

Isight 设计优化技术 助力中国航空工业自主创新

Isight Optimal Design Technology to Assist Independent Innovation
of China Aviation Industry

赛特达(北京)科技有限公司 赖宇阳



赖宇阳
赛特达(北京)科技有限公司技术
管理总监。

航空工业的发展程度,体现了一个国家的综合国力,也展现着一个国家在高新科技领域创新的能力。在航空产品研发阶段,以计算机辅助设计(CAD)、分析(CAE)、试验(CAT)、制造(CAM)、优化(CAO)为代表的“虚拟产品全生命周期开发”技术在国内各航空研究单位的应用正在如火如荼的展开,大大提升

了我国航空产品整体研发能力。CAO 方法的主要思想是在复杂系统设计的整个过程中,利用分布式计算机网络技术来集成各个学科(子系统)的模型知识,应用有效的设计优化策略,组织和管理设计过程,获得系统的整体最优解;同时,通过实现并行设计,来缩短设计周期,从而使研制出的产品更具有竞争力。

了我国航空产品整体研发能力。

但是,与欧美发达国家相比,我国的研发能力仍然存在不小的差距。特别是在设计优化方面,自 20 世纪 60 年代开始,国外的波音、空客、洛克希德·马丁、NASA 等先进武器设计制造商和国防机构为了提升飞行器综合设计制造能力,开始高度重视“多学科分析和集成优化技术”的研究。通过半个世纪的发展,其应用和实践不断纵深发展,已经将优化技术从试验室研究转化为工程应用,并取得了相当可观的效益。

设计优化应用的难点

从设计优化角度看,航空产品设计是一个复杂的过程,它涉及多变量、多目标函数,多种约束条件,多门

学科,其中的变量可能是连续的、离散的或非数值的,具有如下难点:

(1) 如何描述设计优化问题。

航空产品设计存在多种设计参数,如何结合产品全生命周期费用(Life Cycle Cost, LCC)确定目标和约束,构建合理的设计优化问题是一个难点。

(2) 如何识别关键设计参数。

敏感性不同的设计参数对设计目标和约束的影响程度不同,如何考虑变量的敏感性,以及识别关键设计变量,抓住反映设计问题的实质是一个关键点。

(3) 如何处理多样的变量类型。

设计优化中连续变量比较好处理,而离散设计变量,非数值型设计变量较难处理,用于连续变量的算法

不适合处理该类问题,因此,如何对离散设计变量,非数值型设计变量的优化问题对算法本身是一个大的考验。

(4) 如何科学的进行多目标权衡。

设计中可能出现多个设计方案,各有优缺点,需要合理的根据多个设计评价目标确定评价指标体系和方法。

(5) 如何多学科分析流程集成。

航空产品设计中涉及到气动、结构、振动、电磁等多学科分析,它们相互作用,组织复杂、数据传递频繁、计算时间和计算量大。因此,有必要梳理设计优化流程组织的复杂性,提高设计优化效率,有效控制数据流,进行数字模型的自动集成。

(6) 如何进行质量设计优化。

不确定性是工程设计中遇到的普遍现象。例如使用环境的不确定性、材料的分散性、制造误差、数值计算误差都会引起工程设计中的不确定性,从而使工程设计方案存在一定的风险。为了降低设计风险,保证设计出的工程系统具有高可靠性和稳定性能,在设计优化时应考虑这些不确定的因素,进行质量设计优化。

(7) 如何验证和标定仿真模型。

设计优化对量化分析提出更高要求,因此必须提高仿真试验的水平和可信度,为优化提供可靠的指导。一方面可以采用更加精确的物理模型和数学求接方法,另一方面,必须

通过试验数据标定仿真模型(包括经验系数、边界条件、材料特性等),将仿真预测的误差于试验结果的误差缩小到工程可以接受的范围内。

(8) 如何减小计算量,提高设计优化效率。

由于为了保证设计优化结果的精度,逐渐开始采用高精度分析模型(比如三维 CFD 计算等)造成计算时间非常长;另一方面,由于各学科之间数据流程往往存在耦合效应,一次多学科分析需要各学科分析模型之间多次迭代,如果直接将这高精度模型用于优化迭代中会导致计算量过大。因此需要采用近似模型、高性能并行计算、解耦方法、安排科学的试验设计方案,尽量降低仿真分析数与成本,提高效率。

(9) 如何重用模型和知识。

产品的设计过程是迭代进行的,在整个过程中产生的模型和知识需要得到统一管理,同时最大限度地重用已有的模型和知识,对于进行快速设计具有非常大的意义。

计算机辅助设计优化方法

CAO 方法的主要思想是在复杂系统设计的整个过程中,利用分布式计算机网络技术来集成各个学科(子系统)的模型知识,应用有效的设计优化策略,组织和管理设计过程,获得系统的整体最优解;同时,通过实现并行设计,来缩短设计周期,从而使研制出的产品更具有竞争力。CAO 方法的宗旨与现代制造技术中的并行工程思想不谋而合,它实际上是用广义优化的原理为产品的全生命周期设计提供了理论基础和基于数字化的实施方法。

CAO 内容包括 3 个方面:(1) 面向设计的各学科数学模型、分析软件的集成和重用;(2) 实施有效的综合探索策略,实现多学科(子系统)并行设计改进,获得系统整体最优解;(3) 通过分布式计算机网络环境

进行大规模科学计算。

Isight: 先进的 CAO 应用支撑平台

对航空企业而言, Isight 提供了一个很好的工程设计优化平台,使得复杂的设计优化变得可行和高效,并能够大力提升产品性能、保障产品的稳健性,最终提高的企业设计研发能力。赛特达 2002 年将 Isight 引入中国,为客户提供了“系统整合,流程统一,参数优化,协同设计”的 Isight 解决方案。Isight 的功能主要包括:

(1) 流程集成自动化和标准化。集成商用 CAD、CAE 和自编软件的多学科联合仿真,实现传统手工设计、分析与优化流程的自动化和标准化,进行多方案自动评估比较,最大限度重用模型、流程和知识,提高设计效率,缩短设计周期。

(2) 积累设计知识,识别关键参数。通过试验设计进行参数敏感度分析,帮助设计师探索设计空间,寻找影响性能的关键参数,从而改进设计水平。

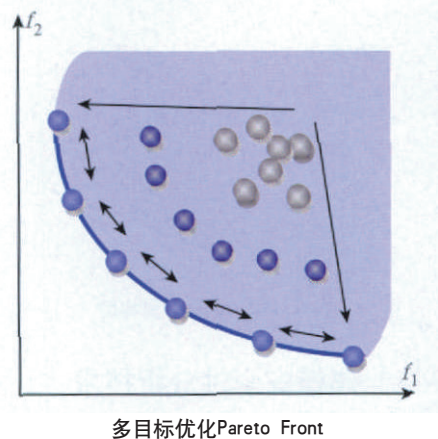
(3) 提高全局优化和设计权衡能力。通过全局优化、多目标权衡,帮助设计师进行多个设计指标之间的协调和优化,实现科学设计和决策。

(4) 辨识模型参数、提高优化效率。通过工程数据挖掘,构建原问题的近似模型,替代耗时仿真模型,提高优化效率。

(5) 稳健性和可靠性分析/优化。实现设计阶段的质量控制,提高产品可靠性和稳健性,降低制造、维修和返工的代价。

(6) 与高性能集群计算机的协同,提高企业软硬件资源投资回报。能够灵活部署到高性能集群计算机(LSF、PbsPro 等 HPC) 环境,实现大规模分布并行优化,提高复杂产品的设计效率。

(责编 岩石)



多目标优化Pareto Front