

低热值煤层气部分预混式旋流燃烧器结构优化研究

杨 鑫, 张 力, 杨仲卿

(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 400044)

摘 要: 针对低热值煤层气部分预混式旋流燃烧器, 通过加装钝体对其结构进行了优化研究, 采用数值分析的方法考察了钝体对燃烧器出口速度、温度及甲烷浓度分布等的影响规律。研究表明: 在燃气管外壁上加装钝体可以提高燃烧器的部分预混效果, 缩短火焰长度; 在支撑管出口加装钝体可以提高燃烧器出口气流的射流刚性, 使炉内温度分布趋于均匀, 同时提高回流区卷吸高温烟气的能力和范围, 在喷口出口形成稳定的高温区。通过加装两部分钝体的方法, 对燃烧器进行局部优化改进后, 燃烧器在保证射流刚性的同时达到良好的燃烧稳定性; 燃烧器出口轴向速度梯度和温度随出口钝体锥度的增大而提高, 出口钝体锥度应选择 34.21° 为宜。

关 键 词: 低热值煤层气; 部分预混; 钝体; 回流区; 数值模拟; 旋流燃烧器

中图分类号: TK223.2; O242

文献标识码: A

引 言

煤层气是指煤层中所蕴含的与煤炭伴生的非常规天然气资源。煤层气属于多种气体混合气, 主要可燃成分为甲烷。详细的化学成份构成较为复杂且多变, 以混合气中的甲烷体积含量为例, 随着煤层气抽采地段及煤矿产地、煤层气抽采矿井所处开采阶段、煤层气开采方式、抽采出煤层气的矿井具体地理位置等因素而变化显著——如抽采的煤矿通风气中甲烷体积含量约为 $0.1\% \sim 5\%$ ^[1], 而煤层裂缝中抽采的煤层气甲烷体积含量则可以达到 $30\% \sim 95\%$ ^[2]。除主要气体成份甲烷外, 煤层气中还含有诸如二氧化碳、氮气等非可燃性气体。

对于热值较低的可燃性气体, 由于单位容积放热强度相对较低, 燃烧的稳定性较差, 在燃烧器中常采用旋流、钝体、部分预混等方式来增强燃气中可燃成份甲烷与空气的混合效果, 使燃烧器出口附近产生良好的回流区形状和燃气分布来稳定低热值煤层气的燃烧, 提高燃烧效率。贾琼等人对焦炉煤气、高炉煤气以及天然气混烧采用了燃气的双旋流结

构^[3]; 董陈等人对低热值煤气采用预混和旋流的结构增强预混效果^[4]。

在对应用于煤层气和煤矸石循环流化床混烧的煤层气部分预混式旋流辅助燃烧器的热态实验中发现该燃烧器在煤层气中甲烷浓度偏离燃烧器设计要求较大^[5], 满负荷运行时存在着燃烧火焰变长, 燃烧器喷口出口附近的燃气与空气混合效果以及射流刚性下降, 燃烧器根部附近温度上升较慢, 炉膛内温度分布不均等问题。分析发现主要是由于在相同的热负荷下燃用更低浓度的煤层气时燃气管内流速增大, 虽然一方面加大了燃气管扩散孔对空气的抽吸作用, 增强了部分预混效果; 但另一方面出口的回流区卷吸烟气能力减弱, 同时由于一次风和燃气的比值减小, 导致火焰的稳定性下降^[6]。通过对该燃烧器加装钝体进行了适当的优化, 采用数值模拟的方法分析燃气管外壁加装钝体和支撑管出口加装钝体后的燃烧器在燃用低热值煤层气时的燃烧特性, 以及优化后的燃烧器在燃烧时, 当煤层气中甲烷浓度在 $20\% \sim 30\%$ 范围内波动情况下的炉内温度分布特性。

1 数值模拟方法

为简化数值计算量, 煤层气由甲烷和氮气组成 (甲烷体积含量 20% , 氮气体积含量 80% , 燃气低位热值按 7.18 MJ/m^3 计算)。作为混烧的辅助燃烧器, 必须满足两方面要求: 出口燃气和空气的快速良好混合; 喷口出口回流区位置以及形状的合理布置; 燃烧器出口射流必须保证足够的射流刚性以使火焰穿透煤矸石层辅助燃烧。

1.1 物理模型

图 1 为 150 kW 燃烧器的结构优化示意图, 包括两部分改动: 扩散孔后面加装圆环形钝体 D_1 (直径为燃气管外径与直流管内径平均值, 距离扩散孔

收稿日期: 2012-02-07; 修订日期: 2012-03-27

基金项目: 重庆市自然科学基金资助项目 (2009BA6067)

作者简介: 杨 鑫 (1982-) 男, 重庆垫江人, 重庆大学硕士研究生。

中心 8 mm);支撑管后添加的渐扩型钝体 D_2 (长度 25 mm)。燃气和一次风采用直流进气方式;二次风通过蜗壳进入,轴向旋流叶片增强旋流管出口空气的旋流强度。燃气和空气自喷口(锥度 11.3° ,长度 35 mm)流出后,与一个直径 800 mm,长度 2 000 mm 的圆柱形燃烧室端面相连,在燃烧室内中进行燃烧,从圆柱形燃烧室的另外一个端面排出烟气。

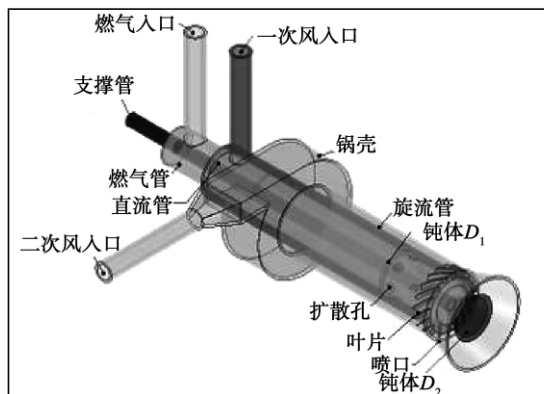


图 1 燃烧器示意图

Fig. 1 Schematic drawing of the burner

表 1 燃烧器结构表

Tab. 1 Table of the burner structure

燃烧器结构	D_1	D_2
M_1	无	无
M_2	有	无
M_3	无	有
M_4	有	有

其中: M_1, M_2, M_3, M_4 为结构特征值。

1.2 数学模型

基本控制方程如连续方程、动量方程、能量方程和各组分输运方程中多组分有反应流动的相关方程^[7]。由于物理模型中燃烧器内及燃烧器出口存在着流体绕流钝体的流动状况,因此湍流模型选用 Realizable $k-\varepsilon$ (带旋流修正的 $k-\varepsilon$) 模型,该模型对流体绕流钝体后出现旋转流动,钝体壁面边界层中存在较大的负压力梯度、回流现象的情况具有较为准确的预测性^[8]。对于燃烧系统壁面边界层的湍流采用标准壁面函数进行处理,以减少模型壁面处的网格数。辐射模型采用 P-1 模型,燃烧模型采用有限速率/涡耗散模型。由于部分预混燃烧涉及到中间产物 CO 的生成,因此采用甲烷燃烧的两步反应机理。

1.3 边界条件及网格划分

煤层气入口、一次风和二次风的进口采用速度

入口边界,气体进口温度设为 300 K;炉膛的出口采用压力出口边界;湍流初始条件通过经验公式计算湍流强度和出入口水力直径近似设定;钝体 D_1 的网格针对不同的结构分别采用壁面边界和 Interior(内边界)边界条件;其余各面均采用绝热边界条件。

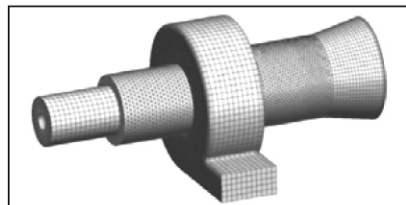


图 2 燃烧器网格划分示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the mesh division of the burner

对结构相对简单的燃气管和蜗壳部分采用六面体网格进行划分;对于涉及钝体绕流的直流空气管和具有轴向旋流叶片的旋流空气管采用四面体网格划分;对于喷口部分采用六面体和楔形网格进行划分,网格约为 24 万网格,如图 2 所示。对于燃烧室部分采用六面体和楔形网格划分,总计约为 36 万网格。经网格无关性验证表明,在 4 种结构的物理模型网格划分为 60 万左右时,能满足数值模拟的计算精度要求。

2 结果讨论与分析

针对表 1 中的 4 种结构采用数值模拟的方法研究在过量空气系数为 1.05,热负荷为 150 kW 以及一二次风的配风比 1:1 的情况下炉膛内的流场、温度场以及甲烷分布。为方便叙述以炉膛与喷口相接圆面的圆心为原点,建立柱坐标体系。沿炉膛中心轴线指向炉膛出口为 Z 轴正方向,以炉膛的径向指向炉壁的方向为 R 轴正方向。

2.1 模型验证

对原燃烧器结构 M_1 的燃烧器实物,在 20% 甲烷浓度的煤层气条件下进行了热态实验。炉膛内部的温度分布如图 3 所示,并根据物理及数学模型对该燃烧工况进行了数值模拟。可以看出沿 Z 轴方向实验所测得温度相比模拟值大多偏高。这是因为在当前工况下回流区对高温烟气的卷吸能力较弱,且燃烧器采用的是部分预混燃烧方式,因此在垂直于 Z 轴的每一个炉膛横截面内,温度最高点不是位于该横截面的圆心,而是处在圆心四周。由于实验

中时炉膛尺寸较大,所测得的圆心位置和模拟的圆心位置有一定的偏差,使得炉膛前部的实验测量值比模拟值偏高;同时炉膛后部的测量温度低于模拟温度,说明在当前工况下实际的烟气回流效果比模拟工况下更差。但实验值和数值模拟结果沿 Z 轴方向的上升和下降趋势基本保持一致,且相对误差较小,因此数值模拟的结果具有可信度。

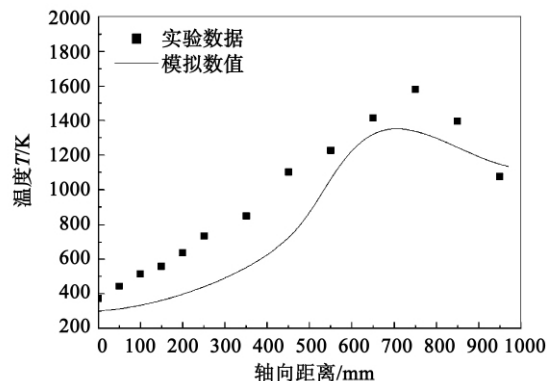


图3 实验和模拟炉膛轴向温度对比

Fig. 3 Contrast of the axial temperature of the furnace under the test and simulation

2.2 速度分布

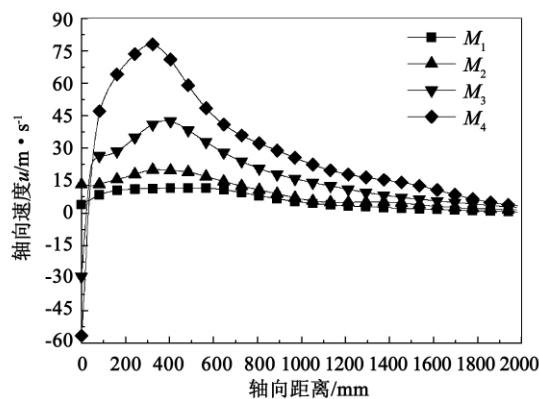


图4 沿炉膛中心轴线的轴向速度分布

Fig. 4 Axial velocity distribution along the central axis of the furnace

图4为沿 Z 轴方向的4种燃烧器结构的轴向速度分布图。在出口附近均存在着沿轴线方向的逆向速度梯度(定义轴向速度沿 Z 轴正方向的速度梯度正值为逆向速度梯度),即喷口出口存在着回流区,且 M_1 和 M_2 的逆向速度梯度远低于 M_3 和 M_4 。轴向速度的逆向速度梯度绝对值越大表明该燃烧器结构出口中心回流区负压程度越高,更利于卷吸燃烧后高温产物形成稳定的高温区域,提高回流区内的总

体温度^[9]。

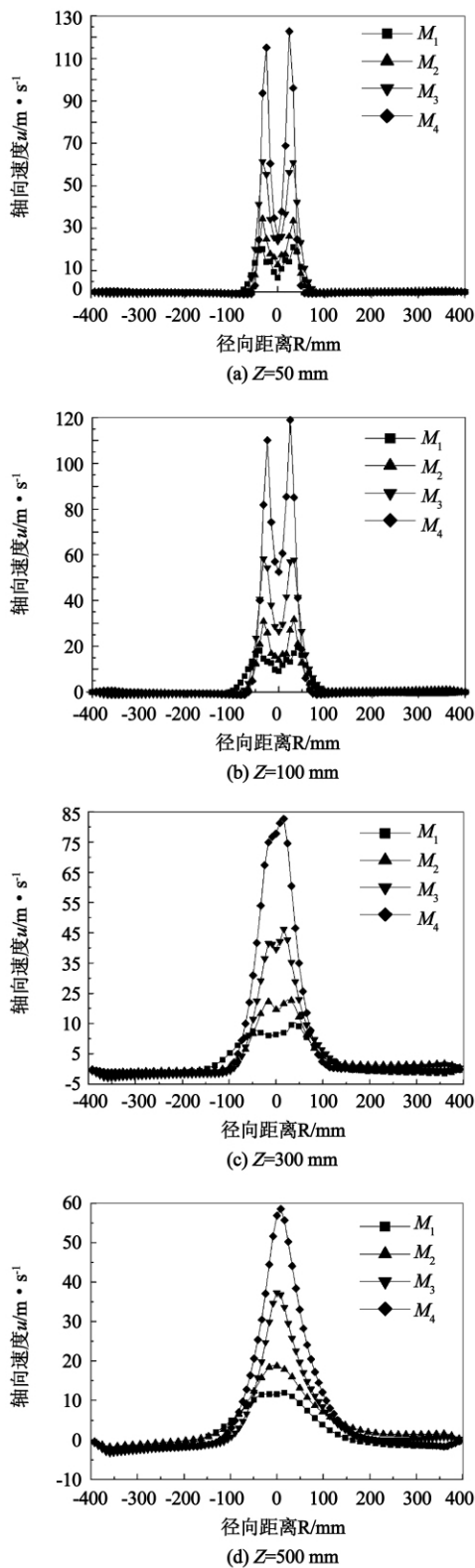


图5 各横截面径向各点的轴向速度分布

Fig. 5 Axial velocity distribution in various sections at various points along the radial direction

这主要是由于原燃烧器结构 M_1 是设计用于燃用 30% 甲烷体积含量的煤层气, 在相同热负荷下燃用 20% 甲烷体积含量的煤层气时燃气管内及出口的燃气速度变大, 削弱了蜗壳以及旋流空气管叶片所形成回流区内的负压效应。而加装钝体 D_2 能够明显降低燃气出口速度, 增强回流效果; 加装钝体 D_1 后在燃气管的扩散孔附近形成负压区对燃气管中的燃气进行抽吸^[10], 也一定程度上降低了燃气管出口的燃气速度。

图 5(a) ~ 图 5(d) 给出了沿 Z 轴方向各横截面上径向的轴向速度分布图。可以看出 4 种结构在距离原点 300 mm 的范围内均存在着逆向速度梯度 (定义轴向速度沿 R 轴正方向的速度梯度正值为逆向速度梯度)。对比不同截面的轴向速度分布发现: M_3 和 M_4 结构的逆轴向速度梯度沿 Z 轴方向衰减较快, 在 300 mm 横截面处 M_4 燃烧器的逆轴向速度梯度近乎于消失; 而 M_1 和 M_2 结构的逆轴向速度梯度沿 Z 轴方向在距原点 300 mm 范围内衰减较为缓慢; 在距离 Z 轴原点 500 mm 横截面处 M_2 、 M_3 和 M_4 燃烧器的逆轴向速度梯度均已消失, 而 M_1 燃烧器还存在着微弱的逆轴向速度梯度。这说明 M_3 和 M_4 燃烧器在逆轴向速度梯度范围内产生负压的能力较强, 对下游高温燃烧产物具有明显较高的卷吸能力; 而 M_1 和 M_2 燃烧器在所形成的回流区范围内对高温烟气的卷吸能力相对较弱, 不利于未燃气体的着火和形成稳定的高温区以保证燃烧的高效稳定进行。同时由于在 300 mm 横截面处 M_4 燃烧器的逆轴向速度梯度基本消失, 这说明在 300 mm 以后 M_4 结构主流核心区不再受到中心回流区的影响, 在 4 种结构中具有最好的射流刚性。

综合分析发现燃烧器加装钝体 D_2 后能够明显的增强回流区的逆轴向速度梯度, 形成较强的负压区, 提高对高温烟气的卷吸能力, 与文献中 [11] 描述的一致; 提高燃烧器的射流刚性, 使火焰不至于受回流区影响产生较大的偏斜; 提高回流区内单位容积的放热强度, 形成集中的高温区域稳定燃烧。

2.3 温度分布

沿 Z 轴方向温度分布如图 6 所示, M_1 和 M_2 燃烧器的喷口出口附近温度很低, 喷射出的混合气必须经过一段距离才能够在炉膛内点燃; M_3 和 M_4 燃烧器在喷口出口温度均能达到 1 500 K。同时图中 M_1 和 M_2 燃烧器的最高温度明显低于 M_3 和 M_4 , 距离原点较远。这说明前两者回流区对高温烟气的卷吸量较少, 高温烟气无法回流到喷口出口根部, 不能

迅速的点燃喷射而出的燃气空气混合气体, 不利于燃烧的稳定进行。在达到最高温度之前 M_4 比 M_3 , M_2 比 M_1 燃烧器的温度梯度更大, 温度沿 Z 轴方向上升的速度更快。 M_4 和 M_2 结构相对 M_3 和 M_1 而言加入了钝体 D_1 , 通过在直流空气管内形成回流区卷吸燃气管中的燃气, 使得参与部分预混的燃气和空气质量更多, 在喷口出口更多的预混气被点燃提高了放热强度, 增强了部分预混效果, 即加装钝体 D_1 能够提高燃烧器中燃气和空气的部分预混比例, 有利于在喷口出口提高放热强度, 形成点火源。

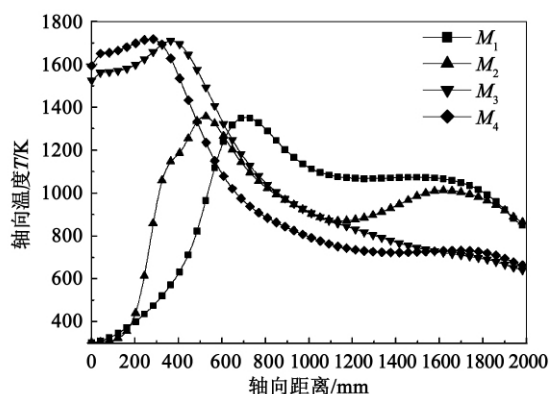


图 6 炉膛中心轴线温度分布

Fig. 6 Temperature distribution along the central axis of the furnace

结合各燃烧器的纵截面温度等温线分布图 7(a) ~ 图 7(d) 可以发现, M_1 和 M_2 结构的火焰偏斜较为严重, 且高温区不在火焰的中心区域, 而是处在火焰周围很薄的一层。这一方面说明燃烧器的射流刚性较差, 火焰形状受回流区影响较大; 另一方面回流区对燃烧后生成的高温烟气卷吸能力较弱, 无法在燃烧器根部位置以及火焰中心形成高温区, 使得烟气流向下导致炉膛后部温度较高。

对比图 7(a) 和图(b) 可以发现, M_2 燃烧器的下游区域温度要明显低于 M_1 燃烧器炉膛的相同区域, 这说明 M_2 燃烧器对于高温烟气具有一定的卷吸能力。这主要是由于加装钝体 D_1 后能够卷吸燃气管中的煤层气, 降低燃气管中燃气的出口速度, 使得原燃烧器的蜗壳和轴向叶片产生的强负压区因受燃气速度增大的影响较小; 而 M_1 燃烧器由于燃气管中燃气速度增大, 对空气管中空气抽吸能力加强, 进而增大了喷口出口的燃气速度, 对负压区的削弱效应进一步加大, 使得回流区卷吸高温烟气能力减小, 导致炉膛后部温度较高。这说明加装钝体 D_1 不但可以提高参与预混的燃气和空气比例, 还能够增强燃烧

器出口回流区的高温烟气卷吸能力。

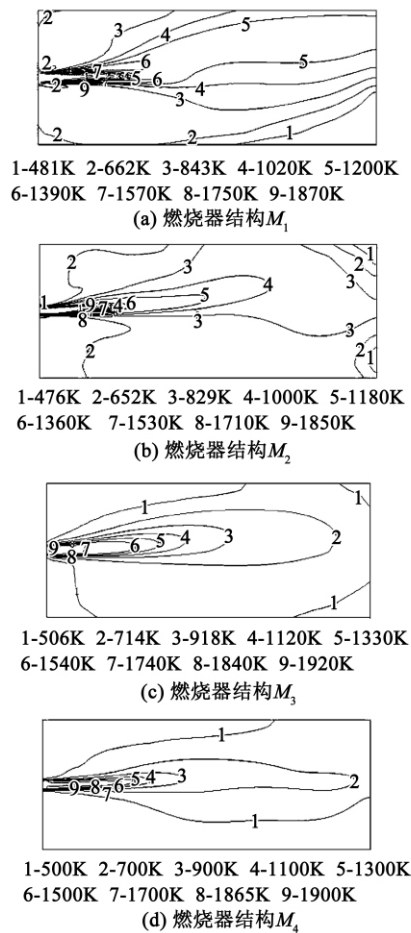


图 7 纵截面温度等温线
Fig. 7 Isotherms of a longitudinal cross section

从图 7(a) ~ 图 7(c) 可以发现喷口出口附近均存在一圈很薄的高温区域,这是由于一部分燃气和空气预先混合在喷口出口直接燃烧所形成的,而(d)中不存在薄火焰层。说明 M_4 燃烧器的回流区卷吸烟气在沿径向方向的卷吸能力要高于前三者燃烧器,能够卷吸四周部分预混气所形成的薄火焰层内的高温产物,从而提高了火焰根部温度以及烟气卷吸范围。

2.4 甲烷浓度分布

从图 8 甲烷摩尔分数分布图中可以看出在距离燃烧器喷口出口 100 mm 范围内 M_1 和 M_2 燃烧器的甲烷摩尔分数基本保持在 20% 左右,说明煤层气没有和空气发生混合;因此在 M_1 和 M_2 的温度云图中该部分区域温度较低,既无燃烧反应发生也没有高温烟气被卷吸过来。而在 M_3 和 M_4 燃烧器中甲烷摩尔分数远低于燃气管出口的甲烷摩尔分数 20%,说明一部分空气渗入到了燃气当中,并且一部分高温

烟气被卷吸到了该部分区域,从而使得温度云图中该部分区域的温度在 1 500 K 以上,形成稳定的点火源和高温区。从图 8 中还可以发现 M_4 比 M_3 , M_2 比 M_1 的甲烷摩尔分数下降更快,说明燃烧器出口附近的燃烧反应进行得更为迅速,单位容积内放热强大更大。采用钝体 D_1 后能够明显加强燃气和空气的部分预混效果,使更大比例的气体燃烧反应只受化学动力学方程影响,从而缩短火焰长度。

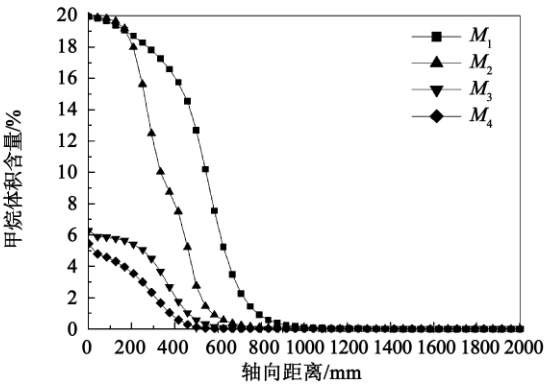


图 8 轴向甲烷摩尔分数分布
Fig. 8 Mole fraction distribution of methane along the axial direction

表 2 钝体 D_2 锥度表

Tab. 2 Table of the conicity of the passivated body D_2

	结构				
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
锥度/(°)	23.75	27.47	30.96	34.21	37.23

2.5 钝体结构优化

根据表 2 所示的 D_2 钝体在长度为 25 mm 的情况下不同的锥度考察钝体锥度对燃烧器性能的影响。燃烧器出口钝体 D_2 锥度变化对炉膛沿 Z 轴方向的轴向温度分布影响如图 9 所示。可以看出:在锥度较小时,结构 A_1 的轴向速度分布沿 Z 轴方向的峰值很小(最大轴向速度为 32.35 m/s),且在距离 Z 轴原点 300 ~ 700 mm 范围内速度变化很小,所形成的逆向速度梯度平缓,因此不但射流刚性较差,而且在回流区内卷吸高温烟气能力微弱;随着锥度的增大,喷口出口的逆向轴向速度梯度呈增大的趋势,且轴向速度的峰值也随之增大。

因此,在钝体 D_2 长度不变的前提下通过改变钝体的锥度可以提高燃烧器出口气流的轴向速度梯度,从而增强了燃烧器的射流刚性以及回流区卷吸高温烟气的能力。同时从结构 A_5 的曲线可以发现

当钝体 D_2 的锥度增大到 37.23° 时, 轴向速度的峰值接近 100 m/s , 所以随着 D_2 锥度的增加, 虽然一方面提高了轴向速度梯度以及回流区高温烟气的卷吸能力, 有利于燃烧的稳定进行, 但另一方面锥度的增大会使得轴向速度的峰值增大, 因此, 在锥度过大时燃烧器火焰可能存在被吹熄的状况。

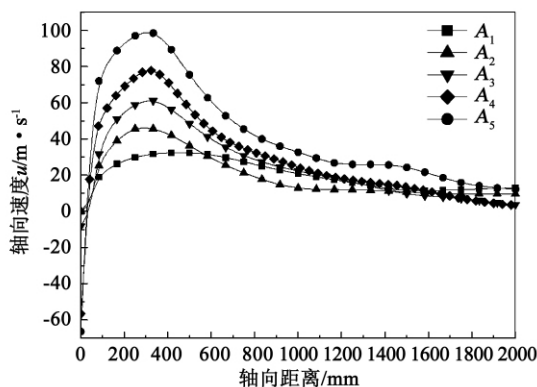


图9 不同锥度下炉膛中心轴线速度分布

Fig. 9 Linear velocity distribution along the central axis of the furnace at various taper degrees

从沿炉膛中心轴线的温度分布图 10 可以发现: 随着钝体 D_2 锥度的增大, 燃烧器出口根部的温度呈逐步上升趋势, 说明高温烟气被卷吸到离燃烧器出口更近的位置; 在 5 种结构中只有 A_4 和 A_5 的燃烧器喷口出口温度在 1000 K 以上, 说明只有当钝体 D_2 的锥度在达到 34.21° 以上时才能将燃烧反应后产生的高温烟气卷吸回燃烧器出口根部的位置, 从而稳定燃烧。同时在 A_5 的温度曲线当中, 喷口出口的温度超过了 1800 K , 有可能导致燃烧器喷口的温度过高被烧坏。因此在选择燃烧器 D_2 的喷口锥度时以 A_4 结构(锥度 34.21°) 为宜。

2.6 煤层气中甲烷浓度波动的影响

由于实际应用中输送的煤层气中甲烷浓度存在一定范围的波动, 因此针对优化得到的燃烧器结构考察了燃烧器在燃气中甲烷浓度 $20\% \sim 30\%$ 内波动时的炉内温度分布情况。

结合图 7(d) 以及图 11(a)、图 11(b) 可以发现当煤层气中甲烷浓度在 25% 以内波动时温度云图中的最高的温度区域并不在燃烧器出口根部位置; 而当甲烷浓度在 30% 左右时, 燃烧器出口附近处于温度云图的最高温度区域范围。因此当输送的煤层气中甲烷浓度在 $20\% \sim 25\%$ 范围内波动时, 经过优化后的燃烧器 M_4 可以正常工作。

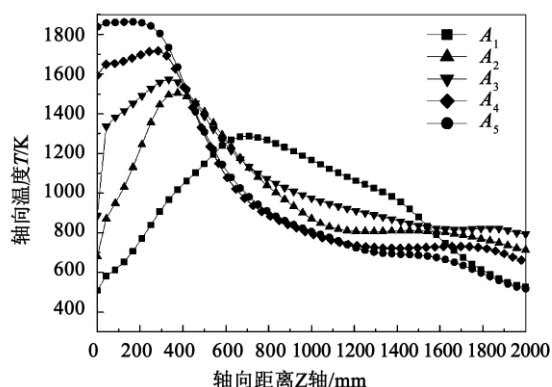


图10 不同锥度下炉膛中心轴线温度分布

Fig. 10 Chart showing the temperature distribution along the central axis of the furnace at various taper degrees

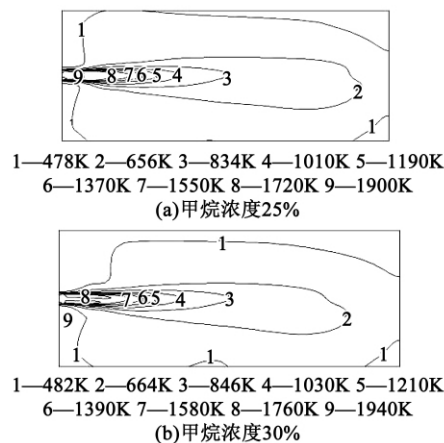


图11 不同甲烷浓度下炉膛纵截面温度等温线

Fig. 11 Chart showing the isotherms of the longitudinal section of the furnace at various methane concentrations

3 结 论

(1) 加装钝体 D_1 可以增大燃烧器内空气与燃气的预混比例, 略微降低燃气管气体出口速度, 提高喷口燃烧器出口中心回流区内的逆向轴向速度梯度。

(2) 加装钝体 D_2 能够明显提高回流区内的逆向轴向速度梯度, 拓展卷吸高温烟气的范围, 使高温烟气被卷吸至燃烧器出口根部, 从而形成稳定的高温区域; 明显提高燃烧器的射流刚性, 稳定火焰形状, 促使炉膛内温度分布较为均匀。

(3) 增大钝体 D_2 的锥度可以提高燃烧器的射

流刚性以及回流区卷吸高温烟气的的能力,但如果锥度过大可能烧坏喷口,锥度选用以 34.21° 为宜。

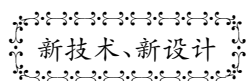
(4) 燃烧器加装钝体 D_1 和 D_2 ,且当钝体 D_2 的锥度为 34.21° 时,具有最好的出口射流刚性,能够自中心回流区的根部形成高温区分布;并且当煤层气甲烷浓度在 $20\% \sim 25\%$ 内波动时燃烧器可正常工作。

参考文献:

- [1] Yang Zhong-Qing, John R G, Lin C J, et al. Combustion of low-concentration coal bed methane in a fluidized bed reactor[J]. Energy & Fuels 2011 25(3): 975-980.
- [2] Karacan C ö, Ruiz F A, Cotè M, et al. Coal mine methane: A review of capture and utilization practices with benefits to mining safety and to greenhouse gas reduction [J]. International Journal of Coal Geology 2011 86(2-3): 121-156.
- [3] 贾琼,刘鸣,车得福等.双旋流气体燃烧器冷态流动特性的实验研究[J].热能动力工程 2006 21(5): 477-481.
JIA Qiong, LIU Ming, CHE De-fu, et al. Experimental study of cold-state flow characteristics of dual-swirling gas burners [J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power 2006 21(5): 477-481.
- [4] 董陈,徐通模,周屈兰等.旋流预混合燃烧器基本性能的冷态试验研究[J].动力工程 2008 28(5): 799-806.
DONG Chen, XU Tong-mo, ZHOU Qu-lan, et al. Cold state experimental study of the basic performance of a swirling premixed burner [J]. Journal of Power Engineering 2008 28(5): 799-806.
- [5] 张力,王炯,蔡松等.低热值煤层气燃烧器数值模拟及结构优化[J].重庆大学学报 2010 33(12): 65-70.
ZHANG Li, WANG Jiong, CAI Song, et al. Numerical simulation

- and structure optimization of a low heating value coal-bed gas burner[J]. Journal of Chongqing University 2010 33(12): 65-70.
- [6] 李捷,刘石,白翔等.时频联合分析评判火焰燃烧稳定性的实验研究[J].华北电力大学学报 2010 37(4): 39-44.
LI Jie, LIU Shi, BAI Xiang, et al. Experimental investigation of the flame combustion stability evaluated and judged through a time-frequency combination analysis [J]. Journal of North China University of Electric Power 2010 37(4): 39-44.
 - [7] 徐旭常,周力行.燃烧技术手册[M].北京:化学工业出版社 2007.
XU Xu-chang, ZHOU Li-xing. Combustion technology handbook [M]. Beijing: Chemical Industry Press (CIP) 2007.
 - [8] Balabel A, El-Askary W A. On the performance of linear and non-linear turbulence models in various jet flow applications [J]. European Journal of Mechanics-B/Fluids 2011 30(3): 325-340.
 - [9] 吴德飞,毛羽,江华等.复杂结构气体燃烧器三维流场和燃烧状况数值模拟[J].石油大学学报(自然科学版) 2003 27(2): 93-98.
WU De-fei, MAO Yu, JIANG Hua, et al. Numerical simulation of 3D flow field and combustion conditions in a gas burner with complex structures [J]. Journal of the University of Petroleum (Natural Science Edition) 2003 27(2): 93-98.
 - [10] Xiouris C, Koutmos P. An experimental investigation of the interaction of swirl flow with partially premixed disk stabilized propane flames [J]. Experimental Thermal and Fluid Science 2011 35(6): 1055-1066.
 - [11] Masri A R, Barlow R S, Fiechtner G J, et al. Instantaneous and mean compositional structure of bluff-body stabilized non-premixed flames [J]. Combustion and Flame 1998 114(2): 119-148.

(陈滨 编辑)



LVDT 传感器在燃气轮机运行效率中起关键的作用

据《Diesel & Gas Turbine Worldwide》2012 年 3 月刊报道,随着全世界对电力需求的增加,燃气轮机制造不仅面对制造更多燃气轮机的挑战,而且也面临高效运行的挑战。

控制阀性能是改进燃气轮机效率的基础。阀门调节燃气轮机不同部件的蒸汽、水或燃气的流量。通过精确监控这些流量,燃气轮机可以在最少排放能量的情况下更高效地运行。

作为反馈装置, LVDT(线性变量微分变换器)线性位置传感器将对控制阀状态提供必要的反馈。

这些 19 mm 直径的气封传感器在燃气轮机或汽轮机电站中起关键作用,诸如静叶片节距伺服机构控制、燃料阀位置反馈、调带器控制、轴端余隙和径向跳动测量以及发电机壳体膨胀测量,提供可靠和非接触的位置测量。

(吉桂明 摘译)

Based on the specific features of the combustion of high temperature coal gas and its requirements for coal gas burners, presented was a novel type coal-gas burner with a cold-state test rig being set up. A cold-state test was performed of the influence of the inner structure of the burner and the operating conditions on the flow field distribution by employing an isothermal modeling method. The test results show that a bigger swirling intensity will be produced when the swirling angle of the blades is set at 60 degrees than those when it is set at 45 degrees and 30 degrees, favorable for the swirling flow mixing effectiveness of the high temperature coal-gas and the air supplied in the combustion chamber and at the same time also quickening the attenuation of the swirling flow. Furthermore, the swirling effectiveness of a burner with 8 blades is better than that of a burner with 6 blades, however, a bigger resistance may result in the flow field. When the central air quantity increases from 0.8 times provided under the rated operating condition to 1.2 times, the influence of the swirling flow will be weakened on the straight flow, contributing to changing the shape of the flame. When the distance from the blades to the spout is reduced from 65 mm to 0 mm, the swirling effectiveness will become conspicuous, favorable for mixing various gas flows. The cold-state test results can offer reference for the optimized design and further hot-state test of the burner. **Key words:** coal-gas burner, blade, swirling angle, central air quantity, cold-state test, flow field distribution

低热值煤层气部分预混式旋流燃烧器结构优化研究 = Study of the Structural Optimization of a Partially Pre-mixed Type Swirling Burner Burning the Coal Bed Gas With a Low Heat Value [刊, 汉] / YANG Xin, ZHANG Li, YANG Zhong-qing (Education Ministry Key Laboratory on Low Quality Energy Source Utilization Technologies and Systems, College of Power Engineering, Chongqing University, Chongqing, China, Post Code: 400044) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012, 27(6). - 695 ~ 701

For a partially premixed type swirling burner burning the coal-bed gas with a low heating value, optimization studied was its structure by additionally installing a bluff body on it and investigated was the law that the bluff body influences the speed, temperature and distribution of the methane concentration at the outlet of the burner by using a numerical analytic method. It has been found that to additionally install a bluff body onto the outer wall of the fuel gas tube can improve the partially premixing effectiveness of the burner and shorten the length of the flame. To additionally mount a bluff body at the outlet of the supporting tube can enhance the jet flow rigidity of the gas flow at the outlet of the burner, making the in-furnace temperature distribution tend to be uniform and at the same time enhance the capacity and area of the flow return zone to entrain the high temperature flue gas, thus forming a stable high temperature zone at the outlet of the spout. To partially optimize the burner by additionally install two pieces of bluff body can achieve good combustion stability at the same time of ensuring a rigidity of the jet flow of the optimized

burner. The axial speed gradient and temperature at the outlet of the burner will increase with an increase of the taperness of the bluff body at the outlet and it is proper to choose 34.21 degrees as the taperness of the bluff body at the outlet of a burner. **Key words:** low heating value coal-bed gas ,partially pre-mixing ,bluff body ,flow return zone ,numerical simulation

流化床 O_2/CO_2 燃烧(IV)-氧浓度对 NO_x 和 N_2O 的影响 = O_2/CO_2 Combustion in a Fluidized Bed (IV)-Influence of the Oxygen Concentration on NO_x and N_2O [刊 ,汉]/ZHAO Ke ,TAN Li ,DUAN Cui-jiu ,LU Qing-gang(Engineering Thermophysics Research Institute ,Chinese Academy of Sciences ,Beijing ,China ,Post Code: 100190) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(6) . - 702 ~ 708

A circulating fluidized bed can realize O_2/CO_2 combustion at a high oxygen concentration ,thus reducing the size of the combustion chamber and the recycling flue gas quantity. The authors have tested two bituminous coal ranks and a lignite coal in a 15 kW circulating fluidized bed test system and a 0.15 kW one respectively. The influence of the oxygen concentration on the NO_x and N_2O was studied. The research results show that all the three coal ranks can realize stable combustion when the oxygen concentration of the primary air ranges from 44.3% to 55.3% and that of the secondary air is between 43.2% and 60.2% . When the oxygen concentration is about 50% ,the conversion rate of nitrogen in the coal to NO_x will decrease to 19% -60% of the nitrogen in the coal while the conversion rate of nitrogen in the coal to N_2O will decrease to 20% -81% of the nitrogen in the coal when burning in the air atmosphere. **Key words:** fluidized bed , O_2/CO_2 ,combustion , N_2O , NO_x

改进的神经网络 PID 火电厂主汽温控制研究 = Study of the Control Over the Main Steam Temperature in a Thermal Power Plant Based on an Improved Neural Network PID (Proportional ,Integral and Differential) Control [刊 ,汉]/GAO Kun-lun ,LIANG Xiao ,WANG Jie ,ZHANG Heng (College of Electrical Engineering , Zhengzhou University ,Zhengzhou ,China ,Post Code: 450001) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(6) . - 709 ~ 714

In the light of problems and shortcomings existing in the traditional neural network PID control systems ,presented were measures for improvement. For the structure of the network ,by adding a single-connected network layer ,the parameters of the PID controller corresponding to the output of the network were intervened. As for the tactics for learning the network linkage weight value ,a parameter index was chosen to real time monitor the error of the sys-