

回忆版

东南大学

二 00 七年攻读硕士学位研究生入学考试试题

一、名词解释（共 30 分，每小题 6 分）

- 1、速度边界层
- 2、傅里叶系数
- 3、换热器单元数
- 4、兰贝特定律
- 5、肋片效率

二、简答题（共 32 分，每题 8 分）

- 1、当 20°C 的空气与 50°C 的墙壁接触时会产生自然对流换热。试画出热边界层、速度边界层、局部换热系数随高度方向的变化曲线。
- 2、第三类边界条件与换热微分方程的异同。
- 3、双层玻璃窗减小传热的主要方法。
- 4、影响沸腾换热的主要因素。

三、模型与理论分析（共 18 分，每题 6 分）

- 1、何谓“临界绝热直径”？写出其表达式并简述在何种情况下考虑之。
- 2、单位发热量为 $\dot{\Phi}$ 的非稳态导热物体，试列出其中心节点 (m,n) 的显式差分格式迭代式方程，并指出收敛条件。
- 3、同心圆球两辐射面的辐射热阻。

四、计算题（共 70 分，前两题 20 分，后两题 15 分）

- 1、一个平壁，400mm，一侧温度为 40°C ，另一侧为 80°C ，中间温度为 60°C ，界面积为 1m^2 ，传热量为 1KW 。问：
(1) 按 $\lambda=a+bt$ 列出其导热系数的线性方程；

- (2) 画出沿壁厚温度变化图。
- 2、流体的温度为 40°C ，速度为 1m/s ，横掠直径为 40mm 、壁温为 60°C 的圆管外部，试计算换热系数。（和这样的题类似）
- 3、热电偶测管道中烟气温度，热电偶直径为 3mm ，壁面温度为 170°C ，热电偶表面温度为 230°C ，热电偶表面可以认为灰度 $\varepsilon=0.6$ 表面换热系数 $35\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，求烟气实际温度。（和这样的题类似）
- 4、同往年卷子相同的计算污垢热阻，多了一个换热器流体温度变化图。

2007 年传热学专业课试题解析

一、名词解释

- 1、速度边界层：固体表面附近流体速度急剧变化的薄层。
- 2、傅里叶系数： $\frac{a\tau}{l^2}$ ，非稳态过程的无量纲时间，表征过程进行的深度。
- 3、传热单元数： $NTU = \frac{kA}{(q_m c)_{\min}}$ ，它是换热器热设计中的一个无量纲参数，在一定意义上可以看成是换热器 kA 值大小的一种度量。
- 4、兰贝特定律：黑体辐射的定向辐射强度与方向无关。
- 5、肋效率 η_f ：肋片实际散热量与假设肋片温度恒为肋根温度是理想散热量的比值。 $\eta_f = \frac{th(mH)}{mH}$ ，表征肋片表面温度接近肋根温度的程度。

二、简答题

- 1、定性温度 $t_m = \frac{t_w + t_\infty}{2} = \frac{50 + 20}{2} = 35^\circ C$ ，查得此时空气的 $Pr=0.7$ ，由 $\frac{\delta}{\delta_t} = Pr^{1/3}$ 可知

$\delta < \delta_t$ ，即图中速度边界层所代表的曲线在热边界层的下面。在平板起始阶段

边界层很薄，随着 x 的增大边界层逐渐增厚，但在某一距离 x_c 前一直保持层流边界层。自距前缘 x_c 处起，层流流动逐渐朝着湍流过渡，最终过渡为旺盛湍流。在层流阶段，局部换热系数随边界层厚度的增加而减小；到达前缘 x_c 处，层流过渡到湍流时流动出现扰动和混合而是局部换热系数增大；而到旺盛湍流后，流动趋于稳定，局部换热系数不变。

- 2、异：①换热微分方程中 h 是未知量，而第三类边界条件里一般为已知；
②换热微分方程中 λ 是流体的导热系数，而第三类边界条件里一般为导热固体的；

③换热微分方程中 $\frac{\partial t}{\partial y}$ 为近壁流体的温度梯度，而第三类边界条件中 $\frac{\partial t}{\partial x}$ 一般为导热

热固体边界处的温度梯度

同：都是有能量守恒定律所导出

- 3、①中间夹层抽成真空；
②适量增大玻璃厚度；
③用导热系数较小的玻璃材料；
④在保证中间夹层只存在导热的前提下增大间隙厚度
- 4、①不凝结气体
②过冷度
③液面高度

④重力加速度

⑤沸腾表面结构

⑥管内沸腾

三、建模与理论分析

- 1、临界绝缘直径：对于圆柱换热问题，存在一个临界直径 d_{cr} ，若圆柱外径 d 小于 d_{cr} 时，散热量随着 d 的增大而增大；若圆柱外径 d 大于 d_{cr} 时，散热量随着 d 的增大而减小。其中外径在 d_{cr} 处散热量达到最大值，则临界直径 d_{cr} 就是临界绝缘直径。

表达式为 $d_{cr} = \frac{2\lambda}{h_0}$ ，一般动力管道的外径大于临界绝缘直径，没必要考虑临界绝缘直径的问题；而工业输电线一般小于临界绝缘直径，减小外径传热量反而会减小，此时需要考虑这一问题。

$$2、\rho c \Delta x \Delta y \frac{t^{i+1}_{m,n} - t^i_{m,n}}{\Delta \tau} = \lambda \left(\frac{t^i_{m-1,n} - t^i_{m,n}}{\Delta x} \Delta y + \frac{t^i_{m+1,n} - t^i_{m,n}}{\Delta x} \Delta y + \frac{t^i_{m,n+1} - t^i_{m,n}}{\Delta y} \Delta x + \frac{t^i_{m,n-1} - t^i_{m,n}}{\Delta y} \Delta x \right) + \dot{\Phi} \Delta x \Delta y$$

$$\text{化简得 } t^{i+1}_{m,n} = F_{ox} (t^i_{m-1,n} + t^i_{m+1,n}) + F_{oy} (t^i_{m,n+1} + t^i_{m,n-1}) + [1 - 2(F_{ox} + F_{oy})] t^i_{m,n} + \frac{\dot{\Phi}}{\rho c} \Delta \tau$$

$$\text{收敛条件是： } 1 - 2(F_{ox} + F_{oy}) \geq 0, \text{ 即 } F_{ox} + F_{oy} \leq \frac{1}{2}$$

$$3、\text{如图可知，热阻 } R = \frac{1 - \varepsilon_1}{A_1 \varepsilon_1} + \frac{1}{A_1 X_{1,2}} + \frac{1 - \varepsilon_2}{A_2 \varepsilon_2}$$

$$\text{而 } A_1 = \pi r_1^2, A_2 = \pi r_2^2, X_{1,2} = 1$$

$$\text{故 } R = \frac{1}{\pi r_1^2} \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{r_1^2}{r_2^2 \varepsilon_2} \right)$$

四、计算题

- 1、(1) 如图建立坐标系，原点在左表面上

$$\text{由已知有 } t_1 = 40^\circ\text{C}, t_m = 60^\circ\text{C}, t_2 = 80^\circ\text{C}$$

$$\text{而 } \Phi = \lambda A \frac{dt}{dx}, \text{ 即 } \Phi dx = \lambda A dt = (a + bt) A dt, \text{ 对其两边积分有}$$

$$\int_0^{\frac{\delta}{2}} \Phi dx = \int_{t_1}^{t_m} A(a + bt) dt \quad \text{①}$$

$$\int_{\frac{\delta}{2}}^{\delta} \Phi dx = \int_{t_m}^{t_2} A(a+bt)dt \quad (2)$$

而 $\Phi = 1KW$ 、 $A = 1m^2$ 、 $\delta = 0.4m$ ，故方程可简化为

$$0.2 = (60a + 1800b) - (40a + 800b) \quad (3)$$

$$0.2 = (80a + 3200b) - (60a + 1800b) \quad (4)$$

解③④可得 $a = 0.01$ 、 $b = 0$

从而 $\lambda = 0.01W/(m^2 \cdot K)$

(2)

$$2、\text{定性温度 } t_m = \frac{1}{2}(t_{f1} + t_{f2}) = \frac{1}{2} \times (40 + 60) = 50^\circ\text{C}$$

查附录有： $\lambda = 2.83 \times 10^{-2} W/(m \cdot K)$ 、 $\nu = 17.95 \times 10^{-6} m^2/s$

$$Re = \frac{ud}{\nu} = \frac{1 \times 0.04}{17.95 \times 10^{-6}} = 2228, \text{查附录有 } C = 0.683, n = 0.466$$

$$Nu = Re^n Pr^{1/4} = 0.683 \times 2228^{0.466} \times 1 = 22.68$$

$$h = \frac{\lambda Nu}{d} = \frac{2.83 \times 10^{-2} \times 22.68}{0.04} = 16.05 W/(m^2 \cdot K)$$

3、如右图，由热平衡有： $h(t_0 - t) = \varepsilon \sigma(T^4 - T_w^4)$ ，则

$$\text{实际温度 } t_0 = t_1 + \frac{\varepsilon \sigma(T_1^4 - T_w^4)}{h} = 230 + \frac{5.67 \times 10^{-8} \times 0.6 \times [(230 + 273)^4 - (170 + 273)^4]}{35} = 254.79^\circ\text{C}$$

4、见 2003 年的最后一题，换热器的温度变化图在做题过程中都要画