

125/135MW 火力发电机组技术丛书



燃煤锅炉机组

唐必光 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

• 125/135MW 火力发电机组技术丛书 •

燃煤锅炉机组

唐必光 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是125/135MW火力发电机组技术丛书的《燃煤锅炉机组》分册。书中系统地介绍了配125/135MW汽轮机组的420t/h锅炉的结构、原理、特性及运行等。内容包括煤粉制备、锅炉受热面、锅炉机组启动、锅炉运行、锅炉停运及保养等。

本书可供从事125/135MW火力发电机组设计、安装、调试、运行、检修的工程技术人员及管理人员阅读,也可作为现场运行、检修人员的培训教材,亦可供高等院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

燃煤锅炉机组/唐必光主编. —北京:中国电力出版社, 2003

(125/135MW火力发电机组技术丛书)

ISBN 7-5083-1435-2

I. 燃... II. 唐... III. 燃煤锅炉-火力发电
IV. TM621.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第011250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)

北京鑫正大印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

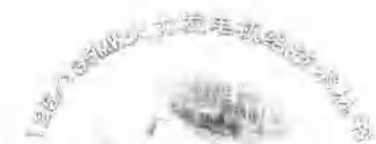
2003年7月第一版 2003年7月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 13印张 317千字

印数0001—3000册 定价21.00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)



编 委 会

主任委员：唐必光

副主任委员：潘 笑 熊信银 胡念苏 周柏青 朱全利

委 员：（以姓氏笔画为序）

王建梅	卢理成	叶信芳	刘 勇	刘克兴	朱全利
余艳芝	吴耀武	张世荣	张国忠	李正奉	杨德先
陈志和	周柏青	罗 嘉	苗世洪	胡念苏	唐必光
夏中明	喻红梅	谢建君	谢诞梅	熊立红	熊信银
樊天竞	潘 笑				

02448/13



《燃煤锅炉机组》

前言

我国的火力发电机组正朝高参数、大容量方向发展,但 125MW 机组由于具有较好的经济性和运行性能,在火电厂仍占有一定比例。在发展过程中,通过对汽机通流部分的改造,又形成了 135MW 系列。为满足广大技术人员和现场生产人员了解 125/135MW 系列火力发电机组结构、运行、控制知识的需要,我们组织人员编写了这套《125/135MW 火力发电机组技术丛书》。本丛书包括《燃煤锅炉机组》《汽轮机设备及其系统》《电厂化学》《热工控制系统》《发电机及电气系统》五个分册。

本丛书可供从事 125/135MW 火力发电机组设计、安装、调试、运行、检修的工程技术人员及管理人员阅读,也可作为现场运行、检修人员的培训教材,亦可供高等院校有关专业师生参考。

《燃煤锅炉机组》分册由武汉大学唐必光主编,参加编写的有:刘勇(第一、二、四章)、余艳芝(第三、九、十章)、喻红梅(第五、六章)、熊立红(第七、八章)、朱全利(第十一章)。

本书由江西贵溪电厂王海副总工程师主审,在审阅中,王海副总工提出了许多宝贵意见,在此谨表示衷心感谢!

由于部分设备所收集厂家资料不全,加之编者水平所限,错漏之处难免,敬请读者批评指正。

编者

2003 年 1 月



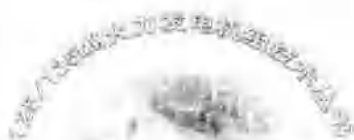
《燃煤锅炉机组》

目 录

前言

第一章 锅炉机组概述	1
第一节 锅炉的技术规范	1
第二节 锅炉的总体布置及主要系统	3
第三节 锅炉结构及特点	12
第二章 锅炉燃料	17
第一节 燃煤的成分及特性	17
第二节 点火用油	21
第三节 燃煤的着火及燃烧特性	22
第四节 燃料成分对锅炉运行的影响	24
第三章 锅炉煤粉制备	28
第一节 煤粉的性质	28
第二节 煤的可磨性指数	31
第三节 单进单出钢球磨煤机及其制粉系统	32
第四节 双进双出钢球磨煤机及其制粉系统	38
第五节 中速磨煤机及其制粉系统	41
第六节 制粉系统的其他设备及部件	45
第七节 制粉系统的启动和停运	55
第八节 制粉系统在运行过程中的监视和调整	57
第九节 制粉系统的事故及故障处理	58
第十节 筒式钢球磨煤机中间储仓式制粉系统的试验	62
第四章 煤粉燃烧及燃烧设备	65
第一节 燃烧设备	65
第二节 炉内气流动力特性	70
第三节 煤粉气流的着火与燃烧	72
第四节 煤粉炉的点火装置	77
第五节 炉内结渣及防治	80

第五章 自然循环及水冷壁	84
第一节 自然循环的基本原理	84
第二节 锅炉蒸发受热面	90
第三节 汽包及蒸汽净化	94
第四节 汽水循环系统	108
第六章 过热器及再热器	114
第一节 概述	114
第二节 过热器	115
第三节 再热器	121
第四节 汽温调节装置	124
第五节 热偏差	132
第六节 高温腐蚀及防止	135
第七章 尾部受热面	138
第一节 概述	138
第二节 省煤器	139
第三节 空气预热器	143
第八章 锅炉辅助系统及设备	155
第一节 送风机和引风机	155
第二节 除尘除灰系统	157
第九章 锅炉机组的启动	165
第一节 锅炉启动前的准备	165
第二节 单元机组的联合启动	170
第三节 锅炉冷态启动过程	171
第四节 锅炉热态启动过程	175
第五节 锅炉启动过程中的安全监护	175
第十章 锅炉的正常运行及调整	181
第一节 锅炉运行调整的任务	181
第二节 锅炉汽压调整	181
第三节 蒸汽温度的调整及控制	186
第四节 锅炉燃烧调整	190
第五节 汽包水位的调整及控制	193
第六节 单元机组的变压运行	195
第十一章 锅炉机组的停运及保养	196
第一节 锅炉的停运步骤	196
第二节 紧急停炉	198
第三节 停炉后的保养	199
参考文献	202



锅炉机组概述

目前, 125MW 机组发电设备仍是国内火力发电厂重要的发电设备之一, 在我国电力工业中还占有一定的地位, 全国已安装和运行的 125MW 发电机组有百多台。几十年来, 125MW 机组在设计制造、安装调试、使用维护、运行操作等方面的技术日臻成熟。

125MW 机组一般采用超高压中间再热自然循环锅炉。早期 125MW 机组采用 400t/h 锅炉, 第一台 400t/h 锅炉及配套的 125MW 机组于 1969 年投入使用。针对该型锅炉在运行过程中所暴露的问题, 为提高锅炉运行的可靠性、减少锅炉中高级合金钢的用量, 1980 年对该型锅炉的蒸汽温度作了修改, 将过热蒸汽温度和再热蒸汽温度从 555℃ 降低为 540℃, 同时将锅炉的额定蒸发量从 400 t/h 提高到 420 t/h, 以满足汽轮机最大出力的需要。目前, 一般的 125MW 机组锅炉的额定蒸发量、过热蒸汽温度和再热蒸汽温度均采用上述数值, 本书主要介绍该参数的锅炉。

第一节 锅炉的技术规范

根据锅炉燃用的燃料种类、锅炉整体和燃烧器布置方式的不同, 配 125MW 机组的锅炉大致可以分为七种。本书将重点介绍大量使用的四角切圆布置、燃用煤粉的 420 t/h 锅炉。典型的 125MW 机组锅炉一般为 420t/h 超高压中间再热自然循环汽包锅炉, 采用单炉膛、燃烧器四角布置切向燃烧、平衡通风、Π 型结构、露天布置、固态排渣、中间储仓钢球磨制粉系统, 例如型号为 SG-420/13.7-M418A 的锅炉。

一、锅炉的设计参数

锅炉的主要设计参数包括锅炉的蒸发量、蒸汽参数和给水温度。锅炉的蒸发量是额定蒸发量, 单位是 t/h。锅炉的额定蒸发量是指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时所规定的蒸发量。蒸汽参数是指出口蒸汽压力和温度。表 1-1 为典型 125MW 机组所配 SG-420/13.7-M418A 锅炉的主要设计参数。

表 1-1 SG-420/13.7-M418A
锅炉主要设计参数

名 称		额定负荷
过热蒸汽	过热蒸汽流量 (t/h)	420
	出口蒸汽压力 (MPa)	13.7
	出口蒸汽温度 (℃)	540
再热蒸汽	蒸汽流量 (t/h)	350
	蒸汽进/出口压力 (MPa)	2.62/2.44
	蒸汽进/出口温度 (℃)	320/540
给水温度 (℃)		240
给水压力 (MPa)		15.7
锅炉效率 (%)		90.7

二、锅炉燃料的特性

燃料特性是锅炉设计、运行的基础。对于不同的燃料，要采用不同的燃烧设备和运行方式。某厂 420 t/h 锅炉使用的设计燃料特性及其灰渣特性成分见表 1-2。

表 1-2 某厂 420t/h 锅炉使用的燃料特性

名称		设计煤种	校核煤种
元素 分析 成分	碳 C_{ar} (%)	55.84	52.42
	氢 H_{ar} (%)	3.21	3.19
	氧 O_{ar} (%)	8.31	7.74
	氮 N_{ar} (%)	0.67	0.64
	硫 S_{ar} (%)	0.66	0.81
	灰分 A_{ar} (%)	23.71	25.7
	水分 M_{ar} (%)	7.6	9.5
干燥无灰基挥发分 V_{ad} (%)		30.39	34.16
低位发热量 $Q_{w,net}$ (kJ/kg)		20938	19678
可磨性系数 K		1.1	1.1
灰 熔 点	变形温度 t_1 (°C)	1160	1120
	软化温度 t_2 (°C)	1220	1180
	熔化温度 t_3 (°C)	1290	1250

锅炉点火一般采用二级点火，即高能点火器点燃轻柴油，轻柴油再点燃煤粉。点火及助燃燃料一般用 0 号轻柴油。还有三级点火，即高能点火器点燃轻柴油，轻柴油点燃重油，重油再点燃煤粉。表 1-3 是某厂 420t/h 锅炉使用的点火油特性。

表 1-3 某厂 420t/h 锅炉使用的点火油特性

恩氏粘度 (20℃时)	1.2 ~ 1.67°E	低位发热量 $Q_{w,net}$	42000kJ/kg
灰分 A_w	≤0.02%	机械杂质	无
凝固点	不高于 0℃	水分 M_w	痕迹
闭口闪点	不低于 65℃	应用基硫 S_w	≤0.2%

三、锅炉的汽水品质

为确保锅炉蒸汽品质，必须严格控制锅炉的水、汽品质。锅炉给水，炉水和蒸汽的质量必须符合 GB 12145—89《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》的要求，按照 DL/T 561《火力发电厂水汽化学监督导则》规定执行。

锅炉正常连续排污率：1%

锅炉给水质量标准：

总含盐量	≤1mg/L
总硬度	≈0
二氧化硅	0.02mg/L
含氧量	0.007mg/L
含铁量	0.020mg/L

含铜量	0.005mg/L
含油量	≤0.3mg/L
pH 值	8.8 ~ 9.3

四、锅炉的运行方式

锅炉按带基本负荷定压运行设计，亦可用于调峰和定压—滑压—定压的运行方式。锅炉负荷连续变化率一般可以达到的要求：

定压运行	不低于 5 %/min
滑压运行	不低于 3 %/min
瞬 间	不低于 10 %/min

在正常情况下锅炉从点火到带满负荷运行的时间为：

冷态启动	6 ~ 8h
温态启动	3 ~ 4h
热态启动	1.5 ~ 2h

第二节 锅炉的总体布置及主要系统

一、锅炉总体布置

锅炉本体的布置要根据燃料种类、燃烧方式、锅炉容量、循环方式和厂房布置条件来确定，要使锅炉工作安全可靠、金属消耗量少、便于运行操作和维护检修。锅炉的布置方式有 JI 型、塔型、箱型等，常用的方式为 JI 型布置。配 125MW 机组的 420t/h 锅炉均采用 JI 型布置。

420t/h 锅炉本体一般采用自然循环，单炉膛型 JI（即原称倒 U 型）布置，一次中间过热，燃用煤粉，制粉系统为钢球磨煤机中间储仓式或直吹式，四角布置切圆燃烧方式，采用直流燃烧器，分隔烟道挡板调节再热汽温，平衡通风，全钢结构，半露天岛式布置，固态机械除渣。典型的燃用煤粉的 420t/h 锅炉整体布置如图 1-1 所示。

典型的燃用煤粉的 420t/h 锅炉锅筒布置于炉前，采用四根大直径下降管，炉膛由密封性能较好的光管焊扁钢组成膜式水冷壁，外面敷设保温层和金属外护板，燃烧器采用正四角布置，切圆燃烧。炉膛后墙上部出口，按烟气流向分别布置前屏过热器、后屏过热器。高温对流过热器布置在折焰角的斜坡上方。低温过热器由侧墙、后墙及炉顶包覆管组成。再热器分为高温、低温二级，分别布置在水平烟道及后烟井。整台锅炉受热面采用前吊、后搁，吊、搁结合的方式。后烟井上部由隔墙省煤器分隔成二个烟道，主烟道设置低温再热器，旁路烟道设置旁路省煤器。低温再热器受热面重量通过悬吊管由炉顶钢梁承受，受热面可向下膨胀。

省煤器由旁路省煤器、隔墙省煤器和布置于后烟井下部的省煤器三部分组成。旁路省煤器搁置在隔墙省煤器上，隔墙省煤器为悬吊式，主省煤器则由三根钢梁支承，搁置在水泥构架梁上。在主省煤器周围为悬吊式框架炉墙，其下方与固定灰斗交接处布置了迷宫式密封结构，以补偿与搁梁之间的相对位移。二台容克式空气预热器直接安装在运转层，由水平烟道连接，布置在尾部烟井的后侧。后烟井周围均有管子包覆，外面敷设保温材料和金属外护板。除尾部空气预热器、烟风道、灰斗及主省煤器和出渣设备外，锅炉的其他受热面重量均

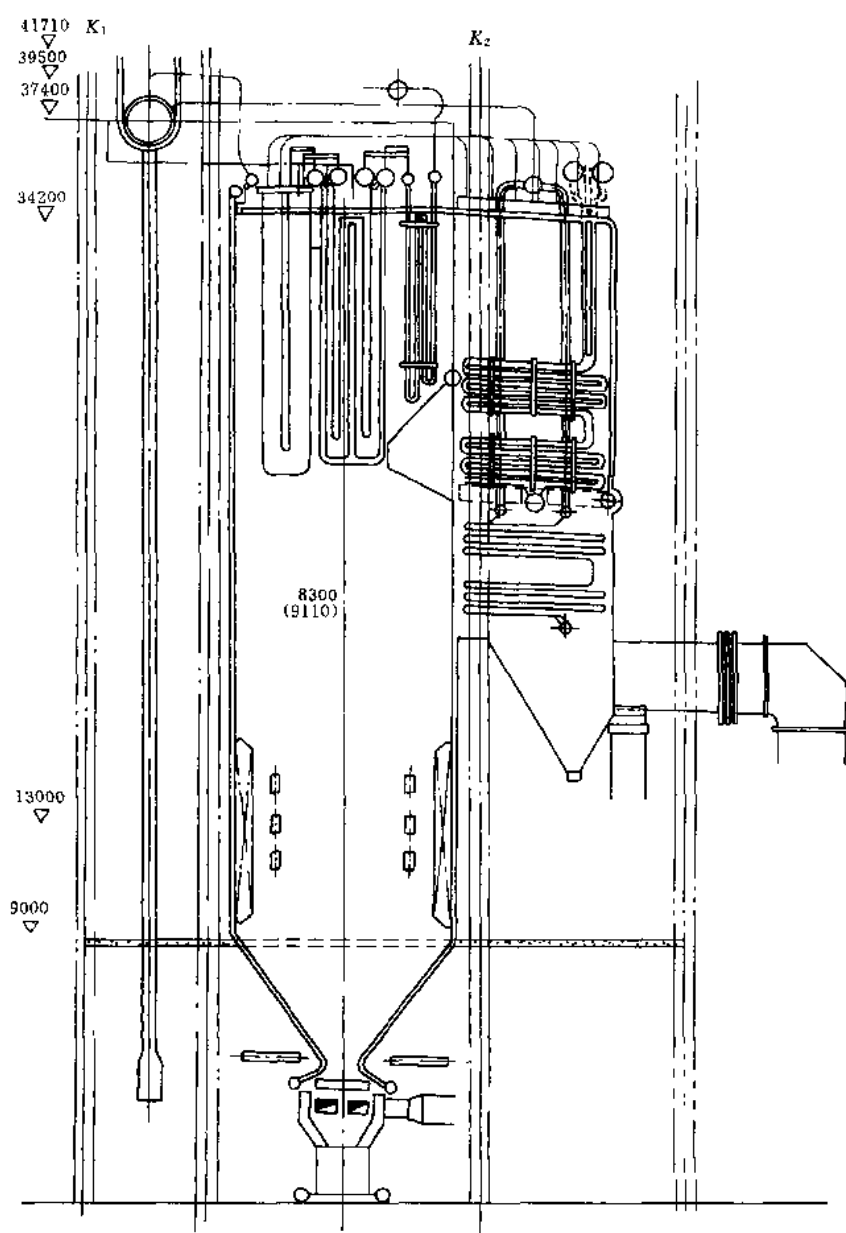


图 1-1 420t/h 锅炉整体布置图

悬吊在炉顶钢梁上。受热面均向下自由膨胀。炉顶钢架通过混凝土构架把荷重传递到锅炉的基础上。

锅炉主蒸汽采用一、二级喷水减温。再热器采用烟气挡板进行温度调节。再热器进口处设有事故喷水装置作为非正常工况时的降温调节措施。低温再热器与高温再热器之间设有微量喷水装置。

炉膛四周布置 16 只伸缩旋转式电动吹灰器，两侧墙及前后墙各 4 只。对流过热器前布置 4 只伸缩旋转式电动吹灰器，两侧各 2 只。

锅筒内部装置采用旋风分离器 + 给水清洗孔板 + 顶部均流孔板的结构形式。旋风分离器

共布置 48 只，与各分段连通箱连接。旋风分离器进口装有导流板，以提高蒸汽分离效果。旋风分离器上方布置清洗孔板，由省煤器来的 50% 给水作为清洗水。锅筒顶部仅设有多孔式均流孔板，使经过分离后的饱和蒸汽能均匀进入 12 根导汽管到过热器系统。

锅炉给水由 12 根导管从省煤器引入锅筒。其中 50% 的给水进入给水清洗孔板作清洗蒸汽用，余下的 50% 直接进入锅筒底部下降管附近与分离下来的水一起混合进入下降管。在下降管进口布置了十字挡板，以减少或消除下降管入口带汽，保证水循环安全。

在锅筒两端布置两只安全阀。在锅筒上还布置有排污、加药、紧急放水和升停炉时需要用的再循环等管路及水位计、水位平衡器。锅筒中的炉水经 4 根大直径下降管和分配集箱到 44 根下降支管，进入水冷壁 14 只下集箱，14 只上集箱接 46 根汽水导管进入锅筒。

后墙水冷壁上部由分叉管分为二路。一路折向前组成折焰角，另一路垂直上升，起悬吊管作用。在水冷壁四角一定标高处布置燃烧器，切向燃烧。在炉膛外面设置了由工字钢制成的刚性梁。燃烧器区域的刚性梁与燃烧器连成一体，以便加强刚性。在水冷壁下集箱设有蒸汽加热装置，汽源来自邻炉或热力系统中的中压蒸汽。

在过热器集汽集箱上装设一只口径为 DN80 的弹簧式安全阀，在集汽集箱上装设向空排汽阀，由两只 DN100 的电动截止阀串联组成，可以在集控室操作。在再热器系统上布置了六只公称直径为 DN150 的弹簧式安全阀，四只在进口管道上，二只在集汽集箱上。在集汽集箱上还装有二只串联的电动操作 DN100 对空排汽阀。

在空气预热器烟气侧进出口分别布置水冲洗管和固定式蒸汽吹灰管各一根。在出口处布置了过滤器，过滤器的定位尺寸可根据现场具体情况及疏水条件而定。

锅炉点火为二级点火，由高能点火器和轻油枪组成。高能点火直接点燃点火油枪。油枪一般采用机械压力雾化方式。油系统出力按锅炉额定蒸发量的 30% 负荷设计。在下二层或三层二次风喷嘴内分别设置轻油枪，每支轻油枪侧面各布置一个高能点火器。每个角的燃烧器内装有火焰监视器，可监视着火和燃烧工况，并用作炉膛的熄火保护信号。

锅炉采用机械连续捞渣机，布置在渣斗下方。冷却水不断冲洗渣斗以保护渣斗。

二、主要系统

1. 给水系统

从除氧器给水箱经给水泵、高压加热器到锅炉给水操作台前的全部管道系统称为锅炉给水管系统。锅炉给水管系统按其压力不同可以分为低压和高压给水管系统。由除氧器给水箱下降管到给水泵进口之间的管道、阀门等称为低压给水管系统，由给水泵出口经高压加热器至锅炉给水操作台前的管道、阀门等称为高压给水管系统。125MW 机组的给水管系统多采用单元制系统。系统中一般设 2 台 100% 容量的电动给水泵，一台运行，一台备用。每台给水泵出口压力侧，按水流方向装一个逆止阀、一个截止阀。逆止阀的作用是当给水泵停止工作时防止压力水倒流进入给水泵使给水泵倒转。截止阀的作用是当给水泵停止工作时切断与高压侧的联系。

锅炉给水操作台包括 100% 主给水和 30% 旁路给水两条并联管路。两条并联给水管路中分别装有主给水电动闸阀、气动主调节阀、旁路电动闸阀和旁路电动调节阀。现在给水一般采用两段调节方式，即以调速给水泵调节给水流量为主，而以主给水调节阀开度调节作为辅助调节手段。

2. 主汽水系统

电站锅炉的汽水系统是锅炉本体的重要组成部分，由省煤器、锅筒、下降管、上升管、顶棚过热器、包覆过热器、屏式过热器、对流过热器、联箱及连接管道等组成。汽水系统包括锅炉的汽水循环系统和过热蒸汽系统，其主要作用是通过受热面吸收炉内燃料燃烧释放出的热量，使给水在省煤器中被加热，再经过水冷壁吸热变成一定压力的饱和蒸汽，饱和蒸汽再经过热器系统被加热成额定压力和温度下的过热蒸汽。

给水泵送来的有一定压力和温度的给水由炉前分左右两侧进入省煤器管系（ECO），经炉外连接管同时进入前、后隔墙省煤器进口集箱，经前、后隔墙省煤器向上流动进入炉顶中间集箱，再分左右两侧由炉外下降进入旁路省煤器，然后进入水平烟道底部，加热至低于饱和温度（即非沸腾省煤器），再经过 12 根连接管进入锅筒。其中部分给水进入给水清洗孔板作清洗蒸汽用，余下的直接进入锅筒底部进入下部的给水分配管与分离下来的水一起混合进入下降管，进入锅炉的汽水循环系统。

为防止锅炉启动过程中省煤器管内产生汽化，在汽包和省煤器进口集箱之间设置了一条省煤器再循环管，管路上装有两只电动截止阀。当锅炉启动时必须打开这两个阀门，向省煤器提供足够的水流量，以防止省煤器中的水汽化，直到锅炉建立了一定的给水流量后，才能切断此两阀。

锅炉的汽水循环系统包括汽包（锅筒）、大直径下降管、水冷壁管、引出和引入管。由汽包（锅筒）、下降管、水冷壁下联箱、水冷壁管、水冷壁上联箱及导汽管构成的闭合管路系统称为水循环回路。来自省煤器的未沸腾水，进入汽包内沿汽包长度布置的给水分配管中。部分锅炉上采用了直接进入大直径下降管的管座使从省煤器来的欠焓水和炉水直接在下降管中混合，从而可以避免给水与汽包内壁金属接触，减少了汽包内外壁和上下壁的温差，这样对锅炉启动和停炉有利，可以减少相应产生的热应力。

锅筒中的炉水经 4 根（部分锅炉 5 根）大直径下降管至下降管下端的分配器，每个分配器分别与多根引入管相连（总共 44~46 根引入管），引入管把欠焓水分别送入炉室前、后墙及两侧墙的水冷壁各个循环回路的下集箱，经过水冷壁 400 多根 $\phi 60\text{mm} \times 5.5\text{mm}$ 的管子吸热，变成汽水混合物，一般按受热情况和几何形状划分成 14 个循环回路（少量的锅炉为 12 个回路），划分情况：前、后墙各有 4 个，左、右侧墙各 3 个循环回路。后墙水冷壁上部分叉管分为两路。一路折向前组成折焰角，另一路垂直上升，起悬吊管作用。水冷壁管中炉水向上流动，不断受热面产生蒸汽，形成汽水混合物，经 44 根（部分锅炉 46 根）引出管被引入汽包中，通过装在汽包中的旋风分离器和立式波形板把汽与水进行良好的分离，分离后的炉水再次进入下降管，而干饱和蒸汽则被导汽管引入炉顶过热器进口集箱，从而进入过热蒸汽系统。

部分锅炉水冷壁四周下集箱设有邻炉加热装置，锅炉在点火之前，邻炉蒸汽分路进入 14 只水冷壁下集箱，以加快锅炉启动速度。

锅炉的过热蒸汽系统一般由炉顶过热器、包覆过热器、前屏过热器、后屏过热器及对流过热器组成。饱和蒸汽从汽包顶部的蒸汽引出管中引出，然后进入锅炉顶棚过热器的进口集箱，蒸汽流经顶棚过热器受热面初步过热后，直接流经锅炉尾部竖井烟道的后墙包覆过热器，然后通过包覆过热器的 U 形集箱被送入悬吊管及两侧包覆过热器受热面中。蒸汽在包覆过热器中过热后汇集于炉顶上部的侧墙包覆过热器的出口集箱。通过出口集箱上的蒸汽引出管，蒸汽被送入前屏过热器的进口集箱，在前屏过热器受热面中吸热后经出口集箱上的引

出管左右交叉后引入后屏过热器的进口集箱。蒸汽在流经后屏过热器受热面之前，先经一级喷水减温器减温，然后流经后屏过热器受热面吸热。后屏过热器出口集箱中引出的过热蒸汽经过交叉后，被引入高温对流过热器的进口集箱，在进口集箱中蒸汽又经过二级喷水减温器减温。过热蒸汽在两侧逆流中间顺流的对流受热面中被加热至额定的压力和温度后，送入集汽集箱，然后从集汽集箱引出到汽轮机。

3. 再热蒸汽系统

125MW 机组锅炉再热器均采用对流式再热器。再热器系统的布置分为两种，一种采用单级布置，其受热面全部布置在尾部竖井烟道中，另一种为高温再热器和低温再热器二级受热面布置，高温段布置在对流过热器之后的水平烟道中，低温段和旁路省煤器作并联布置，布置在尾部竖井中。

在采用单级布置的锅炉再热器系统中，从汽轮机高压缸来的蒸汽，首先在锅炉两侧经两根管道引入再热器的事前喷水减温器，然后进入再热器进口集箱。在平行的四组再热器蛇形管束受热面中吸热后，进入再热器出口集箱，其中 1、3 两组管束引入偏左的出口集箱，2、4 两组管束进入偏右的出口集箱，然后分两路引出至汽轮机中压缸继续做功。

在采用两级布置的再热器系统中，从汽轮机高压缸来的蒸汽首先在锅炉两侧经两根管道引入再热器的事前喷水减温器，以防止从高压缸来的过高温度的排汽进入再热器，导致再热器管子过热烧坏，然后蒸汽进入低温级再热器的进口集箱，在低温级再热器受热面中吸热后，再进入水平布置的低温再热器出口集箱引出，在低温再热器出口集箱引出的管道上装有微量喷水减温器，以调节低温再热器出口蒸汽的左右温度偏差，使进入高温再热器的蒸汽温度比较均匀，然后蒸汽进入高温再热器进口集箱，经高温再热器管加热至额定温度后，引至高温再热器出口集箱，然后分两路引出至汽轮机中压缸继续做功。

4. 烟风系统

锅炉的烟风系统包括空气系统和烟气系统两部分。采用不同的燃料、不同的空气预热器和不同的制粉系统的锅炉的烟风系统有所不同。下面列举三种典型的燃烧系统烟风布置的方式。

(1) 采用乏气送粉储仓式制粉系统和烟气再循环布置的燃烟煤锅炉。锅炉燃烧所需的空气由送风机供给，送至空气预热器。从空气预热器出来的热空气分成两路，一路至锅炉的二次风大风箱，再由大风箱将二次风分配到四角燃烧器中的二次风喷嘴，作为燃烧的辅助风。另一路则输送到制粉系统磨煤机中作为干燥风。输送到制粉系统中去的热风通过制粉系统后便成为乏气，排粉风机将经过风粉分离后的乏气（含有少量煤粉）送入一次风管。在空气预热器和送风机进口之间设有热风再循环管。热风再循环管上设有自动调节风门，改变此风门挡板开度便可调节送风机进口的温度。除上述一、二次风系统外，这种锅炉还设有供火焰检测器用的冷却风系统和点火系统。

一、二次风经燃烧器送入炉膛后，煤粉与空气混合，在高温条件下很快便着火燃烧，生成烟气。高温烟气沿炉膛向上流动，离开炉膛后，经前屏、后屏、高温过热器，进入尾部烟道（后烟井），通过再热器和省煤器。通过省煤器后烟气分成两路，一路进入空气预热器进行热交换冷却后，再经二台电除尘器，然后被引风机排至烟囱，再排至大气中，另一路进入烟气再循环风机，增压后送入锅炉炉膛。

(2) 采用乏气送粉储仓式制粉系统和烟气挡板布置的燃烟煤锅炉。这种锅炉的空气系统

与采用乏气送粉储仓式制粉系统和烟气再循环布置的燃烟煤锅炉相同。一、二次风经燃烧器送入炉膛后，煤粉与空气混合，在高温条件下很快便着火燃烧，生成烟气。高温烟气沿炉膛向上流动，离开炉膛后，经前屏、后屏、高温过热器和高温再热器进入尾部烟道（后烟井），烟气在这里被分成二路，一路进入旁路省煤器，另一路则进入低温再热器。分别布置在省煤器和低温再热器后的烟气高温挡板可调节进入再热器烟道中的烟气量。尾部烟道中两个分隔烟道的烟气在经过调温烟气挡板后混合，再进入主省煤器、空气预热器进行热交换冷却后，再经二台电除尘器，然后被二台引风机排至一个共同的烟囱，再排至大气中。

(3) 采用热风送粉储仓式制粉系统燃贫煤、无烟煤锅炉。锅炉燃烧所需的空气由送风机供给，送至空气预热器。空气预热器采用管式空气预热器，分两级布置。从一级空气预热器出来的空气分为两路，一路空气进入制粉系统磨煤机中作为干燥风，另一路空气进入二级空气预热器。输送到制粉系统中去的热风通过制粉系统后，便成为乏气，排粉风机将经过风粉分离后的乏气（含有少量煤粉）送入三次风管。从二级空气预热器出来的风分成两路，一路至锅炉的二次风大风箱，再由大风箱将二次风分配到四角燃烧器中的二次风喷嘴，作为燃烧的辅助风。另一路则输送到一次风风管，作为一次风，加入煤粉后，送入燃烧器一次风喷嘴。除上述一、二次风系统外，这种锅炉还设有供火焰检测器用的冷却风系统和点火系统。

一、二次风经燃烧器送入炉膛后，煤粉与空气混合，在高温条件下很快便着火燃烧，生成烟气。高温烟气沿炉膛向上流动，离开炉膛后，经前屏、后屏、高温过热器和高温再热器进入尾部烟道（后烟井），在此烟气被分成二路，一路进入省煤器，另一路则进入低温再热器。分别布置在省煤器和低温再热器后的烟气高温挡板，可调节进入再热器烟道中的烟气量。尾部烟道中两个分隔烟道的烟气经过调温烟气挡板后混合，进入二级空气预热器、主省煤器、一级空气预热器进行热交换冷却，再经二台电除尘器，然后被二台引风机排至一个共同的烟囱，再排至大气中。

5. 出渣及除灰系统

用来排灰与排渣并将其送往发电厂厂区以外的设备和设施分别称为除灰系统和除渣系统，或统称为灰渣系统。目前，电厂输送灰渣的方法主要有机械输送、水力输送和气力输送三种。有的电厂采用单一的输送方式，也有一些电厂将不同的输送方式结合起来，但大多数电厂采用水力输送或气力输送方式。水力输送又称湿出灰，气力输送又称干出灰。湿出灰操作简单、安全，除灰及时、迅速并有连续性，能保持系统及燃烧室的严密性，并且现场的环境卫生较好。干出灰方式便于灰渣的综合利用。

在水力输送出渣及除灰系统中，炉渣沿冷灰斗落入水封槽，被水冷却后由捞渣机捞出，经碎渣机破碎后，用冲灰喷嘴水将其沿灰沟冲入灰浆池。装在除尘器和竖井烟道下部灰斗的水力冲灰器利用水的冲力将细灰送入灰沟，流入灰浆池。一般在灰浆池装有灰渣泵，将灰渣池中的灰渣送往储灰场。

6. 煤粉制备系统

制粉系统一般可以分为直吹式和中间储仓式两大类。

直吹式制粉系统把磨煤机磨制好的煤粉，经过气力输送直接送入炉内燃烧。该系统由于排粉机设置部位的不同，又可以分为负压系统和正压系统。采用负压系统的排粉机布置在磨煤机的后面，整个系统处在负压下工作，通过排粉机的是煤粉和空气的混合物。该系统的主要优点是磨煤机在负压状态下工作，不会向外喷煤粉，工作环境比较洁净，但由于燃烧需要

的所有煤粉都要通过排粉机，风机叶片容易磨损，增加了检修的工作量，而且，由于外界的冷空气容易漏入制粉系统，降低了锅炉的效率。正压系统的排粉机设置在磨煤机之前，制粉系统处于正压下工作，这样通过风机的只是空气，不存在磨损的问题，而且，由于避免了漏风，保证了锅炉的效率。

在采用中速磨的直吹式制粉系统中，经过除铁、除木屑并初步破碎的原煤由输煤皮带送到煤仓中，煤仓中的煤靠自重下落，经给煤机送入中速磨煤机中，煤在中速磨煤机中被磨制成煤粉，从出口端进入粗粉分离器，合乎煤粉细度要求的煤粉随气流上升，送到燃烧器一次风喷嘴，较粗的煤粉则由粗粉分离器的回粉管重新引进磨煤机中再磨制成适合要求的煤粉。磨煤机的干燥风则由从空气预热器出来的热风管路中的一路，输送到一次风机后，再送到制粉系统中中速磨煤机入口管道上，作为磨煤干燥风。正压直吹式制粉系统为防止煤粉从系统的各间隙处漏出，需设置专用的密封风机和管路，将更高压力的密封风送到系统各间隙处，以保证密封，因此系统更为复杂。

中间储仓式制粉系统是由磨煤机出来的风粉混合物，经过粗粉分离器后，不是直接送入炉膛燃烧，而是经过细粉分离器将合格的细煤粉分离出来，储放在煤粉仓内。然后根据锅炉负荷的需要，由给粉机调节送入炉膛燃烧。该种制粉系统磨煤机的出力不受锅炉负荷的限制，适用于电耗较大、且负荷对电耗影响不大、低负荷运行不经济的钢球磨煤机。中间储仓式制粉系统多为负压系统，根据送粉介质的不同可以分为乏气送粉和热风送粉两种。

在乏气送粉系统中，经过除铁、除木屑并初步破碎的原煤由输煤皮带送到煤仓中，煤仓中的煤靠自重下落，经给煤机送入钢球磨煤机中，煤在钢球磨煤机中被磨制成煤粉，从出口端进入粗粉分离器，合乎煤粉细度要求的煤粉随气流上升到细粉分离器中进行气粉分离，较粗的煤粉则由粗粉分离器的回粉管重新引进磨煤机中再磨制成适合要求的煤粉。

由细粉分离器中分离出来的煤粉输送到煤粉仓中，也可由埋刮板式输粉机送到邻近的煤粉仓中，由排粉机出来的制粉系统乏气作为一次风。二台磨煤机共用一个煤粉仓，煤粉仓中的煤粉经由给粉机输送到混合器与一次风混合后，进入四角燃烧器中的一次风喷嘴，送入炉内燃烧。每台磨煤机出来的煤粉空气混合物送入四个角的一次风喷嘴中。

磨煤机的干燥风则由从空气预热器出来的热风管路中的其中一路输送到一次风机后，再送到制粉系统中磨煤机入口管道上作为磨煤干燥风。采用乏气送粉的制粉系统，干燥风量的大小是由磨煤风量、干燥风量及一次风量三者综合决定的，通过制粉系统后，这股风便成为一次风。

采用热风送粉的中间储仓式制粉系统和乏气送粉中间储仓式制粉系统的区别在于制粉系统的乏气从排粉机出来后直接送入专门的三次风喷嘴，一次风是从空气预热器出来的热风。

7. 点火油系统

炉前燃油系统一般使用重油或柴油。它们自油泵房经过升压、加热、过滤后送到锅炉进油总管，再分别送到各段进油汇流管，每台锅炉有一根单独的油管，从相应的油汇流管接出，绕锅炉一周环形布置，然后再接到回油管上。炉膛四周油喷嘴的油管均从环形管上接出，各回油管分别接于回油总管，回油总管直通油库。炉前油系统应保证和监视炉前油系统中的介质在正常压力和流量下工作，现在炉前燃油系统还应能实现锅炉炉膛安全保护监察系统（FSSS）和协调控制系统（CCS）的控制要求。

8. 吹灰系统

125MW 锅炉一般均配有吹灰系统，现代锅炉的吹灰系统一般可用程序控制。锅炉的吹灰系统由减压站、吹灰器、吹灰管道和疏水管道组成。系统可以在控制台进行单独操作、遥控、程序控制和监视，并具有报警装置。吹灰介质可以是蒸汽，也可以是压缩空气。

9. 喷水减温系统

锅炉的喷水减温系统分两路，一路是从给水管引至锅炉过热器系统的喷水减温系统，另一路是从给水泵中间抽头至再热器事故喷水微量喷水系统。

过热蒸汽的喷水减温分二级。第一级喷水减温器布置在低温过热器出口至分隔屏进出的汇总管道上，用以控制进入分隔屏的蒸汽温度。第二级喷水减温器则布置在后屏过热器出口的左右连接管道上，用以控制高温过热器的出口蒸汽温度，以获得所需的额定汽温。过热器喷水减温系统进口管道上设置了一个总的电动截止阀，然后分成两路，一路至第一级喷水减温器，另一路至第二级喷水减温器，每条水管上均设置了电动调节阀和电动闸阀。在锅炉出现事故的情况下，可以关闭总的电动截止阀，以隔绝其后面的电动调节阀。电动调节阀后面设置一个电动截止阀，在维修调节阀时可关闭此阀。而在机组主燃料跳闸（MFT）时或负荷低于 20% 时应自动关闭总管道上的电动截止阀。在电动闸阀和气动调节阀之间设置了一条疏水管路，可定期地检测电动闸阀在关闭状态下是否泄漏。

为保证火力发电厂热力循环的效率，锅炉再热蒸汽温度的调节主要用烟气再循环或烟气挡板，但也设置微量喷水减温器和事故喷水减温器。再热器的喷水减温系统喷水水源来自给水泵中间抽头，在喷水总管道上设置一个电动闸阀，然后分成四个并行回路，其中两路至两再热器进口的事故喷水减温器，在机组发生事故时保护再热器，另外两路则接往低温再热器出口与高温再热器入口间的连接管道上的微量喷水减温器，以消除进入高温再热器左右两侧的蒸汽温度偏差。

在四个并行回路的管道上，都分别装有流量孔板、电动调节阀和电动闸阀。在流量孔板后装设疏水管道，而在喷水减温器前也装设疏水管道，此疏水管道同时也可作为反冲洗用。

10. 其他管路系统

锅炉的其他管路系统主要由疏水、放水、加药、取样、放气、充氮和排污等管路组成，并配有相应的阀门和管道。

锅炉的疏水、放水管路共有 6 路。第一路为省煤器进口集箱前左侧，第二路是低温过热器进口集箱左右两端，第三路为后烟井下环形集箱的四角，第四路为 4 根大直径下降管下的分配器端部各接有一条放水管路，此管路同时用作锅炉的定期排污管路，第五路为炉顶过热器、再热器进口集箱两端疏水管路，第六路为汽包上的水位平衡器和水位计的疏水管路。除上述管路外，还设置了一条事故放水管路，它布置在汽包下左前方，管路上配有 2 只电动截止阀，当汽包水位超过一定水位时，即打开此阀放水使汽包水位恢复正常，待水位正常后，便可关闭此阀。

加药管路则布置在炉前，从锅炉前下方引入，其管路上配有 2 只串联的截止阀。

从汽包至高温过热器及高温再热器出口共设置有 6 条放气充氮（ N_2 ）管路，每条管路均配置有 2 只串联的截止阀，而高温过热器出口管道和汽包上的放气充氮管路上的 2 只串联截止阀为电动截止阀。锅炉设置充氮管路是为了在锅炉停用较长时间（例如超过一个月）时，锅炉需要用充氮法或其他方法作为停炉保养而设立的。

锅炉的取样管路共有 4 路：即炉水取样，饱和蒸汽取样、过热蒸汽取样和再热蒸汽取