

DIANGONG DIANZI
ZONGHE SHIXUN

电工电子综合实训



毛志阳 马东雄 主 编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

电工电子综合实训

毛志阳 马东雄 主 编
王晓东 主 审



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 提 要

本书由长春工业大学工程训练中心教师编写,本教材包括安全用电、常用电子元器件介绍、常用电子仪器仪表的使用、电子基础焊接实训、电工实训、EDA 技术实训、ARM 嵌入系统等实训内容。全书共 15 章。

本教材主要用于高等学校理工科学生进行电子工程实训时的指导教材,也可供有关工程电子技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子综合实训 / 毛志阳, 马东雄主编. --北京: 北京邮电大学出版社, 2016.3 (2017.8 重印)

ISBN 978-7-5635-4644-2

I. ①电… II. ①毛… ②马… III. ①电工技术—高等学校—教材②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM②TN
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 319033 号

书 名: 电工电子综合实训

著作责任者: 毛志阳 马东雄 主编

责任编辑: 满志文

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发行部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫丰华彩印有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 14.25

字 数: 353 千字

版 次: 2016 年 3 月第 1 版 2017 年 8 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-5635-4644-2

定 价: 42.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

本教材为了提高学生实践动手、理论联系实际、分析问题和解决问题的能力,达到培养学生综合素质为主要目的。

教材主要针对安全用电、电子仪器仪表的使用、常用电子元器件的介绍、电子工艺焊接实训、电工实训、EDA 技术实训、ARM 嵌入式系统等内容进行了详细的描述,有利于学生实训及提高实践能力。

电子工艺焊接实训部分主要介绍有关电路及电子产品装焊的相关知识,详细地介绍了基本的电子元器件、基本手工焊接方式方法、晶体管超外差式收音机原理及安装工艺,具有比较普遍的应用性,能够使学生了解和掌握一定的电学、电子线路的理论和电工电子基础操作技能,并锻炼学生学习新事物、了解新知识、解决新问题的能力。

电工实训部分主要介绍传统低压电器结构及其典型控制线路,从电路的组成、安装、调试开始,由简单到复杂、循序渐进、突出重点、层次分明、注重实践,使学生能够掌握常用低压电器识别、判断、使用的方式方法,掌握基本电器及电动机控制线路,培养学生的动手能力和团队协作精神。

EDA 技术实训部分主要介绍当今先进的数字电子设计方式方法,以先进的 EDA 设备做基础介绍电子设计自动化(EDA)的基本过程,力求改变学生已有的传统通用集成电路设计、验证和应用的设计开发理念,转向可编程逻辑器件的设计和开发过程,从硬件设计转向在系统可编程方面的软件开发,掌握目前先进、成熟的设计思想和方法,学习和运用 EDA 技术和辅助设备完成综合课程设计或实验项目,从而提高学生的数字电子设计水平和逻辑综合运用能力。

ARM 嵌入式系统实训部分主要介绍 ARM 嵌入式系统基本开发形式和手段,引领学生进入电子开发高端领域,开阔学生视野,提高学生热情,激发学生潜力。

参与编写的教师及分工如下:第 1 章由毛志阳编写;第 2、3、6 章由李晓东编写;第 9 章由李秀兰编写;第 4 章由马东雄编写;第 5、7、8 章由王玉辉编写;第 10 章由刘春阳编写;第 11、12、13、14 章由赵世彧编写;第 15 章由张欣编写。

本书由毛志阳、马东雄主编,毛志阳负责全书统稿,王晓东负责主审。本书在编写过程中参考了大量文献,在此向作者和出版社表示衷心的感谢,并把参考文献列于书后。

由于编者的水平和经验有限,难免出现缺点和疑误之处,恳请同行和读者提出宝贵意见,以便改进。

编 者
2015 年 10 月

目 录

第 1 章 安全用电	1
1.1 触电及其对人体的危害	1
1.2 安全用电常识	3
复习思考题	6
第 2 章 常用电器基础元件	7
2.1 低压开关	7
2.2 熔断器	10
2.3 接触器	12
2.4 继电器	16
2.5 控制按钮	20
2.6 行程开关	21
2.7 接近开关	22
2.8 光电开关	23
第 3 章 机床电气控制	25
3.1 电气线路的基本组成	25
3.2 基本控制线路	26
3.3 车床电气控制线路	28
3.4 铣床电气控制	30
3.5 平面磨床控制	32
第 4 章 常用电子元器件简介	37
4.1 电阻器	37
4.2 电位器	39
4.3 电容器	40
4.4 晶体管	43
4.5 电感器	46
4.6 变压器	47
4.7 扬声器	49
4.8 集成电路	50
复习思考题	52

第 5 章 电子调试仪器仪表及其使用	53
5.1 MF47F 指针式万用表	53
5.2 DS1751S 型直流稳压电源	55
5.3 GRG-450B 型信号发生器	56
5.4 DF4328 型双踪通用示波器	57
5.5 超外差式中波调幅收音机调试仪 SMWRT-002E	61
复习思考题	62
第 6 章 电子线路设计及雕刻机制板	63
6.1 电子线路设计步骤	63
6.2 雕刻机制板	64
6.3 印制电路板	66
第 7 章 电子焊接技术	68
7.1 焊接工具与焊接材料	68
7.2 焊接技术	71
复习思考题	76
第 8 章 电子产品装配工艺	77
8.1 电子设备组装	77
8.2 电子产品调试工艺	79
8.3 超外差式收音机	80
8.4 整机故障检测方法	87
8.5 收音机常见故障检修	90
第 9 章 EDA 技术实训概述	92
9.1 计算机辅助设计技术与电子设计自动化概述	92
9.2 可编程逻辑器件	92
9.3 专用集成电路	94
9.4 硬件描述语言	94
9.5 数字系统设计方法	95
第 10 章 MAX+PLUS II 软件开发系统	97
10.1 初步认识 MAX+PLUS II	97
10.2 运用 MAX+PLUS II 进行设计	101
第 11 章 VHDL 语言基础	115
11.1 VHDL 语言入门	115
11.2 VHDL 程序的基本结构	120

11.3 VHDL 的描述语句	123
11.4 VHDL 例程分析	129
复习思考题	132
第 12 章 EL 教学实验系统	133
12.1 教学实验系统概述	133
12.2 数字电路模块	134
12.3 模拟电路模块	141
12.4 电源及其他模块	142
复习思考题	142
第 13 章 EDA 技术基础设计	144
13.1 基本门电路设计	144
13.2 组合逻辑电路设计	147
13.3 触发器及寄存器设计	156
13.4 时序逻辑电路设计	161
复习思考题	165
第 14 章 EDA 技术综合设计	166
14.1 十字路口交通灯控制器	166
14.2 数字显示秒计时器	170
14.3 自动量程转换频率计	173
14.4 简易波形发生器	178
14.5 OCMJ 液晶显示控制器	183
14.6 单路 PWM 亮度控制器	185
复习思考题	190
第 15 章 ARM 嵌入式系统实训	191
15.1 嵌入式系统概述	191
15.2 ARM 实验箱硬件资源概述	192
15.3 ARM 嵌入式开发软件介绍	196
15.4 ARM 嵌入式具体开发流程	199
15.5 嵌入式 Linux 开发技术基础设计实训	202
参考文献	219

1.1 触电及其对人体的危害

安全是人类生存的基本需求之一,也是人类从事各种活动的基本保障。用电安全则是人们无可回避的安身立业基本常识。从家庭到办公室,从娱乐场所到工矿企业,从学校到公司,几乎没有不用电的场所。电是现代物质文明的基础,同时又是危害人类的肇事者之一,如同现代交通工具把速度和效率带给人类的同时,也让交通事故这个恶魔闯进现代文明一样,电气事故是现代社会不可忽视的灾害之一。

随着电力、电气技术的不断发展,电能已广泛地用于生产和生活中。电气化给我们带来了巨大的物质文明,但是如果使用不当,就会造成触电伤亡、设备损坏,甚至波及供电系统安全运行,导致大面积停电或引起火灾等事故。因此,学习安全用电知识、加强安全用电观念、严格执行安全操作规程和保证安全工作制度是十分必要的。

1.1.1 触电的危害

触电的伤害程度与电流通过人体电流强度、触电时间、电流的途径及电流性质有关。当触电时人体有电流通过时会产生生理反应,一般不足 1 mA 的电流,就可引起肌肉收缩、神经麻木。电疗仪及电子针灸器就是利用微弱电流对身体的刺激达到治疗的目的。如果较大的电流流过人体,就会产生剧烈的生理反应,使人受到电击。

人体电阻,因人、因条件而异,一般干燥的皮肤大约有 100 k Ω 以上的电阻,但随着皮肤潮湿程度变大,电阻逐渐变小,可小到 1 k Ω 以下。因此,不能认为低电压不会造成危害。决定电击的是电流。通常认为安全电压的情况是指人体皮肤干燥时而言的,倘若用湿手接触 36 V 的所谓安全电压,同样也会受到电击。

1.1.2 电击强度

所谓电击强度,指的是通过人体的电流和通电的时间的乘积。要准确确定出人体能承受的电击强度是不可能的,因为每个人的生理条件及承受能力是不相同的。根据大量研究统计,人体受到 30 mA/s 以上的电击强度时,就会产生永久性伤害;一般数毫安电流即可产生电击感应;十几毫安电流即可使肌肉剧烈收缩、痉挛、失去自控能力、无力使自己与带电体脱离;如果几十毫安电流通过人体达 1 s 以上就可造成死亡;而几百毫安电流可使人严重烧伤,并且立即停止呼吸。

1.1.3 电流途径和电流性质

如果电流不经人脑、心、肺等重要部位,除了电击强度较大时,可造成内部烧伤外,一般不会危及生命;但如果电流经上述部位时应会造成严重后果。

不同种类电流对人体伤害是不一样的。相对而言,40~300 Hz 的交流电对人体的危害要比高频电流、直流电及静电大,这是因为高频(特别是高于 20 kHz)电流的集肤效应,使得体内电流相对减弱;而静电的作用,一般随时间很快地减弱,没有足够量的电荷,不会导致严重后果。此外,电磁波也会对人体产生一定伤害作用,不过对一般电子行业工作而言,所受到的电磁波辐射是微不足道的。电流对人体的作用如表 1-1 所示。

表 1-1 电流对人体作用

电流/mA	对人体的作用
<0.7	无感觉
1	有轻微感觉
1~3	有刺激感,一般电疗仪器取此电流
3~10	感到痛苦,但可自行摆脱
10~30	引起肌肉痉挛,短时间无危险,长时间有危险
30~50	强烈痉挛,时间超过 60 s 即有生命危险
50~250	产生心脏室颤,丧失知觉,严重危害生命
>250	短时间内(1 s 以上)造成心脏骤停,体内造成电灼伤

1.1.4 触电的形式

触电方式是指人们在受到电击时接触到的电压的状态,以及电网中电流流经人体的情况。按实际情况分类,可以把触电分为单极接触、双极接触和跨步电压接触三类。

- (1) 单极接触;
- (2) 双极接触;
- (3) 跨步电压。

触电事故的主要原因

统计资料表明,发生触电事故的主要原因有以下几种:

- ① 缺乏电器安全知识,在高压线附近放风筝,爬上高压电杆掏鸟巢;低压架空线路断线后不停地用手去拾火线;黑夜带电接线手摸带电体;用手摸破损的胶盖刀闸。
- ② 违反操作规程,带电连接线路或电器设备而又未采取必要的安全措施;触及破坏的设备或导线;误登带电设备;带电接照明灯具;带电修理电动工具;带电移动电气设备;用湿手拧灯泡等。
- ③ 设备不合格,安全距离不够;二线一地制接地电阻过大;接地线不合格或接地线断开;绝缘破坏导线裸露在外等。
- ④ 设备失修,大风刮断线路或刮倒电杆未及时修理;胶盖刀闸的胶木损坏未及时更改;电动机导线破损,使外壳长期带电;瓷瓶破坏,使相线与拉线短接,设备外壳带电。
- ⑤ 其他偶然原因,例如夜间行走触碰断落在地面的带电导线。

发生触电时应采取哪些救护措施

发生触电事故时,在保证救护者本身安全的同时,必须首先设法使触电者迅速脱离电源,

然后进行以下抢修工作。

① 解开妨碍触电者呼吸的紧身衣服。

② 检查触电者的口腔,清理口腔的黏液,如有假牙,则取下。

③ 立即就地进行抢救,如呼吸停止,采用口对口人工呼吸法抢救,若心脏停止跳动或不规则颤动,可进行人工胸外挤压法抢救。决不能无故中断。

如果现场除救护者之外,还有第二人在场,则还应立即进行以下工作:

① 提供急救用的工具和设备。

② 劝退现场闲杂人员。

③ 保持现场有足够的照明和保持空气流通。

④ 向领导报告,并请医生前来抢救。

实验研究和统计表明,如果从触电后 1 min 开始救治,则 90% 可以救活;如果从触电后 6 min 开始抢救,则仅有 10% 的救活机会;而从触电后 12 min 开始抢救,则救活的可能性极小。因此当发现有人触电时,应争分夺秒,采用一切可能的办法。

触电的预防

① 加强安全教育,普及安全用电常识。实践表明,大量的触电事故是由于人们缺乏用电基本常识造成的,有的是出于对电力的特点及其危险性的无知;有的是疏忽麻痹,放松警惕;还有的则是似懂非懂,擅自违章用电等。因此,加强学习安全用电的基本常识是十分重要的。

② 采取合理的安全防护技术措施。根据人体触电情况的不同,可将触电防护分为直接接触防护和间接触电防护两类。

③ 直接接触防护:是指防止人体直接接触电气设施带电部分的防护措施。直接接触防护的方法是将电气设备的带电部分进行绝缘隔离空间隔离,防止人员触及或提醒人员避开带电部位。例如,某些电器配备的绝缘罩壳、箱盖等防护结构;室内外配电装置带电体周围设置的隔离栅栏、保护网等屏护装置;在可能发生误入、误触、误动的电气设施或场所装设的安全标志、警示牌等。

④ 间接触电防护:它是指防止人体接触电气设备正常情况下不带电金属外壳、框架等,当设备漏电时可能发生触电危险的防护措施。间接触电防护的基本措施是对电气设备采取保护接地或保护接零,以减小故障部位的对地电压,并通过电路的保护装置迅速切断电源。对在潮湿场所使用电器、手持移动电器或人体经常接触的电气设备,可以考虑采用安全电压(一般指 36 V 以下的电压)。

⑤ 漏电保护器及其应用。漏电保护器又称漏电断路器或触电保护器,它是一种低压触电自动保护电器。其基本功能是在电气设备发生漏电或当有人触电,在尚未造成身体伤害之前,漏电保护器即发出信号,并由低压断路器具迅速切断电源。漏电保护器在城乡居民住宅、学校、宾馆等场所得到广泛应用,对保障人身安全发挥了重要作用。

1.2 安全用电常识

1.2.1 通电前检查

对于自己不了解的用电设备,不要冒失地拿起插头就往电源上插。要记住“四查而后插”。

所谓“四查”就是：

一查电源线有无破损；

二查插头有无外露金属或内部松动；

三查电源线插头两极有无短路，同外壳（设备是金属外壳）有无通路；

四查设备所需电压值是否与供电电压相符。

检查无上述问题方可通电。

1.2.2 检修、调试电子设备的注意事项

（1）检修之前，一定要了解检修对象的电气原理，特别是电源系统。

（2）不要以为断开电源开关就没有触电危险，只有拔下插头并对仪器内的高电压大容量电容器放电处理才认为是安全的。

（3）不要随便改动仪器设备的电源线。

（4）洗手后或手出汗潮湿时，不要带电作业。

1.2.3 焊接操作安全规则

（1）烙铁头在没有确信脱离电源或冷却时，不能用手摸。

（2）烙铁头上多余的锡不要乱甩，特别是不能往身后甩，危险很大。

（3）易燃品要远离电烙铁。

（4）拆焊有弹性的元件时，不要离焊点太近并使可能弹出焊锡的方向向外。

（5）插拔电烙铁等电器的电源插头时，要手拿插头，不要抓电源线。

（6）用剪线钳剪断导线或元器件引脚时，要让导线飞出方向朝着工作台或空地，决不可朝向人或设备。

1.2.4 电气设备的安全要求

1. 安全用电标志

明确统一的标志是保证用电安全的一引脚项重要措施。统计表明，不少电气事故完全是由于标志不统一而造成的。例如由于导线的颜色不统一，误将相线接设备的机壳，而导致机壳带电，酿成触电伤亡事故。

标志分为颜色标志和图形标志。颜色标志常用来区分各种不同性质、不同用途的导线，或用来表示某处安全程度。图形标志一般用来告诫人们不要去接近有危险的场所。为保证安全用电，必须严格按有关标准使用颜色标志和图形标志。我国安全色标采用的标准，基本上与国际标准草案(ISO)相同。一般采用的安全色有以下几种：

（1）红色：用来标志禁止、停止和消防，如信号灯、信号旗、机器上的紧急停机按钮等都是用红色来表示“禁止”的信息。

（2）黄色：用来标志注意危险，如“当心触电”“注意安全”等。

（3）绿色：用来标志安全无事，如“在此工作”“已接地”等。

（4）蓝色：用来标志强制执行，如“必须带安全帽”等。

（5）黑色：用来标志图像、文字符号和警告标志的几何图形。

按照规定，为便于识别，防止误操作，确保运行和检修人员的安全，采用不同颜色来区别设

备特征。如电气母线,A相为黄色,B相为绿色,C相为红色,明敷的接地线涂为黑色。在二次系统中,交流电压回路用黄色,交流电流回路用绿色,信号和警告回路用白色。

为确保用电安全在设备仪器上要有接地要求,如表 1-2 所示。

表 1-2 接地符号

序号	图形符号	说明
1		接地符号
2		无噪声接地(抗干扰接地)
3		保护接地
4	形式 1  形式 2 	接机壳或接底板
5		危险电压
6		过载保护

2. 安全用电的注意事项

(1) 认识了解电源总开关,学会在紧急情况下关断总电源。

(2) 不用手或导电物(如铁丝、钉子、别针等金属制品)去接触、探试电源插座内部。

(3) 不用湿手触摸电器,不用湿布擦拭电器。

(4) 电器使用完毕后应拔掉电源插头;插拔电源插头时不要用力拉拽电线,以防止电线的绝缘层受损造成触电;电线的绝缘皮剥落,要及时更换新线或者用绝缘胶布包好。

(5) 发现有人触电要设法及时关断电源;或者用干燥的木棍等物将触电者与带电的电器分开,不要用手去直接救人;未成年人遇到这种情况,应呼喊成年人相助,不要自己处理,以防触电。

(6) 不随意拆卸、安装电源线路、插座、插头等。哪怕安装灯泡等简单的事情,也要先关断电源,并在家长的指导下进行。

3. 安全用电常识

(1) 入户电源线避免过负荷使用,破旧老化的电源线应及时更换,以免发生意外。

(2) 入户电源总保险与分户保险应配置合理,使之能起到对家用电器的保护作用。

(3) 接临时电源要用合格的电源线、电源插头,插座要安全可靠。损坏的不能使用,电源线接头要用胶布包好。电源插头、插座接线要正确,如图 1-1 所示。

(4) 临时电源线临近高压输电线路时,应与高压输电线路保持足够的安全距离(10 kV 及以下为 0.7 m;35 kV 为 1 m;110 kV 为 1.5 m;220 kV 为 3 m;500 kV 为 5 m)。

(5) 严禁私自从公用线路上接线。

(6) 线路接头应确保接触良好,连接可靠。

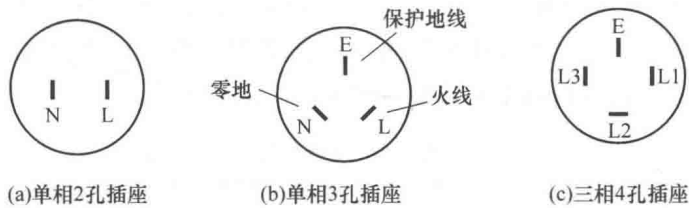


图 1-1 插头、插座接线

- (7) 房间装修,隐藏在墙内的电源线要放在专用阻燃护套内,电源线的截面应满足负荷要求。
- (8) 使用电动工具如电钻等,须戴绝缘手套。
- (9) 遇有家用电器着火,应先切断电源再救火。
- (10) 家用电器接线必须确保正确,有疑问应及时询问专业人员。
- (11) 家庭用电应装设带有过电压保护的调试合格的漏电保护器,以保证使用家用电器时的人身安全。
- (12) 家用电器在使用时,应有良好的外壳接地,室内要设有公用地线。
- (13) 湿手不能触摸带电的家用电器,不能用湿布擦拭使用中的家用电器,进行家用电器修理必须先停电源。
- (14) 家用电热设备,暖气设备一定要远离煤气罐、煤气管道,发现煤气漏气时先开窗通风,千万不能拉合电源,并及时请专业人员修理。
- (15) 使用电烙铁等电热器件,必须远离易燃物品,用完后应切断电源,拔下插销以防意外。

复习思考题

- 1. 如何预防触电和伤害方法?
- 2. 在日常生活中,安全用电的主要内容有哪些?
- 3. 只标有“22 V 3 A”字样的电能表,可以用在最大功率是_____ W 的家庭电路上,如果这个电路中已装有“22 V 40 W”的电灯 5 盏,最多还可以安装“22 V 60 W”的电灯_____ 盏,若上述所有灯泡每天均发光 2 h,30 天用电_____ kW · h。
- 4. 安全电压最高是多少伏?

2.1 低压开关

开关是普通的电器之一,主要用于低压配电系统及电气控制系统中,对电路和电器设备进行通断、转换电源或负载控制,有的还可用作小容量笼型异步电动机的直接起动控制。所以,低压开关也称低压隔离器,是低压电器中结构比较简单、应用较广的一类手动电器。主要有转换开关、空气开关等。

2.1.1 转换开关

转换开关又称组合开关,在电气控制线路中也作为隔离开关使用。它实质上也是一种特殊的刀开关,只不过一般刀开关的操作手柄是在垂直于安装面的平面内向上或向下转动,而转换开关的操作手柄则是在平行于其安装面的平面内向左或向右转动而已。它具有多触头、多位置、体积小、性能可靠、操作方便等特点。

1. 转换开关结构及图形符号

如图 2-1 所示为转换开关典型结构。组合开关沿转轴 2 自下而上分别安装了三层开关组件,每层上均有一个动触点 6、一对静触点 7 及一对接线柱 9,各层分别控制一条支路的通与断,形成组合开关的三极。当手柄 1 每转过一定角度就带动固定在转轴上的三层开关组件中的三个动触头同时转动至一个新位置,在新位置上分别与各层的静触头接通或断开。

根据组合开关在电路中的不同作用,组合开关图形与文字符号有两种。当在电路中用作隔离开关时,其图形符号如图 2-2 所示,其文字标注符为 QS,有双极和三极之分,机床电气控制线路中一般采用三极组合开关。

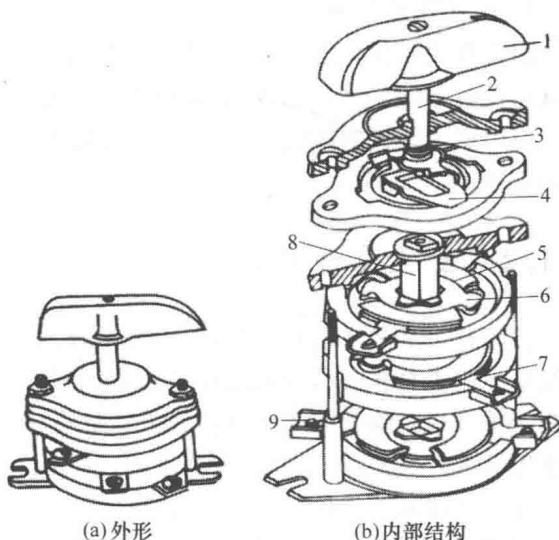


图 2-1 转换开关结构

1—手柄;2—转轴;3—弹簧;4—凸轮;5—绝缘垫板;
6—动触点;7—静触点;8—绝缘方轴;9—接线柱

图 2-3 是一个三极组合开关,图中分别表示组合开关手柄转动的两个操作位置,Ⅰ位置线上的三个空点右方画了三个黑点,表示当手柄转动到Ⅰ位置时,L1、L2 与 L3 支路线分别与 U、V、W 支路线接通;而Ⅱ位置线上三个空点右方没有相应黑点,表示当手柄转动到Ⅱ位置时,L1、L2 与 L3 支路线与 U、V、W 支路线处于断开状态。文字标注符为 SA。

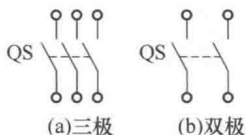


图 2-2 组合开关图形符号

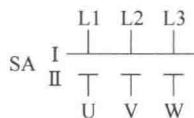


图 2-3 组合开关作转换开关时的图形文字符号

2. 组合开关主要技术参数

根据组合开关型号可查阅更多技术参数,表征组合开关性能的主要技术参数有:

(1) 额定电压

额定电压是指在规定条件下,开关在长期工作中能承受的最高电压。

(2) 额定电流

额定电流是指在规定条件下,开关在合闸位置允许长期通过的最大工作电流。

(3) 通断能力

通断能力指在规定条件下,在额定电压下能可靠接通和分断的最大电流值。

(4) 机械寿命

机械寿命是指在需要修理或更换机械零件前所能承受的无载操作次数。

(5) 电寿命

电寿命是指在规定的正常工作条件下,不需要修理或更换零件情况下,带负载操作的次数。

3. 组合开关选用

组合开关用作隔离开关时,其额定电流应为低于被隔离电路中各负载电流的总和;用于控制电动机时,其额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

应根据电气控制线路中实际需要,确定组合开关接线方式,正确选择符合接线要求的组合开关规格。

2.1.2 空气自动开关

空气开关又名空气断路器,是断路器的一种。空气开关是一种过电流保护装置,在室内配电线路中用于总开关与分电流控制开关,也可有效地保护电器的重要元件,它集控制和多种保护功能于一身。除能完成接触和分断电路外,尚能对电路或电气设备发生的短路、严重过载及欠电压等进行保护。

低压断路器操作使用方便、工作稳定可靠、具有多种保护功能,并且保护动作后不需要像熔断器那样更换熔丝即可复位工作。低压断路器主要应用在低压配电电路、电动机控制电路和机床等电器设备的供电电路中,起短路保护、过载保护、欠压保护等作用,也可作为不频繁操作的手动开关。断路器由主触头、接通按钮、切断按钮、电磁脱扣器、热脱扣器等部分组成,具有多重保护功能。三副主触头串接在被控电路中,当按下接通按钮时,主触头的动触头与静触

头闭合并被机械锁扣锁住,断路器保持在接通状态,负载工作。当负载发生短路时,极大的短路电流使电磁脱扣器瞬时动作,驱动机械锁扣脱扣,主触头弹起切断电路。当负载发生过载时,过载电流使热脱扣器过热动作,驱动机械锁扣脱扣切断电路。当按下切断按钮时,也会使机械锁扣脱扣,从而手动切断电路。

低压断路器的种类较多,按结构可分为塑壳式和框架式、双极断路器和三极断路器等;按保护形式可分为电磁脱扣式、热脱扣式、欠压脱扣式、漏电脱扣式以及分励脱扣式等;按操作方式可分为按键式和拨动式等。室内配电箱上普遍使用的触电保护器也是一种低压断路器。如图 2-4 所示为部分应用较广的低压断路器外形。

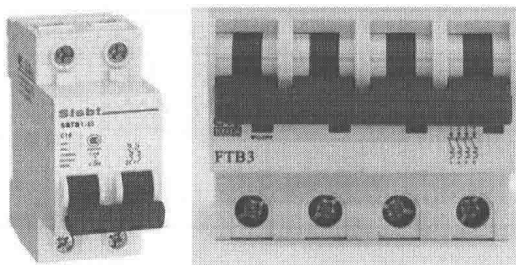


图 2-4 小型断路器的外形

1. 低压断路器的图形符号

低压断路器的文字符号为“QF”,图形符号如图 2-5 所示,结构如图 2-6 所示。

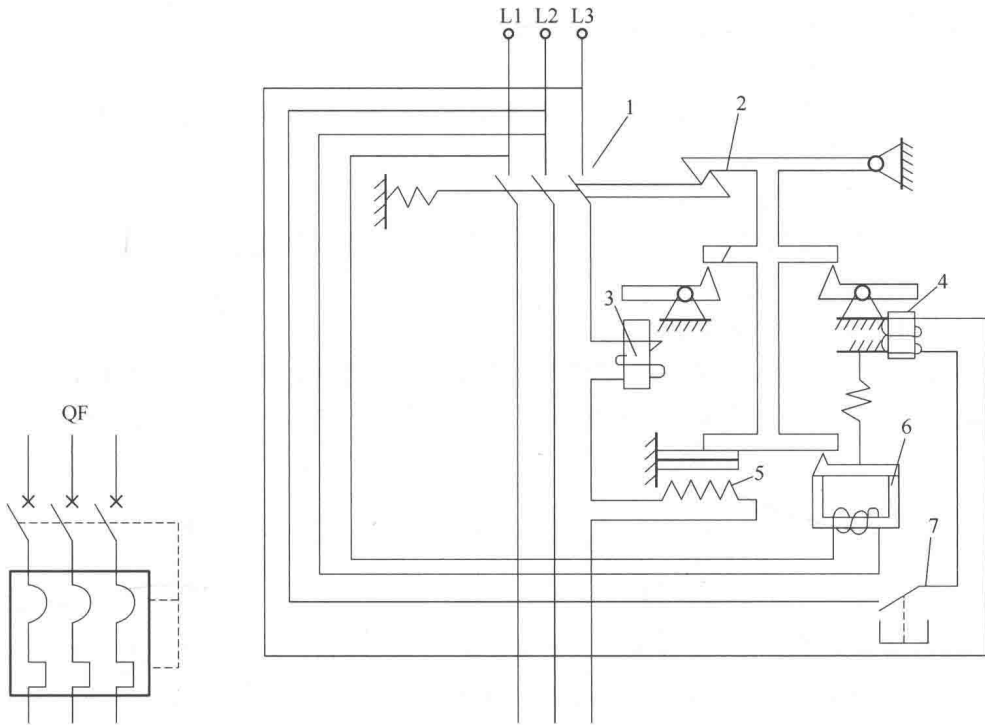


图 2-5 空气开关图形符号

图 2-6 空气开关结构

1—主触点;2—连杆装置;3—过流脱扣器;4—分离脱扣器;
5—热脱扣器;6—欠压脱扣器;7—启动按键

2. 低压断路器型号

低压断路器的型号命名一般由 7 部分组成。第一部分用字母“D”表示低压断路器的主称。第二部分用字母表示低压断路器的形式。第三部分用 1~2 位数字表示序号。第四部分用数字表示额定电流,单位为 A。第五部分用数字表示极数。第六部分用数字表示脱扣器形

式。第七部分用数字表示有无辅助触头。低压断路器型号的意义如表 2-1 所示。例如,型号为 DZ5-20/330,表示这是塑壳式、额定电流 20 A、三极复式脱扣器式、无辅助触头的低压断路器。

表 2-1 低压断路器的型号命名

第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分	第六部分	第七部分
D	Z:塑壳式	序号	额定电流(A)	2:两极	0:无脱扣器	0:无辅助触头
					1:热脱扣器式	
	W:框架式			3:三极	2:电磁脱扣器式	1:有辅助触头
					3:复式脱扣器式	

3. 低压断路器的主要参数

低压断路器的主要参数有额定电压、主触头额定电流、热脱扣器额定电流、电磁脱扣器瞬时动作电流。

(1) 额定电压

额定电压是指低压断路器长期安全运行所允许的最高工作电压,例如 220 V、380 V 等。

(2) 主触头额定电流

主触头额定电流是指低压断路器在长期正常工作条件下允许通过主触头的最大工作电流,例如 20 A、100 A 等。

(3) 热脱扣器额定电流

热脱扣器额定电流是指热脱扣器不动作所允许的最大负载电流。如果电路负载电流超过此值,热脱扣器将动作。

(4) 电磁脱扣器瞬时动作电流

电磁脱扣器瞬时动作电流是指导致电磁脱扣器动作的电流值,一旦负载电流瞬间达到此值,电磁脱扣器将迅速动作切断电路。

2.2 熔 断 器

熔断器是低压配电系统和电力拖动系统中的保护电器。熔断器的动作是靠熔体的熔断来实现的,当该电路发生过载或短路故障时,通过熔断器的电流达到或超过了某一规定值,以其自身产生的热量使熔体熔断而自动切断电路。当电流较大时,熔体熔断所需的时间就较短;而电流较小时,熔体熔断所需用的时间就较长,甚至不会熔断。熔丝材料多用熔点较低的铅锡合金、锡铅合金做成。熔断器图形符号如图 2-7 所示。

常用的低压熔断器有瓷插式熔断器、螺旋式熔断器、封闭管式熔断器等。

2.2.1 RC1A 系列瓷插式熔断器

插入式熔断器结构如图 2-8 所示。

插入式熔断器由瓷座、瓷盖、动触头、熔丝和空腔五部分组成。