

河北省 2020 普通专科接本科教育考试（化工/制药专业）

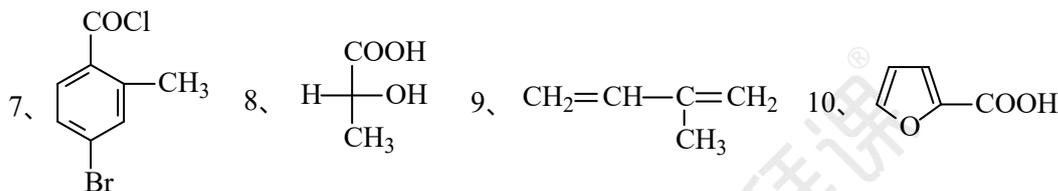
有机化学模拟题一参考答案

（考试时间：75 分钟）

（总分：150 分）

一、用系统命名法命名或写出下列化合物的结构式（注意：带*的标出构型。每小题 2 分，共 20 分。请在答题纸相应题号的位置上作答）

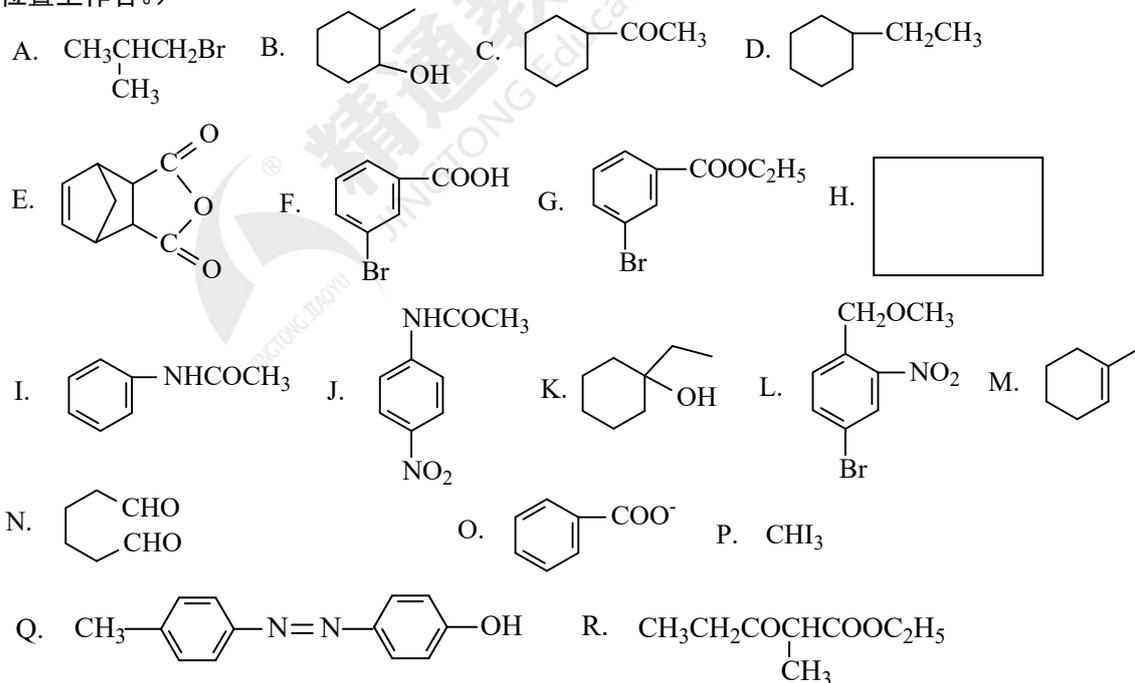
- 1、Z-3-甲基-4-乙基-3-辛烯-5-炔 2、3-戊酮酸 3、3-硝基苯磺酸
4、邻苯二甲酸酐 5、R-2-甲基-3-丁烯醛 6、4-甲基环己酮肟



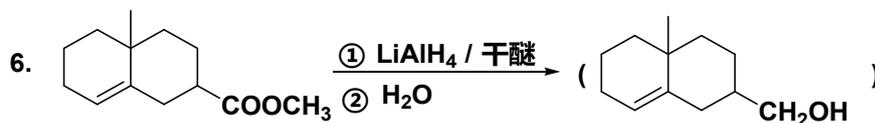
二、单项选择题（每小题 3 分，共 30 分。每小题给出的四个备选项中，选出一个正确的答案，请将选定的答案填涂在答题纸的相应位置上。）

- 1、B 2、A 3、C 4、D 5、A 6、B 7、C 8、D 9、A 10、C

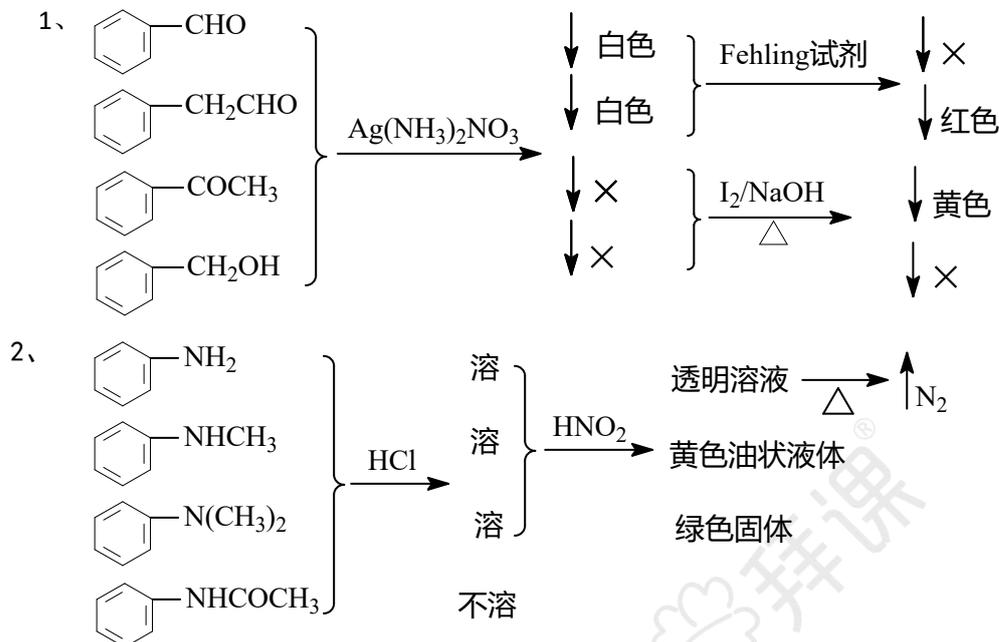
三、完成反应（写出主要产物 A-R 的结构简式，每空 2 分，共 36 分，请在答题纸的相应位置上作答。）



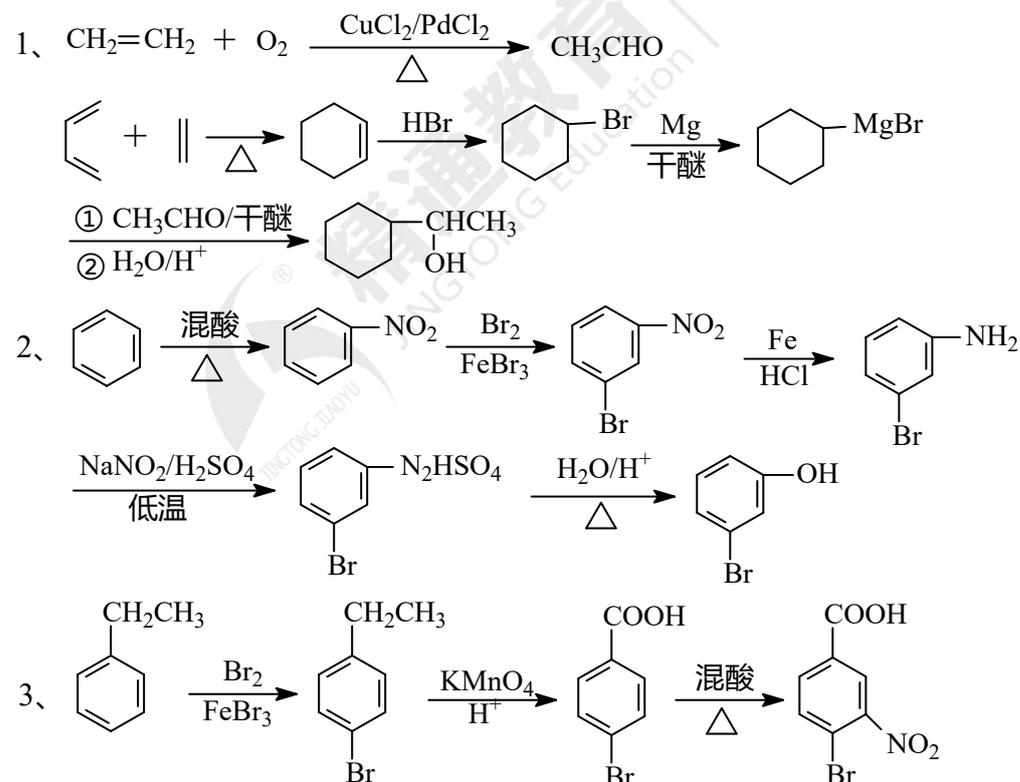
H 列于下式：

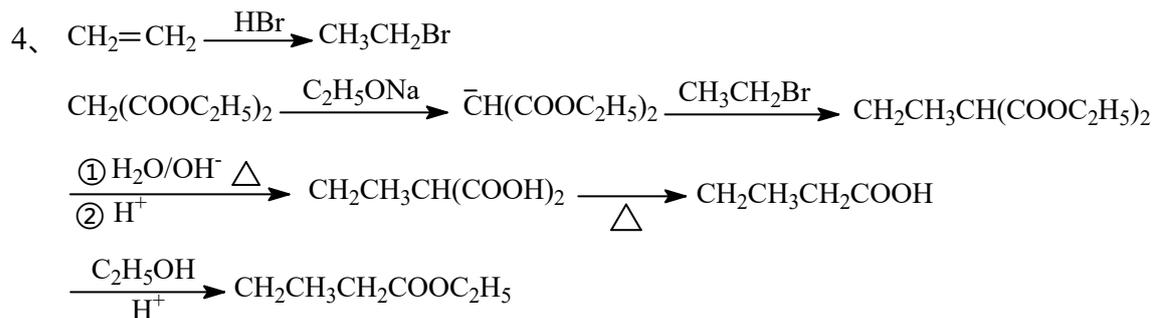


四、用化学方法鉴别下列各组物质（每小题 8 分，共 16 分，请在答题纸的相应位置上作答。）



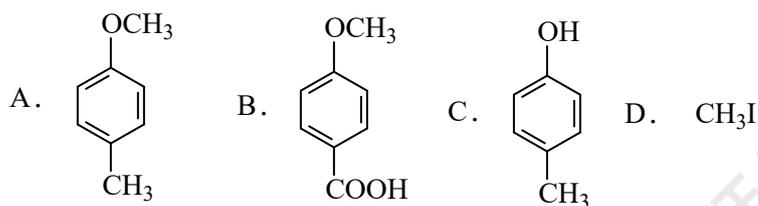
五、由指定原料合成下列化合物（每小题 8 分，共 32 分，请在答题纸的相应位置上作答。）





六、结构推断（每小题 8 分，共 16 分，请在答题纸的相应位置上作答。）

1、



2、 A. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ B. HCOOC_2H_5 C. $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$



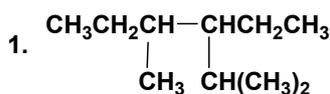
河北省 2020 普通专科接本科教育考试（化工/制药专业）

有机化学模拟题二参考答案

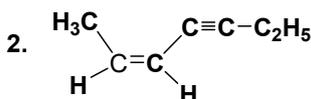
（考试时间：75 分钟）

（总分：150 分）

一、用系统命名法命名或写出下列化合物的结构式（注意：带*的标出构型。每小题 2 分，共 20 分。请在答题纸相应题号的位置上作答）



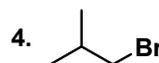
2,4-二甲基-3-乙基己烷



(Z)-2-庚烯-4-炔



甲基异丙基胺



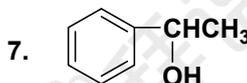
异丁基溴



3-丁烯酸

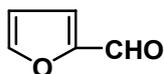


乙酸酐

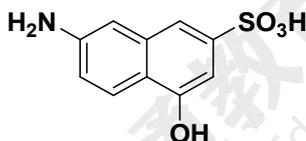


1-苯基乙醇

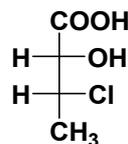
8. 糠醛



9. 7-氨基-4-羟基-2-萘磺酸



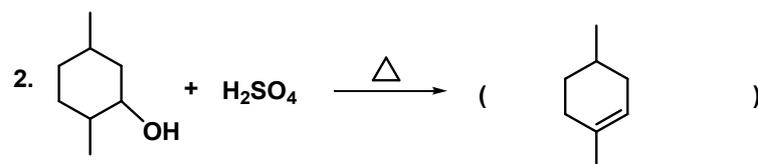
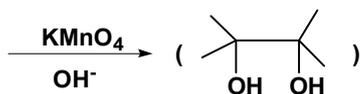
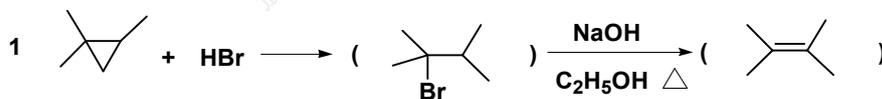
10. (2S,3R) -2-羟基-3-氯丁酸

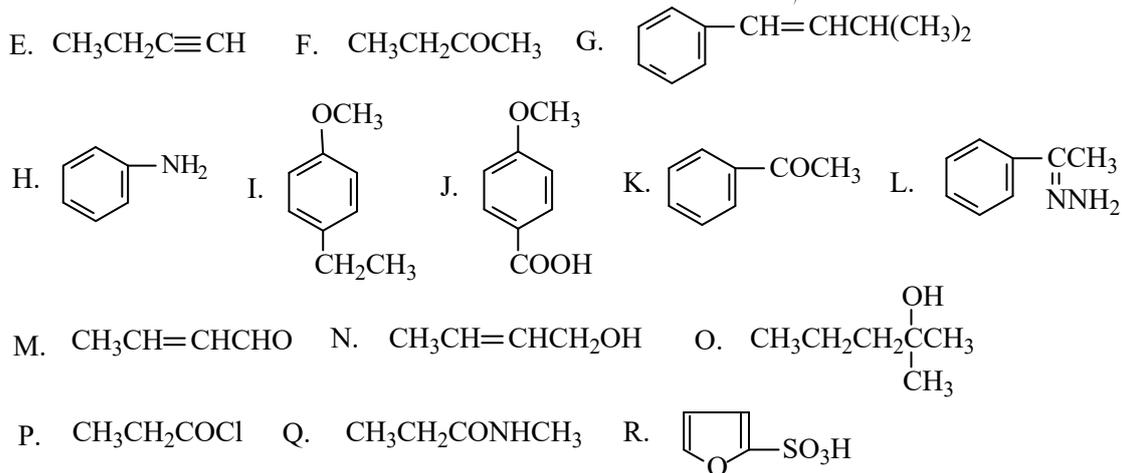


二、单项选择题（每小题 3 分，共 30 分。每小题给出的四个备选项中，选出一个正确的答案，请将选定的答案填涂在答题纸的相应位置上。）

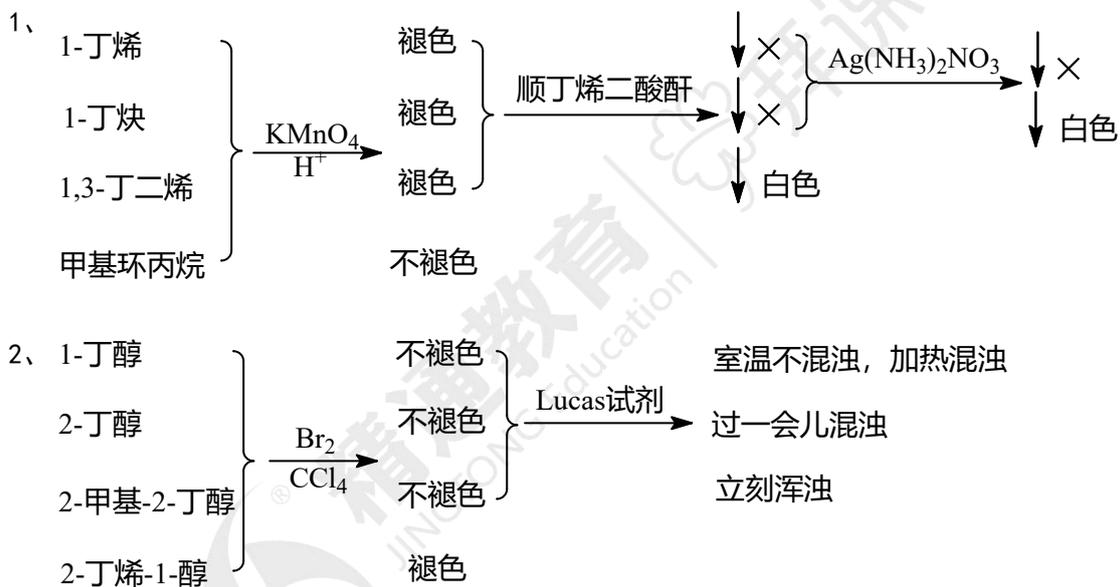
1、A 2、B 3、C 4、B 5、A 6、D 7、A 8、D 9、D 10、D

三、完成反应（写出主要产物 A-R 的结构简式，每空 2 分，共 36 分，请在答题纸的相应位置上作答。）



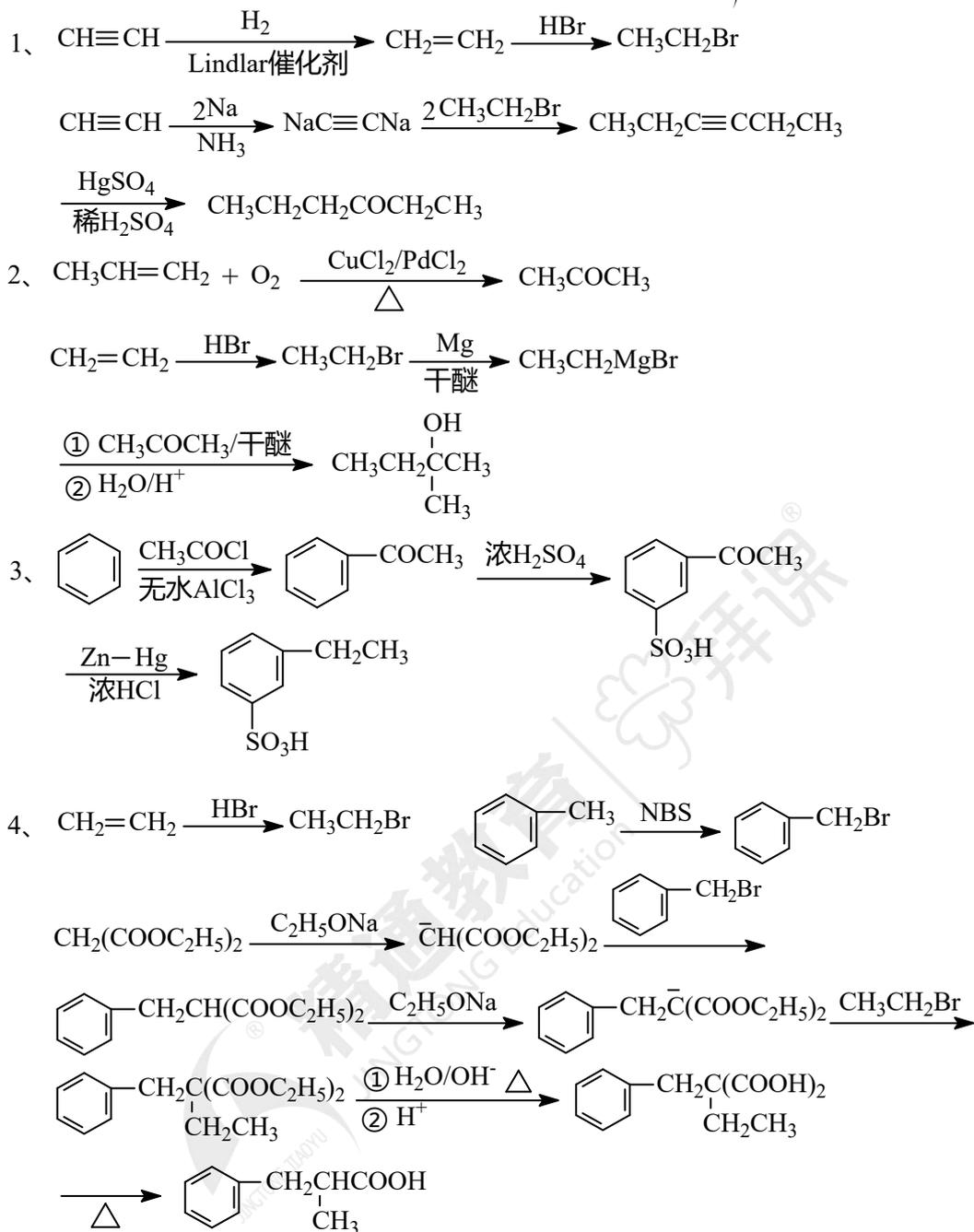


四、用化学方法鉴别下列各组物质（每小题 8 分，共 16 分，请在答题纸的相应位置上作答。）



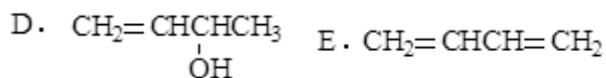
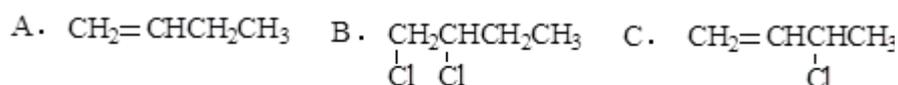
五、由指定原料合成下列化合物（每小题 8 分，共 32 分，请在答题纸的相应位置上作答。）



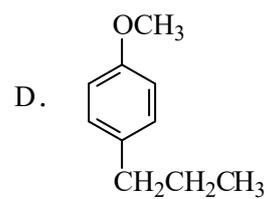
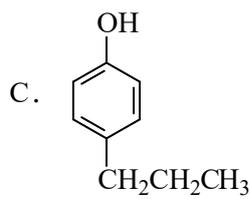
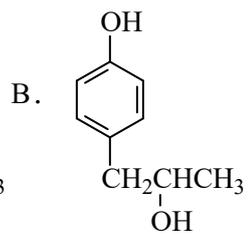
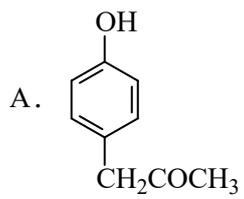


六、结构推断（每小题 8 分，共 16 分，请在答题纸的相应位置上作答。）

1、



2、



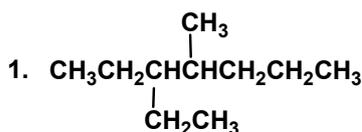
河北省 2020 普通专科接本科教育考试（化工/制药专业）

有机化学模拟题三参考答案

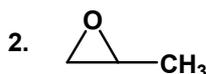
（考试时间：75 分钟）

（总分：150 分）

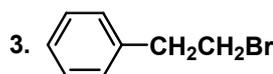
一、用系统命名法命名或写出下列化合物的结构式（注意：带*的标出构型。每小题 2 分，共 20 分。请在答题纸相应题号的位置上作答）



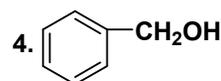
4-甲基-3-乙基庚烷



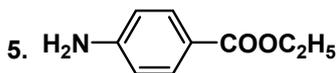
1,2-环氧丙烷



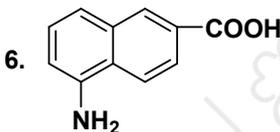
1-苯基-2-溴乙烷



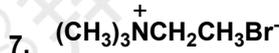
苄醇



对氨基苯甲酸乙酯

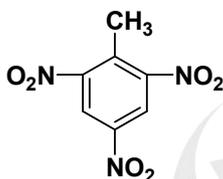


5-氨基-2-萘甲酸

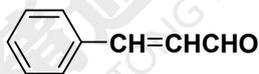


溴化三甲基乙基铵

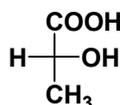
8. TNT



9. 3-苯基丙烯醛



10. (R)-乳酸

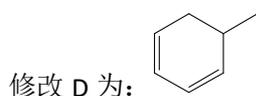
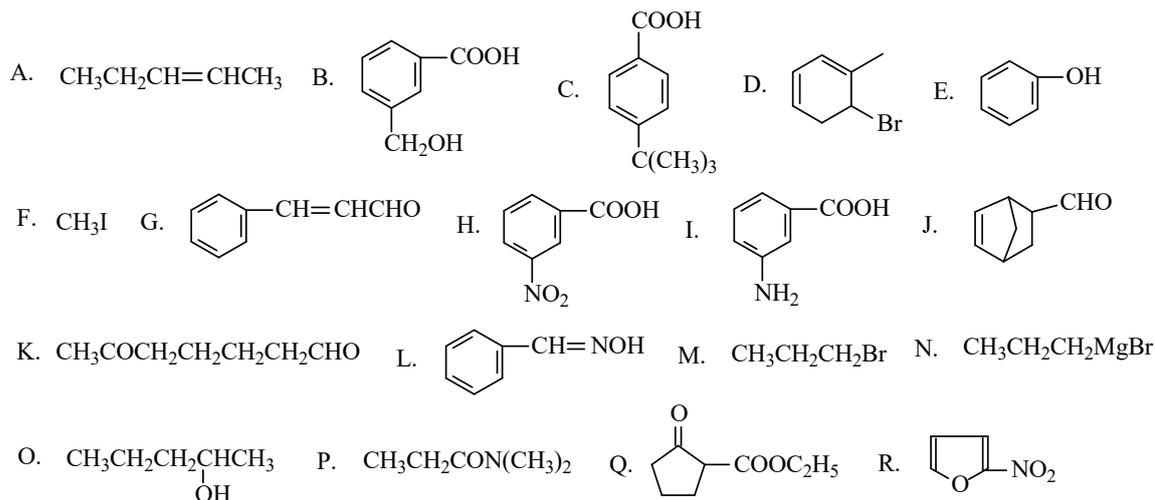


二、单项选择题（每小题 3 分，共 30 分。每小题给出的四个备选项中，选出一个正确的答案，请将选定的答案填涂在答题纸的相应位置上。）

1、B 2、A 3、B 4、D 5、C 6、D 7、A 8、A 9、C 10、B

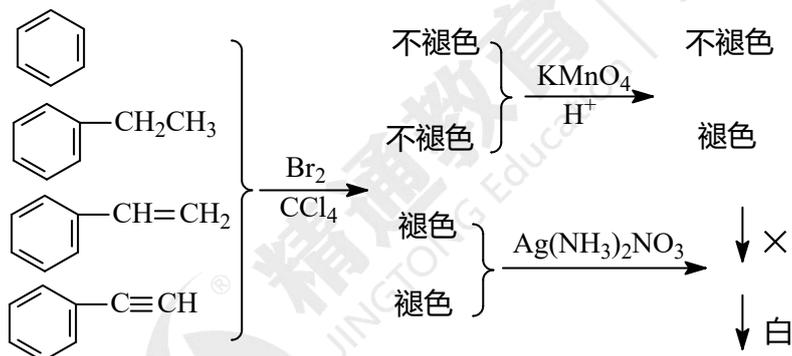
三、完成反应（写出主要产物 A-R 的结构简式，每空 2 分，共 36 分，请在答题纸的相应位置上作答。）



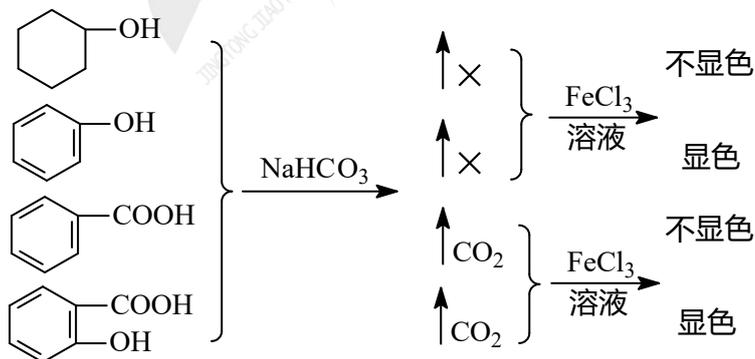


四、用化学方法鉴别下列各组物质（每小题 8 分，共 16 分，请在答题纸的相应位置上作答。）

1、

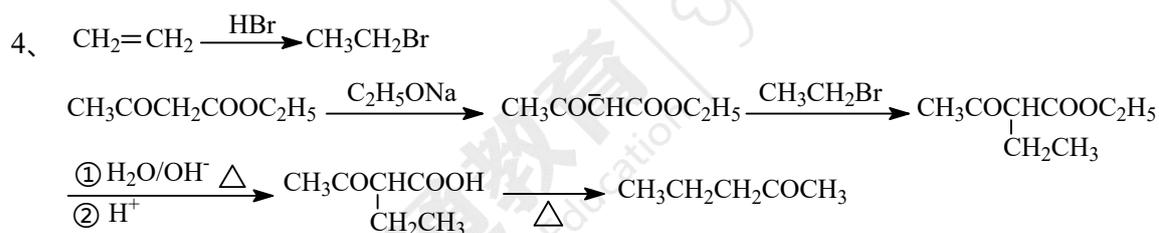
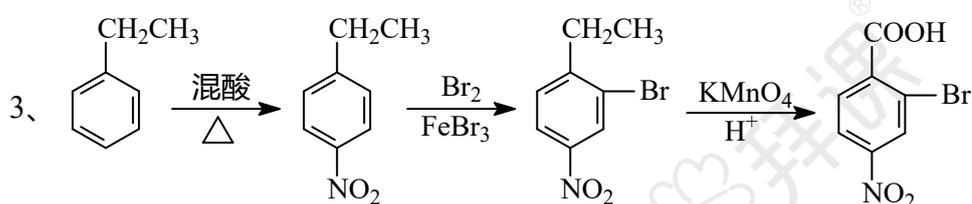
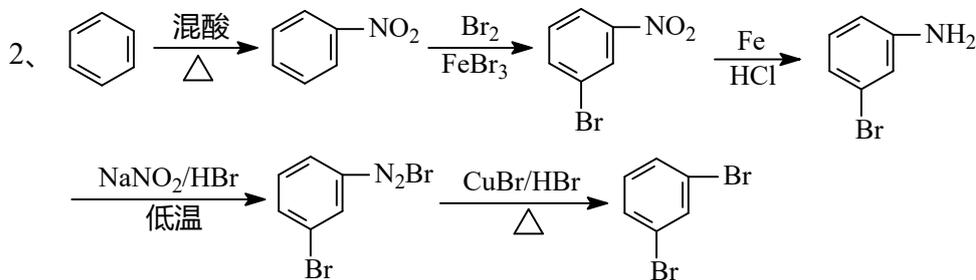
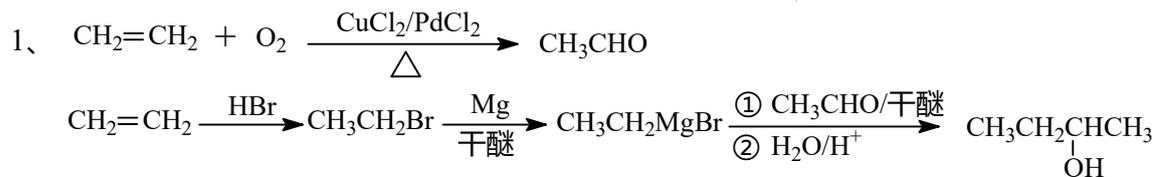


2、



五、由指定原料合成下列化合物（每小题 8 分，共 32 分，请在答题纸的相应位置上作答。）





六、结构推断（每小题 8 分，共 16 分，请在答题纸的相应位置上作答。）



河北省 2020 普通专科接本科教育考试（化工/制药专业）

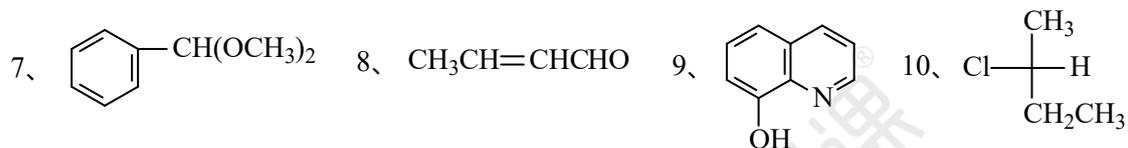
有机化学模拟题四参考答案

（考试时间：75 分钟）

（总分：150 分）

一、用系统命名法命名或写出下列化合物的结构式（注意：带*的标出构型。每小题 2 分，共 20 分。请在答题纸相应题号的位置上作答）

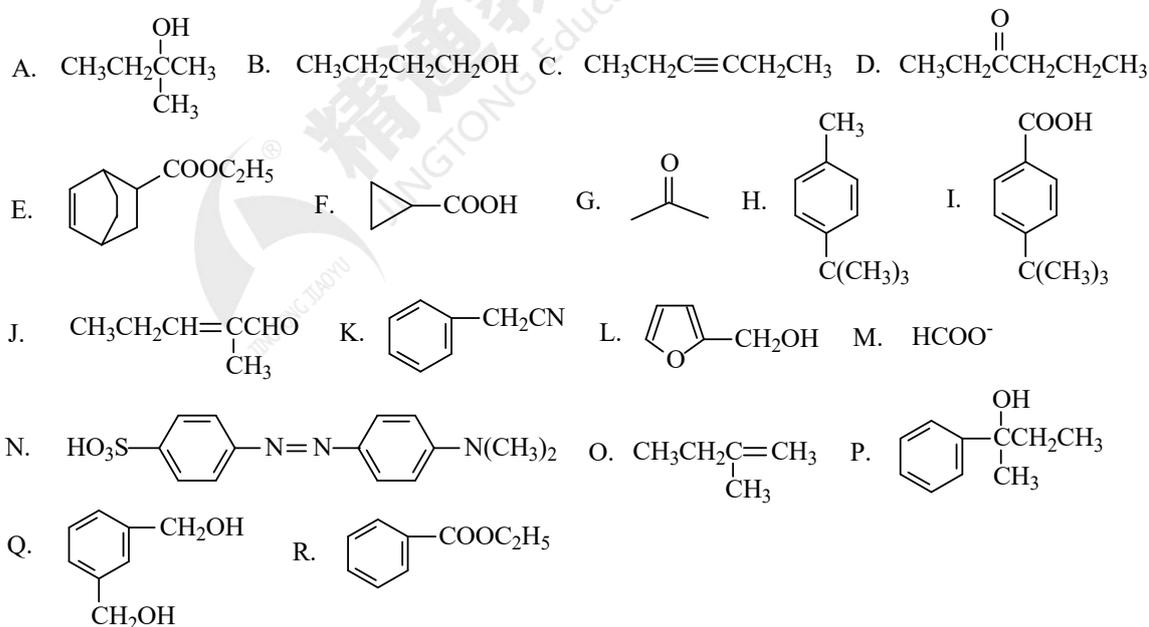
- 1、Z-4-甲基-3-溴-3-己烯酰氯 2、3-甲基-2-环己烯-1-醇 3、邻甲基苯甲醛肟
4、对甲氧基苯甲醇 5、R-2,3-二羟基丙醛 6、3-硝基苯甲酰胺



二、单项选择题（每小题 3 分，共 30 分。每小题给出的四个备选项中，选出一个正确的答案，请将选定的答案填涂在答题纸的相应位置上。）

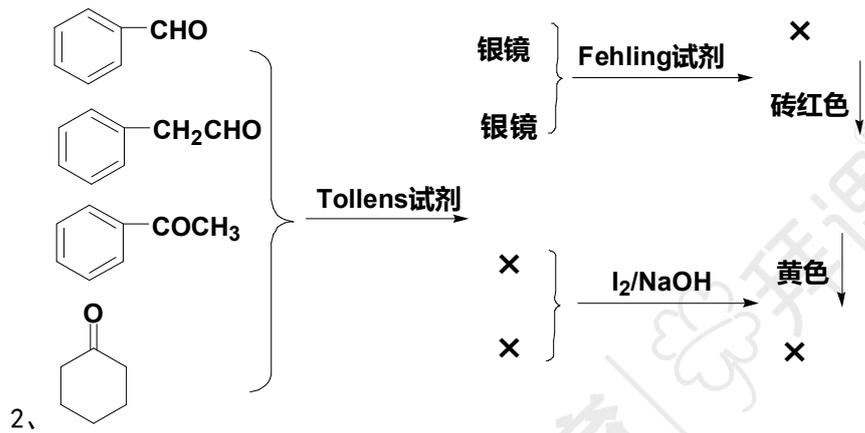
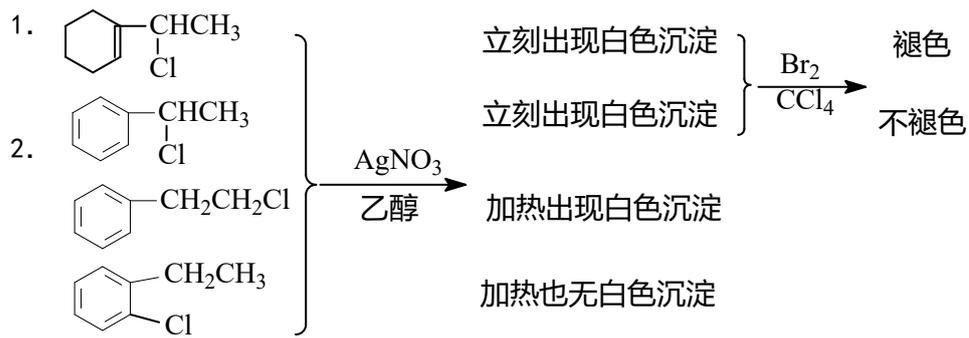
- 1、D 2、D 3、B 4、A 5、B 6、C 7、D 8、C 9、A 10、D

三、完成反应（写出主要产物 A-R 的结构简式，每空 2 分，共 36 分，请在答题纸的相应位置上作答。）



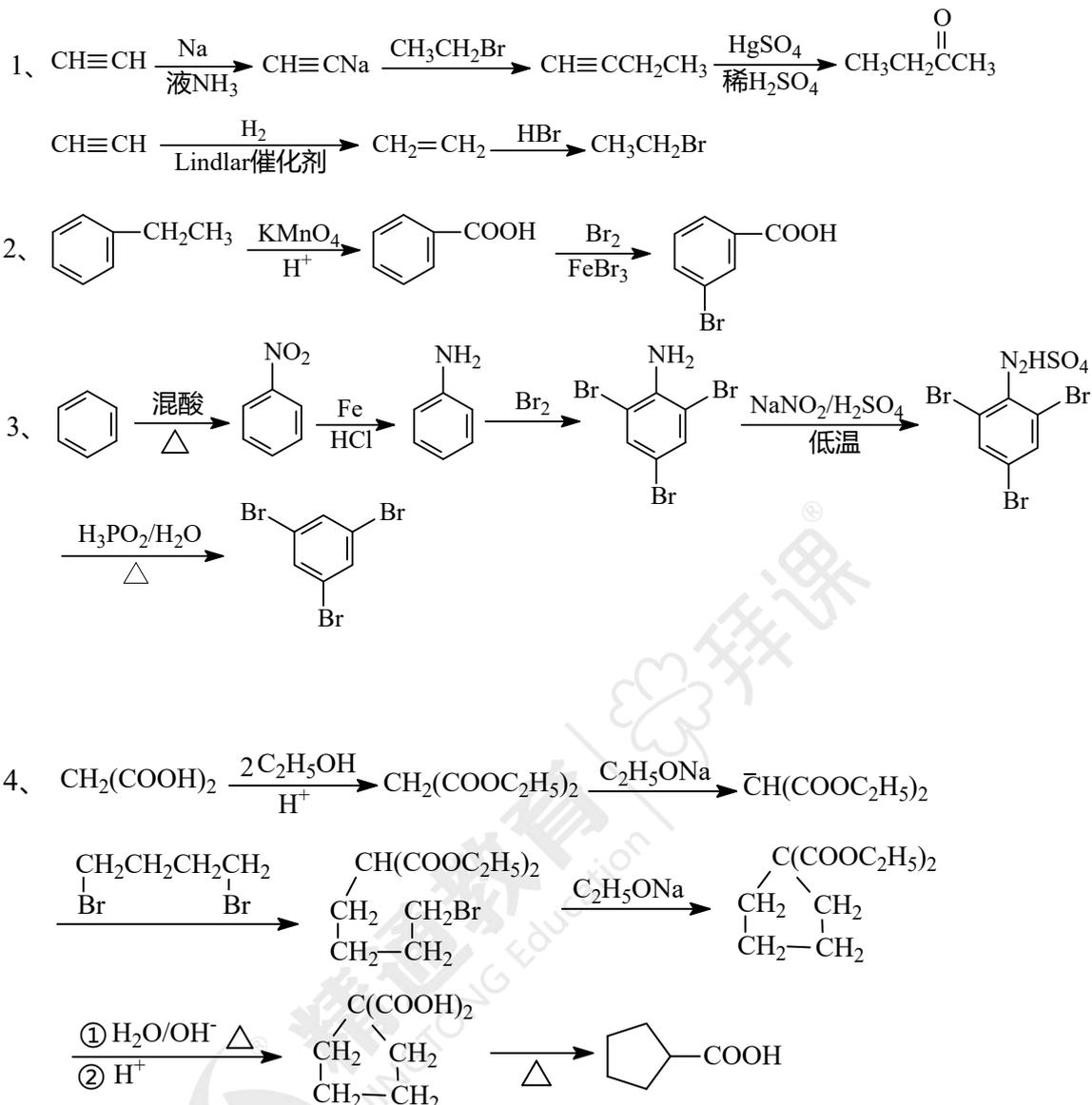
四、用化学方法鉴别下列各组物质（每小题 8 分，共 16 分，请在答题纸的相应位置上作答。）



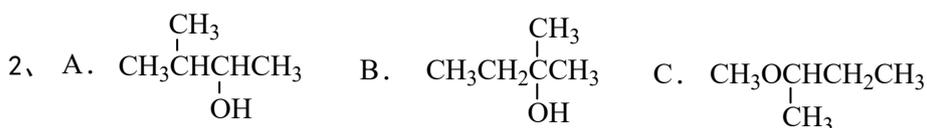
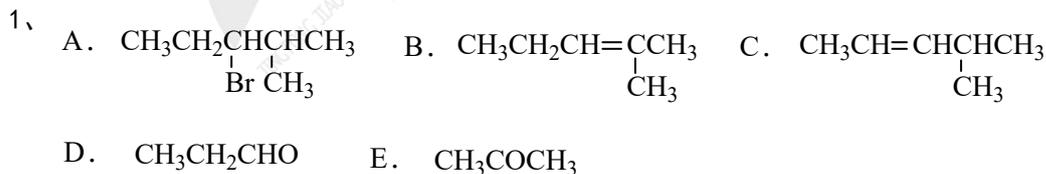


五、由指定原料合成下列化合物（每小题 8 分，共 32 分，请在答题纸的相应位置上作答。）





六、结构推断（每小题 8 分，共 16 分，请在答题纸的相应位置上作答。）



化工原理习题一参考答案（总分：150分）

一、单项选择题（本大题共9小题，每小题3分，共27分。在每小题给出的四个备选项中，选出一个正确的答案。）

1. 流体流动时产生摩擦阻力的根本原因是 C。
A. 流动速度大于零
B. 管壁不够光滑
C. 流体具有黏性
D. 流体具有压强
2. 在相同条件下，缩小管径，雷诺数 A。
A. 增大
B. 减小
C. 不变
D. 不确定
3. 流体在圆管内作层流流动时其阻力损失 A。
A. 与管壁粗糙度无关
B. 与雷诺数无关
C. 与管壁粗糙度、雷诺数有关
D. 只与管壁粗糙度有关
4. 以下不是离心泵性能参数的是 C。
A. 流量
B. 扬程
C. 有效功率
D. 效率
5. 恒压过滤时，如介质阻力不计，过滤时间减半，其它条件均不改变，则所获得的滤液量 C。
A. 为原来的 $1/3$ 倍
B. 为原来的 $\sqrt{2}$ 倍
C. 为原来的 $1/\sqrt{2}$ 倍
D. 为原来的 $1/2$ 倍

6. 降尘室没有以下优点 A。
- A. 分离效率高
 - B. 阻力小
 - C. 结构简单
 - D. 易于操作
7. 流体与固体壁面间的对流传热，当热量通过层流内层时，主要是以 A 方式进行的。
- A. 热传导
 - B. 热对流
 - C. 热辐射
 - D. 以上都是
8. 套管冷凝器的内管走空气，管间走饱和水蒸汽，如果蒸汽压力一定，空气进口温度一定，当空气流量增加时空气出口温度 C。
- A. 增大
 - B. 基本不变
 - C. 减小
 - D. 不能确定
9. 在蒸汽冷凝给热中，不凝气的存在对给热系数 α 的影响是 A。
- A. 使 α 降低
 - B. 使 α 升高
 - C. 没有影响
 - D. 无法确定

二、填空题（本大题共 7 个空，每空 3 分，共 21 分）

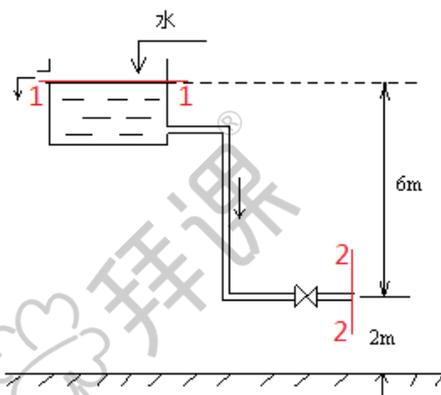
1. 当不可压缩流体在水平放置的变径管路中作定态连续流动时，在管子直径缩小的地方，其静压强 减小。（增大、不变、减小）
2. 在离心泵正常工作范围内，若将泵出口调节阀关小，则离心泵的压头将 增大，出口管路上的压力表读数将 增大。（增大、不变、减小）
3. 对恒压过滤，若介质阻力忽略不计，当过滤面积 A 增大一倍时，如滤饼不可压缩，得到相同滤液量时 $dV/d\tau$ 增大为原来的 4 倍。

4. 含尘气体通过长为 4m，宽为 3m，高为 1m 的除尘室，已知颗粒的沉降速度为 0.03m/s，则该除尘室的最大生产能力为 0.36 m³/s。

5. 接触良好的三层平壁进行稳态热传导，已知厚度 $\delta_1 > \delta_2 > \delta_3$ ，导热系数 $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ ，则各层热阻 $R_1 > R_2 > R_3$ 。

三、计算题（本大题共 4 小题，其中第 1 题 20 分，第 2 题 30 分，第 3 题 27 分，第 4 题 25 分，共 102 分）

1. 如下图，高位槽内的水面高于地面 8m，水从 $\Phi 108 \times 4$ mm 的管道中流出，管路出口高于地面 2m。在本题的特定条件下，水流经系统的能量损失（不包括出口的能量损失）可按 $\sum h_f = 6.5u^2$ 计算，式中 u 为水在管内的流速，单位为 m/s，求（1）水在管中的流速 (m/s)；（2）水的流量 (m³/h)。



解：

以高位槽液面为上游截面 1-1，输送管出口内侧为下游截面 2-2，并以过截面 2-2 中心的水平面为基准，在两截面间列柏努利方程：

$$gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + \sum h_{f1-2}$$

式中： $z_1 = 6\text{m}$ ， $p_1 = p_2 = 0$ (表压)， $u_1 = 0$ ， $z_2 = 0$ ， $\sum h_{f1-2} = 6.5u_2^2$

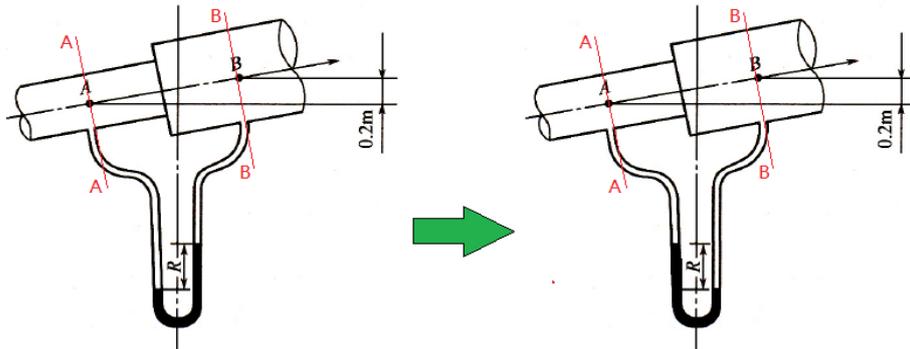
上式化为：

$$gz_1 = 7u_2^2 \Rightarrow u_2 = \sqrt{gz_1/7} = \sqrt{9.81 \times 6/7} = 2.9\text{m/s}$$

$$\therefore q_v = u_2 \frac{\pi d^2}{4} = 2.9 \times 0.785 \times 0.1^2 \times 3600 = 82\text{m}^3/\text{h}$$

2. 如下图，水以 60m³/h 的流量在一倾斜管中流过，此管的内径由 100mm 突然扩大到 200mm，见附图。A、B 两点的垂直距离为 0.2m。在此两点间连接一 U 形压差计，指示液为四氯化碳，其密度为 1630kg/m³。若忽略阻力损失，试求：（1）U 形管两侧的指示液面哪侧高，相差多少毫米？（2）若将上述扩大管道改为水平放置，压差计的读数有何变化？

解:



(1) U形管两侧的指示液页面哪侧高, 相差多少毫米?

在上游截面 A-A 与下游截面 B-B 之间列柏努利方程, 并以过 A 点的水平面为基准面, 忽略阻力损失。

$$\frac{\mathcal{P}_A}{\rho} + \frac{u_A^2}{2} = \frac{\mathcal{P}_B}{\rho} + \frac{u_B^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{\mathcal{P}_B - \mathcal{P}_A}{\rho} = \frac{u_A^2 - u_B^2}{2}$$

因为 $u_A > u_B$, 所以有 $\frac{\mathcal{P}_B - \mathcal{P}_A}{\rho} = \frac{u_A^2 - u_B^2}{2} > 0$

因此 U 管压差计应为左高右低, 与图示相反 (如右图)。

$$\frac{\mathcal{P}_B - \mathcal{P}_A}{\rho} = \frac{(\rho_i - \rho)gR}{\rho} = \frac{u_A^2 - u_B^2}{2} \Rightarrow R = \frac{\rho}{\rho_i - \rho} \times \frac{u_A^2 - u_B^2}{2g}$$

$$u_A = \frac{q_v}{\pi d_A^2 / 4} = \frac{60/3600}{0.785 \times 0.1^2} = 2.12 \text{ m/s}, \quad u_B = \frac{q_v}{\pi d_B^2 / 4} = \frac{60/3600}{0.785 \times 0.2^2} = 0.53 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow R = \frac{1000}{1630 - 1000} \times \frac{2.12^2 - 0.53^2}{2 \times 9.81} = 0.34 \text{ m} \quad \text{即 } 340 \text{ mm}$$

(2) 若将上述扩大管道改为水平放置, 压差计的读数有何变化?

$$\frac{\mathcal{P}_B - \mathcal{P}_A}{\rho} = \frac{(\rho_i - \rho)gR}{\rho} = \frac{u_A^2 - u_B^2}{2}$$

水平放置后, 水的流速 u_A , u_B 不会发生变化, U 管压差计的读数不会发生变化。

3. 在恒压下对某种悬浮液进行过滤，过滤 10min 得滤液 4L。再过滤 10min 又得滤液 2L。如果继续过滤 10min，可再得滤液多少升？

解：

恒压过滤方程： $V^2 + 2VV_e = KA^2\tau$

$$\text{由题意得：} \begin{cases} 4^2 + 2 \times 4 \times V_e = KA^2 \times 10 \\ 6^2 + 2 \times 6 \times V_e = KA^2 \times 20 \end{cases}$$

解得： $KA^2 = 2.4L^2/\text{min}$ ， $V_e = 1L$

继续过滤 10min，由过滤方程 $V^2 + 2V = 2.4\tau$ 得到总时间为 30min 时的滤液量为：

$$V^2 + 2V = 2.4 \times 30 = 72 \Rightarrow V = 7.5L$$

∴ 最后 10min 得到滤液量为： $\Delta V = 7.5 - 6 = 1.5L$

4. 为测定套管式甲苯冷却器的传热系数，测得实验数据如下：传热面积为 2.8 m^2 ，

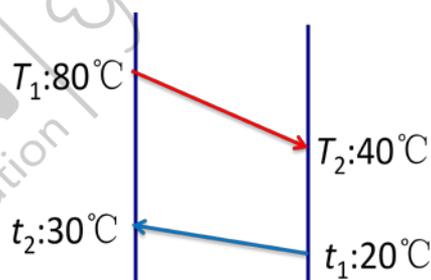
甲苯的流量为 2000 kg/h ，由 80°C 冷却到 40°C ，

甲苯的平均比热为 $1.84\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ 。冷却水

从 20°C 升高到 30°C ，两流体呈逆流流动，

求所测得的传热系数 K 为多少？若水的比热

为 $4.187\text{ kJ}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ ，问水的流量为多少？



解：

热负荷： $Q = q_{m1}c_{p1}(T_1 - T_2) = 2000/3600 \times 1.84 \times 10^3 \times (80 - 40) = 4.09 \times 10^4\text{ W}$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{(80 - 30) - (40 - 20)}{\ln \frac{80 - 30}{40 - 20}} = 32.7^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{Q}{A\Delta t_m} = \frac{4.09 \times 10^4}{2.8 \times 32.7} = 446.7\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$\text{水流量：} q_{m2} = \frac{Q}{c_{p2}(t_2 - t_1)} = \frac{4.09 \times 10^4}{4.187 \times 10^3 \times (30 - 20)} = 0.977\text{ kg/s}，\text{即} 3517.2\text{ kg/h}$$

化工原理习题二参考答案（总分：150分）

一、单项选择题（本大题共9小题，每小题3分，共27分。在每小题给出的四个备选项中，选出一个正确的答案。）

1. 某离心泵入口处真空表的读数为 200mmHg，当地大气压为 101kPa，则泵入口处的绝对压强为 A。

A. 74.3kPa

B. 101kPa

C. 127.6kPa

D. 不确定

2. 层流底层越薄，则 C。

A. 近壁面速度梯度越小

B. 流动阻力越小

C. 流动阻力越大

D. 流体湍动程度越小

3. 某同学进行离心泵特性曲线测定实验，启动泵后，出水管不出水，泵进口处真空计指示真空度很高，他对故障原因作出了正确判断，排除了故障，你认为以下可能的原因中，哪一个是真正的原因 C。

A. 水温太高

B. 真空计坏了

C. 吸入管路堵塞

D. 排出管路堵塞

4. 转子流量计的主要特点是 C。

A. 恒截面、恒压差

B. 变截面、变压差

C. 变截面、恒压差

D. 恒截面、变压差

5. 助滤剂的作用是 B。

A. 降低滤液黏度，减少流动阻力

B. 形成疏松饼层，使滤液得以畅流

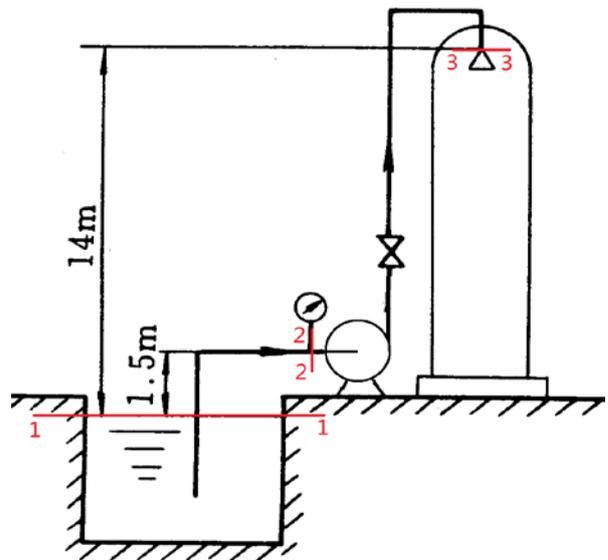
- C. 帮助介质拦截固体颗粒
- D. 使得滤饼密实并具有一定的刚性
6. 含尘气体在降尘室内按斯托克斯定律进行沉降。理论上能完全除去 $30\mu\text{m}$ 的粒子，现气体处理量增大 1 倍，沉降仍在斯托克斯区内，则该降尘室理论上能完全除去的最小粒径为 D。
- A. $2 \times 30\mu\text{m}$
- B. $1/2 \times 30\mu\text{m}$
- C. $30\mu\text{m}$
- D. $\sqrt{2} \times 30\mu\text{m}$
7. 为了在某固定空间造成充分的自然对流，有下面两种说法：
①加热器应置于该空间的上部；②冷却器应置于该空间的下部。
正确的结论应该是 B。
- A. 这两种说法都对
- B. 这两种说法都不对
- C. 第一种说法对，第二种说法错
- D. 第二种说法对，第一种说法错
8. 关于传热系数 K 下述说法中错误的是 C。
- A. 传热过程中总传热系数 K 实际是个平均值
- B. 总传热系数 K 随着所取的传热面不同而异
- C. 总传热系数 K 可用来表示传热过程的强弱，与冷、热流体的物性无关
- D. 要提高 K 值，应从降低最大热阻着手
9. 冷热水通过间壁换热器换热，热水进口温度为 90°C ，出口温度为 50°C ，冷水走管程，冷水进口温度为 15°C ，出口温度为 53°C ，冷热水的流量相同，且假定冷热水的物性相同，则热损失占传热量的 A。
- A. 5%
- B. 6%
- C. 7%
- D. 8%

二、填空题（本大题共 7 个空，每空 3 分，共 21 分）

1. 流体在内管外径为 25mm，外管内径为 70mm 的环隙流道内流动，则该环隙流道的当量直径为 45mm。
2. 当 20℃ 的甘油 ($\rho=1261\text{kg/m}^3, \mu=1499\text{cP}$) 在内径为 100mm 的管内流动时，若流速为 1.0m/s 时，其雷诺准数 Re 为 84.1，其摩擦系数 λ 为 0.761。
3. 恒压过滤时，如滤饼不可压缩，介质阻力可忽略，当操作压差增加 1 倍，则在同样的时间里所得滤液量将为原来的 $\sqrt{2}$ 倍。
4. 一密度为 7800kg/m^3 的小钢球在相对密度为 1.2 倍水的某液体中的自由沉降速度为在 20℃ 水（黏度为 1.005cP ）中沉降速度的 $1/4000$ ，则此溶液的黏度为 $3902\text{Pa}\cdot\text{s}$ 。（设沉降区为层流）
5. 液体饱和沸腾的各个阶段中，核状沸腾 具有给热系数大、壁温低的优点，因此工业沸腾装置应在该状态下操作。
6. 处理量为 440kg/h 的有机溶液在某换热器中预热。运转一周后，该溶液在管内生成积垢，使换热器总热阻增加了 10%。若维持冷、热介质出口温度不变，则该溶剂的处理量变为 400kg/h 。

三、计算题（本大题共 4 小题，其中第 1 题 30 分，第 2 题 20 分，第 3 题 25 分，第 4 题 27 分，共 102 分）

1. 用离心泵将水从储槽送至水洗塔的顶部，槽内水位维持恒定，各部分相对位置如本题附图所示。管路的直径均为 $\Phi 76 \times 2.5\text{mm}$ 。在操作条件下，泵入口处真空表的读数为 $24.66 \times 10^3\text{Pa}$ ；水流经吸入管与排出管（不包括喷头）单位质量流体的能量损失可分别按 $\Sigma h_{f1} = 2u^2$ 与 $\Sigma h_{f2} = 10u^2$ 计算。由于管径不变，故式中 u 为吸入或排出管的流速（m/s）。排水管与喷头处的压强为 $98.07 \times 10^3\text{Pa}$ （表压）。求泵的有效功率。（水的密度取为 1000kg/m^3 ）



解:

(1) 以储槽液面为上游截面 1-1, 真空表处为下游截面 2-2, 并以截面 1-1 为基准, 在两截面间列柏努利方程:

$$gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + \sum h_{f1-2}$$

式中:

$$z_1 = 0, z_2 = 1.5\text{m}, p_1 = 0(\text{表压}), p_2 = -24.66 \times 10^3 \text{Pa}(\text{表压}), u_1 \approx 0, \sum h_{f1-2} = 2u_2^2$$

$$\text{上式化为: } gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + 2u_2^2 = 0$$

$$\Rightarrow u_2 = \sqrt{\left(-\frac{p_2}{\rho} - gz_2\right) / 2.5} = \sqrt{\left(-\frac{-24.66 \times 10^3}{1000} - 9.81 \times 1.5\right) / 2.5} = 2\text{m/s}$$

(2) 在截面 1-1 与 3-3 (喷头连接处出口截面内侧) 间列柏努利方程, 并以截面 1-1 为基准。

$$gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} + h_e = gz_3 + \frac{p_3}{\rho} + \frac{u_3^2}{2} + \sum h_{f1-2} + \sum h_{f2-3}$$

式中:

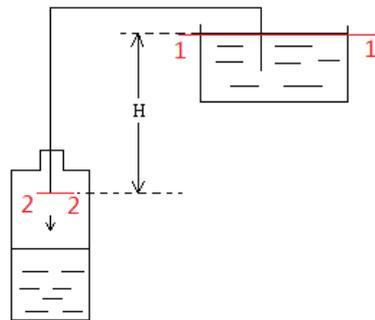
$$z_1 = 0, z_3 = 14\text{m}, p_1 = 0(\text{表压}), p_2 = 98.07 \times 10^3 \text{Pa}(\text{表压}), u_1 \approx 0, u_3 = u_2 = 2\text{m/s}$$

上式化为:

$$h_e = gz_3 + \frac{p_3}{\rho} + \frac{u_3^2}{2} + 2u_3^2 + 10u_3^2 = 9.81 \times 14 + \frac{98.07 \times 10^3}{1000} + 12.5 \times 2^2 = 285.41 \text{J/kg}$$

$$P_e = q_m h_e = uA\rho h_e = 2 \times 0.785 \times 0.071^2 \times 1000 \times 285.41 = 2259\text{W}$$

2. 如下图所示, 用虹吸管从高位槽向反应器加料, 反应器和高位槽均与大气相通, 要求料液在管内以 2m/s 的速度流动, 其流动总阻力损失为 20J/kg (不含液体出口阻力损失), 求高位槽液面与吸管出口之间的高位差 H (m)。



解:

以高位槽液面为上游截面 1-1, 管路出口内侧为下游截面 2-2, 并以截面 2-2 为基准水平面在两截面间列柏努利方程:

$$gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + \sum h_{f1-2}$$

式中:

$$z_2 = 0, z_1 = 1.5m, p_1 = p_2 = 0(\text{表压}), u_1 \approx 0, u_2 = 2m/s, \sum h_{f1-2} = 20J/kg$$

$$\text{上式化为: } z_1 = H = \left(\frac{u_2^2}{2} + \sum h_{f1-2} \right) / g = \left(\frac{2^2}{2} + 20 \right) / 9.81 = 2.24m$$

3. 某板框压滤机共有 10 个框, 空框长、宽各为 500mm, 在一定压力下恒压过滤 30min 后, 获得滤液 $5m^3$, 假设滤布阻力可以忽略不计。试求:

- (1) 过滤常数 K ;
- (2) 如果再过滤 30min, 还能获得多少 m^3 滤液?

解:

$$(1) \text{ 过滤面积 } A = 10 \times 0.5 \times 0.5 \times 2 = 5m^2$$

$$\text{由 } V^2 = KA^2\tau \text{ 得到 } K = \frac{V^2}{A^2\tau} = \frac{5^2}{5^2 \times 30} = 0.033m^2/min \text{ 或 } 5.56 \times 10^{-4}m^2/s$$

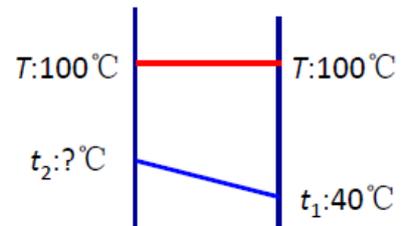
(2) 再过滤 30min, 总时间为 60min, 得到的滤液总量为:

$$V' = \sqrt{KA^2\tau'} = \sqrt{0.033 \times 5^2 \times 60} = 7.04m^3$$

\therefore 后 30min 得到的滤液量为:

$$\Delta V = V' - V = 7.04 - 5 = 2.04m^3$$

4. 某冷凝器传热面积为 $15m^2$, 用来将 100°C 的饱和水蒸汽冷凝为同温度下的水, 饱和水蒸汽的汽化潜热为 2258.4kJ/kg 。冷液进口温度为 40°C , 流量为 0.917kg/s , 比热容为 $4\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ 。换热器的传热系数 $K=125\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$, 求水蒸汽冷凝量。



解: (1) 求 t_2

方法一:

联立热负荷和传热速率方程：

$$Q = q_{m2}c_{p2}(t_2 - t_1) = KA \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{T - t_1}{T - t_2}}$$

化简为： $\ln \frac{T - t_1}{T - t_2} = \frac{KA}{q_{m2}c_{p2}}$ 即 $\frac{T - t_1}{T - t_2} = \exp \frac{KA}{q_{m2}c_{p2}}$

代入数据： $\frac{100 - 40}{100 - t_2} = \exp \frac{125 \times 15}{0.917 \times 4000} = 1.67$

$$\Rightarrow t_2 = 64.1^\circ\text{C}$$

方法二：

假设可以使用算术平均值取代对数平均值：

$$Q = KA\Delta t_m = q_{m2}C_{p2}(t_2 - t_1)$$

即 $KA \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = q_{m2}C_{p2}(t_2 - t_1)$

代入数据：

$$125 \times 15 \times \frac{(100 - t_2) + 60}{2} = 0.917 \times 4000 \times (t_2 - 40)$$

$$\frac{80 - 0.5t_2}{t_2 - 40} = \frac{0.917 \times 4000}{125 \times 15} \Rightarrow t_2 = 64.4^\circ\text{C}$$

$$\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{60}{35.6} = 1.69 < 2$$

假设成立，用算术平均值取代对数平均值是合理的。

(2) 求水蒸气冷凝量

$$q_{m1} = \frac{q_{m2}C_{p2}(t_2 - t_1)}{r} = \frac{0.917 \times 4000 \times (64.4 - 40)}{2258.4 \times 10^3} = 0.04 \text{ kg/s}$$

化工原理模习题三参考答案（总分：150分）

一、单项选择题（本大题共9小题，每小题3分，共27分。在每小题给出的四个备选项中，选出一个正确的答案。）

1. 双U型压差计要求两种指示液B。
A. 密度差越大越好
B. 密度差越小越好
C. 密度越大越好
D. 密度越小越好
2. 在一条竖直的等径直管中，流体自上而下作定态流动，则C。
A. 流速会越来越快
B. 流速会越来越慢
C. 流速不会改变
D. 不能确定
3. 离心泵将液体从低处送到某一高度的垂直距离称之为B。
A. 扬程
B. 升扬高度
C. 吸液高度
D. 泵进出口高度

4. 有一并联管路，如右图所示，两段管路的流量，流速，管径，管长及流动阻力损失分别为 q_{V1} ， u_1 ， d_1 ， l_1 ， h_{f1} 及 q_{V2} ， u_2 ， d_2 ， l_2 ， h_{f2} 。若流动为湍流， $d_1=2d_2$ ， $l_1=2l_2$ ， $\lambda_1=\lambda_2$ ，则： h_{f1}/h_{f2} 和 q_{V1}/q_{V2} 分别为



- C。
- A. 2; 4
 - B. 4; 8
 - C. 1; 4
 - D. 1/4; 8
5. 恒压过滤且介质阻力忽略不计时，若黏度降低 20%，则在相同条件下所获得

的滤液量增加 A。

- A. 11.8%
- B. 9.54%
- C. 20%
- D. 44%

6. 在层流区颗粒的沉降速度正比于 D。

- A. $(\rho_p - \rho)$ 的 1/2 次方
- B. μ 的零次方
- C. 粒子直径的 0.5 次方
- D. 粒子直径的平方

7. 传热过程中当两侧流体的对流给热系数都较大时，影响传热过程的将是 B。

- A. 管壁热阻
- B. 污垢热阻
- C. 管内对流给热热阻
- D. 管外对流给热热阻

8. 有一套管换热器，在内管中空气从 20℃ 被加热到 50℃，环隙内有 119.6℃ 的水蒸汽冷凝，管壁温度接近 B℃。

- A. 35
- B. 119.6
- C. 77.3
- D. 50

9. 在房间中利用火炉进行取暖时，其传热方式为 D。

- A. 传导和对流
- B. 传导和辐射
- C. 对流和辐射
- D. 传导、对流和辐射

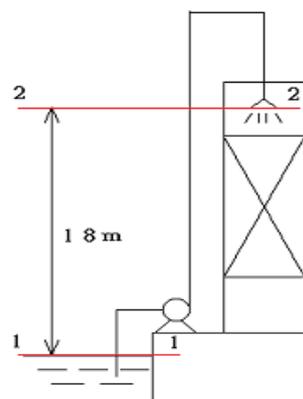
二、填空题（本大题共 7 个空，每空 3 分，共 21 分）

1. 水在内径一定的圆管中流动，若层流底层越来越薄，则流体流动的阻力损失将 增大。（增大、不变、减小）

2. 某流体在直管中作层流流动，在流速不变的情况下，管长、管径同时增加一倍，其阻力损失为原来的0.5倍。
3. 离心泵在启动前应关闭出口调节阀，其原因是防止泵启动时电流过大而烧毁电机。
4. 过滤介质阻力可忽略不计，滤饼不可压缩，若恒速过滤过程中，在相等时间滤液体积由 V_1 增多至 $V_2 = 2V_1$ 时，操作压差由 ΔP_1 增大至 ΔP_2 ，则 $\Delta P_2 =$ 2 ΔP_1 。
5. 含尘气体通过降尘室的时间是 t ，最小固体颗粒的沉降时间是 t_0 ，为使固体颗粒都能沉降下来，必须有 t > t_0 。
6. 一包有石棉泥保温层的蒸汽管道，当石棉受潮后其保温效果将变差，主要原因是 $\lambda_{水} > \lambda_{气}$ 。
5. 某列管式换热器，用水蒸汽加热某种有机溶液，则有机溶液应安排走管程。（管程、壳程）

三、计算题（本大题共 4 小题，其中第 1 题 30 分，第 2 题 20 分，第 3 题 25 分，第 4 题 27 分，共 102 分）

1. 如右图所示。离心泵将 20°C 的水由敞口水池送到一表压力为 2.5atm 的塔内，管径为 $\Phi 108 \times 4\text{mm}$ 管路全长 100m （包括管件、阀门、进出口等局部阻力）。已知：水的流量为 $56.5\text{m}^3/\text{h}$ ，水的黏度为 1 厘泊，密度为 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ ，管路摩擦系数可取为 0.024 ，试计算并回答：
（1）水在管内流动时的流动型态；（2）管路所需要的压头和功率。



解：

（1）求 Re

$$u = \frac{q_v}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{56.5/3600}{0.785 \times 0.1^2} = 2\text{m/s}$$

$$Re = \frac{dup}{\mu} = \frac{0.1 \times 2 \times 1000}{1 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^5 > 4000, \text{ 所以为湍流。}$$

（2）以水池液面为上游截面1-1，出口外侧为下游截面2-2，以1-1截面为基准水平面，列1-1与2-2间的伯努利方程。

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + H_e = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + \sum H_f$$

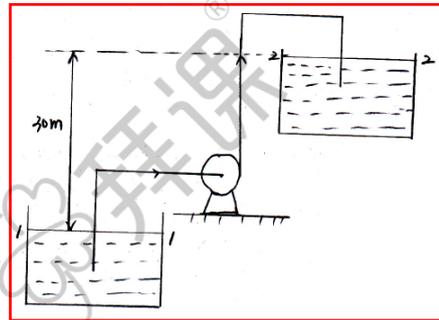
式中： $z_1 = 0$, $p_1 = 0$ (表压), $u_1 = u_2 \approx 0$

$$\therefore H_e = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \lambda \frac{\sum(l+l_e)}{d} \cdot \frac{u^2}{2} = 18 + \frac{2.5 \times 101325}{1000 \times 9.81} + 0.024 \times \frac{100}{0.1} \times \frac{2^2}{2}$$

$$= 18 + 25.5 + 4.9 = 48.7 \text{ m 水柱}$$

$$\therefore P_e = q_v \rho H_e g = \frac{56.5}{3600} \times 1000 \times 48.7 \times 9.81 = 7.5 \text{ kW}$$

2. 密度为 $1200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 的盐水，以 $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 的流量流过内径为 75 mm 的无缝钢管。两敞口液面间的垂直距离为 30 m ，钢管总长为 120 m ，管件、阀门、进出口等局部阻力为钢管阻力的 25% ，试求泵的轴功率。假设：（1）摩擦系数 $\lambda = 0.03$ ；（2）泵的效率 $\eta = 0.6$ 。



解：

以低压位槽液面为上游截面1-1，高位槽液面为截面2-2，以1-1作为基准水平面，在两截面间列伯努利方程。

$$gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} + h_e = gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + \sum h_{f1-2}$$

式中： $z_1 = 0$, $p_1 = p_2 = 0$ (表压), $u_1 = u_2 \approx 0$

$$\therefore h_e = gz_2 + \sum h_{f1-2} = gz_2 + \lambda \frac{\sum(l+l_e)}{d} \cdot \frac{u^2}{2}$$

$$u = \frac{q_v}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{25/3600}{0.785 \times 0.075^2} = 1.57 \text{ m/s}$$

$$h_e = 9.81 \times 30 + 0.03 \times \frac{120 \times 1.25}{0.75} \times \frac{1.57^2}{2} = 368.25 \text{ J/kg}$$

$$\therefore P_a = \frac{P_e}{\eta} = \frac{q_v \rho h_e}{\eta} = \frac{(25/3600) \times 1200 \times 368.25}{0.6} = 5.1 \text{ kW}$$

3. 在一板框过滤机上恒压过滤某种悬浮液。在 1 atm 表压下 20 分钟在每 1 m^2

过滤面积上得到 0.197m^3 的滤液，再过滤 20 分钟在每 1m^2 过滤面积上又得滤液 0.09m^3 。试求共过滤 1 小时可得总滤液量为若干 m^3 ?

解： 恒压过滤方程： $q^2 + 2qq_e = K\tau$

$$\text{代入数据: } \begin{cases} 0.197^2 + 2 \times 0.197 \times q_e = K \times 20 \\ 0.287^2 + 2 \times 0.287 \times q_e = K \times 40 \end{cases}$$

$$\text{求得: } q_e = 0.0224\text{m}^3 / \text{m}^2$$

$$K = 2.38 \times 10^{-3} \text{m}^2 / \text{min} \text{ 或 } 3.97 \times 10^{-5} \text{m}^2 / \text{s}$$

过滤 1h 得到的滤液量为:

$$q^2 + 0.0448q = 2.382 \times 10^{-3} \tau$$

代入过滤时间 60min 有:

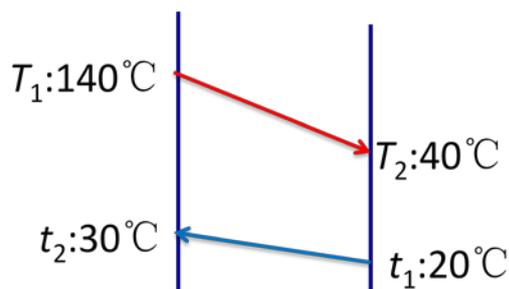
$$q^2 + 0.0448q - 0.1428 = 0$$

$$\Rightarrow q = 0.36\text{m}^3 / \text{m}^2$$

4. 现要将某液体从 140°C 冷却至 40°C ，液体处理量为 7000kg/h （比热为 $2.3\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ），用河水作为冷却剂，河水进口温度为 20°C ，出口温度为 30°C ，采用逆流操作。若传热系数 $K=700\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ，忽略热损失，试求：

(1) 冷却水的用量 (m^3/h)；已知水的比热为 $4.18\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ，密度为 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(2) 现仓库有一台单程列管式换热器，内有 $\Phi 19 \times 2\text{mm}$ 的钢管 60 根，管长 3m，试核算该换热器可否满足工艺要求？



解：

$$(1) \text{ 热负荷: } Q = q_{m1}c_{p1}(T_1 - T_2) = q_{m2}c_{p2}(t_2 - t_1)$$

$$q_{m2} = \frac{c_{p1}(T_1 - T_2)}{c_{p2}(t_2 - t_1)} q_{m1} = \frac{2.3 \times (140 - 40)}{4.18 \times (30 - 20)} \times 7000 = 3.85 \times 10^4 \text{kg/h}$$

$$q_{v2} = \frac{q_{m2}}{\rho} = \frac{3.85 \times 10^4}{1000} = 38.5\text{m}^3 / \text{h}$$

$$(2) Q = q_{m1}c_{p1}(T_1 - T_2) = kA\Delta t_m \Rightarrow A_{\text{需}} = \frac{q_{m1}c_{p1}(T_1 - T_2)}{K\Delta t_m}$$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{110 - 20}{\ln \frac{110}{20}} = 52.8^\circ\text{C}$$

$$\therefore A_{\text{需}} = \frac{(7000/3000) \times 2.3 \times 10^3 \times (140 - 40)}{700 \times 52.8} = 12.1\text{m}^2$$

$$A_{\text{供}} = \pi d l n = 3.14 \times 0.019 \times 3 \times 60 = 10.7\text{m}^2$$

$A_{\text{需}} > A_{\text{供}}$ ，所以此换热器无法正常工作。



化工原理习题四参考答案（总分：150分）

一、单项选择题（本大题共9小题，每小题3分，共27分。在每小题给出的四个备选项中，选出一个正确的答案。）

1. 判断流体的流动类型用 C 准数。
A. 欧拉
B. 施伍德
C. 雷诺
D. 努塞尔特
2. 某液体在内径为 d_0 的水平管内定态流动，其平均流速为 u_0 ，当它以相同的体积流量通过等长的内径为 d_2 （为原来管径的一半）管子时，若流体为层流，则压降为原来的 C 倍。
A. 4
B. 8
C. 16
D. 32
3. 在完全湍流时（阻力平方区），粗糙管的摩擦系数 λ 值 C。
A. 与光滑管一样
B. 只取决于 Re
C. 取决于相对粗糙度
D. 与相对粗糙度无关
4. 有关过滤速率的描述中，哪一种说法是正确的 B。
A. 与过滤面积 A 成正比
B. 与过滤面积 A^2 成正比
C. 与所得滤液体积成正比
D. 与滤布阻力成反比
5. 在降尘室中，尘粒的沉降速度与下列因素 C 无关。
A. 颗粒的几何尺寸
B. 颗粒与流体的密度
C. 流体的水平流速

- D. 颗粒的形状
6. 间壁传热时，各层的温度降与各相应层的热阻 A。
- A. 成正比
B. 成反比
C. 二次方关系
D. 没关系
7. 对于沸腾传热，工业生产一般应设法控制在 A 沸腾下操作。
- A. 核状
B. 稳定的膜状
C. 不稳定的膜状
D. 表面汽化
8. 使用常压饱和水蒸汽加热空气，空气的平均温度为 40°C ，则换热器的壁温接近于 B。
- A. 40°C
B. 100°C
C. 70°C
D. 30°C
9. 用 -10°C 的冷冻盐水冷却某溶液，使用列管式换热器，应将盐水安排走 B。
- A. 壳程
B. 管程
C. 壳、管程均可
D. 无法确定

二、填空题（本大题共 7 个空，每空 3 分，共 21 分）

1. 液体在圆管内作稳定连续层流流动时，其摩擦阻力损失与管内径的 2 次方成反比。
2. 某离心泵的输水系统，经管路计算得知需泵提供的压头为 $H_e=25\text{m}$ 水柱，输水量为 $28.44\text{m}^3/\text{h}$ ，则泵的有效功率为 1937.5W。
3. 离心泵的安装高度超过允许安装高度时，离心泵会发生 气蚀 现象。
4. 板框压滤机洗涤速率 $(dV/d\tau)_w$ 是过滤终了过滤速率 $(dV/d\tau)_E$ 的 0.25 倍。

5. 一降尘室长 8m，宽 4m，高 1.5m，中间装有 14 块隔板，隔板间距为 0.1m。现颗粒最小直径为 $12\mu\text{m}$ ，其沉降速度为 0.02m/s ，欲将最小直径的颗粒全部沉降下来，则含尘气体的最大流速不能超过 1.6m/s 。

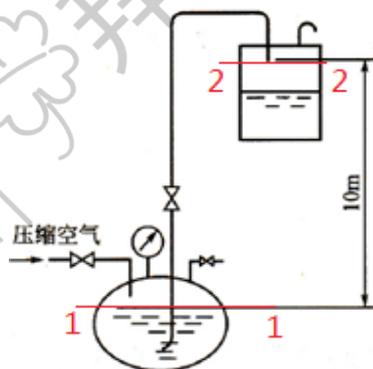
6. 列管换热器，在壳程设置折流挡板的目的是：(1) 增加壳程液体流速，提高对流给热系数 α_2 ；(2) 形成涡流，降低热阻。

7. 在列管式换热器中，用饱和蒸汽加热空气，总传热系数 K 接近 空气 的对流给热系数。

三、计算题（本大题共 4 小题，其中第 1 题 30 分，第 2 题 25 分，第 3 题 23 分，第 4 题 24 分，共 102 分）

1. 如附图所示，用压缩空气将密闭容器（酸蛋）中的硫酸压送至敞口高位槽。输送流量为 $0.10\text{m}^3/\text{min}$ ，输送管径为 $\Phi 38\text{mm} \times 3\text{mm}$ 无缝钢管。酸蛋中的液面离压出管口的位差为 10m ，在压送过程中设为不变。管路总长 20m ，设有一个闸阀（全开），8 个标准 90° 弯头。

求压缩空气所需的压强为多少（MPa，表压）？操作温度下硫酸的物性为 $\rho = 1830\text{kg/m}^3$ ， $\mu = 12\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，管路的摩擦系数 $\lambda = 0.039$ ， 90° 弯头的局部阻力系数 $\zeta = 0.75$ ，闸阀（全开）的局部阻力系数 $\zeta = 0.17$ 。



解：

以酸蛋液面为上游截面 1-1，管路出口内侧为下游截面 2-2，并以截面 1-1 为基准面，在两截面间列柏努利方程：

$$gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + \sum h_{f1-2}$$

式中：

$$z_1 = 0, z_2 = 10\text{m}, p_2 = 0(\text{表压}), u_1 \approx 0$$

$$\text{上式化为： } p_1(\text{表}) = \rho(gz_2 + \frac{u_2^2}{2} + \sum h_{f1-2})$$

$$u_2 = \frac{q_v}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{0.1/60}{0.785 \times 0.032^2} = 2.07\text{m/s}$$

$$\sum h_{f1-2} = (0.039 \times \frac{20}{0.032} + 0.5 + 0.75 \times 8 + 0.17) \times \frac{2.07^2}{2} = 66.52 J/kg$$

$$\therefore p_1(\text{表}) = 1830 \times (9.81 \times 10 + \frac{2.07^2}{2} + 66.52) = 0.3 MPa$$

2. 某压滤机在恒速下过滤 10min，得滤液 5L。此后即维持此最高压强不变，作恒压过滤。恒压过滤时间为 60min，又可得滤液多少升？设过滤介质阻力可忽略去不计。

解：

恒速过滤，忽略介质阻力：

$$V_1^2 = \frac{K}{2} A^2 \tau \Rightarrow KA^2 = \frac{2V_1^2}{\tau_1} = \frac{2 \times 5^2}{10} = 5 L^2 / \min$$

恒压过滤，分阶段进行：

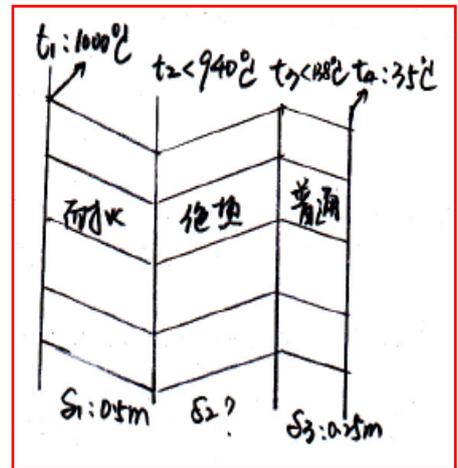
$$V_2^2 - V_1^2 = KA^2(\tau_2 - \tau_1)$$

$$\Rightarrow V_2 = \sqrt{KA^2(\tau_2 - \tau_1) + V_1^2} = \sqrt{5 \times (70 - 10) + 5^2} = 18 L$$

\therefore 恒压过滤 60min 得到的滤液量为：

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 18 - 5 = 13 L$$

3. 设计一燃烧炉时拟采用三层砖围成其炉墙，其中最内层为耐火砖，中间层为绝热砖，最外层为普通砖。耐火砖和普通砖的厚度分别为 0.5m 和 0.25m，三种砖的导热系数分别为 1.02 W/(m·°C)、0.14 W/(m·°C) 和 0.92 W/(m·°C)，已知耐火砖内侧为 1000°C，普通砖外壁温度为 35°C。试问绝热砖厚度至少为多少才能保证绝热砖内侧温度不超过 940°C，普通砖内侧不超过 138°C。



解：

由题意可得：

$$q = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta_1}{\lambda_1}} \quad (1)$$

$$q' = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2'}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} = \frac{t_3 - t_4}{\frac{\delta_3}{\lambda_3}} \quad (2)$$

(1) 代入数据 $t_2 = 940^\circ\text{C}$:

$$q = \frac{1000 - 35}{\frac{0.5}{1.02} + \frac{\delta_2}{0.14} + \frac{0.25}{0.92}} = \frac{1000 - 940}{\frac{0.5}{1.02}} \Rightarrow \delta_2 = 0.997\text{m}$$

将 $\delta_2 = 0.997\text{m}$ 代入 (2) 式得到:

$$q' = \frac{1000 - 35}{\frac{0.5}{1.02} + \frac{0.997}{0.14} + \frac{0.25}{0.92}} = \frac{t_3 - 35}{\frac{0.25}{0.92}} \Rightarrow t_3 = 68^\circ\text{C} < 138^\circ\text{C}$$

(2) 代入数据 $t_3 = 138^\circ\text{C}$:

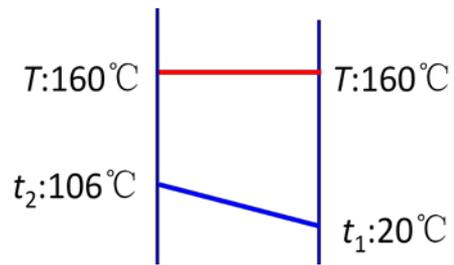
$$q' = \frac{1000 - 35}{\frac{0.5}{1.02} + \frac{\delta_2'}{0.14} + \frac{0.25}{0.92}} = \frac{138 - 35}{\frac{0.25}{0.92}} \Rightarrow \delta_2' = 0.248\text{m}$$

将 $\delta_2' = 0.248\text{m}$ 代入 (1) 式得到:

$$q = \frac{1000 - 35}{\frac{0.5}{1.02} + \frac{0.248}{0.14} + \frac{0.25}{0.92}} = \frac{1000 - t_2}{\frac{0.5}{1.02}} \Rightarrow t_2 = 813^\circ\text{C} < 940^\circ\text{C}$$

综合考虑取 $\delta_2' = 0.248\text{m}$ 合理。

4. 在一单程列管换热器中, 用饱和蒸汽加热原料油。温度为 160°C 饱和蒸汽在壳程冷凝 (排出时为饱和液体), 原料油在管程流动, 并由 20°C 加热到 106°C , 列管换热器尺寸为: 列管直径为 $\Phi 19 \times 2\text{mm}$, 管长为 4m , 共 25 根管。若换热器的传热量为 125KW , 蒸汽冷凝给热系数为 $7000\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, 油侧污垢热阻可取为 $0.0005\text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, 管壁热阻和蒸汽侧垢层热阻可忽略, 试求管内油侧对流给热系数。



解:

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{(160 - 20) - (160 - 106)}{\ln \frac{160 - 20}{160 - 106}} = 90.2^\circ\text{C}$$

$$K_2 = \frac{Q}{A\Delta t_m} = \frac{125 \times 10^3}{25 \times 3.14 \times 0.019 \times 4 \times 90.2} = \frac{125 \times 10^3}{5.97 \times 90.2} = 232.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$\text{又: } \frac{1}{K_2} = \frac{1}{\alpha_1} \frac{d_2}{d_1} + R_1 \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2}$$

代入数据:

$$\frac{1}{232.1} = \frac{1}{\alpha_1} \times \frac{0.019}{0.015} + 0.0005 \times \frac{0.019}{0.015} + \frac{1}{7000}$$

$$\Rightarrow \alpha_1 = 358.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$



化工原理习题五参考答案（总分：150 分）

一、单项选择题（本大题共 9 小题，每小题 3 分，共 27 分。在每小题给出的四个备选项中，选出一个正确的答案。）

1. 在定态流动系统中，水由粗管连续地流入细管，若粗管直径是细管的 2 倍，则细管流速是粗管的 C 倍。

- A. 2
- B. 8
- C. 4
- D. 0.5

2. 用离心泵在两个敞口容器间输送液体。若维持两容器的液面高度不变，则当输送管道上的阀门关小后，管路总阻力将 A。

- A. 增大
- B. 不变
- C. 减小
- D. 不确定

3. 测速管（皮托管）测量得到的速度是流体 B 速度。

- A. 在管壁处
- B. 在管中心
- C. 瞬时
- D. 平均

4. 恒压板框过滤机，当操作压差增大 1 倍时，则在同样的时间里所得滤液量将（忽略介质阻力）A。

- A. 增大至原来的 $\sqrt{2}$ 倍
- B. 增大至原来的 2 倍
- C. 增大至原来的 4 倍
- D. 不变

5. 降尘室的特点是 D。

- A. 结构简单，流体阻力小，分离效率高，但体积庞大
- B. 结构简单，分离效率高，但流体阻力大，体积庞大

- C. 结构简单，分离效率高，体积小，但流体阻力大
D. 结构简单，流体阻力小，但体积庞大，分离效率低

6、对下述几组换热介质，通常在列管式换热器中 K 值从大到小正确的排列顺序应是 D。

- A、②>④>③>①
B、③>④>②>①
C、③>②>①>④
D、②>③>④>①

冷流体	热流体
① 水	气 体
②水沸腾	水蒸汽冷凝
③ 水	水
④ 水	轻油

7、对在蒸汽-空气间壁换热过程中，为强化传热，下列方案中 A 在工程上是可行的。

- 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

8. 判断下面关于系统进行定态传热时的说法哪一个是错误的，错误的是 C。

- A. 通过一定传热面的传热速率不随时间变化，为一定值
B. 系统中任一点的温度维持恒定
C. 总的传热速率等于通过垂直于热流方向各层传热面的传热速率之和
D. 系统中任一传热面上的热流量在过程中不变

9. 有一套管换热器，长 10m，管间用饱和水蒸汽作加热剂。一定流量下且做湍流流动的空气由内管流过，温度可升至指定温度。现将空气流量增加一倍，并近似认为加热面壁温不变，要使空气出口温度仍保持原指定温度，则套管换热器的长度应为原来的 C。

- A. 2 倍

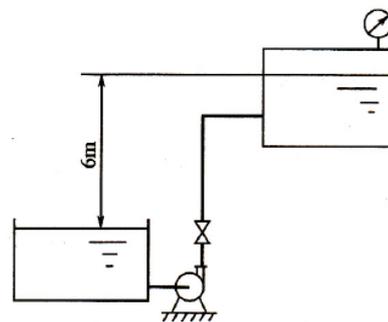
- B. 1.75 倍
- C. 1.15 倍
- D. 2.30 倍

二、填空题（本大题共 7 个空，每空 3 分，共 21 分）

1. 圆管中有常温下的水流动，管内径 $d=100\text{mm}$ ，测得其中的质量流量为 15.7kg/s ，其平均流速为 2m/s。
2. 某输水的水泵系统，经管路计算得到需泵提供的压头为 $H_e=19\text{m}$ 水柱，输水量为 $20\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ，则泵的有效功率为 3727.8w。
3. 用板框式过滤机进行恒压过滤操作，随着过滤时间的增加，滤液量 增加，生产能力 不变。
4. 在旋风分离器中，某球形颗粒的旋转半径为 0.4m ，切向速度为 15m/s 。当颗粒与流体的相对运动属层流时，其分离因数 α 为 57.3。
5. 在计算换热器的平均传热推动力时，若两端的推动力相差不大于 2 倍，则其算术平均值与对数平均值相差不大于 4%。
6. 苯在内径为 20mm 的圆形直管中作湍流流动，对流传热系数为 $1270\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ 。如果流量和物性不变，改用内径为 30mm 的圆管，其对流传热系数将变为 612 $\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ 。

三、计算题（本大题共 4 小题，其中第 1 题 25 分，第 2 题 25 分，第 3 题 25 分，第 4 题 27 分，共 102 分）

1. 如附图所示管路，用一台泵将液体从低位槽送往高位槽。输送流量要求为 $2.5\times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$ 。高位槽上方气体压强为 0.2MPa （表压），两槽液面高差为 6m ，液体密度为 $1100\text{kg}/\text{m}^3$ 。管道 $\Phi 40\text{mm}\times 3\text{mm}$ ，总长（包括局部阻力）为 50m ，摩擦系数为 0.024 。求泵给每牛顿液体提供的能量为多少？



解：

以低位槽液面为上游截面 1-1，高位槽液面为下游截面 2-2，并以截面 1-1 为基准，在两截面间列柏努利方程：

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + H_e = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + \sum H_{f1-2}$$

式中： $z_1 = 0$, $p_1 = 0$ (表压), $u_1 = u_2 \approx 0$

上式化为：

$$H_e = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \sum H_{f1-2} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \lambda \frac{\sum (l + l_e)}{d} \frac{u^2}{2g}$$

$$\therefore u = q_v / \frac{\pi d^2}{4} = 2.5 \times 10^3 / 0.785 \times 0.034^2 = 2.75 \text{ m/s}$$

$$\therefore H_e = 6 + \frac{0.2 \times 10^6}{1100 \times 9.81} + 0.024 \times \frac{50}{0.034} \times \frac{2.75^2}{2 \times 9.81} = 38.1 \text{ J/N}$$

2. 以叶滤机过滤某悬浮液，已知过滤常数 $K = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ，过滤介质阻力可略。求：

(1) $q_1 = 2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 所需过滤时间 τ_1 ；

(2) 若操作条件不变，在上述过滤 τ_1 时间基础上再过滤 τ_1 时间，又可得单位过滤面积上多少滤液？

(3) 若过滤终了时 $q_E = 2.83 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ，以每平方米过滤面积上用 0.5 m^3 洗液洗涤滤饼，操作压力不变，洗液与滤液黏度相同，洗涤时间是多少分钟？

解：

$$(1) \text{ 由 } q_1^2 = K\tau_1 \Rightarrow \tau_1 = q_1^2 / K = 2^2 / 2.5 \times 10^{-3} = 1600 \text{ s}$$

$$(2) q_2^2 = K\tau_2 \Rightarrow q_2 = \sqrt{K\tau_2} = \sqrt{2.5 \times 10^{-3} \times 3200} = 2.83 \text{ m}^3 / \text{m}^2$$

$$\therefore \Delta q = q_2 - q_1 = 2.83 - 2 = 0.83 \text{ m}^3 / \text{m}^2$$

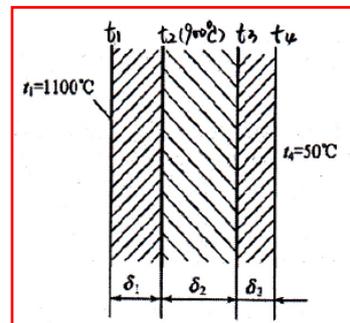
$$(3) \left(\frac{dq}{d\tau}\right)_E = \frac{K}{2q_E} = \frac{2.5 \times 10^{-3}}{2 \times 2.83} = 4.42 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{s}$$

$$\text{叶滤机: } \left(\frac{dq}{d\tau}\right)_w = \left(\frac{dq}{d\tau}\right)_E$$

$$\therefore \tau_w = V_w / \left(\frac{dq}{d\tau}\right)_w = 0.5 / 4.42 \times 10^{-4} = 1131 \text{ s} \text{ 约 } 19 \text{ min}$$

3. 如附图所示，某工业炉的炉壁由耐火砖 $\lambda_1 = 1.3 \text{ W/}$

2020.2 化工原理习题五 <4>



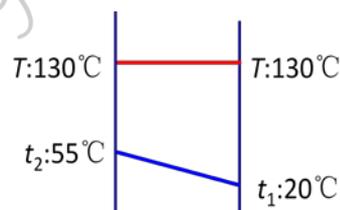
(m.K)、绝热层 $\lambda_2=0.18\text{W}/(\text{m.K})$ 及普通砖 $\lambda_3=0.93\text{W}/(\text{m.K})$ 三层组成。炉膛壁内壁温度 1100°C ，普通砖层厚 12cm ，其外表温度为 50°C 。通过炉壁的热损为 $1200\text{W}/\text{m}^2$ ，绝热材料耐热温度为 900°C 。求耐火砖层的最小厚度及此时绝热层厚度。设各层间接触良好，接触热阻可忽略。

解：

$$\text{由 } q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta_1}{\lambda_1}} \Rightarrow \delta_1 = \lambda_1 \frac{t_1 - t_2}{q} = 1.3 \times \frac{1100 - 900}{1200} = 0.22\text{m}$$

$$\begin{aligned} \text{由 } q &= \frac{t_2 - t_4}{\frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta_1}{\lambda_1}} \Rightarrow \delta_2 = \left(\frac{t_2 - t_4}{q} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) \lambda_2 = \left(\frac{900 - 50}{1200} - \frac{0.12}{0.93} \right) \times 0.18 \\ &= 0.1\text{m} \end{aligned}$$

4. 某列管式加热器由多根 $\Phi 25\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 的钢管所组成，将苯由 20°C 加热到 55°C ，苯在管中流动，其流量为每小时 15t ，流速为 0.5m/s 。加热剂为 130°C 的饱和水蒸汽，在管外冷凝。苯的比热容 $c_p=1.76\text{KJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ，密度为 $858\text{kg}/\text{m}^3$ 。已知加热器的传热系数为 $700\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ，试求加热器所需管数 n 及单管长度 l 。



解：

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{(130 - 20) - (130 - 55)}{\ln \frac{130 - 20}{130 - 55}} = 91.4^\circ\text{C}$$

$$Q = q_{m2} C_{p2} (t_2 - t_1) = KA \Delta t_m$$

$$\Rightarrow A = \frac{q_{m2} C_{p2} (t_2 - t_1)}{K \Delta t_m} = \frac{15 \times 1000 / 3600 \times 1.76 \times 10^3 \times (55 - 20)}{700 \times 91.4} = 4\text{m}^2$$

求管数 n ，由题意：

$$q_{m2} = u \frac{\pi d^2}{4} \rho n \Rightarrow n = \frac{q_{m2}}{u \frac{\pi d^2}{4} \rho} = \frac{15 \times 1000}{0.5 \times 0.785 \times 0.02^2 \times 858} = 30.9, \text{ 圆整为 } 31 \text{ 根。}$$

求管长 l ，由题意：

$$A = n\pi dl \Rightarrow l = \frac{A}{n\pi d} = \frac{4}{31 \times 3.14 \times 0.025} = 1.64m$$



化工原理习题六参考答案（总分：150分）

一、单项选择题（本大题共9小题，每小题3分，共27分。在每小题给出的四个备选项中，选出一个正确的答案。）

1. 有两种关于黏性的说法：

(1) 无论是静止的流体还是运动的流体都具有黏性

(2) 黏性只有在流体运动时才会表现出来

正确的结论应是 D。

A. 这两种说法都对

B. 这两种说法都不对

C. 第一种说法对，第二种说法不对

D. 第二种说法对，第一种说法不对

2. 在层流流动的范围内，流速增大，摩擦系数和阻力损失 B。

A. 减小，减小

B. 减小，增大

C. 增大，增大

D. 增大，减小

3. 离心泵的吸液高度与 A 无关。

A. 排出管路的阻力大小

B. 吸入管路的阻力大小

C. 当地大气压

D. 被输送液体的密度

4. 在恒压过滤操作中，忽略过滤介质的阻力，且过滤面积恒定，则所得的滤液量与过滤时间的 次方成正比，而对一定的滤液量则需要的过滤时间与过滤面积的 次方成反比，答案为 A。

A. $1/2$ ，2

B. 2， $1/2$

C. 1， $1/2$

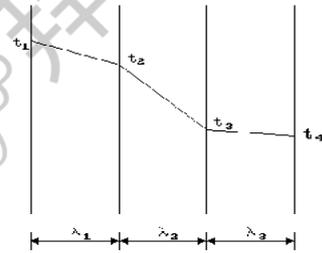
D. $1/2$ ，1

5. 欲提高降尘宝的生产能力，主要的措施是 C。

- A. 提高降尘宝的高度
B. 延长沉降时间
C. 增大沉降面积
D. 不确定
6. 一定流量的液体在一 $\Phi 25 \times 2.5 \text{mm}$ 的直管内作湍流流动，其对流给热系数 $\alpha = 1000 \text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。如流量与物性都不变，改用一 $\Phi 19 \times 2 \text{mm}$ 的直管，则其 α 值将变为 D $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。
- A. 1059
B. 1496
C. 1585
D. 1678
7. 在一列管换热器中，用水冷凝某有机蒸汽，蒸汽温度为 50°C ，凝液在饱和温度下排出，水温由 25°C 升至 40°C ，此时 $\Delta t_m =$ C。
- A. 25°C
B. 10°C
C. 16.4°C
D. 17.5°C
8. 为了减少室外设备的热损失，保温层外所包的一层金属皮应该是 A。
- A. 表面光滑，颜色较浅
B. 表面粗糙，颜色较深
C. 表面粗糙，颜色较浅
D. 表面光滑，颜色较深
9. 在列管式换热器中，用饱和蒸汽加热空气，下面两项判断是否合理 A。
- 甲：传热管的壁温将接近加热蒸汽温度
乙：换热器总传热系数 K 将接近空气侧的对流传热系数
- A. 甲、乙均合理
B. 甲、乙均不合理
C. 甲合理，乙不合理
D. 乙合理，甲不合理

二、填空题（本大题共 7 个空，每空 3 分，共 21 分）

1. 当地大气压为 750mmHg 时，测得某体系的表压为 $1 \times 10^4 \text{Pa}$ ，则该体系的绝对压强为 109991 Pa。
2. 某长方形截面的通风管道，其截面尺寸为 $30 \times 20 \text{mm}$ ，其当量直径 d_e 为 24mm。
3. 某流体在圆管中呈层流流动，今用皮托管测得管中心的最大流速为 3m/s ，此时管内的平均流速为 1.5m/s。
4. 对恒压过滤，当过滤面积增大一倍，得到相等体积滤液，其过滤速率增大为原来的 4 倍。
5. 某悬浮液在离心机内进行离心分离时，若微粒的离心加速度达到 9807m.s^{-2} ，则离心机的分离因数等于 100。
6. 换热器在使用一段时间后，传热速率会下降很多，这往往是由于 产生了污垢 的缘故。
7. 平壁稳定传热过程，通过三层厚度相同的不同材料，每层间温度变化如右图所示，试判断每层热阻的大小顺序 $R_2 > R_1 > R_3$ 。



三、计算题（本大题共 4 小题，其中第 1 题 23 分，第 2 题 23 分，第 3 题 26 分，第 4 题 30 分，共 102 分）

1. 某离心泵的必需汽蚀余量为 3.5m ，今在海拔 1000m 的高原上使用。已知吸入管路的全部阻力损失为 3J/N 。今拟将该泵装在敞口水源之上 3m 处，试问此泵能否正常操作？该地大气压为 90KPa ，夏季水温为 20°C ，该温度下的饱和蒸气压为 2338.43Pa 。

解：

$$\begin{aligned}
 \text{由 } [Hg] &= \frac{P_0}{\rho g} - \frac{P_v}{\rho g} - \sum H_{\text{吸}} - [(NPSH)r + 0.5] \\
 &= \frac{90 \times 1000}{1000 \times 9.81} - \frac{2338.43}{1000 \times 9.81} - 3 - (3.5 + 0.5) \\
 &= 9.17 - 0.24 - 3 - 4 \\
 &= 1.93 \text{m} < 3 \text{m}
 \end{aligned}$$

所以不能正常工作。

2. 用泵将水从低位槽打进高位槽，两槽皆敞口，液位差50m，管内径156mm。阀全开时，管长及各局部阻力当量长度之和为1000m，摩擦系数0.025。泵的性能以 $H_e = 124.5 - 0.392q_v$ 表示 (H_e -m, q_v -m³/h)。试求：离心泵的工作流量。

解：

以低位槽截面为上游截面1-1，高位槽液面为下游截面2-2，以1-1为基准面，在1-1与2-2之间列伯努利方程。

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + H = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + \sum H_f$$

式中 $z_1 = 0$, $p_1 = p_2 = 0$ (表), $u_1 = u_2 \approx 0$

$$\therefore H = Z_2 + \sum H_f$$

$$\begin{aligned} \sum H_f &= \lambda \frac{\sum l + l_e}{d} \frac{u^2}{2g} = \lambda \frac{\sum l + l_e}{d} \frac{\left[(q_v / 3600) / \frac{\pi}{4} d^2 \right]^2}{2g} \\ &= 0.025 \times \frac{1000}{0.156} \times \frac{q_v^2 / (3600 \times 0.785 \times 0.156^2)^2}{2 \times 9.81} \\ &= 0.00173 q_v^2 \end{aligned}$$

$$\therefore H = 50 + 0.00173 q_v^2$$

$$H_e = 124.5 - 0.392 q_v$$

联立求得 $q_v = 123.1 \text{ m}^3 / \text{h}$

3. 有一板框压滤机，过滤某种悬浮液，当滤渣完全充满滤框时得滤液40m³，过滤时间为1h，随后用10%滤液量的清水（物性可视为和滤液相同）洗涤，每次拆装时间为15分钟。

已知：过滤方程为 $V^2 + 2VV_e = KA^2\tau$

求在上述操作中 $V_e = 3\text{m}^3$ ，试求该机的生产能力，以m³ (滤液)/h表示之。

解：

由 $V^2 + 2VV_e = KA^2\tau$ 可得到：

$$KA^2 = \frac{V^2 + 2VV_e}{\tau} = \frac{40^2 + 2 \times 40 \times 3}{3600} = 0.511 \text{ m}^6 / \text{s}$$

$$\left(\frac{dV}{d\tau}\right)_E = \frac{KA^2}{2(V+V_e)} = \frac{0.511}{2 \times (40+3)} = 5.942 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

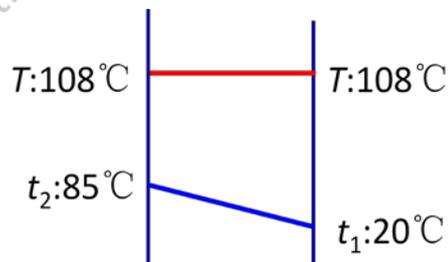
$$\text{又} \left(\frac{dV}{d\tau}\right)_w = \frac{1}{4} \left(\frac{dV}{d\tau}\right)_E = \frac{5.94 \times 10^{-3}}{4} = 1.485 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\therefore \tau_w = V_w / \left(\frac{dV}{d\tau}\right)_w = \frac{0.1 \times 40}{1.485 \times 10^{-3}} = 2694 \text{ s}$$

$$Q = \frac{V}{\tau + \tau_w + \tau_D} = \frac{40}{1 + \frac{2694}{3600} + \frac{15}{60}} = 20 \text{ m}^3 / \text{h}$$

4. 有一列管式换热器，装有 $\Phi 25 \times 2.5 \text{ mm}$ 钢管 300 根，管长为 2m。要求将质量流量为 8000kg/h 的常压空气于管程由 20°C 加热到 85°C，选用 108°C 饱和蒸汽于壳程冷凝加热之。若水蒸汽的冷凝传热系数为 $1 \times 10^4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ，管壁及两侧污垢的热阻均忽略不计，而且不计热损失。已知空气在进出口平均温度下的物性常数为 $C_p = 1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ ， $\lambda = 2.85 \times 10^{-2} \text{ W/m} \cdot \text{K}$ ， $\mu = 1.98 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ， $Pr = 0.7$ 。试求：

- (1) 空气在管内的对流传热系数；
- (2) 求换热器的总传热系数（以管子外表面为基准）；
- (3) 通过计算说明该换热器能否满足需要？



解：

- (1) 求 α_1

$$Re = \frac{du\rho}{\mu} = \frac{dG}{A\mu} = \frac{0.02 \times 8000 / 3600}{(0.785 \times 0.02^2 \times 300) \times 1.98 \times 10^{-5}} = 2.38 \times 10^4 > 10^4$$

$$\frac{l}{d} = \frac{2}{0.02} = 100 > 30 \sim 40, Pr = 0.7$$

$$\therefore \alpha = 0.023 \frac{\lambda}{d} Re^{0.8} Pr^{0.4} = 0.023 \times \frac{2.85 \times 10^{-2}}{0.02} \times (2.38 \times 10^4)^{0.8} \times 0.7^{0.4}$$

$$= 90.1 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- (2) 求 K (K_2)

$$\frac{1}{K_2} = \frac{1}{\alpha_1} \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2} = \frac{1}{90.1} \times \frac{0.025}{0.02} + \frac{1}{1 \times 10^4} \Rightarrow K_2 = 71.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

(3) 求换热面积

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{(108 - 20) - (108 - 85)}{\ln \frac{108 - 20}{108 - 85}} = 48.4^\circ \text{C}$$

$$Q = q_{m2} C_{p2} (t_2 - t_1) = K A_{\text{需}} \Delta t_m$$

$$\Rightarrow A_{\text{需}} = \frac{q_{m2} C_{p2} (t_2 - t_1)}{K \Delta t_m} = \frac{8000 / 3600 \times 1 \times 10^3 \times (85 - 20)}{71.6 \times 48.4} = 41.7 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{供}} = n \pi d_2 l = 300 \times 3.14 \times 0.025 \times 2 = 47.1 \text{ m}^2$$

$A_{\text{供}} > A_{\text{需}}$ ，所以换热器可以满足需要。

