

ANSYS

IDAJ CAE
Solution
Conference

Your True Partner for CAE&CFD

ICSC 2015

比想象中更强大!

IDAJ-China联合ANSYS-China
共同开创中国CAE&CFD新未来



ANSYS产品咨询:

Email: ansys@idaj.cn

Tel: 010-65881497; 021-50588290

制动系统噪声、摩擦及
多物理场仿真方案

ANSYS CHINA

技术部 杨帆

内容

- 刹车整体仿真方案
- 基于ANSYS产品的刹车仿真方案实施介绍
- 总结

本文仅供学习交流，未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。

背景

市场驱动

环境 安全
安静 舒适

着眼点

刹车性能 耐久性
降低维护成本 创新

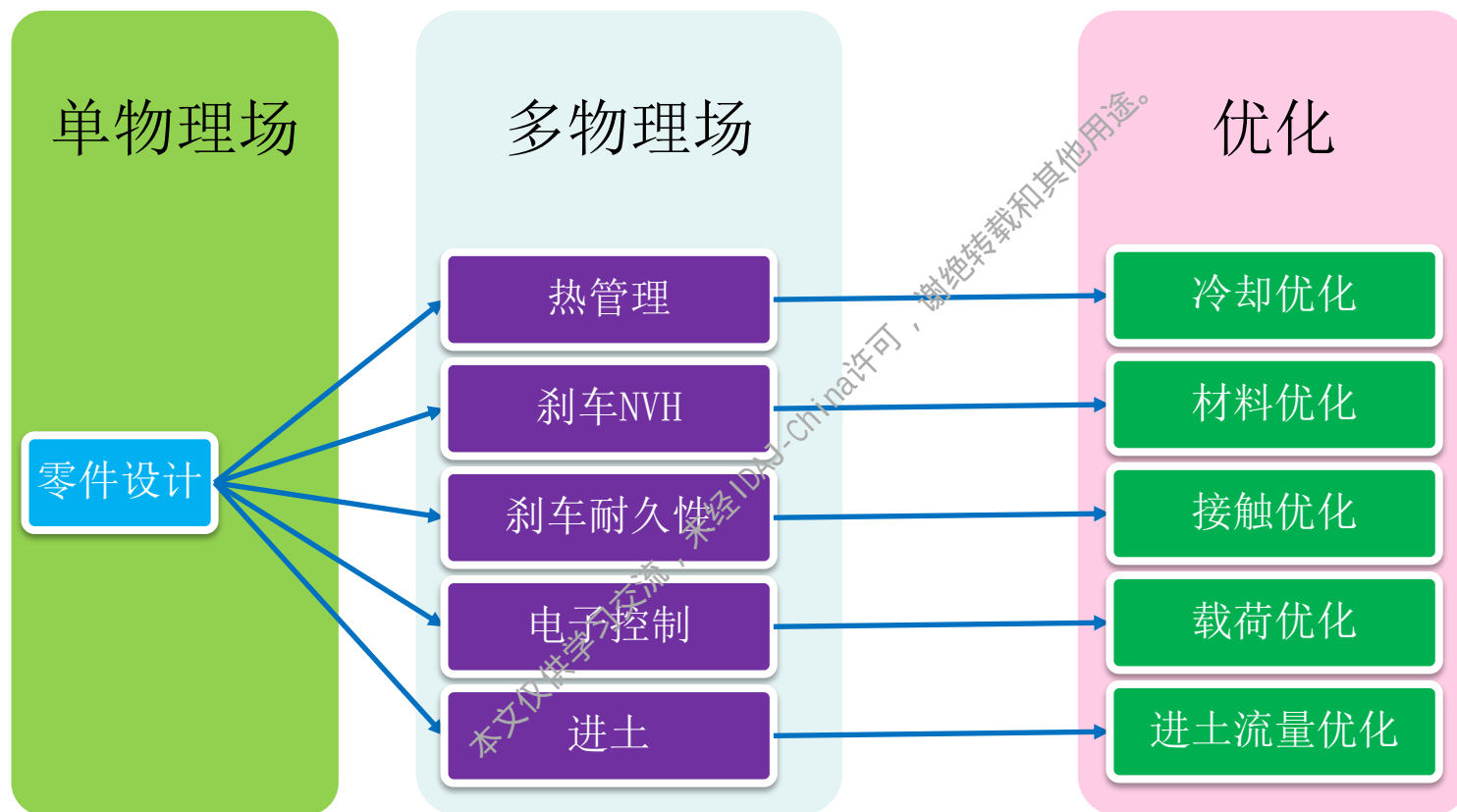
产品设计挑战

克服操作上的复杂性
缩短研发周期
大量的设计变量
有限的资金

着眼点

数值模拟
优化设计流
减少实物试验

刹车研究流程



单零件研究

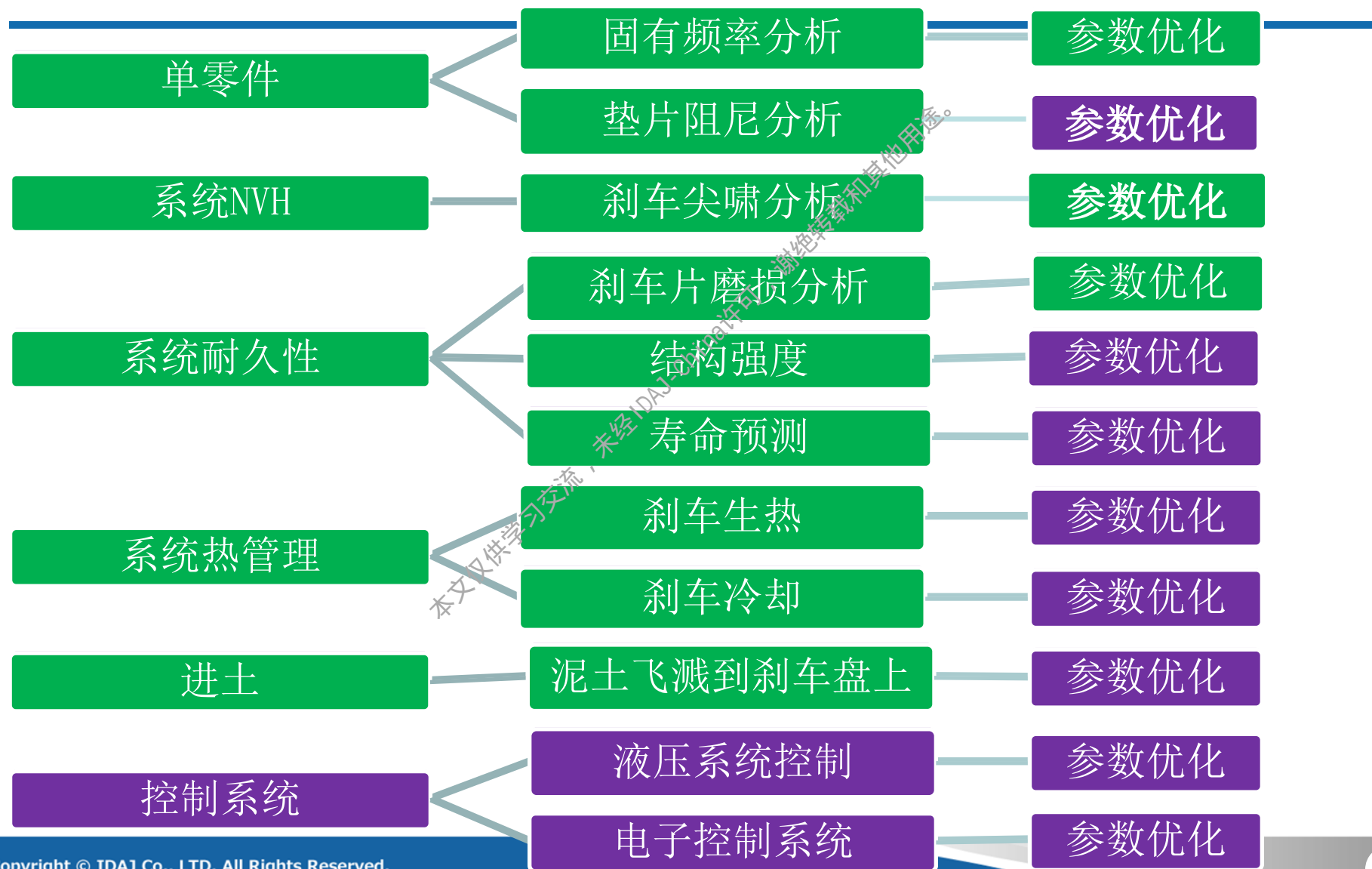
组装级研究

组装及研究

刹车仿真方案

讨论

不讨论



内容

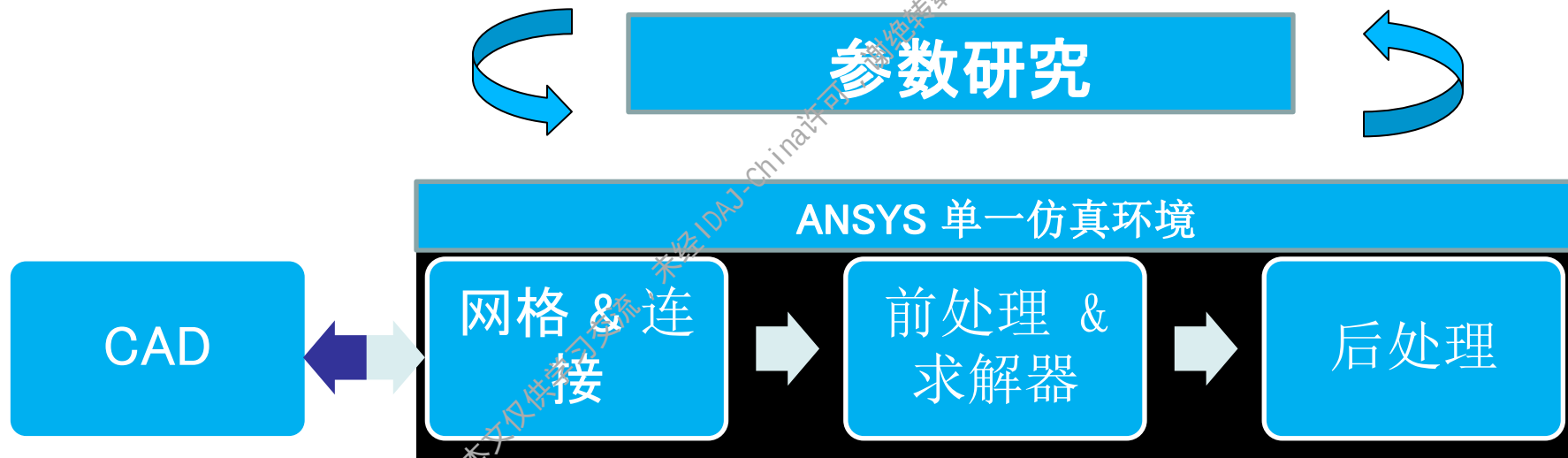
- 刹车整体仿真方案
- 基于ANSYS产品的刹车仿真方案实施介绍
- 总结

本文仅供学习交流，未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。

仿真流程

挑战

- 与上游CAD软件的高可靠性连接
- 多物理场求解中数据管理的人为失误
- 多软件协同工作在优化中的困难



价值

- 双向 CAD 连接 增加几何转换精度
- 单一环境有助于文件有序存放
- 对新设计的研究过程简化

与CAD软件的接口

挑战

- 从CAD到仿真的双向参数传递
- 在传输中更少的数据丢失
- CAD几何简化



价值

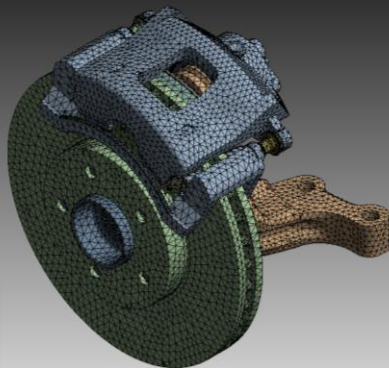
- 双向CAD连接增加数据传输的准确性
- 新的CAD设计更改可方便的实施
- 集合简化工具降低了对CAD设计人员的依赖

多样性网格生成环境

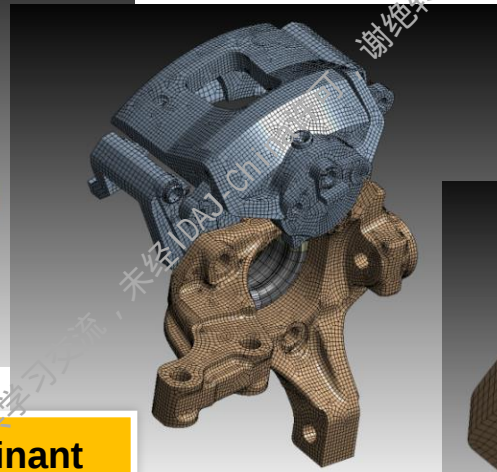
挑战

- 适合各种物理分析的网格
- 快速便捷的大型网格生成
- 重要区域网格的灵活性控制

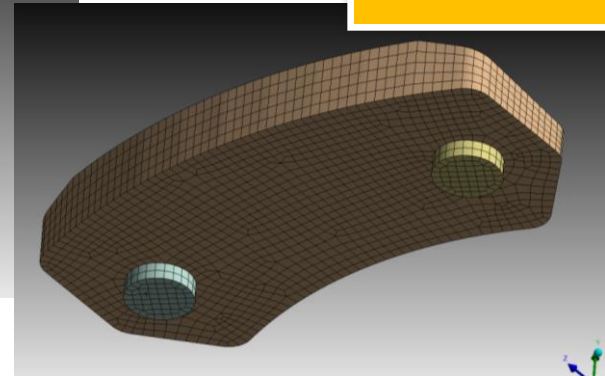
Tetrahedral mesh



Hex Dominant Hybrid mesh



Hexahedral mesh



价值

- 灵活选择几何特征的网格类型, 增加使用的便捷性
- 网格生成并行计算, 提高网格生成速度
- 给予物理场种类的网格生成, 确保网格的正确性

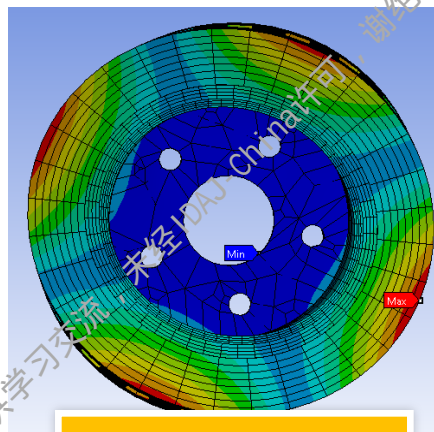
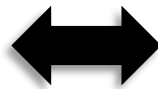
单零件:模态分析

难点

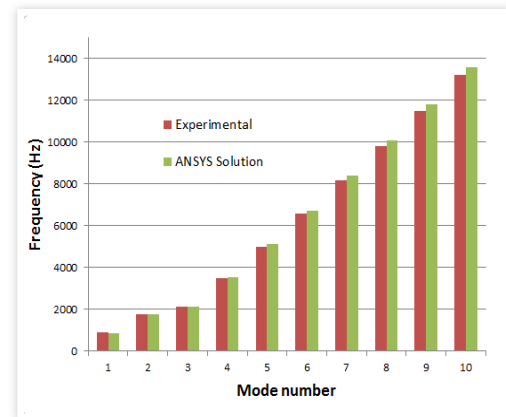
- 与试验各阶振型对比



Experimental
Mode Shapes



Mode Shape



Modal Maps:
Natural
Frequency

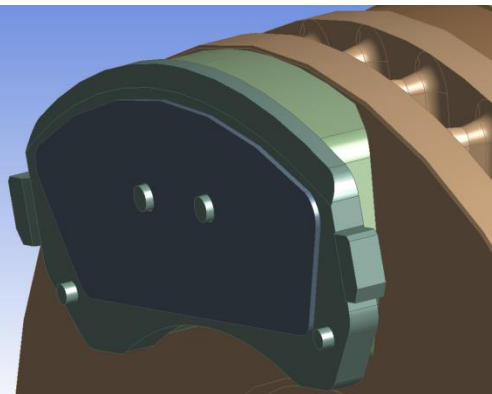
亮点

- 精确的结构动态求解器可获得准确振型
- 多核计算缩短求解时间
- 参数优化功能可用于研究设计变量

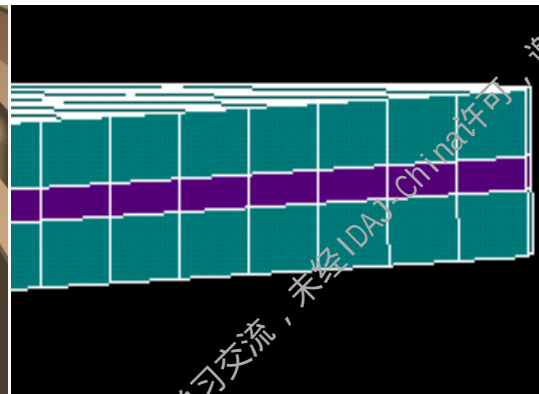
单零件：复合材料垫片

挑战

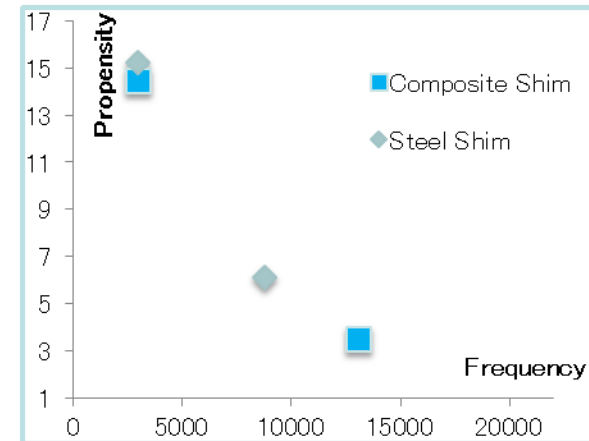
- 复合材料
- 复合材料对垫片动力学特性的影响
- 各层材料参数与阻尼效果的关系



Shim With Brake Pad and Rotor



Composite Shim Layer definition

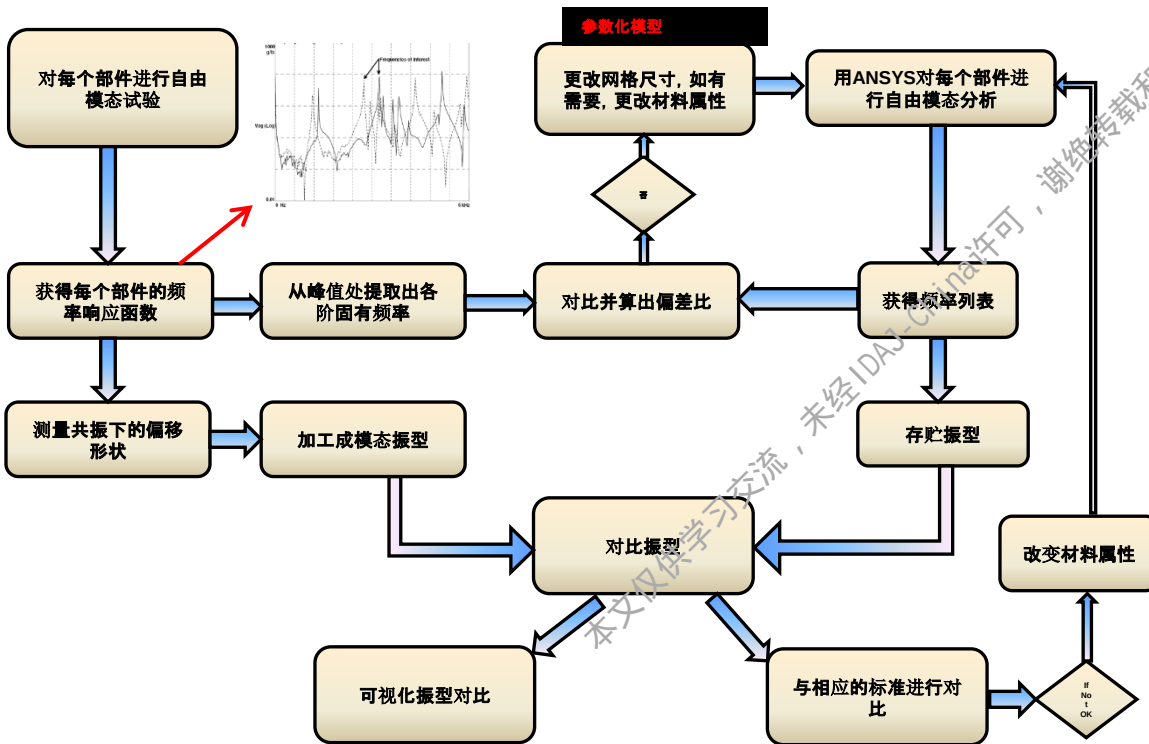


Reduced noise level with Composite shim

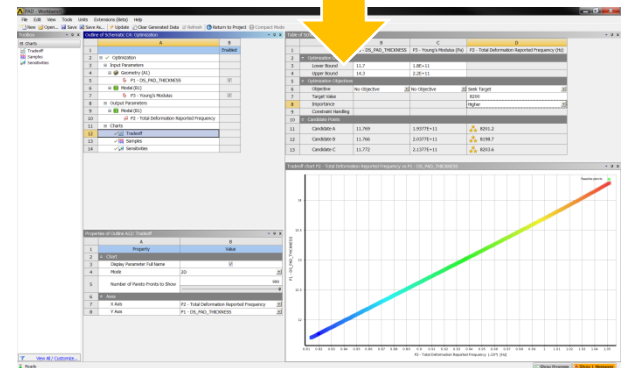
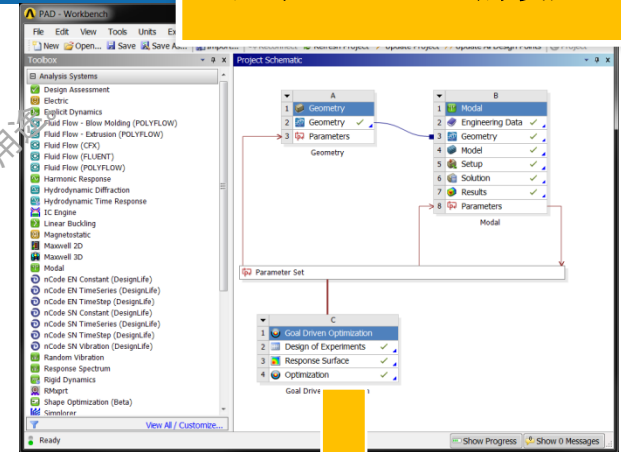
- 复合材料ACP模块可用于建立多层垫片
- 精确的动态求解器
- 非线性材料建模

单零件：参数优化

模型校正流程



基于Workbench的设置



目标驱动优化

系统NVH：刹车尖啸分析

难点

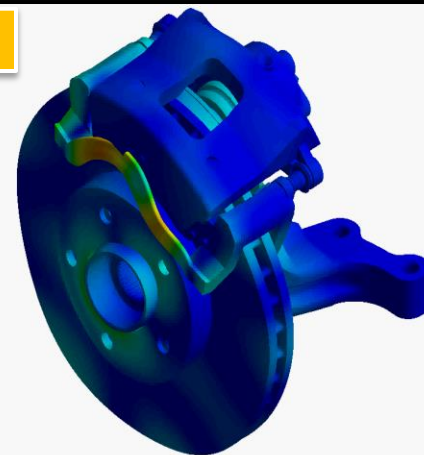
- 与试验对比
- 部件间相互作用的精确仿真
- 快速分析产品变量的能力

- 刹车盘产生的摩擦力诱发的振动
- 刹车噪声分类
 - 低频(1000 - 7000 Hz) 转子的平面外模态与刹车片的弯曲模态耦合
 - 高频(8000-16000 Hz) 转子平面内模态与刹车片弯曲模态的耦合

Unstable Mode

Ht Model, PRE-STRESSED
Total Deformation, UNSTABLE, MODE59
Type: Total Deformation
Frequency: 4.1534 Hz
Phase Angle: 0.°
Unit: mm
9/3/2012 11:17 AM

41.118 Max
36.549
31.98
27.412
22.843
18.275
13.706
9.1373
4.5686
0 Min



Courtesy of:



Automotive Company

亮点

- 先进的接触与连接技术，可精确模拟表面间的相互作用
- 参数优化可用于进行产品设计更改分析

刹车尖啸优化

模型校正流程

要优化的参数

材料参数

刹车片-盘摩擦

刹车压力

盘/转子刚度

外卡钳刚度

盘-片接触刚度

刹车片摩擦材料属性变量

尖啸阻尼影响

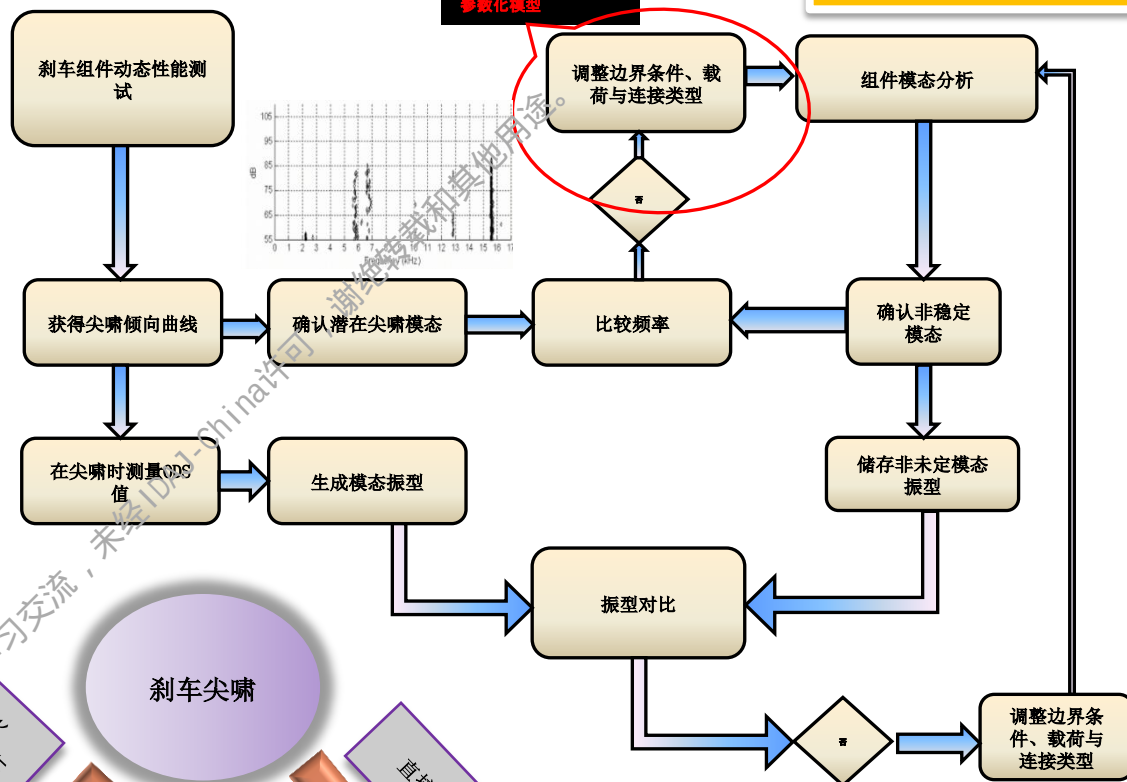
刹车流体阻尼

转速

几何/网格参数

冷却半径, 冷却角, 刹车片倒角, 刹车片沟槽宽度

片盘接触处的接触网格尺寸, 盘尺寸



优化方法

刹车噪声优化

响应面优化

确认对尖啸影响重大的参数

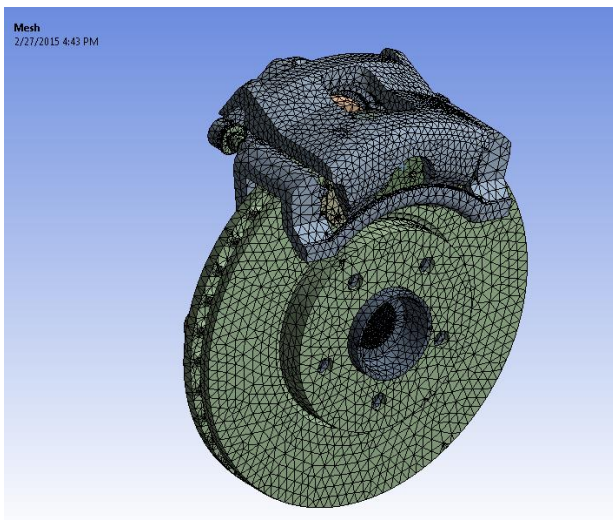
敏感性/参数关联性分析

直接优化

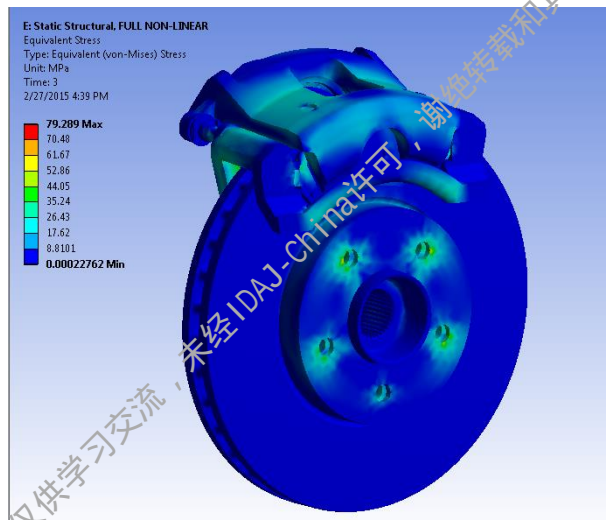
结构强度分析

难点

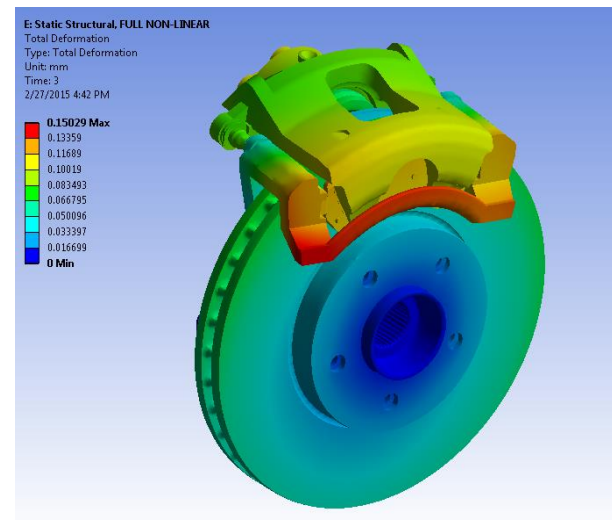
- 运行工况下的零部件强度分析
- 寿命预测
- 合作设计时更改频繁



Assembly Mesh



Stress Distribution



Total Deformation

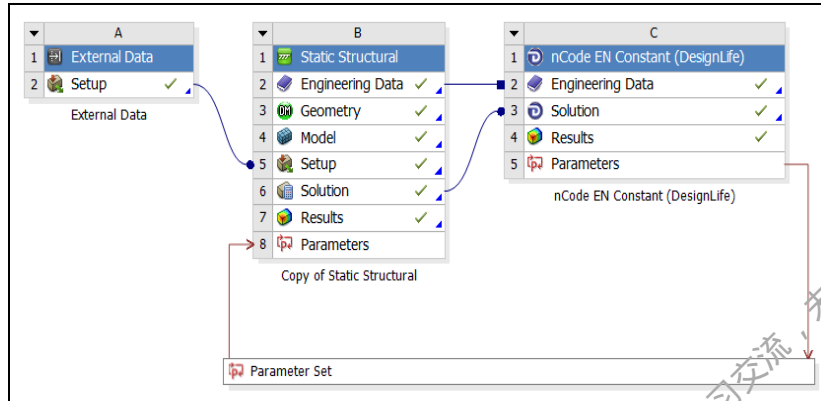
亮点

- 组件级强度计算精度高
- 并行运算速度高
- 适于合作设计的复杂性操作

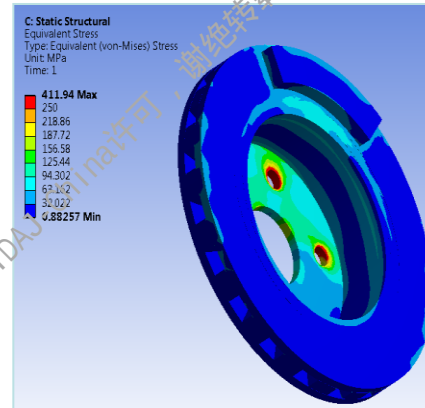
结构耐久性

难点

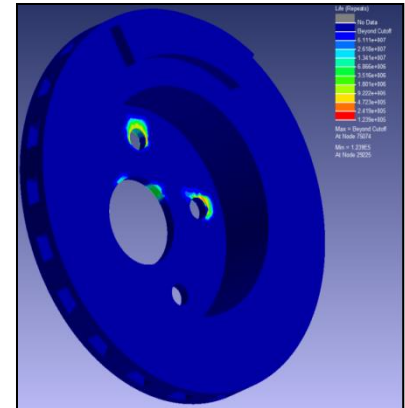
- 频繁刹车和急刹车造成的热应力分析
- 材料非线性
- 高周疲劳与低周疲劳



Workflow



Thermal Stress



Fatigue Life

亮点

- 结合温度场的精确疲劳求解器
- 可处理非线性材料
- 整合到Workbench里的高周疲劳与低周疲劳求解

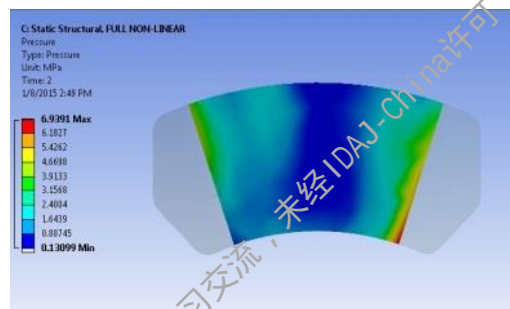
刹车片磨损分析

难点

- 精确的片盘摩擦分界面分析
- 不同磨损率下的快速求解
- 刹车片材料非线性

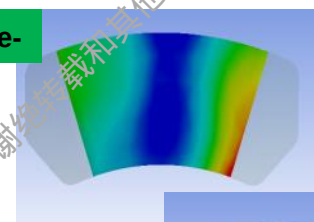


Worn out pads

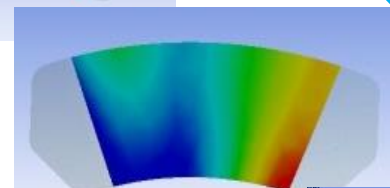


Pad Pressure without wear

Wear rate = $1e-8$



Wear rate = $5e-8$



Wear rate = $1e-7$



Increasing wear rate

Better Pressure spread with increasing wear

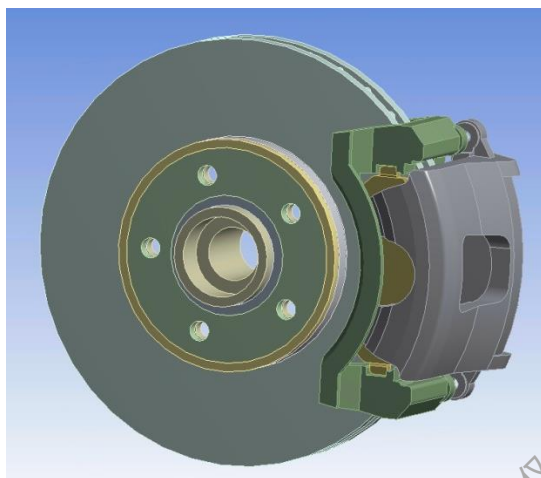
亮点

- 精确的 ANSYS Fluent 流体求解器给出真实冷却模式
- 温度场可从其它流固耦合计算结果中获得
- 可考虑所有复杂流动、材料和几何

摩擦生热

难点

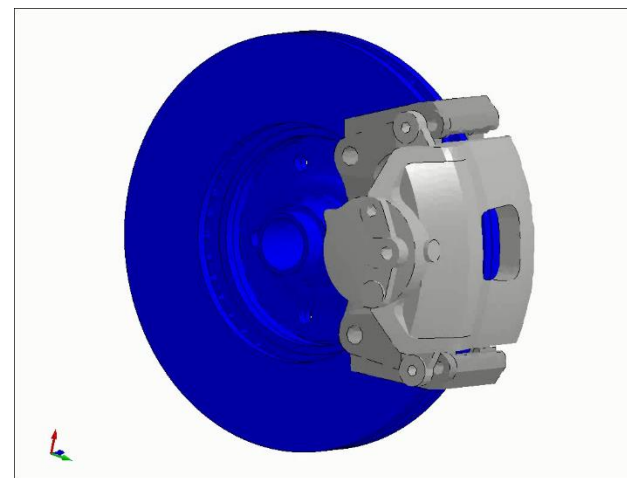
- 精确预测摩擦相互作用随温升的变化
- 高非线性瞬态现象
- 片-盘设计中的材料变化



Brake assembly



Brake Meshing



Brake Heating Video

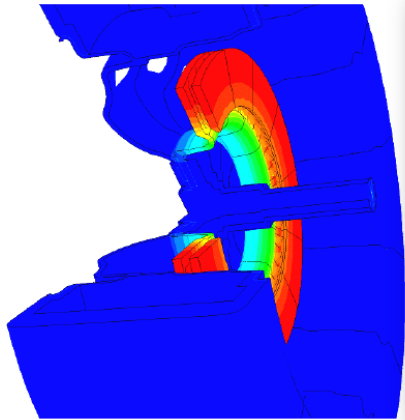
亮点

- ANSYS-LSDyna 显式求解器可准确分析瞬态现象
- 考虑材料、接触和几何非线性
- 完善的温度常后处理

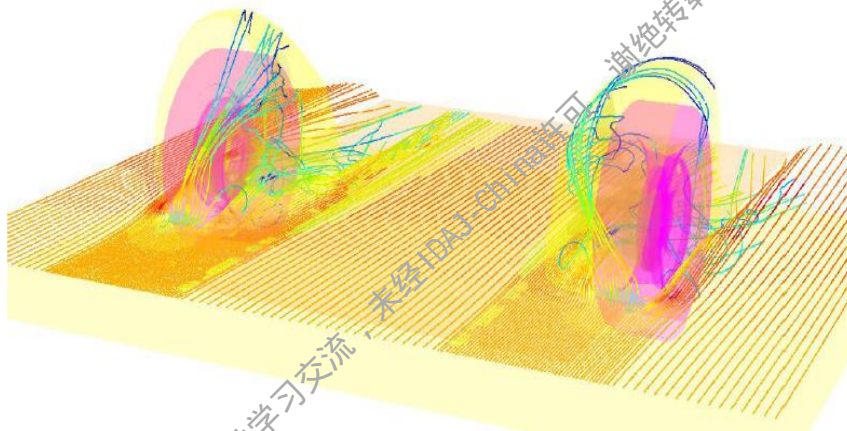
冷却

难点

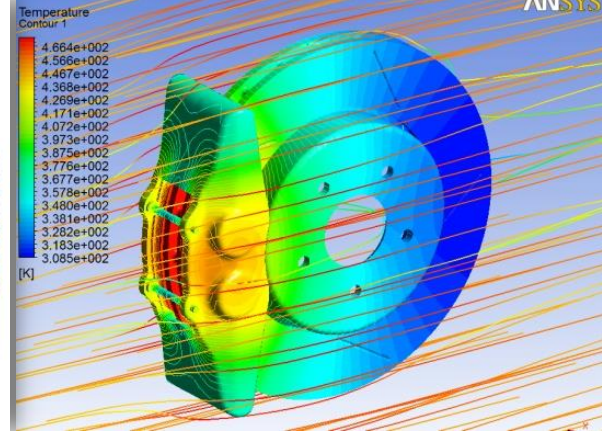
- 流场计算
- 与流场耦合的瞬态过程求解
- 不同车辆与流场下的设计变量研究



Temperature of brake



Path Lines in Wheel Arc



Flow over hot Brakes

亮点

- 精确的 ANSYS Fluent 流体求解器给出真实冷却模式
- 热流密度分布可从其它流固耦合计算结果中获得
- 可考虑所有复杂流动、材料和几何

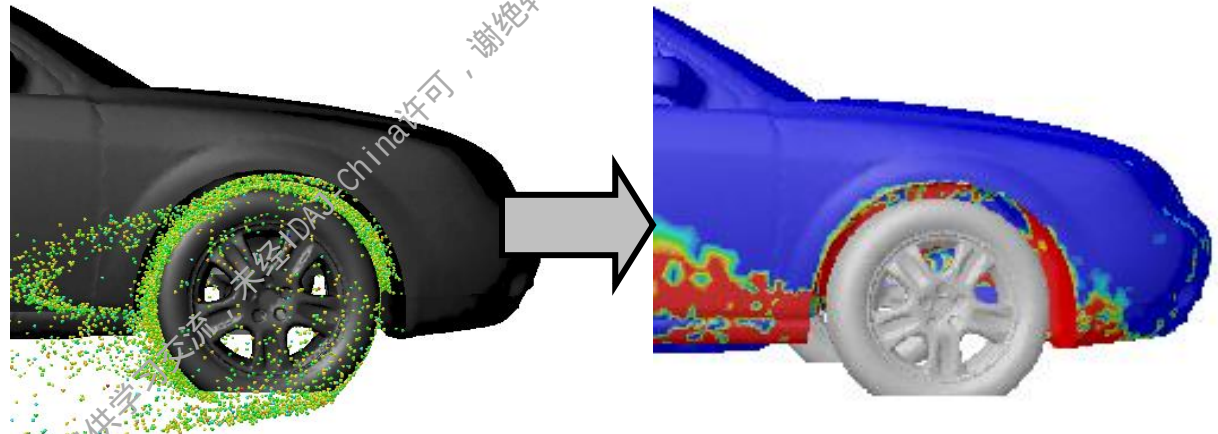
刹车进土

难点

- 轮胎泼溅造成的泥土堆积
- 车辆形状与空气动力决定泥土泼溅模式
- 泥土颗粒模型



积土刹车装置



颗粒轨迹分布

颗粒体积分数分布

亮点

- 多相流计算
- 考虑传热作用
- 大型网格

内容

- 刹车整体仿真方案
- 基于ANSYS产品的刹车仿真方案实施介绍
- 总结

本文仅供学习交流，未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。

总结

需求

- 更好的CAD连接性
- 多种网格
- 单零件模态分析
- 复合材料垫片阻尼
- 参数优化
- 刹车尖啸分析
- 结构与热强度分析
- 耐久性分析
- 瞬态摩擦生热
- 刹车冷却
- 刹车进土



ANSYS 解决方案



DesignModeler/Spaceclaim



ANSYS Meshing



ANSYS Mechanical



ANSYS ACP



ANSYS Design Explorer



ANSYS Mechanical



ANSYS Mechanical



ANSYS Mechanical + Ncode



ANSYS LSDyna



ANSYS Mechanical + ANSYS CFD



ANSYS CFD

本文仅供学习交流，未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。

欢迎扫一扫添加IDAJ-China公众账号，
及时获得CAE&CFD最新技术资讯、培训信息！



IDAJ-China
微信公众账号



IDAJ艾迪捷
微博账号



2015年4月3日消息：业界知名CAE&CFD数值仿真软件经销商艾迪捷信息科技有限公司(IDAJ中国)与美国ANSYS中国公司(ANSYS-China)正式签订ANSYS代理协议。IDAJ中国获得正式授权在中国地区分销ANSYS产品，提供技术支持及培训服务。IDAJ官网：www.idaj.cn

ANSYS产品咨询：

Email: ansys@idaj.cn

Tel: 010-65881497; 021-50588290