

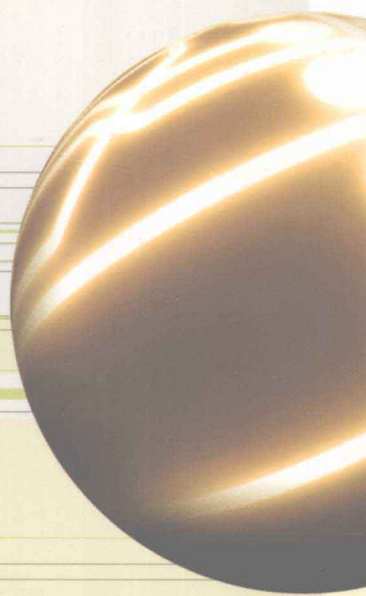


新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材 · 电气自动化技术专业

工厂 供配电技术

(第2版)

	张莹	主编
张焕丽	严俊	副主编
	汪晓凌	主审



新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材 · 电气自动化技术专业

工厂供配电技术

(第 2 版)

张 莹 主 编

张焕丽 副主编
严 俊

汪晓凌 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

全书主要内容有：供电系统概述，工厂变配电所及供配电设备功能和使用，工厂变配电所电气主接线方案，工厂电力网络构成和特点，工厂电力负荷和短路计算，供电线路的导线和电缆使用及选择，工厂供配电系统的保护功能，工厂供配电系统二次回路和自动装置功能，工厂电气照明，工厂供配电故障诊断及检修等。各章均附有习题。

本书在论述工厂供配电系统构成和功能、强调运用维护的同时，特别注重加强系统的实用性，较多地关注供配电系统运行故障处理和诊断检测，提供设备检修的案例作为参考，并介绍相关仪器仪表的使用。在内容的选择上参考职业技能鉴定标准，力图使教材内容与职业教育的要求相吻合。

本书除可作为高职高专教材用书，也可供从事电力系统运行管理方面的技术人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

工厂供配电技术/张莹主编. —2版. —北京：电子工业出版社，2006.12
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·电气自动化技术专业
ISBN 7-121-03635-5

I. 工… II. 张… III. ①工厂—供电—高等学校：技术学校—教材②工厂—配电系统—高等学校：技术学校—教材 IV. TM727.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 152395 号

责任编辑：陈晓明 特约编辑：高文勇

印 刷：涿州市京南印刷厂

装 订：桃园装订有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：21.25 字数：544 千字

印 次：2006 年 12 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系电话：（010）68279077；邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材（第 2 版）

出版说明

2002 年 10 月,电子工业出版社组织 90 余所高职院校的优秀教师编写了“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”4 个专业的高职教材,从 2003 年 7 月第 1 本教材问世截至 2004 年 10 月,已经出版了 70 余种。时至今日已有 2 年多的教材使用时间,这批教材的大部分得到使用者的好评。随着教育的不断深入及社会用人单位对高职毕业生的更高要求,为使教材更好地适应高职毕业生的就业、使教材有益于培养高职毕业生的生产实践技能,2005 年 7 月,我们在杭州组织召开了教材研讨会,针对上述 4 个专业的大部分教材的内容的修订听取了到会老师的意见,明确了修订教材的编写思路和编写原则,确定了修订版教材的编写人员,计划在 2006 年底~2007 年上半年基本出版齐全修订版教材。为便于读者区分,这批修订版教材均标明“(第 2 版)”。教材的丛书名仍沿用“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”。

第 2 版教材的主要特点如下:

1. 内容更加突出“实用性、技能性、应用性”。
2. 实训内容的选择以技能为要素。
3. 适当拓展了教材的广度,其目的是为方便不同学校、不同专业的学生选用。。
4. 专业课以目前企业主要设备为主线进行讲解。
5. 习题尽量避免问答式、叙述式,而多为技能型、解决问题型。
6. 配备电子教案,以便于老师教学和学术交流。

我们的初衷是希望第 2 版教材的问世能够弥补第 1 版教材的不足,使其内容更加贴近企业用人的需求,更加有利于学生就业,让学生能够真正掌握一些实际的生产技能。同时,我们亦深知:高等职业教育的改革不可能一蹴而就,编写出适合高职教育的教材也是一个渐进的过程。我们期待和全国高职院校的老师们一同努力,不断改进创新,为出版真正适合高职教育的好教材尽力。

在组织高职电子信息类教材的编写全过程近 4 年的时间内,我们结交了全国的许多优秀教师,他们的人品德行、人格魅力、学识水平均达到很高的水准。与他们的交往让我们受益匪浅,并且给我们以启迪:学校确是藏龙卧虎之地。我们愿意继续结交新的朋友,目的只有一个,那就是共同为高等职业教育的发展贡献我们大家的力量,在这个目标下达到学校、老师、出版社多赢。

我们亦衷心欢迎各高职院校有意愿、有能力的老师参加我们的教材编写。具体专业范围如下:

机电一体化技术,电气自动化技术,数控技术,模具技术,应用电子技术,通信技术

电子工业出版社高等职业教育教材事业部

2006 年 3 月

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”
编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院	广州大学科技贸易技术学院
江西信息应用职业技术学院	湖北孝感职业技术学院
江西蓝天职业技术学院	江西工业工程职业技术学院
吉林电子信息职业技术学院	四川工程职业技术学院
保定职业技术学院	广东轻工职业技术学院
安徽职业技术学院	西安理工大学
杭州中策职业学校	辽宁大学高职学院
黄石高等专科学校	天津职业大学
天津职业技术师范学院	天津大学机械电子学院
福建工程学院	九江职业技术学院
湖北汽车工业学院	包头职业技术学院
广州铁路职业技术学院	北京轻工职业技术学院
台州职业技术学院	黄冈职业技术学院
重庆工业高等专科学校	郑州工业高等专科学校
济宁职业技术学院	泉州黎明职业大学
四川工商职业技术学院	浙江财经学院信息学院
吉林交通职业技术学院	南京理工大学高等职业技术学院
连云港职业技术学院	南京金陵科技学院
天津滨海职业技术学院	无锡职业技术学院
杭州职业技术学院	西安科技学院
重庆职业技术学院	西安电子科技大学
重庆工业职业技术学院	河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院
三峡大学职业技术学院
桂林电子工业学院高职学院
桂林工学院
南京化工职业技术学院
湛江海洋大学海滨学院
江西工业职业技术学院
江西渝州科技职业学院
柳州职业技术学院
邢台职业技术学院
漯河职业技术学院
太原电力高等专科学校
苏州经贸职业技术学院
金华职业技术学院
河南职业技术师范学院
新乡师范高等专科学校
绵阳职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
河北师范大学职业技术学院
常州轻工职业技术学院
常州机电职业技术学院
无锡商业职业技术学院
河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院
安徽电子信息职业技术学院
浙江经贸职业技术学院
河南机电高等专科学校
深圳信息职业技术学院
河北工业职业技术学院
湖南信息职业技术学院
江西交通职业技术学院
沈阳电力高等专科学校
温州职业技术学院
温州大学
广东肇庆学院
湖南铁道职业技术学院
宁波高等专科学校
南京工业职业技术学院
浙江水利水电专科学校
成都航空职业技术学院
吉林工业职业技术学院
上海新侨职业技术学院
天津渤海职业技术学院
驻马店师范专科学校
郑州华信职业技术学院
浙江交通职业技术学院

前 言

近年来,我国对高等职业教育培养的各类人才有相当大的需求,要求培养出实际动手能力强,岗位技能水平高,具有现场实践能力的高等技术应用性人才。为适应高等职业教育的需要,并为了保证职业教育教材满足职业人员学习的需要,我们在本书第一版的基础上进行了修订。

新版教材参考了职业技能鉴定规范及技术工人等级考核标准,除体现“淡化理论,够用为度,培养技能,重在应用”的编写原则外,更加加强对学习内容的说明,帮助学生提高自学水平,提供自学渠道。本书加入了实验(实训)指导环节内容,为将来从事供配电职业的人员提供实践参考。另外,在本书中加入了电力电气设备检修和诊断,提供了部分设备检修案例,帮助读者近距离了解电力系统运行方式,并且了解常用设备故障情况和处理办法。在习题的编写上更注重实用性,对企业内从事相关技术的人员也有一定的参考意义。

本书重点论述工厂供配电系统接线方案、常用电气设备、保护类型及设置,除让读者熟悉掌握工厂供配电系统的构成、功能、保护方式以外,更强调系统的运行维护,使读者掌握供配电系统操作、运行、检修、维护等技术要求和技术标准。

本书特别注重教材的实用性和先进性,增加了供配电系统运行故障处理和诊断检测,提供了大量供配电系统主要电气设备的检修案例,从故障现象、故障分析、故障处理等各方面引导读者掌握供配电技术故障处理流程、故障分析方法和处理方法,使读者掌握供配电系统常见故障类型的分析处理,并掌握故障分析方法和处理手段,对供配电系统操作和维护技术具有极大的指导意义。

本书介绍了供配电系统分析和测试常用的仪器仪表的外观、结构和使用方法,使读者能尽快掌握实际系统维护所需要的仪器仪表知识,也满足电类其他专业知识对仪器仪表使用要求。

本书提供了工厂供配电系统的常用实验(实训)指导,以具体电路的形式指导读者熟练掌握供配电系统的构成,通过实验(实训),熟悉仪器仪表的使用操作技能,熟悉供配电回路的构成,掌握电路分析方法和排除故障方法,对技能培养大有帮助。

全书修订了第一版中的错误,继续配有电子教案,方便读者使用。

本书由湖南铁道职业技术学院张莹担任主编,四川绵阳职业技术学院张焕丽、湖南铁道职业技术学院严俊担任副主编。其中,张莹编写了第1、2、4、5、7章,张焕丽编写了第3、6、8、9章,严俊编写了10、11章,由张莹统编全稿,汪晓凌主审全书。

在本书的编写过程中,柳树林、舒振均、唐建国、邓久山、谢凤生教授和朱洪求硕士对本书提出了宝贵建议并审阅了部分章节。杨瀛瑜、李新文高级工程师提供了部分资料,谨在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者及同行批评指正。

编 者

2006年5月

目 录

第 1 章 供电系统概述	(1)
1.1 绪论	(1)
1.2 工厂供配电系统的基本概念	(2)
1.2.1 发电厂	(3)
1.2.2 变配电所	(5)
1.2.3 工厂供配电系统示意图	(6)
1.2.4 输送电网	(8)
1.2.5 工厂配电线路	(10)
1.2.6 电力系统的中性点运行方式	(11)
1.2.7 电能用户	(15)
1.2.8 用电负荷的分类	(15)
1.3 电力系统的电压	(16)
1.3.1 供电质量的主要指标	(16)
1.3.2 额定电压的国家标准	(17)
1.3.3 工厂供配电电压的选择	(19)
本章小结	(20)
习题 1	(21)
第 2 章 工厂变配电所及供配电设备	(23)
2.1 工厂变配电所的作用、类型和位置	(23)
2.2 工厂变配电所常用的高、低压电气设备	(24)
2.2.1 工厂变配电所常用的高压电气设备	(24)
2.2.2 电流互感器和电压互感器	(34)
2.2.3 工厂变配电所常用的低压电气设备	(41)
2.3 电力变压器	(49)
2.3.1 工厂变电所常用电力变压器的结构和类型	(49)
2.3.2 三相电力变压器的连接组别	(51)
2.3.3 工厂变电所中变压器的过负荷能力	(53)
2.3.4 变压器的并列运行	(55)
2.3.5 变压器的操作及维护	(56)
2.4 成套配电装置	(58)
2.4.1 成套配电装置分类与特点	(59)
2.4.2 高压成套配电装置(高压开关柜)	(59)
2.4.3 低压成套配电装置	(61)
2.4.4 动力配电箱和照明配电箱	(62)
2.4.5 变配电所配电装置图的读图	(62)

2.5	工厂变配电所的电气主接线	(64)
2.5.1	对电气主接线的基本要求	(64)
2.5.2	主接线的基本接线方式	(65)
2.5.3	车间变电所的电气主接线	(67)
2.5.4	变配电所电气主接线的读图	(71)
2.5.5	变配电所电气主接线实例分析	(72)
2.6	工厂变配电所的布置与结构	(74)
2.6.1	工厂变配电所总体布置要求	(74)
2.6.2	变配电所的总体布置方案	(74)
2.6.3	变配电所的结构	(75)
2.6.4	组合变电所	(79)
	本章小结	(81)
	习题 2	(82)
第 3 章	工厂电力网络	(85)
3.1	工厂电力网络的基本接线方式	(85)
3.1.1	高压配电线路的接线方式	(85)
3.1.2	低压配电线路的接线方式	(87)
3.2	工厂架空线路	(88)
3.2.1	工厂架空线路的结构	(88)
3.2.2	工厂架空线路的运行管理和检修	(93)
3.2.3	架空绝缘线路	(95)
3.3	工厂电缆线路	(96)
3.3.1	电缆的结构、型号及敷设	(96)
3.3.2	电缆线路的运行维护	(100)
3.3.3	电缆故障的确定	(101)
3.4	车间内配电线路	(105)
3.4.1	车间线路的结构和敷设	(105)
3.4.2	车间动力电气平面布线图	(107)
3.4.3	车间内照明供电方式	(109)
3.4.4	车间配电线路的运行维护	(109)
3.5	线路运行时突然停电的处理	(109)
	本章小结	(110)
	习题 3	(111)
第 4 章	工厂电力负荷计算及短路计算	(112)
4.1	工厂的电力负荷和负荷曲线	(112)
4.1.1	工厂常用的用电设备	(112)
4.1.2	工厂用电设备容量的确定	(114)
4.1.3	负荷曲线	(116)
4.2	工厂计算负荷的确定	(118)

4.2.1	概述	(118)
4.2.2	单个用电设备的负荷计算	(118)
4.2.3	用电设备组计算负荷的确定	(118)
4.2.4	单相用电设备计算负荷的确定	(123)
4.2.5	工厂电气照明负荷的确定	(123)
4.2.6	全厂计算负荷的确定	(124)
4.2.7	工厂的功率因数及无功补偿	(126)
4.2.8	尖峰电流的计算	(129)
4.3	短路计算	(130)
4.3.1	短路故障的原因	(130)
4.3.2	短路故障的种类	(131)
4.3.3	短路参数	(131)
4.3.4	无限大容量电源供电系统短路电流计算	(133)
4.3.5	短路的效应及危害	(141)
	本章小结	(143)
	习题 4	(143)
第 5 章	供电线路的导线和电缆	(145)
5.1	导线和电缆型号的选择	(145)
5.1.1	工厂常用架空线路裸导线型号的选择	(145)
5.1.2	工厂常用电力电缆型号的选择	(145)
5.1.3	工厂常用绝缘导线型号及选择	(146)
5.2	导线和电缆截面的选择	(146)
5.2.1	按发热条件选择导线和电缆的截面	(147)
5.2.2	按经济电流密度选择导线和电缆的截面	(149)
5.2.3	按机械强度校验导线截面	(150)
5.2.4	线路电压损耗的计算	(150)
5.2.5	母线的选择	(154)
	本章小结	(154)
	习题 5	(155)
第 6 章	工厂供配电系统的保护	(156)
6.1	供配电系统保护装置的作用和要求	(156)
6.2	常用保护继电器的类型与结构	(158)
6.2.1	电磁式电流和电压继电器	(158)
6.2.2	电磁式中间继电器	(159)
6.2.3	电磁式信号继电器	(159)
6.2.4	电磁式时间继电器	(160)
6.2.5	感应式电流继电器	(161)
6.3	工厂高压线路继电保护	(163)
6.3.1	电流互感器与电流继电器的接线方式	(163)

6.3.2	线路过电流保护	(165)
6.3.3	电流速断保护	(171)
6.3.4	线路的过负荷保护	(173)
6.3.5	单相接地保护	(173)
6.4	电力变压器的保护	(176)
6.4.1	电力变压器保护装置的设置	(176)
6.4.2	变压器的继电保护	(177)
6.4.3	变压器的单相保护	(184)
6.5	工厂低压供电系统的保护	(184)
6.5.1	熔断器保护	(184)
6.5.2	低压断路器保护	(186)
6.5.3	漏电保护	(188)
6.6	电气设备的防雷与接地	(189)
6.6.1	过电压与防雷	(190)
6.6.2	接地	(195)
	本章小结	(202)
	习题 6	(203)
第 7 章	工厂供配电系统二次接线与自动装置	(205)
7.1	二次接线的基本概念和二次回路图	(205)
7.2	断路器控制回路信号系统与测量仪表	(209)
7.2.1	控制回路	(209)
7.2.2	信号电路	(212)
7.2.3	测量仪表	(212)
7.3	绝缘监察装置	(216)
7.4	备用电源自动投入装置及自动重合闸装置	(217)
7.4.1	备用电源自动投入装置 (APD)	(217)
7.4.2	自动重合闸装置 (ARD)	(219)
7.5	计算机在工厂供电中的应用	(224)
7.5.1	计算机在工厂供电设计计算中的应用	(224)
7.5.2	工厂供电系统的计算机实时监控	(225)
7.5.3	计算机在继电保护及自动装置中的应用	(225)
	本章小结	(226)
	习题 7	(227)
第 8 章	工厂电气照明	(229)
8.1	电光源	(229)
8.1.1	概述	(229)
8.1.2	工厂常用的电光源	(231)
8.1.3	工厂常用灯具的选择与布置	(235)
8.1.4	照度标准	(239)

8.2 照明的供电方式及线路控制	(240)
本章小结	(241)
习题 8	(241)
第 9 章 工厂的节约用电	(243)
9.1 节约用电的意义、方法和途径	(243)
9.1.1 节约用电的意义	(243)
9.1.2 节约用电的科学管理方法	(243)
9.1.3 节约用电的一般措施	(244)
9.2 提高功率因数的方法	(244)
9.2.1 提高自然功率因数	(244)
9.2.2 采用人工补偿装置提高功率因数	(246)
本章小结	(249)
习题 9	(250)
第 10 章 工厂供配电故障诊断及检修	(251)
10.1 电气维护及检修的安全技术措施	(251)
10.1.1 停电	(251)
10.1.2 验电	(252)
10.1.3 装设接地线	(252)
10.1.4 悬挂标示牌及装设遮栏	(253)
10.2 检修仪表	(254)
10.2.1 常用检修仪表	(254)
10.2.2 特殊检修仪表	(258)
10.3 变压器的故障检测诊断	(260)
10.3.1 变压器的故障类型及原因	(260)
10.3.2 变压器的故障检测诊断方法	(262)
10.3.3 变压器故障诊断实例	(264)
10.4 断路器的故障检测诊断	(267)
10.4.1 断路器的故障类型及原因	(267)
10.4.2 断路器的故障诊断实例	(270)
10.5 其他电器的故障检测诊断	(271)
10.5.1 互感器的故障诊断	(271)
10.5.2 避雷器的故障诊断	(275)
10.5.3 并联电容器的故障诊断	(278)
10.6 接地装置的故障诊断	(281)
10.6.1 接地装置的故障类型及原因	(281)
10.6.2 电气接地电阻的测量	(282)
10.6.3 接地装置的故障检测诊断实例	(283)
10.7 电力线路的故障诊断	(285)
10.7.1 架空电气线路的故障诊断	(285)

10.7.2 电力电缆线路的故障诊断	(286)
10.7.3 电力电缆线路的故障检测诊断实例	(288)
10.8 电力设备的红外诊断	(292)
10.8.1 电力设备故障红外诊断的原理和特点	(292)
10.8.2 红外诊断的仪器及选用	(294)
本章小结	(294)
习题 10	(295)
第 11 章 实验(实训)指导	(297)
11.1 实验(实训)须知	(297)
11.2 高压电器认识实验(实训)	(298)
11.3 低压电器认识实验(实训)	(299)
11.4 低压漏电保护实验(实训)	(302)
11.5 电磁式继电器整定实验(实训)	(305)
11.6 定时限过电流保护实验(实训)	(307)
11.7 感应式继电器动作特征实验(实训)	(310)
11.8 反时限过电流保护实验(实训)	(313)
11.9 接地电阻测量实验(实训)	(315)
附表	(317)
参考文献	(327)

第1章 供电系统概述

内容提要

本章概述工厂供配电技术的一些基本知识和基本问题。首先介绍供配电系统的基本情况，主要介绍工厂内供电系统的构成，各主要构成环节的作用及名称；其次介绍典型的各类工厂供配电系统及相关知识，主要介绍电力系统中性点运行方式；最后介绍工厂供配电电压等级和电网及用电设备、变压器的额定电压等级。

1.1 绪论

电能在日常生活中扮演着越来越重的角色，社会的各行各业都离不开电能。电能有很多优点，它能够转换为其他能量（机械能、热能、光能、化学能等）。电能的输配易于实现。电能可以做到比较精确的控制、计算和测量，应用灵活。因此，电能在工农业、交通运输业以及人民的日常生活中得到越来越多的应用。作为一名工业电气技术人员应该掌握安全、可靠、经济、合理地供配电能和使用电能的技术。

在工厂里，电能虽然是工业生产的主要能源和动力，但是它在产品成本中所占的比重一般很小（除电化工业外）。例如，在机械工业中，电费开支仅占产品成本的5%左右。从投资额来看，一般机械类工厂在供电设备上的投资，也仅占总投资的5%左右。电能工业生产中的重要性，并不在于它在产品成本中或投资额中所占比重的多少，而在于工业生产实现电气化以后可以大大增加产量，提高产品质量，提高劳动生产率，降低劳动成本，减轻工人的劳动强度，改善工人的劳动条件，有利于实现生产过程自动化。从另一方面说，如果工厂的电能供应突然中断，则对工业生产可能造成严重的后果。例如，某些对供电可靠性要求很高的工厂，即使是极短时间的停电，也会引起重大设备损坏，或引起大量产品报废，甚至可能发生重大的人身事故，给国家和人民带来经济上甚至政治上的重大损失。

因此，工厂供配电工作对于发展工业生产，实现工业现代化，具有十分重要的意义。由于能源节约是工厂供配电工作的一个重要方面，而能源节约对于国家经济建设具有十分重要的战略意义，因此必须做好工厂供配电工作。

工厂供配电工作要很好地为工业生产服务，切实保证工厂生产和生活用电的需要，并做好节能工作，就必须达到以下基本要求：

- (1) 安全。在电能的供应、分配和使用中，不应发生人身事故和设备事故。
- (2) 可靠。应满足电能用户对供电可靠性的要求。
- (3) 优质。应满足电能用户对电压和频率等质量的要求。
- (4) 经济。供电系统的投资要少，运行费用要低，并尽可能地节约电能和减少有色金属消耗量。

此外，在供电工作中，应合理地处理局部和全局、当前和长远等关系，既要照顾局部和当前利益，又要有全局观点，能顾全大局，适应发展。例如，计划供用电的问题，就不能只

考虑一个单位的局部利益，更要有全局观点。

本课程的任务，主要是讲述中小型机械类工厂内部的电能供应和分配问题，并讲述电气照明，使学生初步掌握中小型工厂供配电系统的基本知识和供配电技术的基本操作技能，为今后从事工厂供配电技术工作奠定一定的基础。

1.2 工厂供配电系统的基本概念

电能是由发电厂生产的，但发电厂往往距离城市和工业中心很远，这就需要将电能经过线路输送到城市或工业企业。为了减少输电时的电能损耗，输送电能时要升压，采用高压输电线路将电能输送给用户，同时为了满足用户对电压的要求，输送到用户之后还要经过降压，而且还要合理地将电能分配到用户或生产车间的各个用电设备。

为了提高供电的可靠性和经济性，将各发电厂通过电力网连接起来并联运行，组成庞大的联合动力系统。将各种类型发电厂中的发电机、升压降压变压器、输电线路以及各种用电设备组联系在一起构成的统一的整体就是电力系统，用以实现完整的发电、输电、变电、配电和用电，图 1.1 为从发电到供电的示意图，图 1.2 为电力系统的示意图（本书 380V/220V 即为 380V/220V）。

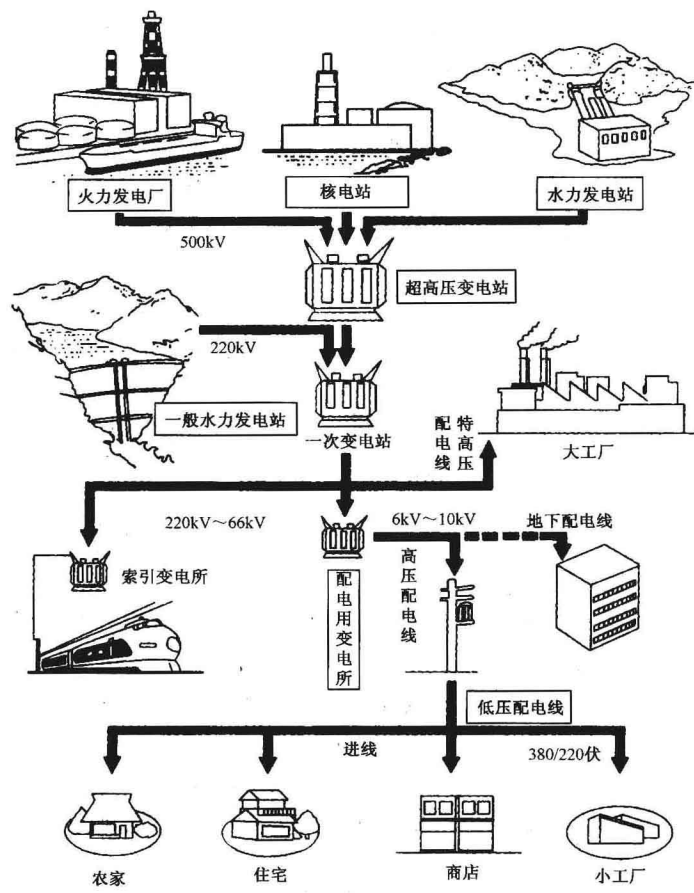


图 1.1 从发电到供电的示意图

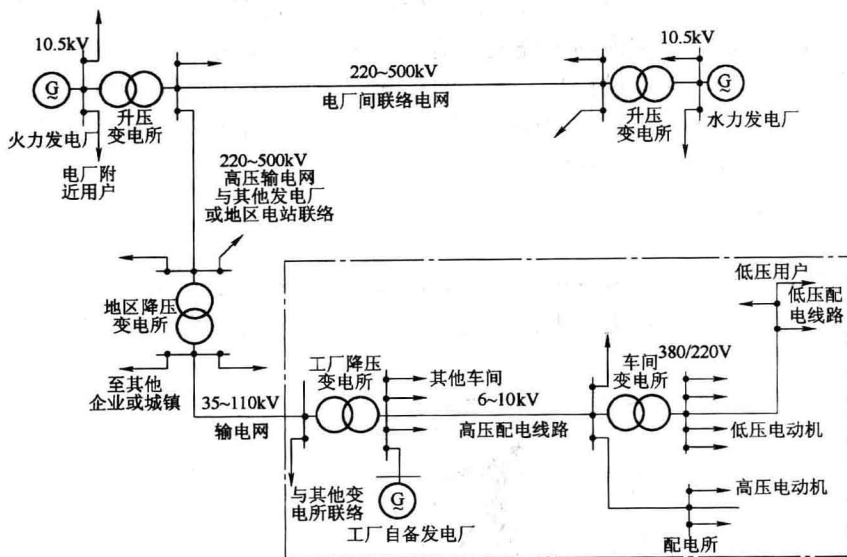


图 1.2 电力系统示意图

发电机生产的电能受发电机制造电压的限制，不能远距离输送。因此，通常使发电机的电压经过升压达 220~500kV，再通过超高压远距离输电网送往远离发电厂的城镇或工业集中地区，通过那里的区域降压变电所将电压降到 35~110kV，然后再用 35~110kV 的高压输电线路将电能送至工厂降压变电所降至 6~10kV 配电或终端变电所，如图 1.3 所示。

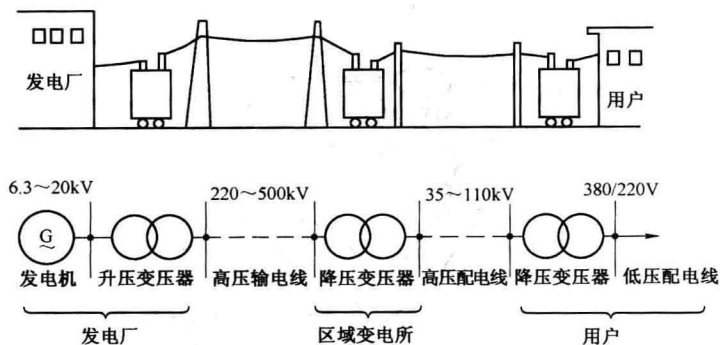


图 1.3 从发电厂到用户的送电过程示意图

下面简要介绍一下电能的生产、变压、输配和使用等几个环节。

1.2.1 发电厂

发电厂是生产电能的工厂。它把其他形式的能源，如煤炭、石油、天然气、水能、原子核能、风能、太阳能、地热、潮汐能等，通过发电设备转换为电能。我国以火力发电为主，其次是水力发电和原子能发电。

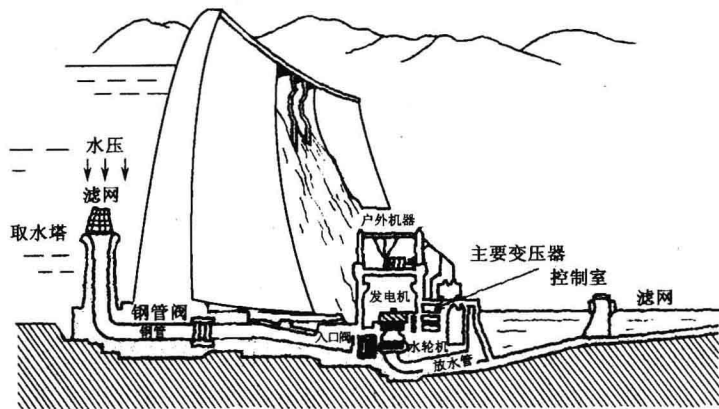
1. 火力发电厂

火力发电厂，简称火电站或火电厂，是指用煤、油、天然气等为燃料的发电厂。我国的

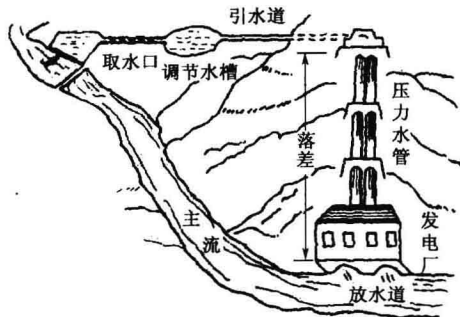
火电厂以燃煤为主。为了提高燃料的效率，现代火电厂都将煤块粉碎成煤粉燃烧。煤粉在锅炉的炉膛内充分燃烧，将锅炉内的水烧成高温高压的水蒸气，推动汽轮机转动，带动与它连轴的发电机发电。其能量转换过程是：燃料的化学能→热能→机械能→电能。现代火电厂一般都考虑了“三废”（废水、废气、废渣）的综合利用，并且不仅发电，而且供热。这类兼供热能的火电厂称为热电厂或热电站。

2. 水力发电厂

水力发电厂，简称水电厂或水电站，它是把水的位能和动能转变成电能的发电厂，主要分为堤坝式水力发电厂和引水道式水力发电厂。图 1.4 即为这两种水电厂工作示意图。



(a) 堤坝式水力发电厂



(b) 引水道式水力发电厂

图 1.4 堤坝式水电站和引水道式水电站的工作示意图

当控制水流的闸门打开时，水流沿进水管进入水轮机蜗壳室，冲动水轮机，带动发电机发电。其能量转换过程是：水流位能→机械能→电能。由于水电厂的发电容量与水电厂所在地点上下游水位差及流过水轮机水量的乘积成正比，所以建造水电厂必须用人工的方法来提高水位。最常用的方法是在河流上建筑一个很高的拦河坝，形成水库，提高上游水位，使坝的上下游形成尽可能大的落差，电厂就建在堤坝的后面。这类水电厂即为堤坝后式水电厂。我国一些大型水电厂包括三峡水电站都属于这种类型。三峡水电站建成后坝高 185m，水位 175m，总装机容量为 1820 万千瓦，年发电量可达 847 亿千瓦时（度），居世界首位。另一种