

材料信息在MBD数据集中的表达与集成应用研究

田宪伟,王咏梅

(中航通飞研究院有限公司,珠海 519040)

[摘要] 对金属材料、非金属材料、复合材料零件在 MBD 模型中所需的材料信息进行了分析,结合 CATIA 模型的不同建模方法给出了材料信息定义方式。从管理及工程应用两个维度开展基于全生命周期的材料库管理及应用系统建设,用数字化方法加强设计阶段的选材控制。将模型中的材料信息粒度化,根据不同的使用需求,通过对材料库数据重构,为设计、强度、重量等专业提供唯一材料数据源,制造部门可充分利用 MBD 模型中的材料数据重构 MBOM,从而达到对材料信息在全生命周期的集成应用。

关键词: 基于模型的定义; 材料库; 材料信息定义; 数据重构

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2017.11.076



田宪伟

高级工程师,研究方向为异地协同数字化设计、设计制造一体化并行工程、MBD 技术、CAD/CAE/CAM/CAPP 集成化应用、产品全生命周期管理、企业 PDM 系统实施、数字化构型管理、标准化等。

MBD 技术在波音 737-NX 飞机上的成功应用在飞机设计制造一体化领域掀起了一场变革,MBD 自国外民航转包生产引入中国以来,国内北航等高校先后开展了基础研究。文献 [1-2] 对 MBD 模型的表达

方式进行了研究,文献 [3] 对技术注释在 MBD 模型中的表达进行了初步解析,文献 [4-6] 表明了国内航空研究所在型号研制过程中开始了 MBD 技术应用的尝试,并在技术注释、标准件的简化表达及面向 MBD 模型的构型管理方面经过艰难的探索过程,取得显著效果。国标委在标准层面参考 ISO16792 标准的基础上,发布了国家标准《技术产品文件—数字化产品定义数据通则》(GB/T 24734-2009),用以规范国内企业的 MBD 技术的应用,目前主流的三维 CAD 系统也都开发了三维标注的模块,如 CATIA 的 FAT 模块,以支持三维标注的应用。文献 [7] 提出了 MBD 工序模型快速生成方法,尝试用 MBD 工序模型取代传统的二维工艺卡。文献 [8] 对 MBD 技术应用中出现的问题进行了归纳总结,文献 [9] 在 MBD 技术应用的深度方面进行解析,为 MBD 技术的深入应用给以启示。

笔者在民用大飞机适航取证过程中发现,国内的几个重点民用飞

机型号均采用了 MBD 技术,设计所 MBD 技术应用程度较深,在局部应用方面有所突破,但在制造领域的应用还不够深入,MBD 应用缺少顶层设计,标准规范还不够健全,设计的数据源不唯一,制造厂对设计所提供的数据元无法直接重构利用,尤其在进行 BOM 提取、构型审核时,设计构型和制造构型差异对比分析仍缺少先进的方法和手段,MBD 集成应用所带来的变革要想获得成功需要在原有二维图纸模式基础上进行多方面的革新,并进行数字化、系统集成。本文从材料信息的表达入手,开展面向全生命周期的材料表达与数据管理研究,探索面向适航取证的 MBD 集成应用路径。

材料信息 在 MBD 模型中的定义

基于模型的定义 MBD (Model Based Definition) 是使用三维实体模型及其关联数据来进行产品定义的

方法,这些数据的集合也被称为数据集,它们包括总体尺寸、几何尺寸和公差、组件材料、特征和几何关系链接、轮廓外形、物料清单、工程说明和其他细节。在传统的以二维为辅、三维模型为主的研制模式下,材料信息只在图纸或 BOM 中给出简单的材料名称或牌号信息,材料信息量小,不能满足设计、制造的全面需要,重量计算需要材料密度和模型的体积等信息,强度计算需要材料性能曲线,这些信息都需要相关人员查询材料手册或手动计算重新输入。MBD 理念下的材料信息管理需要突破传统的文件数据集管理粒度,穿透到文件数据集的内部,挖掘 MBD 数据集的表现力,将材料信息粒度化、分散定义,通过三维设计软件和 PLM 软件的集成实现单一控制权限下统一格式的集中工程数据定义、管理和再利用。

1 金属材料信息的定义

MBD 数据集的材料信息可分为:(1)零件设计要求所使用的材料名称、种类、牌号、热处理状态、规格;(2)总体重量专业计算重量所需要的密度数据;(3)零件制造单位所需要的材料毛料尺寸;(4)采购部门进行材料采购所依据的材料规范;(5)设计部门规定的在材料性能满足要求的情况下,制造部门可使用的替代材料;(6)强度计算部门所使用的材料性能数据,如屈服强度、泊松比、应力应变曲线等。对于以上材料信息,

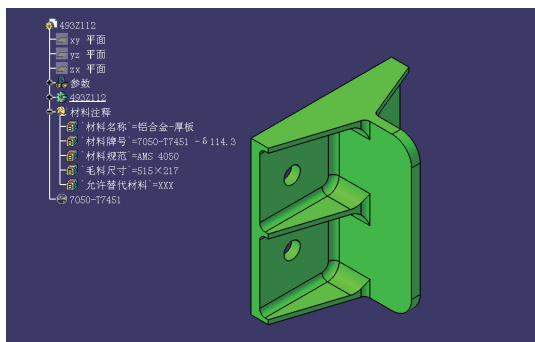


图1 材料信息在金属零件中的表达

Fig.1 Definition of material information in metal part

在 MBD 模型中可采用显性或隐性的方式表达,材料的性能、密度数据以材料球的方式在模型中进行隐性表达,这些信息可直接作为重量、强度专业的设计输入数据。材料名称、牌号、规范等信息在三维软件 CATIA 中可采用建立几何图形集并配以参数的形式显性规范表达,如图 1 所示。为实现以结构化 BOM 数据为核心基础的产品数据管理,对材料信息进行粒度化分解组合,将材料名称和种类归为“材料名称”类,将材料牌号、热处理状态、规格归为“材料牌号”类,材料规范、毛料尺寸是工艺及采购部门直接需要的数据可单独作为一类。粒度的大小取决于产品数据管理的需要和企业生产管理能力。粒度越大,生产制造、采购等需要对材料信息进行人为或信息化处理,重构 BOM 越难,管理越粗放,成本越高。粒度越小,后期重构 BOM 越容易,更利于精细化管理。

2 非金属材料信息的定义

在装配件中,经常需要表达密封、焊接、胶接定义,MBD 模式下必须建立相应的辅助耗材表达方式,让制造单位以直观的方式读出设计意图。密封区域用近似的几何形状表示,如包络体或曲面。包络体或面片以特殊颜色和透明度表示,每个密封定义项所定义的密封要求适用于所有与该密封定义项相关联的密封对象,当密封对象的要求发生变化时,则要生成新的密封定义项。在密封

定义项下定义“密封材料”数据集,该数据集的定义可以与定义金属材料的方式相同,如图 2 所示,以参数形式定义密封长度、厚度,通过自动计算方式给出重量数据。

3 复合材料信息的定义

复合材料结构铺叠成型的“增材”制造模式决定了复合材料零件的材料定义方式与金属零件的完全不同。主流复合材料专用设计软件主要有 Fibersim 软件和 CATIA 的 CPD 模块,为了实现复合材料的自动化下料、自动铺层等数字化制造方式,在软件中结合复合材料的设计方式,内嵌材料属性的表达方式(图 3)。但其材料信息还不足以全部表达复合材料成型所用的全部材料信息,必须对软件自带的材料库进行扩展,并在结构树中参考金属材料、非金属材料的表达方式定义蜂窝拼接胶材料、面板与蜂窝胶接的胶层材料、蜂窝芯加强所用的泡胶材料、封边材料等。铺层设计完成后还应根据铺层的面密度,铺层的厚度计算出零件重量组后根据重量和体积给出拟合的材质球,系统根据材质球,自动进行重量、重心及转动惯量的计算。

材料库功能架构及基础数据的构建

1 材料库基本功能架构

面对品种繁多、快速发展的航空航天材料,设计工程师要花费大量的时间和精力去查找材料规范确定

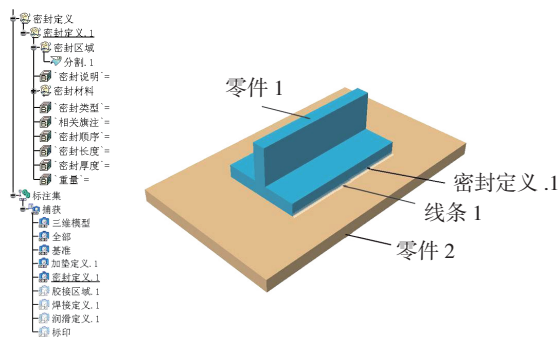


图2 非金属材料信息在装配件中的表达

Fig.2 Definition of material information in nonmetal part

材料,并在设计分析过程中应用材料。在材料的开发、生产、流通和应用过程中涉及到物和信息的大量流动必须记录与规范。通过建立材料数据库系统可实现用数字化手段对材料数据进行高效、统一的管理。材

料与管理系统功能模型如图 4 所示,材料包括金属材料、非金属材料和企业符合标准的材料实例,也包括企业自用的复合材料。完善的材料数据库系统可以提供工程材料数据的单一数据来源,保证被引用的材料数据

齐全、准确。同时,通过材料数据库系统可以使各型号材料数据共享、复用和查看,使得设计人员可快速、方便地对其进行检索并导入到设计和仿真工具软件中。工程材料数据库系统的建设思路是以网络服务和数据库为支撑,采用 B/S 架构和 CAD/CAE 软件接口相结合的方式对材料数据进行管理和应用,相关人员可通过浏览器对材料数据库系统进行访问进而对材料数据进行管理, CAD/CAE 软件接口方便了设计人员直接调用工程材料数据库系统中相关的材料数据。

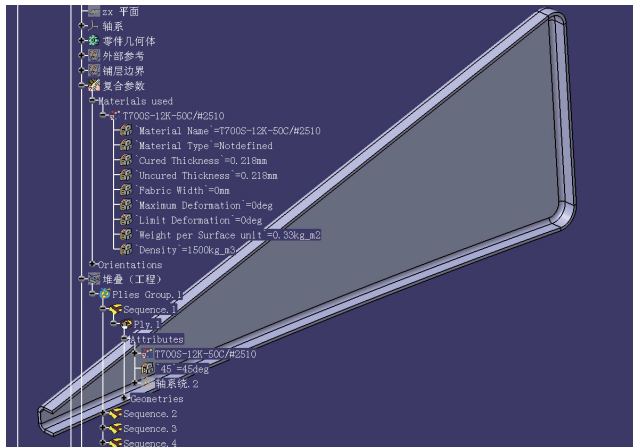


图3 复合材料信息的表达

Fig.3 Definition of material information in composites part

2 材料库基础数据的建立

以《工程材料实用手册》为蓝本,建立材料基础数据库。针对材料的牌号和种类繁多、性能数据复杂多样的特点,统一定义材料的分类,采用配置的方式定义材料的基本信息属

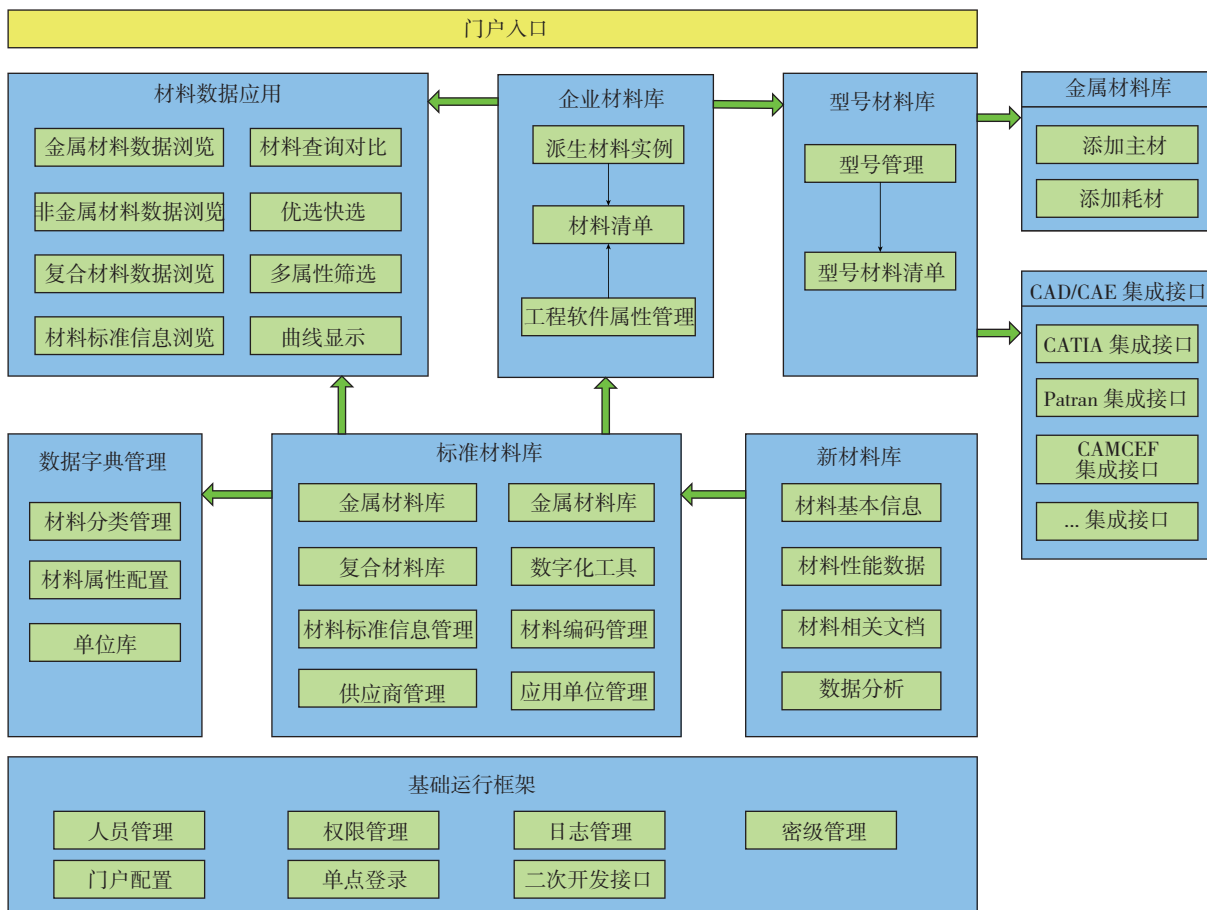


图4 材料库功能模型

Fig.4 Function model of material library

性和性能数据属性,实现属性定义的灵活性和扩展性。材料分类可根据材料属性对材料种类进行集中统一定义;品种及代号、供应制造状态、供应热处理状态、材料标准信息管理等对相应的材料属性进行管理,以供材料标准库和材料实例库引用,单位库中定义的单位能够直接被数据项所引用;供应商管理和应用单位管理可以对材料的供应商和应用单位进行统一集中的管理。材料库为型号材料数据的标准化管理以及型号研制过程中的结构设计、强度计算分析、试验、技术状态管理提供单一材料数据源,实现以型号为中心的材料选用控制和管理;并与企业现有的 CAD、CAE 系统进行综合集成,在各种应用中快速调用材料数据。

材料信息的集成应用

1 材料信息在MBD模型中的应用

材料应用主要包括型号管理、材料查询、材料对比以及 CAD/CAE 软件接口。型号管理以型号研制的材料数据应用为主线,在型号管理中按型号列出材料的使用情况,描述材料选用的经验和方法,实现型号研制的材料数据的应用管理,积累和重用型号材料应用知识;材料查询功能提供多种形式的查询和检索功能,工程师基于 Web 端使用浏览器翻阅材料规范,查看材料的性能、价格及使用经验数据;材料对比功能以直观的方式显示材料性能数据的差异;在 CATIA/VPM 软件中内嵌 MBD 建模规范,工程师在 CAD 中直接选用材料,系统自动按照 MBD 建模规范进行材料属性信息的添加和组织,通过材料库和 CATIA/VPM 接口实现材料库中材料信息直接调用到 MBD 模型中。

2 材料信息在CAE软件的应用

在飞机设计过程会大量使用 CAE (NASTRAN、PATRAN、ANSYS 等)工具,在结构设计和型号产品仿

真时,会用到工程材料物理或化学方面的性参数,为了确保工程材料的正确性、标准性和及时性,设计仿真人员必须首先和标准化人员进行沟通,由标准化人员给出材料参数标准和具体的参数值或范围,由设计仿真人员手工录入到设计仿真模型中,在这个过程中,由于快速迭代的需要,可能要多次迭代过程,这意味着每一次迭代都要手工输入工程材料数据,这种做法产生了几个严重的问题:(1)工程材料的标准由标准化人员来确认、给出,由设计仿真人员手工输入,可能存在工程材料不及时、不正确、不准确的现象;(2)事后无法与具体的标准实时对接,仍需要手工对接,费时、耗力;(3)手工输入太麻烦,工作量较大。因此,可以定义规范的数据格式,建立 CAD 与 CAE 能够识别的材料数据的接口,通过材料库输出 CAE 工具软件所需的材料数据,在从 CAE 软件接口将工程材料标准数据引入 CAE 工具软件中,既实现了工程材料的统一性、标准性,又能共享、复用标准材料,降低 CAD/CAE 中工程材料的错误。设计仿真模型

里的工程材料与材料标准数据来自于同一个数据源,二者建立关联,既可以实现更新,又可以实现数据关联和追溯。如图 5 所示,建立材料库与 PATRAN 的材料数据定义原理与数据导出导入原理,在材料库管理及应用中开发 PATRAN 材料数据导出接口,通过该数据接口进行材料数据的更新和下载,CAE 工程师将从材料数据库生成的文件导入到 CAE 软件开展计算工作,从根本上保证材料数据的一致性。

3 材料信息在制造部门的应用

材料信息的粒度化为制造部门使用材料信息带来了便利,设计不需要向制造单部门发放 EBOM。通过在 VPM 中建立属性映射机制,将 MBD 模型结构树中粒度化的材料信息与 VPM 中模型属性信息建立一一对应关系,在模型存储时直接存储在数据库中。在与供应商间的数据传递时,以规范的 .XML 文件格式建立数据包,这种格式化的数据可以再次被导入到供应商的系统中,供制造部门使用。制造部门可根据 MBD 模型中的信息或 VPM 系统中的属性

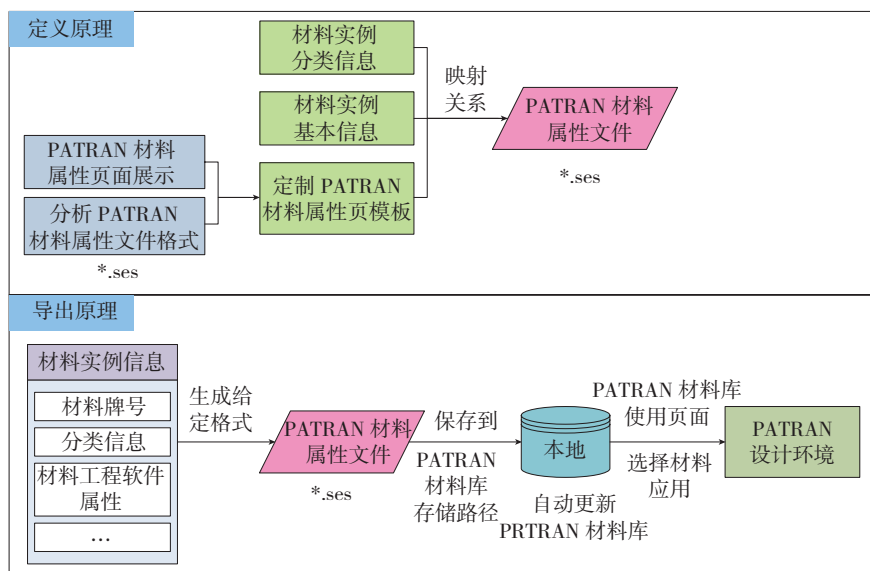


图5 材料库与CAE软件的材料数据定义与导出原理

Fig.5 Importing and exporting model of material information between material library and CAE software

信息,按 MBOM 格式直接通过使能工具实时提取属性信息自动化生成 MBOM。同样通过对工艺 MBD 模型和制造 MBD 模型的粒度化改造,并在产品生命周期管理软件(Product Lifecycle Management, PLM)中实现基于 MBD 模型的设计、工艺与制造协同、集成、信息对比和差异分析,将关联化的数据进行数字化提取来满足生产管理和适航取证需要,既提高了效率,又保证了数据的正确性。

结束语

本文从材料信息在 MBD 模型中的表达方式入手,对金属材料、非金属材料、复合材料零件对材料信息需求进行分析,结合 CATIA 模型的不同建模方法给出了材料信息的定义方式,并从管理及工程应用两个维度开展基于全生命周期的材料库管理及应用系统建设,力图通过数字化方式加强设计阶段的选材控制,并将模型中的材料信息粒度化,根据不同的使用需求,通过数据重构提取设计和制造所需的材料信息,从而达到对材料信息在全生命周期的集成应用,充分挖掘 MBD 技术的内涵与潜力来促进飞机数字化研制水平的提高。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 卢鹤,韩爽,范玉青. 基于模型的数字化定义技术[J]. 航空制造技术,2008(3): 78-81.
- [3] 王宏,于勇,印璞,等. 基于关联规则的 MBD 数据集定义研究与实现[J]. 北京航空航天大学学报,2015,41(12): 2377-2383.
- [4] 曲直,田宪伟,李春威. MBD 技术在飞机设计中的应用[J]. 航空制造技术,2015(12):2377-2383.
- [5] 田宪伟. 基于 MBD 的数字化设计基础资源库应用探索[J]. 航空制造技术,2016(13):58-62.

TIAN Xianwei. Discussion about application of MBD resource library for digital design[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2016(13):58-62.

[6] 田宪伟. 基于 MBD 的构型管理在飞机研制中的研究与应用[J]. 航空制造技术, 2015(S2):7-11.

TIAN Xianwei. Research and application of configuration management based on MBD in aircraft development[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2015(S2):7-11.

[7] 赵鸣,王细洋. 基于体分解的 MBD 工序模型快速生成方法[J]. 计算机集成制造系统, 2014,20(8):1843-1850.

ZHAO Ming, WANG Xiyang. Rapid generation Method of MBD process model based on volume decomposition[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2014,20(8):1843-1850.

[8] 莫蓉. MBD 技术应用中的若干问题思考[J]. 航空制造技术,2015(18):26-29.

MO Rong. Reflection on problem in MBD technology application[J]. Aeronautical Manufacturing Technology,2015(18):26-29.

[9] 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):50-54.

通讯作者: 田宪伟, E-mail: xianweitian@163.com。

Research on Material Information Definition in MBD Data Sets and Integrated Application

TIAN Xianwei, WANG Yongmei

(China Aviation Industry General Aircraft Institute Ltd., Zhuhai 519040, China)

[ABSTRACT] Some of material information for metal, nonmetal and composites parts in 3D model is analyzed. The method of material information definition is discovered according to different CATIA modules. The management and application system of material library based on PLM (Product Lifecycle Management) is researched from two dimensionality, management and engineering application. The digital controlling method is used to choose material in aircraft designing. The data of material is disaggregated into particles. It is the uniquely data resource for designer and CAE analyzer. The technologist can reorganize the data of 3D model into MBOM. So, the material information can be integrated and applied in the product life cycle.

Keywords: Model based definition; Material library; Definition of material information; Reorganized data

(责编 大漠)