

## 武汉科技大学

### 2009 年硕士研究生入学考试《化工原理》试题答案

一、填空题（每空 2 分，共 36 分）

1.  $\pm \mu \, du/dy$ ;      2. 1, 16;      3. 离心泵特性曲线      管路特性曲线  
4. 出口阀门      支（回）路      5. 增大;      6. 2  
7. 壳      加热蒸气      8. 变小      不变      9. 增大      下降  
10. 下      11. 小       $t_w$ （湿球温度）

二、单项选择题（每题 2 分，共 24 分）

- 1.B    2.B    3.C    4.D    5.A    6.C    7.A    8.D  
9.D    10.B    B    11.B    C    12.B    C

三、解：已知：  $h = 10m$ ，  $l + l_e = 400m$ ，  $d = 0.075m$ ，  $\lambda = 0.03$

$$H = 18 - 0.6 \times 10^6 Q^2$$

求：(1)  $H_e = f(Q_e)$

(2)  $Q$ 、 $H$

(3)  $N_e$

$$(1) \quad (8 \text{ 分}) \text{ 由 } H_e = z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \lambda \left( \frac{l + l_e}{d} \right) \cdot \frac{8}{\pi^2 g d^4} \cdot Q_e^2$$

$$\text{得 } H_e = 10 + 0.03 \times \left( \frac{400}{0.075} \right) \cdot \frac{8}{\pi^2 g \times 0.075^4} \cdot Q_e^2 = 10 + 4.1795 \times 10^5 Q_e^2$$

$$(2) \quad (6 \text{ 分}) \text{ 而 } H = 18 - 0.6 \times 10^6 Q^2$$

$$\text{所以 } 10 + 4.1795 \times 10^5 Q^2 = 18 - 0.6 \times 10^6 Q^2$$

$$\text{解之： } Q = \sqrt{\frac{8}{10.1795 \times 10^5}} = 2.8 \times 10^{-3} m^3 / s$$

$$\text{所以 } H = 10 + 4.1795 \times 10^5 \times (2.8034 \times 10^{-3})^2 = 13.3m$$

$$(3) \quad (4 \text{ 分}) \quad N_e = Q H_e \rho g = 2.8 \times 10^{-3} \times 13.3 \times 1000 \times 9.8 = 365W$$

$$\text{四、解：(1) (4 分) 由 } m_{s_1} c_{p_1} (T_1 - T_2) = m_{s_2} c_{p_2} (t_2 - t_1)$$

$$\text{得 } m_{s_2} = \frac{m_{s_1} c_{p_1} (T_1 - T_2)}{c_{p_2} (t_2 - t_1)} = \frac{3500 \times 2380 \times (100 - 60)}{4174 \times (50 - 40)} = 7982 \text{ kg} / h$$

$$(2) \quad (5 \text{ 分}) \quad d_m = \frac{d_2 - d_1}{\ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{180 - 160}{\ln \frac{180}{160}} = 169.80 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{K_2} &= \frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{d_2}{d_1} + \frac{b}{\lambda} \cdot \frac{d_2}{d_m} + \frac{1}{\alpha_1} \\ &= \frac{1}{2000} \cdot \frac{180}{160} + \frac{0.01}{45} \cdot \frac{180}{169.8} + \frac{1}{3000} = 1.1314 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

所以  $K_2 = 883.8571 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$$(3) \quad (4 \text{ 分}) \quad \Delta t_{m\text{逆}} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = \frac{50 - 20}{\ln \frac{50}{20}} = 32.75^\circ \text{C}$$

$$(4) \quad (5 \text{ 分}) \quad \text{由 } Q = K_2 A \Delta t_{m\text{逆}} = m_{s_1} c_{p_1} (T_1 - T_2)$$

$$\text{得 } A = \frac{m_{s_1} c_{p_1} (T_1 - T_2)}{K_2 \Delta t_{m\text{逆}}} = \frac{3500 \times 2380 \times (100 - 60)}{3600 \times 883.857 \times 32.75} = 3.2 \text{ m}^2$$

五、解：

$$(1) \quad (8 \text{ 分}) \quad y_b = 0.02 < 5\% \sim 10\% \text{ 可当作低浓气体吸收, } y \approx Y, x \approx X$$

$$y_a = (1 - \eta) y_b = (1 - 0.8) \times 0.02 = 0.004$$

$$\frac{L}{G} = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} = \frac{0.02 - 0.004}{0.008} = 2, \quad S = \frac{mG}{L} = \frac{1.5}{2} = 0.75$$

$$\begin{aligned} N_{\text{OG}} &= \frac{1}{1 - S} \ln \left[ (1 - S) \frac{y_b - m x_a}{y_a - m x_a} + S \right] \\ &= \frac{1}{1 - 0.75} \ln \left[ (1 - 0.75) \frac{0.02}{0.004} + 0.75 \right] \\ &= 2.773 \end{aligned}$$

$$\therefore H_{\text{OG}} = \frac{h_0}{N_{\text{OG}}} = \frac{4}{2.773} = 1.443 \text{ m}$$

$$(2) \quad (4 \text{ 分}) \quad \left( \frac{L}{G} \right)_{\min} = \frac{y_b - y_a}{x_b^* - x_a} = \frac{y_b - y_a}{y_b / m - x_a} = 1.5 \times 0.8 = 1.2$$

$$\therefore \frac{\left( \frac{L}{G} \right)}{\left( \frac{L}{G} \right)_{\min}} = \frac{2}{1.2} = 1.667$$

(3) (6分) 可采取的措施:

a. 增加填料层高度

$$H_{OG} = \frac{G}{K_y a} \text{ 不变 } (G \text{ 不变, 气膜控制 } K_y a \text{ 不变})$$

$$S = \frac{mG}{L} = 0.75 \text{ 不变}$$

$$\begin{aligned} N'_{OG} &= \frac{1}{1-S} \ln \left[ (1-S) \frac{y_b - mx_a}{y'_a - mx_a} + S \right] \\ &= \frac{1}{1-0.75} \ln \left[ (1-0.75) \frac{0.02}{0.002} + 0.75 \right] \\ &= 4.715 \end{aligned}$$

$$\therefore h'_0 = H_{OG} N'_{OG} = 1.443 \times 4.715 = 6.80 \text{ m}$$

$$\therefore \frac{\Delta h'_0}{h_0} = \frac{2.8}{4} = 70\%$$

b. 增大用水量

因为  $G$  不变, 气膜控制, 所以  $K_y a$  不变,  $H_{OG}$  不变

又  $h_0$  不变, 所以  $N_{OG}$  也不变

$$\text{即 } N'_{OG} = \frac{1}{1-S'} \ln \left[ (1-S') \frac{y_b - mx_a}{y'_a - mx_a} + S' \right]$$

$$2.773 = \frac{1}{1-S'} \ln \left[ (1-S') \frac{0.02}{0.002} + S' \right]$$

试差  $S' = 0.27$

或由  $N_{OG} \sim S \sim \frac{y_b - mx_a}{y'_a - mx_a}$  图, 查得  $S' = 0.27$

$$\frac{L'}{L} = \frac{S}{S'} = \frac{0.75}{0.27} = 2.78$$

c. 其它操作条件不变, 降低操作温度,  $m$  变小,  $S = \frac{mG}{L} \downarrow$ , 而塔高、气相总传质单元

高度、气相总传质单元数不变, 根据  $N_{OG} = \frac{1}{1-S} \ln \left[ (1-S) \frac{y_b - mx_a}{y'_a - mx_a} + S \right]$  的关系可知,  $\left[ \frac{y_b}{y'_a} \right] \uparrow$ ,

$y_b$  不变, 故气体出口浓度  $y'_a$  降低。

d. 其它操作条件不变, 增大操作压力, 由  $m = \frac{E}{p}$ ,  $m$  变小,  $S = \frac{mG}{L} \downarrow$ , 而塔高、气相

总传质单元高度、气相总传质单元数不变, 根据  $N_{OG} = \frac{1}{1-S} \ln \left[ (1-S) \frac{y_b - mx_a}{y'_a - mx_a} + S \right]$  的关系可

知,  $\left[\frac{y_b}{y_a}\right] \uparrow$ ,  $y_b$  不变, 故气体出口浓度  $y_a$  降低。

e. 其它条件不变, 选用对溶质溶解度大的吸收剂, 即  $m$  小。与 c、d 分析相同, 得到  $y_a$  降低。

f. 其它条件不变, 改用另一种吸收性能较好的填料, 提高吸收总传质系数及单位体积填料的有效传质面积增大, 即  $K_y a \uparrow$ , 气相总传质单元高度变小, 塔高不变, 气相总传质单元数变大, 又因  $S$  也不变, 故根据  $N_{OG} = \frac{1}{1-S} \ln \left[ (1-S) \frac{y_b - mx_a}{y_a - mx_a} + S \right]$  的关系图可知,  $\left[\frac{y_b}{y_a}\right] \uparrow$ ,

$y_b$  不变, 故气体出口浓度  $y_a$  降低。

六、解: (1)  $D = \frac{Dx_D}{Fx_F} \frac{Fx_F}{x_D} = 0.9 \times \frac{10 \times 0.5}{0.9} = 5 \text{ kmol/h}$ ,  $W = F - D = 5 \text{ kmol/h}$

$\therefore x_W = 0.1$  (5 分)

(2) 塔顶为全凝器,  $\therefore y_1 = x_0 = x_D = 0.9$ ,  $\therefore x_1$  与  $y_1$  相平衡,  $\therefore x_1 = 0.8182$  (4 分)

(3)  $\therefore$  露点进料,  $\therefore q=0$ ,  $q$  线方程为  $y=x_F=0.5$ ,  $\therefore$  可得  $q$  线与平衡线的交点坐标( $x_e$ ,  $y_e$ ) 中  $x_e=0.33$ ,  $y_e=0.5$ ,  $\therefore R_{\min}=2.4$ ,  $R=2R_{\min}=4.8$ 。(5 分)

(4) 精馏段上升的蒸汽量  $V=(R+1)D=5.8 \times 5=29 \text{ kmol/h}$

提馏段上升的蒸汽量  $V'=V-(1-q)F=V-F=29-10=19 \text{ kmol/h}$  (4 分)

七、解: (1)  $W = \frac{G_1}{1-w_2} (w_1 - w_2) = \frac{1000}{1-0.02} (0.1 - 0.02) = 81.63 \text{ kg}$  (6 分)

(2)  $\therefore$  新鲜绝干空气用量  $L = \frac{W}{H_2 - H_1} = \frac{81.63}{0.02 - 0.008} = 6802.7 \text{ kg}$  (7 分)

$I_2 = (1.01 + 1.88 \times 0.02) \times 50 + 2492 \times 0.02 = 102.22 \text{ kJ/kg}$

$Q_p = Lc_H(t_1 - t_0) = 6802.7 \times (1.01 + 1.88 \times 0.008) \times 120 = 836764.8 \text{ kJ}$

(3)  $K_X = \frac{U_C}{X_C - X^*} = 0.8$ ,  $U_C = K_X(X_C - X^*) = 0.8 \times 0.05 = 0.04 \text{ kg/(m}^2 \text{h)}$

$\theta_1 = \frac{G_C}{AU_C} (X_1 - X_C) = \frac{1000 \times 0.9}{900 \times 0.04} (0.111 - 0.05) = 1.53 \text{ h}$

$\theta_2 = \frac{G_C(X_C - X^*)}{AU_C} \ln \frac{X_C - X^*}{X_2 - X^*} = \frac{900 \times 0.05}{900 \times 0.04} \ln \frac{0.05}{0.0204} = 1.12 \text{ h}$

$\theta = \theta_1 + \theta_2 = 2.65 \text{ h}$

(5 分)

