

职业技能培训类教材

依据劳动和社会保障部制定的《国家职业标准》编写

电工 基本技能

● 杨奎河 主编



金盾出版社

中国职业教育出版社

中国职业教育出版社 中国职业教育出版社 中国职业教育出版社 中国职业教育出版社 中国职业教育出版社

电工 基本技能

中国职业教育出版社



中国职业教育出版社

职业技能培训类教材
依据劳动和社会保障部制定的《国家职业标准》编写

电工基本技能

主 编 杨奎河
副主编 赵玲玲 王俊社 周万珍
 赵松杰
编 者 朱玉冉 许 海 王艳华
 褚 新 赵 博 张 芸
主 审 沙占友

金盾出版社

内 容 提 要

本书依据《国家职业标准》对初级电工的工作要求和《国家职业技能鉴定规范》编写,主要包括:电工基础知识、电路概念和基本定律、直流电路、正弦交流电路、电工常用仪表工具、变压器、异步电动机、常用电工材料和低压电器、晶体管电路、电力系统知识、照明与室内外线路、电工安全技术等。每章内容后面都安排了基本的、必须掌握的操作技能训练,书末附有配合复习的职业技能鉴定国家试题库的试题和答案,以便于企业培训、考核鉴定和读者自测自查。本书的特点是以职业技能为核心,突出实用技术的传授和操作技能训练。

本书内容丰富、由浅入深、实用性强,可作为初级电工职业技能培训教材和自学用书,还可供技工学校和职业学校的学生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工基本技能/杨奎河主编. —北京:金盾出版社,2007.12

职业技能培训类教材

ISBN 978-7-5082-4756-4

I. 电… II. 杨… III. 电工技术—技术培训—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 165320 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京 2207 工厂

正文印刷:北京四环科技印刷厂

装订:东杨庄装订厂

各地新华书店经销

开本:705×1000 1/16 印张:17 字数:353 千字

2007 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1—8000 册 定价:26.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

随着我国改革开放的不断深入和工业的飞速发展,企业对技术工人的素质要求越来越高。企业有了专业知识扎实、操作技术过硬的高素质人才,才能确保产品加工质量,才能有较高的劳动生产率、较低的物资消耗,使企业获得较好的经济效益。我们本着“以就业为导向,重在培养能力”的原则,依据劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》,精心策划、编写了这套“职业技能培训类教材”。其中针对《国家职业标准》对多工种提出的基本要求,编写了《机械工人基础技术》和《机械识图》;根据工作要求编写了《车工基本技能》、《钳工基本技能》、《电工基本技能》、《维修电工基本技能》、《气焊工基本技能》、《电焊工基本技能》、《冷作钣金工基本技能》和《铣工基本技能》。

《电工基本技能》一书是依据《国家职业标准》初级电工的工作要求(技能要求)和《国家职业技能鉴定规范》编写。根据目前要求尽快掌握一门专业技能人员的需要,我们有意针对企业培训、考核鉴定和广大自学读者编写了这部教材,内容由浅入深,并配以大量实例讲解,既适合读者系统入门学习,也适合在岗电工进一步学习、提高实用操作技巧。

本教材采用了国家新标准、法定计量单位和最新名词、术语。每章和书末分别配有复习题、技能训练指导和试题库,旨在帮助读者理论结合实际,尽快掌握操作技能,帮助读者顺利取得国家颁发的职业资格证书。

本书由杨奎河任主编,其中第一章、第二章、第三章由杨奎河编写。第四章由朱玉冉编写,第五章由许海编写,第六章、第七章、第八章、第九章、第十章由赵玲玲编写,第十一章由赵玲玲、赵松杰编写,第十二章由王俊社、周万珍编写,全书由沙占友教授任主审。王艳华、褚新、赵博、张芸为本书的编写做了很多基础性的工作,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在缺点和不足,敬请广大读者批评指正,以期再版时加以改正,使之臻于完善。

编者

目 录

第一章 电工基础知识	1
第一节 电气识图常识	1
第二节 钳工基本知识	9
第三节 相关工种的一般知识	17
复习思考题	22
技能训练 四方铁制作	22
第二章 电路概念和基本定律	24
第一节 电路的基本物理量	24
第二节 欧姆定律	28
第三节 电功和电功率	29
第四节 基尔霍夫定律	31
复习思考题	34
技能训练 1 电阻定律和欧姆定律	35
技能训练 2 基尔霍夫定律	36
第三章 直流电路	37
第一节 电阻的串联电路	37
第二节 电阻的并联电路	39
第三节 电阻的混联电路	42
第四节 电路中各点电位的计算	44
第五节 电磁感应	46
第六节 电容和电感	51
复习思考题	55
技能训练 电流表扩展量程及改装为电压表	56
第四章 正弦交流电路	58
第一节 正弦交流电压和电流	58
第二节 正弦交流电路计算	61
第三节 三相正弦交流电路	67
复习思考题	69
技能训练 1 纯电阻正弦交流电路中各个物理量之间的关系	69
技能训练 2 正弦交流电路	70
第五章 晶体管及其应用	72

第一节 晶体二极管	72
第二节 晶体三极管	77
第三节 常用晶体管整流电路	84
复习思考题	88
技能训练 1 晶体管的测试	88
技能训练 2 整流电路的安装与调试	90
第六章 常用电工材料和低压电器	92
第一节 导电材料	92
第二节 绝缘材料	97
第三节 磁性材料	99
第四节 熔断器	100
第五节 接触器	102
第六节 断路器	104
第七节 开关电器	106
复习思考题	108
技能训练 1 低压开关的拆装与检修	109
技能训练 2 交流接触器的拆装与检修	109
第七章 电工常用仪表工具	111
第一节 电工仪表简介	111
第二节 常用电工仪表	114
第三节 常用电工工具	132
复习思考题	138
第八章 变压器	140
第一节 变压器工作原理	140
第二节 变压器的分类和结构	141
第三节 三相变压器绕组的连接	143
第四节 变压器的技术指标	145
第五节 特种变压器	147
第六节 变压器同名端和变比系数的测定	151
第七节 变压器的检测和维护	152
复习思考题	153
技能训练 1 电力变压器铭牌的识别	153
技能训练 2 实验法测定变压器的变比系数	154
第九章 异步电动机	155
第一节 单相异步电动机的结构和分类	155
第二节 单相异步电动机的转动原理和起动方式	157

第三节 三相异步电动机的结构和分类	160
第四节 三相异步电动机的工作原理和铭牌数据	163
第五节 三相异步电动机的起动调速和制动	166
第六节 三相异步电动机接线方式和试验方法	168
第七节 三相异步电动机的起动注意事项和运行维护	170
第八节 三相异步电动机的故障及处理方法	171
复习思考题	172
技能训练 用剩磁法判别三相异步电动机定子绕组的始末端	172
第十章 电力系统知识	174
第一节 电能的产生、传输和分配	174
第二节 变、配电所知识	178
第三节 变电所工作的组织措施	180
第四节 车间生产和设备管理	182
复习思考题	185
第十一章 照明与室内外线路	186
第一节 照明的分类和特点	186
第二节 照明方式和灯具类型的选择	189
第三节 常用电气照明用具	190
第四节 照明器材的安装	193
第五节 照明故障的检修	195
第六节 室内线路的配线方式	198
第七节 室外线路的敷设方式	202
复习思考题	205
技能训练 登杆安装直线杆低压四线横担	205
第十二章 电工安全技术	207
第一节 接地接零	207
第二节 触电急救与预防	211
第三节 电气安全操作规程	213
复习思考题	216
技能训练 电气安全用具和触电急救	216
试题库	218
理论知识试题	218
理论知识试题参考答案	229
操作技能试题	230
模拟试卷样例	233
附录 常用电气图形符号和文字符号	261

第一章 电工基础知识

培训学习目的 掌握电气图的分类、制图的一般规则;熟练掌握常用电气符号;掌握常用电气项目代号;掌握常用电气系统图、电路图和接线图;掌握简单电气施工图;熟练掌握钳工的基本操作方法,了解焊接的基本操作方法,了解焊接材料选择和焊接工艺要求。

第一节 电气识图常识

一、图形符号

电气简图用图形符号标准是绘制电路图、功能图、概略图等功能性简图的依据,是电气技术的工程语言。电气简图用图形符号标准在我国经历了三个阶段。

第一阶段是 1964 年由中华人民共和国第一机械工业部提出,由国家科学技术委员会颁布的系列标准,包括 GB 312—1964《电工系统图图形符号》、GB 313—1964《电力及照明平面图图形符号》、GB 314—1964《电信平面图图形符号》等。这些标准参照 IEC(国际电工委员会)修订相关标准和建议方案制定,其颁布使我国有了统一的电气图形符号标准。

第二阶段是在 20 世纪 80 年代,由全国电气图形符号标准化技术委员会制定的 GB 4728《电气图形符号》。该系列标准参照采用了 IEC60617—1983《电气简图用图形符号》标准,以 IEC 符号为主,又依据当时国内情况加入了一些 IEC 标准中没有的符号,其发布在国内外经济技术交流中发挥了重要作用。

第三阶段是在 20 世纪 90 年代,随着信息技术迅猛发展,电气设计自动化对技术工程语言有了更新更多的标准化要求,特别是 90 年代中后期国际标准全面更新,我国电气文件编制和图形符号标准化技术委员会也紧跟 IEC,修订了 GB 4728 系列标准。第二版 GB/T 4728 图形符号形式、内容、数量等全部与 IEC 相同,为我国电气工程技术与国际接轨奠定了基础。

图形符号都是按无电压、无外力作用下的常态画成的。如继电器或接触器被驱动的常开触点都在断开的位置;常闭触点都在闭合位置;断路器或隔离开关在断开位置;带零位的手动开关在零位位置;不带零位的手动控制开关在图中规定的位置。事故、备用、报警等开关应表示在设备正常使用时的位置,如在特定的位置时,图上应有说明。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,其对应关

系应在图形符号附近加以说明,以便进一步了解电路的原理和功能。按开关或触点类型的不同,可采用不同的表示方法。

二、文字符号

电气工程文字符号分基本文字符号和辅助文字符号两种。一般标注在电气设备、装置和元器件图形符号上或其近旁,以标明电气设备、装置和元器件的名称、功能、状态和特征。

1. 单字母基本文字符号

单字母符号是按拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件分为 23 大类,每大类用一个专用单字母表示,如电容器类用“C”表示,电动机用“M”表示,单字母应优先使用。

2. 双字母基本文字符号

双字母符号是由一个表示种类的单字母符号与另一个进一步具体表示电气设备、装置和元器件名称、功能、状态和特征的字母组成,种类字母在前,功能名称字母在后,如 KA 表示交流继电器, KM 表示接触器。

电气工程中常用的基本文字符号由 GB 7159—1987《电气技术中的文字符号制定统则》引出,并补充了一些工程中常见的文字符号,详见本书附录。这些文字符号和旧标准的文字符号是不同的,旧标准使用的是汉语拼音字头。

3. 辅助文字符号

辅助文字符号是用来表示电气设备、装置和元器件以及线路的功能、状态和特征的,基本上使用的是英文名称的缩写,如异步的英文全称为 Asynchronous,其文字符号为 ASY,一般用大写;又如闭合的英文是 Close on,而文字符号为 ON。辅助文字符号可单独使用,如 OFF 表示断开, P 表示压力等。

电气工程中常用的辅助文字符号同样由 GB 7159—1987 引出。本书附录给出了电工常用电气图形符号和文字符号。

三、电气图连接线的表示方法

电气图是用来描述电气工程的图样。识读电气图就是要要把图中所表达的内容看懂,并通过它来指导电气安装和施工;进行故障诊断或检修以及电气设备管理。

在电气图中,各元件之间都采用导线连接,起到传输电能、传递信息的作用。识图者应首先了解它的表示方法。

1. 导线的一般表示法

单根导线可用一般的图线表示。多根导线,可分别画出,也可只画一根图线,但必须加以标注。若导线少于 4 根,可用短划线数量代表根数;若导线多于 4 根,可在短划线旁加数字表示,如图 1-1a 所示。

要表示电路相序的变换、极性的反向、导线的交换,可采用交换号表示,如图 1-1b 所示。

要表示导线的型号、截面面积、安装方法等,可采用短划指引线指引,加标导线

属性和敷设方法,如图 1-1c 所示。该图表示导线的型号为 BLV(铝芯塑料绝缘线);其中 3 根截面面积为 25mm^2 ,1 根截面面积为 16mm^2 ;敷设方法为穿入塑料管(VG),塑料管直径为 40mm,沿地板暗敷。

导线特征的表示方法是:横线上面标出电流种类、配电系统、频率和电压等;横线下边标出电路的导线数乘以每根导线截面面积(mm^2),当导线的截面面积不同时,可用“+”号将其分开,如图 1-1d 所示。

2. 图线粗细的表示

一般而言,电源主电路、一次电路、主信号通路等采用粗线表示,控制回路、二次回路等采用细线表示。

3. 导线连接点的表示

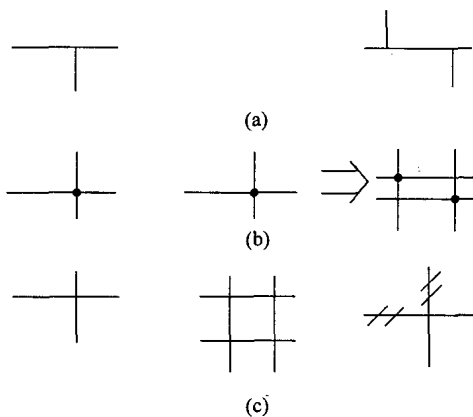


图 1-2 导线连接点表示方法

(a)形式 1 (b)形式 2 (c)形式 3

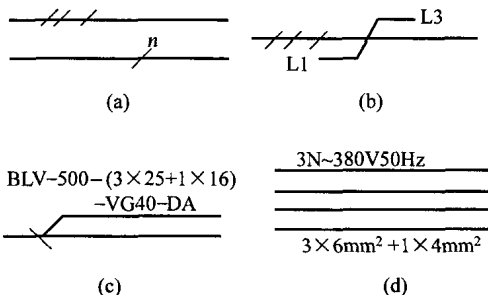


图 1-1 导线表示方法

(a)多根导线表示 (b)交换号表示

(c)导线型号和截面面积等表示 (d)导线特征表示

导线的连接点有“T”形连接点和多线的“+”形连接点。对于“T”形连接点可加实心圆点,也可不加实心圆点,如图 1-2a 所示。对于“+”形连接点,必须加实心圆点,如图 1-2b 所示。对于交叉不连接的,不能加实心圆点,如图 1-2c 所示。

四、常用电气图

电气图的种类很多,根据各电气图所表示的电气设备、工程内容及表达形式的不同,常用电气图可分为以下几类。

1. 电路图

电路图又称为电气原理图,是按工作顺序用国标规定的电气图形符号从上到下、从左到右排列,详细表示电路、设备或成套装置的全部组成和连接关系,而不考虑其实际位置的一种简图,以便详细理解设备工作原理,分析电路的特性和计算参数。

控制电动机的工作原理如图 1-3 所示。当按下起动按钮 SB 时,接触器 KM 线圈获电,KM 的三对主触头闭合,使电动机通电运转。当松开按钮 SB 时,KM 线圈失电,电动机停止转动。

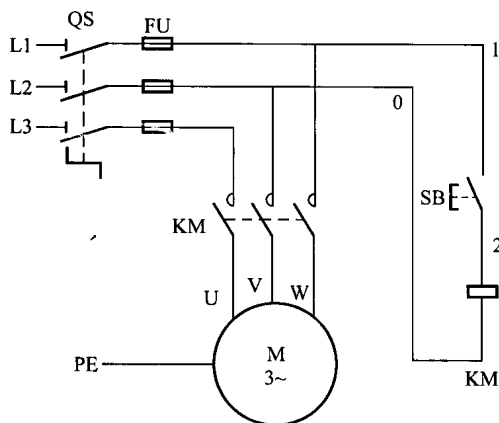


图 1-3 电动机控制原理图

2. 接线图

接线图用来表示电气装置内部元件之间及其外部其他装置之间的连接关系,它是便于安装及维修人员接线、制作和检查的一种简图或表格。

电动机控制线路的接线图如图 1-4 所示,该图清楚地表示了各元件之间的实际位置和连接关系。电源 (L1、L2、L3) 由接线端子排 XT 引入,然后通过开关 QS 接到 3 只熔断器 FU 上,再接至接触器 KM 的主触头,最后用导线接入电动机的 U、V、W 端子。

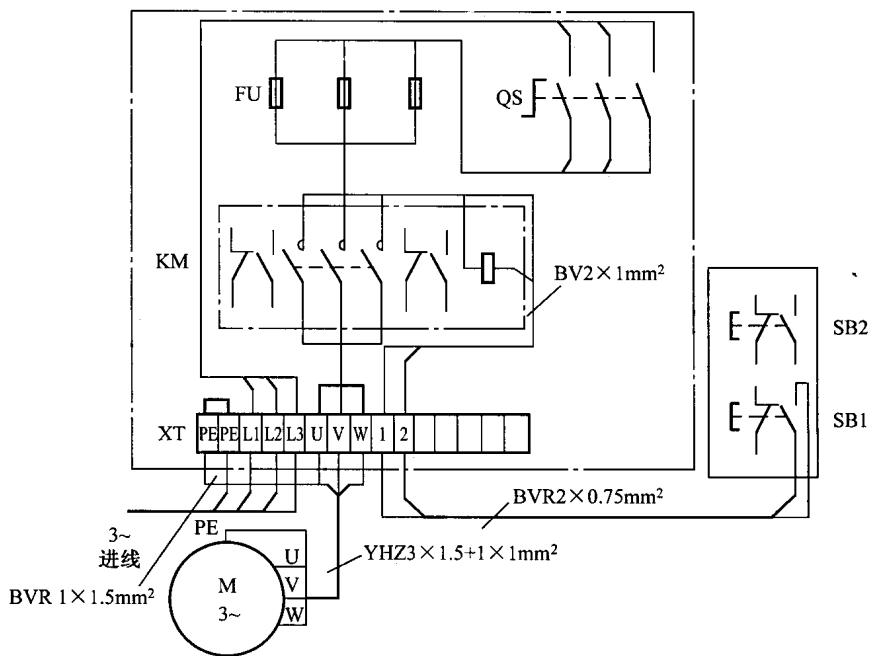


图 1-4 电动机控制线路的接线图

用来表示一个电气装置比较复杂的接线图可分为以下几种:

(1) 单元接线图 表示成套装置或设备中一个结构单元内的各元件之间连接关系的一种接线图。这里所指“结构单元”是指在各种情况下可独立运行的组件或组

合体,如电动机 开关柜等。

(2)互连接线图 表示成套装置或设备的不同单元之间连接关系的一种接线图。

(3)端子接线图 表示成套装置或设备的端子及接在端子上的外部接线的一种接线图。

(4)电线电缆配置图 表示电线电缆两端位置,必要时还包括电线电缆功能、特性和路径等信息的一种接线图。

3. 电气平面图

电气平面图是表示电气工程项目的电气设备、装置和线路的平面布置图,它一般是在建筑平面图的基础上制作出来的。常见的电气平面图有供电线路平面图、变配电所平面图、电力平面图、照明平面图、防雷与接地平面图等。某车间的动力电气平面图如图 1-5 所示,它表示了车间内供电线路和多台机床的具体位置。

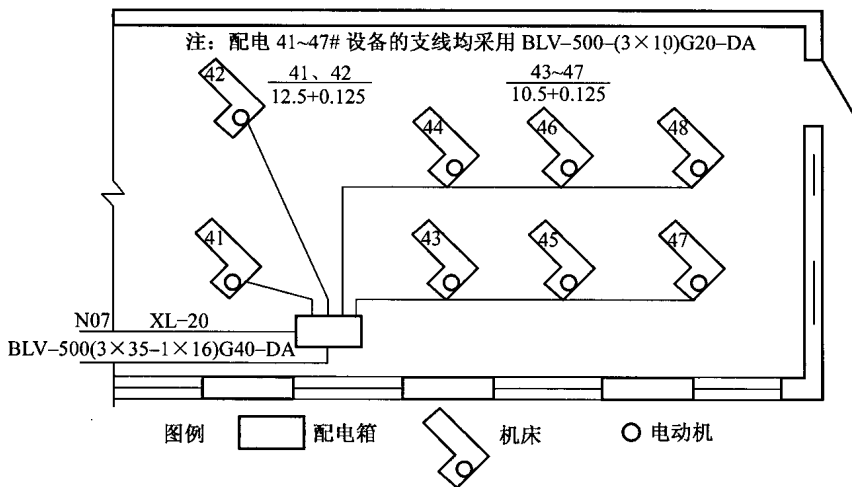


图 1-5 车间动力电气平面图

4. 系统图和框图

系统图和框图是用符号或带注释的框概略表示出整个系统或分系统的基本组成、相互关系及其主要特征的一种简图。这类图常用来表示整个工程或其中某一项目的供电方式和电能输送关系,也可表示某一装置或设备各主要组成部分之间的关系。

某变电所供电系统图如图 1-6 所示。该图表示这个变电所把 10 kV 电压通过变压器变换成 380 V 电压,经断路器 QF 和母线后通过 FU1、FU2、FU3 分别供给 3 条支路。

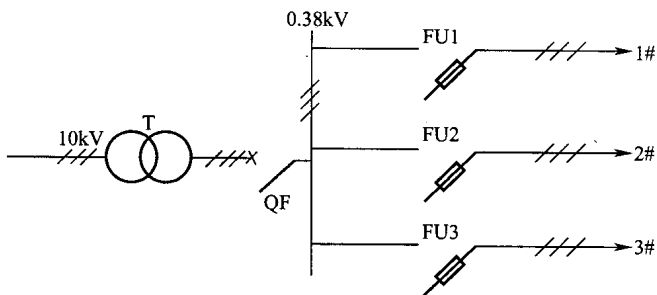


图 1-6 某变电所供电系统图

5. 设备布置图

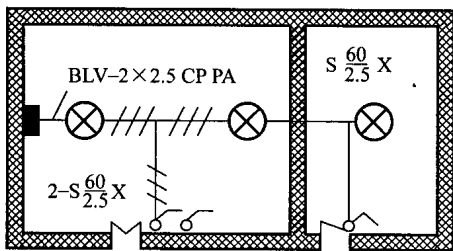


图 1-7 建筑物的照明平面布置图

设备布置图表示各种设备和装置的布置形式、安装方式及互相之间的尺寸关系,通常由平面图、主面图、断面图、剖面图等组成。这种图按三视图原理绘制,识图方法与一般机械图大致相同。两个房间的照明平面布置图如图 1-7 所示。

6. 设备元件和材料表

设备元件和材料表就是把成套装置、设备中各组成部分和相应数据列成表格,来表示各组成部分的名称、型号、规格和数量等,便于识图者阅读,了解各元器件在装置中的作用和功能,从而读懂装置的工作原理。设备元件和材料表是电气图中重要的组成部分,它可置于图中的某一位置,也可单列一页或多页。表 1-1 是某控制线路的材料明细表。

表 1-1 材料明细表

序号	名 称	型 号	规 格	单 位	数 量	备 注
1	交流接触器	CJ12-10	10A, 380V	个	6	
2	组合开关	HZ10-25/3R	25A	个	3	三极
3	端子	JX2-1010	10A, 380V	个	15	
4	导线	BLV-3×2.5	10A, 380V	m	100	
5	按钮	LA10-2H	保护式	个	8	

7. 产品使用说明书上的电气图

生产厂家往往随产品使用说明书附上电气图,供用户了解该产品的组成和工作过程及注意事项,以达到正确使用、维护和检修的目的。某型号吊扇说明书上的安装示意图如图 1-8 所示。

电气图作为一种工程语言,在表达清楚的前提下,越简单越好,以便于工程人员进行识读。以上电气图是常用的主要电气图,对于较复杂的成套电气设备或装置,

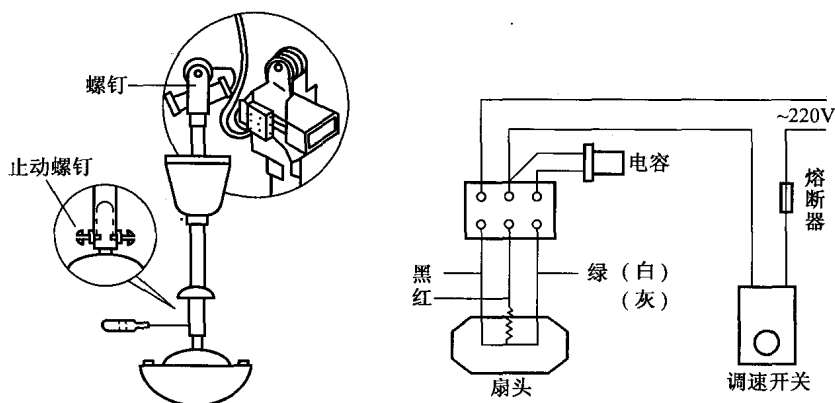


图 1-8 吊扇的安装示意图

为了便于制造,还应有局部的放大图、印制电路板图等。有时为了安装技术的保密,只给出安装图或系统的功能图、流程图、逻辑图等。根据表示的对象、用途或目的的不同,所需图的种类和数量也不一样。对于简单的装置可把电路图和接线图合二为一;对于复杂装置或电气设备可分解为几个系统,每个系统也会有以上各种类型图。

五、电气制图的一般规则

1. 电气图的组成

(1) 电路图 电路由主电路和辅助电路组成。主电路为电源向负载输送电能的电路,一般包括电机、变压器、开关、接触器、熔断器和负载等。辅助电路是对主电路进行控制、保护、监测、指示的电路,一般包括继电器、仪表、指示灯、控制开关等。通常主电路通过的电流较大,导线的线径粗;通过辅助电路中的电流较小,导线的线径也较细。要采用国家统一规定的图形符号和文字符号来表示电气元件的不同种类、规格及安装形式。

(2) 技术说明 技术说明包括文字说明和元件明细表。文字说明注明电路的要点及安装要求等,通常写在电路图的右上方,若说明较多,也可附页说明。元件明细表列出电路中元件的名称、符号、规格和数量等,以表格的形式写在标题栏的上方,元件明细表中序号自下而上编排。

(3) 标题栏 标题栏在图纸的右下角,其中注有工程名称、图名、图号,以及设计人、制图人、审核人、批准人的签名和日期等。标题栏是电路图的重要技术档案,栏目中的签名者应对图中的技术内容各负其责。

2. 图上位置的表示方法

(1) 图幅分区法 图幅分区法又称坐标法,它是将整个图面分区,将图纸相互垂直的两边各自加以等分,每一区长度为 25~75mm。然后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,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 1-9 所示。

(2)电路编号法 它是指对图样中的电器或分支电路用数字按序编号。若水平布图,数字编号按自上而下的顺序;若垂直布图,数字编号按自左而右的顺序。数字分别写在各支路下端,若要表示元件相关联部分所在位置,只需在元件的符号旁标注相关联部分所处支路的编号即可,如图 1-10 所示。

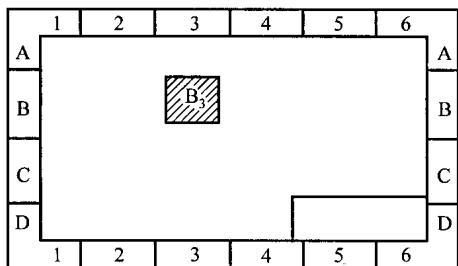


图 1-9 图幅分区法

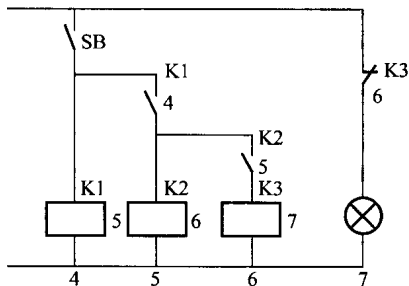


图 1-10 电路编号法

(3)表格法 它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。这种位置表示法便于对元件进行归类 and 统计,如图 1-11 所示。

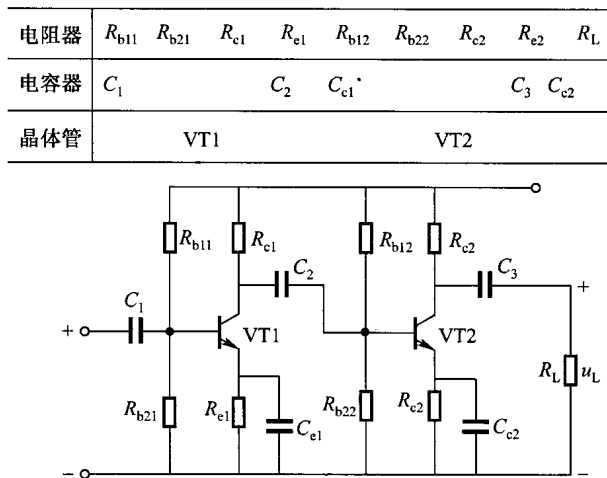


图 1-11 表格法

六、电气图的识读基本方法和步骤

1. 电气图的识读基本方法

(1)结合电工电子基础知识识图 所有电路,如电力拖动、照明、电子电路、仪器仪表电路等,都是建立在电工、电子技术理论基础之上的。因此要想准确、迅速地看

懂电气原理图,必须具备电工、电子的基础知识。如笼型异步电动机的正反转控制,就是利用笼型异步电动机的旋转方向由电动机三相电源的相序所决定的道理,用两个接触器进行切换,改变三相电源的相序,从而改变电动机的旋转方向。

(2)结合电气元件的结构识图 电路中有各种电气元件,只有了解这些元件的性能、结构、相互控制关系,以及在整个电路中的地位 and 作用,才能搞清楚电路工作原理。如配电电路中的负荷开关、断路器、熔断器等;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。

(3)结合典型电路识图 典型电路即常见的基本电路,熟悉各种典型电路,识图时就能很快地分清主次环节,抓住主要矛盾,就能看懂复杂的电路图。如电动机的起动、制动、正反转控制电路,继电保护电路、时间控制电路和行程控制电路,晶体管整流、振荡和放大电路等。不管电路多复杂,几乎都是由若干典型电路所组成。

(4)结合图样说明识图 图样说明包括图目录、技术说明、元件明细表、安装说明或施工说明。通过图样说明搞清楚电路的设计说明和安装施工要求。这些内容有助于了解电路的大体情况,便于抓住识图重点,达到顺利识图的目的。

2. 识图的基本步骤

(1)看主标题栏 了解电气图的标题栏中有关内容,结合有关的电路基础知识,对该电气图的类型、性质、作用有一个明确的认识,对电气图的内容有一个大致的轮廓印象。

(2)看电气图形符号和文字符号 了解电气图内各组成部分的控制关系,注意电气与机械机构的连接关系,从而对整个电路的信息流向、相互联系、工作原理、性能要求等有一个全面的了解。

(3)按信息流向逐级分析 此种方法非常适于看电力电子电路。可从信号输入到信号输出的流向贯穿始终;也可从负载分析到电源,或从电源分析到负载,电流流向哪里便分析到哪里。

(4)按布局顺序进行分析 按布局顺序从左到右,自上而下逐条回路(或逐级)进行分析,这种方法适用于一些布局有特色、区域性强的、简单的电路。

(5)按主辅电路进行分析 先分析主电路,而后再看辅助电路,最后了解它们之间的相互关系或控制关系。这种方法适于识读机床及其他机械装置的电路图。

第二节 钳工基本知识

一、常用工具

1. 金属直尺

金属直尺是一种简单的长度量具,直尺边上都有刻度,最小读数值为 0.5mm,常用规格有 150mm、300mm、500mm、1000mm 等,主要用于量取尺寸、测量工件或划线时作为刻划线条的导尺,如图 1-12 所示。