

2000 年硕士学位研究生入学试题

共 (2) 页

第 (1) 页

考试科目: 化工原理

一、概念题 (20 分)

$$\frac{600 \times 12600}{1000} = 8160 \text{ mm Hg} = 8.16 \text{ m}$$

① 某蒸发装置的水喷射冷凝器, 操作真空度为 600mmHg, 则水封高度 $h = 8.16$ m (水的密度 1000 kg/m^3).

2. 一输油管输送 $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 0.135 \text{ Pas}$ 的油品, 管内径为 0.05m, 流速为 1.5m/s, 则管内的速度分布侧形为 抛物线形.

3. 离心通风机的全风压等于 ()

- (A) 静风压加通风机出口的动压 (B) 离心通风机出口与进口间的压差
(C) 离心通风机出口的压力 (D) 动风压加静风压

④ 离心泵的允许吸上真空高度与以下因素无关 () $H_s = \frac{P_0 - P_1}{\rho g}$

- (A) 当地大气压力 (B) 输送液体的温度 (C) 流量 (D) 泵的吸入管路的长度

5. 在长 L , 高 H 的降尘室中, 颗粒的沉降速度为 u_i , 气体通过降尘室的水平流速为 u , 则颗粒能在降尘室内分离的条件是: $L/u \geq H/u_i$.

- (A) $L/u < H/u_i$; (B) $L/u \geq H/u_i$; (C) $L/u_i \geq H/u$; (D) $L/u_i < H/u$

⑥ “在离心机中回转半径越大, 分离因数越大”, “在旋风分离器中回转半径越大, 分离因数越大”. $K_c = \frac{u^2 R}{g} = \frac{u^2}{gR}$

- (A) 只有第一种说法对 (B) 只有第二种说法对 (C) 两种说法都对 (D) 两种说法都不对

7. 回转真空过滤机生产能力为 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ (滤液)。现将转速降低一半, 其他条件不变, 则其生产能力应为 $3.54 \text{ m}^3/\text{h}$.

- (A) $5 \text{ m}^3/\text{h}$ (B) $2.5 \text{ m}^3/\text{h}$ (C) $10 \text{ m}^3/\text{h}$ (D) $3.54 \text{ m}^3/\text{h}$

8. 对恒压过滤 滤液体积增大一倍则过滤时间增大为原来的 $\sqrt{2}$ 倍.

- (A) 滤液体积增大一倍则过滤时间增大为原来的 $\sqrt{2}$ 倍;
(B) 当介质阻力不计时, 滤液体积增大一倍, 则过滤时间增大至原来的 $\sqrt{2}$ 倍;
(C) 滤液体积增大一倍则过滤时间增大至原来的 4 倍;
(D) 滤液体积增大一倍则过滤时间增大至原来的 2 倍.

9. 对在蒸汽-空气间壁换热过程中, 为强化传热, 下列方案中的 在工程上可行.

- (A) 提高空气流速. (B) 提高蒸汽流速.
(C) 采用过热蒸汽以提高蒸汽温度. (D) 在蒸汽一侧管壁上加装翅片, 增加冷凝面积并及时导走冷凝液.

10. 某锅炉的铸铁炉门温度很高, 因辐射而散失热量。采取以下措施是正确的:

- (A) 在炉门外侧加铺一层保温层; (B) 在炉门内侧加铺一层保温层;
(C) 在炉门外 50mm 处安装一块与炉门同样大小的铝板; (D) 将炉门换成热导率较低的材料.

⑪ 用逆流操作的吸收塔处理含低浓度溶质的混合气体, 如保持其他操作条件不变, 仅增加入塔气体流量, 对气膜控制系统, 则出口气体组成将 增高, 出口液体组成将 增高, 吸收率将 降低.
(增高, 降低, 不变, 不能确定)

⑫ 精馏操作中, 若把进料液的温度降低, 在保持其他条件不变的情况下, 可使塔顶产品浓度 上升.

⑬ 精馏设计中, 回流比越大, 所需理论板数越少, 操作能耗 越多. 随着回流比的逐渐增大, 操作费和设备费的总和将呈现 先降后升 变化过程.

14. 一定湿度 H 的气体, 总压 p 加大时, 露点温度 不变. 而当气体温度 t 升高时, 则 不变.

15. 以下两小题中选做一题:

15A. 在多级逆流萃取中, 欲达到同样的分离程度, 溶剂比愈大, 则所需理论级数愈 少. 当溶剂比为最小值时, 理论级数为 无穷大.

15B. 蒸发操作中的总温度差损失除了由于管道内流体流动阻力产生的压降所引起的温度差损失外, 还包括 再沸器 和 冷凝器.

2000年硕士学位研究生入学试题

共(2)页

第(2)页

二、(20分)用某离心泵从敞口水池将20℃水(密度1000kg/m³)输送到冷凝器中。在一定转速下,泵的压头与流量的关系可用 $H=25-4 \times 10^3 Q^2$ (H单位为m, Q单位为m³/s)来表示。管路系统的总长为60m(包括所有局部阻力的当量长度),管径为φ46mm×3mm, 升扬高度为15m, 冷凝器水入口处表压为9.81kPa, 摩擦因数可取为0.02, 流动已达阻力平方区。试计算:(1)实际输水量;(2)若因生产需要,水的流量需增加一倍,为完成生产任务,将泵的转速增加50%,求转速增加后泵的特性方程;(3)转速增加后的实际输水量。[注:根据比例定律,离心泵的流量与转速成正比,压头与转速的平方成正比。]

三、(20分)某精馏塔的再沸器由14根长1.5m,直径为φ45mm×2.5mm的不锈钢管组成,每小时能将100kg液体气化。管外用106℃饱和水蒸汽加热,管内液体的平均温度为98℃,气化潜热为2200kJ/kg。如果已知管外侧冷凝传热的表面传热系数为10000W/(m²K), 不锈钢的热导率为17W/(mK), 污垢热阻可以忽略不计。试求:(1)传热系数K;(2)管内沸腾传热的表面传热系数α_i;(3)如果将加热蒸汽的温度增加到110℃,则此再沸器的生产能力将为多少。[注:层流时的冷凝传热表面传热系数 $\alpha_o = 1.13 \left(\frac{r \rho^2 g \lambda^3}{\mu \Delta T} \right)^{1/4}$, 物性常数可视为不变。]

四、(20分)用一连续精馏塔分离某二元混合物。进料热状态为汽、液混合物,其中蒸汽量占1/2(mol%), 进料组成 x_F 为0.5(mol%), 料液在合适位置入塔。已知相对挥发度 $\alpha=2.5$, 精馏段操作线方程为 $y=0.77x+0.22$, 塔顶采用全凝器, 泡点回流。试求:(1)进料汽、液组成;(2)塔顶产品组成 x_D ;(3)离开自塔顶起第二块理论板的液相组成 x_2 ;(4)若加料状态改为泡点进料,且 x_D 、 x_w 及理论板数不变,此时加料浓度应为多少?

五、(20分)空气中混有2%(体积%)的NH₃, 当总压 $p=1\text{atm}$, $t=20^\circ\text{C}$ 时,在某填料塔内用清水逆流吸收。水流量为1200kg/m²h, 出塔浓度 $X_1=0.01216\text{ kmol NH}_3/\text{kmol H}_2\text{O}$, 进口处气体流量为1200kg/m²h, 设20℃时亨利系数 $E=0.76\text{atm}$, 已知 K_a 为 $154\text{ kmol NH}_3/\text{m}^2\text{h atm}$, 试计算:(1)填料层高度 Z ;(2)若操作压强增大一倍, $p'=2\text{atm}$, 其他条件不变, $Z'/Z=?$ [注:相对分子质量 NH₃—17, 空气—29, H₂O—18]

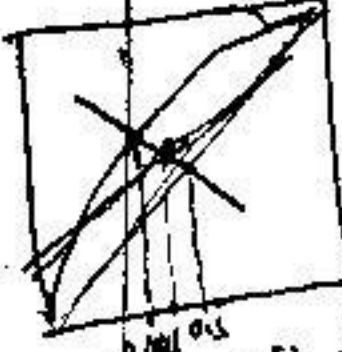
四. 解: (1) 以1mol进料计算. $1 \times 0.5 = 0.5x + 0.5y$. 又 $y = \frac{2.5x}{1+1.5x}$ 结合求得 $x=0.387, y=0.613$.

(2) $y = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_D}{R+1} = 0.77x + 0.22$ (3) 全凝器: $x_D = y_1 = 0.957$.

$\therefore \begin{cases} \frac{R}{R+1} = 0.77 \\ \frac{x_D}{R+1} = 0.22 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R = 3.35 \\ x_D = 0.957 \end{cases}$

$y_1 = \frac{2.5x_1}{1+1.5x_1} \Rightarrow x_1 = 0.899$

$y_2 = 0.77x_1 + 0.22 = 0.912 \Rightarrow x_2 = 0.806$



(4) 最初进料组成 $y = \frac{0.5}{0.5-1}x + \frac{x_F}{0.5-1} = -x + 1$. 联立 $y = -x + 1$ 与 $y = 0.77x + 0.22$ 交点为进料组成. 精馏段与交点即进料点, 求得 $x=0.441$. \therefore 改为泡点进料后, 进料组成为泡点组成. \therefore 进料 $x_F = 0.441$.

五. 解: (1) $Y_1 = \frac{2}{100-2} = 0.0204, \frac{L}{G} = \frac{1200}{18} = 66.7\text{ kmol/m}^2\text{h}$. $\bar{M} = 17 \times 2\% + 29 \times 98\% = 28.76$.

$\therefore \frac{V}{G} = \frac{1200 \times (1-2\%)}{28.76} = 40.9\text{ kmol/m}^2\text{h}$. $HOG = \frac{V}{K_y a \Delta p} = \frac{40.9}{154 \times 1} = 0.266\text{ m}$. $K_y a = K_a \cdot p \cdot \Delta p = K_a \cdot \Delta p$

$M = \frac{E}{p} = \frac{0.76}{1} = 0.76, S = \frac{mV}{L} = \frac{0.76 \times 40.9}{66.7} = 0.466$. 物料平衡 $Y_2 = Y_1 - \frac{L}{V} X_1 = 0.0204 - \frac{66.7}{40.9} \times 0.01216 = 0.00057$.

$NOG = \frac{1}{1-S} \ln \left[(1-S) \frac{Y_1 - Y_2^*}{Y_1 - Y_2} + S \right] = \frac{1}{1-0.466} \ln \left[(1-0.466) \frac{0.0204}{0.00057} + 0.466 \right] = 5.57$.

$\therefore Z = 0.266 \times 5.57 = 1.48\text{ m}$.

(2) $p'=2\text{atm}$ 时 $m' = \frac{1}{2}m = 0.38, S' = \frac{m'V}{L} = \frac{1}{2}S = 0.233, HOG = \frac{V}{K_y a \Delta p} = \frac{V}{K_a \cdot p \cdot \Delta p} = \frac{1}{2} HOG = 0.133$.

$NOG = \frac{1}{1-0.233} \ln \left[(1-0.233) \frac{0.0204}{0.00057} + 0.233 \right] = 4.33$.

$\therefore Z' = HOG' \cdot NOG' = 0.133 \times 4.33 = 0.575\text{ m}$.

$\therefore \frac{Z'}{Z} = \frac{0.575}{1.48} = 0.388$.

三. 解: (1) $Q = Wc \cdot \gamma = 1000 \times 2200 = 2.2 \times 10^5 \text{ kJ/h} = 61.1 \text{ kW}$

$Q = K_i \Delta t \cdot S_i$ $S_i = \pi \cdot 2r_i L = 14 \times 3.14 \times 0.04 \times 1.5 = 2.6376 \text{ m}^2$ $\Delta t = 106 - 98 = 8^\circ\text{C}$

$\therefore K_i = \frac{Q}{S_i \Delta t} = \frac{61.1 \times 10^3}{2.6376 \times 8} = 2895.6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

(2) $\frac{1}{K_i} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{b}{\lambda} \frac{d_i}{d_m} + \frac{1}{\alpha_o} \frac{d_o}{d_o}$ $d_o = 45 \text{ mm}$ $d_m = \frac{0.04 + 0.045}{2} = 0.0425$ $b = r_o - r_i = 0.0025$

$\therefore \frac{1}{2895.6} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{0.0025}{17} \cdot \frac{0.04}{0.0425} + \frac{1}{10000} \cdot \frac{0.04}{0.045}$ $\therefore \alpha_i = 8470.6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

(3) $\Delta t_2 = 110 - 98 = 12^\circ\text{C}$ $\therefore \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{12}{8} = \frac{3}{2}$ $\therefore \alpha_o = 1.13 \left(\frac{\gamma \rho^2 g \lambda^3}{\mu L \Delta t} \right)^{1/4}$ $\therefore \frac{\alpha_{o1}}{\alpha_{o2}} = \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)^{1/4}$

$\therefore \alpha_{o2} = \alpha_{o1} \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)^{1/4} = 10000 \cdot \left(\frac{3}{2} \right)^{1/4} = 9036 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$\therefore \frac{1}{K_{i2}} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{b}{\lambda} \frac{d_i}{d_m} + \frac{1}{\alpha_{o2}} \frac{d_o}{d_o} = \frac{1}{8470.6} + \frac{0.0025}{17} \cdot \frac{0.04}{0.0425} + \frac{1}{9036} \cdot \frac{0.04}{0.045}$

$\therefore K_{i2} = 2818.2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$\therefore Q_2 = K_{i2} S_i \Delta t_{m2} = 2818.2 \times 2.6376 \times 12 = 89199.4 \text{ W} = Wc_2 \cdot \gamma$

$\therefore Wc_2 = \frac{89199.4}{2200} = 40.54 \text{ kg/s} = \frac{40.54 \times 3600}{1000} = 145.94 \text{ kg/h}$

二. 解: (1) $H_e = z + \frac{\Delta p}{\rho g} + \lambda \frac{zL}{d} \frac{u^2}{2g} = 15 + \frac{9.81 \times 10^3}{9.81 \times 1000} + 0.162 \cdot \frac{60}{0.04} \cdot \frac{\left(\frac{0}{2 \times 9.81} \right)^2}{2 \times 9.81}$

$= 16 + 9.7 \times 10^5 Q^2$

\therefore 由 $H = H_e$ 即 $25 - 4 \times 10^5 Q^2 = 16 + 9.7 \times 10^5 Q^2 \Rightarrow Q = 2.56 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$

(2) 由比例定律 $\frac{H'}{H} = \left(\frac{D'}{D} \right)^2 = 2.25$ $\frac{D'}{D} = \frac{H'}{H} = 1.5 \Rightarrow H = \frac{H'}{2.25}$ $Q = \frac{Q'}{1.5}$

代入 $H = 25 - 4 \times 10^5 Q^2$ 得 $\frac{H'}{2.25} = 25 - 4 \times 10^5 \cdot \frac{Q'^2}{2.25} \Rightarrow H' = 56.25 - 4 \times 10^5 Q'^2$

(3) 将 $H = 56.25 - 4 \times 10^5 Q'^2$ 与 $H_e = 16 + 9.7 \times 10^5 Q'^2$ 联立

$\Rightarrow 56.25 - 4 \times 10^5 Q'^2 = 16 + 9.7 \times 10^5 Q'^2 \Rightarrow Q = 5.42 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$