

基于MBD的三维 装配BOM重构技术

3D Assembly BOM Reconstruction Technique Based on MBD

沈阳航空航天大学制造工艺数字化国防重点学科实验室 屈力刚 苑俊超 魏佩振



屈力刚

硕士研究生导师,主要从事数字化设计与制造方面研究。

当前,我国航空制造业的数字化技术发展迅猛,三维数字化设计技术和数字化样机技术得到了深入应用,但是三维数字化模型并没有贯穿于整个飞机数字化制造过程中^[1]。BOM重构在产品信息转化为制造信息过程中起着十分关键的作用,

本文提出基于MBD的三维装配BOM重构技术实现在BOM重构过程中的数字化。考虑到MBD作为制造过程中的唯一依据,以贯穿产品数字化定义到数字化装配工艺设计的数据流为目标,研究MBD模式下的三维BOM重构技术,为实现三维数字化装配工艺设计提供数据基础。

其重构过程仍然采用二维工程图纸和表格的形式,面对新型的生产模式,传统BOM重构技术已经不适应数字化发展趋势^[2]。本文提出基于MBD的三维装配BOM重构技术实现在BOM重构过程中的数字化。考虑到MBD作为制造过程中的唯一依据,以贯穿产品数字化定义到数字化装配工艺设计的数据流为目标,研究MBD模式下的三维BOM重构技术,为实现三维数字化装配工艺设计提供数据基础^[3-5]。

三维配置BOM重构技术

三维BOM重构技术是基于MBD装配模型的装配工艺划分,在MBD装配模型模式下,BOM以结构树的形式表达产品信息,以零部件对象为中心,把所有的产品设计数据、工艺数据和生产数据组织在BOM结构树上,再构建产品不同时期BOM时,主要信息来源于基于MBD装配模型中的内容,MBD装配模型则由一系列MBD零件模型组成的装配

零组件结构树加上以文字表达的注释和属性数据组成, MBD 装配模型、MBD 零件模型以编号的形式形成层次的父子结点反映在 BOM 结构树上。根据 MBD 模型中的工艺约束信息, 建立产品设计 BOM、工艺计划 BOM、制造 BOM, 并将 EBOM 转化为 PBOM, PBOM 再转化为 MBOM, 即模型重构, 形成完备的层次化的装配工艺文件, 最终形成树状装配工艺结构树, 即 MBOM 结构树, 用它来指导装配生产。本系统在构建设计 BOM、工艺计划 BOM、制造 BOM 的唯一依据是 MBD 装配模型, 在构建设计 BOM 时, 主要根据 MBD 装配模型中几何属性、非几何属性和部分管理属性; 在构建工艺 BOM 时, 主要根据 MBD 装配模型中的其余管理属性; 在构建制造 BOM 时, 主要根据 MBD 装配模型中的技术要求, 进行层次划分, 最后生成可编制工艺规程的制造大纲。基于 MBD 的三维装配 BOM 重构技术理论体系如图 1。

关键技术

1 基于 EBOM 到 PBOM 的重构

1.1 EBOM 结构分析

在三维 BOM 重构系统中, 设计 BOM 采用父子型数据结构, 其优点是: 在 EBOM 树中所有的零部件都是相互关联的, 因而每一个零部件只需要定义一次就能够随时随地的被调用, 这样就使得 EBOM 数据大幅减小降低数据冗余度, 从而使得 EBOM 数据的一致性得到提高。

在 EBOM 产品结构树中, 单一零件对应的是底层结点, 即零件编号, 几个零件组成的装配体对应的是高一层的结点, 即中间结点, 也就是装配编号, 而整个装配体对应的则是 EBOM 树的根结点, 即装配件结点。因而每一个结点上都含有不同的零部件, 所以结点不同属性不同, 每一个结点都是有零部件的名称、类型、数量等组成。

1.2 PBOM 结构分析

PBOM 也称工艺计划 BOM, 是企业的工艺设计部门在 EBOM 的基础上, 依据分工明细信息, 制定装配工艺路线, 确定产品装配顺序, 反映产品物流过程, 按各零(组)件装配顺序给出各装配阶段的零组件及消耗数量形成的 BOM 数据, PBOM 同样采用父子结构树形式。

1.3 EBOM 转化 PBOM

基于 MBD 的 BOM 系统中的设计 BOM 和工艺计划 BOM 装配件结点相同。但设计 BOM 与工艺计划 BOM 部件中间结点有以下两点不同。

(1) 由于 MBD 模型仅仅体现产品最终状态, 没有定义形成产品的中间过程, 在 EBOM 结构树中, 以部件为单位的中间结点会重新组合成新的组合件结点。如在设计 BOM 中, 同一编号下的钣金件、机加件构成装配关系, 形成一个组合件, 成为设计 BOM 中的一个中间点。在工艺 BOM 中, 主要以 MBD 装配模型中的制造工艺约束信息为依据, 通常改变 EBOM 的零组件间的结构顺序, 即划分组合件, 形成新的结构关系, 利于产品的实际生产, 在此过程中, MBD 装配模型信息随着中间结点的变化而传递, 模型信息本身没有变化。

(2) 由于设计的需要, 在设计 EBOM 树中会产生虚设部件, 但是在实际生产中并不制造和存储该部件, 其存在完全是辅助设计的; 在实际生产过程中, 由于工艺的问题, 会产生中间部件, 即由于装配的需要而添加的零部件, 装配工艺设计者设计工

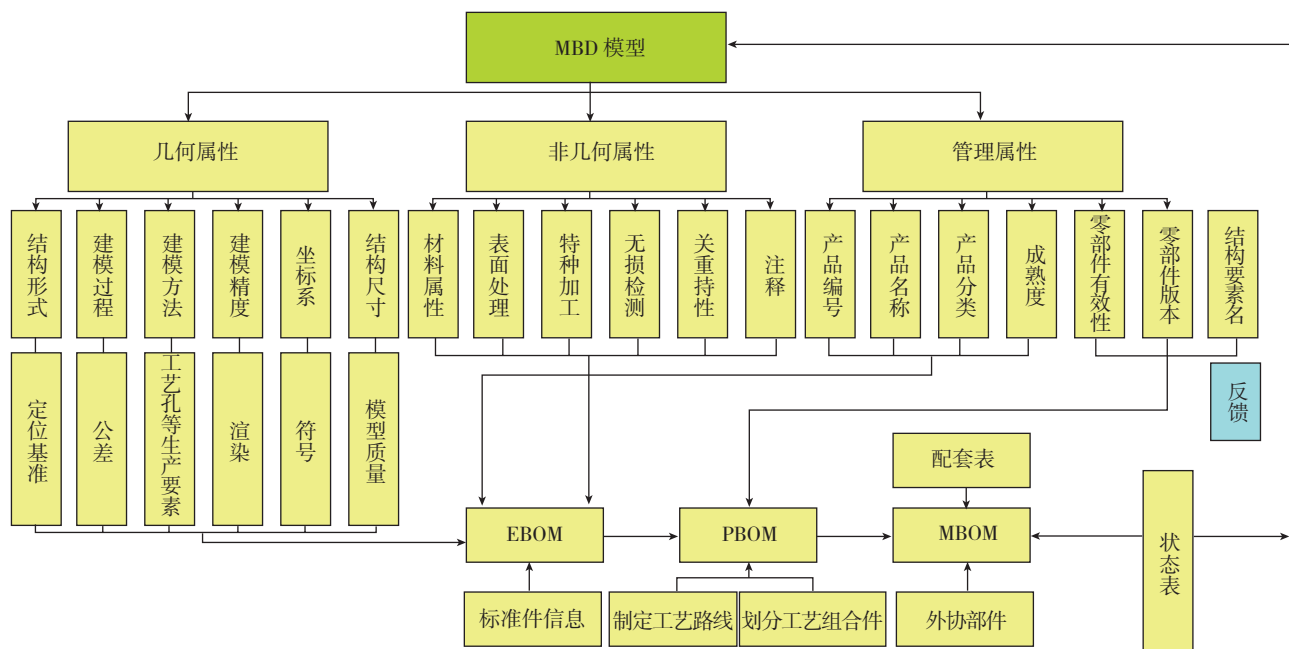


图1 基于MBD模型的三维BOM重构系统图

艺文件是出现在 PBOM 树中。如几个零件被生产加工后,需通过焊接形成一个组合件,零件厂以组合件的形式向装配厂提交,单个零件就形成了中间部件。

在此过程中,MBD 零件模型以增加注释的形式来补充零件模型信息,这些信息将会被反馈到设计部门,设计部门会在模型上增加此信息,完善 MBD 零件模型。基于 MBD 的设计 BOM 到工艺 BOM 的转化如图 2,其中 $A=A_2+B_1$, $B=A_1+B_2$ 。

在 PBOM 结构树形成后,根据企业现有制造能力(设备、工艺技术能力、人力资源等)、各生产厂的实际情况、各零部件属性,对其子结点添加工艺路线,添加工艺路线的实质是将工艺分离面所形成的装配单元划分为部件、组合件指派到相应的生产单位,再根据零(组)件的其他信息决定其生产走向,为制造 BOM 的建立提供数据基础。在此过程中,MBD 装配模型增加工艺路线信息。

2 基于 PBOM 到 MBOM 的重构

MBOM 也称制造 BOM,MBOM 的构建是根据 PBOM 中零部件工艺

路线和企业实际生产厂生产类型以及成熟机型装配工艺规程模板中的内容来构建 MBOM 结构树。MBD 装配模型在 MBOM 起核心依据的作用,主要是因为形成最终的 MBOM 子结点是工序结点,工序结点与零部件属性紧密相关,编制装配工艺规程主要依据零件 MBD 零件模型信息。

(1) MBOM 结构分析。MBOM 结构树中的装配件结点与 PBOM 相同,父结点是企业生产厂(站位),子结点是段位,其子叶结点是工位和工序(对应装配工艺规程)3 个层次,站位、段位划分由企业工艺处完成,工位的划分由车间的技术厂长、室主任完成,同一个型号,工位是固定不变的。MBOM 结构树中父结点的建立是根据产品结构属性来确定的,企业各生产厂具有不同的生产能力、生产方式来生产同一产品不同装配。MBOM 子结点由 PBOM 父结点及其子结点、PBOM 父结点及其它子结点、外协部件结点、工序卡信息等组成。

(2) PBOM 转化 MBOM。基于 MBD 的 BOM 系统中的制造 BOM 和工艺计划 BOM 装配件结点相同。制

造 BOM 中主要信息包括:EBOM 作为基础数据内容、相关的配套表、工艺部门编制的工艺卡片内容、外协部件等。在制造 BOM 树中,底层子结点是单一零件编号,其父结点是部件编号,顶层结点是生产厂编号。在 PBOM 转化 MBOM 过程中,根据企业实际生产组织方式,首先建立 MBOM 顶层结点(站位)、中间结点(段位)、底层结点(工位),工位结点即是 AO(装配大纲)来指导实际生产。MBD 装配模型随着结点变化进行重新组合,重构 MBD 装配模型适合实际生产方式。在实际装配生产中,外协部件经审签后直接作为制造 BOM 中间结点,MBD 装配模型没有工装、设备、刀具、量具等信息,其在制造过程中都是必不可少的信息,它已三维装配工艺规程的形式存放在制造 BOM 里面。状态表作为重要装配生产技术要求,它是装配车间向零件车间提出的技术更改,例如:在 MBD 装配模型注释中,将零件 A 和零件 B 进行表面处理,实际生产中会出现先将零件 A 进行表面处理,将零件 B 进行局部表面处理,进行装

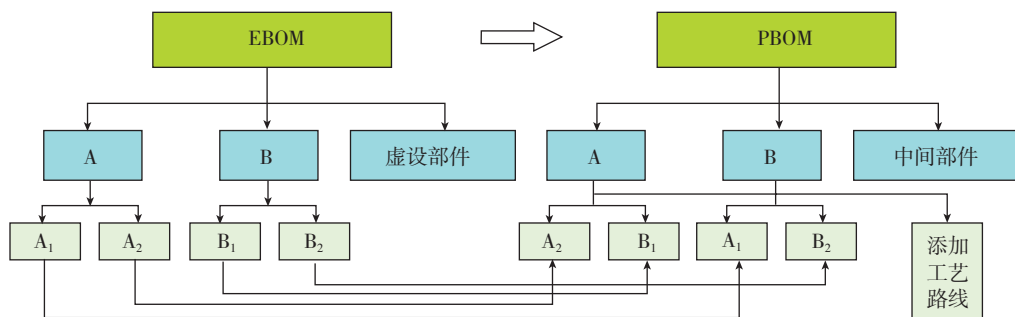


图2 EBOM转化成PBOM具体形式

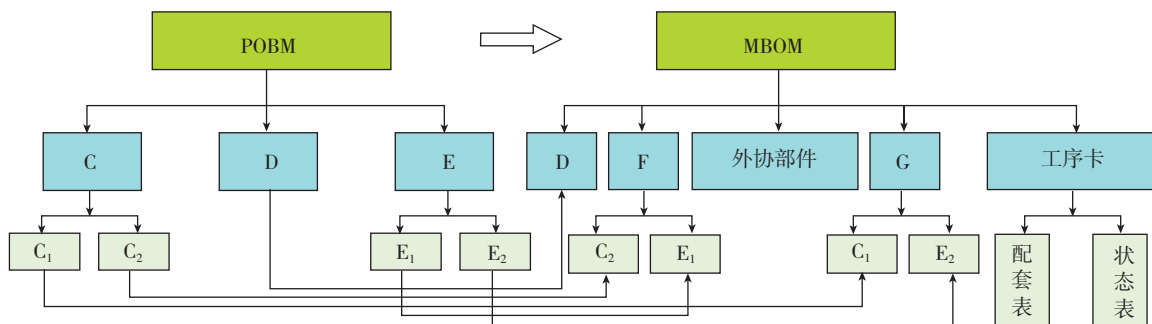


图3 PBOM转化成MBOM具体形式

配,再将零件 B 剩余表面处理。它直接改变 MBD 装配模型信息,进而完善 MBD 装配模型信息。PBOM 转化 MBOM 如图 3。

系统实现技术

1 基于 VPM 平台的数据管理技术

本系统数据来源于 ENOVIA VPM 平台,产品设计所通过 ENOVIA VPM 将所有与产品相关的信息和所有与产品有关的过程集成在一起,与产品有关的信息包括任何属于产品的数据,如 MBD 模型、物料清单(BOM)、产品配置文件等,利用产品零部件的各种属性数据,生成基于 MBD 模型的 EBOM,并将 EBOM 发布到 ENOVIA VPM,企业以设计所 EBOM 为基础,构建好的 PBOM、MBOM 也存入到 ENOVIA VPM 中,从而使企业在设计、生产制造过程中实现数据资源共享,并保持数据同步性、一致性。数据准备过程如图 4。

2 三维 CAD 重构工具的开发技术

本系统利用本系统利用 Visual C++ 开发工具对三维 CAD 软件

CATIA 进行 CAA 组件技术的二次开发,使三维设计软件 CATIA 成为重构系统的设计工具,保证 BOM 各设计者在重构 CAD 平台支持下,开展基于 MBD 模型的 BOM 设计工作。具体实现过程如图 5。

首先获得 ENOVIA V5 VPM Navigator 工厂接口,创建 Module 与 CATIAVPMDocumentMaster 接口相连,利用 CATDIg 控件创建重构工具对话框,获取 Product 文件,获取 Product 文件下子集(product、part),获取文件中结构树信息,获取模型信息,获取模型属性,最后进行模型显示。

3 三维重构系统功能

3.1 数模关联

主要支持重构过程的模型与结构树结点相关联,包括 MBD 模型与结构树中的父子结点关联,重构的唯一数据源基础是 MBD 模型,即基于 MBD 模型的 BOM 重构。

3.2 结点建立

主要执行 BOM 转化过程中结点的移动和建立,包括:(1)构建 PBOM 结点;构建 PBOM 结点是直接拖动

EBOM 相应结点到 PBOM 结点下。(2)创建 MBOM 结点;创建 MBOM 结点是直接输入顶层 MBOM 父结点,即站位号,再利用手动输入和直接拖动相结合的方式创建 MBOM 子结点,从完成 MBOM 的创建。

3.3 返回系统

当设计者完成重构工作后或在重构过程中同 VPM 系统进行通讯时,需要返回 VPM 浏览器界面,设计者可直接查看 VPM 浏览器界面,已完成的工作系统将自动保存,以免数据丢失。

原型系统

结合上述系统结构和关键技术的研究,构建了基于 MBD 模型的三维 BOM 重构原型系统平台,并结合某企业大型产品的 BOM 重构工作,进行了系统的测试运行,即在该企业局域网内,由 3 个部门的 13 名设计、工艺人员组成的团队,完成了该项目产品的三维 BOM 重构工作。

结论

(1)提出了基于 MBD 模型的三维 BOM 重构技术和系统结构体系,并针对该系统的关键技术和系统实现技术进行了探讨,为该 BOM 重构系统的开发奠定了理论基础。(2)开发了基于 MBD 模型的三维 BOM 重构原型系统平台,并在实际产品设计过程中进行了测试应用,验证了基于 MBD 模型的 EBOM、PBOM、MBOM 之间建立、转化等重构功能。(3)本系统使 EBOM、PBOM、MBOM 在建立、转化过程中都是以产品结构树的形式存在,依据 MBD 模型重构产品结构树,改变利用 EXCEL 表格完成 BOM 重构的方式。

本文共有参考文献 10 篇,因篇幅有限,未能一一列出,如有需要,请向本刊编辑部索取。

(责编 深蓝)

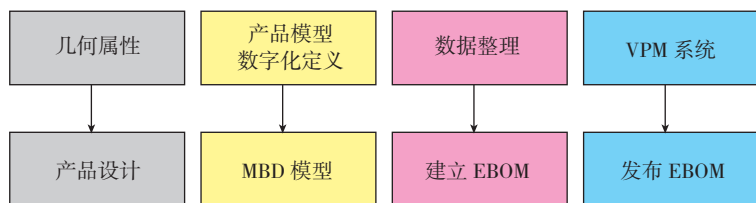


图4 利用VPM平台发布EBOM

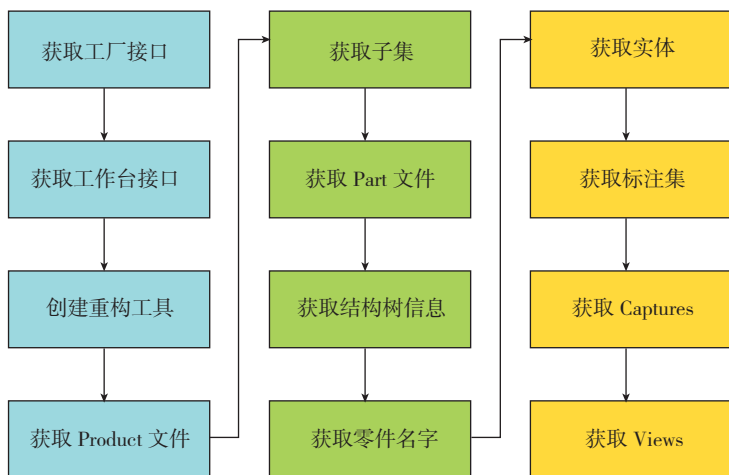


图5 系统开发流程图