

驻涡煤粉燃烧器的实验研究

吴 劲 杨水春 胡建根

(浙江省电力试验研究所)

〔摘要〕本文实验研究了驻涡煤粉燃烧器的气流结构及燃烧机理。在BD(Barchan Dune)型旋涡发生器的特殊作用下,燃烧器出口处形成了一个利于煤粉着火和燃烧的高温热核和高浓度煤粉区域,从而使煤粉着火迅速,燃烧稳定。实际应用证明,驻涡煤粉燃烧器在节省锅炉点火及助燃油,提高锅炉的低负荷稳燃能力等方面,具有显著作用。

关键词 煤粉燃烧 燃烧器 驻涡

分类号 TK223.23

1 前言

将不良流线体安装在直流射流的煤粉燃烧器中,能够改变燃烧器出口的气流结构,形成煤粉着火和燃烧的有利区,从而实现稳定燃烧的目的。80年代初期,高歌、宁晃提出了著名的沙丘驻涡火燃稳定性理论,并使用实验方法及数值求解三维 Navier-Stokes 方程,研究了模拟新月形沙丘的BD型旋涡发生器的后缘涡管气流结构及稳定特性。由于拱桥效应及涡管尖端发散而产生的涡心抽气作用,使驻涡具有顽强的抗干扰性和良好的“新陈代谢”性能,它克服了“V”型钝体尾迹卡门涡脱落造成涡的稳定性下降和热量的散失。通过试验证明,与同样阻塞比和迎风面的“V”型槽钝体相比,其阻力下降了(75~80)%,烧油时要比“V”槽稳定器的燃烧稳定,燃烧效率提高了(8~12)%。这说明BD型旋涡发生器是一种阻力小,且燃烧性能极好的火焰稳定器。将其用于煤粉燃烧会有怎样的结果呢,对此作者采用实验的方法,把BD型旋涡发生器用于直流射流的煤粉燃烧

器上,设计了驻涡煤粉燃烧器,研究了其燃烧机理,并在实际应用中印证了该燃烧器的稳燃性能。本文总结了这一实验研究结果。

2 驻涡煤粉燃烧器的燃烧机理

煤粉气流流过BD型旋涡发生器后,因绕流作用,气流向内偏转,在射流两侧形成了两条内凹的低速区。随气流一起运动的煤粉颗粒在惯性力的作用下,不改变运动方向,仍沿直线运动,于是在射流两侧凹窝状的低速区内,气流与煤粉颗粒产生了分离,形成了相对较高浓度的煤粉聚集区。而在这个区域的外侧,充满了射流卷吸回的高温烟气(外回流区)。高温烟气加热了高浓度的煤粉,使煤粉中的挥发份迅速析出,很快与当地氧量(相对较少)达到化学恰当比而着火燃烧。煤粉的局部富集和气流的绕动,使该区域产生了较大的煤粉浓度梯度和速度梯度,热、质湍流交换十分强烈,火焰迅速扩散。燃烧产生的热量,一部分引燃了下游的煤粉,另一部分被吸入到BD型旋涡发生器的尾涡回流区内,形

① 收稿日期 1994-07-11 收修改稿 1994-09-27

② 本文联系人 吴 劲 男 35 工程师 310014 杭州

成一稳定的高温热核,并不断从内部加热边缘处的煤粉气流,为煤粉的稳定着火和燃烧,创造了有利条件。值得提出的是,BD型旋涡发生器的尾涡回流区与其它型式不良流形体(如钝体)产生的回流区不同,它具有从中间抽气,沿两端(尖角)发散的功能,回流区虽然不大,回流量却极大。在驻涡燃烧器中,它如同一高温换热器,不断将下游的燃烧热量带到上游,传给上游的煤粉流并能始终保持自身具有足够高的温度及热量的供需平衡,形成了一热量循环(图1)。

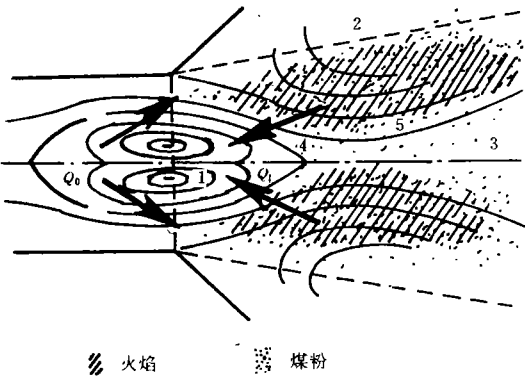


图1 驻涡煤粉燃烧器燃烧机理及其水平面流场图

- 1. 内回流区 2. 外回流区 3. 主气流
- 4. 过渡区 5. 低速区(高浓度煤粉聚集区)
- Q_1 ——吸入热量 Q_2 ——放出热量

由于煤粉在刚刚离开喷口后,就被高温热核加热,并在回流区前端的高浓度煤粉聚集区燃烧,着火点位置要比直喷射流煤粉燃烧器明显提前,燃烧温度大大提高。图2是用热电偶和光学高温计的测试结果。图3是驻涡煤粉燃烧器出口处的温度分布测量值。从图中可见,离开喷口约200mm处,驻涡煤粉燃烧器的热核温度已达800℃,而直流燃烧器的温度仅300℃。在500mm处是驻涡燃烧器的高浓度煤粉聚集区,煤粉开始燃烧,温度高达1100℃,直流燃烧器为500℃,还不具备燃烧条件。因而驻涡煤粉燃烧器使煤粉燃烧得到了强化,燃烧过程要比直流燃烧器稳定得多。

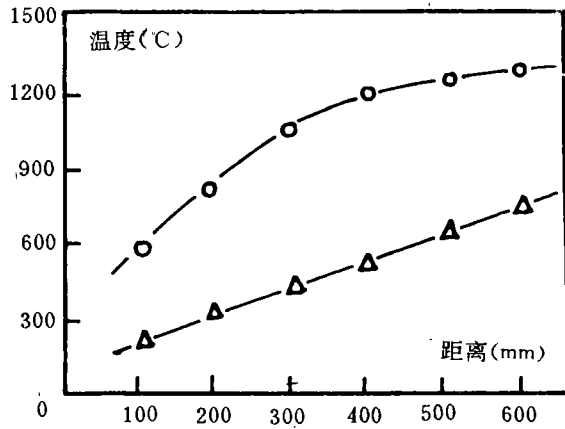


图2 燃烧器出口处的温度测量值

- △ 驻涡煤粉燃烧器
- 直喷射流煤粉燃烧器

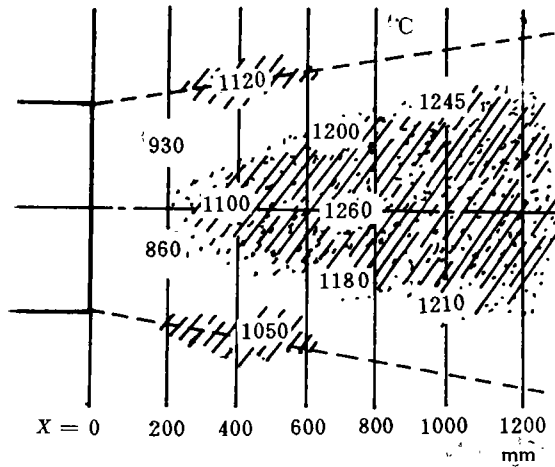


图3 驻涡煤粉燃烧出口温度分布(侧面)

此外,驻涡煤粉燃烧器的着火是在氧量相对较少的高浓度煤粉聚集区,即“三高区”(高温,高煤粉浓度,合适的氧量),煤粉颗粒的充分燃烧是在射流的下游,符合了分级燃烧的机理,有助于降低NO_x的排放量。

3 驻涡煤粉燃烧器的结构和流场

图4是BD型旋涡发生器的外形,形状类似于天然存在的两堆新月形沙丘(Barchan

Dune) 上下对称拼合,它具有顽强保持几何形状的特性。通过研究表明,BD 驻涡涡管由于拱形效应及涡管尖端发散造成的抽气作用,使旋涡极其稳定,回流抽气量极大。

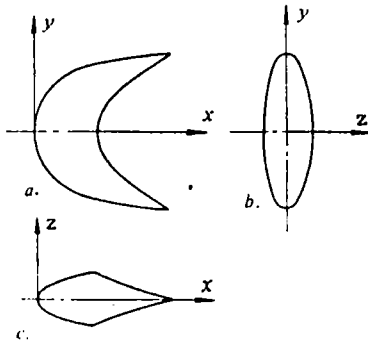


图 4 BD 型旋涡发生器的外形

将 BD 旋涡发生器安装在直流射流煤粉燃烧器中,即成为驻涡煤粉燃烧器(图 5)。在发生器中心处装有点火小油枪,以提供煤粉最初燃烧所需的热量,同时代替大油枪点火,

节省锅炉点火用油。

为了了解驻涡煤粉燃烧器的气流结构,在 1:2 模拟某电厂锅炉燃烧器的试验台及安装后进行了测试。其中心水平面的旋涡流场如图 1 所示。从图中可见,该燃烧器的流场由内回流区,外回流区,主气流,过渡区及射流外侧的低速区组成。由于受到喷嘴壁面的限制,中心回流区前部缩在喷口内,后部钝圆,伸出喷口一段距离。回流区不大,但极其稳定,当流速加大时,抽吸量增大。在回流区前端,主气流的中间部分从射流两侧向中心线收拢,形成两条内凹的低速区,宽度约为射流宽度的 3/5,流速下降 5—6 m/s。随着射流的延伸,内凹气流又逐渐扩展,恢复到原来的形状,以近似直流射流的规律喷向燃烧室(图 5)。实测得知,这种射流流场的内部变化,不会改变射流的刚性,气流既不偏转也不散射,能够形成良好的炉内空气动力工况。阻力增加约 200 Pa。

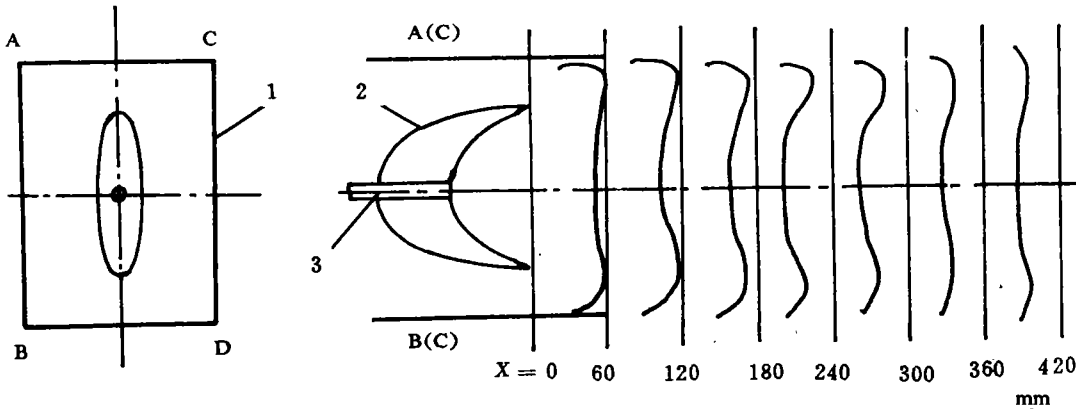


图 5 驻涡燃烧器的结构及侧面速度分布

1. 喷口 2. BD 型旋涡发生器 3. 小油枪

4 驻涡煤粉燃烧器的应用

驻涡煤粉燃烧器问世以来,在电站锅炉上得到了广泛的应用。经长期应用和多次试验表明,该燃烧器稳燃性能良好,大大改善了

锅炉的燃烧性能,特别是提高了低负荷时的燃烧热强度。即使在燃用较差煤质($V^t = 14\%$, $Q_{dw} = 16\ 300\ \text{kJ/kg}$)情况下,仍能使锅炉在 40% 电负荷下稳定燃烧(不投助燃油),低负荷运行时,驻涡燃烧器区域的温度较高,在 1200℃ 以上(图 6),因此,不会导致炉内燃

烧工况恶化。

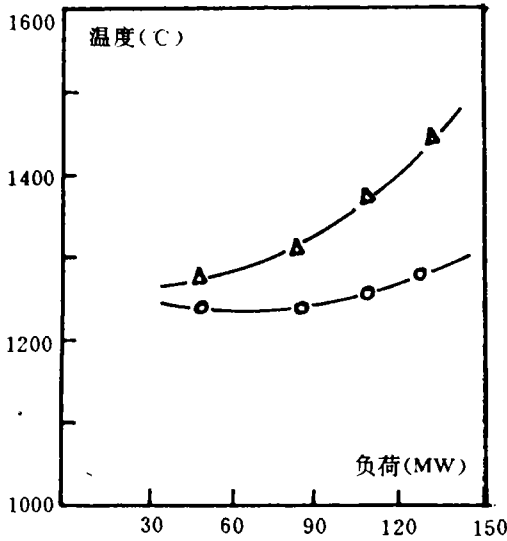


图6 炉膛温度随负荷变化曲线

△ 上排燃烧器区
 ○ 下排驻涡煤粉燃烧器区

驻涡煤粉燃烧器具备点火功能,可使锅炉冷态点火节油率达70%,热态点火节油率更高,据14台不同型式的电站锅炉统计,投用驻涡煤粉燃烧器后,每年节油达2万余吨,经济效益十分显著。

在对一台420 t/h锅炉进行驻涡煤粉燃烧器安装前后的热效率对比测试中(安装前后各测试一次,运行一年后又测试一次)得出,飞灰可燃物减少了2.2%,炉渣可燃物减少了0.62%,机械未完全热损失下降了2.436%,锅炉效率提高了1.588%,这充分说明了驻涡煤粉燃烧器具有良好的燃烧性能。

此外,驻涡煤粉燃烧器结构简单,对已投用锅炉的燃烧器改造十分方便,对煤种的适

应性强,可用于烟煤、贫煤和无烟煤,即使燃用高挥发份,低熔点($V^y = 35\%$ $t_1 = 1100^\circ\text{C}$)的煤时,也不会结渣、烧损。BD型旋涡发生器具有特殊的型线,能够大大降低煤粉颗粒对壁面的磨损,因而使该燃烧器具备了安全可靠、使用寿命长的优点。

5 结论

1. BD型旋涡发生器是一种良好的火焰稳定器,适用于煤粉燃烧。
2. 驻涡煤粉燃烧器稳燃性能强,提高了锅炉的低负荷燃烧性能,使其具备了调峰能力。
3. 投用驻涡煤粉燃烧器,能够节省大量点火和助燃用油、提高锅炉热效率,降低 NO_x 的排放量,经济效益和社会效益显著。
4. 驻涡煤粉燃烧器结构简单,改造工作量大,不结焦,不磨损,安全可靠,便于推广应用。

参 考 文 献

- 1 高歌、宁昆. 沙丘驻涡火焰稳定性理论及实验研究. 工程热物理学报,1982,(1)
- 2 徐旭常等. 关于煤粉火焰稳定性和煤粉预燃室及火焰稳定器的作用. 工程热物理学报,1988,(4)
- 3 宁昆,高歌. 燃烧室空气动力学. 科学出版社,1987
- 4 Wu Jin. Experimental study of difffluence-type vortex pulverized Coal Burner. Advances in power engineering,1992

海南岛正建柴燃联合电站

据“Modern Power Systems”1993年3月号报道,我国海南岛正在建造一座柴燃联合电站,该电站将为杨浦自由贸易区提供电力,此贸易区建立在海南岛的西北角。由香港Kumagai Gumi公司带领的一群投资者已从中国政府取得了30km²土地为期70年的租借权。

该电站将由每台额定功率为12MW的3台柴油机和总额定功率为276MW的2台燃气轮机装置组成。它将由德国西门子公司建造。

这些装置将燃用馏出油。柴油发电机组计划于1994年上半年投入运行,燃气轮机发电机组将于同年年底投运。

在该合同中,还包含把上述整套装置转变成额定功率为450MW联合循环电站的方案。

(学牛 供稿)

structural parameters as porosity, specific surface area, particle size, etc, which has been compared with that obtained on the basis of the test results supplied by Mr. Smith. **Key words:** *Pulverized coal combustion, pore structure and variation, pore model, coal coking reactivity*

(336) **A Study on the Combustion Characteristics of Typical Chinese Anthracite Coals.** Du Meifang (Harbin Teachers University)

This paper presents the basic characteristics of Chinese anthracite coal and some study results concerning their ignition and burn-out conditions, which can serve reference data and materials for relevant design and operational departments. **Key words:** *anthracite coal, ignition characteristics, burn-out characteristics*

(341) **An Experimental Study on a Barchan Dune Vortex Pulverized Coal Burner**.....Wu Jin, Yang Shuichun, Hu Jangen (Zhejiang Electrical Power Engineering Institute)

This paper deals with the experimental study of the air flow field and combustion mechanism of a Barchan Dune (BD) vortex pulverized coal burner. Under the special action of the BD vortex generator there emerged at burner outlet a high-temperature nucleus and high-concentration pulverized coal region, which promotes the ignition and combustion of the pulverized coal, resulting in a speedy ignition of the pulverized coal and significant enhancement of its combustion stability. Practical applications have shown that the BD pulverized coal burner plays a key role in reducing start-up oil consumption during boiler ignition and enhancing the boiler low-load combustion stability, etc. **Key words:** *Pulverized coal combustion, Barchan Dune vortex*

(345) **A Technical Analysis of Crude Oil or Residual Oil-fired Heavy-duty Gas Turbines**.....Luo Sid-ing (Electrical Power Company of Shengli Oil Field Management Bureau)

The author discusses and makes an analysis of the following issues: the adaptability of heavy-duty gas turbines to burn such low-grade fuels as crude oil, residual oil, etc, the damage mechanism of harmful elements in low-grade fuels with respect to gas turbines operating on such fuels, and special measures to be taken for crude oil and residual oil-fired gas turbines. **Key words:** *heavy-duty gas turbine, combustion, low-grade fuel*

(351) **A New Starting Point for Heavy-duty Industrial Gas Turbines**.....Hou Yuhui, Zhou Shunjun (Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

The present paper development tendency of heavy-duty gas turbine technology with a description of the design features and performance of GT24 and GT26 gas turbines. A special mention should be made of the use of continuous combustion system, which enables the turbines to attain the contradictory aim of high efficiency and low emissions. High power output, good efficiency and low emissions specific to the above-cited two types of turbines have made them to be listed among the ideal candidates destined for simple cycle and combined cycle utility gas turbines. **Key words:** *gas turbine, design, power generating set*

(356) **The Real-time simulation of a Three-shaft Gas Turbine by Using a Parallel Digital Computer**.....Zhang Bainian, Weng Shilie (Shanghai Jiaotong University)