

火力发电机组运行人员现场规范操作指导书

GUOLU FENCE

锅炉分册



望亭发电厂 编

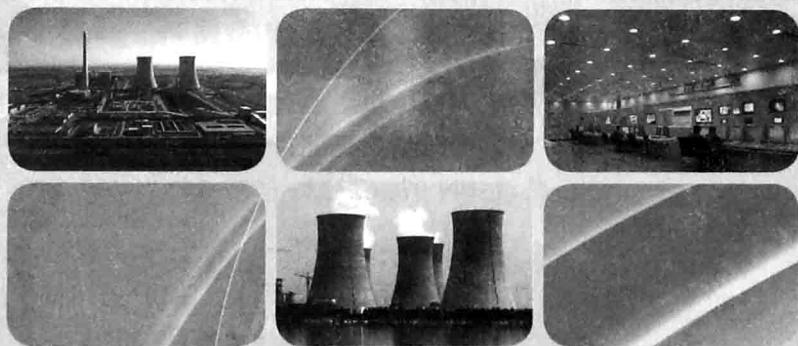


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

火力发电机组运行人员现场规范操作指导书

GUOLU FENCE

锅炉分册



望亭发电厂 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《火力发电机组运行人员现场规范操作指导书》包括锅炉、汽轮机、电气、脱硫除灰、化学、燃料共 6 个分册,涵盖了火力发电机组各专业的内容。本套丛书按照目前火力发电企业生产流程和一般管理界限,以岗位运行知识为基础,以提高操作技能为目的,根据火力发电厂生产一线人员在运行维护过程中总结的经验,详细介绍现场规范操作,包括巡回检查、现场操作、监盘等常规运行工作。

本书为《火力发电机组运行人员现场规范操作指导书 锅炉分册》,内容包括锅炉设备整体介绍及基本操作方法,锅炉汽水系统操作,风烟系统操作,制粉燃烧系统操作,吹灰系统操作,燃油系统操作,锅炉的启停,以及烟气脱硝系统的运行操作。

本书可作为火力发电机组锅炉运行人员、维护人员的上岗及在岗培训指导书,也可供锅炉专业的技术及管理人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

火力发电机组运行人员现场规范操作指导书. 锅炉分册/望亭发电厂编. —北京:中国电力出版社,2015.4

ISBN 978-7-5123-6752-4

I. ①火… II. ①望… III. ①火力发电-发电机组-电力系统运行-技术操作规程②火电厂-电厂锅炉-技术操作规程 IV. ①TM621-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 256637 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

*

2015 年 4 月第一版 2015 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17 印张 392 千字

印数 0001—3000 册 定价 50.00 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

《火力发电机组运行人员现场规范操作指导书》

编 委 会

主 任 委 员 杨惠新

副主任委员 刘志军

委 员 莫国平 包献忠 陈立新 冯程辉

主 编 包献忠

副 主 编 陆 烨

主要编写人员 杨 波 杨 炜 朱建平 陆 烨

俞德民 顾蕾蕾 朱晨明 陈立民

夏 炜 于小川 胡 隆 金志伟

李浩侃 罗志浩 严晓锋

序

近年来，随着国民经济的飞速发展，中国电力工业的装备技术和管理水平取得了长足的进步，呈现出生产过程更加环保、自动化程度不断提高、运行定员不断减少的良好趋势。与此同时，自动化程度越来越高的设备和越来越严格的安全和环保要求，对机组运行人员专业技术素质提出了更高的要求。

作为一家1958年建厂的国有火力发电企业，望亭发电厂在20世纪80年代末即已跨入装机容量超百万的电厂行列，从国内第一台300MW双水内冷机组到国内第一批390MW级燃气—蒸汽联合循环机组的投运，再到国内第一个拆除30万kW机组、“上大压小”投产国内首台国产引进型660MW超超临界燃煤机组，该电厂在创新求发展的过程中，不仅取得了突出的经营业绩，也积累了丰富的运行管理经验，形成了系统完善、制度严谨、流程清晰的运行管理体系。

本套丛书按照目前火力发电企业生产流程和一般管理界限，分为锅炉、汽轮机、电气、脱硫除灰、化学、燃料共6个分册，涵盖了火力发电机组各专业的内容。本套丛书着重以岗位运行知识为基础，以提高操作技能为目的，根据电厂生产一线人员在运行维护过程中总结的经验，详细介绍现场规范操作，包括巡回检查、现场操作、监盘等常规运行工作。通过制定符合运行现场实际的规范操作指导丛书，可以规范运行人员操作，使各专业操作既安全又经济，同时使一些优良的运行传统能不断延续下去。作为本套丛书的编撰方，望亭发电厂生产技术人员倾注了大量的心血，书中收录了许多在望亭发电厂经过几十年才沉淀下来的丰富经验，宝贵而实用。认真研读，字里行间，可以清晰地感受到望亭发电厂勤奋、严细、求实、创新的企业精神和管理理念。

希望本套丛书的出版，能够为电力行业的同仁们提供借鉴和帮助，也为火力发电技术人员，尤其是运行人员的技术培训提供支撑。

杨惠新

2014年8月

前言

随着电力工业技术的不断进步，社会用电量的持续增加和环保要求的日趋严格，发电行业向高参数、环保型转变升级的步伐明显加快，有着较高技术含量的电力新设备不断投用，对火力发电厂运行人员技术素质提出了更高要求。为了进一步规范机组运行人员日常操作，将以往优良的运行传统传承下去，降低运行人员误操作的概率，减少因技术或管理人员操作、指挥、管理不当造成机组非停的次数及对设备的损害，中国华电集团公司望亭发电厂在中国电力出版社的大力支持下，组织各级技术人员精心编写了《火力发电机组运行人员现场规范操作指导书》。

针对火力发电厂运行工作的特点，本套丛书侧重于对现场规范操作的描述及总结，对相关原理及设备只做简单介绍，着重以岗位运行知识为基础，以提高技能操作能力为目的，力求用浅显易懂的语言、符合现场实际的描述，更好地满足火力发电厂各岗位运行、技能操作和继续教育的需要。

本书是《火力发电机组运行人员现场规范操作指导书 锅炉分册》，共八章，由胡隆主编，胡隆、金志伟、曹萍、陆建棋、张振杰、任新生、李迪、彭柏康、浦渝、杨波、成伟、黄礼廉、黄强等编写，全书由胡隆统稿，朱晨明主审。

本书在编写过程中，参阅了部分已正式出版的技术文献及设备制造厂、电力设计院、安装单位、调试队伍的有关技术资料、说明书、图纸等，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，加之编写时间紧迫，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正并提出宝贵意见。

编者

2014年8月

目 录

序 前言

第一章 锅炉设备整体介绍及基本操作方法概述.....	001
第一节 电站锅炉的类型.....	001
第二节 典型控制循环汽包锅炉系统的简单介绍.....	002
第三节 典型超超临界机组直流炉系统的简单介绍.....	009
第四节 阀门的操作特性.....	014
第五节 泵与风机.....	023
第六节 锅炉受热面的布置.....	029
第二章 汽水系统操作	043
第一节 汽水系统概述.....	043
第二节 锅炉启动汽水系统的主要操作.....	044
第三节 锅炉的运行调整.....	058
第四节 控制循环锅炉炉水循环泵的运行.....	087
第五节 锅炉承压部件的安全运行.....	091
第三章 风烟系统操作	097
第一节 空气预热器及其润滑油系统.....	097
第二节 送风机和引风机.....	106
第四章 制粉燃烧系统操作	118
第一节 制粉系统.....	118
第二节 磨煤机.....	121
第三节 给煤机.....	134
第四节 磨煤机润滑油系统.....	141
第五节 一次风系统.....	143
第六节 燃烧器.....	154
第七节 燃烧中 NO_x 控制技术	159
第八节 点火系统.....	170
第五章 吹灰系统操作	171
第一节 锅炉受热面积灰和结渣的原因及危害.....	171
第二节 锅炉吹灰器及其布置.....	172
第三节 锅炉受热面的吹灰.....	175

第四节	吹灰器设备故障处理·····	185
第五节	吹灰优化系统操作·····	186
第六章	燃油系统操作 ·····	189
第一节	燃油系统概述·····	189
第二节	连锁保护和控制·····	190
第三节	机组燃油系统的运行方式·····	193
第四节	机组微油系统的运行方式·····	198
第五节	燃油系统日常运行操作·····	203
第六节	燃油系统的停运、吹扫、隔绝、冲洗操作·····	209
第七节	燃油系统的事故处理·····	210
第八节	燃油系统的消防·····	212
第七章	锅炉的启停 ·····	214
第一节	锅炉启动的必备条件·····	214
第二节	锅炉的启动方式和特点·····	220
第三节	锅炉的冷态启动·····	221
第四节	锅炉的停运·····	235
第八章	选择性催化还原烟气脱硝技术 ·····	241
第一节	选择性催化还原烟气脱硝技术简介·····	241
第二节	SCR 烟气脱硝的主要系统与设备 ·····	242
第三节	SCR 对锅炉及其尾部设备的影响 ·····	249
第四节	SCR 烟气脱硝系统的启动 ·····	250
第五节	SCR 烟气脱硝系统的停运 ·····	255
第六节	SCR 烟气脱硝系统的运行与维护 ·····	256
第七节	SCR 烟气脱硝系统的故障处理 ·····	260

第一章

锅炉设备整体介绍及基本操作方法概述

第一节 电站锅炉的类型

国产发电机组所配置的锅炉共有三种基本形式：UP 型直流炉、自然循环汽包炉和控制循环锅炉。主要制造厂有上海锅炉厂、东方锅炉厂、哈尔滨锅炉厂和北京锅炉厂等。

现代汽包炉有两种基本形式：自然循环汽包炉和控制循环汽包炉。汽包炉的基本工作原理是：在锅炉蒸发受热面与过热受热面之间设置有汽包，它使得各受热面的功能固定化，即蒸发点固定不变。汽包的主要作用是对水冷壁来的汽水混合物进行汽水分离，并将分离出的饱和蒸汽送至过热器继续加热，而将分离出的水与省煤器来的给水混合后送至水冷壁加热蒸发。其一次工质的基本流程如图 1-1 所示。

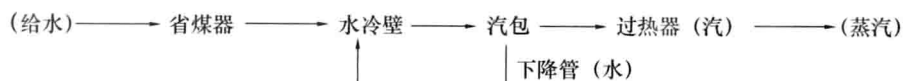


图 1-1 一次工质的基本流程

自然循环汽包炉的水循环动力来自于下降管中的饱和水与水冷壁中的汽水混合物之间的重度差；控制循环汽包炉的水循环动力不仅来自于下降管中的饱和水与水冷壁中的汽水混合物的重度差，还来自于炉水循环泵的扬程，是由二者的共同作用进行水循环的。一般，压力越低，水的蒸发段越长，越适宜自然循环；反之，压力越高，水的蒸发段越短，越不适应自然循环，就需要采用控制循环。当达到超临界压力时只能采用直流炉。

目前直流炉按照其水冷壁的布置形式可分为两大类，一次垂直上升式和螺旋管圈式。

直流炉的特点是给水在炉管中被一次加热成蒸汽，无需经过多次循环，即循环倍率等于 1，因此它没有汽包，汽水无固定的分界线。直流炉在炉管中的流动动力完全来自于给水压力，不依赖汽与水的重力差，因此适应于任何压力的锅炉（也适应超临界压力，汽包炉则不适应超临界压力），同时也增加了流动阻力。直流炉由于没有汽包，给设计、制造带来很多方便。

直流炉的优点是：金属耗量少，制造、安装及运输方便，锅炉运行时适应负荷变化的能力较强，速度较快，启停速度也较快，不受汽包壁温差的限制。缺点是：给水品质要求高，给水泵消耗功率较大，需设有专门的启动旁路系统等。

一次垂直上升式直流炉的基本结构形式采用通用压力型结构，即所谓的 UP（universal pressure）型直流炉。它的设计制造经历了两代，早期为双炉膛结构，燃油和燃煤均有；20 世纪 80 年代中期作了改进设计，制造出 1025t/h 单炉膛亚临界压力 UP 型直流炉。

螺旋管圈式水冷壁直流炉在欧洲采用最为普遍；这是一种螺旋布管技术，水冷壁从下至上由一组管子沿炉膛四周呈螺旋形上升，直至水冷壁出口集箱。采用这种布管技术的水

冷壁具有如下优点。

(1) 由于水冷壁管旋转上升, 故受热均匀, 运行可靠性好。

(2) 水冷壁管总体根数少, 可采用内径较大的管子而仍能够保证具有较大的质量流量, 从而保证充分的冷却。

(3) 水冷壁的总体刚度较好, 故运行中变形小。

但是, 由于这种布管技术的特点而具有如下缺点。

(1) 水冷壁管子的制造、安装复杂, 特别是四角燃烧器处, 结构相当复杂, 并约束了燃烧器的设计布置。

(2) 水冷壁支吊系统复杂。为了保证水冷壁既能够热胀冷缩, 又能够承担负重, 不晃动、不振动, 膨胀有序, 悬吊和支撑系统相当复杂, 给现场安装带来不便。

(3) 压力适应范围小 (与垂直布管技术相比), 低压下易产生汽水分层现象, 使传热恶化。

(4) 内壁易结焦。由于管子接近水平状态, 液态的渣焦不易流下去, 容易结住。

第二节 典型控制循环汽包锅炉系统的简单介绍

一、锅炉系统概况

锅炉型号: SG-1025/18.3-M835

名称: 1025t/h 控制循环锅炉

制造厂: 上海锅炉厂

望亭发电厂 11 号机组锅炉是由上海锅炉厂引进、美国燃烧工程公司进行设计制造的亚临界一次再热控制循环锅炉。采用单炉膛, 四角切向燃烧方式, Π 型露天布置。锅炉炉顶采用全密封结构。锅炉采用敷管式轻型炉墙, 除容克式预热器单独支承外, 锅炉受热面均采用悬吊结构, 全部重量悬吊在钢架顶部的梁上。

水冷壁由炉膛四周及折焰角延伸墙组成。过热器由炉顶管、尾部包覆延伸墙包覆、低温过热器、分隔屏、后屏及高温过热器组成。分隔屏与后屏布置在炉膛上部出口处; 高温过热器布置于延伸斜烟道上; 低温过热器布置于尾部烟道内; 再热器由墙式辐射再热器、屏式再热器和高温再热器组成, 墙式辐射再热器布置于炉膛上部前墙和两侧墙前部, 在折焰角及延伸墙斜烟道上依次布置屏式再热器和高温再热器; 省煤器为单级, 布置于低温过热器下部。

1. 汽水系统

锅炉给水和水循环系统: 给水由锅炉 B 侧单路经过逆止阀和给水总门后进入省煤器进口集箱, 流经省煤器进口集箱、省煤器管组, 中间连接集箱和悬吊管, 然后汇合在省煤器出口集箱, 再由 3 根 $\phi 219 \times 25\text{mm}$ 的汽包给水管从省煤器出口集箱引入汽包, 并与汽包内炉水混合, 混合后的水沿汽包底部长度方向布置的 4 根大直径下降管流至汇合集箱, 随后由连接管分别引入 3 台炉水泵, 每台炉水泵出口有 2 只出口阀, 炉水泵将来自汇合集箱的水增压后, 经出口阀及出口管道进入下水包, 下水包为四周相通的环形集箱, 管径为 $\phi 914 \times 100\text{mm}$, 水在下水包内经过滤网及节流孔板进入炉膛四周的两侧水冷壁、前后水冷壁共 870 根上升管, 水在水冷壁内吸热形成汽水混合物, 汇集至水冷壁上集箱, 通过

汽水引出管进入汽包，在汽包内进行汽水分离，分离后的饱和蒸汽引至炉顶过热器。

本锅炉采用 CC+ 循环系统，即“低压头循环泵+内螺纹管”，称为改良型控制循环，下降管系统中布置了 3 台低压头炉水循环泵，以保证水冷壁内介质循环安全可靠，水冷壁四周采用了内螺纹管，可以使水冷壁中的质量流速降低，流量减少，使循环倍率从过去的 4 降低到 2。二台炉水循环泵可以带 MCR 负荷。

炉膛下水包与省煤器进口管道之间设有一根再循环管，其管径为 $\phi 76 \times 11 \text{mm}$ ，管道上配有一只省煤器再循环阀。在锅炉启动时，省煤器再循环阀打开，约 4% 最大连续蒸发量（MCR）流量的炉水进入省煤器，以防止省煤器汽化，直至建立一定的给水量该阀才关闭。

2. 过热蒸汽系统

从汽包顶部引出的饱和蒸汽进入炉顶过热器，为避免蒸汽阻力增大，有一部分蒸汽被旁通，直接进入后烟井包覆上集箱。从炉顶过热器出口集箱引出的蒸汽经过后烟井包覆、后烟井延伸侧墙，再汇总至低温过热器进口集箱，依次流过低温过热器、分隔屏、屏式过热器和高温过热器，再由高温过热器出口集箱上引出至主蒸汽管道（ $\phi_{\text{a}} 368.3 \times 83.1 \text{mm}$ ），通向汽轮机高压缸。在低温过热器和分隔屏之间的连接管道布置了 I 级喷水减温器，屏式过热器和高温过热器之间的连接管道上布置了 II 级喷水减温器。

各级过热器之间均采用大直径管及三通连接，这使介质能充分混合，减少热偏差，并简化布置。包覆过热器布置成多个平行回路，其目的是为了降低系统的蒸汽阻力。

蒸汽冷却定位管由分隔屏进口集箱引出，通过分隔屏、后屏，再引入后屏出口集箱，将分隔屏定位夹紧。

3. 再热蒸汽系统

自汽轮机高压缸排出的蒸汽经 $\phi 812.8 \times 21 \text{mm}$ 的排汽管后分成二路引入墙式辐射再热器进口集箱，经过墙式辐射再热器，再由炉顶上部的出口集箱引出，通过 4 根连接管引至屏式再热器进口集箱，依次经过屏式再热器和高温再热器，然后由高温再热器出口集箱上引出至（ $\phi_{\text{a}} 635 \times 31 \text{mm}$ ）再热蒸汽管道，通向汽轮机中压缸。在墙式再热器进口管道上布置有事故喷水减温器。各级再热器间都采用大直径管道及三通连接，以便增加充分混合的条件。在屏式再热器和高温再热器之间通过连接管道进行左右交叉，以减少因炉膛左右侧烟温偏差而引起的再热蒸汽温度偏差。

锅炉本体配有 10 只美国 CROSBY 公司生产的弹簧式安全门和 2 只德莱赛公司生产的气控释放阀。安全阀分别布置在汽包、过热器出口管道、再热器冷段进口管道及再热器热段出口管道上，电动释放阀装在过热器出口安全阀后的主蒸汽管道上。

4. 制粉、燃烧系统

锅炉采用正压直吹式制粉系统，配置五台 HP-863 型中速磨煤机，五台 9224 型电子重力式给煤机和二台密封风机。其中四台磨煤机就可以满足锅炉满负荷运行，一台为备用，燃烧器采用四角布置，同心反切燃烧方式，每角燃烧器风箱中设有三层启动及助燃用的燃油枪和每支燃油枪设有高能电子发火器。

燃烧器喷嘴沿高度方向自下而上编号为：AA、A、AB、B、BC、C、CD、D、DE、E、EF、OFA（FF）共 12 层喷嘴，其中 A、B、C、D、E 层为煤粉喷嘴，煤粉喷嘴周围

配有燃料风（周界风），AA、AB、BC、CD、DE、EF 为辅助风喷嘴，BC、CD、DE 为贴壁风喷嘴，OFA（FF）层为燃烬风喷嘴。空气雾化燃油枪仍布置在 AB、BC 和 DE 辅助风喷嘴内。除 BC、CD、DE 喷嘴气流与主气流正切一定角度外，其他喷嘴气流均与主气流一致。贴壁二次风不仅可提高炉膛高温燃烧区域水冷壁附近的氧量，防止炉膛的结焦和高温腐蚀，而且也在炉膛水平方向形成分级送风，也可在一定程度上减少 NO_x 的生成。磨煤机 A 的四只煤粉管内均设置有靠高能电子发火器点火的气化小油枪（每角两支），使机组启动时能尽早投运制粉系统，节省锅炉启动燃油。EF 和 FF 层辅助风、燃烬风的喷嘴为左右可调的喷嘴，目前放反切 15° ，以减少左右侧的烟温偏差。

SOFA 风喷嘴沿高度方向自下而上编号为：SOFA 风 I、SOFA 风 II、SOFA 风 III、SOFA 风 IV，共 4 层喷嘴。SOFA 风 I、II 喷嘴仅可手动进行开度变化，也可手动左右摆动 15° 。SOFA 风 III、IV 喷嘴既可通过 DCS 控制风门大小，也可通过 DCS 上下自动摆动 30° ，更可手动左右摆动 15° 。

为降低氮氧化物（ NO_x ）的生成，首先在主燃烧器上采取煤粉水平浓淡分离技术，在炉膛水平方向形成浓淡两股煤粉气流（浓在内，淡在外），实现炉膛水平方向的空气分级燃烧（一次水平空气分级）。另外，主燃烧器的部分二次风喷嘴（AB、CD、EF）采取正向偏置布置，形成部分贴壁风，推迟了该部分二次风与煤粉气流的混合，也在炉膛水平方向形成了一定程度的空气分级燃烧（二次水平空气分级）。其次，在沿炉膛高度的垂直方向采取三次空气分级，即在主燃烧器区域送入部分煤粉完全燃烧所需要的一次风和二次风，在紧邻主燃烧区的上方 OFA（FF）喷嘴送入小部分燃烬风（一次垂直空气分级），从 OFA（FF）喷嘴上方距主燃烧器一定距离的 SOFA 风 I、II 喷嘴送入部分燃烬风（二次垂直空气分级），最后在 SOFA 风 III、IV 喷嘴送入剩余的燃烬风（三次垂直空气分级）。

燃烧器喷嘴摆动是由气动驱动装置通过连杆机构和内外摆动机构装置来实现，每角燃烧器的喷嘴都有各自的摆动连杆，通过摇臂装置和主连杆由摆动气缸装置驱动上下摆动，以喷嘴水平位置为零度，一次风可上下摆动各 20° ，二次风可上下摆动 30° ，用于调节再热蒸汽温度。

SOFA-III、IV 喷嘴摆动是由气动驱动装置通过连杆机构和内外摆动机构装置来实现，每角燃烧器的喷嘴都有各自的摆动连杆，通过摇臂装置和主连杆由摆动气缸装置驱动上下摆动，以喷嘴水平位置为零度可上下摆动 30° ，用于调节 NO_x 排放浓度。SOFA-III、IV 喷嘴还可进行水平方向调节，以消除热偏差。

锅炉采用平衡通风方式，配置二台轴流式动叶可调引风机，二台轴流式动叶可调送风机，二台离心式变频调节静叶调节一次风机，风机均采用低位布置。炉后尾部布置二台三分仓容克式空气预热器，直径为 10.33m，转子回转，正转，一、二次风分隔布置，一次风分隔角度为 50° 。炉膛的设计结构强度（包括炉墙、刚性梁、炉顶密封及水冷壁连接件等），能承受 $\pm 5.6\text{kPa}$ 的压力，瞬间能承受 $\pm 8.73\text{kPa}$ 的压力。当燃烧室突然熄火或送风机全部跳闸时，炉墙及支撑件不会产生永久变形。

5. 吹灰系统

本锅炉布置有 88 只炉室吹灰器，44 只长伸缩式烟道吹灰器。每台预热器烟气出口端各布置 1 只伸缩式吹灰器和一套乙炔燃气脉冲式吹灰器。本体部分吹灰蒸汽由分隔屏出口

集箱接出, 蒸汽温度 447°C , 预热器吹灰蒸汽由后屏过热器出口集箱接出, 蒸汽温度为 504°C 。蒸汽经过减压后进入各吹灰器, 吹灰管路设有自动疏水点, 锅炉整套吹灰实现程序控制。在烟气余热加热系统中, 对称布置八台声波吹灰器, 气源接自机组杂用气系统, 吹灰由就地 PLC 柜实现程序控制, 亦可由 DCS 发出操作指令。

6. 启动旁路及高、低压旁路系统

在锅炉尾部后烟井包覆下部环形集箱上布置 4 根疏水管 (前后各 2 根), 4 根管道汇总接至锅炉疏水母管或高温加热器事故疏水扩容器, 流量为锅炉最大流量的 5%。

在过热器出口和再热器进口之间设置了高压旁路, 在再热器出口和凝汽器之间设置了低压旁路, 旁路系统的容量为 40% MCR。

7. 烟气温度探针

在炉膛出口高度 43 900mm 处 B 侧装有炉膛出口烟气温度探针, 启动时用此监视炉膛出口烟温不超过 538°C 。

8. 控制系统

本机组的热控部分采用艾默生控制系统有限公司的 Ovation 分散控制系统。整个机组配备有数据采集系统 (distributed control system, DCS), 燃烧器管理系统 (burner management system, BMS), 协调控制系统 (coordination control system, CCS) 和程序控制系统 (sequence control system, SCS)。

BMS 又可称为锅炉炉膛安全监控系统 (furnace safety supervision system, FSSS), 在锅炉各种运行方式下, 不间断地监视燃烧系统的各个参数与状态, 进行不断的逻辑判断和运算, 发出必要的操作指令, 通过种种连锁装置, 使燃烧设备中的有关部件严格按照既定的合理程序, 以保证锅炉燃烧系统的安全。BMS 系统不仅能自动完成各种操作和保护动作, 还能避免运行人员在手动操作时的误动, 并能及时执行手操来不及的快动作, 如紧急切断和跳闸等。其主要功能有: 炉膛吹扫, 油枪投停, 制粉系统的投停, 火焰检测, 主燃料跳闸 (master fuel trip, MFT) 等。

SCS 是按照规定的时间或逻辑的顺序, 对某一系统或主要辅机的多个控制元件进行一系列操作, 以减轻操作员工作量, 防止误操作。

CCS 对锅炉、汽轮机及辅助系统的有关模拟量参数进行连续闭环控制, 使被控模拟量参数值维持在设定范围或按预期目标变化, 主要功能有对主蒸汽温度、再热蒸汽温度、机组负荷、主蒸汽压力、炉膛压力、锅炉送风量、汽包水位、磨煤机出口温度、磨煤机风量、一次风压力、燃料量等进行控制, 以适应外界负荷需要, 保证机组正常运行, 以及发生不同工况快速负荷返回 (RB) 时, 自动选择对应的制粉系统停用, 自动选择对应的燃油枪紧急投运, 设定不同的目标主蒸汽压力。风烟、制粉系统流程如图 1-2 所示, 锅炉汽水流程如图 1-3 所示。

二、锅炉主要设备简介

1. 炉水泵

11 号机组锅炉采用英国海伍德·泰勒 (Hayward Tyler) 公司生产的无密封垫的湿定子电动机锅炉炉水循环泵, 本锅炉装设三台炉水泵。

炉水泵布置于下降管的中途, 借助炉水泵的压头, 使工质在汽包、下降管、下联箱、

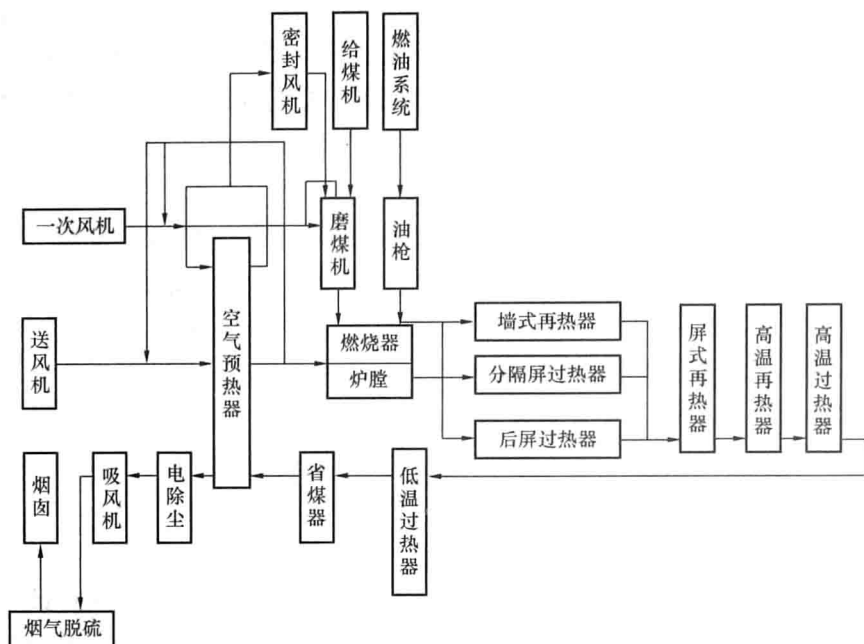


图 1-2 风烟、制粉系统流程图

水冷壁、汽包的循环回路中安全循环流动。

炉水泵由叶轮、轴、泵壳、电动机转子、定子、电动机冷却器及炉水泵配套的冷却、充水系统组成。

炉水泵的主要特点是将叶轮和电动机转子均装在与炉水相连的高压密封壳体内，从而减少了泄漏的可能。电动机转子和定子用耐水的绝缘电缆做绕组，绕组浸在与炉水相连的高压冷却水中。电动机绕组由副叶轮带动形成的闭式循环高压冷却水冷却，冷却水有润滑电动机轴承和推力轴承的作用。

电动机冷却器是用来冷却电动机高压冷却水的热交换器，用闭冷水来冷却高压冷却水。

充水冷却器是用来冷却炉水泵充水的热交换器。充水冷却器是一个简单的 U 形管，中间通炉水泵充水，管外通闭冷水冷却充水，使充入电动机的充水温度不大于 43℃，防止轴承和电动机的损坏。

2. 制粉系统设备

11 号机组锅炉制粉系统由二台一次风机、二台密封风机、五台磨煤机和五台给煤机及其附属设备组成。

制粉系统为具有冷一次风机的正压、直吹式。配有二台变频调节离心式一次风机、两台密封风机（一用一备）、五台 HP863 型中速磨煤机、五台 9224 型电子称重皮带式给煤机。公用的密封风系统提供磨煤机（含旋转分离器）和给煤机所需的密封风。磨煤机燃烧器为多空气分级低 NO_x 燃烧器（MAS-LNCT）。

HP 碗式中速磨煤机主要由给煤管、煤粉管、煤粉旋转分离装置、磨辊及其加载装置、磨碗装置、齿轮箱、电动机等组成。磨煤机电动机通过齿轮传动装置驱动磨碗旋转。三个独立的、能绕其轴自由旋转的、弹簧加载的磨辊均匀分布在磨碗上方，与磨碗衬板保

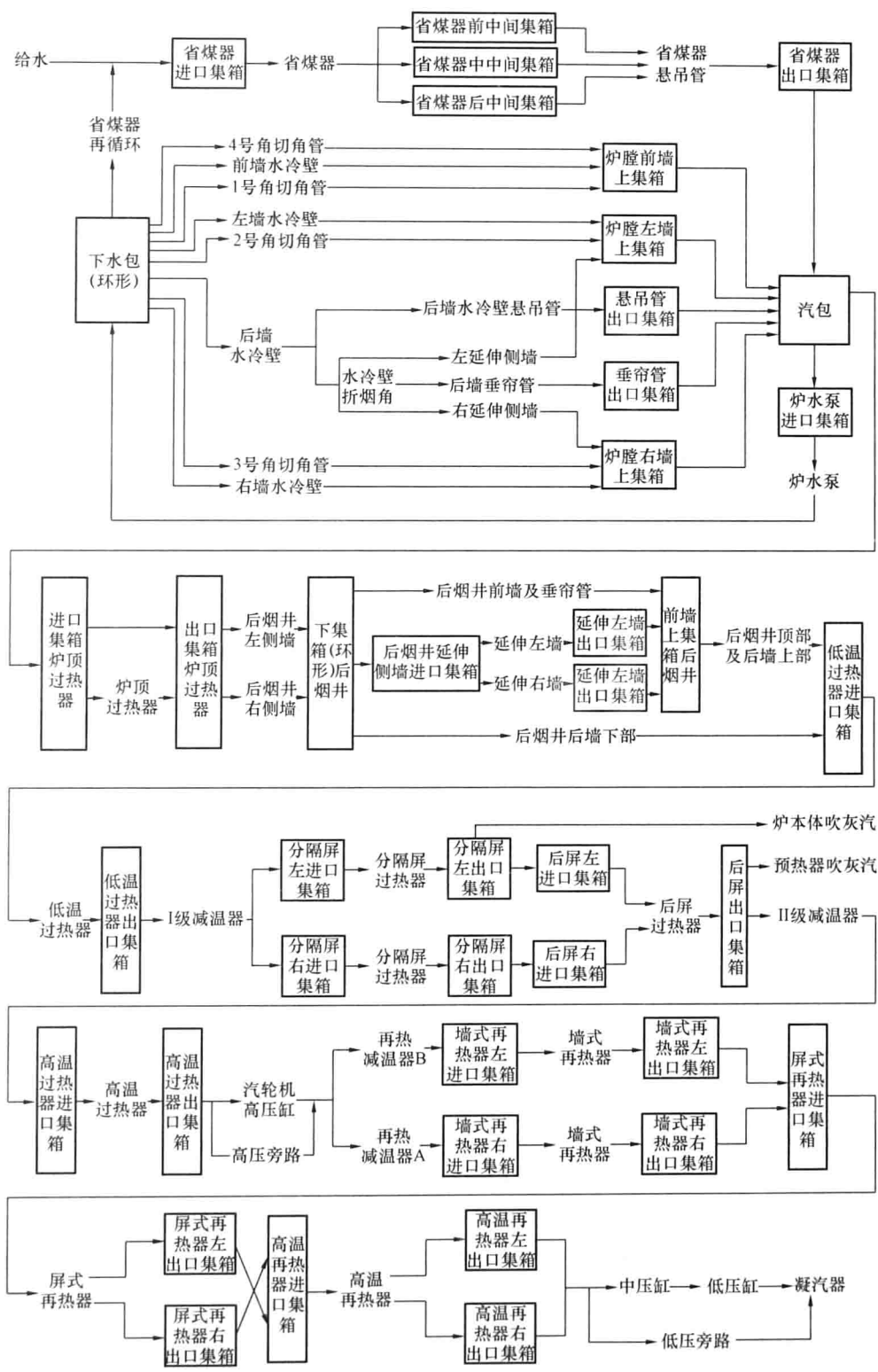


图 1-3 锅炉汽水流程图

持一定的间隙，组成煤粉的磨粉区域。从煤场来的原煤由煤仓层经煤仓，落煤管进入给煤机。具有自动控制转速性能的给煤机把煤从落煤管口由皮带经断煤指示器送至给煤机出

口，再经堵煤指示器、给煤管落在磨煤机的磨碗上。在离心力的作用下，原煤进入磨粉区域被碾磨、挤压成粉，随后沿磨碗边沿溢出。

由一次风机来的一次风经预热器加热后从磨煤机下部的进风口沿切向进入磨煤机，通过与磨碗一起旋转的喷嘴螺旋上升，并与从磨碗边沿溢出的煤粉混合，形成气粉混合物。

公用的密封风系统分低压和高压两路，其中低压密封风直接从冷一次风母管上引出，用于磨煤机出口门密封和给煤机密封用；高压密封风系统配备二台密封风机（风源从一次风机出口来），通过磨煤机/密封门来提供磨煤机密封用，通过磨煤机/旋转分离器密封门来提供磨煤机旋转分离器密封用。

3. 风烟系统设备

(1) 11 号机组风烟系统设备由预热器、引风机、送风机、冷却风机及附属设备组成。

(2) 11 号机组风烟系统配置两台上海锅炉厂生产的三分仓容克式预热器。直径 10.33m，一、二次风分隔布置。

(3) 配置沈阳鼓风机厂生产的轴流、动叶可调式引风机、送风机各两台，配置两台冷却风机，供 11 锅炉火焰检测探头和油枪的套筒冷却风。

(4) 预热器水冲洗和灭火管。在烟气侧装用两根固定水冲洗管和两根灭火管，热端、冷端各一根，供检修时冲洗和预热器着火时使用。

4. 锅炉燃油系统设备

11 号机组锅炉燃烧器点火采用二级点燃的方式，即用高能点火器点燃燃油枪及微油枪，燃油枪或微油枪点燃煤粉燃烧器。

11 号机组锅炉配有供启停和助燃的燃油系统。燃油由燃油泵房通过供油管供给，经燃油快关阀、调整门供一层微油枪及 AB、BC、DE 三层燃油枪用，燃油枪投用时，回油快关阀关闭，燃油采用不循环方式；未投燃油枪时燃油回油通过油循、回油快关阀及单独的回油管，回燃油库。

微油系统有专门的快关阀及进油阀，系统通过和杂用气相连的两个储油罐来稳定其压力，当储油罐油位低时自动开启进油阀进油；储油罐油位高时，自动关闭进油阀；当储油罐油位高时，连锁关闭快关阀。

机组正常运行时，燃油系统保持循环热备用，微油系统则关闭微油进油总 1 隔绝油侧备用。

为了节省锅炉启动燃油，设置了微油点火系统，将磨 A 四只一次风煤粉燃烧器改成内安装气化微油枪的浓缩型内风膜式煤粉燃烧器，每一风膜式煤粉燃烧器内安装两只气化微油枪，其方式为气化微油枪在燃烧器中部直接点燃浓煤粉，内浓外淡、分级燃烧。

11 号机组的燃油枪、微油枪均用空气进行雾化。雾化空气由 11 号机组的杂用气系统供气。

5. 吹灰器规范

(1) 吹灰器布置。为清除锅炉受热面上的积灰，提高锅炉的传热效果，降低排烟温度，提高锅炉的安全性及经济性，在锅炉布置有 134 只吹灰器，其中每台预热器烟气出口端布置一支伸缩式吹灰器，每台预热器进出口各布置一支脉冲式乙炔吹灰器，炉膛布置 88 只旋转式吹灰器，对流烟道布置 44 只长行程伸缩式吹灰器。在烟气余热加热器烟道布

置有 8 支声波吹灰器。

水冷壁吹灰器布置在炉膛的前墙、后墙、左墙和右墙。分别布置在 35.4m (E 层)、32.4m (D 层)、29.2m (C 层)、26.6m (B 层)、15.4m (A 层), 除最上层 (E 层) 布置 16 台吹灰器外, 其余每层布置 18 台吹灰器。烟道吹灰器布置在炉膛出口和烟道的 A、B 两侧, 在炉膛出口、分隔屏底部布置 1 对, 屏式再热器前布置 3 对, 高温再热器前布置 2 对, 高温过热器前布置 2 对, 低温过热器前布置 2 对, 低温过热器部分布置 6 对, 省煤器前布置 3 对, 省煤器部分布置 3 对。

(2) 吹灰器汽源。锅炉水冷壁、烟道吹灰汽源来自分隔屏出口集箱。预热器吹灰的吹灰汽源有两路: 一路来自后屏出口集箱 (18.8MPa, 507℃), 供机组正常运行时吹灰用; 另一路来自辅汽母管, 在锅炉启动或停运过程中机组负荷低于 10%MCR 时吹灰之用。

(3) 吹灰器疏水。为保证吹灰介质适当干度, 吹灰管路中设有疏水控制装置。锅炉炉膛吹灰器有 2 个疏水点, 烟道吹灰器有 2 个疏水点, 预热器 1 个疏水点。每一疏水点布置有一只气动调节阀, 根据疏水点的温度自动调节疏水门的开度。

(4) 吹灰器控制系统。吹灰器只能通过 DPH-SCS 电站锅炉吹灰监控系统的自动、遥控、近控等操作方式运行。一般情况下, 应采用自动方式吹灰, 当检修需要时可采取近控方式对吹灰器进行校验。

预热器乙炔吹灰器通过乙炔吹灰控制系统进行吹灰操作。一般情况下, 预热器吹灰应使用乙炔吹灰器吹灰。

6. 压缩空气系统概述及设备规范

11 号机组压缩空气系统分控制气、杂用气两个系统。控制气系统安装三台上海英格索兰生产的 10m³/min 的 EP100 型螺杆压缩气泵, 配备两台 12.5m³ 的储气筒。杂用气系统安装两台上海英格索兰生产的 EP200 型 (20m³/min) 螺杆压缩气泵和一台 12.5m³ 的储气筒。

控制、杂用气泵的工作原理: 螺杆泵通过两根带螺旋槽的阳、阴转子来啮合压缩空气。两转子的轴线相互平行、安装在汽缸内。汽缸两端有进、排气孔。阴转子的啮槽同阳转子啮合, 阳转子带动阴转子进行转动。气泵的工作过程分吸气、压缩、排气阶段。

控制气主要供 11 号机组的气控阀门、推动器等气控执行机构和 11 号炉炉膛火焰监视电视摄像头冷却, 同时还供汽机相关设备用气。杂用气主要供各燃油枪、微油枪的雾化气和乙炔吹灰用气以及烟气余热声波吹灰器用气, 机组检修时用气和汽轮机快冷装置用。

在杂用气泵的出口和控制气泵的出口装有一联通管, 并装有逆止门, 可将杂用气供向控制气系统。

第三节 典型超超临界机组直流炉系统的简单介绍

锅炉系统概况如下:

(1) 锅炉型号: SG-2024/26.15/605/603-M621。

(2) 名称: 2024 t/h 直流锅炉。