

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2018.02.018

协调用民用飞机数字样机完整性初步研究

Preliminary Research on DMU Integrity of Civil Aircraft for Coordination

陈 裕 徐 剑 / CHEN Yu XU Jian

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘 要:

数字样机技术已在民用飞机研制过程中起到越来越重要的作用,数字样机完整性是协调用数字样机的主要属性之一,用于描述数字样机设计结果的完备程度。在数字样机研制过程中,数字样机的完整性确保了开展基于数字样机的协调、检查与验证工作的有效性;同时完整性对于减少后续设计更改也有着重要意义。在建模规则、协调流程、管理制度等方面提炼与总结了提升数字样机完整性的几个关键因素及实施方法,对于协调用民用飞机数字样机的研制有一定的指导价值。

关键词: 民用飞机; 数字样机(DMU); 完整性; 协调

中图分类号: V271.1

文献标识码: A

[Abstract] Digital mockup(DMU) technology has been playing a more and more important role in the development of civil aircraft. Integrity is one of the main attributes and it is used to describe the completeness of the DMU design. In the development process of DMU, integrity ensures the effectiveness of coordination, inspection and verification based on DMU. At the same time, integrity is important for reducing subsequent design changes. From the aspects of modeling rules, coordination process and management system, several key factors and methods are summarized to improve the integrity of DMU. The methods have a good reference to developing the DMU of civil aircraft for coordination.

[Keywords] civil aircraft; digital mockup(DMU); integrity; coordination

0 引言

数字样机是对产品的真实化、集成化的虚拟仿真,用于工程设计、干涉检查、机构仿真、产品拆装、加工制造和维护检测等模拟环境。由于民机研制的高度复杂性以及长周期性,基于数字样机来进行数字化预装配、工装设计及可制造性分析已成为现代民用航空制造业的趋势,并已在民机研制过程中有了广泛的应用。如波音 777 项目实现了第一个在民机领域采用全数字化定义和无图纸生产,其 10 万多个零部件实现了数字化设计,用计算机进行数字化预装配、设计更改,零件返工率减少 93% 以上,装配问题减少 50% ~ 80%^[1]。我国某型号飞机采用数字化设计技术,建成了可全面用于生产的全机数

字样机,相比于传统方法,缩短了 60% 的设计周期、减少了 40% 的设计反复^[2]。

1 完整性的定义

协调用数字样机可以用来检查飞机各系统、结构的协调性,进行总体优化布置^[3]。数字样机有 2 个重要的属性,即完整性与正确性。完整性是个很宽泛的定义,涉及到方方面面,与飞机的数字化定义、产品数据的构型管理、数字样机管理、产品数据管理(Product Data Management,简称 PDM)等均有一定关系。协调用数字样机完整性包含两个方面,其一是数字样机模块内部完整性,包括:(1)各模块下零组件的装配关系及信息是否完整;(2)零组件数据集信息是否完整;(3)零组件下装配的成品、元

器件和标准件是否完整。

其二是协调用数字样机在研制的各阶段,各类数字样机(如结构样机、系统样机、分区样机等)的完备性,包括:(1)数字样机模块是否有遗漏或缺失;(2)数字样机模块数据源的传递是否完整。

本文所定义的完整性,是个相对的概念,是对应于飞机的某个研制阶段而言的。本文完整性基于正式飞机数字样机协调状态,用于描述数字样机设计输入结果的完备性。

2 完整性的意义

民用飞机数字样机研制过程,也就是对全机数字化定义不断完善的过程,在基于数字化产品数据做有效协调与管理时,首先就要确保协调用数字样机所描述产品数据的及时完整。完整性的意义在于能充分发挥数字样机技术在民机研发过程中缩短研制周期、提高设计质量、减少设计反复的优势,及时高效地发现、协调、解决飞机设计中的各类空间定位与几何接口问题。完整性还有助于提高数字样机的协调性与相关设计工作的准确性,提升设计结果的成熟度。因此完整性是基于数字样机开展有效协调工作的前提与基础。

换言之,如果数字样机的完整性不能保证,则会对后续数字样机检查与验证等关键节点的有效性带来一定隐患。如产品数据的遗漏或缺失而造成后续设计更改,带来不必要的重复协调与设计,进而延长研制周期、增加研制成本;如果问题未及时排除,遗留至飞机研制的后期,可能使工程更改花费巨大,周期更长。若涉及到多专业界面的更改,比如在飞机上空间狭小、系统密集布置的区域出现此类问题,无疑加大了设计更改难度。因此对于协调用的数字样机,需要提高数字样机的研制质量,以确保飞机各研制阶段的数字样机的完整性。

3 完整性的关键点

鉴于数字样机完整性在数字样机研制中的重要作用与地位,如何快速、便捷、有效地确保数字样机的完整性是一个亟待探索与研究的课题。

民用飞机协调用数字样机完整性属于民用飞机数字化技术的一个方面,与飞机主制造商的信息化、数字化技术开发与应用是相关的。为确保飞机

协调用数字样机的完整性,需在民用飞机数字化技术的建模规则、协调流程、管理制度等几个方面开展相关深入研究与分析,下面分别详细论述。

3.1 数字样机建模规范与数据传递规则

产品数据的数字化定义是民用飞机实施数字化的关键一步,而产品数据模型的规范化则是实施数字化的重要内容,对于缩短研发周期、保证产品质量和降低成本具有重要作用^[4]。在数字样机研制过程中,需明确飞机数字样机的数据要求、管理范围及方法,其具体内容包括:制定基于统一的数据源的产品建模、标注、质量、设计流程、数据结构等规范,确保各产品数据能够兼容、完整记录;实施好 PDM 系统与 CAD(Computer Aided Design)设计软件的集成与管理,通过制定与开发 PDM 系统实现对数据的有效保存、记录、检测。

民用飞机数字样机的数据量极大,且往往涉及到异地跨区域的并行协同设计,国内、国际合作供应商众多,因此确保数据格式的统一对于数据完整传递是非常重要的,需要重视以下几点。

1)考虑到协调的便捷性与快速性,应定义协调用数字样机对数据属性的要求。

2)需明确协调用数字样机与数字化定义的数据源之间数据转化与传递方法,确保数据的传递质量满足要求,此外还应关注如何发现数据传输与转化的错误,尽量做到数据传输结果的可视化。

3)借助 PDM 平台的管理工具,以快速、高效地获取所需的协调用各种类数字样机,减少人为因素造成的错误。

4)做好对数据传递的监督工作,制定相应的问题解决措施与制度,确保数据的完整传递。

5)数字模型发放时要检查和保证各节点与其所关联的三维数字模型的完整性。

以基于模型的定义(Model Based Definition,简称 MBD)技术为例(目前主流的三维数字样机定义技术),MBD 指在三维模型中集成公差、尺寸等注释性标注、产品设计信息、制造要求等以对产品进行全面描述,满足该产品在全生命周期中各种需求的一种数字化的定义产品方式^[5],如图 1 所示。实施 MBD 技术,需要详细定义基于 MBD 的通用建模标准(包含关联设计数据,实体模型,零件坐标系统,尺寸、公差和标注,工程说明,材料需求,其它定义数据等)。为了满足 MBD 协同设计及并行设计要

求,还需要建立 MBD 数字样机标准、MBD 模型的简化标准等。

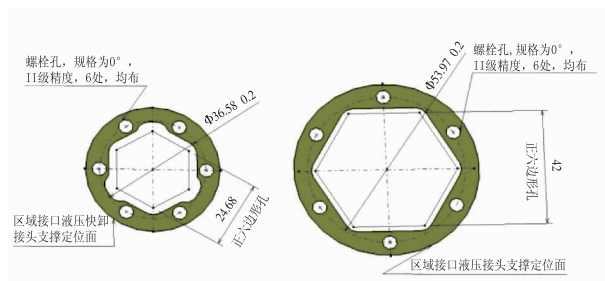


图1 基于 MBD 的数字样机模型设计

3.2 优化数字样机协调流程

总体布置设计人员通过协调用数字样机进行协调时,考虑到飞机庞大的数据量,通常的做法是采用分区域或分部段管理与协调,对于区域或部段级数字样机,由于涉及到的结构、系统样机的数量众多,在实际协调过程中特别容易出现数字样机的缺失进而影响完整性。针对这种情况,需要重视并做好以下几项工作。

1) 不同区域或部段接口的协调

需要定义与协调好不同部段或区域几何接口控制界面,尽量避免相关系统数字样机模块跨部段或区域划分,比如可以采用基于部段的模块化定义与设计;如不能避免,则要做好接口界面控制与协调,避免遗漏缺失,尽量保证飞机结构、系统在接口界面的协调一致性,图2为飞机采用了接口定义的模式示意。

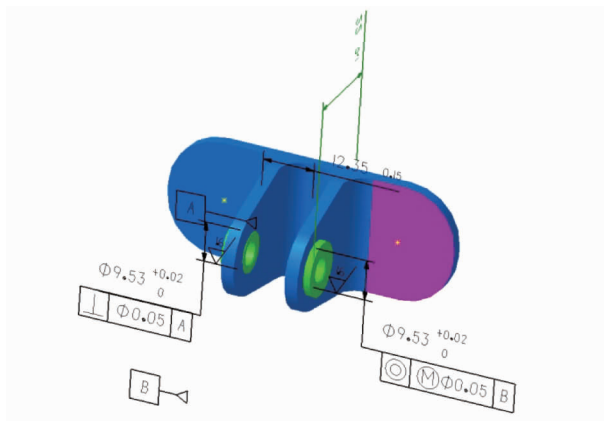


图2 三维数字化区域接口定义

2) 数字样机动态管理

由于基于数字样机开展的飞机总体布置协调是多专业的协同设计的过程,最大的特点是变,体现在

几个方面:(1)布置方案存在变化,在数字样机研制初期,系统与结构布置的多方案权衡阶段尤为突出,数字样机也就处于一个相对多变与不确定的状态;(2)飞机上各系统、结构以及各部段的协调状态与成熟度不一致也会使数字样机在较长阶段处于一个“协调-更改-协调”的变化之中;(3)数字样机变更不及时而存在与协调状态的不一致性问题。这些变化如不管理好,会对飞机数字样机的完整性带来挑战。

基于以上几个因素,一方面可以借助相应的 PDM 系统管理工具与手段,尽量做到各类数字样机的组建便捷、状态清晰、传递准确、追溯简单、实时记录,实现一定程度的动态管理,以方便对相应协调状态下的数字样机进行完整的检索与获取。另一方面需要完善数字样机相应的协调或管理流程,必要时需梳理与查找整个数字样机流程控制过程中的缺陷,确保数字样机状态与协调状态保持一致。

3) 构型更改评估

规划好相应的数字样机模型的构型更改流程,对于模型更改、增加、取消,需要做到慎重评估与记录,以确定其对现有数字样机协调的影响范围与程度,并采取相应的应对方案,基于 DMU 模型更改的评估流程如图3所示。同样也可以借助于相关 PDM 系统管理工具,以实现构型更改引起的数字样

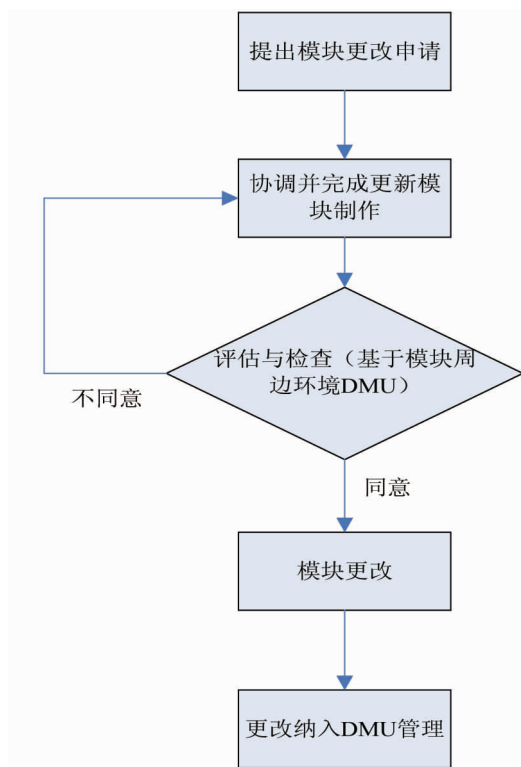


图3 DMU 模块更改评估流程

机模型的变化及时反馈到协调用数字样机中,做到不影响数字样机完整性,确保数字样机状态清楚、可控。

3.3 加强数字样机日常管理

数字样机管理制度与机制也对确保数字样机完整性有重要作用,在飞机数字样机研制过程中,需组建数字样机研制的管理/协调团队,团队人员应涵盖总体、系统、结构等各个专业的人员,用于日常的数字样机协调与管理。

为保证数字样机的完整性,在数字样机研制与维护过程中,需加强相应的管理与控制,重视以下几点。

1)根据数字样机协调区或部段的划分,做好协调人员的合理分工,设置A、B角工作制度,明确职责,相互交流;同时定人定岗,尽量减少人员变动,如人员变动时做好工作交接与过渡。

2)不同部段或协调区接口负责人员要定期交流沟通,界面周边需一起协调,反复确认。

3)定期组织进行数字样机专项检查,对于发现的不合理的细节区域要细致检查,(如样机上有支架却没有系统,结构有开孔却没有管线路通过等),确保不遗漏、不缺失。

对于发现的完整性的问题,要举一反三,找到问题的症结,制定相应的纠正措施,并落实到相应的制度与管理规范上,避免问题再次出现。同时专人负责对PDM系统监督与维护,确保系统能满足使用需求,并定期根据协调反馈的问题或提出的优化及改进建议,完善系统相关功能或开发新的功能。

4 总结与展望

完整性是民用飞机数字样机研制的重要评价

指标,在数字样机的研制过程中应注重产品的数字化定义与数据的规范化,科学开发与优化数字样机设计与协调流程,健全与完善数字样机团队的管理,努力提升数字样机完整性。

随着数字样机技术的迅速发展,其在民用飞机研制过程中应用的广度与深度均进一步加深,譬如数字样机的涵盖概念不局限于飞机的几何属性,还延伸至飞机的功能属性^[6],因此数字样机完整性还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 吴光辉,刘虎. 大型客机数字化设计支持体系框架[J]. 航空学报,2008,29(05):1386-1394.
- [2] 宁振波. 数字样机在飞机设计中的应用[J]. 航空制造技术,2002(10):20-21.
- [3] 樊海东,许平. 飞机协调三维数字化研究[C]//探索创新交流——第五届中国航空学会青年科技论坛文集(第5集). 南昌:中国航空学会,2012:116-119.
- [4] 王国平. 数字化模型在民机项目研制中的应用[J]. 国际航空,2010(4):62-64.
- [5] 巫鹏伟,卢鹄,于勇,等. 工程师的新语言——基于模型的定义[J]. 航空制造技术,2010(21):68-70.
- [6] 郑党党,张志国,刘俊堂. 飞机设计中的数字样机技术[J]. 航空制造技术,2016(5):83-84.

作者简介

陈裕 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:民用飞机总体布置、数字化与数字样机;E-mail: chenyu2@comac.cc

徐剑 男,硕士,工程师。主要研究方向:民用飞机总体布置、数字化与数字样机;E-mail: xujian7@comac.cc