

一、单项选择题

1. $W < 0$ 表明 (A)
 - A. 系统消耗了功
 - B. 系统对外界作功
 - C. 系统未消耗功
 - D. 系统未对外界作功
2. $Q > 0$ 表示 (C)
 - A. 系统放热
 - B. 系统未放热
 - C. 系统吸热
 - D. 系统未吸热
3. 不可逆循环指 (C)
 - A. 工质 (系统) 不能恢复到原态
 - B. 工质 (系统) 能恢复到原态
 - C. 外界不能恢复到原态
 - D. 外界能恢复到原态
4. 以下属于逆向循环的是 (A)
 - A. 制冷循环
 - B. 动力循环
 - C. 内燃机工作循环
 - D. 燃气轮机工作循环
5. 某逆向卡诺循环, 已知热源温度和冷源温度分别为 600K 和 300K, 则其制冷系数为 (D)
 - A. 4
 - B. 3
 - C. 2
 - D. 1
6. 某正向卡诺循环, 已知热源温度和冷源温度分别为 600K 和 300K, 则其热效率为 (B)
 - A. 60%
 - B. 50%
 - C. 40%
 - D. 30%
7. 以下说法正确的是 (A)
 - A. 任何动力循环的热效率均低于 100%
 - B. 动力循环的热效率有可能高于 100%
 - C. 动力循环的热效率可能等于 100%
 - D. 任何动力循环的热效率小于等于 100%
8. 以下说法正确的是 (A)
 - A. 一定理想气体的焓仅仅与温度有关
 - B. 一定理想气体的熵仅仅与温度有关
 - C. 一定理想气体的焓不仅仅与温度有关
 - D. 理想气体的熵不是状态参数
9. 同种理想气体的定压比热容要比定容比热容 (D)
 - A. 不一定
 - B. 相等

- C. 小
D. 大

10. $p-v$ 图中从同一点出发的定熵线较定温线(B)

- A. 平缓
B. 陡峭
C. 重合
D. 垂直

11. $T-s$ 图中从同一点出发的定容线较定压线(B)

- A. 平缓
B. 陡峭
C. 重合
D. 垂直

12. 以下说法正确的是(A)

- A. 第二类永动机违背热力学第二定律
B. 第二类永动机违背热力学第一定律
C. 第二类永动机不违背热力学第二定律
D. 第二类永动机违背热力学第一和第二定律

13. $q = w + \int_1^2 c_v dT$ 的适用范围(A)

- A. 理想气体任意过程
B. 理想气体定容过程
C. 理想气体定压过程
D. 理想气体定温过程

14. $q = c_p \Delta T$ 的适用范围(B)

- A. 理想气体任意过程
B. 理想气体定压过程
C. 理想气体定容过程
D. 理想气体定温过程

15. 以下说法正确的是(B)

- A. 工质膨胀时必须向工质加热
B. 根据热力学第一定律, 任何循环的净热量等于该循环的净功量
C. 工质膨胀时必须向工质放热
D. 根据热力学第一定律, 任何循环的净热量小于该循环的净功量

一、选择题(单选, 共 15 题, 每题 4 分)

16. 流体运动的描述方法有(B)

- A. 欧拉法、雷诺法
B. 欧拉法、拉格朗日法
C. 直角坐标系法、雷诺法
D. 直角坐标系法、拉格朗日法

17. 假设有一不可压缩流体三维定常流动, 其速度分布规律为 $u_x = 3(x+y^3), u_y = -4y+z^2, u_z = x+y+z$. 则该流动为(A)

- A. 连续

- B. 不连续
 - C. 不确定
 - D. 以上均正确
18. 皮托管测压原理的依据是(A)
- A. 伯努利方程
 - B. 质量守恒方程
 - C. 动量守恒方程
 - D. 能量守恒方程
19. 下列哪个无量纲数被用于判断管内流动状态(C)
- A. Pr
 - B. Nu
 - C. Re
 - D. We
20. 在管径为 20mm 的圆形管道中,水的流速为 0.1m/s,水的运动粘度为 $1.31 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 。试判断管道中的水呈现何种流动状态?(C)
- A. 过渡流
 - B. 湍流
 - C. 层流
 - D. 以上均正确
21. 工程上,采用以下哪个雷诺数作为判别流动状态的准则数?(B)
- A. 上临界雷诺数
 - B. 下临界雷诺数
 - C. 中临界雷诺数
 - D. 都可以
22. 太阳与地球间的热量传递属于下述哪种传热方式(B)
- A. 热对流
 - B. 热辐射
 - C. 热传导
 - D. 以上都包含
23. 下列哪种热传递方式不需要有传热介质的存在?(B)
- A. 热对流
 - B. 热辐射
 - C. 热传导
 - D. 均不需要
24. 温度升高时,气体的导热系数一般随温度会发生怎样的变化?(A)
- A. 增大
 - B. 减小
 - C. 不变
 - D. 以上均正确
25. 已知某一导热平壁的两侧壁面温差是 30°C ,材料的导热系数是 $22 \text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$,通过的热流密度是 $300 \text{W} / \text{m}^2$,则该平壁的壁厚是多少?(C)
- A. 220m
 - B. 22m
 - C. 2.2m

D. 0.22m

一、选择题（单选，共 15 题，每题 4 分）

26. 能量损失分为(A)

- A. 沿程损失、局部损失
- B. 沿程损失、阻力损失
- C. 局部损失、阻力损失
- D. 以上均正确

27. 热传递的基本方式包括(A)

- A. 热传导、热对流、热辐射
- B. 导热、对流传热、热辐射
- C. 热传导、对流传热、辐射传热
- D. 导热、热对流、辐射传热

28. 温度梯度表示温度场内的某一点等温面上什么方向的温度变化率?(A)

- A. 法线
- B. 切线
- C. 流线
- D. 迹线

29. 下列那种情况内燃机汽缸温度场随时间不发生变化? (D)

- A. 内燃机气动过程
- B. 内燃机停机过程
- C. 内燃机加速过程
- D. 内燃机定速运行

30. 对流换热热流量以下述哪个公式作为基本计算式 (C)

- A. 傅里叶定律
- B. 牛顿第二定律
- C. 牛顿冷却公式
- D. 四次方定律

31. 流体因各部分温度不同而引起的密度差异所产生的流动，称为 (C)

- A. 强制对流
- B. 过渡对流
- C. 自然对流
- D. 以上都可能

32. 下列参数中，不属于物性参数的是(A)

- A. 对流传热系数
- B. 导热系数
- C. 密度
- D. 比热容

33. 无量纲组合 $g\beta\Delta tL^3/\nu^2$ 称为什么准则? (D)

- A. 普朗特 Pr
- B. 努塞尔 Nu
- C. 雷诺 Re
- D. 格拉晓夫 Gr

34. 努塞尔数(Nu)反映(A)

- A. 对流换热强度
 - B. 惯性力和粘滞力的相对大小
 - C. 重力和粘滞力的相对大小
 - D. 惯性力和表面张力的相对大小
35. 描述浮升力与黏性力的相对大小的准则数称为(C)
- A. Pr
 - B. Re
 - C. Gr
 - D. Nu
36. 流体纯自然对流传热的准则方程通常可写成(B)
- A. $Nu=f(Re, Pr)$
 - B. $Nu=f(Gr, Pr)$
 - C. $Nu=f(Gr, Re)$
 - D. 以上均不正确
37. 流体强制湍流对流传热的准则方程通常可写成(A)
- A. $Nu=f(Re, Pr)$
 - B. $Nu=f(Gr, Pr)$
 - C. $Nu=f(Gr, Re)$
 - D. 以上均不正确
38. 由篝火传向周边人体的主要热传递方式是(A)
- A. 热辐射
 - B. 热对流
 - C. 热传导
 - D. 辐射换热
39. 在相同温度条件下, 以下物体中辐射能力最强的是(D)
- A. 白体
 - B. 灰体
 - C. 透明体
 - D. 黑体
40. 物体的光谱辐射特性, 取决于物体的(B)
- A. 尺寸, 种类和温度
 - B. 种类, 温度和表面状况
 - C. 种类和温度
 - D. 尺寸和表面状况
41. 单位时间内离开物体单位面积的总辐射能为该表面的(A)
- A. 有效辐射
 - B. 辐射力
 - C. 反射辐射
 - D. 以上均不正确
42. 室内暖气片的散热过程(假设暖气片管内走热水)为例, 对其热量传递方式描述正确的是(B)
- A. 由暖气片管道内壁至外壁的热传递方式为对流传热
 - B. 由暖气片管道内壁至外壁的热传递方式为导热
 - C. 由管内热水至暖气片管道内壁的热传递方式为热辐射

- D. 由管内热水至暖气片管道内壁的热传递方式为辐射传热
43. 在一定的冷、热流体进、出口温度下，仅改变其流动方式，则对数平均温差最大的流动方式应是(B)
- A. 顺流
- B. 逆流
- C. 交叉流
- D. 以上均不正确
44. 将保温瓶的双层玻璃中间抽成真空，其目的是(A)
- A. 减少导热与对流换热
- B. 减少对流与辐射换热
- C. 减少导热与辐射换热
- D. 以上均不正确
45. T-S 图中某理想气体从同一点出发的定压线是B?
- A. 直线
- B. 曲线
- C. 无法确定
- D. 上述均有可能
46. 未饱和湿空气的相对湿度 (C)
- A. 大于 1
- B. 等于 1
- C. 小于 1
- D. 上述均有可能
47. 热泵循环的供热系数 (B)
- A. 小于 1
- B. 大于 1
- C. 等于 1
- D. 上述均有可能
48. 锥管中的有效截面为 (B)
- A. 平面
- B. 曲面
- C. 上述均有可能
49. 判别强制对流换热时流体流态的准则数是 (D)
- A. Nu
- B. Gr
- C. Pr
- D. Re
50. 判别大空间自然对流换热时流体流态的准则数是 (D)
- A. Nu
- B. Gr
- C. Pr
- D. Ra
51. 下列哪个参数是状态参数? (A)
- A. 温度
- B. 容积功

- C. 表压力
- D. 热量
- 52. 暖气外壁面向室内空气的的散热属于 (A)
 - A. 复合换热
 - B. 对流换热
 - C. 辐射换热
 - D. 传热过程
- 53. 第二类永动机指 (B)
 - A. 没有能量输入的动力机
 - B. 只有一个单一热源的动力机
 - C. 没有能量输出的动力机
- 54. 饱和湿空气的干球温度 (C) 湿球温度
 - A. 大于
 - B. 小于
 - C. 等于
 - D. 上述均有可能
- 55. 制冷循环的制冷系数 (D)
 - A. 小于 1
 - B. 大于 1
 - C. 等于 1
 - D. 上述均有可能
- 56. 从强化传热的角度考虑, 换热器应尽可能布置成 (B)
 - A. 顺流
 - B. 逆流
 - C. 上述均可以
- 57. 当两侧表面对流传热系数相差较大时, 强化传热过程的最有效方法是 (B)
 - A. 从对流传热系数较大一侧着手进行强化
 - B. 从对流传热系数较小一侧着手进行强化
 - C. 上述均可以
- 58. 流体力学的研究对象不包括 (A)
 - A. 固体
 - B. 气体
 - C. 液体
 - D. 非牛顿流体
- 59. 表面力分为哪两种 (C)
 - A. 法向力和斜向力
 - B. 质量力和切向力
 - C. 法向力和切向力
 - D. 切向力和斜向力
- 60. 使水 ($E=2000 \text{ MPa}$) 的体积减小 0.5%, 则压强需要增大多少? (D)
 - A. 40MPa
 - B. 30MPa
 - C. 20MPa
 - D. 10MPa

61. 静止流体内等压面是水平面的前提是(B)
- 联通的容器、不可压缩流体
 - 联通的容器、同一种流体
 - 联通的容器
 - 不可压缩流体
62. 在实验中,用 U 形管压差计测量某管路中两截面间的压强差,若选用的指示液密度越小,则测量误差(B)
- 越大
 - 越小
 - 中等
 - 不一定
63. 流体质点不同时刻流经的空间点所连成的线称为(D)
- 流线
 - 时线
 - 脉线
 - 迹线
64. 以下说法正确的是(A)
- 平衡流体内部任何一点的流体静压强在各个方向上均相等
 - 平衡流体内部任何一点的流体静压强在各个方向上有可能不相等
 - 非平衡流体内部任何一点的流体静压强在各个方向上均相等
 - 非平衡流体内部任何一点的流体静压强在各个方向上必不相等
65. 光谱辐射特性不随波长而变化的假想物体,称为 (A).
- 灰体
 - 黑体
 - 镜面体
 - 透明体

二、判断题

- 开口系统不可能绝热。(×)
- 闭口系统与外界没有质量交换。(√)
- 质量一定的系统即为闭口系统。(×)
- 两个任意的状态参数可以确定工质的状态。(×)
- 两个独立的状态参数可以确定工质的状态。(√)
- 绝对压力(真实压力)、表压力、大气压力和真空均是状态参数。(×)
- 绝对压力是状态参数。(√)
- 准平衡过程肯定是可逆过程。(×)
- 热量和功均不是状态参数。(√)
- 只有可逆过程的热量才可以在 T-S 中用面积表示。(√)
- 第一类永动机违背热力学第一定律。(√)
- 热力学能不是状态参数。(×)
- 焓是状态参数。(√)
- $Q = \Delta U + W$ 仅适用于任何工质的可逆过程。(×)
- $Q = \Delta H + W_t$ 适用于任何过程任何工质。(√)

16. 开口系统内任意一点工质的状态参数及运动参数不随时间变化的流动过程称为平衡状态。(×)
17. 工质流过换热器时的吸热量通常等于其焓的增量。(√)
18. 气体常数与气体种类无关,但与气体所处状态有关。(×)
19. 摩尔气体常数与气体种类和气体所处状态均有关。(×)
20. $q=c_v\Delta T$ 仅适用于理想气体的定容过程热量的计算。(√)
21. 水的临界温度为 474℃。(×)
22. 可以通过定压加热或者定温膨胀的方式把未饱和水变为饱和水。(√)
23. 可以通过定压放热或者定温压缩的方式把过热蒸汽变为饱和蒸汽。(√)
24. 饱和蒸汽的温度大于同样压力下饱和水的温度。(×)
25. 饱和湿空气的空气温度大于露点。(×)
26. 含有过热蒸汽的空气称为未饱和湿空气。(√)
27. 未饱和湿空气的干球温度大于湿球温度。(√)
28. 含湿量 f 力越高。(√)
29. 含湿量越大则空气的吸湿能力越差。(×)
30. 能发生连续变形的物质称为流体。(×)
31. 密度和比重是同一概念。(×)
32. 流体的压缩系数和膨胀系数成倒数关系。(×)
33. 密度不会随着压强和温度变化而改变的流体为不可压缩流体。(√)
34. 按照流体有无粘性把流体分为牛顿流体和非牛顿流体。(×)
35. 作用在流体上的力包括质量力和表面力。(√)
36. 表面力与作用在流体表面的面积成正比。(√)
37. 静压强的大小与作用面的方位无关。(√)
38. 静压强方向永远沿着作用面内法线方向,即垂直指向作用面。(√)
39. 静止流体内存在的表面力只有切向力。(×)
40. 等压面与质量力正交。(√)
41. 欧拉法法的研究对象是流体质点,跟踪每一个质点,描述其运动过程中流动参数随时间的变化。(×)
42. 拉格朗日法的研究对象是流场。(×)
43. 流线稀疏的地方,表示流场中该处的流速较大。(×)
44. 定常流动的流线和迹线相重合。(√)
45. 从几何意义上讲,伯努利方程中每一项均具有长度的量纲,均可称为水头。(√)
46. 测压管水头为压强水头与速度水头之和。(×)
47. 层流流动时,沿程阻力系数的计算常用公式 $\lambda=1/Re$ 。(×)
48. 流体为克服局部阻力而消耗的机械能称为沿程能量损失。(×)
49. 物体间辐射传热的进行需要冷热物体的直接接触。(×)
50. 导热系数为定值的单层平壁的稳态导热过程中,平壁内温度分布规律是直线。(√)
51. 通过圆筒壁的一维稳态导热时,单位面积上的热流密度是处处相等的。(×)
52. 导热体中不同温度的等温面将互不相交。(√)
53. 导热体中的等温面不可能在物体中中断。(√)
54. 温度梯度矢量的方向指向温度降低的方向。(×)
55. 热流密度矢量的方向指向温度降低的方向。(√)
56. 傅里叶定律,指出了导热热流密度矢量与温度梯度之间的关系。(√)

57. 傅里叶定律可以适用于各向异性物体。(×)
58. 热导率表明物质导热能力的大小。(√)
59. 一般而言,金属的热导率大于非金属的热导率。(√)
60. 对于各向同性物体,热导率的数值与方向有关。(×)
61. 在其他条件相同的条件下,相变传热对流传热系数通常小于单相流体。(×)
62. 根据流体流态的不同把对流传热分为强制对流传热和自然对流传热。(×)
63. 在对流换热准则关联式中,常用准则数的下标表示出定性温度。(√)
64. 对流传热实验时,应测量物理现象中涉及的全部物理量。(×)
65. 热辐射波长范围包括全部可见光、红外辐射以及部分紫外辐射。(√)
66. 与热对流及导热类似,需要在温差作用下才可能发生热辐射。(×)
67. 灰体的光谱辐射力随波长的变化趋势与黑体不同。(×)
68. 冬天在房间里穿黑色衣服更暖和些。(×)
69. 相同温度条件下,黑体的吸收能力是最强的。(√)
70. 角系数不但与物体表面间几何位置有关,还与物体属性有关。(×)
71. 黑体表面之间的辐射换热热阻包括空间辐射热阻和表面辐射热阻两部分。(×)
72. 削弱物体表面间辐射传热的有效方法之一是加遮热板,而遮热板表面的黑度应尽量低一些效果更佳。(√)
73. 某换热器两侧换热系数相差较大时,在强化传热时应从两侧想办法。(×)
74. 在物体表面涂上黑度较小的涂料可以增强传热。(×)
75. 管内增加流体扰动可以增强传热。(√)
76. 在边界层区,流体的粘性作用可以忽略。(×)
77. 热辐射不需要传热介质。(√)
78. 镜反射表面的反射角等于入射角。(√)
79. 自然界中并不存在黑体、白体和透明体。(√)
80. 温度愈高,同一波长下的光谱辐射力愈小。(×)
81. 卡诺循环热效率最高(×)
82. 大多数液体的导热系数随温度提高而降低。(√)
83. $\Delta h = c_p \Delta T$ 适应于任何气体任意过程的焓变化量的计算。(×)
84. 平壁外加保温层一定能起到保温效果。(√)
85. 平衡流体的表面力只有法向力。(√)
86. 温度对辐射传热的影响小于对导热的影响。(×)
87. 速度边界层存在较大的速度梯度。(√)
88. 维恩位移定律是面向黑体的光学测温仪的基本依据。(√)
89. 卡诺正向循环热效率也不可能超过 100%。(√)
90. 热力过程中,工质从外界吸热,则其温度必然降低。(×)
91. 热流体通过固体壁面把热量传递给冷流体的过程即为传热过程。(√)
92. 主流区和速度边界层均存在较大的速度梯度。(×)
93. 普朗克定律是面向黑体的光学测温仪的基本依据。(×)
94. 圆管外加保温层一定能起到保温效果。(×)
95. 黑度是实际物体的辐射力与同温度下灰体辐射力的比值。(×)
96. 热力学第一定律适用于任意热力过程,不论过程是否可逆。(√)
97. 相对湿度是空气中水蒸气的分压力与干空气分压力之比。(×)
98. 漫灰表面的辐射能力越强则其吸收能力也一定越强。(√)
99. 湿饱和蒸汽的干度有可能大于 1。(×)

100. 过热蒸汽的压力小于对应温度下的饱和压力。(√)
101. 流体静止或相对静止状态的等压面一定是水平面。(×)
102. 流体粘性均随温度提高而增大。(×)
103. 实际物体的有效辐射包括反射辐射和本身辐射。(√)
104. 若平衡流体在 x 、 y 、 z 方向的单位质量力分别为 $X = 5$ 、 $Y = 4$ 、 $Z = 3$ ，则等压面方程为 $5x + 4y + 3z = 0$ 。(×)
105. 第二类永动机并不违背热力学第一定律。(√)
106. 对于圆筒壁来说，保温层厚度越厚，其保温效果不一定越好。(√)
107. 传热学研究自然界所有热现象中热量传递的基本规律。(√)
108. 能量主要有机械能、热能、电能、化学能、核能和辐射能等形式。(√)
109. 能量的利用过程实质上是能量的传递与转换过程。(√)
110. 热能利用有两种基本方式：一种是直接利用，用于加热物体；另一种是间接利用例如通过各种热力发动机（如内燃机等）将热能转换成机械能。(√)
111. 蒸汽电站的热效率也只有 10%左右。(×)
112. 流体力学的研究方法只有实验研究和数值计算的方法。(×)
113. 蒸汽机、蒸汽轮机、燃气轮机、内燃机(汽油机、柴油机等)和喷气发动机等皆为热机。(√)
114. 四冲程往复式活塞式汽油机，在一个工作循环内完成进气、压缩、作功和排气等四个行程。(√)
115. 四冲程往复式活塞式汽油机的工作循环中，将热能连续不断转换为机械能，需借助空气和汽油的混合气压缩、吸热、膨胀、放热等过程来实现，(√)
116. 空气、燃气、水蒸气等都是常用的工质。(√)
117. 不断向工质提供热能的物体称为高温热源，例如大气环境。(×)
118. 在热力学中选取一定的工质或空间作为研究对象，称之为热力系统，简称系统。(√)
119. 开口系统的系统与外界有物质交换。(√)
120. 自然界中不存在完全绝热的材料，(√)
121. 简单可压缩系统不涉及化学反应，没有电、磁和表面张力等外力场作用。(√)
122. 工质在某一瞬间所呈现的宏观物理状况称为工质的热力状态，简称状态。(√)
123. 描述工质所处状态的宏观物理量称为状态参数。(√)
124. 压力表的测量的读数通常是被测工质的绝对压力与当地环境压力之间的差值，称为表压力，(√)
125. 温度常用摄氏温标和热力学温标表示。热力学温度与摄氏温度的关系为

$$t = T - 273.15 \text{ K} \quad (\sqrt{ })$$
126. 单位质量的工质所占有的体积称为比体积。(√)
127. 比体积与密度互为倒数，即 $\rho v = 1$ 。(√)
128. 当热力系内各点温度均匀一致且等于外界温度时，则该热力系统处于热平衡状态。当满足力平衡和热平衡这两个条件时，热力系统处于平衡状态，(√)
129. 在工程热力学中，物质分子动能和分子位能之和称为热力学能，简称热能，取决于系统

本身热力状态，用 U 表示，单位为 J 或 kJ。(√)

130. 系统储存能是指热力系统本身所具有的总能量，为系统热力学能、宏观动能与宏观位能之和。(√)

131. 单位质量工质的储存能称为比储存能，用 e 表示，单位为 J/kg 或 kJ/kg。(√)

132. 热力学第一定律可表示为进入系统的能量—离开系统的能量=系统储存能量的变化。
(√)

133. 对于连续周期性工作的热工设备，如活塞式压气机或内燃机，工质的出入是不连续的，但按照同样的循环过程重复着，整个工作过程不能按稳定流动来处理。(×)

134. 流动功是由泵或风机加给被输送工质并随着工质的流动而向前传递的一种能量，也是工质本身具有的能量。(×)

135. 对于不流动工质，不存在流动功，比焓仅是状态参数，不表示能量。(√)

136. 工质经过一系列的热力过程，重新回复到原来热力状态的全部过程称为热力循环。

三、综合题目

1 将太阳近似为黑体，用光学仪器测得的太阳光谱辐射力最大时的波长 $\lambda_{\max} \approx 0.5 \mu\text{m}$ ，估算太阳表面的温度。

解 根据维恩位移定律得

$$T = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{\lambda_{\max}} = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{0.5 \times 10^{-6}} = 5796 \text{ K}$$

可得太阳表面温度近似为 5800K。

2 空心墙壁混凝土内墙厚度 $\delta_1=100 \text{ mm}$ ，外墙厚度 $\delta_3=50 \text{ mm}$ ，热导率 $\lambda_1=1.5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ，测得冬季室内、外表面温度 t_1, t_4 分别为 20°C 和 5°C 。双层玻璃间的空气夹层厚度 δ_2 为 5 mm ，夹层中的空气静止，空气的导热系数 $\lambda_2=0.025 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 。求单位面积墙壁的散热损失及空气夹层内、外侧的温度 t_2 、 t_3 。

解 这是一个多层平壁稳态传热过程，据式(10-26)，通过单位面积墙壁的散热损失，即热流密度为

$$q = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} = \frac{[20 - 5] \text{ K}}{\frac{0.1}{1.5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}} + \frac{0.005 \text{ m}}{0.025 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}} + \frac{0.05}{1.5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}}} = 50 \text{ W/m}^2$$

根据内墙单层热流密度公式

$$q_1 = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta_1}{\lambda_1}}, \text{ 得}$$

$$t_2 = t_1 - q_1 \cdot \frac{\delta_1}{\lambda_1} = 20 + 273 - 50 \text{ W/m}^2 \times \frac{0.1}{1.5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{k)}} = 286.67 \text{ K} = 16.7^\circ\text{C}$$

根据外墙单层热流密度公式

$$q_3 = \frac{t_3 - t_4}{\frac{\delta_3}{\lambda_3}}, \text{ 得}$$

$$t_3 = t_4 + q_1 \cdot \frac{\delta_3}{\lambda_3} = 5 + 273 + 50 \text{ W/m}^2 \times \frac{0.05}{1.5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{k)}} = 279.67 \text{ K} = 6.67^\circ\text{C}$$

由题可知，空气夹层内、外侧的温度接近内、外侧墙壁温度，空气主要起保温效果。

3 单层玻璃窗高 1m，宽 0.5m，厚 2mm，导热系数 $\lambda=1 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ，室内、外的空气温度分别为 25°C 和 5°C ，室内、外空气与玻璃之间对流换热的表面传热系数分别为 $h_1=10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 和 $h_2=20 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 。

(1) 试求玻璃的导热热阻、两侧的对流换热热阻及玻璃窗的散热损失。

(2) 如果采用双层玻璃，玻璃夹层中的空气完全静止，厚度为 4mm，空气导热系数为 $\lambda = 0.02 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 。试求空气夹层的导热热阻及玻璃窗的散热损失。

解：

$$(1) \text{ 导热热阻: } R_1 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0.002}{1} = 0.002 \text{ K/W}$$

$$\text{室内侧对流换热热阻: } R_2 = \frac{1}{h_1} = \frac{1}{10} = 0.1 \text{ K/W}$$

$$\text{外侧对流换热热阻: } R_3 = \frac{1}{h_2} = \frac{1}{20} = 0.05 \text{ K/W}$$

$$\text{玻璃窗的散热损失: } Q = s \times \frac{t_{f_1} - t_{f_2}}{\frac{1}{h_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_2}} = 1 \times 0.5 \times \frac{25 - 5}{\frac{1}{10} + \frac{0.002}{1} + \frac{1}{20}} = 65.79 \text{ W}$$

$$(2) \text{ 空气夹层导热热阻: } R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0.004}{0.02} = 0.2 \text{ K/W}$$

玻璃窗的散热损失：

$$Q = s \times \frac{t_{f_1} - t_{f_2}}{\frac{1}{h_1} + 2 \times \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_2}} = 1 \times 0.5 \times \frac{20 - 5}{\frac{1}{10} + 2 \times \frac{0.002}{1} + \frac{0.004}{0.02} + \frac{1}{20}} = 28.25 \text{ W}$$

4 水在暖气片管内流动，管长 $L=5\text{m}$ ，内直径 $d=20\text{mm}$ ，水的温度 $t_s=86^\circ\text{C}$ ，管壁的平均温度 $t_w=36^\circ\text{C}$ ，水与管壁间的表面传热系数 $h=80 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 。试求水与管壁间的对流换热量。

解 暖气片和管内水之间是稳态的自然对流换热，根据式(9-3)，水与管壁间的对流换热量为

$$A = \pi dL = 3.14 \times (20 \times 10^{-3}) \times 5 = 0.314 \text{ m}^2$$

$$\phi = Ah(t_w - t_f) = 0.314 \text{ m}^2 \times 80 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{k)} \times (86 - 36) \text{ K} = 1256 \text{ W} = 1.256 \text{ KW}$$

5 如图所示，有一输水管道，水自截面 1-1 流向截面 2-2。测得截面 1-1 的水流平均流速 $v_1=2 \text{ m/s}$ ，已知 $d_1=0.5 \text{ m}$ ， $d_2=1 \text{ m}$ ，试求截面 2-2 处的平均流速 v_2 为多少？

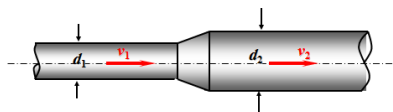


图 输水管道（例题 8-3 图）

解：根据不可压缩流体定常流动连续性方程，可知：

$$v_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = v_2 \frac{\pi d_2^2}{4}$$

将 $v_1=2 \text{ m/s}$ ， $d_1=0.5 \text{ m}$ ， $d_2=1 \text{ m}$ 代入上式，可得：

$$v_2 = v_1 \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 = 2 \times \left(\frac{0.5}{1} \right)^2 = 0.5 \text{ m/s}$$

6 已知某一流场，其流速分布规律为： $u_x = -ky$ ， $u_y = kx$ ， $u_z = 0$ ，试求其流线方程。

解：因为 $u_z = 0$ ，所以该流动为二维流动，将流速表达式代入二维流动流线微分方程，可得：

$$\frac{dx}{-ky} = \frac{dy}{kx}$$

即：

$$x dx + y dy = 0$$

对上式积分，可得流线方程：

$$x^2 + y^2 = C$$

该流线方程即流线簇是以坐标原点为圆心的同心圆。

7 如图所示，有一复式 U 型管水银测压计，已知测压计上各液面及 A 点的标高为： $\nabla_1=1.8\text{m}$ ， $\nabla_2=0.6\text{m}$ ， $\nabla_3=2.0\text{m}$ ， $\nabla_4=1.0\text{m}$ ， $\nabla_5=\nabla_A=1.5\text{m}$ 。两个 U 型管水银之间为空气，1 点通向大气，试确定 A 点的相对压强。

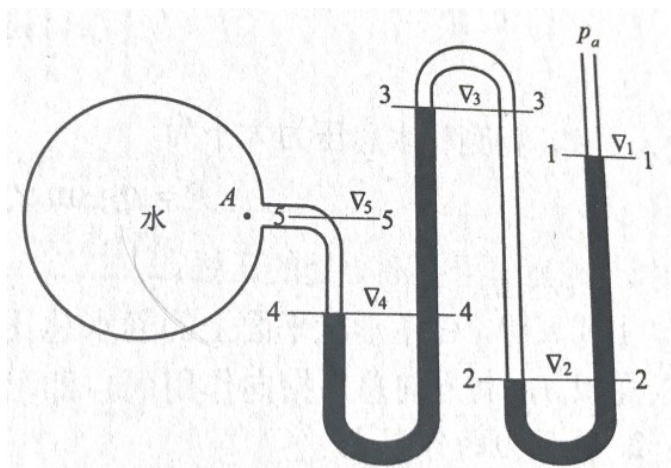


图 复式 U 型管水银测压计 (例题 7-1 图)

解: 鉴于两个 U 型管水银之间为空气, 所以:

$$p_3 = p_2 = \rho_G g (\nabla_1 - \nabla_2)$$

以 4 处的水平面为基准面, 列平衡方程:

$$p_A + \rho g (\nabla_5 - \nabla_4) = p_3 + \rho_G g (\nabla_3 - \nabla_4)$$

由此得到 A 点的相对压强为:

$$p_A = \rho_G g [(\nabla_3 - \nabla_4) + (\nabla_1 - \nabla_2)] - \rho g (\nabla_5 - \nabla_4) = 288.3 \text{ kPa}$$

8 已知水的体积弹性模量 $E = 2000 \text{ MPa}$, 为了使水的体积减小 1%, 则作用在水上的压强需要增大多少?

解: 已知水的体积弹性模量 E , 依据其定义式可得:

$$\Delta p = -E \frac{\Delta V}{V} = -2000 \times (-1\%) = 20 \text{ MPa}$$

9 如图 所示, 在相距 $h = 0.06 \text{ m}$ 的两个固定平行平板中间放置另一块薄板, 在薄板上下分别放有不同黏度的流体, 并且下部流体的黏度是上部流体黏度的 2 倍。已知当薄板以匀速 $u = 0.3 \text{ m/s}$ 被拖动时, 每平方米受合力 $F = 29 \text{ N}$, 求上下两种流体的黏度各是多少?

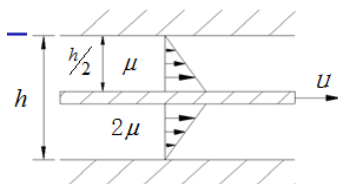


图 牛顿黏性定律应用 (例题 6-2 图)

解: 设薄板上部流体的黏度为 μ , 则下部流体的黏度为 2μ , 并假设缝隙中的速度按线性分布, 薄板与流体接触的面积为 A 。

由牛顿黏性定律可知, 上部流体对薄板的作用力为:

$$F_1 = \mu A \frac{du}{dy}$$

其作用方向与合力 F 的方向相反。而下部流体对薄板的作用力为：

$$F_2 = 2\mu A \frac{du}{dy}$$

其作用方向亦与合力 F 的方向相反。薄板匀速运动，受力处于平衡状态，必有：

$$F = F_1 + F_2 = \mu A \frac{du}{dy} + 2\mu A \frac{du}{dy}$$

将已知条件 $h = 0.06 \text{ m}$, $u = 0.3 \text{ m/s}$, $F = 29 \text{ N}$, $A = 1 \text{ m}^2$ 代入上式，可得：

$$\mu = 0.97 \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad 2\mu = 1.94 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

10 已知平面流动的 $u_x = 3x \text{ m/s}$, $u_y = 3y \text{ m/s}$, $u_z = 3 \text{ m/s}$ ，试确定坐标为 (3, 3) 点上流体的加速度。

解：将速度值分别代入加速度公式，可得：

$$\begin{cases} a_x = \frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z} = 0 + 3x \times 3 + 0 + 0 = 27 \text{ m/s}^2 \\ a_y = \frac{\partial u_y}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_y}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_y}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_y}{\partial z} = 0 + 0 + 3y \times 3 + 0 = 27 \text{ m/s}^2 \\ a_z = \frac{\partial u_z}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_z}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_z}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \end{cases}$$

所以坐标为 (3, 3) 点上流体的加速度为：

$$\mathbf{a} = 27\mathbf{i} + 27\mathbf{j}$$

11 在管径为 20mm 的圆形管道中，水的流速为 1m/s，水温为 10℃。1) 试判断管道中的水流呈现何种流动状态？2) 若使管内保持层流，水的流速必须控制在多少？

解：1) 首先，查表 6-2，得到水温为 10℃ 的运动粘度 ν 为 $1.31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ，结合雷诺数的定义，得到：

$$Re = \frac{Vd}{\nu} = \frac{1 \times 0.02}{1.31 \times 10^{-6}} = 1.53 \times 10^4 > 2000$$

所以管道中的水流是湍流；

2) 仍结合雷诺数的定义，得到：

$$Re = \frac{Vd}{\nu} = \frac{0.02V}{1.31 \times 10^{-6}} \leq 2000$$

所以 $V \leq 0.13 \text{ m/s}$ 。

12 水泥珍珠岩锅炉壁，厚度 δ 为 100mm，壁面积 A 为 5 m^2 ，两侧表面的温差都维持为 $\Delta t = t_{w1} - t_{w2} = 500^\circ\text{C}$ ，热导率 $\lambda = 0.094 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ，试求通过每块平板的导热热流密度。

解 可看作大平壁一维稳态导热，根据式(9-1)，得

$$\phi = A\lambda_1 \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\delta} = 5 \times 0.094 \text{ W/(m} \cdot \text{K)} \times \frac{500 \text{ K}}{0.1 \text{ m}} = 2.35 \times 10^3 \text{ W}$$