



21世纪高职高专新概念教材

电路分析基础

(第三版)

付玉明 主编
陈晓 副主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高职高专新概念教材

电路分析基础

(第三版)

付玉明 主 编

陈 晓 副主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书在第二版的基础上对其结构体系和内容作了较大的修改。全书共分为三部分：第一部分为理论教学，分为6章，内容包括电路的基本概念和定律、电阻性网络分析的一般方法、正弦稳态电路分析、耦合电感元件和理想变压器、一阶动态电路分析、二端口网络；第二部分为电路实验指导，精选了14个实验；第三部分为附录，附录A为电路分析的典型实例，附录B为电路虚拟实验简介，附录C为习题的参考答案。

本书充分考虑专科层次学生数理基础的实际，按照循序渐进、理论联系实际、便于自学的原则编写。教材内容适量、实用，叙述简练，概念清晰，通俗易懂。对于电路的分析求解，步骤清楚，力求结果正确，举例实际并具有典型性，例题、习题安排合理，习题还附有参考答案，便于自学。

本书可作为高职高专院校的电气、通信、电子、自动化、计算机、机电一体化等专业的电路理论课教材，也可供从事电力、电信等行业的工程技术人员参考。

本书配有有用 PowerPoint 制作的电子教案，教师可以根据需要任意修改。需要者从中国水利水电出版社网站下载，网址为 <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

图书在版编目 (CIP) 数据

电路分析基础 / 付玉明主编. —3 版. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

21 世纪高职高专新概念教材

ISBN 978-7-5084-4967-8

I. 电… II. 付… III. 电路分析—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 204349 号

书 名	电路分析基础 (第三版)
作 者	付玉明 主 编 陈 晓 副主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 18.75 印张 457 千字
版 次	2002 年 2 月第 1 版 2004 年 8 月第 2 版 2008 年 1 月第 3 版 2008 年 1 月第 11 次印刷
印 数	44001—48000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

序

根据 1999 年 8 月教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》)的精神,由中国水利水电出版社北京万水电子信息有限公司精心策划,聘请我国长期从事高职高专教学、有丰富教学经验的教师执笔,在充分汲取了高职高专和成人高等学校在探索培养技术应用性人才方面取得的成功经验和教学成果的基础上,撰写了这套《21 世纪高职高专新概念教材》。

为了编写本套教材,出版社进行了广泛的调研,走访了全国百余所具有代表性的高等专科学校、高等职业技术学院、成人教育高等院校以及本科院校举办的二级职业技术学院,在广泛了解情况、探讨课程设置、研究课程体系的基础上,经过学校申报、征求意见、专家评选等方式,确定了本套书的主编,并成立了编委会。每本书的编委会聘请了多所学校主要学术带头人或主要从事该课程教学的骨干,教学大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论。

本套《21 世纪高职高专新概念教材》有如下特点:

(1) 面向 21 世纪人才培养的需求,结合高职高专学生的培养特点,具有鲜明的高职高专特色。本套教材的作者都是长期在第一线从事高职高专教育的骨干教师,对学生的基本情况、特点和认识规律等有深入的了解,在教学实践中积累了丰富的经验。因此可以说,每一本书都是教师们长期教学经验的总结。

(2) 以《基本要求》和《培养规格》为编写依据,内容全面,结构合理,文字简练,实用性强。在编写过程中,作者严格依据教育部提出的高职高专教育“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则,力求从实际应用的需要(实例)出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论概念,加强了应用性和实际操作性强的内容。

(3) 采用“问题(任务)驱动”的编写方式,引入案例教学和启发式教学方法,便于激发学习兴趣。本套书的编写思路与传统教材的编写思路不同:先提出问题,然后介绍解决问题的方法,最后归纳总结出一般规律或概念。我们把这个新的编写原则比喻成“一棵大树、问题驱动”的原则。即:一方面遵守先见(构建)“树”(每本书就是一棵大树),再见(构建)“枝”(书的每一章就是大树的一个分枝),最后见(构建)“叶”(每章中的若干小节及知识点)的编写原则;另一方面采用问题驱动方式,每一章都尽量用实际中的典型实例开头(提出问题、明确目标),然后逐渐展开(分析解决问题),在讲述实例的过程中将本章的知识点融入。这种精选实例,并将知识点融于实例中的编写方式,可读性、可操作性强,非常适合高职高专的学生阅读和使用。本书读者通过学习构建本书中的“树”,由“树”找“枝”,顺“枝”摸“叶”,最后达到构建自己所需要的“树”的目的。

(4) 部分教材配有实验指导和实训教程,便于学生练习提高。

(5) 部分教材配有动感电子教案。为顺应教育部提出的教材多元化、多媒体化发展的要求,大部分教材都配有电子教案,以满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用 PowerPoint 制作,教师可根据授课情况任意修改。相关教案的具体情况请到中国水利水电出版社网站 www.waterpub.com.cn 下载。

(6) 提供相关教材中所有程序的源代码,方便教师直接切换到系统环境中教学,提高教学效果。

总之,本套教材凝聚了数百名高职高专一线教师多年的教学经验和智慧,内容新颖,结构完整,概念清晰,深入浅出,通俗易懂,可读性、可操作性和实用性强。

本套教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校。

新世纪吹响了我国高职高专教育蓬勃发展的号角,新世纪对高职教育提出了新的要求,高职教育占据了全面素质教育中所不可缺少的地位,在我国高等教育事业中占有极其重要的位置,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着日趋显著的作用,是培养新世纪人才所不可缺少的力量。相信本套《21世纪高职高专新概念教材》的出版能为高职高专的教材建设和教学改革略尽绵薄之力,因为我们提供的不仅是一套教材,更是自始至终的教育支持,无论是学校、机构培训还是个人自学,都会从中得到极大的收获。

当然,本套教材肯定会有不足之处,恳请专家和读者批评指正。

21世纪高职高专新概念教材编委会

2001年3月

第三版前言

本书根据第二版使用后各方面的反馈，并在听取一线教师和广大读者使用该教材后提出的宝贵意见的基础上进行了全面的修改，使之更切合高职高专电气电子类专业的教学层次，内容和编排上更趋于合理及便于教学，使学生能较好地掌握电路分析的基础知识。主要做了以下工作：

(1) 对全书的结构体系作了适当调整，对书中的疏漏和不妥之处作了补充和更正；内容上也作了增加或删除，增补了部分联系实际的易于理解的内容，有些章节的思考题、练习题及电路分析实验指导部分的实验作了较大的修改。

(2) 对大多数内容进行了整理和重新编写，重点编写了第3章正弦稳态电路分析和第6章二端口网络，如第6章内容上删去了网络函数与特征阻抗，增加了回转器，使结构更为合理。

(3) 对习题的难度及习题与章节内容的衔接进行了修改调整，如重点修改调整了第1章和第5章，思考题、练习题与正文的结合更紧密，具有启发性和针对性。

(4) 调整了一些章节内容的顺序，将原第4章正弦稳态电路分析调整为第3章，原第5章耦合电感元件和理想变压器调整为第4章，原第3章一阶动态电路分析调整为第5章，概念更清晰易懂，并在内容上进行了充实。

(5) 增加了附录A 电路分析典型实例和附录B 电路虚拟实验简介两部分。电路分析的实例都来源于日常生活，教师可以将这些实例引入课题或引导学生阅读自学，加深对电路理论的理解；电路虚拟实验简介对 Multisim 7 的特点、用户界面及各种工具栏作了简要介绍，不仅对电路仿真的计算机操作过程作了较为详细的描述，而且列举了几个电路仿真的实例，为引导读者深入学习和电路仿真应用奠定了基础。

全书共分6章，内容包括电路的基本概念和定律、电阻性网络分析的一般方法、正弦稳态电路分析、耦合电感元件和理想变压器、一阶动态电路分析、二端口网络；第二部分为电路实验指导，精选了14个实验；第三部分为附录，附录A为电路分析的典型实例，附录B为电路虚拟实验简介，附录C为习题的参考答案。

第三版的修订工作主要由付玉明完成，陈晓参加了全书的组织策划和部分章节的修改，以及附录A和附录B两部分的编写工作。参加本书编写的还有雷运发、覃伟、陈萌、史金桃、鲁明先。

本书可作为高职高专院校的电气、电子、通信、自动化、计算机、机电一体化等专业的教材，也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥和错误之处，欢迎广大读者批评指正。

付玉明

2007年11月

第二版前言

本书根据第一版使用后各方面的反馈，并在听取一线教师和广大读者使用该教材后提出的宝贵意见的基础上，在必须够用的前提下进行了修改，使之更切合高职高专电气电子类专业教学层次，使内容和编排上更趋于合理及便于教和学，使学生能较好掌握电路分析的基础知识。主要做了以下工作：

(1) 对大多数内容进行了整理和重新编写，去掉了原书中一些不妥和错误之处，重点编写了第 1、4 两章，第 1 章内容上增加了运算放大器；将原第 7 章谐振电路修改后合并到了第 4 章正弦稳态电路分析中，且在第 4 章增加了部分内容，这样全书由原来的 7 章变为 6 章，使结构更为合理。

(2) 对习题的难度及习题与章节内容的衔接进行了调整，并补充了一些思考题与练习题。

(3) 有些章节内容的安排顺序进行了调整，使概念更为清晰易懂，并在内容上作了一定的充实。

全书共分 6 章，内容为：电路的基本概念和定律、电阻性网络分的一般方法，一阶动态电路分析、正弦稳态电路分析、耦合电感元件和理想变压器、二端口网络。

第二版的修订主要由付玉明完成，陈晓参加了全书的组织策划和部分章节的修改工作。湖北民族学院的陈甘澍教授为本书的修改付出了大量的心血，在此表示衷心的感谢。

本教材力图做到概念准确、内容精练、重点突出、理论联系实际，注重方法的叙述。在讲解上力求通俗易懂、便于自学。为方便教学，书后附有 16 个实验。

本书可作为高职高专院校的电气、电子、通信、自动化、计算机、机电等专业的教材，也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

在本书编写出版过程中，得到了中国水利水电出版社的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥和错误之处，欢迎读者批评指正。

编者
2004 年 6 月

第一版前言

本书是根据教育部最新制定的《高职高专教育电工技术基础课程教学基本要求》，结合当前高职高专电了类专业“电路分析基础”课程实际教学需要编写的一门专业技术基础课教材。全书共分为7章，其主要内容有：电路基本概念和定律；电阻性网络分析的一般方法；一阶动态电路分析；正弦稳态电路分析；耦合电感元件和理想变压器；二端口网络；谐振电路。

本书充分考虑专科层次学生数理基础的实际，按照循序渐进、理论联系实际、便于自学的原则编写；教材内容以适量、实用为度，不贪多求难；编写力求叙述简练，概念清晰，通俗易懂。对于电路的分析求解，做到步骤清楚，结果正确，举例结合实际并具有典型性，例题、习题安排合理，且习题附有答案，便于自学。为方便教学，书后附有16个实验。

本书为高职高专相关专业电路理论课的教材，也适合从事电力、电信等行业的工程技术人员参考。

本书为任课教材配有电子教案，此教案用 PowerPoint 制作，教师可以根据教学需要任意修改。选用本教材的教师可与北京万水电子信息有限公司联系，获取该电子教案。

本书由付玉明任主编，负责全书的组织策划、修改补充和定稿工作，并编写第1、3、5章；武铁敦、蔡燕娟、黄国祥任副主编，蔡燕娟编写第2、6章，黄国祥编写第4、7章。武铁敦、李永辉、李金堂编写了本书实验。参加本书大纲讨论及部分章节编写的还有黎能武、王祥、叶雪军、张高煜、夏勇、张宇、鲁宇宁等。

在本书编写出版过程中，得到了中国水利水电出版社的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥和错误之处，欢迎读者批评指正。

编者

2002年2月

目 录

序

第三版前言

第二版前言

第一版前言

第 1 章 电路的基本概念和定律	1
1.1 电路和电路模型.....	1
1.1.1 电路及其功能.....	1
1.1.2 实际电路的组成.....	1
1.1.3 电路模型.....	2
思考与练习.....	3
1.2 电流和电压的参考方向.....	3
1.2.1 电流及其参考方向.....	3
1.2.2 电压及其参考方向.....	5
1.2.3 电压、电流的关联参考方向.....	6
思考与练习.....	6
1.3 电功率.....	6
思考与练习.....	8
1.4 电阻元件.....	9
1.4.1 线性非时变电阻.....	9
1.4.2 电阻元件上消耗的功率与能量.....	10
思考与练习.....	12
1.5 电压源和电流源.....	12
1.5.1 电压源.....	12
1.5.2 电流源.....	13
思考与练习.....	14
1.6 基尔霍夫定律.....	15
1.6.1 基尔霍夫电流定律 (KCL)	16
1.6.2 基尔霍夫电压定律 (KVL)	18
思考与练习.....	22
1.7 受控源与运算放大器.....	22
1.7.1 四种形式的受控源.....	23
1.7.2 理想运算放大器.....	24
思考与练习.....	26

1.8	等效电路的概念	27
1.9	电阻的串联和并联	28
	思考与练习	33
1.10	含独立源电路的等效化简	33
1.10.1	实际电压源的模型及其等效变换	33
1.10.2	含独立源的二端电路的等效	36
	思考与练习	39
1.11	含受控源电路的等效化简	40
	思考与练习	42
1.12	平衡电桥、电阻的 Y 形连接和 Δ 形连接的等效变换	43
	思考与练习	46
	小结	47
	练习一	49
第 2 章	电阻性网络分析的一般方法	54
2.1	支路电流法	54
	思考与练习	57
2.2	节点电压法	57
2.2.1	节点电压方程式的一般形式	58
2.2.2	电路中含有理想电压源支路的处理方法	61
	思考与练习	62
2.3	网孔电流法	62
2.3.1	网孔电流法的一般步骤	63
2.3.2	电路中含有理想电流源支路的处理方法	65
	思考与练习	66
2.4	叠加定理	67
	思考与练习	69
2.5	置换定理	70
	思考与练习	72
2.6	戴维南定理和诺顿定理	73
2.6.1	戴维南定理	73
2.6.2	诺顿定理	76
	思考与练习	79
	小结	80
	练习二	81
第 3 章	正弦稳态电路分析	85
3.1	正弦量的基本概念	85
3.1.1	正弦量的三要素	85
3.1.2	同频率正弦量的相位差	88
3.1.3	正弦电流、电压的有效值	89

思考与练习	90
3.2 正弦量的相量表示法	91
3.2.1 复数的运算规律	91
3.2.2 正弦量的相量表示	92
思考与练习	94
3.3 基本元件 VCR 和 KCL、KVL 的相量形式	94
3.3.1 基本元件 VCR 的相量形式	94
3.3.2 KCL、KVL 的相量形式	99
思考与练习	100
3.4 复阻抗与复导纳	100
3.4.1 复阻抗	100
3.4.2 复导纳	103
3.4.3 复阻抗与复导纳的变换	105
思考与练习	106
3.5 正弦稳态电路分析	107
思考与练习	109
3.6 正弦稳态电路中的功率	109
3.6.1 R 、 L 、 C 元件的功率和能量	109
3.6.2 二端电路的功率	113
3.6.3 无功功率、视在功率和复功率	114
3.6.4 正弦稳态电路的最大功率传输	117
思考与练习	119
3.7 谐振电路	119
3.7.1 串联谐振	119
3.7.2 并联谐振	124
思考与练习	126
3.8 三相电路	126
3.8.1 三相交流电动势的产生	126
3.8.2 三相电源的连接	127
3.8.3 对称三相负载的星形连接	128
3.8.4 对称三相负载的三角形连接	130
3.8.5 三相电路的功率	131
思考与练习	132
小结	133
练习三	133
第 4 章 耦合电感元件和理想变压器	138
4.1 耦合电感元件	138
4.1.1 耦合电感的概念	138
4.1.2 耦合电感元件的电压、电流关系	140

4.1.3 同名端	141
思考与练习	145
4.2 耦合电感的去耦等效	146
4.2.1 耦合电感的串联等效	146
4.2.2 耦合电感的 T 型等效	147
思考与练习	151
4.3 空芯变压器电路的分析	152
思考与练习	157
4.4 理想变压器	157
4.4.1 理想变压器两个端口的电压、电流之间的关系	157
4.4.2 理想变压器的阻抗变换性质	159
思考与练习	163
小结	164
练习四	164
第 5 章 一阶动态电路分析	167
5.1 电容元件和电感元件	167
5.1.1 电容元件	167
5.1.2 电感元件	171
思考与练习	175
5.2 换路定律及初始值的确定	175
5.2.1 换路定律	175
5.2.2 初始值的确定	176
思考与练习	178
5.3 零输入响应	179
5.3.1 RC 电路的零输入响应	179
5.3.2 RL 电路的零输入响应	181
思考与练习	184
5.4 零状态响应	185
5.4.1 RC 电路的零状态响应	185
5.4.2 RL 电路的零状态响应	186
5.4.3 单位阶跃响应	188
思考与练习	189
5.5 全响应	190
思考与练习	192
5.6 求解一阶电路的三要素法	192
思考与练习	195
小结	196
练习五	197

第6章 二端口网络.....	200
6.1 二端口网络的方程与参数.....	201
6.1.1 二端口网络的 Z 方程和 Z 参数.....	201
6.1.2 二端口网络的 Y 方程和 Y 参数.....	203
6.1.3 二端口网络的 T 方程和 T 参数.....	206
6.1.4 二端口网络的 H 方程和 H 参数.....	208
思考与练习.....	210
6.2 二端口网络的连接与等效.....	210
6.2.1 二端口网络的串联.....	210
6.2.2 二端口网络的并联.....	212
6.2.3 二端口网络的级联.....	215
6.2.4 二端口网络的等效.....	216
思考与练习.....	220
6.3 回转器.....	220
小结.....	221
练习六.....	223
电路分析实验指导.....	226
实验一 直流电路中电位及电压关系的研究.....	226
实验二 线性与非线性元件的伏安特性的测定.....	227
实验三 基尔霍夫定律的验证.....	230
实验四 受控源特性的研究.....	231
实验五 叠加原理的验证.....	233
实验六 戴维南定理和诺顿定理.....	234
实验七 交流电路参数的测量.....	235
实验八 改善功率因数实验.....	237
实验九 串联谐振电路实验.....	238
实验十 三相交流电路电压和电流的关系.....	241
实验十一 三相电路功率的测量.....	243
实验十二 互感电路实验.....	245
实验十三 研究 L 、 C 元件在直流和交流电路中的特性.....	247
实验十四 一阶电路响应特性实验.....	249
附录 A 电路分析典型实例.....	251
附录 B 电路虚拟实验简介.....	257
附录 C 习题参考答案.....	274
参考文献.....	283

第 1 章 电路的基本概念和定律

【本章重点】

- 支路上电流（电压）的参考方向及电流、电压间关联参考方向的概念。
- 基尔霍夫电流、电压定律及其运用于电路的分析计算。
- 理解理想电压源、理想电流源的伏安特性，以及它们与实际电源两种模型的区别。
- 受控源和理想运算放大器的特性，求解含受控源的电路。
- 运用等效概念和方法来化简与求解电路。
- 电阻的 Y 形连接与 Δ 连接的等效变换。

【本章难点】

- 电阻的 Y 形连接与 Δ 连接的等效变换。
- 受控源和理想运算放大器的特性，求解含受控源的电路。

本章讲述电路的基本概念和基本定律，是电路的基础理论知识。先从建立电路模型概念、认识电路变量等最基本的问题出发，重点讨论电路的基本变量：电流、电压和电功率；然后讲述电路的基本定律，即基尔霍夫电流定律和电压定律；最后讲述电阻元件和独立电源、受控源的特性，以及等效概念和电阻电路的等效方法，并对运算放大器作了介绍。

1.1 电路和电路模型

实际电气装置种类繁多，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也相差甚大，如电力系统或通信系统可能跨越省界、国界甚至是洲际的，但有的集成电路的芯片则小如指甲。为了分析研究实际电气装置的需要和方便，常采用模型化的方法，即用抽象的理想元件及其组合代替实际的器件，从而构成与实际电路相对应的电路模型。

1.1.1 电路及其功能

电在日常生活、工农业生产、交通运输、科学研究以及国防建设等各个方面都有着广泛的应用。在通信、自动控制、计算机、电力等各个技术领域中，使用着许许多多的电器设备，广义上说，这些电器设备都是实际中的电路。实际电路就其功能大致可分为以下几个方面：①进行能量的传输、分配与转换，例如电力系统中的输电电路；②传送和处理信号，例如电话线路、放大器电路；③测量电路，例如万用表电路（用来测量电压、电流和电阻等）；④存储信息，例如计算机的存储电路（用于存放数据、程序）。电路虽然多种多样、功能各异，但它们受共同的基本规律支配，正是在这种共同的基础上，形成了“电路理论”这一学科。

1.1.2 实际电路的组成

实际电路是由电气器件相互连接而构成的。电气器件泛指实际的电路部件，如电阻器、

电容器、电感线圈、晶体管、变压器等。如图 1-1 所示是我们日常生活中的手电筒电路，这是一个最简单的实际电路，由三部分组成：①是提供电能的能源，简称电源，其作用是将其其他形式的能量转换为电能（图中干电池是将化学能转换为电能）；②是用电装置，统称为负载，它将电能转换为其他形式的能量（图中负载是灯泡，实际上是一个电阻器，由电阻丝组成，电流通过时能发热到白炽状态而发光）；③是连接电源与负载传输电能的金属导线，简称导线。图中 S 是为了节约电能所安的控制开关。电源、负载、连接导线是任何实际电路都不可缺少的三个基本组成部分。

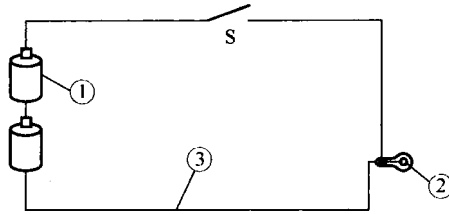


图 1-1 手电筒电路

1.1.3 电路模型

人们设计制作某种部件是要利用它的主要物理性质。譬如说，制作一个电阻器是要利用它的电阻，即对电流呈现阻力的性质；制作一个电压源是要利用它正负极间能保持有一定电压的性质；制作连接导体是要利用它优良的导电性能，使电流顺利流过。但是，事实上不可能制造出只表现其主要特性的部件，也就是说，不可能制造出理想的部件。例如，一个实际的电阻器，当电流通过时还会产生磁场，因而兼有电感的性质；一个实际电源总有内阻，因而在使用时不可能总保持一定的端电压；连接导线总有电阻，甚至还有电感。如果对部件的各种性质都加以考虑，就会给电路分析带来困难。因此，必须在一定的条件下对实际部件加以理想化，即忽略它的次要性质，用一种足以表征其主要性能的模式来表示。例如电灯泡的电感是很微小的，就可以把它看作一个理想电阻元件；一节新的干电池，内阻与灯泡的电阻相比可忽略不计，把它看作一个电压恒定的理想电压源也是完全可以的；在连接导线很短的情况下，它的电阻完全可以忽略不计，可以当作理想导体。本章后面将分别介绍各种反映单一电磁性质的理想电路元件（今后涉及的一般均为理想元件，故往往略去“理想”二字），如电阻元件、电容元件、电感元件等。各电路元件可以用规定的符号表示，电阻元件和电压源的模型符号如图 1-2 所示。

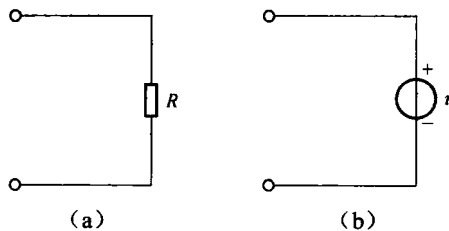


图 1-2 电阻元件、电压源的模型符号

许多部件可以用电阻元件作为模型，如灯泡、电烙铁以及电阻器。将实际电路中各个部

件用其模型符号表示, 这样画出的图称为实际电路的电路模型图, 简称电路图。如图 1-3 所示就是手电筒实际电路的电路模型图。

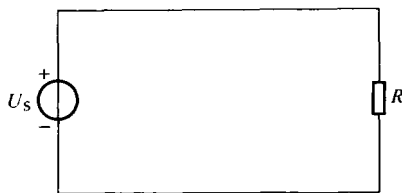


图 1-3 电路模型图

今后所说的电路一般均指由理想元件构成的抽象电路, 而非实际电路。实践证明, 只要电路模型取得恰当(可先确定近似程度), 按抽象电路分析计算所得结果能与对应的实际电路中测量所得结果近似地一致。

应当指出, 实际部件的运用一般都与电能的消耗现象和电磁能的存储现象有关, 它们交织在一起发生在整个部件中, “理想化”指假定这些现象可以分别研究, 并且这些电磁过程都分别集中在各元件内部进行, 这样的元件(电阻、电容、电感)称为集总参数元件, 简称集总元件。由集总元件构成的电路称为集总参数电路。

本书只讨论集总参数电路。用集总参数电路模型近似地描述实际电路是有条件的, 它要求电路的尺寸远小于电路工作时电磁波的波长。例如, 我国电力工程的电源频率为 50Hz (对应的波长为 6000km), 在这种低频下, 几何尺寸为几米、几百米以至于几千米的电路都可视为集总参数电路。

思考与练习

1-1 电路模型和实际电路的区别是什么? 为什么电路理论中讨论的是电路模型而不是实际电路?

1-2 什么是理想元件? 什么是集总参数电路?

1.2 电流和电压的参考方向

在电路问题分析中, 人们所关心的物理量是电流、电压和功率。在具体展开分析、讨论电路问题之前, 正确理解这些物理量是很重要的。

1.2.1 电流及其参考方向

在电场力的作用下, 电荷有规则地移动形成电流。金属导体中的电流和电解液中的电流属于传导电流。通常人们所说的电流多是指传导电流。电流是一种客观的物理现象, 通过它的各种效应, 例如热效应、磁效应、机械效应等可以感觉到它的存在。为了表示电流的强弱, 引入了电流强度这个物理量。电流强度的定义是单位时间内通过导体横截面的电量, 如图 1-4 所示。

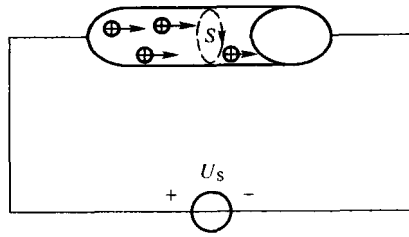


图 1-4 电路强度的说明

电流强度简称为电流，所以“电流”一词不仅表示一种物理现象，而且也代表一个物理量。电流强度用符号 $i(t)$ 表示，即

$$i(t) = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中 dq 为 dt 时间内通过导体横截面的电荷量，若 dq/dt 为常数，这种电流叫做恒定电流，简称直流电流，常用大写字母 I 表示。电流的单位是安培 (A)，简称安。电力系统中因安培这个单位太小，有时取千安 (kA) 为电流的单位；而无线电系统中又因安培这个单位太大，常用毫安 (mA)、微安 (μA) 作电流的单位。

电流不但有大小，而且有方向，习惯规定正电荷运动的方向为电流的实际方向。在一些很简单的电路中，如图 1-3 所示，电流的实际方向是显而易见的，它是从电源正极流出，经过负载再流入电源负极。但在实际问题中，电流的真实方向往往难以在图中确定。例如，交流电路中，电流随时间变化，很难用一个固定的箭头来表示其真实方向，即使在较复杂的直流电路中，也往往难以事先判断电流的真实方向。如图 1-5 所示的桥式电路中， R_x 上的电流实际方向就不能一看便知，当然流过 R_x 上的电流只有 3 种可能：①从 a 流向 b ；②从 b 流向 a ；③ R_x 上电流为零。所以对电流这个物理量可以用代数量来表示，我们可以像研究其他代数量一样选择正方向，即参考方向，即假定一个方向为正电荷运动的方向，此方向称为电流的参考方向（或参考极性），用箭头标在电路图上。今后若无特殊说明，就认为电路图上所标箭头方向为电流的参考方向。通过分析计算，如果电流为正值，则电流的真实方向与参考方向一致；若电流为负值，则二者相反。

显然，在未标示参考方向的情况下，电流的正负是毫无意义的。

在直流电路中，测量电流时要根据电流的实际方向将电流表串联在待测支路中，即如图 1-6 所示那样接入电路。 A_1 、 A_2 两旁所标“+”、“-”号是电流表的正负接线柱，电流从正接线柱流入时，指针正向偏转（一般为顺时针方向）。

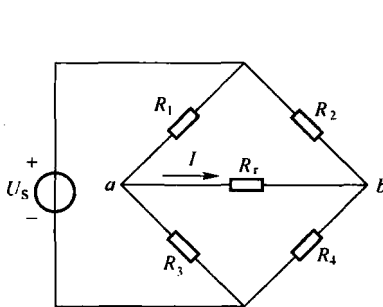


图 1-5 桥式电路

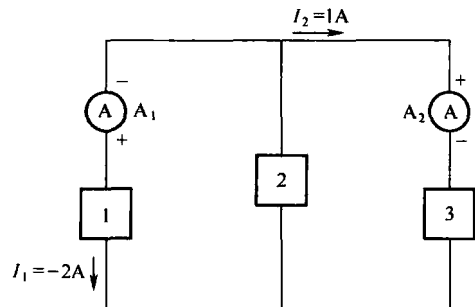


图 1-6 直流电流测试电路