

大型火电机組检修实用技术丛书



锅炉分册

HIYONG JISHU
KONGSHU

郭延秋 主编

中国电力出版社
www.cepp.com.cn



大型火电机组检修实用技术丛书

锅 炉 分 册

郭延秋 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

《大型火电机组检修实用技术丛书》是一套以机组大修过程为主,以 300MW 等级以上火电机组设备检修为主要内容的技术丛书。丛书介绍了多年来对 300MW 等级以上机组的检修实践、设备缺陷处理、检修工序、工艺及有关的检修质量标准,内容丰富,实用性强。该丛书对于规范检修,保证质量,杜绝返工,解决检修过程中遇到的疑难检修问题具有一定的指导意义。对于普及大机组检修知识技能,提高检修技术人员和管理干部的检修技术水平有很大帮助。

全套丛书共分锅炉分册、汽轮机分册、电气分册、金属与焊接分册四个分册。

本书是锅炉分册。主要内容包括锅炉本体设备检修、锅炉辅机检修、除灰设备检修、除尘器检修、炉墙、保温及密封检修、锅炉起重技术应用、锅炉检修管理、锅炉检修基本计算等。

本书适合于从事火电机组检修的各专业检修技术人员、管理人员、检修公司、监理公司专业技术人员使用。同时可作为火电机组检修的技术培训教材,并可供高等学校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大型火电机组检修实用技术丛书. 锅炉分册/郭延秋主编. —北京:中国电力出版社, 2003

ISBN 7-5083-1711-4

I. 大... II. 郭... III. ①火力发电-发电机-机组-检修②火电厂-锅炉-检修 IV. TM621.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 072582 号

中国电力出版社出版、发行

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

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

2003 年 9 月第一版 2003 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 27.25 印张 618 千字

印数 0001—3000 册 定价 42.00 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)

《大型火电机组检修实用技术丛书》

编 辑 委 员 会

主	任	王炳华					
副	主	任	丁中智	李小琳	田 勇		
委	员	王志颖	陈宝良	靳东来	王吉祥	曹 焰	
		朱 峰	余 兵	李 峰	杨福友	王京韬	
		宋延春	范铁成	刘昌凯	马贺田	佟才功	
		刘丛涛	刘建国	贺凌岗	李 光	刘福丰	
		李道福	张连仲				

《大型火电机组检修实用技术丛书》

编 审 委 员 会

主	编	郭延秋				
副 主 编	杨福友	李 峰				
编委会主任	尧国富					
副 主 任	周 涛	李 东	刘京善			
编	委	李煜海	赵晓峰	刁立新	华伟民	席玉平
		张天鹏	孙继光	郭 峰	季景阳	马锦玉
		李宝坤	李树实	李忠念	郝志信	路永生
		程庆君	庞晓坤	王 强	王海军	杜文胜
审	稿	赵常兴	张经武	王世阁	马泽山	张亚祥
		谭肇贤	孙永莹	柏振华	阙德新	侯良谋
		刘荣厚	黄仁龙	王庆珍	邓 楠	许 伟
		马成江	郝常骥	邹森元	米锡敬	



序

经过编者们的勤奋耕耘，这部满载着辽宁清河发电有限责任公司多年发电设备检修丰富实践经验、理论以及技术成果的《大型火电机组检修实用技术丛书》，终于付印出版了。该套丛书的面世，将成为我国火力发电设备检修领域重要的里程碑。

自 20 世纪 80 年代以来，中国的电力工业得到了迅速发展。截止到 2001 年底，全国总装机容量已达到 3.386 亿千瓦，年发电量达到 14800 多亿千瓦时，均居世界第二位。尤其在火电机组建设方面，通过引进国际上先进的大功率火力发电机组和设计制造技术，世界上主要的发电设备制造厂商如西屋公司、通用公司、三菱公司、东芝公司、西门子公司、ABB 公司、阿尔斯通公司、列宁格勒金属工厂等均向我国提供了大量的先进设备。进口火电机组大部分以 350MW 和 600MW 等级为主，还有 800MW 火电及 1000MW 核电机组。与此同时，我国引进技术制造的 300MW 及以上等级的大功率火力发电机组在国内大量投入运行，实现了火力发电机组从高温、高压、中小机组向亚临界、超临界、高自动化、大容量机组的跨越。目前，火电大机组的装机容量已占全国火电总装机容量的 70% 以上，仅投运的 300MW 及以上大容量火电机组就已达 260 多台，成为主力发电机组。

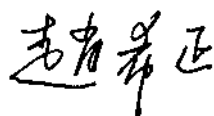
发电设备检修和维护工作是电力生产活动的重要组成部分，是保证发电机组安全、稳定、经济运行的基础工作。与大容量火电机组的迅速发展相比，发电设备的检修和维护工作却稍显滞后，主要表现在设备检修和维护管理水平不高、检修设备和机具相对落后、检修人员技术水平及培训工作不能满足要求等。特别是进入 20 世纪 90 年代后，以华能系统为代表的发电企业不设专业检修队伍，而采用招标形式选择外面的专业检修队伍，对发电设备检修和维护的专业化、市场化工作又提出了新的要求。因此，提高设备检修和维护的管理水平、提高检修队伍的整体素质成为火力发电企业迫切和重要的任务。

从 1993 年起，辽宁清河发电有限责任公司就开始对我国进口大容量机组进行检修。从首次承揽广东沙角 B 电厂东芝公司 350MW 机组大修开始，近十年来先后承揽了华能大连电厂、华能福州电厂、华能上安电厂、华能丹东电厂、广东核电联营公司岭澳核电站、连云港田湾核电站等十几家电厂数十台大容量机组的大小修工程和检修维护工作以及机组检修的监理工作。并圆满完成了孟加拉国库尔纳电厂恢复性大修的国际工程。通过加强检修质量管理、提高检修工艺技能和优化检修工序，创造了 350MW 机组标准大修 35 天完工和 350MW 机组大修后连续 510 天无缺陷运行的国内最高记录，被业主誉为“一流的检修，一流的队伍”。

清河发电设备检修有限责任公司认真、系统地总结了近 30 年来机组检修和维护工作经验的基础上，查阅了大量技术资料，在有关专家的指导下，组织经验丰富的工程技术人员编写了这套《大型火电机组检修实用技术丛书》。该丛书按照标准大修程序编写，详细叙述了火力发电机组中汽轮机、锅炉、发电机等主要设备及辅助设备的工作原理、设备结

构、检修工艺与检修方法。总结了机组检修过程中遇到各种设备问题的处理办法，是一套集发电设备检修管理理论、检修实践于一体的专业性极强的技术丛书。

这套丛书集工序性、工艺性、实用性、教材性于一身，内容丰富翔实、直观适用、通俗易懂，具有很高的应用和学术价值，是电力施工企业、火力发电厂专业检修队伍、工程监理单位工程技术人员以及大专院校师生难得的一部好书；是一部以总结介绍世界先进火电机组结构技术类型为特点的实用性全书；是一部介绍解决火电厂机组检修过程中遇到各种问题的实用技术方法辞典。这套丛书的出版将对规范全国火电机组检修和维护工作、提高机组检修质量和工艺水平具有十分重要的推动作用。

A handwritten signature in black ink, reading '赵正' (Zhao Zheng).

2003 年 4 月



前言

《大型火电机组检修实用技术丛书》历经五载，三易其稿，今天终于同读者见面了。

清河发电有限责任公司的检修队伍在 32 年的时间里，完成了 100 多台次各种不同类型机组的大修工作，从中积累了一定的机组检修经验。但由于我国在不断地引进世界上先进的高参数、大容量发电设备，这就迫切要求我们的检修队伍尽快地提高检修工艺技能、提高检修质量意识、提高整体管理水平，以适应我国电力工业迅速发展的需要。

出于此目的，在总结了多年检修实践经验的基础上，我们编写了这套《大型火电机组检修实用技术丛书》。全套丛书篇幅浩瀚，按机组大修过程的锅炉、汽轮机、电气、金属与焊接等专业分册编写。丛书冠以“实用技术”，其特点不言而喻。对此我们深感责任重大，唯恐有负众望。

该丛书按 300MW 以上机组标准程序编写，特别列举了机组检修过程中遇到各种疑难技术问题的解决方法，对保证机组检修质量提出了具体要求，并对机组大修管理理论做了系统的论述。

尽管我们为保证丛书的质量付出了巨大的努力，倾注了大量的心血，但由于编者的水平有限，难免存在不当之处。这也为国内的机组检修同仁、专家学者留下了修改和完善的空间。真诚地希望这部丛书的出版能起到抛砖引玉的作用，在大家的共同努力下不断的充实、完善。

全套丛书由郭延秋担任主编。

在丛书的编写过程中得到了多方面的鼎力支持。工作在检修一线的工程技术人员利用业余时间，把自己多年的检修经验加以系统的总结并积极地向编委会供稿，很多同志积极地参与了丛书的打字和图样校对工作。一些老专家不计报酬地参与了书稿的审定工作。特别是现中国电力投资集团公司总经理王炳华同志在百忙之中多次过问丛书编写的进展情况，并提供了极有价值的参考资料。在此，编委会对参与、支持、帮助丛书出版过程中做过奉献的所有工作人员、各位专家、领导表示衷心的感谢。

本丛书在编写过程中参考了一些正式出版文献、有关单位的图纸、技术资料、说明书等，在此一并表示感谢。

《大型火电机组检修实用技术丛书》编审委员会

2003 年 4 月

编写说明

锅炉分册是《大型火电机组检修实用技术丛书》的第一分册。参加编写的人员根据多年的现场检修经验,结合有关专业理论,比较系统、全面地介绍了目前国内火电厂所引进安装的国外不同锅炉设备的结构、原理、性能、检修工艺方法,以及锅炉设备所发生的典型故障与处理方法等。书中以引进的 300MW、350MW 机组配套的锅炉类型为主,覆盖国产引进技术制造生产的 300MW、600MW 机组配套锅炉,内容比较全面、详细。

本书第一章由李东编写;第二章第一、二、三、四、五节、第九章由程庆君编写;第二章第六节、第三章第六节由田明编写;第二章第七节由张景华、程庆君编写;第三章第一、二、三节由席玉平、杨亮编写;第三章第四、五节由张天鹏、胡刚编写;第三章第七节由衡学印编写;第四章第一、二、三、四节由郭旭东、张杰编写;第四章第五节由金年贵编写;第五章由夏景富编写;第六章、第十章由杨毅编写;第七章由李岩编写;第八章由刘永胜编写。

全书由张经武主审。

全书在编写过程中参考了有关电厂的“锅炉运行和检修规程”,并得到了有关电厂的大力支持,在此表示诚挚的感谢。

本书可作为 300MW 及以上机组配套锅炉运行与检修人员的岗位培训教材,也可作为同类型锅炉设备检修作业的指导与参考用书。

因编写人员的水平和条件有限,书中难免会有缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编者

2003 年 4 月



目 录

序

前言

编写说明

第一章 绪论	1
第一节 大容量锅炉设备技术特点	1
第二节 大容量锅炉的分类、组成及工作原理	3
第三节 大容量锅炉主要参数及技术经济指标	6
第四节 典型大容量锅炉技术特点	7
第二章 锅炉本体设备检修	29
第一节 锅炉布置型式及受热面结构	29
第二节 锅炉受热面检查	40
第三节 锅炉受热面检修	48
第四节 锅炉管式空气预热器检修	61
第五节 锅炉压力容器检修	64
第六节 炉水循环泵检修	73
第七节 锅炉煤粉燃烧器检修	87
第三章 锅炉辅机检修	101
第一节 锅炉辅机检修基本技术	101
第二节 离心式风机检修	129
第三节 轴流式风机检修	141
第四节 锅炉磨煤机检修	155
第五节 锅炉给煤机检修	183
第六节 回转式空气预热器检修	187
第七节 空气压缩机检修	222
第四章 锅炉管阀及吹灰器检修	247
第一节 锅炉高压管道检修	247
第二节 锅炉阀门检修技术	263
第三节 锅炉阀门结构形式	266

第四节	锅炉阀门检修	277
第五节	吹灰器检修	296
第五章 锅炉除灰设备检修		306
第一节	锅炉水办除灰设备检修	306
第二节	锅炉泵类检修	315
第三节	锅炉干灰系统设备检修	331
第六章 锅炉除尘器检修		338
第一节	水膜除尘器	338
第二节	电除尘器设备概述	339
第三节	电除尘器的启动和停运	346
第四节	电除尘器机械设备检修	346
第五节	本体部分检修质量标准	352
第七章 炉墙、保温及密封检修		354
第一节	炉墙检修	354
第二节	管道和设备的保温	359
第三节	炉顶密封、保温检修	365
第四节	常用耐热材料和保温材料的特点	370
第五节	保温层厚度的计算	374
第八章 锅炉起重技术		378
第一节	炉膛内脚手架搭设技术	378
第二节	分隔屏式过热器管子脚手架搭设技术	382
第三节	尾部受热面最下层管子检查和检修吊装技术	383
第四节	省煤器管排成组更换吊装技术	383
第五节	锅炉二级减温器联箱更换吊装技术	385
第六节	“W”型火焰燃烧器起重技术	386
第七节	直流摆动式燃烧器成组更换吊装技术	386
第八节	主汽管道更换吊装技术	387
第九节	中速磨煤机磨辊更换吊装技术	387
第十节	回转式空气预热器支撑轴承更换技术	388
第九章 锅炉检修管理		390
第一节	检修项目管理	390
第二节	检修组织管理	390

第三节	检修质量管理	391
第四节	锅炉检修后的全面调整与试验	395
第五节	锅炉安全监察	398
 第十章 锅炉检修基本计算		401
第一节	灰渣管道水力输送计算	401
第二节	风机的有关计算	402
第三节	管道的技术计算	405
第四节	锅炉压力元件强度计算	410
参考文献		422

绪 论

电力工业是先行行业。近些年来,随着我国改革开放形势不断引向深入,市场经济的快速发展对电力工业提出了更高的要求,同时加强了对环境保护和能源开发综合利用程度的重视,火力发电向高参数、大容量的亚临界压力和超临界压力锅炉方向发展。从目前情况来看,我国引进技术制成的配备 300MW、600MW 机组的 1000t/h、2008t/h 亚临界压力强制循环燃煤汽包锅炉先后投入商业运行,并已成为主力机型。而且在吸收国外先进锅炉制造技术的同时,陆续从日本、欧洲、美国、俄罗斯等国家引进的 350MW、500MW、660MW、800MW 机组成套设备也先后投入运行,使我国火力发电机组也跨入世界先进行列。为保证这些锅炉安全、经济、低污染地运行,尽快了解和掌握这些锅炉的机组特性和检修技术就显得日益重要。据统计,在火力发电厂中,锅炉事故约占全厂总事故的 70% 左右,常见的主要事故有四管爆破、燃烧不稳、预热器漏风、风机振动等等,而这些事故与检修质量又有很大直接关系。随着锅炉容量的增大,对大机组检修技术也提出了越来越严格的要求。

电力设备检修技术管理的历史仅为一百多年,经历了事后维修、预防维修和状态维修三个阶段。我国从 20 世纪 50 年代开始,学习前苏联设备管理经验,推行有计划预防维修制度(计划检修)。它是以预先安排的修理周期和定额标准决定大、小修的工期和工作项目,可以预防事故的发生,虽然有可能造成过剩检修和欠检修,但从目前来看,仍是设备管理的主要形式。状态检修(预知维修)是从单纯的以时间周期为基础的检修制度发展到以设备的实际状态为基础的检修,通过采用一系列先进的仪表仪器来诊断设备的状况确定检修项目。目前电力系统已建立电气绝缘、热工仪表、化学、金属、压力容器、汽轮机等设备技术监督体系,并已将状态检修作为计划维修的一种辅助手段加以实现。现在通过开展设备的寿命管理、在线监测和状态检修技术的应用,使大容量锅炉的安全、经济性和自动化运行水平正在得到不断提高。

第一节 大容量锅炉设备技术特点

锅炉是火力发电厂的三大动力设备之一,是一种生产蒸汽的热交换设备。它的主要作用是将燃料(煤、石油、天然气等)燃烧释放出的热能加热锅炉给水,以产生一定压力和温度的、具有优良品质的蒸汽,送到汽轮机做功。

锅炉制造技术经过上个世纪的发展已基本成型,美国拔伯葛公司在 20 世纪 70 年代已能生产制造容量为 4433t/h,参数为 25.4MPa, 538/538℃,燃煤、单炉膛正压燃烧,固态排渣炉,配备 1300MW 超临界汽轮发电机组,这是目前世界上单机容量最大的机组,已在蒙坦尼亚(Mountaineer)电站投入运行。目前,国内外大型锅炉的总体结构设计特点可以

从美国三大锅炉制造公司：美国燃烧工程公司（Combustion Engineering, CE 公司）、拔伯葛·威尔柯克斯公司（Babcock and Wilcox, B&W）和福斯特·惠勒公司（Foster Wheeler, FW）等三家公司为典型代表的三大派系。它们在锅炉结构设计上都有各自的特点，形成不同的风格，许多国家的锅炉设计都在不同程度上承袭了它们的特点，这三家公司设计的锅炉除了采用全悬吊结构、膜式水冷壁和回转式空气预热器的共同特点外，还有各自的特点，对于我们了解和掌握国外引进机组检修技术也很有帮助。这三大派系锅炉制造技术的主要技术特点是：

1. 美国燃烧工程公司（CE 派系锅炉）

(1) 蒸汽压力在 13.6MPa 以下，采用自然循环锅炉，亚临界压力采用强制循环汽包锅炉，汽包内部采用轴流式汽水分离器。

(2) 采用切向燃烧全摆动直流式煤粉燃烧器。

(3) 过热汽温采用喷水调节，再热汽温采用摆动式燃烧器加微量喷水调节。

(4) 超临界压力采用苏尔寿式直流锅炉和复合循环锅炉。

(5) 锅炉钢架采用全钢结构，高强度螺栓连接。

(6) 采用内螺纹管水冷壁，防止膜态沸腾。

2. 美国拔伯葛公司（B&W 派系锅炉）

(1) 汽压直到 17.6MPa 的亚临界压力，都采用自然循环锅炉；汽包内采用立式旋风分离器。

(2) 采用前墙、后墙或对冲布置的旋流燃烧器。

(3) 过热汽温和再热汽温多采用烟道挡板调温（燃煤炉全部采用烟道挡板调温）和烟气再循环，再循环烟气可以自炉膛下部送入也可以从炉膛上部送入。

(4) 对于超临界压力采用欧洲本生式直流锅炉和通用压力锅炉（UP）。

3. 美国福斯特·惠勒公司（FW 派系锅炉）

(1) 亚临界压力下采用自然循环锅炉，汽包内部采用卧式分离器。

(2) 采用前后墙或对冲布置旋流式燃烧器。

(3) 广泛采用辐射过热器，甚至炉膛内设置墙式过热器或双面曝光的过热器隔墙，用烟气挡板调温。

(4) 超临界压力采用 FW——本生式直流锅炉（即炉膛水冷壁结构为炉膛下部用多次上升管屏，上部则用一次上升管屏）。

(5) 水冷壁管子内加装扰流子，以防止膜态沸腾。

德国走着自己的发展道路。对于 100MW 以上的机组均采用本生式直流锅炉，且均考虑滑压运行。

俄罗斯也有着自己的锅炉技术发展传统，他们不发展亚临界参数，超高压及以下均为自然循环锅炉，从 300MW 起均为超临界压力直流锅炉。20 世纪 70 年代以后已相继制造了配 500MW、800MW、1200MW 机组的直流锅炉。

日本的 450MW 以上火电机组全部采用超临界压力，至 1982 年已占总机容量的 48%，近年来的持续发展，如日本三菱公司、石川岛播磨重工业公司相继从国外引进技术，使日

本成为制造超临界压力机组的先进国家。容量有 300MW、400MW、500MW、600MW、700MW、1000MW，从发展趋势看日本今后以 500MW ~ 1000MW 燃煤变压运行超临界压力机组为主体。

目前，我国基本以引进美国 CE 技术制造生产匹配容量 300MW、600MW 机组锅炉为主。

第二节 大容量锅炉的分类、组成及工作原理

一、大容量锅炉的分类

大容量电站锅炉的类型很多，也有多种分类方法，见表 1-1。

表 1-1 大容量锅炉分类

分类方法	锅炉类型	简要说明
按锅炉过热器出口蒸汽压力分类	亚临界压力锅炉 超临界压力锅炉	一般压力为 16.66MPa 压力大于 22.11MPa
按循环方式分类	自然循环锅炉 多次强制循环锅炉 低倍率循环锅炉 直流锅炉 复合循环锅炉	具有汽包（锅筒），利用炉外下降管和炉内上升管中工质之间的密度差产生工质循环，只能在临界压力下应用，循环倍率 4 ~ 30 具有汽包和循环泵，利用循环回路中工质密度差和循环泵压头建立工质循环，增强了循环的推动力，所以又称辅助循环锅炉。只能在亚临界压力下应用，循环倍率 3 ~ 10 具有汽水分离器和循环泵，主要靠循环泵建立工质循环，可应用于亚临界压力和超临界压力。循环倍率较低，一般为 1.25 ~ 2.0 没有汽包，给水靠给水泵压头一次通过受热面产生蒸汽，适用于高压和超临界压力锅炉 具有再循环泵，锅炉负荷低时按再循环方式运行，负荷高时按直流方式运行，可应用于亚临界压力和超临界压力
按排渣方式分类	固态排渣 液态排渣	燃料燃烧后生成的灰渣呈固态排出，是燃煤锅炉的主要排渣方式 燃料燃烧后生成的灰渣呈液态从渣口流出，在裂化箱的冷却水中裂化成小颗粒后排入水中冲走
按炉型分类	有 Π 型炉、Γ 型炉、T 型炉、塔形、半塔形型炉及箱形炉等	注：箱形炉用于燃油锅炉
按锅炉房型式分类	露天、半露天、室内	露天、半露天锅炉多用于沿海和黄河以南地区 室内锅炉多用于北方地区
按所用燃料分类	燃煤锅炉 燃油锅炉 燃气锅炉	燃用煤等固体燃料 燃用重油等液体燃料 燃用天然气等气体燃料

二、大容量锅炉的组成及工作原理

1. 锅炉的组成

锅炉主要由本体设备和辅助设备两部分组成。以自然循环燃煤锅炉为例，本体设备包括汽包、炉膛、受热面、燃烧设备、空气预热器、炉墙构架及其他附件。而受热面又包括水冷壁、省煤器、再热器、过热器，俗称锅炉“四管”。辅助设备主要包括制粉设备、通风设备、给水设备、除灰除渣设备、除尘设备、自动控制设备等等，见表 1-2。

表 1-2 锅炉主要设备

设备名称		主 要 作 用
本 体 设 备	汽包	又称锅筒，是用以进行汽水分离和蒸汽净化，组成水循环回路并蓄有一定水量的筒形压力容器装置；直流锅炉没有汽包
	炉膛	又称燃烧室，它的主要作用是组织燃料燃烧所需要的空间，承担炉膛换热的任务，保证炉出口烟温冷却到受热面允许温度
	水冷壁	主要吸收炉膛的辐射热，起到保护炉墙和加热工质，使其蒸发的作用
	过热器	将饱和蒸汽加热到额定过热蒸汽温度的换热部件
	再热器	将汽轮机高压缸（或中压缸）排汽重新加热到一定温度的换热部件，用以提高机组热效率
	省煤器	利用锅炉排烟余热加热锅炉给水的受热面换热部件，用来降低锅炉排烟温度，提高锅炉效率
	空气预热器	利用锅炉尾部烟气的热量，加热燃料燃烧所需空气的温度，以进一步降低排烟温度，提高锅炉效率的热交换装置
	燃烧设备	把空气和燃料以不同方式送入炉膛，形成连续稳定燃烧的装置
	炉墙及构架	炉墙是锅炉的保护外壳，起着密封和保温的作用；锅炉构架是用以支撑和固定锅炉的各个部件，并维持它们之间相对位置的空间结构
	锅炉附件	通常包括安全附件、水位监视装置、吹灰装置等，是锅炉设备上不可缺少的装置。安全附件包括安全阀、压力表、水位表、温度测量仪表，是锅炉的保护和监督部件；吹灰装置供锅炉清除受热面灰渣之用，它能改善锅炉受热面的传热，从而提高锅炉效率
辅 助 设 备	制粉设备	由给煤机、磨煤机、一次风机等设备组成。给煤机的作用是按照锅炉负荷的要求输送和调节给煤量的设备；磨煤机的作用是将煤磨制成煤粉以供锅炉燃烧的设备；一次风机用于正压制粉系统输送煤粉
	通风设备	由送风机、引风机组成。送风机是将空气送入到空气预热器加热，一部分送往锅炉满足燃烧，另一部分送往制粉系统用于干燥，并输送煤粉的设备；引风机的作用是从锅炉尾部将烟气抽出排入烟囱送往大气的设备，又称吸风机
	除灰除渣设备	有水力除灰系统和气力除灰系统。水力除灰是以水为动力和工质，将燃烧产生的炉渣和细灰进行输送和排除的系统，由捞渣机、碎渣机、灰渣泵等设备组成。气力除灰是以空气作为输送工质和动力，将锅炉尾部受热面烟道和除尘器等集在灰斗的细灰通过管道或其他密封装置输到储存地点的系统。一般由旋风吸尘器、袋式过滤器、真空泵、灰库、气化风机等设备组成
	给水设备	由汽水管阀门组成，用于实现汽、水流动的启停或调节功能
	除尘设备	将粉尘从烟气中分离出来并将其捕集的设备，以减少粉尘对大气的污染
	自动控制装置	包含自动检测、程序控制、自动保护和自动调节等装置

2. 大容量锅炉的工作原理

目前我国火力发电厂锅炉所用的燃料主要以煤为主，燃煤火力发电机组占火电总装机

容量的90%以上。因此，本书中主要介绍燃煤锅炉的工作原理，图1-1表示出一台含中速磨煤机制粉设备的自然循环煤粉锅炉的工作过程。

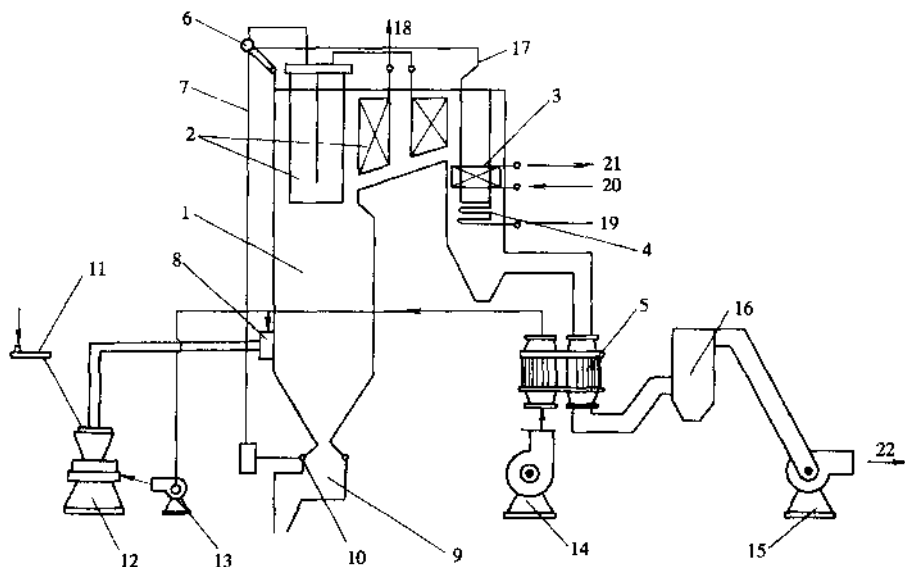


图 1-1 煤粉锅炉工作原理示意图

1—炉膛；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—联箱；11—给煤机；12—磨煤机；13—一次风机；14—送风机；15—引风机；16—除尘器；17—省煤器出口水管；18—过热蒸汽；19—给水进口；20—再热器进口；21—再热蒸汽出口；22—排烟

由煤仓落下的煤经给煤机送入磨煤机磨制成煤粉；煤在磨制过程中需要用热空气进行干燥。送风机将冷空气送入锅炉尾部的空气预热器被烟气加热；热空气的一部分送入磨煤机将煤加热干燥，同时它本身也是输送煤粉的工质。从磨煤机排出的气粉混合物，经燃烧器送入炉膛燃烧；由空气预热器出来的另一部分热空气直接进入燃烧器，与气粉混合物进行燃烧反应。锅炉的炉膛具有较大的空间，煤粉在此空间内悬浮燃烧，炉膛周围墙壁上布置有密集排列的水冷壁管，管内有水和蒸汽流过，既能吸收炉膛的辐射热，又能保护炉墙不致被烧坏。燃烧火焰中心具有 1500°C 或更高的温度，但在上部炉膛出口处，烟气温度要低于煤灰的熔点，以免熔化的灰渣粘结在烟道内的受热面上。煤粉燃烧所生成的较大灰粒经冷灰斗冷却，落入排渣装置内，得到迅速冷却，碎裂并排走。大量较细的灰粒随烟气离开炉膛，流经一系列对流受热面，逐渐冷却。为了减少排烟所带出的飞灰污染环境，要经过除尘器除尘，使绝大部分飞灰被捕捉下来，最后只有少量细灰随烟气由引风机送往烟囱排入大气。锅炉排烟的温度通常在 150°C 左右。

进入锅炉的给水首先通过省煤器加热，然后送入汽包通过下降管至水冷壁加热至饱和温度，然后再回到汽包进行汽水分离，饱和水再进行水循环，饱和蒸汽通过过热器进行加热，使其变成过热蒸汽，送入汽轮机膨胀做功。为了提高锅炉—汽轮机组的循环热效率，对大容量锅炉全部采用蒸汽再热；这样在锅炉中还装设有再热器，也称为二次过热器，主要用来加热从汽轮机高压缸（或中压缸）回来的蒸汽。