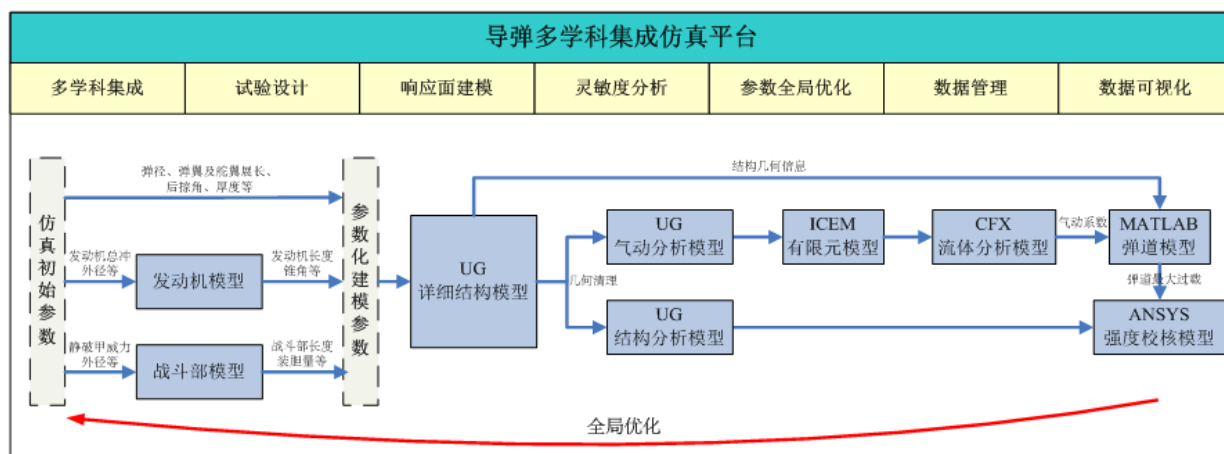


产品多学科集成设计优化平台

总体构想:

复杂机电产品设计涵盖机械、电气、控制、电磁、热等各方面，具有涉及学科范围广、学科间耦合关系深、专业设计与仿真工具繁多、工具接口不统一、设计自动化程度低等特点。传统设计流程多采用重复性“试凑法”进行各专业设计验证，面临迭代次数多、效率低、难以实现单指标优化及多指标间优化权衡、对各学科间关联信息挖掘不足等问题，采用多学科集成优化设计手段是解决上述问题的重要途径。

基于现有稳定、通用的多学科集成优化平台（如 Optimus 软件），建立多学科设计仿真 workflow（下图以弹箭产品为例），完成对用户自研程序、商业软件或试验数据等的综合集成，在集成的基础上，后台调用平台内置的高可靠性试验设计技术、近似模型技术及参数优化技术，实现设计仿真流程自动化运行，并基于 workflow 分析结果进行数据挖掘、智能分析。



多学科设计优化平台构成（以弹箭产品为例）

一、自研程序及商业软件等集成

需要解决两个问题：

- （1）各类程序、工具如何集成；
- （2）集成之后数据如何交互？

自研程序及商业软件集成是通过平台直接接口、通用接口或定制接口实现；各工具间的数据交互则通过参数映射或文件映射的方式实现，此处可基于平台已有机制处理，无技术难点。



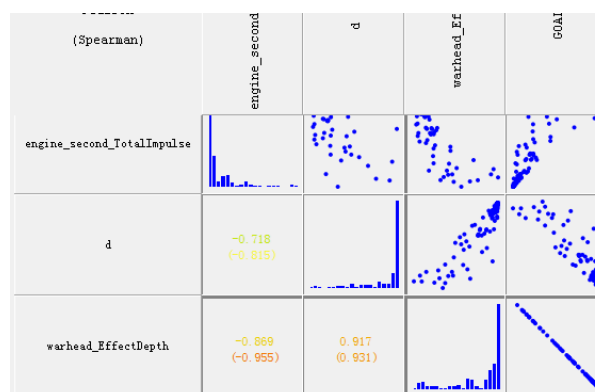
平台接口

二、多学科集成设计优化

程序及软件集成的目的是实现设计仿真全流程自动化，以获得大量设计方案及对应总体、气动、弹道、姿控及结构等学科的计算数据，在大量数据存在的前提下，对数据进行信息挖掘及智能分析。

1. 如何获取科学、合理地获取大量模型方案，并对设计参数的灵敏度分析？

通用的、成熟的技术手段是试验设计，大量的采样方法保证以尽可能少的计算点（也即计算代价）获取尽可能多输入与输出关系，并自动给出相关设计参数对总体、气动、弹道、姿控、结构等各学科参数的敏感度分析图及各学科参数之间的相关性图等。



(b)相关性图

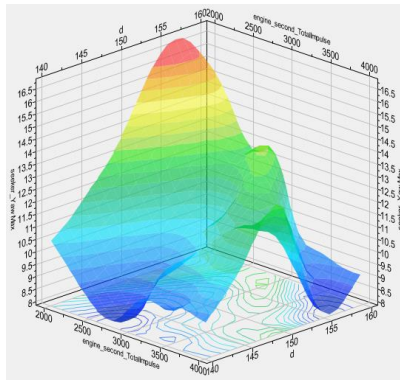
2. 实际仿真计算过程中，会遇到气动、结构等学科计算量巨大、耗时长等问题，难以满足后续实时仿真的要求，如何解决？

通过引入近似模型技术，建立起设计仿真输入参数与输出参数间的近似关系，从而可以：

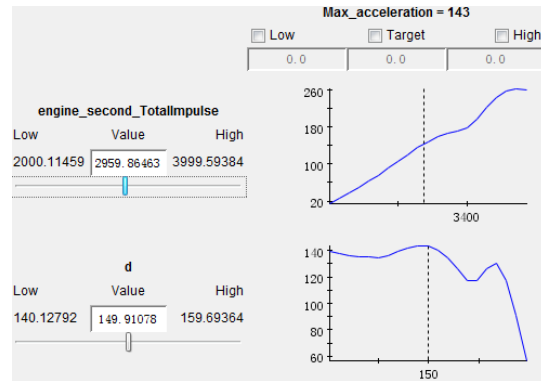
- (1) 将输入、输出关系进行可视化，并可对输入参数进行拖动来动态观察性能指标变化；

(2) 快速性能评估，如通过建立攻角、飞行马赫数与阻力系数近似模型后，以近似模型替代原始耗时的 CFD 仿真，进行快速气动计算，满足后续优化过程在高强度的迭代计算要求；

(3) 近似模型可导出成常用.m 或.c 函数，加入实时仿真环节，从而使其满足时效性。



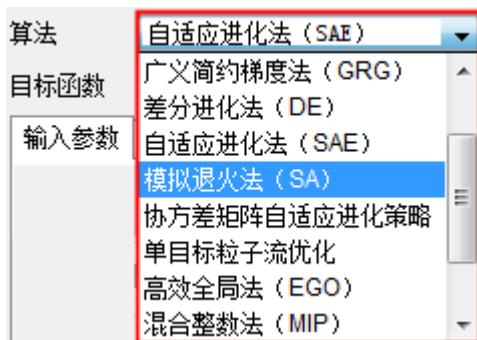
(a) 近似模型可视化



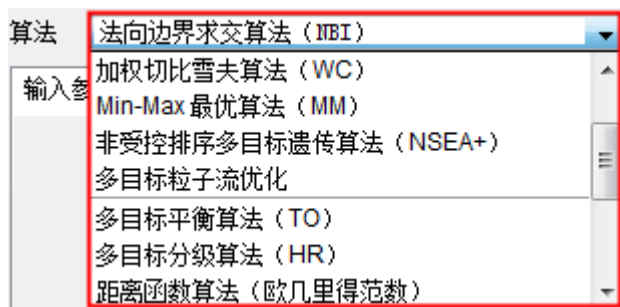
(b) 设计参数动态变化影响

3. 如何进行对各专业学科进行参数优化？

在设计仿真 workflow 基础上，可以进行参数优化，总体、气动、弹道、姿控、结构等学科任一输入参数均可作为设计变量，任一输出参数均可作为优化指标，所有参数均可定义约束，并调用平台自身内嵌的大量成熟工程单目标或多目标优化算法进行方案寻优。



(a) 单目标优化算法



(b) 多目标优化算法

4. 如何进行可靠性与鲁棒性设计？

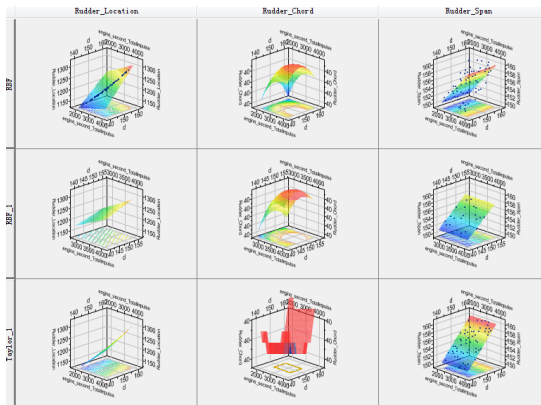
可靠性设计主要解决问题是：用户实际设计的产品由于某些因素（如加工误差、材料缺陷等）导致最终产品参数与设计时并不完全一致，有些小的波动，从而导致产品失效，如废品、退回产品或高额的保修费用等，如何定量评估及优化设计参数使其受参数波动影响最小。

基于平台内置方法，可达到如下目标：

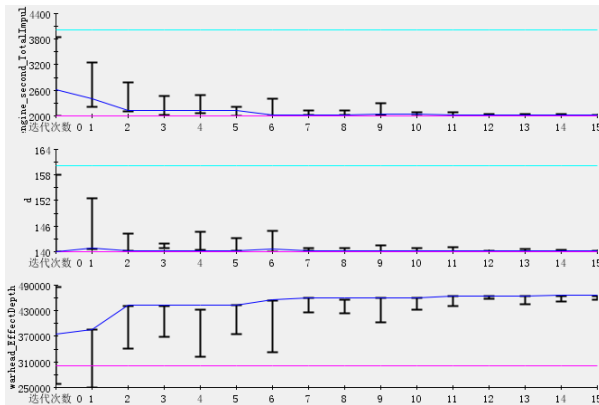
- (1) 实现六西格玛设计；
- (2) 在设计阶段就考虑到产品加工的误差、载荷以及其它使用环境的不确定性；
- (3) 使您的产品更可靠（得到理论满足可靠性最大的设计参数）；
- (4) 减少产品失效的概率以及相应的维护、回收成本。

三、后处理及数据挖掘

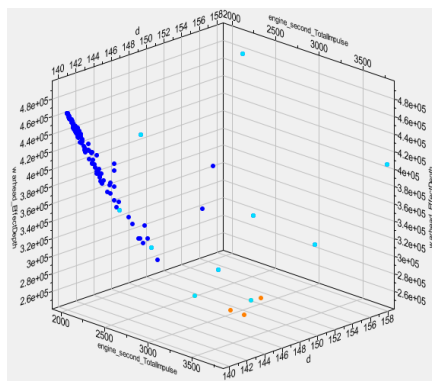
基于平台的可扩展性，可建立与基础应用研究的建立接口关系。通过对成熟的数据挖掘算法的调用，实现数据可视化。



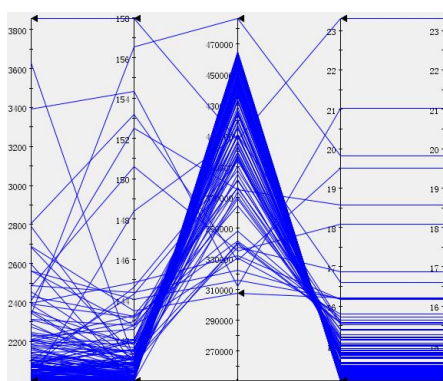
(a) 三维响应面图



(b) 迭代历程图



(c) 三维散点图



(d) 平行坐标图