



化工原理实验

传热膜系数 测定实验

101&103实验室



一、复习

确定 α 的方法:

- 1、数学解析，列方程，联立求解
- 2、因次分析，考察变量对结果的影响，看不清本质
- 3、数学模型，复杂过程—物理模型—数学模型—实验



二、实验目的

在套管式换热器中发生：壳程蒸汽冷凝对流传热、铜管壁传导传热、铜管内强制对流传热。

总传热方程 $Q = K \cdot A \cdot \Delta t_m$

总传热系数 $\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\lambda / d} + \frac{1}{\alpha_2}$

α_1 数量级: 10^4 W/(m²·°C)

λ/d 数量级: 10^4 W/(m²·°C)

α_2 数量级: 10^2 W/(m²·°C)

关键因素 α_2 ，如何确定？（进一步确定K）

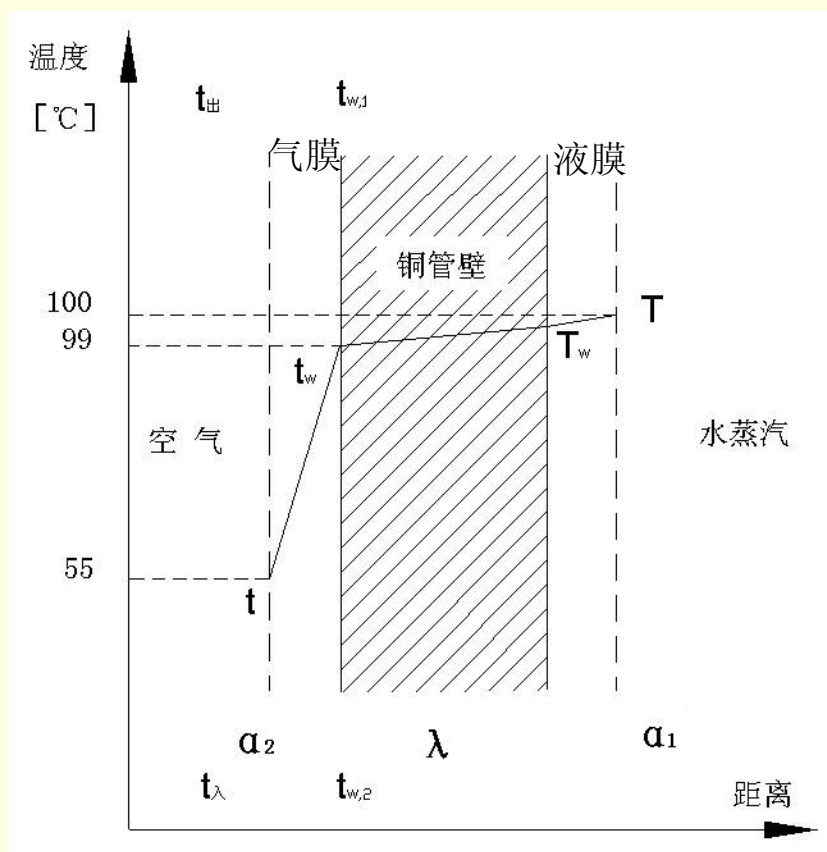


通过实验要达到以下目的：

- 1、测定管内壁与空气的对流传热膜系数 α_2 ；
- 2、测定用因次分析法求 α_2 时，关联式 $Nu=ARe^mPr^n$ 中的参数；
- 3、分析影响 α_2 的因素，了解工程上强化传热的措施。



三、实验原理



(一) 确定对流传热膜系数 α_2 :

$$Q = \alpha_2 \cdot A \cdot \Delta t_m$$

$$Q = \rho \cdot V_s \cdot C_p \cdot (t_{\text{出}} - t_{\text{入}}) / 3600$$

A—铜管内壁表面积，

$$A = \pi \times 0.02 \times 1.25 \text{ m}^2$$

Δt_m —推动力，

$$\Delta t_m = \frac{(t_{w,1} - t_{\text{出}}) - (t_{w,2} - t_{\text{入}})}{\ln \frac{(t_{w,1} - t_{\text{出}})}{(t_{w,2} - t_{\text{入}})}}$$



V_s —空气流量, $V_s = 26.2 \Delta P^{0.54} \text{ m}^3/\text{h}$ ($\Delta P/\text{kPa}$) ;

C_p —空气比热, $\bar{t} = (t_{\text{入}} + t_{\text{出}})/2$

(二) 确定强制对流传热膜系数 α_2 关联式中的A、m、n:

$$\alpha_2 = f(d, u, \rho, \mu, \lambda, c_p)$$

7个变量, 4个基本因次(长度、时间、质量、温度) \Rightarrow 3个准数,

$$Nu = \frac{\alpha_2 d}{\lambda} \quad Re = \frac{du \rho}{\mu} \quad Pr = \frac{C_p \mu}{\lambda}$$

$$Nu = A \cdot Re^m \cdot Pr^n$$

空气被加热, $n=0.4$ A、m根据实验数据作图确定

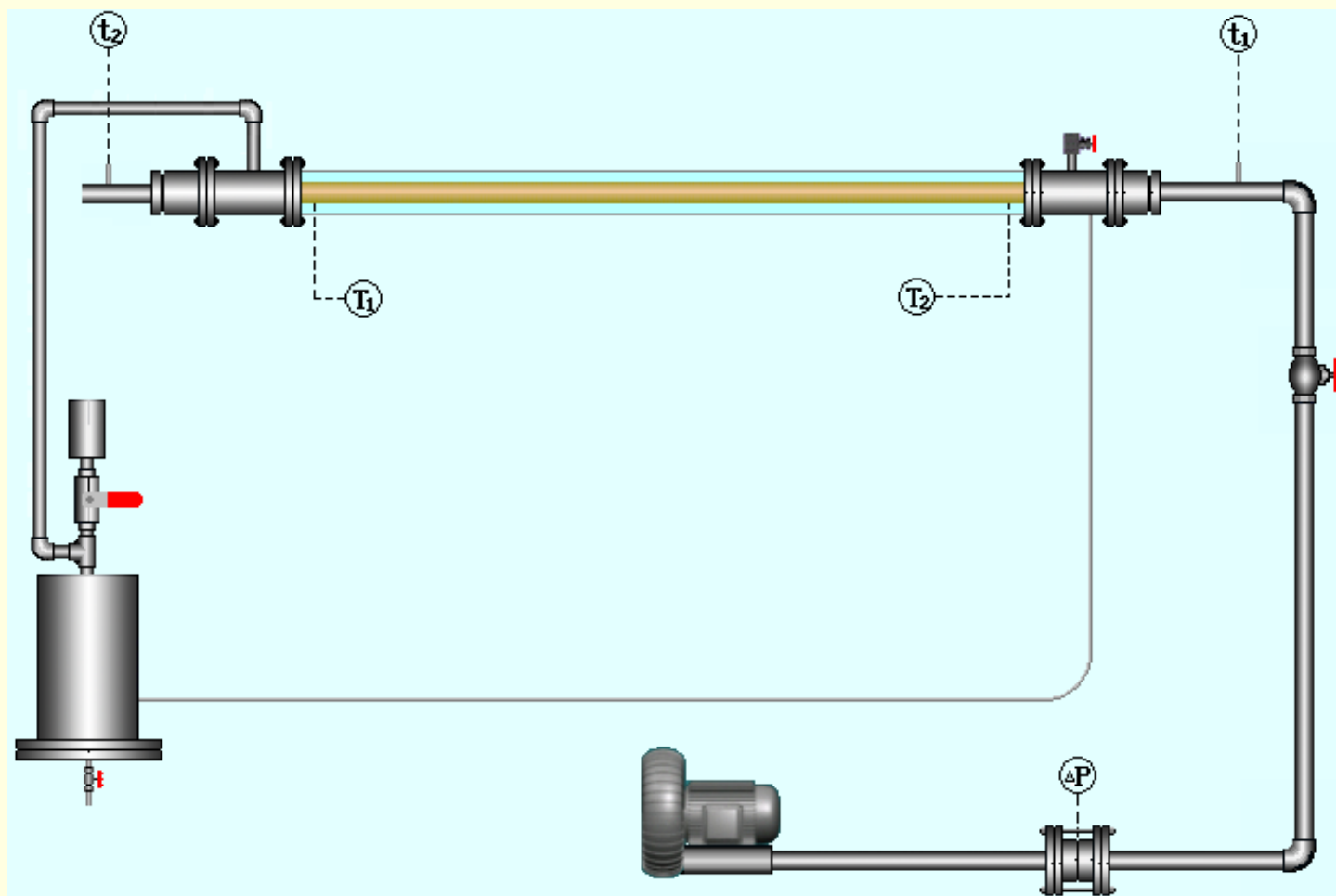


(三) 强化传热:

强化传热就是力求换热器的传热速率 Q 尽可能大, 由 $Q=KA\Delta t_m$ 可知, 增大 K 、 A 、 Δt_m 均可使 Q 增大。本实验中 α_2 对 K 的影响最大, 故在套管内加入螺旋式混合器, 不但增大空气湍动程度, 而且可以破坏层流底层的作用, 增大了 α_2 , 进而增大总传热系数 K , 提高传热速率。



四、实验流程图





五、操作步骤

- 1、检查蒸汽发生器水位高度，启动加热器；
- 2、启动数据采集与控制软件，学会使用；
- 3、铜管表面出现液滴时，启动风机50Hz，预热10分钟；
- 4、间隔4Hz由大到小改变空气流量，孔板压降最小值大于0.1kPa，每个点稳定约2分钟后记录数据；
- 5、加入静态混合器进行强化传热实验，方法同4，注意空气出口温度计对中；
- 6、实验结束后，关闭加热，停风机，整理现场。



六、实验数据表格

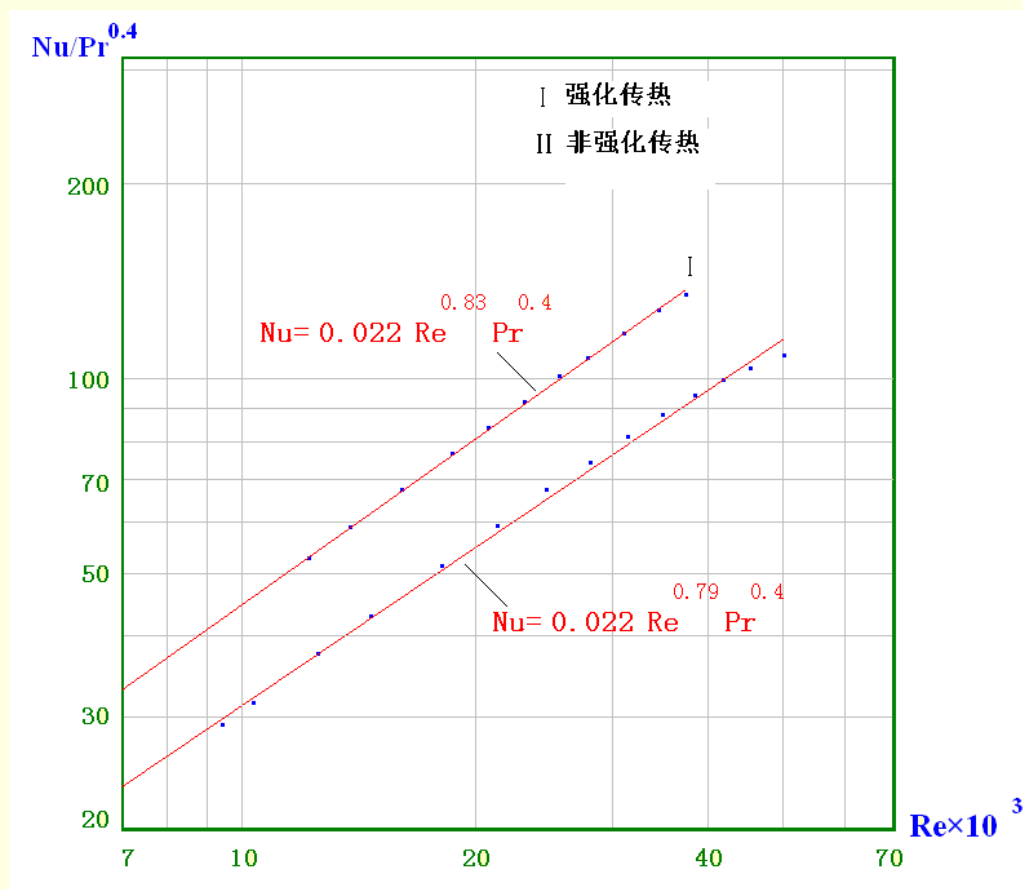
序号	空气入口 温度/ $^{\circ}\text{C}$	空气出口 温度/ $^{\circ}\text{C}$	壁温1 $/^{\circ}\text{C}$	壁温2 $/^{\circ}\text{C}$	孔板压降 $/\text{kPa}$

Re	Nu	Pr



七、实验结果作图及要求

1、在双对数坐标系中画出 $Nu / Pr^{0.4} \sim Re$ 的关系图；





- 2、整理出传热膜系数 α_2 的准数关系式；
- 3、讨论影响 α_2 的因素及强化传热的措施；
- 4、思考题至少选做4题。