

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



电工技术基础

薛蕊 张凤芝 高婷婷 李华光 赵梅莲 编著

清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



电工技术基础

薛蕊 张凤芝 高婷婷 李华光 赵梅莲 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书系统介绍了电工技术基础的基本概念、基本理论、基本方法及其在实际中的应用,分为电工技术基础理论和电工技术基础实验两部分,理论部分共7章,实验共19个。

本书内容主要包括电路的基本概念和定律、电路的基本分析方法、单相正弦电路的分析、三相电路的分析、变压器、电动机及其控制线路、安全用电等。本书集电工技术理论和实践于一体,叙述清晰、结构合理、重点突出、通俗易懂。

本书适合高职高专院校工科电类及非电类各专业的学生使用,还可供有关工程技术人员学习参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

电工技术基础/薛蕊等编著. —北京:清华大学出版社,2012.6

(21世纪高等学校规划教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-28089-7

I. ①电… II. ①薛… III. ①电工技术—高等学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第028061号

责任编辑:魏江江 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁 毅

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

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

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:15.25

字 数:378千字

版 次:2012年6月第1版

印 次:2012年6月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00元

产品编号:042185-01

编审委员会成员

东南大学	王志功	教授
南京大学	王新龙	教授
南京航空航天大学	王成华	教授
解放军理工大学	邓元庆	教授
	刘景夏	副教授
上海大学	方 勇	教授
上海交通大学	朱 杰	教授
	何 晨	教授
华中科技大学	严国萍	教授
	朱定华	教授
华中师范大学	吴彦文	教授
武汉理工大学	刘复华	教授
	李中年	教授
宁波大学	蒋刚毅	教授
天津大学	王成山	教授
	郭维廉	教授
中国科学技术大学	王煦法	教授
	郭从良	教授
	徐佩霞	教授
苏州大学	赵鹤鸣	教授
山东大学	刘志军	教授
山东科技大学	郑永果	教授
东北师范大学	朱守正	教授
沈阳工业学院	张秉权	教授
长春大学	张丽英	教授
吉林大学	林 君	教授
湖南大学	何怡刚	教授
长沙理工大学	曾喆昭	教授
华南理工大学	冯久超	教授



西南交通大学

冯全源 教授

金炜东 教授

重庆工学院

余成波 教授

重庆通信学院

曾凡鑫 教授

重庆大学

曾孝平 教授

重庆邮电学院

谢显中 教授

张德民 教授

西安电子科技大学

彭启琮 教授

樊昌信 教授

西北工业大学

何明一 教授

集美大学

迟 岩 教授

云南大学

刘惟一 教授

东华大学

方建安 教授

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

- (1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。
- (6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。
- (7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。
- (8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup. tsinghua. edu. cn

前言

“电工技术基础”是电类及非电类专业的技术基础课程。通过本课程的学习,应使学生学到电工技术必要的基础理论、基本知识和技能,了解电工技术发展的概况,为学习后续专业课程以及从事有关的工程技术工作打下良好的理论和实践基础。

本书取材以工程实践中所需的电工技术基本知识、基本技能、基本理论为主。以应用为目的,够用为原则,精选内容,强调基本概念,注重应用而不着力于公式推导和理论的论证。本书在保证满足课程基本教学的前提下,适当增加了一些选学内容。这些内容在章节前均标有“*”号。

本书共分为电工技术基础理论和电工技术基础实验两部分。理论部分共分为7章:第1章“直流电路”,介绍直流电路的基本知识、电路的基本概念和基本物理量、基本定律、直流电路的分析方法等;第2章“正弦交流电路”,介绍正弦交流电路的基本知识和分析方法,主要包括正弦交流量的三要素和相量表示法、单一参数正弦交流电路、RLC串联交流电路和功率因数的提高等;第3章“三相正弦交流电路”,内容包括三相交流电路各物理量的表示方法、三相交流电路电源和负载的连结方式以及功率的计算等;第4章“变压器”,主要介绍变压器的工作原理、变压器的额定值、变压器绕组的极性的判别方法、三相变压器和特殊变压器的介绍等;第5章“电动机”,主要介绍三相异步电动机,包括三相异步电动机的结构及转动原理和三相异步电动机的运行与控制,另外还介绍单相异步电动机和直流电动机的基本工作原理,这两部分作为选修内容;第6章“低压电器及其控制线路”,主要介绍一些常用的控制电器的工作原理及应用、三相异步电动机的启动、制动及其控制电路,另外还介绍电气控制电路的原理图与接线图画法,这两部分作为选修内容;第7章“供电与安全用电”,内容主要包括电力系统基本知识、触电和防止触电的保护措施、电气防火和防爆、雷电和静电的防护、安全用电和触电急救常识等。实验部分共有19个实验,每个实验都紧扣理论内容,其中实验十“RC一阶电路的响应测试”、实验十二“交流电路等效参数的测量”、实验十三“正弦稳态交流电路相量的研究”、实验十五“三相电路功率的测量”、实验十六“单相电度表的校验”为选修内容。根据本书内容共安排64~80个学时,用书者可根据实际情况加以调整。

本书的基础理论知识由浅入深、原理清晰。在重点介绍电工技术基础知识的同时,每章节给出了一些典型的应用实例,目的是使学生易于理解和掌握所学理论知识,提高学生的实践操作能力,拓展学生的知识面。教材后半部分安排了有关实验,这样更能促进学生对理论知识的掌握,同时还锻炼了学生的动手能力。

本书第1章由赵梅莲编写;第2章和第7章由高婷婷编写;第3~5章由薛蕊编写;

第6章由张凤艺编写；实验部分由李华光编写，全书由薛蕊、张凤艺统稿。山东理工大学的万隆多次审阅了本书稿并提出了宝贵意见，在此一并致谢！

由于作者水平有限，虽经多次审阅，书中难免有不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2011年11月

目 录

第一篇 电工技术基础理论

第 1 章 直流电路	3
1.1 电路分析的基础知识	3
1.1.1 电路和电路模型	3
1.1.2 电路中的主要物理量	4
1.1.3 电路的工作状态及电器设备的额定值	8
1.1.4 线性电路元件及其伏安特性	10
1.1.5 电阻的串并联关系	15
1.1.6 电路中的电位及其计算	16
1.2 电路的基本定律及分析方法	18
1.2.1 基尔霍夫定律	18
1.2.2 支路电流法	20
1.2.3 叠加定理	21
1.2.4 戴维南定理	22
本章小结	23
检测题	24
第 2 章 正弦交流电路	26
2.1 正弦交流电路的基本概念	26
2.2 正弦量的相量表示法	32
2.3 单一参数的正弦交流电路	37
2.4 正弦交流电路的分析方法	45
2.5 RLC 串联交流电路	49
2.6 电路的谐振	55
2.7 功率因数的提高	59
本章小结	61
检测题	63
第 3 章 三相正弦交流电路	66
3.1 对称三相交流电源	66
3.2 三相电源的连结	68

3.3 三相负载的连结·····	70
3.4 对称三相电路的功率·····	74
本章小结·····	75
检测题·····	77
第4章 变压器 ·····	80
4.1 变压器概述·····	80
4.2 变压器的工作原理·····	81
4.3 变压器的额定值及运行特性·····	84
4.4 变压器绕组的极性·····	86
4.5 三相变压器·····	87
4.6 特殊变压器·····	89
本章小结·····	90
检测题·····	90
第5章 电动机 ·····	94
5.1 三相异步电动机·····	94
5.1.1 三相异步电动机的结构及转动原理·····	94
5.1.2 三相异步电动机的转速原理·····	100
5.1.3 三相异步电动机的运行与控制·····	101
*5.2 单相异步电动机·····	104
*5.3 直流电动机·····	106
本章小结·····	108
检测题·····	110
第6章 低压电器及其控制线路 ·····	113
6.1 常用的控制电器·····	113
6.1.1 接触器·····	113
6.1.2 继电器·····	116
6.2 电气控制电路的原理图与接线图·····	121
6.2.1 电气控制电路常用的图形符号和文字符号·····	121
6.2.2 电气控制电路的回路标号·····	121
6.2.3 电气控制系统图·····	122
6.3 三相异步电动机的启动及其控制电路·····	124
6.4 三相异步电动机制动及其控制电路·····	128
本章小结·····	130
检测题·····	132
第7章 供电与安全用电 ·····	133
7.1 电力系统基本知识·····	133

7.2 工厂供电概述	136
7.3 触电	137
7.4 防止触电的保护措施	140
7.5 电气防火和防爆	143
7.6 雷电与静电的防护	145
7.7 安全用电和触电急救常识	149
本章小结	152
检测题	153

第二篇 电工技术基础实验

实验一 KDH-2000 型电学实验台、元器件的认识,简单电路的连接	157
实验二 万用表的使用	161
实验三 减小仪表测量误差的方法	164
实验四 电路元件伏安特性的测试	168
实验五 基尔霍夫定律的验证	172
实验六 叠加原理的验证	174
实验七 电压源与电流源的等效变换	177
实验八 戴维南定理和诺顿定理	181
实验九 示波器和信号发生器的使用	186
* 实验十 RC 一阶电路的响应测试	190
实验十一 RLC 串联谐振电路	193
* 实验十二 交流电路等效参数的测量	196
* 实验十三 正弦稳态交流电路相量的研究	200
实验十四 三相负载的Y- Δ 连接	203
* 实验十五 三相电路功率的测量	206
* 实验十六 单相电度表的校验	210
实验十七 三相笼式异步电动机	213
实验十八 三相异步电动机正反转控制	215
实验十九 异步电动机Y- Δ 启动控制	219
课后习题答案	223
参考文献	229

第 一 篇

电工技术基础理论

- 第1章 直流电路
- 第2章 正弦交流电路
- 第3章 三相正弦交流电路
- 第4章 变压器
- 第5章 电动机
- 第6章 低压电器及其控制线路
- 第7章 供电与安全用电

第1章

直流电路

直流电路是电工电子电路的基础,是电路的最基本形式,直流电路中的一些定律与定理在其他应用电路中同样适用。掌握直流电路的分析方法,是研究其他电路的基础。本章介绍电路中的基本物理量、基本概念和基本定律,着重讨论电流和电压的参考方向、基尔霍夫定律及电路等效原理等。通过本章的学习,读者可以了解和掌握电路的基本概念和定律,为后续分析复杂电路打下基础。

1.1 电路分析的基础知识

本节知识点简介

- 了解电路的基本组成及各部分的作用;
- 理解电路模型在电路分析中的作用;
- 熟悉电路常见的三种状态及其特点;
- 理解参考方向在电路分析中的作用;
- 掌握电路中电压和电位的不同点及测量方法。

1.1.1 电路和电路模型

1. 电路的组成和功能

电流通过的路径叫电路。把一些电器设备或元器件用导线连成的网络统称为电路,电流通过这些网络时,能够按照人们的实际需求,实现期望达到的功能。

1) 电路的组成

一个完整的电路由电源、负载和中间环节三部分组成。

电源:向电路提供电能的设备,它将其他形式的能转换为电能。例如干电池将化学能转换为电能,发电机将机械能转换为电能等。

负载:在电路中接收电能的设备,它将电能转换为其他形式的能。例如白炽灯将电能转换为热能和光能,电动机将电能转换为机械能、热能等。负载是各类电器的统称。

中间环节:连接电源和负载的部分,起传输和分配电能的作用,如继电器、输电线等。

2) 电路的功能

电路按其功能可分为两类:一类是电力系统的应用电路,是用来传送电能的强电电路,一般由发电机、变压器、开关、电动机等元器件用导线连接而成,主要功能是对发电厂发出的

电能进行传输、分配和转换等；另一类是电子技术的应用电路，是产生、处理或传送信号的弱电电路，常由电阻、电容、二极管、晶体管、集成芯片等元器件用导线连接而成，主要功能是实现对各种信号、传输数据的存储和处理等。

2. 电路模型

实际电路中电气元件的品种繁多，在电路分析中为了简化分析和计算，通常在一定条件下，突出实际电路元件的主要电磁性质，忽略其次要因素，把它近似地看作理想电路元件。例如用“电阻”这个理想的电路元件来代替电阻器、电阻炉、灯泡等消耗电能的实际元件，用内电阻和理想电压源相互串连的理想元件的组合来代替实际的电池等。

在电工技术中，常用的理想电路元件有 5 种，如图 1-1 所示，它们可以表征千万种实际器件。

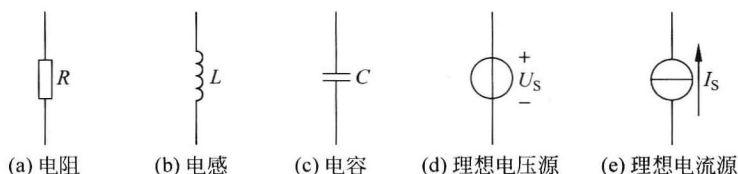


图 1-1 理想电路元件

用一个理想电路元件或几个理想电路元件的组合来代替实际电路中的具体元件，称为实际电路的模型化。由理想电路元件构成的电路称为电路模型，如图 1-2 所示。

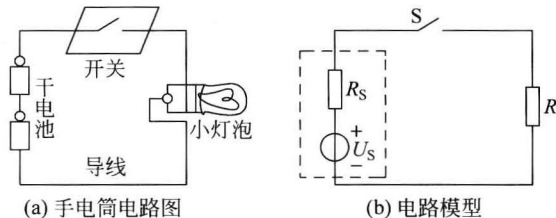


图 1-2 手电筒电路图和电路模型

1.1.2 电路中的主要物理量

1. 电流

1) 电流的大小

电流的强弱用电流强度来量度，其大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量。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

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

一般情况下电流强度是随时间而变的，如果电流强度不随时间而变，即 $dq/dt = \text{常数}$ ，则这种电流就称为恒定电流，简称直流，它所通过的路径就是直流电路。在直流电路中，式(1-1)可写成

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

在国际单位制(简称 SI)中,规定电流的单位是安培,符号为 A。实际应用中还用到毫安、微安等较小的单位, $1\text{A}=10^3\text{mA}=10^6\mu\text{A}$; Q 为电荷量,单位是库仑,用 C 表示; t 是时间,单位是秒,用 s 表示。

2) 电流的方向

习惯上,我们规定正电荷移动的方向或负电荷移动的反方向为电流的实际方向,如图 1-3 所示。

电流的方向是客观存在的。在简单电路情况下,人们很容易判断出电流的实际方向,如图 1-4(a)中的 I_1 、 I_2 。若在图中 a、b 点间再接入一个电阻,如图 1-4(b)所示,那么该电阻中的电流方向就很难直观判断了。另外,在交流电路中,电流是随时间变化的,在图上也无法表示其方向。为了解决这一问题,需引入电流的参考方向这一概念。

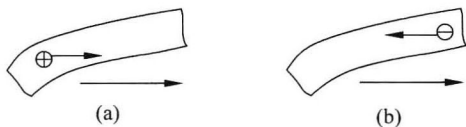


图 1-3 电流的方向

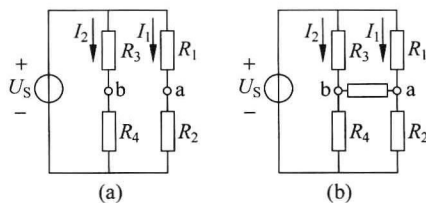


图 1-4 电流方向的判断

参考方向是一种假定的方向,可以任意指定,在电路中一般用箭头表示。当然,所选的电流参考方向不一定是电流的实际方向。实际方向必须根据计算结果判断:若得数为正,说明参考方向 and 实际方向一致;若得数为负,则说明参考方向 and 实际方向相反,如图 1-5 所示。对电路进行分析计算时,必须在电路图中标明电流的参考方向。今后如无特别说明,电路图中标出的电流方向都是指参考方向。

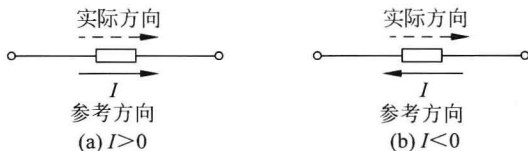


图 1-5 电流的参考方向与实际方向

2. 电压

1) 电压的大小

通常情况下,导体中电荷的运动是杂乱无章的,因而不能产生电流。要使导体中有电流通过,导体两端必须有电压的作用,正像自来水管中水的定向流动必须有水压的作用一样。水压由重力或压力产生,电压是由电荷之间的引力或斥力即电场力的作用产生的,所以电压的定义为:单位正电荷从 a 点移动到 b 点电场力所做的功,记为

$$U_{ab} = \frac{W}{q} \quad (1-3)$$

在国际单位制中,电压的单位是伏特(V)。当电场力把 1C(库仑)的电荷从一点移到另