

河北工业大学期末考试试卷

2022年秋季学期 A 卷 (开卷)

课程名称: 热工基础 课程号: G1689B1210

适用专业: 2021 级 机设、机电、车辆专业

题号	一	二	三	四	五	六	七	总分
分 数								
阅卷人								

一、填空题 (每空 1 分, 共 40 分)。

- 导热系数的单位是 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$; 对流换热系数的单位是 $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; 导温系数的单位是 m^2/s 。
- 稳态导热过程是指 物体中各点温度不随时间而变化的热量传递过程。非稳态导热过程是指 物体温度随时间而变化的热量传递过程, 非稳态导热分为 瞬态导热 和 周期性导热。
- 集总参数法是指 忽略物体内部导热阻的简化分析法。
- 毕渥数为 物体内部导热热阻 与 边界对流换热热阻 之比。
- 流体与相互接触的固体表面之间的热量传递现象, 是 对流 和 辐射 两种基本传热方式共同作用的结果。
- 解释辐射现象的两种理论为 波动理论 与 量子力学理论。
- 绝热材料是指 能阻滞热流传递的材料, 又称热绝缘材料。
- 工程热力学主要研究 热能 和 机械能 之间相互转换的规律及提高能量转换经济性的途径和技术措施。
- 根据流动状态, 边界层分为 层流边界层 和 湍流边界层。
- 第三类边界条件是指已知 物体表面进行对流换热的流体温度 及 表面传热系数。
- 单值性条件一般包括: 几何条件、物理条件、时间条件 和 边界条件。
- 温度边界层越 厚 对流传热系数越小, 强化传热应使得温度边界层越 薄。
- 反映对流传热强度的准则称为 努塞尔 准则。
- 对于同一种不可压缩牛顿流体, 其物性参数的数值主要随温度而变化, 而用来确定物性参数数值的温度, 称为 定性温度。
- 吸收比 $\alpha=1$ 的物体称为 绝对黑体, 反射比 $\beta=1$ 的物体称为 镜体; 透射比 $\tau=1$ 的物体

称为 绝对透明体

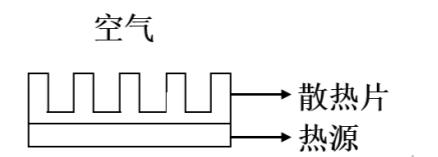
16. 辐射力是指在单位时间内, 每单位面积表面向 半球空间 发射的全部波长的辐射能, 单位为 W/m^2 。

17. 温度梯度是矢量, 方向沿着 等温面法 指向 温差增加 的方向。

18. 牛顿冷却公式描述了 对流换热量 与 表面传热系数 及 温差 三者之间的关系, 是 表面传热系数 的定义式。

二、简答题 (36 分)

1. 实际应用中经常用如图所示的散热片对电脑 CPU 等热源进行散热, 请简述该散热过程存在的散热方式及存在之处; 如何提升散热效果? 请至少举出两种方法, 并说明原因。(10 分)



散热片上, 主要存在以下几种散热方式:

1. 热传导: 散热片通过与 CPU 直接接触, 利用热传导来将 CPU 产生的热量传递到散热片上。

2. 对流散热: 散热片表面的热量会通过对流作用散发到周围空气中。

3. 辐射散热: 散热片也会以辐射的方式散发热量。

这些散热方式在电脑 CPU 散热过程中共同作用, 以有效地降低 CPU 温度。热传导确保热量从 CPU 传导到散热片上, 对流散热利用空气流动带走热量, 而辐射散热则通过电磁波的辐射散发热量。

以下是两种方法可以用来提高散热效果:

1. 增加散热表面积: 通过增加散热器或散热片的表面积可以有效提高散热效果。可以使用更大的散热片或者增加散热鳍片的数量来提高散热效果。

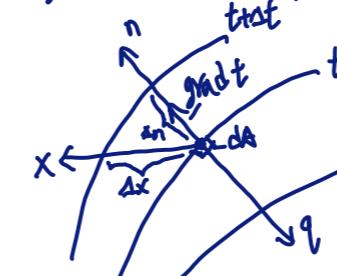
2. 提高热传导性能: 热传导性能是影响散热效果的关键因素之一。通过选择具有较高热导率的材料可以提高散热效果。常用的高导热材料包括铜、铝等金属材料。使用这些高导热材料作为散热器或散热片的材料, 可以提高热量在散热装置内的传导速度, 从而加快热量的散发。

总的来说, 增加散热表面积和提高热传导性能是常见的提高散热效果的方法。这些方法可以增加热量散发的表面积和速度, 有效地降低热源的温度, 从而提高散热效果。

2. 傅里叶定律的表达形式是什么? 试画图分析: 为什么傅里叶定律不适用于各向异性物体?

$$q = -k \frac{\partial T}{\partial x}$$

傅里叶定律表明, 导热热流密度的大小与温度梯度的绝对值成正比, 其方向与温度梯度的方向相反, 故不适用于各向异性物体。



三、计算题（每题 8 分，共 24 分）

1、某过热蒸汽管道的内、外径分别是 150mm 和 160mm, 管壁材料的热导率为 45 W/(m·K)。管道外包两层保温材料：第一层厚度为 40mm, 热导率为 0.1 W/(m·K); 第二层厚度为 50mm, 热导率为 0.16 W/(m·K)。蒸汽管道内壁面温度为 400°C, 保温层外壁面温度为 50°C。试求：(1) 各层的导热热阻；(2) 每米长蒸汽管道的散热损失；(3) 各层间的接触面温度。

$$R_{\lambda 1} = \frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} = \frac{1}{2\pi \times 45} \ln \frac{160}{150} = 0.000228 \text{ m}\cdot\text{K}/\text{W}$$

$$R_{\lambda 2} = \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} = \frac{1}{2\pi \times 0.1} \ln \frac{240}{160} = 0.277 \text{ m}\cdot\text{K}/\text{W}$$

$$R_{\lambda 3} = \frac{1}{2\pi\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3} = \frac{1}{2\pi \times 0.16} \ln \frac{340}{240} = 0.346 \text{ m}\cdot\text{K}/\text{W}$$

圆筒壁的稳态导热计算：

$$\Phi_I = \frac{t_{w_1} - t_{w_4}}{R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + R_{\lambda 3}} = \frac{400 - 50}{0.000228 + 0.645 + 0.346} = 353.1 \text{ W/m}$$

$$\text{由 } \Phi_I = \frac{t_{w_1} - t_{w_2}}{R_{\lambda 1}} = \frac{t_{w_2} - t_{w_3}}{R_{\lambda 2}} = \frac{t_{w_3} - t_{w_4}}{R_{\lambda 3}}, \text{ 得:}$$

$$t_{w_2} = t_{w_1} - \Phi_I \cdot R_{\lambda 1} = 400 - 353.1 \times 0.000228 = 399.92 \approx 400^\circ \text{C}$$

$$t_{w_3} = t_{w_4} + \Phi_I \cdot R_{\lambda 3} = 50 + 353.1 \times 0.346 = 172.17^\circ \text{C}$$

3. 努赛尔数 Nu 与毕渥数 Bi 的表达式十分相似, 但其物理含义却完全不同, 试分析二者都有哪些区别。(8 分)

从形式上看, 努赛尔数和毕渥数完全相同, 但二者的物理意义却不同. 努赛尔数中的 λ 为微流体的导热系数, 而一般 h 未知, 因而努赛尔数一般是待定准则. 努赛尔数的物理意义表示避免附近流体的无量纲温度梯度, 它表示流体对流换热的强弱. 而毕渥数中的 λ 为导热物体的导热系数, 且一般情况下 h 已知, 毕渥数一般是已定准则. 毕渥数的物理意义是导热体内部导热热阻与外部对流热阻的相对大小.

4. 物体表面对热辐射的反射分为哪两种现象? 这两种现象有什么区别? (8 分)

镜反射和漫反射

镜反射的特点是反射角等于入射角
漫反射时被反射的辐射能在物体表面上方定向各个方向上均匀分布

- 2、某一定量工质, 经历了 1-2-3-4-1 四个过程组成的循环, 请填充下表中空缺的数据。

过程	Q/kJ	W/kJ	$\Delta U/kJ$
1-2	1390	0	1390
2-3	0	395	
3-4		0	-1000
4-1	0		

密

封

线

内

不

准

答

题

3、现有一根外径 $d=500\text{mm}$ 的水管横置在高温烟道中，已知水管外壁面温度 $t_w = 75^\circ\text{C}$ ，烟气的温度 $t_f = 600^\circ\text{C}$ ，烟气的流速 $u=15\text{m/s}$ ，单位长度水管的换热量 $\phi_f = 2.7 \times 10^4 \text{W/m}$ 。假设烟气的物性参数均为常数，试问：若烟气的速度降低为 $u'=7.5\text{m/s}$ ，同时水管的外径增加到 $d'=1000\text{mm}$ ，并维持 t_w 、 t_f 不变，这时单位管长的换热量为多少？

$$q_I = \pi d h (t_f - t_w)$$

$$\rightarrow h = \frac{q_I}{\pi d (t_f - t_w)} = \frac{1.5 \times 10^4}{\pi \times 0.1 \times (500 - 80)} = 113.7 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

(2) 据 $Re = \frac{ud}{v}$, 可得 $Re' = Re$, 又 $Pr' = Pr$, 据相似理论

$$Nu' = Nu, \rightarrow \frac{h'd'}{\lambda} = \frac{hd}{\lambda} \rightarrow h' = \frac{d}{d'}h = \frac{1}{2}h$$

$$q'^I = \pi d' h' (t_f - t_w) = \pi \cdot 2d \cdot \frac{1}{2}h \cdot (t_f - t_w) \\ = \pi dh \cdot (t_f - t_w) = q_I = 1.5 \times 10^4 \text{ W/m}$$

解：12 $Q_{12} = \Delta U_{12} + W_{12} = 1390 + 0 = 1390 \text{ kJ}$

23 $Q_{23} = \Delta U_{23} + W_{23} \Rightarrow \Delta U_{23} = -W_{23} = -395 \text{ kJ}$

34 $Q_{34} = \Delta U_{34} + W_{34} = -1000 + 0 = -1000 \text{ kJ}$

41 对于循环, $\oint \delta Q = \oint \delta w$,

即 $Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41} = W_{12} + W_{23} + W_{34} + W_{41}$

所以 $W_{41} = (1390 + 0 - 1000 + 0) - (0 + 395 + 0) = -5 \text{ kJ}$

而

$\Delta U_{41} = Q_{41} - W_{41} = 5 \text{ kJ}$

所以,

过程	Q/kJ	W/kJ	ΔU/kJ
12	1390	0	1390
23	0	395	-395
34	-1000	0	-1000
41	0	-5	5

