

目 录

绪论	1	习题	75
第一章 电气符号	3	第四章 电气图的识读	77
第一节 文字符号	3	第一节 识图的基本方法和步骤	77
第二节 图形符号	8	第二节 机床电气图的识读	79
第三节 项目代号	17	第三节 电子线路图的识读	87
第四节 回路标号	21	第四节 建筑电气平面图的识读	91
习题	23	第五节 印制板电路图	97
第二章 电气制图的一般规则	26	习题	104
第一节 图面构成	26	附表 电气图常用图形符号 (摘自 GB	
第二节 电气图的布局	30	4728—84 及 GB 4728—85)	107
第三节 图上位置的表示方法	32	附表 1 限定符号和常用的其他符号	107
第四节 电气元件的表示方法	35	附表 2 导线和连接器件图形符号	112
第五节 连接线的表示方法	39	附表 3 无源元件图形符号	114
第六节 接线图中的端子和连接线	44	附表 4 半导体管图形符号	117
习题	46	附表 5 电能的发生和转换图形符号	121
第三章 电气图的分类及特点	49	附表 6 开关、控制和保护装置图形符号	127
第一节 系统图和框图	49	附表 7 测量仪表图形符号	132
第二节 电路图	52	附表 8 电力、照明图形符号	134
第三节 接线图和接线表	55	附表 9 电信:交换和外围设备图形符号	138
第四节 逻辑图	62	附表 10 电信:传输用图形符号	140
第五节 功能表图	71		

绪 论

电气图是电气技术中应用最广泛的技术资料，是设计、生产、维修人员进行技术交流不可缺少的手段。电气图以图形、符号和图示等形式来传递和交换信息，有着文字语言不可替代的作用，所以电气图的绘制、识读都必须遵守统一的规范。这种规范包括电气图形符号的标准化和电气制图的标准化两个方面。

解放前，我国电气工业十分落后，只有简单的装配、维修能力，技术基础十分薄弱，且由于受到不同国家的影响，各地区各行业所依据的电气图绘制规则和所采用的图形符号各不相同，缺乏全国统一的标准，大大阻碍了电气技术的交流。50年代，随着机电工业的发展，大量引进前苏联标准，各个部门据此制订了各自的行业标准，电气标准化进程也从此起步。60年代，国家电气主管部门为制订国家统一标准，组织有关单位成立了标准制定工作组，从制订图形符号和文字符号标准入手，制订电气制图标准。1964年，首批5个电气标准问世，其中文字符号采用了汉语拼音字母。又在1975年和1978年，各增订了一个文字符号标准。这些标准在一定时期内推进了我国电气制图规范化的进程，促进了电气技术的交流，对提高我国电气图形符号标准化程度起了很大作用。

改革开放以来，我国与其他国家、地区间的技术交流和贸易往来十分频繁，已有标准的内容已经不能适应新时期电气事业在设备、技术、工艺、材料等方面的发展，不能满足使用要求，国家标准局在80年代组织有关单位成立了“全国电气图形符号标准化技术委员会”，参照国际通用的国际电工委员会（IEC）标准，本着结合我国实际、考虑新技术发展和积极采用国际标准的指导思想，全面展开了电气制图与图形符号国家标准的修订和制订工作。经过几年的努力，制订和修订了27个系列标准，自1985年起陆续发布并组织实施。这套新的标准基本构成了我国电气标准的体系，既填补了国家标准中一个重要方面的空白，又与其他相关的基础标准协调配套，还与国际标准趋于一致，使我国的标准化水平提高了一大步，在我国的社会主义经济建设和对外技术交流中发挥着重大的作用。

自1990年起，所有电气技术文件和图纸一律使用新的国家标准。电气技术的设计人员依据新的国家标准设计出规范的电气图；生产、维修人员依据新的国家标准来识读、理解电气图，据此指导生产和维修。总之，凡从事电气工作的人员均应了解并掌握新的国家标准。作为电气技术工人后备力量的中等职业学校电工专业的学生，当然必须学习依据国家标准制出的电气图知识。“电工应用识图”这门课程就是为此而开设的，它是中等职业学校电工专业的一门技术基础课，在电工专业课程中具有重要地位，其任务是培养学生识读电气图的基本能力，为学习其他专业课程打好基础。

作为这门技术基础课的教材，本书在编写时注意掌握以下几个原则：

(1) 科学性 本书以新的国家标准为依据，以电气制图、电气图形符号的国家标准为主要

内容，结合相关的其他标准，阐述电气图的基本知识及识图方法，依照知识的科学体系，由浅入深、由简到繁，循序渐进地安排教学内容。

(2) 可读性 电气图种类多，而电气图的识读与电工专业理论的学习分不开，故本书力求以浅显易懂的文字和简明的插图来介绍电气图的基本知识，以增强内容的可读性，尽量减少学习的难度，达到通顺易懂便于掌握的目的。

(3) 基础性 学习本书可为学习其他电工专业课程打好基础，特别是能扫清其他专业课程中识图方面的障碍，故本书对电子线路图、机床电气控制电路图的知识与识读方法等内容有所侧重，目的是为了与这些课程内容相衔接。本书还对建筑电气平面图作了介绍，意在拓宽读者视野，使其更具有专业实践能力。

另外，由于有关电气图的概念数量较多，图形、符号、标志更是纷繁多样，为使读者牢固掌握概念，正确理解、识别图面内容，故在每章后附有适量习题，以利于复习、巩固所学知识，从而顺利识图。

本书严格按照国家标准编写，其主要内容为：

- (1) 电气符号的构成和使用。
- (2) 电气制图的基本知识和一般规则。
- (3) 电气图的分类及各自的特点。
- (4) 电气图识读的基本方法。

必须说明，电气图的识读与其他电工专业知识是相辅相成、互为补充的，要真正读懂读通电气图，还有赖于对电气设备、元器件结构及工作原理的透彻了解。为此，必须认真学好其他电工专业课程，并在后续课程的学习和实际工作的应用中继续培养和提高识图能力。

第一章 电气符号

电气图主要用来阐述电的工作原理，描述电气产品的构成和功能，并提供产品装接和使用的方法，它是沟通电气设计人员、安装人员、操作人员的工程语言。电气图利用各种电气符号、图线来表示电气系统中各电气设备、装置、元器件的相互关系或连接关系。电气符号包括文字符号、图形符号、项目代号、回路标号等，它们相互关联，互为补充，以图形和文字从不同角度为电气图提供了各种信息。只有弄清电气符号的含义、构成及使用方法，才能正确识图。

本章要求：

(1) 理解文字符号的概念、构成和使用方法；掌握常用基本文字符号和辅助文字符号的含义；了解补充文字符号的补充规则。

(2) 理解图形符号、符号要素、限定符号、一般符号、方框符号的概念；了解图形符号常见的组合规律；会组合常用的图形符号；了解图形符号在使用时的方法和规则；能识别常用的图形符号及易混淆的图形符号。

(3) 理解项目代号的含义；了解各项目代号中各个代号段的前缀符号；掌握高层代号、位置代号、种类代号、端子代号的概念和各种代号的简化方式；了解项目代号的标注方法和组合规律。

(4) 理解回路标号的一般规则和电气图回路中习惯的标号方法，了解电气控制电路图中主回路和控制回路的线号标注方式，了解特定导线和端子的规定标记。

第一节 文字符号

所谓文字符号就是表示电气设备、装置、元器件的名称、功能、状态和特征的字符代码。本节介绍文字符号的构成及使用方法。

一、文字符号的构成

文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号两大部分。它可以用单一的字母代码或数字代码来表达，也可以用字母与数字组合的方式来表达。

1. 基本文字符号

基本文字符号主要表示电气设备、装置和元器件的种类名称，包括单字母符号和双字母符号。

(1) 单字母符号 在电气系统中，电气设备、装置、元器件种类繁多，国家标准将它们划分为 23 个大类，每个大类用一个大写拉丁字母表示（“I”、“J”、“O”除外）。如“R”表示电

阻器类，包括电阻器、变阻器、电位器、热敏电阻器等；“S”表示开关选择器类，包括控制开关、按钮开关等。由于单字母符号简单、清晰，一般情况下均被优先采用。

(2) 双字母符号 由于电气设备、装置、元器件的每一大类又有很多小类，为了更详细、更具体地表示某个大类中的某个类别，就要使用双字母符号。双字母符号的第二位字母一般来源于以下两个方面：

① 选用该设备、装置、元器件英文名称的首位字母。例如，“G”表示电源类，若要表示蓄电池，则以蓄电池的英文名称（Battery）的首位字母“B”作为双字母符号的第二位字母，因而蓄电池的文字符号为“GB”。

② 采用辅助文字符号中的第一位字母作为双字母符号中的第二位字母，这一点将在后面说明。

单字母符号和双字母符号见表 1-1。

表 1-1 电气设备常用基本文字符号

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号		设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号	
	中文名称	单字母	双字母		中文名称	单字母	双字母
组件 部件	分离元件放大器	A		非电量到电 量变换器或 电量到非电 量变换器	压力变换器	B	BP
	激光器				位置变换器		BQ
	调节器				旋转变换器(测速发电机)		BR
	本表其他地方未提及的组件、 部件				温度变换器		BT
	电桥				速度变换器		BV
	晶体管放大器		AB	电容器	电容器	C	
	集成电路放大器		AD		数字集成电路和器件		
	磁放大器		AJ		延迟线		
	电子管放大器		AM		双稳态元件		
	印制电路板		AV		单稳态元件		
	抽屉柜		AP		磁心存储器		
	支架盘		AT		寄存器		
			AR		磁带记录机		
					盘式记录机		
非电量到电量 变换器或电量 到非电量变换 器	热电阻传感器	B		其他元器件	本表其他地方未规定的器件	E	
	热电池				发热器件		EH
	光电池				照明灯		EL
	测功计				空气调节器		EV
	晶体换能器			保护器件	过电压放电器件	F	
	送话器				避雷器		
	拾音器				具有瞬时动作的限流保护器件		FA
	扬声器				具有延时动作的限流保护器件		FR
	耳机				具有延时和瞬时动作的限流保 护器件		FS
	自整角机						
	旋转变压器						
	模拟和多级数字 变换器或传感器 (用作指示和测量)						

续表

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号		设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号	
	中文名称	单字母	双字母		中文名称	单字母	双字母
保护器件	熔断器	F	FU	测量设备 试验设备	指示器件	P	
	限压保护器件		FV		记录器件		
发电机 电源	旋转发电机	G			积算测量器件		
	振荡器				信号发生器		
	发生器				电流表		PA
	同步发电机		GS		(脉冲)计数器		PC
	异步发电机		GA		电度表		PJ
	蓄电池		GB		记录仪器		PS
	旋转式或固定式变频器		GF		时钟、操作时间表		PT
信号器件		H			电压表		PV
	声响指示器		HA	电力电路的 开关器件		Q	
	光指示器		HL		断路器		QF
	指示灯		HL		电动机保护开关		QM
继电器 接触器		K			隔离开关		QS
	瞬时接触继电器		KA	电阻器	电阻器	R	
	瞬时有或无继电器		KA		变阻器		
	交流继电器		KA		电位器		RP
	闭锁接触继电器(机械闭锁或 永磁式有或无继电器)		KL		测量分路表		RS
	双稳态继电器		KL		热敏电阻器		RT
	接触器		KM		压敏电阻器		RV
	极化继电器		KP	控制、记忆、 信号电路的 开关器件选 择器	拨号接触器	S	
	簧片继电器		KR		连接级		
	延时有或无继电器		KT		控制开关		SA
	逆流继电器		KR		选择开关		SA
电感器 电抗器	感应线圈	L			按钮开关		SB
	线路陷波器				机电式有或无传感器(单级数 字传感器)		
	电抗器 (并联和串联)				液体标高传感器		SL
电动机	电动机	M			压力传感器		SP
	同步电动机		MS		位置传感器(包括接近传感器)		SQ
	可做发电机或电动机用的电机		MG		转数传感器		SR
	力矩电动机		MT		温度传感器		ST
模拟元件	运算放大器	N		变压器		T	
	混合模拟/数字器件				电流互感器		TA
					控制电路电源用变压器		TC

续表

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号		设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号	
	中文名称	单字母	双字母		中文名称	单字母	双字母
变压器	电力变压器	T	TM	端子 插头 插座	连接插头和插座	X	
	磁稳压器		TS		接线柱		
	电压互感器		TV		电缆封端和接头		
调制器 变换器	鉴频器	U			焊接端子板		
	解调器				连接片		XB
	变频器				测试插孔		XJ
	编码器				插头		XP
	变流器				插座		XS
	逆变器				端子板		XT
	整流器						
	电报译码器						
电子管 晶体管	气体放电管	V		电气操作的 机械器件	气阀	Y	
	二极管				电磁铁		YA
	晶体管				电磁制动器		YB
	晶闸管				电磁离合器		YC
	电子管				电磁吸盘		YH
	控制电路用电源的整流器				电动阀		YM
传输通道 波导 天线	导线	W			电磁阀		YV
	电缆				终端设备 混合变压器 滤波器 均衡器 限幅器		电缆平衡网络
	母线			压缩扩展器			
	波导			晶体滤波器			
	波导定向耦合器			网络			
	偶极天线						
	抛物天线						

2. 辅助文字符号

电气设备、装置、元器件中的种类名称用基本文字符号表示，而它们的功能、状态和特征则用辅助文字符号表示。

辅助文字符号通常用表示功能、状态和特征的英文单词的前一、二位字母构成，也可采用常用缩略语或约定俗成的习惯用法构成，一般不能超过三位字母。例如，表示“启动”，应采用“START”的前两位字母“ST”作为文字符号；而表示“停止（STOP）”的辅助文字符号必须再加一个字母为“STP”。辅助文字符号可与单字母符号组合成双字母符号，此时辅助文字符号一般采用表示功能、状态和特征的英文单词的第一个字母。例如，要表示时间继电器，可用表示继电器、接触器大类的“K”和表示时间的“T”二者组合成“KT”的双字母符号。

电气设备常用辅助文字符号见表 1-2。

表 1-2 电气设备常用辅助文字符号

辅助文字符号	名 称	辅助文字符号	名 称
A	电流	M	主
A	模拟	M	中
AC	交流	M	中间线
A	自动	M	手动
AUT		MAN	
ACC	加速	N	中性线
ADD	附加	OFF	断开
ADJ	可调	ON	闭合
AUX	辅助	OUT	输出
ASY	异步	P	压力
B	制动	P	保护
BRK			
BK	黑	PE	保护接地
BL	蓝	PEN	保护接地与中性线共用
BW	向后	PU	不接地保护
C	控制	R	记录
CW	顺时针	R	右
CCW	逆时针	R	反
D	延时(延迟)	RD	红
D	差动	R	复位
D	数字	RST	
D	降	RES	备用
DC	直流	RUN	运转
DEC	减	S	信号
E	接地	ST	启动
EM	紧急	S	置位,定位
F	快速	SET	
FB	反馈	SAT	饱和
FW	正,向前	STE	步进
GN	绿	STP	停止
H	高	SYN	同步
IN	输入	T	温度
INC	增	T	时间
IND	感应	TE	无噪声(防干扰)接地
L	左	V	真空
L	限制	V	速度
L	低	V	电压
LA	闭锁	WH	白
		YE	黄

3. 数字代码

文字符号除有字母符号外,还有数字代码。数字代码的使用方法主要有两种:

(1) 数字代码单独使用 数字代码单独使用时,表示各种元器件、装置的种类或功能,须按序编号,还要在技术说明中对代码意义加以说明。例如,电气设备中有继电器、电阻器、电

容器等,可用数字来代表器件的种类:“1”代表继电器,“2”代表电阻器,“3”代表电容器。再如,开关有“开”和“关”两种功能,可以用“1”表示“开”,用“2”表示“关”。

(2) 数字代码与字母符号组合使用 将数字代码与字母符号组合起来使用,可说明同一类电气设备、元器件的不同编号。例如,三个相同的继电器可以表示为“KA1、KA2、KA3”。

二、文字符号的使用

文字符号可在具体的电气设备、装置、元器件附近标注,也可用于编制电气技术文件中的项目代号。它在使用中有一定的规则,说明如下:

(1) 一般情况下编制电气图及电气技术文件时,应优先选用基本文字符号、辅助文字符号以及它们的组合。而在基本文字符号中,应优先选用单字母符号。只有当单字母符号不能满足要求时方可采用双字母符号。基本文字符号不能超过两位字母,辅助文字符号不能超过三位字母。

(2) 辅助文字符号可单独使用,也可将首位字母放在表示项目种类的单字母符号后面组成双字母符号。

(3) 当基本文字符号和辅助文字符号不够用时,可按有关电气名词术语国家标准或专业标准中规定的英文术语缩写进行补充。

(4) 因拉丁字母“I”、“O”易与阿拉伯数字“1”、“0”混淆,所以不允许用这两个字母作文字符号。

(5) 文字符号可作为限定符号与其他图形符号组合使用,以派生出新的图形符号,在本章第二节中将作介绍。

(6) 电气技术中的文字符号不适用于电气产品的型号编制及命名。

第二节 图形符号

文字符号提供了电气设备的种类和功能信息,但电气图中仅有文字符号是不够的,还需要有实物的信息。而在电气图中各种电气设备、装置及元器件不可能以实物表示,只能以一系列符号来表示,这就是图形符号,故图形符号是电气图的又一重要组成部分。尽管图形符号种类繁多,其构成却是有规律的,使用也有一定的规则。只要了解了图形符号的含义、构成规律及使用规则,就能正确识别图形符号,正确识图。本节介绍图形符号的构成及使用方法。

一、图形符号的概念及构成








1. 概念

图形符号指用于图样或其他技术文件中,表示一个设备或概念的图形、标记或字符。图形符号常由符号要素、一般符号和限定符号组成。

(1) 符号要素 指一种具有确定意义的简单图形,通常表示器件的轮廓或外壳,见表 1-3。符号要素必须同其他图形符号组合,以构成表示一个设备或概念的完整符号。

(2) 一般符号 指用来表示一类产品或此类产品特征的一种简单符号。一般符号可直接应用,也可加上限定符号使用。图 1-1 示出了常用元器件的一般符号。

表 1-3 符号要素

	<p>元件、装置、功能单元</p> <p>注：填入或加上适当的符号或代号于轮廓符号内，以表示元件、装置或功能单元</p>
	
	
	<p>外壳(容器)、管壳</p> <p>注：① 可使用其他形状的轮廓</p> <p>② 若外壳具有特殊的防护性能，可加注以引起注意</p> <p>③ 使用外壳符号是非强制性的，若不致引起混乱，外壳符号可省略，但若外壳与其他物件有连接，则必须示出外壳符号，必要时，外壳可以分开画出</p>
	
	<p>边界线</p> <p>注：用于表示在边界线内的元件、装置等是实际地、机械地或功能地相互联系在一起</p>
	<p>屏蔽(护罩)</p> <p>注：屏蔽可画成任何方便的形状</p>

(3) 限定符号 指用来提供附加信息的一种加在其他图形符号上的符号。图 1-2 示出了延时动作的限定符号，a 图、b 图虽形式不同，但都指从圆弧向圆心方向移动的延时动作。限定符号通常不能单独使用，一般符号、文字符号有时也用作限定符号。常用的限定符号见本书附表 1。

2. 构成

图形符号的构成方式有多种，最基本和最常用的有以下几种：

(1) 一般符号+限定符号 例如，图 1-3 中，表示开关的一般符号（见 a 图），分别与接触器功能符号（见 b 图）、断路器功能符号（见 c 图）、隔离器功能符号（见 d 图）、负荷开关功能符号（见 e 图）这几个限定符号组成接触器符号（见 f 图）、断路器符号（见 g 图）、隔离开关符号（见 h 图）、负荷开关符号（见 i 图）。

(2) 符号要素+一般符号 例如图 1-4 中，屏蔽同轴电缆图形符号（见 a 图），由表示屏蔽的符号要素（见 b 图）与同轴电缆的一般符号（见 c 图）组成。

(3) 符号要素+一般符号+限定符号 例如，图 1-5 中的 a 图是表示自动增益控制放大器的图形符号，它由表示功能单元的符号要素（见 b 图）与表示放大器的一般符号（见 c 图）、表示自动控制的限定符号（见 d 图），以及文字符号 dB（作为限定符号）构成。

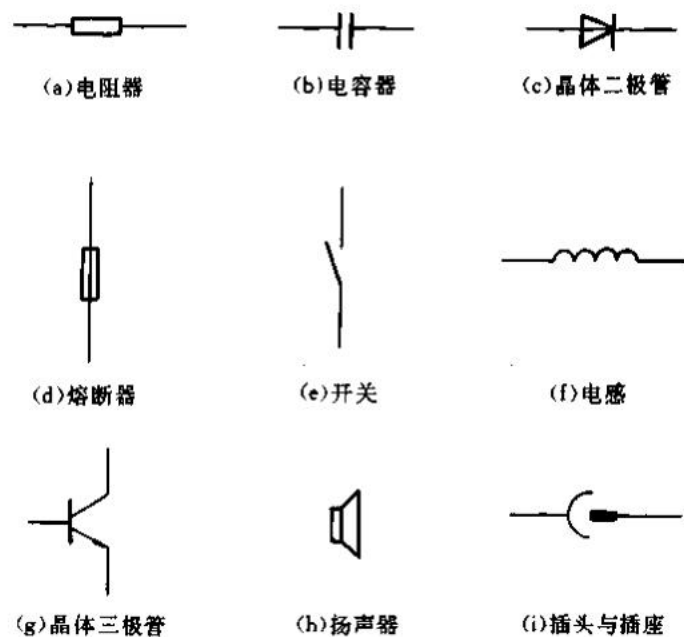


图 1-1 常用元器件的一般符号



图 1-2 延时动作的限定符号

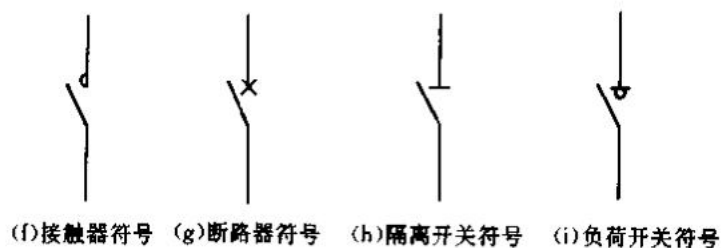


图 1-3 一般符号与限定符号的组合



图 1-4 符号要素与一般符号的组合



图 1-5 符号要素、一般符号、限定符号的组合

再如图 1-6 中的 a 图是稳流管图形符号,它由表示管壳的符号要素(见 b 图)、表示电阻器的一般符号(见 c 图)、非内在非线性可变性的限定符号(见 d 图)、表示气体材料的限定符号(见 e 图)和文字符号 U (作为限定符号)组成。



图 1-6 稳流管图形符号的组成

以上是图形符号的基本构成方式,在这些构成方式的基础上添加其他符号即可构成电气图常用图形符号(见本书末附表)。

电气图用图形符号还有一种方框符号,用以表示设备、元件间的组合及功能。它既不给出设备或元件的细节,也不反映它们间的任何连接关系,是一种简单的图形符号,通常只用于系统图和框图。方框符号的外形轮廓一般应为正方形,如图 1-7 所示。



图 1-7 方框符号

二、图形符号的使用

图形符号在使用中须遵守一定的规则。下面从符号表示的状态以及符号的选择、大小、取向、引线几个方面分别加以说明。

1. 符号表示的状态

图形符号是按无电压、无外力作用的常态画成的。继电器、接触器被驱动的动合触点处于断开位置，而动断触点处于闭合位置；断路器和隔离开关处于断开位置；带零位的手动开关处于零位位置，不带零位的手动开关处于图中规定的位置。

机械操作开关或触点的工作状态与工作条件或工作位置有关，它们的对应关系应在图形符号的附近加以说明。按开关或触点类型的不同，采用不同的说明方法，有以下几种：

(1) 对非电或非人工操作的开关或触点的说明 可用文字或坐标图形说明这类开关的工作状态。

① 用文字说明 在各组触点的符号旁用字母代号或数字标注，以表明其运行方式，然后在适当位置用文字来注释字母或数字所代表的运行方式，如图 1-8 中文字说明置于图的右侧。

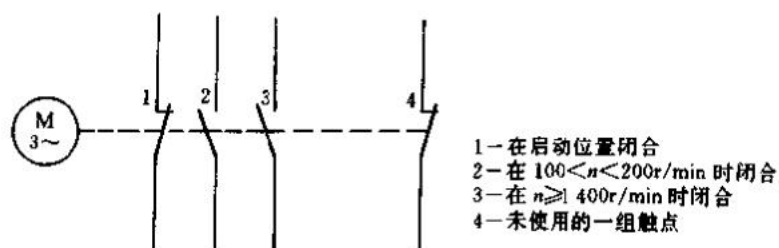


图 1-8 开关或触点运行方式用文字说明

② 用坐标图形表示 如表 1-4 所示，图中各坐标的垂直轴上，“0”表示触点断开，“1”表示触点闭合；水平轴表示改变运行方式的条件，如温度、速度、时间、角度、位置等。

表 1-4 触点的运行方式用坐标图形表示

坐标图形	说明	坐标图形	说明
	当温度等于或超过 15℃ 时，触点闭合		触点在速度为 0m/s 时闭合，在 5.2m/s 或以上时断开，当速度降到 5m/s 时闭合
	温度升至 35℃ 时，触点闭合；然后降到 20℃ 时，触点断开		触点在 60°~180° 之间和 240°~330° 之间闭合，在其他位置断开

(2) 对多位操作开关的说明 多位操作开关如组合开关、转换开关、滑动开关等，具有多个操作位置，开关内有多对触点，它们在不同的操作位置上工作状态是不同的。表示这类操作开关的图形符号必须反映出它们的工作状态与工作位置的关系。

① 在图形符号中用“·”表示 例如五位控制器，如图1-9所示。图中有四对触点，以“— · —”表示；有五个位置，用“0”表示操作手柄在中间位置，两侧的数字“1”、“2”表示操作位置数，或根据实际情况注写成手柄转动位置的角度。数字上可注文字符号表示具体的操作（前、后、自动、手动），竖向虚线表示手柄操作触点断、合的位置线，有“·”表示手柄转向该位置时触点接通，无“·”表示不通。例如手柄在“0”位置，第一对触点和第四对触点下有“·”，表示这两对触点接通；当手柄在“1”位置时，只有第二对触点下有“·”，说明第二对触点接通。

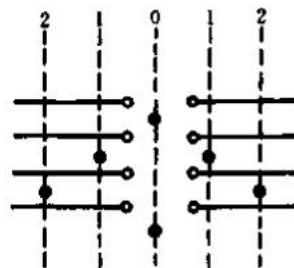


图 1-9 多位开关触点工作状态与工作位置的关系

② 图形符号与连接表相结合来表示 这种表示方法是在多位操作开关图形符号的附近列出触点或端子的连接表。例如，图1-10是四对触点的三位控制开关的图形符号；表1-5是触点工作状态的连接表，表中“×”表示接通，“—”表示断开。连接表表明：

位置 I，1—3 接通；

位置 II，5—7 接通；

位置 III，2—4 接通，6—8 接通。

这种表示方法应用比较灵活，可根据电路的布局来布置图形符号。



图 1-10 多位开关的符号

表 1-5 开关的端子连接表

位 置	端 子			
	1—3	2—4	5—7	6—8
I	×	—	—	—
II	—	—	×	—
III	—	×	—	×

(3) 对复合式开关的说明 这类开关的方框符号通常配有端子连接表，以补充说明开关端子互相连接的状态。图1-11是具有五个端子的六位鼓形旋转开关的符号，a图是方框符号，b图是结构示意图，c图是端子连接表。从结构示意图看出，六位鼓形旋转开关有三个互相独立的导电片。为了反映出五个端子与三个导电片在六个不同位置时的连接情况，在端子连接表中引用了“+”、“—”、“○”三种不同符号。若端子与左侧导电片连接，则用符号“+”；若端子与右上侧导电片连接，则用符号“○”；若端子与右下侧导电片连接，则用符号“—”。这样就可看出六位鼓形旋转开关在某个位置时，端子通过导电片相互连接的情况。

例如，当鼓形旋转开关在位置1时，5个端子未与任何导电片连接，故c图中在位置1未标任何符号；当鼓形旋转开关在位置1与位置2之间时，端子A、C与左侧导电片接触，在c图中

以符号“+”表示，以示端子 A 与端子 C 通过左侧导电片相连，而端子 D、E 与右上侧导电片接触，在 c 图中以符号“○”表示，以示端子 D 与端子 E 通过右上侧导电片相连，而 A、C 与 D、E 并无连接关系，其他位置以此类推。识图时，可根据连接表判断端子的连接情况。

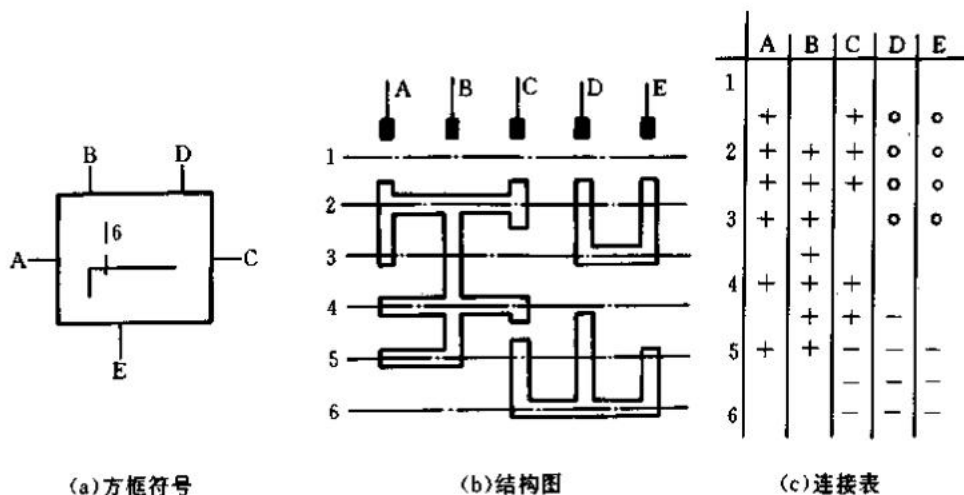


图 1-11 六位鼓形旋转开关的符号、结构、连接表

2. 符号的选择

国家标准给定的符号，有的有几种图形形式，如何选择使用，有以下的一些原则：

(1) 对于图形符号中的不同形式，可按需要选择使用，在同一套图中表示同一对象，应采用同一种形式。

(2) 如果图形符号中注明“优选形”时，应予优先选用。例如，电阻器符号有两种形式，如图 1-12 所示，应优先采用 a 图的符号而尽可能不用 b 图的符号。

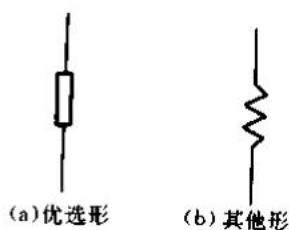


图 1-12 电阻器符号

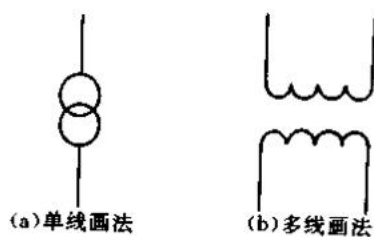


图 1-13 变压器符号

(3) 当同种含义的符号有几种形式时，应以满足表达需要为原则。例如图 1-13 中，变压器符号如 a 图所示，为单线式，适用于画单线图；b 图所示为多线式，适用于需要示出变压器绕组、端子和其他标记的多线画法。

(4) 有些结构复杂的图形符号除有普通形以外，还有简化形，在满足表达需要的前提下，

应尽量采用最简单的形式。

3. 符号的大小

符号的大小和图线的宽度并不影响符号的含义，所以可根据实际需要缩小或放大。当符号内部要增加标注内容以表达较多的信息时，这个符号可以放大。当一个符号用来限定另一个符号时，则该符号常被缩小绘制，如图 1-14 所示，三相同步发电机中的励磁机 (G) 符号，既可以画得与发电机 (GS) 符号一样大，如 a 图所示，也可以画得较小一些，如 b 图所示。

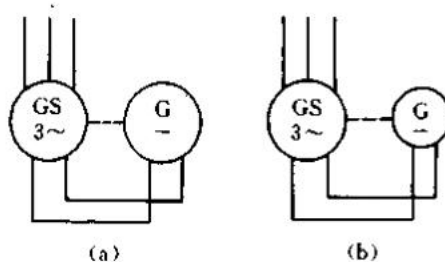


图 1-14 符号的大小

4. 符号的取向

图形符号的方位一般不是强制性的，在不改变图形符号含义的前提下，可根据图面布置的需要旋转或镜像放置，但文字和指示方向不能倒置，如图 1-15 所示。

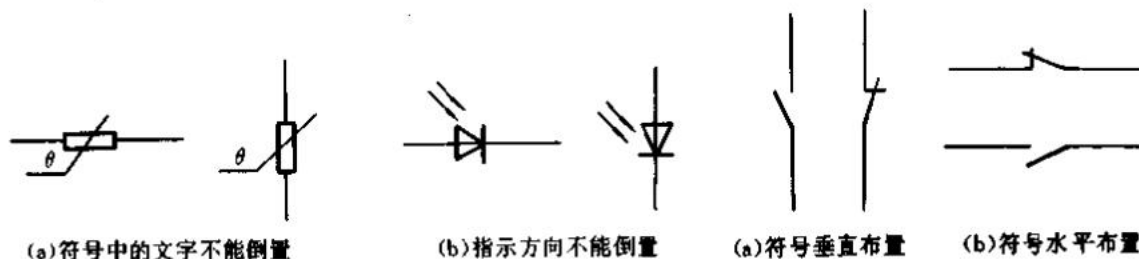


图 1-15 图形符号的方位非强制性

图 1-16 开关、触点符号的方位

对方位有规定要求的符号为数很少，但其中包括在电气图中占重要地位的各类开关、触点，当符号呈水平形式布置时，必须将竖向布置的符号按逆时针方向旋转 90°后画出，即必须画为“左开右闭”或“下开上闭”的形式，如图 1-16 所示。

5. 符号的引线

图形符号所带的连接线不是图形符号的组成部分，在大多数情况下，引线位置仅用作示例。在不改变符号含义的原则下，引线可取不同的方向。例如图 1-17 所示的变压器和整流器的引线方式都是允许的。

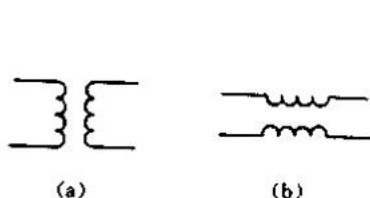


图 1-17 符号的引线方式

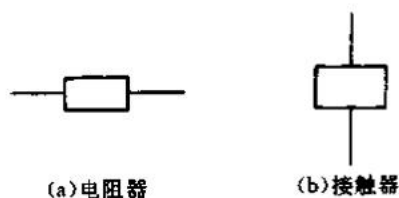


图 1-18 符号的引线影响符号含义

示，电阻器的引线是从矩形两短边引出（见 a 图），若改变引线为从矩形两长边引出（见 b 图），这样的图形符号就变成表示接触器线圈了。

三、一图多义

有些图形符号由于其使用场合不同而具有不同含义，应注意区别和正确使用。例如，“·”在不同场合有多种含义，如图 1-19 所示。

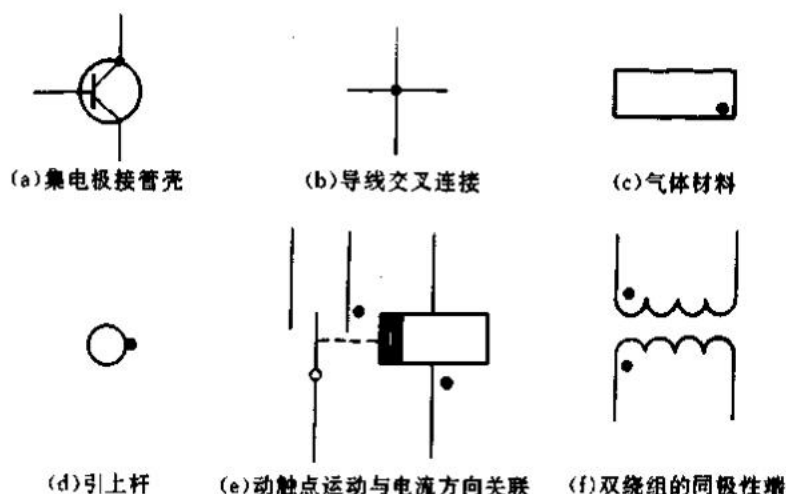


图 1-19 小黑圆点在不同场合的意义

再如，“×”既表示磁场效应符号，也表示消抹符号，还表示断路器功能符号；“J”既是双向击穿效应的限定符号，又是正阶跃函数的符号。

四、易混淆的图形符号

有些图形符号相似，使用时容易混淆，所以应分辨清楚。如图 1-20 (a) 中实心箭头在线端，表示力或运动方向；b 图中开口箭头在线中，表示信号与能量流动方向；c 图中的斜线带折，表示两根导线绞合；d 图中斜线带折，表示导线换位。

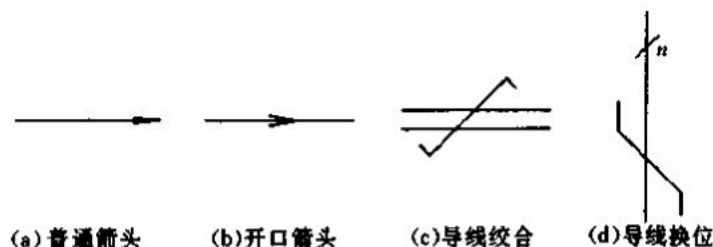


图 1-20 易混淆的图形符号

第三节 项目代号

电气技术领域中的项目是指可用一个图形符号表示的基本件、部件、组件、功能元件和系统。比如电阻器、继电器、发电机组、开关装置、电源装置等都可视为一个项目。在电气图上，项目通常用一个图形符号来表示。项目代号是用来识别图、表格中和设备上的项目种类，提供项目的层次关系信息、位置信息、种类信息等的特定代号，由特定的前缀符号、字母和数字按一定规律组合而成，是电气技术领域极为重要的代号。由于项目代号是以一个系统、成套装置或设备的依次分解为基础来编定的，建立了图形符号与实物间一一对应的关系，所以可以用来识别、查找各种图形符号所表示的元器件、装置和设备以及它们的隶属关系、安装位置。本节介绍项目代号的组成、使用与标注方法。

一、项目代号的组成

项目代号是由高层代号、位置代号、种类代号、端子代号根据不同场合的需要组合而成，它们分别用不同的前缀符号来识别。前缀符号后面跟字符代码，字符代码包括拉丁字母或阿拉伯数字，或者由字母和数字构成，其意义一般没有统一的规定（种类代号的字符代码除外），通常可以在设计文件中找到说明。大写字母和小写字母具有相同的意义（端子标记例外），但优先采用大写字母。下面分别介绍这四种代号。

1. 高层代号

高层代号指系统或设备中任何较高层次（对给予代号的项目而言）项目的代号。例如，一个机床的主传动装置，是由主电动机、启动器及其控制设备组成的项目；控制设备中包含了多个控制器件，如图 1-21 所示。

对某一控制器件而言，控制设备是一个高层，可以给定一个高层代号，说明这个控制器件隶属于控制设备；对主电动机、启动器或控制设备而言，机床主传动装置是一个高层，也可以给定一个高层代号，说明主电动机、启动器或控制设备都隶属于这个机床主传动装置。

高层代号的前缀符号为“=”，例如，机床主传动装置可用高层代号“=P”来表示，若整个系统中有几套这样的装置，则分别用“=P1、=P2、=P3……”来表示；某个装置中的控制设备可用高层代号“=T”来表示，若有几个控制设备，则用“=T1、=T2、=T3……”来表示。

高层代号若由几部分组成，如第一套机床传动装置中的第一种控制设备，可用高层代号“=P1=T1”来表示，可以简写为“=P1T1”。

2. 位置代号

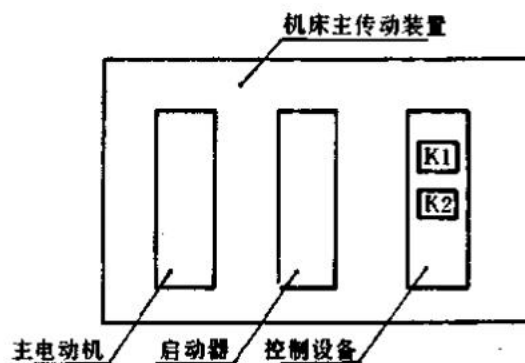


图 1-21 高层代号示例

位置代号是用于说明某个项目在组件、设备、系统或建筑物中的实际位置的代号。

位置代号的前缀符号为“+”，例如，某项目在第4号开关柜上，可以用位置代号“+4”来表示。

电气图中的位置代号也可由两组或多组代号复合并简化而成。例如，某个项目在第106室的第B排开关柜的第4号开关柜上，如图1-22所示。这个项目的位罝代号可表示为“+106+B+4”，简化后成为“+106B4”。有时在电气图中会出现“+B·C”或“+106·4”形式的位置代号，这是由于相邻两组位置代码均为字母或数字，为了加以区别，就在字母或数字间加注一个附点，以表示附点前后是两个层次不同的位置代号。

3. 种类代号

种类代号是用来识别电气图中的项目属于什么种类的代号。种类符号的前缀符号为“-”，它后面的字符代码有三种不同的表达形式：

(1) 字母加数字 这种表达形式较为常见，如“-K5”表示第5号继电器。种类代号中的字母采用文字符号中的基本文字符号，反映项目的类别、名称，一般是单字母，不能超过双字母，每个字母代表一个项目种类。

(2) 给每一个项目规定一个统一的数字序号 这种表达形式不分项目的类别，所有项目按顺序统一编号，例如可以按电路中的信息流向编号。这种方法简单，但不易识别项目的种类，所以须将数字序号和它代表的项目种类列成表，置于图后，以利识读。例如，“-17”代表第17号项目，在技术说明中必须说明“17”代表的种类。

(3) 按不同种类的项目分组编号 如“-1”表示继电器，“-2”表示电容器，而图中多个继电器可以表示成“-11”、“-12”、“-13”等；多个电容器可以表示成“-21”、“-22”、“-23”等。

种类代号的复合一般只限于用字母加数字作字符代码的表达形式，其复合方法、简化形式与高层代号相同。

4. 端子代号

端子代号指项目上用作与外电路进行电气连接的电器导电件的代号，前缀符号是“:”。例如断路器“-Q1”上的3号端子可表示为“-Q1:3”。

(1) 端子代号标注的一般原则 端子代号的标注应遵守如下原则：

① 单个元件 单个元件的两个端点用连续的两个数字表示，从“1”或“11”、“21”……开始排序。例如图1-23中，电阻器的两个接线端子用“1”和“2”表示，单个元件中间的各端子一般也用自然递增数字的数字来表示。

② 相同元件组 如果几个相同的元件组合成一个组，各个元件的接线端子的字符代码可以

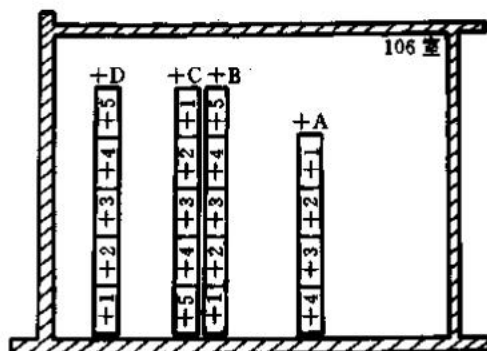


图 1-22 位置代号示例

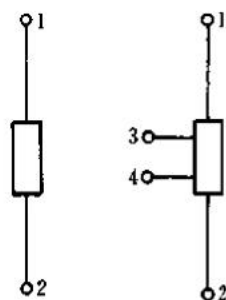


图 1-23 单个元件的端子

是：

a. 以自然递增数字的数字来表示 图 1-24 (a) 示出了接触器 KM 的动合触点，三对触点的端子按数字递增。

b. 在数字前冠以字母 例如，标志三相交流系统的端子代号为“U1”、“V1”、“W1”等，如图 1-24 (b) 所示。

c. 若不需要识别相别时，可用数字“1.1”、“2.1”、“3.1”，如图 1-24 (c) 所示，附点前的数字表示元件组中的不同元件，附点后的数字表示一个元件的两个端子。在不会引起误解时，也可省略附点，如图 1-24 (d) 所示。

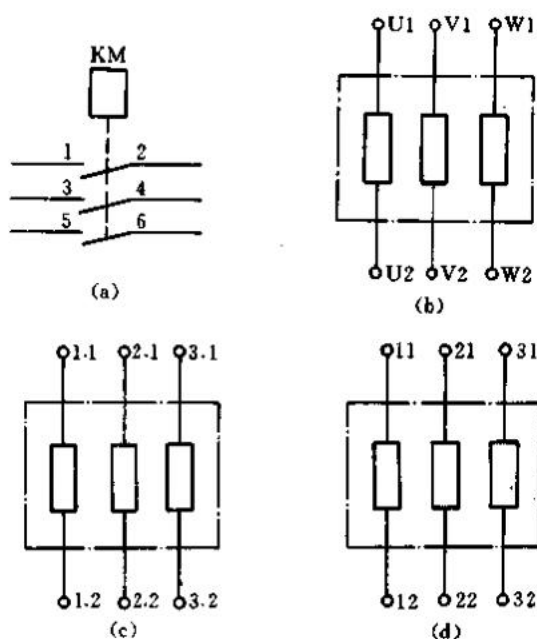


图 1-24 相同元件组的端子

(2) 与特定导线相连的电器接线端子的标记 电器接线端子与特定导线（包括绝缘导线）相连接时，规定有专门的标记方法。例如，三相交流电器的接线端子若与相位有关系时，字母代号必须是“U、V、W”，并且与交流三相导线“L1”、“L2”、“L3”一一对应。电器接线端子的标记见表 1-6，特定导线的标记见表 1-7。

表 1-6 电器接线端子的标记

电器接线端子的名称	标记符号	电器接线端子的名称	标记符号
交流系统 { 1 相 2 相 3 相 中性线	U	接地	E
	V	无噪声接地	TE
	W	机壳或机架	MM
	N	等电位	CC
保护接地	PE		

表 1-7 特定导线的标记

导线名称	标记符号	导线名称	标记符号
交流系统的电源	1 相	保护接地线	PE
	2 相	不接地的保护导线	PU
	3 相	保护接地线和中性线共用一线	PEN
	中性线	接地线	E
直流系统的电源	正	无噪声接地线	TE
	负	机壳或机架	MM
	中间线	等电位	CC

二、项目代号的使用与标注

项目代号中的四种代号层次较多,在电气图中标注时,常常不可能也不必要全部标注出来,在多数情况下,可以就项目本身的情况标注单一的代号或某几个代号的组合。

1. 单一的项目代号

单一的高层代号用于层次较高的各类电气图上,特别是各种系统图和框图,注写在表示该高层的围框或图形符号左上角。如果全图都同属一个高层或一个高层的一部分,高层代号可注写在标题栏上方,或在标题栏内说明。

单一的位置代号多用于接线图中,注写在表示单元的围框近旁。

单一的种类代号在电路图中使用广泛,当电路图采用集中法和半集中法(见本书第二章)时,项目代号只在符号旁标注一次,在采用分开表示法的电路图中,项目的每一部分的符号旁均要注写。通常,种类代号注写在项目的图形符号附近或围框边,如图 1-25 所示。

单一的端子代号一般只用于接线图和电路图中,端子代号可注写在端子符号的附近,不画小圆的端子则将端子代号注写在符号引线附近,注写方向以看图方向为准。在画有围框的功能单元或结构单元中,端子代号必须标在围框内(详见本书第二章第五节中的第五点“围框”)。端子板各端子代号以数字为序直接注写在各小矩形框内,注写方向应与小矩形的长边为水平,如图 1-26 所示。

2. 代号组合

(1) 高层代号加种类代号的组合 这种组合方式主要表示项目之间功能上的层次关系,不反映项目的安装位置。例如,第二套系统中的第三台电动机的项目代号为“=S2-M3”。

(2) 位置代号加种类代号的组合 这两种代号的组合,明确给出了项目的位置,但不表示

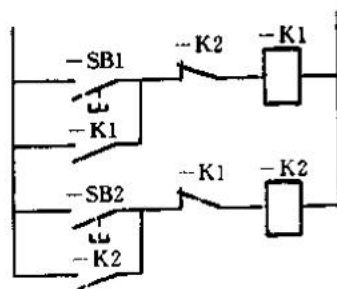


图 1-25 种类代号的标注

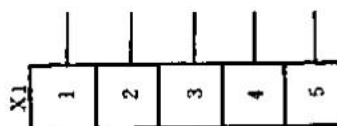


图 1-26 端子板端子代号的标注

功能关系。例如，项目代号“+106C-M3”表明第三台电动机在106室第C排开关柜上。

(3) 种类代号加端子代号的组合 这种组合多用于表示项目的端子代号，常见于接线图中。例如，图1-26中的各端子的代号为“-X1:1”、“-X1:2”……由此类推。

代号组合，除以上说明的两种代号组合外，还有三种代号的组合（如代号=“T1+C-K2”）和四种代号的组合（如代号=“T1+C-K2:3”）。代号组合的越多，项目代号所包含的项目信息就越多，但也可能会影响电气图面的清晰，所以项目代号注写时，在表达明确的前提下，要注意简洁。

还有，在不引起误解的前提下，某些代号的前缀符号也可以省略，但应在图纸的适当地方添加附注，说明省略了相应的前缀符号。

第四节 回路标号

电气图中除了有文字符号、图形符号、项目代号等标记外，还有表示回路的种类、特征的文字和数字标号，以便安装、维修人员接线和查线，这些标号统称为回路标号。本节依次介绍回路标号的一般原则和机床电气控制电路中的主回路、控制回路标号的方法。

一、回路标号的一般原则

(1) 回路标号是按等电位的原则进行的，即在回路中连接在一点上的所有导线标注相同的回路标号。

(2) 被电气设备的线圈、绕组、电阻、电容、各类开关、触点等元器件分隔开的线段，应视为不同的线段，标注不同的回路标号。

(3) 在一般情况下，回路标号由三位或三位以下的数字组成。以个位代表相别，如三相交流电路的相别分别用1、2、3，或个位奇偶性区别回路极性，如直流回路的正极侧用奇数，负极侧用偶数；以标号中的十位数字的顺序区分回路中的不同线段；以标号中的百位数字的顺序来区分不同供电电源的回路，如直流回路中A电源的正、负极回路标号用“101”和“102”表示，B电源的正、负极回路标号用“201”和“202”表示。电路中若共用同一个电源，则百位数可以省略。当要表明回路中的相别或某些主要特征时，可在数字标号的前面或后面增注文字符号，文字符号用大写字母，并与数字标号并列。

以上是电气图中回路的一般标号方法。在机床电气控制电路图中，回路标号实际上是导线的线号。下面介绍机床电气图中线号的标法。

二、主回路的线号

在机床电气控制的主回路中，线号由文字标号和数字标号构成。文字符号用来标明主回路中电气元件和线路的种类和特征，如三相电动机绕组用U、V、W表示。数字标号由三位数字构成，并遵循回路标号的一般原则。

主回路标号方法如图1-27所示，电源端用L1、L2、L3表示，“1、2、3”分别表示三相电源的相别，因电源开关左右两边属于不同线段，所以加一个十位数“1”，这样，经电源开关后标号为L11、L12、L13。

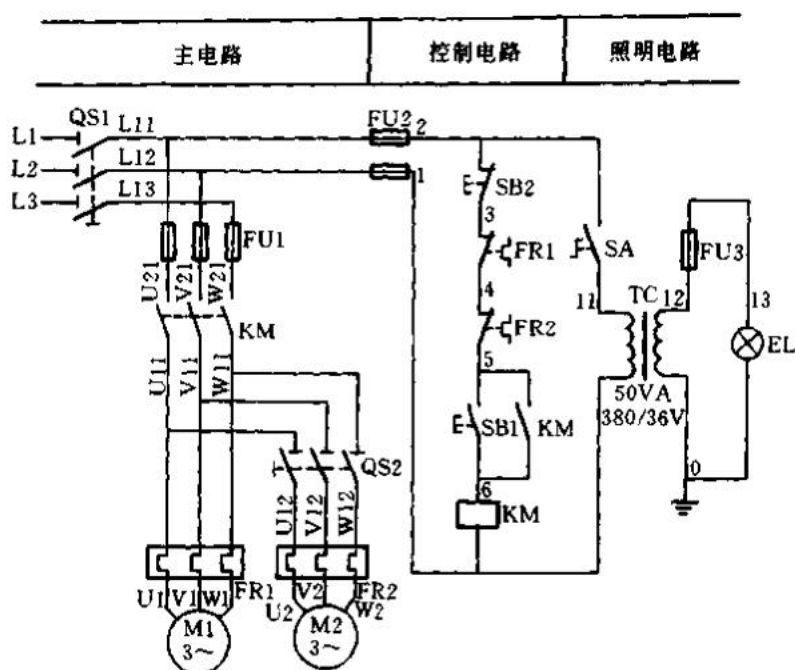


图 1-27 机床电气控制电路图中的线号标记

电动机动力电路的标号应从电动机绕组开始自下而上标号。以电动机 M1 的回路为例，电动机绕组的标号为 U1、V1、W1，在热继电器 FR1 的上触点的另一组线段，标号为 U11、V11、W11，再经接触器 KM 的上触点，标号变为 U21、V21、W21，经过熔断器 FU1 与三相电源线相连，并分别与 L11、L12、L13 同电位，故不用再标号。电动机 M2 回路的标号可由此类推。这个电路的回路因共用一个电源，所以省去了标号中的百位数字。

若主回路是直流回路，则按数字标号的个位数的奇偶性来区分回路的极性：正电源侧用奇数，负电源侧用偶数。

三、控制回路的线号

无论是直流还是交流的控制回路，线号的标注都有以下两种方法：

方法一：

常用的标注方法是首先编好控制回路电源引线线号，“1”通常标在控制线的最下方，然后按照控制回路从上到下、从左到右的顺序，以自然序数递增，每经过一个触点，线号依次递增，电位相等的导线线号相同，接地线作为“0”号线，如图 1-27 中的控制回路所示。

控制回路中往往包含多条支路，为留有余地，便于修改电路，当第一条支路线号依次标完后，第二条支路可不接着上面的线号数往下标，而从“11”开始依次递增。若第一条支路的线号已经标到 10 以上，则第二条支路可以从“21”开始，由此类推。

方法二：

以压降元件为界，其两侧的不同线段分别按标号个位数的奇偶性来依序标号。有时回路中的不同线段较多，标号可连续递增到两位奇偶数，如“11、13、15”、“12、14、16”等。压降元件包括接触器、继电器线圈、电阻和照明灯、铃等。

在垂直绘制的回路中，线号采用自上而下或自上至中、自下至中的方式，这里的“中”指压降元件所在位置，线号一般标在连接线的右侧。在水平绘制的回路中，线号采用自左而右或自左至中、自右至中的方式，这里的“中”同样是指压降元件所在位置，线号一般标注于连接线的上方，图 1-28 是垂直绘制的直流控制回路，K1、K2 为一耗能元件，故它们上下两侧的线号分别为奇偶数。与正电源相连的是 1 号线，在上至 K1 元件，经一个触点后线段的标号为 3 号，再经一个触点后的标号为 5 号；在 K1 下侧与负电源相联的线段的标号为 2，经一个触点后线段的标号为 4。在 K2 的支路中，也在 K2 元件两侧按奇偶数依照 K1 支路的顺序继续编号。

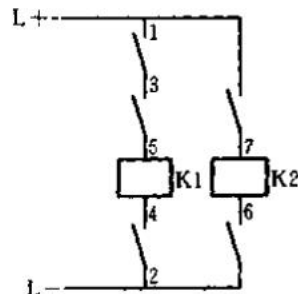


图 1-28 线号的奇偶数标记法

无论哪种标号方式，电路图与接线图上相应的线号应一致。

习 题

- 1-1 什么是电气技术中的文字符号？文字符号有何作用？
- 1-2 什么是基本文字符号？基本文字符号是如何构成的？在使用时有什么要求？

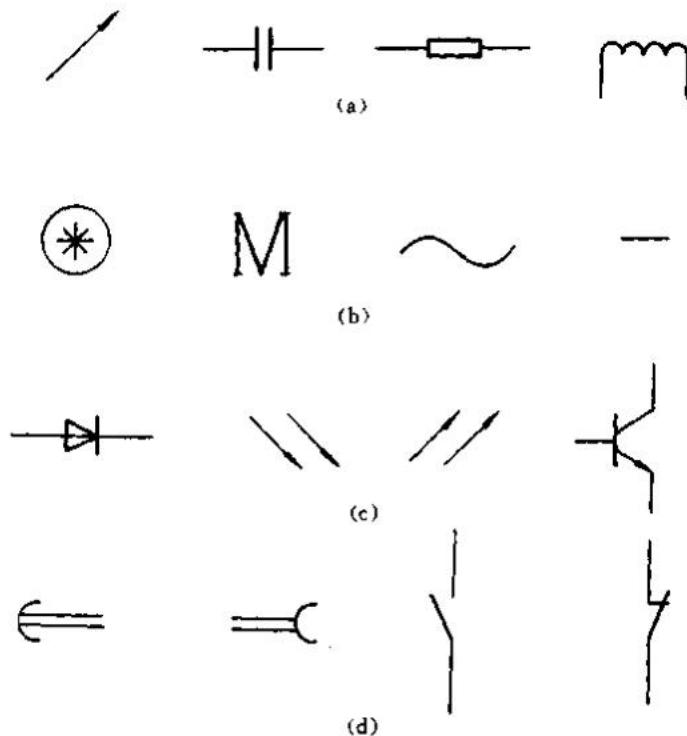


图 1-29

1-3 辅助文字符号是如何构成的？在使用时有什么要求？

1-4 下列文字符号表示什么含义？

GA GS SA SB FR FU RT RP
KV KT YA YC QF QS TA TV

1-5 说明下列名称的含义：图形符号、一般符号、符号要素、限定符号、方框符号。

1-6 将图 1-29 中的各组符号进行适当组合，并说明组合后的图形符号的含义。

1-7 说明图 1-30 中的图形符号的含义，这些图形符号又由哪些符号组成？

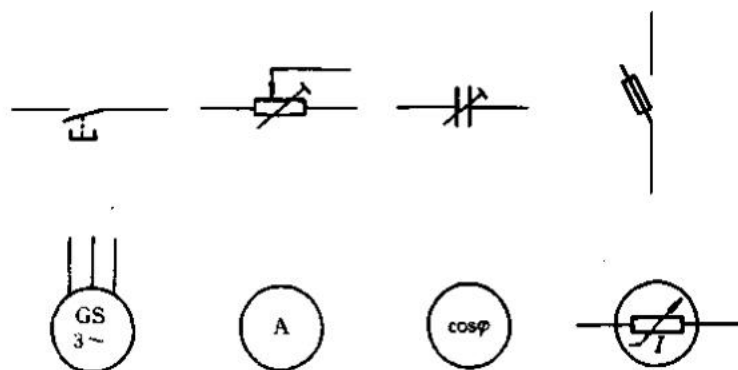


图 1-30

1-8 说明图 1-31 中各图形符号在不同情况下的不同含义。



图 1-31

1-9 电气图用图形符号在使用时应遵循哪些规则？

1-10 图 1-32 中的各符号的取向或引线作了改变，请说明其正误。

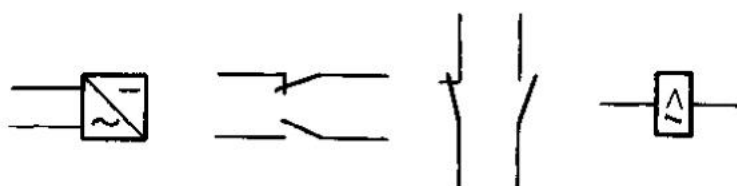


图 1-32

1-11 什么是项目代号？项目代号有哪几个代号段？它们的前缀符号各是什么？

1-12 什么是高层代号？高层代号是怎样构成的？高层代号中的字母是否有规定？

1-13 什么是位置代号？位置代号是怎样构成的？

1-14 什么是种类代号？种类代号有哪几种类型的构成方式？种类代号中的字母应采用什么符号？

1-15 什么是端子代号？端子代号的编制有哪些原则？

1-16 电气图中的项目代号是否均要注写完整？一般有哪些注写方法？

1-17 下列各项目代号各表示什么含义？

=S1-T1 =P1-Q1 =S1P2-K1 +5-K2
+5-T1 -K:2 -X1:5 -M:U1

1-18 图 1-33 是某设备=P1 的一个单元，这个单元在 4 室，写出项目 A1、A2 的代号，X1 中 2、4、5 号端子的代号。

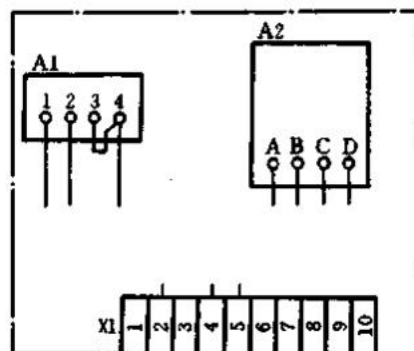


图 1-33

1-19 什么是回路标号？回路标号的一般原则有哪些？

1-20 电气控制电路图中导线是怎样标号的？

1-21 图 1-34 是具有过载保护的自锁控制电路，请标注出导线的线号。

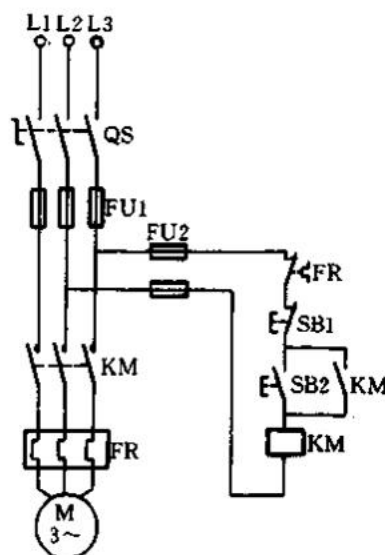


图 1-34

第二章 电气制图的一般规则

上一章介绍了电气图中的各种电气符号，要使电气图具有示意性和通用性，电气制图必须遵守一定的规范，了解和掌握电气制图的一般规则，有助于快速、准确地识图。

本章要求：

(1) 理解图幅的概念；了解电气图图面的构成，图幅的种类、尺寸；了解标题栏、技术说明的内容及其在图中的位置；了解各种形式的图线名称及其应用范围；了解图线宽度的种类；了解箭头和指引线的形式、使用场合及字体的高度。

(2) 了解图线布置的几种方式和元件的几种布局方法。

(3) 了解图上位置的几种表示方法；熟练掌握坐标法及电气控制电路图的分区方法；能识别分区位置代号；了解电路编号法和表格法。

(4) 了解电气图中元件的集中表示法、半集中表示法和分开表示法；了解用插图或表格来表示元件或符号位置的方法；熟练掌握电气控制电路图符号位置的标记方法；了解元器件技术数据在图中标注的位置。

(5) 掌握导线的一般表示方法；了解图线粗细的应用场合；掌握连接线的单线表示法及标记方式、连接中断的标记方式、导线连接点的表示方法；了解围框的作用、使用范围、围框与其他图形符号的位置关系。

(6) 了解连接线的几种标记方法；熟练掌握从属标记、独立标记的概念和方法；了解补充标记的概念和方法。

第一节 图面构成

完整的电气图面由边框线、图框线、标题栏组成，各种图线表达的含义不同。本节介绍图面构成的基本知识。

一、图幅

图纸幅面简称图幅，指由边框线所围成的图面。通常根据图的复杂程度和图线的密集程度选定图纸幅面。

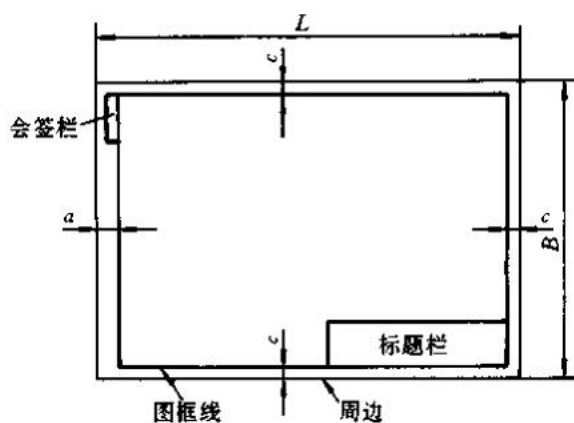
电气图的基本幅面有五种，其幅面代号和幅面尺寸见表 2-1，图面的构成见图 2-1。

由表 2-1 可知，A0 幅面的长边恰好为 A1 幅面短边的 2 倍；A0 幅面的短边恰与 A1 幅面长边相等，所以将 A0 幅面沿长边对折，可以得到两张 A1 的幅面。其他幅面之间也近似有这种关系。

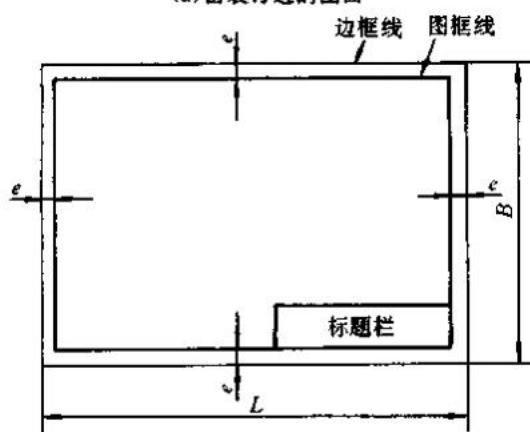
表 2-1 幅面代号及尺寸

(mm)

幅 面 代 号	A0	A1	A2	A3	A4
宽×长 (B×L)	841×1 189	594×841	420×594	297×420	210×297
留装订边的边宽 (c)	10			5	
不留装订边的边宽 (e)	20		10		
装订侧边宽 (a)	25				



(a)留装订边的图面



(b)不留装订边的图面

图 2-1 图面的构成

表 2-2 加长号图幅尺寸

代 号	尺寸 (mm)	代 号	尺寸 (mm)
A3×3	420×891	A4×4	297×841
A3×4	420×1 189	A4×5	297×1 051
A4×3	297×630		

如果基本幅面不能满足要求,按规定可以加大幅面。A0、A1、A2幅面不得加长,A3、A4幅面可根据需要沿短边加长,加长后的图幅尺寸如表2-2所示。例如,A4幅面的短边长为210mm,若加长到A4×4幅面,则为 $210 \times 4 \approx 841$,故A4×4幅面尺寸为 297×841 ,其余可类推。

二、标题栏、技术说明

标题栏在电气图的右下角,其中注有工程名称、图名、图号,还有设计人、制图人、审核人、批准人的签名和日期等。标题栏是电气图重要的组成部分,栏目中的签名者对图中的技术内容各负其责。

电气图中的文字说明和元件明细表等,总称为技术说明。在文字说明中注明电路的某些要点及安装要求等,它可以在电气图的右上方,若说明较多,也可附页说明。元件明细表列出电路中元器件的名称、符号、规格和数量等,它一般以表格形式写在标题栏上方,表中的序号自下而上编排。表2-3是标题栏和元件明细表的格式。

表 2-3 标题栏和元件明细表的格式

7	单联开关	220V5A	只	14	
6	电线管	DG20	m	3	
5	瓷瓶	G-20	只	80	
4	导线	G-2×4	m	30	
3	导线	BLX2×2.5	m	200	
2	白炽灯具	pdl×150W	套	14	
1	配电箱	XM-7-6/OA	只	1	
序号	名 称	规 格	单位	数量	备注

审批		工程名称	
校核			
制图		××车间照明电路图	
设计		图号	

三、图线

电气图内容要表达清楚,其图线的使用必须符合规范,图线形式包含了一定信息。

1. 图线的名称、形式及其应用

电气图用图线的形式有实线、虚线、点划线、双点划线四种,一般应用如表2-4所示。

2. 基本图线宽度

图线宽度以“mm”为单位,从以下系列中选定:0.25、0.35、0.5、0.7、1.0、1.4,其公比为 $\sqrt{2}$ 。

通常在一张电气图中只选用两种宽度的图线，粗线宽度为细线的 2 倍。当需要两种以上宽度的图线时，线宽以 2 的倍数依次递增。为确保图样缩微复制时的清晰度，平行图线的间距应不小于粗线宽度的 2 倍，同时不小于 0.7mm。

3. 箭头和指引线

电气图中的尺寸标注、表示信号传输或表示非电过程中的介质流向时都需箭头，若将文字或符号引注至被注释的部位，需用指引线。电气图中的箭头形式及意义如表 2-5 所示。

表 2-4 电气图图线的形式和应用范围








图线名称	图线形式	一般应用	图线宽度 (mm)
实线		基本线、简图主要内容用线、可见轮廓线、可见导线	0.25、0.35、0.5、0.7、1.0、1.4
虚线		辅助线、屏蔽线、机械连接线、不可见轮廓线、不可见导线、计划扩展内容用线	
点划线		分界线、结构围框线、功能围框线、分组围框线	
双点划线		辅助围框线	

表 2-5 箭头形式及意义

箭头名称	箭头形式	意义
空心箭头		用于信号线、信息线、连接线，表示信号、信息、能量的传输方向
实心箭头		用于说明非电过程中材料或介质的流向
普通箭头		用于说明运动或力的方向，也用作可变性限定符号、指引线和尺寸线的一种末端

指引线用细实线画出，用来指示注释的对象，其末端有三种形式：

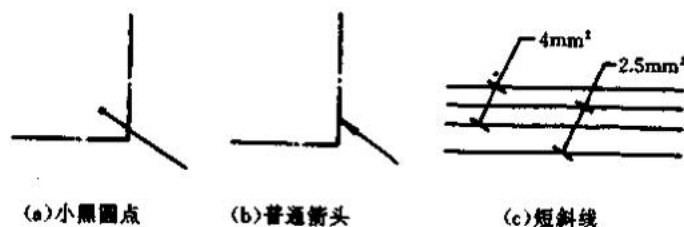


图 2-2 指引线末端形式

(1) 当指引线末端需伸入被注释对象的轮廓线内时，指引线末端应画一个小的黑圆点，如

图 2-2 (a) 所示。

(2) 指引线末端恰好指在被注释对象的轮廓线上时, 指引线末端应画成普通箭头, 指向轮廓线, 如图 2-2 (b) 所示。

(3) 当指引线末端指在不用轮廓图形表示的电气连接线上时, 指引线末端应该用一短斜线示出, 如图 2-2 (c) 中, 表示从上往下第 1、3 根导线截面为 4mm^2 、第 2、4 根导线截面为 2.5mm^2 。

四、字体

电气图中的字体, 包括汉字、字母和数字, 其大小依图幅而定。汉字应写成仿宋体, 字体大小以字的高度分为七种型号: 20、14、10、7、5、3.5、2.5。为了适应缩微的要求, 各种基本幅面图纸的最小字号规定 A0 幅面的为 5 号, A1 幅面的为 3.5 号, A2 及以下幅面的为 2.5 号。字宽约等于字高的 $2/3$ 。字母与数字分正体、斜体两种, 在同一张图内只应用其中的一种。斜体字的字头向右倾斜, 与水平线约成 75° 。它们与汉字采用相同的字号, 字宽则根据实际情况确定, 要求匀称。

图样中书写的字体必须做到: 字体端正、笔划清楚、排列整齐、间隔均匀, 保证规范美观。

第二节 电气图的布局

电气图的布局直接影响设计思想的表达。为了清楚地表明电气系统或设备各组成部分之间、各元器件之间的连接关系, 并便于使用者了解其原理、功能和动作顺序, 电气图要求布局合理、排列均匀、图面清晰、易于识读。本节将介绍图线及元件布置的规范和要求。

一、图线的布置

电气图的布局要求重点突出信息流及各级之间的功能关系, 所以图线的布置应有利于识别各种过程及信息流向。对于因果关系清楚的电气图, 其布局顺序应使信息的基本流向为自左至右或从上到下, 例如电子线路图中, 输入在左边, 输出在右边。如不符合这一规定且流向不明显, 应在信息线上加开口箭头。

在闭合电路中, 前向通路上信号流的方向也应该是自左至右或从上到下, 反馈通路的方向则与之相反。

表示导线、信号通路、连接线等的图线一般应为直线, 尽可能减少交叉和弯折。图线的布置通常有以下几种方法:

1. 水平布置

水平布置的基本方法是将表示设备和元件的图形符号按横行布置, 使得其连接线一般成水平方向, 各类项目应纵向对齐, 如图 2-3 所示。

2. 垂直布置

垂直布置是将表示设备或元件的图形符号按纵向排列, 连接线成垂直方向, 类似项目应横向对齐。如图 2-4 所示。

3. 交叉布置

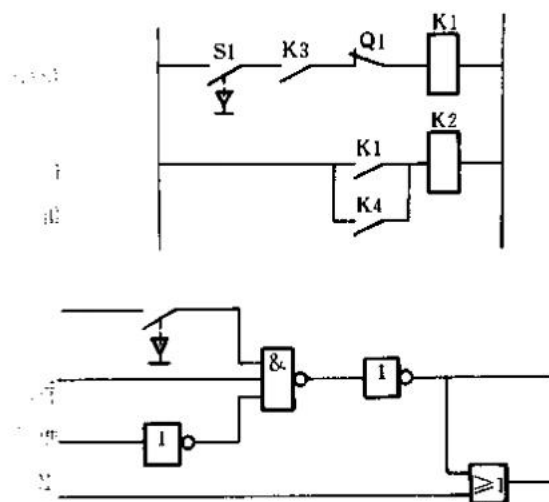


图 2-3 图线的水平布置

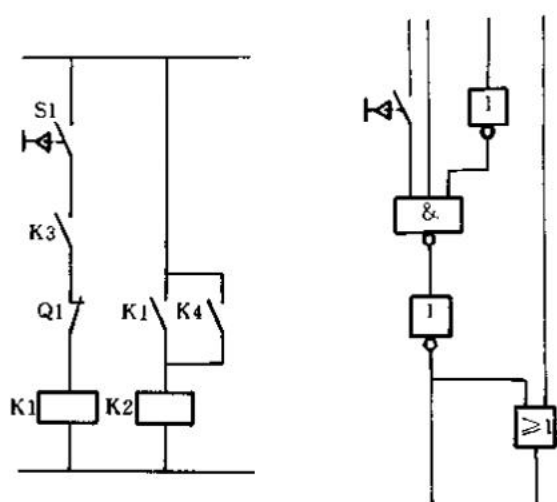


图 2-4 图线的垂直布置

为了把相应的元件连接成对称的布局，也可以采用斜向交叉线表示，如图 2-5 所示。

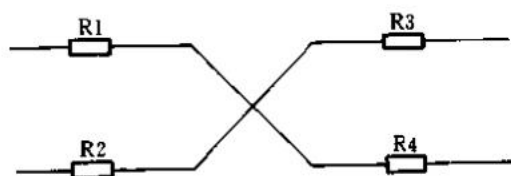


图 2-5 图线的交叉布置

就电气图整体而言，可以既有水平布置，也有垂直布置，尤其是较复杂的电气图。图的引入线或引出线一般布置在图纸边框附近，借以与相关的图进行对照，了解它们之间的联系。

在系统图或框图中，为了便于表达功能概况，常需绘制非电过程的部分流程，但其控制信号流的方向应与非电过程的流向相互垂直，以示区别。所谓垂直是就大体而言，并非处处必须如此。图 2-6 是冷却水供应系统 = W1 系统图，其中粗线表示水流方向，以垂直线表示，电的信号以水平的细线表示，电过程与非电过程相互垂直。

二、电路或元件的布置

电气图中，电路或元件的布局方法有功能布局法和位置布局法两种。

1. 功能布局法

电路或元件按功能布置，指不考虑电路或元件的实际位置，只考虑电路或元件所实现的功能的布局方法。在这种布局中，可以将表示对象分成若干个功能组，尽可能按工作顺序排列；或将元件的多组触点分散在各功能电路中，而不必将它们画在一起，以利于看清其中的功能关系。

功能布局法广泛应用于系统图、框图、电路图、逻辑图和功能表图中。

2. 位置布局法

位置布局法是指简图中元件符号的布置与该元件实际位置基本一致的布局方法。在接线图、

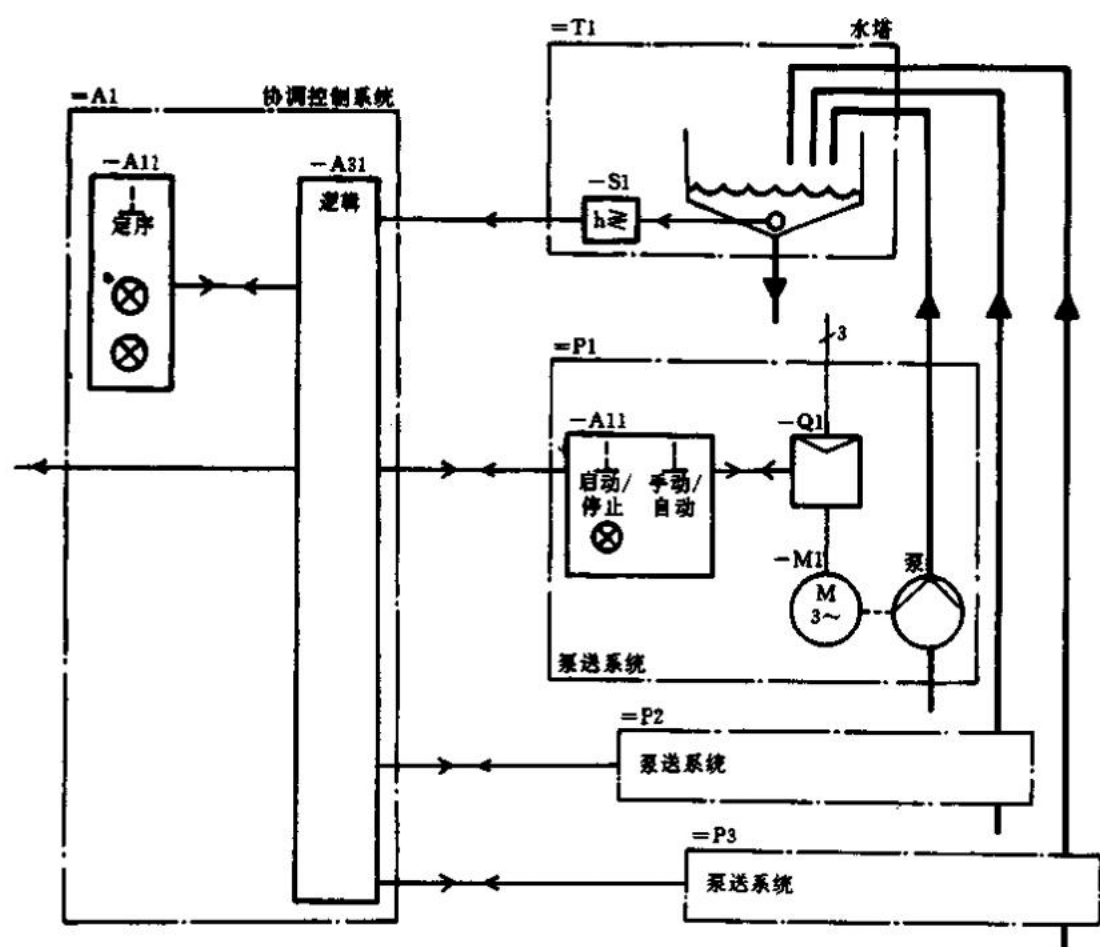


图 2-6 冷却水供应系统=W1 的系统图

平面图中采用这种方法，可以清楚地看出元件的相对位置和导线的走向。

第三节 图上位置的表示方法

电气图上各种电气设备、元器件很多，某些项目的某一部分要与另一项目的某一部分相连，一条连接线可能从一张图上连接到另一张图上的某个位置。为了图面清晰，在连接线的中断处要表明另一端的位置所在，以便清楚表达图与图、元件与元件之间的连接情况。当确定电路图上的内容需补充、更改时，要在修改文件中表明修改内容，在图纸上的位置也要用适当的方法表示；当继电器、接触器之类的项目在图上采用分开表示法（线圈与触点分开）时，也需表明各部分在图上的位置。所以电气图上的位置表示法是电气制图中不可缺少的一个方面。

图上位置的表示方法有三种：（1）坐标法；（2）电路编号法；（3）表格法。下面分别加以介绍。

一、坐标法

坐标法也称图幅分区法，即将整个图样的幅面分区，从图样的左上角开始，在图样周边的竖边方向按行用大写字母分区编号，横边方向按列用数字分区编号（分区数必须是偶数），图中某个位置的代号用该区域的字母和数字组合起来表示。如图 2-7（a）所示，阴影部分的位置表示成 B3。图中的位置及标记方法列于表 2-6 中。

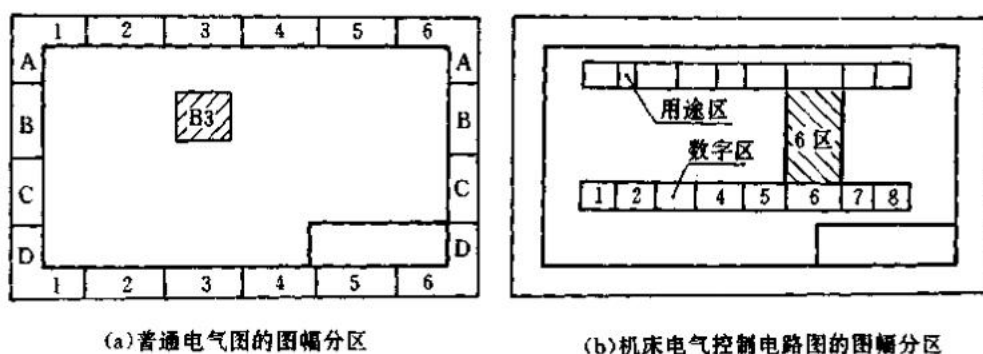


图 2-7 图幅分区法

表 2-6 分区位置代号及标记方法

符号或元件的图中位置		标 记 方 法
有关联的符号在同一张图内	本图中的 B 行	B
	本图中的 3 列	3
	本图中的 B 行 3 列 (B3 区)	B3
有关联的符号不在同一张图内	具有相同图号的第 2 张图中的 B3 区	2/B3
	图号为 1235 单张图中的 B3 区	图 1235/B3
	图号为 1235 的第 2 张图中的 B3 区	图 1235/2/B3
按项目代号确定位置的方式 (例如: 所指项目为 =P1 系统)	=P1 系统单张图中的 B3 区	=P1/B3
	=P1 系统的第 2 张图中的 B3 区	=P1/2/B3

在某些电路图中，例如机床电气控制电路图，由于控制电路内的支路多、且各支路元器件布置与功能也不相同，图幅分区可采用图 2-7（b）的形式。这种方法只对图的一个方向分区，分区数不限，各个分区长度也可不等，视支路内元器件多少而定，单边注写，其对边则另按各支路的名称或用途分区，两对边分区长度也可不等。这种方式不影响分区检索，又可反映用途，有利于读图。

用图幅分区法表示图样上的位置有如下几种情况：

1. 表示导线的去向

图 2-8（a）中 32 号图纸 A3 区的导线将连接到 15 号图纸的 B4 区，同时 b 图中的 15 号图

纸 B4 区的导线与 32 号图纸 A3 区的导线相连。所以从导线的标记中就可知导线另一端所在的位置，便于读图时查找。

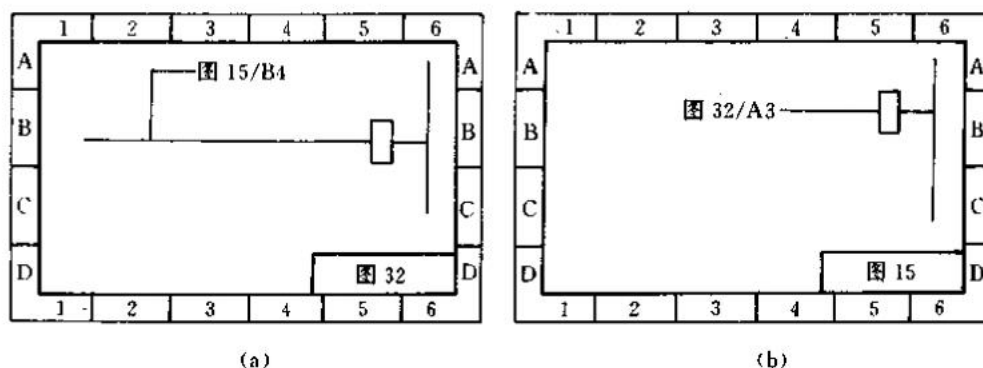


图 2-8 表示导线的去向

2. 表示符号或元件的位置

图 2-9 表示了项目在图上的位置，触点 1—2 的驱动线圈在本张图的 D4 区，触点 3—4 的驱动线圈在第 3 张图的 C3 区。分区位置代号可以标注在触点旁边，也可标注在种类代号的下方，但全图应形式统一。

3. 表示注释对象在图上的位置

例如，在图样上有注释“R15 (C3) 的阻值在调整之后应予以锁定”，注释中括号内的“C3”说明电阻 R15 在图上“C3”的位置，这就便于查找。

二、电路编号法

电路编号法是对图样中的电路或分支电路用数字按序编号。若水平布图的，数字编号按自上而下的顺序；若垂直布图的，数字编号按自左而右的顺序。数字分别写在各支路下端，若要表示元器件相关联部分所在位置，只需在元器件的符号旁注写相关联部分所处支路的编号即可。普通电气图有时用电路编号来代替图幅的列分区，这种情况多见于电路图中。

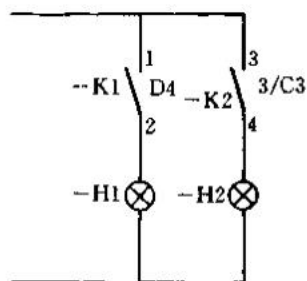


图 2-9 表示符号的位置

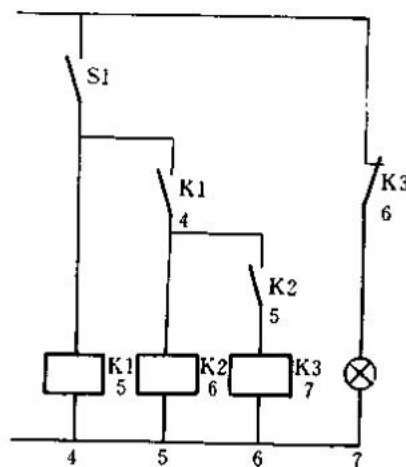


图 2-10 电路编号法

图 2-10 示出了某电路的部分支路，电路从左向右编号。线圈 K1 下注写“5”，说明受线圈 K1 驱动的触点在 5 号支路上；而 5 号支路上触点 K1 下注写“4”，说明驱动本触点的线圈在 4 号支路上，其余可类推。若线圈驱动的触点较多，则要采用第四节中分开表示法的表格和插图来表示。

三、表格法

表格法是指在图的边缘部分绘制一个按项目代号进行分类的表格。表格中的项目代号和图中相应的图形符号在垂直或水平方向对齐，图形符号旁仍需标注项目代号。图上的各项目与表格中的各项目一一对应。这种位置表示法能使读者便于对元器件进行归类 and 统计。图 2-11 是两级放大器电路，它的元器件位置就是采用表格法来表示的。

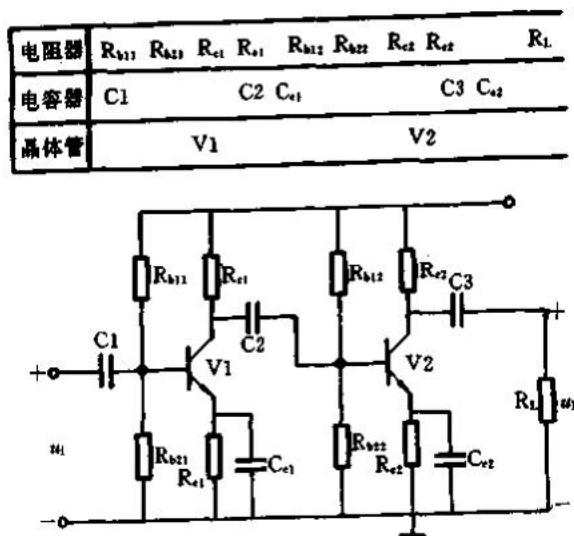


图 2-11 表格法

第四节 电气元件的表示方法

同一个电气设备、元器件在不同类型的电气图中往往采用不同的图形符号表示。例如，系统图、框图、位置图采用方框符号或简化外形符号；电路图或接线图采用一般的图形符号。对于驱动部分和被驱动部分之间具有机械连接关系的器件和元件，特别是被驱动部分有多组触点的器件，如继电器、接触器，其触点在电路的不同回路中起作用，电气图中如何表示这些元器件呢？

本节将介绍一般电气图中元器件的几种表示方法及其有关事项、机床电气控制电路图符号位置的标记方法，以及技术数据的标注。

一、常见元器件的表示法

1. 集中表示法

集中表示法是把设备、元器件各组成部分的图形符号在图上集中绘制在一起的方法。在集中表示法中，各组成部分用机械连接线（虚线）互相连接起来。

图 2-12 是集中表示法示例，继电器—K1 有一个线圈和一对动合触点，继电器—K2 有一个线圈、三对触点，它们分别用机械连接线联系起来，各自构成一个整体。

集中表示法仅适用于图面内容比较简单，连接线不多的图中。

2. 半集中表示法

半集中表示法是把一个项目的图形符号中的各个部分或其中几个部分分开绘制在电路图上，并采用机械连接符号（虚线）来表示它们之间关系的方法。采用这种表示法，机械连接可以弯折、分支和交叉。如图 2-13 (a) 所示，接触器—K 的线圈、三对动合触点及一对辅助动合触点采用的是半集中表示法，其中三对动合触点属于主电路；驱动线圈与一对辅助动合触点属于控制电路。若采用图 2-13 (b) 所示的集中表示法，会使电路连接线交叉增加。图面就会显得不清晰，造成识图的困难。

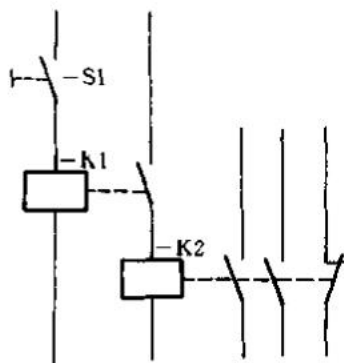
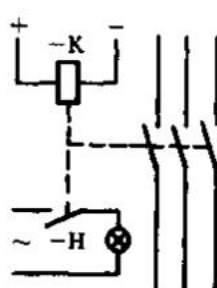
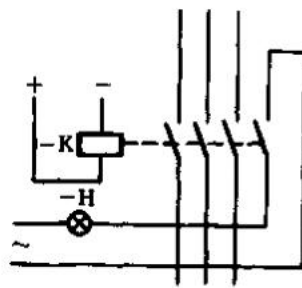


图 2-12 集中表示法



(a) 半集中表示



(b) 集中表示

图 2-13 半集中表示与集中表示的比较

3. 分开表示法

分开表示法是把一个项目的图形符号的各部分或其中某些部分分开绘制在电路图上，并在各个部分标注项目代号，用项目代号来表示它们之间的关系的方法。分开表示法既没有穿越图面的机械连接线，又避免或减少了图线交叉，使图面更为清晰，其应用最广泛。

由于采用分开表示法的电气图省去了项目各组成部分的机械连接线，查找某个元器件的相关部分比较困难，为识别元器件各组成部分或寻找它在图中的位置，除重复标注项目代号外，可引入插图或表格表示元器件各部分的位置。

(1) 插图法 把采用分开表示法分散绘制在图中各处的同一项目的不同部分，再采用集中表示法另行绘制一次，标记种类代号、端子代号、端子所处的位置等，形成一张插图。插图可在所属图形符号附近画出，也可将各图形符号的插图集中绘制在图的空白处，或者将它们专门画在一张图中。常用的方法是将插图布置在靠近驱动部分的图形符号的下方。

图 2-14 (a) 是某个电气图的一部分，其中接触器 K4、K5 的线圈驱动的触点分散在电气图的其他位置，为便于寻找，可另配一个插图，如图 2-14 (b) 所示，这个插图表明 K5 的线圈共驱动四对触点，其中动断触点 11—12 后括号内的“2/3”表示该触点在本图第 2 张图第 3 列；动合触点 21—22 后括号内的“4/2”说明该触点在本图第 4 张图第 2 列；动合触点 31—32 后括号

内的“图 3115/C”表示该触点在图 3115 的第 C 行；动断触点 41--42 后未加注写，表明这一组触点没有使用。

从分开表示法某项目采用的插图形式中就可看出整个项目包含几个部分，再从插图上各部分旁的位置标记就可以获知每一部分在图中的位置，这就便于进行寻找。

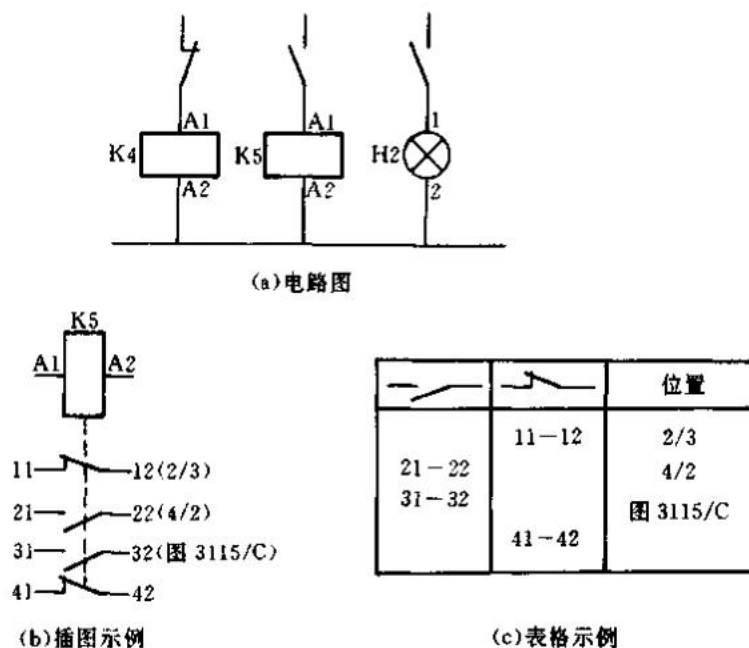


图 2-14 插图与表格

(2) 表格法 把采用分开表示法分散绘制在图中各处的同一项目的不同部分，集中于一张表格表示出来，这就是表格法。如图 2-14 (c) 所示，表上第一栏是动合触点，第二栏是动断触点，第三栏表明触点位置，采用图幅分区法的位置代号，若某触点位置一栏空着，表明这个触点尚未使用。表格中的表头除了可用中文表示外，也可用图形符号表示。

在采用电路编号法的图上，表格中的位置信息是电路的编号，表格的形式可简化，可省去触点的端子代号，但项目的符号旁均有触点的端子代号，如图 2-15 所示，线圈驱动触点的位置以简表列于线圈的正下方。K1 线圈下方的表格中，数字 2 表示由 K1 线圈所驱动的动合触点处于编号 2 的支路中，数字 3 表示动断触点处于编号 3 的支路中，表格中的短横线表示还各有一组动断触点和动合触点尚未使用。

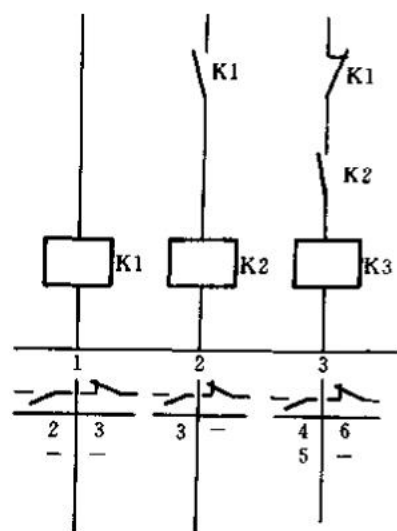


图 2-15 表格在电路编号法中的应用

以上介绍了常见元器件的三种表示方法，都各有特点，绘出的电气图信息量总是相等，可以根据图面繁简情况选

择使用，也可将分开表示法与半集中表示法结合使用。

二、机床电气控制电路图符号位置的标记方法

机床电气控制电路图的图幅分区一般只有按列序数纵向分区，所以区号中只有数字，而没有表示“行”的字母，也可按支路进行编码。机床电气控制元器件中除电动机外，接触器和继电器用得较多，但其线圈所驱动的触点只有动合、动断两种。根据这一特点，机床电气控制电路图中图形符号的位置表示可采用简化表格的办法。简表无表题，且只列出竖行，每个竖行所代表的触点形式是统一规定的，如表 2-7 所示。每个竖行内共有几个数字（一位或两位数）和“×”号，就表示这一类触点共有几个。数字代表相关元件的符号在图中的位置，“×”表示备而未用的触点。

表 2-7 机床电路图中的分区位置代号标记方法

分类	标记示例	标 记 含 义	示 例 说 明									
接 触 器	<table><tr><td>2</td><td>7</td><td>4</td></tr><tr><td>2</td><td>×</td><td>6</td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td></tr></table>	2	7	4	2	×	6	2			左列为主触点所处图中的区号	有 3 个主触点位于 2 区内
		2	7	4								
		2	×	6								
2												
中列为辅助动合（常开）触点所处图中的区号	有 2 个常开触点，一个在 7 区内，另一个未用											
右列为辅助动断（常闭）触点所处图中的区号	有 2 个常闭触点，分别在 4 区和 6 区内											
继 电 器	<table><tr><td>3</td><td>×</td></tr><tr><td>8</td><td></td></tr><tr><td>×</td><td></td></tr></table>	3	×	8		×		左列为动合触点所处图中的区号	有 3 个动合触点，3 区和 8 区各一个，另一个未用			
		3	×									
8												
×												
右列为动断触点所处图中的区号	有一个动断触点，未用											

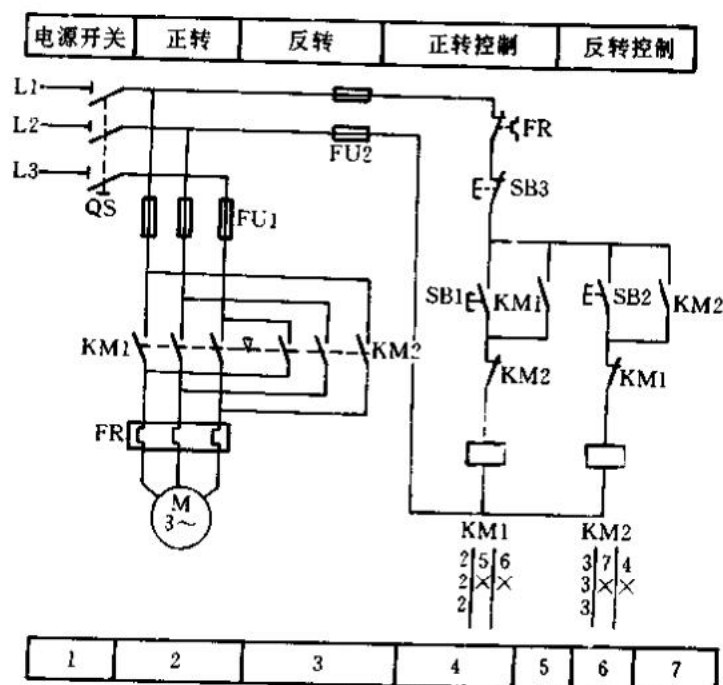


图 2-16 以简表表示符号位置

简表可置于所属接触器或继电器的驱动线圈符号附近，也可集中到图中某一空白处，并注以相应的种类代号，一般将简表置于驱动线圈的下方。

以简表表示符号位置的例子如图 2-16 所示。

三、元器件技术数据的标注

在电气图中，有时需在图形符号旁标注有关的技术数据。电气元器件的技术数据如型号、规格、额定值等，一般标在图形符号的近旁。如图 2-17 (a) 所示的变压器，项目代号为—TM，标注的主要技术数据有：型号 (SL7)、变压比 (35/10.5kV)、容量 (2 500kVA)、连接组别 (Y, d11)。图 2-17 (b) 所示热继电器的热驱动元件的图形符号下标注的技术数据为这个热继电器动作的电流范围及额定值。

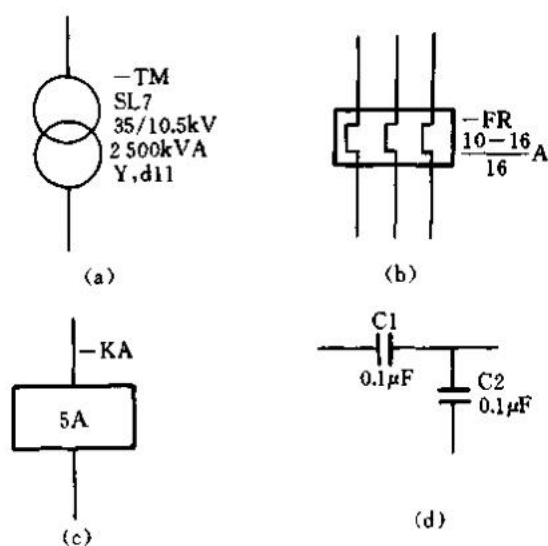


图 2-17 元器件技术数据的标注

技术数据也可标在继电器线圈、仪表、集成块等的方框符号或简化外形符号内。如图 2-17 (c) 所示电流继电器，项目代号为—KA，继电器的额定电流为 5A。

当连接线水平布置时，技术数据尽可能标在图形符号的下方；垂直布置时，则标注在图形符号的右方，项目代号的下方，如图 2-17 (d) 所示。

第五节 连接线的表示方法

电气图中的连接线起着连接各种设备、元器件的图形符号的作用，它可以是传输信息流的导线，也可以是表示逻辑流、功能流的图线。连接线根据图种和图面情况有多种表示方式，本节将介绍常用的几种。

一、导线的一般表示方法

导线的一般符号如图 2-18 (a) 所示，用来表示导线、导线组、电线、电缆、传输通路、线

路、母线、总线等。当用单线表示导线组时，可在单线上加短斜线，短斜线的数量代表导线根数，图 2-18 (b) 表示的是三根导线的导线组；当导线根数较多时，可采用一小短斜线加注数字表示，数字表示导线根数，如图 2-18 (c) 所示。

在很多电气图中，还需表示出导线的材料、导线截面、电压、频率等其他特征，可加注识别标志，在导线上方、下方或中断处注写，如图 2-19 所示。a 图中技术数据表示该电路有三根相线，一根中性线，交流频率为 50Hz，电压为 380V，三根相线的截面是 6mm^2 ，一根中性线截面是 4mm^2 ，导线材料是铝，用其化学符号“Al”表示。

在某些图（例如接线图）上，若需表示导线的型号、截面、安装方法等，可采用图 2-19 (b) 所示的标注方法，含义是：导线型号为 BLV（铝芯塑料绝缘线）；截面积为 $3 \times 4\text{mm}^2$ ；安装方法为 PVC25（指穿入直径 25mm 的塑料管）；WC 表示沿墙暗敷。

在某些情况下必须表示电路相序的变更、极性的反向、导线的交换等，可采用图 2-19 (c) 中的表示方法，图中所示指 L1 相与 L3 相换位。图 2-19 (d) 是将连接导线中断后进行标记的。

二、图线的粗细

一般来说，图线的粗细不影响连接线的的作用，也不表示导线截面粗细，但为了突出或区分某些电路及电路的功能等，连接线可采用不同粗细的图线来表示。电源主电路、一次电路、主信号通路、非电过程等有时可采用粗线，与之相关的其余部分采用细线，如图 2-20 所示。

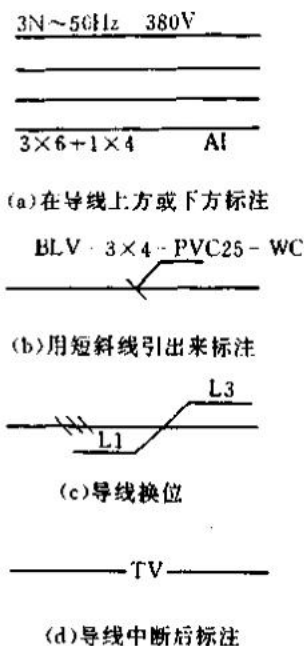


图 2-19 导线加注识别标记

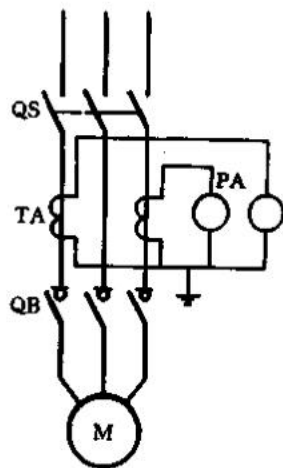


图 2-20 图线粗细示例

再如图 2-6 中，粗线表示水流（非电流过程）的流向，其余的电的控制过程用细线

表示。

三、连接线的单线表示

在一些电气图中，会有多条平行的连接线，例如母线、总线、多芯电线电缆等。为便于看图，一般按功能进行分组，即同一功能的平行线画在一起，并加注各组连接线功能或特征的标记；不能按功能分组的，可任意分组，每组平行线不多于三条。组内线间距离应不小于5mm，以便进行各种标注；组间距离应大于线间距离，如图2-21所示。

若多条平行的连接线过多，会影响图面清晰，所以对于多条去向相同的连接线常采用单线表示法。但若连线两端处于不同位置时，必须在两个相互有连接关系的线端加注相同的标记，如图2-22(a)中，加注标记说明A—A、B—B、C—C、D—D的连接关系。只有当两端都按顺序编号，且线组内线数相同，不致引起错接的情况下，才允许省略标记，例如，图2-22(b)可简化成图2-22(c)。

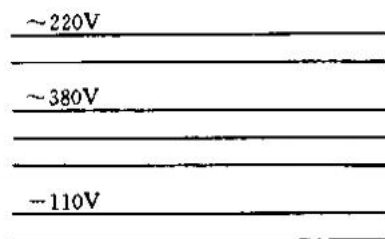


图 2-21 平行连接线分组表示

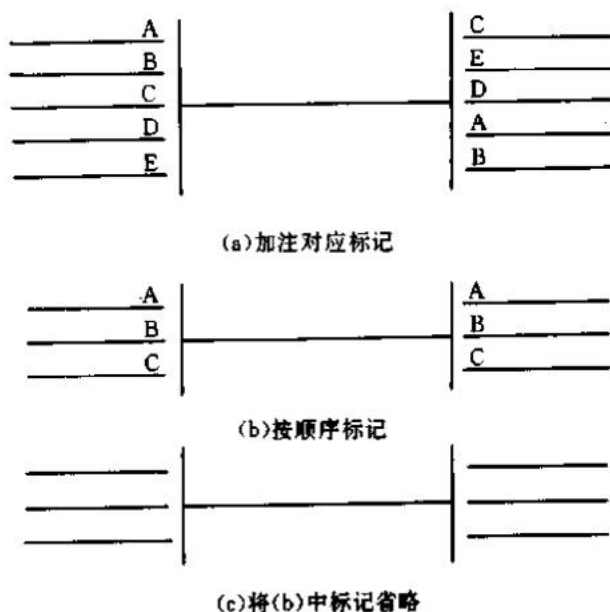
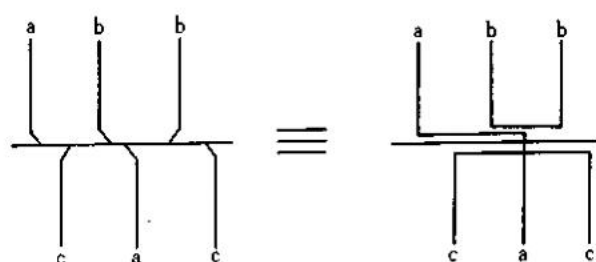


图 2-22 单线表示法

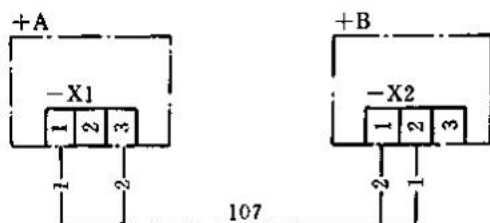
当单根导线汇入用单线表示的一组连接线时，可采用2-23(a)所示的方法表示。汇接处为一短斜线，其方向应便于读图时识别连接线进入或离开汇总线的方向，连接线的末端注有相同的标记符号，这种方法多用于接线图。

b图示出了从+A-X1的1、3端子引出的线号为1、2的两根芯线汇入107号电缆，与+B中-X2的1、2端子相连接，在电缆两端的芯线都分别加注芯线号，作为标记。

连接线的线号标注在项目符号框外侧连接导线的上方，必要时也可将连接导线中断后标注出来。



(a) 线束的单线表示



(b) 电缆线的单线表示

图 2-23 汇总线的单线表示法

四、连接线中的中断表示

在电气图中的连接线可能会穿过图中符号较密集的区域，也可能从这张图纸连到另一张图纸，或出现连接线较长的情况，这时，连接线可以中断，以使图面清晰，但应在连接线的中断处加相应的标记，标记方法有以下几种：

1. 中断线两端标以相同字母

图 2-24 表明了 a—a 连接。

2. 连接中断处标写另一端的图号及位置

如图 2-8 所示，32 号图上的连接线应与 15 号图上的线相连接，故在 32 号图上连接线的中断处注写 15/B4，表明此连接线另一端在 15 号图的 B4 区；与此相应，在 15 号图上应在此连接线的中断处注写 32/A3。

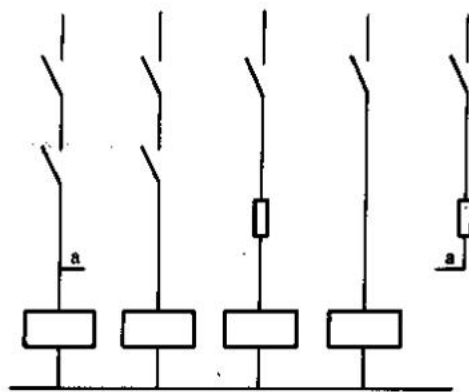


图 2-24 连接线的中断画法与标记

3. 用符号标记表示连接线的中断

图 2-25 (a) 是接连线不中断的表示方法。—A 的 1 号端子与—B 中的 2 号端子相连，连续的连接线可不作标记。但 b 图以中断线表示，则要在中断处作符号标记。—A 的 1 号端子连线的中断处注写 “—B：2” 表示此连线应与项目—B 中的 2 号端子相连；而在—A 的 2 号端子连线中断处注写 “—B：1”，表示与项目—B 中的 1 号端子相连，在项目—B 的连接线中断处也要作相应注写。

不同项目的端子相连，在端子引出线处注写符号标记的方式将在下节具体介绍。

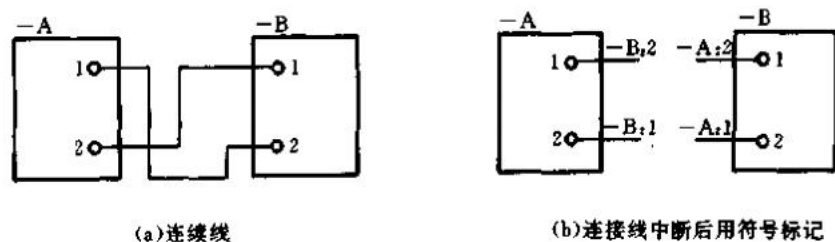


图 2-25 用符号标记中断线

五、围框

当需要在图上显示出图的某一部分表示的是功能单元、结构单元或项目组（电器组、继电器装置）时，可用点划线围框表示。为了图面清晰，围框的形状可以是不规则的，如图 2-26 (a) 所示。从图上可以看出，接触器的线圈及其触点，用围框标出后，其组成关系就非常明显了，触点的端子代号注写在围框内。

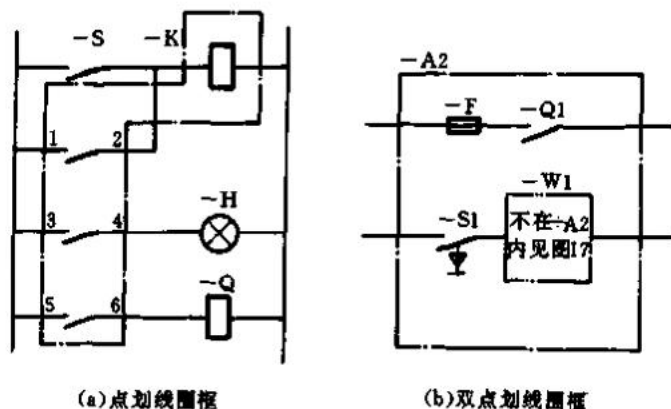


图 2-26 围框示例

如果在图上含有安装在别处而功能与本图相关的部分，这部分可加双点划线围框，如图 2-26 (b) 中 -A2 单元中的按钮 S1 控制的 -W1 单元不在 -A2 单元中，用双点划线表示，并说明可在图 17 中找到 -W1 单元，所以 -W1 的内部接线全部省略。

围框线不应与元件图形符号相交，但插头、插座与端子符号除外。插头、插座和端子符号可以画在围框线上，如图 2-27 (a)、(d)、(f) 所示；或画在围框线内，如图 2-27 (b)、(e) 所示；或将其省略，如图 2-27 (c) 所示。

当围框表示一个单元时，若在围框内绘出了可查阅更详细资料的标记，则其内部的电路可用简化形式表示，或省略，如图 2-26 (b) 中的 -W1 单元。

六、导线连接的表示方法

导线连接有“T”形连接和多线的“+”形连接两种形式。

“T”形连接可加实心圆点“·”，也可以不加实心圆点，如图 2-28 (a) 所示。

“+”形连接表示导线交叉连接时，必须加实心圆点“·”，如图 2-28 (b) 所示。表示交叉而不连接（跨越）的两条连接线，在交叉处不能加实心圆点，如图 2-28 (c) 所示，并应避免在交叉处改变方向，也应避免穿过其他连接线的连接点，如图 2-28 (d) 所示。

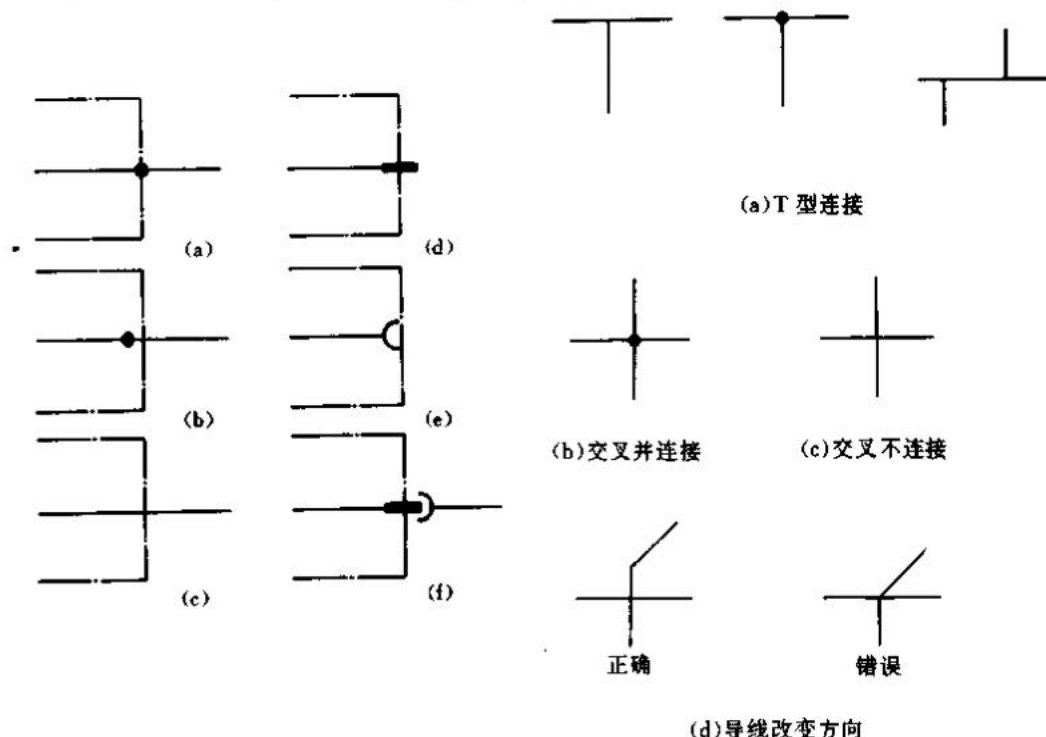


图 2-27 围框与插头、插座、端子的符号关系

图 2-28 导线连接的表示方法

第六节 接线图中的端子和连接线

接线图表达的重点是其中的接线端子及连接情况，为此，必须研究端子上连接线的表示方法。

接线图上两端子间的连接线，根据图面的繁简情况，可以画成连续的，也可以画成中断的，无论哪种情况都要在线的两端作标记。标记的方式通常有主标记和补充标记两种。

一、主标记

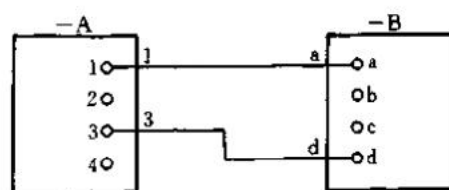
主标记指只标记线束、导线的特征，而不考虑其电气功能的标记系统，包括从属标记和独立标记。

1. 从属标记

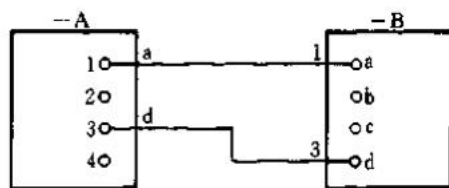
常用的从属标记有从属本端标记、从属远端标记和从属两端标记三种。

(1) 从属本端标记 在线束或导线的端部，用与本端部相连接的端子的代号为导线标记的方式，叫从属本端标记。如图 2-29 (a) 中，项目 -A、-B 之间有两根连接导线，-A 的端子 1、3 与 -B 的端子 a、d 相连，当采用从属本端标记时，项目 -A 的端子引出线标注本端端子标记“-A:1”、“-A:3”，项目 -B 的端子引出线标注本端端子标记“-B:a”、“-B:d”。在不引

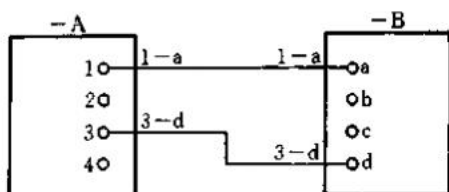
起误解时,可将标记中的种类代号省略而只标注端子代号,如“-A:1”可标记成“1”,“-B:a”可标记成“a”。这种标记方式对于本端接线,特别是导线拆卸后再往端子上接线操作时比较方便。



(a)从属本端标记



(b)从属远端标记



(c)从属两端标记

图 2-29 从属标记示例

(2) 从属远端标记 在线束或导线的端部,用与此导线的远端部相连接的端子的代号为导线标记的方式,称为从属远端标记。如图 2-29 (b) 中,项目 -A、-B 之间有两根连接导线,导线的两端分别标记了远端的端子代号。项目 -A 端的连接导线标注了连接到项目 -B 端的端子代号“-B:a”、“-B:d”,而 -B 端的连接导线标注了连接到项目 -A 的端子的代号“-A:1”、“-A:3”。标注时也可将种类代号省略。从属远端标记清楚地指出了导线的去向。

(3) 从属两端标记 导线或线束的两端都标出与本端部连接的端子代号和远端部连接的端子代号的标记方式,叫从属两端标记。如图 2-29 (c) 中,项目 A、B 的连接导线的两端分别标注“-1-a”、“3-d”。

从属两端标记综合了从属本端标记、从属远端标记的优点。导线或线束两个端点的标注顺序按“本端—远端”或按“远端—本端”的方式都可以,两端注写顺序也可不一,但一般以“近端靠近、两端同一”为好。

如果项目间的连接线中断,可在端子引线旁标注相应的端子代号作为导线的标记。图 2-30 (a) 是从属本端标记,则在端子引线旁标注本端端子代号,“-A:1”、“-A:3”和“-B:a”、“-B:b”,图 2-30 (b) 是从属远端标记的示例。

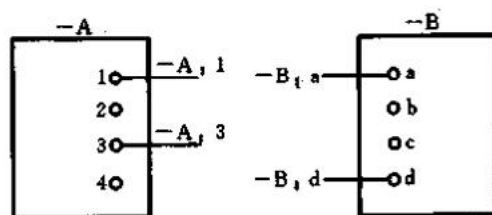
2. 独立标记

导线或线束的标记与其所连接的端子的代号无关的标记系统,称为独立标记。图 2-31 中,与项目 A、B 相连接的两根导线分别标记为“1”和“2”,与两端的端子代号无关。这种标记方式,一般只用于连续线方式表示的电气接线图中。图 2-23 (b) 中就是以独立标记方式来标记 107 电缆中的芯线的。

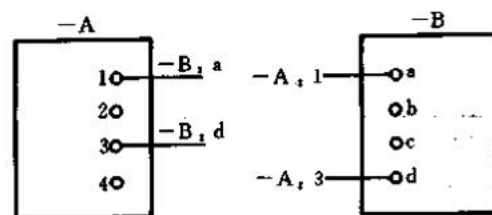
电气图中有时也有从属标记和独立标记一起使用的标记系统,这种方式称为组合标记。

二、补充标记

在电气图中有时需对导线或连接线的电气功能用字母或特定符号加以说明,如说明导线的功能、交流系统的相位、直流电路的极性等等,这就是补充标记。为避免混淆,补充标记与主标记之间要用“/”分开,如图 2-32 所示,补充标记 N 说明这根连接线路是中性线。补充标记符号的含义依据国家标准中电气技术常用辅助文字符号的规定。补充标记在非必要时可以不标出。



(a) 从属本端标记



(b) 从属远端标记

图 2-30 中断线的从属标记示例

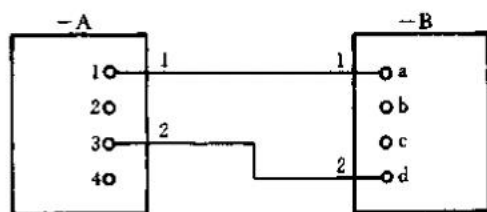


图 2-31 独立标记示例

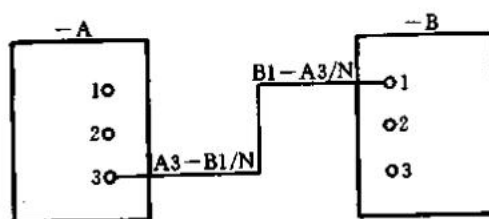


图 2-32 补充标记示例

习 题

- 2-1 电气图的基本幅面有哪几种? A0 幅面与 A1 幅面有什么关系?
- 2-2 哪些代号的图纸幅面可以加大? 怎样进行幅面加大?
- 2-3 电气图标题栏中有哪些基本内容? 在图中什么位置? 元件明细表的基本格式是怎样的?
- 2-4 电气图中有哪几种基本图线? 各有什么应用?
- 2-5 电气图中的箭头有哪几种? 各种箭头分别应用在什么场合?
- 2-6 电气图中的指引线有哪几种?
- 2-7 电气图中图线的布置有哪几种方式? 各有什么要求?
- 2-8 电路或元件的布局有哪几种方法? 各应用在哪些电气图中?
- 2-9 电气图图上位置的表示有哪几种方法?
- 2-10 什么是图幅分区法? 电气图怎样进行图幅分区? 图上的位置用图幅分区代号怎样表示?
- 2-11 表 2-8 中, 左栏是符号或元件在图上的位置, 右栏是标记写法, 试填写表格的空白部分。

表 2-8

符号或元件的位置	标记写法	符号或元件的位置	标记写法
同一张图纸上的 B3 区		图号为 32 的第 2 张图的 B3 区	
	34/B3		=S1/B3
图号为 32 的单张图的 B3 区		=S1 系统第 2 张图的 B3 区	

2-12 机床电气控制电路图的图幅分区是怎样的？

2-13 什么是电路编号法？

2-14 什么是表格法？试用表格法表示图 2-33 中元件在图上的位置，根据图填写表 2-9。

表 2-9

电阻器	
电容	
晶体三极管	

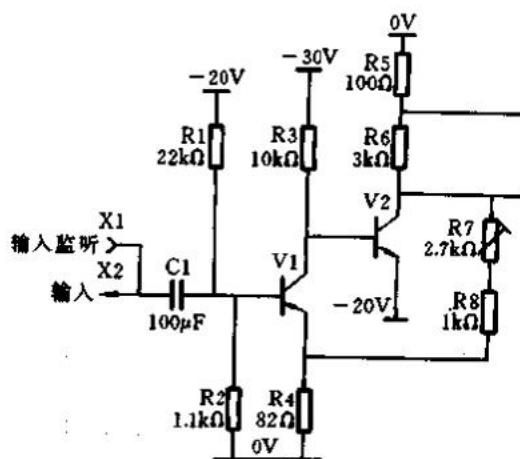


图 2-33

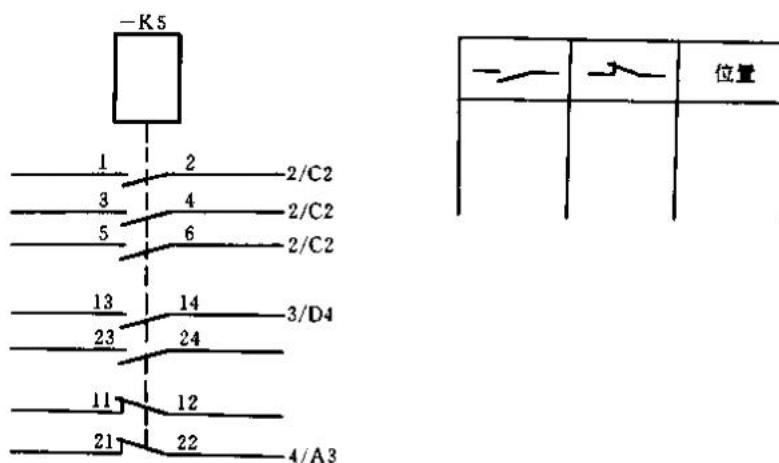


图 2-34

2-15 常见元器件的表示方法有哪几种？这几种表示方法各有什么特点？

2-16 电气图中元件的插图和表格主要表示了哪些内容？插图和表格通常置于电气图的什么位置？

2-17 某电气图中有项目-K5的插图与表格，如图 2-34，将此插图转换成表格形式。

2-18 某机床电气电路图中有一个接触器 KM 和一个继电器 KA，它们的触点在图中的位置以简表列出，请说明简表中各符号的意义。

3	5	16	4	7
3	×	×	11	×
3			×	×

2-19 说明图 2-35 中各符号的意义。

2-20 什么是从属本端标记、从属远端标记、从属两端标记？

2-21 图 2-36 中，各项目的端子引出线已作标记：a 图中作本端标记；b 图中项目 B 作远端标记；c 图中项目 A、B 作两端标记。试将引线连接到有关项目的端子上。

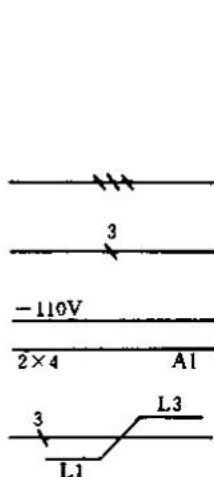


图 2-35

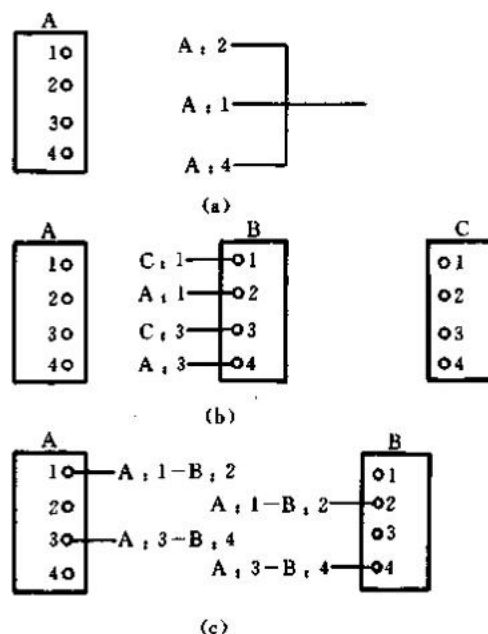


图 2-36

第三章 电气图的分类及特点

电气图是电气技术领域中最重要、提供信息的方式，由于其表达的对象，提供的信息类型及表达的方式有所不同，构成了电气图的多样性。比如，表明系统的规模、整体方案、组成情况、主要特征时，需要系统图和框图；表示系统、装置的电气作用原理，分析电路特性时，需要电路图；表示电气装置各元件之间的连接关系，便于安装和接线时，需要接线图；在数字电子技术中，还有表明功能件实现逻辑功能的逻辑图等。各类型电气图除了遵循电气图的一般规则外，还有各自的特点，本章将分别介绍它们的主要特点。

本章要求：

(1) 了解电气图的分类情况；掌握系统图和框图的概念；了解其用途和布图规律；掌握系统图和框图的图形符号、连接线的特点及项目代号的标注。

(2) 理解电路图的概念及其用途、布图规则；了解电源的表示方法、电路图的简化规律、电路图中项目代号的标注方法。

(3) 理解单元接线图、互连接线图、端子接线图的概念；了解它们的布图规律、连接线的特点、它们同接线表之间的关系；了解电缆配置图的特点以及它与电缆配置表之间的关系。

(4) 理解逻辑图的概念及其用途；掌握逻辑图常用的图形符号；理解逻辑约定的意义；了解逻辑图的布图特点；理解逻辑图上真值表和时序图的概念；了解逻辑图中非逻辑元件的连接方法。

(5) 理解功能表图的概念及其用途；了解对控制系统的划分；掌握功能表图的图形符号和“步”、“转换”、“有向连线”等概念。

第一节 系统图和框图

电气系统图和框图在电气图中具有十分重要的地位，它往往是某一系统、某一装置或某一设备成套设计图中的第一张图样，概括地表达了设计的整体方案、简要工作原理和主要组成部分。它作为进一步编制详细技术文件的依据，也供操作和维修时使用。

一、概述

系统图和框图用于概略表示系统、分系统、成套装置或设备等的各组成部分的主要特征及其功能关系。系统图和框图原则上没有区别，在实际使用中，系统图通常用于系统或成套装置，框图则用于分系统或设备。图 3-1 是某工厂的供电系统图，这个图描述了这个供电系统的几个主要组成部分以及它们之间的功能关系。该工厂电力取自 10kV 电网，经变电装置将电压降至 0.4kV，供各车间用电。这个图由五个方框组成：=PL1 是三相 10kV 配电装置；=PB1 是 10kV

汇流排；=T1 与 =T2 是 10kV 变压设备；PB2 是 0.4kV 汇流排，但该图对每个部分的具体结构、形状、安装位置、连接方法等未作详细说明。

图 3-2 是用来说明收音机工作过程的框图，它清楚地显示了从天线接收电磁波，然后经过放大、调制、检波、再放大直至输出的全部工作过程。

系统图和框图均可分不同层次绘制，可参照绘图对象的逐级分解来划分层次。较高层次的系统图和框图可反映对象的概况，较低层次的系统图和框图，可将对象表达得较为详细。所以一个比较复杂的系统、设备，可按其组成和功能逐级分解划分层次，当层次不多时，也可在同一系统图或框图中以框嵌套表示。图 3-3 是框嵌套的示意图。其中框“=A1”中嵌有框“=P”，这种围框嵌套的形式可以直观反映各部分的隶属关系。

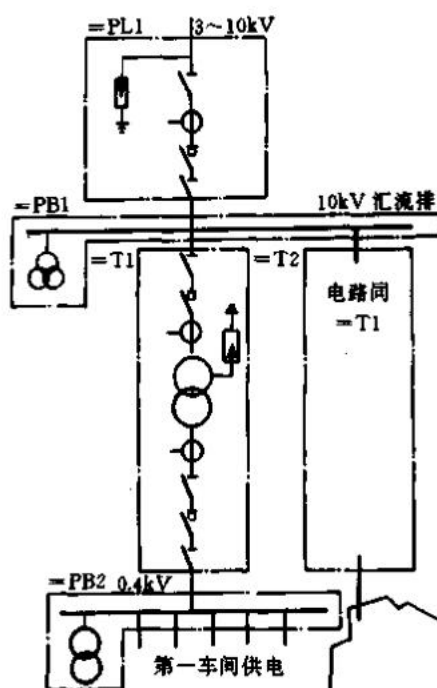


图 3-1 某工厂供电系统图

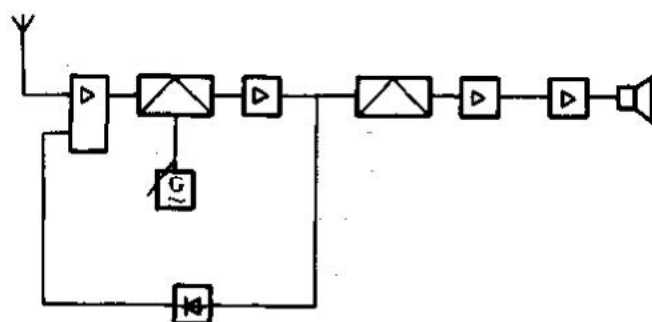


图 3-2 收音机工作过程框图

二、基本知识

1. 布局

系统图和框图的布局采用功能布局法，能清晰表达过程和信息的流向，便于识读。控制信号流向与过程流向应相互垂直，如图 3-3 所示。

2. 符号

系统图和框图采用符号（以方框符号为主）或带注释的框来表示。

（1）方框符号 由于系统图和框图是在较高层次上描述对象的，故可用方框符号表示元器件、设备等的组成及其功能，方框中的限定符号分别表示各单元功能；有些也采用代表元器件

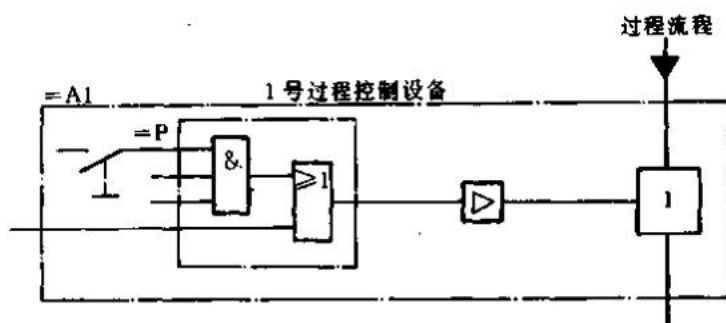


图 3-3 系统图中框的嵌套

的图形符号，但不表示具体的元器件，只是使这一单元的功能特征更为形象。如图 3-2 的框图中的符号为方框符号。

(2) 带注释的框 在无法用适当的方框符号和图形符号的情况下，可以使用带注释的框。系统图和框图中带注释的框可以是实线框，也可以是点划线框，框的大小根据图面布局、注释内容及使用方便等条件来确定，如图 3-4 所示。点划线框一般包含的内容更多一些，框内的注释视表达的内容和用途分别用图形符号或文字，也可两者兼用。

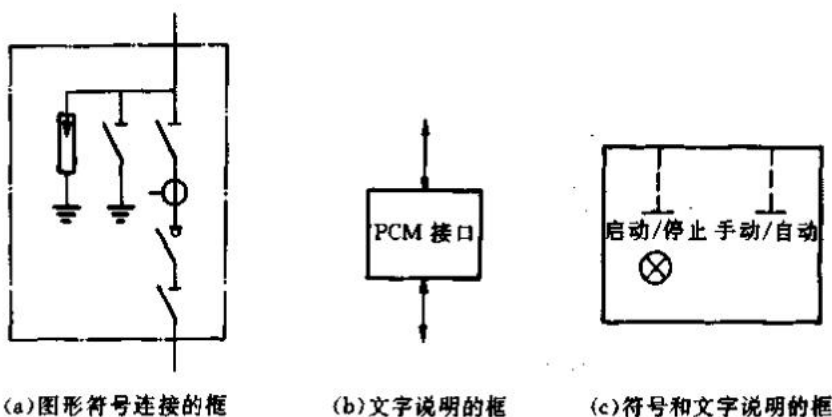


图 3-4 带注释的框

图 3-4 (a) 采用图形符号注释，其优点是各种符号标准化，便于统一理解。

图 3-4 (b) 用文字注释，文字注释可以是框的名称，也可表示该框的功能及工作原理，或标注工作状态、参数，有利于识读。

图 3-4 (c) 采用符号加文字的注释，兼备了上述两种注释的优点。

3. 连接线

系统图和框图上的各部分间以连接线连接，可以反映其相互间的功能关系。连接线有的表示电的关系，有的表示机械的连接，也有表示非电过程的流程的。

(1) 连接方式 与系统图和框图中点划线框相连的连接线，必须接到框内的图形符号上，如

(2) 连接线的形式 连接线采用的形式应遵循以下几条原则:

② 机械连接线用虚线表示。

④ 在连接线上可标注信号名称、频率、波形、去向等标记。

在系统图和框图上，各个框一般应标注项目代号，通常，在较高层次的系统图上标注高层代号，在较低层次的框图上标注种类代号，如图 3-5 所示。

由于系统图和框图不具体表示项目的实际连接线和安装位置，所以一般不标注端子代号和位置代号。

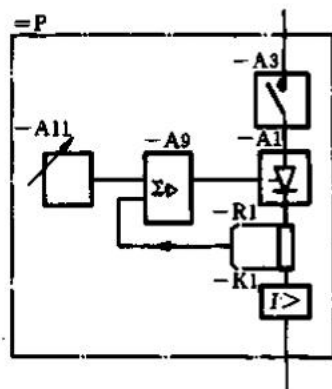


图 3-5 系统图中项目代号的标注

第二节 电 路 图

系统图和框图对于理解系统或装置的基本组成和主要特征无疑十分重要，然而要详细理解电气特性，还必须有阐述电气作用原理的电路图。电路图是指用图形符号绘制，并按工作顺序排列，详细表示电路、设备或成套装置的全部基本组成部分及其连接关系，而不考虑其实际位置的一种简图。

电路图的用途很广，可用以详细理解电路、设备或成套装置及其组成部分的作用原理；可作为编制接线图的依据，可为测试和寻找故障提供信息。

一、电路图的布局

电路图按工作原理的顺序从左至右、自上而下的排列。图线应符合一般规则中有关图线的规定，它应是交叉和折弯最少的直线，其相交处与折弯处成直角。

1. 项目布局

电路图中各项目的布局应做到布局合理，排列均匀，图面清晰、紧凑，以便于识图，一般有以下规则：

(1) 电路垂直布置时, 类似项目横向对齐; 水平布置时, 类似项目纵向对齐。

(2) 功能上相关的项目要靠近绘制, 使关系表达得清晰, 如图 3-6 (a) 所示; 同等重要的并联通路, 应按主电路对称地布置, 如图 3-6 (b) 所示; 对于对称布局的元器件可以采用斜向交叉线, 如图 3-6 (c) 所示; 若电路中有几种可供选择的连接方式, 则应分别用序号标注在连接线的中断处, 如图 3-6 (d) 中标注的序号, 表示有电阻串接和短接两种连接法。

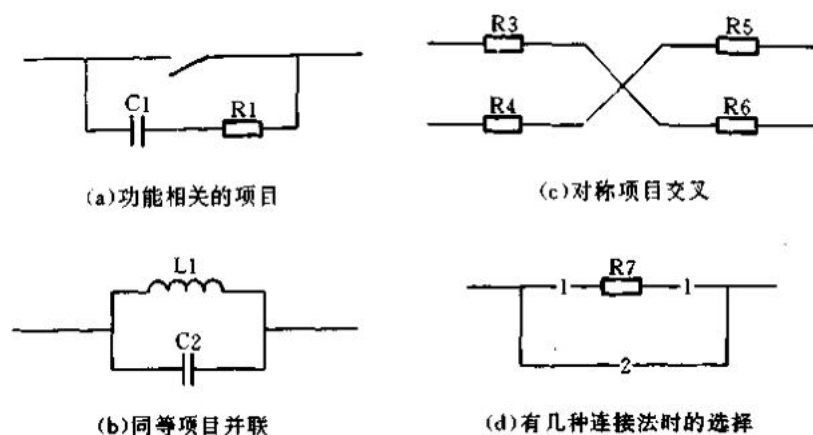


图 3-6 电路中几种连接法示例

以上介绍了电路图中项目布局的一般规则,考虑到电源的布局及表示与一般元件有所不同,下面将具体讲述电源在电路图中的表示。

2. 电路图中电源的表示

电源在图中的布置应使所有电源线集中绘制在电路的一侧、上部或下部;多相电源电路还要按相序从上到下或自左至右排列;中性线画在相线的下方或左边。

电源的表示可以有以下几种方法:

(1) 用图形符号表示电源,如图 3-7 所示。

(2) 用线条表示电源,如图 3-8 所示。

(3) 用电压值表示电源,如图 3-9 所示。

(4) 用符号表示电源。在单线表达时,直流符号为“—”;交流符号为“~”。在多线表达时,直流正、负极分别用符号“+”、“-”表示;三相交流则按相序分别用符号“L1”、“L2”、“L3”表示,中性线为“N”,如图 3-10 所示。

(5) 可以兼用线条和符号表示电源。

3. 机床电气控制电路图中的图幅分区一般只按“列”序数一个方向,所以区号中只有数字。

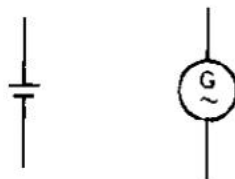


图 3-7 图形符号表示电源

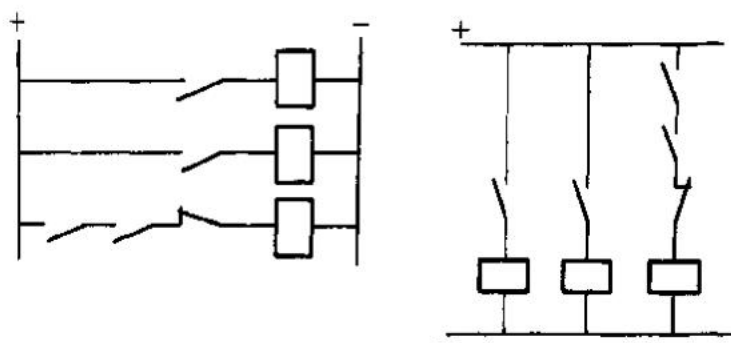


图 3-8 线条表示电源

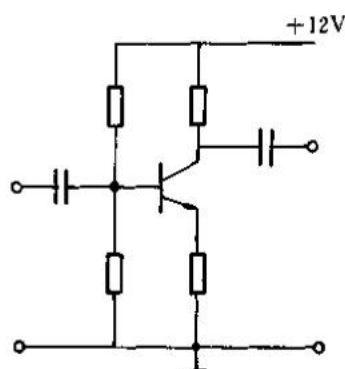


图 3-9 用电压值表示电源

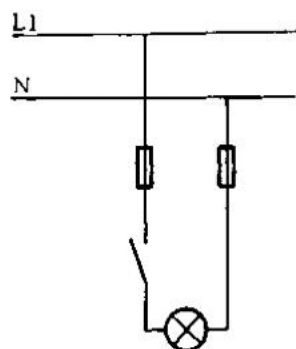


图 3-10 用符号表示电源

没有表示“行”的字母，图幅分区也不一定等分，图的上方示出主要设备的名称和功能，但与图下部的分区并不完全对应。

二、电路的简化

在电路图中，为使图面布局更趋合理，表达也更加清晰，在一些特定条件下，可将电气图中的某个单元或某个分支电路进行简化。按规定简化方法画出的电气图，其功能不变。

1. 并联电路的简化

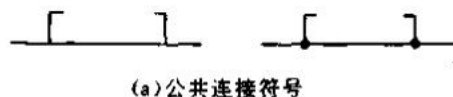
多个相同的支路并联时，可用标有公共连接符号的一个支路来表示，公共连接符号如图 3-11 (a)所示。符号的折弯方向应与支路的连接情况相符。因被简化而未画出的各项目的代号则需在对应的图形符号旁全部标注出来，公共连接符号边宜加注并联支路的总数，如图 3-11 (b)和 (c)所示。

2. 相同电路的简化

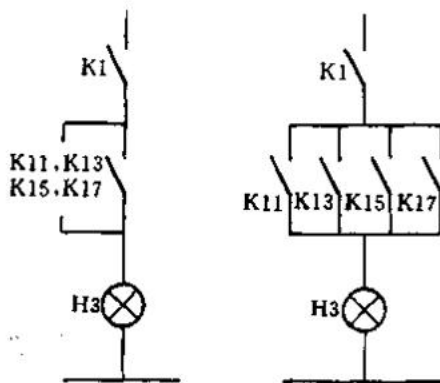
相同的电路重复出现时，仅需详细地表示出其中的一个，其余的电路可用适当的圈框及说明来代替，详细表达的支路和各相同独立支路的圈框形式可以不一。如图 3-12 中，下面的圈框注以“电路与上相同（元件标记在括号内）”，借此说明简化电路的元件的种类代号。

3. 功能单元的简化

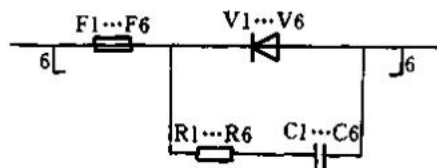
具有某种确定功能的单元电路可以简化，简化方式根据图的种类和表达需要而定，一般以方框符号或带注释的框来表示。



(a) 公共连接符号



(b) 四组并联触点的简化



(c) 六个并联支路的简化

图 3-11 相同并联支路的简化

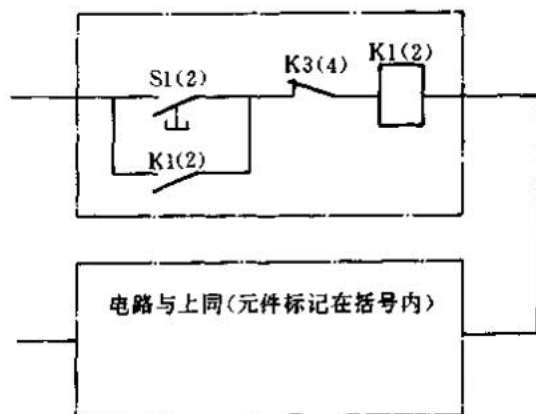


图 3-12 相同电路的简化

三、项目代号的标注

电路图中通常必须标注项目代号中的种类代号，高层代号和位置代号可以用总的说明，端子代号是否要标注则视需要而定。

第三节 接线图和接线表

在实际应用中，为便于安装与维修，除了需要了解一个电气系统、设备的概况与电气原理或过程，还需了解这个系统各个元器件、设备或装置的内部和外部连接关系，这就必须有接线图。具体说，接线图是用符号表示成套装置、设备或装置的内部、外部各种连接关系的一种简图。将简图的全部内容改用简表的形式表示，就成了接线表。接线图和接线表主要用于安装接线、线路检查、线路维修和故障处理。接线图通常要和电路图、平面图结合使用，安装时确保接线无误，维修时能很快找到故障点。接线图与电路图是相辅相成，紧密相连的两个方面。接线图中一般表示出项目的相对位置、项目代号、端子号、导线号、导线类型、导线截面积、屏蔽和导线绞合等内容。

接线图中的各个项目（如元件、器件、部件、组件、成套设备等）应采用简化外形来表示（如正方形、矩形、圆形或它们的组合），必要时也可以用图形符号表示，符号旁应标注项目代号，并与电路图中的标注一致。接线图中的端子一般用图形符号和端子代号表示；在某些接线图中，当用简化外形表示端子所在的项目时，可不画端子符号，仅用端子代号表示。不在同一个控制箱内和不在同一配电屏上的各电器元件之间的导线连接，必须通过接线端子板进行；同一个控制箱内的各电器元件之间的接线可以直接相连。在某些机床电气接线图中，根据实际结构画出项目，再用围框围上。

接线图和接线表可以根据表达范围的不同进行分类，下面将依次介绍。

一、单元接线图与单元接线表

单元接线图或单元接线表用于表示成套装置或设备中一个结构单元内部的连接情况。例如，

对低压动力配电盘来说,电源主回路(电压、电流)、计量回路、控制保护回路、电容补偿回路及每一路出线均可称为单元。单元是个相对的概念,例如,配电盘上有很多元器件,这些元器件的一个或几个可以是一个单元,但当配电盘放置于电力系统中,配电盘只是一个单元。

1. 布图与连接线

单元接线图应大体按照各个项目的相对位置进行布置,没有接线关系的项目可省略。连接线可用多线表示,也可将多线汇聚成线束以单线表示;可以用连续线方式画,也可用中断线方式画。导线组、电缆、缆形线束可以用加粗的线条表示,在不致引起误解的情况下也可部分加粗并以单线表示。如图 3-13 所示, a 图是连续线画法, b 图是中断线画法,并作远端标记,图中标明了项目代号和线号,其中 39 号与 40 号线是绞合的。

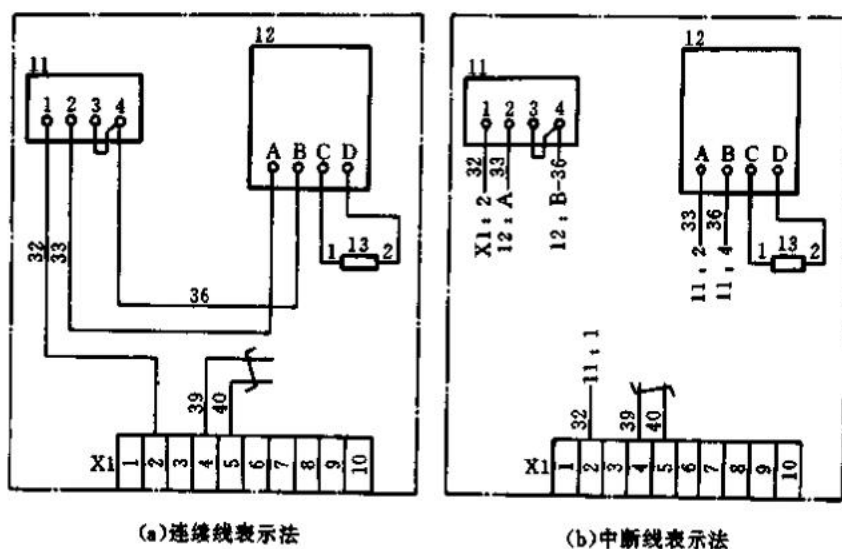


图 3-13 单元接线图

2. 视图的选择

单元接线图的视图,应选择最能清晰地表示出各个项目的端子和布线的视图,当一个视图不能清楚表示多面布线时,可用多个视图,并将各布线面摊平到一个平面上然后画出,这样可将单元内连接情况表示得更充分、更清楚。如图 3-14 所示,该图是按某仪表箱面板的背面(接线面)为视图方向画成的。仪表的左、右两面侧板和上顶板、下底板与面板在同一个平面内。视图已将各个项目(包括全部项目的元器件和端子)的相对位置全部表达清楚,而且标注了项目代号(种类代号和端子代号)。连接线采用连续线表示且均标有线号,面板和左侧面的四周各有一个(绑扎的)环形线束,互连成一体,是汇集和分叉各端子引线用的,图中以粗线表示。除少量导线直连,如线号为 10、11、12 的导线,以及较小项目的引线,如 R1 的两端引线外,其余连接线都通过环形线束进行连接。

3. 多层项目的视图表示

在同一接线面上,若项目间彼此叠成几层放置而不能表达全部端子和布线情况时,可把这些项目翻转或移动画出视图,加注释进行说明,如图 3-15 所示。

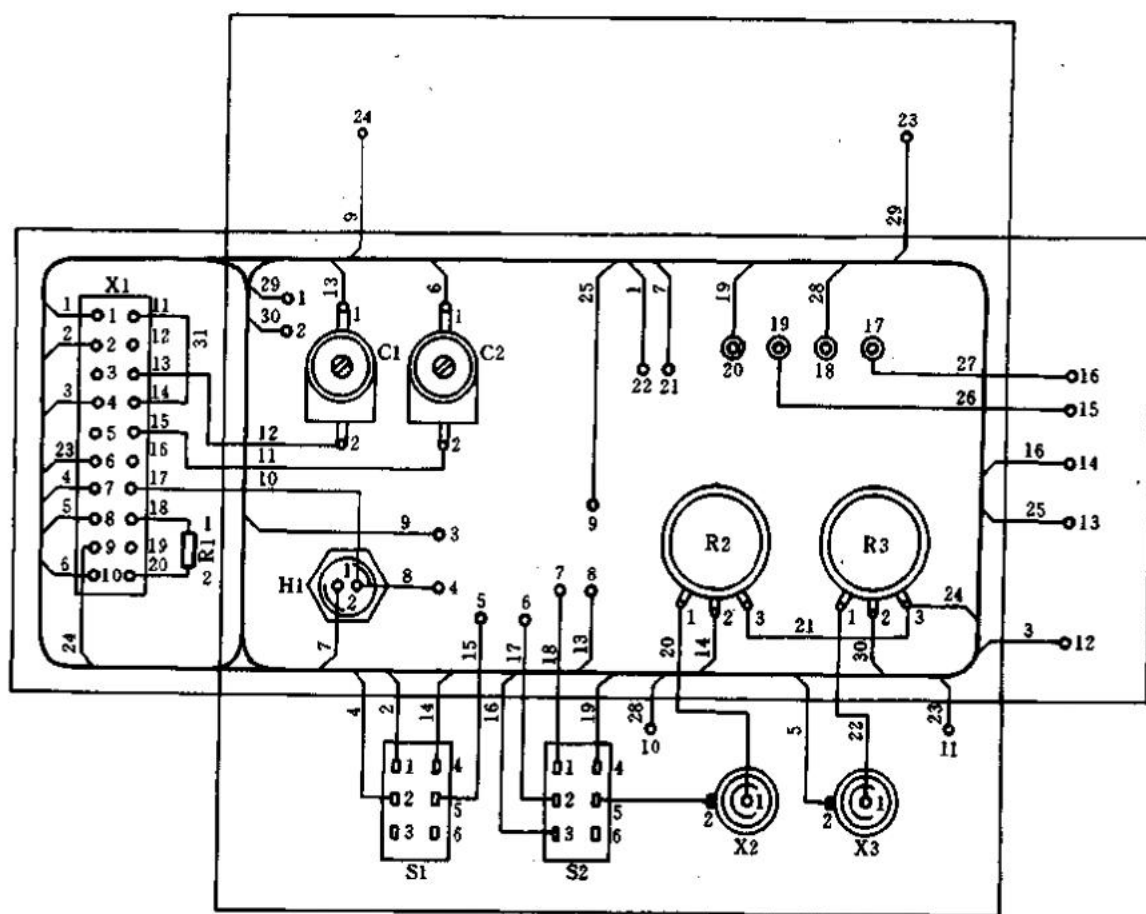


图 3-14 多面布线的单元连接图

当项目具有多层端子时，可延长被遮盖的接点（端子）以表明各层端子的连接关系。如图 3-16 所示，I 层 1~8 号端子是下层接线端子，II 层 1~8 号是上层接线端子，图中将下层接线端子延长画出，这样它们的连接情况就能表示得很清楚，端子的引线均汇集到一线束。

4. 单元接线表

单元接线表是将接线图所表达的内容用表格表示，单元接线表的内容一般应包括线缆号、线号、导线的型号、规格、长度、连接点号、所属项目的代号和其他说明等内容。表 3-1 所示的单元接线表与图 3-13 所示的单元接线图表达的内容完全一致。表中附注栏内线号 39、40 两行均注有“T1”字样，用于说明

这两根导线应该绞合，数字“1”表示该单元内的第 1 根绞合线；项目 11 的 3 号端子上有一等位线 36 号线，注在“参考”一栏内；线号 34、35 两行为空行，说明这个单元内无 34、35 号线而在其他单元内。

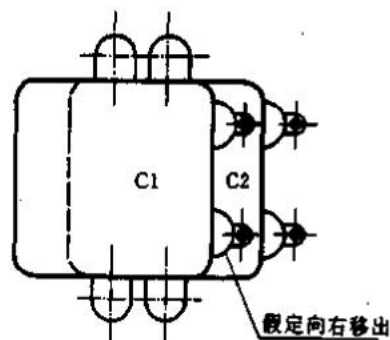


图 3-15 移动被遮端子

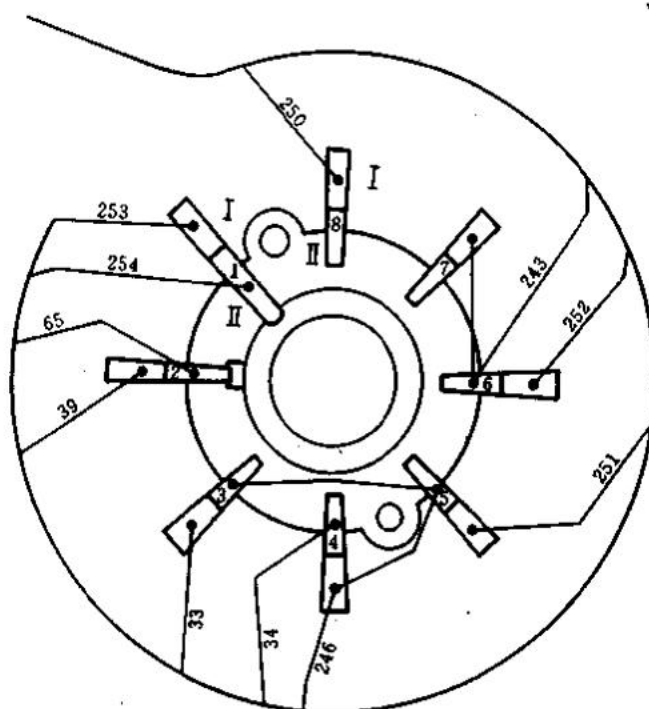


图 3-16 延长端子的画法

表 3-1 单元接线表

线缆号	线号	线缆型号 及规格	连接点 I			连接点 II			附注
			项目代号	端子号	参考	项目代号	端子号	参考	
	31								
	32		11	1		X1	2		
	33		11	2		12	A		
	34								
	35		11	3	36	11	4		连线
	36		11	4		12	B		
	37		12	C		13	1		
			13	2		12	D		
	38								
	39		X1	4					T1
	40		X1	5					T1

如果纯粹按照接线表接线、查线，实际操作有困难，所以接线表通常用来作为接线图的补充。

二、互连接线图和互连接线表

如上所述，成套装置或设备中各个单元内部的连接情况，通过单元接线图和单元接线表来体现，而各个单元之间的连接情况，则通过互连接线图和互连接线表来体现，它们只表示成套装置或设备内单元与单元之间的连接情况，不包括所涉及单元的内部连接。

1. 布图和连接线

互连接线图的布图比较简单，各单元以围框表示，不强调各单元之间的相对位置关系。

各单元间的连接用单线法表示电缆，也可用多线法，均应加注线缆号和电缆规格（以“芯数×截面”表示）。单线表示法可以用连续线，也可以用中断线，并局部加粗，如图 3-17 所示。

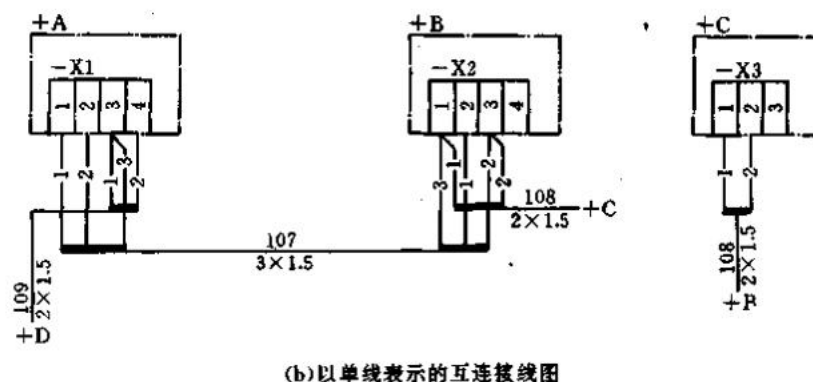
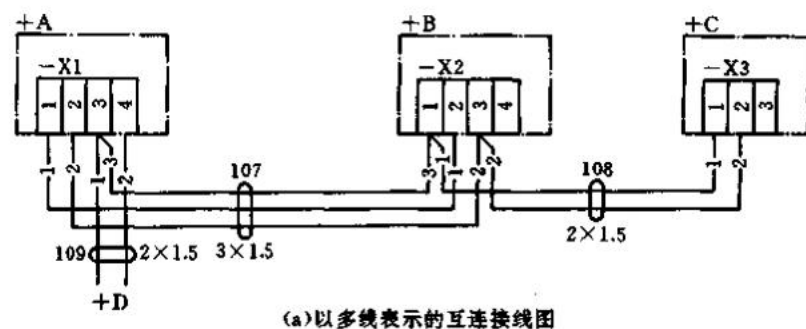


图 3-17 互连接线图

a 图中线缆号为“107”的线缆包含三根截面积为 1.5mm^2 的芯线，其中，1 号芯线将项目“+A-X1”的 1 号端子与项目“+B-X2”中的 2 号端子相连，并注明“1”；2 号芯线将“+A-X1”的 2 号端子与“+B-X2”中的 3 号端子相连，并注明“2”，3 号芯线将“+A-X1”中的 3 号端子与“+B-X2”中的 1 号端子相连，并注明“3”，1、2、3 号芯线的端子引出线以中断形式表示。108 号线缆包含两根截面积为 1.5mm^2 的芯线，接到“+C”单元，以中断线表示。b 图以单线表示，局部加粗。

2. 互连接线表

互连接线表的内容与单元接线表相同。表 3-2 所示的互连接线表与图 3-17 互连接线图表达的内容完全一致。表中的项目代号包括项目所在单元的位置代号和项目的种类代号。

表 3-2 互连接线表

线缆号	线号	线缆型号及规格	连接点 I			连接点 II			附注
			项目代号	端子号	参考	项目代号	端子号	参考	
107	1		+A-X1	1		+B-X2	2		
	2		+A-X1	2		+B-X2	3	108.2	
	3		+A-X1	3	109.1	+B-X2	1	108.1	
108	1		+B-X2	1	107.3	+C-X3	1		
	2		+B-X2	3	107.2	+C-X3	2		
109	1		+A-X1	3	107.3	+D			
	2		+A-X1	4		+D			

三、端子接线图和端子接线表

端子接线图或端子接线表用于表示成套装置或设备的端子及其与外部导线的连接关系，通常不包括单元或设备的内部连接，但要提供与之有关的图号。

端子接线图按实际接线面的视图方向画出，端子的相对位置与实际位置相符。端子接线标记可采用本端标记，也可采用远端标记。

图 3-18 是带有本端标记的端子接线图。电缆末端有标记，标有电缆号、每根缆芯号和端子标记。无论已连接或未连接的备用端子都注有“备用”字样，不与端子相连的缆芯则用缆芯号表示，线缆中的接地线用“PE”表示。图中，137 号线缆有 7 根芯线，其中一根芯线为接地线，标“PE”。6 号芯线未与端子连接，为备用芯线。A 柜 X1 端子板的 11 号端子、16 号端子为备用端子，11 号端子未连接，16 号端子与 5 号缆芯线相连，标为 X1:16，“备用”二字提示 5 号缆芯线另一端未连接，故 5 号芯线为备用芯线。12 号~15 号端子为已用端子，分别与 137 号线缆的 1~4 号缆芯线相连，分别标以本端标记 X1:12~X1:15。B 柜 X2 端子板的 25 号、30 号端子未连接，标注“备用”，26 号~29 号端子与 137 号线缆的 1~4 号芯线相连，分别作本端标记“X2:26~X2:29”，5 号、6 号芯线未连接，为备用。

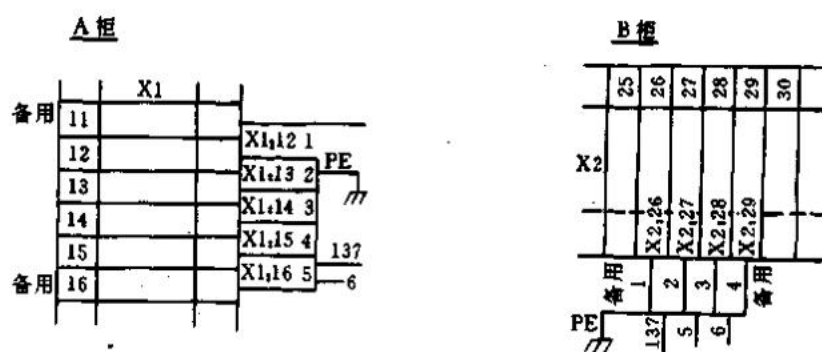


图 3-18 带有本端标记的端子接线图

端子接线表一般包括线缆号、线号、端子代号等内容，线缆应按单元（如柜、屏、台）集中填写。表 3-3 是带有本端标记的端子接线表。

表 3-3 带有本端标记的端子接线表

A 柜			B 柜		
137	PE	A 接地线	137	PE	B 接地线
	1	X1:12		1	X2:26
	2	X1:13		2	X2:27
	3	X1:14		3	X2:28
	4	X1:15		4	X2:29
备 用	5	X1:16	备 用	5	—
备 用	6	—	备 用	6	—

将上述端子接线图、表改为带有远端标记的端子接线图、表，如图 3-19 和表 3-4 所示。

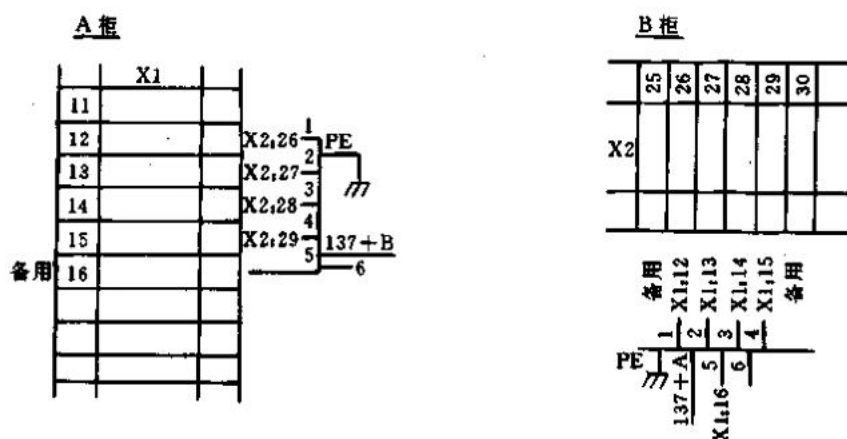


图 3-19 带有远端标记的端子接线图

表 3-4 带有远端标记的端子接线表

A 柜			B 柜		
137	PE	B 接地线	137	PE	A 接地线
	1	X2:26		1	X1:12
	2	X2:27		2	X1:13
	3	X2:28		3	X1:14
	4	X2:29		4	X1:15
备 用	5	—	备 用	5	X1:16
备 用	6	—	备 用	6	—

其中，137 号线缆的 6 号芯线为备用芯线，与 A 柜、B 柜端子未连接，故不作远端标记；5 号芯线也为备用，但它与 A 柜 16 号端子连接，而不与 B 柜端子连接，所以只在 B 柜上有远端标记“X1:16”，而 A 柜中没有标记。

四、电缆配置图和电缆配置表

电缆配置图或电缆配置表用于表示各单元（如柜、屏或台等）之间外部电缆的敷设方式，也可表示线缆的路径情况。若是专门为电缆安装使用的，还要给出安装用的其他资料，但导线的

详细资料应由端子接线图提供。

图 3-20 的电缆配置图中表明了位置代号为 +A、+B、+C 和未画出符号的 +D 的项目之间的电缆配置情况；有三根电缆，编号依次为 107、108、109。表 3-5 是与图 3-20 一致的电缆配置表。识图时，应注意对照阅读。电缆配置表的内容一般应包括线缆号、线缆类型、连接点的项目代号（主要是位置代号）及其他说明。

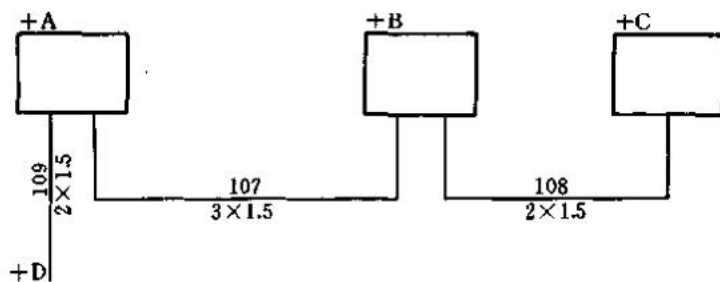


图 3-20 电缆配置图

表 3-5 电缆配置表

线缆号	电缆型号及规格	连接点		附 注
107	H07VV-U3×1.5	+A	+B	
108	H07VV-U2×1.5	+B	+C	
109	H07VV-U2×1.5	+A	+D	

以上几种接线图和接线表在电气技术应用中，可以只用其中一种，也可以并用几种，主要取决于系统的规模。

第四节 逻辑图

以开关理论为基础的数字技术，广泛地应用于自动控制、信息处理、科学计算和信号分析等工作中。在了解某个数字系统或数字装置的逻辑功能时，必须用到逻辑图。在制作数字设备时，也要先画出逻辑图，所以，逻辑图已成为数字电子工业中非常重要的设计文件。逻辑图就是将表示二进制逻辑单元的图形符号组合起来，用以表达一定逻辑功能的简图。本节将介绍逻辑图的有关知识。

一、逻辑图的图形符号

1. 符号的构成

逻辑图的主要组成部分是二进制逻辑单元，其图形符号由一个方框或若干个方框的组合以及一个或多个限定符号（包括与输入、输出有关的标记）来组成。使用图形符号绘制逻辑图时必须附加输入、输出线，但输入、输出线不是图形符号的组成部分。

图 3-21 是逻辑图符号结构的图解，图中“*”代表总限定符号，用以说明逻辑单元

执行的逻辑功能，是表示方框功能的主要部分。“*”代表与输入、输出有关的限定符号（包括关联标记）。图 3-22 是与非逻辑单元图形符号，它表示的是一个双输入与非单元。这个符号由方框、表示“与”功能的总限定符号“&”和与输出有关联的限定符号“○”构成。两根输入线和一根输出线以及标记 A、B、C 都不属于图形符号的组成部分。

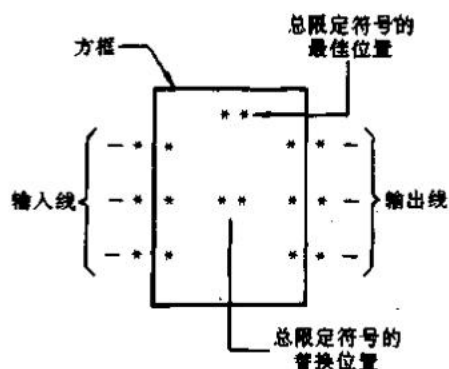


图 3-21 逻辑图符号结构的图解

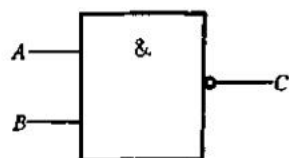


图 3-22 与非逻辑单元符号

当逻辑单元的功能完全由输入、输出限定符号决定时，就不需要总限定符号，各种类型的双稳单元都属于这种情况，如图 3-23 所示。

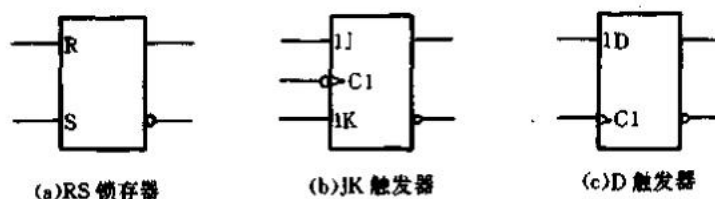


图 3-23 不需总限定符号的逻辑单元

2. 方框的种类

方框有单元框、公共控制框和公共输出框三种，如图 3-24 所示。

为了缩小一组相邻图形的幅面，各单元的方框可根据不同的需要来邻接或镶嵌，如图 3-25 所示。a 图适用于各单元框公共线沿着信息流方向时，这些单元间无逻辑连接。b 图适用于两个方框公共线垂直于信息流方向时，这些单元间仅有一种逻辑连接。c 图中，a 为公共控制线输入，简化后，输入到公共控制区。

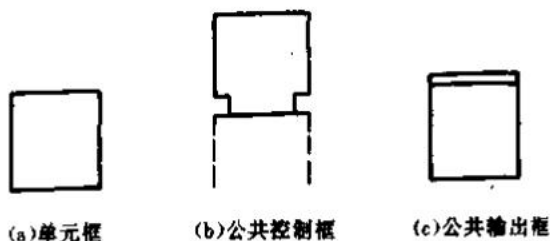


图 3-24 逻辑图方框的种类

3. 与输入、输出和其他连接有关的限定符号

输入、输出限定符号用以表示逻辑单元输入、输出的物理的或逻辑的特性，以及内部逻辑状态和外部逻辑状态或逻辑电平之间的关系。

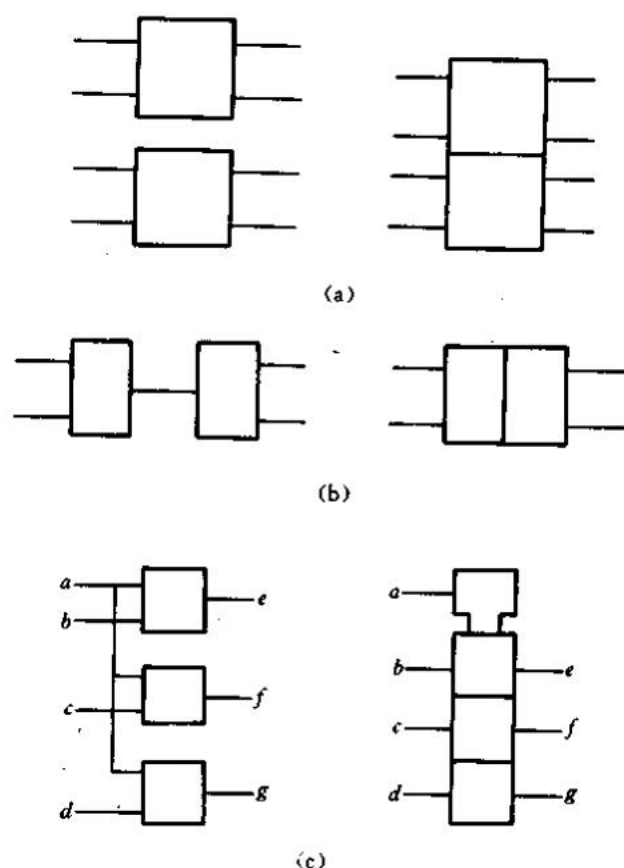


图 3-25 方框的邻接或镶嵌

“内部逻辑状态”所描述的是假定在符号框线内输入端或输出端存在的逻辑状态。

“外部逻辑状态”所描述的是假定在符号框线外存在的逻辑状态。对输入端，是指输入线上任何外部限定符号之前的逻辑状态；对输出端，是指输出线上任何外部限定符号之后的逻辑状态。

“内部逻辑状态”与“外部逻辑状态”的概念图解如图 3-26 所示，“*”是限定符号， a 、 b 是输入的外部逻辑状态， a' 、 b' 是输入的内部逻辑状态。 a 与 a' 、 b 与 b' 是否相同取决于输入的限定符号。 c 是输出的外部逻辑状态， c' 是输出的内部逻辑状态， c 与 c' 是否相同，取决于输出的限定符号。

在数字电路的逻辑图中，“输入起作用”就是指该输入的内部逻辑状态为“1”。

二进制逻辑单元图形符号与输入、输出相关的限定符号有几种。图 3-27 (a) 是逻辑非的限定符号，表示内部逻辑状态与外部逻辑状态互为否定，即内部“1”状态对应于外部“0”状态；内部“0”状态对应于外部“1”状态。带逻辑非符号的输入起作用指外部为“0”状态起作用。带逻辑非符号的内部逻辑状态与外部逻辑状态的比较如图 3-27 (b) 所示。

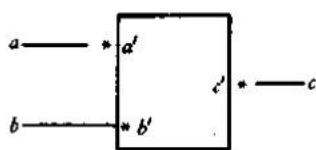


图 3-26 内部逻辑状态与外部逻辑状态的概念图解

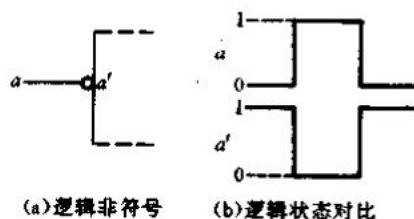


图 3-27 逻辑非

采用带逻辑非符号的图形符号绘制的逻辑图称为逻辑非符号体制的逻辑图。在这种体制的逻辑图中，不带逻辑非符号的输入、输出表示其内部逻辑状态与外部逻辑状态相同。

图 3-28 (a) 是动态输入的限定符号，指当外部“0”状态到外部“1”状态的转换过程中（时序图中称“上升沿”），内部逻辑状态为“1”，其他所有时间，内部逻辑状态为“0”。带动态输入符号的内部逻辑状态与外部逻辑状态的比较如图 3-28 (b) 所示。

图 3-29 (a) 是带逻辑非的动态输入限定符号，表示当外部“1”状态到外部“0”状态的转换过程中（时序图中称“下降沿”），内部逻辑状态为“1”，其他所有时间，内部逻辑状态都为“0”。带逻辑非动态输入符号的内部逻辑状态与外部逻辑状态的比较如图 3-29 (b) 所示。

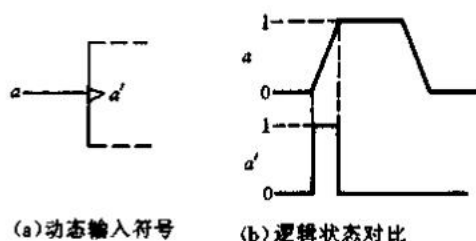


图 3-28 动态输入



图 3-29 带逻辑非的动态输入

与带逻辑非符号体制相应的有带极性指示符号体制。极性指示符号如图 3-30 (a) 所示，小直角三角形的指向与信息流的方向一致，表明内部逻辑状态“1”与外部逻辑低电平 (L) 相对应；内部逻辑状态“0”与外部逻辑高电平 (H) 相对应。采用带极性指示符号体制的逻辑图中，不带极性指示的输入、输出表示其内部逻辑状态“0”与外部逻辑低电平 (L) 相对应；内部逻辑状态“1”与外部逻辑高电平 (H) 相对应。

图 3-30 (b) 是带极性指示符号的缓冲单元，从内部逻辑状态看，输入 a' 与输出 b' 状态相同，即同“0”或同“1”，如图 3-30 (c) 所示。输入带极性指示说明， a 为高电平 (H)， a' 为“0”状态， a 为低电平 (L)， a' 为“1”状态；输出无极性指示符号，说明 b' 为“0”状态， b 为低电平 (L)， b' 为“1”状态， b 为高电平 (H)，如图 3-30 (d) 所示。

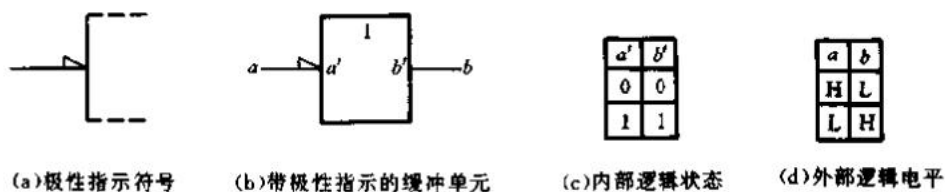


图 3-30 极性指示符号

常用的二进制逻辑单元的图形符号及说明，见表 3-6。

表 3-6 常用二进制逻辑单元图形符号及说明

序号	名 称	图 形 符 号	说 明
1	“或”单元		只有一个或一个以上的输入呈现“1”状态，输出才呈现其“1”状态 (如果不会引起意义上的混淆，“≥1”可以用“1”代替)
2	“与”单元		只有所有输入呈现“1”状态，输出才呈现“1”状态
3	逻辑门槛单元		只有呈现“1”状态输入的数目等于或大于限定符号中以 m 表示的数值，输出才呈现“1”状态
4	等于 m 单元		只有呈现“1”状态输入的数目等于限定符号中以 m 表示的数值，输出才呈现“1”状态
5	多数单元		只有多数输入呈现“1”状态，输出才呈现“1”状态
6	逻辑恒等单元		只有所有输入呈现相同的状态，输出才呈现“1”状态

续表

序号	名称	图形符号	说明
7	奇数单元模2加单元		只有呈现“1”状态的输入数目为奇数（1、3、5等），输出才呈现“1”状态
8	偶数单元		只有呈现“1”状态的输入数目为偶数（0、2、4等），输出才呈现“1”状态
9	异或单元		只有两个输入之一呈现“1”状态，输出才呈现“1”状态
10	输出无专门放大的缓冲单元		只有输入呈现“1”状态，输出才呈现“1”状态
11	非门 反相器（用逻辑非符号表示）		只有输入呈现外部“1”状态，输出才呈现外部“0”状态
12	反相器（用逻辑极性符号表示）		只有输入呈现H电平，输出才呈现L电平

二、逻辑约定

在数字电路中，经常用到电平的概念。所谓电平，就是电位。一般不用绝对数字而只要根据具体情况以正得较多作为高电平（H），以正得较少作为低电平（L）。图3-31示出了某电路高低电平的取值范围，高电平的额定值是2.5V，但2V~3V都是高电平，低电平的额定值是0.5V，但0V~1V都是低电平。所以高电平、低电平表示的都一定的电压范围。

高电平是一种状态，低电平则是与之对应的另一种状态。确定逻辑状态和逻辑电平之间的关系可采用单一的逻辑约定。

逻辑约定有正逻辑约定和负逻辑约定两种。在正逻辑约定中，高电平（H）与逻辑“1”状态对应，低电平（L）与逻辑“0”状态对应；在负逻辑约定中，高电平（H）与逻辑“0”状态对应，低电平（L）与逻辑“1”状态对应。如表3-7所示，“与”功能逻辑分别采用正、负逻辑约定逻辑状态与逻辑电平之间的关系。

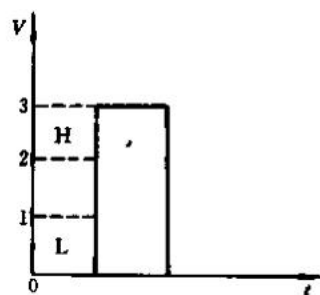


图3-31 高电平、低电平示例

表 3-7 “与”功能逻辑状态与逻辑电平的关系

逻辑状态			逻辑电平					
			正逻辑约定			负逻辑约定		
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
0	0	0	L	L	L	H	H	H
0	1	0	L	H	L	H	L	H
1	0	0	H	L	L	L	H	H
1	1	1	H	H	H	L	L	L

一般来说，同一张图中只采用单一的逻辑约定，但在同一张图的不同部分（例如接口界面的两边）也允许采用不同的逻辑约定。识读时应注意不同逻辑约定的划分区域。

三、逻辑图的布图与连接线

1. 布图

逻辑图的布图通常从左到右或从上到下，清晰反映信息流的方向，图形符号的方位不能任意改变，输入线和输出线分置于图形符号相对的两侧，并与符号的框线相垂直，一般输入线在左侧、输出线在右侧。

2. 连接线

逻辑图上各单元之间的连接线及单元的输入、输出线称为信号线。当一个信号输给多个单元时，可用单根直线通过适当标记，以“T”型连接方式接到各个单元，如图 3-25 (c) 中的左图。

在信号流向不明显的地方，应在信号线上加箭头表示。

为加深对逻辑图的理解，信号线上应标记信号名称。信号名称应具有一定意义且含义明确，不同信号线不论功能多么相似，都不能使用同一名称。信号名称一般采用助记符，常用的信号名称助记符见表 3-8。

表 3-8 常用信号名称助记符

符 号	说 明	英文说明
ACC	接 受	ACCEPT
ADR	地 址	ADDRESS
ALU	运 算 器	ARITHMETIC LOGIC UNIT
BIN	二 进 制	BINARY
BUS	总 线	BUS
CL	时 钟	CLOCK
CP	时钟脉冲	CLOCK PULSE
CT	计 数	COUNT
D	数 据	DATA
DACC	数据接受	DATA ACCEPTED
DIN	数 据 入	DATA IN
DOUT	数 据 出	DATA OUT

续表

符 号	说 明	英文说明
END	终 止	END
EO	基 本 操 作	ELEMENTARY OPERATION
ERASE	擦 除	ERASE
ERR	错 误	ERROR
EXOR	异 或	EXCLUSIVE OR
F	功 能	FUNCTION
FSEL	功 能 选 择	FUNCTION SELECT
G	门	GATE
GEN	产生,发生	GENERATE
GND	地, 接 地	GROUND
GRES	总 复 位	GENERAL RESET
H	保 持	HOLDING
ICAR	初 始 进 位	INITIAL CARRY
ID	识 别	IDENTIFICATION
INH	禁 止	INHIBIT
INT	中 断	INTERRUPT
I/O	输入/输出	INPUT/OUTPUT
CT	接 触, 触 点	CONTACT
L	左	LEFT
LOC	定位, 单元	LOCATION
LOG1	逻 辑 1	LOGICAL ONE
LOGZ	逻 辑 0	LOGICAL ZERO
MM	主 存 储 器	MAIN MEMORY
MOT	电 动 机	MOTOR
N	非, 否 定	NEGATION
NC	常 闭	NORMALLY CLOSED
NO	常 开	NORMALLY OPEN
OP	操 作	OPERATION
OPER	可 操 作	OPERABLE
PON	电 源 接 通	POWER ON
PS	程 序 状 态	PROGRAM STATUS
PU	上 拉	PULL-UP
R	右	RIGHT
RD	读	READ
RE	重 复	REPET
RES	复 位	RESET
RUN	运 行	RUN
SEL	选 择	SELECT
START	启 动	START
STOP	停 止	STOP
STR	选 通	STROBE
SW	开 关	SWITCH
TP	定 时 脉 冲	TIME PULSE
U	向 上	UP
WC	写 控 制	WRITE CONTROL
WI	写 入	WRITE IN
WR	写	WRITE

在二进制逻辑图中经常要用到同一功能的原码信号和反码信号，通常是在信号名称的上面加一横线来表示信号的反码。例如，WRITE（“写”信号）的反码为 $\overline{\text{WRITE}}$ 。

有时以斜杠“/”分开两个信号名称，表示这两个信号的功能是“或”的关系，例如，“RD/WR”表示“读或写”。

逻辑图上的时钟脉冲信号在连接线上的标记通常用 CP 表示，而时钟脉冲信号产生的定时脉冲信号则用 TP 表示。

逻辑图中也可画出硬件的未使用部分，但必须标出未使用的外引线号或未使用单元及其外引线号。

当信号线有时是输入信号，有时是输出信号时，可在信号线上加双向开口箭头，说明它是双向传输引线，如图 3-32 所示。

3. 时序图

在时序电路中，为了更清晰反映时钟脉冲 CP、输入信号、输出信号之间的对应关系，除了用逻辑图外，还要画出它们的工作波形图，即时序图。

图 3-33 (a) 是同步 RS 触发器的图形符号，带逻辑非动态输入的符号说明该触发器将在时钟脉冲 CP 的下降沿到来时触发。为了清楚地说明 R、S、CP 之间的关系对输出状态 Q 的影响，可作出时序图如图 3-33 (b) 所示。

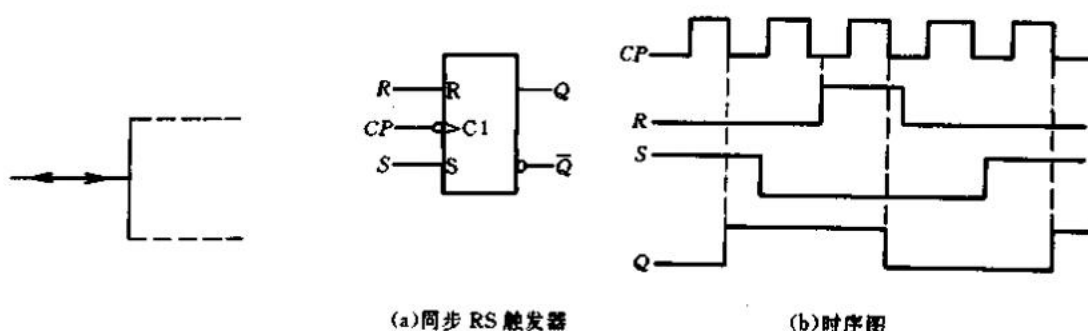


图 3-32 双向传输引线的表示方法

图 3-33 时序图示例

4. 非逻辑元件的连接

逻辑图中经常需要用到一些非逻辑元件，如电容器、电阻器、指示灯、继电器、开关等。当这些元器件控制逻辑单元时，在这类元器件的连接处要标出波形、电平等来表示它们动作的条件。在这些器件的接线端子上，不能出现逻辑非符号。

5. 补充材料

一个逻辑图往往有一些补充材料：

(1) 波形图 除了时序图以外，为了便于对设备的维护、调整，或阐明电路的功能，在图上可以画出波形图。

(2) 真值表 真值表列出了逻辑图中所有逻辑变量的全部取值情况，真值表是逻辑图的重要补充，可以更充分地表达逻辑图的功能。

四、逻辑图举例

图 3-34 (a) 是具有“异或”功能的纯逻辑图。“异或”指只有两个输入 (a 、 b) 之一呈现“1”状态, 输出 c 才呈现“1”状态, 表 3-9 是它的真值表。“异或”功能的逻辑表达式是:

$$c = a\bar{b} + \bar{a}b$$

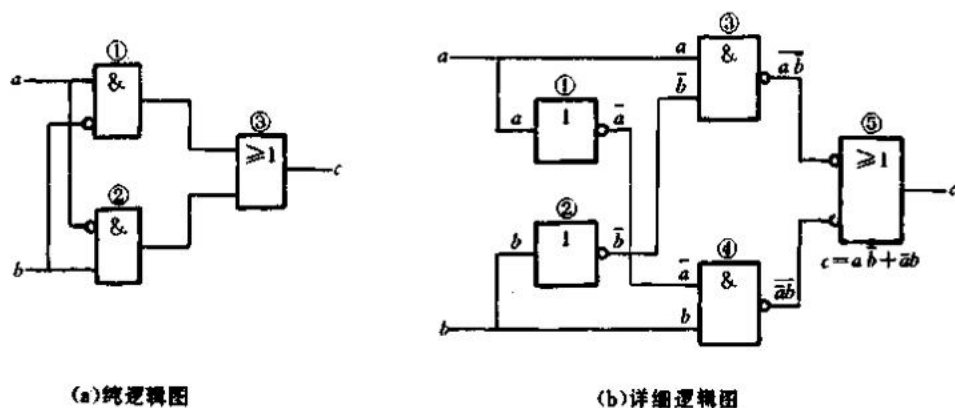


图 3-34 “异或”功能逻辑图

表 3-9 真 值 表

a	b	c
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

由 a 图可知: 图中引入了“逻辑非”的限定符号, 说明它是采用逻辑非符号体制, 并且只表示这种逻辑功能而未涉及其实现方法。逻辑单元①是个“与”单元, 其输入为信号 a 和通过“T”型连接来的信号 b , 由于信号 b 是通过逻辑非符号引入的, 所以逻辑单元①的内部信号有 a 和 \bar{b} , 经过“与”功能作用后, 其输出为 $a\bar{b}$ 。同理逻辑单元②的输出为 $\bar{a}b$, 逻辑单元①②的输出 $a\bar{b}$ 和 $\bar{a}b$ 作为逻辑单元③“或”门的输入, 经过“或”功能的作用后, 其输出为 $a\bar{b} + \bar{a}b$ 。

若要构成可以实现的逻辑图, 必须增加“非”单元, 采用正逻辑约定, 画出详细的逻辑图, 如图 3-34 (b) 所示。

第五节 功能表图

控制系统可以指一个供电过程或一个生产过程中的电气控制系统, 也可以指非电的 (如气动、液压或机械的) 控制系统。要表述一个控制系统的详细情况, 不能仅仅依靠文字, 而图示法虽然比较容易理解, 但很难找到一种为各类专业人员都能掌握的图示法, 也很难找到适用于表示每一种功能的图形符号, 故需要设计出一种并用文字和图形而能总体描述控制系统和控制过程的表图以便使用, 这就是功能表图。

功能表图是用规定的图形符号和文字叙述相结合的方法来描述控制系统的控制过程、作用和状态的一种表图。这种表图还能描述所用零部件的技术性能而不考虑其具体工艺的实现过程。

功能表图的识读，应注意控制系统的划分和图形符号的使用这两个方面，下面分别介绍。

一、控制系统的划分

为了给一个系统绘制清晰、明确的功能表图，必须确切地规定该系统的界限及其功能表图的范围，在假定的系统界限上对系统的输入和输出作出充分的描述。

一个控制系统通常可以划分为两个相互依赖的部分。

- (1) 被控系统 包括执行实际过程的操作设备。
- (2) 施控系统 接收来自操作者、被控过程等的信息并向被控系统发出命令的设备。

图 3-35 所示为控制系统的划分，表明了系统中各功能表图的界限。

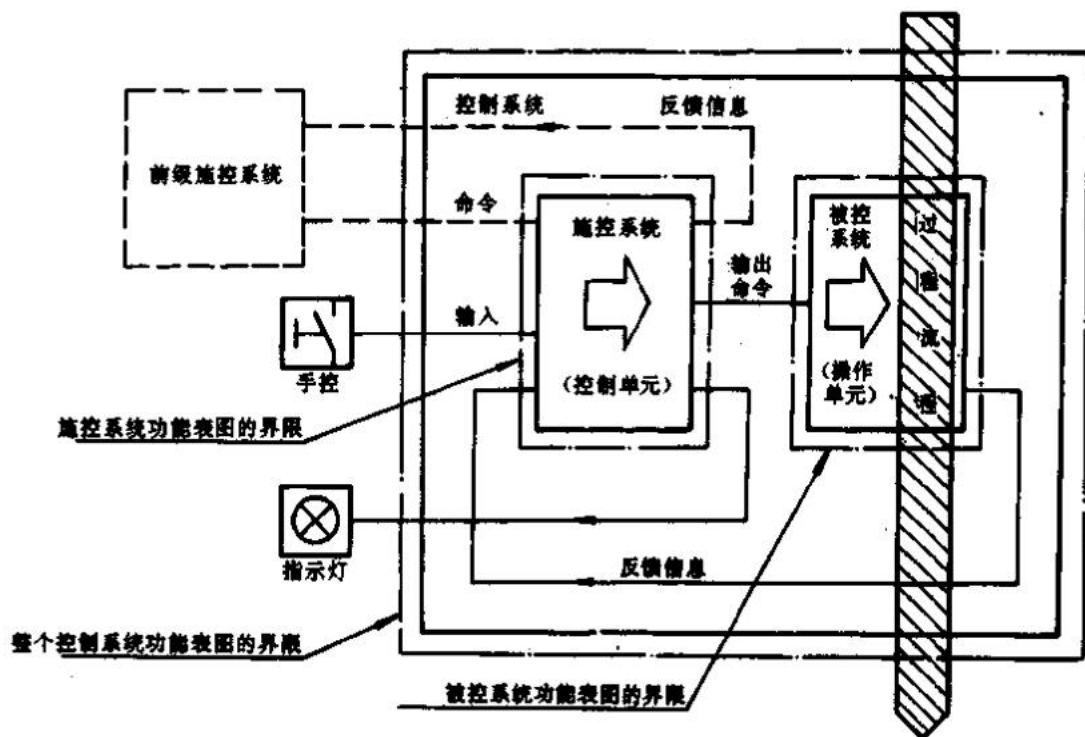


图 3-35 控制系统的划分

根据这种划分，对于一个控制系统，可绘出如下三种功能表图，描述不同的关系，用于不同的目的。

1. 被控系统功能表图

被控系统功能表图的输入，包括施控系统发出的命令和输入过程流程的变化参数。其输出则包括送往施控系统的反馈信号和在过程流程上执行的使之具有其他（理想的）特性的动作。

2. 施控系统功能表图

施控系统功能表图的输入，包括操作者或可能存在的前级施控系统发出的命令以及被控系统的反馈信号。其输出则包括送往操作者或者前级施控系统的反馈信号和向被控系统发出的命令。

3. 控制系统的功能表图

整个控制系统的功能表图的输入，包括操作者或前级施控系统发出的命令和输入过程流程的参数。其输出则包括送往操作者或前级施控系统的反馈信号和在过程流程上执行的动作。

图 3-36 示出了一个机加工控制系统，其过程是从坯料到加工成半成品零件的切削，被控系统是机床，施控系统是数控设备。

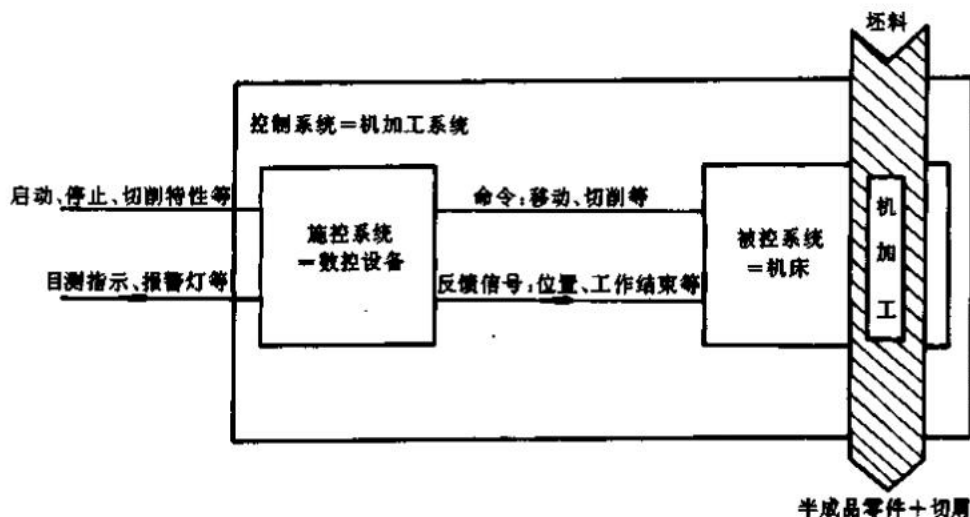


图 3-36 机加工控制系统的划分

二、功能表图的图形符号

功能表图是把一个过程循环分解为若干清晰的连续的“步”（稳定状态），步与步之间以转换来分隔，当满足进入下一步的转换条件的过程信号出现时，即标志着这一步的终止；当所有的步结束后，一个过程结束。因此，功能表图使用的符号就有以下几种：

1. 步

“步”表示系统的一个不变行为的特征，描述了控制系统、施控系统和被控系统的各种稳定状态。

“步”的图形符号如图 3-37 所示。a 图是“步”的一般符号，其长宽比是任意的，一般采用正方形；“*”在具体的“步”中要以数字标号来代替，以便于识别。b 图指“步 2”。c 图指“初始步”。

2. 与“步”相关的命令（动作）

当功能表图描述一个施控系统时，一个活动步可以发出一个或多个命令；当功能表图描述一个控制系统或被控系统时，一个活动步可以产生一个或多个动作。所以“命令”与“动作”同属一个概念，对施控系统而言是“命令”，对被控系统而言就是“动作”。

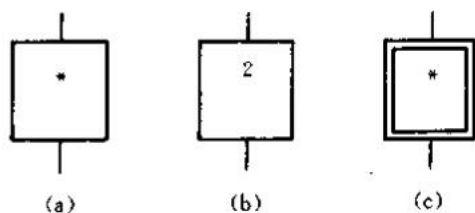


图 3-37 步的图形符号

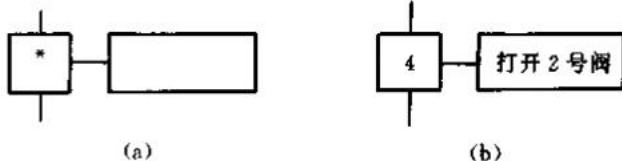


图 3-38 与步相关的命令或动作

与“步”相关的命令（动作）的图形符号如图 3-38 所示。a 图矩形中可以有文字语句或符号，用来说明相应的步活动时，由施控系统发出的命令和由被控系统执行的动作。b 图矩形中的文字说明步 4 活动时，由施控系统发出“打开 2 号阀”的命令和由被控系统执行“打开 2 号阀”的动作。

3. 有向连线

步与步之间的进展采用有向连线来表示。有向连线是垂直的或水平的。按习惯标示进展的方向总是从上到下或从左到右，否则必须加开口箭头来表示。如图 3-39 所示，a 图表示从上到下进展，b 图表示从下向上进展（加开口箭头）。

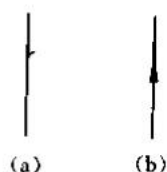


图 3-39 有向连线

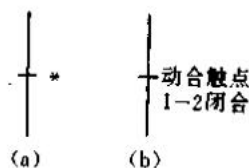


图 3-40 转换与转换条件

4. 转换

为了描述沿着有向连线所发生的活动状态的逐步进展，采用“转换”这一概念。转换的符号是一根短划线，通过有向连线与有关步符号相连，该符号的上部下部则视为两条有向连线，如图 3-40 所示。a 图中“*”表示转换条件所在位置，b 图中“动合触点 1—2 闭合”就是转换条件。转换条件可用文字、符号或布尔表达式表示。转换条件与步的转换相应，也就是说当转换条件成立时，步才能进行转换。

三、功能表图示例

图 3-41 是电动机控制系统的功能表图，图中表明，在电动机“启动—转动—停止”这一可重复的过程中，被控系统是电动机，施控系统是启动器、热继电器等开关类器件和保护装置。启动过程包括 1~4 步，电动机原来处于未启动的初始状态（步 1），得到“启动命令”（转换条件）后，进入启动过程（步 2），启动过程完毕（转换条件），进入“步 3”，电动机转动；得到“停止命令”（转换条件）后，便进入“停止过程”（步 4）。停止过程结束，又进入步 1，可准备下一次启动。

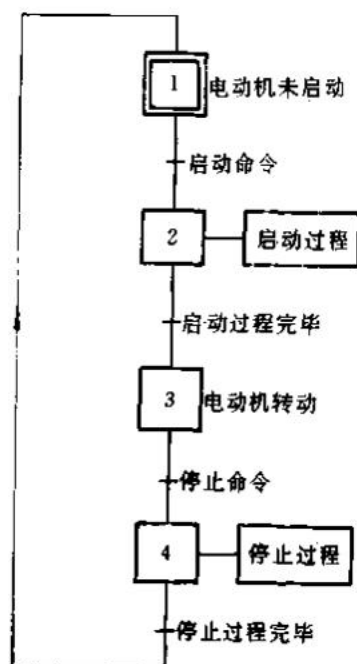


图 3-41 电动机控制系统功能表图

习 题

- 3-1 电气技术中，常见的电气图有哪几类？
- 3-2 系统图和框图的用途是什么？它表达的内容有哪些？结合图 2-6 冷却水供应系统=W1 系统图加以说明。
- 3-3 系统图和框图中的“框”有几种？各有什么特点？系统图中种类代号的标注又有什么特点？
- 3-4 电路图有哪些用途？它表达什么内容？电路图对一些功能项目的布置有什么要求？
- 3-5 电路图中的电源有哪几种表示方法，举例说明。
- 3-6 哪些电路可以进行简化，说明简化的方式。
- 3-7 电路图中项目代号的标注有什么特点？
- 3-8 接线图与接线表有什么用途？根据表达范围的不同，有哪些种类？
- 3-9 图 3-42 是某项目的单元接线图，a 图以多线表示，b 图以单线表示，c 图以带远端标记的中断线表示，但 b、c 图均有缺损，请将它们修补完整。
- 3-10 根据图 3-42 将表 3-10 的单元接线表补全。
- 3-11 互连接线图有什么特点？
- 3-12 逻辑图的图形符号由哪几部分构成？
- 3-13 什么是外部逻辑状态，什么是内部逻辑状态？
- 3-14 说明“逻辑非”、“动态输入”、“带逻辑非动态输入”的符号及含义。
- 3-15 什么是逻辑图中的逻辑约定？什么是正逻辑约定？什么是负逻辑约定？
- 3-16 功能表图有什么作用？它可以分成哪几种？
- 3-17 画出功能表图中常用的图形符号，说明“步”、“转换”、“有向连线”的含义。

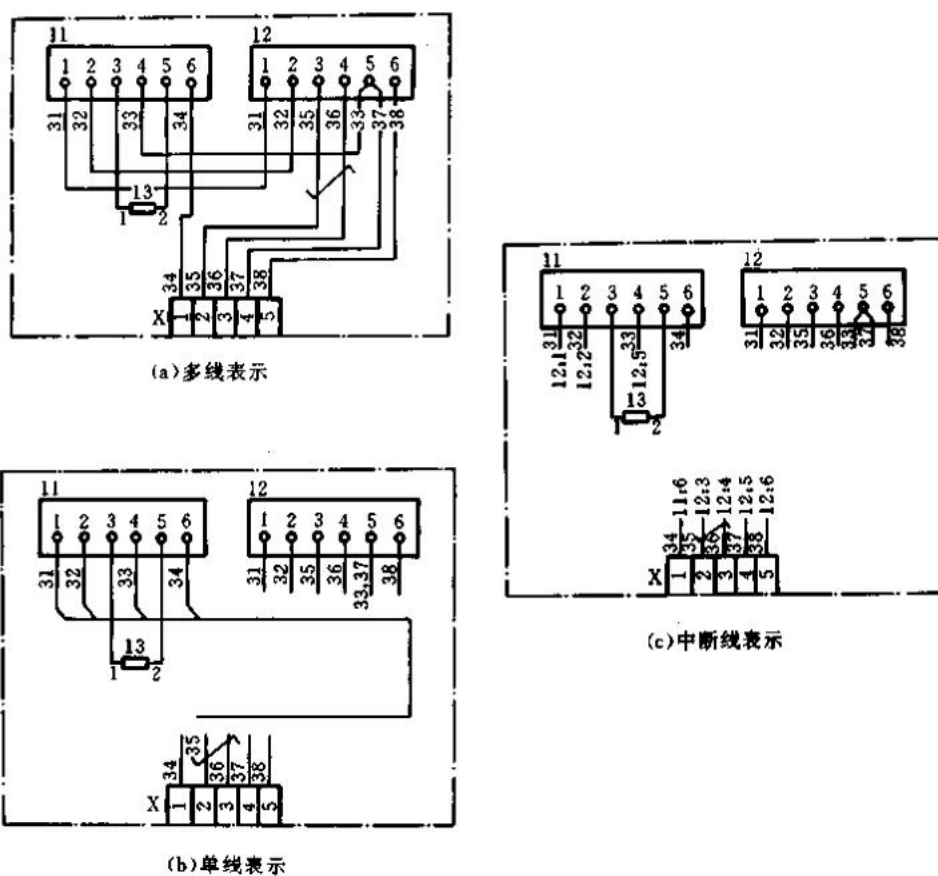


图 3-42 某项目单元接线图

表 3-10

线缆号	线 号	线缆型号 及规格	连接点 I			连接点 II			附 注
			项目代号	端子号	参 考	项目代号	端子号	参 考	
	31		11	1		12	1		T1 T1
	32								
	33								
	34								
	35								
	36								
	37								
	38				33				
	—		11	3		13	1		
	—		11	5		13	2		

第四章 电气图的识读

前三章介绍了电气图的基本知识，本章将着重介绍电气图的识读方法与步骤，并通过实例把前面所学的知识与识图实践结合起来，达到正确、快速识图的目的。

本章要求：

- (1) 理解电气图识读的方法和步骤。
- (2) 掌握机床电气控制电路图的识读方法；能识读中等复杂程度的机床电气控制电路图；掌握接线图的识读方法。
- (3) 理解电子线路图的识读方法。
- (4) 理解建筑电气平面图的特点；能识别建筑电气平面图常用的图形符号；掌握平面图上位置的表示方法、线路的标注方法、照明器具的标注方法；能识读基本的建筑电气平面图。
- (5) 了解印制板电路的特点及应用；理解印制板零件图的表达内容及要求；了解印制板装配图的绘制规则。

第一节 识图的基本方法和步骤

一、基本方法

1. 结合电工基础知识识图

在实际生产的各个领域，所有电路如输变配电、电力拖动和照明等，都是建立在电工基础理论之上的。因此，要想准确、迅速地看懂电气图，必须具备一定的电工基础知识。如三相鼠笼式异步电动机的正转和反转控制，就是利用三相鼠笼式异步电动机的旋转方向是由电动机三相电源的相序来决定的原理，用倒顺开关或两个接触器进行切换，改变输入电动机的电源相序，以改变电动机的旋转方向。

2. 结合电器元件的结构和工作原理识图

电路中有各种电器元件，如配电电路中的负荷开关、自动空气开关、熔断器、互感器、电表等；电力拖动电路中常用的各种继电器、接触器和各种控制开关等；电子电路中，常用的各种晶体二极管、晶体三极管、晶闸管、电容器、电感器以及各种集成电路等。因此，在看电气图时，首先应了解这些元器件的性能、结构、工作原理、相互控制关系以及在整个电路中的地位 and 作用。

3. 结合典型电路识图

典型电路就是常见的基本电路，如电动机的启动、制动、正反转控制、过载保护电路、时

间控制电路、顺序控制、行程控制电路、晶体管整流电路、振荡和放大电路、晶闸管触发电路等。图 4-1 是几个典型的电气控制单元电路。

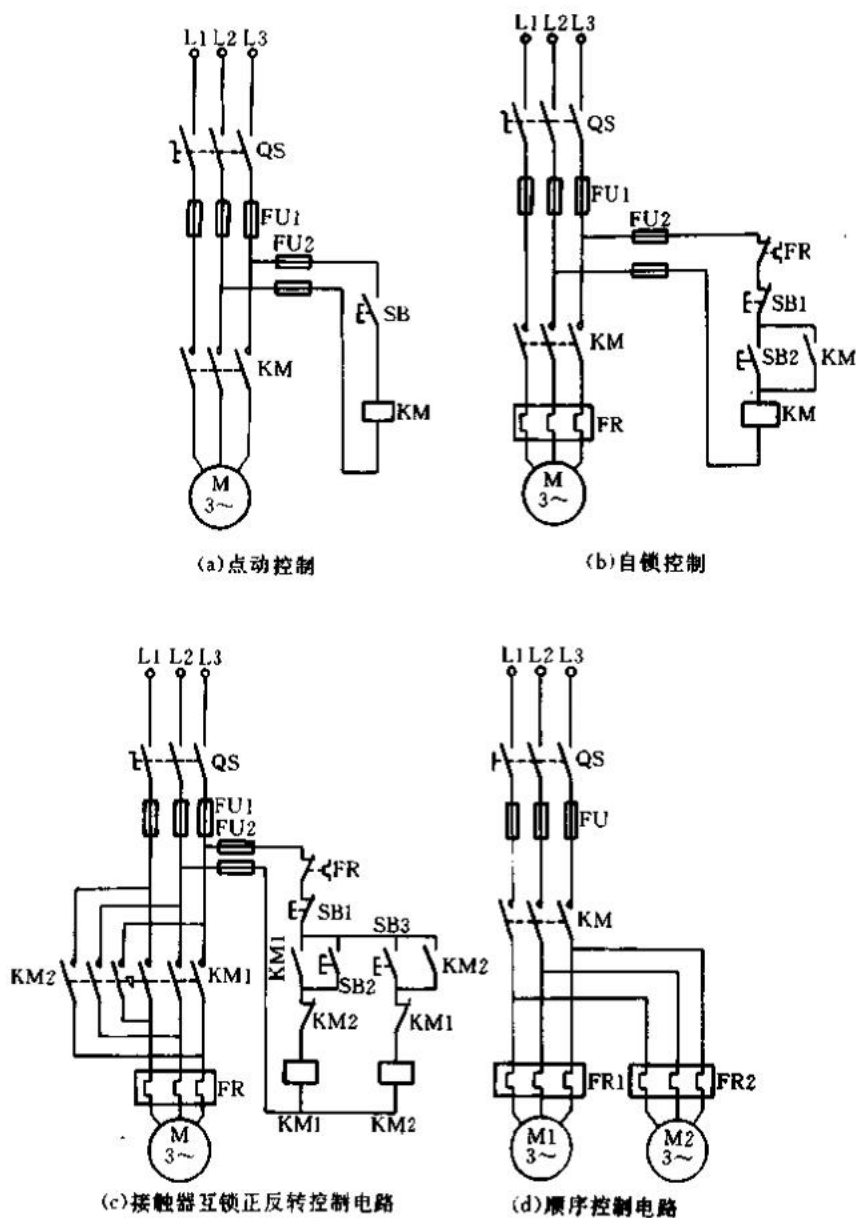


图 4-1 典型的电气控制单元电路

不管多么复杂的电路，几乎都是由若干基本电路所组成。因此，熟悉各种典型电路，在识图时就能迅速地分清主次环节，抓住主要矛盾，从而看懂较复杂的电路图。

4. 结合有关图纸说明识图

凭借所学知识阅读图纸说明，有助于了解电路的大体情况，便于抓住看图的重点，达到顺

利识图的目的。

5. 结合电气图的制图要求识图

电气图的绘制有一些基本规则和要求，这些规则和要求是为了加强图纸的规范性、通用性和示意性而提出的。这些基本规则和要求在本书前几章中已作详细介绍，可以利用这些制图的知识准确识图。

二、基本步骤

1. 看图纸说明

图纸说明包括图纸目录、技术说明、元器件明细表和施工说明等。识图时，首先要看图纸说明。搞清设计的内容和施工要求，就能了解图纸的大体情况，抓住识图的重点。

2. 看主题栏

在看图纸说明的基础上，接着看主标题栏，了解电气图的名称及标题栏中有关内容。凭借有关的电路基础知识，对该电气图的类型、性质、作用等有明确的认识，同时大致了解电气图的内容。

3. 看电路图

看电路图时，先要分清主电路和控制电路、交流电路和直流电路，其次按照先看主电路，再看控制电路的顺序读图。看主电路时，通常从下往上看，即从用电设备开始，经控制元件，顺次往电源看。看控制电路时，应自上而下，从左向右看，即先看电源，再顺次看各条回路，分析各回路元器件的工作情况及其对主电路的控制。

通过看主电路，要搞清用电设备是怎样从电源取电的，电源经过哪些元件到达负载等。通过看控制电路，要搞清它的回路构成、各元件间的联系（如顺序、互锁等）、控制关系和在什么条件下回路构成通路或断路，以理解工作情况等。

4. 看接线图

接线图是以电路图为依据绘制的，因此要对照电路图来看接线图。看的时候，也要先看主电路，再看控制电路。看主电路时，从电源输入端开始，顺次经控制元件和线路到用电设备，与看电路图有所不同。看控制电路时，要从电源的一端到电源的另一端，按元件的顺序对每个回路进行分析。

接线图中的线号是电器元件间导线连接的标记，线号相同的导线原则上都可以接在一起。因接线图多采用单线表示，所以对导线的走向应加以辨别，还要搞清端子板内外电路的连接。

5. 看平面布置图和剖面图

看平面布置图有利于搞清设备的空间位置分布，有时可结合剖面图进行分析，这对安装接线的整体规划和具体施工是十分必要的。

第二节 机床电气图的识读

机床电气控制电气图主要有电路图、接线图。在识读机床电气图时，除了应用识图的一般知识外，还应注意机床操纵元件和电器控制元件之间的关系、电动机和电器元件的联锁关系，根据机床运动形式，把主电路、控制电路分开看，最好对照机床实体来看电气图。

一、机床电气控制电路图的识读

前面介绍了一般电气图识读的方法和步骤,下面以 M7120 型平面磨床为例介绍机床电气控制电路图的识读方法。

1. 了解机床的主要构造

平面磨床采用砂轮磨削加工各种零件的平面。M7120 型平面磨床是平面磨床中使用较为普通的一种,它的磨削精度和光洁度都比较高,操作方便,适用于磨削精密零件和各种工具,并可作镜面磨削。

M7120 型平面磨床主要由床身、垂直进给手轮、工作台、位置行程挡块、砂轮修正器、横向进给手轮、拖板、磨头和驱动工作台手轮及电磁吸盘等部件组成,其外形如图 4-2 所示。

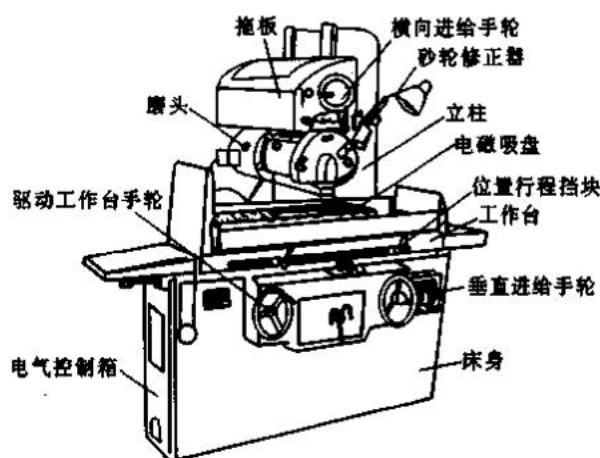


图 4-2 M7120 型平面磨床外形

2. 电路图的识读

(1) 图幅情况 M7120 型平面磨床的电气控制电路如图 4-3 所示,表 4-1 是元件明细表。该电路图底边按数字分成 30 个区,其中 1 区为电源开关及保护,2~5 区为主电路部分,6~15 区为控制电路部分,16~21 区为电磁吸盘控制电路,22 区至 30 区为照明与指示灯电路。电路图的上边按电路功能分区,表明每个区的电路所实现的作用。

图中所有项目只标注种类代号,并省略了前缀符号。整个电路采用垂直布线。

(2) 主电路(2~5 区)的识读 1 区 L1、L2、L3 三相电源由隔离开关 QS1 控制。从 2 区开始就是主电路,FU1 熔断器实现对整个电路的短路保护。主电路的识读按从左到右的顺序看,有四台电动机。每台电动机的得电情况从下往上看,主要了解电动机经过哪些控制器件得到电源,与这些控制器件有关联的部分各处都在图上哪个区域,各台电动机采用了哪些保护。

① M1(2 区)是液压泵电动机,进行液压传动,使工作台和砂轮往复运动。它由接触器 KM1 的动合触点控制,其驱动线圈在 7 区。热继电器 FR1 起过载保护作用,其动断触点也在 7 区。

② M2(3 区)是砂轮电动机,带动砂轮转动对工件进行磨削加工,是主运动电动机。它由 KM2 的动合触点控制,其驱动线圈在 9 区。FR2 起过载保护作用,其动断触点在 9 区。



表 4-1 M7120 型平面磨床电气元件明细表

代号	元件名称	型号	规格	件数	用 途
M1	电动机	JO ₂ -21-4	1.1kW 1 410r/min	1	驱动液压泵
M2	电动机	JO ₂ -31-2	3kW 2 860r/min	1	驱动砂轮
M3	电动机	JB-25A	0.12kW 2 870r/min	1	驱动冷却泵
M4	电动机	OJ ₂ -801-4	0.75kW 1 410r/min	1	砂轮升降
KM1	交流接触器	CJO-10	线圈 110V	1	控制 M1
KM2	交流接触器	CJO-10	线圈 110V	1	控制 M2
KM3	交流接触器	CJO-10	线圈 110V	1	点动控制 M4、砂轮架上升
KM4	交流接触器	CJO-10	线圈 110V	1	点动控制 M4、砂轮架下降
KM5	交流接触器	CJO-10	线圈 110V	1	电磁吸盘充电
KM6	交流接触器	CJO-10	线圈 110V	1	点动控制电磁吸盘去磁
FR1	热继电器	JR10-10	2.17A	1	M1 过载保护
FR2	热继电器	JR10-10	6.16A	1	M2 过载保护
FR3	热继电器	JR10-10	0.47A	1	M3 过载保护
SB1	按钮	LA2		1	总停止
SB2	按钮	LA2		1	液压泵停止
SB3	按钮	LA2		1	液压泵启动
SB4	按钮	LA2		1	砂轮停止
SB5	按钮	LA2		1	砂轮启动
SB6	按钮	LA2		1	砂轮上升
SB7	按钮	LA2		1	砂轮下降
SB8	按钮	LA2		1	电磁吸盘充电
SB9	按钮	LA2		1	停止去磁
SB10	按钮	LA2		1	电磁吸盘去磁
VC	整流器	4X2CZ11C		1	整流
KV	电压继电器		直流 110V	1	欠压保护
R	电阻器		500Ω	1	放电保护
C	电容器		110V5μF	1	放电保护
YH	电磁吸盘	HDXP	110V1.45A	1	吸牢工件
FU1	熔断器	RL1	60/25	3	电源总保险
FU2	熔断器	RL1	45/2	1	
FU3	熔断器	RL1	15/2	1	控制电路保险
FU4	熔断器	RL1	15/2	1	
FU5	熔断器	RL1	15/2	1	整流保险
FU6	熔断器	RL1	15/2	1	照明指示保险
QS1	开关	HZ1-25/3		1	电源总开关
QS2	开关			1	照明开关

③ M3 (4 区) 是冷却泵电动机, 带动冷却泵供给砂轮和工件冷却液, 同时利用冷却液带走磨下的铁屑。由图 4-3 可知, M3 由插头、插座与电源相接, 所以需将插头插入插座。M3 的工作控制也由 KM2 动合触点来完成, 所以 M2 启动运转后, M3 才可能接通运转。M2、M3 采用的是主电路顺序控制电路。M3 的过载保护由 FR3 实现, 其动断触点在 9 区。

④ M4 (5 区) 是砂轮升降电动机, 使拖板 (磨头安装在拖板上) 沿立柱导轨上下移动, 以调整砂轮上下位置。它由 KM3、KM4 的动合触点控制, 且相序不同, 它们的驱动线圈分别在 11 区和 12 区, 构成典型的正反转控制电路, 实现 M4 两个方向的运动。

以上四台电动机共用一组熔断器(FU1)作短路保护。M1、M2、M3长期工作,分别设有过载保护,M4短期工作,不需要过载保护。

(3) 控制电路(7~15区)的识读 在分析具体的控制电路前,应先说明以下三点:

① 控制电路的电源由三相电源中L2、L3的线电压加于整流变压器TC(6区)的原边绕组,三个副边绕组分别作为控制电路的110V电源、照明电路的24V电源、电磁吸盘的直流110V整流前电源。本书只介绍电磁吸盘正常工作时控制电路、照明电路的识读,而对电磁吸盘的工作情况不作细述。

② 控制电路各线圈所驱动的触点在图中的位置均以简表列于各线圈的图形符号下,可根据简表查找各触点位置。

③ 控制电路一般按从上到下,从左到右的顺序,结合用途区所提示的功能识读。

首先分析7区,KV是电压继电器的动合触点,其驱动线圈在17区。元件明细表中提示,当KV直流电压为110V时,7区的KV触点闭合,为启动电动机做好准备。如果KV线圈的电压低于110V时,电磁吸盘吸力不够,KV触点不能闭合,各电动机均无法启动运行。

下面以电压继电器KV正常吸合为例分析控制电路的识读顺序。

液压泵电动机M1的控制:

按下启动按钮SB3(7区),接触器KM1线圈(7区)通电吸合并自锁,KM1主触头(2区)闭合,M1通电启动运转。如果要停止,只要按下SB2(7区),KM1线圈失电,KM1主触头断开,M1断电停转。若M1过载,FR1动断触点(7区)断开,KM1线圈失电,M1停转。

砂轮电动机M2及冷却泵电动机M3的控制:

按下启动按钮SB5(9区),接触器KM2线圈(9区)得电动作并自锁,KM2动合触点(3区)闭合,使M2得电启动运转。M3通过接插器也得电动作,所以M2、M3同时启动运转。如果不需冷却,可以将插头拉出,需要停时,只要按下SB4(9区),KM2线圈断电,M2与M3同时停转。当M2过载时,FR2动断触点(9区)断开,M2停转。

砂轮升降电动机M4的控制:

砂轮升降电动机主要调整工件和砂轮之间的位置,用点动正反转控制可以定位更准确。KM3、KM4连锁,当按下SB6(11区)时,KM3线圈(11区)得电吸合,M4启动正转,砂轮上升。当达到所需位置时,松开SB6,KM3线圈断电,M4停转,砂轮停止上升。按下SB7(12区),接触器KM4线圈(12区)得电吸合,M4启动反转,砂轮下降,当达到所需位置时,松开SB7,KM4线圈断电,M4停转,砂轮停止下降。

(4) 照明和指示灯电路的识读 图中EL为照明灯,其工作电压为24V,由变压器TC供给,QS2为照明开关。

HL2、HL3、HL4、HL5为指示灯,分别由接触器KM1(7区)、KM2(9区)、KM3(11区)或KM4(12区)、KM5(13区)或KM6(15区)的动合触点控制,表明电路的工作情况。

HL1亮,表示控制电路的电源正常;不亮,表示电源有故障。

HL2亮,表示液压泵电动机M1处于运转状态,工作台正在进行往复运动;不亮,表示M1停转。

HL3亮,表示冷却泵电动机M3及砂轮电动机M2处于运转状态;不亮,表示M2、M3停转。

HL4 亮，表示砂轮升降电动机 M4 处于工作状态；不亮，表示 M4 停转。

HL5 亮，表示电磁吸盘 YH 处于工作状态；不亮，表示电磁吸盘未工作。

二、机床电气接线图的识读

以上介绍了机床电气电路图的识读，接下来结合 C620 车床的电气接线图介绍机床电气接线图的识读。

图 4-4 是 C620 车床电气控制电路图，各线的线号已标出。图 4-5 是 C620 的接线图，各电器元件的位置按实际安装位置分布。接触器 KM 的线圈、动合触点、动断触点都根据它们的实际结构画在一起，并用虚线框上，表示它们是一个电器元件，而这个接触器的所在位置就是安装、配线时的位置。在几个或很多个电器元件四周也画上虚线，表明它们是安装在同一块配电盘上的。电器元件比较多的机床设备，常常有几块配电盘。不在同一控制箱内的电器之间的连接必须经过接线端子板。例如，C620 车床的接触器、热继电器、熔断器等在控制箱内，各种开关或按钮在车床表面的操作面板上，电动机在车床的底部。所以在配电盘上，一般都装有接线端子或接线板，用来连接配电盘的外电路。

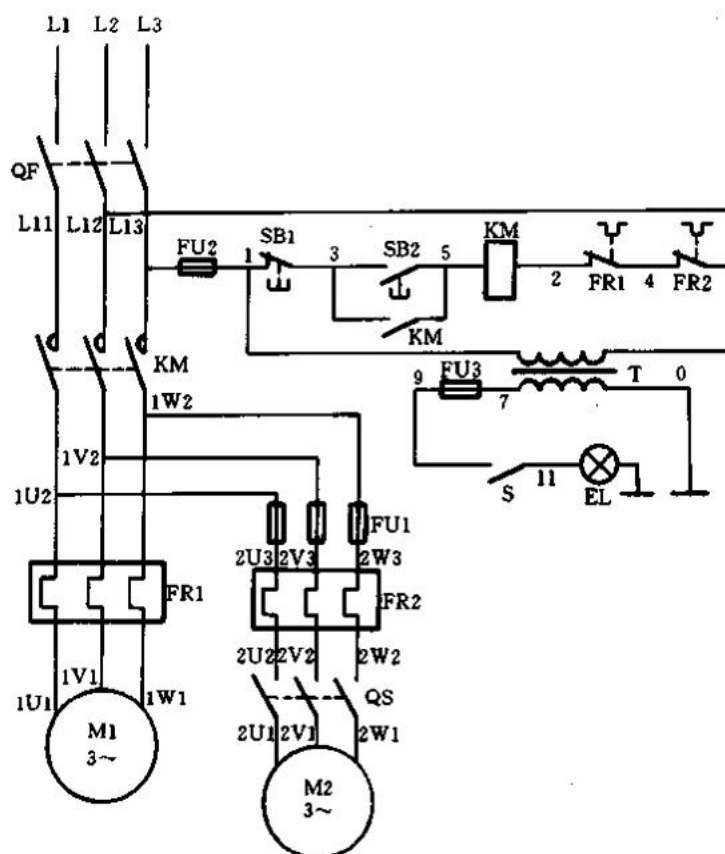


图 4-4 C620 车床电气控制电路图

从图 4-5 中可看出，在配电盘上装有接触器 KM，热继电器 FR1、FR2，熔断器 FU1、FU2、FU3，照明变压器 TC 和接线端子板。在面板上装有启动按钮 SB2，停止按钮 SB1。在照明灯座

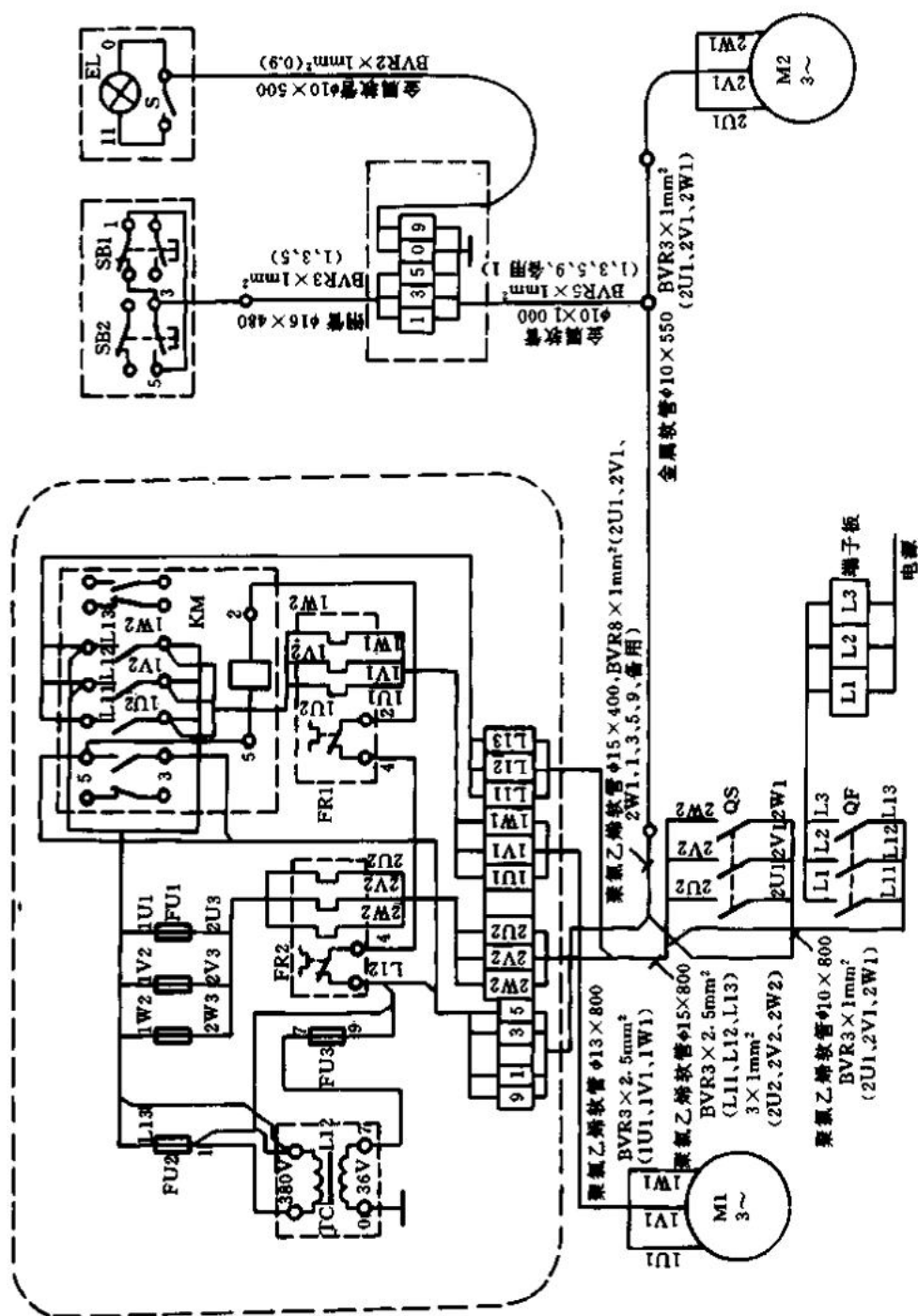


图 4-5 C620 车床电气控制接线图

上装有照明灯开关 S 及照明灯 EL。图中还表示出主轴电动机 M1、冷却泵电动机 M2、电源开关 QF、转换开关 QS 所在的位置。

接线图中标明了导线及管子的型号、规格和尺寸，管子内穿满 7 根线时，常加 1 根备用线，以便维修。

1. 主电路的识读

看接线图，一般先看主电路，再看控制电路。看主电路从输入的电源线开始，顺次往下看，直至用电设备（如电动机），主要目的是搞清楚用电设备是怎样获得三相电源的，三相电源线经过哪些电器元件而到达用电设备，以及为什么要经过这些电器元件。

根据电路图（图 4-4）可知主回路有两条，一条是主轴电动机 M1 的回路，另一条是冷却泵电动机 M2 的回路，可根据回路线号了解主回路的走向和连接方法。接线图（图 4-5）中，外电源接在接线端子板下面的三个接点 L1、L2、L3 上，然后用线号为 L1、L2、L3 的三根线一端接在端子板上面的三个接点 L1、L2、L3 上，一端与电源开关 QF 上面的三个接点 L1、L2、L3 相连接。从 QF 下面三个接点引出的三根线线号为 L11、L12、L13，通过端子板的接点 L11、L12、L13（线号不变）与接触器 KM 的三个上接点相连接。经 KM 的三个下接点引出的三根线线号为 1U2、1V2、1W2，这三根线与热继电器 FR1 热元件的上接点相连。从 FR1 下接点引出的三根线（线号变为 1U1、1V1、1W1）经端子板 1U1、1V1、1W1 的接点与电动机 M1 的端子 1U1、1V1、1W1 相连接。

冷却泵电动机 M2 的回路中，电源由 KM 的三个下接点引出，线号仍为 1U2、1V2、1W2，经过熔断器 FU1 的三对触点，线号变为 2U3、2V3、2W3，这三根线经过 FR2 的热元件后线号变为 2U2、2V2、2W2，经端子板 2U2、2V2、2W2 的三个上接点相连，再经其三个相应下接点引三根线（线号不变）与转换开关 QS 的三个上接点相连，从它的三个下接点引出三根线，线号为 2U1、2V1、2W1 与电动机 M2 的端子相连。

2. 控制电路的识读

看控制电路要按每条小回路看，而看每条小回路时，先从控制电路电源起点（相线）去寻找回路，看经过哪些电器元件又回到另一相电源（或零线）。注意经过元器件后线号的变化，按动作顺序对每条小回路逐一分析研究，然后再整个分析各条回路间的联系。

控制电路电源线从接触器 KM 的上接点 L13 引出（线号是 L13），与熔断器 FU2 的上接点相连。从 FU2 的下接点引两根线（线号均变为 1），其中一根与控制变压器 TC 初级绕组的一个端子相连，另一根经端子板 1 号端子与停止按钮 SB1 的接点相连。由 SB1 动断触点的另一接点引两根线，线号变为 3，其中一根经启动按钮 SB2 后，线号变为 5，引到端子板 5 号端子上，另一根 3 号线通过端子板 3 号端子与接触器 KM 的动合触点的一个接点相接。从端子板 5 号端子上引出线（线号仍为 5）接到 KM 动合触点的另一接点，同时从这个接点再引一根线（线号 5）接到 KM 线圈的端子上。从线圈另一端引出的线线号变为 2，经 FR1 的动断触点后线号变为 4，又经 FR2 的动断触点后回到电源的 L12 线。这样控制回路的各电器元件与电源就接成了闭合回路。

3. 照明电路的识读

照明电路电源经变压器 TC 变压获得。变压器次级绕组的一个端子接地，为 0 号线，另一端子引出线为 7 号线，经过 FU3 后线号变为 9。将 9 号线接至端子板 9 号端子的上接点，从其下

接点引线（线号仍为9号）到开关S，经开关S后线号变为11，接至照明灯EL，照明灯另一端为0号线，这样就构成了一个照明电路的回路。

在接线图中，单线表示的线束有一些技术数据，如“聚氯乙烯软管 $\phi 13 \times 800$ ，BVR3 $\times 2.5\text{mm}^2$ （1U1、1V1、1W1）”，说明线号为1U1、1V1、1W1的三根线采用截面积为 2.5mm^2 的铜芯聚氯乙烯软线（BVR）穿在直径为13mm，长度为800mm的聚氯乙烯软管中。又如“聚氯乙烯软管 $\phi 15 \times 400$ ，BVR8 $\times 1\text{mm}^2$ （2U1、2V1、2W1，1、3、5、9、备用）”表示直径为15mm，长度为400mm的聚氯乙烯软管中穿有8根 1mm^2 的铜芯聚氯乙烯软线，其中7根线线号分别为2U1、2V1、2W1、1、3、5、9，还有一根线为备用。

第三节 电子线路图的识读

电子线路图是电子技术的工程语言，看不懂电路图就无法深入地学习和掌握电子技术。读懂线路图，在实际工作中有利于更好地了解电器的工作原理，在维修中能提高排故障能力。

常用的电子线路图有两种，一种用来说明模拟电子电路的工作原理，它用各种图形符号表示电阻器、电容器、开关、晶体管等实物，用线条把元器件和单元电路按工作原理连接起来。另一种用来说明数字电子电路的工作原理，它是把各种二进制逻辑单元的图形符号用线条按逻辑关系连接起来的逻辑图，可以说明各个逻辑单元之间的逻辑关系和整机的逻辑功能。除此之外，常用的还有方框图，它简洁明了地说明电路各部分的关系和整机的工作原理。本节介绍模拟电子线路图的识读方法。

一、读图的方法步骤

电子电路图的识读一般按“逐级分解、抓住关键、细致分析、全面综合”的原则进行。例如，对于一般的放大电路可按输入、输出逐级分解，然后逐级抓住重点进行分析，必要时可进行静态和动态分析，甚至画出直流和交流通路，以弄清工作原理，最后将各级电路综合起来整体掌握其相互关系，具体步骤如下：

1. 了解用途

识读电子线路图时，必须先了解该电路的使用场合及所起的作用，以从总体上了解其工作原理。可通过看主标题栏、元件目录等，了解电路的大致情况，为进一步识读电路图打下基础。

2. 逐级分解

一张电子线路图通常由几十个乃至几百个元器件组成，元器件之间连线纵横交叉，形式变化多端，读图似有一定难度。其实，电子电路的构成有很强的规律性，不管多么复杂的电路，只要经过分析，总能发现原电路是由一些基本单元电路所组成的。而单元电路又是由一系列元器件所构成。只要将原图按功能分成若干基本部分，弄清每一部分有哪些基本单元电路，这些单元的基本作用是什么，单元内有哪些元件，各元件的作用如何，如此展开分析就可以了解电路，这就是逐级分解的分析方法。

要分析单元电路的性能，就必须对元器件的作用有所了解，常用的元器件及其作用如下：

- （1）电阻器 电阻器是一个线性元件。主要有限流、降压、分压、分流、负载、匹配等作用。
- （2）电容器 电容器是一个非线性元件，可存储电场能。主要有隔直、旁路、耦合、滤波、

去耦、调谐和振荡等作用。

(3) 电感器 电感器是一个非线性元件,可存储磁场能。主要有扼流、交流负载、振荡、调谐、补偿、磁偏转等作用。

(4) 晶体二极管 晶体二极管是一个非线性器件,正、反向电阻值相差很大。主要有整流、钳位、检波等作用,晶体二极管还具有开关特性。

(5) 晶体三极管 晶体三极管是一个电流放大器件,是放大电路中不可缺少的器件,晶体三极管具有开关特性。

(6) 变压器 变压器的主要用途有变压、阻抗匹配、变相位和变电流等。

(7) 晶闸管 晶闸管是一种受控的开关元件,常用于自动控制系统中。

单元电路中还有一些常用的网络,如具有选频特性的 LC 振荡网络等。

电子电路中常用的单元电路有整流电路(单相半波整流电路、单相全波整流电路、单相桥式整流电路等)、滤波电路(电容滤波电路、电感滤波电路、 π 型滤波电路等)、三极管电压放大电路、振荡电路等,如图 4-6 所示。

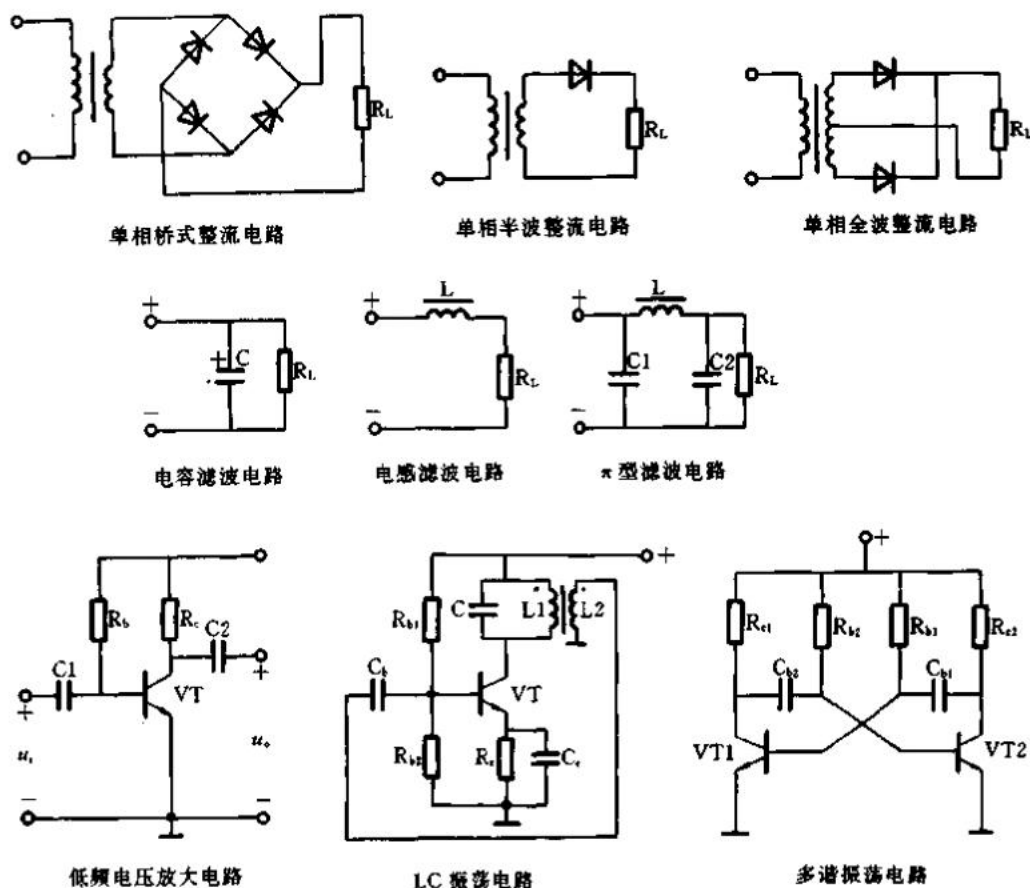


图 4-6 电子电路常用的单元电路

在分析单元电路时,还要注意区分主要元器件和辅助元器件,主要元器件直接影响电路的

功能，而辅助元器件对电路的性能起改善作用，如偏置电路中的温度补偿元件，多级放大器中的电源、去耦元件，防止自激振荡的防振元件等。分析时，应首先分析电路中的主要元件，当基本了解了电路的功能后，再分析辅助元件所起的作用。

3. 找出通路

分析单元电路时，往往要考虑它们的静态和动态工作情况，以便了解其工作性能，所以有必要找到单元电路的直流通路和交流通路。直流通路是指静态时的工作通路，而不考虑动态输入情况；交流通路是有动态信号输入时的工作通路，只要将直流电源用对地短路代替，电容器用短路代替，就可以画出交流通路。一般共射极放大电路的直流通路和交流通路如图 4-7 所示。

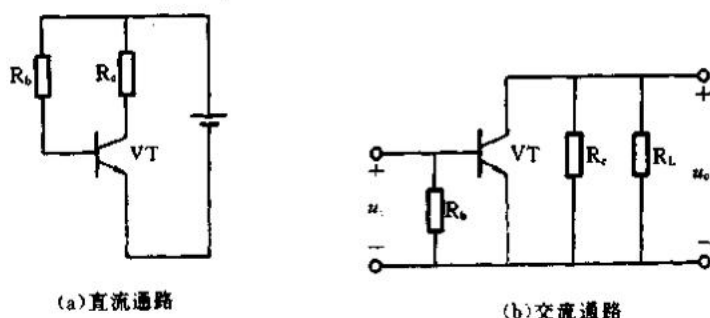


图 4-7 共射极放大电路的直流通路和交流通路

电子电路中的反馈网络对电路的性能有较大影响，正反馈是起振的必要条件，不同类型负反馈可对电路的输入电阻、输出电阻、稳定性、频带等多方面性能起改善作用，所以要找出反馈通路以分析反馈的极性和类型，更深入地理解电路的工作原理。

4. 全面综合

基本了解各部分单元电路的工作情况之后，就要将各单元电路联系起来，综合考虑，分析前级与后级电路的输出与输入关系，从总体上弄清电路的工作原理。

在识读电子电路图时，以上四步往往要反复应用，才能读懂图纸。

二、识图举例

例 1：图 4-8 是一个助听器电路，以下结合这个电路谈谈电子电路识图的一般步骤。

解：1. 了解用途

这个电路的作用是将来自话筒的微弱信号进行放大，通过耳机发音从而起到助听作用。因此，可初步判断该电路是一个放大电路。

2. 逐步分解

这个电路由四级低频放大电路单元构成，都采用共射极的接法，VT1、VT2、VT3、VT4 为各级的主要元件。

在以 VT1 为主要元件的放大单元中，R2 作基极偏置电阻，信号由拾音器 B 经 C1 耦合作为第一级的输入，由集电极输出的信号，作为第二级的输入。经第二级放大，由第二级集电极输

出作为第三级的输入，再经第三级放大，第四级放大，由耳机 BE 输出。

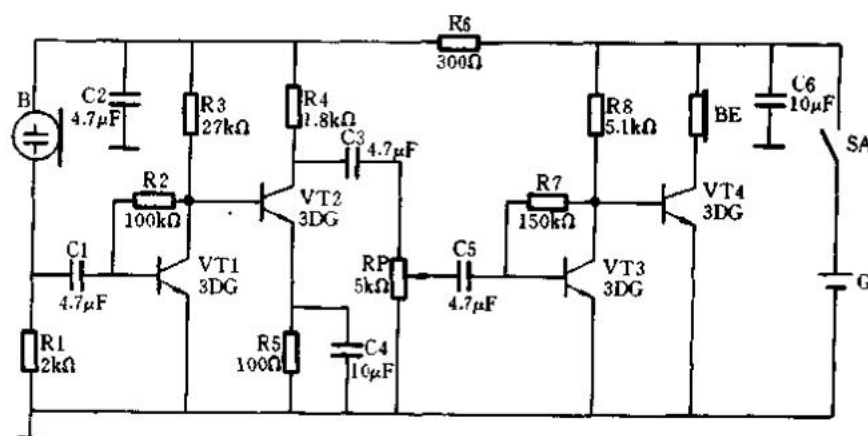


图 4-8 助听器电路

3. 各级之间的联系

VT1 与 VT2 之间、VT3 与 VT4 之间采用直接耦合的目的是提高低频特性，而 VT2 与 VT3 之间采用 RC 耦合。RP 可调，能调节音量。

其他还有些起改善电路性能作用的元件，R6、C2 组成电源去耦电路，以减弱级间的相互影响。C6 是电源滤波电容。R2、R7 是 VT1 和 VT3 的本级电压并联负反馈电阻，以减小输出电阻，改善音质。R5 具有直流负反馈作用，能提高电路静态工作点的稳定性，以提高工作性能。

例 2：图 4-9 是一个简单稳压电源电路，输出电压在 8~21V 的范围内可调，输出电流为 200mA。试按读图步骤分析该电路。

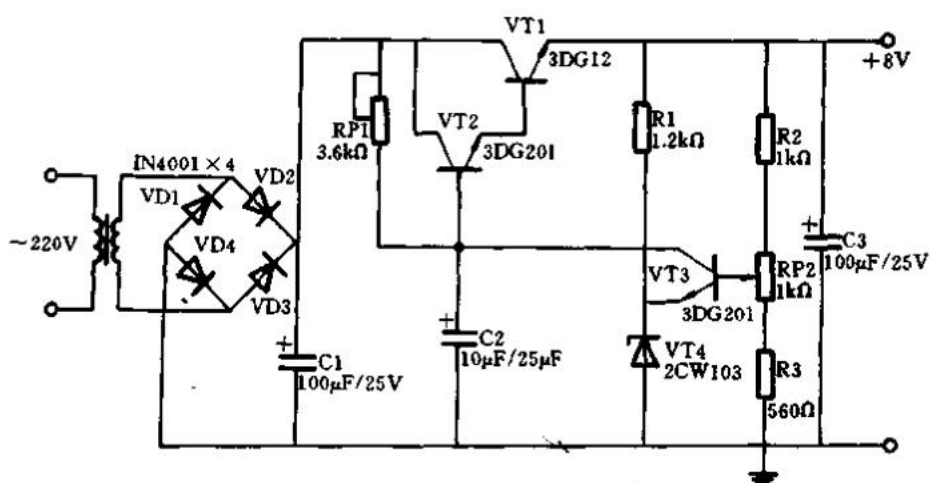


图 4-9 稳压电源电路

解：1. 了解用途

这是个直流稳压电路，并输出 8~21V 的可调电压。

2. 逐级分解

稳压电源一般包含几部分，其框图如图 4-10 所示。可按整流、滤波、稳压的次序对整个电路进行分解。

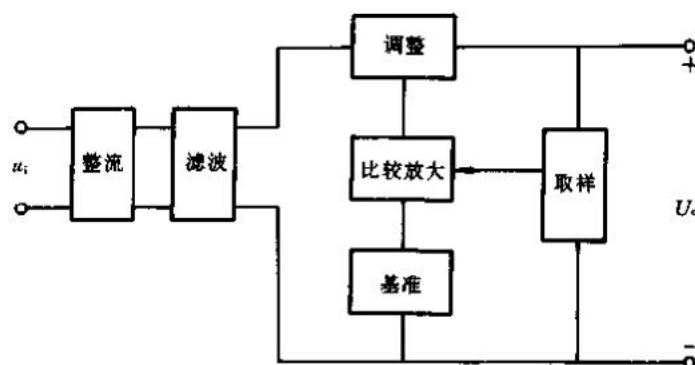


图 4-10 稳压电源电路框图

(1) VD1~VD4 组成整流电路。

(2) RP1、C1、C2 组成滤波电路。

(3) VT1、VT2、VT3、VT4 组成稳压电路，其中 VT1、VT2 组成复合调整管，VT4 提供基准电压，VT3 是比较放大器，R2、R3、RP2 组成取样电路。通过取样电路将输出电压的一部分取出，加到 VT3，与基准电压比较后进行放大，通过调整管调整，使输出电压稳定。

3. 抓住通路

输出电压的通路是整流输出-VT1 的 ce 级，所以，VT1 的 V_{ce} 大小将影响输出电压的大小，稳压的关键元件就是 VT1 和 VT2 组成的复合调整管。

4. 相互联系

该电路各级均采用直接耦合。由于该电路使用 NPN 型硅管，所以输出正电压，负极接地。图 4-9 中利用一只 2CW 型稳压管两端的电压作基准电压。取样电阻利用一只电位器 RP2 来调节输出电压。另外，R1 作为稳压管的限流电阻，RP1 是 VT3 的集电极负载电阻。

由以上两例可知，只要按一般读图原则和步骤进行分析，并掌握一定的理论知识，就基本能看懂电子电路图。

第四节 建筑电气平面图的识读

在生产实践活动中，电气设备和线路的安装位置、安装接线、安装方法，必须依据图样才能进行，系统图、电路图、接线图等图样虽能提供电气设备的供电方式、工作原理、设备内的接线情况等，但对电气设备和线路的平面布置情况未加详细说明，所以从设备安装到设备的运行管理过程，都必须用到建筑电气平面图，它体现了项目的实际位置，是施工安装和电气运行维修的依据。

建筑电气平面图是用图形符号来表示一个区域或一个建筑物中的电气成套装置、设备等组

件和元件的实际位置，并用导线把它们连接起来，以表示出它们之间供用电关系的图种。建筑电气平面图在图形符号旁标出编号、型号及安装方式，在连接线上标出导线的敷设方式、敷设部位以及安装方式。

建筑电气平面图按功能划分有以下几种：厂区（生活区）电气线路总平面图，变配电所平面图，防雷接地装置平面图，车间配电、照明装置、火灾报警、电缆电视、通讯广播的平面图等。本节着重介绍电气照明平面图。

一、图上位置、建筑构件的表示方法

1. 图上位置的表示方法

电力、照明和电信平面图是在建筑物平面图上完成的，所以设备和设施的位置应与建筑平面图一致，根据建筑平面图的位置来确定电气设备和线路的图形符号在图上的位置可采用以下几种方法。

(1) 采用定位轴线 定位轴线指建筑物平面图上的承重墙、柱、梁等主要承重构件的位置的轴线。采用定位轴线来确定符号在图上位置的方法是：在水平方向、从左至右用数字依次标注，在垂直方向，从下而上用字母编写。标注用点划线引出，如图 4-11 所示。

相邻定位轴线间的距离是相等的，标注距离以毫米为单位，读图时可据此确定设备的位置，计算电气管线的长度。

(2) 采用尺寸标注 在图上标注尺寸数字以确定符号在图上的位置，通常在定位轴线上进行尺寸标注。

(3) 采用标高注法 标高有绝对标高和相对标高两种，绝对标高指海拔高度，相对标高是选定某一参考面或参考点为零点而确定的高度。电气平面图采用相对标高，一般以室外某一平面、某层楼面作为零点而计算高度。标高的图形符号如图 4-12 所示。

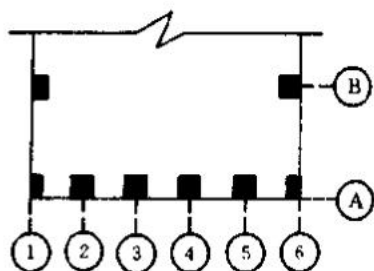


图 4-11 定位轴线示例

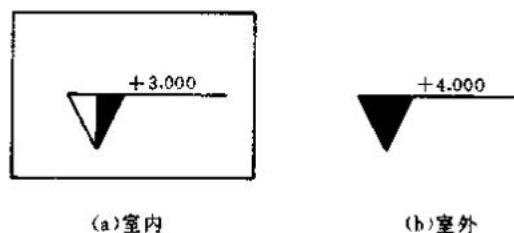


图 4-12 标高图形符号

2. 建筑构件的表示方法

电气平面布置情况要结合建筑物构件的平面情况才能表示得更清楚，所以在建筑电气平面图上往往需要画出某些建筑构件的图形符号和位置，如墙体、门窗、楼梯、房间布置等。这些图形的图线应为细线，电气图线和电气图形符号为粗线。

二、图形符号

建筑电气平面图用的图形符号主要用来表示电力、照明和电信设备、线路设施等，如图4-13所示，其他常用图形符号见附表。



图 4-13 电气平面图常用图形符号

三、设备和线路的标注方法

在建筑电气平面图上，设备和线路不标注项目代号，而标注设备的编号、型号、规格、安装位置和敷设方式等。

1. 线路标注

电力和照明线路在平面图上采用图线和文字符号相结合的方法进行标注，表示出线路的走向，导线的型号、规格、根数、长度，以及线路配线方式。

线路标注的一般格式如下：

回路标号-型号-电压(kV)-根数(或芯数)×截面-保护管径-敷设部位和方式

如：WL1-BV-0.5-3×6+1×2.5-PVC20-WC

含义是：WL1回路的导线采用0.5kV的铜芯塑料线，其中三根是6mm²，一根是2.5mm²，穿在直径为20mm的硬质塑料管中，敷设方式是沿墙暗敷。

导线型号见表4-2。

表 4-2 导线型号

符 号	名 称	符 号	名 称
BX	铜芯橡皮线	RVS	铜芯塑料绞型软线
BV	铜芯塑料线	RVB	铜芯塑料平型软线
BVR	铜芯塑料软线	BLXF	铝芯氯丁橡皮线
BLX	铝芯橡皮线	BXF	铜芯氯丁橡皮线
BBLX	铝芯玻璃丝橡皮线	LJ	裸铝绞线

线路敷设部位的文字符号见表 4-3。

表 4-3 线路敷设部位的文字符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
梁	B	地面	F	墙	W
顶棚	CE	构架	R		
柱	C	吊顶	R		

线路敷设方式的文字符号见表 4-4。

表 4-4 线路敷设方式的文字符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
暗敷	C	金属软管	F	钢索	M	塑料线卡	PL
明敷	E	水煤气管	G	金属线槽	MR	塑料线槽	PR
铝皮线卡	AL	钢管	S	电线管	TC		
电缆桥梁	CT	瓷绝缘子	K	硬质塑料管	PVC		

2. 用电及配电设备的注释

(1) 电力或照明设备（配电箱）的标注格式是：

$$\text{设备编号} \frac{\text{设备型号}}{\text{设备功率 (kW)}}$$

如：某配电箱标注为：A1 $\frac{\text{XL-15-8000}}{25}$

含义是：设备编号为 A1，型号为“XL-15-8000”，功率为 25kW。

(2) 用电设备的标注格式是：

$$\frac{\text{设备编号}}{\text{额定功率 (kW)}}$$

如：某电动机标注为： $\frac{\text{W141}}{3}$

含义是：设备编号为 W141，电动机额定功率为 3kW。

(3) 照明器具的标注格式是：

$$\text{灯具数量-灯具型号} \frac{\text{灯泡数量} \times \text{容量 (W)}}{\text{安装高度}} \text{安装方式}$$

如：某照明器具标注为：

$$4\text{-Y} \frac{2 \times 40}{3.5} \text{C}$$

含义是：4 个灯具，每个灯具内有 2 盏 40W 的荧光灯，链吊，安装高度为 3.5m。

灯具的类型见表 4-5。

表 4-5 灯具的类型

名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
普通吊灯	P	吸顶灯	D	卤钨探照灯	L	防水防尘灯	F
壁灯	B	柱灯	Z	投光灯	T	搪瓷伞罩灯	S
花灯	H	荧光灯	Y	工厂一般灯具	G		

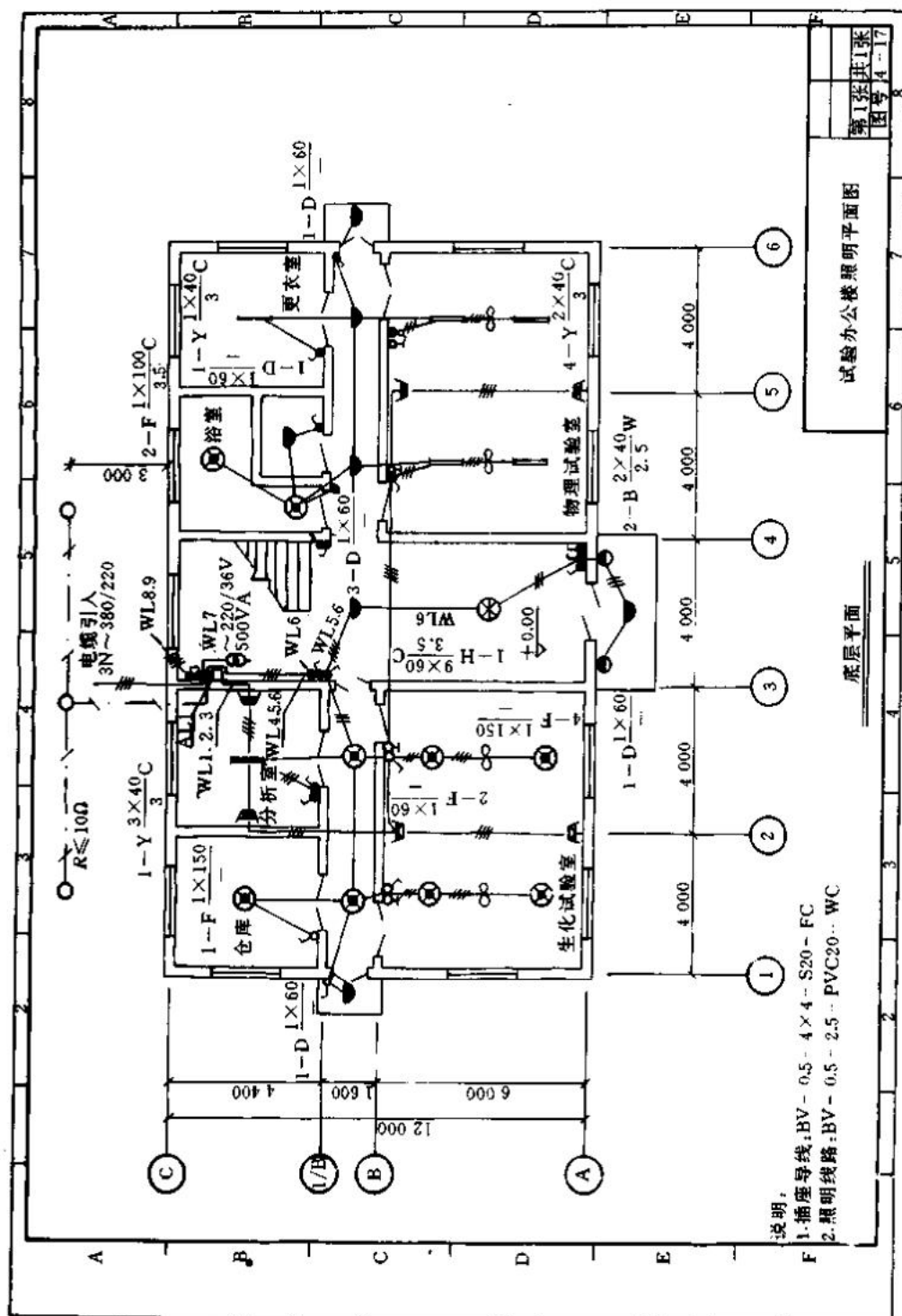


图 4-14 建筑电气平面图

灯具的安装方式见表 4-6。

表 4-6 灯具的安装方式

名称	符号	名称	符号	名称	符号
链吊	C	线吊	WP	嵌入	R
管吊	P	吸顶	—	壁装	W

四、建筑电气平面图的识读

下面以某试验办公楼照明平面图（底层平面如图 4-14 所示）为例说明识图的方法。

本图采用定位轴线确定图上各符号的位置，水平方向定位轴线间距离为 4 000mm，垂直方向定位轴线间距离为 6 000mm，在 B 轴线后加一辅助轴线标记为 (L/B)。

图中各建筑构件如墙体、门、窗等已用细线绘出。电气线均以粗线绘制。

从图中看出：

(1) 电源为 3N~380/220V，由室外电缆引入照明配电箱 AL1。配电箱的电源进线和配出的线路绘在图形符号的长边两侧。

(2) 在进户线处设一组重复接地装置，图中表示设三根接地极，接地极与接地极之间距离可根据定位轴线的尺寸确定为 5m，接地极与墙面之间的距离为 3m，重复接地电阻 $R \leq 10\Omega$ 。

(3) 由 AL1 照明配电箱配出 9 条支线，编号分别为 WL1~WL9。

① WL1、WL2、WL3 构成三相四线系统向所有房间的带接地插孔的三相插座供电。

② WL4 回路带分析室 1×3 只荧光灯，仓库 1 只防水防尘灯，西走道 2 只防水防尘灯、1 只天棚灯、生化实验室 4 只防水防尘灯、2 只风扇。

③ WL5 回路带东走道 4 只天棚灯、浴室 2 只防水防尘灯、1 只天棚灯，更衣室 1 只荧光灯、物理实验室 4×2 只荧光灯、2 只风扇。

④ WL6 回路向上配线并带中厅 1 只花灯、门廊处 2×2 只壁灯、1 只天棚灯。

⑤ WL7 经 220/36V 变压器变压后提供安全电压。

⑥ WL8、WL9 支线向上配线。

(4) 开关安装方式 控制灯具的开关采用暗装单联开关，生化试验室和仓库等处开关明装。风扇都有风扇调速开关。

(5) 照明器具的标注 图中与照明有关的设备有灯具、开关、插座、风扇，灯具有荧光灯、花灯、防水防尘灯、壁灯、天棚灯。

各个灯具均有标注，如物理实验室灯具标注为：

$$4-Y \frac{2 \times 40}{3} C$$

表明该室有 4 个灯具，每个灯具内有 2 只 40W 的荧光灯，链吊式安装，安装高度为 3m。再如门廊处的灯具标注为：

$$2-B \frac{2 \times 40}{2.5} W, 1-D \frac{1 \times 60}{-}$$

表明该处有 2 个灯具,每个灯具具有 2 只 40W 的壁灯,壁装式,安装高度为 2.5m。除此之外,还有 1 只 60W 的吸顶灯。安装高度处有“-”符号,说明是吸顶安装。

(6) 线路标注 插座导线标注为:

BV-0.5-4×4-S20-FC

表示插座导线采用电压等级为 0.5kV 的 4 根铜芯塑料线,截面都是 4mm²,穿在管径为 20mm 的钢管中沿地面暗敷。

其他照明线路标注为:

BV-0.5-2.5-PVC20-WC

表明照明线选用铜芯塑料线,电压等级 0.5kV,截面 2.5mm²,导线穿在管径为 20mm 的硬质塑料管中沿墙暗敷。

第五节 印制板电路图

电子设备由很多元器件构成,这些元器件的连接不采用导线,而是采用绝缘板表面涂覆铜层形成的导电条。绝缘板起到了支撑元器件的作用,并提供了元器件间连接的导线,这样的绝缘板就是印制电路板,简称印制板。常见的印制板有纸基板、酚醛环氧板等。纸基板耐温性能差,酚醛环氧板因电气和机械性能好,加工方便,应用广泛。

用印制板组装元器件和其他元件,可靠性好,耐振、耐冲击,便于标准化,适合电子产品专业化、自动化的生产要求,是目前普遍采用的结构形式。

印制板的加工制作必须在图样的指导下才能进行,这样的图样就称为印制板电气图,简称印制板图。印制板图是以电路图为基础而设计成的,可分为印制板零件图和印制板装配图。

一、印制板零件图

印制板零件图是表示导电图形、结构要素、标记符号、技术要求和有关说明的图。对于比较复杂的印制板零件图要有结构要素图、导电图形图和标记符号图才能详细表示;若结构不复杂,也可将结构要素图与导电图形图绘在一张图上。无论哪种形式,在印制板零件图上都有几个共同的内容,下面将分别介绍它们。

1. 尺寸标注

印制板有外形、安装孔、槽等结构要素,这些要素的尺寸都应标注在印制板零件图上,为印制板的加工制作提供依据。印制板零件图上主要标注印制板的外形尺寸、孔径尺寸、孔距尺寸、公差等,常用的方法有以下几种。

(1) 尺寸线法 这种方法与机械制图国家标准中的尺寸标法相同,如图 4-15 所示。孔较少的图,可将孔的尺寸直接注于图中;对于孔数较多,且尺寸也多的印制板,可按直径分别涂色标记,并用列表的方法表示。

(2) 坐标网格法 坐标网格法指以印制图的左下角为原点,用横向纵向的平行等距直线组成正交网格,采用坐标形式来确定图上的位置,如图 4-16 所示。基本网格的间距尺寸为 2.5mm,当需要更小的网格间距时,可设置间距为基本网格 $\frac{1}{2}$ 的辅助格。

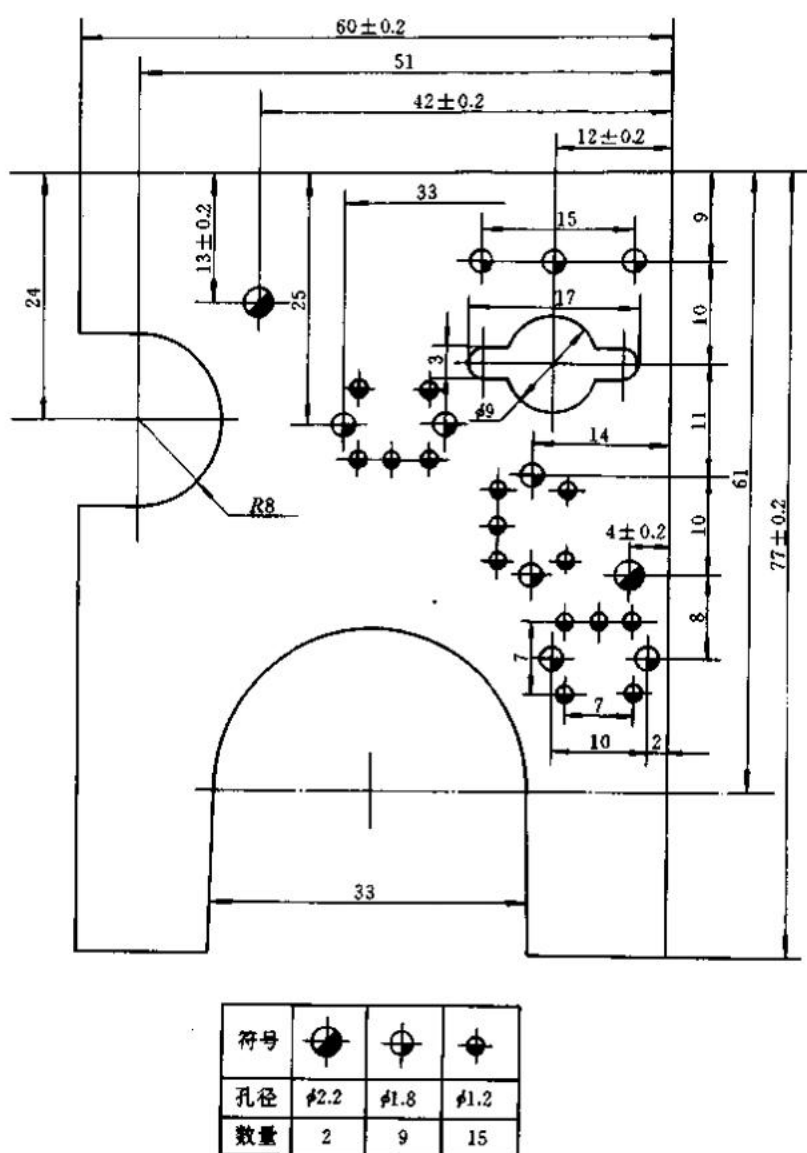


图 4-15 尺寸线法示例

(3) 混合法 印制板导电图可采用混合法标注尺寸，即在一张图上同时采用尺寸线法和坐标网格法标注尺寸，如图 4-17 所示。

2. 印制板导电图形图

印制板电路以电路图为依据，反映各元器件连接的真实情况。印制板导电图形图表示印制导线、连接盘的形状及相互之间的位置关系，如图 4-18 是收音机导电图形图，图中的数字是元器件装接的序号。

(1) 导电图形的表示 印制板的导电图形是一些不规则的图形，包含三个部分：引线孔（作为固定元器件引脚的孔）、连接盘（保证焊接牢固）、印制导线（作为元器件的连接导线），如图 4-19 所示。导电图形一般用双轮廓线绘制。为了便于区别，一般在双轮廓线内涂色或用剖面

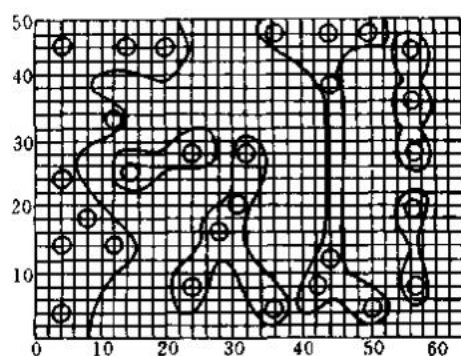


图 4-16 坐标网格法示例

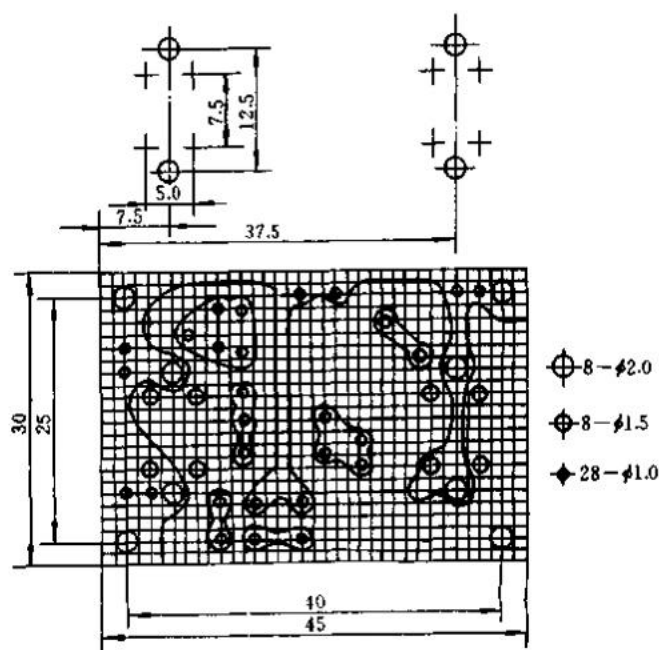


图 4-17 混合法示例

线来表示。当印制导线宽度基本一致或宽度小于 1mm，可用单线表示，并在说明栏中对导线宽度加以说明。

引线孔稍大于引线直径 0.3~0.5 mm，连接盘比引线孔大 0.6mm 以上，连接盘可根据需要及美观要求设计成各种规则形状，如圆形或方形。

在一块印制板上有规律地重复出现的导电图形，可以不全部画出，但在图纸中应作说明。

(2) 导电图形的布置 印制电路能否良好工作，除与电路设计有关外，导电图形的布置也很重要。导电图形应布置在区域允许的范围内，这个区域的界限应用细实线划出。印制电路中的多个导电图形的形状、大小、在印制板上所处的位置，受多种因素的制约，说明如下：

① 引线孔和连接盘的位置首先取决于电路图中各元器件的工作顺序，其次取决于元器件和

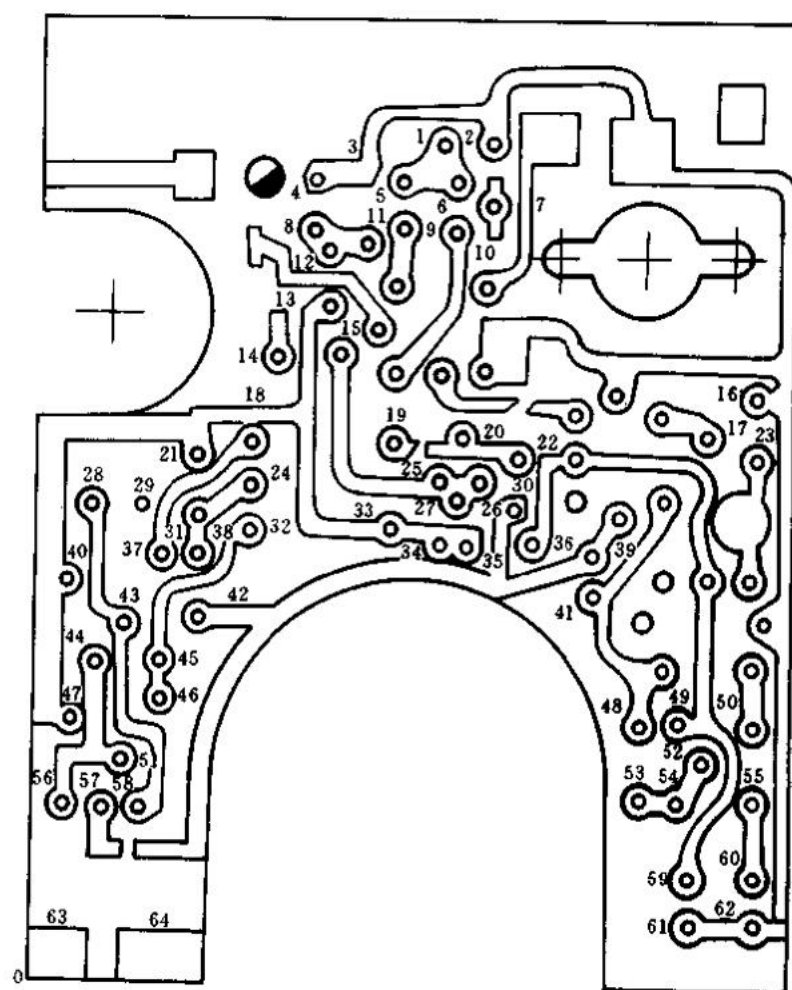


图 1-18 收音机导电图形图

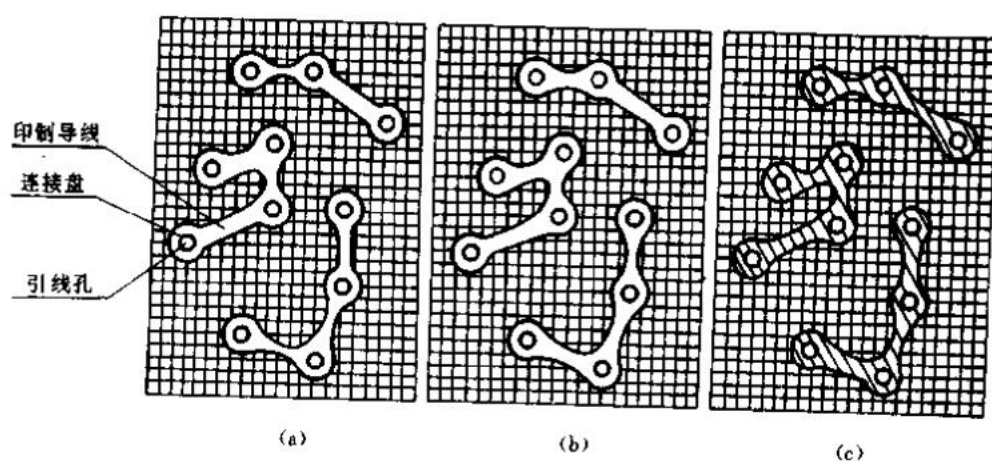
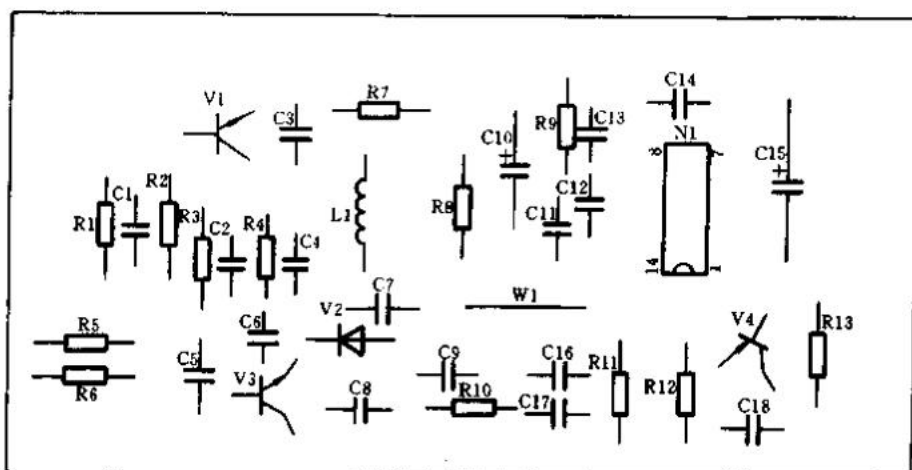
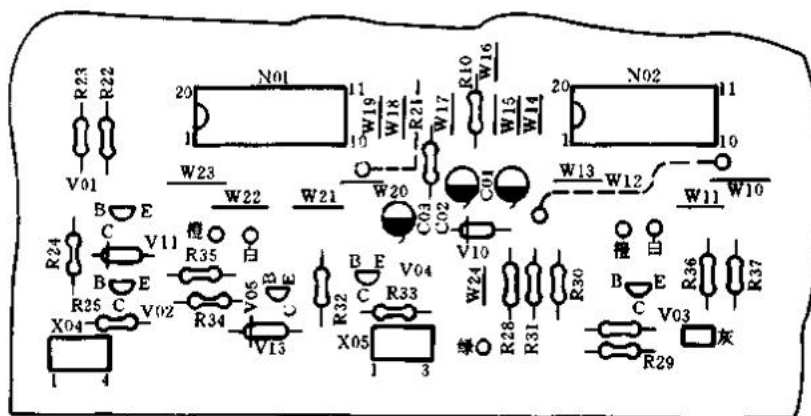


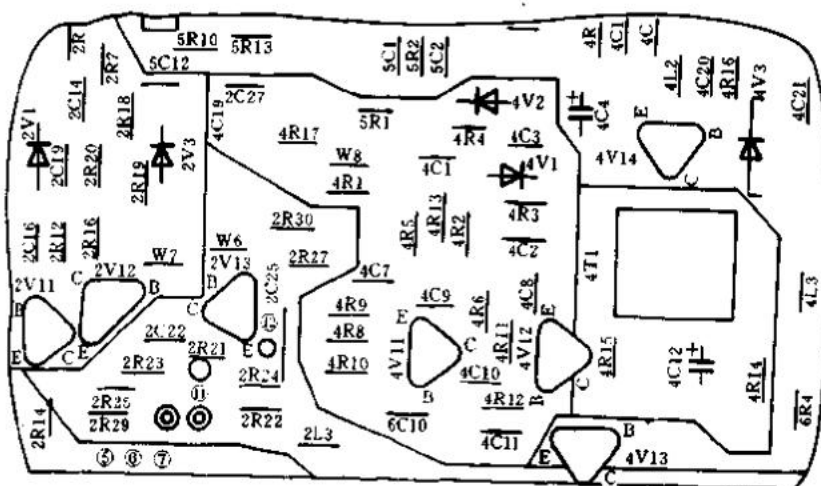
图 1-19 导电图形的表示



(a) 图形符号表示



(b) 象形符号表示



(c) 装接位置表示

图 4-20 标记符号图

紧固件在坐标网格中实际占据的位置。引线孔的中心应落在坐标网格线的交点上。

② 在电路图中不相交的线路导电图形布线原则上不相交。但无法避免相交时,可用导线从未敷设铜皮的一面跨越。

③ 在绘制相邻导线时,应注意防止电压击穿或飞弧的发生,印制导线间必须有最小的间距,而间距的大小又主要取决于:相邻导线间的峰值电压、印制板表面所用涂覆层和电容耦合参数。

④ 有电感元件时,导电图形的布置要使电感元件相互垂直,以防互感的发生。

⑤ 在高频电路中,若是双面布线应避免平行布线,即一面采用水平布线,另一面尽量采用垂直布线;在满足电性能的条件下,应尽量使用窄导线。

3. 标记符号

标记符号是指印制板零件图上元器件的图形符号、简化外形及项目代号,通常布置在印制板的元件面(未涂覆铜层的一面)。为使装配元件后能清晰地识读标记符号,标记符号应尽量避免开连接盘和引线孔。

印制板标记符号图是按元器件在印制板上的实际位置表示标记符号的图,用于元器件的装配以及设备检查、维修等。图中的元器件图形符号与项目代号均与电路图、逻辑图中一致,如图 4-20 (a) 所示。非焊接固定的元器件和图形符号不能表明安装关系的元器件,可用实物简化外形轮廓绘制。

标记符号图中的元器件还可用象形符号来表示,如图 4-20 (b) 所示,也有用元器件装接的实际位置来表示标记符号的,如图 4-20 (c) 所示,图中有些元器件项目代号上划或下划的一短线,表示元器件装接的位置。

为维修方便,要将有极性元器件的极性符号标出,如电解电容。对有方位要求的元器件,如各种集成电路,要将它们的定位特征标记标出,如图 4-21 所示。

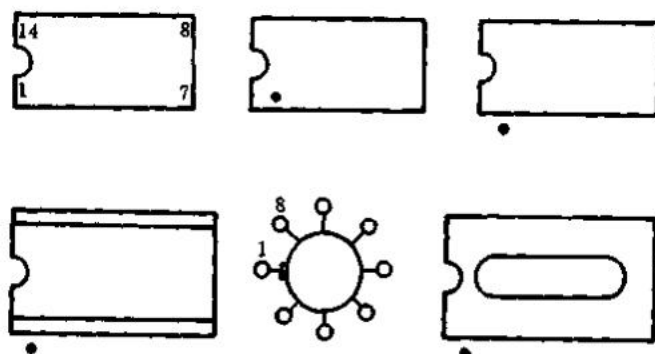


图 4-21 定位特征标记示例

二、印制板装配图

印制板装配图是表示各种元器件和结构件等与印制板连接关系的图样,主要用于元器件及结构件与印制板的装配。

1. 绘制印制板装配图的一般规则

(1) 首先考虑看图方便,根据所装元器件和结构件的特点,选用恰当表示方法。在完整、

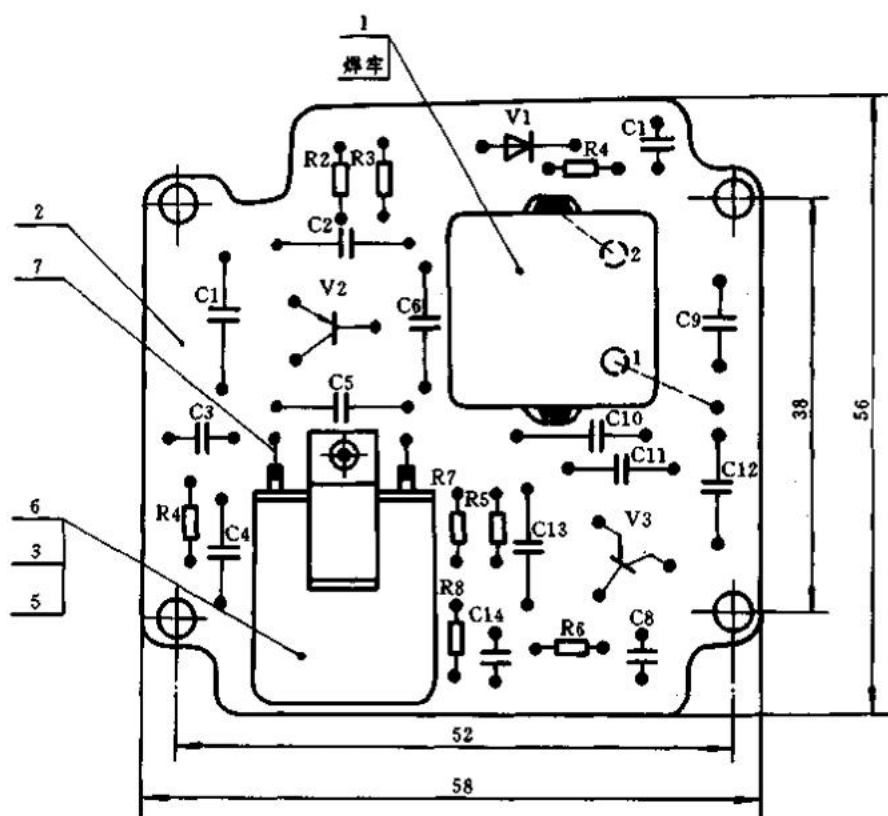


图 4-22 印制板装配图

清晰地表达元器件、结构件等与印制板的连接关系的前提下，力求制图简便。

(2) 主视图一般选装配元器件及结构件多的一面。若反面元器件或结构件很少，可在主视图上将它们的图形符号用实线表示，而其引线则用虚线表示。

(3) 图样提供必要的外形尺寸、安装尺寸以及与其他产品相连接的位置尺寸，以便于装配。

(4) 各种有极性的元器件，应在图样中标出极性。

2. 印制板装配图的标注

在装配图中可采用项目代号、序号及装配位置号进行标注，如图 4-22 所示。

对用图形符号绘制的元器件以项目代号标注，项目代号应与电路图、印制板零件图中的项目代号一致。

对用机械装配图方法绘制的元器件及结构件用序号进行标注。

对集成电路要用装接位置号进行标注。

3. 印制板装配图中的导电图形

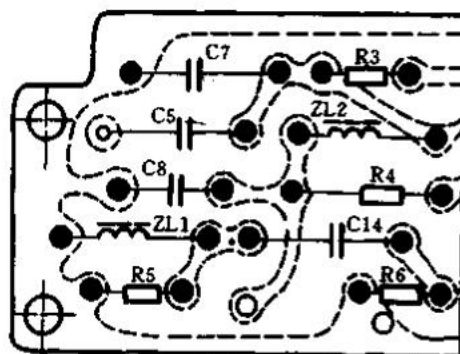


图 4-23 装配图中的导电图形

印制板装配图中一般不画出导电图形，若要画出，则必须以虚线或色线表示，如图 4-23 所示。

印制板装配图以元件面为主视图，印制板导电图以导电图形面为主视图，两图实则成镜像关系。对照两图，并参考电路图，可以很方便地对印制板电路寻找故障或维护检修。

习 题

4-1 简述电气图识读的一般方法和步骤。

4-2 简述 M7120 平面磨床电气控制电路图的识读过程。

4-3 图 4-24 是 CA6140 车床电气控制电路图，识读此图，回答下列问题：

(1) 这个图是怎样分区的？图线采用什么布线方式？标注项目代号是哪一类代号？线路的电源是怎样表示的？

(2) 车床电气控制用了几台电动机？这些电动机的功率、转速怎样？分别采用了哪些保护？

(3) 将控制回路的线号标出。

(4) 该电路中，有哪些典型控制电路？

(5) M1 与 M2 的工作顺序怎样？

(6) 控制回路中用了几个接触器和继电器，它们的线圈分别处于图中什么区域？如何寻找这些线圈所驱动的触点处于的区域？

(7) 控制电路照明灯、信号灯的工作电压是多少？

(8) 分析主轴电动机工作的控制过程。

(9) SB1、SB2、SB3、SA、QS2 各起什么作用？

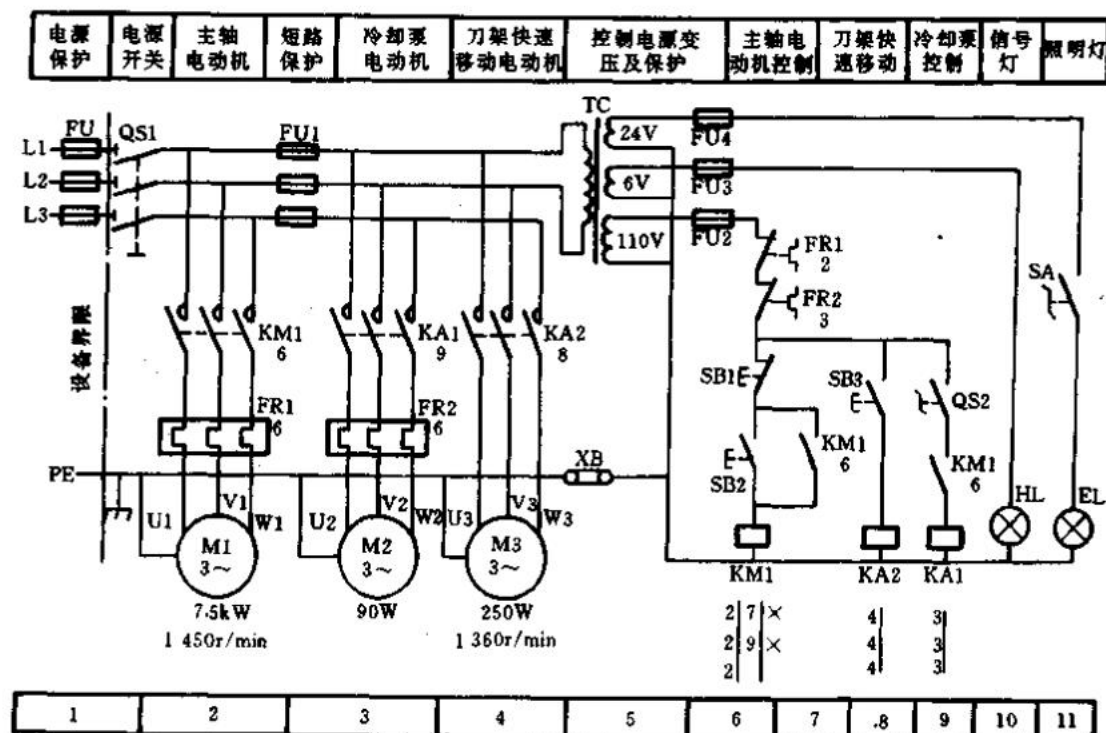


图 4-24 CA6140 车床电气控制电路图

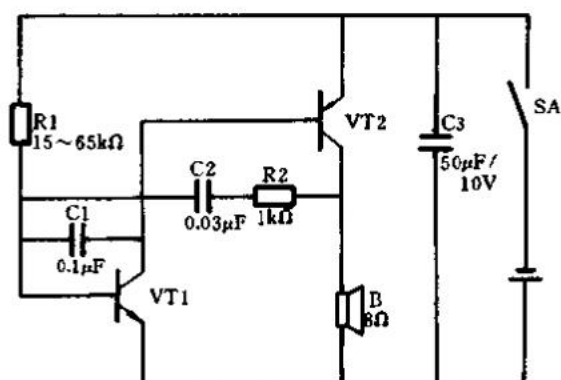


图 4-25

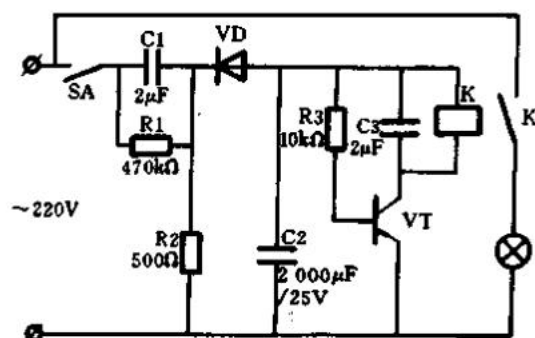
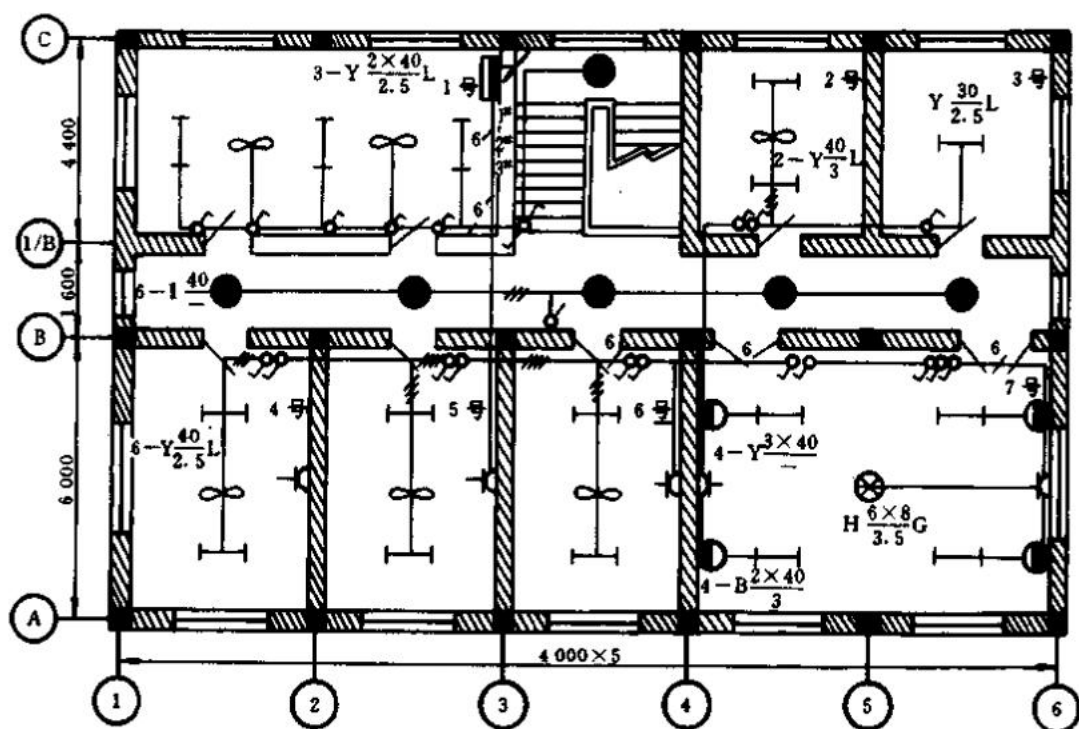


图 4-26



说明: 1. 电源引自第5层, 总线 BLX-2×10-PVC25-WC

2. 各分线 1"、2"、3" BV-2×6-PVC20-WC

3. 各支线 BV-2×2.5-PVC15-WC

4. 1" 供电 1 号房间、走廊、楼道

2" 供电 4、5、6 号房间

3" 供电 2、3、7 号房间

图 4-27

4-4 基本的整流电路、滤波电路有哪几种?

4-5 常用的电子元器件有哪些?

4-6 简述电子电路图识读的一般方法。

4-7 图 4-25 是单调讯响器的电路，可改变 R_1 得到不同的音频， R_1 阻值大则声音频率低。试分析：两只晶体管的相互关系，各自的偏置电路及负载。

4-8 图 4-26 是一种照明延时开关电路。 C_2 、 C_3 的数值决定灯亮的时间，图中数值约延时 30s。试分析：

- (1) 本电路采用哪种整流方式？
 - (2) VT 的偏置电路和负载是什么？
 - (3) R_1 、 C_1 、 R_2 的作用是什么？
 - (4) VD、 C_2 的作用是什么？
 - (5) 为什么 C_2 、 C_3 能决定延时时间？
- 4-9 建筑电气平面图有什么用途？其布图有什么特点？

4-10 什么是定位轴线？什么是标高？

4-11 图 4-27 是某建筑物第 6 层的电气照明平面图，识读并回答问题。

- (1) 该图是如何表示各部分的尺寸关系的？
- (2) 配电箱在图中什么位置？配出的回路有几条？
- (3) 各个房间内的照明器具有哪些？用电设备有哪些？标注的含义是什么？
- (4) 1 号、2 号、3 号线路的供电场所是什么？采用导线的型号、配线方式是什么？

4-12 印制板电路图有哪几种？

4-13 印制板零件图中的尺寸标注采用什么方法？

4-14 导电图形包含哪几个部分？各有什么作用？导电图形在印制板零件图中的布置应遵循哪些原则？

















4-15 标记符号图可采用哪几类符号？

4-16 印制板装配图的绘制有哪些规则？

附表 电气图常用图形符号

(摘自 GB4728—84 及 GB4728—85)

附表 1 限定符号和常用的其他符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
 2M—220/110V	直流 示例：直流，带中间线的三 制 220V（两根导线与中间线之 间为 110V）	M	中间线
	直流		正极
 ~50Hz ~100…600kHz 3N~50Hz 380/220V 3N~50Hz/TN-S	交流 注：频率或频率范围以及电压 数值，标注于符号右边 示例：交流，50Hz 示例：交流，频率范围 100~ 600kHz 示例：交流，三相带中性线， 50Hz，380V (中性线与相线之间的电压为 220V) 示例：交流，三相，50Hz，带 一个直接接地点，且中性线与保 护导线分开的系统		负极
	低频（工频或亚音频）		非内在的可变性
	中频（音频）		非内在非线性的可变性
	高频（超音频、载频或射频）		内在的可变性 注：有关控制量，如电压或温 度，可示于符号附近
	交直流		内在非线性的可变性
	具有交流分量的整流电流 注：当需要与稳定直流相区别 时使用		预调、微调 注：有关允许的调整条件，应 标注于符号附近 示例：仅在电流等于零时允许 预调
N	中性（中性线）		阶跃式（分档式）的可变量、步 进动作 注：可加注阶跃数 示例：表示 5 个阶跃的非内在 可变性

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	连续的可变性 示例：连续可变的预调		能量向母线（汇流排）输入
			双向能量流动（双向能量传输）
	自动控制（内在的） 注：被控量可示于符号附近 示例：自动增益控制放大器	$>$	特性量值大于整定值时动作
		$<$	特性量值小于整定值时动作
		\neq	特性量值大于高整定值或小于低整定值时动作
		$=0$	特性量值为零时动作
		≈ 0	特性量值与零相差一个与正常值相比为很小的值时动作
		$=$	特性量值等于整定值时动作
	按箭头方向的直线运动或力		未规定类型的材料
	双向直线的运动或力		固体材料
	按箭头的方向单向旋转		液体材料
	双向旋转		气体材料
			柱极体材料
	往复运动		半导体材料
	能量、信号的单向传播（单向传输）		绝缘材料
	同时双向传播（同时双向传输） 同时发送和接收		热效应
	不同时双向传播，交替的发送和接收		电磁效应
	发送 注：若箭头和符号组合在一起所表达的意思是明确的，则小黑圆点可以省略		
	接收		
	能量从母线（汇流排）输出		

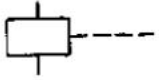

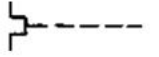

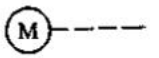


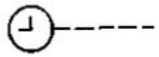
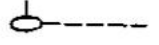




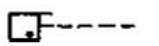



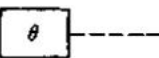
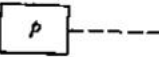

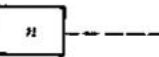

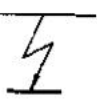
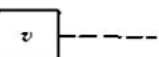

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	磁滞伸缩效应	形式 1	机械、气动、液压的连接 示例:具有力或运动指示方向的机械连接 示例:具有指示旋转方向的机械连接
	磁场效应或磁场相关性	形式 2	注:当使用形式 1 受位置限制时,可使用本符号
	延时, 延迟	形式 1	延时动作 注:从圆弧向圆心方向移动的延时动作
	非电离的电磁辐射 注:如无线电波或可见光	形式 2	
	非电离的相干辐射 注:如相干光		自动复位 注:三角为指向返回方向
	电离辐射 注:如必须表示电离辐射的具体类型时,可加注下列字母,以补充符号内容 α α 粒子 n n 中子 β β 粒子 π π 介子 γ γ 射线 κ κ 介子 δ δ 氘 μ μ 介子 p p 质子 x x 射线		定位, 非自动复位, 维持给定位置的器件
	正脉冲		脱离定位
	负脉冲		进入定位
	交流脉冲		两器件间的机械联锁
	正阶跃函数		脱扣的锁扣器件
	负阶跃函数		扣住的锁扣器件
	锯齿波		堵塞器件
			向左边移动被堵塞的已堵住的堵塞器件
			机械联轴器、离合器


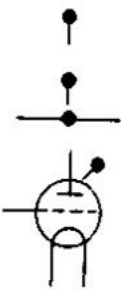


续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	脱开的机械联轴器		手轮操作
	连接的机械联轴器		脚踏操作
	示例：转动（活轮）用的单向联轴器		杠杆操作
	制动器		可拆卸的手柄操作
	示例：带制动器并已制动的电动机		钥匙操作
	示例：带制动器未制动的电动机		曲柄操作
	齿轮啮合		滚轮（滚柱）操作
	一般情况下手动控制		凸轮操作 注：需要时，可示出详细的凸轮图
	受限制的手动控制		示例：仿形凸轮
	拉拔操作		示例：仿形样板，仿形凸轮 （展开图）
	旋转操作		示例：凸轮和滚轮（滚柱）操作
	推动操作		贮存机械能操作 注：贮存能的方式可以填入
	接近效应操作		单向作用的气动或液压控制
	接触效应操作		双向作用的气动或液压控制
	紧急开关（蘑菇头安全按钮）		过电流保护的电磁操作


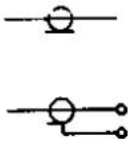
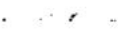





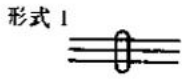
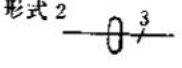




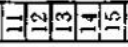
续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	电磁执行器操作		无噪声接地 (抗干扰接地)
	热执行器操作 (如热继电器、热过电流保护)		保护接地
	电动机操作	形式 1  形式 2 	接机壳或接底板
	电钟操作		
	液位控制		等电位
	计数控制		理想电流源
 	流体控制 示例: 气流控制		理想电压源
	相对湿度控制		故障 (用以表示假定故障位置)
	温度控制 注: θ 可用 t 代替		
	压力控制		闪络、击穿
	转速控制	形式 1  形式 2 	导线对机壳绝缘击穿
	线性速率或速度控制		
	接地一般符号 注: 如表示接地的状况或作用不够明显, 可补充说明		



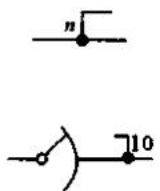






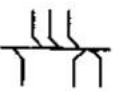










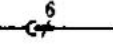
续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	导线对地绝缘击穿		测试点指示
	永久磁铁		示例：导线上的测试点
	动触点 注：如滑动触点		示例：电子管引脚测试点




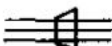
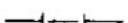
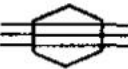



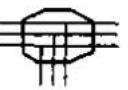


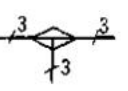



附表 2 导线和连接器件图形符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	导线、导线组、电线、电缆、电路、母线（总线）等的一般符号 示例：3 根导线 示例：3 根导线		同轴对、同轴电缆 注：若只部分是同轴结构，切线仅画在同轴的这一边 示例：同轴对连接到端子
	柔软导线		屏蔽同轴对、屏蔽同轴电缆
	屏蔽导线		未连接的导线或电缆
	绞合导线（示出 2 股）		未连接的特殊绝缘的导线或电缆
 形式 1  形式 2	电缆中的导线（示出 3 股）		导线的连接
	示例：5 根导线中，箭头所指的 2 根导线在 1 根电缆中		端子 注：必要时，圆圈可以画成圆黑点
			可拆卸的端子
			端子板（示出带线端标记的端子板）


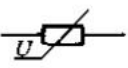


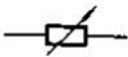

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
形式 1  形式 2 	导线的连接		一组相似连接件的公共连接 注: n 表示相似连接件的总数 示例: 复接的单行程选择器 (表示 10 个触点)
形式 1  形式 2   	导线的多线连接 示例: 导线的交叉连接(点)单 线表示 示例: 导线的交叉连接(点)多 线表示	 	导线的交换(换位), 相序的变 更或极性的反向 示例: 示出相序的变更 多相系统的中性点(示出用单 线表示)
	导线或电缆的分支和合并	优选形  其他形 	插座(内孔的)或插座的一个极
  	导线的不连接 示例: 单线表示法 示例: 多线表示法	优选形  其他形  优选形  其他形 	插头(凸头的)或插头的一个极 插头和插座(凸头和内孔的)
	导线直接连接、导线接头		单线表示形式

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	对接连接器		不需要示出电缆芯数的电缆终端头
形式 1 	接通的连接片		电缆密封终端头(示出带 3 根单芯电缆)
形式 2 			电缆直通接线盒(示出带 3 根导线) 多线表示
	断开的连接片		单线表示
	插头-插头		电缆连接盒, 电缆分线盒(示出带 3 根导线 T 型连接) 多线表示
	插头-插座		
	带插座通路的插头-插头		单线表示
	滑动(滚动)连接器		
	电缆密封终端头(示出带 1 根 3 芯电缆) 多线表示		
			







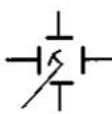
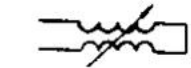





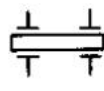



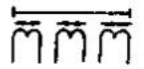


附表 3 无源元件图形符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
优选形 	电阻器一般符号		压敏电阻器, 变阻器 注: U 可以用 V 代替
其他形 			热敏电阻器 注: θ 可以用 t 代替
	可变电阻器、可调电阻器		0.125W 电阻器

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	0.25W 电阻器		带开关的滑动触点电位器
	0.5W 电阻器		预调电位器
	1W 电阻器 注: 大于 1W 电阻器都用阿拉伯数字表示	<p>优选形 </p> <p>其他形 </p>	<p>电容器一般符号 注: 弧形的极板表示: ① 在固定的纸或陶瓷介质电容器中表示外电极 ② 在可变或可调电容器中表示动片电极 ③ 在穿心电容器中表示低电位电极</p>
	熔断电阻器		
	滑线式变阻器	<p>优选形 </p> <p>其他形 </p>	穿心电容器
	带滑动触点和断开位置的电阻器		
	两个固定抽头的电阻器	<p>优选形 </p> <p>其他形 </p>	极性电容器
	两个固定抽头的可变电阻器		
	分路器, 带分流和分压接线头的电阻器	<p>优选形 </p> <p>其他形 </p>	可变电容器, 可调电容器
	碳堆电阻器		
	加热元件	<p>优选形 </p> <p>其他形 </p>	双联同轴可变电容器 注: 可增加同调联数
	滑动触点电位器		

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
优选形  其他形 	微调电容器		有两个抽头的电感器 注：① 可增加或减少抽头数目 ② 抽头可在外侧两半圆交点处引出
优选形  其他形 	差动可调电容器		步进移动触点的可变电感器
	移相电容器		可变电感器
	热敏极性电容器 注：θ 可以用 t° 代替		具有两个电极的压电晶体
	压敏极性电容器 注：U 可以用 V 代替		具有 3 个电极的压电晶体
	电感器, 线圈, 绕组, 扼流圈		具有两对电极的压电晶体
	示例：带磁心的电感器		具有电极和连接的驻极体 注：较长的线表示正极
	示例：磁心有间隙的电感器		具有绕组的磁致伸缩延迟线。 在集中表示法示出三个绕组 注：绕组符号取向可根据需要而定
	带磁心连续可调的电感器		延迟线、延迟单元的一般符号

续表








图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	具有一个输入端和 50 μ s、100 μ s 两个输出端的磁致伸缩延迟线		仿真延迟线
	同轴延迟线		超声延迟线
	具有压电传感的水银延迟线		可变延迟线

附表 4 半导体管图形符号



1. 半导体管的符号要素

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	具有一处欧姆接触的半导体区垂直线表示欧姆接触，水平线表示半导体区	<p>优选形 </p> <p>其他形 </p>	整流结
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p> <p>形式 3 </p>	具有多处欧姆接触的半导体区	<p></p> <p></p>	<p>用电场影响半导体层的结，例如结型场效应半导体管的结</p> <p>P 区影响 N 层</p> <p>N 区影响 P 层</p>
	耗尽型器件的导电沟道	<p></p> <p></p>	<p>绝缘栅场效应半导体管 (IGFET) 的沟道导电型</p> <p>P 型衬底上的 N 型沟道</p> <p>N 型衬底上的 P 型沟道 (示出增强型)</p>
	增强型器件的导电沟道		绝缘栅






续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	不同导电型区上的发射极(带箭头的斜线表示发射极)		P 区上的几个 N 型发射极
	N 区上的 P 型发射极		不同导电型区上的集电极(斜线表示集电极)
	N 区上的几个 P 型发射极		不同导电型区上的几个集电极
	P 区上的 N 型发射极		

2. 半导体管特有的限定符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	肖特基效应		单向击穿效应
	隧道效应		双向击穿效应
			反向效应(单隧道效应)

3. 半导体管的图形符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	半导体二极管一般符号		利用温度效应的二极管 注: θ 可以用 t° 代替
	发光二极管一般符号		用作电容性器件的二极管(变容二极管)
			隧道二极管



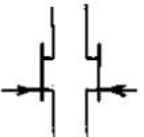


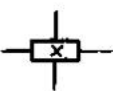

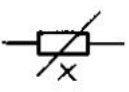
续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	单向击穿二极管,电压调整二极管,江崎二极管		三极晶体闸流管 注:当没有必要规定控制极的类型时,本符号用于表示反向阻断三极晶体闸流管
	双向击穿二极管		反向阻断三极晶体闸流管, N型控制极(阳极侧受控)
	反向二极管(肖特基二极管)		反向阻断三极晶体闸流管, P型控制极(阴极侧受控)
	双向二极管,交流开关二极管		可关断三极晶体闸流管,未规定控制极
	阶跃恢复二极管		可关断三极晶体闸流管, N型控制极(阳极侧受控)
	体效应二极管		可关断三极晶体闸流管, P型控制极(阴极侧受控)
	光电二极管,具有非对称导电性的光电器件		反向阻断四极晶体闸流管
	半导体激光器		双向三极晶体闸流管,三端双向晶体闸流管
	反向阻断二极晶体闸流管		反向导通三极晶体闸流管,未规定控制极
	反向导通二极晶体闸流管		
	双向二极晶体闸流管		













续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	反向导通三极晶体闸流管, N型控制极 (阳极侧受控)		有横向偏压基极的 NPN 型半导体管
	反向导通三极晶体闸流管, P型控制极 (阴极侧受控)		N 型沟道结型场效应半导体管 注: 带箭头的为栅极, 应与源极的引线绘在一直线上
	光控晶体闸流管		P 型沟道结型场效应半导体管
	PNP 型半导体管		增强型、单栅、P 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管
	NPN 型半导体管		增强型、单栅、N 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管
	NPN 型半导体管, 集电极接管壳		增强型、单栅、P 沟道和衬底有引出线的绝缘栅场效应半导体管
	NPN 型雪崩半导体管		增强型、单栅、N 沟道和衬底与源极在内部连接的绝缘栅场效应半导体管
	具有 P 型基极单结型半导体管		耗尽型、单栅、N 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管
	具有 N 型基极单结型半导体管		耗尽型、单栅、P 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管






















续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	耗尽型、双栅、N沟道和衬底有引出线的绝缘栅场效应半导体管		光敏电阻, 具有对称导电性的光电器件
	N沟道结型场效应半导体对管		发光数码管
	光电半导体管 (示出 PNP 型)		有 4 个欧姆接触的霍尔发生器
	光电池		磁敏电阻器 (示出线性型)

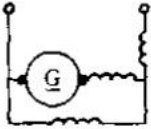


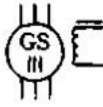
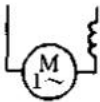



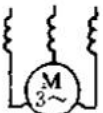

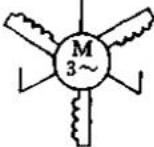






附表 5 电能的发生和转换图形符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	两相绕组		星形连接的三相绕组
	两个绕组 V 形 (60°) 连接的三相绕组		中性点引出的星形连接的三相绕组
	中性点引出的四相绕组		换向绕组或补偿绕组
	T 型连接的三相绕组		串励绕组
	三角形连接的三相绕组		并励或他励绕组
	开口三角形连接的三相绕组		集电环或换向器上的电刷 注: 仅在必要时标出电刷



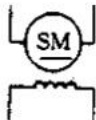





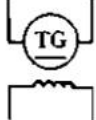


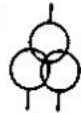

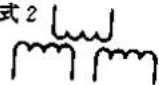





续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	电机一般符号,符号内的星号必须用字母代替,以确定电机的类别		直流力矩电动机
	直流发电机		圆感应同步器
	直流电动机		直线感应同步器
	交流发电机		直线电动机一般符号
	交流电动机		步进电动机一般符号
	交直流变流机		手摇发电机
	交流伺服电动机		串励直流电动机
	直流伺服电动机		并励直流电动机
	交流测速发电机		他励直流电动机
	直流测速发电机		短分路复励直流发电机,示出接线端子和电刷
	交流力矩电动机		

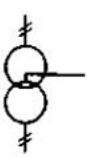


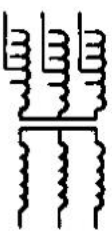



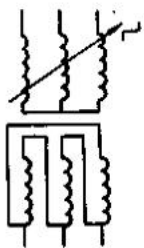

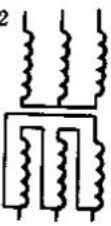

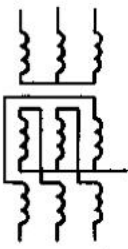
续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	短分路复励直流发电机, 示出换向绕组和补偿绕组, 以及接线端子和电刷		中性点引出的星形连接的三相同步发电机
	永磁直流电动机		每相的两端都引出的三相同步发电机
	单相交流串励电动机		单相永磁同步电动机
	单相推斥电动机		三相永磁同步电动机
	三相交流串励电动机		三相鼠笼式异步电动机
	三相交流并励电动机		单相鼠笼式有分相端子的异步电动机
	三相永磁同步发电机		三相绕线转子异步电动机
	单相同步电动机		转子上有自动启动器的三相星形连接异步电动机
			限于一个方向运动的三相直线异步电动机



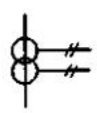
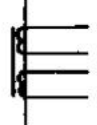

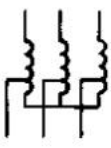

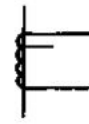










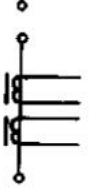
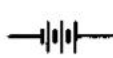
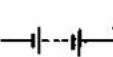
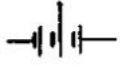
续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	<p>自整角机的一般符号,符号内的星号必须用有关字母代替,以确定自整角机的类别</p> <p>CX 控制式自整角发送机</p> <p>CT 控制式自整角变压器</p> <p>TX 力矩式自整角发送机</p> <p>TR 力矩式自整角接收机</p>		电机扩大机
	电磁式直流伺服电动机		铁心
	永磁式直流伺服电动机		带间隙的铁心
	交流测速发电机	形式 1 	双绕组变压器
	电磁式直流测速发电机	形式 2 	示例: 示出瞬时电压极性标记的双绕组变压器, 流入绕组标记端的瞬时电流产生辅助磁通
	永磁式直流测速发电机	形式 1 	三绕组变压器
	永磁步进电动机	形式 2 	
	三相步进电动机	形式 1 	自耦变压器
		形式 2 	
		形式 1 	电抗器, 扼流圈
		形式 2 	























续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
<p>形式 1</p>  <p>形式 2</p> 	<p>在一个绕组上有中心抽头的 变压器</p>	<p>形式 1</p>  <p>形式 2</p> 	<p>具有四个抽头（不包括主抽 头）的三相变压器，星形-星形连 接</p>
<p>形式 1</p>  <p>形式 2</p> 	<p>耦合可变的变压器</p>	<p>形式 1</p>  <p>形式 2</p> 	<p>具有有载分接开关的三相变 压器，星形-三角形连接</p>
<p>形式 1</p>  <p>形式 2</p> 	<p>三相变压器，星形-三角形 连接</p>	<p>形式 1</p>  <p>形式 2</p> 	<p>三相变压器，星形-曲折形 连接</p>

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	单相自耦变压器	<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	<p>在一个铁心上具有两个次级绕组的电流互感器</p> <p>注：此种情况下，形式 2 中的铁心符号必须示出</p>
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	三相自耦变压器，星形连接	<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	<p>次级绕组有 3 个抽头（包括主抽头）的电流互感器</p>
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	可调压的单相自耦变压器	<p></p> <p></p> <p></p> <p></p>	<p>直流变流器</p> <p>整流器</p> <p>桥式全波整流器</p> <p>逆变器</p>
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	电流互感器，脉冲变压器	<p></p>	<p>原电池或蓄电池</p> <p>注：长线代表阳极，短线代表阴极，短线也可画成粗线</p>
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	<p>具有两个铁心和两个次级绕组的电流互感器</p> <p>注：形式 2 中的铁心符号可以略去</p>	<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p> <p></p>	<p>蓄电池组或原电池组</p> <p>带抽头的原电池组或蓄电池组</p>



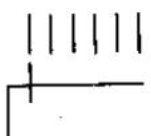















附表 6 开关、控制和保护装置图形符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	接触器功能	形式 1 	先合后断的转换触点 (桥接)
	断路器功能	形式 2 	
	隔离开关功能		
	负荷开关功能		双动合触点
	自动释放功能		
	限制开关功能, 位置开关功能		双动断触点
	弹性返回功能, 自动复位功能		
	无弹性返回功能		当操作器件被吸合时, 暂时闭合的过渡动合触点
形式 1 	动合 (常开) 触点 注: 本符号也可作为开关的一般符号		当操作器件被释放时, 暂时闭合的过渡动合触点
形式 2 			当操作器件被吸合或释放时, 暂时闭合的过渡动合触点
	动断 (常闭) 触点		多触点组中, 比其他触点提前吸合的动合触点
	先断后合的转换触点		多触点组中, 比其他触点滞后吸合的动合触点
	中间断开的双向触点		

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	多触点组中,比其他触点滞后释放的动断触点		有弹性返回的动合触点
	多触点组中,比其他触点提前释放的动断触点		无弹性返回的动合触点
形式 1 形式 2	当操作器件被吸合时,延时闭合的动合触点		有弹性返回的动断触点
形式 1 形式 2	当操作器件被释放时,延时断开的动合触点		左边弹性返回,右边无弹性返回的中间断开的双向触点
形式 1 形式 2	当操作器件被释放时,延时闭合的动断触点		手动开关一般符号
形式 1 形式 2	当操作器件被释放时,延时闭合的动断触点		拉拨开关 (不闭锁)
形式 1 形式 2	当操作器件被吸合时,延时断开的动断触点		旋扭开关, 旋转开关 (闭锁)
	吸合时延时闭合和释放时延时断开的动合触点		位置开关, 动合触点; 限制开关, 动合触点
			位置开关, 动断触点; 限制开关, 动断触点



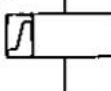

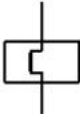



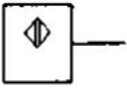

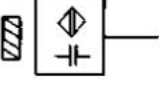







续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	对两个独立电路作双向机械操作的位置开关或限制开关		具有自动释放功能的接触器
	单极多位开关(示出六位)		接触器(在非动作位置触点闭合)
	单极四位开关 注:通常可配置位置图,以说明每一个位置的作用和操作器件的运动极限		断路器
	有4个独立电路的四位手动开关		隔离开关
	开关(机械式)		负荷开关(负荷隔离开关)
	多极开关一般符号 单线表示		具有自动释放功能的负荷开关
	多线表示		手工操作带有阻塞器件的隔离开关
	接触器(在非动作位置触点断开)		电动机启动器一般符号
			步进启动器 注:启动步数可以用数字示出
			调节-启动器



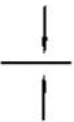

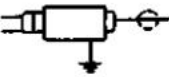
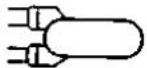

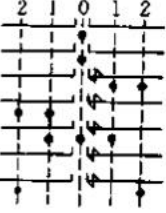
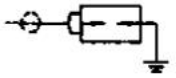
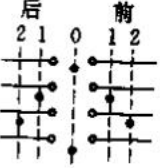

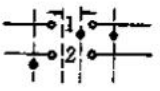
续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	带自动释放功能的启动器		快速继电器(快吸和快放)的线圈
	星-三角启动器		对交流不敏感继电器的线圈
	自耦变压器式启动器		交流继电器的线圈
	带可控整流器的调节-启动器		机械谐振继电器的线圈
形式 1	操作器件一般符号 示例:具有两个绕组的操作器件组合表示法		机械保持继电器的线圈
形式 2			极化继电器的线圈 注:圆点用以表示通过极化继电器绕组的电流方向和动触点的运动之间的关系,当标有圆点的端子是正极时,动触点向有圆点的位置运动 示例:在绕组中只有一个方向的电流起作用,并能自动复位的极化继电器 示例:在绕组中任一方向的电流均可起作用的具有中间位置并能自动复位的极化继电器 示例:具有两个稳定位置的极化继电器
形式 1			
形式 2			
形式 1	具有两个绕组的操作器件分离表示法		缓吸和缓放继电器的线圈
形式 2			
	缓慢释放(缓放)继电器的线圈		
	缓慢吸合(缓吸)继电器的线圈		
	缓吸和缓放继电器的线圈		





续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
形式 1 	剩磁继电器的线圈		熔断器一般符号
形式 2 			供电端由粗线表示的熔断器
	热继电器的驱动器件		带机械连杆的熔断器(撞击器式熔断器)
	接近传感器		具有报警触点的三端熔断器
	接近传感器器件方框符号		具有独立报警电路的熔断器
	示例: 固体材料接近时操作的电容性的接近检测器		跌落式熔断器
	接触传感器		熔断器式开关
	接触敏感开关动合触点		熔断器式隔离开关
	接近开关动合触点		熔断器式负荷开关







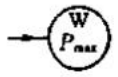










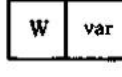






续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	火花间隙		避雷器
	双火花间隙		具有连接器的单头灭火器
	高能点火器装置		具有连接器的双头灭火器
	电气导火管点火器		动力控制器 示出有两个灭弧装置的动断触点,四个有灭弧装置的动合触点和一个有灭弧装置的动断触点,共七段电路
	典型的插头点火器		控制器或操作开关 有“黑点”者表示手柄(手轮)转向该位置时触点接通,无黑点者表示不接通。
	线圈操作的标志指示器		自动复归控制器或操作开关 示出两侧自动复位到中央两个位置,黑箭头表示自动复归的符号






附表 7 测量仪表图形符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	提示仪表 星号按规定的文字或图形符号代替		积算仪表,电能表 星号按规定的文字或图形符号代替
	记录仪表 星号按规定的文字或图形符号代替		电压表






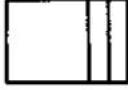
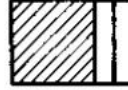
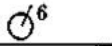












续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	电流表		检流计
	无功电流表		盐度计
	功率表		温度计,高温计 注:θ可以由t代替
	最大需量指示表(由一台 积算仪表操纵)		转速表
	无功功率表		和量仪表,示出电流和量
	功率因数表		极性表
	相位表		静电计
	频率表		记录式功率表
	同步表(同步指示器)		组合式记录功率表和无功 功率表
	波长表		记录式示波器
	示波器		小时计
	差动电压表		电度表(瓦特小时计)

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	电度表(仅测量单向传输能量)		脉冲计(电动计数器件)
	计数功能限定符号	形式 1 	热电偶(示出极性符号)
		形式 2 	带直接指示极性的热电偶, 负极用粗线表示




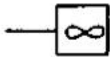













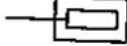



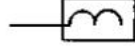



附表 8 电力、照明图形符号

图 形 符 号		说 明	图 形 符 号	说 明
规划(设计)的	运行的	发电站(厂)		水下(海底)线路
				架空线路
规划(设计)的	运行的	热电站		管道数量
				示例: 6 孔管道的线路
规划(设计)的	运行的	变电所, 配电所		具有埋入地下连接点的线路
				电信线路上交流供电
规划(设计)的	运行的	变流所(示出直流变交流)		电信线路上直流供电
				沿建筑物明敷设通信线路
		导线、电缆、线路、传输通道的一般符号		沿建筑物暗敷设通信线路
		地下线路		挂在钢索上的线路










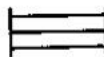

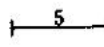








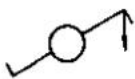





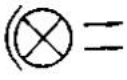

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	事故照明线		装设单担的电杆
	50V 及以下电力与照明线路		装设双担的电杆
	控制及信号线路(电力及照明用)		装设双十字担的电杆
	装在支柱上的封闭式母线		装设单十字担的电杆
	装在吊钩上的封闭式母线		带撑杆的电杆
	滑触线		带撑拉杆的电杆
	保护线		引上杆(小黑点表示电缆)
	中性线		有接地极接地装置
	保护和中性共用线		无接地极接地装置
	具有保护线 and 中性线的三相配线		屏、台、箱、柜一般符号
	向上配线		动力或动力-照明配电箱 注:需要时,符号内可标示电流的种类符号
	向下配线		信号板,信号箱(屏)
	垂直通过配线		照明配电箱(屏) 注:需要时允许改以涂红
	盒(箱)一般符号		事故照明配电箱(屏)
	连接盒或接线盒		










续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	电磁阀		电解槽或电镀槽
	电动阀		风扇一般符号(示出引线) 注:若不致引起混淆,方框可省略
	电磁分离器		单相插座
	电磁制动器		暗装
	按钮一般符号		密闭(防水)
   	按钮盒 (1)一般或保护型按钮盒 示出 1 个按钮 示出 2 个按钮 (2)密闭型按钮盒 (3)防爆型按钮盒		带保护接点插座,带接地插孔的单相插座
	带指示灯的按钮		暗装
	电阻加热装置		密闭(防水)
	电弧炉		防爆
	感应加热炉		带接地插孔的三相插座
			暗装
			密闭(防水)

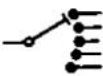



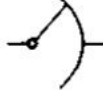

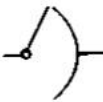






续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	防爆		泛光灯
	单极开关		示出配线的照明引出线位置
	暗装		在墙上的照明引出线 (示出配线向左边)
	密闭(防水)		荧光灯一般符号
	防爆		示例:三管荧光灯
	双极开关		示例:五管荧光灯
	暗装		在专用电路上的事故照明灯
	三极开关		自带电源的事故照明灯装置(应急灯)
	暗装		分线盒一般符号
	单极拉线开关		室内分线盒
	单极双控拉线开关		室外分线盒
	灯或信号灯的一般符号		深照型灯
	投光灯一般符号		广照型灯(配照型灯)
	聚光灯		防水防尘灯

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	球形灯		隔爆灯
	局部照明灯		天棚灯
	矿山灯		花灯
	安全灯		弯灯
			壁灯

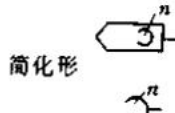










附表 9 电信:交换和外围设备图形符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	跨接式弧刷的选线器弧层		拨号盘式自动电话机 注:如果不会引起误解,圆圈(拨号盘)里的圆点可以省略
	非跨接式弧刷的选线器弧层		按键电话机
	单动作(旋转)方式的不复位式选线器		电视电话机
	单动作(旋转)方式的复位式选线器		录放电话机
	电话机一般符号		发报设备
	共电电话机		收报设备
			半双工电报机 (双向单工电报机)

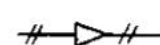
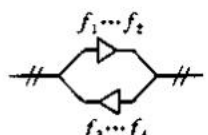

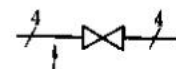


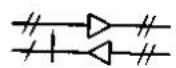
续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	双工电报机		传声器一般符号
	纸带式电传打字机		喉头送话器一般符号
	纸页式电传打字机		碳粒式传声器
	纸带式收报机		压电式传声器
	纸页式收报机		静电式(电容式)传声器
	永磁式		受话器一般符号
	动圈式或带式		单只头戴受话器
	动铁式		双只头戴受话器
	立体声式		扬声器一般符号
	唱片式		扬声-传声器
	磁带式或软片式		换能头一般符号
	磁鼓式		唱针式立体声头
	记录或播放(箭头指换能方向)		单音光敏播放(读出、放音)头
	记录和播放		抹头
	消抹		
	碳粒式		




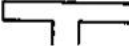
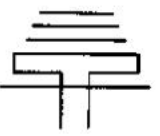











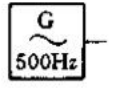


续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
 <p>简化形</p>	<p>n 道磁迹头</p> <p>注: n 应换成实际磁迹数目, 如果 $n=1$ 时可以省略</p>		传真接收机
	<p>记录机和(或)播放机一般符号</p> <p>注: 表示换能头特征的符号可用其他限定符号代替</p>		传真收发两用机
	<p>示例: 磁鼓式录放机</p>		幅-频变换器
	传真机一般符号		频-幅变换器
	传真发送机		呼叫器
			监听器








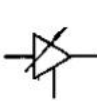





















附表 10 电信: 传输用图形符号

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	单向放大二线电路		频率分开的四线制电路
	双向放大二线电路		具有双向终端放大和抑制回波的四线电路
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	双向放大四线电路	<p>形式 2 </p>	

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	天线一般符号 注:①此符号可用来表示任何类型天线或天线阵。符号的主杆线可表示包括单根导体的任何形式对称馈线和非对称馈线 ②天线的极坐标图主瓣的一般形状图样可在天线符号附近标出 ③数字或字母符号的补充标记,可采用日内瓦国际电信联盟公布的《无线电规则》中的规定。名称或标记可以交替地写在天线的一般符号之旁		环形(或框形)天线
			偶极子天线
			折叠偶极子天线
			带有三个引向器和一个反射器的折叠偶极子天线
			脉位或脉相调制
			脉冲频率(脉频)调制
			脉冲振幅(脉幅)调制
	圆极化天线		脉冲间隔(脉间)调制
			脉冲宽度(脉宽)调制
	在方位角上辐射方向可变的 天线	 	脉冲编码(脉码)调制 注:星号必须用编码的方式代替 示例:7 中选 3 编码
	固定方位角水平极化的定 向天线		
	在俯仰角上辐射方向可变 的天线		500Hz 正弦波发生器
	测向天线(无线电测角或 无线电信标)		500Hz 锯齿波发生器

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	脉冲发生器		分频器
	频率可调的正弦波发生器	形式 1 	放大器一般符号 中继器一般符号 (示出输入和输出) 注: 三角形指向传输方向
	噪声发生器 K ——玻耳兹曼常数 T ——热力学温度	形式 2 	
	谐波发生器		具有外部直流控制的放大器 注: 控制量可在箭头旁标出
	阶梯波发生器		负阻抗双向放大器
	三角波发生器		具有输送信号和(或)供电旁路的放大器
	振荡器一般符号	形式 1 	可调放大器
	音频振荡器	形式 2 	
	超音频、载频、射频振荡器		固定衰减器
	多谐振荡器		可变衰减器
	音叉振荡器		滤波器一般符号
	压控振荡器		高通滤波器
	晶体振荡器		低通滤波器
	变频器, 频率由 f_1 变到 f_2		扩展器
	倍频器		

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	压缩器		双边带输出调制器
	仿真线		脉码调制器(7 位二进制码输出)
	变相网络 注:若不发生混淆 φ 可用 B 代替		单边带抑制载频输出为音频的解调器
	失真校正器一般符号		调幅器、解调幅器
	调制器、解调器或鉴别器一般符号 注:该符号的使用如下所述,作注释用的输入线、输出线及其字母可以加到图形符号上。 a 和 b 分别表示调制或已调制信号输入,以及已调制和已解调的信号输出 c 表示所需载波的输入 限定符号可放在图形符号之内或外面		调频器、鉴频器
			调相器、鉴相器
			检波器

续表

图 形 符 号	说 明	图 形 符 号	说 明
	压缩器		双边带输出调制器
	仿真线		脉码调制器(7 位二进制码输出)
	变相网络 注:若不发生混淆 φ 可用 B 代替		单边带抑制载频输出为音频的解调器
	失真校正器一般符号		调幅器、解调幅器
	调制器、解调器或鉴别器一般符号 注:该符号的使用如下所述,作注释用的输入线、输出线及其字母可以加到图形符号上。 a 和 b 分别表示调制或已调制信号输入,以及已调制和已解调的信号输出 c 表示所需载波的输入 限定符号可放在图形符号之内或外面		调频器、鉴频器
			调相器、鉴相器
			检波器