

双回流燃烧器实验研究与应用

丘纪华 陈刚 李佛金 孙学信
(华中理工大学煤燃烧国家重点实验室)

[摘要]本文针对国内电站锅炉燃用劣质煤所存在的着火困难、燃烧不稳定和燃烧效率低等问题,提出了能产生内回流区和外回流区的双回流新型结构直流燃烧器,分析讨论了它的实验室冷态试验和热态试验结果,介绍了这种燃烧器在工业应用中的情况。

关键词 燃烧器 煤粉燃烧 锅炉

分类号 TK223.23

0 引言

在锅炉燃烧设备中,煤粉气流由燃烧器输入炉内后的最初阶段,煤粉气流与炉内烟气的热质交换是影响其着火和稳燃的重要因素,此时煤粉气流所获得烟气传来的热量越多,对其着火和燃烧越有利,这对难燃煤种来说更是如此。因此必须强化煤粉气流与烟气之间的早期热质交换,以利于煤粉的着火和稳燃。强化煤粉与烟气热质交换的常用方法是引入烟气回流,利用炉内的高温烟气回流尽快加热煤粉,使煤粉较早地获得足够热量着火燃烧并使燃烧得以维持下去。近十多年来国内的煤粉燃烧器研究及应用表明了这一点,例如钝体燃烧器、预燃室、大速差燃烧器以及稳燃腔燃烧器等^[1~4]都是利用了高温烟气回流来加热煤粉气流,强化其着火过程,它们在实际应用中取得成效。本文研究的双回流燃烧器是基于增大烟气回流热量,即提高回流烟气的温度和加大回流烟气的流量,同

时也加强煤粉气流与烟气在其交界面上的热质交换,从而达到对煤粉气流提前着火和稳定燃烧的效果。

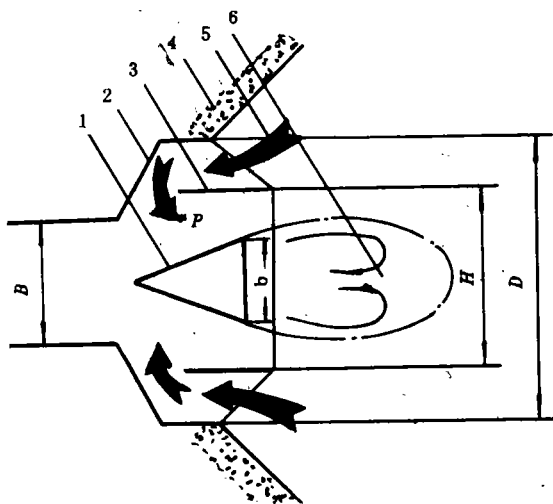


图1 双回流燃烧器结构

1. 钝体 2. 稳燃室 3. 隔板 4. 炉墙
5. 外回流区 6. 内回流区

1 双回流燃烧器的工作原理

收稿时间 1994-11-14

本文联系人 丘纪华 男 1957年生 副教授 430074 武汉
国家自然科学基金项目资助

双回流燃烧器是用于四角切圆燃烧锅炉的煤粉燃烧器,它的结构布置如图1所示,它主要由稳燃罩、隔板和钝体等组成,其中各主要尺寸的无量纲量范围如下: $D/B = 2 \sim 2.5$; $b/B = 0.5 \sim 0.75$; $H/B = 1.2 \sim 1.5$ 。燃烧器布置在锅炉的四个角上。钝体的作用是使煤粉气流流经钝体后形成一个回流区,本文称之为内回流区,它的形状大小及回流量可由钝体的尺寸决定。隔板的作用是它与钝体相组合使煤粉气流流经钝体和隔板之间被加速后进入炉膛。由于气流的速度增加,则在P点处的压力就相对降低,因此可以通过隔板与稳燃罩之间的通道抽吸炉内烟气,即形成外回流。这样由内回流和外回流同时加热煤粉气流,使之在进入炉膛的初期就可获得大量热量,促使煤粉提前着火和稳定燃烧。根据炉内温度分布的实际情况^[5],可知燃烧器出口的一段距离处,外部的烟气较煤粉射流中心回流区的温度高出 $200^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$,因此外回流的引入将有效地改善煤粉气流的着火和稳燃条件。

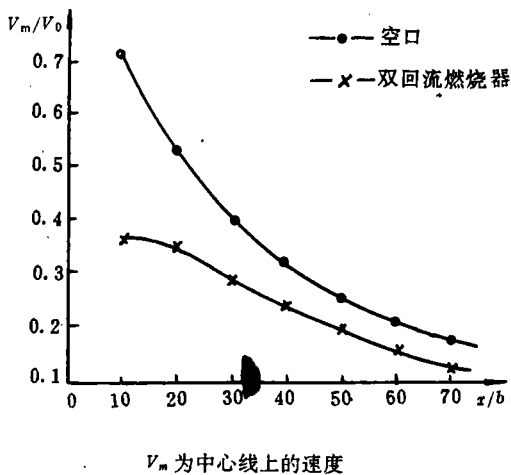


图2 中心线速度衰减情况

2 双回流燃烧器实验室研究

2.1 实验室冷态试验

为了选择出一组较理想的双回流燃烧器参数 D/B 、 b/B 、 H/B 等尺寸,本文作者进行了大量的试验工作,试验结果表明在适当的结构尺寸下,双回流燃烧器能形成较理想的内回流区和外回流区(见图2),在这种情况下总回流率(一次风流量与内、外回流总量之比)一般在 $(25 \sim 30)\%$ 之间,其中三分之一为外回流量。内回流区长度约为钝体边宽的 $2.0 \sim 2.6$ 倍。而钝体燃烧器的回流率约为 20% ,回流区长度 $2.0 \sim 2.2$,因此与钝体燃烧器相比,双回流燃烧器无论是总回流率还是内回流区长度都要比钝体燃烧器优越,而外回流的烟气温度水平又较内回流区的高,由此可见双回流燃烧器有着更好的烟气回流效果。

由于受到隔板的作用,主气流流出燃烧器后其扩张角 $\beta/2$ 约在 $22^{\circ} \sim 28^{\circ}$ 之间,在此角度下既有利于煤粉气流的着火燃烧,又不会引起煤粉气流刷墙,导致燃烧不稳定和结焦,是符合实际锅炉要求的。双回流燃烧器射流衰减情况如图3所示。与直流式燃烧器(空口)相比较,其速度衰减较空口稍快,特别是在双回流燃烧器出口到10倍的 X/b 范围内,由于内回流区的存在,速度衰减很大,但在其以后,速度衰减仅较空口的大 $(5 \sim 10)\%$,因此其射流的刚性总的说来减少不大,不会对炉内整个空气动力场产生不良影响,而速度衰减的较大区域即表明是主气流与回流的混合较为强烈的地方。

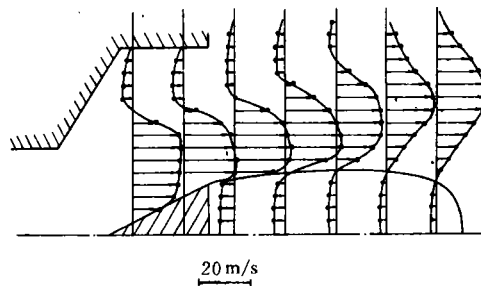


图3 双回流燃烧器X方向速度分布

2.2 实验室热态试验

在实验室单角热态试验台上对不同尺寸的双回流燃烧器进行了燃烧试验并与钝体燃烧器作了比较。试验是在相同的条件下(即热负荷,一、二次风量,一、二次风温等条件不变)分别选用贫煤和烟煤进行,贫煤和烟煤的煤质分析列入表 1。在双回流燃烧器试验中,当用油枪加热炉膛时(两支油枪分别在一次风喷口两侧),开启一次风(不给煤粉)可以从观察孔清楚地看见油枪的火焰被卷吸入外回流中,这说明双回流燃烧器有较强抽吸外回流的能力。由炉膛中心线上的温度分布

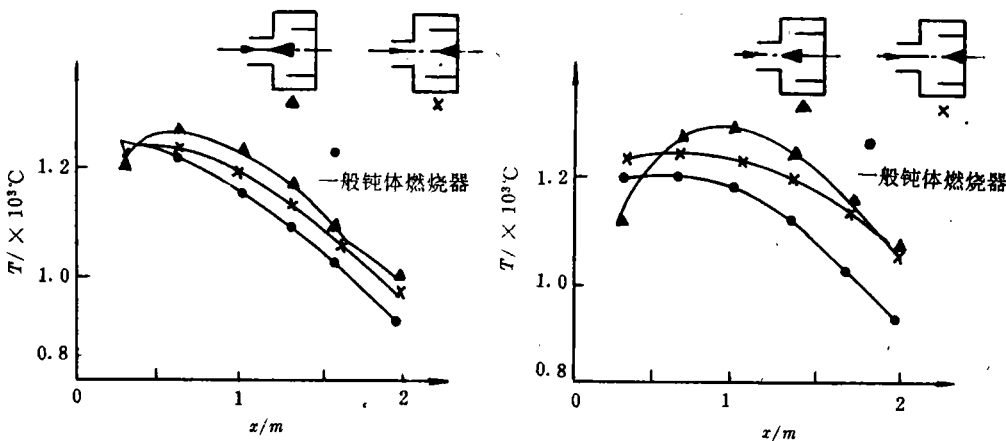
可见(图 4)。双回流燃烧器能使炉膛内产生较高的温度水平,在燃用贫煤时双回流燃烧器使煤粉着火先于钝体燃烧器,而在燃用烟煤时着火虽稍迟于钝体燃烧器,但对于烟煤来说一般不存在着火困难,而在燃烧的中期和后期,采用双回流燃烧器时的炉内温度较采用钝体燃烧器时高出许多,因此有利于煤粉的燃尽。双回流燃烧器的回流区温度测量表明(见表 2),外回流的温度平均高出内回流温度约 100℃ ~ 200℃,说明外回流的温度水平较高,所以引入外回流对煤粉的提前着火和稳定燃烧是非常有好处的。

表 1 煤质分析

	工业分析(分析基%)					元素分析(分析基%)				
	W	V	FC	A	Q (kJ/kg)	C	H	S	N	O
贫煤	1.79	10.25	64.41	23.55	25088	63.63	1.61	0.42	1.24	7.76
烟煤	2.16	21.67	43.86	32.31	21096	55.44	2.82	0.70	0.95	5.62

表 2 双回流燃烧器燃烧试验中内外回流温度情况

试验序号	1	2	3	4	5	6
内回流区温度℃	510	450	380	580	700	825
外回流区温度℃	750	550	480	790	800	910



(a) 烟煤燃烧时沿射流中心的温度分布

(b) 贫煤燃烧时沿射流中心的温度分布

图 4 双回流燃烧器实验室燃烧过程的温度分布曲线

3 双回流燃烧器的工业应用

双回流燃烧器于 1992 年在江西南昌发电厂的 7 号炉上进行了应用, 7 号炉的容量为 120 t/h, 燃用丰城级中煤, 煤质较差 ($W^y = 10\%$, $V^y = 14.28\%$, $A^y = 46.93\%$, $Q_{dw} = 12.68$ MJ/kg)。该炉一次风有两层火嘴, 采用集中布置。为了能使锅炉稳定燃烧, 该炉的各一次风喷口在改前已安装了钝体, 此次改装是将下层一次风改为双回流燃烧器, 而上层一次风仍保留钝体燃烧器。根据炉内的空气动力场试验结果, 双回流燃烧器可形成明显的外回流, 流速约 2.4 m/s (一次风进入双回流燃烧器的速度为 18 m/s), 外回流占一次风主射流的 7.8%, 内回流区长度 $X/b = 2.2$, 这些数据都与实验室的试验结果一致。安装双回流燃烧器后不会改变炉内气流的旋转, 也不会引起一次风刷墙, 由此可以认为双回流燃烧器对炉内的空气动力场不会产生不良影响。从 7 号炉的燃烧情况来看, 安装双回流燃烧器后炉内燃烧较改装前稳定, 炉内火焰明亮, 温度较改装前高, 这说明双回流燃烧器对煤粉的着火和稳燃确实起了较好的作用。

4 结论

双回流燃烧器能在其出口处形成烟气的内回流和外回流, 其总回流率约为 (25~30)%。外回流的温度较内回流的温度高, 但回流量较内回流量少, 约占总回流量的三分之一。由于内回流和外回流的存在, 双回流燃烧器为煤粉的着火和稳燃能起到良好的作用。一次风射流由双回流燃烧器出口喷出后其扩张角约在 $22^\circ \sim 28^\circ$, 射流仍有很强的刚性, 不会破坏炉内气流的旋转, 也不会导致煤粉气流刷墙, 双回流燃烧器的使用能使锅炉燃烧稳定, 对贫煤和劣质烟煤等难燃煤种的燃烧具有提前着火和稳定燃烧的效果。

参 考 文 献

- 1 孙学信等. 钝体稳燃器冷态空气动力场特性研究. 华中工学院学报, 1981, 9(6)
- 2 徐旭常, 张以仁. 煤粉预燃室燃烧器的试验研究. 动力工程, 1983, 17(1)
- 3 傅维标. 大速差同向射流——一种新型火焰稳定与强化燃烧的空气动力学原理. 中国科学, A 辑, 1987, (8)
- 4 陈刚, 丘纪华, 张志国. 劣质煤燃烧稳定性研究. 中国工程热物理学会燃烧学学术会议, 天津, 1993
- 5 韩才元, 李佛金. 钝体尾迹煤粉火焰特性研究. 华中工学院学报. 1993, 11(3)

香港的 Tricat 渡轮

据“Diesel & Gas Turbine Worldwide”1995 年 12 月号报道, 英国 FBM Marine 公司已再次向索拉透平公司订购十台 5.2 MW (7000 hp) Taurus 60M 船用燃气轮机。

FBM 将每船安装 2 台燃机用于推进为香港 CTS-Parkway 渡船营运公司建造的 5 艘 45 m 长、载客 318 人的 Tricat 渡船。Taurus 60M 燃机将通过 Philadelphia 齿轮厂的减速齿轮箱驱动 KaMe-Wa 喷水推进器, 可使渡船的航速高达 50 节。

FBM 曾于 1993 年末订购过 10 台 Taurus 60M 燃机用于供 CTS-Parkway 渡船营运公司营运的 5 艘 Tricat 渡船。已运行的高速渡船表明, 它们满足性能和计划的指标。

索拉公司供应的 Taurus 60M 船用推进成套设备包括燃机、齿轮箱、辅机和数字式 Turbotronic 控制系统。装运前, 这些设备均在工厂进行过全面的性能试验。

(学牛 供稿)

simulation results the capacity for coping with load fluctuations has been identified. **Key words:** high-efficiency hydraulic coupling, dynamic performance, hydraulic transmission system

燃用混煤电站锅炉结渣原因分析及结渣趋势的模糊预测 = An Analysis of the causes of Boiler Slagging at a Mixed Coal-Fired Power Station and a Fuzzy Prediction of the Slagging Tendency [刊, 中]/Guo Jia, Zeng Hancai (Huazhong University of Science & Engineering) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(4). 209~212

In connection with a new problem of firing a coal mixture comprising two kinds or more than two kinds of coals of different properties analysed in this paper are the causes of slag formation for such coal mixture with its slagging tendency being predicted by the use of a fuzzy cluster analytical method. On this basis pertinent procedures and measures are proposed to cope with the above-cited problem. **Key words:** coal, combustion mixture, slagging cause analysis, fuzzy prediction, preventive measures

双回流燃烧器实验研究与应用 = Experimental Study of a Dual Return-flow Burner and Its Application [刊, 中]/Qiu Jihua, Chen Gang, et al (Huazhong University of Science & Engineering) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(4). -213~216

In view of the existing problems related to the firing of low-grade coals in home-made utility boilers, such as ignition difficulty, instable combustion and low combustion efficiency, etc the authors have proposed a new type of direct flow burner capable of producing both an inner and an outer return flow zone. Its laboratory cold and hot-state test results are analysed and discussed followed by a brief description of the industrial use of such burners. **Key words:** burner, combustion, boiler

新型燃用无烟煤的 CUF 锅炉冷态模化试验研究 = An Experimental Study on the Cold-state Simulation of an Anthracite-fired New Type CUF Boiler [刊, 中]/ Zhang Xuan (Suzhou Thermotechnical Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996, 11(4). -217~221
A new type CUF boiler developed for the firing of low-volatile anthracite combines the merits of four-corner tangential firing and vertical firing. An experimental study was conducted of the CUF boiler performance through the use of a cold-state simulation method. The in-boiler aerodynamic field and horizontal flue duct gas speed distribution at the furnace outlet was measured. The test results show that the CUF boiler has marked superiority in terms of anthracite ignition improvement, combustion stability and burn-down as well as a satisfactory performance characterized by the absence of furnace slagging and a uniform flue gas speed at the furnace outlet. **Key words:** anthracite, cold-state simulation, CUF boiler

以流化床换热回收柴油机废气余热的试验研究 = An Experimental Study on the Recovery of Diesel Exhaust Heat by the use of a Fluidized Bed Heat Exchanger [刊, 中]/Li Jianhong, Zhu Shiwei