

MBD 技术在飞机研制中的应用

Application of MBD Technology in Aircraft Manufacturing

中航工业西安飞机工业(集团)有限责任公司 拜明星 齐鹏斌



拜明星

硕士,毕业于西北工业大学飞行器制造工程专业,现任中航飞机西安飞机分公司制造工程部工艺处处长,研究方向为数字化装配协调与容差分析技术、知识管理等,在研课题主要有“基于知识和仿真的集成工艺设计与管理技术”等。

基于模型定义(Model Based Definition, MBD)是一种新的产品数字化定义技术,用集成的三维实体模型来完整表达产品定义信息,详细规定了三维实体模型中产品定义、公差、标注规则和工艺信息的表达方法,三维实体模型成为生产制造过程中

新型飞机采用了多厂所异地协同数字化制造的研制模式,对产品数据传递信息的准确性、及时性等提出了更高的要求。在飞机研制中全面应用 MBD 技术是信息数字化管理的要求,是设计制造一体化的要求,同时也是飞机研制实现快速、低成本和高效的迫切需要。

的唯一依据。

这种信息传递模式,要求设计人员将自己的设计思想转化为空间的三维模型,同时将对制造和检验的相关要求及部分制造所需信息集成在三维模型树中,利用三维模型这个唯一的载体对零部件及其产品进行全面直观的定义,制造部门的工艺及检验人员直接从三维模型中提取信息指导产品生产。

近年来,国外著名的航空企业的飞机产品研发手段已取得了突破。波音公司在 787 梦幻飞机上首次采用准确、直观的 MBD 三维模型作为传递设计和产品规划信息的表达手段,开启了飞机研制模式的新纪元。新型飞机的研制为我国探索和应用 MBD 技术提供了难得的机遇;新型

飞机采用了多厂所异地协同数字化制造的研制模式,对产品数据传递信息的准确性、及时性等提出了更高的要求。在飞机研制中全面应用 MBD 技术是信息数字化管理的要求,是设计制造一体化的要求,同时也是飞机研制实现快速、低成本和高效的迫切需要。

MBD 技术使飞机研制模式发生了根本性的变革

飞机产品数字化制造过程的实质,是对一个产品进行数字化建模定义、从上游向下游的产品数据传递、拓延和加工处理的过程,最终形成的飞机产品是数据的物质表现。

1 产品数字化定义的发展阶段

产品的定义技术经历了以下 5

个发展阶段:(1)蓝图+物料表;(2)图纸数字化(CAD)2D图样+物料表;(3)3D模型+2D图样+物料表;(4)数字样机+2D数字化图纸+物料表;(5)基于模型定义的MBD数据集(3D模型与物料表一体化定义,不再使用2D图样)。

MBD技术涉及的范围广,影响深远。涉及到产品成熟度、装配阶段(产品的完整研制阶段和状态),关联设计(数据传递和产品协调问题),三维尺寸标注(基于模型定义技术),基于构型项的产品数据管理,基于模块的构型管理等多个方面的工程化应用。

2 在飞机型号研制中采用 MBD 技术特点

2.1 工程数据组织结构发生变化

非结构化图纸数据变化为结构化的三维模型结构树,由传统的非结构化图纸改变为对制造和检验等相关要求所需信息集成在三维模型树中,形成了结构化数据。

由离散的数据变为统一的 MBD 数据集,产品制造数据实现了单一数据源,保证制造依据的唯一性。

2.2 MBD 技术的应用促进了飞机研制管理模式和效率的提升

MBD 技术的应用带来管理上和效率上的飞跃,主要体现在:

(1) MBD 技术从根本上改变了产品研制方法,保证制造依据的唯一性。

以往设计师在设计和更改过程中容易产生三维模型和二维图纸不一致的现象,由于两套数据源信息不同步而导致下游制造部门人员使用时易产生混淆甚至导致产品报废。在应用 MBD 技术的研制体系中,产品数据集以三维模型为核心集成了

完整的产品数字化定义信息。

(2) 建立 MBD 技术体系,有力支持了并行工程的开展,贯穿了整个产品研制过程。

在 MBD 的技术体系中,MBD 数据集内容包含设计、工艺、制造、检验等各部门的信息,在数据管理系统和

和影响,主承制单位不仅需要实现本公司内部制造过程中的数据管理、工艺准备、生产制造、产品检测等控制及管理,还要管理来自自主设计单位、分承制单位的工程数据,需要实现对分承制商交付、制造等数据的管理,如图 1 所示。

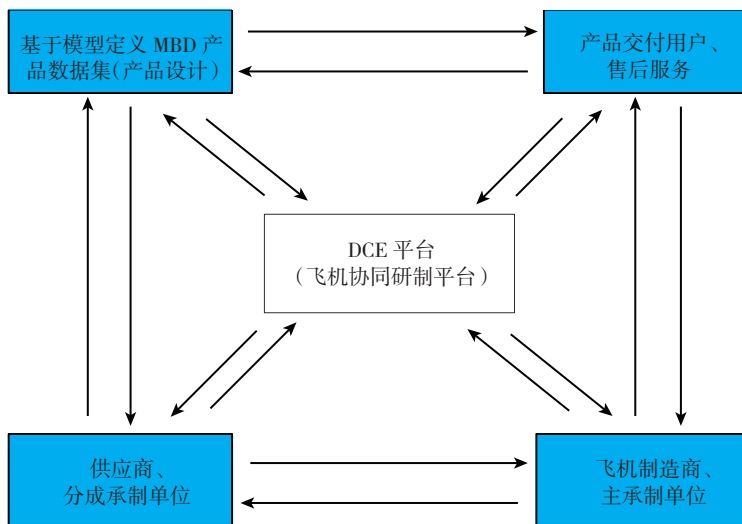


图1 飞机设计与制造协同并行研制流程

研制管理体系的控制下,各职能部门人员可以与设计师共同在一个未完成的产品模型上协同工作,提高了设计效率,同时也提高了产品的可制造性。因此,MBD 技术体系改变了传统的研制模式,更有效地发挥了数字化技术带来的便利。

2.3 应用 MBD 技术,加快了新型飞机研制模式的创新

传统的飞机研制中均采用一厂一所研制模式,串行的研制管理流程和基于纸介质和模拟量传递的研制手段。新型飞机研制采用了多厂所进行联合研制的方式,是一个典型的主承制单位-分承制单位协同组织体系。飞机研制模式所具有的并行研制、跨组织协同和多专业协同的工作方式,给主承制单位技术准备工作、产品检验与过程控制、数字化环境建设、信息化建设带来了新的变革

制定 MBD 技术实施方案,建立三维数字化制造技术管理体系

新型飞机研制模式,带来制造企业内部业务流程的优化、工作方式的转变、数据定义和管理方式的转换。通过制定 MBD 技术实施方案,对设计制造并行工程、产品数据发放接收、技术准备、工艺设计、数据管理、制造检验等过程的研究,在产品数据协同工作、三维标注技术准备、产品检验与过程控制、三维数字化制造技术管理体系建设、人员培训、数字化环境建设等 6 大方面进行规划和实施。

1 设计制造并行工程

新型飞机研制中引入成熟度的概念,模型成熟度用“MA*”表示,其中“*”为顺序号,共分为多个成熟度状态: MA1、MA2、MA3、MA4、MA5

等。按模型成熟度对预发放数据进行控制,在零件/部件的不同成熟度阶段进行产品的预发放。实现了制造单位在协同制造平台接收预发放数据,提前开展工艺准备、工装设计、生产、材料订货等工作。

2 产品数据发放接收

传统的接收设计图纸类型,为一次性接收,并进行图纸后续更改接收。

新型飞机厂所之间数据发放接收实现了预发放和正式发放两种情况:预发放数据仅做为制造企业进行工艺准备的参考;正式发放数据是产品设计完成、达到冻结状态时由设计单位向制造单位发放的产品数据。

预发放和正式发放采用统一的数据发放、接收工作模式和发放接收流程。其发放过程不仅受控,而且对其追溯性、有效性等都将进行严格的管理。

3 技术准备、工艺设计

新型飞机实施 MBD 技术,实现了技术准备、工艺设计工作规划在协同平台(简称 DCE 平台)中进行。基于 DCE 平台,将 AO/FO、检验计划的编制工具做成 DCE 平台的插件,利用 DCE 平台强大的任务管理引擎来组织繁琐与分散的 AO/FO 编制工作,最终达到与 DCE 平台深度集成。

3.1 规划并实现关联工艺设计

在工艺指令的编制环境中,能够进行结构化的 AO/FO、检验计划编辑工作,将 AO/FO 编制、定版发布纳入管理。在 DCE 平台中进行全机 EBOM、PBOM、MBOM 的重构与管理、AO/FO、检验计划编制与审批、工装申请与控制等技术工作,实现全机工艺的关联设计与管理。

3.2 探索建立三维指令,并实现与 DCE 平台的集成

DELMIA 系统作为工具级应用,对从 DCE 平台输入的 EBOM、产品模型、PBOM、工装模型进行管理,保证数据和 DCE 平台一致性、完整性和准确性,进行顶层 MBOM 构建、工艺规划、仿真验证和 AO 的编制。向 DCE 平台输出顶层 MBOM、三维 AO 及仿真验证结果。

4 实现基于 EBOM 为核心制造数据构型管理

制造数据管理以 EBOM 为输入,通过重建建立 PBOM、MBOM,以此为基础,实现制造数据集的管理,确保整个制造数据的一致性、有效性、可追溯性以及完整性。制造数据构型管理流程,如图 2 所示。

4.1 实现基于 EBOM 的设计构型管理

实现了以 BOM 为核心的 EBOM、PBOM 和 MBOM 的统一管理技术路线和流程,规范了型号 PBOM、MBOM 数据对象,统一构建、转换流程,保证逻辑上的一致性。

建立了完善的工艺路线、工艺指令的编制和管理信息环境,做到完全的工艺文件结构化管理。通过将工艺管理和工装设计工作集成于一个 PDM 环境中,实现了工艺工作和工装设计工作的一体化。

工艺构型和制造管理的功能大为增强,通过将工艺管理系统与生产管控系统协作配合形成完整的工艺和生产构型管理平台。

4.2 实现基于 PDM 的 PBOM 工作流程管理

改变了以往工艺路线分工表的模式,实现了基于 PDM 的 PBOM 工作流程管理。通过工艺构型管理,实现 EBOM → PBOM 的重构,以实现设计、工艺、制造数据的有效衔接,维护数据的一致性。

根据 EBOM 中零组件的制造情况和资源配置情况,调整 EBOM 底层的产品结构,添加工艺组件,生成 PBOM 产品结构,在 PBOM 产品结构基础上添加工艺路线,形成完整的 PBOM。通过协同平台中的变更管理

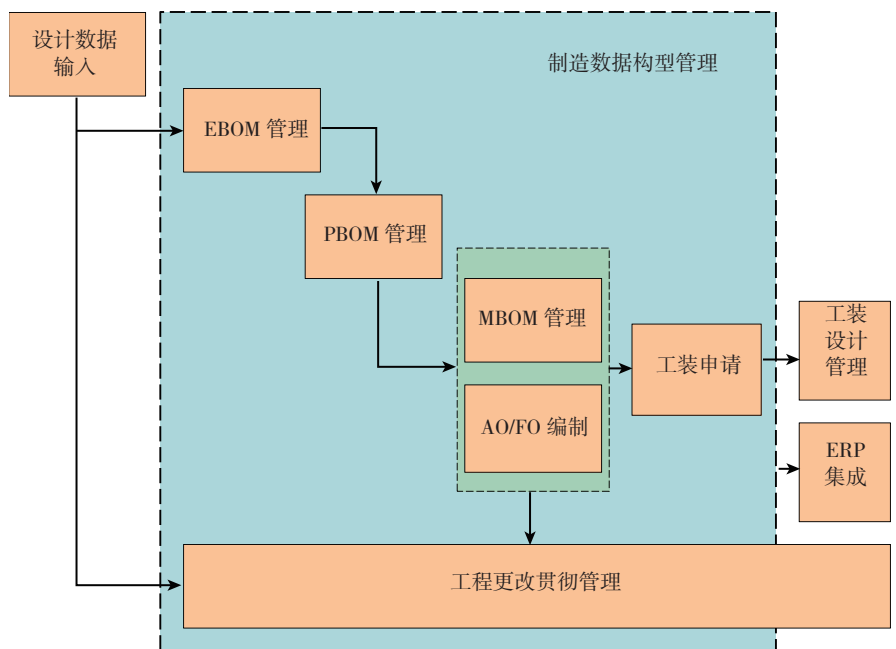


图2 制造数据构型管理流程

过程进行 PBOM 的更改控制。

4.3 实现 MBOM 构建与更改管理

MBOM 是用于指导实际生产过程的物料清单,反映飞机产品的制造层次和制造过程。MBOM 产品结构包括 MBOM 顶层产品结构和 MBOM 底层产品结构。MBOM 顶层产品结构包括多层次的装配单元,MBOM 底层由 AO 及其配套组成。建立了 MBOM 中的零部件和在编制工艺和制造过程中产生的制造工艺文档(如 AO/FO 等)之间的关联关系。通过协同平台中的变更管理过程进行 MBOM 的更改控制。

4.4 工程更改管理

实现对工程更改贯彻过程的管理,对工程更改引起的各部门更改活动进行统一管理,对工程指令贯彻而产生或更改的数据进行关联。并提供必要的报表,对工程更改的闭环过程进行分析和监控。

5 产品检验检测与过程控制

飞机研制中产品检验检测与过程控制采用了检验计划(检验规程)。检验规程规范、明确了检验活动的具体要求,是检验人员验收产品的标准文件。通过检验规程应用,开展了检验技术研究,进一步加快产品检查验收工作规范化、标准化的进程,最大限度的降低人为因素对产品验收结果的影响。检验规程管理实践是质量检验控制新模式,是推行自主质量控制工作的实践活动。

检验规程的实施,规范了检查项目、检查方法、检测工量具,明确检查要求,减少检查过程查阅技术文件、协调检查要求等环节,有效提高工作效率。依据检验规程验收产品,规范检查要求,避免过分依赖操作技能及经验的局面,提高了检验验收工作质量。

6 建立了 MBD 技术环境下的三维数字化制造技术管理体系

为适应数字化设计制造的现代化研制模式转变,建立了数字化制造环境下的制造技术管理体系,主要包括基础技术、工艺、工装、生产、检测、质量控制等方面的制度和规范,有 470 余份。有效地支撑了 MBD 技术在制造企业的工程化应用,实现了技术、生产、产品质量的有效管理和控制。

生产现场实施

1 生产管控管理模式

以协同平台为支撑,以生产管控为核心,以计划管理和调配为重点,以过程控制为理念,建立了基于项目协同管理的生产管控平台,可实现项目的总体规划与监控、技术状态跟踪、生产过程监控、挣值分析与管理、综合信息管理。

2 生产现场的无纸化

AO/FO、检验计划通过生产管控系统进行下发,实现了装配生产现场的无纸化。

流程标准化 / 固化——协同平台定制开发

为了成功进行飞机的异地协同研制管理,建立了一个数字化的飞机协同研制管理协同平台,统一组织、存储、管理和控制各种类型的协同研制数据。对贯穿飞机全生命周期的数据接收和发放、技术准备工作、产品检验与过程控制、构型数据业务管理流程和活动进行固化,为各单位开展工作提供有效的平台支撑。基本解决了飞机研制数据的一致性、有效性、安全性、完整性和可追溯性。

实施过程

1 缜密策划实施方案、进行模拟测试

为确保型号 MBD 技术实施成功,缜密策划了实施方案。组织工艺、信息、标准、检验等职能部门和基层单位对工艺性审查、数据发放和接收管理、PBOM/MBOM 编制、工装申请管理、AO/FO 编制、工程更改贯彻、检验计划等大的流程进行了 5 次集中模拟测试和实践演练。针对测试中存在的问题,制订了解决措施,保障了主流程的畅通,有效地支持了新飞机的研制。

2 MBD 技术实施的效果

MBD 技术应用、DCE 平台支持产品数据预发放和正式发放两种发放模式下的工艺准备。有效地解决了预发放和正式发放两种发放模式的并行处理方式,实现了工艺准备工作的平滑过渡;支持数据预发放状态下编制的工艺文件(装配指令(AO)、制造指令(FO)、检验计划、批量毛料、零组件交付规范、毛料交接状态表、制造协调单)与部件关联;最大限度保证工艺数据的完整性和工艺文件的知识继承,实现了快速工艺准备,缩短技术准备周期 70%,部装阶段故障返工减少了 55%,自产品数据发放到部件交付周期缩短 65%。

结 论

MBD 技术的工程化应用,基本建立了 MBD 技术环境下的三维数字化制造技术管理体系,实现了飞机数字化设计制造应用的一体化,实现了制造过程中的数据管理、工艺准备、生产制造、产品检测等控制及管理,有效地支撑了飞机的快速研制。为其他企业相关研究提供一些借鉴。

(责编 日午)