



中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 电工与电子技术

主 编 程 周

01  
3  
122



高等教育出版社



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY & ELECTRIC PRESS

# 电工与电子技术

— — —



中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 电工与电子技术

主 编 程 周  
责任主审 刘蕴陶  
审 稿 李守成 谭维康



高等教育出版社

## 内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材。

主要内容有:直流电路、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路、变压器、电动机、低压电器与控制电路、供电及安全用电、常用半导体元件、整流及稳压电路、放大电路和集成运算放大器、数字电路(数字电路的基本知识、组合逻辑电路、时序逻辑电路)等。

本书采用模块式加套筒式编写方式,可供中等职业学校4年制及部分3年制工科、管理类专业使用,也可作为岗位培训用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/程周主编. —北京:高等教育出版社,  
2001.7(2006重印)

ISBN 7-04-009525-4

I. 电… II. 程… III. ①电工技术②电子技术  
IV. ①TM②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第01303号

电工与电子技术  
程周 主编

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京人卫印刷厂		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787×1092 1/16	版 次	2001年7月第1版
印 张	15	印 次	2006年9月第15次印刷
字 数	350 000	定 价	15.00元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 9525-00

## 中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1 号)的精神,教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从 2001 年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年五月

# 前 言

本书根据2000年8月教育部颁发的中等职业学校非电类相关专业3、4年制通用(少学时)电工与电子技术教学大纲编写。本书主编作为教育部文指委委员、全国中专电工学与工业电子学课程组成员,参加了该教学大纲的全部起草、审定工作,在这个过程中,感到原有教材与新教学大纲均存在一定差距。为了及时出台与新教学大纲配套的教材,在编制教学大纲的同时,编者即着手考虑教材的编写工作,编写时还参考了有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准。本教材现被列为中等职业教育国家规划教材。

本书配有实验与实训指导书,总教学时数为70~100学时,本书打\*号的部分是供选用的内容,对应教学大纲中的选用模块,其余内容是教学大纲所要求必修的基础模块。

本书基础模块教学时数为70学时,建议学时方案见表1。

表1 70学时建议方案

序号	内 容		学 时 数			
			合计	讲授	实验与实训	机动
一	电路基础	直流电路	6	4	2	
		交流电路	11	7	4	
二	电工技术	变压器	3	3		
		电动机	4	4		
		常用低压电器与控制电路	8	6	2	
		供电及安全用电	2	2		
三	模拟电子技术	常用半导体元件	6	4	2	
		整流及稳压电路	4	4		
		放大电路及运算放大器	8	6	2	
四	数字电子技术	数字电路基本知识	4	2	2	
		组合逻辑电路	4	4		
		时序逻辑电路	8	6	2	
机 动			2			2
总 计			70	52	16	2

本书基础模块加选学模块教学时数为 100 学时,建议学时方案见表 2。

表 2 100 学时建议方案

序号	内 容		学 时 数			
			合计	讲授	实验与 实训	机动
一	电路基础	直流电路	10	8	2	
		交流电路	15	11	4	
二	电工技术	变压器	5	3	2	
		电动机	8	6	2	
		常用低压电器与控制电路	12	10	2	
		供电及安全用电	2	2		
三	模拟电子技术	常用半导体元件	6	4	2	
		整流及稳压电路	6	4	2	
		放大电路及运算放大器	14	10	4	
四	数字电子技术	数字电路基本知识	6	4	2	
		组合逻辑电路	4	4		
		时序逻辑电路	8	6	2	
机 动			4			4
总 计			100	72	24	4

本书由安徽省轻工业学校程周主编,河北省化工学校董力、安徽省轻工业学校徐国富参编,重庆机器制造学校饶庆和参加了本书第 10、11 章第一稿的编写及编写大纲的研讨。具体编写分工为:程周编写第 1、2、3、6、8、9 章,董力编写第 4、5、7 章,徐国富编写第 10、11 章,全书由程周统稿,并编写各章小结及习题。

本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定,由北京理工大学刘蕴陶教授任责任主审,北方交通大学谭维康教授、李守成教授审稿,高等教育出版社另聘请吉林化工学校姜敏夫高级讲师审阅了全稿。武汉水运工业学校张友汉、株洲铁路电机学校赵承荻、苏州高级工业学校周绍敏、抚顺煤炭工业学校佟俊澄、上海机电工业学校孙正铨、高等教育出版社楼史进、胡淑华等也对本书提出了许多宝贵的修改意见,编者在此表示衷心的感谢。本书还得到了安徽省轻工业学校领导的关心和支持,以及该校机电专业科孙忠献老师的帮助,编者也向他们表示衷心的感谢。

由于编者学识和水平有限,书中难免存在缺点和疏漏,恳请使用本书的广大读者批评指正。

编者

2000 年 10 月

# 目 录

<b>第 1 章 直流电路</b> .....	1	本章小结 .....	59
1.1 电路的基本结构 .....	1	习题 .....	62
1.2 电路的主要物理量 .....	2	<b>第 3 章 三相交流电路</b> .....	66
1.3 欧姆定律 .....	7	3.1 三相交流电源 .....	66
1.4 电阻元件 .....	8	3.2 三相负载的连接 .....	68
1.5 电路的状态及电源外特性 .....	11	3.3 三相电功率 .....	71
1.6 负载的连接 .....	13	本章小结 .....	73
1.7 电气设备额定值 .....	15	习题 .....	73
1.8 电路中各点电位的计算 .....	16	<b>第 4 章 变压器</b> .....	77
1.9 基尔霍夫定律 .....	17	4.1 磁路的基本知识 .....	77
1.10 支路电流法 .....	18	4.2 交流铁心线圈 .....	80
* 1.11 电路模型的概念及电流源、 电压源 .....	19	4.3 变压器 .....	80
* 1.12 戴维宁定理 .....	22	* 4.4 三相电力变压器 .....	83
* 1.13 叠加定理 .....	24	4.5 自耦变压器 .....	83
本章小结 .....	25	* 4.6 互感器 .....	84
习题 .....	26	* 4.7 电焊变压器 .....	85
<b>第 2 章 单相交流电路</b> .....	30	本章小结 .....	86
2.1 交流电的基本知识 .....	30	习题 .....	86
2.2 正弦交流电的表示法 .....	33	<b>第 5 章 电动机</b> .....	88
2.3 正弦交流电的相加和相减 .....	35	5.1 三相异步电动机的基本结构与 旋转磁场 .....	88
2.4 纯电阻电路 .....	38	5.2 三相异步电动机的转动原理及 转差率 .....	91
2.5 纯电感电路 .....	39	5.3 三相异步电动机的运行特性 .....	92
2.6 纯电容电路 .....	42	* 5.4 三相异步电动机的铭牌 .....	94
2.7 电阻与电感串联电路 .....	44	5.5 三相异步电动机的起动 .....	95
* 2.8 电阻、电感和电容串联电路及 谐振 .....	47	5.6 三相异步电动机的调速 .....	96
* 2.9 电感线圈与电容并联电路 .....	52	5.7 单相异步电动机 .....	97
2.10 电路的功率因数 .....	55	* 5.8 同步电动机 .....	98
* 2.11 电阻、电感和电容并联电路及 谐振 .....	57	* 5.9 直流电动机 .....	100
		* 5.10 控制电机 .....	102



本章小结 .....	103	9.3 晶闸管单相可控整流电路 .....	158
习题 .....	104	9.4 稳压电路 .....	159
<b>第 6 章 常用低压电器与控制电路</b> .....	107	9.5 交流调压电路 .....	162
6.1 常用低压电器 .....	107	本章小结 .....	163
6.2 三相异步电动机的正、反转控制 电路 .....	113	习题 .....	163
6.3 三相异步电动机降压起动电路 ..	116	<b>第 10 章 放大电路和集成运算放大器</b> .....	165
* 6.4 行程开关和限位控制电路 .....	117	10.1 共发射极单管放大电路 .....	165
* 6.5 时间继电器和延时控制电路 .....	119	10.2 多级放大电路 .....	171
* 6.6 单相电动机的控制 .....	121	* 10.3 场效应晶体管及放大电路 .....	172
* 6.7 可编程序控制器及其应用基础 ..	125	10.4 射极输出器 .....	175
本章小结 .....	127	10.5 功率放大器 .....	176
习题 .....	128	* 10.6 差分放大器 .....	178
<b>第 7 章 供电及安全用电</b> .....	131	10.7 运算放大器 .....	179
7.1 供电系统及供电质量的概念 .....	131	10.8 放大电路中的负反馈 .....	183
7.2 安全用电常识 .....	133	* 10.9 正弦波振荡器 .....	187
7.3 电气火灾的防范及扑救常识 .....	136	* 10.10 可控整流的触发电路 .....	191
* 7.4 计划用电与节约用电 .....	136	本章小结 .....	194
* 7.5 常用电光源 .....	137	习题 .....	195
本章小结 .....	140	<b>第 11 章 数字电路</b> .....	199
习题 .....	140	11.1 数字电路的基本知识 .....	199
<b>第 8 章 常用半导体元件</b> .....	142	11.2 逻辑门电路 .....	202
8.1 二极管 .....	142	11.3 触发器 .....	206
8.2 晶体管 .....	144	11.4 计数器 .....	210
8.3 晶体管的三种工作状态 .....	147	11.5 寄存器 .....	215
8.4 晶闸管 .....	150	11.6 译码器与显示器件 .....	215
本章小结 .....	152	* 11.7 集成 555 定时器及应用 .....	218
习题 .....	152	* 11.8 数/模与模/数转换器的概念 .....	221
<b>第 9 章 整流与稳压电路</b> .....	155	本章小结 .....	223
9.1 单相桥式整流电路 .....	155	习题 .....	224
9.2 滤波电路 .....	156	<b>参考书目</b> .....	228

# 第1章 直流电路

1.1 直流电路

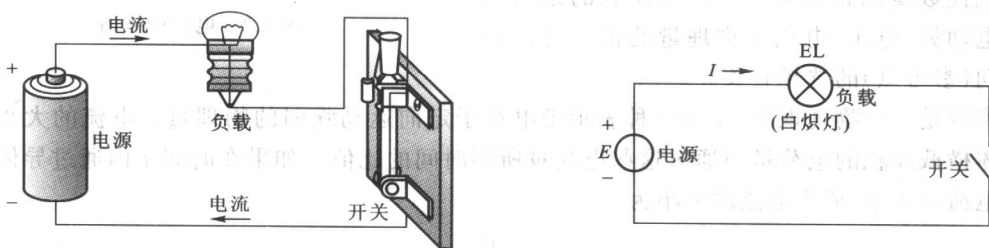
本章主要介绍直流电路的基本概念、基本定律及基本计算方法。首先介绍电路的基本概念、基本定律及基本计算方法。然后介绍电路的基本定律及基本计算方法。最后介绍电路的基本定律及基本计算方法。

## 学习目标

1. 掌握简单电路的基本结构、欧姆定律及电阻元件的电压、电流关系,电路中的功率平衡。
2. 理解电源的空载、有载、短路三种状态及外特性,了解电气设备额定值。
3. 掌握电阻负载串联、并联的作用和计算方法。
4. 理解基尔霍夫定律,了解支路电流法。
5. 了解电路中各点电位的意义及简单计算。
- \* 6. 了解电压源与电流源的概念及其简单等效变换。
- \* 7. 了解戴维宁定理及叠加定理的基本内容。

## 1.1 电路的基本结构

一个基本的电流回路称为电路,它应有电源、负载以及连接负载与电源的导线,在电路中加上开关以后就可以接通或切断电流回路,其基本结构如图 1.1 所示。



(a) 电路实物图

(b) 电路原理图

图 1.1 电路的基本结构

在电路中,电源是将非电形态的能量转换成电能的供电设备,例如,发电机、电池等。负载是将电能转换成非电形态能量的用电设备,例如,电动机、照明灯等。电路中负载的大小通常用负载取用功率的大小来衡量。连接导线起着传送信号、传输电能的作用。

实际应用中,电路除了电源、负载和连接导线外,还必须有一些辅助设备,例如,控制电路通、断的开关及保障安全用电的熔断器等。这些设备不仅保证了电路安全、可靠地工作,而且使电路自动完成某些特定工作成为可能。

## 1.2 电路的主要物理量

### 1.2.1 电流

电路中带电粒子在电源作用下有规则的移动形成电流。金属导体中的自由电子,电解液中的正、负离子都是带电粒子,因此,电流既可以是负电荷,也可以是正电荷或者是两者兼有的定向运动的结果。习惯上规定正电荷移动的方向为电流的实际方向。

在进行电路分析计算时,电流的实际方向有时难以确定,为此可以预先假定一个电流方向,称为参考方向(也称为正方向),并在电路中用箭头标出。求解电路电流时应根据假定的电流参考方向进行。如果计算结果为正,表示电流实际方向与参考方向一致;如果计算结果为负,表示电流实际方向与参考方向相反。如图 1.2 所示电路中,假如电路中电流的实际方向是从上向下,大小为 3 A。为了表达这个事实,既可以像图 1.2(a)那样标注参考方向,并写出  $I = 3 \text{ A}$ ;也可以像图 1.2(b)那样标注参考方向,但应写明  $I = -3 \text{ A}$ 。也就是说,电流值的正、负只有在选择了参考方向之后才有意义。

交流电的实际方向是随时间而变的,所以也必须规定电流的参考方向。如果某一时刻电流为正值,即表示该时刻电流的实际方向与参考方向一致;如果为负值,则表示该时刻电流的实际方向与参考方向相反。也就是说,电路图中标注的电流方向通常都是参考方向,不是实际方向。电流的参考方向可以任意规定,电流的实际方向应结合电流参考方向与电流代数值的正负来说明。要注意的是,在下面分析电动势、电压、电位等物理量的正负时,也与参考方向(参考点)的选择有关。

电流既是一种物理现象,又是一种表示带电粒子定向运动强弱的物理量。电流的大小等于通过导体横截面积的电荷量与通过这些电荷量所用时间的比值。如果在时间  $t$  内通过导体横截面积的电荷量为  $Q$ ,那么电流的大小为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.1)$$

电流的单位是安[培](A)。1 安电流指在 1 秒(s)内通过导体横截面积的电荷量是 1 库(C)。常用的电流单位还有毫安(mA)、微安( $\mu\text{A}$ )等。

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

电流对负载有各种不同的作用和效应,见表 1.1。其中,热和磁的效应总是伴随着电流一起发生,而电流对光、化学以及人体生命的作用,只是在一定的条件下才能产生。

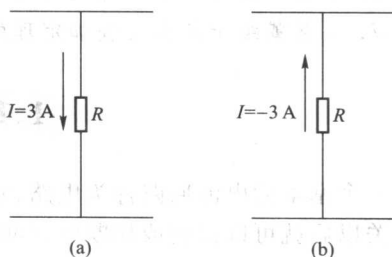
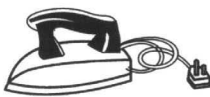

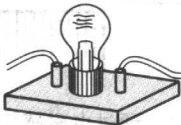
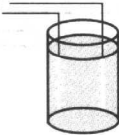



图 1.2 电流的方向

表 1.1 电流的作用和效应

热效应 总是出现	磁效应 总是出现	光效应在气体和 一些半导体中出现	化学效应在导 电的溶液中出现	对人体生命的效应
				
电熨斗、电烙 铁、熔断器	继电器线 圈、开关装置	白炽灯、 发光二极管	蓄电池的 充电过程	事故、动 物麻醉

### 1.2.2 电压与电动势

要维持某段电路中的电流,就必须在它的两端保持电压。发电机、电池等电源,都能够在电路中产生和保持电压,把它们连接到闭合电路中,就能在电路中形成电流。下面研究电源是怎样产生这种作用的。

不同极性的电荷通过吸引力而相互吸引(异种电荷相吸,同种电荷相斥),要把不同极性的电荷分离开,就必须通过对电荷做功来反抗这种吸引力。在电荷分离过程中,这两种不同极性的电荷之间便产生了电压,如图 1.3 所示。

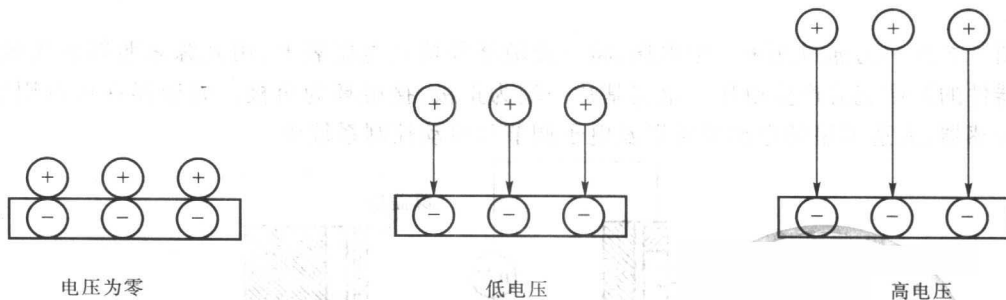


图 1.3 电压是分离电荷的结果

可见,电压可以通过电荷的分离产生。对两种不同极性的电荷进行分离,不通过做功是不可能的。这就是说,这种做功是非静电力在电源内部搬运(分离)电荷,且分离电荷后产生的电压越高,对电荷所做的功也越大。做功的过程,实际上就是把其它形式的能转化为电能的过程,因此从能量转化的观点来看,电源就是把其它形式的能转化成电能的装置。常见的发电机是把机械能转化为电能的装置,电池是把化学能转化为电能的装置。其实这种转换装置的种类很多,它们以多种不同形式的能量来实现这种转换,从而产生电压。例如,图 1.4 所示为通过感应来产生电压。将条形磁铁插入线圈再从线圈中拔出,在磁铁的运动期间,电压表的指针摆动,这是利用磁来产生电压的方法,称为电磁感应。发电机和变压器就是利用电磁感应原理制成的,在许多传声器(如话筒)和传感器中也是通过电磁感应产生电压的。

图 1.5 所示是通过热来产生电压。将一段铜丝和一段康铜丝绞合或焊接起来,用导线接在

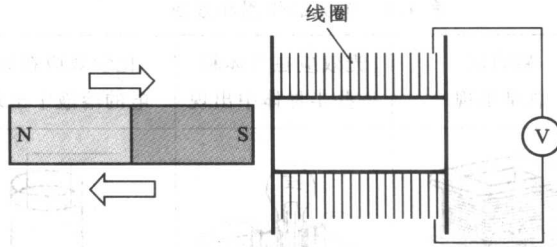


图 1.4 通过电磁感应产生电压

一个电压表上,并在铜丝和康铜丝的连接处加热。只要始终保持对连接处加热,它们的另外两端之间会产生电压。这种连接方式也称为热偶元件,它可以用作测量温度的传感器。

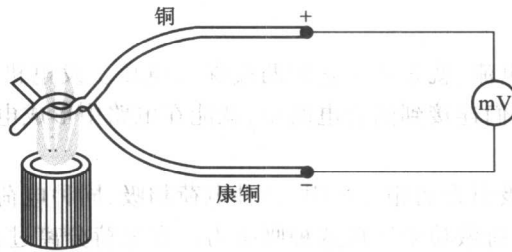


图 1.5 通过热产生电压

图 1.6 所示为通过光来产生电压,将一光敏器件接在电压表上,用光源来照射该光敏器件,光敏器件的两端就会产生电压。金属基片一端为正极,接触环为负极。光敏器件可以用于测光表的传感器、人造卫星的电源设备以及电子调节和自动控制系统中。

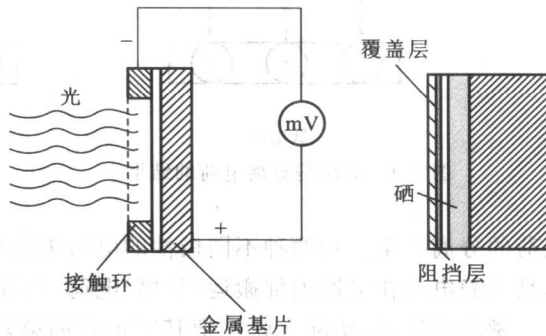


图 1.6 通过光产生电压

图 1.7 所示为通过晶体的形变产生电压(压电效应)。将压电晶体与高内阻的电压表相连接,并在其特定的表面施加压力,当压力增大和减小时,电压表显示出电压。在压电晶体(如石英晶体)两个面上加上压力或拉力时,在其内部将会产生压电效应(电荷的位移),进而产生电压。反之,在晶体上加有电压时,晶体将产生机械变形(电致伸缩)。压电晶体可用于电唱机的拾音头、晶体话筒和压力传感器等。

另外,通过对绝缘材料摩擦也可以产生电压,摩擦起电的现象就是通过摩擦将电荷分离转

移,从而形成电压。这种方式产生的电称为静电,在化纤织物、塑料传送带上都会产生静电。静电可以通过将设备的金属外壳接地来消除。

综上所述,电压产生的过程是非静电力搬运(分离)电荷的做功过程,非静电力做的功越大,电源把其它形式的能转化为电能的本领就越大。电源的这种本领,用电动势来表示。

电源电动势,简称电动势,它表征非静电力在电源内部搬运电荷所做的功与被移送电荷量的比值。如果被移送电荷量为  $Q$ ,非静电力做的功为  $W_s$ ,那么电动势为

$$E = \frac{W_s}{Q} \quad (1.2)$$

电动势的单位是伏[特](V),功的单位是焦[耳](J),电荷量的单位是库[仑](C)。

一个电源的两极分别称为正极(+)和负极(-),电动势的方向规定为从电源负极指向电源正极,如图 1.8 所示。

图 1.8 所示电路中,非静电力将电荷分离并搬运到电源两端,当外电路闭合时,在外电路中也会形成一个电场,在静电力的作用下,电荷会经外电路移动而形成外电路电流  $I$ 。也就是说,电流在外电路是由静电力搬运电荷做功形成的,静电力做的功越多,在外电路形成的电流越大,这种物理现象用电压来表示。

与电动势情况具有对称性,电压表征静电力在电源外部搬运电荷所做的功( $W$ )与被移送电荷量( $Q$ )的比值,即

$$U = \frac{W}{Q} \quad (1.3)$$

电压的单位和电动势的单位一样,也是伏[特](V)。电压的方向规定为由正极(高电位端)指向负极(低电位端)。

与电流情况类似,在分析计算电路以前,可能并不知道电压的实际方向,所以,同样采用假设的电压参考方向,结合计算结果的正负来决定其实际方向。计算结果为正,表示实际方向和参考方向一致,反之,实际方向和参考方向相反。

### 1.2.3 电位

就像空间中每一点都有一定的高度一样,电路中每一点都有一定的电位。正是由于空间高度的差异,才会引起液体从高向低流动,电路中电流的产生也必须有一定的电位差。在电源外部通路中,电流从高电位点流向低电位点。电位用字母  $V$  表示,不同点的电位用字母  $V$  加下标表示。例如,  $V_A$  表示 A 点的电位值。衡量电位高低就必须有一个计算电位的起点,称为零电位点,该点的电位值规定为  $0\text{ V}$ 。

原则上零电位点是可以任意指定的,但习惯上常规定大地的电位为零,称为参考点。电路中零电位点规定之后,电路中任何一点与零电位点之间的电压,就是该点的电位。这样,电路中各点的电位就有了确定的数值。当各点电位已知后,就能求出任意两点(A、B)间的电压。例如,  $V_A = 5\text{ V}$ ,  $V_B = 3\text{ V}$ ,那么 A、B 之间的电压为

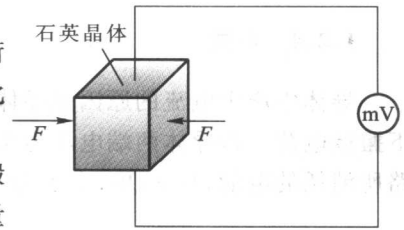


图 1.7 通过晶体产生电压

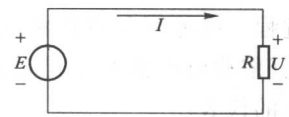


图 1.8 电动势的方向

$$U_{AB} = V_A - V_B = (5 - 3) \text{ V} = 2 \text{ V}$$

### 1.2.4 电能

导体中产生电流的原因是导体两端的电压在导体内部建立了电场,在电场力(静电力)推动下搬运电荷。若导体两端电压为  $U$ ,通过导体横截面积的电荷量为  $Q$ ,电场力所做的功就是电路所消耗的电能,  $W = QU$ ,由于  $Q = It$ ,所以

$$W = QU = UIt \quad (1.4)$$

电能的单位是焦[耳](J),但在实际应用中常以千瓦时(kW·h)(俗称度)作为电能的单位。1千瓦时表示功率为1千瓦的用电器工作1小时所消耗的电能。

$$\begin{aligned} 1 \text{ kW}\cdot\text{h} &= 1\,000 \text{ W} \times 3\,600 \text{ s} \\ &= 3.6 \times 10^6 \text{ W}\cdot\text{s} \\ &= 3.6 \times 10^6 \text{ J} \end{aligned}$$

电流做功的过程实际是电能转化为其它形式能的过程。电能可以直接测量,图1.9所示为家用电能表(俗称电度表),它是记录电路(用电设备)消耗电能的仪表。

由图1.9可见,电能表上方计数器是用来记录电能多少的。计数量显示5个数字,最后一位是小数,其它分别是各位、十位、百位、千位。表面上标有“2 500 r/kW·h”字样,表示用电设备每消耗1千瓦时(1度)电能时,电能表的转盘转过2 500转。据此记录下转盘转数和时间,也可粗略测出用电设备的功率。

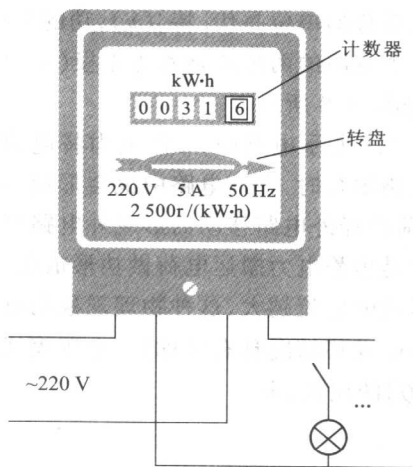


图 1.9 家用电能表及接线

[例 1.1] 一台 25 英寸彩电的额定功率是 120 W,每千瓦时的电费为 0.45 元,共计工作 5 小时,电费为多少?

[解]

$$\begin{aligned} \text{电费} &= \text{千瓦数} \times \text{用电小时数} \times \text{每千瓦时费用} \\ &= 0.12 \times 5 \times 0.45 \text{ 元} \\ &= 0.27 \text{ 元} \end{aligned}$$

### 1.2.5 电功率

用电设备单位时间里所消耗的电能( $W$ )叫作电功率,用字母  $P$  表示,即

$$P = \frac{W}{t} \quad (1.5)$$

或

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R} \quad (1.6)$$

电功率的单位是瓦[特](W),显然,电路中电压越高,电流越大,其电功率也就越大。电功率可利用功率表进行测量,其测量线路如图 1.10 所示。由于功率表要同时测量电压  $U$  和电流  $I$ ,

才能得到电功率  $P = UI$ , 所以, 功率表测量电压的线圈(1、2)应并联在电路上, 测量电流的线圈(3、4)应串联在电路上。

通常用电设备上都标明其电功率和电压, 以便正确使用。例如, 照明灯泡上标有“PZ220-60”的字样, 表明这只普通照明灯泡用在 220 V 电压下, 其电功率为 60 W (其中的 P 和 Z 是“普”、“照”汉语拼音的第一个字母)。

[例 1.2] 一台电炉的额定电压为 220 V, 额定电流为 5 A, 该电炉电功率为多大?

[解] 
$$P = UI = 220 \times 5 \text{ W} = 1100 \text{ W} = 1.1 \text{ kW}$$

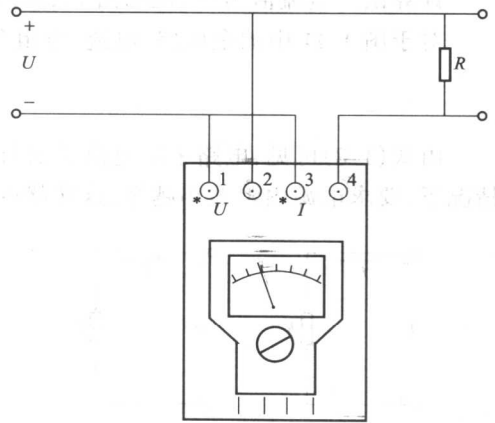


图 1.10 功率表测功率

### 1.3 欧姆定律

对电路的电源来说, 电源本身的电流通路称为内电路, 内电路的电阻称为内阻, 用  $R_0$  表示, 在分析问题时常将内电路等效成一个理想电动势  $E$  和一个电阻  $R_0$  串联的电路。电源以外的电流通路称为外电路, 对于电阻性电路, 外电路的所有负载可以等效成一个电阻, 用  $R$  表示。内电路和外电路总称为全电路, 可以用图 1.11 所示的电路图来描述。

对于图 1.11 中的外电路, 即一段不含电源只有电阻的电路中, 电流、电阻和电压之间满足部分电路欧姆定律关系

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.7)$$

式(1.7)反映了一段不含电源只有电阻的电路中电流、电压和电阻之间的定量关系。在电路电压一定的情况下, 电路电阻越大, 电路中电流就越小。

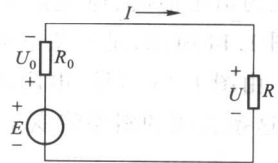


图 1.11 全电路

在应用式(1.7)时, 应注意电流  $I$  和电压  $U$  的参考方向必须一致, 即满足图 1.12(a)所示的参考方向。电流从电压的正极流过负载到达负极, 电流为  $I = \frac{U}{R}$ 。若电压、电流的参考方向如图 1.12(b)所示, 电流为  $I = -\frac{U}{R}$ , 在电压为正值时, 其计算结果为负值, 说明实际电流与参考方向相反。

[例 1.3] 试求图 1.13(a)所示电路中的电流, 图中电压为 1.5 V, 电阻为 1  $\Omega$ 。

[解] 图 1.13(a)所示电路中没有标出电流方向, 可以设定其参考方向如图 1.13(b)所示, 电压和电流参考方向一致, 那么

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1.5}{1} \text{ A} = 1.5 \text{ A}$$

若按图 1.13(c)所示设定参考方向, 由于电压和电流参考方向选用不一致, 那么

$$I = \frac{-U}{R} = \frac{-1.5}{1} \text{ A} = -1.5 \text{ A}$$



计算出的电流值为负,说明图 1.13(c)设定的电流方向与实际方向相反。

对于图 1.11 中的全电路,电流、电阻和电动势之间满足全电路欧姆定律关系

$$I = \frac{E}{R_0 + R} \quad (1.8)$$

由式(1.8)可见,电路中的电流不仅与电动势、电阻的大小有关,还与内电阻大小有关。一般情况下,要求电源内阻越小越好,这样就可以更多地向外电路提供电流(电能)。

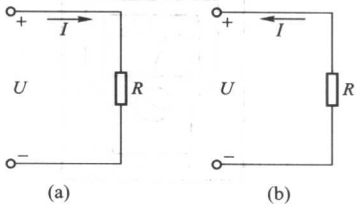


图 1.12 应用欧姆定律时的参考方向

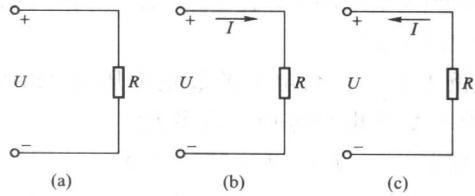


图 1.13 例 1.3 附图

## 1.4 电阻元件

### 1.4.1 电阻元件的电流、电压关系

将电阻两端电压与流过电阻电流的关系用图形表示,称为该电阻的电流、电压关系特性。在电阻为恒定值时,电流随电压线性增长,其电流、电压关系特性如图 1.14 所示,是一条电流  $I$  随电压  $U$  变化的直线。

由图 1.14 可见,电阻越小,这条直线越陡;随着电阻值的增大,这条直线的斜率将变小。

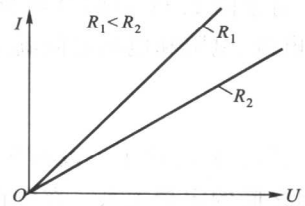


图 1.14 电阻的电流、电压特性

### 1.4.2 线性电阻和非线性电阻

如果电阻是恒定值,则能够遵循欧姆定律,这样的电阻称为线性电阻,它是一个表示该段电路特性而与电压和电流无关的常数,否则就是非线性电阻。线性电阻和非线性电阻电压、电流特性如图 1.15(a)、(b)所示。

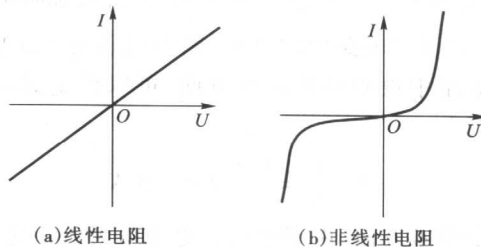


图 1.15 线性电阻和非线性电阻的电流、电压特性