普通高等学校教材

TEXTBOOK FOR HIGHER EDUCATION

DIAN LU JI CHU

电路基础

（第3版）

主　编　范世贵

西北工業大學出版社

高等学校教材

电路基础

（第3版）

主编　范世贵
编者　王淑敏　段哲民　范世贵

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是1993年出版的《电路基础》的第3版，内容符合教育部颁布的电路课程教学基本要求，并有适当的扩充、加深和提高。

全书内容共20章：电路基本概念与定律，电阻电路等效变换，电路分析基本方法，电路定理，正弦电流电路，耦合电感与理想变压器电路，谐振电路，非正弦周期电流电路，三相电路，网络图论与网络方程，含运算放大器电路，二端口网络，一阶电路时域分析，二阶电路时域分析，动态电路 s 域分析，网络函数，状态变量法，非线性电阻电路，非线性动态电路，均匀传输线。每章后有习题及答案。

本书可作为电子、通信、自控、自动化、计算机、电力、信号与信息、检测技术等专业的电路课程教材，也可供其他专业学生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础/范世贵主编．—3版．—西安：西北工业大学出版社，2007.3
ISBN 978-7-5612-0935-6

Ⅰ．电…　Ⅱ．范…　Ⅲ．电路理论—高等学校—教材　Ⅳ．TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第062453号

出版发行：西北工业大学出版社
通信地址：西安市友谊西路127号　**邮编**：710072
电　　话：(029)88493844
网　　址：www.nwpup.com
印 刷 者：陕西向阳印务有限公司
开　　本：787 mm×1 092 mm　1/16
印　　张：31.125
字　　数：755千字
版　　次：2007年3月第3版　2007年3月第1次印刷
定　　价：40.00元

第3版前言

本书是《电路基础》的第3版，旨在适应教育改革进一步深入发展的需要，适应21世纪高新科技迅猛发展的需要，适应我国建设创新型国家、培养创新型人才的需要。

与第2版相比，本版继续保持了重视基本内容、基本概念、基本理论和基本方法，精选传统内容，适度反映新内容，理论联系实际，讲究教学方法，专业适用面宽，适于自学和教学等特色和风格，更加重视了科技创新意识、科学研究与技术研究方法论的培养，以及科学思想方法、智力发展和非智力素质的培养，同时增加了一些反映近年来国内外教学内容和教学法研究的新成果。

与第2版相比，本版在宏观体系上基本上未有变动，部分内容做了微调。将三相电路从第6章改为第9章，将含运算放大器电路从第12章改为第11章，将二端口网络从第11章改为第12章，其余章次均未变动。做了这样的微调后，本书在宏观体系上更趋科学合理。

与第2版相比，本版在微观结构和具体内容上有较多的修订和重写。在第1章（电路基本概念与定律）中，增加了“电子习惯电路”一节；在第2章（电阻电路等效变换）中，增加了“等效电路与电路等效变换的概念”和“电阻串联和电导并联”两节，删去了“理想电源的等效分裂与合并”；在第3章（电路分析基本方法）中，删去了“支路电压法”“2b法”，加强了“回路电流法”的内容；在第4章（电路定理）中，精简了“替代定理”的内容；在第5章（正弦电流电路）中，增加了“复数”一节，供自学和复习用；在第6章（耦合电感与理想变压器电路）中，删去了“全耦合变压器”“一般变压器”两节，增加了“含耦合电感电路分析计算”和“含理想变压器电路分析计算”两节；在第7章（谐振电路）中，删去了“耦合谐振电路的频率特性与通频带”一节；在第8章（非正弦周期电流电路）中，删去了“非正弦周期信号的频谱”和“非周期信号的频谱分析”两节，增加了“滤波电路的概念”一节；在第9章（三相电路）中，增加了“三相负载”一节；在第10章（网络图论与网络方程）中，删去了“改进的节点法”和用特勒根定理证明“复数功率守恒”的内容；将第11章（含运算放大器电路）中的“回转器”和“负阻抗变换器”两节移到了第12章（二端口网络）中，以“二端口元件”作为一节讲述，并删去了“用运算放大器实现受控源”一节，在第12章（二端口网络）中，增加了“有载二端口网络分析计算”一节，加强了二端口网络理论的实际应用；在第13章（一阶电路时域分析）中，加强了“电信号”的内容，并增加了“用卷积积分法求电路的零状态响应”一节；在第14章（二阶电路时域分析）中，删去了“高阶电路”一节，并大力精简了二阶电路时域分析的内容，重点讲述最基本的概念和知识——二阶电路微分方程的列写和电路参数对电路零输入响应性质的影响；在第15章（动态电路 s 域分析）中，增加了“用拉普拉斯变换法求解电路的微分方程”一节；在第16章（网络函数）中，加强了网络函数应用的内

容，更明确了网络函数在 9 个方面的应用，并增加了一些例题；在第 17 章（状态变量法）中，删去了“状态空间和状态轨迹”一节；在第 18 章（非线性电阻电路）中，删去了“牛顿-拉夫逊法”和“友模型和友网络”两节；在第 19 章（非线性动态电路）中，对“分段线性化分析”一节进行了重写和删减；第 20 章（均匀传输线）基本上保持原状。在对各章具体内容进行修订的同时，对各章中的例题也进行了较大地调整，删去了一些例题，补充了一些新的例题，使例题的总数量稍有增多。本版对各章的习题全部进行了重新精选，使每章习题的数量适中，质量提高，使基本题、中等题、提高题的比例大体控制为 50∶35∶15，这样，既保证了质量，也不增加学生的学习负担。

在进行了上述的修订后，本书在宏观结构上更趋科学合理，在内容的深度、新度、量度、广度上更符合课程教学的基本要求和培养目标的要求，符合 21 世纪现代科技发展的需要，不但为后续的课程提供了基础知识，同时也为学生毕业后在工作岗位上的“可持续发展”提供了知识储备。

书中标有“*”号的仍为选学内容，供学有余力或有不同专业要求的学生自学，以拓宽知识面，或适应研究生招生考试复习的需要。

西北工业大学出版社出版的《电路基础导教·导学·导考》一书，是与本书配套的自学辅导用书，该书对本书中的习题全部做了解答。该书中每章的内容都包括 5 个部分：知识脉络图解，重点、难点解读，典型例题分析，考试、考研指点（含考试、考研真题选解），本章习题全解。在选用本书做为教科书时，若能同时选用《电路基础导教·导学·导考》一书作为教学辅导用书，对于提高教学质量和学习效果，定会有很大裨益。

王淑敏、段哲民、范世贵负责完成了本版的修订工作。

本书的出版得到了西北工业大学电子信息工程学院和西北工业大学出版社的大力支持，谨表诚挚谢意。

编　者

2006 年 10 月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第2版前言

本书的第1版已出版、发行了8年。本版为修订的第2版，旨在适应现代科技和教育改革进一步深入发展的需要，旨在适应我国国民经济与社会发展对培养高质量人才的需求。

与第1版相比，本版保持了第1版重视基本内容、基本概念和基本方法，精选传统内容，适度反映新内容，理论联系实际，专业适用面宽，适于自学等特色和风格。在宏观体系和具体内容上进行了以下的变动和调整：将电路元件集中在了第1章，并对第1章进行了改写；在第3章中增加了“回路法”一节；将正弦稳态电路一章大部分进行了重写；将三相电路单独列为一章（第6章），在内容上有所加强，要求上适当提高，以适应强电专业需要和工业发电、输电、配电、用电知识；将谐振电路和非正弦周期电流电路与信号频谱两章调整为第8，9章；将网络图论与网络方程调整为第10章；在二端口网络一章中增加了“二端口网络的等效网络”一节；将运算放大器的电路符号改为国家现行的标准符号，并局部进行了改写；将高阶电路时域分析一章中的“单位冲激响应”内容删去，并突出和强调了电路微分方程的列写；将非线性电阻电路调整为第18章，将节次作了调整，并局部进行了改写，突出了概念和方法，适当降低了数值计算的要求；增加了“均匀传输线”一章，作为第20章。与以上内容变动和调整相对应，习题上也有相应的变动和调整。

书中标有“*”号的仍为选学内容，供学有余力或有不同专业要求的学生自学，以拓宽知识面。

参加本版修订和编写工作的有王淑敏（第6，18，19章），段哲民（第1，5章），其余各章的修订、编写工作以及对全书的统稿由范世贵完成。

书中可能存在不足和错误之处，敬请读者指正，来信请寄西北工业大学电子工程学院。

编　者

2001年4月

第1版前言

电路基础(即电路分析基础或电路)课程是电子、自控、自动化、通信、计算机、电力等各类专业的一门技术基础课,主要研究电路的基本规律与分析计算方法,在教学计划中起着继往开来的作用。一方面它以高等数学、工程数学和物理学为基础;另一方面,它本身又是后续的技术基础课与专业课的基础,也是学生毕业后从事专业技术工作的重要理论基础。它是学生合理知识结构中的重要组成部分,在发展智力、培养能力和良好的非智力素质方面,均起着极为重要的作用。为适应提高教学质量的需要,我们根据国家教委颁布的《电路分析基础课程教学基本要求》和西北工业大学拟订的《电路基础课程教学大纲》编写出讲义,在多年教学实践的基础上,经过反复修改后编成了本书。

本书在编写中考虑了以下特点:

贯彻"打好基础,精选内容,逐步更新,利于教学"的原则,使本书能成为一本教师好教,学生好学,既有一定深度和新度,又有一定广度的基本教材,尽力克服烦琐哲学与形而上学。

提高起点。高等数学、工程数学与物理学中学过的内容原则上不再重复,像线性代数方程组的求解,复数理论与计算,傅立叶级数,常微分方程的解法,拉普拉斯变换,线性代数,电路基本物理量(电压、电流、电荷、磁通、功率、能量),电阻、电感、电容、电源的串并联等,必要时只简要提及或直接引用其结论。

在精选传统内容的前提下,适当反映新内容,如非线性电路、有源电路、网络图论与方程、频率特性、回转器、卷积法、网络函数、状态变量法等。

讲究教学法,循序渐近,遵循学生接受知识的规律。教材的体系是先静态后动态,先稳态后瞬态,先单频后多频,先基本分析法后系统分析法,先时域分析后变域分析,先输入输出法后状态变量法。对电路元件的介绍分散进行,使元件与电路紧密结合,以避免"开中药铺"和目的性不明确的缺点,同时体现知识增长的阶梯性。

为适应微电子技术的迅速发展与电子计算机的广泛应用,本书自始至终贯穿了现代电路理论的观点与方法。如端口特性、端口等效与端口线性的概念;将全响应分解为3种方式:零状态响应与零输入响应,自由响应与强迫响应,瞬态响应与稳态响应;网络响应的零极点分析与固有频率的概念;对于电路元件以物理原型为基础,但最终升华到严格从数学模型上进行定义;引用拓扑学的成果,把电路视作特定拓扑结构的支路集与节点集,把KCL,KVL严谨地建立在电荷守恒、能量守恒、电路参数集中化假设的基础上;把电路的基本变量定为4个:电流、电压、电荷、磁通和2个基本复合量:功率和能量;把电路的基本规律分成3个组成部分:电路元件的规律性,电路的拓扑(互连)规律性,信号规律性;强调了电路基本方程的列写与灵活运

用，加强了支路法和特勒根定理等。

注意了坚持传授知识、发展智力与培养能力相统一的教学原则。在培养能力方面，着重培养学生的科学思维能力，分析与解决问题的能力，研究问题的方法论。另外还注意培养学生良好的非智力素质，严谨的科学作风与治学态度。

在内容上较全面地覆盖了电子、自控、自动化、通信、计算机、电力等各类专业所需要的内容，因而以上各类专业可根据学时多少灵活选用。例如自控、自动化、电力等专业，可全部讲授；电子、通信专业，由于其教学计划中设置有信号与系统课程，因此第15～17章可不讲授，而留在信号与系统课中讲授；计算机专业由于学时少，则可选取专业需要的部分章节讲授。教材中打有“*”号的为选学内容，不计在总学时之内。

西北工业大学出版社出版的《电路基础计算机辅助教学》与《电路基础自学指导》，作为本教材的配套教材可供同时使用，对于提高本课程的教学质量会有裨益。

本书由范世贵主编并负责编写第1～14章，第15～17章由孙传斌编写，第18章由王淑敏编写。

本书的编写和出版得到了西北工业大学电子工程系和出版社领导的支持和指导；电工基础教研室黄正中、邓存贵教授以及吉玉琴、段哲民副教授都给予了热诚的帮助；还有其他10多位老师在多年的教学工作中使用了本教材，参与了讨论，提出过许多宝贵意见。编者对以上同志深表感谢。

本书承西安电子科技大学吴大正教授审阅，提出了不少宝贵意见，谨致谢意。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请赐教。

编　者

1993年2月

目 录

第 1 章 电路基本概念与定律 …… 1

1.1 电路与电路模型…… 1
1.2 电路的基本物理量…… 2
1.3 电功率与电能量…… 4
1.4 电阻元件与欧姆定律…… 6
1.5 电感元件…… 7
1.6 电容元件…… 10
1.7 理想电源…… 13
1.8 受控电源…… 17
1.9 基尔霍夫定律…… 19
1.10 电子习惯电路 …… 23
习题一 …… 25

第 2 章 电阻电路等效变换 …… 29

2.1 等效电路与电路等效变换的概念…… 29
*2.2 电阻串联与电导并联…… 30
2.3 无源三端电路及其相互等效变换…… 34
2.4 实际电源的电路模型及其相互等效变换…… 37
2.5 单口电路的输入电阻…… 42
习题二 …… 44

第 3 章 电路分析基本方法 …… 48

3.1 引言…… 48
3.2 支路电流法…… 49
3.3 网孔电流法…… 53
3.4 含受控源电路的网孔分析…… 57
*3.5 回路电流法…… 58
3.6 节点电位法…… 62
3.7 含受控源电路的节点分析…… 67

习题三 …… 69

第4章 电路定理 …… 72

4.1 叠加定理与齐次定理 …… 72
4.2 替代定理 …… 77
4.3 等效电源定理 …… 80
4.4 最大功率传输定理 …… 87
4.5 互易定理 …… 90
*4.6 参数变动定理 …… 92
*4.7 对偶原理 …… 93
习题四 …… 96

第5章 正弦电流电路 …… 100

5.1 正弦量 …… 100
*5.2 复数 …… 103
5.3 正弦量的相量表示 …… 106
5.4 电路元件伏安关系的相量形式 …… 108
5.5 KCL,KVL 的相量形式 …… 116
5.6 阻抗与导纳及其相互等效变换 …… 120
5.7 正弦电流电路分析——相量法 …… 128
5.8 正弦电流电路的功率 …… 133
5.9 最大功率传输 …… 138
习题五 …… 141

第6章 耦合电感与理想变压器电路 …… 145

6.1 耦合电感元件 …… 145
6.2 耦合电感元件的伏安关系 …… 147
6.3 耦合电感的去耦等效电路 …… 150
6.4 含耦合电感电路的分析计算 …… 154
6.5 理想变压器 …… 158
6.6 含理想变压器电路的分析计算 …… 162
习题六 …… 164

第7章 谐振电路 …… 168

7.1 串联谐振电路 …… 168
7.2 并联谐振电路 …… 174
*7.3 耦合谐振电路 …… 180
习题七 …… 186

第 8 章 非正弦周期电流电路 …… 189

8.1 非正弦周期电压与电流 …… 189
8.2 非正弦周期函数展开成傅里叶级数 …… 190
8.3 非正弦周期电量的有效值 …… 191
8.4 非正弦周期电流电路稳态分析 …… 192
8.5 非正弦周期电流电路的平均功率 …… 197
*8.6 滤波电路的概念 …… 200
习题八 …… 203

第 9 章 三相电路 …… 206

9.1 三相电源 …… 206
9.2 三相负载 …… 208
9.3 对称三相电路分析计算 …… 209
*9.4 不对称三相电路的概念 …… 213
9.5 三相电路的功率及其测量 …… 215
习题九 …… 220

第 10 章 网络图论与网络方程 …… 223

10.1 网络图论的基本定义与概念 …… 223
10.2 节点-支路关联矩阵与基尔霍夫定律的矩阵形式 …… 226
10.3 节点法 …… 228
10.4 回路法 …… 234
*10.5 割集法 …… 237
*10.6 特勒根定理 …… 241
习题十 …… 244

第 11 章 含运算放大器电路 …… 247

11.1 运算放大器及其理想化电路模型 …… 247
11.2 含运算放大器电路的分析 …… 249
11.3 简单运算电路 …… 251
*11.4 *RC* 有源滤波电路 …… 253
习题十一 …… 256

第 12 章 二端口网络 …… 259

12.1 二端口网络的定义与概念 …… 259
12.2 二端口网络的方程与参数 …… 260
12.3 二端口网络的网络函数 …… 267
*12.4 二端口网络的特性参数 …… 272

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

*12.5 二端口网络的连接 …… 275
*12.6 二端口网络的等效二端口网络 …… 278
*12.7 二端口元件 …… 284
12.8 有载二端口网络分析计算 …… 289
习题十二 …… 292

第 13 章 一阶电路时域分析 …… 297

13.1 基本电信号 …… 297
13.2 换路定律 …… 303
*13.3 电荷守恒与磁链守恒 …… 305
13.4 电路变量初始值的求解 …… 307
13.5 线性电路的性质 …… 311
13.6 *RC* 一阶电路响应分析 …… 312
13.7 *RL* 一阶电路响应分析 …… 317
13.8 求一阶电路阶跃激励全响应的三要素公式 …… 320
13.9 一阶电路的冲激响应 …… 325
*13.10 一阶电路的正弦激励响应 …… 329
13.11 卷积积分 …… 332
13.12 用卷积积分法求电路的零状态响应 …… 334
习题十三 …… 336

第 14 章 二阶电路时域分析 …… 341

14.1 *RLC* 串联电路的零输入响应 …… 341
14.2 *RLC* 串联电路的阶跃响应 …… 345
*14.3 *RLC* 串联电路的冲激响应 …… 346
*14.4 *RLC* 并联电路 …… 347
习题十四 …… 350

第 15 章 动态电路 *s* 域分析 …… 352

15.1 拉普拉斯变换 …… 352
15.2 基尔霍夫定律的 *s* 域形式 …… 363
15.3 电路元件的 *s* 域电路模型与 *s* 域伏安关系 …… 364
15.4 *s* 域阻抗与 *s* 域导纳 …… 369
15.5 动态电路 *s* 域分析法 …… 369
*15.6 用拉普拉斯变换法求解微分方程 …… 376
习题十五 …… 377

第 16 章 网络函数 …… 381

16.1 网络函数的定义与分类 …… 381

16.2 网络函数的一般表示式及其零、极点 …… 382
16.3 网络函数的应用 …… 387
习题十六 …… 403

第 17 章 状态变量法 …… 407

17.1 状态变量法的基本概念与定义 …… 407
17.2 状态方程的列写 …… 409
17.3 状态方程与输出方程的 s 域解法 …… 411
17.4 状态方程与输出方程的时域解法 …… 413
习题十七 …… 415

第 18 章 非线性电阻电路 …… 418

18.1 非线性电阻元件的定义与分类 …… 418
18.2 图解分析法 …… 420
18.3 小信号等效电路分析法 …… 424
*18.4 分段线性化分析法 …… 426
习题十八 …… 428

第 19 章 非线性动态电路 …… 432

19.1 非线性电容元件与电感元件 …… 432
19.2 非线性动态电路状态方程的列写 …… 434
19.3 分段线性化分析法 …… 436
*19.4 非线性动态电路中的特殊问题 …… 439
习题十九 …… 443

第 20 章 均匀传输线 …… 445

20.1 分布参数电路与均匀传输线 …… 445
20.2 均匀传输线方程 …… 446
20.3 均匀传输线方程的正弦稳态解 …… 448
20.4 均匀传输线上的行波 …… 452
20.5 均匀传输线的特性参数 …… 455
20.6 均匀传输线的负载效应 …… 457
20.7 无损耗均匀传输线上的驻波 …… 464
20.8 无损耗均匀传输线的负载效应 …… 475
习题二十 …… 482

参考文献 …… 484

第1章　电路基本概念与定律

内容提要

本章讲述电路的基本概念与定律。电路与电路模型，电路基本物理量，电功率与电能量，电阻元件与欧姆定律，电感元件，电容元件，理想电源，受控电源，基尔霍夫定律，电子习惯电路。本章内容是电路理论的基本概念与基础。

1.1　电路与电路模型

一、电路的定义①

电流流通的路径称为电路。

二、电路的功能

电路的功能如下：

(1)实现电能的产生、传输、分配和转化。例如高电压、大电流的电力电路等。

(2)实现电信号的产生、传输、变换和处理。例如低电压、小电流的电子电路及计算机电路、控制电路等。

在电路的2个功能中，前者矛盾的主要方面是“电功率”和“电能”；后者矛盾的主要方面是“电信号”，即电压信号或者电流信号。

三、实际电路

为了实现电路的功能，人们将所需的实际电器元件或设备，按一定的方式连接而构成的电路称为实际电路，如图1.1.1(a)所示即为最简单的实际手电筒电路。它是由4个部分组成：干电池(作为电源)、导线(作为传输线)、开关S(起控制作用)、灯泡(作为用电器，也称负载)。

四、电路模型

把实际的电路加以科学抽象和理想化以后而得到的电路，称为理想化电路，也称电路模型。

实际的电器元件和设备的种类是很多的，如各种电源、电阻器、电感器、电容器、变压器、晶

---

① 电路的严格定义见1.9节中的叙述。

体管、固体组件等等，它们中发生的物理现象是很复杂的。因此，为了便于对实际电路进行分析和数学描述，进一步研究电路的特性和功能，就必须进行科学地抽象，用一些模型来代替实际电器元件和设备的外部特性和功能，这种模型即称为电路模型，构成电路模型的元件称为模型元件，也称理想电路元件。理想电路元件只是实际电器元件和设备在一定条件下的理想化模型，它能反映实际电器元件和设备在一定条件下的主要电磁性能，并用规定的模型元件符号来表示。如图 1.1.1(a) 所示的实际手电筒电路，可用图 1.1.1(b) 所示的电路模型来代替。其中电压 U_S 和电阻 R_S 的串联组合即为干电池的模型，电阻 R_l 为导线的模型，电阻 R_L 为电灯的模型。

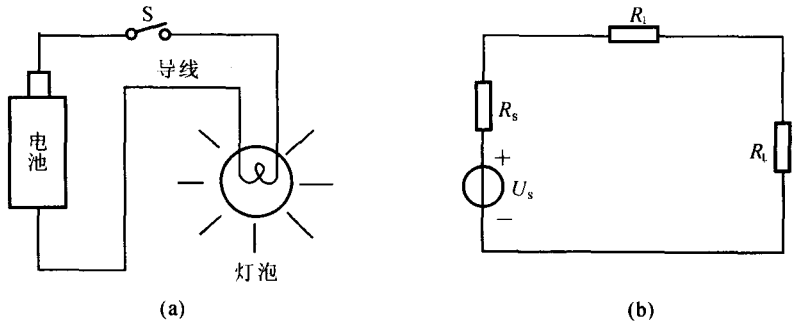

图 1.1.1 实际手电筒电路及其电路模型

以理想电路元件及其组合作为电路理论的研究对象，即形成了电路模型理论。今后研究的电路均为模型电路。

五、电路图

将电路模型画在平面上而形成的图称为电路图。电路图只反映各理想电路元件的作用及其相互连接方式，并不反映实际设备的内部结构、几何形状及相互位置。

1.2 电路的基本物理量

电路的基本物理量有电流、电位、电压。

一、电流

(1) 定义：电荷(包括正电荷与负电荷)的定向移动即形成电流。

(2) 电流的大小，即电流强度。单位时间内通过导体横截面的电量称为电流强度，即

$$i(t) = \frac{\mathrm{d}q(t)}{\mathrm{d}t}$$

式中 $\mathrm{d}q(t)$ 为 $\mathrm{d}t$ 时间内通过导体横截面的电量，$i(t)$ 为电流强度。电流强度 $i(t)$ 的国际单位是安[培](A)，1 A(安[培]) $= 1\frac{\text{C(库[仑])}}{\text{s(秒)}}$；另外还有千安(kA)，毫安(mA)，微安(μA)。1 kA $=$ 10^3 A，1 mA $= 10^{-3}$ A，1 μA $= 10^{-6}$ A。

电流是电路中的一种物理现象，电流强度 $i(t)$ 是描述电流大小的物理量，不可把电流与电

流强度混淆。但在实用中为了表述的简便，人们往往把电流强度 $i(t)$ 简称为“电流”，所以，在本书中谈到“电流”，大多指的就是电流强度 $i(t)$，但有时也兼有双重意义。

当 $i(t)$ 随时间变量 t 变化时，称为变化电流，用 $i(t)$ 表示，也直接把 $i(t)$ 写成小写字母 i，即 i 指的就是 $i(t)$。当 $i(t)$ 不随时间 t 变化时，称为恒定电流，用大写字母 I 表示，此时 $i(t)=I$。

(3) 电流的实际方向：人们已取得共识与认同，规定正电荷定向移动的方向为电流的实际方向(或者负电荷定向移动的反方向为电流的实际方向)。

(4) 电流的参考正方向，简称参考方向。电路中电流的实际方向，在人们对电路未进行分析计算之前是不知道的，因此为了对电路进行分析计算和列写电路方程，就需要对电流设定一个参考正方向，简称参考方向，如图 1.2.1 所示电路中电流 $i(t)$ 的方向就是参考方向(不一定就是电流 i 的实际方向)。若所求得的 $i(t)>0$，就说明电流 $i(t)$ 的实际方向与参考方向一致；若所求得的 $i(t)<0$，就说明 $i(t)$ 的实际方向与参考方向相反。可见，电流 $i(t)$ 是一个标量。

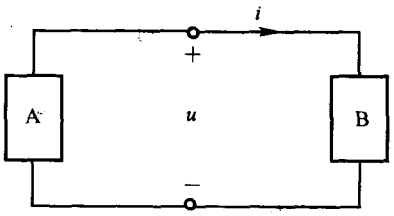

图 1.2.1　电流的参考方向与电压的参考极性

电路中电流的参考方向是任意规定的。电路图中电流 $i(t)$ 的方向恒为参考方向。

二、电位

电场力把单位正电荷从电场中的 a 点沿任意路径移动到无穷远处(此处的电场强度为零)电场力所做的功，称为电场中 a 点的电位，用 φ_a 表示，国际单位为伏[特](V)，1V(伏[特]) = $1\ \frac{\text{J(焦[尔])}}{\text{C(库[仑])}}$。电位 φ_a 为标量，φ_a 可为正($\varphi_a>0$)，可为负($\varphi_a<0$)，可为零($\varphi_a=0$)。

三、电压

(1) 定义：电场中 a，b 两点之间的电位之差，称为 a，b 两点之间的电压，用 u_{ab} 表示，国际单位也为伏[特](V)，即

$$u_{ab}=\varphi_a-\varphi_b$$

若 $u_{ab}>0$，则 a 点的实际电位 φ_a 就高于 b 点的实际电位 φ_b，即 $\varphi_a>\varphi_b$；若 $u_{ab}<0$，则 a 点的实际电位 φ_a 就低于 b 点的实际电位 φ_b，即 $\varphi_a<\varphi_b$；若 $u_{ab}=0$，则 a，b 两点的实际电位相等，即 $\varphi_a=\varphi_b$。可见，电压 u_{ab} 也是标量。

同理 $u_{ba}=\varphi_b-\varphi_a$，且 $u_{ab}=-u_{ba}$，即 u_{ab} 与 u_{ba} 互为相反数。

为避免数值的过大或过小，有时用加词头的单位表示电压值：千伏(kV)，毫伏(mV)，微伏(μV)。$1\ \text{kV}=10^3\ \text{V}$，$1\ \text{mV}=10^{-3}\ \text{V}$，$1\ \mu\text{V}=10^{-6}\ \text{V}$。

(2) 电压的实际“+”、“−”极性：人们已取得共识与认同，把实际电位高的点标以“+”极，把实际电位低的点标以“−”极。

(3) 电压的参考“+”、“−”极性：简称电压的参考极性。电路中电压的实际“+”、“−”极性，在人们对电路未进行分析计算之前是未知的，因此，为了对电路进行分析计算和列写电路方程，就需要对电压设定一个参考“+”、“−”极性。如图 1.2.1 所示电路中电压 u 的“+”、“−”极就是参考极性(不一定就是电压 u 的实际“+”、“−”极性)。若所求得的 a，b 两点间电压 $u_{ab}>0$，就

说明 a 点的实际电位 φ_a 高于 b 点的实际电位 φ_b；若 $u_{ab}<0$，就说明 a 点的实际电位 φ_a 低于 b 点的实际电位 φ_b；若 $u_{ab}=0$，就说明 a，b 两点的实际电位相等。

电压的参考极性是任意设定的。电路图中的“+”、“−”极性恒为电压的参考极性。

四、电流与电压的关联参考方向

对一个确定的电路元件而言，若电流 i 的参考方向是从电压 u 参考极性的“+”极流向“−”极，则称电流 i 与电压 u 为关联参考方向，简称关联方向，否则即为非关联方向。如图 1.2.1 所示电路，对元件 A 而言，则 u 与 i 为非关联方向；对元件 B 而言，则 u 与 i 为关联方向。

1.3 电功率与电能量

一、电功率

电场力在单位时间内所做的功，称为电功率，即

$$p(t)=\frac{\mathrm{d}w(t)}{\mathrm{d}t}$$

式中 $\mathrm{d}w(t)$ 为 $\mathrm{d}t$ 时间内电场力所做的功，$p(t)$ 为电功率。电功率也简称功率，电功率 $p(t)$ 是描述电场力做功快慢的物理量。

电功率 $p(t)$ 的国际单位是瓦[特](W)，$1\ \mathrm{W}=1\ \frac{\mathrm{J(焦[尔])}}{\mathrm{s\ (秒)}}$。另外还有兆瓦(MW)，千瓦(kW)，毫瓦(mW)，微瓦(μW)。$1\ \mathrm{MW}=10^6\ \mathrm{W}$，$1\ \mathrm{kW}=10^3\ \mathrm{W}$，$1\ \mathrm{mW}=10^{-3}\ \mathrm{W}$，$1\ \mu\mathrm{W}=10^{-6}\ \mathrm{W}$。

为了简便，以后也把 $p(t)$ 简写为 p。

二、电功与电能量

电场力在时间区间 $t\in[0,t]$ 内所做的功，称为电功，也称电能量，用 $w(t)$ 或 w 表示，其计算公式为

$$w(t)=w=\int_0^t p(\tau)\mathrm{d}\tau$$

式中 $p(t)$ 为电功率。电功(电能量)的国际单位为焦[尔](J)，另一个单位为千瓦时(kW·h)(旧称度)，$1\ \mathrm{kW\cdot h}=3.6\times10^6\ \mathrm{J}$。

三、电路元件的功率

描述电路元件的功率可以有两种定义：“吸收功率”与“发出功率”。对同一个电路元件而言，“吸收的功率”与“发出的功率”互为相反数，即 $P_{吸}=-P_{发}$ 或 $P_{发}=-P_{吸}$。

如图 1.3.1(a) 所示的电路中，若电压 u 与电流 i 为关联方向，用“吸收功率”描述，则电路元件吸收的功率为

$$P_{吸}=ui$$

当 $P_{吸}>0$ 时，说明电路元件实际是吸收功率；当 $P_{吸}<0$ 时，说明电路元件实际是发出功率。

若用“发出功率”描述，如图 1.3.1(a) 电路元件发出的功率为

$$P_{发}=-ui$$

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com