



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 电工学简明教程

( 第三版 )

秦曾煌 主编

高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 电工学简明教程

DIANGONGXUE JIANMING JIAOCHENG

( 第三版 )

秦曾煌 主编

高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书第一版为“高等教育百门精品课程教材建设计划”精品项目成果之一,第二版为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,2008年被评为普通高等教育精品教材,荣获第八届全国高校出版社优秀畅销书一等奖。

本教材(第三版)是在第二版的基础上总结、提高、修订编写的,上篇(电工技术)是电路—电机(含电机控制)的知识体系,改写了部分章节,使电路基础理论和电机应用技术的脉络更加清晰。下篇(电子技术)是器件—电路—系统的知识体系,改写并调整了多处,增加了知识性和趣味性的应用实例与设计,有利于学生建立系统的概念,掌握电子技术的理论知识,增强实践能力。修订后,教材每小节的【练习与思考】更具启发性。每章的习题分为“选择题”、“基本题”和“拓宽题”三个层次,极富灵活性,对教师选留作业和学生自学非常有利。

本次修订再版,凝聚了编者几十年丰富的教学经验和编写教材的深刻体会。

本书适用于高等学校非电类专业少学时(总学时约为80学时,其中讲授约为60学时)电工学课程,也适用于高职高专及成人高等教育的非电类专业。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工学简明教程 / 秦曾煌主编. --3版. --北京:  
高等教育出版社, 2015.3  
ISBN 978-7-04-034496-7

I. ①电… II. ①秦… III. ①电工学-高等学校-教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第227900号

策划编辑 金春英 责任编辑 许海平 封面设计 于文燕 版式设计 余杨  
插图绘制 黄建英 责任校对 王雨 责任印制 韩刚

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街4号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.landraco.com">http://www.landraco.com</a>
印 刷	涿州市星河印刷有限公司		<a href="http://www.landraco.com.cn">http://www.landraco.com.cn</a>
开 本	787mm×960mm 1/16	版 次	2001年12月第1版
印 张	31.5		2015年3月第3版
字 数	570千字	印 次	2015年3月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	45.40元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 34496-00

## 作者声明

未经本书作者和高等教育出版社书面许可,任何单位和个人均不得以任何形式将《电工学简明教程(第三版)》中的【练习与思考题】和【习题】做出解答后出版,不得翻印或在出版物中选编、摘录本书的内容;否则,将依照《中华人民共和国著作权法》追究法律责任。

## 第三版前言

高等学校教材是传授知识与培养专业人才并发展其智能的重要工具,既要打好理论基础,又要反映国内外科学技术的先进水平,同时要符合学生的认知规律和教学要求,以利于不断提高教学质量,更好地为国家现代化经济建设服务。编者积 50 年教材编写经验,深知欲达到上述教学目的,必须对教材内容正确处理好“继承与更新”、“教与学”、“学与用”和“内容多与学时少”四个关系。

### 1. 正确处理“继承与更新”的关系

正确处理“继承与更新”的关系,实质上是精选课程的教学内容,它是教学改革的中心环节。对电工学课程来讲,精选教学内容要根据电工学课程的性质和地位、工科非电类专业的需求和电工与电子技术的发展,从打好基础、保持先进、加强应用、培养能力出发来精选和强化课程的基本内容(基本理论、基本知识和基本技能)。

课程基本内容有其基础性。电工学课程的基本内容是工科非电类专业所需要的电工与电子技术基础内容,其中长期起作用的(如电路理论)或不一定长期但当前还在起作用的(如继电接触控制系统),要继承下来。在传统内容中也不乏陈旧的和不是非电类专业的基础性内容,要坚决删去。例如对电机部分而言:重点突出三相异步电动机,着重分析电机的外部特性和正确使用。对分立元器件放大电路而言:可以精简,但应继承,它毕竟是集成电路的基础,在本版中特别从多方面反复强调晶体管的放大、饱和和截止三种工作状态,与数字电路有机结合,前后呼应;至于图解分析法,它是一种教学性内容,通过它能清楚表明放大电路中各个交流分量的传输、相位和失真等现象和概念,也不宜删去。

课程基本内容有其先进性,这关系到培养的人才能否适应当代科技的发展和满足现代化经济建设的需要。随着电工与电子技术的不断发展,教材必须不断更新,陈旧的知识也必将不断被淘汰。编者要总结过去,着眼当前,预测未来。近年来已将可编程控制器、可编程逻辑器件、电力电子技术及仿真软件等新器件和新技术编入本教材。

课程基本内容有其应用性,联系实际,学以致用。

### 2. 正确处理“教与学”的关系

在教学过程中,学生是主体,教师起主导作用。所谓主导作用,主要是要采用启发式教学来调动学生学习的积极性和主动性,让他们在学习过程中不断处于思维状态。凡是经过自己思考和努力钻研而获得的知识,是牢固的,能真正深

入理解的;光听不思考,即使听懂了,也是不牢固的,可能一知半解,学而不思则罔。通过启发式教学,同时也提高了学生的思维能力,提高了分析和解决问题的能力。

教材是给教师讲课用的,为配合教师启发式教学和学生自主学习,编写教材不能平铺直叙。问题提出,内容分析,层次安排,例题选用,最后总结得出结论,都要符合读者的认知规律,一步步,一层层,循循善诱,让学习者积极思考,逐步领悟和理解。

在教材中,常采用“提出问题,分析问题,得出结论,举例应用”的教学方法,让学生带着问题学。每小节后的【练习与思考】,大多是从几十年的教学实践中积累提炼而得,也极富有启发性、概念性、思考性和实用性。

### 3. 正确处理“学与用”的关系

工科非电类专业学生学习电工学重在应用,他们应具有将电工与电子技术应用于本专业和发展本专业的一定能力。但据有些毕业生反映,“学了不会用”。这值得深思,分析研究。原因是多方面的:如理论脱离实际,教学内容不联系实际应用,不从国情实际出发;在教学中忽视培养分析和解决实际问题的能力;实验强调验证理论,而对实验技能的训练不重视;讲课只“纸上谈兵”,不联系实物,不示以实物,学习抽象;学生自身不会活学活用。另外,“懂与用”还有因果关系,懂得某个定律或某个设备的原理,用起来就得心应手。例如,若懂得示波器面板上各个旋钮的调节功能,很快就会调出需要的稳定波形来;否则,盲目乱动,一无所得。

学了会用,一是指会应用基本定律、基本定理和基本分析方法;二是指会正确使用常用的电机电器、仪表仪器以及各种电子元器件;三是指从“元器件—电路—系统”出发会分析某种应用电路(例如教材每章后的应用举例)或会设计简单的应用电路,重要的一点就是不要孤立地去看一个元器件(或单元电路),应有完整的系统概念,注意它们之间是如何联系的,既要看到树木,更要看到森林。为此,教材中要有的放矢训练学生在上述几方面的应用能力。在本版习题中,减少了理论计算题,增加了应用类题。

### 4. 正确处理“内容多与学时少”的关系

传统内容删去不多,新内容涌进不少,而学时又一再减少,“内容多与学时少”的矛盾必然会产生,并且日益突出,这是正常的客观现象。教材不是讲稿,不是讲多少写多少,但也不是写多少讲多少。教材内容除满足教学基本要求外,还应有拓宽性和参考性内容,以利于学生开阔视野,扩大知识面,并达到因材施教和培养学生自学能力的目的。

讲课不是照本宣科,教师要讲得少而精,着重讲原理、概念和方法,而学生要

学得多而广,不仅课后要看教材,还要看参考书。因此在校时培养学生自学能力,使之养成良好的自学习惯,显得十分重要,编者编写教材时必须为学生自学创造条件。首先,对基本概念、基本理论、基本分析方法及各部分内容的基础点要讲清讲透,让学生深入理解,牢固掌握,灵活应用,一通百通。其次,叙述和分析思路清楚,符合学生认知规律,科学系统性和逻辑性强;文字流畅,简明易懂,详略恰当;图表配合得当,含义明确。另外,对可比性内容,如单相交流电路和三相交流电路、 $RC$  电路的暂态分析和  $RL$  电路的暂态分析、 $JK$  触发器 00,01,10,11 四种逻辑功能等,只须重点抓住一个,讲深讲透,指出异同之处,其余可让学生举一反三,自行分析。配合教材编制和使用电子教案,可以加大讲课信息量,提高教学效率。

本教材是在第二版的基础上,并根据上述四个正确处理,作了精选、改写、调整和补充,更适应少学时的教学要求。

本书适用于总学时约为 80 学时的电工学课程,其中讲课约为 60 学时。

本书第 6 章可编程控制器由姜三勇编写,参加本书第一版编写的有沙学军。

本书由哈尔滨工业大学丁继盛教授审阅,他提出了宝贵意见和修改建议,在此深表谢忱。

由于编者能力有限,见解不多,本书有些内容的处理难免不够妥善,希望读者积极提出改进意见,以便今后修订提高。

编者

2011 年 10 月

# 第一版前言

本教材是参照教育部(前国家教育委员会)1995年颁发的“电工技术(电工学Ⅰ)”和“电子技术(电工学Ⅱ)”两门课程的教学基本要求编写的,并参照编者主编的《电工学》(第五版)作了精选、改写和补充。

本书可作为高等学校非电类专业少学时电工学课程的教材,也适用于高等职业教育、高等专科学校及成人高等教育的非电类专业。该课程总学时约为80学时,其中讲课约为60学时。

本书重点是电路、三相异步电动机、继电器接触器控制与可编程控制器、模拟电子电路和数字电子电路。“工业企业供电”和“计算机网络与现代通信技术”两章作为基本知识,是工科大专学生应该了解的内容,不计学时,可让学生自学。“电工测量”一章可结合实验进行教学。打\*号的章节,一般应视专业的需要、学时的多少和学生的实际水平可供教师选讲或学生参考之用。有些内容可在教师指点之下让学生通过自学掌握,不必全在课堂讲授;并建议多使用现代教学手段,以提高教学质量和效率。

本书第6章“可编程控制器”由姜三勇同志编写,第16章“计算机网络与现代通信技术”由沙学军同志编写。他们对本书的支持,作者深表谢意。

本书由哈尔滨工程大学张宝郁教授审阅,提出了宝贵意见和修改建议,在此表示衷心感谢。

由于编者能力有限,见解不多,本书有些内容难免不够妥善,甚至会有错误之处。希望读者,特别是使用本书的教师和同学积极提出批评和改进意见,以便今后修订提高。

编者

2001年5月



## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

# 目 录

## 上篇 电工技术

第 1 章 电路及其分析方法 .....	1
1.1 电路的作用与组成部分 .....	1
1.2 电路模型 .....	2
1.3 电压和电流的参考方向 .....	3
1.4 电源有载工作、开路与短路 .....	6
1.4.1 电源有载工作 .....	6
1.4.2 电源开路 .....	8
1.4.3 电源短路 .....	8
1.5 基尔霍夫定律 .....	11
1.5.1 基尔霍夫电流定律 .....	11
1.5.2 基尔霍夫电压定律 .....	12
1.6 电阻的串联与并联 .....	15
1.6.1 电阻的串联 .....	15
1.6.2 电阻的并联 .....	16
1.7 支路电流法 .....	20
1.8 叠加定理 .....	22
1.9 电源的两种模型及其等效变换 .....	24
1.9.1 电压源模型 .....	24
1.9.2 电流源模型 .....	24
1.9.3 电源两种电路模型之间的等效变换 .....	25
1.10 戴维宁定理 .....	28
1.11 电路中电位的计算 .....	31
1.12 电路的暂态分析 .....	33
1.12.1 电阻元件、电感元件和电容元件 .....	33
1.12.2 储能元件和换路定则 .....	35
1.12.3 $RC$ 电路的暂态分析 .....	36
1.12.4 $RL$ 电路的暂态分析 .....	40
习题 .....	43
第 2 章 正弦交流电路 .....	55

## II 目录

2.1 正弦电压与电流 .....	55
2.1.1 频率与周期 .....	55
2.1.2 幅值与有效值 .....	56
2.1.3 初相位 .....	58
2.2 正弦量的相量表示法 .....	60
2.3 单一参数的交流电路 .....	63
2.3.1 电阻元件的交流电路 .....	63
2.3.2 电感元件的交流电路 .....	65
2.3.3 电容元件的交流电路 .....	68
2.4 电阻、电感与电容元件串联的交流电路 .....	71
2.5 阻抗的串联与并联 .....	76
2.5.1 阻抗的串联 .....	76
2.5.2 阻抗的并联 .....	77
2.6 电路中的谐振 .....	80
2.6.1 串联谐振 .....	80
2.6.2 并联谐振 .....	82
2.7 功率因数的提高 .....	83
2.8 三相电路 .....	87
2.8.1 三相电压 .....	87
2.8.2 三相电路中负载的连接方法 .....	90
2.8.3 三相功率 .....	96
2.9 非正弦周期电压和电流 .....	97
习题 .....	100
<b>第3章 磁路和变压器</b> .....	<b>109</b>
3.1 磁路及其分析方法 .....	109
3.1.1 磁场的基本物理量 .....	109
3.1.2 磁性材料的磁性能 .....	111
3.1.3 磁路的分析方法 .....	112
3.2 交流铁心线圈电路 .....	113
3.3 变压器 .....	116
3.3.1 变压器的工作原理 .....	116
3.3.2 变压器的外特性 .....	122
3.3.3 变压器的损耗与效率 .....	122
3.3.4 特殊变压器 .....	123
3.3.5 变压器绕组的极性 .....	125
3.4 电磁铁 .....	126

习题 .....	128
<b>第 4 章 电动机</b> .....	<b>133</b>
4.1 三相异步电动机的构造 .....	133
4.2 三相异步电动机的工作原理 .....	135
4.2.1 旋转磁场 .....	135
4.2.2 电动机的转动原理 .....	137
4.2.3 转差率 .....	138
4.3 三相异步电动机的电路分析 .....	139
4.3.1 定子电路 .....	139
4.3.2 转子电路 .....	140
4.4 三相异步电动机的转矩与机械特性 .....	142
4.4.1 转矩公式 .....	142
4.4.2 机械特性曲线 .....	142
4.5 三相异步电动机的起动 .....	145
4.5.1 起动性能 .....	145
4.5.2 起动方法 .....	146
4.6 三相异步电动机的调速 .....	150
4.6.1 变频调速 .....	151
4.6.2 变极调速 .....	151
4.6.3 变转差率调速 .....	152
* 4.7 三相异步电动机的制动 .....	152
4.7.1 能耗制动 .....	153
4.7.2 反接制动 .....	153
4.8 三相异步电动机的铭牌数据 .....	154
4.9 单相异步电动机 .....	158
4.9.1 电容分相式异步电动机 .....	158
4.9.2 罩极式异步电动机 .....	159
* 4.10 直流电动机 .....	160
* 4.11 控制电机 .....	162
4.11.1 伺服电动机 .....	162
4.11.2 步进电机 .....	164
习题 .....	168
<b>第 5 章 继电接触器控制系统</b> .....	<b>172</b>
5.1 常用控制电器 .....	172
5.1.1 组合开关 .....	172
5.1.2 按钮 .....	173

## IV 目录

5.1.3 交流接触器	173
5.1.4 中间继电器	174
5.1.5 热继电器	174
5.1.6 熔断器	175
5.1.7 空气断路器	176
5.2 笼型电动机直接起动的控制线路	177
5.3 笼型电动机正反转的控制线路	180
5.4 行程控制	181
5.5 时间控制	182
*5.6 应用举例	185
5.6.1 加热炉自动上料控制线路	185
5.6.2 C620-1 型普通车床控制线路	186
习题	188
<b>第6章 可编程控制器</b>	<b>193</b>
6.1 可编程控制器的结构和工作方式	193
6.1.1 可编程控制器的结构及各部分的作用	193
6.1.2 可编程控制器的工作方式	196
6.1.3 可编程控制器的主要技术性能	197
6.1.4 可编程控制器的主要功能和特点	199
6.2 可编程控制器的程序编制	200
6.2.1 可编程控制器的编程语言	200
6.2.2 可编程控制器的编程原则和方法	202
6.2.3 可编程控制器的指令系统	205
*6.3 可编程控制器控制系统设计方法及应用举例	220
6.3.1 PLC 控制系统设计方法	220
6.3.2 应用举例	222
习题	225
<b>第7章 工业企业供电与安全用电</b>	<b>229</b>
7.1 发电、输电和配电概述	229
7.2 安全用电	232
7.2.1 电流对人体的危害	232
7.2.2 触电方式	233
7.2.3 接地和接零	234
7.3 节约用电	236
习题	236
<b>第8章 电工测量</b>	<b>237</b>

8.1 电工测量仪表的分类	237
8.2 电工测量仪表的类型	240
8.2.1 磁电式仪表	240
8.2.2 电磁式仪表	242
8.2.3 电动式仪表	243
8.3 电流的测量	244
8.4 电压的测量	246
8.5 万用表	247
8.5.1 磁电式万用表	247
8.5.2 数字式万用表	249
8.6 功率的测量	250
8.6.1 单相交流和直流功率的测量	251
8.6.2 三相功率的测量	251
8.7 兆欧表	253
习题	254

## 下篇 电子技术

第9章 半导体器件	257
9.1 半导体的导电特性	257
9.1.1 本征半导体	257
9.1.2 N型半导体和P型半导体	258
9.1.3 PN结及其单向导电性	258
9.2 二极管	259
9.2.1 基本结构	259
9.2.2 伏安特性	259
9.2.3 主要参数	261
9.3 稳压二极管	264
9.4 双极型晶体管	266
9.4.1 基本结构	266
9.4.2 电流分配和放大原理	267
9.4.3 特性曲线	270
9.4.4 主要参数	273
9.5 光电器件	275
9.5.1 发光二极管	275
9.5.2 光电二极管	276
9.5.3 光电晶体管	277

习题	278
<b>第 10 章 基本放大电路</b>	<b>284</b>
10.1 共发射极放大电路的组成	284
10.2 共发射极放大电路的分析	285
10.2.1 静态分析	286
10.2.2 动态分析	287
10.3 静态工作点的稳定	294
10.4 射极输出器	297
10.4.1 静态分析	297
10.4.2 动态分析	298
10.5 差分放大电路	301
10.5.1 静态分析	301
10.5.2 动态分析	302
10.6 互补对称功率放大电路	306
10.6.1 对功率放大电路的基本要求	306
10.6.2 互补对称放大电路	307
10.7 场效晶体管及其放大电路	309
10.7.1 绝缘栅场效晶体管	309
10.7.2 场效晶体管放大电路	312
习题	314
<b>第 11 章 集成运算放大器</b>	<b>321</b>
11.1 集成运算放大器的简单介绍	321
11.1.1 集成运算放大器的组成	321
11.1.2 主要参数	323
11.1.3 理想运算放大器及其分析依据	324
11.2 放大电路中的负反馈	326
11.2.1 反馈的基本概念	326
11.2.2 负反馈与正反馈的判别	327
11.2.3 负反馈的类型	328
11.2.4 负反馈对放大电路工作性能的影响	331
11.2.5 分立元器件放大电路中的负反馈	334
11.3 运算放大器在信号运算方面的应用	335
11.3.1 比例运算	335
11.3.2 加法运算	338
11.3.3 减法运算	339
11.3.4 积分运算	340

11.3.5	微分运算	341
11.4	运算放大器在信号处理方面的应用	342
*11.4.1	有源滤波器	342
11.4.2	电压比较器	345
11.5	运算放大器在波形产生方面的应用	348
11.5.1	RC 正弦波振荡电路	348
*11.5.2	矩形波发生器	350
11.6	使用运算放大器应注意的几个问题	351
11.6.1	选用元器件	351
11.6.2	消振	351
11.6.3	调零	351
11.6.4	保护	352
11.6.5	扩大输出电流	352
	习题	353
<b>第 12 章</b>	<b>直流稳压电源</b>	<b>363</b>
12.1	整流电路	363
12.2	滤波器	366
12.2.1	电容滤波器(C 滤波器)	366
12.2.2	电感电容滤波器(LC 滤波器)	368
12.3	直流稳压电源	368
12.3.1	稳压二极管稳压电路	369
12.3.2	集成稳压电源	370
*12.4	晶闸管和可控整流电路	372
12.4.1	晶闸管	372
12.4.2	可控整流电路	375
	习题	377
<b>第 13 章</b>	<b>门电路和组合逻辑电路</b>	<b>381</b>
13.1	基本门电路及其组合	381
13.1.1	逻辑门电路的基本概念	381
13.1.2	分立元器件基本逻辑门电路	383
13.1.3	基本逻辑门电路的组合	386
13.2	TTL 门电路	389
13.2.1	TTL 与非门电路	390
13.2.2	TTL 三态输出与非门电路	392
13.3	CMOS 门电路	394
13.3.1	CMOS 非门电路	394



13.3.2	CMOS 与非门电路	394
13.3.3	CMOS 或非门电路	395
13.4	组合逻辑电路的分析和设计	395
13.4.1	逻辑代数	396
13.4.2	组合逻辑电路的分析	399
13.4.3	组合逻辑电路的设计	400
13.5	加法器	403
13.5.1	二进制	403
13.5.2	半加器	404
13.5.3	全加器	404
13.6	编码器	406
13.6.1	二-十进制编码器	407
*13.6.2	优先编码器	408
13.7	译码器和数字显示	409
13.7.1	二进制译码器	410
13.7.2	二-十进制显示译码器	411
*13.8	应用举例	415
13.8.1	故障报警器	415
13.8.2	水位检测电路	415
	习题	417
<b>第 14 章</b>	<b>触发器和时序逻辑电路</b>	<b>425</b>
14.1	双稳态触发器	425
14.1.1	RS 触发器	425
14.1.2	JK 触发器	429
14.1.3	D 触发器	430
14.2	寄存器	432
14.2.1	数码寄存器	432
14.2.2	移位寄存器	433
14.3	计数器	434
14.3.1	二进制计数器	434
14.3.2	十进制计数器	436
14.4	由 555 定时器组成的单稳态触发器和无稳态触发器	442
14.4.1	555 定时器	442
14.4.2	由 555 定时器组成的单稳态触发器	443
14.4.3	由 555 定时器组成的多谐振荡器	445
*14.5	应用举例	446