

# 练习十

第十三章 热、质同时传递  
第十四章 固体干燥

## 一、填空与选择：

1. ① 恒定的干燥条件是指空气的温度，湿度，压力 以及流速 都不变。

总压一定条件下， $t$ ,  $H$ 一定空气状态唯一确定

- ② 测定空气的水气分压的实验方法是测量露点温度。
- ③ 在实际的干燥操作中，常用干湿球温度计来测量空气的湿度。

2. ① 同一物料，如空气的水气分压愈低，风速、温度不变，则临界含水量愈（ B ），平衡含水量（ A ）。

(A) 低      (B) 高      (C) 不变      (D) 不确定

$$p \downarrow \Rightarrow \frac{p}{p_s} = \varphi \downarrow \Rightarrow X^* \downarrow \quad N_A \uparrow, X_c \uparrow$$

② 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（ B ），平衡含水量（ A ）。

(A) 低      (B) 高      (C) 不变      (D) 不确定

$$t \uparrow \Rightarrow \frac{p}{p_s} = \varphi \downarrow \Rightarrow X^* \downarrow \quad N_A \uparrow, X_c \uparrow$$

③ 同一物料，如空气的流速愈高，湿度，温度不变，  
则临界含水量愈（ B ），平衡含水量（ C ）。

（A）低      （B）高      （C）不变      （D）不确定

$$\frac{p}{p_s} = \varphi \quad \text{不变} \quad X^* \text{ 不变} \quad N_A \uparrow, X_c \uparrow$$

④ 同一物料，在一定的干燥条件下，物料分散愈细，  
则临界含水量愈（ A ）。

（A）低      （B）高      （C）不变      （D）不确定

3. ① 在1atm下，不饱和湿空气的温度为295K，相对湿度为60%，当加热到373K时，该空气下列状态参数将如何变化？湿度H不变，相对湿度j降低，湿球温度 $t_w$ 升高，露点 $t_d$ 不变，焓I 升高。（升高，降低，不变，不确定）

② 在40℃下，不饱和湿空气的相对湿度为60%，当总压由1atm减至0.5atm时，该空气下列状态参数将如何变化？湿度H不变，相对湿度j下降，湿球温度 $t_w$ 下降，露点 $t_d$ 下降，焓I不变。（升高，降低，不变，不确定）

$$H = 0.622 \times \frac{p_{\text{水汽}}}{P - p_{\text{水汽}}} \quad \varphi = \frac{p}{p_s}, \quad \varphi' = \frac{1/2 p}{p_s} \Rightarrow \varphi = 2\varphi'$$

$$\varphi = 60\% \rightarrow \varphi' = 30\%$$

$$t_w < t, \quad \varphi \text{减小}, \quad t_w \text{减小}$$

$$I = (1.01 + 1.88H)t + 2500H$$

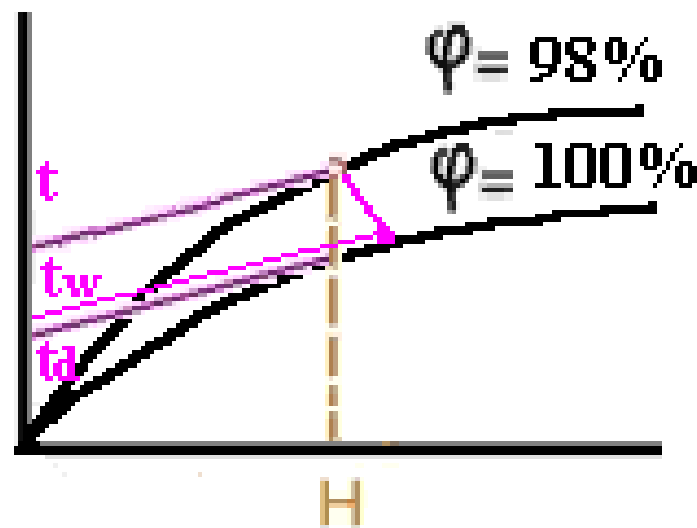
#### 4. 物料干燥过程中

① 物料的平衡水分一定是（ C ）。

- (A) 非结合水分      (B) 自由水分  
(C) 结合水分      (D) 临界自由水分

② 空气的干球温度为 $t$ ，湿球温度为 $t_w$ ，露点为 $t_d$ ，当空气相对湿度 $\phi=98\%$ 时，则（ D ）。

- (A)  $t=t_w=t_d$       (B)  $t < t_w < t_d$   
(C)  $t > t_w=t_d$       (D)  $t > t_w > t_d$



③ 在恒定干燥条件下将含水20%（干基，下同）的湿物料进行干燥，开始时干燥速度恒定，当干燥至含水量为5%时，干燥速度开始下降，再继续干燥至物料衡重，并设法测得此时物料含水量为0.05%，则物料的临界含水量为（ A ），平衡含水量（ C ）。

（A） 5%                      （B） 20%

（C） 0.05%                (D) 4.95%

$$X_c = 0.05 \quad X^* = 0.0005$$



① 在恒速干燥阶段在给定的空气条件下，对干燥速率的正确判断是（ C ）。

（A）干燥速率随物料种类不同有极大的差异；

（B）干燥速率随物料种类不同有较大的差异；

（C）各种不同物料的干燥速率实质上是相同的；

（D）（A），（B），（C）皆正确。

恒速阶段：表面水

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

② 湿空气在间壁式换热器中与传热介质进行热交换。  
如空气温度降低，其湿度肯定不变；  
如空气温度升高，其湿度肯定不变。

则正确的判断是（D）

- （A）两种提法都不对；      （B）两种提法都对；  
（C）（一）对而（二）不对；      （D）（二）对而（一）不对。

③ 指出“相对湿度，绝热饱和温度，露点温度，湿球温度”中，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

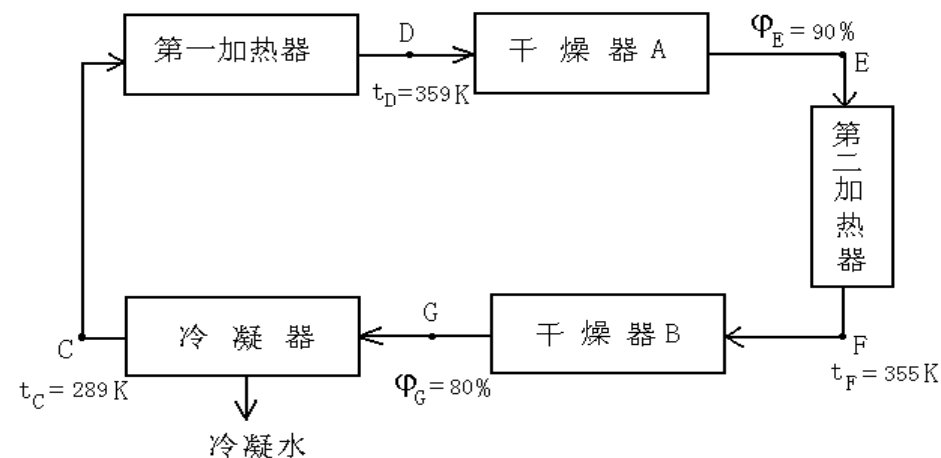
6. ① 喷雾干燥器由于物料停留时间短，适用于热敏物料的干燥。
- ② 气流干燥管中最有效的部分是加料口以上1m左右。
- ③ 流化床干燥器适宜于处理粉粒状物料，流化床干燥器的适宜气体速度在起始流化速度与带出速度之间。
- ④ 真空干燥的主要优点是（ C ）。
- (A) 省钱                      (B) 干燥速率缓慢
- (C) 能避免物料发生不利反应
- (D) 能避免表面硬化

二、某常压下操作的空气流程如图所示，干燥器 A、B 是理想干燥器，且知：

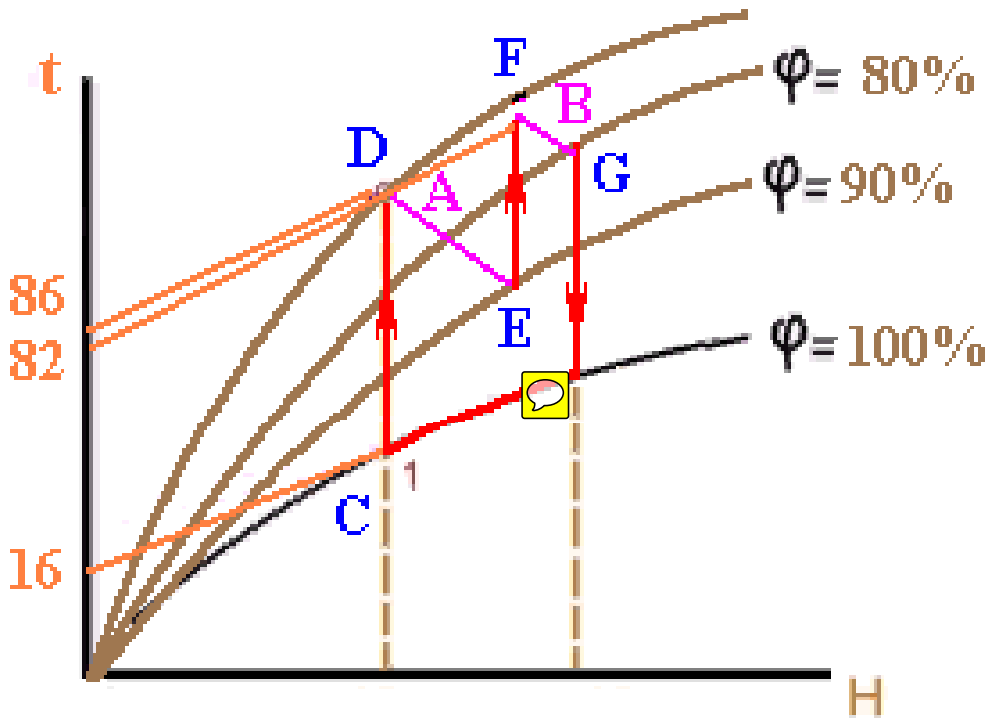
$t/^\circ\text{C}$	16	82	86
$p_s/\text{kPa}$	1.8168	51.33	60.50

试求：

- (1) 试在 I-H 图上画出上述操作过程的空气状态点变化示意图；
- (2) 求第一加热器中给每 kg 干气及所带水汽所提供的热量；



(1)



(2)对第一加热器

∴入口 $t = 16^\circ\text{C}$ 且饱和(从冷凝器中出来)

$$\therefore p = p_s = 1.8168 \text{ (kPa)}$$

$$H = 0.622 \frac{p_s}{p - p_s} = 0.622 \frac{1.8168}{101.325 - 1.8168}$$
$$= 0.01136 \left( \frac{\text{kg水}}{\text{kg干气}} \right)$$

向每Kg干气提供的热量为焓变 $I_1 - I_2$

$$\text{入口} \quad I_1 = (1.01 + 1.88H_1)t_1 + 2500H_1$$

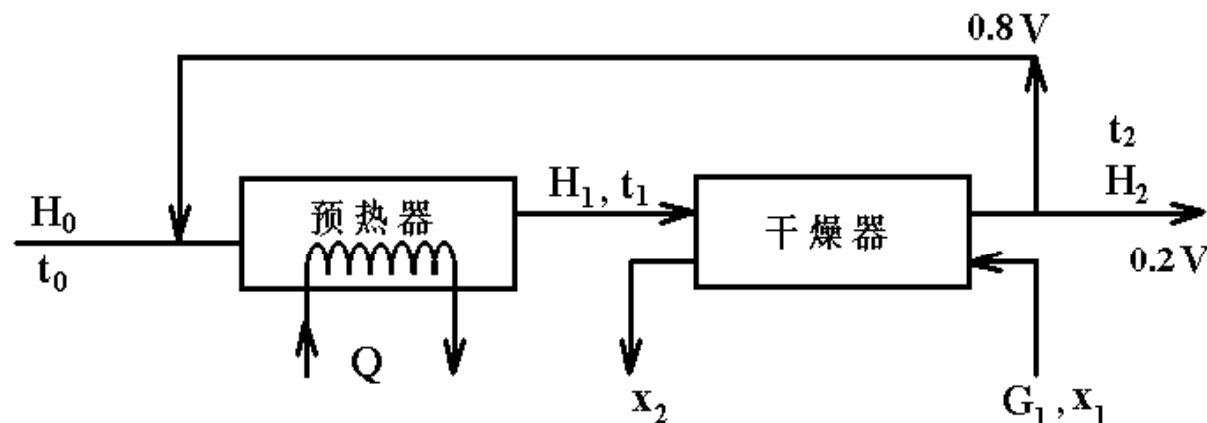
$$\text{出口} \quad I_2 = (1.01 + 1.88H_2)t_2 + 2500H_2$$

$$\because H_1 = H_2$$

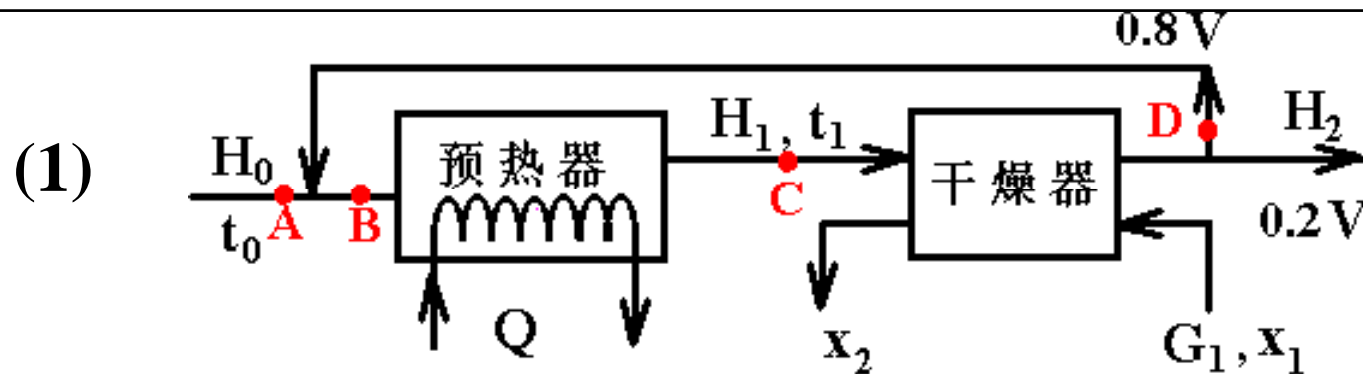
$$\begin{aligned}\therefore I_1 - I_2 &= 1.01(t_2 - t_1) + 1.88H(t_2 - t_1) \\ &= 1.01(86 - 16) + 1.88 \times 0.01136 \times (86 - 16) \\ &= 70.7 + 1.49 \approx 72.2 \quad (\text{kJ/kg干气})\end{aligned}$$

三、在常压，理想干燥器中，将处理量为 $0.4\text{kg/s}$ 的湿物料自含水量为 $40\%$ 干燥到 $5\%$ (均为湿基)。采用废气循环操作，干燥器出口气体中 $80\%$ 作循环使用，流程如图所示。已知新鲜空气： $H_0=0.01\text{kg/kg}$ 干气， $t_0=20^\circ\text{C}$ ；废气： $H_2=0.08\text{kg/kg}$ 干气， $t_2=50^\circ\text{C}$ ，忽略预热器的热损失。问：

- 1.混合气湿度 $H_1$ 等于多少 $\text{kg/kg}$ 干气？
- 2.定性绘制湿空气状态在I-H图中的变化过程；
- 3.预热器的供热量为多少 $\text{kJ/s}$ ？







$$X_1 = \frac{x_1}{1 - x_1} = \frac{0.4}{1 - 0.4} = 0.667$$

$$X_2 = \frac{x_2}{1 - x_2} = \frac{0.05}{1 - 0.05} = 0.0526$$

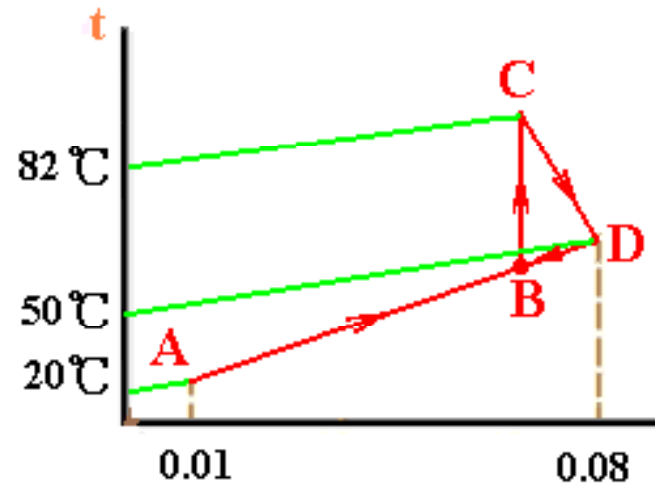
$$G_c = G_1(1 - x_1) = 0.4 \times (1 - 0.4) = 0.24(\text{kg干料} / \text{s})$$

$$W = G_c \cdot (X_1 - X_2) = 0.24 \times (0.667 - 0.0526) \\ = 0.1474(\text{kg水} / \text{s})$$

$$\begin{cases} V_B = V_A + V_D \\ V_B H_B = V_A H_0 + V_D H_2 \end{cases}$$

$$H_1 = H_B = 0.2 \times 0.01 + 0.8 \times 0.08 = 0.066(\text{kg汽} / \text{kg干气})$$

$$(2) \quad \frac{V_A}{V_D} = \frac{\overline{BD}}{\overline{AB}} = \frac{1}{4}$$



$$(3) \quad \therefore W = V'(H_2 - H_0) = G_c(X_1 - X_2)$$

$$V' = \frac{0.24(0.667 - 0.053)}{0.08 - 0.01} = 2.12(\text{kg干气} / \text{s})$$

$$Q = V'(I_2 - I_0)$$

$$I_2 = (1.01 + 1.88H_2)t_2 + 2500H_2 = 258(\text{kg} / \text{kg干气})$$

$$I_0 = (1.01 + 1.88H_0)t_0 + 2500H_1 = 45.6(\text{kg} / \text{kg干气})$$

$$\therefore Q = 2.12 \times (258 - 45.6) = 450(\text{kJ} / \text{s})$$

四、在恒定干燥条件下进行干燥实验已测得 $t=50^{\circ}\text{C}$ ,  $j=70\%$ 。气体平行流过物料表面, 水分只从物料表面上汽化。物料由含水量 $X_1$ 变到 $X_2$ , 干燥处于恒速阶段所需干燥时间 $\tau=1$ 小时, 问:

- (1) 若其它条件不变, 只是介质的温度变为 $t'=80^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度变为 $j'=20\%$ , 干燥仍然全部处于恒速阶段求所需干燥时间 $\tau'$ 。
- (2) 若其它条件不变只是物料处理量增加, 使物料厚度增加一倍, 汽化表面积不变, 且仍然全部处于恒速阶段, 求所需干燥时间 $\tau''$ 。

注: 水的汽化潜热可由下式计算:

$$r=2491.27-2.30285t$$

式中  $r$ —汽化潜热,  $\text{kJ/kg}$ ;

$t$ —汽化温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

(空气的I-H图见教材图13-4)

解： (1)  $t = 50^{\circ}C, \phi = 70\%$

查I—H图

$$t_w = 43.7^{\circ}C$$

$$\therefore r_w = f(t_w) = f(43.7^{\circ}C) = 2391(kJ / kg)$$

$$t' = 80^{\circ}C, \phi' = 20\%$$

查I—H图

$$t_w' = 48.3^{\circ}C$$

$$\therefore r_w' = f(t_w') = f(48.3^{\circ}C) = 2380(kJ / kg)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} N_A = \frac{\alpha}{r_w} (t - t_w) \\ \tau = \frac{W}{N_A A} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{W r_w}{\alpha (t - t_w) A}$$

$$\therefore \frac{\tau'}{\tau} = \frac{r_w' (t - t_w)}{r_w (t' - t_w')} = \frac{2380 \times (50 - 43.7)}{2391 \times (80 - 48.3)} = 0.198$$

$$\therefore \tau' = 0.198 \tau = 0.198 (hr)$$

$$(2) \quad W = G_c (X_1 - X_2)$$

$$\text{面积一定时} \quad G_c \propto \delta \Rightarrow W \propto \delta$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{W}{N_A A} \propto \delta$$

$$\tau'' = \frac{G_c''}{A N_A} (X_1 - X_2) = \frac{2G_c}{A N_A} (X_1 - X_2)$$

$$\therefore \tau'' = 2\tau = 2(hr)$$