

基于三维模型的装配工艺应用模式研究

撰文 / 中国空空导弹研究院 袁永建 王英健
洛阳职业技术学院 赵俊霞

针对大型装备制造企业广泛应用三维设计模型现状,基于数据管理平台 Teamcenter 开展三维装配工艺应用模式研究;通过开展基于三维模型的装配工艺设计、装配工艺仿真,构建多样的装配工艺应用模式;达到验证和改进产品的装配工艺,提高装配效率和质量,满足三维环境下开展装配工艺设计的目的。

一、引言

三维设计软件 NX 和数据管理平台 Teamcenter 在以航空、船舶为代表的国内大型装备制造企业中得到了广泛的应用,实现了产品数字化设计及管理。但是当产品从设计阶段延伸到工艺阶段时却出现了三维数据传递的“断层”,在工艺系统中基于三维产品模型应用等方面还很薄弱。现有的工艺模式仍然采用二维图纸和传统工艺文件的方式进行,无法满足三维环境下工艺工作的要求。目前,工艺工作中面临的问题如下。

(1) 工艺设计没有直观的产品和资源表现形式,工艺设计人员依据二维图纸去理解产品的装配关系及工装的使用方式,并构想产品的装配顺序,整个过程耗费时间,且容易出现歧义。

(2) 工艺数据表达手段单一,目前工艺输出结果以二维工艺卡片为主,不能充分应用上游的三维设计数据,很难对复杂结构和过程进行清晰、直观地表达,不利于操作者快速理解产品的装配过程。

(3) 工艺人员在工艺编制过程中根据生产要求提出的工装需求,只能在实际生产中验证工装的可行性和合理性,如果在虚拟环境中验证工装的可行性和合理性,能够有效避免工装返工和修改,提高工装设计效率和质量。

针对以上问题,开展数字化装配工艺应用模式研究,构建基于三维模型的装配工艺设计系统,实现三维设计、

工艺数据的完整搭接,为最终实现数字化装配工艺奠定基础。

二、技术路线

基于三维模型的装配工艺设计系统的总体技术路线如图 1 所示。实现途径如下。

(1) 从 Teamcenter 系统中获取设计 BOM 及产品三维模型,进行装配结构的可视化调整,形成工艺 BOM,根据工艺 BOM 进行工艺分工,确定各个部件所属的装配部门,最后输出 PBOM 和分单位目录。

(2) 工艺编制人员接收任务后制定工艺流程顺序,确定产品在装配过程中所需的装配工序,形成装配工艺流程;进行装配工艺的详细设计,指定各个装配工序所需要的零组件、制造资源(工装、夹具)等信息。

(3) 工艺人员根据装配工艺要求,进行装配路径规划,对装配工艺设计进行仿真验证,确保装配工艺设计的可行性和合理性,并输出相应的仿真图片、仿真动画信息。

(4) 将装配工艺设计、装配工艺仿真产生的结果通过工艺卡片、包含三维模型信息的 PDF 文件以及 AVI 格式的视频动画等方式输出,以指导现场生产。

(5) 三维装配工艺设计系统产生的结果信息存储在 Teamcenter 系统,生产现场通过制造执行系统与 Teamcenter 系统的接口获取相应的工艺数据用于指导生产。

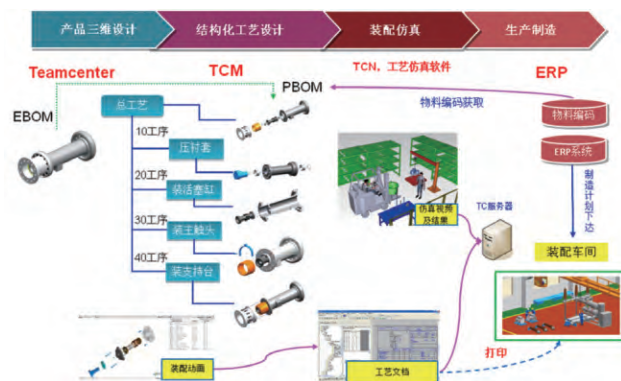


图1 三维装配工艺设计系统技术路线

三、基于三维模型的装配工艺规划

1. 装配工艺性审查

在产品的设计阶段，工艺人员应用三维装配工艺设计系统进行工艺审查，检查产品的可装配性。当主管提出合理化建议时，通过批阅的形式反馈到设计人员，达到工艺提前介入的目的，提高产品的工程化水平。

2. 构建 PBOM

通过集成接口读取 Teamcenter 系统中的 EBOM 及相应的产品轻量化模型。根据产品的结构特点和装配关系，在可视化环境中方便地调整装配零组件组成结构、设置工艺组件、完善零组件的工艺信息，最终形成完整的 PBOM。

3. 工艺分工

通过三维工艺设计系统，直接在三维环境中从产品树上选取零组件分配到相应生产部门。系统能够自动识别零组件的分配状态，未分配的零组件和分配后的零组件分别以不同的方式显示，避免零组件漏分而引起工艺错误。

四、基于三维模型的装配工艺设计

1. 任务分工

生产分厂接到生产任务后，主管工艺人员根据实际情况进行装配单元的分解，并且能对组件的组成进行调整，将本部门承担的任务进一步分解为更小的装配单元，并指定具体的负责人编制装配工艺。系统能够方便、快捷地输出任务分工表。任务分工完成后进行零组件遗漏检查，确保任务分工的完整性和正确性。

2. 制定工艺路线

工艺编制人员接收任务后在三维环境下制定工艺流程，确定产品的装配工序，形成装配工艺路线卡，并可指定装

配工位等。

3. 详细工序设计

工艺编制人员在三维环境下指定本工序零部件、工装和设备，并填写工艺内容。工序设计完成后，零部件、工装和设备信息自动汇总，填入相关的汇总表中，并进行零组件遗漏检查，确保产品装配的正确性和完整性。

装配工艺设计完成后形成装配过程信息树，如图2所示，包含具有顺序关系的各个装配工序以及对应的装配件和装配资源。

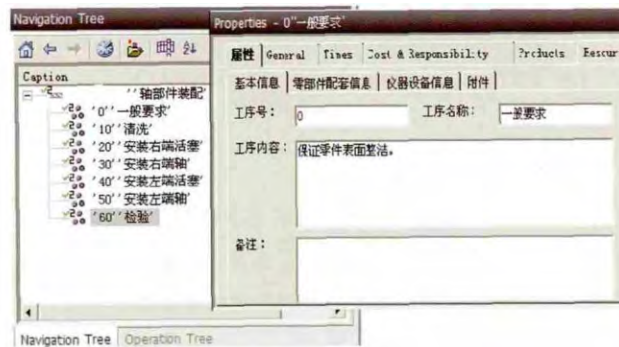


图2 装配工序设计

五、基于三维模型的装配工艺仿真

完成装配工艺设计后，所有的装配所需要的资源信息已经具备，进行装配过程的仿真工作。在虚拟环境中验证零组件的装配过程，确定合理的装配顺序，避免发生因装配顺序不正确而出现的无装配通路的情况，并且能够优化装配流程，得到最适合的装配顺序。装配过程仿真的主要内容如下。

1. 装配路径设计

根据工艺路线的要求，在三维虚拟装配环境中通过手动交互式的操作待装配的零组件，规划每道工序中装配件的装配顺序来得到的零组件的装配路径，如图3所示。在保证零组件装配的合理性的前提下，制定正确的装配路径。

2. 装配路径仿真

装配路径仿真主要包含以下内容。

(1) 根据生产的实际要求对装配过程进行模拟，以保证装配路径的可行性，最终通过验证零部件的装配顺序、装配路和装配操作姿态等数据的合理性，装配所需要的工装、工具等的可达性，以及装配操作空间的敞开性。

(2) 装配路径动态分析，工艺人员根据装配路径动态的分析情况，动态的调整零组件的装配顺序、装配的优先级，重要特性的保障措施等，从而优化产品的装配过程，达到

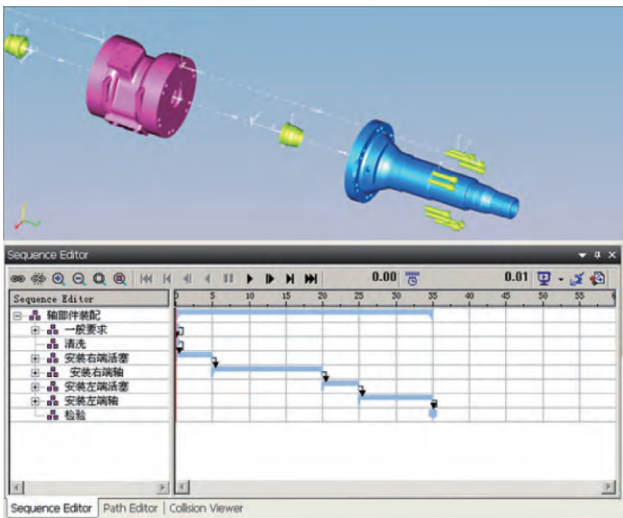


图 3 装配路径设计

验证产品的装配工艺性，完善工艺设计的目的。

3. 装配干涉检查

在装配移动过程中实时进行干涉检查，检查装配件、工装在装配过程中是否和其它装配件或装配资源发生干涉。模拟零组件在装配过程中实际可能发生的问题，帮助用户分析装配过程并检测可能产生的错误。当遇到干涉和失调时能够及时停止仿真，并且能够在装配过程中标注和修改出现的问题。

通过装配过程仿真，定位影响装配整体效能的关键装配环节，并对不同的改进方案进行实时分析、比较以及优化，建立局部和整体相结合的持续性优化机制，形成相对最优的工艺方案。

六、装配工艺的输出及管理

1. 装配工艺输出

工艺人员在系统中完成了全部的工艺工作，并通过仿真验证装配工艺过程的准确性，最终得到优化后的工艺设计的结果。这些结果能够通过工艺卡片、在线交互工艺、包含三维模型信息的 PDF（3D PDF）文件以及 AVI 格式的视频动画等方式输出，如图 4 所示。最终以视频或电子文档形式发布到生产现场，从而指导现场工人准确、快速的进行装夹、装配、拆卸和维护等。

2. 装配工艺的管理

最终形成的装配工艺等资源信息存储在 Teamcenter 系统中，由 Teamcenter 系统完成三维装配工艺变更过程的控制，包括工艺版本的控制、审批流程的驱动、工艺更改



图 4 装配工艺展示形式

以及工艺升版的控制等。

七、实现意义

通过开展基于三维模型的装配工艺研究，实现意义如下。

（1）构建基于三维设计模型的装配工艺设计体系以适应 MBD 环境下开展工艺工作，改变以二维图纸为主的传统工艺设计；以产品三维设计模型为基础，通过构造数字化的工艺设计与仿真环境，形成快速的装配工艺设计、装配工艺仿真及验证能力。

（2）建立三维工艺文件表达及管理模式，满足工艺文件审批、有效性管理以及现场应用等方面的需求，基于三维设计模型构建面向生产现场的工艺，丰富工艺展现形式，提高工艺指导生产的能力。

（3）一方面对产品的设计结果进行验证，实现面向装配的设计；另一方面实现基于虚拟现实的装配工艺设计，通过建立三维可视化的虚拟环境，检验产品装配工艺性，从而指导实际装配生产。

（4）将装配工艺设计与产品结构设计紧密结合，装配工艺设计能够在产品设计过程中同步开展，在产品实物到达装配现场前直观的开展工艺设计工作，充分体现并行工程的设计思想。

（5）将装配工艺设计与工装设计紧密结合。由于结构设计阶段未能充分考虑批产装配工装，往往到装配环节时

飞机研制阶段变厚度单曲率蒙皮快速成型法

撰文 / 中航飞机西安飞机分公司 阳波 赖丽珍 陈金平

本文介绍了飞机批产过程中蒙皮的常规成型方法。在研制阶段通过展开技术建立凹、凸两块工艺模型，利用数控、钣金滚弯成型技术实现变厚度单曲率蒙皮快速成型法。

一、现状调查

飞机设计是一项复杂且周期很长的工作，通常分成几个阶段进行：拟定设计、概念设计、初步设计、详细设计、原型机试制、试飞、成批生产和改进改型。由于飞机设计过程中成熟度概念一直在升级，相应演变的是参数调整、结构布局修改，零件数模升版。导致工艺准备处于二难位置：不进行工艺准备，则后续工作无法继续进行，无法得知零件的加工实际性；进行工艺准备，则需要制造大量的工艺工装设备，耗时较长，如果零件模型升版，则导致前期的工艺准备阶段材料、设备报废，严重浪费。如何缩短试制阶段周期及节约研制成本成了飞机研制阶段的关键问题。

机身是飞机最复杂的部件之一。它的用途是多种多样的，装载有效载重、乘客、设备、装备、动力装置和燃料，并把飞机的重要部件联成一体。这种功能上的复杂性决定了在设计过程中不论是选择机身参数、尺寸和形状，还是确定作用在它上面的外载荷都有一定的难度。考虑到民用航空的合理布局及设计时速等因素，飞机的中段机身多采用单曲率等直段结构设计。

飞机蒙皮类零件是构成飞机气动外形的薄板件和内部

结构框架的包皮，该类型零件的典型特征是壁厚薄，仅为 2 ~ 6mm，而且零件结构尺寸大，零件上设计有下陷、孔、外形带缺口，壁厚公差仅为 $\pm 0.2\text{mm}$ ，中机身 30 多块蒙皮结构尺寸都不同，如图 1 所示。

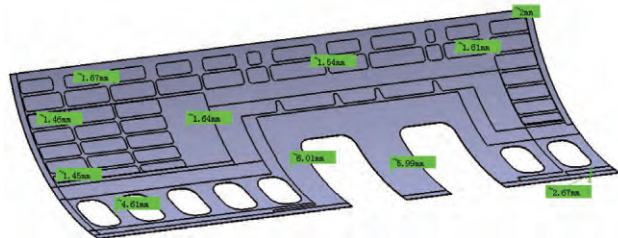


图 1 蒙皮三维图

二、传统加工方法介绍

由传统的飞机制造模式可知，由于飞机产品的特殊性，飞机制造技术及其过程与一般的机械制造有着明显的不同，有自己的独特之处。这些零件不能用一般的机械加工的方法来制造，而是利用大量标准和专用的工艺装备来制造。

飞机蒙皮是构成飞机气动外形的关键零件，蒙皮制造技术是衡量一个国家飞机制造能力和水平的重要标志之一。

设计工装夹具，影响装配进度。应用装配仿真技术将产品模型、工装夹具模型导入到虚拟环境中，进行零组件与工装之间的干涉检查，提高工装设计的效率和质量。

(6) 装配工艺仿真的过程能够以动画的方式输出，包

括零部件的装配顺序、装配路径、操作过程的动画演示以及所需的工装夹具和辅料等，使装配人员更清晰、更快地理解装配意图，避免因对装配工艺的理解歧义造成错装、漏装等现象的发生。