



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电工学概论

(第三版) (配光盘)

朱承高 郑益慧 贾学堂 等编

高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电工学概论

Diangongxue Gailun

(第三版) (配光盘)

朱承高 郑益慧 贾学堂 等编

高等教育出版社·北京

内容简介

本教材是为非电类专业编写的电工学通用教材,是在《电工学概论》(第二版)的基础上修订完成的,适用于讲课学时为 48~60 学时的“电工学”或“电工电子技术”课程。此次修订的重点是由面向经管、文科类专业的教材转变为理工类专业都适用的通用教材。

本教材所编选的教学内容覆盖了教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会制定的“电工学课程教学基本要求”所规定的内容,包括电能的产生,电路,电能的传输和分配,常用电动机及其控制,安全用电和节约用电,模拟电子电路,数字电子电路,电力电子技术,电工测量与传感器技术,广播、电视、声像系统,信息通信系统,办公设备及智能卡系统。教材的特点是知识面宽,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,部分资料性内容可供学生自学及课外阅读参考,以扩展视界。

本教材可作为高等学校理工类和经济、管理及文科类等非电类专业的教材,也可作为其他相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工学概论/朱承高,郑益慧,贾学堂编. —3 版. —北京:高等教育出版社,2014.12

ISBN 978-7-04-041435-6

I. ①电… II. ①朱… ②郑… ③贾… 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 261903 号

策划编辑 金春英
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 许海平
责任校对 刘娟娟

封面设计 于文燕
责任印制 刘思涵

版式设计 童 丹

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
印 刷 唐山市润丰印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 35.25
字 数 870 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2004 年 3 月第 1 版
2014 年 12 月第 3 版
印 次 2014 年 12 月第 1 次印刷
定 价 56.00 元(含光盘)

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 41435-00

第三版前言

本次修订的目标是拓宽教材的适用面,使其不仅适用于经管、文科类专业,而且还能适用于学时相近的理工类各专业的教学要求。我们经过几年的教学实践,感觉只要对原版的内容进行适当的扩展,就能够对理工类各专业得到理想的教学效果,并得到学生的好评。所以在本次修订中,我们在第二版的基础上进行了调整、充实、提高,明确并突出了核心内容,同时适当地加宽了知识面,尽量以通识教育要求来组织教学内容。作为理工类专业的电气电子基础课程,其教学内容的适应面不宜过窄,既要在基本知识方面有一定的深度,以培养学生有正确的概念和分析思路,能够分析或解决工程问题;又能有一定的知识扩展,了解学科的现状及知识前沿。

在本次修订中保持了第二版教材的概貌性、原理性、知识性、先进性及知识面宽的特点,力求适应面广,尽量做到既便于教又便于学,概念阐述清楚,文字通顺易懂。教学内容参考教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会制定的“电工学课程教学基本要求”编选,并有所扩展,供任课教师根据需要选用。

本次修订进行了以下几方面的修订工作:

1. 第一章增加了“电能是什么”一节,作为电工学的物理基础。
2. 对第二章的体系结构作了调整,把“直流电路”和“交流电路”作为两节分开叙述,不再用并列比较的方式。将“电路的瞬态过程”集中为一节,增编了“非正弦周期信号线性电路”一节。
3. 第三章介绍了“电力系统的调度与管理”以及“智能电网”,以使学生对电力系统有初步的了解。
4. 在第四章中把“可编程控制器”作为独立一节来介绍,并增编了“控制电机”一节。
5. 第五章增编了“防静电”“防雷击”“防爆”和“防电气火灾”的内容。
6. 对第六章和第七章的体系结构作了调整,对电子技术不再以器件和电路分开叙述,而是按照目前常用的体系分成“模拟电子技术”和“数字电子技术”两大部分叙述,新编第六章为模拟电子电路,第七章为数字电子电路。
7. 第七章增编了“半导体存储器”和“可编程逻辑器件”两节,作为可选内容。
8. 第八章增编了“MOS 控制晶闸管(MCT)”和“集成门极换流晶闸管”等新型电力电子器件的内容,并增编了“直流斩波器”一节,增编了介绍电力电子技术在电动车辆、电力系统中应用的内容。
9. 第九章增加了电工测量的内容,章名改为“电工测量与传感器技术”。
10. 第十章至第十二章作为扩展内容,基本上保持原状,仅在个别地方进行了文字或内容的修改和增删,不影响整体的结构。

此次修订增编的内容较多,估计增加的篇幅约为15%,我们力求新增的内容保持概貌性、原理性、知识性、先进性的特点,并与原有内容、风格相匹配,但总会有各种各样的不尽满意的问题存在,还望使用本教材的各位老师和同学对所发现的问题不吝指正。

本教材由上海交通大学电工与电子教学中心组织修订,郑益慧负责第一、二、三章,朱承高负责第四、五、九章,贾学堂负责第六、七章,乔树通负责增编半导体存储器和可编程逻辑器件及第八章,父国华负责第十、十一、十二章。全书由朱承高负责统稿,乔树通和吴月梅负责整理原稿。

本教材附带相配套的多媒体教学课件,该课件由王香婷、赵艾萍、谢维敏等编制。希望读者充分利用该课件以加深理解文字教材的内容。

本教材由浙江大学叶挺秀教授主审,叶教授十分仔细地审阅了原稿,发现和纠正了原稿中的不少错误和瑕疵,并提出了中肯的修改意见,使编者受益匪浅,在此谨表衷心的感谢。

读者在使用本教材的过程中发现问题或有需要交流、讨论之处,可通过电子邮箱 qiao_shu_tong@sjtu.edu.cn 联系。

编 者

2014年5月于上海

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,父国华编写第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	2.2.2 电感元件	46
		2.2.3 电容元件	49
第一章 电能的产生	7	2.3 直流电路	51
1.1 电能	7	2.3.1 单一电路元件的直流电路	51
1.1.1 电能是什么	7	2.3.2 直流线性电路分析方法 综述	53
1.1.2 电路的基本物理量	12	* 2.3.3 非线性电阻的概念	60
1.2 直流电源	15	2.4 交流电路	61
1.2.1 直流电源的特征	15	2.4.1 单一电路元件的正弦交流 电路	62
1.2.2 一次性电池	18	2.4.2 RLC 串联的正弦交流电路 分析	66
1.2.3 可充电电池	19	2.4.3 RL 与 C 并联的正弦交流电路 分析	73
* 1.2.4 燃料电池	22	2.4.4 正弦交流电路分析方法综述	76
* 1.2.5 太阳能电池	23	2.5 三相交流电路	83
1.2.6 直流发电机	24	2.5.1 三相交流负载的星形联结	84
1.3 交流电源	25	2.5.2 三相交流负载的三角形 联结	86
1.3.1 正弦交流电量的特征	25	2.5.3 三相交流负载的功率	87
1.3.2 正弦交流电的产生	28	2.6 电路的瞬态过程	87
1.3.3 水力发电站	29	2.6.1 电感线圈与电源的接通与 断开	88
1.3.4 火力发电站	31	2.6.2 电容器的充放电	90
* 1.3.5 核能发电站	32	2.7 实际的电阻性负载举例	93
* 1.3.6 风力发电(风电场)	34	2.7.1 电阻性负载及电阻器的额 定值	93
* 1.3.7 其他发电方式	36	* 2.7.2 电取暖器	95
复习思考题及练习题	41	* 2.7.3 电炊具	95
		* 2.7.4 热辐射光源	96
第二章 电路	43		
2.1 电路与基尔霍夫定律	43		
2.1.1 电路	43		
2.1.2 基尔霍夫定律	44		
2.2 电路元件	45		
2.2.1 电阻元件	46		

*2.7.5 气体放电光源	97	4.2 三相交流异步电动机的使用 ...	150
2.8 非正弦周期信号线性电路	101	4.2.1 转矩特性	150
2.8.1 非正弦周期函数的分解	102	4.2.2 起动	153
2.8.2 非正弦周期电流、电压的 有效值、平均值和平均功率 ...	106	4.2.3 调速	155
2.8.3 非正弦周期信号线性电路的 计算	108	4.2.4 制动	156
复习思考题及练习题	110	4.3 三相交流异步电动机的继电 - 接触器控制	157
第三章 电能的传输和分配	118	4.3.1 常用控制电器	157
3.1 电力系统	118	4.3.2 基本控制电路	163
3.1.1 电力系统的发展和现状	118	*4.4 三相交流异步电动机的可编程 控制器控制	167
3.1.2 电力系统的基本结构	119	4.4.1 可编程控制器的结构和 工作方式	167
3.1.3 电力系统的优越性	119	4.4.2 可编程控制器的编程	170
3.1.4 对电力系统的要求	120	4.4.3 三相异步电动机的控制	174
*3.1.5 电力系统的运行状态	121	*4.5 单相交流异步电动机	177
*3.1.6 电力系统的调度与管理	123	4.5.1 旋转磁场的形成	177
*3.1.7 智能电网	125	4.5.2 转矩特性	179
3.2 交流输电系统	126	4.5.3 起动方法	179
3.2.1 交流输电线	127	4.5.4 应用举例	180
3.2.2 变压器和变电站	128	*4.6 直流电动机	186
*3.3 直流输电系统	132	4.6.1 结构与工作原理	186
3.3.1 采用直流输电的原因	132	4.6.2 转矩及电动势	189
3.3.2 直流输电系统的组成	133	4.6.3 起动及调速	191
3.4 低压配电系统	135	4.6.4 应用举例	193
3.4.1 配电方式	135	*4.7 控制电机	199
3.4.2 楼宇供电	136	4.7.1 步进电动机	200
3.4.3 住宅供电	136	4.7.2 直流伺服电动机	202
*3.4.4 工厂供电	139	4.7.3 交流伺服电动机	203
复习思考题及练习题	142	复习思考题及练习题	206
第四章 常用电动机及其控制	144	第五章 安全用电和节约用电	209
4.1 三相交流异步电动机的工作 原理	144	5.1 电对人体的危害	209
4.1.1 结构	144	5.1.1 电流对人体的作用	209
4.1.2 旋转磁场	146	5.1.2 触电方式	210
4.1.3 转动原理	148	5.2 对低压导线及用电器的电气 安全性能要求	211
4.1.4 铭牌数据	148	5.2.1 低压导线	211

5.2.2 用电器	212	6.5.3 基本运算电路	266
5.3 防止发生电气事故的安全措施	213	6.6 集成运算放大器的其他应用 ...	271
5.3.1 隔离电源和安全电压	213	6.6.1 电压比较器	271
5.3.2 保护接地与保护接零	214	*6.6.2 有源滤波器	275
5.3.3 过流、欠压及漏电保护	216	*6.6.3 精密整流电路	278
5.4 静电防护和电气设备的防雷、防火、防爆	217	*6.6.4 采样保持电路	279
5.4.1 静电的防护	217	6.7 信号发生电路	280
5.4.2 雷电的形成及防护	218	6.7.1 正弦波信号发生电路	280
5.4.3 电气设备的防火	219	6.7.2 非正弦波信号发生电路	284
5.4.4 电气设备的防爆	220	复习思考题及练习题	289
5.5 节约用电	221	第七章 数字电子电路	300
5.5.1 加强节电管理	221	7.1 数制及数字逻辑	300
5.5.2 节电技术措施	222	7.1.1 数制	300
复习思考题及练习题	224	7.1.2 数字逻辑	302
第六章 模拟电子电路	226	7.2 逻辑门电路	307
6.1 半导体二极管及其应用	226	7.2.1 TTL 与非逻辑门电路	307
6.1.1 半导体基础知识	226	7.2.2 CMOS 逻辑门电路	309
6.1.2 半导体二极管	228	7.2.3 其他常用的逻辑门	312
6.1.3 稳压二极管	231	7.3 组合逻辑电路	317
6.2 双极晶体管及其应用	232	7.3.1 组合逻辑电路的分析和设计 ...	317
6.2.1 双极晶体管	232	7.3.2 加法器	320
6.2.2 双极晶体管放大电路	235	7.3.3 编码器	322
6.3 场效晶体管及其应用	242	7.3.4 译码器	325
6.3.1 单极晶体管—场效晶体管	242	7.4 触发器	329
*6.3.2 场效晶体管放大电路	244	7.4.1 RS 触发器	329
6.4 多级放大电路	246	7.4.2 JK 触发器	333
6.4.1 多级放大电路的耦合方式 ...	246	7.4.3 D 触发器	334
6.4.2 多级放大电路的基本性能指标及一般分析方法	247	7.4.4 T 触发器和 T' 触发器	335
*6.4.3 差分放大电路	249	7.5 时序逻辑电路	336
*6.4.4 低频功率放大电路	252	7.5.1 分析时序逻辑电路的一般步骤	336
6.5 集成运算放大器	258	7.5.2 寄存器	337
6.5.1 集成运算放大器的基本概念 ...	258	7.5.3 计数器	340
6.5.2 反馈的基本概念	261	*7.6 555 定时器及其应用	348
		7.6.1 555 定时器的基本功能	348
		7.6.2 555 定时器组成的单稳态触发器	350

7.6.3	555 定时器组成的多谐振 荡器	352	*8.2.5	晶闸管的触发电路	410
7.6.4	555 定时器组成的施密特触 发器	353	*8.2.6	晶闸管的保护	415
*7.7	D/A 与 A/D 转换器	355	*8.3	逆变器	416
7.7.1	D/A 转换器	356	8.3.1	单相逆变的原理	416
7.7.2	A/D 转换器	359	8.3.2	三相逆变的原理	417
*7.8	半导体存储器	362	8.3.3	脉冲宽度调制的原理	419
7.8.1	只读存储器	362	*8.4	直流斩波器	420
7.8.2	随机存储器	367	8.4.1	降压斩波电路	420
7.8.3	半导体存储器容量的 扩展	370	8.4.2	升压斩波电路	421
7.8.4	半导体存储器的应用	372	8.4.3	升降压直流斩波电路	422
*7.9	可编程逻辑器件	373	*8.5	电力电子技术的应用举例	424
7.9.1	可编程逻辑器件的基本 概念	373	8.5.1	VVVF 变频器	424
7.9.2	简单的 PLD 原理	377	8.5.2	开关型稳压电源	425
7.9.3	CPLD 的结构与原理	379	8.5.3	绿色照明	426
7.9.4	FPGA 的结构与原理	382	8.5.4	电动车辆	427
7.9.5	可编程逻辑器件的应用 选择	386	8.5.5	在电力系统中的应用	429
复习思考题及练习题		387	复习思考题及练习题		431
第八章 电力电子技术		394	第九章 电工测量与传感器技术		433
8.1	电力电子器件	394	9.1	电气测量	433
8.1.1	硅整流二极管	394	9.1.1	指示式测量仪表	433
8.1.2	晶闸管(SCR)	394	9.1.2	数字式测量仪表	438
8.1.3	双极型功率管(GTR、BJT) ...	398	9.1.3	电量的测量	439
8.1.4	功率场效晶体管 (P-MOSFET)	399	9.1.4	电阻的测量	445
8.1.5	绝缘层双极型功率管 (IGBT)	399	9.2	传感器	449
8.1.6	其他新型电力电子器件	400	9.2.1	参数传感器	449
8.2	整流器	401	9.2.2	半导体传感器	452
8.2.1	单相不可控整流	401	9.2.3	发电传感器	454
8.2.2	平滑滤波器	403	9.2.4	光电器件	455
8.2.3	直流稳压电源	405	9.2.5	光传感器	460
*8.2.4	单相可控整流	407	9.2.6	成分检测传感器	464
			*9.3	生活中的检测举例	467
			9.3.1	电子秤	467
			9.3.2	温度检测	468
			9.3.3	烟雾报警器	471
			9.3.4	煤气泄漏报警器	471
			9.3.5	热检测器	472
			9.3.6	红外线报警器	473

*9.4 现代传感技术的发展	474	11.4 无线通信	514
9.4.1 微型传感器	474	11.4.1 短波通信	514
9.4.2 智能传感器	475	11.4.2 微波通信	515
9.4.3 生物传感器	476	11.4.3 卫星通信	516
9.4.4 仿生传感器	480	11.5 移动通信	518
复习思考题及练习题	483	11.5.1 蜂窝移动电话	518
第十章 广播、电视、声像系统	486	11.5.2 CDMA	519
10.1 无线广播	486	11.5.3 3G 移动通信	520
10.1.1 无线广播原理	486	11.5.4 无线蓝牙技术	520
10.1.2 调制与解调	487	11.5.5 卫星定位系统	522
10.1.3 调频立体声广播	491	复习思考题及练习题	523
*10.2 电视系统	493	第十二章 办公设备及智能卡系统	524
10.2.1 电视原理	493	12.1 办公设备	524
10.2.2 电视广播信号	494	12.1.1 打印机	524
10.2.3 电视接收机	495	12.1.2 扫描仪	526
10.2.4 彩色电视机	496	12.1.3 复印机	527
10.2.5 高清晰度数字电视		12.1.4 传真机	528
(HDTV)	498	12.1.5 投影机	529
10.2.6 有线电视(CATV)	498	*12.2 接触式智能卡及其应用	530
*10.3 声像系统	499	12.2.1 智能卡的起源与分类	530
10.3.1 磁带录音	499	12.2.2 接触式智能卡	531
10.3.2 摄像机	500	12.2.3 接触式智能卡读/写器	532
10.3.3 CD 唱机	502	12.2.4 接触式智能卡的典型应用	535
10.3.4 VCD	502	*12.3 非接触式智能卡及其应用	536
10.3.5 DVD	503	12.3.1 非接触式智能卡	536
复习思考题及练习题	504	12.3.2 非接触式智能卡读/写器	538
第十一章 信息通信系统	505	12.3.3 非接触式智能卡的典型应用	539
11.1 概述	505	12.3.4 多界面智能卡	540
*11.2 有线通信	507	12.3.5 智能卡终端	540
11.2.1 电话通信线路及交换机	507	*12.4 智能卡系统	541
11.2.2 传真	509	12.4.1 金融智能卡系统	541
11.2.3 ISDN	510	12.4.2 交通智能卡系统	542
11.2.4 ADSL	511	12.4.3 小区智能卡系统	543
11.3 光纤通信	512	12.4.4 考勤智能卡系统	545
11.3.1 光纤及光的传输	512	复习思考题及练习题	546
11.3.2 光纤通信系统的构成	513	参考书目	547

绪 论

一、电工技术和电子技术发展简史

19 世纪中后期,在物理电学实验研究的基础上开始了电能的工业应用阶段,而且发展颇为迅速。19 世纪末期已经形成了以研究电磁现象的工业应用为核心的电工科学技术,并分成电力与电信两大分支,分别从事电能的产生、传输、应用和电信号的产生、传输以及接收的研究工作。20 世纪的一百年间,在电工科学技术的基础上发展了电子技术、无线电技术、计算机技术、自动控制技术、精密遥控技术等,特别是军事工业的发展和战争的需要加速了电子科学技术及相关新兴学科的产生与发展,反过来先进的军事科技应用到民用工业及人民生活、文化教育及医疗卫生事业中,又使整个社会经济生活面貌大为改观,所以电能的应用、电信技术的发展是现代社会的**重要技术支柱。

人们很早就认识电和磁,中国古代应用天然磁石指示方向做成早期的定向仪——司南,之后为了航海事业的需要,又在 11 世纪发明了指南针。对电的认识首先是对雷电现象及摩擦产生的电现象进行研究。1747 年富兰克林通过实验证明了闪电和摩擦产生的电荷是相同的。1785—1789 年法国科学家库仑设计了静电扭秤实验装置,确定了静电作用力与二电荷电荷量的乘积成正比,与电荷距离平方成反比的库仑定律,后来他又将此定律应用到磁极间作用力的研究。以后由拉普拉斯、泊松、高斯等将万有引力的研究成果应用到静电场的研究,从而得到了有关静电场空间分布的泊松方程、高斯定理,这样就把数学与实验物理的研究结合起来了。1826 年德国科学家欧姆通过实验得出了欧姆定律,1840 年焦耳发现了电阻发热的焦耳定律,开始了对电路的研究工作。

1820 年丹麦科学家奥斯特发现雷闪电流会引起磁针抖动,进一步观察到载流导线会引起附近的磁针发生偏转。之后法国科学家安培又作了进一步研究,确定载流线圈磁场方向的右螺旋法则,即载流导体中电流相互作用力和方向的法则,以后又提出了磁通连续性原理和安培环路定律。1831 年英国科学家法拉第提出了电磁感应定律,1834 年俄国的楞次提出了确定感应电流方向的楞次定律,这样就通过电生磁和磁生电把磁现象和电现象紧密结合起来,并在以后由麦克斯韦进一步发展成为统一的电磁场理论及电磁场波动理论,在此基础上,1887 年赫兹通过实验证实了电磁波的存在,从而发展新学科无线电技术。

法拉第根据电磁感应定律在 1831 年制成了圆盘发电机,这说明可以用水轮机或蒸汽机带动发电机得到电能,以代替昂贵的伏打电池。之后又有多位科学家及工程师对发电机的结构及励磁方式加以改进,到 1870 年已能制造功率高达 100 kW 的直流发电机可供实用。另外,1834 年俄国科学家雅可比制成了第一台电动机,并用以驱动一条小船在涅瓦河上航行,初步显示了电动机的实用性。由于人们是从电池中得到直流电,因此早期的发电机、电动机都是直流的,但是后来的研究

发现,长距离输送直流电的电能损耗及电压降太大,而高压直流电的产生和使用具有一定的困难,这就使交流电的研究得以迅速开展。1885年意大利的费拉里斯提出了交流电机的旋转磁场理论,1886年美国的特斯拉制成三相异步电动机,1889年俄国的多利沃-多布罗沃利斯基发明了三相笼型异步电动机,应用在由他于1888年开创的三相交流输电系统中,加上由他发明的三相变压器,这就奠定了现代三相供电系统的基础,到1900年左右交流输电几乎全部采用三相制。

在电信方面,1835—1838年陆续完成了各种商用电报机的制造。1838年美国的莫尔斯发明了以点画组成的电码代表数字和字母的信息。于是欧美各国在1840年以后纷纷敷设电报线路提供商用电报,1866年从英国到美国的大西洋海底电缆敷设成功,1869年已实现了包括穿越太平洋、印度洋的全球范围的海底电缆网的敷设。1876年美国的贝尔试验电话成功,1877年爱迪生发明了商用电话机,1878年美国大力推广使用电话,通信事业得到长足的发展。同时由于电信线路的敷设推动了电路理论的发展,1845年德国科学家基尔霍夫提出了汇集一个结点上的各个电流的代数和为零及沿一个回路电动势的代数和等于电压降的代数和,称为基尔霍夫电流定律及电压定律。1839年美籍电气工程师施泰因梅茨提出了正弦交流电路的相量分析法,简化了交流电路的分析计算。

由于电机制造及输电技术的发展,在19世纪末,欧美各国相继出现了商用发电厂,向附近一定范围内的用户提供电力。1882年7月,在上海建立了我国第一座商用发电厂,发电机功率为12 kW,当时距世界上最早的商用电厂(1882年1月建于伦敦)的建立时间仅迟了6个月。

起初的电应用仅限于电气照明及电动机,美国发明家爱迪生曾发明了碳丝灯泡、电弧灯、留声机等许多电器,并创立了美国通用电气公司生产各种电气设备。1883年爱迪生在研究白炽灯灯丝时发现了炽热的灯丝与带正电的阳极之间存在电流,并称为爱迪生效应,1887年汤姆逊确定爱迪生效应的本质为热电子发射。1904年弗莱明发明了真空二极管作为无线电接收的检波器,1906年德福雷斯特又发明了真空三极管,使电信号放大成为可能,以后又相继出现了四极管、五极管、七极管、功放束射管等,使无线电技术得到了迅猛发展,无线电通信、无线电广播很快地应用到军事、航空及生活中。在很长一段时间里无线电设备都是由真空管构成的。

1948年贝尔实验室巴丁等人研制出第一个双极晶体管,1957年贝尔实验室发明了面结合晶体管,以后由于材料及工艺方面的进展又制成了场效晶体管。1958年美国得州仪器公司制成集成振荡器,首次把晶体管和电阻、电容集成在一块硅片上,构成基本完整的单片功能电路。1961年美国仙童公司制成了集成触发器。随着集成电路制造工艺及材料的发展,以后相继出现了小规模、中规模、大规模、超大规模集成电路,应用于计算机、无线电通信和其他通用及专用的电子设备,目前医疗设备、工业及交通设备、家用电器、现代化农业设备中已广泛地采用电子装置。由于微电子技术的发展,使集成电路的规模大、功能强、体积小、耗电省,其对国民经济增长的拉动效应日益显现。近年来我国已经引进了许多条集成电路生产线,其中部分生产线的水平已经达到国际水准。

电子器件发展的另一个方向是大功率半导体器件的研究、制造,已经通过了普通晶闸管、可关断晶闸管(GTO)、大功率晶体管(GTR)、功率场效应晶体管(V-MOS)、绝缘层双极型功率管(IGBT)等各个发展阶段,从而产生了新兴学科电力电子技术。利用电力电子器件能够很方便地实现交直流电能之间的互换以及各种电压、频率的交流电能的互换。

近一百年来电工技术、电子技术的发展及电能的普遍使用已经使人类的日常生活及社会发展发生了翻天覆地的变化,新中国成立以来特别是从1978年以来电力工业的发展更是令人瞩目,到1996年下半年已经基本上扭转我国长期缺电的局面,电力供需基本平衡,初步解决了我国工业发展的瓶颈问题。到2000年我国发电厂的装机容量已经超过了3亿千瓦,达到世界第二位,全国电网覆盖率已经超过97%,许多边远地区的农户也能用上电。2003年8月,已经蓄水的三峡水力发电站正式向华中、华东以及南方电网供电,该电站装机容量为1820万千瓦。我国已经拥有水电、火电、核电、风力、地热、太阳能、潮汐等多种发电手段,计划到2020年装机容量将超过8亿千瓦,会大大地促进国民经济及国防事业的发展。

二、为什么要学习《电工学概论》

如前所述,电工技术、电子技术的发展及大规模的使用电能已经成为我们所处时代的特征,电的应用无处不在。电气应用知识教育不仅是工科专业所必需的,而且是目前所有高等教育以及职业教育所必需的,当然对于不同专业所开设的有关电气的课程,其目的要求、内容与深度会有不同。

学习电工学的目的,首先是一种工程素质教育,即作为当代的大学生必须对当前的用电知识有一个基础的了解,虽然有些专业所学的知识并不需要电气知识作为基础或者以电工学课程作为先修课程,但是学生们需要对电能的产生以及应用方法、电能传输的一些规律、常见电气设备及安全用电规范等有一个概貌的认识,否则将会成为高学历的“电盲”,这是与我们所处的时代很不相称的。其次,这些专业的学生很可能在以后的工作与生活中接触到电气设备,除了计算机以外会出现一些新颖的电气装置作为相关专业发展的技术手段,会由一些专业人员及高层管理人员根据其所具有的电气知识提出一些改革思路而由电气工程师来实现。进一步而言,也可以由非电专业人员参与并共同完成这种技术改造。这样就需要再深入学习一些电工学专业知识,或阅读一些专业杂志及工具书,为此就需要一定的入门基础知识。所以有必要开设一门比较全面地介绍电工技术、电子技术基础知识,同时又适当介绍应用知识的概论课程。该课程具有一定的综述性及应用性,能够适应学生的原有基础,通过规定学时的学习达到上述的目的。

三、《电工学概论(第三版)》的主要内容

本教材内容分成“电工技术”、“电子技术”、“综合应用”三大部分,各部分相对独立,没有十分紧密的联系。其中前两部分为核心内容,与传统的电工技术、电子技术两门课程相对应,综合应用部分为扩展内容,是以扩大学生的知识面和增加其应用知识为目的编写的。

1. 电工技术——电能的产生、传输及应用

电工技术部分的内容包括第一章至第五章,每章叙述一个方面的问题,包括电能的产生、电路理论、电能的传输和分配、电能与机械能的转换与控制以及安全用电等五个方面。在第二章电路中集中介绍了电源与负载的关系,侧重于电路基本规律及电能传输回路分析,简化了传统的复杂电路分析,形成以电路元件、直流电路、单相交流串并联及三相交流电路为主,并辅以瞬态过程分析及非正弦周期信号线性电路的分析的系统。在分析中力求通过物理概念及类比的方式进行叙述,简化推导,通过演绎和归纳把结论引出。

在第一章电能的产生及第三章电能的传输和分配两章中分别介绍了发电和输电的基本技术