

MSC.Nastran 介绍

全球功能最强、应用最为广泛的有限元分析软件

MSC.Software 公司自 1963 年开始从事计算机辅助工程领域 CAE 产品的开发和研究。在 1966 年，美国国家航空航天局(NASA)为了满足当时航空航天工业对结构分析的迫切需求，招标开发大型有限元应用程序，MSC.Software 一举中标，负责了整个 NASTRAN 的开发过程。经过 40 多年的发展，MSC.Nastran 已成为 MSC 倡导的虚拟产品开发 (VPD) 整体环境最主要的核心产品，MSC.Nastran 与 MSC 的全系列 CAE 软件进行了有机的集成，为用户提供功能全面、多学科集成的 VPD 解决方案。

MSC.Nastran 是 MSC.Software 公司的旗舰产品，经过 40 余年的发展，用户从最初的航空航天领域，逐步发展到国防、汽车、造船、机械制造、兵器、铁道、电子、石化、能源材料工程、科研教育等各个领域，成为用户群最多、应用最为广泛的有限元分析软件。

MSC.Nastran 的开发环境通过了 ISO9001:2000 的论证，MSC.Nastran 始终作为美国联邦航空管理局 (FAA) 飞行器适航证领取的唯一验证软件。在中国，MSC 的 MCAE 产品作为与压力容器 JB4732-95 标准相适应的设计分析软件，全面通过了全国压力容器标准化技术委员会的严格考核认证。另外，MSC.Nastran 是中国船级社指定的船舶分析验证软件。



赛车部件分析



ISO9001:2000 论证通过证书

一. MSC.Nastran 的特色

- 极高的软件可靠性，经过无数工程问题的验证
- 独特的结构动力学分析技术
- 完整的非线性求解技术
- 高效率的大型工程问题求解能力 - ACMS 方法
- 针对大型问题的优化技术和设计灵敏度分析技术
- 高度灵活的开放式结构，功能独特的用户化开发工具 DMAP 语言
- 独特的空气动力弹性及颤振分析技术

- 独特的多级超单元技术，支持 MSC.Nastran 所有的分析类型
- 作为工业标准的输入/输出格式
- 高效的分布式并行计算

二. MSC.Nastran 的分析功能

1. 静力分析

MSC.Nastran 的静力分析功能支持全范围的材料模式,包括:均质各向同性材料、正交各项异性材料、各项异性材料和随温度变化的材料等。分析的主要类型有:

- 具有惯性释放的静力分析:考虑结构的惯性作用,可计算无约束自由结构在静力载荷和加速度作用下产生的准静态响应
- 非线性静力分析:大变形几何非线性、塑性和蠕变等材料非线性及考虑接触状态的边界非线性等。

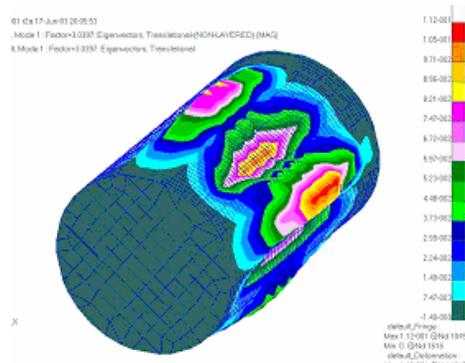


铁道部科学研究院机车车辆研究所 双层集装箱车体强度 (280 万 DOF)

2. 屈曲分析

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等问题。MSC.Nastran 的屈曲分析包括:

- 线性屈曲:又称特征值屈曲,可以考虑固定的预载荷,也可使用惯性释放。
- 非线性屈曲:包括大变形几何非线性失稳分析、材料非线性的弹塑性失稳分析和非线性后屈曲(Snap-through)分析。



华中理工大学交通科学与工程学院 水下爆炸载荷作用下环肋圆柱壳失稳分析

3. 动力学分析

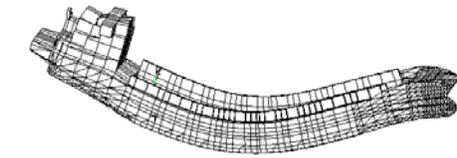
结构动力学分析是 MSC.Nastran 的最主要强项之一,它具有其它有限元分析软件所无法比拟的强大分析功能。MSC.Nastran 动力学分析功能包括时间域的瞬态响应和频率域的频率响应分析,方法有直接积分法和模态法,同时考虑各种阻尼如结构阻尼、材料阻尼和模态阻尼效应的作用。MSC.Nastran 动力学响应分析可以准确预测结构的动力特性,大大提高虚拟产品开发的成熟度,改善物理样机的产品品质。

对于载荷随时间和频率变化的结构动力响应分析包括:

- 正则模态和复特征值分析
- 非线性模态(即预应力模态)和复特征值分析
- 频率响应分析
- 瞬态响应分析
- 强迫运动分析
- (噪)声学分析
- 随机振动响应分析
- 响应及冲击谱分析
- 动力灵敏度和优化分析等

针对于中小及超大型问题不同的解题规模,用户可灵活选择 MSC.Nastran 不同的动力学方法加以求解,如对大型结构动力学问题,可采用特征缩减技术和子结构分析方法。

MSC Patran 2001 r2o 24-Jun-03 08:35:36
Deform: Untitled.SC1, Mode 4 Freq =2.0314: Eigenvectors, Translational



default_Deformation:
Max 1.82-002 @Nd 3231

中国船舶及海洋工程设计研究院 6800 吨多用途集装箱船振动响应分析

4. 自动部件模态综合法 – ACMS

MSC.Nastran ACMS(Automated Component Mode Synthesis)自动部件模态综合法,使得工程师能够实现对大规模模型的动力响应分析和声场分析,ACMS 法自动将一个大型模型化小或用区域分解法自动分成几个子区域进行各个子结构的模态分析,然后进行模态综合,由此得到整体结构的动力特性。采用 ACMS 法可大大减少大模型的计算时间,例如对近 1400 万自由度的汽车模型(500Hz 内 2500 阶模态),采用全模型标准的模态频率响应 SOL111 进行求解用时约 26 小时,而采用 MSC.Nastran 的 ACMS 方法用时只需 4 小时,同时占用的计算资源也大大降低,所以采用 MSC.Nastran 的自动模态综合技术使得对于大型结构的动力分析,如飞机、车辆、船舶、桥梁等结构,可以在精度和计算速度上提供很好的解决方案。

最近, MSC.Nastran 自动部件模态综合法(ACMS)得到了大大增强,新增加了矩阵域自动部件模态综合法(MDACMS),此法基于自由度计算,与已有的几何域自动部件模态综合法(GDACMS)相比计算速度更快,而且模型越复杂,计算效率提升越明显;可应用于模态分析,频响分析及优化分析,对于多点约束(MPC)多的情况下计算效率更高。

提供的多种区域划分方法(随求解类型变化)

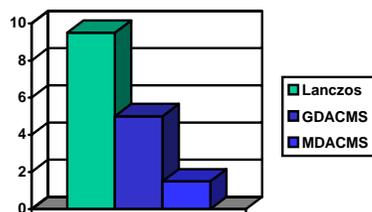
- 几何区域划分(适用 SOL103, 111, 112, 200)
- 频率域划分(适用 SOL 111, 200)
- 自由度域(适用 SOL 103, 111, 200) - 新的缺省方法
- 几何域与频率域相结合(适用 SOL 111, 200)
- 矩阵域与频率域相结合(适用 SOL 200)

应用于不同求解类型:

- MSC.Nastran 动力分析(SOL103, 111, 112)
- MSC.Nastran 声学分析(SOL 108)
- MSC.Nastran 设计优化(SOL 200)

- MSC.Nastran 与 ADAMS 的集成
- 外部超单元技术

MSC.Nastran 的 ACMS 技术可与分布式域并行计算技术 (DMP) 相结合, 对频率范围较宽且有多个动力载荷的复杂模型, 可谓如虎添翼, 可大幅度提高计算速度和计算精度。



不同分析方法效率比较

5. 热分析

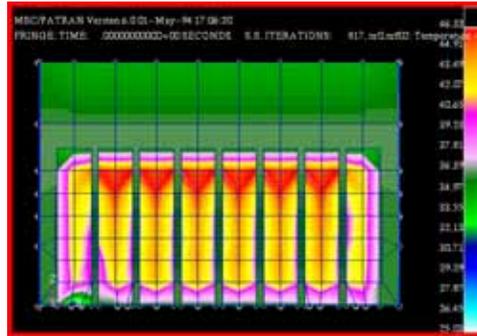
热传导分析通常用来校验结构零件在热边界条件或热环境下的产品特性, 利用 MSC.Nastran 可以计算出结构内的温度分布状况, 并直观地看到结构内潜热、热点位置及分布。用户可通过改变发热元件的位置、提高散热手段、绝热处理或用其它方法优化产品的热性能。

MSC.Nastran 可以解决包括传导、对流、辐射、相变、热控系统在内的热交换现象, 计算辐射视角系数, 并真实地仿真各类边界条件, 建立各种复杂的材料和几何模型, 模拟热控系统, 进行热-结构耦合分析。

MSC.Nastran 提供了适于稳态和瞬态热分析的线性、非线性求解算法。非线性功能可根据选定的解算方法自动优选时间步长。

- 线性/非线性稳态热传导分析: 基于稳态的线性热传导分析一般用来求解在给定热载和边界条件下, 结构中的温度分布, 计算结果包括节点的温度, 约束的热载和单元的温度梯度, 节点的温度可进一步用于计算结构的响应; 稳态非线性热传导分析则在包括了稳态线性热传导的全部功能的基础上, 还可以考虑非线性辐射与温度有关的热传导系数及对流问题等。
- 线性/非线性瞬态热传导分析: 线性/非线性瞬态热传导分析用于求解时变载荷和边界条件作用下的瞬态温度响应, 可以考虑薄膜热传导、非稳态对流传热及放射率、吸收率随温度变化的非线性辐射。
- 相变分析: 该分析作为一种较为特殊的瞬态热分析过程, 通常用于材料的固化和溶解的传热分析模拟, 如金属成型问题。在 MSC.Nastran 中将这一过程表达成热焓与温度的函数形式, 从而大大提高分析的精度。

- 热控分析：MSC.Nastran 可进行各类热控系统的分析,包括模型的定位、删除、时变热能控制等,如现代建筑的室温升高或降低控制。自由对流元件的热传导系数可根据受迫对流率、热流载荷、内热生成率得到控制,热载和边界条件可定义成随时间的非线性载荷。



长春光机所 充气式电容器内部温度场分布图

6. 气动弹性及颤振分析

高速行驶的飞行器和受高速气流作用的结构在空气动力和气流扰动的作用下会产生变形和弹性振动运动,进而会引起附加的气动力,而附加气动力又使结构产生附加的变形和运动。气动弹性力学就是研究气动力、弹性力和惯性力之间的相互作用以及由此引起的对飞行器设计影响的一门边缘学科。颤振现象的本质是气动弹性动不稳定现象。

气动弹性问题涉及气动、惯性及结构力间的相互作用,使用 MSC.Nastran 的气动弹性模块可以进行飞机、直升机、导弹、悬索桥甚至烟囱和高压线的气动弹性分析和设计。

MSC.Nastran 的气动弹性分析功能主要包括：

- 静态气弹响应分析
- 动态气弹响应分析 (包括：模态频率响应、模态瞬态响应、随机响应分析)
- 结构颤振分析
- 气动弹性设计敏度和优化
- 分析的空气流速范围从亚音速到几个马赫数的超音速

适用于各种马赫数的气动力分析方法

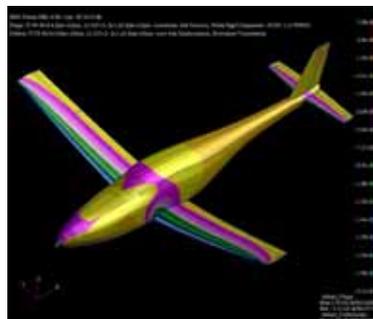
- 亚音速偶极子网格法 (含体的干扰)
- 片条理论 (适用于各种马赫数)
- 超音速马赫盒 (Mach Box) 方法
- 超音速活塞理论
- 超音速气动分析法 - ZONA51, 可以用于超音速运输机、战斗机和导弹的气动力分析。

颤振分析功能

支持如下分析方法：

- K 法：该方法为广大大气弹性分析人员所熟悉，允许常规的阻尼表述。
- KE 法：类似 K 法，但更有效，用于精细颤振分析。
- PK 法：能对响应进行逼真的评估，即便系统处于亚临界状态。

此外，在颤振分析中还可以引入控制系统，也可以从广义矩阵中提取振荡的稳定性导数。



A502 静压力分析

气弹分析还有如下的功能的增强：

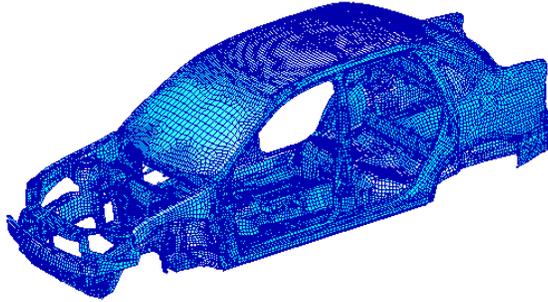
- 监视点可以更新和相加
- 新型监视点类型(MONCNCM)，可以逐条监视气弹结果
- 适合气弹结构分析的多种连接技术

7. 流-固耦合分析

流-固耦合分析主要用于解决流体(含气体)与结构之间的相互作用效应。主要应用在汽车 NVH、列车车辆或飞机客舱的内噪音预测分析，以及考虑流体质量影响的流体中结构如舰船的模态特性分析等。MSC.Nastran 中拥有多种方法求解完全的流-固耦合分析问题，包括：

- 流-固耦合法：流-固耦合法广泛用于声学 and 噪音控制领域中,如发动机噪声控制、汽车车厢和飞机客舱内的声场分布控制和研究、NVH 等。分析过程中,利用直接法和模态法进行动力响应分析。流体假设是无旋的和可压缩的,分析的基本控制方程是三维波方程,二种特殊的单元可被用来描述流-固耦合边界。此外, MSC.Nastran 新增加的(噪)声学阻滞单元和吸收单元为这一问题的分析带来了极大方便。(噪)声学载荷由节点的压力来描述,既可以是常量,也可以是与频率或时间相关的函数,还可以是声流容积、通量、流率或功率谱密度函数。由不同的结构件产品的噪声影响结果可被分别输出。对于频率范围较宽,模型规模较大的声场分析可以方便地结合 MSC.Nastran 的 ACMS 方法,同时利用域并行计算技术、超单元技术,大大提高计算精度和效率。
- 水弹性流体单元法：该方法通常用来求解具有结构界面、可压缩性及重力效应的广泛流体问题。水弹性流体单元法可用于标准的模态分析、瞬态分析、复特征值分析和频率响应分析。当流体作用于结构时,要求必须指出耦合界面上的流体节点和相应的结构节点。自由度在结构模型中是位移和转角,而在流体模型中则是在轴对称坐标系中调和压力函数的傅利叶系数。类似于结构分析,流体模型产生"刚度"和"质量"矩阵,但具有不同的物理意义。载荷、约束、节点排序或自由度凝聚不能直接用于流体节点上。
- 虚质量法, 虚质量法是仅考虑流体质量对结构的影响,主要用于以下流-固耦合问题的分析：
 - a) 结构沉浸在一个具有自由液面的无限或半无限液体里
 - b) 容器内盛有具有自由液面的不可压缩液体

c) 以上二种情况的组合, 如船在水中而舱内又装有不充满的液体

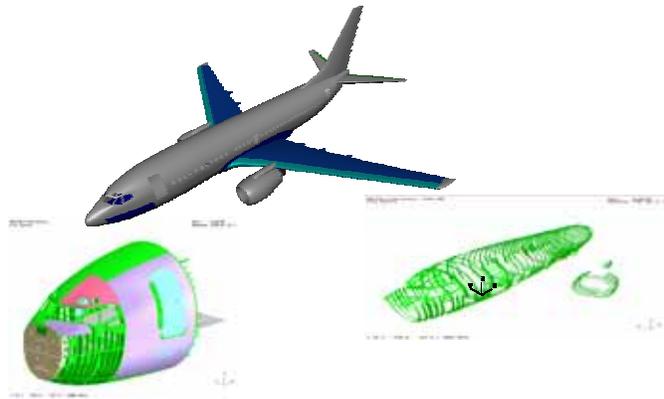


泛亚汽车技术中心有限公司 轿车 NVH 分析

8. 多级超单元分析

超单元分析是求解大型问题一种十分有效的手段,特别是当工程师打算对现有结构件做局部修改和重分析时。超单元分析主要是通过把整体结构分化成很多小的子部件来进行分析,即将结构的特征矩阵(刚度、传导率、质量、比热、阻尼等)压缩成一组主自由度类似于子结构方法,但较其相比具有更强的功能且更易于使用。子结构可使问题表达简单、计算效率提高、计算机的存储量降低。超单元分析则在子结构的基础上增加了重复和镜像映射和多层子结构功能,不仅可单独运算而且可与整体模型混合使用,结构中的非线性与线性部分分开处理可以减小非线性问题的规模。应用超单元工程师仅需对那些所关心的受影响大的超单元部分进行重新计算,从而使分析过程更经济、更高效,避免了总体模型的修改和对整个结构的重新计算。MSC.Nastran 优异的多级超单元分析功能在大型工程项目国际合作中得到了广泛使用,如飞机的发动机、机头、机身、机翼、垂尾、舱门等在最终装配出厂前可由不同地区和不同国家分别进行设计和生产,此间每一项目分包商不但可利用超单元功能独立进行各种结构分析,而且可通过数据通讯在某一地利用模态综合技术通过计算机模拟整个飞机的结构特性。

多级超单元分析是 MSC.Nastran 的主要强项之一,适用于所有的分析类型,如线性静力分析、刚体静力分析、正则模态分析、几何和材料非线性分析、响应谱分析、直接特征值、频率响应、瞬态响应分析、模态特征值、频率响应、瞬态响应分析、模态综合分析(混合边界方法和自由边界方法)、设计灵敏度分析、稳态、非稳态、线性、非线性传热分析等。



用超单元分析飞机结构

9. Krylov 求解器

Krylov 求解器，能快速有效地计算大频率范围阻尼动力系统的频率响应问题。系统动力方程组需要花费大量的时间进行矩阵分解和回代，Krylov 子空间法直接频率分析法可以快速分解矩阵，求解动力方程组，进行动力学频响分析，特别适合分析带阻尼的动力系统、大量频率值计算系统和频率密度大的实体模型等，如消音器的声场分析，发动机的频率响应分析等。它用更小的频率增量步扫描大频率范围，使得计算更加准确。

10. 高级对称分析

针对结构的对称、反对称、轴对称或循环对称等不同的特点，MSC.Nastran 提供了不同的算法。高级对称分析可大大压缩大型结构分析问题的规模，提高计算效率。

很多结构，包括旋转机械乃至太空中的雷达天线，经常是一些由绕某一轴循环有序周期性排列的特定的结构件组成，对于这类结构通常就要用循环对称或称之为旋转对称方法进行结构分析。在分析时仅需要选取特定的结构件即可获得整个组件结构的计算结果，可以减少计算和建模的时间。循环对称可分二种对称类型，即简单循环对称和循环复合对称。简单旋转对称中，对称结构件没有平面镜像对称面且边界可以有双向弯曲曲面；复合循环对称中，每个对称结构件具有一个平面镜像对称面，且对称结构件之间的边界是平面。循环对称分析通常可解决线性静力、模态、屈曲及频率响应分析等问题。

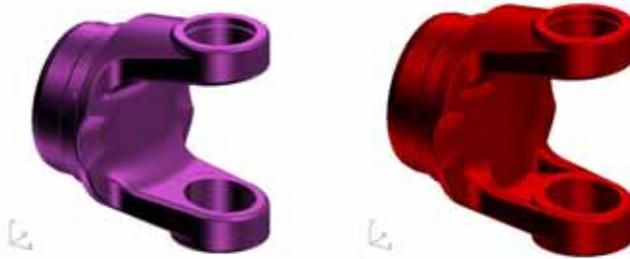
11. 设计灵敏度及优化分析

设计优化是为了满足特定优选目标如最小重量、最大第一阶固有频率或最小噪声级等的综合设计过程。MSC.Nastran 拥有强大、高效的设计优化能力，其优化过程由设计灵敏度分析及优化两大部分组成，可对静力、模态、屈曲、瞬态响应、频率响应、气动弹性和颤振分析进行优化。高效的优化算法允许在大模型中上百个设计优化变量和响应。

除了具有用于结构优化和零部件详细设计过程的形状和尺寸优化设计的能力外，MSC.Nastran 又集成了适于产品概念设计阶段的拓扑优化功能。

拓扑优化是与参数化形状优化或尺寸优化不同的非参数化形状优化方法。在产品概念设计阶段，为结构拓扑形状或几何轮廓提供初始建议的设计方案。MSC.Nastran 现有的拓扑优化能够完成静力和正则模态分析。拓扑优化采用 Homogenization 方法，以孔尺寸和单元方向为设计变量，在满足结构设计区域的剩余体积(质量)比的约束条件下,对静力分析满足最小平均柔度或最大平均刚度，在模态分析中，满足最大基本特征值或指定模态与计算模态的最小差。目前的拓扑优化设计单元为一阶壳元和实体单元。集成在 MSC.Nastran 中的拓扑优化，通过特殊的 DMAP 工具,建立了新的拓扑优化求解序列。在 MSC.Patran 中专门的拓扑优化界面，全面支持拓扑优化建模和结果后处理。

利用 MSC.Nastran 高级单元技术和静力分析，模态分析的有效解法，可以非常有效地求解大规模的拓扑优化模型。



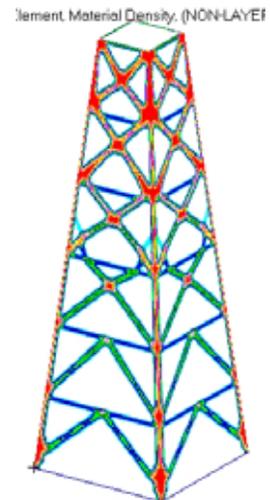
万向集团转向节拓扑优化



真实塔



初始有限元模型

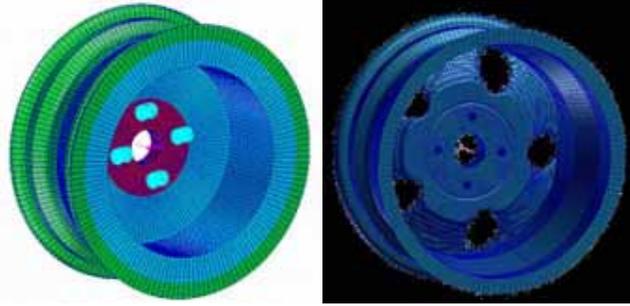


拓扑优化结果

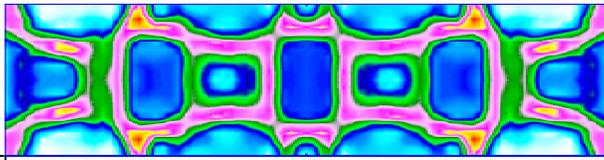
MSC.Nastran 新版本的优化功能有很大的增强：

- 将拓扑优化、尺寸优化和形状优化统一起来，同时寻找更好的设计方案

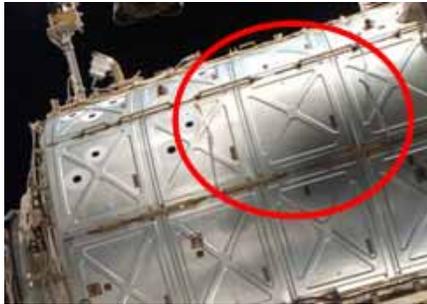
- 在构件的多重设计中可以以不同的质量目标来进行拓扑优化
- 自动外部超单元优化(AESO)可以自动将模型分成已经优化好的和待优化的（外部超单元）两个部件，从而提高优化效率



新增了 Topometry 和 Topography 优化，增强了拓扑优化的功能，同时还新增了随机优化，将流体模态作为约束条件的功能。



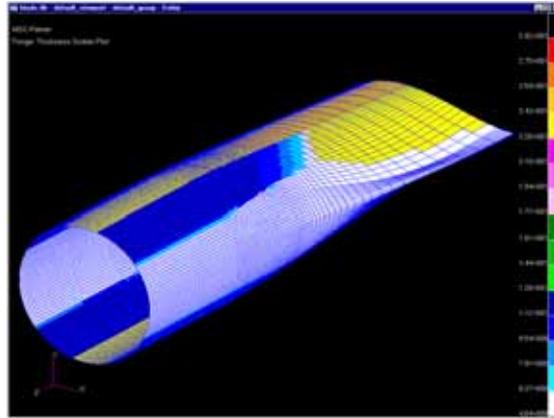
Topometry 结果



Topography 的结果

12 . 复合材料分析

MSC.Nastran 具有很强的复合材料分析功能，并有 CQUAD4、CQUAD8、CTRIA3 和 CTRIA6 等多种可应用的单元供用户选择。借助于 MSC.Patran，可方便地定义各种复合材料。MSC.Nastran 的复合材料分析适于所有的分析类型。



复合材料部件

13 . P-单元及 H、 P、 H-P 自适应

早在 1986 年 MSC.Software 公司就开发出了 P 单元算法。在 MSC.Nastran 中，允许在同一模型中 H-法与 P-法混合使用而不存在单元相容性问题。

14 . 转子动力学特性分析

转子动力学主要应用在电力、核能、石化、机械、航空与航天等部门，解决旋转机械的动力设计、振动分析、故障诊断等问题。它的主要任务：分析临界转速、转子不平衡引起的同步振动响应、开始失稳的门坎转速、预计转子在加速或减速过程中的瞬态响应。

MSC.Nastran 的转子动力学功能提供给用户相对简便的方法来进行旋转机构的设计与分析。可以进行频响分析（直接法与模态法）、复模态（直接法与模态法）、静态、非线性瞬态与线性瞬态（只有直接法）分析，以满足设计上的需求。

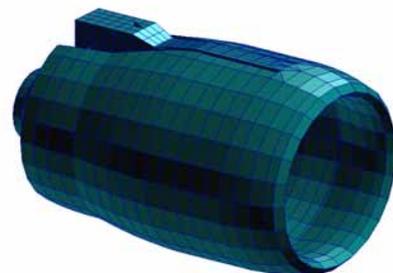
频响分析用来分析转子—支承系统受到任意激励的响应，既可计算与转速无关的外部激励的响应，也可计算由于转子不平衡或其他与转速相关激励所产生的响应。

复模态分析可计算涡动频率与临界转速，涡动模态是转子—支承系统在转子以某一特定转速转动情况下的模态。临界转速是影响转子设计最重要的指标。

静态分析用来分析由于偏斜等因素造成的载荷影响，避免转子叶片与机匣或其他定子部分的摩擦。

直接线性或非线性的瞬态分析可进行转子叶片的动力学仿真，保证结构的强度及避免振动超限。

MSC.Nastran 中转子动力学模块的一个优势，在于它是在 MSC.Nastran 原有成熟稳定求解系 列
(SOL101,SOL107,SOL108,SOL109,SOL110,SOL111,

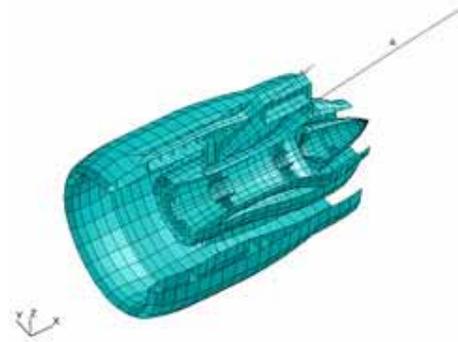


SOL129) 基础上实现的, 这是其它软件所不能比拟的。MSC.Nastran 的转子动力学特性分析, 考虑了陀螺效应和挤压油膜阻尼器模型。用来分析转子的涡动模态、临界转速、频率响应、瞬态响应以及转子的静态特性等。可以分析航空发动机、压缩机、离心机、汽轮机、涡轮机和泵等旋转机械转子系统的陀螺力矩和动力学特性。

波音公司的发动机分析模型

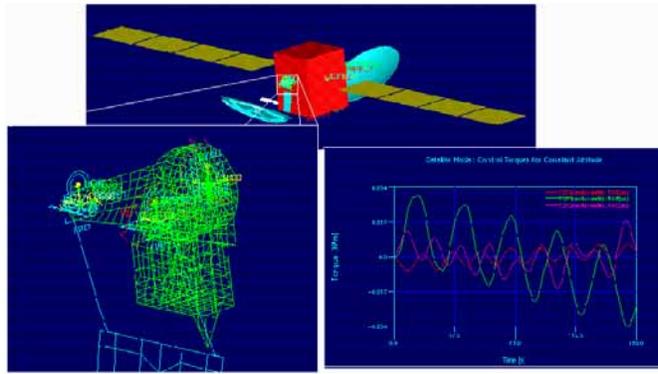
MSC.Nastran 新版本对于转子动力学也有如下功能的改进:

- 在转子动力学频率响应分析中允许不平衡载荷
- 处理多种 RGYRO 工况
- 简化阻尼的定义以适应新型阻尼方程, 如混合 (hybrid) 阻尼

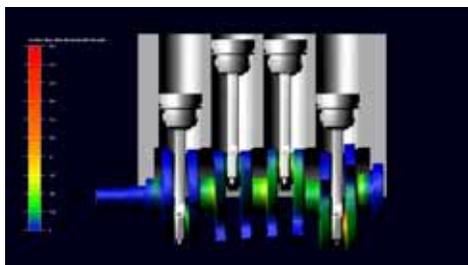


15 . 与 ADAMS 集成进行刚/弹性体多体分析

MSC.Nastran 可与 MSC.ADAMS 无缝集成, 使得 MSC.ADAMS 可以方便地对系统关键零部件的强度、刚度进行刚体/柔体混合的多体运动学、动力学分析。MSC.ADAMS 进行柔性体分析需要的模型中性文件 MNF, 是 MSC.Nastran 的标准输出结果。



卫星太阳翻板的柔性展开分析

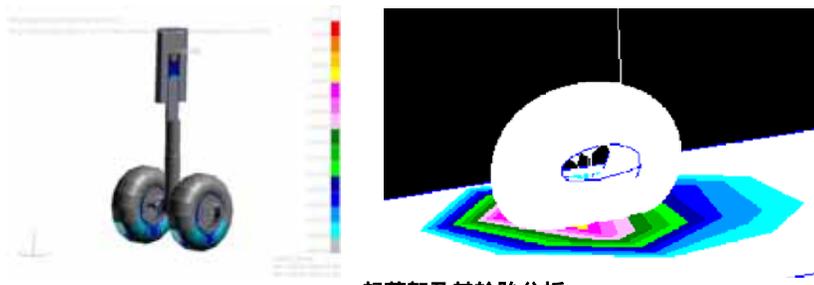


发动机曲柄/曲轴 - 刚/柔性联合仿真

16 . 高级隐式非线性 SOL 600

MSC.Nastran 隐式非线性模块用于分析高度非线性问题,二维、三维大位移接触等问题,其功能强大涵盖了完整的非线性类型即材料非线性、接触、大位移/转动和大应变。接触体的定义十分方便,只需定义独立的接触体对和接触表,可以定义变形体间、变形体-刚性体间、自身接触等接触类型,接触可以是考虑各种摩擦模型、粘连和分离等。具有丰富的单元库和非线性材料模型,分析类型可以是静力非线性、非线性屈曲和模态、动力非线性和蠕变分析及多种非线性的组合。它可采用区域分解并行技术,大大加速了非线性分析过程。

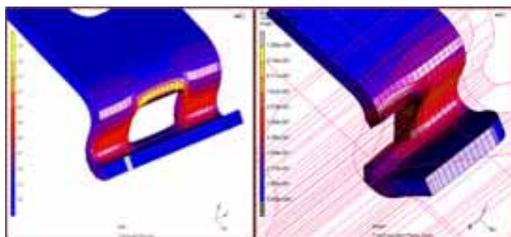
MSC.Nastran 的隐式非线性模块的增加,使 MSC.Nastran 成为功能更强、适应面更广、应用领域更广的结构分析软件。



起落架及其轮胎分析

MSC.Nastran 新版本新增加了如下功能

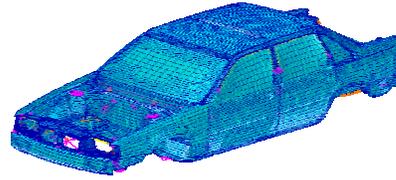
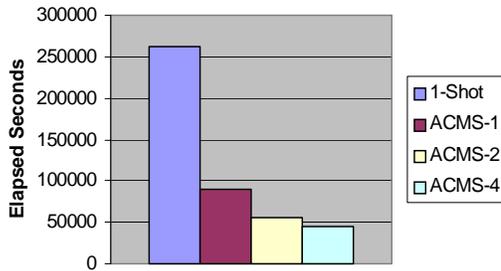
- 热传导分析和热应力分析的自动建模
- 进行复合材料的热分析时可以考虑厚度方向的热梯度分布
- 增强了建模功能,包括铆接单元、焊点单元和 Bush 单元 (CFAST, CWELD, CBUSH) 的大变形方程
- 使用虚裂纹闭合法 (VCCT) 或者洛仑兹方法计算应力强度因子;计算复合材料分层
- 改进了一些计算性能
-



17 . MSC.Nastran 的并行求解方法

MSC.Nastran 多种并行求解方法:

- 支持共享内存式单机多 CPU 并行 SMP;
- 分布式多机多 CPU 并行 DMP;
- 基于几何区域(GD)、频率区域和自由度区(DOF)域或矩阵域(MD)的并行法;
- 并行的自动部件模态综合 (PACMS);

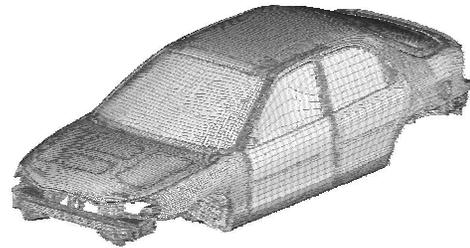
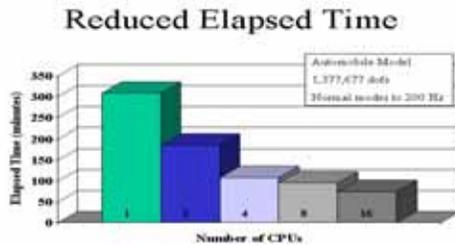


并行效率比较

DMP - Distributed Memory Parallel

Automotive Model

232,649 nodes
232,404 elements
1,377,677 degrees of freedom



Courtesy of the Ford Motor Company

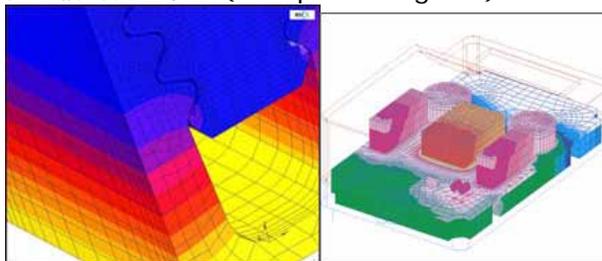
福特汽车模型：232,649 节点 232,404 单元 1,377,677 自由度

三. MSC.Nastran 的单元库

针对实际工程应用，MSC.Nastran 独特的单元库具有 70 余种单元类型，通过 MSC 自行开发的"单元派生技术"，可根据解题问题的需要通过变换单元缺省参数，与拥有 100 多种单元的其它有限元分析软件相比单元类型更多、使用更灵活、更高效。所有这些单元可满足 MSC.Nastran 各种分析功能的需要，且保证求解的高精度和高可靠性。

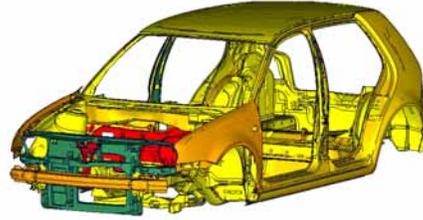
Nastran 新增加了装配体建模的功能

- 新型缝焊单元(CSEAM)
- 可以输出焊点单元(CWELD, CFAST)的终端位移
- 新型连接类型 RBE2GS 允许两个邻近的 RBE2 单元沿着指定的搜索半径搜索和连接它们的独立节点 (independent grids)

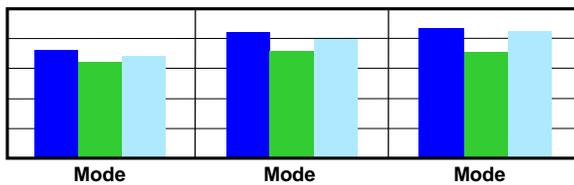


大众的白车身模型

- 3712 个 CWELD 单元
- 3562 个连接 2 个部件
- 150 个连接 3 个部件



模态



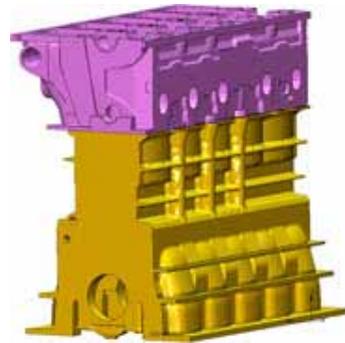
大众汽车公司乘用车身动力学部 Hillmann 说：“过去，全车身模型的点焊建模是个耗费大量时间的过程。现在利用 Nastran 的新功能的焊接单元，大众公司节约了 30% 以上的时间”。

四. 求解方法

- 线性方程组的求解：直接法、迭代法、多前沿稀疏法、并行法等；
- 实特征值求解：Lanczos 法、增强逆迭代法、Givens 法、改进 Givens 法、Householder 法、带 Sturm 序列检查的逆迭代法等；
- 复特征值求解：Delerminated 法、Hossen-bery 法、新 Hossenbery 法、逆迭代法、复 Lanczos 法等；
- 非线性方程组迭代求解：全牛顿—拉夫森法、修正的牛顿—拉夫森法、有应变修正的全牛顿—拉夫森法；
- 矩阵运算有七种算法：致密乘致密法、致密乘稀疏法、稀疏乘稀疏法、稀疏乘致密法、稀疏法、三重乘法和并行乘法等。根据具体问题，自动选择最优的矩阵算法；
- 矩阵分解方法：对称矩阵的 Cholsky 法、非对称矩阵的标准法；
- 带宽优化算法：Cuthill-McKee 法、GbbS-Pool-Stk 法和混合算法等。优化准则：波前均方根最小、带宽最小、轮廓最小、波前上限最小；
- DDAM 法（动力设计分析方法）：使用 DDAM 可以分析各种潜水艇和水面舰船体受爆炸冲击波响应，例如分析动力装置（燃气轮机，汽轮机，柴油机），电子设备及其它结构受爆炸冲击波响应等，满足 NAVSEA（美国海军海上系统司令部）论证要求

MSC Nastran 新版本提供了多个数值计算领域和高性能计算（HPC）的新功能和功能增强，这些功能可以用来解决大规模、动力学和 NVH 的仿真计算，也可用于隐式非线性、装配体建模、优化设计、转子动力学和气弹性方面的计算。

- 两个新型稀疏求解器：TAUCS（静力学求解）和 UMFPAK（非对称求解器）



- 增强了 Lanczos 求解器的功能，可以充分调配可利用内存
- 自动调整实体模型的最佳选择顺序
- 放松了 CASI 求解器在大规模实体模型静力学方面的限制
- 自动部件模态综合法可以用于超单元分析，这样在进行 NVH 分析时便可节约计算时间、I/O 交换和磁盘空间
- 支持微软的计算机集群 (Microsoft Compute Cluster)，支持 Intel 和 AMD 的 X86-64 计算核心

在高性能计算方面有进一步的增强

- 在线性和非线性计算都提高了计算效率和性能，尤其是对于实体单元运用了 CASI 叠代求解器
- CASI 叠代求解器可以用于非线性瞬态动力学分析中
- 基于矩阵的叠代求解器能够应用于非线性静力和瞬态结构分析中
TAUCS 不定求解其提高 Lanczos 性能
- 静力学计算 SMP 规模进一步扩大

• 五. 用户化开发工具 DMAP 语言

作为开放式体系结构 MSC.Nastran 的开发工具 DMAP 语言 (Direct Matrix Abstraction Program) 有着 30 多年的应用历史。一个 DMAP 模块可由成千上万个 FORTRAN 子程序组成，并采用高效的方法来处理矩阵。实际上 MSC.Nastran 就是由一系列 DMAP 子程序顺序执行来完成的求解任务的。用户可利用 DMAP 编写用户化程序，操作数据库与数据流。

六. 平台支持

MSC.Nastran 具有广泛的平台适用性，可在 PC 机、工作站、小型机、巨型机、超级巨型机等 50 多种硬件平台上运行，支持异种异构平台的网络浮动。支持的操作系统有 UNIX、Linux、Windows2000、Windows XP 等。

七. 模块配置

MSC.Nastran 基本包包括：

- Linear Statics
- Normal Modes
- Buckling
- Connectors
- Dynamics

- Heat Transfer
- Adams Integration
- Unlimited Model Size
- Direct Matrix Abstraction Programming (DMAP)

MSC.Nastran 基本包是必选的

MSC.Nastran 高级包包括 :

- Aero elasticity I
- Dynamic Design Analysis Method (DDAM)
- Shared Memory Parallel (SMP)

MSC.Nastran 非线性包括 :

- Nonlinear
- Marc Translator
- Implicit Nonlinear
- Implicit Nonlinear Shape Memory metals
- Implicit Nonlinear Hemi Cube View Factors

MSC.Nastran 其他模块有 :

- MSC Nastran ACMS
- MSC Nastran Acoustics
- MSC Nastran Aeroelasticity II
- MSC Nastran Design Optimization
- MSC Nastran Distributed Memory Parallel (DMP)
- MSC Nastran Krylov Solver
- MSC Nastran Rotor Dynamics
- MSC Nastran Superelements
- MSC Nastran Topology Optimization
- MSC Nastran Implicit Nonlinear Multi-Processor