

21世纪 高职高专通用教材



电路电工技术实验 与实训教程

顾永杰 主编

海交通大学出版社

33
2

中国电力出版社

电路电工技术实验 与实训教程

张永清 主编

中国电力出版社

21 世纪高职高专通用教材

电路电工技术 实验与实训教程

顾永杰 主编

上海交通大学出版社

内容提要

本书为高职电类专业实验与实训教材,也可作为课程设计参考指导书和电工技能培训教材。

全书分3篇共14章,具体内容包括:基础篇,介绍供配电与安全用电常识、常用电路电工器件设备、工具、仪器仪表的使用、电气线路接线与布线方法、电气图的制图和读图方法;实验篇,提供了大量电路电工技术的基础实验和三相异步电动机运行控制实验,旨在对所学理论知识的实验验证;实训篇,提供了大量电路电工技术的基础实训、照明线路安装实训、三相异步电动机控制线路安装实训、电动机拆装实训、变压器制作实训和万用表制作实训等,旨在加强学生的动手能力和实践技能的培养。

图书在版编目(CIP)数据

电路电工技术实验与实训教程/顾永杰主编. —上海:上海交通大学出版社,2001(2002重印)

21世纪高职高专通用教材

ISBN7-313-02800-8

I. 电... II. 顾... III. ①电路理论—高等学校:技术学校—教材②电工技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第059376号

电路电工技术实验与实训教程

顾永杰 主编

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

上海交通大学印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:890mm×1240mm 1/32 印张:7.75 字数:220千字

2001年8月第1版 2002年7月第2次印刷

印数:5 051~8 100

ISBN7-313-02800-8/TN·088 定价:13.00元

版权所有 侵权必究

21 世纪高职高专通用教材

编 审 委 员 会

主任名单

(以姓氏笔划为序)

编审委员会顾问

白同朔 詹平华

编审委员会名誉主任

王式正 叶春生

编审委员会主任

闵光泰 潘立本

编审委员会副主任

王永祥	王俊堂	王继东	牛宝林
东鲁红	冯伟国	朱家建	朱懿心
吴惠荣	房世荣	郑桂富	赵祥大
秦士嘉	黄 斌	黄永刚	常立学
薛志兴			

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、彭城职业大学、沙州职业工学院、上海交通高等职业技术学校、上海交大技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、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、上海商业职业技术学院、福州大学职业技术学院、芜湖职业技术学院、青岛职业技术学院、宁波高等专科学校、上海工程技术大学等 70 余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《21 世纪高职高专通用教材》，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

2000 年 4 月 5 日

前 言

随着市场经济的确立,社会对人才需求的结构发生了很大的变化,应用型、技能型、技术型的高等专业人才越来越多地受到社会各界的关注。在此背景下,我国的高等职业教育如雨后春笋般出现,并以极快的速度发展着。作为以培养技术型、技能型人才为主要目标的高等职业教育,采用传统的本科、专科教学模式、教学方法和教材结构显然已很难适应,加强教学过程的实践与训练环节已是势在必行。

电路电工技术是电类专业的公共专业基础课,涵盖了电路原理和电工基础两方面的内容,其实践性和应用性都很强。为此,我们编写了本书,旨在为加强高职工科电类专业“电路电工技术”课程的实践与训练教学。

全书分3篇共14章,具体内容包括:

基础篇。介绍供配电与安全用电常识、常用电路电工器件设备、工具、仪器仪表的使用、电气线路接线与布线方法、电气图的制图和读图方法。

实验篇。提供了大量电路电工技术的基础实验和三相异步电动机运行控制实验,旨在对所学理论知识的实验验证。

实训篇。提供了大量电路电工技术的基础实训、照明线路安装实训、三相异步电动机控制线路安装实训、电动机拆装实训、变压器制作实训和万用表制作实训等,旨在加强学生的动手能力和实践技能的培养。

本书以改革高职教学模式、教材结构为突破口,具体特点体现在:

(1) 教材结构上把电类高职生应该具有的电气基本知识、实验项目和实践技能训练分别成篇熔于一书,既考虑课程的系统性,更注重相关技能的实用性和多样性。实验与实训捆绑,有利于教学的安排和教材的使用。

(2) 文字叙述中精简理论分析、数学推导,在阐明工作原理的前提下,突出方法技能、使用特性及安装、调试等环节。

(3) 书中编入大量的验证性实验项目和技能性实训项目,可满足不同院校、不同要求、不同条件的高职电类专业教学选用。

在本书的教学过程中,建议基础篇内容的教学穿插在相关实验或实训项目中完成,实验项目可根据教学要求和学时数进行安排,教学重点应该在教师的指导下,以学生独立完成实训项目为主。各院校对书中实验项目和实训项目可根据专业培养要求、设备条件及可能的学时数选做。书中带*的章节为提高的部分或综合性的内容,以满足更多读者的需求。

本教材可以与同时出版的高职教材《电路电工技术基础》(理论教材)配套使用,也可以单独使用。本书可作为高职电类专业实验与实训教材,也可作为课程设计参考指导书和电工技能培训教材。教材参考教学学时 72 学时(为满足各院校教学安排的学时数,而非完成书中所有实验与实训项目所需的学时数),其中实验与实训的学时总数不应少于 60 学时。

参加本书编写的有顾永杰主编(第 1,2,6,7,10,11 章,上海第二工业大学)、江可万副主编(第 3,4,5 章,淮南联合大学)、钱建中副主编(第 12,13,14 章,江阴职工大学)、胡澄编者(第 8,9 章,上海第二工业大学),全书由顾永杰统稿。

本教材的出版得到了许多单位的领导和老师的关心、支持和帮助。特别感谢上海第二工业大学、淮南联合大学、江阴职工大学、泰州职业技术学院的有关领导,感谢有关院校的项建荣、顾阳、黄午阳、马青、朱一伦、基国林、刘伯生、潘兴源、华雅言等老师。

限于编者的学识水平、实践经验,书中不恰当之处在所难免,恳请使用本教材的师生和广大读者批评指正。

编 者

2001 年 8 月

目 录

基础篇

1 供配电及安全用电常识	3
1.1 供配电概述	3
1.2 安全用电常识	6
1.3 接地与接零	12
2 常用电路电工器件设备	21
2.1 常用电路元器件	21
2.2 常用低压器件	31
3 常用电工材料	51
3.1 绝缘材料	51
3.2 电线电缆	54
3.3 磁性材料	68
4 常用电工工具	70
4.1 通用电工工具	70
4.2 专用电工工具	73
5 电工仪表及使用	75
5.1 电工仪表的基本知识	75
5.2 电流、电压和功率的测量	79
5.3 电度表	85
5.4 电阻测量仪表	88
5.5 万用表	91
5.6 常用电工仪表的正确选择与使用	94
6 电气线路的布线与焊接	98
6.1 导线的连接	98

6.2 电气布线	107
6.3 锡焊	110
7 电气图的制图和读图	118
7.1 电气图	118
7.2 电气图的读图	127

实验篇

8 电路基础实验	135
8.1 电路元件的伏安特性测试	135
8.2 基尔霍夫定律的验证	138
8.3 线性叠加原理的验证	140
8.4 戴维南定理的验证	141
8.5 实际电压源与实际电流源的等效转换	144
8.6 一阶电路瞬态响应的测试	148
8.7 二阶串联电路瞬态响应的测试	152
8.8 正弦交流电路电压、电流相量图	155
8.9 电感线圈参数的测定	158
8.10 荧光灯功率因数提高实验	161
8.11 串联谐振电路的实验测试	164
8.12 互感电路的测试	168
* 8.13 RC 网络幅频特性测试	173
8.14 三相交流电路及其功率测量	176
* 8.15 双口网络的实验测试	180
9 三相异步电动机运行控制基础实验	186
9.1 三相异步电动机正反转控制实验	186
9.2 三相异步电动机 Y— Δ 降压启动控制实验	188

实训篇

10 照明线路安装	193
10.1 绝缘电阻的测量	193
2	

10.2	电度表的安装	195
10.3	用两只双联开关在两地控制一盏灯线路的安装	197
10.4	日光灯线路的安装	198
10.5	五层楼照明灯控制线路的安装	200
10.6	简易三相交流电源相序指示器	201
11	三相异步电动机控制线路的安装	203
11.1	用万用表判断三相异步电动机三相绕组的头尾	203
11.2	三相异步电动机端相保护控制	204
11.3	三相异步电动机点动调整、正转自锁控制	205
11.4	三相异步电动机正反转控制	206
11.5	三相异步电动机 Y— Δ 降压起动控制	208
11.6	三相异步电动机多机顺序控制	209
11.7	三相异步电动机间歇运行控制	211
11.8	抢答控制器	212
* 12	万用表的制作调试	214
12.1	万用表的构造及线路分析	214
12.2	安装步骤及工艺	219
12.3	调试	221
* 13	小型变压器的设计与制作	223
13.1	小功率电源变压器的设计方法	223
13.2	设计实例	226
13.3	变压器线圈的绕制	227
13.4	装配铁芯及成品测试	229
14	三相异步电动机的拆装及常见故障	230
14.1	三相异步电动机的拆装	230
14.2	电动机常见故障判断	233
	参考文献	235

本篇为实验与实训的基础篇,介绍供配电和安全用电的常识,常用电路电工器件设备、材料、工具和仪器仪表的使用,电气图的制图、读图、布线及焊接技术。文中贯彻实用性、技能性、技术性的指导思想,理论分析、数学推导从简,在阐明基本原理的基础上,重点突出电路电工技术的基础知识和与应用有关的问题。本篇的许多内容可以通过实验与实训的环节来学习和掌握,同时它们也是完成实验与实训所必需的。

1 供配电及安全用电常识

1.1 供配电概述

1.1.1 电力系统简介

电能是现代工业的主要能源和动力,也可以说是现代社会生活的必需品之一。电能既易于由其他形式的能量转换而来,又易于输送、分配及转换为其他形式的能量加以应用。

电能是由发电厂(又称发电站或电站)产生的,根据所利用的能源不同,发电厂可分为水力发电厂、火力发电厂、核能发电厂以及风力发电厂、太阳能发电厂等类型。各种发电厂的共同点是将自然界蕴藏的各种一次能源转换为电能(二次能源)。

由于自然界动力资源分布等原因,发电厂往往建在离用电中心(如城市工业区、人口密集区)较远的地方,所以必须进行远距离输电。为了降低线路电功率损耗,节省线路导电材料,一般采用先升压后由高压远距离输电,到达中继区域变电所或用电区域时再降压至一定的电压等级供用户使用。电力系统输电过程示意图如图 1.1 所示。这里起升压和降压作用的是电力变压器,它是供电系统的主要设备之一。由各种电压的电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体,叫作电力系统。

电力系统中的所有电气设备,都是在一定的电压和频率下工作的。电压和频率是衡量电力系统电能质量的两个基本参数,它们直接影响电气设备的运行。我国规定一般交流电力设备的额定频率(俗称工频)为 50Hz,频率偏差不得超过 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。但频率的调整主要依靠发电厂,对于工厂供电系统来说,提高电能质量主要是提高电压质量。这里需

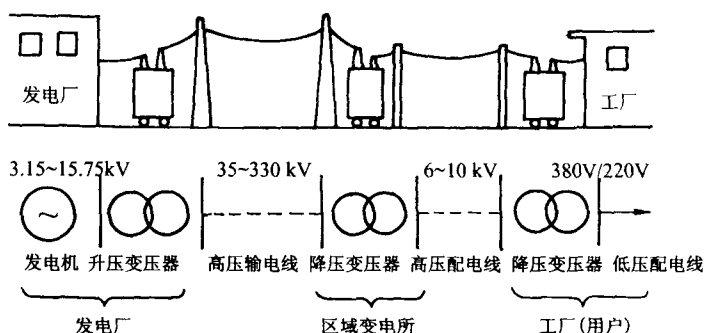


图 1.1 电力系统输电过程示意图

要说明,对于电压质量,不仅指电压大小的偏移,还包括电压的波动以及电压波形的畸变,即是否含有高次谐波成分。

1.1.2 工厂供配电概述

从供电的角度来说,凡总安装容量不超过 1000kVA 的工厂,可视为小型工厂;凡超过 1000kVA 而小于 10000kVA 的工厂,可视为中型工厂;容量超过 10000kVA 的工厂,可视为大型工厂。下面简要介绍工厂的供配电系统。

一般中型工厂的电源进线电压是 6~10kV,先经过高压配电所,然后由高压配电线路将电能输送给各车间变电所,降低成一般用电设备所需的电压(如 380V/220V)。图 1.2 所示为一个比较典型的中型工厂供配电系统的电气主接线示意图。

由图 1.2 可以看出,该系统有两条 6~10kV 的电源进线,分别接到高压配电所的两段母线上。这两段母线间装有一个分段隔离开关,形成所谓“单母线分段制”。当任一条高压母线发生故障或进行检修而被切除后,可利用分段隔离开关来恢复对整个系统(特别是其重要负荷)的供电,即分段隔离开关闭合后由另一条高压电源线供电给整个系统。

这个高压配电所有四条高压配电线,供电给三个车间变电所,其中 1 号和 3 号变电所都只装有一台主变压器,而 2 号变电所装有两台变

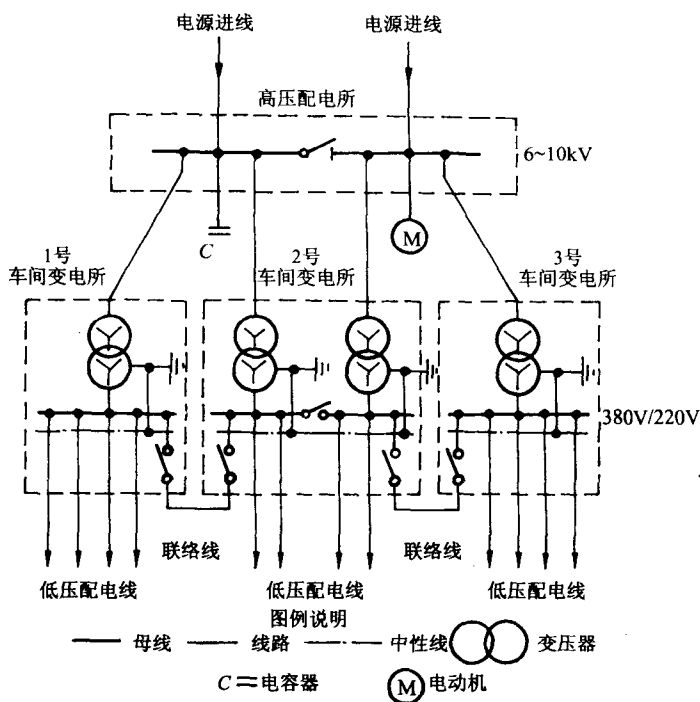


图 1.2 中型工厂供配电系统电气主接线示意图

压器,并分别由两段母线供电,其低压侧又采用单母线分段制,对重要的用电设备可由两段母线交叉供电。车间变电所的低压侧,设有低压联络线相互连接,以提高供电系统运行的可靠性和灵活性。此外,该配电所有一条高压配电线,直接供电给一组高压电动机;另有一条高压配电线,直接与一组用来提高全厂功率因数的高压电容器相联。

对于小型工厂,一般只设一个简单的降压变电所,其容量只相当于图 1.2 中的一个车间变电所。对于用电量在 100kVA 以下的小型工厂,通常采用低压供电,因此只需设置一个低压配电室就行了。

对于大型工厂及某些电源进线电压为 35kV 及以上的中型工厂,一般经过两次降压,也就是电源进厂以后,先经总降压变电所,将 35kV 及以上的电压降为 6~10kV 电压,然后通过高压配电线将电能送到各