

# Ansys Mechanical 2021 R1 Updates Part II

徐志敏  
ANSYS China



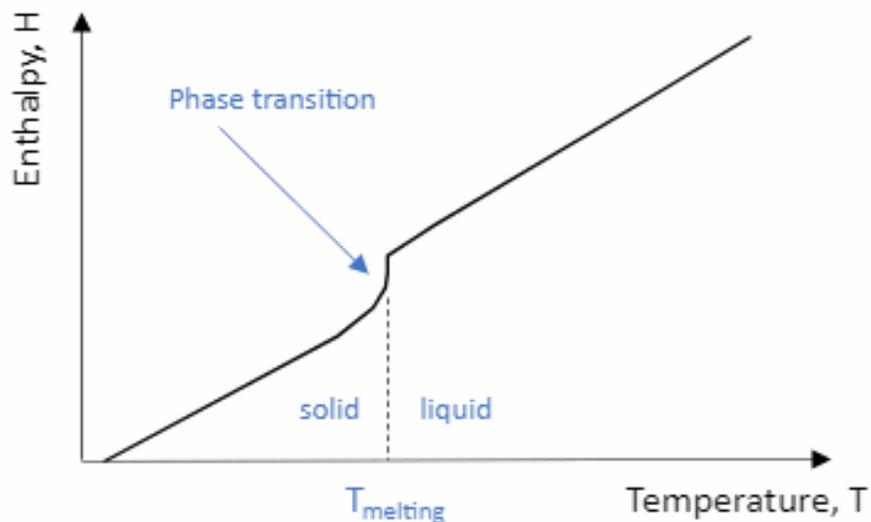
# 内容摘要

1. 单元技术增强（Element）
2. 裂纹扩展分析技术（SMART）
3. 非线性自适应（NLAD）
4. 耦合场分析技术（Coupled Physics）
5. 接触（Contact）

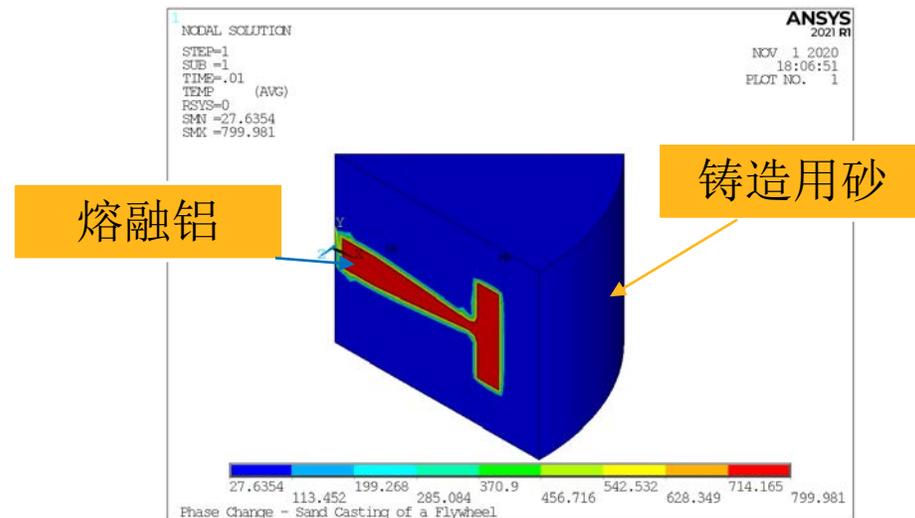
# 单元技术增强（Element）

# 多物理场耦合物理场增强：单元

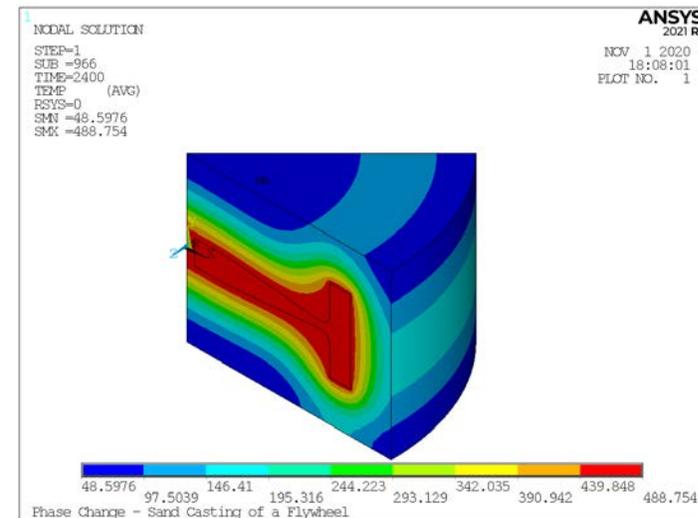
- 使用最新的热固单元，可以定义焓值随温度变化材料属性，从而有效分析材料相转变过程。



- 2021R1中最新的热固单元求解效率相比之前提高**15%**，所以在workbench中默认使用最新的热固单元。SOLID278, SOLID279, SOLID291, PLANE292和PLANE293比其对应的传统热单元更先进，功能更丰富（对应SOLID70, SOLID90, SOLID87, PLANE55, PLANE57）



熔融铝的热相变分析



# 多物理场耦合物理场增强：单元

- 耦合场的轴对称单元，可以激活绕Y轴（对称轴）旋转的自由度

- 目的: 使用轴对称单元分析刹车盘的翘曲分析

## Degrees of Freedom

UX, UY (KEYOPT(3) ≠ 6)

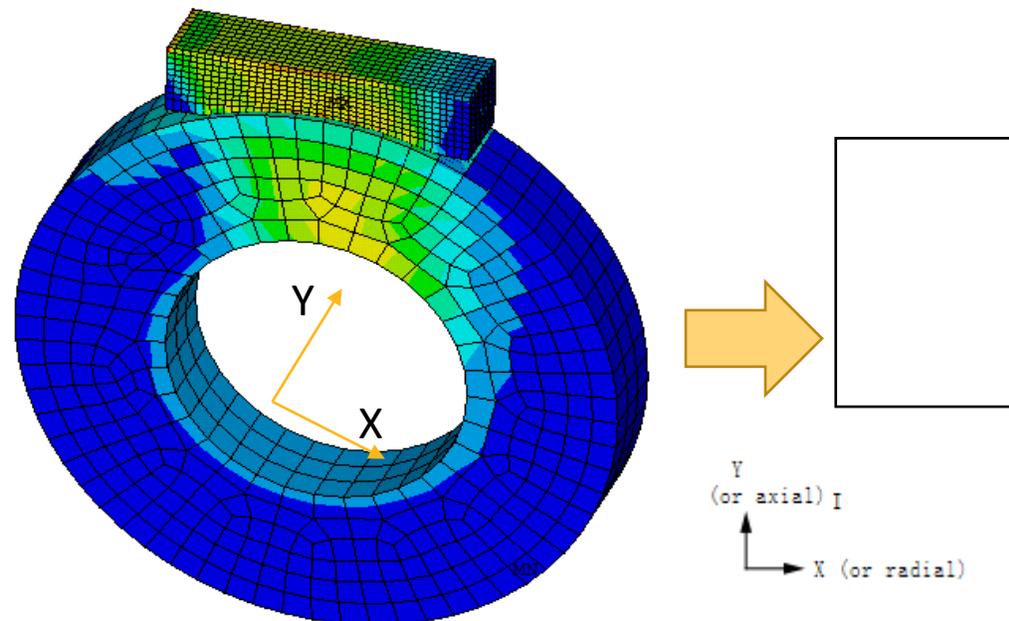
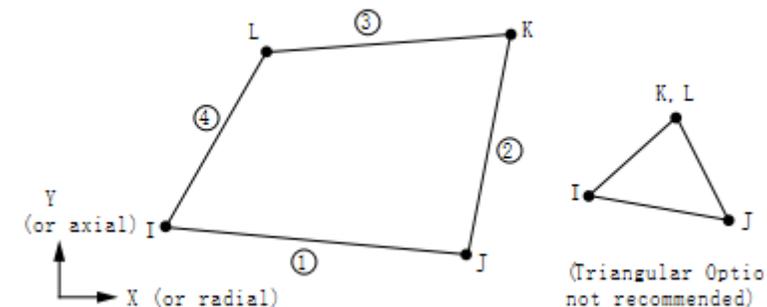
UX, UY and ROTY (KEYOPT(3) = 6)



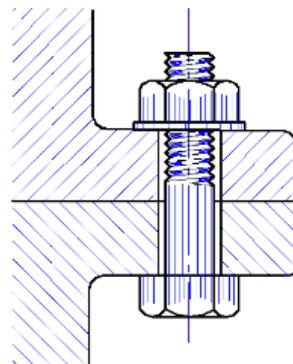
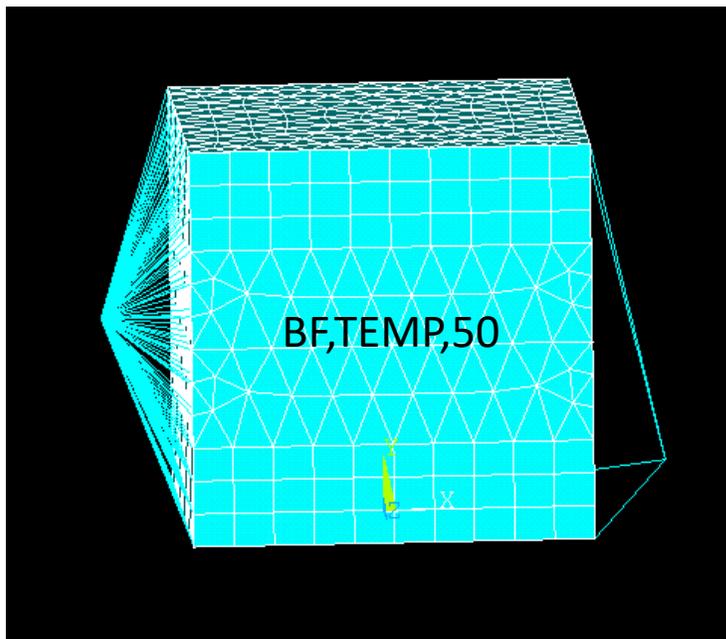
- 现在可以在压电分析中获得阻尼能和动能

UT	Total strain energy [8]	-	1
SENE	Sum of elastic and dielectric energies (UE + UD) [7]	-	1
<b>DENE</b>	Damping energy [7]	-	1
<b>KENE</b>	Kinetic energy [7]	-	1
P:X, Y, SUM	Element Poynting vector components (X, Y) and vector magnitude [7]	-	1

Figure 222.1: **PLANE222** Geometry



# MPC184 刚性梁的几何刚度



## 2020 R1 改进:

- 包含MPC184刚性梁/连杆的几何应力刚度，在预应力模态分析中准确预测特征值/特征向量。
- 拉格朗日乘数（LM）和直接消元（Dir El）中都包含了几何应力刚度。

问题:

单元: **SOLID185, MPC184, COMBIN14**

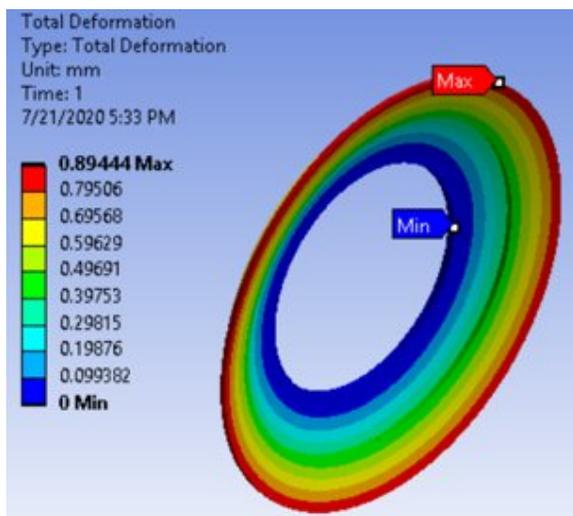
材料属性: 弹性

- 1<sup>st</sup> LDSTEP:初始非线性静力分析:
  - Axial load and BF, TEMP
- 2<sup>nd</sup> LDSTEP:线性摄动，模态

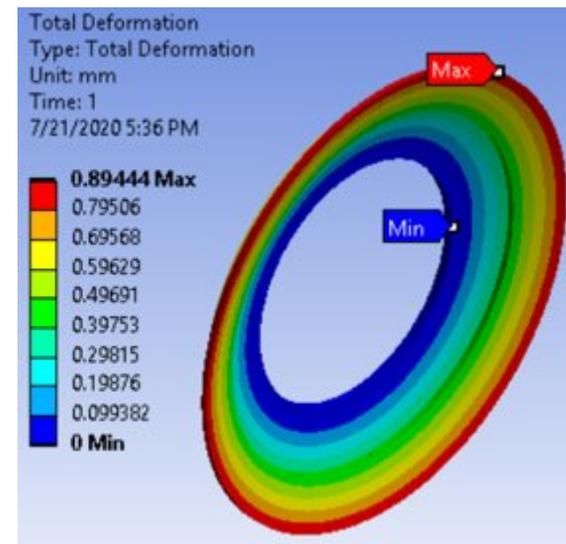
Beam Element (Reference)	Eigenvalues	
	LM MPC184	Dir El: MPC184
66.49	66.49	66.49
66.49	66.49	66.49
100.28	100.28	100.28
171.10	171.10	171.10
192.37	192.37	192.37
192.41	192.41	192.41
10803.45	10803.45	10803.45

# 循环对称分析中的直接压力载荷

- 对于循环对称性分析，可以直接选择施加的压力，力和导入的压力载荷直接施加在物体上
  - 使用SFCONTROL命令直接对元素面选择施加压力，而无需创建表面效应单元，从而消除了维护额外的表面效应单元的需要



使用表面效应单元施加载荷



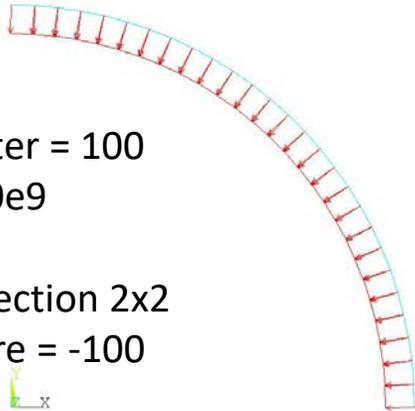
直接施加载荷

# BEAM / PIPE 增强

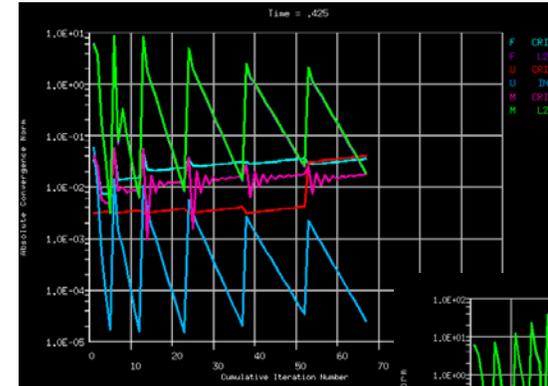
- 2D BEAMS / PIPES
  - 方便的2D分析选项，更小的文件，更少的DOF
  - 激活KEYOPT(5)=1
- 偏移引起的应力刚度 (Stress stiffness)
  - 克服beam/pipe大偏移的非线性鲁棒性问题
  - 2021 R1 (Beta)
- 改进的分布式载荷处理（NL更新和载荷刚度）

Example: a ¼ arch with two ends fixed, under transverse pressure

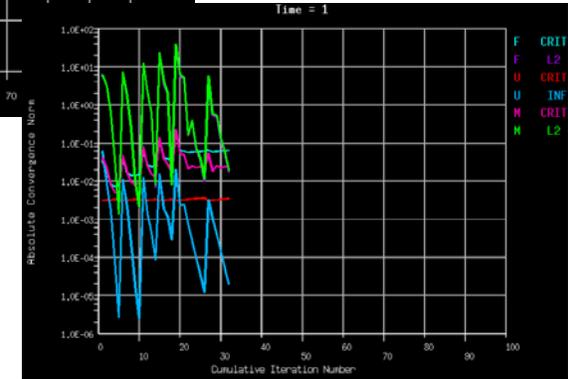
Diameter = 100  
 E = 200e9  
 ν = 0.3  
 Rect. section 2x2  
 Pressure = -100



	BEAM(2021 R1)	Ref.
1	2642.9	2636
2	5464.9	5439
3	5504.1	5478
4	9141.6	9062
5	10374.	10285



2020 R2



2021 R1 shows robust nonlinear convergence with inclusion of consistent stress stiffness





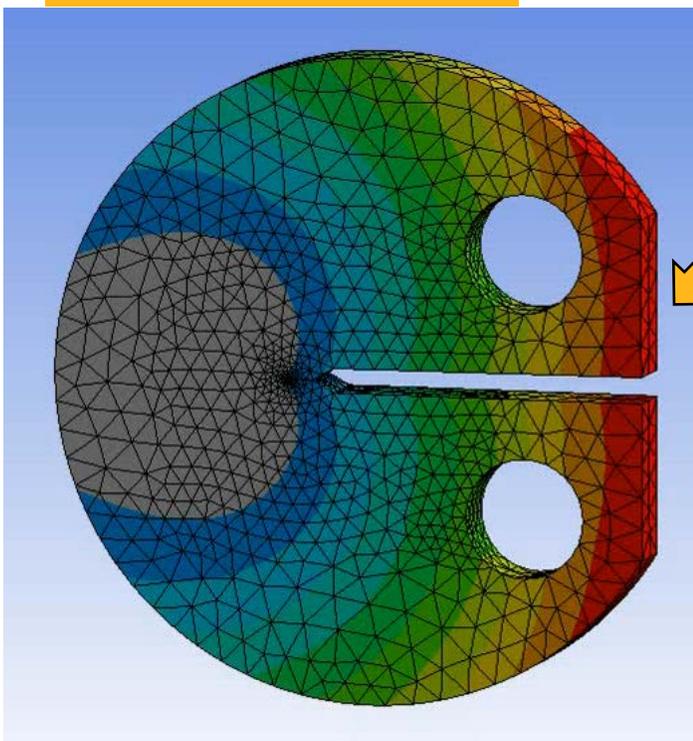
**裂纹扩展分析技术（SMART）**  
**Separating Morphing Adaptive  
Remeshing Technology**



# SMART: 网格粗化

- 裂纹扩展模拟首先对裂纹前沿/尖端进行网格细化，以适应裂纹扩展时裂纹尖端的奇异性，但是如果不当粗化网格，则会积累过多的网格

也许会累积额外网格



## Conservative coarsening

- 初始节点 29489
- 最终节点 89010 (**3X**, 80 substeps)

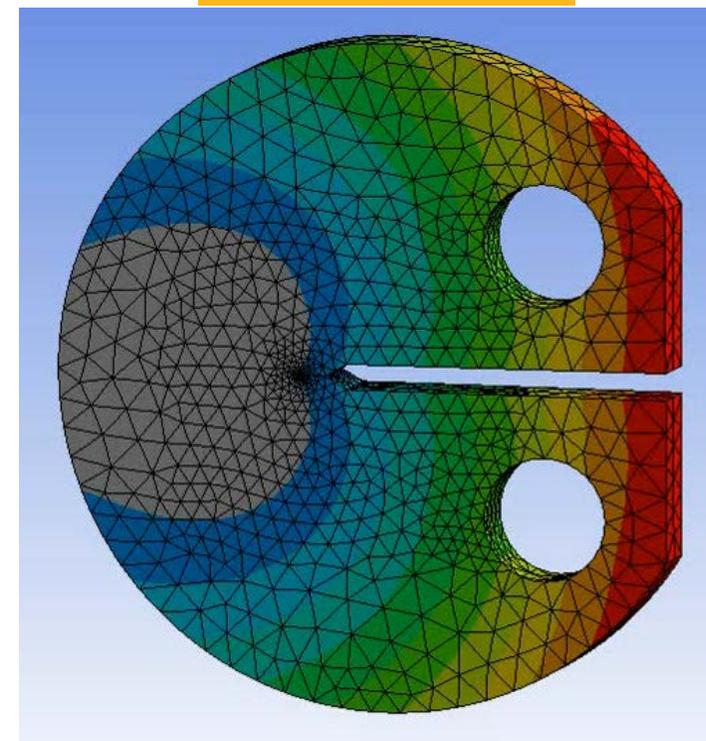
## 问题描述

- 圆盘拉伸试样
- 使用Paris Law分析疲劳裂纹扩展

## Aggressive coarsening

- 初始节点 29489
- 最终节点 34430 (80 substeps)

合适的网格粗化

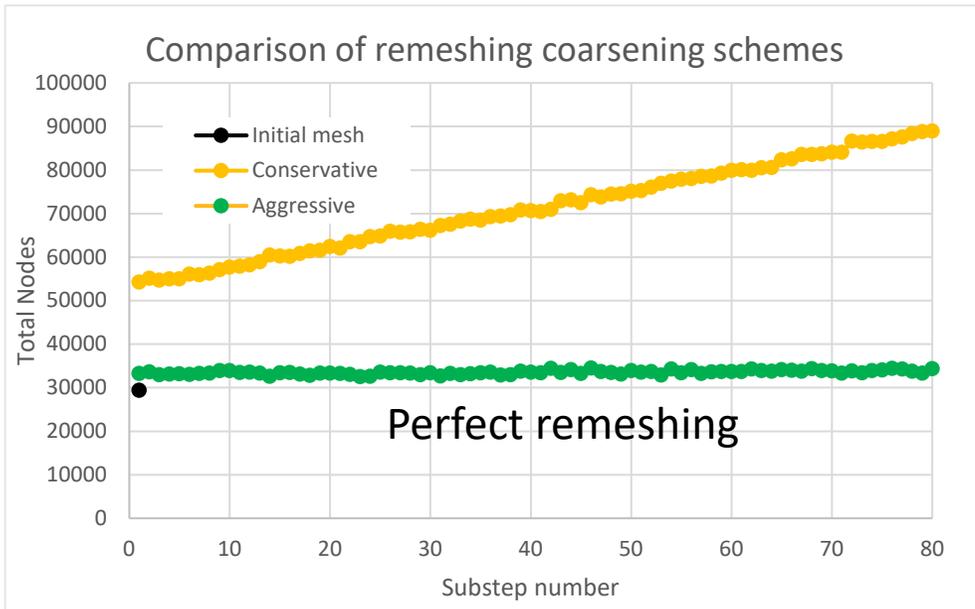


# SMART: 网格粗化

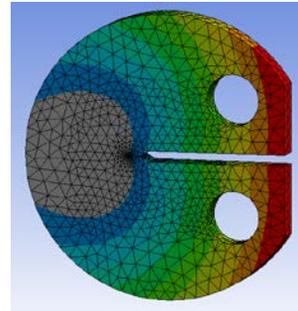
## 网格粗化策略

- 细裂纹尖端网格仅存在于裂纹前沿
- 裂纹尖端网格随着裂纹扩展而移动
- 确保精度而不增加有限元网格的数量

每次重新划分后使用保守和积极的重新划分方法比较节点总数

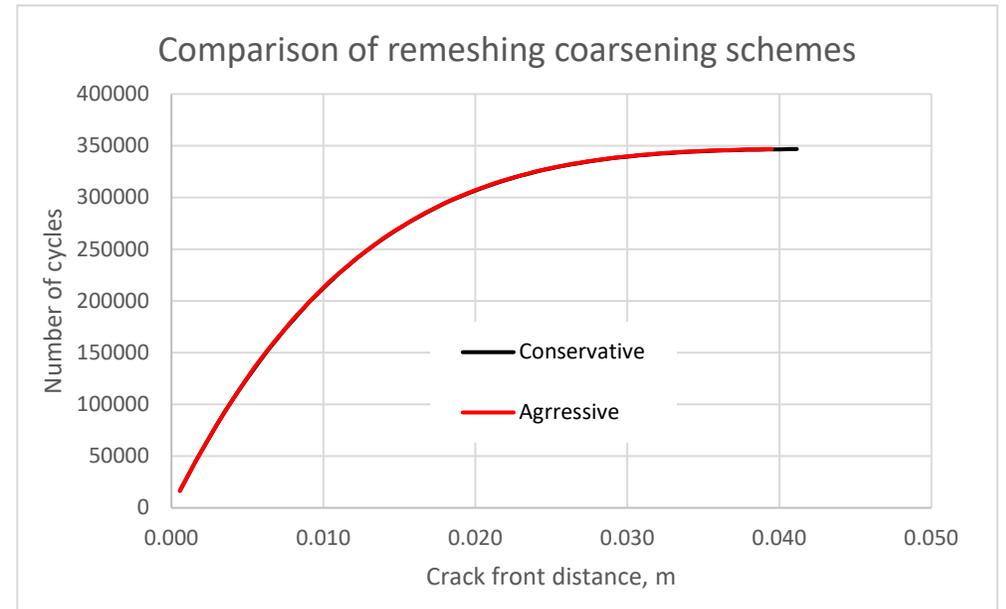


Disc CT specimen



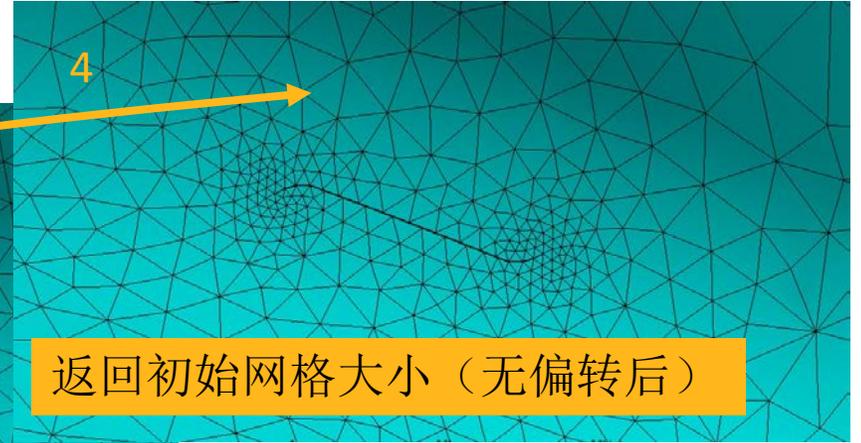
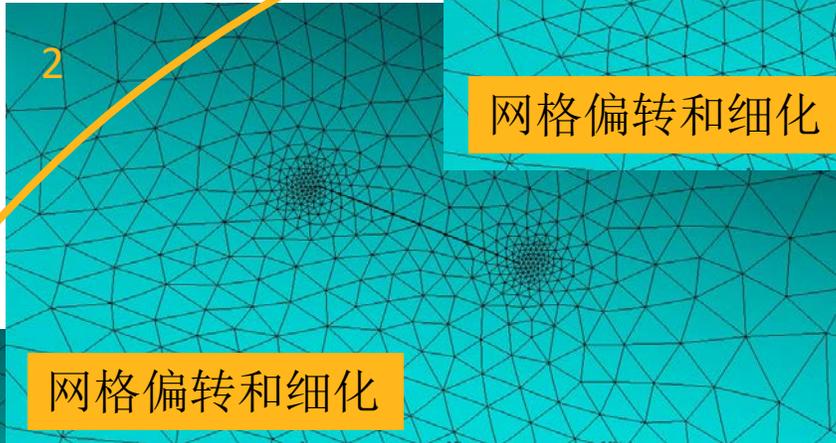
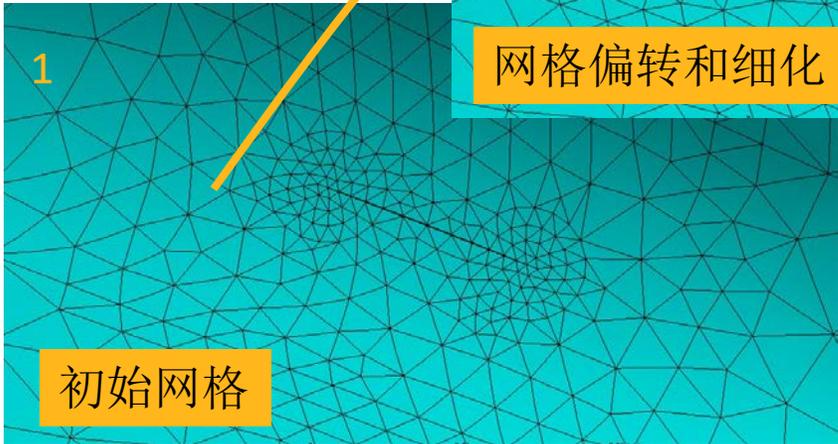
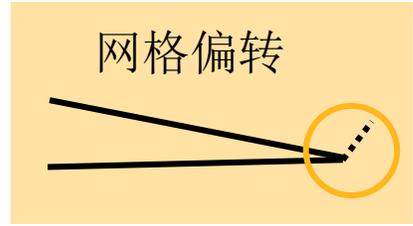
Highly desired feature for every crack growth simulation!!

使用保守的和积极的重划方法，分析循环次数与裂纹扩展

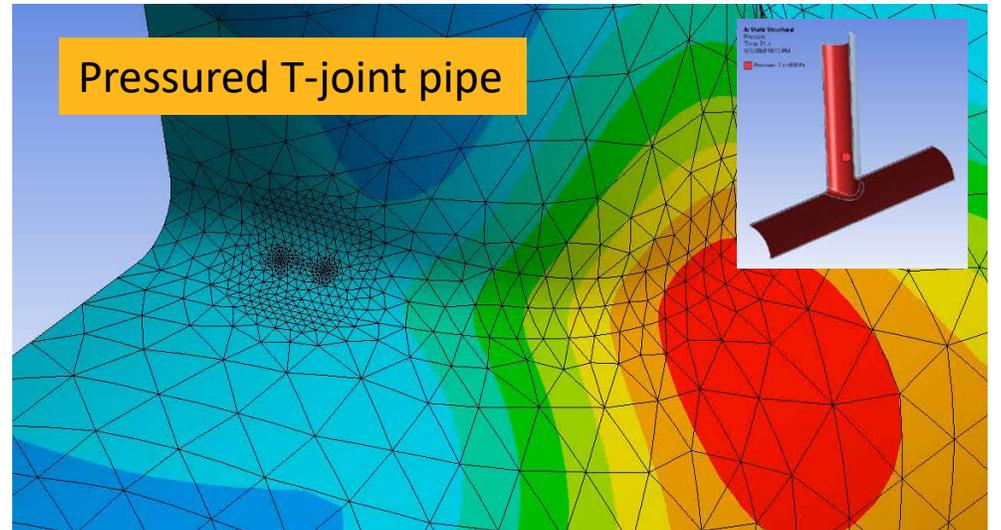


# SMART 裂纹偏转和细化

- 当出现裂纹偏转时，需要格外细化网格以确保准确性



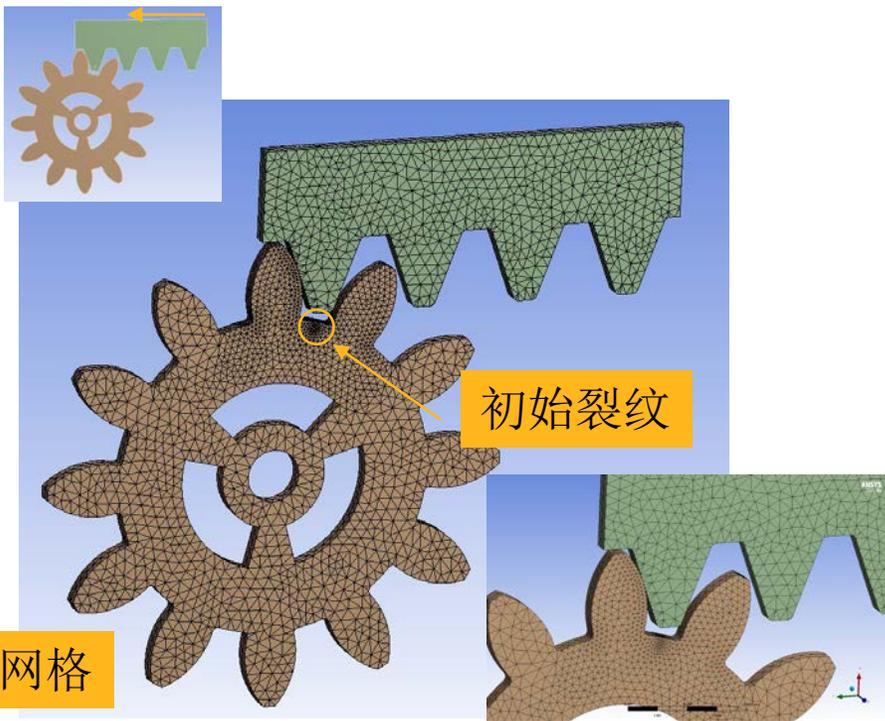
First 4 snapshot of meshes



# SMART 支持滑动接触

## 裂纹分析中接触的重要性

- SMART分析中支持非接触区域网格细化
- 支持所有类型接触分析



## 意义:

- 滑动接触
- 预测实验发现的裂纹扩展路径

## 实验

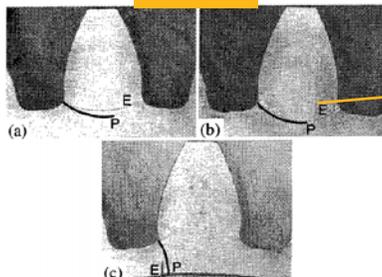


Fig. Comparison of predicted gear tooth crack propagation paths with experimental results. P=predicted, E=experiments (Ref. 24). (a)  $m_s=3.3$ , (b)  $m_s=1.0$ , (c)  $m_s=0.5$ .

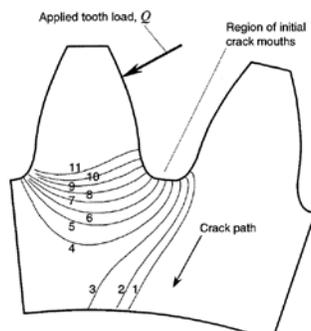
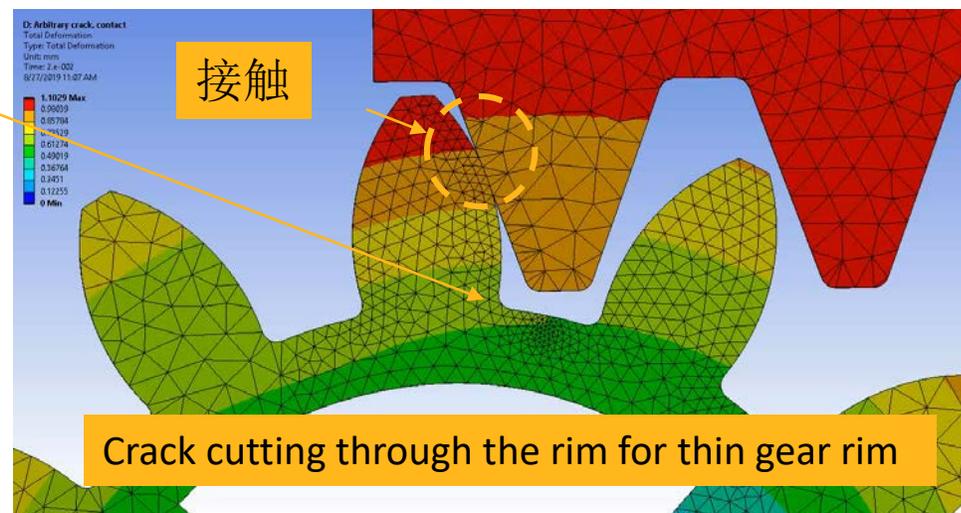
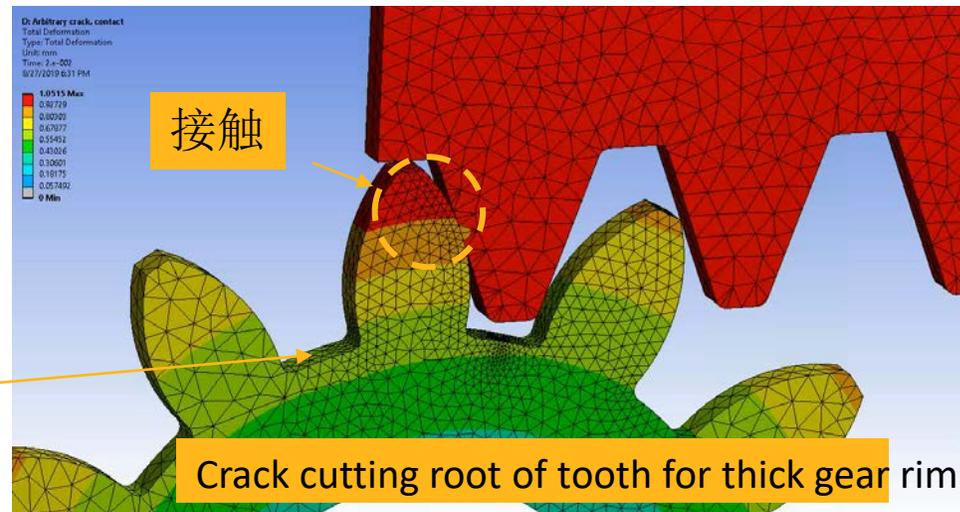


Fig. 5. Effect of initial crack location on crack propagation path.  $m_s=1.0$ , 1)  $\theta_i=68^\circ$ , 2)  $\theta_i=73^\circ$ , 3)  $\theta_i=78^\circ$ , 4)  $\theta_i=83^\circ$ , 5)  $\theta_i=88^\circ$ , 6)  $\theta_i=94^\circ$ , 7)  $\theta_i=99^\circ$ , 8)  $\theta_i=104^\circ$ , 9)  $\theta_i=109^\circ$ , 10)  $\theta_i=114^\circ$ , 11)  $\theta_i=120^\circ$ .



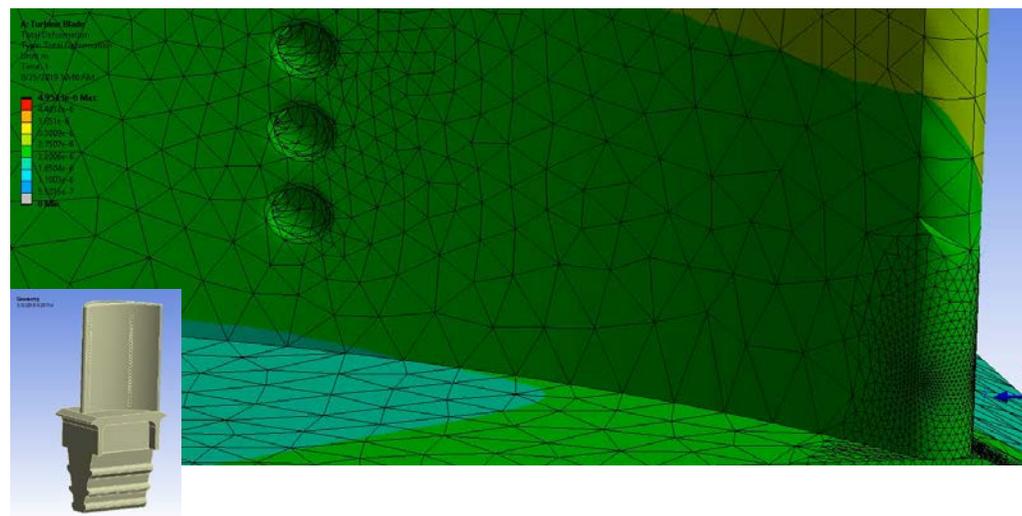
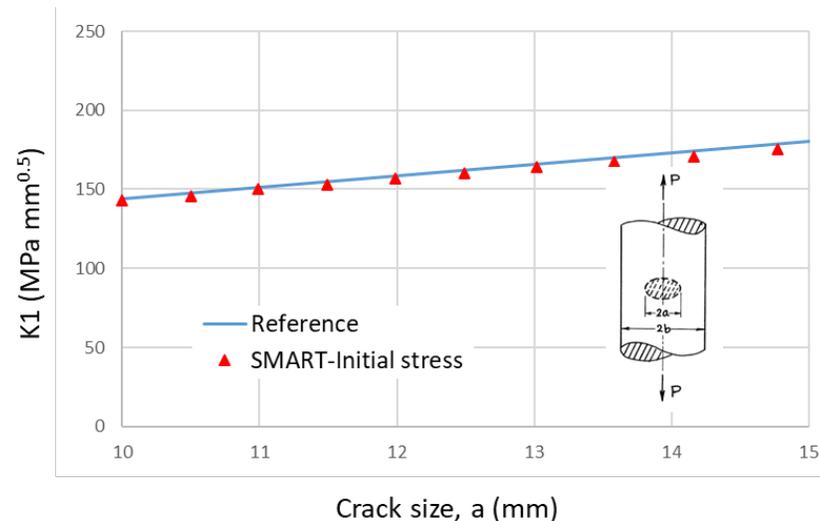
Lewicki DG. Gear crack propagation path studies-guidelines for ultra-safe design. NASA/TM-2001-211073, ARL-TR-2468



# 裂纹分析增强

- SMART 支持初始应力
  - 在第一次迭代时将初始应力转换为初始应变
  - 将初始应变映射到后续网格
- 具有最大应力强度因子的新停止准则 (SIF)
  - 当最大应力强度因子达到指定值时停止求解
- 持续增强性能和其他
  - 性能提高和内存减少
  - 网格划分鲁棒性改进
  - 更好的结果文件和数据输出控制
    - 使用OUTRES命令进行灵活的输出控制

```
OUTRES,ALL,NONE  
OUTRES,CINT,5  
OUTRES,NSOL,5  
OUTRES,STRS,-2
```



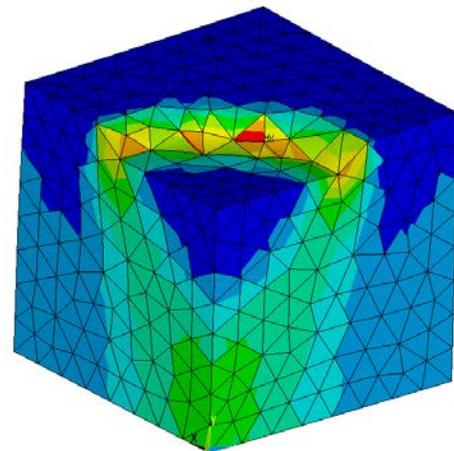
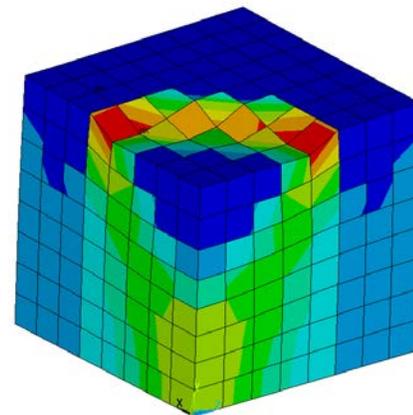
# 非线性自适应（NLAD）

## NLAD-ETCHG: 目的和背景

- 在许多线性和非线性分析中会使用六面体单元
- 单元形状畸变和/或粗化会导致收敛和/或精度损失
- 基于六面体的重划分不可能
- 网格类型改变（NLAD-ETCHG）是将NLAD技术扩展到所有六面体和六面体主导问题的可行方法
- NLAD-ETCHG是支持SMART等功能（不支持六面体单元），并任意添加裂缝的可行方法

# NLAD-ETCHG: 方法准则

- 使用NLAD重新网格化/细化标准针时，使用NLGEOM, ON和NLGEOM, OFF触发单元类型更改
- 基于组件的，类似于标准的NLAD
- 捕获变形的网格和六面体网格零件的结果（SOLID185和SOLID186）
- 将载荷、边界条件、接触等求解变量从旧的六面体网格，映射到新的二次四面体网格上
- 继续使用四面体网格进行NLAD
- 基于现在的NLAD命令，添加少量的干预可进行NLAD-ETCHG
- 支持标准NLAD的所有功能：材料模型，接触，载荷/ 边界条件和解决方案选项



# NLAD-ETCHG:在已有NALD方法基础上添加少量干预

```
=====
!
!   INITIAL INPUT
!
=====
!*CREATE,%test_name%_ini.dat

/batch
/config,noelddb,1      ! force off writing results to database
*get,_wallstrt,active,,time,wall
! ANSYS input file written by Workbench version 2020 R2
/com,--- Data in consistent NMM units. See Solving Units in the help system for more information.
/units,MPa
/nopr
/wb,file,start          ! signify a WB generated input file
/prep7
! Turn off shape checking because checks already performed inside WB mesher.
! See help system for more information.
SHPP,OFF,,NOWARN
```

ET,101,187

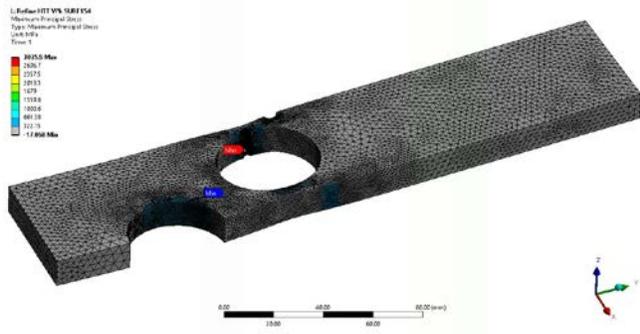
定义新的四面体单元

在相关NLAD部件上添加新单元类型

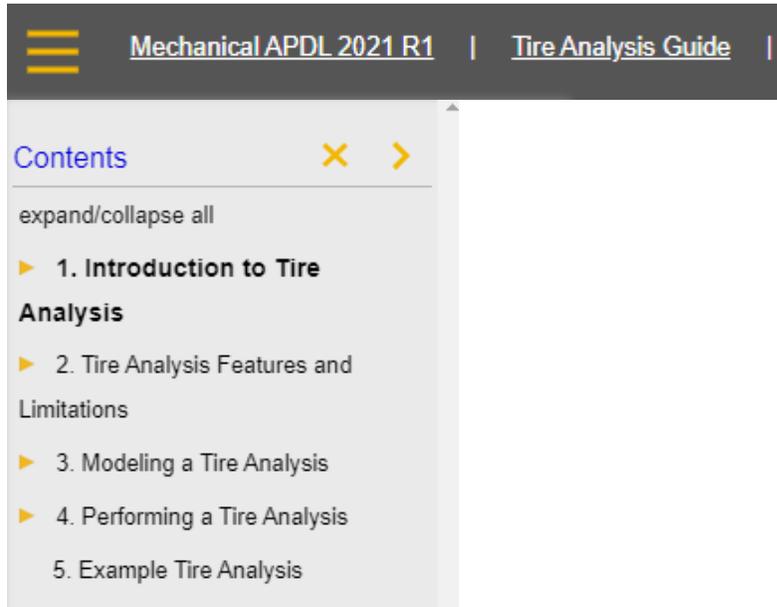
```
/nolist
/com,***** Nodes for the whole assembly *****
nblock,3,,2613
(1i9,3e20,9e3)
  1  1.5999999964E+01  1.000000000E+01  -2.000000000E+01
  2  1.9999999955E+01  9.999999776E+00  -1.999999955E+01
  3  1.600000000E+01  1.428571429E+01  -2.000000045E+01
  4  2.000000000E+01  1.428571397E+01  -2.000000000E+01
  5  1.600000000E+01  1.000000022E+01  -1.600000000E+01
nlmesh,ng,2
nlmesh,nlay,2,100
nlmesh,qtol,,-1
nlmesh,srat,1,,1.
/com,***** Create Nonlinear Adaptive Region "Nonlinear Adaptive Region" *****
esel,all
cysel,all
nlad,_CMNLAD380,add,box,XYZRange,-20.000000,21.000000,10.000000,41.000000,-20.000000,21.000000
nlad,_CMNLAD380,on,,, -2,0,000000,1,000000,101
/com,***** End of Nonlinear Adaptive Region "Nonlinear Adaptive Region" *****
```

n turned OFF by user

# NLAD-ETCHG: 案例



# 轮胎分析指南



## Chapter 1: Introduction to Tire Analysis

[PRINT PAGE](#)

A complex vehicle subsystem, the tire plays a crucial role in vehicle ride and handling performance, affecting accelerating, braking, cornering, and other maneuvers. Simulations using a robust, accurate tire model help engineers to predict the mechanical response of vehicles under various operating conditions.

Numerical analysis of rolling bodies is a complex task due to the dynamic effects, loading conditions, and material properties involved. Standard transient approaches starting directly with a 3-D tire model, although practical, require significant computational resources.

Figure 1.1: Tire Model Rolling Over a Flat Surface

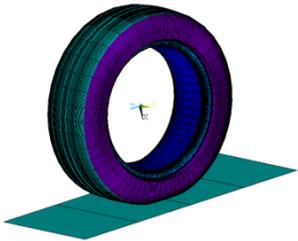
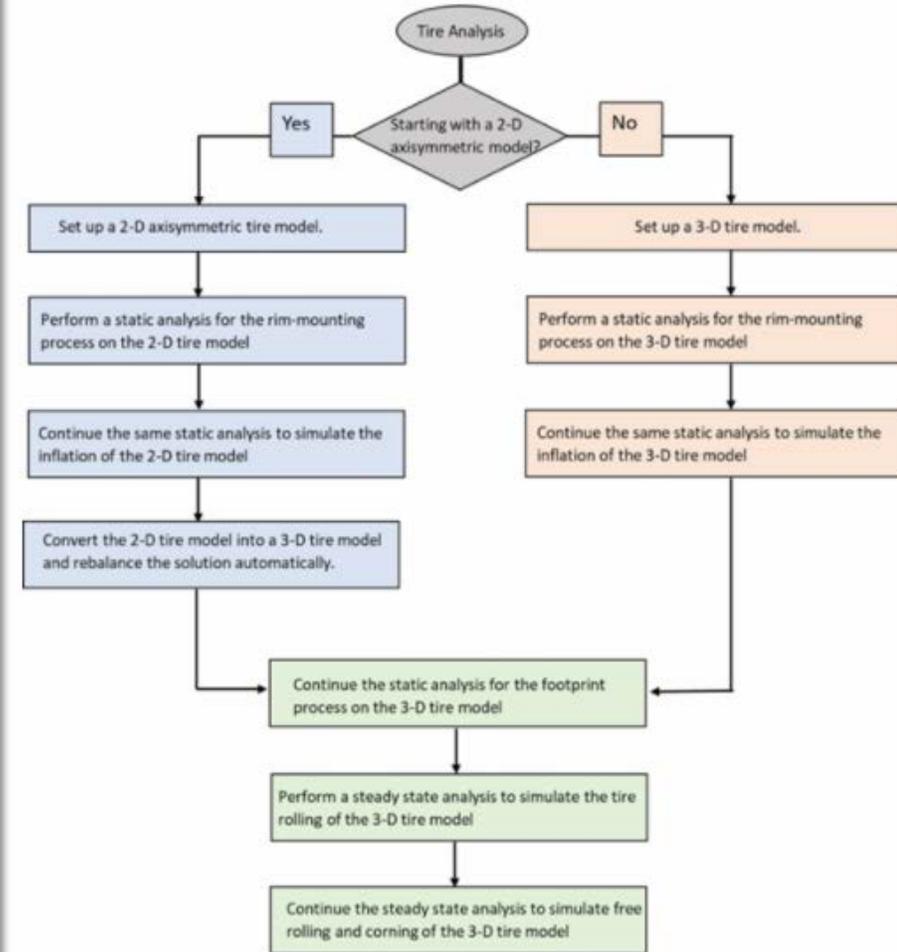


Figure 1.3: General Tire Analysis Workflow

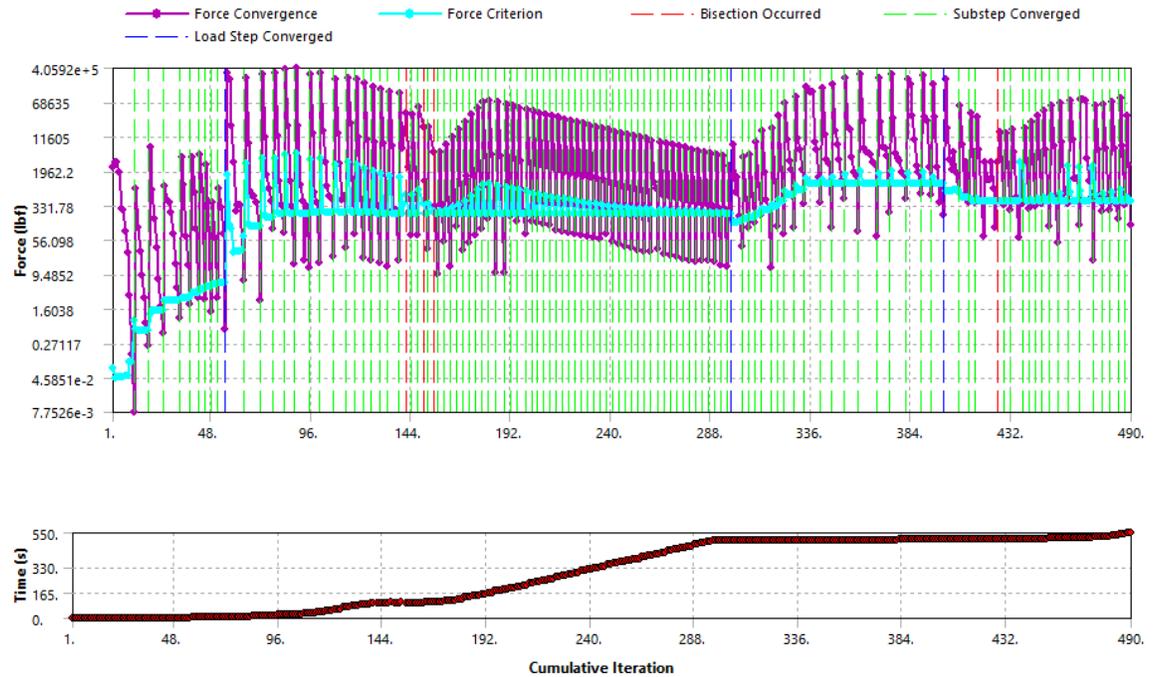
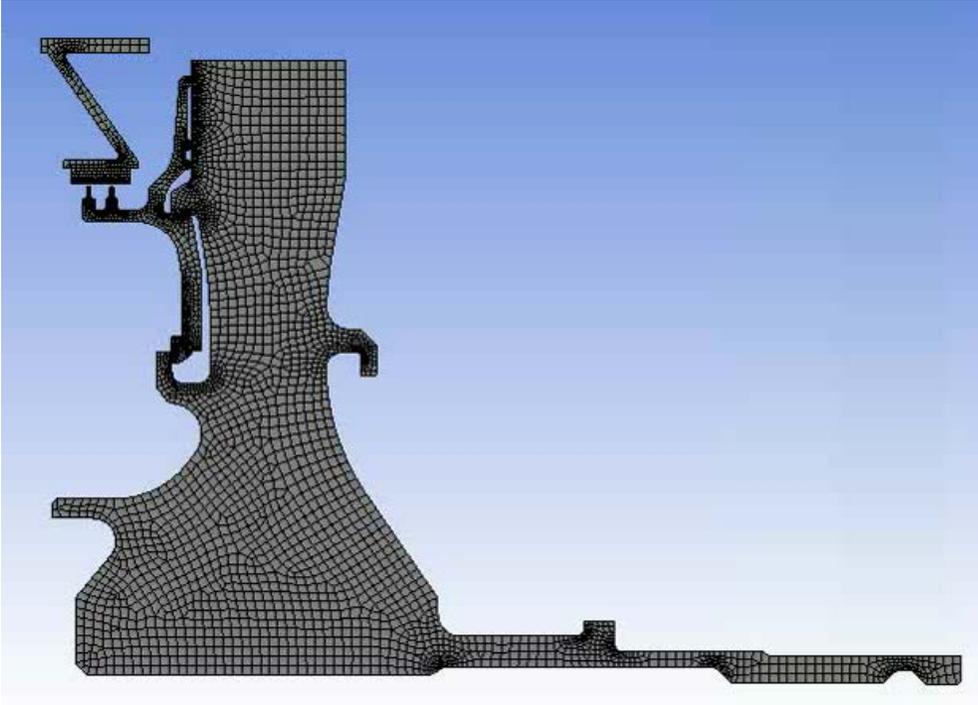


# 耦合场分析技术（Coupled Physics）



# 耦合场分析中瞬态动力学的改进

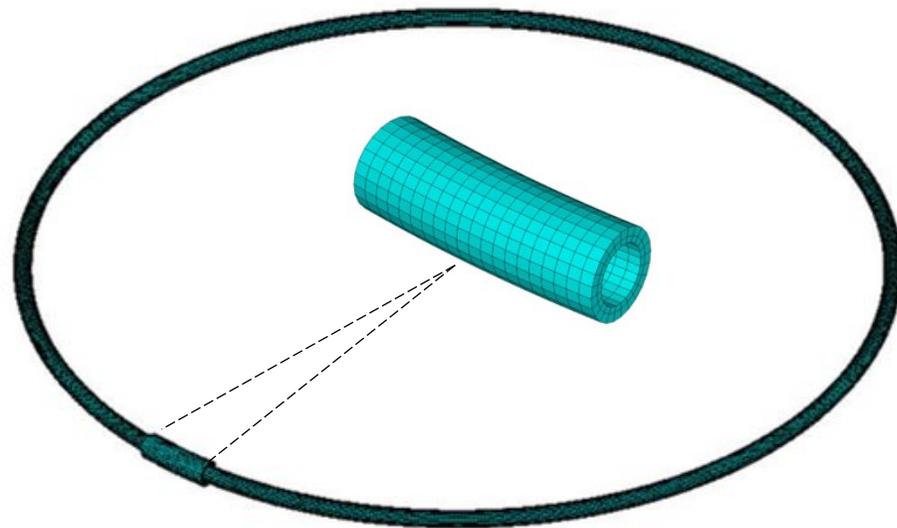
- 耦合场瞬态分析中使用HHT方法，2021R1中鲁棒性更好
- 方程一阶和二阶系统的相似性，使得耦合场分析收敛性提高



- 2021 R1使用默认设置可以成功求解带有热固耦合的通用燃气轮机模型
- 以前的版本需要用户干预并使用非默认设置，以实现收敛

# 耦合场分析功能增强

- 对于包含平面和周期对称的辐射分析，大大改善视角因子（**view factor**）和热分析的计算
- 在耦合场非线性分析中，允许使用**CUTCON** 命令使用单一物理场的自由度开启**bisection**:
  - Structural (displacements, rotations)
  - Thermal (temperatures)
  - Electric (voltage, current)
- 自动单元类型的控制
  - **SOLID186** 和耦合单元同时存在时，会自动修改**SOLID186** 为完全积分
  - 耦合场瞬态分析中使用**HHT**，会一直采用时间积分方法



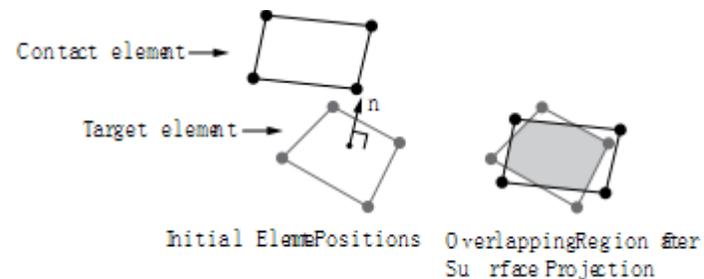
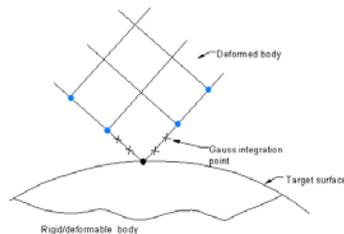
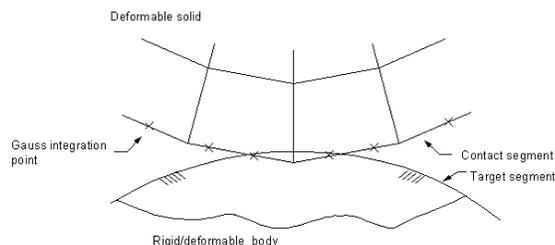
RSYMM,,, CYCLIC	View Factor Time	Solve Time
2020 R2	2707	4247
2021 R1	82	126

# 最新的热单元

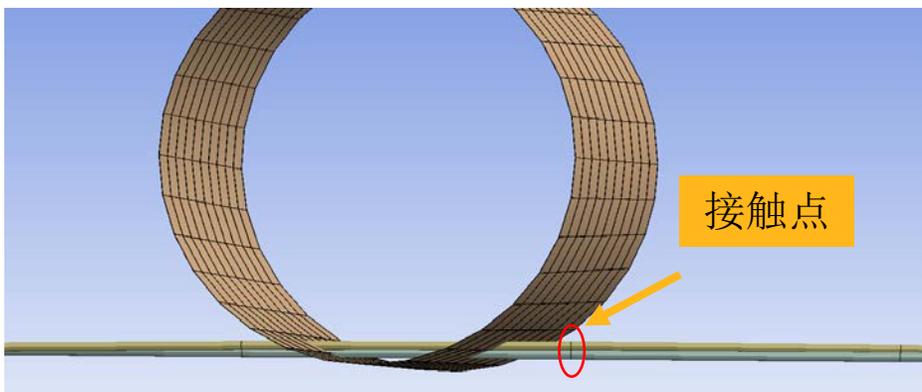
- 结构模拟（不包括增材制造模拟）使用最新热单元进行热分析
- 最新的热单元SOLID278, SOLID279, SOLID291, PLANE292和PLANE293比其对应的传统热单元更先进，功能更丰富（SOLID70, SOLID90, SOLID87, PLANE55）
- 新的单元在热导率矩阵和比热矩阵采用不同的积分方案

# 接触 (Contact)

# Projected 3D line-to-surface 接触

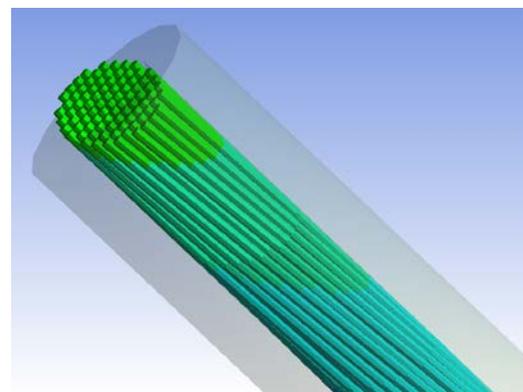


- 投射接触在接触和目标表面的重叠区域而不是单个接触节点上施加接触约束，从而显着提高了接触结果的准确性，并提供了更平滑的应力分布



当梁单元尺寸相对大于目标曲面的曲率时:

- 现有的节点检测选项错过了接触面
- 投射接触将在梁和曲面重叠区域检测接触

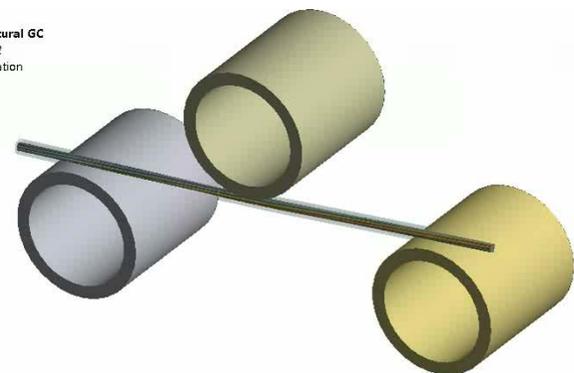


梁节点滑离目标边:

- 现有的节点检测选项会导致接触力突然下降
- 投射接触会让接触力变化更平稳

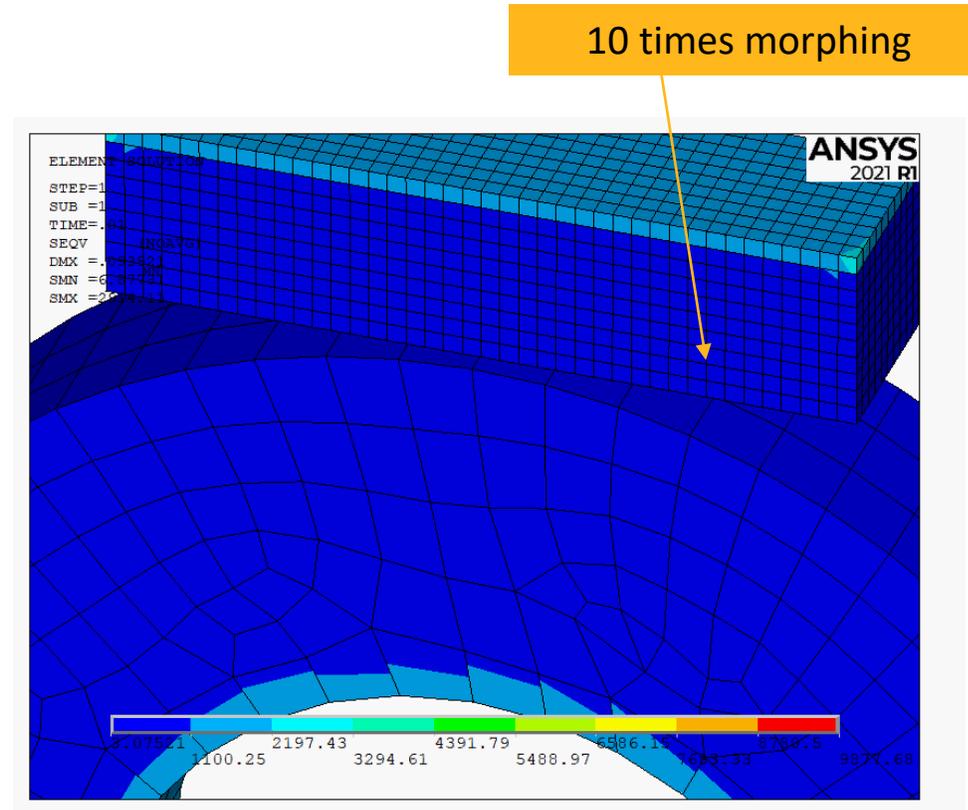
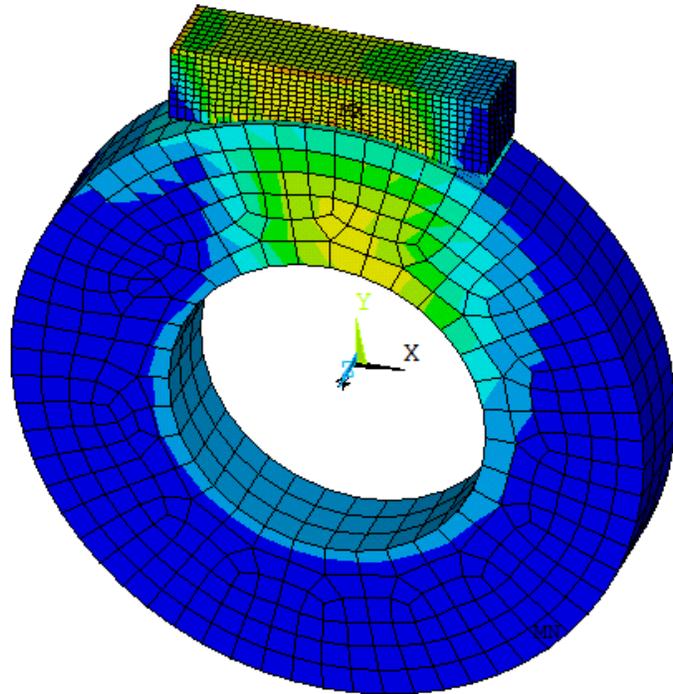
A: Transient Structural GC  
Total Deformation 2  
Type: Total Deformation  
Unit: mm  
Time: 0

20.003 Max  
17.78  
15.558  
13.335  
11.113  
8.8902  
6.6676  
4.4451  
2.2225  
0 Min



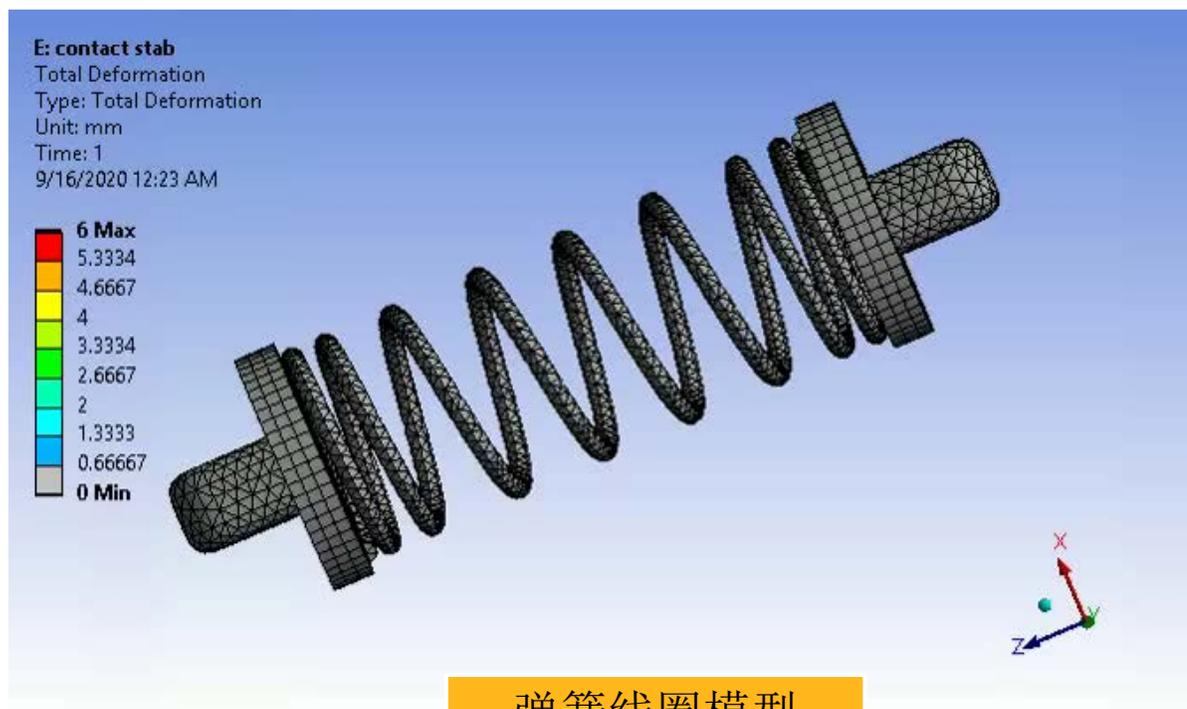
# 接触磨损改进

- 允许对接触面磨损较大的六面体单元进行基于NLAD的网格变形
- 磨损分析中接触拆分功能支持HPC加速

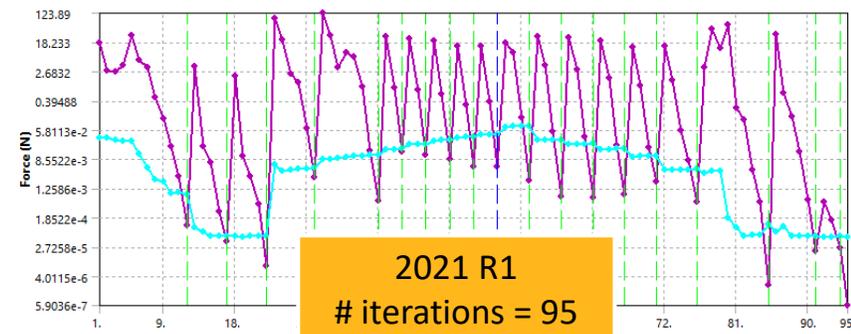
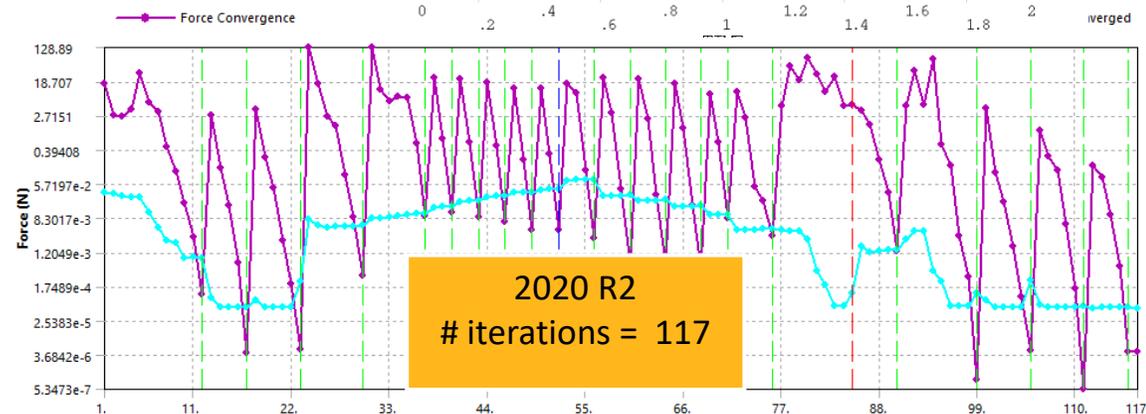
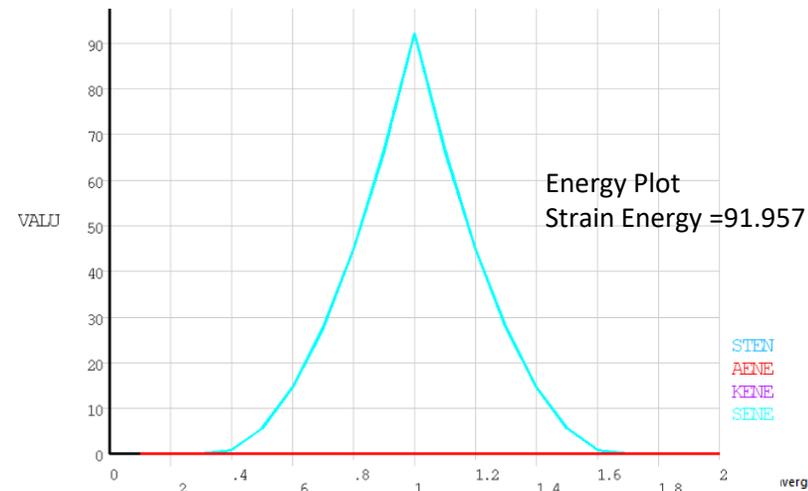


# 接触阻尼鲁棒性改进

- 挑战:
  - 模型仅靠接触支撑住
  - 不稳定模型
- 方案: 施加接触稳定

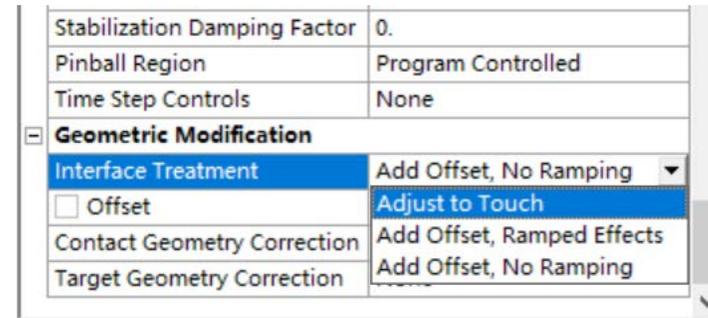


弹簧线圈模型

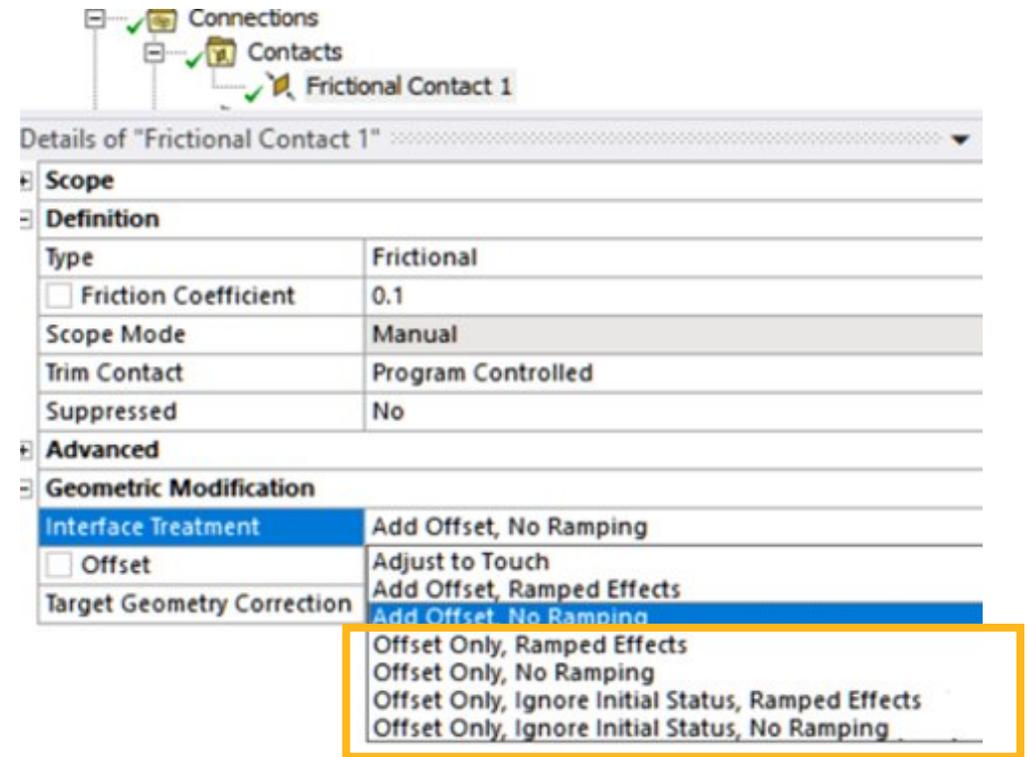


# 接触增强

- Workbench Mechanical现在支持额外的接触界面处理选项，以实现更高的接触收敛速率
  - "Offset Only, No Ramping",
  - "Offset Only, Ramped Effects",
  - "Offset Only, Ignore Initial Status, Ramped Effects"
  - "Offset Only, Ignore Initial Status, No Ramping"
- 使用这些附加选项，用户可以在模拟接触条件时，考虑以下的多种情况
  1. Gaps / Penetrations
  2. Offsets
  3. Initial Contact Status
  4. Ramping

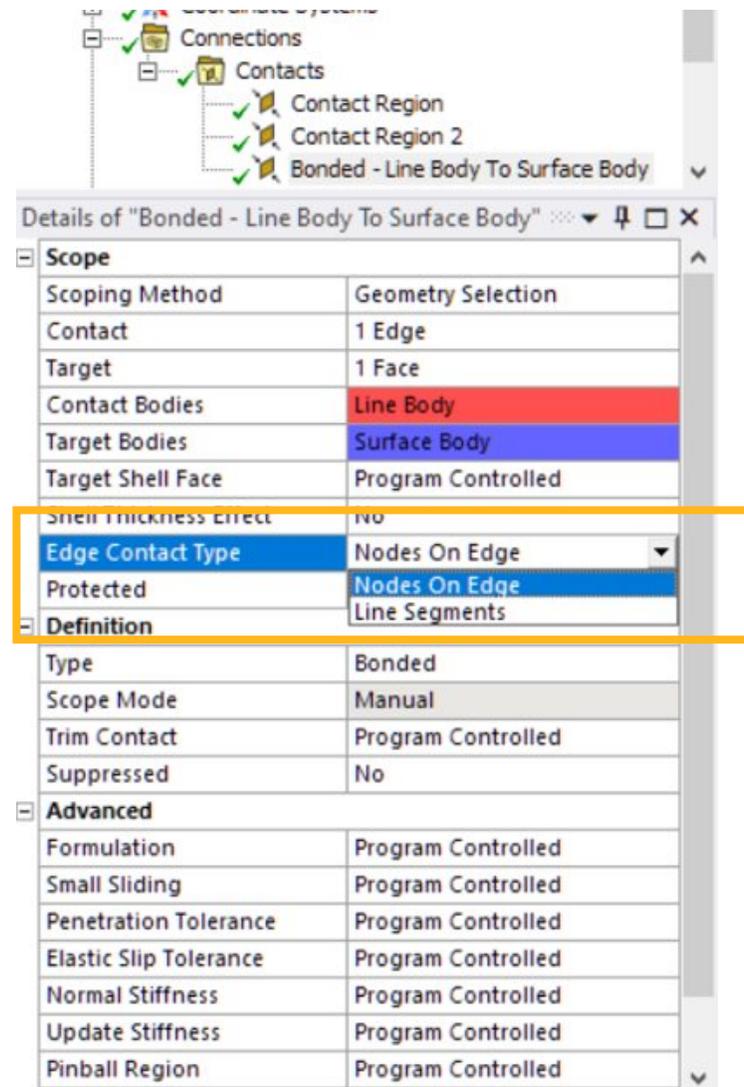


(之前版本)



# 接触功能增强

- 边接触的单元选择：使用接触区域上的“Edge Contact Type”属性，结构分析中边接触支持CONTA177元素
- 当接触范围限定为线，壳或实体的几何边并且目标范围限定为边或曲面或壳\实体的单元表面时，此选项可见
- 该功能的选项包括：
  - Nodes On Edge (Default) : 使用 CONTA175 单元
  - Line Segments : 使用CONTA177 单元



# 总结

## 1. 单元技术增强 (Element)

耦合单元

MPC184

表面效应单元

BEAM

## 2. 裂纹扩展分析技术 (SMART)

网格粗化

裂纹偏转

SMART支持接触

## 3. 非线性自适应 (NLAD)

NLAD-ETCHG

## 4. 耦合场分析技术 (Coupled Physics)

瞬态分析增强 (HHT)

视角因子\自适应

最新热单元

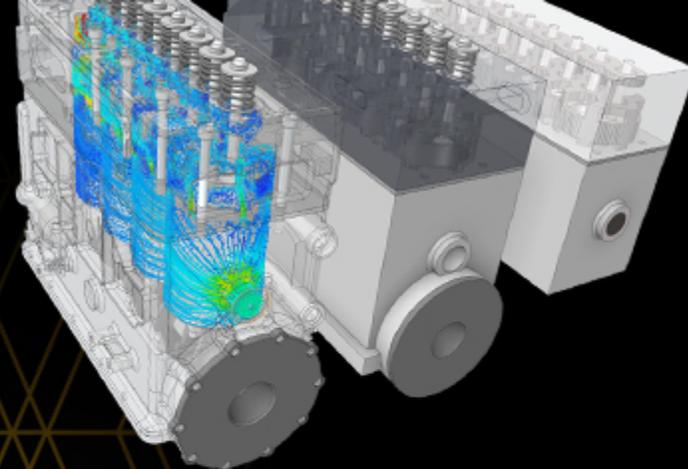
## 5. 接触 (Contact)

投射 3D line-to-surface

接触磨损

界面处理功能等

# SIMULATION WORLD



2021年4月21-22日

全球大型工程仿真在线虚拟盛会

## 立即注册2021 Ansys Simulation World!

2021 Simulation World是一场免费的在线活动，旨在激励和帮助企业管理人员、工程师、研发和制造专业人士了解工程仿真变革的力量。



[www.simulationworld.com](http://www.simulationworld.com)

**Ansys**



全国咨询热线  
**400 819 8999**

全国咨询邮箱  
**info-china@ansys.com**

微信号: ANSYS-China



有奖问卷



期待您对本次大会提出宝贵的参会反馈, 收获惊喜礼品。

**让我们听到您对本场会议提出的宝贵意见!**

**提交问卷即有机会获取限时限量派发的精美礼品, 千万别错过哦!**



ANSYS-China



ANSYS中国

**欢迎扫码关注我们!**



 **Ansys**

