

工程实践系列丛书
高等院校应用型人才培养“十二五”规划教材

电工电子 实训教程

DIANGONG DIANZI SHIXUN JIAOCHENG

主 编◎高家利 张 帆 汪 科
副主编◎闫卫萍 杨 渠 曹秋玲



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

工程实践系列丛书

高等院校应用型人才培养“十二五”规划教材

电工电子实训教程

主 编 高家利 张 帆 汪 科
副主编 闫卫萍 杨 渠 曹秋玲

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

电工电子实训教程 / 高家利, 张帆, 汪科主编. —
成都: 西南交通大学出版社, 2014.1
(工程实践系列丛书)
高等院校应用型人才培养“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5643-2842-9

I. ①电… II. ①高… ②张… ③汪… 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 (2014) 第 018588 号

工程实践系列丛书

高等院校应用型人才培养“十二五”规划教材

电工电子实训教程

主编 高家利 张帆 汪科

责任编辑	李芳芳
助理编辑	宋彦博
特邀编辑	张少华
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都中铁二局永经堂印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	14.25
字 数	356 千字
版 次	2014 年 1 月第 1 版
印 次	2014 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-2842-9
定 价	31.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

电工电子实训是我国工科院校必修的实践教学类课程，国家教委对其教学内容和学时都有明确的安排和要求。通过电工电子实训可以提高学生的工程实践动手能力，拓展学生的工程意识，提高学生的工程创新能力，是培养学生适应现代电子技术发展要求和企业需求的工程实践能力的主要途径之一。

本书是在我校有关教师多年电工电子实训教学经验积累的基础上编写的，既可以作为电工电子实习教材使用，也可以作为电工操作培训用资料。全书共分7章。第1章主要介绍实习实训过程中的用电安全。第2章主要介绍常用电子元器件的基础知识，使学生掌握常用电子元器件的特点、识别、检测和使用。第3章主要介绍手工焊接所需的材料和工具，手工焊接的基本方法和步骤。第4章主要介绍印制电路板的设计方法和制作方法。第5章主要介绍了表面贴装工艺（SMT）所需的设备和操作使用方法。第6章主要介绍了常用的低压电器、三相异步电机相关知识及控制电路。第7章主要介绍了可编程序控制器（PLC）的指令、编程软件及与变频器的通信知识。

本书在内容编排上，以突出工程意识、增强工程观念、注重工程实践能力的培养为主线，以工程实践内容为重点，既强调了电工电子的相关基础知识，又体现了现代电工电子的新方法与新工艺，使得本书内容翔实、信息丰富，具有较好的可读性和实用性。

本书由重庆理工大学高家利、张帆和汪科主编。其中第1章由曹秋玲编写，第2章由闫卫萍编写，第3章由高家利和汪科编写，第4章、第5章由张帆和汪科编写，第6章由高家利和汪科编写，第7章由杨渠编写。本书作为重庆理工大学校级规划教材，得到了重庆理工大学工程训练与经管中心的大力支持，在这里向所有为本书做过贡献的人表示衷心的感谢。另外，在本书的编写过程中也参考了一些优秀教材，在此向作者一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2013年10月

目 录

第 1 章 安全用电及操作知识	1
1.1 触电对人体的伤害	1
1.2 防止触电的安全措施	3
1.3 现场抢救措施	6
第 2 章 电子元器件	9
2.1 电阻器	9
2.2 电位器	14
2.3 电容器	17
2.4 电感器与变压器	22
2.5 二极管	27
2.6 三极管	31
2.7 场效应晶体管	36
2.8 晶闸管	39
2.9 集成电路	41
2.10 LED 数码管	44
第 3 章 焊接技术	48
3.1 手工焊接工具	48
3.2 焊 料	53
3.3 焊 剂	54
3.4 其他常用工具	55
3.5 通孔元件的手工焊接	58
3.6 焊点的质量及检查	62
3.7 拆 焊	65
3.8 片状元件的手工焊接	66
第 4 章 印制电路板的设计与制作	77
4.1 印制电路板基础知识	77
4.2 印制电路板的排版设计	84
4.3 草图设计	93
4.4 印制电路板制造工艺	98

第 5 章 SMT 生产实习 106

5.1 SMT 技术概述 106

5.2 表面贴装的刷焊技术 108

5.3 SM421 贴片机 110

5.4 回流焊机 137

第 6 章 电工技术基本知识 147

6.1 常用的低压电器 147

6.2 导线的连接及绝缘恢复 158

6.3 三相异步电动机的工作原理与结构 169

6.4 三相异步电动机的控制 174

第 7 章 可编程序控制器 181

7.1 PLC 的结构及基本配置 181

7.2 基本指令系统和编程方法 183

7.3 实训项目 194

7.4 GX Developer 的使用 200

7.5 触摸屏与变频器通信 210

附录一 ZX2062T 型贴片带收音机插卡音响实训项目 215

附录二 功率放大器原理图 221

参考文献 222

第 1 章 安全用电及操作知识

随着社会的不断进步，用电量的加大，安全用电的重要性在其中更加凸显出来。而在电子装焊安全中，电对人体的伤害也是不容小觑的，所以在强调科学用电的同时，更应注重安全用电。本章中的安全用电及安全操作知识，主要包括同学们在实验中如何预防触电事故、保障人身安全及触电急救等方面的内容。

1.1 触电对人体的伤害

触电是指人体触及带电体，带电体对小于安全距离的人体放电，以及电弧闪络波及人体时，电流通过人体与大地或者其他导体，或者分布电容形成闭合回路，使人体遭受不同程度的伤害。

1.1.1 触电形式

1. 电 伤

电伤是指人体触电后皮肤表面所受到的伤害，主要包含以下三种：

1) 电灼伤

电灼伤是由于电的热效应而烧伤人体皮肤、皮下组织、肌肉以及神经。电烧伤使皮肤发红、起泡、烧焦和坏死。

2) 电烙印

电烙印是由电流的机械和化学效应造成人体触电部位的外部伤痕，通常是表皮的肿块。

3) 皮肤金属化

皮肤金属化是由于带电体金属通过触电点蒸发进入人体造成的局部皮肤呈现相应金属的特殊颜色的一种化学效应。

2. 电 击

电击是电流通过人体内部，影响人体呼吸、心脏及神经系统，造成人体内部组织损伤乃

至死亡的触电事故。由于人体触及带电导体、漏电设备的外壳，以及因雷击或电容放电等都可能导导致电击。大部分触电死亡事故是由电击造成的，通常说的触电事故基本是针对电击而言。

1.1.2 触电原因

人体触电，主要原因有两种：一是直接或间接接触带电体，二是跨步电压。前者又可分为单相接触和双相接触。

1. 单相触电

单相触电是人体站在地面或者其他与地面连接的导体上，触及一根相线（火线）所造成的触电事故，如图 1.1 所示。

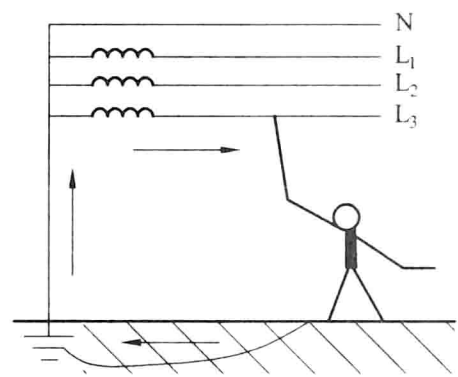


图 1.1 单相触电示意图

2. 双相触电

双相触电是人体两处同时触及两相带电体所造成的触电事故，触电电压为线电压，如图 1.2 所示。在检修三相动力电源上的电气设备及线路时，容易发生双相触电事故。由于两相间的电压（即为线电压）是相电压的 $\sqrt{3}$ 倍，故触电的危险性较大。

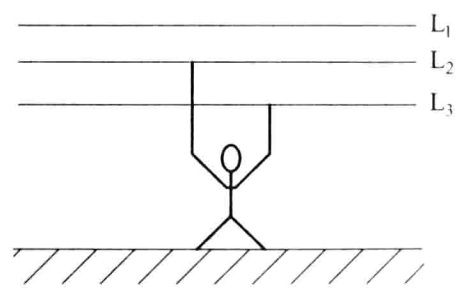


图 1.2 双相触电示意图

3. 静电触电

在检修电器或科研工作中，有时发现电器设备已断开电源，但在接触设备某些部分时发生触电，这样的现象是静电电击。静电电击是由于静电放电时产生的瞬间冲击电流，通过人体部位造成的伤害。

4. 跨步电压触电

当发生带电体接触地面，例如电线断落在地上或者雷击避雷针在接地极附近时，会有接地电流或雷击放电电流流入地下，电流在地中呈半球面向外散开。当人走进这一区域，便有可能遭到电击，将因跨步电压而使人触电，如图 1.3 所示。

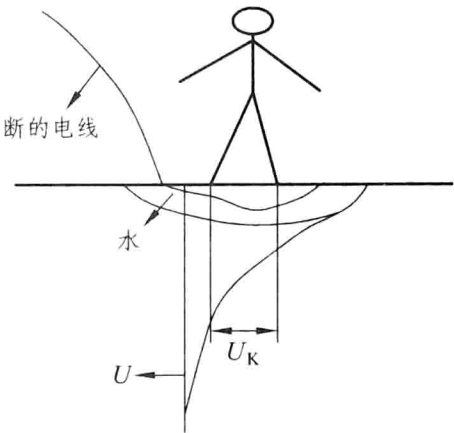


图 1.3 跨步电压触电示意图

人受到跨步电压作用时，电流从一只脚经过腿、胯部流到另一只脚而使人遭到电击，进而人体可能倒卧在地，使人体与地面接触的部位发生改变，有可能使电流通过人体的重要器官而发生严重后果。离接地点越远，电位越低，遭跨步电压电击的可能性越小，一般说来，离接地点 20 m 以外，电位为零。

1.2 防止触电的安全措施

1.2.1 安全电压

安全电压并没有规定绝对的数值，各国的标准也不尽相同。

多数国家对接触电压的限定值规定为 50 V 和 25 V，这个规定值是以人体允许电流和人体电阻的乘积为依据的。

我国的安全电压，大多采用 36 V 和 12 V。凡是手提照明灯，高度不足 2.5 m 的一般照明灯，

危险环境和特别危险环境下的局部照明和携带式电动工具等,如果无特殊安全结构和安全措施,其安全电压均应采用 36 V。

凡是工作地点狭窄,行动困难以及周围有大面积接地导体环境(如金属容器内和隧道内等)的手提照明灯,其安全电压均应采用 12 V。

1.2.2 安全保护

1. 接地保护

接地保护就是将正常情况下不带电,而在绝缘材料损坏后或其他情况下可能带电的电器金属部分,用导线与接地体可靠连接起来的一种保护接线方式。

接地保护一般用于配电变压器中性点不直接接地(三相三线制)的供电系统中,用以保证当电气设备因绝缘损坏而漏电时产生的对地电压不超过安全范围。如果电器产品未采用接地保护,当某一部分的绝缘损坏或某一相线碰及外壳时,电器的外壳将带电,人体万一触及该绝缘损坏的电器设备外壳时,就会发生如图 1.4 所示的触电危险。相反,若将电器设备做了接地保护,单相接地短路电流就会沿接地装置和人体这两条并联支路分别流过。一般来说,人体的电阻大于 $1\,000\,\Omega$,接地体的电阻按规定不能大于 $4\,\Omega$,所以流经人体的电流就很小,而流经接地装置的电流很大。这样就减小了电器设备漏电后人体触电的危险。

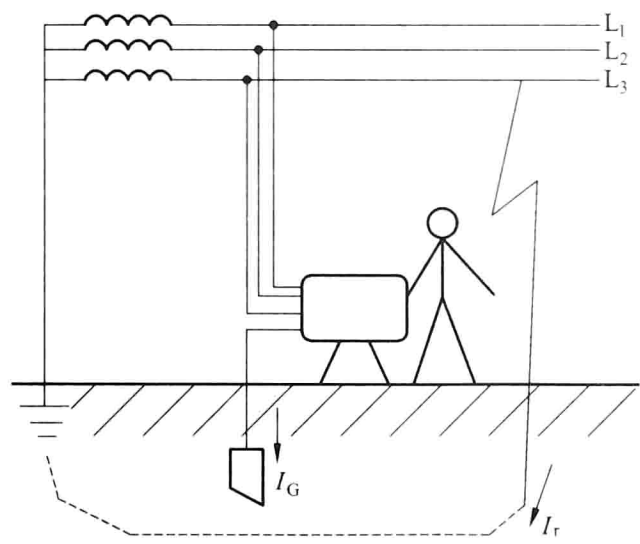
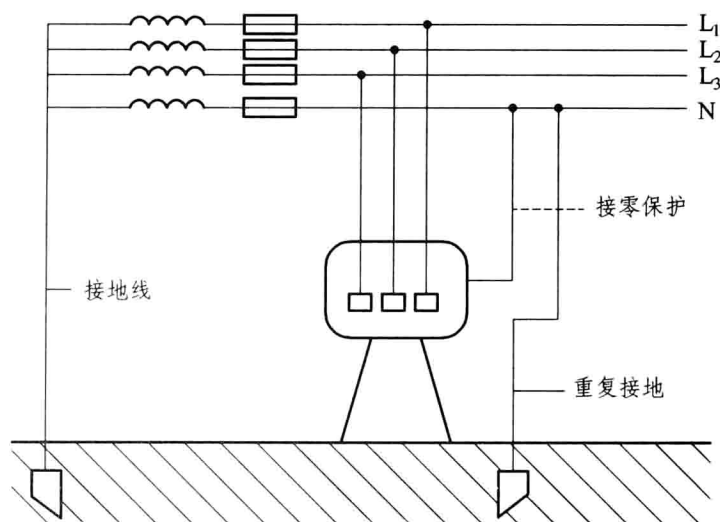


图 1.4 接地保护示意图

2. 接零保护

保护接零就是电气设备在正常运行的情况下,将不带电的金属外壳或构架与电网的零线紧密地连接起来,这种接线方式就叫保护接零。

从图 1.5 中可知,万一某一相线碰壳时,短路电流要比保护接地时大得多,使相线的熔丝熔断,以达到保护人身的安全。



对于这种接零保护供电系统，为了防止零线出现偶尔的断电事故，在一定距离或者有分支系统的线路，除了需要正常工作接地外，还需要重复接地。

3. 漏电保护开关

漏电保护开关是一种保护切断型的安全技术，在灵敏性方面比保护接地或保护接零更好。它既能控制电路的通与断，又能保证其控制的线路或设备发生漏电或人身触电时迅速自动掉闸，切断电源，从而保证线路或设备的正常运行及人身安全。该开关主要分为电压型和电流型两种，工作原理基本相同，但由于电流型漏电保护开关在安装方面比电压型漏电保护开关更简便，故使用较为广泛。

漏电保护开关由零序电流互感器、漏电脱扣器、开关装置三部分组成。零序电流互感器用于检测漏电电流；漏电脱扣器将检测到的漏电电流与一个预定基准值比较，从而判断漏电保护开关是否动作；开关装置通过漏电脱扣器的动作来控制被保护电路的闭合与分断。

从图 1.6 中看出, 当检测到的剩余电流, 即被保护回路内相线和中性线电流瞬时值的代数和, 达到一定值的时候, 漏电保护开关 T 会十分灵敏地切断接地故障, 防止直接接触电击。

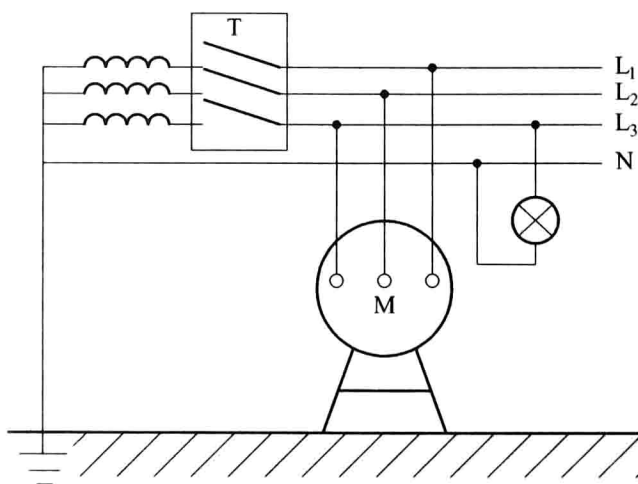


图 1.6 漏电保护开关工作原理

因为漏电开关保护的主要是人身，所以其一般动作值都是毫安级。按国家标准规定，用于直接接触电击事故防护时，应选用一般型（无延时）的剩余电流保护装置，其额定剩余动作电流不超过 30 mA。实际产品额定动作电流一般为 30 mA，动作时间为 0.1 s。

必须安装漏电保护装置的场所和设备主要有：学校、宾馆、饭店、企事业单位和住宅等除壁挂式空调电源插座外的其他电源插座或插座回路；游泳池、喷水池、浴池的电气设备等。

1.2.3 制定安全操作规程

1. 养成安全操作习惯

- (1) 用电前，先检查电源插头及导线有无金属外露或内部松动；
- (2) 人体触及任何电器装置和设备时先断开电源；
- (3) 触摸电路的任何金属部分之前都应进行安全调试；
- (4) 电子实习场地内讲究文明操作，不能有任何影响其他人员进行操作的行为；
- (5) 实习场所内，各种工具、设备等需摆放整齐，不要乱放，避免发生事故。

2. 防止机械损伤

- (1) 在使用螺丝刀、工具刀等锋利的工具时，手不要握在刀口处，以免划伤；
- (2) 拆焊弹性元器件时，身体不要靠得太近，因为弹起的元件可能会伤及眼睛、皮肤等；
- (3) 使用钻床时，不要戴上手套或者披散长发进行操作。

3. 防止烫伤

烫伤在电子装焊过程中是频繁发生的一种安全事故，这种烫伤一般不会造成严重的后果，但也会给操作者造成一定的伤害。只要我们注意安全操作，烫伤完全可以避免。

- (1) 操作者在焊接时，头不要离烙铁头太近，以防焊锡飞溅起来烫伤身体；
- (2) 烙铁头上多余的锡不要乱扔，以免伤及他人；
- (3) 烙铁头在没有脱离电源及温度完全降下来时，不能用手触摸；
- (4) 在焊接电子元器件时，需等元器件表面温度冷却后方能用手去触摸；
- (5) 通电测试的电路中，一些元器件发热容易造成烫伤，如变压器、大功率器件、电阻及散热片等，尤其是电路发生故障时有的发热器件温度可达到几百摄氏度；
- (6) 易燃易爆物品不要靠近电烙铁；
- (7) 防止过热液体烫伤，电子装焊中热液体主要指融化状态的焊锡以及加热后的腐蚀液等。

1.3 现场抢救措施

我们常说的触电主要分为电伤和电击两种，一般情况下，电伤对人体的伤害不算严重，不

会导致人的生命危险，因此，触电急救常指的是电击。电击后的伤口清洗处理必须用无菌生理盐水或温开水，切不可用碘酒、酒精等消毒液，因为这些液体能导致组织细胞坏死而引起生命危险。清洗后的创口必须用纱布或毛巾等覆盖，并迅速请医生处理。

触电后的救护要求动作迅速，救护得法。“时间就是生命”在这里得到体现，根据国外的研究表明，触电后 1 min 救护的伤者，有 90% 的治愈可能；而触电后 12 min 救护的伤者，救活的可能性非常小。

1.3.1 触电者尽快脱离电源

救护时，应该首先让触电者脱离电源，要求如下：

(1) 迅速断开电源开关，同时要防止受伤者倒下或摔下而造成二次伤害。

(2) 救护地点不能及时切断电源或者电源安装过高无法切断，应该用不能导电的物体去实施救护，如干燥的木棍、木板、竹竿、衣物、床单等去挑开电源线或拉开触电者。必要时，也可以用干帕子等包裹砍刀或钳子手柄去切断电线。

(3) 施救者千万不能直接用手或者潮湿的以及带有金属手柄的物体去对触电者进行救护，并且救护时最好用单手操作。

1.3.2 人工呼吸法

人工呼吸方法主要包括口对口吹气法、俯卧压背法和仰卧压胸法，常以口对口吹气式人工呼吸法最为方便和有效。

口对口（或鼻）方法操作简单且易掌握，气体的交换量大，接近或等于正常人呼吸的气体体积量，对触电者施救的效果很好。操作时需按照以下步骤进行：

(1) 伤者持仰卧位，即胸腹朝天。

(2) 首先清理伤者呼吸道，保持呼吸道清洁。

(3) 使伤者头部尽量后仰，以保持呼吸道畅通。

(4) 救护人站在其头部的一侧，自己深吸一口气，对着伤者的口（注：两嘴要对紧不要漏气）将气吹入，造成吸气。为使空气不从鼻孔漏出，此时可用另一只手将其鼻孔捏住，然后救护人嘴离开，将捏住的鼻孔放开，并用一手压其胸部，以帮助呼气。这样反复进行，每分钟进行 14~16 次。如果伤者口腔有严重外伤或牙关紧闭时，可对其鼻孔吹气（注：必须堵住口）即为口对鼻吹气法。口对口吹气时，可以放一块叠二层厚的纱布或一块一层的薄手帕，防止吹气时异物进入口腔内，但不要因此影响空气出入。

(5) 救护者自己吸气或换气时，将伤者的口或鼻放松，让其利用胸部的弹性自行吐气。

进行人工呼吸法操作时需注意的事项：

(1) 救护人吹气力量的大小，依患者的具体情况而定，一般以吹进气后，病人的胸廓稍微隆起为最合适。如果是儿童的话，只能小量吹气，否则会导致肺泡破裂。

(2) 如果胃部充气膨胀，可以一边用手轻轻加压上腹部，一边进行吹气。

(3) 在心脏停止跳动的情况下，人工呼吸法必须与胸外心脏按压法同时进行。如果现场只有 1 名救护人员，则两种方法应该交替进行，即每吹气 2~3 次，再挤压 10~15 次。

1.3.3 人工胸外心脏按压法

人工胸外心脏按压法是心脏停跳时采用人工方法使心脏恢复跳动的急救方法。操作步骤如下：

(1) 将伤者仰卧在比较坚实的地或地板上，仰卧姿势同口对口人工呼吸的姿势，解开衣领，头后仰使气道开放。

(2) 救护者跪在病人腰部一侧，或者骑跪在伤者身上，两手相叠，手掌根部放在心窝稍高一点的地方，即两乳头间略下一点，胸骨下 1/3 的地方。

(3) 掌根用力向下挤压，压出心脏里面的血液，对成人应该压陷 3~4 厘米，以每分钟挤压 60~80 次为宜。

(4) 挤压后掌根迅速全部放松，让伤者胸廓自动复原，血液充满心脏，放松时掌根不必完全离开胸廓。

此方法实施时应注意的事项：

(1) 对儿童触电者，只需用 1 只手挤压，用力稍轻，以免损伤胸骨；婴儿只用中指与食指在按压区加压就行了，位置要高一点，靠近乳头连线中点上方一指。

(2) 按压次数：儿童每分钟按压次数应比成人稍多，儿童每分钟 100 次左右；婴儿每分钟 120 次。

(3) 在对触电者进行胸外按压的同时，要进行口对口人工呼吸。只有一人抢救时，可先口对口吹气 2 次，然后立即进行心脏按压 15 次，再吹气 2 次，又再按压 15 次；如果有两人抢救，则一人先吹气 1 次，另一人按压心脏 5 次，接着吹气 1 次，再按压 5 次，如此反复进行，直到医务人员到现场。

(4) 若发现伤者脸色转红润，呼吸心跳恢复，能摸到脉搏跳动，瞳孔回缩正常，抢救就算成功了。因此，抢救中应密切注意观察呼吸、脉搏和瞳孔等。

(5) 对于触电时发生的一般外伤，可在对伤者进行急救之后再处理。

第 2 章 电子元器件

电子元器件是各类电子产品的核心组成部分，掌握电子元器件的相关知识是学习电子技术的重要步骤。

电子元器件大致分为三大类：无源器件（包括电阻器、电位器、电容器、电感线圈等）；有源器件（包括二极管、三极管、场效应管、晶闸管、集成电路等）；机电器件（包括插座、继电器、传感器等）。本章将对常用的电子元器件做简单介绍。

2.1 电 阻 器

电阻器是电子产品中最常用的电子元器件，在电路中起分流和分压的作用，对信号来说，交流与直流信号都可以通过电阻。

常用电阻器分为三大类：固定电阻（电阻值固定不变）、电位器（电阻值可通过手动调节连续可变）、敏感电阻器（电阻值会随温度、湿度、压力、光线、磁场和气体的变化而发生改变）。

电阻器的单位为兆欧（ $M\Omega$ ）、千欧（ $k\Omega$ ）、欧姆（ Ω ）。

$$1\ M\Omega = 10^3\ k\Omega = 10^6\ \Omega$$

2.1.1 电阻器的电路符号及外形

在电路原理图中，电阻器通常用大写字母“R”表示。电路符号及外形如图 2.1 所示。

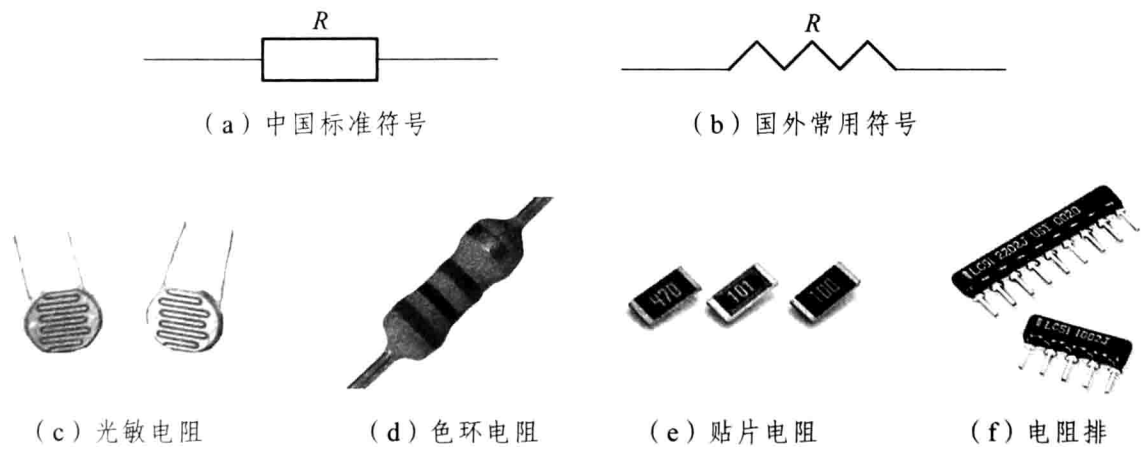


图 2.1 电阻器的符号及外形

2.1.2 电阻器的主要参数

1. 额定功率

额定功率是指电阻在一定的条件下长期使用所允许承受的最大功率。电阻器的体积大，功率大；体积小，功率小。额定功率越大，允许通过的电流越大。固定电阻器的额定功率有 1/8 W、1/4 W、1/2 W、1 W、2 W、3 W、5 W 和 10 W。小电流电路中，电阻器的功率一般选用 1/8 ~ 1/2 W，大电流电路中，电阻器的功率一般选用 1 W 以上。电阻器功率符号如图 2.2 所示。

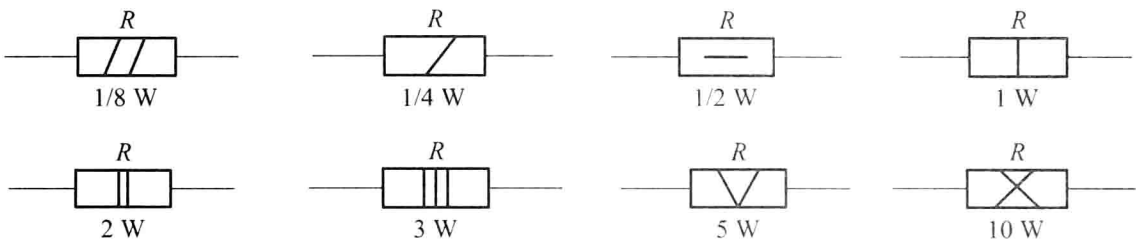


图 2.2 表示电阻器功率的电路符号

2. 标称阻值

标称阻值是指电阻体表面上标注的电阻值，简称阻值。

由于电阻器不能随意生产出任何阻值，所以为了生产、选用和使用方便，国家规定了电阻器阻值的标称值分别为 E-24、E-12 和 E-6 系列，见表 2.1。该系列也适用于电位器和电容器。

表 2.1 标称电阻值系列

标称阻值系列	允许误差	误差等级	标称值
E-24	± 5%	I	1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.4, 2.7, 3.0, 3.3, 3.6, 3.9, 4.3, 4.7, 5.1, 5.6, 6.2, 6.8, 7.5, 8.2, 9.1
E-12	± 10%	II	1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2
E-6	± 20%	III	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

注：表中数值再乘以 10ⁿ，其中 n 为正整数或负整数。

2.1.3 电阻器的标识方法

1. 直标法

直标法是用数字和字母直接在电阻器表面标出标称阻值和误差。单位为欧姆 (Ω)、千欧姆 (kΩ) 和兆欧姆 (MΩ)。其误差表示的方式有两种：一种用罗马数字 I、II、III 分别表示误差

为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，若电阻上未注误差则为 $\pm 20\%$ ；另一种是用字母表示误差，各字母对应的误差见表 2.2。

表 2.2 字母所表示的允许误差

字母	W	B	C	D	F
允许误差	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.25\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$
字母	G	J	K	M	N
允许误差	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	$\pm 30\%$

例如：标示为“12 kΩ II”的电阻器，阻值为 $12\text{ k}\Omega \pm 10\%$ 。

2. 符号法

符号法是将数字和字母两者有规律地组合在一起表示电阻器的阻值。字母前面的数字表示整数阻值，后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值。其允许误差也用字母表示。

- 例如：标示为“1k2”的电阻器，阻值为 $1.2\text{ k}\Omega$ ；
- 标示为“8R2”的电阻器，阻值为 $8.2\text{ }\Omega$ ；
- 标示为“R33”的电阻器，阻值为 $0.33\text{ }\Omega$ 。

3. 数码法

数码法是用三位有效数表示电阻器的阻值，前两位数表示有效数值，第三位数表示零的个数，单位为欧姆（Ω）。该方法常见于贴片电阻器或进口器件上。

- 例如：标示为“103”的电阻器，阻值为 $10\text{ }000\text{ }\Omega = 10\text{ k}\Omega$ ；
- 标示为“221”的电阻器，阻值为 $220\text{ }\Omega$ ；
- 标示为“220”的电阻器，阻值为 $22\text{ }\Omega$ ；
- 标示为“000”的电阻器，阻值为 $0\text{ }\Omega$ 。

有些贴片电阻器也常用四位有效数表示电阻的阻值，前三位数表示有效数值，第四位数表示零的个数，单位为欧姆（Ω）。

- 例如：标示为“5601”的电阻器，阻值为 $5\text{ }600\text{ }\Omega$ ；
- 标示为“1003”的电阻器，阻值为 $100\text{ k}\Omega$ 。

4. 色标法

色标法是用不同颜色的带或点在电阻器表面标出阻值和允许偏差。

色标法一般用四色环和五色环表示，称为四环电阻器和五环电阻器，五环电阻器的阻值精度较高于四环电阻器。

四环电阻器的表示方法：前两环分别表示第一位有效数和第二位有效数，第三环表示倍乘数，第四环表示误差。各色环含义见表 2.3。