

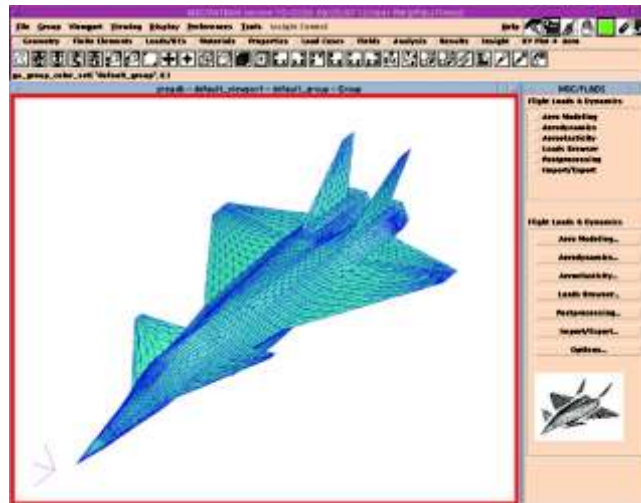
FlightLoads

专业的飞行载荷及动力仿真系统

MSC软件公司早在80年代就开发了基本静气弹分析功能。这一功能包含了一些初步的飞行载荷计算，对飞行器的概念和初步设计阶段是非常有用的。随着FlightLoads 软件在全球的越来越广泛、深入的应用以及MSC软件公司对其多年的研发，使得该软件可以进行更可靠、更有效的气动弹性分析。

过去，人们无法过分地强调精确载荷的重要性。如果我们要仿真作用在结构上的外载荷不正确，设计出来的结构就可能存在缺陷。通常这些问题会在试验阶段暴露出来，而到那时又不得不迫使人们用高昂的代价进行重新设计。更重要是，这些设计上的缺陷其结果会导致产品在服务期内灾难性的破坏。

Flightloads飞行载荷及动力仿真系统可直接满足设计人员的需求，并获得详细结构设计和分析所需的精确外载荷数据。MSC软件公司拥有任何其他CAE 软件供应商所无可匹敌的航空航天及国防领域的技术背景及用户根基，使得MSC软件公司成为少数有资格、有能力提供这一方面分析的公司。



FlightLoads界面

一. 产品特色

FlightLoads飞行载荷及动力仿真系统包含了如下一些特征：

- ◆ 由Patran 全面支持的前后置处理功能，包括气弹设计优化；
- ◆ 单一模型适用于所有的亚音速，超音速，稳态及非稳态气弹分析；
- ◆ 模型的可视化和全面检查。该功能还提供了用户针对其不同产品设计的特殊性考虑增加相应信息的能力；
- ◆ 全集成的内嵌式亚音速/超音速气动求解器可精确计算复杂几何体上的压力分布，同时也可用于气动干扰系数(AIC)计算；
- ◆ 正对称、反对称、非对称机动，包括突然机动。直接访问系统外部生成的压力场、力、气动干扰系数(AIC)及相关

几何信息。这也包括未经处理的风洞数据；

- ◆ 集成的通用控制仿真系统工具可使用户快速生成或集成初始飞行控制准则及刚化率计算；
- ◆ 提供与用户自编的飞行控制软件的通用接口；
- ◆ 生成刚体及六自由度(6 DOF)的气动弹性力和力矩，包括稳定性/可控性转换和力矩施加；
- ◆ 为飞行载荷的研究，以及生成结构有限元模型上的分布载荷提供可靠的分析工具；
- ◆ 在所限定的条件下计算分布的气动载荷和位移，以及自由飞行状态和伺机精确机动；
- ◆ 多次“6 DOF”分析运算(非线性修正)，确定一系列临界载荷并将离散载荷计算连续化；
- ◆ 允许用外部的运动求解“6 DOF”状态方程代替MSC.Nastran 中的通用求解器；
- ◆ 伺服精确机动模块将允许多种机动形式的定义和输

人, 并通过载荷滤波运算在用户定义参数基础上分离出临界载荷工况;

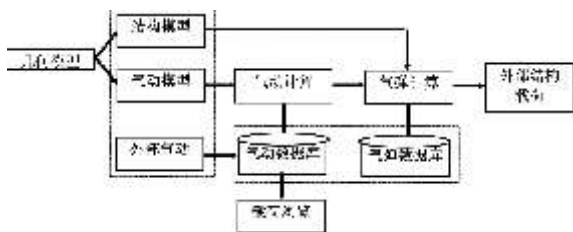
- ◆ 支持多种过载条件和多种气动边界条件;
- ◆ 提供了静气弹迭代分析的外部CFD模块或求解器与MSC Nastran 结构模型耦合的接口;
- ◆ 支持设计优化;
- ◆ 提供基于STEP 标准(AP203、AP209)的非特性数据转换工具。

二. 产品功能

FlightLoads 飞行载荷及动力仿真系统对飞行器设计人员来说是一个完整的解决方案, 包含了外载荷计算, 动力响应, 前后置处理器以及求解技术和强大的产品通讯工具。

1. 体系结构

FlightLoads 飞行载荷及动力仿真系统体系一般可由以下框图进行描述:



简单地讲, 该系统提供了以下功能:

- ◆ 从已有的几何模型入手, 这些模型可以通过CAD软件接口或 STEP AP203/AP209标准、IGES标准等方式导入;
- ◆ 根据相关的结构和气动模型定义一个气弹环境;
- ◆ 执行气动计算;
- ◆ 校核气动结果以便估计出对结构柔性化的影响(气弹);
- ◆ 生成结构上的外载荷。

所有以上步骤都是通过图形系统完成的, 以下图表展示了当前该系统的产品集成关系。



以上所表述的每一个框图将在下边做简要描述。

2. 几何

这里所说的几何是过去常用的飞行器表达方式, 通常用这种几何来表达飞机的外形轮廓, 并且可有以下形式得到:

- ◆ CAD文件— CATIA、NX、Pro/E 等
- ◆ Parasolid 文件
- ◆ ACIS 文件
- ◆ STEP 文件--AP203, AP209 等
- ◆ IGES 文件

3. 结构建模

Patran 是一个先进、可靠的结构建模工具。此外, 它还可以与航空航天结构分析的行业标准软件Nastran 进行集成。

Patran包括:

- ◆ 友好的图形化用户界面;
- ◆ 可以访问世界著名的CAD系统, 包括: CATIA、NX、Pro/ENGINEER, 同样支持IGES格式访问各种CAD系统;
- ◆ 大量的高级网格划分工具;
- ◆ 全面的材料、结构特性和载荷定义选择;
- ◆ 可与Mivision 材料数据信息系统完全集成;
- ◆ 可靠、容易使用的结果可视化工具;
- ◆ 可以很方便地进行建模, 方便客户使用。

4. 气动建模

这方面工作将由Patran支持, 此外除了Nastran中原有的气弹分析功能外, 还内嵌全新的高阶面元法, 飞行器气动载荷求解器。包括一些基本的飞行建模功能:

- ◆ 方便的气动面和干扰体的定义;
- ◆ 详细的模型检查;
- ◆ 连续的载荷显示;
- ◆ 简单样条插值函数定义及证实;
- ◆ 控制系统定义;
- ◆ 机动定义;
- ◆ 刚体、柔性体结果的可视化、结果修正;
- ◆ 直接访问外部生成的飞行模型及相关信息, 包括: 几何、压力、参考状态、气动干扰系数、控制定义。



5. 载荷浏览

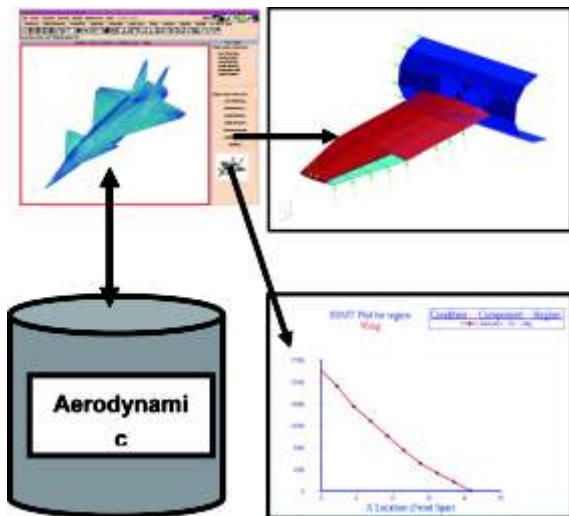
载荷浏览可直接观察到气动数据库的内容,这一工具的使用既可使用Patran,也可用单一的Flightloads方式。载荷浏览器将包括以下功能:

- ◆ 外部飞行数据的输入
- ◆ 飞行数据输出到AP209 格式
- ◆ 数据库内容回放
- ◆ 刚体、柔性体的连续载荷显示及载荷修正.
- ◆ 刚体、柔性体的载荷求和及载荷修正
- ◆ 数据操作,如修改、删除等

6. 空气动力学

以往人们所想象的环境是基于由用户根据飞行包络线上不同的点通过多次气动计算得到的气动数据库的基础上,通过本系统现在一次得到一个完全的环境。由气动分析得到的气动数据包括:

- ◆ 气动干扰系数(AIC)
- ◆ 刚体压力场
- ◆ 参考状态数据,如马赫数、攻角、侧滑角、俯仰率、偏航率、滚动率等
- ◆ 扰动控制



7. 气动弹性

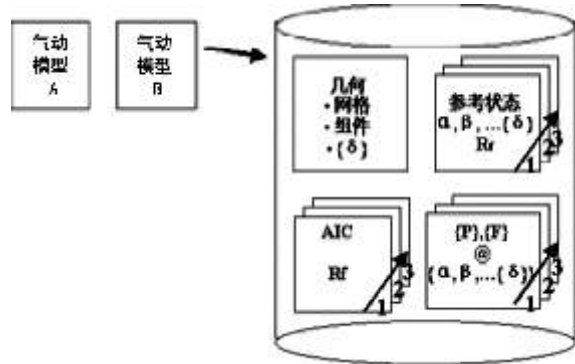
该系统的气弹模块包括气动力和结构的耦合,其功能简单描述如下:

- ◆ 静态(稳态)和瞬态机动定义
- ◆ 参考状态选择
- ◆ 控制的混合、时序编排及限定
- ◆ 多种非线性修正分析
- ◆ 峰值载荷滤波
- ◆ 根据大量的修正数据,有选择地对结构飞行分布载荷进行计算
- ◆ 气动和结构模型的样条插值。已实现全新的三维样条

插值技术,包括面和梁样条插值,所有的样条插值均在Patran中完成

8. 气动数据库

气动数据库用于存储基准和增加数据,并按属性分类,下图描述了气动数据库的构成:



如上所示,气动数据库包含了各参考状态(马赫数、攻角、侧滑角、俯仰率、偏航率、滚动率)以及与之相关的气动干扰系数矩阵。其它的扰动点也将依据用户要求进行存储。非线性数据库将用于确定分析过程中未知点的压力分布。

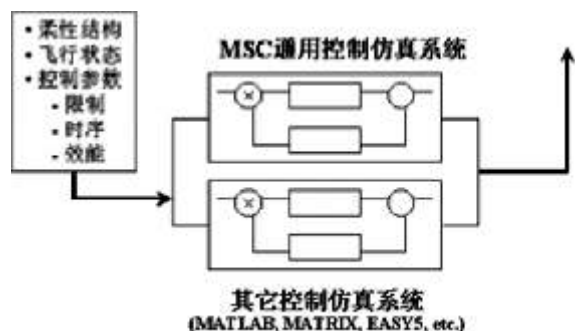
9. 气弹数据库

气弹数据库将包括气弹分析后得到的结果。以下数据是数据库主要内容:

- ◆ 每次分析的描述
- ◆ 参考状态确认
- ◆ 柔性体压力场
- ◆ 条件修正,如控制设定、姿态等
- ◆ 压力修正

10. 通用控制仿真系统

FlightLoads飞行载荷及动力仿真系统包含了一个通用控制仿真工具,描述参见AIAA报告AIAA-96-1335-CP。该系统基于实时控制软件,对于概念和初步设计非常有用,此外还提供了与外部控制仿真系统连接的能力。MSC软件的通用控制仿真系统包括了如下功能:



- ◆ 基于最小控制能量, 并包含效率及饱和度的自动控制混合
- ◆ 对不同马赫数和攻角的控制面时序编排
- ◆ 基于指定范围和铰链力矩的控制面限定

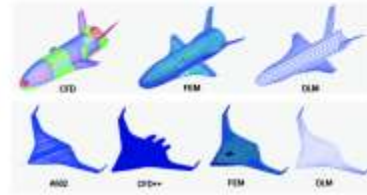
三. 成功案例

◆ 波音787 飞行载荷计算

为了提高竞争力, 波音公司对新一代的商用飞机787 提出了更高的燃油经济性的要求。要达到这一目标, 需要对用于设计的飞行载荷进行精度更高的计算。为了这一目的, 波音公司邀请MSC 加入这一项目。MSC 以咨询服务的方式与波音合作开发了基于FlightLoads平台的更新、更加优化的载荷计算流程。基于更加精确的载荷设计而得到的飞机性能优良, 其燃油经济性比传统的同类飞机提高20%。

◆ 新型飞行器技术展示及验证机飞行载荷计算

FlightLoads 可将精确的外部刚性气动数据—— CFD计算结果 / 风洞试验数据 (如今随着计算机硬件技术的发展 CFD的应用不断扩展) 与面元法计算的弹性气动力数据结合起来提供了很好的平台。这是精度与效率均具有优越特性的方法, 尤其对于飞行器初步设计阶段取得快速而准确的外载荷数据, 并据此进行非常重要的结构优化。按照这一载荷计算流程计算飞行载荷的方法在波音公司的新型飞行器技术展示及验证机X-37、X-48B 等项目的研制中发挥了很大作用。



四. 支持平台

FlightLoads 具有广泛的平台适用性, 可在PC 机、工作站、小型机等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、Windows 等。

