

弹性力学仿真软件：ADINA：热结构耦合分析技术教程

1 弹性力学仿真软件：ADINA：热结构耦合分析

1.1 ADINA 软件概述

ADINA (Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis) 是一款由美国 ADINA 系统公司开发的高级有限元分析软件，广泛应用于结构力学、流体动力学、热力学以及多物理场耦合分析等领域。自 1982 年首次发布以来，ADINA 不断更新迭代，其强大的求解器和用户友好的界面使其成为工程分析和设计的首选工具。

ADINA 的核心优势在于其能够处理复杂的非线性问题，包括材料非线性、几何非线性和接触非线性。此外，ADINA 还提供了丰富的单元类型和材料模型，支持多种载荷和边界条件，以及先进的后处理功能，使得用户能够深入理解分析结果。

1.1.1 热结构耦合分析的重要性

在许多工程应用中，结构的温度变化会直接影响其力学性能，反之亦然。例如，在航空航天、能源、汽车和电子行业，高温或温度梯度可能导致结构变形、应力集中，甚至材料性能的改变。热结构耦合分析能够预测这些效应，帮助工程师设计更安全、更高效的产品。

热结构耦合分析在 ADINA 中通过以下步骤实现：

1. **热分析：**首先，进行热传导分析，计算结构在给定热载荷下的温度分布。
2. **结构分析：**然后，基于热分析的结果，进行结构力学分析，考虑温度变化引起的热应力和变形。
3. **耦合求解：**ADINA 能够同时求解热和结构方程，确保温度和应力的相互影响被准确地考虑在内。

1.2 热结构耦合分析原理

热结构耦合分析基于能量守恒和热力学第一定律，通过求解热传导方程和结构力学方程来实现。热传导方程描述了热量在结构中的分布，而结构力学方程则考虑了温度变化对结构力学性能的影响。

1.2.1 热传导方程

热传导方程通常表示为：

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q$$

其中， ρ 是材料的密度， c 是比热容， T 是温度， k 是热导率， Q 是热源。这个方程描述了在给定时间内，材料内部的温度变化是由热源、热导率和比热容共同作用的结果。

1.2.2 结构力学方程

结构力学方程考虑了温度变化引起的热应力，通常表示为：

$$\sigma = E\varepsilon - \alpha E\Delta T$$

其中， σ 是应力， E 是弹性模量， ε 是应变， α 是热膨胀系数， ΔT 是温度变化。这个方程表明，结构的应力不仅由外力引起，还受到温度变化的影响。

1.3 热结构耦合分析内容

热结构耦合分析在 ADINA 中涉及以下内容：

1. 定义材料属性：包括热导率、比热容、弹性模量、泊松比和热膨胀系数。
2. 施加热载荷和边界条件：例如，热源、热流、对流和辐射边界条件。
3. 结构载荷和边界条件：包括力、位移、旋转和接触条件。
4. 网格划分：选择合适的单元类型和网格密度，以确保分析的准确性和效率。
5. 求解设置：定义求解器参数，如时间步长、非线性迭代和收敛准则。
6. 后处理和结果分析：可视化温度分布、热应力和变形，以及进行结果的详细分析。

1.3.1 示例：热结构耦合分析

假设我们有一个由铝制成的简单平板，尺寸为 $1\text{m} \times 1\text{m} \times 0.01\text{m}$ ，初始温度为 20°C 。平板的一侧暴露在 100°C 的热源下，另一侧保持在 20°C 。我们使用 ADINA 进行热结构耦合分析，以预测平板在热载荷下的变形。

1.3.1.1 材料属性

- 密度： $\rho = 2700\text{kg/m}^3$
- 比热容： $c = 900\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
- 弹性模量： $E = 70\text{GPa}$
- 泊松比： $\nu = 0.33$
- 热导率： $k = 237\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- 热膨胀系数： $\alpha = 23.1 \times 10^{-6}/\text{K}$

1.3.1.2 热载荷和边界条件

- 热源：一侧温度为 100°C

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/896012003033010225>