

新型旋流燃烧技术应用于漳泽电厂 210MW 机组锅炉低负荷改造

(西安交通大学 能动学院, 陕西 西安 710049) 谭厚章 安恩科 惠世恩 徐通模

(漳泽电厂 山西省 长治市 046021) 文生元 贾锐 刘毓斌

摘要: 新型轴向叶片旋流式燃烧器应用于漳泽电厂 3 号~6 号四台 210MW 机组锅炉改造, 解决了原燃烧器燃烧不稳、灭火等问题, 实现了二次风旋流强度灵活调节, 减轻了一次风管内的磨损。改造后均实现了 100MW(46%) 低负荷下不投油稳燃。

关键词: 旋流燃烧器; 锅炉改造; 低负荷

中图分类号: TK223.2 文献标识码: B

1 前言

漳泽电厂 3~6 号炉系原苏联红色锅炉工作者制造厂生产的 E II-670-13.8-545KT 型蒸汽锅炉, 单汽包、自然循环、固态排渣煤粉炉。机组额定功率为 215MW, 受热面 T 型布置, 双炉膛结构, 在燃烧室两侧墙标高 13.6 m 和 18.1 m 处分上、下两层对冲布置 16 只旋流燃烧器, 一次风通过蜗壳产生旋流, 二次风通过切向叶片产生旋流, 一、二次风旋转方向相同, 相邻两燃烧器旋转方向相反。制粉系统为钢球磨煤机中储式、热风送粉。

该厂四台锅炉从 1988 年陆续投产, 自投运以来, 燃烧稳定性差, 负荷调节能力低, 二次风切向叶片无法调整, 燃烧器蜗壳及一次风直管内局部磨损漏粉, 一次风粉漏入二次风管引起燃烧, 直至烧坏燃烧器现象时有发生。严重影响锅炉运行的经济性和安全性。尤其是机组低负荷降至 75% 时就需投油助燃, 由于近年来机组调峰频繁, 峰谷差达 50%, 为了应付电网调峰, 改造前每年需花费大量资金用于低负荷投油助燃。

2 苏联切向叶片旋流式燃烧器分析

原燃烧器一次风通过蜗壳形旋流器产生旋流, 二次风通过切向叶片产生旋流。

根据蜗壳内理想流体旋转动量流率矩不变原理, 蜗壳式旋流器由于蜗壳外边缘到中心的半径不断变化, 使得在园周上切向速度的分布不均匀, 这样的旋转射流射入炉膛时, 沿燃烧器一次风出口截面园周上的速度分布和煤粉浓度分布都极不均匀, 实测表明气流速度分布不均匀系数达 20%~200%, 而煤粉浓度分布不均匀系数达 45%~49%。这必将导致射流的扩展不完全对称而往往向一侧偏斜, 局部气流速度高的地方会引起火焰中断、燃烧不稳; 局部气流速度低的位置则着火提前^[1,2]。同时, 一次风气流沿蜗壳园周方向切向速度不均也是蜗壳及燃烧器一次风管内局部磨损的最直接原因。

原二次风切向叶片阻力大调节机构膨胀卡死, 几乎无法调节。更重要的是旋转强度调节范围很小, 实际旋流强度仅为理论值的 1/2 左右。这使得经过切向叶片的二次风旋流强度达不到设计值, 二次风射流扩展角不够, 导致燃烧器火焰回流区卷吸高温烟气量少, 燃烧不稳, 达不到燃烧调整的目的。

3 新型轴向叶片旋流式燃烧器的性能特点

针对以上问题, 在试验研究的基础上^[3~6], 研制了一种调节范围宽广一次风出口气流均匀的新型旋流燃烧器, 燃烧器结构, 如图 1 所示。该燃烧器的重要特色在于将原二次风切向叶片改为具有良好调节特性和低阻力的轴向叶片, 此次针对漳泽电厂锅炉燃烧器具体结构, 对轴向叶片传动系统作了较大改进, 除采用文献[3]中齿轮传动、万向节装置, 使热膨胀得到合理吸收外, 在调节方式上采取了直联就地调节和远距离跨二次风箱折向调节两种方式, 方便了运行人员在热态下对燃烧的调整, 特别是采用弧形轴向叶片, 减少了阻力, 增加了旋流强度的调节能力及低负荷适应性。

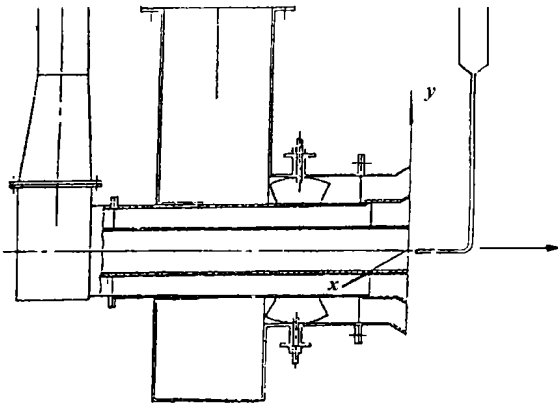


图 1 二次风轴向叶片型旋流燃烧器

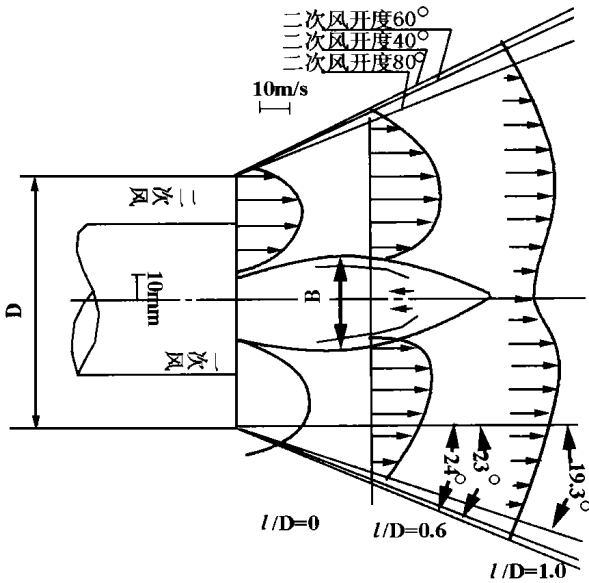


图 2 轴向叶片旋流燃烧器旋转射流冷态速度场分布测量图

为了减轻由于蜗壳旋流器本身造成的内部局部磨损,在一次风蜗壳内设置了特型导流防磨装置,它不仅起防磨作用,也起到一定的导流作用,在保证一次风产生足够旋流的情况下,使各处煤粉浓度尽量均匀化。原一次风气流从蜗壳旋流出来进入环形直管段,由于蜗壳旋流器出口气流沿圆周切向速度分布不均匀,使得环形一次风通道内气流速度沿圆周方向也不均匀。为此,在环形一次风通道内设计了多股特殊的内螺纹均流线,通过试验,选择了合理的螺纹线头数、螺纹肋条的断面形状和尺寸。

4 在漳泽电厂的应用及低负荷性能

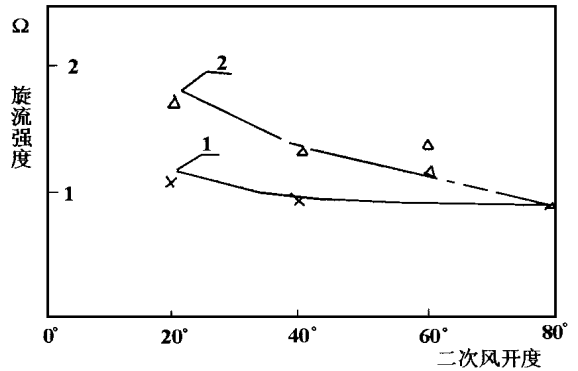
改进型旋流燃烧器首先在漳电 6 号炉上应用,

改造前后进行了详细的冷、热态考核试验。

4.1 冷态动力场考核试验

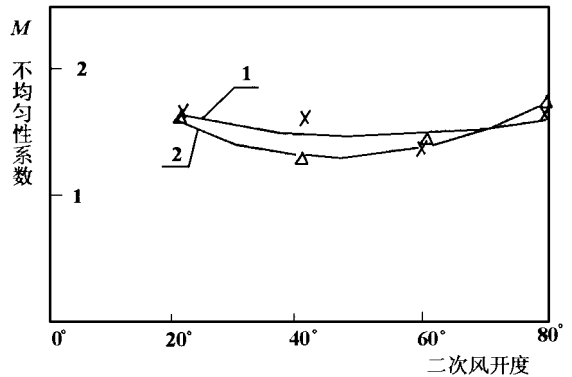
在相对截对距 $L/D=0, 0.6, 1.0$ 三个截面上用热球风速仪测量其速度分布,用特制的带整流套的毕托管在燃烧器出口测量二次风旋流强度。燃烧器出口速度场分布及回流区测量见图 2 所示。

从图中可知,轴向叶片 80° 调整到 40° , 对应射流半扩展角的变化趋势是从 $19.3^\circ \rightarrow 23^\circ \rightarrow 24^\circ$, 燃烧器出口形成了均匀对称的射流扩展区,回流区无因次相对长度 L/D 约为 $0.85 \sim 1.0$, 回流区相对宽径比 B/D 约为 0.4 左右。



1—一次风旋流强度; 2—二次风旋流强度

图 3 二次风开度与一、二次风旋流强度的关系



1—一次风旋流气流不均匀性系数
2—二次风旋转气流不均匀性系数

图 4 二次风开度与一、二次风旋转气流不均匀性的关系

图 3 是现场冷态空气动力场测量中得到的二次风开度与一、二次风旋流强度的关系曲线,从图中可以看出,随着二次风开度的增大,二次风旋流强度在减小,这是因为二次风开度增大,气流旋转速度在减小,当二次风开度到 100% 时,二次风已变成直流射流不再作旋转运动,即使在旋转的一次风作用下,二

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于漳泽电厂 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,