

练习十一

下册期终考试模拟

一、填充（共30分，每空格1分）

1、吸收操作的基本依据

是气体混合物中各组分在溶剂中溶解度的不同。亨利定律表达式的适用条件是低浓度气体吸收。若增加吸收的总压，则亨利常数E 不变，H 不变，m 下降。（上升、下降、不变）。

2、吸收操作的费用中溶剂再生能耗费用所占比例最大。

3、对易溶气体，溶解度大，其吸收过程通常为气相阻力控制， $K_y \approx k_y$ ；对难溶气体，溶解度小，其吸收过程通常为液相阻力控制， $K_y \approx k_x/m$ 。

- 4、用清水逆流吸收混合物中某溶质组分， $L/G=2.5$ ， $y=2x$ ，当填料层高度为无限高时，最大回收率为 100%。
- 5、若 x_F 、汽化率相同，则平衡蒸馏所得的汽相浓度 小于 简单蒸馏所得的气相平均浓度。（大于，等于，小于）。
- 6、恒摩尔流假定的主要前提是 被分离组分的摩尔汽化潜热相等。
- 7、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 减小， D 增大， x_D 减小， x_W 减小。（增大，减小，不变，不确定）

8、气液两相在板式塔内理想的流动条件是
总体上使两相呈逆流流动，

每一块板上两相呈均匀的错流接触。

9、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 不变，相对湿度 ϕ 降低，露点 t_d 不变，焓 I 升高。（升高，降低，不变，不确定）

10、同一物料，如空气的温度愈高，风速、湿度不变，则临界含水量愈愈高，平衡含水量愈愈低。

(5分，以下六学分必答,五学分不答)

- 11、间歇精馏操作中，若要保持馏出液组成不变，必须不断增大回流比；若保持回流比不变，则馏出液组成不断减小。(增大、减小、不变、不确定)
- 12、造成溶液结晶过饱和度的方法有降温，浓缩。

(5分，以下五学分必答，六学分不答)

11、在精馏塔设计时，回流比的选择原则是总费用最小为原则。若固定回流比即固定冷却量，对原料进行预热，则理论塔板数 N_T 增大（增大，减小，不变，不确定），原因是塔釜蒸汽回流减少。

12、液液萃取的基本原理是利用液体混合物中各组分在某溶剂中溶解度的差异而实现分离的。临界混溶点的两共轭相组成相等。萃取中溶剂的选择性系数的定义为

$$\beta = \frac{y_A / y_B}{x_A / x_B} = \frac{k_A}{k_B}。$$

二、（1）选择题（共10分，每空格2分，五学分必答，六学分不答）

1、逆流吸收操作，今吸收剂温度升高，其他入塔条件都不变，则出口气体浓度 y_2 ，液相出口浓度 x_1 B。

- A. y_2 增大， x_1 增大 B. y_2 增大， x_1 减小
C. y_2 减小， x_1 减小 D. y_2 减小， x_1 增大

2、精馏塔设计时，理论塔板数与下列哪些参数无关？ A。

- A. F B. q C. α D. R

3、对一定操作条件下的填料吸收塔，如将填料层增高些，则塔的 H_{OG} 将 C。

A. 降低 B. 升高 C. 不变 D. 不确定

4、分配系数 $k_A = 1$ 的物系是否可进行萃取操作？ A。

A. 可以 B. 不可以 C. 不确定

5、下列哪一个参数与空气的温度无关？ C。

A. 相对湿度 B. 绝热饱和温度

C. 露点温度 D. 湿球温度

(2)萃取（共10分，六学分必答，五学分不答）

在B-S部分互溶的单级萃取中，进料中含A=53kg，B=47kg，用纯溶剂萃取，已知萃取相中 $y_A / y_B = 2$ ，选择性系数 $\beta=5$ ，试求：

- (1) 萃余液中A组分的浓度 x_A^0 ；（4分）
- (2) 萃取液的量 E^0 和萃余液的量 R^0 。（6分）

解： (1)

$$\beta = \frac{y_A / y_B}{x_A / x_B} = \frac{2}{x_A / x_B} = 5$$

$$x_A / x_B = 2 / 5$$

$$x_A / x_B = x_A^0 / x_B^0 = x_A^0 / (1 - x_A^0) = 2 / 5$$

$$x_A^0 = 0.286$$

$$(2) \quad y_A / y_B = y_A^0 / y_B^0 = y_A^0 / (1 - y_A^0) = 2 \quad y_A^0 = 0.667$$

$$x_F = \frac{53}{53 + 47} = 0.53$$

$$F = E^0 + R^0 \quad 100 = E^0 + R^0$$

$$F x_F = E^0 y_A^0 + R^0 x_A^0$$

$$100 \times 0.53 = E^0 \times 0.667 + R^0 \times 0.286$$

$$E^0 = 64.04kg \quad R^0 = 35.96kg$$

三、吸收（共20分）

某填料吸收塔，填料层高度为4.5m，塔径1m，用清水逆流吸收流量为90kmol/h的含丙酮混合气。混合气中含有丙酮的体积分率0.06，测得丙酮的回收率为95%，塔底液体中含丙酮的浓度为0.02(摩尔分率)。操作在101.3kPa、25⁰C下进行，物系的平衡关系为 $y=2x$ 。

试求：

- (1) 该塔的传质单元高度 H_{OG} 及总容积传质系数 $K_y a$ ；
(13分)
- (2) 若要求丙酮的回收率达到97%，其他条件不变，求需增加的填料层的高度。（7分）

解： (1) $y_2 = (1 - \eta)y_1 = (1 - 0.95) \times 0.06 = 0.003$

$$\frac{L}{G} = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = \frac{0.06 - 0.003}{0.02} = 2.85$$

$$\frac{mG}{L} = 2 / 2.85 = 0.702$$

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - \frac{mG}{L}} \ln \left[\left(1 - \frac{mG}{L}\right) \frac{y_1 - mx_2}{y_2 - mx_2} + \frac{mG}{L} \right]$$

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

$$= \frac{1}{1 - 0.702} \ln \left[(1 - 0.702) \frac{1}{1 - 0.95} + 0.702 \right]$$

$$= 6.36$$

$$H_{oG} = \frac{H}{N_{oG}} = \frac{4.5}{6.36} = 0.7075m$$

$$G = \frac{G'}{0.785 \times D^2} = \frac{90}{0.785 \times 1^2} = 114.65 kmol / m^2 \cdot h$$

$$H_{oG} = \frac{G}{K_y a}$$

$$K_y a = \frac{G}{H_{oG}} = \frac{114.65}{0.7075} = 162.05 kmol / m^3 \cdot h$$

(2)当 $\eta = 97\%$ 时,

$$\begin{aligned} N_{OG} &= \frac{1}{1 - \frac{mG}{L}} \ln \left[\left(1 - \frac{mG}{L}\right) \frac{1}{1 - \eta} + \frac{mG}{L} \right] \\ &= \frac{1}{1 - 0.702} \ln \left[(1 - 0.702) \frac{1}{1 - 0.97} + 0.702 \right] \\ &= 7.93 \end{aligned}$$

H_{OG} 不变, $H_{OG} = 0.7075m$

$$H = H_{OG} \cdot N_{OG} = 0.7075 \times 7.93 = 5.61m$$

需增加填料层高度:

$$\Delta H = H' - H = 5.61 - 4.5 = 1.11m$$

四、精馏（共20分）

用板式精馏塔在常压下分离含苯组成为0.4(摩尔分率,下同)苯-甲苯溶液,饱和蒸汽进料。塔顶馏出液中苯的组成为0.95,塔釜采出液的组成为0.02,回流比为最小回流比的1.5倍。塔顶为全凝器,塔釜间接蒸汽加热。苯对甲苯的平均相对挥发度为2.5。求:

- (1) 塔顶馏出液的采出率 D/F ; (5分)
- (2) 精馏段操作线方程; (5分)
- (3) 提馏段操作线方程; (5分)
- (4) 若全回流操作,塔顶组成为0.98,求离开第二块理论板(自塔顶向下数)的上升蒸汽和下降液体的组成。(5分)

解： (1)

$$\begin{cases} F = D + W \\ Fx_F = Dx_D + Wx_W \end{cases} \Rightarrow \frac{D}{F} = \frac{x_F - x_W}{x_D - x_W} = \frac{0.4 - 0.02}{0.95 - 0.02} = 0.4086$$

$$(2) \quad q = 0 \quad y_e = x_F = 0.4$$

$$y_e = \frac{\alpha x_e}{1 + (\alpha - 1)x_e} = \frac{2.5x_e}{1 + (2.5 - 1)x_e} = 0.4$$

$$x_e = 0.211$$

$$R_{\min} = \frac{x_D - y_e}{y_e - x_e} = \frac{0.95 - 0.4}{0.4 - 0.211} = 2.91$$

$$R = 1.5R_{\min} = 1.5 \times 2.91 = 4.365$$

精馏段操作线方程

$$y = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_D}{R+1} = 0.814x + 0.177$$

$$(3) \quad q = 0 \quad \bar{L} = L + qF = L = RD$$

$$\bar{V} = V - (1-q)F = (R+1)D - F$$

$$\frac{\bar{L}}{\bar{V}} = \frac{RD}{(R+1)D - F} = \frac{R \times \frac{D}{F}}{(R+1) \times \frac{D}{F} - 1} = \frac{4.35 \times 0.4086}{5.35 \times 0.4086 - 1} = 1.50$$

$$\frac{W}{\bar{V}} x_w = \frac{1 - D/F}{(R+1) \times \frac{D}{F} - 1} x_w = \frac{1 - 0.4086}{5.35 \times 0.4086 - 1} \times 0.02 = 0.01$$

提馏段操作线方程：

$$y = \frac{\bar{L}}{\bar{V}} x - \frac{W}{\bar{V}} x_w$$

$$y = 1.50x - 0.01$$

(4) $y_1 = x_D = 0.98$

$$x_1 = \frac{y_1}{\alpha - (\alpha - 1)y_1} = \frac{0.98}{2.5 - 1.5 \times 0.98} = 0.951$$

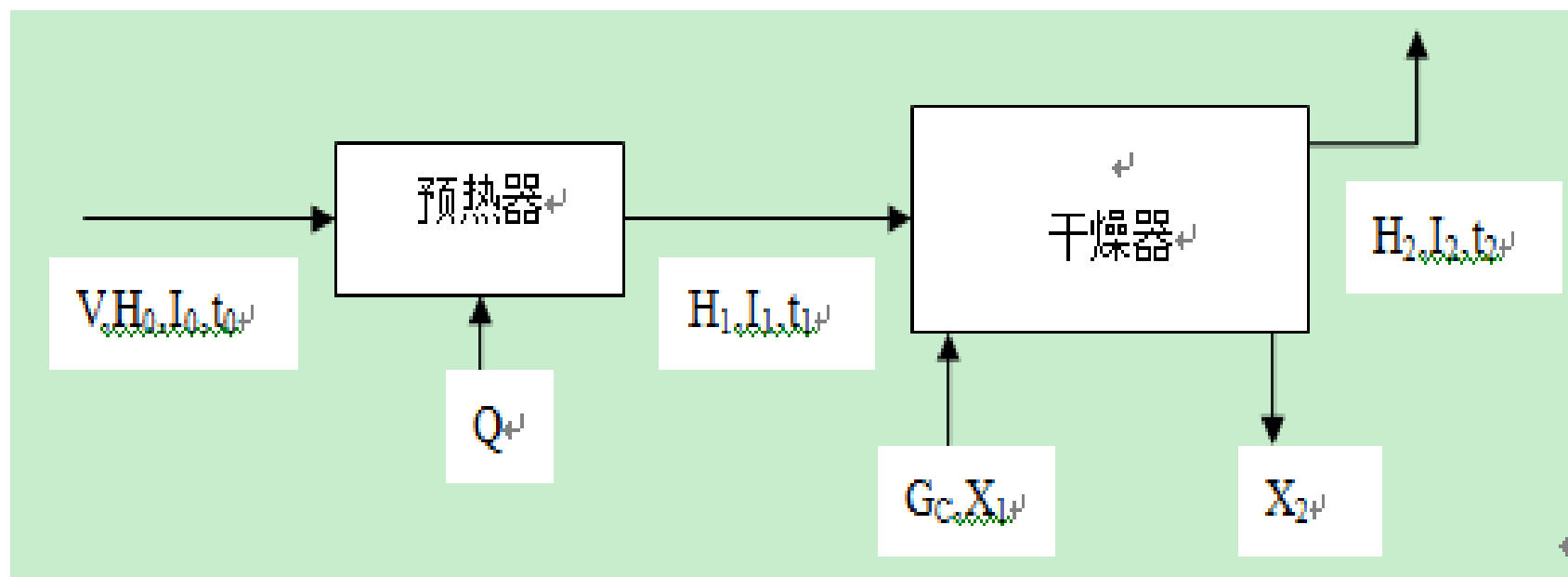
全回流时： $y_2 = x_1 = 0.951$

$$x_2 = \frac{y_2}{\alpha - (\alpha - 1)y_2} = \frac{0.951}{2.5 - 1.5 \times 0.951} = 0.886$$

五、干燥（共20分）

在常压下将含水质量分数为20%（湿基含水量）的湿物料以1000kg/h送入一理想干燥器，干燥产物的含水量为5%（湿基含水量）。以温度为18°C，湿度为0.009kg水/kg干气的空气为干燥介质。预热温度为90°C，废气的出口温度 $t_2=50^\circ\text{C}$ 。试求：

- 1) 水分蒸发量 W ；（5分）
- 2) 废气出口的湿度 H_2 ；（5分）
- 3) 进预热器之前风机的流量 V ， m^3/h ；（4分）
- 4) 预热器的供热量， kW ；（3分）
- 5) 干燥器的热效率 η 。（3分）



湿空气比容：

$$v_H = (2.83 \times 10^{-3} + 4.56 \times 10^{-3} H)(t + 273) \text{ m}^3/\text{kg干气}$$

解:1) $G_c = G_1(1 - w_1) = 1000 \times (1 - 0.2) = 800 \text{ kg 干料} / h$

$$X_1 = \frac{w_1}{1 - w_1} = \frac{0.2}{1 - 0.2} = 0.25$$

$$X_2 = \frac{w_2}{1 - w_2} = \frac{0.05}{1 - 0.05} = 0.05263$$

$$W = G_c(X_1 - X_2) = 800 \times (0.25 - 0.05263) = 157.89 \text{ kg} / h$$

2) 对理想干燥器: $I_1 = I_2$

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

$$(1.01 + 1.88 \times 0.009) \times 90 + 2500 \times 0.009 = (1.01 + 1.88H_2) \times 50 + 2500H_2$$

$$H_2 = 0.0248 \text{ kg 水} / \text{kg 干气}$$

3)

$$V = \frac{W}{H_2 - H_1} = \frac{157.89}{0.0248 - 0.009} = 9993 \text{ kg 干气} / h$$

$$V' = V \cdot v_H$$

$$= 9993 \times (2.83 \times 10^{-3} + 4.56 \times 10^{-3} H_0)(t + 273)$$

$$= 9993 \times (2.83 \times 10^{-3} + 4.56 \times 10^{-3} \times 0.009)(18 + 273)$$

$$= 8341 \text{ m}^3 / h$$

$$\begin{aligned}
 4) \quad Q &= V(I_1 - I_0) \\
 &= V(1.01 + 1.88H_0)(t_1 - t_0) \\
 &= 9971 \times (1.01 + 1.88 \times 0.09)(90 - 18) \\
 &= 738865 \text{ kJ / h} \\
 &= 205 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

$$5) \quad \eta = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_0} = \frac{90 - 50}{90 - 18} = 55.56\%$$