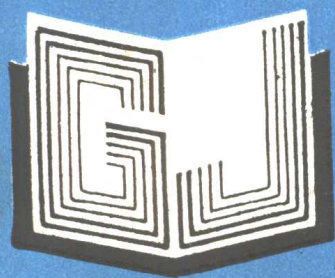


984456



高等学校教材

专科适用

火电厂设备概论

北京电力高等专科学校 刘玉铭 主编

521
18



高等学校教材

//////////////////// 专 科 适 用 //////////////////////

火电厂设备概论

北京电力高等专科学校 刘玉铭 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书从实用观点出发,简明扼要地阐述了火力发电厂的生产过程及其相应的基本知识和概念。

全书共分四章,第一章介绍了火电厂的生产过程及其特性;第二章介绍了锅炉设备及其辅助生产系统的组成、功能和作用;第三章介绍了汽轮机设备及热力系统的组成、功能和作用;第四章介绍了发电厂电气部分的组成及有关电气设备和装置的工作原理。

本书是电力高等专科学校发电厂及电力系统、电力系统继电保护等专业的实习教材。电厂热能动力工程、火电厂集控运行等专业也可使用,还可作为火电厂生产过程短期技术培训的教材。

高 等 学 校 教 材
专 科 适 用

火 电 厂 设 备 概 论

北京电力高等专科学校 刘玉铭 主编

*

水利电力出版社出版

(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 6.25印张 137千字

1995年11月第一版 1995年11月北京第一次印刷

印数 0001—3170 册

ISBN 7-120-02418-3/TM·653

定价 5.10 元

前 言

本书是根据《电力部高校1994~1995年专科教材编审出版调整计划》，为电力高等专科学校发电厂及电力系统、电力系统继电保护等专业编写的实习教材。本书的基本内容是按照上述专业教学计划中《专业认识实习》教学大纲的要求编写的。鉴于本书的基本内容是让学生对火力发电厂的生产过程、设备组成及基本原理建立初步认识，故也可以作为电厂热能动力工程、火电厂集控运行、火电厂热力过程自动化、电厂化学等专业的认识实习教材。

由于学生实习的电厂类型多种多样，本书在内容上不可能与所实习电厂的完全相符，书中只把常规电厂的主要系统及其设备原理和结构形式予以介绍并以讲清其物理概念为主，便于学生结合实习电厂的实际进行自学。为了在实习中引导学生深入学习，本书每章后面均附有复习思考题。

本书由北京电力高等专科学校刘玉铭（第二章）、陈庚（第一、三章）和邢耀龙（第四章）共同编写。刘玉铭担任主编。

本书承沈阳电力高等专科学校牛忠德主审并详细地阅读了书稿，提出了许多宝贵的修改意见，在此表示由衷地感谢。

由于编者水平所限，书中不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

1995年2月

2014/11/13

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 电力工业在国民经济中的作用	1
第二节 火电厂的生产过程	1
第三节 火电厂的安全性及经济性	4
一、火电厂的安全性	4
二、火电厂的主要热工技术参数	4
三、火电厂的主要技术经济指标	5
复习思考题	7
第二章 锅炉设备	8
第一节 概述	8
一、锅炉设备的组成及生产过程	8
二、锅炉的主要特性	10
第二节 锅炉汽水系统	11
一、省煤器	11
二、锅炉蒸发设备	12
三、过热器与再热器	16
第三节 锅炉的燃烧系统	18
一、火力发电厂的燃料供应	19
二、制粉系统与设备	22
三、燃烧设备	28
四、空气预热器	31
五、锅炉通风	33
六、烟气净化	34
七、发电厂的除灰	36
复习思考题	37
第三章 汽轮机设备及热力系统	38
第一节 汽轮机	38
一、汽轮机的工作原理	38
二、汽轮机的结构	40
三、电站汽轮机的分类和型号	43
四、汽轮机的调节与保护	46
五、汽轮机的凝汽设备及系统	47
第二节 火电厂热力系统和辅助设备	50
一、火电厂的热力系统	50

三、给水回热加热系统	52
四、给水除氧系统	54
四、旁路系统	55
五、疏水系统	56
六、汽水损失及其补充系统	57
七、发电厂的供水	57
八、火电厂的泵与风机	59
复习思考题	61
第四章 发电厂电气部分	62
第一节 主控制室	62
一、主控制室的形式及布置	62
二、控制屏台的形式	62
第二节 发电厂电气主接线	64
一、主接线及其基本要求	64
二、主接线基本形式及其特点	65
三、火力发电厂电气主接线举例	67
第三节 发电厂电气设备	69
一、汽轮发电机	69
二、变压器	73
三、断路器及其操作机构	74
四、隔离开关及其操作机构	79
五、绝缘子、母线及电缆	81
六、互感器、电抗器及消弧线圈	83
第四节 配电装置	84
一、配电装置及其分类、要求	84
二、屋内配电装置	85
三、屋外配电装置	85
第五节 厂用电	85
第六节 发电厂二次接线	86
一、二次接线的基本概念	86
二、操作电源	86
三、断路器控制与信号系统	87
四、绝缘监察	88
第七节 继电保护与自动装置	89
一、继电保护的基本原理	89
二、电磁式继电器结构形式	90
三、发电厂继电保护的配置	90
四、保护装置原理接线举例	92
五、自动重合闸	93
第八节 发电厂防雷	93
一、大气过电压的形式及危害性	93
二、发电厂的防雷保护	93
复习思考题	94

第一章 概述

第一节 电力工业在国民经济中的作用

能源的开发和利用对国民经济的发展具有重大的意义，生产过程中的能耗也是衡量一个国家技术和经济发展水平的重要标志之一。我们可以将能源按其存在的形式划分为两大类：一是以现成的形式存在于自然界中的能源称为“一次能源”，如煤、水力、石油等；二是依靠其它能源制成或生产的能源则称为“二次能源”，电能属于“二次能源”。

人类对电的认识经历了漫长的过程。早在1752年7月，北美一位印刷工人本杰明·富兰克林，冒着生命危险，在一个雷雨交加的夜晚，利用风筝首次做了震惊世界的吸取“天电”的实验。他把闪电引到地上，并点燃了酒精，这样破除了人们对“天火”的迷信之说，从而打开了近代电学研究的大门。接着，经过库仑、法拉第、麦克斯韦尔、爱迪生等许多科学家的不断努力，终于使电成为人类手中驯服的工具。如果说，火是人类发展史上的一个路标，电则是人类征服自然的又一个里程碑。

目前电能的应用已深入到社会生产和人们生活的各个方面。如果与200年前相比，今日的世界在生产水平、建设规模和科研成就等方面都发生了极其明显地变化，这显然是与电能被广泛地应用分不开的。因此，电气化水平的高低是衡量一个国家现代化程度的一个重要标志。电力工业是为国民经济各个领域提供电能的部门，它能否高速发展，对整个国民经济来说，有着举足轻重的影响。世界各国经济发展的实践证明，国民经济的迅速发展更有赖于电力工业迅速地发展，也就是说电力必须先行一步。

我国不但动力资源（如石油、天然气、煤碳、裂变物质等）蕴藏量十分丰富，而且水力资源也相当可观，这些都为我国电力工业大规模、高速度地发展提供了坚实的基础。但是解放前，我国是一个半封建、半殖民地的国家，电力工业和其它工业一样处于十分落后的地位。建国40多年来，电力工业有了飞快的发展，至1993年底，我国发电装机容量已达1.829亿kW，年发电量8364.29亿kWh，电力工业在世界上已跃升为第5位。当然，我国是一个发展中国家，虽然电力工业发展很快，但由于人多地广，人均用电水平仍然很低，电力工业还不能满足国民经济发展的需要。

第二节 火电厂的生产过程

发电厂是把各种动力能源的能量转变成电能的工厂。根据所利用的能源形式可分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂、地热发电厂、风力发电厂等。

火力发电厂简称火电厂，是利用煤、石油、天然气等燃料的化学能生产出电能的工厂。按其功用可分为两类，即凝汽式电厂和热电厂。前者仅向用户供应电能，而热电厂除

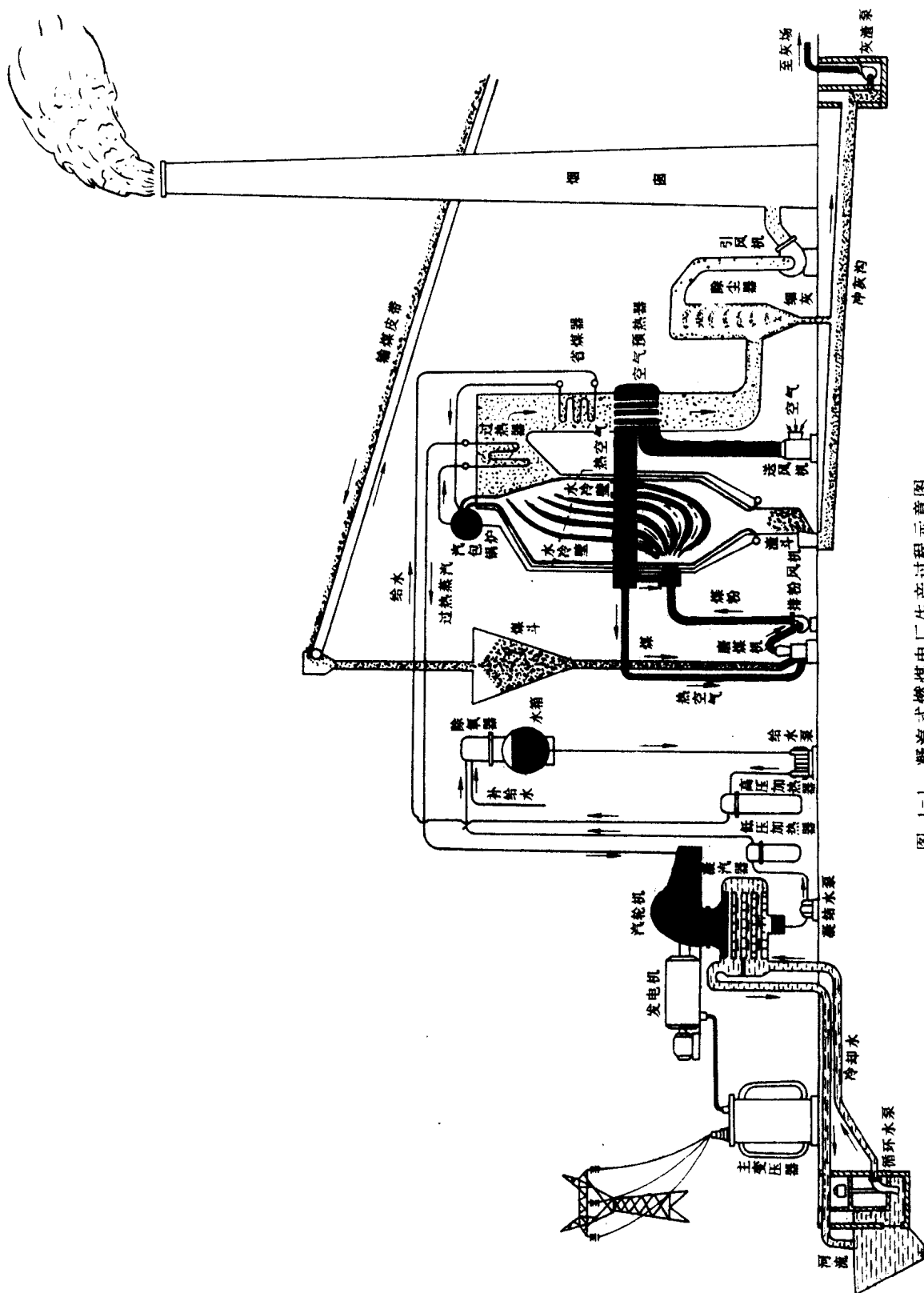


图 1-1 凝汽式燃煤电厂生产过程示意图

供给用户电量外，还向热用户供应蒸汽和热水，即所谓的“热电联合生产”。

火电厂的容量大小各异，具体形式也不尽相同，但就其生产过程来说却是相似的。图1-1是凝汽式燃煤电厂的生产过程示意图。

燃煤，用输煤皮带从煤场运至煤斗中。大型火电厂为提高燃烧效率都是燃烧煤粉。因此，煤斗中的原煤要先送至磨煤机内磨成煤粉。磨碎的煤粉由热空气携带经排粉风机送入锅炉的炉膛内燃烧。煤粉燃烧后形成的热烟气沿锅炉的水平烟道和尾部烟道流动，放出热量，最后进入除尘器，将燃烧后的煤灰分离出来。洁净的烟气在引风机的作用下通过烟囱排入大气。助燃用的空气由送风机送入装设在尾部烟道上的空气预热器内，利用热烟气加热空气。这样，一方面除使进入锅炉的空气温度提高，易于煤粉的着火和燃烧外，另一方面也可以降低排烟温度，提高热能的利用率。从空气预热器排出的热空气分为两股：一股去磨煤机干燥和输送煤粉，另一股直接送入炉膛助燃。燃煤燃尽的灰渣落入炉膛下面的渣斗内，与从除尘器分离出的细灰一起用水冲至灰浆泵房内，再由灰浆泵送至灰场。

在除氧器水箱内的水经过给水泵升压后通过高压加热器送入省煤器。在省煤器内，水受到热烟气的加热，然后进入锅炉顶部的汽包内。在锅炉炉膛四周密布着水管，称为水冷壁。水冷壁水管的上下两端均通过联箱与汽包连通，汽包内的水经由水冷壁不断循环，吸收着煤在燃烧过程中放出的热量。部分水在水冷壁中被加热沸腾后汽化成水蒸汽，这些饱和蒸汽由汽包上部流出进入过热器中。饱和蒸汽在过热器中继续吸热，成为过热蒸汽。过热蒸汽有很高的压力和温度，因此有很大的热势能。具有热势能的过热蒸汽经管道引入汽轮机后，便将热势能转变成动能。高速流动的蒸汽推动汽轮机转子转动，形成机械能。汽轮机的转子与发电机的转子通过联轴器联在一起。当汽轮机转子转动时便带动发电机转子转动。在发电机转子的另一端带着一台小直流发电机，叫励磁机。励磁机发出的直流电送至发电机的转子线圈中，使转子成为电磁铁，周围产生磁场。当发电机转子旋转时，磁场也是旋转的，发电机定子内的导线就会切割磁力线感应产生电流。这样，发电机便把汽轮机的机械能转变为电能。电能经变压器将电压升压后，由输电线送至电用户。

释放出热势能的蒸汽从汽轮机下部的排汽口排出，称为乏汽。乏汽在凝汽器内被由循环水泵送入凝汽器的冷却水冷却，重新凝结成水，此水称为凝结水。凝结水由凝结水泵送入低压加热器并最终回到除氧器内，完成一个循环。在循环过程中难免有汽水的泄漏，即汽水损失，因此要适量地向循环系统内补给一些水，以保证循环的正常进行。高、低压加热器是为提高循环的热效率所采用的装置，除氧器是为了除去水中含的氧气以减少对设备及管道的腐蚀，这些都将在后面几章内分别详细介绍。

以上分析虽然较为繁杂，但从能量转换的角度看却很简单，即燃料的化学能→蒸汽的热势能→机械能→电能。在锅炉中，燃料的化学能转变为蒸汽的热能；在汽轮机中，蒸汽的热能转变为转子旋转的机械能；在发电机中机械能转变为电能。炉、机、电是火电厂中的主要设备，亦称三大主机。与三大主机相辅工作的设备称为辅助设备或称辅机。主机与辅机及其相连接的管道、线路等称为系统。火电厂的主要系统有燃烧系统、汽水系统、电气系统等。为方便起见，用一些符号来代表火电厂的主辅设备，用一些线段来代表它们的联接方式。用符号表示的汽水系统图见图1-2。

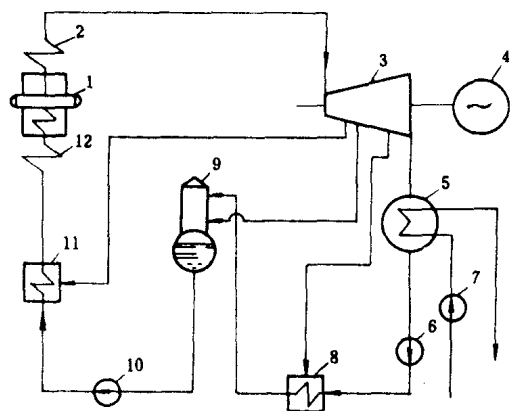


图 1-2 汽水系统图

1—汽包；2—过热器；3—汽轮机；4—发电机；
5—凝汽器；6—凝结水泵；7—循环水泵；8—低
压加热器；9—除氧器；10—给水泵；11—高压加热
器；12—省煤器

除了上述的主要系统外，火电厂还有其它一些辅助生产系统，如燃煤的输送系统、水的化学处理系统、灰浆的排放系统等。这些系统与主系统协调工作，它们相互配合完成电能的生产任务。大型火电厂的设备很多，运转的主辅机在1000台以上。为保证这些设备的正常运转，火电厂装有大量的仪表，用来监视这些设备的运行状况，同时还设置有自动控制装置，以便及时地对主辅设备进行调节。现代化的火电厂，已采用了先进的计算机分散控制系统。这些控制系统可以对整个生产过程进行控制和自动调节，根据不同情况协调各设备的工作状态，使整个火电厂的自动化水平

达到了新的高度。自动控制装置及系统已成为火电厂中不可缺少的部分。

第三节 火电厂的安全性与经济性

一、火电厂的安全性

火电厂中广泛利用高蒸汽参数、高转速、高电压的装置，因此对安全生产来说显得十分重要。另外，电能是一种不能大量储存的特殊能源产品，电力的生产、流通和消费是同时完成的，电力企业的生产活动与用户之间有着相互依存的密切关系。一旦火电厂发生事故，不但火电厂受到损失，而且对工农业生产、交通运输乃至人民群众的物质文化生活都会产生不利的影响，尤其对某些重要部门（如国防、矿山、医院等）来说供电中断会带来更严重的后果。因此，我国在电力生产中一直贯彻“安全第一”的方针。这一方针既保证电力生产的正常进行，又保证了人身和设备的安全，因此把它放在首位是十分必要的。

为贯彻这一方针，国家颁布了一整套规章制度和安全规程。这些制度和规程都是前人在长期生产中积累的经验教训，因此每位电业职工都要认真学习和模范遵守，绝不容许有违反现象的发生。此外，为提高专业岗位人员的安全生产水平，推行全面的、现代化的管理也十分重要。这当中也应包括火电厂的选址、设计、设备的制造及安装质量、运行及检修水平以及生产组织、员工的培训等多方面因素。众所周知，提高火电厂的技术水平也是搞好安全生产的重要环节之一。现代化的电厂对主辅设备采用了多种保护措施，一旦出现异常现象，便可自动进行处理，这样既保护了设备，又避免了事故的扩大。

二、火电厂的主要热工技术参数

火电厂的技术参数分为热工参数、电工参数、机械参数等几大类。为讲述方便起见，这里仅介绍几个主要的热工技术参数。

1. 压力

压力是表示单位面积上所受到的垂直作用力的大小，即所谓压强，常用符号 p 表示。压力的单位是帕斯卡 (Pa, $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$)。由于火电厂中使用的压力很高，所以常用千帕 (kPa) 或兆帕 (MPa) 为单位， $1\text{kPa} = 10^3\text{Pa}$, $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$ 。

2. 温度

温度是表示物体冷热程度的物理量 (从微观上看，温度标志物质分子热运动的激烈程度)，摄氏温度常用符号 t 表示，温度的单位是摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)。

3. 流量

流量是指单位时间内流过管道流体数量。若流体数量以体积表示，则称为体积流量，单位为立方米/秒 (m^3/s) 或升/秒 (l/s) 等。若流体数量以质量表示，称为质量流量，常用符号 G 记之。质量流量的单位为千克/秒 (kg/s) 或吨/小时 (t/h)。

三、火电厂的主要技术经济指标

火电厂的生产过程，实际上就是一系列的能量转换过程，在每一次能量转换及能量传递的过程中，不可避免地存在着损失。火电厂的技术经济指标就是用以衡量这些能量的转换及传递完善程度的参量。通过对这些参量的分析，可以判断火电厂技术装备的好坏以及管理水平的高低，并可进一步研究改善技术经济状况应采取的措施。火电厂经济性的好坏有不同的评价方法，下面介绍几种主要的技术经济指标。

1. 全厂效率

图1-3所示的为一个简单循环的中压凝汽式火电厂的热流图，它形象地表明了燃料所

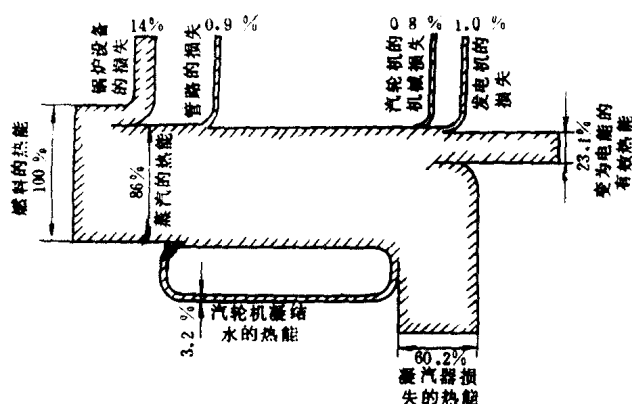


图 1-3 简单循环凝汽式火电厂的热流图

含总能量的不同去向。进入锅炉的燃料在炉膛内燃烧，由于有部分燃料未能完全烧尽以及排烟带走了部分热量等原因，使热能在锅炉内损失了约14%。热能由蒸汽携带着传送给汽轮机。在传送过程中由于管道的散热等原因又损失了约0.9%。蒸汽在汽轮机内膨胀做功后排入凝汽器，并重新凝结成水。其间乏汽的大量汽化潜热被冷却水带走，又损失了约60.2%，这部分损失称为冷源损失。由于汽轮机转轴的摩擦等原因使蒸汽热能转变的机械能不能全部送至发电机，损失了约0.8%。在发电机中，由于铜线的电阻、铁芯的磁阻又使能量损失了约1.0%。这样，真正转变为电能的热量只有23.1%。这个比例就是全厂效率。即

$$\text{全厂效率} = \frac{\text{发电厂发出的电能}}{\text{相同时间消耗燃料的总能量}}$$

从以上例子看出全厂效率是比较低的。长期以来，人们为提高电厂效率进行了不懈的努力，曾采取了降低排烟温度、提高蒸汽参数、采用回热和再热循环等有效措施。目前，火电厂的最高效率已达40%左右。

2. 汽耗率

汽耗率是指汽轮发电机组每发1kWh电量所消耗的蒸汽量，即

$$\text{汽耗率} = \frac{\text{消耗蒸汽量}}{\text{所发电量}} \quad (\text{kg/kWh})$$

3. 热耗率

热耗率是指汽轮发电机组每发1kWh电量所消耗的热量，即

$$\text{热耗率} = \frac{\text{消耗热量}}{\text{所发电量}} \quad (\text{kJ/kWh})$$

应当指出，这里所说的热量是指蒸汽的热量，而不是指进入锅炉的热量。

汽耗率和热耗率都是用以描述汽轮发电机组经济性的指标。用汽耗率可以比较两个参数和容量均相同的汽轮发电机组的经济性，而热耗率可以比较不同参数和容量的汽轮发电机组的经济性。

4. 煤耗率

煤耗率是指火电厂每发（或外供）1kWh电量所需要的耗煤量，即

$$\text{煤耗率} = \frac{\text{耗煤量}}{\text{所发电量}} \quad (\text{kg/kWh})$$

煤耗率是火电厂中一个非常重要的也是最常用的技术经济指标，它综合地反应了对电厂的设计和设备及运行管理水平。煤耗率与全厂效率在本质上是一样的，两者之间在数值上有着固定的关系。由于燃煤的品质不同，因此发热量有高低之别，为便于计算和比较起见，都将煤耗率折算成标准煤耗率。据公布的资料来看，1993年我国电网的供电煤耗率为417g标准煤/kWh，此数字与世界上发达国家相比还存在一定差距。

5. 厂用电率

火电厂在生产过程中本身也需要消耗一定数量的电能用来开动水泵、风机等机械设备。这部分自身消耗的电能叫做厂用电。厂用电量占总发电量的比例称为厂用电率，即

$$\text{厂用电率} = \frac{\text{厂用电量}}{\text{总发电量}}$$

厂用电率与多种因素有关，一般为6%~8%。降低厂用电率对火电厂的经济性是有益的，这样可向外界多供应电量。当考虑厂用电之后，全厂效率又有发电效率（又称毛效率）和供电效率（又称净效率）之分；而煤耗率亦有发电标准煤耗率和供电标准煤耗率之别。

复 习 思 考 题

1. 到公元2000年，我国电力工业预计装机容量为多少MW？请调查你所实习的电厂目前装机容量是多少？将来发展规模达到多少？
2. 电力生产为什么要强调贯彻“安全第一”的方针？
3. 你所实习电厂的生产过程与本书第一章图1-1所示的生产过程有哪些不同？
4. 你所实习电厂机组的汽耗率、煤耗率各为多少？目前国际、国内最先进的指标是多少？

第二章 锅 炉 设 备

第一节 概 述

锅炉是火力发电厂三大主要设备之一，在电力生产过程中占有重要地位。锅炉的作用是使燃料在炉内燃烧，将化学能有效地转变为热能，并通过传热过程把热量传递给给水，使水转变成具有一定压力与温度的蒸汽，然后送往汽轮机内做功。通常对锅炉如此下定义：利用燃料燃烧所释放的热量加热给水，以获得规定参数（压力、温度）和品质的蒸汽的设备。

为了解锅炉的基本概况与组成，本节将概括地介绍锅炉的组成、生产过程以及能表明锅炉基本情况的锅炉特性。

一、锅炉设备的组成及生产过程

用于发电的锅炉称电站锅炉。现代电站锅炉是一庞大而复杂的设备，它由锅炉本体及辅助设备所组成。锅炉本体是锅炉的主要组成部分，由“汽锅”及“炉子”两大部分所组成。所谓“汽锅”是指将水变成蒸汽的那部分设备所组成的汽水系统，它包括由汽包、下降管、水冷壁等组成的蒸发设备以及省煤器、过热器、再热器等。它的主要任务是使水加热、蒸发并过热成为具有一定参数的蒸汽。所谓“炉子”是指由炉膛、燃烧器、烟风道以及空气预热器等所组成的燃烧系统。它的主要任务是使燃料燃烧放热，产生高温烟气，并将其传递给锅炉的各个受热面。

锅炉的辅助设备与锅炉本体共同完成锅炉的生产任务，主要包括燃料供应设备、煤粉制备设备、通风设备（送风机、引风机、烟囱等）、除灰除尘设备、给水设备以及热工检测自动调节装置等。随着机组容量的增大，这些辅助设备中有的因其系统复杂、设备庞大、运行维护工作量多等原因，已单划车间进行管理。

下面以一台燃烧煤粉的自然循环锅炉及其辅助设备的工作流程示意图（图2-1）为例，扼要地介绍锅炉设备的工作过程。

锅炉燃烧用煤经输煤系统运送到锅炉房的原煤斗23中，由给煤机11控制其数量将原煤送入磨煤机12，原煤被磨成煤粉。煤粉磨制及输送过程中所需的热空气，来自锅炉尾部的空气预热器5，这些空气的一部分经排粉机（也称一次风机）13送入磨煤机，在其中干燥原煤并将煤粉吹送出来。磨煤机出口排出的风粉混合物（一次风），经燃烧器8送入燃烧室（炉膛）24燃烧。由空气预热器5出来的另一部分热空气（二次风），也经燃烧器8送入炉膛24参与燃烧。

煤粉与空气在炉膛中以悬浮状态进行燃烧，产生的高温火焰（火焰中心最高温度可达1600℃左右），主要通过辐射方式，将热量传递给布置于炉膛四周炉墙上的水冷壁管1。

高温火焰在炉内放热后，温度逐渐降低，到炉膛出口通常约下降到950~1150℃。由炉

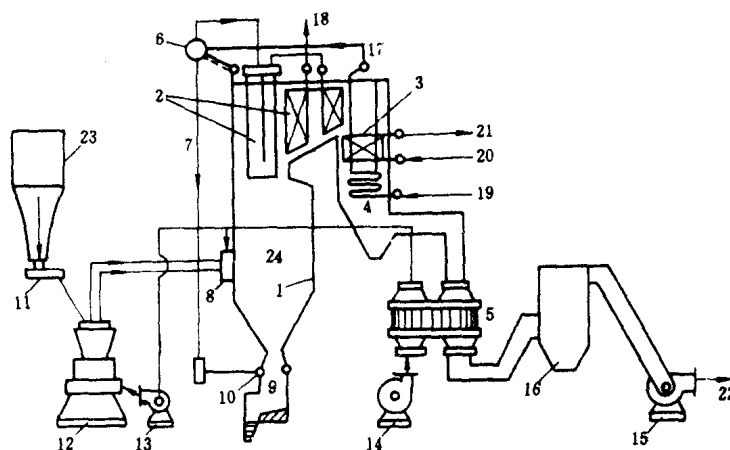


图 2-1 煤粉锅炉及其辅助设备示意图

1—水冷壁；2—过热器；3—再热器；4—省煤器；5—空气预热器；6—汽包；7—下降管；8—燃烧器；9—排渣装置；10—水冷壁下联箱；11—给煤机；12—磨煤机；13—排粉机；14—送风机；15—引风机；16—除尘器；17—省煤器出口联箱；18—过热蒸汽出口；19—给水；20—进口再热蒸汽；21—出口再热蒸汽；22—排烟；23—煤斗；24—燃烧室（炉膛）

膛出来的热烟气，依次流过安装于水平烟道及尾部烟道的过热器2、再热器3、省煤器4、空气预热器5，主要以对流传热的方式，将热量传递给上述各个受热面，烟气自身温度下降到约140℃左右排出炉外，称为排烟。

煤粉在炉膛燃烧后生成的灰分，除较大颗粒的灰渣沉降到炉膛下部的冷灰斗中，通过排渣装置9排出炉外，其余大部分小颗粒细灰，将随同烟气一起离开炉膛，我们称之为飞灰。为了减少排烟中的飞灰量，以防止对引风机的磨损及对大气的污染，在引风机15之前安装有除尘器16，使绝大部分的飞灰被捕捉下来。净化后的烟气经引风机15送入烟囱排放到大气中。由除尘器清除下来的飞灰，经冲灰装置排送到储灰场。

送入锅炉的水称为给水，给水经给水泵先进入安装于尾部烟道中的省煤器4，水在省煤器中吸收烟气传递的热量提高温度后，经省煤器出口联箱17，再由管道直接引入汽包6。给水是连续不断地流经省煤器送入汽包的，以保持锅炉蒸发量与给水量的平衡，维持汽包水位的稳定。

给水进入汽包6后，经下降管7向下流入水冷壁下联箱10，然后进入布置于炉膛四周的水冷壁管1，水在管中吸收热量，一部分水汽化为蒸汽，管中工质形成汽水混合物，汽水混合物沿水冷壁管向上流动，重新回到汽包6中。汽水混合物在汽包中经汽水分离装置，将汽与水分开。分离出来的水流到汽包下部，继续流经下降管参加上述的锅炉水循环。分离出来的蒸汽称为饱和蒸汽，饱和蒸汽由汽包引出后，流经分别安装于炉膛上空及水平烟道的多组过热器2，使饱和蒸汽加热成规定温度的过热蒸汽，然后由出口18送往汽轮机做功。

现代超高压以上的大容量锅炉，为了提高机组的热力循环效率及安全性起见，通常都装有再热器（图2-1中之3），它是将在汽轮机高压缸做过部分功的蒸汽，由管道引回锅炉再热器3中加热提高温度，然后由管道送回汽轮机的中、低压缸中继续做功。

二、锅炉的主要特性

为了说明锅炉设备的生产能力、产品规范、经济性能和结构特点，需要建立一些特性指标，常用的特性指标如下。

1. 锅炉容量

锅炉容量是表明锅炉生产能力的指标，又称锅炉出力。一般用蒸发量，即单位时间的蒸汽产量来表示，符号为 D ，单位为吨/时(t/h)或千克/秒(kg/s)。锅炉蒸发量又有额定蒸发量与最大连续蒸发量之分。

(1) 额定蒸发量。蒸汽锅炉在额定蒸汽参数、额定给水温度、使用设计燃料并保证效率情况下所规定的蒸发量。

(2) 最大连续蒸发量。蒸汽锅炉在额定蒸汽参数、额定给水温度和使用设计燃料，长期连续运行所能达到的蒸发量。

2. 蒸汽参数

蒸汽参数是指锅炉出口处的蒸汽压力和蒸汽温度。对于装有再热器的锅炉来说，蒸汽参数还应包括再热蒸汽的压力和温度。

蒸汽压力用符号 p 表示，单位为兆帕(MPa)，温度用符号 t 表示，单位是摄氏度(℃)。

锅炉蒸汽参数和容量有一定关系，表2-1列出了我国电站锅炉主要参数系列。

表 2-1 国产主要电站锅炉的容量和参数及配用的汽轮机功率

锅炉容量 (t/h)		蒸汽压力 (MPa)	蒸汽温度 (℃)	配用的汽轮机功率 (MW)	锅 炉 类 型
130		3.8	450	25	中压自然循环室燃煤粉炉
220		9.8	540	50	高压自然循环室燃煤粉炉(燃油)
410		9.8	540	100	高压自然循环室燃煤粉炉
400		13.7	555/555	125	超高压自然循环炉或直流炉，燃用煤粉、油，有再热器
670		13.7	540/540	200	超高压自然循环炉，燃用煤粉，有再热器
935		16.7	570/570	300	亚临界压力直流炉，燃用煤粉，有再热器
1000		16.7	555/550	300	亚临界压力直流炉，燃用煤粉或油，有再热器
2006.8		18.2	540.6/540.6	600	亚临界压力锅炉，有再热器
引进 机组	1650 2650	25.5	545/545	500 800	超临界压力锅炉，有再热器

3. 锅炉热效率

锅炉热效率是指水和蒸汽在锅炉内吸收的热量(锅炉有效利用热量)占输入锅炉热量的百分比，用符号 η_t 表示。热效率是表明锅炉热经济性的重要指标。目前，电站锅炉的热效率，一般约为90%左右。

4. 锅炉型号

所谓锅炉型号，是用一组符号及数字，来表征锅炉某些基本特性的方式。一般，国产电站锅炉的型号用三组字码来表示。例如：HG 670/13.7—540/540-7型锅炉，其型号中第一部分HG，是锅炉制造厂名称的汉语拼音字母缩写，即哈尔滨锅炉制造厂，简称哈锅（SG表示上海锅炉厂；DG表示东方锅炉厂；WG表示武汉锅炉厂；BG表示北京锅炉厂）。型号第二部分的数字，分子表示锅炉容量为670t/h，分母表示过热蒸汽出口压力为13.7MPa（140kgf/cm²）。第三部分数字，分子分母分别表示锅炉过热蒸汽、再热蒸汽的出口温度均为540℃，型号最后的数字7表示该型锅炉的设计序号。

第二节 锅 炉 汽 水 系 统

第一节中已经提到锅炉汽水系统的主要任务是，把给水加热、汽化、过热而生产出合乎要求的过热蒸汽。根据其任务，它包括的主要设备有省煤器、蒸发设备、过热器和再热器等。以下将逐项介绍这些设备的作用及基本结构情况。

一、省煤器

省煤器是布置在锅炉尾部烟道中的受热面，它的作用是吸收烟气热量加热锅炉给水，降低锅炉排烟温度，提高锅炉热效率，从而可以节约燃料；同时，由于使给水温度提高，在进入锅炉汽包时，减小了给水与汽包壁的温度差，减小由此而产生的热应力，从而提高运行的安全性并延长汽包的使用寿命。

省煤器根据其构成材料的不同，可分为铸铁管式和钢管式两种。目前，电站锅炉主要采用钢管式省煤器。

钢管式省煤器，一般用 $\phi 28$ 、 $\phi 32$ 、 $\phi 42$ mm的20号碳钢管，弯制成蛇形管，许多蛇形管并联于进、出口联箱上，组成省煤器管组，安装于锅炉烟道内。给水在蛇形管内部流动，烟气在管外横向冲刷，将热量通过管壁传递给给水。给水温度提高后，通过管道送进锅炉汽包。

省煤器按其出口水温的不同，可分为沸腾式省煤器与非沸腾式省煤器两种。当省煤器出口的水温达到对应压力下的饱和温度，甚至有部分给水汽化时，这种省煤器称为沸腾式省煤器；当省煤器出口水温达不到对应压力下的饱和温度时，这种省煤器称为非沸腾式省煤器。目前，高压以上的电站锅炉省煤器，基本上是非沸腾式省煤器。

省煤器在锅炉烟道中的支撑方式，根据锅炉整体结构的不同，有支承式结构与悬吊式结构两种。

支承式省煤器结构的示意图如图

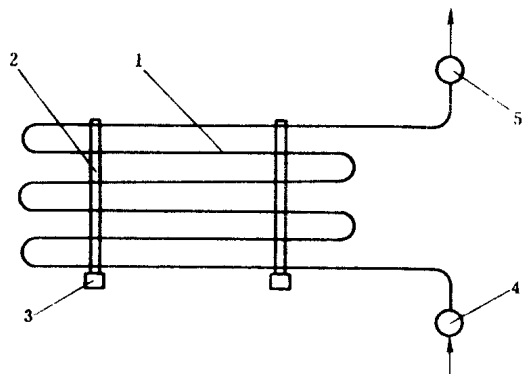


图 2-2 支承式省煤器示意图

1—蛇形管圈；2—管夹；3—支承梁（空心梁）；
4—进口联箱；5—出口联箱