



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电工学概论

(第二版)

■ 朱承高 贾学堂 郑益慧 等编



高等教育出版社
Higher Education Press



清华大学出版社 中国工信出版集团

电工学概论

（第二版）

主 编 王 强 副主编 王 强 王 强 王 强



清华大学出版社
Tsinghua University Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电工学概论

(第二版)

■ 朱承高 贾学堂 郑益慧 等编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本教材是为经管、文科类专业学生编写的电工学教材,是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,其特点是:知识面宽,侧重于原理而不作深入分析,能反映现代科学技术发展水平。其内容包括电能的产生,电路,电能的传输和分配,常用电动机,安全用电和节约用电,电子器件,电子电路,电力电子技术,传感器及其应用,广播、电视、声像系统,信息通信系统,办公设备及智能卡系统,涉及日常工作、生活中所能碰到的电工与电子技术有关的原理和应用问题。其中不仅有传统的、经典的内容,还介绍了一些新技术、新发展,部分资料性的内容可供学生复习及自学参考。

本书可作为高等学校经济、管理、文科类专业及非电类各专业的教材,也可作为其他相关专业的教学参考书,并可供自学阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工学概论/朱承高等编.—2版. —北京:高等教育出版社, 2008.6

ISBN 978 - 7 - 04 - 024367 - 3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 071095 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京京科印刷有限公司

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787 × 960 1/16
印 张 29.75
字 数 560 000

版 次 2004年3月第1版
2008年6月第2版
印 次 2008年6月第1次印刷
定 价 33.90 元

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 24367 - 00

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给予严厉打击。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)58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010)82086060

E-mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

策划编辑	金春英
责任编辑	王莉莉
封面设计	于文燕
责任绘图	朱 静
版式设计	王 莹
责任校对	王 超
责任印制	尤 静

第二版前言

自2004年本书第一版出版以后,其体系、内容已逐步为国内高校同行们所了解、接受,在经管、文科类专业的电工、电子基础教学方面起了一定作用,达到了编写的初衷。但是,在教材使用中必然会出现各种问题以及不协调之处,根据所了解的情况及已发现的问题,我们对教材作了适当的修改、调整和补充,而体系、结构基本上不作变动,修订中仍坚持概貌性、原理性、知识性、先进性等特点,尽可能使教材更完善、适应性更强。

与第一版相比,第二版进行了以下几个方面的修订工作:

一、对部分内容编排作了适当调整,尽可能与目前的电工学教学体系相适应。

1. 将原第一章的卷首语编为1.1.1节“电能及电路的基本物理量”。
2. 将原第二章的2.1节“电路与电阻”改编为“电路与基尔霍夫定律”及“电阻电路”两节,并增加了“线性电路分析方法综述”的内容。
3. 将原第六章6.1.1节“二极管及其特性”和6.1.2节“稳压二极管”重编为“半导体基础知识”和“PN结和二极管”两节。
4. 将原第七章7.2.6节“扩大功率输出的方法”改编为“低频功率放大器”。
5. 将原第十一章11.5.3节“无线寻呼系统”改编为“3G移动通信”。
6. 将原第十二章12.2节“智能卡”和12.3节“智能卡读写器及终端”重编为“接触式智能卡及其应用”和“非接触式智能卡及其应用”两节。

二、增添了部分内容,尽可能与目前电工及电子技术的发展相适应。

1. 在1.1.4小节“可充电电池”中增添了“锂离子电池”的内容。
2. 将原第一章1.2.7节“其他发电方式”中的“风力发电”内容扩充为一节。
3. 在2.3.5小节“气体放电光源”中增添了“节能灯”、“冷阴极荧光灯”和“霓虹灯”的内容。
4. 在第三章中增编了3.4.4节“工厂供电”。
5. 原第五章改为“安全用电和节约用电”,并增编了5.4节“节约用电”。
6. 在第六章增编了6.2.4节“大规模集成电路概述”。
7. 在6.4.2节“液晶显示器”中增加了“液晶显示屏”的内容。
8. 在第七章增编了7.6.4节“555定时器组成的施密特触发器”。

9. 在 9.1.4 节“光传感器”中增加了“光纤传感器”的内容。

10. 在第九章中增编了 9.4 节“现代传感技术的发展”,内容包括微型、智能、生物、仿生传感器等。

11. 在第十二章中增编了 12.1.5 节“投影机”。

三、对已发现的错误及不妥之处作了修改,尽可能做到概念清楚、叙述正确、语言通顺、用词合理。

在修订过程中继续遵循以物理过程的描述为主,辅以必要的数学推理的方式进行叙述,力求深入浅出地说明问题,并尽可能引起学生的学习兴趣,能主动探索并逐步接受有关用电的各种知识。对电工、电子技术的内涵和发展有比较完整的概念。

本教材由上海交通大学电工与电子技术中心组织编写,郑益慧编写第一~第五章,贾学堂编写第六~第八章,朱承高编写第九章,父国华编写第十、十一章,赵伟峰编写第 12 章。全书由朱承高统稿,邵群协助整理了原稿。

本教材由浙江大学叶挺秀教授主审,叶教授审稿极为仔细,发现了书稿中不少细节问题,并提出了改进意见,使编者受益匪浅,在此表示衷心感谢。

本教材修订工作还得到上海交通大学电子信息与电气工程学院电工与电子技术中心领导及同仁们的支持和帮助,在此表示衷心感谢。

对本教材使用中发现的问题,请各位使用本教材的教师和同学以及其他读者不吝指正。

编者

2007 年 12 月于上海

第一版前言

编写面向经管、文科类专业的电工学教材是一种新的探索,一方面是由于这些专业教学计划所能提供的学时有限,而且不像其他一些工科专业中用电知识多多少少与专业知识结构是有直接联系的,也就是说,用电知识还不是这些专业所必需的专业基础知识。另一方面,经管、文科类专业研究、分析与思考问题的思路和方法可能与工科类专业有很大不同,前者侧重于从宏观、全面来观察分析,在一定程度上要较多地考虑人的因素,而后者则是从一个具体的物理对象来研究,往往是把问题理想化、孤立化,强调自然规律的逻辑推演,所以按照传统的工科电工学内容与要求进行教学,往往难以取得好的效果。

在当代,由于现代科技发展使得电能使用问题与人们工作条件的改善、生活质量的提高紧密地联系在一起,用电基础知识已经不是一种专业的基础技术,而是趋向于大众化教育所必需的基本内容,所以有必要重新审视以前的教学模式与教学内容,看其是否适应大众化教育的需要;有必要根据教学对象的特点,灵活地组织教学内容和要求,开设不同类型的电工学课程。即电工学课程的发展应该是多模式而不是单模式的,通过各种模式的综合才能够充分地反映整个课程发展的全貌。

针对教学对象的特点,把课程的起点及教学要求定位得比较低,教学内容的面广一些,深度浅一些,不要求学生有较强的数理知识基础及演算能力,只要求解决“是什么”问题,而不要求解决“为什么”、“怎么办”问题。为此教材内容原则上具有以下特点:

1. 概貌性。即教材中能反映出现代电气领域及用电事业的概貌,这包括电能的生产与消耗,以及电气信息产业的发展。

2. 原理性。对于所涉及的理论、设备、系统仅仅是介绍清楚其工作原理,这种讲述是建立在中学物理知识的基础上,不采用深入的数理推导、分析或证明,只要从宏观上、概念上建立对事物的正确认识,不要求学生能够深入、精确地对事物进行描述。

3. 知识性。教材内容涉及的面较广,对于一些电气产业及用电中的常识性问题力求有所体现,这些知识对于提高经管、人文类专业学生的科技素质、工程素质是极为有用的。

4. 先进性。教材不仅仅把一些经典的、传统的知识传授给学生,而且把现代科学技术中的一些新内容、新发展同时告诉学生,使他们对此有一定程度的了

解。

此外,在系统结构及叙述方法上尽可能做到把理论内容与实际用电设备及用电系统的介绍结合在一起,尽可能多介绍一些实例以增加学习兴趣;在文字方面力求通俗易懂,深入浅出,不过多地引用科技术语,避免采用过分浓缩的方法压缩字数,避免衔接上的不协调。

本教材由上海交通大学电气工程系及电工与电子技术中心组织编写,葛万来编写第1~5章,贾学堂编写第6~8章,朱承高编写第9章,段国华编写第10~11章,赵伟峰编写第12章,全书由朱承高教授统稿,朱慧红、郑益慧协助整理原稿。本书还得到中心领导和其他教师的支持和协助。

本教材由浙江大学叶挺秀教授主审,叶教授仔细地审阅了书稿,并对系统及各个细节问题都提出了不少中肯的意见,使编者受益匪浅,亦对提高教材的质量起了很大作用。

本教材的编写与出版还得到高等教育出版社有关同志以及电工学前辈孙文卿教授、张南教授的指导和帮助,在此谨向诸位关心支持、指导帮助本教材成功出版的老师们表示衷心感谢。

由于编者学识疏浅,经验不足,特别是对教材的分量与深度难以把握,在教材中必然存在不少疏漏和错误,在教学的适应性上也可能存在着各种问题,恳请使用本书的各位教师、学生及其他读者及时指正,十分感激。

编者

2003年8月于上海

目 录

绪论	1
第一章 电能的生产	8
1.1 直流电源	8
1.1.1 电能及电路的基本物理量	8
1.1.2 直流电源的特征	11
1.1.3 一次性电池	14
1.1.4 可充电电池	16
* 1.1.5 燃料电池	19
* 1.1.6 太阳能电池	20
1.1.7 直流发电机	21
1.2 交流电源	23
1.2.1 正弦交流电量	23
1.2.2 正弦交流电量的特征	23
1.2.3 三相交流电源	26
1.2.4 水力发电站	28
1.2.5 火力发电站	30
* 1.2.6 核能发电站	31
* 1.2.7 风力发电	33
* 1.2.8 其他发电方式	36
复习思考题及练习题	40
第二章 电路	42
2.1 电路与基尔霍夫定律	42
2.1.1 电路	42
2.1.2 基尔霍夫定律	43
2.2 电阻电路	45
2.2.1 交、直流纯电阻电路	45
2.2.2 电阻的串、并联电路	46
* 2.2.3 线性电路分析方法综述	48
* 2.2.4 非线性电阻的概念	54
2.3 实际的电阻性负载举例	56
2.3.1 电阻性负载及电阻器的额定值	56
* 2.3.2 电取暖器	58
* 2.3.3 电炊具	59

*2.3.4 热辐射光源	60
*2.3.5 气体放电光源	61
2.4 电感电路	66
2.4.1 磁场与电感	66
2.4.2 交、直流纯电感电路	69
2.4.3 带铁心的电感线圈电路	71
2.4.4 电感线圈与电源的接通与断开	73
2.5 电容电路	76
2.5.1 电场与电容	76
2.5.2 交、直流纯电容电路	77
2.5.3 电容器的充放电	79
2.5.4 电容器在电路中的作用	82
2.6 电路元件串联与并联的正弦交流电路	83
2.6.1 电感线圈与电容器的串联电路及串联谐振	83
2.6.2 电感线圈与电容器的并联电路及并联谐振	91
2.6.3 功率因数的提高	94
2.7 三相交流电路	95
2.7.1 三相交流负载的星形联结	96
2.7.2 三相交流负载的三角形联结	98
2.7.3 三相交流负载的功率	99
复习思考题及练习题	100
第三章 电能的传输和分配	107
3.1 电力系统的构成	107
3.2 交流输电系统	109
3.2.1 交流输电线	109
3.2.2 变压器	111
3.2.3 变电站	116
*3.3 直流输电系统	117
3.3.1 采用直流输电的原因	117
3.3.2 直流输电系统的组成	117
3.4 低压配电系统	119
3.4.1 配电方式	119
3.4.2 楼宇供电	120
3.4.3 住宅供电	121
*3.4.4 工厂供电	123
复习思考题及练习题	128
第四章 常用电动机	130
4.1 三相交流异步电动机的工作原理	130

021	4.1.1 结构	130
021	4.1.2 铭牌数据	132
001	4.1.3 旋转磁场	135
021	4.1.4 转动原理	137
001	4.2 三相交流异步电动机的使用	138
001	4.2.1 转矩特性	138
021	4.2.2 机械特性	140
001	4.2.3 起动	141
001	4.2.4 调速	143
001	4.3 三相交流异步电动机的控制	144
001	4.3.1 控制电器	144
000	4.3.2 直接起动控制	149
000	* 4.3.3 正反转控制	150
000	* 4.3.4 可编程控制简介	151
000	* 4.4 单相交流异步电动机的工作原理	154
000	4.4.1 磁场分析	155
010	4.4.2 转矩特性	156
010	4.4.3 起动方法	156
110	* 4.5 单相交流异步电动机的应用举例	158
010	4.5.1 空调器	158
010	4.5.2 电冰箱	161
010	4.5.3 洗衣机	163
010	4.5.4 电风扇	165
010	* 4.6 直流电动机的工作原理	166
010	4.6.1 结构与励磁	166
010	4.6.2 转矩及电动势	169
010	4.6.3 起动及调速	171
010	* 4.7 直流电动机的应用举例	174
010	4.7.1 电动交通工具	174
010	4.7.2 电动工具	180
010	复习思考题及练习题	181
	第五章 安全用电和节约用电	184
010	5.1 电对人体的危害	184
010	5.1.1 电流对人体的作用	184
010	5.1.2 触电方式	185
010	5.2 对低压导线及用电器的电气安全性能要求	187
010	5.2.1 低压导线	187
010	5.2.2 用电器	188

5.3 防止发生电气事故的安全措施	189
5.3.1 隔离电源和安全电压	189
5.3.2 保护接地与保护接零	190
5.3.3 过流、欠压及漏电保护	193
5.4 节约用电	194
5.4.1 加强节电管理	194
5.4.2 节电技术措施	195
复习思考题及练习题	197
第六章 电子器件	199
6.1 半导体器件	199
6.1.1 半导体基础知识	199
6.1.2 PN 结和二极管	200
6.1.3 双极晶体管	203
6.1.4 单极晶体管——场效晶体管	207
6.2 集成电路	209
6.2.1 基本概念	209
6.2.2 模拟集成电路	210
6.2.3 数字集成电路	210
6.2.4 大规模集成电路概述	211
6.3 光电器件	212
6.3.1 发光二极管	213
6.3.2 光敏二极管	213
6.3.3 光敏晶体管	214
* 6.3.4 光电耦合器	215
* 6.3.5 半导体激光器	215
6.4 电子显示器件	216
6.4.1 发光二极管显示器(LED)	216
6.4.2 液晶显示器(LCD)	217
* 6.4.3 等离子显示器(PDP)	221
* 6.4.4 阴极射线显示器(CRT)	223
复习思考题及练习题	224
第七章 电子电路	227
7.1 晶体管放大电路	227
7.1.1 双极晶体管放大电路	227
* 7.1.2 场效晶体管放大电路	235
* 7.1.3 差分放大电路	237
7.2 集成运算放大器	240
7.2.1 集成运算放大器的结构、符号及主要参数	240

7.2.2	理想运算放大器	243
7.2.3	反馈的基本概念	244
7.2.4	基本运算电路	246
7.2.5	振荡器	251
7.2.6	低频功率放大器	253
7.3	运算放大器的其他应用	259
7.3.1	电压比较器	259
* 7.3.2	有源滤波器	261
* 7.3.3	精密整流电路	264
* 7.3.4	采样保持电路	265
7.4	数字逻辑及组合逻辑电路	267
7.4.1	数制及数字逻辑	267
7.4.2	逻辑门电路	272
7.4.3	编码器和译码器	276
7.5	触发器和时序逻辑电路	281
7.5.1	触发器	281
7.5.2	计数器	285
7.5.3	寄存器	289
* 7.6	555 定时器及其应用	294
7.6.1	555 定时器的基本功能	294
7.6.2	555 定时器组成的单稳态触发器	295
7.6.3	555 定时器组成的多谐振荡器	298
7.6.4	555 定时器组成的施密特触发器	300
* 7.7	D/A 与 A/D 转换器	303
7.7.1	D/A 转换器	303
7.7.2	A/D 转换器	306
	复习思考题及练习题	311
第八章 电力电子技术		319
8.1	电力电子器件	319
8.1.1	晶闸管(SCR)	319
8.1.2	双极型功率管(GTR、BJT)	322
8.1.3	功率场效晶体管(P-MOSFET)	323
8.1.4	绝缘层双极型功率管(IGBT)	324
8.2	整流器	325
8.2.1	单相不可控整流	325
8.2.2	平滑滤波器	327
* 8.2.3	单相可控整流	329
* 8.2.4	单结晶体管触发电路	332

8.3	逆变器	335
8.3.1	单相逆变的原理	336
8.3.2	三相逆变的原理	337
8.3.3	脉冲宽度调制的原理	339
8.4	电力电子技术的应用举例	340
8.4.1	VVVF 变频器	340
8.4.2	直流稳压电源	343
8.4.3	开关型稳压电源	346
8.4.4	不间断供电电源(UPS)	347
	复习思考题及练习题	348
第九章 传感器及其应用		351
9.1	传感器	351
9.1.1	参数传感器	351
9.1.2	半导体传感器	355
9.1.3	发电传感器	357
9.1.4	光传感器	359
9.1.5	气体传感器	364
9.2	生活中的检测举例	366
9.2.1	电子秤	366
9.2.2	温度检测	367
9.2.3	远距离抄表系统	370
9.3	传感器在保安系统中的应用	372
9.3.1	烟雾报警器	372
9.3.2	煤气泄漏报警器	373
9.3.3	热检测器	374
9.3.4	红外线传感器	375
9.4	现代传感技术的发展	377
9.4.1	微型传感器	377
9.4.2	智能传感器	377
9.4.3	生物传感器	379
9.4.4	仿生传感器	384
	复习思考题及练习题	388
第十章 广播、电视、声像系统		390
10.1	无线广播	390
10.1.1	无线广播原理	390
10.1.2	调制与解调	391
10.1.3	调频立体声广播	396
10.2	电视系统	398

10.2.1	电视原理	398
10.2.2	电视广播信号	400
10.2.3	电视接收机	401
10.2.4	彩色电视机	402
10.2.5	高清晰度数字电视(HDTV)	404
10.2.6	有线电视(CATV)	405
* 10.3	声像系统	406
10.3.1	磁带录音	406
10.3.2	摄像机	407
10.3.3	CD 唱机	408
10.3.4	VCD	409
10.3.5	DVD	410
	复习思考题及练习题	410
第十一章 信息通信系统		412
11.1	概述	412
* 11.2	有线通信	414
11.2.1	电话通信线路及交换机	414
11.2.2	传真	416
11.2.3	ISDN	418
11.2.4	ADSL	419
11.3	光纤通信	420
11.3.1	光纤及光的传输	420
11.3.2	光纤通信系统的构成	421
11.4	无线通信	422
11.4.1	短波通信	422
11.4.2	微波通信	423
11.4.3	卫星通信	424
11.5	移动通信	427
11.5.1	蜂窝移动电话	427
11.5.2	CDMA	428
11.5.3	3G 移动通信	429
11.5.4	GPS	430
	复习思考题及练习题	431
第十二章 办公设备及智能卡系统		432
12.1	办公设备	432
12.1.1	打印机	432
12.1.2	扫描仪	434
12.1.3	复印机	436

12.1.4	传真机	437
12.1.5	投影机	438
* 12.2	接触式智能卡及其应用	439
12.2.1	智能卡的起源与分类	439
12.2.2	接触式智能卡	440
12.2.3	接触式智能卡读写器	443
12.2.4	接触式智能卡的典型应用	446
* 12.3	非接触式智能卡及其应用	446
12.3.1	非接触式智能卡	446
12.3.2	非接触式智能卡读写器	449
12.3.3	非接触式智能卡的典型应用	450
12.3.4	多界面智能卡	451
12.3.5	智能卡终端	451
* 12.4	智能卡系统	452
12.4.1	金融智能卡系统	452
12.4.2	交通智能卡系统	453
12.4.3	小区智能卡系统	455
12.4.4	考勤智能卡系统	458
	复习思考题及练习题	458
	参考书目	459