

基于可配置数字样机的协同设计方法研究

Research of Co-Design Method Based on Configuration Digital Mock-Up

中国商飞上海飞机设计研究院信息中心 刘冰



刘冰

中国商飞上海飞机设计研究院信息中心高级工程师,毕业于沈阳航空航天大学计算机及应用专业,主要研究方向包括民用飞机产品数据管理、构型管理、数字样机管理、异地协同设计及供应商协同等。

民机研制过程中,为缩短产品研制周期、提高产品质量,在产品阶段采用有效的设计协同方法是非常重要的,通过实现可配置数字样机的构建,可以满足各设计方在不同阶段、不同业务场景下对数据的需求。

目前,民用飞机研制主要采用“主制造商-供应商”的全球供应商协同研制模式,以及基于模型定义(MBD, Model based Definition)的全三维的数字化定义方法。在项目研制过程中,设计方需要与多方供应商进行设计协同,如何实现全三维设计环境下的数据信息共享与协调,并满足协同设计需求,是确保项目研制顺利开展需要解决的关键问题。本文结合当前民机项目研制领域的业务需求及实施情况,总结出以可配置数字样机为核心的协同设计方法,力求为协同研制平台的建设提供重要思

路。该方法主要包括了全三维设计信息提取、以产品结构为核心构建数字样机、配置多种条件过滤数字样机、设计环境的生成及共享和数模设计信息过滤等关键技术的应用。

协同设计业务分析

民机“主制造商-供应商”研制模式下协同业务包括设计协同、设计制造协同、制造协同等多方业务过程,本文探讨的重点是研制过程中的设计协同。设计协同业务主要包括内部协同和外部协同。内部协同是指主设计单位内部各专业之间的协

同,例如结构内部各专业之间、结构系统专业之间、总体与各专业之间等的协同设计。外部协同是指主设计单位与分包商之间的协同设计。

在飞机初步设计和详细设计阶段,并行的设计协同工作方式可以达到缩短飞机研制周期、提高产品质量的目标。而确保和支撑高效、有效的设计协同的重要方法就是数字样机的构建。

单一数字样机构建

民机研制过程中,数字样机的构建是产品研制过程中非常重要的环节和过程。全三维设计环境下的数字样机(DMU, Digital Mock-Up),是指建立整个产品的全三维数字化模型,是与产品相关的所有三维数字信息构成的产品模型,数字样机的构建可以实现对飞机整体的显示和装配过程的模拟。数字样机的构建对高效高质量地开展内部协同设计和外部协同设计具有十分重要的意义。实现以单一数据源为基础建立产品数字样机,满足多方基于同一设计基础进行协同的需求,实现与构型管理相结合的可配置数字样机的建立,可以满足不同角色人员从不同视角对数字样机的使用需求。

1 MBD信息提取与处理

在产品数据管理中,通过与MCAD、ECAD等设计工具的集成,实现将设计过程中产生的各类设计数据统一集中管理,建立起产品单一数据源,是构建单一数字样机的基础。通过将三维模型、二维图样、技术文档、工艺规范等数据统一进行存放和管理,实现数据的方便传递和有效组织。同时,在全三维设计环境下,模型的产品信息全部表达在三维模型上,在数据传递和共享过程中,设计信息的提取必须满足设计协调过程对数据一致性和完整性的要求。在信息提取过程中,如图1所示,需要对数模包含的信息进行处理,比如模

型产品结构、紧固件信息、重量信息、材料尺寸信息等,提取出的信息是构建三维数字样机的基础。

同时在与外部供应商进行设计协同过程中,为满足数据安全性的要求,需要对数据包含的设计信息进行必要过滤。因此,在基于数字样机进行协同的过程中,对三维模型设计信息的提取和过滤是非常重要的。

2 构建数字样机

在全三维设计环境下,产品结构是构建数字样机的基础,产品结构包括以构型管理定义的顶层结构,包括机型、部段等信息和模块装配信息表达出的零组件结构,构成飞机产品从机型到零件级的完整结构。以产品

结构为核心构建数字样机中的关键是与构型管理方法的紧密结合。在产品构型项和设计实例之间需建立起能够表示设计实例构型状态的标识对象,可以标识出例如设计实例隶属于哪个设计方案、哪个架次的信息。对非全机坐标系下设计的零组件,需要定义对象表达数据在全机环境下的安装坐标,在构建全机数字样机时可以调用该信息形成坐标转换矩阵,将模块正确的表达在全机样机中,如图2所示。

数字样机是与产品研制全生命周期紧密结合的,通过对模型生命周期状态的定义和控制,可生成不同生命周期状态下的数字样机,为满足协

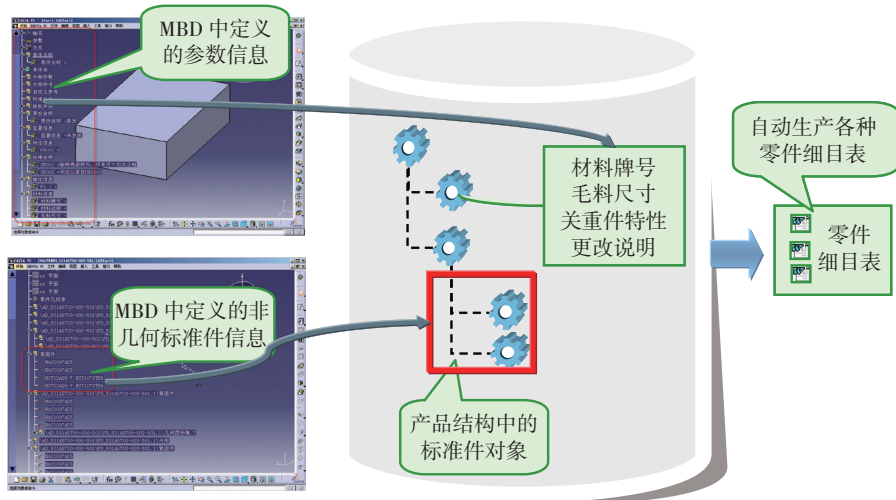


图1 MBD信息提取与处理

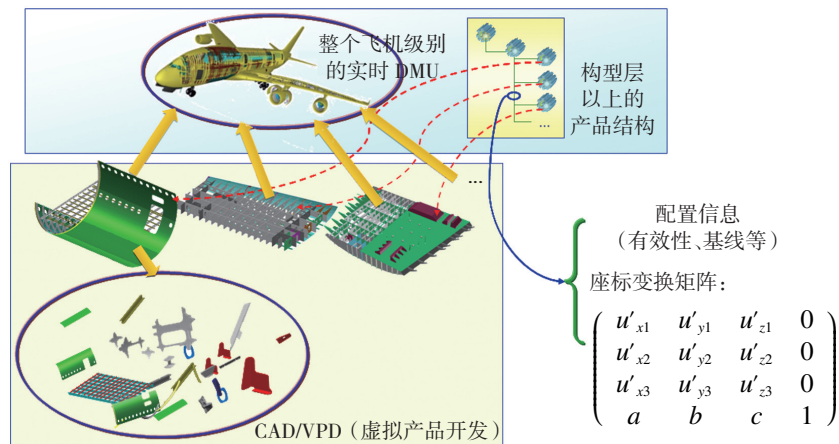


图2 数字样机构建

同设计的需求,必须支持数字样机的动态生成,可以实时反映产品设计状态信息。

3 数字样机管理

数字样机管理是产品数据管理的重要组成部分,数字样机管理的内容可分为 DMU 的规划和构建、DMU 的配置和更改控制、基于 DMU 的技术审核和协同研制等(图 3)。DMU 的构建是数字样机管理的基础,基于 DMU 实现各类应用,例如工程分析、设计环境发布和共享以及虚拟现实

应用等,满足型号研制过程中的各种业务需求,是数字样机管理的核心目标。

可配置数字样机

建立产品单一数据源是构建的单一数字样机的基础,为满足飞机在不同研制阶段对飞机不同架次、不同方案、不同部段,以及不同角色人员从不同视角和不同业务对 DMU 的查看浏览需求,满足飞机工程设计、工程分析,如空间分析、运动分析、加工

制造和维护检测等目的,需要构建不同类型的数字样机满足研制需求。

全机样机(Complete Digital Mock-Up): 将全机所有结构部件、系统设备、附件成品等完整装配而成的数字样机,主要用于产品整体展示。

结构样机(Structure Digital Mock-Up): 全机结构部件组成的样机,主要是为飞机结构的设计、分析、修改协调而装配的数字样机。

系统样机(System Digital Mock-

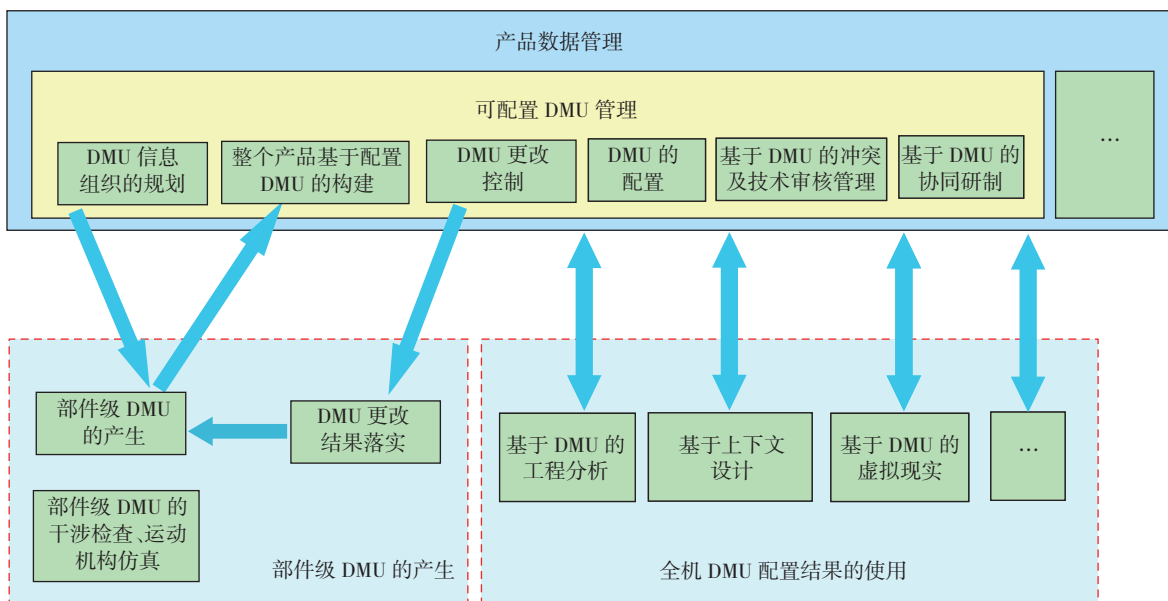


图3 数字样机管理

Up): 按照飞机组成系统的不同而基于结构样机分别设计、装配的数字样机,它应能反映系统的组成、系统在机上的走向和位置,以及系统和相关结构之间的协调关系。

分区样机(Region Digital Mock-Up): 按照飞机不同区域的划分而装配的数字样机,由该区的结构和各个系统样机以及邻区的部件组成,主要反映该区的组成情况和各级界面之间的关系。

可配置数字样机,是在以产品结构为核心构建的全机样机的基础上,通过不同的配置条件过滤样机模型,达到形成不同类型样机的目标。为

满足形成其他类型样机的需求,配置过滤条件至少应包含飞机部段、ATA 章节段、模型编号、空间坐标、架次有效性等,如采用多方案设计,还应支持多方案过滤条件。

如图 4 所示,通过不同配置条件过滤全机样机,可以生成相应的结构样机、系统样机和分区样机,以及其他设计协同所需要的协同设计环境。

协同设计环境

在实现基于配置的 DMU 管理基础上,进行产品设计分析,包括技术审核和协调,以及冲突管理等内容。设计人员可以设置需要审核的部件

和相关配置信息,自动计算和下载相应的数据,构建一个数字化的虚拟环境,减少技术审核和协调的等待和准备时间,提高工作效率,同时配合相应过程记录工具,实现协同设计的高效执行。

基于可配置的数字样机与供应商开展协同设计过程中,通过将供应商所需的设计环境,也可以称为设计上下文(design in context),定义为特定的配置条件,通过该配置条件基于数字样机生成设计上下文,同时为满足数据安全性要求,将数字样机中所包含的三维模型的设计信息进行过滤,例如采用生成 Step 或者 Catpart

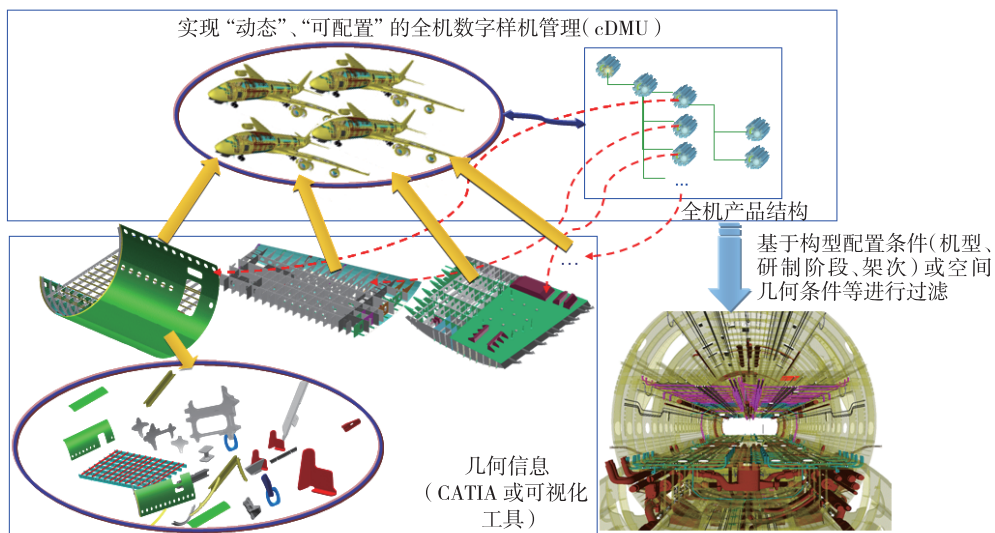


图4 可配置数字样机构建

以及批注、测量等操作,支持全机装配查看和漫游的能力也在民机研制过程中得到了一定验证。

结束语

民机研制过程中,为缩短产品研制周期、提高产品质量,在产品阶段采用有效的设计协同方法是非常重要的,通过实现

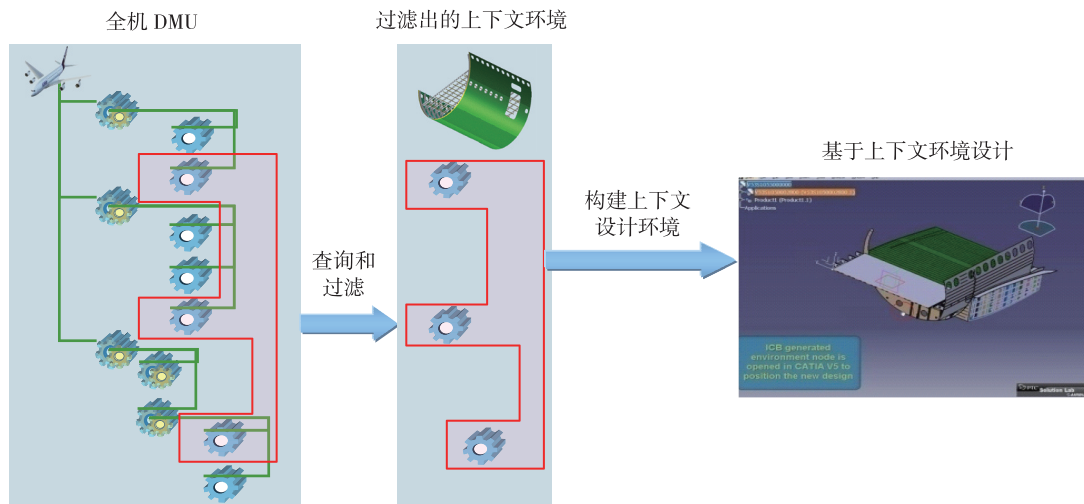


图5 设计上下文

格式等方法进行模型信息过滤。

基于数字样机构建设计上下文,并将上下文环境共享和发放给供应商等协同设计方,供应商可以基于产品数据管理平台完整重构设计环境,也可以在离线环境下下载和使用设计上下文,如图5所示。通过控制设计上下文的更新,确保与供应商的协同有效受控。基于单一产品数据源构建的设计上下文实现了支撑供应商的全球异地协同研制模式。

数据轻量化处理

对飞机这种复杂的产品,全机零

部件个数在10万级,三维CATIA数模数据量巨大,要完成大部段以及全机的可视化协调,传统的CAD数据格式无法满足应用需求。为实现全机可视化协调,满足结构协调、系统协调、结构系统协调和总体全机协调等各级业务需求,需要采用一种轻量化数据格式对源数据进行轻量化转换,转换后的数据必须能够保证几何信息的完整性。目前PTC公司提供的ProductView软件可以支持将CATIA数模转换后数据量级减少为原本的1/20,同时可以通过该工具进行剖切和干涉检查等协调工作,

可配置数字样机的构建,可以满足各设计方在不同阶段、不同业务场景下对数据的需求,满足协同设计的业务应用需要,中国商飞内部各个业务部门之间,或与外部企业之间能够基于单一DMU,过滤出不同形式的DMU,展开多种方式的协调工作,例如设计与制造之间的接口协调,制造与制造之间的交付状态协调。同时利用可配置数字样机向客户展示特定构型的飞机数字样机,使客户能够在直观的三维可视化环境下了解飞机构型状态,对产品的市场推广同样具有重大意义。(责编 良辰)