

基于定制模板的飞机装配 工艺设计

Assembly Process Design Based On Customized Template

南京航空航天大学机电学院 陈文亮 安鲁陵 冯廷廷 金霞
上海飞机制造有限公司航空制造技术研究所 卢鹤 庞薇



陈文亮

教授、博士生导师, 现任南京航空航天大学机电学院党委书记、飞机装配技术工程中心主任。长期从事飞机装配技术、数控加工技术、板料成形 CAE 技术和 CAD/CAM 软件开发技术等方面的教学和科研工作。

飞机装配技术是一项难度较大的综合性集成技术^[1], 是整个产品研制的龙头环节。近年来, 国外飞机数字化装配技术发展迅速, 以波音 787、A380、F-35 等为代表的新机型集中反映了该技术的发展趋势, 如

通过定制装配工艺结构模板, 规划 PPR 树下零件等结点的属性, 开发程序, 提取模型信息, 自动生成指定格式的装配工艺文件(FO、TO、MPR、MBOM 等), 实现工艺设计更加快速、条理、直观。

洛克希德·马丁公司在研制 JSF 战斗机 X-35 过程中明确提出^[2]: 采用数字化装配技术, 要使 JSF 飞机的装配制造过程的周期缩短 2/3; 工艺装备减少 90% 以上; 制造成本降低一半。欧洲空中客车公司改变过去传统的研制方法, 采用虚拟制造及仿真技术, 把空中客车试制周期从 4 年缩短为 2.5 年^[3]。国外的一些科研院所也在虚拟装配工艺设计系统方面进行了大量的研究: 华盛顿州立大学 VRCM 实验室和美国国家标准技术研究所 NIST 开发的虚拟装配工艺设计系统 VADE^[4], 实现了 CAD 系统到装配系统的信息转换及基于约束的装配仿真, 德国比勒菲尔德大学

设计的 CODY^[5] 系统允许设计者在虚拟环境中通过直接三维操作或简单的自然语言命令与系统交互。在国内, 各飞机制造公司都在引进或开发软件和数字化加工装备、培养数字化专业人员、对组织管理模式进行变革, 数字化设计、数字化制造和数字化管理取得了显著的成绩, 对缩短飞机的研制周期、提高飞机的制造质量取得了明显的应用效果^[6]。在装配工艺规划方面, 也开展了大量的研究工作: 刘检华^[7]、夏平均^[8] 开发的装配工艺规划系统相应地实现了装配工艺的便捷规划和三维直观设计, 杨雨图^[9] 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

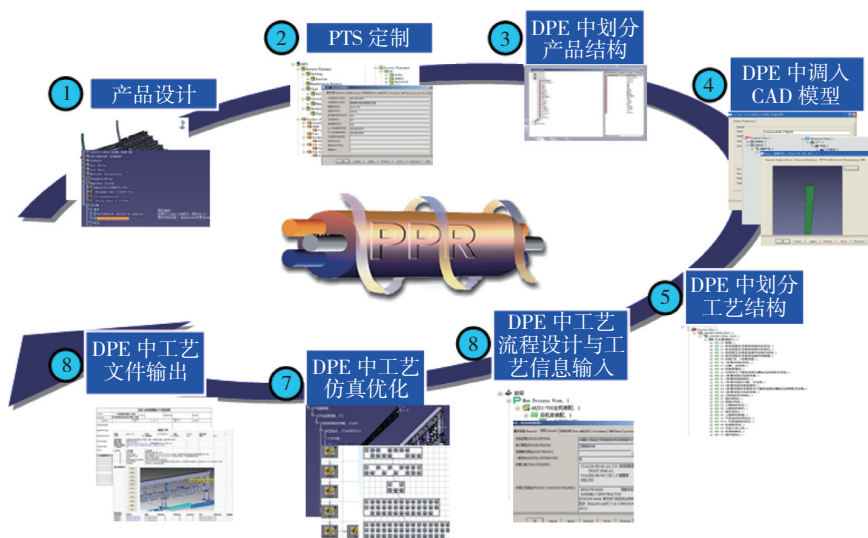


图1 基于DELMIA的装配工艺设计过程

机数字化装配工艺设计技术的发展。飞机装配工艺设计是一个复杂的过程,如何实现工艺设计的规范化、提高装配工艺设计的质量需要进一步探索。

在飞机数字化装配工艺设计及可视化仿真过程中,输入系统的是飞机产品的三维数模^[10-11]和工装数模、制造资源数模,输出的是装配工艺文件,最终实现整个制造过程的协同设计^[12-13],面临的主要问题是产品三维数模的传递、更新过程及工艺规程的快速生成。结合飞机装配的特点,建立一套飞机装配工艺结构模板来引导数字化装配工艺设计及可视化仿真,可以大大提高飞机装配工艺设计的效率和质量。

DELMIA 是以工艺为中心来定义、监测和控制各类生产的软件系统,目前已在航空企业成功应用于飞机数字化装配工艺设计及可视化仿真过程中。图1是DELMIA软件在数字化装配工艺设计及仿真中的应用过程,其主要由三大应用模块组成,分别为DPE (DELMIA Process Engineer)、DPM (Digital Process Manufacturing)和QUEST (Queuing Event Simulation Tool)。这3个相对独立的部分可以通过PPR (Product、

Process、Resource) Hub 连接到一起,首先采用DPE来规划工艺,对生产过程中的所有产品、工艺和资源进行组织、管理和评估;然后采用DPM进行仿真优化;输出各种数据的统计计算、装配工艺结果等。

本文根据数字化装配工艺设计及仿真流程,针对单一产品数据源信息的数字量传递及数字化工艺规程自动生成的需求,给出飞机装配工艺结构模板的概念及定制方法,实现工艺设计更具条理性、直观性,建立基于单一产品数据源的装配工艺设计、仿真和工艺文件的输出形式,以提高飞机装配工艺设计的效率和质量。

结构模板定制

每个航空企业中的制造项目都具有自己的数据结构树,结构树上数据类型的父子关系、属性信息由PTS决定,PTS为用户在工艺设计过程中提供友好的界面、满足用户使用习惯、约束用户在工艺设计过程中遵照一定的规范形式。用于指导装配工艺设计的PTS叫做装配工艺结构模板,它决定了PPR树的结构层次、显示方式、数据类型的属性信息。一种数据类型对应一个结点,如:产品下有数据类型总装配件、部件、组件、

零件等;工艺下有数据类型工位、站位、AO、工序等;资源下有数据类型工厂、车间、工装、工艺规范、工具等。

由于DPE默认的PTS具有通用性、广泛性,但缺乏针对性,其结构繁琐复杂,各节点的属性较多,涵盖各种工业产品的设计及制造属性,容易混淆。结合飞机装配的特点和飞机数字化装配工艺设计的需求,非常有必要在产品装配工艺设计之前,定制其装配工艺结构模板。

工艺模板的定制是一个繁杂的过程,需要定制人员有一定的工艺知识、工程经验,还要知道上游CAD产品的设计过程。后续的提取属性、DPM仿真、生成工艺文件等工作的好坏都要依赖于模板定制的准确性和完善性。

1 产品模板定制

大部分产品都有其上、下级工程组件,在整个飞机产品中都有对应的装配层次关系。产品模板是根据飞机产品零部件的划分及其装配层次的梯度,在DPE中设计的用来快速指导上游CAD产品装配结构划分的规范形式。

产品模板的定制过程为:先在Product Plantypes里定义产品结构树中的数据类型,通过鼠标拖拽方式确定数据类型的父子关系,这些数据类型通常是指部件、段件、组件、零件等。产品模板定制的好坏直接决定后续产品结构划分及工艺分离面划分的好坏。

2 工艺模板定制

产品设计分离面的划分与生产中工艺分离面的划分基本一致,工艺人员可以直接从Product中引用产品结构进行工艺结构划分,即对整个装配任务进行单元划分,从而构建工艺结构树。因此工艺模板的定制是在产品模板定制的基础上,在Process Plantypes里定制划分装配任务的数据类型(工位、站位、AO等)并定制完成AO所需的装配操作数据类型,

如：工序、工步及各工序之间的并行或串行操作的连接类型(AndIn、AndOut)等。本课题定制的工艺模板的数据类型及结构层次如图 2 所示。

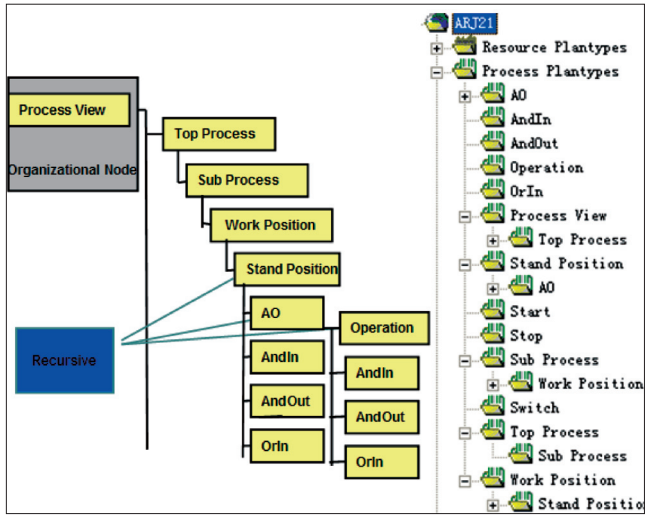


图2 工艺模板的数据类型及结构层次

3 资源模板定制

资源模板的定制是根据装配所需的制造资源定制其相应的数据类型,这些资源是参与装配过程的所有非产品元素,如工装、设备、工具量具、假人、工艺规范、工艺知识数据等。先在 Resource Plantypes 里定制制造资源结点,并在该结点下建立上述资源元素的数据类型,方便设计装配工艺时上传一些资源数模到相应的数据类型下,以备在详细设计环节中使用。

4 零件属性定制

DPE 系统提供了大量的基本类型,它们具有各种各样的属性,基本上能覆盖绝大部分工业上的应用。由于定制的数据类型都是基于基本类型而建立的,它可以继承基本类型的各种属性,也可以手工建立属性,应尽可能使用继承、少许修改的方法定制属性。选中基本类型需要的属性,每一种数据类型属性的右窗口中显示了 45 种特性,定义了数据类型的属性在页面上的外观、属性的单

位、精度、字符长度、范围、是否只读、程序调用时的类型名称等信息,只需要对它们进行修改和设置。

在 DPE 中定制零件属性是为了保持与上游 CAD 软件设计的零件属性相一致,方便通过开发程序进行数据的批量传递及数据更新,方便工艺设计人员查看信息,也为数字化工艺规程的输出及更新提供基础。

5 AO 属性定制

装配工艺规程,又称装配指令 (Assembly Order, AO) 是由装配工艺部门编写的指导飞机装配工艺工作的纲领性文件。现在国内航空企业所用的 AO 大都是二维纸质形式。一架飞机有成千上万份 AO,采用工艺人员手工编制,不仅制作周期长,而且容易出现错误,数据还不易更新。

在数字化装配工艺设计环境下,若想在工艺设计过程中快速准确的生成 AO,定制 AO 的属性项是一项基础性工作。AO 属性的定制需要工艺人员在熟悉产品结构的基础上掌握企业的技术标准及各装配单元的装配任务等。

装配工艺设计与仿真

在数字化工艺设计环境下 (DPE),利用产品结构树和制造资源,以工艺模板为基础,完成工艺结构树的设计。以现有企业的典型装配方案为基础,完成组件 AO 的划分及详细工序操作设计,建立每个 AO 与制造资源的关联关系和每个工序与操作零件的关联关系;以 AO 属性

为设计指南,填写详细信息并设计各工序的装配操作顺序图。在数字化工艺仿真环境下 (DPM) 对装配过程进行实时仿真与优化,优化操作顺序及装配路径,检验工装设计的合理性等,为产品设计、工艺设计、工装设计提供可靠依据。

1 装配工艺设计

根据产品结构树规划工艺,对各工位、站位、AO、工序进行划分,并将产品和资源结点下对应的零件和工装与工艺结点相关联,规划父结点下各子结点的装配顺序,如 AO 下规划工序的操作顺序。

工艺结点与零件和工装关联后,分派给相应的工艺人员进行详细的工艺设计,各个工艺人员在统一的 DPE 平台中依据定制好的 PTS 进行详细的工艺规划,把工艺规程等文件所需要的信息填到 DPE 中对应的属性页面中,如图 3 所示,保证了工艺设计的并行性和数据的一致性。其中零件的属性信息可以通过开发程序来批量输入到定制的零件属性页中。

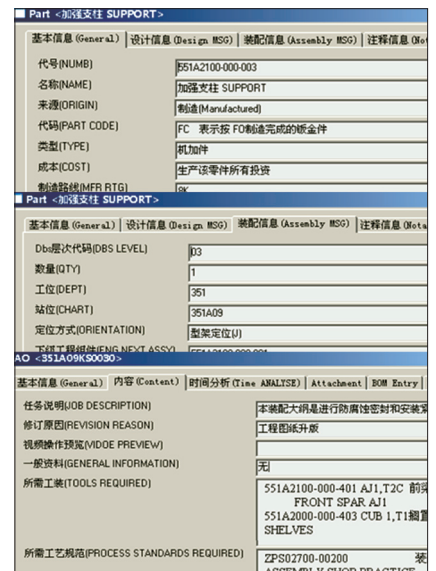


图3 工艺信息输入

2 工艺模型传递

利用 DPE 已设计好的装配工艺模型通过 PPR Hub 数据库传送到 DPM,在各工艺结点下找到相关联

的零件,定义装配路径,就可实现产品装配过程的三维动态仿真。工艺结点选择不同,仿真内容不同,不同客户端的用户可以同时进行仿真。

在数字化产品设计阶段,大部分零件数模以及工装数模都是以飞机全局坐标系为参考而设计的,零件与零件、组件、工装之间没有特殊的装配约束关系,产品工装数模各零件是以单独的个体输入到 DPE 相应的产品结点下,它们本身之间没有任何的装配约束关系,它们之间的正确位置关系由各零件的位置坐标控制。经 DPE 导入到 DPM 后还保持相对的坐标关系,致使在装配仿真时零件移动不到装配约束的位置,所以应采用先拆后装的方法进行装配仿真,以获取零件的装配顺序。

3 装配过程仿真

在 DELMIA 软件平台下装配工艺仿真是按照由子结点到父结点的仿真顺序进行的,在 DPM 里可以根据定制的工艺模板创建相应的工艺结点,这些工艺结点的类型及层次与工艺模板的结构相一致。在 DPM 中新建一个工序并规划其操作顺序,DPE 中会自动在 AO 结构树下新增相应的工序。通过定制工艺模板可以约束 DPM 中新建的工艺结点按照一定层次进行。

在 DPM 中对装配过程进行仿真分析,优化装配顺序与路径。仿真的内容主要包括:

- (1) 装配顺序的仿真,检验 DPE 中装配顺序设计的合理性;
- (2) 装配干涉的仿真,检验产品、工装、工具量具等是否存在运动干涉,装配路径是否合理;
- (3) 装配内容的仿真,检验 DPE 中工艺结点关联的产品或工装是否全面或多余。

4 工艺文档输出

在 DPE 中开发程序可以把装配工艺模型中的某类属性信息自动提取出来,生成各种工艺文档(如 MPR、AO、MBOM 等),避免手工编写带来的错误,提高文件生成效率,保证数据的一致性。

结束语

为解决装配工艺设计过程中信息繁琐、重复迭代等问题,实现基于单一产品数据源的装配工艺设计、仿真和工艺文件的输出形式,分析工艺信息的数字量传递过程,以 DELMIA 软件为平台,给出了一种基于定制模板的数字化装配工艺设计方法,即通过定制装配工艺结构模板,规划 PPR 树下零件等结点的属性,开发程序,提取模型信息,自动生成指定格式的装配工艺文件(AO、MPR、MBOM 等),实现工艺设计更加快速、条理、直观。根据已定制模板,将工艺设计人员集中在同一平台下不同工艺结点上工作,解决装配工艺的协同设计与并行设计,以实现飞机装配工艺设计与制造的无纸化,从而缩短产品制造周期。

本文共有参考文献 13 篇,因篇幅所限未能一一列出,读者如有需要,请向本刊编辑部索取。

(责编 小颖)



FISCHER PRECISE 集团

精密高速主轴的专家

永远领先一步

飞速主轴技术(上海)有限公司
上海市闵行区双柏路888号5栋
邮编: 201108
T: 021 64348150
F: 021 64348155
fpsh@fischerprecise.cn

www.fischerprecise.ch www.precise.de

广告索引号 11-085