



21世纪 高职高专通用教材

电工电子技术实训教程

● 顾永杰 主编
● 盛志英 主审

上海交通大学出版社

21 世纪高职高专通用教材

电工电子技术实训教程

主 编 顾永杰

主 审 盛志英

上海交通大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实训教程/顾永杰主编. —上海:上海交通大学出版社,1999(2000重印)

(21世纪高职高专通用教材)

ISBN 7-313-02119-4

I. 电… I. 顾… III. ①电工技术-教材②电子技术-教材
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 27680 号

电工电子技术实训教程

主编 顾永杰

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市文化印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:850mm×1168mm 1/32 印张:10 字数:257千字

1999年8月第1版 2000年8月第2次印刷

印数:4051—8100

ISBN 7-313-02119-4/TM·111 定价:15.00元

版权所有 侵权必究

21 世纪高职高专通用教材编纂委员会

编纂委员会顾问 白同朔
编纂委员会名誉主任 叶春生 闵光太
编纂委员会主任 张成铭
编纂委员会副主任 黄月琼 王星堂 东鲁红
 江才妹 秦士嘉
编纂委员会秘书长 刘伯生

编纂委员会委员(排名不分先后,以姓氏笔划为序):

王星堂 尤孺英 东鲁红 张成铭 冯兴才 华玉弟
庄菊明 刘伯生 朱熙然 朱爱胜 朱懿心 江才妹
杜学诚 何树民 陈志伟 陈友萱 肖华星 罗钟鸣
秦士嘉 唐育正 黄 晖 黄 著 黄月琼 程宜康
翟向阳
编纂委员会秘书 汤文彬 李 阳

序

发展高等职业技术教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来,年青的高等职业教育以自己鲜明的特色,独树一帜,打破了高等教育界传统大学一统天下的局面,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视,得到迅速发展。

我国改革开放不久,从1980年开始,在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985年,中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出,要建立从初级到高级的职业教育体系,并与普通教育相沟通。1996年《中华人民共和国职业教育法》的颁布,从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇:职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育;部分民办高校也在试办高等职业教育;一些本科院校也建立了高等职业技术学院,为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会1997年会议决定,设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位,并指出,上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,符合职业特点和要求的教材却似凤毛麟角。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大

学、扬州职业大学、彭城大学、沙州工学院、上海交通高等职业技术学校、上海农学院、上海汽车总公司职工大学、江阴职工大学、江南学院、常州职业技术师范学院、苏州职业大学、锡山市职业教育中心、宁波高等专科学校、上海工程技术大学等十六所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《高等职业教育通用教材》，将由上海交通大学出版社陆续向读者朋友推出，这是一件值得庆贺的大好事，在此，我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表示敬意。

高职教育的教材面广量大，花色品种甚多，是一项浩繁而艰巨的工程，除了高职院校和出版社的继续努力外，还要靠国家教育部和省（市）教委加强领导，并设立高等职业教育教材基金，以资助教材编写工作，促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心，理论教学与实践训练并重，二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时，有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划，加以灵活运用，并随着教学改革的深入，进行必要的充实、修改，使之日臻完善。

阳春三月，莺歌燕舞，百花齐放，愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园，群芳争妍，为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献！

叶春生

1999年4月5日

前 言

高等职业教育是以培养技术型、技能型人才为主要目标的高等教育,在我国开展的时间不长。传统的本科、专科教学模式影响和制约着高职教育。为了培养面向岗位群的技术型、技能型高级技术人才,应增强教学过程的实践与训练环节,改变以往的教学模式和教材结构是势在必行的。

电工与电子技术课是一门实践性很强、覆盖面很广的专业基础课。随着科学技术的不断发展,各学科和专业互相渗透,出现了许多复合型的工程专业,广泛使用电工与电子技术。为此,我们编写了《电工与电子技术实训教程》,旨在为工科高职,尤其是复合型工科高职专业加强“电工与电子技术”课程的实践与训练作个尝试。

本书是围绕如下能力点编写的:(1)电气安全技术;(2)电工工具、仪器仪表使用能力;(3)电工材料、元器件的选用能力;(4)电气图的读图、安装、调试和排除故障的能力;(5)电子小产品的制作能力。全书包括九个单元和三个附录,内容涉及电气安全技术,常用电工工具、仪器仪表的使用,常用电工材料和电路元器件的选用,电气布线与焊接工艺,电气图的制图与读图,常见三相异步电动机控制线路的安装、调试与故障排除,电子小产品的设计与制作,电工电子技术的实践与训练,应知应会考核模拟试题及评分标准,新旧国标对照等。除单元八、单元九不含复习思考题外,每单元均附有小结和复习思考题。

作为实训教材,本书在编写过程中突出了以下特点:(1)内容编排上以能力点为单元,既兼顾了课程的系统性,又注重技能要求的多样性和实用性;(2)选材上强调实用原则,精简理论分析,重点

阐述工作原理、方法技能、使用特性及实例、安装调试等环节；(3)提供针对性的技能实践与训练项目及考核模拟试题和评分标准，以实训促进知识的掌握和技能的培养，使读者在实训中，而非验证性实验中，把握能力点的培养要求；(4)电气图采用新国标，但考虑到目前在电气产品和电气图中仍大量存在使用旧国标的情况，本书给出了新旧国标对照，以便读者对照使用。

本教材与同时出版的高职教材《电工与电子技术基础》(理论教材)配套使用，也可单独使用。本书可作为非电子电气、电机类专业的高职实训教材，也可作为课程设计参考指导书和电工技能培训教材。

对于教学过程，建议在教师指导下，以学生独立完成各项实践与训练项目为主，各院校可根据情况选做某些实训项目。本教材参考教学时数 72 学时，其中实训学时数不少于 52 学时。

本书由上海第二工业大学顾永杰主编，南京金陵职业大学朱一伦、江阴职工大学蒋培忠副主编，参加编写的还有上海第二工业大学项建荣、常州技术师范学院基国林、江阴职工大学吴震。

全书由常州技术师范学院盛志英主审。

在教材编写过程中，上海第二工业大学、南京金陵职业大学、常州技术师范学院、江阴职工大学的有关领导给予了大力支持，盛志英同志在审稿中提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

限于编者的学识水平、实践经验，加上时间仓促，书中不恰当之处在所难免，恳请读者批评和指正。

编 者

1998 年 8 月

目 录

前言

单元 1 电气安全技术基础	1
1.1 用电安全概述	1
1.1.1 人身安全	1
1.1.2 设备安全	3
1.1.3 电气防火与防爆	5
1.2 触电及急救方法	6
1.2.1 触电事故举例	6
1.2.2 触电种类、原因和形式	7
1.2.3 触电急救方法	9
1.3 安全用电预防措施	13
1.3.1 制度措施	13
1.3.2 技术措施	14
1.4 接地与接零	16
1.4.1 工作接地	17
1.4.2 保护接地	19
1.4.3 保护接零	20
1.4.4 接地装置	22
单元 1 小结	26
复习思考题	26
单元 2 常用电工工具、仪器仪表的使用	28
2.1 常用电工工具及其使用	28
2.1.1 通用电工工具	28
2.1.2 专用电工工具	32
2.2 常用电气仪器仪表的使用	38

2.2.1	电气测量的一般知识	38
2.2.2	电压测量仪表	43
2.2.3	电流测量仪表	47
2.2.4	电阻测量仪表	52
2.2.5	功率和电能测量仪表	58
2.2.6	多用仪表	69
2.2.7	示波器	77
2.2.8	晶体管特性图示仪	82
单元 2 小结		89
复习思考题		90
单元 3 常用电工材料和电路元器件的选用		92
3.1	常用电工材料	92
3.1.1	绝缘材料	92
3.1.2	导电材料	94
3.1.3	磁性材料	101
3.2	常用低压电路元器件	102
3.2.1	电阻器	102
3.2.2	电容器	106
3.2.3	电感线圈和变压器	109
3.2.4	半导体二极管和三极管	117
3.2.5	低压熔断器	122
3.2.6	开关电器	126
3.2.7	接触器	134
3.2.8	继电器	137
3.2.9	磁力起动器	141
单元 3 小结		143
复习思考题		143
单元 4 电气布线与焊接		145
4.1	导线的连接	145

4.1.1	导线线头绝缘层的剖削	145
4.1.2	导线的连接	148
4.1.3	导线绝缘层的恢复	154
4.2	电气布线	155
4.2.1	电气布线的基本要求	156
4.2.2	明线布线的规范要求	157
4.2.3	线槽布线的规范要求	158
4.3	锡焊	159
4.3.1	锡焊工具及材料	159
4.3.2	锡焊方法	163
单元4小结	.....	167
复习思考题	.....	167
单元5 电气图制图与读图	.....	168
5.1	电气图	168
5.1.1	电气图的分类	168
5.1.2	电气图制图国家标准简介	171
5.2	电气图读图	180
5.2.1	电气图读图的一般方法	180
5.2.2	常见电气图的读图实例	181
单元5小结	.....	186
复习思考题	.....	186
单元6 三相异步电动机控制线路与电动机简单故障	.....	191
6.1	电动机分类和铭牌	191
6.1.1	电动机分类	191
6.1.2	三相异步电动机的铭牌	193
6.2	三相异步电动机的控制线路	195
6.2.1	三相鼠笼型异步电动机全压起动控制	195
6.2.2	三相鼠笼型异步电动机降压起动控制	201
6.2.3	三相绕线型异步电动机的起动控制	206

6.2.4	三相异步电动机的转速控制	209
6.2.5	三相异步电动机的制动控制	212
6.2.6	三相异步电动机的联锁控制	216
6.2.7	三相异步电动机常见故障及处理方法	217
单元6 小结		219
复习思考题		219
单元7 电子小产品制作		221
7.1	概述	221
7.1.1	集成电路知识	221
7.1.2	电子产品焊接技术	222
7.1.3	电路的设计与调试方法	224
7.2	调光灯制作	225
7.2.1	调光台灯的制作	225
7.2.2	日光灯调光电路	229
7.3	门铃的制作	229
7.3.1	简易双管变调门铃	229
7.3.2	音乐集成电路简介	231
7.3.3	双曲音乐门铃	234
7.3.4	多用途电子音乐门铃	235
7.4	555 时基电路及其应用	237
7.4.1	555 时基电路	237
7.4.2	楼道触摸式延时开关	238
7.4.3	五路灯光控制器	239
7.5	数字钟	242
7.5.1	用中小型集成电路构成数字钟的设计	242
7.5.2	由数字钟电路构成的数字钟	246
7.5.3	数字钟集成电路的应用——钟控开关	249
单元7 小结		252
复习思考题		252

单元 8 实践与训练	254
8.1 安全用电	254
8.1.1 测量绝缘电阻	254
8.1.2 三相异步电动机断相保护控制	256
8.2 元器件和设备的简易测定	257
8.2.1 用万用表判断三相异步电动机三相绕组的 头尾	257
8.2.2 用万用表测定二极管的极性和三极管的 E、B、C 极	258
8.2.3 检查晶闸管的方法	260
8.3 电源与照明线路的安装	261
8.3.1 单相电度表安装	261
8.3.2 用两只双连开关在两地控制一盏灯	262
8.3.3 日光灯线路的安装	263
8.3.4 五层楼照明灯控制线路	264
8.3.5 简易三相交流电源相序指示器	266
8.3.6 三相电度表安装	266
8.4 三相异步电动机控制线路的安装	268
8.4.1 三相异步电动机点动调整、正转自锁控制	268
8.4.2 三相异步电动机正反转控制	270
8.4.3 三相异步电动机 Y- Δ 降压起动控制	270
8.4.4 三相异步电动机多机顺序控制	273
8.4.5 三相异步电动机间歇运行控制	274
8.5 电子小产品的制作	276
8.5.1 简单的晶闸管调光灯	276
8.5.2 抢答控制器	277
8.5.3 双曲音乐门铃	278
8.5.4 五路灯光控制器	279
单元 8 小结	281

单元 9 实训考核模拟试题及评分标准	282
9.1 考核模拟试题	282
9.1.1 笔试考核	282
9.1.2 实训技能考核项目与配分	293
9.2 技能考核要求与评分标准	294
单元 9 小结	297
附录	298
附录一 电气图项目种类的字母代码表	298
附录二 电气图常用图形及文字符号新旧对照表	299
附录三 集成门电路与触发器新旧符号对照表	305
参考文献	306

单元1 电气安全技术基础

1.1 用电安全概述

电,一方面造福人类,另一方面,又对人类构成威胁。在用电过程中,必须特别注意电气安全,如果稍有麻痹或疏忽,就可能造成严重的人身触电事故,或者引起火灾和爆炸。其中触电事故是人体触及带电体的事故,主要是电流对人体造成的危害,是电气事故中最为常见的。电气安全包括人身安全和设备安全两方面。

1.1.1 人身安全

人身安全是指电工本身及一般人员在生产与生活中防止触电及其他电气危害。电流对人体伤害的严重程度与通过人体电流的大小、频率、持续时间、通过人体的路径及人体电阻的大小程度等多种因素有关。

1. 电流大小

通过人体的电流越大,人体的生理反应就越明显,感应就越强烈,引起心室颤动所需的时间就越短,致命的危险就越大。

对于工频交流电,按照通过人体电流的大小和人体所呈现的不同状态,大致分为下列三种:

(1) 感觉电流 指引起人的感觉的最小电流。实验表明,成年男性的平均感觉电流约为 1.1mA ,成年女性约为 0.7mA 。

(2) 摆脱电流 指人体触电后能自主摆脱电源的最大电流。实验表明,成年男性的平均摆脱电流约为 16mA ,成年女性约为 10mA 。

(3) 致命电流 指在较短的时间内危及生命的最小电流。实验表明,当通过人体的电流达到 30mA~50mA 时,中枢神经就会受到伤害,使人感觉麻痹,呼吸困难。如果通过人体的工频电流超过 100mA 时,在极短的时间内人就会失去知觉而导致死亡。

根据触电者所处的环境对人的影响,对人体的允许电流作出如下的规定:由实验得知,在摆脱电流范围内,人若被电击后一般都能自主摆脱带电体,从而解除触电危险。因此,通常便把摆脱电流看作是人体允许电流。在线路及设备装有防止触电的速断保护装置时,人体允许电流可按 30mA 考虑;在高空作业、水中等可能因电击导致摔死、淹死的场合,则应按不引起痉挛的 5mA 考虑。

2. 电流频率

一般认为 40Hz~60Hz 的交流电对人最危险。随着频率的增加,危险性将降低。高频电流不仅不伤害人体,还能治病。

3. 通电时间

通电时间越长,人体电阻因出汗等原因降低,导致通过人体电流增加,触电的危险性亦随之增加。引起触电危险的工频电流和通过电流的时间关系可用下式表示:

$$I = \frac{165}{\sqrt{t}},$$

式中: I ——引起触电危险的电流(mA); t ——通电时间(s)。

4. 电流路径

电流通过头部可使人昏迷;通过脊髓可能导致瘫痪;通过心脏会造成心跳停止,血液循环中断;通过呼吸系统造成窒息。因此,从左手到胸部是最危险的电流路径;从手到手、从手到脚也是很危险的电流路径;从脚到脚是危险性较小的电流路径。

5. 人体电阻

人体电阻包括内部组织电阻(称体电阻)和皮肤电阻两部分。皮肤电阻主要由角质层决定,角质层越厚,电阻就越大。人体电阻一般约 1500Ω~2000Ω(为保险起见,通常取为 800Ω~1000Ω)。

影响人体电阻的因素很多。除皮肤厚薄外,皮肤潮湿、多汗、有损伤、带有导电性粉尘等都会降低人体电阻。

6. 电压的影响

从安全角度看,确定对人体的安全条件通常不采用安全电流而是用安全电压,因为影响电流变化的因素很多,而电力系统的电压却是较为恒定的。

当人体接触电压后,随着电压的升高,人体电阻会有所降低。若接触了高电压,则因皮肤受损破裂而会使人体电阻下降,通过人体的电流也就会随之增大。在高电压情况下,即使不接触,接近时也会产生感应电流的影响,因而是很危险的。经试验证实,电压高低对人体的影响及允许接近的最小安全距离可见表 1.1。

表 1.1 电压对人体的影响及可接近的最小距离

接触时的情况		可接近的距离	
电压(V)	对人体的影响	电压(kV)	设备不停电时的安全距离(m)
10	全身在水中时跨步电压界限为 10V/m	10 及以下	0.7
		20~35	1.0
20	湿手的安全界限	44	1.2
30	干燥手的安全界限	60~110	1.5
50	对人的生命无危险界限	154	2.0
100~200	危险性急剧增大	220	3.0
200 以上	对人的生命发生危险	330	4.0
3000	被带电体吸引	500	5.0
10000 以上	有被弹开而脱险的可能		

1.1.2 设备安全

设备安全是指电气设备、工作机械及其他设备的安全。设备安全主要要考虑下列因素: