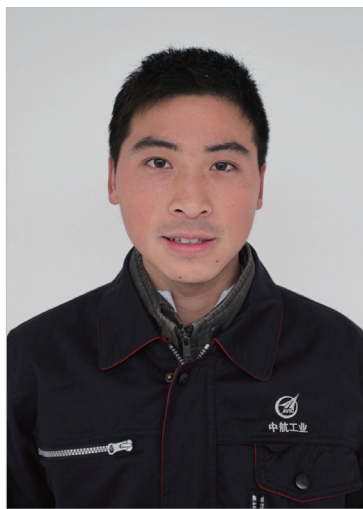


三维协同设计方法在飞机起落架设计中的应用

Application of 3D Collaborative Design in Landing Gear

中航飞机股份有限公司长沙起落架分公司工程技术研究中心 冯全磊 孙继勇 李田因 吴林



冯全磊

硕士研究生, 助理工程师, 研究领域为飞机起落架总体设计。

起落架作为飞机重要的承力且兼具操纵特性的部件, 在飞机起飞、着陆、滑行和地面停放过程中承担关键角色^[1]。在起落架设计中, 面临着诸多挑战, 如在起落架设计的不同阶段, 接口参数需与主机进行多轮协调和反复修改, 使设计方案不断变化; 起落架

本文以公司基于 ENOVIA VPM 开发完成的飞机起落架设计协同系统为基础平台, 通过人员组织权限管理、锁机制、权限传送控制等安全机制, 利用关联设计技术、基于模型的定义技术和设计复用技术, 实现某型飞机起落架的三维协同和并行设计, 为现代飞机起落架设计提供了有效的新方法。

设计单位之间、设计与制造单位之间人员和资源多地布局, 技术和信息需频繁进行交互和协作; 起落架系统零件结构复杂, 涉及工艺因素繁多, 关键参数受制于试验结果, 研制周期紧张等。面对上述挑战, 传统的以单机单用户为核心的数字化设计方法已阻碍了现代飞机起落架设计的发展。

因直观、高效、准确等优点, 三维协同设计已在水利水电工程设计^[2-3]和航空器设计领域^[4-7]得到了应用。本文以公司基于 ENOVIA VPM 开发完成的飞机起落架设计协同系统为基础平台, 通过人员组织权限管理、锁机制、权限传送控制等安全机制, 利用关联设计技术、基于模型的定义技术和

设计复用技术, 实现某型飞机起落架的三维协同和并行设计, 为现代飞机起落架设计提供了有效的新方法。

协同设计的基础

1 统一数据源

传统基于单机 CAD 工具的飞机起落架数字化设计, 数据离散地分布于各设计员的计算机中, 使用时各专业间数据交叉传递, 间接引用(如图 1 所示), 不仅效率低下, 而且准确性和一致性难以保证。基于 ENOVIA VPM 的飞机起落架设计协同系统提供了“电子仓库(Vault)+数据库(DB2)”的统一数据源存储和管理机制, 各相关专业设计人员通过统一的客户端登

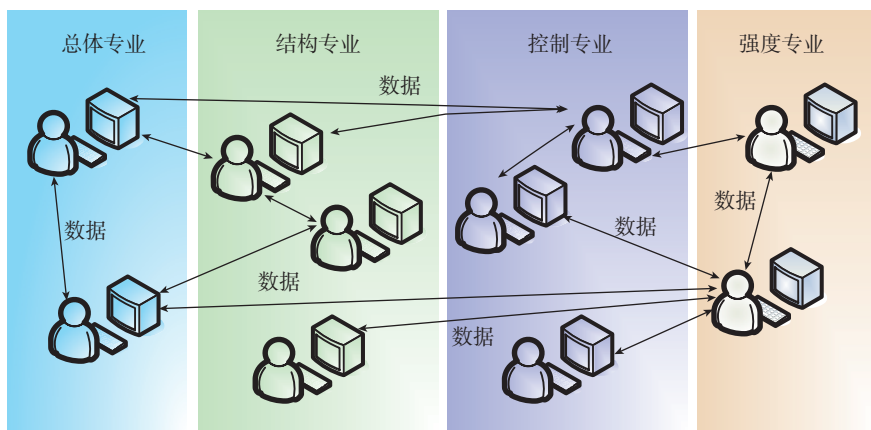


图1 基于单机CAD工具的飞机起落架设计数据传递

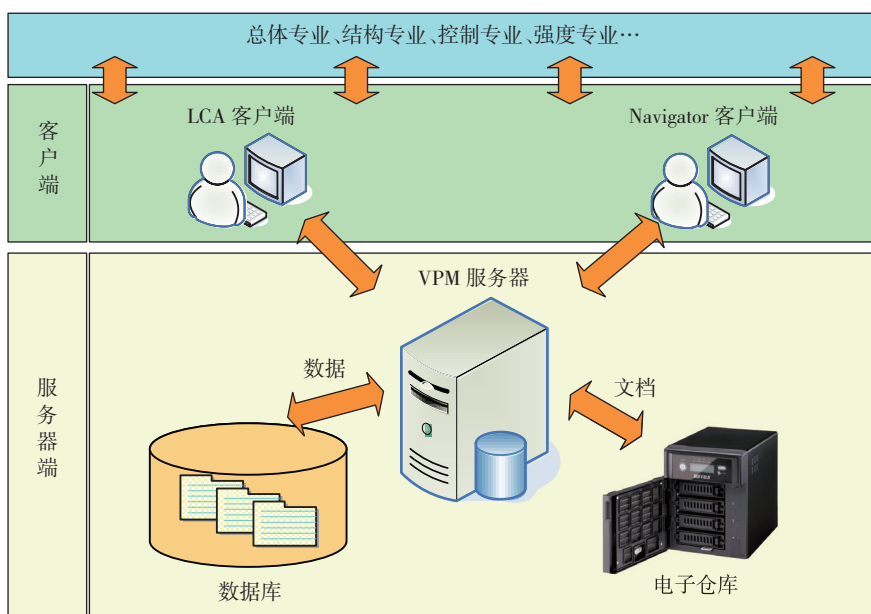


图2 基于ENOVIA VPM的飞机起落架设计协同系统架构

陆系统,基于同一服务器进行数据交换,不仅实现了数据源的唯一性和共享性,而且可以方便地进行数据备份。其系统架构如图2所示,为典型的C/S架构,服务器端电子仓库(Vault)存储物理文件数据,包括几何模型文件和文档数据等,而数据库(DB2)存放数据对象的属性信息和前述物理文件的索引信息。

2 数据安全性保障

统一数据源带来数据读写风险,通过人员组织权限管理、锁机制和权限传送控制保证了数据安全和稳定。

2.1 人员组织权限管理

飞机起落架设计协同系统中的人

员组织包含项目、组织、角色和人员4大元素,可以分别进行权限控制。项目、组织、角色3项形成一个上下文,每位设计员可用不同上下文登陆系统进行工作。系统中数据对象的操作和访问权限主要包括:创建、删除、浏览、修改、传送所有权、加锁/解锁、升级/降级等,权限管理机制如图3所示。通过授权(Privilege)和遮罩(Mask)两种方式实现权限控制,其主要区别在于:授权用来定义安全的对象方法(如创建、删除、修改等),而遮罩用来定义安全的对象访问(如对象属性的可见性及访问权限等)。

2.2 锁机制

在传统飞机起落架设计过程中,数模的传递和修改不受限制,往往是数模所有者将数据向使用者传递出去的同时就失去了对其有效性和准确性的控制。

而在设计协同系统中,无论是通过LCA客户端对模型属性数据进行修改,还是通过Navigator客户端在CATIA中直接对数模几何形状、链接、实例位置等进行修改,必须首先对该模型进行锁定。只有被锁定的数据对象,其修改才会被保存进VPM数据库;而被所有者锁定的数据,其他人员仅可浏览无法修改,这避免了对同一数据的同时写入风险。

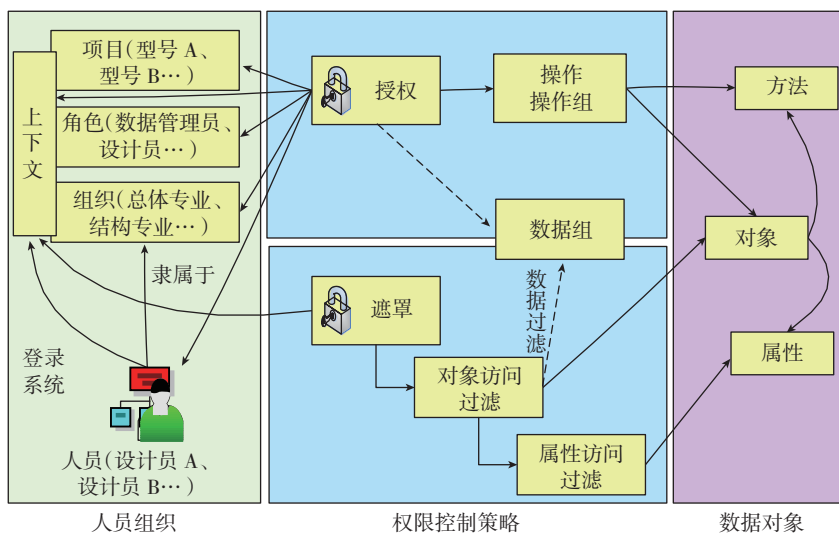


图3 人员组织权限管理机制

2.3 权限传送控制

权限传送功能允许数据对象所有者将所有权传送给其他人员,这些数据对象包括:零部件参考、零部件实例、文档和技术包。通过权限传送控制,主任设计师可以首先创建完成产品部件结构树,然后将不同部件的权限传送给相应主管设计人员,各设计人员可以分别对自己具有所有权的产品同时进行设计并保存进 VPM 数据库,并行工作,互不干涉。

协同设计方法

1 基于骨架的关联设计

关联设计是一种创建产品与其上下文中零部件之间几何链接关系,管理产品设计生命周期过程中因果联系的技术,它改变以往通过尺寸驱动、装配约束零部件自底向上生成产品的方法,转而采用先建立产品总体站位和布局的点、线、面(即骨架模型)后通过骨架模型约束和驱动零部件形状和位置的自顶向下的方法,从而实现骨架模型的更改直接带动零部件形状和位置的更新,如图 4、图 5 所示。通过关

联设计,可以在进行数模修改之前就提前预估其原因和影响,提前评估修改代价,缩短开发时间。

基于骨架的关联设计优化了起落架设计过程中各专业室之间的协作模式,特别是在方案设计阶段信息和参数多变的情况下,将设计员各自为战、口头协调的设计过程转变为统一基准(即依赖于关键参数的骨架模型)、流程化和层次化的设计过程,提高了设计效率。基于骨架的关联设计流程如图 6 所示。

2 基于成熟度的生命周期控制

基于成熟度的生命周期控制是并行工作界面划分的基础,为不断迭代的多专业协同关联设计变更提供了规范机制。根据飞机起落架设计业务基本流程,将不同专业工作划分为若干级成熟度,并对相应成熟度的权限和检查机制进行定义,如 MA4 代表确定材料,MA7 冻结后无法修改数模,成熟度定义如表 1 所示。

3 基于模型的定义技术

随着三维数字化设计技术的发展,基于模型的定义(Model Based

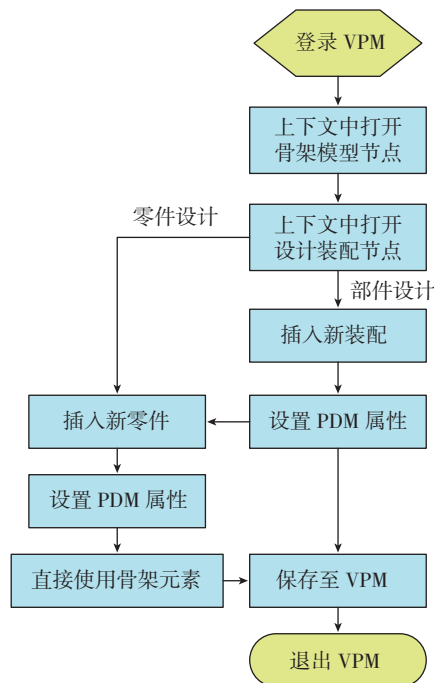


图6 基于骨架的关联设计流程图

Definition, MBD) 技术被广泛采用。MBD 是指由精确几何实体、相关 3D 几何、3D 标注及属性构成的数据集定义的完整的产品定义^[8],其数据组织形式如图 7 所示。

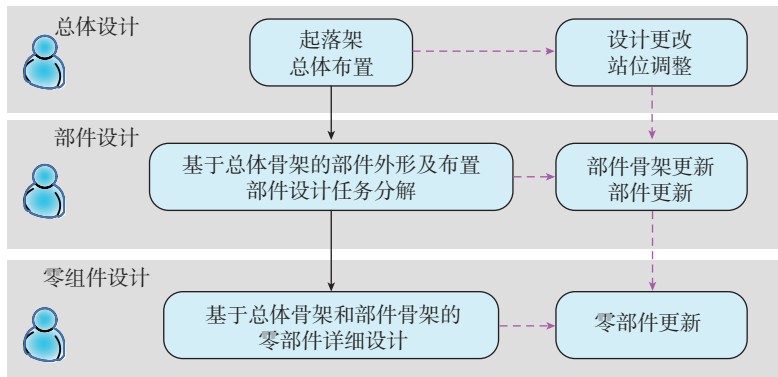
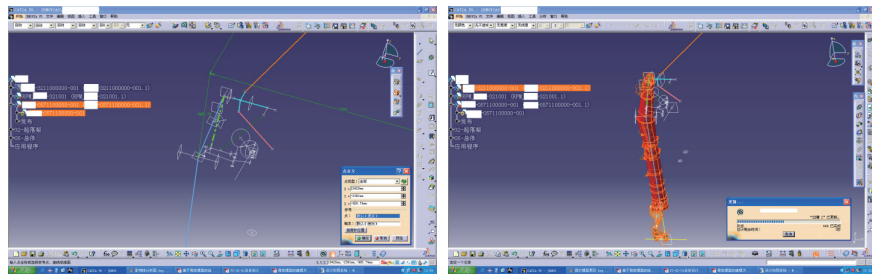


图4 基于骨架的关联设计



(a) 修改骨架

(b) 关联设计数模响应骨架变动

图5 基于骨架的关联设计应用

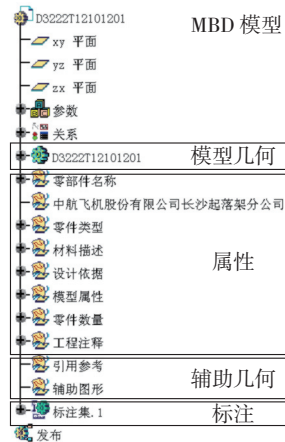


图7 MBD模型数据结构

在飞机起落架三维协同设计过程中,通过 MBD 技术可实现对产品特征的数字化描述和共享,以满足设计和制造信息直接传递的需求,使基于数字化平台的协同设计成为可能。

4 设计复用技术

起落架设计常采用工艺成熟的材料,如大量选用 HB、GJB 等标准件,优

表1 飞机起落架设计成熟度定义

	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	MA6	MA7
总体布置	初步确定	基本确定	冻结				
骨架模型		初步确定	基本确定	冻结			
结构零组件模型			初步确定	材料确定	协调设计	细节设计	冻结

表2 人员组织创建及授权

角色 / 上下文	操作 / 操作组	数据组	说明
SJADM.ADMIN.DEFAULT	LOGIN		登陆系统
SJADM	AllGlobalProcesses		具有全部操作权限(包括产品类、GCO等创建),可以对全部数据进行操作
	AllObjectProcesses	AllData	
DESIGN.Organization.Project	LOGIN		登陆系统
DESIGN	DESIGNGlobalProcess		零部件及文档建立、修改、删除版本等,但仅能对所有权属于自己的数据进行操作
	DESIGNObjectProcess	MyData	
	ShowObjectProcess	AllData	显示并浏览全部数据

先选择其他型号产品在用的成品件,以满足航空产品高可靠性和严格的寿命要求。为减少重复建模工作量,提高材料、标准件及成品件数据一致性,应采用设计复用技术建立和维护起落架设计用材料库、标准件库和成品件库。

材料库的创建直接使用 CATIA 自带的“材料库(Material Library)”命令,创建 CATMaterial 类型的文件,新建和编辑相应的系列(Family)和材料属性,并保存至 VPM。标准件库和成品件库的创建和维护均使用“目录编辑器(Catalog Editor)”命令,创建相应的 catalog 类型文件并保存至 VPM;标准件库创建采用设计表进行参数化和系列化设计。

应用实例

将本协同设计方法应用于某型飞机起落架设计,技术路线如图 8 所示。

1 人员组织权限创建

根据某型飞机起落架设计流程,在系统默认角色和上下文基础上,建立两类角色:数据管理员(SJADM)和设计员(DESIGN),并按表 2 进行授权。

2 产品结构创建

按照某型飞机起落架功能及结构组成,根据构型管理规定,创建产品组织结构如图 9 所示。根据各专业业务分工,总体、结构、强度、控制等相关专

业设计人员可选择产品组织结构中各自上下文进行协同工作。

3 资源库创建

创建了包含螺栓、密封件、轴承、充气嘴、机轮、轮胎等在内的飞机起落架设计常用标准件及成品件资源库,如图 10 和图 11 所示。

4 骨架模型

根据接口控制规范建立的起落架总体布局骨架模型如图 12 所示。

5 关联设计

依据建立的起落架总体布局骨架,创建并丰富前、主起骨架,基于骨架模型进行前主起落架关联设计。前起外筒的关联设计如图 13 所示,最终关联设计完成的前起落架如图 14 所示。

结论

根据飞机起落架设计依赖主机接口、方案多变、异地协同、研制周期紧张的特点,以基于 ENOVIA VPM 开发

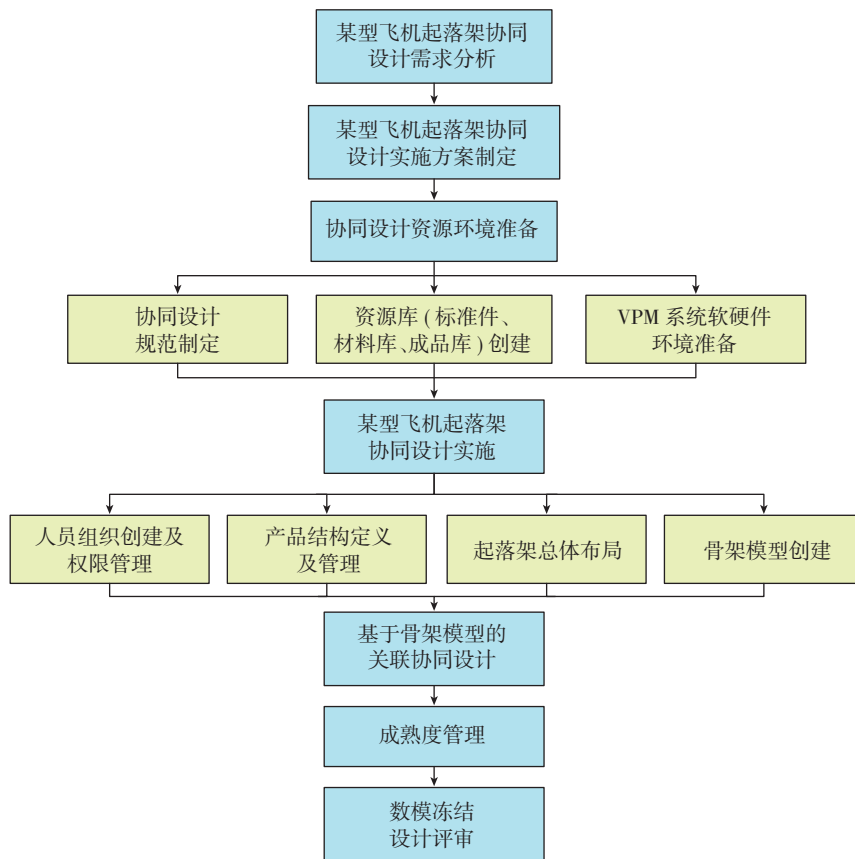


图8 某型飞机起落架三维协同设计技术路线

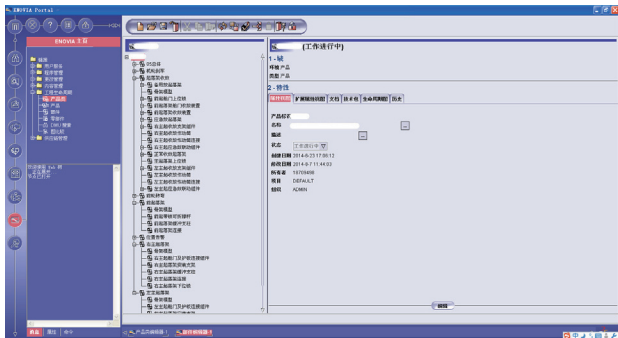


图9 基于构型的某型飞机起落架产品结构

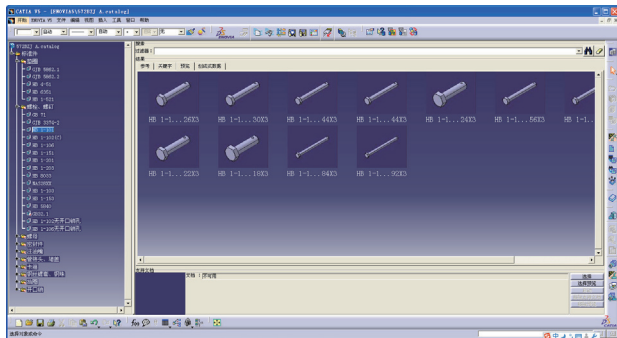


图10 飞机起落架设计用标准件库

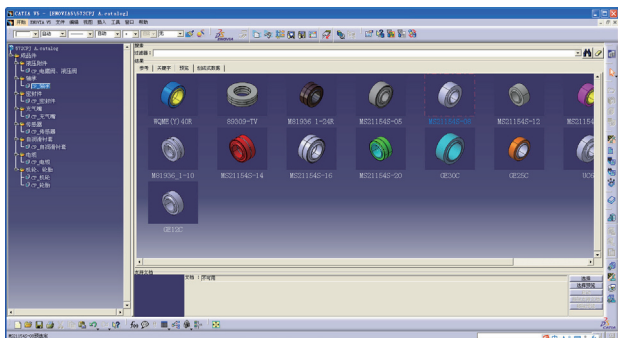


图11 飞机起落架设计用成品件库

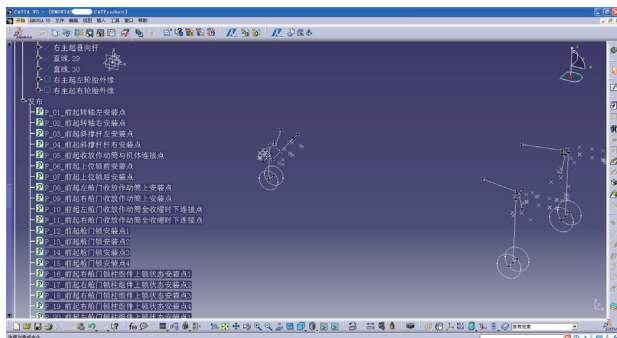


图12 某型飞机起落架总体布局骨架

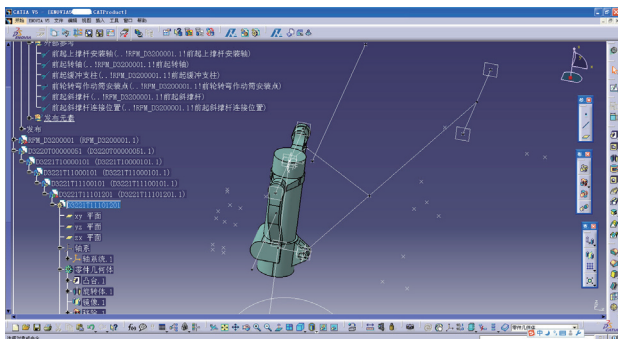


图13 某型飞机前起外筒基于骨架模型的关联设计

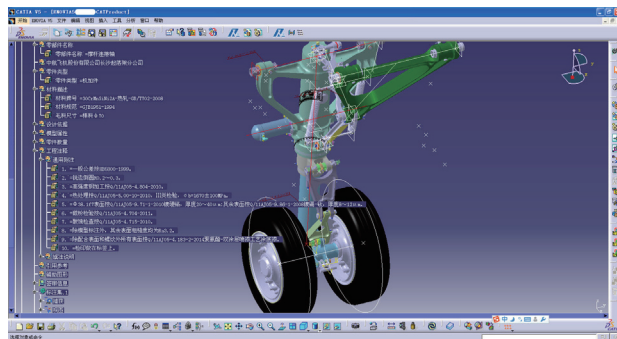


图14 基于三维协同设计的某型飞机前起落架

完成的飞机起落架设计协同系统为平台进行了三维协同设计方法研究,并成功应用于某型飞机起落架设计:

(1) 创建人员组织并赋予角色,通过权限控制,实现两类角色(数据管理员和设计员)不同的操作流程和权限功能;

(2) 根据飞机起落架的构型管理特点,创建了扁平化的起落架产品组织结构,利于不同专业设计人员并行设计;

(3) 创建飞机起落架设计常用标准件库和成品件库,一次建立,长期使用,提高了建模效率;

(4) 严格按照起落架系统接口控

制文件要求,创建起落架骨架模型,并基于骨架模型进行关联和协同设计,实现了飞机起落架设计的自顶向下和自底向上的结合。

研究表明,基于 ENOVIA VPM 的飞机起落架协同设计,提高了研制效率,为现代飞机起落架设计提供了便捷和有效的技术手段。

参考文献

[1] 高泽迥,黄振威,于俊虎,等.飞机设计手册·起飞着陆系统设计.北京:航空工业出版社,2002.
[2] 黄志澎,杨敬,赵永刚,等.基于 CATIA 的拱坝三维协同设计.水电站设计,2011,27(4): 9-14.

[3] 王进丰,李小帅,傅允杰. CATIA 软件在水电工程三维协同设计中的应用.人民长江,2009,40(4): 68-70.

[4] 黄志文.基于 CATIA、VPM 的结构三维数字化设计技术.直升机技术,2010(4): 20-25.

[5] 赵海超,王强,刘敏.基于 VPM 的教练机三维协同设计技术应用研究.教练机,2011(3): 23-27.

[6] 刘俊堂,刘看旺.关联设计技术在飞机研制中的应用.航空制造技术,2008(14):4 5-47.

[7] 刘俊堂.全三维飞机设计技术及其应用.航空制造技术,2010(18):68-71.

[8] 王占富,丁来军,谢丽萍.MBD 支持的不同设计平台协同设计技术探讨.航空制造技术,2013(3): 47-49.

(责编 谷雨)