

化工原理试题库（上册）

第一章 流体流动

一、 选择题

1. 连续操作时，物料衡算通式中的过程积累量 G_A 为（ B ）。
A. 零 B. 正数 C. 负数 D. 任意值
2. 热量衡算中，物料的焓为相对值，通常规定（ A ）的焓为零。
A. 0℃液体 B. 0℃气体 C. 100℃液体 D. 100℃气体
3. 流体阻力的表现，下列阐述错误的是（ D ）。
A. 阻力越大，静压强下降就越大 B. 流体的粘度越大，阻力越大
流体的流动状况是产生流体阻力的根本原因 D. 流体的内摩擦力在流体激烈流动时不存在
4. 压强的具有专门名称的国际单位是Pa，用基本单位表示是（ A ）。
A. atm B. mmHg C. Kg/m. s² D. N/m²
5. 水在直管中流动，现保持流量不变，增大管径，则流速（ B ）。
A. 增大 B. 减小 C. 不变 D. 无法判断
6. 对不可压缩流体，满足 条件时，才能应用柏努力方程求解。 A
A. $\frac{p_2 - p_1}{\rho_1} < 20\%$ (式中压强采用表压表示) B. $\frac{p_2 - p_1}{\rho_1} < 10\%$ (式中压强采用表压表示)
C. $\frac{p_2 - p_1}{\rho_1} < 20\%$ (式中压强采用绝压表示) D. $\frac{p_2 - p_1}{\rho_1} < 10\%$ (式中压强采用绝压表示)
7. 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
8. 流体在圆形直管中滞流流动时的速度分布曲线为 B 。
A. 直线 B. 抛物线 C. 双曲线 D. 椭圆线
9. 增大流体的流量，则在孔板流量计的孔板前后形成的压强差（ A ）。
A. 增大 B. 减小 C. 不变 D. 无法判断
10. 流体在管内流动时的摩擦系数与（ A ）有关。
A. 雷诺准数和绝对粗糙度 B. 雷诺准数和相对粗糙度
C. 欧拉准数和绝对粗糙度 B. 欧拉准数和相对粗糙度
11. 测速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
12. 在层流流动中，若流体的总流率不变，则规格相同的两根管子串联时的压降为并联时的（ C ）倍。
A. 2; B. 6; C. 4; D. 1。
13. 流体在长为 3m、高为 2m 的矩形管道内流动，则该矩形管道的当量直径为（ B ）。

A. 1.2m;

B. 0.6m;

C. 2.4m;

D. 4.8m。

-
14. 当流体在园管内流动时，管中心流速最大，滞流时的平均速度与管中心的最大流速的关系为(C)
- A. $u = 3/2. u_{\max}$ B. $u = 0.8 u_{\max}$ C. $u = 1/2. u_{\max}$ D. $u = 0.75 u_{\max}$
15. 判断流体流动类型的准数为(A)
- A. Re 数 B. Nu 数 C. Pr 数 D. Fr 数
16. 流体在圆形直管内作强制湍流时，其对流传热系数 α 与雷诺准数 Re 的 n 次方成正比，其中的n 值为()
- A. 0.5 B. 0.8 C. 1 D. 0.2
17. 牛顿粘性定律适用于牛顿型流体，且流体应呈(A)
- A. 层流流动 B. 湍流流动 C. 过渡型流动 D. 静止状态
18. 计算管路系统突然扩大和突然缩小的局部阻力时，速度值应取为(C)
- A. 上游截面处流速 B. 下游截面处流速 C. 小管中流速 D. 大管中流速
19. 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. 增大； B. 不变； C. 减小； D. 不确定。
20. 流体的压强有多种表示方式，1标准大气压为()
- A. 780mm汞柱 B. 1Kgf/cm² C. 10.336m水柱 D. 10130Pa
21. 流体在圆管中层流流动，若只将管内流体流速提高一倍，管内流体流动型态仍为层流，则阻力损失为原来的()倍。
- A. 4 B. 2 C. $\sqrt{2}$ D. 不能确定
22. 阻力系数法将局部阻力 h_f 表示成局部阻力系数与动压头的乘积，管出口入容器的阻力系数为()
- A. 1.0 B. 0.5 C. 0.35 D. 0.75
23. 在柏努利方程式中， $P/\rho g$ 被称为()
- A. 静压头 B. 动压头 C. 位压头 D. 无法确定
24. 流体的流动形式可用雷诺准数来判定，若为湍流则Re ()
- A. <4000 B. <2000 C. >2000 D. >4000
25. 不可压缩性流在管道内稳定流动的连续性方程式为() 可压缩性流体在管道内稳定流动的连续性方程式为()
- A. $u_1 A_1 = u_2 A_2$ B. $u_1 A_2 = u_2 A_1$
C. $u_1 A_1 / \rho_1 = u_2 A_2 / \rho_2$ D. $u_1 A_1 / \rho_2 = u_2 A_2 / \rho_1$
26. 有两种关于粘性的说法：()
- ①无论是静止的流体还是运动的流体都具有粘性。
②粘性只有在流体运动时才表现出来。
- 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。

27. 层流与湍流的区别是 ()

- A 湍流的流速大于层流流速
- B 流道截面大的为湍流，小的为层流
- C 层流无径向脉动，湍流有径向脉动
- D 层流的雷诺准数小于湍流的雷诺准数

28. 有一并联管路如图 2 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 $V(1)$ 、 $u(1)$ 、 $d(1)$ 、 $L(1)$ 、 $h(f1)$ 及 $V(2)$ 、 $u(2)$ 、 $d(2)$ 、 $L(2)$ 、 $h(f2)$ 。若 $d(1)=2d(2)$ ， $L(1)=2L(2)$ ，则 $h(f1)/h(f2) = ()$

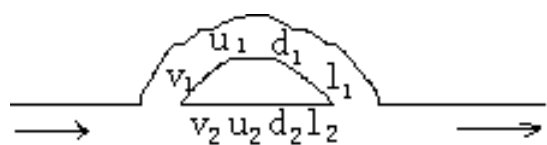


图2

- A、2; B、4; C、1/2; D、1/4; E、1

当管路中流体均作层流流动时， $V(1)/V(2) = ()$

- A、2; B、4; C、8; D、1/2; E、1

当管路中流体均作层流流动时， $u(1)/u(2) = ()$

- A、2; B、4; C、1/2; D、1/4; E、1

当两段管路中流体均作湍流流动时，并取 $\lambda(1) = \lambda(2)$ ，则 $V(1)/V(2) = ()$ 。

- A、2; B、4; C、8; D、1/2; E、1/4

当两段管路中流体均作湍流流动时，并取 $\lambda(1) = \lambda(2)$ ，则 $u(1)/u(2) = ()$ 。

- A、2; B、4; C、1/2; D、1/4; E、1

29. 真空表读数是 60kPa，当地大气压为 100kPa 时，实际压强为 () kPa。

- A.40 B.60 C.160

30. 2. 当温度降低时，气体的粘度 ()。

- A. 降低 B. 不变 C. 增大

31. 3. 液体在圆形直管中稳定流动时，若管长及液体物性不变，当管内径减为原来的 1/2，则流速变为原来的 () 倍。

- A.2 B.4 C.16

32. 当地大气压为 100kPa，压强表读数是 60kPa，则实际压强为 () kPa。

- A、160 B、40 C、60 D、100

33. 液面保持恒定的敞口容器底部装有直径相等的进水管和出水管，当管内水的流速为 2m/s 时，进口能量损失为 () J/kg，出口能量损失为 () J/kg。

- A、0.5 B、1 C、1.5 D、2

34. 随着温度的升高液体的粘度 ()，气体的粘度 ()。

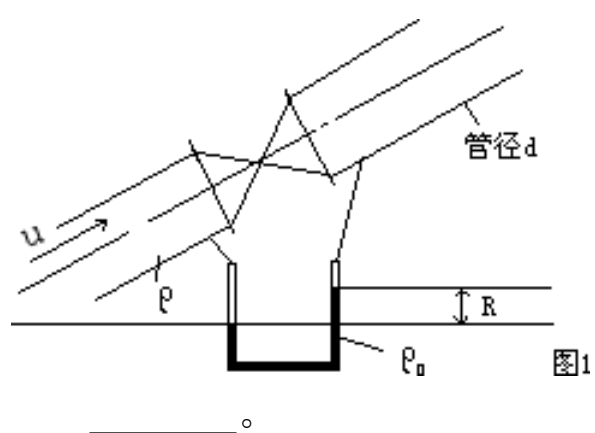
- A、增加 B、不变 C、降低

二、填空题

1. 连续性介质假定是指_____。
2. 流体在光滑管内作湍流流动时，摩擦系数 λ 与_____和_____有关；若其作完全湍流（阻力平方区），则 λ 仅与_____有关。
3. 流体阻力产生的根源是_____。粘性是指_____。
4. 在连续稳定流动过程中，流速与管径的_____成正比。均匀圆管内流体的流速不因流阻的存在而_____。（减、降或不变）

5. 无因次数群是_____的数组。
6. 滞流与湍流的根本区别是_____。
7. 一定量的流体在圆形直管内流过，若流动处于阻力平方区，则流动阻力与速度的_____成正比。
8. 圆形直管内流体滞流流动的速度分布呈_____形状。其平均速度是中心最大速度的_____。摩擦阻力系数与雷诺数的关系是_____。
9. 流体流动边界层是指_____。流体流过某一障碍物发生边界层脱体的原因是_____。由于固体表面形状而造成边界层分离所引起的能量损失，称为_____。粘性流体绕过固体表面的阻力为摩擦阻力和_____之和，又称为局部阻力。
10. 米糠油在管中作层流流动，若流量不变，管径、管长不变，油温升高，粘度为原来的 $1/2$ ，则摩擦阻力损失为原来的_____倍。
11. 流体在圆形直管中作层流流动，如果流量等不变，只是将管径增大一倍，则阻力损失为原来的_____。
12. 当 20°C 的甘油 ($\rho = 1261 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $\mu = 1499$ 厘泊) 在内径为 100 mm 的管内流动时，若流速为 $2.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时，其雷诺准数 Re 为_____，其摩擦阻力系数 λ 为_____。
13. 当量直径的定义是 $d_e =$ _____，对边长为 a 正方形风管当量直径 $d_e =$ _____。
14. 当量直径的定义是 $d_e =$ _____，在套管环间流动的流体，外管的内径是 d_2 ，内管的外径是 d_1 ，则当量直径 $d_e =$ _____。
15. 当 Re 为已知时，流体在圆形管内呈层流时的摩擦系数 $\lambda =$ _____，在管内呈湍流时，摩擦系数 λ 与_____、_____有关。
16. 水由敞口恒液位的高位槽通过一管道流向压力恒定的反应器，当管道上的阀门开度减小后，水流量将_____，摩擦系数_____，管道总阻力损失_____（增大、减小、不变）。
17. 某设备的表压强为 50 KPa ，则它的绝对压强为_____，另一设备的真空度为 50 KPa ，则它的绝对压强为_____。（当地大气压为 100 KPa ）
18. 如果管内流体流量增大一倍后，仍处于层流状态，则阻力损失增大到原来的 _____ 倍
19. 流体在管路两截面间的压强差 ΔP 与压强降 ΔP_f 相等的条件是_____。
20. 局部阻力所引起的能量损失有两种计算方法：_____法和_____法。
21. 并联管路的特点是_____。分支管路的特点是_____。
22. 孔板流量计是通过_____来反映流量的大小，又称为_____流量计，而转子流量计是流体流过节流口的压强差保持恒定，通过变动的_____反映流量的大小，又称_____。
23. 热量衡算中，物料衡算通式中的过程 G_A 为_____。
24. 热量衡算中，物料的焓为相对值，通常规定 _____ $^{\circ}\text{C}$ 液体的焓为零。
25. 水在直管中流动，现保持流量不变，增大管径，则流速 _____。
26. 对不可压缩流体，满足_____条件时，才能应用柏努力方程求解。
27. 判断流体的流动类型用_____准数。
28. 流体在圆形直管中滞流流动时的速度分布曲线为_____。
29. 增大流体的流量，则在孔板前后形成的压强差_____。
30. 流体在管内流动时的摩擦系数与_____有关。

31. 测速管测量得到的速度是流体_____速度。
32. 流体时气体和液体的统称，其中_____是可压缩流体，_____是不可压缩流体。
33. 表压、绝压、大气压之间的关系是_____。
34. 据流体静力学基本方程式知，当液面上方压强变化时，液体内部各点压强_____变化。
35. 等压面的要点有四个，即_____、_____、_____、_____。
36. 测量压强或压强差时，可用 U 管压差计、斜管压差计和微差压差计。若被测量的压强差很小时，可用以上三种压差计种的_____和_____。
37. 粘度是衡量_____大小的物理量。
38. 孔板流量计是基于_____原理的流量测量仪表。
39. 恒压差、变截面的流量计有_____。
40. 恒截面、变压差的流量计有_____。
41. 并联管路的特点为_____和_____。
42. 分支管路的特点为_____和_____。
43. 串联管路的特点为_____和_____。
44. 同一容器中有 A, B, C 三点, B 点的压强为 1atm, 且 $P_A > P_B > P_C$, 若 B 点的压强增加 0.6atm, 则 P_A 增加_____Pa, $P_A - P_C$ 增加_____mmHg。
45. 实验证明，流体在管路中流动时，同一截面上各点的流速是不同的，管心处流速_____，越靠近管壁，流速_____，在管壁处等于_____。
46. 某液体在一段水平圆形直管内流动，已知 Re 值为 1800，若平均流速为 0.5m/s，则管中心点处速度为_____m/s，流体在管内流动类型属_____流动。
47. 如图 1 所示，液体在等径倾斜管中稳定流动，则阀的局部阻力系数 ξ 与压差计读数 R 的关系式为



- _____。
48. 某转子流量计，其转子材料为不锈钢，测量密度为 1.2kg/m³ 的空气时，最大流量为 400m³/h，现用来测量密度为 0.8kg/m³ 的氨气，其最大流量为_____kg/m³。
49. 流体在圆形直管中作滞流流动时，其速度分布是_____型曲线，其管中心最大流速为平均流速的_____倍，摩擦系数 λ 与 Re 的关系为_____。
50. U 形管差压计用水作指示液，测量气体管道中的压降，若指示液读数 R=20mm，则所表示压降为_____Pa，为使读数增大，而 Δp 值不变，应更换一种密度比水_____的指示液。
51. 用测速管测定的是_____流速，孔板流量计测定的是_____流速；测流体流量时，随着流体流量增加，孔板流量计两侧压差值将_____；若改用转子流量计测量，当测量增大时，转子两端差值将_____。
52. 4. 气体的密度与压强成_____。
53. 5. 静止流体内部两点间压强差的大小，只与两点间垂直距离和 _____ 有关。

54. 6.转子流量计的压强差随流量的增加而_____。
55. 9、在连续静止的同一种流体中，同一水平面上各点的压强_____。
56. 10、孔板流量计前后产生的压强差随着流量的增加而_____。
57. 流体是由无数质点所组成的_____介质。
58. 流体流动与固体运动的区别在于其_____运动的同时，内部还有_____运动。
59. 一真空表的读数为 20kpa，已知所测物系的实际压强为 80kpa，则此时的大气压强为_____kpa。
60. 根据流体静力学基本方程式，在一_____的、_____的同种流体内部，等高面即为_____。
61. 实际流体在管道内流动时产生阻力的主要原因是_____。
62. 毕托管测量管道中流体的_____，而孔板流量计则用于测量管道中流体的_____。
63. 某设备上安装的真空表的读数为 30kpa，已知当地的大气压强为_____100kpa，则所测物系的实际压强为_____kpa。
64. 流体在一段圆形水平直管中流动，测得平均流速 0.5m/s，压强降为 10Pa，Re 为 1000，问管中心处点速度为_____m/s，若平均流速增加为 1m/s，则压强降为_____Pa。
65. 运动粘度 $\nu = 3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ 的某流体在 $\phi 100 \times 4 \text{ mm}$ 的圆管内流动，其雷诺准数 $Re=1800$ ，此流型为_____，平均流速 $u =$ _____m/s，管中心最大流速 $u_{\max} =$ _____m/s。
66. 边长为 0.4m 的正方形通风管道，其水力半径 $r_H =$ _____m，当量直径 $d_e =$ _____m。
67. 流体在圆形直管中作滞流流动时，其速度分布是_____型曲线，其管中心最大流速为平均流速的_____倍，摩擦系数 λ 与 Re 的关系为_____。
68. 套管由 $\phi 57 \times 2.5 \text{ mm}$ 和 $\phi 25 \times 2.5 \text{ mm}$ 的钢管组成，则环隙的流通截面积等于_____，润湿周边长等于_____，当量直径等于_____。
69. 孔板流量计属于变_____流量计，而转子流量计则是变_____流量计。
70. 流体在圆形直管中作滞流流动时，摩擦系数 λ 与 Re 的关系为_____。

三、计算题

1. 有一管路系统如图所示。水在管内向高位槽流动，当E 阀开度为 1/2 时，A、B 两处的压强表读数分别为 $5.9 \times 10^4 \text{ Pa}$ 及 $4.9 \times 10^4 \text{ Pa}$ 。

此时流体的流量为 $36 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

现将 E 阀开大，B 点压强表

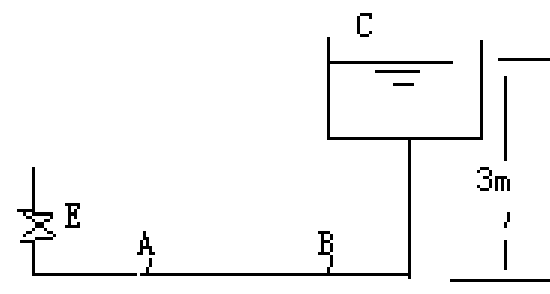
读数升至 $6.87 \times 10^4 \text{ Pa}$ ，

水的密度为 $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

假设在两种情况下，流体

都进入了阻力平方区。

求：E 阀开大后，管内水的流量；A 处压强表读数 Pa。



$$(1) \quad g z_1 + \frac{u_{b1}^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + W_e = g z_2 + \frac{u_{b2}^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + \sum_f h_f$$

$$z_1 = z_2, \quad u_{b1} = u_{b2}, \quad W_e = 0$$

$$\frac{p_1}{\rho} = \frac{p_2}{\rho} + \sum_f h_f$$

$$\sum_f h_f = \left(\lambda \frac{l + \sum l_e}{d} \right) \frac{u^2}{2}$$

解出： λ ；

$$(2) \quad g z_1 + \frac{u_{b1}^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + W_e = g z_3 + \frac{u_{b3}^2}{2} + \frac{p_3}{\rho} + \sum_f h_f$$

$$z_1 = 0, z_3 = 3, u_{b1} = ?, u_{b3} = 0, We = 0, p_3 = 0$$

$$p_1 / \rho = \sum h_f ;$$

$$gz_1 + u_{b1}^2 / 2 + p_1 / \rho + We = gz_2 + u_{b2}^2 / 2 + p_2 / \rho + \sum h_f$$

$$z_1 = z_2, u_{b1} = u_{b2}, We = 0$$

$$p_1 / \rho = p_2 / \rho + \sum h_f$$

$$\text{连解出: } u_{b1}; \sum h_f = (\lambda \frac{l + \sum le}{d} - \frac{1}{2}) \frac{u^2}{2}$$

2. 如图 1 所示：反应器和储槽均通大气，用虹吸管从高位槽向反应器加料。要求料液流速为 $u = 1 \text{ m/s}$ ，料液在管内阻力损失为 $\sum h_f = 20 \text{ J/kg}$ （不计出口损失）。求：高位槽液面比管出口高出多少？（ $h = 2.09 \text{ m}$ ）

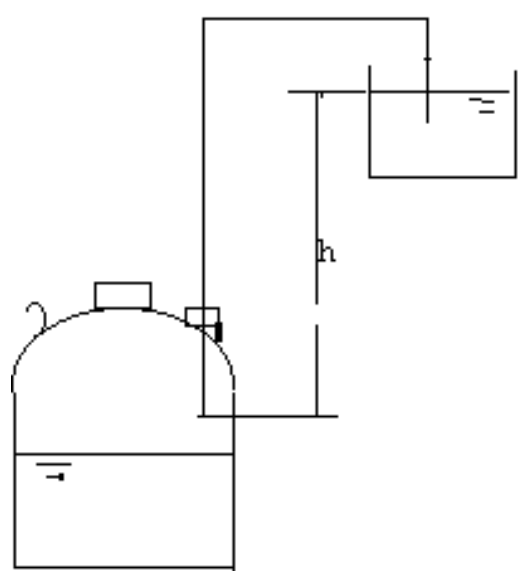


图 1

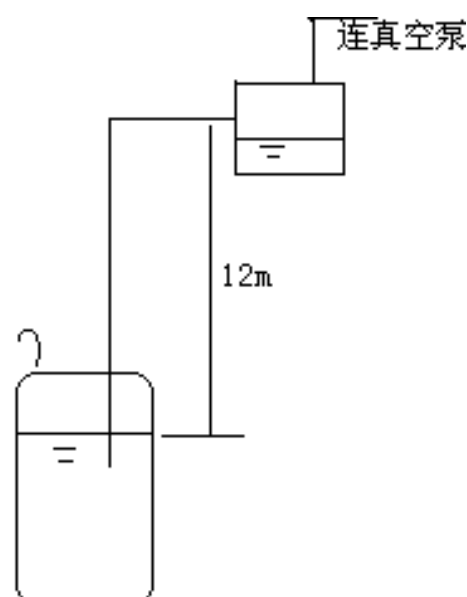


图 2

3. 如图 2，储槽液面恒定。将 30°C 的 CH_3OH (密度为 800 kg/m^3) 用 $\phi 57 \times 3.5 \text{ mm}$ 的无缝钢管吸入高位槽中。要求 $V_s = 0.004 \text{ m}^3/\text{s}$ ，且 $\sum h_f = 0$ 。求真空泵需将高位槽的压力降到多少？（ $p = 5300 \text{ N/m}^2$ ）
4. 用泵将密度为 1100 kg/m^3 、粘度为 $1.0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 的某水溶液从开口贮槽送至开口高位槽内，两槽内液面维持恒定，液面相差 18 m ，管路为 $\phi 70 \times 2.5 \text{ mm}$ ，长 35 m 。管路上全部局部阻力的当量长度为 60 m ，摩擦系数为 0.03 ，泵提供的外功为 300 J/kg 。求：流体的体积流量；泵效率为 75% 时，泵的轴功率。
5. 在图 1-1 所示管路中，管长 50 m ，管内径为 50 mm ，管路中有一个标准弯头 B，其局部阻力系数为 0.75 ，一个半开的闸阀 C，其局部阻力系数为 4.5 。已知 20°C 水的粘度为 $100.42 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ，水的密度为 998.2 kg/m^3 ，管内水的流量为 $3.5325 \text{ m}^3/\text{h}$ ，摩擦系数计算公式为 $\lambda = 0.3164 / \text{Re}^{0.25}$ ，求流体在管路中的阻力损失为多少 J/kg ？
6. 某钢质转子(密度为 7900 kg/m^3) 流量计，因流量过大，不适合现场要求。若以同样形状的铝合金转子(密度为 2700 kg/m^3) 代替钢转子，此时测得水的流量读数为 $8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ，试求水的实际流量。

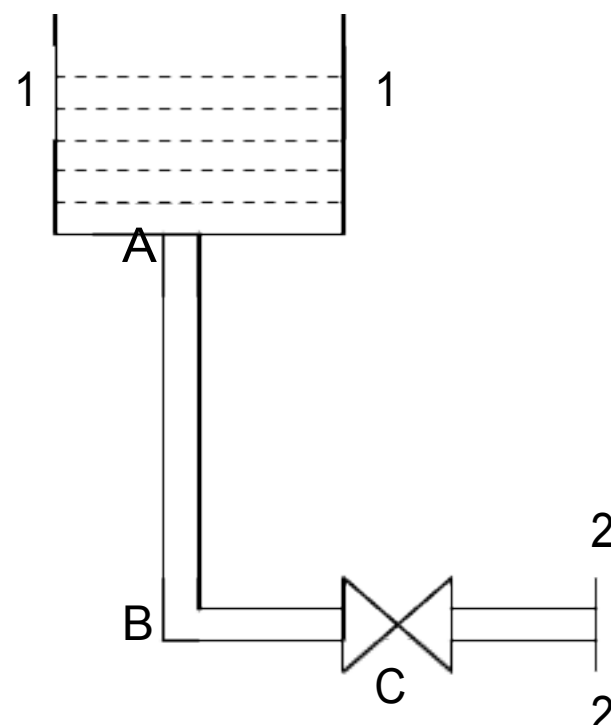
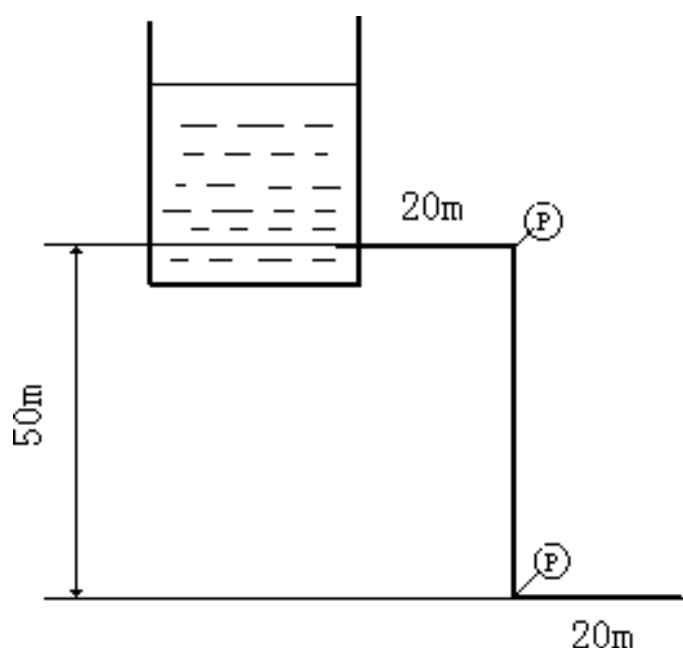
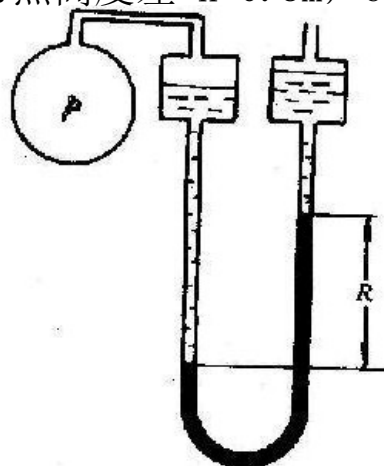


图 1-1
第 7 页 共 46 页

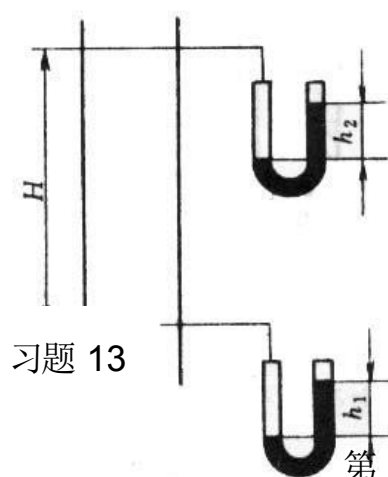
7. 如图，密度为 1000 kg/m^3 ，粘度为 $1 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 的水以 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 的流量从高位槽中流下，管道尺寸为 $\Phi 51 \times 3 \text{ mm}$ ，全长为 150 m （含局部阻力当量长度）高位槽出口与管道出口间的高度差为 50 m 。在管路中离高位槽 20 m 处有一压力表，其读数为 $14.7 \times 10^4 \text{ Pa}$ （表压），求离管道出口 20 m 处流体的静压强（表压）（已知管道的前后 20 m 均为水平管，当 $\text{Re} = 3 \times 10^3 \sim 1 \times 10^5$ 时， $\lambda = 0.3164 / \text{Re}^{0.25}$ ）



8. 用轴功率为 0.55 kW 的离心泵，将敞口储槽中的液体输送至表压为 90 kPa 的密闭高位槽中。已知液体的流量为 $4 \text{ m}^3/\text{h}$ ，密度为 1200 kg/m^3 、粘度为 $0.96 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ；输送管路的内径为 32 mm ，管路总长度为 50 m （包括管件、阀门等当量长度）；两槽液位维持恒定的高度差 15 m 。试计算该离心泵的效率。
9. 有一幢 102 层的高楼，每层高度为 4 m 。若在高楼范围内气温维持 20°C 不变。设大气静止，气体压强为变量。地平面处大气压强为 760 mmHg 。试计算楼顶的大气压强，以 mmHg 为单位。（ 723.82 mmHg ）
10. 若外界大气压为 1 atm ，试按理想气体定律计算 0.20 at （表压）、 20°C 干空气的密度。空气分子量按 29 计。（ 1.439 kg/m^3 ）
11. 采用微差U形压差计测压差。如图。已知U形管内直径 d 为 6 mm ，两扩大室半径均为 80 mm ，压差计中用水和矿物油作指示液，密度分别为 1000 及 860 kg/m^3 。当管路内气体压强 p 与外界大气压 p_0 相等时，两扩大室油面齐平，U形管两只管内油、水交界面亦齐平。现读得读数 $R=350 \text{ mm}$ ，试计算：（1）气体压强 p （表）。（2）若不计扩大室油面高度差，算得的气体压强 p 是多少？（3）若压差计内只有水而不倒入矿物油，如一般U形压差计，在该气体压强 p 值下读数 R_0 为多少？（ 104.76 KPa ； 101.806 KPa ； 49 mm ）
12. 一直立煤气管，如图。在底部U形压差计 $h_1=120 \text{ mm}$ ，在 $H=25 \text{ m}$ 高处的U形压差计 $h_2=124.8 \text{ mm}$ 。U形管指示液为水。管外空气密度为 1.28 kg/m^3 。设管内煤气及管外空气皆静止，求管内煤气的密度。（ 1.013 kg/m^3 ）
13. 如图示，水以 $70 \text{ m}^3/\text{h}$ 的流量流过倾斜的异径管通。已知小管内径 $d_A=100 \text{ mm}$ ，大管内径 $d_B=150 \text{ mm}$ ，B、A截面中心点高度差 $h=0.3 \text{ m}$ ，U形压差计的指示液为汞。若不计AB段的流体流动阻力，试问：U形压差



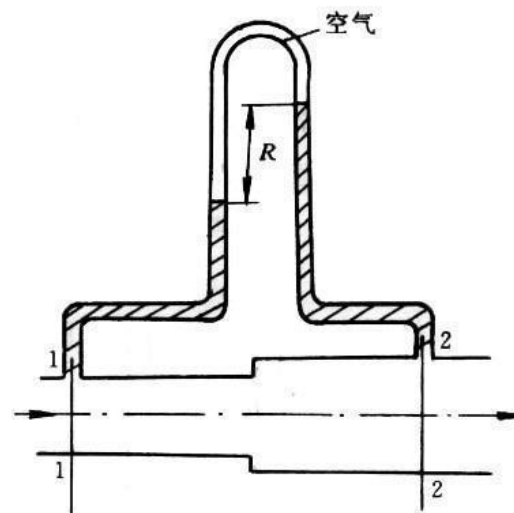
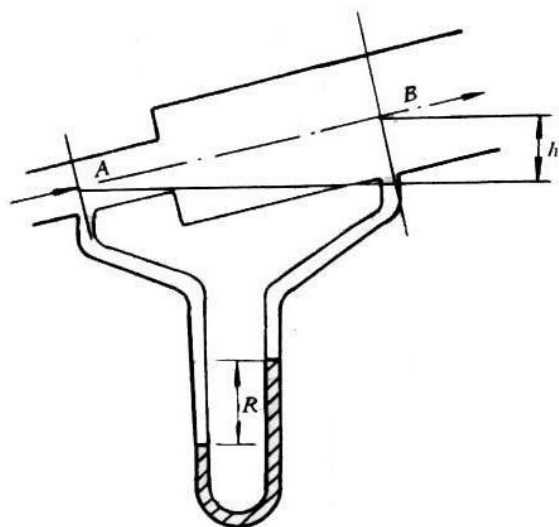
习题 12 附图



习题 13

习题 4 附图

计哪一支管内的指示液液面较高？R 为多少？(R=3.92mm)



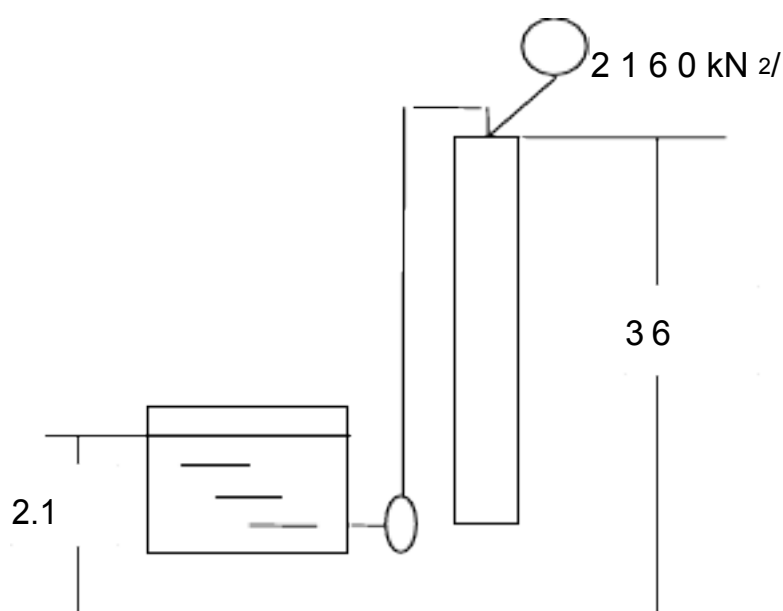
习题6 图

1. 水以 $6.4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ 的流量流经由小至大的管段内。如图。小管内径 $d_1 = 20 \text{ mm}$ ，大管内径 $d_2 = 46 \text{ mm}$ 。欲测 1、2 两截面处水的压差，为取得较大的读数 R，采用倒 U 形压差计。已知压差计内水面上空是 $\rho = 2.5 \text{ kg/m}^3$ 的空气，读数 $R = 100 \text{ mm}$ 。求水由 1 至 2 截面的流动阻力 Σh_f 。(2.98 J/Kg)
2. 以水平圆直管输送某油品。管内径为 d_1 ，管两段压差为 Δp_1 。因管道腐蚀，拟更换管道。对新装管道要求如下：管长不变，管段压降为原来压降的 0.75，而流量加倍。设前后情况流体皆为层流。问：新管道内径 d_2 与原来管内径 d_1 之比是多少？(1.28)
3. 某流体在圆形直管内作层流流动，若管长及流体不变，而管径减至原来的一半，试问因流动阻力而产生的能量损失为原来的多少？(16 倍)
4. 在某输水管路中输送 20°C 的水，试求：(1) 管长为 5m，管径为 $\Phi 45 \times 2.5 \text{ mm}$ ，输水量为 $0.061/\text{s}$ 时的能量损失；(2) 若其它条件不变，管径为 $\Phi 76 \times 3 \text{ mm}$ 时能量损失由为多少？($4.8 \times 10^{-3} \text{ J/kg}$ ； $5.13 \times 10^{-4} \text{ J/kg}$)
5. 用泵自储池向高位槽输送矿物油，流量为 35 T/h 。池及槽皆敞口。高位槽中液面比池中液面高 20m。管径为 $\Phi 108 \times 4 \text{ mm}$ ，油的粘度为 2840 cP ，密度为 952 kg/m^3 ，泵的效率为 50%，泵的轴功率为 85 kW 。求包括局部阻力当量管长的总管长。(336.7m)
6. 粘度 $8 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ，密度为 850 kg/m^3 的液体在内径为 14mm 的钢管内流动，溶液的流速为 1 m/s ，试计算 (1) 雷诺准数 Re ，并指明属于何种流型；(2) 该管为水平管，若上游某点的压力为 $1.47 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，问流体自该点开始流经多长的管子其压力下降为 $1.27 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。($Re = 1488$ ，属于层流 $L = 15 \text{ m}$)
7. 用离心泵将水由水槽送至水洗塔内。水槽敞口。塔内表压为 0.85 at 。水槽水面至塔内水出口处垂直高度差 22m。已知水流量为 $42.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ，泵对水作的有效功为 321.5 J/kg ，管路总长 110m (包括局部阻力当量管长)，管子内径 100mm。试计算摩擦系数 λ 值。(0.0785)
8. 有一除尘洗涤塔，塔底压力表读数为 $4.9 \times 10^4 \text{ Pa}$ ，塔顶水银压差计读数 $R = 300 \text{ mm}$ 。压力表与水银压差计间垂直距离为 8m，塔内操作温度为 303 K ，气体在标准状态下的密度为 0.76 kg/m^3 ，试求气体在塔内流动过程的流动损失。

($\Sigma h_f = 9.469 \times 10^3 \text{ J/kg}$)

9. 将一敞口贮槽中的溶液用泵输送到另一敞口高位槽中，两槽之间的垂直距离为 18m，输送管路的规格为 $\Phi 108 \times 4 \text{ mm}$ ，溶液在管内的平均流速为 1.3 m/s ，管路摩擦系数取 $\lambda = 0.02$ ，管路总长为 140m (包括全部局部阻力的当量长度)，试求：(1) 溶液在管内的流型。(2) 泵的轴功率 ($\eta = 60\%$) (计算时，取溶液密度为 1500 kg/m^3 ，粘度为 1.5 cP) ($Re = 1.3 \times 10^5$ 湍流；5.108kw)
10. 15. 在一内径为 320mm 的管道中，用毕托管测定平均分子量为 64 的某气体的流速。管内气体的压力为 101.33 kPa ，温度为 40°C ，粘度为 0.022 cp 。已知在管道同一截面上毕托管所连接的 U 形压差计最

- 大度数为 30mmH₂O。试问此时管道内气体的平均流速为多少？(13.1m/s)
14. 一台离心泵在转速为 1450r/min 时，送液能力为 22m³/h，扬程为 25mH₂O。现转速调至 1300r/min，试求此时的流量和压头。(19.7m³/h；20m)
 15. 以碱液吸收混合器中的 CO₂ 的流程如附图所示。已知：塔顶压强为 0.45at（表压），碱液槽液面与塔内碱液出口处垂直高度差为 10.5m，碱液流量为 10m³/h，输液管规格是 $\phi 57 \times 3.5\text{mm}$ ，管长共 45m（包括局部阻力的当量管长），碱液密度 $\rho = 1200\text{kg/m}^3$ ，粘度 $\mu = 2\text{cP}$ ，管壁粗糙度 $\varepsilon = 0.2\text{mm}$ 。试求：①输送每千克质量碱液所需轴功，J/kg。②输送碱液所需有效功率，W。(160.52J/kg 535.07w)
 16. 水在图示管中流动，截面 1 处流速为 0.6m/s,管内径为 200mm,测压管中水的高度为 1.2m，截面 2 处管内径为 100mm，设水由截面 1 流到截面 2 间的能量损失为 2.5 J/kg,水的密度 1000 kg/m³。求：两截面处产生的水柱高度差 h。
 17. 用离心泵将密度为 1000kg/m³，流量 30 m³/h 的水溶液由敞口贮槽送至表压强为 100kPa 的高位槽中。泵入口位于贮槽液面上方 1m，两槽液面恒定，两液面间垂直距离 20m。输送管路为 $\phi 76 \times 3\text{mm}$ 钢管，吸入管路长 6m，排出管路长 40m，贮槽液面与泵入口间、两液面间所有管件的当量长度分别为 20m 和 50m，管路摩擦系数为 0.03，当地大气压为 100kPa。计算（1）泵的轴功率（泵的效率 75%）；（2）泵入口处的真空度。
 18. 用离心泵将密度为 998kg/m³，流量 36 m³/h 的水由敞口贮槽送至表压强为 110kPa 的高位槽中。两槽内液面维持恒定，两液面垂直距离 20m。输送管路为 $\phi 76 \times 3\text{mm}$ 钢管，管路总长 150m（包括所有管件在内的当量长度），管路摩擦系数为 0.022，当地大气压为 98.1kPa，输送温度下水的饱和蒸汽压 $p_v = 2.3\text{kPa}$ ，泵的必需气蚀余量(NPSH)_r = 3m，泵吸入管路的压头损失为 2.5m 水柱。计算（1）泵的有效功率；（2）泵的安装高度。
 19. 用泵将密度为 850kg/m³，粘度为 0.12pa·s 的重油从常压贮油罐送至敞口高位槽中。贮油罐内液面与高位槽中液面间的距离为 20m。输送管路为 $\phi 108 \times 4\text{mm}$ 的钢管，总长为 1000m（包括直管长度及所有局部阻力的当量长度），摩擦系数取 0.029。若流动中的雷诺准数 Re 为 3000，试求：
 - (1) 油在管内的流速是多少 m/s？
 - (2) 输油量是多少 m³/h？
 - (3) 输送管路的能量损失是多少 J/kg？
 - (4) 所需泵的有效功率？
 - (5) 若泵的效率为 0.55，计算泵的轴功率。
 20. 用离心泵将一常压贮罐中的液体以 19000kg/h 的流量送入反应器。输送管路的规格为 $\phi 45 \times 2.5\text{mm}$ ，反应器上压强表的显示值为 210kPa，贮罐内的液面到输送管出口的垂直距离为 9m。管路上装有 3 个当量长度 1.5m 的阀门，和一个阻力系数为 $\zeta = 2.1$ 的流量计，管路总长度为 36m（包括所有进出口阻力）。已知输送液体的密度为 1200kg/m³，粘度为 0.12Pas，管路液体呈层流流动，当地大气压强为 100 kPa。试求：
 - (1) 管路中流体的流速 $u = ?$ （3 分）
 - (2) 管路中流体的雷诺准数 $Re = ?$ （2 分）
 - (3) 管路的摩擦系数 $\lambda = ?$ （2 分）
 - (4) 管路的总阻力损失 $\sum h_f = ?$ （8 分）
 - (5) 泵的总效率为 60% 时，所需轴功率 $N = ?$ （10 分）
 21. 从敞口容器 A 用泵 B 将密度为 890 kg/m³ 的液体送入塔 C。塔内的表压强如附图所示。液体输送量为 15 kg/s，流体流经管路的能量损失（包括进、出口及全部损失）为 122 J/kg，已知泵的效率为 80%，求泵的有效功率 N_e 及轴功率 N 。



22. 用泵将密度为 950kg/m^3 的液体从常压贮罐送至敞口高位槽中。贮罐内液面与高位槽中液面间的距离为 30m 。输送管路为 $\phi 58 \times 4\text{mm}$ 的钢管，总长为 1000m （包括直管长度及所有局部阻力的当量长度）。要求送液量为 12000kg/h ，管路摩擦系数 λ 取 0.026 。试求：
- (1) 输油量是多少 m^3/h ？
 - (2) 油在管内的流速是多少 m/s ？
 - (3) 输送管路的能量损失是多少 J/kg ？
 - (4) 所需泵的有效功率？
 - (5) 若泵的效率为 0.55 ，计算泵的轴功率。
23. 用离心泵将一常压贮槽中的液体送入反应器，输送管路的规格为 $\phi 45 \times 2.5\text{mm}$ （假设泵的吸入管路与排出管路等径）。在泵的入口处有一 U 管压强计，以汞为指示剂，读数为 130mm （汞的密度为 13600kg/m^3 ）。贮槽内液面到泵入口处的垂直距离为 0.5m ，输送管路在反应器处的出口到泵入口处的垂直距离为 10m ，忽略吸入管路以及泵进出口间的阻力损失。反应器上压强表的显示值为 210kPa ，管路上装有 3 个当量长度 1.5m 的阀门，和一个阻力系数为 $\zeta = 2.1$ 的流量计。管路长度为 36m （包括所有其他管件及进出口阻力的当量长度）。已知输送液体的密度为 1200kg/m^3 ，粘度为 $0.12\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，管路液体呈层流流动，当地大气压强为 100kPa 。试求：
- (1) 泵的输送能力？
 - (2) 总效率为 60% 时泵的轴功率？

第四章 传热

一、选择题

1. 对双层平壁的稳态导热过程，壁厚相同，各层的导热系数分别为 λ_1 和 λ_2 ，其对应的温差分别为 Δt_1 和 Δt_2 ，若 $\Delta t_1 > \Delta t_2$ ，则 λ_1 和 λ_2 的关系为（ ）。
 - A. $\lambda_1 < \lambda_2$ ；
 - B. $\lambda_1 = \lambda_2$ ；
 - C. $\lambda_1 > \lambda_2$ 。
 - D. 不确定。
2. 冷、热流体进、出口温度均不变时，并流推动力（ ）逆流推动力。
 - A. 大于
 - B. 小于
 - C. 等于
 - D. 不确定
3. 黑体的辐射能力与表面绝对温度的（ ）成正比。
 - A. 一次方
 - B. 二次方
 - C. 三次方
 - D. 四次方
4. 同一温度下，（ ）的辐射能力最大。
 - A. 黑体
 - B. 镜体
 - C. 灰体
 - D. 透热体
5. 傅立叶定律是描述（ ）的基本定律。

A. 热传导 B. 热对流 C. 热辐射 D. 对流传热

6. 多层平壁导热时，各层的温度差与各相应层的热阻所呈关系是（ ）

A. 没关系， B. 反比， C. 正比， D. 不确定

7. 在套管换热器中用冷却水冷却热流体，热流体质量流量和出入口温度 T_1 、 T_2 一定，冷却水入口温度 t_1 一定，如果增加冷却水用量，则 Q （ ）， K （ ）， t_2 （ ） A: 增大 B: 不变 C: 减小

8. 一套管换热器，环隙为 120°C 蒸汽冷凝，管内空气从 20°C 被加热到 50°C ，则管壁温度应接近于（ ）。

A: 35°C B: 120°C C: 77.5°C D: 50°C

9. 流体在圆形直管内作强制湍流时，其对流传热系数与雷诺数 Re 的 n 次方成正比，其中 n 的值为（ ）

A. 0.5 B. 0.8 C. 1 D. 2

10. 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。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

11. 冷热流体分别在列管换热器的管程和壳程中流动，若 α_i 远小于 α_o ，则列管的壁温接近于（ ）的温度。

A: 冷流体 B: 热流体 C: 无法确定

12. 自然对流的对流传热系数比强制对流的相比（ ）。

A. 大 B. 小 C. 相等 D. 不确定

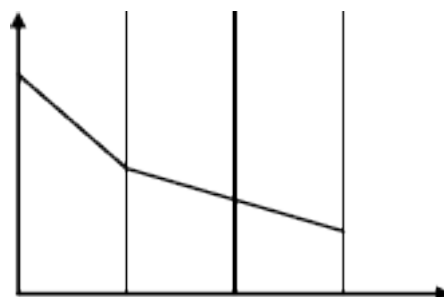
13. 在多层平壁的稳定热传导中，各层厚度及面积相同，即 $b_1=b_2=b_3$ ， $S_1=S_2=S_3$ 其温度变化如图所示，则三种材料的导热系数的大小为（ ）

A. $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$

B. $\lambda_1 > \lambda_2 = \lambda_3$

C. $\lambda_1 < \lambda_2 = \lambda_3$

D. $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$



14. 在列管换热器中，用常压水蒸汽加热空气，空气的进、出口温度分别为 20°C 和 80°C ，则管壁温度约为（ ）。

A. 20°C B. 80°C C. 50°C D. 100°C

15. 单层平壁定态热传导时，若壁厚增加，则温差（ ），若导热系数增加，则温差（ ），若热阻增加，则温差（ ）

A 变大 B 变小 C 不变 D 不确定

16. 下列各种情况下对流传热系数由大到小的正确顺序应该是（ ）。

①空气流速为 30m/s 时的 α

②水的流速为 1.5m/s 时的 α

③蒸气滴状冷凝时的 α

④水沸腾时的 α

A. ③>④>①>②

B. ④>③>②>①

C. ③>④>②>①

D. ③>②>④>①

17. 揭示了物体辐射能力与吸收率之间关系的定律是（ ）。

A. 斯蒂芬—波尔兹曼定律 B. 克希霍夫定律

C. 折射定律 D. 普朗克定律

18. 计算下列四种“数”时，其数值大小与单位制选择有关的是（ ）。

A、普兰德准数； B、传热单元数 NTU ； C、离心分离因数 K ； D、过滤常数 K

19. 有两台同样的管壳式换热器，拟作气体冷却器用。在气、液流量及进口温度一定时，为使气体温度降到最低应采用的流程为（ ）。

A、气体走管外，气体并联逆流操作；

- B、气体走管内，气体并联逆流操作；
C、气体走管内，气体串联逆流操作；
D、气体走管外，气体串联逆流操作。
20. 同一物体在同一温度下的反射率与吸收率的关系是（ ）。
- A. 反射率大于吸收率 B. 反射率小于吸收率
C. 反射率等于吸收率 D. 不确定
21. 若换热器两侧对流传热系数 $\alpha_i > \alpha_o$ 时，总传热系数 K 接近于（ ）。
- A. α_o B. α_i C. $\alpha_i + \alpha_o$
22. 多层平壁的定态热传导中，通过各层的传热速率、通过各层的热通量（ ）。
- A. 相同、相同 B. 相同、不同 C. 不同、不同
23. 某灰体的黑度为 0.6, 该灰体的吸收率为（ ）。
- A. 1 B. 0.6 C. 0.4
24. 牛顿冷却定律是描述（ ）的基本定律。
- A. 热传导 B. 对流传热 C. 热辐射
25. 以下换热器属于列管换热器的是（ ）。
- A. 螺旋板式换热器 B. 蛇管式换热器 C. U 型管式换热器
26. 传热实验时, 在套管换热器中用饱和水蒸气冷凝来加热空气（空气走内管, 蒸汽走环隙）, 为强化传热决定加装翅片, 翅片应装在（ ）侧更为有效。
- A、外管外 B、外管内 C、内管外 D、内管内
27. 黑度为 0.8, 表面温度为 27°C 的物体其辐射能力是（ ） W/m^2 。
- A、367.4 B、459.3 C、64.8 D、3306.7
28. 列管式换热器根据结构不同主要有（ ）。
- A、套管式换热器、固定管板式换热器、浮头式换热器
B、固定管板式换热器、浮头式换热器、U 型管式换热器
C、浮头式换热器、U 型管式换热器、热管换热器
D、热管换热器、套管式换热器、固定管板式换热器
29. 流体在圆形直管中作滞流流动, 若管长及流体的物性不变, 而管径增为原来的 2 倍, 则流速为原来的（ ）倍, 流动阻力为原来的（ ）倍。
- A、1/2 B、1/4 C、1/8 D、1/16
30. 传热过程中, 当两侧对流传热系数 $\alpha_i < \alpha_o$ 时, 要提高总传热系数 K , 关键是提高（ ）。
- A、提高 α_o B、提高 α_i C、减小 α_o D、减小 α_i
31. 黑度为 0.8, 表面温度为 127°C 的物体其吸收率是（ ）。
- A、127 B、27 C、0.8 D、0.2
32. 流体在圆形直管中作强制湍流传热, 若管长及流体的物性不变, 而管径变为原来的 1/2, 则对流传热系数为原来的（ ）倍。
- A、4 B、1/4 C、 $2^{0.8}$ D、 $2^{1.8}$

二、填空题

- 热量的传递是由于_____引起的。
- 由傅立叶定律知, 热传导速率与温度梯度成_____比。
- 气体的导热系数随温度升高而_____, 故常用于绝热, 保温。
- 热传导的传热距离愈远, 则导热热阻愈_____。
- 圆筒壁的热传导中, 通过各层的热传导速率_____, 热通量_____。(填相同、不同)
- 对流传热的热阻主要集中在_____。
- 对流传热系数反映了对流传热的快慢, 其值愈大, 对流传热愈_____。

8. 强化对流传热过程可采用的措施有_____、_____和_____。
9. 辐射传热中，在能量传递的同时伴随着能量的_____。
10. 同一温度下，灰体和黑体相比，_____的辐射能力大。
11. 物体的吸收率愈大，其辐射能力愈_____。
12. 同一温度下，物体的吸收率在数值上等于该物体的_____。
13. 热传导存在于_____中。
14. 对流传热是指_____的传热过程。
15. 沿等温面方向，温度梯度的大小为_____。
16. 冷、热流体进、出口温度均不变时，并流推动力比逆流推动力_____。
17. 提高传热系数的重点在于_____列管式换热器安装折流档板的目的是_____。
18. 提高换热器传热速率的途径有_____、_____、_____。
19. 黑体的辐射能力与其_____的四次方成正比。
20. 傅立叶定律是描述_____的基本定律。
21. 自然对流的对流传热系数比强制对流的_____。
22. 金属固体、非金属固体、液体和气体四种物质，_____的导热系数最大，_____的导热系数最小。
23. 定态多层平壁热传导中，各层平壁的温度差与其导热热阻成_____比。
24. 传热的基本方式有_____、_____、_____。
25. 蒸汽冷凝的方式有_____和_____，工业上采用_____。
26. 能全部吸收辐射能的物体称为____，能全部反射辐射能的物体称为____。黑体与灰体相比，发射能力最大的是_____，吸收能力最大的是_____。
27. 某灰体的吸收率为 0.8，其黑度为_____；某灰体的反射率为 0.3，其黑度为_____。
28. 写出三种常用的间壁式换热器的名称____、____、____。根据热补偿不同，列管换热器可分为_____、_____、_____等。
29. 大容积（器）饱和沸腾曲线 $a \sim \Delta t$ 可分为____、____、____几个阶段，工业生产上，一般控制在____阶段。
30. 在钢、水、软木之间，导热效果最佳的是_____，保温效果最佳的是_____。
31. 根据斯蒂芬—波尔兹曼定律，黑体的绝对温度增加一倍，其辐射能增加____倍。
32. 斯蒂芬—波尔兹曼定律的表达式为_____。
33. 对流传热中，当在_____情况下，进行的是恒温传热，在_____情况下，进行的是变温传热。
34. 影响对流传热系数的物性常数有_____。
35. 应用准数关联式计算对流传热系数时应注意_____、_____和_____。
36. 冷凝传热中，膜状冷凝的传热效果要比滴状冷凝的_____。（填好、差）
37. 能被物体吸收而转变为热能的电磁波的波长在_____之间，统称热射线。
38. 在间壁式换热器中，总传热过程由下列步骤所组成：首先是热流体和管外壁间的_____传热，将热量传给管外壁面；然后，热量由管的外壁面以_____方式传给管的内壁面；最后，热量由管的内壁面和冷流体间进行_____传热。
39. 对于套管式换热器，要提高传热系数，应提高传热系数较（大，小）一侧的 h ；而换热器内管管壁的温度则接近于传热系数较（大，小）一侧的流体。
40. 流体湍动程度越强，对流传热系数就_____。
41. 对流体无相变化的强制对流传热过程（不考虑自然对流影响时）， Nu 准数与_____有关。
42. 流体在圆形直管内呈强制湍流时，当物性及操作条件一定时，对流传热系数与_____成正比，与_____成反比。
43. 对多层平壁稳定热传导过程，若某层热阻大，则_____也大。
44. 多数固体材料可视为灰体，特点是（1）_____，（2）_____。
45. 对多层圆筒壁稳定热传导过程，若某层_____大，则温度差也大。
46. 通过因次分析，影响强制对流传热过程的准数有 3 个，其中反映对流传热强弱程度的准数是_____，

而反映流体流动湍动程度的准数是_____。

47. 流体在弯管内作强制对流传热时, 同样条件下, 对流传热系数较直管内的要_____。
48. 流体在圆形直管内作强制湍流时, 强制对流传热系数的准数关联式中规定 $Re > \underline{\hspace{1cm}} \underline{\hspace{1cm}} \underline{\hspace{1cm}}$ 时为湍流。
49. 某灰体在 20°C 时, 其黑度为 $\epsilon = 0.8$, 则其辐射能力的大小为_____, 其吸收率为_____。
50. 间壁两侧流体的传热过程中, 总传热系数接近热阻 _____ 的一侧的对流传热系数, 壁温接近热阻 _____ 的一侧流体的温度。
51. 增加列管换热器 _____ 数的目的是为了提高换热器管程流体的对流传热系数。要提高换热器的换热速率, 应提高 _____ 大的一侧流体的 _____。
52. 辐射传热过程中, 物体的黑度越大, 其辐射能力_____。
53. 稳定热传导计算公式中 $\frac{b}{kS}$ 项称为_____, 其中 k 为_____, 单位是_____。
54. 辐射传热中, 设置隔热挡板是_____辐射散热的有效方法。挡板材料的黑度愈低, 辐射散热量_____。
55. 热传导中传热速率大小用 _____ 定律描述, 而对流传热中用 _____ 定律描述。对流传热只能发生在 _____ 中。
56. 对流传热计算公式中 $\frac{1}{hS}$ 项称为_____, 其中的 h 为_____, 单位是_____。

三、判断题

1. 流体在弯管内作强制对流传热时, 同样条件下, 对流传热系数较直管内的要小。 ()
2. 许多设备的外壁温度常高于环境温度, 此时热量将以对流和辐射两种方式自壁面向环境传递而引起热量散失。 ()
3. 多层圆筒壁的稳态热传导过程, 通过各层的传热速率、热通量都相同。 ()
4. 螺旋板式换热器属于板翅式换热器的一种型式。 ()
5. 任何物体的辐射能力与吸收率的比值为恒定值, 等于同温度下黑体的辐射能力。 ()
6. 多层平壁的稳态热传导过程, 通过各层的传热速率相同、而通过各层的热通量不同。 ()

四、计算题

1. 有一逆流操作的热交换器, 用 15°C 的水冷却过热氨蒸汽, 氨气温度为 95°C , 流率为 200kg/h , 氨气在热交换器中冷却。冷凝液在饱和温度 (30°C) 下派出。在冷却冷凝过程中, 热交换器各界面上氨气与水的温度差最小处不允许小于 5°C 。求冷却水用量及水最终出口温度? 已知 90°C , 0 氨气的焓分别为 $1647, 1467\text{KJ/kg}$, 30°C 液氨的焓为 323KJ/kg , 水平均比热为 $4183\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$ 。
2. 一套管换热器用 133°C 的饱和水蒸汽将管内的氯苯从 33°C 加热到 73°C , 氯苯流量为 5500Kg/h 。现因某种原因, 氯苯流量减少到 3300Kg/h , 但其进出口温度维持不变, 试问此时饱和蒸汽温度应为多少才能满足要求? 此时饱和水蒸汽冷凝量为原工况的百分之几? (设两种工况下的蒸汽冷凝热阻, 管壁热阻, 垢层热阻及热损失均可略, 且氯苯在管内作湍流流动, 忽略两工况下蒸汽汽化潜热的变化)
3. 某厂现有两台单壳程单管程的列管式空气加热器, 每台传热面积为 $A_0 = 20\text{m}^2$ (管外面积), 均由 128 根 $\Phi 25 \times 2.5\text{mm}$ 的钢管组成。壳程为 170°C 的饱和水蒸汽冷凝 (冷凝潜热为 $r = 2054\text{KJ/kg}$), 凝液不过冷。空气走管程, 其入口温度 $t_1 = 30^{\circ}\text{C}$, 流量为 4500kg/h 假定空气的物性参数不随温度、压力变化, 可视为常数, 分别为 $C_p = 1.005\text{KJ/Kg} \cdot \text{K}$, $\rho = 1.06\text{Kg/m}^3$, $\mu = 20.1 \times 10^{-3}\text{cp}$, $\lambda = 0.029\text{W/m} \cdot \text{K}$ 。热损失可略, 管内湍流时空气的对流给热系数可用下式计算: $Nu = 0.02Re^{0.8}$;
4. 若两台换热器并联使用, 通过两台换热器的空气流量均等, 试求空气的出口温度 t ($^{\circ}\text{C}$) 及水蒸汽的总

冷凝量 m_1 (kg/h); 若两台改为串联使用, 试求此时空气的出口温度 t_2 (°C) 及水蒸汽的总冷凝量 m_1 (kg/h); 试比较并联及串联时传热效率的大小, 并求两情况下总传热能力的比值 $Q_{串}/Q_{并}$ 。

5. 有一带夹套的反应釜, 釜内盛有某反应液。反应液的初始温度为 20°C。釜内液体由于剧烈地搅拌可认为温度均一。反应液需加热到 80°C 进行反应。若夹套内通以 120°C 的蒸汽加热, 已知前 10 分钟反应液的温升为 60°C, 则反应液由初始温度加热至反应温度需要多少时间? 若夹套内通以进口温度为 120°C 的热流体加热, 前 10 分钟反应釜的温升同样为 60°C, 则反应液由初始温度加热到反应温度需多少时间? (热流体无相变) (非稳态传热)

6. 某单程列管式换热器, 其换热管为 $\Phi 25 \times 2$ mm 的不锈钢管, 管长为 3m, 管数为 32 根。在该换热器中, 用 25°C 的水将壳程的 110°C 的某有机蒸汽冷凝成同温度的液体, 该有机蒸汽的冷凝传热系数为 8.2×10^3 W/(m² · °C)。水的流量为 15000 kg/h, 平均比热容为 4.18 kJ/(kg · °C); 管壁与水的对流传热系数为 1000 W/(m² · °C); 不锈钢的导热系数为 17 W/(m · °C)。试求: 总传热系数 K_o ; 水的出口温度。

7. 有一加热器, 为了减少热损失, 在加热器壁的绝热材料。的外面包一层导热系数为 0.16 W/m°C, 厚度为 300mm 的绝热材料。已测得绝热层外缘温度为此 30°C, 距加热器外壁 250 处为 75°C, 试求加热器外壁面温度为若干? (300°C)

8. 工厂用 $\Phi 170 \times 5$ mm 的无缝钢管输水蒸气。为了减少沿途的损失, 在管外包两层绝热材料: 第一层为厚 30mm 的矿渣棉, 其导热系数为 0.065 W/m°C; 第二层为厚 30mm 的石棉灰, 其导热系数为 0.21 W/m°C。管内壁温度为 300°C; 保温层外面温度为 40°C。管道长 50m。试求该管道的散热量。(1.42 × 10⁴ W)

9. 为 100mm 的蒸汽管, 外包两层厚度皆为 15mm 的保温材料, 外面一层的导热系数为 0.15 W/m°C, 里面一层的导热系数为 0.5 W/m°C, 已知蒸汽管外表面温度为 150°C, 保温层外表面温度为 50°C。求每米管长的热损失为多少? 两保温层交界处的温度为多少? (329 W/m², 122.5°C)

10. 一套管式换热器, 外管尺寸为 $\Phi 38 \times 2.5$ mm, 内管为 25×2.5 mm 的钢管, 冷水在管内以 0.3m/s 的流速流动。水进口温度 20°C, 出口 40°C, 试求管壁对水的对流传热系数。(1640 W/m°C)

11. 石油厂常用渣油废热以加热原油。若渣油初温为 300°C, 终温为 200°C; 原油初温为 25°C, 终温为 175°C。试分别求两流体作并流流动及逆流流动时的平均温度差, 并讨论计算结果。(104°C, 150°C)

12. 200Kg/h 的硝基苯由 355K 冷却至 300K, 冷却水初温为 15°C, 终温为 30°C, 求冷却水用量。又如将冷却的流量增加到 3.5m³/s, 求冷却水的终温。(26°C)

13. 热器中采用 120.85kPa(绝压)的饱和水蒸气加热苯, 苯的流量为 4500kg/h, 从 20 加热到 60。若设备的热损失估计为所需加热量的 7%, 试求热负荷及蒸汽用量(设蒸汽凝液在饱和温度时排除)。(131.24kg/h)

14. 某管壳式换热器中, 用水逆流冷却某石油馏分, 换热器的总传热系数为 233.6。该馏分的流量为 1500kg/h, 平均比热为 3.35kJ/kg · °C, 要求将它从 90°C 冷却到 40°C。冷却水的初温为 15°C, 出口温度为 55°C。试求: 所需传热面积和冷却水用量。(10m², 1500kg/h)

15. 在管长为 1m 的冷却器中, 用水冷却热油。已知两流体并流流动, 油由 420K 冷却到 370K, 冷却水由 285K 加热到 310K。欲用加长冷却器管子的办法, 使油出口温度降至 350K。若在两种情况下, 油、水的流率、物性常数、进口温度均不变; 冷却器除管长外, 其它尺寸也不变; 忽略热损失。试求管长。(1.66m)

16. 10. 现测定套管式换热器的总传热系数, 数据如下: 甲苯在内管中流动, 质量流量为 5000 Kg/h, 进口温度为 80°C, 出口温度为 50°C; 水在环隙中流动, 进口温度为 15°C, 出口为 30°C。逆流流动。冷却面积为 2.5m²。问所测得的总传热系数为若干? (745 W/m² °C)

17. 在一套管式换热器中, 内管为 $\Phi 180 \times 10$ mm 的钢管, 内管中热水被冷却热水流量为 300 Kg/h, 进口温度为, 出口为 60°C。环隙中冷却水进口温度为 50°C, 总传热系数 2000 W/m² · °C。

试求: (1) 冷却水用

(2) 并流流动时的平均温度差及所需的管子长度;

(3) 逆流流动时的平均温度差及所需的管子长度。

(3011.5Kg/h; 2.32m; 3.0m)

18. 在一传热外表面积为 300m² 的单程列管式换热器中, 300°C 的某种气体流过壳方并被加热到 430°C, 另一种 560°C 的气体作为加热介质, 两气体逆流流动, 流量均为 1 × 10⁴ Kg/h, 平均比热均为 1.05 kJ/kg · °C,

求总传热系数。假设换热器的热损失为壳方气体传热量的 10%。(11.3W/m²℃)

19. 某列管换热器由φ 25×2.5mm 的钢管组成。热空气流经管程，冷却水在管间与空气呈逆流流动。已知管内空气侧的对流传热系数为 50 W/m²·℃，管外水侧的对流传热系数为 1000 W/m²·℃，钢的导热系数为 45 W/m·℃。试求基于管外表面积的总传热系数 K。若管壁热阻和污垢热阻忽略不计，为提高总传热系数，在其它条件不变的情况下，分别提高不同流体的对流传热系数，即：(1)将管内空气侧的对流传热系数提高一倍；(2)将 管外水侧的对流传热系数提高一倍。分别计算 K 值。(37.2W/m²·℃, 74W/m²·℃, 39W/m²·℃)

20. 在一单壳程、四管程换热器中，用水冷却热油。冷水在管内流动，进口温度为 15℃，出口温度为 32℃。热油在壳方流动，进口温度为 120℃，出口温度为 40℃。热油的流量为 1.25kg/s，平均比热为 1.9KJ/kg.。若换热器的总传热系数为 470 W/m²·℃，试求换热器的传热面积。(9.1 m²)

21. 质量流量为 7000kg/h 的常压空气，要求将其温度由 20℃加热到 85℃，选用 108℃的饱和蒸汽作加热介质。若水蒸气的冷凝传热系数为 1.0×10⁴W/m²·K。定性温度下空气的物性参数： $C_p=1.0\text{kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$ ， $\mu=1.98\times10^{-2}\text{cP}$ ， $\lambda=2.85\times10^{-2}\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$ ，普兰特准数为 0.7。(1)总传热系数。(2)核算此换热器能否完成此换热任务（已知该换热器为单管程、单壳程、管数为 200 根，管子规格为φ 25×2.5mm，管长为 2m，管壁及污垢热阻可忽略）(89.04，能)

22. 有一套管式换热器，内管为φ 54×2mm，外管为φ 116×4mm 的列管，内管中苯被加热，其流速为 0.643m/s，苯的进口温度为 50℃，出口温度为 80℃，外管中为 120℃的饱和水蒸气冷凝，冷凝对流传热系数为 1.0×10⁴W/m².K，管壁热阻及污垢热阻均可忽略不计，试求：套管的有效长度。(K 值的计算以内管的外壁为基准；苯在定性温度下的物性： $C_p=1.86\text{kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$ $\rho=880\text{kg/m}^3$ $\lambda=0.134\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$ $\mu=0.39\text{cP}$) (14.3m)

23. 在传热面积为 20 m² 的列管式换热器中用温度为 20℃，流量为 13500 kg/h 冷水将某油品从 110℃冷却至 40℃，冷却水出口温度为 50℃。运转一年后，两流体的流量和进口温度均不变，而测得冷却水出口温度降至 40℃，经分析是由于污垢积累所致，试计算污垢热阻的增加量。可忽略热损失，水的平均比热 4.2KJ/Kg.℃。(0.002m²℃/W)

24. 套管换热器的内管为φ 38×2mm 的铜管。今以绝对压强为 294Kpa 的饱和蒸汽将内管内的 5000 kg/h 氯苯由 33℃加热到 75℃。现某种原因，氯苯流率减小到 1350 kg/h，而进、出口温度不变。如仍在原换热器内进行换热，你将采取什么措施？并计算建议改变的项目。两种流率下氯苯在管内流动均为湍流，但氯苯的物性常数可视为不变。已知冷凝传热膜系数比氯苯传热膜系数数值大得多。氯苯侧污垢热阻可忽略不计。（蒸汽压强降为 176.5 Kpa)

25. 一卧式列管换热器，钢质换热管长 3m，直径为φ 25×2mm。水以 0.7m/s 的流速在管内流过，并从 17℃被加热到 37℃，流率为 1.25kg/s、温度为 72℃烃的饱和蒸汽在管外冷凝成同温度的液体。烃蒸汽的冷凝潜热为 315KJ/kg。已测得：蒸汽冷凝系数为 800W/ m²℃，管内侧热阻为外侧的 40%，污垢热阻又为管内侧热阻的 70%，试核算换热管的总根数及换热器的管程数。计算时可忽略管壁热阻及热损失。(80，4)

26. 在一油冷却器里，水一单管为 100g/s 的流量流过得钢管，油以单管为 75g/s 的流量在管外逆向流动。若管长为 2m，油和水的进口温度分别为 370K 和 280K，问油的出口温度为多少？已知油侧的对流传热系数为 1700 W/ m²℃、水侧的对流传热系数为 2500 W/ m²℃，油的比热为 1.9 KJ/Kg.℃(325K)

27. 某列管冷凝器，管内通冷却水，管外为有机蒸气冷凝。在新使用时，冷却水的进出口温度分别为20℃和30℃。使用一段时期后，在冷却水进口温度与流量相同的条件下，冷水出口温度降为26℃。求此时的垢层热阻。已知换热器的传热面积为16.5m²，有机蒸气的冷凝温度为80℃，冷却水流量为3.0Kg/s，水的比热为4.2KJ/Kg.K。(12分)

28. 一单壳程单管程列管式换热器，苯在换热器管内流动，流量为1.5kg/S，由80℃冷却到30℃。冷却水在管间和苯作逆流流动，水进口温度20℃，出口温度50℃，已知苯的平均比热为1.9×10³J/(kg.℃)，基于外表面积的总传热系数K为490W/(M².℃)，换热器的热损失忽略不计，试求：传热速率Q为多少kW?(4分)；对流平均温度差为多少℃？（4分）；该列管换热器的传热面积为多少M²？（4分）

29. 有一台新的套管换热器，用水冷却油，水走内管，油与水逆流，内管为Φ19×3mm 的钢管，外管为 Φ40×3mm 的钢管。水与油的流速分别为 1.5m/s 及 1.1m/s，水的进出口温度为 20℃和 40℃，油的进口

温度为 100℃，热损失不计，试计算所需要的管长。

水，油和钢在定性温度下的物性常数：

	密度 (kg/m ³)	比热[J/(kg ·℃)]	导热系数[W/(m ·℃)]	粘度[W/(m ·K)]
水	998.2	4138	0.59	0.001
油	860	1900	0.15	0.0011
钢	-----	-----	45.4	-----

30. 在一新的套管换热器中，冷却水在φ 25×2.5mm 的内管中流动以冷凝环隙间的某蒸汽。当冷却水的流速为 0.4m/s 和 0.8m/s 时，测得基于内管外表面的总传热系数分别为1200 瓦每平方米开尔文和 1700 瓦每平方米开尔文。水在管内为湍流，管壁的导热系数为 45w/m · K。水流速改变后可认为环隙间冷凝的传热膜系数不变，试求：当水的流速为 0.4m/s 时，管壁对水的对流传热系数为多少？管外蒸汽冷凝的对流传热系数为多少？若操作一段时间后，水流速仍维持 0.4m/s，但测得的总传热系数比操作初期下降 10%，试分析可能的原因，并论述此时蒸汽的冷凝量是否也下降 10%。（13 分）

31. 有一套管式换热器，管程走冷空气，温度由 15℃加热到 105℃，空气的流速为 13.2m/s，空气在定性温度下的物性为：密度为 1.06kg/m³，比热 1.005kJ/(kg ·K)，粘度 2.01×10⁻⁵Pa · s，导热系数 0.02893W/(m ·K)，普兰特准数 0.696，温度为 115℃的水蒸汽在环隙冷凝，其对流传热系数 1.0×10⁴W/(m² ·℃)。套管换热器的内管尺寸为 25×2.5mm，不计污垢热阻，求套管换热器的内管管长。

32. 在一套管式换热器中，用水冷却热油。换热器管长为 1.5m，两流体作逆流流到，油由 150℃冷却到 95℃，冷却水由 15℃加热到 35℃。若用加长冷却器管子方法，使油出口温度降至 65℃。假设在这两种情况下，油和水的流量、物性常数、进出口温度均不变，冷却器除管长外，其它尺寸也不变，忽略热损失，试求管 长。

33. 在列管式换热器中，用 15℃的冷却水将某溶液从 90℃冷却到 40℃，该溶液流量为 5400kg/h，比热为 3.4kJ/(kg ·K)，对流传热系数为 600W/(m² ·K)。冷却水走管程与管外溶液逆流换热，流量为 10080kg/h，比热 4.16 kJ/(kg ·K)，对流传热系数为 1100W/(m² ·K)。换热器管束由φ 25×2.5mm 钢管组成，钢管导热系数为 45W/(m ·K)，管内、外两侧污垢热阻可略去不计，计算需换热器的传热面积(以 So 表示)，换热器的热损失可不计。若该换热器运行一段时间后，只能将溶液冷却到 45℃，问此时应采取什么措施才能保证换热要求？

34. 在列管式换热器中，用饱和水蒸气加热原油。温度为 160℃的饱和水蒸气在壳层冷凝排出饱和液体。原油在管程流动，由 20℃被加热到 106℃。饱和水蒸气的流量为 2160kg/h，汽化潜热为 2087kJ/kg，对流传热系数为 1200W/(m² ·K)。原油比热 1.6 kJ/(kg ·K)，对流传热系数为 400W/(m² ·K)。换热器管束由φ 25×2.5mm 钢管组成，钢管导热系数为 45W/(m ·K)，管内、外两侧污垢热阻及其热损失可略去不计。计算（1）原油的流量；（2）需换热器的传热面积(以 So 表示)。

35. 在一逆流换热器中，将 1.26 kg/s 的苯用冷却水从 110℃冷却 到 40℃，苯的比热为 1.7 kJ/(kg ·℃)。冷却水走管内,入口温度为 18℃，出口温度 36℃，水的比热为 4.16 kJ/(kg ·℃)，换热器由φ 25×2.5mm 的钢管组成。水和苯的对流传热系数分别为 1800 W/(m² ·℃)和 600 W/(m² ·℃),忽略管壁及两侧污垢热阻，不计换热器热损失。求：1.冷却水用量。2.换热器所需换热管总长。

36. 在一系列管换热器中将 15000kg/h 的油品从 20℃加热到 90℃。油品走管内，管外加热介质为 130℃的水蒸汽。换热器由 100 根 φ 15×1.5mm、长 2m 的钢管构成。已知α_i=360W/m² ·℃，α_o=12000W/m² ·℃，油品的比热为 1.9kJ/kg ·℃，操作条件下水的汽化潜热为 2205kJ/kg，管壁的导热系数为 45W/m ·℃。若加热蒸汽全部冷凝后在饱和温度下排出，忽略热损失和管壁污垢热阻。试求：

- (1) 换热器的热负荷 Q=？
- (2) 加热蒸汽消耗量 W_h=？
- (3) 总传热系数 K=？
- (4) 该换热器能否满足生产任务？

37. 某内管为φ 180×10mm 的套管换热器中，将流量为 3100kg/h 的某液态烃从 100℃冷却到 60℃，其平均比热为 2.38kJ/kg.K，冷却水进出口温度分别为 40℃和 50℃，其平均比热为 4.174 kJ/kg.K，并、逆流时的总传热系数 K

均为
2000W/m².K,
试求:

(1) 冷却水用量；

(2) 计算两流体分别作并流流动、逆流流动时的平均温度差和管长，并根据计算结果加以讨论。

38. 某内管为 $\phi 150 \times 10\text{mm}$ 的套管换热器中，将流量为 3100kg/h 的某液态烃从 120°C 冷却到 60°C ，其平均比热为 $2.38\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ ，冷却水进出口温度分别为 30°C 和 50°C ，其平均比热为 $4.174\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ ，并、逆流时的总传热系数 K_0 均为 $2000\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ，试求：

(1) 冷却水用量；

(2) 两流体作并流流动时的平均温度差和管长；

3 两流体作逆流流动时的平均温度差和管长。

39. 用初温为 10°C 的水在 $\phi 25 \times 2.5\text{mm}$ 的管子组成的单程列管式换热器内将机油由 200°C 冷却至 100°C ，水走管内，油走管间。已知水和机油的质量流量分别为 1000kg/h 和 1200kg/h ，其比热分别为 $4.18\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ 和 $2.0\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ 。水侧和油侧的对流传热系数分别为 $2000\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 和 $250\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ，两流体呈逆流流动，忽略管壁和污垢热阻。试计算：

(1) 换热器的热负荷；

(2) 冷却水的出口温度；

(3) 总传热系数；

(4) 所需传热面积；

(5) 若换热器由15根长3 m的上述换热管组成，说明该换热器是否合用？

40. 单程列管式换热器由15根 $\phi 25 \times 2.5\text{mm}$ 、长3 m钢管组成，管内为初温 10°C 、终温 20°C 的冷却水，比热为 $4.18\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ ；管间为机油，由 200°C 冷却至 100°C 。机油的质量流量为 1200kg/h ，比热为 $2.0\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ 。两流体呈逆流流动，试计算：

(1) 换热器的热负荷；

(2) 所需冷却水的质量流量；

(3) 平均温度差；

(4) 总传热系数。

41. 在列管换热器中逆流将 15000kg/h 的某低粘度油品从 20°C 加热到 80°C 。油品走管内，管外加热介质为 130°C 的水蒸汽冷凝为饱和水。换热器由100根直径为 25mm 、长 6m 的薄壁钢管构成。已知 $\alpha_i = 360\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ， $\alpha_o = 12000\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ，油品的比热为 $1.9\text{kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$ 。操作条件下水的汽化潜热为 2205kJ/kg 。若换热过程的热损失为冷热流体换热量的15%，忽略管壁及污垢热阻。试求：

(1) 加热蒸汽消耗量？

(2) 该换热器能否满足生产任务？

(3) 若其他已知条件不变，将油品的流量提高到 17000kg/h ，求此时的总传热系数。

五、简答题

1. 三种基本传热方式中，辐射传热与其他两种传热在传热方式上最主要的区别是什么？

第五章 蒸发

一、选择题

1. 以下蒸发器属于自然循环型蒸发器的是（ ）蒸发器。

A. 强制循环型 B. 升膜 C. 浸没燃烧 D. 外热式

2. 与加压、常压蒸发器相比，采用真空蒸发可使蒸发器的传热面积（ ），温度差（ ），总传热系数（ ）。

A. 增大 B. 减小 C. 不变 D. 不确定

3. 蒸发操作能持续进行的必要条件是()。
- A. 热能的不断供应, 冷凝水的及时排除。 B. 热能的不断供应, 生成蒸气的不断排除。
C. 把二次蒸气通入下一效作为热源蒸气。 D. 采用多效操作, 通常使用2-3效。
4. 蒸发操作通常采用()加热。
- A. 电加热法 B. 烟道气加热
C. 直接水蒸气加热 D. 间接饱和水蒸气加热
5. 以下哪一条不是减压蒸发的优点()。
- A. 可以利用低压蒸气或废汽作为加热剂 B. 可用以浓缩不耐高温的溶液
C. 可减少蒸发器的热损失 D. 可以自动地使溶液流到下一效, 不需泵输送
6. 多效蒸发流程通常有三种方式, 以下哪一种是错误的()。
- A. 顺流 B. 逆流 C. 错流 D. 平流
7. 中央循环管式蒸发器中液体的流动称为()。
- A. 自然循环 B. 强制循环 C. 自然沸腾 D. 强制沸腾
8. 蒸发操作中, 二次蒸气的冷凝通常采用()。
- A. 间壁式冷凝 B. 混合式冷凝 C. 蓄热式冷凝 D. 自然冷凝
9. 单效蒸发器计算中 D/W 称为单位蒸汽消耗量, 如原料液的沸点为393K, 下列哪种情况 D/W 最大?
()。
- A. 原料液在293K时加入蒸发器 B. 原料液在390K时加入蒸发器
C. 原料液在393K时加入蒸发器 D. 原料液在395K时加入蒸发器
10. 蒸发过程温度差损失之一是由于溶质存在, 使溶液()所致。
- A. 沸点升高 B. 沸点降低 C. 蒸汽压升高
11. 属于单程型的蒸发器是()。
- A、中央循环管式蒸发器 B、外热式蒸发器
C、降膜蒸发器 D、悬筐式蒸发器

二、填空题

- 蒸发操作所用的设备称为_____。
- 蒸发操作中, 加热溶液用的蒸汽称为_____, 蒸发出的蒸汽称为_____。
- 按二次蒸汽是否被利用, 蒸发分为_____和_____; 按操作压强大小, 蒸发分为_____, _____和_____; 按蒸发方式不同, 蒸发分为_____和_____。
- 蒸发过程中, 溶剂的气化速率由 _____速率控制。
- 蒸发溶液时的温度差损失在数值上恰等于 _____的值。
- 蒸发操作时, 引起温度差损失的原因有_____, _____和_____。
- 杜林规则说明溶液的沸点与同压强下标准溶液的沸点间呈_____关系。
- 20%NaOH 水溶液在 101.33kPa 时因溶液蒸汽压下降而引起的温度差损失为_____。
- 单效蒸发的计算利用_____, _____和_____三种关系。
- 当稀释热可以忽略时, 溶液的焓可以由_____计算。
- 单位蒸汽消耗量是指_____, 它是衡量_____的指标。
- 单位蒸汽消耗量愈_____, 蒸发装置的经济效益愈好。
- 蒸发器的传热速率愈大, 则生产能力愈_____。
- 多效蒸发中, 效数愈多, 则单位蒸汽消耗量愈_____。
- 多效蒸发的操作流程有_____, _____和_____。
- 多效并流蒸发流程适于处理_____的溶液。
- 多效逆流蒸发流程适于处理_____的溶液。

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/257163110012006136>