

武汉大学化学与分子科学学院
2001—2002 学年度第二学期期末考试
《化学工程基础》试卷

_____系_____专业_____年级 学号_____姓名_____成绩_____

一、填空（每空 1 分，共 20 分）

- 1、用测量氢气的转子流量计测量空气时，若转子高度在 10L/min 处，则其实际流量 _____ 10L/min。（=, >, <）
- 2、用饱和蒸气加热某有机化合物时，逆流的平均温差应 _____ 并流时的平均温差。（=, >, <）
- 3、流体在由 $\varnothing 25 \times 2.5\text{mm}$ 及 $\varnothing 57 \times 3.5\text{mm}$ 钢管组成的套管换热器环隙中流动，其当量直径为 _____。
- 4、当理想流体在水平变径管路中作连续定态流动时，在管路直径缩小处，其静压强将 _____，而流速将 _____（增大或减小）。
- 5、对于平行反应 $A \begin{cases} \rightarrow R \text{ (主反应)} \\ \rightarrow S \text{ (副反应)} \end{cases}$ ，若主反应级数小于副反应级数，为提高 R 的选择性，以选择 _____ 反应器为宜。
- 6、对于在一定条件下进行的简单反应，达到某一转化率所需的活塞流反应器容积与全混流反应器容积之比随转化率增加而 _____，随反应级数的增加而 _____。
- 7、若以 σ^2 表示有量纲方差，则具有 $\sigma^2 = \tau^2$ 的反应器模型是 _____， $\sigma^2 = 0$ 的反应器模型是 _____。
- 8、反应器热稳定的条件是 _____ 和 _____。
- 9、超滤、反渗透、电渗析和气体膜分离等膜分离过程中，推动力类型不同的膜分离过程是 _____。
- 10、对可逆放热反应，平衡温度和最佳温度的大小关系为：平衡温度 _____ 最佳温度。
- 11、描述酶催化反应的米氏方程为 $r_p = \frac{r_{\max} C_s}{C_s + K_m}$ ，酶催化反应表现为一级反应的条件是 _____；表现为 0 级反应的条件是 _____。
- 12、减小竞争性抑制作用的措施是 _____。
- 13、稀释率的定义式为 $D = \frac{r_p}{C_s}$ ，类似于化学反应工程中的 _____，D 的值应 _____ D_{crit} （=, <, >）。

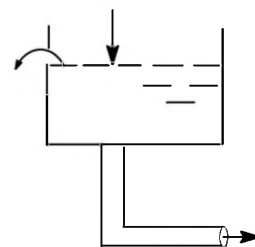
二、判断题（下列命题中，你认为正确的，请在题后括号内打“√”，错误的打“×”，每小题 2 分，共 14 分）

- 1、粘度的国际单位是厘泊。 ()
- 2、返混对于自催化反应总是有益的。 ()
- 3、实际流体在管路中作定态流动时，各种形式的能量或压头（含损失压头）可以互相转换，管路上任一截面的位压头、静压头和动压头之和为一常数。 ()
- 4、精馏段操作线方程 $y=0.8x+0.21$ 是绝对不可能的。 ()
- 5、空间速度 $2h^{-1}$ 表示在规定条件下，每 2 小时就有相当于一个反应器有效体积的物料通过反应器。 ()
- 6、 Y_{xs} 和 Y_G 均为基质转化为细胞的得率系数，两者定义相同。 ()
- 7、在反应精馏操作过程中，易挥发组分从塔的下部进入塔中，难挥发组分则从塔的上部加入塔中。 ()

三、选择题（每小题只有一个正确答案，请将正确答案题号写在题后的括号内，每小题 2 分，共 16 分）

- 1、如右图所示，理想流体作定态流动时，若将出口管径减小，而其它条件不变，则其流量 ()。

A、增大 B、不变 C、减小 D、无法确定



- 2、今确知流体在不等径串联管路中的最大管径段刚达到湍流，请判断在其他较小管径段中流体流动型态 ()。

A、湍流 B、层流 C、过渡流 D、无法判断

- 3、实际流体在等温条件下，流经一直径均等的水平管路，在流动过程中因流体阻力造成的机械能损耗主要表现为 ()。

A、压强能减小 B、动能减小 C、位能减小 D、三者兼而有之

- 4、在全混流反应器 CSTR 中进行一级不可逆强放热反应，设 E 为活化能， T 为反应温度， $\bar{t}$ 为冷却介质平均温度，为了在热稳定条件下操作，应使： ()

A、 $T - \bar{t} = \frac{RT^2}{E}$ B、 $T - \bar{t} < \frac{RT^2}{E}$ C、 $T - \bar{t} > \frac{RT^2}{E}$ D、 $T - \bar{t} = 0$

- 5、设以有量纲和无量纲停留时间表示的分布密度函数分别为 $E(t)$ 和 $E(\theta)$ ， $\bar{t}$ 为平均停留时间，则它们之间的换算关系为： ()

A、 $E(\theta) = \bar{t} E(t)$ B、 $E(t) = \bar{t} E(\theta)$ C、 $E(t) = \bar{t} / E(\theta)$ D、 $E(\theta) = 2E(t)$

- 6、在气-液相平衡图上，连续精馏操作线与对角线重合是因为下列哪一种原因。

()

- A、在适宜回流比条件下操作 B、在最小回流比条件下操作
C、全回流操作 D、在无回流条件下操作

7、采用全混流反应器进行二级不可逆反应，当转化率为 **0.90** 时，所需反应器的体积与采用活塞流反应器达到相同转化率所需体积的比值是 ()

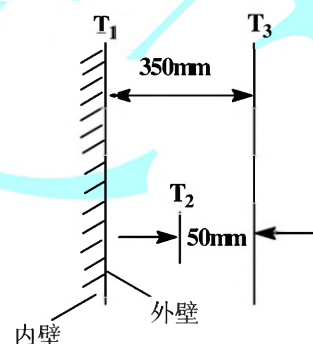
- A、1 B、10 C、15 D、100

8、液膜分离的机理模型是 ()

- A、溶解-扩散模型 B、毛细孔流模型
C、偶合传递模型 D、双膜理论模型

四、计算题（必须写出计算过程，只给出结果不给分）（共 50 分）

1、（10 分）如右图所示，有一平壁加热炉，为了减小热损失，在加热炉外壁包一层厚 **350mm** 的绝热层，已知绝热层外壁温度 $T_3=30^\circ\text{C}$ ，在绝热层 **50mm** 深处，测得温度 $T_2=60^\circ\text{C}$ ，试求加热层内壁温度 T_1 （设为定态传热，且在本题条件下， λ 可视为常数）



2、（18 分）在一常压连续精馏塔中分离某理想二元混合液，要求 $x_d=0.94$, $x_w=0.04$ (均为摩尔分数)。已知此塔进料 δ 线方程为 $y=6x-1.5$ ，操作回流比为最小回流比的 **1.2** 倍，混合液的相对挥发度为 **2**，试求：

- (1) 精馏段操作线方程；
(2) 若塔底产品 $q_{n,w} = 150\text{kmol/h}$ ，求进料量 $q_{n,F}$ 和塔顶产品量 $q_{n,D}$ ；
(3) 提馏段操作线方程。

3、（12 分）在全混流反应器（CSTR）中进行某液相一级反应 $A \rightarrow R$ 时，转化率可达 **50%**，试计算：

(1) 若将该反应改在一个 **6** 倍于原反应器有效容积的同类型反应器中进行，其它条件不变，转化率可达多少？

(2) 若改在一个与原 CSTR 有效容积相同的活塞流反应器（PFR）中进行，其它条件也不变，转化率又为多少？

4、（10 分）用连续操作搅拌罐培养细胞。现已知 $Y_{x/s} = 0.5$, $\mu_{\max} = 1.0\text{h}^{-1}$, $C_{s,0} = 10\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, $K_s = 0.2\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ，若操作稀释率 $D_p = 0.5\text{h}^{-1}$ ，试求 C_s , C_x , μ 和 D_{cri} 。

武汉大学化学与分子科学学院

2002-2003 学年度第二学期期末考试

《化学工程基础》试卷

____系____专业____班 学号____ 姓名____ 成绩____

一、填空题(每空 1 分, 共 15 分)

1、20 °C 时, 浓硫酸的密度为 $1.813 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 粘度为 $2.54 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 用 $\phi 48 \text{ mm} \times 3.5 \text{ mm}$ 的无缝钢管输送时, 达到湍流的最低流速为 _____ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

2、流体与固体壁面间的对流传热(给热)热阻主要是集中于_____。

3、实验测得某液体在流动系统某点的动压头为 25 mm (液柱), 则该流体在该点的流速平方为 _____ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ 。

4、流体的湍流程度越大, 则传热过程的传热膜系数_____。

5、有一列管式热交换器, 热流体进、出口温度分别为 280 °C 和 80 °C, 冷流体进、出口温度分别为 40 °C 和 190 °C。对这种换热, 必须采用_____操作进行, 其传热平均温度差为_____。

6、对于连续精馏过程, 若回流比增大, 则在 $y-x$ 图上所标绘的精馏段操作线的斜率_____, 所需理论塔板数_____。在全回流时, 所需理论塔板数_____。

7、对间歇操作的搅拌釜式反应器, 若不考虑辅助时间, 所需有效容积与_____相同, 对多级串联全混流反应器, 级数越多, 所需有效容积_____。

8、反应器热稳定性的判据为: 在 _____ = _____ 的前提下, 还要使

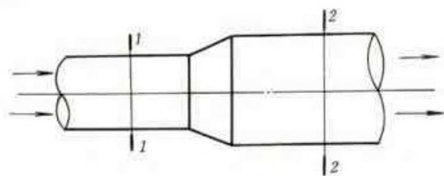
$$\frac{dQ_{\text{生}}}{dT} \text{ _____ } \frac{dQ_{\text{去}}}{dT} \text{ 。$$

9、当采用固定床催化反应器时, 为了使气体流动尽量接近活塞流模型, 必须采用较_____的气流速度(选大或小填空),

二、判断题(判断下列命题的正误, 你认为正确的就在其题号前的括号内打“√”, 错误的打“×”, 共 6 小题, 每小题 3 分, 共 18 分)

1、流体流动时, 其粘度越大, 内摩擦力越大。()

2、如右图所示，实际流体由 1-1 截面向 2-2 截面时，1-1 截面处的压强必定大于 2-2 截面的压强。()



二(2)题附图

3、某水蒸气管道拟用同样厚度的石棉泥 ($\lambda = 0.15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) 和矿渣棉 ($\lambda = 0.07 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) 作保温材料，为了减少热损失，应将石棉泥包扎在外层。()

4、在全混流反应器中进行简单零级反应时，在恒定操作条件下，转化率 x_A 随物料的初始浓度 $c_{A,0}$ 的增加而增加。()

5、由于间歇操作的搅拌釜反应器内装有搅拌器，因此在搅拌的作用下也有返混现象()。

6、空间速度为 2 h^{-1} ，则表示在规定条件下，每 2 小时就有相当一个反应器有效容积的物料通过反应器。()

三、单项选择题：(从下列各题四个备选答案中选出一个正确答案，并将其代号写在题干前面的括号内，答案选错或未选者，该题不得分。共 8 小题，每小题 3 分，共 24 分)

1、() 流量为 $0.01 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 的流体从套管环隙 (套管外管内径为 50mm 内管外径为 25 mm，管壁为 2.5 mm) 中流过，流体的流速为

- (A) $20.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; (B) $14.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; (C) $6.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; (D) $31.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

2、() 热量传递的基本方式为

- (A) 蒸气的冷凝; (B) 液体的沸腾;
(C) 冷、热流体的混合; (D) 传导、对流和辐射。

3、() 无论在连续精馏塔或间歇精馏塔内进行均相混合液的分离操作，保证塔顶产品中易挥发组分含量最高的操作条件是

- (A) 在全回流下操作; (B) 在最小回流比下操作;
(C) 在最适宜回流比下操作; (D) 在尽量接近最小回流比下操作。

4、() 在间歇操作搅拌釜反应器中进行液相一级反应，当 $c_{A,0} = 10$

$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 反应 10 min 后, 反应物浓度 $c_A = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 问再反应多长时间后, 可使反应物浓度降为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

- (A) 1 min; (B) 10 min; (C) 15 min; (D) 100 min。

5、() 测得某反应器内物料的平均停留时间 $t = 10 \text{ s}$, 其方差 $\sigma_t^2 = 100 \text{ s}^2$, 则该反应器可视为

- (A) 活塞流反应器; (B) 全混流反应器;
(C) 多级全混流反应器; (D) 间歇搅拌釜反应器。

6、() 影响内扩散效率因子的因素是:

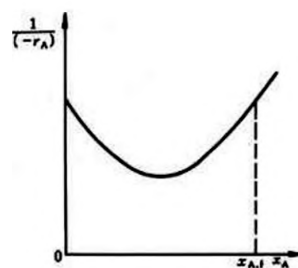
- (A) 达姆科勒模数 Da ; (B) 西勒模数 ϕ ;
(C) 雷诺数 Re ; (D) 普朗特数 Pr 。

7、() 若物料在全混流反应器中的平均停留时间为 $\bar{t}$, 那么停留时间 $t \geq \bar{t}$ 的物料占进料的百分数应分别为

- (A) $\leq 63.2\%$; (B) $\leq 36.8\%$;
(C) $\geq 50\%$; (D) $= 0\%$ 。

8、() 右下图所示为一自催化反应的 $\frac{1}{(-r_A)} \sim x_A$ 曲线, 若以反应器体积最小为优化目标, 并要求转化率达 $x_{A,f}$, 试判断下列反应器及其组合中何者为优:

- (A) 活塞流反应器;
(B) 全混流反应器;
(C) 活塞流反应器后串联全混流反应器
(D) 全混流反应器后串联活塞流反应器



三(8)附图

四、计算题 (要求写出主要计算步骤及结果。共 3 大题, 共 43 分)

1、化学实验室常用虹吸管从敞口的贮瓶中吸取蒸馏水, 其装置如图所示。若不计流体阻力损失, 并设贮瓶内液面高度维持不变, 则蒸馏水的体积流量可按下式估算:

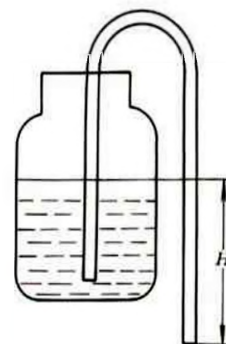
$$q_v = \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2gH}$$

式中： q_v —体积流量， $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ；

d —虹吸管的直径， m ；

H —虹吸管出口与贮瓶内液面之间的垂直距离， m 。

试用机械能衡算法导出该计算式(不计阻力损失)(12 分)，



四(1)附图

2、某连续精馏操作中，已知精馏段操作线方程为：

$$y_{n+1} = 0.75 x_n + 0.245$$

若进料状态为泡点下的液体，试求：

1)、操作回流比；(8 分)

2)、馏出液组成；(8 分)

3、在全混流反应器（CSTR）中进行某液相一级反应 $A \rightarrow R$ 时，转化率可达 50%，若将该反应改在一个六倍于原反应器有效容积（反应体积）的同类型反应器中进行，而反应温度、初始体积流量和初始浓度不变，转化率可达多少？(15 分)

武汉大学化学与分子科学学院

2003-2004 学年度第二学期期末考试

《化学工程基础》试卷

____系____专业____班 学号____ 姓名____

一、填空题（共 20 空，每空 1 分，共 20 分）

1. 在列管式换热器中采用多档板的作用是_____。
2. 若间壁一侧流体的传热膜系数 α_1 远 远小于另一侧流体的传热膜系数 α_2 ，为了提高热流量，应着重考虑改善_____一侧的传热条件。
3. 标准大气压（或称物理大气压，用符号atm表示）的换算关系为：1 atm=_____ mm (Hg) = _____ m (H₂O)，将其换算成SI单位Pa时，1 atm=_____ Pa.
4. 精馏是利用液体混合物中各组分_____不同的特性来进行分离的。
5. 双膜理论假定，传质阻力主要集中在_____内。
6. 粘度的 SI 国际单位是 _____。
7. 当流体在管内作稳定层流流动时，其雷诺数 Re _____ 2000, 此时，管内平均流速为管中心最大流速的_____倍。
8. 全混流反应器的热稳定性可以用生热曲线和去热曲线来判断。要使全混流反应器在热稳定条件下操作，必须同时满足_____和_____条件。
9. 空速是连续流动反应器的一个重要操作参数，当进料体积流量一定时，空速越小，表明所需反应器的有效容积_____，反应器的生产强度_____。
10. 物料在反应器中的理想流动模型有_____和_____；其中返混最大的是_____。

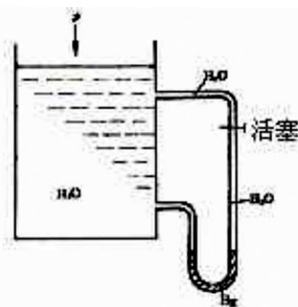
11. 稀释率的定义式为 $D = \frac{F}{V}$ ，类似于化学反应工程中的 τ ， D 的值应 $\geq D_{crit}$ ($=, <, >$)。

二、判断改错题（判断下列命题的正误，你认为正确的就在其题后的括号内打“√”，错误的打“×”，共 8 小题，每小题 2 分，共 16 分）

1. 精馏段操作线方程表示连续精馏过程中，精馏段内任一块理论塔板上的上升蒸汽组成与该板液相组成之间的关系。（ ）
2. 对于气体物系，扩散系数 D 与压强成正比，与温度成反比。（ ）
3. 流体作定态流动时，流经各截面的质量流量相等。（ ）
4. 用一定压强的饱和水蒸气加热某液体混合物时，逆流操作和并流操作的传热温度差相同。（ ）
5. 在全混流反应器中进行简单一级反应时，在恒定操作条件下，转化率 x_A 随物料的初始浓度 $c_{A,0}$ 的增加而增加。（ ）
6. 对可逆放热反应，其最优温度随着转化率的增加而升高。（ ）
7. 将两个有效容积相同的全混流反应器 (CSTR) 和活塞流反应器 (PFR) 组成串联操作系统，若在其中进行恒温、恒容、简单一级反应，则其最终转化率与 CSTR 和 PFR 的串联次序无关。（ ）
8. $Y_{x/s}$ 和 Y_c 均为基质转化为细胞的得率系数，两者定义相同。（ ）

三、单项选择题：（从下列各题四个备选答案中选出一个正确答案，并将其代号写在题干前面的括号内，答案选错或未选者，该题不得分。共 8 小题，每小题 2 分，共 16 分）

1. () 流体静力学方程： $p_2 = p_1 + \rho g (Z_1 - Z_2)$ 适用于
(A) 任何场合下的同一种流体； (B) 同一种连续的静止流体；
(C) 连续流动的流体； (D) 不同种类连续的静止流体。
2. () 如右图所示的压差计，当慢慢打开活塞时，压差计中的指示剂（汞）的液面将为
(A) 左高右低；
(B) 左低右高；
(C) 维持高度不变；
(D) 不能确定。

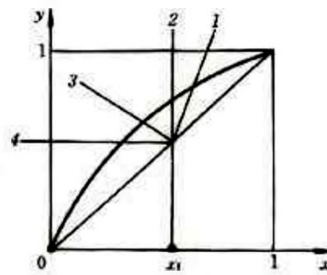


3

三(2)附图

3. () 如图所示为各种进料热状况的 δ 线, 其中表示气液混合物进料的 δ 线是

- (A) 直线 1 ; (B) 直线 2 ;
(C) 直线 3 ; (D) 直线 4 。



4. () 两种化学组成相同的保温材料, 其密度分别为 ρ_A 与 ρ_B ,

且 $\rho_A > \rho_B$, 它们的保温性能优劣是

- (A) B 比 A 好; (B) A 比 B 好;
(C) 两者相同; (D) 无法判断。

5. () 液膜分离的机理模型是

- A、溶解-扩散模型 B、毛细孔流模型
C、耦合传递模型 D、双膜理论模型

6. () 若物料在全混流反应器中的平均停留时间为 $\bar{t}$, 那么

在反应器中的停留时间 $t \geq \bar{t}$ 的物料占进料的百分数应为

- (A) $\leq 63.2\%$; (B) $\leq 36.8\%$;
(C) $\geq 50\%$; (D) $= 0\%$ 。

7. () 在恒定操作条件下, 反应器内反应物浓度始终保持不变的反应器是:

- (A) 间歇操作搅拌釜; (B) 全混流反应器;
(C) 活塞流反应器; (D) 固定床反应器。

8. 下列关于超临界流体主要性质的讨论中, 正确的是:

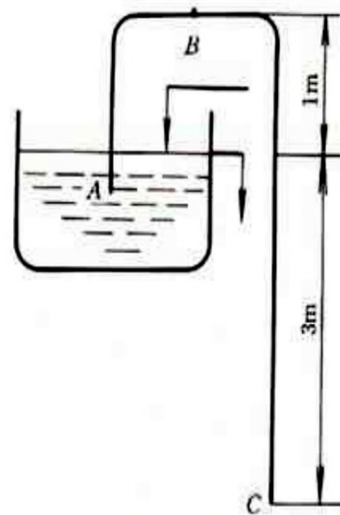
- (A) 超临界流体的扩散系数接近于液体;
(B) 超临界流体的扩散系数接近于气体;
(C) 超临界流体的扩散系数比液体大 100 倍左右;
(D) 超临界流体的扩散系数比液体大 10000 倍左右。

四、计算题 (共 3 题, 共 48 分)

1. 用虹吸管将某液面恒定的敞口高位槽中的液体吸出 (如图所示)。

液体的密度 $\rho = 1500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。若虹吸管 AB 和 BC 段的全部能量损失

($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$) 可分别按 $0.5u^2$ 和 $2u^2$ (u 为液体在管中的平均流速) 公式计算, 试求: 虹吸管最高点 B 处的真空度。(16 分)



2. 在连续精馏塔内对苯—甲苯的混合液进行分离。原料液中苯的摩尔分数 $x_1=0.50$ ，要求塔顶产品中苯的摩尔分数为 0.90 ，实际回流比为最小回流比的 2 倍。饱和液体进料。若已知与液相组成 $x_1=0.50$ 成平衡的蒸气相组成为 $y_1=0.70$ ，试求：

- (1) 实际回流比；(8 分)
- (2) 精馏段操作线方程。(8 分)

3. 在全混流反应器内进行液相反应 $A \rightarrow P$ ， $(-r_A) = kc_A$ 。已知 $k=4.5 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ，物料的体积流量 $q_{V,0}=2 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ ，反应器总体积为 5 m^3 ，试计算反应的最终转化率。(16 分)

武 汉 大 学

2004 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

科目名称：化工原理

科目代码：812

注明：所有的答题内容必须答在答题纸上，凡答在试题上的一律无效。

一、填空题（共 15 空，每空 1 分，共 15 分）

1、某种油和清水在内径相同的管道中定态流动。（假设油和水的密度很接近，但油的粘度比水大）。当它们的雷诺数相等时，则油的流速应比水的流速_____。

2、某流体在圆形直管内流动，每米长管子的阻力损失为 $56 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。若流量增加一倍，仍为层流流动，则每米长管子的阻力损失将增至_____ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

3、某热交换器由 61 根 $\phi 25 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$ 的管子组成，外壳内径为 500 mm。当流速为 $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的水在热交换器环隙间（壳方）流动时，设外壳内径为 D ，管子外径为 d ，管数为 n ，则其当量直径 d_e 的计算式为_____，其值为_____ m。

4、用饱和水蒸气加热空气，换热器壁面的温度更接近_____的温度，总传热系数近似等于_____的传热膜系数。若要提高传热效率，应当改善_____一侧的传热条件。

5、反应釜的夹套中通入 0.3 MPa（表压）饱和水蒸气，其饱和温度为 416 K，加热釜内液体使之沸腾，沸点保持 361 K，水蒸气冷凝液在饱和温度下排出。此时传热平均温差 $\Delta T_m =$ _____ K。使用一段时间后，传热表面出现污垢，此时传热平均温差_____ 55 K。

6、对于填料吸收塔，若操作条件一定，只是将填料层增高一些，则塔的传质单元高度 H_{OG} 将_____，传质单元数将_____。

7、精馏操作中，只有进料热状况为_____进料时，提馏段与精馏段上升蒸气的摩尔流量才相同。

8、应用芬斯克公式 $N_{\min} = \frac{\lg\left[\frac{x_d}{x_w} \left(\frac{1-x_w}{1-x_d}\right)\right]}{\lg\alpha}$ 来计算分离某物系所需理论塔板数的条件是

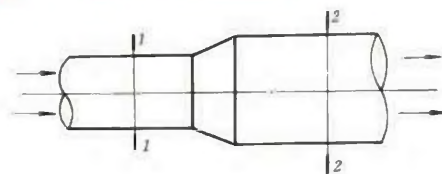
(1)_____； (2)_____。

9、某双组分混合液在一常压连续精馏塔内进行分离。其精馏段操作线方程为： $y_{n+1}=0.8x_n+0.14$ ，则其馏出液组成为_____

二、判断题（下列命题中，你认为正确的打“√”，错误的打“×”并改正，共8小题，每小题3分，共24分）

1、实际流体在管路中作稳定流动时，各种形式的能量（或压头）可以互相转换，且任一截面上的位能、动能和静压能之和为一常数。

2、如图所示，实际流体由1-1截面流向2-2截面时，1-1截面处的压强必定大于2-2截面的压强。



3、流体流动时，流动速度越大，流动的阻力越大；传热与流体流动相似，流动速度越大，传热阻力也越大。

二（2）附图

4、冷、热流体在套管换热器中进行定态换热（都无相变），若热流体的进口温度 T_1 上升，而冷流体的进口温度 T'_1 、冷、热流体的出口温度 T'_2 和 T_2 、冷流体的质量流量 q'_m 、热流体的质量流量 q_m 及物性数据均保持不变，则对数平均温差 ΔT_m 将不变。

5、对于易溶气体的溶解过程，不存在液膜层，而对于难溶气体的溶解过程，则不存在气膜层。

6、吸收过程中， K_G 为总传质系数，它表征气相主体到气液界面的传质速率大小。

7、精馏段操作线方程 $y=0.8x+0.21$ ，这是绝对不可能的。

8、精馏段操作线方程表示连续操作过程中，精馏段内任一块塔板上的蒸

气组成与该板液相组成之间的关系。

三、选择题（下列各小题几个备选答案中，只有一个正确答案，请将正确答案题号写在答题纸上。共 8 小题，每小题 3 分，共 24 分）

1、往复泵的流量不能采用的调节方法是

- (A) 改变活塞的行程； (B) 改变电机的转速；
(C) 在泵的出口处安装一个调节阀；
(D) 出口液体用旁路阀门，使其液体部分循环。

2、某液体在管道中作层流流动时，若将管径增加到原管径的 2 倍，并保持液体流量、物性等其它条件不变，则直管阻力引起的能耗为原来能耗的

- (A) 1/2 倍； (B) 1/4 倍； (C) 1/8 倍； (D) 1/16 倍。

3、泵的扬程是指

- (A) 泵的总压头； (B) 泵把流体升扬的高度；
(C) 泵的吸入高度； (D) 泵将被输送液体的静压头的提高量。

4、两种化学组成相同的保温材料其密度分别为 ρ_A 与 ρ_B ，且 $\rho_A > \rho_B$ ，它们的保温性能

- (A) B 比 A 好； (B) A 比 B 好； (C) 两者相同； (D) 无法判断。

5、已知摩尔分数为 0.02 的稀氨水，在 20 °C 时氨的平衡分压为 1.67 kPa，氨水上方的总压为 100 kPa，此时亨利常数 E 为 84 kPa。当氨水上方总压变为 120 kPa 时， E 值为

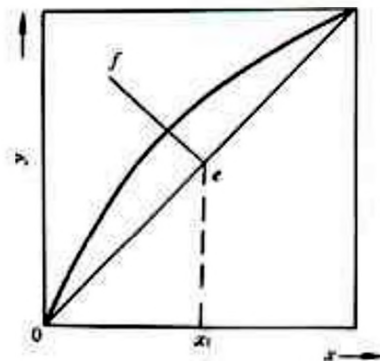
- (A) 42 kPa； (B) 84 kPa；
(C) 168 kPa； (D) 64 kPa

6、用纯溶剂逆流吸收气体中的可溶组分，液气比 $q_{n,C}/q_{n,B} = m$ （相平衡关系为 $Y=mX$ ）。进口气体组成 $Y_1=0.05$ ，出口 $Y_2=0.01$ ，则过程的平均推动力为

- (A) 0； (B) 0.01； (C) 0.04； (D) 0.02。

7、如图所示, ef 线为连续精馏进料操作线, 该进料的热状态是

- (A) 气-液混合物进料;
- (B) 冷液进料;
- (C) 泡点下的液体进料;
- (D) 过热蒸气进料。



8、精馏塔的设备费用与选择回流

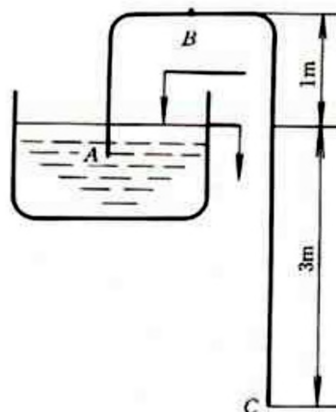
比 R 的大小有关。两者的关系是随着

三 (7) 附图

- (A) R 增大, 设备费用增大;
- (B) R 增大, 设备费用减小;
- (C) R 增大, 设备费用先增大后减小;
- (D) R 增大, 设备费用先减小后增大。

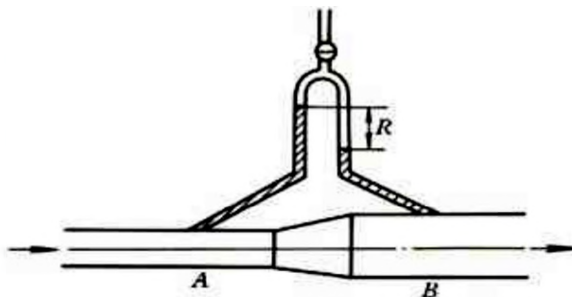
四、计算题 (共 5 题, 共 87 分)

1、用虹吸管将某液面恒定的敞口高位槽中的液体吸出 (如图所示)。液体的密度 $\rho = 1500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。若虹吸管 AB 和 BC 段的全部能量损失 ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$) 可分别按 $0.5u^2$ 和 $2u^2$ (u 为液体在管中的平均流速) 公式计算, 试求: 虹吸管最高点 B 处的真空度。(16 分)



四(1)附图

2、如图所示，水以 $11000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ 的质量流量流经管径分别为 $\phi 60 \text{ mm} \times 3.5 \text{ mm}$ 和 $\phi 42 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 的水平异径管路。在A和B两截面处分别与倒置U形管压差计相接，其读数R为 90 mm ，试计算：



四（2）附图

- (1) 每 1 kg 水流经 A, B 两截面间的能量损失；(8 分)
- (2) 由该能量损失造成的压降。(8 分)

3、套管换热器内管内径由 20 mm 改成 15 mm ，其他条件均保持不变，试问：管内传热膜系数将变成原来的几倍？传热面积将变成原来的几倍？（在两种情况下 $Re > 10000$ $l/d > 50$, $Pr = 0.7 - 160$ ）(16 分)

4、在一内径为 500 mm 的填料吸收塔中，用清水吸收原料气中的甲醇。已知原料气的流量为 $1000 \text{ m}^3(\text{标准}) \cdot \text{h}^{-1}$ ，原料气中每(标准)米³含甲醇 27 g ，要求甲醇的吸收率不低于 90% 。为下一个工序回收甲醇方便，塔底溶液中甲醇的摩尔分数不低于 0.012 。在此操作条件下，该物系遵循亨利定律 $Y^* = 1.15X$ 。若体积吸收系数 $K_Y a = 198 \text{ kmol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ ，试求：

- (1) 清水用量, $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$;(9 分)
- (2) 填料层高度, m 。(9 分)

5、在一个连续精馏塔内对苯—甲苯的混合液进行分离。料液中苯的摩尔分数 $x_f = 0.50$ ，塔顶产品中要求达到苯的摩尔分数为 0.90 ，釜残液中苯的摩尔分数要求低于 0.10 。实际回流比为最小回流比的 2 倍。泡点下饱和液体进料。若已知与液相组成 $x_f = 0.50$ 成平衡的蒸气相组成为 $y_f^* = 0.70$ ，试求：

- (1) $1000 \text{ kmol} \cdot \text{h}^{-1}$ 料液可得到的塔顶产品量；(7 分)
- (2) 实际回流比；(7 分)
- (3) 精馏段操作线方程的具体表达式。(7 分)

武汉大学

2005 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

科目名称：化工原理

科目代码：804

注明：所有的答题内容必须答在答题纸上，凡答在试题上的一律无效。

一、填空题（共 15 空，每空 1 分，共 15 分）

1、若基本物理量为质量[M]、长度[L]和时间[T]，则粘度 μ 的量纲式（因次式）为_____。

2、将下列用非 SI 单位计量的物理量分别换算成指定的 SI 单位：

质 量 $2.5[\text{kg (f)} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-1}] = \underline{\hspace{1cm}} \text{kg}$

压 强 $30[\text{kg (f)} \cdot \text{cm}^{-2}] = \underline{\hspace{1cm}} \text{Pa}$

3、某热交换器由 61 根 $\phi 25 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm}$ 的管子组成，外壳内径为 500 mm。当流速为 $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的水在热交换器环隙间（壳方）流动时，设外壳内径为 D ，管子外径为 d ，管数为 n ，则其当量直径 d_e 的计算式为_____，其值为_____ m。

4、水蒸气冷凝的传热膜系数 α_1 ，水沸腾传热膜系数 α_2 ，液体对流传热膜系数 α_3 和气体对流传热膜系数 α_4 。四者中最小的是_____。

5、常压（101.3 kPa）下，20 °C 的空气被水蒸气所饱和，已知该条件下水蒸气饱和蒸气压为 2330 Pa，则该湿空气的摩尔分数为_____，摩尔比（比摩尔分数）为_____。

6、反应器热稳定性的判据为：在 $\underline{Q_{\text{生}}} = \underline{Q_{\text{去}}}$ 的前提下，还要使 $\frac{dQ_{\text{生}}}{dT}$

_____ $\frac{dQ_{\text{去}}}{dT}$ 。

- 7、对于双组分液体的连续精馏过程。在分离任务和进料热状况给定的情况下,若增加回流比,将使_____减少,却使_____增加。
- 8、在活塞流反应器 (PFR) 中进行简单一级反应时,在恒定操作条件下,转化率 x_A 随加料的初始浓度 $c_{A,0}$ 增加而_____。
- 9、以产率或选择性为优化目标选择理想均相反应器时,对平行反应主要是根据主、副反应的_____；而对连串反应,则是根据不同的_____。
- 10、膨胀因子 δ_A 的物理意义为:每消耗 1 mol 关键组分 A 时,所引起的气相反应系统_____。

二、判断题 (下列命题中,你认为正确的打“√”,错误的打“×”并改正,共 12 小题,每小题 3 分,共 36 分)

- 1、滞流时,流体沿管道的轴向作有规则的直线运动,流体的质点一层滑过一层的位移;湍流时,出现了剧烈的涡流,流向很不规则。因而,一般说来湍流的摩擦阻力系数比层流大,而且湍流程度越高,摩擦阻力系数越大…………… ()。
- 2、当热、冷流体均无相变,且进出口温度不变时,逆流操作时平均温度差 ΔT_m 最大,并流操作时 ΔT_m 最小,任何其它复杂流程皆介于两者之间。()
- 3、流体流经固体表面时存在边界层,边界层内传热以热传导方式为主,存在较大的温度梯度,而有温度梯度存在的区域称为传热边界层。所以,流动边界层和传热边界层实际上是同一个概念。…………… ()
- 4、若要提高总传热系数 K ,则必须改善传热膜系数大的一侧的换热条件…………… ()
- 5、精馏段操作线方程中的 y, x 分别表示在某一塔板上达到气-液平衡时的组成关系。()

- 6、从相对挥发度 α 值大小可以预测精馏分离的难易程度。当相对挥发度 $\alpha \ll 1$ 时, 混合液不能用一般精馏方法加以分离。……………()
- 7、空间速度为 2 h^{-1} , 则表示在规定条件下, 每 2 小时就有相当一个反应器有效容积的物料通过反应器。……………()
- 8、在活塞流反应器 (PFR) 中进行简单零级反应时, 在恒定操作条件下, 转化率 x_A 随加料的初始浓度 $c_{A,0}$ 增加而增加。……………()
- 9、对于以中间产物为优化目标的连串反应, 应该主要控制反应器内物料的平均停留时间, 并尽可能减低物料的返混程度。……………()
- 10、测得某反应器内物料的平均停留时间 $t=10 \text{ s}$, 其方差 $\sigma_t^2=100 \text{ s}^2$, 则该反应器为活塞流反应器。……………()
- 11、若物料在全混流反应器中的平均停留时间为 $\bar{t}$, 那么停留时间 $t \geq \bar{t}$ 的物料占进料的百分数应 $\leq 36.8\%$ ……………()
- 12、若将转子流量计中的塑料转子, 改用相同尺寸的不锈钢转子, 则其流量的测量范围将减小……………()

三、选择题 (下列各小题几个备选答案中, 只有一个正确答案, 请将正确答案题号写在答题纸上。共 12 小题, 每小题 3 分, 共 36 分)

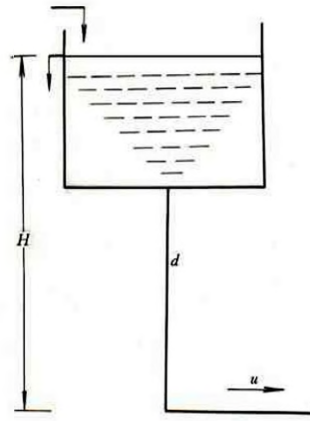
1、50 °C 的温水从一高位槽中流出, 经过一条 20 m 长的导管流入一水池。流入水池时水温已降为 47 °C。现有人试图列出伯努利方程以求取水流出导管时的流速。你认为 ()

- (A) 伯努利方程式中必须考虑因水温变化而散失的能量;
- (B) 可按水温不发生变化时来列出伯努利方程式;

(C) 由于水温发生变化, 计算时还必须考虑内能的变化, 因此不能用伯努利方程式;

(D) 上述三种说法都是错误的。

2、如图所示, 实际流体作定态流动, 若其它条件不变而将管径减小一倍, 则流量将 ()。



- (A) 增大;
- (B) 不变;
- (C) 减小;
- (D) 无法确定。

3、金属材料, 液体和气体的导热系数为 λ_1 , λ_2 和 λ_3 , 通常它们的大小顺序为 ()

- (A) $\lambda_2 > \lambda_1 > \lambda_3$;
- (B) $\lambda_3 > \lambda_2 > \lambda_1$;
- (C) $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$;
- (D) $\lambda_1 > \lambda_3 > \lambda_2$ 。

4、设在某一条件下,



反应速度为 $-r(\text{N}_2) = 3.2 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$, 则以氨表示的 $r(\text{NH}_3) = \dots\dots\dots$ ()

- (A) $3.2 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$;
- (B) $6.4 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$;
- (C) $9.6 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$;
- (D) $4.8 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

5、在间歇反应器中进行液相一级反应, 当 $c_{A,0} = 10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 反应 10 min 后, 反应物浓度 $c_A = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 问再反应多长时间后, 可使反应物浓度降为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$? $\dots\dots\dots$ ()

- (A) 1 min;
- (B) 10 min;
- (C) 15 min;
- (D) 100 min。

6、某工厂采用筛板塔, 用清水吸收废气中的有害气体, 以免污染环境。在实际操作过程中发现吸收塔排放尾气中有害气体含量略高于规定的排放标准。这个问题只要稍微加大吸收过程的推动力就可加以解决。为此操作上只需 $\dots\dots\dots$ ()

- (A) 适当减少用水量以降低单位吸收剂耗用量;

(B) 适当加大用水量以提高单位吸收剂耗用量；

(C) 适当提高些水的温度；

(D) 适当降低水的喷淋密度。

7、在 $y-x$ 相图中，平衡曲线上 C, D

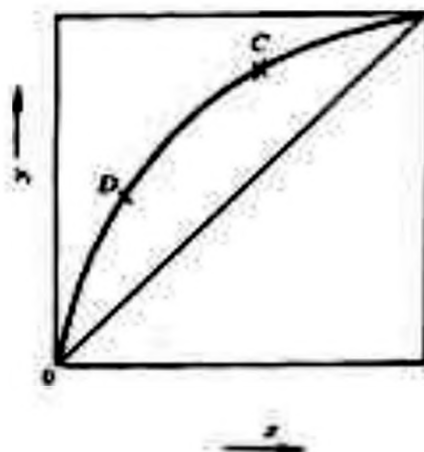
两点物料的温度应该是…()

(A) $T_c = T_d$ ；

(B) $T_c > T_d$ ；

(C) $T_c < T_d$ ；

(D) 无法确定。



三(7)附图

8、在连续精馏塔中,当气液混合物进料,且气液两相的摩尔流量相等时,其 q 值为……()

(A) $\frac{1}{2}$ ；

(B) -1；

(C) $-\frac{1}{2}$ ；

(D) 1。

9、用一连续精馏塔分离苯和甲苯的混合物,塔顶得到摩尔分数为 0.97 的产品苯,塔底得到摩尔分数为 0.98 的产品甲苯。由于市场需求发生变化,现要求塔顶产品的纯度提高至 0.98,塔底产品的纯度和苯与甲苯的产量均要求维持不变。有人提出了四条建议,你认为应采用哪一条?()

(A) 增加回流比；

(B) 将加料口向下移一块塔板；

(C) 加料口下移的同时,将加料状态从冷液改为饱和蒸气加料；

(D) 增加回流比的同时增加塔底再沸器的蒸气加热量。

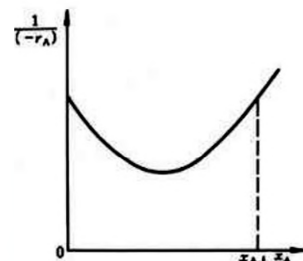
10、有一气相反应 $2A=R+2S$ 在活塞流反应器中进行,当 A 的转化率为 89% 时,所需的空间时间为 60 s。则气体在该反应器中的平均停留时间

为…………… ()

- (A) $>60\text{ s}$; (B) $=60\text{ s}$; (C) $<60\text{ s}$; (D) 无法确定。

11、右下图为一自催化反应的 $\frac{1}{(-r_A)} \sim x_A$ 曲线，

若以反应器体积最小为优化目标，并要求转化率达 $x_{A,f}$ ，试判断下列反应器及其组合中何者为优？… ()



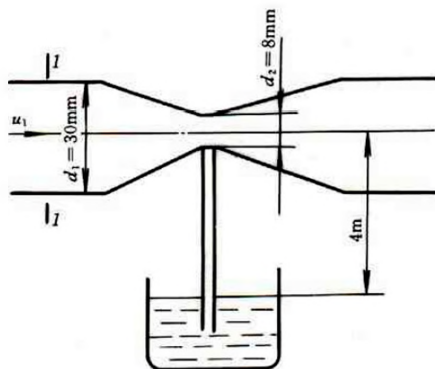
- (A) 活塞流反应器 (PFR);
 (B) 全混流反应器 (CSTR);
 (C) 活塞流反应器与全混流反应器串联组合 (PFR—CSTR);
 (D) 全混流反应器与活塞流反应器串联组合 (CSTR—PFR)。

12、容积相等的活塞流反应器 (PFR) 和全混流反应器 (CSTR) 串联操作，若在其中进行简单一级不可逆反应，以下关于串联顺序对转化率影响的讨论，哪种说法正确？…… ()

- (A) 在 PFR 后串接 CSTR，转化率大；
 (B) 在 CSTR 后串接 PFR，转化率大；
 (C) 转化率大小与串联顺序无关；
 (D) 条件不足，不能判断。

四、计算题 (共 4 题，共 63 分)

1、如图所示，水以 $4.8\text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 的流量流过水平放置的文丘里管。该管的内径及其喉径分别为 30 mm 和 8 mm。管前方截面 1—1 处的静压强为 $3.0 \times 10^5\text{ Pa}$ (表压)。文丘里管喉颈处接有一细管，细管另一端浸在一



个敞口水池中，液面与管轴线的垂直距离为 4 m。试判断细管内水的流向。

（设流动阻力损失不计）（15 分）

2、位于北方的一个矿区，冬天最低气温可达零下 60 °C，其水源全部为厚冰所覆盖。为解决供水，在湖边装了一个浮动泵装置。进水管在冰面以下，出水管用外径 125 mm，壁厚 9 mm 的钢管接到 5 km 外的小镇上的贮水池内，管外包以 5 cm 厚的聚氨酯泡沫塑料作绝热层。水在管内的平均体积流量为 $67.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 。若冰面以下湖水温度为 2.5 °C，泡沫塑料的导热系数为 $0.03 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ，钢的导热系数为 $49 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ，试问：在输水过程中是否会结冰？（水的比定压热容可取 $4.18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ）。（18 分）

3、某平均相对挥发度为 2.5 的理想溶液，其中易挥发组分的摩尔分数为 0.70，于泡点温度下送入精馏塔中，并要求馏出液中易挥发组分摩尔分数不少于 0.95，残液中易挥发组分的摩尔分数不大于 0.025，试求：

（1）、每获得 1 mol 馏出液所需的原料液量；（8 分）

（2）、实际回流比 R 为 1.5 时，实际回流比为最小回流比的多少倍。（7 分）

4、在全混流反应器中进行不可逆液相反应 $A \rightarrow R$ ，其反应速度方程为 $(-r_A) = kc_A^2$ ，A 的转化率为 60%，试计算：

（1） 若反应器的体积增大到原来的 6 倍，其他条件均保持不变，那么 A 的转化率为多少？（8 分）

（2） 若采用体积相同的活塞流反应器，其他条件均保持不变，那么 A 的转化率又为多少？（7 分）

第二章. P₆₉

1. 解: $P_{vac} = P_o - P_{绝}$

即 $13.3 \times 10^{-3} Pa = 98.7 \times 10^{-3} = P_o - P_{绝}$

$\Rightarrow P_{绝} = 85.4 \times 10^{-3} Pa$

$P_a = P - P_o$

$= 85.4 \times 10^{-3} Pa - 98.7 \times 10^{-3} Pa$

$= -13.3 \times 10^{-3} Pa$

2. 解:

$$de = 4 \times \frac{\frac{\pi}{4} d_1^2 - \frac{\pi}{4} d_2^2}{\pi d_1 + \pi d_2} = (d_1 - d_2) = 70$$

3. 解: 对于稳定流态的流体通过圆形管道, 有

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

若将直径减小一半, 即 $\frac{d_1}{d_2} = 2$

$\Rightarrow \frac{u_2}{u_1} = 4$

即液体的流速为原流速的 4 倍.

4. 解:

$$H_f = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

$$H_{f1} = \lambda_1 \cdot \frac{L_1}{d_1} \cdot \frac{u_1^2}{2g}$$

$$H_{f2} = \lambda_2 \cdot \frac{L_2}{d_2} \cdot \frac{u_2^2}{2g}$$

$$\frac{H_{f2}}{H_{f1}} = \frac{\lambda_2 \cdot \frac{L_2}{d_2} \cdot \frac{u_2^2}{2g}}{\lambda_1 \cdot \frac{L_1}{d_1} \cdot \frac{u_1^2}{2g}}$$

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64\mu}{du\rho}$$

$$u_2 = 4u_1, L_1 = L_2, d_1 = 2d_2$$

$$\frac{H_{f2}}{H_{f1}} = \frac{\frac{64\mu}{d_2 u_2 \rho} \cdot \frac{L_2}{d_2} \cdot \frac{u_2^2}{2g}}{\frac{64\mu}{d_1 u_1 \rho} \cdot \frac{L_1}{d_1} \cdot \frac{u_1^2}{2g}}$$

$$\frac{H_{f2}}{H_{f1}} = \frac{\frac{64\mu}{d_2 u_2 \rho} \cdot \frac{L_2}{d_2} \cdot \frac{u_2^2}{2g}}{\frac{64\mu}{2d_2 \frac{1}{4} u_2 \rho} \cdot \frac{L_1}{2d_2} \cdot \frac{(\frac{1}{4} u_2)^2}{2g}}$$

$$\frac{H_{f2}}{H_{f1}} = \frac{1}{\frac{1}{2 \times \frac{1}{4}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{16}} = 16$$

$$H_{f2} = 16H_{f1}$$

即产生的能量损失为原来的 16 倍。

6. 解：1) 雷诺数 $\text{Re} = \frac{\rho u d}{\mu}$

其中 $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $u = 1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$d = 25 \text{ mm} = 25 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\mu = 1 \text{ cp} = 10^{-3} \text{ Ps} \cdot \text{s}$$

故 $\text{Re} = \frac{\rho u d}{\mu}$

$$= \frac{1000 \times 1.0 \times 25 \times 10^{-3}}{10^{-3}}$$

$$= 25000$$

故为湍流。

2) 要使管中水层流, 则 $\text{Re} \leq 2000$

$$\text{即 } \text{Re} = \frac{1000 \times 25 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot u}{10^{-3}} \leq 2000$$

$$\text{解得 } u \leq 0.08 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

7. 解: 取高位水槽液面为 1-1' ,

A-A' 截面为 2-2' 截面, 由伯努利方程

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

$$\text{其中 } z_1 = 10 \text{ m}, z_2 = 2 \text{ m};$$

$$p_1 = p_2; u_1 = 0; H_f = \frac{\sum h_f}{g}$$

$$\text{则 } 10 = 2 + \frac{u_2^2}{2 \times 9.8} + \frac{16.15 u^2}{9.8}$$

解得

$$1) \text{ A-A' 截面处流量 } u = u_2$$

$$u = 2.17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$2) \text{ } q_v = Au\rho$$

$$\text{其中 } A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (100 \times 10^{-3})^2$$

$$= 7.85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$u = 2.17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$q_v = 7.85 \times 10^{-3} \times 2.17 \times 3600 = 61.32 \text{ m}^3/\text{h}$$

8. 解: 对 1-1' 截面和 2-2' 截面, 由伯努利方程得

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

$$\text{其中 } z_1 = z_2, p_1 = 1 \text{ m}_{\text{H}_2\text{O}} = \rho g h_1$$

$$u_1 = 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, p_1 = \rho g h_2$$

$$u_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2} u_1 = \left(\frac{0.2}{0.1}\right)^2 \times 0.5 = 2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\Delta h + \frac{0.5^2}{2 \times 9.8} = \frac{2^2}{2 \times 9.8} = 0.19 \text{ m}$$

15. 解：选取贮槽液面为 1-1' 截面，高位槽液面为 2-2' 截面，
由伯努利方程得

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

其中： $z_1 = 2 \text{ m}, z_2 = 10 \text{ m}; u_1 = u_2 = 0$

$$\begin{aligned} p_1 &= p_{\text{vac}} = -100 \text{ mmHg} \\ &= -13.6 \times 10^3 \times 9.8 \times 0.1 = -13332.2 \text{ p}_a \\ p_2 &= 0 \end{aligned}$$

$$2 + \frac{-13332.2}{\rho g} + H_e = 10 + \left(\frac{19.6}{9.8} + 4 \times \frac{1000}{980}\right)$$

$$H_e = 12.08 + \frac{19.6}{9.8} + \frac{13332.2}{980 \times g} = 14.08 + 1.388 = 15.468$$

$$P = \frac{H_e \cdot q_v \cdot \rho}{102} = \frac{15.468 \times 2 \times \frac{\pi}{4} \times (53 \times 10^{-3})^2 \times 980}{102} = 0.655 \text{ kw}$$

17. 解：取水池液面为 1-1' 截面，高位液面为 2-2' 截面，
由伯努利方程得

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

其中： $z_1 = 0, z_2 = 50 \text{ m}; p_1 = p_2 = 0$

$$H_f = \frac{20}{9.8}$$

$$H_e = 50 + \frac{20}{9.8} = 52.05$$

$$P = \frac{H_e \cdot q_v \cdot \rho}{102 \eta} = \frac{52.05 \times 36 \times 1000}{102 \times 0.6 \times 3600} = 8.05 \text{ kw}$$

19. 解：取贮槽液面为 1-1' 截面，
蒸发器内管路出口为 2-2' 截面，
由伯努利方程得

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

其中, $z_1 = 0, z_2 = 15m$;

$$p_1 = 0,$$

$$p_2 = -200 \times 10^{-3} \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8 = -26656 p_a$$

$$H_f = \frac{120}{9.8}$$

$$H_e = 15 + \frac{120}{9.8} - \frac{26656}{9.8 \times 1200} = 24.97$$

$$P = \frac{H_e \cdot q_v \cdot \rho}{102} = \frac{24.97 \times 20 \times 1200}{102 \times 3600} = 1.632 \text{kw}$$

20. 解: 1) 取贮水池液面为 1-1' 截面,

出口管路压力表所在液面为 2-2' 截面,

由伯努利方程得

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

其中, $z_1 = 0, z_2 = 5.0m$;

$$p_1 = 0, p_2 = 2.5 \text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$= \frac{2.5 \times 9.8}{0.01^{-4}} = 2.45 \times 10^5 p_a$$

忽略出水管路水泵至压力表之间的阻力损失,

则: 衡算系统的阻力损失主要为吸入管路的阻力损失:

$$H_f = \frac{0.2}{9.8}$$

$$u = \frac{36}{3600 \times \pi / 4 (76 \times 10^{-3})^2} = 2.2$$

$$H_e = 5.0 + \frac{2.45 \times 10^5}{1000 \times 9.8} + \frac{2.2^2}{2 \times 9.8} + \frac{0.2}{9.8}$$

$$= 5.0 + 25 + 0.25 + 0.02 = 30.27$$

$$P = \frac{H_e \cdot q_v \cdot \rho}{102} = \frac{30.27 \times 36 \times 1000}{102 \times 3600} = 3.0 \text{kw}$$

$$2) P = \frac{H_e \cdot q_v \cdot \rho}{102 \eta} = \frac{3.0}{0.7} = 4.3 \text{kw}$$

3) 取贮槽液面为 1-1' 截面,

水泵吸入管路上真空表处液面为 2-2' 截面,

由伯努利方程得

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

其中: $z_1 = 0, z_2 = 4.8m$;

$$p_1 = 0, p_2 = ?$$

忽略进水管路水泵中真空表至水泵之间的阻力损失,

则: 衡算系统的阻力损失为吸入管路的阻力损失:

$$H_f = \frac{0.2}{9.8}$$

$$p_2 = -(4.8 + \frac{2.2^2}{2 \times 9.8} + \frac{0.2}{9.8}) \times 1000 \times 9.8 = -49600 \text{ Pa}$$

得真空表的读数为 $P_{vac} = 49600 \text{ Pa}$

23. 解: 1) 取低位槽液面为 1-1' 截面

高位槽液面为 2-2' 截面

由伯努利方程得

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

其中, $z_1 = 0, z_2 = 20m$; $p_1 = 0, p_2 = 0$

$$H_f = 5, H_e = 20 + 5 = 25$$

$$w_e = 25 \times 9.8 = 245 \text{ J/kg}$$

2) 在管路 A、B 截面间列伯努利方程得:

$$z_A + \frac{p_A}{\rho g} + \frac{u_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\rho g} + \frac{u_B^2}{2g} + H_f$$

$$\frac{p_A}{\rho g} - \frac{p_B}{\rho g} = z_B - z_A + \lambda \frac{L}{d} \frac{u^2}{2g}$$

$$u^2 = 2g \times \frac{d}{L\lambda} \times \left(\frac{p_A}{\rho g} - \frac{p_B}{\rho g} - z_B + z_A \right)$$

$$p_A - p_B = (\rho_{Hg} - \rho_{H2O}) \times gR + \rho_{H2O} \times g \times 6$$

$$\frac{p_A - p_B}{\rho_{H2O}g} = \frac{(\rho_{Hg} - \rho_{H2O}) \times R + \rho_{H2O} \times 6}{\rho_{H2O}}$$

$$u = \sqrt{2g \times \frac{d}{L\lambda} \times \left(\frac{(\rho_{Hg} - \rho_{H2O}) \times R + \rho_{H2O} \times 6}{\rho_{H2O}} - 6 \right)}$$

$$= \sqrt{2g \times \frac{0.05}{6 \times 0.02} \times 0.504} = 2.03 m \cdot s^{-1}$$

$$3) P = \frac{25 \times 2.03 \times \frac{\pi}{4} \times 0.05^2 \times 1000}{102} = 0.976 kW$$

4) 根据静力学基本方程式:

$$p_B + \rho_{H2O}g(6+H) = \rho_{Hg}gR' + p_0$$

$$\Rightarrow p_B = \rho_{Hg}gR' + p_0 - \rho_{H2O}g(6+H)$$

$$p_A + \rho_{H2O}gh = p_B + \rho_{H2O}g6 + \rho_{H2O}g(h-R) + \rho_{Hg}gR$$

$$\Rightarrow p_A = p_B + \rho_{H2O}g6 - \rho_{H2O}gR + \rho_{Hg}gR$$

$$\Rightarrow p_A = \rho_{Hg}gR' + p_0 - \rho_{H2O}g(6+H)$$

$$+ \rho_{H2O}g6 - \rho_{H2O}gR + \rho_{Hg}gR$$

$$\Rightarrow p_A - p_0 = \rho_{Hg}gR' - \rho_{H2O}gH + (\rho_{Hg} - \rho_{H2O})gR$$

$$= [13.6 \times 1.2 - 1 \times 1 + (13.6 - 1) \times 0.04] \times 9.8 \times 1000$$

$$= 1.55 \times 10^5 p_a$$

p105

ex1 解:

$$q = \frac{\Delta t}{\sum R} = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} = \frac{1150 - 30}{\frac{0.2}{1.07} + \frac{0.1}{0.14} + \frac{0.006}{45}}$$

$$= \frac{1120}{0.187 - 0.714 - 0.0001} = \frac{1120}{0.901} = 1243 \text{ W/m}^2$$

$$q' = 300 = \frac{1120}{\sum(R + R_0)} \Rightarrow \sum R + R_0 = 3.73^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$$

$$R_0 = 3.73 - 0.901 = 2.83^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$$

ex2 解:

$$\phi = \frac{(T_1 - T_4)}{\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i A}} = \frac{(T_1 - T_4)}{\sum \frac{\delta_i}{2\pi r_m L \lambda_i}}$$

$$= \frac{2\pi L(T_1 - T_4)}{\sum \frac{1}{\lambda_i} \frac{(r_{i+1} - r_i)}{r_{i+1} r_i}} = \frac{2\pi L(T_1 - T_4)}{\sum \frac{1}{\lambda_i} l_n \frac{r_{i+1}}{r_i}}$$

$$\frac{\phi}{L} = \frac{2\pi(260 - 35)}{\frac{1}{16} l_n \frac{25}{20} + \frac{1}{0.2} l_n \frac{55}{25} + \frac{1}{0.07} l_n \frac{85}{55}}$$

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 225}{\frac{0.223}{16} + \frac{0.788}{0.2} + \frac{1.435}{0.007}} = \frac{1413}{0.0139 + 3.94 + 6.214}$$

$$= \frac{1413}{10.168} = 138.96 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}$$

Ex4 解: 空气的定性温度 $T = \frac{220 + 180}{2} = 200^\circ\text{C}$

200°C时空气的物性参数为: $\rho = 0.746 \text{ Kg/m}^3$

$$\lambda = 3.91 \times 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\mu = 2.6 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad C_p = 1.034 \text{ KJ} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$u = 15 m \cdot s^{-1},$$

$$R_e = \frac{du\rho}{\mu} = \frac{0.0254 \times 15 \times 0.746}{2.6 \times 10^{-5}} = 1.09 \times 10^4$$

$$P_r = \frac{C_p \mu}{\lambda} = \frac{1.034 \times 10^3 \times 2.6 \times 10^{-5}}{3.931 \times 10^{-2}} = 0.68$$

$$\begin{aligned} \alpha &= 0.023 \frac{\lambda}{d} (R_e)^{0.8} (P_r)^{0.3} \\ &= 0.023 \times \frac{3.931 \times 10^{-2}}{0.0254} \times (1.09 \times 10^4)^{0.8} \times 0.68^{0.3} \end{aligned}$$

$$= 53.8 W / m^2 \cdot K$$

ex5 解: 水的定性温度 $T = \frac{40 + 20}{2} = 30^\circ C$

$$30^\circ C \text{ 时水的物性参数为: } \rho = 995.7 Kg / m^3$$

$$\lambda = 0.6176 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$$

$$\mu = 80.07 \times 10^{-5} Pa \cdot s$$

$$C_p = 4.174 KJ \cdot Kg^{-1} \cdot ^\circ C$$

$$\alpha = 0.023 \frac{\lambda}{d} (R_e)^{0.8} (P_r)^{0.4}$$

$$\text{当 } u = 1 m \cdot s^{-1} \text{ 时,}$$

$$R_e = \frac{du\rho}{\mu} = \frac{0.02 \times 1 \times 995.7}{80.07 \times 10^{-5}} = 24868.6$$

$$P_r = \frac{C_p \mu}{\lambda} = \frac{4.174 \times 10^3 \times 80.07 \times 10^{-5}}{0.6176} = 5.41$$

$$\alpha = 0.023 \times \frac{0.6176}{0.002} \times (24868.6)^{0.8} \times (5.41)^{0.4}$$

$$= 4583.5 W / m^2 \cdot K$$

$$\text{当 } u = 0.3 \text{ 时}$$

$$R_e = \frac{du\rho}{\mu} \Rightarrow 7460.58, \text{ 此时, } 2000 < Re < 10000$$

$$\alpha = 0.023 \times 38.85 \times 1.965 \times 7460.58^{0.8} \times (1 - \frac{6 \times 10^5}{7460.58^{1.8}})$$

$$= 1638 W / m^2 \cdot ^\circ C$$

ex7 解: 甲烷的定性温度: $T = \frac{120 + 30}{2} = 75^\circ C$

$$0^\circ C \text{ 条件下: } \rho = 0.717 Kg / m^3 \quad \lambda = 0.03 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$$

$$\mu = 1.03 \times 10^{-5} Pa \cdot s \quad C_p = 1.7 KJ \cdot Kg^{-1} \cdot K^{-1}$$

由于甲烷是在非圆形管内流动, 定性尺寸取 d_e

$$d_e = 4 \frac{\text{流体截面积}}{\text{润湿周边}}$$

$$= 4 \times \frac{\frac{\pi}{4} \times 0.19^2 - 37 \times \frac{\pi}{4} \times 0.019^2}{\pi \times 0.19 + 37 \times \pi \times 0.019} = 0.0255$$

$$R_e = \frac{du\rho}{\mu} = \frac{0.0255 \times 10 \times 0.717}{1.03 \times 10^{-5}} = 17728.7$$

$$P_r = \frac{C_p \mu}{\lambda} = \frac{1 \times 10^3 \times 1.03 \times 10^{-5}}{0.03} = 0.584$$

由于甲烷被冷却, $n = 0.3$

$$\alpha = 0.023 \frac{\lambda}{d_e} (R_e)^{0.8} (P_r)^{0.3}$$

$$= 0.023 \times \frac{0.03}{0.0255} \times (17728.7)^{0.8} \times (0.584)^{0.3}$$

$$= 0.023 \times 1.176 \times 2505.77 \times 0.851$$

$$= 57.1 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

若甲烷在管内流动:

$$R_e = \frac{du\rho}{\mu} = \frac{0.015 \times 10 \times 0.717}{1.03 \times 10^{-5}} = 10441.75$$

$$\alpha = 64.2 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

Ex8 $\Delta T_1 = 40 - 15 = 25^\circ C$,

$$\Delta T_2 = 130 - 33 = 97^\circ C$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{l_n \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = \frac{97 - 25}{l_n \frac{97}{25}} = 53.1^\circ C \quad (\text{逆流})$$

在按照折流校正

$$P = \frac{33 - 15}{130 - 15} = 0.16$$

$$R = \frac{130 - 40}{33 - 15} = 5$$

$$\phi = 0.97$$

$$\Delta T_m = 0.97 \times 53.1 = 51.5^\circ C$$

ex9

(1)

$$\phi = q_m c_p (T_1 - T_2)$$

$$= 1.25 \times 1.9 \times 10^3 \times (80 - 30)$$

$$= 118750 J \cdot s^{-1}$$

$$(2) \Delta T_1 = 30 - 20 = 10^\circ C \quad ,$$

$$\Delta T_2 = 80 - 40 = 40^\circ C$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{l_n \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = \frac{40 - 10}{l_n 4} = 21.64^\circ C$$

(3)

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_0} + \frac{d_0}{\alpha_{\text{油}} d_i} + \frac{\delta d_0}{\lambda d_m} + R_{si} + R_{s0} \\ &= \frac{1}{1.7 \times 10^3} + \frac{0.025}{0.85 \times 10^3 \times 0.02} + \frac{0.0025 \times 0.025}{45 \times \frac{0.025 - 0.02}{l_n \frac{0.025}{0.02}}} + 0.21 \times 10^{-3} + 0.176 \times 10^{-3} \\ &= 0.00251 m^2 \cdot K \cdot W^{-1} \end{aligned}$$

$$K = \frac{1}{R} = 398.91 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

(4)

$$\begin{aligned} A &= \frac{\phi}{K \Delta t_m} = \frac{118750}{398.91 \times 21.64} \\ &= 13.74 m^2 \end{aligned}$$

若近似按平面壁计算，则

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_0} + \frac{1}{\alpha_{\text{油}i}} + \frac{\delta_0}{\lambda_m} + R_{si} + R_{s0}$$

$$= \frac{1}{1.7 \times 10^3} + \frac{1}{0.85 \times 10^3} + \frac{0.0025}{45} + 0.21 \times 10^{-3} + 0.176 \times 10^{-3}$$

$$K = 453.26$$

$$A = 12.11 m^2$$

ex10

$$(1) \quad d_0 = 16 \times 10^{-3} m, \quad d_i = 13 \times 10^{-3} m,$$

$$\delta = 1.5 \times 10^{-3} m$$

$$K = 1 / \left(\frac{d_0}{\alpha_i d_i} + \frac{\delta d_0}{\lambda d_m} + \frac{1}{\alpha_0} \right)$$

$$= 1 / \left(\frac{16}{13 \times 1000} + \frac{1.5 \times 10^{-3} \times 16}{40 \times 14.5} + \frac{1}{90} \right)$$

$$= 1 / (1.231 \times 10^{-3} + 0.0414 \times 10^{-3} + 0.011)$$

$$= 81.5 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

(2)

$$K_0 = 1 / \left(\frac{d_0}{\alpha_i d_i} + \frac{\delta d_0}{\lambda d_m} + \frac{1}{\alpha_0} \right)$$

$$= 1 / \left(\frac{16}{13 \times 1000} + \frac{1.5 \times 10^{-3} \times 16}{40 \times 14.5} + \frac{1}{180} \right)$$

$$= 146.6 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

(3)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/295324333232011040>