

# 切向燃烧煤粉炉后屏过热器对水平烟道入口烟速分布的影响

张文宏 何伯述 许晋源  
(西安交通大学)

[摘要]利用热线风速仪对切向燃烧煤粉炉屏区及水平烟道入口处进行了详细测量,研究了后屏过热器对水平烟道中速度分布的影响,为电站锅炉的设计及改造提供了有价值的参考资料。

关键词 后屏过热器 速度偏差 切向燃烧煤粉炉

分类号 TK223.32 TK229.63

## 0 引言

四角布置切向燃烧煤粉炉与其它燃烧方式锅炉相比,具有火焰充满度高、煤种适应性强、运行操作简单等诸多优点,故被我国绝大多数电站所采用。但随着容量的大型化,其缺陷也愈来愈明显的暴露出来,如水平烟道左右侧的烟温偏差一般都达到  $150 \sim 200^{\circ}\text{C}$ ,其右下侧(左右的定义按在炉前视得的感觉而定,下同)有一高温区存在,造成管壁超温、腐蚀及爆管事故<sup>[2-3]</sup>。严重威胁着锅炉的安全经济运行,已经给我国的电力工业造成了巨大的损失。

## 1 切向炉膛流场特点

炉内流场直接影响着燃烧过程,多年来一直受到研究者的重视。文献 [1]利用半经验半理论方法得出了切向燃烧煤粉炉燃尽区速度场的数学表达式:

$$\begin{cases} U_x = C_0 \frac{2c}{bk} e^{\frac{y-k}{u_0} z} \sin \frac{cx}{a} \cos \frac{cy}{b} \\ U_y = C_0 \frac{2c}{ak} e^{\frac{y-k}{u_0} z} \sin \frac{cy}{b} \cos \frac{cx}{a} \\ U_z = u_0 H \left\{ 1 - m \left[ \left( \frac{x-a/2}{a/2} \right)^2 + \left( \frac{y-b/2}{b/2} \right)^2 \right] \right\} \end{cases} \quad (1)$$

式中:  $U_x$  为宽度方向的速度分量,  $U_y$  为深度方向的速度分量,  $U_z$  为竖直方向的速度分量,  $k = \sqrt{(1/a^2 + 1/b^2)}$ ,  $a, b$  分别为炉膛宽度、深度。  $u_0$  为炉膛内气流向上的平均速度,  $C_0, H$  为与结构有关的实验常数。

文献 [1]指出,炉内气流旋转强度的衰减主要是由气流内部的紊流交换所引起的。根据上式经计算知,炉内旋涡到达屏区入口时,仍有约 80% 的残余量。另外由式 (1) 可知,在燃尽区气流速度最大值在壁面附近,即气流贴壁。以上结论与本文实验所得结果一致。

在切向炉膛内,烟气贴壁旋转上升。在现行炉膛结构中,屏式受热面与水冷壁之间一般仍留有一定距离。所以,烟气进入屏区后强烈旋转的那部分气流受到的阻力较小,残余旋转得不到有效的抑制。在屏区入口处水平面内,屏区右侧靠近折焰角处,即图 2a 中区域 R 处,由于后屏过热器的阻挡作用,气流不能流向左侧,只能流向炉后进入水平烟道;而在屏区左侧靠近折焰角处,烟气主流是向炉前方向流动,不会直接进入水平烟道。左右侧的这种差异就是造成水平烟道入口处速度偏差的一个重要原因。根据以上分析,可以设想,如果在后屏过热器所在位置留有一定的通道,使右侧区域 R 处的气流向左侧分流一部分,就会减少水平烟道右侧的流量而使左侧流

量增加,从而降低水平烟道入口截面的烟气流量偏差即速度偏差。

在竖直面内,折焰角处烟气的流动如图 2b 所示,折焰角端头上方形成一回流区,通道 2 就处于该回流区中,而通道 1 则处于主流区内,所以通道 1 的宽度必将对该区的流动状态起主要作用。

为了研究通道 1 的宽度对水平烟道入口截面速度分布的影响,本文就下列三种工况进行了冷模 (M1: 40) 实验研究:

工况一: 原设计工况,通道 1 宽度 15 mm,通道 2 宽度 18 mm

工况二: 将后屏过热器后移与折焰角端头相接,通道 1 宽度 33 mm,通道 2 宽度为零。

工况三: 拆除后屏过热器,整个通道的宽度为 97 mm

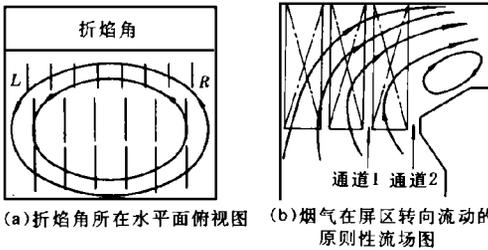


图 2 炉膛上部流场示意图

## 2 实验结果及分析

本文以 HG-2008-YM2 型锅炉为原型,采用斯林-纽拜 (Thring-Newby) 模化方法,在气流进入自模化区后 ( $Re = 1.5 \times 10^6$ ),利用热线风速仪对炉膛屏区及水平烟道入口处的流场进行了详细测量,炉膛及屏区结构如图 1 所示。

为了评价水平烟道入口截面上烟气分布的均匀特性,就需要给出一个评价准则。造成左右侧主蒸汽温度偏差的主要因素是水平烟道入口截面上左右侧的烟速及烟温偏差。由于蛇形管的布置特性,该截面内竖直方向的烟速及烟温偏差不会直接影响汽温沿炉宽的偏差。所以本文对水平烟道入口处的速度偏差用速度偏差系数  $MVD$  (Maximum Velocity Deviation) 来描述,其定义如下:

$$MVD = \frac{(\bar{V}_h)_{\max}}{\bar{V}_e} \quad (2)$$

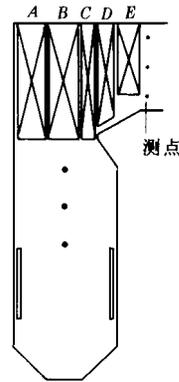


图 1 炉膛及屏区结构简图

A 前分隔屏 B 后分隔屏 C 后屏过热器  
D 后屏再热器和末级再热器 E 末级过热器

其中:  $\bar{V}_h$  为炉宽方向上某点沿高度方向的平均值

$\bar{V}_e$  为水平烟道入口整个截面上的平均值

实验结果如下:

图 3 为工况一时水平烟道入口截面的速度分布。其速度偏差系数为

$$MVD = 2.13$$

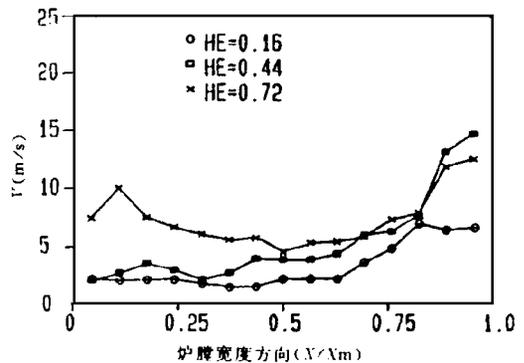


图 3 水平烟道入口速度分布 (工况一)

图 4 为工况二时水平烟道入口截面的速度分布。其速度偏差系数为

$$MVD = 1.86$$

图 5 为工况三时水平烟道入口截面的速度分布。其速度偏差系数为

$$MVD = 1.68$$

图中: 纵坐标为速度值,横坐标为测点的相对位置 ( $X/X_m$ ),  $X$  - 测点距左墙距离,  $X_m$  - 炉膛宽度,

$HE$ 为测点距水平烟道底面的相对高度 ( $HE=ZE/HO$ )。  $ZE$ - 测点距水平烟道底面的高度,  $HO$ - 水平烟道高度。

实验中测得: 烟气进入屏区后, 壁面附近的流速远高于屏区内的流速; 壁面附近流速在  $10\sim 15\text{ m/s}$ , 而屏区中心部位的速度只有  $3\sim 5\text{ m/s}$ , 即气流明显贴壁。因此分隔屏就不能有效地起到消旋作用。在原设计工况下, 水平烟道入口截面的速度分布如图 3 所示。其右侧流速明显高于左侧。值得注意的是右下侧, 由于旋转及后屏的导流作用, 气流经过喉口(折焰角端头所在截面)后直接进入水平烟道。其烟

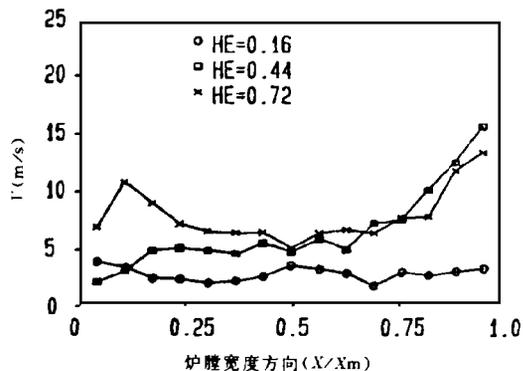


图 4 水平烟道入口速度分布 (工况二)

为了考察通道 1 进一步增加后, 对水平烟道入口截面速度分布的影响, 本文做了将后屏全部拆除的极端工况。整个通道的宽度为  $97\text{ mm}$ , 测量结果如图 5 所示, 与工况二比较可知, 左侧流速进一步提升, 右侧特别是靠近壁面处的速度则有较大幅度的下降, 该工况下的速度偏差系数又进一步降至 1.68

### 3 结论

(1) 大型切向燃烧煤粉炉炉内气流贴壁, 进入屏区中心部位的气体流量较少。分隔屏并不能消除残余旋转的严重后果。

(2) 后屏过热器对水平烟道入口的速度分布有

#### 作者简介

张文宏, 男, 1962年2月生, 1991年在西安交通大学热能工程专业获硕士学位。曾在西北电力试验研究院工作二年, 现在西安交通大学热能工程专业攻读博士学位, 主要从事锅炉及数值模拟方面的研究。(邮编: 710049 西安交通大学能动学院锅炉研究所)

气行程最短, 与周围的受热面换热也最少, 故该区域的烟温最高, 同时又因其流速较高, 从而造成该区管壁超温、腐蚀及爆管。

将后屏过热器后移与折焰角相接, 通道 1 宽度为  $33\text{ mm}$ , 通道 2 宽度为零。此时水平烟道入口截面的速度分布如图 4 所示, 如前文所述, 通道 1 宽度增加后, 旋转气流受到后屏的阻力降低, 使其向左侧的流量增加, 水平烟道入口截面右下侧的速度明显减小 (图 4 中最下一条曲线), 而左侧流速则有所上升 (图 4 中间一条曲线) 该工况下的速度偏差系数已由原设计的 2.13 降至 1.86

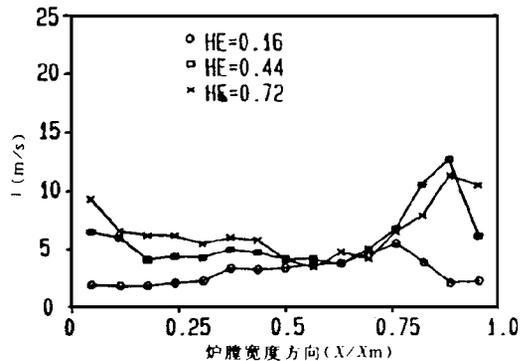


图 5 水平烟道入口速度分布 (工况三)

显著的影响。增加后屏过热器与后分隔屏之间的距离有利于降低水平烟道入口处的速度偏差。

### 参考文献

- 1 贾鸿祥, 许晋源. 切圆燃烧煤粉炉燃尽区速度场的研究. 动力工程, 1985, (2): 21-27
- 2 姜义道, 李永兴. 四角切向燃烧大容量电站锅炉烟温、汽温偏差及其治理技术研究. 中国动力工程学会锅炉燃烧技术会议论文集, 1996, 8: 69-73
- 3 王孟浩. 大容量电站锅炉过热器再热器温度偏差原因及防止对策. 锅炉技术, 1992, 3
- 4 杨君义. 四角切圆燃烧方式锅炉水平烟道中的烟气偏差. 中国动力工程学会锅炉燃烧技术会议论文集, 1996, 8: 65-68

(渠源 编辑)

双炉膛炉内空气动力场的数值模拟研究 = **A Numerical Simulation Study of Aerodynamic Field Characteristics in a Double-Furnace** [刊, 中] /Zhu Tong, Fan Weidong, et al (Harbin Institute of Technology) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(6): 401~ 404

A numerical simulation study is conducted of the aerodynamic field characteristics of a 1000 t/h once-through boiler double-furnace. The results of the simulation study basically agree with the measured results on site. Through analysis it is shown that the front and rear wall rectangular arrangement of impellerless burners in a tangentially fired furnace constitutes a major cause of the water walls being swept by flue gases. The separation of primary air and secondary air can be mainly attributed to a high and narrow primary air nozzle and a thin and wide secondary air nozzle, resulting in a high-temperature corrosion of the water walls on the gas side. **Key words** intra-furnace aerodynamic field, numerical simulation, high-temperature corrosion, boiler, double-furnace

切向燃烧煤粉炉后屏过热器对水平烟道入口烟速分布的影响 = **The Influence of the Rear-Panel Superheater of a Tangentially Fired Pulverized-Coal Boiler on the Gas Speed Distribution at the Inlet of a Horizontal Flue** [刊, 中] /Zhang Wenhong, He Baishu, et al (Xi'an Jiaotong University) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(6): 405~ 407

A detailed measurement of the velocity fields in a panel and platen zone as well as at the inlet of the horizontal flue of a tangentially-fired boiler was conducted using a hot-wire anemometer. The influence of the rear-panel superheater on velocity distribution at the horizontal flue was studied, which provides useful reference data for the design and modification of utility boilers. **Key words** rear-panel superheater, speed excursions, tangentially fired pulverized-coal boiler

再热湿空气循环分析 = **Reheated Humid Air Cycle Analysis** [刊, 中] /Wang Yongqing, Chen Anbin (Harbin Institute of Technology) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(6): 408~ 411

The systematic analysis and optimization calculation of a humid air cycle have shown that reheating has a marked effect on enhancing the humid air cycle performance. Under the existing technical conditions (turbine inlet temperature 1300°C, pressure ratio 10~ 30) the cycle thermal efficiency can be as high as 59.2~ 60.2% with a specific power of 620~ 980 kJ/kg air. **Key words** humid air cycle, intermediary reheat, system analysis, optimization calculation

锅筒排污水炉内切向喷雾强化燃烧 = **Tangential Spray Intensified Combustion in a Boiler Furnace with Continuous Blowdown** [刊, 中] /Zhang Yongfu, Li Fangyue (Southeastern University) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1997, 12(6): 412~ 415

With the pressure reduction evaporation of boiler blowdown water serving as a steam spray working medium a tangential circle swirl flow can be formed in the combustion space of the boiler, resulting in an intensified combustion and the improvement of aerodynamic distribution in the furnace. The test and use verification on a UG-35/39 boiler have shown that the fly ash carbon content and boiler slag carbon content are lowered by 25.8% and 11.6% respectively. In addition, a considerable reduction of the fly ash quantity and gas emission concentration is also attained with a simultaneous effective control of SO<sub>x</sub> content in the gas emissions. **Key words** blowdown water, evaporation, spray, intensified combustion

电站锅炉应用热管式空气预热器的利弊分析 = **Analysis of the Merits and Demerits of Using Heat Pipe Type**