

全三维技术在飞机设计中的应用

Application of MBD on Aircraft Design

中航工业沈阳飞机设计研究所 田承根 朱天文 刘新宇

[摘要] 提出在飞机设计中采用数字化设计方法,实现全三维模型集成设计、制造、检验等信息,保证相互间的一致关联性,并作为唯一依据贯穿飞机研制全生命周期,提高设计制造效率,缩短研制周期。

关键词: 产品数字化定义 数据集成 产品数据管理 轻量化模型

[ASTERACT] A state-of-art digital design method for aircraft design is presented, which focuses on building up an extensive three-dimensional model that integrates design information, manufacturing information, inspection information and so on into a whole with internal consistency, and serves as the unique data source throughout the entire life cycle of aircraft development. This method turns out to be a practical solution for aviation manufacturing enterprises to improve the production efficiency and shorten the development period.

Keywords: Digitized definition of product Data Integration Product data management Light weight model

近年来随着信息技术、计算机技术的快速发展,我国的飞机研制数字化设计水平有了显著的提高,全机电子样机协调、全三维建模已经在沈阳飞机设计研究所某型飞机研制中得到全面应用,并取得了显著的效益。

本文主要从3个方面描述全三维技术在飞机设计中的应用:(1)产品数字化定义,包括集成设计制造数据方法,三维模型数据在设计制造中的应用;(2)全三维信息模型产品数据集成管理,包括管理和使用高度集成的数据集方法,产品快速关联更改技术;(3)全三维信息模型轻量化管理及应用,包括轻量化模型意义、应用范围以及与主模型关联方法。

1 全三维数字化产品的定义

全三维的概念源于国外的MBD技术,美国机械工程师协会于1997年在波音公司的协助下开始进行有关MBD(Model Based Definition)标准的研究和制定工作,并于2003年成为美国国家标准“Y14.41 DIGITAL PRODUCT DEFINITION DATA PRACTICES”(数字化产品定义数据的实施)。波音公司在本标准基础上,做了

进一步研究,制定了公司的基于模型定义MBD技术应用规范BDS-600系列。该技术将三维制造信息PMI(3D Product Manufacturing Information)与三维设计信息共同定义到产品的三维数字化模型中,使CAD和CAM(加工、装配、测量、检验)等实现真正的高度集成,数字化技术的应用有了新的跨越式发展,可不再使用二维图纸^[1]。

从设计制造技术的发展来看,三维模型取代二维图纸是大势所趋,但对于如何用三维模型涵盖所有设计制造信息,国内仍处于摸索阶段。全三维数字化产品定义技术的主导思想不只是简单地将二维图纸的信息反映到三维数据中,而是充分利用三维模型所具备的表现力,去探索便于用户理解且更具效率的设计信息表达方式。这就需要打破原有的二维图纸规范的条条框框,针对局部表面处理、紧固件直径、密封形式等无法直观或准确描述内容,采用几何信息、几何+非几何信息等组合,甚至通过颜色、线型的不同来直观反映。

通过研究国外MBD技术,厂所间进行交流,结合实际生产,规定各类工程信息的定义形式和方法,基于三维模型对材料、热处理、技术要求等非几何属性信息的生成机制进行了研究,并结合知识库将属性信息设置环境标准化、规范化;研究信息集成环境下非几何属性的组织及管理方式,以实现基于三维模型的材料、热处理、技术要求等非几何属性信息的集成管理;结合PDM数据管理环境,研究三维模型的属性信息存储方法,提出基于三维实体及数据库的信息存储模型,以保证信息的完整性、一致性。

全三维信息模型以三维模型为载体,在统一的产品设计技术规范定义下,集成几何属性、非几何属性、管理属性等信息,作为设计、指导生产制造和装配、检测的单一数据源(见图1)。基于全三维信息模型,确定产品统一信息包含的内容,梳理面向产品全生命周期的集成化过程信息,加强制造工艺信息(如加工、装配、检测等)、构型管理信息及物料信息建模,建立可以支持产品全生命周期的统一建模方法。基于全三维信息模型,采用统一规范语义对过程信息进行规范,保证信息在不同平台和不同业务需求中能得到语义一致的数据,实现过程信息的集成、数据源一致和形式统一规范。

以飞机机翼的翼肋为例,它的外形可能是双曲率

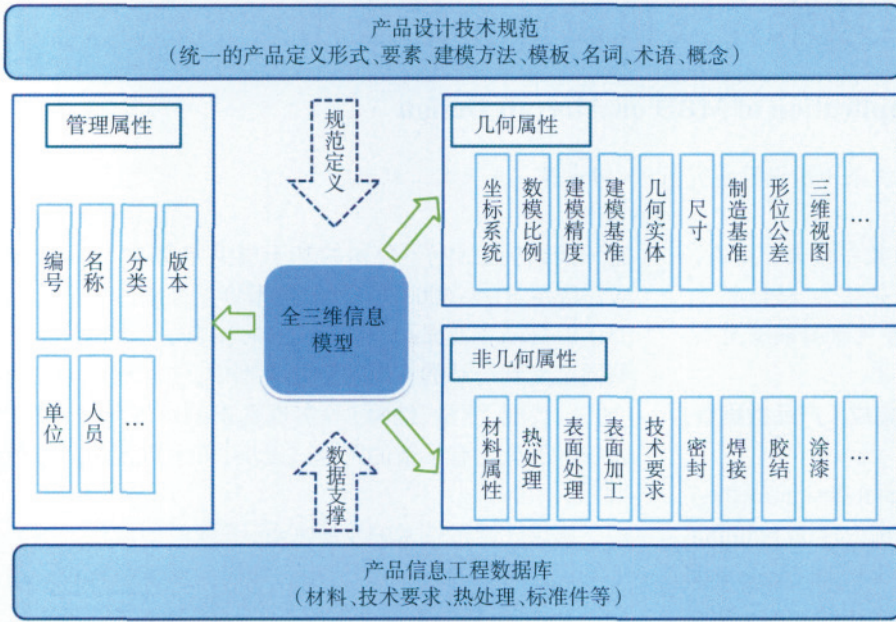


图1 全三维信息模型构成
Fig.1 Constitution of full 3D information model

穿整个设计制造过程^[2]。

2 全三维信息模型产品数据集成管理

全三维信息模型产品数据集成管理主要利用消息中间件和面向服务的机制实现不同系统之间的数据集成,业务流程之间的整合和互操作。最终形成产品与过程集成化的信息模型,成为整个系统的基础层,将为特定功能或服务提供单一的基础数据源支持,如图2所示。

不同应用系统在进行数据交互时,以产品与过程信息模型为基础;以服务化封装的方式进行服务的请求与调用;利用消息队列的方式对服务请求与服务调用进行统一的管理。这样一方面简化了不

曲面,用常规的二维手段无法进行准确的描述,通过三维设计工具可以准确地在外形曲面基础上构建相应的三维实体,并增加相应的制造基准、检验尺寸等信息。

在制造过程中不再需要传统的划线等工作。首先,基于三维模型进行工艺规划与准备;其次,数控编程,将软件生成的加工程序转换成相应的数控机床的NC代码,并传入数控机床的控制系统,至此全三维模型具备了转化成真正产品的能力。

在产品检验环节,基于三维模型的尺寸标注进行识别、提取检测特征,加以标识,并生成检测项目。通过在三维模型上采集测量点的坐标值,然后将数据点的坐标输入测量机并编制测量程序。操作测量机完成对零件的测量,比较测量点坐标测量值与三维模型理论值的误差值,误差值在公差范围内即为合格产品,最终实现全三维模型贯

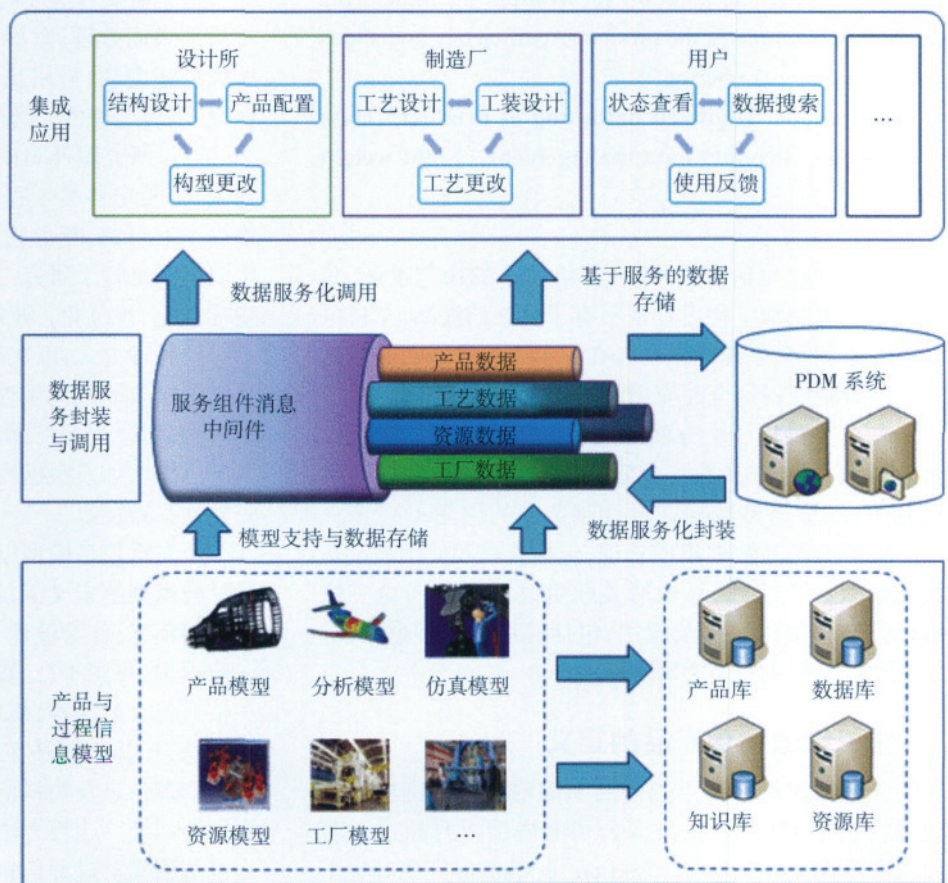


图2 面向研制全过程的集成化产品过程信息管理
Fig.2 Integrated product process information management for entire process of development

同信息系统之间接口的开发与维护,将不同的应用系统整合为一个通用的制造数据管理平台;更重要的是基于统一模型的信息,保证了来自于不同系统的数据可以采用统一一致的结构进行存储和管理,而不同应用系统根据其具体需求提取与其业务相关视图,保证信息的一致性与规范性。

集成化产品过程信息管理将跨越协同设计环境、工装设计环境、工艺规划环境和生产执行环境。产品的设计数据(产品模型)由设计与工艺并行完成,发布到制造域之后,在统一的平台完成工艺过程、产品模型、工装三者的集成工艺规划与仿真,其结果包含了制造与检验所需的一切信息,通过集成化产品数据管理及协同作业平台将其发布到生产过程管理启动由项目管理和制造执行系统为主的制造过程。这一过程体现了设计、制造全过程管理,为实现过程信息的集成、一致性和规范性提供统一的机制和方法。

为了实现设计所与制造厂间的并行协同、快速响应,PDM系统需要管理飞机除设计数据外的工艺、工装等数据信息,相应的产品结构也需要重新组织和规划,便于进行厂所数据的一致性和完备性操作,并且具备支持工艺、工装、检验数据与产品设计以及产品自身关联设计的关联设计功能,如图3所示。

在产品关联设计中,不仅记录产品数据,而且记录数据间的各种关联,支持更改通报、影响分析和自动更改传播等技术方法。首先,管理三维模型的关联特征,一个零部件中不仅保存着自身的几何特征和属性信息,也保存着与其他零部件之间几何关联及上下文环境,通

过技术性关联管理,管理相互之间的关系。其次,建立自顶向下的上下文关联设计环境,利用发布功能,针对协同设计或评审任务建立上下文关联设计环境并与三维设计系统紧密集成。

在PDM系统中对不同部件的公共设计接口及参数进行管理,并与轻量化模型相关联,保持关联设计变更时的自动更新,零件的设计变更若影响到公共设计接口,将被自动传播到相关零件和轻量化模型,保持数据的一致性。在产品研发过程中,通过关联设计技术,在上下游相关的设计数据之间或并行设计的数据之间建立轻量化信息关联,实现协同更改自动化。为保证关联设计数据源的唯一性以及关联关系条理清晰,工艺、工装、检验数据均以设计数据为关联对象,采取自顶向下的自动更改机制。

3 全三维信息模型轻量化管理及应用

全三维信息模型通常由管理属性、几何属性、非几何属性等信息组成,三维模型数据文件比较庞大。上述信息对设计工程师是非常重要的,但是对参与产品研制过程的其它人员来说,并不需要上述所有信息。对于产品开发全生命周期过程而言,参与协同开发的团队成员除设计人员外,不同角色的人员仅需要与之相关的部分模型信息,因此实现基于角色的产品模型轻量化可以提高模型的高压缩比,实现复杂模型的快速加载与显示,有效支持下游的产品快速制造。因此基于轻量化模型管理是全三维并行协同设计、现场可视化的基础,它需要满足不同部门和角色的轻量化需求,具备轻量化模型实时创建、实时控制功能,支持产品协同设计便捷化、制造过程现场可视化。

轻量化模型管理主要采用主模型组织管理相关数据与流程,支持并行数字化定义。设计变化及评审结果由主模型统一控制,轻量化模型按照一定的机制实时创建,保持轻量化模型与主模型之间的有效性、一致性。主模型通过构建节点并附着与该节点关联的所有信息来组织数据。主模型包括如下信息:节点编号、节点名称、节点版本/版次、模型文档、说明文档和规格文档等,如图4所示。通过节点之间的关联关系、节点附着对象之间的关联关系,可以构成各种不同的研发上下文,支持虚拟产品开发团队在轻量化模型支持下的并行协同设计与评审。制造过程的协同作业管理以WBS分解或MBOM为基础,以项目管理团队为执行单位、借助企业支持的应用系统/模块来完成,如工作流程模块、可视化模块、3D会议等,其技术数据以三维轻量化模型形式传递。

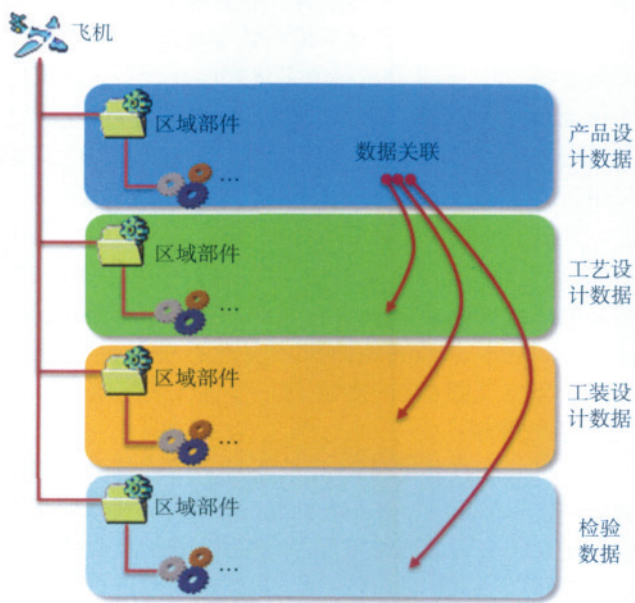


图3 各类型数据关联系统

Fig.3 Each type of data connection relationship

(下转第97页)

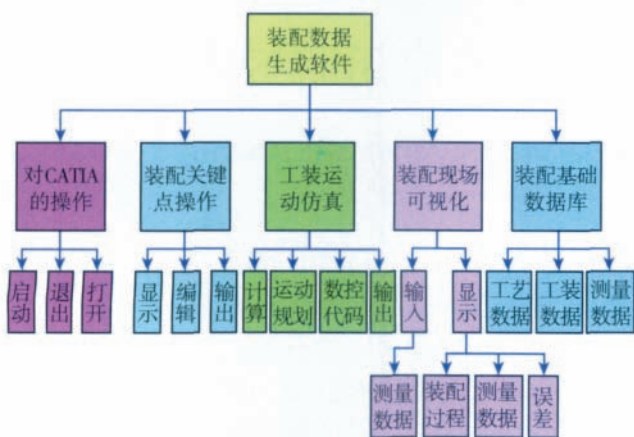


图5 装配数据生成软件设计

Fig.5 Design of generative software for assembly data

4 结论与展望

通过研究飞机装配数字化柔性工装的原理和构成,面向新一代飞机机身部件数字化装配需求,设计了一套数字化柔性装配工装。



图6 装配数据生成软件主界面

Fig.6 Main interface of generative software for assembly data

(1) 该工装主体结构尺寸、定位器数量和调整行程可涵盖最少7个机型机身部件装配。

(2) 通过采用桁梁式静态框架结构,结构紧凑的运动定位器,依靠“直线导轨+滚珠丝杠”传动机构,实现了工装的柔性功能。

(3) 基于现场总线技术,建立了用于定位器运动控制的超多轴控制系统,基于CATIA二次开发技术,开发了专用装配数据生成软件,实现了整个工装调形定位过程的数字量传递。

机身部件装配数字化柔性工装的设计研制应用,对提高国内柔性装配的技术水平,形成企业快速响应能力,促进我国飞机制造装备研制能力的发展具有重要意义。

参考文献

[1] 何胜强. 飞机数字化装配技术体系. 航空制造技术, 2010(23):32-37.
 [2] 邹方,薛汉杰,周万勇,等. 飞机数字化柔性装配关键技术及其发展. 航空制造技术,2006(9):30-35.
 [3] 王亮,李东升,刘凤贵,等. 飞机壁板类组件数字化装配柔性工装技术及应用. 航空制造技术,2010(10):58-61.
 [4] 荆道艳,许国康,王姮,等. 大部件对接的数控定位器技术研究. 航空制造技术.2010,(23):117-120.
 [5] 肖庆东,王仲奇,马强,等. 大型飞机数字化装配技术研究. 中国制造业信息化,2007,36(3):26-29.
 [6] 李原. 大飞机部件数字化柔性装配若干关键技术. 航空制造技术,2009(14):48-51.

(责编 小城)

(上接第59页)

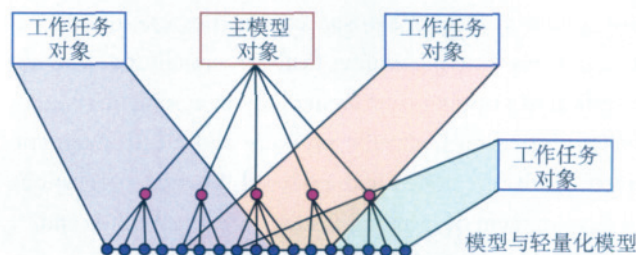


图4 基于主模型的轻量化管理

Fig.4 Light weight management based on main model

制造过程中,轻量化模型主要支持制造过程的可视化与自动化集成作业。其特点是当前有效性,即操作者现场所见即当前有效。其有效性与源数据的变化密切相关,当更改发生时,自动触发轻量化模型的失效,并重新发布轻量化模型,失效的模型视企业管理模式进行不同程度的处理。借助轻量化模型,设计与制造数据可轻易实现异地共享和交流,支持在企业内部建立不同部门之间的异地产品开发的基础和机制,提供信息共享、同步和协同作业环境。

4 结束语

全三维技术可保证数据源的唯一可控、上下游数据畅通、关联关系明确、现场可视化程度高、可操作性强和响应快速变更,是飞机数字化研制的基础。深化应用全三维技术,必将实现快速研发新产品、提高产品质量、缩短产品研制时间,为飞机快速研制提供技术支撑。

参考文献

[1] 于勇,陶剑,范玉青. 大型飞机数字化设计制造技术,应用综述. 航空制造技术,2009(11):56-60.
 [2] 陈蓬. 应用CATIA V5实现无图制造. CAD/CAM与制造业信息化,2003,8:52-53.

(责编 三丰)