



全国高职高专教育“十一五”规划教材

电工电子技术及应用

赵承荻 周 玲 主编
陈 伟 主审



高等教育出版社
Higher Education Press

全国高职高专教育“十一五”规划教材

电工电子技术及应用

赵承荻 周 玲 主编
陈 伟 主审

高等教育出版社

内容简介

本书是全国高职高专教育“十一五”规划教材。全书从培养应用型人才角度出发,介绍了有关电工及电子技术方面的基本知识、基本技能及实践应用。主要内容包括直流电路、交流电路、电磁与变压器、常用电机、低压电器和常用电动机控制电路、电能应用技术、二极管及小功率直流电源、放大电路、数字电路及电源电路。全书理论分析及数学计算简明扼要,重在电工及电子技术的实际应用。全书采用“拓宽知识及技能”的专题向读者介绍了大量有关电工电子技术方面的新知识、新技术及应用实例,并以我国建设节约型社会、绿色环保工程等方面的许多政策措施为主线,借鉴国内外职业教育教材的特点来达到培养企业一线急需的高素质人才的要求。本书结构紧凑、内容新颖、图文并茂、重在应用,可以作为高等职业院校机械、数控、冶金、轻工、化工、建筑等相关专业的教学用书,也可作为工业、企业经营管理及营销人员的教学、培训及自学用书,亦可作相关教学人员、技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术及应用/赵承获,周玲主编. —北京:高等教育出版社,2009.11

ISBN 978-7-04-028133-0

I. 电… II. ①赵…②周… III. ①电工技术-高等学校:技术学校-教材②电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 184292 号

策划编辑 孙 杰 责任编辑 孙 薇 封面设计 张志奇 版式设计 余 杨
责任校对 王效珍 责任印制 张泽业

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京地质印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 14
字 数 340 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009 年 11 月第 1 版
印 次 2009 年 11 月第 1 次印刷
定 价 17.00 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 28133-00

前 言

本书是为了进一步贯彻和落实教育部教高[2006]16号文件“关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见”而编写的,是供高职高专院校教学时数较少(60~70学时)的非电类专业使用的电工电子技术及应用教材。本书在编写过程中参照了教育部颁布的“高职高专教育专业人才培养目标及规格”和“高职高专教育基础课程教学基本要求”以及教育部等六部门“关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知”中有关专业的专业课教学基本要求。

“电工电子技术及应用”是高等职业院校非电类专业的一门技术基础课程,它是将电工技术与电子技术的基础知识、基本技能及应用知识按非电类专业的培养目标和要求有机地整合而成的一门综合课程。通过本课程的学习,应达到以下两方面的目标:一是使学生具有学习专业需要的基本知识和技能;二是使学生对选用常用电气元器件和设备具有一定的知识和能力,与从事电气工作人员有必需的共同语言,使学生的综合职业能力和全面素质得到提高。

在本课程结构体系及教材内容的处理上,我们注意到了正确处理好“浅、用、新”三者的关系。

浅与用 处理好基础理论知识和基本技能及应用方面的关系,针对非电类专业应用型人才的人才培养规格,基础理论知识为基本技能的掌握和实践应用打基础,因此,不强调基础知识理论体系,可以采用相对不完整的理论体系。但应在实践、应用上多下工夫,注意学生能力的培养。

新 处理好传统知识、技能与现代科技发展的关系,针对后工业化和信息化社会的特点,改变传统教材内容严重滞后于当前社会科技发展水平的缺陷,大力更新教材内容,注意新知识、新技术、新产品、新工艺的引入,特别是与我国当前大力创导的节能型社会、绿色环保工程有机地结合起来,贯穿于整个教材内容之中,这将有益于学生的知识更新和全面素质的提高,为科技进步和加快社会发展服务。

本书在课程结构体系上的另一重大变更就是将内容分为必学的基本知识和技能以及拓宽知识和技能两大块,其中后者主要介绍了大量有关电工电子技术方面的新知识、新技术及应用实例,供各校选用。

本书总教学时数(含理论课及实验实训)为60~70学时,具体建议课时分配方案如下表所示。

章	内 容	学 时 数			
		合计	讲授	实验实训	机动
1	直流电路	6(6)	4(4)	2(2)	
2	交流电路	10(10)	8(8)	2(2)	
3	电磁与变压器	4(4)	4(4)		

续表

章	内 容	学 时 数			
		合计	讲授	实验实训	机动
4	常用电机	10(8)	8(8)	2(0)	
5	低压电器和常用电动机控制电路	10(8)	8(6)	2(2)	
6	电能应用技术	4(4)	4(4)		
7	二极管及小功率直流电源	4(4)	4(4)		
8	放大电路	6(6)	4(4)	2(2)	
9	数字电路	10(8)	8(6)	2(2)	
10	电源电路	4(0)	4(0)		
11	机动	2(2)			
12	总计	70(60)	56(48)	12(10)	2(2)

本书第一、二章由湖南铁道职业技术学院赵承荻编写,第三章由抚顺职业技术学院梁辰编写,第四章由广州市轻工高级技工学校陈文昀编写,第五章由广州白云工商高级技工学校周献立编写,第六章由湖南铁道职业技术学院石晓康编写,第七、八章由广州市轻工高级技术学校周玲编写,第九章由湖南铁路科技职业技术学院张玉芸编写,第十章由湖南化工职业技术学院黄银秀编写。全书由赵承荻、周玲任主编,湖南铁道职业技术学院陈伟主审。审者认真审阅了本书并提出了诸多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中缺点、疏漏及其他不足之处恳请使用本书的教师、读者批评指正。

编者

2009年9月

目 录

第一章 直流电路	1	拓宽知识及技能	65
第一节 电路及电路模型	1	思考题与习题	69
第二节 电路的主要物理量及相互 关系	2	第四章 常用电机	72
拓宽知识及技能	7	第一节 概述	72
第三节 电阻的连接	8	第二节 三相异步电动机	72
第四节 电路的工作状态、开路及 短路	10	拓宽知识及技能	82
拓宽知识及技能	11	第三节 单相异步电动机	83
第五节 基尔霍夫定律及应用	13	第四节 特种电机	89
第六节 电路元件	15	拓宽知识及技能	94
拓宽知识及技能	17	思考题与习题	98
思考题与习题	19	第五章 低压电器和常用电动机控制 电路	101
第二章 交流电路	22	第一节 常用低压电器	101
第一节 正弦交流电量的三要素	22	拓宽知识及技能	110
第二节 正弦交流电的表示法及简单 运算	24	第二节 三相异步电动机控制电路	112
拓宽知识及技能	25	拓宽知识及技能	118
第三节 单一参数正弦交流电路	26	思考题与习题	122
拓宽知识及技能	31	第六章 电能应用技术	124
第四节 串联交流电路	32	第一节 电能的生产	125
拓宽知识及技能	36	第二节 电能转换技术	126
第五节 功率因数的意义及提高 方法	38	第三节 电能的存储	136
第六节 三相交流电路	39	拓宽知识及技能	137
拓宽知识及技能	45	思考题与习题	139
思考题与习题	46	第七章 二极管及小功率直流电源	140
第三章 电磁与变压器	50	第一节 二极管及单相整流电路	140
第一节 电磁基础知识	50	第二节 滤波电路	144
拓宽知识及技能	55	第三节 稳压电路	145
第二节 变压器的基本结构及工作 原理	57	拓宽知识及技能	147
第三节 常用变压器	60	思考题与习题	148
		第八章 放大电路	151
		第一节 晶体管	151
		第二节 晶体管基本放大电路	156
		第三节 功率放大器	161

第四节 集成运算放大器及其应用 ...	163	思考题与习题	196
拓宽知识及技能	167	第十章 电源电路	199
思考题与习题	169	第一节 晶闸管	199
第九章 数字电路	171	拓宽知识及技能	201
第一节 数制与编码	171	第二节 晶闸管可控整流电路	201
第二节 逻辑门电路	172	第三节 无源逆变器	206
拓宽知识及技能	177	第四节 变频电路	207
第三节 触发器	177	拓宽知识及技能	209
拓宽知识及技能	181	第五节 调压电路	210
第四节 寄存器和计数器	186	拓宽知识及技能	213
第五节 译码器与显示器件	190	思考题与习题	214
拓宽知识及技能	193	参考文献	216

第一章 直流电路

第一节 电路及电路模型

在现代社会的各个领域,电工和电子设备被广泛地应用。为了实现某种应用的目的,需要将各种电工、电子器件及设备与电源等按一定的方式相互连接起来,以形成电流的通路,实现电能与其他能量之间的相互转换。

电路就是电流流通的路径。它主要由电源(或信号源)、负载(用电设备)和辅助设备组成,用于实现能量的传送和转换或实现信号的传递和处理。图 1-1 所示最简单的电路由以下部分组成。

一、电源

它是电路中提供能源的设备,把化学能、光能、机械能等非电能转换为电能,如蓄电池、干电池、太阳能电池、发电机等。

二、负载

负载是电路中的用电设备,能将电能转变成其他形式的能量。如电灯、电炉、收音机、电视机、电动机等。

三、辅助设备

辅助设备的作用是把电源和负载连接起来形成闭合电路,并对整个电路实行控制、保护及测量,主要包括:连接导线、控制电器(如开关、插头、插座等)、保护电器(如熔断器等)、测量仪表(如电流表、电压表等)。

手电筒就是这种电路的典型产品。图 1-1(a)是电路的实物图,清楚明了,但画起来比较麻烦,工程上为了把电路各个组成部分的电关系简明地表达出来,常用国家规定的电气图用图形符号及文字符号表示电路中的各个元器件,把实物图简化成接线原理图,如图 1-1(b)所示。

图 1-1(b)所示的接线原理图在实际应用中仍有不足之处,因为实际元器件或设备种类繁多,特性及用途也各异,因此给电路的分析及计算带来了许多困难及不便,为此在分析及计算电路时,可把实际电路中的各种元器件都用表征其物理性质的理想电路元件来代替,例如干电池用电动势 E 代替,电珠用电阻 R 代替[如图 1-1(c)所示],这种用理想电路元件组成的电路称为实际电路图。电路图中常用的图形及文字符号见表 1-1。

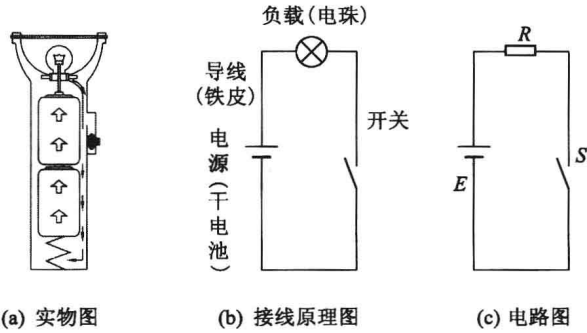


图 1-1 电路的结构

表 1-1 电路图中常用的图形及文字符号

直流电流 E		电容 C		开关 S		变压器 T	
固定电阻 R		电压源		熔断器 FU		三相电动机	
可变电阻 R		电流源		电压表		单相电动机	
电感 L		白炽灯 EL		电流表		直流电动机	

电路种类繁多,根据其使用大体可分两大类。一类是用于实现电能的传输及转换,如上面所述的照明电路及给电动机负载供电的动力电路,习惯上称为“强电”电路。另一类是用来进行电信号的传递和处理,如收音机、电视机电路、晶体管测温电路等,习惯上称为“弱电”电路。根据供电电源的不同电路又可分直流电路(由直流电源供电)和交流电路(由交流电源供电)两大类。此外在闭合的电路中,电源内部的电路称内电路,电源外部的电路称外电路。

第二节 电路的主要物理量及相互关系

一、电流及参考方向

电路中电荷在电源的作用下定向移动即形成电流。电流的产生必须满足两个基本条件:一是有电源供电,另一个是必须形成闭合回路。电流的大小等于单位时间(t)内流过导体中的电荷[量](Q),用字母 I 表示:

$$I = \frac{Q}{t} \tag{1-1}$$

电流 I 的单位为安[培](A),电荷 Q 的单位为库[仑](C),时间 t 的单位为秒(s)。有时电流还用千安(kA)、毫安(mA)、微安(μA)表示,它们之间的换算关系为

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

如果电流的大小和方向都不随时间变化,称为直流电(简称为 DC)。如电流的大小和方向

都随时间变化,则称为交流电(简称为 AC)。本章讨论直流。

电流的方向规定为正电荷运动的方向,如图 1-2 所示,因此在电源内部电流由负极流向正极,而在电源外部电流则由正极流向负极,以形成闭合回路。图中 R_0 是电源的内电阻。

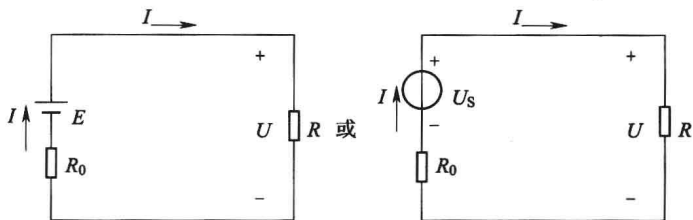


图 1-2 电路中电流与电压的方向

在进行电路分析计算时,电流的实际方向有时难以确定,这时可先假定一个电流方向,并在电路图中用箭头标出,称为参考方向(或正方向)。然后根据所假定的参考方向列出电路方程求解,如计算结果为正(即 $I > 0$),表示电流实际方向与参考方向相同,如图 1-3(a)所示。如计算结果为负(即 $I < 0$),表示电流实际方向与参考方向相反,如图 1-3(b)所示。因此电流参考方向的假定在电路分析计算时是必不可少的,必须特别予以注意。同样在分析电动势、电压、电位等物理量的正负时,也与参考方向(或参考点)的选择有关。

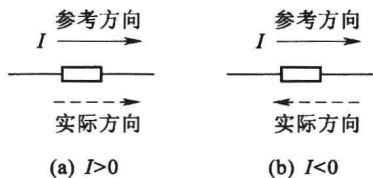


图 1-3 电流的正负

二、电位、电压、电动势

1. 电位

生活实践告诉我们,水总是由高处往低处流,高处的水位高,低处的水位低,它们之间因存在水位差而形成水流。与此类似,要维持某段电路中的电流,就必须使电路两端有一定的电位差。在电路中,带正电荷的某点具有高电位,带负电荷的某点具有低电位,在外电路中电流从高电位流向低电位。另外在讲高度时,总有一个计算高度的起点,通常以海平面作为基准参考点。电路中讲电位也必须有一个计算电位的起点,通常以大地作为参考点,在电子电路中则以金属底板、机壳或公共点作为参考点,参考点的电位为零,用符号“ $\perp$ ”或“ $\perp$ ”表示。

某一点的电位是指电场力将单位正电荷 Q 从电场中的某一点移到参考点时所做的功(W)。电位用字母 V 表示:

$$V = \frac{W}{Q} \quad (1-2)$$

式中, W 的单位为焦[耳](J); Q 的单位为库[仑](C); V 的单位为伏[特](V)。

由电位的定义可知,电路中任意点电位的大小与参考点的选择有关。当参考点的选择不同时,则该点的电位值也随之改变。例如在图 1-4 中,如果以 C 为参考点,则 $V_C = 0$, $V_B = 3 \text{ V}$, $V_A = 9 \text{ V}$;如以 B 点为参考点,则 $V_B = 0$, $V_C = -3 \text{ V}$, $V_A = 6 \text{ V}$ 。

2. 电压(电位差)

水位差是循环水路中形成水流的原因,同样电位差是电路中形成电流的原因,当然水流和电

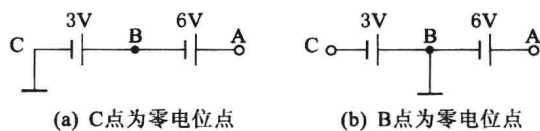


图 1-4 电位的参考点

流在本质上是两种不同的运动形式。

电路中某两点 A、B 之间的电位差称为该两点间的电压,即

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-3)$$

电压的数值等于单位正电荷 Q 在电场力的作用下从一点(A 点)移到另一点(B 点)时所做的功,即

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1-4)$$

电压用字母 U 表示,它的单位也是伏[特](V),电压的方向规定为由高电位端指向低电位端,通常用“+”“-”极性表示,即从“+”端指向“-”端,如图 1-2 所示。在进行电路计算时,如一时无法判定电压的实际方向,也可先假设一个电压的参考方向,如计算结果为正,则表示电压的实际方向与参考方向一致;如结果为负,则表示电压实际方向与参考方向相反。

电压参考方向和电流参考方向可以分别加以假定。但在电路分析计算时常假定电压参考方向和电流参考方向相一致,称关联参考方向,这样比较方便和清楚,如图 1-2 中流过 R 中的电流及 R 两端的电压方向即一致。

必须特别指出:电路中任意两点之间的电压值与参考点的选择无关。例如在图 1-4 中,若以 C 点为参考点,则 $U_{AC} = V_A - V_C = (9-0) \text{ V} = 9 \text{ V}$;若以 B 点为参考点,则 $U_{AC} = V_A - V_C = [6 - (-3)] \text{ V} = 9 \text{ V}$ 。

3. 电动势

前面已经讲过,水位差是产生水流的原因,那么在循环水路中如何产生水位差呢?靠水泵把水从低水位提升到高水位。与此类似,电位差是产生电流的原因,在电路中则靠电源来维持任意两点间的电位差,因此电源是电路中提供电能的装置,其作用是将非电能转换成电能。电源内部由其他形式的能量转换为电能在电源两极间所产生的电位差称为电动势 E ,其数值等于电源内部电源力将正电荷 Q 从电源负极移到正极所做的功 W_s ,即

$$E = \frac{W_s}{Q} \quad (1-5)$$

电动势 E 的单位也是伏[特](V),电动势的方向规定为从电源负极指向正极。

电动势是指电源内部两极间的电位差,而电压是指电源对外电路而言,两极间的电位差。

三、电阻

理论及实践都证明,导体对电流的通过具有一定的阻碍作用,称为电阻,用字母 R 表示,单位为欧[姆](Ω)。金属导体的电阻大小可用下式计算

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1-6)$$

式中, l 为导体长度(m); A 为导体横截面积(m^2); ρ 为导体电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)。各种不同金属材料的电阻率 ρ 是不同的, 可参看表 1-2。

由表 1-2 可见, 在常用的导电材料中, 银、铜、铝的电阻率都很小, 即对电流的阻碍作用小。其中铜、铝被广泛用来制造各种导线和电机、变压器、电器的线圈以及各种导电元器件。电阻率比较高的材料主要用来制造各种电阻元件, 例如镍铬合金及铁铬铝合金的电阻率较高, 并有长期承受高温的能力, 因此常用来制造各种电热器件, 如电炉、电熨斗、电热水器、电吹风等的发热电阻丝。常用的滑线电阻、绕线电阻等也用镍铬合金制造。

表 1-2 金属材料的电阻率 ρ 和主要用途

用 途	材料名称	电阻率 $\rho/(\Omega \cdot \text{m})$	主 要 用 途
导 电 材 料	银	0.0159×10^{-6}	航空导线、耐高温导线、电器触点、部分元器件引出线和镀层
	铜	0.0169×10^{-6}	制作各种电线、电缆用导线, 母线和载流零件等
	铝	0.0265×10^{-6}	高压架空输电线, 母线和载流零件等
	钨	0.0548×10^{-6}	制作电光源灯丝, 电子管灯丝及电极, 超高温导体及电极
	锌	0.061×10^{-6}	制作导线保护层和干电池电极
	镍	0.069×10^{-6}	制作高温导体保护层, 高温特殊导体等
	铁	0.0978×10^{-6}	在输送功率不大的线路上用作广播线、电话线、爆破线
电 阻 材 料	锰铜	0.42×10^{-6}	电阻值稳定, 用于制作仪器、仪表的绕组(电阻元件)
	康铜	0.48×10^{-6}	用以制造各种电气元件和电阻元件, 来调节及控制电流或电压
	镍铬	1.1×10^{-6}	高电阻电热合金材料, 可用作电热材料及耐高温的电阻材料
	镍铬铁	1.15×10^{-6}	性能同镍铬, 但价格较镍铬低
	铁铬铝	1.25×10^{-6}	性能同镍铬铁, 但价格较镍铬铁低

导体的电阻不仅与材料有关, 还与温度有关, 金属导体在温度升高时其电阻也随着增加。但也有一些物质, 例如某些半导体、碳导体、电解液等, 当温度升高时, 其电阻反而减小, 称为负温度系数。它们常用在电子线路中做温度补偿元件。

四、欧姆定律

欧姆定律是反映电路中电动势、电压、电流、电阻等物理量之间内在联系的一个极为重要的定律, 也是电工技术中一个最基本的定律。

1. 一段电阻电路的欧姆定律

实验证明: 在一段不含电源只有电阻的电路中, 流过电阻的电流 I 的大小和加在电阻两端的电压 U 成正比, 与电阻 R 成反比, 这就是欧姆定律, 可用下式表示

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-7)$$

欧姆定律的另外两种表达形式是

$$U = RI \text{ 及 } R = \frac{U}{I}$$

使用式(1-7)时注意电流 I 与电压 U 的参考方向必须一致, 如不一致将出现负号, 现举例

说明。

例 1-1 如图 1-5 所示,已知 $R=10\ \Omega$, $U_{AB}=10\ \text{V}$, 分别求图 (a) 及图 (b) 中的电流 I 。

解:对图 (a) 而言

$$I = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{10}{10}\ \text{A} = 1\ \text{A}$$

对图 (b) 而言

$$I = \frac{U_{BA}}{R} = \frac{-U_{AB}}{R} = \frac{-10}{10}\ \text{A} = -1\ \text{A}$$

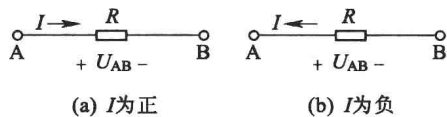


图 1-5 欧姆定律的方向

电流为负值表示该电阻上实际电流方向与图中标的方向相反。

2. 全电路欧姆定律

含有电源和负载的闭合电路称为全电路,可参看图 1-2。其欧姆定律表达式为

$$I = \frac{E}{R+R_0} \quad \text{或} \quad I = \frac{U_s}{R+R_0} \quad (1-8)$$

故 $E = (R+R_0)I = U + R_0I$ 或 $U_s = (R+R_0)I = U + R_0I$

式中, R_0 为电源内电阻。

例 1-2 如图 1-2 所示,电源电动势 $E=24\ \text{V}$,负载两端电压 $U=22\ \text{V}$,负载电阻 $R=11\ \Omega$,求电流 I 和电源内电阻 R_0 。

解:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{22}{11}\ \text{A} = 2\ \text{A}$$

$$R_0 = \frac{E}{I} - R = \left(\frac{24}{2} - 11 \right)\ \Omega = 1\ \Omega$$

五、电能、电功率

由式(1-4)可知,电场力移动电荷 Q 通过负载 R 时所做的功,即负载中有电流通过时消耗的电能 W 为

$$W = UQ = UI t = RI^2 t \quad (1-9)$$

单位时间内负载所消耗的电能(功)称为电功率,用字母 P 表示,单位为瓦(W)或千瓦(kW),则

$$P = \frac{W}{t} = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R} \quad (1-10)$$

电能的单位除焦[耳](J)外,常用千瓦·时(kW·h)表示,也称为度, $1\ \text{kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6\ \text{J}$ 。

电功率的单位除千瓦外,还曾用马力(HP)表示,这一单位现行国标中已废弃不用。 $1\ \text{kW} = 1.36\ \text{HP}$ 。

例 1-3 有一只 $P=100\ \text{W}$ 、 $U=220\ \text{V}$ 的白炽灯,接在 $220\ \text{V}$ 的电源上,求通过白炽灯的电流 I 。若该白炽灯每天使用 $4\ \text{h}$,求 30 天消耗的电能 W 。

解:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{100}{220}\ \text{A} = 0.455\ \text{A}$$

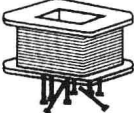
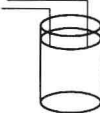
$$W = Pt = 100 \times 10^{-3} \times 4 \times 30\ \text{kW} \cdot \text{h} = 12\ \text{kW} \cdot \text{h}$$

拓宽知识及技能

一、电流的作用和效应

电流通过各种不同的负载时会产生各种不同的作用和效应,见表 1-3。

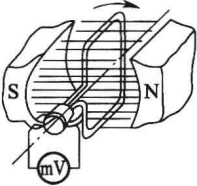
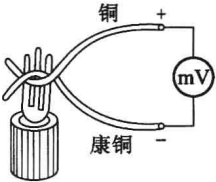
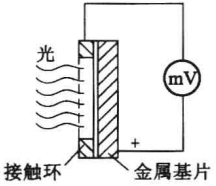
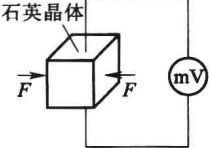
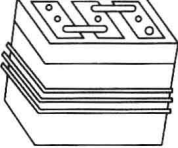
表 1-3 电流的作用和效应

热效应在流过电阻时出现	磁效应在流过线圈时出现	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	蓄电池充电、电镀、电解	事故、动物麻醉

二、电压(电动势)的产生方法

产生电压(电动势)的装置称电源,从能量转化的角度看,电源就是把其他形式的能源转化为电能。其方法见表 1-4。

表 1-4 电压(电动势)的产生方法

通过电磁感应产生电压,导体在磁场中作切割磁感线的运动,在导体两端产生电压	通过热效应产生电压,在铜与康铜两种金属的接点处加热,则另外两端产生电压	通过光产生电压,用光照射光电器件,在光电器件两端产生电压	通过晶体形变产生电压(压电效应),在压电晶体特定的表面加压力,在晶体两端产生电压	通过化学效应产生电压,正负电极在电解液中产生化学反应,而在两电极间产生电压
				
直流发电机、交流发电机	热电偶传感器	太阳能发电、测光表传感器、卫星电源	晶体话筒、压力传感器	原电池、蓄电池

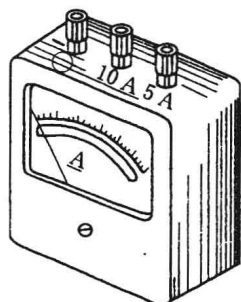
三、电流、电压的测量

1. 电流的测量

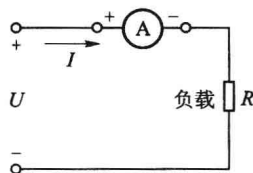
测量电流的仪表称为电流表,使用电流表测量电流的方法为:

(1) 测量直流电流用直流电流表,其外形如图 1-6(a)所示。测量交流电流用交流电流表,而交直流电流表则既可测量直流,也可测量交流。

(2) 必须把电流表串接在被测电路中,表的正端“+”接电流的流入端,表的负端“-”接电流的流出端,如图 1-6(b)所示。



(a) 直流电流表外形图



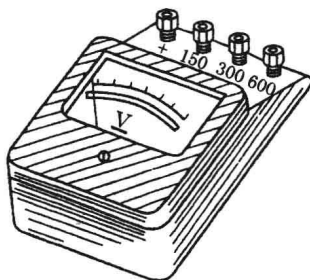
(b) 电流表的接法

图 1-6 直流电流的测量

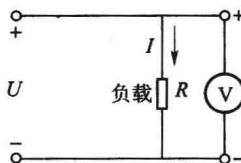
(3) 电流表的量程必须大于被测电流的数值。

2. 电压的测量

测量电压的仪表称为电压表,其外形如图 1-7(a)所示。使用直流电压表测量直流电压时必须把电压表跨接(并联)在被测电路的两端,电压表的正端(+)接电路中的高电位端,电压表的负端(-)接电路中的低电位端,如图 1-7(b)所示。电压表的量程必须大于被测电路两端的电压。



(a) 直流电压表外形图



(b) 电压表的接法

图 1-7 直流电压的测量

第三节 电阻的连接

一、电阻的串联

几个电阻没有分支地一个接一个依次相连,使电流只有一条通路,称为电阻的串联,如图 1-8 所示。

电阻串联电路的特点是:

- (1) 通过各电阻的电流相等。
- (2) 总电压等于各电阻上电压之和,即

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

(1-11)

(3) 各串联电阻对总电压起分压作用。各电阻上的电压与其电阻大小成正比,即

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3}$$

(4) 等效电阻(总电阻) R 等于各串联电阻之和,即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-12)$$

当电路两端的电压一定时,串联的电阻阻值越大,则电路中的电流就越小,因此电阻串联可以起到限流(限制电流)和分压的作用。如两个电阻 R_1 及 R_2 串联时,各电阻上分得的电压分别为

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U, \quad U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \quad (1-13)$$

即电阻越大,所分得的电压越高。

二、电阻的并联

几个电阻的一端连在一起,另一端也连在一起,使各电阻所承受的电压相同,称为电阻的并联,如图1-9所示。电阻并联电路有以下特点:

(1) 各并联电阻两端的电压相等。

(2) 总电流等于各电阻中电流之和,即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (1-14)$$

(3) 并联电路的等效电阻(总电阻)的倒数等于各并联电阻倒数之和,即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1-15)$$

对于 R_1 及 R_2 两个电阻并联,其等效电阻为

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

(4) 电阻并联电路对总电流有分流作用。如 R_1 及 R_2 两个电阻并联,则

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \quad (1-16)$$

由于电阻并联电路中加在各电阻上的电压相等,且流过各并联电阻中电流的大小与其他电阻的接入与否无关。因此实际应用时各用电设备均以并联的形式接在电源两端。

例1-4 在电压 $U = 220 \text{ V}$ 的电路中并联接入一只额定电压 220 V 、功率 $P_1 = 40 \text{ W}$ 的白炽灯和一个额定电压 220 V 、功率 $P_2 = 500 \text{ W}$ 的电热器,求该并联电路的总电阻 R 及总电流 I 。

解: 并联电路总功率

$$P = P_1 + P_2 = (40 + 500) \text{ W} = 540 \text{ W}$$

并联电路总电流

$$I = \frac{P}{U} = \frac{540}{220} \text{ A} = 2.45 \text{ A}$$

并联电路总电阻

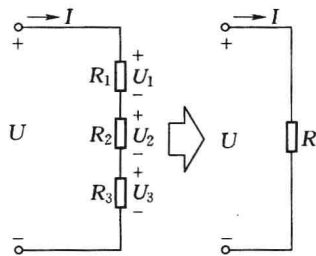


图1-8 电阻的串联电路

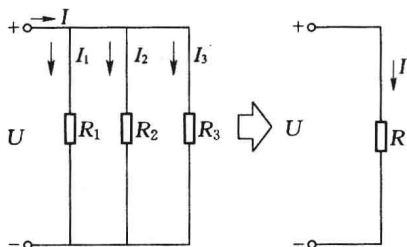


图1-9 电阻的并联电路

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{2.45} \Omega = 89.8 \Omega$$

本题还有别的方法求解吗？请读者思考并做练习。

三、电阻的混联

实际应用中有时会遇到既有电阻串联又有电阻并联的电路,称为电阻的混联电路,如图 1-10 所示。解混联电路,必须首先分清哪些是串联电阻,哪些是并联电阻,再运用前面学过的串联及并联电阻电路的特点去求解。对图 1-10 电路而言,其等效电阻(总电阻) R 可用下式计算

$$R = R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

请读者做练习,设 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1 \Omega$,求 R 。

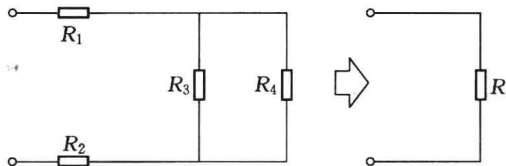


图 1-10 电阻的混联电路

第四节 电路的工作状态、开路及短路

一、工作状态(负载状态)

当负载与电源接通,电路中有电流流通,并有能量的输送和转换,则电路处于工作状态,将图 1-2 重画成图 1-11。图中, E 为电源电动势, R_0 为电源内电阻, R 为负载电阻。由前面所学可得

电路电流	$I = \frac{E}{R + R_0}$
负载电压	$U = RI$
负载上消耗功率	$P = RI^2$
电源内部消耗功率	$P_0 = R_0 I^2$

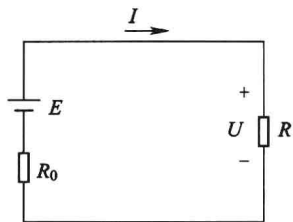


图 1-11 电路的工作状态

各种电气设备在工作时,其电流、电压和功率都有一定的限额,这些限额是用来表示它们的正常工作条件或工作能力,称为电气设备的额定值。如白炽灯上标有“220 V、60 W”字样,电阻上标有“100 Ω 、1/2 W”字样等。有的电气设备额定值标在一小块金属牌上,钉在设备的外壳表面,称为“铭牌”,如电动机的铭牌、变压器的铭牌等,将在后面予以介绍。

当加在电路中电气设备(负载)上的电压为额定电压,流过电气设备中的电流为额定电流时,该设备消耗的功率为额定功率,则称该电气设备在额定工作状态下运行。有时也称为满载运行。顾名思义,还有轻载运行及过载运行。

电气设备一般均由导体、绝缘体等材料组成,当电气设备上的电压太高或流过的电流太大时,设备在过载状态下运行,就有可能使绝缘材料老化、击穿,从而导致电气设备损坏。反过来讲,如果电气设备的电压与电流比额定值小得多,则不仅不能达到合理的工作状况(如电压太低时,电灯亮度不够,电动机转速不正常等),也不能充分利用电气设备的工作能力。

电气设备一般均应在额定状态或接近额定状态下运行,以确保正确合理使用。