

径向浓淡旋流燃烧器出口扩锥壁温分布及其对抗磨性能的影响

(哈尔滨工业大学) 牛海峰 李争起 孙 锐 吴少华 秦裕琨

摘要: 对径向浓淡旋流燃烧器出口中心扩锥磨损失效进行分析, 研究确定了中心扩锥实际工作壁温分布为中心扩锥的合理选材及提高其高温耐磨性提供了可靠依据。

关键词: 燃烧器; 磨损; 壁温分布

中图分类号: 229.6

文献标识码: A

1 前言

我国电力工业中燃煤发电占总发电量的 3/4, 而每年燃煤量约为 2.9 亿吨。发电用煤往往煤质较差、多变, 在燃烧中常见的问题是燃烧不稳定, 特别是随着电网调度向集约化和智能化方向的发展, 对于火力发电机组参与调峰的要求提高, 要求锅炉必须满足低负荷运行。这样, 提高燃烧效率和保证燃烧稳定性的问题就更加突出。提高燃烧稳定性和燃烧效率的重要措施之一是提高燃烧区域温度, 但这又容易引起结渣、高温腐蚀, 还会使 NO_x 排放量增加。降低 NO_x 排放量的一个有效措施是提高燃烧区域的煤粉浓度、推迟混合, 但这又不利于防止结渣, 而且还会影响燃烧效率。因此, 研究同时解决高效率、稳燃、低污染、防止结渣和高温腐蚀这 5 方面问题的燃烧器具有十分重要的意义。

浓淡燃烧技术是近年来国内外采用的一种新型燃烧技术。哈尔滨工业大学在多年研究的基础上, 于 1987 年提出了水平浓淡燃烧的思想, 并开发了水平浓缩直流煤粉燃烧器和径向浓淡旋流煤粉燃烧器^[1,2], 这种燃烧器旨在同时解决高效、稳燃、低污染、防止结渣和高温腐蚀这五方面问题。图 1 为径向浓淡燃烧器结构。

采用浓淡旋流燃烧技术已先后在 E II 210/9.8、HG 220/9.8、HG 410/9.8 和 E II 670/13.8 等炉型上应用, 运行效果良好。但是, 在有些电厂运行中最突出的问题就是, 当材质选用不当时燃烧器的磨损严重, 尤其是中心扩锥部分, 由此带来了很大的备件费用和检修费用损失。针对这一情况, 几年来作了许多工作。在分析中心扩锥磨损失效原因的基础上, 采

用热电偶直接测量燃烧器各部件真实工作温度, 同时以中心扩锥等各部件“最恶劣”工作温度为依据, 研究新型高温抗磨材料, 研制新型抗磨燃烧器, 取得了较好的应用效果。

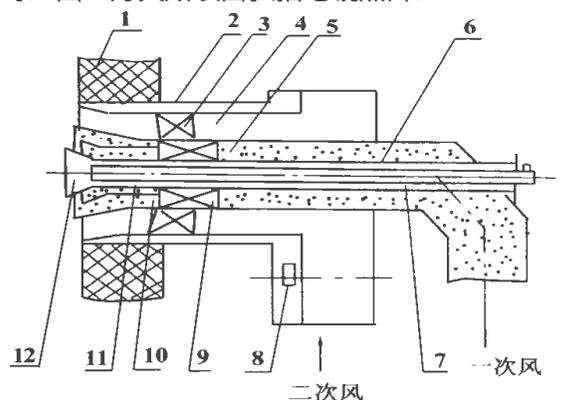
2 中心扩锥的磨损失效分析

2.1 工作情况

中心扩锥位于燃烧器出口端部, 工作环境复杂、恶劣, 受到炉膛辐射、对流等热量传递, 同时又受到煤粉气流以 20~30 m/s 的速度连续不断冲击, 即“又烧又磨”。特别是在燃烧器投油点火时, 扩锥温度可一直达到 900℃ 以上^[3], 这就要求该中心扩锥即要有耐热性能, 又要有很强的高温耐磨性能, 才能保证中心扩锥的长期使用寿命。

2.2 失效形式

图 2 为某厂 410 t/h 锅炉浓淡旋流煤粉燃烧器的中心扩锥磨损情况, 使用运行时间为 3 200 工作小时。图 3 为失效表面扫描电镜照片。



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 10—淡一次风通道
11—浓一次风通道 12—中心扩锥

图 1 径向浓淡旋流煤粉燃烧器示意图

由图 3 可以看出, 中心扩锥表面有铸造缺陷, 如

收稿日期: 1999-07-23; 修订日期: 1999-08-31

作者简介: 牛海峰(1966—), 男, 辽宁康平人, 黑龙江省电力科学研究院高级工程师, 博士研究生, 主要从事热动力类耐磨及高温耐磨性研究, 研究



图2 某厂410 t/h浓淡旋流燃烧器出口扩锥磨损情况

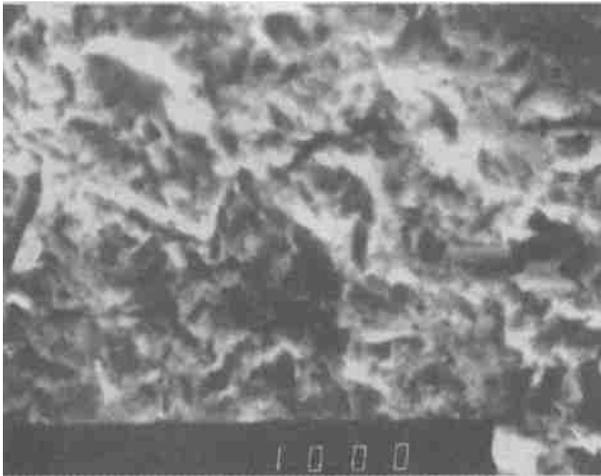


图3 中心扩锥迎风面磨损扫描电镜片

气孔；由表面形貌可以看出，中心扩锥“迎风面”有大颗粒撞击的痕迹，而没有切削和“犁沟”痕迹。根据中心扩锥的工作条件及磨损形貌可以确定其失效方式为氧化磨损。这是由于中心扩锥在高温状态下工作，表面产生塑性变形的同时在表层形成氧化膜，煤粉高速连续撞击，氧化膜剥落，使新露出的金属表面重新氧化，这种氧化膜不断被除去，又反复形成新的氧化膜，这就构成了氧化磨损。氧化磨损程度主要取决于金属表面所形成的氧化膜性质和氧化膜与金属基体的结合能力，同时也决定于金属表层塑性变形抗力，这些又根本取决于金属的材质性能。金属表面氧化膜的性质主要是指它的脆性程度，如果金属表面所形成的氧化膜致密而不脆，则该金属抗高温磨损能力就会很强。

3 试验锅炉及试验方法

本试验在原新华发电厂一台由HG-410/100-6型燃油锅炉改造而成(HG-410/9.8 YM型)燃煤

锅炉。炉膛宽度为11.99 m，深度为8.55 m，高度为30 m。8只燃烧器前墙布置(如图4所示)，分两层布置在一个大风箱内，标高分别为6.8 m和9.2 m。在风箱内，上、下两层燃烧器之间有隔板，将风箱分割成上、下风箱，两侧入口有风箱风门。采用正压直吹式制粉系统，两台磨煤机分别为上、下两层燃烧器供粉，无备用磨煤机。燃烧器的旋流、直流二次风入口装有旋流、直流二次风门，直流二次风门采用气动执行机构调节。

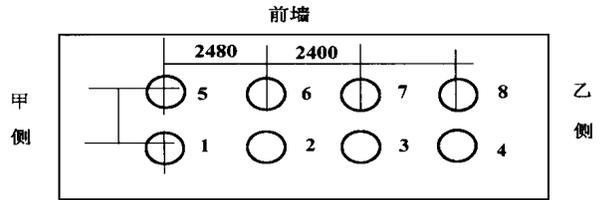


图4 燃烧器编号

锅炉小修时，在1~8号燃烧器中心扩锥上均安装上热电偶(铂-铑-铂和镍铬-镍硅)，从中心扩锥端部开始每间隔25 mm在其表面焊装一点，电偶丝及其补偿导线用瓷管保护后从燃烧器尾部弯头法兰处引出炉膛，用HP-34401A型 $7\frac{1}{2}$ 数字万用表测量燃烧器不同工作状态下中心扩锥外壁各部位温度。

4 试验结果及分析

对于410 t/h锅炉新型燃烧器，中心扩锥直径为 $\Phi 380$ mm(见图5)，中心管直径为 $\Phi 133$ mm，中心扩锥高为123.5 mm，中心扩锥较高，一次风粉出口速度为32 m/s。

试验工况为以下两种：

(1)上排燃烧器(5~8号)不投油、不投粉，同时直流、旋流二次风全关(挡板开度为0)。下排燃烧器(1~4号)投粉，直流、旋流二次风全开(挡板开度为100%)。即锅炉在50%负荷状态下，上排燃烧器“干烧”。

(2)上、下排燃烧器均投粉，上、下排燃烧器直流、旋流二次风全开(挡板开度为100%)，即锅炉在100%负荷状态下运行。

图6、图7分别为工况(1)、工况(2)条件下燃烧器(6号和7号)实际壁温分布情况。

对于6、7号燃烧器出口中心扩锥来讲，工况基本相同，因此两条曲线可以说明一个问题。如图6所示，在50%负荷状态下，上排燃烧器干烧，中心扩锥端部最高温度可达到1070℃左右，随着距离增加，在距离燃烧器扩锥端部120 mm处，温度降为500℃

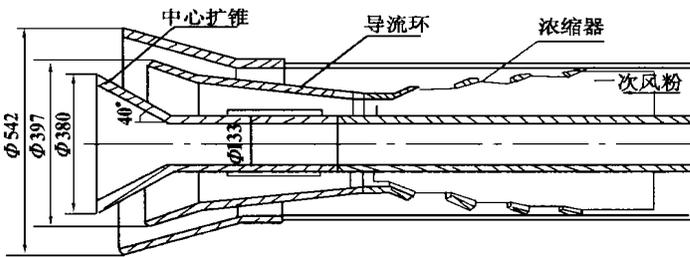


图 5 410 t/h 锅炉燃烧器出口扩锥部分结构

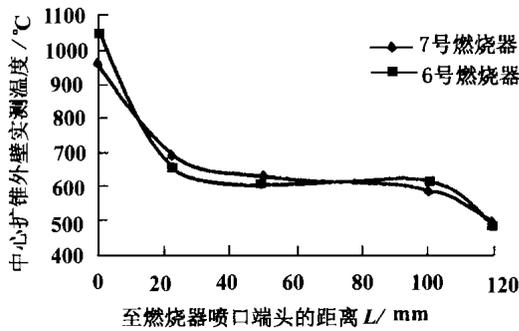


图 6 上排燃烧器 50% 负荷时中心扩锥温度

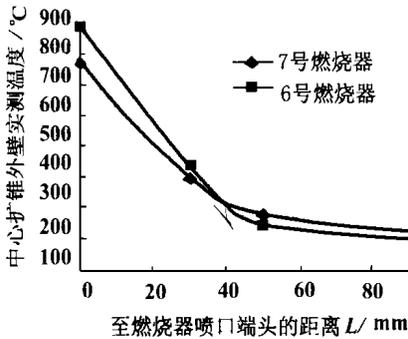


图 7 上排燃烧器 100% 负荷时中心扩锥温度

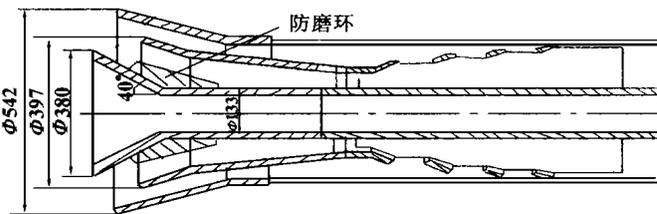


图 8 410 t/h 锅炉燃烧器扩锥加装防磨环示意图

烧”的恶劣条件下需承受温度为 500 °C 左右的长期工作状态。

由图 7 可以看出,在试验工况(2)条件下,中心扩锥(6、7号燃烧器)最高温度为 890 °C 左右。随着距离增加(往中心扩锥轴向方向后部),在 120 mm 位置温度降为 190 °C 左右。这说明锅炉负荷增加,中

心扩锥实际工作壁温下降了。相同位置,“干烧”时中心扩锥出口端部温度比 100% 负荷正常投运时温度升高近 200 °C;在距中心扩锥端部 120 mm 处温度升高近 300 °C 左右。这说明,一、二次风可以起到对中心扩锥的“保护作用”。

从结构上改善中心扩锥工作条件的办法,就是加装防磨环(如图 8 所示),在保证煤粉流动的前提下防止中心扩锥的磨损。加装防磨环有以下两方面作用:

(a) 改变了浓煤粉气流冲刷的角度。原来中心扩锥的角度为 40°,风粉气流冲刷角度大,磨损非常严重;加防磨环后,防磨环迎风面角度减小至 25°左右,风粉气流冲刷角变小,减缓了磨损速度。

(b) 没有加装防磨环时迎风面为中心扩锥,中心扩锥裸露在炉膛,接受炉膛高温烟气和火焰的辐射,温度很高,在很高的温度下(> 1 000 °C)保持材料具有较高的硬度很难;加装防磨环后,防磨环在中心扩锥的后面,不接受炉膛高温烟气和火焰的直接辐射,温度相对较低,可以使材料达到较高的硬度要求,具有良好的抗磨性。

通过以上分析可知,对于 410 t/h 锅炉径向浓淡旋流燃烧器中心扩锥工作温度在 900 °C~1 100 °C 之间,中心扩锥后部装设防磨环部位工作温度为 200 °C~500 °C 之间,这些为中心扩锥的材质选择提供了依据。图 2 所示中心扩锥短时间工作磨损情况正说明了温度设计与材质选择不当所造成的后果。

5 结论

(1) 径向浓淡旋流燃烧器的中心扩锥失效形式是以高温氧化磨损为主。

(2) 对燃烧器中心扩锥结构进行改进,中心扩锥后部加装防磨环后可以提高其抗磨性,延长燃烧器的使用寿命。

(3) 燃烧器出口中心扩锥端部工作温度为 900 °C~1 100 °C 之间;中心扩锥后部迎风磨损区工作温度在 200 °C~500 °C 之间,为燃烧器制造选材提供了依据。

参考文献

- [1] 秦裕琨. 一种浓缩煤粉燃烧器. 中国专利, ZL92. 2. 24103. 1
- [2] 孙绍增. 一种径向浓淡旋流煤粉燃烧器. 中国专利, ZL93. 2. 44359. 1
- [3] 黑龙江省电力科研调试中心, 新华发电厂, 哈尔滨工业大学. 新华发电厂 3 号炉采用径向浓淡旋流煤粉燃烧器改造试验报告, 1995. 6.

(何静芳 编辑)

tion, gas-solid fluidized bed, mixing, non-uniformity, oscillation

径向浓淡旋流燃烧器出口扩锥壁温分布及其对抗磨性能的影响 = **Temperature Distribution at the Expansion Cone Wall of a Radial Dense-dilute Swirl Burner Outlet and Its Effect on Abrasion Resistance** [刊, 中]/Niu Haifeng, Li Zhengqi, Sun Rui, (Harbin Institute of Technology), et al // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 15 ~ 17

An analysis is performed of the abrasion resistance loss of a central expansion cone at a radial dense-dilute swirl burner outlet. The wall temperature distribution of the central expansion cone under actual operating conditions is studied and determined. The results obtained can serve as a reliable basis for the rational selection of materials for the central expansion cone, contributing to its enhanced high-temperature abrasion resistance. **Key words:** burner, abrasion, wall temperature distribution

层板室壁无相变流动时的冷却性能 = **Cooling Performance of a Laminated Platelet Wall in the Absence of a Phase-change Flow** [刊, 中]/Wu Huiying, Cheng Huier, Deng Shu (Jiaotong University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 18 ~ 19

An analysis is conducted of the liquid coolant heat transfer in a laminated platelet wall. As a result, identified is a performance parameter $m_{1/2}$, which exercises an influence on the platelet wall cooling effectiveness. The above-cited parameter has a bearing on the platelet passage heat exchange area, heat exchange factor and the coolant specific heat. With the platelet thrust chamber serving as an example the authors have determined the effect of the performance parameter $m_{1/2}$ on the platelet inner wall temperature and the temperature difference between the inner and outer wall. **Key words:** laminated platelet wall, cooling performance, thrust chamber, wall temperature

加福煤粉燃烧过程的微观形态观察 = **Microscopic state Observations of Jiafu Pulverized-Coal Combustion Process** [刊, 中]/Gu Zhongzhu, Zhang Yonglian, Cai Song (Southeastern China University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 20 ~ 22

With the help of an optical microscope and a scanning electronic microscope conducted are the detailed observations of the microscopic-state change relationship of a Jiafu pulverized-coal combustion process. The results of the investigation indicate that there appear in the Jiafu pulverized-coal combustion process five different types of particles, i. e., white, brown and black balls, black lump I and black lump II. The burn-off process is influenced by thermodynamic operating conditions. The key factor in reducing the carbon content of fly ash consists in an attempt to achieve a complete burning of the black lump I and an maximum ignition of the black lump II. **Key words:** pulverized coal, combustion, optical microscope, scanning electronic microscope, fly ash

100MW 螺旋高压加热器封头应力分析 = **Stress Analysis of the High-pressure Spiral-tube Heater Head of a 100 MW Unit** [刊, 中]/Lu Yue, Zhang Jianping, Jin Jiadong (Harbin Boiler Co. Ltd.) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 23 ~ 25

Through the use of a finite element method analyzed and evaluated in this paper is a high-pressure heater head. **Key words:** high-pressure heater, mechanics model, boundary conditions, finite element analysis

啮合齿向误差对齿轮承载能力的影响 = **The Effect of Gear Mesh Error on Gear Loading Capacity** [刊, 中]/Yao Shaoming, Cheng YinLi, Huang QinHai (Harbin No. 703 Research Institute), et al // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 26 ~ 27

The authors have come up with a method for calculating gear mesh error. Under this method the gear axial inclination angle is divided into two components with the gear mesh error being calculated separately and then added up as per direc-