

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）	第二章 稳态热传导 2.1 导热基本定律-傅里叶定律
教学目的和要求	掌握温度场、等温面、温度分布等定义。 了解气、液、固三种物质形态下的热传递； 掌握热力学第一定律，内热源等定义； 掌握傅里叶定律的应用。
重点难点	傅里叶定律； 导热系数的物理意义和影响因素。
教学进程（含课堂教学内容、教学方法、辅助手段等）	教学内容：各类物体的导热机理；温度场、等温面、温度分布，傅里叶定律，导热系数。 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, 2
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

第二章 稳态热传导

2.1 导热基本定律-傅里叶定律

一、温度场

1、概念：温度场是指在各个时刻物体各点温度分布的总称。

由傅立叶定律知：物体导热热流量与温度变化率有关，所以研究物体导热必涉及到物体的温度分布。一般地，物体的温度分布是坐标和时间的函数。

$$\text{即： } t = f(x, y, z, \tau)$$

其中 x, y, z 为空间坐标， τ 为时间坐标。

2、温度场分类

1) 稳态温度场（定常温度场）：是指在稳态条件下物体各点的温度分布不随时间的改变而变化的温度场称稳态温度场，其表达式 $t = f(x, y, z)$ 。

2) 稳态温度场（非定常温度场）：是指在变动工作条件下，物体中各点的温度分布随时间而变化的温度场称非稳态温度场，其表达式 $t = f(x, y, z, \tau)$ 。

若物体温度仅一个方向有变化，这种情况下的温度场称一维温度场。

3、等温面及等温线

1) 等温面：对于三维温度场中同一瞬间同温度各点连成的面称为等温面。

2) 等温线

(1) 定义：在任何一个二维的截面上等温面表现为等温线。一般情况下，温度场用等温面图和等温线图表示。

(2) 等温线的特点：物体中的任何一条等温线要么形成一个封闭的曲线，要么终止在物体表面上，它不会与另一条等温线相交。

(3) 等温线图的物理意义：若每条等温线间的温度间隔相等时，等温线的疏密可反映出不同区域导热热流密度的大小。若 Δt 相等，且等温线越疏，则该区域热流密度越小；反之，越大。

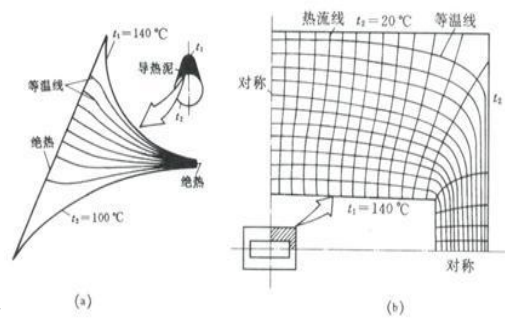


图 2-1 温度场的图示

二、导热基本定律

傅立叶定律表达式

$$\Phi = -\lambda A \frac{dt}{dx}$$
$$q = \frac{\Phi}{A} = -\lambda \frac{dt}{dx}$$

适用条件：（1）一维导热（2）一块平板两侧表面温度分别维持各自均匀的温度。这有一定的局限性。

1、导热基本定律（傅立叶定律）

1) 定义：在导热现象中，单位时间内通过给定截面所传递的热量，正比例于垂直于该截面方向上的温度变化率，而热量传递的方向与温度升高的方向相反，即

$$\frac{\Phi}{A} \sim \frac{\partial t}{\partial x}。$$

2) 数学表达式：
$$\Phi = -\lambda A \frac{\partial t}{\partial x}$$

（负号表示热量传递方向与温度升高方向相反）

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x}$$

（负号表示热量传递方向与温度升高方向相反）

其中 q ——热流密度 W/m^2 （单位时间内通过单位面积的热流量）

$\frac{\partial t}{\partial x}$ ——物体温度沿 x 轴方向的变化率

若物体温度分布满足： $t = f(x, y, z)$ 时，则三个方向上单位矢量与该方向上的热流密度分量乘积合成一个热流密度矢量。则傅立叶定律的一般数学表达式是对热流密度矢量写出的，其形式为

$$\vec{q} = -\lambda \text{grad}t = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \vec{n}$$

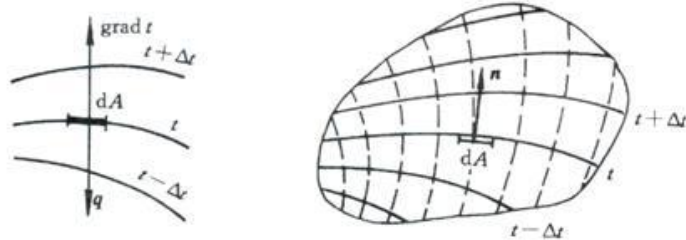
其中 $\text{grad}t$ ——空间某点的温度梯度；

\vec{n} ——通过该点的等温线上的法向单位矢量，并指向温度升高的方向；

\vec{q} ——为该点的热量密度矢量

2、温度梯度与热流密度矢量的关系

如图 2-2（a）所示，表示了微元面积 dA 附近的温度分布及垂直于该微元面积的热流密度矢量的关系。



(a) 温度梯度与热流密度矢量 (b) 等温线(实线)与热流线(虚线)

图 2-2 等温线与热流线

1) 热流线

定义：热流线是一组与等温线处处垂直的曲线，通过平面上任一点的热流线与该点的热流密度矢量相切。

2) 热流密度矢量与热流线的关系：在整个物体中，热流密度矢量的走向可用热流线表示。如图 2-2 (b) 所示，其特点是相邻两个热流线之间所传递的热流密度矢量处处相等，构成一热流通道。

三 、 导热系数 λ (导热率、比例系数)

1 、 导热系数的含义：导热系数数值上等于在单位温度梯度作用下物体内所产生的热流密度矢量的模。

$$\lambda = -\bar{q} / \frac{\partial t}{\partial n} \bar{n}$$

2 、 特点：其大小取决于：(1) 物质种类 ($\lambda_{\text{金}} > \lambda_{\text{液}} > \lambda_{\text{气}}$)；

(2) 物质的 λ 与 t 的关系，如图教材 2-3 所示。

说明：工程实用计算中可用线性近似关系表达： $\lambda = \lambda_0(1 + bt)$

其中 t —— 温度 b —— 常数 λ_0 —— 该直线延长与纵坐标的截距

3 、 保温材料 (隔热、绝热材料)

把导热系数小的材料称保温材料。我国规定：平均温度不高于 350°C 时的导热系数不大于 $0.12 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的材料称为保温材料。保温材料导热系数界定值的大小反映了一个国家保温材料的生产及节能的水平。 λ 越小，生产及节能的水平越高(我国 50 年代 $0.23/\text{mk}$, 80 年代 GB4272-84 为 $0.14\text{w}/\text{mk}$ GB427-92 $0.12\text{w}/\text{mk}$)。

4 、保温材料热量转移机理 (高效保温材料)

高温时: (1) 蜂窝固体结构的导热

(2) 穿过微小气孔的导热

更高温度时: (1)蜂窝固体结构的导热

(2)穿过微小气孔的导热和辐射

5 、超级保温材料

采取的方法: (1) 夹层中抽真空 (减少通过导热而造成热损失)

(2) 采用多层间隔结构 (1cm 达十几层)

特点: 间隔材料的反射率很高, 减少辐射换热, 垂直于隔热板上的导热系数可达: $10 - 4\text{w/mk}$

6 、各向异性材料

指有些材料 (木材, 石墨) 各向结构不同, 各方向上的 λ 也有较大差别, 这些材料称各向异性材料。此类材料 λ 必须注明方向。相反, 称各向同性材料。