

六角切圆燃烧锅炉燃烧器区域煤粉 粒径分布的试验研究

李瑞扬, 朱群益, 赵玉晓, 秦裕琨

(哈尔滨工业大学 能源科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 对某 670 t/h 六角切圆燃烧煤粉炉进行冷态模化试验, 应用激光多普勒测速仪(PAD)进行测量, 研究燃烧器出口区域煤粉颗粒的粒径和速度分布, 分析它们对受热面结渣的影响, 并比较加大上层燃烧器二次风假想切圆直径后结渣状况的改善, 寻求解决锅炉结渣问题的措施。

关键词: 六角切向燃烧; PAD; 粒径分布; 结渣

中图分类号: TK224

文献标识码: A

1 概述

受热面结渣直接影响着锅炉的安全经济运行, 受热面一旦结渣, 如不采取有效的抑制措施, 渣块就会越结越厚、越结越大, 尤其随着锅炉机组的不断大型化, 这个问题日益严重。

本试验原型为某电厂 670 t/h 六角切圆燃烧煤粉炉。锅炉在运行过程中发生大面积结渣, 特别是在炉膛出口屏区和高温过热器区结渣严重, 几乎被渣堵满, 且在锅炉负荷增加时结渣状况加剧。在锅炉顶部的抽热烟气处也存在着严重的结渣现象。这不仅降低了锅炉的效率, 也对设备和人员的安全构成了严重的威胁。

燃烧器布置如图 1 所示, 假想切圆直径为 1000 mm。燃用扎赉诺尔褐煤, 燃烧特性如表 1 所示。试验工况参数如表 2 所示。

表 1 燃烧特性

C	H	O	N	S	A	W	V	Q
34.65	2.34	10.48	0.57	0.31	17.02	34.63	43.75	12286

灰的特性参数: $t_1=1160\text{ }^\circ\text{C}$, $t_2=1198\text{ }^\circ\text{C}$, $t_3=1278\text{ }^\circ\text{C}$

表 2 试验工况参数

燃烧器	给粉浓度			一次风速		二次风速	
	kg \cdot kg $^{-1}$	m \cdot s $^{-1}$	m \cdot s $^{-1}$	m \cdot s $^{-1}$	m \cdot s $^{-1}$	m \cdot s $^{-1}$	
原始	一号角	0.7249	13.58	28.81			
工况	二号角	0.7249	13.58	28.81			
改进	一号角	0.7249	13.58	28.81			
工况	二号角	0.4766	13.58	28.81			

冷态模化试验测量燃烧器出口区域煤粉颗粒的粒径和速度分布, 目的是研究它们对射流出口处结渣的影响, 比较加大上层燃烧器二次风假想切圆直径后结渣状况的改善, 为实际运行寻求防止和消除结渣现象的措施。

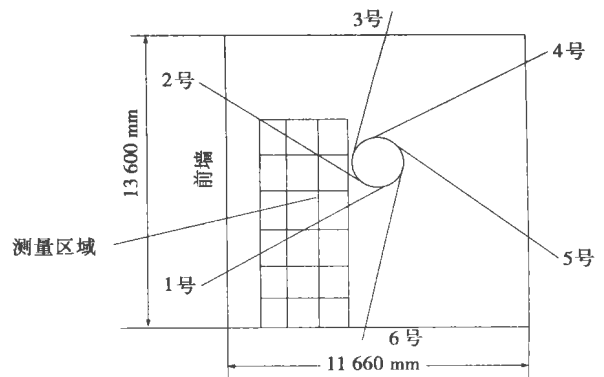


图 1 燃烧器布置图

2 试验介绍

2.1 试验台系统

试验台系统为负压通风系统, 由风机、风道、旋风分离器、实验台本体、螺旋给粉机和电机等组成, 系统图如图 2 所示。

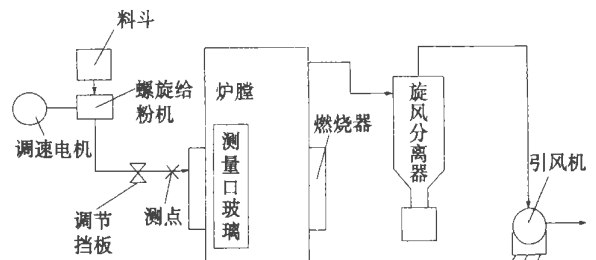


图 2 试验台布置示意图

2.2 试验工况安排和测量方法

对原始设计工况和加大上层燃烧器二次风假想切圆直径的改进工况进行了试验。主要测量上层燃烧器区域,所布置的一号角测量区域目的是测量燃烧器射流的初始段,二号角测量区域主要为了测量燃烧器射流发生偏转后的情况。试验中煤粉颗粒采用 0~100 μm 的球形玻璃微珠模拟,平均粒径为 25~55 μm,玻璃微珠加入一次风中,形成气固两相射流喷入炉膛。应用激光多普勒测速仪(PDA)^[1-3]进行测量,测量截面的位置为一号角和二号角上层燃烧器的 0、+30、+80 和 +115mm,测量线位置(mm)如表 3 所示。

表 3 测量线位置

X	38	68	98	128	158	203				
Y(一号角)	0	25	50	100	125	150	175	200		
Y(二号角)	100	125	150	175	200	225	250	275	300	310

3 试验结果分析

3.1 一号角上层燃烧器

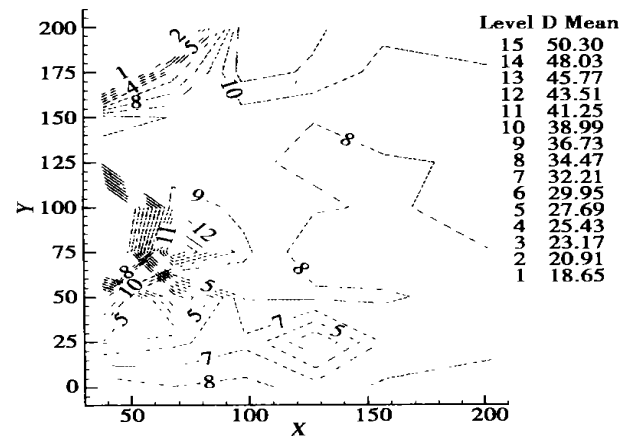


图 3 原工况 一号角 上层+30 截面 颗粒粒径图

在颗粒粒径图中, Level D 表示颗粒的直径水平; Mean 表示相应于 Level D 的颗粒直径的平均值。

图 3 和图 5 分别为原工况一号角上层燃烧器 +30 截面颗粒粒径和速度分布图。部分扩散射流流向炉膛角部,射流的向、背火侧在前墙附近有煤粉颗粒密集,由于背火侧的着火条件不好,不仅容易增大未完全燃烧热损失(尤其沉积大颗粒时),而且原设计煤种的结渣性较高,未燃尽的部分流到炉膛出口增大了结渣的可能性^[3]。

图 4 和图 6 分别为改进工况一号角上层 +30 截面颗粒粒径和速度分布图。由于改进后二次风在一次风射流的外侧(原工况两者在同一垂直面上),其

受上游偏转射流和炉内主旋转气流的混合冲击减轻,射流刚性增加,对一次风射流偏转起到拦截作用,使一次风射流没有向侧墙产生较大偏转。射流向、背火侧颗粒的密集程度下降,而背火侧尤为明显。

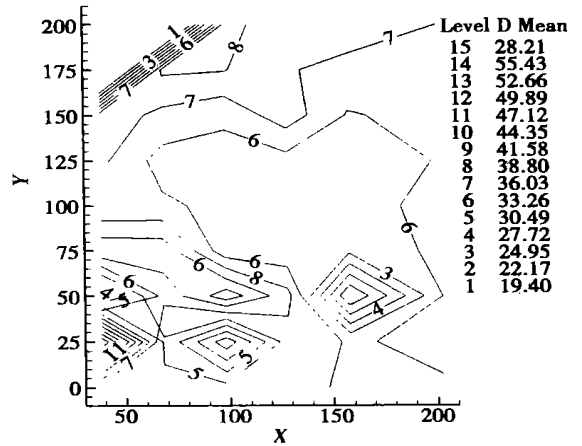


图 4 改进工况 一号角 上层+30 截面 颗粒粒径图

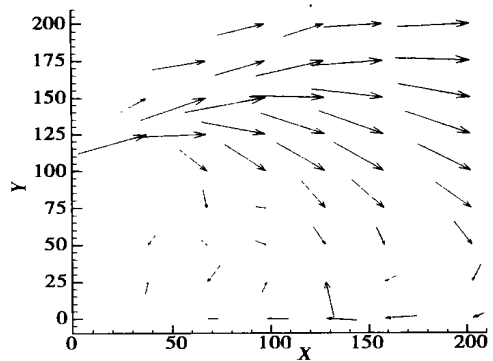


图 5 原工况 一号角 上层+30 截面 颗粒速度图

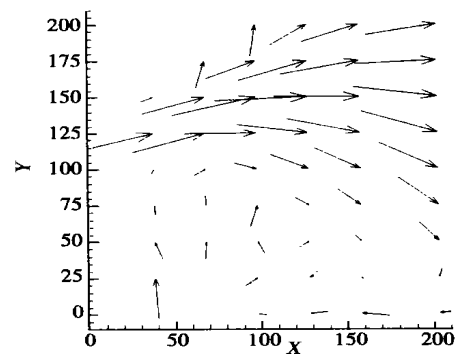


图 6 改进工况 一号角 上层+30 截面 颗粒速度图

图 7 和图 9 分别为原工况一号角上层燃烧器 +80 截面颗粒粒径和速度分布图。此截面的炉膛角

部和侧墙燃烧器射流之间形成了明显旋转的二次旋涡, 射流背火侧前墙贴壁处有大颗粒沉积, 由于煤粉颗粒惯性较大, 气相拽引力不足以提供颗粒流动所需要的力。

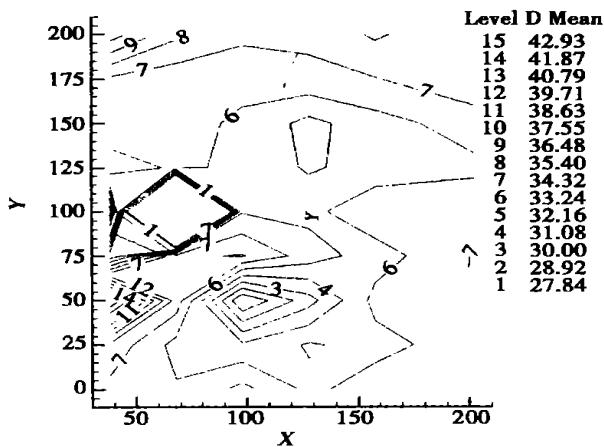


图 7 原工况 一号角上层 +80 截面颗粒粒径图

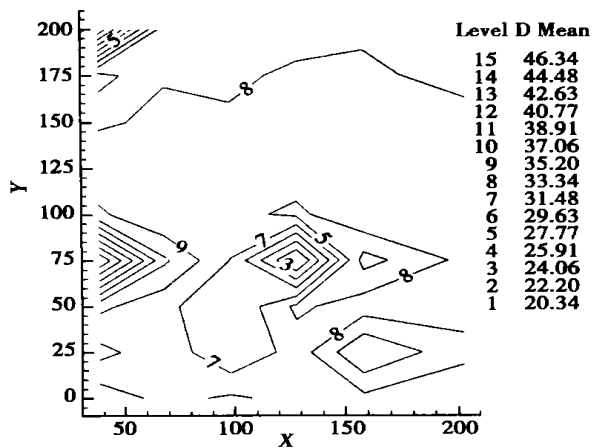


图 8 改进工况 一号角上层 +80 截面颗粒粒径图

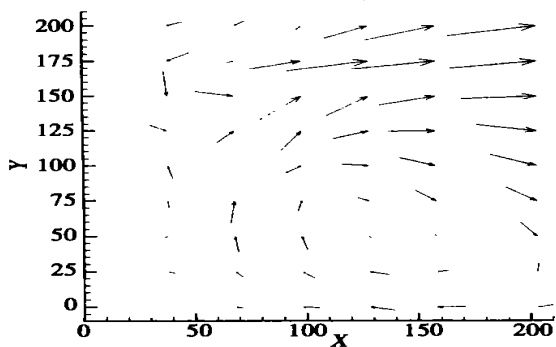


图 9 原工况 一号角上层 +80 截面颗粒速度图

器 +80 截面颗粒粒径和速度分布图。可见改造后流场形式发生了很大变化, 主旋转气流旋转加强, 衰减相对减慢, 对壁面区和二次旋涡区的含粉气流的卷吸能力增强, 抵抗二次旋涡的挤压能力变强, 而且进入二次旋涡区的含粉气流减少, 使二次旋涡的转动量减小。二次旋涡直径明显小于原工况, 旋转中心的位置向侧墙燃烧器有较大的移动。射流背火侧尾迹处积存大颗粒的现象有了一定改善。煤粉颗粒具有较大的惯性, 小颗粒容易进入涡旋中, 大颗粒能够穿过旋涡。

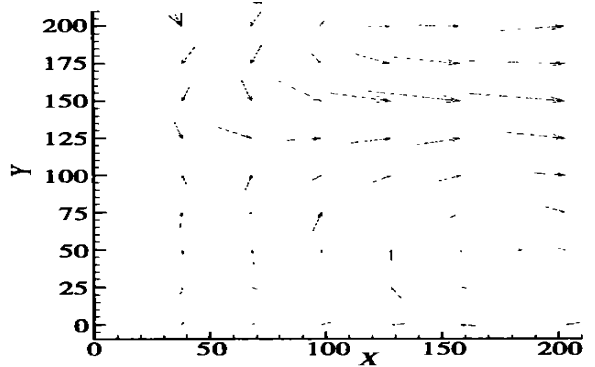


图 10 改进工况 一号角上层 +80 截面颗粒速度图

3.2 二号角上层燃烧器

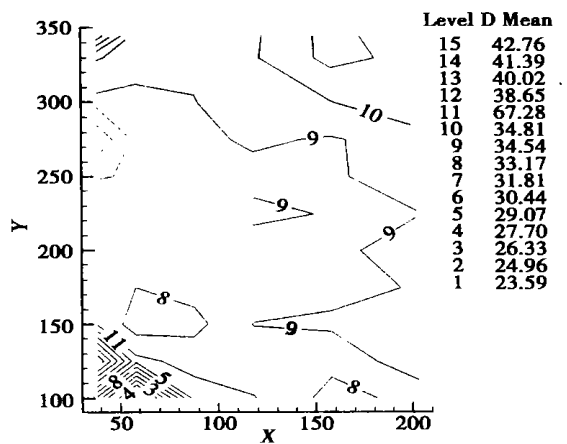


图 11 原工况二号角上层 +30 截面颗粒粒径图

图 11 和图 13 为原工况二号角上层燃烧器 +30 截面颗粒粒径和速度分布图。在 $x=128\text{mm}$ 测量线上的颗粒速度矢量方向平行于前墙, 其左侧三条测量线上的颗粒速度矢量方向偏向于前墙, 大量含粉气流刷壁, 其右侧两条测量线上的颗粒速度矢量方向偏向于炉内主旋转气流。受炉内强烈旋转气流的冲击, 颗粒粒径在空间上变化较剧烈。在图中表现为炉膛中央切圆与前墙之间的颗粒尺寸差异较大。

图 8 和图 10 分别为改进工况 一号角上层燃

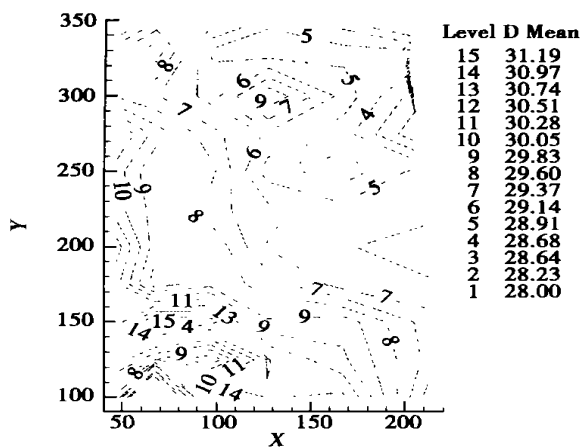


图 12 改进工况二号角上层+30截面颗粒粒径图

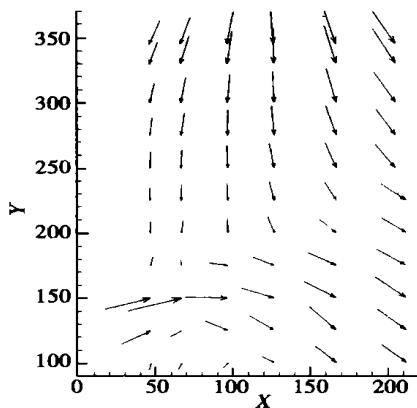


图 14 改进工况二号角上层+30截面颗粒速度图

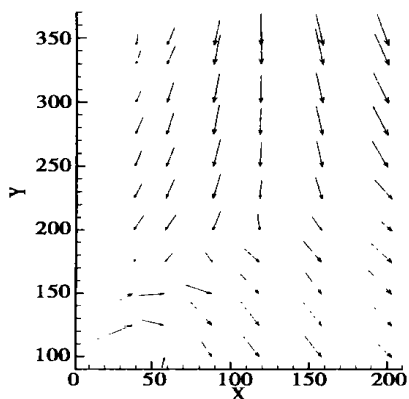


图 13 原工况二号角上层+30截面颗粒速度图

一号燃烧器射流出口区域密集着直径较大的颗粒。

图 12 和图 14 为改进工况二号角上层燃烧器 +30 截面颗粒粒径和速度分布图。与原工况相比,改进工况的颗粒旋转速度明显增加, $x = 128 \text{ mm}$ 测量线的左侧三条测量线上的颗粒速度矢量方向由偏向于前墙变为平行于前墙,含粉气流刷壁情况得到了明显改善;其右侧三条测量线上的颗粒速度矢量方向偏向于炉内主旋转气流。颗粒粒径分布发生了较大变化,炉膛横截面上粒径分布有所均匀。

4 结 论

受炉内强烈旋转气流的冲击,煤粉颗粒粒径在空间上变化较剧烈。煤粉颗粒具有较大的惯性,小颗粒容易进入涡旋中,大颗粒能够穿过旋涡。与原始设计工况相比,对工况进行改进后,射流向、背火侧前墙附近的颗粒密集程度下降,沿炉膛横截面上粒径分布有所均匀,有效地控制了未完全燃烧热损失,减小了受热面结渣的可能性^[4]。

试验研究表明,加大上层燃烧器二次风假想切圆直径的改进方案,能够在一定程度上抑制结渣现象。

参考文献:

- [1] 沈 熊. 激光多普勒测速技术应用新进展[J]. 力学与实践, 1983, 5(4): 61—62.
- [2] 邱建荣. 用 PDA 测量两相湍流场时固体粒子的选择[J]. 气动实验与测量技术, 1994, 8(1): 54—58.
- [3] 林 江. 大型电站锅炉设计与运行中防止炉内结渣的措施[J]. 中国电力, 1999 32(3): 32—34.
- [4] 何佩敖, 艾 静. 炉膛结渣和防止措施[J]. 热能动力工程, 1994, 9(4): 193—205.

(何静芳 编辑)

本刊获“第二届国家期刊奖百种重点期刊”

By using a IFA300 constant-temperature hot wire anemometer a six-sensor vortex probe was localized for the first time with the help of a three-dimensional movable coordinate stand. Meanwhile, a servomotor was used to drive its fixed base. The vorticity field at the tail section of the multi-platenlets in the foreign-made tangentially fired pulverized-coal furnace was measured by the use of a condition-sampling technique. With the multi-platenlets being assumed as thin-plate airfoils investigated were the separated vortices resulting from the combined action of spiral ascending gas flows and the flows past the thin-plate airfoils. The magnitude of the separated vortices was determined. The results of an experimental study indicate that there exist evident separated vortices at the tail section of a separated platen (front platen) and at the right half of the furnace. Furthermore, some of the separated vortices have been accompanied by other vortices assuming an opposite direction. The measurement results of velocity field and vortex field show that in the neighborhood of a right lateral wall there emerged not only a high flow speed but also a high degree of vorticity. All the above has provided a theoretical basis for the study of in-boiler pulverized-coal combustion and NO_x emission control technology. **Key words:** tangentially fired furnace, multi-platenlets, spiral ascending flow, thin-plate airfoil, separated vortex, six-sensor vortex probe

六角切圆燃烧锅炉燃烧器区域煤粉粒径分布的试验研究 = **Experimental Investigation of Pulverized-coal Particle Diameter Distribution at the Burner Zone of a Hexagonal-tangentially Fired Boiler** [刊, 汉] / LI Rui-yang, ZHU Qun-yi, ZHAO Yu-xiao, QIN Yu-kun (School of Energy Science and Engineering under the Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18 (2). 155—158

A cold-state model test was conducted of a 670 t/h tangentially fired pulverized-coal boiler with burners being arranged at the six corners of a furnace. The distribution of pulverized-coal particle diameter and velocity at the outlet zone of burners was studied, using a phase Doppler anemometer to make relevant measurements. Moreover, the impact of the above distribution on the slag formation on heating surfaces was analyzed. By way of comparison one can also perceive a significant alleviation of slag formation following the introduction of a larger imaginary tangential-circle diameter of secondary air fed to the top-layer burners. On the basis of the above a series of effective measures were taken to solve the boiler slugging problem. **Key words:** tangential firing with burners located at six corners, phase Doppler anemometer, particle diameter distribution, slag formation

电厂直接空冷系统风效应风洞模拟实验研究 = **Experimental Investigation of the Wind Tunnel Simulation of Wind Effects on a Directly Air-cooled System for a Power Plant** [刊, 汉] / GU Zhi-fu, ZHANG Wen-hong, LI Hui (Department of Mechanics and Engineering Science, Beijing University, Beijing, China, Post Code: 100871), PENG Ji-ye (Shanxi Provincial Electric Power Exploration and Design Institute, Taiyuan, Shanxi Province, China, Post Code: 030001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18 (2). 159—162

The similarity criteria to be met during the wind tunnel simulation-based experimental study of the wind effects on a directly air-cooled system of a power plant are probed along with a description of the relevant experimental methods. The conception of recirculation ratio is proposed to describe the wind effect on the efficiency of an air-cooled condenser. Furthermore, by citing the wind tunnel simulation-test results of a specific case the authors explained the impact of outside wind speed and direction on the efficiency of a specifically configured air-cooled system of a power plant. In this connection it is of vital importance to conduct a pertinent wind tunnel simulation in the light of local meteorological data during the preliminary design of the directly air-cooled system of a power plant. **Key words:** power plant, air cooled system, condenser efficiency, wind tunnel simulation

非均匀布风流化床的 DEM 模拟 = **Discrete Element Method-based Simulation of a Fluidized Bed with Non-uniformly Distributed Air** [刊, 汉] / YIN Bin, ZHANG Ming-chuan, SONG Yu-bao, et al (Department of Energy Engi-