731	96078	28864	4646	54
8	27787	96062	28927	4570	52
10	0. 27843	0. 96046	0. 28990	3. 4495	50
12	27899	96029	29053	4420	48
14	27955	96013	29116	4346	46
16	28011	95997	29179	4271	44
18	28067	95981	29242	4197	42
20	0. 28123	0. 95964	0. 29305	3. 4124	40
22	28178	95948	29368	4050	38
24	28234	95931	29432	3977	36
26	28290	95915	29495	3904	34
28	28346	95898	29558	3832	32
30	0. 28402	0. 95882	0. 29621	3. 3759	30
32	28457	95865	29685	3687	28
34	28513	95849	29748	3616	26
36	28569	95832	29811	3544	24
38	28625	95816	29875	3473	22
40	0. 28680	0. 95799	0. 29938	3. 3402	20
42	28736	95782	30001	3332	18
44	28792	95766	30065	3261	16
46	28847	95749	30128	3191	14
48	28903	95732	30192	3122	12
50	0. 28959	0. 95715	0. 30255	3. 3052	10
52	29015	95698	30319	2983	8
54	29070	95681	30382	2914	6
56	29126	95664	30446	2845	4
58	29182	95647	30509	2777	2
60	0. 29237	0. 95630	0. 30573	3. 2709	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 73°

## 17°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 29237	0. 95630	0. 30573	3. 2709	60
2	29293	95613	30637	2641	58
4	29348	95596	30700	2573	56
6	29404	95579	30764	2506	54
8	29460	95562	30828	2438	52
10	0. 29515	0. 95545	0. 30891	3. 2371	50
12	29571	95528	30955	2305	48
14	29626	95511	31019	2238	46
16	29682	95493	31083	2172	44
18	29737	95476	31147	2106	42
20	0. 29793	0. 95459	0. 31210	3. 2041	40
22	29849	95441	31274	1975	38
24	29904	95424	31338	1910	36
26	29960	95407	31402	1845	34
28	30015	95389	31466	1780	32
30	0. 30071	0. 95372	0. 31530	3. 1716	30
32	30126	95354	31594	1652	28
34	30182	95337	31658	1588	26
36	30237	95319	31722	1524	24
38	30292	95301	31786	1460	22
40	0. 30348	0. 95284	0. 31850	3. 1397	20
42	30403	95266	31914	1334	18
44	30459	95248	31978	1271	16
46	30514	95231	32042	1209	14
48	30570	95213	32106	1146	12
50	0. 30625	0. 95195	0. 32171	3. 1084	10
52	30680	95177	32235	1022	8
54	30736	95159	32299	0961	6
56	30791	95142	32363	0899	4
58	30846	95124	32428	.0838	2
60	0. 30902	0. 95106	0. 32492	3. 0777	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 72°



## 18°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 30902	0. 95106	0. 32492	3. 0777	60
2	30957	95088	32556	0716	58
4	31012	95070	32621	0655	56
6	31068	95052	32685	0595	54
8	31123	95033	32749	0535	52
10	0. 31178	0. 95015	0. 32814	3. 0475	50
12	31233	94997	32878	0415	48
14	31289	94979	32943	0356	46
16	31344	94961	33007	0296	44
18	31399	94943	33072	0237	42
20	0. 31454	0. 94924	0. 33136	3. 0178	40
22	31510	94906	33201	0120	38
24	31565	94888	33266	0061	36
26	31620	94869	33330	0003	34
28	31675	94851	33395	2. 9945	32
30	0. 31730	0. 94832	0. 33460	2. 9887	30
32	31786	94814	33524	9829	28
34	31841	94795	33589	9772	26
36	31896	94777	33654	9714	24
38	31951	94758	33718	9657	22
40	0. 32006	0. 94740	0. 33783	2. 9600	20
42	32061	94721	33848	9544	18
44	32116	94702	33913	9487	16
46	32171	94684	33978	9431	14
48	32226	94665	34043	9375	12
50	0. 32282	0. 94646	0. 34108	2. 9319	10
52	32337	94627	34173	9263	8
54	32392	94609	34238	9208	6
56	32447	94590	34303	9152	4
58	32502	94571	34368	9097	2
60	0. 32557	0. 94552	0. 34433	2. 9042	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 71°



## 19°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 32557	0. 94552	0. 34433	2. 9042	60
2	32612	94533	34498	8987	58
4	32667	94514	34563	8933	56
6	32722	94495	34628	8878	54
8	32777	94476	34693	8824	52
10	0. 32832	0. 94457	0. 34758	2. 8770	50
12	32887	94438	34824	8716	48
14	32942	94418	34889	8662	46
16	32997	94399	34954	8609	44
18	33051	94380	35020	8555	42
20	0. 33106	0. 94361	0. 35085	2. 8502	40
22	33161	94342	35150	8449	38
24	33216	94322	35216	8396	36
26	33271	94303	35281	8344	34
28	33326	94284	35346	8291	32
30	0. 33381	0. 94264	0. 35412	2. 8239	30
32	33436	94245	35477	8187	28
34	33490	94225	35543	8135	26
36	33545	94206	35608	8083	24
38	33600	94186	35674	8032	22
40	0. 33655	0. 94167	0. 35740	2. 7980	20
42	33710	94147	35805	7929	18
44	33764	94127	35871	7878	16
46	33819	94108	35937	7827	14
48	33874	94088	36002	7776	12
50	0. 33929	0. 94068	0. 36068	2. 7725	10
52	33983	94049	36134	7675	8
54	34038	94029	36199	7625	6
56	34093	94009	36265	7575	4
58	34147	93989	36331	7525	2
60	0. 34202	0. 93969	0. 36397	2. 7475	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 70°

## 20°

分 ( ' )	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 34202	0. 93969	0. 36397	2. 7475	60
2	34257	93949	36463	7425	58
4	34311	93929	36529	7376	56
6	34366	93909	36595	7326	54
8	34421	93889	36661	7277	52
10	0. 34475	0. 93869	0. 36727	2. 7228	50
12	34530	93849	36793	7179	48
14	34584	93829	36859	7130	46
16	34639	93809	36925	7082	44
18	34694	93789	36991	7034	42
20	0. 34748	0. 93769	0. 37057	2. 6985	40
22	34803	93748	37123	6937	38
24	34857	93728	37190	6889	36
26	34912	93708	37256	6841	34
28	34966	93688	37322	6794	32
30	0. 35021	0. 93667	0. 37388	2. 6746	30
32	35075	93647	37455	6699	28
34	35130	93626	37521	6652	26
36	35184	93606	37588	6605	24
38	35239	93585	37654	6558	22
40	0. 35293	0. 93565	0. 37720	2. 6511	20
42	35347	93544	37787	6464	18
44	35402	93524	37853	6418	16
46	35456	93503	37920	6371	14
48	35511	93483	37986	6325	12
50	0. 35565	0. 93462	0. 38053	2. 6279	10
52	35619	93441	38120	6233	8
54	35674	93420	38186	6187	6
56	35728	93400	38253	6142	4
58	35782	93379	38320	6096	2
60	0. 35837	0. 93358	0. 38386	2. 6051	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 ( ' )

## 69°

## 21°

分 ( ' )	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 35837	0. 93358	0. 38386	2. 6051	60
2	35891	93337	38453	6006	58
4	35945	93316	38520	5961	56
6	36000	93295	38587	5916	54
8	36054	93274	38654	5871	52
10	0. 36108	0. 93253	0. 38721	2. 5826	50
12	36162	93232	38787	5782	48
14	36217	93211	38854	5737	46
16	36271	93190	38921	5693	44
18	36325	93169	38988	5649	42
20	0. 36379	0. 93148	0. 39055	2. 5605	40
22	36434	93127	39122	5561	38
24	36488	93106	39190	5517	36
26	36542	93084	39257	5473	34
28	36596	93063	39324	5430	32
30	0. 36650	0. 93042	0. 39391	2. 5386	30
32	36704	93020	39458	5343	28
34	36758	92999	39526	5300	26
36	36812	92978	39593	5257	24
38	36867	92956	39660	5214	22
40	0. 36921	0. 92935	0. 39727	2. 5172	20
42	36975	92913	39795	5129	18
44	37029	92892	39862	5086	16
46	37083	92870	39930	5044	14
48	37137	92849	39997	5002	12
50	0. 37191	0. 92827	0. 40065	2. 4960	10
52	37245	92805	40132	4918	8
54	37299	92784	40200	4876	6
56	37353	92762	40267	4834	4
58	37407	92740	40335	4792	2
60	0. 37461	0. 92718	0. 40403	2. 4751	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 ( ' )

## 68°

22°

分 ( ' )	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 37461	0. 92718	0. 40403	2. 4751	60
2	37515	92697	40470	4709	58
4	37569	92675	40538	4668	56
6	37622	92653	40606	4627	54
8	37676	92631	40674	4586	52
10	0. 37730	0. 92609	0. 40741	2. 4545	50
12	37784	92587	40809	4504	48
14	37838	92565	40877	4464	46
16	37892	92543	40945	4423	44
18	37946	92521	41013	4383	42
20	0. 37999	0. 92499	0. 41081	2. 4342	40
22	38053	92477	41149	4302	38
24	38107	92455	41217	4262	36
26	38161	92432	41285	4222	34
28	38215	92410	41353	4182	32
30	0. 38268	0. 92388	0. 41421	2. 4142	30
32	38322	92366	41490	4102	28
34	38376	92343	41558	4063	26
36	38430	92321	41626	4023	24
38	38483	92299	41694	3984	22
40	0. 38537	0. 92276	0. 41763	2. 3945	20
42	38591	92254	41831	3906	18
44	38644	92231	41899	3867	16
46	38698	92209	41968	3828	14
48	38752	92186	42036	3789	12
50	0. 38805	0. 92164	0. 42105	2. 3750	10
52	38859	92141	42173	3712	8
54	38912	92119	42242	3673	6
56	38966	92096	42310	3635	4
58	39020	92073	42379	3597	2
60	0. 39073	0. 92050	0. 42447	2. 3559	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 ( ' )

67°

## 23°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 39073	0. 92050	0. 42447	2. 3559	60
2	39127	92028	42516	3520	58
4	39180	92005	42585	3483	56
6	39234	91982	42654	3445	54
8	39287	91959	42722	3407	52
10	0. 39341	0. 91936	0. 42791	2. 3369	50
12	39394	91914	42860	3332	48
14	39448	91891	42929	3294	46
16	39501	91868	42998	3257	44
18	39555	91845	43067	3220	42
20	0. 39608	0. 91822	0. 43136	2. 3183	40
22	39661	91799	43205	3146	38
24	39715	91775	43274	3109	36
26	39768	91752	43343	3072	34
28	39822	91729	43412	3035	32
30	0. 39875	0. 91706	0. 43481	2. 2998	30
32	39928	91683	43550	2962	28
34	39982	91660	43620	2925	26
36	40035	91636	43689	2889	24
38	40088	91613	43758	2853	22
40	0. 40141	0. 91590	0. 43828	2. 2817	20
42	40195	91566	43897	2781	18
44	40248	91543	43966	2745	16
46	40301	91519	44036	2709	14
48	40355	91496	44105	2673	12
50	0. 40408	0. 91472	0. 44175	2. 2637	10
52	40461	91449	44244	2602	8
54	40514	91425	44314	2566	6
56	40567	91402	44384	2531	4
58	40621	91378	44453	2496	2
60	0. 40674	0. 91355	0. 44523	2. 2460	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 66°

## 24°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 40674	0. 91355	0. 44523	2. 2460	60
2	40727	91331	44593	2425	58
4	40780	91307	44662	2390	56
6	40833	91283	44732	2355	54
8	40886	91260	44802	2320	52
10	0. 40939	0. 91236	0. 44872	2. 2286	50
12	40992	91212	44942	2251	48
14	41045	91188	45012	2216	46
16	41098	91164	45082	2182	44
18	41151	91140	45152	2148	42
20	0. 41204	0. 91116	0. 45222	2. 2113	40
22	41257	91092	45292	2079	38
24	41310	91068	45363	2045	36
26	41363	91044	45432	2011	34
28	41416	91020	45502	1977	32
30	0. 41469	0. 90996	0. 45573	2. 1943	30
32	41522	90972	45643	1909	28
34	41575	90948	45713	1876	26
36	41628	90924	45784	1842	24
38	41681	90899	45854	1808	22
40	0. 41734	0. 90875	0. 45924	2. 1775	20
42	41787	90851	45995	1742	18
44	41840	90826	46065	1708	16
46	41892	90802	46136	1675	14
48	41945	90778	46206	1642	12
50	0. 41988	0. 90753	0. 46277	2. 1609	10
52	42051	90729	46348	1576	8
54	42104	90704	46418	1543	6
56	42156	90680	46489	1510	4
58	42209	90655	46560	1478	2
60	0. 42262	0. 90631	0. 46631	2. 1445	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 65°

## 25°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.42262	0.90631	0.46631	2.1445	60
2	42315	90606	46702	1413	58
4	42367	90582	46772	1380	56
6	42420	90557	46843	1348	54
8	42473	90532	46914	1315	52
10	0.42525	0.90507	0.46985	2.1283	50
12	42578	90483	47056	1251	48
14	42631	90458	47128	1219	46
16	42683	90433	47199	1187	44
18	42736	90408	47270	1155	42
20	0.42788	0.90383	0.47341	2.1123	40
22	42841	90358	47412	1092	38
24	42894	90334	47483	1060	36
26	42946	90309	47555	1028	34
28	42999	90284	47626	0997	32
30	0.43051	0.90259	0.47698	2.0965	30
32	43104	90233	47769	0934	28
34	43156	90208	47840	0903	26
36	43209	90183	47912	0872	24
38	43261	90158	47984	0840	22
40	0.43313	0.90133	0.48055	2.0809	20
42	43366	90108	48127	0778	18
44	43418	90082	48198	0748	16
46	43471	90057	48270	0717	14
48	43523	90032	48342	0686	12
50	0.43575	0.90007	0.48414	2.0655	10
52	43628	89981	48486	0625	8
54	43680	89956	48557	0594	6
56	43733	89930	48629	0564	4
58	43785	89905	48701	0533	2
60	0.43837	0.89879	0.48773	2.0503	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 64°



26°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.43837	0.89879	0.48773	2.0503	60
2	43889	89854	48845	0473	58
4	43942	89828	48917	0443	56
6	43994	89803	48989	0413	54
8	44046	89777	49062	0383	52
10	0.44098	0.89752	0.49134	2.0353	50
12	44150	89726	49206	0323	48
14	44203	89700	49278	0293	46
16	44255	89674	49351	0263	44
18	44307	89649	49423	0233	42
20	0.44359	0.89623	0.49495	2.0204	40
22	44411	89597	49568	0174	38
24	44464	89571	49640	0145	36
26	44516	89545	49713	0115	34
28	44568	89519	49786	0086	32
30	0.44620	0.89493	0.49858	2.0057	30
32	44672	89467	49931	0028	28
34	44724	89441	50004	1.9999	26
36	44776	89415	50076	9970	24
38	44828	89389	50149	9941	22
40	0.44880	0.89363	0.50222	1.9912	20
42	44932	89337	50295	9883	18
44	44984	89311	50368	9854	16
46	45036	89285	50441	9825	14
48	45088	89259	50514	9797	12
50	0.45140	0.89232	0.50587	1.9768	10
52	45192	89206	50660	9740	8
54	45243	89180	50733	9711	6
56	45295	89153	50806	9683	4
58	45347	89127	50879	9654	2
60	0.45399	0.89101	0.50953	1.9626	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

63°



27°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.45399	0.89101	0.50953	1.9626	60
2	45451	89074	51026	9598	58
4	45503	89048	51099	9570	56
6	45554	89021	51173	9542	54
8	45606	88995	51246	9514	52
10	0.45658	0.88968	0.51319	1.9486	50
12	45710	88942	51393	9458	48
14	45762	88915	51467	9430	46
16	45813	88888	51540	9402	44
18	45865	88862	51614	9375	42
20	0.45917	0.88835	0.51688	1.9347	40
22	45968	88808	51761	9319	38
24	46020	88782	51835	9292	36
26	46072	88755	51909	9265	34
28	46123	88728	51983	9237	32
30	0.46175	0.88701	0.52057	1.9210	30
32	46226	88674	52131	9183	28
34	46278	88647	52205	9155	26
36	46330	88620	52279	9128	24
38	46381	0.88593	52353	9101	22
40	0.46433	88566	0.52427	1.9074	20
42	46484	88539	52501	9047	18
44	46536	88512	52575	9020	16
46	46587	88485	52650	8993	14
48	46639	88458	52724	8967	12
50	0.46690	0.88431	0.52798	1.8940	10
52	46742	88404	52873	8913	8
54	46793	88377	52947	8887	6
56	46844	88349	53022	8860	4
58	46896	88322	53096	8834	2
60	0.46947	0.88295	0.53171	1.8807	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

62°

## 28°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.46947	0.88295	0.53171	1.8807	60
2	46999	88267	53246	8781	58
4	47050	88240	53320	8755	56
6	47101	88213	53395	8728	54
8	47153	88185	53470	8702	52
10	0.47204	0.88158	0.53545	1.8676	50
12	47255	88130	53620	8650	48
14	47306	88103	53694	8624	46
16	47358	88075	53769	8598	44
18	47409	88048	53844	8572	42
20	0.47460	0.88020	0.53920	1.8546	40
22	47511	87993	53995	8520	38
24	47562	87965	54070	8495	36
26	47614	87937	54145	8469	34
28	47665	87909	54220	8443	32
30	0.47716	0.87882	0.54296	1.8418	30
32	47767	87854	54371	8392	28
34	47818	87826	54446	8367	26
36	47869	87798	54522	8341	24
38	47920	87770	54597	8316	22
40	0.47971	0.87743	0.54673	1.8291	20
42	48022	87715	54748	8265	18
44	48073	87687	54824	8240	16
46	48124	87659	54900	8215	14
48	48175	87631	54975	8190	12
50	0.48226	0.87603	0.55051	1.8165	10
52	48277	87575	55127	8140	8
54	48328	87546	55203	8115	6
56	48379	87518	55279	8090	4
58	48430	87490	55355	8065	2
60	0.48481	0.87462	0.55431	1.8040	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 61°

## 29°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.48481	0.87462	0.55431	1.8040	60
2	48532	87434	55507	8016	58
4	48583	87406	55583	7991	56
6	48634	87377	55659	7966	54
8	48684	87349	55736	7942	52
10	0.48735	0.87321	0.55812	1.7917	50
12	48786	87292	55888	7893	48
14	48837	87264	55964	7868	46
16	48888	87235	56041	7844	44
18	48938	87207	56117	7820	42
20	0.48989	0.87178	0.56194	1.7796	40
22	49040	87150	56270	7771	38
24	49090	87121	56347	7747	36
26	49141	87093	56424	7723	34
28	49192	87064	56501	7699	32
30	0.49242	0.87036	0.56577	1.7675	30
32	49293	87007	56654	7651	28
34	49344	86978	56731	7627	26
36	49394	86949	56808	7603	24
38	49445	86921	56885	7579	22
40	0.49495	0.86892	0.56962	1.7556	20
42	49546	86863	57039	7532	18
44	49596	86834	57116	7508	16
46	49647	86805	57193	7485	14
48	49697	86777	57271	7461	12
50	0.49748	0.86748	0.57348	1.7437	10
52	49798	86719	57425	7414	8
54	49849	86690	57503	7391	6
56	49899	86661	57580	7367	4
58	49950	86632	57657	7344	2
60	0.50000	0.86603	0.57735	1.7321	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 60°

## 30°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 50000	0. 86603	0. 57735	1. 7321	60
2	50050	86573	57813	7297	58
4	50101	86544	57890	7274	56
6	50151	86515	57968	7251	54
8	50201	86486	58046	7228	52
10	0. 50252	0. 86457	0. 58124	1. 7205	50
12	50302	86427	58201	7182	48
14	50352	86398	58279	7159	46
16	50403	86369	58357	7136	44
18	50453	86340	58435	7113	42
20	0. 50503	0. 86310	0. 58513	1. 7090	40
22	50553	86281	58591	7067	38
24	50603	86251	58670	7045	36
26	50654	86222	58748	7022	34
28	50704	86192	58826	6999	32
30	0. 50754	0. 86163	0. 58905	1. 6977	30
32	50804	86133	58983	6954	28
34	50854	86104	59061	6932	26
36	50904	86074	59140	6909	24
38	50954	86045	59218	6887	22
40	0. 51004	0. 86015	0. 59297	1. 6864	20
42	51054	85985	59376	6842	18
44	51104	85956	59454	6820	16
46	51154	85926	59533	6797	14
48	51204	85896	59612	6775	12
50	0. 51254	0. 85866	0. 59691	1. 6753	10
52	51304	85836	59770	6731	8
54	51354	85806	59849	6709	6
56	51404	85777	59928	6687	4
58	51454	85747	60007	6665	2
60	0. 51504	0. 85717	0. 60086	1. 6643	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 59°

## 31°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 51504	0. 85717	0. 60086	1. 6643	60
2	51554	85687	60165	6621	58
4	51604	85657	60245	6599	56
6	51653	85627	60324	6577	54
8	51703	85597	60403	6555	52
10	0. 51753	0. 85567	0. 60483	1. 6534	50
12	51803	85536	60562	6512	48
14	51852	85506	60642	6490	46
16	51902	85476	60721	6469	44
18	51952	85446	60801	6447	42
20	0. 52002	0. 85416	0. 60881	1. 6426	40
22	52051	85385	60960	6404	38
24	52101	85355	61040	6383	36
26	52151	85325	61120	6361	34
28	52200	85294	61200	6340	32
30	0. 52250	0. 85264	0. 61280	1. 6318	30
32	52299	85234	61360	6297	28
34	52349	85203	61440	6276	26
36	52399	85173	61520	6255	24
38	52448	85142	61601	6234	22
40	0. 52498	0. 85112	0. 61681	1. 6212	20
42	52547	85081	61761	6191	18
44	52597	85051	61842	6170	16
46	52646	85020	61922	6149	14
48	52696	84989	62003	6128	12
50	0. 52745	0. 84959	0. 62083	1. 6107	10
52	52794	84928	62164	6087	8
54	52844	84897	62245	6066	6
56	52893	84866	62325	6045	4
58	52943	84836	62406	6024	2
60	0. 52992	0. 84805	0. 62487	1. 6003	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 58°

32°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 52992	0. 84805	0. 62487	1. 6003	60
2	53041	84774	62568	5983	58
4	53091	84743	62649	5962	56
6	53140	84712	62730	5941	54
8	53189	84681	62811	5921	52
10	0. 53238	0. 84650	0. 62892	1. 5900	50
12	53288	84619	62973	5880	48
14	53337	84588	63055	5859	46
16	53386	84557	63136	5839	44
18	53435	84526	63217	5818	42
20	0. 53484	0. 84495	0. 63299	1. 5798	40
22	53534	84464	63380	5778	38
24	53583	84433	63462	5757	36
26	53632	84402	63544	5737	34
28	53681	84370	63625	5717	32
30	0. 53730	0. 84339	0. 63707	1. 5697	30
32	53779	84308	63789	5677	28
34	53828	84277	63871	5657	26
36	53877	84245	63953	5637	24
38	53926	84214	64035	5617	22
40	0. 53975	0. 84182	0. 64117	1. 5597	20
42	54024	84151	64199	5577	18
44	54073	84120	64281	5557	16
46	54122	84088	64363	5537	14
48	54171	84057	64446	5517	12
50	0. 54220	0. 84025	0. 64528	1. 5497	10
52	54269	83994	64610	5477	8
54	54317	83962	64693	5458	6
56	54366	83930	64775	5438	4
58	54415	83899	64858	5418	2
60	0. 54464	0. 83867	0. 64941	1. 5399	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

57°

## 33°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 54464	0. 83867	0. 64941	1. 5399	60
2	54513	83835	65024	5379	58
4	54561	83804	65106	5359	56
6	54610	83772	65189	5340	54
8	54659	83740	65272	5320	52
10	0. 54708	0. 83708	0. 65355	1. 5301	50
12	54756	83676	65438	5282	48
14	54805	83645	65521	5262	46
16	54854	83613	65604	5243	44
18	54902	83581	65688	5224	42
20	0. 54951	0. 83549	0. 65771	1. 5204	40
22	54999	83517	65854	5185	38
24	55048	83485	65938	5166	36
26	55097	83453	66021	5147	34
28	55145	83421	66105	5127	32
30	0. 55194	0. 83389	0. 66189	1. 5108	30
32	55242	83356	66272	5089	28
34	55291	83324	66356	5070	26
36	55339	83292	66440	5051	24
38	55388	83260	66524	5032	22
40	0. 55436	0. 83228	0. 66608	1. 5013	20
42	55484	83195	66692	4994	18
44	55533	83163	66776	4975	16
46	55581	83131	66860	4957	14
48	55630	83098	66944	4938	12
50	0. 55678	0. 83066	0. 67028	1. 4919	10
52	55726	83034	67113	4900	8
54	55775	83001	67197	4882	6
56	55823	82969	67282	4863	4
58	55871	82936	67366	4844	2
60	0. 55919	0. 82904	0. 67451	1. 4826	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 56°



## 34°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 55919	0. 82904	0. 67451	1. 4826	60
2	55968	82871	67536	4807	58
4	56016	82839	67620	4788	56
6	56064	82806	67705	4770	54
8	56112	82773	67790	4751	52
10	0. 56160	0. 82741	0. 67875	1. 4733	50
12	56208	82708	67960	4715	48
14	56256	82675	68045	4696	46
16	56305	82643	68130	4678	44
18	56353	82610	68215	4659	42
20	0. 56401	0. 82577	0. 68301	1. 4641	40
22	56449	82544	68386	4623	38
24	56497	82511	68471	4605	36
26	56545	82478	68557	4586	34
28	56593	82446	68642	4568	32
30	0. 56641	0. 82413	0. 68728	1. 4550	30
32	56689	82380	68814	4532	28
34	56736	82347	68900	4514	26
36	56784	82314	68985	4496	24
38	56832	82281	69071	4478	22
40	0. 56880	0. 82248	0. 69157	1. 4460	20
42	56928	82214	69243	4442	18
44	56976	82181	69329	4424	16
46	57024	82148	69416	4406	14
48	57071	82115	69502	4388	12
50	0. 57119	0. 82082	0. 69588	1. 4370	10
52	57167	82048	69675	4352	8
54	57215	82015	69761	4335	6
56	57262	81982	69847	4317	4
58	57310	81949	69934	4299	2
60	0. 57358	0. 81915	0. 70021	1. 4281	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 55°



## 35°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 57358	0. 81915	0. 70021	1. 4281	60
2	57405	81882	70107	4264	58
4	57453	81848	70194	4246	56
6	57501	81815	70281	4229	54
8	57548	81782	70368	4211	52
10	0. 57596	0. 81748	0. 70455	1. 4193	50
12	57643	81714	70542	4176	48
14	57691	81681	70629	4158	46
16	57738	81647	70717	4141	44
18	57786	81614	70804	4124	42
20	0. 57833	0. 81580	0. 70891	1. 4106	40
22	57881	81546	70979	4089	38
24	57928	81513	71066	4071	36
26	57976	81479	71154	4054	34
28	58023	81445	71242	4037	32
30	0. 58070	0. 81412	0. 71329	1. 4019	30
32	58118	81378	71414	4002	28
34	58165	81344	71505	3985	26
36	58212	81310	71593	3968	24
38	58260	81276	71681	3951	22
40	0. 58307	0. 81242	0. 71769	1. 3934	20
42	58354	81208	71857	3916	18
44	58401	81174	71946	3899	16
46	58449	81140	72034	3882	14
48	58496	81106	72122	3865	12
50	0. 58543	0. 81072	0. 72211	1. 3848	10
52	58590	81038	72299	3831	8
54	58637	81004	72388	3814	6
56	58684	80970	72477	3798	4
58	58731	80936	72565	3781	2
60	0. 58779	0. 80902	0. 72654	1. 3764	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 54°

## 36°

分 ( ' )	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 58779	0. 80902	0. 72654	1. 3764	60
2	58826	80867	72743	3747	58
4	58873	80833	72832	3730	56
6	58920	80799	72921	3713	54
8	58967	80765	73010	3697	52
10	0. 59014	0. 80730	0. 73100	1. 3680	50
12	59061	80696	73189	3663	48
14	59108	80662	73278	3647	46
16	59154	80627	73368	3630	44
18	59210	80593	73457	3613	42
20	0. 59248	0. 80558	0. 73547	1. 3597	40
22	59295	80524	73637	3580	38
24	59342	80489	73726	3564	36
26	59389	80455	73816	3547	34
28	59436	80420	73906	3531	32
30	0. 59482	0. 80386	0. 73996	1. 3514	30
32	59529	80351	74086	3498	28
34	59576	80316	74176	3481	26
36	59622	80282	74267	3465	24
38	59669	80247	74357	3449	22
40	0. 59716	0. 80212	0. 74447	1. 3432	20
42	59763	80178	74538	3416	18
44	59809	80143	74628	3400	16
46	59856	80108	74719	3384	14
48	59902	80073	74810	3367	12
50	0. 59949	0. 80038	0. 74900	1. 3351	10
52	59995	80003	74991	3335	8
54	60042	79968	75082	3319	6
56	60089	79934	75173	3303	4
58	60135	79899	75264	3287	2
60	0. 60182	0. 79864	0. 75355	1. 3270	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 ( ' )

## 53°

## 37°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 60182	0. 79864	0. 75355	1. 3270	60
2	60228	79829	75447	3254	58
4	60274	79793	75538	3238	56
6	60321	79758	75629	3222	54
8	60367	79723	75721	3206	52
10	0. 60414	0. 79688	0. 75812	1. 3190	50
12	60460	79653	75904	3175	48
14	60506	79618	75996	3159	46
16	60553	79583	76088	3143	44
18	60599	79547	76180	3127	42
20	0. 60645	0. 79512	0. 76272	1. 3111	40
22	60691	79477	76364	3095	38
24	60738	79441	76456	3079	36
26	60784	79406	76548	3064	34
28	60830	79371	76640	3048	32
30	0. 60876	0. 79335	0. 76733	1. 3032	30
32	60933	79300	76825	3017	28
34	60968	79264	76918	3001	26
36	61015	79229	77010	2985	24
38	61061	79193	77103	2970	22
40	0. 61107	0. 79158	0. 77196	1. 2954	20
42	61153	79122	77289	2938	18
44	61199	79087	77382	2923	16
46	61245	79051	77475	2907	14
48	61291	79016	77568	2892	12
50	0. 61337	0. 78980	0. 77661	1. 2876	10
52	61383	78944	77754	2861	8
54	61429	78908	77848	2846	6
56	61474	78873	77941	2830	4
58	61520	78837	78035	2815	2
60	0. 61566	0. 78801	0. 78129	1. 2799	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 52°

## 38°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 61566	0. 78801	0. 78129	1. 2799	60
2	61612	78765	78222	2784	58
4	61658	78729	78316	2769	56
6	61704	78694	78410	2753	54
8	61749	78658	78504	2738	52
10	0. 61795	0. 78622	0. 78598	1. 2723	50
12	61841	78586	78692	2708	48
14	61887	78550	78786	2693	46
16	61932	78514	78881	2677	44
18	61978	78478	78975	2662	42
20	0. 62024	0. 78442	0. 79070	1. 2647	40
22	62069	78405	79164	2632	38
24	62115	78369	79259	2617	36
26	62160	78333	79354	2602	34
28	62206	78297	79449	2587	32
30	0. 62251	0. 78261	0. 79544	1. 2572	30
32	62297	78225	79639	2557	28
34	62342	78188	79734	2542	26
36	62388	78152	79829	2527	24
38	62433	78116	79924	2512	22
40	0. 62479	0. 78079	0. 80020	1. 2497	20
42	62524	78043	80115	2482	18
44	62570	78007	80211	2467	16
46	62615	77970	80306	2452	14
48	62660	77934	80402	2437	12
50	0. 62706	0. 77897	0. 80498	1. 2423	10
52	62751	77861	80594	2408	8
54	62796	77824	80690	2393	6
56	62842	77788	80786	2378	4
58	62887	77751	80882	2364	2
60	0. 62932	0. 77715	0. 80978	1. 2349	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 51°

## 39°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 62932	0. 77715	0. 80978	1. 2349	60
2	62977	77678	81075	2334	58
4	63022	77641	81171	2320	56
6	63068	77605	81268	2305	54
8	63113	77568	81364	2290	52
10	0. 63158	0. 77531	0. 81461	1. 2276	50
12	63203	77494	81558	2261	48
14	63248	77458	81655	2247	46
16	63293	77421	81752	2232	44
18	63338	77384	81849	2218	42
20	0. 63383	0. 77347	0. 81946	1. 2203	40
22	63428	77310	82044	2189	38
24	63473	77273	82141	2174	36
26	63518	77236	82238	2160	34
28	63563	77199	82336	2145	32
30	0. 63608	0. 77162	0. 82434	1. 2131	30
32	63653	77125	82531	2117	28
34	63698	77088	82629	2102	26
36	63742	77051	82727	2088	24
38	63787	77014	82825	2074	22
40	0. 63832	0. 76977	0. 82923	1. 2059	20
42	63877	76940	83022	2045	18
44	63922	76903	83120	2031	16
46	63966	76866	83218	2017	14
48	64011	76828	83317	2002	12
50	0. 64056	0. 76791	0. 83415	1. 1988	10
52	64100	76754	83514	1974	8
54	64145	76717	83613	1960	6
56	64190	76679	83712	1946	4
58	64234	76642	83811	1932	2
60	0. 64279	0. 76604	0. 83910	1. 1918	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 50°

## 40°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 64279	0. 76604	0. 83910	1. 1918	60
2	64323	76567	84009	1903	58
4	64368	76530	84108	1889	56
6	64412	76492	84208	1875	54
8	64457	76455	84307	1861	52
10	0. 64501	0. 76417	0. 84407	1. 1847	50
12	64546	76380	84507	1833	48
14	64590	76342	84606	1819	46
16	64635	76304	84706	1806	44
18	64679	76267	84806	1792	42
20	0. 64723	0. 76229	0. 84906	1. 1778	40
22	64768	76192	85006	1764	38
24	64812	76154	85107	1750	36
26	64856	76116	85207	1736	34
28	64901	76078	85308	1722	32
30	0. 64945	0. 76041	0. 85408	1. 1708	30
32	64989	76003	85509	1695	28
34	65033	75965	85609	1681	26
36	65077	75927	85710	1667	24
38	65122	75889	85811	1653	22
40	0. 65166	0. 75851	0. 85912	1. 1640	20
42	65210	75813	86014	1626	18
44	65254	75775	86115	1612	16
46	65298	75738	86216	1599	14
48	65342	75700	86318	1585	12
50	0. 65386	0. 75661	0. 86419	1. 1571	10
52	65430	75623	86521	1558	8
54	65474	75585	86623	1544	6
56	65518	75547	86725	1531	4
58	65562	75509	86827	1517	2
60	0. 65606	0. 75471	0. 86929	1. 1504	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 49°

## 41°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 65606	0. 75471	0. 86929	1. 1504	60
2	65650	75433	87031	1490	58
4	65694	75395	87133	1477	56
6	65738	75356	87236	1463	54
8	65781	75318	87338	1450	52
10	0. 65825	0. 75280	0. 87441	1. 1436	50
12	65869	75241	87543	1423	48
14	65913	75203	87646	1410	46
16	65956	75165	87749	1396	44
18	66000	75126	87852	1383	42
20	0. 66044	0. 75088	0. 87955	1. 1369	40
22	66088	75050	88059	1356	38
24	66131	75011	88162	1343	36
26	66175	74973	88265	1329	34
28	66218	74934	88369	1316	32
30	0. 66262	0. 74896	0. 88473	1. 1303	30
32	66306	74857	88576	1290	28
34	66349	74818	88680	1276	26
36	66383	74780	88784	1263	24
38	66436	74741	88888	1250	22
40	0. 66480	0. 74703	0. 88992	1. 1237	20
42	66523	74664	89097	1224	18
44	66566	74625	89201	1211	16
46	66610	74586	89306	1197	14
48	66653	74548	89410	1184	12
50	0. 66697	0. 74509	0. 89515	1. 1171	10
52	66740	74470	89620	1158	8
54	66783	74431	89725	1145	6
56	66827	74392	89830	1132	4
58	66870	74353	89935	1119	2
60	0. 66913	0. 74314	0. 90040	1. 1106	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 48°



## 42°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0.66913	0.74314	0.90040	1.1106	60
2	66956	74276	90146	1093	58
4	66999	74237	90251	1080	56
6	67043	74198	90357	1067	54
8	67086	74159	90463	1054	52
10	0.67129	0.74120	0.90569	1.1041	50
12	67172	74080	90674	1028	48
14	67215	74041	90781	1016	46
16	67258	74002	90887	1003	44
18	67301	73963	90993	0990	42
20	0.67344	0.73924	0.91099	1.0977	40
22	67387	73885	91206	0964	38
24	67430	73846	91313	0951	36
26	67473	73806	91419	0939	34
28	67516	73767	91526	0926	32
30	0.67559	0.73728	0.91633	1.0913	30
32	67602	73688	91740	0900	28
34	67645	73649	91847	0888	26
36	67688	73610	91955	0875	24
38	67730	73570	92062	0862	22
40	0.67773	0.73531	0.92170	1.0850	20
42	67816	73491	92277	0837	18
44	67859	73452	92385	0824	16
46	67901	73413	92493	0812	14
48	67944	73373	92601	0799	12
50	0.67987	0.73333	0.92709	1.0786	10
52	68029	73294	92817	0774	8
54	68072	73254	92926	0761	6
56	68115	73215	93034	0749	4
58	68157	73175	93143	0736	2
60	0.68200	0.73135	0.93252	1.0724	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 47°



## 43°

分 (')	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 68200	0. 73135	0. 93252	1. 0724	60
2	68242	73096	93360	0711	58
4	68285	73056	93469	0699	56
6	68327	73016	93578	0686	54
8	68370	72976	93688	0674	52
10	0. 68412	0. 72937	0. 93797	1. 0661	50
12	68455	72897	93906	0649	48
14	68497	72857	94016	0637	46
16	68539	72817	94125	0624	44
18	68582	72777	94235	0612	42
20	0. 68624	0. 72737	0. 94345	1. 0599	40
22	68666	72697	94455	0587	38
24	68709	72657	94565	0575	36
26	68751	72617	94676	0562	34
28	68793	72577	94786	0550	32
30	0. 68835	0. 72537	0. 94896	1. 0538	30
32	68878	72497	95007	0526	28
34	68920	72457	95118	0513	26
36	68962	72417	95229	0501	24
38	69004	72377	95340	0489	22
40	0. 69046	0. 72337	0. 95451	1. 0477	20
42	69088	72297	95562	0464	18
44	69130	72257	95673	0452	16
46	69172	72216	95785	0440	14
48	69214	72176	95897	0428	12
50	0. 69256	0. 72136	0. 96008	1. 0416	10
52	69298	72095	96120	0404	8
54	59340	72055	96232	0392	6
56	69382	72015	96344	0379	4
58	69424	71974	96457	0367	2
60	0. 69466	0. 71934	0. 96569	1. 0355	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 (')

## 46°

## 44°

分 ( ' )	正弦 sin	余弦 cos	正切 tan	余切 cot	
0	0. 69466	0. 71934	0. 96569	1. 0355	60
2	69508	71894	96681	0343	58
4	69549	71853	96794	0331	56
6	69591	71813	96907	0319	54
8	69633	71772	97020	0307	52
10	0. 69675	0. 71732	0. 97133	1. 0295	50
12	69717	71691	97246	0283	48
14	69758	71650	97359	0271	46
16	69800	71610	97472	0259	44
18	69842	71569	97586	0247	42
20	0. 69883	0. 71529	0. 97700	1. 0235	40
22	69925	71488	97813	0224	38
24	69966	71447	97927	0212	36
26	70008	71407	98041	0200	34
28	70049	71366	98155	0188	32
30	0. 70091	0. 71325	0. 98270	1. 0176	30
32	70132	71284	98384	0164	28
34	70174	71243	98499	0152	26
36	70215	71203	98613	0141	24
38	70257	71162	98728	0129	22
40	0. 70298	0. 71121	0. 98843	1. 0117	20
42	70339	71080	98958	0105	18
44	70381	71039	99073	0094	16
46	70422	70998	99189	0082	14
48	70463	70957	99304	0070	12
50	0. 70505	0. 70916	0. 99420	1. 0058	10
52	70546	70875	99536	0047	8
54	70587	70834	99652	0035	6
56	70628	70793	99768	0023	4
58	70670	70752	99884	0012	2
60	0. 70711	0. 70711	1. 00000	1. 0000	0
	余弦 cos	正弦 sin	余切 cot	正切 tan	分 ( ' )

## 45°