

DIANGONGDIANZIXUE

主审 宁喜科

中等职业教育系列教材

电工电子学

● 主编 程国强 张宗超



西北大学出版社

中等职业教育系列教材

电工电子学

主 审 / 宁喜科

主 编 / 程国强 张宗超

副主编 / 程国建 蔡欢民 张 磊



西北大学出版社
NORTHWEST UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

电工电子学 / 程国强, 张宗超主编. — 西安: 西北大学出版社, 2007.8
ISBN 978-7-5604-2382-1

I. 电... II. ①程...②张... III. ①电工学-专业学校-教材②电子学-专业学校-教材 IV. TM1 TN01

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第130231号

电工电子学

主 编 程国强 张宗超

出版发行 西北大学出版社

社 址 西安市太白北路 229 号

电 话 029-88303042

邮政编码 710069

经 销 新华书店

印 刷 西安华新彩印有限责任公司

版 次 2007 年 8 月第 1 版

印 次 2007 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 19

字 数 436 千字

印 数 1—3000

书 号 ISBN 978-7-5604-2382-1

定 价 29.00 元

中等职业教育系列教材编审委员会

主 任 乔春芳

副主任 纪志远 王 刚

编 委 乔春芳 纪志远 王 刚 范明辉 宁喜科 李宝才

张 健 胡志强 程雪艳 黄武全 袁 林 宋 涛

贾耀岗 雷再周 张 瑛 张宗超 高 鸣 刘 淼

祁克斌 苏军科 刘 荣 王 萍 王福利

大力发展职业教育,促进技能人才建设,是全面落实科学发展观,贯彻以人为本、构建和谐社会的重要举措。努力推进新型工业化高技能人才培养,已经成为创新发展职业教育面临的迫切任务。本着服务教学、规范教学、提升技能的原则,宝鸡市技工培训指导中心组织全市重点技工院校有关专家、优秀教师和学科带头人,为适应新材料、新工艺、新技术的要求,依据部颁教学大纲,结合多年来职业教育的成效和经验,编写了首批《中等职业教育系列教材》。这套教材包括《机械制图》(附《机械制图习题册》)《公差配合与测量技术》《电工电子学》《工程力学》《计算机应用基础》五本。

系列教材注重实用性、系统性和科学性,突出“实用、够用、好用”的特点,紧紧围绕职业教育教学计划、教学大纲和《国家职业标准》《国家职业技能鉴定标准》,贴近学生接受能力,方便自学,对中等职业院校专业基础课教学、企业职工培训、社会短期培训具有实际指导意义。

教材编写前,中心多次邀请各院校专家和骨干教师集思广益,酝酿选题,明确了编写思路和要求。主编提出编写大纲后,经编委会成员反复讨论,并吸取多方意见修改确定。参加本书编写的人员有程国强、张宗超、程国建、蔡欢民、张磊、李银彩、尚定一、仝会兴、王斌、杜小强。最后由程国强、张宗超统稿,宁喜科主审。

在教材规划和编写过程中,得到了宝鸡市劳动和社会保障局以及宝鸡技术学院、宝鸡铁路技术学院、陕西国防工业技术学院、陕西建光技工学校、陕西烽火技工学校、陕西汽车集团技工学校、宝钛集团技工学校、陕西省电子工业学校、长岭技工学校、凌云技工学校、宝成技工学校、陕西渭南技工学校、陕西机床厂技工学校等院校领导、专家、教师的大力支持,在此谨表示衷心的感谢!

由于水平所限,书中难免遗漏和错误,恳请读者不吝赐教,以便再版时修改完善。

宝鸡市技工培训指导中心

2007年6月

目录

CONTENTS

第一章 直流电路

§1.1 基本电工量	/1
§1.2 电路与欧姆定律	/7
§1.3 电阻的连接及应用	/9
§1.4 电功与电功率	/13
§1.5 基尔霍夫定律	/15
§1.6 支路电流法	/18
*§1.7 戴维南定理	/19
*§1.8 电容器	/21

第二章 电磁知识

§2.1 电流的磁效应	/30
§2.2 基本电磁量	/31
§2.3 磁场对电流的作用	/34
*§2.4 铁磁性材料	/36
*§2.5 磁路和磁路欧姆定律	/39
§2.6 电磁感应	/41

第三章 正弦交流电路

§3.1 交流电的基本概念	/52
§3.2 正弦交流电的表示法	/56
§3.3 纯电阻电路	/58
§3.4 纯电感电路	/60
*§3.5 纯电容电路	/62
§3.6 RL 串联电路	/64
*§3.7 RLC 串联电路	/67
§3.8 提高功率因数电路	/70

第四章 三相交流电路

§4.1 三相交流电的基本概念	/76
§4.2 三相电源的连接形式	/78

§4.3	三相负载的连接形式	/80
§4.4	三相功率	/83
*§4.5	三相电路的分析与计算	/84
第五章 变压器		
§5.1	涡流与趋肤效应	/90
§5.2	变压器的组成与原理	/91
§5.3	变压器的主要参数	/95
*§5.4	三相电力变压器	/97
§5.5	自耦变压器	/99
§5.6	电焊变压器	/101
*§5.7	仪用互感器	/102
第六章 电动机		
§6.1	三相异步电动机的基本结构	/107
§6.2	三相异步电动机的工作原理	/110
*§6.3	三相异步电动机的机械特性	/113
§6.4	三相异步电动机的调速与反转运行	/116
§6.5	单相异步电动机	/118
§6.6	同步电动机	/121
*§6.7	直流电机	/123
*§6.8	伺服及控制类电机	/126
第七章 电力拖动		
§7.1	常用低压电器	/131
§7.2	接触器和继电器	/136
§7.3	电气控制线路原理图的基本知识	/142
§7.4	三相异步电动机的单向控制线路	/143
§7.5	三相异步电动机的正、反转控制线路	/145
*§7.6	三相异步电动机的启动	/149
§7.7	三相异步电动机的制动	/154
*§7.8	特殊控制线路	/156
*§7.9	控制线路的应用	/158
第八章 供电及安全用电		
§8.1	电力系统基本知识	/167
§8.2	常用照明电路	/170

§8.3	安全用电知识	/176
第九章 常用半导体器件		
§9.1	半导体的基本知识	/183
§9.2	晶体二极管	/185
§9.3	晶体三极管	/188
§9.4	晶闸管	/193
第十章 放大电路		
§10.1	共发射极基本放大电路	/198
§10.2	共发射极基本放大电路的分析	/200
§10.3	静态工作点的稳定	/204
*§10.4	多级放大电路	/206
*§10.5	射极输出器	/208
*§10.6	功率放大器	/210
第十一章 直流稳压电源		
§11.1	整流电路	/216
§11.2	单相半控桥式整流电路	/219
§11.3	滤波电路	/221
§11.4	稳压电路	/224
§11.5	晶体管串联型稳压电路	/225
第十二章 常用集成电路		
§12.1	集成电路基本知识	/231
§12.2	集成运算放大器	/232
*§12.3	集成运算放大器的应用	/236
§12.4	集成稳压器	/238
*§12.5	集成功率放大器	/241
*§12.6	555 时基电路	/243
第十三章 数字电路基础		
§13.1	基本逻辑门电路	/249
§13.2	数制与编码	/253
§11.3	逻辑代数	/255
*§13.4	触发器	/258

*§13.5 计数器	264
*§13.6 数字信号与模拟信号的相互转换	267

实验

实验一 万用表的使用	276
实验二 基尔霍夫定律的验证	278
实验三 RLC 串联交流电路	279
实验四 三相交流电路	280
实验五 正、反转控制线路	282
实验六 日光灯电路及功率因数的提高	284
实验七 晶体二极管和晶体三极管的简单测试	285
实验八 串联型稳压电源	287

附录

附录 1 常用物理量及其计量单位	289
附录 2 部分单位词头说明	290
附录 3 几种材料的电阻温度系数及在 20℃ 时的电阻率	290
附录 4 常见熔断器的主要技术参数	291
附录 5 部分铅锡和铅锡合金熔丝的额定电流和熔断电流	292
附录 6 CJ10 和 CJ0 系列交流接触器的技术数据	292
附录 7 JZ7 系列中间继电器的技术数据	292
附录 8 各种环境的一般照度标准	293
附录 9 常用电光源的光通量	293
附录 10 白炽灯泡技术数据	293
附录 11 半导体器件型号命名方法	294

(注: 打*者为中职选学内容)

第一章 直流电路

§1.1 基本电工量

1.1.1 电流

大家知道,物质由分子组成,分子由原子组成,原子由带正电的原子核和核外带负电的电子组成。自然状况下,原子核所带的正电荷数等于核外电子所带的负电荷数,对外不显电性。当我们外加一定条件(如接上电源)时,就可以使金属或一些溶液中的电荷发生有规则的运动。

1. 电流的形成

大量电荷有规则地定向移动形成电流。产生电流的条件是,导体两端存在一定的电压。在电场作用下,金属导体中自由电子的定向移动、电解液中正、负离子沿着相反方向的移动、阴极射线管中的电子流等,都形成电流。

2. 电流的方向

习惯上规定以正电荷移动的方向为电流的方向,在导体中,形成电流的运动电荷可以是正电荷,也可以是负电荷,或者正、负电荷都有。

在分析或计算电流时,常常先要标出电流的方向,但有时电流的方向难以判断,这时可任意假定电流的参考方向(也称正方向),然后列方程求解。当解出的电流为正值时,就认为电流的实际方向与参考方向一致(图 1-1a);反之,解出电流为负值时,就认为电流的实际方向与参考方向相反(图 1-1b)。

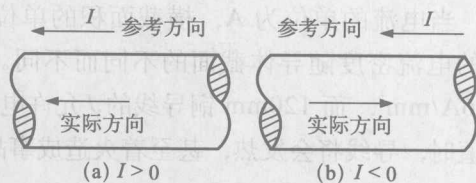


图 1-1 电流的正负

3. 电流的大小 (电流强度)

电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面电荷量的多少,一般用单位时间(1s)内通过导体横截面的电(荷)量表示电流的大小,用字母 I 表示。如在 t 秒内通过导体横截面的电量为 Q 库仑,则电流(强度) I 就可表示为

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{或} \quad I = \frac{q}{t}$$

4. 电流的单位 (A)

如果在 1 秒 (s) 内通过导体横截面的电量为 1 库仑 (C), 则导体中的电流就是 1 安培, 简称安, 用符号 A 表示。常用的电流单位还有千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 (μA) 和纳安 (nA)。换算关系为

$$\begin{aligned} 1\text{kA} &= 10^3\text{A} \\ 1\text{A} &= 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A} = 10^9\text{nA} \end{aligned}$$

5. 电流的测量

电流的大小可用电流表 (安培表) 来测量。测量时应注意以下几点:

- (1) 电流表必须串接到被测量的电路中 (图 1-2)。
- (2) 对交、直流电流应分别选用交流电流表和直流电流表。
- (3) 测直流电流时, 应使电流从电流表的正端 (+) 流入, 负端 (-) 流出, 与电路的极性相一致, 不能接错, 否则指针要反转, 容易损坏电流表。

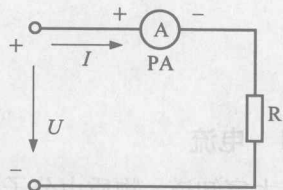


图 1-2 直流电流的测量

(4) 合理选择电流表的量程 (测量范围), 使其大于实际电流的数值, 以防烧坏电流表。测电流时, 一般要先估计被测电流的大小, 再选择电流表的量程。若无法估计, 可先用电流表的最大量程档测量, 再改用较小档去测量, 最好使指针偏转到满刻度的 $2/3$ 左右, 读数的准确度高。

6. 电流密度

电流密度是指当电流在导体的截面上均匀分布时, 电流与导体横截面积的比值。在实际工作中, 为了保证用电量和用电安全, 常常要根据电流的大小选择导线的粗细 (横截面), 这就引入电流密度的概念。电流密度用字母 J 表示, 其数学表达式为

$$J = \frac{I}{S}$$

当电流的单位为 A, 横截面积的单位为 mm^2 时, 电流密度的单位是 A/mm^2 。导线允许的电流密度随导体截面的不同而不同。例如, 1mm^2 及 2.5mm^2 铜导线的允许电流密度为 $6\text{A}/\text{mm}^2$, 而 120mm^2 铜导线的 J 允许电流密度为 $2.3\text{A}/\text{mm}^2$ 。当导线中通过的电流超过允许值时, 导线将会发热, 甚至着火造成事故。

例 1-1 某导线在 3s 内通过的电量为 72 C, 问导线中的电流有多大? 应采用横截面多大的铜导线? ($J_{\text{容}} = 6\text{A}/\text{mm}^2$)

解 由电流及电流密度的定义公式可得

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{72}{3} = 24\text{ A}$$

$$S = \frac{I}{J} = \frac{24}{6} = 4\text{ mm}^2$$

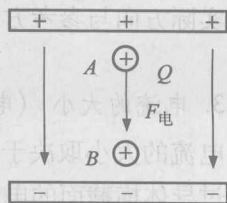


图 1-3 电场力做功

1.1.2 电压

电压又称电位差，是衡量电场力做功本领大小的物理量，用符号 U 表示。

1. 电压的大小

电压的大小是电场力把单位正电荷从电场中 A 点移到 B 点所做的功（图 1-3）。电压用带双下标的符号表示。若电荷的电量为 Q ，做功为 W_{AB} ，电压 U_{AB} 的表达式为

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q}$$

2. 电压的单位 (V)

若电场力将 1 库仑 (C) 的电荷从 A 点移动到 B 点，所做的功是 1 焦耳 (J)，则 A 、 B 两点之间的电压大小就是 1 伏特，简称伏，用符号 V 表示。常用的电压单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV) 和微伏 (μ V)。换算关系为

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

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

3. 电压的方向

电压的实际方向从高电位点指向低电位点，即由正 (+) 极指向负 (-) 极。在电压的方向上，电位是逐渐降低的。

电压的方向有三种表示方法：一种用箭头表示（图 1-4a）；另一种用正、负极性符号表示（图 1-4b）；第三种是用双下标表示，如电压 U_{ab} 的方向是由 a 指向 b 。

如果难以确定电压的实际方向，可先任意假设电压的参考方向。若计算所得的值为正，就认为电压的实际方向与参考方向一致；反之，计算所得的值为负，就认为电压的实际方向与参考方向相反。

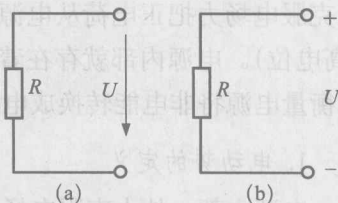


图 1-4 电压的方向

4. 电压的测量

电压的大小，可用电压表（伏特表）进行测量。测量时应注意以下几点：

- (1) 电压表必须并联在被测电路的两端（图 1-5）。
- (2) 对交、直流电压应分别选用交流电压表和直流电压表。
- (3) 测直流电压时，电压表的正端 (+)、负端 (-) 应和被测两点的电位相一致，即正端接高电位，负端接低电位，不能接错，否则指针要反转，容易损坏电压表。
- (4) 合理选择电压表的量程，其方法和电流表相同。

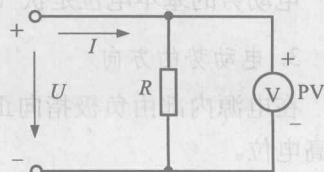


图 1-5 直流电压的测量

1.1.3 电位

电位是指电路中某点与参考点之间的电压。电位的符号用带单下标的字母 U 、 V 或 φ 表示,如 U_a 即表示 a 点的电位。

1. 参考点

可以任意选定,通常把参考点的电位规定为零,又称零电位。常选大地为参考点,即视大地为零电位点。在电子仪器和设备中又常把金属外壳或电路的公共接点定为零电位点。

零电位的符号有两种:“ $\underline{\text{—}}$ ”表示接大地,“ — ”或“ $\perp$ ”表示接机壳或公共接点。

2. 电位的基本单位

电位的基本单位也是伏(V),与电压相同。

3. 电压与电位

电路中任意两点 a 、 b 之间的电压就是这两点的电位差,关系式为

$$U_{ab} = U_a - U_b$$

电位具有相对性,即电路中某点的电位值随参考点的改变而改变;而电压(电位差)具有绝对性,即任意两点之间的电压与电路中参考点的选取无关。后面例1-2即可说明。

1.1.4 电动势

为了维持电路中有持续不断的电流,必须有一种外力,能克服电场力把正电荷从电源的负极(低电位)移到正极(高电位)。电源内部就存在着这种作用的外力,电动势就是衡量电源将非电能转换成电能的本领(图1-6)。

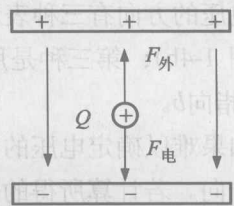


图1-6 外力克服电场力做功

1. 电动势的定义

电源内部,外力克服电场力将单位正电荷从电源的负极移动到电源正极所做的功。电动势用符号 E 表示,其表达式为

$$E = \frac{W_w}{Q}$$

2. 电动势的基本单位

电动势的基本单位是伏(V),与电压相同。

3. 电动势的方向

在电源内部由负极指向正极,即由低电位指向高电位。

4. 电动势的图形符号

直流电源一般有两种图形符号,如图1-7所示。

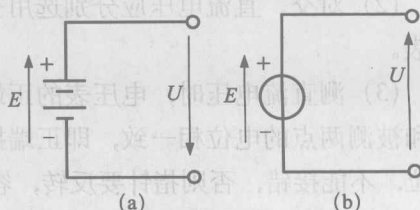


图1-7 直流电动势

5. 电动势与端电压

电动势只存在于电源内部, 而端电压则是电源加在外电路两端的电压, 也是电源两端的电位差, 其方向由电源的正极指向负极、与电动势的方向相反。一般电源的端电压总是低于电源内部的电动势, 只有当电源开路时, 电源的端电压与电动势在数值上相等。

若端电压的参考方向与电动势的参考方向相反, 就有 $U=E$ (图 1-7a); 若端电压的参考方向与电动势的参考方向相同, 就有 $U=-E$ (图 1-7b)。

例 1-2 已知: 接在同一点 b 的两电源 $E_m=U_{ab}=30\text{V}$, $E_n=U_{cb}=15\text{V}$ 。求分别以 a , b 为参考点时, 各点的电位及电压 U_{ac} 各为多少?

解 根据电动势、电压与电位的关系 $U_{ab}=U_a-U_b$ 可得

以 a 点为参考点时, 电位 $U_a=0\text{V}$

$$\text{由 } U_{ab}=U_a-U_b \text{ 得 } U_b=U_a-U_{ab}=0-30=-30\text{V}$$

$$\text{由 } U_{cb}=U_c-U_b \text{ 得 } U_c=U_{cb}+U_b=15+(-30)=-15\text{V}$$

$$\text{电压 } U_{ac}=U_a-U_c=0-(-15)=15\text{V}$$

以 b 点为参考点时, 电位 $U_b=0\text{V}$

$$\text{由 } U_{ab}=U_a-U_b \text{ 得 } U_a=U_{ab}+U_b=30+0=30\text{V}$$

$$\text{由 } U_{cb}=U_c-U_b \text{ 得 } U_c=U_{cb}+U_b=15+0=15\text{V}$$

$$\text{电压 } U_{ac}=U_a-U_c=30-15=15\text{V}$$

1.1.5 电阻

导体对电流的阻碍作用称为电阻, 用符号 R 表示。电阻是定向移动的电荷与导体中的带电粒子频繁碰撞形成的。

电阻的单位为欧姆, 简称欧, 用符号 Ω 表示。若导体两端所加的电压为 1V , 通过的电流是 1A , 那么导体的电阻就是 1Ω 。常用的电阻单位还有千欧 ($\text{k}\Omega$)、兆欧 ($\text{M}\Omega$), 换算关系为

$$1\text{k}\Omega=10^3\Omega$$

$$1\text{M}\Omega=10^3\text{k}\Omega=10^6\Omega$$

1. 电阻定律

导体的电阻 R 与导体的长度 L 成正比, 与导体的横截面积 S 成反比, 与导体的材料性质有关。计算公式为

$$R=\rho\frac{L}{S}$$

式中, 长度 L 的单位为米 (m); 横截面积 S 的常用单位为平方毫米 (mm^2), 国际单位为平方米 (m^2); ρ 是与材料性质有关的物理量, 称电阻率 (或电阻系数)。电阻率的定义是长度为 1m , 截面为 1m^2 的导体, 在一定温度下的电阻值。电阻率的单位是欧米 ($\Omega\cdot\text{m}$)。

由附录 3 列出的几种材料在 20°C 时的电阻率可知, 纯金属的电阻率很小, 绝缘体的电

阻率很大。银是最好的导体，但因价格昂贵一般很少使用，目前电器设备中常用导电性能良好的铜、铝做导线。

2. 电阻与温度

实践发现，导体的电阻还与温度有关，一般金属的电阻随温度的升高而增大。这是因为温度升高，物质分子的热运动加剧，带电粒子的碰撞次数增加，阻碍作用的电阻就增大。例如，220V40W 的白炽灯不通电时，灯丝电阻为 100Ω ；正常发光时，灯丝温度可达 2000°C 以上，电阻高达 1210Ω 。

电阻温度系数是温度升高 1°C 时，电阻所产生的变化量与原电阻的比值，用字母 α 表示，单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。若导体在温度 t_1 时电阻为 R_1 ，在温度 t_2 时电阻为 R_2 ，则电阻温度系数为

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$$

也可得到变化后的电阻

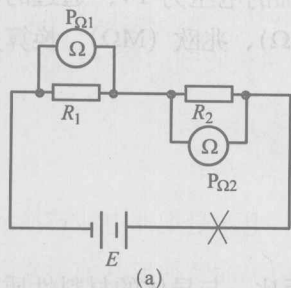
$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

一般金属材料的电阻温度系数都很小（附录 1），但工作温度很高时，电阻的变化就很显著。碳的电阻温度系数是负数，表明温度升高时，碳的电阻反而减小。

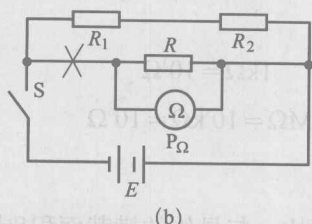
3. 电阻的测量

导体电阻的大小可用电阻计（欧姆表）进行测量。测量时要注意：

- (1) 切断电路上的电源（图 1-8a）。
- (2) 使被测电阻的一端断开（图 1-8b）。
- (3) 避免把人体的电阻量入（图 1-9）。



(a)



(b)

图 1-8 用欧姆表测量电阻

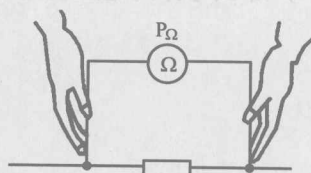


图 1-9 测量电阻时量入了人体电阻

4. 电阻器

利用导体的电阻可以制成各种用途不同、阻值不等、形状各异的电阻器。

例 1-3 绕制 100Ω 的电阻，问需要直径为 0.1mm 的铜丝多少米？若温度从 50°C 升高到 300°C ，铜丝的电阻变为多少？（查附录 1： $\rho = 1.7 \times 10^{-8}\Omega \cdot \text{m}$ ， $\alpha = 4 \times 10^{-3}/^\circ\text{C}$ ）

解 (1) 横截面积 $S = \pi r^2 = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (1 \times 10^{-4})^2 = 7.85 \times 10^{-9} \text{m}^2$

(2) 由电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$ 得 $L = \frac{RS}{\rho} = \frac{100 \times 7.85 \times 10^{-9}}{1.7 \times 10^{-8}} = 46.177 \text{m}$

(3) 由电阻温度系数得 $R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] = 100 \times [1 + 4 \times 10^{-3}(300 - 50)] = 200 \Omega$

§1.2 电路与欧姆定律

1.2.1 电路

电路是电流通过的路径,是为了实现某种需要,把一些电气设备和元件按一定方式连接起来、供电流通过的闭合回路。图 1-10 所示为一照明电路,由电池、小灯泡、开关和连接导线构成。当合上开关时,电池向外输出电流,电流流过小灯泡,小灯泡就发光。

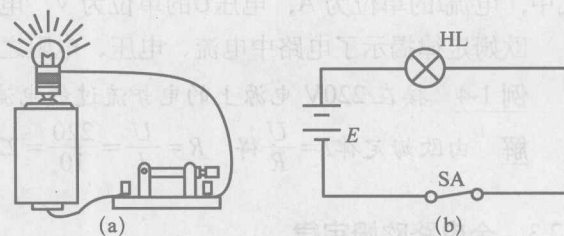


图 1-10 电路和电路图

1. 电路图

电路可以用电路图来表示,电路图就是用国家标准统一规定的图形符号画出电路连接情况的图。图 1-10b 就是图 1-10a 的电路图。

2. 电路的作用

电路的主要作用有两类:一是实现电能的传输、控制、分配和转换,二是实现信号的传递和处理。如电炉在电流通过时可将电能转换成热能,电视机可将接收到的信号经过处理,转换成图像和声音。

3. 电路的组成

电路一般由电源、负载、开关和连接导线四个基本部分组成。电源是把非电能转换成电能的装置,如发电机、蓄电池、干电池等。负载也称用电器,是把电能转换成其他形式的能量的装置,如电灯、电炉、电烙铁、扬声器、电动机等一切用电设备。开关是接通或断开电路的控制元件。连接导线是把电源、负载及开关连接起来,组成一个闭合回路,起传输和分配电能的作用。实际的电路中还有保护设备、测量仪表等。

1.2.2 部分电路欧姆定律

部分电路是指一段负载 R 的电路 (图 1-11)。

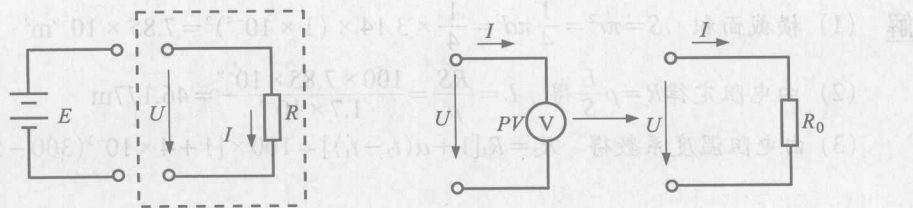


图 1-11 部分电路

部分电路欧姆定律的内容是：在不含电源的电路中，流过导体的电流与导体两端的电压成正比，与导体的电阻成反比，即

$$I = \frac{U}{R}$$

式中，电流 I 的单位为 A，电压 U 的单位为 V，电阻 R 的单位为 Ω 。

欧姆定律揭示了电路中电流、电压、电阻之间的联系，实际应用非常广泛。

例 1-4 接在 220V 电源上的电炉流过的电流是 10A，试求此时电炉丝的电阻。

解 由欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$ 得 $R = \frac{U}{I} = \frac{220}{10} = 22\Omega$

1.2.3 全电路欧姆定律

全电路是指由内电路和外电路组成的闭合电路。内电路指电源内部，存在电动势 E 和内阻 r （或 R_0 ）。外电路指电源以外即用电器 R （图 1-12）。

全电路欧姆定律的内容是：闭合电路中的电流，与电源的电动势成正比，与整个电路的内、外电阻之和成反比，即

$$I = \frac{E}{R + r}$$

也可表示为

$$E = IR + Ir = U + Ir$$

例 1-5 在图 1-12 电路中，用电流表和电压表测得 $I = 0.2A$ ， $U = 1.98V$ ；当改变电阻 R 后 $I = 0.4A$ ， $U = 1.96V$ 。试求电源的电动势和内阻；如何接电压表和电流表？

解 由全电路欧姆定律 $E = IR + Ir = U + Ir$

得

$$E = U_1 + I_1 r = U_2 + I_2 r$$

代入两次参数

$$E = 1.98 + 0.2r$$

$$E = 1.96 + 0.4r$$

得到

$$E = 2V \quad r = 0.1\Omega$$

电压表应并联在 R 或 E 两端（或 A ， B 之间）；电流表应断开电路，串联在回路中。

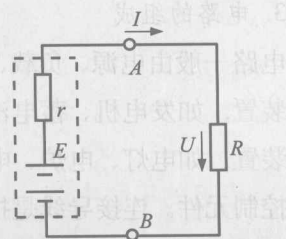


图 1-12