

天津翔悦

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

## 一次风通过带有节流孔板管道的数值模拟

武汉大学动力与机械学院(430072) 方红

**摘要:** 本文运用计算流体力学(CFD)的方法,采用k-ε湍流模型对带有节流孔板管道内一次风的流动进行数值模拟。文章结合GAMBIT物理造型和Fluent模拟计算,得到管道内压力、速度、流线分布图。探讨了 一次风管道内流动特性。

**关键词:** CFD数值模拟 孔板 k-ε湍流模型 一次风管道

### 1 引言

在采用四角切圆燃烧方式的电站锅炉燃烧系统中,为了保证锅炉炉内四角切圆不发生偏斜,以便获得一个稳定的燃烧动力工况,往往在一次风水平管道上装有用于均衡各管道内流量和阻力特性的可调缩孔。

随着计算机技术的发展,通过建立数学模型,可以用数值模拟方法对流动问题进行试验研究,通过计算机求解,得到输送管道甚至热力设备内部的速度、温度等特性参数的分布,揭示一次风在复杂管道情况下的流动特性。

### 2 物理模型和计算方法

#### 2.1 控制方程

将管道内部流动介质设定为空气,则流动模型为可压缩三维流动,可以用可压缩流动的Navier-Stokes方程和k-ε湍流模型方程来求解。

(1) 连续性方程

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0$$

(2) 动量方程组

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} [\rho u_i u_j - (\mu + \mu_t) (\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j})] = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \rho f_i$$

(3) 湍流动能k的输运方程

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} [\rho u_i k - (\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}) (\frac{\partial k}{\partial x_i})] = G - \rho \varepsilon$$

(4) 湍流耗散率ε的输运方程

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} [\rho u_i \varepsilon - (\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}) (\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i})] = C_{\varepsilon 1} G \frac{\varepsilon}{k} - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$$

其中：

$$\mu_t = C_{\mu} \rho \frac{k^2}{\varepsilon}$$

$$G = \mu_t \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j}$$

方程中各常数查表得， $C_{\mu}=0.09$ ， $\sigma_k=1.0$ ， $\sigma_\varepsilon=1.3$ ， $C_{\varepsilon 1}=1.44$ ， $C_{\varepsilon 2}=1.92$

## 2.2 一次风管道模型和边界条件

如图1所示，一次风管径 $D=300\text{mm}$ ，气流速度 $u=20\text{m/s}$ 。可调式节流孔板前管长为管径的 $3\sim 4$ 倍，孔板后的管长为管径的 $6\sim 7$ 倍，由此构成了模拟区域。采用速度进口，压力出口的边界条件。



图1

## 2.3 网格划分

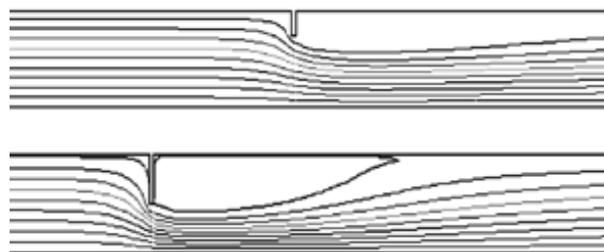
网格划分采用了结构化网格，运用FLUENT软件包中的前处理软件GAMBIT强大的网格划分功能，保证了网格的质量。如图2所示。



图2

## 3 一次风管道的流场特性

为了分析节流孔板对一次风管道内的流动影响，取节流孔板开度为 $1/4$ ， $1/2$ ， $3/4$ 三个工况进行计算。图3为三个开度下的流函数分布图，图4为三个开度下的速度分布图，图5为三个开度下的压力分布图。



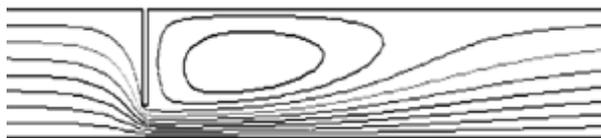


图3 三个开度下的流函数分布图

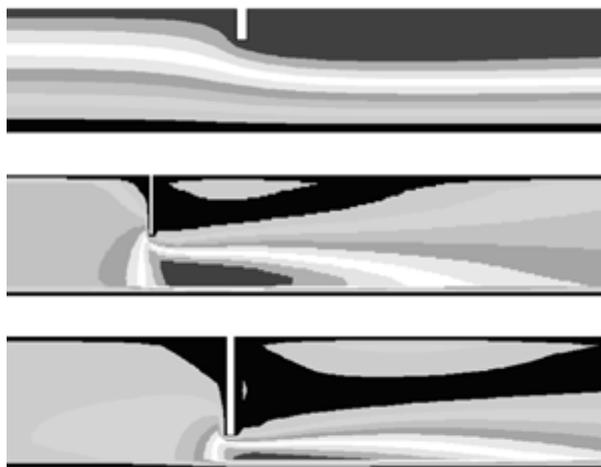


图4 三个开度下的速度分布图



图5 三个开度下的压力分布图

#### 4 结语

本文用  $k-\varepsilon$  双方程模型，通过相互耦合计算得出了相应的数值模拟结果。

(1) 一次风管道上的缩孔对一次风气流流动的影响非常大，缩孔开度越小(缩孔挡板占据的管道面积越大)，对气流的影响越大；

(2) 在一次风管道缩孔后有明显的回流区，回流区的长度与管道条件有关，较长时可达3倍，管径。

(3) 带有不同节流度的节流孔板对水平管流场有明显的影响，节流孔板后回流区的大小是节流孔板高度的10~15倍；安装节流孔板后直管进出口两端压差明显增加。

#### 5 参考文献

- [1] 帕坦卡S.V.，郭宽良. 传热和流体流动的数值方法. 合肥：安徽科学技术出版社，1984.
- [2] 杨兴森，王家新. 郝卫东. 一次风流动的数值模拟与准确测量. 华东电力，2003年第3期.

[3] 潘卫国, 李扬等. 锅炉一次风通过节流孔板时的数值模拟. 热能动力工程, 2003年3月.

[4] 陶文铨. 数值传热学. 西安: 西安交通大学出版社, 1988.

文章作者: 方红

发表时间: 2006-04-20 00:00:00

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