

# 一、动力设备结构强度与振动研究

动力设备的安全性是保证其正常运行的关键，本团队主要进行以下研究：

## ● 具有复杂阻尼结构的透平机械叶片振动特性研究

透平机械通常采用凸台拉金和阻尼围带等结构来增加干摩擦阻尼，降低叶片动应力水平。本团队主要开展了如下研究工作：干摩擦阻尼模型及其应用、具有复杂阻尼结构的汽轮机长叶片动力学特性及其减振优化、叶片刚度失谐和干摩擦阻尼失谐下透平机械叶片一轮盘动力学特性等。

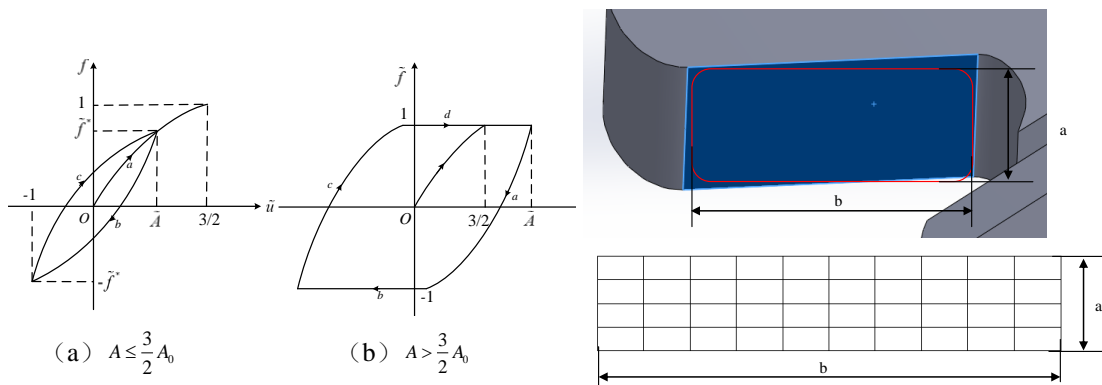


图 1.1 Mindlin 摩擦模型的力学模型及有限元建模

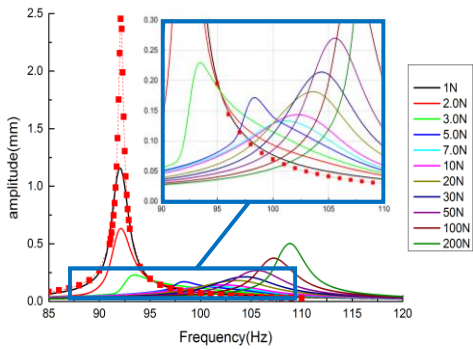


图 1.2 叶片动力学特性及其减振优化

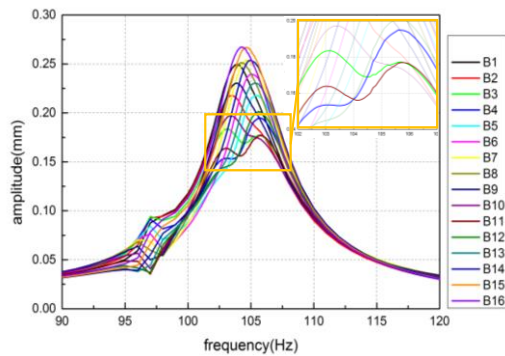


图 1.3 具有干摩擦阻尼效果的刚度失谐下透平机械叶片一轮盘动力学特性

## ● 大功率汽轮机末级长叶片动力学特性研究

研究具有复杂阻尼结构的汽轮机长叶片整圈振动特性以及与汽轮机发电机组轴系耦合的振动特性。

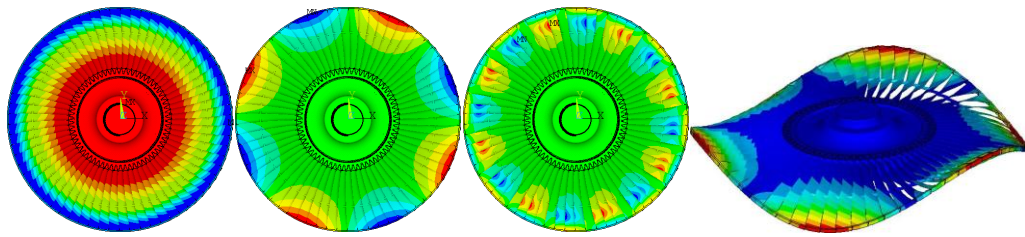


图 1.4 末级长叶片整圈振动形态

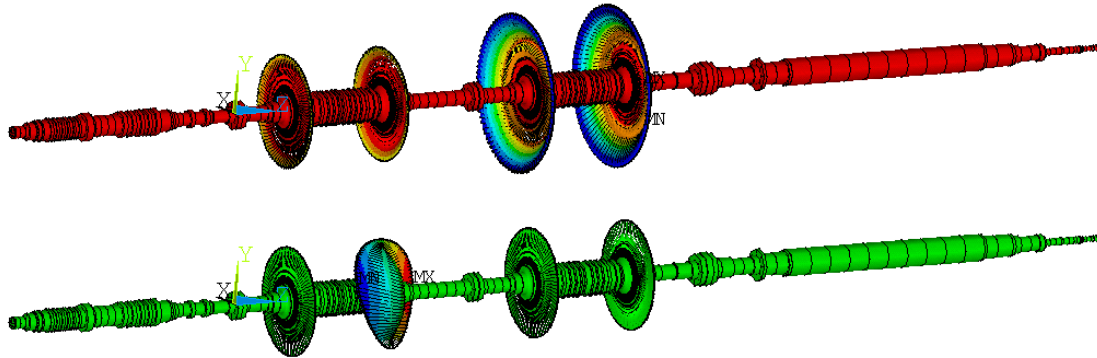


图 1.5 大功率汽轮发电机组末级叶片与轴系耦合振动形态

● 重型燃气轮机透平叶片热流固耦合研究

研究工作于高温下的燃气轮机高温叶片流动、传热及叶片温度场之间的耦合机理。

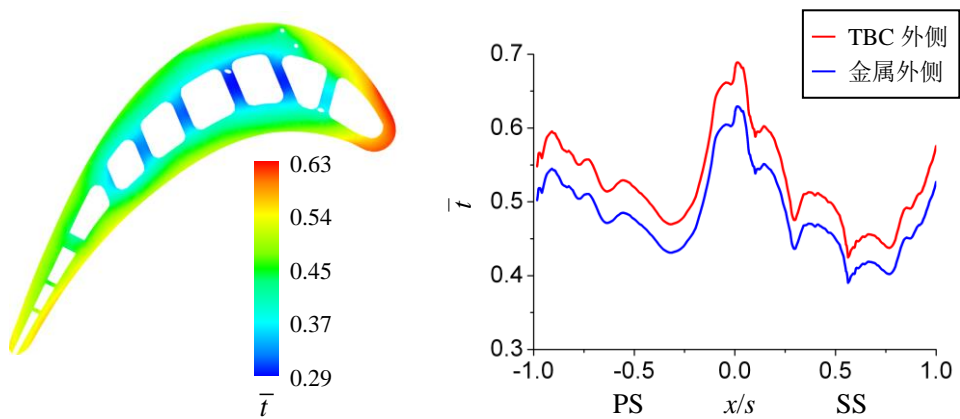


图 1.6 燃气轮机高温叶片某截面温度分布

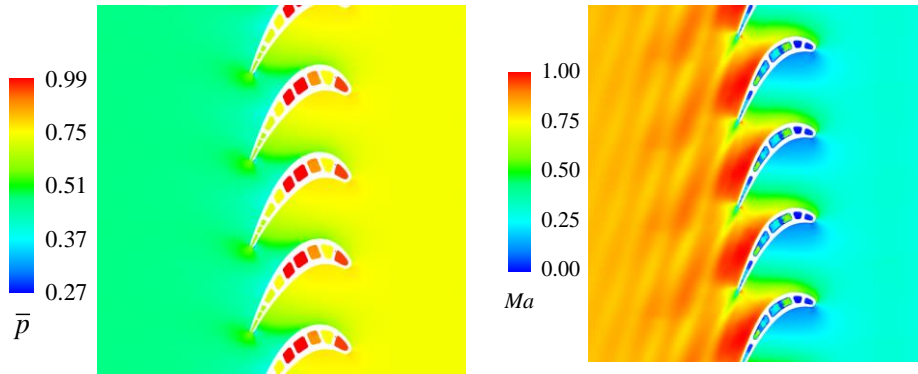


图 1.7 燃气轮机高温叶片某截面压力与马赫数

### ● 透平机械失谐叶片—轮盘结构振动特性研究

由于加工制造的偏差和使用中的磨损,各个扇区存在物理和几何小量的差别,导致叶片的失谐现象 (Mistuned Blade)。失谐叶片—轮盘转子会产生振动局部化现象,局部叶片振动比谐调时大幅增加,一般可达 2-4 倍,严重危害叶片的振动安全性。通过研究失谐参数识别、优化叶片排布方式、引入特殊的阻尼结构可以有效降低失谐叶片的振动应力,提高系统的振动安全性。

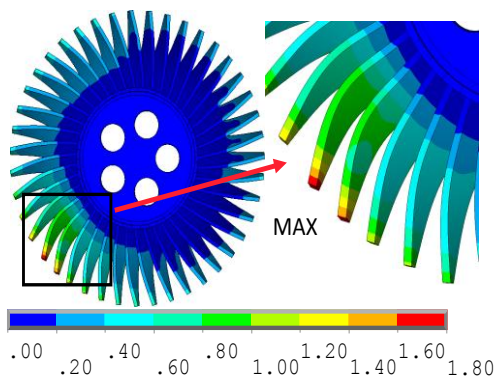


图 1.8 不同叶片排布顺序下的叶片—轮盘振动位移分布状况

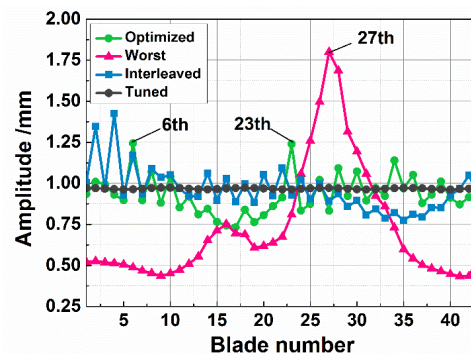


图 1.9 优化后不同叶片最大位移响应分布状况

### ● 焊接转子有限元分析

焊接转子是大型汽轮机转子的重要形式,研究焊接转子残余应力的产生、焊后热处理效果以及残余应力对疲劳寿命和裂纹萌生的影响等,对保证汽轮机大型焊接转子的安全性具有重要的工程应用价值。

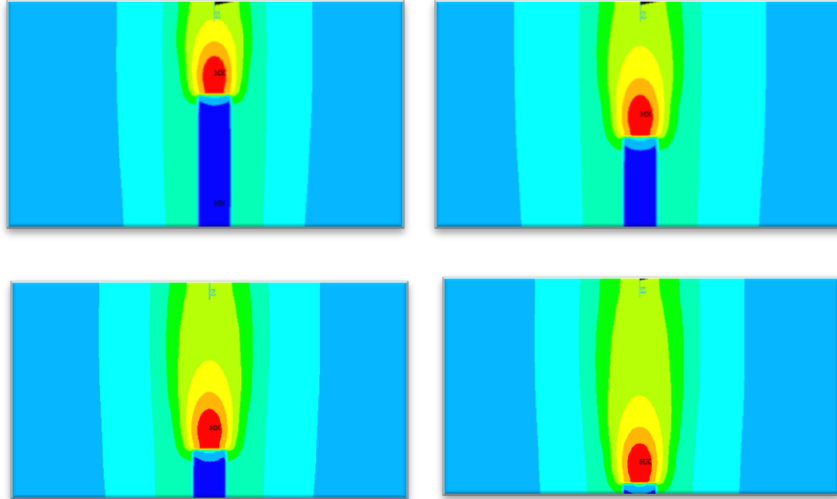


图 1.10 不同时刻热源附近温度场分布

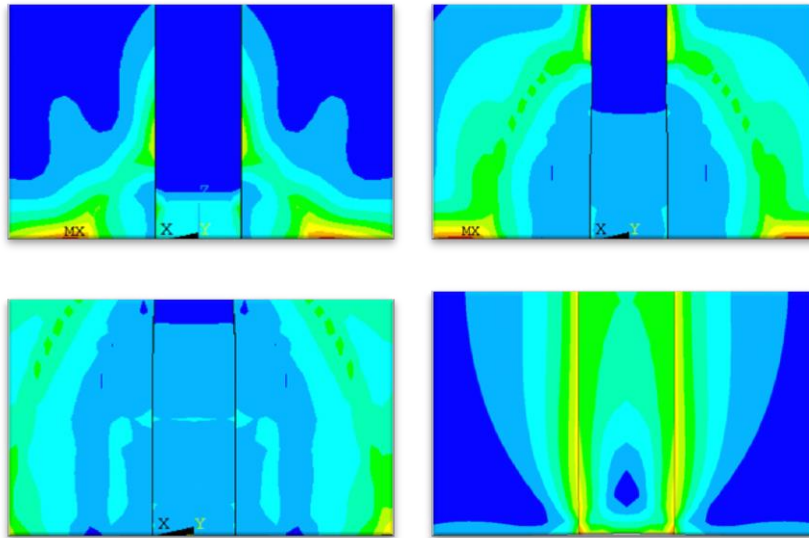


图 1.11 不同时刻及冷却后的残余应力分布

- **双重非对称转子的参数振动问题研究**

主要从事双重非对称转子参数振动问题的建模原理、模态特性分析方法和稳态响应特性分析。针对同时带有不同非对称特征的转子、轴承等耦合振动系统，基于 ROM（模型缩减方法）、Floquet 理论和 Hill 无穷行列式法进行时变系统的模态特性分析和稳态响应特性分析，研究不同非对称特征对双重非对称转子参数振动的影响规律。

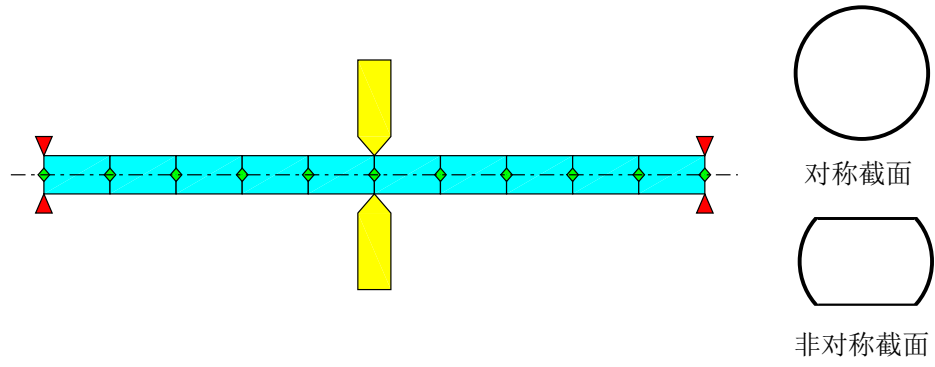


图 1.12 非对称转子示意图

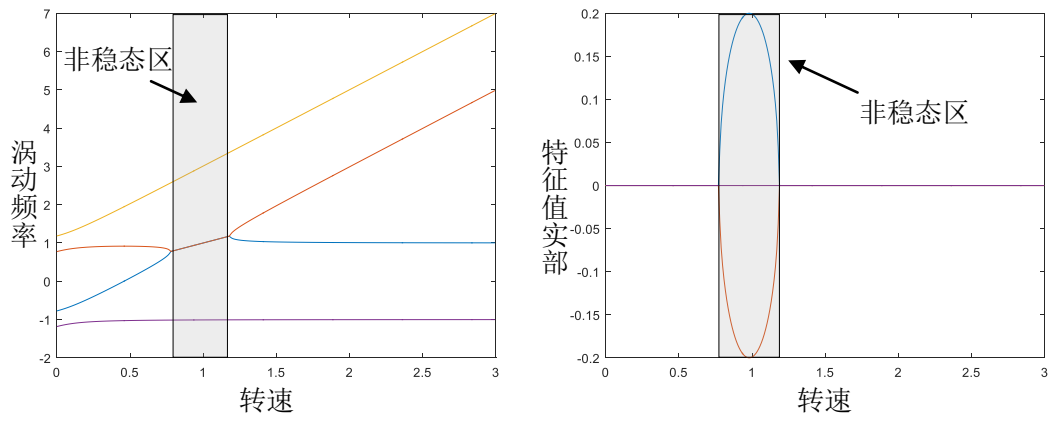


图 1.13 不同转速下双重非对称转子特征值虚部（左）和实部（右）