

辽宁省高等教育自学考试指定教材（附自学考试大纲）

# 电工与电子技术基础

康恩顺 卢俊杰 主编



东北大学出版社  
Northeastern University Press

辽宁省高等教育自学考试指定教材(附自学考试大纲)

# 电工与电子技术基础

康恩顺 卢俊杰 主编

东北大学出版社

• 沈阳 •

© 康恩顺 卢俊杰 2010

图书在版编目 (CIP) 数据

电工与电子技术基础 / 康恩顺, 卢俊杰主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2010.6  
ISBN 978-7-81102-800-3

I. 电… II. ①康… ②卢… III. ①电工技术—成人教育: 高等教育—教材 ②电子技术—成人教育: 高等教育—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 008401 号

---

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳中科印刷有限责任公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 16.25

字 数: 416 千字

出版时间: 2010 年 6 月第 1 版

印刷时间: 2010 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘 莹 潘佳宁

责任校对: 文 玉

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

---

ISBN 978-7-81102-800-3

定 价: 35.00 元

# 编 审 委 员 会

主 任 委 员    李荣希

副主任委员    孙忠超    马    强    刘劲姿    于    健  
夏    青    颜云辉

委            员    （以姓氏笔画为序）

于    健    马    强    王新春    文小苏  
孙忠超    朱荣辉    刘劲姿    刘大勇  
李荣希    李    光    夏    青    俞果立  
颜云辉

## 前 言

目前,随着科学技术的不断发展,电工电子技术课程已经成为高等学校计算机、自动化、通信工程、仪器仪表等专业的专业基础课程。对成人教育来说,电工电子技术既能为学习专业课打下良好的基础,同时又具有很强的实践性,是电类相关专业以及机电一体化、数控技术等专业的必修课。电工电子技术教材建设是学校培养优秀电类和非电类人才的关键环节。近年来,国家对成人教育教学体系进行了多次改革,而相应的教材改革却落后了很多。尽管电工电子技术教材几经改版,但是其现状仍然不尽如人意,主要存在以下几方面问题。第一,教材在成人教育特征上的缺失。现有的一些教材在编写思路仍然沿用传统的做法,对电路内部结构分析过于深入,缺少实用性。成人教育的学生大多有一定的工作经历,有一定的专业背景,而现有的教材并未考虑到这一现状,过于深入地探讨电路内部结构,容易使教学脱离实践,难以激发学生的学习兴趣;第二,缺少配套教材。成人教育的特点是在校时间较少,所以要求教材能够提供足够的自学材料,且通俗易懂,并为课后习题配备详细的答案,以满足成人教育学生课后温习和自学的要求;第三,教材在时代特色上的滞后。近年来,电子技术的发展非常迅速,应用领域十分广泛,对技术人员不断提出新的要求。而电工电子技术教材仍然是传统模式的翻版,严重滞后于时代的发展,既未充实新的内容,又缺少时代特色,不能适应当前形势,这必然阻碍学生职业生涯的发展。

针对上述问题,我们提出“以成人教育特征为基础,以实用性为依托”的编写思路。突破传统观念的束缚,打破现有教材“面面俱到,晦涩难懂”的现状,突出重点,强调应用。在

教材内容的选择上,体现“以实用为根本,突出时代特色”的宗旨。在基本内容的选择上,坚持以“实用”为本,即联系实际,讲究实践,摒弃实用价值不高及偏难、偏深的内容,增加各部分知识点的应用知识。例如,简化基本放大电路中微变等效电路分析法,降低逻辑门电路的难度;增加场效应管放大电路、运放电路、振荡电路的应用;减少中小规模集成电路内部结构的内容,同时增加超大规模集成电路设计的内容。

本教材的主编及参编人员均具有多年从事电工电子技术课程教学的经验,直接参与电工电子技术基础课程建设,编写过多部教材,具有丰富的教材编写经验;并积极参与成人教育的教学工作,对成人教育的特点有深入的研究,能够针对其特点,制定适合他们的教学内容。

本教材共分12章,由康恩顺、卢俊杰、袁宏、全安、田亚男、杨秀敏、龚淑秋、申永山、迟德选等人编写。本书在编写过程中,得到了东北大学继续教育学院自学考试办公室的大力帮助,在此谨表谢意。

由于编者水平所限,教材中难免会存在缺点和不足,希望使用者提出中肯的批评和建议,在此表示衷心的感谢!

编 者

2009年10月

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第 1 章 电路分析基础            | 1  |
| 1.1 电路分析基础知识            | 1  |
| 1.1.1 导体、绝缘体和半导体        | 1  |
| 1.1.2 电路的组成与功能          | 1  |
| 1.1.3 电路模型和电路元件         | 2  |
| 1.1.4 电压、电流及其参考方向       | 3  |
| 1.1.5 电能、电功率和效率         | 4  |
| 1.2 电气设备的额定值及电路的工作状态    | 6  |
| 1.2.1 电气设备的额定值          | 6  |
| 1.2.2 电路的三种工作状态         | 6  |
| 1.3 基本电路元件及电源元件         | 8  |
| 1.3.1 电阻元件、电感元件和电容元件    | 8  |
| 1.3.2 电源元件              | 11 |
| 1.4 电路定律及电路基本分析方法       | 13 |
| 1.4.1 电阻的串联和并联          | 13 |
| 1.4.2 电路名词              | 15 |
| 1.4.3 基尔霍夫电流定律          | 15 |
| 1.4.4 基尔霍夫电压定律          | 16 |
| 1.4.5 负载获得最大功率的条件       | 17 |
| 1.5 电路中的电位及其计算方法        | 18 |
| 1.6 叠加定理                | 19 |
| 1.7 戴维南定理               | 21 |
| 第 1 章习题和检测题             | 23 |
| 第 2 章 正弦交流电路            | 26 |
| 2.1 单相交流电路的基本概念         | 26 |
| 2.1.1 正弦交流电的周期、频率和角频率   | 26 |
| 2.1.2 正弦交流电的瞬时值、最大值和有效值 | 27 |
| 2.1.3 正弦交流电的相位、初相和相位差   | 27 |
| 2.2 正弦交流电的相量表示法         | 29 |
| 2.2.1 正弦交流电的相量表示法       | 29 |
| 2.2.2 复数的四则运算           | 30 |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| 2.3 单一参数正弦交流电路                   | 32        |
| 2.3.1 电阻元件                       | 32        |
| 2.3.2 电感元件                       | 34        |
| 2.3.3 电容元件                       | 36        |
| 2.4 多参数组合的正弦交流电路                 | 39        |
| 2.4.1 RLC 串联电路                   | 40        |
| 2.4.2 RL 串联与 C 并联电路              | 42        |
| 第 2 章习题和检测题                      | 46        |
| <b>第 3 章 三相交流电路及安全用电知识</b>       | <b>49</b> |
| 3.1 三相电源                         | 49        |
| 3.1.1 对称三相交流电的产生                 | 49        |
| 3.1.2 星形 Y 连接的三相电源               | 50        |
| 3.1.3 三角形 ( $\Delta$ ) 连接的三相电源   | 51        |
| 3.2 三相电路中负载的连接方式                 | 52        |
| 3.2.1 负载星形 Y 连接的三相电路             | 52        |
| 3.2.2 负载三角形 ( $\Delta$ ) 连接的三相电路 | 54        |
| 3.2.3 实用中三相负载的正确连接               | 56        |
| 3.3 三相电路的电功率及安全用电知识              | 57        |
| 3.3.1 三相电路的功率                    | 57        |
| 3.3.2 发配电简介                      | 58        |
| 3.3.3 安全用电技术                     | 59        |
| 第 3 章习题和检测题                      | 61        |
| <b>第 4 章 铁芯线圈与变压器</b>            | <b>64</b> |
| 4.1 铁芯线圈、磁路                      | 64        |
| 4.1.1 磁路的基本物理量                   | 64        |
| 4.1.2 磁路欧姆定律                     | 65        |
| 4.1.3 铁磁材料的磁性能                   | 66        |
| 4.1.4 铁磁材料的分类和用途                 | 67        |
| 4.1.5 铁芯损耗                       | 68        |
| 4.1.6 主磁通原理                      | 69        |
| 4.2 变压器                          | 70        |
| 4.2.1 变压器的基本结构                   | 70        |
| 4.2.2 变压器的工作原理                   | 70        |
| 4.2.3 变压器的外特性                    | 73        |
| 4.2.4 电压调整率                      | 74        |
| 4.2.5 变压器的损耗和效率                  | 73        |
| 4.3 实用中的常见变压器                    | 74        |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 4.3.1 电力变压器及其用途·····       | 74         |
| 4.3.2 自耦变压器·····           | 75         |
| 4.3.3 电焊变压器·····           | 76         |
| 4.3.4 仪用互感器·····           | 76         |
| 第4章习题和检测题·····             | 78         |
| <b>第5章 异步电动机及其控制</b> ····· | <b>81</b>  |
| 5.1 三相异步电动机的结构和工作原理·····   | 81         |
| 5.1.1 三相异步电动机的结构·····      | 81         |
| 5.1.2 三相异步电动机工作原理·····     | 82         |
| 5.1.3 三相异步电动机的铭牌数据·····    | 87         |
| 5.2 三相异步电动机的电路分析·····      | 89         |
| 5.2.1 定子电路·····            | 89         |
| 5.2.2 转子电路·····            | 90         |
| 5.3 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性····· | 91         |
| 5.3.1 三相异步电动机的电磁转矩·····    | 91         |
| 5.3.2 三相异步电动机的机械特性·····    | 91         |
| 5.4 三相异步电动机的控制·····        | 95         |
| 5.4.1 三相异步电动机的起动·····      | 95         |
| 5.4.2 三相异步电动机的调速·····      | 98         |
| 5.4.3 三相异步电动机的反转和制动·····   | 99         |
| 5.4.4 三相异步电动机的选择·····      | 100        |
| 5.5 三相异步电动机的继电器-接触器控制····· | 101        |
| 5.5.1 常用低压控制电器与电气图形符号····· | 101        |
| 5.5.2 三相异步电动机的典型控制电路·····  | 107        |
| 第5章习题和检测题·····             | 113        |
| <b>第6章 常用半导体器件</b> ·····   | <b>116</b> |
| 6.1 半导体基本知识·····           | 116        |
| 6.1.1 半导体的导电特性·····        | 116        |
| 6.1.2 本征半导体和杂质半导体·····     | 117        |
| 6.1.3 PN结·····             | 118        |
| 6.2 半导体二极管·····            | 120        |
| 6.2.1 二极管的结构与符号·····       | 120        |
| 6.2.2 二极管的伏安特性·····        | 120        |
| 6.2.3 二极管的主要参数·····        | 121        |
| 6.2.4 二极管的应用举例·····        | 121        |
| 6.3 特殊二极管·····             | 122        |
| 6.3.1 稳压管·····             | 122        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 6.3.2 发光二极管 .....                  | 123        |
| 6.3.3 光电二极管 .....                  | 124        |
| 6.4 双极型三极管 .....                   | 125        |
| 6.4.1 三极管的构造和工作原理 .....            | 125        |
| 6.4.2 三极管的伏安特性曲线 .....             | 127        |
| 6.4.3 三极管的主要参数 .....               | 128        |
| 6.5 单极型三极管 .....                   | 130        |
| 6.5.1 MOS管的基本结构 .....              | 130        |
| 6.5.2 MOS管的工作原理 .....              | 130        |
| 6.5.3 场效应管与晶体管的比较 .....            | 131        |
| 第6章习题和检测题 .....                    | 132        |
| <b>第7章 基本放大电路 .....</b>            | <b>134</b> |
| 7.1 共发射极放大电路 .....                 | 134        |
| 7.1.1 放大电路的组成 .....                | 134        |
| 7.1.2 放大电路的工作原理 .....              | 134        |
| 7.1.3 基本共射放大电路的静态分析(计算法) .....     | 135        |
| 7.1.4 基本共射放大电路的动态分析(微变等效电路法) ..... | 135        |
| 7.1.5 工作点稳定的共射极放大电路 .....          | 138        |
| 7.2 共集电极放大电路(射极输出器) .....          | 141        |
| 7.2.1 放大电路的组成 .....                | 141        |
| 7.2.2 共集电极放大电路的静态分析 .....          | 142        |
| 7.2.3 共集电极放大电路的动态分析与计算 .....       | 142        |
| 7.2.4 共集电极放大电路的特点 .....            | 143        |
| 7.3 放大电路中的负反馈 .....                | 144        |
| 7.3.1 反馈的基本概念 .....                | 144        |
| 7.3.2 反馈的极性 .....                  | 144        |
| 7.3.3 反馈的基本类型及其判别 .....            | 144        |
| 7.3.4 负反馈对放大电路性能的影响 .....          | 145        |
| 7.4 功率放大器和差动放大电路 .....             | 145        |
| 7.4.1 功率放大器的特点 .....               | 145        |
| 7.4.2 对功率放大器的要求 .....              | 146        |
| 7.4.3 功率放大器的类型 .....               | 146        |
| 7.4.4 OCL乙类互补对称功率放大器 .....         | 146        |
| 7.4.5 差动放大电路 .....                 | 147        |
| 第7章习题和检测题 .....                    | 148        |
| <b>第8章 集成运算放大器及其应用电路 .....</b>     | <b>152</b> |
| 8.1 集成运算放大器 .....                  | 152        |

|                            |                                     |            |
|----------------------------|-------------------------------------|------------|
| 8.1.1                      | 集成运放概述 .....                        | 152        |
| 8.1.2                      | 集成运放的主要技术指标 .....                   | 153        |
| 8.1.3                      | 集成运放的电压传输特性 .....                   | 154        |
| 8.1.4                      | 理想运放的两条重要结论 .....                   | 154        |
| 8.2                        | 集成运放的线性应用电路 .....                   | 155        |
| 8.2.1                      | 反相比例运算电路 .....                      | 155        |
| 8.2.2                      | 同相比例运算电路 .....                      | 155        |
| 8.2.3                      | 加法电路 .....                          | 156        |
| 8.2.4                      | 减法电路 .....                          | 157        |
| 8.2.5                      | 积分电路 .....                          | 157        |
| 8.2.6                      | 微分电路 .....                          | 158        |
| 8.3                        | 集成运放的非线性应用电路 .....                  | 158        |
| 8.3.1                      | 电压比较器 .....                         | 158        |
| 8.3.2                      | 方波发生器 .....                         | 160        |
| 第 8 章习题和检测题 .....          |                                     | 161        |
| <b>第 9 章 组合逻辑电路 .....</b>  |                                     | <b>162</b> |
| 9.1                        | 逻辑代数基础 .....                        | 162        |
| 9.1.1                      | 计数体制 .....                          | 162        |
| 9.1.2                      | 数制转换 .....                          | 163        |
| 9.1.3                      | 常用编码 .....                          | 165        |
| 9.1.4                      | 逻辑函数及其化简 .....                      | 167        |
| 9.2                        | 组合逻辑电路 .....                        | 174        |
| 9.2.1                      | 小规模集成电路 (SSI) 构成的组合逻辑电路的分析与设计 ..... | 174        |
| 9.2.2                      | 常用中规模组合逻辑电路 .....                   | 176        |
| 第 9 章习题和检测题 .....          |                                     | 182        |
| <b>第 10 章 时序逻辑电路 .....</b> |                                     | <b>184</b> |
| 10.1                       | 触发器 .....                           | 184        |
| 10.1.1                     | RS 触发器 .....                        | 184        |
| 10.1.2                     | JK 触发器 .....                        | 187        |
| 10.1.3                     | D 触发器 .....                         | 189        |
| 10.1.4                     | T 触发器 .....                         | 190        |
| 10.2                       | 计数器 .....                           | 191        |
| 10.2.1                     | 二进制计数器 .....                        | 191        |
| 10.2.2                     | 十进制计数器 .....                        | 195        |
| 10.2.3                     | 集成计数器及其应用 .....                     | 197        |
| 10.3                       | 寄存器 .....                           | 202        |
| 10.3.1                     | 数码寄存器 .....                         | 202        |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 10.3.2 移位寄存器 .....               | 202        |
| 10.4 555 定时器及其应用 .....           | 205        |
| 10.4.1 555 定时器 .....             | 205        |
| 10.4.2 555 定时器的应用电路 .....        | 207        |
| 第 10 章习题和检测题 .....               | 210        |
| <b>第 11 章 半导体存储器 .....</b>       | <b>214</b> |
| 11.1 随机存储器 (RAM) .....           | 214        |
| 11.1.1 RAM 的结构和工作原理 .....        | 214        |
| 11.1.2 RAM 的容量及容量扩展 .....        | 215        |
| 11.2 只读存储器 (ROM) .....           | 216        |
| 11.2.1 ROM 的结构 .....             | 217        |
| 11.2.2 ROM 的工作原理 .....           | 217        |
| 11.3 可编程逻辑器件 (PLD) .....         | 219        |
| 11.3.1 PLD 连接方式 .....            | 219        |
| 11.3.2 可编程逻辑阵列 (PLA) .....       | 220        |
| 11.3.3 可编程阵列逻辑 (PAL) .....       | 221        |
| 11.3.4 通用阵列逻辑 (GAL) .....        | 222        |
| 第 11 章习题和检测题 .....               | 223        |
| <b>第 12 章 模拟量和数字量的转换 .....</b>   | <b>226</b> |
| 12.1 数/模转换器 (DAC) .....          | 226        |
| 12.1.1 DAC 的组成及转换特性 .....        | 226        |
| 12.1.2 DAC 的工作原理 .....           | 228        |
| 12.1.3 集成数/模转换器 DAC0832 .....    | 231        |
| 12.2 模/数转换器 (ADC) .....          | 232        |
| 12.2.1 ADC 的组成和工作原理 .....        | 232        |
| 12.2.2 ADC 的主要技术指标 .....         | 235        |
| 12.2.3 逐次比较型 ADC 电路组成及工作原理 ..... | 235        |
| 12.2.4 双积分型 ADC 的电路组成及工作原理 ..... | 236        |
| 12.2.5 集成 ADC0809 简介 .....       | 237        |
| 第 12 章习题和检测题 .....               | 238        |
| <b>参考文献 .....</b>                | <b>241</b> |
| <b>附 录 .....</b>                 | <b>242</b> |



# 第1章 电路分析基础

电路是电工与电子技术的基础,掌握电路的分析方法,会为后面所要学习的电子电路、电机电路及电气控制打下坚实的基础。

直流电路是电路最基本的形式,直流电路的分析方法是分析其他电路的基础。直流电路的定律和解题方法同样适用于交流电路或其他形式的电路。本章的重点就是要阐明直流电路的共性及其分析电路的基本规律。

电路的基本概念和基本定律是电路分析的重要基础,要求深刻了解、牢固掌握、熟练运用。在本章的学习中,应该重点了解电流、电压参考方向的问题;熟练掌握基尔霍夫定律及其应用;了解电器设备额定值的定义;了解电路在不同工作状态下的特点;重点掌握电路中电位概念,并能熟练计算电路中各点的电位;能够运用支路电流法、叠加原理、戴维南定理分析基本直流电路。

## 1.1 电路分析基础知识

### 1.1.1 导体、绝缘体和半导体

自然界的各种物质就其导电性能来说,可以分为导体、绝缘体和半导体3大类。

#### (1) 导体

容易导电的物体叫做导体。各种金属、酸、碱、盐的水溶液,人体等都是导体。导体内拥有大量的自由电子或离子,在电场力的作用下,很容易定向移动而形成电流。导体的电阻率很小。

#### (2) 绝缘体

不容易导电的物体叫做绝缘体,塑料、橡胶、玻璃、陶瓷、干燥的木头等都是绝缘体。绝缘体中的电荷几乎都被束缚在原子或分子的范围内,不能自由移动。导体和绝缘体并没有绝对的界线,在一定条件下,绝缘体也可能转化为导体,例如,玻璃在常温下是绝缘体,在高温下就可能转化为导体;绝缘体潮湿了也会导电;当电压高到一定程度时,绝缘体就发生质变而成为导体,这种现象称为“绝缘击穿”。

#### (3) 半导体

导电性能介于导体和绝缘体之间的物体叫做半导体,锗、硅、硒等都是半导体。半导体的导电性能受到外界条件(掺杂、光照射、温度变化)影响极大,这是它的一个特性。由于半导体有许多独特而有用的性质,因而在电子技术和无线电技术中,有着广泛的应用。

### 1.1.2 电路的组成与功能

电路是电流流通的路径,是为某种需要由若干电气元件按照一定方式组合起来的整体。根据电流性质的不同,电路有直流电路和交流电路之分。



### (1) 电路的组成

电路由电源、负载和中间环节 3 部分组成。

① 电源。电源是提供电路所需电能的装置，它将其他形式的能量转化为电能。如电池将化学能转化为电能，发电机将机械能转化为电能等。

② 负载。负载在电路中是消耗电能的装置，它将电能转化为其他形式的能量。如电灯将电能转化为光能，电动机将电能转化为机械能，电炉将电能转化为热能等。

③ 中间环节。中间环节是传输、分配和控制电能的部分，它把电源和负载连接起来，组成闭合电路，并对整个电路进行控制。包括导线、开关、一些控制电器和保护电器等。

### (2) 电路的功能

电路的功能可以概括为两大类。

一类是电力系统电路中用于电能的传送、分配和转换。例如，发电厂的发电机产生电能，通过变压器、输电线等送到用户，并通过负载把电能转换成其他形式的能量。

另一类是电子技术电路中用于电信号的传递、存储和处理。例如，收音机和电视机通过作为电源天线把载有声音和图像信息的电磁波转换为电信号，再通过作为中间环节的电子电路（调谐、变频、振荡、检波、放大等）传递，送到作为负载的扬声器和显像管，还原成原始信息。

## 1.1.3 电路模型和电路元件

实际电路中常用的电气装置或元器件，如发电机、变压器、电动机、电池、晶体管，以及电阻、电感和电容器等，它们的电磁性质较为复杂，如电池与白炽灯连接的电路，通有电流时，不仅会消耗电能（具有电阻性质），还会产生磁场（具有电感性质），若导线之间存在分布电容，则还具有电容性质。各种性质交织在一起，其表现程度各不相同。

在分析实际电路时，为了避免将问题复杂化，电学中往往采用“模型化”的方法处理：用理想电路元件及其组合来近似替代实体电路元器件所组成的实际电路。这种由理想电路元件组成的、与实际电路相对应的，并用统一规定的符号表示的电路称为电路模型。理想电路元件（简称电路元件）有电阻元件、电感元件、电容元件、电流源和电压源等，其电路符号如图 1-1 所示。理想电路元件分为有源和无源两大类，电阻元件、电感元件、电容元件称为无源二端元件，电流源和电压源称为有源二端元件。

图 1-2(a)所示是手电筒的实物电路，图 1-2(b)所示是手电筒的电路模型。在图 1-2(b)中，将电池用理想电压源  $U_S$  和电阻元件  $R_0$  的串联来表示；小灯泡则用电阻元件  $R$  来表示；连接导线的电阻值一般可忽略不计，用无电阻的理想导线来表示；S 为一般电路开关的模型。

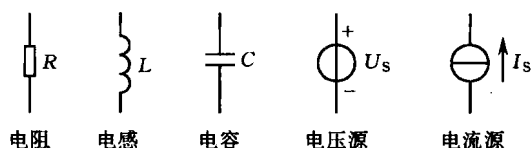


图 1-1 理想电路元件符号

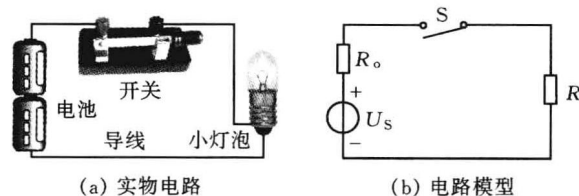
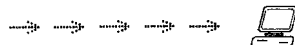


图 1-2 手电筒电路



### 1.1.4 电压、电流及其参考方向

#### 1.1.4.1 电 流

导体中的自由电子在外加电场的作用下,定向移动,形成电流。电流的强弱用电流强度来度量,其数值等于单位时间内通过导体某一横截面的电荷量。设在  $dt$  时间内通过导体某一横截面的电荷量为  $dq$ , 则通过该截面的电流强度为

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

若任一瞬间通过导体横截面的电量大小和方向均不随着时间变化,则电流强度为

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

在国际单位制(SI)中,电流的单位是安培(A),电量的单位是库仑(C),时间的单位是秒(s)。式(1-2)表明1s内通过导体横截面的电荷量为1C时,导体中的电流就是1A。

根据国家标准,不随着时间变化的恒定物理量用大写字母表示,如直流电流用  $I$  表示;随着时间变化的物理量应采用小写字母表示,如交变电流用  $i$  表示。

电力系统中某些电流可以高达几千安培,电子技术中的电流往往仅为千分之几安培。常用的电流单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安( $\mu$ A)、纳安(nA)等,它们之间的换算关系为

$$1\text{A} = 10^{-3}\text{kA} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A} = 10^9\text{nA}$$

电流不仅有大小,而且有方向。习惯上规定正电荷移动的方向为电流的方向。

在分析电路时,常常要知道电流的方向,但有时对某段电路中电流的方向往往难以判断,此时可先任意假定一个电流方向,这个任意假定的电流方向称为参考方向。依据参考方向就可以对电路进行分析、计算和求解,当求出的电流值为正值时,说明电流的实际方向与参考方向一致,如图1-3(a)所示;反之,求出的电流为负值时,说明电流的实际方向与参考方向相反,如图1-3(b)所示。

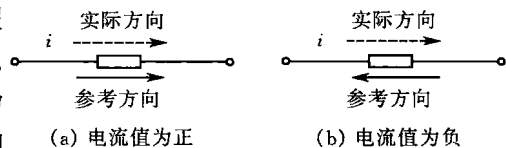


图 1-3 电流方向

#### 1.1.4.2 电 压

电压是衡量电场做功能力的物理量。 $a, b$  两点之间的电压在数值上等于电场力把单位正电荷从电场中  $a$  点移动到  $b$  点所做的功,用  $u_{ab}$  表示,其定义式为

$$u_{ab} = \frac{dW_{ab}}{dq} \quad (1-3)$$

在国际单位制(SI)中,电功的单位是焦耳(J),电压的单位是伏特(V)。在量的大小和方向都不随着时间变化的直流电路中,电压用  $U$  表示。

电力系统中某些电压可以高达几千伏特,电子技术中的电压往往仅为千分之几伏特。常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏( $\mu$ V)。它们之间的换算关系为



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

电压的实际方向习惯上规定从高电位点指向低电位点，即电压降方向。

在分析电路时，也需要选取电压的参考方向。当电压的参考方向与电压的实际方向一致时，电压值为正( $u > 0$ )，如图 1-4(a)所示；当电压的参考方向与电压的实际方向不一致时，电压值为负( $u < 0$ )，如图 1-4(b)所示。

电压的参考方向可以用极性“+”“-”表示，“+”表示高电位，“-”表示低电位。也可以用箭头表示。还可以用双下标  $u_{ab}$  表示，a 表示高电位，b 表示低电位。本书一般情况下采用极性表示法。

在分析和计算电路时，电压和电流的参考方向的假定，原则上是任意的。但为了方便起见，元件上的电压和电流通常取一致的参考方向，称为关联参考方向，如图 1-5(a)所示。元件上的电压和电流取不一致的参考方向，称为非关联参考方向，如图 1-5(b)所示。

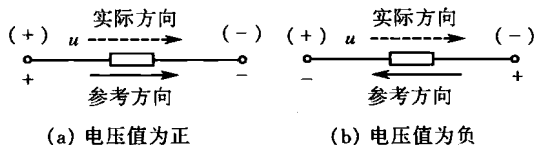


图 1-4 电压方向

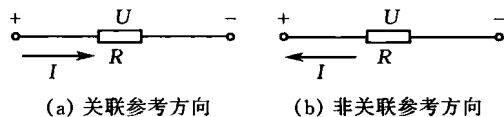


图 1-5 电压、电流参考方向

当电压和电流参考方向一致时，其电压和电流关系式是  $U = RI$ ；当电压和电流参考方向不一致时，其电压和电流关系式是  $U = -RI$ 。可见，在列写电压和电流关系式时，式子的正负号由它们的参考方向是否一致来决定。

### 1.1.5 电能、电功率和效率

#### 1.1.5.1 电能

在电流通过电路的同时，电路内发生了能量的转换。电路中某个元件吸收或产生的电能是用电场力所做的功来度量的。由电压的定义可知，电场力所做的功为

$$W = UQ = UIt \quad (1-4)$$

式中，电压  $U$  的单位取伏特(V)，电流  $I$  的单位取安培(A)，时间  $t$  的单位取秒(s)时，电能(电功)的单位为焦耳(J)。在工程实际中，常用度，即千瓦·小时(kW·h)作单位， $1\text{ kW}\cdot\text{h} = 3.6 \times 10^6\text{J}$ 。

#### 1.1.5.2 电功率

电功率是衡量能量转换速率的量，即单位时间内电场力所做的功，用  $P$  表示，即

$$P = \frac{W}{t} = \frac{UIt}{t} = UI \quad (1-5)$$

电功率的单位是瓦特(W)。电功率常用的单位还有千瓦(kW)和毫瓦(mW)。它们之间的换算关系为

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

在电路分析中，不仅要计算功率的大小，有时还要判断功率的性质，即该元件是输出

(电源)功率,还是吸收(负载)功率。电学中一般规定负载上的电压、电流取关联参考方向。在关联参考方向下,电功率  $P$  前面加“+”号,即吸收的电功率为正;电源上的电压、电流方向取非关联参考方向,即  $P$  前面加“-”号,表明电源在吸收负功率,即输出功率。

### 1.1.5.3 效率

在电功率转换和输送的过程中,存在着各种损耗( $\Delta P$ ),因此输出的功率  $P_2$  总是要小于输入的电功率  $P_1$ 。在工程应用中,常常把输出功率与输入功率的比例数称为效率( $\eta$ ),即

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} \times 100\% \quad (1-6)$$

**【例 1-1】** 若图 1-6(a)中的  $U=10\text{V}$ ,  $I=4\text{A}$ ; 图 1-6(b)中的  $U=10\text{V}$ ,  $I=4\text{A}$ ; 图 1-6(c)中的  $U=10\text{V}$ ,  $I=-4\text{A}$ 。则元件是输出功率还是吸收功率? 是电源还是负载? 功率各为多少?

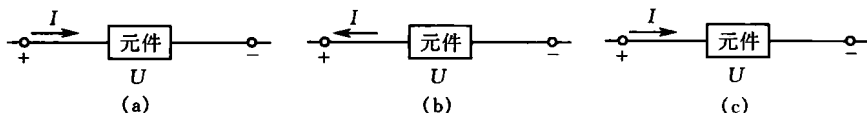


图 1-6 例 1-1 图

**【解】** 图 1-6(a)中: 电压与电流取关联参考方向, 因此

$$P = UI = 10 \times 4 = 40\text{W}$$

电功率得正值, 吸收功率, 说明元件是负载。

图 1-6(b)中: 电压与电流取非关联参考方向, 因此

$$P = -UI = -10 \times 4 = -40\text{W}$$

电功率得负值, 输出功率, 说明元件是电源。

图 1-6(c)中: 电压与电流取关联参考方向, 因此

$$P = UI = 10 \times (-4) = -40\text{W}$$

电功率得负值, 输出功率, 说明元件是电源。

## 练习与思考题

- (1) 何谓电路? 它由哪几个基本部分组成? 各部分起到什么作用?
- (2) 实际电路按照功能可以分为几类? 它们具有哪些主要功能?
- (3) 何谓电路模型? 电路元件与实际电路元件有何不同?
- (4) 何谓参考方向? 参考方向与实际方向之间有什么区别和联系?
- (5) 电流和电压的参考方向如图 1-6 所示, 若图 1-6(a)中的  $U=10\text{V}$ ,  $I=-2\text{A}$ ; 图 1-6(b)中的  $U=5\text{V}$ ,  $I=-2\text{A}$ ; 图 1-6(c)中的  $U=-20\text{V}$ ,  $I=-2\text{A}$ 。则元件是输出功率还是吸收功率? 是电源还是负载? 功率各为多少?