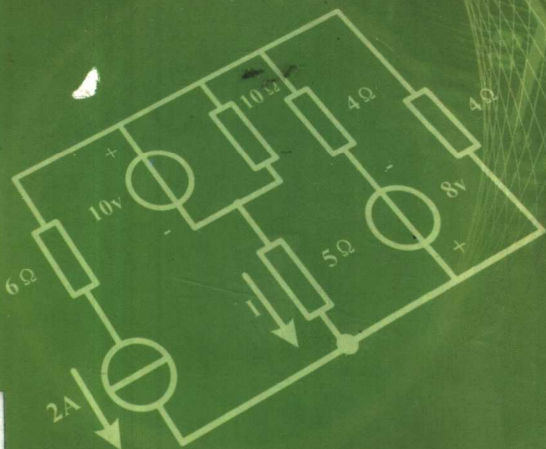


21 面向 21 世纪全国高职高专电子电工类规划教材

电路电工基础 与实训

DIANLU DIANGONG JICHU YU SHIXUN

李春彪 编 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

面向 21 世纪全国高职高专电子电工类规划教材

电路电工基础与实训

李春彪 编 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书针对高职高专有关专业学习电路和电工技术的需要而编写的一本通俗易懂的教材,全书较为全面地介绍了电路的基本规律和电路的基本分析方法、电动机和变压器、电力拖动、固态继电器和可编程控制技术 etc 知识,也介绍了供电配电、安全用电与节约用电知识和实训方案。

本书可供高职高专院校用作“电工学基础”、“简明电路分析”、“电工电子(电工部分)”的教材,也可供一些信息类专业用作“数字电子技术基础”的前导课“电路分析基础”的教材,还可以作为电工的培训教材或工程技术人员的参考书以及再就业者的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电路电工基础与实训/李春彪编著. —北京:北京大学出版社, 2005.9

(面向 21 世纪全国高职高专电子电工类规划教材)

ISBN 7-301-09529-5

I. 电… II. 李… III. ①电路理论—高等学校:技术学校—教材 ②电工学—高等学校:技术学校—教材 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 094613 号

书 名: 电路电工基础与实训

著作责任者: 李春彪 编著

责任编辑: 魏红梅

标准书号: ISBN 7-301-09529-5/TM · 0007

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667

电子信箱: pup_6@163.com

排 版 者: 北京东方人华北大彩印中心 电话: 62754190

印 刷 者: 北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 25.125 印张 523 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 31.00 元

前 言

本书是针对高等职业技术教育非电类专业和以电工电子技术为基础的相关工程技术专业的一本简明教程。该书之所以成稿的一个最初动因是想让物理基础薄弱的学生快速掌握电路和电工的基本知识和基本技能,理解和掌握电路中的电压、电流及电功率的分配规律,获得直观的感悟和自觉的理解能力。作为一名在高等职业技术教育中从事电工电子教学多年的老师,一直在不断地探究新的表达方式、新的总结模式、新的类比方案、新的理解途径、新的思维程序。通过这种努力,希望让学生能够较为容易地理解授课内容。这种努力的产物,便是呈现在您面前的这本《电路电工基础与实训》。

本教材的参考教学时数为 72 学时,其主要内容包括电路分析的基本内容和电工技术的基本知识。全书分为 10 章,第 1 章电路的基本概念与基本定律,主要介绍电压、电流及其方向,电阻及电压源、电流源,基尔霍夫定律等;第 2 章电路分析基础,介绍支路电流法、结点电压法与网孔电流法、电阻星形联接与三角形联接的等效变换、电压源与电流源的等效变换、戴维南定理与诺顿定理、叠加原理等;第 3 章正弦交流电路,主要讨论相量分析法、谐振和功率因数提高等;第 4 章三相交流电路,介绍三相负载的联接和三相电路的功率;第 5 章磁路与铁心线圈电路,着眼于分析交流铁心线圈电路;第 6 章变压器,主要阐述单相变压器的工作原理,并对变压器绕组的极性及其测定加以说明;第 7 章交流电动机,在三相异步电动机电路展开分析的基础上,介绍三相异步电动机的电磁转矩与机械特性和启动、调速、反转与制动等,也一并介绍了三相异步电动机的维护与故障分析方法;第 8 章电力拖动基础,介绍常用低压电器和一些三相异步电动机的常见控制线路;第 9 章固态继电器和可编程控制器,介绍固态继电器和可编程控制器的基础知识,重点介绍其在现代控制系统中应用的基本原理和基本方法。第 10 章供电配电与安全节约用电,介绍电工安全操作规程和一些预防触电及触电急救的措施和方法,还介绍当今关心的节电管理办法和新的节电技术。

值得一提的是,为了帮助计算机类及其相关专业的学生快速掌握电路电工技术和基本的电路元器件特性和规律,本书附录中附有“电阻电容电感元件实践指南”和“半导体器件及其电路特性”。这样,可以通过本书和附录的学习,结合适当的电路实践,就可以快速进入到“数字逻辑电路”的学习,从而跳过模拟电子技术的学习,加快学习进度,因此本书也适用于计算机类专业作为“简明电路基础”的课程。

本教材的一个突出特点是便于自学和理解,便于应用与训练,这是作者在多年从事电路电工课程教学和高级电工培训的基础上写成的。具体来讲,本书有如下几个鲜明特色。

1. 方法的突破和知识的创新

(1)充分挖掘交流电路分析的三个“三角形”:电压(电流)三角形、阻抗三角形、功率三角形(三者相似,体现电路参数影响电路能量分布),在此基础上,提炼出电路的“宏观分析法”。

(2)用“宏观分析法”,继续探讨功率因数提高的问题。

2. 学习方法和思维方法的科学性和可操作性

(1)阐述了基尔霍夫定律和欧姆定律的统一性。

(2)阐述了戴维南定理和电压源本质的统一性,进一步理解诺顿定理。

(3)分析电路中电位的“三步曲”以及支路电流法分析电路“三步曲”、戴维南定理分析“三步曲”等。

(4)提出了一种非常形象、可操作的混联电路分析方法——“晾衣法”及其“三步曲”。

(5)电动机运行过程的归纳和形象化的描述。

3. 注重知识体系

(1)将电阻和电源放在一起讲授,强调电能的消耗(电阻)和生产。

(2)在交流电路中全方位探讨电容、电感的特性和规律。

(3)打通直流电路和正弦交流电路的分析法的隔阂,鲜明地阐述其内在的统一性。

(4)增加三相异步电动机的维护和故障分析一节的内容。

(5)增加电力拖动基础,简单勾勒低压电器的工作原理和使用注意事项。

(6)增加触电急救和基本安全用电,尤其是增加节约用电知识,讲述节约用电技术。

(7)增加固态继电器的知识,同时把继电器接触器控制、固态继电器控制和 PLC 控制结合起来,讲述电力拖动控制原理。

4. 利用脑图,反复提醒,点拨梳理

(1)每一章后面有“本章总结与强调”,其中有“本章脑图与知识果”。通过这些脑图对“知识果”的呈现,让读者在学习一章之余,不知不觉地从概要开始去思考、回忆知识,并且在观看脑图、使用脑图、思考脑图的过程中,不断丰富、充实知识之间的有机联系,形成综合技能和思维技巧。这既有助于完成对知识的记忆和理解,更有助于发展读者的总结知识以及画脑图的习惯和技能,让读者在学习、消化知识的同时,有力地提高自学能力。

(2)附录中还有全书的总的“脑图和知识果”,便于对全书的知识作一个回顾和思考。

5. 语言通俗, 由此及彼

- (1) 巧用等电位分析等效混联电路, 提出“晾衣法”分析方法。
- (2) 借用经济学的观点, 用“宏观分析法”来分析电路中的能量关系。
- (3) 借助直流电源极性的概念理解变压器的绕组的极性。

本书的编写与修改得到许多同仁的帮助与支持, 特别是自始至终受到周水铭副教授的关心与支持。高云华老师、董李江老师和陈方辉老师对本书的内容也提出了许多宝贵意见, 鲜伟对本书的 PLC 内容提出了许多建设性的意见, 郝军帮助录入了部分内容, 在此对以上各位人士表示衷心的感谢。限于编者的水平, 本书错漏在所难免, 敬请同行和读者批评指正。(电子邮件地址为 goontry@126.com)

编者

2005 年 5 月

目 录

绪论	(1)
第 1 章 电路的基本概念与基本定律	(3)
1.1 电路的结构与功能	(3)
1.2 电路模型	(4)
1.3 电压、电流及其方向	(5)
1.4 电阻及电压源、电流源	(6)
1.5 基尔霍夫定律	(10)
1.6 电路的运行状态	(16)
1.7 电路中的电位	(21)
1.8 本章总结与强调	(25)
1.9 本章实训与技能养成	(26)
习题	(30)
第 2 章 电路分析基础	(34)
2.1 串联、并联、混联	(34)
2.2 支路电流法	(41)
2.3 结点电压法与网孔电流法	(44)
2.4 电阻星形联结与三角形联结的等效变换	(48)
2.5 电压源与电流源的等效变换	(52)
2.6 戴维南定理与诺顿定理	(54)
2.7 叠加原理	(58)
2.8 图解法:非线性电阻电路的分析	(62)
2.9 本章总结与强调	(66)
2.10 本章实训与技能养成	(67)
习题	(72)
第 3 章 正弦交流电路	(78)
3.1 正弦交流电的产生	(79)
3.2 正弦交流电的三要素	(80)
3.3 正弦量的旋转矢量表示法	(86)

3.4	正弦量的相量分析法	(88)
3.5	电容及其正弦激励下的特性	(91)
3.6	电感及其正弦激励下的特性	(100)
3.7	单一参数元件正弦电路的相量分析	(108)
3.8	电阻、电感与电容元件串联的交流电路分析	(112)
3.9	复数阻抗串并联电路的相量分析	(121)
3.10	正弦交流电路与直流电路的统一性	(127)
3.11	交流电路的谐振	(130)
3.12	功率因数的提高与宏观分析法	(137)
3.13	本章总结与强调	(143)
3.14	本章实训与技能养成	(145)
	习题	(149)
第4章	三相交流电路	(157)
4.1	三相交流电源及其联接	(157)
4.2	三相负载的联结	(161)
4.3	三相电路的功率	(168)
4.4	本章总结与强调	(171)
4.5	本章实训与技能养成	(172)
	习题	(175)
第5章	磁路与铁心线圈电路	(177)
5.1	磁场的基本物理量	(177)
5.2	铁磁材料的性质和用途	(181)
5.3	全电流定律与磁路欧姆定律	(184)
5.4	交流铁心线圈电路	(187)
5.5	本章总结与强调	(191)
	习题	(192)
第6章	变压器	(193)
6.1	变压器的用途与基本构造	(193)
6.2	单相变压器的工作原理	(195)
6.3	变压器绕组的极性及其测定	(200)
6.4	几种常用的变压器	(202)
6.5	本章总结与强调	(206)
6.6	本章实训与技能养成	(207)

习题	(210)
第7章 交流电动机	(211)
7.1 三相异步电动机的构造	(211)
7.2 三相异步电动机的工作原理	(213)
7.3 三相异步电动机电路分析	(216)
7.4 三相异步电动机的电磁转矩与机械特性	(220)
7.5 三相异步电动机的起动	(224)
7.6 三相异步电动机的调速、反转与制动	(227)
7.7 三相异步电动机的铭牌及其含义	(229)
7.8 三相异步电动机的维护与电气故障分析	(232)
7.9 单相异步电动机	(237)
7.10 三相同步电动机	(240)
7.11 本章总结与强调	(241)
7.12 本章实训与技能养成	(242)
习题	(245)
第8章 电力拖动基础	(247)
8.1 常用低压电器	(248)
8.2 三相异步电动机的正转控制线路	(258)
8.3 三相异步电动机的正反转控制线路	(261)
8.4 顺序控制与多地控制线路	(264)
8.5 三相异步电动机降压起动控制线路	(266)
8.6 三相异步电动机的制动控制线路	(269)
8.7 电动机控制的一般原则	(272)
8.8 电动机的保护与选择	(274)
8.9 本章总结与强调	(276)
8.10 本章实训与技能养成	(278)
习题	(281)
第9章 固态继电器与可编程控制器	(282)
9.1 固态继电器功能与结构概述	(283)
9.2 固态继电器的应用	(285)
9.3 可编程控制器结构与应用概述	(290)
9.4 可编程控制器编程语言和常用程序设计方法	(297)
9.5 可编程控制器应用	(316)

9.6	本章总结与强调	(332)
9.7	本章实训与技能养成	(333)
	习题	(335)
第 10 章	供电配电与安全节约用电	(338)
10.1	发电、输电、配电概况	(338)
10.2	电工安全操作规程	(340)
10.3	预防触电及触电急救	(342)
10.4	防雷保护	(346)
10.5	节约用电	(350)
10.6	本章总结与强调	(357)
10.7	本章实训与技能养成	(358)
	习题	(360)
附录一	全书脑图与知识果	(362)
附录二	中华人民共和国职业技能鉴定规范	(363)
附录三	电阻、电容、电感元件实践指南	(370)
附录四	半导体器件及其电路特性	(375)
参考文献	(391)

绪 论

一、电路电工课程的作用与任务

电工学是研究电磁现象及其基本规律以及电磁现象在工程技术领域中应用的一门基础技术课程。电工与电子技术迅猛发展大大促进了生产力的发展,现代科技无不与电有着密切的关系。因此,电工学作为高等工业学校非电类专业的一门技术课程,具有基础性、应用性和先进性的特点。所谓基础性不仅是指如基础学科一般的基本地位,更是指它的渗透性;所谓应用性,是指应用于本专业和发展于本专业的一种结合;所谓先进性,最容易让人联想到的是信息经济时代中的半导体业和软件业。

显然,电路电工课程有助于实现如下目标。

- 帮助工程技术人员掌握基本的电路电工理论与技能。
- 为学习专业课程奠定良好的电路电工基础。
- 巩固辩证唯物主义思想,使学生形成科学的世界观和正确的方法论。
- 实现专业突破,最终实现科技创新。

二、如何有效地学习本课程

学习任何一门学科,最要紧的是勤于思考和勤于总结,学习电路电工知识也不例外。勤于思考,就是要多提问题、多作联想,多比较、多回忆、多做习题;勤于总结,就是要画一个章节或一个单元的结构图,提炼某一块知识的本质性内容,将新知与旧识联系,最终完成认识上的由对立向统一的飞跃与过渡。另外,在学习过程中,努力去有意识地培养对该门学科的兴趣,往往会使学习更轻松。作为技术工程类学科,勤于动手,训练实验技能也是学好该门学科的一个重要环节。正如《学习的革命》一书中指出:“最好的学习体系是简单的,甚至是充满乐趣的。它们通常有这样的共同之处:它们鼓励你用你所有的‘智力’和感觉——通过音乐、节奏、韵律、图画、情感和动作使你学得更快。”

学习,尤其是高职院校等大学层次的学习应该包括三个层面的意义和目的。

- 学习有关特定科目的知识及其对应的技能,在此基础上学习如何能够做得更快、更好、更轻松,即关注效率。
- 培养综合概念技能,即磨练自己,学会如何将同一或类似概念应用到其他地方,最终

发展出一种属于个人的思维力量,即关注综合。

- 培养能轻易应用于自己所做一切事情的个人技能和态度,即关注态度。

因此在这本《电路电工基础与实训》教材中,笔者试图也带来一种关于如何轻松学习的启迪。希望在学完本教材以后,读者既获得了电路分析方法,提高了个人的电工技能;同时又能够提高自学能力,发展思维能力和综合能力。

欲提高学习效率,往往得先从事物的概貌开始了解起。抓住概貌是一个首先要推广而且也是你必须掌握和贯彻的学习方法。因此,在全面学习这本书之前,建议大家先将这本书从头到尾翻一下,看一下这本书的结构脉络,领悟其“电路—磁路—电器电机—电气控制—用电节电”的知识介绍次序,思考一下贯穿其中的两条线索:电压电流分布规律的微观探索和电能功率运动的宏观分析。值得一提的是,本书虽然没有介绍电路分析的所有方方面面,诸如一阶电路、二阶电路,但是,可以肯定的说,本书帮读者揭示了电路与电工领域的“主要原则”。去繁取精,必要的舍弃,只是让读者学得更好,更实质,更明白。

欲能学以致用,培养综合技能,必须首先在用时能够记起所学的重要内容。而倘若我们知道大脑是将信息存储在树状的树突上而以类型和关联存储信息的话,我们就会考虑用大脑自身的记忆方法学习,这样就会学得容易和迅速。画脑图法,就是这样的一种方法,它是由托尼·布赞发明的,具体是指不一行一行地用写字来做记录,而用树状结构和图像再辅以颜色、符号、类型和关联来画脑图。这就使得人们对事物的掌握容易从概要开始,从而大大提高学习和记忆效果,进而提高综合能力。虽然,有人说,画脑图是很简单的。具体的脑图画法如下。

- 把脑细胞想象成许多棵树,每一个细胞在其分支上进行信息存储。
- 仿照脑的组织,用同样的树形格式排列任何一个题目的要点。
- 从主题出发,画出从主题上分散出来的分支,这一切最好借助符号。
- 仅用有限的词和符号记录每一分支上你想重新回忆的主题和要点。
- 将相关内容放到同一分支上,每一内容如新的亚分支那样分散开来。
- 用不同颜色的铅笔或记号笔对有关题目做标注。
- 尽可能多地画画和使用符号,表达主题和内容,以做到一目了然。
- 完成每一分支后,用不同色彩的框将其框上,其目的也是形成组织。
- 学到更多要点时有规律地将内容补充到脑图上,丰富、充实脑图。

但是,很多人尚未意识到画脑图的好处,也没有形成画脑图的习惯和技能。本书在脑图制作和运用上做了一些尝试,每章的“本章总结与强调”中都包含“本章脑图与知识集”,通过这些脑图,让大家在学习一章之余,不知不觉地从概要开始去思考、回忆知识,并且在观看脑图、使用脑图、思考脑图的过程中,不断丰富、充实知识之间的有机联系,形成综合技能。这既有助于完成对知识的记忆和理解,更有助于培养总结知识和画脑图的习惯和技能,在学习、消化知识的同时,有效地提高自学能力。从这种意义上说,本书也正努力倡导并引导用一种新的学习方法,去获取新知,形成技能。

第 1 章 电路的基本概念与基本定律

电路是电工技术和电子技术的基础。电气设备的运行,家用电器的使用,都必须有电流的作用。产生电流的一个必要条件,就是要构成闭合电路,电流通过的路径称为“电路”,电路千变万化,有电子电路、电机电路、控制与测量电路,但有一些规律是相通的,适应于形形色色千变万化的电路。本章就力求阐明电路中的最基本的概念(概念也是规律)和规律,包括电路的基本结构和电源的概念,电路中的电压与电位、电流及其分布规律(基尔霍夫定律),在此基础上介绍电路的三种运行状态。

1.1 电路的结构与功能

电路是电流的通路,它是为了某种需要由某些电工设备或元件按一定方式组合起来的。如手电筒电路、收音机电子电路。在电力系统(强电)和电信系统(弱电)的广阔领域中,为了实现不同目的有着各式各样的具体实际电路,最典型的例子是工厂供电电路,扩音机电路,其电路示意图如图 1.1 所示。

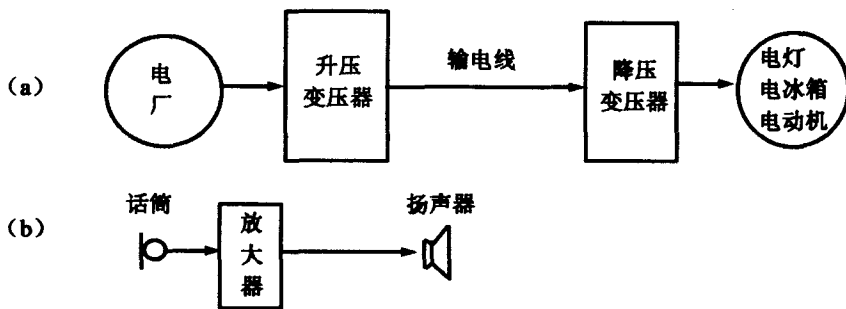


图 1.1 电路示意图

电路(a)的作用是实现电能的输送与变换。电厂里有供应电能的设备,称为电源,把热能、水能、核能等其他形式的能转变成电能;而电灯、电动机等取用电能的设备,称为负载,把电能转变成光能、机械能等其他形式的能;而变压器、输电线等联接电源与负载的部分,称为中间环节,起传输和分配电能的作用。

电路(b)的作用是信号的传递与处理。话筒把声音或音乐等信息转换为相应的电压和

电流即电信号,这种电信号很微弱,经放大器放大,传递到扬声器,又把电信号还原为声音或音乐。话筒输出电信号称为信号源,类似于电源;扬声器接受和转换信号也称为负载。信号的传递与处理,往往要由许多不同功能的单元组合而成的一个复杂系统来完成。在一定意义上,系统、电路、网络是同义词。电路、网络就是系统,通常系统问题侧重注意全局,而网络问题则侧重关心局部。




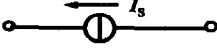
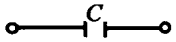
不论电能的传输和转换,或是信号的传输与处理,其中电源或信号源的电压或电流称为激励,它推动电路工作;而由于激励在电路各部分产生的电压和电流称为响应。从系统功能而言,系统就是一个转换器,它总是把某一激励 $x(t)$ 变换为响应信号 $y(t)$,即 $y(t) = T[x(t)]$ 。所谓电路分析,就是在已知电路结构和元件参数的条件下,讨论电路的激励和响应之间的关系。

1.2 电路模型

实际电路中电路元件或器件的电磁性质较为复杂,如绕制空心线圈的导线具有电阻,线圈本身又有电感性;而两根导体之间,隔有绝缘介质,故在任意两线匝之间都分布有电容;白炽灯,除了具有消耗电能的性质即电阻性外,当电流通过时还会产生磁场,即也具有电感性。为了便于对实际电路进行分析和数学抽象,将实际元件理想化,即在一定条件下突出其主要的电磁性质,忽略其次要因素,把实际元件近似视为理想电路元件。由理想电路元件组成的电路便是实际电路的电路模型,它是对实际电路电磁性质的科学抽象和概括。

以后所说的电路均是指这种抽象的电路模型,所说的元件均指理想电路元件。在电路图中,各种电路元件用规定的图形符号表示。表 1-1 列出了几种常用理想电路元件的图形符号。

表 1-1 理想电路元件的图形符号

元件名称	模型符号	元件名称	模型符号
电阻 R		理想电压源	
电感 L		理想电流源	
电容 C			

1.3 电压、电流及其方向

1.3.1 电流

电荷的定向移动形成电流,对于金属导体而言,电流是自由电子有规则的定向运动。电流的大小用电流强度表示,它通常是指单位时间内通过导体横截面的电荷量的多少,电流强度简称电流,用字母 I 或 i 表示。

$$I=Q/t \text{ 或 } i=dq/dt$$

式中 I, i ——电流强度(单位:安培, A)

Q, q ——在时间 t 和 dt 内通过导体某一横截面的电荷量(单位:库仑, C)

通常大写 I 表示直流量,而小写 i 表示交流或变化的量;另外,电流的常用单位还有毫安(mA),微安(μA)。

电流既然是带电粒子的定向移动,便有一定的方向。规定正电荷流动的方向为“实际方向”;但往往分析电路时对某段电路中的电流实际方向很难判断和预测,为便于对电路分析和计算,常可任意选定某一方向作为电流的“参考方向”或称“正方向”。所选电流的参考方向并不一定是电流的实际方向。当电流的实际方向与其参考方向一致时,电流为正;实际方向与参考方向相反时,电流为负。所以,参考方向选定后,电流便有正负之分。电流的参考方向可以任意假定,而电流的实际方向是客观存在,不会因参考方向的不同而不同。下文电路图上所标的电流方向都是参考方向,如图 1.2 所示。

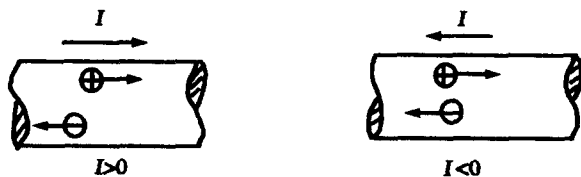


图 1.2 电流的方向

1.3.2 电压

电荷所以运动是由于受到电场力的作用。任意两点之间的电压,等于单位正电荷在电场力作用下从一点到另一点所做的功。国际单位是伏特(V);常用单位千伏(kV),毫伏(mV),微伏(μV)。同样电荷受电场力作用,移动也是有方向的,正电荷和负电荷在同一电场中受力方向相反,从这个意义上说,电压也是有方向的,规定电压的实际方向是正电荷在电场中受电场力移动的方向。所谓电位是指先选择电路中的某点作为参考点,电路中任一

点与这个参考点间的电压即为该点的电位,即 $V_A = U_{AO}$ (其中 O 为参考点),由此看来,电路中电压的方向也是从高电位(“+”极性)端指向低电位(“-”极性)端,即为电位降低的方向;与电流一样,可以在所研究的电路两点间任意假设某一方向为电压的参考方向。

要使电路中通过持续电流,需要两个基本条件:一个是电路要构成闭合回路;另一个是电路中要有电源。电源把其他形式的能转变为电能,电源内部在“外力”作用下移动单位正电荷所做的功称为电源的“电动势”,用 E 或 U_s 表示。电源两端的电位差称为电源的“端电压”,规定电动势方向为低电位指向高电位,也即从电源的负极指向正极,其参考方向也可任意设定。电源的开路电压在数值上等于电源电动势,在方向上两者相反。

【思考与分析】

1.3.1 如图 1.3 已标定了电压的参考方向($A \rightarrow B$)。当 $U = -100V$ 时,试问:电压的实际方向,并写出 U_{AB} 与 U_{BA} 各等于多少伏?

1.3.2 图 1.4 中 $U_1 = -6V, U_2 = 4V, U_{ab}$ 为多少伏?

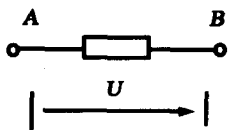


图 1.3

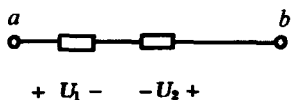


图 1.4

1.4 电阻及电压源、电流源

1.4.1 电阻

物体在运动过程中要受到各种阻碍。电荷在电场力作用下运动,通常也要受到阻碍。例如,在金属导体中,自由电子在电场力作用下定向运动时,在整个运动过程中会相互碰撞、摩擦,有的电子可能被其他原子“拉”进去,而有的原子中的电子又可能被撞出来。下面用理想电阻元件来抽象这种对运动的电荷的阻碍作用。如图 1.5 所示。

对于金属导体而言,在一定的温度下,电阻除了和导体的材料有关,还与导体的长度 l 成正比,与导体的横截面 S 成反比,即

$$R = \rho \cdot l / S = l / r \cdot S$$

式中 l ——导体长度 (m);

S ——导体横截面积 (m^2);

ρ ——电阻率 ($\Omega \cdot m$);

γ ——电导率 (S/m)。



图 1.5 电阻

一般的金属,当其温度升高后。电阻值增加,因为温度升高使金属原子核和电子热运动加剧,自由电子在导体中碰撞的机会也随着增多,所以电阻增大。各种导电材料的电阻对温度的敏感程度不一样,电阻阻值为 1Ω 的导电材料,在周围环境温度(即导体温度)变化了 1°C 以后电阻值的改变,称为电阻温度系数,用 α 表示,在 $0\sim 100^\circ\text{C}$ 范围内各种金属的电阻温度系数近似为常数,因此有

$$R_2 = R_1 + R_1 \alpha \cdot (t_2 - t_1)$$

式中 R_1 ——温度为 t_1 时导体的电阻(Ω);

R_2 ——温度升高至 t_2 时的导体电阻(Ω);

α ——电阻温度系数($1/^\circ\text{C}$)。

通常,导体的电阻仅取决于导体本身的性质(内因)和环境温度(外因,一般影响微弱,热敏电阻除外)而与加在其两端的电压及流过它的电流无关,这种遵循欧姆定律的电阻称为线性电阻;相反,若电阻上的电压(或流过电阻中的电流)改变时,电阻阻值大小也会发生改变,这种电阻称为非线性电阻。若以电流为纵坐标,电压为横坐标,则电阻的性质不同,所画曲线(称为电阻的伏安特性曲线)的形状也不同,如图 1.6 所示:(a)图为线性电阻元件的伏安特性曲线,(b)图为非线性电阻元件的伏安特性曲线。

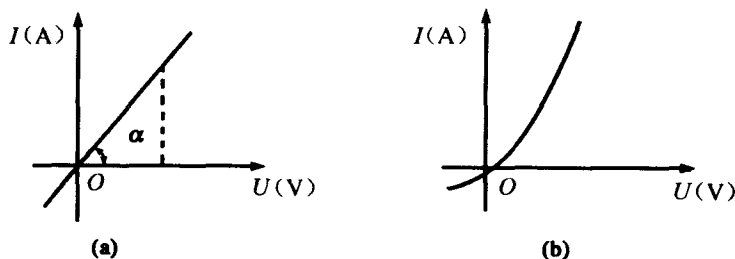


图 1.6 电阻的伏安特性曲线

图 1.6 (a)中直线的斜率 $\text{tg}\alpha = I/U = 1/R$,是电阻的倒数,称其为电导,单位名称为西门子,简称“西”,用字母 S 表示,电导物理量符号用字母 G 表示,所以有

$$R \cdot G = 1 \text{ 即 } G = 1/R$$

1.4.2 电压源与电流源

当电流通过用电器(电灯、电炉、电动机等)时,用电器把电能转换成所需要的其他形式的能。为了能够向用电器连续不断地提供电能,需要一种可以把其他形式的能转换成电能的装置,这种装置称为电源。电源的种类很多,常用的有电池(干电池、蓄电池)和发电机两种,电池把化学能转变成电能,发电机则把机械能转换成电能,从本质上讲,电源便是一种能量转换装置。

那么,一个实际的电源究竟该用什么样的电路模型来表示呢?从上面的叙述得知,电源