

面向PLM的航空复杂产品 装配工艺规划、设计与仿真技术

PLM-Oriented Assembly Process Planning, Design and Simulation Technology
of Complex Aeronautical Product

西北工业大学机电学院 李 博 贾晓亮 田锡天 田富君



李 博

西北工业大学硕士研究生, 研究方向为制造业信息化。

航空复杂产品具有客户需求、产品组成、产品技术、涉及学科专业、制造流程、试验维护、项目管理、工作环境等特点,并且产品生命周期长、技术含量高、生产和质量要求严格^[1]。装配是航空复杂产品设计过程中的重要环节,其结果直接关系到产品的质量、性能、寿命和可维护性。在制

面向 PLM 的航空复杂产品装配工艺规划、设计与仿真系统是把三维模型贯穿产品全生命周期,通过计算机对产品的可装配性、装配工艺的合理性、工艺装备的适用性等进行分析、仿真,评价和优化产品装配模型,以达到缩短产品开发周期、提高装配质量和效率、降低生产成本以及优化产品性能等目的。

造过程中,装配时间约占总生产时间的 20%~50%,装配费用占制造总费用的 20%~30%^[2-3]。为了缩短产品装配周期,降低装配成本,提高装配质量,航空产品的装配工艺规划、设计必须从基于二维图纸的传统模式向基于三维模型面向产品全生命周期的新模式转变。

三维 CAD 软件在国内的推广和应用极大提高了机械产品的设计效率,一些大型航空企业已经开始推广基于 MBD 的产品三维模型设计,不再绘制二维图纸,但是当今主流三维 CAD 系统只能实现装配体结构设

计和简单的干涉关系检验等功能,不能实现装配工艺设计,不能检验产品和工艺装备在装配过程中是否存在干涉关系。国外比较著名的数字化装配软件主要包括 Visualization Mockup、Tecnomatix 和 DELMIA^[4],这些系统提供了装配仿真功能,却不能实现设计、工艺和制造部门的信息集成以及产品数据的全生命周期管理。

面向 PLM (Product Lifecycle Management) 的航空复杂产品装配工艺规划、设计与仿真(Computer Aided Assembly Process Planning, CAAPP)系统是把三维模型贯穿产品全生命

周期,通过计算机对产品的可装配性、装配工艺的合理性、工艺装备的适用性等进行分析、仿真,评价和优化产品装配模型,以达到缩短产品开发周期、提高装配质量和效率、降低生产成本以及优化产品性能等目的^[5-7]。本文对 CAAPP 系统进行了关键技术研究 and 系统开发,并讨论了该系统的应用模式。

面向 PLM 的三维装配工艺需求分析

航空复杂产品形状复杂、批量小、零件规格差异大、可靠性要求高;产品的定型是一个复杂而精密的过程,往往需要多次的设计、测试和改进,耗资大、耗时长。航空复杂产品的装配工艺特点如下:

(1)航空产品的装配过程复杂,一般将其分解为总装、组装和部装;各组、部件装配过程一般由清洗、装配公差计算、机械部分装配、电子元器件装配、布线、测试等部分组成,产品的装配是一个机装、电装、布装混合的过程。

(2)航空产品结构布局一般较为紧凑,装配空间狭小,不便于使用工装、仪器设备,装配过程中经常出现工装、夹具设计不合理造成无法装配的情况。因此,工装的返修率高、研发周期长、研发费用高。

(3)产品生产批量较小,如果对所有型号产品进行试制、试装配,将会进一步提高产品的生产成本,延长产品生命周期。

(4)产品形状结构复杂,零件装

配路径曲折,仅仅依靠工艺员的空间想象力难以体现真实装配情况,装配工艺的编制难度较大。

(5)零部件数量较多,尺寸差别很大,经常出现零件错装、漏装的情况,仅仅依靠二维装配工艺很难理解装配过程,需要装配工艺人员在装配现场指导工人进行装配。

传统的装配工艺规划模式存在大量的问题,主要包括:装配工艺人员要从二维图纸中提取出大量的装配工艺信息,工作量很大;装配工艺以文字说明为主,并通过工艺附图辅助工人理解复杂工装、关键工序,装配工人对产品的整体结构没有直观理解,装配工艺中的工艺装备与装配现场的装配资源难以一一对应起来;装配现场的工装、夹具、仪器设备数

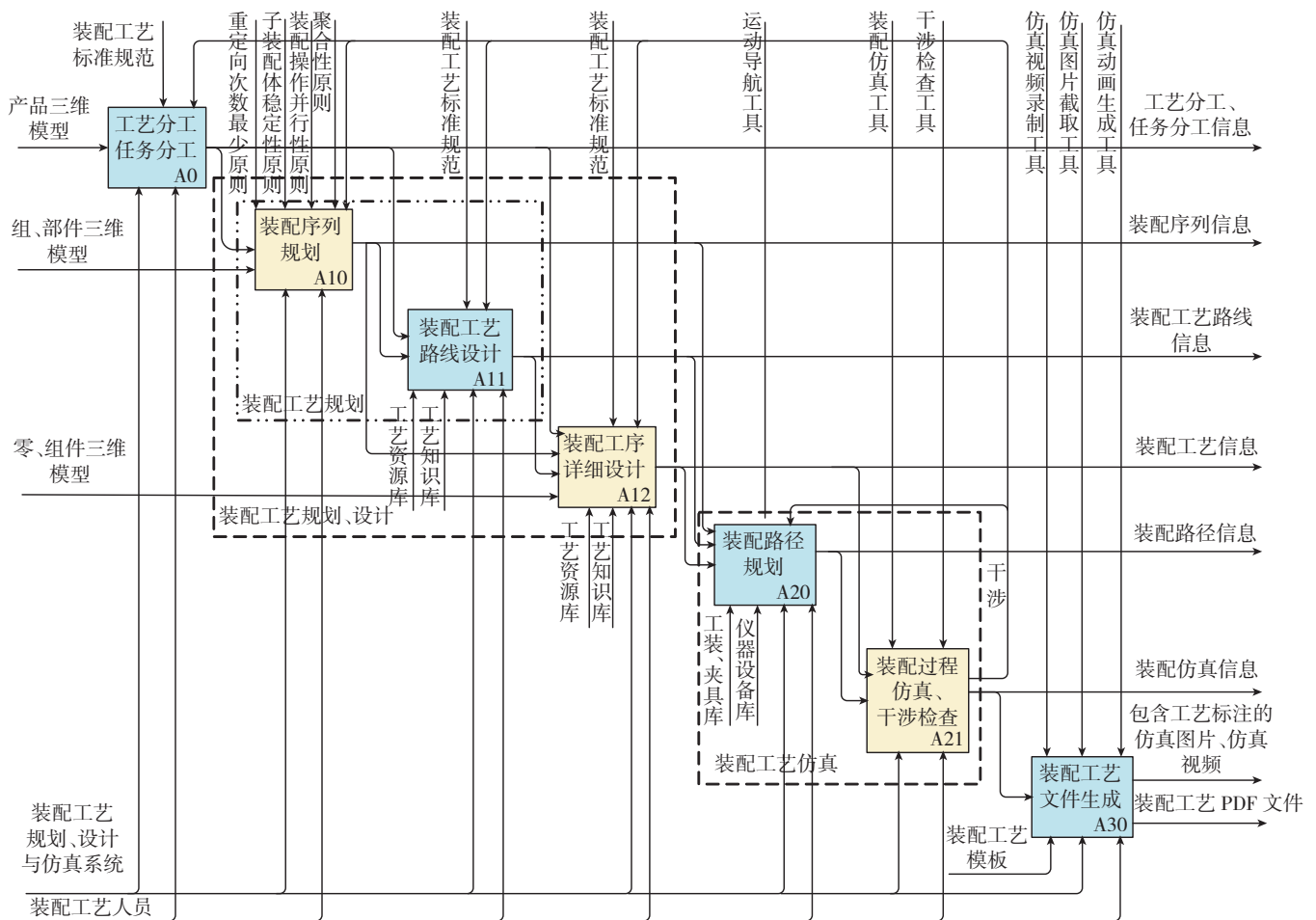


图1 面向PLM的装配工艺规划、设计与仿真业务流程

量较大、种类繁多,工艺人员依靠二维图纸设计出的工艺装备往往不太合理,甚至在装配过程中与产品发生干涉,导致无法装配;由于缺乏可靠的仿真验证手段,只能在装配现场发现装配问题,再对工艺装备进行重新设计,整个过程非常繁琐,延长了产品的研发周期。

面向 PLM 的航空复杂产品装配工艺规划、设计与仿真业务流程如图 1 所示。

装配工艺人员根据产品的三维模型和装配工艺标准规范完成工艺分工和任务分工;获取组、部件三维模型并进行装配序列规划,设计装配工艺路线;进行装配工序的详细设计,确定各装配工步的工步内容,并进行工装、夹具的设计,分配装配工艺装备;进行装配路径规划,并进行装配仿真及干涉检查,如果发生干涉则对装配路径进行调整;输出装配仿真图片、视频、装配工艺 PDF 文件以支持装配现场可视化浏览。

设计和装配工艺仿真、装配工艺文件生成模块以及数据库系统、CAPP 系统、PDM 系统、三维 CAD 系统组成,系统的功能架构如图 2 所示。

系统各主要组成部分功能如下:

(1)三维 CAD 系统:设计产品、工艺装备的三维模型(全格式三维模型,以“*.PRT”表示)。

(2)PDM 系统:工艺分工、任务分工,工艺人员权限管理,装配工艺的审批、发布。

(3)装配工艺规划、设计模块:装配序列规划、装配工艺路线设计、装配工序详细设计。

(4)装配工艺仿真模块:规划装配路径并进行装配过程仿真和干涉检查,生成包含工艺标注的装配仿真图片(JPG 格式,以“*.JPG”表示)、仿真视频(AVI 格式,以“*.AVI”表示)、仿真动画(通用三维图形格式,以“*.U3D”表示)。

(5)装配工艺文件生成模块:生成装配工艺(Excel 文件,以“*.XLS”

表示)以支持工艺人员预览,并将仿真动画转换为 3D PDF 文件。

(6)CAPP 系统:根据工艺信息和仿真文件,形成装配工艺规程。

该系统与 PDM 系统集成,通过 Tecnomatix 软件与 PDM 系统的集成接口获取三维模型,通过预定义的 XML 文件对零部件的基本属性信息进行映射以获取相关信息。

该系统与 CAPP 系统集成,根据装配工艺规划、设计和仿真的结果在装配工艺规划、设计模块中生成装配工艺信息文件(Extensible Markup Language 文件,以“*.XML”表示),其中包含装配仿真文件的保存路径信息,CAPP 系统解析该文件并获取装配仿真文件,形成装配工艺规程。

2 工艺分工和任务分工

航空企业的工艺部门一般分为企业级工艺部门和车间级工艺部门,企业级工艺部门可以对产品进行装配工艺性审查,设计 PBOM(工艺 BOM);在 PDM 系统中确定各组

CAAPP 系统开发

我国某航空企业产品布局紧凑,形状结构复杂,零部件数量多,尺寸差异较大,生产批量小,产品升级较快;装配工艺复杂,装配现场工装、夹具数量很多,经常出现错装、漏装情况。目前该企业的产品数据管理(Product Data Management, PDM)系统为西门子公司的 Teamcenter 8.3,计算机辅助工艺规划(Computer Aided Process Planning, CAPP)系统为西北工业大学的 CAPPFramework 2007,三维 CAD 系统为 NX 6.0。作者针对该企业生产实际,利用 Visual Basic 6.0 开发了面向 PLM 的航空复杂产品装配工艺规划、设计与仿真系统,系统软件平台为西门子公司的 Tecnomatix 软件,数据库为 Oracle 10g。

1 系统的功能架构

CAAPP 系统由装配工艺规划、

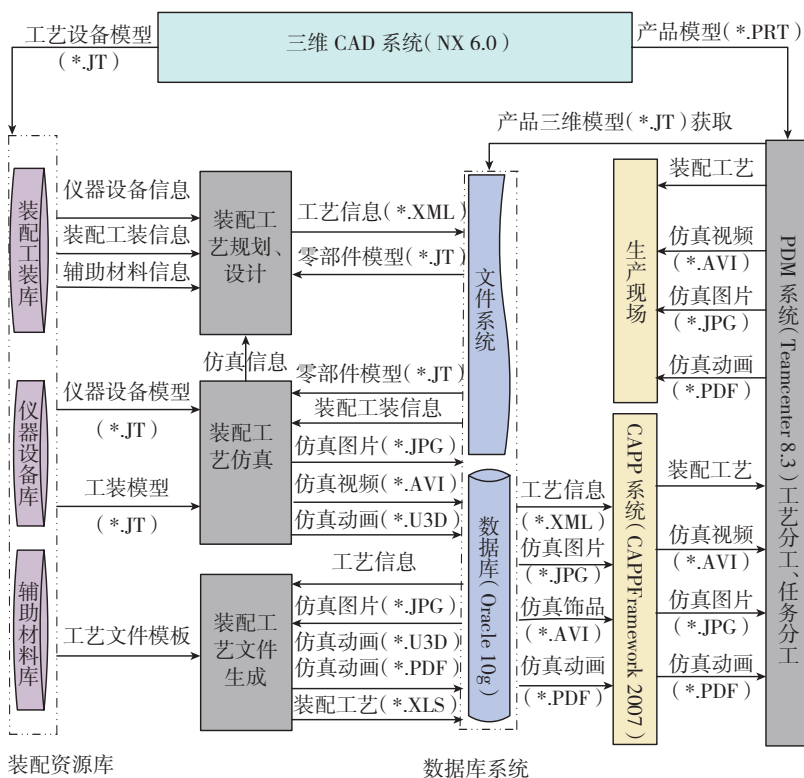


图2 CAAPP系统功能架构

7 装配工艺文件生成和装配现场可视化浏览

该航空企业装配工艺的编制、审批、发布都是在 PDM 与 CAPP 的集成系统完成的,装配工艺中的特殊符号需要在 CAPP 中进行填写完善。在装配仿真完成后,可以在三维模型中标注出工艺要求和注释,截取装配仿真图片,录制仿真视频,制作出装配仿真 U3D 文件。CAAPP 系统可以

自动将 U3D 文件转为 3D PDF 文件,并将装配工艺信息、仿真文件保存路径进行统计并以工艺 XML 文件的形式输出; CAPP 系统可以解析装配工艺 XML 文件并生成装配工艺文件,根据仿真文件保存路径获取仿真文件,以支持装配现场可视化浏览,如图 7 所示。由于 3D PDF 文件被关联到工艺卡片中,所以不需要包含文字性工艺信息。

结束语

通过对航空复杂产品及其装配工艺的特点的研究,说明了传统的装配工艺规划、设计模式存在的问题,并提出了面向 PLM 的航空复杂产品装配工艺规划、设计与仿真系统的功能架构及一般流程,讨论了装配现场应用模式。根据某航空企业的生产实际开发了一个基于 Tecnomatix 软件的装配工艺规划、设计与仿真系统,目前该系统在该航空企业中运行一年多的时间,完成了 30 多个组部件的装配工艺规划、设计与仿真,并能够支持装配现场浏览装配仿真图片、视频、3D PDF 动画,有效指导了装配现场进行装配工作,提高了生产效率,缩短了产品预研周期。但是目前该系统不能对线缆、电子元器件进行建模和装配仿真,这些将是下一步要集中研究的方向。

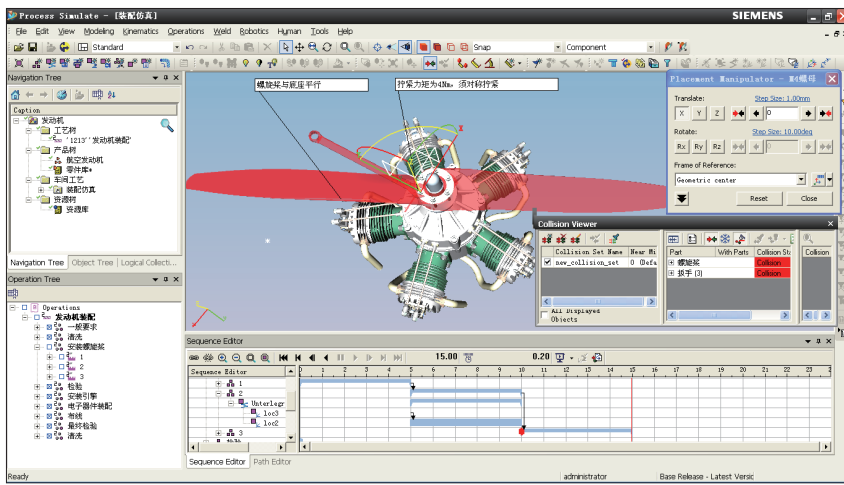
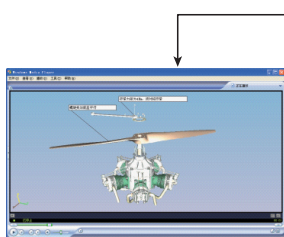
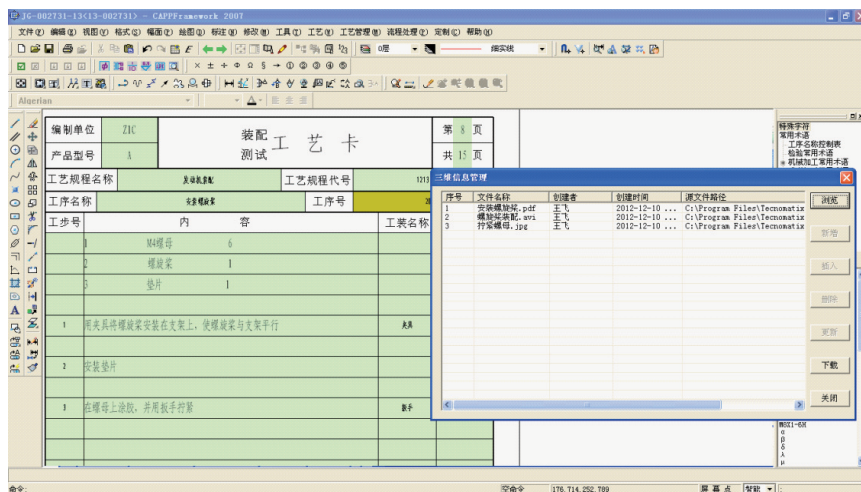
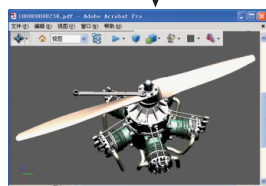


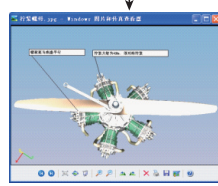
图6 装配工艺仿真



包含工艺标注的仿真视频



3D PDF 文件



包含工艺标注的仿真图片

图7 装配现场可视化浏览

参考文献

- [1] 贾晓亮,丁晓宇,耿俊浩,等. 面向 PLM 基于 3D 产品模型的航空产品数字化工艺技术研究. 航空精密制造技术, 2011, 47(3): 49-53.
- [2] De Fazio T L, Edsall A C, Gust Avson R E, et al. A prototype of feature-based design for assembly// Proceedings of the MIT-JSME. New York: Springer-Verlag, 1991:369-392.
- [3] Booth R G, Alt I L. Design for assembly and disassembly. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 1992, 41(2):625-636.
- [4] 王成恩,于宏,于嘉鹏,等. 复杂产品装配规划系统. 计算机集成制造系统, 2011, 17(5):952-960.
- [5] 杨润党,武殿梁,邓华林,等. 虚拟环境下产品装配技术的研究与实现. 计算机集成制造系统, 2004, 10(10):1220-1224.
- [6] 宁汝新,郑轶. 虚拟装配技术的研究进展及其发展趋势分析. 中国机械工程, 2005, 16(15):1398-1404.
- [7] 邹晓明,许建新,耿俊浩. 基于三维模型的装配工艺规划技术研究. 工艺与装备, 2008, 7:97-100.

(责编 良辰)