

# 山西能源学院教案

授课班级 能动 1701-1704 授课时间\_\_\_\_\_ 计 2 学时

课题（章节及内容）	第三章 非稳态热传导 3.1 非稳态导热的基本概念
教学目的和要求	理解非稳态导热过程的类型及特点； 掌握第三类边界条件下 Bi 数对平板中温度分布的影响。
重点难点	第三类边界条件下 Bi 数对平板中温度分布的影响。
教学进程（含课堂教学内容、教学方法、辅助手段等）	教学内容：非稳态导热过程的类型及特点，导热微分方程解的唯一性定律，第三类边界条件下 Bi 数对平板中温度分布的影响。 教学方法：讲授与练习、启发讨论、诱导式、归纳总结法。
作业布置	复习题 1, 3
主要参考资料	《传热学》第四版，杨世铭，陶文铨， 高等教育出版社，2006 年 8 月
课后自我总结分析	

# 山西能源学院教案

## 第三章 非稳态热传导

### 3-1 非稳态导热的基本概念

许多工程问题需要确定：物体内部温度场随时间的变化，或确定其内部温度达某一极限值所需的时间。如：机器启动、变动工况时，急剧的温度变化会使部件因热应力而破坏。因此，应确定其内部的瞬时温度场。钢制工件的热处理是一个典型的非稳态导热过程，掌握工件中温度变化的速率是控制工件热处理质量的重要因素；金属在加热炉内加热时，要确定它在炉内停留的时间，以保证达到规定的中心温度。

#### 一、非稳态导热

1、定义：物体的温度随时间而变化的导热过程称非稳态导热。

2、分类：根据物体内部温度随时间而变化的特征不同分：

1) 物体的温度随时间的推移逐渐趋于恒定值，即： $\tau \uparrow t = const$ 。

2) 物体的温度随时间而作周期性变化。

如图 3-1 所示，设一平壁，初值温度  $t_0$ ，令其左侧的表面温度突然升高到  $t_1$  并保持不变，而右侧仍与温度为  $t_0$  的空气接触，试分析物体的温度场的变化过程。

首先，物体与高温表面靠近部分的温度很快上升，而其余部分仍保持原来的  $t_0$ 。

如图中曲线 HBD，随时间的推移，由于物体导热温度变化波及范围扩大，到某一时间后，右侧表面温度也逐渐升高，如图中曲线 HCD、HE、HF。

最后，当时间达到一定值后，温度分布保持恒定，如图中曲线 HG（若  $\lambda = const$ ，则 HG 是直线）。

由此可见，上述非稳态导热过程中，存在着右侧面参与换热与不参与换热的两个不同阶段。

(1) 第一阶段（右侧面不参与换热）

温度分布显现出部分为非稳态导热规律控制区和部分为初始温度区的混合

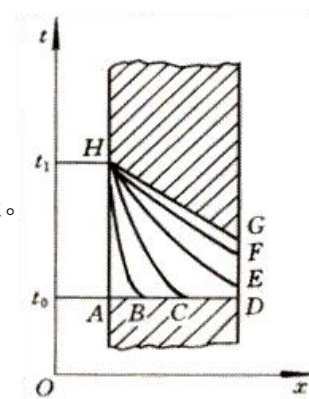


图 3-1 非稳态导热过程中的温度分布

分布，即：在此阶段物体温度分布受  $t$  分布的影响较大，此阶段称非正规状况阶段。

### (2) 第二阶段，(右侧面参与换热)

当右侧面参与换热以后，物体中的温度分布不受  $t_0$  影响，主要取决于边界条件及物性，此时，非稳态导热过程进入到正规状况阶段。正规状况阶段的温度变化规律是本章讨论的重点。

二类非稳态导热的区别：前者存在着有区别的两个不同阶段，而后者不存在。

### 3、特点：

非稳态导热过程中，在与热流量方向相垂直的不同截面上热流量不相等，这是非稳态导热区别于稳态导热的一个特点。

原因：由于在热量传递的路径上，物体各处温度的变化要积聚或消耗能量，所以，在热流量传递的方向上  $\neq \text{const}$ 。

## 二、非稳态导热的数学模型

### 1、数学模型

$$\left. \begin{array}{l} \text{初始条件} \\ \text{边界条件} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \text{导热微分方程} \\ \text{定解条件} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{特定的非稳态导热问题}$$

非稳态导热问题的求解  $\Rightarrow$  规定的 { 初始条件, 边界条件 } 下, 求解导热微分方程。

### 2、讨论物体处于恒温介质中的第三类边界条件问题

在第三类边界条件下, 确定非稳态导热物体中的温度变化特征与边界条件参数的关系。

已知：平板厚  $2\delta$ 、初温  $t_0$ 、表面传热系数  $h$ 、平板导热系数  $\lambda$ ，将其突然置于温度为  $t_\infty$  的流体中冷却。

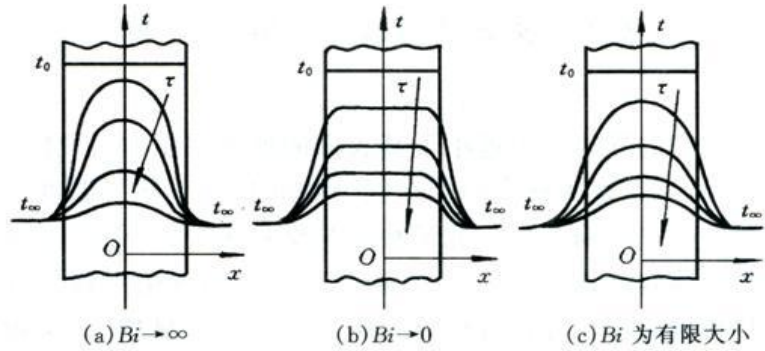


图 3-2 毕渥数  $Bi$  对平板温度场变化的影响

试分析在以下三种情况： $\delta/\lambda \ll 1/h$ 、 $\delta/\lambda \gg 1/h$ 、 $\delta/\lambda = 1/h$  时，平板中温度场的变化。

1)  $1/h \ll \delta/\lambda$

因为  $\frac{\delta}{\lambda}$  忽略，当平板突然被冷却时，其表面温度就被冷却到  $t_\infty$ ，随着时间的延长，平板内各点  $t \rightarrow t_\infty$ ，如图 3-2 (a)。

2)  $1/h \gg \delta/\lambda$

因为  $\delta/\lambda$  忽略不计，即平板内导热的流量接近于无穷大，所以任意时刻平板中各点温度接近均匀，随着时间的延长，平板内各点  $t \rightarrow t_\infty$ ，而且整体温度下降如图 3-2 (b)。

3)  $1/h = \delta/\lambda$

平板中的温度分布介于二者之间，如图 3-2 (c)。

由此可见，表面对流换热热阻  $1/h$  与导热热阻  $\delta/\lambda$  的相对大小对物体中非稳态导热的温度场的分布有重要影响，因此，引入表征二者比值的无量纲数，毕渥数。

### 3、毕渥数

1) 定义式：

$$Bi = \frac{\delta/\lambda}{1/h} = \frac{\delta h}{\lambda} \quad (3-1)$$

毕渥数属特征数（准则数）。

2)  $Bi$  物理意义： $Bi$  的大小反映了物体在非稳态条件下内部温度场的分布规律。

3) 特征数（准则数）：表征某一物理现象或过程特征的无量纲数。

4) 特征长度：是指特征数定义式中的几何尺度。

