

# 基于 PDM 的一体化三维 工艺设计

## Integrated 3D Process Design Based on PDM

中航工业哈尔滨飞机工业集团有限责任公司 刘雁冰



刘雁冰

现任中航工业哈飞信息中心工程应用组组长,高级工程师,主管哈飞公司信息化规划及信息系统实施,长期从事航空产品先进制造技术和信息化技术基础理论和应用研究,近几年先后主持了哈飞协同研制平台、现场可视化系统、CAPP、MES、CAD、CAM 等软件的实施,以主要成员身份参加了多项国防基础科研项目,先后获得中航集团一等奖 1 项、三等奖 1 项,获得航空学会三等奖 1 项,获得专利 1 项,获得厂级优秀奖 1 项、一等奖 2 项,曾获哈飞公司先进个人、技术标兵等荣誉称号。

目前,哈飞公司基于 PDM 的一体化三维工艺设计系统已经在新型号上线应用,通过该系统的应用,改变了传统二维工艺设计与工艺数据管理的理念,实现了新型号设计制造更改过程的一体化、三维工艺数据的结构化、工序和资源的标准化管理。同时,通过 PDM 系统与数字化生产制造执行系统的集成应用,使三维工艺数据能够及时、快速、有效地发布到生产现场,指导车间工人顺畅完成装配制造工作。

工艺设计与管理的数字化是制造企业“甩图纸”的核心内容之一。随着制造业企业越来越多地采用三维 CAD 进行产品设计,基于三维产品模型工艺规划已经成为企业的迫切需求。基于三维产品模型的工艺应用对提升企业工艺、制造质量,提高企业产品的工艺创新能力、缩短产品研制周期,以及提高市场应变能力具有重要意义。

### 哈飞公司工艺设计应用背景 及新需求

2004 年,哈飞公司开始应用二维 CAPP 进行工艺设计,并在传统的以二维图纸的型号工艺设计中发挥了重要作用。在二维工艺设计中,

工艺设计的表达通过大量文字描述和一些静态视图来完成,这种表达方式对于以二维图纸作为制造依据的型号来说,仍然是比较方便快捷的工艺设计方式,并能清晰表达出工艺设计意图。

近几年,由于在大飞机等新型号的研制中,设计环节全面采用了 MBD 技术,即通过三维模型表达设计意图,在三维模型上标注尺寸、定义公差、注释加工信息等,取消传统的二维图样。二维 CAPP 已无法适应这些型号研制需求,二维 CAPP 面对 MBD 技术暴露出来的主要不足是无法利用已有的三维产品模型的成果和三维产品模型表达能力强、形象直观的优势,尤其是对装配工艺规划,由于装配工艺自身特

点,通过语言和静态图形描述很难完成准确的装配工艺规划的表达,而装配工艺又恰恰是产品形成的最后工艺环节,其工艺作用和指导意义不言而喻。基于上述原因,新型号基于三维产品模型的工艺规划与设计已成为制约企业整体工艺质量和效率的瓶颈,需求非常紧迫。

2010年,哈飞应某厂所联合研制的新型号应用需求,实施了基于Windchill开发的企业级PDM系统,满足了某型号相关各业务部门数据协同管理、制造构型管理(PBOM/MBOM管理)、工装数据管理、集中数据管理(工程数据集/制造数据集/检验数据集/内部文件等)、系统集成(二维CAPP集成/MES集成/MPM集成)等方面的实际需要。为了应对MBD技术对工艺设计与管理带来的挑战,迫切需要建立基于MBD环境的三维工艺系统,以确保在工艺设计与管理等环节有效利用MBD模型,实现三维可视化环境下的工艺设计与管理。经过多方论证,哈飞于2012年底决定引入PTC的三维工艺设计组件windchill MPMLink,并基于现有的windchill系统进行功能扩展,开发三维工艺设计与管理平台,以满足飞机设计工艺一体化管理的需要。

三维工艺设计核心需求包括:

(1) 基于现有的企业级PDM系统的单一数据源,实现基于MBD的三维工艺规划、三维工艺详细设计、三维工艺指令创建,将三维MBD技术通过一体化管理平台在全企业范围内贯彻;

(2) 实现三维工艺设计的结构化数据,并对工艺资源进行统一管理,实现三维设计数据、工艺设计结构化数据、工艺仿真数据、工艺资源的一体化管理;

(3) 扩充原有的PBOM和MBOM管理功能,实现三维PBOM/MBOM管理;

(4) 实现设计制造更改的一体

化,支持全局更改过程控制,确保设计更改能够在制造端得到及时贯彻。

(5) 建立工艺设计知识库,对标准工艺规程和量具、夹具等工艺资源集中管理,并能够与设计数据、工艺设计结果等进行有效的关联,实现设计、工艺、工艺资源管理的一体化;

(6) 实现三维工艺信息及设计数据向生产车间的打包发布,包括三维可视化工艺指令创建、制造数据打包处理等,使车间人员方便、快捷地获取和浏览所需的制造数据。

### 基于PDM的一体化三维工艺设计系统的总体方案

由于哈飞公司企业级PDM系统以PTC公司的Windchill PDMLink模块作为基础平台,而三维CAPP系统以PTC公司的Windchill MPMLink模块作为基础平台,因此工艺设计与产品设计能够实现更好地实现一体化衔接。三维CAPP系统仅作为三维AO/FO的编制工具,通过它编制的AO/FO文件既包含以文字形式表达的结构化工艺基本信息,同时又包含三维装配动画、三维工序中间模型、CAD简图、图片等实体文件,这些结构信息和实体文件都是在PDM系统进行统一管理。同时三维工艺数据通过与数字化生产制造执行系统的集成接口,可以发布到数字化生产制造执行系统中,车间生产现场的工人可以通过数字化生产制造执行系统的三维可视化浏览功能,浏览三维工艺指令,指导操作。

三维工艺设计与企业PDM系统的一体化整合过程包括:

(1) 当设计更改/PBOM等发生更改时,PDM系统能够自动提示相应工艺文件编制人员,由编制人员决定是否对工艺文件进行更改。

(2) 编制人员可从PDM系统直接启动工艺编辑环境,进行工艺设计和编辑工作。

(3) 工艺编辑环境利用PDM系

统的用户身份信息,直接利用PDM系统权限设置信息进行安全控制。

(4) 工艺编辑环境直接利用PDM系统管理的PBOM/MBOM相关信息及三维设计模型/工艺模型等产品数据进行工艺设计工作。

(5) 在工艺编辑环境中可直接打开PDM系统中的PBOM/MBOM产品结构,基于PBOM/MBOM产品结构节点启动相应的工艺设计工作,建立的工艺文件自动与PBOM/MBOM产品结构相应节点建立关联关系。

(6) 工艺编辑环境直接利用PDM系统中的工序、工艺资源等业务对象模型进行数据的组织和存储。

(7) 基于工艺编辑环境产生的工艺设计结果直接保存至PDM系统进行管理,需要编辑和修改时直接从PDM系统调用数据在工艺编辑器中打开。

Windchill系统能对设计信息和工艺数据进行统一存储和管理,当设计数据发生更改时,能自动传播至工艺环节,提醒进行相关工艺数据更改,或与设计数据进行同步,实现设计制造数据的一体化管理。设计制造数据一体化管理过程见图1。

基于PDM平台的一体化工艺设计环境的优点包括:

(1) 单一的编制入口,所有工艺编制人员通过统一的入口登录系统进行工艺文件的编制和修改,并且三维工艺系统集成于PDM中,实现与PDM无缝对接。

(2) 工艺文件采用标准化和对象化管理方式,工艺文件的管理颗粒度可以达到工序级。

(3) 工艺资源对象化管理,通过统一资源库的建立和对接,使工艺编制在用到工艺资源时,只需要调用统一的工艺资源库中的工艺资源,使得工艺文件更加规范化和标准化。

(4) 工艺规程中加入三维数模和动画,工艺展现更加直观,有助于帮助下游的生产和制造等部门更好

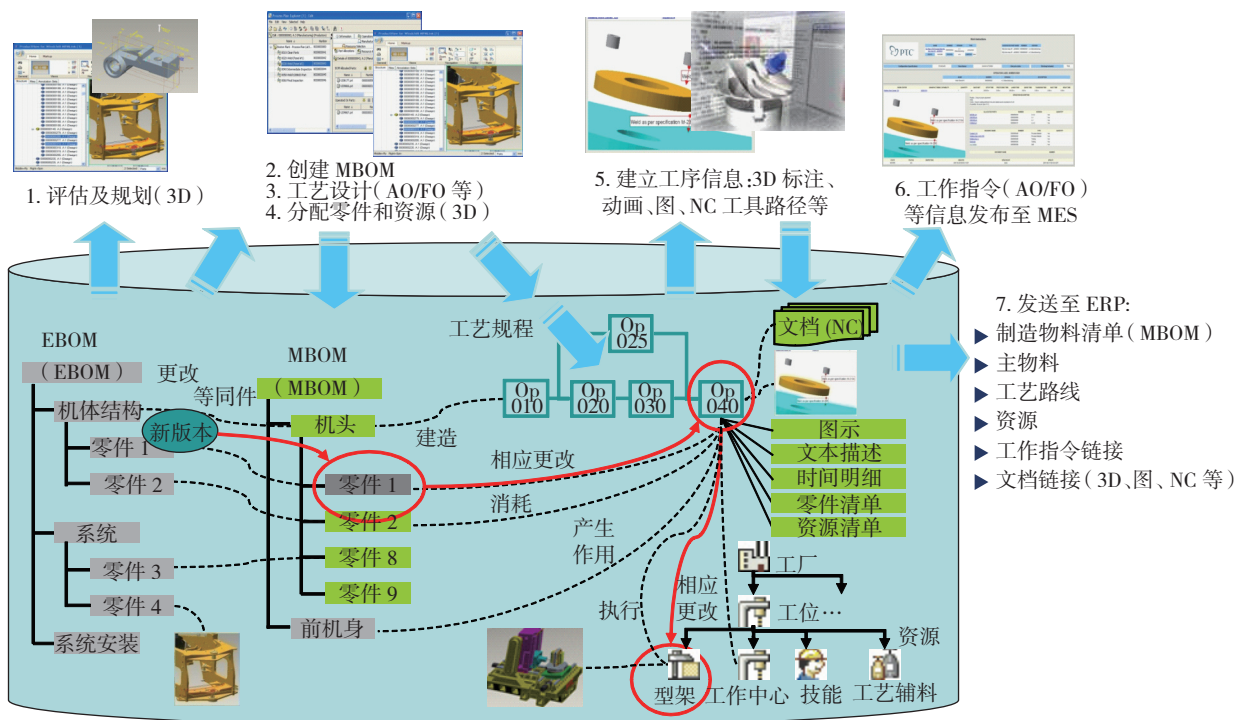


图1 设计制造数据的一体化管理过程图

的理解零组件的装配和制造过程。

## 三维工艺设计系统核心功能

### 1 三维工艺文件编制和输出

(1)通过“内容”与“展现”分离的工艺文件编辑环境,实现三维 AO、FO 方便、快捷地设计、预览与输出。

(2)工艺文件编制过程中,其工序对象可关联技术文件、数控程序、生产说明书、典型工艺规程、电子展开、供应状态、工装数模等数据。

(3)内嵌工艺知识库,包括“工程图符”与“常用术语”。支持尺寸公差、形位公差等工艺特殊符号的编辑、输入与输出。

(4)提供工艺文件的输出与预览功能,在预览时可动态获取轻量化三维模型、装配动画生成可交互的工艺文件。

(5)系统支持从 PDM 系统中获取已经存在的 EBOM/PBOM/MBOM/TBOM 中的三维设计模型/工艺模型/工装模型轻量化模型和本地上传轻量化模型两种方式进行中间模型设计和批注,装配动画制作等工艺设计

工作。

(6)在上传工艺简图时支持各种格式的图片以粘帖的方式从本地插入三维工艺文件中。

(7)在工艺编辑和展示环境中,实现工序与工序简图、工序动画的自动关联。

(8)在 PDM 平台中,利用 PDM 平台的既有工作流,对工艺规程进行校对、审核、批准等签署工作。

(9)支持对工艺规程的新建、检出、检入、修订、删除等操作,并可进行工艺规程对象的更改管理、版本控制和属性扩展定制,支持对工艺文件设计结果的有效性进行控制。

### 2 与应用工具的集成

(1)通过与三维装配动画设计工具(3DVia Composer)、工艺简图设计工具(AutoCAD、CATIA)、三维可视化工具的封装集成,在工艺编辑环境可直接浏览三维装配动画文件、工艺简图及三维可视化文件,建立工序对象与对应动画场景的关联关系,并能根据各工序装配的零组件自动设置 AO 中的参装零组件列表。

(2)利用三维轻量化工具标准功能实现三维模型中设计、工艺、检验信息的抓取(如结构树、MBD 模型、三维标注等),并可直接基于轻量化模型进行测量和标注。

(3)工序设计过程中,可以清楚了解每个工序下参装零、部件的装配情况,并可以利用可视化工具提供功能进行旋转、剖切、添加尺寸标注、制作装配动画。

### 3 工艺资源管理

工艺资源按照使用地方不同,分为公共工艺资源库和个人资源库。公共资源库分为工艺资源库和工艺知识库。工艺资源库管理资源包括车间、工序名称、工装、刀具、工具、量具、设备、材料、工艺常用语。工艺知识库包括典型工艺、工艺模板、工序模板、工艺技术标准。个人资源库包括工艺模板、工序模板、个人常用语。

工艺资源间的约束关系包括:(1)车间包含不同设备,设备对应多种刀量具及工装;(2)设备也隐形决定了可加工材料(规格、材质);(3)材料对应特定的典型工艺(热表处

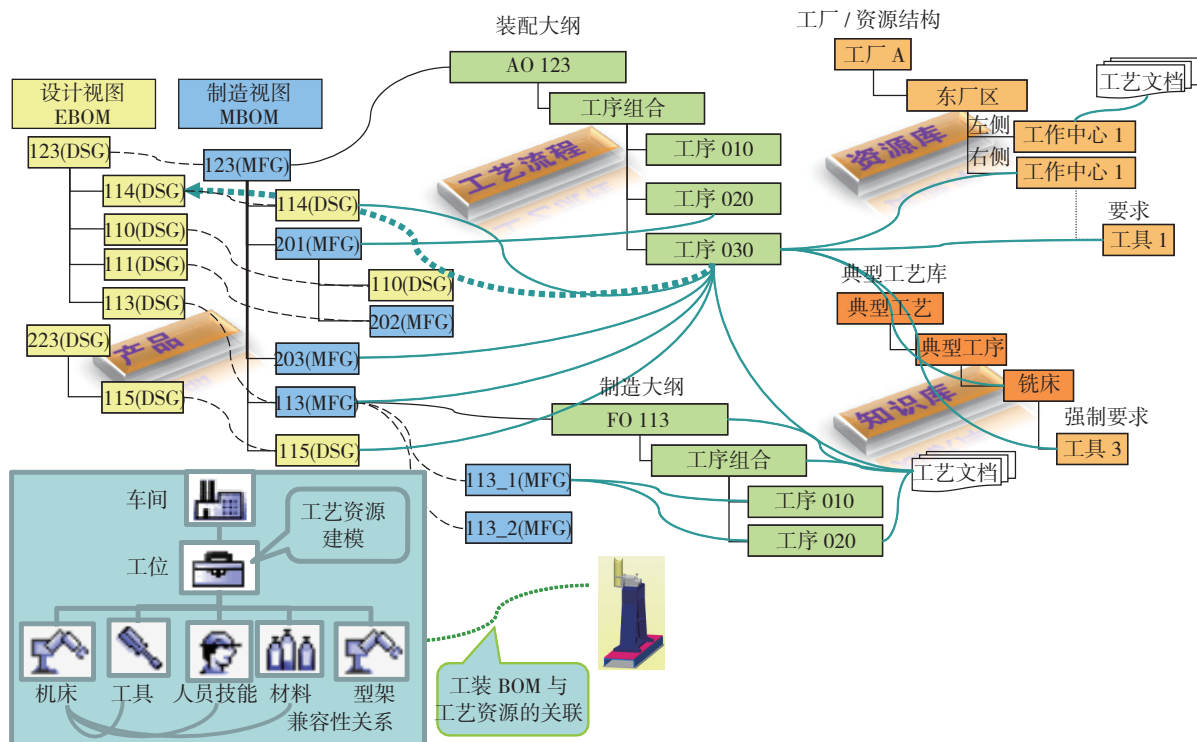


图2 工艺数据结构化化管理

理);(4)工序名称与车间和设备有相应的约束关系。

工艺资源的管理和应用要求:  
 (1)利用 Windchill MPMLink 标准功能建立统一的工艺知识和资源数据库,实现以结构化的数据管理方式将工艺设计过程中使用到的工艺标准、规范、设备、工装、材料等信息有序的关联管理起来,实现基于编码对工艺资源进行唯一标识,并能在工艺资源库中详细描述它们之间的依存和约束关系;(2)在工艺资源库中对工艺模板进行管理,通过在工艺模板中预先定义工序、工艺资源等信息,确保后续工艺规程设计中能够直接重用模板中信息;(3)实现工艺编辑环境与工艺资源库的一体化整合,使得工艺工程师在工艺设计过程中,可以直接调用工艺资源对象进行引用;(4)支持两种形式的工艺资源引用:整本工艺规程的引用和工序级别的引用,在引用工艺资源过程中能够建立工艺资源与工艺规程对象或工序对象之间的关联关系。

#### 4 工艺数据的结构化

Windchill 系统的三维工艺管理功能不仅支持 AO/FO 的结构化管理,还支持工艺文件编制过程中所用到的工艺资源的结构化管理(图 2)。

通过三维工艺管理功能, AO、FO 中包括的工序/工步、工艺资源等信息作为单独对象在三维工艺管理中进行有效组织,并建立了关联关系,最终形成错综复杂的工艺信息网络树。型号生产现场需要用到的 AO/FO 等工艺文件将通过三维工艺管理提供的工艺汇总能力,获取系统中存储的相应工艺信息,生成满足特定业务需要的工艺文件格式,工艺文件格式可由用户自由定义,从而可有效保证三维工艺管理中存储的工艺信息和生产现场采用的工艺文件间的一致性。

#### 5 三维工艺数据向生产现场的发布

在 PDM 系统与数字化生产制造执行系统之间, AO/FO 的结构化信息是以 XML 格式进行交换,三维 CAPP 编制完成后,便会在 PDM 系统中创建工艺规程文件和接口所需的 XML 文件, PDM 中工艺规程新增或

更改发布后, PDM 通过 Webservices 将结构化工艺信息、工艺发布结果及相关文件(包括三维动画、可视化工艺模型、二维工艺简图等)URL 的链接信息传递至数字化生产制造执行系统。在生产现场制造过程中,操作者能够方便快捷的查看工艺发布结果、3D 工艺标注信息和拆装模拟动画,在直观的数据环境下进行零件制造和装配工作。

#### 结束语

目前,哈飞公司基于 PDM 的一体化三维工艺设计系统已经在新型号上线应用,通过该系统的应用,改变了传统二维工艺设计与工艺数据管理的理念,实现了新型号设计制造更改过程的一体化、三维工艺数据的结构化、工序和资源的标准化管理。同时,通过 PDM 系统与数字化生产制造执行系统的集成应用,使三维工艺数据能够及时、快速、有效地发布到生产现场,指导车间工人顺畅完成装配制造工作。

(责编 良辰)