



普通高等教育“十二五”规划教材

能源动力类专业

大型锅炉运行

张磊 主编
廉根宽 副主编

行业精品

★ 本书配课件



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

能源动力类专业

大型锅炉运行

主 编 张 磊
副主编 廉根宽
编 写 丁 超 由 静 孙永福
 陈 媛 霍 焱
主 审 孙坚荣



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。本书以火力发电机组大型直流锅炉为主,讲述了锅炉本体和辅助系统运行的基本知识,同时也介绍了自然循环和循环流化床锅炉运行的基本知识,主要包括:锅炉启动与停运、锅炉运行特性、锅炉汽水系统调节、循环流化床锅炉的运行、制粉系统的运行、煤粉锅炉燃烧调整、锅炉常用泵与风机的运行、除灰与脱硫系统运行、锅炉事故及案例分析、故障诊断与处理、锅炉运行优化等知识,其中第三章锅炉运行特性、第十一章故障诊断与处理、第十二章锅炉运行优化部分可根据课程要求选修。为了扩展学生专业视野,本书还介绍了先进的锅炉燃烧优化理念、低氮氧化物燃烧器调节。为了方便教学,本书配备了教学课件。

本书可作为普通高等教育本科能源与动力工程专业的教材,也可作为高职高专电力技术类相关专业的教学参考书,同时可作为工程技术人员的仿真培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

大型锅炉运行 / 张磊主编. —北京: 中国电力出版社, 2012.7

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-3366-6

I. ①大… II. ①张… III. ①锅炉运行—高等学校—教材 IV. ①TK227

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 175444 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 10 月第一版 2012 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.5 印张 474 千字

定价 35.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

编 委 会

主 任 王焕金

副主任 杨立久 马明礼 于瑞生 赵红宾

成 员 (按姓氏笔画排序)

丁 超 由 静 孙永福 张 磊

陈 媛 廉根宽 霍 焱

前 言

锅炉是将煤、油、天然气等燃料燃烧释放出来的热能，通过金属受热面传递给经净化的水，并将其加热到一定压力和温度的水和蒸汽的连续运行的换热设备。

随着材料等级的不断提高和科学技术的不断进步，锅炉参数也逐步向超（超）临界压力扩展，其压力等级和温度等级进一步提高。

环境和能源是 21 世纪可持续发展的重要战略问题，节能环保是可持续发展必然的选择。锅炉行业为适应节能环保的要求，需要大力开展煤清洁燃烧和新发电技术的研究，超（超）临界压力机组是现阶段提高煤电效率、降低单位发电量污染物排放最有效的手段之一，因而发展大容量高参数直流锅炉发电机组是火力发电发展的重要趋势之一。

本教材在编写过程中注重理论知识与实际的结合，主要讲述锅炉本体和辅助系统运行的基本知识，同时介绍了最先进的锅炉燃烧优化理念、低氮氧化物燃烧器运行、大型循环流化床锅炉运行、袋式除尘器运行、氧化皮脱落引起的爆管故障等有关锅炉运行的知识，增添了国产 600MW 直流锅炉主要系统图以及系统流程等。

本书由国网技术学院张磊主编，廉根宽副主编，参与编写的有丁超、由静、孙永福、陈媛、霍焱。本书由上海电力学院孙坚荣主审，华中科技大学煤燃烧国家重点实验室丘纪华教授等专家和学者也提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示由衷的感谢。

编 者

2012 年 7 月

目 录

前言	
第一章 概述	1
第一节 电厂锅炉的基本知识	1
第二节 直流锅炉的主要系统	3
第三节 典型锅炉的布置形式	8
第四节 锅炉运行中常见的问题	9
第五节 直流锅炉机组的热工控制	11
思考题	21
第二章 锅炉启动与停运	22
第一节 直流锅炉启动系统与受热面保护	22
第二节 直流锅炉滑参数启动与停运	26
第三节 汽包锅炉启动与停运	30
第四节 汽包锅炉机组启、停期间受热面保护	37
思考题	41
第三章 锅炉运行特性	42
第一节 锅炉运行参数的变化	42
第二节 直流锅炉运行的静态特性	42
第三节 直流锅炉运行的动态特性	44
第四节 直流锅炉运行特性模型的建立	48
第五节 汽包锅炉运行的静态特性	53
第六节 汽包锅炉运行的动态特性	63
第七节 汽包锅炉运行特性模型的建立	68
思考题	79
第四章 锅炉汽水系统调节	80
第一节 直流锅炉汽水系统的调节	80
第二节 汽包锅炉汽水系统的调节	88
第三节 滑压运行时设备安全问题	95
思考题	98
第五章 循环流化床锅炉的运行	99
第一节 循环流化床锅炉的点火、启动与停运	99
第二节 循环流化床锅炉运行特性	108
第三节 循环流化床锅炉的运行调节	118
第四节 循环流化床锅炉运行问题的处理	123
思考题	125

第六章 制粉系统的运行	126
第一节 制粉系统的启动和停运.....	126
第二节 制粉系统的运行调节.....	134
第三节 三种中速磨煤机的性能比较.....	144
思考题.....	147
第七章 煤粉锅炉燃烧调整	148
第一节 锅炉燃烧的影响因素及参数调节.....	148
第二节 直流燃烧器锅炉的燃烧调整.....	154
第三节 旋流燃烧器锅炉的燃烧调整.....	161
第四节 W形火焰锅炉的燃烧调整.....	169
第五节 低 NO _x 燃烧控制技术.....	179
第六节 煤粉燃烧器的点火.....	185
第七节 锅炉燃烧的自动调节.....	191
思考题.....	194
第八章 锅炉常用泵与风机的运行	195
第一节 炉水循环泵的启动和运行.....	195
第二节 泵与风机的运行和调节.....	199
第三节 泵与风机主要系统流程介绍.....	208
思考题.....	211
第九章 除灰与脱硫系统运行	212
第一节 电除尘器的投运和停运操作.....	212
第二节 电除尘器的运行调整.....	214
第三节 气力除灰系统运行.....	215
第四节 电袋除尘器应用技术及运行维护.....	219
第五节 石灰石-石膏湿法脱硫装置的启动与停运.....	221
第六节 石灰石-石膏湿法脱硫装置的运行调节.....	227
思考题.....	229
第十章 锅炉事故及案例分析	230
第一节 锅炉水位事故及案例分析.....	230
第二节 锅炉燃烧事故及案例分析.....	232
第三节 锅炉承压部件爆管及案例分析.....	242
第四节 制粉系统故障及案例分析.....	248
第五节 空气预热器设备故障及案例分析.....	251
第六节 泵和风机设备故障及案例分析.....	254
思考题.....	260
第十一章 故障诊断与处理	261
第一节 故障诊断概述.....	261
第二节 锅炉故障特征的提取.....	261
第三节 锅炉燃烧的故障诊断技术.....	268

第四节	锅炉过热器、再热器和高温部件的故障诊断技术·····	271
第五节	专家系统简述·····	276
第六节	在线监测和故障诊断在锅炉运行中的应用·····	280
思考题	·····	281
第十二章	锅炉运行优化 ·····	282
第一节	锅炉运行参数目标值的确定·····	282
第二节	锅炉热经济性在线分析系统·····	283
第三节	锅炉热经济指标及其计算模型·····	285
第四节	锅炉性能优化系统介绍·····	291
思考题	·····	301
参考文献	·····	302

第一章 概 述

第一节 电厂锅炉的基本知识

一、电厂锅炉的作用和组成

锅炉是火力发电厂三大主机中最基本的能量转换设备,其作用是使燃料在炉内燃烧放热,加热锅水并生成一定数量和一定质量的过热蒸汽。电厂锅炉由锅炉本体设备、辅助设备和锅炉附件组成。

锅炉本体设备是锅炉的主要组成部分,由燃烧系统和汽水系统两部分组成。锅炉燃烧系统由炉膛、烟道、燃烧器、空气预热器等组成,其主要作用是使燃料在炉内良好燃烧,放出热量,图 1-1 所示为大型煤粉锅炉燃烧系统。锅炉汽水系统由省煤器、水冷壁、启动分离器(汽包)、过热器、再热器等组成,其主要任务是有效吸收燃料放出的热量,使锅水蒸发并形成具有一定温度和压力的过热蒸汽,图 1-2 所示为直流锅炉的汽水系统,图 1-3 所示为亚临界压力自然循环汽包锅炉的汽水系统。

锅炉的辅助设备主要包括通风设备、制粉设备、给水设备、除尘除灰设备等。通风设备主要包括送风机、引风机、烟道和风道、烟囱等,其主要作用是提供燃料燃烧和煤粉干燥所需的空气,并将燃烧生成的烟气排出炉外。制粉设备主要包括原煤仓、给煤机、磨煤机、粗粉分离器等,其主要作用是将原煤干燥并磨制成合格的煤粉。给水设备由给水泵和给水管路组成,其主要作用是可靠地向锅炉供水。除尘除灰设备的主要任务是清除烟气中的飞灰和燃料燃烧后的灰渣。

锅炉附件主要包括安全阀、水位计、吹灰器、热工仪表和控制设备等。此外,锅炉本体还有炉墙和构架。炉墙用来构成封闭的炉膛和烟道,构架用来支承和悬吊汽包、锅炉受热面、炉墙等。

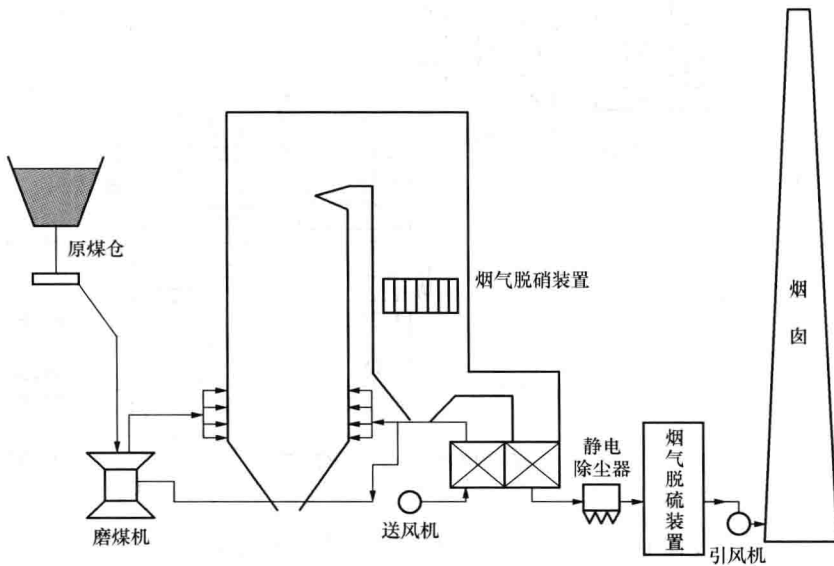


图 1-1 大型煤粉锅炉燃烧系统

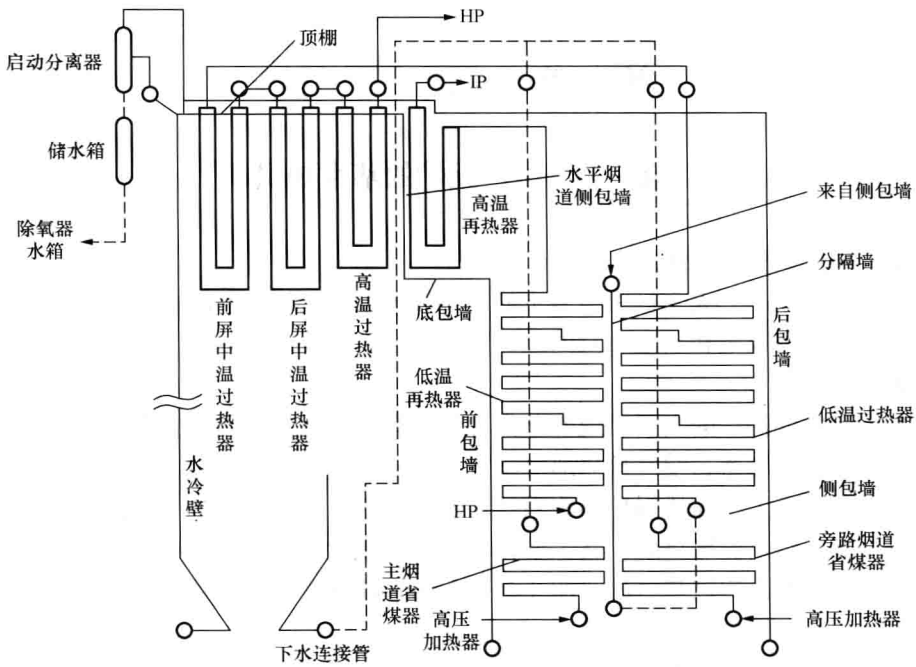


图 1-2 直流锅炉的汽水流程

HP—汽轮机高压缸；IP—汽轮机中压缸

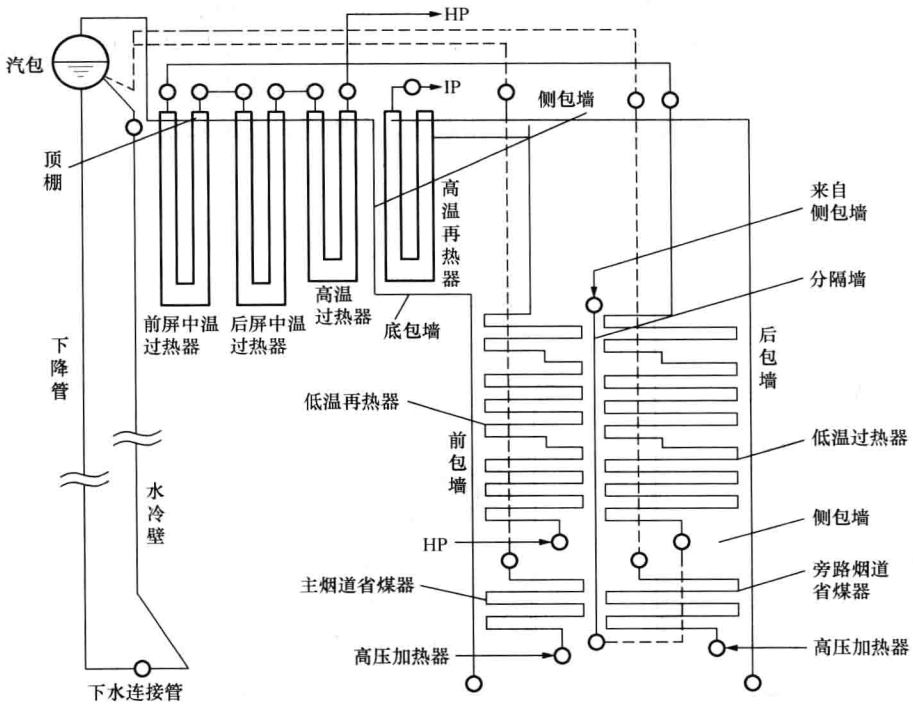


图 1-3 亚临界压力自然循环汽包锅炉的汽水流程

二、电厂锅炉的工作过程

1. 烟气系统

煤粉和空气在炉膛中混合燃烧形成烟气，烟气在炉膛中向上流动，依次经过水冷壁、前屏中温过热器、后屏中温过热器、高温过热器、高温再热器、低温过热器/低温再热器、省煤器、空气预热器后离开锅炉。煤粉燃烧后形成的灰渣通过下部的冷灰斗和排渣口排出炉膛，飞灰随着烟气流动离开锅炉本体，在静电除尘器（ESP）中被捕捉下来；烟气中含有少量的 SO_2 、 NO_x 气体，分别在烟气脱硫装置（FGD）和烟气脱硝装置（SCR）中被脱除。净化处理后的烟气经引风机送入烟囱，排向大气环境。

2. 汽包锅炉的汽水流程

如图 1-3 所示，来自高压加热器的给水进入省煤器，水在省煤器中被加热，温度升高，然后分左右两路进入汽包。在汽包中，给水和来自水冷壁的汽水混合物混合，蒸汽经过汽水分离器离开汽包。未饱和水进入下降管，通过下联箱和下连接管进入水冷壁。水冷壁中的水受到炉膛内高温烟气的辐射换热被加热、蒸发，变成汽水混合物。汽水混合物经过水冷壁出口联箱、汽水导管进入汽包。

来自汽包的饱和蒸汽分为两路：一路蒸汽进入炉膛顶棚过热器、水平烟道侧包墙、水平烟道底包墙后进入竖井烟道前包墙，蒸汽自上而下流动进入前包墙出口联箱；另一路蒸汽进入竖井烟道顶包墙、后包墙，蒸汽自上而下流动进入后包墙出口联箱。竖井烟道前后包墙出口联箱各自分为左、右两个出口，蒸汽进入竖井烟道左、右侧包墙入口联箱。蒸汽在侧包墙中从下向上流动经过出口联箱和导管进入分隔墙入口联箱，蒸汽在分隔墙内自上而下流动，经过出口联箱进入低温过热器入口联箱。低温过热器位于竖井烟道后半部分，蒸汽在低温过热器由下往上流动，经过出口联箱进入前屏中温过热器。蒸汽离开低温过热器之后，经过 I 级喷水和一次左右交叉。蒸汽离开前屏中温过热器进入后屏中温过热器，经过 II 级喷水减温喷水和二次左右交叉，进入高温过热器。过热蒸汽减温水来自高压加热器出口。压力、温度、流量合格的蒸汽离开高温过热器进入蒸汽管道，经过主汽阀、汽轮机调节汽阀进入汽轮机的高压缸。蒸汽在高压缸做功并抽汽后，回到锅炉的低温再热器进行加热。再热蒸汽经过低温再热器、高温再热器后进入汽轮机的中压缸。

3. 直流锅炉的汽水流程

直流锅炉的汽水流程（见图 1-2），大部分类似于汽包锅炉，区别在于：①来自省煤器的热水进入启动分离器，分离器的水进入储水箱，经过下降管进入水冷壁下联箱。进入纯直流运行阶段后，启动分离器由湿态转入干态运行，来自省煤器的热水直接进入水冷壁下联箱。②由于存在启动分离器的干、湿态转换，因此启动分离器始终处于热态备用状态。

第二节 直流锅炉的主要系统

目前我国大型锅炉大多为 600MW 以上超临界压力直流锅炉，作为运行人员而言，熟悉该锅炉系统流程是最基本的技能之一，以下针对某国产 600MW 超临界压力直流锅炉热力系统图介绍其汽水系统和风烟系统。

一、锅炉汽水系统

锅炉汽水系统的任务是将高压给水通过锅炉受热面的加热为汽轮机提供合适参数的蒸汽，以

满足机组负荷的需要。锅炉系统中所用阀门及管件符号如图 1-4 所示,汽水系统如图 1-5 所示。







































				DPS(FS) 差压开关	DCS 分散控制系统	TSI 汽轮机安全监视系统
				PS(LS, TS) 压力(液位, 温度)开关	DAS 数据采集系统	BPC 旁路控制
			* 随本体供设备	TI(PI, FI, LI) 温度(压力, 流量 液位)计	SCS 顺序控制系统	BFP 锅炉给水泵
			ZS 位置开关	PT 压力变送器	MCS 闭环控制系统	BFBP 锅炉给水泵前置泵
			ZT 位置变送器	LT 液位变送器	FSSS 炉膛安全监控系统	RAP 回旋式空气预热器
			FO 故障时开	DPT(FT) 差压变送器	DEH 数字电液控制	CCCW 闭式循环冷却水
			FC 故障时关	TIS(PIS US), 温度(压力, 液位)指示开关	ETS 危机保安系统	OCCW 开式循环冷却水
			AT 分析仪表	SE 转速传感器	SI 转速表	
						
						
						

图 1-4 锅炉系统中所用阀门及管件符号

下面根据图 1-5 所示介绍锅炉汽水系统流程。

1. 正常运行时锅炉汽水系统流程

主给水→主给水电动门→主给水止回阀→锅炉给水母管→省煤器入口联箱→省煤器→省煤器出口联箱→省煤器出口给水下降管→锅炉前、后墙螺旋水冷壁入口联箱→前、后、侧墙螺旋水冷壁→前、后、侧墙螺旋水冷壁中间联箱→前、后、侧墙垂直水冷壁→前、后、侧墙垂直水冷壁出口联箱→折焰角入口汇集联箱→折焰角入口联箱、水平烟道侧包墙入口联箱→折焰角/水平烟道后墙联箱、水平烟道侧包墙出口联箱→汽水分离器 A、B、C、D→顶棚管入口联箱→顶棚管→尾部烟道入口联箱→分两路：第一路经尾部烟道前墙；第二路经尾部烟道顶棚管、尾部烟道后墙→两路汇合到后烟道下部环形联箱(由前墙、后墙、两侧墙联箱相连组成)→尾部烟道两侧墙→侧包墙出口联箱→侧包墙管→后烟道中间隔墙入口上联箱→分两路：第一路到中间隔墙；第二路经省煤器、低温过热器悬吊管、中间隔墙下联箱→两路汇合到中间隔墙→低温过热器入口联箱→低温过热器→低温过热器出口联箱→一级喷水减温器 A、B→一级喷水减温器 A、B 蒸汽管道左右交叉→屏式过热器进口联箱→屏式过热器→屏式过热器出口联箱→二级喷水减温器 A、B→二级喷水减温器 A、B 蒸汽管道左右交叉→高温过热器进口联箱→高温过热器→过热器出口联箱→汽轮机高压缸→汽轮机高压缸排汽→再热蒸汽冷段管道→A、B 侧再热汽温减温器→低温再热器入口联箱→低温再热器→高温再热器→高温再热器出口汇集联箱→汽轮机中压缸。

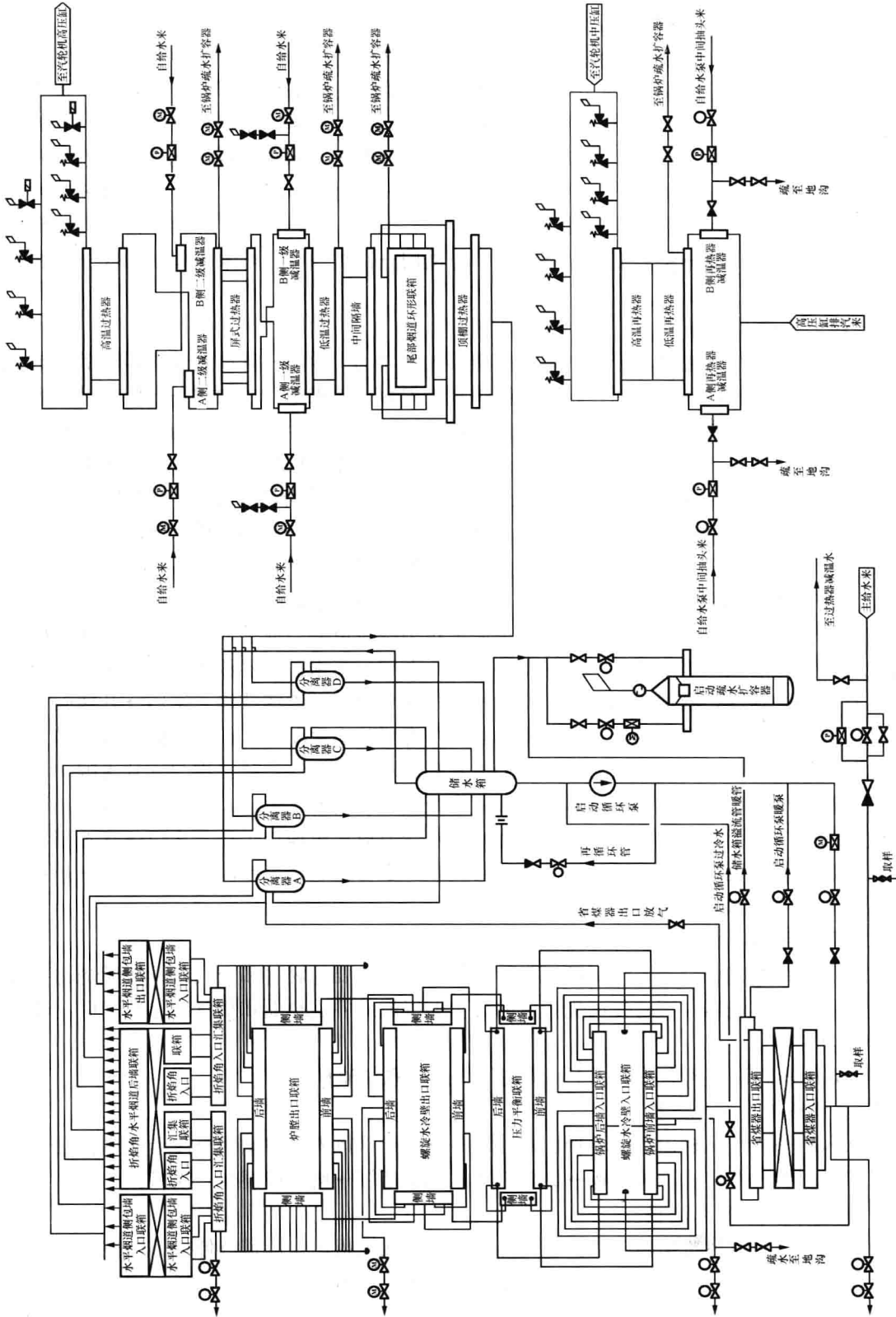


图 1-5 锅炉汽水系统

2. 锅炉湿态下给水再循环流程

主给水→主给水旁路调节阀→主给水止回阀→锅炉给水母管→省煤器入口联箱→省煤器→省煤器出口联箱→省煤器出口给水下降管→锅炉前、后墙螺旋水冷壁入口联箱→前、后、侧墙螺旋水冷壁→前、后、侧墙螺旋水冷壁中间联箱→前、后、侧墙垂直水冷壁→前、后、侧墙垂直水冷壁出口联箱→折焰角入口汇集联箱→折焰角入口联箱、水平烟道侧包墙入口联箱→折焰角/水平烟道后墙联箱、水平烟道侧包墙出口联箱→汽水分离器 A、B、C、D→锅炉储水箱→锅炉启动循环泵入口管道→锅炉启动循环泵→锅炉启动循环泵出口管道→锅炉启动循环泵出口流量调节阀→锅炉启动循环泵出口电动门→锅炉启动循环泵出口止回阀→锅炉给水母管→省煤器。

3. 锅炉热放水流程

锅炉已停→开屏式过热器至锅炉疏水扩容器放水电动二次门→开屏式过热器至锅炉疏水扩容器放水电动一次门→开低温过热器至锅炉疏水扩容器放水电动二次门→开低温过热器至锅炉疏水扩容器放水电动一次门→开包墙过热器至锅炉疏水扩容器放水电动二次门→开包墙过热器至锅炉疏水扩容器放水电动一次门→开折焰角过热器至锅炉疏水扩容器放水电动二次门→开折焰角过热器至锅炉疏水扩容器放水电动一次门→汽水分离器压力 0.8MPa→垂直水冷壁至锅炉疏水扩容器放水电动二次门→垂直水冷壁至锅炉疏水扩容器放水电动一次门→螺旋水冷壁至锅炉疏水扩容器放水电动二次门→螺旋水冷壁至锅炉疏水扩容器放水电动一次门→开锅炉储水箱大溢流电动门前手动门→开锅炉储水箱大溢流电动门→开锅炉储水箱大溢流调节阀至锅炉疏水扩容器放水→开锅炉储水箱小溢流电动门前手动门→开锅炉储水箱小溢流电动门至锅炉疏水扩容器放水→开主给水母管至锅炉疏水扩容器放水电动二次门→开主给水母管至锅炉疏水扩容器放水电动一次门→开螺旋水冷壁至地沟放水二次门→开螺旋水冷壁至地沟放水一次门→开低温再热器至锅炉疏水扩容器放水手动二次门→开低温再热器至锅炉疏水扩容器放水手动一次门→开 A 侧一级喷水减温水管道放气手动二次门→开 A 侧一级喷水减温水管道放气手动一次门→开 B 侧一级喷水减温水管道放气手动二次门→开 B 侧一级喷水减温水管道放气手动一次门→开 A 侧再热减温水管道放水至地沟手动二次门→开 A 侧再热减温水管道放水至地沟手动一次门→开 B 侧再热减温水管道放水至地沟手动二次门→开 B 侧再热减温水管道放水至地沟手动一次门。

二、风烟系统

锅炉风烟系统的作用是连续不断地供给锅炉燃烧所需要的燃料和空气，并按燃烧的要求分配风量送到各燃烧器，同时使燃烧生成的含尘气流经各受热面和烟气净化装置后，最终由烟囱排至大气。

图 1-6 所示为锅炉风烟系统。下面简述锅炉风烟系统流程。

1. 磨煤机冷一次风流程

一次风机→一次风机出口电动挡板→伸缩节→冷一次风入口电动门→冷一次风管道→冷一次风风道母管→磨煤机冷风挡板→磨煤机冷风调节挡板→磨煤机混合一次风。

2. 磨煤机热一次风流程

一次风机→一次风机出口电动挡板→伸缩节→一次风机出口风道→伸缩节→空气预热器→空气预热器热一次风出口电动挡板→伸缩节→侧热一次风管道→热一次风风道母管→磨煤机热风挡板→磨煤机热风调节挡板→磨煤机混合一次风。

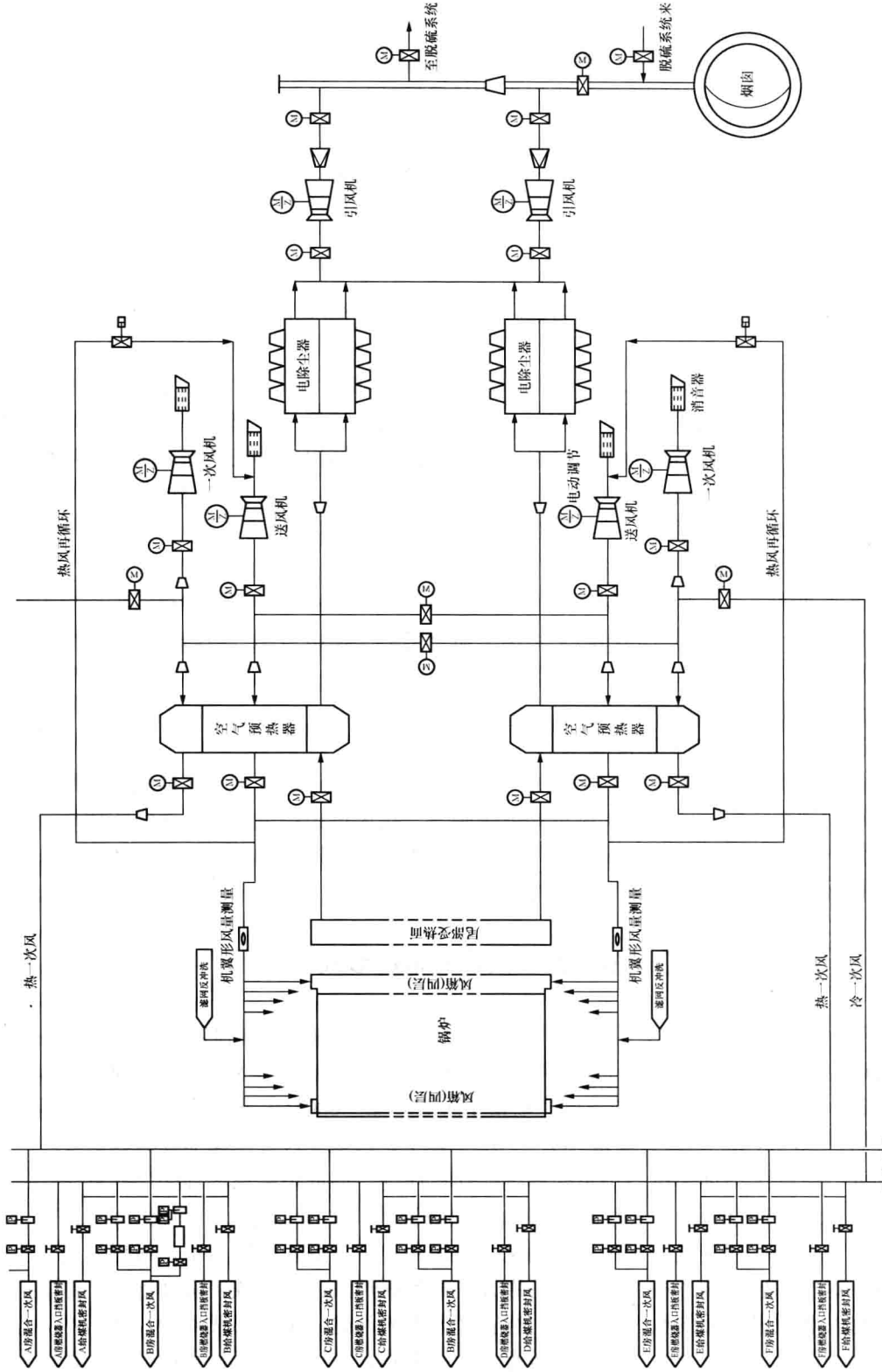


图 1-6 风烟系统

3. 给煤机密封风流程

一次风机→一次风机出口电动挡板→伸缩节→冷一次风入口电动门→冷一次风管道→冷一次风风道母管→给煤机密封风母管→给煤机密封风气动门→给煤机。

4. 锅炉二次风流程

送风机→送风机出口电动挡板→送风机出口风道→伸缩节→空气预热器→空气预热器烟气出口电动挡板→锅炉二次风道→二次风测量装置→锅炉二次风箱。

5. 送风机热风再循环流程

送风机→送风机出口电动挡板→送风机出口风道→伸缩节→空气预热器→空气预热器烟气出口电动挡板→锅炉二次风道→热风再循环管道→热风再循环电动调阀→送风机消音器后入口风道。

6. 锅炉正常烟气流程

锅炉尾部受热面→空气预热器烟气入口电动挡板→空气预热器→空气预热器烟气至电除尘器风道→伸缩节→烟气风道分为两路至电除尘器→电除尘器出口烟气两路风道→引风机入口烟道→引风机入口电动挡板→引风机→引风机出口电动挡板→引风机出口烟道母管→烟气至脱硫系统入口挡板→脱硫系统→烟气至脱硫系统出口挡板→烟囱。

7. 锅炉脱硫系统故障时烟气流程

锅炉尾部受热面→空气预热器烟气入口电动挡板→空气预热器→空气预热器烟气至电除尘器风道→伸缩节→烟气风道分为两路至电除尘器→电除尘器出口烟气两路风道→引风机入口烟道→引风机入口电动挡板→引风机→引风机出口电动挡板→引风机出口烟道母管→烟气至脱硫系统旁路挡板→烟囱。

8. 空气预热器跳闸处理隔离流程

空气预热器跳闸→引风机连锁跳闸→引风机入口电动挡板连锁关闭→送风机连锁跳闸→送风机出口电动挡板连锁关闭→一次风机连锁跳闸→一次风机出口电动挡板连锁关闭→关闭空气预热器烟气入口电动挡板→关闭空气预热器烟气出口电动挡板→关闭空气预热器热一次风出口电动挡板→关闭锅炉冷一次风入口电动门。

第三节 典型锅炉的布置形式

我国电厂锅炉已进入大容量、高参数、多样化、高度自动化的发展新时期。大型锅炉的运行经济性普遍较高，除一些难燃的无烟煤锅炉外，锅炉效率基本上都在90%以上，某些烟煤锅炉的效率达到94%。在 NO_x 排放控制方面也取得了进展，国产600MW机组锅炉的 NO_x 排放质量浓度最低的在 $300\text{mg}/\text{m}^3$ [O_2 含量 $m(\text{O}_2)=6\%$]以下，远低于现行国家标准的规定值。

尽管如此，一些大型锅炉机组仍不同程度地存在问题，如锅炉承压部件的“四管”爆漏时有发生，占机组强迫停运总小时数的41.34%；燃烧稳定性欠佳，机组调峰能力差；锅炉炉膛及对流受热面结渣；回转式空气预热器漏风大，堵灰严重；磨煤机出力不足或煤粉达不到要求的细度。这些问题影响了机组运行的可靠性，导致锅炉出力不足或经济性下降。这既有设计、制造与安装质量方面的原因，也有运行管理方面的问题。现场实践表明，燃用不同煤种时，会对锅炉的经济、安全性及环保效益有较大的影响，在锅炉的设计和运行上应加以专门的考虑，因此锅炉制造企业在设计制造中应根据不同煤种采用不同的炉型。

一、褐煤锅炉

我国褐煤煤矿主要分布在东北和西南地区。东北主要是水分较低的老年褐煤，西南地区主要是高水分的褐煤。褐煤锅炉主要有三种形式：塔式布置，采用风扇磨切圆燃烧锅炉； Π 形布置，采用中速磨煤机的四角切圆燃烧锅炉；T形布置，采用风扇磨煤机八角切圆燃烧锅炉。

二、烟煤锅炉

我国东部沿海地区电厂大多燃用烟煤（不包括贫、瘦煤，尤其是低挥发分的贫、瘦煤），烟煤锅炉的炉型及燃烧方式相对比较单一，除少数因特殊的灰渣处理要求采用液态排渣锅炉外，一般只是由于制造厂的传统习惯不同而分别采用常规的切圆燃烧或墙式燃烧锅炉。

在切圆燃烧锅炉中，大多采用 Π 形布置，少部分为塔式布置、T形布置。

三、贫煤、无烟煤锅炉

燃烧低挥发分煤的锅炉形式较多，大多采用 Π 形布置。除常规的切圆和墙式燃烧外，还有U形、W形的拱式燃烧方式和循环流化床锅炉。此类煤的最大特点是着火与燃尽相当困难，不仅要从炉型设计，而且要从燃烧器及制粉系统的设计选型方面采取相应技术措施解决这一问题。由此，出现了一次风置换（PAX）双调风旋流燃烧器、浓淡分离直流燃烧器等。而且以往大多采用钢球磨煤机储仓式制粉系统，只是近20多年来在一些贫煤锅炉上配用中速磨煤机直吹系统，同时也出现了双进双出钢球磨煤机直吹系统和半直吹系统。

W形双拱燃烧锅炉通常用于燃烧低挥发分煤，对于难着火、难燃尽的无烟煤，宜采用钢球磨煤机中间储仓式热风送粉系统或双进双出钢球磨半直吹热风送粉系统。这无论对着火燃烧的稳定性还是对运行的经济性都是十分有利的。

第四节 锅炉运行中常见的问题

一、炉膛结渣沾污

炉内结渣沾污是各类锅炉中普遍存在的问题，只是程度上有差别，因而必须切实注意以下几点：

（1）在锅炉炉膛及燃烧器设计选型前，应深入细致地掌握设计煤种和校核煤种的着火、燃尽、结渣与沾污特性。电厂应提供确实的具有代表性的设计煤种和校核煤种。

（2）在炉膛设计中对关键结构特性参数的选择，如炉膛容积热负荷、断面热负荷、燃烧器区域壁面热负荷及炉膛火焰高度等，必须以保证运行可靠性为主要目标。鉴于我国电厂用煤变化较大，应留有足够余地。不少电厂大型锅炉都选取了较低的炉膛容积热负荷，是十分成功的范例。

（3）锅炉尽量不敷设卫燃带。有些电厂锅炉当燃用 $V_{daf}=12\%$ 左右的难燃贫煤时，尽管未敷设卫燃带，仍能保持良好的燃烧；当燃烧 $V_{daf}>12\%$ 的煤种时，除拱式燃烧锅炉外，一般不敷设卫燃带；当燃烧低挥发分煤而在水冷壁上必须敷设卫燃带时，其敷设的位置和面积应特别注意。

（4）燃烧器、燃烧系统及吹灰器、炉底除渣装置等辅助设备的选型与设计布置也必须慎重选择。

（5）在运行中应加强燃煤管理及锅炉燃烧工况的调整。强化运行中的吹灰仍不失为十分