

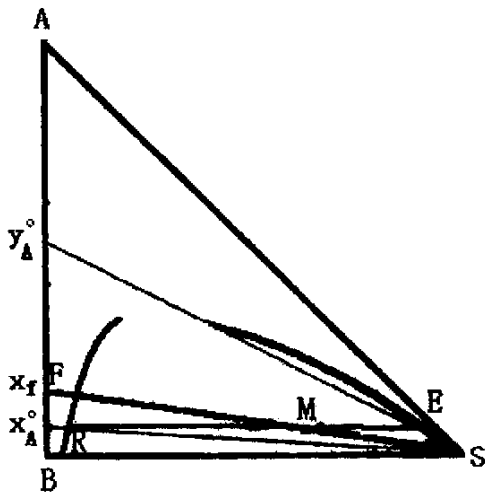
解题思路：

1. 已知： $x_f=15\%$ ， $F=30\text{kg}$ ， $S=60\text{kg}$ ，单级萃取，
在 25 下，水(B)—醋酸(A)—乙醚(S)系统平衡数据如下表

水层			乙醚层		
水	醋酸	乙醚	水	醋酸	乙醚
0.933	0	0.067	0.023	0	0.977
0.88	0.051	0.069	0.036	0.038	0.926
0.84	0.088	0.072	0.050	0.073	0.877
0.782	0.138	0.080	0.072	0.125	0.803
0.721	0.184	0.095	0.104	0.181	0.715
0.65	0.231	0.119	0.151	0.236	0.613
0.557	0.279	0.164	0.236	0.287	0.477

- 求：(1) E, R, x, y
(2) k_A

解题思路：



(1) 由 $\frac{\overline{MS}}{\overline{FS}} = \frac{F}{M} = \frac{F}{F+S} = \frac{30}{30+60} = \frac{1}{3}$ 得图中M点

用内插法过 M 点作一条平衡联结线，得平衡时 R、E 相由图中读得各组组成

$x_A = 0.06$ $y_A = 0.046$ 且量得 $\overline{RE} = 8.35\text{cm}$

$\overline{RM} = 5.95\text{cm}$

根据杠杆定律 $E = M \frac{\overline{RM}}{\overline{RE}}$

$R = M - E$

(2) $k_A = \frac{y_A}{x_A}$

从图中读得 y_A^0 x_A^0

$$\beta = \frac{y_A^0}{1 - y_A^0} \bigg/ \frac{x_A^0}{1 - x_A^0}$$

2. 已知：如图示 X_f $F=100\text{kg}$, $S=80\text{kg}$

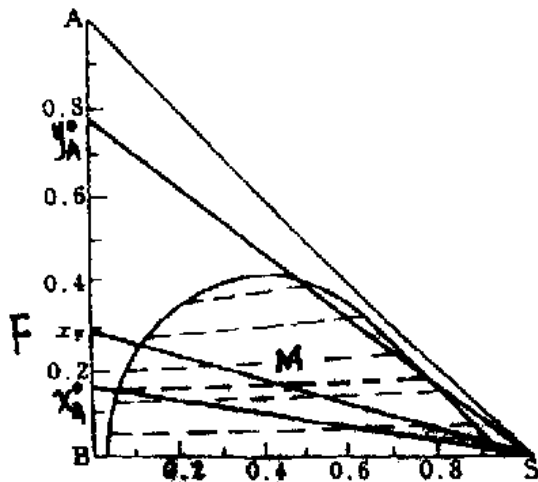
求：(1) E, R, y_A, x_A

(2) E^0, R^0, y_A^0, x_A^0

解题思路：

(1) 由 $\frac{\overline{FM}}{\overline{FS}} = \frac{S}{M} = \frac{80}{100+80} = 0.44$

量 $\overline{FS} = 4.6\text{cm}$, $\therefore \overline{FM} = 4.6 \times 0.44 = 2.04\text{cm}$ 得 M 点



用内插法过 M 点作一条平衡联结线得平衡时 R, E 相，从图中读得

x_A, y_A

$$E = M \cdot \frac{\overline{RM}}{\overline{RE}}$$

$$R = M - E$$

(2) 从图中读得 $x_f=0.29, x_A^0=0.16, y_A^0=0.77$

物料衡算式 $F = E^0 + R^0$
 $F x_f = E^0 y_A^0 + R^0 x_A^0$

解得 E^0, R^0

3. 已知： $F=100\text{kg}$, $t=25$, $x_f=0.2, x_A=0.1$,

醋酸(A)—水(B)—乙醚系统平衡关系：

$$y_A = 1.356 x_A^{1.201}$$

$$y_S = 1.618 - 0.6399 e^{1.96 y_A}$$

$$x_S = 0.067 + 1.43 x_A^{2.273}$$

求：(1) R, E 及组成

(2) S

解题思路：(1) $x_A=0.1$

$$y_A=1.356x_A^{1.201}=1.356 \times 0.1^{1.201}=0.0854$$

$$y_S=1.618-0.6399e^{1.96y_A}=1.618-0.6399e^{1.96 \times 0.0854}=0.862$$

$$y_B=1-y_A-y_S=1-0.0854-0.862=0.0526$$

$$x_S=0.067+1.430 \times 0.1^{2.273}=0.0746$$

$$x_B=1-x_A-x_S=1-0.1-0.0746=0.825$$

$$\text{由物料衡算式} \begin{cases} S + F = R + E \\ Fx_f = Rx_A + Ey_A \\ S = Rx_s + Ey_s \end{cases}$$

联立解出 R, E

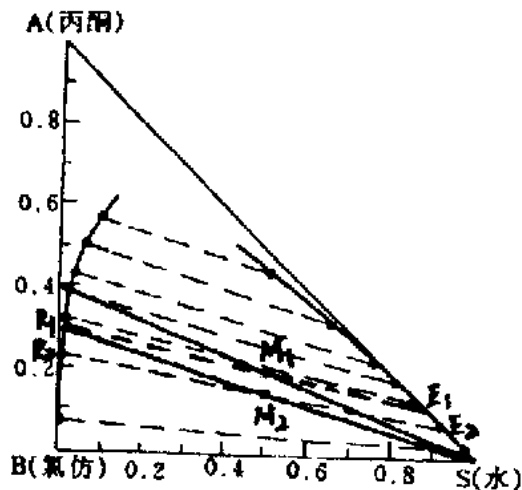
$$(2) S=E+R-F$$

4. 已知：丙酮(A)—氯仿(B)—水(S)系统， $t=25$ ，两级错流， $x_f=0.4$ ，

$$\frac{S}{F} = \frac{S'}{R_1} = 1:1$$

求： x_{A2}

解题思路：



作该系统相图

连 \overline{FS} ，取 M_1 点使 $\overline{FM_1} = \overline{M_1S}$ ($S = F$)，用内插法过 M_1 点作一条平衡联结线，得 E_1, R_1

连 $\overline{R_1S}$ ，取 M_2 点使 $\overline{R_1M_2} = \overline{M_2S}$ ($S' = R_1$)，用内插法过 M_2 点作一条平衡联结线，得 E_2, R_2

读萃余相 x_{A2}

解题思路：

1. 已知：F=100kg， $w_1=29.9\%$ ，结晶盐为 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ， $t=20$ ， $w_3=0.176$ ， $W=2\text{kg}$

求：m

解题思路：

$$M_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 142 \quad M_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = 322$$

$$w_2 = \frac{142}{322} = 0.441$$

$$Fw_1 = mw_2 + (F - W - m)w_3$$

得m

2. 已知：F=100kg， $w_1=0.377$ ， $W=3.5\text{kg}$ ，绝热蒸发，结晶温度 $t_3=20$ ，结晶盐不含结晶水， $w_3=0.233$ ， $r_{\text{结晶}}=68\text{kJ/kg}$ ， $C_p=2.9\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ， $r_{\text{水}}=2446\text{kJ/kg}$

求：进料温度 t_1

解题思路：绝热蒸发即 $Q=0$ ，无结晶水即 $w_2=1$

$$\text{物料衡算式 } Fw_1 = mw_2 + (F - W - m)w_3$$

得 m

$$\text{热量衡算式 } Wr_{\text{水}} = mr_{\text{结晶}} + FC_p(t_1 - t_3)$$

得 t_1

3. 已知：BET 法测比表面，-195 不同 N_2 分压下硅胶的 N_2 平衡吸附量如下：

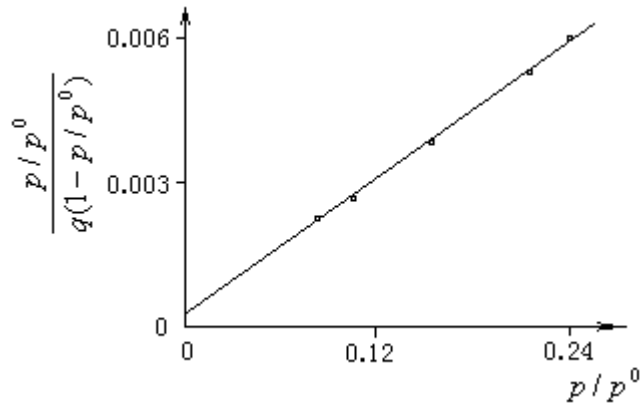
p/kPa	9.13	11.59	17.07	23.89	26.71
x/mg/g	40.14	43.60	47.20	51.96	52.76
$p^0=111.0\text{kPa}$	$A_0=15.4\text{nm}^2$				

求：a

解：以 BET 方程求解。

以 $\frac{p/p^0}{x(1-p/p^0)}$ 对 p/p^0 作图，相应数值如下：

p/p^0	0.08225	0.1044	0.1538	0.2152	0.2406
$\frac{p/p^0}{x(1-p/p^0)}$	0.002233	0.002674	0.003851	0.005277	0.006005



作图得斜率 $B=0.02373$

截距 $A=2.284 \times 10^{-4} \text{ g/mg}$

$$\text{则 } x_m = \frac{1}{A+B}$$

$$\text{比表面 } a = \frac{N_0 A_0 x_m}{M}$$

4. 已知： $t=20$ ， $D=0.2\text{m}$ ， $L=0.6\text{m}$ ， $x = \frac{104c}{1+417c}$ ，（ x —kg 丙酮/kg 活性炭，
 c —kg 丙酮/ m^3 气） $c_2=0$ ， $c_1=0.01\text{kg 丙酮}/\text{m}^3$ ，
 $B=600\text{kg}/\text{m}^3$ ， $K_{fAB}=10 \text{ l/s}$ ， $q_v=30\text{m}^3/\text{h}$

求： B

解题思路：

$$x_1 = \frac{104c_1}{1+417c_1}$$

$$x_2 = 0 \quad \text{得 } c_2 = 0$$

$$\text{操作线方程 } x = x_2 + \frac{x_1 - x_2}{c_1 - c_2} (c - c_2)$$

$$c_B = 0.05c_1 = 0.05 \times 0.01 = 0.0005 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$c_S = 0.95c_1 = 0.95 \times 0.01 = 0.0095 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$x = \frac{104c_e}{1+417c_e} = 20C \quad \text{得 } c - c_e = c - \frac{20c}{104 - 8340c}$$

$$N_{of} = \int_{c_B}^{c_S} \frac{dc}{c - c_e} = \int_{0.0005}^{0.0095} \frac{dc}{c - \frac{20c}{104 - 8340c}}$$

$$u = \frac{q_v}{\frac{\pi}{4}D^2}$$

$$H_{of} = \frac{u}{K_f a_B}$$

$$L_0 = H_{of} \cdot N_{of}$$

$$\tau_B = \frac{(x_1 - x_2)\rho_B}{(c_1 - c_2)u}(L - 0.5L_0)$$

解题思路：

1. 已知： $t=30$ ， $P=2\text{kPa}$ ，与三种状态水接触，

水温	50	30	18	10
传热方向	气 水	气 水	气 水	气 水
传质方向	气 水	气 水	气 水	气 水

求：传热、传质方向（用箭头表示）

解题思路：查水的饱和蒸汽压
 $50 \quad P_s=12.3\text{kPa}$
 $30 \quad P_s=4.25\text{kPa}$
 $18 \quad P_s=2.08\text{kPa}$
 $10 \quad P_s=1.23\text{kPa}$

以 t 为传热条件， $P_{\text{H}_2\text{O}}$ 为传质条件确定传热、传质方向

2. 已知： $P=101.3\text{kPa}$ ， $t_1=25$ ， $t_{w1}=20$ ， $t_2=40$ ， $Z=$ 逆流接触。

求：(1) 大量空气，少量水， t_1

(2) 大量水，少量空气， t_2 ， H_2

解题思路：(1) 大量空气处理少量水的极限温度 t_1 为空气的湿球温度

$$t_1 = t_{w1}$$

(2) 大量水处理少量空气的极限温度 t_2 为水的温度

$$t_2 = t_2 = 40, \text{ 且湿度为 } H_s$$

查 40 下， $P_s=7.38\text{kPa}$

$$\therefore H = H_s = 0.622 \frac{P_s}{P - P_s}$$

3. 已知： $P=320\text{kPa}$ ， $t=30$ ， $t_w=24$ ，氢气—水系统， $k_H=17.4\text{KJ/Kg}$ ·

求： H (kg 水/kg 干氢气)

解题思路：查得 24 下， $P_s=3.0\text{kPa}$ ， $r_w=2436.4\text{KJ/Kg}$

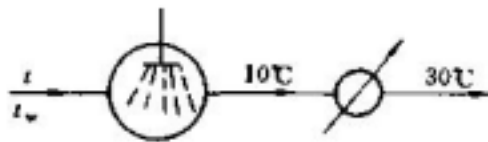
$$H_w = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot p_w}{M_{\text{H}_2} \cdot (P - p_w)}$$

$$H = H_w - \frac{\alpha(t - t_w)}{k_H \cdot r_w}$$

4. 已知： $P=101.3\text{kPa}$ ， $t_1=30$ ， $t_{w1}=28$ ， $t_2=10$ ， $t_{d2}=10$ ，

求：(1) 析出的水分 W (kg 水/kg 干气)

(2) $t_3=30$ ，求 t_{w3}



解题思路：(1) 查水的饱和蒸汽压

$28 \quad p_s=3.82\text{kPa} \quad r=2434.8\text{kJ/kg}$

$10 \quad p_s=1.23\text{kPa}$

$$H_w = 0.622 \frac{p_w}{P - p_w}$$

$$H_1 = H_w - \frac{1.09}{r_w}(t_1 - t_{w1})$$

$$H_2 = H_{s2} = 0.622 \frac{p_s}{P - p_s}$$

$$\therefore W = H_1 - H_2$$

(2) $H_3 = H_2 = 0.0076 \text{ kg 水/kg 干气}$

设 $t_{w3} = 18$ ，查得 $P_{w3} = 2.08 \text{ kPa}$ ， $r_{w3} = 2451 \text{ kJ/kg}$

$$H_{w3} = 0.622 \frac{P_{w3}}{P - p_{w3}}$$

$$t_{w3} = t_3 - \frac{r_w}{1.09}(H_{w3} - H_3)$$

验 t_{w3}

解题思路：

1. 已知： $t_1=27$ ， $t_{d1}=22$ ， $t_2=80$ ，

求： ϕ_1 ， ϕ_2

解题思路：查水的饱和蒸汽压

22	2.668kPa
27	3.6kPa
80	47.38kPa

$$\phi_1 = \frac{P_d}{P_{S1}}$$

$$\phi_2 = \frac{P_d}{P_{S2}}$$

$$\phi \text{变化} : \frac{\phi_1 - \phi_2}{\phi_1}$$

2. 已知： $t_1=65$ ， $t_{w1}=40$ ， $t_2=25$ ， $P=101.3\text{kPa}$

求： $W_{\text{水}}$ ， Q

解题思路：查水的饱和蒸汽压

40	7.375kPa	$r_w=2401\text{kJ/kg}$
25	3.168kPa	

$$H_w = 0.622 \frac{P_w}{P - p_w}$$

$$H_1 = H_w - \frac{1.09}{r_w} (t_1 - t_{w1})$$

$$H_2 = H_{S2} = 0.622 \frac{P_S}{P - p_S}$$

$$W_{\text{水}} = H_1 - H_2$$

$$I_1 = (1.01 + 1.88H_1)t_1 + 2500H_1$$

$$I_2 = (1.01 + 1.88H_2)t_2 + 2500H_2$$

$$Q = I_1 - I_2$$

3. 已知： $P=100\text{kPa}$

求：用焓——湿度图填充下表。

解题思路：查焓——湿度图

干球温 度	湿球温 度	湿度 kg 水/kg 干空气	相对 湿度	热焓 kJ/kg 干空气	水汽分 压 kPa	露点
----------	----------	-------------------	----------	-----------------	-----------------	----

80	40	0.0319	11.0	165	4.8	32.5
60	35	0.026	20	125	4.1	29
40	28	0.020	43	95	3.2	25
57	33	0.024	21	120	3.7	28
50	30	0.0196	25	98	3.0	23

4. 已知： $t_1=80$ ， $H_1=0.01\text{kg 水/kg 干气}$ ， $W_{\text{水}}=0.1\text{kg/S}$ ， $t_2=30$ ， $V_{\text{干}}=10\text{kg 干气/S}$ ，忽略热损失

求：(1) I

(2) t_2

(3) 忽略 I ， t_2

解题思路：(1) 喷水后气体增加的焓即液体所带入的焓

$$\Delta I = W_{\text{水}} c_p \theta / V_{\text{干}} = 0.1 \times 4.18 \times 30 / 10 = 1.25 \text{kJ/kg 干气}$$

(2) $I_1 + I = I_2$

$$H_2 = H_1 + \frac{W}{V_{\text{干}}} = 0.01 + \frac{0.1}{10} = 0.02 \text{kg 水/kg 干气}$$

$$\therefore (1.01 + 1.88H_1)t_1 + 2500H_1 + \Delta I = (1.01 + 1.88H_2)t_2 + 2500H_2$$

$$\therefore t_2 = \frac{(1.01 + 1.88H_1)t_1 + 2500(H_1 - H_2) + \Delta I}{1.01 + 1.88H_2}$$

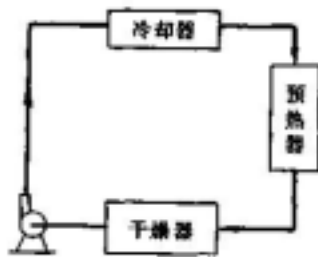
(3) 若忽略 I ，则 $I_1 = I_2$

$$t_2 = \frac{(1.01 + 1.88H_1)t_1 + 2500(H_1 - H_2)}{1.01 + 1.88H_2}$$

5. 已知： $t_1=30$ ， $t_{d1}=20$ ， $V_{\text{湿}}=1000\text{m}^3/\text{h}$ ， $W=2.5\text{kg/h}$ ， $t_3=60$ ， $P=101.3\text{kPa}$

求：(1) t_2 ， H_2

(2) φ_3



解题思路：(1) 查水的饱和蒸汽压，20 时 $P_d=2.338\text{kPa}$

$$H_1 = 0.622 \frac{P_d}{P - P_d}$$

$$v_{H_1} = (2.83 \times 10^{-3} + 4.56 \times 10^{-3} H_1)(t + 273)$$

$$\therefore V_{\text{干}} = \frac{V_{\text{湿}}}{V_H}$$

$$H_2 = H_1 - \frac{W_{\text{水}}}{V_{\text{干}}}$$

$$t_{d2} = t_2$$

$$\therefore H_2 = 0.622 \frac{p_{s2}}{P - p_{s2}}$$

得 p_{s2}

查对应的饱和温度 t_2

(2) 查 60 , $p_{s3} = 19.91 \text{ kPa}$

$$\therefore \varphi_3 = \frac{p_{s2}}{p_{s3}}$$

6. 已知： $P = 101.3 \text{ kPa}$, $t = 25$, $\varphi = 100\%$, $X_1^* = 0.02 \text{ kg 水/kg 干料}$

$\varphi = 40\%$, $X_2^* = 0.007 \text{ kg 水/kg 干料}$, $X = 0.25$, 空气 25 , $\varphi = 40\%$

求：自由含水量，结合水量，非结合水量

解题思路：自由含水量 = $X - X_2^*$

结合水量 = X_1^*

非结合水量 = $X - X_1^*$

7. 已知： $N_{\text{恒}} = 1.1 \text{ kg 水/m}^2 \cdot \text{h}$, $G_C = 1000 \text{ kg}$, $A = 55 \text{ m}^2$, $X_1 = 0.15 \text{ kg 水/kg 干料}$,
 $X_2 = 0.005 \text{ kg 水/kg 干料}$, $X^* = 0$, $X_C = 0.125 \text{ kg 水/kg 干料}$,

求：

解题思路： $X_1 > X_C > X_2$

干燥过程分恒速阶段与降速阶段两部分

$$\therefore \tau = \tau_{\text{恒}} + \tau_{\text{降}}$$

$$= \frac{G_C}{AN_{\text{恒}}} [(X_1 - X_C) + X_C \ln \frac{X_C}{X_2}]$$

8. 已知：浅盘 $n = 50$ 只，盘底面积 $70 \times 70 \text{ cm}$ ，厚度 $h = 0.02 \text{ m}$ ， $\rho_{\text{湿}} = 1600 \text{ kg/m}^3$ ，
 $X_1 = 0.5 \text{ kg 水/kg 干料}$ ， $X_2 = 0.005 \text{ kg 水/kg 干料}$ ， $X^* = 0$ ， $X_C = 0.3 \text{ kg 水/kg 干料}$

干燥条件：平行流过 $u = 2 \text{ m/s}$ ， $t = 77$ ， $\varphi = 10\%$ ， $N_{\text{降}} (X - X^*)$

求：

解题思路：以一只盘为基准进行计算

$$G = A \cdot h \cdot \rho_{\text{湿}} = 0.7 \times 0.7 \times 0.02 \times 1600 = 15.68 \text{ kg}$$

$$G_C = \frac{G}{1 + X_1}$$

查焓—湿图， $t = 77$ ， $\varphi = 10\%$ 时， H

$$t_w=38 \quad , \quad r_w=2411\text{kJ/kg}$$

$$\therefore v_H = (2.83 \times 10^{-3} + 4.56 \times 10^{-3} H)(t + 273)$$

$$\text{湿空气的密度 } \rho = \frac{1+H}{v_H}$$

湿空气的质量流速

$$G' = \rho u$$

$$\alpha = 0.0143(G')^{0.8}$$

$$N_{\text{恒}} = \frac{\alpha}{r_w}(t - t_w)$$

$$\therefore \tau_{\text{恒}} = \frac{G_C}{A} \cdot \frac{X_1 - X_C}{N_A}$$

$$\tau_{\text{降}} = \frac{G_C}{A} \cdot \frac{X_C}{N_{\text{恒}}} \ln \frac{X_C}{X_2}$$

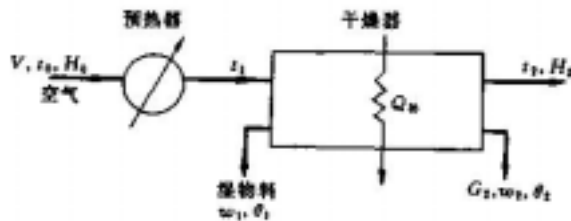
$$\therefore \tau = \tau_{\text{恒}} + \tau_{\text{降}}$$

9. 已知： $t_0=20$ ， $H_0=0.01\text{kg/kg}$ 干气， $t_1=120$ ， $t_2=70$ ， $H_2=0.05\text{kg/kg}$ 干气， $t_1=30$ ， $w_1=20\%$ ， $t_2=50$ ， $w_2=5\%$ ， $c_{ps}=1.5\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ， $G_2=53.5\text{kg/h}$ ， $Q_{\text{损}}=0$

求：(1) $V_{\text{空}}$

(2) Q_P

(3) Q_D



$$\text{解题思路：(1) } X_1 = \frac{w_1}{1-w_1}$$

$$X_2 = \frac{w_2}{1-w_2}$$

$$G_C = G_2(1-w_2)$$

$$W = G_C(X_1 - X_2)$$

$$V_{\text{空}} = \frac{W}{H_2 - H_1} = \frac{W}{H_2 - H_0}$$

$$(2) I_1 = (1.01 + 1.88H_1)t_1 + 2500H_1$$

$$I_0 = (1.01 + 1.88H_0)t_0 + 2500H_0$$

$$Q_P = V_{\text{空}}(I_1 - I_0)$$

$$(3) I_2 = (1.01 + 1.88H_2)t_2 + 2500H_2$$

$$i_2 = (c_{ps} + c_{pL}X_2)\theta_2$$

$$i_1 = (c_{ps} + c_{pL}X_1)\theta_1$$

$$Q_D = V_{\text{空}}(I_2 - I_1) + G_C(i_2 - i_1)$$

10. 已知：P=100kPa， $w_1=0.5$ ， $w_2=0.01$ ， $G=20\text{kg/s}$ ， $t_0=25$ ，

$H_0=0.005\text{kg 水/kg 干气}$ ， $t_2=50$ ， $\varphi_2=60\%$ ，理想干燥器

求：(1) V

(2) t_1

(3)

解题思路：(1) $X_1 = \frac{w_1}{1-w_1}$

$$X_2 = \frac{w_2}{1-w_2}$$

$$G_C = G(1-x_1)$$

查焓—湿图， $t_2=50$ ， $\varphi_2=60\%$ 时， H_2

$$V_{\text{干}} = \frac{G_C(X_1 - X_2)}{H_2 - H_1}$$

$$V = V_{\text{干}}(1 + H_1)$$

(2) 理想干燥器

$$I_1 = I_2$$

$$(1.01 + 1.88H_1)t_1 + 2500H_1 = (1.01 + 1.88H_2)t_2 + 2500H_2$$

$$\therefore t_1 = \frac{(1.01 + 1.88H_2)t_2 + 2500(H_2 - H_1)}{1.01 + 1.88H_1}$$

$$(3) \eta = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_0}$$

11. 已知：P=100kPa， $w_1=0.20$ ， $w_2=0.01$ ， $G=1.75\text{kg/s}$ ， $t_0=20$ ， $t_{w0}=16$ ， $\varphi_2=70\%$ ，

求：(1) 一次预热 $t_1=120$, V ,

(2) 先预热至 $t_1=120$ 达 $\phi_2=70\%$ 后，再加热至 $t_3=100$,

再达 $\phi_4=70\%$ 后排出，求 V ,

解题思路：(1) $X_1 = \frac{w_1}{1-w_1}$

$$X_2 = \frac{w_2}{1-w_2}$$

$$G_C = G(1-x_1)$$

$$W_{\text{水}} = G_C(X_1 - X_2)$$

理想干燥器

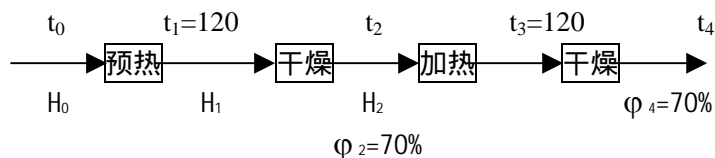
由 I—H 图查得： H_0, H_2, t_2

$$W_{\text{水}} = V_{\text{干}}(H_2 - H_0)$$

$$\therefore V = \frac{W_{\text{水}}}{H_2 - H_0} \times (1 + H_0)$$

$$\eta = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_0}$$

(2)



有中间加热，理想干燥器

由 I—H 图得

$H_4=0.0615\text{kg 水/kg 干气}$, $t_4=51$

$$V = \frac{W_{\text{水}}}{(H_4 - H_0)} \times (1 + H_0)$$

$$\eta = \frac{(I_1 - I_2') + (I_3 - I_4')}{(I_1 - I_0) + (I_3 - I_2)}$$

$$H_0 = H_1 \quad \therefore I_1 - I_0 = (1.01 + 1.88H_0)(t_1 - t_0)$$

$$H_2 = H_3 \quad \therefore I_3 - I_2 = (1.01 + 1.88H_2)(t_3 - t_2)$$

$$I_2 = (1.01 + 1.88H_0)t_2 + 2500H_0$$

$$\therefore I_1 - I_2 = (1.01 + 1.88H_0)(t_1 - t_2)$$

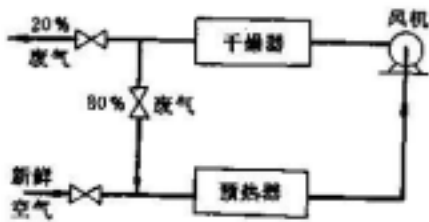
$$I_4 = (1.01 + 1.88H_2)t_4 + 2500H_2$$

$$\therefore I_3 - I_4 = (1.01 + 1.88H_2)(t_3 - t_4)$$

$$\therefore \eta = \frac{(1.01 + 1.88H_0)(t_1 - t_2) + (1.01 + 1.88H_2)(t_3 - t_4)}{(1.01 + 1.88H_0)(t_1 - t_0) + (1.01 + 1.88H_2)(t_3 - t_2)}$$

12. 已知：理想干燥器， $V_{\text{循}}=0.8V_{\text{废}}$ ， $H_0=0.0033\text{kg 水/kg 干气}$ ， $t_0=16$
 $t_2=67$ ， $H_2=0.03\text{kg 水/kg 干气}$ ， $G_1=1500\text{kg 湿料/h}$ ， $w_1=0.47$ ， $w_2=0.05$

求： V ， $Q_{\text{预}}$



解题思路： $X_1 = \frac{w_1}{1 - w_1}$

$$X_2 = \frac{w_2}{1 - w_2}$$

$$G_c = G(1 - x_1)$$

$$V_{\text{干}} = \frac{G_c(X_1 - X_2)}{H_2 - H_1}$$

解法 1：循环后，空气用量不变时， $Q_{\text{预}}$ 不变，不变

$$\therefore I_0 = (1.01 + 1.88H_0)t_0 + 2500H_0$$

$$I_1 = I_2 = (1.01 + 1.88H_2)t_2 + 2500H_2$$

$$\therefore Q_{\text{预}} = V_{\text{干}}(I_2 - I_0)$$

$$V = V_{\text{干}}(1 + H_0)$$

解法 2：由混点作物料恒算得 $5H_m = H_0 + 4H_2$

得 H_m

$$I_1 = I_2$$

$$\therefore (1.01 + 1.88H_m)t_1 + 2500 \times H_m = (1.01 + 1.88H_2)t_2 + 2500 \times H_2$$

得 t_1 ，算 $Q_{\text{预}}$

化工原理试题（本科） 2005.6

班级_____，姓名_____，学号_____

题号	一	二	三	四	五		
得分							
阅卷							

一、填空（25分）

1、对于气体，温度升高，粘度_____；对于液体，温度降低，粘度_____。水在管道中的常用流速范围是_____m/s；低压气体在管道中的常用流速范围是_____m/s。

2、湍流与层流的根本区别在于_____。在圆形直管内，如 $Re=1600$ ，则 $\lambda=_____$ ，管内的平均流速是管中心流速的_____倍。

3、流体以一定的质量流量在水平直管内作层流流动时， Re 值随管径增加而_____，随流体密度增加而_____；压降随管子相对粗糙度增加而_____。（增大、减小、不变、不确定）

4、属于正位移泵形式，除往复泵外，还有_____，_____等型式。

5、往复泵的流量调节方法有_____和_____。

6、启动离心泵前，应先_____和_____。

7、吸收操作的依据是_____；精馏操作的依据是_____。

8、精馏操作中，若 \bar{V} 上升，而回流量 L 和进料状态 (F, x_f, q) 均保持不变，则 R _____, x_D _____, x_W _____, \bar{L}/\bar{V} _____。（变大，变小，不变，不确定）

9、吸收、解吸操作时，低温对_____有利；低压对_____有利。

10、恒摩尔流的主要前提是_____。连续精馏塔设计时，如将原来的泡点回流改为冷回流，其他设计条件不变，则所需理论板数_____（增加、减少）。

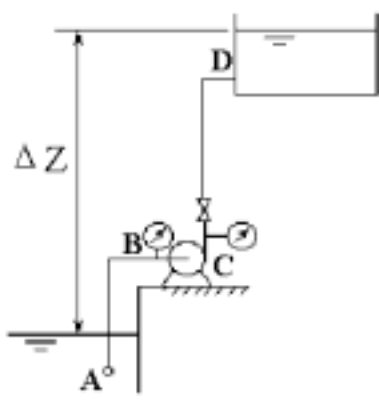
11、在常压下，常温不饱和湿空气经预热器间接加热后，该空气的下列状态参数有何变化？湿度 H _____, 相对湿度 ϕ _____, 湿球温度 t_w _____, 露点 t_d _____, 焓 I _____。（升高，降低，不变，不确定）

二、带泵管路(18分)

图示输水管路，用离心泵将江水输送至常压高位槽。已知吸入管直径 $70 \times 3\text{mm}$ ，管长 $l_{AB}=25\text{m}$ ，压出管直径 $60 \times 3\text{mm}$ ，管长 $l_{CD}=80\text{m}$ （管长均包括局部阻力的当量长度），摩擦系数 均为 0.025 ， $Z=11\text{m}$ ，离心泵特性曲线为

$H_e=30-6 \times 10^5 q_v^2$ ，式中 H_e ：m； q_v ： m^3/s 。试求：

- (1) 管路流量为多少 m^3/h ，
- (2) 旱季江面下降 2m ，与原流量相比，此时流量下降百分之几？



三、传热计算（20分）

在某套管换热器中用饱和水蒸汽加热苯液，苯在 $\phi 54 \times 2$ mm的钢管内流动。120 的饱和水蒸汽在环隙冷凝。已测出苯的进口温度为30，出口温度为60，流量为4000 kg / h。苯和水蒸汽的对流给热系数分别为 $500 \text{ W} / \text{ m}^2 \cdot \text{ K}$ 和 $10000 \text{ W} / \text{ m}^2 \cdot \text{ K}$ ，管内壁的污垢热阻为 $0.0004 \text{ m}^2 \cdot \text{ K} / \text{ W}$ ，忽略管壁热阻、管外壁的污垢热阻及热损失。已知操作条件下苯的热容为 $1.9 \text{ kJ} / \text{ kg} \cdot \text{ K}$ ，蒸汽的汽化潜热为 $2204 \text{ kJ} / \text{ kg}$ ，试求：

- 1、饱和水蒸汽的消耗量；
- 2、套管的长度；

四、吸收计算（17分）

某填料吸收塔，用清水逆流吸收混合气中的可溶组分A。入塔气体中A组分浓度 $y_1 = 0.05$ （摩尔分数，下同），相平衡 $y = 0.4x$ ，回收率要求95%，操作液气比为最小液气比的1.4倍。填料的传质单元高度为0.2m。

1、所需的填料层高度为多少？

2、在上述塔高下进行操作，现入塔气体中A组分浓度上升为 $y_1' = 0.06$ ，则出塔气体浓度将为多少？

五、精馏计算（20分）

用板式精馏塔在常压下分离苯—甲苯溶液，塔顶设全凝器，塔釜间接加热，苯对甲苯的平均相对挥发度为 $\alpha = 2.47$ 。进料为150 kmol/h、含苯0.4（摩尔分数，下同）的饱和蒸汽。要求塔顶馏出液组成 $x_D = 0.97$ ，塔釜残液组成 $x_W = 0.02$ 。所用回流比为最小回流比的1.5倍。试求：

- 1、塔顶产品量 D 和塔底产品量 W ；
- 2、精馏段操作线方程；
- 3、操作时，全凝器冷凝液组成为0.97，求由塔顶往下第二块理论板上升的汽相组成。

化工原理试题（专科） 2006.3

班级_____，姓名_____，学号_____

题号	一	二	三	四	五		
得分							
阅卷							

一、填空（25分）

1. 连续性假定认为流体是_____。
_____。20 水的粘度为_____ mPas，水在管道中的常用流速范围是_____ m/s。
2. 湍流与层流的根本区别是_____，在水平均匀直管中，流体流动的阻力损失体现在_____。
3. 带离心泵管路常用_____调节流量，
而往复泵管路则采用_____。
4. 流体以一定的质量流量在水平直管内作层流流动时， Re 值随管径增加而_____，随流体密度增加而_____；压降随管子相对粗糙度增加而_____。（增大、减小、不变、不确定）
5. 流体通过流化床的压降随气体流量增加而_____。流化床主要优点是_____。
6. 离心分离因素 的物理意义是_____，评价旋风分离器主要性能指标为_____和_____。
7. 吸收操作的依据是_____；精馏操作的依据是_____。
8. 在精馏塔设计时，若选用回流比减小（ F, x_f, q, x_0, x_w 均指定），则塔釜加热量_____，所需理论板数_____。（增加，减少，不确定）

9. 对溶剂常用的解吸方法有_____、_____、_____。

10. 在常压下，常温不饱和湿空气经预热器间壁加热后，该空气的下列状态参数有何变化？湿度 H ____，相对湿度 ϕ ____，湿球温度 t_w ____，露点 t_d ____，焓 I ____。（升高，降低，不变，不确定）

二、带泵管路(18分)

用离心泵输液进塔。塔内表压49kPa，原料槽内表压9.8kPa，塔内管出口比原料槽液面高8m。总管长共20m(包括局部阻力)，管内径50mm，摩擦系数0.02。液体密度 800kg/m^3 。泵的特性： $H_e=20-1.12\times 10^5 q_v^2$ (H_e --m, q_v -- m^3/s)，求流量及有效功率。

三、传热计算（17分）

某套管换热器，用饱和蒸汽将空气从10 加热至90 。管内走空气。内管为 $25 \times 2.5\text{mm}$ 钢管。空气的给热系数为 100w/m^2 。管外为 $T=120$ 饱和蒸汽冷凝给热，给热系数为 10000w/m^2 。空气的处理量为 45kg/h ，管壁及垢层热阻均可不计。试计算所需的换热面积。试求套管的长度。（空气 $C_p=1.01\text{KJ/Kg}$ 。

四、吸收计算（20分）

某逆流吸收塔，用纯溶剂吸收混合气中可溶组分。气体入塔浓度 $y_1=0.01$ ，回收率 $\eta=0.9$ 。平衡关系： $y=2x$ ，且知 $L/G=1.2(L/G)_{\min}$ ， $H_{OG}=0.9\text{m}$ 。

试求：塔 的填料层高度；

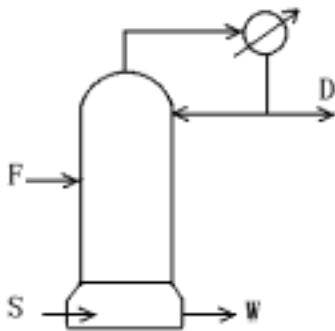
若该塔操作时，改用再生溶剂 $x'_2=0.0005$ ，其它入塔条件不变，则回收率 η' 又为多少？

五、精馏计算（20分）

用精馏分离某水溶液，水为难挥发组分，进料 $F=1\text{kmol/s}$ ， $x_f=0.2$ （mol%，下同），以饱和液体状态加入塔中部，塔顶采出量 $D=0.3\text{kmol/s}$ ， $x_D=0.6$ ， $R=1.2R_{\min}$ ，系统 $\alpha=3$ ，塔釜用饱和水蒸气直接通入加热。

试求： 回流比； 蒸汽通入量； 提馏段操作线；

设计时，若 $N_T=\infty$ ，为达到题给的 x_D ， D ，塔釜 x_W 的最大值为多少？



模拟考试答案：(仅供参考)

- 一、1. 增大，增大，1~3，8~15
2. 流体质点是否存在脉动性，0.04，0.5
3. 降低，不变，不变
4. 齿轮泵，螺杆泵
5. 旁路阀，改变转速
6. 灌泵，排气
7. 气体各组分溶解度的不同，液体混合物各组分挥发度的不同
8. 变小，变小，变小，变小
9. 吸收，解吸
10. 液体混合物各组分的摩尔汽化潜热相等，减少
11. 不变，降低，升高，不变，升高

二、(1) 管路特性： $He' = Z + \frac{p}{\rho g} + 8 \frac{l_1 q_v^2}{g d_1^5} + 8 \frac{l_2 q_v^2}{g d_2^5}$
 $= 11 + 8 \times 0.025 \times (25/0.064^5 + 80/0.054^5) \times q_v^2 / (9.81) = 11 + 4.08 \times 10^5 q_v^2$

泵的特性： $He = 30 - 6 \times 10^5 q_v^2$

$He = He'$ 解得 $q_v = 4.34 \times 10^{-3} m^3/s = 15.6 m^3/h$

(2) 当江面下降 2m 时， $He' = 11 + 4.08 \times 10^5 q_v^2$ ， $He = He'$ 解得 $q_v = 4.11 \times 10^{-3} m^3/s = 14.78 m^3/h$
 流量下降 $(4.34 - 4.11) / 4.34 = 5.4\%$

三、解：1) $Q = q_m r = q_{m2} C_{p2} (t_2 - t_1) = \frac{4000}{3600} \times 1900 \times (60 - 30) = 6.33 \times 10^4 W$

$q_{m1} = \frac{Q}{r} = \frac{6.33 \times 10^4}{2204 \times 10^3} = 0.0287 kg/s = 103.4 kg/h$

2) $K = \frac{1}{\frac{1}{10^4} + \frac{54}{50} (\frac{1}{500} + 0.0004)} = 371.5 W/m^2$

$\Delta t_m = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{T - t_1}{T - t_2}} = \frac{60 - 30}{\ln \frac{120 - 30}{120 - 60}} = 73.99$

$A_{\text{计}} = \frac{Q}{K \Delta t_m} = \frac{6.33 \times 10^4}{371.5 \times 73.99} = 2.30 m^2$

$L = \frac{A}{\pi d_{\text{外}}} = \frac{2.30}{3.14 \times 0.054} = 13.58 m$

3) $Q = q_{m2} C_{p2} (t_2 - t_1) = KA \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{T - t_1}{T - t_2}}$

得 $\ln \frac{T - t_1}{T - t_2} = \frac{KA}{q_{m2} C_{p2}} = \ln \frac{T' - t_1}{T' - t_2'}$ ，所以 $\frac{120 - 30}{120 - 60} = \frac{109 - 30}{109 - t_2'}$

$$t_2' = 56.3$$

四、解：1) $x_2=0, y_2 = (1 - 0.95) \times 0.05 = 0.0025$,

$$\left(\frac{L}{G}\right)_{\min} = \frac{y_1 - y_2}{y_1/m - 0} = m\eta = 0.4 \times 0.95 = 0.38$$

$$\frac{L}{G} = 1.4 \left(\frac{L}{G}\right)_{\min} = 1.4 \times 0.38 = 0.532$$

$$\frac{mG}{L} = \frac{0.4}{0.532} = 0.752$$

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - \frac{mG}{L}} \ln \left[\left(1 - \frac{mG}{L}\right) \frac{1}{1 - \eta} + \frac{mG}{L} \right]$$

$$= \frac{1}{1 - 0.752} \ln \left[(1 - 0.752) \frac{1}{1 - 0.95} + 0.752 \right] = 7.02$$

$$H = H_{OG} N_{OG} = 0.2 \times 7.02 = 1.40\text{m}$$

2) H 不变, N_{OG} 不变,

$$\frac{y_1 - mx_2}{y_2 - mx_2} = \frac{y_1' - mx_2}{y_2' - mx_2}, \frac{0.05}{0.0025} = \frac{0.06}{y_2'}, \text{得 } y_2' = 0.003$$

五、解：1) $q=0, x_f=0.4, D = \frac{F(x_f - x_w)}{x_D - x_w} = \frac{150 \times (0.4 - 0.02)}{0.97 - 0.02} = 60\text{kmol/h}$

$$W = F - D = 90\text{kmol/h}$$

2) $y_e = x_f = 0.4, x_e = \frac{0.4}{2.47 - 1.47 \times 0.4} = 0.213$

$$R_m = \frac{x_D - y_e}{y_e - x_e} = \frac{0.97 - 0.4}{0.4 - 0.213} = 3.04, R = 1.5R_m = 4.56$$

精馏段 $y = \frac{4.56}{5.56}x + \frac{0.97}{5.56} = 0.820x + 0.1745$

提馏段 $y = \frac{RD}{(R+1)D - F}x - \frac{Wx_w}{(R+1)D - F} = \frac{4.56 \times 60}{5.56 \times 60 - 150}x - \frac{90 \times 0.02}{5.56 \times 60 - 150}$

$$= 1.490x - 0.00980$$

3) $y_1 = x_0 = 0.97, x_1 = \frac{y_1}{2.47 - 1.47y_1} = \frac{0.97}{2.47 - 1.47 \times 0.97} = 0.929$,

得 $y_2 = 0.820 \times 0.929 + 0.1745 = 0.936$

模拟试题 2 答案：(仅供参考)

- 一、1. 由无数质点组成、彼此间没有间隙、完全充满所占空间的连续介质，1，1~3
2. 流体质点是否存在脉动性，压强的降低
3. 出口阀，旁路阀，改变转速
4. 降低，不变，不变
5. 不变，混合均匀、传热传质快
6. 离心力与重力之比，分离效率，压降
7. 气体各组分解度的不同，液体混合物各组分挥发度的不同
8. 变小，增大
9. 升温，减压，吹气
10. 不变，降低，升高，不变

二、解：管路特性：

$$\begin{aligned} H_e &= (z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) / (\rho g) + \sum H_f \\ &= 8 + (49 - 9.8) \times 10^3 / (800 \times 9.81) + 8 \lambda \frac{L}{d} \frac{q_v^2}{2g^3 d^5} \\ &= 13 + 1.058 q_v^2 \end{aligned}$$

$$\text{泵的特性：} H_e = 20 - 1.12 \times 10^5 q_v^2$$

$$H_e = H_e', \text{ 解得 } q_v = 5.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{则 } H_e = 20 - 1.12 \times 10^5 q_v^2 = 16.4 \text{ m}$$

$$P_e = H_e q_v \rho g = 16.4 \times 5.67 \times 10^{-3} \times 800 \times 9.81 = 730 \text{ W}$$

$$\text{三、解：1) } Q = q_{m2} C_{p2} (t_2 - t_1) = \frac{45}{3600} \times 1010 \times (90 - 10) = 1010 \text{ W}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{10^4} + \frac{25}{20 \times 100}} = 79.4 \text{ W} / \text{m}^2$$

$$\Delta t_m = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{T - t_1}{T - t_2}} = \frac{90 - 10}{\ln \frac{120 - 10}{120 - 90}} = 61.57$$

$$A_{\text{并}} = \frac{Q}{K \Delta t_m} = \frac{1010}{79.4 \times 61.57} = 0.207 \text{ m}^2$$

$$2) L = \frac{A}{\pi d_{\text{外}}} = \frac{0.207}{3.14 \times 0.025} = 2.63 \text{ m}$$

$$\text{四、解：1) } x_2 = 0, y_2 = (1 - 0.9) \times 0.01 = 0.001,$$

$$\left(\frac{L}{G}\right)_{\min} = \frac{y_1 - y_2}{y_1 / m - 0} = m \eta = 2 \times 0.9 = 1.8$$

$$\frac{L}{G} = 1.2 \left(\frac{L}{G}\right)_{\min} = 1.2 \times 1.8 = 2.16$$

$$\frac{mG}{L} = \frac{2}{2.16} = 0.926$$

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - \frac{mG}{L}} \ln \left[\left(1 - \frac{mG}{L} \right) \frac{1}{1 - \eta} + \frac{mG}{L} \right]$$

$$= \frac{1}{1 - 0.926} \ln \left[(1 - 0.926) \frac{1}{1 - 0.9} + 0.926 \right] = 6.9$$

$$H = H_{OG} N_{OG} = 0.9 \times 6.9 = 6.2 \text{m}$$

2) N_{OG} 不变, $\frac{mG}{L}$ 不变, 则 $\frac{y_1 - mx_2}{y_2 - mx_2} = \frac{y_1 - mx_2'}{y_2' - mx_2'}$

$$10 = \frac{0.01 - 2 \times 0.0005}{y_2' - 2 \times 0.0005}, y_2' = 0.0019, \eta = 1 - \frac{y_2'}{y_1} = 1 - \frac{0.0019}{0.01} = 0.81$$

五、解：1) $q=1, x_f=0.2, y_e = \frac{3 \times 0.2}{1 + 2 \times 0.2} = 0.429$

$$R_m = \frac{x_D - y_e}{y_e - x_e} = \frac{0.6 - 0.429}{0.429 - 0.2} = 0.75, R = 1.2 \times 0.75 = 0.9$$

2) $S = V = (R+1)D = (0.9+1) \times 0.3 = 0.57 \text{kmol/s}$

3) $x_w = \frac{Fx_F - Dx_D}{F + S - D} = \frac{0.2 - 0.3 \times 0.6}{1 + 0.57 - 0.3} = 0.0158$

提馏段 $y = \frac{\bar{L}}{V} x - \frac{Wx_w}{V} = \frac{RD + F}{S} x - \frac{Wx_w}{S}$

$$y = \frac{0.9 \times 0.3 + 1}{0.57} x - \frac{1 + 0.57 - 0.3}{0.57} \times 0.0158 = 2.228x - 0.0351$$

4) 在 $NT=$ 时, $R=0.75, S=(R+1)D=1.75 \times 0.3=0.525$

$$x_w = \frac{Fx_F - Dx_D}{F + S - D} = \frac{0.2 - 0.3 \times 0.6}{1 + 0.525 - 0.3} = 0.01633$$