

支持多学科协同设计的航天产品仿真数据管理系统

章翔峰

(北京神舟航天软件技术有限公司, 北京 100094)



摘要: 在分析目前复杂航天型号产品研制特点及对仿真数据管理需求的基础上, 提出了支持多学科协同设计的航天产品仿真数据管理系统。详细介绍了该系统的体系架构、功能构成、运行机制与应用模式; 并简要介绍了该软件系统在实际型号研制过程中的应用背景和应用过程。通过该软件的应用, 能够实现复杂航天型号产品典型部件的协同仿真、型号研制经验及研制流程的积累重用。

关键词: 多学科设计优化; 技术流程管理; 仿真数据管理

Simulation Data Management System of Aerospace Product Supported MDO

Zhang Xiangfeng

(Beijing Shenzhou Aerospace Software Technology Co. Ltd., Beijing 100094)

Abstract: On the basis of characteristic of the aerospace product and the requirement to the simulation data management, the AVIDM simulation data management framework is proposed in this paper. The system architecture, function composing, operating mechanism and application mode are introduced. The application background and process in aerospace product can realize the collaborative simulation and reuse of the knowledge and experience of the aerospace product.

Key words: MDO; technical flow management; simulation data management

1 引言

针对航天型号等复杂产品的特点, 在航天领域中, 卫星、火箭、导弹等的多学科协同和一体化设计与仿真已经成为当前复杂产品数字化研制的主要发展趋势之一, 国外对多学科协同设计、综合仿真管理平台等技术在相关理论基础、关键技术和平台实现方法等领域都进行了深入研究, 取得了大量的技术成果, 并广泛应用到了航空航天等国防军工领域^[1]。

随着 CAD 技术的普及和 PDM 技术的快速发展, 如何真正提高设计水平, 实现复杂产品系统级性能的整体优化已经成为所有企业面临的一个问题。以 CAE 技术为基础的协同设计仿真平台和优化技术成为解决这一问题的关键技术, 随着 CAE 技术的发展, 研

制流程中所使用的不同学科的工具软件较多, 工具软件之间的数据流关系复杂, 且复杂的研制流程还需要进行反复迭代才能获得设计结果, 对传统的设计生产方式、管理模式和手段提出了严峻的挑战^[2]。

本文以项目任务驱动的技术流程为例, 介绍航天产品协同设计模式以及其仿真数据存储管理, 并结合航天型号实际的业务需求而开发的结构机构协同分析平台, 以达到对型号研制过程仿真流程和仿真数据统一规范管理的目的。

2 航天产品仿真数据的需求

航天产品属于典型的复杂产品, 周期短, 跨专业多级业务流程复杂, 涉及的子系统多, 学科、技术种

作者简介: 章翔峰 (1975-), 高级工程师, 机械制造及自动化专业; 研究方向: PLM、MDO、仿真数据管理等。

基金项目: 工信部电子信息产业发展基金项目“离散制造业产品生命周期管理系统研发及产业化”资助。

收稿日期: 2013-12-06

类多。目前航天产品仿真数据呈现出如下需求。

2.1 管理型号研制活动的过程

目前，型号研制在 CAD/CAE 单项技术应用中已经达到较高水平，但系统的整体性能离世界先进水平存在很大差距。由于型号研制涉及光、机、电、磁、热等诸多学科，不仅存在复杂耦合关系，而且需要进行大量迭代设计，只有依赖多学科综合集成设计才能实现产品整体性能的最优。因此，通过建立卫星分析仿真过程集成平台，利用设计分析过程自动化迭代以及多学科设计优化等技术手段，把各个专业设计的知识工具手段和数据集成起来，促进整体的设计性能水平提高，获得系统的整体最优解，对于提升型号的整体性能乃至增强核心竞争力具有重要意义。

2.2 支撑航天型号并行协同研制

航天型号对卫星的战略战术性能、寿命和可靠性提出更高的要求，其中平台和载荷设计的性能指标对空间环境和设计参数显得极为灵敏，如何进行空间环境-光-机-电-热的耦合分析和综合分析就成为设计的关键，通过开展基于技术流程的集成设计与仿真验证工作，采用流程驱动和数据管理技术，利用设计仿真手段对虚拟产品进行性能、功能的验证，将繁琐的中间环节自动化实现设计、分析、验证过程的闭环。一方面加速不断迭代的设计循环，另一方面，降低人在设计分析过程中犯错误的概率，稳定产品质量，缩短产品研制时间。

经过多年的信息化和数字化建设，型号研制过程已配备了覆盖各专业的工具软件，单一领域的设计基

本采用数字化设计手段，CAD/CAE 应用普遍，产品定义数据完整性一致性得到保障。但是，目前设计师基本上独立使用数字化工具开展工作，设计过程没有统一管理，设计师之间的协同广度和深度都不够，不同专业之间的集成设计尚未充分开展，数据共享和重用不够，影响设计师效能的发挥。按照技术流程，将各领域知识与设计经验的领域或专业软件集成，实现系统级设计过程中软件工具、业务流程、模型数据的集成与管理，规范设计流程，提供产品综合设计能力，有效支撑航天产品并行设计、快速响应，满足航天科技集团公司适应“十二五”期间国家重大型号研制工程任务的急迫要求。

2.3 满足型号仿真数据有效管理的需求

在当前的型号研制中，涉及概念、方案、仿真、试验等以分析为主的前沿工程数据量大、复杂，具有特殊性、多样性，其组织、存储、利用、查看都面临难题，目前 AVIDM 尚缺乏有效管理手段。而这些数据在型号设计中占据极大分量，不仅是技术状态管理的重要内容，同时与型号质量可靠性息息相关，在一定程度上已经成为型号研制中的制约因素。因此迫切需要在现有 AVIDM 基础上，对规模庞大、分散存放的各类工程数据进行统一管理与集成，打通设计-分析-工艺-制造的整个数据链路，提高整个型号的开发效率。

3 航天产品仿真数据管理软件框架



图 1 AVIDM 仿真数据管理软件框架

围绕型号研制过程中分析、仿真等业务流程和数据管理的应用需求,基于 AVIDM 统一开发平台,构建 AVIDM 仿真流程和数据管理软件框架,如图 1 所示,实现仿真数据、知识、软件工具与标准、规范、业务流程充分的融合与集成:

统一管理仿真数据:拓展 AVIDM 对工程分析与仿真数据的管理功能,搭建起集成化的工程设计、工程分析和工程管理的统一平台。

规范仿真分析流程:通过定义流程模板,将特定仿真流程固化,简化仿真过程,实现流程积累与重用。

分析模板和应用封装:在流程中封装各类应用工具及相关资源,形成可复用的分析模板,实现人员、工具、资源之间的协同。

基础层:提供支撑系统运行的网络、操作系统、服务器等软硬件基础环境;

平台层:神软 ADP 平台提供的对象建模、应用服务器、流程引擎等系统公共组件和运行环境;

数据层:提供对仿真模型、仿真数据、知识等数据的统一存储和管理;

应用层:提供仿真数据管理、仿真流程管理、仿真知识管理、过程集成等应用功能;

用户层:为设计工程师、分析工程师、项目组长、系统管理员、安全管理员等不同用户提供不同的界面展示。

3.1 系统运行机制

领域专家负责设计模板的制定和工具的封装,设计总师/项目负责人根据任务将相对应的设计模板绑定到任务上,通过任务流程管理引擎,驱动相应的技术流程,总体/分系统设计师可以自动接收任务,根据任务要求,设计师完成任务参数等工程数据的配置和仿真流程的设计,利用集成框架的支持,在工程组件库中自动调用相应的专业工具进行任务的仿真设计与分析,同时仿真结果数据能够提交到型号数据管理系统中。

利用设计过程数据流的自动衔接,形成自动化的数据流,使设计人员不必关心所需数据的物理位置、如何维护、如何操作。在数据操作过程中,设计人员只需通过客户端发布少量控制指令,系统的数据服务会自动实现数据的存取、转换和处理,设计人员的工作负荷大大减轻,并可将精力和注意力更多地集中在设计研究工作的本身,避免了人为失误的可能,数据的准确性、有效性与可靠性得到保证,从而加快总体设计过程,减少迭代设计过程中的时间和费用。

3.2 系统总体构成与应用模式

3.2.1 技术流程驱动的分析仿真过程管理

将型号研制中已有的各类研制分析仿真流程固化成流程模板,形成分析仿真流程库,实现对流程的积累与重用;通过项目方式,对各类分析仿真任务,按照标准分析流程的方式驱动型号研制任务的执行过程,实现对研制流程的规范管理

3.2.2 基于统一数据源的分析仿真数据/模型管理

实现型号分析仿真过程中网格模型、计算模型、分析报告等分析仿真数据/模型的标准化、规范化管理;实现仿真过程数据的可追溯性管理和大存储量数据的管理。

3.2.3 型号研制中跨专业分析仿真工具集成

提供开放的分析软件工具集成框架,方便集成型号研制中的各类分析仿真工具,包括商用软件和自研工具;将各类分析仿真工具封装成可重用的组件,在分析仿真过程中实现对组件的自动调用。

系统支持单学科应用模式和多学科协同应用模式:

针对单个学科的应用,如结构、热控、电磁等建立单学科的仿真数据和流程管理平台,该应用模式主要针对某一单学科的型号室,如结构室等,建立相当于部门级的仿真数据和流程管理平台。该模式可以管理单个学科的所有仿真数据、建立针对该学科的仿真业务流程,支持该学科内所有人员之间的仿真业务协同。

针对多个学科的协同应用,如结构、流体、热控之间的协同,建立面向整个型号的仿真数据和流程管理平台,该应用模式主要针对具有协同要求的多个型号室,如结构、流体、热控等专业之间的协同,建立相当于企业级的仿真数据和流程管理平台。该模式可以管理多个学科的所有仿真数据,建立针对多个学科之间协同的仿真业务流程,支持所有学科内人员之间的仿真业务协同。

4 航天产品仿真数据管理软件应用案例

4.1 应用背景

随着计算机技术的发展和商业分析软件的普及应用,仿真分析和验证已经成为航天器机械产品研制过程中必不可少的工具和手段,发挥着重要的作用。但是随着型号任务的增长,对应仿真分析活动的开展,产生了大量反映产品性能特点的仿真分析模型和

验证数据，相应的研制人员也日渐增多，这样一来，对数据和流程的管理，同时在研制人员之间建立有效的协同，进而让仿真分析和验证为产品的性能、质量

和可靠性验证提供支撑，同时保证模型和数据良好的安全性、检索性和重用性就显得日益关键和迫切。其结构如下图 2 所示。

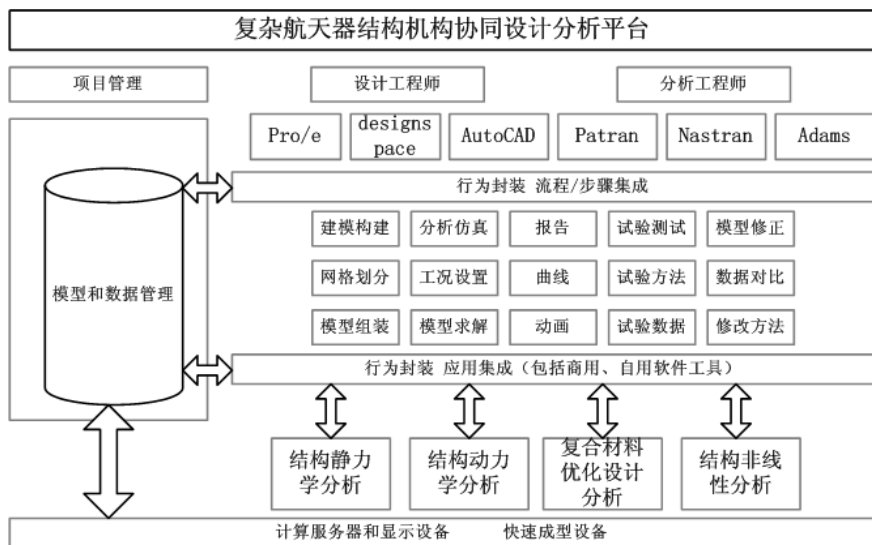


图 2 结构机构协同设计分析平台结构图

4.2 应用系统主要功能

4.2.1 技术流程驱动的类型仿真流程管理

研制技术流程管理，能够将型号已有的各类研制技术流程固化成技术流程模板，形成分类技术流程库，实现对流程的积累与重用；通过项目管理方式，对各类工程任务，按照标准技术流程的方式驱动型号研制任务的执行过程，实现对研制流程的规范管理。

4.2.2 基于工程模板封装的多学科模型集成

通过模板封装工具，在技术流程中封装各类应用工具及相关资源，形成可复用的工程模板，实现人员、工具、资源之间的协同；通过工程模板的数据流和控制流，建立多学科统一关联模型，通过统一关联模型，自动保证各设计阶段、各专业模型之间的紧密关联，使得方案更改和模型协调的工作量大为减少，从而使多学科关联设计和优化成为可能。

4.2.3 型号仿真数据管理

整个研发过程都是基于技术流程进行管理，过程中的所有数据都是通过任务参数的形式与流程相关联，因此，对数据按流程进行管理，既可以按项目、流程、任务、参数的形式找到数据。又可以由数据到流程追溯与其有重大关系的数据；对数据按流程进行管理，并通过与 AVIDM 产品数据管理系统集成，将

结果数据保存至 AVIDM，并且可以通过数据追溯功能，找到产生结果数据的流程和过程数据

5 结束语

总体来看，航天产品仿真设计技术的未来发展趋势将以集成与协同为主导。利用现有航天工程信息化核心支撑软件——AVIDM，开展基于技术流程的航天多学科协同设计与仿真集成平台的工作。突破技术流程平台构建、基于项目任务的技术流程驱动、型号工程模板封装、有限元分析过程集成等一系列关键技术。完成基于技术流程的多学科协同仿真数据管理平台软件的研制，与背景型号的设计过程相结合，实现典型部件的优化设计、型号研制经验及研制流程的积累、共享、重组与重用。促进型号研制模式由人为经验化管理向制度化、规范化、科学化的流程管理转变，提升型号研制的能力和水平。

参考文献

- 1 李建华. 计算机支持的协同工作. 机械工业出版社, 2003
- 2 杨炳儒. 知识工程与知识发现. 北京: 冶金工业出版社, 2000