

# 基于模型定义的数据组织与系统实现

## Data Organization and System Implementation of Model Based Definition

北京航空航天大学 冯国成 梁艳 于勇 范玉青

**[摘要]** 基于模型的定义技术是一种新的产品定义技术,它以三维产品模型为基础,集成了三维空间尺寸公差标注和制造要求标注在内的特征信息,并作为设计生产过程中的唯一依据。结合国际先进航空企业的应用基于模型的定义技术的成功经验,总结了基于模型定义技术数据信息的组织与管理及其系统的实现,以及开发工程注释信息的管理系统。

**关键词:** MBD 零件注释 标准注释 MBD 数据集 产品集成标准管理

**[ABSTRACT]** Model based definition is a new method completely, which integrates feature information including 3D size tolerance annotation and manufacturing requirement annotation on the basis of 3D product model and is the sole basis in design and manufacture. By studying the experience of the successful use of MBD technology in advanced aviation industry, a set rules of content and organization for model based definition with fully integrity and the system implementation of MBD technology are summarized, finally the system to manage the engineer information is developed.

**Keywords:** Model based definition Part notes Standard notes MBD data set Integrated product standard management

美国机械工程师协会从 1997 年 1 月起发起关于三维模型标注标准的起草工作,以解决图纸与信息系统传输之间的矛盾。此标准于 2003 年 7 月被美国机械工程师协会接纳为新标准(ASME Y14.41)<sup>[1]</sup>。随后,UG、PTC、Dassault 等公司将该标准应用于各自的 CAD 系统中,对三维标注进行了支持。作为该项技术的发起者之一,波音公司在 787 项目中开始推广使用该项技术,从设计开始,波音公司作为上游企业,全面在合作伙伴中推行基于模型的数字化定义技术即 MBD (Model Based Definition) 技术。

波音公司采用 MBD 技术后,在管理和效率上取得了本质的飞跃。鉴于国外先进航空企业采用 MBD 技术后取得巨大成功,国内的航空企业逐渐开始学习 MBD 技术并逐步将 MBD 应用于现实生产中。但国内航空企

业对于 MBD 技术的学习与应用起步比较晚,现实生产中的应用并不成熟。

本研究结合国际先进航空企业的应用 MBD 技术的成功经验以及国内航空场所应用 MBD 技术中遇到的问题,开发了工程信息管理系统。

### 1 基于模型定义技术

MBD 技术是指用集成的三维实体模型来完整表达产品定义信息的方法,MBD 技术是将原来定义在二维图纸上的几何形状信息、尺寸与公差以及工艺信息等产品信息,集成定义在三维实体模型中。改变了传统上用三维实体模型描述几何形状信息,而用二维图纸来定义产品的尺寸与公差以及工艺信息的数字化定义方法<sup>[2]</sup>。

采用 MBD 技术后,用来集成产品的几何形状信息、尺寸与公差以及工艺信息的三维实体模型被称为 MBD 数据集,如图 1 所示。

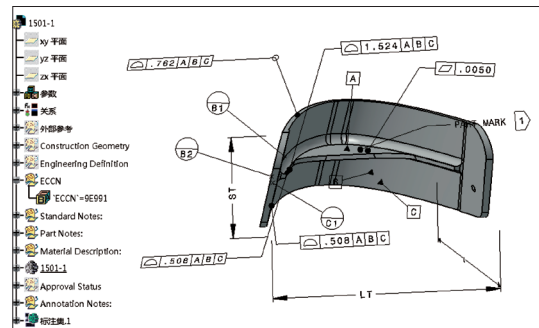


图1 MBD数据集  
Fig.1 MBD data set

### 2 MBD 数据集的内容与表达方式

#### 2.1 零部件 MBD 数据集的内容

在传统的设计制造过程当中,以二维工程图纸作为主要的制造依据,而三维实体模型仅仅作为制造过程中的辅助参考依据。由于 MBD 技术要求使用三维实体模型作为生产制造过程中的唯一依据,这样就要求对产品数字化定义信息按照 MBD 技术的要求进行分类组织管理,以便表现出零部件的几何属性、质量检测属性、管理属性以及工艺属性等信息,来满足制造过程中的各个阶段对数据的需求。

要满足制造过程中各个阶段对数据的需求,就需要对 MBD 数据集进行完整的定义,使之包含制造各阶段所需的信息。一个完整的 MBD 数据集应该包括产品的三维几何信息、尺寸、公差和工艺等信息,图 2 所示为完整 MBD 数据集应包含的信息<sup>[3]</sup>。

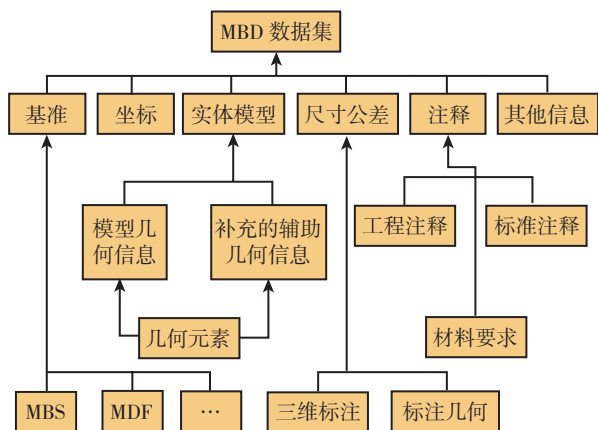


图2 MBD数据集的内容  
Fig.2 Contents of MBD data set

## 2.2 零部件规范树的内容

MBD技术的核心要求是把集成的二维图纸上的尺寸、公差和工艺信息的三维实体模型作为设计制造过程中的唯一依据。在CATIA软件里,这些非几何信息都定义在规范树之中。为合理安排信息,规范树采用分类集合的方法,把产品信息进行分类组织管理。用户可以通过对规范树的操纵,快速准确地查看相关的产品定义信息。为保证数据的唯一性,规范树中不能出现重复的产品信息。整个结构规范树,是伴随着产品几何模型的创建逐步生成的,规范树中各个特征的顺序是按照建模时的先后顺序来安排的。

对于零部件MBD模型,由于集成的信息比较多,因此规范树的结点类型比较复杂,归纳起来主要包括如下的一些结点信息。

(1) PartBody、Axis Systems、Material Description 类型结点是零件类MBD模型所必需的,分别用来描述产品的几何形状、相对空间位置关系以及采用的材料。

(2) Standard Notes、Part Notes、Annotation Notes、Approval Status 类型结点是零件类MBD模型所必需的,用来组织产品结构模型的字符型描述信息。

(3) External References、Construction Geometry、Engineering Geometry、Reference Geometry、Annotation Set、Datum Targets、Publication 等常用类型结点则根据MBD模型建模过程的实际需要采用。

另外,设计人员可以根据公司标准增加其他特殊类

型的组织结点。表1列出了完整的MBD模型规范树结点信息<sup>[2]</sup>。

表1 零部件MBD规范树结点信息

结点类型	说明	适用范围
xy plane	CATIA默认	必需
yz plane	CATIA默认	必需
zx plane	CATIA默认	必需
PartBody	实体特征造型	零件模型 根据需要
External References	关联设计时引用的其他模型几何元素	根据需要
Construction Geometry	建造本模型所必需的一些基础点线面	根据建模需要
Engineering Geometry	有关坐标系统与基准面信息	根据建模需要
Reference Geometry	引用有关零件实体模型	根据安装模型需要
Standard Notes	标准说明	必需
Part Notes	零件说明	必需
Annotation Notes	标注说明	必需
Material Description	材料描述信息	零件模型必需
Approval Status	管理信息	必需
Annotation Set	标注集	根据需要
Publication	其他模型关联设计时引用信息	根据零件模型需要

## 2.3 工程注释信息

对于MBD数据集而言,工程注释同时在MBD数据集中以及产品数据管理系统中定义。这些工程注释包括标准说明(Standard Notes)、零件注释(Part Notes)、注释说明(Annotation Notes)、标准件(Standard Parts)以及材料描述(Material Description)等5种类型。工程注释在CATIA中存放在结构规范树当中,由指定的几何图形集和参数所组成和表示。下面简单介绍一下工程注释信息的5部分内容。

### 2.3.1 标准说明

标准说明适用于说明产品的类型、授权系统以及出口控制类型。标准说明不对产品进行描述,它仅包含管理和法律权利的数据。标准说明包含诸如版权说明以及MBD说明等。标准说明必须同时在MBD数据集中和产品数据管理软件中定义,并保持对应关系,标准说明在MBD数据集中的表示如图3所示。

### 2.3.2 零件注释

零件注释是工艺计划所必须提供的产品定义信息,零件注释内容包括如热处理、零部件最终处理和零部件标记等信息。零件注释是设计人员给出的,给定最终制

造要求的信息,常见于图纸的图注等栏目中。在并行工程中,所有对工艺的要求,需要工艺人员参与,并认定可制造的前提下定义在 MBD 数据集中的。图 4 所示为零件注释实例。

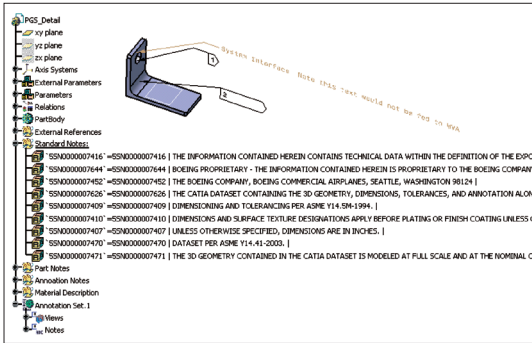


图3 标准说明实例  
Fig.3 Example of standard notes

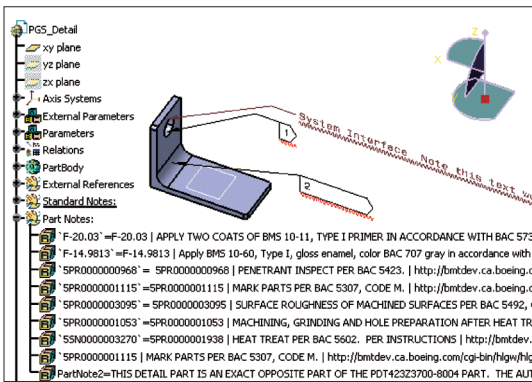


图4 零件注释实例  
Fig.4 Example of part notes

### 2.3.3 标注说明

标注说明是用来描述特定工艺的要求,标注说明是对零件的补充说明,没有固定项,可以描述从公差到工艺要求的所有情况。

对于补充说明的特征,需要采用定义标识和标注说明的方法来联合说明。标识关联到零部件的几何特征上,而标注说明则用来说明其中所关联的特征的局部具体要求,如图 5 所示。

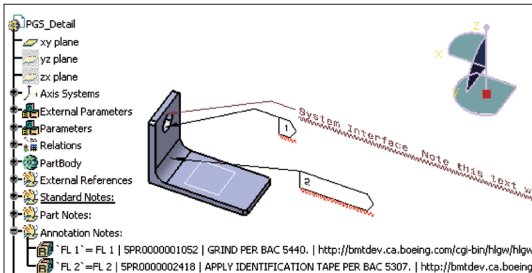


图5 注释说明实例  
Fig.5 Example of annotation notes

### 2.3.4 材料说明

材料定义的内容组成,材料说明注释包含了相关的原材料、原料集合、或者制造产品所使用的半成品零件,由注释组成,材料定义包含:原材料产品牌号、原材料说明、工程待加工原材料尺寸以及备选材料等。

将材料对象应用于产品模型,对于零部件的原材料项,可以直接应用到零部件产品模型上,如图 6 所示。

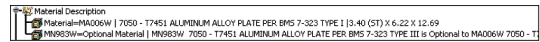


图6 材料说明实例  
Fig.6 Example of material descriptions

### 2.3.5 标准件

非实例化标准件的数据不仅应用于 MBD 数据集中,还应用在产品数据管理软件相应的标准件部分。MBD 数据集中的规范树中需要定义标准件项。规范树中的标准件信息将自动生成产品数据管理软件中相应标准件值。标准件的文本属性要定义在几何集的产品规范树的主分支中,给定标准件数据需要用分割符分隔。如图 7 所示为 MBD 数据集中标准件的信息。

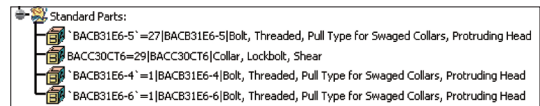


图7 标准件实例  
Fig.7 Example of standard parts

## 3 MBD 技术的应用系统

美国波音 787 飞机是民用飞机研制首次使用 MBD 设计技术的典范。787 飞机在其设计分析过程却没有使用过一张纸质图纸,也没有做任何 1:1 的实物模型,全部都在电脑系统中模拟完成,是首次将 MBD 技术应用到整架飞机的设计上。由于采用了 MBD 技术进行设计制造,大大缩短了研制周期,设计效率提高约 3 倍,大幅度降低生产成本,其产品质量也是传统方式难以达到的,被认为是“最先进、最舒适和维护使用性能最好”的飞机。波音在将 MBD 技术应用于整架飞机的设计制造工程时,必然有一套完整的 MBD 技术应用系统对该技术进行支持。

为了使工程制造能够在脱离图纸的环境下进行,并按照设计系统给出的内容组织框架实现对产品的生产和检验进行控制。形成了一套以 MBD 数据集为核心,并辅助产品集成管理系统、CAD 系统、工艺设计和分析、数据同步系统以及产品数据管理等系统的 MBD 技术应用系统,它主要通过 MBD 数据集集成的产品的设计制

造信息,建立了一套基于 MBD 数据集的工艺设计分析方法和数据管理的方法,最终实现设计制造过程的无图纸化。图 8 所示为 MBD 技术应用系统框架。

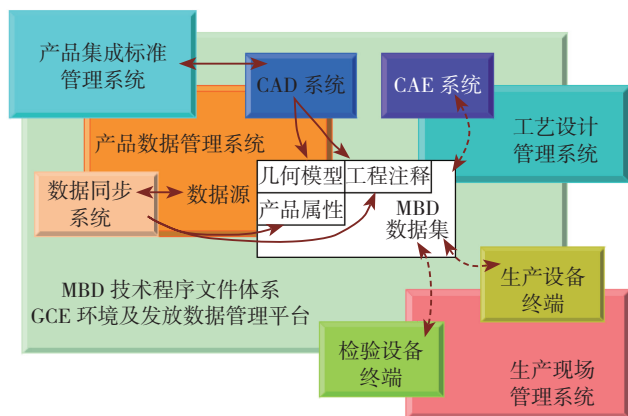


图8 MBD技术的应用系统

Fig.8 Application system of MBD technology

MBD 技术体系中,是以 MBD 的技术程序文件体系以及全球协同环境(Global Collaborative Environment, GCE)平台为基础的。其中 MBD 技术程序体系规范了数据的操作要求,而 GCE 平台则借助产品标准集成管理平台、数据同步系统等系统和接口实现了工艺工程人员在设计过程中与设计人员的数据共享。MBD 技术体系的另一个特点体现在对数字化设备的集成应用中,通过 GCE 平台到生产现场的管理系统,基于 MBD 的产品信息可以最终传递到生产和检验的设备中。

产品标准集成管理系统管理着所有的设计、工艺、制造和检验的标准,所有这些标准的工作方法、指令、要求都被统一编码并由计算机管理和发布,任何授权的供应商都能够检索到相关的标准,这就保证了所有供应商执行统一的标准,从而达到统一的质量要求。此外,在 MBD 技术中,技术人员通过相关的参数定义窗口可以直接打开产品标准集成管理系统并按照一定的约束条件选择相应的标准,并将该标准内容填写到 MBD 数据集的规范树中。

就 MBD 数据集的管理而言,MBD 数据集的内容与产品数据管理系统密切相关,部分 MBD 数据集的非几何信息内容有时需要被表格化定义在零件表中,因此需要数据库的支持。在 MBD 数据集的发放与使用过程中,要保证 MBD 数据集的工程注释信息与产品数据管理系统的对应内容保持一致。

#### 4 MBD 数据集工程注释信息管理系统

在 MBD 数据集信息管理中,MBD 数据集信息的内容根据其粒度大小的不同也是分级组织和管理的,对于反映产品结构的产品信息,采用批架次有效性、零件之间的关联关系以及版本等方式进行组织和管理,其粒度对象是零件;而对于产品数据集中的几何尺寸、公差和工艺等工程注释信息则由 MBD 数据集中的规范树来分类组织和管理,其粒度对象是数据集中的特征元素。

由于 MBD 数据集中的几何尺寸、公差和工艺等工程注释信息,其粒度对象是数据集中的特征元素,并且在 MBD 体系中同时采用了大量的数字化工艺设计分析和加工检验软件,因此,MBD 数据集中相关的非几何信息必须按照一定的格式编辑,并进行合理的存储管理,以便后续的数字系统能够识别在 MBD 数据集中工程注释信息的意义,例如,在零件注释中的相关工艺要求,可以被 DELMIA 的 DPE 作为工艺步骤分解的输入,并根据该工艺要求所对应的标准工艺步骤和检验要求,自动创建产品的操作和检验记录表。

工程注释信息管理系统是 MBD 技术应用系统的一部分,可以实现单独提取 MBD 数据集中的工程注释信息,对提取的信息进行管理,并确保 MBD 数据集中的工程注释信息与产品数据管理系统中的信息保持一致。图 9 主要显示该应用系统的框架结构。

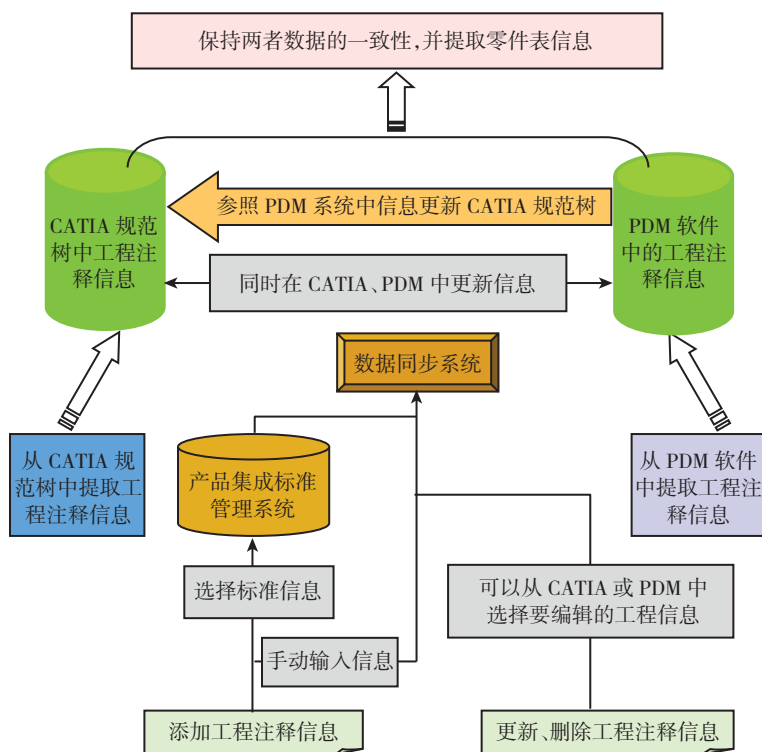


图9 MBD模型工程注释信息管理系统框架

Fig.9 Management system of MBD engineering annotation information

为了更加方便地管理 MBD 模型中的工程注释信息,对 CATIA 进行一些二次开发,以及结合产品数据管理系统的数据库的定制,开发出管理 MBD 模型工程注释信息的工程注释信息管理系统。该系统实现的主要功能有以下 5 点。

(1) 从零部件 MBD 数据集的规范树和产品数据管理系统中提取相应的工程注释信息。

工程注释信息主要是上文中提到的 5 大块信息:零件注释、标准注释、标注说明、材料说明和标准件。这 5 大类信息不仅存在于 MBD 数据集中而且存在于产品数据管理软件对应的数据表之中,要对 CATIA 和产品数据管理系统进行相应的二次开发读取这些数据。如图 10 所示的界面为从产品数据管理系统和 CATIA 规范树中提取相应的工程注释信息。



图 10 提取工程注释信息

Fig.10 Extract engineering annotation information

(2) 可以对这些工程注释信息,进行添加、更新和删除等编辑操作。

对于 MBD 数据集的工程注释,需要有产品标准集成管理系统的支持。当采用该系统时,那些标准化的信息,如标准工艺、标准公差注释等在提供给 CAD 系统进行 MBD 模型定义时,必须给予更改提示,同时,采用这种方法定义的工程注释信息,必须在产品标准集成管理系统中修改,而不能直接在 CAD 系统中修改。

对工程数据信息进行的添加时,有 2 种方式可以进行操作:

第一种就是通过产品标准集成管理系统来选择相应的标准工程注释进行添加。但通过此种方式添加的工程注释信息,无法直接对其进行更改操作。只有具备一定的权限后,通过修改产品标准集成管理系统中相应的标准后,这样规范树中的信息就可以通过自动更新完成对标准工程注释的修改。

第二种就是通过手工添加非标准的工程注释信息。这是因为某个特殊的零件或者零件的个别特征需要定义特殊工程注释时定义的。可以根据设计人员的需

求做相应的更改操作。

在 CATIA 中新添加的或者更新后的工程注释均以高亮显示,如图 11 所示。

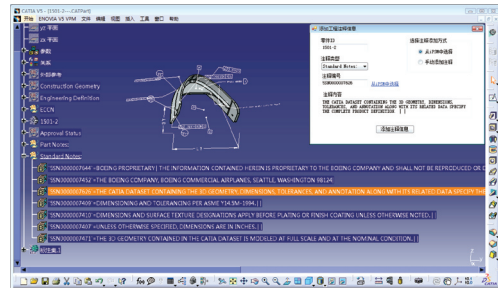


图 11 添加工程注释信息

Fig.11 Add engineering annotation information

在对工程注释信息进行更新和删除操作时,既可以从 CATIA 规范树中选择,也可以从产品数据管理软件中选择相应的工程注释信息,如图 12 所示。

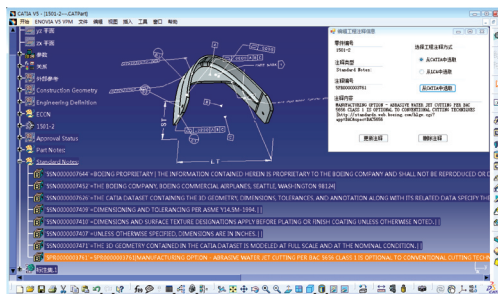


图 12 编辑工程注释信息

Fig.12 Edit engineering annotation information

(3) 保持产品数据管理软件中的工程注释信息与 CATIA 规范树中的信息的一致性。

根据 MBD 技术的要求,工程注释信息必须同时存在于 MBD 数据集中和产品数据管理系统之中,且两者相对应的数据要保持高度统一,否则会引起数据的紊乱。

为了保持产品数据管理软件中的工程注释信息与 CATIA 规范树中的信息的一致性,在对工程注释信息进行添加、更新和删除等操作的时候,不仅要 CATIA 规范树信息进行更新,同时还要对产品数据管理软件中的相应的数据进行更新操作,以保证产品数据管理软件中的工程注释信息与 CATIA 规范树中的工程注释信息在信息的添加和更改的过程中时刻保持一致。最后在保存 CATIA 文件时,如果发现产品数据管理软件和 CATIA 规范树中的信息不一致,要对操作者进行提示,并且要以产品数据管理系统中的数据为准,对 CATIA

(下转第 72 页)