

ANSYS®



ANSYS中国技术大会  
中国·上海

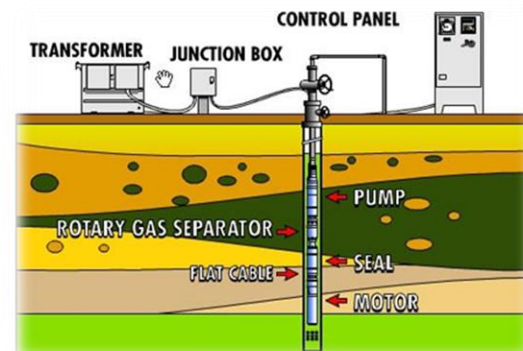
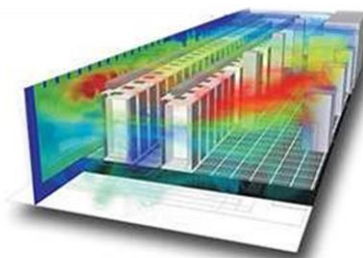
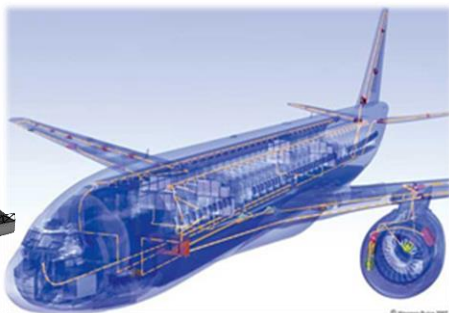
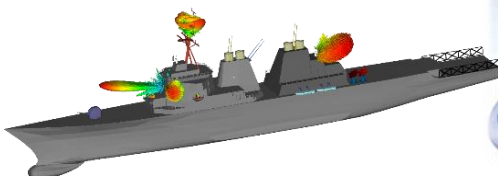
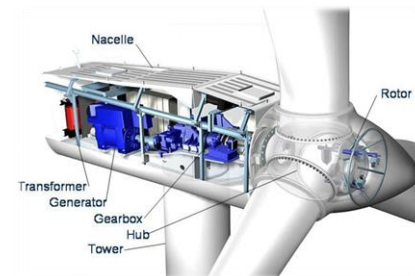
**0D-3D**

# 多维多域全系统虚拟原型仿真与设计

肖运辉 / 西区技术经理

ANSYS中国

# 系统无处不在



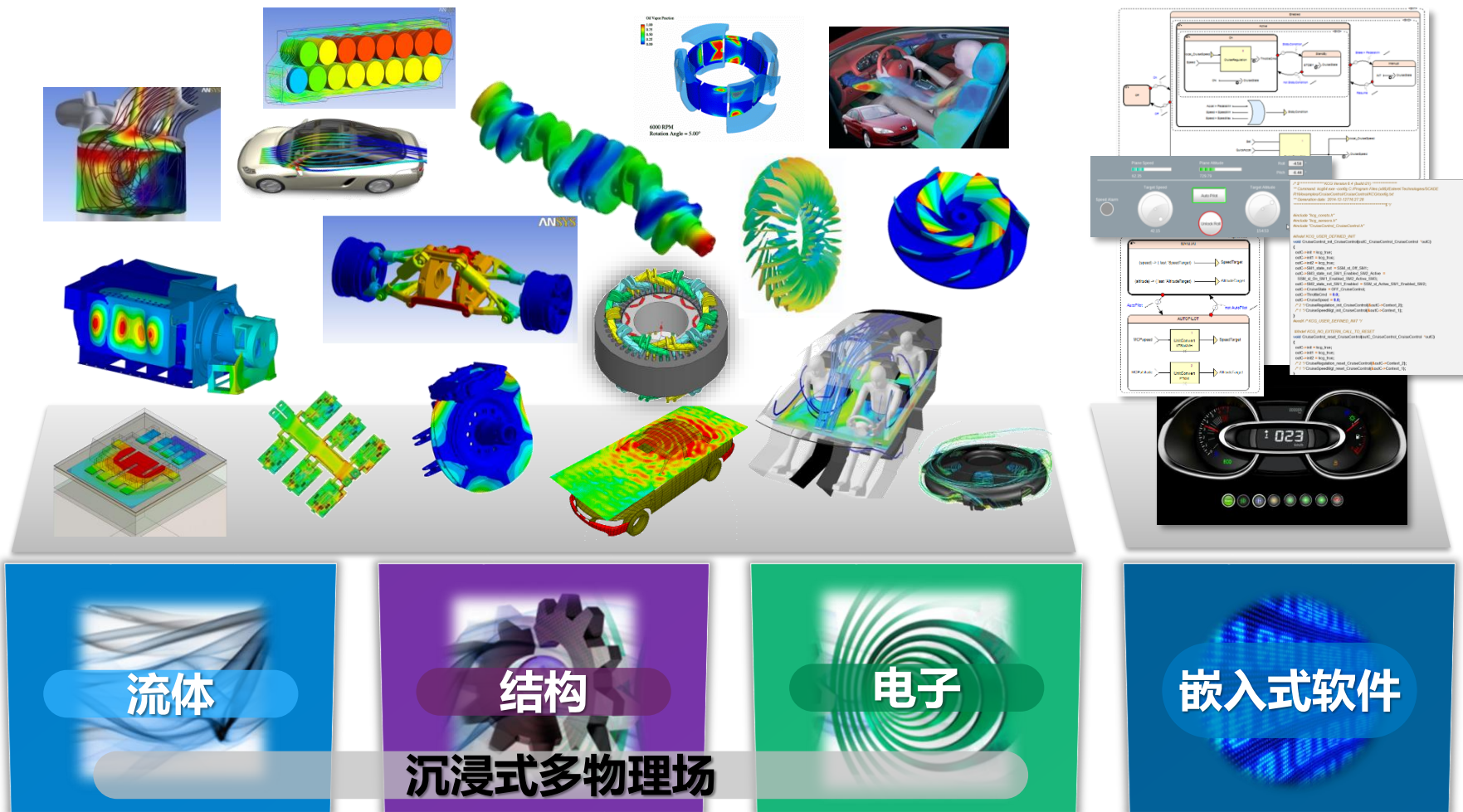
## 这是一个创新的机会

- 动力、执行、  
传感、控制.....  
都需要革新与改变

## 同时也充满挑战

- 更好的性能
- 更高的效率
- 更低的成本
- 更可靠稳定

# 全方位部件级设计



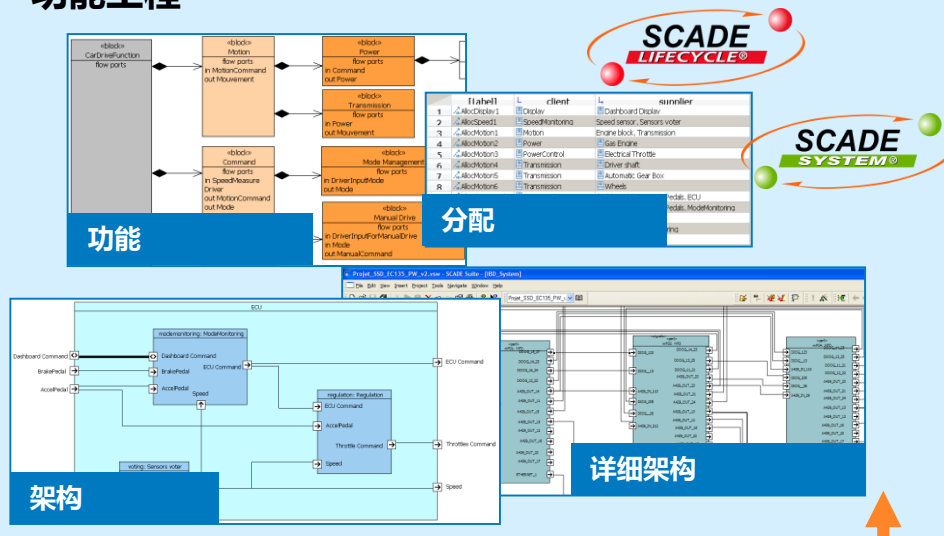


# 下一阶段：全系统虚拟原型设计

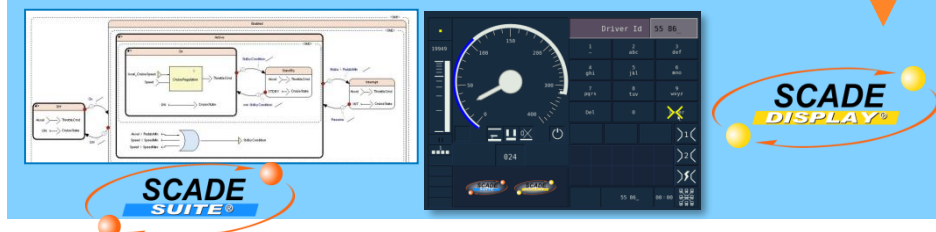


## ANSYS 提供了系统工程框架与仿真平台， 帮助客户实现仿真驱动产品研发

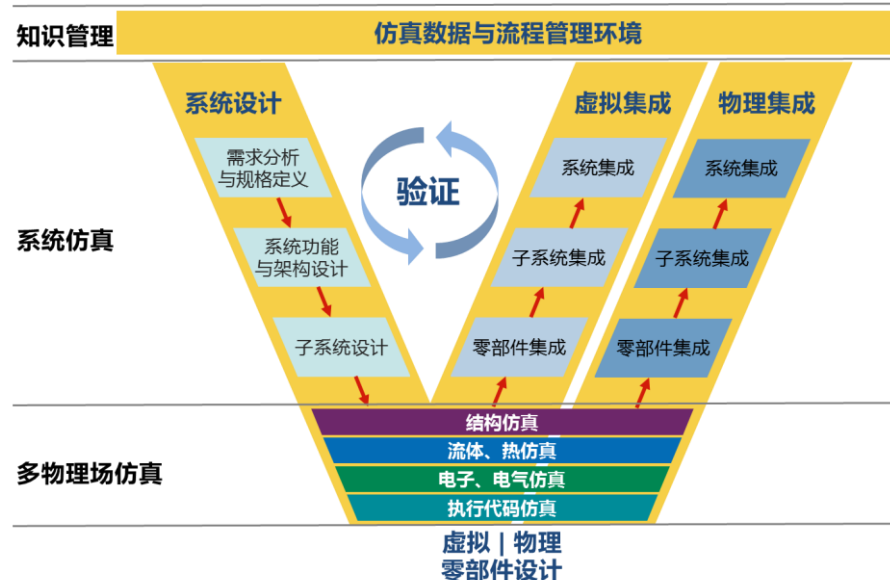
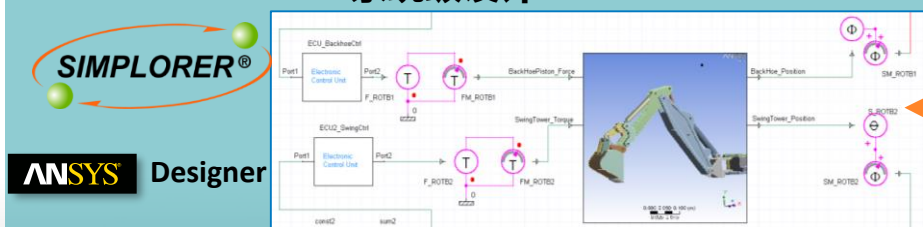
## 功能工程



# 软件工程



## 系统级设计



## 详细设计



# ANSYS 全系统建模与仿真

---

# ANSYS 系统建模与仿真平台

Systems

全系统虚拟原型建  
模、仿真与分析的平  
台

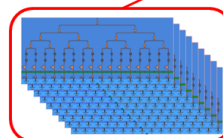
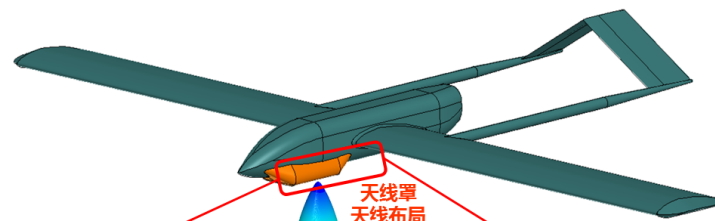
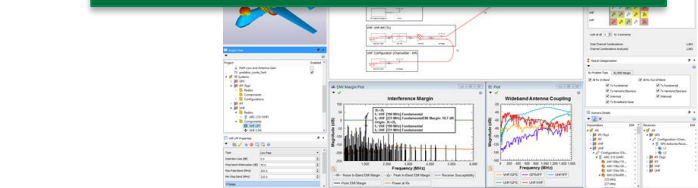
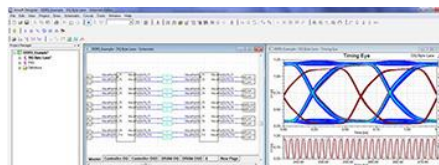
研发团队可验证并优化  
包含控制软件的多域系统

SIMPLORER®



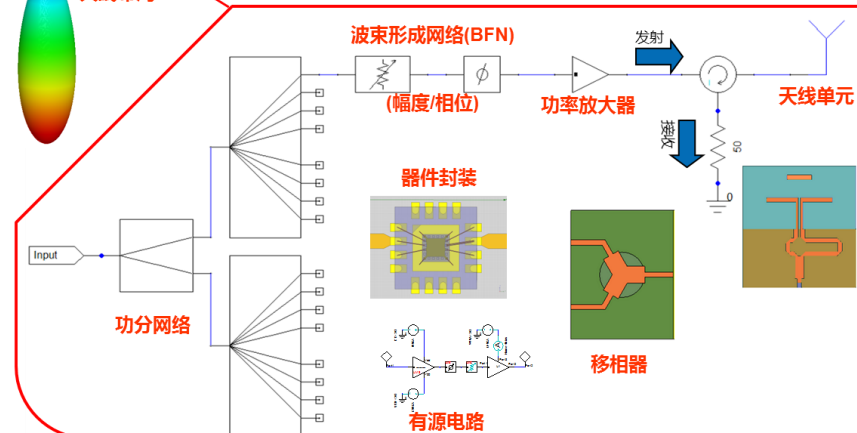
# ANSYS 系统建模与仿真平台

**Designer + EMIT**  
SI Option  
RF Option (含EMIT)

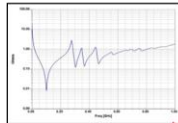


天线阵列

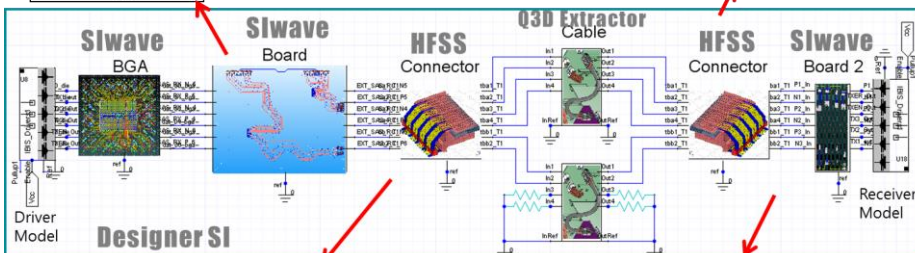
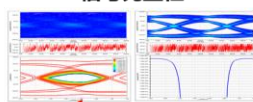
天线罩  
天线布局



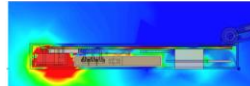
PI 电源完整性



SI 信号完整性

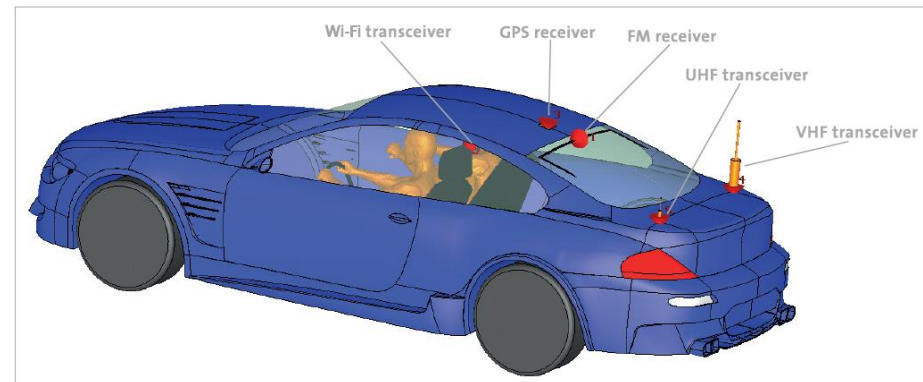
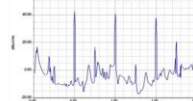


辐射分析



Q3D Extractor

EMI 电磁干扰





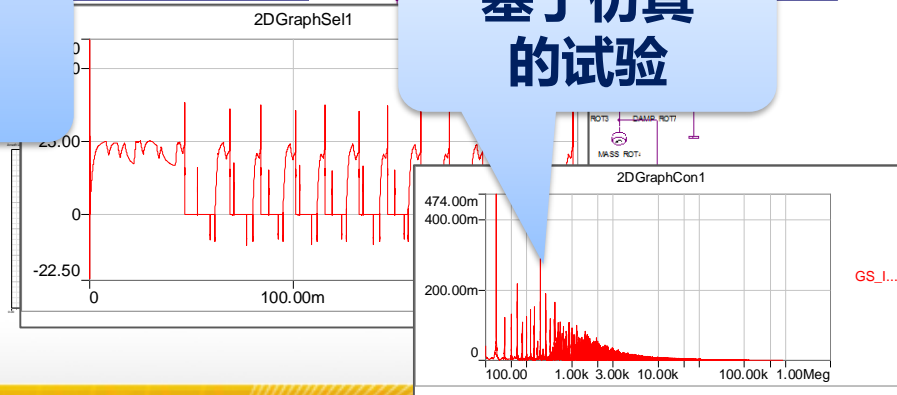
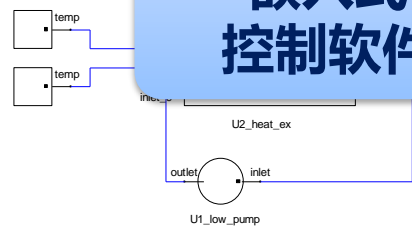
## 多保真度、多域建模

## 系统与部件 模型库

## 与详细的物理 部件链接

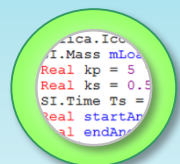
# 嵌入式 控制软件

## 基于仿真的 的试验

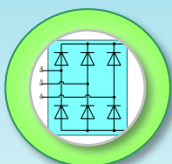


# 全系统建模

强大的功能实现系统装配与模型再利用



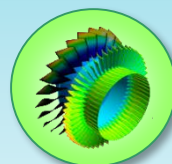
基于语言建模



多域模型库



三维物理场耦合仿真



降阶模型生成



嵌入式系统集成



功能模型接口 (FMI)



VHDL-AMS  
C/C++  
SPICE  
SML  
Modelica

多域

模拟

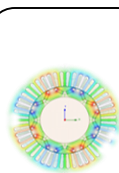
数字

动力系统

制造商

特定应用

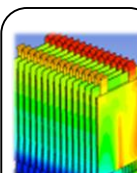
ANSYS 3D 物理场



电磁



流体



热



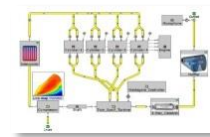
结构

ANSYS SCADE



Simulink  
c 代码

第三方系统建模工具  
(AMESim, Simulink,  
Dymola, GT Suite 等)



# 全系统分析

稳健的仿真能力实现基于仿真的试验



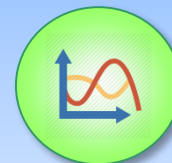
稳健的高性能求解器



同步化仿真



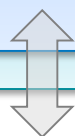
基本的分析 & 复杂的试验



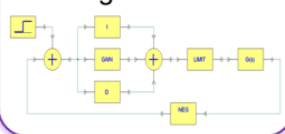
波形、数据后处理



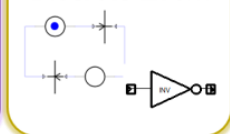
报告、脚本、自动化



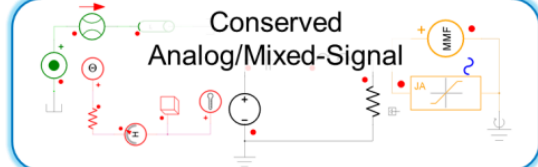
Signal Flow



Discrete Event



Conserved  
Analog/Mixed-Signal



频域

时域

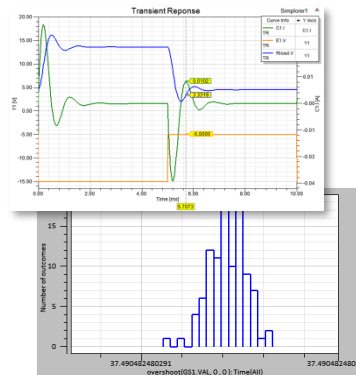
参数扫描

统计分析

敏感度分析

最坏情况分析

优化设计



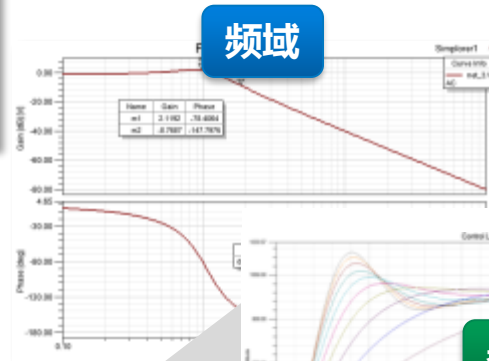
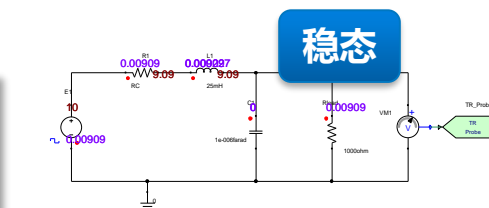
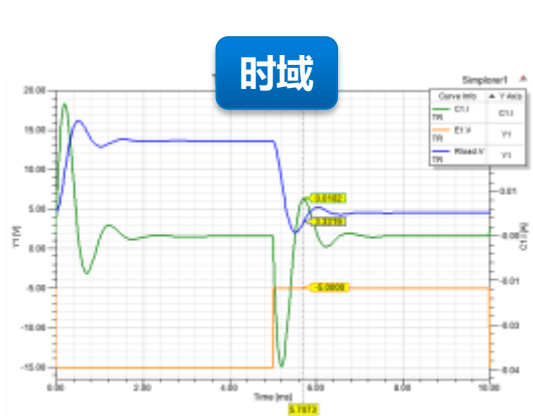
# 建模、仿真与分析一体化的集成化环境

The screenshot displays the ANSYS Simplorer software interface, which is a unified environment for modeling, simulation, and analysis. The interface includes several key components:

- Tools & Menus:** Located at the top of the window, providing access to various software functions.
- Project Manager:** A tree view on the left side that organizes the project files, including parts, analysis, results, and definitions.
- Schematic-based Design:** The central workspace where users can create and edit circuit schematics. It includes components like resistors, capacitors, inductors, and active devices.
- Simulation Controls:** A panel at the bottom left that allows users to configure simulation parameters and execute the analysis.
- Results Display & Analysis:** Multiple windows showing simulation results, including time-domain plots, frequency-domain plots, and waveforms.
- Property Editor:** A panel on the right side that allows users to modify the properties of selected components.
- Component Libraries:** A panel on the right side that provides access to various component libraries, including basic elements, digital elements, and user-defined components.
- Messaging & Debugging:** A panel at the bottom right that displays messages, warnings, and error logs during the simulation process.

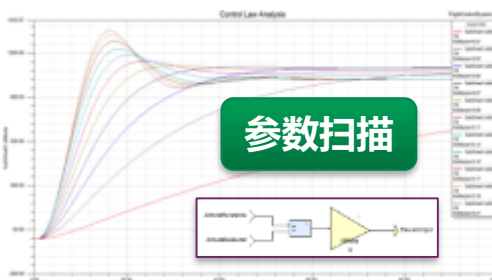


# 虚拟系统试验平台

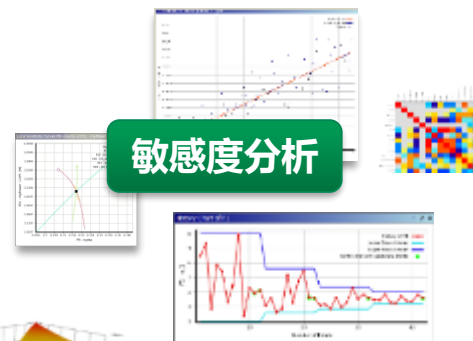


基本性能的  
快速评估

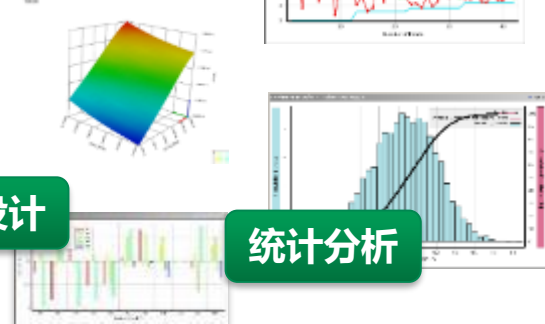
系统性能的  
探索与优化



敏感度分析

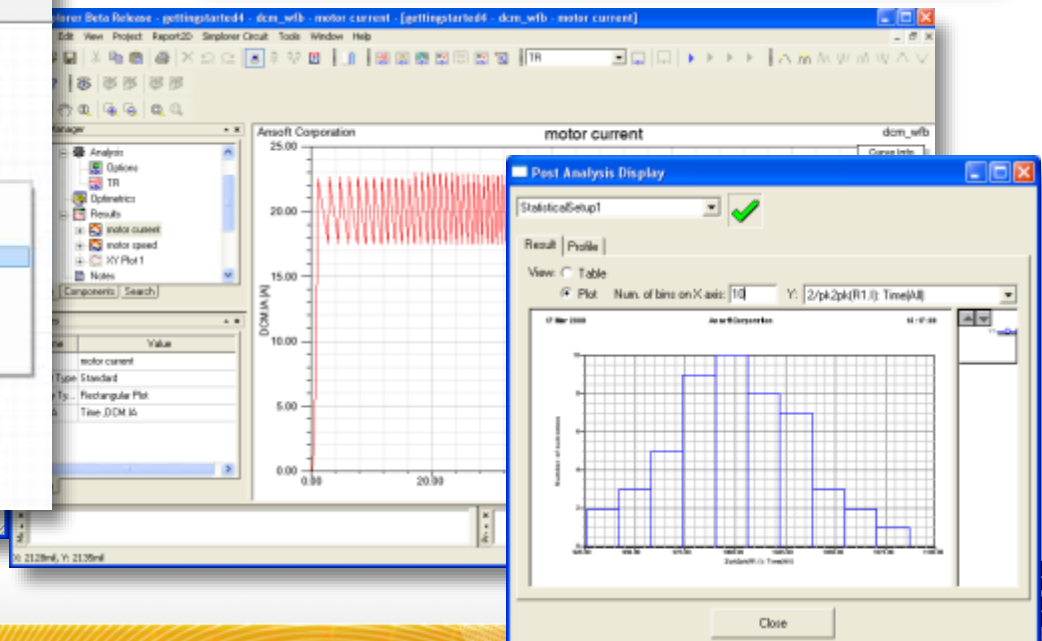
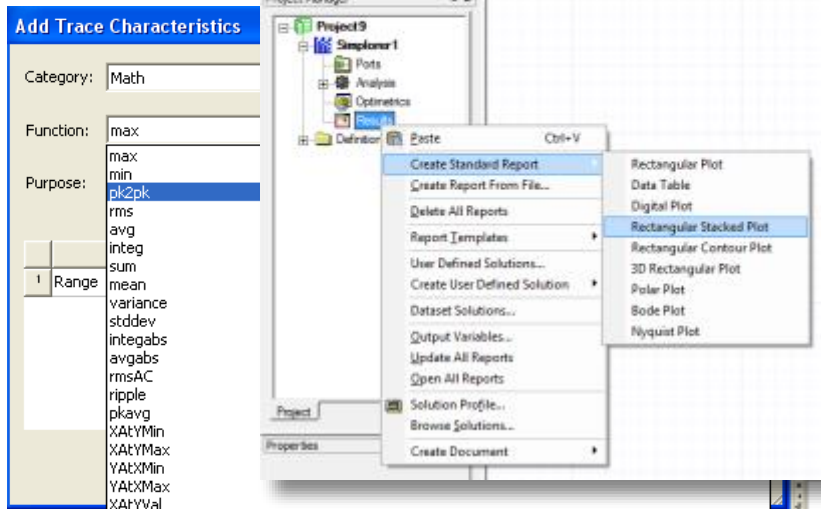
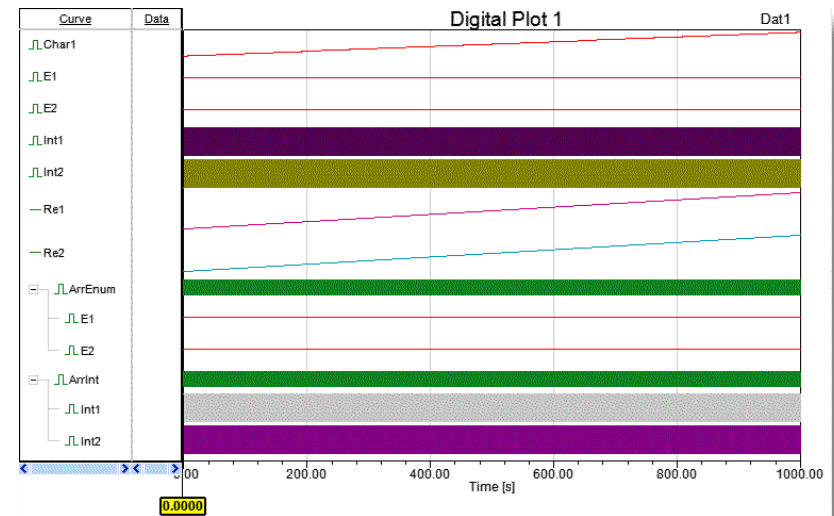


统计分析



# 一体化后处理与分析

- 丰富的图表类型
- 动态更新与交互
- 动画效果
- 结果特性提取



# 自动报告生成

- 快速生成设计报告，包含设计信息与分析结果
- 结果与设计文件一同存储，并随着设计改变自动更新



# 典型案例

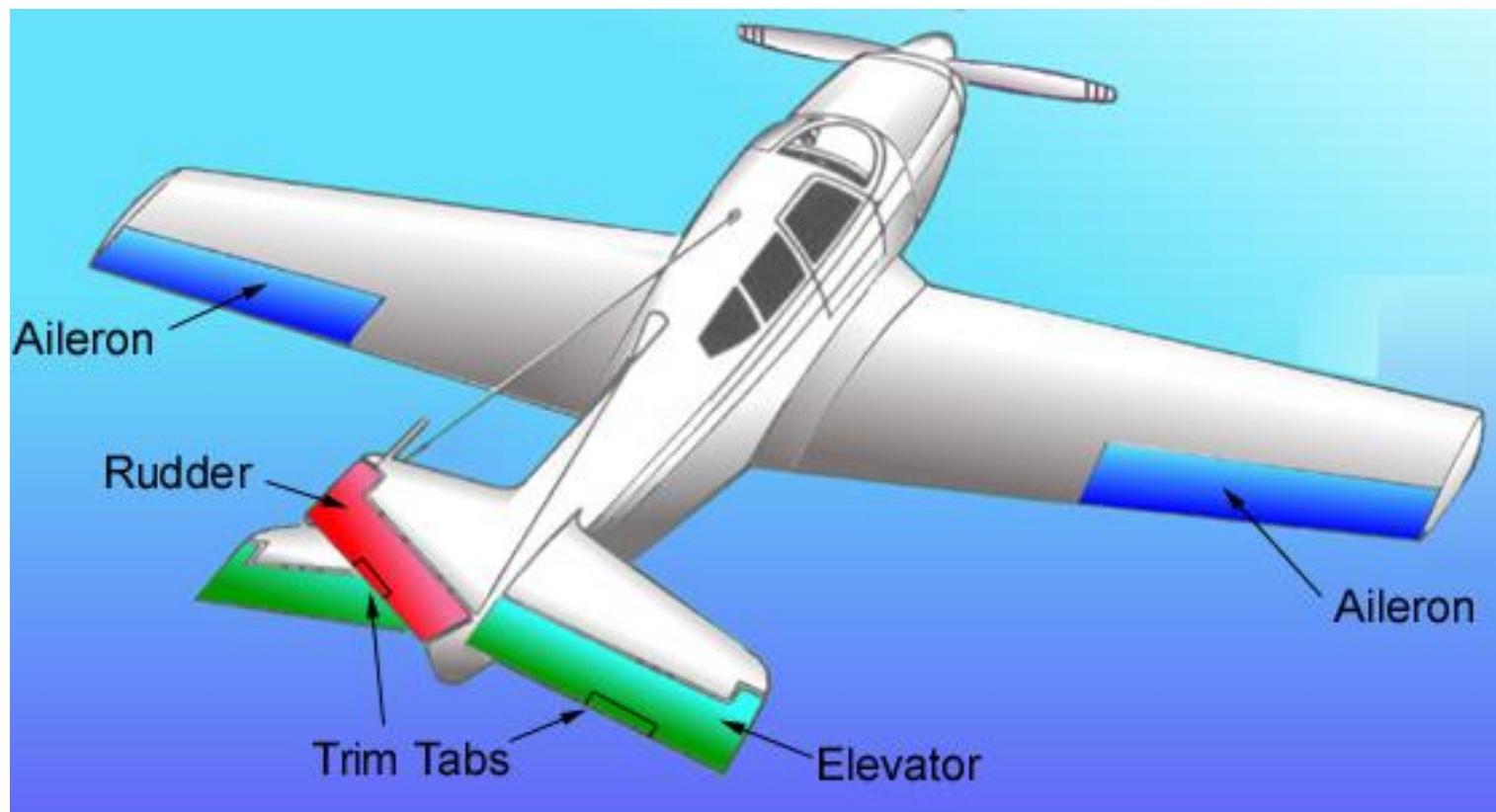
---

1. 飞控系统设计
2. 系统多物理域优化 —— 流体 vs RCS



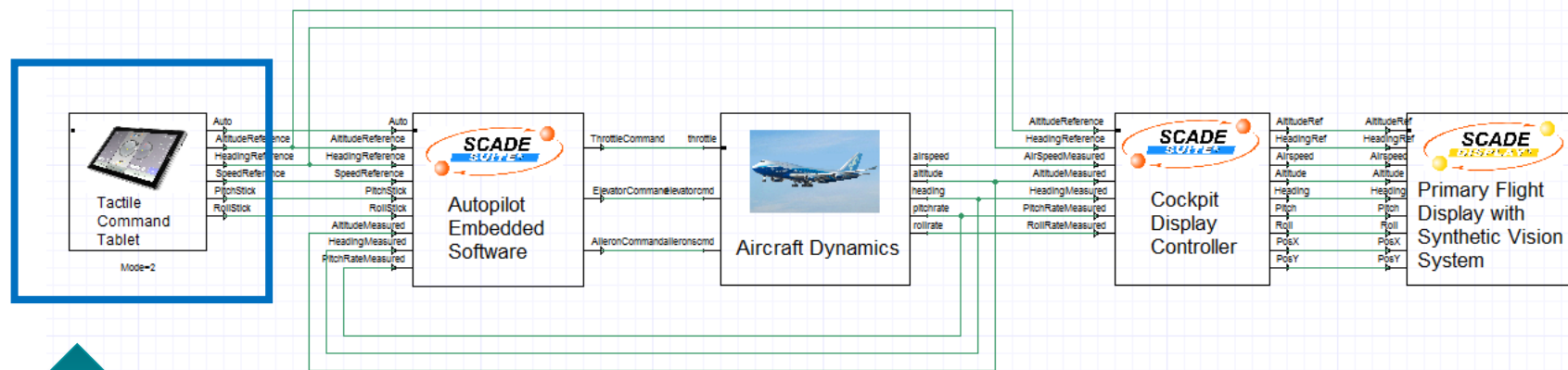
# 案例1：飞控系统

结构+电子+嵌入式控制软件共同运行在流体环境



# 多学科建模

软件、系统与物理场耦合



## 系统仿真控制面板

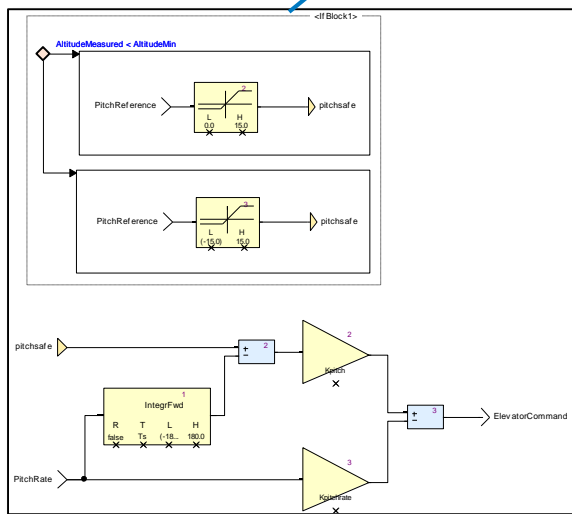
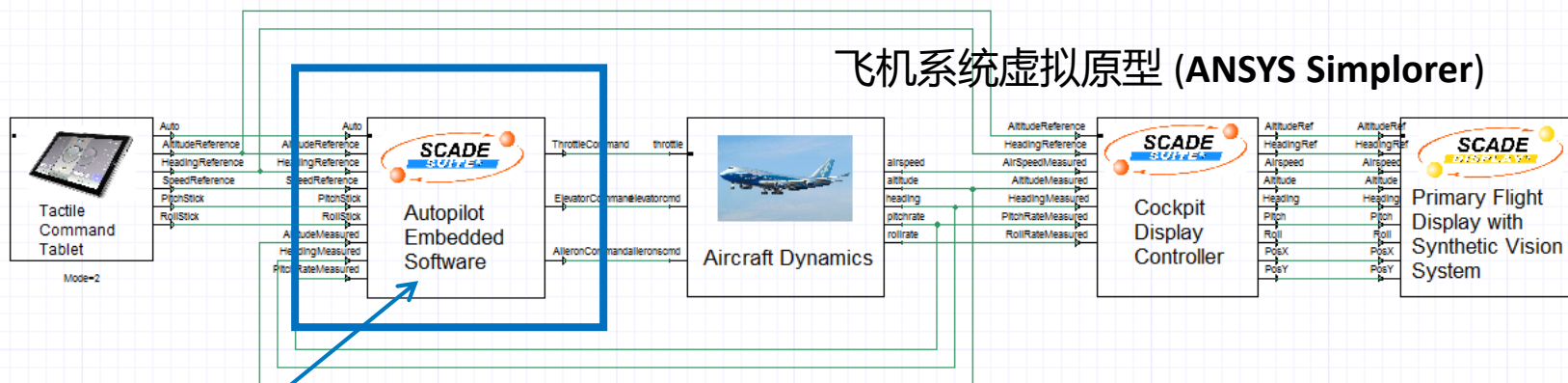
- 选项#1: **预定义的仿真场景**  
正弦/方波输入控制目标速度、高度和俯仰
- 选项#2: **触控平板操控飞机飞行**  
图形交互控制面板 (实时仿真)
- **SCADE LifeCycle Rapid Prototyper**



# 多学科建模

## 软件、系统与物理场耦合

### 飞机系统虚拟原型 (ANSYS Simplorer)



### 嵌入式飞控/ 自动驾驶软件

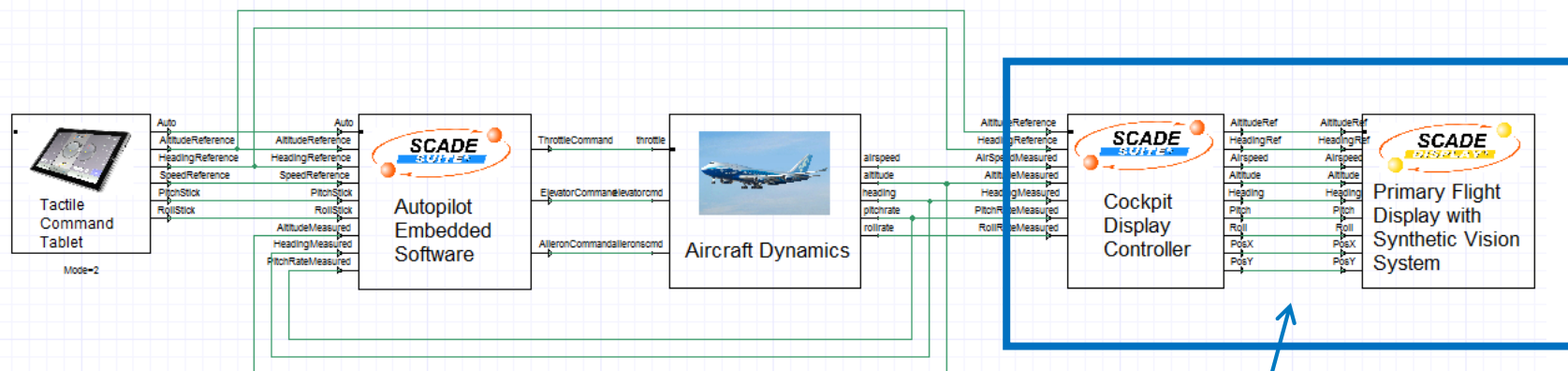
#### SCADE Suite

- 基于模型的飞控系统设计
- 与 Simplorer 通过功能模型接口 (FMI) 耦合
- 自动嵌入式 C & Ada 代码生成
- DO-178B&C Level A 认证



# 多学科建模

## 软件、系统与物理场耦合



## 嵌入式座舱显示软件

### SCADE Suite/Display + Synthetic Vision System

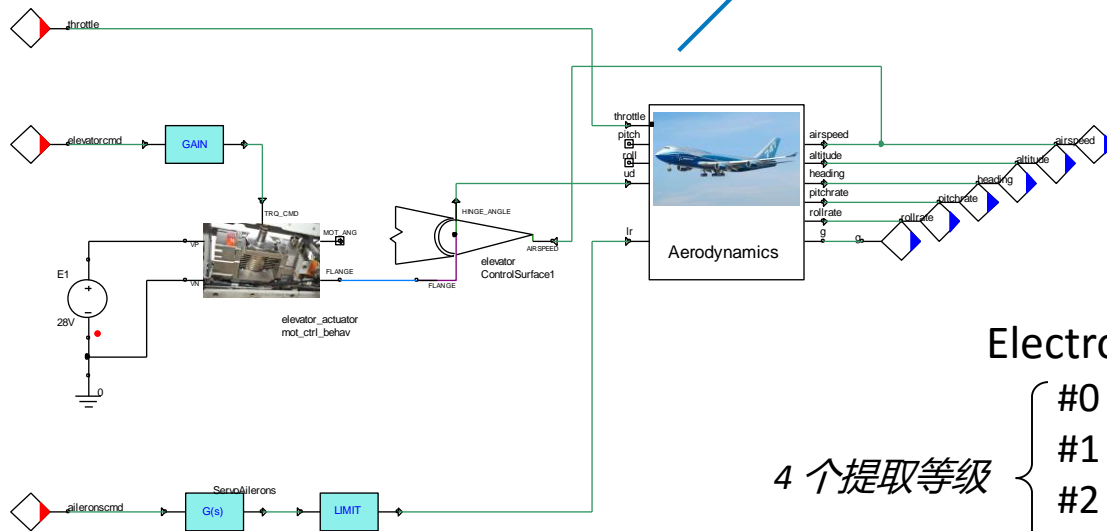
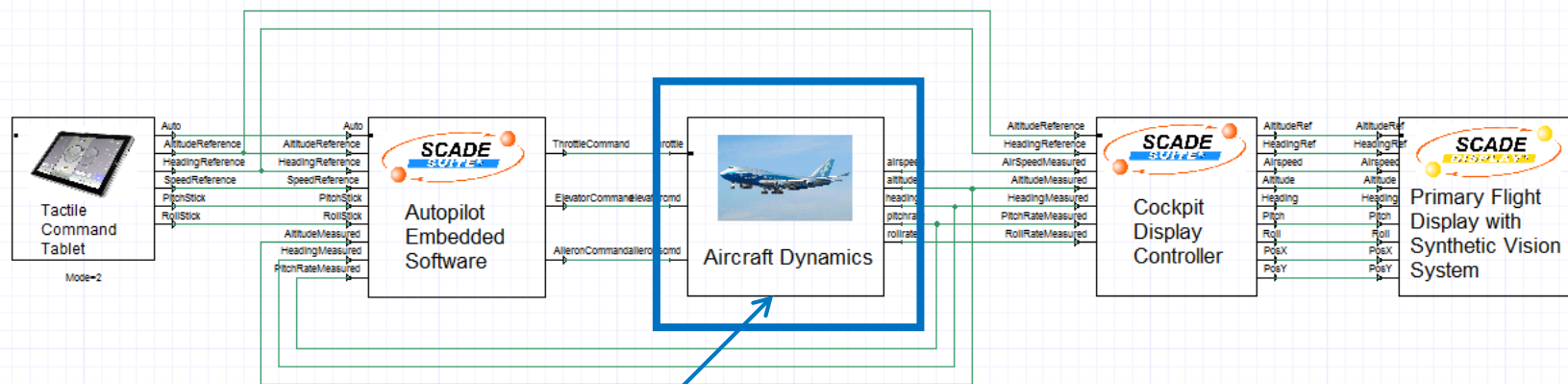
- 基于模型的 HMI 软件设计
- 与 Simplorer 通过 FMI 耦合
- 自动嵌入式 C 代码生成
- 兼容 OpenGL SC 和 ES2
- DO-178B&C Level A 认证





# 多学科建模

## 软件、系统与物理场耦合



飞机动力学

ANSYS Simplorer

飞机空气动力学 (VHDL-AMS)

Electromechanical Actuation for Elevator

4 个提取等级

- #0 = 理想执行机构动力学
- #1 = 行为级执行机构动力学
- #2 = 2D 仿真模型的降阶模型 ROM
- #3 = 3D 仿真模型的降阶模型 ROM

# 案例2：系统级多学科多目标优化

---

# 案例2：系统多物理域优化 —— 流体 vs RCS

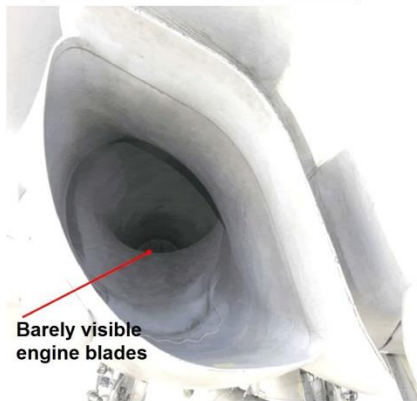
高性能隐身飞机在航空工业中需求强烈

低剖面设计会牺牲空气动力学性能



F-117 夜鹰战斗机

RAFALE'S CURVED AIR INTAKES



Barely visible  
engine blades



优秀的设计平衡相互冲突的设计需求

ANSYS多物理场和设计空间探索能力通过仿真支持行业研究

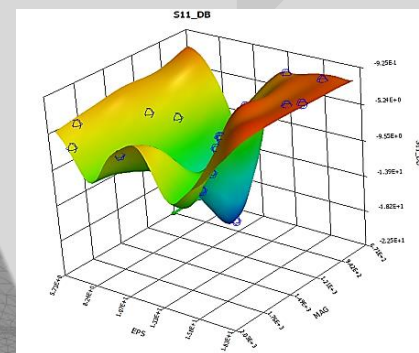
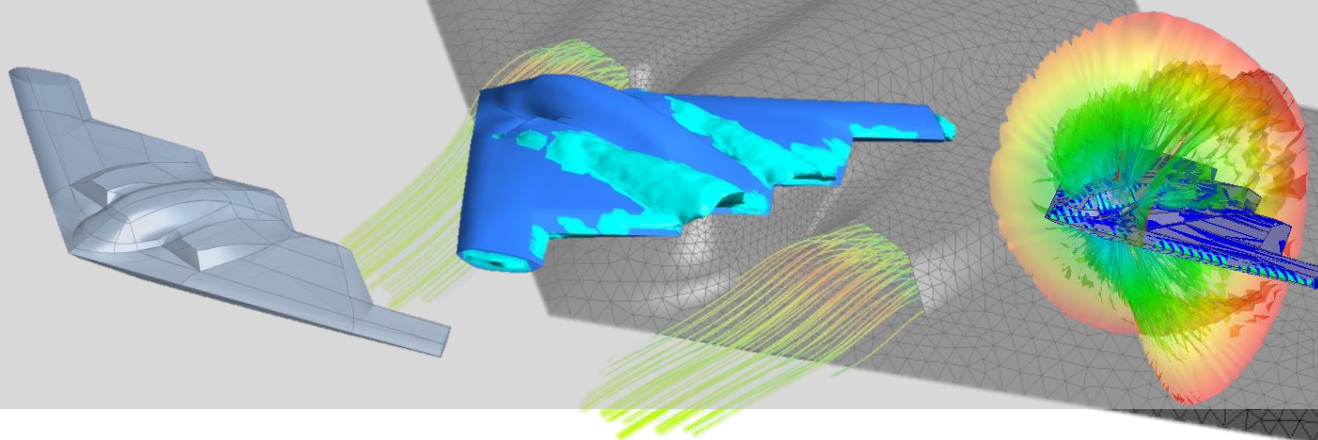
# 多学科设计探索流程

几何预处理

空气动力学性能

隐身性能 (RCS)

设计探索



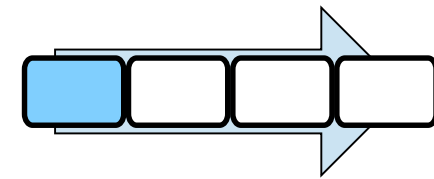
SCDM & DM:  
简化/修复/参数  
化模型

Fluent:  
计算流体动力学

HFSS:  
高频电磁仿真

DesignXplorer:  
智能设计分析

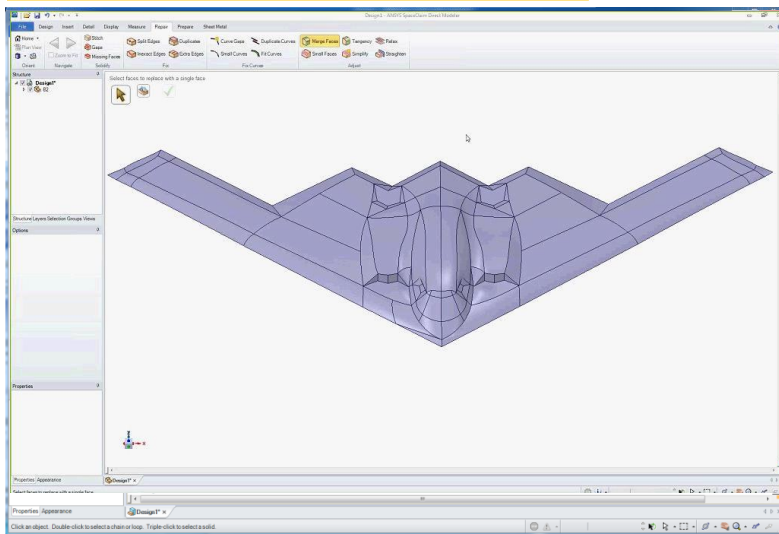




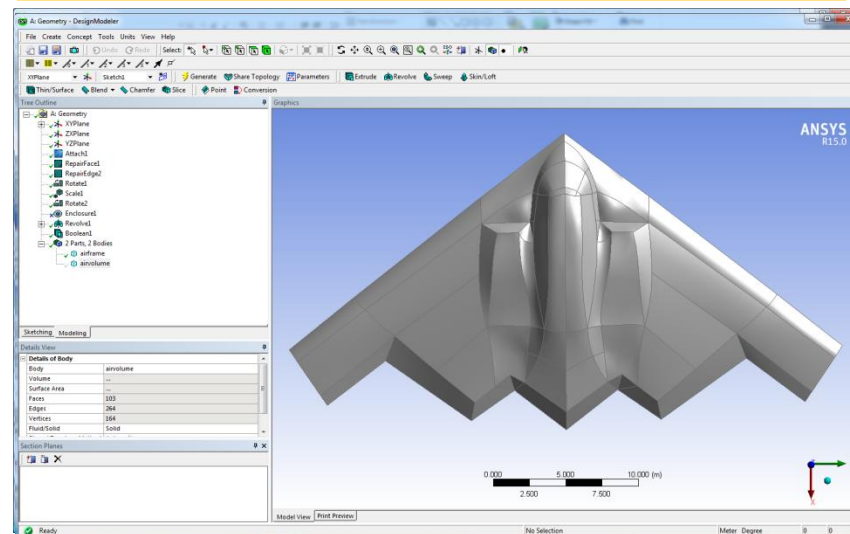
# 几何建模：准备共用几何模型

**挑战：** 简化和参数化复杂几何模型  
在不同的求解器之间共享参数化的模型

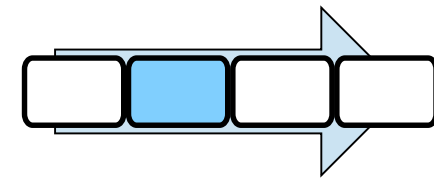
## SpaceClaim完成模型修复



## DesignModeler完成模型参数化



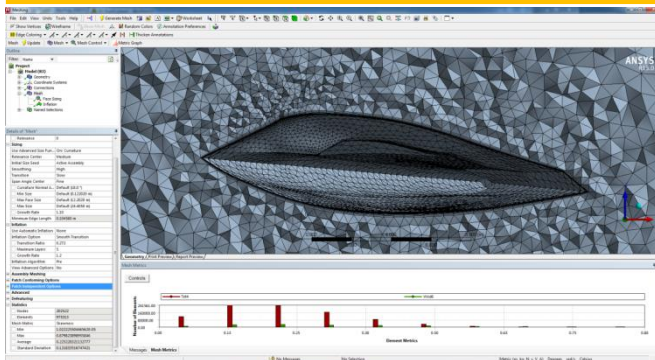
**价值：** 干净的几何模型，更易网格剖分，更快求解  
不同物理域之间的共享几何，允许无缝多学科设计探索与优化



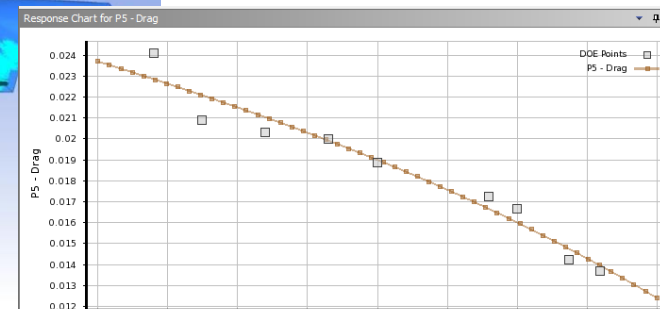
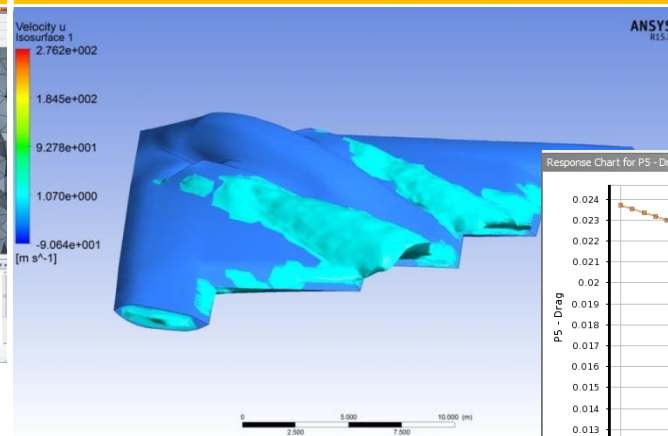
# 流体仿真：空气动力学性能

**挑战：** 自动化网格划分流程  
独立流线稳态求解

采用Workbench Meshing完成  
自动的网格生成

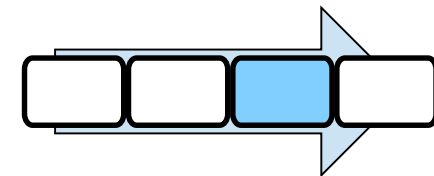


外部/内部流动行为的高保真仿真



气动性能的精确预测

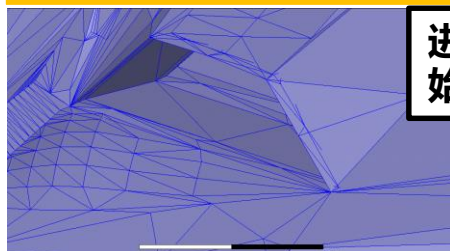
**价值：** 真实的流动行为  
合理的阻力预测



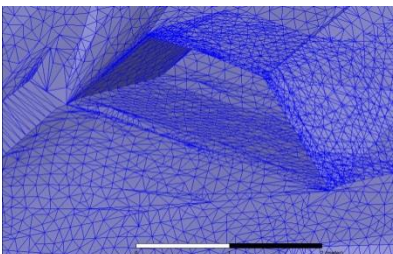
# HFSS仿真：RCS

**挑战：** 电大尺寸  
低单站RCS的复杂形状  
吸波材料

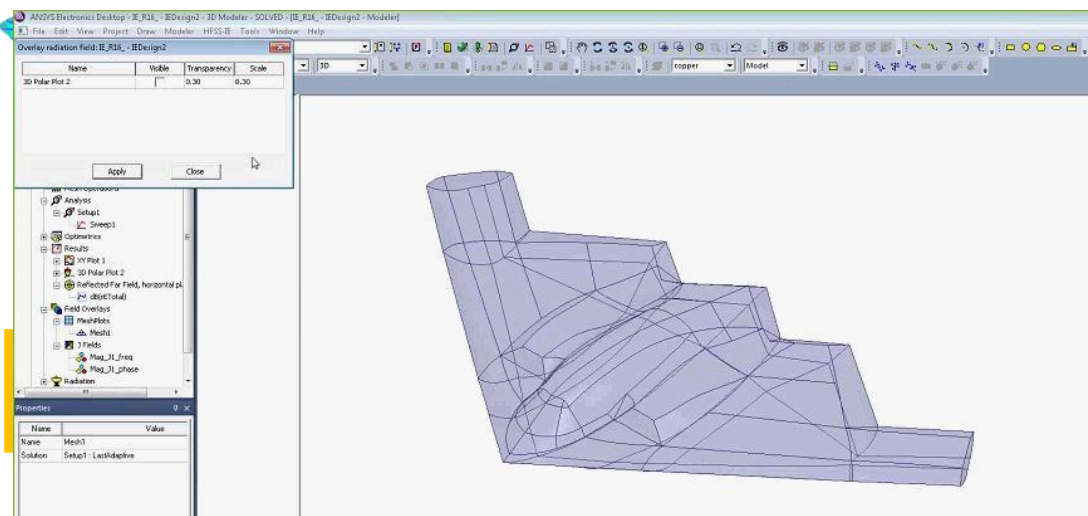
**自动化高效自适应网格生成**



进气道初始网格

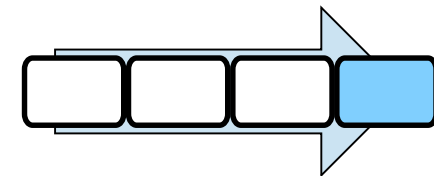


进气道在  
300 MHz  
时的自适应迭代网格



**计算表面电流和散射场图**

**价值：** 对复杂电大目标的精确RCS计算  
特定频变材料的考虑

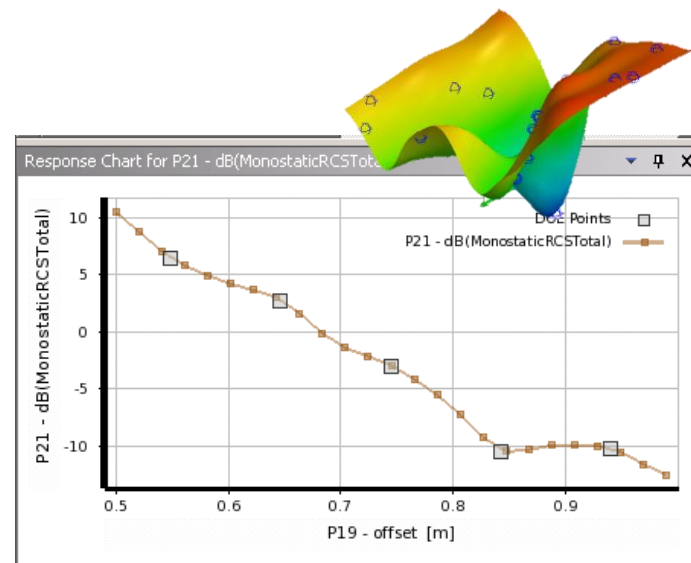
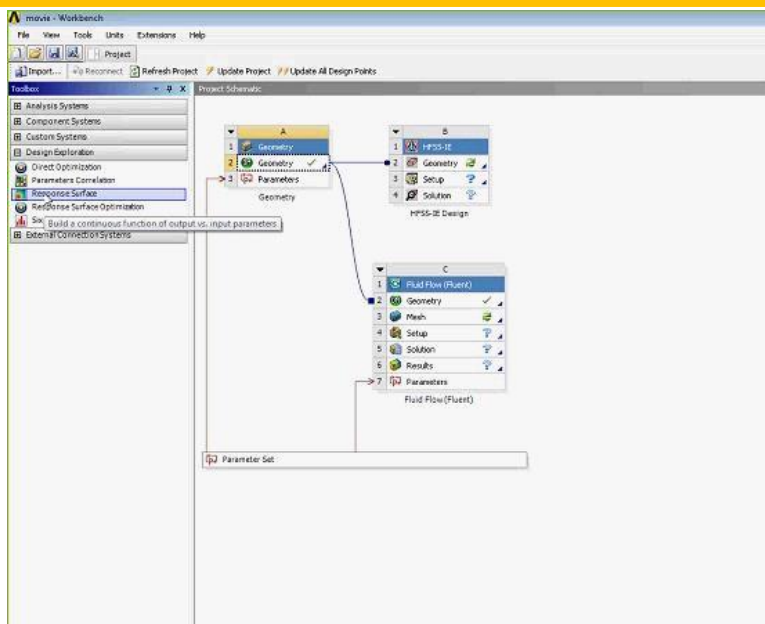


# DX跨域优化仿真：耦合性能

**挑战:**

自动化多学科设计, 分析和优化  
不同物理域求解器的网格需求不同

**DesignXplorer控制共享几何模型，驱动  
Workbench中的Fluent和HFSS**



**响应面提供空气动力学和隐身性能的定量评估**

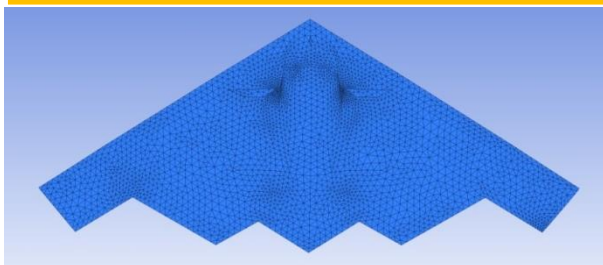
**价值:** 参数几何模型在不同的求解器之间总是保持一致  
优化设计最大限度地提高整体性能



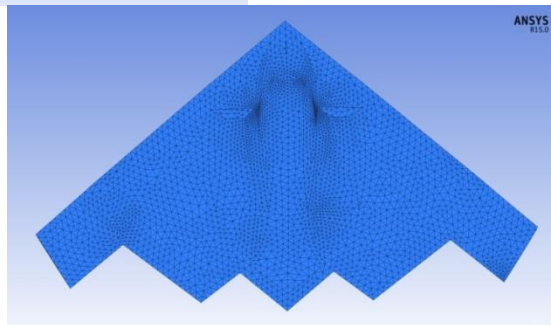
# 参数研究：扫描角 vs. 外部阻力及RCS

**挑战：** 评估空气阻力  
表征雷达隐身特性

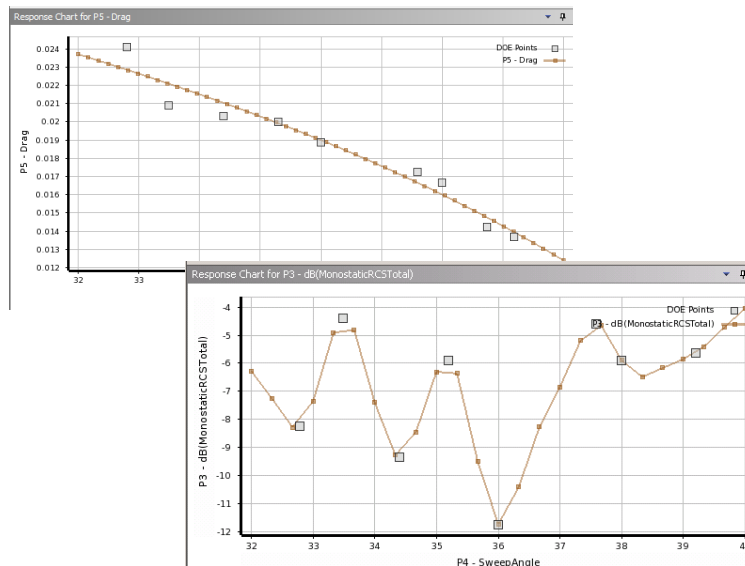
**自动化几何模型和网格的更新**



设计扫描角32°



设计扫描角40°



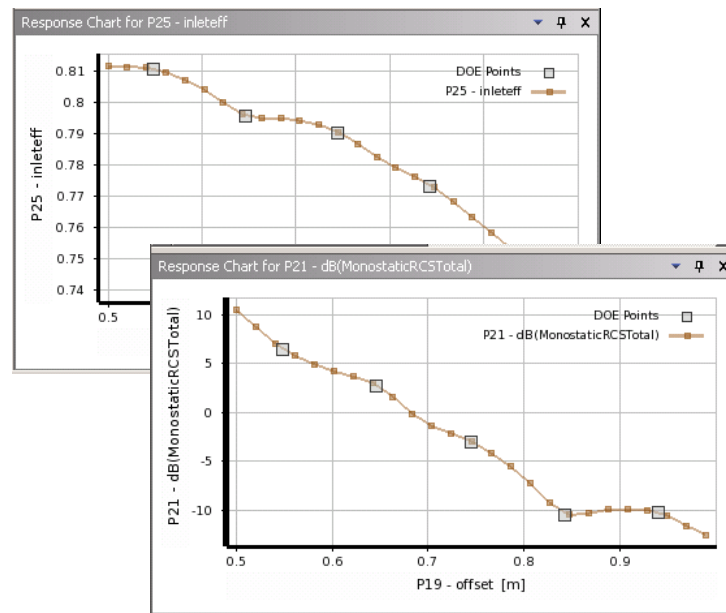
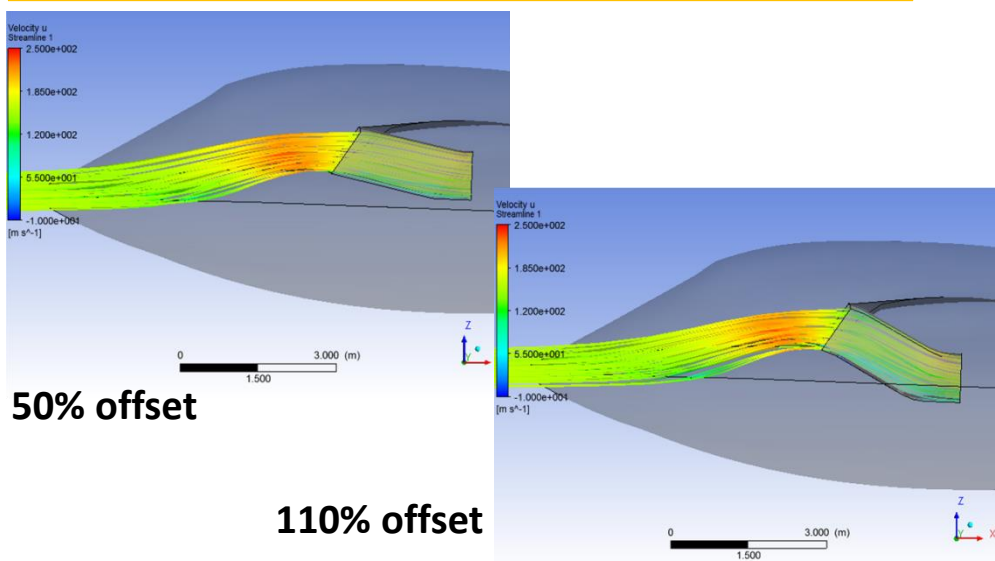
**定量评估的阻力和单站RCS**

**价值：** 气动阻力随着扫描角单调减小  
前缘边角度变化带来的RCS变化相对复杂

# 优化研究： 进气道设计偏移量 vs. 进气道效率及RCS

**挑战：** 计算发动机进气管偏移量不同时的进气效率  
获取从进气道内部不同带来的雷达散射差异

## 自动更新几何和网格



## 进气效率和单站RCS之间的权衡

**价值：** 随着偏移量增大，进气效率和RCS减小  
优化进气效率和RCS性能，折衷平衡

# 小结

- **ANSYS 全系统仿真，实现0D-3D建模与仿真**
  - 多种建模手段、丰富的接口类型有极高的灵活性与开放性
  - 不同的保真度模型适用不同系统设计阶段，紧密嵌入流程
  - 覆盖各类系统，并与多物理场、嵌入式软件仿真有机结合
- **全系统虚拟原型仿真有助于**
  - 提升产品创新度
  - 降低设计成本
  - 缩短设计周期
  - 提高产品可靠性

ANSYS®



ANSYS中国技术大会  
中国·上海

感谢聆听



ANSYS-China