

实验三、空气沿横管外表面自然对流换热实验

一、实验目的

- 1、测定无限空间内水平横管和空气间自由流动时的放热系数。
- 2、根据自由流动放热过程的相似分析，将实验数据整理成准则方程式。
- 3、通过实验加深对相似理论的理解，并初步掌握在相似理论指导下进行实验研究的方法。

二、实验原理

根据相似原理，空气自由流动放热过程准则方程由下式描述：

$$Nu = f(G_\gamma \cdot P_\gamma)$$

通常用幂函数形式来表示： $Nu = c(G_\gamma \cdot P_\gamma)^n$

通过实验确定准则方程式的函数形式，即确定准则方程式中的系数 C 和指数 n。

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda} \quad G_\gamma = \frac{g\beta^2 \Delta t}{\nu^2} = \frac{g\beta d^3 \Delta t}{\nu^2} \quad P_\gamma = \frac{\nu}{\alpha}$$

(P_γ 准则数也可以根据定性温度由书后附录查得)

d—定型尺寸即横管外径；

g—重力加速度；

t_m —定性温度。 $t_m = \frac{t_w + t_f}{2}$

Δt — $\Delta t = t_w - t_f$

ν —空气运动粘度；

λ —空气导热系数；

β —空气容积膨胀系数， $\beta = \frac{1}{T_m}$

为了具体确定 (1) 式，根据相似定理，通过实验测得或者从书后附录中查得上述所有物理量。而放热系数 α 是通过计算求得的。

由热量平衡，水平横管内电加热器发出的热量等于横管上空气自由流动放热量加横管辐射换热热量。

电加热器发热量

$$Q = IV \quad (\text{W})$$

横管上空气自由流动放热量

$$Q = \alpha F (t_w - t_f) \quad (\text{W})$$

其中： $F = \pi d l (\text{m}^2)$ l 为计算管长 (m)。

横管辐射换热热量

$$Q = \varepsilon C_o F \left[\left(\frac{T_w}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_f}{100} \right)^4 \right] \quad (\text{W})$$

其中： ε —横管表面黑度，查附录 7，磨光的铬 $\varepsilon = 0.058$ ；

C_0 —黑体辐射系数, $C_0=5.67$ ($W/m^2 \cdot K^4$)

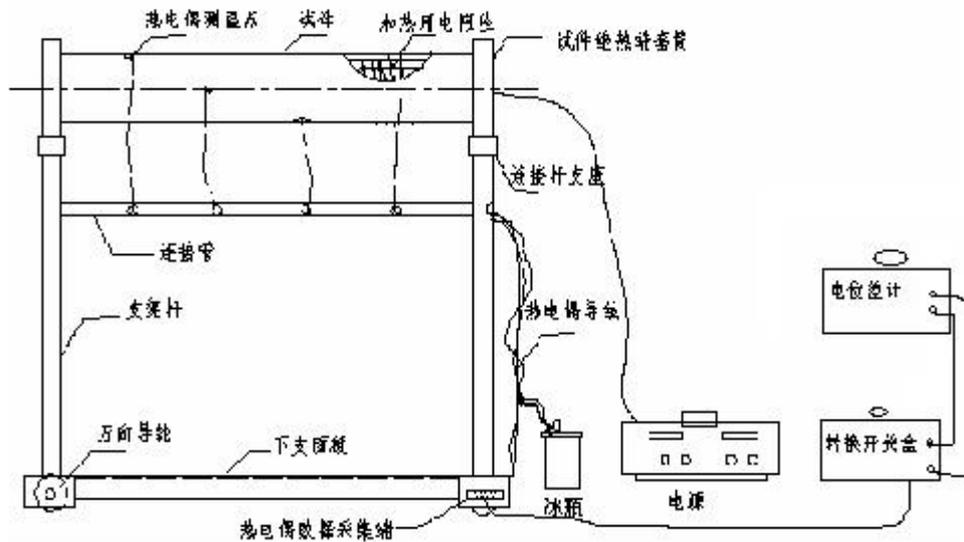
由于: $Q=Q_1+Q_2$

$$\text{即: } IV = \alpha F(t_w - t_f) + \omega C_o F \left[\left(\frac{T_w}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_f}{100} \right)^4 \right]$$

$$\alpha = \frac{IV - \varepsilon C_o F \left[\left(\frac{T_w}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_f}{100} \right)^4 \right]}{F(t_w - t_f)} \quad W/m^2 \cdot ^\circ C \quad (2)$$

三、实验装置

实验装置有试验管(为降低辐射散热量的影响, 试管表面镀铬抛光), 放试验管的支撑架, 转换开关盒等。测量仪表有电位差计, 直流电源。试验管上有热电偶(4对)嵌入管壁, 可反映出管壁的热电势; 电位差计上的“未知”接线柱按极性和转换开关盒上的接线柱(红正黑负)相连, 用于测量室内空气和管壁的热电势; 直流电源可输入稳定的电压和电流, 使加热功率保持恒定。



四、实验步骤:

- 1、连接加热器线路, 经验查无误后即可接通电源, 调节变压器到所需电压, 进行加热。
- 2、正确连接热电偶测温线路,
- 3、每隔十分钟测热电偶电势一次, 当电势不再随时间而变时, 加热达到了稳定工况, 以连续二次测定的平均值为测定结果, 记录下来。
- 4、测定远离水平管处的空气温度 t_f 。
- 5、调节变压器, 以达到在另一个温度下的稳定工况, 以取得另外一组实验数据。

记 录 表

试件

编号 _____ 长度 L= _____ m 直径 d= _____ m

		I (A)	I (伏)	t_{w1}	t_{w2}	t_{w3}	t_{w4}	t_{w5}	t_{w6}	t_{w7}	t_f
第一次	1										
	2										
		平均		[mv]			[°C]			°C	
		I (A)	I (伏)	t_{w1}	t_{w2}	t_{w3}	t_{w4}	t_{w5}	t_{w6}	t_{w7}	t_f
第二次	1										
	2										
		平均		[mv]			[°C]			°C	

注意事项：试验进行过程中不要进入玻璃层内。

五、实验结果计算及整理

- 1、计算壁面平均温度 t_w 室温 t_f ;
- 2、计算加热量 $Q=IV$;
- 3、按 (2) 式算出 α 值;
- 4、算出定性温度 t_m ，并由此温度查空气物性数据;
- 5、计算 Num 及 Gr、Pr 和 (Gr, Pr) 值;

每个同学由于作了二次试验，各有两套数值，连同另外三组总共得到 8 个数据。在 $IgNum-Ig(Gr \cdot Pr) m$ 图上可以作出点过 8 点作出直线（使直线与 8 个点距离尽量靠近）

- 6、在所作直线上任取二点①、②，按下式计算 n 值

$$N = tg \phi$$

$$= \frac{I_g(N_u)_{m2} - I_g(N_u)_{m1}}{I_g(Gr \cdot Pr)_{m2} - I_g(Gr \cdot Pr)_{m1}} \quad (3)$$

- 7、在①、②点中取一点③按下式计算 G 值

$$G = \frac{Num3}{(Gr \cdot Pr)_{m3}^n} \quad (4)$$

六、实验报告内容

- 1、实验过程所测定的数据原始记录;
- 2、实验结果整理计算书;
- 3、绘制 $IgNum-Ig(Gr \cdot Pr) m$ 图，并求出 C、n 值，写出准则方程式;
- 4、实验结果分析和讨论。