



天津翔悦密封材料有限公司



弗莱希波·泰格
金属波纹管有限公司



温州环球阀门制造有限公司



北新集团建材股份有限公司

水平浓淡煤粉燃烧器出口冷态流场的数值模拟

Numerical Simulation of Internal and External Aerodynamic Field Under Cold Condition for Horizontal Dense-dilute Burners

武汉大学 (430072) 陈伟 顾昌 严响林

【摘要】 以PHOENICS软件为工具,对水平浓淡燃烧器出口处的空气动力场进行了数值模拟,计算结果与试验结果定性吻合。考察了钝体位置及角度对空气动力场的影响,得出了在各种工况下的流动图谱,总结了燃烧器出口处轴向速度、径向速度和切向速度的分布规律。

【关键词】 燃烧器 回流区 空气动力场 数值模拟

Abstract: The numerical simulation on the horizontal dense-dilute burner is conducted by the software of PHOENICS, the result of the calculation and the experimental result is qualitative concordance. The effect on the aerodynamic fields is considered through the position and angle of the blunt-body. The fluent graphs of all kinds of work condition are gained, and the regularities of distribution of axis velocity, radial velocity and tangential velocity on the burner is generalized.

Keywords: burners, circulation area, aerodynamic field, numerical simulation

1 引言

所谓浓淡燃烧技术,是一种采用新型燃烧器,使煤粉浓缩的技术。其基础是通过燃烧器前的浓缩结果,把一次风粉气流分离成浓淡两股,获得高浓度煤粉气流。利用高浓度煤粉气流量具有火焰温度低,火焰传播速度快,着火距离短等优点,能有效改善和稳定着火。同时,由于煤粉燃烧初期一次风率比较低,也大大降低了 NO_x 的生成。

由于浓淡燃烧技术着火稳燃特性良好,近年来得到了广泛的应用,尤其是在直流煤粉燃烧器的改造中。本文针对水平浓淡稳燃腔燃烧器(见图1)出口冷态流场进行了数值模拟,作为有效的分析模型和处理方法,为水平浓淡燃烧器的内外部流场及燃烧的预测分析奠定了基础。

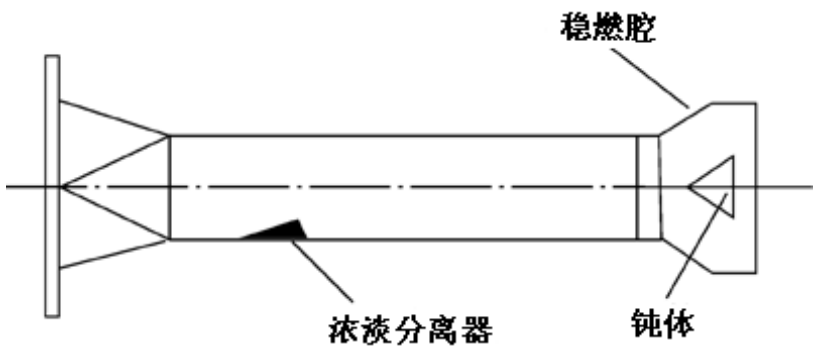


图1 水平浓淡稳燃腔燃烧器结构图

2 模型的建立

本文的计算对象燃烧器形状结构比较复杂，如果要完全模拟其流场，燃烧器几何文件的生成、网格的划分都要占用大量的计算机内存和计算时间，所以有必要进行建模优化即几何简化处理，考虑到计算机内存以及干扰阻力占气动阻力的很小部分，在燃烧器实体建模时，对表面作平滑处理。建模时对水平浓淡分离块、钝体及稳燃腔作光滑处理。

2.1 CAD建模方法

由于燃烧器形状的复杂性，直接在PHOENICS中建模极为不便。PHOENICS的前处理器提供了多种CAD的接口方式。由于PHOENICS只识别ASC II 格式的STL文件，所以需将CAD保存为STL格式，即可将模型转换成PHOENICS可识别的文件。

本文建立的燃烧器实体模型如图2所示：

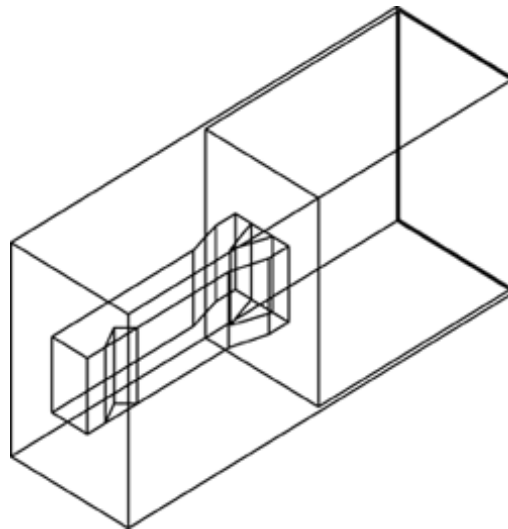


图2 燃烧器实体模型

2.2 边界条件的设定和网格的划分

在PHOENICS中提供了两种网格的构造方式，非正交贴体网格和直角形网格(笛卡儿网格)，但正交贴体网格畸变较大时可能会发生困难，所以PHOENICS提倡采用直角形网格(笛卡儿网格)，并提供了网格局部加密功能与网格被边界切割的补偿功能(PARSOL)与之相配合。PHOENICS默认不设任何边界条件：所有边界对流体不产生流入(出)、无摩擦、绝热，表现出对称面或轴的特征：PHOENICS设置边界条件以源项的形式加入。

在计算完一个较大的计算区域后,可以根据流场的特点,适当的对局部网格进行加密处理,以期得到某部分流场的流动特性。

水平浓淡煤粉燃烧器的冷态模拟实验在大空间进行,基于实验结果,燃烧器出口流场的冷态模拟空间定为 $0.9\text{m}\times 0.5\text{m}\times 0.8\text{m}$,划分网格为 $70\times 50\times 6$ 个,这样划分是考虑到燃烧器喷口为矩形喷口,在X方向和Y方向做精细的网格划分,一是便于更确切的反映出个别截面的物理特性,还便于取数据截面,进行各截面的速度比较。

通过设定各个方向的网格POWER值,使网格在水平浓淡分离块、钝体及本文比较关注的燃烧器出口处的回流区较密一些,而在燃烧器内部部分稀疏一些。

用SIMPLEST算法解流速和压力耦合;用交错网格解决一阶导数项离散化降阶问题;用标准K- ϵ 湍流模型封闭时均方程;对流扩散项离散化用混合格式。入口条件为: X方向速度为 26m/s ,其余方向速度为0;出口条件为: 压力出口,即和外界大气压相同。

3 试验模型的验证

为了验证建模方法与数值计算的准确性,本文建立燃烧器实体模型。设定边界条件和收敛判定,对水平浓淡稳燃腔燃烧器进行了数值模拟计算,计算结果如下:

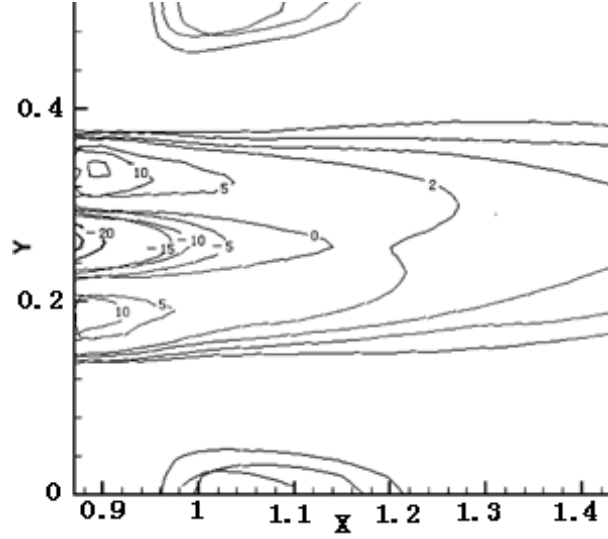
表1 试验工况

工况号	测量面	来流速度	钝体形状	钝体位置	工况号	测量面	来流速度	钝体形状	钝体位置
A	水平	26m/s	I	1	D	水平	26m/s	II	2
B	水平	26m/s	II	1	E	水平	26m/s	I	3
C	水平	26m/s	I	2	F	水平	26m/s	II	3

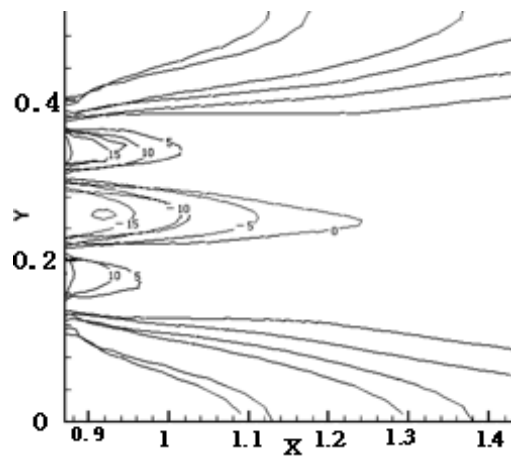
图a1、a2、a3、b1、b2、b3为钝体出口流场轴向速度(X方向)的等值线,在0等值线内,包含了流体反向运动(X方向速度为负值)的区域,因此可以看到回流区的大小。

图a1、a2、a3是钝体I型距离燃烧器喷口分别为 -80mm 、 -40mm 、 0mm (对应工况A、C、E)时流场速度矢量图,其中,I型钝体边宽 b 为 10mm ,由下图可以看出,A工况回流区长度 x 约为 28mm , $x/b=2.8$;C工况回流区长度 x 约为 47mm , $x/b=3.9$;E工况回流区长度 x 约为 52mm , $x/b=5.2$ 。A、C、E工况的钝体形状相同,钝体角度均为 40° ,但A、C工况的钝体位置向内缩进了一段距离。

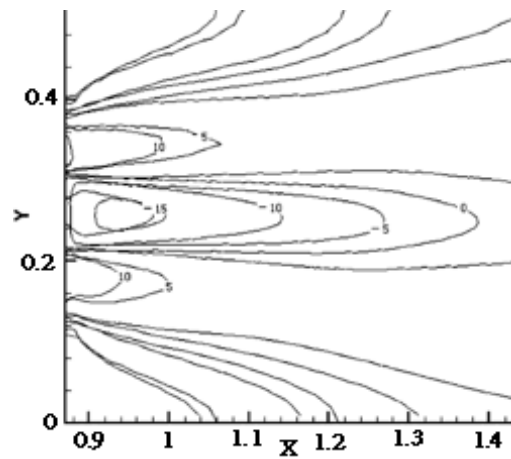
图b1、b2、b3是钝体II型距离燃烧器喷口分别为 -80mm 、 -40mm 、 0mm (对应工况B、D、F)时流场速度矢量图。其中,II型钝体边宽为 12mm 。由上图可看出,B工况回流区长度 x 约为 27mm , $x/b=2.25$;D工况回流区长度 x 约为 38mm , $x/b=3.8$;F工况回流区长度 x 约为 55mm , $x/b=4.6$ 。B、D、F工况的钝体形状相同,钝体角度均为 50° 。但B、D工况的钝体位置向内缩进了一段距离。



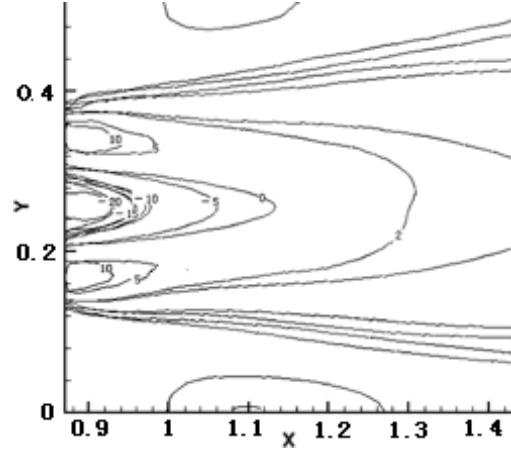
图a1 A工况速度分布等值线



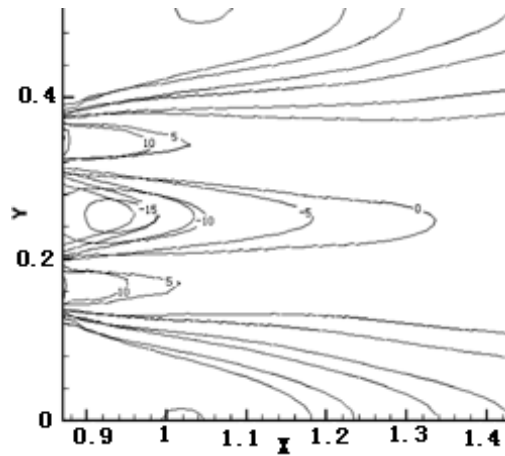
图a2 C工况速度分布等值线



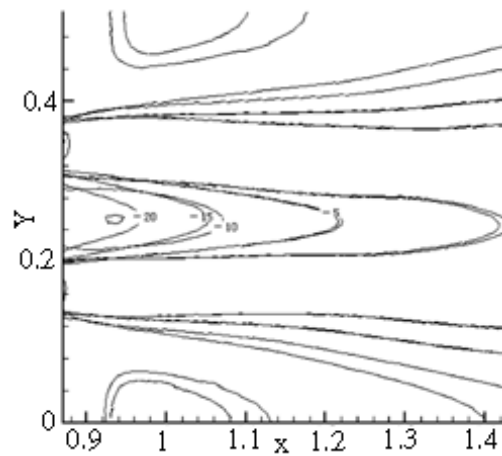
图a3 E工况速度分布等值线



图b1 B工况速度分布等值线



图b2 D工况速度分布等值线



图b3 F工况速度分布等值线

从上图中可以看出，E、F工况的回流区的长度分别要比A、C以及B、D工况长得多，回流区宽度与钝体宽度之比约为1: 1。另外，也可以看出，当钝体角度增大时，回流区长度也随之增大。而回流区长度与钝体底边的相对宽度存在一个最佳值。从计算结果可看出，回流区长度为钝体边宽的2.25~5.2倍。

4 燃烧器出口流场的计算结果与实验结果的对比

图3, 4, 5为A、C、F三个工况下沿X方向的速度分布图。

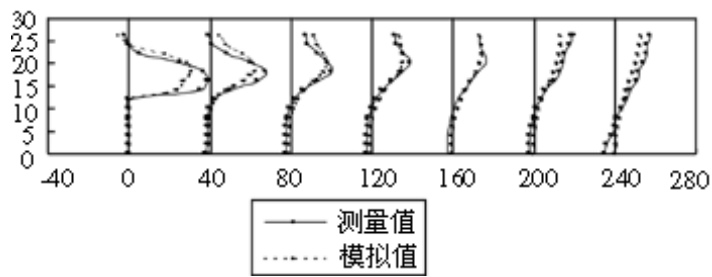


图3 A工况沿X方向速度分布(试验测量值及数值计算值)

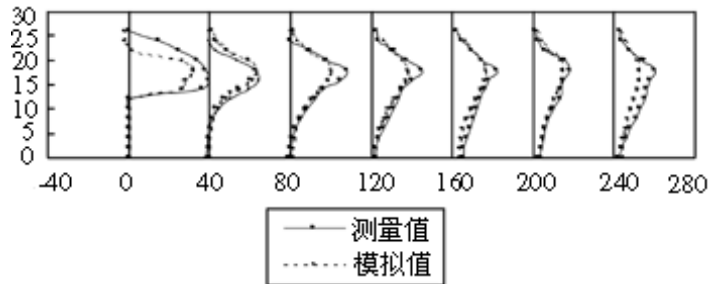


图4 C工况沿X方向速度分布(试验测量值及数值计算值)

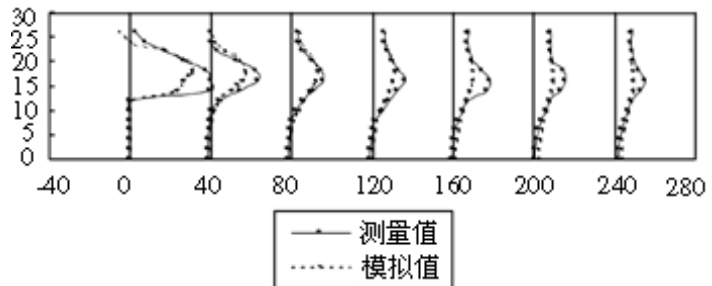


图5 F工况沿X方向速度分布(试验测量值及数值计算值)

从图中可以发现，三个工况的冷态试验的测量结果和数值模拟计算结果吻合得相当好。从计算结果更清楚的发现，钝体角度越大，钝体距离燃烧器喷口越近，回流区长度越大，但应该看出在射流的向火侧当计算结果已出现负值时，与测量结果相差较大，这是因为采用五孔探针进行冷态试验测量时，不能测量与探头方向相反的速度，并且当来流速度与探头夹角较大时(仪器标定时的规定，应该至少小于 $\pm 40^\circ$)，测量误差较大。总的来讲，计算值与实验数据定性一致，可见数值计算可以反映流场的基本变化规律，三维简化模型可定性的模拟复杂的燃烧器出口处流场，从而得出一些有益的结论。由此可见，数值模拟是模拟水平浓淡稳燃腔燃烧器出口流场的一种有效方法，计算结果和实验结果定性吻合，三维简化模型可定性的模拟燃烧器出口处流场，可以得到流场的基本规律，但由于实验设备有限以及模型的简化，也存在着一一定的误差。

5 结论

(1) 钝体形状对回流特性的影响：当钝体角度增加时，回流区的长度略有增加，但变化不大，回流区的宽度基本不变。

(2) 钝体位置对回流特性的影响：钝体位置向内缩进后，稳燃腔限制了一次风煤粉气流的自由扩

展,使扩展角减小,同时由于边界层速度增大,使气流的偏转减小,汇合点前移。

还可以看出,带稳燃腔的钝体燃烧器应用了水平浓淡燃烧技术,可以一定程度上限制煤粉气流直接刷墙的可能性,对于防止锅炉结渣具有较大意义。

6 参考文献:

- [1] 何季民. 清洁稳燃的煤粉高浓度燃烧技术述评[J]. 中国电力, 1993, 26(8):51~55.
- [2] 徐江荣. 气固两相湍流模型的研究及煤粉浓淡旋流燃烧器两相流动的数值模拟[D]. 浙江大学博士学位论文, 1999
- [3] 郑楚光, 马毓义. 钝体燃烧器湍流分离流场的数值模拟[J]. 华中工学院学报, 1986, 14(1):115~122.

文章作者: 陈伟

发表时间: 2006-01-16 00:00:00

[\[关闭窗口\]](#) [\[打印文章\]](#) [\[回到顶端\]](#)