

数字化装配工艺设计与仿真技术研究

Research on Digital Assembly Process Plan and Simulation Technology

中航工业西安航空发动机(集团)有限公司 种磊 刘志军 吴晓锋 胡思嘉 陈贺利



种磊

毕业于西安建筑科技大学机械制造及其自动化专业,现就职于中航动力股份有限公司工艺技术中心。研究方向为数字化设计制造技术。

近年来,随着信息技术及数字化技术的迅猛发展,信息化、数字化已逐渐成为高端装备制造业发展与创新的重要途径。在我国航空制造领域,三维数字化设计技术得到了广泛应用,基于模型的定义(Model-Based Definition,MBD)的数字化设计与制造技术已经成为制造业的发展趋势^[1-3]。三维 MBD 模型逐渐取

随着数字化技术在国内航空领域的推广应用,基于 MBD 的零件设计制造已成为趋势。传统的装配工艺设计模式尚未解决设计三维模型的应用问题。提出了一种数字化装配工艺设计方法,通过搭建数字化装配工艺设计仿真平台,定制开发工艺设计工具,基于 EBOM 进行 ABOM 构建、装配工艺规划,采用轻量化模型进行装配可视化仿真,实现数字化装配工艺设计。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.22.106

代二维图纸成为产品制造过程中的唯一依据,这对传统的工艺设计方式提出了挑战。

传统的装配工艺设计模式中,产品设计数据以二维形式发布,制造依据是二维数据;工艺设计仍采用二维方法,设计制造数据之间缺乏相关性;装配仿真需要根据二维图纸重构三维模型;工艺审签发布过程中仍采用二维形式发布,二维作业指令是现场制造的依据。设计数据在工艺设计环节的继承性差、重用性差、集成度低。装配工艺多凭经验设计,工艺人员在工艺设计阶段无法或很少考虑实际装配环节中的各种因素,使产品在装配时常常发生各种装配问题,严重影响了装配工艺设计的质

量、效率和水平。因此,为了满足航空发动机产品结构复杂、制造精度高、制造周期短、可靠性要求高等研制需求,提高产品核心研制能力,必须进行技术创新,探索出一种新模式来满足企业数字化装配工艺设计发展需求,提高企业竞争力。

装配工艺作为装配工作的指导,对装配精度与装配效率的高低起着决定性作用。如何有效地利用装配模型,建立合理的装配工艺,是保证装配精度,提高装配效率的重要前提。

装配工艺设计研究现状

装配工艺设计方面,国内相关学者开展了很多卓有成效的研究工作,

并取得了一定的成果。刘检华、夏平均开发的装配工艺规划系统,实现了装配工艺的便捷规划和三维直观设计。杨雨图提出了面向飞机装配工艺设计和工艺管理的实现策略,促进了飞机数字化装配工艺设计技术的发展。西飞与西北工业大学进行项目合作,根据飞机数字化装配工艺发展的需求,应用先进的数字化制造技术、面向对象技术、 workflow 管理技术、数据库技术、条形码技术等对 AO (装配大纲) 系统进行研究和开发,实现了 AO 过程的规范化和自动化,使系统具备装配流程管理和装配指令编辑等功能。中航工业沈飞与北京航空航天大学合作研究了基于产品预装配功能,自动生成飞机装配工序的方法,并通过在对 CATIA V5 系统进行开发的基础上,实现了飞机装配工序的可视化建模及仿真,并结合某飞机垂直尾翼的装配,验证了系统的可行性^[4]。

装配工艺设计与仿真平台

为实现数字化装配工艺设计与仿真,需借助高端数据共享管理工具和制造仿真、分析、辅助设计软件,搭建装配工艺设计环境。

以 PDM (Teamcenter) 系统为核心,集成装配仿真软件 Visualization Mockup 和 Visio 构建装配工艺设计系统平台。平台基于 PDM 系统进行集成开发,由 Teamcenter 作为数据管理平台,并在其基础上实现数据库管理、可视化、更改、流程管理; Teamcenter Engineering 实现数据和文档管理; Teamcenter Manufacturing 实现工艺设计,仿真资源管理。Visualization Mockup 软件用于装配仿真。Visio 作为工艺设计辅助工具,用于卡片生成。利用该平台可直接基于 MBD 设计数据进行装配 BOM 重构、结构化工艺编制,装配仿真验证和电子审签、归档等活动,并下发生产现场进行装配和检验,使得装

配工艺设计与管理成为企业 PDM 平台的有机组成部分,实现了与 PDM 共享统一的产品、工艺数据,实现统一的更改、流程、权限、文档管理。以结构化、可视化的装配工艺形式进行装配工艺设计和虚拟仿真验证,系统将有效管理装配工艺数据、工艺文件、工装设备辅料等生产资源数据,形成企业单一的数据源,保证数据的唯一性和准确性^[5]。

该装配工艺设计平台具有数据集成性高、实用性强、开放性好的特点。可实现 Teamcenter 平台与 Mockup 仿真软件之间信息数据交互与关联管理,建立产品、工艺、工装、设备、仿真动画文件等关联关系,方便相关工艺数据的查询和汇总,支持轻量化 JT 模型的生成与关联管理,满足与相关系统的工艺信息集成化应用需求;结构化装配工艺创建,定义了总工艺、工艺、工序、工步的创建与结构化组织模式,具备工艺、工序作为独立的数据对象,可实现工艺数据的权限、版本、配置及流程管理;定制与开发各类工艺模板,可实现各类工艺卡片与工序卡片自动生成;集成了典型工艺、工装设备资源,可借用典型工艺或已有工艺创建新的工艺文件,提高工艺编制效率;支持基于 Visio 的工序图表工艺信息创建与 PDF 工序图表输出、合成;工艺审签采用电子审签方式,支持面向工序的会签。

数字化装配工艺设计

数字化装配工艺设计即充分继承和利用数字化产品设计信息,通过创造性的工艺设计,有效连接数字化产品设计和装配生产现场的制造执行,为装配生产现场的制造执行提供必要和准确的工艺技术信息,指导装配现场工人操作。

数字化装配工艺设计过程可分为 ABOM 构建、装配工艺规划、结构化工艺创建、工艺路线设计、工序设计

设计、工装设计、装配仿真验证、工艺卡片编制、创建整本工艺和工艺审签归档等内容,流程如图 1 所示。

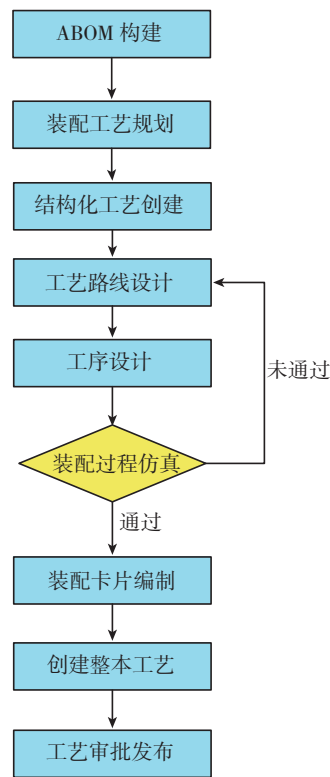


图1 装配工艺设计流程

1 装配 BOM 构建

设计员根据产品功能单元、模块专业特点、相关规范等因素划分零部件的层次结构,构建设计 BOM。为了便于产品生产制造,制造企业工艺员需要依据设计 BOM,同时考虑产品装配顺序、企业生产组织形式、制造资源分布以及相关的工艺规范等因素,对设计 BOM 进行部分调整,形成装配 BOM。装配 BOM 实质是各装配部门或班组的装配工艺业务和生产任务的划分。

平台提供直观的产品结构使用界面,在系统三维可视化环境下基于设计 BOM,创建、编辑 BOM 结构,考虑产品装配顺序、企业生产组织形式、制造资源分布以及相关的工艺规范等因素,构建 ABOM 支持产品结构相关的三维模型和技术文件显示查看。图 2 所示为平台支持 BOM 比

之间融为一体的三维动态仿真,使工作现场更加符合工艺布局原则。

(5) 人机工程仿真: 在虚拟环境中,分析校验装配人员在装配过程中的各种姿态、视野,对装配人员的工作状态进行评估。人机工程仿真主要包括以下几方面:

- 可视性: 人眼和视觉、测量工具等可达到的感知或工作范围;
- 可操作性: 装配人员的身体能否到达装配位置进行装配操作,空间是否便于操作;
- 安全性: 对人员、设备的安全生产要求及造成的影响;
- 舒适性: 负荷、空间、时间、色标、劳动强度等因素是否在装配人员体力、心理、触觉、视觉等承受范围内。

平台集成了装配工艺仿真系统,当装配工艺设计完成后,不需要数据导入或导出,可以直接调用工序中的 JT 模型到工艺仿真系统进行工艺验证,验证装配过程是否存在干涉、计算优化的装配序列、装配最佳路径,计算出的数据将保留在 PDM 中。最终利用软件功能输出仿真动画与图示,仿真动画以数据集形式在装配工艺节点下保存管理,选择仿真动画数据集,使用集成 Mockup 打开即可对仿真动画进行浏览、编辑。

通过装配工艺的各种仿真与验证,可以在早期监测和沟通产品设计问题,提高设计质量,减少车间安装和调试的时间;减少工装夹具的更改,降低夹具的制造成本;降低制造成本和提高产品的制造质量。

5 工艺卡片编制

工艺卡片编制在 Visio 中进行。包括制作工序附图、工步信息定义、添加工装设备、添加辅料、生成报表、整本工艺创建等工作。

装配附图对装配过程的描述有不可或缺的作用,系统可直接利用轻量化三维设计模型进行附图创建,创建的三维附图添加到工序当中,自动

与工序关联,相比传统将模型二维化再截图的方式,表现更加直观易懂,而且操作方便快捷。

为便于工艺信息在计算机系统输入与管理,通过定制、开发统一工艺卡片格式模板,内容包括工艺封面、工艺更改记录表、工艺路线图表、工序图表、工艺编制说明、零件目录表、工夹具设备表、工艺辅助材料表等。工艺信息如零组件、工艺、工序、材料、车间等工艺信息可从工艺结构中自动继承到卡片中,当这些信息改变时,卡片中相应内容可自动更新。

卡片中物料资源信息可从系统集成的制造资源库中提取资源、物料信息(包括装配零件、辅料,资源信息包括工装、设备等)进行填写,当信息更改时,卡片内容会自动更新。

平台通过开发生成报表功能,支持工艺信息汇总输出。在卡片内容填写完成后,可利用开发的“生成报表”功能生成零件目录表、工夹具设备表、工艺辅助材料表,系统会自动提取结构化的制造工艺数据,自动汇总零件目录、工装夹设备表和辅助材料表等信息。

保存文件自动输出 PDF。系统保存时,将 Visio 中卡片文件保存,自动将文件转换成 PDF 文件,并将 PDF 文件以数据集的形式挂到对应工序节点下管理,每次更改保存 PDF 数据集都会自动进行文件更新。

完成所用工艺设计任务后,使用“合成整本工艺”功能,程序将工艺规程封面、工艺目录、工装汇总、各工序下对应的 PDF 文件自动排序合并成整本工艺,以 PDF 数据集形式挂在工艺节点下管理。

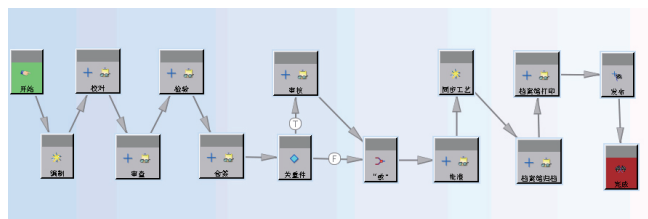


图5 工艺审签流程

6 工艺审签归档

通过在 PDM 系统中建立工艺规程审批流程,如图 5 所示。设定各个审签流程节点并指定各节点审签人,审签人在流程的任务目标下浏览工艺规程,并实现在 PDF 文件中写入审签信息;平台提供了工艺详细审批信息记录,支持圈阅信息的保存、对比和权限控制,支持面向工序的会签,满足不同条件下的会签需求。

最后,档案部门对工艺规程进行归档,集中打印工艺规程并发布,流程结束,装配工艺设计工作完成。工艺规程以电子或纸张的形式输出,用于指导装配生产线上的制造工程师和工人实施产品装配过程。

结束语

为了实现三维装配工艺设计与仿真信息向下游延伸,本文提出了一种数字化装配工艺设计方法,并对装配 BOM 构建、装配工艺规划、装配仿真、装配工艺编制等关键技术进行了研究,探索出一套数字化装配工艺设计新模式,全面提升了产品装配工艺设计水平,有力推动了企业技术进步与模式变革。

参考文献

- [1] 周秋忠,范玉青. MBD 技术在飞机制造中的应用. 航空维修与工程, 2008, 145(3): 55-57.
- [2] 梅中义. 基于 MBD 的飞机数字化装配技术. 航空制造技术, 2010, 125(18):42-45.
- [3] 郭景涛,梅中义. 基于 MBD 的飞机数字化装配工艺设计及应用. 航空制造技术, 2011, 133(22):74-77.
- [4] 冯廷廷. 基于 MBD 的飞机装配工艺规划与仿真 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2011.
- [5] 梁艳,冯国成,于勇,等. 基于模型定义的装配件数据组织及其实现. 航空维修与工程, 2010, 120(8):56-59.

(责编 玲犀)