



高等职业教育“十二五”电类基础课规划教材

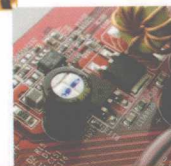
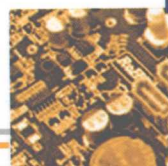
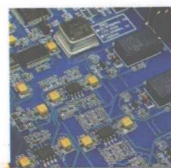
电工技术与技能实训

Gaodengzhiyejiaoyu shierwu dianlei jichuke guihuajiaocai

谭维瑜 主 编
谢红亮 副主编



NLIC2970819106



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子课件、模拟试卷

高等职业教育“十二五”电类基础课规划教材

电工技术与技能实训

主 编 谭维瑜

副主编 谢红亮

参 编 黄 钧

马果红

主 审 廖哲智

刘紫阳

王凤芳



NLIC2970819106



机械工业出版社

本书是在吸收和借鉴高等职业院校教学改革的成功经验的基础上,将传统的《电工基础》和《实验指导》融为一体编写而成的“一体化”教材。本书编写紧扣“准确性、实用性、可读性”原则,书中“学中有做,做中有学”,可极大地激发学生的学习兴趣。

本书着力培养学生的动手能力、思维能力、自学能力、分析问题和解决问题的能力,所涉及的电工知识与技能足以胜任一般电工维护与维修工作所需的知识和技能。

本书共有16章,分别是:电网简介、安全用电、常用电工工具的使用、常用导线的连接及锡焊、常用电工测量仪表和仪器、电路的基本概念、简单直流电路、复杂直流电路、常用电子仪器的使用及正弦交流电、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路、磁场和磁路、电磁感应和互感、变压器、电磁铁及异步电动机等。

本书可作为高职高专院校、高级技工院校、技师学院、成人教育院校等工科专业的教材,也可作为中等职业学校相关专业的教材。

为方便教学,本书配有免费电子课件及模拟试卷等,凡选用本书作为教材的学校,均可来电索取。咨询电话:01088379375;电子邮箱:wang-zongf@163.com。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术与技能实训/谭维瑜主编. —北京:机械工业出版社,2012.8
ISBN 978-7-111-38199-0

I. ①电… II. ①谭… III. ①电工技术—高等职业教
育—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第081991号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王宗锋 责任编辑:王宗锋 苑文环

版式设计:刘怡丹 责任校对:张晓蓉

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2012年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20印张·491千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-38199-0

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

本书是为更好地贯彻《国家中长期教育改革和发展规划纲要》中提出的培养“技能型”人才的要求、满足当前劳动力市场的需求和满足当前职业技术教育对新型教材的需求而编写的。

编写原则：坚持“以就业为导向，以培养学生能力为本位”的原则，突显职业教育特色；把提高技能放在重要的位置，让学生在掌握电工知识和操作技能的同时，具备分析和解决生产生活中实际问题的能力；为学生职业生涯发展奠定坚实的理论和技能基础。

教材特色：吸收和借鉴高等职业院校教学改革的成功经验，将传统的《电工基础》和《实验指导》融为一体。教材编写紧扣“准确性、实用性、可读性”原则，书中“学中有做，做中有学”，可极大地激发学生的学习兴趣。

教材内容：

1. 本教材设置 16 章，先介绍电网输送电，安全用电，后按照直流电路、交流电路、磁路顺序介绍相关知识。每章都设置有 [实训项目]。

2. 本教材详细介绍了各种交直流测量仪表和仪器的使用，使学生掌握各种测量技能。

3. 本教材对某些比较重要内容提出“你知道吗？”，对某些扩展知识的内容，以“知识链接”作标志，以引起读者的兴趣和重视。

4. 本教材设有“想一想，练一练”的课堂练习题以检查课堂学习效果。每章都有本章小结和精选的习题，目的是培养分析问题、解决问题的能力。各章附有习题参考答案，使学者在独立思考答题后进行核对。

本教材由湖南省机械工业技术学院组织编写，谭维瑜任主编并统稿，谢红亮任副主编，参加编写的还有黄钧、刘紫阳、马果红、王凤芳，由廖哲智教授主审。

在本书编写中，编者拜读了有关文献资料，受到不少启迪，在此特向文献作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在不足和缺漏之处，敬请专家、广大读者批评指正。

编者

目 录

前言	14
第1章 电网简介	1
1.1 电网	1
1.2 电能产生	1
1.3 电网的主要技术参数及电压等级	2
1.4 我国的电力供电系统	2
1.4.1 电力供电系统概述	2
1.4.2 直流电力供电系统	3
1.4.3 市电供电系统	3
1.5 [实训项目] 参观供电系统	4
习题1	4
第2章 安全用电	5
2.1 电工实训室	5
2.1.1 熟悉电工实训室	5
2.1.2 电工实训室简介	5
2.1.3 实训操作规程与安全用电	6
2.1.4 [实训项目] 熟悉电工实训室	6
2.2 触电	7
2.2.1 触电的概念	7
2.2.2 触电的危害	7
2.2.3 触电的方式	7
2.2.4 直接接触与间接接触	8
2.2.5 [实训项目] 模拟各种触电情景	10
2.3 防止触电的措施	10
2.3.1 一般预防触电的措施	10
2.3.2 保护接地、保护接零与重复接地	11
2.3.3 直接接触与间接接触的预防	12
2.3.4 安全电压及静电	12
2.4 触电的急救	13
2.4.1 触电急救的原则	13
2.4.2 使触电者尽快脱离低压电源的方法	13
2.4.3 使触电者尽快脱离高压电源的方法	13
2.5 电气火灾	14
2.5.1 电气火灾概述	14
2.5.2 [实训项目] 灭火器的使用	15
2.6 人工紧急抢救法	15
2.6.1 胸外心脏挤压法	15
2.6.2 口对口人工呼吸法	15
2.6.3 [实训项目] 人工紧急抢救	17
2.7 保护电器	17
2.7.1 熔断器	17
2.7.2 热继电器	19
2.7.3 低压断路器	20
本章小结	20
习题2	21
第3章 常用电工工具的使用	23
3.1 电工钳和电工刀	23
3.1.1 电工钳	23
3.1.2 电工刀	24
3.2 紧固工具	25
3.2.1 扳手	25
3.2.2 螺钉旋具	26
3.3 验电笔	27
3.3.1 低压验电笔的结构和使用	27
3.3.2 低压验电笔使用注意事项	27
3.3.3 高压验电笔的结构和使用	28
3.3.4 高压验电笔使用注意事项	28
3.4 [实训项目] 电工工具的识别和导线绝缘层的剥除	28
本章小结	29
习题3	30
第4章 常用导线的连接及锡焊	31
4.1 导线	31
4.1.1 导线的名称及用途	31
4.1.2 单根导线长期允许的载流量	31
4.2 导线的连接	32
4.2.1 导线连接的要求	32
4.2.2 单股铜芯导线的直线连接	32
4.2.3 单股铜芯导线的T形分支连接	33
4.2.4 七股铜芯导线的直接连接	33

4.2.5 七股铜芯导线的 T 形分支连接	34	5.5 直流电桥	56
4.2.6 [实训项目] 导线的连接	34	5.5.1 惠斯顿电桥	56
4.3 导线的锡焊	35	5.5.2 开尔文电桥	57
4.3.1 导线的锡焊概述	35	5.5.3 滑线式电桥	59
4.3.2 电烙铁	35	5.5.4 [实训项目] 用直流电桥测量	
4.3.3 焊锡和焊剂	36	电阻	59
4.3.4 [实训项目] 线头的锡焊	36	5.6 绝缘电阻表	59
4.4 导线绝缘层包扎	37	5.6.1 绝缘电阻表的外形及结构	59
4.4.1 导线绝缘层包扎概述	37	5.6.2 绝缘电阻表的工作原理	60
4.4.2 [实训项目] 线头绝缘层的包扎	37	5.6.3 用绝缘电阻表测量绝缘电阻	60
本章小结	38	5.6.4 [实训项目] 绝缘电阻的测量	62
习题 4	38	5.7 接地电阻测定仪	62
第 5 章 常用电工测量仪表和仪器	39	5.7.1 接地电阻测定仪的结构	62
5.1 电工测量仪表概述	39	5.7.2 接地电阻测定仪的工作原理	63
5.1.1 电工测量仪表的组成和工作		5.7.3 接地电阻测定仪的使用	63
原理	39	5.7.4 [实训项目] 测量接地电阻	63
5.1.2 电工测量仪表的分类	39	本章小结	64
5.1.3 电工测量仪表面板上的符号	40	习题 5	64
5.1.4 测量误差及准确度	40	第 6 章 电路的基本概念	66
5.1.5 机电式测量仪表的表头和工作		6.1 电路和电路模型	66
原理	41	6.1.1 有关电路结构的一些名称	66
5.2 万用表	42	6.1.2 电路的组成及其功能	67
5.2.1 指针式万用表	43	6.1.3 电路图	67
5.2.2 指针式万用表的使用注意事项	44	6.1.4 [实训项目] 测量电路中的电量	68
5.2.3 数字式万用表	45	6.1.5 电路模型	68
5.2.4 数字式万用表的使用注意事项	46	6.2 电阻元件	69
5.2.5 [实训项目] 指针式万用表的		6.2.1 电阻元件和电阻定律	69
读数及测量方法	47	6.2.2 电阻与温度的关系	70
5.3 直流稳压电源	48	6.2.3 电阻标称值的标注	70
5.3.1 直流稳压电源概述	48	6.2.4 [实训项目] 电阻值的识读与	
5.3.2 WYJ—30—2B 型双路直流稳压		测量	71
电源的功能	48	6.3 电容元件	73
5.3.3 WYJ—30—2B 型双路直流稳压		6.3.1 电容元件概述	73
电源的面板	48	6.3.2 电容的种类和符号	73
5.3.4 WYJ—30—2B 型双路直流稳压		6.3.3 电容的串联	74
电源的使用	49	6.3.4 电容的并联	75
5.3.5 [实训项目] 测量电阻值	49	6.3.5 电容标称值的标注	76
5.4 电压表、电流表和欧姆表	51	6.3.6 [实训项目] 电容标称值的识别	77
5.4.1 直流电压表	51	6.3.7 电容的充放电	77
5.4.2 交流电压表	52	6.4 电感元件	78
5.4.3 直流电流表	52	6.4.1 电感元件概述	78
5.4.4 欧姆表	53	6.4.2 [实训项目] 用万用表判别	
5.4.5 [实训项目] 测量电压、电流	54	电容及电感质量	80

6.5 电路的基本物理量	81	7.4.1 通路、开路和短路	111
6.5.1 电流	81	7.4.2 电路三种工作状态时的特征	112
6.5.2 电压	83	7.4.3 用电设备的标称值	113
6.5.3 电动势	83	7.4.4 电路通路时的工作状态	113
6.5.4 电流、电压和电动势的实际方向	84	7.4.5 负载获得最大功率的条件	114
6.5.5 电流、电压和电动势的参考方向	84	7.4.6 电源的效率 η	114
6.5.6 电压、电流的关联参考方向	85	7.4.7 [实训项目] 验证获得最大功率的条件	115
6.5.7 电位和电位的计算	86	本章小结	115
6.5.8 [实训项目] 电位测量及电位器	87	习题7	116
6.6 部分电路的欧姆定律	89	第8章 复杂直流电路	120
6.6.1 部分电路的欧姆定律概述	89	8.1 电压源和电流源	120
6.6.2 电阻的伏安特性	90	8.1.1 电源的两种表示形式	120
6.7 电功和电功率	90	8.1.2 电压源概述	120
6.7.1 电功	90	8.1.3 电流源概述	121
6.7.2 电功率	91	8.2 基尔霍夫定律	127
6.7.3 功率表	91	8.2.1 基尔霍夫电流定律 (KCL)	127
6.7.4 电度表	93	概述	127
6.7.5 [实训项目] 单相电度表的接线	94	8.2.2 基尔霍夫电压定律 (KVL)	128
6.7.6 焦耳定律	95	概述	128
本章小结	96	8.2.3 [实训项目] 验证基尔霍夫定律	130
习题6	97	8.3 复杂直流电路的分析方法	131
第7章 简单直流电路	100	8.3.1 复杂电路	131
7.1 闭合电路的欧姆定律概述	100	8.3.2 支路电流法概述	131
7.1.1 简单电路	100	8.3.3 网孔电流法概述	133
7.1.2 闭合电路的欧姆定律	100	8.3.4 节点电压法概述	135
7.1.3 路端电压	101	8.4 叠加定理	138
7.2 电阻的连接	101	8.4.1 电源单独作用	138
7.2.1 电阻的连接概述	101	8.4.2 叠加定理概述	138
7.2.2 等效变换的概念	102	8.4.3 [实训项目] 验证叠加定理	140
7.2.3 电阻的串联分压及其等效电阻	102	8.5 等效电源定理	141
7.2.4 电阻的并联分流及其等效电阻	103	8.5.1 等效电源定理概述	141
7.2.5 [实训项目] 三个电阻的串、并联	105	8.5.2 戴维南定理	141
7.2.6 电阻的混联及其等效电阻	107	8.5.3 用实验方法求解戴维南等效电路	142
7.3 电池的串联和并联	109	8.5.4 诺顿定理	143
7.3.1 电池的种类及结构	109	8.5.5 诺顿定理与戴维南定理的等效互换	145
7.3.2 电池的串联	110	8.5.6 有源二端网络的开路电压和入端电阻	145
7.3.3 电池的并联	110	8.5.7 [实训项目] 用实验方法求解戴维南等效电源的开路电压 U_{oc}	
7.3.4 [实训项目] 测量电池串、并联时的电压和电流	110		
7.4 电路的工作状态	111		

及内阻 R_0	145	9.3.5 同频率正弦量的运算	173
8.5.8 [实训项目] 验证戴维南定理	146	本章小结	174
本章小结	147	习题9	174
习题8	147	第10章 单相正弦交流电路	177
第9章 常用电子仪器的使用及正弦交流电	151	10.1 单一元件的正弦交流电路	177
9.1 常用电子仪器的使用	151	10.1.1 单一元件正弦交流电路的概念	177
9.1.1 示波器的使用	151	10.1.2 纯电阻电路概述	177
9.1.2 示波器使用注意事项	154	10.1.3 纯电容电路概述	179
9.1.3 [实训项目] 双踪示波器的调节	154	10.1.4 纯电感电路概述	182
9.1.4 晶体管毫伏表的使用	155	10.1.5 无互感电感的连接	186
9.1.5 晶体管毫伏表使用注意事项	156	10.1.6 复阻抗及其串、并联	186
9.1.6 晶体管毫伏表与万用表测量交流电压的区别	156	10.1.7 交流电桥测量电阻、电容和电感	189
9.1.7 低频信号发生器的使用	156	10.1.8 [实训项目] 用交流电桥测量电阻、电容和电感	190
9.1.8 低频信号发生器使用注意事项	157	10.2 阻抗串联的交流电路	191
9.1.9 [实训项目] 用晶体管毫伏表测量正弦波与非正弦波的电压及万用表的频率特性	158	10.2.1 RLC 串联电路概述	191
9.1.10 [实训项目] 低频信号发生器的应用	159	10.2.2 RL 串联电路概述	194
9.1.11 [实训项目] 用双踪示波器测量低频信号发生器的输出信号	160	10.2.3 RC 串联电路概述	195
9.1.12 [实训项目] 用晶体管毫伏表测量低频信号发生器的输出信号	160	10.2.4 单相交流调压器的使用	196
9.2 正弦交流电的基本概念	161	10.2.5 [实训项目] RLC 串联电路的测量	196
9.2.1 正弦交流电	161	10.3 照明电路	197
9.2.2 交流电的产生概述	161	10.3.1 荧光灯	197
9.2.3 正弦交流电的参考方向	162	10.3.2 荧光灯电路常见故障分析	198
9.2.4 表征交流电的物理量	162	10.3.3 [实训项目] 荧光灯的安装	199
9.2.5 [实训项目] 用示波器测量正弦信号	166	10.3.4 新型灯具简介	199
9.2.6 非正弦周期波	168	10.4 正弦交流电路的功率	201
9.2.7 [实训项目] 观察非正弦波与正弦波的不同	168	10.4.1 瞬时功率	201
9.3 正弦量的相量表示法	169	10.4.2 有功功率	201
9.3.1 相量法	169	10.4.3 无功功率	201
9.3.2 旋转矢量法	169	10.4.4 视在功率	201
9.3.3 相量的四种表示法	170	10.4.5 [实训项目] 单相交流电路功率的测量	202
9.3.4 相量形式的基尔霍夫定律和欧姆定律	172	10.4.6 功率因数及其提高	203
		10.4.7 [实训项目] 功率因数的提高	204
		10.5 谐振	205
		10.5.1 RLC 电路的串联谐振	205
		10.5.2 [实训项目] 串联谐振电路实验	208
		10.5.3 RLC 电路的并联谐振	209

本章小结	211	12.2.5 磁导率	239
习题 10	212	12.2.6 磁场强度	239
第 11 章 三相正弦交流电路	216	12.2.7 磁链	239
11.1 三相正弦交流电源	216	12.2.8 磁场对电流的作用力	240
11.1.1 三相正弦交流电的优点	216	12.2.9 有关磁场的计算	240
11.1.2 对称三相正弦交流电的产生	216	12.3 磁路的基本物理量	242
11.1.3 三相交流电源的对称和相序	217	12.3.1 磁路	242
11.2 三相正弦交流电源的联结	218	12.3.2 主磁通和漏磁通	242
11.2.1 三相交流电源的星形联结	218	12.3.3 磁动势	243
11.2.2 电源星形联结的线电压和 相电压	218	12.3.4 磁路的欧姆定律	243
11.2.3 电源的三相三线制联结	219	本章小结	244
11.2.4 三相交流电源的三角形联结	219	习题 12	245
11.3 三相负载的联结	220	第 13 章 电磁感应和互感	247
11.3.1 三相对称负载的星形联结 概述	220	13.1 电磁感应	247
11.3.2 三相对称负载的三角形联结 概述	223	13.1.1 电磁感应现象	247
11.3.3 三相交流电路的功率	224	13.1.2 电磁感应定律	247
11.4 [实训项目] 三相电路的测量	225	13.1.3 载流导体周围的磁场	247
11.4.1 [实训项目] 三相交流电路 功率的测量	225	13.2 互感	248
11.4.2 [实训项目] 三相绕组中 每相绕组头尾的测定	226	13.2.1 互感及其应用	248
11.4.3 [实训项目] 相序的测定	227	13.2.2 互感电压	248
11.4.4 [实训项目] 三相交流电路 的测量	228	13.2.3 同名端	249
本章小结	230	13.2.4 [实训项目] 同名端的测定	249
习题 11	230	13.2.5 互感线圈的串并联	250
第 12 章 磁场和磁路	233	13.2.6 互感系数及耦合系数	251
12.1 铁磁物质的磁化	233	13.2.7 [实训项目] 互感电压的测量	252
12.1.1 铁磁物质及其磁化	233	本章小结	252
12.1.2 铁磁物质的磁化曲线	233	习题 13	253
12.1.3 磁滞回线	234	第 14 章 变压器	254
12.1.4 铁磁物质的分类	234	14.1 变压器概述	254
12.1.5 磁滞损耗、涡流损耗与铁心 损耗	235	14.1.1 变压器的功能及应用	254
12.1.6 充磁、消磁与磁屏蔽	236	14.1.2 单相变压器的结构	254
12.2 磁场的基本物理量	238	14.1.3 变压器的电压、电流和阻抗 变换	255
12.2.1 电与磁的相互关联	238	14.1.4 变压器的损耗及效率	257
12.2.2 磁场	238	14.1.5 变压器的额定值	258
12.2.3 磁感应强度与均匀磁场	238	14.1.6 [实训项目] 变压器的简易 测量	259
12.2.4 磁通	239	14.1.7 小型变压器的故障分析	260
		14.2 仪用互感器	260
		14.2.1 仪用互感器概述	260
		14.2.2 电压互感器	261
		14.2.3 电流互感器	261
		14.2.4 钳形电流表	262

14.2.5 [实训项目] 仪用互感器的使用	263	16.2.1 [实训项目] 三相异步电动机的接线盒接线、铭牌数据及定子绕组首末端判别	287
14.3 特殊变压器	263	16.2.2 [实训项目] 绕组绝缘电阻及直流电阻的测量	288
14.3.1 自耦变压器	263	16.2.3 [实训项目] 笼型异步电动机空载运行情况的检查	289
14.3.2 多绕组变压器	264	16.2.4 [实训项目] 三相异步电动机起动电流、空载电流和断相运行电流的测量	289
14.3.3 [实训项目] 多绕组变压器的测量	265	16.2.5 [实训项目] 三相异步电动机正反转控制	290
14.3.4 脉冲变压器	265	16.3 三相异步电动机的日常维护	290
14.3.5 三相变压器	265	16.3.1 三相异步电动机起动前的检查	290
本章小结	267	16.3.2 三相异步电动机日常运行中的维护	290
习题 14	268	16.3.3 三相异步电动机的常见故障	291
第 15 章 电磁铁	271	16.4 单相异步电动机	291
15.1 电磁铁概述	271	16.4.1 单相异步电动机概述	291
15.1.1 电磁铁的作用	271	16.4.2 单相异步电动机的基本结构	291
15.1.2 电磁铁的基本结构	271	16.4.3 单相异步电动机的类型	292
15.1.3 交流电磁铁	271	16.4.4 三相异步电动机的单相运行	293
15.1.4 直流电磁铁	273	16.4.5 [实训项目] 单相异步电动机的检测	293
15.2 电磁铁的应用	274	16.5 其他电机简介	294
15.2.1 电磁铁应用举例	274	16.5.1 直流电机	294
15.2.2 专用电磁铁简介	275	16.5.2 伺服电动机	295
15.2.3 [实训项目] 电磁铁控制电路	277	16.5.3 步进电动机	296
本章小结	277	16.5.4 测速发电机	297
习题 15	277	16.5.5 同步电动机	297
第 16 章 异步电动机	278	本章小结	298
16.1 三相异步电动机	278	习题 16	299
16.1.1 异步电动机概述	278	附录 各章习题参考答案	301
16.1.2 三相异步电动机的基本结构	278	参考文献	308
16.1.3 三相异步电动机的旋转磁场	279		
16.1.4 三相异步电动机的旋转原理	282		
16.1.5 三相异步电动机的转差率和效率	282		
16.1.6 三相异步电动机的铭牌	283		
16.1.7 三相异步电动机的调速	284		
16.1.8 三相异步电动机的转向控制	285		
16.2 三相异步电动机的实训项目	287		

第1章 电网简介

【教学要求】

- 1) 了解电网的构成。
- 2) 了解电能的产生。
- 3) 了解我国的电力供电系统。

1.1 电网

通常把由输电、变电、配电设备及相应的辅助设备组成的联系发电系统与用电系统的统一整体称为电力网，简称电网。

我国已经形成东北电网、华北电网、华中电网、华东电网、西北电网和南方电网6个跨省的大型区域电网，基本形成了完整的长距离输电电网网架。

1.2 电能的产生

电能是由一次能源（煤、石油、天然气、水力、核能、太阳能及风力等）经过发电装置转换而成的二次能源。电能产生的方式有如下几种。

(1) 火力发电 火力发电是利用煤、石油、天然气等燃料燃烧时产生的热能，通过发电装置转换成电能。

其能量转换过程为：燃料的化学能→蒸汽热能→机械能→电能。即利用燃料燃烧发热，将锅炉中的水加热形成高温高压蒸汽，推动汽轮机旋转来带动交流发电机发出电能，再升压到电网电压，向外输送电能。我国的电能约有70%是由火力发电提供的。

火力发电因大量烧煤、烧油而造成环境污染，排放的 CO_2 和 SO_2 等酸性气体会导致温室效应和酸雨。

(2) 水力发电 水力发电是利用水流落差的位能转换成电能。即通过水的冲击使水轮机旋转，带动交流发电机产生电能，再升压到电网电压，向外输送电能。

水能是一种可再生的清洁能源，其发电效率高、成本低、调节容易，清洁无环境污染。我国水资源较丰富，可开发装机容量为5.42亿kW，现已建成长江三峡水电站、葛洲坝水电站等。

还有一种抽水蓄能电站，利用电网负荷低谷时的多余的电力，将低下水库的水抽到高处存蓄，以备再发电。

(3) 核能发电 核能发电即原子能发电，是利用核燃料在反应堆中链式核裂变所产生的巨大热能将水加热，产生高压、高温蒸汽，推动汽轮机带动发电机发电。

它与火力发电极其相似，只是以核反应堆及蒸汽发生器取代火力发电的锅炉。

核能发电不产生二氧化碳，不污染空气，发电成本低。但裂变反应会产生大量的放射性

物质,如果释放到外界环境中,则会对生态环境和人体造成较大的危害。

(4) 太阳能发电 太阳能发电主要是利用半导体的光电效应。当太阳光照射到半导体上时,在半导体内产生了电流,这是由光子(光波)转化为电子、光能量转化为电能的过程。太阳能发电发出的是直流电,可用蓄电池储存或输入直流电网,也可经过电流变换器转换为交流电输入交流电网。

光能是一种可再生又清洁的能源。我国正在大力发展这种发电技术,有的城市将太阳能用于道路照明的电源。

(5) 风力发电 利用风力的动能转换为电能,是一种不需要燃料、不产生辐射或空气污染的发电技术。

风力发电是利用风力带动风轮叶片旋转促使发电机发电,再经电流变换器变换为交流电。为使风轮始终对准风向以获得最大功率,常在风轮后面装有一个类似风向标的尾舵。大约 3m/s 的微风就可以发电,风力越大发电功率越大。如一台 200W 的风力发电机,可获得 $500\sim 1000\text{W}$ 或更大的输出功率。

风能是一种可再生又清洁的能源。我国风力资源极为丰富,特别是东北、西北、西南高原和沿海岛屿,平均风速很大,发展风力发电是很有前途的。

1.3 电网的主要技术参数及电压等级

1. 主要技术参数

电网的主要参数有电源频率 f 、电压 U 、电流 I 、容量 S 、功率 P 、功率因素 $\cos\varphi$ 及复阻抗 Z 等。

2. 电压等级

1) 特高压: 800kV 、 1000kV 及以上电压。

2) 超高压: 330kV 、 500kV 及 750kV 。

3) 高压: 10kV 、 35kV 、 110kV 及 220kV 。

4) 低压: 400V 、 380V 、 220V 及 110V 。

1.4 我国的电力供电系统

1.4.1 电力供电系统概述

电力供电系统是由电源系统和输配电系统组成的产生电能并输送和供应电能给用电设备的系统。我国交流电力供电系统示意图如图 1-1 所示。

(1) 电源系统 即发电厂。由于发电机产生的低压电能(为保护绝缘不被击穿采用低压发电,通常为 6.3kV 、 10.5kV 等)不能远距离输送电能,故用升压变压器将电压升高,然后再通过高压输电线输送。

(2) 输配电系统 由高压输电线输送高压交流电。当电能输送到用电地区后,再由区域变电所的降压变压器将电压降低到较低的配电电压(一般为 10kV)供低压配电线输送。

(3) 用电设备系统 用降压变压器将电压降低到用户所需电压(如 $380\text{V}/220\text{V}$),由低

压配电线将电能配送到各用户。

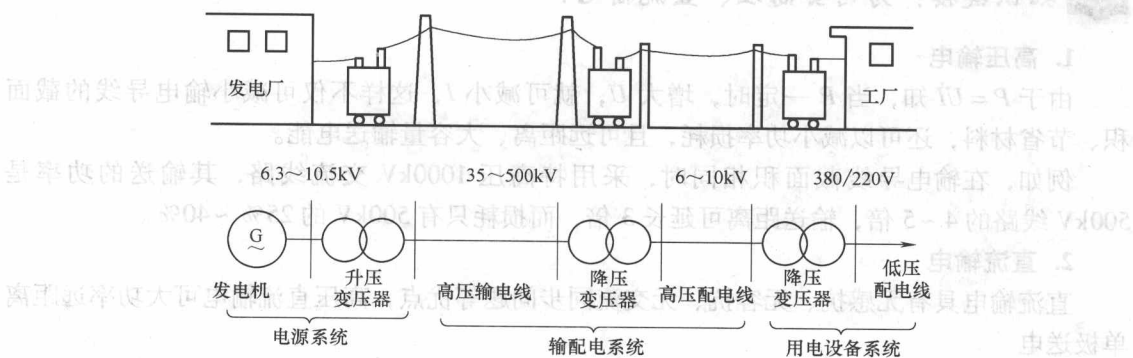


图 1-1 我国交流电力供电系统示意图

1.4.2 直流电力供电系统

图 1-2 是采用直流高压输电的电力系统供电示意图。

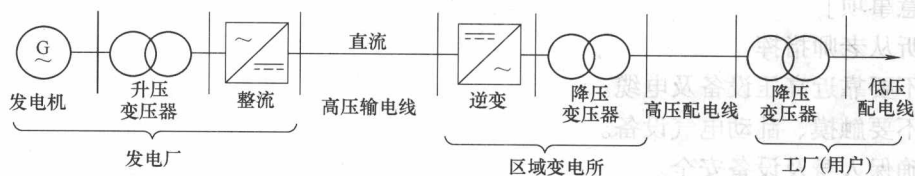


图 1-2 直流输电系统

直流输电系统采用直流高压输电方式，将电源系统输出的交流电经整流转换成直流电，供高压输电线输送，再经逆变器转换成交流电，供给输电系统。

1.4.3 市电供电系统

图 1-3 是我国市电供电系统图。

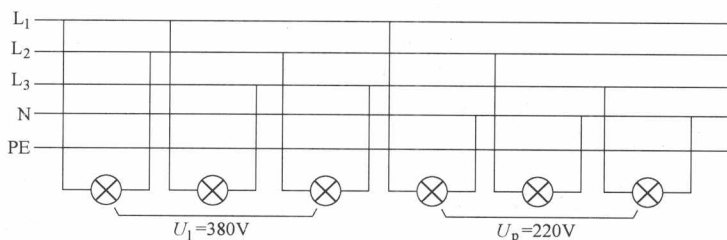


图 1-3 我国市电供电系统图

我国规定，市电供电系统提供给用户的交流电压的标准是：电压 $U_1 = 380V$ ， $U_p = 220V$ ，频率 $f = 50Hz$ （称为工频）。

在使用进口电气设备时，必须注意其额定电压和频率是否与我国市电电压和频率相符，如果不相符，则必须加以变换方能使用，防止造成事故。



知识链接：为何要高压、直流输电？

1. 高压输电

由于 $P = UI$ 知，当 P 一定时，增大 U ，就可减小 I ，这样不仅可减小输电导线的截面积、节省材料，还可以减小功率损耗，且可远距离、大容量输送电能。

例如，在输电导线截面积相同时，采用特高压 1000kV 交流线路，其输送的功率是 500kV 线路的 4~5 倍，输送距离可延长 3 倍，而损耗只有 500kV 的 25%~40%。

2. 直流输电

直流输电具有无感抗、无容抗、无交流同步问题等优点，高压直流输电可大功率远距离单极送电。

例如， $\pm 800\text{kV}$ 直流特高压输电线路的输电能力是 $\pm 500\text{kV}$ 直流线路的两倍多。

1.5 [实训项目] 参观供电系统

[实训目的] 了解配电电系统及有关设备。

[注意事项]

- 1) 听从老师指挥。
- 2) 不要靠近高压设备及电缆。
- 3) 不要触摸、乱动电气设备。
- 4) 确保人身及设备安全。

习 题 1

填空题

- 1) 发电机采用低压发电，是为了_____。
- 2) 采用高压输送电，是为了_____。
- 3) 采用直流输送电，是为了_____。
- 4) 我国市电配电系统规定： $U_1 =$ _____， $U_p =$ _____，频率为_____。



图 1-1 市电配电系统图

第2章 安全用电

【教学要求】

- 1) 树立安全用电意识，了解实训室的设施，熟悉各项规章制度，熟悉室内配电情况。
- 2) 了解触电的种类和方式，掌握防止触电的措施，了解触电急救的原则及方法，了解触电现场救护措施，了解电气火灾产生的原因及防范和扑救常识。
- 3) 了解灭火器的使用。
- 4) 了解人工紧急抢救法。
- 5) 了解保护电器的作用。

2.1 电工实训室

2.1.1 熟悉电工实训室

电工实训是工科各专业重要的实践教学环节，是培养动手能力的场所。在熟悉电工实训室的过程中，要做到：

- 1) 了解实训室内电源配置，熟悉电源开关位置，正确区分直流和交流（220V 和 380V）插座。
- 2) 认识常用电工工具。
- 3) 认识常用电工仪表仪器。
- 4) 未经老师同意，不得擅自用室内设备和工具；发现异常现象，首先应断开电源，并报告老师；若发生事故，要认真分析并查清原因，落实防范措施。
- 5) 树立安全用电意识。实训室内任何电气设备，未经检验是否带电，一律视为带电，不得用手触摸。

2.1.2 电工实训室简介

电工实训台是电工实训室中用于实训的主要设备，如图 2-1 所示。

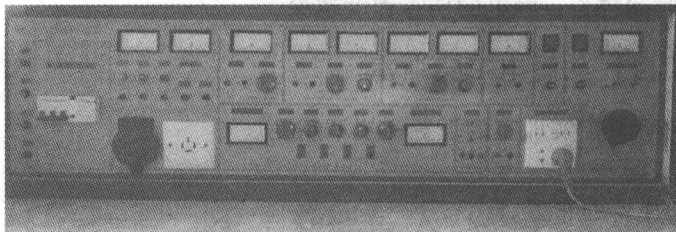


图 2-1 电工实训台

实训台上安装有各种外接测量电路的插入插孔和各种交直流电工测量仪表及其调节旋钮。

实训台的电源配置：交流电源 380V ($1 \pm 10\%$)、50Hz，输出 0 ~ 250V 连续可调交流电源；实训台还具有短路保护、过载保护和漏电保护（动作电流不大于 30mA）等。

学生可根据实训项目的要求，将连接好的元器件电路板、电器元器件及电工测量仪表插入相应的插孔，完成相关的测试工作。

2.1.3 实训操作规程与安全用电

实训操作中应特别注意安全用电，严格按照操作规程进行操作，否则极易损坏仪表等设备，甚至伤及人身。一般情况下，安全操作主要有以下几项要求：

1) 应在断电情况下连接电路，连接完成并请老师检查无误后，才能接通电源。一般应在电源开关处挂有“已通电”的牌子。

2) 如发现有异常现象、异常气味、异常声响及其他危险迹象，或发生设备或人身事故时，应立即切断电源并报告老师，查明故障原因。排除故障后，方能再次接通电源。

3) 严禁触摸导线裸露部分。操作过程中，严禁带电改接电路或更换仪表量程。

4) 操作完毕，必须先断开电源，后拆除电路。如电路中有大电容器，应先对电容器放电，然后再拆除电路。

5) 实训结束离开前，一定要检查总电源开关是否断开等。



你知道吗？为何要安全用电？

1) 电能是一种很优越的能源，在生产及生活等各个领域获得了广泛的应用。如同“水能载舟，亦能覆舟”一样，只有熟悉电能的特性并掌握其规律，重视安全用电，才能让电能很好地为我们服务，否则，就会给人们生命财产造成不可估量的损失。因此，在用电过程中，必须注意安全用电，保护人身及用电设备的安全。

2) 触电对人体伤害程度的大小，根本原因决定于通过人体电流的大小。人体组织成分中 70% 左右是由具有导电性能的水分子组成，所以人体是良好的导体。当人体接触设备的带电部位而构成电流回路时，就会有电流通过人体，对人体造成一定程度的伤害。触电对人体伤害的程度与触电的种类、方式及条件有关。触电对人体的伤害程度取决于电流通过人体的部位、时间长短以及人的心情、环境的潮湿状况等因素。心脏是人体的薄弱环节，通过心脏的电流越大、时间越长，触电的伤害程度越深。

2.1.4 [实训项目] 熟悉电工实训室

[实训目的] 熟悉电工实训室的设置和规章制度。

[实训内容和步骤]

1) 熟悉实训工作台的布置。

2) 熟悉实训室的有关安全用电规则及操作规则。

说明：各实训室的设置，可能不尽相同，但对参加实训者的要求，如操作规则及安全用电规则等，其具体内容虽有不同，但其主要精神是一致的，参加实训者必须严格遵守。



想一想，练一练：正确的填√，错误的填×

- 1) 未经指导老师同意，实训者可以自由动用实训室内的设备和工具。()
- 2) 接拆线或调整仪器仪表时，都必须先切断电源，然后才能进行。()
- 3) 实训室内任何电气设备，未经验电，一般视为无电，可用手触摸。()
- 4) 学生可根据实训项目，在实训台上进行元器件的布局和连线。()

2.2 触电

2.2.1 触电的概念

触电是由于人体接触或靠近带电体，使一定量的电流流过人体而使人体组织和功能受到损坏甚至死亡的现象。

由于人体是导体，当人体接触设备的带电部位而构成电流回路时，就会有电流流过人体，对人身造成一定程度的伤害。触电示意图及等效电路如图 2-2 所示。

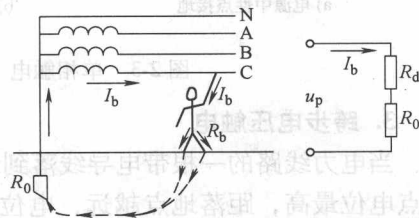


图 2-2 触电示意图及等效电路

2.2.2 触电的危害

根据伤害性质不同，触电分为两类：电击和电伤。

1. 电击

触电死亡的绝大部分是电击造成的。

电击是由一定的电流通过人体，使人体内部组织损伤、发热及神经麻痹而引起昏迷、窒息、心脏停止跳动及血液循环终止等现象而死亡。

2. 电伤

电伤是由电流热效应、化学效应及机械效应所造成的人体外伤，表现为灼伤、烙印和皮肤金属化等。

2.2.3 触电的方式

触电方式主要有：单相触电、两相触电、跨步电压触电和接触电压触电等。

1. 单相触电

这是人体在地面或其他接地体上触及一相带电体的触电。根据三相电源中性点是否接地，单相触电可分为两种情况。

1) 图 2-3a 是电源中性点接地时的单相触电，电流由相线经人体、地、中性点接地处形成回路，其大小为

$$I_d = \frac{U_p}{R_d + R_0}$$

式中， I_d 是流过人体的电流(A)； U_p 是相电压(V)； R_d 是人体电阻 (Ω)； R_0 是接地电阻 (Ω)。