



普通高等院校“十一五”规划教材

现代供配电技术

XIANDAI GONGPEIDIAN JISHU

主编 海 涛 骆武宁 周晓华

主审 龙 军 李啸骢



国防工业出版社

National Defense Industry Press



课件索取: kejian@ndip.cn

普通高等院校“十一五”规划教材

现代供配电技术

主编	海 涛	骆武宁	周晓华			
主审	龙 军	李啸骢				
参编	黄 玲	韦善革	龚文英	梁冰红	廖炜斌	
	陈明媛	刘德刚	邹 鸣	邵红硕		

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书介绍供电系统的基本知识和理论、计算方法、运行和管理,反映供电领域的新技术和新产品;讲解供电系统和电力系统的基本知识、电力负荷计算及无功功率补偿、三相短路分析、短路电流计算、供电系统高/低压电气设备的选择与校验、电力线路、供电系统的继电保护、变电所二次回路及自动装置、电气安全、防雷和接地、电气照明、供电系统的运行和管理。

本书可作为自动化及相关专业本科生和研究生教材,也可作为相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代供电技术/海涛,骆武宁,周晓华主编. —北京:
国防工业出版社,2010.8
普通高等院校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-118-06988-4

I. ①现... II. ①海... ②骆... ③周... III. ①供
电 - 高等学校 - 教材 ②配电系统 - 高等学校 - 教材
IV. ①TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 163557 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 490 千字

2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

随着供电系统的一次设备制造技术不断提升,其结构与控制的技术水平不断提高,传统的供电技术与理论知识必须进行改造和提升,以确保供电系统的安全、可靠运行,避免给国民经济和人民生活造成不必要的损失。笔者根据多年来从事工矿企业供电技术教学与科研工作的经验和体会,编写了本书,使之既有传统的理论分析,又有先进的应用技术。

供电系统是电力系统的一个重要环节,由电气设备及配电线路按一定的接线方式组成。供电系统概念上虽属于电力系统的终端,但它的安全运行与否,直接关系到电力系统的安全稳定运行,关系到国民经济的发展和人民生命财产的保障。随着科学技术的发展,计算机监控与保护、嵌入式微处理器、电力电子等先进技术已广泛应用到供电系统保护与控制领域,形成了目前较流行的柔性现代供电系统。

全书内容共分11章,第1章供电系统基本概念;第2章工厂电力负荷及其计算;第3章短路电流计算;第4章供配电一次系统;第5章供配电系统二次接线;第6章继电保护;第7章供配电系统的微机保护与综合自动化;第8章电气安全与防雷接地;第9章节约用电和电力谐波;第10章工厂电气照明;第11章漏电保护。本书每章有小结和习题,便于教学和自学。

本书由广西大学电气工程学院硕士生导师海涛高级工程师任主编,博士生导师李啸骢教授、龙军教授为主审;南宁微控技术公司骆武宁副教授任副主编。参与本书编写工作的还有广西工学院周晓华、黄玲,广西大学电气工程学院韦善革、龚文英、梁冰红、陈明媛、刘德刚、邹鸣、邵红硕,广西公安厅交警总队科研所副所长廖炜斌等。广西华银铝业有限公司覃汉教授级高工、广西南宁诚基永信太阳能工程有限公司林波对此书的编写提出许多宝贵意见。广西大学海涛负责全书编写和统稿工作。

本书可作为自动化及其相关专业本科生和研究生教材,也可作为相关技术人员的参考书。

在本书的编写过程中,王立元、闭耀宾、黄新迪、李玉凤、陈仁云、孙耀彬、蒋春姑、常晓煜、王思哲、覃良奎等人为本书的撰写做了很多工作,南宁微控技术公司、广西地凯科技有限公司对此书的编写也给予了大力支持和帮助,在此对他们表示衷心地感谢。由于时间紧迫,编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2010年7月

目 录

第1章 供电系统基本概念	1
1.1 电力系统组成	1
1.1.1 电力工业生产特点	1
1.1.2 电力系统的基本概念	2
1.2 中国电网概况	3
1.2.1 中国电网发展趋势	3
1.2.2 发电厂概述	4
1.3 电力系统的电压等级	8
1.4 供电系统及接线方式	9
1.5 电网中性点运行方式	10
思考题与习题	13
第2章 工厂电力负荷及其计算	15
2.1 工厂的电力负荷与负荷曲线	15
2.1.1 工厂的电力负荷及对供电的要求	15
2.1.2 工厂用电设备的工作制	16
2.1.3 负荷曲线	16
2.1.4 与负荷曲线和负荷计算有关的物理量	18
2.2 工厂电力负荷的计算	19
2.2.1 计算负荷的概念	19
2.2.2 用电设备组计算负荷的确定	19
2.2.3 供电系统的功率损耗和电能损耗	27
2.2.4 无功功率的补偿	29
2.2.5 全厂计算负荷的确定	33
2.3 尖峰电流及其计算	33
思考题与习题	35
第3章 短路电流计算	36
3.1 短路概述	36
3.2 无限大容量供电系统三相短路分析	38
3.2.1 无限大容量供电系统的概念	38

3.2.2	无限大容量供电系统三相短路暂态过程	38
3.2.3	三相短路电流的有关参数	41
3.3	无限大容量供电系统三相短路电流的计算	42
3.3.1	标幺制	42
3.3.2	短路回路元件的标幺值阻抗	44
3.3.3	三相短路电流计算	45
3.3.4	电动机对三相短路电流的影响	50
3.4	单相和两相短路电流的计算	50
3.4.1	单相短路电流的计算	50
3.4.2	两相短路电流的计算	51
3.5	短路电流的效应	51
3.5.1	短路电流的热效应	52
3.5.2	短路电流的电动效应	53
	思考题与习题	55
第4章	供配电一次系统	58
4.1	供配电设备概述	58
4.1.1	供配电一次设备	58
4.1.2	供配电二次设备	58
4.1.3	一次设备选择的一般原则	59
4.1.4	电弧的基本知识	61
4.2	变电所主要一次设备	63
4.2.1	变压器	63
4.2.2	高压断路器	66
4.2.3	高压隔离开关	73
4.2.4	高压负荷开关	75
4.2.5	高压熔断器	76
4.2.6	母线	81
4.2.7	避雷器	82
4.2.8	高压成套设备	85
4.2.9	低压断路器	88
4.2.10	低压熔断器和低压负荷开关	95
4.2.11	低压成套设备	99
4.3	供配电主接线	100
4.3.1	供配电主接线的基本要求	101
4.3.2	供配电主接线的基本形式	101
4.3.3	供配电所主接线方案选择	112
4.4	变电所主接线设计及设备选择举例	118

4.4.1	供配电主接线设计的基本步骤	118
4.4.2	35kV/10kV 变电所主接线设计及设备选择举例	119
	思考题与习题	129
第 5 章	供配电系统二次接线	131
5.1	二次接线概述	131
5.1.1	二次接线的基本概念	131
5.1.2	二次接线的分类	131
5.2	二次接线图	132
5.2.1	原理接线图	132
5.2.2	展开接线图	132
5.2.3	安装接线图	133
5.3	变电所二次回路的操作电源	137
5.3.1	直流操作电源	137
5.3.2	交流操作电源	139
5.3.3	所用变压器	140
5.4	高压断路器的控制与信号回路	141
5.4.1	高压断路器	141
5.4.2	高压断路器的控制方式与控制要求	141
5.4.3	灯光监视的控制回路和信号回路	143
5.5	变电所中央信号系统	147
5.5.1	中央信号系统的分类	147
5.5.2	中央信号系统的基本功能	149
5.6	电气测量仪表	149
5.6.1	电气测量仪表的准确度等级	150
5.6.2	变配电装置中测量仪表的配置	151
5.6.3	三相电路电能的测量	151
5.6.4	电气测量仪表接线举例	153
5.7	供配电系统常用的自动装置	155
5.7.1	备用电源自动投入装置	155
5.7.2	供配电线路自动重合闸装置	157
5.8	互感器	159
5.8.1	电流互感器	159
5.8.2	电压互感器	167
5.8.3	组合互感器	174
	思考题与习题	175
第 6 章	供电系统的继电保护	176
6.1	继电保护概述	176

6.1.1	继电保护基本工作原理	176
6.1.2	继电保护装置的任务和基本要求	177
6.2	电流保护常用的继电器	179
6.2.1	电磁式继电器	179
6.2.2	感应式电流继电器	180
6.3	工厂高压线路的继电保护	181
6.3.1	线路的过电流保护	181
6.3.2	单相接地保护	184
6.3.3	过负荷保护	186
6.4	电力变压器保护	187
6.4.1	变压器故障类型及保护方式	187
6.4.2	变压器的继电保护	187
6.5	电力电容器的保护	189
6.5.1	电容器保护方式	190
6.5.2	电容器组与断路器之间连线短路故障时的电流保护	191
6.5.3	电容器组的横联差动保护	191
6.6	高压电动机的保护	193
6.6.1	高压电动机故障类型	193
6.6.2	电动机的相间短路保护	193
6.6.3	电动机的过负荷保护	195
	思考题与习题	195
第7章	供配电系统的微机保护与综合自动化	197
7.1	供配电系统的微机保护	197
7.1.1	概述	197
7.1.2	微机保护的硬件构成	197
7.1.3	微机保护的软件系统	199
7.1.4	微机保护的算法	199
7.2	线路的微机保护	202
7.2.1	线路保护配置的基本原则	202
7.2.2	10 kV 线路微机保护	203
7.3	变压器的微机保护	205
7.3.1	变压器微机保护的种类和配置	205
7.3.2	中小型工厂 10kV/0.4kV 变压器微机保护	205
7.4	高压电动机的微机过电流保护	208
7.4.1	概述	208
7.4.2	10kV 异步电动机微机保护	209
7.5	配电网自动化	212

7.5.1	概述	212
7.5.2	数据采集与监控系统	213
7.5.3	配电网地理信息系统	213
7.5.4	配电网管理信息系统	214
7.5.5	配电网负荷管理	214
7.5.6	典型配电自动化系统	214
7.6	工厂变电所综合自动化	216
7.6.1	概述	216
7.6.2	变电所综合自动化的结构	217
	思考题与习题	219
第8章	电气安全与防雷接地	220
8.1	电气安全和触电知识	220
8.1.1	电气安全措施	220
8.1.2	电气防火和防爆	221
8.1.3	人体触电的类型和原因	223
8.1.4	触电救护	225
8.2	过电压和防雷	225
8.2.1	过电压的概念	225
8.2.2	雷电的形成和分类	226
8.3	防雷设备和防雷保护	228
8.3.1	建筑物的防雷保护	228
8.3.2	电力系统的防雷保护	234
8.4	接地和接地保护	236
8.4.1	接地的类型和接地装置	236
8.4.2	接地保护	242
	思考题与习题	243
第9章	节约用电和电力谐波	244
9.1	节约用电	244
9.1.1	节约用电的一般知识	244
9.1.2	电力用户企业中的电能节约	244
9.1.3	功率因数	246
9.2	供配电系统的无功补偿	247
9.2.1	电力用户的功率因数及其对供电系统的影响	247
9.2.2	提高供配电系统的自然功率因数	248
9.2.3	采用电力电容器无功补偿提高功率因数的方法	249
9.2.4	并联电容器的装设地点	250
9.2.5	采用静止补偿装置提高功率因数的方法	251
9.3	电力谐波和补偿滤波措施	258

9.3.1	电力谐波及其性质	258
9.3.2	有源补偿滤波理论	262
9.3.3	供电系统中谐波抑制的方法	264
9.3.4	电力谐波谐振和无功补偿	266
思考题与习题		271
第 10 章	工厂电气照明	272
10.1	电气照明概述	272
10.1.1	照明技术的有关概念	272
10.1.2	照明方式和种类	274
10.1.3	绿色照明	274
10.2	常用的光电源和灯具	276
10.2.1	照明光源	276
10.2.2	灯具	279
10.3	电气照明的照度计算	283
10.4	照明供电系统	288
10.4.1	照明供电方式的选择	288
10.4.2	照明配电网络的设计	289
10.4.3	照明配电线路导线的选择	289
思考题与习题		290
第 11 章	漏电保护	291
11.1	低压电网的漏电保护	291
11.1.1	电流型漏电保护器	291
11.1.2	脉冲相位型漏电保护器工作原理及组成框图	293
11.2	电能计量	295
11.2.1	电能计量装置	295
11.2.2	单相有功电能的计量	296
11.2.3	三相四线制电路有功电能的测量	296
思考题与习题		297
附录		299
附表 1	需要系数和二项式系数	299
附表 2	并联电容器的技术数据	300
附表 3	S9 系列 6kV ~ 10kV 级铜绕组低损耗电力变压器的技术数据	301
附表 4	常用高压断路器的技术数据	302
附表 5	常用高压隔离开关的技术数据	302
附表 6	照明技术数据	303
附表 7	导线和电缆的电阻和电抗	303
附表 8	导体在正常和短路时的最高允许温度及热稳定系数	305
参考文献		306

第1章 供电系统基本概念

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。

电能是一种清洁的二次能源。由于电能具有生产、转换、分配方便,传输经济的特点,因此,它已广泛应用于国民经济、社会生产和人民生活的各个方面。绝大多数电能都由电力系统中发电厂提供,电力工业已成为我国实现现代化的基础。电源结构正在逐步趋向合理。截至2009年7月底,全国水电装机已从2002年的8607万kW增加到1.82亿kW;核电装机906万kW,比2002年增加了1倍;风电装机1474万kW,2009年1月至7月又增加257万kW。电网建设进入快速发展时期,220kV及以上输电线路达到37.5万km,电网规模超过美国,跃居世界第一位。电网线路损失率从2002年底的7.52%下降到2009年1月至7月的6.44%。工业用电量已占全部用电量的50%~70%,是电力系统的最大电能用户。供配电系统是电力系统的重要组成部分,其任务就是用户所需电能的供应和分配。为此,必须利用不断涌现的新理论、新方法、新技术、新设备,把计算机技术、通信技术与传统的供电技术相结合,形成现代供电技术,以适应现代供电系统快速发展的要求。

1.1 电力系统组成

1.1.1 电力工业生产特点

电能生产—传输—消费的全过程,几乎是同时进行的,而且电能生产过程的各个环节紧密联系、相互影响。由于电能不能大量存储且具有很高的传输速度,发电机在某一时刻发出的电能,经过电力系统即时传送给用电设备,而用电设备将电能即时转换成其他形式的能,一瞬间就完成从发电—供电—用电的全过程。另外,在发电容量充足时,发电量是由用电量来决定的,二者之间是严格平衡的。因此,电力用户如何用电、何时用电及用电多少,对电能生产都具有极大的影响。电力系统中任一环节或任一用户,若因设计不当、保护不完善、操作失误、电气设备故障,都会给整个系统造成不良影响。

电力系统中的暂态过程是非常迅速的。电力系统从一种运行状态到另一种运行状态的过渡极为迅速。开关的操作、电网的短路等过程都是非常短暂的。为了维护电力系统的正常运行,就必须使用迅速而灵敏的保护、监视和测量装置。特别是近几年来,已将计算机技术、通信技术应用于电力系统的保护、控制和管理系统。

电力工业与国民经济的各部门及人民日常生活有着极为密切的关系。供电的突然中断将会造成重大损失及严重后果。

1.1.2 电力系统的基本概念

1. 电力用户

在各行各业中所应用的各类用电设备统称为用电负荷。在电力系统中,通常将某一个企业或由同一线路供电的多个企业用电设备的总合看作一个电力用户。

2. 发电厂

发电厂是生产电能的工矿企业,其作用是把非电形式的能量转换成电能。发电厂的种类很多,按所利用能源的不同,可分为火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂、地热发电厂、潮汐发电厂及风力发电厂等。为了充分利用国家资源,应在全国动力资源比较丰富的地方建立发电厂。目前,我国火力发电厂的装机容量占总装机容量的70%以上,水力发电厂的装机容量约占总装机容量的20%,其他发电厂的装机容量约占总装机容量的10%。

由于煤炭是不可再生能源,且燃烧时会产生大量的二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、粉尘和废渣等,这些排放物都会对大气及生态环境造成严重影响,因此我国正在充分利用丰富而清洁的水力资源和核能资源,加快水电工程及核电工程的建设。随着葛洲坝、小浪底、三峡等大型水电工程及大亚湾、秦山等核电工程的相继建成及投产应用,非煤发电量的比重越来越大,对国民经济的发展将会产生积极而又深远地影响。

3. 变电所

变电所是变换电压和交换电能的场所,由电力变压器和配电装置组成。按变压所的性质和作用,可分为升压变电所和降压变电所两种。按其在电力系统内所处的地位不同,又可分为区域变电所、企业变电所及车间变电所等。只有受电和配电开关等控制设备而无主变压器的变电所称为配电所。用来把交流电转换成直流电的称为变电所变流所。为使供电可靠、经济、合理,一般大型发电厂将低压电能升压后,直接或间接地经区域变电所向较远的城市或工矿区供电。在城郊或工矿区再设降压变电所,将降压后的35kV~110kV电能配给附近的工矿企业内部的企业变电所。

4. 电力网

电力网的作用是将发电厂生产的电能输送、交换和分配电能,由变电所和各种不同电压等级的电力线路所组成。它是联系发电厂和用户的中间环节。

5. 电力系统

由发电厂、电力网及电力用户组成的整体,称电力系统。它们之间的相互关系可以用图1-1表示。从发电厂发出的电能,除了少部分自用及供给附近电力用户外,大部分都经过升压变电所升压,采用高电压进行电力传输。输电线路的电压越高,电力的输送距离就越远,输送的功率就越大。当输送功率一定时,提高输电电压就可相应地减少输电线路中的电流,从而减少线路上的电压损失和电能损耗,也可减少导线的截面及有色金属的消耗量。

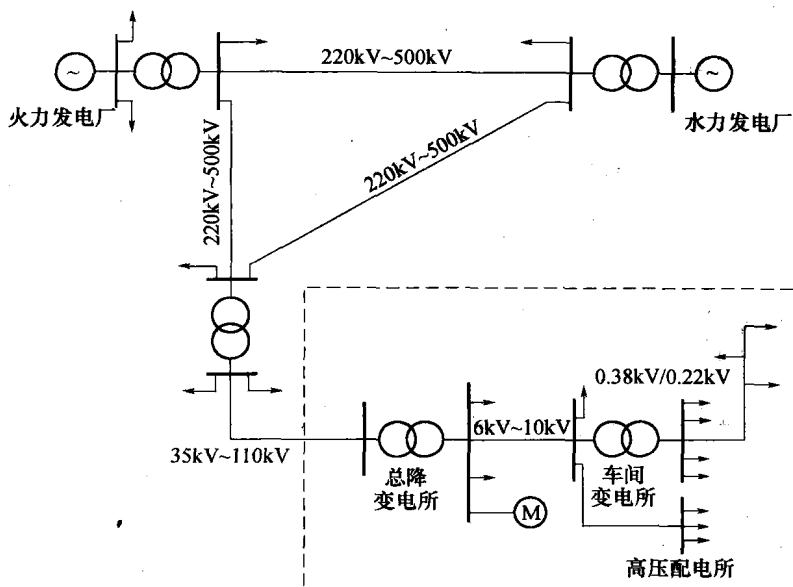


图 1-1 电力系统组成示意图

1.2 中国电网概况

1.2.1 中国电网发展趋势

中国大部分能源资源分布在西部地区,而东部沿海地区经济发达,电力负荷增长迅速。开发西部的水电和火电基地,实行“西电东送”是国家的一项长期战略。近 10 年来,山西、内蒙古西部火电基地向京津唐电网送电,葛洲坝水电站通过 $\pm 500\text{kV}$ 直流线路向上海送电,南方互连电网将天生桥水电站和云南、贵州、广西的水电站所发的电送往广东等省的“西电东送”措施已经取得一定成效。随着西部大开发战略的实施,内蒙古西部、山西、陕西、宁夏、河南西部火电基地的建设,黄河上游、金沙江、澜沧江、红水河、乌江等大型水电站的开发,以及“西电东送”输电大通道的开辟,将加大“西电东送”的能力并促进电网的快速发展。

电网是电力能源的载体。加强电网建设是拓展电力市场,提高电力工业整体效益的重要举措。

中国电网发展分为 3 个步骤进行:

- (1) 加紧实施 7 个跨省大区电网之间以及大区电网与 5 个独立省网之间的互连。
- (2) 2010 年前后,建成以三峡电网为中心连接华中、华东、川渝的中部电网;华北、东北、西北 3 个电网互连形成的北部电网;以及云南、贵州、广西、广东 4 省(自治区)的南部联合电网。同时,北部、中部、南部 3 大电网之间实现局部互连,初步形成全国统一的联合电网的格局。
- (3) 2020 年前后,随着长江和黄河上游以及澜沧江、红水河上一系列大型水电站的开发,西部和北部大型火电厂和沿海核电站的建设,以及一大批长距离、大容量输电工程的实施,电网结构进一步加强,真正形成全国统一的联合电网。在全国统一电网中充分实现西部水电东送,北部火电南送的能源优化配置。此外,北部与俄罗斯、南部与泰国之间也可能实现周边电

网互连和能源优势互补。

1.2.2 发电厂概述

发电厂是生产电能的工厂,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、原子能发电、风能发电和太阳能发电等。从发电到供配电如图 1-2,图 1-3 所示。

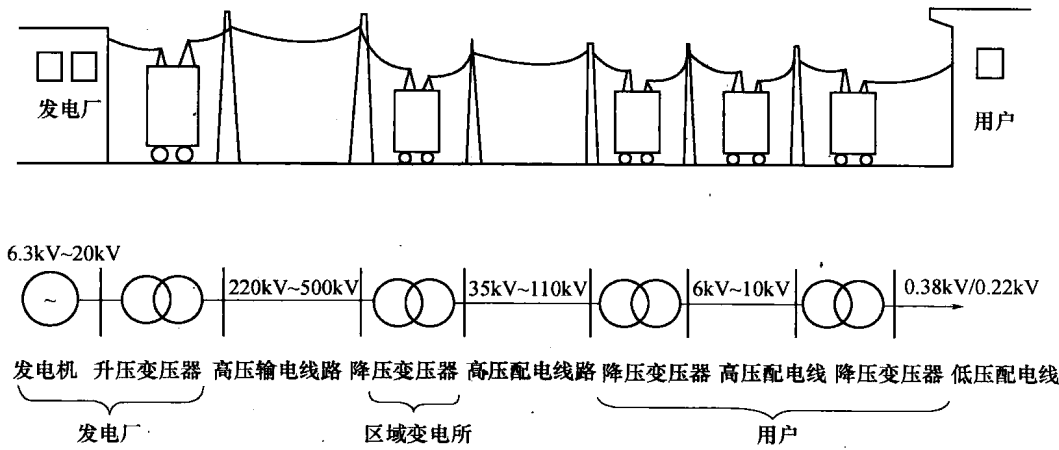


图 1-2 从发电厂到用户的发、输、配电过程

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,它是把水的势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 为这两种水电厂工作示意图。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:水流势能→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 kW,年发电量可达 847 亿 kW·h(度),居世界首位。另一种提高水位的方法,是在具有相当坡度的弯曲河段上游筑一低坝,拦住河水,然后利用沟渠或隧道,将上游水流直接引至建在河段末端的水电厂。这类水电厂就是引水道式水电厂。还有一类水电厂是上述两种方式的综合,由高坝和引水渠道分别提高一部分水位。这类水电厂称为混合式水电厂。

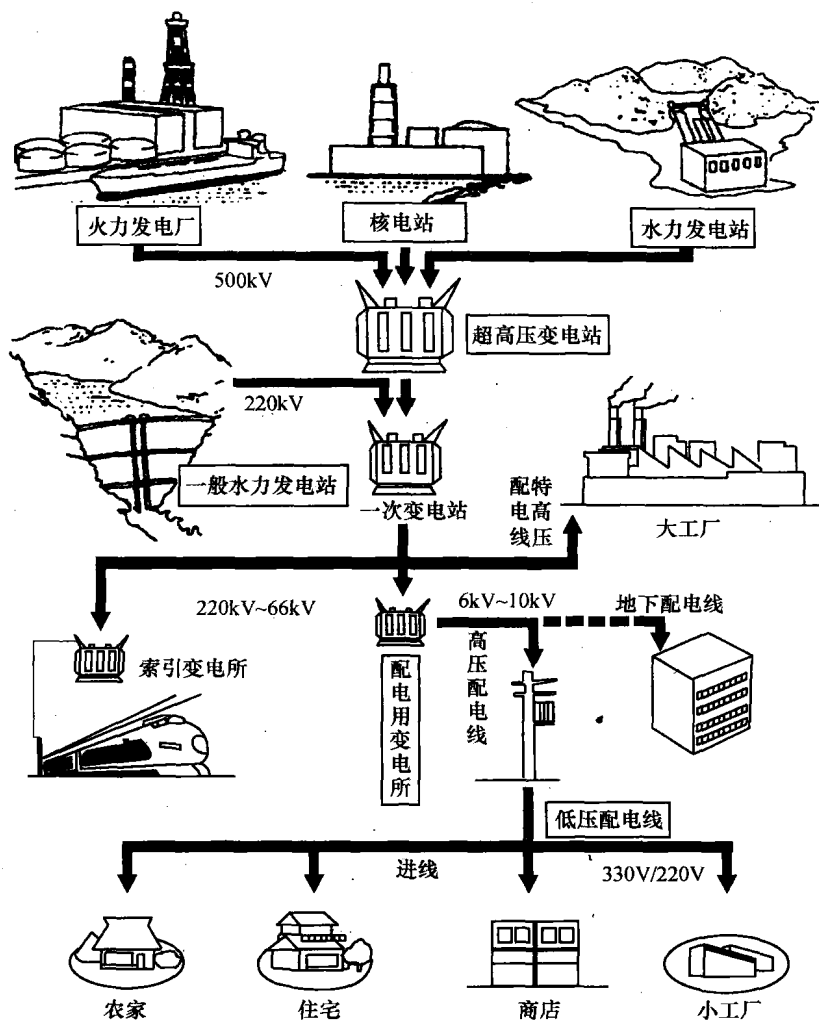


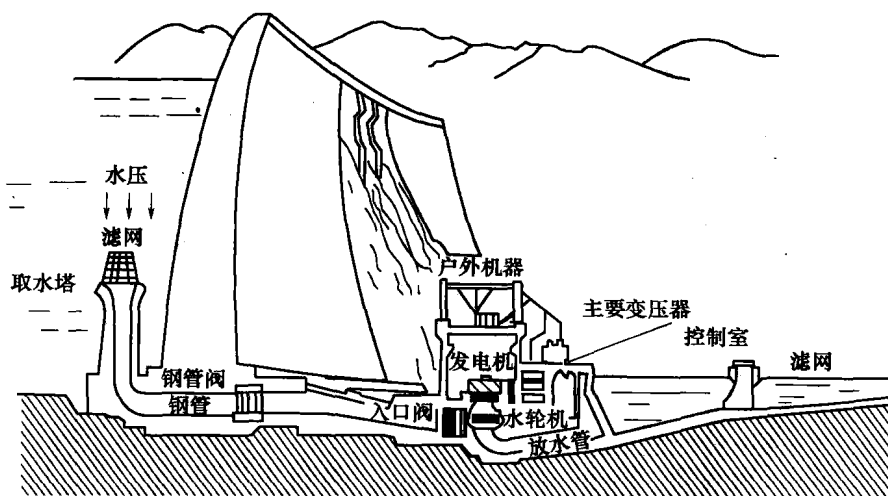
图 1-3 从发电到供电的示意图

3. 原子能发电厂

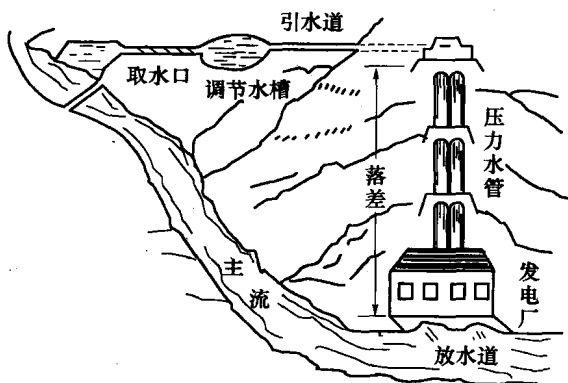
原子能发电厂又称核电站,如我国秦山核电站、大亚湾核电站,是利用核裂变能量转化为热能,再按火力发电厂方式发电的,只是它的“锅炉”为原子能反应堆,以少量的核燃料代替了大量的煤炭。其能量转换过程是:核裂变能→热能→机械能→电能。由于核能是巨大的能源,而且核电站的建设具有重要的经济和科研价值,所以世界上很多国家都很重视核电建设,核电占整个发电量的比重逐年增长。

4. 风力发电厂

风能作为一种清洁的可再生能源,越来越受到世界各国的重视。其蕴藏量巨大,全球风能资源总量约为 2.74×10^9 MW;其中可利用的风能为 2×10^7 MW。中国风能储量很大、分布面广,仅陆地上的风能储量就有约 2.53 亿 kW,开发利用潜力巨大。2008 年中国新增风电装机容量达到 719.02 万 kW,新增装机容量增长率达到 108.4%,累计装机容量跃过 1300 万 kW 大关,达到 1324.22 万 kW。内蒙古、新疆、辽宁、山东、广东等地风能资源丰富,风电产业发展较快。风力发电如图 1-5 所示。随着中国风电装机的国产化和发电的规模化,风电成本可望再



(a)



(b)

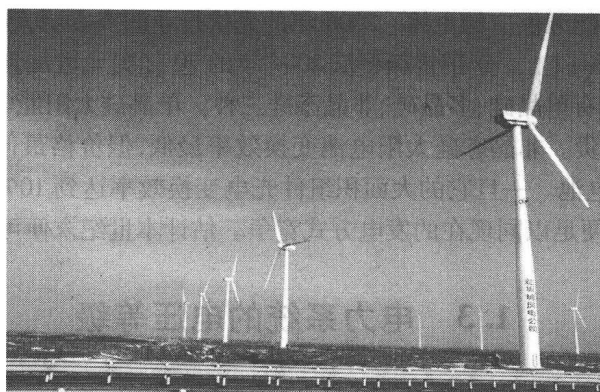
图 1-4 堤坝式水电厂和引水道式水电厂的工作示意图

(a) 堤坝式水力发电厂；(b) 引水道式水力发电厂。

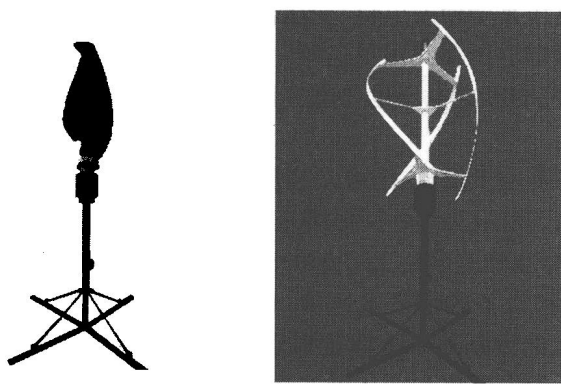
降低。因此风电开始成为越来越多投资者的逐金之地。风电场建设、并网发电、风电设备制造等领域成为投资热点,市场前景看好。

5. 太阳能光伏发电

太阳能发电分为光热发电和光伏发电。通常说的太阳能发电指的是太阳能光伏发电,简称“光电”。光伏发电是利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术。这种技术的关键元件是太阳能电池。太阳能电池经过串联后进行封装保护可形成大面积的太阳电池组件,配合功率控制器等部件就形成了光伏发电装置。主要用于三大方面:一是为无电场合提供电源;二是太阳能日用电子产品,如各类太阳能充电器、太阳能路灯等;三是并网发电。2008年北京奥运会部分用电是由太阳能发电和风力发电提供的。图 1-6 所示为太阳能屋顶发电站光伏发电系统分为独立光伏系统和并网光伏系统。独立光伏电站包括边远地区的村庄供电系统,太阳能户用电源系统,通信信号电源、阴极保护、太阳能路灯等各种带有蓄电池的可以独立运行的光伏发电系统。



(a)



(b)

图 1-5 风力发电

(a) 新疆风力发电厂；(b) 直立式风力发电。



图 1-6 太阳能屋顶发电站