



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
(五年制) 高等职业教育电子信息类教学用书

21世纪高职高专系列规划教材

电工基础

主 编 包 芳 冯绍勇

副主编 赵素英 宁慧英



北京师范大学出版社

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
21世纪高职高专系列规划教材

电工基础

主 编 包 芳 冯绍勇

副主编 赵素英 宁慧英



北京师范大学出版社

内容简介

本书是高职高专电类专业的专业基础课教材,全书共9章,包括电路的基本概念和定律、等效电路、动态电路分析、正弦交流电路、自感互感耦合电路、工业企业供电与安全用电常识、电动机、电工测量仪表、综合实训等。在每章开始配有“内容要点”,指出各章的重点、难点。每章后附有小结,对本章内容做了比较系统的归纳,更加便于师生教学和学习。每节后都有一些练习与思考题,每章后配置了大量的习题,帮助学生及时巩固基本概念,掌握重点、难点知识。

本书可作为高职高专教学用书,也可供相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/包芳,冯绍勇编. —北京:北京师范大学出版社,2005.8

(21世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 7-303-07652-2

I. 电… II. ①包…②冯… III. 电工学—高等学校:技术学校—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 086368 号

北京师范大学出版社出版发行

(北京新街口外大街 19 号 邮政编码:100875)

<http://www.bnup.com.cn>

出版人:赖德胜

北京昌平兴华印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:185mm×260mm 印张:15 字数:332千字

2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

印数:1~5 000 定价:20.00元

出版说明

随着我国经济建设的发展,社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫,这也促进了我国职业教育的迅猛发展,我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序地发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展,教育部对职业教育进行了卓有成效的改革,职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录,为职业学校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理等四个专业领域为紧缺人才培养专业,选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位,拨出专款进行扶持,力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展,也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务,必须体现新的理念、新的要求,进行必要的改革。为此,在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下,北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”,集全国各地上百位专家、教授于一体,对中等职业、高等职业文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入地研究与指导。2004年8月,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”,来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材,与会代表进行了热烈的研讨,为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种,包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。其特点如下:

1. 紧紧围绕教育改革,适应新的教学要求。教育部等六部委联合发文确定紧缺型人才培养战略,并明确提出了高等职业教育将从3年制逐渐向2年制过渡。过渡时期具有新的教学要求,这批教材是在教育部的指导下,针对过渡时期教学的特点,以2年制为基础,兼顾3年制,以“实用、够用”为度,淡化理论,注重实践,消减过时、用不上的知识,内容体系更趋合理

2. 教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教

材,所出版的教材都配有电子教案,部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3.教材编写力求语言通俗简练,讲解深入浅出,使学生在理解的基础上学习,不囫圇吞枣,死记硬背。

4.教材配有大量的例题、习题、实训,通过例题讲解、习题练习、实验实训,加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5.反映行业新的发展,教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一,有着近20年的职业教育教材出版历史,具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材是针对2/3年制编写的,同时也向教育部申报了“2004—2007年职业教育教材开发编写规划”,部分教材通过教育部审核,被列入职业教育与成人教育司5年制高职推荐教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机等其他专业,以及工商管理、财会等方面教材,希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作,需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来,北京师范大学出版社职业与成人教育事业部全体人员也将备加努力,为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组

北京师范大学出版社

参加教材编写的单位名单

(排名不分先后)

沈阳工程学院	常州轻工职业技术学院
山东劳动职业技术学院	河北工业职业技术学院
济宁职业技术学院	太原理工大学轻纺学院
辽宁省交通高等专科学校	浙江交通职业技术学院
浙江机电职业技术学院	保定职业技术学院
杭州职业技术学院	绵阳职业技术学院
西安科技大学电子信息学院	北岳职业技术学院
西安科技大学机械学院	天津职业大学
天津渤海职业技术学院	北京轻工职工职业技术学院
天津渤海集团公司教育中心	石家庄信息工程职业学院
连云港职业技术学院	襄樊职业技术学院
景德镇高等专科学校	九江职业技术学院
徐州工业职业技术学院	青岛远洋船员学院
广州大学科技贸易技术学院	无锡科技职业学院
江西信息应用职业技术学院	广东白云职业技术学院
浙江商业职业技术学院	三峡大学职业技术学院
内蒙古电子信息职业技术学院	西安欧亚学院实验中心
济源职业技术学院	天津机电职业技术学院
河南科技学院	漯河职业技术学院
苏州经贸职业技术学院	济南市高级技工学校
浙江工商职业技术学院	沈阳职业技术学院
温州大学	江西新余高等专科学校
四川工商职业技术学院	

前 言

要培养训练有素的工程技术人员,尤其是从事强、弱电研究和应用的技术人员,《电工基础》是一门必修的专业基础课程。它不仅为后续专业课程打基础,也是学生今后走向工作岗位所必备的基础知识。

21 世纪科学技术迅猛发展,经济由劳动密集型向知识密集型转化,高素质劳动力需求已成必然。高职教育的根本任务是培养适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高等技术应用性人才。为使高等职业技术教育更好地适应这一要求,改革高职教育的现行学制势在必行。为此,2004 年 8 月北京师范大学出版社召开全国高职高专教材研讨会,与会老师分析了当前我国高等职业教育现状,对高职教育的培养目标、高职院校的定位和办学理念进行再认识。

高职教育在学制上有缩短的趋势,同时在培养方向上,既要体现职业特点,淡化较深奥的理论知识,更要加强动手实践能力。我们编写小组充分认识到这门课程具有基础性地位,在理论深度上以够用为度,同时也注意自成体系,尽量避免数学过程的推导,而多在物理意义上加以解释。对一些电气设备,只叙述其结构和较浅层的原理,而对设计和选用方面的知识内容则不提及,我们认为这是本科教材和专科教材应具有鲜明差别的地方。对有些学校不再开设大学物理课程这一情况,我们在内容上做了一定的补偿,使学生在学这门课程时不致因此受到影响。

本书的每章配有“内容要点”,指出各章的重点、难点。每章后附有小结,对本章内容做了比较系统的归纳,更加便于师生教学和学习。每节后都有一些练习与思考题,每章后配置了大量的习题,帮助学生及时巩固基本概念,掌握重点、难点知识。为了使理论与实际更好地结合,在例题和习题的选择上,尽量列举与日常生活、生产实际或与后续课程相关的一些实际电路。

为了适应多专业对基础内容的需求,也为了扩大高职学生知识面以提高学生电能方面的知识素养,在电动机内容上增加了一些在轻型机电产品中常用的电动机知识。对电能的生产、输送和分配的全过程也作了较详细的概括性叙述。在实验方面,尽量少做验证性的,而多做培养动手能力和技能的实验。

针对大学生喜欢自学的特点,本书在编写的过程中,注意了内容叙述的详细与易懂。特别对于仪器设备方面的内容,几乎采用图解的方式试图让读者明白它们的内部结构。对于电动机,主要以简单的模型机为例来说明其原理。

本书在编写过程中借鉴了不少同行编写的优秀教材,受到不少启发和教益,在此深表谢意。

本书第 1,5,6 章由内蒙古电子信息职业技术学院包芳编写,第 2,3 章由沈阳职业技术学院宁慧英编写,第 4 章由河北工业职业技术学院赵素英和内蒙古电子信息职业技术

学院包芳编写,第7,8章由景德镇高等专科学校冯绍勇编写,第9章由景德镇高等专科学校冯绍勇和内蒙古电子信息职业技术学院包芳编写。全书由包芳和冯绍勇、赵素英统稿。

虽然我们编写组同心协力,但由于水平有限,书中错误和处理不妥之处在所难免,真诚希望广大师生和读者提出宝贵意见,以便今后进一步修改提高。

编 者

2005年5月

目 录

第1章 电路的基本概念与基本定律

定律 (1)

1.1 电路和电路模型及电路的基本物理量

基本物理量 (1)

1.1.1 电路的组成及作用

作用 (1)

1.1.2 电路模型

模型 (1)

1.1.3 电路的基本物理量

量 (2)

1.2 电阻元件、理想电压源和理想电流源

理想电压源 (6)

1.2.1 电阻元件、欧姆定律

定律 (6)

1.2.2 理想电压源

源 (7)

1.2.3 理想电流源

源 (8)

1.3 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律 (10)

1.3.1 名词介绍

介绍 (10)

1.3.2 基尔霍夫电流定律(KCL)

定律 (10)

1.3.3 基尔霍夫电压定律(KVL)

定律 (12)

1.4 受控源

受控源 (13)

1.4.1 受控源的种类

种类 (13)

1.4.2 含受控源电路的分析

分析 (15)

本章小结 (17)

习题与思考题 (19)

第2章 等效电路

2.1 等效电路的概念和等效电阻

电阻 (22)

2.1.1 二端网络的概念

概念 (22)

2.1.2 等效网络、等效电阻的概念

概念 (22)

2.1.3 无源二端网络的等效电阻

电阻 (23)

2.2 叠加定理

叠加定理 (27)

2.2.1 叠加定理

定理 (27)

2.2.2 叠加定理的应用

应用 (28)

2.3 两种实际电源的等效变换

变换 (31)

2.3.1 实际电源模型

模型 (31)

2.3.2 两种实际电源的等效变换

变换 (33)

2.3.3 应用举例

举例 (33)

2.4 戴维南定理

戴维南定理 (36)

2.4.1 戴维南定理

定理 (36)

2.4.2 戴维南定理的应用

应用 (37)

2.5 最大功率传输定理

最大功率传输定理 (41)

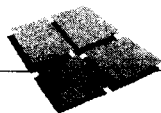
本章小结 (44)

习题与思考题 (45)

第3章 动态电路分析

3.1 动态元件及换路定律

动态元件 (49)



3.1.2 换路定律	(53)	4.4 基尔霍夫定律的相量形式	(86)
3.1.3 初始值的计算 ...	(53)	4.4.1 基尔霍夫电流定律的相量形式	(86)
3.2 RC电路和RL电路的暂态过程	(55)	4.4.2 基尔霍夫电压定律的相量形式	(86)
3.2.1 RC的充、放电电路	(55)	4.5 正弦交流电路的计算 ...	(88)
3.2.2 RL电路的零输入响应	(60)	4.5.1 RLC串联电路	(88)
3.2.3 RL电路的零状态响应	(62)	4.5.2 RLC并联电路	(91)
3.3 一阶动态电路过渡过程的三要素法	(64)	4.6 正弦交流电的功率	(93)
3.3.1 三要素法	(64)	4.6.1 R,L,C三种基本元件的功率	(93)
3.3.2 应用举例	(65)	4.6.2 二端网络的功率	(96)
3.4 RLC串联电路的零输入响应	(68)	4.7 电路的频率响应	(99)
本章小结	(70)	4.7.1 频率响应的概念	(99)
习题与思考题	(71)	4.7.2 RC电路的频率响应	(99)
第4章 正弦交流电路	(73)	4.8 串联谐振	(103)
4.1 正弦交流电路的基本概念	(73)	4.8.1 串联谐振的条件	(103)
4.1.1 正弦量的三要素	(74)	4.8.2 串联谐振的特征	(104)
4.1.2 相位差	(75)	4.8.3 串联谐振曲线	(106)
4.1.3 交流电的有效值	(77)	4.9 并联谐振	(108)
4.2 相量法	(78)	4.9.1 并联谐振的条件	(108)
4.2.1 正弦量的相量表 示法	(78)	4.9.2 并联谐振的特征	(108)
4.2.2 相量的加、减 运算	(79)	4.9.3 并联谐振 曲线	(110)
4.3 交流电路中基本元件及其 伏安关系	(81)	4.10 三相交流电源	(110)
4.3.1 电阻元件	(81)		
4.3.2 电容元件	(82)		
4.3.3 电感元件	(84)		

4.10.1 三相交流电的概念	(110)	5.3.2 理想变压器的概念	(145)
4.10.2 三相交流电源的连接	(111)	5.3.3 理想变压器在电路中的作用	(146)
4.11 三相负载	(114)	5.4 一般变压器	(149)
4.11.1 三相交流电路负载的连接	(115)	5.4.1 变压器的效率与外特性	(149)
4.11.2 三相四线制电路的计算	(118)	5.4.2 三相变压器	(150)
4.12 三相交流电路的功率	(123)	5.4.3 特殊变压器	(151)
本章小结	(125)	本章小结	(154)
习题与思考题	(128)	习题与思考题	(156)
第5章 自感、互感耦合电路	(133)	第6章 工业企业供电与安全用电	(159)
5.1 磁场的基本概念、定律	(133)	常识	(159)
5.1.1 磁场中的基本物理量	(134)	6.1 发电、输电概述	(159)
5.1.2 电磁感应现象和磁性材料的磁性能	(136)	6.2 工业企业配电	(160)
5.1.3 电磁感应定律	(136)	6.2.1 变配电所	(160)
5.2 自感与互感	(138)	6.2.2 低压供电系统	(161)
5.2.1 自感	(138)	6.3 安全用电	(162)
5.2.2 自感线圈电压、电流的关系	(138)	6.3.1 电流对人体的伤害	(162)
5.2.3 互感	(139)	6.3.2 触电与预防触电	(163)
5.2.4 互感线圈的同名端	(140)	6.3.3 接地与接零及触电保护器	(164)
5.2.5 互感线圈串、并联	(142)	本章小结	(165)
5.3 理想变压器	(144)	习题与思考题	(166)
5.3.1 交流铁心线圈中电压与磁通的关系	(144)	第7章 电动机	(167)
		7.1 三相异步电动机	(167)
		7.1.1 三相异步电动机的转动原理及构造	(167)
		7.1.2 三相异步电动机的使用	(172)
		7.2 各种电动机	(178)
		7.2.1 单相异步电动机	

机	(178)	8.2.3 电动式仪表	(197)
7.2.2 并励直流电动机	(180)	8.3 电流、电压及功率的测量	(199)
7.2.3 通用电动机 ...	(184)	8.3.1 电流的测量	(199)
7.2.4 永磁式微型直流电动机	(184)	8.3.2 电压的测量	(200)
7.2.5 直流无刷电动机	(185)	8.3.3 功率的测量	(201)
本章小结	(190)	8.4 万用表	(202)
习题与思考题	(191)	本章小结	(204)
第8章 电工测量仪表	(192)	习题与思考题	(205)
8.1 电工测量仪表的分类及准确度	(192)	第9章 综合实训	(207)
8.1.1 电工测量仪表的分类	(192)	实训1 电感性负载电路功率因数的提高	(207)
8.1.2 电工测量仪表的准确度	(193)	实训2 三相电路	(210)
8.2 电工测量仪表的形式	(194)	实训3 三相异步电动机的使用	(213)
8.2.1 磁电式仪表	(194)	实训4 三相异步电动机的继电器接触器控制	(216)
8.2.2 电磁式仪表	(196)	实训5 照明线路的安装 ...	(222)
		部分习题与思考题参考答案	(224)
		参考文献	(228)

第1章 电路的基本概念和基本定律

本章要点

1. 电路的组成及作用, 建立电路模型的概念。
2. 电流、电压的计算公式及其参考方向的表示方法, 电位的概念。
3. 电阻的概念及欧姆定律, 理想电压源和电流源的定义、特点及其电压、电流的约束关系。
4. 电能、电功率的概念及计算方法, 判断元件在电路中的作用。
5. 基尔霍夫电压、电流定律。
6. 受控源的种类及其分析方法。

1.1 电路和电路模型及电路的基本物理量

1.1.1 电路的组成及作用

现代社会电与我们的生产、科研、日常生活息息相关。在用电时, 人们总是根据需要把一些电器、元件按一定方式连接在一起, 这就构成了电路。

电路的作用大体有两类。一类为实现电能的传输和转换。例如, 电厂发电机发出的电能, 通过升压变压器、输电线、变电站送到用电单位, 再通过用电设备把电能转换为其他形式的能量, 这便组成了供电电路。另一类为实现信息的传递和处理。例如, 扩音机电路, 电话筒把语音或音乐转换为相应的电压和电流(即电信号), 然后通过放大电路传递到扬声器, 扬声器把电信号还原为语言或音乐。再如, 人们现已普遍使用的计算机、打印机、复印机、传真机等都需要信号的传递和处理。

随着科学技术的发展, 电的应用越来越广泛, 电路的形式也多种多样, 但组成电路的基本部件大体分为 3 部分。①电源, 它是电路中电能的来源, 是供应电能的设备, 其主要作用是将其他形式的能量转换为电能, 如发电机、干电池。②负载, 它是电路中用电的设备, 其主要作用是将电能转换为其他形式的能量, 如电动机、电灯泡等。③连接电路, 是连接电源和负载的部分, 其主要作用是传输和控制电能。例如, 最简单的手电筒电路是由干电池、灯泡、手电筒组成的, 如图 1.1 所示。

1.1.2 电路模型

实际电路用途各异, 构成实际电路的元器件种类繁多, 但就其电磁现象而言大体

可分 4 类：电能的产生与消耗，电场能的存储和磁场能的存储。例如，电流经过线圈时，将受到阻力，而使电能转化为热能；同时线圈周围有磁场，存储磁场能，线圈匝与匝之间形成的电容有电场存在，存储电场能。这 3 种电磁现象同时存在于整个线圈中，使电路的分析非常复杂。为此在一定条件下，经常忽略次要性质，用足以表征其主要特性的模型即理想元件组合起来模拟实际器件。例如，电阻元件表示只消耗电能；电感元件表示只存储磁场能；电容元件表示只存储电场能；理想电源表示只将其其他形式的能量转换为电能。每种模型只表示一种电磁现象，故一个实际线圈在低频信号作用下通常可用一个电感元件和一个电阻元件的组合模型来表示。这种科学的方法可以方便地对电路进行分析和计算。用理想元件组成的电路称为实际电路的电路模型。表 1-1 为电路模型常用的图形符号。

表 1-1 电路模型常用图形符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
导线		接地		电容元件		理想电流源	
连接线		电阻元件		理想电压源		电压表	
开关		电感元件		电池		电流表	

根据表 1-1 可画出手电筒电路的电路模型图，如图 1.2 所示。



图 1.1 手电筒电路

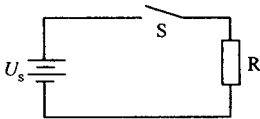


图 1.2 手电筒电路模型图

1.1.3 电路的基本物理量

1. 电流

电荷(带电粒子)定向移动形成电流。

(1)电流的大小。电流的大小由电流强度来衡量。电流强度是指单位时间内通过某一导体横截面的电荷量。电流强度简称电流,用字母 $I(i)$ 表示。

电流的大小、方向随时间变化的电流称为交变电流,规定其电流强度用小写字母 i 表示。设 dt 时间内通过导体横截面的电荷量为 dq ,则电流强度为

$$i = \frac{dq}{dt} \tag{1-1}$$

大小、方向均不随时间变化的电流称为恒定电流(直流)。规定其电流强度用大写

字母 I 表示,即

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

式中, q 为时间 t 内通过导体横截面的电荷量。

在国际单位制中,电流的单位是安培(库仑/秒),用大写字母 A 表示。此外,电流的单位还有 kA (千安)、 mA (毫安) 和 μA (微安)。它们之间的换算关系为

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

(2) 电流的方向。人们习惯上规定正电荷运动的方向为电流的实际方向,电流的方向是客观存在的。在简单的直流电路中,我们可以很容易地确定出电流的实际方向,但在复杂的直流电路中,电流的实际方向很难判断;而且交流电路中,电流的实际方向是随时间而变化的。针对这些问题,解决的办法是:无论何种电路,无论能否直接判断电流的实际方向,我们均任意选定某一方向作为电流的假定方向,即参考方向。并规定当电流的实际方向与参考方向一致时,电流为正值;反之为负值。这样根据电流的参考方向和正负数值就可判断出电流的实际方向(两者缺一不可)。

电流参考方向的表示法有两种:① 用实线箭头表示,箭头方向为假设电流的参考方向;② 双下标字母表示,比如 I_{AB} 表示假设电流的参考方向从 A 流向 B 。

【例 1-1-1】已知某段电路中电流的参考方向如图 1.3 所示,试判断该电流的实际方向。

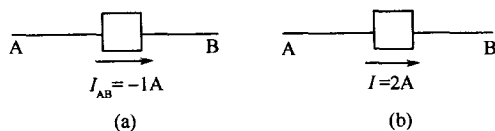


图 1.3 例 1-1-1 电路图

解 由图 1.3(a) 可知 $I_{AB} = -1A < 0$, 则该段电路电流实际方向与参考方向相反, 为 $B \rightarrow A$ 。由图 1.3(b) 可知 $I = 2A > 0$, 则该段电路电流实际方向与参考方向一致, 为 $A \rightarrow B$ 。

注意: 电流的实际方向与参考方向是两个不同的概念。电流的实际方向是客观存在的, 不随参考方向的改变而改变。而电流的参考方向是为了分析和计算方便而任意设定的, 是为了判定电流的实际方向而采用的一种方法。假定参考方向之后, 作为代数量的电流才可能有正的或负的数值, 故不设电流的参考方向而谈电流的正、负值是没有意义的。

2. 电压

(1) 电压的大小。在电路中, 电场力的作用是使电荷定向移动。当正电荷受电场力作用由负载的一端经过负载移动到另一端时, 电场力做功把电能转化成其他形式的能量。我们把单位正电荷从 A 点移动到 B 点电场力所做的功称为 A, B 两点间的电压,

用字母 $U(u)$ 表示,即

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

式中, W 为电场力所做的功, q 为电荷量。

在国际单位制中,电压单位为伏特,用大写字母 V 表示。此外,电压单位还有 kV (千伏)、 mV (毫伏) 和 μV (微伏)。它们之间的换算关系为

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

(2) 电压的方向。由于复杂的直流电路很难判断电压的实际方向,而交流电路中电压的实际方向是随时间而变化的。因此为了判断电压的实际方向,与电流一样也需要引入参考方向。电压参考方向的表示法有 3 种。

① 实线箭头表示,箭头方向为假定电压降的方向。

② 双下标表示,如 U_{AB} 表示 A 点到 B 点为电压降的方向。

③ “+”, “-” 极性表示,“+” 到“-” 表示电压降的方向。

规定当电压的实际方向与参考方向一致时,电压为正值;当实际方向与参考方向相反时,电压为负值。这样根据电压的参考方向与正负值可判断出电压的实际方向。

(3) 电位。在电路中任选一点为参考点,则某点 a 到参考点的电压降称为 a 点的电位,用 V_a 表示。电位的单位与电压单位相同,为伏特(V)。参考点可以任意选取,工程上常选大地、设备外壳、接地点作为参考点。规定参考点的电位为零,故参考点又叫零电位点。参考点在电路图中常用“ $\perp$ ” 符号表示。

电压与电位的关系:两点间电压等于其电位差,即

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

参考点选择不同,各点电位将随之改变,但其两点间电压不变。

【例 1-1-2】某部分电路如图 1.4 所示,试判断电压的实际方向。

解 由图 1.4(a) 可知 $U = -3V < 0$, 则电压的实际方向与参考方向相反,为 $B \rightarrow A$ 。由图 1.4(b) 可知 $U_{BA} = 2V > 0$, 则电压的实际方向与参考方向一致,为 $B \rightarrow A$ 。

电流与电压的参考方向可任意选取,但为分析方便,常选某段电路(或某个元件)的电流与电压参考方向一致,称之为关联参考方向,简称关联方向。在关联方向下,电流从电压高电位端经某段电路(或某个元件)流向低电位端,如图 1.5(a) 所示;当电压与电流参考方向不一致时称为非关联方向,如图 1.5(b) 所示。

4. 电能与功率

(1) 电能。电路的主要作用之一是进行电能的传输和转换。电能是指一段时间内电场力(或电源局外力)移动正电荷所做的功,用字母 W 表示。设某元件的电压为 U , 通过导体横截面的电荷量为 q , 在 t 时间内电路所消耗(或发出)的电能为 $W = qU$, 而 $q = It$, 则

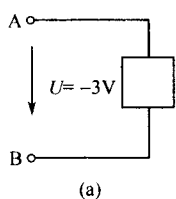
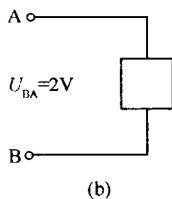
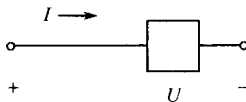


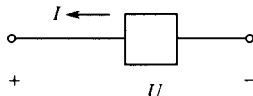
图 1.4 例 1-1-2 电路图



(b)



(a)关联方向



(b)非关联方向

图 1.5 电压、电流的参考方向

$$W = UI t \quad (1-5)$$

电能的国际单位为 J(焦耳),实际使用中功率常用瓦特·秒表示。最常用的是千瓦·时,又简称度。 $1 \text{ 度} = 1 \text{ 千瓦} \cdot \text{时} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ 。

日常生活中人们常说“电表走了一个字”,就是指消耗了一度的电能,即用了 1 千瓦时的电能。

(2) 功率。在一段时间内,电路消耗(或发出)的电能与时间的比值称做电功率,简称功率,用字母 P 表示,即

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-6)$$

功率的国际单位为 W(瓦)。功率的单位还有 kW(千瓦),mW(毫瓦)。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}, 1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$$

在直流电路中,当某元件的 U, I 实际方向相同时,正电荷从电压的高电位端经元件移到电压的低电位端,此时电场力做正功,我们称此元件为消耗功率,此时元件起负载作用。反之,当电源局外力做正功,正电荷从电压的低电位端经元件移到高电位端,此时元件发出功率,我们称此元件起电源作用。功率的计算公式为

$$P = \pm UI \quad (1-7)$$

式中,“+”表示 U, I 参考方向为关联方向。“-”表示 U, I 参考方向为非关联方向。

规定: $P > 0$ 时元件消耗功率,在电路中起负载作用; $P < 0$ 时元件发出功率,在电路中起电源作用。

根据能量守恒定律可得:在任意时刻、任意闭合电路中所有负载消耗功率的总和必等于所有电源发出功率的总和。我们称之为功率平衡条件,即

$$\sum P_{\text{消耗}} = \sum P_{\text{发出}} \quad (1-8)$$

【练习与思考】

1-1-1 电流和电压的参考方向分别有哪几种表示法?

1-1-2 已知某元件电压、电流的参考方向如图 1.6 所示。试判断该元件电压、电流的实际方向,求其功率,并说明此元件在电路中起负载作用还是电源作用。