

## 第九章作业

11. 什么是非稳态导热的正规状况阶段？有什么特点？

初始条件的影响消失(物体内部任一点均不处于初始温度), 瞬态导热的主要阶段。

特点: 非稳态导热进行了一段时间后, 物体内部各点的温度变化遵循相同的规律。

12. 写出傅里叶数  $Fo$  及毕渥数  $Bi$  的表达式, 并说明它们的物理意义。

$$Fo = \frac{a\tau}{\delta^2} = \frac{\tau}{\frac{\delta^2}{a}}, \quad Fo \text{ 表征非稳态过程进行深度的无量纲时间, 因而是区分初始阶段与正规阶段的判据。}$$

$$Bi = \frac{h\delta}{\lambda} = \frac{\frac{\delta}{\lambda}}{\frac{1}{h}}, \quad Bi \text{ 为无量纲热阻, 决定着物体内部温度分布的特征。}$$

9-12 热电偶的热接点可以近似地看做球形, 已知其直径  $d = 0.5 \text{ mm}$ 、材料的密度  $\rho = 8500 \text{ kg/m}^3$ 、比热容  $c = 400 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ 。热电偶的初始温度为  $25^\circ\text{C}$ , 突然将其放入  $120^\circ\text{C}$  的气流中, 热电偶表面与气流间的表面传热系数为  $90 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ , 试求:

(1) 热电偶的时间常数;

(2) 热电偶的过余温度达到初始过余温度的 1% 时所需的时间。

(1) 设电热阻为康铜

$$Bi_v = \frac{hR}{\lambda} = \frac{90 \times \frac{0.5 \times 10^{-3}}{2}}{22} = 1.022 \times 10^{-3} < 0.1 \Rightarrow \text{可用集总参数法}$$

$$\tau_c = \frac{\rho c V}{hA} = \frac{8500 \times 400 \times \frac{4}{3} \pi (\frac{0.5 \times 10^{-3}}{2})^3}{90 \times 4 \pi (\frac{0.5 \times 10^{-3}}{2})^2} = 3.148 \text{ s}$$

$$(2) \quad \frac{\theta}{\theta_0} = e^{-Bi_v Fo} = e^{-\frac{hA\tau}{\rho c V}} = 1\%$$

$\Downarrow$

$$-\frac{hA\tau}{\rho c V} = \ln 0.01$$

$$\tau = \frac{\ln 0.01}{-\frac{hA}{\rho c V}}$$

$$\tau = \frac{\ln 0.01}{-\frac{90 \times 4 \pi \times (\frac{0.5 \times 10^{-3}}{2})^2}{8500 \times 400 \times \frac{4}{3} \pi (\frac{0.5 \times 10^{-3}}{2})^3}}$$

$$\tau = 14.50 \text{ s}$$

9-14 将一块厚度为 5 cm、初始温度为 250 °C 的大钢板突然放置于温度为 20 °C 的气流中，钢板壁面与气流间对流换热的表面传热系数为 100 W/(m<sup>2</sup> · K)。已知钢板的热导率  $\lambda = 47$  W/(m · K)、热扩散率  $a = 1.47 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s，试求：

- (1) 5 min 后钢板的中心温度和距壁面 1.5 cm 处的温度；
- (2) 钢板表面温度达到 150 °C 时所需的时间。

$$(1) \quad Bi_v = \frac{hr}{\lambda} = \frac{100 \times \frac{0.05}{2}}{47} = 0.053 < 0.1 \Rightarrow \text{可用集总参数法}$$

$$\frac{\theta}{\theta_0} = e^{-\frac{hlat}{\lambda l^2}} = e^{-\frac{100 \times 1.47 \times 10^{-5} \times 5 \times 60}{47 \times \frac{0.05^2}{2}}} = 0.687$$

因为  $Bi_v < 0.1$ ，可认为温度均匀分布

$$t_w = t_{1.5} = 20 + (250 - 20) \times 0.687 = 178.01^\circ\text{C}$$

$$(2) \quad \frac{\theta}{\theta_0} = e^{-\frac{hlat}{\lambda l^2}}$$

$$\frac{150 - 20}{250 - 20} = e^{-\frac{100 \times 1.47 \times 10^{-5} \tau}{47 \times \frac{0.05^2}{2}}}$$

$$\tau = \frac{\ln \frac{150 - 20}{250 - 20}}{-\frac{100 \times 1.47 \times 10^{-5}}{47 \times \frac{0.05^2}{2}}}$$

$$\tau = 456.05 \text{ s}$$