



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

热力发电厂

(第二版)

杨义波 张燕侠 杨作梁 刘玉莲 合编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

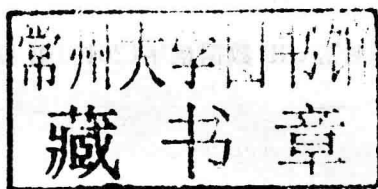


教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

热 力 发 电 厂

(第二版)

杨义波 张燕侠 合编
杨作梁 刘玉莲
叶 涛 葛 挺 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。本书以大机组为例,以培养学生职业应用能力为依据,紧密结合现场实际,追随新知识、新技术在现场的应用情况,系统地阐述了大、中型热力发电厂工作过程的基本原理、电厂热经济性的评价方法,着重介绍了热力系统辅助设备的结构、热力系统组成及其热经济性、热力系统经济运行的基本原理和基本知识,对发电厂的辅助设备也进行了详细的介绍,同时对供热系统也作了一般的介绍。

本书可作为高职高专电力技术类电厂热能动力装置专业和火电厂集控运行专业的教材,也可作为电力职工大学、高等院校成人教育、函授相应专业的教材,并可供有关专业技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

热力发电厂/杨义波等编. —2版. —北京:中国电力出版社, 2010. 7

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 978-7-5123-0633-2

I. ①热… II. ①杨… III. ①热电厂—成人教育: 高等教育—教材 IV. ①TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 126317 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 8 月第一版

2010 年 8 月第二版 2010 年 8 月北京第十三次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.25 印张 438 千字 2 插页

定价 29.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

热力发电厂是高职高专电力技术类电厂热能动力装置专业和火电厂集控运行专业的一门核心课程。本教材自 2005 年 8 月第 1 版问世后,受到了兄弟院校同仁的厚爱。本书作为教育部职业教育与成人教育司推荐教材,已有十多所电力类高职院校作为教材来使用,该教材也被评为中国电力教育协会精品教材。

随着国家电力政策的调整、新能源政策的变化以及 1000MW 级机组的不断投产,根据教材使用过程中读者提出的宝贵意见和建议,按照培养学生的职业能力的需要,对本教材进行了必要的修订。本次修订主要是增加了超超临界参数机组的相关内容,并对绪论进行了重新编写,其他章节也进行了相应的完善。

本教材虽经多次反复修改,突出了培养学生职业能力的要求,反映了当前电力发展的新技术,但限于编者水平,仍难免会有疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 7 月

第一版前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材，是根据教育部审定的电力技术类专业主干课程的教学大纲编写而成的，并列入教育部《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》。本书经中国电力教育协会和中国电力出版社组织评审，同意列为全国电力高等职业教育规划教材，作为高等职业教育电力技术类专业教学用书。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标；符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求；具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性；符合职业教育的特点和规律，具有明显的职业教育特色；符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书可以作为学历教育的教学用书，也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

本书共分为七章，以大机组为例，以培养学生职业应用能力为依据，紧密结合现场实际，追随新知识、新技术在现场的应用情况，深浅适度、分量合适。主要内容包括评价发电厂热经济性的基本方法及其应用、发电厂的热经济性的发展方向、发电厂的主要热力辅助设备及其热力系统、发电厂的辅助生产设备及系统、发电厂的经济运行、发电厂的阀门及管道及热电厂供热系统等。

郑州电力高等专科学校杨义波编写绪论、第四章和第五章，并参加了第一章和第二章部分内容的编写；第一章和第二章另外一部分内容由哈尔滨电力职业技术学院刘玉莲编写；第三章由安徽电力职业技术学院张燕侠编写；第六章和第七章由保定电力职业技术学院杨作梁编写。杨义波负责全书的统稿工作。

华中科技大学能源与动力学院叶涛教授和河南电力试验研究院葛挺高级工程师担任本书主审。两位专家在审稿过程中提出了许多建设性的意见和建议，使我们受益匪浅。同时，在本书在编写过程中，参考了兄弟院校、科研院所和发电企业的诸多文献和科研成果，并得到有关院校教师和同事们们的热情帮助，在此一并表示感谢。

由于编者的水平所限，因此对书中缺点和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2005年5月

目 录

前言	
第一版前言	
绪 论	1
第一节 电力工业在国民经济发展中的地位	1
第二节 电力工业的可持续发展	3
第三节 电力工业生产特点和发展方针	6
第四节 发电厂的类型	8
第一章 评价发电厂热经济性的基本方法及其应用	11
第一节 热量法及其应用	11
第二节 做功能力分析法及其应用	16
第三节 纯凝汽式发电厂的主要热经济指标	23
复习思考题	25
第二章 影响发电厂热经济性的因素及提高热经济性的发展方向	26
第一节 蒸汽参数对发电厂热经济性的影响	27
第二节 再热循环对电厂经济性的影响	32
第三节 给水回热循环对电厂经济性的影响	35
第四节 热电联合能量生产	41
第五节 燃气—蒸汽联合循环	48
复习思考题	52
第三章 发电厂主要辅助设备及其热力系统	53
第一节 回热加热器及回热系统	53
第二节 除氧器及其管道系统	73
第三节 主蒸汽与再热蒸汽系统	83
第四节 再热机组的旁路系统	90
第五节 发电厂的汽水损失及锅炉排污利用系统	98
第六节 汽轮机轴封蒸汽系统	104
第七节 主凝结水系统	109
第八节 给水系统	115
第九节 汽轮机本体疏水系统	124
第十节 辅助蒸汽系统	128
第十一节 工业冷却水系统	131
第十二节 发电厂原则性热力系统	135

第十三节 发电厂全面性热力系统·····	154
复习思考题·····	161
第四章 发电厂的辅助生产设备及系统·····	164
第一节 发电厂的燃料输送设备及系统·····	164
第二节 发电厂的除尘设备及系统·····	178
第三节 发电厂的除灰除渣设备及系统·····	185
第四节 发电厂的供水设备及系统·····	198
复习思考题·····	203
第五章 发电厂的经济运行·····	204
第一节 电力负荷的预测与工况系数·····	204
第二节 发电厂的电能成本·····	206
第三节 发电厂运行管理和安全管理的概念·····	207
第四节 发电厂的运行方式和调度管理·····	209
第五节 发电厂经济运行及指标管理·····	213
第六节 发电厂热力设备的动力特性·····	215
第七节 发电厂热力设备的经济运行·····	218
第八节 单元机组的运行·····	221
复习思考题·····	229
第六章 发电厂的阀门及管道·····	230
第一节 管道的技术规范及管道计算·····	230
第二节 管道的支吊架和管道的补偿·····	237
第三节 发电厂常用的阀门·····	244
第四节 管道及热力设备的保温技术·····	259
第五节 管道的运行维护·····	261
复习思考题·····	264
第七章 热电厂的供热系统·····	265
第一节 热负荷的特性·····	265
第二节 热电厂的对外供热介质与方式·····	268
第三节 热电厂供热管道系统及设备·····	271
第四节 供热系统的运行·····	273
复习思考题·····	278
参考文献·····	279

绪 论

第一节 电力工业在国民经济发展中的地位

一、行业概况

1. 电力工业是国民经济的重要先行产业

电力工业是国民经济的重要基础工业,是国家经济发展战略中的重点和先行产业。我国早在 20 世纪 50 年代初就确立了电力工业先行的地位。从各时期电力生产与经济增长的比较来看,往往在经济持续增长的年份,电力生产的增长超过了 GDP 的增长。从表 0-1 可以看出,自 2001 年以来的近十年间,电力工业的增长速度均高于国民经济的增长速度,可见,电力工业作为国民经济的重要先行产业的作用十分明显。

表 0-1 2001~2009 年电力增长速度与 GDP 增长速度对比表

项 目	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
电力增长速度(%)	7.70	15.17	15.40	12.80	14.90	20.30	14.40	10.34	10.23
GDP 增长速度(%)	7.3	8.0	9.1	9.5	9.9	10.7	11.4	9.0	8.7

从电力能源消费在一次能源中的比重和在终端能源消费的比重来看,发电能源占一次能源消费的比重已由 1980 年的 21.32% 上升到 2008 年的 42.89%。电能在终端能源消费中的比重由 1980 年的 4.81% 上升到 2005 年的 18.02%,电力行业已成为能源工业中的支柱产业。电力工业成为国民经济重要的基础产业的作用,呈现逐渐增强的趋势。

2. 技术装备水平不断提高

改革开放 30 年来,我国电力工业装备水平和技术水平发生了根本性变化。1978 年,我国电力工业主力机组以 100MW 为主,少数电厂建设了一批苏制 200MW 机组。而到 2007 年底,300、600MW 及以上大型发电机组已分别占我国总装机容量的 50.15% 和 21.53%,并逐步向百万千瓦级超超临界压力机组发展。据统计,截至 2008 年底,我国已制造超临界压力机组 158 台,其中 600MW 超临界压力机组 107 台,1000MW 超超临界压力机组 51 台,火电装备水平有了很大提高。

随着我国电力科技水平的迅速提升,我国超超临界压力机组技术应用达到国际先进水平,大型空冷发电机组的开发应用居国际领先地位,同时,我国也是世界上大型循环流化床锅炉应用最多的国家,整体煤气化联合循环发电技术(IGCC)的关键设备——气化炉的自主化研制也已进入工程试用阶段,F 级大型燃气轮机联合循环发电机组的整套设备已经实现国产化。回头看来,这些设备在国产化的过程中都经过了技术引进到自主研发的过程。

改革开放以来,由许多第一构成了我国电力工业快速发展的历程:1979 年,我国首条 500kV 输电线路——平顶山—武昌线路开工建设,1981 年建成;1985 年,我国第一条 ±500kV 直流输电工程——葛洲坝至上海南桥输变电工程开工建设;1986 年,我国山东荣成首批 2 台 55kW 风电机组并网发电,随后福建平潭 4 台 200kW 机组并网发电,新疆达坂

城建设 10MW 规模的示范风电场, 启动了我国大型风电发展的历程; 1988 年, 我国第一台引进国外技术国内制造的 600MW 机组在安徽平圩发电厂投产; 1991 年 12 月, 中国第一座自主建设的核电站 (秦山) 并网发电成功; 1996 年 4 月, 我国第一座循环流化床发电示范电站在四川内江并网发电; 2000 年, 全国瞩目的“西电东送”首批工程——贵州洪家渡水电站、引子渡水电站等 7 项发输电工程全面开工; 2006 年初, 世界首条 +800kV 云南—广东特高压直流输电示范工程开工, 同年, 我国首个百万伏级特高压交流试验示范工程——晋东南—南阳—荆门交流特高压试验示范工程启动并于 2009 年 1 月投产正式试运行; 2006 年底, 标志我国发电技术装备水平进入新阶段的百万千瓦超超临界压力机组分别在浙江玉环和山东邹县电厂投运; 2008 年底, 三峡电站全部机组投产发电, 中国水电装机容量达到 1.72 亿 kW, 水电装机稳居世界第一位。

3. 电源结构和资源分布不平衡, 电能局部地区供应不足

我国电力以火电为主, 水电、核电和其他新能源发电所占比重较少, 电力结构发展不平衡。截至 2009 年底, 我国总装机容量达到 87 407 万 kW, 其中火电、水电、核电、风电装机容量分别达到 65 205 万、19 679 万、908 万、1613 万 kW, 占总装机容量的比重分别为 74.6%、22.5%、1.04%、1.85%。2009 年全年发电量达到 37 146.5 亿 kW·h, 其中火力发电厂 29 827.8 亿 kW·h, 占总发电量的 80.3%, 水力发电 6156.4 亿 kW·h, 占总发电量的 16.6%, 核电 701.3 亿 kW·h, 占总发电量的 1.9%, 其他 (风电、太阳能等) 461kW·h, 占总发电量的 1.2%。

从我国资源的分布情况看, 我国的煤炭资源主要分布在北部和西北部, 其中华北和西北两地区占总量的 80%。据统计, 我国水力资源居世界首位, 经济可开发装机 4.02 亿 kW, 水能资源主要集中在西部和西南部, 这两个地区的可开发量占总量的 82.09%。我国拥有丰富的陆地和海上风电资源, 可开发总量预计为 14 亿 kW·h 左右, 但开发率却仅仅只有 1% 左右, 但风电集源相对集中, 具备风电开发条件的地方, 电网的承载能力又限制了风电的发展。

二、行业发展导向及电力体制改革

1. 行业发展导向

我国的资源国情决定了我国能源结构以火电为主, 能源的构成比例失调。根据“十一五”规划, 我国电力政策是重点优化发展火电, 有序开发水电, 积极推进核电建设, 大力发展可再生能源。

对于“十二五”规划, 核电从“积极”变成目前的“大力发展”, 原因是核电可以在短期内发展比较快, 只要安全问题、核废料问题、核原料问题解决, 就可以实现大发展。火电、水电、可再生能源的政策也有变化。比如下一步水电的政策是“积极推进水电开发”, 代替了“十一五”规划提出的“有序开发水电”。火电是“积极推进电力工业的上大压小, 加速淘汰落后产能”, 不同于“十一五”规划提出的“重点优化发展火电”。

有关新能源的提法是“加快风电、太阳能发电和热电联产等清洁高效能源的建设”, 也与以往提出的“大力发展可再生能源”有所不同。以风电为例, 预计 2020 年风电总装机将达到 1 亿 kW, 大大超出 2007 年《可再生能源中长期发展规划》提出的 2020 年风电装机 3000 万 kW 的水平。

对于水电, 2020 年水电装机规模达到 3 亿 kW 左右; 除水电以外的可再生能源所占比

重从目前的 1.5% 左右提高到 6% 以上。

根据核电装机比例新的变化测算, 2020 年的核电总装机量可能从过去提出的 4000 万 kW, 提高到 7000 万 kW 左右。但这个数字也不是一成不变的, 原因是以后根据需要核电也可能发展更快。

在加快新能源发展同时, 火电落后产能的淘汰步伐也在加快, 这直接关系到国家节能目标的实现。根据国家发改委的计划, 截至 2010 年年底, 要争取关停 5000 万 kW 小火电机组。其中全国 50MW 及以下的火电为主的燃油锅炉和发电机组都将淘汰, 东部地区应淘汰单机容量 100MW 及以下燃煤纯凝汽式火电机组; 除西藏、新疆、海南及青海等远离主干电网的地区外, 中西部地区应淘汰 50MW 及以下燃煤凝汽式火电机组。截至 2009 年年底, “十一五” 前四年, 全国累计关停了 5545 万 kW, 已提前一年实现了 “十一五” 关停 5000 万 kW 小火电机组的任务。目前国家发改委、能源局还确定下一步将逐步关停 125MW 和 200MW 的小火电机组, 同时不再新增 300MW 的常规火电机组。发改委的根据是: 根据测算, 600MW 的大机组和 100、50MW 以下的小机组, 发电煤耗要差 100~150g/(kW·h) 标准煤。而加大关停小火电, 势必将导致 “十一五” 节能步伐加快。

2. 电力体制的改革

电力是我国工业部门中体制变化最频繁、最复杂的一个部门, 新中国成立至今经历了 10 次大的体制变革, 即燃料工业部、煤炭部、水利电力部、能源部、电力工业部、国家电力公司等。

聚合是手段, 能迅速有效聚拢资源, 形成强大的增长态势; 分散也是手段, 能把单一要素向外延展, 产生裂变, 充分发挥辐射效应。中国电力体制分与合的变革过程, 始终围绕着如何调整中央与地方、政府与企业、垄断与竞争的关系而展开, 是不断解放思想、实事求是, 努力探索最能适合电力发展的制度体系的过程。

20 世纪 80 年代, 山东龙口电厂首开集资办电之先河, 调动了各方积极性, 在全国掀起集资办电热潮, 引领基础设施建设多元投资风气。20 世纪 90 年代, “政企分开” —— 国家电力公司在全国自然垄断行业中率先脱离政府序列; “省为实体” —— 每省设立一个省级电力公司, 对全省电力实施统一规划、统一管理, 符合当时中国经济社会发展的实际。

进入 21 世纪, 电力体制改革走向市场化, 实现 “厂网分开”, 并将竞争引入电力。于是, 发电企业快速发展, 电网规划与建设大步迈进, 电力投资连年大幅增长, 能源资源通过坚强电网在全国范围优化配置, 国家电力市场交易电量持续增长。

第二节 电力工业的可持续发展

一、开发与节约并重

电力工业是资金密集的装置型产业, 同时也是资源密集型产业。无论电源和电网, 在建设和生产运营中都需要占用和消耗大量资源, 包括土地、水资源、环境容量以及煤炭、石油、燃气等各类能源。电力工业节约资源的内容, 主要是提高能源转换效率, 降低转换损失, 包括节煤、节油、节水、节地, 降低输送损耗以及粉煤灰资源综合利用等。从实施的过程看, 贯穿于规划、设计、建设一直到生产运营全过程。由于电力工业具有的生产、输送与消费瞬间完成的特点, 需求侧的节能与节电也对电力发展有重要影响。

长期以来,电力工业坚持“开发与节约并重,把节约放在优先地位”的方针,根据国家法律、法规、政策,建立了较为系统的电力行业节约资源规范、标准和管理体系,并把节约资源作为规划、建设、生产、经营的重点工作之一,与效益目标相结合,不断加大基础性管理和设备治理力度,取得了很大的成绩。

改革开放以来,我国电力工业得到了长足的发展。发电量和装机容量均居世界第二位,同时技术装备水平也在稳步提高,技术经济指标逐步改善。

2007年,我国发电煤耗为 $332\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,已接近美国的水平,比我国1977年的 $446\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 下降了 $114\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,节约了3.1亿t标煤;电网线损率为6.97%,接近美国2006年6.52%的水平,比我国1977年的10.19%下降了3.22个百分点,节约0.468亿t标煤。仅在能源效率提高方面,2007年我国电力工业节约了3.5亿t标煤,减少二氧化碳排放约8.47亿t,减少二氧化硫排放295万t,为我国节能减排做出了巨大贡献。

电力工业能源利用效率的提高,主要通过四个方面:一是在电力能源结构方面,火电、水电、核电都得到了不同程度的发展,并通过开发新能源和可再生能源,在满足电力需求和经济发展的同时尽可能减少石油、煤炭等不可再生能源的使用。二是通过技术进步,不断提高火电机组参数和容量等级,减少电力生产过程中自身能源消耗,积极推进热电联产,能源转换和利用效率得以提高;通过对火电厂锅炉、汽轮机及其辅机、控制系统等进行大量适应现代化要求的改造,提高机组可靠性和技术经济水平。三是通过电网建设和城网、农网改造,优化调度方式,取得了巨大的节能降损效果。四是在政府的政策引导下,电力企业与用户紧密配合,电力需求侧管理取得了一定成效。

二、资源节约是电力全面、协调、可持续发展的战略性任务

近几年的工业发展情况表明,我国工业的发展已进入了工业化中期,即重化工业阶段,一次能源的消费比重逐渐加大。

1965年,世界一次能源消费总量为38.204亿t石油当量,其中七国集团占世界总量的57.5%,美国消费量为12.84亿t,占世界总量的33.6%。七国集团中其他六国的消费量占世界总量的比重依次为:日本3.9%,德国6.7%,法国3.0%,英国5.2%,意大利2.1%,加拿大3.0%。金砖四国中,中国4.8%,印度1.4%,巴西0.6%。

1975年,美国一次能源消费量降至世界总量的30%以下,为29.4%,当年七国集团占世界总量的比重降至52.7%。1980年,七国集团占世界总量的比重跌破50%,为49.5%,其中,美国为27.4%。

2005年,七国集团一次能源消费量占比进一步降至40%以下,占当年世界能源消费总量的39.6%,其中,美国为22.2%,日本为4.9%,德国为3.1%,法国为2.5%,英国为2.1%,意大利为1.7%,加拿大为3.1%。

至2008年,七国集团一次能源消费量占世界的比重降至36.2%,其中,美国为20.4%,日本为4.5%,德国为2.8%,法国为2.3%,英国为1.9%,意大利为1.6%,加拿大为2.9%。金砖四国方面,1985年四国一次能源消费量占世界总量的比重为22.2%,2008年则上升至29.6%,其中,中国从7.5%上升至17.7%,俄罗斯从11.4%降至6.1%,印度从1.9%上升至3.8%,巴西从1.5%上升至2.0%。

我国是以煤炭为主要一次能源的国家,煤电在发电中的主导地位在短期内难以改变。2009年我国煤炭产量为29.6亿t,发电用煤14亿t,接近煤炭总产量的50%。因此,资源

节约受到煤炭资源、水资源、环境容量和运输能力的极大制约。

三、应该采取的一些措施

面对电力工业可持续发展的战略任务，电力行业必须下大力气，在坚持“开发与节约并举”的同时，切实改变增长方式，做到节约优先。为此，建议采取相应措施。

1. 要依法开展节约资源活动，完善配套政策

国内外经验表明，以节能为代表的节约资源工作是典型的市场失灵的领域，需要政府政策发挥引导作用，行业、企业制订相应规则，推动这项工作开展。应当在《中华人民共和国节约能源法》（以下称《节能法》）、《中华人民共和国清洁生产促进法》（以下称《清洁生产促进法》）的基础上，确立和细化市场主导、企业主体、行业自律、政府宏观调控的地位和作用。

要制订科学的产业政策，对资源配置过程进行干预，修正市场调节的缺陷和不足，以便从资源合理配置和产业结构加速优化中获得经济可持续增长。当前需要政府进一步完善有关能源价格政策、资源节约激励政策、热电联产机组建设条件、分布式供能系统建设条件和上网规则、新能源及可再生能源电价定价模式、电力系统经济调度模式等。

电力行业（尤其是电网企业）应当积极开展需求侧管理，对用户的合理用电、节约用电给予指导。通过电力需求侧管理，提高终端用电效率和电网经济运行水平，减少电力建设投资，达到节约能源和保护环境的目，实现低成本电力服务。国际经验表明，终端使用提高能效所用的成本，必然低于建设新发电厂以及输配电设施的成本和运行成本。需要政府出台需求侧管理等政策和措施，落实实施主体，采取市场引导、有序推进的策略，提高能效，建设节能型社会。

2. 加大结构调整力度，促进产业升级

应按照“加强电网建设，大力开发水电，优化发展煤电，积极发展核电，适当发展天然气发电，加快新能源发电，重视生态环境保护，提高能源利用效率”的方针，合理规划，加大电力产业结构调整的力度，促进产业升级。

电能高效洁净地生产、传输、储存、分配和使用是产业升级的重点领域。要通过对电源、电网、需求侧技术改造，提高电力能源利用效率，包括：鼓励热电联产和热、电、冷技术的推广，提高能源综合利用率；重点发展 500MW 以上大型混流式水轮发电机组、300MW 级抽水蓄能机组；采用超超临界压力、超临界压力等高参数、大容量、高效率、高调节性火电机组；发展清洁燃烧等洁净煤技术；继续研发电厂监控和优化运行、状态检修技术，并对主辅设备进行节能改造；通过节水技术改造、废水再生利用、城市污水及海水等替代水资源工作，节约用水，并在北方富煤缺水地区发展大型空冷机组；进一步开发利用新能源及可再生能源，实现兆瓦级大型风力发电机组的国产化；通过加强电网建设，为开发利用西部水电、新能源、分布式供电提供基础；加强电网规划，加快大容量、远距离、超高压交直流输电技术的应用，通过设备经济运行等手段，降低输送损耗。

3. 发展循环经济，实行清洁生产

发展循环经济是实现可持续发展的一个重要途径，同时也是保护环境和有效利用资源的根本手段。近年来，我国在三个层次上逐步开展循环经济的实践探索，即在企业层面积极推行清洁生产，在工业集中区创建生态工业园区，在城市和省区开展循环经济试点，并取得了初步成效。

根据《清洁生产促进法》的要求,需要研究制定以节约资源为主要指标之一的电力清洁生产指标评价体系及实施办法、电力清洁生产审计指南等,大力开展清洁生产企业建设活动,使电力资源节约工作中节能、节水、节油、综合利用和环境保护实现互动式发展。

4. 促进电力工业节约资源的行业行动

随着电力体制改革的不断深化,发电资产重组、网厂分开以及建立区域电力市场后,政府宏观调控、企业自主经营、监管机构依法监管和行业协会自律管理与服务的格局逐步形成,电力行业节约资源工作形势发生了很大变化。

电力行业节约资源,广大电力企业是主体。电力企业应按照《节能法》和国家有关法规,进一步加强节约资源工作力度,设立相应的机构和专门人员负责节约资源工作,深入分析潜力,增加节能投入,加快技术改造和科技进步,强化企业管理。电力行业广大职工应自觉提高节约意识,从自身做起,从一点一滴的实事做起,切实抓出实效。

当前,我国经济已进入新一轮快速发展时期,这对电力工业是一次新挑战。通过资源节约、环境保护和清洁生产,实现可持续发展,电力工业一定能够为经济社会发展和人民生活水平的不断提高,为全面建设小康社会目标的实现提供坚强有力的保障。

第三节 电力工业生产特点和发展方针

一、电力工业生产的特点

1. 安全可靠

电力生产的规律主要表现在发、供、用电设备联成电网,电力的产、供、销同时进行,发、供、用电同时完成,电力不能大量储存;供电必须保持连续进行;电能必须保证质量。随着大容量、高参数机组和特高电压、高电压、长距离输电网络的广泛采用,对电力安全生产提出了更高的要求。这些规律决定了电力生产必须安全进行。如果电力生产或用电设备系统发生事故造成中断供电,不仅影响用户正常生产和生活,还可能造成发、供、用电设备严重损坏和人身伤害。若发生系统瓦解、大面积停电,则会给国民经济和社会带来灾难性的后果。

发电厂安全生产的主要目标是:不发生人身死亡和重大设备事故,控制人身重伤事故率、发电事故率,机组非计划停运次数、可用系数均符合要求并不断提高水平,因此,发电企业必须加强安全管理,实现长期、稳定的安全生产目标。

2. 力求经济

目前,我国电力生产仍以火电为主,如果发电煤耗平均下降 $1\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,按 2009 年的发电量计算,全年可节约标准煤 200 多万吨。若全国送电线损率和厂用电率降低 1%,则全国节电可超过 360 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。因此,在电力生产过程中,必须力求经济运行,提高能源利用率。

3. 保证电能质量

电能是一种商品,衡量电能的质量主要是电网的频率和电压。我国规定,电网的频率为 50Hz,电压等级民用电为 220V,工业用电为 380V。随着电力工业的不断发展,电网覆盖面越来越大。为稳定供电电压和频率,保证电能质量,在电力系统中设置适应用户有功功率变化的调频厂或机组,使电网频率保持在规定的范围内,是十分必要的。为了保证电压质

量,在电网中无功功率差异较大的局部地区要安装电力电容器或调相机组给予补偿。

4. 控制污染,保护环境

火电厂在生产过程中产生的烟尘、二氧化硫、氮氧化物、废水、灰渣和噪声等,污染环境,危害人民的身体健康,必须采取有效的措施严格控制。目前采用煤或烟气的脱硫、脱硝、流化床及低温分段燃烧等技术,使烟气中二氧化硫和氧化氮的含量得到有效控制,利用高效的布袋式除尘器减少粉尘的排放量。可以说,火电厂环保效果的优劣已成为一个国家电力工业技术水平高低的标志之一。

二、电力工业发展方针

我国能源发展采取以电力为中心,以煤炭为基础的方针。我国电力工业的发展要大力发展核电,积极推进水电开发,积极推进电力工业的上大压小,加速淘汰落后产能,加快风电、太阳能发电和热电联产等清洁高效能源的建设,同步发展电网,促进全国联网。

(一) 积极推进水电开发

水能是最清洁的一次能源,是循环不息的能源,水电站发电效率高,发电成本低,机组启动快,宜于调峰和备用。2008年,全国水电装机容量19 679万kW,已居世界第一位,但开发利用的程度仍然较低,远低于美国、日本等发达国家,发展潜力巨大。因此,应进一步实施“西电东送”等重点工程,在更大范围内实现电力资源的优化配置,促进水电的科学经济利用。按照新的政策,水电开发将由“重工程、轻移民”转化为“先移民、后工程”。同时,制订新的水电规划时给江河保留足够的生态空间。

(二) 积极推进电力工业的上大压小,加速淘汰落后产能

火电政策是“积极推进电力工业的上大压小,加速淘汰落后产能”,完全不同于“十一五”规划提出的“重点优化发展火电”。由于我国电力装机在较长时间内仍将以火电为主,电力发展在短期内难以改变主要依赖煤炭的格局,因此,加快新能源发展的同时,火电落后产能的淘汰步伐也在加快,这直接关系到国家节能目标的实现。

(1) 煤炭基地的开发和交通运输建设要统一规划,加快发展大型坑口、港口和路口电站;

(2) 建设大容量电厂,采用大型机组,电厂规模以1200~2400MW为主,机组以600、1000MW机组为主,严格限制小火电发展;推行“上大压小”工程,加速淘汰落后产能。电力结构从速度、数量型向质量、效益型转变;

(3) 做好环境保护工作,大型机组全部采用高效布袋式除尘器,应逐步增加脱硫电厂的建设,加快洁净煤燃烧发电技术的开发,随着循环流化床大型商业化运行的成功,要鼓励建设一批大型循环流化床电站;

(4) 加强电力建设的前期工作,扩大在建规模,选择最佳方案,发挥火电单位成本低,建设周期短,资金回收快的优势,提高投资效益;

(5) 因地制宜地发展热电联产,提高燃料的综合利用率,改善环境卫生;

(6) 提高火电厂的自动化水平,所有机组应采用计算机分散控制系统,实现管理自动化。

(三) 大力发展核电

核电的发展策略由“适度发展”变成“积极发展”再调整为“大力发展”。2005年3月2日召开的常务会议,决定将核电的发展策略从“适度”变成“积极”。为此,2007年11月

正式批准的《国家核电发展专题规划(2005—2020年)》提出,适应“积极推进核电建设”的要求。根据国家能源局发表的《科学发展 电力工业赢得挑战的根本路径》一文,核电是清洁高效能源,污染少、温室气体接近零排放,是优化能源结构的优先选择,其发展战略从“积极发展”变成目前的“大力发展”。

核电在技术上是成熟的,生产安全,本身是清洁的能源。建设一台1000MW的核电机组,每年可代替300万t原煤,减少大量灰、渣、氧化硫和氧化氮的排放,对环境污染比一般火电厂小;核电成本比火电成本低 $1/3\sim 1/2$;核燃料存储运输量少;电厂占地面积小;可用率和可行性与火电不相上下。因此世界各国都在积极发展核电。

(四) 加快风电、太阳能发电和热电联产等清洁高效能源的建设

涉及其他新能源的提法也变为“加快风电、太阳能发电和热电联产等清洁高效能源的建设”,与以往较为笼统的“大力发展可再生能源”形成区别,更加具有针对性。风电的发展通过大规模开发,促进技术进步和产业发展,实现设备制造国产化,尽快使风电布局具有市场竞争力。按规划,到2020年,在甘肃、内蒙古、河北、东北,以及江苏沿海等地建立若干个千万千瓦风电基地,其风电总装机容量提高至约1.5亿kW,大大超出了2007年《可再生能源中长期发展规划》提出的2020年风电装机3000万kW的水平。

预计到2010年底,太阳能发电将达到30万kW,到2020年底将达到180万kW。按路线图,将在偏远地区建设独立太阳能电站和户用光伏电源,在经济条件较好的城市发展并网光伏电源,在资源条件好的地区建设大型太阳能电站。

第四节 发电厂的类型

一、发电厂的类型

(一) 按产品分

发电厂按产品可分为发电厂和热电厂两种。发电厂只生产电能,如火力发电厂把汽轮机做完功的蒸汽排入凝汽器凝结成水,所以这种电厂又称为凝汽式电厂。热电厂既生产电能又对外供热,供热是利用汽轮机较高压力的排汽或可调节抽汽送给热用户。

(二) 按使用的一次能源分

1. 火力发电厂

以煤、油、天然气为燃料的电厂称为火力发电厂,简称火电厂。按照我国的能源政策,火电厂要以燃煤为主,并且优先使用劣质煤,除国家批准的燃油电厂外,严格控制电厂使用燃油。

2. 水力发电厂

以水能作为动力发电的电厂称为水力发电厂。其生产过程是由拦河坝维持的高水位的水,经压力水管进入水轮机推动转子旋转,将水能转变成机械能,水轮机带动发电机旋转,从而使机械能转变为电能,在水轮机中做完功后的水流经尾水管排入下游。

与火力发电相比较,水力发电具有发电成本低、效率高、环境污染小、启停快、事故应变能力等优点,但需要修筑大坝,投资大、工期长。我国的水力资源丰富,从长远利益看,发展水电将取得很好的综合效益,因此国家把开发水力资源放在重要的位置。

3. 原子能发电厂

将原子核裂变释放出的能量转变成电能的电厂为原子能发电厂，简称核电站。原子能发电厂由两部分组成，一部分是利用核能产生蒸汽的核岛，它包括核反应堆和一回路，核燃料在反应堆中进行链式裂变产生热能，一回路中冷却水吸收裂变产生的能量后流出反应堆，进入蒸汽发生器将热量传给二回路中的水，使之变成蒸汽；另一部分是利用蒸汽的热能转换成电能的常规岛，它包括汽轮发电机组及其系统，与火电厂中的汽轮发电机组大同小异。

原子能发电比火力发电有许多优越性，其燃料能量高度密集，避免燃料繁重运输，运行费用低，无大气污染等，但基建投资大。在能源短缺的今天，核能发电将会得到更大的发展。

（三）其他类型的发电厂

1. 燃气—蒸汽联合循环发电厂

该电厂是利用燃气—蒸汽联合循环动力装置，能充分利用燃气轮机的余热发电，因此热效率高，可达55%以上。利用深层煤炭地下气化技术，结合燃气—蒸汽联合循环发电，不仅能提高发电效率，而且能避免深井煤炭的开采，有利于煤的脱硫，其综合效益将非常显著。当利用工业企业排放的废气，如煤气厂、石化厂的火炬气、高炉烟气作为燃气轮机的能源时，还可减轻公害。

2. 抽水蓄能电厂

将电力系统负荷处于低谷时的多余电能转换成水的势能，在电力系统负荷处于高峰时又将水的势能转换成电能的电厂为抽水蓄能电厂，或称抽水蓄能电站。这种水电站因有两次水的势能与电能之间的转换，所在存在一定的能量损失。但随着电力负荷的急剧增长，特别是对大型核电站带基本负荷的电力系统，它在电力系统调峰、调频中的作用会更为显著，因而发展较快。

3. 太阳能发电厂

利用太阳能发电的电厂称为太阳能发电厂。太阳能发电有两种基本方法：一种是将太阳光聚集到一个容器上，加热水或其他低沸点液体产生蒸汽，带动汽轮发电机组发电；另一种是用光电池直接发电。

4. 地热发电厂

地热发电厂利用地下热水（蒸汽或汽水混合物），经过扩容器降压产生蒸汽，或通过热交换器使低沸点液体产生蒸汽，通过汽轮发电机组发电。

5. 风力发电厂

利用高速流动的空气即风力，驱动风车转动，从而带动发电机发电的电厂，称为风力发电厂。

另外，还有利用潮汐能、海洋能、磁流体等发电的电厂。

二、本课程的性质和任务

本课程是电厂热能动力装置专业与电厂生产实际紧密相联、综合性较强的一门主干课程。它以火电厂整体为研究对象，重点讲述300、600MW机组的热力辅助设备的基本结构、工作原理和运行知识。介绍各热力系统的组成、连接方式和运行知识；定性分析火电厂运行的热经济性；详细介绍电厂管道、阀门及其运行维护；对电厂辅助生产系统和设备也作较详细的介绍；对于热电厂的供热系统作了一般性介绍。通过本课程的学习应达到下列要求：

（1）了解评价热力发电厂热经济性的方法，掌握用效率法定量评价发电厂的热经济性。

- (2) 掌握提高发电厂热经济性的主要途径和方法。
- (3) 能定性分析发电厂的运行经济性,熟悉发电厂的主要经济指标。
- (4) 掌握发电厂热力辅助设备的结构、工作原理和初步运行知识。
- (5) 掌握发电厂各热力系统组成、连接方式及其基本运行知识。
- (6) 了解发电厂辅助生产系统作用、组成及工作过程。
- (7) 熟悉发电厂管道及其附件的基本知识。
- (8) 对热电厂的供热系统可作一般了解。