

旋流片开槽深度对低热值煤层气燃烧特性的影响

周 劲 张 力 闫云飞 蒲 舸

(重庆大学 动力工程学院 低品位能源利用技术及系统教育部重点实验室 重庆 400030)

摘 要: 为提高低热值煤层气的燃烧效率, 设计了 3 种由不同开槽深度的旋流片组合成的低热值煤层气燃烧器, 并进行燃烧特性实验研究, 分析了不同流量下, 开槽深度对燃烧室内速度、温度及火焰结构特性的影响。研究表明, 火焰温度在燃烧器轴线方向分布与流速分布相似, 均存在一个温度和速度峰值。相同轴向距离处, 甲烷流量减小, 3 种旋流片的火焰中心流速和温度峰值逐渐下降, 且中心流速峰值、温度峰值位置逐渐前移, 但温度峰值位置始终是大于速度峰值位置。开槽深度对燃烧特性的影响主要是由于燃气通流截面改变引起的入口流速和射流直径变化导致的。采用 3 mm 开槽深度的旋流片时, 火焰长度和直径增加最快, 燃烧室内轴向速度分布和温度场最为理想, 射流刚性和火焰充满度最好。

关 键 词: 燃烧器; 低热值; 煤层气; 旋流; 燃烧

中图分类号: TQ038.1 文献标识码: A

引 言

煤层气已广泛应用于发电、化工、民用、工业及汽车燃料等领域^[1-2]。热值低于 14.63 MJ/m³ 的煤层气称为低热值煤层气, 因其压力和热值较低, 易出现回火或吹熄等现象, 不易实现稳定燃烧。为高效、经济地利用低热值煤层气, 一般采用甲烷分离提纯、混烧、优化着火条件和优化燃烧场结构形成回流区的稳燃技术^[3-5]。文献[6]采用螺旋式切向进口结构的旋风式燃烧器实现了热值为 1.57 MJ/m³ 的低热值气体稳定燃烧。赵黛青等人综述了钝体和旋转扩散燃烧两类稳燃技术^[7], 认为其基本原理均是利用燃烧场形成回流区稳定燃烧, 钝体的大小和旋转强弱是燃烧过程中的重要参数。袁怡祥等人对三级旋流器燃烧室贫油熄火性能进行了实验研究^[8], 结果表明, 头部油气比和旋流器几何参数对贫油熄火范围都有影响。党新宪等人试验研究了不同油气比下^[9], 双级旋流器的几何参数及主燃孔布局变化对

单头部燃烧室出口温度分布、燃烧效率、贫油熄火极限以及污染物排放等的影响规律。蒋利桥等人针对多孔壁面组织渗透燃烧微尺度燃烧器^[10], 对比研究了燃烧室内径和高度对燃烧器性能的影响, 结果表明, 随燃烧室内径减小, 吹熄极限速度显著下降, 烟气平均温度升高, 同时壁面温度下降; 燃烧室高度减小, 可燃极限当量比和淬熄极限速度均增大。李庆等人考察了喷嘴尺寸、燃烧室长度、燃烧室构型等因素对燃气发生器燃烧性能的影响, 表明一定范围内增大喷嘴尺寸, 燃烧性能基本不受影响, 但可缩短点火延迟时间, 并增大流量调节范围, 增加燃烧室长度可明显提高燃烧效率^[11]。Noiray N 等人研究了改变燃烧器喷嘴的数量、尺寸、分布密度对燃烧的影响^[12]。徐琼辉等人的研究认为燃烧器喷口数量和间距的改变不但会引起空气和燃气的混合程度发生变化^[13], 也使得各股燃气之间的扰动程度不一样。另外, 燃烧过程中的传热、火焰结构及燃烧稳定性也得到较多关注^[14-16]。但对低热值煤层气燃烧特性的研究不多, 因此采取适当技术和措施来开发适合低热值煤层气燃烧的高性能燃烧器, 对推动低热值煤层气的高效利用具有积极意义。旋流技术能较大程度提高低热值煤层气的着火和燃烧稳定性, 燃烧器的旋流片开槽深度也会对着火和稳定燃烧产生重要影响。

本研究针对低热值煤层气旋流燃烧器进行燃烧特性实验, 主要研究旋流片开槽深度对低热值煤层气燃烧的速度、温度及火焰特性的影响规律, 为优化设计高性能低热值煤层气旋流燃烧器提供参考。

1 实验系统及方法

实验系统如图 1 所示。燃烧器水平安装在支架上, 燃烧室结构采用一小型煤改煤层气锅炉炉膛尺

收稿日期: 2011 - 07 - 14; 修订日期: 2011 - 12 - 09

基金项目: 重庆市自然科学基金重点资助项目(2009BA6067)

作者简介: 周 劲(1963 -), 男, 江苏南京人, 重庆大学工程师。

寸,直径120 mm、长500 mm的圆柱体,燃烧室外壁包覆保温材料,燃烧器与燃烧室的中心轴线重合。燃烧器轴线方向0、50、100、150、200和250 mm处布置有温度及流速测点,火焰温度由S型热电偶测量,火焰中心流速利用S型毕托管及斜管微型压力计测出动压,再用压差法计算。采用WS-1型高压点火器点火。火焰的长度和直径由高速摄像机和标尺测得。纯度大于99.9%的甲烷和氮气由工业气瓶供应,燃烧所用空气由压缩机提供。燃烧器前设置了混合室,使燃气与空气进入燃烧器之前充分混合。

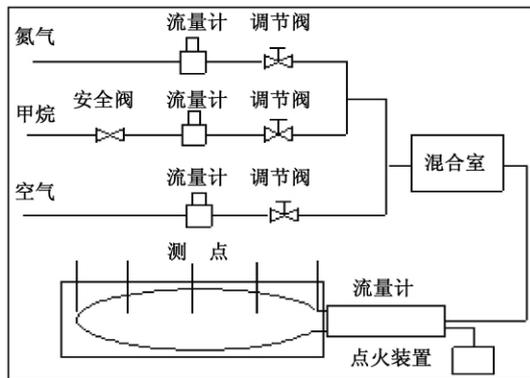


图1 实验系统示意图

Fig. 1 Schematic drawing of a test system

主要实验设备及测量仪器有:(1)玻璃转子流量LZB-50,精度1.5,流量范围16~1600 L/h;(2)热电偶,采用直径0.3 mm裸露探头的S型热电偶,测点温度为单位时间的平均值,长期最高使用温度为1300℃,短期最高使用温度为1600℃,配CH6系列温度数显仪;(3)S型毕托管,毕托管系数在0.81~0.86之间,气体测速范围为2~70 m/s,感应头直径为4~12 mm;(4)YYT-200B型斜管压力计,精度1.0级,测量范围0~2 kPa,最大工作压力10 kPa;(5)高速摄像机,Phantom v 5.1;(6)WS-1型高压点火器点火,输出电压8000 V/20 mA,最大连续打火时间3 min。

实验中采用体积比为3:7的甲烷和氮气的混合燃气作为低热值煤层气,燃气低位发热值 $Q_{net, \text{ar}}$ 为12.15 MJ/m³。该燃烧器的最大热负荷为7.75 kW,过剩空气系数为1.05。燃烧器为预混式燃烧器,结构如图2所示。所采用旋流片的结构如图3所示,直径24 mm,开槽宽度2 mm,旋流角度30°,开槽数为4,开槽深度分别为2、3、4 mm。开槽深度改变时保持槽宽不变。经预混后的燃气与空气进入燃烧

器,经旋流片旋流后喷入燃烧室燃烧。燃烧器末端布置的小孔可卷吸燃烧室内的高温烟气,同时也使燃烧过程中燃烧器根部火焰更为粗壮,有利于着火和稳燃,减小燃烧室内扰动对燃烧的影响。

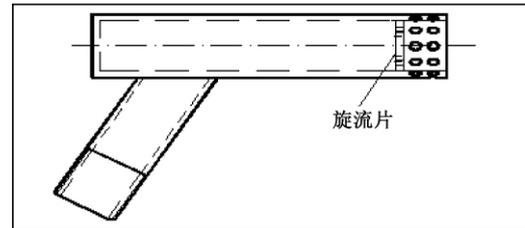


图2 燃烧器结构示意图

Fig. 2 Schematic drawing of the structure of a burner

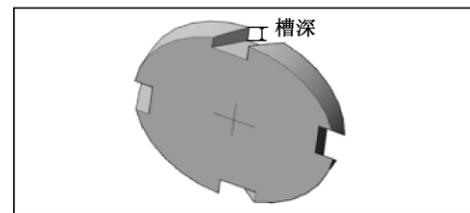


图3 旋流片结构图

Fig. 3 Structural drawing of a swirling blade

2 实验结果及讨论

旋流式燃烧器通过产生具有轴向、径向和切向速度的旋转射流形式回流区,使高温气流回流、强烈混合和传热,借以提高燃烧效率,达到稳燃效果,使燃烧器具有燃烧劣质或低热值燃料及低负荷稳燃的能力。因此,其旋流槽道在很大程度上将影响燃烧室内部的着火和燃烧稳定性。开槽深度的变化将改变燃气的通流截面积和射流的直径,影响燃气的流速和射流刚性,对燃烧稳定性会产生一定影响。对3种具有不同开槽深度旋流片的燃烧器进行实验研究,在旋流片安装距燃烧器出口截面轴向距离为20 mm条件下,在燃烧器最大热负荷为100%、75%和50%(对应甲烷流量分别为720 L/h、540 L/h和360 L/h)下,考察开槽深度(4、3和2 mm)对低热值煤层气燃烧特性的影响。

2.1 开槽深度对速度分布的影响

通常认为,在燃烧器中心轴线上具有最大的速度,这是由于在火焰锥体内部,可燃气体混合物得到一定的预热,在燃烧器中心轴向上流动的混合物的

预热程度较其它部分高,同时活化中心从火焰的反应区向火焰锥体的内部进行扩散,在燃烧器中心轴线方向上所获得的活化中心也比其它部分多,因此在燃烧器中心轴向上具有最大的流动速度。在火焰外端的气流速度最小,由于在该处向外界的散热量最多,火焰流速必然降低,得以维持该处火焰前沿的稳定。甲烷流量分别为 720、540 和 360 L/h,不同开槽深度的条件下,火焰中心流速沿着燃烧器轴向的变化如图 4~图 6 所示。

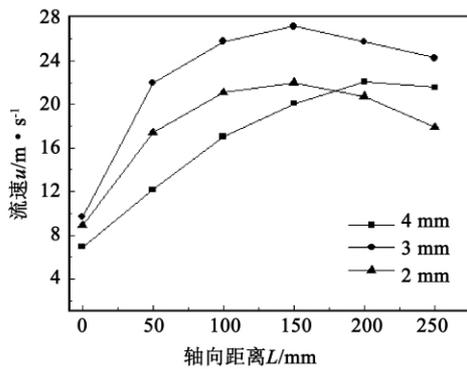


图 4 $Q = 720 \text{ L/h}$ 时中心流速沿燃烧器轴向的分布

Fig. 4 Distribution of central flow speeds along the axis of a burner

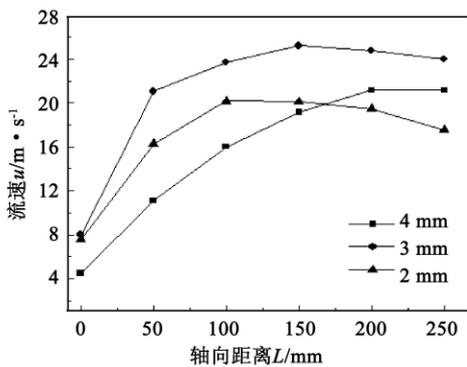


图 5 $Q = 540 \text{ L/h}$ 时中心流速沿燃烧器轴向的分布

Fig. 5 Distribution of central flow speeds along the axis of a burner

随着甲烷流量的减小,相同轴向距离处 3 种旋流片火焰中心流速在均缓慢下降,火焰中心流速的峰值也逐渐下降,并且随着甲烷流量的减小,中心流速的峰值逐渐前移。在 3 种流量下,槽深 4 mm 的旋流片有最小的入口速度,由于此时旋流片流通截

面积最大,在燃气与空气总流量相同时,流通截面积最大,入口流速必然最小,但刚性较强,即使在燃烧器后段,中心轴线上流体流速也仅有略微降低。沿着燃烧器轴线方向,对于槽深 4 mm 的旋流片,在 3 种甲烷流量下,中心流速呈增大趋势,在 $L = 250 \text{ mm}$ 处,流速分别达到 21.8、21.6、16.1 m/s,流速基本不再发生变化。对于槽深为 3 mm 和 2 mm 的两种旋流片,在 L 小于 100 mm 时,中心流速均急剧增大,之后沿轴向达到峰值后缓慢下降,即在燃烧器轴线方向存在一个转折点(L_{vc}),中心流速的峰值。当 $L > L_{vc}$ 时,随着甲烷流量的减小,中心流速的下降幅度逐渐减小。当旋流片槽深为 2 mm 时,虽然总体入口速度最大,但由于槽过浅,流体刚性不强,对中心轴线上流体的影响效果较小,因此造成槽深为 2 mm 旋流片的中心流速在燃烧器前段介于槽深为 3、4 mm 旋流片之间,经上升、快速衰减后,燃烧器后段中心流速变为最小。而槽深为 3 mm 的旋流片,平均中心流速最高,混合强烈,射流刚性最好,射流刚性的优劣对提高火焰稳定性,保持低热值煤层气稳定燃烧具有重要作用。

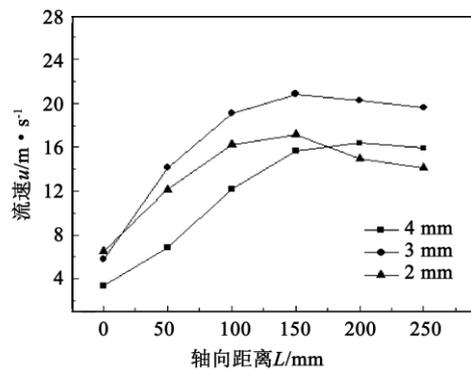


图 6 $Q = 360 \text{ L/h}$ 时中心流速沿燃烧器轴向的分布

Fig. 6 Distribution of central flow speeds along the axis of a burner

2.2 开槽深度对温度分布的影响

对于低热值燃气而言,火焰中心温度的分布对维持燃烧稳定,防止火焰脱火、熄火有很大的影响。甲烷流量分别为 720、540 和 360 L/h,不同开槽深度的条件下,火焰中心温度沿着燃烧器轴向的变化如图 7~图 9 所示。火焰温度在燃烧器轴线方向上的分布与中心流速的分布相似,存在一个温度峰值,即在燃烧器轴线方向上存在一个转折点(L_{tc})。当 L

$< L_t$ 时, 火焰温度上升迅速; 当 $L > L_t$ 时, 火焰温度开始缓慢下降。且 L_t 始终是大于 L_v , 这是因为化学燃烧反应滞后于燃气的流动。

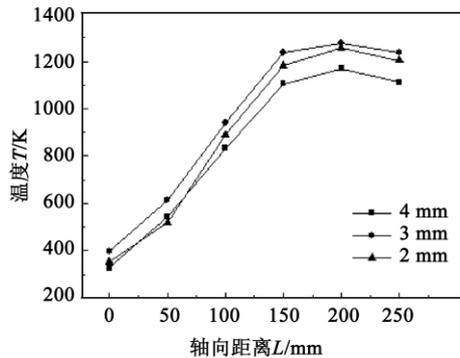


图 7 $Q = 720 \text{ L/h}$ 时温度沿燃烧器轴向的分布

Fig. 7 Distribution of temperatures along the axis of a burner

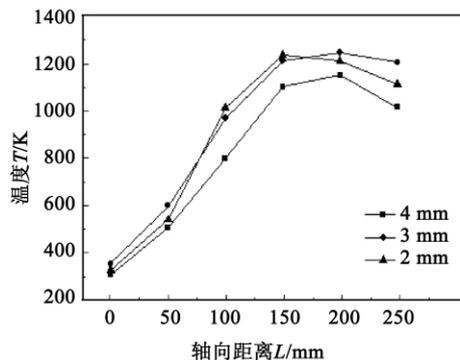


图 8 $Q = 540 \text{ L/h}$ 时温度沿燃烧器轴向的分布

Fig. 8 Distribution of temperatures along the axis of a burner

随着甲烷流量的减小, 中心温度的峰值逐渐前移。对于 3 种甲烷流量, 采用槽深为 3 mm 的旋流片时温度峰值最高, 且当 $L > L_t$ 时, 火焰温度的衰减幅度最小。槽深为 3 mm 的旋流片, 在 $Q = 720 \text{ L/h}$ 和 $Q = 540 \text{ L/h}$ 时, 温度的峰值均位于 $L = 200 \text{ mm}$ 附近, 温度峰值分别为 1 278、1 247 K, $L = 250 \text{ mm}$ 处温度分别为 1 236、1 206 K; $Q = 360 \text{ L/h}$ 时, 温度的峰值位于 $L = 150 \text{ mm}$ 处, 峰值为 1 217 K, $L = 200 \text{ mm}$ 时衰减至 1 182 K, $L = 250 \text{ mm}$ 处衰减至 1 165 K。720、540 和 360 L/h 3 种流量下, $L = 250 \text{ mm}$ 处与火焰峰值 ($L = L_t$) 处的温度分别下降了 3.3%、3.3%、4.3%。而槽深为 4 和 2 mm 的旋流片, 当 $L > L_t$ 时, 火焰温度衰减比较快, 且 3 种甲烷

流量下 $L = 250 \text{ mm}$ 处与火焰峰值 ($L = L_t$) 处的温度均下降了 8.5% 以上。这是由于旋流片槽深为 4 mm 时, 尽管流体刚性很好, 对燃烧器中心区域也有明显的影响, 但总体流速过小, 造成总体的甲烷与空气的混合不充分, 燃烧不完全, 燃烧室内温度最低。而旋流片槽深为 2 mm 时, 由于对中心区域流体的渗透强度不够, 影响力较小, 使得中心区域局部的反应物的混合、燃烧效果不佳, 总体温度分布也不是最佳。而槽深为 3 mm 的旋流片时, 可以兼顾总体流速和旋流对中心流体的刚性影响力, 因此燃烧室内温度场最均匀, 火焰后半段的平均温度比较高, 且温度衰减缓慢, 能够保持稳定燃烧, 燃烧特性较好。

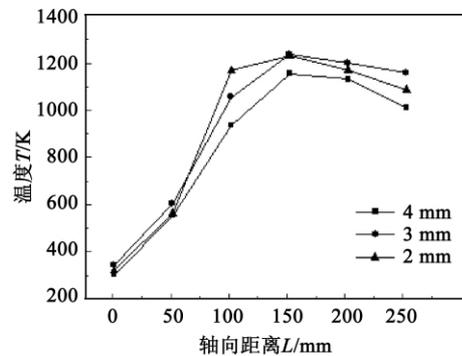


图 9 $Q = 360 \text{ L/h}$ 时温度沿燃烧器轴向的分布

Fig. 9 Distribution of temperatures along the axis of a burner

2.3 开槽深度对火焰结构的影响

一般燃烧器或喷嘴内的火焰长短、大小都受制于燃烧室空间尺寸, 特别是火焰长度对燃烧室后部构件能否安全、可靠的工作有重要影响。一般火焰长度调整是在燃烧器输出功率(或燃料供给量)、燃料种类、过量空气系数不变的条件下, 进行火焰尺寸的调整。采用 4、3 和 2 mm 开槽深度的 3 种旋流片时, 不同甲烷流量下的火焰长度和火焰直径。如图 10 ~ 图 11 所示。

随着甲烷流量的增加, 火焰长度与火焰直径均有增大趋势。当甲烷流量大于 360 L/h 时, 采用 3 mm 开槽深度的旋流片时火焰长度急剧增加, 火焰直径的增加速率也大于 4 和 2 mm 开槽深度的旋流片。实验中还发现: 火焰呈两个颜色深浅不同的圆锥体。内部圆锥稍暗, 说明温度较低, 外部圆锥光亮, 温度较高, 在内圆锥体内, 可燃气体混合物不断得到加热, 火焰的燃烧区宽度较薄。采用 3 mm 开槽深度的旋流片时, 在燃烧器额定热负荷(即甲烷

流量为 720 L/h) 下,火焰长度最大为 370 mm,火焰直径最大为 70 mm;相对于直径 120 mm、长 500 mm 的圆柱体炉膛来说,火焰末端并没有非常靠近燃烧室后部,整个火焰的炉膛充满度更好。

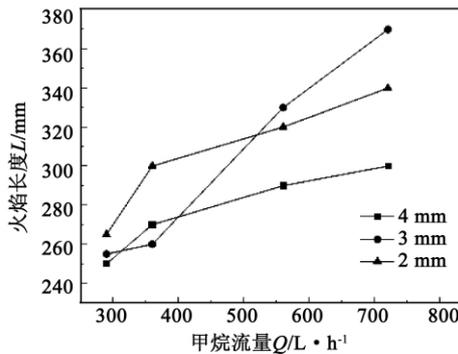


图 10 火焰长度与甲烷流量的关系
Fig. 10 Relationship between the flame length and methane flow rate

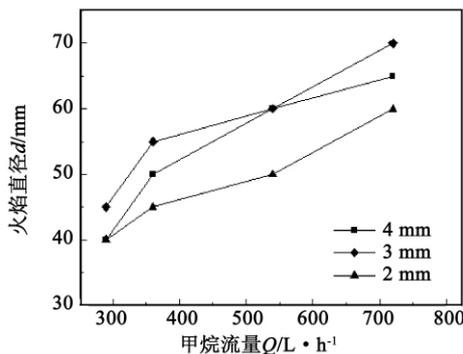


图 11 火焰直径与甲烷流量的关系
Fig. 11 Relationship between the flame diameter and methane flow rate

3 结论

(1) 相同轴向距离处,甲烷流量减小,安装 3 种旋流片时的火焰中心流速均缓慢下降,流速峰值也逐渐下降,且中心流速峰值位置逐渐前移。

(2) 火焰温度在燃烧器轴线方向分布与流速分布相似,存在一个温度峰值。甲烷流量减小时,温度峰值位置逐渐前移,但温度峰值位置始终是大于速度峰值位置。

(3) 甲烷流量增大,火焰长度与火焰直径均有增大趋势。采用 3 mm 开槽深度的旋流片时火焰长度和直径增加最快。

(4) 开槽深度对燃烧特性的影响主要是由于燃气流通截面改变引起的入口流速和射流直径变化导致的。采用槽深为 3 mm 的旋流片时,火焰轴向速度分布更为理想,中心平均流速最高,混合强烈,射流刚性也较好,温度峰值最高,且温度衰减较慢,火焰后半段的平均温度也比较高,温度场最均匀,炉膛内火焰充满度最好,对提高低热值煤层气燃烧的稳定性及燃烧效率最有利。

参考文献:

[1] 郭建兰,杜少俊.低热值气体燃料的燃烧特性分析[J].太原理工大学学报,2009,40(3):303-306.
GUO Jian-lan,DU Shao-jun. Analysis of the combustion characteristics of low heating value gas fuels [J]. Journal of Taiyuan University of Science and Technology, 2009, 40(3): 303-306.

[2] SU S,AGNEW J. Catalytic combustion of coal mine ventilation air methane[J]. Fuel, 2006, 85(9): 1201-1210.

[3] 杨雄,刘应书,李永玲,等.基于活性炭的真空变压吸附提浓煤层气甲烷的实验研究[J].煤炭学报,2010,35(6):987-991.
YANG Xiong,LIU Ying-shu,LI Yong-ling,et al. Experimental study of dense coal-bed gas-methane based on the vacuum pressure variable adsorption of activated carbon [J]. Journal of Coal, 2010, 35(6): 987-991.

[4] 陈艳容,张力,冉景煜,等.煤层气与煤矸石在循环流化床内混烧影响因素的试验研究[J].煤炭学报,2009,34(10):1374-1378.
CHEN Yan-rong,ZHANG Li,YAN Jing-yu,et al. Experimental study of the factors influencing the blended combustion of coal-bed gas and gangue in a circulating fluidized bed [J]. Journal of Coal, 2009, 34(10): 1374-1378.

[5] 冯大强,杨灵,屈成泽,等.WP6 发动机改 RF031 燃气轮机中低热值燃烧室改进设计[J].航空发动机,2010,36(1):14-19.
FENG Da-qiang,YANG Ling,QU Cheng-ze,et al. Improved design of a low heating value combustor of WP6 engine converted to RF031 gas turbine [J]. Aeroengine, 2010, 36(1): 14-19.

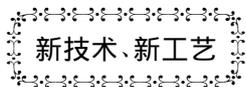
[6] P D J Hoppesteyn,W de Jong,J Andries,et al. Coal gasification and combustion of LCV gas [J]. Bioresource Technology, 1998, 65: 105-115.

[7] 赵黛青,夏亮,何立波.低热值燃料稳定燃烧的研究现状与进展[J].世界科技研究与发展,2005,27(5):33-39.
ZHAO Dai-qing,XIA Liang,HE Li-bo. Status quo and advancements in the study of stable combustion of low heating value fuels [J]. World Scientific Research and Development, 2005, 27(5): 33-39.

[8] 袁怡祥,林宇震,刘高恩.三旋流器头部燃烧室拓宽燃烧稳定工作范围的研究[J].航空动力学报,2004,19(1):143-148.
YUAN Yi-xiang,LIN Yu-zhen,LIU Gao-en. Study of the extension

- of the stable operating range of a three-swirling-device head combustor [J]. *Journal of Space Power* 2004 ,19(1) : 143 - 148.
- [9] 党新宪,赵坚行,吉洪湖. 试验研究双旋流器头部燃烧室几何参数对燃烧性能影响[J]. *航空动力学报* 2007 ,22 (10) : 1639 - 1645.
- DANG Xin-xian, ZHAO Jian-xing, Ji Hong-hu. Experimental study of the influence of the geometrical parameters of a dual-swirling-device head combustor on its combustion performance [J]. *Journal of Space Power* 2007 ,22(10) : 1639 - 1645.
- [10] 蒋利桥,赵黛青,汪小愨,等. 壁面渗透燃烧微燃烧器结构参数优化实验研究[J]. *工程热物理学报* ,2009 ,30(7) : 1257 - 1259.
- JIANG Li-qiao, ZHAO Dai-qing, WANG Xiao-han, et al. Experimental study of the optimization of structural parameters of a wall-surface penetration combustion burner [J]. *Journal of Engineering Thermophysics* 2009 ,30(7) : 1257 - 1259.
- [11] 李 庆,李清廉,王振国. 燃气发生器结构对燃烧性能的影响[J]. *航空动力学报* 2008 ,23(11) : 2062 - 2067.
- LI Qing, LI Qing-lian, WANG Zhen-guo. Influence of the structure of a gas generator on its combustion performance [J]. *Journal of Space Power* 2008 ,23(11) : 2062 - 2067.
- [12] Noiray N, Durox D, Schuller T, et al. Passive control of combustion instabilities involving premixed flames anchored on perforated plates [J]. *Proceedings of the Combustion Institute* ,2007 ,31(1) : 1283 - 1290.
- [13] 徐琼辉,詹杰民. 非预混燃烧中喷嘴结构布局影响火焰长度的变化[J]. *热能动力工程* 2009 ,24(2) : 216 - 222.
- XU Qiong-hui, ZHAN Jie-min. Influence of nozzle structure layout on the change of flame length in a non-premixed combustion process [J]. *Journal of Engineering for Thermal Energy and Power* 2009 ,24(2) : 216 - 222.
- [14] 郑成航,程乐鸣,李 涛,等. 多孔介质内低热值气体燃烧及传热数值模拟[J]. *浙江大学学报* ,2010 ,44 (8) : 1567 - 1572.
- ZHENG Cheng-hang, CHENG Le-ming, LI Tao, et al. Numerical simulation of the combustion and heat transfer of low heating value gases in porous media [J]. *Journal of Zhejiang University* , 2010 ,44(8) : 1567 - 1572.
- [15] Skeen S A, Yablonsky G, Axelbaum R L. Characteristics of non-premixed oxygen-enhanced combustion: II. Flame structure effects on soot precursor kinetics resulting in soot-free flames [J]. *Combustion and Flame* 2010 ,157(9) : 1745 - 1752.
- [16] Lei S, Turan A. Nonlinear/chaotic analysis, modelling and control of combustion instabilities due to vaporizing sprays [J]. *International Journal of Bifurcation and Chaos* ,2010 ,20(4) : 1245 - 1254.

(陈 滨 编辑)



SCC5-8000H 联合循环效率超过 60%

据《Gas Turbine World》2011 年 5 - 6 月刊报道,在将近 10 年的研制后,在德国慕尼黑附近的 Eon's Irsching 电站联合体的新闻发布会上, Siemens 公司正式确认 SCC5-8000H 联合循环动力装置性能和运行数据。

在 2011 年 5 月, Irsching 电站 4 号机组在发动机设计工况下达到输出功率为 578 MW,净效率为 60.75%。

以前,在 Irsching 电站的使用运行中,该装置也表明有能力达到每分钟 35 MW 的最大变化率,并且从稳定最低的联合循环负荷 100 MW 到 570 MW 基本负荷输出功率的时间少于 30 min。

以另一种方式,联合循环装置也已表明,它可以在 30 min 内从满负荷输出功率降低到最小或零输出功率。

对于高效率的发电装置与可再生资源的结合,能迅速升高和降低输出功率的运行的灵活性是关键,以便响应风力和太阳能方面的波动,从而保持电站稳定的运行。

(吉桂明 摘译)

旋流片开槽深度对低热值煤层气燃烧特性的影响 = **Influence of the Depth of the Grooves of the Swirling Flow Baffle on the Combustion Characteristics of Coal Bed Gas With a Low Heating Value** [刊, 汉] ZHOU Jin, ZHANG Li, YAN Yun-fei, PU Ke (Education Ministry Key Laboratory on Low Quality Energy Source Utilization Technologies and Systems, College of Power Engineering, Chongqing University, Chongqing, China, Post Code: 400030) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012, 27(3). - 312 ~ 317

To enhance the combustion efficiency of the coal bed gas with a low heating value, designed were three types of low heating value coal bed gas burner combined by different depths of the groove on the baffle. An experimental study was performed of the combustion characteristics with the influence of various flow rates and depths of the groove on the velocity and temperature inside the combustion chamber as well as its flame configuration characteristics being analyzed. It has been found that the distribution of flame temperature along the axial line direction is similar to that of the flow speed and both have a peak value of temperature and speed. At a same axial distance, the methane flow rate will decrease and the central flow speed of the flame and temperature peak value of the three types of the swirling flow baffle will gradually decrease. In addition, the peak value locations of the central flow speed and temperature will also gradually move forward, however, that of the temperature is invariably greater than that of the central flow speed. When the swirling flow baffle with grooves of 3 mm deep are used, the length and diameter of the flame will increase most quickly and the axial speed distribution and the temperature field inside the combustion chamber will be optimum, thus achieving an optimum rigidity of the jet flow and an optimum filling degree of the flame. **Key words:** low heating value, coal bed gas, swirling flow, combustion, burner

低流量煤粉稳燃燃烧器内回流特性研究 = **Study of the Return Flow Characteristics of a Low-flow-rate Pulverized Coal Steady-combustion Burner** [刊, 汉] YAN Zhen-rong, HAN Jun, TONG Qing-hua, MAO Dun-ping (Shanghai City Special-purpose Equipment Surveillance and Inspection Technique Research Institute, Shanghai, China, Post Code: 200062) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012, 27(3). - 318 ~ 323

By using the CFD technology and test, studied was the influence of such parameter variables as primary air speed, inner secondary air speed, inner secondary air swirling flow intensity and blocking rate of the passivated body etc. on the size of the return flow zone and speed. To increase the secondary air speed, both length of the return flow zone and average return flow speed will assume a slow ascending tendency. To increase the inner secondary air swirling flow intensity, they will increase comparatively quickly, leading to an enhancement of the heat quantity rolled and absorbed in the return flow zone. It is comparatively appropriate when the blocking rate of the passivated body is 1.070. **Key words:** pulverized coal industrial boiler, low-flow-rate burner, steady-combustion technology, CFD (computational fluid dynamics) technology, cone-shaped passivated body, return flow zone