

高职高专电气自动化技术专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN DIANQI ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



电工基础

孙承智 主 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

高职高专电气自动化技术专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN DIANQI ZIDONGHUA JIYUAN ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



电工基础

主 编 孙承智
编 写 郝 辉 马 菲
主 审 吕宗枢 邀瑞山 刘玉梅



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为高职高专电气自动化技术专业规划教材。

全书共分为7章,包括电路的基本概念和基本定律、直流电路的分析方法、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路、安全用电知识、线性动态电路的分析、磁路和变压器。本书各章后均配有自测题,还配有实用技能训练。

本书可作为高职高专院校自动化类专业的电工基础课程教材,也可作为中等职业教育相关教材,同时可供工程技术人员的相关岗位培训和自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/孙承智主编. —北京:中国电力出版社,2011.2

高职高专电气自动化技术专业规划教材

ISBN 978-7-5123-1435-1

I. ①电… II. ①孙… III. ①电工学-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第028315号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011年6月第一版 2011年6月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 12.625印张 304千字

定价 22.50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

高职高专电气自动化技术专业规划教材

编 委 会

主 任 吕景泉

副主任 狄建雄 凌艺春 谭有广 周乐挺 郝汉琪

秘书长 李兆春

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁学恭 马伯华 王 燕 王 薇 王永红

刘玉娟 刘玉梅 刘保录 孙成普 孙忠献

何 颖 何首贤 张 池 张永飞 张学亮

张跃东 李方园 陆锦军 陈 赵 姚永刚

姚庆文 郭 健 钱金法 常文平 韩 莉

前言

本教材是依据教育部关于高职高专应用型人才培养目标的要求，为了满足高等职业技术学院应用型教学要求编写的。为培养出适应社会需求的基础扎实、知识新、能力强的新型人才，本教材既考虑了基础知识的巩固、实用技能的培养，又考虑了相关知识向课外延伸和拓展，教、学、做一体化，尽量贴近岗位和实际应用，全面提高学生的实践能力。

本教材在前人的基础上又融入了如下一些高职特色。

(1) 为强调实践教学，将教材分为理论和实践两大部分。实践部分不仅安排了较多的实验内容，而且还设置了电工考证等教学内容。

(2) 在各章前面安排有预习要点，后面有自测题，可供读者参考。

(3) 力求打破学科教学体系，从实际出发，以满足工艺专业的需求和工作需要。

通过本教材的学习，使学生比较系统地掌握电工应用技术的基本知识、基本理论、基本技能，掌握直流电路、交流电路、非正弦交流电路、线性动态电路的分析以及各种电工仪表的使用，并能运用所学的知识解决有关电工学方面的实际问题；同时，为后续专业课学习打下良好基础，进而使学生具有解决实际问题的初步能力，能够获得初步的工程实践能力。

本教材适合于各个层次的职业技术学院教学使用，也可用于企业工作人员自学。

本教材由辽宁石化职业技术学院孙承智主编，并编写其中的第1、2、7章；马菲老师编写了第3~5章，以及实用技能训练；郝辉副教授编写了第6章。本教材由沈阳工程学院吕宗枢教授主审，辽宁机电职业技术学院邀瑞山教授，辽宁石化职业技术学院刘玉梅教授参与了整理和审阅，他们对全书进行了认真、仔细的审阅，提出了许多具体、宝贵的意见，另外辽宁石化职业技术学院孙继明和罗壮老师也为本教材的编写提供了很多的素材，谨在此一并表示诚挚的感谢。

在编写过程中我们借鉴了许多单位和个人编写的书籍，汲取经验，同时得到了“高职高专电气自动化技术专业规划教材编委会”的关怀，以及各编审单位领导的大力支持，使得教材编写顺利完成，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不足，敬请各位读者批评指正。

编 者

2011年02月

丛书出版前言

职业教育是现代国民教育体系的重要组成部分,在实施科教兴国战略和人才强国战略中具有特殊的重要地位。党中央、国务院高度重视发展职业教育,提出要全面贯彻党的教育方针,以服务为宗旨,以就业为导向,走产学结合的发展道路,为社会主义现代化建设培养千百万高素质技能型专门人才。因此,以就业为导向是我国职业教育今后发展的主旋律。推行“双证制度”是落实职业教育“就业导向”的一个重要措施,教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)中也明确提出,要推行“双证书”制度,强化学生职业能力的培养,使有职业资格证书专业的毕业生取得“双证书”。但是,由于基于“双证书”的专业解决方案、课程资源匮乏,“双证课程”不能融入教学计划,或者现有的教学计划还不能按照职业能力形成系统化的课程,因此,“双证书”制度的推行遇到了一定的困难。

为配合各高职院校积极实施“双证书”制度工作,推进示范校建设,中国高等职业技术教育研究会和人民邮电出版社在广泛调研的基础上,联合向中国职业技术教育学会申报了职业教育与职业资格证书推进策略与“双证课程”的研究与实践课题(中国职业技术教育学会科研规划项目,立项编号 225753)。此课题拟将职业教育的专业人才培养方案与职业资格认证紧密结合起来,使每个专业课程设置嵌入一个对应的证书,拟为一般高职院校提供一个可以参照的“双证课程”专业人才培养方案。该课题研究的对象包括数控加工操作、数控设备维修、模具设计与制造、机电一体化技术、汽车制造与装配技术、汽车检测与维修技术等多个专业。

该课题由教育部的权威专家牵头,邀请了中国职教界、人力资源和社会保障部及有关行业的专家,以及全国 50 多所高职高专机电类专业教学改革领先的学校,一起进行课题研究,目前已召开多次研讨会,将课题涉及的每个专业的人才培养方案按照“专业人才定位—对应职业资格证书—职业标准解读与工作过程分析—专业核心技能—专业人才培养方案—课程开发方案”的过程开发。即首先对各专业的工作岗位进行分析和分类,按照相应岗位职业资格证书的要求提取典型工作任务、典型产品或服务,进而分析得出专业核心技能、岗位核心技能,再将这些核心技能进行分解,进而推出各专业的专业核心课程与双证课程,最后开发出各专业的人才培养方案。

根据以上研究成果,课题组对专业课程对应的教材也做了全面系统的研究,拟开发的教材具有以下鲜明特色。

1. 注重专业整体策划。本套教材是根据课题的研究成果——专业人才培养方案开发的,每个专业各门课程的教材内容既相互独立、又有机衔接,整套教材具有一定的系统性与完整性。
2. 融通学历证书与职业资格证书。本套教材将各专业对应的职业资格证书的知识和能力要求都嵌入到各双证教材中,使学生在获得学历文凭的同时获得相关的国家职业资格证书。
3. 紧密结合当前教学改革趋势。本套教材紧扣教学改革的最新趋势,专业核心课程、“双证课

程”按照工作过程导向及项目教学的思路编写，较好地满足了当前各高职高专院校的需求。

为方便教学，我们免费为选用本套教材的老师提供相关专业的整体教学方案及相关教学资源。

经过近两年的课题研究与探索，本套教材终于正式出版了，我们希望通过本套教材，为各高职高专院校提供一个可实施的基于双证书的专业教学方案，也热切盼望各位关心高等职业教育的读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正，提出修改意见，并积极与我们联系，共同探讨教学改革和教材编写等相关问题。来信请发至 panchunyan@ptpress.com.cn。

目 录

前言

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1
1.1 电路的基本物理量	1
1.2 欧姆定律	8
1.3 电功率	12
1.4 基尔霍夫定律	17
1.5 实用技能训练一——常见电工仪器仪表的使用及误差分析	24
1.6 实用技能训练二——电位、电压的测定及电路电位图的绘制	25
自测题	27
第 2 章 直流电路的分析方法	29
2.1 电阻的连接及等效变换	29
2.2 电阻 Y 形连接与 Δ 形连接的等效变换	36
2.3 电压源、电流源及其等效变换	39
2.4 直流电路的基本分析方法	44
2.5 线性电路的基本定理	51
2.6 实用技能训练三——基尔霍夫定律的验证与应用	56
自测题	58
第 3 章 单相正弦交流电路	60
3.1 正弦量的基本概念	60
3.2 正弦量的基本表示方法	64
3.3 单一理想电路元件的正弦交流电路	72
3.4 RLC 串、并联交流电路	84
3.5 阻抗的串、并联 正弦交流电路的相量分析法	96
3.6 实用技能训练四——电阻电感串联电路（日光灯电路）的分析与研究	106
3.7 实用技能训练五——电能表（感应式仪表）的检定	108
自测题	110
第 4 章 三相正弦交流电路	114
4.1 三相电源连接	114
4.2 三相负载的连接和电路分析	118
4.3 实用技能训练六——三相四线制负载电压、电流的测量	127
4.4 实用技能训练七——三相三线制负载（三相异步电动机）的有功功率 及功率因数的测定	129
自测题	131

第 5 章 安全用电知识	133
5.1 安全用电常识	133
5.2 触电的危害性与急救	134
5.3 电气设备安全运行知识	137
自测题.....	140
第 6 章 线性动态电路的分析	142
6.1 换路定律及初始值的确定	142
6.2 一阶电路的零状态响应和零输入响应	147
6.3 一阶电路完全响应三要素法	155
6.4 实用技能训练八——一阶电路暂态过程的研究	161
自测题.....	163
第 7 章 磁路和变压器	165
7.1 磁路及其基本定律	165
7.2 变压器	175
7.3 实用技能训练九——单相变压器特性的研究	186
自测题.....	188
思考题与习题参考答案	190
参考文献	193

第1章

电路的基本概念和基本定律

本章从电路、电路模型出发,重点讨论电路中电流、电压、电位、电动势、电功率等基本物理量的概念、特性及相互关系,并在欧姆定律的基础上阐述分析电路的基本定律——基尔霍夫定律。

1.1 电路的基本物理量

Q 预习要点

1. 领会电路、电路模型的概念;理解理想电路元件与实际电路元件的含义及其关系。
2. 领会电流、电压、电动势的概念以及参考方向与实际方向间的关系。
3. 理解电位、电压与参考点的关系。

1.1.1 电路

(1) 电路。电流所通过的路径称为电路。电路是由许多电气元件和设备组成的总体。电路的作用:①进行能量的传输、分配与转换,通常是把电能转换成光、热、声或机械等形式能量;②实现电信号的传递、变换、储存和处理,如放大、滤波、储存或记忆等,如手机就是利用天线将接收到的射频信号(935~960MHz)经过滤波、放大等电路变成音频信号,同时将音频信号变换成射频信号发射出去。

实际的电气设备和元器件种类繁多,如自动控制设备、卫星接收设备、邮电通信设备等。实际电路的几何尺寸相差很大,如电力系统或通信系统可能是跨越省界、国界甚至是洲际的,而集成电路芯片小得如同指甲;在工作过程中所涉及的物理过程相当复杂。但电路研究的是各部分的电压、电流、磁通所表征的电磁过程。因此,为了便于对实际电气装置的分析研究,通常在一定条件下需要对实际电路采用模型化处理,即用抽象的理想电路元件及其组合近似地代替实际的器件,从而构成与实际电路相对应的电路模型。

所谓理想电路元件本身也是一些简单模型。例如,一个白炽灯,它除了主要将电能转换成光能和热能,表现出电阻的性质外,还会产生微小的磁场,表现出电感的性质。当忽略这个微小电感量时,就得到白炽灯的理想化模型。

最基本的理想化电路元件有以下几种:

- 1) 电阻元件(简称电阻 R)——主要是消耗电能,并将电能转换为其他形式的能量;
- 2) 电感元件(简称电感 L)——主要体现磁场效应,储存或释放磁场能量;
- 3) 电容元件(简称电容 C)——主要体现电场效应,储存或释放电场能量;
- 4) 电源元件(简称电源 E)——主要是提供电能,即将其他形式的能量(如化学能、机械能、核能或太阳能)转换为电能。

每种理想电路元件都用一种特定的符号表示，常用电路元件的图形符号见表 1-1。

表 1-1 常用电路元件的图形符号

元件名称		图形符号	元件名称		图形符号
电源	蓄电池		电容	电容器一般符号	
	直流发电机			可变电容器	
	理想电压源		电感	电感器、线圈	
	理想电流源			带磁芯的电感器	
电阻	电阻器一般符号		导线	不连接导线	
	可变电阻器			连接导线	
	滑线电阻器			接地	
	电位器			参考点	
仪表	电流表		其他	熔断器	
	电压表			开关	
	功率表			指示灯、信号灯	

每一个具体的实际电路元件，按其电磁性质不同，在电路图中都可用一种理想电路元件

或几种理想电路元件的组合代替。用理想电路元件符号表示实际电路元件所画出的电路图称为电路模型。如图 1-1 (a) 所示为手电筒的实际电路，如图 1-1 (b) 所示为手电筒的电路模型。

(2) 电路的组成。电路通常由电源、负载和中间环节三部分组成。

1) 电源是电路中提供电能的设备，如干电池、蓄电池、发电机等。理想电源可分为理想电压源和理想电流源两类，理想电压源的输出电压恒定，输出电流由它和负载共同决定；理想电流源的输出电流恒定，两端电压由它和负载共同决定。

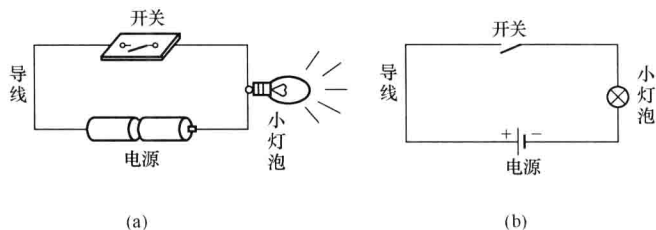


图 1-1 手电筒的实际电路和电路模型

(a) 手电筒的实际电路图；(b) 手电筒的电路模型图

2) 负载是电路中把电能转换为其他形式能量的设备, 如电动机、电灯等。

3) 中间环节是电路中传递、分配、处理和控制电能和设备。除连接导线和开关外, 中间环节一般还包括测量、控制和保护设备, 如测量仪表、熔断器等。最简单的中间环节就是开关和连接导线, 如图 1-2 所示为手电筒的电路组成。

电路可分为两段: 从电源的一端起, 经过和它连接的全部负载和导线再回到电源的另一端为止的电流路径称为外电路; 电源内部的电路称为内电路。

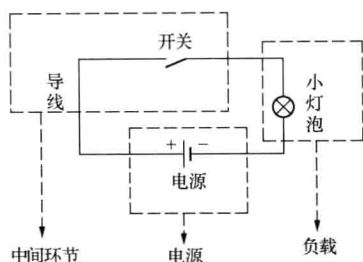


图 1-2 手电筒的电路组成

1.1.2 电路的基本物理量

(1) 电流。自由电荷有规则的定向移动, 形成电流。电流的方向规定为正电荷移动的方向。电流的大小用电流强度表示。电流强度的定义: 单位时间内通过导体横截面的电荷量。设 Δt 时间内通过导体横截面的电荷为 Δq , 则有

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中 i ——电流强度, 简称电流。

一般规定小写英文字母 i 或 $i(t)$ 表示随时间变化的电流, 这种变化可以是各种各样的, 其中大小和方向均随时间而变化的电流叫做交变电流, 最常见的正弦交变电流简称交流, 其波形如图 1-3 所示。大写英文字母 I 表示不随时间变化的电流, 称为恒定电流或直流电流, 简称直流, 其波形如图 1-4 所示。

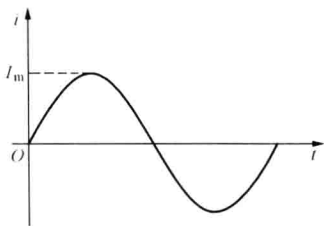


图 1-3 正弦交变电流波形图

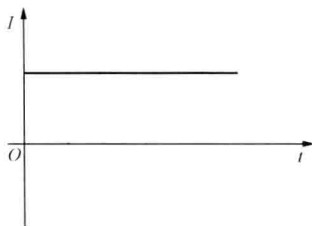


图 1-4 直流电流波形图

对直流电流, 式 (1-1) 可改写为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

在国际单位制 (SI) 中, 电流强度的单位是安培, 用大写字母 A 表示。若在 1s 内通过导体横截面的电量为 1C, 则电流强度为 1A。对于较小的电流, 可用毫安 (mA) 或微安 (μA) 作单位, 它们的关系是

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

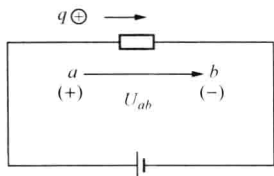


图 1-5 电压示意图

(2) 电压。自由电荷在电场力作用下定向移动时, 电场力做功。同一电荷, 放在不同的电场中, 电场力做的功不同, 表明电场所具有的能量不同。为了衡量电场做功本领的大小, 引入电压这个物理量。

在图 1-5 所示的电路中, 实验电荷从 a 点移动到 b 点时, 电

场力所做的功与实验电荷电量的比值,称为该电路中 a 、 b 两点之间的电压,用符号 U_{ab} 表示,即

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (1-3)$$

式中 U_{ab} —— a 、 b 两点之间的电压, V (伏特);

q ——实验电荷电量, C (库仑);

W_{ab} ——电场力所做的功, J (焦耳)。

根据电压的定义可知:电路中任意两点之间的电压,数值上等于在该两点间移动单位正电荷电场力所做的功。电场力是有方向的,正电荷受力移动的方向与电场力的方向相同,电场力做功为正,此时电压也为正。习惯上规定在电场力作用下正电荷受力移动的方向为电压方向,用双下标的顺序表示。如符号 U_{ab} 即表示电压方向是由 a 点指向 b 点。

通常可使用电压表测量负载(或电源)两端的电压。首先根据负载(或电源)两端电压的大约数值,将电压表选择开关放在直流电压挡对应的位置;然后将电压表和负载(或电源)并联,如图 1-6 所示;在电压表的刻度盘上即可读出数值。为了测量精确,电压表内阻以大为好,特别是在负载阻值较大时,更需注意电压表内阻对电路的影响。

(3) 电位。在实际工作中,测量各点与机壳之间的电压时,通常将一根表笔固定在机壳上,另一根表笔固定在待测点上,如图 1-7 所示。 a 、 b 、 c 三点与机壳之间的电压分别为 $U_{ad}=9\text{V}$, $U_{bd}=-6\text{V}$, $U_{cd}=3\text{V}$ 。

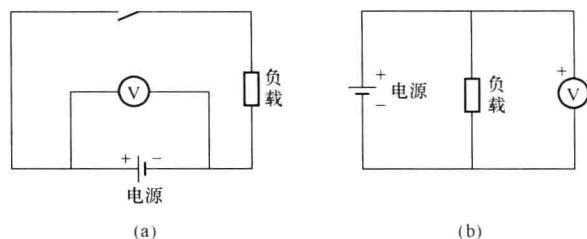


图 1-6 电压的测量

(a) 用电压表测量电源两端的电压; (b) 用电压表测量负载两端的电压

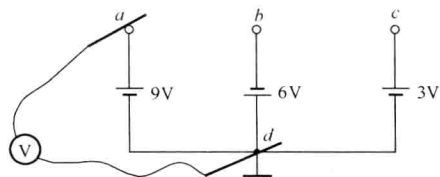


图 1-7 各点与机壳之间的电压

各点到机壳(即公共点)之间的电压,称为各点对机壳(即公共点)的电位,简称各点电位。用符号 V 表示。

此时, a 、 b 、 c 三点的电位分别为

$$V_a = 9\text{V}, V_b = -6\text{V}, V_c = 3\text{V}$$

很显然,机壳(即公共点)的电位为零电位。一般选择大地或某公共点(机壳)作为零电位点,其他点的电位由该点与零电位点间的电压决定。电位为正,说明该点电位比零电位高;电位为负,说明该点电位比零电位低。

既然有了电压,为这么还要引入电位呢?因为在实际工作中,有时要比较两点之间的性质,如 a 、 b 两点(见图 1-7),但此两点相距很远,不便于测量它们之间的电压,但可以通过它们各自与公共参考点(如大地)之间的电压来比较。仍以 a 、 b 两点为例,求 a 、 b 两点

间的电压 U_{ab} ，就是要求出电场力移动单位正电荷从 a 点到 b 点所做的功 W_{ab} 。此功包括从 a 点到 d 点，再从 d 点再到 b 点电场力移动单位正电荷所做的功 W_{ad} 和 W_{db} 两部分。根据电压的定义有

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} = \frac{W_{ad} + W_{db}}{q} = \frac{9 + 6}{1} = 15 \text{ (V)}$$

若采用电位的概念，将 a 、 b 两点的电位进行比较，即用 a 点的电位 V_a 减去 b 点的电位 V_b ，则有

$$V_a - V_b = 9 - (-6) = 9 + 6 = 15 \text{ (V)}$$

说明两点之间的电位差在数值上等于电压。据此，可以用测量各点到公共参考点之间的电位，再求各点间电位差的方法，得知任意两点间的电压，即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-4)$$

若 V_a 与 V_b 之差为正，说明 a 点电位高于 b 点电位；反之，若 V_a 与 V_b 之差为负，说明 a 点电位低于 b 点电位。

电压与电位是相互联系又有所区别的两个物理量。

1) 电压即为电路中任意两点之间的电位差；电压与电位的单位相同；电压的方向规定由高电位点指向低电位点。

2) 电路中各点的电位与参考点的选择有关，是一个相对量，参考点不同，各点的电位不同；各点电位高于参考点电位时为正，低于参考点电位时为负。而电路中任意两点间的电压与参考点的选择无关。比如两座山的高度是以地平面起算，还是以海平面起算，其数值是不同的；但这两座山的高度之差，不管以哪个平面起算，总是固定不变的。

值得注意的是：在外电路（即除电源外的电路），电流总是由高电位流向低电位，这种电位的降低称为电位降，也叫电压降。而在电源内部，电流则是由低电位流向高电位，这是由于电源内部有外力做功造成的。

【例 1-1】 如图 1-8 所示，已知 $U_{BC} = 30\text{V}$ ， $V_A = 80\text{V}$ ， $U_{CD} = 20\text{V}$ 。求 U_{AB} 、 V_E 。

解 由图 1-8 可知 $V_C = 0\text{V}$

$$U_{BC} = V_B - V_C = 30\text{V}$$

所以 $V_B = 30\text{V}$

所以 $U_{AB} = V_A - V_B = 80 - 30 = 50 \text{ (V)}$

因为 $U_{CD} = V_C - V_D = 0 - V_D = 20 \text{ (V)}$

所以 $V_D = -20\text{V}$

因 D 、 E 点间无电流通过，说明 D 、 E 点间电位既不升也不降，两点电位相同。

故 $V_E = V_D = -20\text{V}$

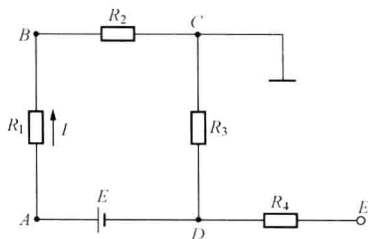


图 1-8 [例 1-1] 图

(4) 电动势。我们知道，要使电路中有持续不断的电流，就必须保持电路中有一定的电场存在，如图 1-9 所示。电场力从电源的正极将正电荷通过负载移动到电源的负极，这样，正极上的正电荷就会不断地和负极上的负电荷中和，使电场减弱以致消失。但是，由于电路

中电源的作用，它又把正电荷从负极搬到了正极，保持了电源正、负极之间的电动势差，即保持了电场在电路中的作用。

那么，电源内部是靠什么力把正电荷从负极移向正极的呢？因为正电荷是逆着电场方向移动的，显然不可能是电场力，而且电源不同，这个力也不同，可将其统称为非静电力。如电池的非静电力是化学力，发电机的非静电力是磁力。

不同的电源，非静电力移动同一数量的电荷时所做的功不同，因而将其他形式的能量转换成电场能量的数量也不相同。为了衡量不同电源转换能量的本领，引入电动势，它的定义：在电源内部，非静电力（ W_1 ）移动正电荷由负极到正极所做的功与此电荷电量的比值。即

$$E = \frac{W_1}{q} \quad (1-5)$$

式中 W_1 ——非静电力将单位正电荷从负极移到正极时所做的功， W （瓦特）；

E ——电动势， V （伏特）；

q ——电荷电量， C （库伦）。

电动势的方向规定为电源内由负极指向正极的方向，即电位升高的方向。

当电路断开时，电源的电动势 E 在数值上等于电源开路时两端的电压 U （电源两端的电压简称端电压），但二者方向相反，如图 1-10 所示。

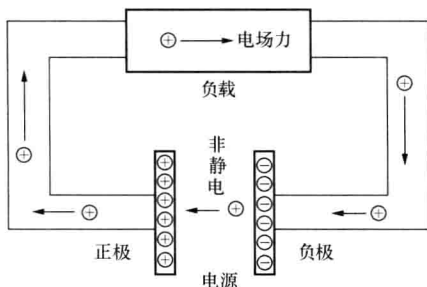


图 1-9 正电荷在电源与外电路中的运动

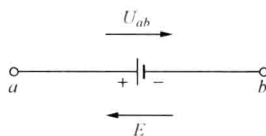


图 1-10 电动势与端电压

必须明确，电动势与电压是两个意义不同的物理量。电动势是表示电源把其他形式的能量转换为电场能量的本领的物理量；而电压则表示在电路中电场力做功本领的物理量。电动势仅存在于电源的内部；而电压则不仅存在于电源的内部，而且也存在于电源的外部。

1.1.3 参考方向

物理学中规定的电流、电压、电动势的方向，称为实际方向。电流的实际方向是指正电荷移动的方向；电路中两点间电压的实际方向是从高电位指向低电位的方向；电动势的实际方向是低电位指向高电位的方向。

在分析电路时，电流、电压等物理量往往是求解的对象。由于电路中各点电位的高低预先很难判定，电流、电压的实际方向也就很难确定，特别是在较复杂的电路中。所以需引入“参考方向”的概念。

参考方向是指在分析电路过程中，人为任意假设的电流、电压等物理量的正方向。按照

参考方向分析、计算电路,得出的电流、电压值可能为正,也可能为负。正值表示假设的电流、电压的参考方向与实际方向一致;负值则表示二者方向相反。

电流的参考方向可用带箭头的短线表示,如图1-11所示,也可以用双下标的方法来表示,如 I_{ab} 表示参考方向由 a 点指向 b 点。

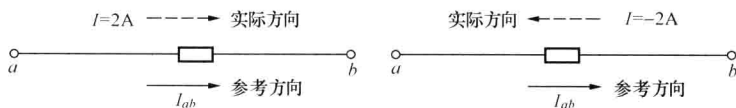


图1-11 电流的参考方向与实际方向

电压的参考方向除可用带箭头的短线,或用双下标的方法表示外,还可用“+”、“-”号表示(见图1-12)。

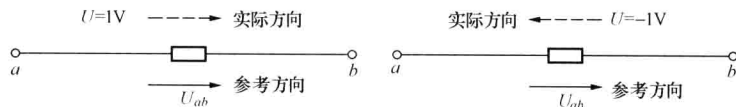


图1-12 电压的参考方向与实际方向

参考方向的假设是任意的,但一旦假设了参考方向之后,在电路的整个求解过程中不允许再作改动。一个元件或一段电路上电流、电压的参考方向可以分别独立指定,相互间不受任何约束,但若指定电流参考方向就是电压由高电位指向低电位的参考方向,则称该电流、电压参考方向一致。反之就不一致,此时表示物理量关系的一些公式(如欧姆定律)将出现负号。

思考题与习题

- 1-1-1 什么是电路模型?它与实际电路有什么关系?
- 1-1-2 电路一般由哪几部分组成?各部分的主要作用是什么?
- 1-1-3 为什么要在电路图上规定电流的参考方向?请说明参考方向与实际方向的关系。
- 1-1-4 电压参考方向有哪些表示方法?
- 1-1-5 电路中的电位与电压有何区别?在图1-13中, $U_{ab} = -10V$, a 、 b 两点哪点电位高?
- 1-1-6 电路如图1-14所示,试计算电位 V_a 、 V_b 、 V_c ,电压 U_{ab} 、 U_{cb} 、 U_{ca} 。

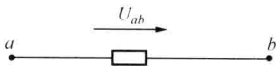


图1-13 题1-1-5图

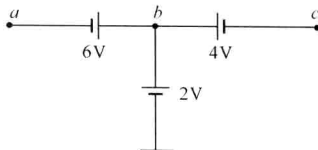


图1-14 题1-1-6图

1.2 欧 姆 定 律

Q 预习要点

1. 领会电阻的概念、电阻与温度的关系、电阻的种类及电阻与电导的关系。
2. 理解欧姆定律及其适用范围。
3. 理解电动势与电源端电压的区别与联系。

1.2.1 电阻

(1) 电阻。概括地说,电阻就是电流通过时物体所呈现的阻碍作用。当有电流通过时,导体中的自由电子按一定方向在导体内移动,它们必然会与导体内的其他原子或分子相碰撞,从而阻碍其移动,宏观上表现为导体对电流的阻力。任何导体对电流的通过都会产生一定的阻力,这种阻力称为导体电阻。电阻是表示导体对电流阻碍作用大小的物理量。

电阻是导体中客观存在的,它与导体两端外加电压的高低无关,即使两端没有电压,导体中仍然有电阻存在。

实验表明,导体电阻除与导体材料和导体温度有关外,还与导体的几何尺寸有关。在一定温度下,对于由一定材料制成的横截面均匀的导体,它的电阻 R 与长度 l 成正比,与横截面积 S 成反比,写成等式有

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

式中 ρ ——比例系数,由导体的材料决定,叫做材料的电阻率。

若令式(1-6)中的长度 $l=1\text{m}$,横截面积 $S=1\text{m}^2$,则比例系数 ρ 在数值上等于电阻 R 。这说明,某种材料的电阻率就表示用这种材料制成长度为 1m ,横截面积为 1m^2 的导体所具有的电阻。

电阻的单位为欧姆(Ω),简称欧。当电阻的阻值较大时,可采用千欧、兆欧等,它们的关系如下。

$$1 \text{ 千欧}(\text{k}\Omega) = 10^3 \text{ 欧姆}(\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧}(\text{M}\Omega) = 10^6 \text{ 欧姆}(\Omega)$$

在电路中的电源内部、导线上、负载中都存在电阻。通常由于连接的导线较短,电阻较小,与电源或负载的电阻相比时可以忽略不计。因此,在研究的电路中,除特别说明外,一般均不考虑导线的电阻。

(2) 电阻率。电阻率表示导体材料阻碍电流传导的能力。不同材料的电阻率是不相同的。表1-2列出了一些常见材料的电阻率与电阻温度系数(20°C)。数据表明:金属铜、铝等的电阻率较小,是通用的导电材料;镍铬合金、镍铬铝合金等的电阻比较大,是制造电阻丝的材料;而塑料、云母、陶瓷的电阻率极大,是常用的绝缘材料。