



关注安世亚太官方微信，获取最新仿真资讯！

在微信中搜索“安世亚太”或扫描二维码，  
关注安世亚太官方微信



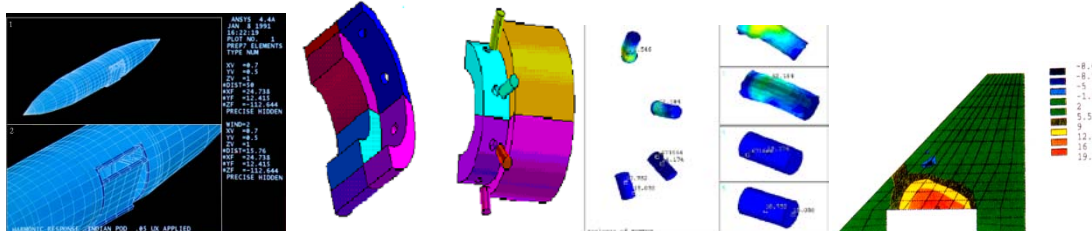
## 火箭导弹总体----ANSYS 在工业品设计中的应用（23）



火箭/导弹的结构复杂，其研制过程是一个复杂的系统工程，具有周期长，费用高的特点，研发过程中常涉及到强度、刚度、散热、疲劳寿命、高马赫数、强激波、气动热、噪声、外弹道、气动弹性、流-固-热耦合等方面的工程问题。随着现代 CAE 仿真技术的日趋成熟，企业完全可以将这种先进的研发手段与试验和经验相结合，从而提升研发设计能力，缩短开发周期。下文是 CAE 仿真技术在解决火箭/导弹产品研发过程中部分常见工程问题的简要介绍：

### 火箭/导弹的强度、刚度问题

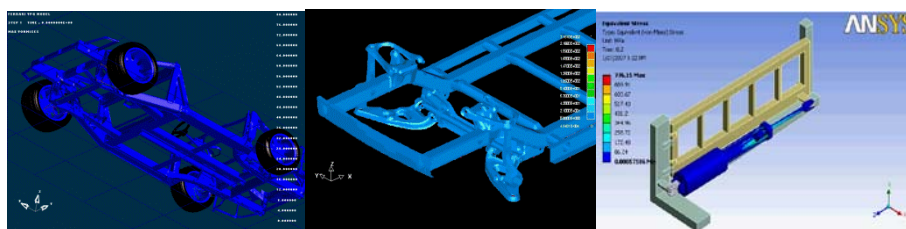
- ✓ 火箭/导弹弹体刚强度分析
- ✓ 弹翼气动弹性稳定性分析
- ✓ 弹体固有特性分析
- ✓ 弹翼热强度分析
- ✓ 舱段连接法兰强度分析



火箭/导弹在结构设计中需要考虑飞行、贮运和发射等不同工作状态下的应力和变形。ANSYS 软件可以帮助解决在不同的工况条件下，结构零部件的强度、刚度及稳定性校核问题。

### 火箭/导弹的机构动力学问题

- ✓ 尾翼控制机构运动仿真
- ✓ 折叠弹翼展开过程运动仿真
- ✓ 发射系统机构运动过程仿真

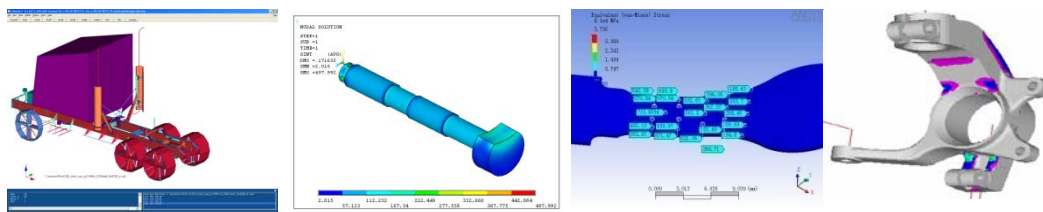


Recurdyn 软件可以分析诸如发射系统机构运动、尾翼控制机构和折叠弹翼展开的运动

过程，通过输出零部件的位移、速度、加速度等运动曲线，了解机构的运动特性。

### 火箭/导弹发射架的疲劳耐久性问题

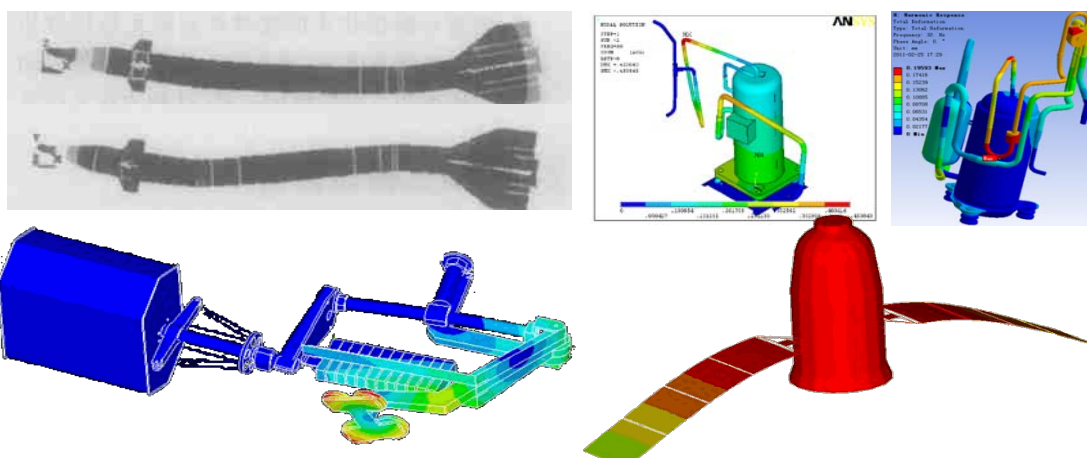
- ✓ 承受飞行工况、运输工况动态载荷的疲劳分析
- ✓ 设计细节的疲劳断裂分析
- ✓ 火箭/导弹管路系统疲劳分析
- ✓ 火箭/导弹接管焊缝疲劳分析



火箭导弹产品的抗疲劳性能和可靠性会直接影响其设计的成败。ANSYS 高级疲劳分析和设计软件可以分析火箭/导弹零部件由于反复运动引起的高、低周疲劳问题及焊缝疲劳问题。

### 火箭/导弹的振动问题

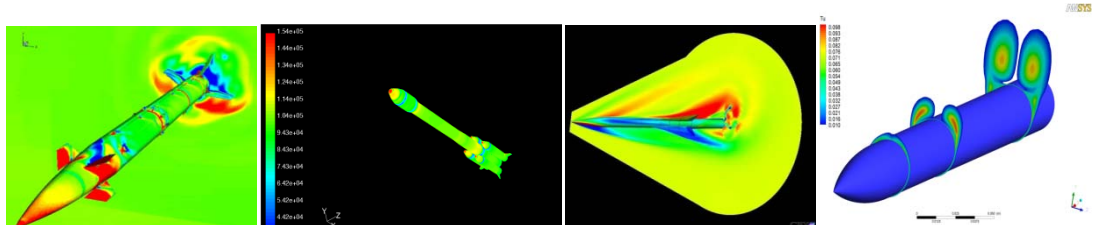
- ✓ 火箭/导弹发动机转子动平衡分析
- ✓ 结构模态、随机振动等动力学分析
- ✓ 研究火箭/导弹配管、发射架、储液箱的振动，优化结构减振
- ✓ 卫星天线展开机构模态分析
- ✓ 卫星太阳能电池板模态分析
- ✓ 声学-结构耦合场分析



振动是火箭/导弹故障的重要原因。借助 ANSYS 软件动力学分析功能，通过合理地优化火箭/导弹各部件，可以降低火箭/导弹机体的振动，减少振动故障的产生。

### 弹箭外流场和气动力问题

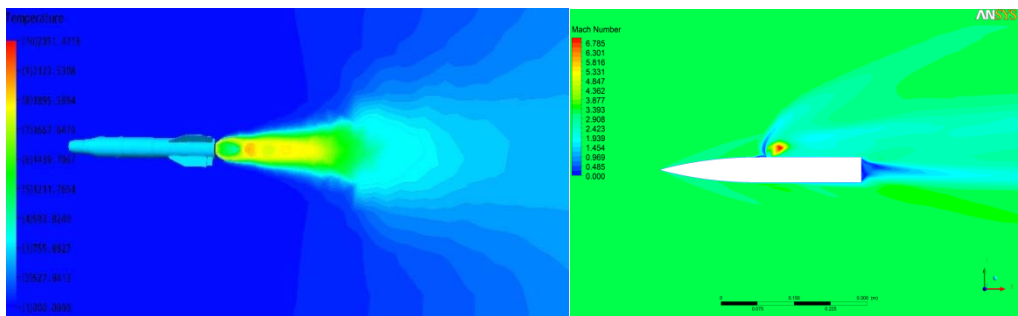
- ✓ 弹箭气动力（阻力、侧向力、升力）
- ✓ 弹箭气动力矩（俯仰力矩、滚转力矩、侧滑力矩）
- ✓ 弹箭外流场分析（激波、分离涡等）



弹箭总体气动分析通常会有高马赫数，强激波、流动分离等现象，ANSYS 软件可以分析弹箭在各种飞行条件下流场中气体的速度、压力和密度等参量的变化规律，飞行器所受的升力和阻力等空气动力及其变化规律。

### 喷流问题

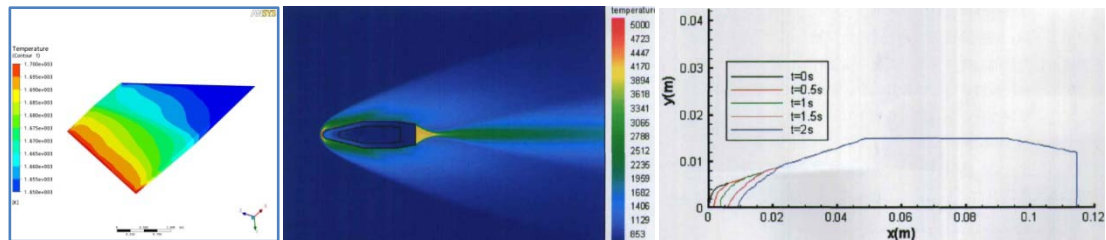
- ✓ 尾喷
- ✓ 横向喷流



弹箭喷流流场包含复杂的涡系结构和波系结构，还存在着附面层与激波的相互干扰，而且干扰具有很强的非线性特征，其干扰机理复杂，影响因素众多。ANSYS 软件采用的高阶混合离散格式+耦合算法+TVD 格式可以精确计算喷流流场并对激波进行准确捕捉。

### 气动热问题

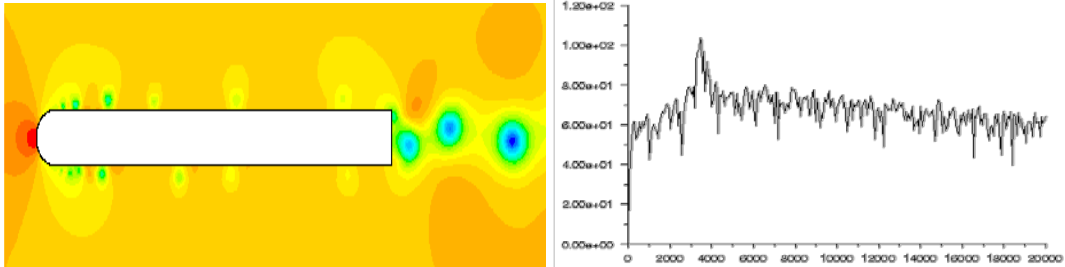
- ✓ 温度场
- ✓ 烧蚀



高超声速弹箭在高马赫数下飞行时，由于气动加热必然导致弹头部附近和弹翼前缘部发生烧蚀，烧蚀现象会严重影响的弹箭的气动特性，进而影响其外弹道特性。Ansys软件可以采用流-固-热耦合和UDF二次开发来对火箭导弹的温度场和烧蚀量进行准确的模拟。

### 噪声问题

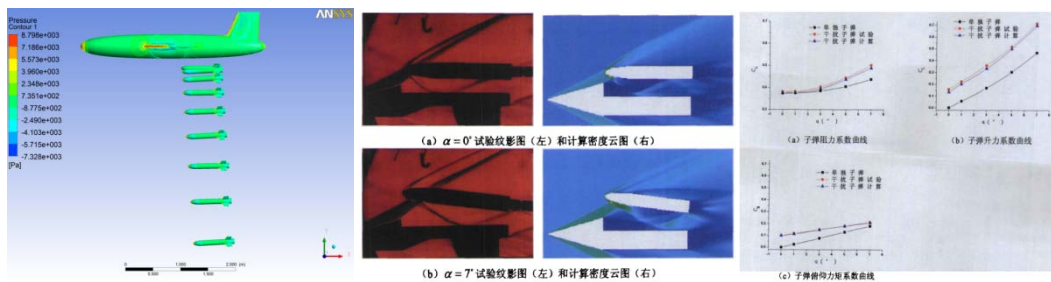
- ✓ 气动噪声
- ✓ 震动噪声



弹箭噪声主要来源于流动分离产生气动噪声和弹翼颤振产生的振动噪声，ANSYS Fluent 噪声模块可以准确的求解出噪声源，并通过求解声波输运方程，精确的求解声波的传输及不同接收位置处的声压级曲线。

### 弹体分离与外弹道问题

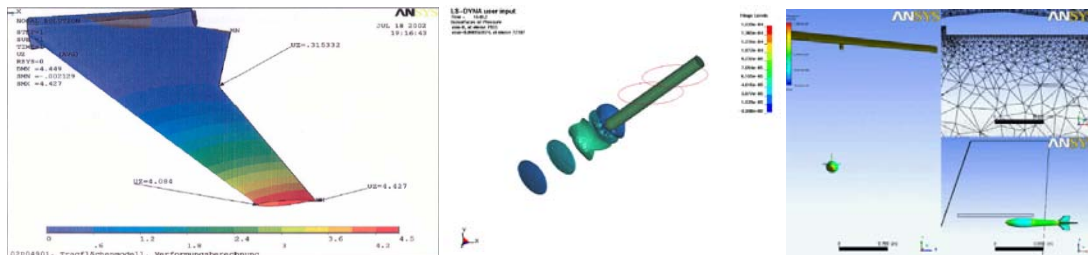
- ✓ 外挂物分离
- ✓ 子母弹分离



弹箭分离引起的气动问题包括级间段分离、助推分离、整流罩分离等，分离时刻所处的环境，分离后弹道轨迹求解都异常复杂，ANSYS 软件提供的动网格技术和 6DOF 模块可以准确模拟运动物体周围的流体流动和弹道轨迹。

### 多物理场耦合问题

- ✓ 弹箭弹翼流固耦合分析
- ✓ 导弹入水流固耦合分析
- ✓ 弹箭 6DOF 运动流固耦合分析



弹箭在飞行过程中由于气动载荷的作用，弹翼等结构会发生弹性变形，从而引起气动载荷的重新分布，ANSYS 软件提供的 CFX/Fluent+Mechanical 流固耦合技术可准确的求解气动载荷对箭翼等结构的影响。

### 相关 CAE 软件模块：

几何建模：Ansys DesignModeler、ANSYS SCDM

结构仿真分析：Ansys Mechanical

多体动力学分析：Ansys Rigid Dynamics、Recurdyn

疲劳寿命分析：Ansys nCode Designlife、Fe-safe、Ansys Fatigue

流体仿真分析：Ansys CFX、Fluent、ICEM CFD

多物理场耦合分析：Ansys Multiphysics、Ansys Mechanical/Emag

设计优化分析：Ansys DesignXplorer