

基于 MBD 复合材料结构设计 与表达技术

Technology of Composites Structure Design and Expression Based on MBD

中航通飞研究院有限公司 孙银宝 陈娟 杨军



孙银宝

博士,中航通飞研究院有限公司科技部副部长,从事复合材料结构设计专业研究。

先进复合材料的应用技术一直引领航空航天技术的进步,在数字化技术研究应用方面,从二维图纸与模板样板结合阶段发展到目前普遍采用的三维数模加二维图纸的方式。三维数模结合二维图纸的方式通过复合材料专用设计模块(CPD或Fibersim软件)进行参数化实体建模,直观地表达了产品的立体结构、铺层信息,提高了设计效率和产品质量;

在复合材料结构设计过程中引入 MBD 数字化技术,定义、传递和管理复合材料研制过程中所包含的全部数字化信息及这些信息的关联,可以保证设计、制造数据源的唯一,从根本上改变传统的复合材料设计制造方式,大幅度地提高复合材料设计制造水平。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.14.087

同时数字化制造设备连接实现自动下料、激光铺层定位和纤维自动铺放等数字化制造,大大提高了生产效率。但由于三维建模只能表达产品的几何模型,不能表达必需的工艺信息(如设计基准、尺寸精度、技术要求等非几何信息),制造人员需要二维图纸才能把零件加工出来。然而在三维模型在转化为二维图纸的过程中,难免出现信息不对应、表达不清晰等问题^[1-4]。

1994年,波音公司在研制777飞机时就提出了无纸化的思路,逐渐演变成MBD技术,抛弃了原有的以三维为主、二维图纸为辅的设计方法,将产品图纸全部模型化,开创了

全三维数字化结构设计的先河。随着计算机技术的发展和三维CAD技术的成熟与普及,国内航空厂所大力推进MBD技术的发展。MBD技术充分利用三维模型直观、可视化和准确表达的特点,将产品全生命周期中所需的几何信息和非几何信息,以注释或属性的方式附加到三维模型中,从而使三维模型成为生产制造过程中的唯一依据,使设计人员摆脱了繁重琐碎的二维制图工作,提高了设计信息表达和传递的速度。

复合材料结构件成型与材料成型同时进行、同时完成的特点,决定了复合材料设计、制造密不可分。在复合材料结构设计过程中引入MBD

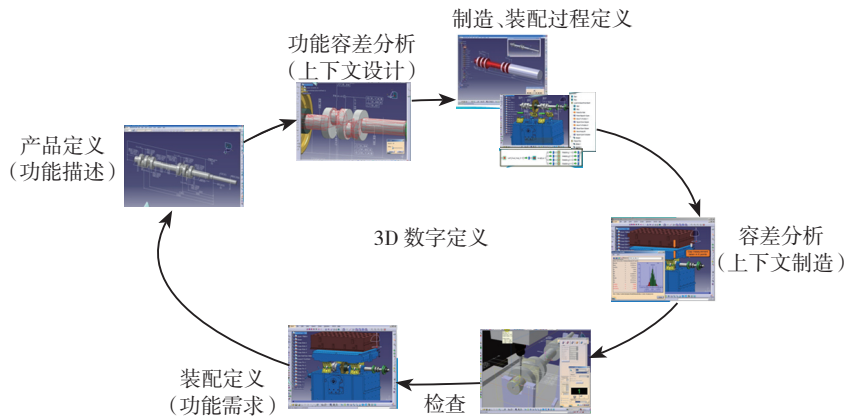


图1 MBD模型的定义

数字化技术,定义、传递和管理复合材料研制过程中所包含的全部数字化信息及这些信息的关联,可以保证设计、制造数据源的唯一,从根本上改变传统的复合材料设计制造方式,大幅度地提高复合材料设计制造水平。

复合材料 MBD 模型概述

复合材料结构设计模型为后续的分析、制造等环节提供数据输入。全三维数字化结构设计中复合材料 MBD 模型是复合材料结构设计的最终表达,并且贯穿于整个复合材料研制过程(图 1)。因此复合材料数字化建模是复合材料设计制造一体化的基础,通过 MBD 模型集成复合材料设计、分析、制造、检测所需的几何信息和非几何信息,完全摆脱传统二维设计模式,真正实现数据的唯一,使复合材料设计和表达更为简洁,更具效率^[5-6]。

采用 MBD 技术对产品数据进行表达后,MBD 产品数据模型是对产品零部件信息完整描述的数据集。该数据集关联了产品的三维几何信息、零件信息以及描述一个产品所必需的尺寸、公差和注释信息。按照 MBD 模型信息的组成,MBD 模型采用产品结构特征树的方法来组织和管理所有模型的几何信息和非几何信息。MBD 产品结构特征树通过关联各种类型信息节点的方法,有效地

组织了 MBD 模型中的设计模型、标注和属性等信息,解决了大量设计数据的组织管理问题。

几何信息

零件模型几何信息描述产品形状、尺寸信息等。几何信息包含基准、标注平面、尺寸、几何图形公差、注释、粗糙度、连接定义、标注辅助几何元素、捕获等。几何信息除了在三维实体上标注外,还在结构树上自动生成节点。复合材料三维标注在保证设计要求的前提下,尺寸标准应有利于加工检测。尺寸标注允许简化,如按一般公差制造的尺寸可在三维模型中不标注。为了在三维模型中快速查找与使用各类信息,必须采用相关方法和按照一定规则对标注信息进行分类管理和显示。在 CATIA 系统中,采用捕获方式来实现这种需求。捕获是预先定义的模型视图,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型。三维模型应根据需要建立所需捕获的数量,原则上应准确、清晰、全面地反映所有信息。每个捕获面应有明确的标识,应使用最能描述视角所反映信息的类型进行标识,如标注信息的特性与类型、视角方向等。所有的捕获信息组织在标注集节点下的捕获分类节点中,以达到方便管理和后续应用的目的。一般情况下至少要有 3 个捕获,只表达几何模型的捕获,包含几何模型和标注基准的捕获,包含几何模型、标注基准、全部尺寸标注的捕获;如果发生更改,还应建立更改捕获。如果是关键件和重要件,则需建立关键件特性捕获。某型飞机复合材料层合板结构设计的捕获项如图 2 所示。捕获内容包含基本视图、铺层坐标系、贴膜面、铺层定义、玻璃布、基准视图、胶接区域、无损检测 B 区等信息,这些信息在标注集中进行统一管理。

1 材料信息

复合材料构件因其自身的特殊性,其主要特点为材料可设计性。在用 CATIA V5 进行复合材料结构设计之前,应建立统一的材料库,材料库中应包含设计所需的所有材料,且每种材料的物理特性应与实际特性一致。材料属性中应包含材料名称、材料类型、固化前厚度、固化后厚度、纤维宽度、单位面积重量、密度、铺层方向等信息。若可以还应包含材料标准或规范名称、毛料尺寸以及允许

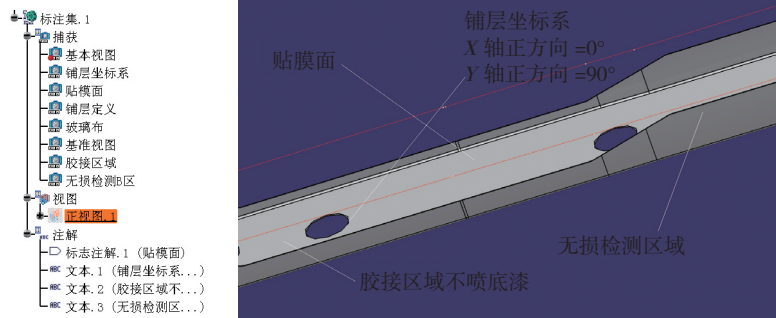


图2 捕获内容标注集

替换的材料名称。

复合材料零件不同于金属零件处在于可能不只包含一种材料,如混杂复合材料零件、蜂窝或泡沫夹层复合材料零件等。蜂窝夹层结构包含上、下面板材料,蜂窝材料,还有面板与蜂窝胶接的胶层材料,如果考虑到密封因素还可能包含封边材料;如果要对蜂窝芯加强还可能包含发泡胶材料;如果蜂窝需拼接还包含拼接胶材料;如果零件为飞机外表面,可能还包含防雷击胶膜等;如果需要考虑与金属材料的电化学腐蚀问题还可能包含玻璃纤维材料,因此复合材料零件赋材料的方法不能简单照搬金属零件赋材料方法。某型飞机复合材料零件的材料信息如图3所示。

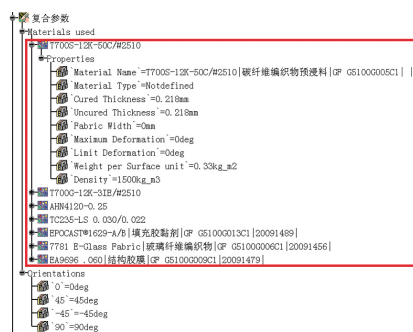


图3 材料属性信息

2 铺层信息

铺层是复合材料构件的基本元素,对构件力学性能具有决定性的影响,因此对铺层状态的精确定义和准确控制是复合材料构件设计最重要的目标之一^[7]。复合材料不同部位的载荷条件和结构形式不相同,需设计的铺层角度、铺层比例和铺层顺序不一致。同时,也需要有良好的复合材料铺层厚度和铺层顺序,使得不同位置的复合材料铺层设计协调^[8]。

复合材料结构建模的核心是铺层设计。铺层包括铺层材料、铺放表面、铺层边界、铺层原点、铺放角度和铺放顺序等数据。其中铺放表面、铺层边界和铺层原点分别与相应的几何特征相关联,铺设角度定义铺层纤

维的铺设方向。所有铺层的定义数据按照铺放顺序组织在一起构成复合材料构件的材料铺放数据,定义材料的内部结构^[6]。每一层的铺层信息是相对独立存在的,每一层的铺层信息应在结构树中进行清晰表达。不同的铺层角度应设置不同的颜色以示区别。铺层坐标系应建立在当前铺层区域内,建模过程中应用到的坐标系应与标注中的坐标系保持一致,一般情况下,X轴正方向设定为0°方向,Y轴方向设定为90°方向。1个铺层集对应1个坐标系,当一个零件的铺层由若干个铺层集组成,且用1个坐标系无法表达清楚时,需分别建立独立的坐标系。铺层的边界应反映真实的零件边界,且应考虑工艺部门铺贴、装配余量的要求,以减少工艺部门制造数据集的设计时间,缩短零件的研制周期。

非几何信息

为满足工艺制造、装配、检测等要求,MBD三维模型还应包含相关的非几何信息。非几何信息标注在结构树上。非几何信息包括模型属性、对称信息、更改说明、通用注释、零件注释、旗注说明、热表处理注释、装配注释等信息。模型属性信息主要指零部件的编号、名称、成熟度、零部件类型、特性分类、重量等。对称信息指零件是否为对称件的说明。更改说明记录更改的相关信息。通用注释是对零件的一般描述和说明的几何图形集,不要求关联性,主要包含企业标识、知识产权、密级控制、生产控制、出口控制等通用类信息。零件注释是零件制造所需要的工程注释,主要包含一般公差、未注圆角、标印标记、制造工艺、检测方法等信息。旗注说明指模型中旗注的详细说明,旗注仅适用于模型的局部区域。热表处理主要指零件的表面处理、热处理以及表面防护等要求。如果是装配件还应包含装配注释,装配

注释主要指表面质量、装配工艺等信息。

结束语

基于MBD的复合材料结构设计通过MBD产品结构数据集组织和集成三维模型的几何信息和非几何信息,完整地表达设计、分析、制造、检验等复合材料研制过程中所必须的信息。复合材料结构与金属结构建模表达的区别主要在于复合材料结构构件包含铺层信息的表达,以及多种材料信息的表达。基于MBD的复合材料结构与表达技术,不仅清晰地反映了复合材料结构件的材料及铺层的信息,而且避免了复合材料三维模型向二维图纸转换的繁琐和失误,保证了数据表达的唯一性和正确性,从真正意义上实现了复合材料设计制造一体化,提升了复合材料设计的效率,缩短了复合材料产品研制周期。

参考文献

- [1] 殷宏,张立旻,曹景斌.复合材料件基于MBD的数字化定义技术研究.第17届全国复合材料学术会议论文集.2012:159-162.
- [2] 宁俊义.MBD模式下复合材料设计信息的表达和传递.第17届全国复合材料学术会议论文集.2012:163-169.
- [3] 梁勇芳,张友强.复合材料数字化技术的研究进展与应用.塑料工业.2009,37(12):1-4.
- [4] 白彬,朱文华,李宝瑞,等.设计MBD模型及其在特征加工中的应用.现代制造工程.2014(3):95-99.
- [5] 徐荣欣,张庆茂,杨军.复合材料构件数字化建模技术研究.航空制造技术.2010(9):64-67.
- [6] 张丽华,范玉青.复合材料构件设计、分析、制造一体化.宇航材料工艺.2010(1):15-18.
- [7] 戴棣,梁宪珠,陈利平.计算机与复合材料构件制造过程的模式转变.航空制造技术.2006(1):46-49.
- [8] 陈娟,王咏梅,田宪伟.基于骨架模型的复合材料结构设计研究.航空制造技术.2013(15):48-50.

(责编 亿霖)