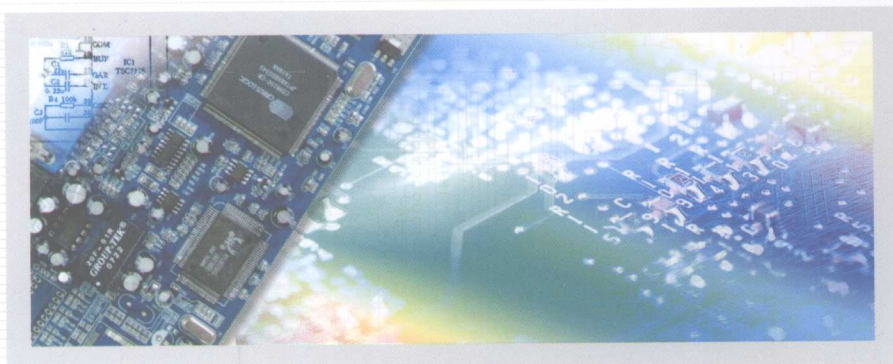


◀ 机电类专业“十一五”规划教材 ▶

电工与电子技术基础

主编 张念军 主审 杨黎明



国防工业出版社

National Defense Industry Press

机电类专业“十一五”规划教材

电工与电子技术基础

主编 张念军

副主编 张胜波 王先佑 余向阳

主审 杨黎明

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书由电工技术基础、电工仪表与测量、低压电器与电动控制、电子技术基础、机床电路与 PLC 五部分组成。全书共分 15 章,包括电路的基本知识、直流电路、常用电工元件、常用电工仪表、磁路与变压器、正弦交流电路、三相交流电路、电动机、低压电器与安全用电、三相异步电动机常用控制电路、直流稳压电源电路、放大电路、数字电路基础知识、机床电路、PLC 简介等。本书内容全面,体系完整,注重理论基础,更注重实训操作。

本书是中等职业教育应用型特色教材,特别适合中等职业学校机电类专业教材,也可以作为技工学校和相关行业岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础/张念军主编. —北京:国防工业出版社,2009.4
机电类专业“十一五”规划教材
ISBN 978-7-118-06191-8

I. 电... II. 张... III. ①电工技术—高等学校—教材②电子技术—高等学校—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 014636 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17¼ 字数 391 千字

2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

本书根据教育部颁发的《中等职业学校机电类专业教学大纲》、《电工电子技术基础教学计划》,并参考了有关职业技能鉴定规范和企业对机电类毕业生最新要求而编写的。在编写时遵循以下指导思想:

1. 根据课程教学任务、目的和要求,遵循必需、够用的原则精选教材内容,同时兼顾适当介绍本学科的新理论和新技术;
2. 论述简洁,图文并茂;
3. 重视阐明概念,减少数理论证;
4. 理论联系实际,讲练紧密结合,强化实际训练。

本书不仅可以作为中等职业学校、技工学校机电类专业教材,还可以作为相关行业岗位培训教材。既能满足学生就业必备理论知识和技能的要求,又能满足学生对口升学的备考要求。可根据实际需要选用。

本书由张念军任主编,张胜波、王先佑、余向阳任副主编,杨黎明教授负责主审。王先佑编写第1、2、3、6、7章,张胜波编写第4、5、9、10、11、12章,余向阳编写第8、13、14、15章,张念军负责全书组稿和审阅。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在错误与不当之处,热忱欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 电路的基本知识	1
1.1 电路基本概念	1
1.1.1 电路和电路模型	1
1.1.2 电流	2
1.1.3 电压和电位	3
1.1.4 电源和电动势	4
1.2 电阻及欧姆定律	5
1.2.1 电阻	5
1.2.2 欧姆定律	6
1.3 电能和电功率	8
1.3.1 电能	8
1.3.2 电功率	8
1.4 负载获得最大功率的条件	9
思考与习题	10
第2章 直流电路	12
2.1 电阻的连接	12
2.1.1 电阻的串联电路	12
2.1.2 电阻的并联电路	13
2.1.3 电阻的混联电路	15
2.2 电池的连接	16
2.2.1 电池的串联电路	16
2.2.2 电池的并联电路	17
2.2.3 电池的混联电路	17
2.3 基尔霍夫定律	18
2.3.1 基尔霍夫第一定律	18
2.3.2 基尔霍夫第二定律	20
2.3.3 基尔霍夫定律的应用	20
2.4 电压源与电流源及其等效变换	21
2.4.1 电压源	21
2.4.2 电流源	22
2.4.3 电压源与电流源的等效变换	22

2.5 戴维宁定理·····	24
实训 基尔霍夫定律的验证 ·····	25
思考与习题 ·····	26
第3章 常用电工元件 ·····	30
3.1 电阻器·····	30
3.2 电容器·····	33
3.3 电感器·····	38
3.4 晶体管·····	39
3.4.1 晶体二极管 ·····	40
3.4.2 晶体三极管 ·····	42
3.4.3 晶闸管 ·····	45
实训1 电阻的认识和测量 ·····	47
实训2 电容器的认识与检测 ·····	48
实训3 晶体二极管、晶体三极管的认识与测量 ·····	50
思考与习题 ·····	52
第4章 常用电工仪表 ·····	54
4.1 电流表·····	54
4.2 电压表·····	56
4.3 万用表·····	57
4.3.1 指针式万用表 ·····	57
4.3.2 数字万用表 ·····	60
4.4 钳形电流表·····	62
4.5 兆欧表·····	63
实训1 伏安法测电阻 ·····	65
实训2 用万用表测量电阻 ·····	66
思考与习题 ·····	68
第5章 磁路与变压器 ·····	69
5.1 磁场·····	69
5.2 磁路欧姆定律·····	72
5.3 变压器·····	73
5.3.1 变压器的基本构造 ·····	73
5.3.2 单相变压器的工作原理 ·····	75
5.3.3 变压器的外特性及效率 ·····	77
5.3.4 特殊变压器 ·····	80
实训 单相变压器实验 ·····	81
思考与习题 ·····	82

第6章 正弦交流电路	85
6.1 正弦交流电的基本概念	85
6.1.1 正弦交流电的产生	85
6.1.2 表征正弦交流电的物理量	85
6.1.3 正弦交流电的表示法	87
6.2 单一参数的交流电路	89
6.2.1 纯电阻电路	89
6.2.2 纯电感电路	91
6.2.3 纯电容电路	93
6.3 串联交流电路	96
6.3.1 RL 串联电路	96
6.3.2 RC 串联电路	99
6.3.3 RLC 串联电路	102
6.4 串联谐振电路	104
6.5 功率因数及提高功率因数的意义	105
思考与习题	107
第7章 三相交流电路	109
7.1 三相交流电源	109
7.1.1 三相交流电的基本知识	109
7.1.2 三相交流电源的连接	110
7.2 三相负载	112
7.2.1 三相负载的连接	112
7.2.2 三相交流电路的功率	115
实训 三相负载的星形与三角形连接	116
思考与习题	118
第8章 电动机	121
8.1 三相异步电动机	121
8.1.1 三相异步电动机的结构	121
8.1.2 三相异步电动机的转动原理	122
8.1.3 三相异步电动机的机械特性	125
8.1.4 三相异步电动机的铭牌	126
8.1.5 三相异步电动机的启动、反转和制动	127
8.2 单相异步电动机	129
8.2.1 脉动磁场	129
8.2.2 单相异步电动机的类型	130
8.3 直流电动机	131

8.3.1	直流电动机的构造	131
8.3.2	直流电动机的类型	132
8.3.3	直流电机的基本工作原理	132
8.3.4	直流电动机的运行与控制	133
	思考与习题	134
第9章	低压电器与安全用电	136
9.1	低压开关	136
9.1.1	刀开关	136
9.1.2	自动空气开关	138
9.2	主令电器	139
9.2.1	按钮开关	140
9.2.2	行程开关	141
9.3	低压熔断器	142
9.4	接触器	144
9.5	常用继电器	146
9.5.1	热继电器	146
9.5.2	中间继电器	147
9.5.3	时间继电器	148
9.6	安全用电	149
9.6.1	触电的基本知识	149
9.6.2	触电急救	151
9.6.3	电气设备安全运行知识	153
	思考与习题	155
第10章	三相异步电动机常用控制电路	157
10.1	三相异步电动机正转控制	157
10.1.1	刀开关控制电路	157
10.1.2	点动控制	158
10.1.3	具有自锁功能的单向运转控制电路	158
10.1.4	点动和长动结合的控制	159
10.2	三相异步电动机正、反转控制	160
10.2.1	接触器正、反转控制电路	160
10.2.2	接触器互锁的正、反转控制电路	161
10.2.3	按钮作互锁的可逆控制电路	162
10.2.4	按钮互锁和接触器复合互锁的正、反转控制电路	163
10.3	电动机降压启动控制电路	163
10.3.1	接触器自动控制的Y- Δ 降压启动电路	164
10.3.2	时间继电器控制的Y- Δ 降压启动电路	165
	实训1 三相异步电动机接触器点动控制电路	166

实训 2 三相异步电动机正转控制电路	167
实训 3 三相异步电动机点动、连续运行控制	168
实训 4 三相异步电动机正、反转控制	169
实训 5 双重互锁的三相异步电动机正、反转控制电路	171
实训 6 三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制	172
思考与习题	173
第 11 章 直流稳压电源电路	175
11.1 单相整流与滤波电路	176
11.1.1 单相半波整流电路	176
11.1.2 单相桥式整流电路	178
11.2 滤波电路	180
11.3 稳压电路	182
11.3.1 硅稳压管稳压电路	183
11.3.2 串联型晶体管稳压电路	184
11.3.3 集成稳压电源	185
11.4 晶闸管单相可控整流电路	186
实训 单相整流、滤波和稳压电路	188
思考与习题	189
第 12 章 放大电路	192
12.1 基本放大电路	192
12.1.1 共发射极基本放大器	193
12.1.2 共发射极分压式偏置放大器	196
12.1.3 共集电极放大器	198
12.1.4 多级放大器	199
12.2 反馈电路	201
12.3 集成运算放大器	204
12.3.1 集成运算放大器的基本知识	204
12.3.2 基本运算电路	205
12.4 功率放大器	207
实训 单管电压放大电路的调试与测量	210
思考与习题	211
第 13 章 数字电路基础知识	214
13.1 数制及编码	214
13.1.1 数制	214
13.1.2 数制转换	214
13.1.3 编码	215

13.2 基本逻辑门	216
13.2.1 与门	216
13.2.2 或门	217
13.2.3 非门	218
13.2.4 与非门	219
13.2.5 或非门	219
13.2.6 与或非门	220
13.2.7 异或门	220
13.3 组合逻辑电路	220
13.3.1 组合逻辑电路的分析	220
13.3.2 组合逻辑电路的设计	221
13.3.3 常用的组合逻辑	222
13.4 触发器	224
13.4.1 RS 触发器	224
13.4.2 JK 触发器	225
13.4.3 T 触发器	226
13.4.4 D 触发器	226
13.5 时序逻辑电路	227
13.5.1 寄存器	228
13.5.2 计数器	229
13.6 555 定时器	232
实训 1 集成逻辑门电路逻辑功能的测试	235
实训 2 组合逻辑电路的设计与测试	236
实训 3 触发器	237
实训 4 555 时基电路	239
思考与习题	240
第 14 章 机床电路	241
14.1 CA6140 型车床电气控制电路	241
14.1.1 主要结构及运动形式	241
14.1.2 CA6140 型车床电气控制	242
14.2 Z35 型摇臂钻床电气控制电路	243
14.2.1 主要结构及运动形式	243
14.2.2 电气控制电路	244
实训 1 CA6140 型车床电气控制检修实训	246
实训 2 Z35 型摇臂钻床电气控制检修实训	246
思考与习题	247
第 15 章 PLC 简介	248
15.1 PLC 概述	248

15.2 PLC 组成及工作原理	249
15.2.1 PLC 的组成	249
15.2.2 PLC 的分类	250
15.2.3 PLC 的工作原理	251
15.3 PLC 的性能指标	251
15.4 编程语言	252
15.5 三菱 FX 系列 PLC 简介	254
15.5.1 编程器件	254
15.5.2 基本逻辑指令	256
15.5.3 编程实例	259
实训 十字路口交通信号灯自动控制	261
思考与习题	262
参考文献	264

第1章 电路的基本知识

学习目标

1. 理解电路、电路模型及各部分的作用。
2. 掌握电流、电压、电位、电动势等基本物理量。
3. 掌握欧姆定律及其应用。
4. 理解电能和电功率的意义,理解负载及负载获得最大功率的条件。

电路在我们的生产和生活中广泛存在,如供电电路与电动机构成电力电路,与照明电器构成照明电路;在电视机、收音机内部都有一个十分复杂的电路等。电路的存在十分普遍,实际电路的种类很多,就其功能大致可分为强电电路(供电电路)和弱电电路。电子电路按电流和电压的种类可分为直流电路和交流电路;按供电的相数来分可分为单相电路和三相电路等。电路的功能是实现电能的转换和分配,信号的传输和处理。

本章主要介绍电路的组成及各部分的作用,电路的基本物理量和基本定律。

1.1 电路基本概念

1.1.1 电路和电路模型

1. 电路

电路是由一些实际元器件按一定方式连接起来的电流的通路。如手电筒电路由电池、灯泡、开关和导线等组成一个闭合的电流的通路,如图1-1所示。当打开电视机观看节目时,供电电路和电视机内部的电路就构成了一个闭合电流的通路。读者还可以举出很多有关电路的例子。

电路一般由电源、负载和中间环节三部分组成,如图1-2所示。电源是电路中的供电设备,它将其其他形式的能转换为电能,如发电机、干电池、蓄电池、太阳能电池等。负载是用电设备的总称,它将电能转换为其他形式的能,如电动机、电灯、扬声器、电炉等。中间环节是介于电源和负载之间的控制设备、保护设备和导线等,如开关、熔断器、接触器、继电器、电表等。

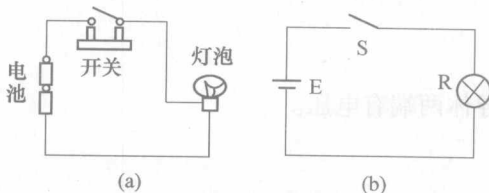


图1-1 手电筒电路

(a) 手电筒电路示意图; (b) 手电筒电路模型。

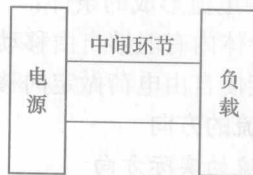


图1-2 电路的组成

2. 电路模型

电路模型是由理想元器件与理想导线的符号构成的电路。在实际电路中使用的元器件较为复杂,为便于对电路进行分析和计算,我们对实际元器件进行科学的抽象与概括,成为电路的理想元件,从而获得具有普遍意义的电路规律。如电阻、电感、电容、导线、电源、电表等,通常电路模型中的导线电阻忽略不计,电流表内阻为零,电压表内阻为无穷大等,并根据国家标准用相应的符号表示。图 1-1(b)为手电筒电路的电路模型,图中 E 表示电源, R 表示灯泡, S 表示开关。

3. 电路的状态

电路通常有通路、开路、短路三种工作状态,如图 1-3 所示。

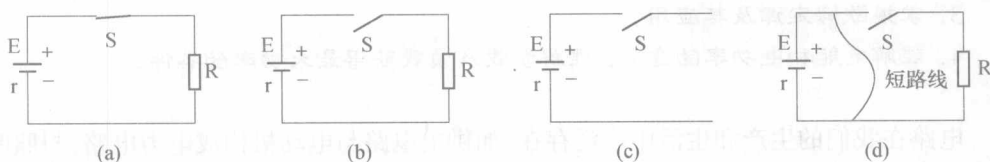


图 1-3 电路的状态

(a) 通路状态; (b)、(c) 开路状态; (d) 短路状态。

(1) 通路状态,也称工作状态或带负载状态或闭路状态。如图 1-3(a)所示,电路中开关闭合,电源与负载连成闭合回路,电路中有电流流过。

(2) 开路状态,也称断路状态。如图 1-3(b)、(c)所示,电路开关断开或电路某处断开,电路中没有电流流过。

(3) 短路状态,即电路中的电源或电路的某部分被导体短接,如图 1-3(d)所示。电源被短路时,电源中的电流很大,负载中没有电流通过,有可能烧坏电源或引发事故,这种现象是不允许出现的。电路中部分电路短路时,被短路的部分电路中没有电流通过,电路的总电流增大,可能损坏部分元件。

1.1.2 电流

1. 定义

电荷的定向移动形成电流。金属导体中的自由电子在不停地做无规则的自由运动,当加上外电场时,这些自由电子在电场力的作用下做定向移动,就形成了电流。电解液中的正、负离子也是自由移动的,当加上外电场时,正、负离子向相反方向做定向移动,形成电流。阴极射线管中的电子在电场力作用下做定向移动,形成电子流,即形成了电流。

导体中电流形成的条件:

- (1) 导体内有能够自由移动的电荷。
- (2) 能使自由电荷做定向移动的电场,即导体两端有电压。

2. 电流的方向

1) 电流的实际方向

习惯上规定正电荷定向移动的方向为电流的实际方向,正电荷由电源正极出发经外电路回到电源的负极,在电源内部由负极流向正极。

2) 电流的参考方向

电路中电流的实际方向有时不易判断,可先任意假定电流的方向,这个假定的电流方向叫做电流的参考方向。计算结果电流为正时表示电流的参考方向与实际方向相同;反之为负,如图 1-4 所示。

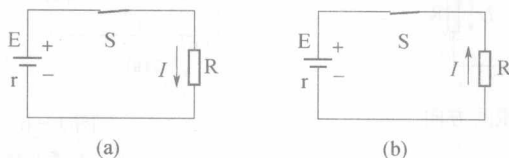


图 1-4 电流的方向

(a) 参考方向与实际方向相同; (b) 参考方向与实际方向相反。

3. 电流强度

电流是衡量电流大小的物理量,即流过导体横截面的电荷量 q 与通电时间 t 的比值,即

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

式中 q ——流过导体横截面的电荷量(C);

t ——通电时间(s);

I ——电流(A)。

4. 电流的单位

在国际单位制中,电流的单位为 A(安培),简称安。实用单位有 kA(千安)、mA(毫安)、 μ A(微安),其关系为

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}, 1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

1.1.3 电压和电位

1. 电压

1) 电压的定义

电场力在任意两点 A、B 间移动电荷所做的功与被移送的电荷量的比值叫 A、B 两点间的电压,即

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} \quad (1-2)$$

式中 q ——由 A 点移到 B 点的电荷量(C);

W_{AB} ——电场力所做的功(J);

U_{AB} ——A、B 两点间的电压(V)。

2) 电压的方向

(1) 电压的实际方向规定为电场力移动正电荷的方向,即由高电位指向低电位的方向。电压的方向在电路中可用箭头表示,如图 1-5 所示。

(2) 电压的参考方向。在计算电路之前各元件上的电压实际方向往往不容易判断,

可事先假定一个电压的方向,这个假定的方向就是电压的参考方向。当电压的参考方向与实际方向相同时,电压为正;反之为负,如图 1-6 所示。

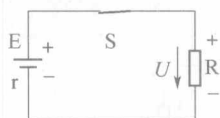


图 1-5 电压的方向

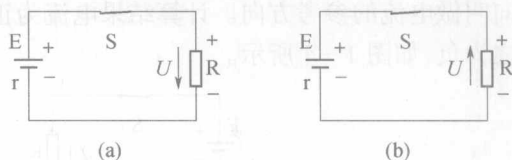


图 1-6 电压的方向

(a) 参考方向与实际方向相同;

(b) 参考方向与实际方向相反。

3) 电压的单位

在国际单位制中,电压的单位为 V(伏),实用单位有 kV(千伏)、mV(毫伏)、 μ V(微伏),其关系为

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

2. 电位

1) 参考点

电路或电场中假定为零电位的点叫做参考点。通常选大地作为参考点,在电子电路中常把公共端作为参考点,实际上,在电路的计算中可以任选一点作为参考点。

2) 电位的定义

电场力把正电荷从某点移送到参考点所做的功与被移送的电荷量的比值叫做这点的电位,即

$$V = \frac{W}{q} \quad (1-3)$$

式中 W ——电场力做的功(J);

q ——电荷量(C);

V ——某点的电位(V)。

某点的电位在数值上等于这点与参考点之间的电压。某点的电位比参考点电位高时,这点的电位为正;比参考点电位低时,电位为负。电位是相对的,当参考点变化时,电路中各点的电位也随之变化。电位是标量,只有大小,没有方向。而两点间的电压是这两点的电位之差,是不随参考点的变化而变化的。

1.1.4 电源和电动势

1. 电源

电源有交流电源和直流电源等。在电源内部,非电场力使电荷逆着电场力的方向做定向移动使电源两极间产生电压,这种非电场力称为电源力。电源力移动电荷时要克服电场力做功,将其他形式的能转换为电能。如蓄电池和干电池将化学能转换为电能,发电机将机械能转换为电能,太阳能电池将太阳能转换为电能等。

2. 电动势

不同电源将其他形式的能转换为电能的本领也不相同,即电场力移动一定量电荷时

做的功越多,电源将其他形式的能转换为电能的本领就越大。为衡量电源转换电能的本领大小,引入电动势这个概念。电动势是电源力将正电荷从电源的负极移至正极时所做的功与被移送的电荷量的比值,即

$$E = \frac{W}{q} \quad (1-4)$$

式中 W ——电场力做的功(J);

q ——电荷量(C);

E ——电动势(V)。

电动势的方向在电源内部由负极指向正极,如图 1-7 所示。当电动势为正时表示电源向电路供电,起电源作用;当电动势为负时表示电源吸收电路的能量,起负载作用。

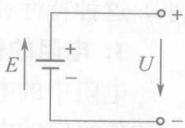


图 1-7 电动势的方向

1.2 电阻及欧姆定律

1.2.1 电阻

物体对电流的阻碍作用叫做电阻。物体的电阻越大,表示其导电能力越差。自然界中的各种物质,按其导电性能来分,可分为导体、绝缘体、半导体三大类。导电性能良好的物体称为导体,在导体中存在着大量的自由电荷,如金属导体银、铜、铝等。导电性能很差的物体称为绝缘体,绝缘体中几乎没有自由电荷,如橡皮、干木头、塑料等。导电性能介于导体和绝缘体之间的物体称为半导体,在半导体中自由电荷数量较少,如硅、锗等。

1. 电阻定律

实验证明,在一定的温度下,截面均匀的导体的电阻与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,与导体的材料有关,这一规律称为电阻定律,其数学式为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-5)$$

式中 ρ ——导体的电阻率($\Omega \cdot m$),它与导体材料的性质和所处的条件(如温度等)有关,与导体的几何尺寸无关;

L ——导体的长度(m);

S ——导体的横截面积(m^2);

R ——导体的电阻(Ω)。

几种常用材料的电阻率见表 1-1。

表 1-1 常用材料的电阻率

用途	材料名称	电阻率 $\rho / (\Omega \cdot m)$
导电材料	银	1.65×10^{-8}
	铜	1.75×10^{-8}
电阻材料	钨	5.3×10^{-8}
	康铜	5.0×10^{-7}
	碳	1.0×10^{-6}

2. 导体的电阻与温度的关系

几乎所有导体的电阻都随温度的变化而变化。通常情况下,金属导体的电阻随温度的升高而增大,当导体的温度变化不大时,电阻变化很小,一般可忽略。当导体的温度变化很大时,电阻的变化也显著,如白炽灯内的钨丝,在灯泡点亮的前后电阻变化明显。半导体的电阻随温度的升高而减小。也有一些材料如碳、石墨、电解液在温度升高时电阻减小。这种特性在一些电气设备中起到温度补偿作用。

3. 电阻的伏安特性

电阻中的电流与其两端的电压的关系曲线称为电阻的伏安特性曲线。其电压与电流的比值恒定的电阻称为线性电阻,线性电阻的阻值由电阻本身的特性决定,与电流和电压无关。图 1-8 为线性电阻的伏安特性曲线。电压与电流的比值为不恒定值时的电阻称为非线性电阻。图 1-9 为非线性电阻的伏安特性曲线。

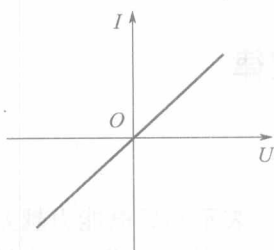


图 1-8 线性电阻的伏安特性曲线

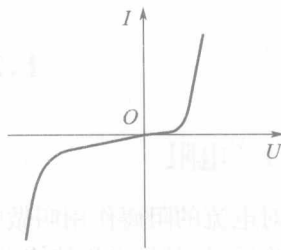


图 1-9 非线性电阻的伏安特性曲线

例 1: 电炉丝是长为 2m、直径为 0.5mm 的镍铬丝,求其电阻值。

解: 查表得镍铬丝的电阻率 $\rho = 1.1 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{m})$

电阻丝的横截面积为

$$S = 3.14 \times 0.25^2 \approx 2 \times 10^{-7} (\text{m}^2)$$

则

$$R = \rho \frac{L}{S} = 1.1 \times 10^{-6} \times \frac{2}{2 \times 10^{-7}} = 11 (\Omega)$$

1.2.2 欧姆定律

欧姆定律是分析电路的基本定律之一,它分为部分电路欧姆定律和全电路欧姆定律。

1. 部分电路欧姆定律

1826 年,德国物理学家欧姆通过实验总结出:电阻中的电流与加在电阻两端的电压成正比,与电阻值成反比,这一结论称为部分电路欧姆定律,简称为欧姆定律,即

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-6)$$

式中 I ——电路中的电流(A);

U ——部分电路两端的电压(V);

R ——部分电路中的电阻(Ω)。

2. 全电路欧姆定律

实际电路是由电源和负载组成的闭合电路,把它叫做全电路或闭合电路,如图 1-10