



中等职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

电工电子技术

王艳春 王恒贵 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



中等职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

电工电子技术

主 编	王艳春	王恒贵		
副主编	张亚梅	韩艳华	张 琳	
编 写	范秀杰	朱恩起	李 凯	孟祥英
	王剑峰	张亚玲	任振平	付慧敏
	闵 锐			
主 审	王晓敏			



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为中等职业教育规划教材。

全书共分十三章，主要内容包括直流电路、正弦交流电路、电磁与变压器、电动机及其控制、低压电器及基本电气控制线路、电力系统与安全用电常识、常用半导体器件、放大器、直流稳压电源、电力电子技术简介、数字电子技术、电工仪表与测量技术。本书在内容编排上充分体现了电工电子技术的最新实用知识和技能，考虑了学生的认知规律，便于学生阅读。

本书可作为职业技术学校非电专业或职业培训的教材，也可作为相关工程技术人员自学及参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术/王艳春, 王恒贵主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

中等职业教育规划教材

ISBN 978-7-5083-8996-7

I. 电… II. ①王…②王… III. ①电工技术—专业学校—教材
②电子技术—专业学校—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 108602 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15 印张 361 千字

定价 24.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

电工电子技术是中等职业学校非电专业的一门技术基础课程。本书从中等职业教育培养应用型技术人才以及技师学院培养技术工人的目标出发,贯彻一体化教学思想,依据非电专业对电工电子技术的要求,充分考虑了中职、技师学院学生工人培训学员特点而编写的。

本书在选用基本理论知识方面坚持实用、够用以及理论为实践能力培养服务的原则,同时保证了电工基础和电子技术基础理论体系的完整性;充分考虑了学生的认知规律和特点,在书中尽可能使用图形、图片和表格将各个知识点展现出来,给学生一个较直观的认知环境。在技能实训安排上考虑了实际教学中的可操作性。

考虑到不同专业的后续课程有所不同,对电工电子技术的教学内容和要求也有差异,所以在实际教学中对书中部分内容可以有所取舍。

本书由大庆职业技术学院王艳春、王恒贵担任主编。其中,第一、三、九章由王艳春独立编写;第二章由王恒贵、张琳编写;第四、五章由朱恩起编写;第六章第一、二节由王剑峰、范秀杰编写,第三、四节由张亚梅编写;第七章由王艳春、张亚梅、付慧敏、闵锐编写;第八章由张亚梅编写;第十章由王艳春、张亚玲、孟祥英编写;第十一章由韩艳华、李凯、王艳春、任振平编写;第十二章由范秀杰编写。王艳春、王恒贵、张亚梅负责全书统稿。

本书由湖北三峡电力职业学院王晓敏教授主审。在本书编写过程中,大庆石油学院徐建军教授、大庆油田技术培训中心(大庆技师学院)马庆喜博士和其它同行也对本书的编写提出宝贵意见,在此谨致衷心的感谢。

由于编者学识水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请广大读者、教师和专家批评指正。

编 者

2009年6月

目 录

前言

第一章 直流电路	1
第一节 电路及其基本物理量	1
第二节 电阻	6
第三节 欧姆定律	10
第四节 电能和电功率	12
第五节 电阻的串并联	14
第六节 基尔霍夫定律	17
习题一	18
实训 1-1 直流电流、电压的测量	19
实训 1-2 万用表的使用	20
第二章 正弦交流电路	23
第一节 正弦交流电的基本概念	23
第二节 纯电阻电路	28
第三节 纯电感电路	29
第四节 纯电容电路	31
第五节 电阻与电感的串联电路	34
第六节 三相交流电源	37
第七节 三相负载的连接方式	39
习题二	42
实训 2-1 单相交流电路	44
实训 2-2 常用照明电路的安装	44
第三章 电磁与变压器	48
第一节 磁场	48
第二节 电磁感应	51
第三节 自感与互感	53
第四节 磁路的基本概念	56
第五节 变压器	57
习题三	64
实训 3-1 单相变压器	65
第四章 电动机及其控制	66
第一节 三相异步电动机的结构及工作原理	66
第二节 三相异步电动机的控制	71
第三节 单相异步电动机*	74

第四节 直流电动机*	76
第五节 控制电机*	81
习题四	85
实训 4-1 用万用表辨别三相异步电动机引出线的始末端	86
实训 4-2 用兆欧表测量电动机的绝缘电阻	87
第五章 低压电器及基本电气控制线路	88
第一节 常用低压电器	88
第二节 直接起动及正反转控制线路	98
第三节 限位及自动循环控制线路	100
第四节 制动控制线路	101
习题五	105
实训 5-1 自锁正转控制线路的安装	107
实训 5-2 接触器联锁正反转控制线路的安装	108
第六章 电力系统与安全用电常识	109
第一节 电力系统与电力网	109
第二节 低压网配电保护方式	113
第三节 常见触电方式	116
第四节 触电急救	119
习题六	123
实训 6-1 触电救护	123
第七章 常用半导体器件	125
第一节 半导体二极管	125
第二节 常用特殊二极管	129
第三节 半导体三极管	132
第四节 场效应管*	135
习题七	137
实训 7-1 常用电子器件的认识及检测	138
第八章 放大器	140
第一节 放大电路的基本概念	140
第二节 基本放大电路	141
第三节 功率放大电路	143
第四节 多级放大电路	146
第五节 集成运算放大电路	148
习题八	152
实训 8-1 集成功率放大器的安装与检测	152
第九章 直流稳压电源	154
第一节 单相整流电路	154
第二节 三相整流电路	157
第三节 滤波电路	160
第四节 直流稳压电路	163

第五节 开关型稳压电源简介·····	167
习题九·····	169
实训 9-1 二极管桥式整流、滤波电路的安装与调试·····	169
实训 9-2 集成稳压电源·····	170
第十章 电力电子技术简介* ·····	172
第一节 晶闸管·····	173
第二节 晶闸管可控整流电路·····	175
第三节 交流变换电路·····	178
第四节 绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)·····	179
第五节 逆变电路·····	181
习题十·····	186
实训 10-1 单向晶闸管·····	186
第十一章 数字电子技术 ·····	189
第一节 数字电路基础·····	189
第二节 基本逻辑门电路·····	191
第三节 触发器·····	194
第四节 常用的基本数字电路·····	195
习题十一·····	205
第十二章 电工仪表与测量技术* ·····	206
第一节 电工仪表与测量的基础知识·····	206
第二节 电流与电压的测量·····	209
第三节 万用表·····	213
第四节 电阻测量及测量仪表·····	216
第五节 功率表及功率测量·····	224
第六节 电能表与电能的测量·····	226
习题十二·····	228
实训 12-1 单臂电桥测量电动机绕组直流电阻·····	229
实训 12-2 接地电阻测试仪测量接地电阻·····	229
参考文献 ·····	231

直流电路

随着科学技术的飞速发展,现代电工电子设备的种类日益繁多,规模和结构更是日新月异,但无论怎样设计和制造,这些设备绝大多数仍是由各式各样的电路所组成。电路的结构不论多么复杂,它们和最简单的电路之间还是具有许多基本的共性,遵循着相同的规律。本章主要介绍电路的一些基础知识。

第一节 电路及其基本物理量

一、电路的组成和作用

电路是电流的流通路径,是由某些电气设备和元件或电子器件为完成一定功能、按一定方式组合后的总称。

电路主要完成传输、转换电能以及传递、处理信号两个方面的功能,具体如输电线路、照明电路、电动机控制电路、整流电路和放大电路等。电路的形式多种多样,但总体来说,电路一般由电源、负载和中间环节三大部分组成。

1. 电源

电源是电路中的供电设备,它们可将化学能、机械能、水能、原子能转换为电能并将其供给用电设备,如各种电池、发电机和信号源等。我们通常使用的 220V 和 380V 交流电源,就是由发电厂利用发电机把其它形式的能转变成电能后,经升压、传输、降压后得到的。另外一些直流电源则是通过对 220V 和 380V 交流电源进一步转换后供给用电设备的。

2. 负载

负载指的是各种用电设备,它们把电能转换成为非电形态的能量,以满足人们的各种需要,如电动机、照明灯、电炉等。它们可将电能转换成机械能、光能和热能。

3. 中间环节

中间环节包括连接导线、控制开关和保护装置等,主要起传输、控制、分配与保护作用。

(1) 连接导线:把电源、负载和其它设备连接成一个闭合回路,传输电能或传送电信号。

(2) 控制开关:是接通或断开负载供电回路的控制设备,用来控制电路的通断。如控制按钮、隔离开关、断路器、电磁开关、减压起动器等都属于开关电器。

(3) 保护装置:利用熔断器、继电器、低压断路器(自动空气开关)等装置来保证电路长期安全工作。

图 1-1 所示的小灯泡电路就由这三部分构成,电池是电源部分,灯泡就是负载,开关和导线是中间环节。

二、电路图

电路图是人们为了研究和工程的需要,用约定的符号绘制的一种表示电路结构的图形。

图 1-2 (b) 即为图 1-1 (a) 实物电路的电路原理图。通过电路图可以知道实际电路的情

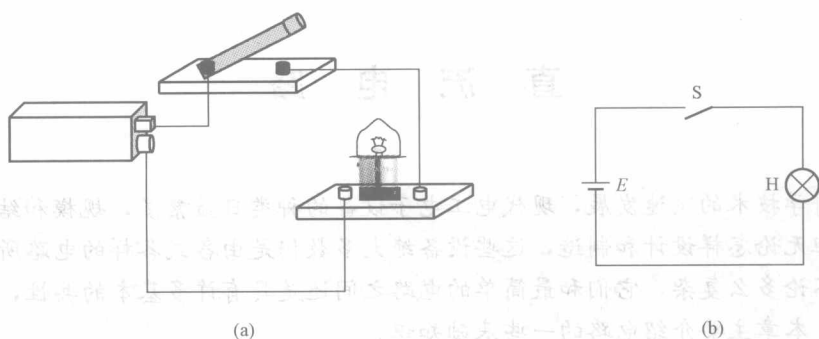


图 1-1 小灯泡电路
(a) 实物电路；(b) 原理电路图

况。这样，我们在实际设计、安装和检修各种电气设备的实际电路时，就不必把实物翻来覆去地琢磨，而只要拿着一张图纸就可以了。在设计电路时，也可以在纸上或电脑上进行，确认完善后再进行实际安装，通过调试、改进，直至成功。现在，我们更可以应用先进的计算机软件来进行电路的辅助设计，甚至进行虚拟的电路实验，大大提高了工作效率。常用的部分电工图形符号如表 1-1 所示。电路图则是用这些统一约定的符号绘制出的表示实际电路结构的图形。

表 1-1

部分电工图形符号

图形符号	文字符号	名称与说明	图形符号	文字符号	名称与说明
	E	电源			接大地
	L	带铁心的电感器			接机壳或底板
	L	电感器，线圈，绕组		FU	熔断器
	S 或 SA	开关			导线的连接
	R	电阻器			导线的不连接
	RP	电位器		PA	电流表
	C	电容器		PV	电压表
	C	极性电容器		PW	功率表

三、电流

1. 电流的形成

一切电的现象都起源于电荷的存在或电荷的运动。电荷的有规则移动即形成电流。形成电流的形式多种多样，例如，在金属导体中的电流是自由电子部分脱离原子核的束缚形成的；在

电解液中, 电流是正负离子在溶液中定向自由运动形成的; 在半导体中, 自由电子和空穴的有规则运动形成了电流。电流的形成如图 1-2 所示。

2. 电流的方向

通常规定正电荷移动的方向为电流的正方向。因此电流的正方向实际上与自由电子和负离子定向移动的方向相反。

若电流的方向保持不变, 则称此电流为直流电流, 简称直流, 用 DC 表示。其中大小不随时间变化的直流电称为稳恒直流, 如图 1-3 (a) 所示; 大小随时间变化的直流电称为脉动直流, 如图 1-3 (b) 所示。大小和方向都随时间作周期性变化的电流, 称为交变电流, 简称交流, 用 AC 表示。它的最基本的形式是正弦交流电, 如图 1-3 (c) 所示。

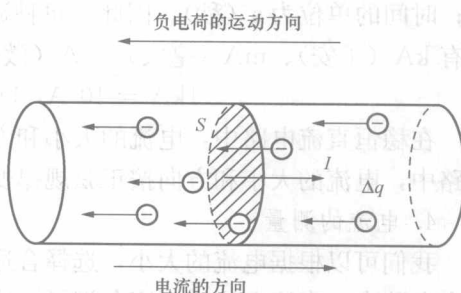


图 1-2 电流的形成

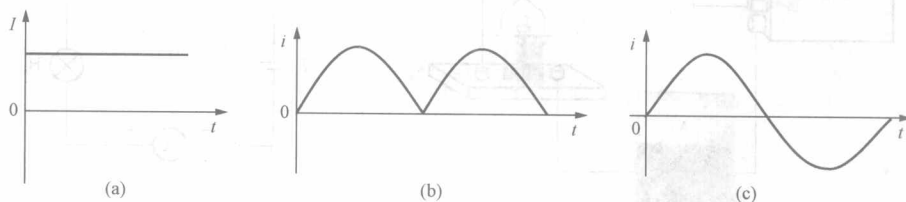


图 1-3 电流随时间变化的波形图

(a) 稳恒直流; (b) 脉动直流; (c) 正弦交流

在一些较为复杂的电路中, 有时电流的实际方向难以判断, 或者随时间不断改变。于是常采用电流的参考方向这一概念。如图 1-4 所示, 电流的参考方向可以任意选定, 并且用箭头表示。



图 1-4 电流的参考方向 and 实际方向

(a) $I > 0$; (b) $I < 0$

当参考方向与电流的实际方向一致时, 电流为正值; 当参考方向与电流的实际方向相反时, 电流为负值。这样, 在选定的参考方向下, 根据电流的正负, 就可以确定电流的实际方向。

3. 电流的大小

电流的大小是用单位时间内通过导体横截面的电荷量衡量的, 称为电流强度。若在 t 时间内通过导体横截面的电荷量是 Q , 则电流强度 I 可表示为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

电流的单位为安培, 简称安, 用符号 A 表示; 电量单位是库仑, 简称库, 用符号 C 表

示；时间的单位为 s (秒)。因此，每秒通过 1 库仑的电量称为 1A (安培)。常用的电流单位还有 kA (千安)、mA (毫安)、 μA (微安) 等。

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}, 1\text{A} = 10^3\text{mA}, 1\text{mA} = 10^3\mu\text{A}$$

在稳恒直流电路中，电流的大小和方向不随时间变化，用大写字母 I 表示；在正弦交流电路中，电流的大小和方向按正弦规律变化，用小写字母 i 表示。

4. 电流的测量

我们可以根据电流的大小，选择合适的电流表测量电路中的电流。测量时，电流表应串联在电路中，直流电流表有正负端子，应该让直流电流从电流表的正极流进、负极流出。电流表及其测量电路如图 1-5 所示。电流表的结构和使用方法参见本书第十二章。

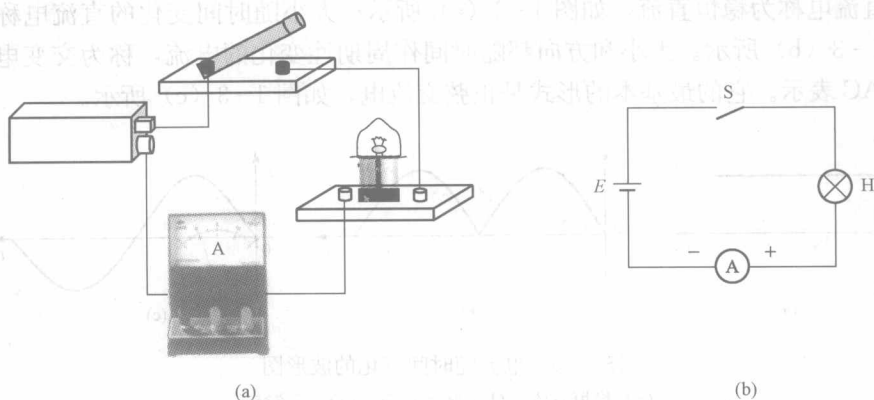


图 1-5 电流表及其测量电路

(a) 电流测量实物接线；(b) 电流测量原理电路图

四、电位、电压与电动势

1. 电位

(1) 电位的定义。电位是衡量电荷在电路中某点所具有能量的物理量，用带单注脚的 U 表示。在数值上，电路中 a 点的电位 U_a ，等于正电荷在该点所具有的能量与电荷所带电荷量的比。

电位是相对的，电路中电位的大小、极性和参考点的选择有关。参考点不同时，各点的电位值就不一样。只有选定了参考点，并规定参考点的电位为零，则某点电位才有唯一确定的数值。这就和地球上某点的高度起点选择有关。

(2) 参考点。理论上，参考点的选取是任意的。但实际应用中，由于大地的电位比较稳定，经常以大地作为电路参考点，称之为“地”，用符号“ $\perp$ ”表示。有些设备和仪器的底盘、机壳往往需要与接地极相连，这时我们也常选取与接地极相连的底盘或机壳作为电路参考点。但在某些电气系统中，如大多数电子设备，为了安全或抑制干扰等原因，系统中任一点都不能接地，为了比较系统内各电位的高低，常取机壳或多个元器件汇聚的公共点为参考点，用符号“ $\perp$ ”表示。

电路中任一点的电位，就是该点与参考点之间的电位差。比零电位点高的电位为正，比零电位点低的电位为负。

【例 1-1】 如图 1-6 所示，如果以 b 点为参考点，请指出电路中其它两点 a、c 的电位。

解 $U_a=10\text{V}$, $U_b=0\text{V}$, $U_c=-5\text{V}$

2. 电压

(1) 电压的定义。电压又称电位差，是衡量电场力做功本领大小的物理量。任意两点间的电压，在数值上等于这两点电位之差，通常用带双注脚的字母 U 表示。电压是产生电流的原因。如果图 1-6 中 a、b 两点的电位分别用 U_a 、 U_b 表示，则两点 a、b 间的电压可表示为

$$U_{ab} = U_a - U_b = 10 - 0 = 10(\text{V})$$

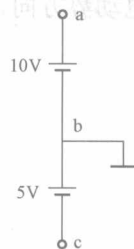


图 1-6 电位参考点

电压是绝对的量，电路中任意两点间的电压大小，仅取决于这两点电位的差值，与参考点的选择无关。

电位和电压的单位都是伏特，简称伏，用符号 V 表示。电压的单位还有 MV、kV、mV、 μV ，它们之间的换算关系为

$$1\text{MV} = 10^6\text{V}, 1\text{kV} = 10^3\text{V}, 1\text{V} = 10^3\text{mV} = 10^6\mu\text{V}$$

(2) 电压的方向。电压的方向是高电位点指向低电位点的方向，即把电位降低的方向作为电压的实际方向。

在实际分析计算时，常常对电压的实际方向难以判断，因此要先设定电压的参考方向。电压的参考方向有三种表示方法，如图 1-7 所示。从图中可以看出，参考方向与箭头的指向相同：由高电位“+”端指向低电位端“-”或由 a 指向 b。

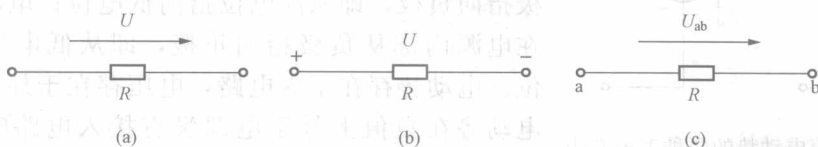


图 1-7 电压的参考方向和实际方向

(a) 箭头表示；(b) 极性符号表示；(c) 双下标表示

当参考方向与实际方向一致时， $U>0$ ；当参考方向与实际方向相反时， $U<0$ 。

(3) 电压的测量。电压可以选择合适的电压表进行测量。如果电路上的电压大小估计不出来，要先用电压表大的量程，粗略测量后再用合适的量程。这样可以防止由于电压过大而损坏电压表。实际测量时，应把电压表并联在被测电路两端，直流电压表有正负端子。电压的测量电路如图 1-8 所示。电压表的结构和使用方法参见本书第十二章。

3. 电动势

电路中因其它形式的能量转换为电能所形成的电位差，叫做电动势，用字母 E 表示，单位是 V。电动势的方向规定在电源内部负极指向电源正极，即电位升高的方向。

电路中的持续电流需要靠电源的电动势来维持，就好比水路中需要用水泵来维持连续的水流一样。电源之所以能够持续不断地向电路提供电流，也是由于电源内部存在电动势的缘故。

电动势反映了电源内部能够将非电能转换为电能的本领，代表了电场力将电源内部的正电荷从电源负极移到电源正极所做的功，是电能累积的过程。而电压则是电场力将单位正电荷从高电位移到低电位所做的功，是电能消耗的过程。通常，用从低电位指向高电位的箭头

代表电动势方向, 图 1-9 所示即为直流电动势的两种表示方法。

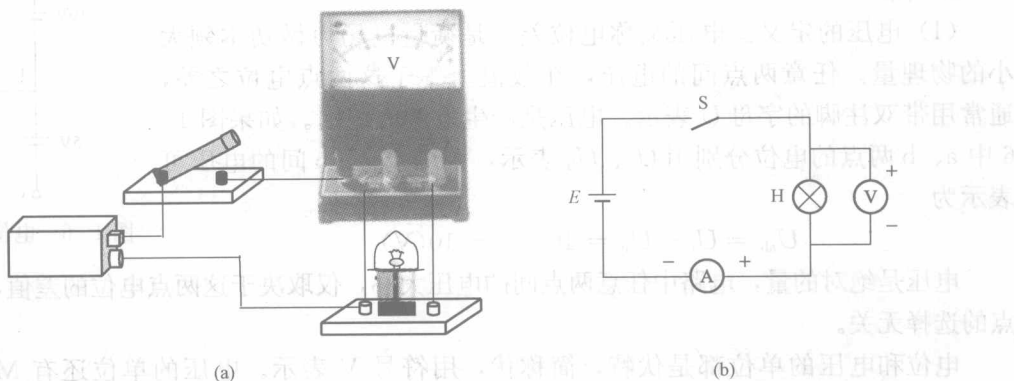


图 1-8 电压的测量电路

(a) 电压测量实物接线; (b) 电压测量原理电路图

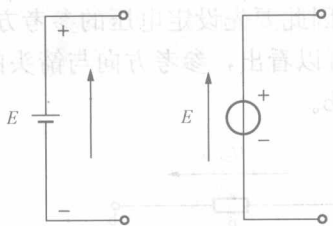


图 1-9 直流电动势的两种表示方法

电位、电压、电动势是三个既有联系, 又有区别的物理量。理解电位是理解电压、电动势的基础。电位是相对的, 它的大小和参考点选择有关; 电压是绝对的, 它的大小和参考点选择无关。电压的方向从正极指向负极, 即从高电位指向低电位; 电动势的方向在电源内部从负极指向正极, 即从低电位指向高电位。电动势存在于内电路, 电压存在于外电路。电源电动势在数值上等于电源没有接入电路时两极间的电压。

知识拓展

电路中的电动势、电压和电流文字符号的规定:

(1) 电路参数的文字符号用大写斜体字表示, 如电阻 R 。

(2) 电路变量的文字符号, 直流量用大写斜体字表示如电压 U , 瞬时量和时变量用小写斜体字母 u 表示。

单位的文字符号用国际通用的文字符号表示。单字母的单位用大写正体字母表示, 如 V、A 等; 复合字母表示的单位, 第一个字母正体大写, 以后的字母正体小写, 如 Hz、Wb 等。

第二节 电阻

一、电阻和电阻定律

导体对电流的阻碍作用就叫该导体的电阻。实际上, 电阻是一个表征导体导电性质的物理量。导体的电阻用 R 表示。

导体电阻的单位为 Ω (欧姆), 还有 $k\Omega$ (千欧), $M\Omega$ (兆欧) 等, 它们之间的换算关系为

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

导体的电阻与导体的材料、温度和几何形状有关, 而与电压和电流的大小无关。实验证明, 导体的电阻 R 跟它的长度 L 成正比, 跟它的横截面积 S 成反比, 还跟导体的材料有关系, 这个规律就叫电阻定律。其计算公式为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2)$$

式中, ρ 为制成导体材料的电阻率, 是描述材料性质的物理量, $\Omega \cdot m$ (欧姆·米); L 为长度, m ; S 为横截面积, m^2 。

电阻率 ρ 不仅和导体的材料有关, 还和导体的温度有关:

(1) 金属的电阻率随温度的升高而增大, 如一个 $220V$, $100W$ 电灯灯丝的电阻, 通电时是 484Ω , 未通电时只有 40Ω 左右。电阻温度计就是利用金属的电阻随温度变化的关系而制成的, 目前, 用于热电阻的材料主要有铂、铜、镍等纯金属, 这些材料在常温段的电阻率与温度成线性关系。

(2) 阻值随温度的升高而减小的叫负温度系数热敏电阻 (NTC), 阻值随温度的升高而增大的叫正温度系数热敏电阻 (PTC), 通常由半导体材料制成。热敏电阻除用作加热元件外, 还可用于温度的测量与控制。

二、电阻器

1. 电阻的分类

电阻器简称电阻, 是具有一定电阻值的元件, 在电路中用于稳定、调节、控制电压或电流的大小。电阻器可作为分流器、分压器和消耗电能的负载电阻使用。

电阻器可分为固定式和可变式两大类。电阻器按照导电体的结构特征分为实心电阻器、薄膜电阻器和线绕电阻器; 按电阻器的材料、结构又分为碳膜电阻器、金属氧化膜电阻器、线绕电阻器、热敏电阻器、压敏电阻器等。另外, 按照各种电阻器的特性, 还可分为高精度、高稳定、高阻、大功率、高频以及超小型等各种专用类型的电阻器。

电阻器用符号 R 表示。电阻在电路中的符号如图 1-10 所示。图 1-11 所示为常用电阻器的外形。

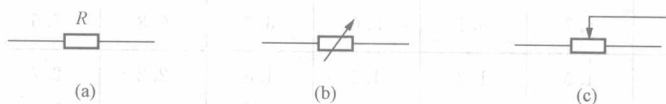


图 1-10 几种常用电阻器符号

(a) 固定电阻; (b) 可调电阻; (c) 滑动触点电位器

2. 电阻器的主要技术指标

(1) 额定功率。电阻器在电路中长时间连续工作不损坏或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率称为电阻器的额定功率。电阻器的额定功率并不是电阻器在电路中工作时一定要消耗的功率, 而是电阻器在电路工作中所允许消耗的最大功率。电阻器的额定功率应选得比计算的额定功率大, 一般为两倍以上。若要求功率较大, 应选用线

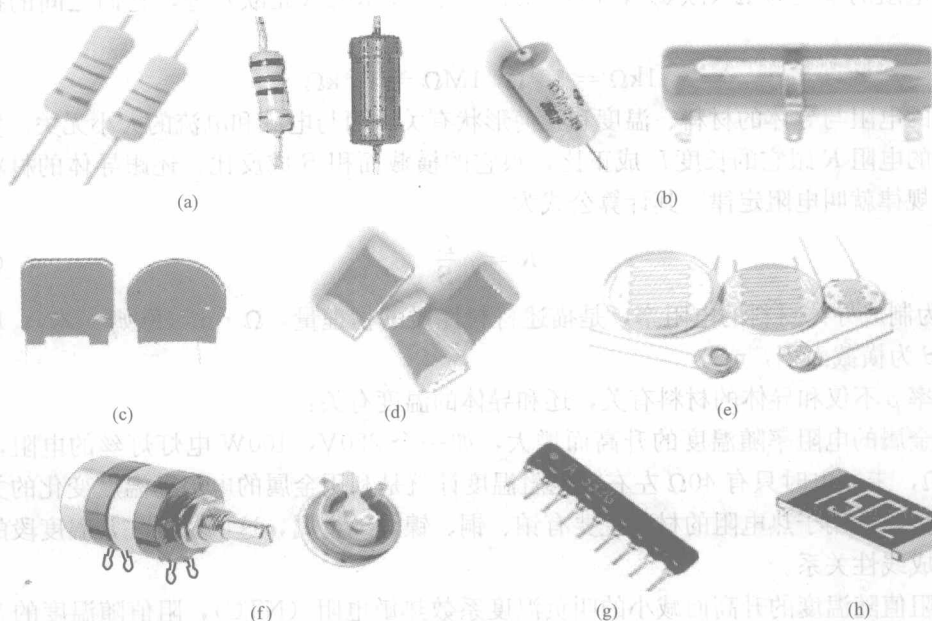


图 1-11 常用电阻器的外形

- (a) 膜电阻；(b) 线绕电阻；(c) 压敏电阻；(d) 热敏电阻；
(e) 光敏电阻；(f) 可变电阻；(g) 排电阻；(h) 贴片电阻

绕电阻器。

(2) 标称阻值。阻值是电阻的主要参数之一，不同类型的电阻，阻值范围不同，不同精度的电阻其阻值系列亦不同。根据国家标准，常用的电阻标称值系列如表 1-2 所示。E24、E12 和 E6 系列适用于电位器和电容器时，表中数值再乘以 10^n ，其中 n 为正整数或负整数。

表 1-2

电阻标称值系列

标称值系列	精度	电阻器 (Ω)、电位器 (V)、电容器标称值 (pF)							
E24	$\pm 5\%$	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
E12	$\pm 10\%$	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	—	—
		3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2	—	—
E6	$\pm 20\%$	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	8.2	—

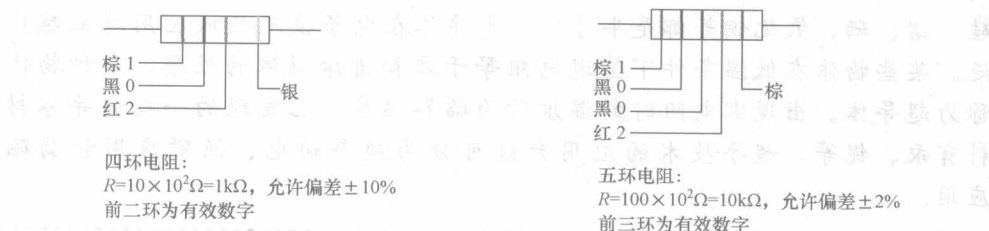
电阻值应根据电路实际需要的计算值选择表中近似的标称值系列。若有高精度要求的，则应选择精密电阻器。

3. 电阻的参数标注方法

(1) 数标法。数标法用数字直接打印在电阻上，主要用于贴片等小体积的电阻，如 472 表示 $47 \times 10^2 \Omega$ (即 $4.7 \text{ k}\Omega$)，104 则表示 $100 \text{ k}\Omega$ 。

(2) 文字符号直标法。文字符号直标法用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值、额定功率、允许误差等级等。符号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，如 1R5 表示 1.5Ω ，2K7 表示 $2.7k\Omega$ 。

(3) 色标法。色标法是将电阻器的类别及主要技术参数的数值用颜色（色环或色点）标注在它的外表面上。色标电阻（色环电阻）器用四环、五环标法。电阻器的色标位置和倍率关系为颜色、有效数字、倍率、允许偏差（%），其含义如表 1-3 所示。四色环电阻器的前两个色环表示标称值二位有效数字，第三个色环表示倍率（ 10^n ），第四个色环表示允许偏差。例如，色环为棕绿橙金，表示 $15 \times 10^3 = 15k\Omega \pm 5\%$ 的电阻器。五色环电阻器的前三个色环表示标称值（三位有效数字）。例如，色环为红紫绿黄棕，表示 $275 \times 10^4 = 2.75M\Omega \pm 2\%$ 的电阻器。



一般四色环和五色环电阻器表示允许误差的色环的特点是，该环离其它环的距离较远。较标准的表示应是表示允许偏差的色环的宽度是其它色环的 1.5~2 倍。

表 1-3 电阻器的色标位置和倍率关系

颜 色	第一位有效值	第二位有效值	倍 率	允许偏差
黑	0	0	$\times 10^0$	$\pm 1\%$
棕	1	1	$\times 10^1$	$\pm 2\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 3\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	$\pm 4\%$
黄	4	4	$\times 10^4$	—
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.2\%$
紫	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	$\times 10^8$	—
白	9	9	$\times 10^9$	$-20\% \sim +50\%$
金			$\times 10^{-1}$	5%
银			$\times 10^{-2}$	10%
无色				20%



知识拓展

各种物体对电流的通过有着不同的阻碍能力,这种不同的物体允许电流通过的能力叫做物体的导电性能。通常把电阻系数小的(电阻系数的范围约在 $0.01 \sim 1 \Omega \cdot \text{mm/m}$)、导电性能好的物体叫做导体。例如:银、铜、铝是良导体;含有杂质的水、人体、潮湿的树木、钢筋混凝土电杆、墙壁、大地等,也是导体,但不是良导体。电阻系数很大的(电阻系数的范围约为 $1 \sim 10 \Omega \cdot \text{mm/m}$)、导电性能很差的物体叫做绝缘体。例如陶瓷、云母、玻璃、橡胶、塑料、电木、纸、棉纱、树脂等物体,以及干燥的木材等都是绝缘体(也叫电介质)。绝缘体并不是绝对不导电,只不过导电性能极差,当所加电压高到一定程度的时候,绝缘材料就会被击穿,形成导电通路,绝缘损坏,发生电气事故。导电性能介于导体和绝缘体之间的物体叫做半导体。例如硅、锗、硒、氧化铜等都是半导体。半导体在电子技术领域应用越来越广泛。某些物体在低温条件下呈现电阻等于零和排斥磁体的性质,这种物体称为超导体。出现零电阻时的温度称为临界温度。已发现的一些超导体材料有汞、铌等。超导技术的应用大致可分为超导输电、强磁应用和弱磁应用。

第三节 欧姆定律

一、部分电路欧姆定律

图1-12所示为只含负载不包含电源的一段电路(虚框内)中,导体中的电流与导体两端的电压成正比,与该导体的电阻成反比,这就是欧姆定律。

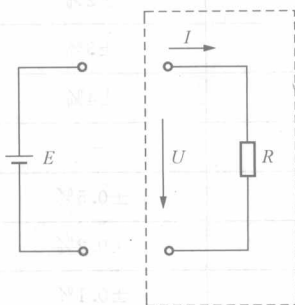


图1-12 部分电路

基本公式是

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-3)$$

或

$$U = IR$$

【例1-2】在某段电路中,电压是一定的,当接上 20Ω 的电阻时,电路中产生的电流是 1.5 A ;若用 100Ω 电阻代替 20Ω 电阻,电路中的电流是多少?

解 电路中电阻为 20Ω 时,由欧姆定律得

$$U = IR = 1.5 \times 20 = 30 (\text{V})$$

用 100Ω 电阻代替 20Ω 电阻时,电路中电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{30}{100} = 0.3 (\text{A})$$

二、全电路欧姆定律

图1-13所示为含有电源的闭合电路,称为全电路。虚线框中的电路是电源内部电路, E 为电源电动势; r 为电源内部的等效电阻,称内电阻。电源以外的电路为外电路, R 是外