



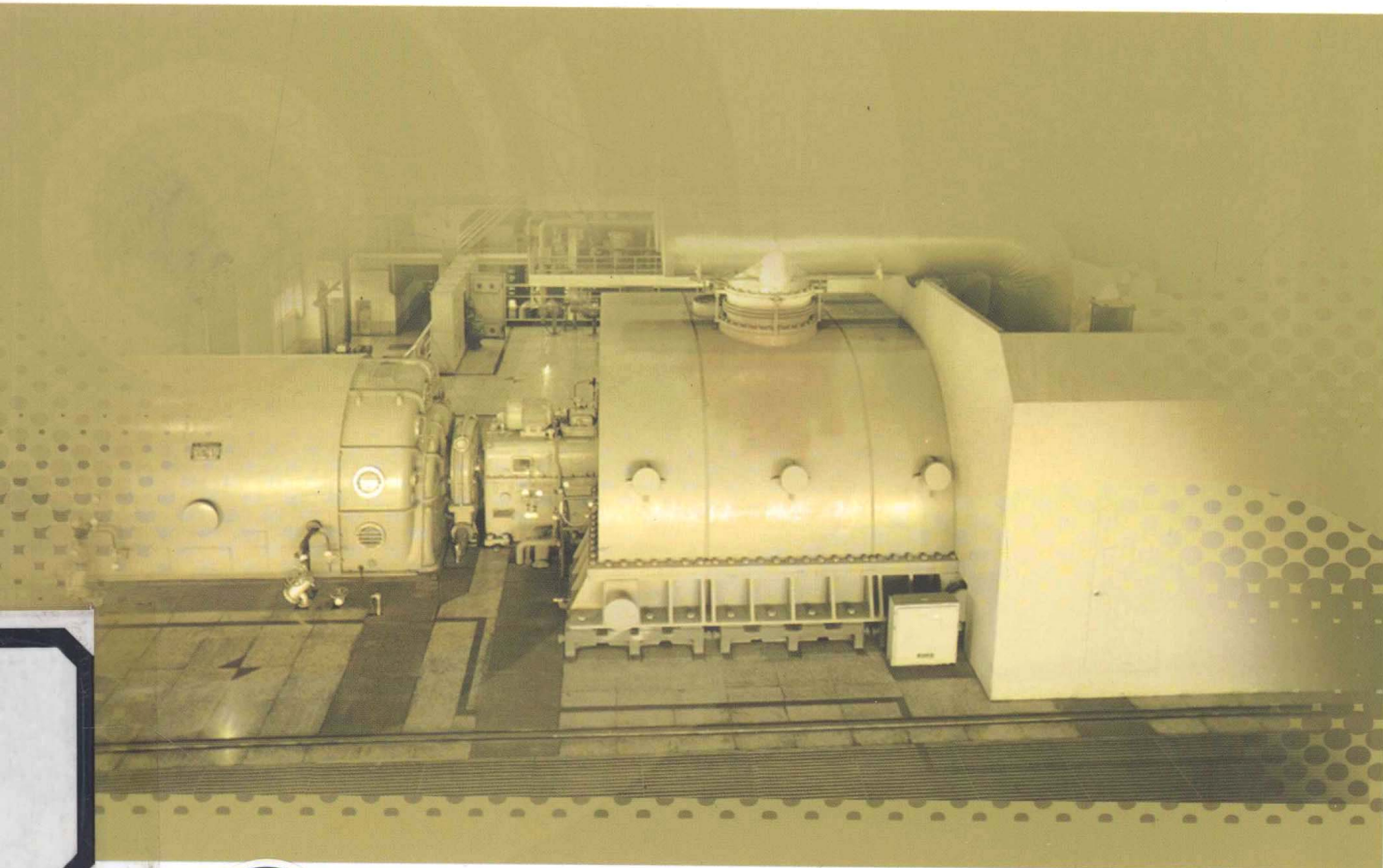
中国
电力企业
联合会
CHINA
ELECTRICITY
COUNCIL

电力工程造价专业
资格认证考试指定用书

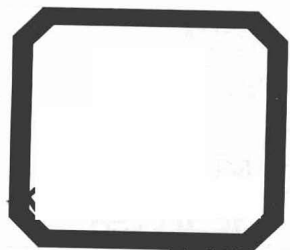
电力工程造价执业教育丛书

火力发电工程 机务

中国电力企业联合会 电力工程造价与定额管理总站 编
电力建设技术经济咨询中心



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



联合会

CHINA
ELECTRICITY
COUNCIL

电力工程造价专业
资格认证考试指定用书

电力工程造价执业教育丛书

火力发电工程 机务

中国电力企业联合会 电力工程造价与定额管理总站
电力建设技术经济咨询中心

编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《电力工程造价执业教育丛书》是根据电力工程造价职业岗位技能知识结构编写而成。

本书以工程造价知识、电力专业知识为基础,结合电力建设工程费用计算标准、定额及工程量清单计价规范的要求,力求系统完整,通俗易懂,使电力工程造价人员能识图、懂工艺、会预算、知管理。

本册为《火力发电工程·机务》,全书共分五章。第一章介绍了锅炉、汽轮机的主要系统及设备,燃料供应系统,除灰渣系统,化学水处理系统,供水系统,脱硫脱销系统,燃气—蒸汽联合循环发电等;第二章介绍了发电厂常用金属材料、蒸汽管道和管子选材、管件、阀门、耐火、保温、防腐及焊接材料;第三章介绍了发电厂设计的原则、要求和设计流程,其中详细介绍了可行性研究、初步设计和施工图设计的工作内容及深度要求、设计成品,发电厂设计图纸的类型、各类设计图的识读;第四章主要介绍了安装工程施工机具,锅炉设备的安装工艺流程、安装方法,锅炉化学清洗方法,锅炉整体风压试验,锅炉蒸汽吹管,锅炉整体水压试验,汽轮发电机主要设备安装,化学水处理系统安装,脱硫、脱销装置的安装,焊接主要施工,附属生产工程设备及管道安装,燃气—蒸汽联合发电设备安装,施工管理、施工调试;第五章主要介绍了检修与技术改造的基本概念、工艺流程和常用术语。

本书作为电力工程造价专业资格认证考试指定用书,同时作为电力工程建设、设计、施工、监理、咨询等单位的技术经济人员岗位技能学习、继续教育用书,还可作为高等院校工程与经济类专业师生的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

火力发电工程·机务/中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站,中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心编. —北京:中国电力出版社,2012.3

(电力工程造价执业教育丛书)

ISBN 978-7-5123-2741-2

I. ①火… II. ①中… ②中… III. ①火力发电—电力工程—工程造价—教材 IV. ①TM6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 030941 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 3 月第一版 2012 年 4 月北京第二次印刷

889 毫米×1194 毫米 16 开本 13.625 印张 391 千字 2 插图

印数 1001—2000 册 定价 70.00 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

电力工程造价执业教育丛书

编 委 会

主任委员 魏昭峰

副主任委员 沈维春

编	委	郭 玮	黄成刚	张天文	许子智	陈 洁
		李国胜	李国华	奚 萍	雷雪琴	安建强
		顾 游	易建山	傅剑鸣	汤定超	张海庭
		肖 红	温卫宁	叶大革	黄 昆	牛东晓
		张慧翔	马黎任	李大鹏	赵文建	朱林生

专 家 组

(按姓氏笔画排序)

文上勇	王振鑫	王道静	卢金平	申 安	刘 毅	刘 薇
吕世森	何永秀	张伟中	张轶斐	陈开如	周 霞	易 涛
罗 涛	金莺环	金耀谦	柳瑞禹	赵建勇	赵喜贵	郭 兵
钱 丽	陶鹏成	黄文杰	董士波	褚得成	赖启杰	廖毅强

编 写 组

组 长	张慧翔				
副 组 长	解改香	李希光			
成 员	叶锦树	王维军	叶子菀	廖世园	陈水广
	王 卉	陈 伟	张盛勇	周宝明	焦艳燕
	徐 辉	邹 扬	马卫坚	王 培	徐慧超
	张 波	刘 强	陈海涵	孟大博	李春蔚
	朱大光	姚 毅			

本 册 编 审 人 员

主 编	周宝明			
副 主 编	黄成刚			
编写人员	刘早霞	李晓明	曲洪志	李伟亮
主 审	钱 丽	陈开如	冯志勇	窦海峰

序

近年来,我国电力工业保持了持续快速发展的良好态势,“十一五”期间,每年新增发电装机容量近1亿kW,风电装机容量连续五年实现翻倍增长,水电装机容量和核电在建装机容量均居世界第一位,电网建设不断增速,电压等级不断提升,1000kV特高压交流试验示范工程和 ± 800 kV特高压直流示范工程相继建成投运,电力工业正从大机组、超高压、西电东送、全国联网的发展阶段,向绿色发电、特高压、智能电网的发展新阶段加快迈进。电力工程造价管理以更好地服务电力工业发展为宗旨,与时俱进,锐意创新,计价标准体系日趋健全,从业人员业务能力逐步提升,执业操守日渐规范,为强化电力工程建设投资管理作出了重要贡献。

“十二五”时期是我国全面建设小康社会的关键时期,也是深化改革开放、加快发展方式转变的攻坚时期。电力工业面临着严峻的改革和发展任务,必须加快转变电力工业发展方式,依托科技创新和体制机制创新,全面提高电力生产与利用效率,逐步实现从大到强转变。面对新形势下的新挑战,电力工程造价管理工作必须立足自身能力建设,不断完善技术、经济 and 法律法规等知识体系,及时跟踪技术、工艺和管理等发展的新趋势,以执业技能和工作水平提升带动电力行业工程造价管理工作不断升级。

“抓住机遇,迎接挑战,走人才强国之路,是增强综合国力和国际竞争力,实现中华民族伟大复兴的战略选择”。《国务院关于加强职业培训促进就业的意见》指出大力加强职业培训工作是“贯彻落实人才强国战略,加快技能人才队伍建设,建设人力资源强国的重要任务”。电力工程造价人员作为咨询业专才,承担着电力行业工程造价的计定、管理和控制等多重任务,对保证电力建设市场和谐、有序、健康发展,提高建设项目投资效益和企业经济效益发挥了重要作用。为提升电力行业工程造价人员业务素质和执业水平,中国电力企业联合会组织编写的这套《电力工程造价执业教育丛书》,可作为电力工程造价从业人员执业技能教育的培训教材,同时也作为继续教育学习和日常工作查阅的电力技术经济工具用书。

本丛书重新规划构架了电力行业工程造价人员知识结构体系,将基本建设全过程造价管理延伸至建设项目全寿命周期造价管理。本丛书采用模块化结构编写方式,使知识要点更加清晰,便于工程造价人员全面系统掌握工程造价基础理论和专业技能等方面的知识。本丛书凝聚了电力行业建设管理、设计、施工和咨询等领域和高等院校数十位专家的智慧与汗水,希望本丛书的出版能为推进电力工程造价管理工作的系统化、规范化、专业化和全面化作出新的贡献!

孙玉才

前 言

为贯彻实施国家人才强国战略,培养电力工程造价管理领域高技能专业人才,规范电力工程造价从业人员专业资格认证工作,提高培训教材编制的实效性和系统性,促进职业培训工作的健康有序发展,中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站、中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心组织编写了《电力工程造价执业教育丛书》(简称本丛书)。

本丛书涵盖了电力工程概论、电力工程造价基础知识、火力发电工程、核电工程、新能源工程、电网工程、通信工程七大领域,其中,火力发电工程包括建筑、机务与电气三册,电网工程包括建筑、变电站安装、换流站安装、架空输电线路、电缆输电线路和配电网六册。各专业册教材采用模块化设计,包含了专业基础知识、设备与材料、设计、施工、检修与技术改造等内容。

本丛书编制工作于2011年1月启动,组建了编委会、专家组和编写组,来自电力建设、设计、施工、咨询、高校等领域和单位的数十名专家参与了教材的研究策划和撰稿工作,经过各方密切配合,多方征求意见,反复修改完善,前后历时一年多,终定其稿。本丛书在充分汲取以往教材优点的基础上,密切结合电力工程造价管理工作的特点和发展趋势,系统介绍了工程造价基础理论和专业技能。本丛书不仅是电力工程造价从业人员上岗资格认证的考试教材,也可为电力行业从事工程造价工作的管理和技术人员以及高等院校师生提供工作和学习参考。

本丛书在编写过程中得到了国家电网公司、中国南方电网有限责任公司、中国华能集团公司、中国大唐集团公司、中国华电集团公司、中国广东核电集团有限公司和华北电力大学等单位领导的大力支持,在此表示衷心感谢!同时,对为教材编制提供素材和参与审查的所有人员表示诚挚谢意!

本丛书在编写过程中尽管各方面给予了大力支持和关注,编写组亦十分认真努力,但由于编制人员在理论与实践结合、各专业领域沟通协作等方面仍存在认识不足之处,且电力工程造价从业人员所需专业知识深度需要经过反复摸索才能确切把握,因此,疏漏和不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站
中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心

2012年3月

目 录

序 前言

第一章 发电厂基础知识	1	第三章 发电厂设计	103
第一节 锅炉主要系统及设备	1	第一节 设计概述	103
第二节 汽轮机主要系统及设备	23	第二节 安装工程识图	130
第三节 燃料供应系统	33	第四章 施工(含调试)	161
第四节 除灰渣系统	38	第一节 施工机具	161
第五节 化学水处理系统	40	第二节 施工组织设计	167
第六节 供水系统	49	第三节 安装工艺与方法	169
第七节 脱硫脱硝系统	55	第四节 施工措施	189
第八节 燃气—蒸汽联合循环发电	64	第五节 调试	191
第二章 安装材料	70	第五章 检修与技术改造	193
第一节 发电厂常用金属材料	70	第一节 检修	193
第二节 蒸汽管道和管子选材	87	第二节 技术改造	206
第三节 管件、阀门的选用	92	参考文献	208
第四节 耐火、保温、防腐及焊接材料	95		

发电厂基础知识

知识目标

1. 掌握发电厂的主蒸汽系统、主给水系统、燃料供应系统、供水系统、除灰渣系统、水处理系统等的流程及设备构成；
2. 熟悉锅炉、汽轮机的主要系统和设备及各设备的作用；
3. 掌握发电厂脱硫脱硝的常用方法；
4. 了解燃气—蒸汽联合循环发电的类型及特点。

教学重难点

1. 重点：发电厂的主蒸汽系统、主给水系统、燃料供应系统、供水系统、除灰渣系统、水处理系统等的流程及设备构成；
2. 难点：锅炉、汽轮机等组成设备的结构及工作原理。

教学内容与学时建议

1. 锅炉主要系统及设备，6 学时；
2. 汽轮机主要系统及设备，6 学时；
3. 燃料供应系统、除灰渣系统，2 学时；
4. 化学水处理系统、供水系统，2 学时；
5. 脱硫脱硝系统，2 学时；
6. 燃气—蒸汽联合循环发电，2 学时。

本章根据电力建设工程概算定额标准，将发电厂基础知识分八部分全面、系统地进行了介绍，主要包括锅炉主要系统及设备、汽轮机主要系统及设备、燃料供应系统、除灰渣系统、化学水处理系统、供水系统、脱硫脱硝系统、燃气—蒸汽联合循环发电。每一部分内容结合工程造价人员的需要，利用图、表重点阐述上述系统的流程及设备的构成，内容覆盖面广，反映了当前新的技术、设备、工艺和材料。

第一节 锅炉主要系统及设备

锅炉设备是火力发电厂中的主要热力设备之一，它是利用燃料所释放的热能加热给水，以获取规定参数（温度、压力）和品质的蒸汽的热力设备。

一、锅炉的分类和型号

根据不同的分类标准有不同类型的锅炉，分类如下：



(一) 按循环方式分类

按水循环方式可分为自然循环锅炉、控制循环（又称强制循环）锅炉和直流锅炉，如图 1-1 所示。

1. 自然循环锅炉

自然循环锅炉循环回路是由汽包、下降管、联箱、水冷壁组成，如图 1-1 (a) 所示。给水经给水泵送入省煤器，预热后进入汽包，水从汽包流向不受热的下降管，下降管的工质是单相的水。当水进入蒸发受热面后，因不断受热而使部分水变为蒸汽，故蒸发受热面内工质为汽水混合物。由于汽水混合物的密度小于水的密度，因此，下联箱的左右两侧因工质密度不同而形成压力差，推动蒸发受热面的汽水混合物向上流动，进入汽包，并在汽包内进行汽水分离。分离出的蒸汽由汽包顶部送至过热器，分离出的水则与省煤器来的给水混合后再次进入下降管，继续循环。这种循环流动完全是由于蒸发受热面受热而自然形成的，故称自然循环，这样的锅炉称为自然循环锅炉。

2. 控制循环（又称强制循环）锅炉

蒸发受热面内的工质除了依靠水与汽水混合物的密度差以外，主要依靠锅水循环泵的压头进行循环的锅炉称为控制循环（又称强制循环）锅炉，如图 1-1 (b) 所示。

控制循环锅炉是在自然循环锅炉的基础上发展起来的，因此，它们在结构上与自然循环锅炉基本相同，其区别只是在循环回路的下降管中加装了锅水循环泵。

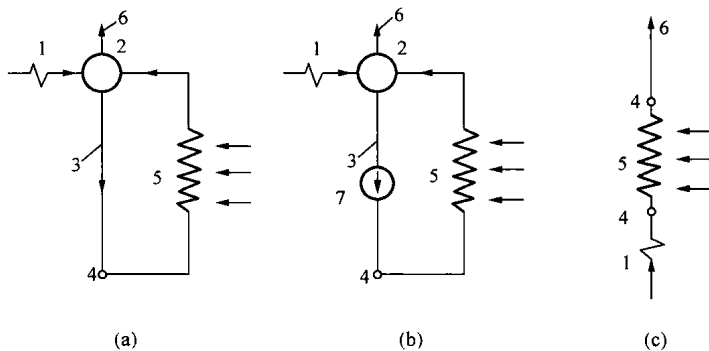


图 1-1 按水循环方式分类的锅炉类型

(a) 自然循环锅炉；(b) 控制循环锅炉；(c) 直流锅炉

1—省煤器；2—汽包；3—下降管；4—联箱；5—水冷壁；6—过热器；7—循环泵

3. 直流锅炉

给水靠给水泵的压头，一次通过锅炉各受热面产生蒸汽的锅炉，称为直流锅炉，如图 1-1 (c) 所示。

直流锅炉的特点是没有汽包，在给水泵压头的作用下，工质依顺序一次通过加热、蒸发和过热等受热面。进口工质是水，出口工质则为符合设计要求的过热蒸汽。由于各受热面内的工质运动都是靠给水泵的压头来推动，所以在直流锅炉中，一切受热面中工质都是强制流动。在布置方面，由于直流锅炉是强制流动，所以蒸发受热面可以任意布置，管子垂直或平行布置都可以，容易满足炉膛结构的要求。在制造方面，由于没有汽包，又可不用或少用下降管，因此与汽包锅炉相比，可节省钢材。

(二) 按燃烧方式分类

按燃烧方式可分为层式燃烧锅炉、悬浮燃烧锅炉、旋风燃烧锅炉和流化床燃烧锅炉，如图 1-2 所示。其中使用最为广泛的是悬浮燃烧锅炉和流化床燃烧锅炉。

1. 层式燃烧锅炉

固体燃料以一定厚度分布在炉排上进行燃烧的方式称为火床燃烧方式，用火床燃烧方式来组织燃烧

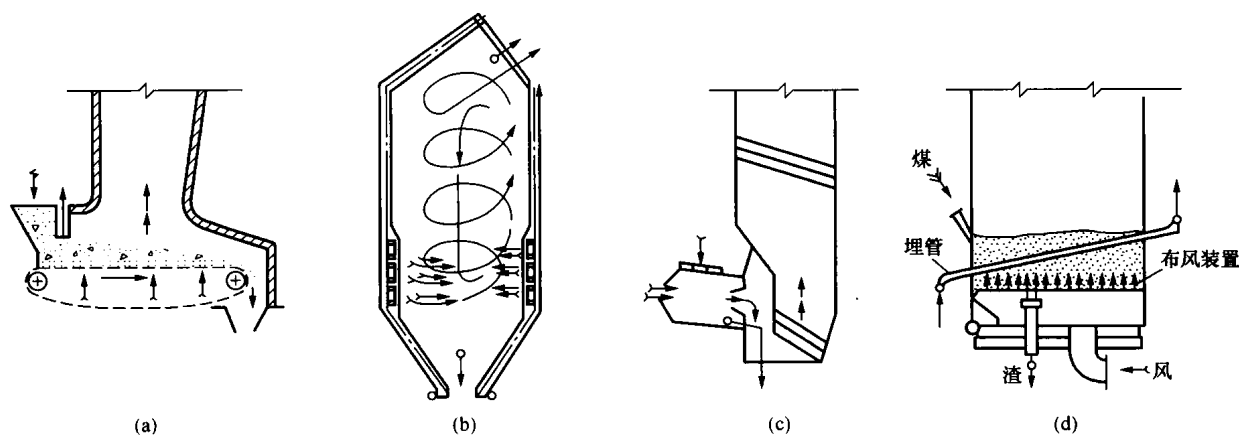


图 1-2 按燃烧方式分类的锅炉类型

(a) 层式燃烧锅炉；(b) 悬浮燃烧锅炉；(c) 旋风燃烧锅炉；(d) 流化床燃烧锅炉

的锅炉称为层式燃烧锅炉，也称为火床炉。层式燃烧锅炉的工作特点是：有一个固定的或可运动的炉排，将块状的固体燃料送入炉内，在炉排上形成固体燃料层，空气从炉排上的通风孔隙穿过燃料层向上流动，在高温下，空气和燃料发生燃烧反应，大部分燃料在炉排上形成火床燃烧，只有少数细小颗粒的固体燃料和燃烧生成的可燃气在火床上的炉膛空间燃烧。

2. 悬浮燃烧锅炉

燃料以粉状或雾状随同空气喷入炉膛中，作连续的运动，燃料颗粒悬浮在空气—烟气流中连续流过锅炉空间，并在悬浮状态下着火、燃烧，直至燃尽。在整个炉内进行燃烧的方式称为悬浮燃烧方式，这种锅炉为悬浮燃烧锅炉，也称室燃炉。煤粉锅炉、燃油锅炉和燃气锅炉都属于室燃炉，特别是煤粉锅炉，它是现代大中型电厂锅炉的主要形式。

3. 旋风燃烧锅炉

燃料和空气在高温的旋风筒内高速旋转，细小的燃料颗粒在旋风筒内悬浮燃烧，而较大燃料颗粒被甩向筒壁液态渣膜上进行燃烧的方式称为旋风燃烧方式，用旋风燃烧方式来组织燃烧的锅炉称为旋风燃烧锅炉。

4. 流化床燃烧锅炉

流化床燃烧方式就是燃料颗粒在大于临界风速（由固定床转化为流化床的风速）的空气流速作用下，呈流化状态的燃烧方式，采用流化床燃烧方式的锅炉称为流化床燃烧锅炉，也称流化床锅炉。流化床锅炉的主要优点：① 燃料适应性广，能燃用劣质煤；② 燃烧温度较低，在燃烧过程中能有效控制有害气体 NO_2 和 SO_2 的产生和排放；③ 燃烧热强度大，能缩小炉膛体积；④ 床内传热能力强，能节省受热面的金属消耗；⑤ 负荷调节性能好，且调节范围大等。

（三）按锅炉出口蒸汽压力分类

锅炉按出口蒸汽压力可分为中低压锅炉、高压锅炉、超高压锅炉、亚临界压力锅炉、超临界压力锅炉、超超临界压力锅炉，其特点如表 1-1 所示。

表 1-1 锅炉按出口蒸汽压力分类及其主要特点

类 型	出口蒸汽压力（MPa）	主 要 特 点
中低压锅炉	3.82	采用自然循环，用于自备热电厂
高压锅炉	9.8	采用自然循环，机组单机功率一般不大于 100MW
超高压锅炉	13.73	一般采用自然循环一次中间再热，机组单机功率不大于 250MW



续表

类 型	出口蒸汽压力 (MPa)	主 要 特 点
亚临界压力锅炉	16.67	自然循环或强制循环, 一次中间再热, 机组单机功率 300 ~ 600MW 不等
超临界压力锅炉	大于 22.12	直流锅炉, 中间再热, 机组单机功率 350 ~ 1000MW 不等
超超临界压力锅炉	我国一般大于 27	超超临界一般是指远超过临界点状态的蒸汽参数。超超临界压力锅炉一般锅炉内主蒸汽压力为 27 ~ 31MPa, 主蒸汽和再热蒸汽温度为 580 ~ 610℃。直流锅炉, 中间再热, 机组单机功率 600MW 以上。例如某电厂 1000MW 超超临界机组, 锅炉出口压力为 27.56MPa

(四) 按锅炉形式分类

按锅炉形式分类可分为“Π”形锅炉、“T”形锅炉、箱形锅炉、塔形锅炉、“D”形锅炉等。“Π”形锅炉是电站锅炉常见的一种炉形, 几乎使用于不同燃料及各种容量, 如图 1-3 所示。箱形锅炉和

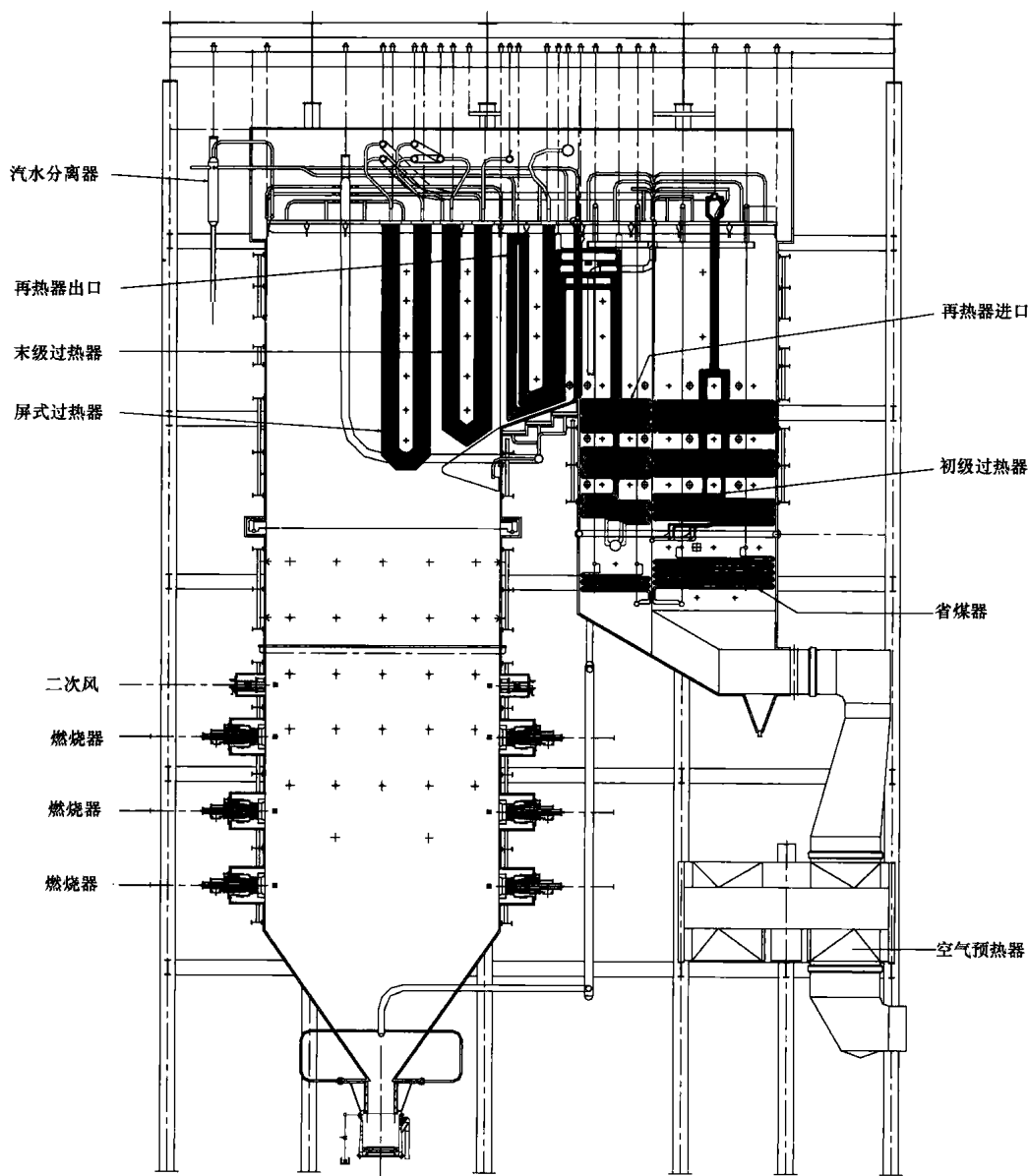


图 1-3 “Π”形锅炉



“D”形锅炉主要燃用天然气。塔形锅炉更适用多灰分烟煤和褐煤，其结构如图 1-4 所示。塔形炉具有的特点是：锅炉系统简单；锅炉所有的受热面均采用水平布置，具有很强的自疏水能力，具有优异的备用和快速启动特点；采用单烟道的结构，过热器、再热器烟气温度分布均匀；悬吊结构规则，支撑结构简单；锅炉膨胀中心和密封设计也容易处理等，在新机组中得到了一定的应用。

(五) 锅炉型号表示

锅炉型号反映其某些基本特征，锅炉型号由三部分组成，各部分之间用短横线相连，形式如下：

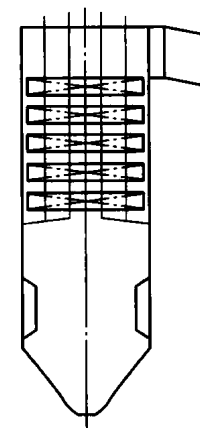
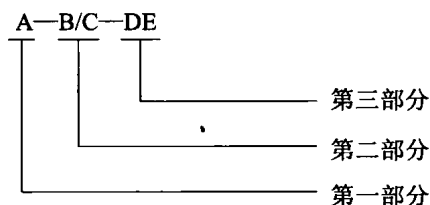


图 1-4 塔形锅炉

第一部分：A——锅炉制造工厂（公司）代号，由若干字母表示。国产电站锅炉的主要生产厂家有哈尔滨锅炉厂（HG）、上海锅炉厂（SG）、东方锅炉厂（DG）、北京巴布科克威尔科克斯有限公司（B&WBC）及武汉锅炉厂（WG）。

第二部分由 B 和 C 两部分组成，中间用斜线分开，其中：B——锅炉额定蒸发量（或最大连续蒸发量），用阿拉伯数字表示，单位为 t/h；C——锅炉额定介质出口压力，用阿拉伯数字表示，单位为 MPa。

第三部分由 D 和 E 两部分组成，其中：D——锅炉设计燃料代号，用汉语拼音字母表示，按下列规定：燃“煤”炉：用“M”表示；燃“油”炉：用“Y”表示；燃“气”炉：用“Q”表示；燃其他燃料炉：用“T”表示。

对燃用两种燃料的锅炉，用两种燃料代号并列，如：可燃“煤”和“油”锅炉，用“MY”表示；可燃“油”和“气”锅炉，用“YQ”表示。E——锅炉变型设计顺序号，一般用阿拉伯数字表示。

例如：某公司为某一电厂制造的最大连续蒸发量为 1025t/h，介质出口压力为 18.3MPa，设计燃料为煤的锅炉，第三次变型设计，其型号为：XX—1025/18.3—M003。

二、锅炉的工作过程

锅炉的工作过程如图 1-5 所示。由原煤仓落下的原煤经给煤机送入磨煤机磨制成煤粉。从磨煤机排出的煤粉和空气的混合物经燃烧器进入炉膛内燃烧。在原煤磨制过程中，利用热空气对煤加热和干燥。冷空气通过送风机送入锅炉尾部烟道的空气预热器中，通过空气预热器加热成为热空气进入热风管道。其中一部分热空气送入磨煤机中，对煤进行加热和干燥，同时这部分也是输送煤粉的介质；另一部分热空气直接经燃烧器进入炉膛参与煤粉的燃烧。

煤粉在炉膛内迅速燃烧后放出大量的热量，使炉膛火焰的温度迅速提高。炉膛四周及顶棚都布置有辐射受热面，里面的工质吸收炉内热量以保持炉膛出口内腔温度不超过允许值。

在炉内燃烧后形成的高温烟气经炉膛出口进入水平烟道和尾部烟道，与布置在水平烟道和尾部烟道的受热面进行热交换，使烟气不断放出热量，温度逐渐降低。最后低温烟气经除尘、脱硫后由引风机送入烟囱排入大气。

由给水泵送入锅炉的给水，经过高压加热器后进入省煤器，吸收锅炉尾部烟气的热量后进入水冷壁，水在水冷壁中吸收高温火焰和烟气的辐射热，使部分水蒸发变成饱和蒸汽，从而在水冷壁内形成汽水混合物，汽水混合物向上流动并进入汽包，通过汽包中的汽水分离装置进行汽水分离，分离出来的水

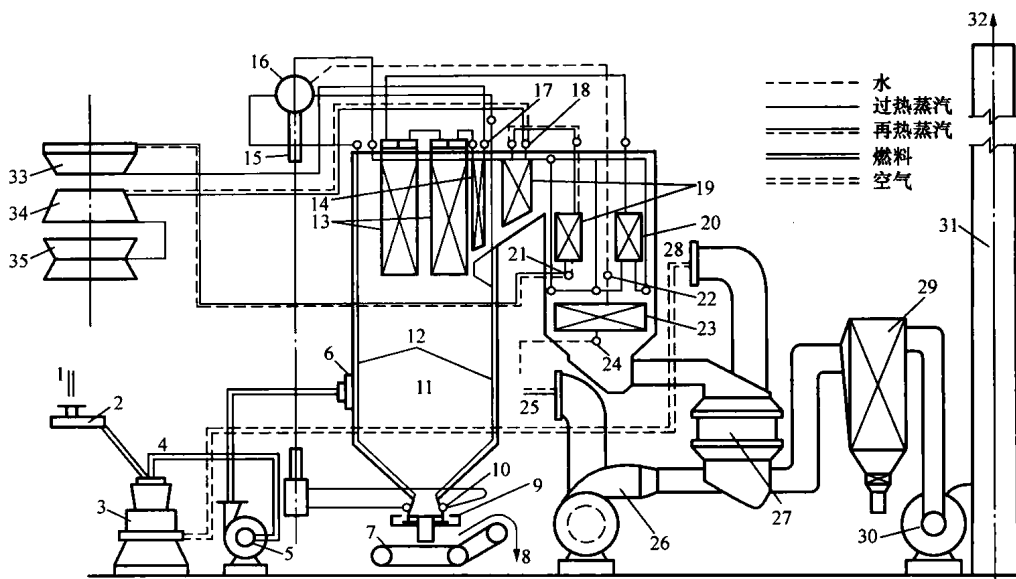


图 1-5 锅炉的工作过程

- 1—原煤斗；2—给煤机；3—磨煤机；4—风粉混合物出口；5—排粉风机；6—燃烧器；7—排渣装置；8—排渣；
9—水封装置；10—下联箱；11—炉膛；12—水冷壁；13—屏式过热器；14—高温过热器；15—下降管；
16—汽包；17—过热器出口联箱；18—再热器出口联箱；19—再热器；20—低温再热器；21—再热器出口联箱；22—省煤器出口联箱；23—省煤器；24—省煤器进口联箱；25—冷风入口；26—送风机；
27—空气预热器；28—热风出口；29—除尘器；30—引风机；31—烟囱；32—排烟出口；
33—汽轮机高压缸；34—汽轮机中压缸；35—汽轮机低压缸

继续循环。而分离出来的饱和蒸汽经汽包上部的饱和蒸汽引出管送入过热器加热，最后达到要求的过热蒸汽通过主蒸汽管道进入汽轮机做功。

三、锅炉设备的构成

锅炉设备是锅炉本体及其辅助设备的总称。锅炉本体是锅炉设备的主体，是由“锅”和“炉”两部分组成的。所谓锅是指锅炉的汽水系统，它的主要任务是吸收燃料燃烧放出的热量，使水蒸发并最后变成具有一定参数的过热蒸汽。对于自然循环及控制循环锅炉主要由汽包、下降管、集箱、水冷壁、过热器、再热器等承压部件组成。而直流锅炉则没有汽包，其他部分基本和循环锅炉相同。

炉是指锅炉的燃烧系统，悬浮燃烧锅炉是由炉膛、燃烧器、烟道、炉墙构架等非承压部件组成，用以完成煤的燃烧放热过程。

循环流化床锅炉与悬浮燃烧锅炉不同，燃烧系统由炉膛、高温旋风分离器、回料器、外置换热器、烟道、炉墙构架等组成。而炉膛底部布置有布风板，炉膛出口的高温旋风分离器用于进行气固分离，分离的固体由回料器送入炉膛，分离的气体经尾部烟道、除尘器、烟囱排入大气。

将锅和炉两者有机地结合起来所形成的整体即称锅炉。在锅炉的承压部件中，除汽包是形状较为特殊的压力容器外，其余均是由直径不等、材料不同的管件组成。其中以管排、管屏或蛇形管形式构成的水冷壁、过热器、再热器、省煤器等受热面布置在炉内，其外表面接受烟气的辐射、对流放热，热量通过管壁传给管内流动的汽水混和物、蒸汽或水等介质，使其温度升高到所要求的温度。

锅炉的辅助设备主要包括输送空气的送风机、排除烟气的引风机、制粉系统的磨煤机等。

四、锅炉及其辅机主要生产系统

(一) 锅炉汽水系统

锅炉的“锅”即泛指汽水系统。汽水系统是指水和蒸汽流经的设备（其中包括受热面、汽包和连接管道）组成的系统，是与过热蒸汽的产生过程有关的系统。



1. 循环锅炉的汽水系统

循环锅炉汽水系统的工作流程如图 1-6 所示。锅炉给水首先进入省煤器，在省煤器中利用烟气的热量使未饱和的给水预热升温，从省煤器出来的水进入由汽包、下降管、联箱和水冷壁组成的自然水循环蒸发设备中，水在水冷壁中继续吸收炉内高温火焰和烟气的辐射热，进一步被加热升温成饱和水，并使部分水变成饱和蒸汽，汽水混合物向上流动又流入汽包，通过汽包中的汽水分离装置进行汽水分离，分离出来的饱和蒸汽进入过热器，过热器将饱和蒸汽加热成为一定温度和压力的过热蒸汽，经主蒸汽管道送往汽轮机做功。

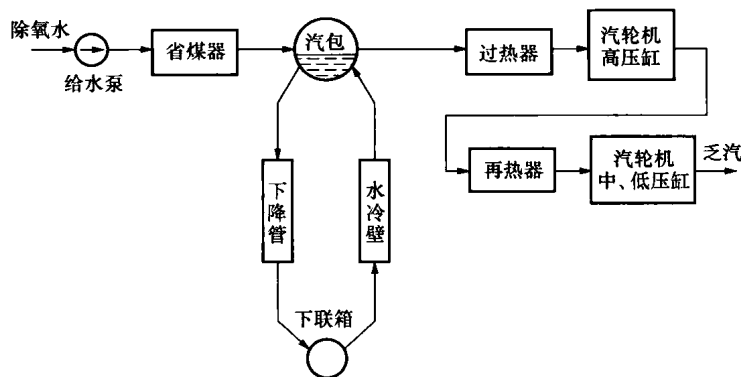


图 1-6 循环锅炉汽水系统的工作流程图

为提高锅炉—汽轮机组的循环热效率 and 安全性，锅炉压力在 13.7MPa 以上时，多采用蒸汽再热，即再热循环。这样锅炉汽水系统中还有再热器。过热蒸汽在汽轮机高压缸做功后，又被送回到锅炉的再热器中，进一步提高温度后，再送入汽轮机中低压缸内继续做功。

2. 直流锅炉汽水系统

直流锅炉没有汽包，没有炉水循环回路，在汽水系统构成上与汽包锅炉有较大不同。其主要区别是直流锅炉设置了启动系统。启动系统的功能是建立启动压力和启动流量，维持水冷壁最小水流量，确保水冷壁安全运行；回收启动过程中的工质和热量，提高运行经济性。

启动系统分为外置式和内置式两种。常用的是内置式分离器启动系统，如图 1-7 所示。

从图 1-7 中可以看出，内置式分离器启动系统主要由汽水分离器、分离器储水罐（即大气扩容器）和液位控制阀组成。直流锅炉的过热蒸汽管道系统其他部分与循环锅炉相同，如图 1-8 所示。

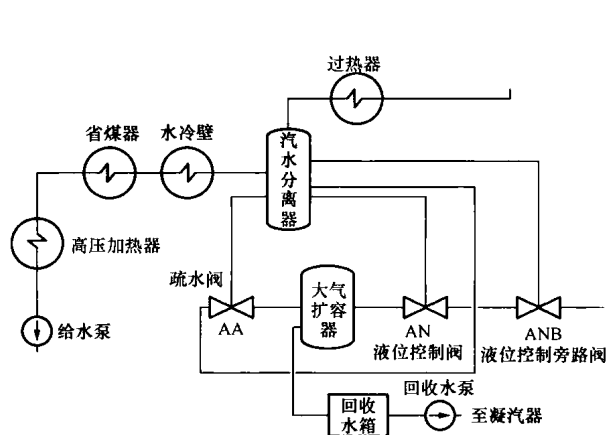


图 1-7 内置式分离器启动系统

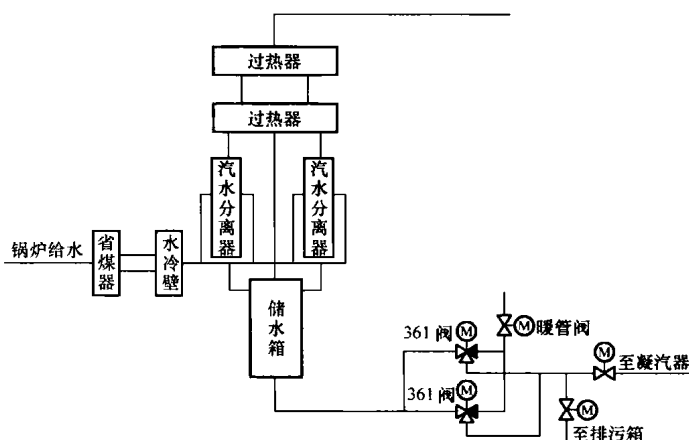


图 1-8 直流锅炉的汽水系统



（二）锅炉风烟系统

为锅炉燃烧连续地送风和排出烟气的系统称为风烟系统。锅炉风烟系统的任务，是连续不断地供应燃料燃烧时所需的空气，及时排出燃烧后生成的烟气以及克服空气、烟气流动过程中的阻力，维持锅炉正常连续地工作。锅炉都是采用平衡通风，其风烟系统如图 1-9 所示。大型煤粉锅炉风烟系统主要由引风系统、一次风系统、送风（二次风）系统、密封风系统等组成。

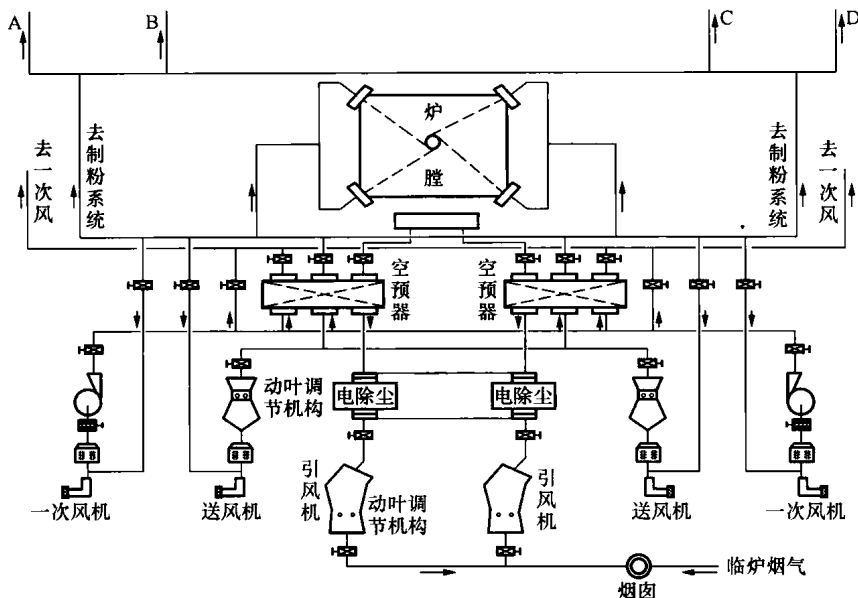


图 1-9 大型煤粉锅炉风烟系统图

1. 送风系统

锅炉燃烧所需的空气由送风机供给，经送风机入口的暖风器（部分锅炉中有）送至空气预热器加热，从空气预热器出来的二次风分成二路，一路至锅炉炉前的大风箱，另一路至制粉系统中作干燥剂。

2. 一次风系统

一次风用作输送、干燥煤粉，由一次风机从大气中抽吸而来，经过暖风器（部分锅炉中有）后分三路。第一路送入空气预热器的一次风分隔仓，加热后通过热一次风道至磨煤机进口；第二路作为调温风，以控制一次风温，在进空气预热器前经过冷一次风道，在磨煤机进口前与热一次风相混合调温后用于输送干燥煤粉；第三路密封风来自于一次冷风，以防止制粉系统煤粉外漏，在进空气预热器前直接引至密封风机进口。调温风和热一次风均流向磨煤机，将煤粉从磨煤机带向燃烧器，送入炉膛燃烧。

3. 引风系统

燃烧后的烟气离开炉膛后，经屏式过热器、高温过热器和高温再热器进入炉后烟井，通过烟道后进入空气预热器烟气仓，在空气预热器中利用烟气余热使一、二次风得到预热，在空气预热器进口烟道上装有电动挡板。从空气预热器出来的烟气通过静电除尘器、引风机和脱硫装置排至烟囱排入大气。

送风机和一次风机入口的暖风器用于在严寒季节改善风机运行条件，尽快提高二次风温和一次风温，并能防止空气预热器的低温腐蚀。

（三）制粉系统

燃用煤粉的锅炉由制粉系统供应合格的煤粉。制粉系统是指将原煤磨制成合格的煤粉，然后送入锅炉炉膛进行悬浮燃烧所需设备及相关连接管道的组合。

制粉系统可分为直吹式和中间储仓式两种。所谓直吹式制粉系统，是指煤粉经磨煤机磨成煤粉后直接送入炉膛燃烧的系统；而中间储仓式制粉系统，是将磨好的煤粉先储存在煤粉仓中，然后再根据锅炉运行负荷的需要，从煤粉仓经给粉机送入炉膛燃烧。



1. 直吹式制粉系统

在直吹式制粉系统中,磨煤机磨制的煤粉全部直接送入炉膛内燃烧。因此,每台锅炉所有运行磨煤机制粉量总和,在任何时候均等于锅炉煤耗量,即制粉量随锅炉负荷的变化而变化。直吹式制粉系统一般多配用中速磨和风扇磨。现代大型锅炉多采用配中速磨的直吹式制粉系统。直吹式制粉系统按磨煤机内热空气的压力状态分为负压和正压两种。在正压系统中又分热一次风系统和冷一次风系统两种,如图1-10所示。

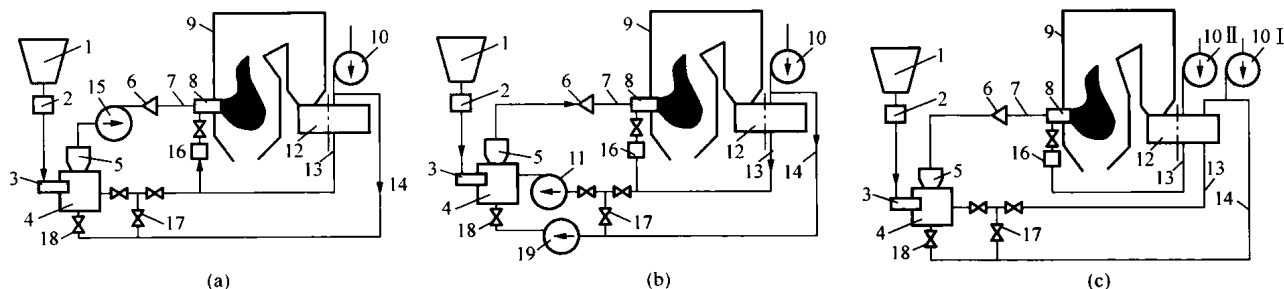


图1-10 中速磨煤机直吹式制粉系统

(a) 负压系统; (b) 正压系统(带热一次风机); (c) 正压系统(带冷一次风机)

1—原煤仓; 2—自动磅秤; 3—给煤机; 4—磨煤机; 5—煤粉分离器; 6—一次风箱; 7—去燃烧器的煤粉管道;
8—燃烧器; 9—锅炉; 10—送风机; 10 I—冷一次风机; 10 II—二次风机; 11—高温一次风机(排粉机);
12—空气预热器; 13—热风管道; 14—冷风管道; 15—排粉机; 16—二次风箱;
17—冷风门; 18—磨煤机密封冷风门; 19—密封风机

负压直吹制粉系统指磨煤机处于负压状态下工作,对磨煤机的密封设计要求相对较低,但由于排粉风机装设在磨煤机出口,使排粉风机磨损严重,它不能利用空气预热器出口热风的剩余压力,使送粉电耗较高。随着正压磨煤机产品的完善化和实用化,目前负压系统已很少使用。

正压直吹制粉系统的风机装在磨煤机进口,磨煤机处于风机的正压状态下工作,当密封不良时会发生冒粉而污染环境,甚至使煤粉窜入设备轴承内影响正常润滑。为确保磨煤系统的严密,一般需配备专用的密封风机。正压直吹式制粉系统所需的风压较二次风的风压高出很多,风量却仅占燃烧风量的 $1/4 \sim 1/5$,所以正压系统都设有专用的一次风机。专用一次风机设在锅炉空气预热器之前的称为冷一次风机系统,设在空气预热器之后的称为热一次风机系统。热一次风机结构和维护都较为复杂。从运行可靠性出发,通常多采用冷一次风机的系统。

直吹式制粉系统磨煤机的出力要求随锅炉负荷变化而增减。通过磨煤机的通风量既可用作干燥燃料和输送煤粉的介质,又可用作进入锅炉炉膛的一次风。在运行中须保持制粉系统与锅炉燃烧的供需平衡,并需使磨煤机与锅炉燃烧器一次风量相互匹配。

直吹式制粉系统工艺流程比较简单,管道短,设备紧凑,耗电量低,基建投资和工程量相对减少,多用于大中型电厂。

2. 中间储仓式制粉系统

磨煤机磨制的煤粉送入煤粉仓存储,再由煤粉仓供给锅炉燃烧的中间储仓式制粉系统,适用于低可磨系数和高磨损率的无烟煤、硬煤或燃煤多变的电厂,通常配用低速筒式磨煤机,有时也可配用中速磨煤机。

这种制粉系统的工艺流程是,原煤由原煤斗经给煤机送进磨煤机,同时引入热风或冷、热风,或加掺部分烟气作为运送煤粉的介质和干燥剂。研磨后的煤粉经过粗粉分离器筛分,粗粉可以返回磨煤机再次研磨,细度合格的煤粉则随干燥剂气流进入细粉分离器,被捕集后送进煤粉仓储存。锅炉燃烧时,煤粉经煤粉仓下部的给粉机进入一次风管道和燃烧器。

这种制粉系统的送粉方式,一般根据燃煤性质和锅炉燃烧要求采用乏气送粉或热风送粉,如图1-11所示。热风送粉是利用锅炉空气预热器后的热空气作为送粉介质。细粉分离器后含有少量煤粉的