

基于模型的数字化定义技术

Model Based Digital Definition Technology

北京航空航天大学 卢 鹤 韩 爽 范玉青

【摘要】 基于模型的数字化定义技术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,在脱离了二维工程图纸应用的情况下,实现对产品特征描述、共享,满足信息系统的直接传递要求,并实现对产品信息分类管理。结合我国 787 飞机转包生产,分析了基于模型的定义技术的应用情况。

关键词: 数字化定义 模型 CAD 航空工程

【ABSTRACT】 The model based digital definition technology integrates feature information including 3D size tolerance annotation and manufacturing requirement annotation on the basis of 3D product model. Without 2D drawings, the model based definition can realize the description and sharing of product features, meet the requirement for direct transfer of information system, and manage information by classification. The application status of model based definition technology is analyzed according to the subcontract production of B787 aircraft in China.

Keywords: Digital definition Model CAD Aeronautical engineering

随着 PLM 技术的发展,数字化定义技术侧重于对产品全生命周期的不同研发阶段和不同应用领域中,产品信息的统一、一致的定义的研究。面向数据管理的数字化定义技术提供了对产品定义的集成框架,解决了面向不同应用领域产品数据集成管理的支持体系问题,为产品全生命周期管理系统的实施应用提供基础^[1-2]。但是,面向产品数据管理的数字化定义技术并没有完全解决以下问题:数字化应用技术的条件下研制人员应该遵循什么样的研发模式?在数字化系统中,产品模型应该具有哪些内容?采用什么表达描述方式以及信息组织方法?在当前的航空制造业的研制过程中,工程设计制造人员由于缺乏对数字化产品工程定义的统一形式化方法,没有标准可循,仍然要遵循传统的航空制图标准,回到二维图纸的方式来传达设计意图。这

种方式显然不能完全发挥数字化技术在设计制造中的优势。因此,基于模型的定义(Model Based Definition, MBD)技术将为适应数字化环境下工程产品定义的内容、组织模式以及定义方法提供法定授权的依据。

1 基于模型的定义技术的提出与发展

传统的产品定义技术主要以图纸为主,通过专业的绘图反映出产品的几何结构以及制造要求,实现设计与制造环节的信息共享和传递。在数字化环境下,产品的定义表达发生了根本的转变,无论是几何结构、物理特性还是产品相关属性,都可以进行形象的表达,但是由于后期工序和相关部门还存在手工处理,因而出现了手工处理对直观信息需求缺失的矛盾。

1.1 当前数字化定义中存在的问题

在目前制造环境中,仅靠三维模型数据进行加工还存在不足。因为目前仅依靠三维模型数据,往往难以直接进行产品生产和检验,即三维模型数据中未能按照让阅读者立刻明白的方式将生产技术、模具设计与生产、部件加工、部件与产品检验等工序所必需的设计意图添加进来。虽然三维数据包含了二维图纸所不具备的详细形状信息,但三维模型数据中却不包含尺寸公差、表面粗糙度、表面处理方法、热处理方法、材质、结合方式、间隙的设置、连接范围、润滑油涂刷范围、颜色、要求符合的规格与标准等仅靠形状而无法表达的非形状信息。另外,基于注释的形状提示、关键部位的放大图和剖面图等能够更为灵活而合理地传达设计意图的手段也存在不足。更重要的是,要想将三维数据当作传递设计信息的载体,必须明确数字化定义应用的形态,也就是以什么样的形式表达什么样的产品信息。

1.2 基于模型的工程定义技术发展

自大规模工业化生产以来,产品定义经历了从二维到三维模型发展的 4 个阶段,如图 1。

目前我国的工业应用,仍然采用以图纸为中心的管理方式。这种方式会造成数据在传递和管理过程中成本高、管理复杂,不能有效地利用信息系统带来的便利。以 737-X 的生产为代表,普遍采用了第三阶段的

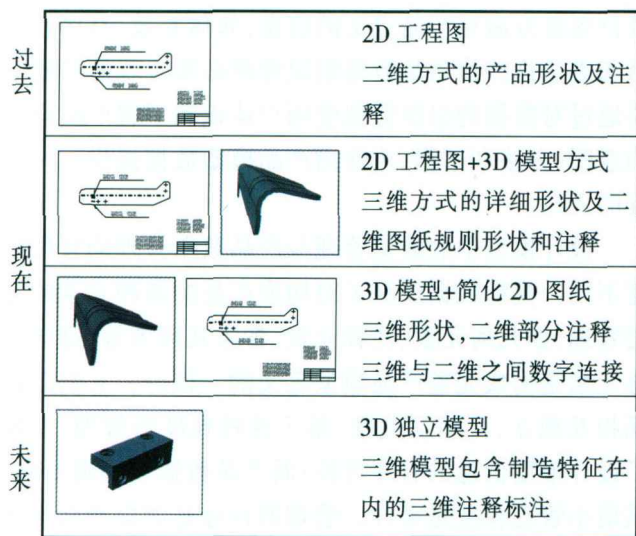


图 1 产品定义授权的演变

Fig.1 Evolution of product definition authority

信息定义表达方式, 解决了信息系统与手工操作之间信息一致性的问题, 但仍然存在对产品更改描述等环节效率低的问题。CAD 技术长久以来的发展已经具备在三维模型中标注的技术, 但直到推出 ASMEY14.41 标准以后, 第四阶段产品定义描述应用才得以推广。

1997 年 1 月美国机械工程师协会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, 最终于 2003 年 7 月被美国机械工程师协会接纳为新标准。随后, UG、PTC、Dassault 等公司将该标准应用于各自的 CAD 系统中, 支持三维标注。ISO 组织借鉴 ASMEY14.41 标准制定了 ISO16792 标准, 为欧洲以及亚洲等国家的用户提供支持。日本汽车工业协会以 ASMEY14.41 标准以及 ISO16792 标准为蓝本, 于 2006 年底出台日本汽车工业的相关行业标准。与这些标准相比, 2003 年颁布的相关国家标准以及 2006 年的英国军用标准, 在数字化定义的内容上仍处在三维模型与工程图共存的状态。作为该项技术的发起者之一, 波音公司在 787 项目中推广使用该项技术。作为上游企业, 波音公司在合作伙伴中全面推行基于模型的数字化定义技术。

2 产品工程定义的内容及其组织管理

基于模型的数字化定义是指在三维模型中集成尺寸、公差等注释性标注, 同时辅以零件表等制造文件对产品进行全面描述的一种方式。它取代了二维图纸成为协同设计共享中的唯一授权资料, 设计、工艺制造等

方面的人员共同围绕该数据集进行产品的设计、制造、检验等一系列工作。基于模型的数字化定义以产品数据集作为产品定义的核心组织。

2.1 数字化产品工程定义的内容

在基于模型的数字化定义技术中, 产品定义的内容是面向生产的, 主要内容如图 2 所示。其中产品模型是定义的核心和基础, 它描述了产品的几何形状特征、尺寸公差特征以及与制造、管理相关的注释、属性等特征, 如图 3 所示。

产品定义数据集是对一个产品对象的定义描述集合, 它可能包含多个数字文件, 从几何形状、文字等多方面来完整地描述一个产品的特征和功能。

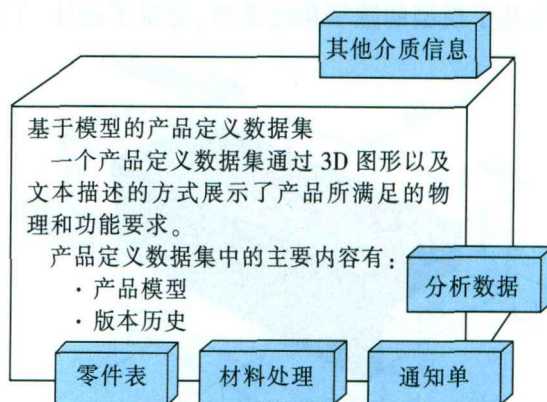


图 2 产品定义数据集

Fig.2 Product definition database

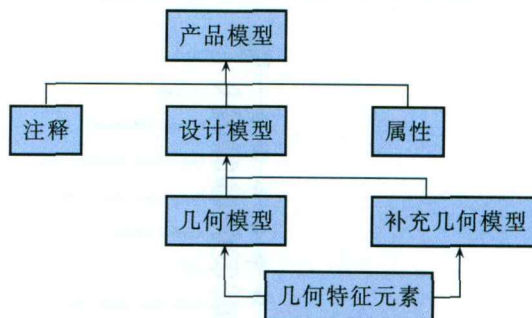


图 3 产品模型的内容结构

Fig.3 Contents structure of product model

如图 3 所示, 在以模型为核心的定义中, 产品模型是一个关于产品描述的集合体, 由设计模型、注释和属性 3 部分内容构成。

其中, 注释是指尺寸、公差、标注、文本以及符号, 它们是不需要经过任何操作即为可视的内容, 这些内容反映了产品模型所具有的特征, 与制造相关的指导

说明不同,后者定义在相应的零件表中,而所有的注释定义在特定的注释平面中。设计模型是指设计者提供的对产品对象的三维几何描述模型,即只用以实现对设计意图的表达,它包含设计基准与精确产品三维模型、参考模型、约束条件等,不包含说明性的信息。属性,则是指那些没有显示标注在三维模型中的尺寸公差、注释、文本以及符号等,它们是对产品完善描述的必要内容,是制造和检验的基本信息,可以通过对模型的查询而获得,它是与产品模型相关的特征,与管理系统中所定义的其他管理属性有所不同。完整的产品模型如图4所示。

2.2 数字化产品工程定义的数据管理

在基于模型的数字化定义中,记录了设计、工艺、

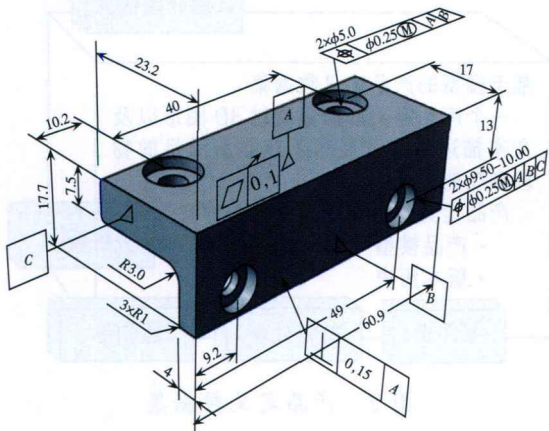


图4 完整工程信息的产品模型

Fig.4 Product model with full engineering information

维护等各方面对产品定义的信息,如何有效、有序地显示和表达这些信息是数据组织管理必须实现的功能^[3]。要通过对数据的组织管理使用户认识和了解产品设计的意图、方法和过程,为使用产品模型数据提供一个良好的入口。

设计模型中的数据管理与产品数据管理的管理粒度不同,模型数据反映了对构成产品的各种元素的分类管理,如几何元素、注释元素、参考几何体等,这些信息元素是构成完整产品模型定义的一部分,它们之间既相互独立,又相互关联,基于这种粒度的管理,实现了设计模型信息的有序可控;而产品数据管理则不同,其最小管理粒度是零件,管理的目标是解决产品与零件之间的关系问题。模型数据管理中,根据计算机辅助设计系统对应用对象控制方法的不同,可以采用2种管理方式:一种是基于特征树的管理方法;另一种是基于层及层表过滤器的方法。

特征树法,是指利用建模过程中对产品特征描述的不同,建立相应的特征树,并通过选择显示的方式实现对产品信息分类显示阅读的一种方法,如图5(a)所示。

层及层表过滤器法,是指在建模过程中将产品不同类别的信息分别建立在不同的层空间中,通过对层空间的关联组合控制,实现对产品元素信息的分类,如图5(b)所示。

数据组织分类方法中,特征树法从理论上可以实现对所有元素的分类控制功能,但是目前还不能做到



图5 特征树法与层表法的形式比较

Fig.5 Form comparison between feature tree and layer map

对分类信息组织视图存储的功能,即对于特定的信息元素组合,特征树法还不能像层及层表过滤法那样进行灵活的组合应用,这是尚需改进的地方。目前在多数企业应用过程中,还是存在特征树法和层及层表过滤法共同应用的情况。

3 工程信息授权方式的转变

由于原有体系下二维图纸中的相关内容信息可以在三维模型中完全体现,所以数据集的构成发生了彻底的转变,转变为只包含三维模型以及包含在三维模型中的标注信息等的产品文件。并且三维模型成为设计、制造过程中对产品描述、交流、授权的唯一依据。

从内容形式上,与传统方法下的三维模型定义相比,增加了模型注释系列的相关内容,定义在不同的注释平面中,这里的注释平面相当于传统二维图纸中的视图。同时在注释中,还集成了产品模型发放、控制和存储产品设计及其他工程数据所需要的数据信息。

从使用形式上,对产品的定义解读不能脱离计算机系统,同时结合对数据分类组织的管理,进行数据的过滤,并获取所需要的信息。

从共享方式上,在应用基于模型的数字化定义技术过程中,设计意图由模型完全表达,包括了对产品尺寸公差等的描述。与基于图纸的信息传递共享的管理模式不同,数字化设计过程中所共享和管理的对象是三维数模以及在三维数模基础上建立的产品物理模型,依靠预发放信息管理系统进行管理,依靠设计 workflow 驱动,安排不同的人员角色以及工作介入的时间。共享过程的执行与监控完全自动完成,图纸在设计过程中的信息共享作用被取代。

从信息组织模式上,在传统的数字化设计方式中,用模型、图纸以及层表的分层管理方式。在基于模型的数字化定义过程中,依靠产品的特征树、层及层表来共同控制。对于特定的产品表达方式则采用模型视图来描述,特定视图的作用类似于传统图纸中的局部视图或剖视图。

4 基于模型的定义技术的应用特点

由于航空产品的复杂性,航空制造领域迫切需要采用新的技术来解决设计生产中对数据需求的矛盾。波音公司将基于模型的数字化定义技术推广应用在新产品的研发过程中。波音 787 飞机是在网络环境下集成全球优势企业协作开发的新一代飞机。在 787 的研

制过程中大规模采用了基于模型的定义技术,提高了信息传递的效率,进一步优化了设计过程。基于模型的数字化定义技术在我国波音转包生产中的作用主要体现在以下两个方面:

(1)改变了传统的信息授权模式。在 787 项目转包生产中,基于模型的定义技术成为唯一的授权方式,产品在数据集中不再有二维图纸信息,产品模型定义包含了诸如尺寸公差等显式信息的所有描述。工程人员被授权以此为基础开展相关的工艺、工装设计。转包生产中产品定义的获取途径发生了转变,工程部门通过网络途径根据已授权的范围,直接获取与承包商相关的数据信息,避免了传递过程中对数据版本、有效性等的验证问题。新的信息授权模式更适合网络化设计制造环境,减少了由实物信息传递带来的不便和成本。

(2)促进并行研制工作的展开。在 787 项目的转包生产中,工程人员可以根据已授权的产品模型开展相关的工程设计,如型架、模具、装配方案以及相关的质量控制计划等工作。由于减少了对实物样件的依赖,使设计与制造之间的信息反馈加快,从而加快了设计循环步骤,提高了设计能力。

5 结束语

基于模型的数字化定义技术解决了设计部门与承包生产部门之间信息传递必需依靠图纸的现状,有效地提高了设计信息传递的速度和便利性,减少了实物信息传递,进而减少了设计的成本。该技术的应用加强了设计与制造之间的信息协同共享程度,即设计者与制造者之间只需要通过网络即可实现设计意图与制造意图描述的双向传递。此外,基于模型的定义技术还进一步推进了并行工程在设计与制造之间的应用,制造人员可以更容易、更准确地获得设计信息,更早地介入工程设计过程。基于模型的定义技术的研究与应用将推动数字化技术在制造业中顺利实施,在更高层次上实现设计制造一体化。

参 考 文 献

- [1] 黄双喜,范玉顺,徐志勇,等.集成化产品生命周期模型研究.航空制造技术,2003(8):26-32.
- [2] Sudarsan R, Fenves S J, Sriram R D, et al. A product information modeling framework for product lifecycle management. Computer-Aided Design, 2005, 37: 1 399-1 411.
- [3] 卢鹤,范玉青.飞机结构产品的数字化定义.北京航空航天大学学报,2006,5(32):526-530. (责编 晓霖)