传热学

绪论 [-1]

- 热能传递的三种基本方式
  - 热传导
  - 热对流
  - 热辐射
- 传热过程

导热 [2-0.5]

- 导热基本定律——傅里叶导热定律 $\Phi = -\lambda A \frac{dt}{dx}$
- 导热稳态过程 $\frac{\partial t}{\partial x}=\frac{\partial t}{\partial y}=\frac{\partial t}{\partial z}=0$ 导热量 Φ 导热系数 λ 导热热阻 $R=\frac{\delta}{\lambda A}$
- 导热过程 [2]
  - 导热机理
    - 气体：分子动能法，碰撞
    - 液体：晶格振动，热运动
    - 金属：主要为自由电子的移动
    - 固体：主要为晶格振动
    - 非金属：晶格振动
  - 一维稳态导热问题的**数学模型**
    - 单层平壁
      - 温度分布（线性）：$t=\frac{t_{w1}-t_{w2}}{\delta}x+t_{w1}$
      - 热阻：$R=\frac{\delta}{\lambda A}$
    - 单层圆筒壁
      - 温度分布：$t=\frac{t_{w1}-t_{w2}}{\ln(r_2/r_1)}\ln(r/r_1)+t_{w1}$
      - 热阻：$R=\frac{\ln(d_2/d_1)}{2\lambda L}$
    - 结论：
      - 热阻：$R=\frac{1}{\alpha_1 A_1}+\frac{\delta_1}{\lambda_1 A_1}+\frac{\delta_2}{\lambda_2 A_2}+\frac{1}{\alpha_2 A_2}$
    - 肋板：肋效率和肋面积
    - 多维导热问题
    - 数值解法
    - 导热问题的分类
      - 内部无热源
      - 内部有热源
      - 无时间项
      - 有时间项
      - 稳态导热
      - 非稳态导热
      - 常物性
      - 变物性
      - 无相变导热
      - 有相变导热
  - 肋效率 [1]
    - 肋片类型(矩形、锥形、等截面、大量肋（解析形式的分析解析两类推广至实用）)
    - 肋效率角度
    - 物理等 $\eta=$ 肋实际散热量/肋表面温度下肋基面处散热量
    - 分析
      - 假设
      - 温度肋方程组
      - 求出肋片温度
      - 求解肋效率
      - 肋效率公式
      - 肋效率的解析解法
      - 肋效率小结
  - 肋片问题的强解法 [2]
    - 内节点离散方程
    - 外节点
    - 内部节点
    - 边界节点离散方程
    - 内部节点
    - 求解肋效率的解析解法

对流传热 [5-3]

- 概述 [1]
  - 定义：流体流动因素时，流体与固体表面之间的换热现象 — 实际的对流，对流传热不是基本传热方式
  - 影响因素
    - 流体的成因
    - 流体有无相变
    - 流体流动状态
    - 传热表面几何因素
    - 流体物理性质
  - 分类
    - 强制对流
    - 自然对流
    - 单相对流
    - 相变对流
    - 内部流动
    - 外部流动
    - 大空间
    - 有限空间
    - 层流对流
    - 湍流对流
    - 强制对流
    - 自然对流
    - 相变对流传热
- 数学模型
  - 对流传热问题
    - 流体为强制性介质，固体已知
    - 流体为不可压缩牛顿流体
    - 流体物性为常数，无内热源
    - 忽略流体动能和动能耗散，忽略自不对称项
    - 忽略自然对流产生的浮升力
  - 控制方程
    - 质量守恒方程：$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial \rho u}{\partial x}+\frac{\partial \rho v}{\partial y}+\frac{\partial \rho w}{\partial z}=0$（连续性方程）
    - 动量守恒方程（N-S方程）：$\rho\frac{\partial u}{\partial t}+\rho\frac{\partial u u}{\partial x}+\rho\frac{\partial u v}{\partial y}+\rho\frac{\partial u w}{\partial z}=\rho F_x-\frac{\partial p}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)$
      - $\rho\frac{\partial v}{\partial t}+\rho\frac{\partial u v}{\partial x}+\rho\frac{\partial v v}{\partial y}+\rho\frac{\partial w v}{\partial z}=\rho F_y-\frac{\partial p}{\partial y}+\mu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right)$
      - $\rho\frac{\partial w}{\partial t}+\rho\frac{\partial u w}{\partial x}+\rho\frac{\partial v w}{\partial y}+\rho\frac{\partial w w}{\partial z}=\rho F_z-\frac{\partial p}{\partial z}+\mu\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right)$
      - 等号左边 $\rho\frac{Du}{Dt}$ 称惯性项 $\rho\frac{Dv}{Dt}$ 称惯性项 $\rho\frac{Dw}{Dt}$ 称惯性项
    - 能量守恒方程（内能方程）：$\rho\frac{\partial i}{\partial t}+\rho\frac{\partial u i}{\partial x}+\rho\frac{\partial v i}{\partial y}+\rho\frac{\partial w i}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda\frac{\partial t}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda\frac{\partial t}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda\frac{\partial t}{\partial z}\right)+\Phi$
    - 等号左边 $\rho\frac{Di}{Dt}$ 称惯性项 $\rho\frac{Dt}{Dt}$ 称惯性项
    - 等号右边 Φ 称耗散项
  - 边界条件
    - 第一类边界条件：给定壁面温度
    - 第二类边界条件：给定壁面热流密度
    - 第三类边界条件：给定壁面周围流体温度和壁面与流体之间的换热系数
  - 相似理论
    - 相似准则
      - 努谢尔特数(努谢尔特准则)：$Nu=\frac{hl}{\lambda}$
      - 表征壁面法线方向上的无量纲温度梯度
      - 雷诺数(雷诺准则)：$Re=\frac{\rho u l}{\mu}$
      - 惯性力与粘性力之比的度量
      - 格拉晓夫数(格拉晓夫准则)：$Gr=\frac{g\beta\Delta t l^3}{\nu^2}$
      - 浮升力与粘性力之比的度量
      - 普朗特数(普朗特准则)：$Pr=\frac{\nu}{a}$
      - 表征物性影响的准则
      - 佩克莱数(佩克莱准则)：$Pe=Re\cdot Pr$
      - 表征惯性力与热扩散率之比的度量
    - 相似原理
      - 相似现象的定义
      - 相似现象的性质
      - 相似现象的判别
      - 相似现象的应用
  - 对流换热的强化
    - 强化换热的原理
    - 强化换热的方法
    - 强化换热的应用
- 单相对流换热的实验关联式 [1]
  - 相关概念
    - 定性温度 t_m
    - 特征尺寸 l
    - 流体物理参数
    - 平均温度 $t_m=\frac{1}{2}(t_w+t_f)$
    - 平均物性
    - 当量直径 $d_e=\frac{4A}{P}$
    - 定性温度 $t_f=\frac{1}{2}(t_f+t_f)$
    - 平均物性
    - 当量直径 $d_e=\frac{4A}{P}$
  - 相似理论
    - 相似准则
    - 相似现象
    - 相似准则之间的关系
    - 相似准则的应用
  - 相似原理与量纲分析
    - 相似现象的定义
    - 相似现象的性质
    - 相似现象的判别
    - 相似现象的应用
  - 内部强制对流换热
    - 特征
      - 流动
        - 层流：$Re<2300$
        - 过渡区：$2300\le Re<10000$
        - 充满湍流：$Re\ge10000$
      - 入口段换热方程组
        - 进口段：$\frac{l}{d}<50$
        - 充分发展段：$\frac{l}{d}>50$
        - 进口段 $\frac{l}{d}<0.05Re$
        - 充分发展段 $\frac{l}{d}>0.05Re$
        - 入口段内总平均值：$\overline{Nu}_m=0.036Re^{0.8}Pr^{0.33}\left(\frac{d}{l}\right)^{0.054}$
      - 换热准则（努塞尔数）：$Nu_f=0.023Re_f^{0.8}Pr_f^n$
      - 定性温度 $t_m=\frac{1}{2}(t_w+t_f)$
      - 特征尺寸 d
      - 流体物理参数
      - 平均物性
      - 当量直径 $d_e=\frac{4A}{P}$
      - 定性温度 $t_f=\frac{1}{2}(t_f+t_f)$
      - 平均物性
      - 当量直径 $d_e=\frac{4A}{P}$
    - 实验关联式
      - 特征
        - 流体
          - 液体（非常物性）
          - 气体
          - 高速流体（非常物性）
          - 管内强制对流
          - 管外强制对流
          - 管束强制对流
          - 螺旋管、弯曲管强制对流
          - 多孔介质
          - 自然对流
          - 相变对流
          - 沸腾
          - 冷凝
          - 相变对流
          - 相变对流
          - 相变对流
        - 定性温度
        - 特征尺寸
        - 流体物理参数
        - 平均物性
        - 当量直径