

177071



电 力 生 产 常 识

湖北省电力建设技工学校 胡仁堂
石家庄电力技术学校 刘健生 合编

水利电力出版社

电力生产常识

湖北省电力建设技工学校 胡仁堂
石家庄电力技术学院 刘健生 合编

*

水利电力出版社出版、发行

(现中国电力出版社)

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市京东印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 11印张 243千字

1993年6月第一版 1996年7月北京第二次印刷

印数18091—23130册

ISBN 7-120-01731-4/TK·268

定价 9.20 元

内 容 提 要

本书简要地介绍了火力发电的生产过程，以及火力发电厂、变电所的主要设备与系统。主要内容有：火力发电厂的基本生产过程及概况，锅炉、汽轮机和发电机等主机及辅助设备，火力发电厂的主要系统和辅助系统，以及送变电概述等。

本书用作电力技工学校有关专业的教科书，也可作为学习火力发电生产知识的培训教材。

前 言

本书为1989~1993年电力技工学校教材建设规划中的新编教材之一，是按照原水利电力部1988年3月颁发的《水利电力技工学校教学计划及教学大纲》编写的。

本教材覆盖了电力建设类技工学校的“锅炉安装与检修”、“汽轮机安装与检修”、“焊接技术”、“起重技术”和“土木建筑施工”等五个专业所设“电力生产常识”课程的教学内容。教学中，各专业可根据大纲的要求，选讲教材中的有关部分。

本书由牡丹江电力技术学校李克栋同志主审。在编写本书过程中，曾得到水利电力出版社有关编辑的指导和编者所在学校领导和老师们的帮助。石家庄电力技术学校的张志鑫、江苏电力建设技工学校的夏明忠、临汾电力技工学校的滑春光等老师，为本书初稿提出了宝贵的意见，在此一并致以谢意。

本书存在的错误和不足，恳请各校师生和读者指正。

编 者

1992年4月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一篇 锅 炉 设 备	
第一章 锅炉设备概况	9
第一节 概 述	9
第二节 锅炉的主要特性参数、分类及型号	13
第二章 锅炉本体	17
第一节 锅炉的汽水系统	17
第二节 锅炉的燃烧设备	26
第三节 锅炉的炉墙和构架	32
第四节 强制循环锅炉简介	34
第三章 锅炉辅助设备及系统	43
第一节 燃料输送设备及系统	43
第二节 制粉设备及系统	48
第三节 通风设备及系统	53
第四节 除尘、除灰设备及系统	56
第五节 锅炉附件	64
第二篇 汽 轮 机 设 备	
第四章 汽轮机设备概况	71
第一节 汽轮机设备的作用及组成	71
第二节 汽轮机的分类及型号	73
第五章 汽轮机本体	75
第一节 汽轮机的基本工作原理	75
第二节 汽轮机本体结构	80
第六章 汽轮机的调节保护系统	90
第一节 汽轮机的调节系统	90
第二节 汽轮机的保护装置	94
第三节 汽轮机的供油系统	97
第七章 热力系统及汽轮机辅助设备	100
第一节 主蒸汽系统	100
第二节 汽轮机的凝汽设备及系统	101
第三节 给水回热设备及系统	106

第四节	给水除氧设备及系统	109
第五节	典型原则性热力系统举例	114
第六节	供水系统	118
第七节	水处理系统	121

第三篇 电 气 设 备

第八章	发电厂主要电气设备	123
第一节	发电厂电气设备简介	123
第二节	汽轮发电机	123
第三节	电动机	130
第四节	低压开关设备	132
第五节	高压开关设备	138
第六节	互感器	141
第七节	熔断器与避雷设备	144
第九章	发电厂电气主接线及厂用电	148
第一节	发电厂电气主接线简介	148
第二节	发电厂的厂用电	152
第十章	送变电概述	155
第一节	变电所	155
第二节	电力变压器	156
第三节	电力线路	159
附表 1	常用物理量的符号及单位换算关系	163
附表 2	用于构成十进倍数和分数单位的词头	165
附表 3	我国已建和在建的部分大、中型火电厂	166

绪 论

一、电力工业在国民经济中的地位

电力工业是为国民经济提供电能的工业部门，一个国家国民经济中电能应用的广泛程度，可在一定程度上反映一个国家工农业生产水平和国民经济现代化程度。

为了满足整个国民经济发展的需要，电力工业必须以更快的速度超前于其他工业的发展。在国民经济中，电力工业的这种超前发展，称为电力先行。电力先行，已经成为现代各国经济发展的客观规律。

因此说，电力工业在国民经济中占有很重要的地位。

二、我国电力工业发展的概况

建国40多年来，特别是党的十一届三中全会以来，我国电力工业得到了飞速的发展。据有关资料表明，“七五”（国民经济第七个五年计划）期间，我国电力工业取得了很大的成就。1990年发电量达到了6213亿kW·h，发电设备总容量达到了1.35亿kW，平均年增长率为8.4%；新增500kW以上的装机容量4380万kW，其中火电3600万kW，平均年增长率为9.2%；投入运行的30万kW及以上的大机组超过50台，标志着世界先进水平的60万kW机组和500kV直流输变电工程，都在“七五”期间建成投产；核电工业开始起步，并且进展很快。截止“七五”末，我国发电装机容量与发电量均居世界第四位。这在一定程度上标志了我国工农业生产和国民经济的发展水平。

为了使电力工业和整个国民经济有计划、按比例地发展，在“八五”和后十年（1991～2000年）要在计划和规划方面，千方百计使电力的增长和国民经济发展相适应。根据能源部拟定的计划，电力“八五”建设规模要求达到1亿kW，投产5700万kW，其中水电1000万kW，火电4700万kW。预计到本世纪末，即2000年，我国将出现几十座百万kW以上的大电厂，并将建成九座原子能发电站，发电量将达到12000亿kW·h。到1990年底，我国已有100万kW以上的火电厂17座。

作为电力战线上的工人阶级，肩负着重大而光荣的责任。我们必须在党的正确路线指引下，利用改革开放提供的良好条件，努力提高劳动生产率和经济效益，促进电力工业的快速发展，使我国电力工业全面地进入世界前列，早日实现我国农业、工业、国防和科学技术的现代化。

三、电能的应用及其生产特点

电能现在已广泛地应用于工农业生产、科学实验、国防、交通和人民生活之中。他已成为现代化生产的主要动力，而且正在成为我国人民生活的重要能源。

使用电能既方便又卫生。电能可以通过各种电机和电器设备转变成机械能、热能、光能、化学能、声能等各种形式的能。利用电能可以实现电焊、高频电流表面淬火、金属的

电火花加工等。利用电能还可以实现工业企业自动化，便于自动控制和远距离操作，从而提高劳动生产率和改善劳动条件。日常生活中，利用电能也极为普遍，如电灯、电扇、电视机、电冰箱、洗衣机及电热炊具，等等。

电能生产有它的特点：

(1) 生产的大量电能是不能直接贮存的，这是因为发电、供电和用电基本上是同时完成的。也就是说，发电量与用电量必须平衡，否则就发生所谓电网频率不稳、电压不稳现象。供电频率或电压超过规定值时，会造成减产、出废品，严重时还会造成人身或设备事故。

(2) 电能生产需要高度的机械化、自动化和高效率。这是因为现代化的电能生产是集成的、大量的，也就是说，它是依靠大中型火电厂、水电厂和原子能发电厂来生产的，并应及时地输送到既分散又复杂的各种用户中去。

(3) 电能生产的安全十分重要。电能的生产牵涉到千千万万的用户。有些用电设备是不能中断电能的供应的，如正在矿井下运转的通风机和排水泵，正在炼铁的高炉鼓风机，正在炼钢的电炉，以及医院中手术的照明等，否则会造成严重的后果。

四、火力发电厂容量及分类

目前，我国和世界上绝大部分国家，电能的生产仍以火力发电为主。全世界火力发电量约占全部发电量的75%以上。我国火力发电量约占全部发电量的80%左右。燃煤的火力发电占整个火力发电量的绝大部分，燃油和利用其他能源的火力发电量占的份量很小。

火力发电是利用煤、石油和天然气等燃料燃烧后放出的热能来生产电能的发电方式。燃煤的火力发电厂，结构复杂，设备和系统比较多。它是我国目前最常见的一种发电厂。

一座大型的火力发电厂，往往有几台或十几台发电机组。总装机容量高达1百万kW(1000MW)左右，甚至几百万kW。目前我国超过1百万kW装机容量的火力发电厂有17座。其中，镇江谏壁电厂达162.5万kW，是我国目前最大的火力发电厂。

根据“能源部工业产业政策实施办法”(试行)，我国火力发电厂今后要发展高参数、大容量、高效率机组。除特殊地区外，新建与改扩建的电厂都要安装单机容量30万kW以上的大机组，并尽量实行热电合供和发展以煤代油。除沿海经济比较发达的省市、自治区可在铁路沿线或港口处建设大型火电厂外，重点要发展煤矿附近的大型火电厂，即所谓的坑口电厂。

我国现在有两种主要类型的火力发电厂：一种是只向外供电而不向外供热的发电厂，称为凝汽式火力发电厂；一种是不仅向外供电，而且向附近工厂和住宅区供生产用汽和采暖用热水的发电厂，称为热电厂。目前我国供热式机组总容量约占火电总容量的9.2%。

我国已建和在建的部分大、中型火电厂见书后附表3。

五、火力发电厂的基本生产过程及主要设备

(一) 火力发电的基本原理

火力发电的基本原理，可用图0-1来说明。

在锅炉中，燃料被燃烧，其化学能转变成烟气的热能，然后，通过传热过程传给锅内的水和蒸汽，使水加热成为一定温度和压力的水蒸气，即转变成为水蒸气的热能。

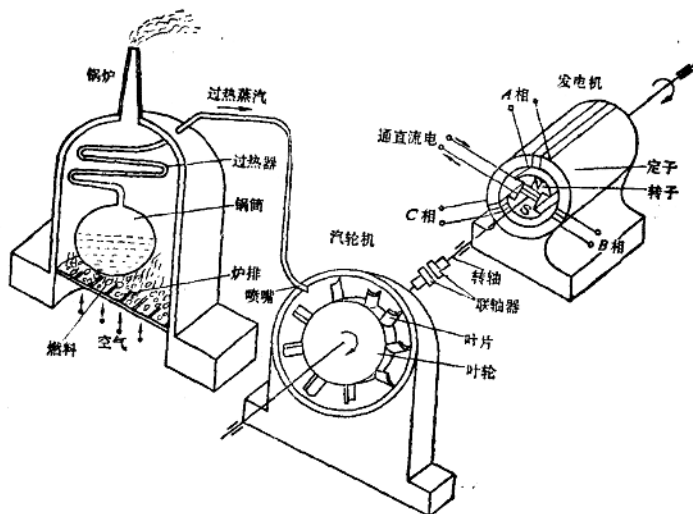


图 0-1 火力发电基本原理示意

在汽轮机中，一定温度和压力的水蒸汽冲动汽轮机转子转动，并通过联轴器带动发电机的转子转动，即热能转变成转子转动的机械能。

在发电机中，转子转动时线圈切割磁力线，从而产生电流，即机械能转变成了电能。

(二) 火力发电厂的生产过程及主要设备

火力发电厂中燃料的化学能转变成电能，需要很多的设备，经过许多的过程才能完成。图0-2(a)为火力发电的生产过程示意图。图0-2(b)为燃煤电厂电能的生产过程和主要的设备。

在图0-2(b)中，原煤通过输煤皮带送到锅炉房的煤斗里，再从煤斗下到磨煤机中被磨制成粉；然后混同热风一起，由排粉机抽出，经喷燃器吹入炉膛中燃烧。

冷空气由送风机吸入并被送到空气预热器中。在该预热器中被加热成热空气。热空气分两路送入锅炉炉膛中。一部分热空气被送到磨煤机中干燥和输送煤粉，然后经排粉机抽出，从喷燃器进入炉膛。这部分空气称为一次风。另一部分热空气直接经喷燃器的另外通道送入炉膛，以补足煤粉燃烧所需空气量。这部分空气称为二次风。

在炉膛空间中，煤粉气流是以火炬形式进行燃烧。燃烧放出的热量传给炉膛四周的水冷壁（水冷壁是现代电厂锅炉使水沸腾蒸发成饱和蒸汽的主要受热面）。

高温烟气经炉膛上方的出口流向水平烟道内的过热器及尾部烟道内的省煤器^①、空气预热时，继续把热量传给蒸汽、水和空气。冷却后的烟气经除尘器除去飞灰，由引风机抽吸到烟囱，然后排至大气。另外，锅炉下部排出的灰渣和除尘器下部排出的细灰依靠水冲到灰渣泵房，经灰渣泵送往贮灰场。

① 最早的锅炉没有省煤器，后来采用它是为了吸收排烟余热，降低排烟热损失，节省燃煤，故称它为“省煤器”。

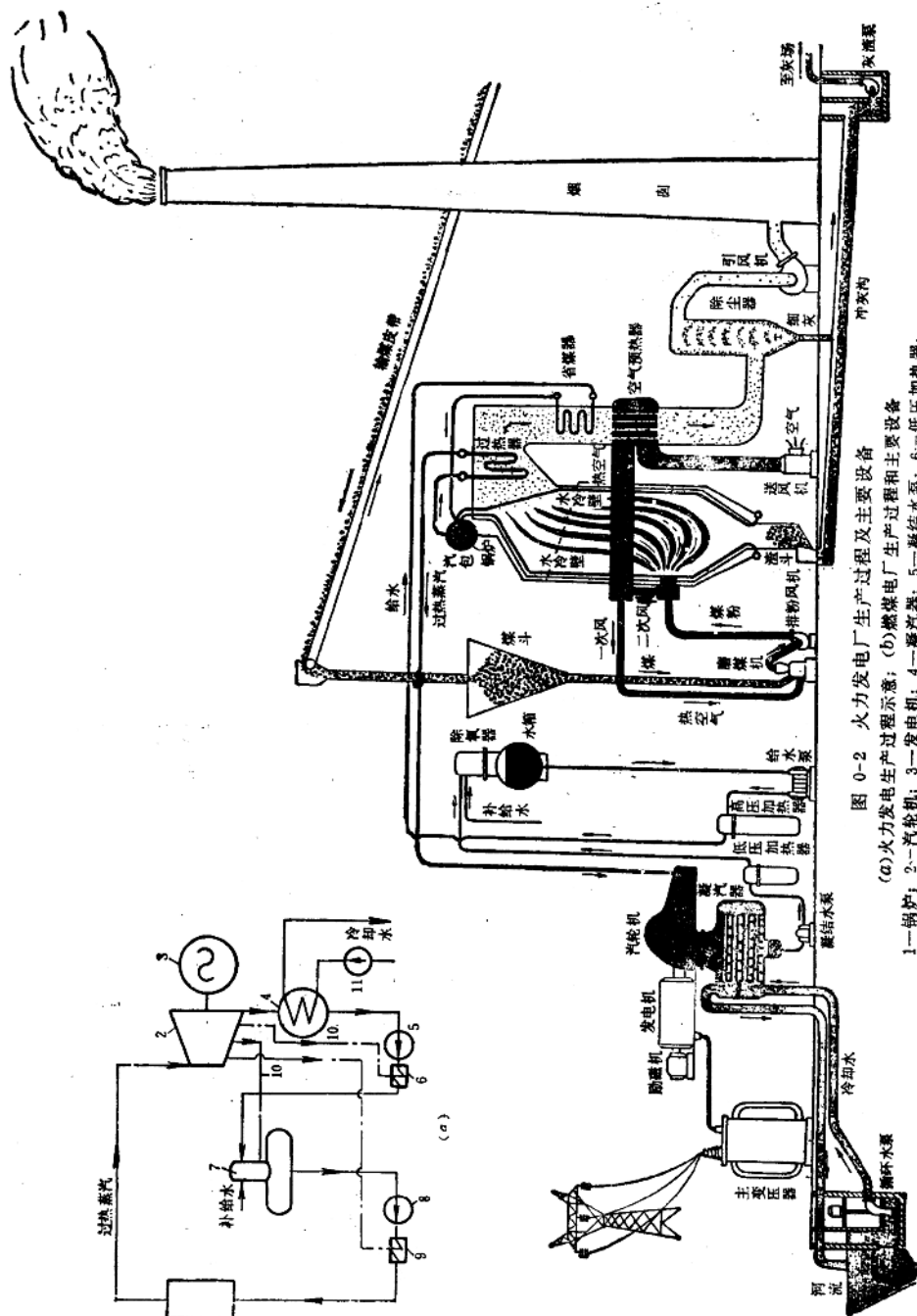


图 0-2 火力发电厂生产过程及主要设备

(a) 火力发电厂生产过程示意图; (b) 燃煤电厂生产过程和主要设备

1—锅炉; 2—汽轮机; 3—发电机; 4—凝汽器; 5—凝结水泵; 6—高压加热器;
7—除氧器; 8—给水泵; 9—高压加热器; 10—汽轮机抽汽管; 11—循环水泵

在水冷壁中产生的蒸汽，流经过热器时，进一步吸收烟气的热量而变为过热蒸汽，然后通过主蒸汽管道送入汽轮机。

在汽轮机中，由锅炉来的具有一定压力和温度的过热蒸汽冲动汽轮机转子转动。蒸汽作过功后压力、温度降低，并被排入凝汽器。蒸汽在凝汽器的铜管外放热，并被凝结成水。凝结水由凝结水泵吸出，经低压加热器加热升温后打入除氧器。在除氧器内，利用抽汽加热方法除去凝结水和补充水中的气体。然后，水流入贮水箱。贮水箱中的水由给水泵抽出，经高压加热器加热后进入锅炉。以后经过省煤器、水冷壁、过热器等设备又重复上述过程，进行下一循环流动。

图0-2(b)中凝汽器铜管内流过的冷却水，是由循环水泵从江河上游处吸取的，吸取热量后排入江河的下游。

发电机转子通过联轴器与汽轮机转子一同旋转。发电机转子线圈中通有直流电。直流电的获得方法之一是由同轴旋转的小直流发电机发出的，该小直流发电机称为励磁机（见图0-2b）。通电线圈产生的磁力线垂直转子轴线，所以，发电机转子产生一个与转子同步旋转的磁场。这个旋转磁场，在静止的定子封闭线圈中因切割磁力线产生感应电流。该电流由主变压器升压后，经高压配电装置和输电线路送到用户去。电厂自用电一般由主发电机直接供给。所供给的电由厂用变压器降压后，经厂用配电装置和电缆向厂内各种辅机及照明供电。其电气系统示意图见图0-3。

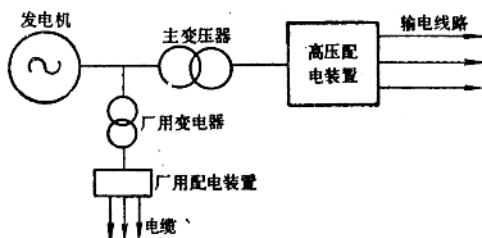


图 0-3 电气系统示意

在火力发电厂中，如上所述，不断地进行着水→蒸汽→水的循环变化过程，

同时，在锅炉中大量地消耗着燃料，在汽轮发电机中送出强大的电能。

六、火力发电厂效率、损失及标准煤耗

（一）火力发电厂效率及提高火力发电经济性的主要途径

为了说明一台实际设备的经济性及其存在的损失的大小，通常用相对的百分数来表示。

在稳定状态下，设备输出的有效能量占输入能量的百分数，称为该设备的效率，即

$$\text{设备效率} = \frac{\text{输出的有效能量}}{\text{输入能量}} \times 100 \quad (\%) \quad (0-1)$$

同样地，设备中的损失，用百分数表示为

$$\text{设备中的损失} = \frac{\text{输入能量} - \text{输出有效能量}}{\text{输入能量}} \times 100 \quad (\%)$$

或简化后写为

$$\text{设备中的损失} = 100 - \text{设备效率} \quad (\%) \quad (0-2)$$

将式(0-2)进行等式变换后，可得

$$\text{设备效率} = 100 - \text{设备中的损失} \quad (\%) \quad (0-3)$$

由式(0-3)可见,要提高设备的效率,就必须减小设备中的损失。

1. 凝汽式火力发电厂的效率及损失

凝汽式火力发电厂输出的有效能量是电能。输入能量是燃料燃烧后放出的热能。电能和热能之间单位的换算关系是①

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3600 \text{ kJ} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} = 3.6 \text{ MJ}$$

将式(0-1)用于凝汽式火力发电厂,则其效率为

$$\eta = \frac{3600 P}{B Q_d} \quad (\%) \quad (0-4)$$

式中 η ——凝汽式火力发电厂效率(%);

P ——该厂汽轮发电机输出的(总)电功率(kW);

B ——该厂锅炉在1小时内所消耗的(总)燃料量(kg/h);

Q_d ——该厂所用燃料的低位发热量②(kJ/kg)。

一座最简单的凝汽式火力发电厂的效率和能量损失可以从图0-4中看出。在这个特殊的例子中,最简单的凝汽式火电厂效率只有23.1%,76.9%的能量都损失了。

凝汽式火力发电厂能量损失的原因主要有以下几个方面:

(1)在锅炉内损失有:1)有少部分燃料没有燃烧或燃烧得不完全,随灰渣或烟气排出炉外;2)排出炉外的灰渣和烟气的温度,比燃料进入炉内时的温度高,带走了部分热量;3)炉墙及锅炉外露部分的温度高于周围空气的温度,向炉外散发了部分热量。这三部分总合起来约占燃料的热能14%。

(2)蒸汽从锅炉流向汽轮机在沿途管道中的散热和工质(泄漏或疏水)损失。它约占燃料的热能0.9%。

(3)在汽轮机内损失有:1)蒸汽流过汽轮机转子和定子间的流道时,摩擦、涡流、鼓风、漏汽等造成的损失;2)汽轮机转子的轴承的机械摩擦及汽轮机转轴带动油泵和调速系统等所消耗的热能。这两部分约占燃料热能的0.8%。

(4)在汽轮机中作过功的蒸汽排入凝汽器,在凝汽器中凝结成水。大量热量(主要是汽化潜热)被冷却水带走,造成凝汽(或称冷源)热损失。它约占燃料热能的60.2%。它是火力发电厂最大的一项热损失。

(5)在发电机中的损失有:1)由于定子和转子线圈中通电流,线圈发热所造成的损失;2)在交变磁场作用下,定子铁芯、定子与转子表面及边端构件中发热造成的损失;3)发电机通风和轴承摩擦造成的损失。这三部分总合起来约占燃料热能的1.0%。

很显然,为了提高火力发电的经济性,提高火力发电厂的效率,必须要很好地分析火力发电厂的各项损失,找出减少这些损失的途径。

2. 提高火力发电经济性的主要途径

提高火力发电经济性的主要途径如下:

① 常用物理量的符号及单位换算关系,见书后附表1和附表2,下同。

② 1 kg燃料完全燃烧,但生成的水蒸汽未凝结成水时所放出的热量,称为低位发热量。由于锅炉排烟温度总是高于100℃,所以实际能被锅炉利用的热量是燃料的低位发热量。

(1) 尽量减少冷源损失。从上述分析可以看出, 在凝汽式火力发电厂中, 大部分热能损失在凝汽器中被冷却水所带走。根据热力学第二定律, 在工质的一个作功的循环过程中, 必须要有一个热源 (如锅炉) 和一个冷源 (如凝汽器)。因此, 冷源损失是不可避免的。但是, 我们可以想办法把向冷却水放热 (即向系统外放热) 的数量减少。例如, 现代汽轮机采用了多级抽汽来加热给水的系统, 即所谓给水回热加热系统 (见图0-2a所示)。这样, 将部分作过功的蒸汽用来加热给水, 使这部分蒸汽的冷源损失的热量变成了系统中热源的供热的一部分, 而未被系统外的冷却水所带走 (约占总供热量的3.2%)。

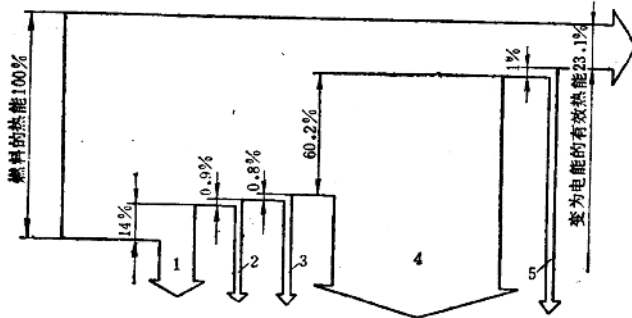


图 0-4 最简单的凝汽式火电厂的热平衡

1—锅炉内的损失；2—管道内的损失；3—汽轮机内的损失；4—凝汽器内的损失；5—发电机内的损失

在向外既供电又供热的热电厂中, 可以利用汽轮机中做过功的蒸汽来供热。这些供热蒸汽, 可以是汽轮机中间级的抽汽, 或者是全部的汽轮机排汽 (这时的汽轮机称为背压式汽轮机)。从能量利用上来看, 也是减少了冷源部分的热损失。这就是热电合供的优点之一。

(2) 提高蒸汽的初参数。提高蒸汽的初参数, 就是指提高锅炉生产出来的过热蒸汽的压力和温度。这样, 在汽轮机排汽终参数一定的情况下, 提高了汽轮机中单位数量蒸汽的作功能力。另一方面, 高参数蒸汽在汽轮机中作功的效率比低参数的高, 所以整个循环效率提高了。

(3) 采用再热循环。采用再热循环也有提高蒸汽初参数的同样效果。所谓再热循环, 就是将汽轮机高压缸中作过功的蒸汽引到锅炉的再热器中再次过热, 提高温度后又引回到汽轮机的中低压缸中继续作功。图0-5为中间再热系统示意图。

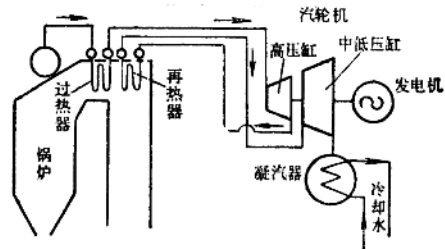


图 0-5 中间再热系统示意

(4) 提高辅助设备的效率, 杜绝“七漏”的发生。现代火力发电厂辅助设备很多, 特别是水泵和风机消耗的电能比较多, 因此, 提高这些辅助设备的效率, 减少厂用电, 具有直接的经济效益。

“七漏”是指发电厂中六项工作物质与热量向外泄漏。它们是: 漏水、漏汽、漏风、

漏粉、漏烟(灰)、漏油、漏热等七项。“七漏”既浪费了能量,又放走了工作物质,是很大的损失。同时,“七漏”还造成工作环境的恶化,且危及人身、设备工作的安全,所以必须予以高度的重视。

此外,为了提高火力发电厂效率,还可以采取其他一些措施,如蒸汽-燃气联合循环等。

几十年来,在减少冷源损失和其他各项损失方面已有一定的成效。目前燃煤的亚临界机组的热效率达到了38%左右。

(二) 火力发电厂的标准煤耗

为了说明和比较不同(或同一)火力发电厂在不同工况下发电的经济效益和生产技术的完善程度,生产部门通常引入“标准煤耗率”这一技术经济指标。“标准煤耗率”简称“标准煤耗”。

所谓火力发电厂“标准煤耗”,是指火力发电厂平均每发1 kW·h的电所消耗的标准煤的g(克)数。

我们规定低位发热量为29310 kJ/kg的煤为标准煤。将某一电厂实际消耗的煤量换算成标准煤的消耗量,可按下式进行:

$$B_s = \frac{BQ_d}{29310} \quad (0-5)$$

式中 B_s ——标准煤的消耗量(kg/h)。

那么,该厂的标准煤耗 b [g/(kW·h)]按下式计算:

$$b = \frac{BQ_d}{29.31 P} \quad (0-6)$$

1990年,我国火电厂平均标准煤耗是427g/(kW·h)。我国30~60万kW亚临界机组的标准煤耗约为330~360g/(kW·h),达到了世界先进水平。根据规划,在2000年我国火电机组的平均供电标准煤耗要求达到380g/(kW·h)左右。

第一篇 锅 炉 设 备

第一章 锅 炉 设 备 概 况

第一节 概 述

一、电厂锅炉的作用及特点

锅炉是一种很普通的热力设备。它利用燃料燃烧所放出的热量来加热水。在电厂锅炉中，水被加热沸腾蒸发、过热，变成具有规定高的压力和温度的过热蒸汽，然后该蒸汽进入汽轮机冲动汽轮机转子旋转。

为了提高蒸汽在汽轮机中的作功能力及循环热效率，现代电厂锅炉生产的蒸汽压力和温度，提高到了相当高的程度。提高蒸汽的初温初压是现代电厂锅炉的发展方向。

由于电能生产的集中性，以及为了降低单位容量造价和发电成本，减少运行人员，加快电力发展速度，现代电厂锅炉向大容量的方向发展。

这种生产高温高压蒸汽的电厂锅炉，与民用锅炉、工业锅炉相比较，在结构上有较大的区别。除工作安全都是首要的问题外，经济性提到了非常重要的地位。电厂锅炉的效率已高达90%及以上。工业锅炉的效率一般为60%~80%，民用锅炉的效率还要低。

电厂锅炉大多采用燃烧燃料量大、燃烧效率高的悬浮燃烧方式。

电厂锅炉机械化、自动化程度高，辅助设备及系统比较多。

二、锅炉设备的组成

锅炉设备包括锅炉本体设备和锅炉辅助设备两部分。

锅炉本体设备又包括汽水系统、燃烧设备、炉墙和构架三个方面。

汽水系统俗称为“锅”。它的任务是吸收燃料燃烧放出的热量，使水蒸发，最后成为规定压力和温度的过热蒸汽。它由汽包、下降管、联箱、水冷壁、过热器、再热器和省煤器等组成。

燃烧系统俗称为“炉”。它的任务是使燃料在炉内良好地燃烧，放出热量。锅炉本体中的燃烧设备是由燃烧室（炉膛）、喷燃器、空气预热器等组成的。

炉墙用来构成封闭的燃烧室和一定形状的烟道，使火焰和烟气与外界隔绝，为锅炉传热过程的正常进行提供必要的条件。锅炉构架的作用是支承或悬吊汽包、锅炉受热面、炉墙等全部锅炉构件。

锅炉辅助设备是配合锅炉本体设备来进行工作的，主要的辅助设备有：给水设备、通风设备、燃料输送设备、制粉设备、除尘除灰设备，以及一些锅炉附件和自动控制装置。

三、锅炉设备的工作原理

正常工作的电厂锅炉，必须具有下列两项基本功能：

(1) 锅炉的“炉”应快速有效地燃尽大量的燃料，并将放出的热量安全有效地传给“锅”中的水和蒸汽。

(2) 锅炉的“锅”应使水在吸收热量后，顺利地沸腾蒸发，最后成为规定压力和温度的过热蒸汽，并且使该蒸汽安全地输送到汽轮机中去。

现将这两方面的工作大概地介绍如下。

1. 锅炉的燃烧和传热

现代电厂锅炉有四种典型的燃烧方式，如图1-1所示。

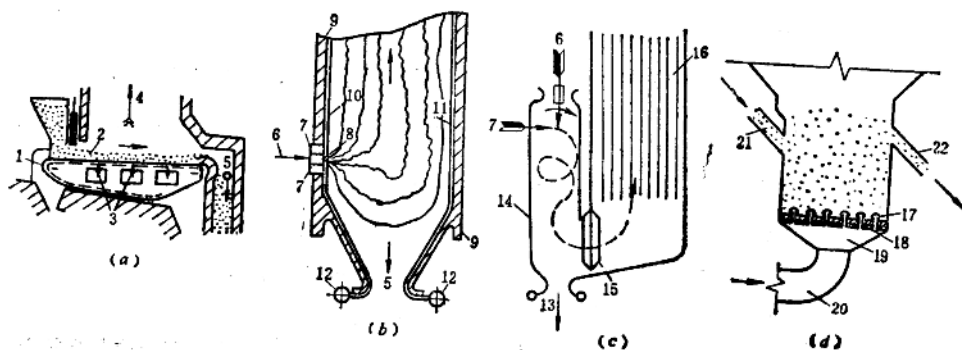


图 1-1 典型燃烧方式示意图

(a)层状燃烧；(b)悬浮燃烧；(c)旋风燃烧；(d)沸腾燃烧

1—炉篦；2—燃料；3—空气；4—烟气；5—灰渣；6—煤粉与一次风的混合物；7—二次风；8—喷燃器；9—炉墙；10—前水冷壁；11—后水冷壁；12—下联箱；13—液态渣；14—旋风燃烧室；15—捕渣管束；16—冷却室；17—风帽；18—布风板；19—风室；20—进风道；21—进煤口；22—溢渣口

图1-1(a)所示的是层状（或称火床）燃烧。燃料是在链条炉排上进行燃烧的。在炉排上由煤闸门形成一定厚度（约60~180mm）的燃料层。燃烧量不大。目前只是在工业锅炉或小型电厂锅炉上应用。我国最大容量的链条炉是65t/h。

图1-1(c)所示的旋风燃烧，是具有立式旋风筒（燃烧室）的旋风燃烧。空气沿切向高速（约为60~90m/s）进入旋风筒，带着煤粉作强烈的螺旋运动，并进行燃烧。由于燃料是贴壁粘在熔渣上燃烧，燃料与空气相对速度大，燃烧稳定、激烈且较完全。此外，它的捕渣率可高达65%~80%。它的缺点是，当锅炉容量大时，旋风筒过多而使锅炉结构复杂。其次是风压高，耗电多。国产最大的旋风燃烧锅炉，是哈尔滨锅炉厂生产的超高压、670t/h、具有四个立式前置旋风筒锅炉。

图1-1(d)所示的沸腾燃烧，是让空气以一定的速度从布风板（炉篦）下，经风帽将煤粒吹起，使煤粒在空中像液体沸腾一样上下翻腾并且燃烧。为了避免结渣，沸腾区温度一般在750~1050℃的范围内。这种燃烧可取之处是能烧劣质燃料。这对于平衡地使用国家的燃料是有益处的。在电厂锅炉中，这种燃烧方式采用不多，特别是在大容量锅炉上，还有许多难题（如严重磨损、飞灰量大等）未解决。

现在，国内外采用最多，而且容量最大的锅炉，是图1-1(b)所示的悬浮燃烧方式锅

炉。煤粉、油雾或燃气是在整个炉膛空间中进行燃烧的，所以这种燃烧又名室燃。这种燃烧的燃烧速度很快（燃料在炉内停留的时间很短，一般不超过2~3s），可以燃烧大量的燃料，并且易于燃尽和便于实现机械化、自动化。

燃烧大量的燃料所放出的热量，必须有效地传给锅炉中的汽水，但又必须不至使炉膛温度降低过多而不利燃烧。因此，应以不致使灰渣在炉膛出口处和布置其后面烟道中的受热面上结渣为烟温的上限。一般炉膛出口烟温约在1100℃左右。炉膛内吸热量的多少，可以利用布置于炉膛四周的水冷壁或其他受热面（包括悬吊在炉膛上部的受热面）的多少来调节。

在锅炉中，存在着三种传热方式：辐射、对流和导热。

锅炉中辐射传热是指炉膛（其中心温度高1500~1600℃左右）的高温烟气向周围受热面的热辐射。这种传热方式效率高、传热量大。其传热量近似地取决于传热的两者温度的四次方之差。根据有关资料，炉膛四周的水冷壁，一般每小时每平方米面积上可传过 $(84 \sim 126) \times 10^4 \text{ kJ}$ 的热量，而后面的对流受热面上，只可传过 $(13 \sim 25) \times 10^4 \text{ kJ}$ 的热量。所以，采用水冷壁可节省金属。

在锅炉中，对流传热是指热烟气冲刷锅炉受热面时，烟气对受热面的传热，以及水、蒸汽或空气等工质冲刷受热面时，受热面向它们的放热。影响对流传热的因素很多，主要是与流体跟受热面间的温差及流体冲刷的速度大小有关。为了加强钢管外的烟气与管壁之间的对流传热，锅炉烟道中的烟气一般是横向冲刷钢管。钢管的布置还有错列与顺列之分，如图1-2所示的省煤器管的排列方式。钢管错列布置比顺列布置时的对流传热强。

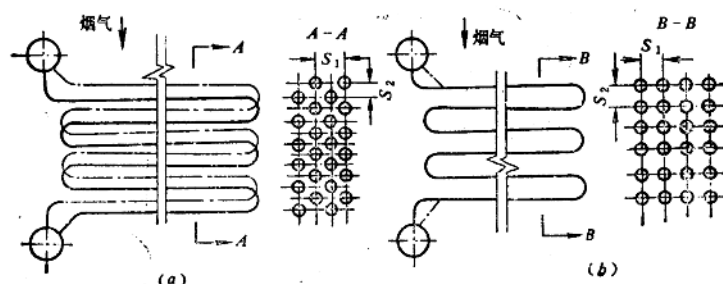


图 1-2 省煤器管的排列方式
(a)错列；(b)顺列

在锅炉中，导热是指锅炉受热面从烟气得到的热量，通过管壁传给管子另一侧的工作物质的一种传热。它的传热量主要与管壁厚度、管壁上积灰厚度、结垢厚度等因素有关。

2. 锅炉的汽水系统结构和工作原理

目前，我国电厂锅炉大多是采用自然循环工作的汽包锅炉，少数是直流锅炉。改革开放以来，引入了一些复合循环锅炉和多次强制循环锅炉。

汽包是汽包锅炉（自然循环锅炉和多次强制循环锅炉）中汇集饱和蒸汽、给水和炉水的圆筒形容器。它与下降管、水冷壁、联箱共同组成水循环回路。图1-3(a)是按自然循环工作的自然循环锅炉示意图。水冷壁管中的水接受炉膛烟气辐射热量后产生蒸汽。水冷壁