

文章编号:1674-8190(2013)03-381-05

基于 MBD 的关联设计技术在飞机研制中的应用

田宪伟, 曲直

(中航通飞研究院有限公司 标准化研究室, 珠海 519040)

摘要: MBD 技术可以保证产品全生命周期过程中数据源的唯一性, 实现上下游数据的无缝对接, 有效提高产品设计效率。主要研究 MBD 的表达方式及关联设计中骨架模型的建立方法, 阐述骨架模型的工作原理。结合飞机型号研制, 首先进行总体骨架、接口骨架、部段骨架和部件骨架模型的定义, 进而实现设计内部各专业“自顶向下”的关联设计, 并以 MBD 数据集作为飞机研制过程中的唯一数据源, 工艺、工装、检验人员在 MBD 数据集基础上开展并行协同的关联设计, 有效地改善团队之间的沟通, 使设计更改变得简单、快速, 减少了设计错误, 缩短了产品的研制周期, 提高了设计质量。

关键词: MBD; 关联设计; 骨架模型

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Application of Associated Design Technology Based on MBD on Aircraft Research

Tian Xianwei, Qu Zhi

(Standardization Research Department, AVIC General Aircraft Research Institute Co., Ltd., Zhuhai 519040, China)

Abstract: The MBD (Model Based Definition) technology can guarantee uniqueness of data source in life cycle of product, achieve seamless by downstream data, effectively improve the efficiency of product design. Expression of MBD data sets and method of skeleton model designing are researched in this paper. Working principle of associated design is explained. MBD data set is the sole data resource during the aircraft research. With the definition of general skeleton and interface skeleton and assembly skeleton based on MBD data sets, the associated design in design department can be realized and a collaborative method between design and manufacture is set up. The full 3D digital associated design technology will improve efficiency of communication between the teams and reduce mistakes of design. Change of design will be transferred quickly from top to down. The application of the technology mentioned above has enormously improved the designing and manufacturing efficiency, and shortened the product development period.

Key words: MBD; associated design; skeleton model

0 引言

传统的产品定义用纸质的二维工程图来表达, 通过专业的绘图反映出产品的几何结构及制造要求。随着计算机辅助设计 CAD 技术的发展, 目前

世界上大部分飞机型号研制采用三维数模为主, 简化的二维图纸为辅的生产管理模式, 但仍需要将部分三维数字信息转化为二维图纸, 设计与制造间的信息存在脱节, 二维信息的生成、传递即耗时又费力, 更改、管理困难, 而且三维到二维、二维再到三维的转换过程中容易出现理解偏差和错误。波音公司为保持行业的领先地位, 率先在设计部门开始推进全三维数字化定义技术, 其典型特征是基于模型的定义 (Model Based Definition, 简称 MBD) 技术, 并逐步应用于制造环节, 为企业带来了巨大效

收稿日期: 2013-04-23; 修回日期: 2013-05-29

基金项目: 粤港关键领域重点突破项目 (2010A011100003)

通信作者: 田宪伟, xianweitian@163.com

益。鉴于国外企业的成功应用,国内航空业也开始研究 MBD 技术,并尝试应用于产品设计、制造的各环节^[1-3]。

随着 MBD 技术不断发展完善,飞机的设计方法也在不断地变更、进步。基于 CATIA 的 VPM 系统的应用使设计手段发生变革,产品结构从传统的“自底向上”模式向“自顶向下”模式转变。

本文对 MBD 模式下产品信息表达、骨架模型定义、如何进行基于 MBD 的产品关联设计,如何实现产品设计、工艺设计和工装设计的协同进行探索与研究。

1 MBD 的概念与表达

1.1 MBD 技术的概念

MBD 技术是指用集成的三维实体模型来完整表达产品定义信息的方法,该技术是将原来定义在二维图纸上的几何形状、尺寸与公差以及工艺等产品信息,集成定义在三维实体模型中。改变了传统的用三维实体模型描述几何形状信息,而用二维图纸来定义产品的尺寸与公差以及工艺信息的数字化定义方法^[4]。

1.2 CATIA 环境下 MBD 的数据集表达方式

CATIA 环境下,一个完整的 MBD 数据集主要包括设计模型、标注和属性三部分,如图 1 所示。

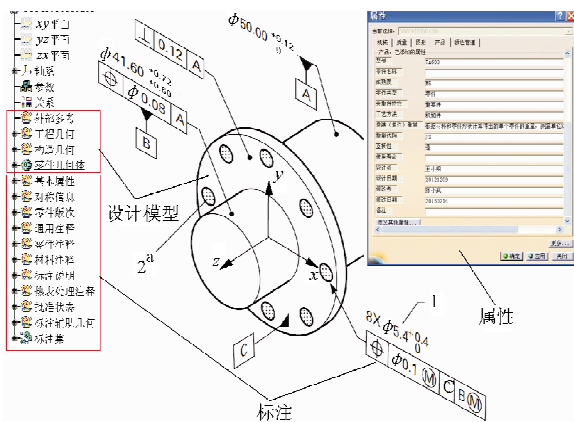


图 1 CATIA 环境下 MBD 数据集的表达方式

Fig. 1 Expression of MBD data sets in CATIA software

设计模型包括:外部参考、工程几何、构造几何

和零件几何体。外部参考是模型中关联到其他副产品实例的几何元素,这些元素是产品模型间关联关系的载体,驱动着其他线框、表面和实体模型元素的定义;工程几何主要包括坐标系统与基准面两类,是整个模型建立的基础;构造几何不是为了描述制造工艺等内容而设定的,而是用来保存建模过程中的必需信息,即在外部参考信息与工程几何信息的基础上构建模型所需的中间几何数据;零件几何体是描述最终零件实体形状模型几何,包括建模过程中生成的一系列特征。

标注包括尺寸、基准、公差、粗糙度、文本信息和工程注释信息。尺寸、基准、公差、粗糙度和文本信息在三维模型上直接表达显示,并与零件几何体关联。工程注释信息是由指定的几何图形集及参数组成的,用来表达二维图纸中的标题栏、明细表、技术要求等内容,包括通用注释、零件注释、标准说明、材料注释、热处理注释及审签信息等。对于装配模型,工程注释还必须包括机械连接、焊接、胶接、密封等注释信息。

属性包括飞机研制型号、零件的名称、编号、成熟度、重量等信息,具体的属性内容可根据数据管理的需要添加。属性信息并不是下游工作所必须的输入信息,不经常被浏览,因此放在 CATIA 右键属性来管理,根据需要进行查询。

2 基于 MBD 的关联设计技术在飞机设计中的应用

MBD 数据集的内容包含设计、工艺、制造、检验等各部门的信息,是所有环节的唯一数据源,上下游人员可以在一个产品模型上协同工作,便于面向制造、面向装配数字化设计。全三维模型让后续环节的人员更容易理解设计意图,有效地改善了团队间的沟通。在关联设计环境中,所有工程师采用 MBD 技术进行产品的数字化定义,各种设计信息得到最大的共享,零部件的设计和标注非常方便,任何时候每位工程师的设计结果均会实时反映到全三维的数字样机中,以供其他专业使用。当上游专业的设计发生变化时,设计更改能够通过骨架模型自动地传递给下游,下游专业只要接受骨架模型的更新,即可实现 100% 的设计更改。在型号研制

过程中,通过采用基于 MBD 的关联设计技术,可以实现各专业间快速的迭代机制,减少设计错误,更好地保证产品设计质量。

2.1 关联设计技术定义

关联设计技术是在全三维产品定义过程中,通过参数化设计技术建立模型之间的相互依赖关系,从而实现产品研制过程中上下游专业设计输入与设计输出之间的影响、控制和约束关系,这种约束关系通过定义骨架模型实现。飞机设计过程中,设计数模更改频繁,更改量大,通过定义总体、结构、接口骨架模型,可实现总体与结构、结构内部、结构与系统、系统内部之间的设计关联和信息共享,加快协调和更改的速度。设计上游的更改,能及时反映到相关设计专业,保持设计数据的一致性^[5]。飞机设计过程中典型的骨架模型拓扑图如图 2 所示。在产品的根目录下建立总体、结构、系统的骨架模型节点,该节点下包含了该专业在设计过程中将要用到的所有关键设计输入要素(如关键的点、线或站位面)。机头部段骨架只能引用总体专业发布的前机身站位骨架和结构专业发布的接口骨架,具体的零件或模块设计则通过引用机头部段骨架和相应的部件骨架开展详细设计,完成产品定义。

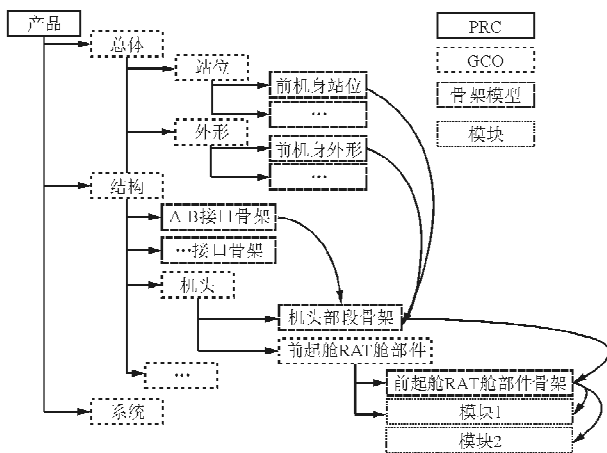


图 2 关联设计产品结构层次及关系
Fig. 2 Layer and relation of associated design product structure

2.2 骨架模型的分类

骨架模型作为关联设计的神经中枢,直接驱动着下游的零件设计,骨架模型划分是否合理,决定

着自上向下设计的成败。骨架模型划分的合理,数据更新便可在各层级骨架模型间顺利传递,并最终驱动零件数据更新;骨架模型划分的不合理,可能会导致某些骨架过于庞大,骨架模型载入缓慢,发布元素结构树很难管理,元素不集中,设计员不易查找、调用,影响设计效率,骨架模型维护困难,严重的可能导致下游数据无法更新。

骨架模型从上至下共分为四种:总体骨架、接口骨架、部段骨架和部件骨架,如图 3 所示。

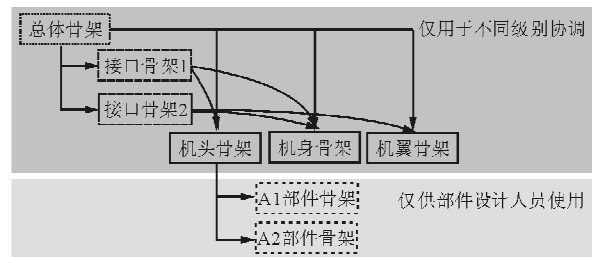


图 3 骨架模型分类
Fig. 3 Classification of skeleton model

总体骨架是其他骨架的基础,包含总体外形和整机布置站位两个部分,要先于其他骨架建立并发布,供下游建立接口骨架和部段骨架引用。接口骨架用于两个或多个部段之间对接协调区域的协调,由两个或多个部段对接协调的公用元素组成,接口骨架内的元素仅为各部段之间协调的元素。部段骨架是整个部段关联设计的基准,包含从总体骨架中引用的元素、从接口骨架中引用的各部段的协调元素、各部段细化的元素三部分内容。部段骨架中从总体引用的外形需要根据部段下游部件的特点进行适当地拆分,以便于后期部段骨架更新时可以减少影响面,部段骨架驱动下游零部件快速接收更改通知并能够进行下游的自动更新,同时保证不受影响的零件不需更新。总体骨架、接口骨架、部段骨架仅用于不同级别的协调,不得直接用于零件设计。部件骨架是下游部件内零件关联设计的基准,部件骨架由上层骨架拆分而来,是上层骨架局部的细化表达,部件骨架的数据量和发布元素减少,提高了设计效率,有利于关联设计的展开及管理,设计员只能使用部件骨架进行零件的详细设计。

2.3 关联设计的工作原理

骨架设计员和零件设计员相互协同的工作状

态如图 4 所示,图 4 还同时概括了关联设计工作流程。

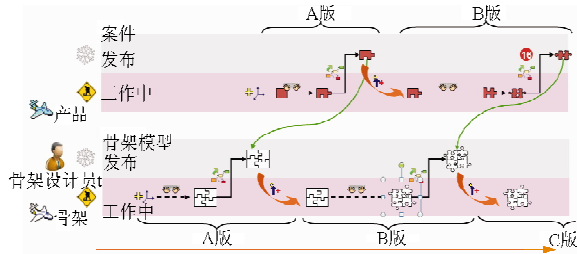


图 4 关联设计的工作原理

Fig. 4 Working principle of associated design

首先,骨架设计员创建一个新的模型,这个模型将承载设计中的关联关系,在骨架模型的设计过程中,骨架模型和产品零件之间不发生关联,当骨架模型被提升至 A 版发布时,具备了被下游引用的能力。其次,当骨架模型发布 A 版时,零件设计员可以发起设计任务,将骨架模型中的元素引用至零件中,零件和骨架之间将建立驱动关系,零件设计员将在骨架模型的控制下,进行上下文关联设计,并提升至 A 版发布。如果骨架模型发生更改,A 版零件的关联关系仍与 A 版骨架模型相关联,不能与未发布的新版骨架模型关联,当骨架模型提升至 B 版后,重新定义链接关系,将 B 版零件与 B 版骨架进行关联。

2.4 基于 MBD 的机翼肋的关联设计

在初步设计的开始,总体专业首先考虑全机总体坐标系和局部坐标系的布置,给出全机坐标系并发布,在此基础上进行外形和总体布置设计,建立全机的总体骨架模型(如站位、外形骨架模型),如图 2 所示。随着设计的深入,骨架模型不断成熟,可供结构、系统等专业引用,便可以通过发布,发放 A 版总体骨架模型。结构专业根据总体专业发布的骨架模型开始进行全机结构骨架模型的建立,如机头、机身、机翼、平尾、垂尾部段骨架模型。机翼综合产品设计团队在机翼部段骨架的基础上进行机翼主要元素(如梁、肋站位等)的布置,建立部件骨架,发布后即可开展肋的详细设计,如图 5 所示。

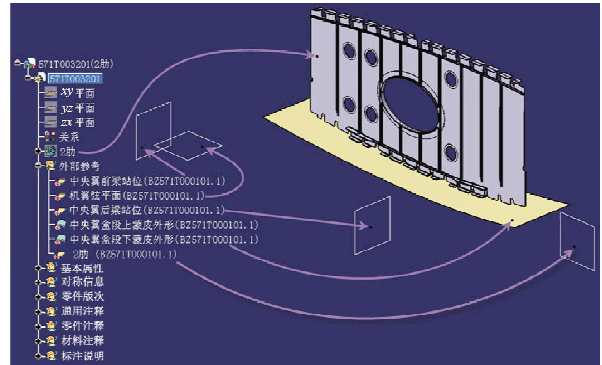


图 5 基于 MBD 的肋的关联设计

Fig. 5 Associated design of rib based on MBD

设计员首先根据 MBD 模板生成零件的结构树,并在外部参考几何图形集下将生成该零件的站位基准面和机翼外形引入,如中央翼前梁站位、中央翼后梁站位、机翼弦平面、中央翼盒段上蒙皮外形、中央翼盒段下蒙皮外形、2 肋等,当总体中央翼盒段下蒙皮外形发生变化,更改会自动从总体外形骨架传递到结构部段骨架,再传递到部件骨架,设计员只需要手动接受更新,肋的外形即可根据总体外形的变化而变化,从而完成总体和结构专业的关联设计。零件详细的结构设计完成后就可以在三维数模的基础上进行三维标注,所有的三维标注与具体的几何特征相关联,如果局部的几何特征发生更改,三维标注的尺寸信息也会自动进行更新,不用再生成和维护二维工程图,设计更改简单易行,更改传递畅通无阻,设计质量随之提高,设计周期大大缩短。

3 基于 MBD 的关联设计技术在制造中的应用

MBD 技术实施后,原有基于二维工程图的工艺体系、工装体系和检验体系将不再完全适应,必须根据技术的发展进行改革。工艺设计、工装设计和检验设计将不再通过二维图纸作为设计依据,而必须通过三维模型来获得,MBD 产品定义是集设计、制造、检验等关联过程为一体的工作方式,这种方式极大地简化了数据传递的复杂性,这使得关联设计的方法可以继续延伸到制造领域。

3.1 工艺数模与设计数模的关联设计

工艺人员在工艺设计规范的指导下,直接依据三维实体模型开展三维工艺开发工作,改变了以往同时依据二维工程图纸和三维实体模型来设计产品装配工艺和零件加工工艺的方式。工艺数模和设计数模的关系是靠几何关联进行的。与工装不同,工艺数据要求的关联关系是保证数模之间本身有关联关系,这样能够保证工艺人员可以在数据成熟过程中进行一些工艺设计,如建立毛坯、定位孔等。可以通过系统开发来实现工艺和设计数据的关联机制,使设计的更改会快速地反映到工艺数模中。

3.2 工装数模与设计数模的关联设计

工装数模和设计数模的关联是通过设计数模的引用来实现的。通过采用基于成熟度的并行协同机制,工装的设计就可以提前,在预发放数模的基础上展开设计,随着成熟度的不断提升,设计数模不断完善,工装设计也不断被细化,同时工装设计人员将反馈意见及时传递给设计人员,建立了良好的设计、制造、协调沟通机制,使设计缺陷降到最低。由于设计和工装是在统一的 VPM 系统中工作,采用 MBD 数字化定义技术,可以有效保证工装数模和设计数模上下文的关联。

3.3 检验数模与设计数模的关联设计

检验数模可以与设计数模保持一个关联关系,通过 MBD 技术,三维标注可以复制到检验数模,检验部门就可以充分利用设计数模的尺寸和公差信息,提高效率,避免重复工作。

4 结束语

全三维产品定义技术从根本上保证了产品全生命周期过程中数据源的唯一性,保证了上下游数据的无缝对接,实现了真正的数字量信息传递,使关联设计在飞机设计、制造过程中畅通无阻。通过骨架模型的定义,总体、结构、系统各专业的工作可

以并行开展,工艺、工装、检验等可以在 MBD 数据集的基础上协同工作,全三维关联设计技术使得上下游设计信息沟通更加及时、准确,有效地改善了团队之间的沟通,使设计任务更清晰,设计更改简单、快速、易行,促进了面向制造、面向装配技术的应用,减少了设计错误,提高了产品质量,缩短了产品研制周期,必将为企业带来巨大的商业效益。

参考文献

- [1] 贾晓亮. 关于 MBD 技术在我国航空制造企业应用的几点思考[J]. 航空制造技术, 2013(3): 50-54.
Jia Xiaoliang. Thinking about application of MBD technology in Chinese aeronautic manufacturing enterprises [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2013(3): 51-54. (in Chinese)
- [2] 徐圣, 刘晓明, 姚小虎, 等. 基于 MBD 的飞机数字化定义技术[J]. 科技创新导报, 2011(27): 48-49.
Xu Sheng, Liu Xiaoming, Yao Xiaohu, et al. Digital definition technology of airplane based on MBD[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2011(27): 48-49. (in Chinese)
- [3] 刘看旺. 全三维研制技术推动飞机研制体系变革[J]. 航空制造技术, 2011(1/2): 78-82.
Liu Kanwang. Promote aircraft research system reform with full 3D technology[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2011(1/2): 78-82. (in Chinese)
- [4] 周秋忠, 范玉青. MBD 技术在飞机制造中的应用[J]. 航空维修与工程, 2008(3): 55-57.
Zhou Qiuzhong, Fan Yuqing. Application of MBD on airplane manufacturing[J]. Aviation Maintenance & Engineering, 2008(3): 55-57. (in Chinese)
- [5] 刘雅星. 飞机并行协同研制模式与支撑技术探索[J]. 航空制造技术, 2010(18): 77-80.
Liu Yaxing. Study on aircraft concurrent and collaborative design and support technology[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2010(18): 77-80. (in Chinese)

作者简介:

田宪伟(1977—),男,硕士,工程师。主要研究方向:全三维数字化飞机设计技术、数字化构型管理技术。

曲直(1986—),男,高级工程师。主要研究方向:数字化质量控制。

(编辑:马文静)