



# 不同流速对微型换热器性能影响研究

报告人：耿毫伟

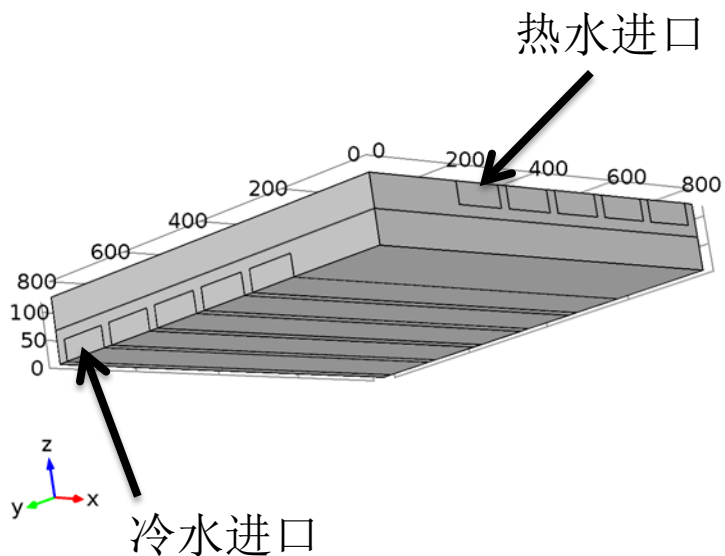
# 研究背景

微化工设备主要包括微反应器、微换热器和微混合器等，与传统化工设备相比，由于设备特征尺度的微细化，微化工设备具有高传递速率、易于直接放大、设备安全性高、易于控制、适应面广等优点，可实现化工过程强化、微型化和绿色化。化学工业中有许多反应过程属于强放热反应过程，普遍存在爆炸的危险，对人类生命和自然环境等危害极大。而采用微化工技术实现反应过程强化与微型化，可大大提高过程的效率和安全性，将化工生产的危害降到最小。

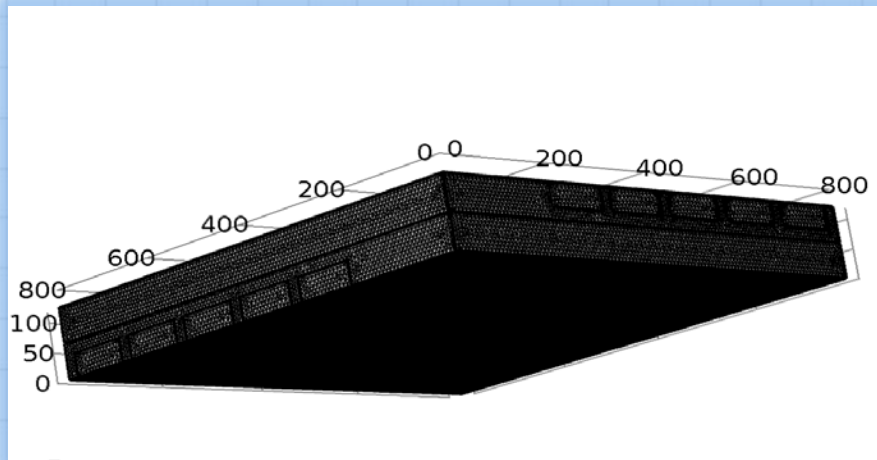
微通道换热器是20世纪90年代发展起来的高效换热设备，是重要的微化工设备之一。与普通换热器相比，微型换热器体积小，换热面积大，传热系数高；在微电子、航空航天、医疗、化学生物工程等领域有重要的应用前景。微型换热器的实验研究存在较大的难度，而数值模拟则是深入研究微型换热器的重要方法。本文采用通用商用软件 comsol模拟了微型错流式换热器（MCHE）。

# 几何模型

利用comsol直接建立三维模型，流道为长方形截面，材料为不锈钢。



# 网格划分



网格  
描述

- 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。

# 控制方程

- 连续性方程又称质量守恒方程

- $\nabla \cdot u = 0$   
动量方程为:

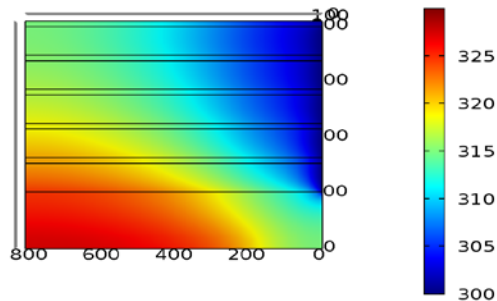
$$\rho u \cdot \nabla u = -\nabla p + \mu \nabla^2 u$$

- 能量方程表述为微元体能量的增加率等于进入微元体的净热流量加上体力与面力对微元体所做的功。对于流体，有流体对流条件下的传热微分方程表示为:

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

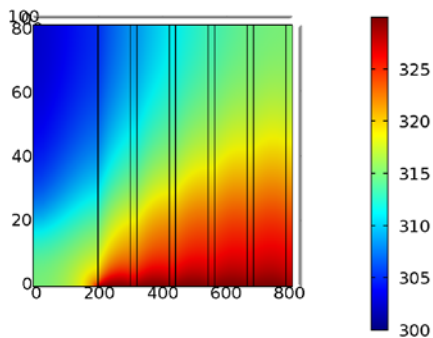
# 温度云图

切片: 温度 (K)



(a)  $U=2.5\text{mm/s}$

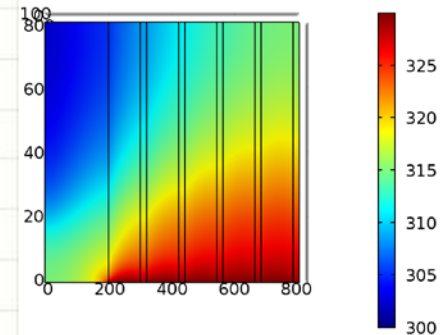
切片: 温度 (K)



(c)  $U=6\text{mm/s}$

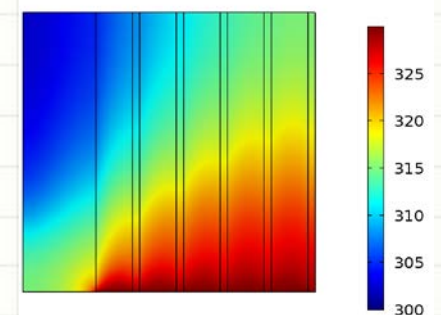
从图中分析可知，对流项对通道壁的温度分布的影响。当速度增大时，温度的分布并没有发生明显的变化，因此，在冷热流体的进口温度不变时，速度的变化并不影响对流项对温度分布的作用，而可能只和壁的材料以及几何尺寸相关。

切片: 温度 (K)



(b)  $u=4\text{mm/s}$

切片: 温度 (K)

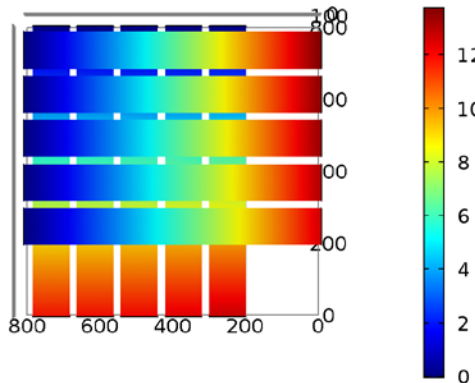


(d)  $u=8\text{mm/s}$



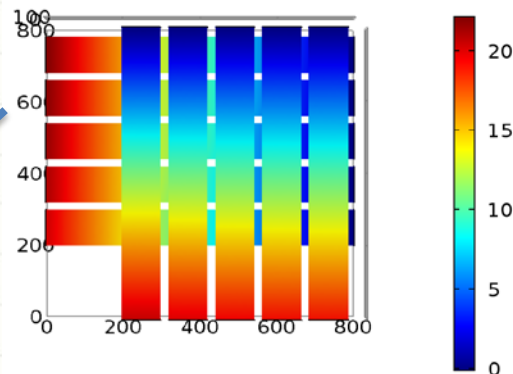
# 压力场

切片: 压力 (Pa)



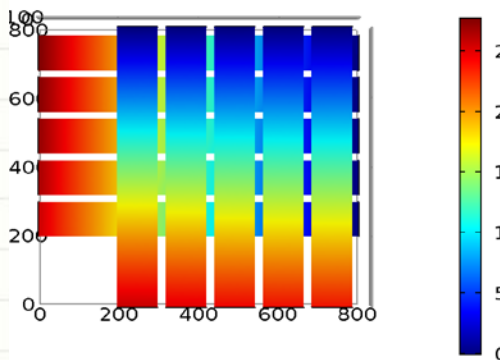
(a)  $U=2.5\text{mm/s}$

切片: 压力 (Pa)



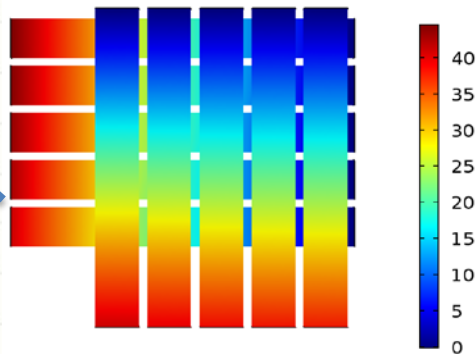
(b)  $u=4\text{mm/s}$

切片: 压力 (Pa)



(c)  $U=4\text{mm/s}$

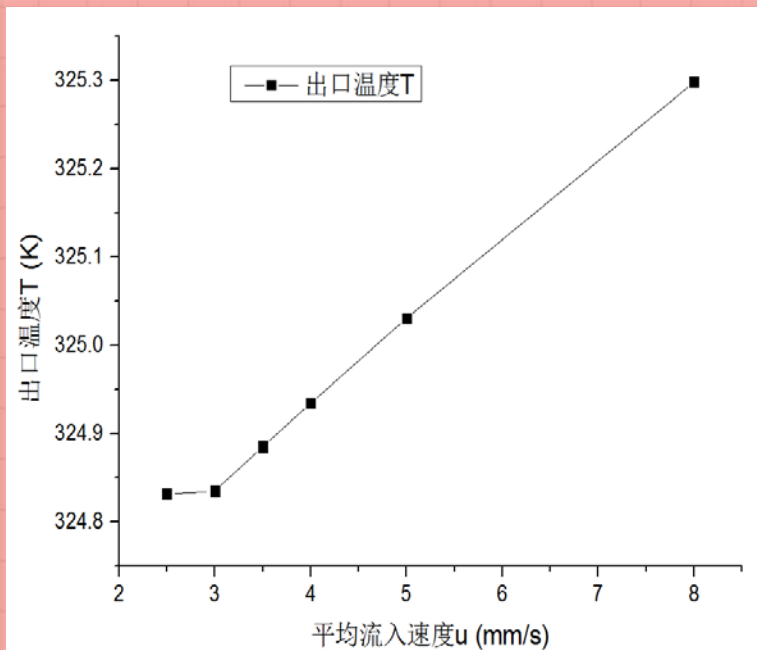
切片: 压力 (Pa)



(d)  $u=8\text{mm/s}$

从图中分析可知，进口的压力较大，出口的压力较小，并且随着速度的增大，压力逐渐增加，与温度的分布刚好相反。

# 出口温度

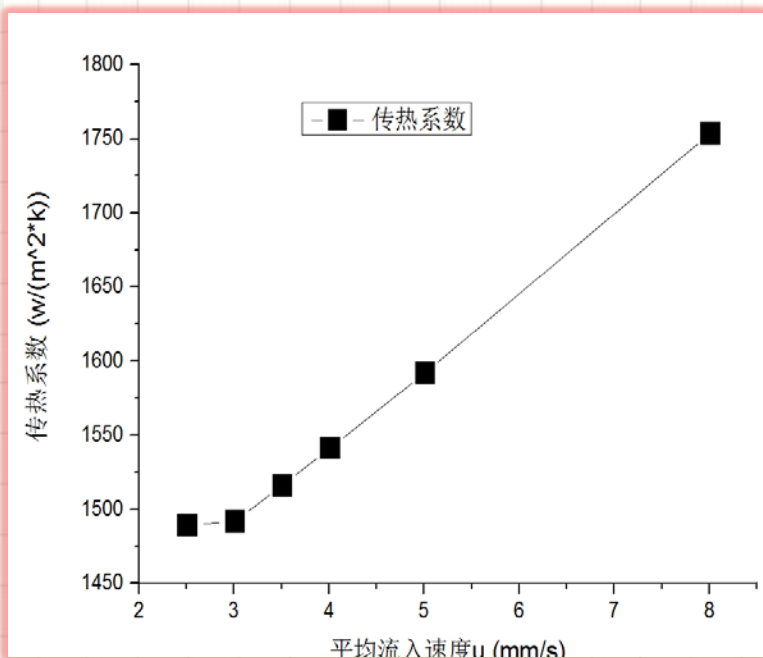


## 分析

图5给出了错流微型换热器的出口最大温度随平均流入速度的变化趋势。如图所示，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。



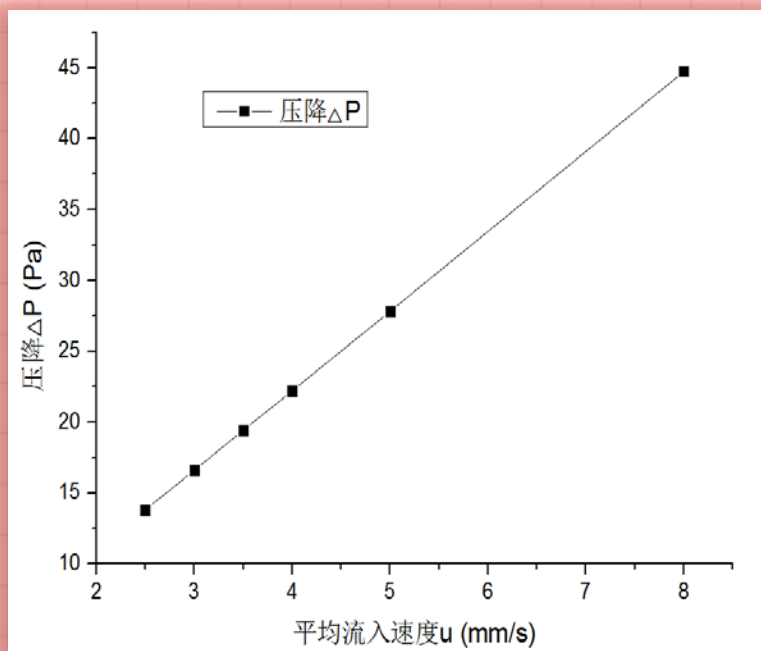
# 传热系数分析



分析

图中给出了错流微型液体换热器的传热系数随流体平均流入速度的变化趋势。如图所示，不同速度下的传热系数都随速度的增大而增大。传热系数是由对流和热传导的热阻共同决定，因为随着速度的增加，流体速度边界层减薄，对流换热增强，因此对流部分的热阻显著减小。

# 压降分析



## 分析

图中给出了错流微型液体换热器的压降随流体平均流入速度的变化趋势。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，和传热系数的变化相一致，间接的印证随着速度的增加，微型换热器的导热热阻减小。

# 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，并且近似呈现处线性变化，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



Thank  
you!