



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

热 力 发 电 厂

(第二版)

电厂热力设备运行专业

主编 张燕侠



中国电力出版社

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



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

热 力 发 电 厂

(第二版)

电厂热力设备运行专业

主 编 张燕侠
责任主审 孙保民
审 稿 张海波 张 光



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书以 300MW、600MW 火电机组为典型机组，主要讲述发电厂各实际热力系统和全面性热力系统的组成、连接方式和运行知识，以及发电厂主要热力辅助设备的工作原理、基本结构和运行知识；定性分析火电厂的运行经济性；适当介绍发电厂汽水管道、阀门及其运行维护知识；简要介绍发电厂的辅助生产系统和设备。

本书为中等职业学校电厂热力设备运行专业的专业课教材，可作为火电厂 300MW、600MW 机组运行岗位的培训教材，也可供火电厂有关技术人员学习与参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

热力发电厂/张燕侠主编.—2 版.—北京：中国电力出版社，2006

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-5083-4458-8

I. 热... II. 张... III. 热电厂-专业学校-教材 IV. TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 062491 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2002 年 1 月第一版

2006 年 8 月第二版 2006 年 8 月北京第十一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 332 千字 2 插页

印数 42001—46000 册 定价 17.80 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

电力中等职业教育国家规划教材

编委会

主任 张成杰

副主任 杨昌元 宗健 朱良镠

秘书长 尚锦山 马家斌

委员 丁雁 王玉清 王宝贵 李志丽 杨卫民

杨元峰 何定焕 宋文复 林东 欧晓东

胡亚东 柏吉宽 侯林军 袁建文 涂建华

梁宏蕴

中等职业教育国家规划教材

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

《热力发电厂》是教育部 80 个重点建设专业主干课程之一，是根据教育部最新颁布的中等职业学校电厂热力设备运行专业“热力发电厂”课程教学大纲编写的。

本书以培养学生的创新精神和实践能力为重点，以培养在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才为目标。教材的内容适应劳动就业、教育发展和构建人才成长“立交桥”的需要，使学生通过学习具有综合职业能力、继续学习的能力和适应职业变化的能力。

本书遵照中等职业教育课程改革的原则和基本思路，力求贯彻以能力为本位的思想，紧密联系电厂热力设备运行岗位实际，以 300MW、600MW 火电机组为典型，重点讲述电厂热力辅助设备的基本结构、工作原理和各热力系统的组成、连接方式及其运行知识。本书内容突出了现代大型火电机组的新设备、新技术；强化了电厂各热力系统和主要辅助热力设备的运行知识及典型事故案例分析；对火电厂的热经济性只作定性分析；简要介绍了发电厂的经济运行知识；加强了针对性和实用性。

本书自 2001 年 6 月出版以来，受到普遍欢迎。为适应新的教学需要，本书在保持原教材特色的基础上，现作以下几个方面的修改。

(1) 为强化基本计算能力训练，在第一单元增加了热经济指标计算的练习题。

(2) 为加深对发电厂热力系统运行知识的理解，在第四单元中增加了发电厂的全面性热力系统。

(3) 为适应目前大中城市“热化”事业迅猛发展的需要，增加了热电厂循环流化床机组的全面性热力系统。

本书由安徽电气工程职业技术学院张燕侠主编，并编写绪论、第一、二、三、四、六单元；长沙电力学校李邵霞编写第五单元；全书由山东电力学校孙玉民主审。

本书在编写和修订过程中，得到有关院校领导和老师的大力支持和帮助，在此谨致谢意。

本书可作为中等职业学校（普通中专、成人中专、技工学校、职业高中）教材，也可作为职工培训用书或供电厂运行人员参考。

限于编者水平，书中错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 4 月

第一版前言

“热力发电厂”是中等职业学校电厂热力设备运行专业的一门重要专业课程，本教材是按照国家教育部 2000 年 9 月颁发的教学计划和国家教育部、国家电力公司组织审定过的教学大纲进行编写的。

本书是中等职业教育国家规划教材，遵照中等职业教育课程改革的原则和基本思路，力求贯彻以能力为本位的思想，紧密联系电厂热力设备运行岗位实际，以 300MW、600MW 火电机组为典型机组，重点讲述电厂热力辅助设备的基本结构、工作原理和各热力系统的组成、连接方式及其运行知识。突出了现代大型火电机组的新设备、新技术，如双压凝汽器，卧式高、低压加热器，卧式喷雾淋水盘式除氧器，单管—双管式和双管—单管—双管式主蒸汽系统，不设凝结水升压泵的主凝结水系统，自密封轴封蒸汽系统，驱动锅炉给水泵汽轮机汽源切换、排汽方式和热力系统，真空泵的抽真空系统，发电机的水—氢—氢冷却系统，汽轮机三用旁路阀，恒力吊架，燃运系统计算机程序控制等；强化了电厂各热力系统和主要辅助热力设备的运行知识及典型事故案例分析；对火电厂的热经济性只作定性分析；简要介绍了发电厂的经济运行知识；加强了针对性和实用性。教材内容精炼，文字通俗易懂，全部插图由计算机绘制，清晰美观，图文并茂。全书采用新的编排体例，各单元前有内容提要，单元后有小结和复习思考题，单元下设课题。书中有图形符号表，以方便读者使用。

本书由合肥电力学校张燕侠主编，并编写绪论、第一、二、三、四、六单元；长沙电力学校李邵霞编写第五单元；全书由山东电力学校孙玉民主审。

本书在编写过程中，得到有关专家的热情指导，得到上海石洞口二厂、上海苏尔寿工程机械制造有限公司、哈尔滨第三发电厂、大亚湾核电站、平圩发电厂、洛河发电厂、马鞍山电厂、石门电厂、湘潭电厂、安徽电力试验研究所、武汉电力学校等单位的协助，得到有关学校领导和老师（特别是马宏老师）的大力支持和帮助，在此谨致谢意。

对于书中存在的缺点和不足之处，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2001.6

目 录

中等职业教育国家规划教材出版说明

前言

第一版前言

绪论	1
小结	6
复习思考题	7
单元一 发电厂的热经济性	8
课题一 发电厂能量转换过程的各种热损失和效率	8
课题二 凝汽式发电厂主要经济指标	12
课题三 提高发电厂热经济性的途径	14
课题四 发电厂原则性热力系统	22
小结	28
复习思考题	28
单元二 发电厂主要热力辅助设备	30
课题一 回热加热器	30
课题二 除氧器	44
课题三 凝汽设备	53
小结	69
复习思考题	69
单元三 发电厂的汽水管道	71
课题一 管道的材料和规范	71
课题二 阀门	75
课题三 管道的膨胀、支持、保温与涂色	86
课题四 管道的运行与维护	92
小结	97
复习思考题	98

单元四 发电厂热力系统	99
课题一 主蒸汽与再热蒸汽系统	99
课题二 再热机组的旁路系统	106
课题三 主蒸汽、再热蒸汽及旁路系统的运行	112
课题四 回热抽汽系统	114
课题五 回热加热器的疏水与放气系统	116
课题六 抽真空系统	120
课题七 主凝结水系统	127
课题八 除氧给水系统	133
课题九 汽轮机的轴封蒸汽系统	140
课题十 汽轮机本体疏水系统	144
课题十一 小汽轮机热力系统	148
课题十二 辅助蒸汽系统	153
课题十三 锅炉的排污系统	156
课题十四 工业冷却水系统	159
课题十五 发电机冷却系统	164
课题十六 发电厂全面性热力系统	170
课题十七 发电厂热力系统的投、停顺序	175
小结	177
复习思考题	178
单元五 发电厂辅助生产系统和设备	181
课题一 发电厂燃料运输系统和设备	181
课题二 发电厂的供水系统	195
小结	200
复习思考题	200
单元六 发电厂经济运行	201
课题一 发电厂的电力负荷曲线与工况系数	201
课题二 发电厂的电能成本	204
课题三 并列运行单元机组之间负荷经济分配	206
小结	208
复习思考题	208
参考文献	209

绪 论

内容提要

电能的特点以及对电力生产的要求,发电厂的分类,我国电力工业发展概况及发展政策,本课程的学习要求。

教学目的

掌握电能生产的特点及其基本要求,熟悉热力发电厂的类型,了解我国的电力发展概况及发展政策。

教学内容

一、电力工业在国民经济中的作用和地位

电力工业是把一次能源转变为电能的生产行业。一次能源是指以原始状态存在于自然界中,不需要经过加工或转换过程就可直接提供热、光或动力的能源,如石油、煤碳、天然气、水力、原子能、风能、地热能、海洋能等,上述前五种能源是当前被广泛使用的,所以称为常规能源,世界能源消费几乎全靠这五大能源来供应。一次能源通过加工、转化生成的能源称为二次能源。电能是优质的二次能源,一些不宜或不便于直接利用的一次能源(如核能、水能、低热值燃料等),可以通过转换成电能而得到充分利用,由此扩大了一次能源的应用范围。电能可较为方便地转换为社会所需要的各种形式的能源,如机械能、光能、磁能、化学能等,而且转换效率高。电能容易控制,无污染。以电能作为动力,可有效地提高各行各业生产的自动化水平,促进技术进步,从而提高劳动生产率,改善劳动者的工作环境和条件。电能能提高人民的物质文化水平方面同样起着非常重要的作用。世界各国都把电力工业的发展速度和电能消耗占总能源消耗的比例,作为衡量一个国家现代化水平的标志。

一个国家的电气化发展速度,用电力弹性系数来表示,它是指电力工业的年增长速度与国民经济总产值年增长速度的比值。当经济发展过程中高电耗的重工业和基础工业的比重增大时,特别是发展中国家,使用电力来替代直接使用的一次能源和其他动力的范围不断扩大,电力总消费量增长率会不断增大,则电力弹性系数呈现大于1的趋向;当经济发展过程中基本上保持原来结构和原有技术水平时,电力弹性系数接近于1或等于1;当产业结构和产品结构向节能型方向调整,用电效率提高,使得单位产值电耗降低时,电力弹性系数就会小于1。1994年以前,我国电力弹性系数平均大于1。1994年~1999年,随着市场经济体制的进一步完善,产业调整,科技含量逐步提高,单位产值能耗不断降低,电力供应紧张的矛盾趋于缓和,电力弹性系数小于1。近年来,国民经济的迅猛发展和人民生活水平的大幅度提高,对电力的需求量急剧增加,促进电力工业快速增长,电力弹性系数又呈大于1的态势。

二、电力生产的特点及基本要求

目前,电能还不能大量储存,这就要求发电厂所发出的电功率必须随时与用户所消耗的电功率保持平衡,以保证用户对电量的需求。为此,发电设备的运行工况必须随着外界负荷的变化而改变。根据电能生产的这一特点,对电能生产提出了如下要求:

(1) 安全可靠。电力工业是连续进行的现代化大生产,一个小事故处理不当就可能发展成大面积的停电事故,给工农业生产和人民生活造成严重的危害。所以,电力生产必须保证发电和供电的可靠性与安全性。在电力系统中备有必须的备用容量,以备在检修或事故情况下向外正常供电,对重要用户要采用双回路供电。

(2) 力求经济。目前,我国的电力生产仍以火电为主,所消耗的一次能源多,而能源的利用率又很低(仅为30%),先进国家为40%~50%,因此节能的潜力很大。如果发电煤耗平均下降 $1\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,按2004年发电量计算,则全年可节约标准煤约 $2\times 10^9\text{kg}$;若全国送电线损率和厂用电率降低1%,则全国可节电 $2\times 10^{10}\text{kW}\cdot\text{h}$ 。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。电能的质量指标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,电网愈来愈大,为保证电能质量,在电力系统中设有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。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灰尘、 SO_x 、 NO_x 、废水、灰渣和噪声等,污染环境,危害人民的身体健康,必须采取有效措施,严格控制。目前采用煤或烟气的脱硫脱硝、循环流化床及低温分段燃烧等技术,使烟气中有害气体的含量得到有效控制;利用高效的电气式除尘器使烟气中的粉尘含量大为减少。可以说火电厂环保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。

三、发电厂的类型

1. 按产品分

电厂可分为发电厂和热电厂两种,发电厂只生产电能,在汽轮机做完功的蒸汽,排入凝汽器凝结成水,所以又称为凝汽式电厂。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。

2. 按使用的能源分

(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,其生产流程如图0-1正向所示。

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。

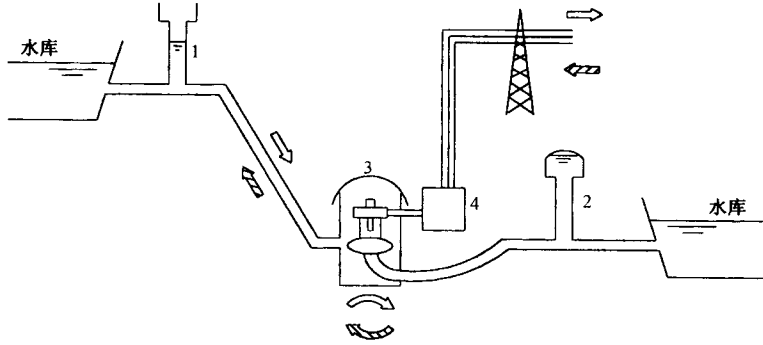


图 0-1 水力发电厂与抽水蓄能电厂示意图

1、2—调压井；3—水电站；4—变压器

(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系统。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，吸收裂变产生的热能后流出反应堆，进入蒸汽发生器将热量传给二回路中水，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。图 0-2 所示为压水堆核电站的简要流程图。

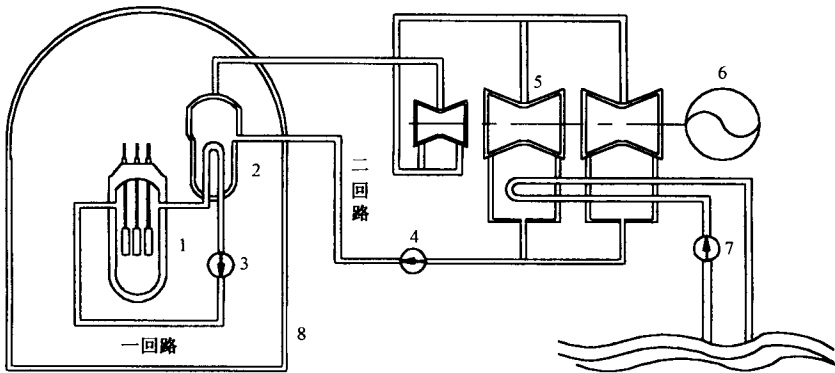


图 0-2 核电站简要流程图

1—反应堆压力容器；2—蒸汽发生器；3—主冷却剂泵；4—给水泵；
5—汽轮机；6—发电机；7—循环水泵；8—安全壳

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、避免燃料的繁重运输、运行费用低、无大气污染等，但建设投资大。在能源短缺的今天，原子能发电将会得到更大的发展。

3. 其他类型的发电厂

(1) 燃气—蒸汽轮机发电厂。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，净效率可达 43.2%。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，而且避免深井煤炭的开采，有利于煤的脱硫，其综合效益将是非常显著的。当利用工业企业排放出的废气，如煤气、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为水的势能，如图 0-1 反向所示，在电力系统负荷处于高峰时又将水的势能转换为电能的电厂，称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，所以存在一定的能量损失。但随着电力负荷的急剧增长，特别是对有大型核电站带基本负荷的电力系统，在电力系统调峰、调频中的作用更为显著，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。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。

(6) 垃圾电厂。将燃烧垃圾生成的热能转换成电能，既环保又节能。

另外还有利用潮汐能、海洋能、磁流体等发电的电厂。

火力发电机组还按汽轮机的进汽参数分为中低压机组（进汽压力 $<3.43\text{MPa}$ ）、高压机组（进汽压力为 8.83MPa ）、超高压机组（进汽压力为 $12.75\sim 13.24\text{MPa}$ ）、亚临界机组（进汽压力约为 16.17MPa ）、超临界机组（进汽压力 $>24.2\text{MPa}$ ）。

热力发电厂主要包括火力发电厂、原子能发电厂、太阳能发电厂和地热发电厂等。

四、我国电力工业的发展概况及发展政策

1. 我国电力工业发展概况

我国电力工业自从 1882 年第一台容量为 0.015MW 发电机组投运以来，已有 100 多年的历史。在解放前的近 70 年里，我国的电力工业非常落后，发电设备完全依赖国外进口，全国总装机容量仅有 1850MW ，年发电量只有 $43\times 10^8\text{kW}\cdot\text{h}$ ，供电质量很差，年设备利用小时数常在 3000h 以下，发电标准煤耗达 $1200\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 以上，最大单机容量在 6000kW 以下。

新中国成立后，我国的电力工业有了飞快的发展，从 1955 年投运的国产第一台 6000kW 汽轮发电机后，陆续建成投运了 12MW 、 25MW 、 50MW 、 100MW 等一批中、高参数的火电机组。从 20 世纪 70 年代开始，先后投运了一批超高参数的 125MW 、 200MW 和亚临界参数 300MW 、 600MW 机组。目前，我国单机容量最大的超临界参数 900MW 汽轮发电机组已经成功并网发电，它标志着我国火电机组建设迈上了一个新的台阶。我国还先后建成了以上海、哈尔滨、四川东方为基地的三大动力厂（锅炉厂、汽轮机厂和电机厂）。目前，我国已能自行设计制造亚临界参数、单机容量为 300MW 、 600MW 成套火力发电设备，这些机组的供电煤耗已降低到 $356\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ （亚临界 600MW 机组）和 $316\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ （超临界 600MW 机组）。截止到 2004 年底，全国发电总装机容量达到 $4.407\times 10^5\text{MW}$ ，其中火电装机容量为 $3.249\times 10^5\text{MW}$ ，占总装机容量的 73.7% 。2004 年发电量达到 $2187\times 10^8\text{kW}\cdot\text{h}$ ，其中火力发电量为 $1807.3\times 10^8\text{kW}\cdot\text{h}$ ，占总发电量的 82.7% 。我国已基本形成 500kV 和 330kV 的骨干网架，并建成了调度自动化设施。

我国水力资源丰富，河历年径流量达 $2.7\times 10^{12}\text{m}^3$ ，水力资源的理论蕴藏量为 $6.76\times 10^8\text{kW}$ ，可能开发的水电容量为 $3.78\times 10^8\text{kW}$ 。建国以来，我国因地制宜建成了以葛洲坝水

电厂(装机容量为 2715MW)为代表的大、中型水力发电厂 220 座。截止到 2004 年底,我国投运的水电装机容量达 1.083×10^8 kW, 占总装机容量的 24.7%, 水力年发电量为 328×10^9 kW·h, 占年总发电量的 15%。目前,正在兴建的长江三峡水电工程总装机容量为 18200MW (单机容量为 700MW, 装机总台数为 26 台), 预计年平均发电量可达 8.47×10^{10} kW·h, 为当今世界上最大的水电站。位于红水河上游广西天峨县境内龙滩水电站, 总装机容量为 5400MW (单机容量为 600MW, 共计 9 台), 其规模仅次于长江三峡水电工程。随着这些特大型水电站的兴建, 我国水电建设技术正大步迈向世界先进行列。

在核能发电方面, 我国也开始起步。由我国自行设计、制造的第一座浙江秦山核电站, 第一台机组容量为 300MW, 已于 1991 年并网发电。我国第二座核电站——广东大亚湾核电站两台 984MW 压水堆核电机组, 也于 1994 年投入商业运行。继秦山、大亚湾核电站之后, 我国目前有四座核电站已陆续建成发电, 它们分别是秦山二期、秦山三期、广东岭澳和江苏连云港田湾核电站。截止到 2004 年底, 我国的核电装机容量为 6.84×10^6 kW, 占总装机容量的 1.6%, 核能年发电量为 50.1×10^9 kW·h, 占年总发电量的 2.3%。

我国还具有非常丰富的地热资源, 已先后在各地建立了一批小型地热发电厂, 目前容量最大的西藏羊八井地区的地热电厂, 总容量为 18MW, 为我国开发利用地热资源积累了经验。同时, 我国在新疆、西藏等西北高原地区利用丰富的风力资源建设了一批风力发电厂。

目前, 我国在利用工业企业的废气、余热发电方面也取得了可喜的成绩, 还陆续兴建了一批垃圾电厂。另外, 还相继建成了潮汐发电厂、太阳能发电厂等, 走出了一条充分利用各种能源发电的道路。

2. 我国电力工业发展政策

我国的电力工业虽然取得了很大成就, 但与经济发达国家相比还有较大的差距, 主要表现在: ①发达国家人均拥有发电装机容量已达 $1.5 \sim 2$ kW, 人均年用电量达 $7500 \sim 10000$ kW·h, 而我国目前人均拥有发电装机容量只有 0.34kW, 人均年用电量仅有 1682 kW·h。②世界电力工业发展总的趋势是向“三大、三高”的方向发展。“三大”, 即大机组、大电厂、大电网。目前, 世界上已投运的火电机组最大单机容量为 $1200 \sim 1300$ MW, 最大的核电机组容量为 1400MW; 大型火电厂的总装机容量可达 $4000 \sim 5000$ MW, 水电站 12600 MW 以上, 核电站也在 5000 MW 以上; 大电网的总容量可达 $30000 \sim 40000$ MW。“三高”, 即高参数、高电压、高度自动化。发达国家的火电机组蒸汽参数向着亚临界、超临界发展, 最高蒸汽参数为 35.2MPa, $650^\circ\text{C}/566^\circ\text{C}/566^\circ\text{C}$, 以适应单机容量不断增大的需要; 随着电网区域扩大, 输电距离增长, 要求输电电压愈来愈高, 现在世界上最高等级交流输电电压高达 1150kV; 对 300MW 及其以上的亚临界、超临界机组, 均实行了锅炉、汽轮机、发电机的集中控制和计算机分散控制, 有的电厂还实现了用计算机程序控制的无人值班制度。为缩小与发达国家的差距, 促进我国电力工业持续、快速、健康的发展, 提出了今后一个时期电力工业发展的政策。

(1) 调整产业结构, 优化资源配置。因地、因网制宜地确定与地区经济发展相适应的电力工业发展速度。优先开发中西部地区的能源资源, 加快坑口电厂建设, 变输煤为输电。坚持优化发展火电、优先发展水电、适当发展核电、积极利用新能源的方针。大力发展大容量、高参数、高效率机组, 重点建设 600MW 及其以上亚临界和超临界机组, 逐渐淘汰小机

组。重视有调峰能力电厂的建设，特别是加快东部地区的抽水蓄能电站的建设。

(2) 切实加强电网建设，积极推进全国联网。加强主干网的建设，尽快建设一批 500kV 输变电工程，提高输电线路的输送能力和供电质量。积极推进全国联网，充分发挥和提高大电网的整体优势和效益。增加投入，加快城市电网的改造和建设。

(3) 依靠科技进步，加快技术改造。集中力量，使我国电力工业在大型电力系统运行的综合分析技术和稳定控制技术、电力系统继电保护技术、水电高坝筑坝技术等方面处于世界领先水平。对于国际上先进实用的技术，有重点、有选择地引进、吸收、创新，加速实现国产化。对于老电厂通过技术改造实现节能降耗，提高电力工业的总体技术水平和安全经济运行水平。

(4) 高度重视节约与环保。坚持资源开发和节约并重，把节约放在首位，提高能源利用率。积极引进和消化吸收国外先进的循环流化床技术和脱硫技术，加快循环流化床锅炉和脱硫设备的推广步伐。加强对火电厂污染的治理，使火电厂的排放达到环保标准。

(5) 进一步深化改革用电管理体制。到 2010 年，实现全国联网，统一调度，厂网分开，建立起规范、竞争、有序的电力市场，实现全国城乡电网电力销售同网同质同价。

五、本课程的性质和任务

本课程是电厂热力设备运行一门与电厂生产实际紧密相联、综合性较强的主干课程。它以火电厂整体为研究对象，重点讲述 300MW、600MW 机组的热力辅助设备的基本结构、工作原理和运行知识，以及各热力系统及发电厂全面性热力系统的组成、连接方式和运行知识；定性分析火电厂运行的热经济性；适当介绍电厂管道、阀门及其运行维护知识；简要介绍电厂辅助生产系统和设备。通过本课程的学习应达到下列要求。

- (1) 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。
- (2) 掌握发电厂全面性热力系统的组成、连接方式及其运行知识。
- (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，并进行简单计算。
- (4) 熟悉发电厂管道及其附件的基本知识。
- (5) 了解发电厂辅助生产系统作用、组成及工作过程。

小 结

(1) 电能是优质的二次能源。电力弹性系数是指电力工业的年增长速度与国民经济总产值年增长速度的比值，在国民经济发展的不同阶段，其值可等于 1、大于 1 或小于 1。

(2) 由于发电厂所发出的电功率必须随时与用户所需的电负荷相适应，电力工业又是连续进行的现代化大生产，所以，电力生产必须做到安全、经济运行，保证供电质量，同时控制污染，保护环境。

(3) 发电厂按产品分为凝汽式电厂和热电厂。按使用的能源分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂。另外还有燃气—蒸汽轮机发电厂、抽水蓄能发电厂、太阳能发电厂、地热发电厂等。火电机组按汽轮机进汽参数分为中低压机组、高压机组、超高压机组、亚临界和超临界机组。

(4) 我国电力工业取得了很大的成就，但与经济发达国家相比还有较大的差距。在今后一段时期内还要做大量工作。

复 习 思 考 题

1. 电能有哪些优点？对电能生产有哪些基本要求？
2. 发电厂按产品或一次能源的不同分为哪些类型？
3. 简述水力发电厂及原子能发电厂的生产流程。
4. 简述我国电力工业的发展概况及政策。

发电厂的热经济性

内容提要

本章主要讲述发电厂能量转换过程的各种热损失、效率和主要经济指标，定性分析提高发电厂热经济性的途径。

课题一 发电厂能量转换过程的各种热损失和效率

教学目的

会计算凝汽式发电厂的总效率，并分析凝汽式发电厂热经济性低的原因。

教学内容

一、朗肯循环和循环热效率

热力发电厂都是以某种热力循环为基础，由热功转换获得电能的。朗肯循环是一种最基本、最简单的热力循环。如图 1-1 所示，其工作过程如下：4—5—6—1 是给水在锅炉中被定压加热、汽化和过热过程；1—2 是过热蒸汽在汽轮机中等熵膨胀作功过程；2—3 是排汽在凝汽器中定压凝结放热过程；3—4 是凝结水在水泵中等熵压缩过程。

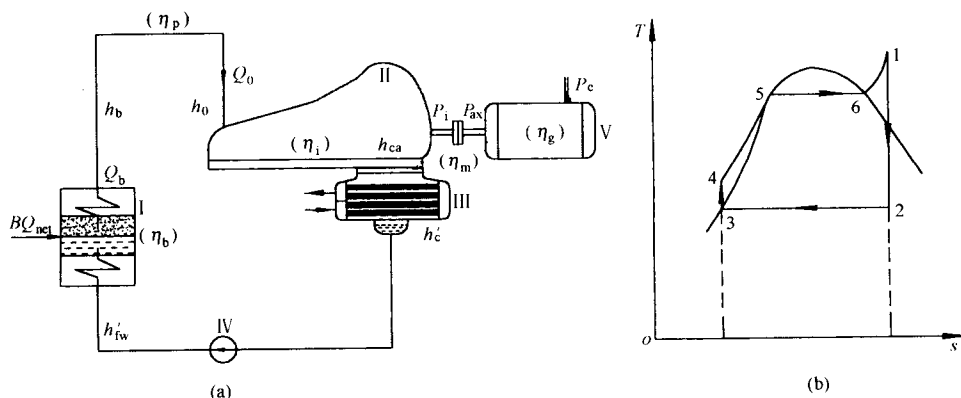


图 1-1 朗肯循环

(a) 热力系统图；(b) $T-s$ 图

I—锅炉；II—汽轮机；III—凝汽器；IV—给水泵；V—发电机

按朗肯循环工作，进入汽轮机的蒸汽膨胀作功后全部进入凝汽器的发电厂称为纯凝汽式发电厂。其热功转换的完善程度，可用循环热效率来表示，它等于理想循环作功量与循环吸热量之比，即