

# 附壁射流煤粉燃烧器试验研究

马喜晨 姜祖先 李松生

(哈尔滨锅炉厂)

**[摘要]** 附壁射流煤粉燃烧器是根据燃烧空气动力学原理,利用壁面对射流的非接触式导流特性和射流组合特性而研制出的一种新型燃烧装置。本文简述了该燃烧器稳定煤粉火焰和不易结焦的原理及特性。试验室试验表明,它可在冷风条件下脱油稳燃 $V^* = 10\%$ 的无烟煤,并有防焦功能,现在进行推广应用。

**关键词** 煤粉燃烧器 试验研究

## 1 前言

预燃室燃烧器种类繁多,应用面广,可改善煤粉锅炉的燃烧状况,节油、节煤效果明显<sup>(1)</sup>。如今研究人员正致力于提高其稳燃功能、增强其吹灰、防焦能力,简化运行操作程序和扩大其使用范围等的开发性研究。哈尔滨锅炉厂和中国科学院力学研究所通过试验研究,共同研制出一种新型燃烧装置——附壁射流煤粉燃烧器<sup>(2)</sup>。该燃烧器在改进预燃室的几何形状、改进一次风(煤粉空气混合物)和控制风的引入方式后,可充分利用壁面对射流的非接触式导流特性和射流组合特性,并在预燃室内形成合理的空气动力场。在试验室用冷风稳燃 $V^* = 10\%$ 的无烟煤的试验表明,其稳燃功能强、防焦功能和稳燃功能结合好,本体和配套系统简单,布置容易,预计其在煤粉锅炉上将有广阔的应用前景。

## 2 燃烧器及稳燃原理

从一端沿轴线进入预燃室的一次风将卷吸周围的气体,由于扩散导流面始终距一次风的射流边界很近,使这一区域对一次风的补气条件变得很差,所产生的负压对炉内吸引一次风流向壁面,起到了非接触式导流作用。设置在扩散导流面上且靠近一侧筒壁处的多个控制风口,可使控制风比一次风轴向延迟一段距离进入预燃室,先通过扩散导流面将一次风导流一段距离,在速度有所减慢且射流核心位置受风口制约较差时,再通过控制风引射一次风。用这种方法组织预燃室内的空气动力场,可将控制风速降低到常规风速内,可简化一次风口形状允许与控制风速相差不大。一次风进入预燃室后,在扩散导流面和控制风的共同作用下,一次风中的空气将向控制风所在侧偏转,并与控制风汇合在一起,成为附壁射流,在预燃室的其它区域则因向正向气流补气,形成一个很大的高

收稿日期 1991-12-09

本文联系人 马喜晨 33 工程师 哈尔滨锅炉厂锅炉研究所 150046

温回流区,由于煤粉惯性大,受到的影响小,在部分保持原来的方向,继续向下游运动。气固两相流动的差别,造成了浓缩煤粉和煤粉直接进入高温回流区现象;在下游区域,因火焰传播及气流和煤粉的扩散,致使高温回流区闭合,温度升高,风粉混合加快。这些特性有利于煤粉初期着火和后期的继续燃烧,达到了稳燃煤粉的目的。制成不同形状和按不同方向布置的附壁射流煤粉燃烧器,可满足不同条件和不同使用目的的要求。当燃烧器水平布置且将控制风设置在正下方时,正向气流可起到很强的吹灰和防焦作用,而利用几何结构和空气流动形态两种手段共同组织空气动力场,通过控制一次风速和控制风风速调节燃烧工况变得简便、灵活、有效。

入预燃室后很快以  $\alpha = 15^\circ \sim 20^\circ$  的偏角转向控制风所在的下筒壁,在距控制风口很近处与控制风相汇合。在上游和中游区段,正向气流是贴筒壁流动的,只占很小空间;逆向气流占据了上方和左右两侧很大空间,从三个方面包围正向气流。回流区为拱桥形,能将下游热量以高温烟气及部分燃烧产物的形式输送到一次风根部并加热一次风。在预燃室出口附近的下游区段,正向气流已失去附壁特性而扩散开来,回流区闭合。研究发现,逆向气流在沿着轴向流动时,还作很强的左右对称向下的周向流动,回流区中的气流微团的一个涡流流程周向旋转扭曲角  $\theta$  一般大于  $100^\circ$ ,正向气流也有旋转扭曲。气流的旋转扭曲可解释为:正向气流上方与两侧的补气空间面积的差异形成了气压差,使逆向气流

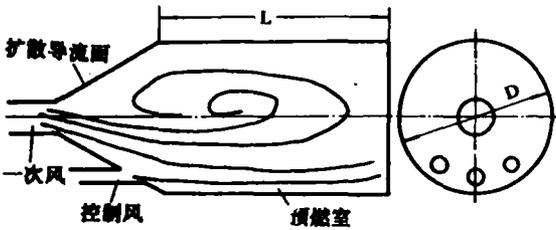


图1 附壁射流煤粉燃烧器的原理图

### 3 试验研究结果

试验采用的是水平布置的圆形燃烧器,扩散导流面为喇叭形,预燃室直径为 450 mm,直段长 1200 mm。

#### 3.1 空气动力特性

冷态空气动力场试验的一次风速  $W_1$  与控制风的射流速度  $W_c$  比为  $W_1/W_c = 0.4 \sim 0.8$  图 2 是实测的气流轴向速度分布,图 3 是采用  $K-\epsilon$  湍流流动模型计算获得的气流速度的投影分布,图 4 是用火花法获得的气流流线示踪照片。三种研究结果一致地显示了空气动力场的主要特性。可以看出,一次风进

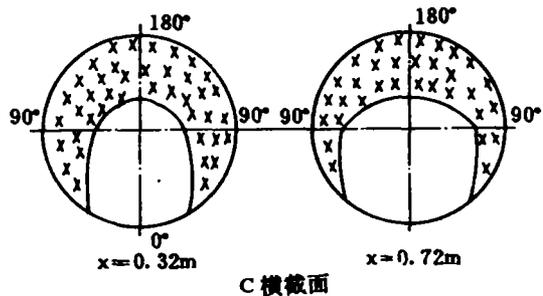
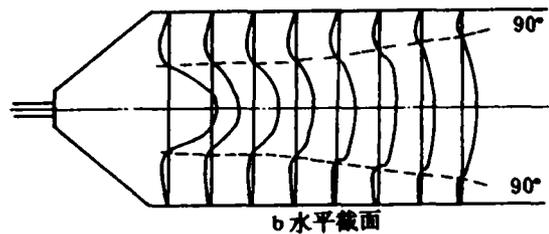
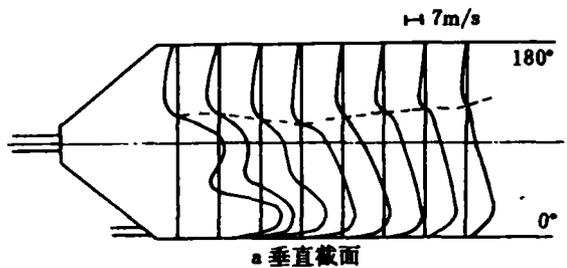


图2

发生自上而下的周向流动,逆向气流周向流动时又带动正向气流周向流动,特定的受限空间和特定的纯直流射流形成了气流的旋转扭曲。在一次风根部区段,扭曲的向下补气又起到一层层由上向下剥离一次风的作用,这明显有利于高温烟气与一次风之间热与质的交换。

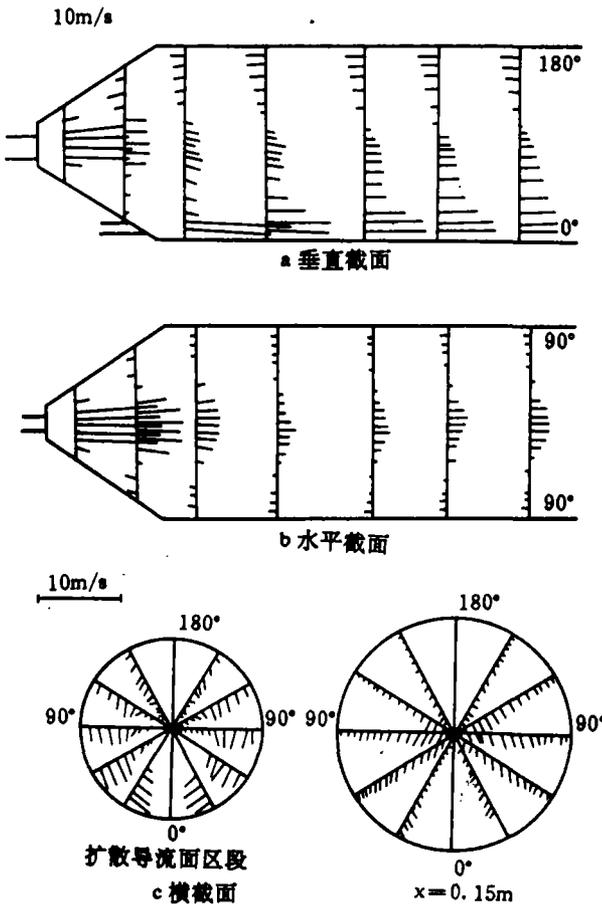


图 3

实测回流量与总风量之比  $Q_n / (Q_1 + Q_2) = 0.28 \sim 0.52$ , 高温烟气回流量大, 满足了加热点燃一次风的要求。

### 3.2 气固两相流动特性

用抽气式取样器和等速取样法测得的煤粉浓度分布示于图 5。可以看出, 煤粉基本上

集中在预燃室轴线附近运动, 气固分离和煤粉浓缩现象明显, 相当多的煤粉直接进入了高温回流区中, 高温烟气的包围及高温烟气与煤粉的非同向运动, 强化了加热点燃煤粉作用, 直接进入高温回流区的这部分煤粉将最先着火; 部分高浓度的煤粉集中在正向气流与高温回流烟气的交界区, 实测其煤粉浓度达一次风煤粉浓度的 1.3 倍。煤粉浓度高, 热量来源充足, 气流湍流脉动强烈, 使这部分煤粉迅速着火, 也加快了火焰传播速度。到预燃室出口附近的下游区段, 煤粉已明显扩散, 与正向气流的向上扩散位置是吻合的, 风粉的扩散混合作用, 强化了煤粉的继续燃烧。

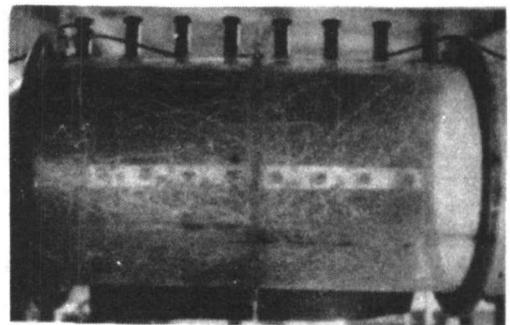


图 4 气流流线示踪照片

### 3.3 燃煤试验结果

在冷风条件下试烧了阳泉无烟煤, 用同一筒体进行了大速差射流燃烧器对比试烧。结果表明, 两种燃烧器燃烧温度水平接近, 不同截面处的温度分布及有关数据列于表 1。如果取消扩散导流面, 其它条件保持不变而无法达到同样稳燃效果, 这一试验表明, 扩散导流面稳燃煤粉的作用是不可忽视的。试验时发现附壁射流煤粉燃烧器的火焰喷出预燃室后仍有长达 3 m 以上的火龙, 显示出该燃烧器点燃其它煤粉喷咀和稳定炉膛内煤粉火焰能力均较强的特性。

表 1 燃煤试验试烧结果

燃烧器型式		沿轴向温度分布(℃)						风速 (℃)	阳泉无烟煤 煤粉特性
		150 mm	350 mm	450 mm	550 mm	750 mm	850 mm		
附壁射流	I	1173	1157	1140	1190	1207	1224	1190	$V^*$ : 9.9% $R_{90}$ : 10% $Q_{\text{sw}}$ : 28.7MJ/kg
	II	1247	1247	1157	1240	1290	1257	1230	
大速差射流	I	1205	1241	1257	1253	1274	1225	/	$V^*$ : 12.4% $R_{90}$ : 8% $Q_{\text{sw}}$ : 26.4MJ/kg
	II	1191	/	1260	1233	1233	1291	1205	

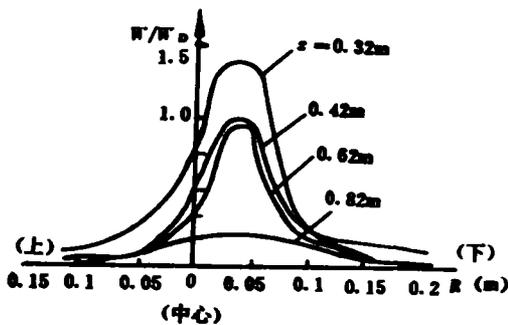


图 5

## 4 结 论

1. 附壁射流煤粉燃烧器能在冷风条件下脱油稳燃  $V^* = 10\%$  的阳泉无烟煤, 稳燃功能强。同时表明用扩散导流面对射流的非接触式导流作用和射流的引射作用来建立空气动力场的方法, 能有效地组织燃烧室或预燃室的煤粉燃烧。

2. 附壁射流煤粉燃烧器能产生一个大而

强的高温回流区, 回流量与总风量之比达 0.28~0.52, 且气流旋转扭曲强烈, 不仅为加热一次风提供了充足的热量, 也加快了煤粉达到着火温度的速度。

3. 附壁射流煤粉燃烧器具有浓缩煤粉和将煤粉直接送入高温回流区的特性, 有利于煤粉的迅速着火和加快火焰传播速度。

4. 在下游预燃室出口附近煤粉和气流的相互扩散、渗透及温度的进一步提高, 强化了煤粉的继续燃烧。

5. 煤粉主火焰呈中心火炬式, 不易冲刷筒壁, 下部较冷气流有强的吹灰防焦作用。这类火焰分布和气流分布均使附壁射流煤粉燃烧器不易结焦和积灰。

6. 附壁射流煤粉燃烧器的控制风与一次风风速相差较小, 两种风均是直流风, 风系统没有大的阻力部件, 使得耗能减小。

## 参 考 文 献

- 1 赵仲斌 等. 新型煤粉燃烧器在我国火电厂中的应用. 热力发电, 1990(1)
- 2 Li Song Sheng, Zhan Huanqing, etc. Reseach & Experiment of a Near-wall jet combustor For Pulverized-coal. The Second International Symposium on coal combustion. Beijing, 1991.

# JOURNAL OF ENGINEERING FOR THERMAL ENERGY AND POWER

1993 Vol. 8 No. 4

---

- (169) **An Experimental Study of Mixed Coal Combustion Characteristics and Determination of Combustion Characteristic Indexes** ..... Qiu Jianrong, et al (*State key Laboratory of coal combustion Huazhong University of Science and Technology*)

By the use of a thermobalance, sedimentation furnace and a one-dimensional combustion boiler the combustion characteristics of mixed coal were determined. Based on the test results of a thermogravimetric analysis, the authors have tentatively proposed two comprehensive discrimination indexes, i. e. mixed coal volatile matter release characteristic index  $p$  and burn-up index  $C_b$ . The discrimination result obtained through the use of the above-cited two indexes has been found to be in basic agreement with that of an actual combustion process. **Key words:** *mixed coal, mixing ratio, thermogravimetric analysis, ignition characteristics, Burn-up characteristics*

- (174) **Combustion Model for Suspension Section Particles of Fluidized Bed With Fly Ash Circulation**..... Chen Xiaoping, et al (*Harbin Institute of Technology*)

In fluidized bed combustion boilers a suspension section not only serves as a heat transfer section but also plays its role as a combustion one. Relatively rough calculations of such type of combustion are available in past literature. Taking into consideration the specific condition of the above-cited suspension section the authors have set up a mathematical model to conduct numerical calculations. The authors' tests gave shown that the calculation results are in relatively good agreement with experimental ones. **Key words:** *suspension section, combustion of particles, mathematical model, fluidized bed*

- (179) **Experimental Research of a Pulverized-Coal Near-Wall-Jet Burner**..... Ma Xichen, et al (*Harbin Boiler Works*)

A new type of pulverized-coal firing device, the near-wall-jet burner is based on the theory of combustion aerodynamics and the use of combination property of jet flow and the non-contact guide-flow characteristics of a jet flow along a wall, resulting in a special velocity profile. The burner is capable of maintaining a stable flame and relatively free from slagging. The results of an experimental study have shown that it can burn anthracite with low volatile content ( $V^r = 10\%$ ) under cold air conditions and without the use of supporting oil. Efforts are being made to popularize such burners. **Key words:** *pulverized coal burner, experimental research*