

基于 MBD 的三维数字化装配工艺设计 及现场可视化技术应用

MBD-Based Three-Dimensional Digital Assembly Process Design and on-Site Visualization Technology Application

中航工业陕西飞机工业(集团)有限公司 胡保华 闻立波 杨根军 黄官平 吴 慧
中航工业金航数码科技有限责任公司 沈 波 惠 巍

[摘要] 基于 MBD 的三维数字化装配工艺设计技术是现代航空数字化制造中的一门新兴学科,也是未来飞机三维装配工艺设计的发展趋势。该技术主要通过 DELMIA、3DVIA Composer、CAPP 等工艺设计、工艺仿真软件进行客户化定制和多系统集成应用,完成基于 MBD 三维产品模型的工艺分离面的划分、BOM 重构、工艺仿真以及三维装配指令编制等工艺设计工作,并通过生产管理系统将已完成的工艺设计信息传递到生产现场实现可视化装配,打通了基于 MBD 的产品设计与工艺设计及现场可视化装配的技术路线。

关键词: MBD 三维工艺设计 现场可视化

[ABSTRACT] MBD-based assembly process of three-dimensional digital design is not only an new discipline in aircraft digital manufacture, but also the future aircraft design trends. The technology completes the jobs of division of the three-dimensional process splice surface based on MBD, BOM reconstruction, process simulation and establishment of three-dimensional assembly order by customization and multi-system integration of process design, process simulation software, such as DELMIA, 3DVIA Composer, CAPP, and so on. The technology transfers the completed process design information to production scene by product management system, the technology opens technology roadmap from the MBD-based product design, process design to on-site visualization assembly.

Keywords: MBD Three-dimensional design On-site visualization

MBD (Model-Based Definition) 即基于模型的产品数字化定义,其特点是:产品设计不再发放传统的二维图纸,而是采用三维数字化模型作为飞机零件制造、部件装配的依据。传统的二维工艺设计模式已经不能适应全三维设计要求。随着现代计算机技术、网络技术、工艺设计软件技术的发展,以及协同平台的建立,为三

维数字化装配工艺设计和并行工程奠定了基础。

1 三维数字化装配工艺设计及现场可视化系统

通过采用达索公司三维数字化装配工艺设计平台 DELMIA 及 3DVIA Composer 解决方案,构建“数字化装配工艺设计和仿真系统”及“生产现场可视化系统”。突破 DELMIA 二次开发及定制技术、3D 制造过程仿真验证及优化技术、MBD 技术、生产现场可视化技术、Windchill/DELMIA/EPCS/CAPP 多系统集成技术等关键技术瓶颈,最终构建符合企业业务需求的“数字化装配工艺设计和仿真系统”及“生产现场可视化系统”。缩短飞机装配周期,提高装配质量,全面提升飞机的数字化制造能力。系统流程及集成架构如图 1 所示。

系统流程及集成工作思路如下:

(1) Windchill 企业数据管理系统是企业唯一合法的数据来源,管理着各种 BOM 信息。通过接口程序,把 PBOM 以 XML 的格式输出。

(2) 通过在 DELMIA DPE 平台上二次开发技术,把 XML 格式的 PBOM 及产品三维数据模型调入 DPE 模块中进行工艺规划,并创建顶层 MBOM。

(3) 划分哪些工作需要 DELMIA 中进行仿真验证,哪些不需要仿真验证,并将创建的顶层 MBOM 存到 Windchill 中。

(4) 将需要仿真验证的装配件在 DELMIA 中进行详细的 AO 划分。

(5) 在 DELMIA DPM 中进行装配仿真验证、人机工程仿真、资源仿真等工作。

(6) 利用 3DVIA Composer 进行细节三维装配指令编制工作。

(7) 进行 DELMIA 与 CAPP 的接口开发,使三维 AO 及配套表传入 CAPP 系统,并最终通过 CAPP 在 Windchill 进行流程审签。

(8) 开发 Windchill 和 ERP 及 MES 的接口程序,

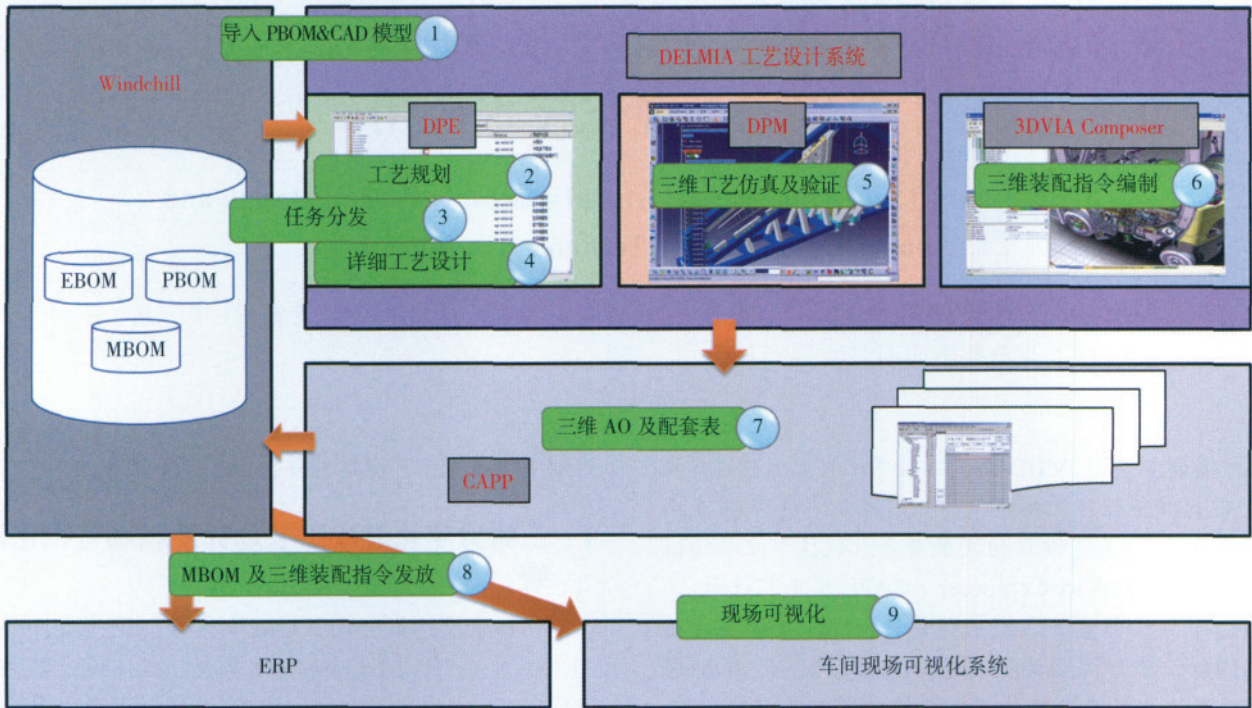


图1 系统流程及集成框架

Fig.1 System processes and integration framework

把 MBOM 和 AO 信息传递给 ERP 及 MES 系统,实现车间现场装配可视化,指导实际生产工作。

2 三维数字化装配工艺设计

三维数字化装配工艺设计是通过对产品结构进行分析,在企业现有制造能力(设备、工艺技术能力、人力资源等)及产量要求的基础上,进行组件划分,制定装配流程,确定装配方案,并选择各装配环节所需要的制造资源。在三维数字化装配工艺设计系统中,工艺设计用树状结构表示,主要由产品结构树、工艺结构树、资源结构树 3 个分支构成,具体结构特征按企业需求进行工艺模板定制。基于 MBD 技术的三维数字化装配工艺设计主要工作流程如图 2 所示。

2.1 数据准备工作

在三维数字化装配工艺设计中所用的数据格式分为 3 种, CGR 格式、CATIA V5 模型、smgxml 格式。其功能为:

CATIAV5 模型: 来源于产品设计

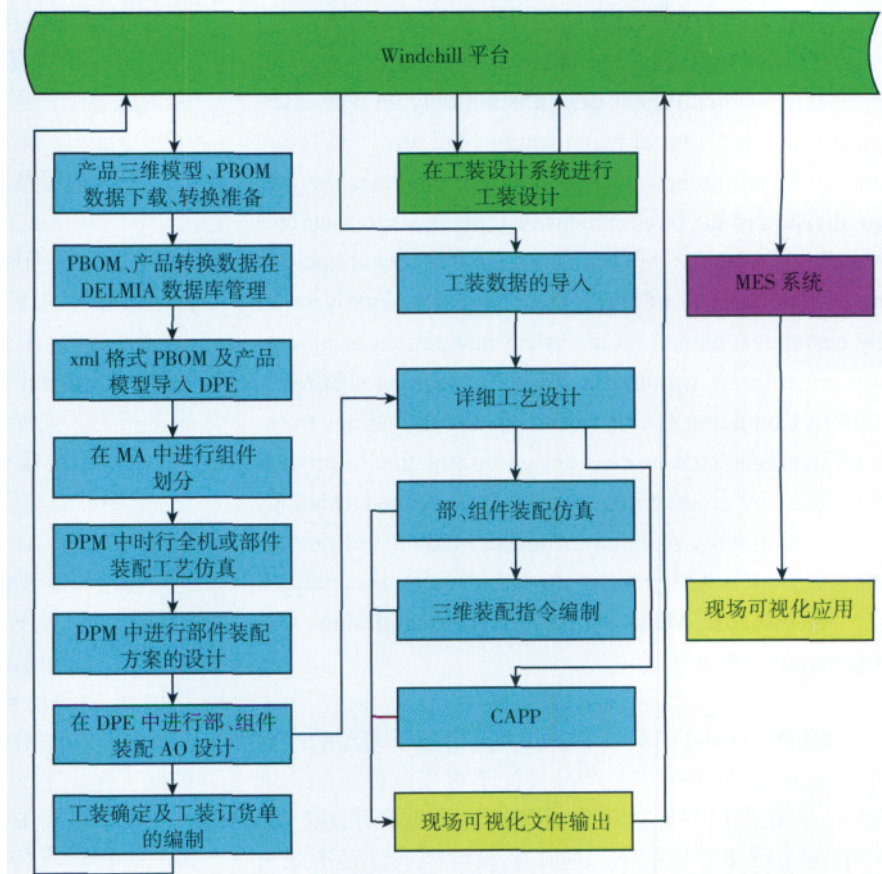


图2 基于MBD技术的三维数字化装配工艺设计流程

Fig.2 MBD-based three-dimensional digital assembly design flow

部门,是工艺设计的依据和基础数据。

CGR 格式模型: 由 CATIAV5 模型转换而来,轻量化模型,用于大数据量模型的仿真及 DPM 环境下产品结构浏览。

smgxml 格式模型: 由 CATIAV5 模型转换而来,轻量化模型,用于在 WKC 中进行三维装配指令的三维视图编辑。smgxml 格式模型转换界面如图 3 所示。

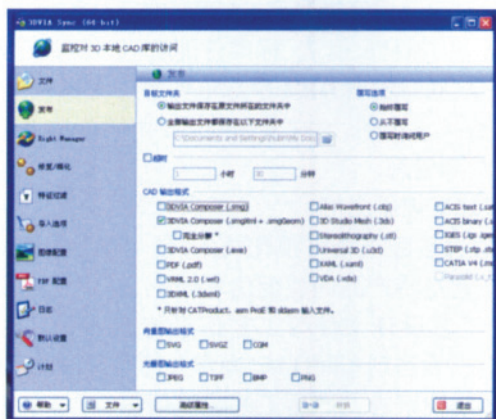


图3 smgxml格式模型转换界面

Fig.3 Conversion interface of smgxml format model

2.2 PBOM 数据导入

将来自协同平台的 XML 格式的 PBOM 导入 DELMIA 的 DPE 中, PBOM 中的零组件信息(工艺路线、批架次、工组件等)会通过程序自动关联 CGR 模型、CATIAV5 模型、smgxml 模型 3 种格式的数据。并导入产品模型的坐标位置信息。在 DPE 中构建全机或部件的 PBOM 结构树。数据导入流程如图 4 所示。



图4 PBOM数据导入

Fig.4 PBOM data import

2.3 工艺分离面的划分

完成数据导入工作后,在 DELMIA 系统的 MA (Manufacturing Assembly) 中根据三维产品模型在三维数字化环境下进行全机、部组件工艺分离面的划分,结合 PBOM 结构树确定各工艺装配部件、组合件需要装配

的组件及零件项目,构建工艺部件、组件模型结构。在 MA 中进行工艺分离面划分如图 5 所示。

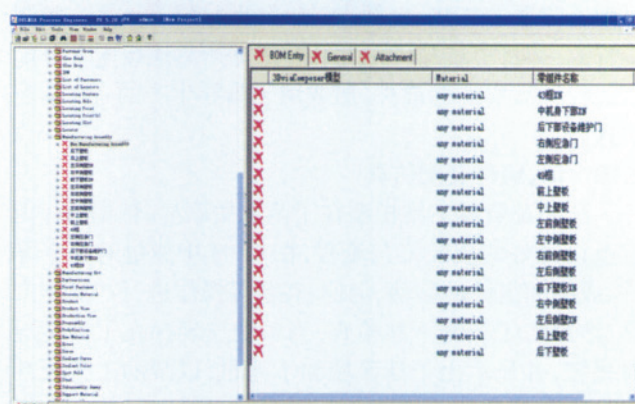


图5 MA中进行工艺分离面划分

Fig.5 Division of process splice surface in MA

2.4 全机或部件装配工艺仿真

针对工艺分离面划分结果在 DPM 中进行全机及部件级工艺仿真,验证工艺分离面划分的合理性,并进行优化。

2.5 部件装配方案的设计

在工艺分离面划分优化的基础上,在 DPE 的 PROCESS 结构树上对各工艺部件进行装配流程设计,划分下一级组件装配单元,确定在各组件装配的零组件项目,构建顶层 MBOM 结构树,关联来自工艺部件的组件装配工艺模型。确定装配工艺基准和装配定位方法,并规划各组件之间的装配流程。

2.6 部、组件装配 AO 的确定

在部、组件划分的基础上,依据分配到部、组件项目的装配工艺模型在 DPE 的 PROCESS 结构树上进一步进行部、组件装配过程设计,确定各部、组件所属零组件的装配顺序,规划完成装配的 AO 项目,编制 AO 号,关联每本 AO 需要装配的零组件项目。

2.7 工装订单单的编制及工装设计

工艺部门依据工艺设计内容提出装配工装、夹具、刀具的订货技术要求。工装部门根据订货技术要求,设计装配型架、地面设备、专用工、刀、量具的三维数模。

2.8 工装数据的导入

将来自于企业协同平台的工装等资源三维模型数据分别以 CATIAV5 模型和格式导入 DELMIA 系统,建立资源结构树,并分别关联到 PROCESS 工艺设计结构树上的部组件装配项目上。

2.9 详细工艺设计

在三维数字化环境下确定该装配工艺过程零组件、标准件、成品等装配顺序,明确装配工艺方法、装配步

骤,进行 AO 下工步的详细设计,完成本装配过程的工步规划设计,并将产品零组件和工步关联。选定该装配过程所需要的工装、夹具、工具、辅助材料等一系列的制造资源,并将工装与工位关联。依据产品连接定义分配该过程所需要的标准件,形成用于指导生产的 AO 装配信息。

2.10 部、组件装配仿真

产品及资源三维模型在工步上关联后,依据 AO 内容及设计好的装配工艺流程,在 DPM 中通过对每个零件、成品和组件的移动、定位、夹紧等操作进行产品与产品、产品与工装的干涉检查,当系统发现存在干涉情况时报警,并显示出干涉区域和干涉量,以帮助工艺设计人员查找和分析干涉原因。同时通过对产品装配和拆卸过程进行三维动态仿真,可以验证每个零件按工艺设计的装配顺序是否能无阻碍的装配上去,以发现工艺设计过程中装配顺序设计的合理性。对于开敞性、可视性、可达性、可操作性较差的部位可以将标准人体的三维模型放入虚拟装配环境中进行人机工程仿真,模拟操作者的操作过程以便发现操作空间大小是否满足装配需要,操作者身体或肢体能否到达装配位置、是否看得见等问题。仿真结果通过仿真报告提交产品设计、工装设计等部门进行优化。

2.11 三维装配指令编制

通过部、组件装配仿真,对产品、工装、AO 内容及装配顺序等进行优化后,依据优化后的工艺设计结果进入 DELMIA 的 WKC (Work Instruction Composer) 中进行各工步三维可视化视图设计,将每个工步所要表达的工艺信息通过三维轻量化视图表达,包括标准件信息、装配尺寸标注、制孔要求、定位要求、工装使用要求,其形式如图 6 所示。

3 现场可视化技术应用

3.1 现场可视化文件输出、管理

由于采用 MBD 技术以后,生产现场不再发放二维图纸,为了满足装配生产需要,中航工业陕飞采取了利用装配仿真视频、AO 和三维工步视图指导现场装配作业的解决方案,具体方法是将在 DPE 中完成的部组件工艺规划,设计内容提取到 CAPP 中的 AO 模板中,包括 AO 内容页、辅材配套表、标准件配套表、零件配套表等文档信息,同时输出 DPM 中部组件的仿真视频和 WKC 中的三维工步视图,通过 Windchill 协同制造平台进行审签发放和管理。

3.2 现场可视化应用

通过装配现场可视化技术,使 MBD 技术在车间“落地”,它是将产品的装配仿真验证文件、三维工作指令以及工艺设计文件等工艺信息传递导入到企业的 MES 系统,发送到车间现场,操作人员通过现场触摸屏,在 MES 系统里查询产品工艺装配信息,可以直接查看三维装配指令及相关三维仿真,以更直观的方式了解产品的装配属性,理解产品的装配工艺和工艺流程,从而提高装配工作效率和准确性。

MBD 技术现场具体应用过程是,首先运行 MES 系统,通过查询工位设备号,确认某个部件的装配工位,查看 AO 文件名称、文件号以及装配该部件的工艺装备,然后输入负责该部件装配工作的操作者证件号,进入该产品的具体生产信息界面,对应 AO 名称和文件号,查看产品的装配仿真验证动画,直观地全面了解产品的装配流程,查看三维工作指令,获取产品的定位、装配尺寸等装配信息,查看 AO 文件,获取产品的装配零件及详细工作内容,最终完成产品的装配,如图 7 所示。

4 结论

通过基于 MBD 的三维数字化装配工艺设计及现场可视化技术应用研究及实施,打通了基于 MBD 的产品设计与工艺设计及现场可视化装配的技术路线。从实施情况看三维数字化装配工艺设计及现场可视化系统在数字化制造中有以下优点:

- (1) 实现了产品设计、工艺设计、工装设计的并行工程,缩短了产品研制周期,减少了开发成本。
- (2) 通过装配过程三维仿真验证,及时发现了产品设计、工艺设



图6 WKC中三维可视化文件编制

Fig.6 Programming of three-dimensional visual documentation by WKC

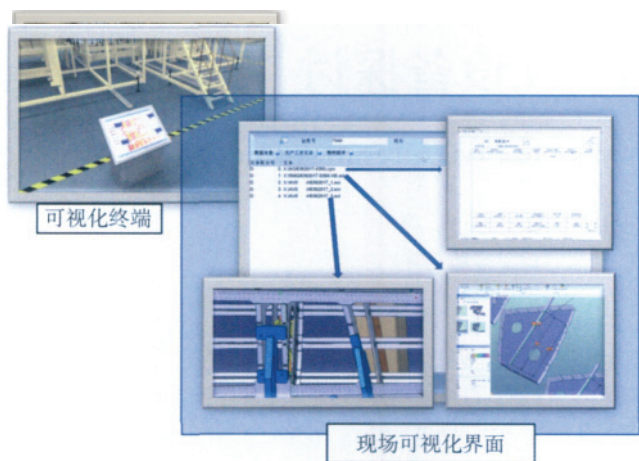


图7 现场可视化
Fig.7 On-site visualization

设计、工装设计存在的问题,有效地保证了产品装配的质量。

(3)通过现场可视化系统的应用,三维装配仿真通过三维数据直观地显现了装配过程,使装配操作者更容易理解装配工艺,减少了装配过程中的反复和人为差错。

(4)使工艺研制更便捷、更直观,特别在新产品研制中,通过三维数字化装配工艺设计使得工艺方案的制定、技术决策更准确、便捷。

(5)通过多个系统的集成,使设计、工艺、生产的信息可以更方便被调用,数据流通更加畅通。

(6)为企业提供了承上启下的工艺设计平台,便于在此基础上进行创新开发,为企业的质量管理、生产管理等系统提供上游工艺信息。

应用中的不足之处:

(1)目前人机仿真操作比较繁琐。

(2)装配仿真时模型作为刚性件处理,无法模拟仿真零组件变形后的装配情况,主要反映在某些钣金零件的仿真以及部组件自重引起的变形调整的仿真。

(3)目前采用的现场可视化方案虽然解决了MBD技术的现场应用,但在现场应用中由于可视化终端设备相对固定,操作者在飞机内部或距离终端设备较远的部位操作时不方便,还需研究开发便携式可视化终端设备及其数据管理方式。

5 结束语

基于MBD的三维数字化装配工艺设计及现场可视化技术是现代航空数字化制造中的一门新兴学科,该项技术的应用将引发飞机装配的历史性变革,将在技术和经济方面取得巨大的效益,为企业提升企业的核心竞争力奠定坚实的基础。(责编 小城)

(上接第69页)

荷支座安装处预埋了实心铝埋件,待装配成图1所示的塔体形式后,在数控机床上组合加工5个面上的所有实心铝埋件,包括铣面、钻孔和攻丝,此种情况下塔体装配现场可视化虚拟装配技术同样显得十分重要。图6为装配仿真示意图。

首先根据精测人员测量的实际埋件位置,工艺人员在理论模型中作出实际的铝埋件模型如图6(a),并将其中一处理件位置进行放大,为了便于观察将结构面板进行透视处理得出图6(b)。由图6(b)中可以清楚地看出目前装调的实际铝埋件(绿色标示)位置位于理论铝埋件(蓝色标示)的左下方,并且凸出理论埋件之外,具体的偏差数值可在三维模型中进行测量。由于在后续组合加工中将在实际铝埋件上按照理论坐标加工钢丝螺套安装底孔,因此需要分析钻孔位置。将图6(b)中的埋件进行透视化处理,并隐去结构面板后得出图6(c)。从该图中可以清楚看出钻头加工完实际铝埋件后会存在偏差,不能保证在实际埋件的中心钻孔,这是装调中必然存在的现象,也是不可避免的。此时就需要运用模拟软件测量出钻头边缘距离实际埋件边缘的最大距离和最小距离(如图6(c))所示,分析最小距离是否可以满足钻孔以及后续安装钢丝螺套的需要。当经过几次装调后,运用现场可视化模拟装配技术确认实际铝埋件位置能够满足后续加工需要时,即可认为结构板装调合适。

3 结束语

通过以上图5和图6中对两种有效载荷支座安装处理件形式的塔式结构现场装配模拟的分析,可以看出运用现场可视化虚拟装配技术非常有必要,如果不进行现场装配仿真,工艺人员很难仅凭精测人员提供的数据判断结构板装调是否到位。而一旦判断错误,将会对后续的装配和组合加工带来很大困难,甚至出现结构板加工报废的情况。运用现场可视化虚拟装配技术可以让工艺人员最大限度地确保装配位置的准确,很大程度上避免了由于装配不到位可能带来的经济损失。因此,该技术具有较大的推广价值。

未来,航天器结构形式的发展方向将更加广阔,形式必然会越加复杂多样,先进的装配方式和仿真技术显得格外重要,值得大力推广和运用。

参考文献

- [1] 夏平均,姚英学.虚拟装配的研究综述与分析.哈尔滨工业大学学报,2008(5):2.
- [2] 宋丽萍,武殿梁,范秀敏,等.面向虚拟装配的复杂产品装配建模技术.上海交通大学学报,2007(1):1. (责编 晓立)