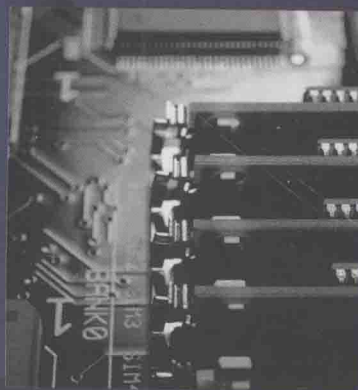




智慧图书·机电书系

『十二五』高职高专体验互动式创新规划教材

DIANLU JICHU



电路基础

主审/许建安

主编/吴舒萍 周 华 敖卫东

哈尔滨工业大学出版社



电路 基础

主 审 许建安

主 编 吴舒萍 周 华 敖卫东

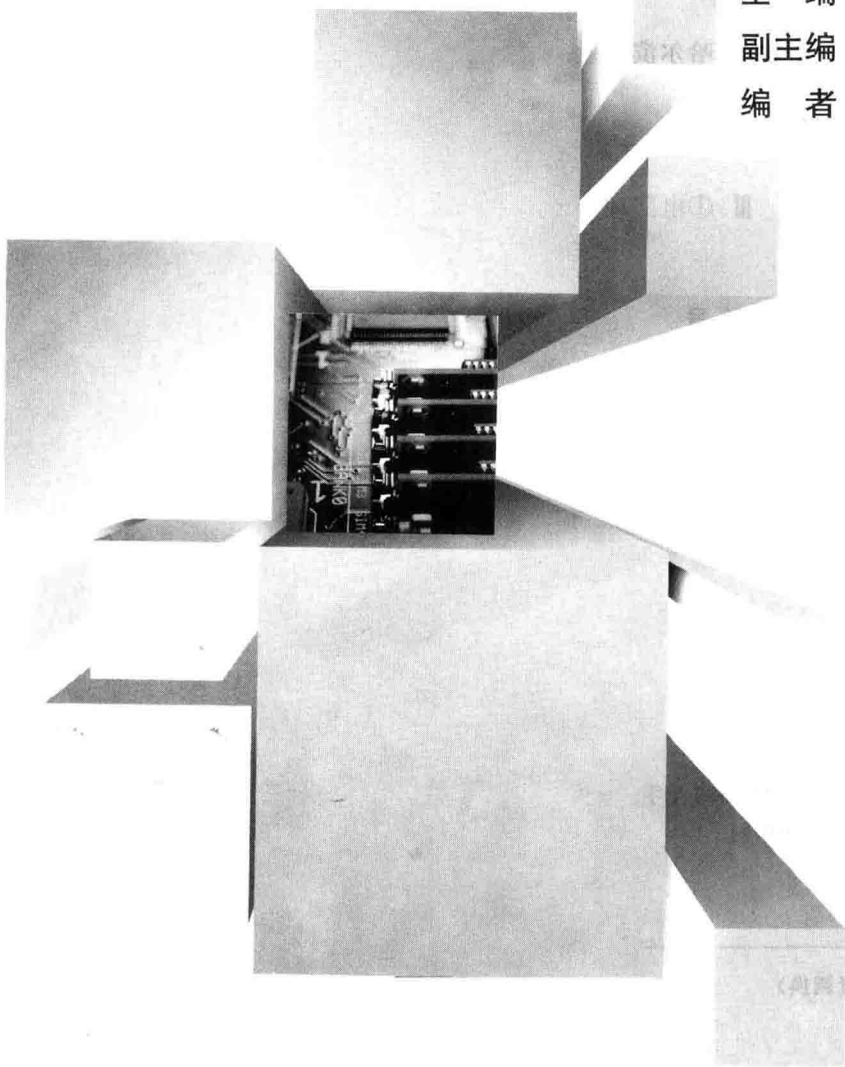
副主编 屈涌杰 张昌玉 王工一

编 者 杨书杰 刘佳玲 杨 莹 苑鹏涛

姜 猛 高 璇

『十二五』高职高专体验互动式创新规划教材

DIANLU JICHU



内容简介

本书由电路的基本概念和基本定律、电路元件和电路的等效变换、电阻电路的一般分析与电路定理、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路、非正弦周期电流电路、线性电路的过渡过程以及磁路和铁芯线圈八大模块组成。各模块教学目标明确,具有较强的针对性和可组合性。本教材强调专业基础知识以应用为目的,以必须、够用为度,根据技术领域和职业岗位需要确定教学内容,力求做到基本概念清楚,理论能应用于实际,并注重新技术、新标准的应用。

本书可作为高等院校或高职高专类院校机电、电子信息类专业的一门重要专业基础课教材,也可作为专业技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础/吴舒萍,周华,敖卫东主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2012.7

ISBN 978-7-5603-3625-1

I. ①电… II. ①吴… ②周… ③敖… III. ①电路理论—高等学校—教材 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 149375 号

责任编辑 李长波
封面设计 唐韵设计
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司
开 本 850mm×1168mm 1/16 印张 13.5 字数 392 千字
版 次 2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-3625-1
定 价 28.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

PREFACE

前言

“电路基础”课程不仅是高等职业教育机电类、电子信息类专业的一门重要专业基础课,而且是这些专业毕业生今后从事专业技术工作的基础。本教材抓住高等职业教育的特点,内容符合教学规律,结构符合高等职业教育的要求。本教材对理论知识做“淡化”处理,而对实际技能做“强化”处理,内容包括工程技术应用的基础知识与中高级技能型人才应该具备的专业知识,强调基础知识与技术应用之间的关系,力图各部分知识内容比较协调,深浅适宜。选材上融入高等职业教育的理念,体现以就业为导向,适应社会发展和科学进步的需要。因此,本教材的编写注意了以下几个方面:

(1)本书由电路的基本概念和基本定律、电路元件和电路的等效变换、电阻电路的一般分析与电路定理、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路、非正弦周期电流电路、线性电路的过渡过程以及磁路和铁芯线圈八大模块组成。各模块教学目标明确,具有较强的针对性和可组合性。

(2)本教材强调专业基础知识,以应用为目的,以必须、够用为度,根据技术领域和职业岗位群需要确定教学内容。力求做到基本概念清楚,理论能应用于实际,强调实践动手能力的培养,并注重新技术、新标准的应用,但不强调本学科理论的完整性。

(3)本教材在保证重点突出的前提下,力求同时满足机电类、电子信息类专业的不同需要,各校可根据生源情况和专业教学要求进行选择。

(4)在例题和习题选择上,本教材重点考虑与实际应用相结合,使学生在做习题巩固知识的同时,进一步了解电路基础在生产和生活中的应用。

(5)教材内容扼要。为避免有的教材出现过的“内容偏深、篇幅偏大”的情况,本教材的编写强调掌握概念、强化应用,培养技能为教学重点,对定律、定理只做必要的说明,尽量减少数理论证。

(6)本教材还增加了《就业导航》一栏,使学生对电工(维修电工)、装表接电工、电测仪表工等职业资格证书考试,以及电气工程师等考试有一定程度的了解,为学生的就业及可持续发展奠定了基础。

本教材全部内容的教学约需 100 学时,各专业可以根据专业要求和教学具体情况选学不同的内容。参考课时分配建议见下表:

序号	内容	建议课时数	实验课时数	授课类型
1	电路的基本概念和基本定律	6	2	讲授、实训
2	电路元件和电路的等效变换	8	2	讲授、实训
3	电阻电路的一般分析与电路定理	12	4	讲授、实训
4	单相正弦交流电路	20	4	讲授、实训
5	三相正弦交流电路	12	4	讲授、实训
6	非正弦周期电流电路	6		讲授、实训
7	线性电路的过渡过程	14		讲授、实训
8	磁路和铁芯线圈	6		讲授、实训
	合计课时	84	16	

由于编者学识水平和教学经验有限,加上编写时间仓促,书中难免有疏漏,敬请广大读者和同仁批评指正。

编者

就业导航

介绍本教材所涉及的职业证书，各证书所对应的岗位要求，以及各知识点所在模块等。

学习目标

包括知识目标和技能目标，列出了学生应了解与掌握的知识。

课时建议

建议课时，供教师参考。

课堂随笔

设计笔记板块，供学生学习时随时记录所发现的问题或者产生的想法，为巩固知识内容夯实基础。



技术提示

言简意赅地总结实际工作中容易犯的错误或者难点、要点等。

重点串联

以结构图的形式，将本模块内容进行梳理，便于学生对本模块主要知识的回顾。

拓展与实训

以填空题、单项选择题、多项选择题、判断题、计算题为主，考核学生对基础知识和技能的掌握程度。



就 业 导 航

“电路基础”是机电类专业的专业基础课程。它是一门理论和实践紧密联系,具有培养学生专业基础理论和专业知识的课程。通过本课程学习,可初步掌握电工原理和基本知识以及电工设备的运行、检修、安装等方面的基本理论、基本方法和基本技能。

“电路基础”在有效地培养学生专业基础的同时,注重学生的可持续发展。教学内容中融入了电工(维修电工)、装表接电工、电测仪表工等职业资格证书考试知识,以及电气工程师等考试知识,为学生的就业及可持续发展奠定了基础。

序号	考证介绍	考证及岗位要求	对应岗位	对应模块
1	本教材涉及的电工(维修电工)证书介绍: 电工仪表与工具及防护用具、电工材料;电路的基本分析与计算;磁路的基本概念;电工材料的使用知识;照明电路的安装知识。	电工基本知识;钳工基本知识;安全文明生产和环境保护知识;质量管理知识。	电工(维修电工)	模块 1、模块 2、模块 3、模块 4、模块 5、模块 6、模块 7、模块 8
2	本教材涉及的装表接电工证书介绍: 电工学的基本知识;电工仪表原理;电工测量的基本理论、原理和安装工艺。	安装、调换电能计量装置;分析判断计量装置的故障和错误接线;排除设备异常与故障;对违章用电进行查处;对内线工程进行检查验收和接电;法规知识;安全生产知识。	装表接电工	模块 1、模块 2、模块 3、模块 4、模块 5、模块 8
3	本教材涉及的电工电测仪表工证书介绍: 电工学的基本理论;电工仪表原理;电工测量的基本知识。	电工、电子、计算机及自动调节原理的基本知识;电工测量、仪器仪表、电子元器件及集成电路基本知识;电磁测量技术;常用仪器仪表及工艺装配的原理、结构、使用方法和维护保养知识;法规知识;安全生产知识。	电测仪表工	模块 1、模块 2、模块 3、模块 4、模块 5、模块 8

模块1 电路的基本概念和基本定律

知识目标/001

技能目标/001

课时建议/001

课堂随笔/001

1.1 电路的基本概念/002

1.1.1 电路的作用与组成/002

1.1.2 理想电路元件与电路模型/002

1.2 电路的基本物理量/003

1.2.1 电流及其参考方向/003

1.2.2 电压、电位与电动势及其参考方向/004

1.2.3 电功率和电能/007

1.3 基尔霍夫定律/009

1.3.1 电路结构的有关术语/009

1.3.2 基尔霍夫电流定律/009

1.3.3 基尔霍夫电压定律/010

重点串联/012

拓展与实训/013

模块2 电路元件和电路的等效变换

知识目标/018

技能目标/018

课时建议/018

课堂随笔/018

2.1 电阻元件及其串、并联的等效变换/019

2.1.1 电阻元件/019

2.1.2 电阻的串联和并联/021

2.1.3 电阻的混联/024

2.2 电阻星形连接和三角形连接的等效变换/025

2.2.1 电阻的星形连接和三角形连接/025

2.2.2 电阻星形连接和三角形连接的等效变换/026

2.3 电容元件和电感元件/027

2.3.1 电容元件/027

2.3.2 电感元件/030

2.3.3 电容元件与电感元件的连接/032

2.4 有源元件及实际电源的等效变换/033

2.4.1 电压源/033

2.4.2 电流源/034

2.4.3 受控源/034

2.4.4 实际电源的等效变换/035

重点串联/042

拓展与实训/042

模块3 电阻电路的一般分析与电路定理

知识目标/049

技能目标/049

课时建议/049

课堂随笔/049

3.1 支路电流法/050

3.1.1 支路电流法/050

3.1.2 支路电流法的应用/051

3.2 网孔电流法/052

3.2.1 网孔电流法/052

3.2.2 网孔电流法的应用/053

3.3 结点电位法/055

3.3.1 结点电位法/055

3.3.2 结点电位法的应用/056

- 3.3.3 弥尔曼定理/057
- 3.4 叠加定理/058
 - 3.4.1 叠加定理/058
 - 3.4.2 叠加定理的应用/059
- 3.5 替代定理/061
 - 3.5.1 替代定理/061
 - 3.5.2 替代定理的应用/061
- 3.6 等效电源定理/062
 - 3.6.1 戴维南定理/062
 - 3.6.2 诺顿定理/065
- 3.7 最大功率传输定理/067
 - 3.7.1 负载获得最大功率的条件/067
 - 3.7.2 最大功率传输定理的应用/068
- 3.8 含受控源电路的分析/068
 - ※重点串联/071
 - ※拓展与实训/071

► 模块4 单相正弦交流电路

知识目标/077

技能目标/077

课时建议/077

课堂随笔/077

- 4.1 正弦交流电路的基本概念/078
 - 4.1.1 正弦量及其三要素/078
 - 4.1.2 正弦量的有效值/079
 - 4.1.3 相位差/080
- 4.2 正弦量的相量表示法/082
 - 4.2.1 复数及其表示形式/082
 - 4.2.2 正弦量的相量表示/083
 - 4.2.3 用相量法求正弦量的和与差/085
 - 4.2.4 基尔霍夫定律的相量形式/085
- 4.3 电路元件的电压电流关系/086
 - 4.3.1 正弦交流电路中的电阻元件/086
 - 4.3.2 正弦交流电路中的电感元件/088
 - 4.3.3 正弦交流电路中的电容元件/090
- 4.4 电阻、电感、电容串联电路/093
 - 4.4.1 电压与电流的关系/093
 - 4.4.2 复阻抗/093
 - 4.4.3 电路的三种情况/094
- 4.5 电阻、电感、电容并联电路/095

- 4.5.1 电压与电流关系/095
- 4.5.2 复导纳/095
- 4.5.3 电路的三种情况/096
- 4.6 无源二端网络的等效复阻抗和复导纳/097
 - 4.6.1 无源二端网络的等效复阻抗和复导纳/097
 - 4.6.2 复阻抗和复导纳的等效变换/097
 - 4.6.3 复阻抗和复导纳的串并联电路/098
- 4.7 正弦交流电路的功率/100
 - 4.7.1 正弦交流电路的瞬时功率/100
 - 4.7.2 有功功率/101
 - 4.7.3 无功功率/101
 - 4.7.4 视在功率/101
 - 4.7.5 复功率/102
- 4.8 功率因数的提高/103
 - 4.8.1 提高功率因数的经济意义/103
 - 4.8.2 提高功率因数的方法/103
- 4.9 相量法分析正弦交流电路/104
 - 4.9.1 相量法/105
 - 4.9.2 应用举例/105
- 4.10 电路的谐振/107
 - 4.10.1 谐振/107
 - 4.10.2 串联谐振/108
 - 4.10.3 并联谐振/110
- 4.11 互感电路/112
 - 4.11.1 互感的基本概念/112
 - 4.11.2 具有互感的电路/114
 - ※重点串联/116
 - ※拓展与实训/117

► 模块5 三相正弦交流电路

知识目标/122

技能目标/122

课时建议/122

课堂随笔/122

- 5.1 三相电源/123
 - 5.1.1 三相对称电源/123
 - 5.1.2 三相电源的连接/124
- 5.2 三相负载的连接及其电压电流关

系/126

- 5.2.1 三相负载的星形连接/126
- 5.2.2 三相负载的三角形连接/127

5.3 对称三相电路的计算/129

5.4 不对称三相电路分析/133

5.5 三相电路的功率/135

- 5.5.1 三相电路的功率/135
- 5.5.2 三相电路总瞬时功率的特点/136
- 5.5.3 三相电路功率的测量/137

※重点串联/139

※拓展与实训/139

► 模块6 非正弦周期电流电路

知识目标/144

技能目标/144

课时建议/144

课堂随笔/144

6.1 非正弦周期量/145

- 6.1.1 非正弦周期量概述/145
- 6.1.2 非正弦周期量的产生/145

6.2 非正弦周期量的谐波分析/146

- 6.2.1 非正弦周期量的合成/146
- 6.2.2 非正弦周期量的分解/147
- 6.2.3 周期信号的频谱/148
- 6.2.4 非正弦周期量的对称性/149

6.3 非正弦周期量的有效值、平均值和平均功率/151

- 6.3.1 有效值/151
- 6.3.2 平均值、整流平均值/152
- 6.3.3 平均功率/152

6.4 非正弦周期电流电路的计算/153

※重点串联/156

※拓展与实训/156

► 模块7 线性电路的过渡过程

知识目标/162

技能目标/162

课时建议/162

课堂随笔/162

7.1 电路的过渡过程与换路定律/163

7.1.1 电路的过渡过程/163

7.1.2 换路定律/163

7.1.3 初始条件的计算/164

7.2 一阶电路的零输入响应/165

7.2.1 RC电路的零输入响应/165

7.2.2 RL电路的零输入响应/167

7.3 一阶电路的零状态响应/168

7.3.1 RC电路的零状态响应/168

7.3.2 RL电路的零状态响应/169

7.4 一阶电路的全响应/170

7.4.1 经典法求全响应/170

7.4.2 全响应的两种分解/171

7.4.3 一阶电路的三要素法/172

7.5 RLC串联电路的零输入响应/174

7.5.1 方程和特征根/174

7.5.2 RLC串联电路的零输入响应/175

※重点串联/177

※拓展与实训/177

► 模块8 磁路和铁芯线圈

知识目标/183

技能目标/183

课时建议/183

课堂随笔/183

8.1 磁场的基本物理量和基本定律/184

8.1.1 磁感应强度/184

8.1.2 磁通/184

8.1.3 磁场强度和磁导率/184

8.1.4 磁通连续性原理/185

8.1.5 安培环路定律/185

8.2 铁磁物质的磁化/185

- 8.2.1 铁磁物质的磁化/185
- 8.2.2 铁磁物质的磁滞回线/186
- 8.2.3 基本磁化曲线/186

8.3 磁路的基本定律/187

- 8.3.1 磁路/187
- 8.3.2 磁路定律/187
- 8.3.3 磁路和电路的比较/189

8.4 恒定磁通磁路的计算/190

- 8.4.1 有关磁路计算的一些概念/190
- 8.4.2 无分支磁路的计算/191
- 8.4.3 对称分支磁路的计算/193

8.5 交流铁芯线圈中的波形畸变与磁损耗/194

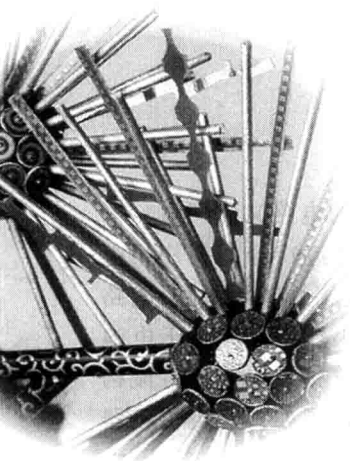
- 8.5.1 线圈感应电动势与磁通的关系/194
- 8.5.2 正弦电压作用下磁化电流的波形/194
- 8.5.3 正弦电流作用下的磁通波形/195
- 8.5.4 交流铁芯线圈的损耗/195

8.6 电磁铁/196

- 8.6.1 直流电磁铁/196
- 8.6.2 交流电磁铁/196
- ※重点串联/197
- ※拓展与实训/197

附录/201

参考文献/203



模块 1

电路的基本概念和基本定律

知识目标

- ◆ 牢固掌握电路模型、理想电路元件的概念。
- ◆ 深刻理解电流、电压、功率和电能的物理意义,牢固掌握各量之间的关系式,深刻理解参考方向的概念和应用方法。
- ◆ 牢固掌握基尔霍夫电流定律(KCL)、基尔霍夫电压定律(KVL)。

技能目标

- ◆ 直流电路的电压和电位测量。
- ◆ 初步学会用电压表寻查电路的开路故障。

课时建议

6 课时

课堂随笔

1.1 电路的基本概念 II

1.1.1 电路的作用与组成

一些电路器件按照一定的方式组合起来所构成电流的通路,称为电路,较复杂的电路又称网络。

电路的组成形式很多,就其主要功能而言,可以分为两类:一类电路的功能是传输、分配和使用电能,如图 1.1(a) 是一个简单的实际电路,它是由于电池、开关、小灯泡和连接导线组成的照明电路,电路模型如图 1.1(b) 所示。当开关闭合后,在这个闭合的电路中便有电流通过,于是小灯泡发光。干电池是一种电源,向电路提供电能;小灯泡是一种用电设备,在电路中称为负载,开关及连接导线可使电流构成通路,为传输环节。另一类电路的功能是传输、变换、存储和处理电信号,常见的例子如扩音机传声器(话筒)将声音变成电信号,经过放大器送到扬声器再变成声音输出。扬声器施加的信号称为激励,它相当于电源;扬声器得到的放大信号称为响应,扬声器相当于负载。由于传声器施加的信号比较微弱,不足以推动扬声器发声,需要采用传输环节对信号起传递和放大作用。

因此,无论何种电路,其主要组成部分都是电源、负载和传输环节(包括连接导线和控制设备)三部分;电源是提供电能和电信号的设备;负载是用电或输出信号的设备;传输环节用于传输电能和电信号。

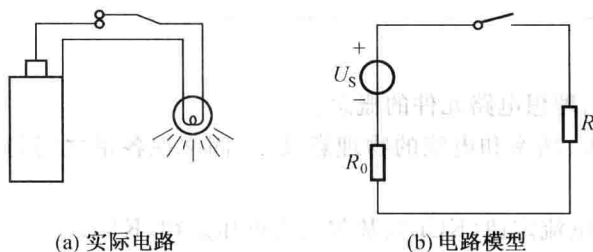


图 1.1 电路的组成

1.1.2 理想电路元件与电路模型

构成电路的电气器件往往比较复杂,其电磁性能的表现可能是多方面交织在一起的。电路理论研究电路中发生的电磁现象,并用电流、电压、电荷、磁通等物理量来描述其中的过程。电路理论主要是计算电路中各部件、器件的端子电流和端子间的电压,一般不涉及内部发生的物理过程。电路理论讨论的对象不是实际电路而是实际电路的电路模型。实际电路的电路模型由理想电路元件相互连接而成,理想元件是组成电路模型的最小单元,是具有某种确定电磁性能并有精确数学定义的基本结构。在一定工作条件下,理想电路元件或理想电路元件的组合足以模拟实际电路中部件、器件中发生的物理过程。在电路模型中各理想元件的端子用理想导线连接起来。

电路理论中引用的元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件、理想电压源和理想电流源,这些元件都具有两个端钮,称为二端元件。这些元件又称为集总元件,由集总元件组成的电路称为集总电路。图 1.2 所示为几种常见的理想电路元件的图形符号。

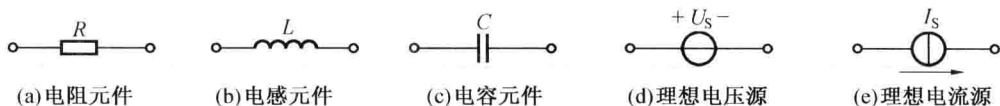


图 1.2 几种常见的理想电路元件

在图 1.1(a) 中可以用电阻元件表示小灯泡(电阻器),用电压源和电阻元件的串联组合表示干电池(电源),图 1.1(b) 便是图 1.1(a) 的电路模型图。



技术提示:

电路理论研究的是电路模型而不是实际电路,电路模型是由理想电路元件构成的。理想电路元件是从实际电路器件中抽象出来的理想化的模型,是具有某种确定的电磁性能并有精确数学定义的基本结构。

1.2 电路的基本物理量 ||

1.2.1 电流及其参考方向

1. 电流

在电路中,一种重要的物理现象是电荷的运动,而带电粒子的定向运动形成电流。衡量电流大小的物理量是电流强度,简称电流。所以电流既是一种物理现象,又是一个物理量。某处的电流大小等于单位时间内通过该处的电荷量,用符号 i 表示电流,如果在极短的时间 dt 内通过某处的电荷量为 dq ,则此时该处的电流为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

并规定正电荷定向运动的方向(即负电荷的反方向)为电流的实际方向。

大小和方向不随时间变化的电流称为恒定电流或者直流电,简称直流,用 I 表示,并有

$$I = \frac{q}{t} \quad (1.2)$$

式中, q 为在时间 t 内通过的电荷量。

周期性变动且平均值为零的电流称为交变电流,简称交流。

本书物理量采用国际单位制(SI)。电流的单位是安培,简称安,用符号 A 表示;电荷的单位是库伦,简称库,用符号 C 表示;若每秒通过某处的电荷量为 1 C,则电流为 1 A。将电流的单位冠以词头(见表 1.1),即可得到电流的十进制倍数单位和分数单位,常用单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)。

表 1.1 常用 SI 词头

因数	10^9	10^6	10^3	10^2	10^1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
名称	吉	兆	千	百	十	分	厘	毫	微	纳	皮
符号	G	M	k	H	da	d	c	m	μ	n	p

【例 1.1】 如图 1.3 所示,在 0.002 s 内,有负电荷 0.005 C,从 a 向 b 通过面 S,同时有正电荷 0.005 C 从 b 向 a 通过 S 面,试分析通过面 S 的电流的大小和方向。

解 向相反方向的正、负电荷的效应相同,这里相当于有 0.005 C + 0.005 C = 0.01 C 的正电荷由 b 向 a 通过面 S,所以通过面 S 的电流大小为

$$I = \frac{0.01 \text{ C}}{0.002 \text{ s}} = 5 \text{ A}$$

方向如图 1.3 中虚线箭头所示。

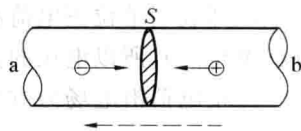


图 1.3 例 1.1 图

2. 电流的参考方向

电路中一条支路的电流只可能有两个方向,如支路的两个端钮分别为 a、b,其电流的方向不是从 a 到 b,就是从 b 到 a。电流的方向是客观存在的,为了分析计算的方便,人们应用正负数的概念,用一个代数量同时表达电流的大小和方向。则在其可能的两个方向中任意选择一个方向,作为电流分析计算时采用的方向,这个方向称为电流的参考方向,用实线箭头表示在电路图上,并标以电流的符号,如图 1.4(a) 所示。规定了参考方向以后,电流就是一个代数量,若电流为正值,则电流的实际方向与参考方向一致;电流为负值,则电流的实际方向和参考方向相反。或者说,电流的实际方向和参考方向一致时,电流为正;电流的实际方向和参考方向相反时,电流为负。这样就可以利用电流的参考方向和电流的正负值来判断电流的实际方向。应当注意,在未规定参考方向的情况下,电流的正负号是没有意义的。如图 1.4 所示,若电流大小为 1 A,电流实际方向从 a 到 b,如图 1.4(b) 中虚线箭头所示,如果选择参考方向如图 1.4(b) 中实线所示,这个电流的 $i = 1 \text{ A}$; 如果选择参考方向如图 1.4(c) 所示,则此电流 $i = -1 \text{ A}$ 。

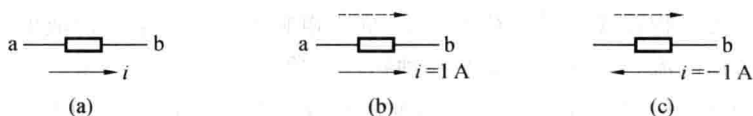


图 1.4 电流的参考方向

在电路图中,电流的参考方向都用带箭头的实线表示,实际方向则用带箭头的虚线表示。电流的参考方向除用实线箭头在电路图上表示外,还可以用双下标表示,如图 1.4(b) 所示,可用 i_{ab} 表示其参考方向由 a 指向 b;如图 1.4(c) 所示,可用 i_{ba} 表示其参考方向由 b 指向 a。显然两者相差一个负号,即

$$i_{ab} = -i_{ba} \quad (1.3)$$

1.2.2 电压、电位与电动势及其参考方向

电路中电流的存在伴随着能量的转换,电压或电位差就是用来描述电路这一特性的物理量。

1. 电压

从理论分析和实验都可以知道,电荷在电场(库仑电场)中从一点移动到另一点时,所具有的能量改变量只和这两点的位置有关,而与移动路径无关。电压这个物理量就是据此定义的。电路中 a、b 两点间的电压为单位正电荷在电场力的作用下由 a 点移动到 b 点时减少的电能,用符号 u_{ab} 表示,即

$$u_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad (1.4)$$

式中, dq 为由 a 点移到 b 点的电荷量; dW 为转移过程中电荷减少的能量。

电压即表明单位正电荷在电场力作用下转移时减少的电能,减少电能体现为电位的降低(从高电位点到低电位点),所以电压的方向是电位降低的方向。电压的单位是伏特,简称伏,用符号 V 表示,它等于 1 C 的正电荷沿电场力方向能量减少了 1 J,常用单位还有 kV, mV。

2. 电位

分析电子电路,常应用电位这一物理量。在电路中任选一点 o 作为参考点,则某点 a 的电位就是由 a 点到参考点 o 的电压,用 φ_a 表示,即

$$\varphi_a = u_{ao}$$

至于参考点本身的电位,乃是参考点对参考点的电压,显然为零,所以参考点又称零电位点。电压和电位的关系为

$$u_{ab} = u_{ao} + u_{ob} = u_{ao} - u_{bo} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1.5)$$

所以两点间的电压等于这两点间的电位差,即电压又称电位差。电位的单位也为伏特,符号为 V。

电位的参考点可以任意选取,参考点选择不同,同一点的电位相应不同,但电压与参考点的选择是无关的。在任意一个系统中只能选择一个参考点,至于如何选择参考点,则需要视分析计算问题的方便而定。常常选择大地、设备外壳或接地点作为参考点,电子电路中常选各有关部分公共线上的一点作为参考点,参考电位点常用接地符号表示。例如图 1.5 中,已知 $u_{ab}=6\text{ V}$, $u_{bc}=3\text{ V}$,如图 1.5(a) 所示,选 c 点为参考点,则 $\varphi_c=0$, $\varphi_a=u_{ac}=u_{ab}+u_{bc}=9\text{ V}$, $\varphi_b=3\text{ V}$;如图 1.5(b) 所示,选 b 点为参考点,则 $\varphi_b=0$, $\varphi_a=u_{ab}=6\text{ V}$, $\varphi_c=u_{cb}=-3\text{ V}$ 。

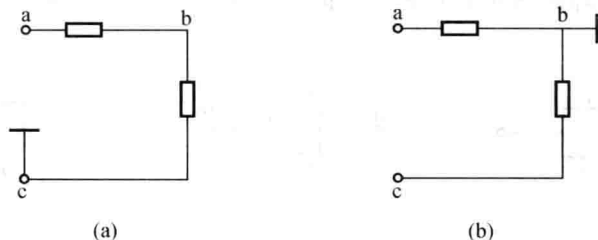


图 1.5 电位的计算

技术提示:

电位和参考点的选择有关,而两点间的电压和参考点的选择无关。

3. 电动势

在电场力的作用下,正电荷是从高电位点向低电位点移动。为了形成连续的电流,在电源中正电荷必须从低电位点移到高电位点。这就要求在电源中有一种电源力,正电荷在电源力的作用下将从低电位处移向高电位处。例如在发电机中,当导体在磁场中运动时,导体内便出现这种电源力,这种电源力是由电磁作用产生的,电池中的电源力是由电解液和极板间的化学作用产生的。由于电源力而使电源两端具有的电位差称为电动势。电动势表明了单位正电荷在电源力的作用下转移时增加的电能,用 e 表示,即

$$e = \frac{dW_s}{dq} \quad (1.6)$$

式中, dq 为转移的电荷量; dW_s 为电荷转移过程中增加的电能。

增加电能体现为电位的升高(从低电位点到高电位点),所以规定电动势的方向是电位升高的方向。把高电位的一端称为正极,低电位的一端称为负极,则电动势的方向规定从负极到正极。电动势的单位为伏特(V)。

按电压和电动势随时间变化的情况,可以分为直流的与交流的。如果电压的电动势的量值与方向都不随时间而变动,则称为直流电压和直流电动势,分别用符号 U 和 E 表示。周期性变动且平均值为零的电压和电动势称为交变电压和电动势,分别用符号 u 和 e 表示。

4. 电压、电动势的参考方向

与电流类似,在分析计算电路的电压、电动势时,也引进参考方向,即假定的电压和电动势的方向。同样,电压、电动势的参考方向是决定电压、电动势数值为正的标准,当电压、电动势的实际方向与参考方向相同时,数值为正,反之为负。电压、电动势的参考方向,一般有三种表示形式:

(1) 采用参考极性表示

在电路图上标出正(+) 负(-) 极性,如图 1.6(a) 所示,当表示电压的参考方向时,标以电压符号 u ,这时正极指向负极的方向就是参考方向;当表示电动势的参考方向时,标以电动势符号 e ,负极指向正极就是电动势的参考方向。

(2) 采用带箭头的实线表示

用带箭头的实线表示在电路图上,并标以电压符号 u 或电动势符号 e 。对于同一个处于开路状态的电源设备,它的电动势与电压方向相反而量值相等。若选择电动势和电压的参考方向相反时,如图 1.6(b) 所示,则有 $e=u$;若选择电动势的参考方向和电压的参考方向一致时,如图 1.6(c) 所示,则有 $e=-u$ 。

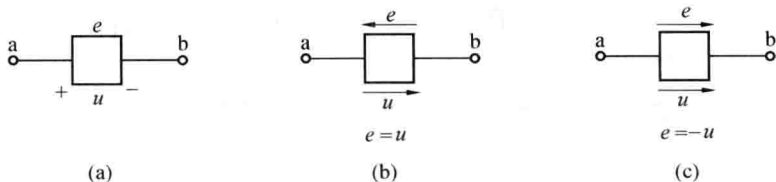


图 1.6 电压和电动势的参考方向

(3) 采用双下标表示

如 u_{ab} 表示电压的参考方向是由 a 指向 b; e_{ba} 表示电动势的参考方向是由 b 指向 a。



技术提示:

参考方向是电路理论的一个重要的基本概念,下面提出使用参考方向需要注意的几个基本问题:

① 电流、电压的实际方向是客观存在的,但往往难于事先判定。参考方向是人为选择的决定电流、电压数值为正的标准。参考方向一经选定,在整个分析计算过程中就必须以此为标准,不能变动。

② 分析每个电流、电压,都需要先选定它的参考方向。电流、电压的正、负值是对应于所选参考方向而言的,不说明参考方向,而说某电流值为正或负,是没有意义的。

③ 参考方向可以任意选定而不影响计算结果,对同一电流(或电压),如果参考方向选择不同,结果是大小相等而异号,即 $i_{ab} = -i_{ba}$ 。

5. 关联参考方向

一个元件的电流或电压的参考方向可以独立任意选定。如果选择电压电流的参考方向一致,则把这种电流电压参考方向称为关联参考方向,如图 1.7(a) 所示;当电压电流的参考方向不一致时,称为非关联参考方向,如图 1.7(b) 所示。本书中如果不加以说明,都选择关联参考方向,这样,对同一支路,只需要标出电流或电压的参考方向中的一个即可。



图 1.7 关联参考方向和非关联参考方向