



# 电工技术

(双语版)

## 电工学 (上册)

Electrical Engineering(I):Electrotechnics

汤春明 马惠珠 张忠民 编著

清华大学出版社



中外合作办学  
双语教学  
系列教材

# 电工技术

(双语版)

## 电工学 (上册)

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书内容包括电路的基本概念和电路元件、电路分析基础、正弦交流电路、三相电路、电路的暂态分析、磁路和变压器、电动机和电气控制技术,共8章。本书主要内容使用中文编写,其中专业术语附有英文对照、书中的例题、习题等内容使用英文编写。本书的姊妹篇《电子技术》内容包括基本半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、功率电子电路、数字电路基础、组合逻辑电路、触发器与时序逻辑电路、数模和模数转换技术、波形的产生与整形和EDA技术概述共10章,宜与本书配套使用。

本书概念描述清晰易懂;内容新颖实用,贴近工程实际。可作为高等院校本科非电类各专业(机械、材料、工程力学、核、测量、机电一体化、经贸管理、运输、土木建筑等)相关课程的教材,特别适合开设双语电工学课程的院校使用;也可作为职业大学、成人教育大学、电视大学和网络教育等同类专业的教材;还可以作为工程技术人员的学习参考资料。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

电工技术(双语版)——电工学.上册/汤春明,马惠珠,张忠民编著.--北京:清华大学出版社,2011.4

(中外合作办学双语教学系列教材)

ISBN 978-7-302-23275-9

I. ①电… II. ①汤… ②马… ③张… III. ①电工技术—双语教学—高等学校—教材  
IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 147591 号

责任编辑:石磊 赵从棉

责任校对:刘玉霞

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, E-mail c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, E-mail zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地址:北京清华大学学研大厦A座

邮编:100084

邮购:010-62786544

印装者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经销:全国新华书店

开本:185×230 印张:18

字数:388千字

版次:2011年4月第1版

印次:2011年4月第1次印刷

印数:1~3000

定价:30.00元

# “中外合作办学双语教学系列教材”

## 编 委 会

主任委员：杨德森

副主任委员：张大铸 刘 平 宗希云 于险波

委 员：（以姓氏笔画为序）

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 卜长江 | 马惠珠 | 王宇野 | 王振清 |
| 印桂生 | 石 磊 | 汤春明 | 吴良杰 |
| 张学义 | 张忠民 | 李柏洲 | 沈继红 |
| 邹广平 | 苑立波 | 贾念念 | 郭黎利 |
| 董宇欣 | 韩广才 |     |     |

中外合作办学是我国教育事业的组成部分。自《中外合作办学条例》及其实施办法公布施行以来,在国家“扩大开放、规范办学、依法管理、促进发展”方针的指引下,教育部相继发布了一系列规范性文件,对加强中外合作办学的管理工作发挥了重要作用。中外合作办学逐步走上了规范发展的轨道,并得到了迅猛发展。一些中外合作办学机构、项目在办学实践中,积极引进外国优质教育资源,大胆探索新的办学模式和人才培养模式,积累了不少好的经验。但是,在教材建设等领域也存在着一些急需研究、探讨的课题。双语教学目前在我国高等教育领域已经进行得如火如荼,在中外合作办学中更是得到了广泛开展。在双语教学过程中,主要以采用国外原版教材为主。但是,从教学实践来看,特别是在一些公共基础课和专业基础课中,选用外文原版教材授课存在一定的不足。例如,部分原版教材的教学体系、教学内容与我国的不完全一致,与其他课程教材衔接性差,无法适应我国高等教育的实际需求。另外,在一些课程中既重要又难学的概念、原理全部运用汉语来解释,学生尚不能很好理解;如果用英语来解释,由于受外语水平的限制以及文化差异,会导致部分学生学不懂。因此,开发一批中英文合著,既兼顾国外高等教育教学理念,又结合我国高等教育实际发展需要的,适用于双语教学的高等学校教材成为我们进一步提高教学质量和效果的迫切需求。

哈尔滨工程大学自 2003 年招收首届中外合作办学学生至今,已经走到第 8 个年头,中外合作教育项目稳步推进,目前与美、英、法、澳、俄等国家的 14 所高校开展了中外合作办学或者学生校际交流工作。为了落实教育部对中外合作办学中引进国外合作院校优质教育资源的要求,哈尔滨工程大学现已累计选派近百名教师赴国外知名高校学习或研修。这些教师对于固化中外合作办学过程中积累的教改成果和引进的先进教育理念与教学方法、更新教学内容提供了强大的人力保证。

正是在这样的环境下,哈尔滨工程大学与清华大学出版社合作,组织编写了这套“中外合作办学双语教学系列教材”。这套丛书的第一辑包括《大学计算机基础》、《材料力学》、《理论力学》、《高等数学(上)》、《高等数学(下)》、《线性代数》、《概率论与数理统计》、《电工技术》及《电子技术》,共九种。

本套丛书主要由哈尔滨工程大学的教师编写,这些教师有在国外知名院校学习或研修的经历,在多年的学习、教学和研究中,他们不仅熟悉中国高校相关学科、课程的教学体系及内容,对国外相关学科、课程的教学体系及内容亦有比较深入的研究。

本套丛书采用中文与英文混合编写模式,各教材均以国家规定的教学基本要求为依据,充分汲取国外优秀教材的优点,密切结合我国双语教学、中外合作办学的实际需求。各书在原理和理论介绍过程中,尽量由浅入深,以中文为主,其中专业术语采用中英文对照;例题及习题和答案一般采用英文编写,部分教材还在每一章中增加了英文编写的小结和实践阅读材料。这些安排有利于保证学生在掌握课程内容的同时,逐步消除学习过程中语言转换上的障碍,以顺利适应使用英语进行后续专业课程的学习以及学生校际交流的要求。

本套丛书吸收了国外教材中理论分析与实践应用紧密结合的特点,信息量大、图表案例丰富,在保证学生理论学习的同时,注重培养学生的探索精神,有助于引导学生自主学习。教学内容反映了所在学科国际上最新的研究动态和科研成果。在教学内容设计上,有利于教学过程中的师生互动,所给予的提示、资料、方法、手段等渗透了国外先进的教学思想、教学模式和教学方法。

本丛书中的教材在正式出版之前均印制成讲义进行了试用,深受师生的好评。为了保证丛书质量,我们邀请国内相关学科的专家、学者以及国外合作院校的专家、学者进行了审阅和校勘。但是,由于时间仓促和编委们水平所限,教材中可能存在不足甚至错误之处,恳请广大读者批评指正,以便进一步完善。

本套丛书可以作为高等学校教材,也可用于各级教育主管部门举办的相关培训,还可以作为大学生自学之用。

打开一扇窗口,让世界了解中国的高等教育;打开一道大门,让中国的高等教育走向世界。愿这套丛书的出版能够为这一期盼做出贡献!



2010年10月于哈尔滨

随着经济全球化、文化多样化、人才流动国际化趋势的进一步加剧,高等教育的发展正趋向于教育方式的国际化和人才培养的综合化。电工学作为高等学校本科非电类专业的一门技术基础课程,在本科教育国际化的今天,其教学质量的好坏直接影响着学生对后续课程的学习。针对国内培养的本科生到国外进一步深造的需求,我们推出了这套《电工学》双语教材。本套教材分为上下两册,上册为《电工技术》,下册为《电子技术》。根据教育部高等学校电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会最新发布的“电工学课程教学基本要求”,由多年从事电工学教学且具有留学经历的教师编写。

本册为《电工技术》。编者在参阅了大量国内外同类教材的基础上,结合实际教学经验,对教材内容和章节顺序作了精心安排,精选、精画了相应的图、表,写作风格力求通俗易懂。本册内容包括电路的基本概念和电路元件,电路分析基础(包括基尔霍夫定律、支路电流法、叠加原理、戴维南定理与诺顿定理、电源的等效变换及非线性电阻电路等直流电路的分析方法),正弦交流电路(包括正弦量的相量表示法、简单正弦交流电路的计算方法、谐振、功率因数的提高和非正弦交流电路等),三相电路(包括三相电源的产生、连接、功率的计算以及供电及用电安全等),电路的暂态分析(包括换路定则及初始值的计算、一阶电路的暂态响应和三要素法等),磁路和变压器(包括磁路的基本概念和基本定律,交流铁芯线圈和变压器等),电动机(包括三相异步电动机的结构、工作原理、运行和机械特性等,单相异步电动机的工作原理及启动,步进电动机、直流电动机、伺服电动机以及如何选择电动机等),电气控制(包括常用的低压控制电器,三相异步电动机的正反转、时间控制、行程控制、顺序控制、软启动及其变频调速和可编程控制器等),共8章。下册《电子技术》内容包括基本半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、功率电子电路、数字电路基础、组合逻辑电路、触发器与时序逻辑电路、数模和模数转换技术、波形的产生与整形和EDA技术概述,共10章,宜与本书配套使用。

本书采用中英双语。在原理和理论介绍过程中,以中文为主,其中涉及的专业术语则有英文对照,所有的例题及习题均使用英文。书中在每章的最后一节增加了 Practical Perspective,主要介绍与该章基本理论有关的一些实际应用电路和产品,该内容全部采用英文,可作为启发式教学的讨论内容,这些原汁原味的英文介绍性内容也可以作为学生课后的英文阅读资料,以引发学生的学习兴趣。在每章的结尾有一个英文的 Summary,总结该章内容。每章后面的习题使用了英文,其中精选了一些实际应用电路,在学习过程中可以通

过配套的实验环节培养和提高学生的动手能力和实际分析能力。另外,词汇表中汇总了全书中出现的所有专业词汇的中英文对照及在书中第一次出现的章节号,以方便学生迅速查找。

本书可作为高等院校本科非电类各专业(机械、材料、工程力学、核、测量、机电一体化、经贸管理、运输、土木建筑等)相关课程的教材,特别适合开设双语电工学课程的院校使用,也可作为职业大学、成人教育大学、电视大学和网络教育等同类专业的教材,还可以作为工程技术人员的学习参考资料。本教材可供 32~64 学时教学使用。在编写过程中,根据技术发展的最新需要,我们增设了一些选修内容(在目录中标注了“\*”),力求在满足基本教学要求的基础上,拓宽学生的知识面。

本书由哈尔滨工程大学信息与通信工程学院的汤春明教授负责统稿、定稿。哈尔滨工程大学信息与通信工程学院的马惠珠教授编写了本书的第 1,2 章,汤春明教授编写了第 3~5 章,张忠民副教授编写了第 6~8 章。在三位教师的共同努力下,历时一年多终于完成了全书的编写工作。尽管全书每一章中的内容和组织都经过多次讨论、修改后才定稿,并经过一学期的试用,但由于编者水平有限,难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

衷心感谢清华大学出版社的石磊编辑和哈尔滨工程大学国际合作学院的刘平教授、于险波同志为本书的出版所做的工作。

编 者

2010 年 10 月

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 第 1 章 电路的基本概念和电路元件                             | 1  |
| 1.1 电路和电路的模型                                   | 1  |
| 1.1.1 电路                                       | 1  |
| 1.1.2 电路模型                                     | 1  |
| 1.2 电路的基本物理量及参考方向                              | 2  |
| 1.2.1 电流                                       | 2  |
| 1.2.2 电位                                       | 3  |
| 1.2.3 电压                                       | 3  |
| 1.2.4 电动势                                      | 4  |
| 1.2.5 电功率                                      | 4  |
| 1.3 欧姆定律                                       | 5  |
| 1.4 电路的理想元件                                    | 6  |
| 1.4.1 理想无源元件                                   | 7  |
| 1.4.2 理想电源元件                                   | 9  |
| 1.5 电路的实际元件                                    | 12 |
| 1.5.1 实际无源元件                                   | 12 |
| 1.5.2 实际电源模型                                   | 14 |
| 1.6 电路的工作状态                                    | 15 |
| 1.6.1 有载状态                                     | 15 |
| 1.6.2 开路                                       | 17 |
| 1.6.3 短路                                       | 17 |
| 1.7 Practical Perspective: Electrical Circuits | 18 |
| Summary                                        | 19 |
| Problems                                       | 20 |

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| <b>第2章 电路分析基础</b> .....                                             | 22 |
| 2.1 基尔霍夫定律 .....                                                    | 22 |
| 2.1.1 基尔霍夫电流定律 .....                                                | 22 |
| 2.1.2 基尔霍夫电压定律 .....                                                | 24 |
| 2.2 电阻的串联与分压电路 .....                                                | 26 |
| 2.2.1 电阻的串联 .....                                                   | 26 |
| 2.2.2 分压电路 .....                                                    | 27 |
| 2.3 电阻的并联与分流电路 .....                                                | 27 |
| 2.3.1 电阻的并联 .....                                                   | 27 |
| 2.3.2 分流电路 .....                                                    | 28 |
| 2.4 支路电流法 .....                                                     | 30 |
| 2.5 叠加原理 .....                                                      | 31 |
| 2.6 戴维南定理与诺顿定理 .....                                                | 33 |
| 2.6.1 戴维南定理 .....                                                   | 34 |
| 2.6.2 诺顿定理 .....                                                    | 36 |
| 2.7 电源的等效变换 .....                                                   | 38 |
| * 2.8 非线性电阻电路 .....                                                 | 40 |
| 2.8.1 线性电阻 .....                                                    | 40 |
| 2.8.2 非线性电阻 .....                                                   | 40 |
| 2.8.3 非线性电阻电路 .....                                                 | 41 |
| 2.9 Practical Perspective: Digital-to-analog Resistive Ladder ..... | 42 |
| Summary .....                                                       | 46 |
| Problems .....                                                      | 46 |
| <b>第3章 正弦交流电路</b> .....                                             | 51 |
| 3.1 正弦量的三要素 .....                                                   | 51 |
| 3.2 正弦量的相量表示法 .....                                                 | 53 |
| 3.3 单一参数的正弦交流电路 .....                                               | 55 |
| 3.4 简单正弦交流电路的计算 .....                                               | 60 |
| 3.5 阻抗的串联、并联与混联 .....                                               | 63 |
| 3.6 正弦交流电路中的谐振 .....                                                | 67 |
| 3.6.1 串联谐振 .....                                                    | 68 |
| 3.6.2 并联谐振 .....                                                    | 71 |
| 3.7 功率因数的提高 .....                                                   | 72 |

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.7.1 提高功率因数的原因 .....                                                     | 72  |
| 3.7.2 提高功率因数的方法 .....                                                     | 73  |
| * 3.8 非正弦交流电路 .....                                                       | 76  |
| 3.8.1 非正弦周期波的谐波的概念 .....                                                  | 76  |
| 3.8.2 谐波分析的方法 .....                                                       | 76  |
| 3.8.3 波形对称性与所含谐波分量的关系 .....                                               | 78  |
| 3.8.4 频谱的概念 .....                                                         | 82  |
| 3.8.5 非正弦周期波的直流分量与有效值 .....                                               | 84  |
| 3.8.6 非正弦周期电流电路中电压和电流的计算 .....                                            | 85  |
| 3.8.7 非正弦交流电路平均功率的计算 .....                                                | 86  |
| 3.9 Practical Perspective: “120 V at 60 Hz” versus “220 V at 50 Hz” ..... | 86  |
| Summary .....                                                             | 88  |
| Problems .....                                                            | 90  |
| <b>第 4 章 三相电路</b> .....                                                   | 94  |
| 4.1 三相电源 .....                                                            | 94  |
| 4.1.1 三相电源概述 .....                                                        | 94  |
| 4.1.2 三相电源的星形连接 .....                                                     | 96  |
| 4.2 三相负载 .....                                                            | 98  |
| 4.3 三相电路的功率 .....                                                         | 103 |
| 4.4 供配电及用电安全 .....                                                        | 105 |
| 4.4.1 电力系统概述 .....                                                        | 105 |
| 4.4.2 安全用电 .....                                                          | 107 |
| 4.5 Practical Perspective: Residential Generators Usage .....             | 111 |
| Summary .....                                                             | 112 |
| Problems .....                                                            | 112 |
| <b>第 5 章 电路的暂态分析</b> .....                                                | 117 |
| 5.1 换路定则与初始值 .....                                                        | 117 |
| 5.2 一阶电路的暂态响应 .....                                                       | 120 |
| 5.2.1 一阶电路的零输入响应 .....                                                    | 120 |
| 5.2.2 一阶电路的零状态响应 .....                                                    | 123 |
| 5.2.3 一阶电路的全响应 .....                                                      | 124 |
| 5.3 一阶线性电路暂态分析的三要素法 .....                                                 | 125 |
| 5.4 RC 电路对矩形脉冲的响应 .....                                                   | 128 |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.4.1 微分电路                                                                   | 128        |
| 5.4.2 积分电路                                                                   | 129        |
| 5.5 Practical Perspective: Electronics and the Art of Automotive Maintenance | 130        |
| Summary                                                                      | 131        |
| Problems                                                                     | 132        |
| <b>第6章 磁路和变压器</b>                                                            | <b>137</b> |
| 6.1 磁路的基本概念和基本定律                                                             | 137        |
| 6.1.1 磁场的基本物理量                                                               | 137        |
| 6.1.2 磁性材料的磁性能及其应用                                                           | 139        |
| 6.1.3 磁路的基本定律                                                                | 141        |
| 6.2 交流铁芯线圈                                                                   | 145        |
| 6.2.1 电磁关系                                                                   | 145        |
| 6.2.2 电压、电流关系                                                                | 146        |
| 6.2.3 功率损耗                                                                   | 147        |
| 6.2.4 等效电路                                                                   | 148        |
| 6.3 变压器                                                                      | 148        |
| 6.3.1 变压器的基本结构                                                               | 149        |
| 6.3.2 变压器的工作原理                                                               | 150        |
| 6.3.3 变压器的外特性                                                                | 154        |
| 6.3.4 变压器的损耗与效率                                                              | 154        |
| 6.3.5 变压器的绕组极性                                                               | 155        |
| 6.3.6 特殊变压器                                                                  | 156        |
| 6.4 Practical Perspective: Electric Power Transformer Usage                  | 157        |
| Summary                                                                      | 157        |
| Problems                                                                     | 158        |
| <b>第7章 电动机</b>                                                               | <b>160</b> |
| 7.1 三相异步电动机                                                                  | 160        |
| 7.1.1 三相异步电动机的结构                                                             | 160        |
| 7.1.2 三相异步电动机的工作原理                                                           | 162        |
| 7.1.3 三相异步电动机的运行和额定值                                                         | 166        |
| 7.1.4 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性                                                      | 170        |
| 7.1.5 三相异步电动机的使用                                                             | 173        |
| 7.2 单相异步电动机                                                                  | 182        |

|                                                     |            |
|-----------------------------------------------------|------------|
| 7.2.1 单相异步电动机的工作原理                                  | 182        |
| 7.2.2 单相异步电动机的启动                                    | 184        |
| *7.3 步进电动机                                          | 186        |
| 7.3.1 步进电动机的结构和工作原理                                 | 186        |
| 7.3.2 小步距角的步进电动机                                    | 188        |
| *7.4 直流电动机                                          | 189        |
| 7.4.1 直流电动机的结构及铭牌参数                                 | 190        |
| 7.4.2 直流电动机的工作原理                                    | 192        |
| 7.4.3 直流电动机的分类和机械特性                                 | 194        |
| 7.4.4 直流电动机的运行                                      | 196        |
| *7.5 伺服电动机                                          | 200        |
| 7.5.1 交流伺服电动机                                       | 200        |
| 7.5.2 直流伺服电动机                                       | 204        |
| *7.6 电动机的选择                                         | 204        |
| 7.6.1 电动机的发热与冷却                                     | 205        |
| 7.6.2 电动机的绝缘材料和允许温升                                 | 207        |
| 7.6.3 电动机的工作方式                                      | 207        |
| 7.6.4 电动机的负载功率计算                                    | 209        |
| 7.6.5 电动机容量的选择                                      | 210        |
| 7.7 Practical Perspective: The DSP in Motor Control | 212        |
| Summary                                             | 213        |
| Problems                                            | 214        |
| <b>第8章 电气控制技术</b>                                   | <b>216</b> |
| 8.1 常用低压控制电器                                        | 216        |
| 8.1.1 开关电器                                          | 216        |
| 8.1.2 触头                                            | 219        |
| 8.1.3 继电器                                           | 220        |
| 8.2 三相异步电动机控制电路                                     | 224        |
| 8.2.1 启动和正反转控制电路                                    | 224        |
| 8.2.2 时间控制和行程控制                                     | 229        |
| 8.2.3 异步电动机的顺序控制                                    | 233        |
| 8.2.4 异步电动机的软启动                                     | 234        |
| 8.2.5 异步电动机的变频调速                                    | 235        |
| 8.3 可编程控制器                                          | 244        |

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.3.1 可编程控制器的结构及工作原理.....                                        | 244 |
| 8.3.2 可编程控制器的基本指令和编程.....                                        | 249 |
| 8.3.3 可编程控制器的应用.....                                             | 257 |
| 8.4 Practical Perspective: PLC Application: Mixing Process ..... | 260 |
| Summary .....                                                    | 261 |
| Problems .....                                                   | 261 |
| 词汇对照表.....                                                       | 265 |

## 电路的基本概念和电路元件

电路由电路元件构成,是电工技术和电子技术的基础。本章主要讨论电路的基本概念和电路元件,这些内容是分析与计算电路的基础。在基本概念部分主要介绍电路的基本物理量、参考方向和电路的工作状态;在电路元件部分主要介绍电阻元件、电感元件、电容元件等无源电路元件以及独立电流源和独立电压源等有源电路元件。

### 1.1 电路和电路的模型

#### 1.1.1 电路

电路(circuit)是电流的通路,是由电路元件(circuit element)按照一定方式组合起来的。电路的基本功能可以分为两类。一类用于电能的分配和转换,例如,发电设备将热能、水能或风能转换为电能,经由变压器和输电线,对电能进行传输和分配,送至工厂、家庭等场所,再将电能转换成机械能、热能和光能等。这类电路由于电压较高,电流和功率较大,习惯上常称为“强电”(force electricity)电路。另一类用于信号的采集、存储、传输和处理,例如,天气预报的生成系统由气象卫星、雷达站和大量气象站的传感器收集包括云量、降水和风速等数据,由电子通信系统传输,经计算机处理,生成天气预报。计算机网络、电话系统、消防报警和有线电视等也属于这类电路,一般而言,这类电路电压较低,电流和功率较小,习惯上常称为“弱电”(weak electricity)电路。

#### 1.1.2 电路模型

构成实际电路的元件或器件,往往表现出较为复杂的电磁特性。为了便于对实际电路进行分析和数学描述,常常将其近似看作由理想电路元件构成,理想化后的电路称为电路模

型(circuit model)。在本书后续的章节中,分析的都是理想电路元件(简称电路元件)和理想电路模型(简称电路)。理想电路元件主要有电阻元件(resistance element)、电感元件(inductance element)、电容元件(capacitance element)和电源元件(source element)等。

在实际元件理想化(或模型化)过程中,突出了其主要的电磁性质,忽略了其次要因素,也就是对实际电路电磁性质的科学抽象和概括的过程。

## 1.2 电路的基本物理量及参考方向

电流(current)、电位(electric potential)、电压(voltage)、电动势(electromotive force, EMF)和电功率(electric power)等是电路的基本物理量。

图 1-1 所示为手电筒的实物模型和电路模型,这是一种最简单的直流电阻电路,以此为例,引入电路的基本物理量和参考方向。图中, $E$ 、 $U$  和  $R_0$  分别为电源的电动势、端电压和内阻(internal resistance),  $R$  为负载电阻(load resistance)。当开关闭合后,电路中有电流  $I$ 。

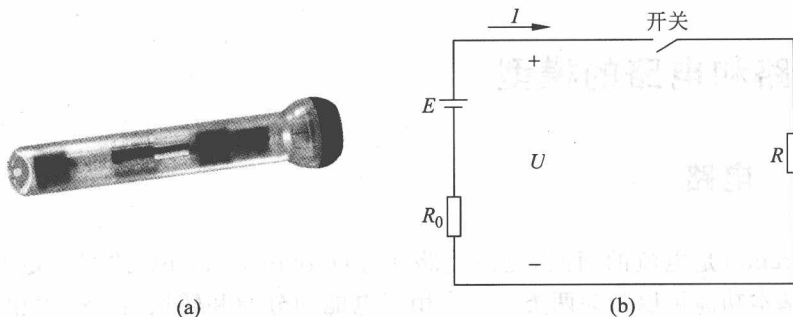


图 1-1 手电筒的电路模型

(a) 实物模型; (b) 电路模型

在分析电路时用箭标或“+”、“-”符号在电路图上标出各基本物理量的方向或极性,并依此列出电路方程。电压和电流的方向分为实际方向(actual direction)和参考方向(reference direction),下面分别介绍。

### 1.2.1 电流

电荷对时间的变化率称为电流,即

$$i = \frac{dq}{dt}$$

式中,电荷  $q$  的单位为库仑(C);时间的单位为秒(s);电流的单位是安[培](A)。当 1 s 内

通过导体截面积的电荷量为 1 C 时,则电流为 1 A。计量微小的电流时,以毫安(mA)或微安( $\mu$ A)为单位。

电荷的定向移动形成电流,通常将电流的实际方向规定为正电荷运动的方向或负电荷运动的相反方向。电流的方向是客观存在的,但在分析较为复杂的直流(direct current, DC, dc, d. c.)电路时,往往难以事先判断某支路中电流的实际方向;在分析交流(alternating current, AC, ac, a. c.)电路时,电流方向随时间而变,在电路图上无法用一个箭标来表示它的实际方向。为此,在分析与计算电路时,常常任意选定某一方向作为电流的参考方向,称为正方向。所选的电流参考方向并不一定与电流的实际方向一致。当电流的实际方向与其参考方向一致时,则电流为正值(图 1-2(a));反之,当电流的实际方向与其参考方向相反时,则电流为负值(图 1-2(b))。因此,在参考方向选定之后,电流值才有正负之分。

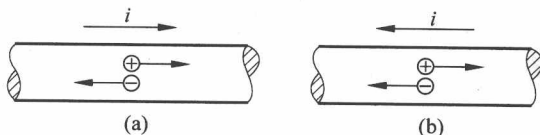


图 1-2 电流的参考方向

(a) 实际方向与参考方向一致,电流为正值;(b) 实际方向与参考方向相反,电流为负值

如果电流的大小和方向都不随时间变化,即  $\frac{dq}{dt}$  为常数,则称其为直流电流,用大写字母  $I$  表示。如果电流的大小和方向都随时间变化,即  $\frac{dq}{dt}$  为变数,则称其为交流电流,用小写字母  $i$  表示。

### 1.2.2 电位

电位在物理学中称为电势,某点电位在数值上等于电场力将单位正电荷沿任意路径从该点移动到电路中电位参考点所做的功。

电位是一个相对于参考点的物理量,电路中参考点选择不同,各点的电位也不同;但是参考点一经选定,电路中各点的电位也就唯一确定。通常,因为大地容纳电荷的能力极大,电位稳定,其电位不会因为局部电荷量的变化而受影响,人们认为大地的电位为零。因此,电路中参考点用“接地”符号“ $\perp$ ”表示。电路中参考点的所谓“接地”,并不一定真的与大地相连,可以任意选取,在电子电路中通常选取公共点或机壳为参考点,参考点电位为 0。相对于该参考点,电路中  $a$  点的电位记为  $U_a$ ,单位是伏[特](V)。

### 1.2.3 电压

电压是由于电路中两点电位的高低差别而形成的,又称为电位差。电压是一个绝对量,