

# 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 (A)

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. 降尘室的生产能力只与降尘室的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_有关，而与\_\_\_\_\_无关。
2. 用饱和水蒸汽加热空气时，换热管的壁温接近\_\_\_\_\_的温度，而总传热系数  $K$  值接近\_\_\_\_\_的对流传热系数，传热过程的热阻主要集中在\_\_\_\_\_侧。
3. 分子扩散可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种方式。在传质过程中，理想物系的液体精馏过程属于\_\_\_\_\_扩散。
4. 在某精馏塔中，第  $n-1$ ,  $n$ ,  $n+1$  层理论板上参数大小关系是： $y_{n+1}$  \_\_\_\_\_  $y_n$  ,  $t_{n-1}$  \_\_\_\_\_  $t_n$  ,  $y_n$  \_\_\_\_\_  $x_{n-1}$  。 ( $<$ 、 $=$ 、 $>$ )
5. 恒定干燥条件下的干燥速率曲线一般包括\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_阶段，其中两干燥阶段的交点对应的物料含水量称为\_\_\_\_\_。

### 二、单选题（每小题 2 分，共 20 分）

1. 流体在截面长 3m、宽 2m 的矩形管道内满流流动，则该矩形管道的当量直径为\_\_\_\_\_。  
A. 1.2m                      B. 0.6m                      C. 2.4m                      D. 4.8m
2. 孔板流量计的孔流系数  $C_o$ ，当  $Re$  数增大时，其值\_\_\_\_\_。  
A 总在增大                      B 先减小，当  $Re$  数增大到一定值时， $C_o$  保持为某定值  
C 总是减小                      D 不定
3. 若管路特性曲线为  $H = A + BQ^2$ ，则：\_\_\_\_\_。  
A.  $A$  只包括单位重量流体增加的位能；  
B.  $A$  只包括单位重量流体增加的位能与静压能之和；  
C.  $BQ^2$  代表管路系统的阻力损失；  
D.  $BQ^2$  代表重量流体增加的动能。

# 湖北工业大学二〇〇九年招收硕士学位研究生试卷

---

4. 为提高旋风分离器的效率, 当气体处理量较大时, 应采用\_\_\_\_\_。
- A. 几个小直径的分离器并联;                      B. 大直径的分离 ;
- C. 几个小直径的分离器串联;                      D. 几个大直径的分离器并联。
5. 湍流体与器壁间的对流传热 (即给热过程) 其热阻主要存在于\_\_\_\_\_。
- A. 流体内;    B. 湍流体滞流内层中;
- C. 器壁内;    D. 流体湍流区域内。
6. 列管式换热器中, 壳程加折流挡板的目的是\_\_\_\_\_。
- A. 提高管内  $\alpha$  值;                                      B. 提高管外  $\alpha$  值;
- C. 增加传热面积;                                      D. 装饰美观。
7. 下列说法中错误的是\_\_\_\_\_。
- A. 溶解度系数  $H$  值很小, 为易溶气体;      B. 亨利系数  $E$  值很大, 为难溶气体;
- C. 亨利系数  $E$  值很大, 为易溶气体;      D. 平衡常数  $m$  值很大, 为难溶气体。
8. 一操作中精馏塔, 若保持  $F$ 、 $x_F$ 、 $q$ 、 $V'$  (塔釜上升蒸汽量) 不变, 而增大回流比  $R$ , 则\_\_\_\_\_。
- A.  $x_D$  增大、 $x_W$  减小                                      B.  $x_D$  增大、 $x_W$  增大
- C.  $x_D$  减小、 $x_W$  增大                                      D.  $x_D$  减小、 $x_W$  减小
9. 精馏计算中, 以下说法错误的是\_\_\_\_\_。
- A. 再沸器算一块理论板      B. 分凝器算一块理论板      C. 加料板算一块理论板
10. 空气的干球温度为  $t$ , 湿球温度为  $t_w$ , 露点为  $t_d$ , 当其相对湿度为 98% 时, 则\_\_\_\_\_。
- A.  $t = t_w = t_d$               B.  $t > t_w > t_d$               C.  $t < t_w < t_d$               D.  $t > t_w = t_d$

三、(20 分) 用泵将储槽中密度为  $1200\text{kg/m}^3$  的溶液送到蒸发器内, 储槽内液面维持恒定, 其上方压强为  $101.33 \times 10^3\text{Pa}$ 。蒸发器上部的蒸发室内操作压强为  $200\text{mmHg}$  (真空度)。蒸发器进料口高于储槽内的液面  $15\text{m}$ , 输送管道的直径为  $\Phi 68\text{mm} \times 4\text{mm}$ , 送料量为  $20\text{m}^3/\text{h}$ , 溶液流经全部管道的能量损失为  $120\text{J/kg}$ , 试求: (1) 泵出口管路中流体的流速; (2) 泵的有效功率; (3) 若泵的效率为 65%, 求泵的轴功率。

四、(10 分) 某生产过程每年欲得滤液  $3800\text{m}^3$ , 年工作时间  $5000\text{h}$ , 采用间歇式过滤机, 在恒压下每一操作周期为  $2.5\text{h}$ , 其中过滤时间为  $1.5\text{h}$ , 将悬浮液在同样操作条件下测得过滤常数为,  $K = 4 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ ,  $q_e = 2.5 \times 10^{-2}\text{m}^3/\text{m}^2$ , 滤饼不洗涤, 试求:

(1) 所需过滤面积? (2) 今有过滤面积为  $8\text{m}^2$  的过滤机, 需要几台?

## 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) 一单壳程单管程列管式换热器, 由多根  $\phi 252.5\text{mm}$  的钢管组成管束, 管程走某有机溶液, 流速为  $0.5\text{m/s}$ , 流量为  $15\text{t/h}$ , 比热为  $1.76\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ , 密度  $858\text{kg/m}^3$ , 温度由  $20^\circ\text{C}$  加热到  $50^\circ\text{C}$ , 壳程为  $130^\circ\text{C}$  的饱和水蒸汽冷凝。管程、壳程的对流传热系数分别为  $700$  和  $10000\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ , 钢的导热系数取  $45\text{W/m}\cdot\text{K}$ , 垢层热阻忽略不计, 求:

- (1) 总传热系数
- (2) 管子根数及管长
- (3) 在冷流体温度不变的情况下, 若要提高此设备的传热速率, 你认为应采取什么措施?

六、(20 分) 今有逆流操作的填料吸收塔, 用清水吸收原料气中的甲醇。已知处理气量为  $1000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  (标准状态), 原料气中含甲醇  $100\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , 吸收后的水溶液中含甲醇量等于与进料气体相平衡时的浓度的  $67\%$ 。设在标准状态下操作, 要求甲醇的回收率为  $98\%$ , 吸收平衡线可取为  $Y=1.15X$ ,  $K_Y=0.5\text{kmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  (以上均为摩尔比关系), 塔内单位体积填料的有效气体传质面积为  $180\text{ m}^2\cdot\text{m}^{-3}$ , 取塔内的气体空塔流速为  $0.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  试求: (1) 水用量; (2) 塔径; (3) 填料层高度。甲醇分子量为  $32$ 。

七、(20 分) 用某精馏塔精馏分离易挥发份组成为  $0.5$  (摩尔分率) 的原料液, 饱和蒸气进料, 原料处理量为  $100\text{kmol/h}$ , 塔顶、塔底产品量各为  $50\text{kmol/h}$ 。已知精馏段操作线方程为  $y=0.833x+0.15$ , 塔釜用间接蒸气加热, 塔顶全凝器, 泡点回流。试求:

- (1) 塔顶、塔底产品组成;
- (2) 全凝器中每小时冷凝蒸气量;
- (3) 蒸馏釜中每小时产生蒸气量
- (4) 若全塔平均  $\alpha=3.0$ , 塔顶第一块塔板默弗里效率  $E_{mvi}=0.6$ , 求离开塔顶第二块塔板的气相组成。

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 年研究生入学考试试题参考答案

## 《化工原理》 A

### 一、填空题 (每空 1 分, 共 30 分)

1. 流体在管内作一般湍流流动时, 其摩擦系数 $\lambda$ 随 雷诺数(Re) 和 相对粗糙度(e/d) 而变化, 处于完全湍流时, 摩擦系数 $\lambda$ 只与 相对粗糙度(e/d) 有关。
2. 离心泵的特性曲线包括 H -  $q_v$ 、P -  $q_v$  和  $\eta$  -  $q_v$  曲线, 它们表示在一定 转速 下, 输送某种特定液体时泵的性能。
3. 降尘室的生产能力只与降尘室的 长度 和 宽度 有关, 而与 高度 无关。
4. 对于三层圆筒壁的稳定热传导而言, 若从内向外各层的导热量分别为  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ , 热流密度为  $q_1$ 、 $q_2$ 、 $q_3$ , 则导热量之间的关系为:  $Q_1 = Q_2 = Q_3$ , 热流密度之间的关系为:  $q_1 > q_2 > q_3$ 。
5. 用饱和水蒸汽加热空气时, 换热管的壁温接近 蒸汽 的温度, 而总传热系数K 值接近 空气 的对流传热系数, 传热过程的热阻主要集中在 空气 侧。
6. 分子扩散可分为 等分子(摩尔)反向扩散 和 单向扩散 两种方式。在传质过程中, 理想物系的液体精馏过程属于 等分子反向 扩散。
7. 常压下用清水逆流吸收空气中的 $CO_2$ , 若增加用水量则尾气中的 $CO_2$  含量将 减小, 气相总传质系数K将 增大, 出塔液体中 $CO_2$  浓度将 减小。
8. 在某精馏塔中, 第n-1, n, n+1 层理论板上参数大小关系是:  $y_{n+1} < y_n$ ,  $t_{n-1} < t_n$ ,  $y_n > x_{n-1}$ 。( <、=、> )
9. 超滤过程中溶质的截留分为 在膜表面的机械截留(筛分)、在孔中滞留而被除去(阻塞)、在膜表面及微孔内的吸附(一次吸附)。
10. 恒定干燥条件下的干燥速率曲线一般包括 恒速干燥 和 降速干燥 阶段, 其中两干燥阶段的交点对应的物料含水量称为 临界含水量。

### 二、选择题 (每小题 2 分, 共 20 分)

1. 流体在截面长 3m、宽 2m 的矩形管道内满流流动, 则该矩形管道的当量直径为 B。  
A. 1.2m                      B. 0.6m                      C. 2.4m                      D. 4.8m
2. 孔板流量计的孔流系数 $Co$ , 当Re数增大时, 其值 B。  
A 总在增大                      B 先减小, 当 Re 数增大到一定值时,  $Co$  保持为某定值  
C 总是减小                      D 不定
3. 若管路特性曲线为  $H = A + BQ^2$ , 则: B。  
A. A 只包括单位重量流体增加的位能;  
B. A 只包括单位重量流体增加的位能与静压能之和;  
C.  $BQ^2$  代表管路系统的阻力损失;  
D.  $BQ^2$  代表重量流体增加的动能。
4. 为提高旋风分离器的效率, 当气体处理量较大时, 应采用 A。  
A. 几个小直径的分离器并联;                      B. 大直径的分离; ;  
C. 几个小直径的分离器串联;                      D. 几个大直径的分离器并联。
5. 湍流体与器壁间的对流传热(即给热过程)其热阻主要存在于 B。  
A. 流体内;                      B. 湍流体滞流内层中;  
C. 器壁内;                      D. 流体湍流区域内。

6. 列管式换热器中，壳程加折流挡板的目的是 B。
- A. 提高管内 $\alpha$ 值;                      B. 提高管外 $\alpha$ 值;  
C. 增加传热面积;                      D. 装饰美观.
7. 下列说法中错误的是 C。
- A. 溶解度系数  $H$  值很小，为易溶气体;    B. 亨利系数  $E$  值很大，为难溶气体;  
C. 亨利系数  $E$  值很大，为易溶气体;    D. 平衡常数  $m$  值很大，为难溶气体。
8. 一操作中精馏塔，若保持  $F$ 、 $x_F$ 、 $q$ 、 $V'$ （塔釜上升蒸汽量）不变，而增大回流比  $R$ ，则 B。
- A.  $x_D$  增大、 $x_W$  减小                      B.  $x_D$  增大、 $x_W$  增大  
C.  $x_D$  减小、 $x_W$  增大                      D.  $x_D$  减小、 $x_W$  减小
9. 精馏计算中，以下说法错误的是 C。
- A. 再沸器算一块理论板    B. 分凝器算一块理论板    C. 加料板算一块理论板
10. 空气的干球温度为  $t$ ，湿球温度为  $t_w$ ，露点为  $t_d$ ，当其相对湿度为 98% 时，则 D。
- A.  $t = t_w = t_d$                       B.  $t > t_w > t_d$                       C.  $t < t_w < t_d$                       D.  $t > t_w = t_d$

三、解：(1)  $\because q_v = Au$

$$A = 0.785d^2 = 0.785 \times 0.06^2 = 1.286 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\therefore u = q_v / A = 20 / (3600 \times 1.286 \times 10^{-3}) = 1.97 \text{ m/s}$$

(2) 在储液槽液面和蒸发器管出口间列机械能恒算式：

$$gz_1 + p_1/\rho + u_1^2/2 + \omega_e = gz_2 + p_2/\rho + u_2^2/2 + \sum h_f$$

式中， $z_1 = 0$ ， $z_2 = 15 \text{ m}$ ， $u_1 = 0$ ， $u_2 = 1.97 \text{ m/s}$ 。 则：

$$\omega_e = g \Delta z + \Delta p/\rho + u_2^2/2 + \sum h_f$$

$$= 9.81 \times 15 + (1 + 200/760) \times 101.33 \times 10^3 / 1200 + 1.97^2/2 + 120$$

$$= 353.5 \text{ J/kg}$$

$$\therefore P_e = \rho \omega_e q_v = 1200 \times 353.5 \times 20 / 3600 = 2356.7 \text{ W} = 2.36 \text{ Kw}$$

(3)  $\because \eta = 65\%$      $P = P_e / \eta$

$$\therefore P = 2.36 / 0.65 = 3.63 \text{ Kw}$$

四、解：周期滤液量： $V = \frac{3800}{5000} \times 2.5 = 1.9 \text{ m}^3$

$$\because q^2 + 2qq_e = K\tau$$

$$q = \sqrt{K\tau + q_e^2} - q_e$$

$$\therefore q = \sqrt{4 \times 10^{-6} \times 1.5 \times 3600 + (2.5 \times 10^{-2})^2} - 2.5 \times 10^{-2}$$

$$= 0.124 \text{ m}^3 / \text{m}^2$$

$$\therefore A = \frac{V}{q} = \frac{1.9}{0.124} = 15.3 \text{ m}^2$$

$$(2) A_{\text{单}} = 8 \text{ m}^2, \quad \frac{A}{A_{\text{单}}} = \frac{15.3}{8} = 1.91$$

$$\therefore n = 2 \text{ 台}$$

五、解：(1)  $Q=q_m C_p = 15 \times 10^3 \times 1.76 \times 10^3 \times (50-20)/3600 = 2.20 \times 10^5 \text{ W}$

$$\Delta t_m = [(130-20) + (130-50)]/2 = 95^\circ \text{C}$$

以外表面为基准的传热系数：

$$\begin{aligned} K_o &= (1/\alpha_o + b d_o / \lambda d_m + d_o / \alpha_i d_i)^{-1} \\ &= [1/10000 + 0.00250.025 / (450.0225) + 0.025 / (700 \times 0.02)]^{-1} \\ &= 513 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

$$(2) q_v = q_m / \rho = 15 \times 10^3 / (3600 \times 858) = 0.0049 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$A = q_v / u = 0.0049 / 0.5 = 9.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\text{又 } A = n \pi d^2 / 4$$

$$\therefore n = 9.8 \times 10^{-3} / (0.785 \times 0.02^2) = 31 \text{ (根)}$$

$$\text{由于 } A_o = Q / (K \Delta t_m) = 2.2 \times 10^5 / (513 \times 95) = 4.5 \text{ m}^2$$

$$A_o = n \pi d_o L$$

$$\therefore L = 4.5 / (31 \times 3.14 \times 0.025) = 1.85 \text{ m} \quad \text{取 } L = 2 \text{ m}$$

(3) 因为管程流速小， $\alpha$  也小，故应强化管程传热，如改为双管程。

六、解：(1)  $y_1 = (100 \times 10^{-3} / 32) / (1/22.4) = 0.07$

$$Y_1 = y_1 / (1 - y_1) = 0.07 / (1 - 0.07) = 0.0753$$

$$Y_2 = Y_1 (1 - \eta) = 0.0753 (1 - 0.98) = 0.001505$$

$$X_{1e} = Y_1 / m = 0.0753 / 1.15 = 0.0655$$

$$X_1 = 0.67 X_{1e} = 0.0439$$

$$G = 1000 / 22.4 = 44.64 \text{ kmol} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$G_B = 44.64 (1 - 0.07) = 41.52 \text{ kmol} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\begin{aligned} L_S &= G_B (Y_1 - Y_2) / X_1 = 41.52 (0.0753 - 0.001505) / 0.0439 \\ &= 69.8 \text{ kmol} \cdot \text{h}^{-1} \end{aligned}$$

$$(2) V_S = (\pi/4) D^2 u = 1000 / 3600 = 0.278 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$D = (4 V_S / (\pi u))^{0.5} = (4 \times 0.278 / (\pi \times 0.5))^{0.5} = 0.841 \text{ m}$$

$$(3) L_S / G_B = (Y_1 - Y_2) / X_1 = (0.0753 - 0.001505) / 0.0439 = 1.681$$

$$S = m / (L_S / G_B) = 1.15 / 1.681 = 0.684$$

$$N_{OG} = 1 / (1 - S) \ln[(1 - S) Y_1 / Y_2 + S] = 8.87$$

$$H_{OG} = G_B / K_y a$$

$$= 41.52 / (0.5 \times 180 \times (\pi/4) \times 0.8412) = 0.831 \text{ m}$$

$$\therefore H = H_{OG} \times N_{OG} = 7.37 \text{ m}$$

七、解：（1）塔顶、塔底产品组成；

$$\text{因 } R/(R+1)=0.833, \quad R=5 \quad \text{又 } x_D/(R+1)=0.15, \quad x_D=0.90$$

由物料衡算  $Fx_F = Dx_D + Wx_W$

$$\text{得 } x_W = (100 \times 0.5 - 50 \times 0.9) / 50 = 0.1$$

（2）全凝器中每小时冷凝蒸气量；

$$V = (R+1)D = 300 \text{ kmol/h}$$

（3）蒸馏釜中每小时产生蒸气量；

$$q=0, \quad V' = V - F = 300 - 100 = 200 \text{ kmol/h}$$

（4）求离开塔顶第二块塔板的气相组成。

$$E_{mV_1} = \frac{x_D - x_1}{x_D - x_1^*} = 0.6, \quad x_D = y_1 = \frac{\alpha x_1^*}{1 + (\alpha - 1)x_1^*}$$

$$x_1^* = \frac{y_1}{\alpha - (\alpha - 1)y_1} = \frac{0.9}{3 - 2 \times 0.9} = 0.75$$

$$\text{故 } \frac{0.9 - x_1}{0.9 - 0.75} = 0.6 \quad x_1 = 0.81 \quad y_2 = 0.833 \times 0.81 + 0.15 = 0.825$$

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

$$I_2 = I_1$$

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

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

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

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

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

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

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

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