

MBD技术在飞机设计中的应用

Application of MBD Technology in Aircraft Design

中航通飞研究院 曲直 田宪伟 李春威



曲直

高级工程师,研究方向为数字化质量控制及构型控制、构型审核研究。目前,主要从事 AS9100 标准体系建设及某大型水陆两栖飞机项目的质量控制工作。

近年来,以波音和空客为首的航空巨头为减少飞机研制中的设计错误,推行并行协同的设计方法,提高效率,降低成本,彻底实现设计制造无纸化管理模式,率先对基于模型的定义技术(Model Based Definition, MBD)进行了深入研究,形成了完整的MBD设计制造标准体系。从2004年开始,波音公司在787客机的设计和制造中全面应用MBD技

术,用三维数模完全取代二维图纸,MBD使三维实体模型作为新机研制过程中的唯一依据,有效提升了飞机研制的效率和质量,为企业带来了巨大的效益。伴随着国外飞机在国内转包生产,MBD技术逐渐进入国内航空企业,鉴于国外企业MBD技术的成功应用,国内各主机厂所也开始了MBD技术体系的不断探索。

目前,单纯从三维标注技术本身而言,主流的三维软件基本可以满足MBD标注的需求,但MBD技术的核心不仅仅要求MBD模型完全可以包含原先二维图纸的标注信息,更关键的问题是在MBD模型的基础上,如何面向产品研制生命周期的所有使用人员,开展并满足其使用更加方便、直观、便于理解、更加高效的产品设计信息表达方法和数据信息的

传递方式,建立一个面向产品生命周期协同研制的基于MBD模型的数字化技术体系^[1]。本文结合具体型号研制,针对MBD技术应用过程中的几个核心问题进行研究,通过基于CATIA平台的二次开发,就如何实现MBD的表达方式、数据管理、设计与制造数字化信息的无缝传递进行探讨,逐步形成企业MBD的数字化设计技术体系,有效地推进了MBD技术在型号研制中的应用。

目前,单纯从三维标注技术本身而言,主流的三维软件基本可以满足MBD标注的需求,但MBD技术的核心不仅仅要求MBD模型完全可以包含原先二维图纸的标注信息,更关键的问题是在MBD模型的基础上,如何面向产品研制生命周期的所有使用人员,开展并满足其使用更加方便、直观、便于理解、更加高效的产品设计信息表达方法和数据信息的

MBD的内涵及数据表达方式

1 MBD的内涵

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,MBD技术是将原来定义在二维图纸上的几何形状信息、尺寸与公差以及工艺信息等产品信息,集成定

义在三维实体模型中。这改变了传统上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^[2]。

2 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 3 个部分,如图 1 所示。设计模型包括外部参考、构造几何、工程几何和零件几何体。外部参考是模型中关联到其他父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,并驱动着其他线框、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 2 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的模型几何,包括了建模过程中生成的一系列特征。

注中的标注信息可与一个或一组模型特征,或某一模型特征的某一部分相关联,当模型使用者查看标注信息时,通过关联性,标注信息及相关的模型特征通过高亮显示,可以非常直观清楚地知道标注信息所表达的模型特征。为了清晰地三维环境下表达标注信息,必须先合理地确定标注平面,该平面类似于二维工程图中的图纸平面,在该标注平面下合理地组织标注的尺寸、公差、粗糙度及文本信息。标注平面根据表达的标注信息创建,当垂直于标注平面观察标注信息时,所标注的尺寸等信息应符合二维工程制图的标准。对于数量众多的标注平面,它们之间可能相互干涉和重叠,全部显示将导致整个三位模型非常混乱且不直观,不方便制造人员等下游用户使用和浏览。为了在三维模型内快速查找和使用各类标注信息,必须采用相关方法且按照一定规则对标注信息进行组织和显示管理。为此,必须采用捕获来组织标注平面。捕获是预先定义的模

型。一个三维模型根据需建立所需的捕获的数量,原则上以准确、清晰、全面反映所有信息为依据。每个捕获按一定规则命名,制造人员可以从名字上分别更改捕获所表达的标注信息。对于更改,还应建立更改捕获,对于疲劳区域、表面处理、应力划分都应建立捕获,通过标注平面和捕获,三维标注的尺寸、公差等几何信息可以被工程人员以传统二维工制图的理念来理解。

工程注释由指定的几何图形集及参数组成和表示二维图纸中的标题栏、明细表、技术要求的内容,包括通用注释、零件注释、标注说明、材料注释、热处理注释及审签信息等。对于装配件模型,工程注释还必须包括机械连接、焊接、胶接、密封等注释信息。机械连接主要是用来定义铆钉、螺栓等紧固件信息的几何图形集,飞机机体结构上用量巨大,为了简化设计、提高效率,可制定表达标准,采用简化表达方式进行定义,通过二次开发,设计员对紧固件进行批量定义,制造人员通过开发的工具提取所需要的 BOM 信息。采用 MBD 技术进行产品的数字化定义后,通过对工程注释的内容进行分类和整理,将这些非几何信息进行编号,通过二次开发,将非几何信息变成数字量,既方便设计员选取,同时也保证了设计和制造间的数字量传递。

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。

为规范设计,提高设计员的工作效率,结合型号研制需求,通过二次开发,形成了 MBD 机加件、装配件、复材件模板,设计员根据需要在模板的基础上开展相关设计。通过 MBD 数据组织规范规定了属性及注释的

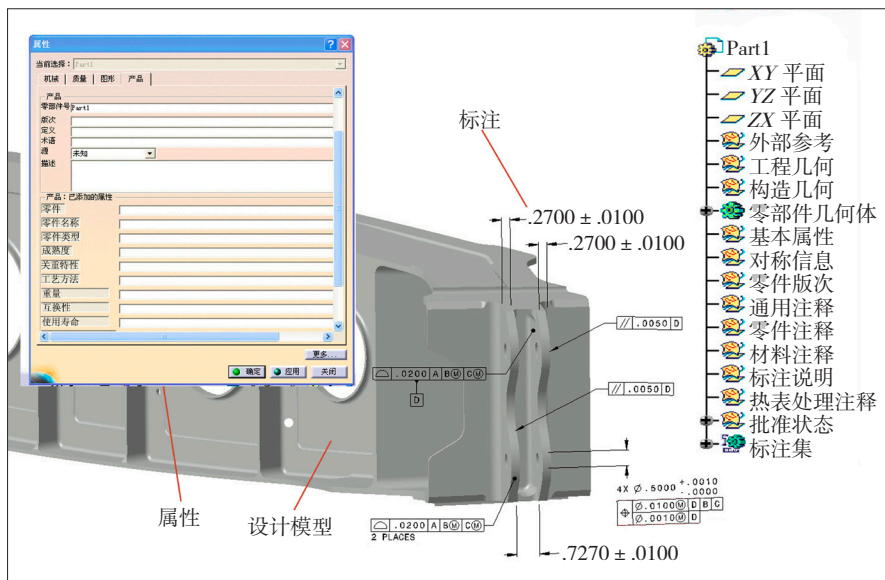


图1 CATIA环境下MBD数据集的表达方式

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。三维标

型视图,是 CATIA 软件系统中的一个视角方向的信息记录,它记录了使用者从哪个最清晰的视角观察产品的几何模型,用于帮助理解和检查模

添加内容及方式,便于工艺、工装、检验等部门根据需要提取相关制造信息。

紧固件的 MBD 快速表达方式

在飞机机体装配设计、制造过程中,需要定义及使用大量的紧固件,在传统二维工程图中,紧固件通常采用简化“点”来表示,主要在二维平面图中进行排布定义,并标注紧固件的牌号和数量,画法简单,容易实现,便于理解。但采用 MBD 技术后,如果采用实例化的方式在装配模型中表达,造成标准件数据量过大,并且飞机零部件数量庞大,设计更改频繁,会加大数据管理平台的负荷,在零件数量达到十万个的时候,数据管理平台运行不稳定,容易发生不可估量的风险。紧固件的 MBD 表达方式一直困扰着设计和制造部门,阻碍了 MBD 技术的应用。

1 紧固件的快速生成

为了降低模型数据量,在 MBD 模型中,对紧固件仍然采用点、线简化表示。简化表示给数据管理提出了新的难题,通常在 CATIA 环境下用装配模型表达装配关系,但该环境不支持紧固件的点、线画法,无法表达简化的紧固件信息,并且紧固件相关信息的如何定义和提取是实现 MBD 表达的关键技术。本文采取在装配信息模型中进行紧固件几何信息和非几何信息的表达,该装配信息模型中没有实体模型,通过引用关系把需要表达的零件连接表面形状加载到装配信息模型中,在该模型中通过建立几何图形集及参数的形式对紧固件信息进行表达。该模型以零件形式存在于数据管理系统中,命名方式采用在装配模型文件名加前缀符号的方法。装配信息模型中承载了装配模型的管理属性及所有的装配连接表达信息,如紧固件的信息,焊接信息、密封信息、胶接信息等。

紧固件定义具有重复性、规律性,如果让设计师手工利用 CAD 软件建立,枯燥、繁重、易错且费时,效率低下。通过二次开发技术建立基于标准件管理系统的紧固件简化表示数据库,该数据库和实体标准件数据库紧密关联,并可根据设计规范,定义紧固件的匹配关系,建立自定义紧固件选择知识库,方便以后选取。通过二次开发的紧固件定义工具,设计师只需要批量选取紧固件安装点和要连接的两个零件的表面,系统根据表面的法相矢量,自动确定紧固件安装方向,并根据连接面的法相距离,自动从数据库中确定可供选择的紧固件的牌号,如图 2 所示。

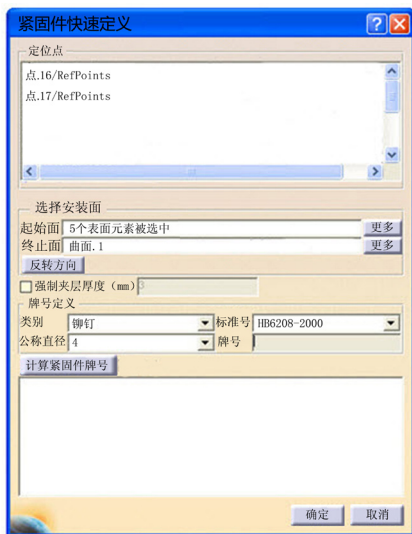


图2 紧固件的快速生成

2 紧固件的显示与统计

MBD 技术之所以能够被航空企业大力推崇,通过 MBD 模型各专业可以开展并行协同设计工作,电子样机的干涉检查更加直观、实时,是一个重要因素。通过紧固件显示工具,设计、校对、工艺、工装人员可以实时的显示、获取所定义的紧固件信息,并通过标准件数据库调用紧固件实体模型,快速显示,以便根据设计规范进行紧固件间距、边距、干涉、安装空间的检查,在设计阶段早期识别出不符合条件的紧固件,从而修改设

计,避免错误,如图 3 所示。此外紧固件统计工具可以根据需要对紧固件进行自动计算统计,并按一定的格式要求输出选用的紧固件清单及重量、中心、转动惯量等数据,供设计和制造、采购部门使用。

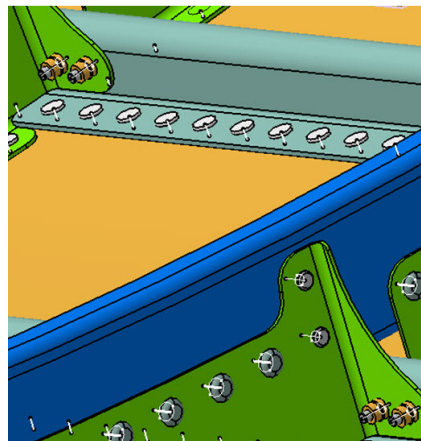


图3 紧固件的快速实例化显示

MBD 技术附注信息管理

技术附注标注是产品设计中一项重要内容。在产品设计过程中,设计需要对制造以及后续环节提出产品的技术要求,如加工要求、表面处理等要求等。一般情况下,特别是针对新的设计人员,往往参考典型的零件图纸决定本设计零件的技术附注,经常造成技术附注描述不规范,技术附注要求过高,或要求不合理等情况。这些技术附注表面上反映设计对制造的要求,实际上同时也反映产品设计制造的知识积累。具有繁杂、离散型特点的技术附注信息,在 MBD 应用中其数据的形式发生较大的变化,单靠设计师手工操作难以确保技术附注的规范性、一致性、完整性、准确性要求。在 MBD 应用中,不仅需要将技术附注等信息进行有效的管理,更重要的是将其变成数字化信息,以便为后续的制造等环节的信息系统集成提供可解析、可检索的“数字模型”。因此,必须开发基于 CAD 平台的技术附注库,实现技术附注的数字化统一编码,提供真正的

数字化 MBD 模型,提高设计人员在 MBD 模型上进行技术附注标注的效率,保证 MBD 数据集的数据规范性。

1 技术附注分类及编号

对于 MBD 数据集而言,技术附注主要分为通用注释、零件/装配件注释和标注说明。分别用字 G、P 和 M 表示。考虑到飞机型号技术附注的复杂性、多样性及扩展性,技术附注编码采用十位数字加字母的组合方式。编号由对象类别,注释类别,明细类别和顺序号构成,具体编号示例如图 4 所示。

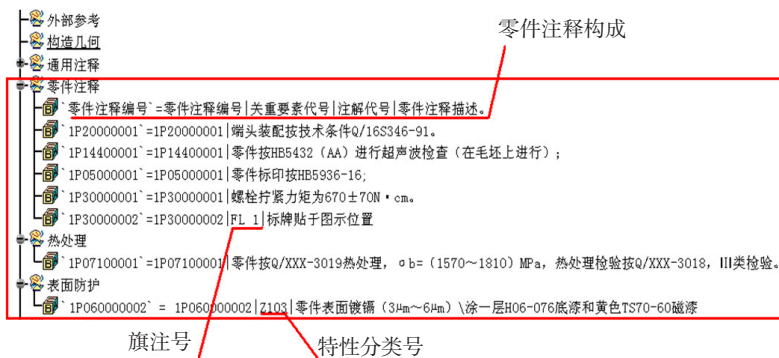


图4 零件技术附注示例

2 技术附注应用与管理

技术附注应用与管理系统是 MBD 设计技术体系的一个重要组成部分,是制造工艺等信息数字化传递

的重要手段,通过该系统可以实现单独提取 MBD 数据集中的技术附注信息,并对提取的信息进行管理,并确保 MBD 数据集中的技术附注信息与产品数据管理系统中的信息保持一致。

技术附注管理系统管理企业所有的技术附注信息,并通过统一的编码,进行分类管理。通过数据管理模块,可提供技术附注条目的增加、删除、查询、修改等功能,以及提供批量数据导入等功能。通过数据审核模块,管理人员对设计人员提交的技术

附注进行审核、编辑、删除等,逐步丰富完善企业的技术附注库的内容,使之成为企业核心的智力资产。

技术附注应用系统可通过集成

在 CATIA V5 界面的专用工具条,实现对技术附注数据库中技术附注信息的访问。设计人员使用该功能,可根据 CATIA 装配设计或零件设计不同的工作环境以及不同的材料信息,自动判断信息检索库类型;依据不同的信息检索库显示不同的搜索条件,并提供级联搜索和关键字搜索功能。所选择的技术附注条目自动添加到 MBD 数模的产品结构树上,并可对 MBD 数模的产品结构树上技术附注信息条目进行查看、删除、编辑,具体应用如图 5 所示。

结束语

MBD 技术是一种全新的、革命性的数字化产品定义技术,本文从型号研制的实际应用出发,从产品生命周期的全局考虑,对 MBD 的表达方式和数据组织管理进行了深入研究。开发了 MBD 机加件、装配件、复材件模板,规定了属性的内容及添加方法。建立了紧固件的 MBD 表达方式,并通过二次开发,形成了紧固件的快速生成、选择、检查、显示与统计工具,极大地提高了设计效率。通过对技术附注的分类及编号,开发技术附注的管理和应用系统,提高了技术附注信息的规范性、一致性,有利于形成企业重要的智力资产。通过以上 3 个方面的数字化开发,初步建立了 MBD 技术在设计阶段的应用体系,实现产品的几何信息和非几何信息表达并以数字化方式向下游传递,实现了设计与制造的无缝衔接。MBD 技术的应用是企业数字化设计技术的一次重要的提升,为型号研制带来了管理和效率上的质的飞跃。

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. 航空制造技术, 2013(3):50-54.
- [2] 周秋忠, 范玉青. MBD 技术在飞机制造中的应用. 航空维修与工程, 2008(3):55-57.

(责编 亦非)

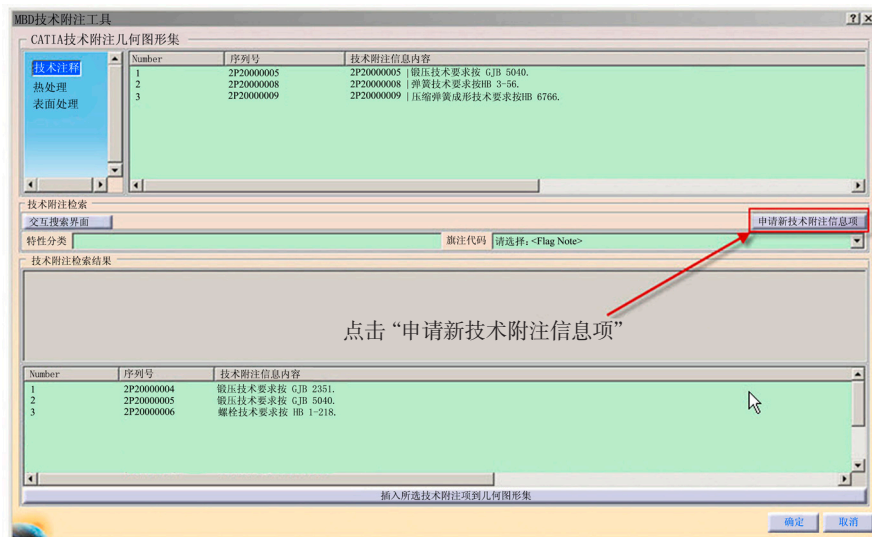


图5 技术附注应用工具