

# 飞机三维 AO 文件快速构建方法研究

## Study of Rapid Construction Method for Three-Dimension AO of Aircraft

沈阳航空航天大学航空制造工艺数字化国防重点学科实验室 韩志仁  
沈阳航空航天大学航空宇航工程学部 吴建忠

**[摘要]** 针对飞机数字化制造中三维装配大纲编制过程繁琐、信息提取困难、容易出错等问题,采用知识工程的理念和智能检索技术,研究了在 MBD 技术应用背景下快速构建三维 AO 的方法。对三维 AO 编制过程中快速获取 MBD 模型中工程信息的方法以及对制造资源、工艺知识库的快速引用方法做了深入研究,并在此基础上开发了 AO 快速构建平台,实现了三维 AO 的快速构建。

**关键词:** 三维 AO MBD 快速构建方法

**[ABSTRACT]** To solve the issues of time-consuming processing, difficulty of gathering information and error proneness during the process of constructing 3D Assembly Outline of digital manufacture of aircraft, the Rapid Construction Method for 3D AO under the application background of MBD technology is developed using the idea of Knowledge Engineering and Intelligent Detection Technology. The Rapid Construction Method of 3D AO is based on further study for the methods of rapid gathering engineering information from MBD model and the quick quotation methods for the database of manufacturing resources and technologies, from which the platform of rapid constructing AO is also developed.

**Keywords:** Three-dimension AO MBD Rapid construction method

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.19.068

飞机装配是飞机制造的重要环节之一,直接影响着飞机的研制和生产周期<sup>[1]</sup>。随着飞机设计数字化的应用,飞机制造数字化也相应得到推广。飞机数字化制造涉及生产模式、制造方法、人员素质、生产设备、产品全生命周期管理等方面。数字化制造不只是一个简单的技术推广问题,它还需要一套涉及各方面的技术体系和管理体系。数字化制造推广是一个设备逐渐完善、人员结构逐渐调整、技术体系和管理体系逐渐形成的过程。

我国飞机制造企业引入了波音公司的 AO (Assembly Order) 工艺管理机制<sup>[2]</sup>。AO 由管理页、说明页、草图和零件配套单组成,包括装配名称编号、制造索

引、工程更改申请单号、发放次号、架次控制、版次控制、客户控制、系列号、简要工作说明、操作内容要求、所需工装设备、产品图样、工艺标准、质量规范、检验要求、工时定额、零件名称和编号、生产信息、质量信息、过程信息等 40 多项工艺信息。在数字化制造推广的过程中,飞机装配大纲涉及由传统的以纸质为载体的 AO 向三维 AO 的转变。传统的 AO 由文字描述(包括管理页、说明页零件配套单)和草图两大部分构成,以手工编写为主。三维 AO 包括文字描述、三维附图、三维仿真动画,其中文字描述与传统 AO 相似,三维附图的作用等同于传统 AO 的草图,三维仿真动画是飞机装配工艺新的描述手段。数字化制造中三维 AO 的所有内容均以电子版形式存在。

数字化制造中三维 AO 编制过程中需要的原始资料和产品依据等均以电子版形式存在,因此,利用计算机的数据库技术、快速检索技术、三维标注技术、三维仿真技术等可以快速实现三维 AO 的编制,对缩短飞机产品制造周期,提高企业效益有重大意义。

### 1 飞机三维 AO 简介

飞机装配大纲(AO)是工艺部门根据工程设计要求,工厂工艺技术水平和质量保证的要求编写的生产性工艺文件,是用于指导飞机部件装配、总装、试飞、包装和整机喷漆操作的技术性文件,同时也是生产、检验的记录<sup>[3]</sup>。在 MBD 技术应用的背景下,传统的二维图纸已不复存在,但是仅仅用文字来表述装配过程信息,指导现场装配还有所欠缺,容易导致装配人员理解错误,因此,传统二维 AO 向三维 AO 的转变已成为必然。三维 AO 是数字化的工艺文件,相对于二维 AO 文档来说,三维 AO 文档有如下特点<sup>[4]</sup>:

(1) 工作内容描述方面:除了有传统的文字描述外,三维 AO 还附有三维仿真动画,能直观表述装配过程,有效减少表述上的歧义性;

(2) 三维附图方面:三维 AO 附图为三维可操作附图,包括必要的三维标注,有效解决某些复杂结构不易表述的问题;

(3) AO 文档编制方面:三维 AO 可以实现部分信

息的自动录入,以及部分信息的重用,提高 AO 编制的效率,降低生产成本。

## 2 飞机三维 AO 信息模型建立

通过 PDM 平台获取 MBD 数字化信息模型(EBOM,它是设计部门根据产品功能设计的产品零部件结构树,同时也是产品生产制造的源头<sup>[5]</sup>),在完成装配工艺分离面的划分与规划好零部件的装配顺序的基础上,确定各个装配工艺件的装配顺序,并查询 MBD 数据集检索相关工程信息(包括几何信息与非几何信息),在详细装配工艺设计的同时查询资源信息库,实现制造资源如工装、设备以及相关规范的快速调入,至此在 CATIA 中建立了 PPR (Product, Process, Resource) 模型。将建立的 PPR 模型导入 PDM 进行装配顺序合理性的仿真验证,将仿真结果以仿真报告的形式提交给设计部门,方便产品与工装的进一步改进优化。在装配方案确定的基础上,明确具体的定位方法与装配操作,进行 AO 工序的具体设计以及 AO 工艺文档的编写,然后借助 3DVIA Composer 快速制作相关三维轻量化附图并与工艺文档集成。图 1 为飞机 AO 工艺文档信息模型。

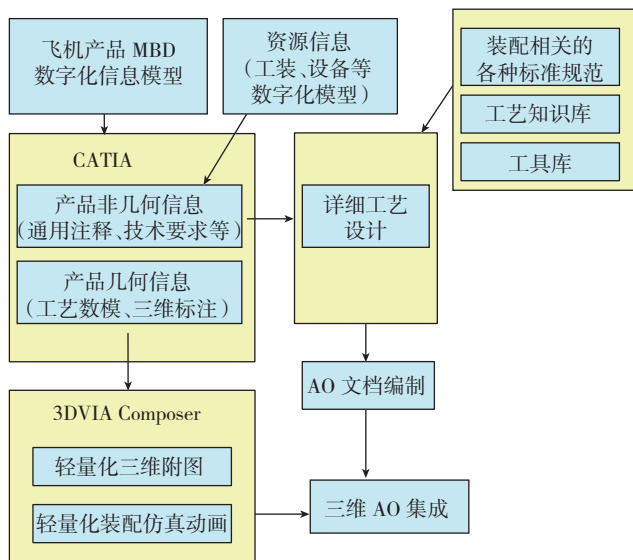


图1 飞机AO工艺文档信息模型  
Fig.1 Information model of AO process documentation

## 3 基于三维 AO 编制的 MBD 模型信息获取

目前,我国飞机制造企业中飞机产品的设计与制造的工程信息的表达与传递全部基于三维<sup>[1,6]</sup>。MBD 数字模型作为 AO 编制的重要依据,是产品工程数据的重要知识载体,主要涵盖产品的非几何信息与几何信息。

本文通过对 CATIA 二次开发快速检索提取 MBD 数据集中的工程数据(包括非几何信息、零件外形信

息),并生成 BOM 表,以 Excel 的形式保存起来,作为 AO 编制的数据依据。

### 3.1 非几何信息的提取

产品的非几何信息主要有通用非几何信息与零部件的连接信息等。其中通用非几何信息是指“通用注释”、“技术要求”、“装配注释”、“材料注释”、“连接信息”等,所有这些信息都以参数的形式在零件的结构树上显性表达,且和几何信息集成在同一个三维模型中。通过对 CATIA 的二次开发,建立相应模块遍历 MBD 产品结构树节点,并通过相关关键字检索分析就可以批量提取 MBD 模型中的这些非几何信息,使得相关信息集中存储于 Excel 文件中便于查看引用,如图 2 所示。

连接信息主要包括机械连接信息、胶接、焊接信息等,用来描述零部件之间的连接关系以及连接方法。这些信息在 MBD 数字化模型中往往以装配文件的形式(也称 A 数模)挂接在产品结构树的零件或部件节点下,通过用户简单与 CATIA 交互指定相关装配文件与某个零件,定制的功能模块就可以遍历装配文件各个连接节点,获取各个连接节点的属性信息,快速提取出用户所指定零件的所有连接关系,同时根据相关连接件的编号可以从产品 MBD 模型结构树中提取出用户指定零件不同连接关系下的所有关联零件名称、图号等信息,并存储在 Excel 文件中作为 AO 编制的依据,如图 3 所示。

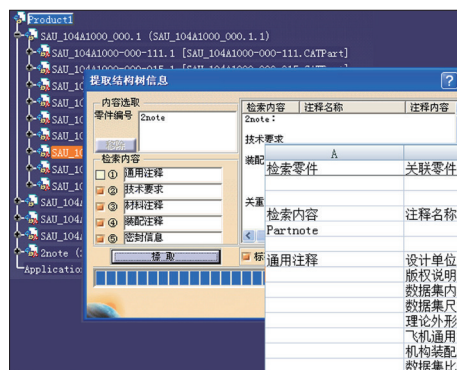


图2 提取通用注释

Fig.2 General comments extract



图3 连接信息快速提取

Fig.3 Connection information extract

### 3.2 三维零件附图快速生成

三维 AO 中三维附图作为飞机装配的工艺说明的补充信息,提供可操作的三维零件轻量化模型,详细说明连接标准件位置信息、导孔信息、基准信息等,帮助工人更直观地理解工作任务,获取必要的装配信息。三维附图是工艺人员根据产品三维综合模型和装配要求建立的工艺数模,并通过 3DVIA Compos 等轻量化软件转化成三维附图的轻量化模型。转化好的轻量化文件不丢失几何信息与三维标注信息,并且与 Excel、Web 有很好的集成性<sup>[7]</sup>。因此,本文通过二次开发,在 CATIA 中开发功能按钮将 MBD 中数据模型自动导入 3DVIA Composer,并将轻量化模型存储路径存储在 .xls 文件中,与 CATIA 零件建立间接关联。图 4 为一个典型的三维附图。

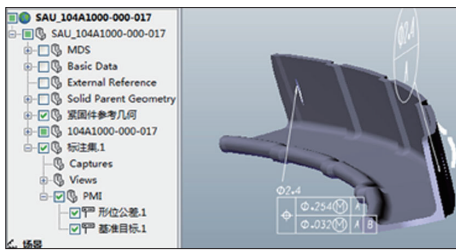


图4 典型的三维附图

Fig.4 A typical three-dimensional drawing

## 4 三维 AO 快速构建

为了便于在构建三维 AO 过程中方便提取和利用 EBOM 信息,将三维 AO 快速构建平台作为 CATIA 软件的一部分,与 CATIA 软件实现无缝集成。三维 AO 快速构建流程如图 5 所示。

根据 AO 的内容,在 CATIA 中客户化订制基本信息页、工序说明页、所需工装设备和所需零件页 4 个属性页。在基本信息页中用户可完成机型、生效架次、AO 号、工艺员以及操作说明等属性内容的添加;在工序说明页,可进行具体工序的设计添加,同时针对飞机架次管理的装配文件大量重复的特点,建立与典型工艺知识

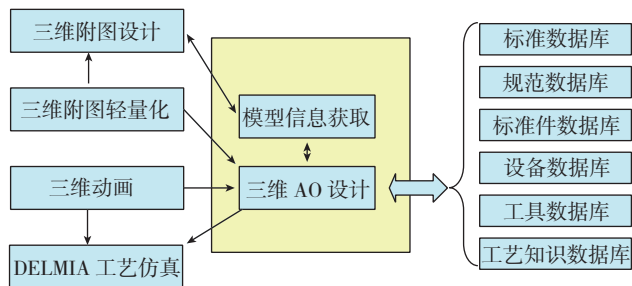


图5 三维AO快速构建流程

Fig.5 Build process of three-dimensional AO

库的链接,用户在 AO 编制过程中可参考或直接选取相关工艺文档并修改;在工装设备页,用户可直接添加所需工装设备或通过查询工装设备库选择添加;在所需零件页,用户可直接在 MBD 数模上选取所需零件,软件平台自动提取零件名称编号存储路径等属性信息并提供编辑其他必要信息的功能,同时以 .xls 格式输出零件配套单。工艺人员在编制 AO 时可直接选取典型工艺规范、工装设备以及配套零件,这样便有效减少了手工输入量,并提高了 AO 的编制效率。平台界面如图 6 所示。

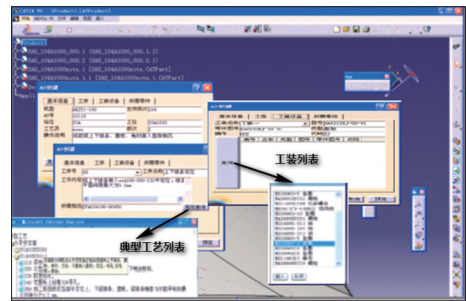


图6 三维AO快速构建平台

Fig.6 Rapidly constructing platform for Three-dimension AO

## 5 结束语

本文就三维 AO 的特点与编制过程中存在的问题做了相关研究,针对飞机 AO 文件数量大、编制耗时多的特点,借助 CAA 对 CATIA 二次开发,将零件的轻量化、制造资源库、工艺规范库以及产品数据集集成在 CATIA 环境下,实现了 AO 编制过程中产品数据的快速获取与制造资源、典型工艺规范的快速引用,可以减少工艺员手工输入量并有效提高 AO 的编制效率,实现飞机三维 AO 的快速构建。

### 参考文献

- [1] 李彤. 飞机数字化装配技术研究. 科技资讯, 2009(30):22.
- [2] 杨雨图,李亚白,王宁生. 面向飞机装配的工艺设计与管理 系统研究与开发. 机械科学与技术, 2005, 24(11):1354-1358.
- [3] 燕宜军,叶文华,杨雨图. 基于 AO 的飞机架次管理系统研究与开发. 中国制造业与信息化, 2006, 36(1):1-4.
- [4] 冯廷廷. 基于 MBD 的飞机装配工艺规划与仿真[D]. 南京: 南京航空航天大学机电学院, 2011.
- [5] 王建旗. 飞机装配 AO 系统研究与开发[D]. 西安: 西北工业大学, 2004.
- [6] 吴东琦,朱文华,王琛,等. 飞机三维装配大纲技术的研究. 现代机械, 2010, 37(1):45-49.
- [7] 朱香华,陆云强. 浅谈 3DVIA Composer 的功能与特点. CAD/CAM 与制造业信息化, 2008, 15(12):50-52.

(责编 谷雨)