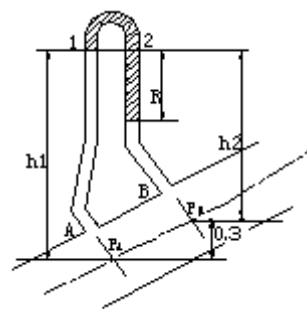


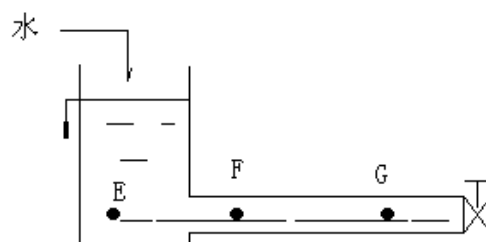
第一章 流体流动

一、综合题

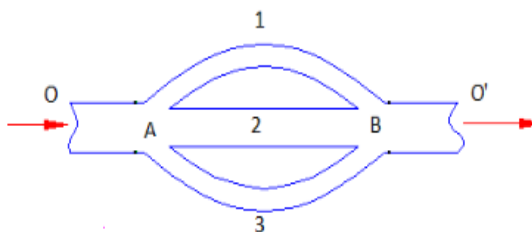
- 1、敞口槽内存有油和水，液面压力为 101.3 kPa ，油层 3m ，密度 900kg/m^3 ；水层 2m ，密度 1000kg/m^3 ；槽底压力表读数为多少 kPa ？
- 2、如图水从倾斜管中流过，在断面 A 和 B 接一空气压差计，其读数 $R=10\text{mm}$ ，两测压点垂直距离 $a=0.3\text{m}$ ，试求 A、B 两点间的压差。



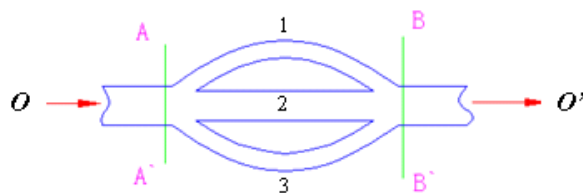
- 3、如图所示，判断当阀门关闭和阀门打开这两种情况下，E、F、G 压力的大小关系。



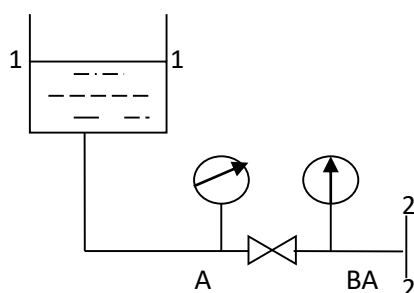
- 4、 90°C 的水流过内径为 20mm 的管道，问水的流速不超过那一数值则流动为层流？若管内流动为 90°C 的空气，则此一数值应为多少？已知水的密度为 965kg/m^3 ，粘度为 $0.315 \times 10^{-3} \text{Pa}\cdot\text{s}$ ，空气的密度为 0.972kg/m^3 ，粘度为 $2.15 \times 10^{-5} \text{Pa}\cdot\text{s}$ 。
- 5、水以 1.8m/s 的速度在内边长为 0.1m 的正方形管内流动，水的密度 1000kg/m^3 ，粘度为 $0.001\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，试判断其流动类型。
- 6、并联管路中， $h_{fOA}=4\text{m}$ ， $h_{fBO}=5\text{m}$ ，支管 2： $d=80\text{mm}$ ， $u=2\text{m/s}$ ， $\lambda=0.02$ ， $\sum l+le=19.62\text{m}$ 。求 h_{f1} 和 $h_{fOO'}$ 。



7、如图，并联管路中， $d_1 = d_3 = 0.5d_2$ ， $l_1 = l_3 = l_2$ （包括局部阻力的当量长度），则三条支路流量关系如何？（假设摩擦系数均相等）



8、如图所示管路，当阀门开度减小时，管内流量、阀门前压力表的变化？要求：有必要的理论分析。



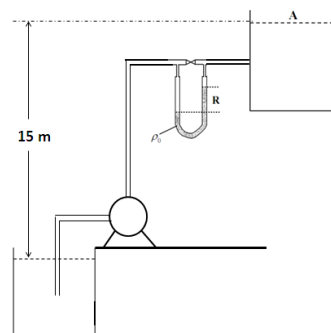
9、某输水管路，保持管径不变，增大流量，则（1）流速_____；（2）雷诺准数_____；（3）流动阻力损失_____。

A. 减小 B. 不变 C. 增大 D. 无法确定

10、矩形截面的长宽比为 2 : 1，长为 a ，当量直径为？

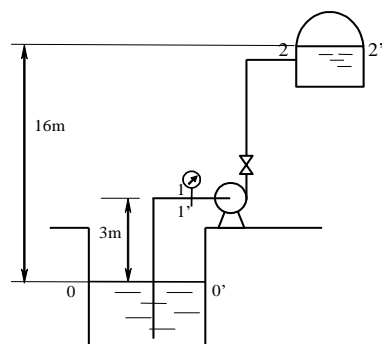
二、计算题

1、如图所示，用泵将水从下槽送至上槽，两槽液位差为 15m，输送管内径为 100mm、长（包括局部阻力当量长度）为 250m、 $\lambda=0.03$ 、压差计读数 $R=0.3\text{m}$ （ $\rho_0=13600\text{kg/m}^3$ ）、阀门阻力系数为 14。试求：（1）管路中的流量；（2）管路所需要的外加能量。

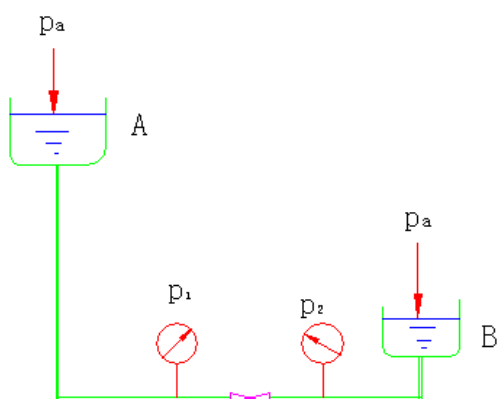


2、用离心泵把密度为 1000kg/m^3 的水从开口贮槽送至表压为 $1.2 \times 10^5\text{Pa}$ 的密闭容

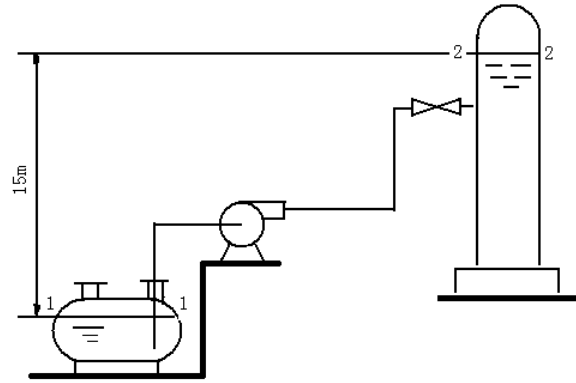
器，贮槽和容器的水位差保持 16m 恒定，各部分相对位置如图所示。管道均为 $\Phi 108 \times 4\text{mm}$ 的钢管，阀门全开，吸入管长为 20m，排出管长为 100m (各段管长均包括所有局部阻力的当量长度)。管路中水流速 2m/s，摩擦系数取 0.025。大气压力 101.3kPa。试求：（1）泵入口处真空表读数；（2）离心泵有效功率。



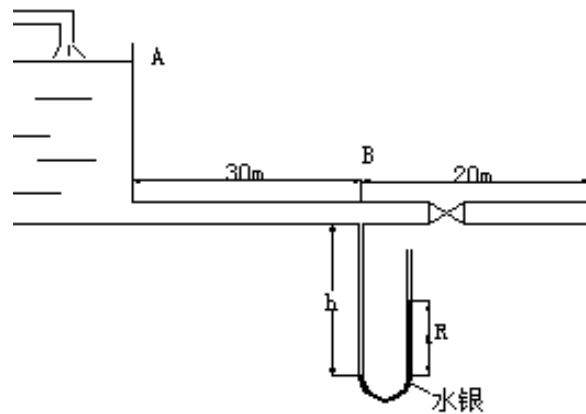
3、粘度为 $0.03\text{Pa}\cdot\text{s}$ 、密度为 900kg/m^3 的油品自容器 A 流过内径 40mm 的管路进入容器 B。两容器均为敞口，液面高度视为不变。管路中有一阀门，阀前管长 50m，阀后管长 20m（均包括所有局部阻力的当量长度）。当阀门全关时，阀前后的压力表读数分别为 8.83kPa 和 4.42kPa。现将阀门打开，阀门局部阻力的当量长度为 30m。试求：（1）A 液面与 B 液面到水平管中心的高度；（2）系统的流动阻力；（3）若流体的流动为层流，求管路中油品的流量。



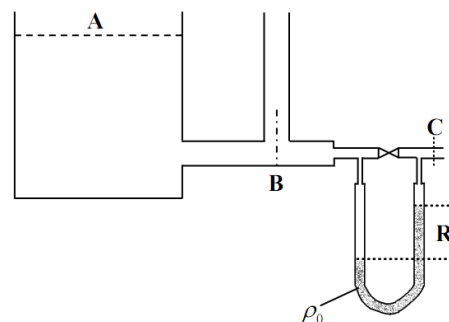
4、常温水由一敞口储罐用泵送入塔内，水的流量为 $20\text{ m}^3/\text{h}$ ，粘度 $\mu=1\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，塔内压力为 196kPa（表压）。泵的吸入管长度为 5m，管径为 $\Phi 108\text{mm} \times 4\text{mm}$ ；泵出口到塔进口之间的管长为 20m，管径为 $\Phi 57\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 。塔进口前的截止阀半开。试求此管路系统输送水所需要的外加机械能。假设管道为光滑管，其摩擦系数由 $\lambda = \frac{0.3164}{\text{Re}^{0.25}}$ 计算； 90° 弯头的当量长度 $l_{e1}=35d$ ，截止阀（半开）的当量长度 $l_{e2}=475d$ ；管入口阻力系数 $\zeta_1=0.5$ ，管出口阻力系数 $\zeta_2=1$ 。



5、如图所示,水从槽底部沿内径为 100mm 的管子流出, 槽中水位稳定; 阀门关闭时得 $R=50\text{cm}$, $h=1.8\text{m}$ 。求 (1)阀门全开时的流量; (2)阀门全开时 B 处的表压(阀全开时 $l/d=15$, 入、出口的阻力系数分别为 0.5 及 1.0, 摩擦系数 $\lambda=0.018$)



6、图示供水系统, 阀门关闭时玻璃管中液面高度 2m (按管中心线计)。阀门开启时, $R=0.5\text{m}$, $\rho_0=13600\text{kg/m}^3$, $\sum h_{f_{A-B}}=1.2\text{m}$, 大管与小管直径比为 2, 阀门的阻力系数为 7.72。试求 (1) 贮槽内液面高度 (按管中心线计); (2) 小管内流速; (3) 阀门开启时玻璃管中的液位高度; (4) 定性分析若阀门开度变小玻璃管内液位如何变化。



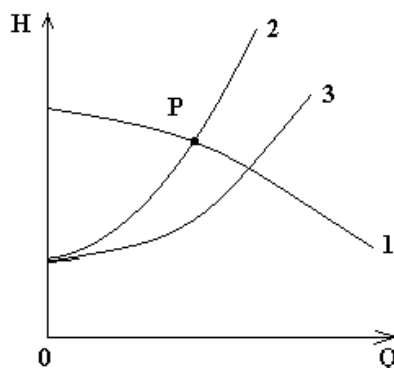
第二章 流体输送机械

一、综合题

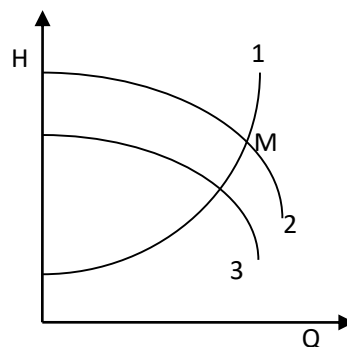
1、离心泵启动前，为什么先灌满泵送液体？

2、造成离心泵发生汽蚀现象的可能原因，至少列举三条加以说明。

3、(1) 指出线 1 与线 2 的交点 P 的物理意义；(2) 若线 2 变为线 3，泵出口阀门开度应如何改变？



4、(1) 试说明图中 1 线、2 线及交点 M 的物理意义；(2) 如何改变转速才能使 2 线变为 3 线；(3) 工作点下的扬程和流量如何变化。



5、已知泵的特性曲线方程 $H_e = 20 - 2Q^2$ ，管路特性曲线方程为 $H = 10 + 8Q^2$ ，式中流量单位为 m^3/min 。试求：(1) 流量与扬程；(2) 若降低离心泵电机转速，则工作时流量与扬程如何变化？

6、某离心泵特性曲线用 $H = 30 - 0.01Q^2$ (m) 表示，当泵的出口阀全开时，管路系统的阻力可用性能曲线 $H_e = 10 + 0.04Q^2$ (m) 表示，上述式中 Q 的单位均为 m^3/h ，求该泵在系统中所提供的最大流量和压头。

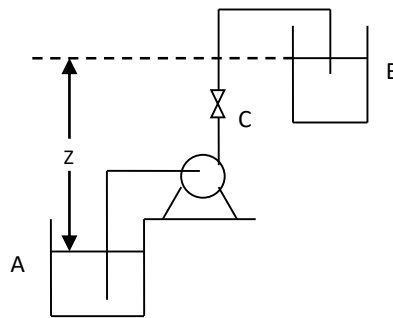
7、用水泵抽送水池中的 20°C 水，已知水的密度 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ ，饱和蒸汽压 2.5 kPa ，大气压力 100 kPa ，所用泵的允许汽蚀余量为 3 m ，吸入管路的压头损失为 1.5 m ，

求水泵的最大安装高度。

8、应如何调节离心泵和往复泵的流量，请分别说明。

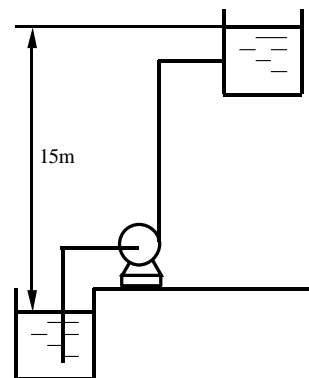
二、计算题

1、如图用泵将密度为 850kg/m^3 的油品自容器 A 输送至容器 B，管路直径为 $\Phi 88 \times 4\text{mm}$ ，总管长（包括局部阻力在内的当量长度） 100m ，若输水量为 $67\text{m}^3/\text{h}$ ， $\lambda=0.025$ 。试求：(1) 总阻力损失；(2) 若泵的特性方程为 $H = 22 - 5.76 \times 10^{-3} Q^2$ ，泵的效率 0.70 ，求泵的轴功率；(3) 两液面高差。



2、如图，将下槽液体用泵送到上槽，两敞口槽内的液面高度差保持 15m 。输送管内直径 100mm ，长 150m ，所有局部阻力的当量长度为 50m ，摩擦因数可取为 0.02 。(1) 试列出管路特性曲线方程；（液体流量 Q ， m^3/h ，外加压头 h_e ， m ）。

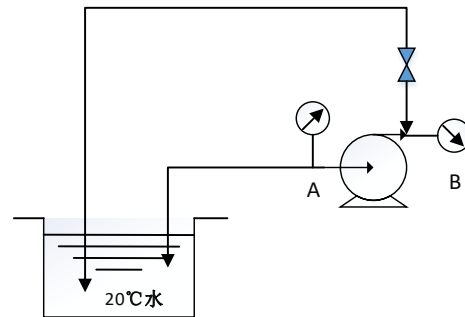
(2) 若所用泵的特性曲线方程为 $H = 35 - 0.02 Q^2$ ，（泵压头 H ， m ，泵流量 Q ， m^3/h ），试求泵的工作流量。



3、用离心泵在管内径为 50mm ，管长为 150m （包括当量长度）的管路中输送水。管路终端总势能比始端总势能高 10m 水柱，两端截面动压头均可忽略。当泵出口阀全开时，流量 $Q = 0.0039\text{m}^3/\text{s}$ ，摩擦因素 $\lambda = 0.03$ 。当阀门全关时，泵出口压强表读数为 3.2atm ，泵进口处真空表读数为 200mm 汞柱。真空表与压强表之间垂直距离可忽略，求：(1) 阀门全开时泵的有效功率；(2) 求泵的特性曲线 $H = A - BQ^2$ （式

中 Q 的单位为 m^3/h 中的 A、B 数值。

4、如图所示循环管路系统，管内径均为 40 mm，摩擦系数为 0.02，吸入管路和压出管路总长为 10 m（包括所有局部阻力的当量长度）。阀门全开时，泵入口真空表 A 读数为 40 kPa，泵出口压力表 B 读数为 108 kPa。离心泵特性曲线方程为 $H=22-B\cdot Q^2$ ，其中 H 以 m 计， Q 以 m^3/h 计。试求：(1) 阀门全开时泵的输水量；(2) B 数值；(3) 现需将流量减小到阀门全开时的 90%，则需降低电机转速为原来转速的多少？



第三章 机械分离与固体流态化

一、综合题

- 1、颗粒的直径 0.06mm ，密度 5000kg/m^3 ，求层流时，在粘度为 $1\text{mPa}\cdot\text{s}$ 水中的自由沉降速度。
- 2、有一个 m 层降尘室，粒子沉降速度为 u_0 ，每一层的沉降面积为 A 。今欲增加 n 块隔板，以提高其生产能力（分离要求不变，隔板厚度影响不计），生产能力增加多少？
- 3、分别写出流体在圆形管内流动的 Re 和沉降时的 Re_0 ，两式中的 d ， u 在意义上有何不同？
- 4、压缩性指数 $s=0.3$ ，若过滤推动力变为原来的 2 倍，则过滤常数 K 变为原来的多少倍？
- 5、简述聚式流化床中两种常见的不正常现象。
- 6、流化床具有类似液体的性质，列举至少三条说明之。

二、计算题

- 1、板框过滤机，共有 20 个框，框的长宽均为 800mm ，恒压过滤某悬浮液，过滤结束滤框充满滤饼，得滤液 8m^3 ，用 0.5m^3 水（与滤液粘度相同）在同样压力下进行横穿洗涤，辅助时间 1h ，过滤常数 $K=3\times 10^{-5}\text{m}^2/\text{s}$ ，过滤介质阻力 $V_e=0.5\text{m}^3$ 。试求：(1) 过滤机的过滤时间；(2) 过滤机的洗涤时间；(3) 过滤机的生产能力。
- 2、用板框压滤机在 200kPa （表压）下，恒压过滤 1h ，滤框充满滤饼，得滤液 4m^3 ，过滤完成用 0.5m^3 水（与滤液粘度相同）在同样压力下进行横穿洗涤，辅助时间 1.5h ，过滤介质阻力忽略不计。试计算：(1) 洗涤速率；(2) 操作周期；(3) 若过滤压力增加到 300kPa （表压），其他条件不变，滤渣压缩性指数 $s=0.2$ ，使滤框充满滤渣需多长时间。
- 3、用板框压滤机过滤某悬浮液，过滤 0.8h 滤渣充满滤框，获得滤液 20m^3 ，已知介质阻力 $V_e=1\text{m}^3$ ，共用 20 个滤框，滤框的长和宽均为 810mm 。试求：(1) 过滤常数 K ；(2) 最终过滤速率；(3) 过滤完成后保持压力不变，用 2m^3 清水进行横穿洗涤，设清水粘度与滤液粘度相同，辅助时间为 1.4h ，求生产能力。
- 4、用板框压滤机恒压过滤某种悬浮液。内框长、宽各为 450mm ，共有 20 个框。过滤完成后用总滤液量体积的 $\frac{1}{10}$ 清水横穿洗涤滤渣，辅助时间为 30 分钟，试

求：(1) 最佳操作周期；(2) 最大生产能力 (m^3 滤液量 / h)，已知 $K=26.5 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$ ，忽略介质阻力。

5、用板框压滤机在恒压过滤某悬浮液，过滤压差为 330kPa，相应的过滤系数为 $K=8.2 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$ ， $q_e=0.01 \text{m}^3/\text{m}^2$ 。滤渣充满滤框用时 0.8h，得滤液量为 9m^3 ，若滤饼不可压缩。试求：(1) 过滤面积；(2) 过滤终了用 3m^3 清水（与滤液粘度相同）对滤饼在同样压力下进行横穿洗涤，辅助时间 1.2h，计算过滤机的生产能力；(3) 若过滤压差提高到 500 kPa，使滤框充满滤渣需多长时间？

6、在实验室用过滤面积为 0.05m^2 的滤叶，在真空度为 0.04MPa 下进行试验。在 300 秒内共抽吸出 400cm^3 滤液，再过 600 秒又抽吸出另外 400cm^3 滤液。试求：(1) 该过滤压强差下的过滤常数 K 、 q_e ；(2) 若真空度增加至 0.06MPa，滤渣不可压缩，则再收集 400cm^3 滤液需要用多少时间？

第五章 传热

第六章 传热设备

一、综合题

1、有一厚度相等的三层平壁，稳定传热， $t_1=1050^{\circ}\text{C}$ ， $t_2=945^{\circ}\text{C}$ ， $t_3=210^{\circ}\text{C}$ ， $t_4=70^{\circ}\text{C}$ ，导热系数分别为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 ，试比较导热系数的大小。

2、单层圆筒壁的内、外半径分别为 r_1 和 r_2 ，壁表面温度分别为 T' 和 t' ，若 $t' < T'$ ，试写出圆筒任意半径 r 处的温度表达式？

3、空气在圆形直管内作强制湍流，其对流传热系数为 $300\text{ W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ ，今保持流量不变，管径变为原来的 $4/5$ ，对流传热系数变为多少？忽略物性参数变化的影响。

4、水在圆形直管内强制湍流换热，对流传热系数为 α ，今水流速增加 50% ，对流传热系数增加多少？

5、在传热面积为 15m^2 的套管换热器内，用油加热冷水，两流体逆流流动，油的质量流量 2.5 kg/s ，平均比热 $1.9\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，水的质量流量 0.66 kg/s ，平均比热 $4.18\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，换热器的传热系数为 $320\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，试求换热器的热效率。

6、在一换热器中，用 80°C 的水将某流体由 25°C 预热到 48°C 。已知水的出口温度为 35°C ，求该换热器的传热效率及传热单元数。

7、简述保温瓶采用的主要保温措施，并说明每种措施起到的作用。

8、直径为 57mm ，长为 3m ，表面温度为 527°C ，黑度为 0.8 的钢管置于壁面温度为 27°C 的红砖屋里，试求钢管的热辐射损失。

9、饱和水蒸气在列管换热器内冷凝放热加热空气，饱和水蒸气应通入列管换热器 _____（管程、壳程）

理由是： _____、

_____。

10、强化传热的途径及相应措施有哪些？

11、通过一换热器用饱和水蒸气冷凝放热加热水，可使水的温度由 20°C 升高至 80°C ，使用一段时间发现水的出口温度降低了，水的初温和水量均无变化，说明引起问题的最可能原因。

12、取暖用的暖气片在空气侧加有翅片，试解释。

二、计算题

1、逆流换热器中，冷流体入口温度为 20°C ，出口温度为 50°C ，对流传热系数为 $6000\text{W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ ；热流体流量 6.5kg/s ，入口温度 150°C ，出口温度为 60°C ，定压比热为 $2.5\times 10^3\text{J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ ，对流传热系数 $1500\text{W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ 。传热面视为平壁，不计热损失，污垢及传热壁的热阻忽略。试求：(1) 对数平均温度差；(2) 换热器的传热面积；(3) 若冷热流体进出口温度不变，热流体流量增加 20%，热流体侧对流传热系数变为多少？

2、用套管换热器每小时冷凝 2000 kg 的甲苯蒸汽，冷凝温度 110°C ，潜热为 360 kJ/kg ，甲苯蒸汽冷凝传热系数为 $10000\text{ W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ ，冷却水于 15°C ，以 4500kg/h 的流量进入 $\Phi 57\times 3.5\text{mm}$ 的管内作湍流流动，其对流传热系数为 $1500\text{ W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ ，管壁热阻和污垢热阻忽略不计，水的比热为 $4.18\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ ；试求：(1) 总传热系数 K （视为平壁传热）；(2) 换热器传热面积；(3) 若冷却水进口温度升至 20°C ，操作时将冷却水量加大一倍，原换热器能否完成冷凝任务？

3、有一列管式换热器，传热管内表面积为 50m^2 ，流量为 $5200\text{m}^3/\text{h}$ 的常压空气在管内从 20°C 加热到 90°C 。温度为 120°C 的饱和水蒸气在壳程冷凝放热。已知管壁热阻和污垢热阻忽略不计，空气的密度 $1.293\text{kg}/\text{m}^3$ ，比热容为 $1.005\times 10^3\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。试求：(1) 总传热系数；(2) 若空气流量增加 25%，其出口温度变为多少 $^{\circ}\text{C}$ ？(3) 若保持空气出口温度不变，则蒸汽温度应调节到多少 $^{\circ}\text{C}$ ？

4、用 120°C 的饱和水蒸汽将蒸汽量为 $36\text{m}^3/\text{h}$ 的某稀溶液在双程列管换热器中从 80°C 加热至 95°C 。若每程有直径为 $\phi 25\times 2.5\text{mm}$ 的管子 30 根，以管外表面积为基准的传热系数 $K=2800\text{W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ 。已知 120°C 下饱和水蒸汽的汽化热为 2202.4kJ/kg ，密度为 $1.1199\text{kg}/\text{m}^3$ ，蒸汽侧污垢热阻和管壁热阻可忽略不计，试求：(1) 换热器所需的管长；(2) 当操作一年后，由于污垢累积，溶液侧污垢系数为 $0.00009(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{W}$ ，若维持溶液的原流量及进口温度不变，其出口温度为多少？

5、有一碳钢制造的套管式换热器，其内管直径为 $\Phi 89\times 3.5\text{ mm}$ ，流量为 2000 kg/h 的苯在内管中从 80°C 冷却到 50°C 。冷却水在环隙从 15°C 升到 35°C 。苯侧 $\alpha_1=230\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ， $C_{p1}=1.86\times 10^3\text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ ；水侧 $\alpha_2=290\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ， $C_{p2}=4.178\times 10^3\text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。忽略污垢阻力，碳钢 $\lambda=45\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。试求：(1) 冷却水消耗量 q_{m2} ；(2) 内表面积为基准的总传热系数 K_1 ；(3) 并流和逆流操作时所需要的传热面

积及相应管长。

6、一单壳程单管程列管换热器,由多根 $\Phi 25 \times 2.5 \text{ mm}$ 的钢管组成管束,管程走某有机溶液,流速为 0.5 m/s , 流量 15 t/h , 比热为 $1.76 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, 密度为 858 kg/m^3 , 温度由 20°C 加热至 50°C 。壳程为 130°C 的饱和水蒸汽冷凝, 管程、壳程的对流传热系数分别为 $700 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ 和 $10000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, 钢导热系数为 $45 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, 垢层热阻忽略不计。求: (1) 总传热系数; (2) 管子根数和管长; (3) 在冷流体温度不变的情况下, 若要提高此设备的传热速率, 你认为要做什么措施?

7、单壳程单管程的列管换热器, 传热面积 70 m^2 , 管内走空气, 流量 4.5 kg/s , 比热 $1.0 \times 10^3 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$, 进口温度 25°C , 出口温度 73°C 。管外通饱和温度为 120°C 的加热蒸汽冷凝放热, 汽化潜热为 $2.205 \times 10^6 \text{ J/kg}$, 不计热损失。试求: (1) 加热蒸汽的用量; (2) 换热器的总传热系数; (3) 若管程变为二程, 则管程流体的对流传热系数变为原来的多少倍?

8、冷流体在传热面积为 5 m^2 的换热器中逆流换热。热流体进、出口温度分别为 100°C 和 50°C , 比热 $1.86 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, 冷流体进、出口温度分别为 20°C 和 40°C , 比热 $4.18 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ 流量 0.4 kg/s 。热流体侧给热系数 α 为 $400 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ 。按平壁计算且不计管壁热阻及污垢热阻。试求: (1) 热流体流率 (2) 冷流体侧给热系数 (3) 该换热器的传热效率。

9、冷流体在传热面积为 4 m^2 的螺旋板式换热器中从 30°C 被加热至 70°C , 流量为 1.5 kg/s , 比热为 $4.2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ 。热流体流量为 2 kg/s , 比热为 $2.0 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, 初始温度 100°C , 热流体侧的对流传热系数为 $5200 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, 视为平壁, 不计污垢热阻和导热热阻。试求: (1) 冷热流体的相对流动方向; (2) 传热效率; (3) 总传热系数; (4) 冷流体侧的对流传热系数。

第七章 蒸发

一、综合题

- 1、单程型蒸发器与循环型蒸发器相比，具有哪些优点。
- 2、蒸发器产生温差损失的主要原因。
- 3、简述多效蒸发过程中，提高加热蒸汽利用率的其他措施（列举三种措施）。
- 4、画出多效蒸发错流 2-3-1 流程，与并流流程相比有何优缺点？
- 5、下列三效错流蒸发流程中，何者最优，何者最劣，说明理由。
2→3→1 3→1→2 2→1→3
- 6、简要分析在加热蒸气压力、冷凝器压力、料液浓度、完成液浓度一定的条件下，单效蒸发和并流二效蒸发哪个温度差损失大？

第八章 传质过程导论

一、综合题

- 1、在单相扩散中，静止气层各处总压 P 不变，漂流因子为 2，混合气中含 A、B 两种组分，可用算术平均值代替对数平均值。试证明： $P=P_{A1}+P_{A2}$ (P_{A1} 、 P_{A2} 分别为气层两侧 A 的分压)。
- 2、单相扩散中， $P=P_A+P_B$ ，漂流因子为 2，可用算术平均值代替对数均值，试证明 $P_{A1}+P_{A2}=P_{B1}+P_{B2}$ 。

第九章 吸收

一、综合题

- 1、在逆流吸收过程中，保持其他条件不变，增大填料层高度。试分析：（1）出塔气相和液相浓度如何变化。（2）操作线位置如何变化（用图说明）。
- 2、用逆流操作的吸收塔处理低浓度易溶溶质的气体混合物，如其他操作条件不变，而入口气体的浓度 y_b 增加，则此塔的气相总传质单元数 N_{OG} 、出口气体组成 y_a 、出口液相组成 x_b 如何变化？（塔内平均推动力可按算术平均计算）
- 3、试写出双膜理论假设的三个要点。
- 4、某逆流吸收过程，进塔液相中不含溶质，操作液气比 L/G 一定，出塔液相中溶质浓度达到最大值时，溶质的回收率为 η 。同时溶质气液相平衡服从亨利定律。试证明：该体系的相平衡常数 $m = \frac{L}{G\eta}$ 。

- 5、当平衡线与操作线均为直线时，已知 $\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m}{k_x}$ ，试证明： $H_{OG} =$

$$H_G + SH_L; S = \frac{mG}{L}$$

- 6、水与空气—二氧化硫的混合气接触，气相中 SO_2 浓度为 3%（摩尔分率，下同），液相中 SO_2 的浓度为 4.13×10^{-4} 。压力 1.2atm，温度为 $10^\circ C$ ，亨利系数 $E = 24.2atm$ ，判断该过程是吸收还是脱吸？
- 7、用纯溶剂对低浓度气体进行逆流吸收，可溶组分的回收率 η 为，采用液气比是最小液气比的 β 倍，物系平衡关系服从亨利定律，试以 β 、 η 两个参数列出 N_{OG} 的计算表达式。
- 8、在填料塔中进行清水吸收丙酮-空气低浓混合气的实验过程中，增大吸收剂水的用量，而其它操作条件均不变，试定性分析出塔气体浓度、出塔液体浓度将如何变化？

二、计算题

- 1、在常压逆流操作的填料吸收塔中用清水吸收空气中某溶质 A，进塔气体中溶质 A 的含量为 8%（体积百分数），吸收率为 98%，操作条件下的平衡关系为 $y = 2.5x$ ，取吸收剂用量为最小用量的 1.2 倍，试求：（1）水溶液的出塔浓度；（2）若气相总传质单元高度为 0.6m，现有一填料层高度为 6m 的塔，问塔是否合用？
- 2、某逆流操作吸收塔，用纯溶剂等温吸收某混合气中的 A 组分。混合气处理量

为 60kmol/h ，入塔混合气中 A 组分含量 0.05 （摩尔分数），回收率 80% ，相平衡关系 $y=2x$ 。塔径 0.8m ，气相体积总传质系数 $120\text{kmol}/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ ，过程为气膜控制。设计液气比为最小液气比的 1.25 倍，试求：（1）填料塔有效高度；（2）若采用 25% 的吸收液再循环，新鲜吸收剂用量和其他入塔条件不变，求回收率。

3、某填料塔高度 4m ，用清水逆流吸收混合气中的 A 组分，混合气摩尔流速 $30\text{kmol}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，组分 A 摩尔分数为 0.05 ，要求吸收率为 98% 。清水的摩尔流速为 $60\text{kmol}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，相平衡关系为 $y=0.8x$ 。吸收为气膜控制， K_ya 与空气的摩尔流速的 0.7 次方成正比。试求：（1）传质单元高度 H_{OG} ；（2）若塔径、吸收率及其他操作条件不变时，混合气摩尔流速增加 20% ，则填料层高度需增加多少米？

4、用清水逆流吸收混合气中的溶质 A，混合气流率 $0.03\text{kmol}/\text{m}^2\text{s}$ ，A 的浓度 0.05 （摩尔分数）。填料层高度 3.5m ，溶质回收率 0.9 ，相平衡常数 1.5 ，操作液气比是最小液气比的 2.22 倍。试求：（1）出塔液相浓度；（2）总传质系数 K_ya ；（3）塔底液相浓度是饱和溶度的多少倍？

5、在一逆流操作的吸收塔内用清水吸收混合气中的溶质 A，进塔气体溶质浓度 y_b 为 0.04 （摩尔分数，下同），全塔溶质回收率 0.9 ，出塔液相溶质浓度为饱和浓度的 0.8 倍，平衡关系为 $y^*=2.0x$ ，传质单元高度 H_{OG} 为 1.1m ，试求：（1）最小液气比；（2）填料层高度；（3）若进塔液相中的溶质浓度为 0.001 ，则溶质回收率能否达到 0.99 ，假设填料层高度可以任意变化。

6、在一逆流填料吸收塔中，用纯溶剂吸收混合气中的溶质组分。已知入塔气体组成为 0.03 （摩尔分数，下同），回收率为 95% 。操作条件下的汽液平衡关系为 $y=2x$ ，吸收剂用量为最小用量的 1.4 倍，气相总传质单元高度为 0.5m ，吸收过程为气膜控制。试求：（1）出塔液相组成；（2）填料层高度；（3）因回收溶剂时脱吸不完全，致使入塔液相中可溶组分浓度为 0.0005 ，其他条件不变，则回收率变为多少？

7、某吸收塔在 101.3kPa 、 293K 下用清水逆流吸收丙酮/空气混合气体（可视为低浓气体）中的丙酮。当操作液气比为 2.1 时，丙酮回收率可达 95% 。已知物系平衡关系为 $y=1.18x$ ，吸收过程大致为气膜控制，气相总传质系数 $K_ya \propto G^{0.8}$ 。今气体流量增加 20% ，而液量及气液进口浓度不变，试求：（1）新工况下的 N'_{OG} 和 S' ；（2）回收率变为多少？（3）单位时间内被吸收的丙酮量增加多少倍？

第十章 蒸馏

一、综合题

- 1、若在精馏过程计算中得到精馏段操作线方程为 $y=0.8x+0.21$ ，请问这可能吗？试说明理由。
- 2、A-B-C-D 四元混合液，A 为腐蚀性，B、C 难分离，要将此混合液中的组分进行分离，请给出合理的精馏流程。（画示意图）
- 3、连续精馏塔，已知 q 线方程 $y=6x-1.5$ ，试判断该进料状态并求 x_F 。
- 4、在连续精馏塔中，进行全回流操作，已测得相邻两板上液相组成分别为 $x_3=0.7$ ，已知操作条件下相对挥发度 $\alpha=3$ ，求： y_4 和 x_4^* 。
- 5、苯-甲苯二元体系精馏实验，测得全回流操作下塔顶、塔底的苯摩尔组成分别是 0.95、0.05，已知相对挥发度为 2.5，塔顶采用全凝器，实际塔板数为 9，试用捷算法计算全塔效率。
- 6、简述表征进料热状况的参数 q 的物理意义（写出定义式），若饱和汽焓值为 120 kJ/kmol，饱和液焓值为 20 kJ/kmol，露点进料时，进料焓 i_F 为多少？
- 7、请在 $y-x$ 图上定性画出冷液进料和气液混合进料时相应的 q 线，并分析说明： x_F 、 x_D 、 x_w 、 R 不变时，哪种情况所需理论板较少？
- 8、对于精馏塔设计问题，在进料热状况和分离要求一定的条件下，回流比增大或减小，所需理论板数如何变化？对于一现场操作的精馏塔，回流比增大或减小，塔顶馏出液和釜液的组成有何变化？

二、计算题

- 1、某连续精馏塔进料流率 100 kmol/h，轻组分浓度 $x_F=0.4$ (摩尔分数)，进料中泡点液体所占分数为 1/2，塔顶产品浓度 $x_D=0.9$ ，塔顶轻组分回收率 0.9，操作线交点横坐标 $x=0.3$ ，相对挥发度 2.5。试求：（1）塔底产品流率和组成；（2）操作回流比；（3）再沸器产生的蒸汽流率和组成。
- 2、在一连续精馏塔中分离某二元混合液，已知进料流率 100kmol/h，进料组成为 0.5（摩尔分数，下同），泡点进料，轻组分回收率为 0.9，精馏段操作线方程为 $y=0.75x+0.225$ ，相对挥发度 $\alpha=2.5$ 。试求：（1）塔底产品组成；（2）提馏段下降液体流率；（3）操作线交点坐标；（4）再沸器上升蒸汽的组成。
- 3、连续精馏塔分离二元混合液，已知进料流率和组成分别为 200kmol/h 和 0.5（轻

组分摩尔分数，下同)，提馏段操作线方程为 $y=1.215x-0.0129$ ，泡点进料，塔顶产品组成为 0.98，平均相对挥发度 3。试求：(1) 塔顶产品量；(2) 最小回流比；(3) 精馏段上升蒸汽量？

4、用一连续精馏塔分离某二元混合物，泡点进料，进料组成为 0.4（摩尔分数，下同），进料流率 100kmol/h，塔顶轻组分回收率为 0.9，相对挥发度为 2.5，精馏段操作线方程 $y=0.75x+0.225$ ，试求：(1) 操作回流比及塔顶产品中的轻组分浓度；(2) 离开塔顶第二块理论板上升蒸气中的轻组分浓度；(3) 提馏段操作线方程。

5、用精馏塔分离某二元混合液，泡点进料，进料量 120kmol/h，轻组分回收率 0.9，塔底产品浓度 $x_w=0.1$ （摩尔分数，下同）。提馏段操作线方程 $y=1.45x-0.09x_F$ (x_F 为进料浓度)，相对挥发度 $\alpha=2.0$ ，试求：(1) 进料浓度 x_F 和塔顶产品浓度 x_D ；(2) 操作回流比；(3) 精馏段操作线方程；(4) 流入再沸器的液体浓度。

6、用一连续精馏塔分离轻组分浓度为 0.5（摩尔分数）的二元混合液，进料 q 值为 0.8，进料量 100kmol/h，精馏段操作线方程 $y=0.75x+0.225$ ，塔底产品轻组分浓度为进料浓度的 1/5，满足恒摩尔流假设，相对挥发度 $\alpha=2.5$ ，试求：(1) 塔顶产品轻组分的回收率；(2) 再沸器产生的蒸汽流量；(3) 进料线与平衡线的交点坐标。

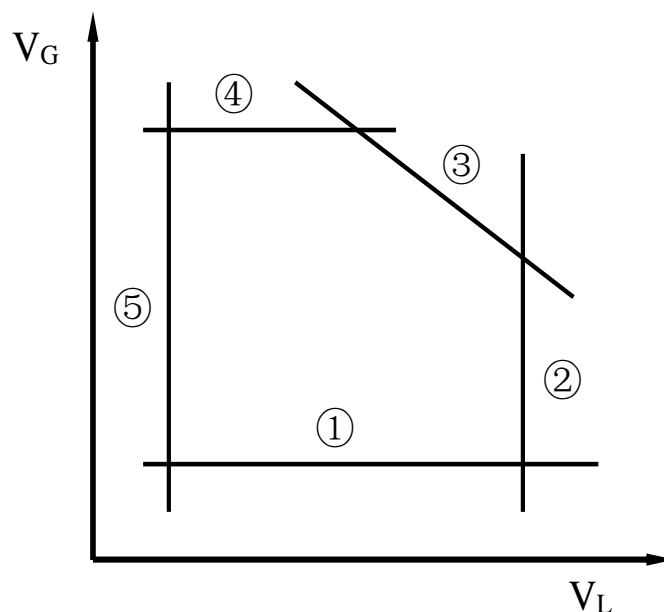
7、在一连续精馏塔中分离某二元混合液。已知进料组成 $x_F=0.5$ （摩尔分数下同），塔顶、塔底产品组成分别为 0.9 和 0.05，提馏段操作线方程 $y=1.3x-0.018$ ，相对挥发度 $\alpha=2.0$ ， q 线方程为： $y=-1.5x+1.25$ 。试求：(1) 判断进料状态；(2) 塔顶轻组分回收率；(3) 精馏段操作线方程。(4) 从第一块理论板上下降的液相组成。

8、连续精馏塔分离二元混合液，已知进料流率和组成分别为 100kmol/h 和 0.4（摩尔分数，下同），提馏段操作方程为 $y=1.3x-0.018$ ，两操作线交点横坐标为 0.3，塔顶轻组分回收率为 0.9，塔顶产品组成为 0.9，满足恒摩尔流假设。试求：(1) 塔顶、塔底产品流率；(2) 判断进料为何种状态；(3) 精馏段操作线方程；(4) 塔釜上升蒸汽流率。

第十一章 气液传质设备

一、综合题

- 1、写出板式塔的三种不正常操作现象，并说明引起这种现象的原因。
- 2、在有两块筛板的精馏塔中，上一块板崩塌，位置下移，碎渣堵塞部分筛孔，降液管也发生部分堵塞。试分析主要影响塔板负荷性能图中的哪些曲线，变化趋势如何？
- 3、定性画出塔板负荷性能图，若筛板塔降液管面积减小，负荷性能图中的线会发生变化，请在图中表示变化趋势。
- 4、请写出负荷性能图中各线名称，若要使④线上移，可采取什么措施？

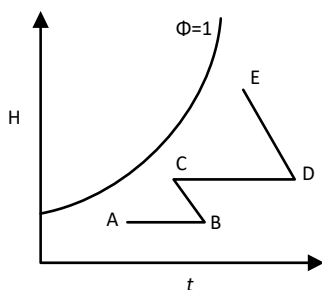


- 5、精馏塔操作时，气速突然增大，可能引起什么样的后果（举 2 例并说明其危害）？
- 6、筛板塔设计时，开孔率减小（孔径不变），板间距增大，将影响塔板负荷性能图中的哪些曲线，说明曲线位置的变化趋势？
- 7、以填料塔为例，试说明气体压降 ΔP 与空塔气速的关系，并指出泛点前后液相将如何变化（分三段讨论，定性画出关系曲线）。

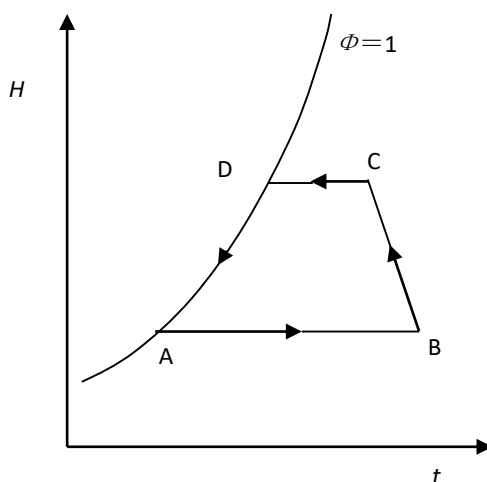
第十三章 干燥

一、综合题

- 1、已知空气的干球温度 $t=30^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\phi=0.6$ ，请在 $t-H$ 图上定性标出空气状态点，说明如何确定露点温度和湿球温度。
- 2、新鲜空气 A 经预热器变为空气 B，再经绝热冷却变为空气 C。试分析 A、B、C 三种空气露点温度的大小关系和湿球温度大小关系，并用图示说明。
- 3、请定性画出废气循环干燥过程中空气状态的变化轨迹，并说明该过程的优点。
- 4、根据 $t-H$ 图中给出的空气状态变化线 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ ，请给出相应的干燥流程，并指出哪一点的空气接收水分的能力最强。



- 5、湿空气在 $t-H$ 图经历如右图示 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 的封闭循环。试说明：
(1) $C \rightarrow D \rightarrow A$ 的作用；(2) B、C 两点所代表的空气何者接受水分的能力较强。



- 6、1kg 干物料总含水量为 0.3kg，恒速段除去 0.15kg 水，降速段除去 0.03kg 非结合水，1kg 干物料的结合水和非结合水各是多少？若干燥不能除去的含水量为 0.05kg 水/kg 干料，平衡水与自由水量各是多少？
- 7、将不饱和湿空气冷却至露点，再维持饱和度不变降温，请设计两个可行的过

程（每一个过程有一个参数不变）将空气恢复到原状态，指出不变的参数，并在 $t-H$ 图上定性画出该循环过程。

二、计算题

1、在一连续干燥过程，湿物料流速为 3000 kg/h，含水量 10%(湿基)干燥过程除水率 200kg/h。新鲜空气的湿度 0.005kg 水汽/kg 干气，经预热器加热至 110 °C，出干燥器空气温度为 50°C，经干燥器空气焓值减少 10kJ/kg 干气。试求：(1)产品量和产品含水率(干基)；(2)出干燥器空气的湿度；(3)新鲜空气的质量流率。

2、某逆流干燥过程的新鲜空气流率为 1000 kg(干气)/h，干球温度为 30°C，相对湿度 $\phi=0.6$ ，总压为 100 kPa，30°C 水的饱和蒸汽压为 4.2 kPa，湿物料流率为 500 kg/h，经干燥器后，初、终含水量分别为 15%、5%（湿基）。试求：（1）每小时蒸发水量；（2）出干燥器空气的湿度；（3）若干燥过程为等焓过程，出干燥器空气温度为 40°C，则空气出预热器时的温度是多少？

3、某间歇干燥器在恒定干燥条件下将湿物料含水量由 0.3(湿基)干燥至 0.06(湿基)。湿物料初始质量为 200kg，干燥面积为 0.03m²/kg 干料，已知物料临界含水量 $X_c=0.1$ (干基)，平衡含水量 $X^*=0.04$ (干基)，恒速干燥时间 3 小时。设降速干燥速度 $U=K_x(X-X^*)$ ，干燥速率曲线为直线。试求：(1)蒸发水量；(2) 恒速干燥速率；(3) 总干燥时间。

4、在常压下用通风机将新鲜空气送入预热器加热至 100°C后进入干燥器以干燥某湿物料。已知湿空气用量为 2100kg/h，温度为 30°C，湿度为 0.012kg 水/kg 干气；湿物料处理量为 400kg/h，含水量由 10%干燥至 0.5%（均为湿基），若干燥过程视为等焓过程。试求：（1）水分蒸发量 W ，kg/h；（2）空气离开干燥器时的湿度 H_2 ；（3）空气离开干燥器时的温度 t_2 ；（4）预热器提供给空气的热量 Q_p ，kW。

5、流率为 800kg/h，含水率 15%(湿基)的湿物料通过连续干燥过程失重 80 kg/h，空气出预热器温度为 110°C，出干燥器湿度为 0.03kg 水汽/kg 干气。空气流经干燥器后，焓值减少了 4.67kJ/ kg 干气，干燥器的 $\Delta=-260$ kJ/ kg 水。试求：（1）产品的干基含水率；（2）新鲜空气的质量流率；（3）出干燥器空气的温度。

6、某干燥过程由预热器和干燥器串连组成，进出干燥器的物料流率分别为 240kg/h 和 180kg/h，进预热器空气湿度 0.01kg 水汽/kg 干气，空气温度为 20°C，出预热器空气焓值 181.4kJ/kg 干气，出干燥器空气温度为 50°C，出干燥器空气

的焓值与出预热器焓值相等。试求：(1) 出干燥器空气的湿度；(2) 绝干空气的质量流率；(3) 预热器中空气获得的热量。

7、用热空气逆流将 300 kg 湿物料从含水量 0.8 kg 水/kg 干料 干燥至 0.1 kg 水/kg 干料。已知新鲜空气的湿度为 0.008 kg 水/kg 干气，出干燥器空气的温度为 50℃，焓值为 160 kJ/kg 干气，假设干燥速率可用 $-\frac{dX}{d\theta} = 0.5(H_2 - H_0)$ 表示， θ — 干燥时间 min。求：(1) 蒸发水量；(2) 比空气用量；(3) 干燥时间。