

例 1. 某厂用单程列管式换热器每小时冷凝 2000 kg 的甲苯蒸汽，冷凝温度为 110°C，潜热为 360 kJ/kg，甲苯蒸汽冷凝传热系数  $\alpha_1$  为 10000 W/(m<sup>2</sup>·K)。冷却水以 4500 kg/h 的流量于 15°C 进入管内作湍流流动，其对流传热系数  $\alpha_2$  为 1500 W/(m<sup>2</sup>·K)。按平壁计算且管壁热阻和污垢热阻忽略不计，水的比热为 4.18 kJ/(kg·K)。试求：(1) 冷却水出口温度  $t_2$ ；(2) 传热面积  $A$ ；(3) 若将原换热器改为双管程，总传热系数  $K$  变为多少？

解：(1)  $Q = q_{m1}r = q_{m2}c_{p2}(t_2 - t_1)$

$$t_2 = t_1 + \frac{q_{m1}r}{q_{m2}c_{p2}} = 15 + \frac{2000 \times 360 \times 10^3}{4500 \times 4.18 \times 10^3} = 53.28^\circ\text{C}$$

$$(2) \quad Q = q_{m1}r = \frac{2000}{3600} \times 360 \times 10^3 = 2 \times 10^5 \text{ W}$$

$$\Delta t_m = \frac{(T - t_1) - (T - t_2)}{\ln \frac{T - t_1}{T - t_2}} = \frac{(110 - 15) - (110 - 53.28)}{\ln \frac{110 - 15}{110 - 53.28}} = 74.22^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10000} + \frac{1}{1500}} = 1304 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$Q = KA\Delta t_m$$

$$A = \frac{Q}{K\Delta t_m} = \frac{2 \times 10^5}{1304 \times 74.22} = 2.07 \text{ m}^2$$

$$(3) \quad \alpha'_2 = 2^{0.8} \alpha_2 = 2^{0.8} \times 1500 = 2612 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha'_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10000} + \frac{1}{2612}} = 2071 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

例 2. 冷流体在传热面积为  $5\text{m}^2$  的换热器中逆流换热。热流体进、出口温度分别为  $100^\circ\text{C}$  和  $50^\circ\text{C}$ , 比热  $1.86\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , 冷流体进、出口温度分别为  $20^\circ\text{C}$  和  $40^\circ\text{C}$ , 比热  $4.18\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , 流量为  $0.4\text{kg/s}$ 。热流体侧给热系数  $\alpha$  为  $400\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。按平壁计算且不计管壁热阻及污垢热阻。试求: (1) 热流体流率 (2) 冷流体侧给热系数 (3) 该换热器的传热效率 (仅化工专业做第三问)。

解:

(1)

$$q_{m1}cp_1(T_1 - T_2) = q_{m2}cp_2(t_2 - t_1)$$

$$q_{m1} = \frac{0.4 \times 4.18 \times 20}{1.86 \times 50} = 0.36\text{kg/s}$$

(2)

$$Q = 0.4 \times 4.18 \times 20 = 33.44\text{kJ/s}$$

$$\Delta t_m = \frac{60-30}{\ln \frac{60}{30}} = 43.2^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{Q}{A\Delta t_m} = \frac{33.44}{5 \times 43.2} = 155\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}$$

$$\frac{1}{\alpha_2} = \frac{1}{K} - \frac{1}{\alpha_1} = 0.00395$$

$$\alpha_2 = 253\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$$

(3)

$$\frac{q_{m1}cp_1}{q_{m2}cp_2} = \frac{T_2 - t_1}{T_1 - T_2} = \frac{40-20}{100-50} = 0.4$$

$$\varepsilon_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - t_1} = \frac{50}{80} = 0.625$$

例 3. 在传热面积  $5 \text{ m}^2$  的套管换热器内, 热流体的比热  $1860 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ , 流量  $0.62 \text{ kg/s}$ , 从  $80^\circ\text{C}$  冷却到  $40^\circ\text{C}$ 。冷却水从  $20^\circ\text{C}$  升到  $35^\circ\text{C}$ , 比热  $4180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ , 逆流操作。热流体的对流传热系数  $\alpha_2=400 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ , 按平壁计算, 不计热损, 不计管壁及污垢热阻。试求: 冷却水用量; 总传热系数; 水的对流传热系数  $\alpha_1=? \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ 。

解: (1)  $Q = G_{\text{热}} C_{\text{热}} (T_1 - T_2) = 0.62 \times 1860 \times (80 - 40) = 46130 \text{ J/s}$

$$G_{\text{水}} = \frac{Q}{C_{\text{水}} (t_2 - t_1)} = \frac{46130}{4180 \times (35 - 20)} = 0.736 \text{ kg/s}$$

(2) 逆流	热流体	$80^\circ\text{C} \longrightarrow 40^\circ\text{C}$
	水	$\xleftarrow{\hspace{1cm}} 20^\circ\text{C}$
	$\Delta t_1 = 45^\circ\text{C}$	$\Delta t_2 = 20^\circ\text{C}$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{45 - 20}{\ln \frac{45}{20}} = 30.8^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{Q}{A \Delta t_m} = \frac{46130}{5 \times 30.8} = 300 \quad \text{W / m}^2 \text{ K}$$

$$(3) \quad \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{\frac{1}{K} - \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{\alpha_2 K}{\alpha_2 - K} = 1200 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

小题:

1、若对流传热系数  $\alpha_2 \ll \alpha_1$ , 提高\_\_\_\_, 才能有效的提高总传热系数 K 值。

2、多层圆筒壁在稳定导热时, 各层的热流量\_\_\_\_\_, 热通量\_\_\_\_\_。

A 相同, 相同    B 相同, 不同    C 不同, 相同    D 不同, 不同

3、用冷却水将一定量的热流体由  $100^\circ\text{C}$  冷却至  $40^\circ\text{C}$ , 冷却水初温  $10^\circ\text{C}$ , 设计列管式换热器时采用两种方案: I 冷却水终温  $30^\circ\text{C}$ ; II 冷却水终温  $35^\circ\text{C}$ 。两种方案比, 用水量  $W_1$ \_\_\_\_\_  $W_2$ , 所需传热面积  $A_1$ \_\_\_\_\_  $A_2$ 。

A 大于, 大于    B 大于, 小于    C 小于, 大于    D 小于, 小于

4、在一双管程列管换热器中, 壳程  $110^\circ\text{C}$  的饱和水蒸气冷凝成同温度的水, 将空气由  $20^\circ\text{C}$  加热到  $80^\circ\text{C}$ 。则换热器第一管程出口温度为\_\_\_\_\_。

A.  $60^\circ\text{C}$     B.  $58^\circ\text{C}$     C.  $55^\circ\text{C}$     D.  $50^\circ\text{C}$

A.  $20^\circ\text{C}$     B.  $58^\circ\text{C}$     C.  $70^\circ\text{C}$     D.  $80^\circ\text{C}$

1、  $\alpha_2$

2、 B

3、 B

4、 B