

湘潭大学 2015 年硕士研究生入学考试初试试题答案

考试科目名称及代码：857 化工原理（二）

适 用 专 业：专业方向 01-06

注意：①所有答题一律写在答题纸上，不抄题但需注明题号，否则无效。

②本套试题共四大题 36 小题，卷面共 4 页。

③答题过程可使用计算器和绘图工具。

④计算题 31~36 共 6 小题，任选作 5 小题并注明题号，多选无效！

一、单项选择题（共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

1. 冷液体在圆管内流动，当该液体被加热时，边界层的速度梯度将（ B ）。
A 减少 B 增大 C 不变 D 不确定
2. 蒸发器每小时将 1000 kg/h 的 NaCl 水溶液由质量分数为 5% 浓缩至 30%，则浓缩液的量是（ A ）
A 166.7 kg/h B 50 kg/h C 300 kg/h D 833.3 kg/h
3. 离心泵的气蚀余量越小，则其抗气蚀能力（ A ）。
A 越强 B 越弱 C 不确定
4. 颗粒的形状越不规则，则其形状系数越（ B ）。
A 大 B 小 C 不确定
5. 一小圆铁球，在空气中按斯托克斯定律沉降，若空气温度降低，则其沉降速度将（ D ）。
A 增大 B 减小 C 不变 D 不确定
6. 穿过三层平壁的稳定传热过程，温度分布如图 1 所示，则第一层热阻 R_1 与第二、三层热阻 R_2 、 R_3 的大小关系为（ A ）。

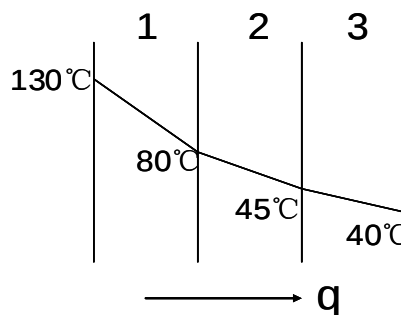


图 1

7. 已知黑体 A 的表面温度为 27°C，黑体 B 的表面温度 627°C，黑体 B 的辐射能力为黑体 A 的（ C ）倍。
A 9 B 23.2 C 81 D 539

8. 精馏的操作线是直线，主要基于（ C ）的原因。
 A 理论板假定 B 理想物系 C 恒摩尔流假定 D 塔顶泡点回流
9. 通常所讨论的吸收操作中，当吸收剂用量趋于最小用量时，完成一定的分率（ D ）。
 A 回收率趋向最高 B 吸收推动力趋向最大
 C 操作最为经济 D 填料层高度趋向无穷大。
10. 某精馏塔操作时，若进料量、进料浓度、进料热状态，精馏段上升的蒸汽量不变，仅增加回流比 R，则此时塔顶产品量 D 将（ C ），塔顶产品浓度将（ A ）。
 A 增加 B 不变 C 减少 D 不确定

二、填空题（共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

11. 如图 2 所示，流体从储槽向管内流动，稳态流动，当阀门关小时，管内 A 点处的总势能将（增加），管内 B 点处的总势能将（减小）。

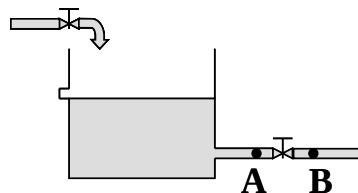


图 2

12. 离心泵启动前应先将出口阀（关闭），其原因是（减小启动电流，保护电机）。
13. 由三支管组成的并联管路，各支管的长度和摩擦系数都相等，已知管径比 $d_1:d_2:d_3=1:2:3$ ，则流量比 $V_{S1}:V_{S2}:V_{S3}$ 为（ $1:4\sqrt{2}:9\sqrt{3}$ ）。
14. 在管壳式换热器中用饱和水蒸汽加热冷空气，则传热管的壁温接近（饱和水蒸汽）的温度；换热器总传热系数 K 将接近（冷空气）的对流传热膜系数。
15. 根据有无补偿或补偿方法不同，列管式热器的一般结构型式有（固定管板式）、（U 形管式）、（浮头式）。
16. 板式塔和填料塔比较，生产能力大的是（填料塔），压力减小的是（填料塔）。
17. 试比较某精馏塔中第 n, n+1 层理论板上参数的大小（理论板的序数由塔顶向下数起），即：
 y_{n+1} （ < ） y_n ， t_{n+1} （ > ） t_n 。（填 >，=，<）
18. 漂流因子反映（总体流动）对传质的影响。当混合气体中组分 A 的浓度很低时，漂流因子（约等于 1）。
19. 为了提高干燥器的热效率，一般采取（提高）空气离开干燥器的湿度而（降低）空气离开干燥器的温度等措施。（填提高或降低）
20. 某干燥器采用废气循环操作，新鲜空气耗量为 50kg 绝干气/h，尾气的循环量为 200 kg 绝干气/h，且已知新鲜空气的湿度为 0.012 kg 水/kg 绝干气，与尾气混合后的湿度为 0.042 kg 水/kg 绝干气，则尾气的湿度为（0.0495）kg 水/kg 绝干气。

三、判断题（填√和×）（共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

21. 孔板流量计是文丘里流量计的改进，其压头损失比文氏流量计小得多。（ × ）
22. 当量直径可用来计算非园形管的雷诺数也可用来计算流体在非园形管内的流速。（ × ）
23. 若洗涤压差与过滤压差相等，洗水粘度与滤液粘度相同时，对转筒真空过滤机来说，洗涤速率等于过滤终了速度。（ √ ）
24. 为提高离心机的分离效率，通常采用大直径，高转速的转鼓。（ × ）
25. 无相变的折流和错流换热器，其平均温度差 Δt_m 都比逆流时小。（ √ ）
26. 恒摩尔流假定主要前提是两组分的分子汽化潜热相近，它只适用于理想物系。（ × ）
27. 对于溶解度甚小的气体吸收，为强化吸收过程，则应从减小气膜阻力入手，其效果才明显。（ × ）
28. 评价塔板结构时，塔板效率越高，塔板压降越低，操作弹性大，则该种结构越好。（ √ ）
29. 泛点气速是填料吸收塔空塔速度的上限。（ √ ）
30. 湿度又称湿含量，湿度值的大小可以用来判断该湿空气能否作为干燥介质。（ × ）

四、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. 如图 3 所示，用离心泵将池中 20℃清水送到高位槽 2，管路总长度（包括局部阻力当量长度）为 120 m，泵的吸入段管长为 40 m，管子内径为 50 mm，摩擦系数 $\lambda=0.024$ ，要求输水量为 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ，泵的效率为 80%，试求：

（1）泵的轴功率；（12 分）

（2）若操作条件下泵的允许吸上真空度 $H_s = 4.5 \text{ m}$ ，泵的安装高度是否合适？（6 分）

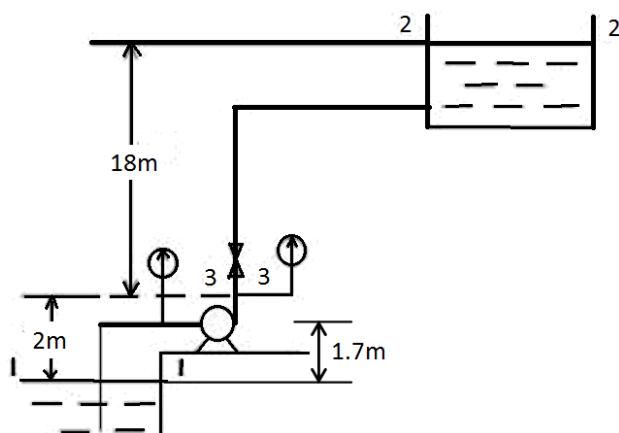


图 3

解：（1）从截面 1 到截面 2 列伯努利方程：

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + H_e = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + \sum H_f \quad (2 \text{ 分})$$

$$Z_1 = 0 \quad Z_2 = 20m \quad p_1 = p_2 = 0 \quad u_1 = u_2 = 0 \quad (3 \text{ 分})$$

$$u = \frac{V}{A} = \frac{10/3600}{0.785 \times (0.05)^2} = 1.415(m/s) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\sum H_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{u^2}{2g} = 0.024 \frac{120}{0.05} \frac{(1.415)^2}{2 \times 9.81} = 5.878(m) \quad (2 \text{ 分})$$

$$H_e = 25.878(m) \quad (1 \text{ 分})$$

$$N = \frac{N_e}{\eta} = \frac{H_e Q \rho g}{\eta} = \frac{25.878 \times 10/3600 \times 1000 \times 9.81}{0.8} = 881(W) \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) H_{f0-1} = \lambda \frac{l}{d} \frac{u^2}{2g} = 0.024 \frac{40}{0.05} \frac{(1.415)^2}{2 \times 9.81} = 1.96(m) \quad (2 \text{ 分})$$

$$H_g = H_s - \frac{u_1^2}{2g} - H_{f0-1} = 4.5 - \frac{(1.415)^2}{2 \times 9.81} - 1.96 = 2.44(m) \quad (3 \text{ 分})$$

合适 (1 分)

32. 用一台 BMS50/810-25 型板框压滤机过滤悬浮液，滤框尺寸为 $810\text{mm} \times 810\text{mm} \times 25\text{mm}$ ，共 38 个框。已知操作条件下的过滤常数 $K = 2.72 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ， $q_e = 3.45 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{m}^2$ ，过滤 1 m^3 悬浮液可以获得 0.1367 m^3 滤饼。洗水温度及表压与滤浆的相同。试求：

（1）过滤至滤框内全部充满滤饼所需的时间及所得的滤液体积；（14 分）

（2）过滤完毕用 0.8 m^3 清水洗涤滤饼，则需多少洗涤时间。（4 分）

解：（1） $V_e = 0.81 \times 0.81 \times 0.025 \times 38 = 0.6233(\text{m}^3)$ (2 分)

$$v = \frac{0.1367}{1 - 0.1367} = 0.1584 \quad (2 \text{ 分})$$

$$V = \frac{V_e}{v} = \frac{0.6233}{0.1584} = 3.935 \text{m}^3 \quad (1 \text{ 分})$$

$$A = 0.81^2 \times 2 \times 38 = 49.86 \text{m}^2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$q = \frac{V}{A} = 0.07892 \text{m}^3/\text{m}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$q^2 + 2q_e q = K\theta$$

$$(0.07892)^2 + 2 \times 0.07892 \times 0.00345 = 2.72 \times 10^{-5} \theta \quad (4 \text{ 分})$$

$$\theta = 249\text{s} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) \left(\frac{dV}{d\theta}\right)_w = \frac{1}{4} \left(\frac{dV}{d\theta}\right)_E = \frac{KA^2}{8(V + V_e)} = \frac{KA}{8(q + q_e)} = 2.058 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\theta_w = V_w / \left(\frac{dV}{d\theta}\right)_w = 0.8 / (2.058 \times 10^{-3}) = 389\text{s} \quad (2 \text{ 分})$$

33. 某厂在一内管尺寸为 $\phi 57 \times 3.5\text{mm}$ 的套管式换热器内用冷却水冷凝饱和甲苯蒸汽。壳程的甲苯蒸汽流量为 2500kg/h ，饱和冷却温度为 110°C ，冷凝液于饱和温度下直接排出，甲苯汽化潜热为 365kJ/kg ，甲苯冷凝传热膜系数为 $6000\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 。冷却水进口温度为 20°C ，流量为 7500kg/h ，比容热为 $4.18\text{kJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ，对流传热系数为 $2500\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 。热损失及管壁、垢层热阻均可忽略。试求：

(1) 冷却水的出口温度；(5 分)

(2) 对数平均温差；(4 分)

(3) 换热器套管长度。(9 分)

解：甲苯蒸汽冷凝放出热量：

$$Q = m_h r_h = 2500/3600 \times 365 \times 1000 = 2.535 \times 10^5 (J/s) \quad (3 \text{ 分})$$

冷却水的出口温度：

$$Q = m_c c_{pc} (t_2 - t_1) = 7500/3600 \times 4.18 \times 1000 \times (t_2 - 20) = 2.535 \times 10^5 (J/s)$$

$$\therefore t_2 = 49.1^\circ\text{C} \quad (3 \text{ 分})$$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln(\Delta t_1 / \Delta t_2)} = \frac{(110 - 20) - (110 - 49.1)}{\ln[(110 - 20)/(110 - 49.1)]} = 74.5(^\circ\text{C}) \quad (4 \text{ 分})$$

$$\frac{1}{K_0} = \frac{1}{\alpha_h} + \frac{d_0}{\alpha_c d_i} = \frac{1}{6000} + \frac{57}{2500 \times 50} = 6.222 \times 10^{-4}$$

求总传热系数

$$K_0 = 1606\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad (4 \text{ 分})$$

$$\text{传热面积： } A_0 = Q / K_0 \Delta t_m = 2.535 \times 10^5 / (1606 \times 74.5) = 2.12(\text{m}^2) \quad (3 \text{ 分})$$

$$\text{套管长度： } L = A_0 / \pi d_0 = 2.12 / (0.057\pi) = 11.8(\text{m}) \quad (3 \text{ 分})$$

34. 某苯与甲苯精馏塔进料量为 1200kmol/h ，摩尔浓度为 0.5，塔顶采用全凝器，泡点回流。工艺要求塔顶产品浓度不低于 0.9，塔釜浓度不大于 0.1(皆为摩尔分率)，泡点进料，间接蒸汽加热，回流比为 2，相对挥发度为 2.46。试求：

(1) 当满足以上工艺要求时，塔顶、塔底产品量各为多少， kmol/h ？(6 分)

(2) 塔顶采出量能达到 700kmol/h 行吗？当采出量为 700kmol/h 时，馏出液能达到的最大浓度又为多少？(4 分)

(3) 从塔顶数起第 2 块理论塔板上升气相中苯的浓度。(8 分)

$$\text{解：(1) } F = D + W \quad 1200 = D + W \quad (2 \text{ 分})$$

$$F x_F = D x_D + W x_W \quad 1200 \times 0.5 = D \times 0.9 + W \times 0.1 \quad (2 \text{ 分})$$

$$D = 600(\text{kmol/h}) \quad W = 600(\text{kmol/h}) \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) \quad 700 \times 0.9 = 630(\text{kmol/h}) \quad 1200 \times 0.5 = 600(\text{kmol/h}) \quad \frac{1200 \times 0.5}{700} = 0.857$$

塔顶采出量不能达到 700kmol/h 。当采出量为 700kmol/h 时，馏出液能达到的最大浓度为 0.857。 (4 分)

$$(3) y_{n+1} = \frac{R}{R+1} x_n + \frac{x_D}{R+1} = \frac{2}{3} x_n + 0.3 \quad (2 \text{ 分})$$

$$y_n = \frac{\alpha x_n}{1 + (\alpha - 1)x_n} = \frac{2.46x_n}{1 + 1.46x_n} \quad (2 \text{ 分})$$

$$y_1 = x_D = 0.9 \quad x_1 = 0.785 \quad (2 \text{ 分})$$

$$y_2 = \frac{2}{3} x_n + 0.3 = \frac{2}{3} \times 0.785 + 0.3 = 0.823 \quad (2 \text{ 分})$$

35. 已知原料气流量 V 为 200 kmol/h , 甲醇的含量 Y_1 为 0.05 (摩尔比), 现用清水吸收其中的甲醇, 所得吸收液中甲醇的浓度 X_1 为平衡条件下的 80% (mol), 操作条件下的平衡关系为: $Y = 1.25X$, 实验测得该系统的气相体积传质总系数 K_{ya} 为 $400 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{h}$ 。若工艺要求甲醇的吸收率 φ 达到 90% , 试求:

(1) 出口尾气的组成 Y_2 ; (2 分)

(2) 吸收剂用量 L , kg/h ; (8 分)

(3) 若塔径 D_T 为 1.25 m , 所需填料层高度 H , m 。(8 分)

$$\text{解: (1) } Y_2 = Y_1(1 - \varphi) = 0.05 \times (1 - 0.9) = 0.005 \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) X_1^* = \frac{Y_1}{1.25} = \frac{0.05}{1.25} = 0.04 \quad (2 \text{ 分})$$

$$X_1 = 0.8X_1^* = 0.8 \times 0.04 = 0.032 \quad (2 \text{ 分})$$

$$V(Y_1 - Y_2) = L(X_1 - X_2) \quad (2 \text{ 分})$$

$$200(0.05 - 0.005) = L(0.032 - 0) \quad L = 281.25 (\text{kmol/h}) \quad (2 \text{ 分})$$

$$(3) \Delta Y_m = \frac{(Y_1 - Y_1^*) - (Y_2 - Y_2^*)}{\ln \frac{Y_1 - Y_1^*}{Y_2 - Y_2^*}} = \frac{(0.05 - 1.25 \times 0.032) - (0.005 - 0)}{\ln \frac{0.05 - 1.25 \times 0.032}{0.005 - 0}} = 0.01371 \quad (2 \text{ 分})$$

$$N_{OG} = \frac{Y_1 - Y_2}{\Delta Y_m} = \frac{0.05 - 0.005}{0.01371} = 3.28 \quad (2 \text{ 分})$$

$$H_{OG} = \frac{V}{K_{ya} \Omega} = \frac{200}{400 \times \frac{\pi}{4} (1.25)^2} = 0.408 (\text{m}) \quad (2 \text{ 分})$$

$$Z = H_{OG} \cdot N_{OG} = 0.408 \times 3.28 = 1.34 (\text{m}) \quad (2 \text{ 分})$$

36. 某湿物料在恒定干燥条件下进行间歇干燥, 已知物料的临界含水量 X_c 为 0.15 kg/(kg 绝干料) , 平衡含水量 X^* 为 0.04 kg/(kg 绝干料) , 且降速干燥阶段的干燥速率曲线为直线。物料的干基含水量原为 0.45 kg/(kg 绝干料) , 经干燥 1 小时后, 含水量降至 0.25 kg/(kg 绝干料) , 试求:

若要将物料的干基含水量降至 0.05 kg/kg 绝干料 , 还需多长干燥时间? (18 分)

解: 干燥 1 小时水含量待遇临界含水量, 属于恒速干燥 (3 分)

$$\tau_1 = \frac{G'}{U_c S (X_1 - X_1')} \quad 1 = \frac{G'}{U_c \times 3} (0.45 - 0.25) \quad (3 \text{ 分})$$

$$\frac{G'}{U_c \times 3} = 5 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\tau_1' = \frac{G'}{U_c S} (X_1' - X_c) = 5(0.25 - 0.015) = 0.5(h) \quad (3 \text{ 分})$$

$$\tau_2 = \frac{G'}{S} \frac{X_c - X^*}{U_c} \ln \frac{X_c - X^*}{X_2 - X^*} = 5(0.15 - 0.04) \ln \frac{0.15 - 0.04}{0.05 - 0.04} = 1.32(h) \quad (5 \text{ 分})$$

$$\tau = \tau_1' + \tau_2 = 1.82h \quad (2 \text{ 分})$$