

二、填空题（共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

11. 宽度为 a 、长宽比为 2:1 的长方形截面通道，其当量直径 d_e 为 $(\frac{4}{3}a)$ 。
12. 离心泵在启动前，应将泵壳和吸入管内（充满液体），否则离心泵会发生（气缚）现象。
13. 球形颗粒在静止流体中作重力沉降，应该经历（加速运动和等速运动）两个阶段。沉降速度是指（等速运动）阶段颗粒相对于流体的运动速度。
14. 在滤饼过滤中，真正发挥拦截颗粒作用的是（滤饼层），而不是（过滤介质）。
15. 努塞尔准数 Nu 的意义为表示（对流传热系数）的准数，普兰特准数 Pr 的意义为表示（物性影响）的准数
16. 精馏过程，对于一定的分离任务来说，当回流比为 (∞) 时，所需理论板数为最少，此种操作称为（全回流）。
17. 吸收过程中， K_y 是以 $(Y - Y^*)$ 为推动力的总吸收系数，它的单位是 $(kmol/(m^2 \cdot s))$ 。
18. 在相同条件下将筛板塔、泡罩塔及浮阀塔进行比较，操作弹性最大的是（浮阀塔），单板压降最大的是（泡罩塔）。
19. 对于干球温度为 t 、湿度为 H 的湿空气，若降低温度 t ，则其相应的露点温度 t_d 会（不变），湿球温度 t_w 会（降低）。
20. 当某物料的干燥过程存在较长的降速阶段时，气流干燥器和流化床干燥器两者中选用（流化床干燥器）较为有利，原因是（降速阶段干燥速率慢，需要较长的干燥时间，流化床干燥器可获得足够的停留时间）。

三、判断题（填√和×）（共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

21. 在计算突然扩大及突然缩小的局部阻力时，公式中的流体流速应该采用大管中的流速。（ × ）
22. 用 U 管压力计测量水平管路中两点间的压强差，其压差值只与读数 R 和两流体的密度差有关，而与 U 管的粗细、长短无关。（ √ ）
23. 对于并联管路，任一支管的阻力损失和摩擦系数均相等。（ × ）
24. 离心分离因数是指颗粒所在位置上的惯性离心力场强度与重力场强度之比。提高离心机分离因数 K_c 的基本途径是增加转鼓的转速。（ √ ）
25. 连续过滤机中进行的过滤都是恒压过滤，间歇过滤机中的过滤也多为恒压过滤。（ √ ）
26. 在高温炉炉门前设置隔热挡板是减少热辐射散热的有效方法，挡板材料的黑度越高，辐射散热量则越少。（ × ）
27. 精馏操作中，当 F 、 x_F 一定时，只要规定分离程度 x_D 和 x_w ，则 D 和 W 也就被确定了。（ √ ）
28. 用水吸收空气中微量的氨，在一定的温度和压强下，只要用水量足够小，接触时间足够长，就应该能得到很浓的氨水。（ × ）
29. 当增加塔板间距时，性能负荷图中液沫夹带线向下移。（ × ）
30. 在一定的温度下，物料中的结合水分与非结合水分的划分只与物料本身的性质有关，而与空气状态无关。（ √ ）

三、计算题（总共 6 小题）（任选作 5 小题并注明题号，多选将按 31-35 小题计分，每小
题 18 分，共 90 分）

31. 解答：

(1)吸入管内的流速为多少？

取贮槽液面为 1-1' 截面，泵入口处为 2-2' 截面，排出管内侧（入喷头前）处为 3-3' 截面。

(1 分)

在液面 1-1' 和 2-2' 之间列柏努利方程：

$$gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} + We = gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + \Sigma h_f \quad (2 \text{ 分})$$

其中： $p_1 = 0$ （表压）， $p_2 = -3 \times 10^4 \text{ Pa}$ （表压）； $u_1 = 0$ ， $u_2 = u$ ； $z_1 = 0$ ， $z_2 = 2$ ； $We = 0$ ；

$$\Sigma h_f = 2u^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{则有： } 2g - \frac{3 \times 10^4}{10^3} + 2.5u^2 = 0 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得：吸入管内的流速 } u = 2.04 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

(2)单位质量流体所获得的能量 We 为多少？

在液面 1-1' 和截面 3-3' 之间列柏努利方程：

$$gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} + We = gz_3 + \frac{p_3}{\rho} + \frac{u_3^2}{2} + \Sigma h_{f1} + \Sigma h_{f2} \quad (2 \text{ 分})$$

其中： $z_1 = 0$ ， $z_3 = 16$ ； $p_1 = 0$ （表压）， $p_3 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ （表压）； $u_1 = 0$ ， $u_3 = u$ ； $\Sigma h_{f1} = 2u^2$ ，

$$\Sigma h_{f2} = 10u^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{则有： } We = 16g + \frac{1 \times 10^5}{10^3} + 12.5u^2 = 309 \text{ J/kg} \quad (3 \text{ 分})$$

(3)离心泵的有效功率 Ne 为多少？

$$\text{管道直径： } d = 0.076 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{质量流量： } w_s = uA\rho = 2.04 \times 0.785 \times 0.076^2 \times 1000 = 9.25 \text{ kg/s} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{有效功率： } Ne = We w_s = 309 \times 9.25 = 2858 \text{ W} = 2.86 \text{ kW} \quad (2 \text{ 分})$$

32. 解答:

(1)过滤面积和框内总容积各为多少?

$$\text{过滤面积: } A = 2LBZ = 2 \times 0.81 \times 0.81 \times 37 = 48.6 \text{ m}^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{框内总容积: } V_s = LB\delta Z = 0.81 \times 0.81 \times 0.025 \times 37 = 0.607 \text{ m}^3 \quad (2 \text{ 分})$$

(2)滤框充满滤饼时所需过滤时间 θ 为多少?

$$\text{恒压过滤方程: } (q + q_e)^2 = K(\theta + \theta_e) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{则有: } (0.15 + 0.01)^2 = 10^{-4} \times (\theta + 1) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\theta = 255 \text{ s} \quad (1 \text{ 分})$$

(3)洗涤时间 θ_w 为多少?

$$\theta_w = \frac{8(q + q_e)q_w}{K} = \frac{8 \times (0.15 + 0.01) \times 0.15}{5 \times 10^{-4}} = 384 \text{ s} \quad (4 \text{ 分})$$

(4)若辅助时间 $\theta_D = 15 \text{ min}$, 过滤机的生产能力 Q 为多少?

$$Q = \frac{3600V}{\theta + \theta_w + \theta_D} = \frac{3600qA}{\theta + \theta_w + \theta_D} = \frac{3600 \times 0.15 \times 48.6}{255 + 384 + 15 \times 60} = 17.1 \text{ m}^3/\text{h} \quad (5 \text{ 分})$$

33. 解答:

(1)换热器的传热面积 A 为多少?

$$A = n\pi d_o l = 26 \times 3.14 \times 0.025 \times 2 = 4.08 \text{ m}^2 \quad (3 \text{ 分})$$

(2)换热器的总传热系数 K 为多少?

本题为一侧恒温的传热过程, 热量衡算关系为:

$$Q = KA\Delta t_m = W_h r = W_c c_{pc}(t_2 - t_1) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{其中: } \frac{1}{K} = \frac{d_o}{\alpha_i d_i} + \frac{1}{\alpha_o} \quad (\text{忽略管壁和污垢热阻}) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{依题意: } \frac{d_o}{\alpha_i d_i} = 6 \times \frac{1}{\alpha_o} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{故有: } K = \frac{\alpha_o}{7} = \frac{11000}{7} = 1571 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (2 \text{ 分})$$

(3)被加热流体的出口温度 t_2 为多少?

$$\text{对数平均温差: } \Delta t_m = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = \frac{(119.6 - 25) - (119.6 - t_2)}{\ln \frac{119.6 - 25}{119.6 - t_2}} = \frac{t_2 - 25}{\ln \frac{94.6}{119.6 - t_2}} \quad (3 \text{ 分})$$

$$\text{由 } KA\Delta t_m = W_c c_{pc}(t_2 - t_1) \text{ 则有:} \quad (1 \text{ 分})$$

$$1571 \times 4.08 \times \frac{t_2 - 25}{\ln \frac{94.6}{119.6 - t_2}} = \frac{18.6 \times 10^3}{3600} \times 1.76 \times 10^3 \times (t_2 - 25) \quad (3 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } t_2 = 72.8 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1 \text{ 分})$$

34. 解答:

(1) 馏出液组成 x_D 和流量 D 各为多少?

$$\text{已知: } F = 100 \text{ kmol/h}, x_F = 0.5, \frac{D \cdot x_D}{F \cdot x_F} = 0.9 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{由精馏段操作线方程 } y_{n+1} = \frac{R}{R+1} x_n + \frac{x_D}{R+1} \text{ 与题给方程比较可知:} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\frac{R}{R+1} = 0.8, \text{ 可得 } R - 0.8R = 0.8, \text{ 解得: } R = 4 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{由精馏段操作线方程知 } \frac{x_D}{R+1} = 0.19, \text{ 代入 } R = 4 \text{ 得:}$$

$$x_D = 0.19 \times (4+1) = 0.95 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{由 } \frac{D \cdot x_D}{F \cdot x_F} = 0.9 \text{ 可得: } D = \frac{0.9F \cdot x_F}{x_D} = \frac{0.9 \times 100 \times 0.5}{0.95} = 47.37 \text{ kmol/h} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 釜残液组成 x_W 和流量 W 各为多少?

由全塔物料衡算 $F = D + W$ 可得:

$$100 = 47.37 + W \quad (2 \text{ 分})$$

由全塔易挥发组分物料衡算 $F \cdot x_F = D \cdot x_D + W \cdot x_W$ 可得:

$$100 \times 0.5 = 47.37 \times 0.95 + W \cdot x_W \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } W = 100 - 47.37 = 52.63 \text{ kmol/h} \quad (2 \text{ 分})$$

$$x_W = (100 \times 0.5 - 47.37 \times 0.95) / W = \frac{50 - 45}{52.63} = 0.095 \text{ kmol/h} \quad (2 \text{ 分})$$

35. 解答:

(1)尾气中氨的浓度 Y_2 为多少?(以摩尔比表示)

已知: $y_1 = 0.03$, $X_2 = 0$, $L = 1.2L_{\min}$, $Y^* = X$, $m = 1.2$ (1分)

$$Y_1 = \frac{y_1}{1 - y_1} = \frac{0.03}{1 - 0.03} = 0.0309 \quad (1分)$$

$$X_1^* = \frac{Y_1}{1.2} = \frac{0.0309}{1.2} = 0.0258 \quad (1分)$$

由 $L = V$ 和 $L = 1.2L_{\min} = 1.2V \frac{Y_1 - Y_2}{X_1^* - X_2}$, 解得: $Y_2 = 0.0094$ (2分)

(2)填料层高度为多少?

填料层高度: $Z = H_{OG} N_{OG}$

已知: $H_{OG} = 0.6 m$

又: $N_{OG} = \frac{Y_1 - Y_2}{\Delta Y_m}$ (1分)

$$\Delta Y_m = \frac{\Delta Y_1 - \Delta Y_2}{\ln \frac{\Delta Y_1}{\Delta Y_2}} = \frac{(Y_1 - Y_1^*) - (Y_2 - Y_2^*)}{\ln \frac{Y_1 - Y_1^*}{Y_2 - Y_2^*}} = \frac{(Y_1 - mX_1) - (Y_2 - mX_2)}{\ln \frac{Y_1 - mX_1}{Y_2 - mX_2}} \quad (2分)$$

出塔液组成: $X_1 = \frac{V(Y_1 - Y_2)}{L} + X_2 = Y_1 - Y_2 = 0.0309 - 0.0094 = 0.0215$ (2分)

$$Y_1 - mX_1 = 0.0309 - 1.2 \times 0.0215 = 0.0051$$

$$Y_2 - mX_2 = Y_2 - 0 = 0.0092 \quad (1分)$$

故有: $\Delta Y_m = \frac{0.0051 - 0.0092}{\ln \frac{0.0051}{0.0092}} = 0.00695$ (2分)

则: $N_{OG} = \frac{Y_1 - Y_2}{\Delta Y_m} = \frac{0.0309 - 0.0092}{0.00695} = 3.12$ (2分)

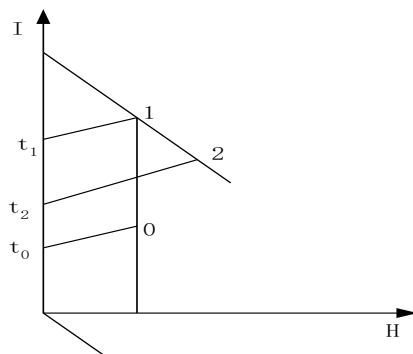
$$Z = H_{OG} N_{OG} = 0.6 \times 3.12 = 1.87 m \quad (1分)$$

(3)此吸收塔的回收率为多少?

$$\text{回收率: } \eta = \frac{Y_1 - Y_2}{Y_1} = \frac{0.0309 - 0.0092}{0.0309} = 70.23\% \quad (2分)$$

36. 解答:

(1)画出湿空气在 $H-I$ 图上的状态变化过程示意图



附图 空气状态变化图

(5 分)

(2)蒸发水分量 W 为多少?

由方程式: $W = G_2 \frac{w_1 - w_2}{1 - w_1}$

(2 分)

解得: $W = G_2 \frac{w_1 - w_2}{1 - w_1} = 1000 \times \frac{0.12 - 0.03}{1 - 0.12} = 102.3 \text{ kg/h}$

(2 分)

(3)空气用量为多少?

$\because$ 空气在干燥器为等焓过程 $I_1 = I_2$

(1 分)

$H_1 = H_0 = 0.01 \text{ kg 水/kg 绝干气}$, $t_1 = 70^\circ\text{C}$, $t_2 = 45^\circ\text{C}$

(2 分)

$\therefore$ 查 $H-I$ 图得: $H_2 = 0.02 \text{ kg 水/kg 绝干气}$

(3 分)

由: $L = W / (H_2 - H_1)$

(1 分)

解得: $L = W / (H_2 - H_1) = 102.3 / (0.02 - 0.01) = 10230 \text{ kg 绝干气/h}$

(2 分)