

— 高职高专电气系列教材 —

GAOZHI GAOZHUAN DIANQI XILIE JIAOCAI

电力生产概论

DianLi ShengChan GaiLun

■ 主 编 丁 力
■ 主 审 黄益华



重庆大学出版社

内 容 简 介

本书根据当前电力生产的主要形式,对电力生产过程进行了介绍。主要内容包括火力发电、水力发电、核能发电、地热发电、太阳能发电、风能发电和电力网。本书文字通俗易懂,配有大量的实例、图表、图片和数据。

本书可作为电力类高职高专院校的参考教材,也可作为电力系统非本专业人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电力生产概论/丁力主编. —重庆:重庆大学出版社,2004.9

(高职高专电气系列教材)

ISBN 7-5624-3267-8

I. 电... II. 丁... III. 发电—高等学校:技术学校—教材 IV. TM6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 090348 号

电力生产概论

主 编 丁 力

主 审 黄益华

责任编辑:曾显跃 版式设计:曾显跃

责任校对:何建云 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆大学建大印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:10.25 字数:256 千

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—6 000

ISBN 7-5624-3267-8/TM·102

定价:15.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前言

目前,我国电力行业进入新一轮电力建设高峰期,为了适应电力类高职高专院校相关专业课程教学的需要,帮助电力系统非专业人员全面了解电力生产过程,结合当前电力行业的发展状况编写本书。

本书按电力生产过程编写,即从发电、变电、送电、配电至用户的全过程。本书的特点是文字通俗易懂,教材内容力求反映电力技术的最新发展,采用丰富的实例、图表、图片和数据进行介绍,主要章节均提供有复习思考题。

本书按当前电力生产的主要类型分为火电篇、水电篇、综合篇和电网篇,综合篇包括了核能发电、地热发电、太阳能发电和风能发电。

本书由丁力主编,绪论及第1、7、8、11、12章由丁力编写,第2、5、6章由陈曲进编写,第3、9、10章由吕红樱编写,第4、13、14、15章由李霜编写,第16、17章由赵利民编写。全书由丁力统稿,黄益华主审。

本书可作为电力类高职高专院校的参考教材,也可作为电力系统非专业人员的培训教材。

编 者
2004年8月

目 录

绪论	1
火电篇	
第1章 概述.....	11
1.1 火力发电厂的分类	11
1.2 火力发电厂的燃料	12
1.3 火力发电厂的基本生产过程	13
1.4 火力发电厂的效率	16
复习思考题.....	18
第2章 锅炉设备.....	20
2.1 概述	20
2.2 锅炉的汽水系统	24
2.3 锅炉的燃烧系统	27
2.4 锅炉辅机及附件	30
复习思考题.....	34
第3章 汽轮机设备.....	35
3.1 概述	35
3.2 汽轮机的结构	37
3.3 汽轮机的调节系统	39
3.4 汽轮机的供油系统	40
3.5 汽轮机的保护系统	41
3.6 汽轮机的辅助设备	42
复习思考题.....	44
第4章 汽轮发电机.....	45
4.1 概述	45
4.2 汽轮发电机的损耗和冷却方式	47
复习思考题.....	48
第5章 辅助生产系统.....	49
5.1 供水系统	49
5.2 输煤系统	51
5.3 除灰系统	55

5.4 水处理系统	57
5.5 仪表和控制	59
复习思考题	60
第6章 火力发电厂的运行	61
6.1 机组的启动和停运	61
6.2 机组的安全经济运行	63
6.3 计算机控制技术	65
复习思考题	69

水电篇

第7章 概述	70
7.1 水电站的特点	70
7.2 我国的水能资源	71
7.3 水电站主要类型	73
7.4 水电站的开发原则	74
复习思考题	75
第8章 水工建筑物	76
8.1 水工建筑物的分类	76
8.2 挡水建筑物	77
8.3 泄水建筑物	79
8.4 引水建筑物	80
8.5 水电站厂房	81
复习思考题	82
第9章 水轮发电机组	83
9.1 水轮机	83
9.2 水轮发电机	86
9.3 水轮发电机组调节	88
复习思考题	89
第10章 水电站运行	90
10.1 水库调度	90
10.2 水轮发电机组运行	92
10.3 典型水电站简介	93
复习思考题	98

综合篇

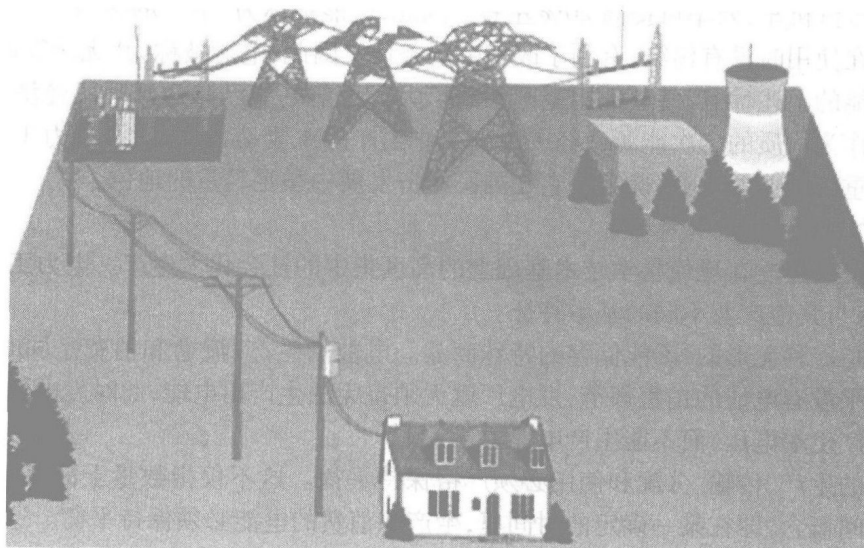
第11章 核电站	100
11.1 概述	100
11.2 核电站工作原理	101
11.3 核电站的安全措施	103

绪 论

(1) 电力生产过程

电力生产过程实质上是电能的生产、分配和销售过程。电力生产的主要特点是生产、流通和消费同时进行,并由此决定了电力生产过程是一个不可分割的有机整体。它可以概括为电能的生产(发电)、电能的传输(送电)、电压的变换(变电)、电能的分配(配电)和电能的销售(营业)五个环节,构成了完整的电力生产过程。

将自然能转变为电能的过程称为发电,一般在发电厂进行。自然能称为一次能源,主要来自太阳、地球和地球与其他天体的相互作用。电能是经过人们加工而取得的二次能源。现代世界各国主要用于发电的一次能源有:石油、煤炭、天然气,水力及原子能等。应用这些能源发电的电厂分别称为火力发电厂、水力发电厂及核电厂。此外,还有太阳能发电厂、风力发电厂、潮汐发电厂、地热发电厂、磁流体发电厂等。



电力传输过程

将发电厂发出的电能送到各用电负荷中心的线路称为输电线路,将负荷中心的电能送到用户的线路称配电线路。为了节约燃料的运输费用,减轻对负荷中心的环境污染,现在许多国

家将大型火电厂建设在煤炭、石油等能源的产地;水电厂又需要建设在江河水流落差较大的河段;而用电负荷中心一般集中在大中城市、工业中心及交通枢纽等地。因此,发电厂和用电负荷中心之间往往相距几十、几百甚至数千公里,这就需要用电力线路作为输送电能的通道。

电能 在输送和分配的过程中,电流在导线中流过会产生电压降落和功率损耗。减小电压降落,可以提高电能质量;减少功率损耗,可以提高设备的利用率和供电的经济性。在线路输送功率不变的情况下,提高电压才能做到上述各点。因此,随着电力工业的发展,世界各国都在不断提高输电线路的电压,大力发展超高压远距离输电,将电能用很高的电压通过输电线路送到负荷中心的变电站(所)之后,经过降压和控制,并用配电线路送电给用户。现阶段我国输电线路电压为 500 kV、220 kV、110 kV 等几个等级,配电线路电压主要为 35 kV、10 kV 及 0.4 kV 等。

电压的升高或降低是通过变压器完成的。安装变压器及其测量、保护与控制设备的地方称为变电所,用于升高电压的称升压变电所,用于降低电压的称为降压变电所。

使用电能的单位称用户。用户的类型很多,主要分为工业用电、农业用电与生活用电等。工业用电集中,用电量大,设备利用率高,对供电可靠性要求高;农业用电分散,用电量小,平时对供电可靠性要求较低;生活用电面广,形式多样,随着生产的发展和生活水平的提高,用电量越来越大,对供电可靠性的要求也越来越高。

从发电厂产出电能,经过变电、输电、配电,最后销售给用户使用,这就是电力生产的全过程。

电能的主要特点是:

①电能便于集中、传输和分配,便于转换成光能、热能、机械能等,由于便于使用,因此被称为“方便的能源”。

②电能代替其他能源可以提高效率。例如,用电动机代替柴油机,可节能 50% 左右;用电气机车代替蒸汽机车,效率可提高 20% 左右。因此,电能被称为“节约的能源”。

③电能在使用时没有污染,有利于改善劳动条件。因此,电能被称为“无污染的能源”。

由于电能的上述优点,使其使用范围不断扩大。目前电能已渗透到国民经济的各部门各领域。电能作为优质的二次能源已经成为工农业生产的主要动力,表明了电力工业是国民经济发展中最重要的能源产业,确定了它在国民经济发展中举足轻重的地位。

(2) 电力生产特点

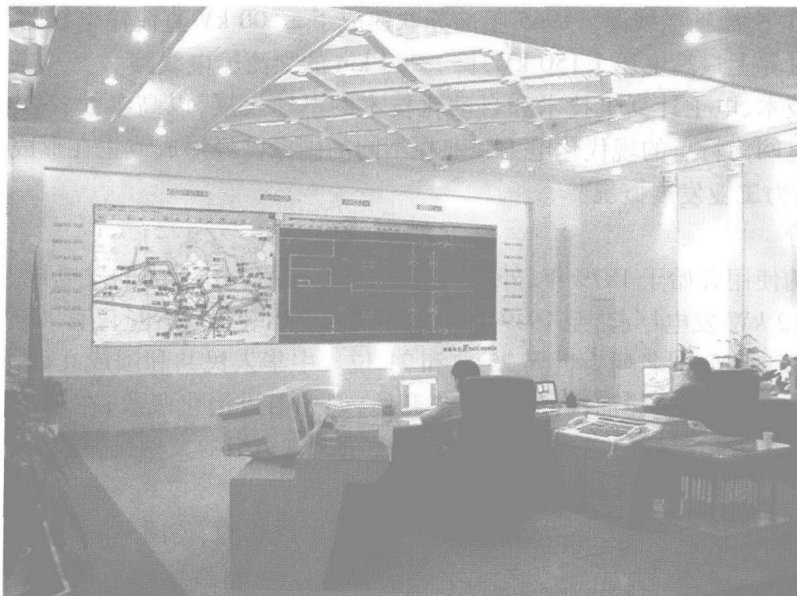
电力生产是建立在现代科学技术基础上的高度集中的社会化大生产。电力工业由于其行业特点,具有与其他产业不同的基本特征。

①电能是一种无形的,不能储存的特殊商品。电能的生产、流通和消费是同时进行、同时完成的。如果没有电能的销售环节,发电厂就无须也无法生产出电能,此时发电机在原动机的带动下只能产生端电压,而不能生产电能。

②电能的生产、传输、分配和使用必须严格保持平衡。这不仅指数量上的平衡,而且还含有确定的时间概念,即在某一确定的时间里,生产和消费的电能必须保持平衡。这一特征要求电力企业充分利用各种经济手段(如实行峰谷分时电价等)和技术手段(应用各种电力负荷监控装置)来实现计划用电。

③电力生产是通过一系列极为复杂的生产环节来进行的,这些生产环节构成一个整体——电力系统。在一个电力系统内,无论有多少个发电厂、变电所,无论有多少用户,无论其

隶属关系如何,电力生产都必须接受电力系统的统一调度,实行统一的质量标准(频率、电压和供电可靠性)。电能产品必须统一管理,由电网统一分配和销售。这种统一调度、统一管理、统一指挥的特征是电力工业最基本的特征。



电力调度中心

(3) 电力工业发展简史

1831年,法拉第发现了电磁感应原理,奠定了发电机的理论基础,促进了各项电力技术的发明。

1866年,维·西门子发明了励磁机。

1875年,世界上第一台火力发电机组是建于巴黎北火车站的直流发电机,用于照明供电。

1879年,爱迪生发明了电灯。

1881年,卢西恩·高拉法和约翰·吉布斯取得“供电交流系统”专利。

1882年,爱迪生建成世界上第一座比较正规的发电厂,装有6台直流发电机,共900马力($1\text{ 马力}=0.735\text{ kW}$),通过110 V电缆供电,最大送电距离1.6 km,供6 200盏白炽灯照明用,完成了电力工业技术体系的雏形。

1886年,美国发明家建成了第一个单向交流送电系统。1888年又成功地制造了交流感应式电动机。

1891年,在德国劳芬电厂安装了世界上第一台三相交流发电机,建成了第一条三相交流送电线路。

电力工业的发展改变了人们的生活和生产面貌,促进了经济的高速发展。电力的广泛应用,电力需求量的增大促进了电力工业和电力技术进一步向高电压、大机组、大电网方面迅速发展。

1960年,美国制成了500 MW汽轮发电机,1973年美国将原BBC公司制造的1 300 MW双轴汽轮发电机投入运行。

1980年,前苏联将1 200 MW单轴汽轮发电机在科斯特罗姆火电厂投入运行。20世纪90

年代,俄罗斯建成了世界上最大的火力发电厂——苏尔古特第二发电厂,6 台机组总容量为 4 800 MW。

在高压输电方面,1954 年瑞典建成了第一条 380 kV 交流输电线路。1964 年在美国建成了第一条 500 kV 交流输电线路。1965 年前苏联建成了 ± 500 kV 直流输电线路。1989 年前苏联建成了一条世界上最高电压 1 150 kV,长 1 900 km 的交流输电线路。

随着电子技术、电子计算机技术和自动化技术的迅速发展,以高参数、高电压、高度自动化、大机组、大电网为特点的现代化电力工业在不同的国家已经形成或正在形成。

(4) 我国电力工业发展概况

1) 发展简介

我国电力的使用开始于 1879 年,外商在上海安装了 1 台 10 马力的发电机。从 1882 年上海创建第一个 12 kW 发电厂起,至 1949 年的 67 年中,全国装机总容量仅有 1 850 MW,年发电量只有 43 亿 kW 时,分别名列世界 25 位和 21 位。中华人民共和国成立后,特别是近十几年来,我国电力工业发展步伐加快,从“六五”开始,通过引进消化吸收,在较短的时间内完成了 300 MW、600 MW 机组的国产化工作,顺利实现了火电机组的大型化,并有所创新。目前正在开展 600 MW 超临界机组的国产化研制。

1987—1995 年,我国发电装机容量和发电量先后超过法国、英国、加拿大、德国、俄罗斯和日本,跃居世界第二位。

截止到 2003 年底,我国电站装机总容量为 3.845 亿 kW,仅次于美国的 8.5 亿 kW,占全世界装机总容量的 1/8,其中常规水电装机容量近 8 000 万 kW,居世界第一位。年发电量为 19 107 亿 kW 时,年全国火电平均利用小时数 5 760 h,超过了 1994 年的 5 574 h,达到历史最高水平。2004 年 5 月,我国发电装机容量又达到 4.06 亿 kW。

近几年我国电源建设规模

年 份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
开工容量/万 kW	1 021	600	600	2 140	2 350	3 111	4 000

2002 年有关部门对 72 个电厂的 195 台机组(其我国产 30 万 kW128 台、进口 30 万 kW46 台、60 万 kW21 台)进行了评比,全国火电大机组的可靠性、经济性和可调性有了突飞猛进的提高,燃煤机组等效可用系数从 1980 年的 71% 提高到现在的 91.09%,提高了 20.09 个百分点;供电煤耗率从 387g/kW 时降至 340g/kW 时,下降了 47g/kW 时。这些指标接近、甚至超过国外同类机组的水平。

在输电方面,1972 年我国建成第一条 330 kV 超高压输电线路;1981 年建成第一条 500 kV 超高压输电线路;1990 年第一条 ± 500 kV 直流输电线路投入运行。近年来,电网得到了迅速的发展,电网规模不断扩大,技术装备水平不断提高。国家在电网领域加大了投资力度,电网的可靠性、灵活性和经济性得到了显著的提高。除去我国台湾和港澳等地区,目前我国已经形成华北、东北、华东、华中、西北、川渝和南方互联等 7 个跨省区电网以及 5 个独立的省级电网。除西北电网外,其他跨省电网和山东电网均已建成 500 kV 主网架。华东电网装机容量已超过 5 000 万 kW。

这一切都表明我国的电力工业在大型电站设备制造、建设安装及调试运行能力已上了一

个新台阶。并且已经从大机组、大电厂、大电网、超高压、自动化发展时期开始逐步进入跨大区联网和推进全国联网的新阶段。

2003 年是我国电力发展史上不同寻常的一年。2003 年初,国务院调整了“十五”电力发展规划,计划后三年每年新开工电源建设项目不少于 2 500 万 kW,力争 3 000 万 kW。2003 年批准新开工发电项目 3 111 万 kW,开工 330 kV 及以上输变电工程 7 679 km,变电容量 3 675 万 kV · A。2003 年底发电项目在建规模超过 1.3 亿 kW,均创我国电力建设史上的最高记录,新一轮电力建设的大幕从此拉开,电力工业建设、运行和管理取得了辉煌成绩,开工、投产规模和发、用电量大幅度提高,达到历史从未有过的新的高点;电力技术水平、结构调整取得明显进展,整个电力工业为我国经济和社会的全面发展提供了有力的保障。



火电厂集控室

2) 发展规划

我国电力工业仍具有很大的发展潜力和空间。美国的人均装机为 2.88 kW,发达国家平均为 1.8 kW,世界平均为 0.55 kW,2001 年我国为 0.265 kW。因此,我国目前电力供需总体上的平衡是一种低层次上的、脆弱的平衡。今后 20 年我国国民经济仍将保持高速增长的态势,电力工业的发展必须与国民经济相协调。据测算,到 2020 年我国装机容量达到 9 亿 kW 才能满足。

根据全国电力发展“十一·五”规划及中长期规划,2005 年发电装机达到 4.8 亿 kW 左右,考虑关停退役 1 800 万 kW 和投产部分符合产业政策的中小机组。2010 年发电装机达到 6.5 亿 kW 左右,其中水电为 1.58 亿 kW,占 24%;330 kV 及以上输电线路安排投产 42 221 km,安排投产变电容量 1.96 亿 kV · A。

在中长期规划方面,2011—2020 年均净增装机容量 3 000 万 kW,到 2020 年发电装机容量达到 9.5 亿 kW 左右,其中水电 2.3 亿 kW、煤电 6.05 亿 kW、核电 3 600 万 kW,气电 6 000 万 kW,新能源发电 2 000 万 kW。

3) 我国电力之最

① 火力发电厂

福建漳州后石电厂一期工程 6 座总装机容量 360 万 kW 发电机组,为我国目前投产容量最大的火力发电厂。

国内投入运行的单机容量最大的机组为 900 MW 超临界燃煤发电机组,安装在上海外高桥电厂。

代表当今我国先进技术水平的首台最大容量 60 万 kW 超临界示范机组锅炉,已研制成功并交付华能沁北电厂。这台 60 万 kW 超临界示范机组是我国确定的全国重点电力建设项目,代表着我国大型发电设备的发展方向。

最大容量的循环流化床锅炉为东方锅炉生产的 300 MW 机组循环流化床锅炉,同时,也是世界最大容量的循环流化床锅炉。

② 水力发电厂

已投产最大的水力发电厂是四川的二滩电厂,电厂总容量为 3 300 MW。正在建设中的三峡水电站,总容量为 18 200 MW(26×700 MW)。



三峡电站卫星图片

③ 核电站

最大的核电站是浙江的秦山发电厂,电厂总容量为 3 200 MW。投运的最大核电机组为 900 MW,安装在广东大亚湾核电站。

秦山发电厂在我国核电发展史上为我国自主设计、自主建造、自主管理、自主运营的第一座大型商用核电站,首次按照国际上先进的核电站建造标准,不经原型阶段,自行设计、建造、调试和运行,并获得一次成功,属国内首创,国外罕见。根据世界能源组织最新公布的核电站单位功率造价,秦山二期是世界上建成和在建核电站中最低的之一。

(5) 我国电力工业发展方针

20 世纪 50 年代,我国电力工业的产业政策和方针是“水火并举”;20 世纪 80 年代改

为“大力发展水电,积极发展火电,适当发展核电”;20世纪90年代改为“大力发展水电,坚持优化火电结构,适当发展核电,因地制宜发展新能源发电,同步发展电网,促进全国联网”。“十五”期间调整为“重点发展电网,积极发展水电,优化发展火电,适当发展核电,因地制宜发展新能源发电;开发与节约并重,高度重视环保,提高能源利用效率”。

当前我国电力工业的发展方针是:开发与节约并重,大力开发水电,继续发展火电,适当发展核电,积极发展新能源发电,同步发展电网,促进全国联网。

1) 开发与节约并重

为了实现全面建设小康社会的目标,今后20年我国国民经济仍将保持高速增长的态势,电力工业的发展必须与国民经济相协调。在“2003我国电力论坛”上,有关官员和专家预计,为达到上述目标,今后至2020年,我国年均新增装机容量将超过3000万kW,投资1200亿元。如果单纯依靠火电增容,届时每年可能需要18亿t煤炭,在煤炭供应和环保方面都难以承受。

尽管全国万元GDP单位能耗由1980年的7.98t标煤下降为2002年的2.63t标煤,单位产值能耗仍为世界平均水平的2倍多,比美国、欧盟、日本、印度分别高2.5倍、4.9倍、8.7倍和43%;目前,我国能源利用效率为33%,比发达国家低10个百分点;能源利用效率与国外的差距表明,我国节能潜力巨大。

2) 大力开发水电

水电发展要积极推进流域梯级综合开发,提高水电开发率,形成几大水电基地。因地制宜分散开发小型水电站,优先安排调节性能好,水能指标优越的大中型水电站和流域综合开发项目。按照西部大开发的战略部署,抓紧西北地区黄河上游公伯峡、拉西瓦的水电开发,西南的金沙江、大渡河、红水河、澜沧江、乌江上的龙滩、小湾、景洪、洪家渡、三板溪等水电站的建设,以及东部电网调峰用抽水蓄能电站的建设。

3) 继续发展火电

发展大容量、高效率、调峰性能好的燃煤火电机组,积极开发60万kW和100万kW级的超临界、超超临界机组,积极开发60万kW及以上容量、节水型空冷机组,燃烧无烟煤的大型锅炉机组。鼓励开发洁净煤发电技术,重点研究开发推广适合国情的沸腾炉和循环流化床(CFBC)、增压循环流化床(PFBC)及煤气化发电技术(IGCC)。大力发展大容量燃气、蒸汽联合循环机组。优化发展煤电主要是优化结构,节约资源,重视环保,节约用水,提高技术水平和经济性。大网覆盖范围内,新建燃煤机组的单机容量一般要在60万kW及以上,调峰能力均要达到50%以上。积极开发大型煤电基地,建设坑口大机组并初步形成规模。“十一·五”期间,坑口电站比例达到47%。经济发达但缺能的东部地区以及中部一些地区重点建设负荷中心电厂和路口、港口电厂。

4) 适当发展核电

核电发展要以我为主,引进技术,合作制造,降低造价,提高竞争力。核电发展要立足于既经济又安全,在发电成本上要具有竞争力。在掌握现有第二代压水堆技术的基础上,升级掌握国际第三代核电技术,同时跟踪开发国际第四代核电技术。要解决好核电安全、核资源储备和核废料后处理等。在设备制造方面,与制造部门合作,以我为主,中外合作,采用先进技术,统一核电发展技术路线,统一核电堆型,全面掌握百万千瓦级压水堆核电站工程设计和设备制造技术。在“十一·五”期间核电设备制造实现本土化。

5) 积极发展新能源发电

可再生能源是指除煤炭、石油等一次能源之外的能源,如风能、太阳能、水电、海洋能、地热能、生物能等在自然界可以重复、循环利用的自然资源。我国可再生能源资源非常丰富,发展其产业潜力巨大。其中,我国幅员辽阔,海岸线长,风能资源非常丰富,同时,太阳能资源也十分丰富,开发利用太阳能资源的条件很好。此外,我国生物能资源也很多,每年有 6 亿 t 秸秆,一半以上可以作为能源使用,我国还有大量的甘蔗渣、咖啡渣等重要的生物能资源。可再生能源因其清洁无污染,取之不尽、用之不竭的特点在世界上越来越受到重视。开发和利用可再生能源是我国实现可持续发展的必由之路。目前,我国的能源消费总量居世界第二位,占世界能源消费量的近 10%。在我国的能源消费中,煤炭占 90% 以上,可再生能源的比例很小。

因此,要大力提高太阳能、风能、地热能、海洋能发电的比重,大力促进电源结构的优化,应争取清洁能源发电的比重到 2010 年达到一半,2020 年达到一半以上。美国的洁净煤技术发电比重目前已达到 91%,而我国仅有 5%,这是一个巨大的差距。目前重点在积极推动风力发电的发展,已有装机 26.7 万 kW,到 2005 年,风电的装机规模要达到 100 万 kW。

6) 同步发展电网,促进全国联网

我国资源分布不平衡。东部地区经济发展快,一次能源缺乏,西部地区资源丰富;南方多水电,而北方多火电。因此,必须加快跨区、跨省电网建设,形成全国联合电网。2005 年前后,将以三峡工程为核心,以华中电网为依托,向东西南北四个方向辐射,建设东西南北四个方向的联网和输电线路,同时不断扩大北中南三个主要西电东送通道规模。届时,除新疆、西藏、海南、台湾外,全国互联电网格局基本形成。届时,全国西电东送的送电规模约为 2 500 万 kW;2010 年增加到 5 500 万 kW;2020 年再增加到 1 亿 kW 以上。到 2010 年,全国将形成结构合理、层次分明、各区域电网联系较为紧密的互联电网。2010 年以后,在金沙江、雅砻江、大渡河、澜沧江以及黄河上游水电、“三西”煤电基地电力外送的基础上,全国电网将形成以三峡电力系统为核心,以坚强的区域电网网架和跨大区输电网架为基础、区域电网间联系紧密的全国互联电网。

(6) 国外电力工业发展动态

近年来,由于世界新技术的应用,对环境越来越重视,正在重新塑造电力工业,使电力工业在可持续发展的能源工业中发挥更加重要的作用。归纳世界电力工业发展趋势有以下几点:

1) 电力工业的市场化体制改革

在 20 世纪 80 年代末至 90 年代初,由美国和英国发动的电力工业市场化体制改革,即所谓自由化、民营化、放松管制、打破垄断、引入竞争机制。

2) 更加广泛地使用电力

世界上至少今后 20 ~ 30 年还将主要靠化石燃料提供能源,但化石燃料利用会造成环境污染,排出 CO_2 等温室气体,为了解决这个矛盾,要求更加广泛的使用电力。我国早在 1985 年提出能源工业的发展要以电力为中心;1995 年又提出能源建设要以电力为中心,这个方针与世界潮流是一致的。

发达国家几乎把污染最严重的煤炭的全部或大部分用于发电;电力还有改善地区环境的作用,在能源利用密度大的大中城市,如果用电力来替代化石燃料的应用,可以直接解决空气污染、水污染及其他污染问题。电力的广泛应用是解决大中城市污染问题的最好办法。

3) 转向燃气蒸汽联合循环发电

电力工业初期依靠水电和凝汽式火力发电站,工业发达国家水能资源大部分开发后,电力发电技术在狭窄的领域里进行,即不断提高汽轮发电机的温度、压力,由低温低压、中温中压、高温高压向亚临界、超临界的方向发展,采用更大型的发电机、汽轮机和锅炉。但是 20 世纪 60 年代以后,凝汽式发电机技术几乎没有多大进展,电站的平均效率稳定在 35% 左右,而且新电站比老电站造价要高得多。到了 20 世纪 60 年代,工业发达国家把电力工业推向核电,核电有了发展,但是,1979 年的三哩岛事故和后来的切尔诺贝利事故,对核电站的安全提出了更高的要求,核电造价急剧上升,带动了核电电价上升。这时燃气蒸汽联合循环电站的造价降低到燃煤凝汽式电站的一半左右,效率提高到 55% ~ 60%,建设工期降到几个月。

用天然气作燃料发电,氮氧化物可削减 90%,二氧化硫可减少为 0;由于天然气供应充足,价格下跌,且燃料来源广泛,于是成为世界各国步入 21 世纪可持续发展的桥梁。

4) 大力发展洁净煤技术

在化石能源中,煤炭的储量最为丰富,在可预见的将来,世界还不可能减少煤炭的消费量,为了解决煤炭利用对生态环境的不利影响,惟一可行的选择是发展洁净煤技术。所以,洁净煤技术是世界能源技术的重要组成部分。

洁净煤技术包括选煤、型煤、水煤浆、循环流化床、增压循环流化床、煤气化联合循环发电、煤炭气化、煤炭液化和烟气脱流等。

5) 大力发展可再生能源发电

为了减少二氧化硫的排放量,工业发达国家都十分重视可再生能源的发电利用。可再生能源包括水能、太阳能、风能、地热能、海洋能、生物质能。目前工业发达国家由于水能资源已经基本开发完毕,近来在开发可再生能源发电方面重点放在开发太阳能、风能、地热能和生物质能发电方面。但由于可再生能源发电大都具有投资大、成本高、发电不连续的问题,因此,在 2020 年以前,在能源和发电量中所占比重不会很大。

6) 提倡分散的电力工业

最近在布鲁塞尔成立的国际热电联产(ICA)国际电力组织声称:其宗旨是推动世界范围的清洁、高效、分散的电力生产,并预言这是电力工业的发展方向。美国有名的安德逊咨询公司 1998 年的研究报告指出:电力工业在 2015 年前将发生根本的变化,大型和远离负荷中心的电厂将越来越多地被靠近负荷中心的小型 and 清洁的发电方式所代替。这些负荷中心将减少对昂贵的远距离输电线路的需求,可以极大地改善效率和减轻当今电力系统对环境形成的负担。

大型凝汽式发电站加上远距离输电及当地的配电工程,每千瓦的投资可能达到 1 万元以上,再考虑厂用电和输配电损失可能达到 1.2 ~ 1.3 万元;如果在当地修建燃气蒸汽联合循环电站,可能用不了一半的投资,发电效率高,发电成本和污染物的排放量将会大大减少。

7) 积极推广电力需求侧管理

传统的电力工业只进行电力供应侧管理,是做电力供应侧规划,把电力需求侧看做是固定不变的,完全依赖电力供应侧去满足需求侧的需要。但是,20 世纪 70 年代两次石油危机之后,一些能源分析专家得出结论:电力需求受价格的影响,价格越高,用电量越少;相反降低电价就可以增加用电量。因此,电力需求并不是固定不变的,合理的电价结构可以改变电力负荷曲线的形状。如果电力公司和电力用户都进行投资,提高用电效率,改变用电方式,可以在不影响用户舒适度的条件下,减少电力消费,抑平负荷曲线,提高负荷率,这样电力公司和电力用

户的经济情况都可以获得改善。许多研究表明,改善用电效率、抑平负荷,比兴建和运行新电站及新的输配电工程花费少。

需求侧管理中有一种蓄冰空调技术,在深夜用电低谷时用电将水制成冰,在白天用电高峰时将冷气送出,达到为电网移峰填谷的目的。如果有 100 家 3 万 m^2 的建筑,都采用蓄冰空调,相当于少建设一座 30 万 kW 的电厂,而成本要比电厂建设成本少一半以上,可以节省投资 10 亿元人民币。

火电篇

第 **1** 章 概 述

1.1 火力发电厂的分类

热力发电厂按能源利用等不同情况可分为不同的类型。火力发电厂是利用煤、石油和天然气等作为燃料,在锅炉内燃烧,产生具有较高压力和温度的蒸汽,再由蒸汽冲动汽轮机,最后由汽轮机带动发电机发电。

热力发电厂的主要类型如表 1.1 所示。

表 1.1 热力发电厂的主要类型

分类方法	发 电 厂 类 型			
使用能源	火力发电厂	原子能发电厂	地热发电厂	太阳能发电厂
能量供应	凝汽式发电厂	供热式发电厂		
原动机	汽轮机发电厂	燃气轮机发电厂	内燃机发电厂	
电厂容量	小容量发电厂	中容量发电厂	大容量发电厂	
服务规模	区域性发电厂	自备发电厂	孤立发电厂	移动式发电厂
电厂位置	坑口发电厂	负荷中心发电厂	中心间发电厂	
承担负荷	带基本负荷	带中间负荷	调峰	

现代汽轮机不仅单机容量大、热效率高,而且运行稳定、工作可靠。所以,大型热力发电厂都是汽轮机发电厂。本书所提及的“热力发电厂”或“火力发电厂”一概是指汽轮机发电厂。

我国电站设备产品系列如表 1.2 所示。

表 1.2 我国电站设备产品系列

机组容量 /MW	配套锅炉			配套汽轮机		首台投运时间
	蒸发量 /(t·h ⁻¹)	汽温/℃	汽压/MPa	汽温/℃	汽压/MPa	
6	35	450	3.82	435	3.43	1955
12	75	450	3.82	435	3.43	1956
25	130	450	3.82	435	3.43	1957
50	220	540	9.8	535	8.83	1958
100	410	540	9.8	535	8.83	1968
125	420	540	13.7	535/535	13.2	1969
200	670	540/540	13.7	535/535	12.7	1971
300	1025	540/540	18.2	537/537	16.7	1990,引进生产型
600	2008	540/540	18.2	538/538	16.7	1989,引进生产型

1.2 火力发电厂的燃料

锅炉的燃料主要是煤,其次是重油和天然气。

煤的成分有碳、灰分、水分和挥发分。在煤的各种成分中,碳是主要可燃元素;灰分是煤燃烧后形成灰渣的来源,造成炉膛结渣、受热面积灰和磨损;挥发分即煤在加热时逸出的可燃气体,是煤中的可燃成分。挥发分越多,煤越容易着火;水是煤中不利成分。