

ICSC 2019

Core Competence Enhanced by MBD



IDAJ CAE Solution Conference

nCode_DesignLife高级疲劳分析技术

IDAJ中国
技术部

目录

- nCode DesignLife产品简介
- nCode DesignLife功能和特色
- nCode DesignLife应用案例

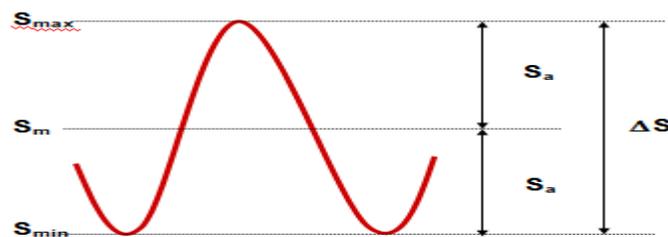
疲劳的概念

■ 什么是疲劳？

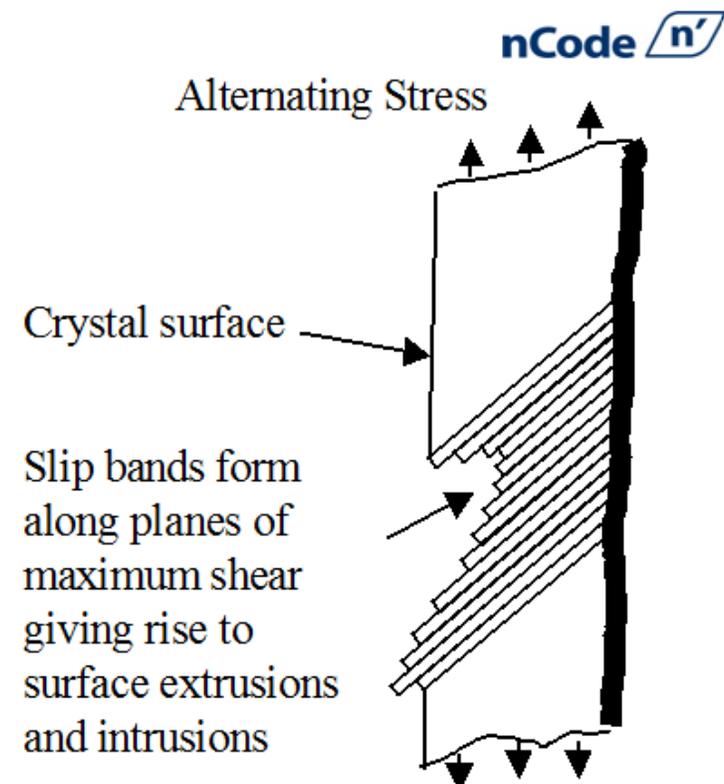
- 某点承受扰动应力，在足够多的循环扰动作用后形成裂纹或完全断裂的材料中所发生的局部的、永久结构变化的发展过程，称为疲劳
- 只有扰动应力条件下，疲劳才会发生

■ 疲劳的分类

- 根据应力水平
 - 应力疲劳（高周疲劳）
 - 应变疲劳（低周疲劳）
- 根据应力状态
 - 单轴疲劳
 - 多轴疲劳



Simple loading history



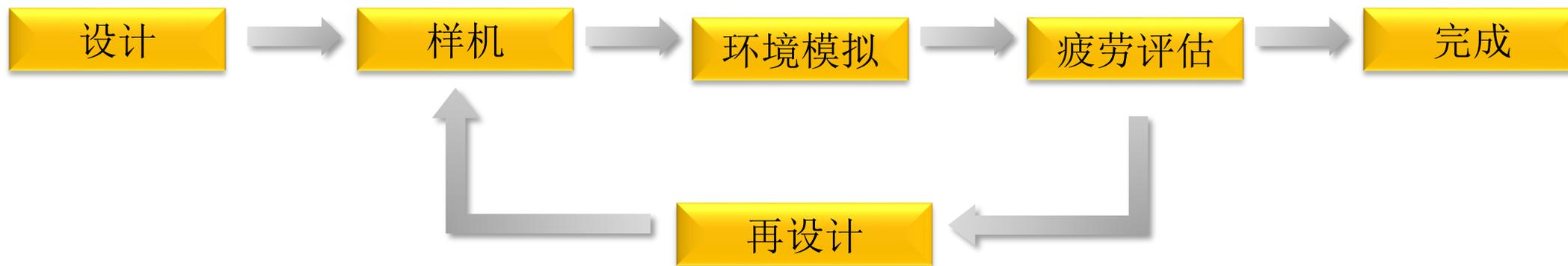
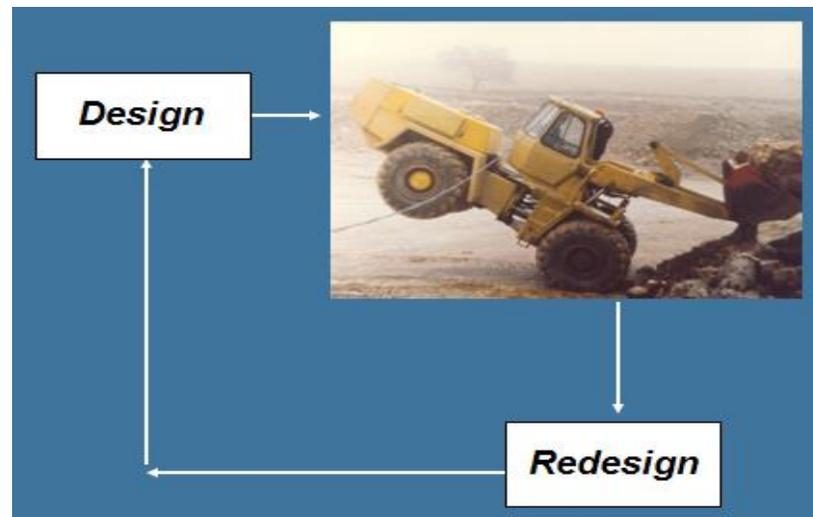
疲劳的危害

- 据统计，欧洲每年早期断裂造成的损失达800亿欧元；
- 美国每年早期断裂造成的损失达1190亿美元；
- 其中95% 是由于疲劳引起的断裂；
- 通过应用疲劳耐久性分析技术，其中的50%是可以避免



工程中疲劳问题分析方法

■ 传统的疲劳分析方法



工程中疲劳问题分析方法

■ 缺点

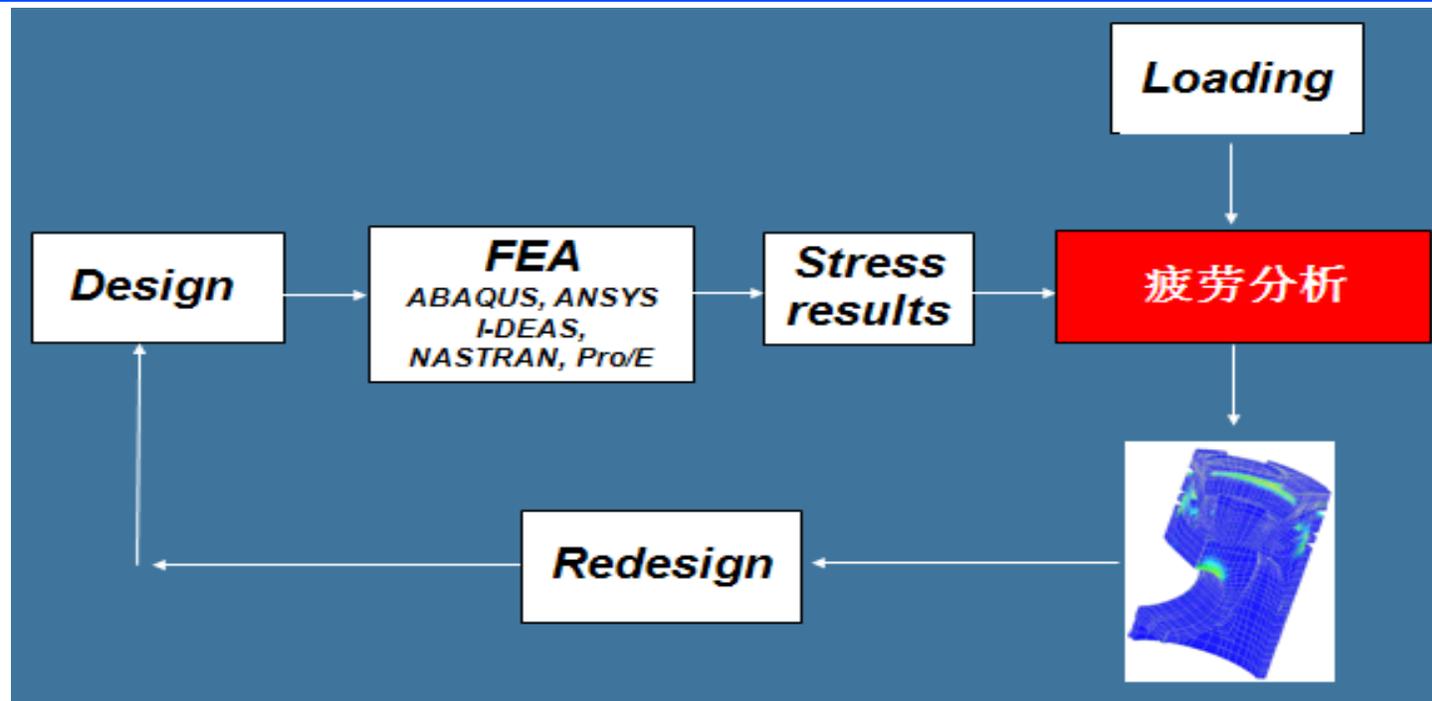
- 传统设计过程中，设计人员在概念或详细设计阶段通常使用简单而不真实的计算来估计产品的寿命；
- 疲劳寿命通常通过一定量物理样机的耐久试验来得到，不但试验周期长、耗资巨大，而且许多相关参数与失效的定量关系也不可能在试验中得出，试验结论还可能受许多偶然因素的影响；

解决方法：

引入计算机辅助分析

工程中疲劳问题分析方法

■ 现代分析方法



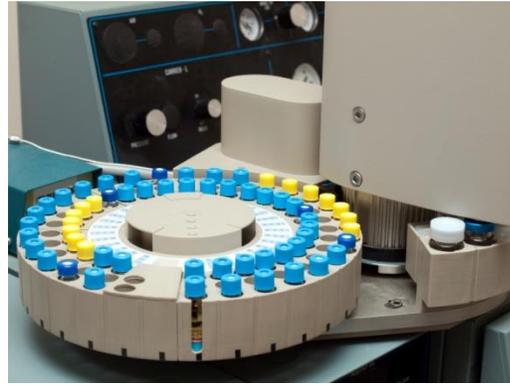
优点

- 结合有限元计算结果进行疲劳分析，可在物理样机制造前进行疲劳分析和优化设计，真实预测产品的寿命，实现等寿命设计。
- 显著缩短产品推向市场的时间、提高产品可靠性
- 极大地降低制造物理样机和进行耐久性试验所带来的巨额研发费用。

疲劳分析行业应用



Aerospace



Bio-medical equipment



Heavy Truck



Automotive



Wind energy

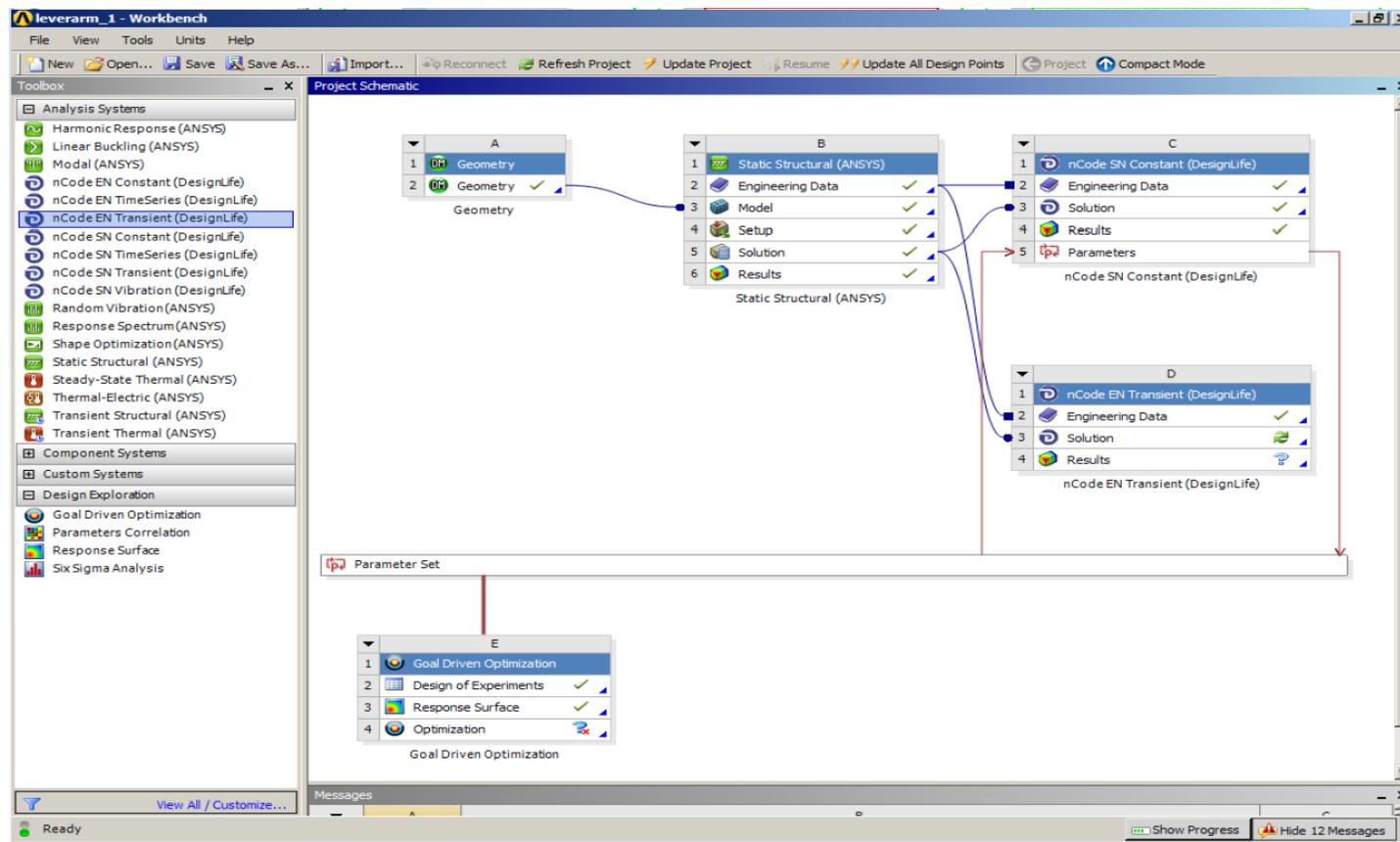


Defense

nCode DesignLife产品简介

- ANSYS公司与专注疲劳分析领域的HBM公司合作推出，
- HBM的Ncode是疲劳领域最优秀的软件之一，超过25年的历史

- 集成于Workbench 平台
- 与HBM nCode OEM 合作产品
- 是CAE结构仿真体系的重要组成单元（疲劳）



nCode DesignLife产品简介-软件模块

软件包	描述
ANSYS nCode DesignLife 标准包	基本包，包括应力寿命，应变寿命求解器等。
ANSYS nCode DesignLife 附加模块	
ANSYS nCode DesignLife 振动疲劳分析模块	进行振动疲劳分析，有效计入共振影响，模拟正弦扫频和PSD振动寿命分析。
ANSYS nCode DesignLife 热-机疲劳分析模块	考虑温度对疲劳寿命的影响
ANSYS nCode DesignLife 复合材料疲劳模块	针对复合材料疲劳寿命的计算
ANSYS nCode DesignLife 加速试验模块	信号处理包，进行振动试验信号处理，设计加速的虚拟和实际振动测试。
ANSYS nCode DesignLife 焊接分析模块	焊缝和点焊的疲劳寿命预测。
ANSYS nCode DesignLife 并行求解模块	多线程并行计算，提升疲劳分析求解效率。

目录

- nCode DesignLife产品简介
- nCode DesignLife功能和特色
- nCode DesignLife应用案例

ANSYS nCode 的主要功能

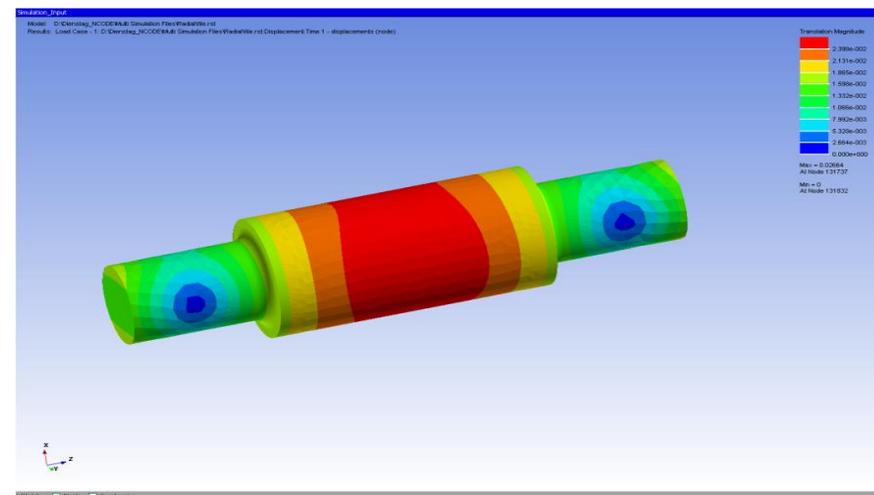
■ ANSYS nCode DesignLife 具有全面的疲劳分析能力

- 应力疲劳 (单一, 多曲线, Haigh图)
- 应变疲劳(自动多轴修正)
- 焊缝和点焊疲劳分析
- 高温疲劳分析
- 振动疲劳(振动台模拟)
- 支持常幅值、单时间历程、多时间历程载荷
- 支持航空载荷谱输入
- 丰富的材料疲劳性能数据库
- 客户定制流程开发

●支持的有限元结果：

- 静态分析(线性/非线性)
- 瞬态分析
- 模态分析
- 频谱响应

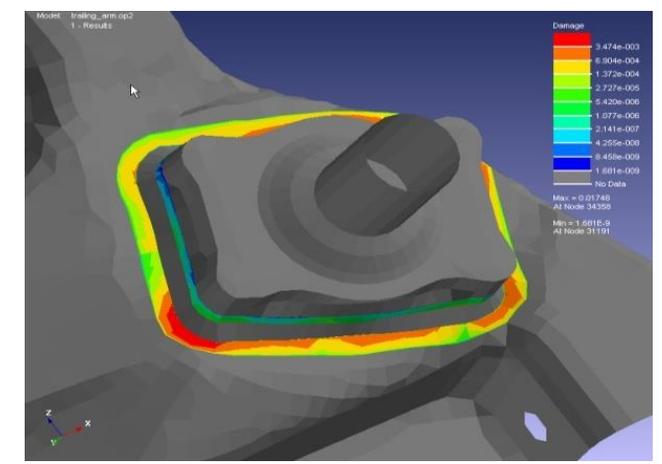
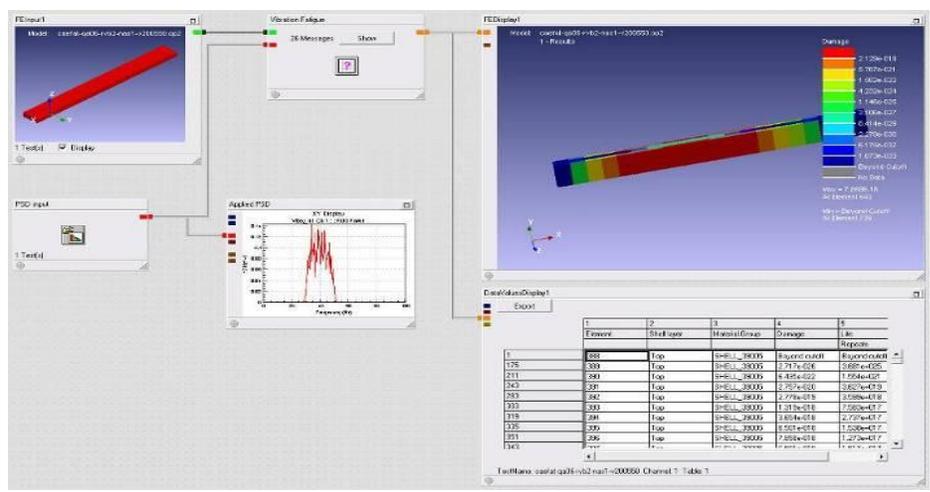
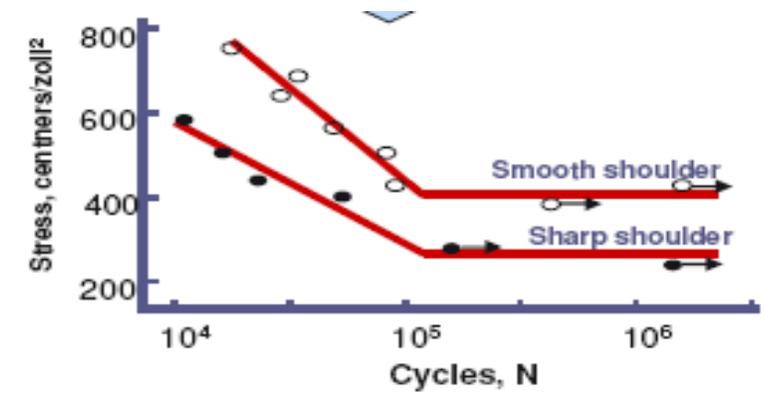
- 能够读取ANSYS、Abaqus、Nastran等软件的有限元计算结果



产品功能

■ 应力寿命求解器

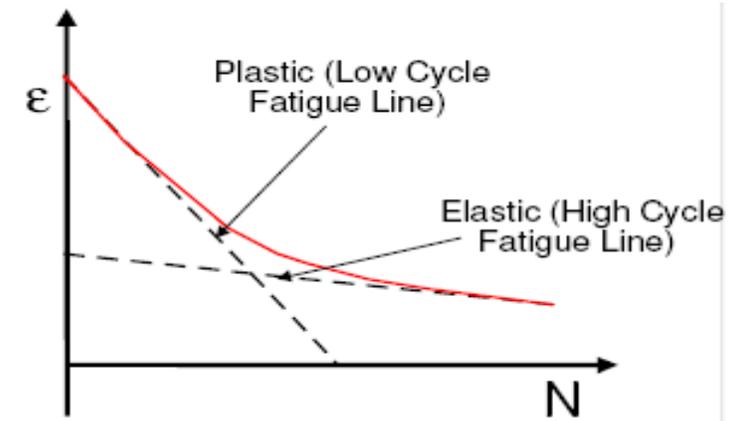
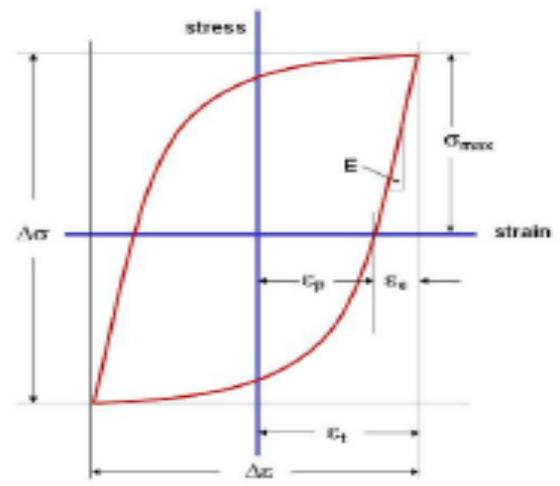
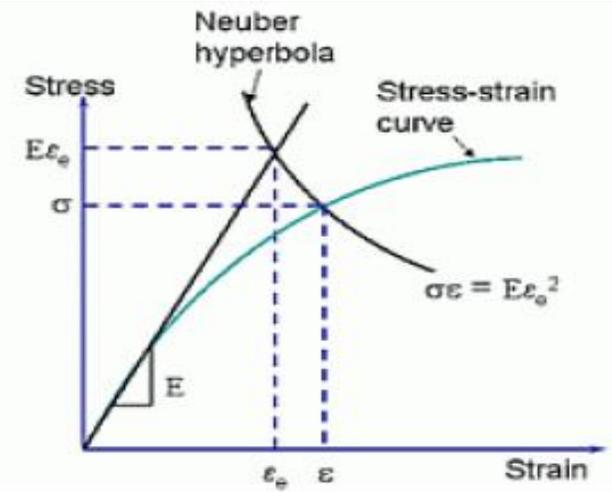
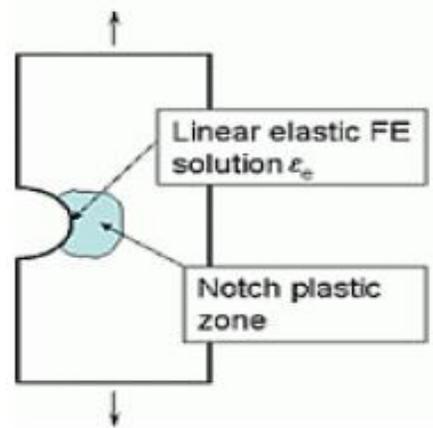
- S-N曲线
- 单轴和临界面法
- 自动多轴载荷处理
- 平均应力修正
 - FKM Guidelines
 - Goodman
 - Gerber



产品功能

■ 应变寿命求解器

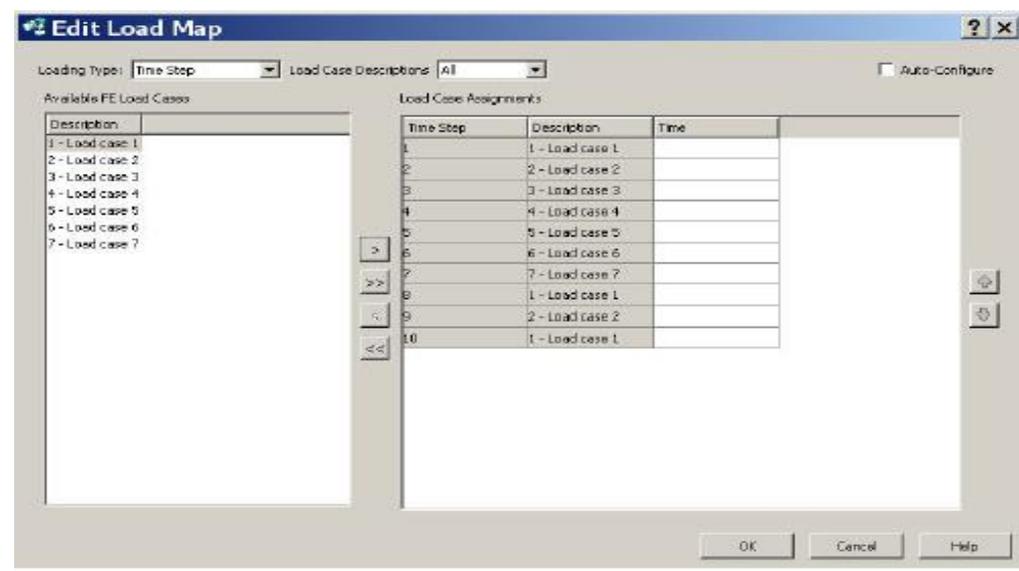
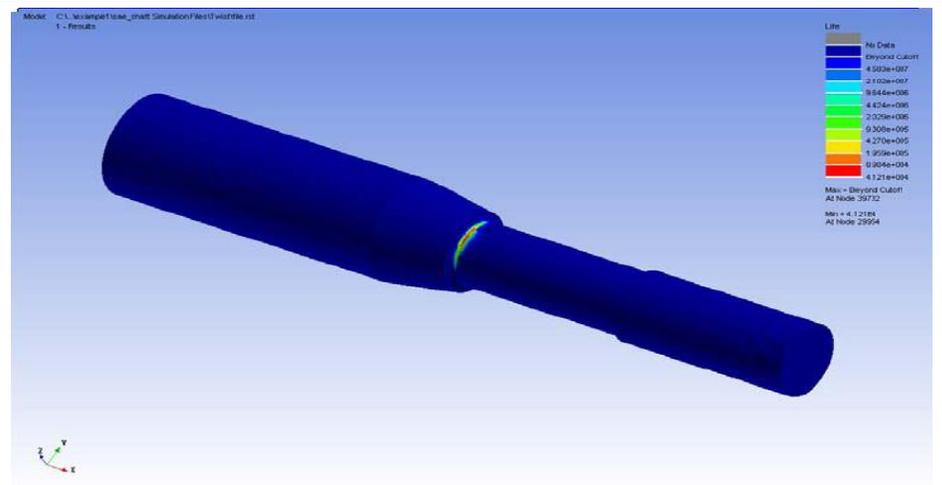
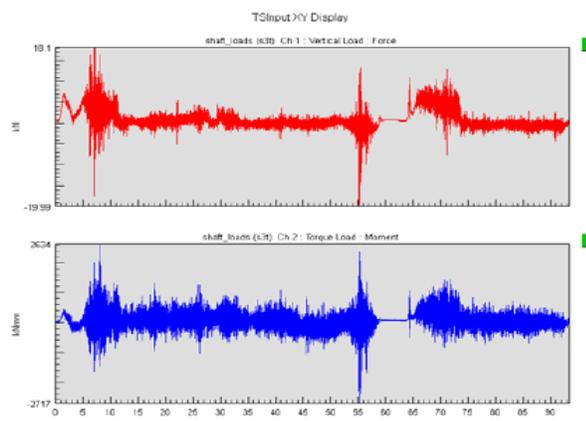
- E-N曲线
- 平均应力修正
 - Morrow
 - Smith Watson Topper
- 塑性修正
 - Neuber
 - Hoffman-Seeger



产品功能

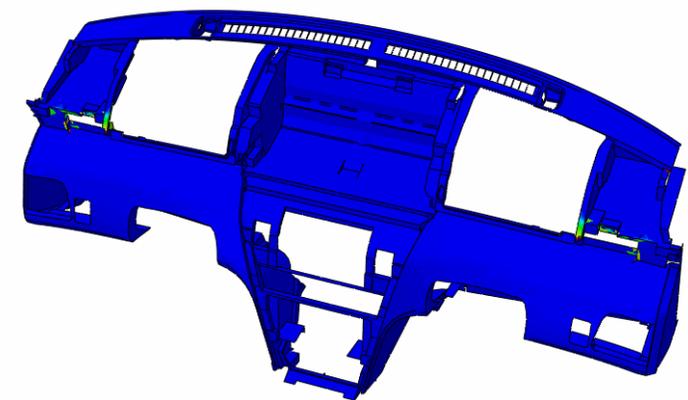
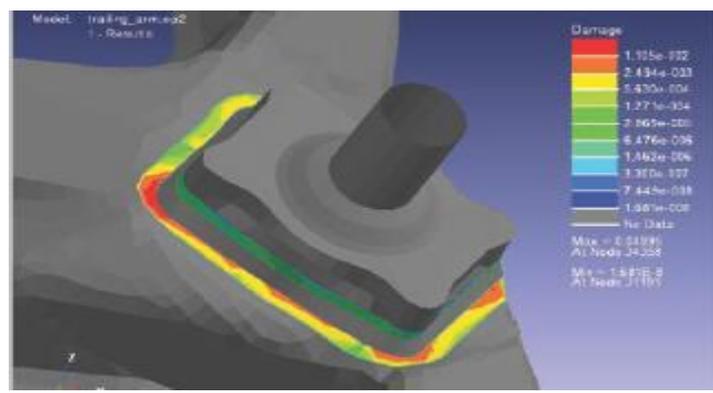
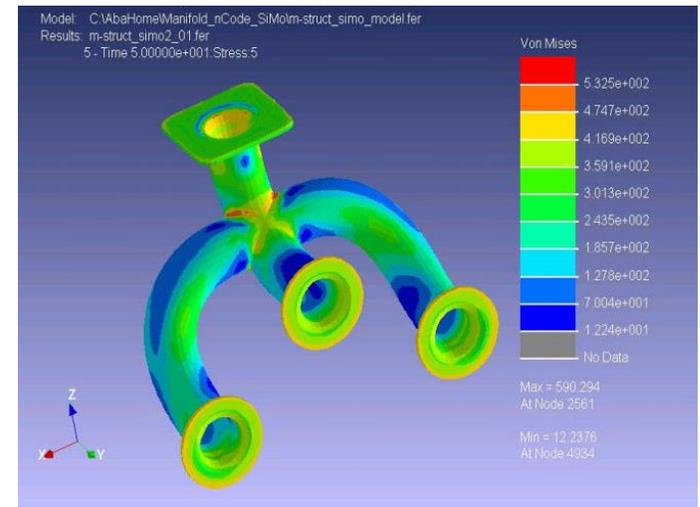
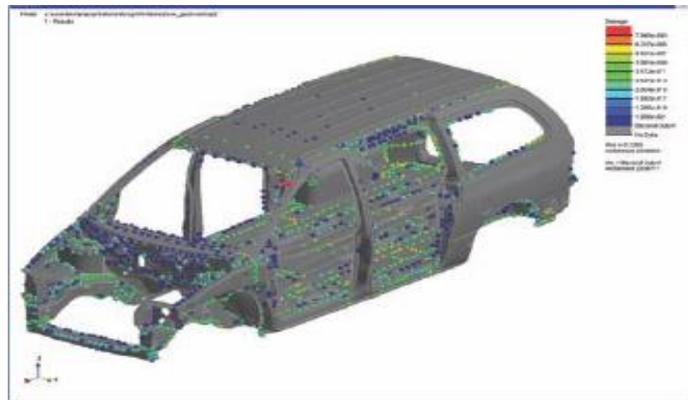
■ 载荷谱

- 时间序列
- 横幅载荷
- 时间步载荷
- 温度载荷
- Hybrid载荷
- 振动载荷
- Duty Cycle



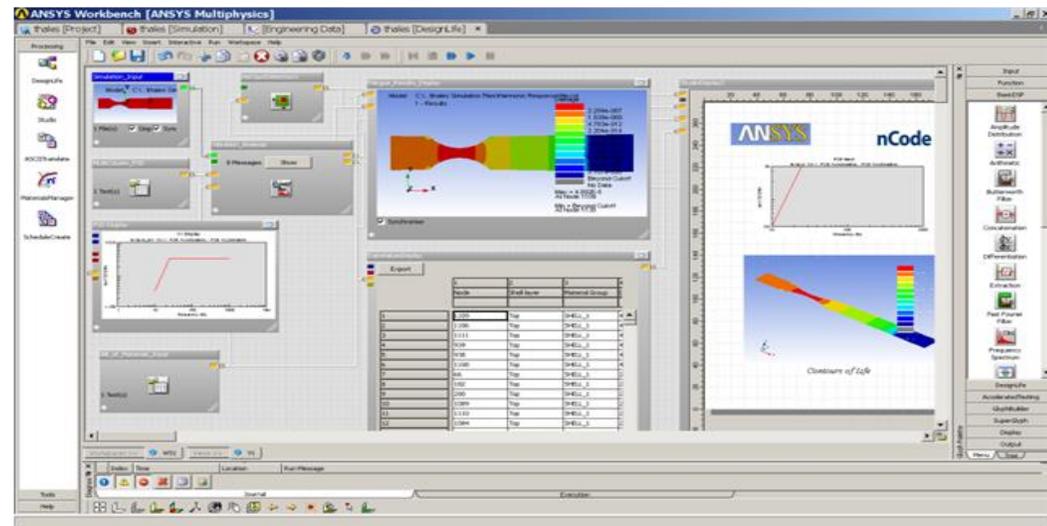
附加模块

- 振动疲劳模块
 - 正弦扫频和PSD载荷
 - 有效计入共振影响
- 热-机疲劳模块
- 复合材料疲劳模块
- 加速测试模块
 - 信号处理工具包
- 焊接结构疲劳模块
 - Spot Weld焊点疲劳
 - Seam Weld焊缝疲劳
- 并行处理
 - 多线程并行计算



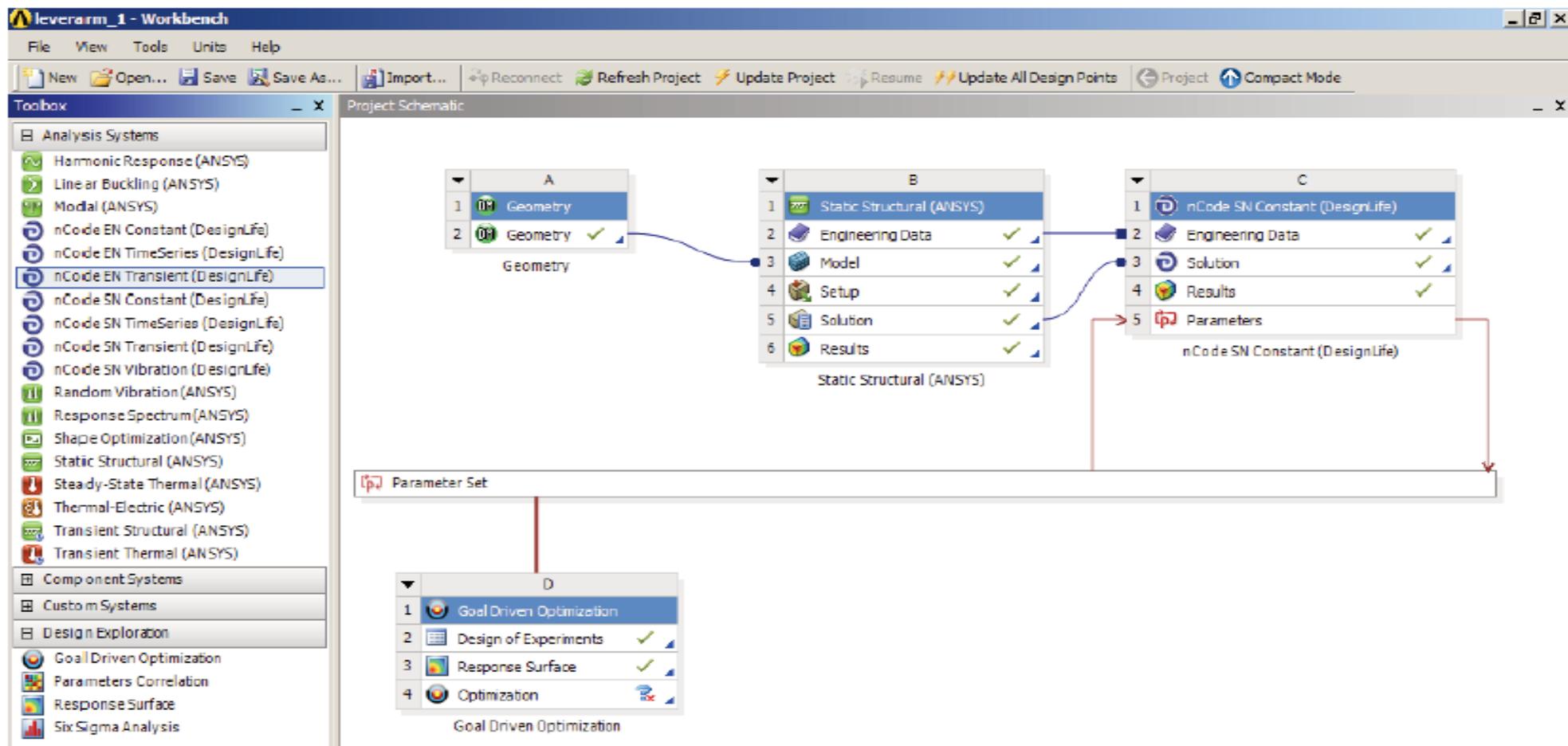
产品特点

- ✓完全集成于WB环境，以流程图的形式建立分析任务；
- ✓无缝读取ANSYS结果文件，与ANSYS共享材料数据库；
- ✓Windows风格界面，易学易用；
- ✓针对专家用户的高度灵活的自定义功能；
- ✓对测试和CAE数据提供了一个统一的环境；
- ✓能够实现分析和报告全过程的自动化；

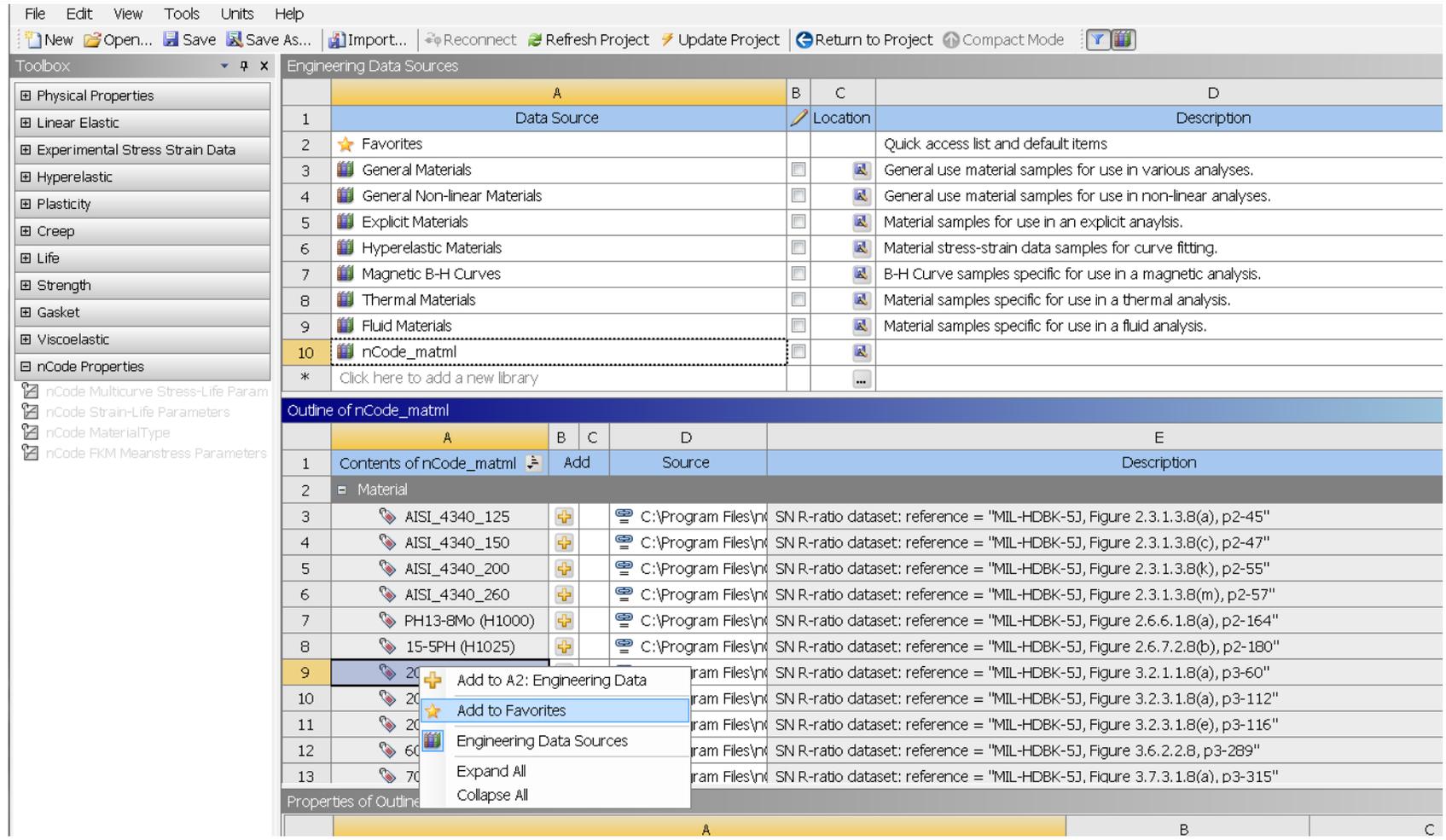


产品特点

ANSYS nCode DesignLife集成在WorkBench中，无缝读取ANSYS结果文件，与ANSYS共享材料数据库；以流程图的形式建立分析任务；Windows风格界面，易学易用。



产品特点



The screenshot displays the 'Engineering Data Sources' window. On the left is a 'Toolbox' with categories like Physical Properties, Linear Elastic, Experimental Stress Strain Data, Hyperelastic, Plasticity, Creep, Life, Strength, Gasket, Viscoelastic, and nCode Properties. The main area shows a table of data sources:

	A	B	C	D
1	Data Source			Location Description
2	★ Favorites			Quick access list and default items
3	General Materials	<input type="checkbox"/>		General use material samples for use in various analyses.
4	General Non-linear Materials	<input type="checkbox"/>		General use material samples for use in non-linear analyses.
5	Explicit Materials	<input type="checkbox"/>		Material samples for use in an explicit analysis.
6	Hyperelastic Materials	<input type="checkbox"/>		Material stress-strain data samples for curve fitting.
7	Magnetic B-H Curves	<input type="checkbox"/>		B-H Curve samples specific for use in a magnetic analysis.
8	Thermal Materials	<input type="checkbox"/>		Material samples specific for use in a thermal analysis.
9	Fluid Materials	<input type="checkbox"/>		Material samples specific for use in a fluid analysis.
10	nCode_matml	<input type="checkbox"/>		
*	Click here to add a new library			

Below this is the 'Outline of nCode_matml' table:

	A	B	C	D	E
1	Contents of nCode_matml		Add	Source	Description
2	Material				
3	AISI_4340_125			C:\Program Files\...	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 2.3.1.3.8(a), p2-45"
4	AISI_4340_150			C:\Program Files\...	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 2.3.1.3.8(c), p2-47"
5	AISI_4340_200			C:\Program Files\...	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 2.3.1.3.8(k), p2-55"
6	AISI_4340_260			C:\Program Files\...	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 2.3.1.3.8(m), p2-57"
7	PH13-8Mo (H1000)			C:\Program Files\...	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 2.6.6.1.8(a), p2-164"
8	15-5PH (H1025)			C:\Program Files\...	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 2.6.7.2.8(b), p2-180"
9	2024-T3			C:\Program Files\...	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 3.2.1.1.8(a), p3-60"
10	2024-T3			C:\Program Files\...	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 3.2.3.1.8(a), p3-112"
11	2024-T3			C:\Program Files\...	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 3.2.3.1.8(e), p3-116"
12	6061-T6			C:\Program Files\...	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 3.6.2.2.8, p3-289"
13	7075-T6			C:\Program Files\...	SN R-ratio dataset: reference = "MIL-HDBK-5J, Figure 3.7.3.1.8(a), p3-315"

A context menu is open over row 9, showing options: 'Add to A2: Engineering Data', 'Add to Favorites', 'Engineering Data Sources', 'Expand All', and 'Collapse All'.

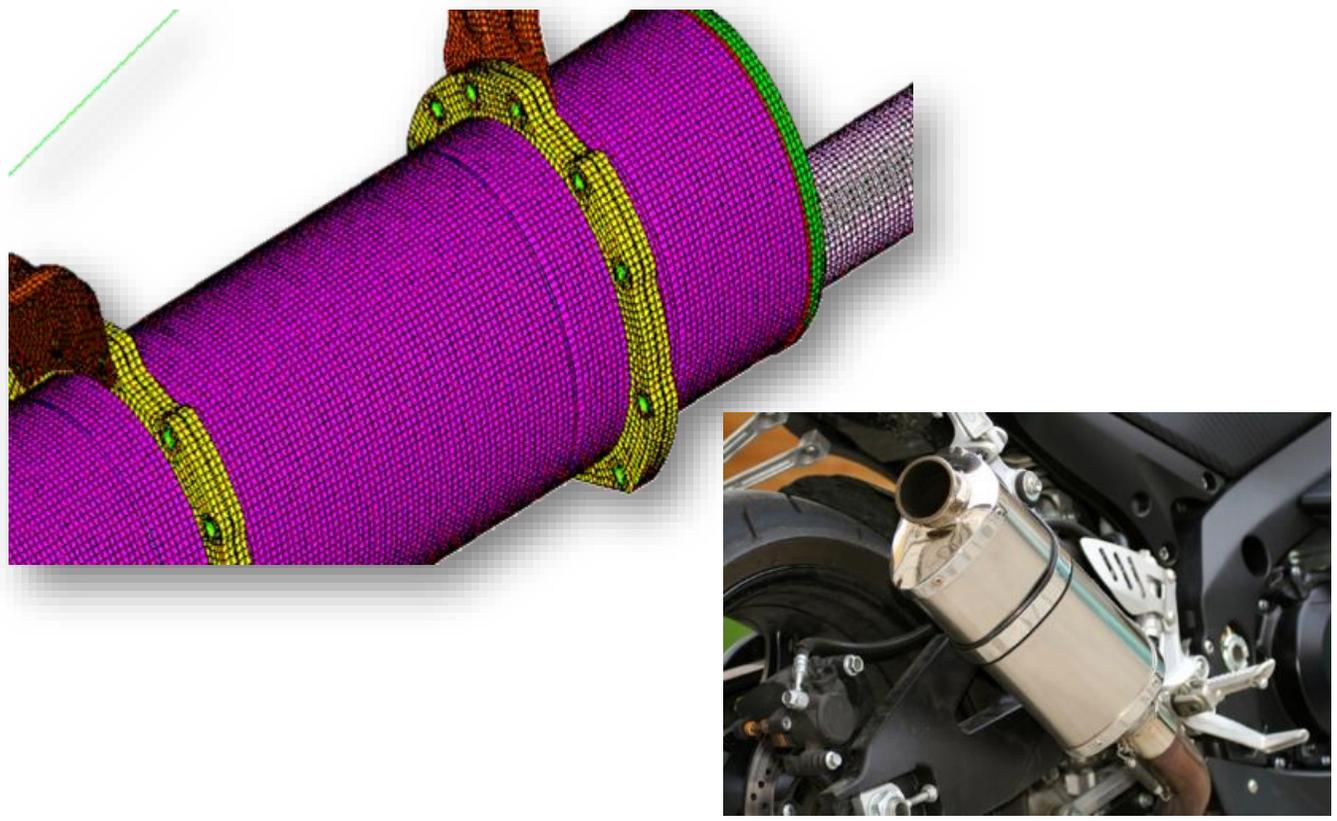
Engineering Data中的材料疲劳数据库

目录

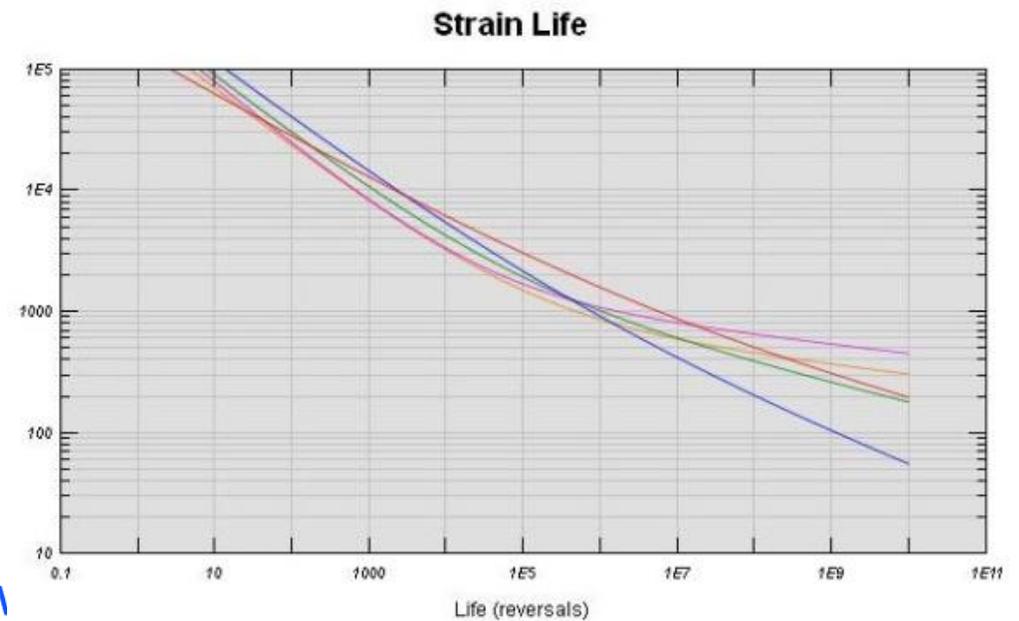
- nCode DesignLife产品简介
- nCode DesignLife功能和特色
- nCode DesignLife应用案例

案例1、高温疲劳分析

- 问题：
通常，高温会导致产品寿命降低。

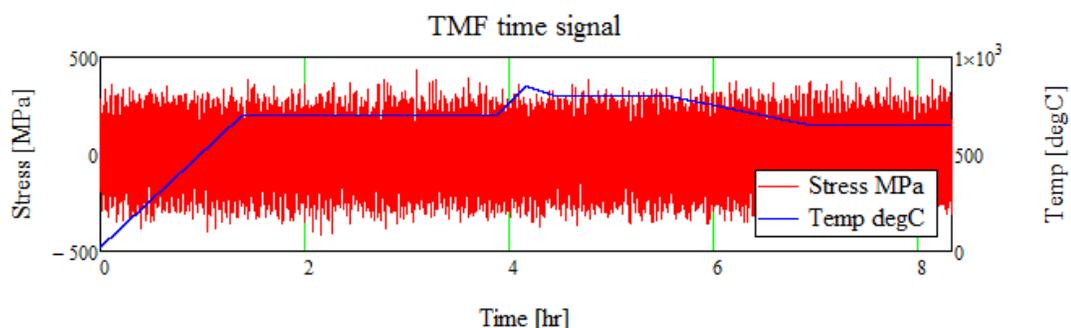


- 解决方法：
 - ✓ ANSYS nCode DesignLife TMF可以考虑温度对材料疲劳特性的影响；
 - ✓ DesignLife的材料库中已提供一部分与温度相关的材料；
 - ✓ 结构的温度场分布可利用ANSYS/CFX、Fluent、Mechanical仿真获得。

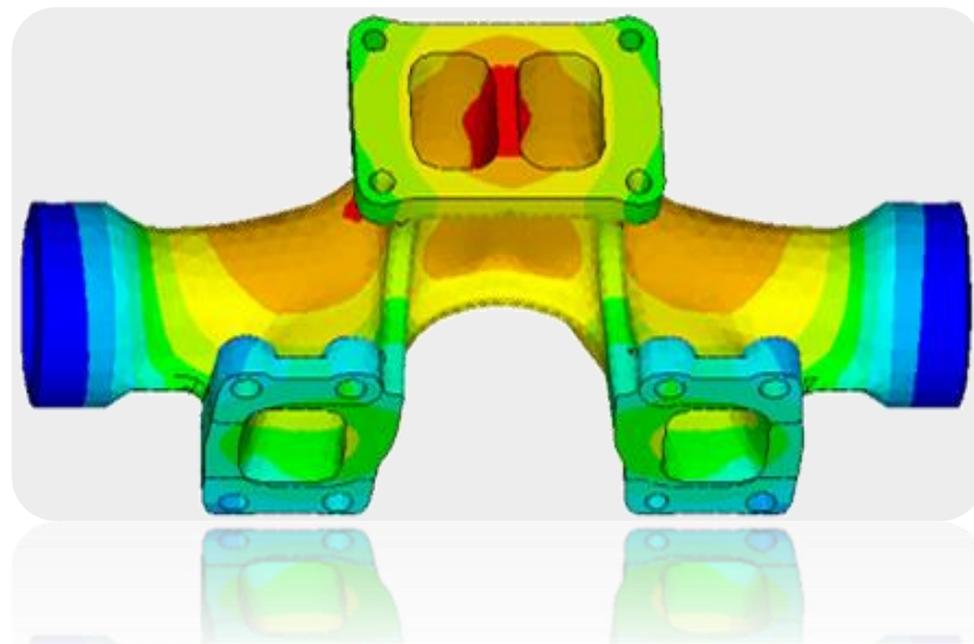


案例2、热-机疲劳寿命分析(Thermo-Mechanical-Fatigue)

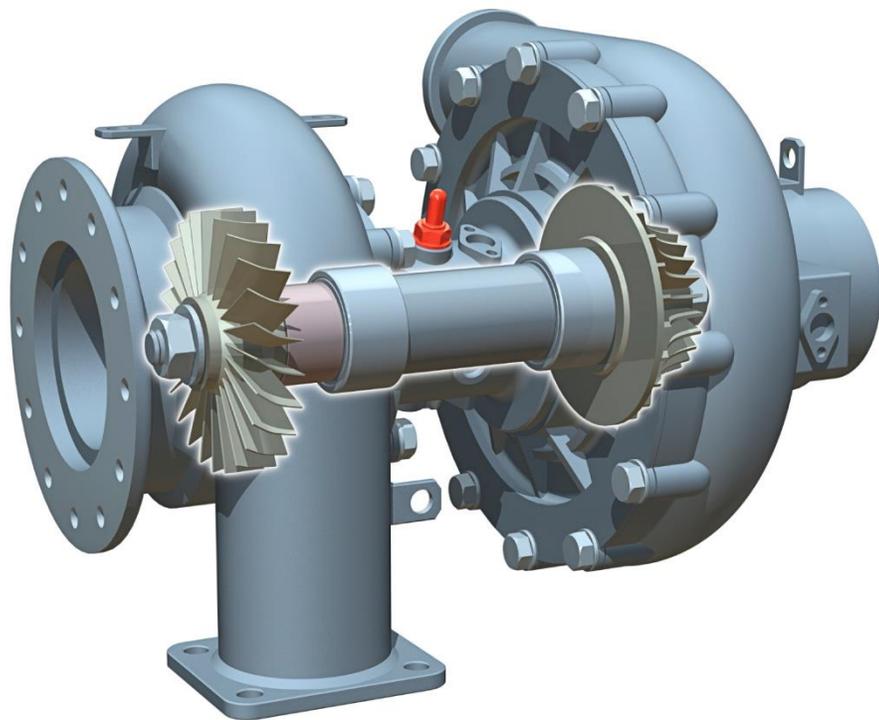
- 问题：
产品受瞬态的温度循环、以及交变的机械载荷共同作用；必须考虑温度和机械载荷共同影响的热-机疲劳。



- 解决方法：
 - ✓ ANSYS nCode DesignLife (Thermo-Mechanical Fatigue)



热-机疲劳寿命分析（续）



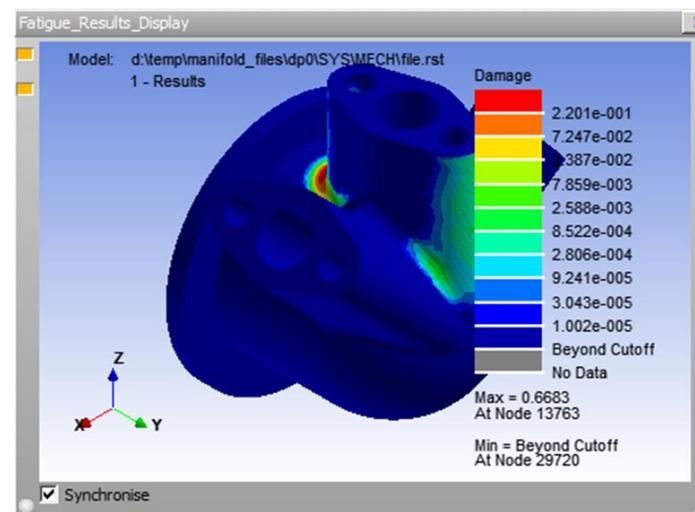
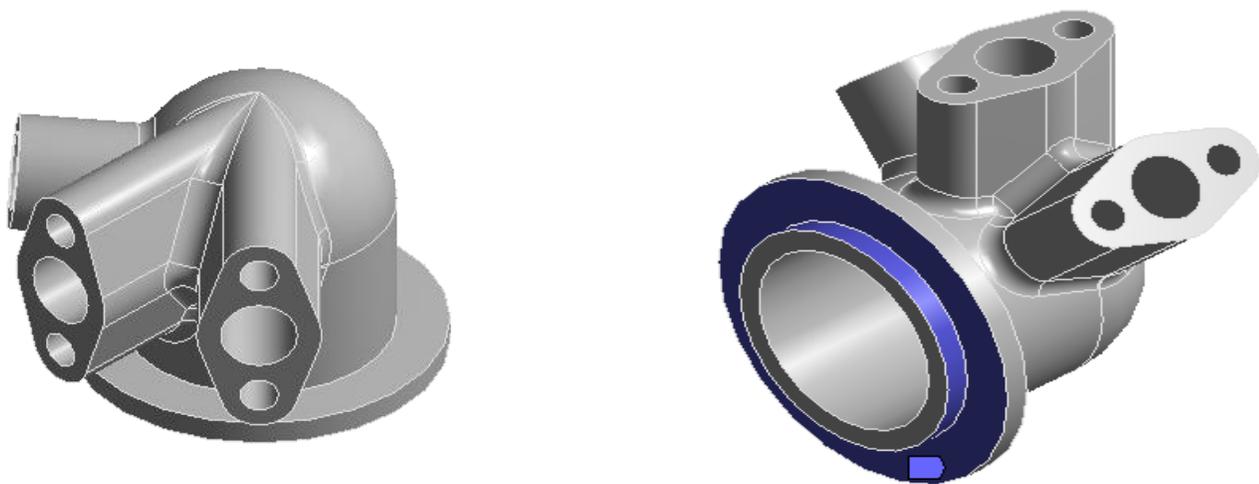
涡轮增压壳体

- *ANSYS* calculates the stress history due to a 30 minute thermal cycle, and the stresses due to a 40 Hz mechanical excitation.
- *DesignLife* superimposes the thermal and mechanical stresses into a 720,000 point time history and calculates the turbocharger housing' s life in hours of operation.

案例3、多轴应变疲劳分析

- 问题：
压力歧管受交变的轴向力、弯曲力矩、和变化的内压力共同作用；其结构的应力/应变是多轴状态。
- 选择多轴疲劳的评价方法是很困难的。

- 解决方法：
 - ✓ ANSYS nCode DesignLife (Automated multi-axial strain life corrections) 自动多轴应变寿命修正；



多轴应变疲劳分析（续）

ANSYS nCode DesignLife calculates non-proportionality and biaxial ratio and selects the best method to use.

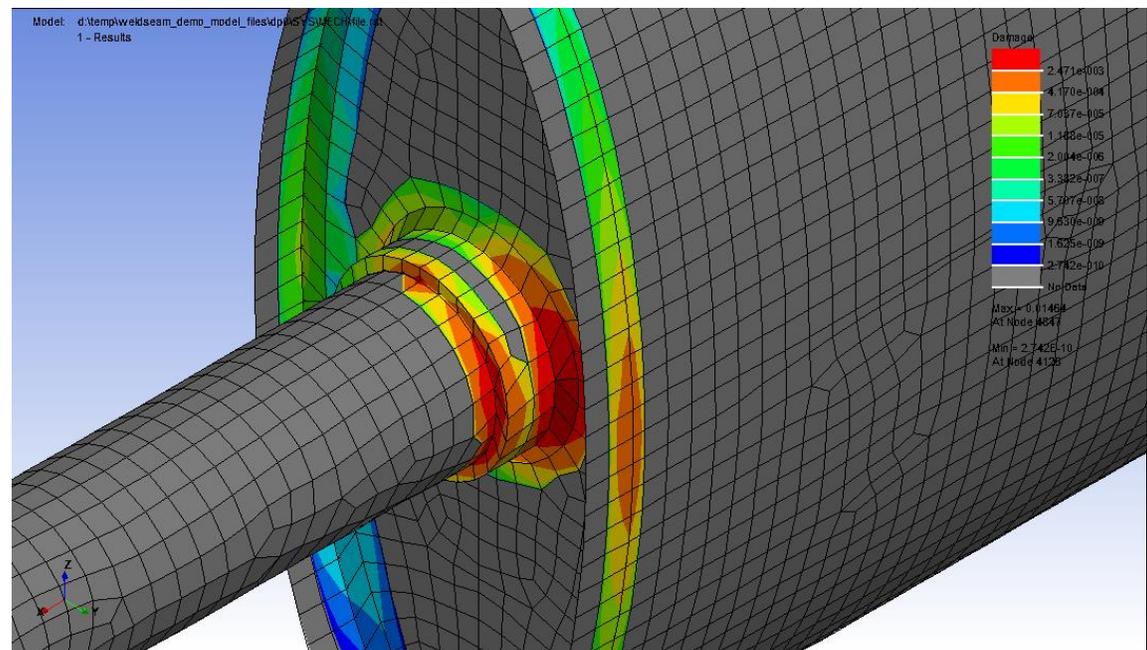
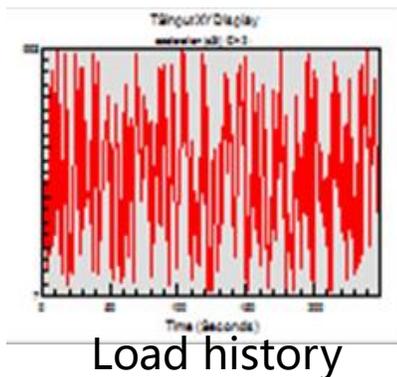
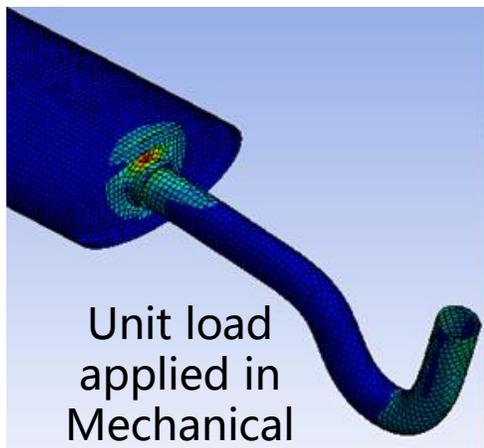
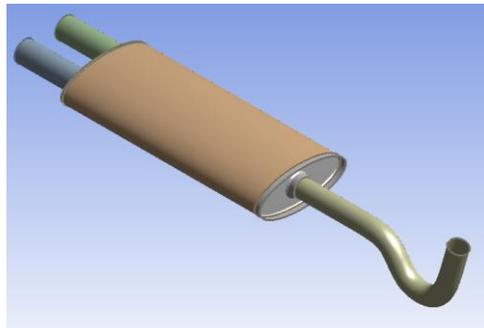
- 解决方法：
 - ✓ ANSYS nCode DesignLife ([Automated multi-axial strain life corrections](#)) 自动多轴应变寿命修正；

		Non-proportionality Factor		
		$0 \leq \text{NONPROP} \leq 0.25$	$0.25 \leq \text{NONPROP} < 0.5$	$0.5 \leq \text{NONPROP}$
Biaxiality Ratio	$-1 \leq a < -0.6$	Critical plane in 2 directions – dominant and at 90 degrees No Mean stress correction		Critical plane 10 degree intervals No mean stress correction
	$-0.6 \leq a < 0.25$	Original calculation OK	Critical plane in dominant direction Morrow	Critical plane at 10 degree intervals, Morrow
	$0.25 \leq a < 0.6$	Signed Tresca Morrow	TBCPS* dominant direction only Morrow	TBCPS* 10 degree intervals Morrow
	$0.6 \leq a \leq 1$	TBCPS 10 degree intervals Morrow		

案例4、焊缝疲劳分析

- 问题：
疲劳失效经常发生在焊缝。

- 解决方法：
ANSYS nCode DesignLife焊接疲劳模块准确评估焊缝处的损伤。



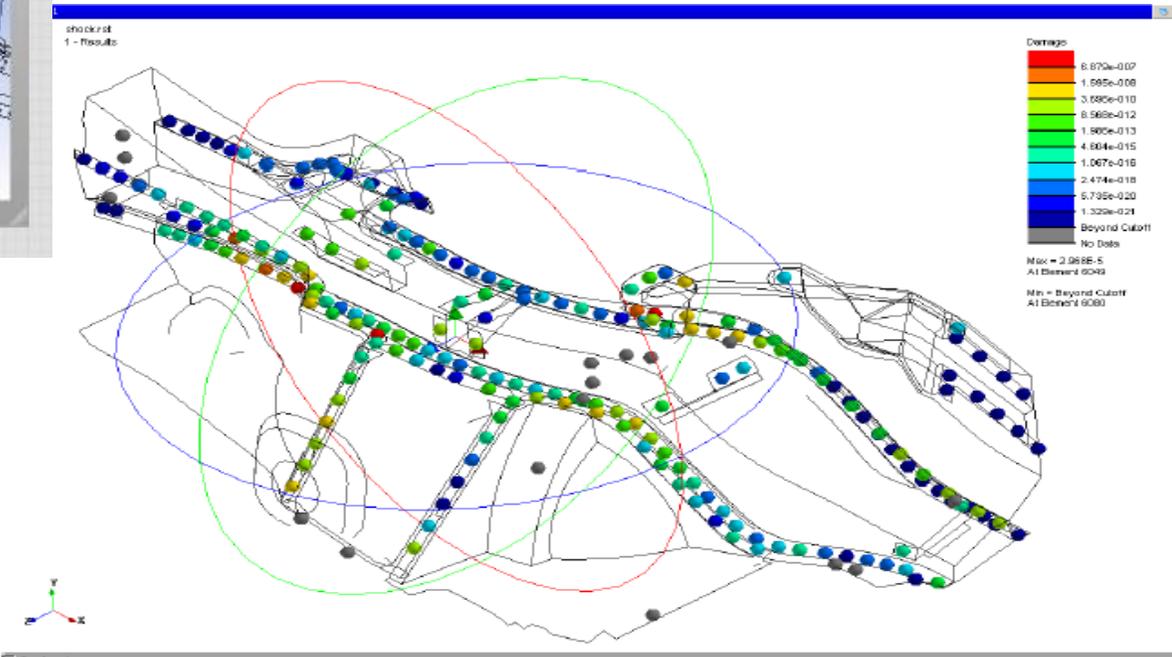
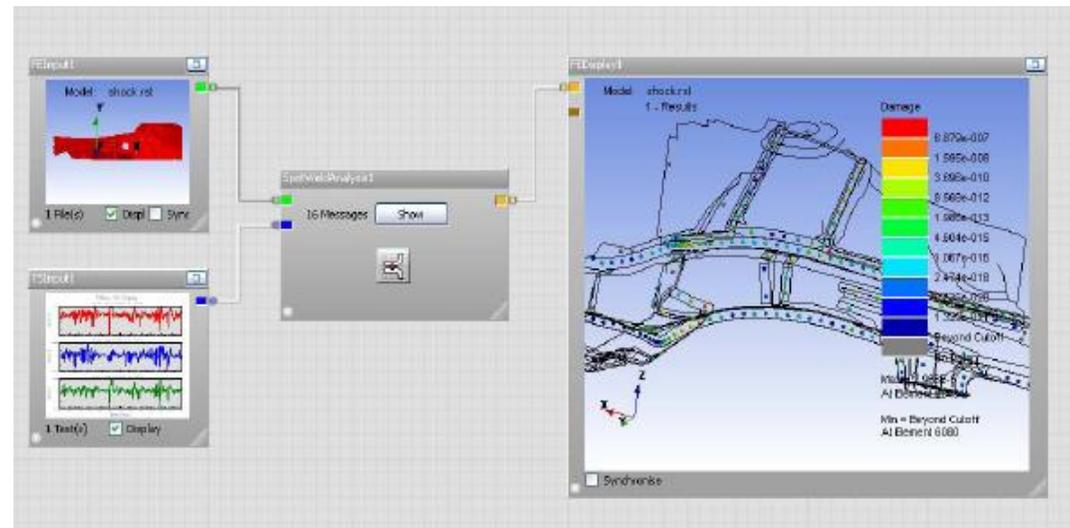
焊缝疲劳分析 (续)

The screenshot displays a simulation workflow with the following components:

- F3DView1**: Shows a 3D model of a welded joint with a color-coded stress distribution.
- BlockConfig**: A configuration panel with a 'Show' button and a help icon.
- OutputValuesDisplay**: A table displaying simulation results for seven elements.
- F3DView2**: Two damage visualization windows showing the same model with a 'Damage' color scale legend.

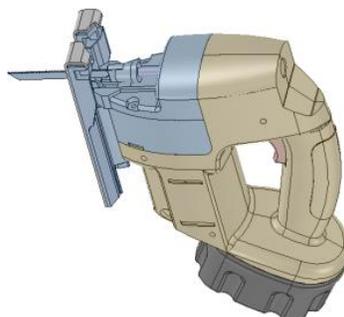
1	2	3
Element	Shellayer	Material Gro
1	1069	Top SHELL_10
2	1065	Top SHELL_10
3	76	Top SHELL_10
4	359	Top SHELL_11
5	360	Top SHELL_11
6	358	Top SHELL_11
7	767	Top SHELL_12

案例5、车架点焊疲劳寿命分析



各焊点损伤显示

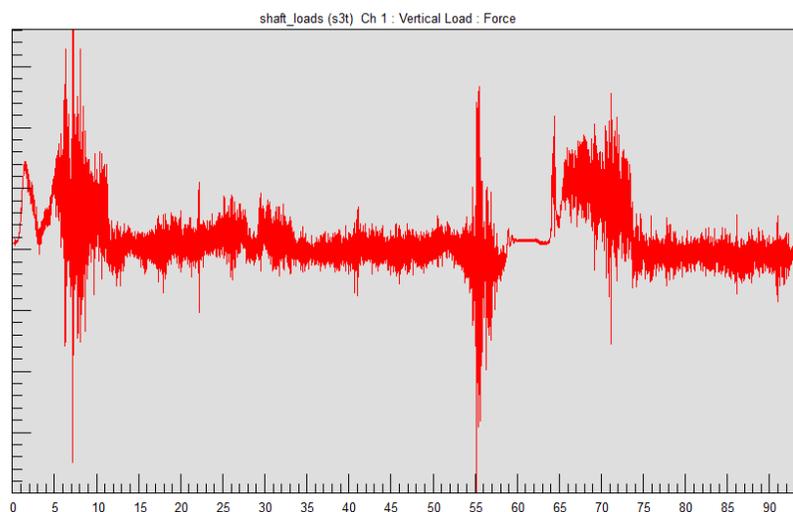
案例6、电动工具振动疲劳分析



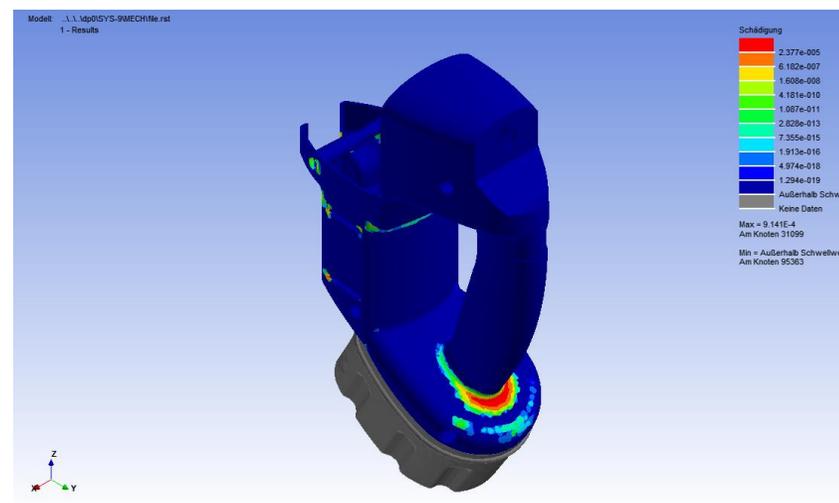
Power Tool Vibration Analysis
 Simulate the service life of a battery-powered jigsaw.

Looking at the aluminum housing to determine how soon it might fail.

XY Display

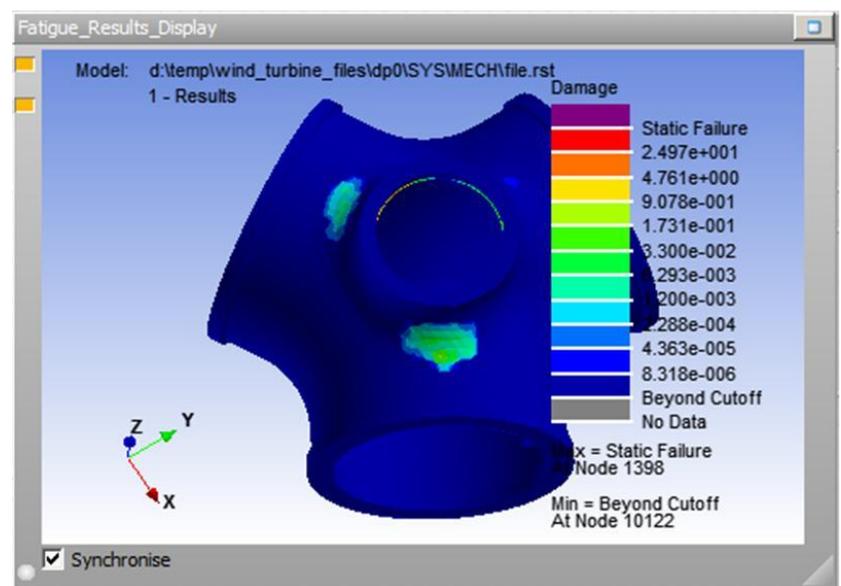
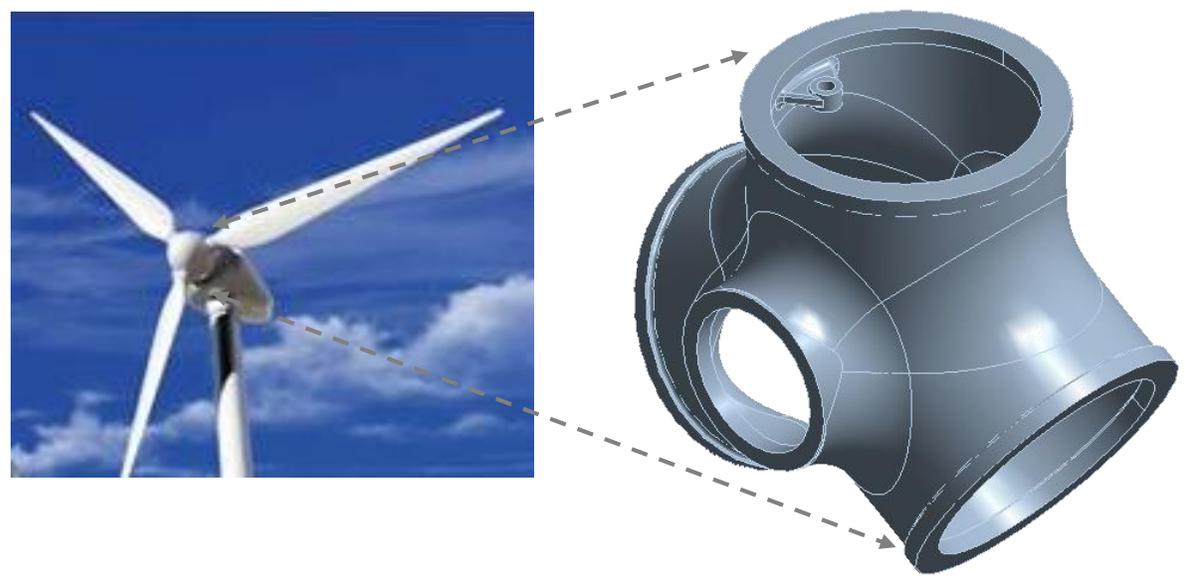
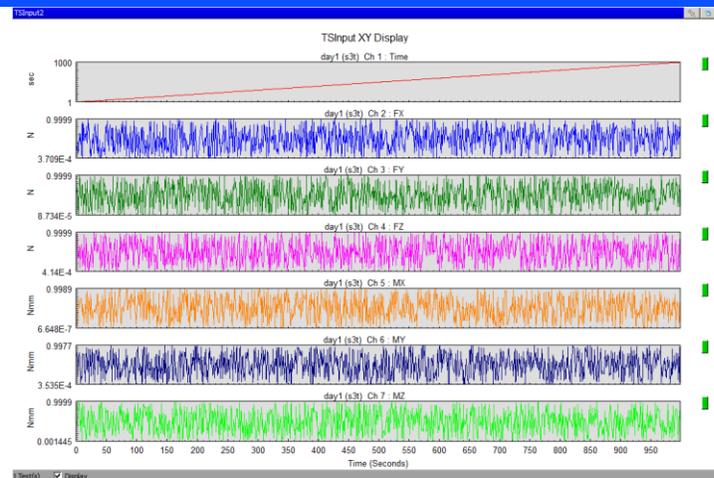


acceleration of housing.



案例7、风电轮毂疲劳-优化分析

- 问题：变化的风力条件导致不确定的疲劳寿命。
- 利用实际载荷测量用来建立一个有代表性的载荷历史(1年)有夏天测得载荷、冬天测得的载荷；
- 需要模拟风机工作超过20年历程；确定初始疲劳损伤。



感谢您的聆听！