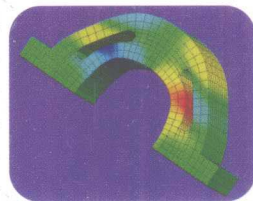
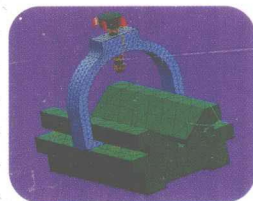
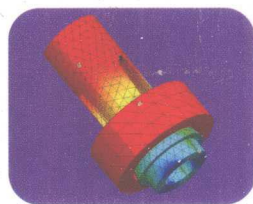




CAD/CAM/CAE工程应用丛书·UG系列

# UG NX 7.0

## 有限元分析入门与实例精讲



### 本书特色

- 合理的知识体系和学习流程，专业知识与软件操作紧密结合
- 汇集教学培训和企业一线的成功案例
- 全面、系统地讲解UG有限元分析的思路、操作方法和技巧

### 本书核心内容包含

- UG NX 7.0有限元分析入门
- 有限元分析基本操作专题实例
- 多载荷条件下的变形和应力实例精讲
- 结构静力学和优化分析实例精讲
- 结构静力学和疲劳分析实例精讲
- 接触应力分析实例精讲
- 屈曲响应分析实例精讲
- 结构模态分析实例精讲
- 强迫振动响应评估实例精讲
- 非线性分析实例精讲
- 结构热分析实例精讲
- 流体运动实例精讲

分析实例

沈春根 王贵成 王树林 等编著



附赠超值 DVD 光盘

- ◆ 全书实例涉及的范例素材和最终效果
- ◆ 视频操作教学演示



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

CAD/CAM/CAE 工程应用丛书·UG 系列

# UG NX 7.0 有限元分析入门 与实例精讲

沈春根 王贵成 王树林 等编著



机械工业出版社

本书以 UG NX 7.0 的高级仿真模块为平台,详细介绍在典型工程实例中采用有限元进行分析的解题思路和操作步骤,内容包括有限元分析入门、有限元分析基本操作、多载荷条件下的变形和应力、结构静力学和优化分析、结构静力学和疲劳分析、接触应力分析、屈曲响应分析、固有频率计算和分析、结构模态分析、强迫振动响应评估、非线性分析、结构热分析和流体运动等实例。

本书注重解题思路和分析方法,操作步骤详细,随书光盘中包含所有实例的操作视频、素材模型和相应的计算结果文件,方便读者快速入门和掌握有限元分析的基本方法。

本书适合理工科院校相关专业的硕士研究生、博士研究生及教师使用,可以作为高等院校学生及科研院所研究人员学习 UG NX 7.0 有限元分析的教材,也可以作为从事相关领域科学技术研究的工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

UG NX 7.0 有限元分析入门与实例精讲 / 沈春根等编著. —北京:机械工业出版社, 2010.7

(CAD/CAM/CAE 工程应用丛书·UG 系列)

ISBN 978-7-111-31145-4

I. ①U… II. ①沈… III. ①有限元分析—应用程序, UG NX 7.0  
IV. ①0241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 124140 号

机械工业出版社(北京市日坛北街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:吴鸣飞

责任编辑:吴鸣飞 罗子超

责任印制:杨曦

北京双青印刷厂印刷

2010 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·19.25 印张·476 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-31145-4

光盘号: ISBN 978-7-89451-600-8 (光盘)

定价: 45.00 元(含 1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

## 出版说明



随着信息技术在各领域的迅速渗透，CAD/CAM/CAE 技术已经得到了广泛的应用，从根本上改变了传统的设计、生产、组织模式，对推动现有企业的技术改造、带动整个产业结构的变革、发展新兴技术、促进经济增长都具有十分重要的意义。

CAD 在机械制造行业的应用最早，使用也最为广泛。目前其最主要的应用涉及机械、电子、建筑等工程领域。世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM/CAE 技术进行产品设计，而且投入大量的人力、物力及资金进行 CAD/CAM/CAE 软件的开发，以保持自己技术上的领先地位和国际市场上的优势。CAD 在工程中的应用，不但可以提高设计质量，缩短工程周期，还可以节约大量建设投资。

各行各业的工程技术人员也逐步认识到 CAD/CAM/CAE 技术在现代工程中的重要性，掌握其中的一种或几种软件的使用方法和技巧，已成为他们在竞争日益激烈的市场经济形势下生存和发展的必备技能之一。然而，仅仅知道简单的软件操作方法是远远不够的，只有将计算机技术和工程实际结合起来，才能真正达到通过现代的技术手段提高工程效益的目的。

基于这一考虑，机械工业出版社特别推出了这套主要面向相关行业工程技术人员的“CAD/CAM/CAE 工程应用丛书”。本丛书涉及 AutoCAD、Pro/ENGINEER、UG、SolidWorks、Mastercam、ANSYS 等软件在机械设计、性能分析、制造技术方面的应用和 AutoCAD、天正建筑 CAD 软件在建筑及室内配景图、建筑施工图、室内装潢图、水暖施工图、空调布线图、电路布线图以及建筑总图绘制等方面的应用。

本套丛书立足于基本概念和操作，配以大量具有代表性的实例，并融入了作者丰富的实践经验。本套丛书具有专业性强、操作性强、指导性强的特点，是一套真正具有实用价值的书籍。

机械工业出版社

# 前 言

UG NX 是面向企业的 CAD/CAM/CAE 一体化软件, 其中, 高级仿真模块(有限元分析)在多年的发展过程中逐渐吸收和集成了世界优秀有限元软件(MSC.Nastran、I-deals、Adina 和 LS-DYNA 等)的众多功能和优点, 特别是它的结构分析功能具有计算精度高、运行速度快、操作界面友好的优势, 得到了国防、航空航天、车辆、船舶、机械和电子等众多行业的接受和认可, 其分析结果已成为航太等级工业 CAE 标准, 获得美国联邦航空管理局(FAA)认证。

目前介绍 UG CAE 实例类的图书甚少, 很多 UG 读者迫切需要在 CAD 基础上掌握 CAE 分析技能, 因此, 笔者以 UG NX 7.0 (其有限元求解器为 NX Nastran 6.1) 中文版为平台, 整理出多年来在 UG 软件科研、教学和培训中典型的有限元分析实例, 编著出书以飨读者。

## 本书主要内容

第 1 章讲解 UG NX 高级仿真操作流程、前处理、求解参数设置、后处理及其显示模式和解算结果文件导入方法等知识点。

第 2 章讲解网格划分原则、一维梁单元划分、二维单元网格划分、三维六面体单元网格划分、手工创建网格、局部载荷施加、销约束和轴承载荷定义、自动耦合约束、螺栓预紧和面接触组合 8 个实例。

第 3 章讲解线性静力学基础知识、操作流程、材料属性自定义和多载荷组合工况的求解等知识点。

第 4 章讲解优化设计基础、优化设计操作流程和运用背景等知识点。

第 5 章讲解疲劳分析主要参数设置、操作流程和疲劳结果分析方法等知识点。

第 6 章讲解面接触主要参数、过盈量对接触结果的影响、接触结果的显示方式以及离心载荷对接触结果的影响等知识点。

第 7 章讲解线性屈曲分析基础、操作流程、非关联 FEM 装配模型和非线性静态解算方法等知识点。

第 8 章讲解结构模态分析的基础知识、模态分析的操作流程、创建多个结构模态解算方案方法和结构模态的优化计算等知识点。

第 9 章讲解关联 FEM 装配模型、装配体模态分析操作流程、自由模态分析方法、编辑输入文件和求解含曲面接触装配体模态等知识点。

第 10 章讲解强迫振动响应的操作流程、创建响应仿真事件方法、评估响应和传递性能方法等知识点。

第 11 章讲解非线性基础、非线性分析操作流程和非线性分析结果的查看方式等知识点。

第 12 章讲解结构热分析基本概念、操作流程、热应力分析及其结果查看方式等知识点。

第 13 章讲解计算流体力学基础、NX Flow 操作流程、查看流体运动计算结果等知识点。

## 本书编写特色

- 解题思路清晰，操作步骤详细， 可在较短的时间内掌握 UG NX 高级仿真的基本操作步骤和方法， 为后续的学习和实战打下坚实的基础。
- 实例类型齐全， 难度适宜， 循序渐进， 通过实例操作， 逐步掌握分析工程实际问题中的解题要点。
- 大量 UG NX 高级仿真的重要概念、工程经验和操作技巧， 在“问题描述”、“实例小结”、“提示”等形式中进行了提炼和升华， 让 UG CAE 初学者少走弯路。
- 随书光盘中提供完整的源文件（带参 part 模型）和解算后的结果文件、所有实例操作视频文件， 有助于 UG CAE 初学者快速入门。

## 本书适合读者

- 理工院校相关专业的高年级本科生、硕士研究生、博士研究生及教师。
- 具备三维建模基础的 UG CAE 初学者。
- 企业的工程技术人员和科研院所的研究人员。

## 本书编写人员

参与本书编写的人员有沈春根、王贵成、王树林、刘钢、聂文武、郑文杰、周丽萍、汪健、袁飏、裴宏杰、吴卫国、王志、郑维明、吴玉华、刘钊、刘东雷、陈寒松、范燕萍、吴建兵、李伟、宋志鹏。

由于作者水平有限，书中不足或错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正，欢迎业内人士和 UG CAE 爱好者一起进行交流和探讨（本书作者电子邮箱：[chungens@163.com](mailto:chungens@163.com)）。

作者

## 目 录

出版说明

前言

<b>第 1 章 UG NX 7.0 软件入门</b> .....	1
1.1 有限元 CAE 设计的优势 .....	1
1.2 NX Nastran 主要分析功能 .....	2
1.3 UG NX 有限元分析操作流程 .....	3
1.4 UG 有限元入门实例及其操作步骤 .....	9
1.4.1 问题描述 .....	9
1.4.2 问题分析 .....	9
1.4.3 操作步骤 .....	10
1.5 本章小结 .....	27
<b>第 2 章 有限元分析基本操作专题实例</b> .....	28
2.1 基础知识 .....	28
2.1.1 单元类型及其使用场合 .....	28
2.1.2 网格划分及其原则 .....	29
2.2 单元网格划分实例 .....	31
2.2.1 一维梁单元划分实例 .....	31
2.2.2 二维单元网格划分实例 .....	36
2.2.3 三维六面体单元网格划分实例 .....	42
2.2.4 手工创建单元实例 .....	49
2.3 定义载荷和约束实例 .....	62
2.3.1 局部载荷施加实例 .....	62
2.3.2 销约束和轴承载荷定义实例 .....	69
2.3.3 自动耦合约束和柱坐标系定义实例 .....	74
2.3.4 螺栓预紧载荷定义和面接触组合实例 .....	84
2.4 本章小结 .....	97
<b>第 3 章 多载荷条件下的变形和应力实例精讲——旋转刀具分析</b> .....	98
3.1 线性静力学分析基础知识 .....	98
3.2 问题描述 .....	98
3.3 问题分析 .....	99
3.4 操作步骤 .....	100
3.5 本章小结 .....	113
<b>第 4 章 结构静力学和优化分析实例精讲——连杆受力分析</b> .....	114
4.1 优化设计基础知识 .....	114
4.1.1 优化设计概述 .....	114

4.1.2 结构优化设计的作用 .....	114
4.1.3 结构优化设计的内容 .....	115
4.1.4 结构优化设计的一般流程 .....	115
4.1.5 UG NX 结构优化分析简介 .....	116
4.2 问题描述 .....	116
4.3 问题分析 .....	117
4.4 操作步骤 .....	117
4.4.1 结构静力学分析操作步骤 .....	117
4.4.2 结构优化分析操作步骤 .....	121
4.5 本章小结 .....	129
<b>第5章 结构静力学和疲劳分析实例精讲——涡轮叶片分析</b> .....	<b>130</b>
5.1 疲劳分析基础知识 .....	130
5.1.1 疲劳分析概述 .....	130
5.1.2 疲劳分析主要参数 .....	130
5.1.3 疲劳分析操作流程 .....	133
5.2 问题描述 .....	133
5.3 问题分析 .....	134
5.4 操作步骤 .....	134
5.4.1 结构静力学分析操作步骤 .....	134
5.4.2 单个载荷变量疲劳分析的操作 .....	138
5.4.3 多个载荷变量疲劳分析的操作 .....	143
5.5 本章小结 .....	144
<b>第6章 接触应力分析实例精讲——锥形涨套连接分析</b> .....	<b>146</b>
6.1 面接触分析基础知识 .....	146
6.1.1 面接触概述 .....	146
6.1.2 面接触主要参数 .....	147
6.2 问题描述 .....	149
6.3 问题分析 .....	150
6.4 操作步骤 .....	150
6.4.1 过盈量大小对接触性能的影响 .....	150
6.4.2 离心力载荷对接触性能的影响 .....	157
6.5 本章小结 .....	160
<b>第7章 屈曲响应分析实例精讲——细长杆类刀具分析</b> .....	<b>162</b>
7.1 屈曲响应分析基础知识 .....	162
7.1.1 屈曲响应分析概述 .....	162
7.1.2 线性屈曲响应分析理论基础 .....	163
7.2 问题描述 .....	163
7.3 问题分析 .....	164
7.4 操作步骤 .....	165



7.4.1	线性屈曲响应分析基本操作 .....	165
7.4.2	改变结构参数进行屈曲响应分析 .....	173
7.4.3	线性静力学和非线性静态分析的比较 .....	175
7.5	本章小结 .....	180
<b>第 8 章</b>	<b>固有频率计算和分析实例精讲——流量计弯管分析</b> .....	<b>181</b>
8.1	模态分析基础知识 .....	181
8.1.1	元法模态分析理论基础 .....	181
8.1.2	结构模态分析操作流程 .....	182
8.2	问题描述 .....	183
8.3	问题分析 .....	184
8.4	操作步骤 .....	184
8.4.1	弯管结构模态的计算 .....	184
8.4.2	弯管结构模态的优化计算 .....	193
8.5	本章小结 .....	197
<b>第 9 章</b>	<b>结构模态分析实例精讲——热缩刀柄刀具分析</b> .....	<b>198</b>
9.1	问题描述 .....	198
9.2	问题分析 .....	199
9.3	操作步骤 .....	200
9.3.1	结构自由模态的求解 .....	200
9.3.2	结构参数变化对模态的影响 .....	207
9.3.3	过盈连接结构模态的求解 .....	212
9.4	本章小结 .....	217
<b>第 10 章</b>	<b>强迫振动响应评估实例精讲——多元件支撑架分析</b> .....	<b>218</b>
10.1	动力响应基础知识 .....	218
10.2	问题描述 .....	219
10.3	问题分析 .....	220
10.4	操作步骤 .....	220
10.5	本章小结 .....	238
<b>第 11 章</b>	<b>非线性分析实例精讲——弹性筒夹大变形分析</b> .....	<b>239</b>
11.1	基础知识 .....	239
11.1.1	非线性分析的定义 .....	239
11.1.2	非线性分析的类型 .....	240
11.1.3	非线性分析的特点 .....	240
11.1.4	非线性分析的步骤 .....	242
11.2	问题描述 .....	242
11.3	问题分析 .....	243
11.4	操作步骤 .....	243
11.5	本章小结 .....	255
<b>第 12 章</b>	<b>结构热分析实例精讲——冷却栅管受热分析</b> .....	<b>257</b>



12.1	基础知识 .....	257
12.2	问题描述 .....	258
12.3	问题分析 .....	258
12.4	操作步骤 .....	258
12.5	本章小结 .....	272
第 13 章	流体运动实例精讲——流量计导流器分析 .....	274
13.1	计算流体力学基础知识 .....	274
13.1.1	流体力学的基本方程 .....	274
13.1.2	流体力学方程的初始条件和边界条件 .....	275
13.1.3	【NX Flow】湍流模型 .....	276
13.1.4	【NX Flow】计算的一般流程 .....	278
13.2	问题描述 .....	278
13.3	问题分析 .....	279
13.4	操作步骤 .....	279
13.5	本章小结 .....	296
参考文献	.....	298

# 第1章 UG NX 7.0 软件入门

## 本章内容提要

本章简单介绍有限元 CAE 在现代产品设计中的优势及其常见的分析功能，详细介绍 UG CAE 有限元分析的一般操作流程。熟悉操作流程有利于正确掌握 CAE 分析方法和解题效率，初学者应该重视。本章最后以 UG NX 7.0 的高级仿真模块为平台，通过一个简单结构静力学分析实例，详细介绍建立高级仿真环境、有限元模型、仿真模型和后处理的操作步骤和解题思路。

## 1.1 有限元 CAE 设计的优势

有限元法是现代产品及其结构设计的重要工具，它的基本思想是将连续的物理模型离散为有限个单元体，使其只在有限个指定的节点上相互连接，然后对每个单元选择一个比较简单的函数，近似模拟该单元的物理量，如单元的位移或者应力，并基于问题描述的基本方程建立单元节点的平衡方程组，再把所有单元的方程组集成为整个结构力学特性的整体代数方程组，最后引入边界约束条件求解代数方程组而获得数值解，如结构的位移分布和应力分布。

将有限元法引入产品和结构设计是 CAE 的重要组成部分。图 1-1 所示为传统的产品设计流程，图 1-2 所示为现代设计中采用 CAE 技术后的设计流程。可见，从产品概念设计、

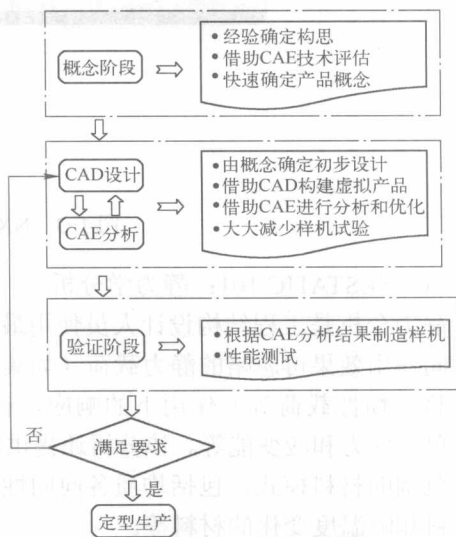
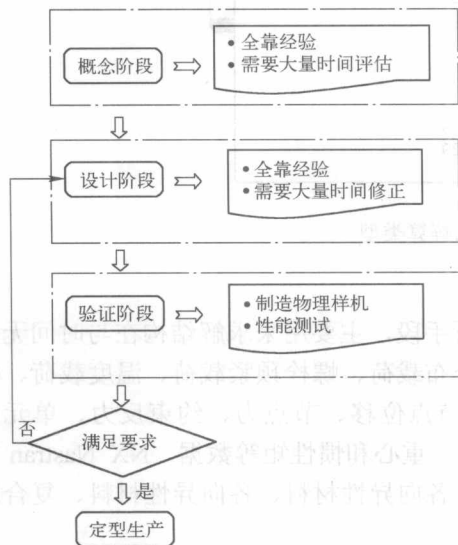


图 1-1 传统的产品设计流程

图 1-2 有限元仿真设计流程

方案对比、样机测试到加工制造，可以把有限元仿真和优化设计方法贯穿整个产品的全部过程，把传统产品设计方法中的从概念设计到样机测试，再返回修改的大循环过程，演化成平行于每一个设计环节的精确分析及其优化，减少了设计过程中的缺陷和不足，大大提高了产品的质量和可靠性，大幅缩减了设计时间，降低了产品研发成本。

## 1.2 NX Nastran 主要分析功能

UG NX 是一套 CAD/CAM/CAE 一体化的高端工程软件，它的功能覆盖从概念设计到产品生产的整个过程。其中，它的高级仿真模块包含 NX 前、后处理和 NX Nastran 求解 3 个基本的组成部分。NX Nastran 源于有限元软件 MSC.Nastran，通过多年的发展和版本的不断升级，也集成了其他优秀的有限元软件，其分析种类越来越多，解算功能越来越强，在国防、航空航天、车辆、船舶、机械和电子等行业拥有众多的用户，其分析结果已成为航太等级工业 CAE 标准，获得 FAA 认证。

UG NX 7.0 高级仿真已经具备了在众多领域中解决工程问题的解算类型，其中，NX Nastran 6.1 在结构分析中广泛使用的解算类型如图 1-3 所示。下面对其进行简单介绍。

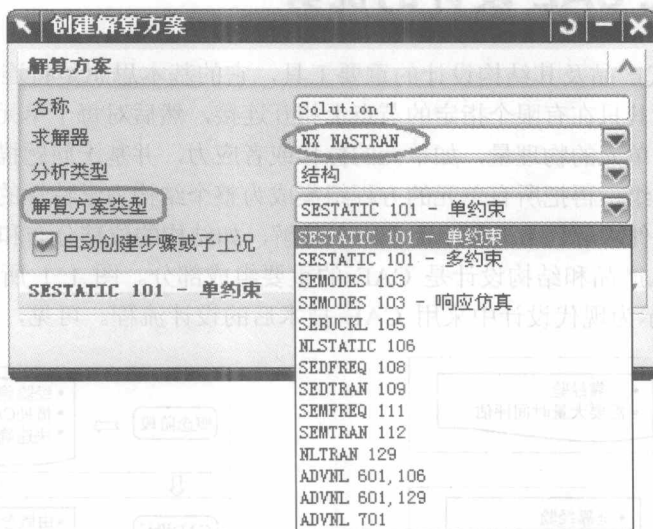


图 1-3 NX Nastran 常见解算类型

### (1) SESTATIC 101: 静力学分析

静力分析是工程结构设计人员使用最频繁的分析手段，主要用来求解结构在与时间无关或时间作用效果可忽略的静力载荷（如集中载荷、分布载荷、螺栓预紧载荷、温度载荷、强制位移、惯性载荷等）作用下的响应，得出所需的节点位移、节点力、约束反力、单元内力、单元应力和应变能等。该分析还提供结构的重量、重心和惯性矩等数据。NX Nastran 支持全范围的材料模式，包括均质各向同性材料、正交各向异性材料、各向异性材料、复合层压材料和随温度变化的材料等。

其中，【SESTATIC 101-单约束】并不是指在构建仿真模型时只能建立单个约束。如果创

建的多个子工况的约束条件一致,采用【SESTATIC 101-单约束】比较方便;【SESTATIC 101-多约束】是指多个子工况的约束条件不同,采用【SESTATIC 101-多约束】比较合理。

#### (2) SEMODES 103/103-响应仿真:动力学分析

动力学分析功能包括特征模态分析、直接复特征值分析、直接瞬态响应分析、模态瞬态响应分析、响应谱分析、模态复特征值分析、直接频率响应分析、模态频率响应分析、非线性瞬态分析、模态综合和动力灵敏度分析等。

#### (3) SEBUCKL 105: 屈曲响应分析

屈曲分析主要用于研究结构在特定载荷下的稳定性以及确定结构失稳的临界载荷, NX Nastran 中的屈曲分析包括两类:线性屈曲分析和非线性屈曲分析。线性屈曲分析又称为特征值屈曲分析,可以考虑固定的预载荷,也可使用惯性释放。非线性屈曲分析包括几何非线性屈曲分析,弹塑性屈曲分析以及非线性后屈曲(Snap-Through)分析。

#### (4) NLSTATIC 106: 非线性静力学分析

非线性静力分析中主要包括几何非线性(如大变形、大应变、大转动)、材料非线性(如塑性、蠕变)、接触非线性等。

几何非线性分析研究结构在载荷作用下几何模型发生改变的方式和大小。所有这些均取决于结构承载时的刚性或柔性变化。非稳定段过渡、回弹、后屈曲分析的研究都属于几何非线性分析的应用。

材料非线性分析包括非线性弹性(含分段线弹性)、超弹性、热弹性、弹塑性、塑性、粘弹性、率相关塑性与蠕变材料,适用于各类各向同性、各向异性材料模式,具有不同拉压特性(如绳索)及与温度相关的材料等。对于弹/塑性材料既可用 Von Mises,也可用 Tresca 屈服准则;土壤或岩石类材料可用 Mohr Coulomb 或 Drucker-Prager 屈服准则;Mooney-Rivlin 超弹性材料模型适用于超弹性分析;对于蠕变分析可利用 ORNL 定律或 Rheological 进行模拟,并同时考虑温度影响。任何屈服准则均包括各向同性硬化、随动硬化或两者兼有的硬化规律。

接触非线性分析时,通常要考虑非线性边界条件(当一个结构与另一个结构或外部边界相接触时),由接触产生的力同样具有非线性特性。对于这些非线性接触力, NX Nastran 提供了两种方法:一是三维间隙单元(GAP),支持开放、封闭或带摩擦的边界条件;二是三维滑移线接触单元,支持接触分离、摩擦和滑移边界条件。

还有其他的解算类型和高级分析功能,比如,热传导、流-固耦合分析、声学分析、转子动力学和空气动力弹性及颤振分析等,限于篇幅在此不再赘述。

## 1.3 UG NX 有限元分析操作流程

UG NX 高级仿真和其他有限元分析软件基本操作一致,分为前处理、求解和后处理 3 大步骤,还可以完成结构优化、疲劳耐久预测等任务,其基本操作流程归纳如下:

### (1) 创建主模型或者导入三维模型

三维模型在 UG 高级仿真中也称为主模型,它是有限元分析和计算的基础,并且仿真模型和三维主模型是关联的,因此,构建合理的、参数化的主模型,可以大大提高仿真和优化计算的速度和效率。当然,也可以导入由其他 CAD 软件构建的模型(一般为实体模型)。

## (2) 模型编辑、简化(体)、特征抑制

为提高计算的效率,对仿真计算和分析结果影响不大的细节结构,通过建模中的编辑、简化体和特征抑制等手段,对细节结构进行处理,不让它们进入到后续的高级仿真模块。

另外,对于导入其他格式的数模,在分析几何体的基础上,可以采用强大的同步建模技术对它们进行清理和优化,这为大、杂、繁类型的三维模型前处理提供了极大的便利。

## (3) 进入高级仿真环境

构建好三维模型后,如图 1-4 所示,依次单击菜单【开始】→【高级仿真】即可进入高级仿真环境,在仿真导航器的树状列表框中,选中要仿真计算的主模型(见图 1-5 中的 model2.prt),单击鼠标右键后出现一个快捷菜单,即如图 1-5 所示的 3 个命令选项。

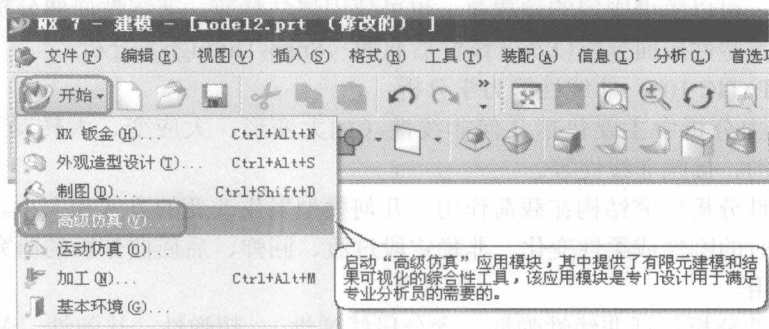


图 1-4 进入高级仿真环境

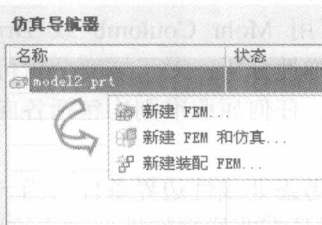


图 1-5 新建一个有限元或者仿真文件

其中,【新建 FEM】是指在主模型或者优化模型的基础上创建一个有限元模型节点,需要设置的主要内容包括模型材料属性、单元网格属性和网格类型;【新建 FEM 和仿真】是指同时创建有限元模型节点和仿真模型节点,其中仿真模型需要创建的内容包括边界约束条件(包括模型与模型之间的网格连接方式)、载荷类型;【新建装配 FEM】是指像装配 Part 模型一样对 FEM 模型进行装配,非常适合对大装配部件进行高级仿真之前的前处理。

## 提示

建议初学者单击【新建 FEM】,完成好 FEM 模型的构建和各个属性参数的设置后,再来创建新的仿真模型,如图 1-6 所示。选中已有的 FEM 文件,单击鼠标右键,在快捷菜单中单击【新建仿真】。

一个三维主模型可以构建多个理想化模型(Idealize Part)。一个理想化模型可以构建多个 FEM 有限元模型(FEM Part);一个有限元模型可以构建多个仿真模型(Simulation Part);一个仿真模型可以构建多个解算方案类型。

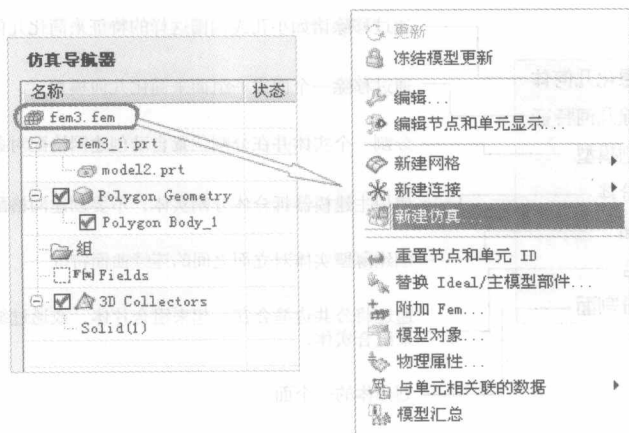


图 1-6 在已有 FEM 模型基础上创建一个新的仿真文件

#### (4) 优化/理想化模型

如果主模型中有细节特征或者几何要素对整个分析结果影响不大，在高级仿真的环境中也可以对此类的几何结构进行抑制或者删除，如图 1-7 所示，选中理想化模型并单击鼠标右键，单击【设为显示部件】即可进入到理想化模型编辑环境，在构建有限元模型之前对主模型进行优化处理。

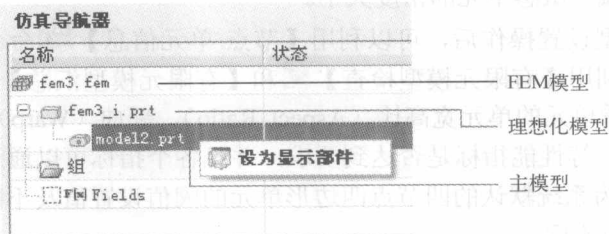


图 1-7 进入到理想化模型环境

### 提示

如图 1-7 所示的【Fields】节点是 UG NX 7.0 高级仿真新增功能之一。它主要用来设置某个变量或者定义该值变化的规律，比如，在非线性分析问题中可以定义随时间变化的力载荷等，常采用函数表达式和表格关系的形式。

优化主模型的功能及其解释如图 1-8 所示，根据主模型和后续有限元构建、加载区域设置等实际情况进行相应的选用和操作。

### 提示

建议初学者构建的主模型稍微简单一些，可以省略该操作步骤，或者一旦发现有限元模型中网格划分困难或者失败，再返回到该操作步骤对模型进行简化或者优化。



图 1-8 优化模型具有的功能

### (5) 创建有限元模型

操作步骤主要包括对优化模型赋予材料属性、创建模型的物理属性、定义单元类型（包括 0D、1D、2D、3D 和 1D 接触、2D 接触）和网格类型，最后划分网格（建议采用自动划分单元大小）。

如果主模型或者优化模型有变动，网格划分操作需要更新；如果需要提高计算精度，也可以在完成解算的基础上，进一步对网格划分进行细化，既可以减小模型中所有单元的密度大小，也可以局部减小敏感单元的密度大小。

完成有限元模型设置操作后，可以利用【节点/单元信息】命令，查看各个节点或者单元的编号；建议利用【有限元模型检查】和【有限元模型汇总】命令来检查节点、单元是否合理，查看单元的单元宽高比（Aspect Ratio）、翘曲（Warp）、歪斜（Skew）、雅可比（Jacobian Ratio）等性能指标是否达到要求，并且各个指标可以通过【阈值】进行客户化定制。图 1-9 所示为系统默认的四节点四边形的阈值设置值及不同单元类型。这些指标类型和具体数值有所不同。

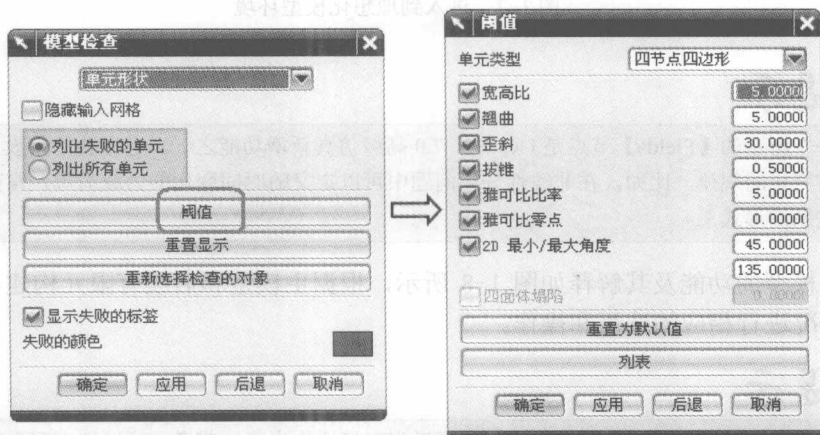


图 1-9 单元特征尺度阈值设置





## 提示

宽高比是单元特征宽度与特征高度的比值，不同单元类型其特征尺度的定义是不一样的。比如，三角形单元宽高比的理想值是 1；翘曲是用于评价单元因翘曲二偏离基准平面的角度大小，角度越小，单元形状越理想。

仿真分析结果的准确性很大程度上依赖于单元划分的质量，每一类单元都有理想的形状和阈值控制指标。当模型中单元的实际指标与阈值相差较大时，其解算结果的准确度会大大降低，甚至与实际结果背道而驰。

## (6) 创建仿真模型

通过【约束类型】命令，设置仿真模型的边界条件；利用【模型对象】命令，设置模型之间的接触条件；利用【载荷类型】命令，设置各个类型的载荷及其大小（模态分析可以省略该步骤）。

## (7) 仿真模型检查

在模型求解之前，可以通过【仿真信息汇总】命令来查看边界条件和载荷情况设置是否合理；通过【模型设置检查】命令来查看上述操作设置是否存在不合理之处，如有错误提示，则分别在仿真模型环境或者返回到有限元模型环境作进一步的检查和修改。

## (8) 仿真模型求解

求解提交方案有 4 种模式：直接求解；写入求解器输入文件；求解输入文件；写入、编辑并求解输入文件。直接求解为默认方式，也是一般结构计算中最常用的一种。

根据求解需要，可以对解算方案属性进行编辑，对求解器参数进行编辑；如果没有进行上述步骤（7）的操作，建议在求解之前使用默认的【模型设置检查】选项。

在求解过程中，可以借助【解算监视器】来查看求解过程及其求解结果是否会收敛等信息。等待【作业分析监视器】的列表框内出现【Completed】后表示整个求解过程完成，可以关闭【信息】、【解算监视器】和【作业分析监视器】3 个对话框，同时，在【仿真导航器】中出现【Results】节点，意味着可以进入后续的仿真后处理操作了。

## (9) 仿真模型后处理

单击【Results】右键，在打开的快捷菜单中单击【打开】，或者直接双击【Results】即可进入【后处理导航器】窗口，一般都有【位移-节点的】、【旋转-节点的】、【应力-基本的】等查看的选项和指标。图 1-10 所示显示的模式有光顺、等值线、立方体、球体和箭头等，流体分析结果还有张量、流线等显示模式；单击【结果】按钮，出现如图 1-11 所示的对话框，还可以选择坐标系、单位、比例和绝对值。



## 提示

解算和分析类型不同，输出结果和性能指标的种类有所不同，在新建仿真模型操作或者求解之前，根据需要在【解算方案设置】中的【Output Requests】进行相应的选取。

## (10) 输出仿真报告

上述解算结束后可以单击【Report】命令，可以在仿真导航器窗口出现【Report】及其相关内容的子节点（如标题、介绍、解释方案汇总等），还可以对相关节点内容进行编辑