

本书配有电子教学参考资料包

电工与电子技术

(第3版)

主编 张明 冯满顺



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电工与电子技术（第3版）

张 明 冯满顺 主 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要包括：直流电路、正弦交流电路、电工仪表及测量、变压器、电动机、低压电器与控制电路、供电及安全用电、半导体器件、放大电路和集成运算放大器、数字电路的基础知识、组合逻辑电路以及相关的实验、实训等内容。本书各章以演示实验为先导展开教学，突出以能力为本，演示实验都有详尽的数据，具有先进性和可操作性。本书每节均有配合课堂教学的课堂练习，每章均有突出重点的本章小结、相应的习题以及与国家职业技能鉴定有关的理论知识试卷。本书理论结合实际，有很强的实用性，实物示教、演示实验和有关的技能操作贯穿全教材。本教材总体思路清晰、编排合理，深浅适度、适用面广，可作为电类及相关专业电工与电子技术课程的通用教材，也可以作为非电类专业、计算机应用类等专业的参考教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

电工与电子技术 / 张明，冯满顺主编. —3 版. —北京：电子工业出版社，2016.8

ISBN 978-7-121-29813-4

I. ①电… II. ①张… ②冯… III. ①电工技术—教材②电子技术—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 207458 号

策划编辑：杨宏利 投稿微信号：nmyhl678

责任编辑：杨宏利 特约编辑：李淑寒

印 刷：三河市双峰印刷装订有限公司

装 订：三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：15 字数：384 千字

版 次：2002 年 7 月第 1 版

2016 年 8 月第 3 版

印 次：2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价：31.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888，88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式：电子邮箱 yhl@phei.com.cn，微信号 nmyhl678，微博昵称 利 Hailee。



近几年来我国的教育事业发生了深刻的变化。对职业教育的理念，如“工学结合”、“双证融通”，深刻地影响着职业教育的发展，对高等教育，加大应用型大学的建设和加强大学工学结合的教育定位，都是在传递人才培养的侧重面。因此本书在制定教学标准的时候，就把职业标准、职业资格鉴定的要求融入其中，将新的教育的理念融入到教学之中。

本书主要包括：直流电路、交流电路、电工仪表及测量、变压器、电动机、低压电器与控制电路、安全用电、半导体器件、放大电路和集成运算放大器、数字电路基础、数—模转换器和模—数转换器、应用实例和读图以及相关的实验、实训等内容。

《电工与电子技术》除保持了以现代电工与电子技术的基本知识和基本技能为主线，以实际应用为目的，重点突出、概念清晰、实用性强外，《电工与电子技术》（第3版）体现了如下主要特点。

一、将国家职业技能鉴定融入课程中，突出以能力为本。如将《国家职业标准》、《职业技能鉴定》相关的工种要求融入到教学内容中，又如每一章后都配有与国家职业技能鉴定有关的理论知识试卷（应知）等。

二、将理论和实践融为一体，注重学生的职业技能的培养。如将对技能的规范和要求都渗透到教学内容之中，使理论和实际紧密结合；又如每一部分教学内容都有相应的实验或实训；再如教材内容的选取都“以技术应用能力培养为主线，以必须够用”为教材编排的原则等。

三、体现了近年电子技术教学改革先进经验。如理论联系实际，知识点的引入采用实物示教、演示实验；又如体现启发式教育，融“教、学、做”为一体；推行目标教学法，教材中知识点都配有课堂练习，边讲边练、讲练结合，每章均有突出重点的本章小结、相应的习题以及与国家职业技能鉴定有关的理论知识试卷等。

四、采用了具有鲜明特色的教学方法。如本教材的演示实验直接引用在 Electronics workbench EDA 上实现的实例，有电路、参数、数据、结果，便于教师和学生的教与学，使电子技术教学直观可行、生动活泼；又如本章小结，尽可能采用表格形式，将本章知识点的内涵及相互关系简明扼要地展示出来，便于学生学习。

本书由上海电子信息职业技术学院冯满顺和沈阳大学张明主编，张明编写了第1到第9章，冯满顺编写了第10到第11章。由于本书编写时间过于仓促，加上编者水平有限，教材中一定会有不少欠缺或错漏之处。恳请使用本教材的师生和读者提出宝贵意见。

为了方便教师教学，本书还配有教学指南、电子教案及习题答案（电子版），请有此需要的教师登录华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）免费注册后再进行下载，有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系（E-mail:yhl@phei.com.cn）。



编 者



第1章 直流电路	(1)
1.1 电路模型、电路基本物理量	(1)
1.1.1 电路	(1)
1.1.2 电流、电压和功率	(2)
1.1.3 电阻元件的电压、电流关系	(5)
1.1.4 电压源和电流源	(10)
1.2 电路的基本定律	(11)
1.2.1 电阻的串联和并联	(11)
1.2.2 电路的工作状态	(13)
1.2.3 基尔霍夫定律	(14)
1.3 有源电路的等效变换	(17)
1.3.1 电压源与电流源的等效互换	(17)
1.3.2 戴维南定理	(18)
1.4 直流电路的分析计算	(20)
1.4.1 支路电流法	(20)
1.4.2 电路分析的其它方法	(21)
1.4.3 电路中各点电位的计算	(22)
本章小结	(25)
习题	(27)
《直流电路》理论知识试卷	(28)
第2章 正弦交流电	(36)
2.1 正弦交流电路的基本概念	(36)
2.1.1 正弦交流电的表示方法、周期和频率	(36)
2.1.2 正弦交流电的三要素	(37)
2.1.3 相位差	(39)
2.1.4 交流电的有效值	(40)
2.1.4 正弦量的相量表示法	(41)
2.2 交流电路中的三种基本元件	(43)
2.2.1 纯电阻交流电路	(43)
2.2.2 纯电感交流电路	(45)
本章小结	(49)

习题	(51)
《正弦交流电路》理论知识试卷	(52)
第3章 电工仪表及测量	(53)
3.1 电工测量的基本知识	(53)
3.1.1 测量的基本知识	(53)
3.1.2 电工仪表简介	(55)
3.2 电流、电压和电阻的测量	(56)
3.2.1 电流的测量	(56)
3.2.2 电压的测量	(57)
3.2.3 电阻的测量	(59)
3.2.4 万用表	(62)
3.3 单相交流电能的测量	(66)
3.3.1 单相交流电度表	(66)
3.3.2 单相交流电能的测量	(67)
本章小结	(69)
习题	(69)
《电工仪表及测量》理论知识试卷	(71)
第4章 变压器	(76)
4.1 磁场、磁路和交流铁芯线圈电路	(76)
4.1.1 磁场和磁路	(76)
4.1.2 交流铁芯线圈电路	(79)
4.2 变压器的结构和工作原理	(81)
4.2.1 变压器的基本结构	(81)
4.2.2 变压器的工作原理	(82)
4.2.3 变压器的铭牌和额定值	(84)
4.2.4 变压器的使用	(85)
4.3 特殊用途变压器	(85)
4.3.1 自耦变压器	(85)
4.3.2 电焊变压器	(87)
4.3.3 互感器	(88)
本章小结	(89)
习题	(90)
《变压器》理论知识试卷	(90)
第5章 电动机	(95)
5.1 三相异步电动机的基本结构和工作原理	(95)
5.1.1 三相异步电动机的基本结构	(95)
5.1.2 三相异步电动机的工作原理	(97)
5.2 单相异步电动机	(101)
5.2.1 单相异步电动机的结构原理及种类	(101)

5.2.2 单相电容式异步电动机	(102)
本章小结	(103)
习题	(103)
《电动机》理论知识试卷	(104)
第6章 低压电器和控制电路	(108)
6.1 常用低压控制和保护电器	(108)
6.1.1 开关	(108)
6.1.2 其它控制电器	(114)
6.2 三相异步电动机的控制电路	(116)
6.2.1 三相异步电动机的直接起动控制电路	(116)
本章小结	(118)
习题	(119)
《低压电器和控制电路》理论知识试卷	(119)
第7章 供电及安全用电	(124)
7.1 供电系统	(124)
7.1.1 电力系统	(124)
7.1.2 厂矿企业单位的配电	(124)
7.2 安全用电	(126)
7.2.1 电流对人体的作用	(126)
7.2.2 保护接地和保护接零线	(126)
7.2.3 安全用电常识	(129)
7.2.4 电动机的安全操作规程	(130)
7.2.5 自耦变压器使用时注意事项	(130)
7.3 节约用电	(130)
本章小结	(131)
习题	(132)
《供电及安全用电》理论知识试卷	(132)
第8章 半导体器件	(137)
8.1 半导体二极管	(137)
8.1.1 半导体二极管的特性	(137)
8.1.2 特殊二极管	(140)
8.1.3 二极管的识别和检测	(141)
8.2 半导体三极管	(142)
8.2.1 半导体三极管	(142)
8.3 晶闸管	(148)
8.3.1 晶闸管	(148)
8.3.2 双向晶闸管	(150)
8.3.3 晶闸管的识别和检测	(151)
本章小结	(151)

习题	(152)
《半导体器件》理论知识试卷	(153)
第9章 放大电路和集成运算放大器	(158)
9.1 基本放大电路	(158)
9.1.1 基本共射放大电路	(158)
9.1.2 放大电路的工作原理	(159)
9.1.3 放大电路的分析方法	(164)
9.1.4 放大电路静态工作点的设置与稳定	(166)
9.1.5 放大电路的应用实例	(167)
9.2 反馈在电子电路中的应用	(168)
9.2.1 多级放大电路	(168)
9.2.2 放大电路中的负反馈	(170)
9.2.3 正弦波振荡电路	(174)
9.3 功率放大器	(178)
9.3.1 功率放大器的任务、要求和类型	(178)
9.3.2 射极输出器	(179)
9.3.3 互补推挽功率放大器(OCL电路)	(180)
9.4 集成运放及其应用	(184)
9.4.1 集成运算放大器的基本知识	(184)
9.4.2 差动放大电路	(186)
9.4.3 集成运放主要参数和特点	(189)
9.4.4 基本运算电路	(191)
本章小结	(197)
习题	(198)
《放大电路及集成运算放大器》理论知识试卷	(200)
第10章 数字电路的基本知识	(204)
10.1 概述	(204)
10.1.1 数字信号	(204)
10.1.2 数制和码	(205)
10.1.3 数字电路	(206)
10.2 逻辑门电路	(207)
10.2.1 与逻辑、与门电路	(207)
10.2.2 或逻辑、或门电路	(208)
10.2.3 非逻辑、非门电路	(210)
10.2.4 复合门电路	(211)
10.2.5 数字集成门电路的使用	(213)
10.2.6 逻辑门电路应用实例	(214)
本章小结	(214)
习题	(215)

《数字电路的基本知识》理论知识试卷	(216)
第 11 章 组合逻辑电路	(218)
11.1 加法器	(218)
11.1.1 半加器	(218)
11.1.2 全加器	(219)
11.2 译码器	(220)
11.2.1 通用译码器	(220)
11.2.2 通用译码器的应用	(221)
11.2.3 数码显示译码器	(222)
本章小结	(224)
习题	(225)
《组合逻辑电路》理论知识试卷	(226)

直流电路

1.1 电路模型、电路基本物理量

1.1.1 电路

在日常生活或生产实践中人们广泛地使用种类繁多的电路。例如，为了采光而使用的照明电路；收音机和电视机中将微弱信号进行放大的放大电路；工厂企业中大量使用的各种控制电路等。电路就是电流通过的路径。

实物示教 观察手电筒的结构，由二节 1.5V 的干电池，一只小灯泡，一段连接导线和一个开关组成，如图 1-1 所示。其中干电池即电源，小灯泡即负载，开关即控制设备。因此，手电筒电路可用图 1-2 所示的即电路模型图表示。可见，电路是由电源、负载、输电导线和控制设备等组成的。

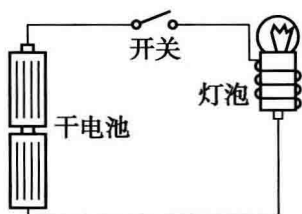


图 1-1 手电筒电路

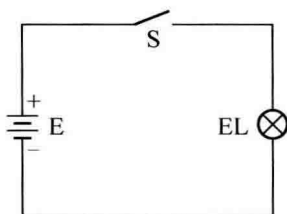


图 1-2 手电筒电路模型

电源 是供应电能的装置，它把其它形式的能量转换为电能。例如，发电机把机械能转换成电能，干电池把化学能转换成电能。

负载 是取用电能的装置，它把电能转换为其它形式的能量。例如，电灯把电能转换成光能和热能，电动机把电能转换成机械能。

对电源来讲，负载、连接导线和开关称为外电路，电源内部的一段称为内电路。



1.1.2 电流、电压和功率

1. 电流

电荷的定向移动就形成电流。电流的实际方向习惯上指正电荷运动的方向。电流的大小用电流强度 I 来度量, 简称电流。

演示实验 1-1 用直流电源和函数信号发生器分别产生直流、正弦波及三角波信号。分别用示波器观察, 可以看到如图 1-3 所示的波形。

可见电流可分为两类: 一类是大小和方向均不随时间改变的电流称为恒定电流, 如图 1-3 (a) 所示, 简称直流, 简写作 DC。另一类是大小和方向都随时间变化的电流称为变动电流, 其中一个周期内电流的平均值为零的变动电流则称为交变电流, 如图 1-3 (b)、图 1-3 (c) 所示, 简称交流, 简写作 AC。

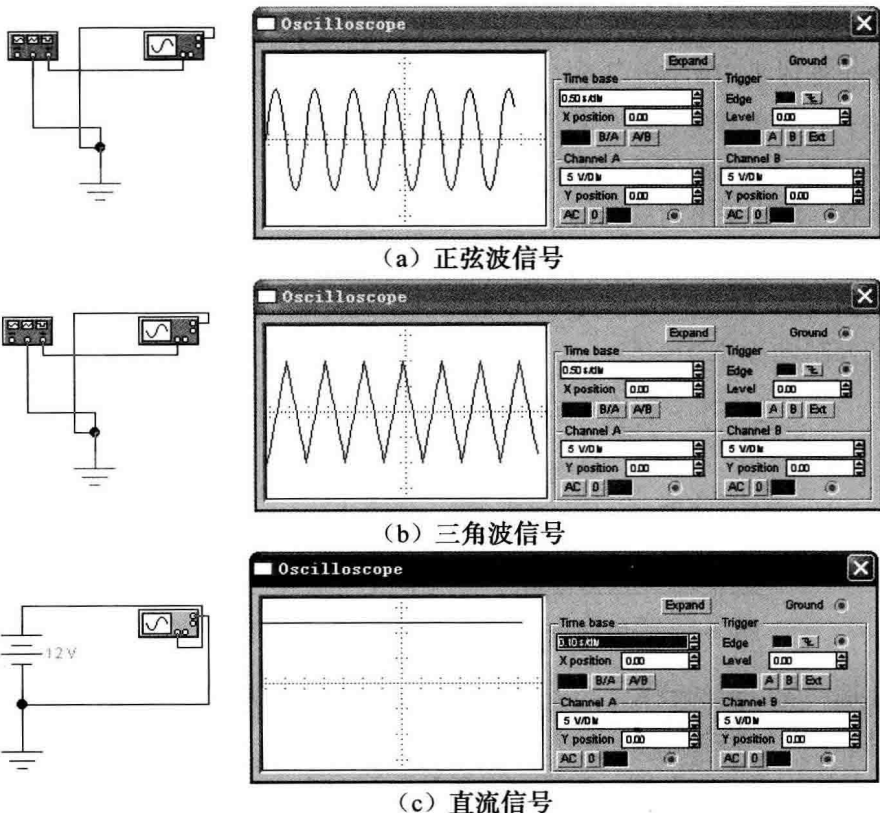


图 1-3 演示实验 1-1

对于直流, 单位时间内通过导体横截面的电荷量 Q 是恒定不变的。其电流强度 I

$$I = Q/t \quad (1-1)$$

对于交流, 其电流强度 i



$$i = dq/dt$$

在国际单位制中, 电流的单位是安培, 符号为 (A)。有时还用到千安 (kA), 毫安 (mA) 或微安 (μA)。其关系如下:

$$1\text{kA} = 1000\text{A} = 10^3\text{A}$$

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

电流在导体中流动的实际方向有两种可能。在复杂电路中某一段电路里电流的实际方向有时很难立即判定。有时电流的实际方向还在不断地改变, 因此在电路中很难标明电流的实际方向, 为了解决这样的问题, 引入了电流的“参考方向”的概念。

在一段电路或一个电路元件中事先选定一个方向, 这个选定的方向叫做电流的“参考方向”。若电流的实际方向与任意选定的参考方向一致, 则电流值为正值, 即 $i > 0$; 若电流的实际方向与任意选定的电流参考方向相反, 则电流值为负值, 即 $i < 0$, 如图 1-4 所示。

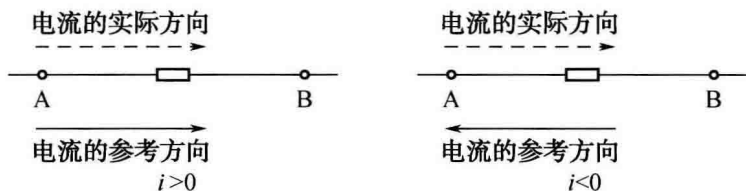


图 1-4 电流参考方向

2. 电压

在电路中电荷之所以能够定向移动, 是由于电场力作用的缘故。

在图 1-2 所示的外电路中, 正电荷受电场力作用由电源的“+”端通过负载向电源的“-”端移动。正电荷所具有的电位能逐渐减小, 从而把电能转换为其它形式的能量。

如图 1-5 所示, 电场力 F 把正电荷从 A 端移到 B 端所做的功 W_{AB} 与被移动的电量 Q 的比值称为 A、B 两端间的电压, 用 U_{AB} 表示, 即 $U_{AB} = W_{AB}/Q$ 。

由上式可知, A、B 两端间的电压, 在数值上就等于电场力把单位正电荷从 A 端移到 B 端所做的功。在图 1-6 所示电路中任选一点 (如 O 点) 为参考点, 则某点 (如 A 点) 到参考点电压就叫做这一点的电位 (相对于参考点), 用符号 U_A 表示。可知 $U_A = U_{AO}$ 。

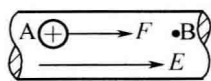


图 1-5 电压的定义

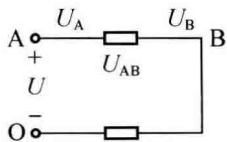


图 1-6 电压和电位

如果 A、B 两点的电位分别记为 U_A 、 U_B , 则 $U_{AB} = U_A - U_B$ 。

因此, 两点间的电压, 就是该两点的电位之差。引入电位概念后, 电压的实际方向



是由高电位点指向低电位点。所以常将电压称为电压降。

在国际单位制中,电压的单位是伏特,符号为(V),有时还需要用千伏(kV),毫伏(mV)或微伏(μV)作单位。

和分析电流一样,对元件或电路中两点之间可以任意选定一个方向为电压的参考方向,在电路图中一般用实线箭头表示。当电压的实际方向与它的参考方向一致时,电压值为正,即 $U>0$;反之,当电压的实际方向与它的参考方向相反时,电压值为负,即 $U<0$,如图1-7所示。有时电压用参考极性表示,即在元件或电路两端用“+”和“-”符号表示。“+”号表示高电位端,叫正极。“-”号表示低电位端,叫负极。由正极指向负极的方向就是电压的参考方向。

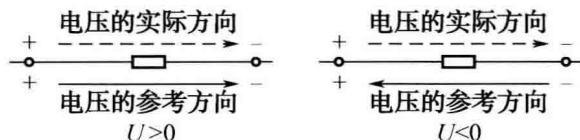


图 1-7 电压的参考方向

一般情况下,电流参考方向的选定与电压参考方向的选定是无关的。但是为了方便起见,对一段电路或一个电路元件,如果选定电流的参考方向与电压的参考方向一致,即选定电流从标以电压“+”极性的一端流入,从标以电压“-”极性的另一端流出,则把电流和电压的这种参考方向称为关联参考方向,简称关联方向,如图1-8所示。

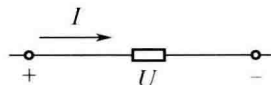


图 1-8 关联参考方向

3. 功率

电流在单位时间内做的功称为电功率,简称为功率,在直流情况下,功率用符号 P 表示,有如下公式:

$$P = W/t = UI \quad (1-2)$$

在电压和电流关联参考方向下,当计算出功率值为正,即 $P>0$ 时,表示元件是吸收或消耗电能;当计算出功率值为负,即 $P<0$ 时,表示元件是发出电能,若在非关联参考方向下,我们取

$$P = -UI \quad (1-3)$$

这样规定之后, $P>0$ 时,仍表示元件实际吸收或消耗电能; $P<0$ 时,表示元件实际发出电能。

在国际单位制中,功率的单位为瓦特,符号为(W)。1kW(千瓦)=1000W(瓦)。

课堂练习 1-1 在图1-9中,导线外的实线箭头表示电流的参考方向。请用虚线箭头表示电流的实际方向,同时确定 I 是大于零还是小于零。

课堂练习 1-2 图1-10中已给出电压参考方向,已知 $U_1=5\text{V}$ 、 $U_2=-5\text{V}$,试指出电压的实际方向。

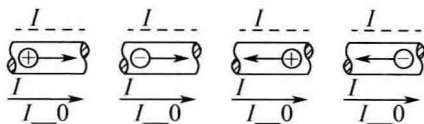


图 1-9 课堂练习 1-1 附图

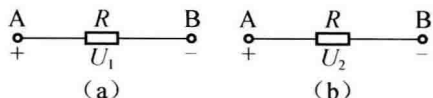


图 1-10 课堂练习 1-2 附图

课堂练习 1-3 图 1-2 中已知干电池两端的电压 $U=3\text{V}$, 流过灯泡 EL 的电流 $I=1\text{mA}$, 试问干电池和灯泡哪一个吸收电能? 哪一个消耗电能? 并计算其功率。

1.1.3 电阻元件的电压、电流关系

1. 导体的电阻

电荷在电场力作用下做定向运动时往往要受到阻碍作用。物体对电流的阻碍作用, 称为该物体的电阻, 用符号 R 来表示。电阻的单位是欧姆 (Ω)。

由实验可知, 当温度一定时导体的电阻不仅与它的长度和横截面积有关, 而且与导体材料的电阻率有关。即

$$R = \rho L / S \quad (1-4)$$

式中 L 为导体的长度, 单位为米 (m); S 为导体的截面积, 单位为平方毫米 (mm^2); ρ 为导体的电阻率, 单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

电阻率 ρ 是反映材料导电性能的参数, 表 1-1 列出几种常用的电阻率和电阻温度系数。

表 1-1 几种常用的电阻率和电阻温度系数

材料	20℃时的电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	电阻温度系数 α ($1/^\circ\text{C}$)	材料	20℃时的电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	电阻温度系数 α ($1/^\circ\text{C}$)
银	1.6×10^{-8}	3.6×10^{-3}	铁	9.8×10^{-8}	6.2×10^{-3}
铜	1.7×10^{-8}	4.0×10^{-3}	铂	1.05×10^{-7}	4.0×10^{-3}
铝	2.8×10^{-8}	4.2×10^{-3}	锰	4.4×10^{-7}	0.6×10^{-5}
钨	5.5×10^{-8}	4.4×10^{-3}	康铜	4.8×10^{-7}	0.5×10^{-5}
镍	7.3×10^{-8}	6.2×10^{-8}	碳	1.0×10^{-5}	-0.5×10^{-3}

从表 1-1 中可以看出, 电阻率较小的是银、铜、铝, 它们常用来制作导电器材, 以降低器材的电阻和接触电阻。实验还表明, 导体的电阻还和温度有关。通常金属导体的电阻随温度升高而增加。如白炽灯用的钨丝, 在常温时只有几十欧姆; 当有电流流过时, 在钨丝上产生大量的热, 使温度上升, 其电阻也升高到几千欧姆。有些导体材料当温度下降到某一低温时, 它的直流电阻突然下降为零, 这个现象称为零电阻效应, 这种材料称为超导体。



电阻的倒数称为电导,用 G 来表示。电导在国际单位制中单位为西门子,符号为(s)。

$$G=1/R \quad (1-5)$$

2. 电阻器

电阻器是用电阻率较大的材料制成的,在电工、电子技术、自动控制技术中广泛使用。电阻器简称电阻,在电路中起限流、耦合、负载等作用。电阻器按结构不同,可分为固定电阻器和可调电阻器(即电位器),电位器在电路中常用来调节各种电压或信号的大小。电阻器按导电材料不同,可分为碳膜、金属膜、金属氧化膜、线绕和有机合成电阻器。

常用电阻器的外形和符号如图 1-11 所示。

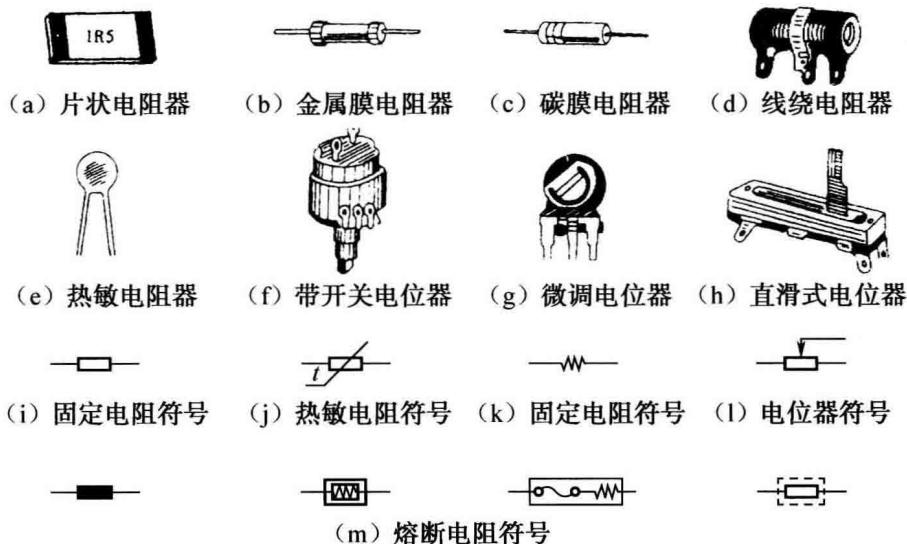


图 1-11 各种电阻器、电位器的外形和符号

电阻器的主要参数有:

(1) 标称阻值 工厂生产的系列电阻器的电阻值,用色环法、直标法、文字符号法和数码表示法标于电阻器的表面。

(2) 允许偏差 标称阻值允许的偏差。Ⅰ级为 $\pm 5\%$, Ⅱ级为 $\pm 10\%$, Ⅲ级为 $\pm 20\%$ 。

(3) 额定功率 电阻器允许长期工作时的功率。

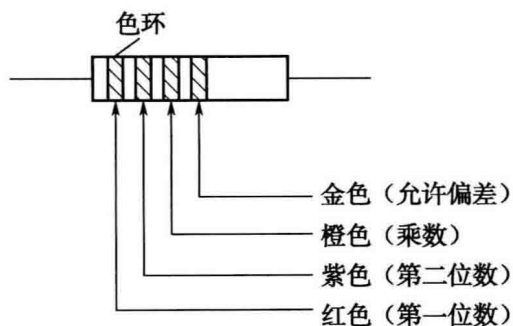


图 1-12 色环表示法

用色环法表示时,色环分成两部分,如图 1-12 所示。左侧的几环是阻值色环,最右侧的一环是偏差色环。用色环法表示阻值时,左侧阻值色环自左向右排列,前几环表示数值,最后一环表示乘以十的几次方,用黑、棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫、灰、白分别表示 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。用色环法表示偏差时,



偏差色环置于电阻器的最右端，金色表示Ⅰ级、银色表示Ⅱ级、无色表示Ⅲ级。

例 1-1 有一个电阻器，其色环自左向右分别为棕黑黄银，问该电阻器的参数。

解 该电阻器的阻值为 $10 \times 10^4 \Omega$ ，偏差为 $\pm 10\%$ 。

2. 电阻元件的电压、电流关系——欧姆定律

1827 年德国科学家欧姆通过科学实验总结出：施加于电阻元件上的电压与通过的电流成正比。即

$$U=RI \quad (1-6)$$

这一规律称为欧姆定律。遵循欧姆定律的电阻称为线性电阻。

如果电阻元件上电压的参考方向与电流的参考方向相反时，则欧姆定律为

$$U=-RI \quad (1-7)$$

所以欧姆定律的公式必须与电压、电流的参考方向配合使用，如图 1-13 所示。

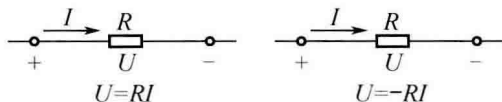


图 1-13 欧姆定律和电压电流的参考方向关系

演示实验 1-2 用伏安法测定某元件的电阻值。

实验结果 如图 1-14 所示，当外加电压 $U=5\text{V}$ 时其电流 $I=1\text{mA}$ ；当外加电压 $U=10\text{V}$ 时其电流 $I=2\text{mA}$ ；当外加电压 $U=15\text{V}$ 时其电流 $I=3\text{mA}$ 。分别求出三种情况下的电阻值：

$$R=U/I=5/1=5\text{k}\Omega; R=U/I=10/2=5\text{k}\Omega; R=U/I=15/3=$$

$5\text{k}\Omega$

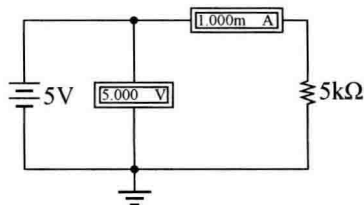


图 1-14 演示实验 1-2

画出电压和电流关系曲线（伏安特性曲线）如图 1-15 所示。这种电阻的伏安特性是一条通过原点的直线，这种电阻称为线性电阻。

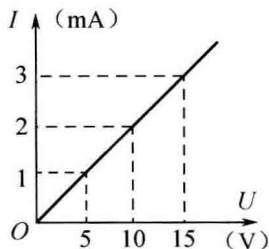


图 1-15 线性电阻伏安特性曲线

3. 电阻元件的功率

对于线性电阻元件来说，无论电压与电流参考方向是否关联，都有如下关系：

$$P=UI=RI^2=U^2/R \geq 0 \quad (1-8)$$