

惯性浓淡旋流燃烧器的原理及其在 50 t/h 锅炉上的应用

(哈尔滨工业大学 能源科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

李争起 孙锐 王磊 陈力哲 吴少华 秦裕琨

摘要: 在径向浓淡旋流煤粉燃烧器的基础上, 本文提出了一种新型燃烧器——惯性浓淡旋流煤粉燃烧器, 即在燃烧器一次风通道中加入煤粉浓缩器, 并将其置于燃烧器喷口较近的位置, 一次风经过煤粉浓缩器后, 形成了由燃烧器中心向外煤粉浓度由高向低的分布趋势, 依靠煤粉颗粒的惯性, 将这种分布趋势一直保持到燃烧器出口。针对一台燃用烟煤的 50 t/h 煤粉炉的特点, 给出了该燃烧器的布置, 介绍了改造前后的运行情况。

关键词: 锅炉; 旋流燃烧器; 煤粉浓淡燃烧

中图分类号: TK223.23 文献标识码: B

1 惯性浓淡旋流煤粉燃烧器的原理

我国动力燃料的特点是煤种多变、煤质差, 煤粉燃烧中存在着燃烧效率低、稳燃能力差、 NO_x 排放量较高、结渣、高温腐蚀、汽温偏差等问题, 针对以上问题, 文[1]提出了径向浓淡旋流燃烧器, 即在燃烧器一次风通道中加入百叶窗式煤粉浓缩器, 一次风粉混合物分成浓淡两股, 浓煤粉气流靠近中心经浓

一次风通道喷入炉膛, 淡煤粉气流从浓一次风通道外侧的淡一次风通道喷入炉膛, 同时, 二次风分成了旋流、直流两部分进入炉膛。采用三维激光粒子动态分析仪(PDA)对一次风为旋流的蜗壳燃烧器及径向浓淡旋流燃烧器的气固流动特性进行了测量, 实验台系统及燃烧器模型见文献[2], 两种燃烧器 0~100 μm 颗粒体积浓度在不同截面沿径向分布如图 1 所示。图中 C_v 为颗粒的体积浓度, $C_{v\text{max}}$ 为该截面上的最大浓度值, X 为沿射方向距燃烧器喷口端头的距离, d 为燃烧器最外层扩口直径, 0.177 m。结合气固两相轴向平均速度分布^[4]可以看出, 径向浓淡燃烧器在中心回流区边缘附近聚集了较多的颗粒, 在某些区域出现了大量颗粒穿越中心回流区的现象, 边壁区域相对较少, 而蜗壳燃烧器在中心回流区及其边缘附近颗粒较少, 边壁区域则较大, 该气固流动特性决定了径向浓淡旋流燃烧器具有高效、稳燃、低污染、防止结渣及防止高温腐蚀的性能, 而蜗壳燃烧器则易结渣、产生高温腐蚀、 NO_x 排放较高,

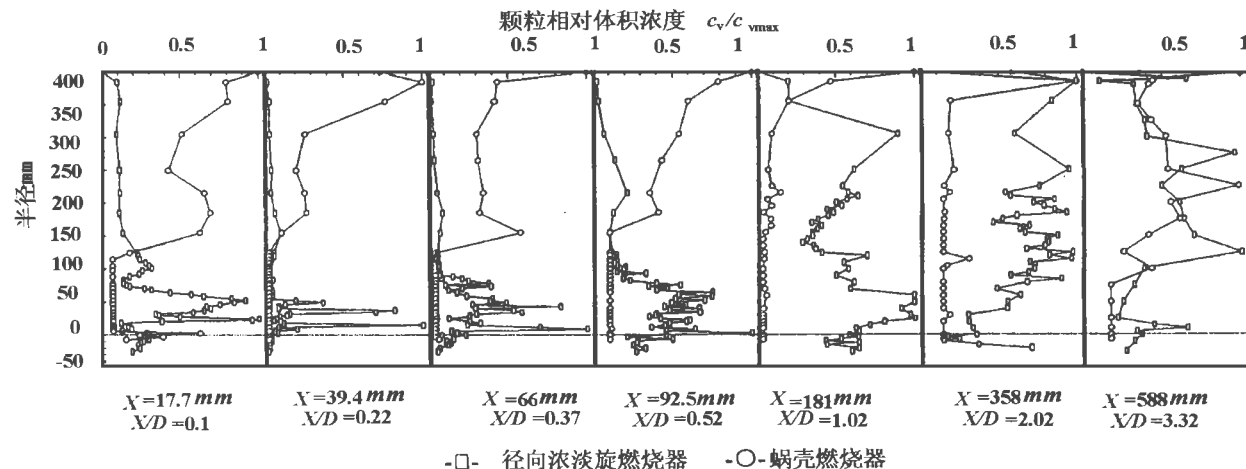


图 1 径向浓淡旋流燃烧器与蜗壳燃烧器颗粒相对体积浓度分布

收稿日期: 1999-03-24; 修订日期: 1999-06-18

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目(96-A19-01-02-12/31); 博士点基金(97021307)

作者简介: 李争起(1967-)男, 河北藁城人, 哈尔滨工业大学副教授, 博士

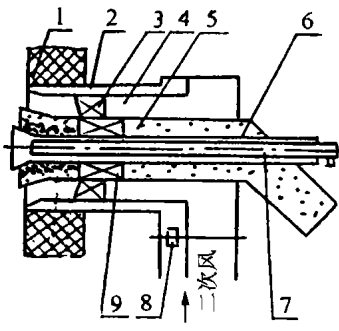


图 2 惯性浓淡旋流煤粉燃烧器

1. 炉墙; 2. 直流二次风通道; 3. 旋流器; 4. 旋流二次风通道; 5. 一次风通道; 6. 中心管; 7. 点火装置; 8. 直流二次风挡板; 9. 煤粉浓缩器

不利于煤粉燃尽, 这已被工业试验所证实^[2-4]。

在以上研究的基础上, 本文提出了惯性浓淡旋流煤粉燃烧器(中国专利: ZL99210456.4), 结构见图 2。在燃烧器一次风通道中加入煤粉浓缩器, 但取消了径向浓淡燃烧器中将一次风通道分隔成浓一次风道及淡一次道的环形扩锥。一次风粉经过浓缩器后, 在

一次风通道中形成了由燃烧器中心向外煤粉浓度由高向低分布的特点, 为了防止随着一次风粉的流动煤粉浓度的分布变得均匀, 将煤粉浓缩器放置在距燃烧器喷口较远处, 依靠煤粉颗粒的惯性, 将这种分布趋势一直保持到燃烧器出口, 从而在近燃烧器区颗粒分布规律与径向浓淡燃烧器基本相同。二次风也分成了两部分, 一部分经过旋流二次风道以旋流的形式进入炉膛, 另一部分经过直流二次风道以直流的形式进入炉膛。旋流器为轴向弯曲叶片。因此, 从原理上惯性浓淡燃烧器继承了径向浓淡燃烧器的优越性能。

2 在 50 t/h 锅炉上的应用

某厂 #1 锅炉为原苏联巴尔多乌拉尔锅炉制造厂制造的 $\sigma K3-50-39^\circ$ 型 50 t/h 煤粉炉, 1955 年安装投运, 1997 年 4 月将 4 只旋流燃烧器改为惯性浓淡燃烧器。

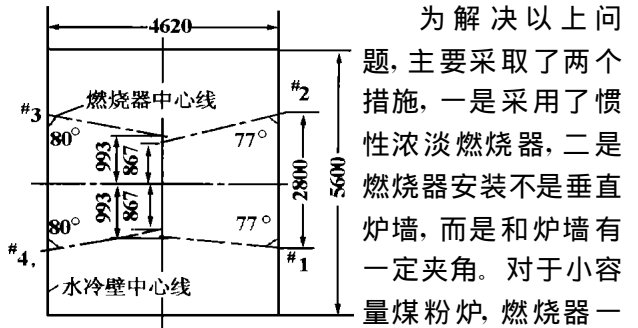
锅炉的主要参数如下:

- 额定蒸发量 $D = 50 \text{ t/h}$
- 过热蒸汽压力 $P_{gr} = 3.43 \sim 3.63 \text{ MPa}$
- 过热蒸汽温度 $t_{gr} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$
- 排烟温度 $t_{py} = 130 \text{ }^\circ\text{C}$
- 锅炉效率 $\eta = 89.23\%$

锅炉设计煤种为烟煤, 元素分析及工业分析为:

$C_{ar} = 50.8\%$, $H_{ar} = 3.83\%$, $O_{ar} = 4.39\%$, $N = 0.75\%$, $S_{ar} = 0.51\%$, $A_{ar} = 29.8\%$, $M_{ar} = 9.98\%$, $V_{daf} = 22.3\%$, $Q_{net, ar} = 20515 \text{ kJ/kg}$ 。

锅炉为“π”型布置的单汽包自然循环锅炉, 采用光管水冷壁, 制粉系统为钢球磨煤机中间贮仓式乏气送粉系统, 热风为干燥介质。炉膛截面为 $4850 \times 6000 \text{ mm}$, 容积为 310 m^3 。锅炉采用双蜗壳旋流煤粉燃烧器, 左、右墙各两只主燃烧器, 对冲布置, 没有油枪, 利用火把点火。锅炉自投运以来, 初期能够满足厂用电、用汽的要求, 燃烧器改造前主要是燃烧不好, 锅炉达不到额定出力, 主汽温度升高, 过热汽超温, 炉膛结渣等问题。其原因主要是蜗壳燃烧器没有形成良好的气固分布; 其次是煤质变差, 据统计, 1993 年全年燃烧煤的平均收到基低位发热量为 20182 kJ/kg , 1994 年为 19457 kJ/kg , 1995 年为 17256 kJ/kg 。以上两方面原因造成锅炉燃烧不稳定, 火焰中心上移, 主汽温度升高。炉膛结渣的原因除因燃烧器的因素外, 另一因素是炉膛截面小, 燃烧器布置距离两侧墙近, 燃烧器最外层扩口边缘距离侧墙水冷壁为 1 m , 为燃烧器直径的 1.25 倍, 火焰极易冲墙, 造成结渣。又由于燃烧器没有稳燃油枪, 常发生灭火放炮现象, 给锅炉的安全带来很大威胁。



(单位: mm)

图 3 燃烧器水平布置图

为解决以上问题, 主要采取了两个措施, 一是采用了惯性浓淡燃烧器, 二是燃烧器安装不是垂直炉墙, 而是和炉墙有一定夹角。对于小容量煤粉炉, 燃烧器一次风道小, 如对于本燃烧器, 一次风通道为 $\Phi 405 \text{ mm}$ 与 $\Phi 273 \text{ mm}$ 形成的环形通道, 径向间隙只有 116 mm , 在一次风道中安装将一次风道分成浓一次风道及淡一次风道的环形扩锥不但会占有一定的二次风流通截面积, 提高一次风速, 也会产生较大的阻力, 燃烧器采用了惯性浓淡燃烧器, 没有足够的空间布置多级环形百叶窗, 因此, 煤粉浓缩器采用了单级环形叶片, 燃烧器设计参数如表 1 所示。燃烧器的布置如图 3 所示。为防止气流冲刷前、后墙水冷壁, 燃烧器中心线向炉膛中心偏斜 10° 、 13° , 由于炉膛深度较小, 燃烧器一次风为直流, 为防止两侧墙燃烧器气流间对冲造成相互干扰, 倾斜的角度不同。为了降低炉膛火焰中心高度, 4 只燃烧器向下倾斜 1° 。

(下转 308 页)

次风的旋转也是很弱的。从图中还可看出二次风轴向叶片的开度对一次风的旋流强度影响很小,其旋流强度的大小主要决定于一次风蜗壳本身的结构和一次风空气动力参数。

用 3 倍的标准偏差作为最大不均匀性来整理旋转气流圆周向速度分布的不均匀性系数,其结果示于图 4,可以看出二次风轴向叶片开度在 $40^{\circ} - 50^{\circ}$ 时,旋转气流的不均匀性系数最小。也即旋转气流的均匀性最好。

4.2 从炉膛温度分布可以看出,无论大负荷、小负荷、整个炉膛温度水平均较高,即使在 100 MW 负荷下,炉膛平均温度为 1210.25°C ,比 210 MW 时炉膛平均温度 1250°C 稍低一点,这也说明此种新型燃烧器低负荷下燃烧状况良好,能保证及时着火、燃尽。随着 6 号炉改造成功,3~5 号锅炉也分别于 1996 年至 1997 年初全部推广,均取得了几乎相同的改造效果,实现了 100 MW (4.6%) 低负荷稳燃。

5 结 论

通过对漳泽电厂 3~6 号四台 210MW 机组锅炉旋流燃烧器的改造及试验,说明了新型轴向叶片旋流燃烧器比原苏联切向叶片旋流燃烧器具有更好的着火、稳燃、燃尽特性及低负荷调峰能力,具体表现

以下几点:

(1) 新型轴向叶片旋流燃烧器具有较强的低负荷调节能力,对试验煤种(长治贫煤),能实现 100MW (46%) 低负不投油稳燃、炉膛火焰温度水平较高。

(2) 新型轴向叶片旋流燃烧器能充分吸收热态膨胀,具有灵活的机械调节特性和较宽的调节范围。通过改变轴向叶片调节角可有效改变二次风的旋流强度,以适应不同煤种、工况的变化,达到各燃烧器燃烧状况最佳。

(3) 新型轴向叶片旋流燃烧器,更能保证一次风旋转射流对称扩展。改造后各燃烧器出口燃烧明亮均匀,不再出现明暗闪烁现象。煤粉着火及时,燃烧稳定。

参 考 文 献

- [1] elkowski J 著. 煤的燃烧理论与技术. 上海: 华东化工学院出版社 1989.
- [2] 徐通模. 锅炉燃烧设备. 西安: 西安交通大学出版社, 1989.
- [3] 阎维平, 徐通模. 轴向叶片型旋流煤粉燃烧器的试验研制. 中国电力, 1994, (8).
- [4] 张凯. 新型轴向叶片旋流燃烧器的试验研究及数值模拟. 西安交大[硕士论文], 1996 3.
- [5] 西安交大. 清河发电厂旋流燃烧器运行情况调查改造的可行性报告. 1990
- [6] 谭厚章, 惠世恩. 漳泽电厂 6 号炉旋流燃烧器改造冷、热态试验报告. 1995.
- [7] 谭厚章, 惠世恩. 漳泽电厂 5.3、4 号炉旋流燃烧器改造冷、热态试验报告. 1996. 2~1997. 2

(上接 305 页)

燃烧器改造完以后,进行了热态试验。由于没有油枪,锅炉启动前直接采用一只燃烧器燃烧煤粉进行温炉。原双蜗壳燃烧器,一直靠火把来稳燃,对于新型燃烧器,火把点燃后冷炉状态下自身可以稳燃,4 只燃烧器均投入运行后,锅炉达到额定出力及参数。在停运 1 只燃烧器的情况下,燃烧器运行稳定,锅炉达到了 30 t/h 最低出力。长时间的运行表明,锅炉结渣问题得到了解决。由于新型燃烧器着火位置适中,火焰中心下移,过热蒸汽超温的问题得到了缓解。

表 1 惯性浓淡旋流煤粉燃烧器的设计参数

项 目	一次风	旋流二次风	直流二次风
喷口面积/ m^2	0.0795	0.2315	0.0841
风率/%	34	90	10
风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	15.8	18.1	5.5
风温/ $^{\circ}\text{C}$	65	360	360

3 结 论

(1) 本文提出了惯性浓淡旋流煤粉燃烧器,在燃烧器出口区域颗粒分布规律与径向浓淡旋流煤粉燃烧器基本相同。

(2) 在燃用烟煤的 50 t/h 锅炉中,没有油枪的情况下,实现了无火把稳燃、单只惯性浓淡旋流煤粉燃烧器燃烧煤粉温炉;锅炉在 30 t/h 出力下稳定运行;

(3) 采用惯性浓淡旋流煤粉燃烧器以及将燃烧器中心线向炉膛中心、炉底倾斜一定角度安装,解决了锅炉结渣及火焰中心偏高的问题。

参 考 文 献

- [1] 秦裕琨等. 旋流煤粉燃烧技术的发展. 热动力工程, 1997, 12 (4): 241~244.
- [2] 李争起等. 径向浓淡旋流燃烧器气固流动特性的实验研究及其对燃烧的影响. 中国电机工程学报, 1999, 19(5): 18~23, 43.
- [3] 李争起等. 一种用于蜗壳式旋流煤粉燃烧器改造的新技术. 热动力工程, 1997, 12(3): 217~219.
- [4] 李争起等. 径向浓淡旋流煤粉燃烧器的工业性试验研究. 动力工程 1998, 18(4): 63~67, 85.

(渠 源 编 辑)

汽轮机调节系统故障诊断系统 = **Failure Diagnosis System for a Steam Turbine Regulating System** [刊, 汉] / Bao Wen, Yu Daren, Li Wenzhu, *et al* (College of Energy Science and Engineering under the Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(3). — 298 ~ 300

With the help of the failure diagnosis system of a steam turbine regulating system it is possible to record the variation trend of the key parameters of the said system. The realization of such functions as the on-line calculation of steam turbine static characteristics, the detection of pilot valve stuck status and the regulating system oscillation failure diagnosis can result in a significant enhancement of the operating safety of the regulating system. Moreover, the above also plays a positive role in the preventive maintenance and repair of the regulating system. **Key words:** steam turbine, regulating system, failure diagnosis

案例推理在汽轮发电机组故障诊断中的应用 = **The Application of Case-based Reasoning in the Failure Diagnosis of Turbogenerator Units** [刊, 汉] / Ruan Yue (Envada Co. of Northern China Electric Power Research Institute, Beijing, China, Post Code 100045) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(3). — 301 ~ 303

On the basis of the specific features of a failure diagnosis the author has standardized the method of organization and representation of cases. The symptoms of a case are divided into essential symptoms of certainty and other symptoms. Based on the certainty and fuzzy weight a retrieval strategy of cases is proposed. Moreover, a correction was performed regarding the calculation of similarity degree, thereby enhancing the reliability of case-based reasoning. **Key words:** case-based reasoning, failure diagnosis, turbogenerator unit

惯性浓淡旋流燃烧器的原理及其在 50 t/h 锅炉上的应用 = **The Theory of an Inertial Bias Swirl Burner and Its Application on a 50 t/h Boiler** [刊, 汉] / Li Zhengqi, Sun Rui, Wang Lei, *et al* (College of Energy Science and Engineering under the Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(3). — 304 ~ 305, 308

On the basis of pulverized-coal swirl burners of a radial bias combustion mode this paper proposes a new type of burner, the so-called inertial bias combustion (IBC) swirl burner. In such a burner a pulverized-coal concentrator located near the burner nozzle has been incorporated in a primary air passage. After the primary air has been admitted through the pulverized-coal concentrator there will emerge from the burner center outward a distribution trend of pulverized-coal concentration ranging from a high to a low value. Thanks to the inertia of the pulverized-coal particles such a distribution trend can be maintained right up to the burner outlet. A layout of the burners pertaining to a pulverized bituminous coal-fired boiler of 59 t/h is presented with a brief account being given concerning the pre-modification operating conditions. **Key words:** boiler, swirl burner, pulverized-coal bias combustion

新型旋流燃烧技术应用与漳泽电厂 210 MW 机组锅炉低负荷改造 = **Novel Swirl Burners and Their Application at Zhuangze Power Station for the Low-load Stable Combustion of Boilers of a 210 MW Unit** [刊, 汉] / Tan Houzhang, An Enke, Hui Shien, *et al* (Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi, China, Post Code 710049) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(3). — 306 ~ 308

Novel axial-blade swirl burners were put into use at Zhuangze Power Station in connection with the technical modification of boilers No. 3-6 (4 units) of a 210 MW unit. As a result, problems specific to original burners, such as combustion instability and loss of flame, etc have been solved. Moreover, attained are a flexible regulation of secondary air swirl intensity and the alleviation of wear in the primary air pipes. The switch to the new swirl burners has made it possible to realize a stable combustion of the 100 MW boilers at low loads (46% of full load) with no need for the use of fuel oil. **Key words:** swirl burner, boiler modification, low load

无旁通烟道燃气—蒸汽联合循环机组的运行维护和停运 = **The Operation, Maintenance and Shutdown of a Gas and Steam Turbine Combined Cycle Power Plant not Fitted with a Bypass Stack** [刊, 汉] / Yao Tingsheng,