

1999 年石油大学(华东)化工原理考研试题

注意：全部答案均需写在答题纸上，否则无效。

一、填空及选择题（共 40 分）：

1. 理想流体在一条水平圆管中作稳定流动，则直径大的截面比直径小的截面比位能_____，比静压能_____，比动能_____。

A. 大 B. 小 C. 相等

2. 原用以输送水的离心泵，现改用来输送密度为水的 1.2 倍的水溶液，水溶液的其它性质视为与水的相同。若管路布局等都不改变，则泵的流量将_____，扬程将_____，泵出口处的压强将_____。

A. 增大 B. 减小 C. 不变

3. 已知钢质圆管（外半径为 r_1 ）外两层不等厚（ $b_1 < b_2$ ）保温材料的温度分布曲线如图所示，则 A 层导热系数_____ B 层导热系数。

A. 大于 B. 小于 C. 等于

等于

4. 根据列管换热器中流体流径选择的一般原则，下列流体应走管程还是壳程？

① 具有腐蚀性、高温、高压的流体：_____；

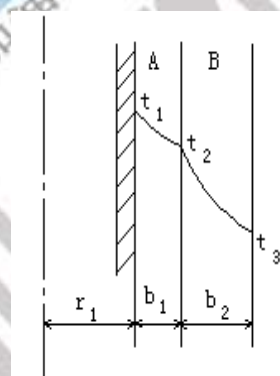
② 粘度大、流量小的流体：_____。

A. 管程 B. 壳程 C. 管程或壳程均可

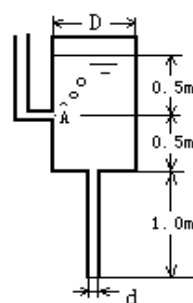
5. 含低浓度溶质的气体在逆流吸收塔中进行吸收操作，若其它操作条件不变，而入口气体量增加，则对于气膜控制系统：其出口气体组成 y_a 将_____，出口液体组成 y_b 将_____，溶质回收率将_____。

A. 增大 B. 减小 C. 不变

6. 在图示的封闭容器中盛有深度为 1 m 的水，容器侧壁在水深 0.5 m 的 A 处接一细管，细管一端通大气，容器底部接一垂直管，管长 1 m，容器内径与垂直管内径比 $D/d = 50$ 。若忽略流动阻力，则容器中的水流出一半所需的时间为_____秒。



第 3 题图



第 6 题图

7. 粘度的物理意义是_____。若某流体的粘度为 μ cP, 密度为 ρ kg/m³, 则其运动粘度为_____cSt。

8. 流化床出现下列异常情况时, 可能是什么原因造成的?

①床层实际压降比理论计算值低: _____;

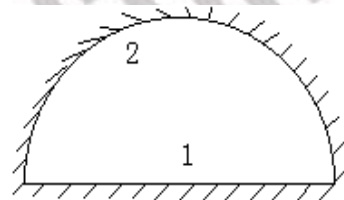
②床层压降波动幅度较大: _____。

9. 欲用降尘室净化温度为 20 °C、流量为 2500 m³/h 的常压空气, 空气中所需除去的最小颗粒的沉降速度为 5×10^{-3} m/s。已知降尘室长 5 m、宽 2 m、高 2 m, 则室内需设_____块隔板。

10. 转筒真空过滤机的转鼓在操作时大致可分为_____、_____、_____及_____四个区域。是_____这一部件使过滤室在不同部位时, 能自动进行相应的不同操作。

11. 冷热两流体通过套管换热器进行换热, 热流体走内管, 处于湍流状态。现将该套管换热器的内管内径缩至原来的 1/2, 假设热流体的流量及物性不发生变化, 则热流体侧的对流传热膜系数变为原来的_____倍。

12. 如图, 1 表面为平面, 2 表面为半球面, 二者构成一封闭表面, 则角系数 ψ_{12} = _____, ψ_{21} = _____。



第 12 题图

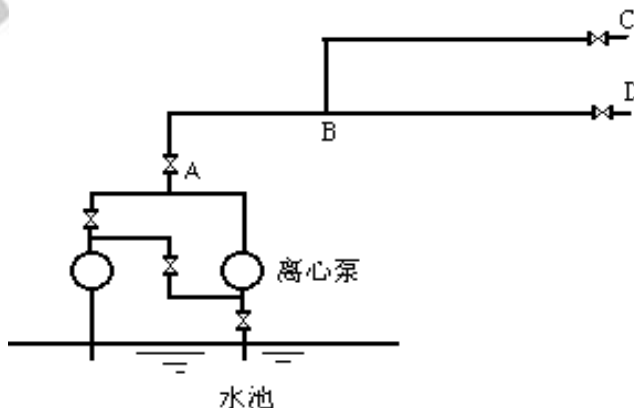
13. 在萃取操作中, 分配系数是指_____;
选择性系数是指_____。

14. 直接水蒸汽加热的精馏塔适用于_____的情况。直接水蒸汽加热与间接水蒸汽加热相比, 当 x_D 、 x_F 、 R 、 q 、 α 及回收率相同时, 其所需理论板数要_____ (多、少或相等)。

15. 雾沫夹带是指_____的现象。正常操作的板式塔, 雾沫夹带量应控制为_____kg 液/kg 气。影响雾沫夹带的主要因素是_____。

二、计算题 (共 60 分)

1. (15 分) 如图所示为一供水系统, 水池及两分支管出口均通大气, 两分支管路在同一水平面上, 距水池液面 10 m。



管路中装有两台规格相同的离心泵，单台泵的特性曲线可表示为：

$$H = 40 - 4 \times 10^{-5} Q^2 \quad (H \text{—扬程, m; } Q \text{—流量, m}^3/\text{s})$$

适当地关闭、开启阀门，两台泵既可单独工作，又可串联或并联工作。假设管

内流动均处于阻力平方区，管路中各管段的有关数据为：

管段	总管长 $\Sigma (l+l_e)$, m	管径 d , mm	摩擦系数 λ
A B	50	100	0.015
B C	80	50	0.02
B D	60	50	0.02

水池至 A 之间的连接管路的阻力损失可忽略。试确定：

- ①采用单台泵供水时 B C、B D 段的流量， m^3/h ；
 - ②关闭 B C 段的阀门，采用两台泵串联组合进行供水时水的流量为多少？
2. (10 分) 通过一列管换热器， 110°C 的饱和蒸汽在壳程被冷凝为 110°C 的水，一定流量的空气以湍流状态流过管程由 30°C 被加热至 50°C 。现因空气的流量增加，致使其出口温度降低了 3°C 。换热器的管壁及污垢热阻可忽略，不计热损失。试求：
- ①空气流量为原来的多少倍？
 - ②冷凝水的产生量为原来的多少倍？
- (提示：可以运用控制热阻的概念。)
3. (15 分) 某生产过程中产生两股含有 HCl 的混合气体，一股流量 $G_1 = 0.015 \text{ kmol/s}$ ，HCl 的浓度 $y_{G1} = 0.04$ (摩尔分率)，另一股流量 $G_2 = 0.015 \text{ kmol/s}$ ，HCl 的浓度 $y_{G2} = 0.02$ (摩尔分率)。今拟用一个吸收塔回收两股气体中的 HCl，总回收率不低于 85%，所用吸收剂为 20°C 的纯水，亨利系数 $E = 2.786 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，操作压强为常压，则：
- ①将两股物料混合后由吸收塔塔底入塔，最少吸收剂用量为多少？
 - ②若空塔气速取 0.5 m/s ，此气速下 $K_y a = 8 \times 10^{-3} \text{ kmol}/(\text{s} \cdot \text{m}^3)$ ，实际液气比取最小液气比的 1.2 倍，混合进料时所需塔高为多少？
 - ③若将第一股物料由吸收塔塔底入塔，第二股物料在最佳位置加入塔内，最少吸收剂用量变为多少？
4. (10 分) 用连续精馏塔分离某二元混合物，塔顶采用全凝器，要求塔顶产品组成 $x_D = 0.94$ (摩尔分率，下同)，塔底产品组成 $x_W = 0.04$ ， q 线方程为 $y = 6x - 3$ ，操作回流比为最小回流比的 1.2 倍，操作条件下的相对挥发度 $\alpha = 1.2$ ，试求：
- ①进料的组成；
 - ②塔顶产品采出率 D/F ；
 - ③通过实验测得该塔精馏段中相邻两层塔板上上升蒸汽的组成分别为 0.85、0.858，试计算其中一层塔板的 Murphree 板效率。
5. (10 分) 实验室中在 100 kPa 的压差下对某种悬浮液进行过滤实验，测得 $q_e = 0.01 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ， $K = 1.936 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ，滤饼不可压缩。今采用一台直径 1.5 m 、长 10 m 的转筒真空过滤机处理此种料浆，所用滤布与实验时的相同，转筒的浸没角为 120° ，转速为 0.5 转/分 ，操作真空度为 80 kPa 。试求该过滤机的生产能力为多少？以 $(\text{m}^3 \text{ 滤液}/\text{h})$ 表示。

石油大学(华东)

一九九九年硕士研究生入学考试《化工原理》试题答案

一、 填空及选择题 (共 40 分, 选择题每题 2 分, 填空题每题 3 分):

1. C、A、B
2. C、C、A
3. A
4. A、B
5. A、A、B
6. 2 3 0.4
7. 单位接触面积、单位速度梯度时内摩擦力大小; $1000 \mu/\rho$
8. 床层存在沟流; 床层发生节涌。
9. 1 3
10. 过滤、洗涤及洗干、卸渣、滤布再生; 分配头。
11. 3.48
12. 1, 0.5
13. 溶质在互成平衡的萃取相和萃余相中的组成比; 萃取相中溶质与稀释剂的组成之比同萃余相中溶质与稀释剂的组成之比的比值。
14. 所处理的物料为水溶液, 水为重组分, 塔底产品近于纯水; 多。
15. 气体通过塔板上的液层后, 将部分较小的液滴夹带至上层塔板的现象; 板间距、空塔气速、气液相的物性等 (答出两个因素即可)。

二、计算题 (共 60 分)

1. (15 分)

解: ①(10 分) 下面分别以 u 、 u_1 、 u_2 表示 A B 段、B C 段、B D 段的流速。

由水池液面至 B 面、再至 D 或 C 面列柏氏方程, 有:

$$H_e = 10 + u_1^2/2g + H_{fAB} + H_{fBC} = 10 + u_2^2/2g + H_{fAB} + H_{fBD} \quad (a)$$

其中: $H_{fAB} = 0.015 \times (50/0.1) \times (u^2/2g) = 7.5(u^2/2g)$

$$H_{fBC} = 0.02 \times (80/0.05) \times (u_1^2/2g) = 32(u_1^2/2g)$$

$$H_{fBD} = 0.02 \times (60/0.05) \times (u_2^2/2g) = 24(u_2^2/2g)$$

由 B 面至 C 面、B 面至 D 面列柏氏方程得:

$$u_2^2/2g + H_{fBD} = u_1^2/2g + H_{fBC} \quad \text{即: } 33(u_1^2/2g) = 25(u_2^2/2g)$$

$$\text{或 } u_2 = 1.149 u_1 \quad (b)$$

$$\text{同时: } V_{AB} = V_{BC} + V_{BD} \quad \text{即: } 0.1^2 u = 0.05^2 (u_1 + u_2) \quad (c)$$

由 b、c 两式: $u_1 = 1.861u$

$$\begin{aligned} \text{从而: } H_e &= 10 + u_1^2/2g + H_{fAB} + H_{fBC} = 10 + 7.5(u^2/2g) + 33(u_1^2/2g) \\ &= 10 + 6.207u^2 \end{aligned} \quad (e)$$

(e) 式即为管路的特性曲线方程。

$$\begin{aligned} \text{泵的特性曲线方程: } H &= 40 - 4 \times 10^{-5} Q^2 = 40 - 4 \times 10^{-5} (0.785 \times 0.1^2 u)^2 \\ &= 40 - 24.65u^2 \end{aligned} \quad (f)$$

联解(e)、(f)得: $u = 0.986 \text{ m/s}$, $u_1 = 1.835 \text{ m/s}$, $u_2 = 2.108 \text{ m/s}$

$$V_{BC} = 0.785 \times 0.05^2 \times 1.835 = 0.00360 \text{ m}^3/\text{s} = 13.0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{BD}=0.785 \times 0.05^2 \times 2.108=0.00414\text{m}^3/\text{s}=14.9\text{m}^3/\text{h}$$

② (5分) 管路特性曲线: $H_e=10+H_{fAB}+H_{fBD}+u_{BD}^2/2g=10+7.5(u^2/2g)+25\{(4u)^2/2g\}$
 $=10+20.77u^2$

串联时泵的特性曲线: $H=2(40-4 \times 10^5 Q^2)=80-49.30u^2$

$H=H_e$ 解得: $u=1.00\text{m/s}$

$V=0.785 \times 0.1^2 \times 1.123=0.00785\text{m}^3/\text{s}=28.3\text{m}^3/\text{h}$

2. (10分)

解: 一侧有相变化, $\alpha_o \gg \alpha_i$, 管壁及污垢热阻可忽略, 不计热损失, 故:

$$K \approx \alpha_i$$

空气流量增加前: $Q=mC_p(50-30)=KA \Delta t_m$

空气流量增加后: $Q=mC_p(47-30)=K'A \Delta t_m'$

$$\Delta t_m=(80+60)/2=70^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_m'=(80+63)/2=71.5^\circ\text{C}$$

$$Q/Q'=20\text{m}/(17\text{m}')=70\text{K}/(71.5\text{K}')$$

湍流状态: $\alpha_i \propto m^{0.8}$ 即 $K \propto m^{0.8}$, 所以:

$$Q/Q'=20\text{m}/(17\text{m}')=70\text{K}^{0.8}/(71.5\text{K}'^{0.8})$$

$$m'/m=2.505, Q/Q'=2.130$$

$$(m'/m)_{\text{water}}=Q/Q'=2.130$$

3. (15分)

① (5分) $m=E/P=2.786/1.103=2.75$

混合气体的组成 $y_1=(y_{G1}+y_{G2})/2=(0.04+0.02)/2=0.03$

混合气体的流量 $G=G_1+G_2=0.03\text{kmol/s}$

气体出口浓度 $y_2=(1-\eta) y_1=(1-0.85) \times 0.03=0.0045$

$$(L/G)_{\min}=(y_1-y_2)/(y_1/m)=(0.03-0.0045)/(0.03/2.75)=2.3375$$

$$L_{\min}=2.3375G=2.3375 \times 0.03=0.0701\text{kmol/s}$$

② (6分)

混合气 $V=22.4 \times 0.03 \times 293/273=0.721\text{m}^3/\text{s}$

塔径 $D=[4V/(\pi u)]^{0.5}=[4 \times 0.721/(3.14 \times 0.5)]^{0.5}=1.335\text{m}$

$$(L/G)=1.2(L/G)_{\min}=1.2 \times 2.3375=2.805$$

$$x_1=(y_1-y_2)G/L+x_2=(0.03-0.0045)/2.805=0.00909$$

$$\Delta y_1=y_1-mx_1=0.03-2.75 \times 0.00909=0.005$$

$$\Delta y_2=y_2-mx_2=0.0045$$

$$\Delta y_m=(0.005-0.0045)/2=0.00475$$

$$Z=\frac{0.03}{8 \times 10^{-3} \times 0.785 \times 1.335^2} \times \frac{0.03-0.0045}{0.00475}$$

$$=14.4\text{m}$$

③ (4分) 两股气体分别进塔时, 塔下半部液气比大于上半部, 操作线首先在中间加料处与平衡线相交。

$$(L/G)_{\min}=(0.02-0.0045)/(0.02/2.75)=2.1312$$

$$L_{\min}=2.1312G=2.1312 \times 0.03=0.0639\text{kmol/s}$$

4. (10分)

① (3分) $q/(q-1)=6$ $q=1.2$

$$x_F/(q-1) = x_F/0.2 = 3 \quad x_F = 0.6$$

② (2分) $0.6F = 0.04(F-D) + 0.94D$

$$D/F = 0.622$$

③ (5分) 由 $y=6x-3$ 及 $y=1.2x/(1+0.2x)$ 得: $x=0.6085$ $y=0.6510$

$$R_{\min} = (0.94 - 0.6510) / (0.6510 - 0.6085) = 6.8$$

$$Y_{n+1} = 0.8718x_n + 0.1205$$

$$0.85 = 0.8718x_n + 0.1205$$

$$x_n = 0.8368 \quad y_n^* = 0.8602$$

$$E_M = (0.858 - 0.85) / (0.8602 - 0.85) = 0.784$$

5. (10分)

恒压过滤, $s=0, K \propto \Delta P$

$$K = 1.936 \times 10^{-4} \times 8/10 = 1.5488 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\tau_e = q_e^2 / K = 0.01^2 / 1.5488 \times 10^{-4} = 0.65 \text{ s}$$

$$\tau = \phi / n = 40 \text{ s}$$

$$(q + q_e)^2 = K(\tau + \tau_e)$$

$$\therefore q = [1.5488 \times 10^{-4} (40 + 0.65)]^{0.5} - 0.01 = 0.0693 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$V = Aq = \pi D l q = 3.14 \times 1.5 \times 10 \times 0.0693 = 3.264 \text{ m}^3$$

$$T = 120 \text{ s}$$

$$Q = V/T = 3.264/120 = 0.0272 \text{ m}^3/\text{s} = 97.9 \text{ m}^3/\text{h}$$