

# 基于MBD模型的制造特征 信息组织与传递\*

## Organization and Delivery of Manufacturing Feature Information Based on MBD Model

北京航空航天大学工业与制造系统工程系 罗毅 乔立红 樊景松



罗毅

2013年6月毕业于北京航空航天大学。在校期间先后发表核心期刊与EI检索论文各一篇,获得研究生国家奖学金、西门子奖学金、三星奖学金、优秀学生干部、奥运会杰出志愿者等多项荣誉称号,现任职于中国运载火箭技术研究院战术武器事业部。

MBD技术是目前波音推行的新一代产品定义方法,是一个用集成的三维实体模型来完整表达产品定义信息的方法,它详细规定了三维模型

本文首先按照MBD规范完成了三维产品的模型定义与数据组织,保证了上游设计信息丰富性与标准性。然后,归纳总结了复杂结构件的典型加工特征分类,并针对各典型特征进行了工艺分析,为它们建立了面向制造的特征信息模型。按照制造特征信息模型的数据组织要求,在MBD模型上进行特征信息提取与组织,获得完整的特征信息,并向下游的工艺设计决策和数控编程仿真等环节传递,实现CAD/CAPP/CAM的有效集成。

中设计模型、标注信息和属性数据的表达方式。MBD将设计、制造、检验、管理信息融为一体,是目前被航空业普遍认同的解决数字化设计、制造的先进技术,是数字化全生命周期管理的关键技术之一。

采用特征信息建模技术建立产品特征信息模型,对产品设计信息进行重组以及传递,有利于实现产品设计和工艺设计的数据集成<sup>[1-2]</sup>。Gonzalez等人定义了一种遵循STEP AP224标准的能够表达制造特征的通用信息模型,通过特征模型实现特征信息在工艺设计系统中的识别<sup>[3]</sup>。北航也进行了统一制造信息模型中的产品特征信息模型的构建与研究,

建立了产品特征信息模型,研究实现了产品设计与工艺设计的集成,及基于特征的辅助工艺决策<sup>[4-5]</sup>。

基于MBD的三维建模技术与特征信息模型建模密切相关。为保证复杂航空结构件产品信息表达与传递的标准性与完整性,本文首先按照MBD规范完成了三维产品的模型定义与数据组织,通过特征技术的研究,一方面从MBD模型的大量数据中获取与制造相关的几何信息、尺寸信息、公差粗糙度要求等信息,并对产品设计信息进行重组;另一方面保证制造特征信息模型在产品设计中与工艺设计的集成过程中实现信息的获取、组织与传递。

\* 国家自然科学基金项目(51075022),国家863项目(2012AA040907)及国家科技重大专项(2011ZX04016-021)资助。

## 基于 MBD 规范的模型定义与数据组织

MBD 模型由三方面的模型要素组成,包括设计模型、标注信息以及属性数据<sup>[6]</sup>。

设计模型以三维方式描述了产品几何形状信息,仅包括模型几何和辅助几何,辅助几何通过几何元素(点、线、面、坐标系统等)与模型几何进行关联。

标注信息包括无需手工或外部处理即可见的尺寸、公差、注释、文本和符号,通过标注表达产品尺寸与公差范围、制造工艺和精度要求等生产必须的工艺约束信息。

以及标注编号的规范化添加,能够满足特征信息拾取的自动性与完整性;(3)属性数据的规范化组织,则能够保证在设计环节,零件总体信息的完整性与统一性。

## 复杂结构件的加工特征分类与工艺分析

在 MBD 模型丰富数据源的基础上,本文需要探索一套面向制造的特征信息组织与传递方法,因此,首先需要针对复杂结构件进行加工特征分类与工艺分析。根据典型复杂结构件的几何形状和加工特点,复杂结构件的加工特征,可划分为如图 1 所示的特征分类树。

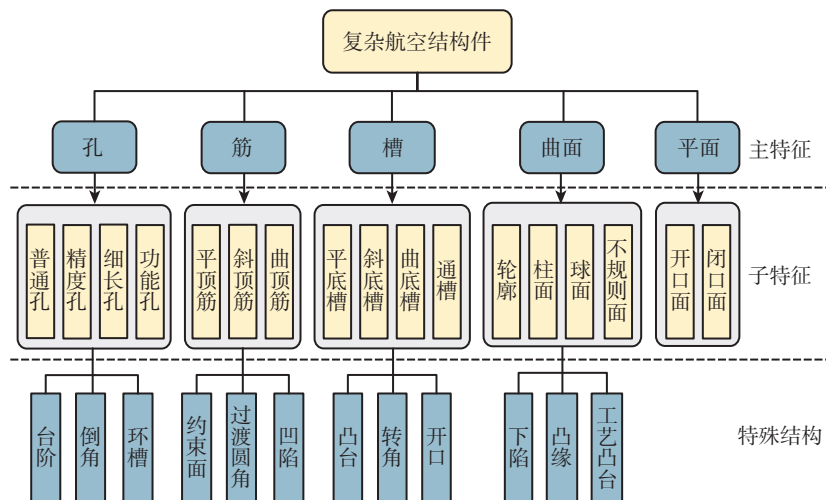


图1 复杂结构件的加工特征分类

属性数据是指用以表达产品定义或产品模型特征所需的信息,包括产品的原材料规范、分析数据、测试需求等产品内置信息,在 CATIA 中通常以 PPR 树的形式进行组织,本文以 XML 文件的形式规范化地定义了属性数据库文档的编码格式。

按照以上数据结构组织的 MBD 模型,在特征信息组织与传递过程中有以下优势:(1)借用图层、视图与捕获的分类管理功能,可以满足设计模型和标注信息的分类显示需求,从而方便特征信息提取与组织过程;(2)标注信息中尺寸、公差、粗糙度

复杂航空结构件中的壳体、框、梁、壁板、肋和连接接头都可以通过孔特征、筋特征、槽特征、曲面特征和平面特征等加工特征进行加工工艺方法的设计<sup>[7-8]</sup>。其中,孔特征需要考虑孔的加工精度、长径比以及类似于台阶、倒角和环槽的功能结构;平顶筋、斜顶筋、曲顶筋的工艺方案设计过程中要考虑约束面、过渡圆角、凹陷等特殊结构;槽特征在生成刀轨路径的过程中要兼顾处理岛屿凸台、转角、开口等结构;曲面特征包含轮廓、柱面、球面以及不规则面,而轮廓特征的加工工艺中需考虑补偿

和避让下陷以及凸缘等特殊结构,柱面特征与球面特征需要借助车削加工完成;平面特征中开口面一般采用端面刀铣削,而闭口面由于要避让干涉面通常选用柱铣刀。

## 面向制造的特征信息建模

面向制造的特征信息建模,需要从制造的角度出发,支持 MBD 模型中设计信息的提取、组织和传递,方便用于工艺设计和数控编程等全生命周期。考虑制造特征信息模型是特征信息提取与传递的基础,更是产品信息在 CAD 系统与 CAPP 系统间传递的载体。本文首先根据加工特征的分类与工艺决策的需求,进行了制造特征信息建模,建立了典型制造特征的特征信息模型。

## 基于 MBD 模型的特征信息提取与传递

基于 MBD 模型的特征信息提取与传递,是指以制造特征信息模型为数据组织标准,以 MBD 模型中丰富的产品设计信息为数据来源,从制造的角度对产品设计信息进行重组与提取,存储于产品的制造特征信息传输文件中,应用于工艺设计决策及数控仿真制造等后续生产活动。每类特征的信息由以下 7 种类型的数据组成:几何信息、特征描述信息、定位尺寸、特征尺寸、尺寸公差、表面粗糙度和形位公差。

几何信息的拾取应用了点线面等几何智能体的 API;特征描述信息用于定制化的描述制造特征的特殊制造要求;定位尺寸借助定位元素的点选自动计算获取;特征尺寸与尺寸公差的自动化提取应用了尺寸与公差智能体 API;粗糙度的值通过粗糙度的关联面获取;形位公差的提取通过智能体实现公差类型的自动判别、公差面的自动获取和公差值的自动提取。基于 MBD 模型的特征信息提取与传递方法如图 2 所示。

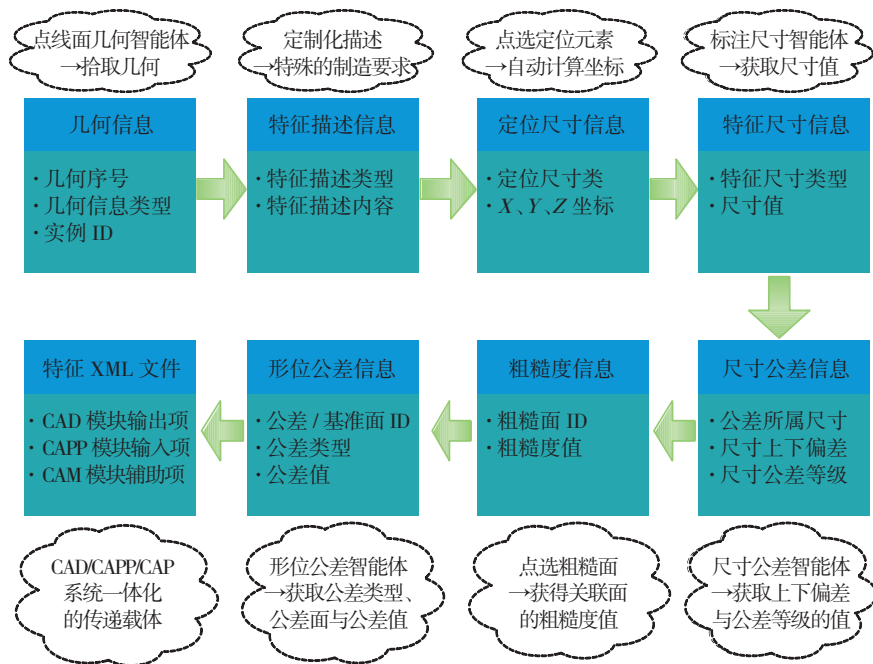


图2 基于MBD模型的特征信息提取与传递方法

按照制造特征信息模型的数据组织要求,在 MBD 模型上可以进行交互式的特征信息提取与组织,并以 XML 文件等形式将完整的制造特征信息向下游的 CAPP/CAM 系统传递。

## 实例验证

MBD 模型规范化定义的 3 要素包括:设计模型、标注信息以及属性数据。其中,设计模型和标注信息的规范化定义是在几何建模阶段完成的,而 MBD 属性数据的规范化定义,是借助 PPR 结构树进行组织定义的。本文结合 MBD 规范,并按照定制要求规范化定义了 6 类 MBD 属性数据的根节点,包括:通用注释、零件注释、构造几何、标注说明、更改记录和审签信息。实现了结构树根节点的自动生成,而每类根节点中属性数据的添加,需要与 MBD 属性数据库中的编码形式进行模糊匹配。

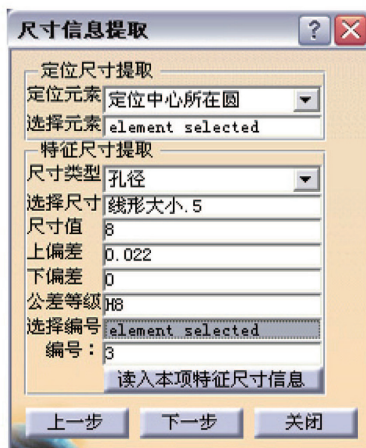
按照 MBD 规范完成三维产品的数字化定义,此时产品模型已经富含完整且无二义性的设计信息,为特征信息的结构化提取与传递奠定了丰富的数据源基础。本文所实现的基于 MBD 模型的特征信息提取与传递

的部分功能界面如图 3 (a) 和 (b) 所示。

建模定义的典型特征类型覆盖了槽特征、孔特征、筋特征、平面特



(a) 几何信息与特征描述信息



(b) 定位尺寸、特征尺寸与尺寸公差

图3 部分特征信息提取功能

征、柱面特征、球面特征及螺纹特征等,每类特征都包含了前述 7 类特征信息,通过特征信息提取模块,在 MBD 模型的基础上,生成面向产品全生命周期的特征信息实例数据。

## 结束语

本文首先按照 MBD 规范完成了三维产品的模型定义与数据组织,保证了上游设计信息丰富性与标准性。然后,归纳总结了复杂结构件的典型加工特征分类,并针对各典型特征进行了工艺分析,为它们建立了面向制造的特征信息模型。按照制造特征信息模型的数据组织要求,在 MBD 模型上进行特征信息提取与组织,获得完整的特征信息,并向下游的工艺设计决策和数控编程仿真等环节传递,实现 CAD/CAPP/CAM 的有效集成。

## 参考文献

- [1] Riou A, Mascle C. Assisting designer using feature modeling for lifecycle. Computer-Aided Design, 2009(4): 1034-1049.
- [2] Gao J, Zheng D T, Gindy N. Extraction of machining features for CAD/CAM integration. Advanced Manufacturing Technology, 2004(24): 573-581.
- [3] Gonzalez F, Rosado P. General information model for representing machining features in CAPP systems. Product Research, 2004, 42(9): 1815-1842.
- [4] 张毅柱. 制造过程中的信息建模与集成方法研究 [D]. 北京: 北京航空航天大学, 2009.
- [5] 赵科. 基于特征和成组技术的工艺过程设计技术研究 [D]. 北京: 北京航空航天大学, 2008.
- [6] Alemanni M, Destefanis F, Vezzetti E. Model-based definition design in the product lifecycle management scenario. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011, 52(1-4): 1-14.
- [7] 冯明, 黄翔. 飞机结构件典型加工特征刀轨生产算法的研究与实现. 南京: 南京航空航天大学, 2007.
- [8] 袁青, 李迎光. 基于特征的飞机结构件工艺决策技术 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.

(责编 日午)