

# 湖北工业大学

## 二〇〇九年招收硕士学位研究生试卷

试卷代号 913      试卷名称 化工原理(B)

①试题内容不得超过画线范围，试题必须打印，图表清晰，标注准确。

②考生请注意：答题一律做在答题纸上，做在试卷上一律无效。

---

### 一、填空题（每空 2 分，共 30 分）

1. 离心泵的工作点由\_\_\_\_\_确定；如关小离心泵出口阀门开度则离心泵扬程\_\_\_\_\_，轴功率\_\_\_\_\_。
2. 大容积中的沸腾传热可分为\_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三个阶段，而在工业生产中常在\_\_\_\_\_阶段操作。
3. 在吸收操作中，压力\_\_\_\_\_和温度\_\_\_\_\_，可使平衡常数\_\_\_\_\_，这有利于吸收操作。
4. 晶核成核的机理有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三种。
5. 已知在  $t = 50^{\circ}\text{C}$ 、 $P = 1\text{atm}$  时，空气中水蒸汽分压  $P_v = 55.3\text{mmHg}$ ，则该空气的湿含量  $H =$ \_\_\_\_\_；相对湿度  $\Phi =$ \_\_\_\_\_；（ $50^{\circ}\text{C}$  时，水的饱和蒸汽压为  $92.51\text{mmHg}$ ）

### 二、选择题（每小题 2 分，共 20 分）

1. 下列单元操作中属于动量传递的有\_\_\_\_\_。  
A. 蒸发      B. 流体输送      C. 结晶      D. 气体吸收
2. 流体在圆形直管内作稳定层流流动时，若管径增加一倍，流量不变，则流体流动阻力为原来的\_\_\_\_\_倍。  
A. 1/4      B. 1/2      C. 1/8      D. 1/16
3. 离心泵开动以前必须充满液体是为了防止发生 \_\_\_\_\_。  
A. 气缚现象      B. 汽蚀现象      C. 汽化现象      D. 冷凝现象



## 湖北工业大学二〇〇九年招收硕士学位研究生试卷

---

五、(20 分) 有一列管式换热器，内有  $\Phi 25 \times 2.5\text{mm}$  钢管 44 根，管长 1.5m, 单管程。管程中的冷却水将壳程中  $100^\circ\text{C}$  的蒸汽冷凝，蒸汽冷凝热阻可略。冬季时冷却水进口温度  $15^\circ\text{C}$ ，出口温度  $37^\circ\text{C}$ 。求：

- (1) 冬季时冷却水用量及蒸汽冷凝各为多少？
- (2) 夏季时冷却水进口温度升为  $29^\circ\text{C}$ 。若冷却水用量和冬季相同，则夏季冷却水出口温度将变为多少？蒸汽冷凝量为多少？已知冷却水的比热  $C_p = 4.187\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$ ，粘度  $\mu = 1\text{cp}$ ，导热系数  $\lambda = 0.6\text{W/m}^\circ\text{C}$ ，蒸汽汽化潜热  $r = 2.26 \times 10^6\text{J/kg}$ （设以上物性均不随温度变化）

六、(20 分) 一吸收塔中用清水吸收混合气体中的 A 组分。进塔气体中含 A 2.5% (体积%)，A 组分的吸收率为 75%。水的用量为最小用量的 1.5 倍。塔内气液两相逆流流动。操作条件下的相平衡方程为  $Y = 1.6X$ 。试求：(1) 气相总传质单元数  $N_{OG}$ ；(2) 若 A 组分的吸收率要求提高到 95%，其它条件不变，气相总传质单元数又为若干。

七、(20 分) 在一常压精馏塔内分离苯和甲苯混合物，塔顶为全凝器，塔釜间接蒸汽加热，平均相对挥发度为 2.47，饱和蒸汽进料。已知进料量为  $150\text{kmol/h}$ ，进料组成为 0.4 (摩尔分率)，回流比为 4，塔顶馏出液中苯的回收率为 0.97，塔釜采出液中甲苯的回收率为 0.95。试求：

- (1) 塔顶馏出液及塔釜采出液组成；
- (2) 精馏段和提馏段操作线方程；
- (3) 回流比与最小回流比的比值；
- (4) 若全回流操作时，塔顶第一块塔板的气相默弗里板效率为 0.6，全凝器液相组成为 0.98，求由塔顶第二块板上升的气相组成。

八、(10 分) 有一连续干燥器在常压下操作。生产能力为  $1000\text{kg/h}$  (以干燥产品计)，物料水分由 12% 降到 3% (均为湿基)，空气的初温为  $25^\circ\text{C}$ ，湿度为  $0.01\text{kg/kg}$ 。经预热器后升温到  $70^\circ\text{C}$ ，干燥器出口废气温度为  $45^\circ\text{C}$ ，干燥器进出口空气焓值相等，试求：

- (1) 废气的湿度
- (2) 空气的用量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ ，初始状态下)。

# 湖北工业大学 2009 硕士生入学考试试卷答案.

## 《化工原理》B

### 一、填空题 (每空 1 分, 共 30 分)

1. 流体在等径水平直管的流动系统中, 层流区: 压强降与速度 一次方 成正比。完全湍动区: 压强降与速度 平方 成正比。
2. 离心泵的工作点由 泵的特性曲线和管路特性曲线 确定; 如关小离心泵出口阀门开度则离心泵扬程 增加, 轴功率 下降。
3. 在除去某粒径的颗粒时, 若降尘室的高度增加一倍, 则沉降时间 增加一倍, 气流速度 减为一半, 生产能力 保持不变。
4. 用饱和蒸汽加热冷流体 (冷流体无相变), 若保持蒸汽压力和冷流体进口温度不变, 而增加冷流体的流量 $m_c$ , 则  $t_2$  降低,  $Q$  增大,  $K$  增大,  $\Delta t_m$  增大。
5. 大容积中的沸腾传热可分为 自然对流, 泡核沸腾 和 膜状沸腾 三个阶段, 而在工业生产中常在 泡核沸腾 阶段操作。
6. 在吸收操作中, 压力 增加 和温度 降低, 可使平衡常数 减小, 这有利于吸收操作。
7. 设计精馏塔时, 若进料量 $F$ 、进料组成 $x_F$ 、塔顶、塔底馏出液组成 $x_D$ 、 $x_W$ 和回流比 $R$ 一定, 提高进料温度, 则理论板数将 增加, 冷凝器负荷 不变, 再沸器热负荷 降低。
8. 全回流操作时操作线与 $y$ - $x$ 图对角线 重合, 回流比 $R = \infty$ 。正常操作时的适宜回流比一般为最小回流比的 1.1-2.0 倍。
9. 晶核成核的机理有 初级均相成核、初级非均相成核 和 二次成核 三种。
10. 已知在  $t = 50^\circ\text{C}$ 、 $P = 1\text{atm}$  时, 空气中水蒸汽分压 $P_v = 55.3\text{mmHg}$ , 则该空气的湿含量 $H = \underline{0.048\text{kg/kg 干气}}$ ; 相对湿度 $\Phi = \underline{59.8\%}$ ; ( $50^\circ\text{C}$  时, 水的饱和蒸汽压为  $92.51\text{mmHg}$ )

### 二、选择题 (每小题 2 分, 共 20 分)

1. 下列单元操作中属于动量传递的有 B。  
A. 蒸发      B. 流体输送      C. 结晶      D. 气体吸收
2. 流体在圆形直管内作稳定层流流动时, 若管径增加一倍, 流量不变, 则流体流动阻力为原来的 D 倍。  
A. 1/4      B. 1/2      C. 1/8      D. 1/16
3. 离心泵开动以前必须充满液体是为了防止发生 A。  
A. 气缚现象      B. 汽蚀现象      C. 汽化现象      D. 冷凝现象

4. 若沉降室高度降低, 则沉降时间 C ; 生产能力 A 。
- A. 不变;          B. 增加;          C. 下降;          D. 不确定。
5. 在空气—蒸汽间壁换热过程中可采用 D 方法来提高传热速率。
- A. 提高蒸汽速度;                      B. 采用过热蒸汽;  
C. 降低空气流速;                      D. 提高空气流速。
6. 一定量的流体在一 $\Phi 25 \times 2.5 \text{mm}$ 的直管内作湍流流动, 其对流传热系数 $\alpha$ 为  $1000 \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ , 若流量和物性都不变, 现改为尺寸为 $\Phi 19 \times 2 \text{mm}$ 的直管, 则对流传热系数 $\alpha$ 为 D  $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ 。
- A. 1259                      B. 1496                      C. 1585                      D. 1678
7. 操作中的吸收塔, 当其它操作条件不变, 仅降低吸收剂入塔浓度, 则吸收率将 A ; 当用清水作吸收剂时, 其它操作条件不变, 仅降低入塔气体浓度, 则吸收率将 C 。
- A. 增大                      B. 降低;                      C. 不变;                      D. 不确定
8. 操作中的精馏塔, 若保持 $F, x_F, q, V'$ 不变, 减小 $D$ , 则有 $x_D$  A , 塔顶易挥发组分回收率 B 。
- A. 增大;                      B. 降低;                      C. 不变;                      D. 不确定
9. 在相同的条件 $R, x_D, x_F, x_w$ 下,  $q$ 值越大, 所需理论塔板数 A 。
- A. 越少;                      B. 越多;                      C. 不变;                      D. 不确定
10. 下面说法正确的是 C 。
- A. 自由含水量是指湿物料中的非结合水;  
B. 平衡含水量是指湿物料中的结合水;  
C. 湿物料中平衡含水量的多少与用来干燥该湿物料的空气状态有关;  
D. 结合水所表现的平衡蒸汽压为同温度下纯水的饱和蒸汽压。

三、解: 在真空表和压力表接点所在的截面之间列机械能恒算式:

$$\text{He} = (p_2 - p_1) / \rho g + (u_1^2 - u_2^2) / 2g + (z_2 - z_1) + \sum h_f$$

式中,  $p_2 = 313.92 \text{kPa}$ ,  $p_1 = -0.22 \times 13600 \times 9.81 = 29351.5 \text{ Pa}$ ,  $u_1 = u_2$ ,

$$z_2 - z_1 = 0.4 \text{m}, \quad \sum h_f = 0$$

$$\therefore \text{He} = (313920 + 29351.5) / (850 \times 9.81) + 0.4 = 41.57 \text{m}$$

有效功率:

$$\text{Pe} = \rho g \text{He} q_v = 850 \times 9.81 \times 41.57 \times 71 / 3600 = 6836 \text{W} = 6.836 \text{kW}$$

泵的轴功率:

$$P = \text{Pe} / \eta = 6.836 / 0.6 = 11.39 \text{ kW}$$

四、解:  $\because V^2 + 2VVe = KA^2 \tau$

$$V = 20 \text{m}^3, V_e = 2.5 \text{m}^3, \tau = 2 \text{h}$$

$$\therefore KA^2 = (20^2 + 2 \times 20 \times 2.5) / 2 = 700$$

因为洗涤液物性与滤液相同, 洗涤压力也同过滤压力, 则洗涤时间:

$$\tau_w = 8\alpha_w(V^2 + VVe) / KA^2 = 8 \times 10\% \times (20^2 + 20 \times 2.5) / 700 = 1.03h$$

则过滤机的生产能力:  $V_h = V / (\tau + \tau_w + \tau_D) = 20 / (2 + 1.03 + 0.25) = 6.1 m^3/h$

五、

$$\text{解: (1)} S = n\pi dL = 44 \times 3.14 \times 0.025 \times 1.5 = 5.2 (m^2)$$

$$\Delta t_m = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{T - t_1}{T - t_2}} = \frac{37 - 15}{\ln(85/63)} = 73.4 (^\circ C)$$

$$P_r = \frac{C_p \mu}{\lambda} = \frac{4.187 \times 1}{0.6} = 6.96$$

$$\begin{aligned} \alpha_i &= 0.023 \frac{\lambda}{d_i} R_e^{0.8} P_r^{0.4} \\ &= 0.023 \frac{0.6}{0.025} \times 6.96^{0.4} \left( \frac{0.025 W_C}{44 \times 0.785 \times 0.025^2 \times 10^{-3}} \right)^{0.8} \\ &= 338.4 W_C^{0.8} \end{aligned}$$

$$K \approx \alpha_{ii} \propto W_C^{0.8}$$

$$W_C C_{PC} (t_2 - t_1) = \alpha_i S \Delta t_m = 338.4 W_C^{0.8} S \Delta t_m$$

$$\begin{aligned} W_C &= \sqrt{\frac{338.4 \times 5.2 \times 73.4}{4.187 \times 10^3 \times (37 - 15)}} = 5.4 (kg/s) \\ &= 19440 kg/h \end{aligned}$$

$$W_h = \frac{Q}{r} = \frac{5.4 \times 4187 \times 22}{2.26 \times 10^6} = 0.22 (kg/s) = 792 kg/h$$

(2)  $W_C$  不变, 由速率式

$$W_C C_{PC} (t'_2 - t'_1) = \alpha_i S \frac{t'_2 - t'_1}{\ln \frac{T - t'_1}{T - t'_2}}$$

$$\alpha_i = 338.4 \times 5.4^{0.8} = 1304.2 (W/m^2 \cdot ^\circ C)$$

$$\ln \frac{T - t'_1}{T - t'_2} = \frac{\alpha_i S}{W_C C_{PC}} = \frac{1304.2 \times 5.2}{5.4 \times 4187} = 0.3$$

$$\frac{T - t'_1}{T - t'_2} = 1.35$$

$$t'_2 = T - \frac{T - t'_1}{1.35} = 47.4 (^\circ C)$$

$$W_h = \frac{W_C C_{PC} (t'_2 - t'_1)}{r} = \frac{5.4 \times 4187 \times (47.4 - 29)}{2.26 \times 10^6} = 0.18 (kg/s)$$

六、解：解：(1)低浓度气体吸收  $Y \approx y$ ,

$$\because y_1 = 2.5\% \quad \eta = 75\%, \text{ 则 } y_2 = 25\% \times 2.5\% = 0.00625$$

$$\therefore (L/G)_{\min} = (y_1 - y_2)/(y_1/m - x_2) = 75\% \times 2.5\% / (0.025/1.6 - 0) = 1.2$$

$$L/G = 1.5(L/G)_{\min} = 1.8$$

$$\text{又 } L(x_1 - x_2) = G(y_1 - y_2)$$

$$\therefore x_1 = G(y_1 - y_2)/L = 75\% \times 2.5\% / 1.8 = 0.01$$

$$S = mG/L = 1.6/1.8 = 0.89$$

$$\therefore N_{OG} = 1/(1-S) \ln((1-S)(y_1 - mx_2)/(y_2 - mx_2) + S) = 2.6$$

$$(2) \text{ 若 } \eta' = 95\%, \text{ 则: } (L/G)'_{\min} = (y_1 - y_2')/(y_1/m - x_2) = 1.6 \times 95\% = 1.52$$

$$S' = mG/L' = 1.6/(1.5 \times 1.52) = 0.701$$

$$\therefore N_{OG} = 1/(1-S') \ln((1-S')(y_1 - mx_2)/(y_2' - mx_2) + S') = 6.36$$

七、解：(1) 塔顶馏出液及塔釜采出液组成；

$$\text{由} \quad 0.97Fx_F = Dx_D \quad (a)$$

$$0.95F(1 - x_F) = W(1 - x_W) \quad (b)$$

$$F = D + W + 150 \quad (c)$$

$$Dx_D + Wx_W = Fx_F = 150 \times 0.4 = 60 \quad (d)$$

联立 (a)、(b)、(c) 和 (d) 求解得：

$$W = 87.3 \text{ kmol/h}, \quad D = 62.7 \text{ kmol/h}$$

$$x_W = 0.0206, \quad x_D = 0.928$$

(2) 精馏段操作线方程；

$$y_{n+1} = \frac{R}{R+1} x_n + \frac{x_D}{R+1} = 0.8x_n + 0.1856$$

提馏段操作线方程；

$$y'_{m+1} = \frac{L'}{V'} x'_m - \frac{Wx_W}{V'}$$

饱和蒸气进料，故  $q=0$   $V' = (R+1) - F$ ,  $L' = L = DR$

$$\text{则} \quad y'_{m+1} = \frac{RD}{(R+1) - F} x'_m - \frac{Wx_W}{(R+1)D - F} = 1.534x'_m - 0.011$$

(3) 回流比与最小回流比的比值；

$$R_{\min} = \frac{x_D - y_q}{y_q - x_q} \quad q=0, \quad y_q = x_F = 0.4$$

$$\text{由} \quad y_q = \frac{\alpha x_q}{1 + (\alpha - 1)x_q} \quad \text{得} \quad x_q = 0.2125$$

$$R_{\min} = \frac{0.928 - 0.4}{0.4 - 0.2125} = 2.816, \quad \frac{R}{R_{\min}} = 1.42$$

(4) 求由塔顶第二块板上升的气相组成。

$$E_{mV_1} = \frac{y_1 - y_2}{y_1^* - y_2^*} = 0.6,$$

$$\text{而 } y_1^* = \frac{\alpha x_1}{1 + (\alpha - 1)x_1} \quad \text{全回流时, } y_2 = x_1 \quad y_1^* = \frac{\alpha x_1}{1 + (\alpha - 1)x_1} = \frac{2.47 y_2}{1 + 1.47 y_2}$$

$$y_1 = 0.98, \quad \text{代入上式可得: } y_2 = 0.9693$$

八、解：  $G_c = G_2(1 - w_2) = 1000(1 - 0.03) = 970 \text{ kg/h}$

$$I_2 = I_1$$

$$(1.01 + 1.88H_0)t_1 + 2490H_0 = (1.01 + 1.88H_2)t_2 + 2490H_2$$

$$H_2 = \frac{(1.01 + 1.88 \times 0.01) \times 70 + 2490 \times 0.01 - 1.01 \times 45}{1.88 \times 45 + 2490} = 0.020$$

$$X_1 = \frac{w_1}{1 - w_1} = \frac{12}{88} = 0.136$$

$$X_2 = \frac{w_2}{1 - w_2} = \frac{3}{97} = 0.031$$

$$L = \frac{G_c(X_1 - X_2)}{H_2 - H_0} = \frac{970(0.136 - 0.031)}{0.020 - 0.01} = 10185 \text{ kg/h}$$

$$v_H = (0.772 + 1.244H_0) 298 / 273$$

$$= (0.772 + 1.244 \times 298 / 273) = 0.856 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$L_s = L / v_H = 10185 / 0.856 = 1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$$