

# 航空发动机零件加工装夹过程可视化文件生成\*

武 权,卫 炜,周来水,黄斌达,刘 威

(南京航空航天大学机电学院,南京 210016)

**[摘要]** 目前在航空发动机制造企业中,加工人员通常根据工艺规程完成零件的加工装夹,缺乏专门的加工装夹过程指导性文件,易导致装夹信息表达不直观,产生工件和夹具错装、漏装的现象,针对此类问题,提出一种基于 Tecnomatix 和 3D PDF 技术的零件加工装夹过程可视化文件生成方法。该方法首先基于 3D PDF 开发了加工装夹过程可视化文件模板,并基于 Tecnomatix 开发了零件加工工艺信息生成模块,然后将加工工艺信息生成模块产生的 XML 文档和 Tecnomatix 生成的装夹过程动画导入到可视化模板中,最终生成零件加工装夹过程可视化文件,可实现二维信息与三维装夹动画的实时交互响应,提高零件加工装夹的效率和准确性。

**关键词:** 零件加工;装夹过程可视化文件;3D PDF; Tecnomatix

## Machining Clamping Process Visualization Document Generation of Aeroengine Parts

WU Quan, WEI Wei, ZHOU Laishui, HUANG Binda, LIU Wei

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics,  
Nanjing 210016, China)

**[ABSTRACT]** In the aeroengine manufacturing enterprises, part processing clamping is usually achieved by processing personnel according to the technological procedures manual. It results in clamping information expression being not intuitive and the fault packing and leakage phenomenon of work pieces because of the short of special processing clamping process guidance document. The generation method of visualization document part processing clamping process is published based on Tecnomatix and 3D PDF technology. Firstly, this method develops processing clamping process visualization templates based on 3D PDF technology and develops module of part processing process information generation based on Tecnomatix technology. And then generated XML documents by processing information generation module and generated animation by Tecnomatix are implanted into the template. Finally, we can generate part processing clamping process visualization document to achieve real-time interactive response of 2D information and 3D animation, and improve the efficiency and accuracy of the clamping part processing.

**Keywords:** Part processing; Clamping process visualization document; 3D PDF; Tecnomatix

**DOI:**10.16080/j.issn 1671-833x.2017.08.075

航空发动机零件具有结构复杂、薄壁件多且加工精度要求高等特点,因此对航空发动机零件提出了更高的加工要求<sup>[1-3]</sup>。目前航空发动机制造企业中,加工人员往往依据工艺规程文件进行零件加工装夹,对于复杂零件的加工,该工作方式尤其具有表达不直观,难以理解的问题,常会导致零件加工装夹过程中工件和夹具错装漏装现象的发生,极大影响了加工的效率和准确性。

本文针对目前航空企业零件加工装夹过程所遇到的问题,提出一种航空发动机零件加工装夹过程可视化文件生成方法。首先对 PDF 进行二次开发生成零件

加工装夹过程可视化文件模板;其次基于 Tecnomatix (Tecnomatix 是西门子公司提供的一套数字化制造的解决方案)二次开发技术,开发出零件加工工艺信息生成模块,生成 XML 格式的加工工艺信息,并将 UG 生成的三维模型文件导入到 Tecnomatix,生成零件加工装夹过程动画;然后将零件加工装夹过程动画及零件加工工艺信息导入到可视化模板文件中生成零件加工装夹可视化指导文件。最后以某航空发动机机匣加工为例,验证此方法的可行性。

## 1 零件加工装夹过程可视化文件生成流程

零件加工装夹是工艺规划的下游环节,零件加工装

\* 基金项目:江苏省高校自然科学基金项目(14KJB460027)。

夹过程可视化文件生成主要包括零件加工装夹过程可视化模板文件的定制、零件加工工艺信息文件的生成、零件加工装夹过程动画的生成、可视化文件生成与发布4个模块组成。图1为零件加工装夹过程可视化文件生成流程示意图。

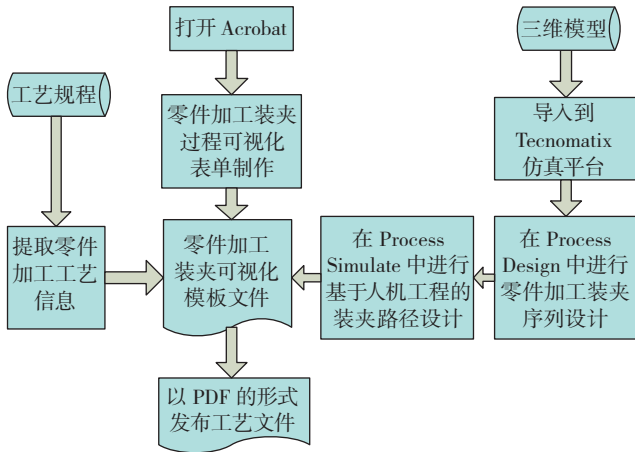


图1 零件加工装夹过程可视化文件生成流程示意图

Fig.1 Flow chart of the generation of part processing clamping process visualization document

(1)零件加工装夹过程可视化模板文件的定制:零件加工装夹过程可视化模板文件是对零件加工装夹信息的集中展示平台,实现二维信息与三维装夹动画的实时关联响应,不同企业对可视化模板的内容和布局要求不尽相同,针对不同企业,可以开发定制相应的零件加工装夹过程可视化模板文件。

(2)零件加工工艺信息文件的生成:工艺规程文件,包含所有零件加工的工序内容,将工序内容解析为XML(Extensible Markup Language)文件,通过研究提取零件加工工艺信息文件解析组成XML文档,导入到可视化模板文件中。

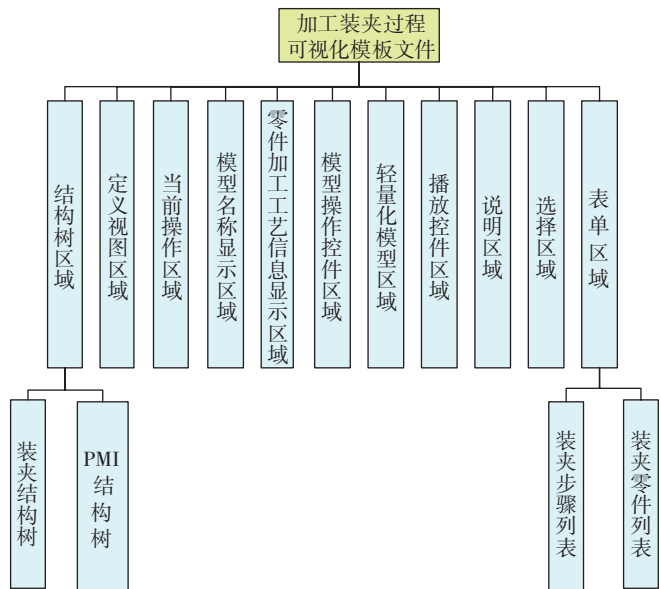
(3)零件加工装夹过程动画的生成:将三维零件加工装夹模型,导入到虚拟仿真平台,对三维零件加工装夹进行装夹序列和路径的规划,并运用人机工程检测装夹操作工具的可达性,生成符合装夹要求的零件加工装夹过程动画。

(4)可视化文件生成与发布:生成可视化文件,并发布带有三维模型的零件加工装夹过程可视化文件供操作人员使用。

## 2 零件加工装夹过程可视化模板文件定制

零件加工装夹过程可视化模板文件可以结合企业需求进行定制,可展示 Tecnomatix 制作的装夹过程动画和基于XML的零件加工工艺信息,并实现二维装夹信

息和三维装夹动画的实时响应。Adobe Acrobat 提供了二次开发的 Javascript 接口函数,利于对 PDF 文件进行开发。如图2(a)所示为零件加工装夹过程可视化模板的结构示意图,11个展示区域展示了零件加工装夹的具体操作以及相关零件属性信息。图2(b)为零件加工装夹过程可视化模板布局,显示了零件加工装夹过程可视化文件各个区域的具体位置。



(a)零件加工装夹过程可视化模板结构图



(b)零件加工装夹过程可视化模板布局

图2 零件加工装夹过程可视化模板

Fig.2 Visualization template of part processing clamping process

## 3 零件加工工艺信息文件生成

零件加工工艺信息包括企业名称、零件号、工序名称以及工序号等。本文基于 Tecnomatix 二次开发了零件加工工艺信息生成模块,从工艺规程相关信息提取解析成XML文档并导入到零件加工装夹过程可视化模板中。

Tecnomatix 二次开发是基于VS2008平台,以C#为开发语言,将相关功能函数编译成DLL文件,并集成到 Tecnomatix 中完成对零件加工工艺信息模块的开发,具

体包含以下关键技术<sup>[4-6]</sup>:

(1) 环境配置: 用 C# 语言开发应用程序, 须引用 Tecnomatix.Engineering.dll 文件, 以调取相关函数及接口。

(2) 模块的程序设计: 将本课题组已经研究完成的相关函数嵌入到程序中。

(3) DLL 应用程序的生成: 将编写好的程序编译生成 DLL 文件, 并拷贝在 DotNetCommands 文件夹下。

(4) 应用程序的注册: 运行 Tecnomatix/empower 下 CommandReg.exe, 选择对应的 .DLL 文件完成注册。

(5) 快捷键的定制: 打开 Tecnomatix, 进入客户端定制界面完成快捷键定制。

图 3 为从工艺规程中根据零件加工需要提取之后的零件加工工艺信息 XML 文档。

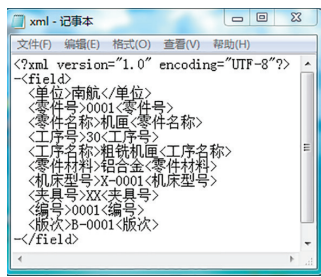


图3 零件加工工艺信息实例XML文档

Fig.3 XML document of parts processing information

## 4 零件加工装夹过程动画生成

Tecnomatix 中的 Process Designer 模块可以对零件加工装夹进行工序设计, Process Simulation 模块可以对零件加工装夹进行路径规划。

本文基于 Tecnomatix 的 Process Designer 和 Process Simulation 两个模块提出了一种装夹过程动画生成过程, 如图 4 所示。

### 4.1 装夹物料清单管理

将 UG 生成的夹具装夹零组件以及相关工装工具等 .JT 轻量化模型导入 Process Designer 模块, 对夹具零组件物料清单表顺序以及名称等进行初步调整。

### 4.2 装夹序列规划

针对某航空发动机机匣加工装夹装配体(图 5 (a)), 在 Process Designer 模块上控制零部件的显隐性, 按照航空发动机零件加工装夹序列规划要求, 得到如图 5 (b) 的机匣加工装夹顺序<sup>[7-8]</sup>。

按照装夹顺序构建装夹工步序列, 针对每一个装夹工步确定相应工装、工装工具以及工时, 得到 Pert 图(图 5 (c)), 为后续装夹路径规划提供依据。

### 4.3 装夹路径规划

装夹路径规划是基于虚拟现实条件下对夹具零件移动和旋转的运动轨迹进行记录的过程, 避免装夹过程

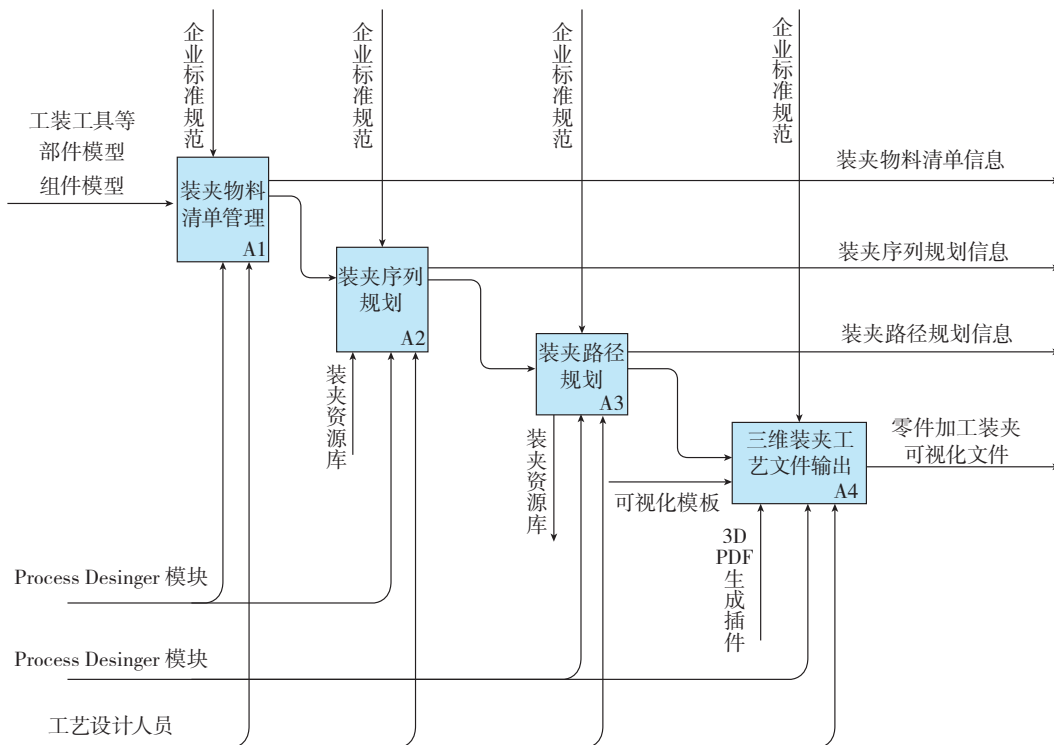
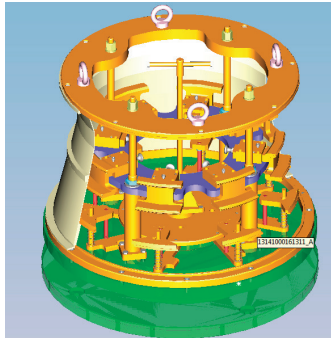


图4 装夹过程动画生成过程

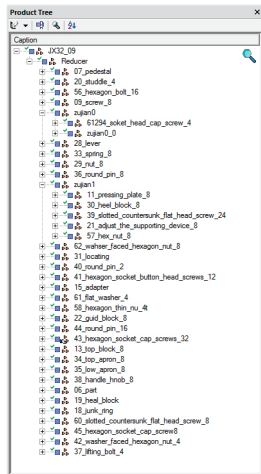
Fig.4 Generation of clamping process simulation animation

中零件和工装工具在路径上的干涉碰撞,同时通过干涉情况分析也可对装夹顺序进行优化<sup>[9-10]</sup>。

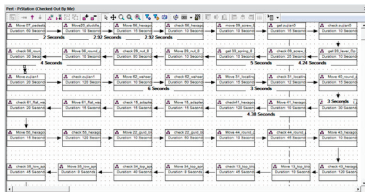
图6为基于Process Simulation平台对某航空发动机机匣加工装夹的路径规划示意图。



(a) 三维零件加工装夹轻量化模型



(b) 机匣装夹组件划分示意图



(c) Pert图

图5 装夹序列规划实例

Fig.5 Example of clamping process design

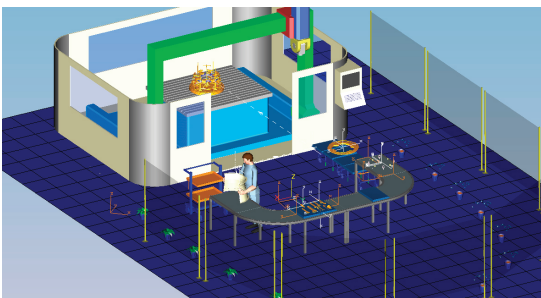


图6 零件加工装夹路径规划

Fig.6 Path planning of part processing clamping

## 5 可视化文件生成与发布

在Tecnomatix软件平台上配置PDF插件,选择打开相应的零件加工装夹过程可视化模板文件,然后将虚拟装夹过程动画及相关零件加工工艺信息导入到该模板文件中,最终把生成的3D PDF文件发布给零件加工人员。

## 6 实例验证

本文以航空发动机机匣加工为例,将利用上述方法生成的机匣加工工艺信息和机匣加工装夹过程动画导入到可视化模板文件中,生成零件加工装夹可视化指导文件,可实现二维信息和三维动画信息的关联响应,如图7所示,在表单区域单击某一行会执行右侧模型动画的一步操作,并在下方的指导信息框中显示装夹步骤文字指导信息以及注意事项,轻量化模型区域可对三维模型进行缩放、旋转、渲染,播放控件区域可对动画的步骤进行控制。

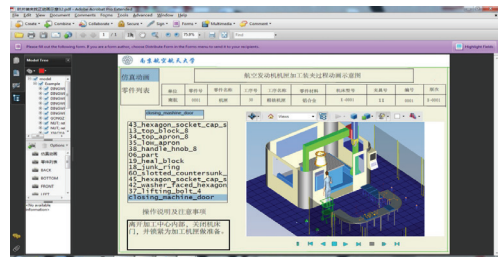


图7 零件加工装夹可视化文件实例

Fig.7 Example of part processing clamping visualization document

## 7 结束语

目前航空发动机制造企业加工人员往往依据工艺规程信息来指导零件加工装夹,为了便于加工人员准确、快速、高效地完成航空发动机零件加工装夹,本文基于三维模型,提出了一种航空发动机零件加工装夹过程可视化文件生成方法,目前已经在企业中得到应用,提高了航空发动机零件加工装夹的效率和准确性。

## 参考文献

[1] 陈睿,周来水,卫炜.基于MBD模式下的机加工装派工文件生成方法[J].组合机床与自动化加工技术,2015(9):157-160.  
CHEN Rui, ZHOU Laishui, WEI Wei. The generation method of mechanical tooling dispatching file in MBD mode[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2015(9):157-160.  
[2] 田富君,张红旗.基于Tecnomatix的三维装配工艺设计与仿真研究[J].制造业自动化,2013,35(8):11-16.

(下转第83页)