

基于全三维设计的航空紧固件信息表达

郭建焯, 辛宇娟, 屈力刚, 杨野光

(沈阳航空航天大学航空制造工艺数字化国防重点学科实验室, 沈阳 110136)

[摘要] MBD 模型将产品的设计、制造、检验、装配信息集成化, 成为全三维设计过程准确、实时、可追溯到单一数据源, 实现三维数字化制造、装配无纸化。占飞机整体零件数量半数以上的紧固件, 种类繁多、造型复杂。针对紧固件信息设计、装配效率、准确率低的特点, 提出了基于 MBD 的航空紧固件 3D 点线表达方式, 分析航空紧固件及其相关信息的结构化管理组织方式, 设计人员综合考虑零部件位置、载荷要求、变形程度等因素, 确定紧固件型号, 形成以 3D 点线形式表达紧固件并可直接交付装配部门的装配文件, 使紧固件装配设计流程正规化、标准化。

关键词: MBD; 航空紧固件; 装配信息; 单一数据源; 全三维设计

Information Expression for Aerospace Fasteners Based on Full 3D Design

GUO Jianye, XIN Yujuan, QU Ligang, YANG Yeguang

(Key Laboratory of Fundamental Science for National Defense of Aeronautical Digital Manufacturing Process, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China)

[ABSTRACT] During full 3D design process, MBD model has become a accurate and real-time single data source, which integrate into all kinds of information about design, inspection, manufacture and assembly. MBD model realizes digital manufacturing and assembly, without two dimensional drawings. Fasteners have various types and the number of fasteners is more than half of the total number of parts. Based on the characteristics of low design & assembly efficiency and low accuracy of fasteners, this article introduces a new expression for fasteners, analyses the organization of the relative information about the fasteners to establish standardized design & assembly expression. To consider all factors, such as the position of the components, the load demand and the degree of deformation, designers decide the specifications of fastener and use 3D point-line to express the fasteners under the relative assembly file, which makes design & assembly expression for fasteners standardized.

Keywords: MBD; Aero fastener; Assembly information; Single data source; Full 3D design

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2016.20.101

计算机技术的发展,使得三维模型更具表现力。20世纪80年代,三维技术已应用于发达国家的产品设计和生产中。21世纪初,电子样机技术的规模化应用取得了显著效益。基于CAD的虚拟样机技术,提高了设计协调性,设计意图通过三维模型进行协调和匹配性检查、运动机构仿真、分析仿真,实现了所见即所得,降低劳动强度、提高设计质量、减少设计返工,实现100%的三维建模和100%的数字化虚拟装配。但是,以三维为手段的飞机产品研制模式,并没因其诸多优势很快替代传统的以二维图纸为手段的研制模式^[1]。因为大多数企业或者公司对MBD技术的理解,只是说把二维纸质上的产品各方面信息,照模照样搬到数字化的三维模型中,不能达到使其设计信息数字化程度变高^[2]。因为没有对零散的产品相关信息进行归纳和整理,就会出现数

据冗余,实用性不强,这样就使得后面对产品制造和加工的工人很难读取必要的信息,造成产品周期加长,降低生产效率^[3-6]。

基于MBD的全三维设计,MBD模型包括飞机功能/性能模型、空间几何模型、制造工艺模型、支持维护模型^[7]。MBD涵盖了产品设计、制造、维护整个生命周期,其中面向设计和制造的空间模型是MBD的基础^[8]。因此,通常意义上的全三维设计通常是面向制造的三维模型的建立和应用。占飞机整体零件数量半数以上的紧固件,其生产制造已自成规模。设计人员主要考虑的问题不是紧固件生产制造问题,而是紧固件快速选型以及装配问题^[9]。设计人员综合考虑零部件位置、载荷要求、变形程度等因素,在遵循各类紧固件选用规则的要求下,手工查阅三四百页的紧固件手册,确定紧固件规格

型号; 在对应的飞机零部件模型中, 采用“点线”表达紧固件, 使紧固件与飞机零部件形成统一整体。汇总紧固件规格、数量, 输出采购清单, 交付采购部门。最终, 装配人员根据其设计意愿完成紧固件装配工作。

1 航空紧固件的 3D 点线表达

紧固件尺寸小, 数量庞大, 采用传统的基于 MBD 的三维模型来表达紧固件, 对电脑硬件有很高要求, 费时费力; 并且各个航空企业针对自身研发的机型, 都有自成系统的一套紧固件手册, 紧固件数据不一致导致模型通用性较差、建模成本高^[10]; 其次, 相对于飞机零部件而言, 紧固件尺寸过小, 紧固件三维模型的建立并不会使其对于装配人员更直观、准确。紧固件种类繁多, 数据繁琐, 设计人员手工查阅方式效率低且准确率难以保证; 设计人员主要确定紧固件几何信息, 非几何信息的表达(如装配技术要求、开口销类型、润滑、热处理、表面处理等)对装配过程也有重要影响。针对航空紧固件设计、装配存在的问题, 决定规范化紧固件信息表达。

基于 MBD 的三维模型信息分为: 几何信息、非几何信息。在遵循 MBD 信息集成化的原则下, 采用“3D 点线”方式表示航空紧固件。其中, 点的物理属性代表紧固件的安装位置; 直线的物理属性包括长度, 代表紧固安装前/安装后的轴向尺寸; 方向代表紧固件的安装方向。图 1 表示基于 MBD 的紧固件信息分类。图 2 为紧固件 3D 点线表达示意图。Catia 软件环境下紧固件 3D 点线表达如图 3 所示。

2 基于“夹持组”的紧固件信息管理

“点线”方式是针对单个紧固件的信息表达方式。面对同一机型研制过程中数以万计的紧固件, 需建立一种宏观角度上更为合理的紧固件管理方式。利用 Catia 的 .CATPart 文件实现紧固件相关信息的存储; 根据

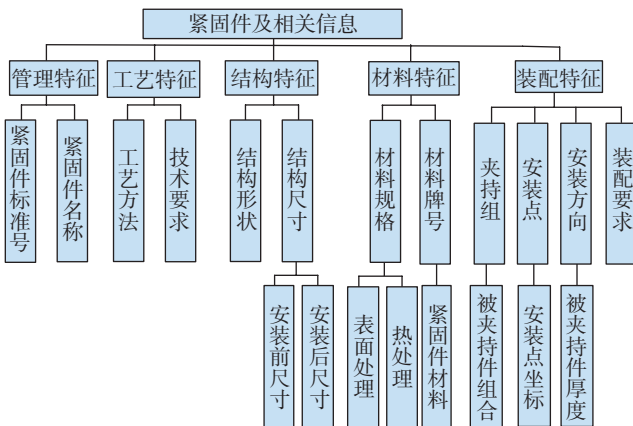


图1 紧固件信息分类
Fig.1 Classification of fasteners information

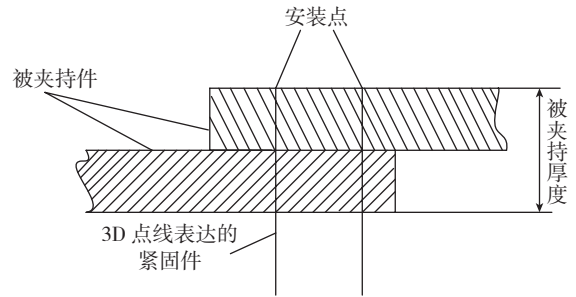


图2 紧固件3D点线表达示意图
Fig.2 Schematic diagram of 3D point-line expression for fastener

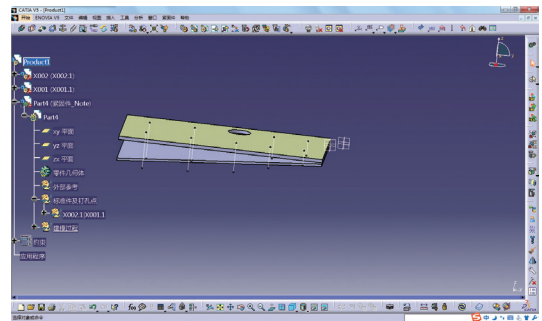


图3 Catia软件环境下紧固件的3D点线表达
Fig.3 3D point-line expression for fastener under Catia

Catia 特征树的理念, 确定以“夹持组”为基础进行紧固件信息的分类管理。CATPart 文件特征树逻辑结构如图 4 所示。其中, 重要节点介绍如下:

(1)建模过程: 存储紧固件选用过程中产生的一些

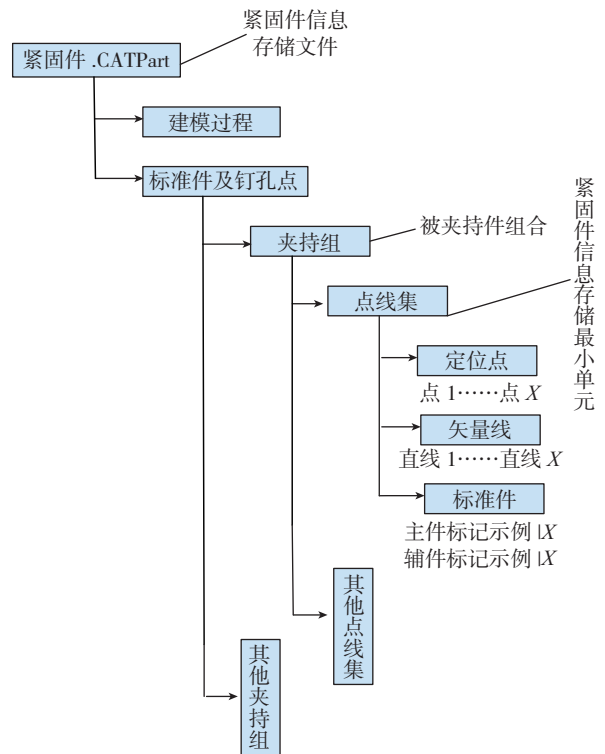


图4 紧固件.CATPart文件特征树逻辑结构
Fig.4 Logical structure of characteristic tree

中间结果,例如最后夹持面、对称面等;

(2)标准件及钉孔点: .CATPart 文件的固有节点,该节点为存储紧固件信息的根节点;可扩展出多个夹持组子节点。

(3)夹持组: 紧固件作为夹持件,明确表达其装配特征需定义被夹持件信息,因此将用户选用的两个或者两个以上的被夹持件定义为夹持组。夹持组的主要节点为点线集;同一夹持组内可扩展多个点线集子节点。

(4)点线集: 点线集是存储紧固件几何信息、管理信息的最小单元。紧固件存在主辅对应关系,以螺栓为例,螺栓与螺母、垫圈配套使用,只有当主辅紧固件规格型号完全确定,整个选用过程才算结束。主辅紧固件形成的集合代表该安装点所对应的一套紧固件信息;同一夹持组内,只有主辅紧固件信息完全相同的安装点,才会被放在同一点线集内。点线集的子节点包括: 安装点,属性为几何图形集,可扩展多个“点 X”子节点;矢量线,属性为几何图形集,可扩展多个“直线 X”子节点;标准件: 属性为参数集,包含一套紧固件信息。同一点线集下的安装点、矢量线、紧固件数量保持一致性。

3 开发工具及相应功能点

紧固件信息表达涉及了“PartDesign”、“Assembly”、“Knowledge”等模块,各模块之间相互关联、相互渗透,应用 Catia 自身 CAA 函数和 API 函数接口,完成紧固件信息的完整表达^[1]。

特征树结构清晰、逻辑分明,通过函数 SetSpecAttr 可将紧固件的名称、标记示例、部分参数设置为特征树相应节点的隐藏属性。

4 实例验证与结论

Catia 环境下二次开发菜单如图 5 所示。图 6、图 7 分别为夹持组创建窗体、紧固件创建窗体。紧固件选择如图 8 所示。图 9 为紧固件信息管理界面。基于 MBD 的航空紧固件 3D 点线表达方式简练清晰;基于“夹持组”为基础的特征树结构逻辑分明,信息表达较为全面,推进了航空领域全三维设计进程。

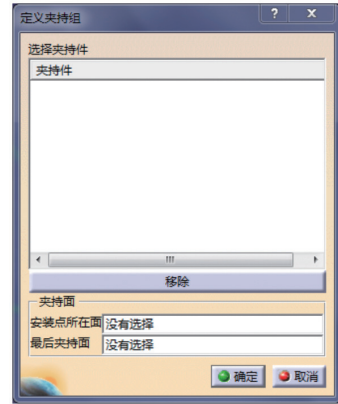


图6 创建夹持组窗体

Fig.6 Form for creating clip group

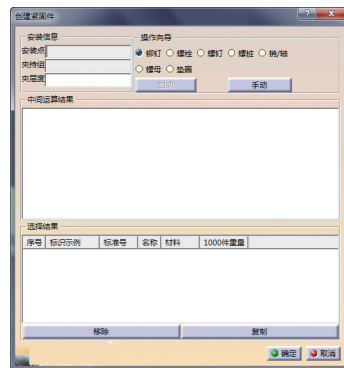


图7 创建紧固件窗体

Fig.7 Form for creating fasteners

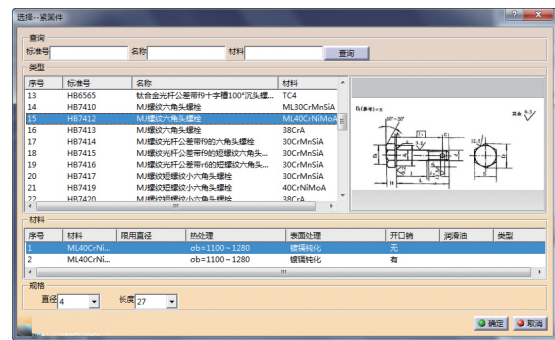


图8 紧固件选择窗体

Fig.8 Form for fastener selection

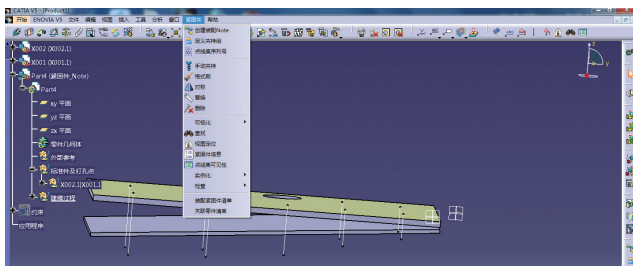


图5 Catia环境二次开发菜单

Fig.5 Secondary development menu based on Catia

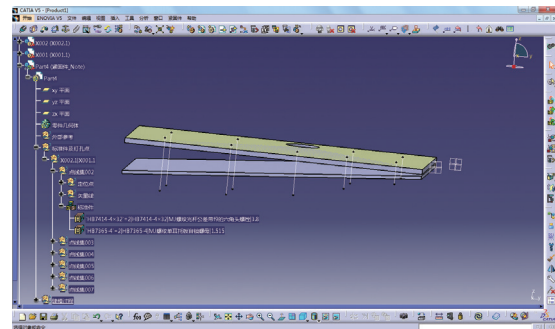


图9 紧固件信息管理

Fig.9 Fastener information management

参考文献

[1] 刘俊堂. 全三维飞机设计技术及其应用[J]. 航空制造技术, 2010(18): 68-71.
LIU Juntang. Full 3D technology and application of aircraft design[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2010(18): 68-71.

[2] 罗炜, 童秉枢. 基于模型定义的飞机数字化工艺规划、验证及执行技术[J]. 航空制造技术, 2010(18): 72-76.
LUO Wei, TONG Bingshu. Aircraft digital process planning, validation and implementation technology based on MBD[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2010(18): 72-76.

[3] 潘康华, 王云峰, 杨东拜. 机械产品三维图样表达技术标准的探讨[J]. 机械工业标准化与质量, 2011(12): 30-33.
PAN Kanghua, WANG Yunfeng, YANG Dongbai. Standard discussion of 3D drawings expression for mechanical product[J]. Machinery Industry Standardization & Quality, 2011(12): 30-33.

[4] 卢鹤, 范玉青. 航空产品数字化定义中工程图作用的探索[J]. 工程学报, 2008(2): 29-34.
LU Hu, FAN Yuqing. Exploration of engineering drafting in the digital definition for aviation product[J]. Journal of Engineering Graphics, 2008(2): 29-34.

[5] 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.
LU Hu, HAN Shuang, FAN Yuqing. Digital definition technology based on MBD[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2008, 21(3): 78-81.

[6] 范玉青. 飞机数字化装配技术综述: 飞机制造的一次革命性变革[J]. 航空制造技术, 2006(10): 42-48.
FAN Yuqing. Review for aircraft digital assembly technology: A revolutionary change of aircraft manufacturing[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2006(10): 42-48.

[7] 石秀芬. 基于模型定义技术(MBD技术)的分析研究[J]. 机械管理开发, 2013(3): 45-47.
SHI Xiufen. Analysis and reearch based on MBD[J]. Mechanical Management and Development, 2013(3): 45-47.

[8] 范玉青. 现代飞机制造技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
FAN Yuqing. Modern aircraft manufacturing technology[M]. Beijing: Beihang University Press, 2008.

[9] 何胜强. 大型飞机数字化装配技术与装备[M]. 北京: 航空工业出版社, 2013.09.
HE Shengqiang. Digital assembly technology and equipment for large aircraft[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2013.

[10] 刘晓波. 基于MBD的飞机装配工艺辅助系统研究[D]. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2012.
LIU Xiaobo. Aircraft assembly process auxiliary system research[D]. Shenyang: Shenyang Aerospace University, 2012.

[11] 范玉青, 梅中义, 陶剑. 大型飞机数字化制造工程[M]. 北京: 航空工业出版社, 2011.
FAN Yuqing, MEI Zhongyi, TAO Jian. Digital manufacturing engineering for large aircraft [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2011.

(责编 海山)

(上接第 100 页)

究[J]. 计算机工程, 2008, 34(21): 276-278.
XU Tao, LI Yanming, MIAO Yubin, et al. Research on remote virtual monitoring system of port machinery[J]. Computer Engineering, 2008, 34(21): 276-278.

[2] 林威汉, 高春光, 张海涛. 国内组态软件的现状与未来[J]. 电气时代, 2002(6): 9-12.
LIN Weihang, GAO Chunguang, ZHANG Haitao. The status quo and future of domestic configuration softwares[J]. Electric Age, 2002(6): 9-12.

[3] 王满利, 景俊伟, 朱涛. 基于WEB的提升机监控系统研究[J]. 煤矿机械, 2011, 32(4): 143-145.
WANG Manli, JING Junwei, ZHU Tao. Study of monitoring system of elevator based on WEB[J]. Coal Mine Machinery, 2011, 32(4): 143-145.

[4] 常仕军, 何卫平, 和延立, 等. 基于 workflow 的生产过程监控系统设计与实现[J]. 航空制造技术, 2009(22): 92-97.
CHANG Shijun, HE Weiping, HE Yanli, et al. Design and implementation of production process monitoring system based on workflow[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2009(22): 92-97.

[5] QIU R G, RUSSELL D W. A formal model for incorporating shop floor controls into plant information systems[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2004, 23(1/2): 47-57.

[6] 李智, 汪惠芬, 刘婷婷, 等. 面向制造过程的车间实时监控系统设计[J]. 机械设计与制造, 2013(3): 256-259.
LI Zhi, WANG Huifen, LIU Tingting, et al. Design of workshop real-time monitoring system for manufacturing process[J]. Machinery Design & Manufacture, 2013(3): 256-259.

[7] 张颖, 费敏锐. 三维可视化虚拟现场监控环境的设计及机理[J]. 上海交通大学学报, 2002, 36(S1): 12-14.
ZHANG Ying, FEI Minrui. Design and principle of 3D visualization virtual field monitor environment[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2002, 36(S1): 12-14.

[8] 王滔, 费敏锐. 虚拟现实技术在企业自动化流程界面中的初步研究[J]. 系统仿真学报, 2001, 13(6): 707-710.
WANG Tao, FEI Minrui. Preliminary research on virtual reality in process schedule for enterprise automation[J]. Journal of System Simulation, 2001, 13(6): 707-710.

[9] 易军, 费敏锐, 张颖. 面向三维可视化界面的地下油库网络测控系统设计与应用[J]. 测控技术, 2004, 23(7): 30-32.
YI Jun, FEI Minrui, ZHANG Ying. Design and application of underground oil store network control system oriented to three-dimensional visualization interface[J]. Measurement & Control Technology, 2004, 23(7): 30-32.

[10] 张利利, 李仁义, 李晓京, 等. Unity3D 与数据库通信方法的研究[J]. 计算机技术与发展, 2014, 24(3): 229-232.
ZHANG Lili, LI Renyi, LI Xiaojing, et al. Research on communication method between unity3D and database[J]. Computer Technology and Development, 2014, 24(3): 229-232.

[11] 邱建松. 基于 Unity3D 的实时虚拟仿真系统的研究与实现[J]. 电子制作, 2012(12): 18-19.
QIU Jiansong. Research and real-time virtual simulation system based on unity3D[J]. Electronic Production, 2012(12): 18-19.

[12] 宣雨松. Unity3D 游戏开发[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
XUAN Yusong. Unity3D game development[M]. Beijing: The People's Post and Telecommunications Press, 2012.

(责编 海山)