

工程传热学

一、绪论

- 热传递基本方式
 - 热传导：温差、直接接触、无宏观位移、依靠微观粒子传递能量
 - 傅里叶导热定律
 - 热流量、热流密度、导热系数、导热热阻
 - 热对流：温差、流体宏观运动、依靠冷热流体掺混传递能量
 - 对流换热：热对流和热传导共同作用
 - 牛顿冷却公式、表面传热系数、对流热阻
 - 热辐射：热运动产生电磁波传递能量、伴随能量转换、无需介质
 - 黑体、斯忒藩-玻尔兹曼定律
 - 实际物体表面发射率
- 传热过程与传热系数
 - 热传导、热对流、热辐射组合形成热量传递
 - 传热系数、总热阻、导热热阻和对流热阻串联计算

二、稳态导热

- 基本概念
 - 温度场、温度梯度、傅里叶定律一般形式
 - 导热系数、导热微分方程、定解条件（几何、物理、初始、边界）
- 一维稳态导热
 - 无内热源平壁
 - 导热系数为常数：温度线性分布、平壁导热热阻、多层平壁热阻串联
 - 导热系数是温度线性函数：温度分布为二次曲线、基于傅里叶定律对温度曲线凹凸定性判断、换热量计算可采用平均温度下导热系数
 - 接触热阻成因及影响因素、减小接触热阻方法
 - 无内热源圆筒壁
 - 温度分布为对数曲线、凹心性定性判断、热流量不变、热流密度与半径成反比
 - 圆筒壁导热热阻、多层圆筒壁热阻串联（保温层计算）
 - 无内热源球壁
 - 温度分布、球壁导热热阻
 - 内热源平壁
 - 对称第三类边界条件下温度分布为抛物线、极点为中心、热流密度（热流量）与距离成正比、定壁温边界条件下温度分布
 - 内热源圆柱
 - 定壁温边界条件下温度分布、通电导线温度及散热量计算
 - 肋片
 - 增加散热面积

三、非稳态导热

- 基本过程
 - 温度场随时间的变化、温度和热流量随时间的变化、穿透时间、非正规/正规阶段
 - 边界条件对温度分布的影响：导热热阻和对流热阻三种情况下温度分布
 - 毕渥数、集总参数系数： $Bi < 1$ ，物体内温度分布均匀，与空间位置无关，仅为时间函数
- 集总参数法
 - 对集总参数系数基于能量守恒、得到过余温度随时间的指数衰减函数、时间常数
 - 判定条件： $Bi < 0.1$ ，形状修正因子的选取
 - 计算步骤：（1）计算毕渥数，判断是否为集总参数系数；（2）过余温度公式、计算时间或温度

四、对流传热原理

- 概念
 - 对流传热过程的描述、分类：流动起因分强制对流和自然对流、流动状态分层流和紊流、等
 - 对流传热微分方程（注意和导热的第三类边界条件区分）
- 层流微分方程组
 - 连续性方程
 - 动量微分方程：动量随时间变化项、惯性力项、体积力项、压力项、粘性力项
 - 能量微分方程：能量随时间变化项、热对流项、热传导项
 - 单值性条件：几何、物理、时间、边界（定壁温和定热流）
- 相似理论
 - 含义：凡同类现象、单值性条件相似、同名已定特征数相等，则现象相似；据此，两个现象彼此相似，则同名准则数相等
 - 方法：对流传热方程组无量纲化
 - 结果：物性量、几何量和过程量按物理过程的特征组合成无量纲数，称为准则
 - 意义：实验得到具体的准则关系式，就等于解决了同一类型的所有对流传热问题
 - 准则数的公式及意义（欧拉数、雷诺数、贝克来数、普朗特数、努塞尔数）
 - 特征尺寸、特征流速、定性温度分别表征几何、流动、换热特征
- 边界层理论
 - 速度边界层定义、热边界层定义、速度边界厚度与热边界层厚度关系
 - 边界层的意义：减小计算区域、简化微分方程组（量级分析）

七、辐射换热计算

- 透明介质辐射换热
 - 角系数概念及性质（相对性、完整性、可加性）
 - 角系数求解（纯几何量）、代数法（三个非凹面、两个凸面）、应用三个性质求解复杂形状情况
- 透明介质灰体间辐射换热
 - 有效辐射
 - 重辐射面（绝热表面）
 - 空间辐射势差、空间辐射热阻
 - 两次表面
 - 三灰表面（基本、黑体、绝热）
 - 多灰表面辐射换热网络法
 - 辐射屏
- 计算步骤
 - 按热平衡关系画出辐射网络图
 - 计算表面相应的黑体辐射力、表面辐射热阻、角系数和空间辐射热阻
 - 利用节点热平衡确定辐射节点方程
 - 求解节点方程得出表面的有效辐射
 - 确定灰表面的辐射热流和与其它表面间的交换热流量

六、辐射换热基础

- 基本概念
 - 热运动引起的电磁波、热辐射定义、辐射换热
 - 吸收率、反射率、透射率、黑体、白体、镜体、透明体
 - 镜面反射、漫反射、决定因素、工业温度内近似漫反射
- 黑体辐射和吸收
 - 总辐射力、单色辐射力、方向辐射力、单色方向辐射力、不同辐射力的关系、立体角
 - 定向辐射强度、可见面积、定向辐射强度与方向辐射力关系
- 实际物体辐射和吸收
 - 普朗克定律（辐射力与波长）、维恩定律（最大辐射力波长与温度）、斯忒藩-玻尔兹曼定律（辐射力与温度）、波段辐射函数、兰贝特定律（等温）、吸收比
 - 实际物体辐射力的计算
 - 总发射率、单色发射率、方向发射率、单色方向发射率、单色发射率到总发射率计算
 - 漫射表面（大多工程材料近似）
 - 与自身和投入辐射相关、选择性吸收（温室效应）、吸收比
 - 吸收
 - 灰体
 - 漫灰表面
 - 基尔霍夫定律、不同层次的表达

五、对流换热计算

- 计算流程
 - 确定定性温度、物性参数
 - 确定特征尺寸、特征流速
 - 计算Re数/Gr数、确定流动状态（层流、过渡流、紊流），选择Nu准则式
 - 由Nu准则式计算表面传热系数h
 - 牛顿冷却公式计算换热量（对于管内流动，还需基于能量守恒确定未知参数）
- 强制对流
 - 外掠平板：特征尺寸为板长、特征流速为来流速度、定性温度为膜温度、临界雷诺数 Re_{cr} 、表面传热系数的变化
 - 外掠圆管：特征尺寸为圆管外径、特征流速为来流速度、定性温度为膜温度（某些Nu有特别定义）、层流（ $10 < Re < 1.5e5$ ）、紊流（ $Re > 1.5e5$ ）、表面传热系数的变化
 - 外掠管束：特征尺寸为圆管外径、特征流速为最大速度、定性温度为进出口流体平均温度、冲击角修正
 - 管内流动：（1）流动/热进口段、充分发展段、特征尺寸为圆管内径、特征流速为截面平均速度、定性温度为进出口流体平均温度；（2）层流（ $Re < 2300$ ）、紊流（ $Re > 1e4$ ）、过渡流（ $2300 < Re < 1e4$ ）；（3）粘度修正、弯管修正、入口效应；（4）求管长或温度的两类计算
- 自然对流
 - 定义、边界层速度分布、温度分布、表面传热系数变化
 - 格拉晓夫数Gr公式和物理意义、气体膨胀系数 $1/T$
 - 不同自然对流系统特征尺寸、特征温度的选取