

DOI: 10.3969/j.issn.1006-4729.2016.01.004

椭圆 H 型翅片管压降与换热特性数值模拟

韩 筱, 曹绛敏, 张皎阳

(上海电力学院 能源与机械工程学院, 上海 200090)

摘 要:利用商业软件 Fluent 模拟了烟气在不同流速下流经椭圆 H 型翅片管的流动和换热过程. 利用软件生成了翅片的温度分布云图和烟气的速度云图, 比较分析了在不同烟气流速下, 翅片的开缝情况对翅片管换热以及阻力特性的影响. 结果表明, 横开缝的椭圆 H 型翅片管与纵开缝的相比, 其传热效率更高, 阻力更小.

关键词: FLUENT 软件; 椭圆 H 型翅片管; 换热; 阻力

中图分类号: TK124

文献标志码: A

文章编号: 1006-4729(2016)01-0012-03

Numerical Simulation of Pressure Drop Performance and Heat Transfer Performance of H-type Finned Elliptical Tube

HAN Xiao, CAO Jiangmin, ZHANG Jiaoyang

(School of Energy and Mechanical Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090)

Abstract: The process of flowing and heat exchanging through H-type finned elliptical tube of flue gas is simulated with FLUENT. The temperature and velocity distribution is created with software. The performance of pressure drop and heat transfer affected by the different slotting style is analyzed among different velocity of the flue gas. The results show that the transverse-slotted H-type finned elliptical tube has a higher heat transfer efficiency and a lower pressure drop than the longitudinal-slotted one.

Key words: FLUENT software; H-type finned elliptical tube; heat transfer; resistance

椭圆 H 型翅片管可以应用于水煤烟气换热器系统 (Mitsubishi Gas Gas Heater, MGGH) 的换热器, 其管外的烟气流动和换热特性将直接影响整个 MGGH 系统的性能, 从而对电厂的经济性以及 SO_3 和粉尘的脱除产生巨大的影响. 而且 H 型翅片管的沟槽结构特殊, 具有传热效率高、防积灰、抗磨损等特点^[1]. 因此, 深入了解翅片管管外烟气侧的流动与传热特性, 探讨传热强化途径, 是进一步提高 MGGH 系统换热性能、减少 SO_3 和粉

尘排放的基础.

前人对于椭圆矩形翅片管的换热和阻力特性已经做出了一些研究. 胡俊伟等人^[2]研究了低速情况下, 开缝对换热和压降的影响. 屈治国等人^[3]对翅片管换热器中广泛使用的平直开缝翅片的传热特性进行了数值模拟. 李飞等人^[4]对横开缝的椭圆 H 型翅片换热器进行了实验研究. 但是大部分研究只对不开缝的椭圆 H 型翅片管和横开缝的椭圆翅片管的换热和阻力特性进行了分析计算, 没有对纵

收稿日期: 2015-06-04

通讯作者简介: 韩筱 (1989-), 男, 在读硕士, 河南漯河人. 主要研究方向为低低温电除尘技术. E-mail: hanxiao589@126.com.

开缝的椭圆 H 型翅片管进行对比.

本文采用数值模拟的方法对横开缝和纵开缝的椭圆 H 型翅片管的换热与阻力特性进行数值模拟. 分析在 5 ~ 15 m/s 的烟气流速下, 翅片管的换热效率及阻力特性.

1 理论分析

1.1 物理模型及数学描述

本文所采用的椭圆矩形 H 型翅片管, 其管基长轴为 40 mm, 短轴为 24 mm, 翅片长 80 mm, 宽 80 mm, 翅片间距为 20 mm. 横开缝椭圆 H 型翅片管在椭圆管长轴方向开宽度为 10 mm 的缝隙, 纵开缝为在椭圆管短轴方向开宽度为 10 mm 的缝隙, 如图 1 所示.

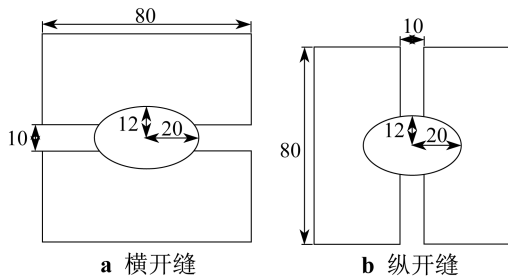


图 1 横开缝和纵开缝椭圆 H 型翅片管

本文所计算模型的选取: 以同管相邻的两翅片中心为边界, 以翅片为中心建立一个计算单元. 为了防止入口处的入口效应和出口处的回流效应对计算结果造成影响, 将横向和纵向计算区域延长为 160 mm. 对于计算模型的假设如下:

(1) 计算区域中的流动和传热是稳态的;

(2) 假设烟气为不可压流体, 烟气的物性参数为采用线性差值计算的 413 K 的参数^[5].

在直角三维坐标系中进行计算, 控制方程^[6]的张量形式如下.

连续性方程为:

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

动量方程为:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i u_k) = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\mu \frac{\partial u_k}{\partial x_i}\right) - \frac{\partial p}{\partial x_k}$$

能量方程为:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i T) = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{k}{C_p} \frac{\partial T}{\partial x_i}\right)$$

式中: ρ ——流体的密度;

u_i, u_k ——流体速度, $i, k = 1, 2, 3$;

x_i, x_k ——坐标, $i, k = 1, 2, 3$;

μ ——流体粘度;

p ——流体压力;

T ——流体温度;

C_p ——流体的比热容;

k ——耗散系数.

1.2 边界条件及计算方法

入口的烟气设置为速度入口条件, 温度为 413 K; 出口的边界条件为自由流量出口; 翅片表面与烟气接触面采用流固耦合进行处理; 椭圆管外壁温度设置为 390 K, 其余边界条件采用周期性边界条件; 翅片及椭圆管采用普通钢材. 烟气的温度和椭圆管外壁温度均为 MGGH 系统在普通工况运行下的温度.

采用商业软件 Fluent 进行计算, 湍流模型采用 k- ϵ 模型, 方程的离散采用二阶迎风格式, 压力与速度的耦合关系采用一阶 Simple 算法.

此计算模型网格数量为 4×10^5 , 在计算过程中, 尝试把网格数量增加为 6×10^5 , 网格类型不变, 其计算出来的换热量和压降偏差均小于 3%, 因此认为此结果是可信的.

2 计算变量的定义

换热量为:

$$Q = Q_{in} - Q_{out}$$

式中: Q ——管外侧换热量, W;

Q_{in} ——入口烟气携带热量, W;

Q_{out} ——出口烟气携带热量, W.

压降为:

$$\Delta p = p_{in} - p_{out}$$

式中: p_{in} ——入口压力, Pa;

p_{out} ——出口压力, Pa.

3 计算结果分析

3.1 椭圆 H 翅片管的传热性能分析

本文在迎面风速 v 为 5 ~ 15 m/s 工况下, 对横开缝和纵开缝翅片的传热特性进行了数值模拟, 并绘制了换热量的曲线, 如图 2 所示.

由图 2 可知, 随着迎面烟气流速的增加, 横开缝

和纵开缝的椭圆 H 型翅片管的换热量都在随之增大,而横开缝的换热量始终大于纵开缝的换热量.

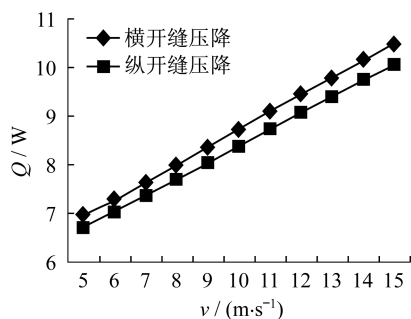


图2 不同开缝的椭圆 H 型翅片管的换热量与入口速度的关系曲线

3.2 椭圆 H 翅片管的阻力性能分析

对横开缝和纵开缝翅片的传热特性进行数值模拟,可以得出其阻力特性曲线,如图3所示.

由图3可知,在入口速度为5 m/s时,横开缝的压降和纵开缝的压降基本一致,而随着速度的

增加,其压降的差值逐渐增加.横开缝的压降要明显小于纵开缝的压降.

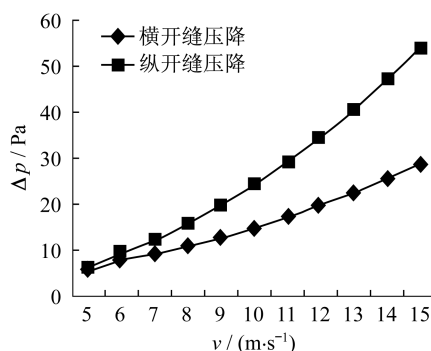


图3 不同开缝的椭圆 H 型翅片管的进出口压降与入口速度的关系曲线

3.3 综合分析

图4为两种翅片管翅片表面的等温线图,图5为入口流速为9 m/s时,距离翅片1 mm处速度场的分布情况.

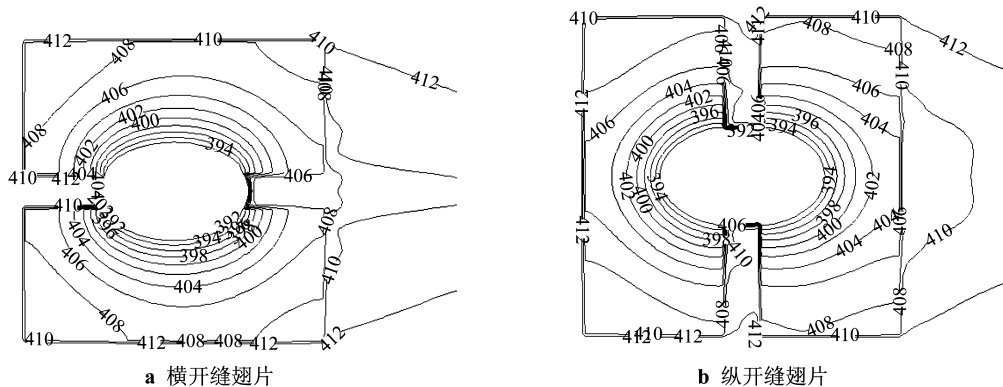


图4 横开缝和纵开缝的椭圆 H 型翅片管的翅片表面温度分布

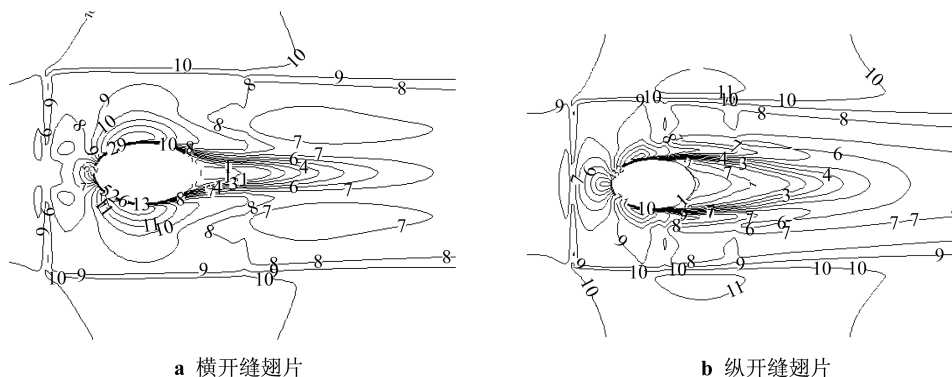


图5 入口流速为9 m/s时,两种翅片表面1 mm的流体速度分布

(下转第45页)

