

中国科学院过程工程研究所

2002 年硕士研究生入学考试 化工原理试题
(试题随考卷交回 考试时间: 180 分钟)

一. (共 24 分) 请简要回答下列各问题:

- (2 分) 写出粘性真实流体的贝努里方程的常用形式, 并对各项的意义加以解释, 指出此式的适用范围和条件。
- (3 分) 蒸汽冷凝传热时, 滴状冷凝比膜状冷凝的传热系数大, 为什么? 可采取什么措施使膜状冷凝转变为滴状冷凝?
- (4 分) 在两平行平板间的稳定层流流动如图 1 所示, 上板静止, 下板线速度为 U , 牛顿流体粘度为 μ , 密度为 ρ , 板间距为 h , 请在图上表示出流体作用在两平板单位面积上的力的大小、方向和单位。
- (3 分) 写出和解释黑体辐射能力的斯蒂芬-玻尔茨曼定律。若其中黑体辐射系数为 $C_0 = 5.67 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$, 估计温度达到多高时, 一般就不能忽略辐射传热?
- (2 分) 蒸馏塔板有所谓的 Murphree (默弗里) 效率, 请问如何定义气体吸收塔板的 Murphree 效率?
- (4 分) 在液-液萃取体系的三角形相图 (如图 2 所示) 中, 用溶剂 S 萃取混合物 D 中的溶质 A , 溶剂 S 用量为 20 mol, 混合物 D 的量为 10 mol。请按杠杆原理给出萃取相 E 和萃余相 R 的摩尔量的表达式, 并在图上表示出 R 和 E 的组成。
- (2 分) 颗粒在旋风除尘器内沿径向沉降时, 其沉降速度是否为常数? 如何变化的? 请予以解释。
- (4 分) 请根据泵的原理及操作特性, 完成如下选择题:
 - ①将含晶体 15% 的悬浮液输送往高位槽中, 宜选用 ()
(A) 齿轮泵 (B) 往复泵 (C) 离心泵 (D) 喷射泵
 - ②某离心泵在运行半年后, 发现有气缚现象, 应 ()
(A) 降低泵的安装高度 (B) 停泵, 向泵内灌液
(C) 检查出口管路阻力是否过大 (D) 检查进口管路是否泄漏
 - ③离心泵最常用的调节方式是 (), 旋涡泵最常用的调节方式是 ()
(A) 改变吸入管路中阀门开度 (B) 改变压出管路中阀门开度
(C) 安装回流支路, 改变循环量大小 (D) 改变电源的电压

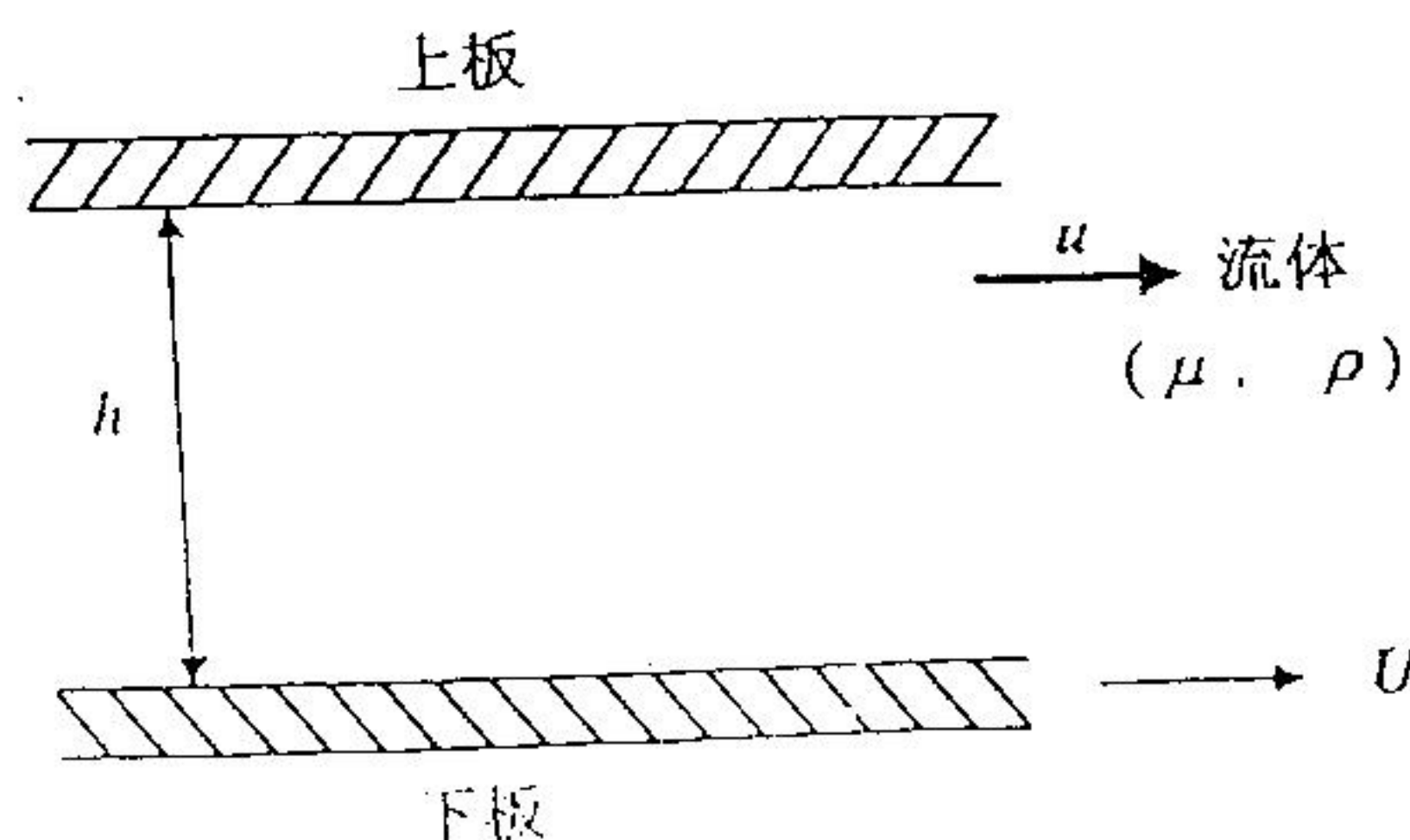


图 1 (第 3 小题图)

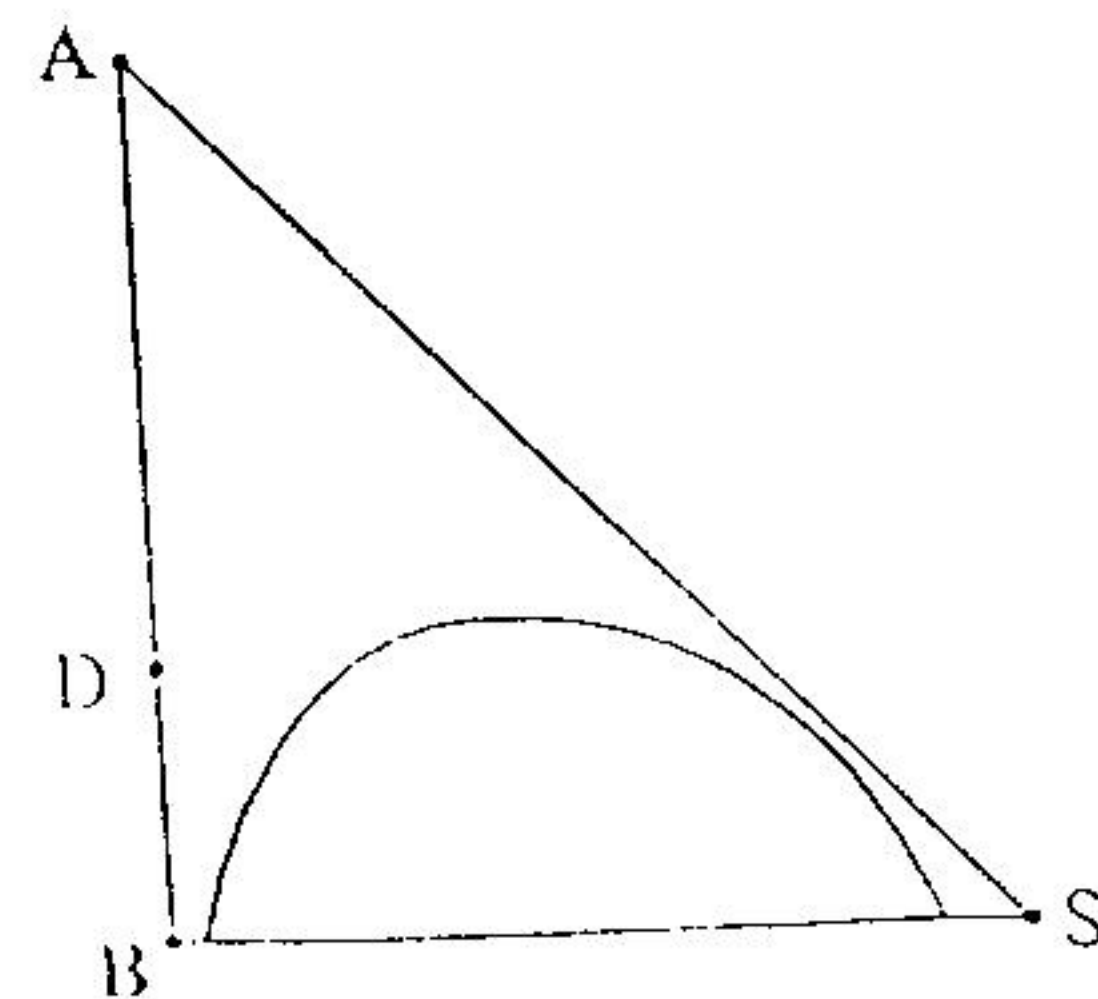


图 2 (第 6 小题图)

二. (10 分)

某化工厂一精馏塔, 采用冷液进料, 由于操作不当, 原料液的进料流量 F 低于原设计值, 但原料液的组成 x_F 、回流比 R 、进料的热状况参数 q 和提馏段内上升蒸汽的流量 V' 均保持不变。试根据精馏操作原理, 分析精馏塔的塔顶馏出液和塔底釜残液的流量及易挥发组分的摩尔分率、精馏段内下降液体及上升蒸汽流量的变化趋势 (与原设计工况相比)。

三. (15 分)

在直径为 1.5m 的圆柱形反应器中, 填充 1200kg 的球形颗粒催化剂。催化剂颗粒的平均直径为 0.23mm, 密度为 2300kg/m³, 填充高度为 0.85m。反应时要在 420℃、0.3MPa 的条件下通入粘度为 3.6×10⁻⁵Pa·s 的反应气体, 标准状态下该气体的密度为 1.7kg/m³, 气体流量计 (常压、25℃) 的读数为 0.06m³/s。

试根据气体流过床层的阻力损失的大小, 确定合适的进气方式 (向上或向下流动)。已知流体通过单位高度的颗粒填充层时的压降可用 Ergun 方程表示, 即:

$$\frac{\Delta P}{\Delta H} = 150 \frac{(1-\varepsilon)^2 \mu u}{\varepsilon^3 (\psi d_p)^2} + 1.75 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \frac{\rho u^2}{\psi d_p}$$

式中: ε 为床层空隙率, μ 为流体粘度, ρ 为流体密度, d_p 为颗粒直径, ψ 为形状系数 (取 $\psi=1$), u 为流体表观速度。

四. (13 分)

液膜吸收速率方程有 3 种等价形式: $N_A = k_L(c_{Ai} - c_A)$ 、 $N_A = k_x(x_{Ai} - x_A)$ 和 $N_A = k_X(X_{Ai} - X_A)$ 。式中 N_A 为溶质 A 在单位时间、单位界面积上被吸收的摩尔量, c_A , x_A 和 X_A 分别为溶质 A 在液相主体中的摩尔浓度、摩尔分数和摩尔比, c_{Ai} , x_{Ai} 和 X_{Ai} 分别为溶质 A 在界面液相侧的摩尔浓度、摩尔分数和摩尔比, k_L , k_x 和 k_X 分别为以摩尔浓度差、摩尔分数差和摩尔比差表示推动力的液膜传质系数, 它们的单位和数值不同。

1、推导 k_L , k_x 和 k_X 三者间的关系式;

2、一般均认为传质系数为常数, 但由上小题的结果, 3 个传质系数间的关系与液相总摩尔浓度及摩尔比等与体系状态有关的变量有关, 故若其中一个传质系数为常数, 则其余两个为变数, 似乎很难理解。请分析和解释。

五. (11 分)

用板框压滤机和叶滤机分别对滤饼进行洗涤。当叶滤机洗涤水用量为压滤机洗涤水用量的 2 倍时, 两种过滤机的洗涤时间是否相同? 为什么? (设操作压力、过滤面积、终了过滤速率相同)。

六. (12 分)

在 25m 高的升气管中, 输送含少量颗粒的气体, 管内径为 130mm。气体密度为 1.2kg/m³, 粘度为 1.8×10⁻⁵Pa·s, 气体流量为 100m³/h, 颗粒粒径为 50μm, 颗粒密度为 2600kg/m³, 求颗粒的停留时间 (颗粒运动的加速度可以忽略不计)。

七. (15 分)

有一列管式换热器，装有 $\phi 20 \times 2.5 \text{ mm}$ 钢管 400 根，管厚为 2.5 mm，管长为 2 m。要将质量流量为 7000 kg/h 的常压空气由 20℃ 加热到 90℃，选用 108℃ 的饱和蒸汽于壳程冷凝加热之。若水蒸汽的冷凝传热系数为 $1.0 \times 10^4 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ ，管壁及两侧污垢的热阻均忽略不计，且不计热损失。已知空气在平均温度下的物性参数 $C_p = 1.0 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$ ， $\lambda = 2.82 \times 10^{-2} \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ， $\mu = 2.0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。试求：

- 1、空气在管内的对流传热系数；
- 2、换热器的总传热系数（以管外表面为基准）；
- 3、通过计算说明该换热器能否满足需要；
- 4、计算说明管壁温度接近于哪一侧流体的温度。