

天津大学招收 2009 年硕士学位研究生入学考试试题

考试科目名称: 化工原理 (含实验或传递)

考试科目代码: 826

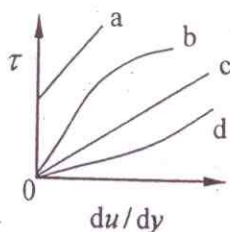
所有答案必须写在答题纸上, 并写清楚题号, 写在试题上无效。

本试题共包括三部分, 第一部分化工单元操作 (125 分) 为必答题, 第二部分化工传递 (25 分) 及第三部分化工原理实验 (25 分) 为选答题, 即第二部分和第三部分为并列关系, 考生可根据情况选择第二或第三部分之一进行解答, 若第二和第三部分同时解答, 则只评阅和计入第二部分成绩。

第一部分 化工单元操作 (共 125 分)

一、【基本题】(单项选择与填空, 共 40 分)

1. 某生产设备的操作压力为 50 kPa (绝压), 则测量该设备操作压力的真空表读数为 51.33 kPa。 (当地大气压为 101.33 kPa) (2 分)
2. 如本题附图所示为 a、b、c、d 四种流体的流变图 ($\tau \sim du/dy$ 关系图), 其中为牛顿型流体的是 (c)。 (2 分)



题 2 附图

3. 为防止 气缚 现象的发生, 离心泵启动前应保证泵内充满液体; 为防止 气蚀 现象的发生, 离心泵的安装高度应低于允许安装高度。 (2 分)
4. 离心通风机的特性曲线包括 性能 四条曲线。 (2 分)
5. 降尘室操作时, 降尘室内气体的流动应控制在 层 流动区。 (2 分)
6. 一般地, 雷诺数 Re 越大, 流体黏度对沉降速度的影响 小, 颗粒的形状对沉降速度的影响 大。 (2 分)

7. 某黑体的表面温度由 27°C 升高到 327°C ，则其热辐射能力变为原来的 16 倍。
(2分)

8. 为强化传热，在列管式换热器的壳程内设置 折流挡板 以提高壳程流速；在封头内设置 隔板 来增加管程数，以提高管程流速。(2分)

9. 采用饱和蒸汽加热在铜管内流动的空气，为强化该传热过程，下列方案最为有效的是 (A)。(2分)

- A, 提高空气流速; B, 提高蒸汽流速; C, 采用过热蒸汽加热;
D, 在蒸汽一侧管壁上安装翅片, 以增加冷凝面积。

10. 用溶剂对二元混合物进行单级萃取之后，萃取相中溶质 A 的质量分数为 0.20，萃余相中溶质 A 的质量分数为 0.10，脱溶剂后（假定溶剂被完全脱除且只脱除溶剂）所获得的萃取液和萃余液中组分 A 的质量分数分别为 0.63、0.11。则该过程的选择性系数 $\beta = \underline{13.78}$ ，组分 A 的分配系数 $k_A = \underline{2}$ 。(4分)

11. 塔板负荷性能图由液沫夹带线、 、 和 组成。若 ↑ 塔板间距或 ↓ 空塔气速可减小液沫夹带量。(6分)

12. 恒定干燥条件下的干燥过程分为恒速干燥阶段和降速干燥阶段，两段交界点的含水量称为 临界含水量，在恒速干燥阶段，干燥速率的大小取决于 空气流速，此阶段气化的水分为 非结合水。(3分)

13. 若湿空气温度不变，而相对湿度增加，则空气湿度 ↑，露点 ↑，湿球温度 ↓。(3分)

14. 漂流因数为 P_{E1} 与 P_{E2} 之比，它反映 主体流动 对传质速率的影响。(3分)

15. 在精馏塔的塔顶采用分凝器和全凝器。塔顶上升蒸气（组成 y_1 ，易挥发组分的摩尔分数，下同）进入分凝器，在分凝器中部分冷凝，凝液（组成 x_L ）于饱和温度下作为回流返回塔内，未冷凝的蒸气（组成 y_D ）送入全凝器中全部冷凝，凝液（组成 x_D ）作为塔顶产品。则 y_1 与 x_L 间满足 (B) 关系， y_D 与 x_L 间满足 (A) 关系， y_D 与 x_D 间满足 (C) 关系。(3分)

A, 平衡

B, 操作

C, 相等

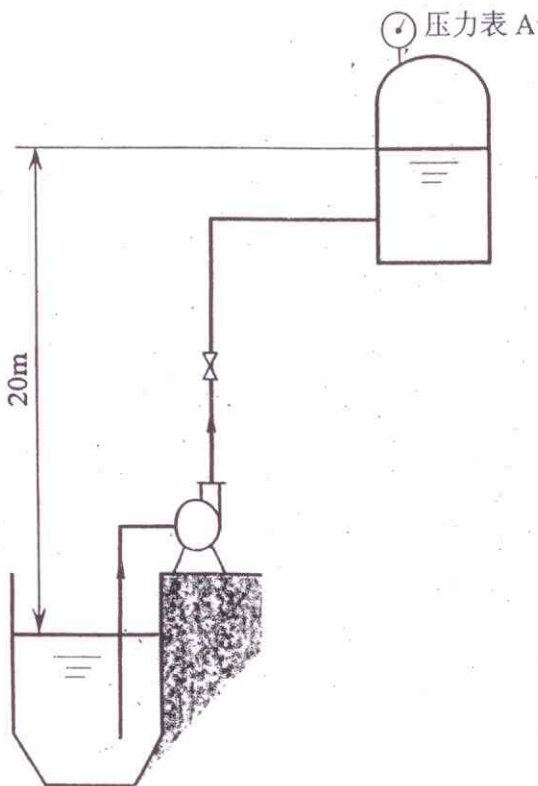
D, 不确定

二、【流体输送】(共 20 分)

如图所示, 用离心泵将敞口容器中的清水输送至某高位密闭容器, 已知离心泵的特性方程为 $H = 42.0 - 5.248 \times 10^4 Q^2$ (式中 H 的单位为 m , Q 的单位为 m^3/s)。保持离心泵出口阀开度一定, 当输送至某一时刻时, 两容器液面落差为 20m , 此时管路系统的特性方程为 $H_e = 30.0 + 2.432 \times 10^4 Q_e^2$ (式中 H_e 的单位为 m , Q_e 的单位为 m^3/s)。假设此时清水在完全阻力平方区流动。

- (1) 求此时清水的输送流量 (m^3/h); (5 分)
- (2) 求此时密闭容器压力表 A 的读数 (kPa); (5 分)
- (3) 若将清水换成密度为 $1260\text{kg}/\text{m}^3$ 的某种液体, 试求输送至此时离心泵的有效功率 (kW); (假设该液体的其它物性参数与清水相同。)(6 分)
- (4) 此时若将出口阀开至全开, 试计算说明此时清水输送流量不可能超过多少 (m^3/h)。 (4 分)

(清水密度近似取为 $1000\text{kg}/\text{m}^3$; 重力加速度为 $9.81\text{m}/\text{s}^2$ 。)



三、【非均相物系的分离】(共 8 分)

用板框过滤机过滤某悬浮液, 采用先恒速再恒压的过滤方式进行过滤。恒速段的过滤速率为 $4.065 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, 待得滤液 0.5 m^3 时, 转为该操作压力下的恒压过滤。

试求: 转为恒压过滤后, 欲再得 2 m^3 的滤液所需的恒压过滤时间。(8 分)

(忽略滤布阻力, 假设滤饼不可压缩, 且滤框有足够的厚度。)

四、【传热】(共 15 分)

某单程列管式换热器, 壳程采用 108°C 的饱和蒸汽冷凝, 以加热管内呈湍流流动的某低黏度液体。蒸汽冷凝的对流传热系数为 $11 \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, 管程流体由 20°C 被加热到 50°C , 此时管内对流传热系数为 $324.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。若将管程流体的流量增加 25%,

试求: (1) 流量增加后换热器的总传热系数; (7 分)

(2) 流量增加后管程流体的出口温度。(8 分)

(忽略换热器的热损失; 换热管壁很薄, 不考虑管壁热阻及可能形成的污垢热阻; 假设两种情况下蒸汽冷凝对流传热系数不变; 在操作温度范围内管程流体的物性参数不变。)

五、【精馏】(共 16 分)

在常压连续精馏塔中分离苯-甲苯混合物, 原料中含苯 0.44 (摩尔分数), 进料量 100 kmol/h , 操作条件下平均相对挥发度为 2.5, 精馏段操作线方程为 $y = 0.71x + 0.278$, 提馏段操作线方程为 $y = 1.44x - 0.0044$ 。

试求: (1) 塔顶馏出液组成 x_D 和塔底釜残液的组成 x_W ; (6 分)

(2) q 线方程, 并说明进料热状况; (6 分)

(3) 提馏段气、液相负荷 (流量) (kmol/h)。 (4 分)

六、【吸收】(共 14 分)

在逆流操作的填料吸收塔中, 用溶剂吸收某气体中的溶质 A。已知入塔气中 A 的含量为 0.1 (摩尔比), 气体处理量为 200 kmol (惰性气体) /h, 要求出塔气中 A 的含量达到 0.02 (摩尔比)。吸收剂为循环溶剂, 入塔吸收剂中 A 的含量为 0.008 (摩尔比), 塔截面积为 1.2 m^2 , 操作条件下的气液平衡关系为 $Y = 1.2X$ (X 、 Y 均为摩尔比), 气相总体积吸收系数 $K_y a$ 为 $0.06 \text{ kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})$, 操作液气比为最小液气比的 1.13 倍。

(1) 求出塔液相组成 X_1 (摩尔比); (3 分)

(2) 求所需的理论板层数 N_T ; (3 分)

(3) 求填料层高度 Z ; (4 分)

(4) 若吸收剂用量不变, 希望通过增加填料高度将回收率提高到 95%, 试计算说明是否可能? (4 分)

七、【干燥】(共 12 分)

在理想干燥器中干燥某湿物料, 物料经干燥器后被除去的水分为 80kg 水/h 。温度为 20°C 、湿度为 0.005kg 水/kg 绝干气 的湿空气, 在预热器中升温至 120°C 后进入干燥器, 空气出干燥器的温度为 60°C 。

试求: (1) 绝干空气的消耗量 (kg 绝干气/h); (6 分)

(2) 预热器的加热速率 (kW); (3 分) 16.4

(3) 干燥系统的热效率。 (3 分)

60%

第二部分 化工传递 (共 25 分)

八、【化工传递】(共 25 分)

(1) 试推导在均质固体内部进行三维非稳态导热的传热微分方程。已知固体内有均匀内热源, 其热量生成速率为 \dot{q} (W/m^3), 该固体的导热系数为 k [$\text{W/(m}\cdot^\circ\text{C)}$], 密度为 ρ (kg/m^3), 比热容为 c_p [$\text{J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$]。 (15 分)

(2) 若导热过程为沿 x 方向的一维稳态导热, 且热量生成速率与固体表面温度 t_s 的 β 次方成正比, 试写出描述该导热过程的传热微分方程。 (10 分)

第三部分 化工原理实验 (共 25 分)

九、【化工原理实验】(共 25 分)

1. 填空题 (共 17 分)

(1) 在直管阻力实验中, 用 U 形管压差计测得水流过同径水平直管段截面 1 到截面 2 的压强差为 ΔP_1 , 若将此水平管改为水自下而上流过截面 1 到截面 2 的垂直管, 则水平管的压强差 ΔP_1 ~~与~~ 垂直管的压强差 ΔP_2 , 水平管的阻力降 ΔP_{f1} 二 垂直管的阻力降 ΔP_{f2} 。 (2 分)

(2) 节流式流量计是由 孔板 和 差压计 组成的。 (2 分)

(3) 在测定离心泵性能时, 压强表一般安装在流量调节阀之 前, 其读数随流量增大而 ↓。 (2 分)

(4) 用套管换热器测定空气对流传热系数时, 其他条件不变, 空气离开换热器时的温度将随空气流量增大而 ↓。 (2 分)

(5) 从原理上讲, 当进料条件和采出率一定时, 增加气相流量或液相回流会使分离效果变好。但在精馏实验中, 当加热蒸汽压力或加热功率升高超过一定数值以后, 分离效果却变差, 其原因可能是 液泛。 (2 分)

(6) 用水吸收氨气的吸收实验属于 气液 控制的传质过程，欲提高气相总体积吸收系数 $K_y a$ ，应 增加气速 (2分)

(7) 物料在恒定干燥条件下用空气进行对流干燥时，在恒速干燥阶段，物料的表面温度为 湿球 温度。若测得的干、湿球温度计读数相差较大，说明所用空气的相对湿度 小。(2分)

(8) 用一个精度等级为 1.5 级，量程为 800~1000 L/h 的转子流量计测量水的流量，流量计读数 $V=300$ L/h，则该测量值的绝对误差为 13.5，相对误差为 4.5%。(2分)

(9) 用压强表测量液体管道某处的压强 P ，当取压点与测量仪表之间的导压管内有气体存在时，压强表所感受到的压强 P' 比被测压强 P 大。(1分)

2. 实验流程设计 (8分)

请设计一实验流程，使其能够测定填料塔的流体力学性能，要求：

(1) 画出流程示意图；(6分)

(2) 写出简要实验步骤。(2分)

