

# 百叶窗式水平浓淡煤粉燃烧器 在燃贫煤 300 MW 机组的应用

王纪宏

(安阳电厂锅炉检修公司, 河南 安阳 455004)

**摘要:** 从百叶窗式水平浓淡煤粉燃烧器的结构入手, 分析了其稳燃性、 $\text{NO}_x$  低排放的机理, 通过安阳电厂 9 号和 10 号炉燃烧器的改造情况和试验结果看,  $\text{NO}_x$  低排放量、稳燃性达到了理想效果, 对同类型机组有一定的参考价值。

**关键词:** 300 MW 机组; 百叶窗式水平浓淡煤粉燃烧器; 改造; 试验; 稳燃性

中图分类号: TK223.23 文献标识码: B

## 1 前言

安阳电厂 9 号和 10 号炉 (DG1025/18.2- II4) 为亚临界一次中间再热自然循环汽包炉, 平衡通风,

固态排渣, 中储式结构, 于 1998 年 3 月投产, 运行基本稳定。

为了适应频繁调峰的需要, 降低  $\text{NO}_x$  的排放基准, 分别在 2000、2001 年机组大修中, 将五层一次风口全部采用水平浓

淡煤粉燃烧器。设计燃煤特性见表 1。

表 1 设计混煤特性表 (%)

Car	Har	Oar	Nar	Sar	Aar	War	V <sub>adlf</sub>	$Q_{\text{net,ar}}$ / $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
61.49	3.09	4.07	1.28	0.83	25.6	3.62	15.85	2410

## 2 燃烧器概述

收稿日期: 2001-02-28; 修订日期: 2002-06-18

作者简介: 王纪宏 (1971-) 男, 河南驻马店人, 安阳电厂工程师。

### 2.1 结构特点

水平浓淡煤粉燃烧器分浓缩器和喷口两部分 (如图 1)。

浓缩器由五块有一定倾角的耐磨陶瓷板组成, 又称百叶窗浓缩器。燃烧器喷口由三部分组成: 从向火侧到背火侧依次为浓相喷口、淡相喷口和侧二次风喷口, 三者均属于狭长形喷口。浓相喷口由波形船体和四块稳燃齿组成, 淡相喷口和侧二次风喷口中间均有横隔板。浓相与淡相喷口之间有  $8^\circ$  的偏离角。浓缩器和喷口之间为文丘里式气流加速管。同时整个喷口与风室之间上下各有 14 mm、左右各

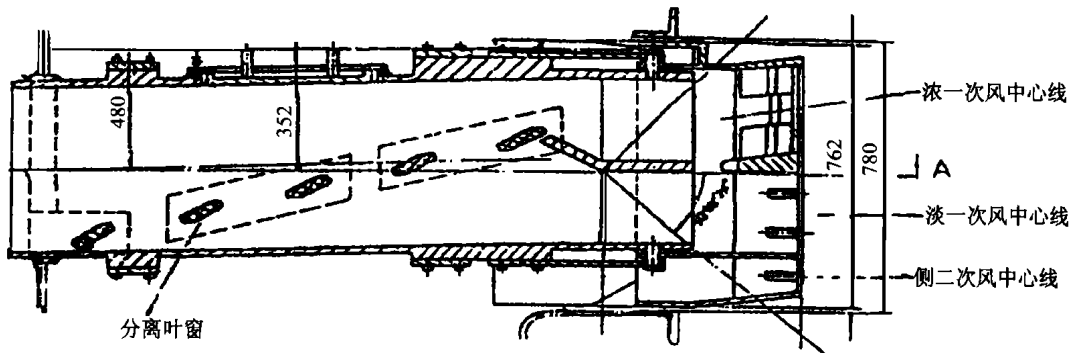


图 1 水平浓淡煤粉燃烧器横截面图

有 9 mm 间隙, 以形成周界风。

### 2.2 降低 $\text{NO}_x$ 含量机理

目前, 控制锅炉燃烧中  $\text{NO}_x$  主要从三个途径入手: 改善燃烧、燃料脱氮和烟气净化。此燃烧器是综合利用了上述方式。一次风喷口向火侧煤粉浓度比背火侧煤粉浓度高 6 倍左右, 在向火侧, 相对氧气体量低; 在背火侧, 燃烧温度相对较低。这样, 有效地抑制了  $\text{NO}_x$  的生成量。同时该燃烧器淡相气流、侧二风均偏离浓相气流  $8^\circ$ , 一定意义上组织了二级燃烧。水

平摆动二次风喷口正常运行时,向增大切圆方向摆动 $15^\circ$ ,下层二次风假想切圆由 $\Phi 700/500$  mm,改造为 $\Phi 1\ 667.4/1\ 468.6$  mm,即均偏离了燃烧区,对整个燃烧区形成包围状态,构成了“外包风”,组织二级燃烧,极大程度地抑制了 $\text{NO}_x$ 的生成。

### 2.3 稳燃节能机理

水平浓淡煤粉燃烧器节能性表现在三方面:低负荷不投油稳燃性;缩短点火时间;燃尽性。

充分发挥向火侧着火优势,在向火侧实现高浓度燃烧,创造了一个高浓度、高温、高湍动度及低氧气的环境,即“三高一低”区,形成热源丰富的着火基地。浓相煤粉着火后,为淡相煤粉提供了高温热源,淡相煤粉也迅速着火,最终形成了稳定的燃烧火炬。该燃烧器浓相喷口内的波形船体形成燃烧“三高区”,增加了一次风与回流高温烟气的接触面积;四块稳燃齿,每个齿附近均有一个小小的旋涡与回流。这些均有利于点火、稳燃和燃尽。

## 3 改造情况

### 3.1 燃烧器改造情况(图 2)

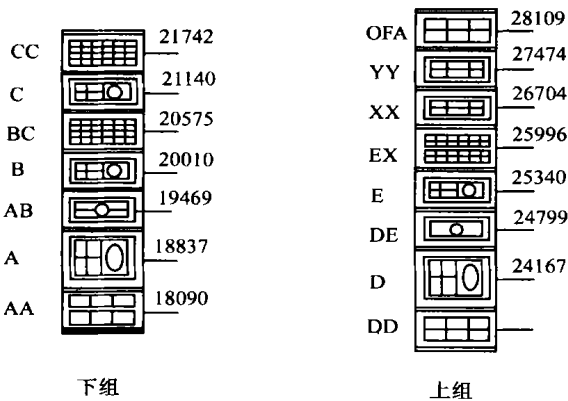


图 2 燃烧器喷口排列示意图

五层一次风全部更换为百叶窗式水平浓淡煤粉燃烧器,喷口可上下摆动 $\pm 18^\circ$ ;二次风 BC、CC、EX 层更换为水平摆动刚性风喷口,可向增大切圆方向水平摆动 $0^\circ \sim 20^\circ$ ;对 AA 层二次风喷口进行了改造,将其竖隔板向增大切圆方向转动 $3^\circ$ 。燃烧器改造主要技术要求:假想切圆精确;燃烧器同层标高一致,保证浓缩器水平;喷口上下或左右摆动角度准确;喷口与风室间隙符合技术指标。

### 3.2 一次风管道及其弯头的改造

煤粉气流因离心分离作用,必然冲刷弯头进口的内侧和弯头出口的外侧,相对部位则受保护。将弯头旋转 $180^\circ$ 安装后,冲刷面将是弯头原进口的外侧和弯头出口的内侧,已冲刷部位受到保护,这样,起到“以旧代新”的效果。弯头材料为优质耐磨 Mn 钢,价格较贵,单价:7 元/kg,弯头总重约 20 t,这样节约费用约 14 万元。规程要求,与燃烧器连接的直管段长不小于 $10 \sim 15 d$ ( $d$ :管直径),以均匀煤粉浓度,该炉 D 层燃烧器直管段长仅为 $4 \sim 5 d$ 。借鉴美国 CE 公司燃烧器中的“反射挡板”原理,在弯头出口外侧焊接均流块( $200 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ ),对均匀浓相、淡相喷口内的煤粉浓度有一定效果,有利于燃烧、燃尽。

### 3.3 加大 2 号和 4 号角假想切圆直径

由煤质和炉型情况,将该炉假想切圆设计为直径较小的双切圆布置,即 1 号和 3 号角: $\Phi 700$  mm; 2 号和 4 号角: $\Phi 500$  mm。水平浓淡煤粉燃烧器脱氮、稳燃机理上比较适合较大的假想切圆,同时,每层一次风喷口均设置了侧二次风,完全可以避免煤粉冲刷炉墙而结焦现象,于是,2 号和 4 号角假想切圆直径由 $\Phi 500$  mm 增大为 $\Phi 700$  mm。

### 3.4 加强油枪根部二次风吹扫

9 号炉因油枪喷口结焦事故停炉两次。焦渣堵塞油枪喷口,导致油枪金属软管内压力过高而爆破,燃油压力远大于油枪冷却风压力,油枪冷却风来自一次风机出口,则燃油进入两侧一次风机内,被迫停炉。为避免燃烧器喷口附近出现还原气氛(结焦原因),在改造后的动力场试验及燃烧调整中,加强了油燃烧器的送风,到目前为止,无同类事故发生。

## 4 燃烧调整

### 4.1 燃烧调整内容

改变一次风速、二次风的配风方式,调整二次风的水平摆角。通过原煤、煤粉、大渣、飞灰和烟气成分的取样分析,排烟温度、炉膛温度、热风温度及蒸汽温度压力流量和给水温度流量的测量分析,分别在 300 MW、240 MW、180 MW、150 MW、120 MW 五种工况下,进行了燃烧调整试验。

### 4.2 炉膛出口氧量对 $\text{NO}_x$ 排放量和飞灰可燃物含量的影响

随着出口氧量的增加,  $\text{NO}_x$  排放量随着增加, 而飞灰可燃物的含量逐渐减少。因此, 考虑经济性和  $\text{NO}_x$  排放量, 应该将炉膛出口氧量控制在 3% 以上。

#### 4.3 一次风速对 $\text{NO}_x$ 排放量和飞灰可燃物含量的影响

为分析一次风速对燃烧的经济性和  $\text{NO}_x$  排放量的影响, 进行了两个不同一次风速下的对比试验, 一次风压在 4.4 MPa 时飞灰可燃物的含量较小,  $\text{NO}_x$  排放量随着一次风压的变化不明显, 一次风压应保持在 4.3~4.4 MPa 之间。

#### 4.4 配风方式对 $\text{NO}_x$ 排放量、飞灰可燃物含量和再热汽温的影响

在对塔配风、倒塔配风和均等配风三个工况的对比试验中, 在均等配风方式下锅炉燃烧经济性最好, 对塔配风下锅炉的飞灰可燃物的含量明显偏高; 从再热汽温的变化情况看, 均等配风方式下再热汽温最差, 在 518 °C, 而对塔配风方式最好, 能达 540 °C, 甚至更高; 均等配风下的  $\text{NO}_x$  排放量要比对塔配风下的  $\text{NO}_x$  排放量高出 10% 左右, 由于对塔配在一定程度上实现了分级送风, 对降低  $\text{NO}_x$  排放量起一定作用。综合上述各项, 应采用对塔配风方式运行。

#### 4.5 二次风喷口水平摆角

二次风喷口水平摆角直接影响着二次风和煤粉气流的混合时机。角度越大, 二次风混入越晚, 这将有利于降低  $\text{NO}_x$  排放量, 但不能无限度地增加, 否则将影响炉内空气动力场的合理组织。试验数据表明, 当二次风喷口水平摆角在 18° 时,  $\text{NO}_x$  排放量最小, 在试验条件下可以达到 490  $\text{mg}/\text{m}^3$ ; 在二次风喷口水平摆角在 14° 时, 飞灰含碳量最低, 在 18 时略有升高。因此二次风喷口水平摆角应锁定在 18° 位置。

#### 4.6 燃料分配方式

在 300 MW 负荷下分别进行了全部 20 只火嘴、18 只火嘴及 16 只 (停运 E 层) 的对比试验, 试验表明, 当投运的火嘴数量减少时, 为了维持相同的锅炉负荷, 其它各层的一次风煤粉浓度要相应增加, 这有利于减少  $\text{NO}_x$  排放量, 但过高的煤粉浓度对燃烧的经济性产生负作用; 当投运 16 只火嘴运行时, 飞灰可燃物的含量要低于投运 18 和 20 只火嘴的情况。可见投运所有 20 只火嘴并不是最好的运行方式, 根据试验数据, 在煤质发热量不低的情况下, 应采用 16 只火嘴运行。

另外, 制粉系统组合方式、侧二次风量对  $\text{NO}_x$  排放量和飞灰可燃物含量有影响。

### 5 改造效果

从一年多的运行情况看, 应用水平浓淡燃烧技术后, 锅炉运行的安全性、稳定性、可靠性、经济性及调节性已大大提高。最近实验证明: 燃用设计煤, 锅炉不投油稳燃界限可降至 120 MW; 在额定负荷下, 排烟的  $\text{NO}_x$  可降至 520  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 飞灰含碳量可降至 2.0%。减轻水冷壁管的高温腐蚀, 炉内结焦状况得以改善, 也加大了锅炉对煤种的适应性。

#### 参考文献:

- [1] 徐通模. 锅炉燃烧设备[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1993.
- [2] 安恩科, 徐通模. 水平浓淡煤粉燃烧器的研究[J]. 热动力工程 1999, 14(1): 37~39.
- [3] 范从振. 锅炉燃烧[M]. 南京: 东南大学出版社, 1992.
- [4] 郑运之. 浓淡燃烧技术[A]. 豫电科普文摘[C]. 郑州: 河南省电力局, 1997. 616~617.
- [5] 孙绍增. 安阳电厂 9 号和 10 号炉燃烧调整试验报告[R]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2001.

(何静芳 编辑)

恭 贺 新 禧

bines system identification with a numerical simulation, the results of fitting were simplified, thereby obtaining a simplified model, which complies with experimental results. **Key words:** Lawrence algorithm, system identification, transfer function fitting

**基于 OPC 规范的火电厂监控信息系统研究 = A Study of the Supervisory information System for a Thermal Power Plant Based on an OPC (Object-linking-and-embedding for Process Control) Specification [刊, 汉] / QUAN Xin-jian, LIN Zhong-da (Power Engineering Department, Southeastern University, Nanjing, China, Post Code: 210096) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(6). — 625 ~ 628**

The study mainly focuses on a plant-level supervisory information system for a thermal power plant by adopting the design conception of a modularized program based on COM/DCOM technology. A standard OPC (object-linking-and-embedding for process control) interface (OPC client program and OPC server program) in compliance with OPC specification has been adopted to serve as the communication interface of the supervisory information system. This gives full play to the identity and opening characteristics of the OPC interface, thereby providing a new realistic approach for organizing an open and flexible plant-level supervisory information system for thermal power plants. **Key words:** thermal power plant, supervisory information system, design

**饱和蒸汽减温在燃机余热锅炉的应用 = The Application of Saturated Steam Attemperation in Gas-turbine Heat Recovery Boilers [刊, 汉] / ZHANG Yong, YAO Dong, WEI Shao-jie (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036), ZHAI Zuo-wu (Harbin No. 3 Power Generation Co. Ltd., Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(6). — 629 ~ 631**

Described is a method of superheated steam regulation for the heat recovery boiler of a gas-steam combined cycle power plant, the so-called boiler-drum saturated steam attemperation. The design of such a saturated-steam attemperating system is analyzed with some problems worthy of close attention in practical use being pinpointed. **Key words:** gas-steam combined cycle power plant, heat recovery boiler, saturated steam attemperation

**百叶窗式水平浓淡煤粉燃烧器在燃贫煤 300MW 机组的应用 = The Use of a Horizontal and Louver-type Concentrated-diluted Pulverized Coal Burner in a 300 MW Lean Coal-fired Power Plant [刊, 汉] / WANG Ji-hong (Boiler Repair Shop at Anyang Power Plant, Anyang, Henan Province, China, Post Code: 455004) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(6). — 632 ~ 634**

The steady combustion and low NO<sub>x</sub> emission mechanism of a horizontal and Louver-type concentrated-diluted pulverized coal burner was analyzed from the perspective of its construction features. After a modification of the burners installed on boilers No. 9 and 10 of Anyang Power Plant test results indicate that an optimum performance has been attained in respect of both NO<sub>x</sub> emissions and combustion stability. This has a certain reference value for similar type of boiler units. **Key words:** 300MW power plant, horizontal and Louver-type concentrated-diluted pulverized coal burner, modification, test, combustion stability

**高水分燃料的沸腾层烟气热平衡方程 = A Thermal Energy Balance Equation Obtained for the Flue Gases of a Fluidized Bed When High-moisture Fuels Were Fired [刊, 汉] / HUANG Yi-min, YU Hong-bin (Power Engineering Department, Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(6). — 635 ~ 637**

A thermal energy balance equation has been obtained for the flue gases of a fluidized bed operating on high-moisture fuels. With bark, lignite and bituminous coal of grade 1 serving as fuels analyzed was the effect of heat absorption during the water evaporation of unburned fuel in the fluidized bed on two factors. The latter are the quantity of heat absorbed by a submerged tube and the temperature of the fluidized bed. The results of calculation and analysis indicate that when