

不同流速对微型换热器性能影响研究

周俊杰¹, 耿毫伟²

1. 化工与能源学院, 郑州大学, 河南, 郑州

2. 化工与能源学院, 郑州大学, 河南, 郑州

简介:微通道换热器是20世纪90年代发展起来的高效换热设备, 是重要的微化工设备之一。与普通换热器相比, 微型换热器体积小, 换热面积大, 传热系数高; 在微电子、航空航天、医疗、化学生物工程等领域有重要的应用前景。

对于微型换热器, 由于流体通道的水力学直径与间壁厚度相差不大, 金属间壁内部沿流体流动方向的温差推动的热传导会引发“热返混”现象, 即间壁固体内部的轴向导热会显著地影响换热器的效率, 导致间壁径向的温差减小而降低换热性能。而宏观尺寸传统换热器管壁的横截面面积远小于管道的总换热面积, 轴向热阻远大于径向热阻, 轴向导热的影响通常是非常有限的, 可以忽略不计。因此微型换热器与宏观尺寸的换热器相比有很多差异。研究微型换热器与传统换热器的差异, 并对影响其换热性能的因素并进行优化具有重要的意义。

控制方程

连续方程

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

动量方程

$$\rho \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{u}$$

流体传热微分方程

$$\rho \mathbf{u} \cdot \nabla u = -\nabla p + \mu \nabla^2 u$$

固体热传导方程

$$\rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T = k_i \nabla^2 T$$

几何模型

利用COMSOL直接建立三维模型, 材料为不锈钢, 流体通道为长方形截面。

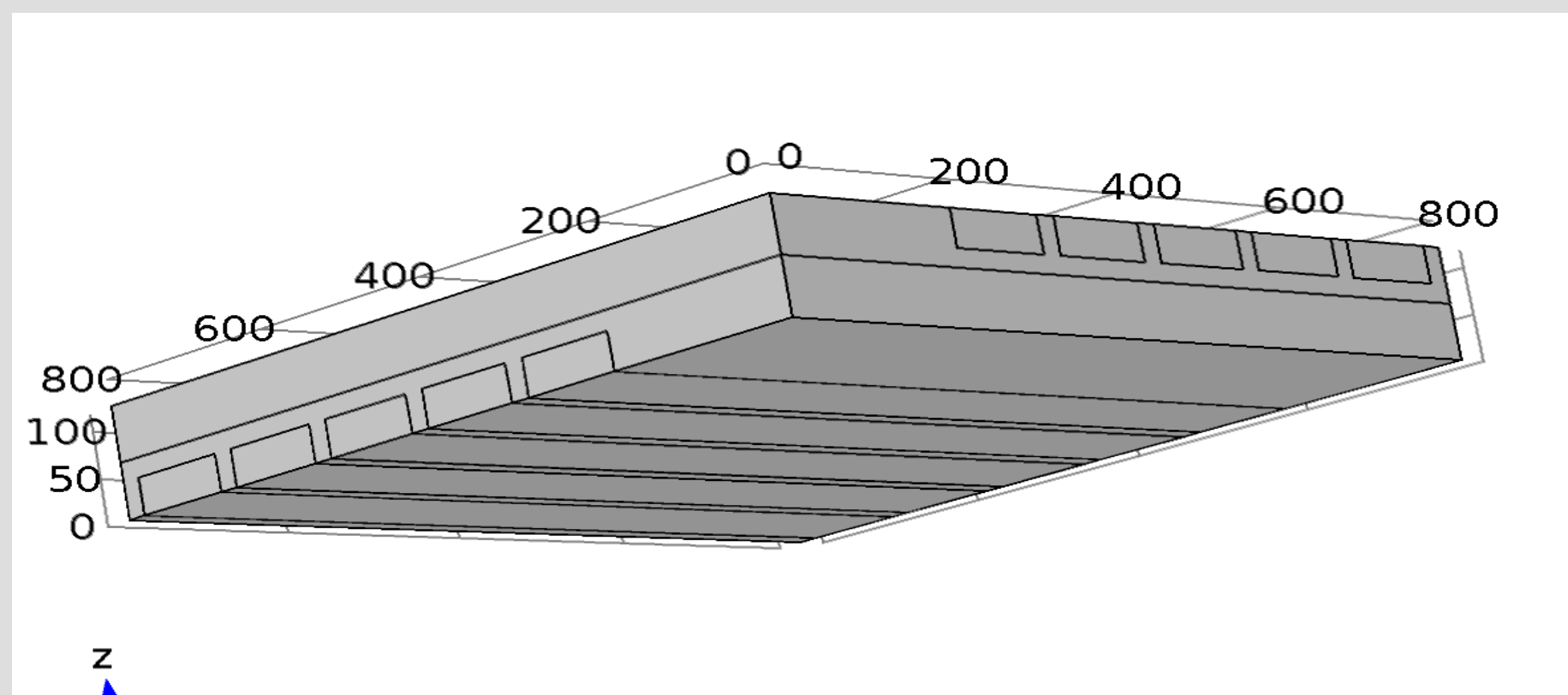


图1. 几何模型

网格划分

利用COMSOL中的网格划分技术, 是由物理场控制的情况下有软件自动划分网格, 选择的网格类型是细化。网格统计为最小单元质量为0.1712, 平均单元质量0.7675, 四面体单元为1244743, 三角形单元为126686

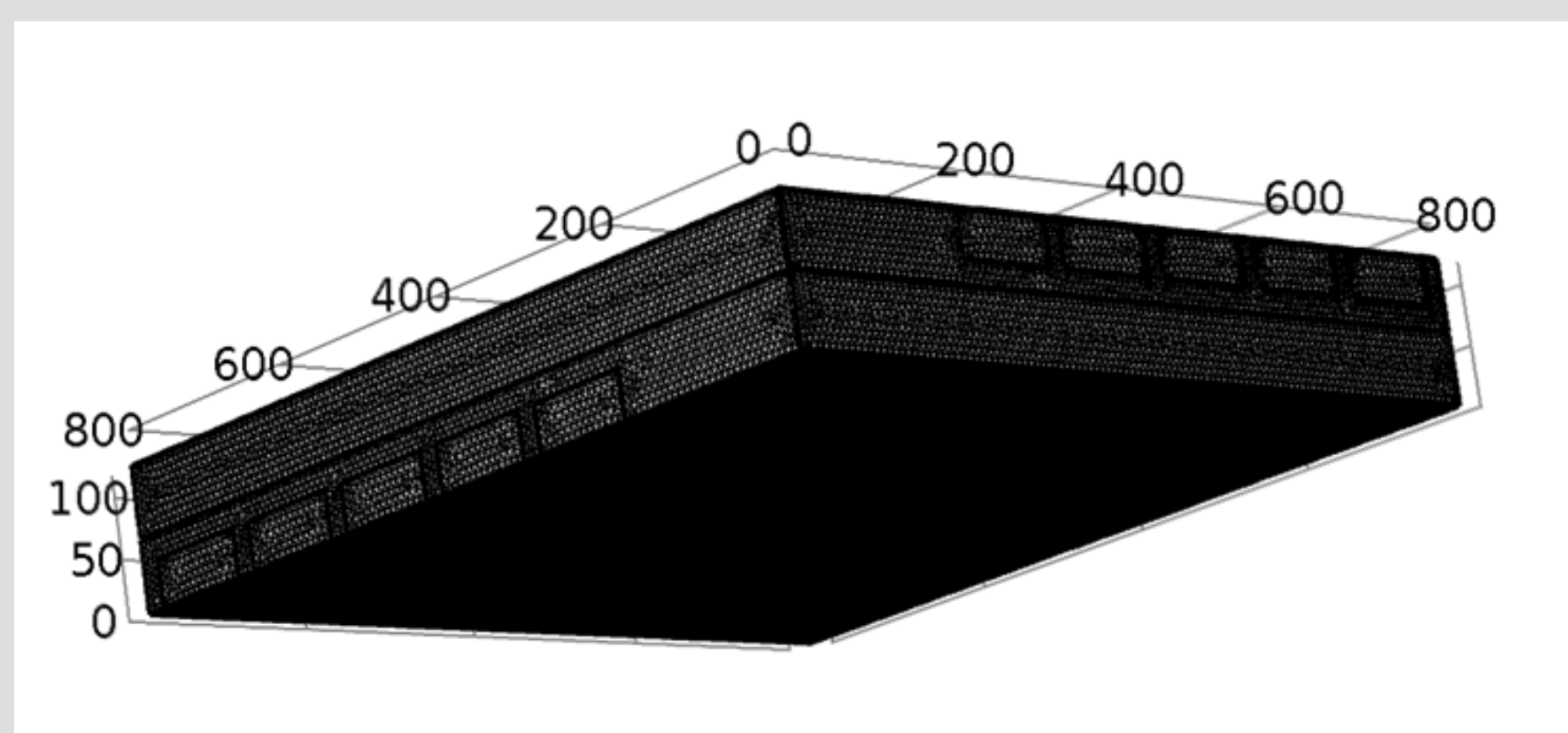


图2 网格模型

结果分析

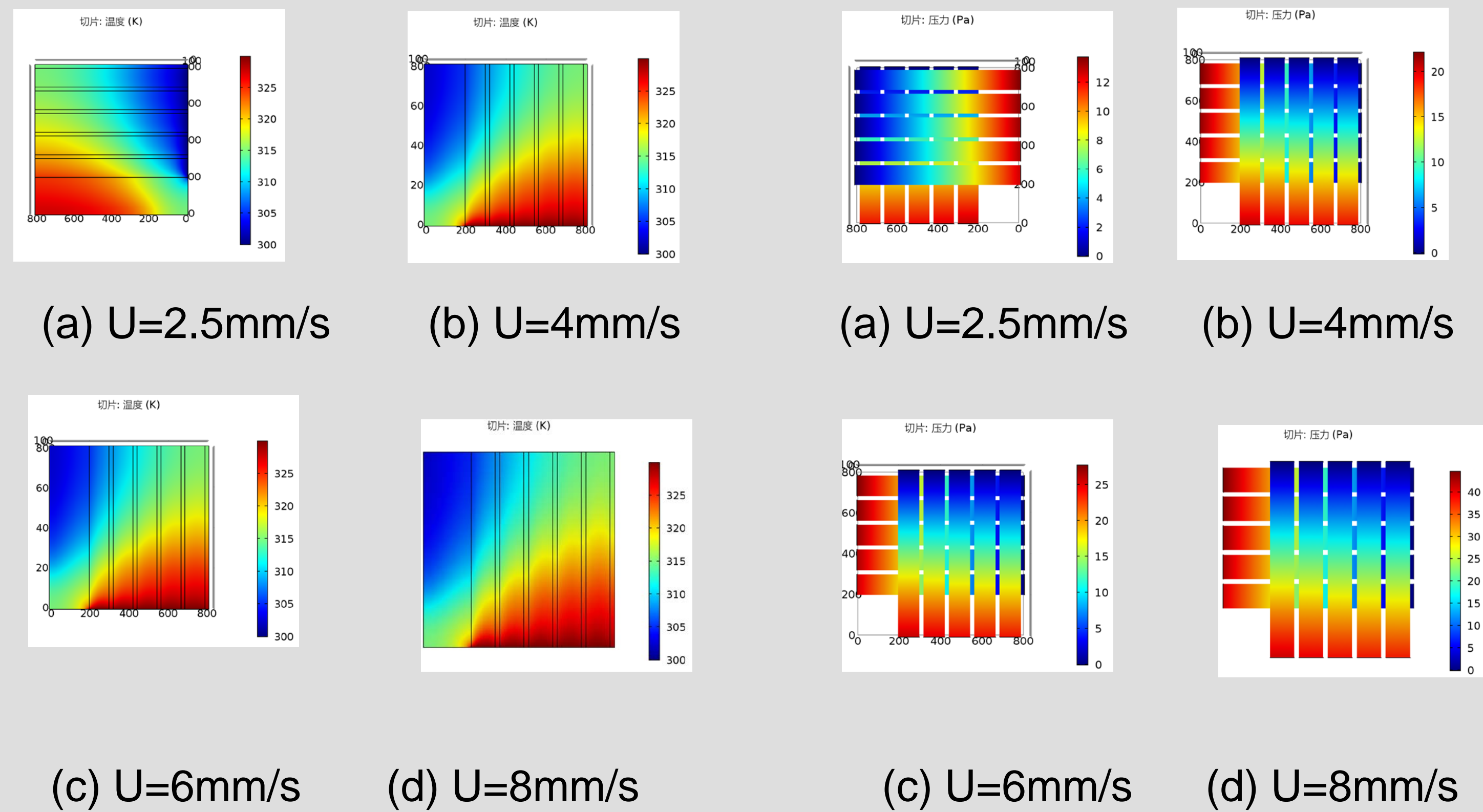


图3 不同速度的温度云图

图4. 不同速度的压力云图

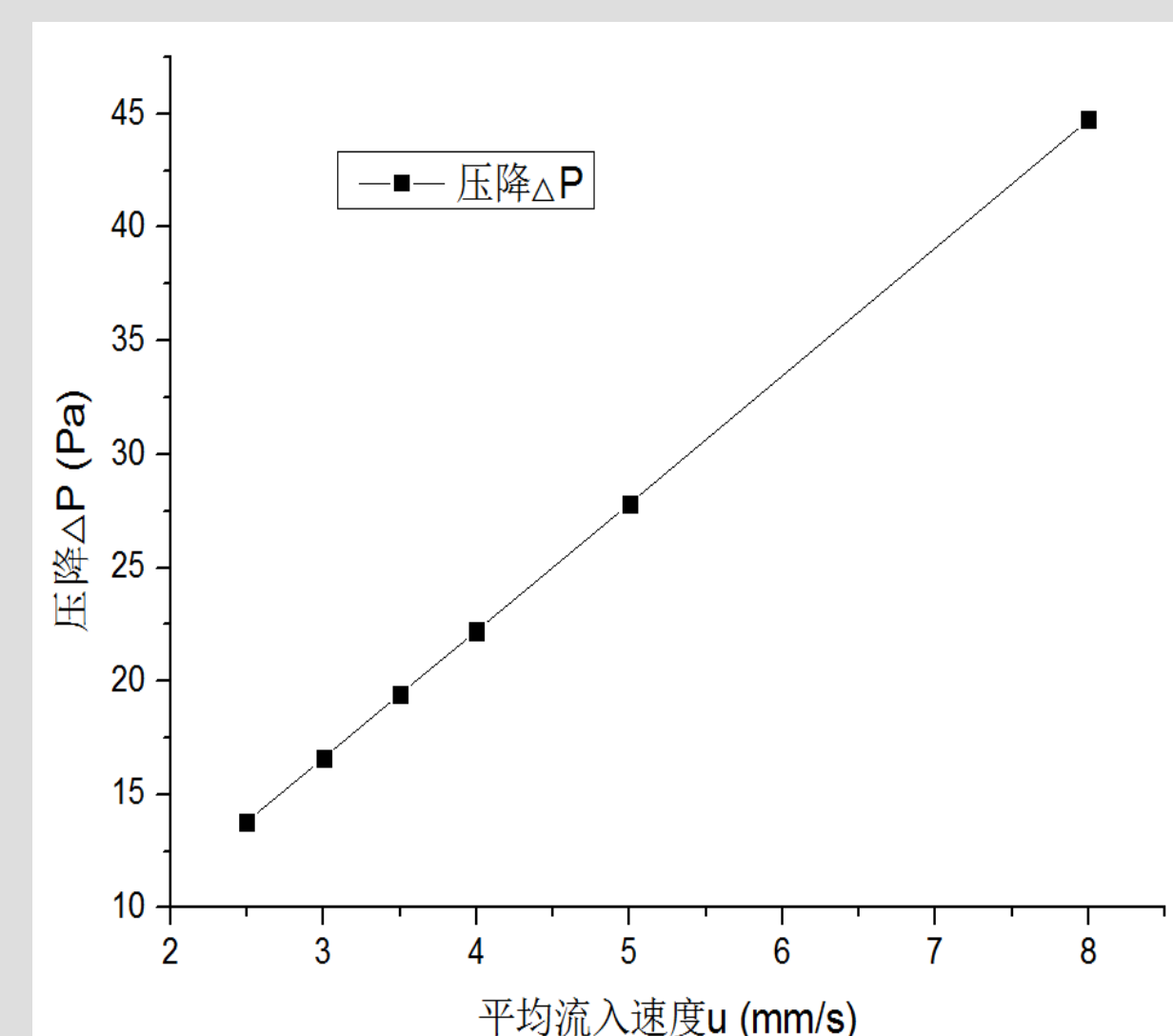


图5 压降随流速的变化曲线

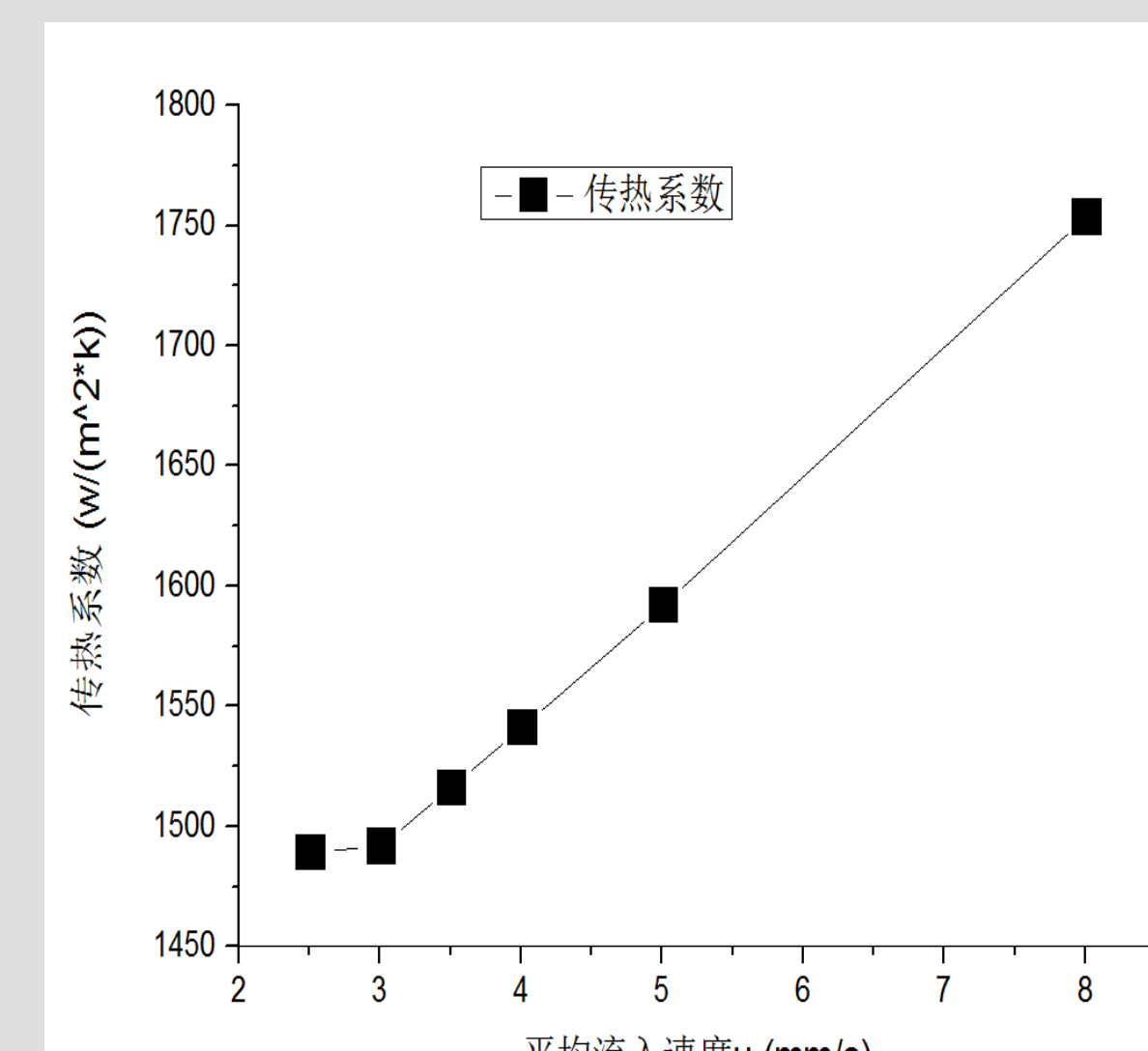


图6. 传热系数随流速的变化曲线

结论:

- 1 对流项对通道壁的温度分布的影响。当速度增大时, 温度的分布并没有发生太大的变化。
- 2 随着速度的增加, 出口的温度逐渐增加, 并且近似呈现线性变化, 可能由于在速度增大的过程中, 导热系数增加, 传热热阻减小, 增大了传热效率。
- 3 不同速度下的传热系数都随速度的增大而增大
- 4 当速度增加时, 压降随着速度的增加呈现出线性的变化, 速度越大, 压降越大

参考文献:

- [1] 段宏悦. 错流微型换热器内导热影响的模拟研究[D]. 天津: 天津大学. 2012
- [2] 牟薇. 热传导对微型错流换热器换热性能影响的数值研究[D]. 天津: 天津大学. 2010
- [3] 甘云华, 杨泽亮. 轴向导热对微通道内传热特性的影响[J]. 化工学报. 2008, 59(10): 2436-2441
- [4] 吴江航, 韩庆书. 计算流体力学的理论、方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 1998