

MBD模式下机加工工艺执行可视化文件生成方法

Generation Method of Machining Process Implementation Visualization File in MBD Mode

南京航空航天大学机电学院 程振阳 周来水
中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司 赵恒



程振阳

南京航空航天大学硕士研究生,主要研究方向为数字化制造。

本文针对航空发动机机加工工艺执行可视化应用技术,结合实际工程需要及基于模型定义技术,研究了基于模型定义的机加工工艺执行可视化表示方法,并对机加工工艺执行可视化工艺文件生成技术进行了研究。

务内容,这对现场人员的经验和技术水平提出了较高的要求。近年来,随着CAD技术的不断发展,越来越多的企业在工艺执行过程中使用三维实体模型来定义几何信息,而用二维工程图来定义非几何信息(如尺寸、公差、表面质量、热处理、材料、制造工艺、装配工艺和操作数据等)^[1-2]。这在一定程度上解决了几何信息描述不直观的问题,但在实际应用中存在以下弊端:(1)该方法需要同时发布三维实体模型和二维工程图,易造成信息的重复定义,增加了冗余工作量^[3];(2)需要分别管理实体模型和二维工程图,增大了管理难度,尤其在设计模型发生变化时,较难实现下游实体模型与工程图的同步更新,无法保证二者的版本一致;(3)静态的视图和文字描述很难准确表达装

夹找正等动态过程;(4)产品工艺信息分散在三维实体模型和二维工程图中因而难以实现工艺信息的形式化表达、共享和重用。从而影响到与下游业务环节间的协同效率和数据共享。

随着三维工艺设计与虚拟仿真系统在企业中逐步应用,含有机加工工艺执行过程仿真动画的可视化文件可以很好地解决上述问题。国内外学者对工艺可视化技术进行了研究,并取得了一定的研究成果。文献[4]总结了可视化发布文件的结构和内容,为工程变更管理过程提供了一个无图纸环境的解决方案。但可视化发布文件中只包含模型和表单,并不包括仿真动画。刘检华等^[5]开发的面向生产现场的可视化复合装配工艺文档实现了工艺信息查看和装配视频动画的播放功能,然而,这种视

机加工工艺执行是工艺规程设计在生产现场的进一步延伸,旨在协助现场人员更好地执行工艺规程所规定的零件装夹、设备选择、数控加工等各类业务内容,机械加工工艺执行文件是现场技术人员完成各项工艺任务的重要指导文件。传统的机械加工工艺执行文件通常使用二维工程图及文字说明的方式描述机加业

频动画无法与现场装配操作人员进行交互。冯廷廷等^[6]基于3DVIA-Composer控件开发的三维工艺文件中包括可交互操作的轻量化装配动画,但依赖于特定的三维模型浏览器。

基于模型定义(Model Based Definition, MBD)技术是将产品的所有相关工艺属性、描述、管理等信息都附着在产品三维模型中的先进数字化定义方法,MBD是一系列基本的数字化定义活动的最终进化结果,有效保证数据统一。本文针对航空发动机机加工工艺执行可视化应用技术,结合实际工程需要及基于模型定义技术,研究了基于模型定义的机加工工艺执行可视化表示方法,并对机加工工艺执行可视化工艺文件生成技术进行了研究。

机加工工艺执行可视化文件生成流程

机加工工艺执行是工艺规划的下游环节,机加工工艺执行可视化文件生成流程主要由工艺模型前期处理、机加工工艺可视化初始文件生成、文件编辑和文件发布四个功能模块组成。图1为机加工工艺执行可视化文件生成流程示意图。

在产品生命周期中,CAD、CAPP系统和工艺执行可视化发布系统以共同的设计MBD模型为基础。在产品的设计阶段,产品的相关信息如实体模型和三维标注、公差、注释等储存在设计MBD模型中。在CAPP阶段,工艺设计者借助计算机辅助手段,在设计MBD模型的基础上进行三维机加工工艺规划,生成工艺方案和工艺MBD模型。用户结合工艺方案内容,在工艺MBD模型的基础上制作工艺执行过程仿真动画(如装夹找正动画、数控加工动画等),并将仿真动画和对应的工艺执行管理信息嵌入定制的机加工工艺执行可视化模板,生成机加工工艺执行可视化文件。

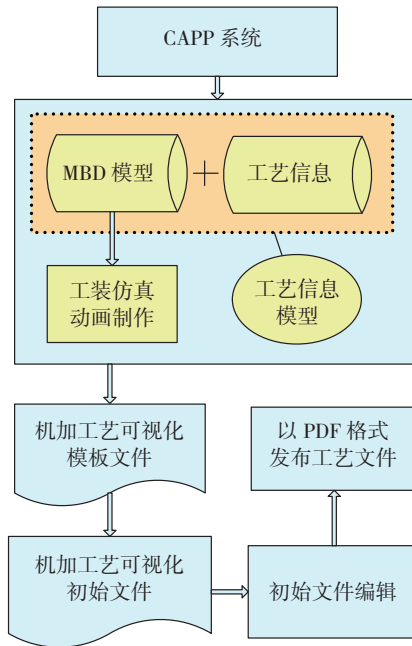


图1 机加工工艺执行可视化文件生成流程示意图

作为工艺执行可视化信息的载体,工艺执行可视化文件应具备便携、轻量化、可通用浏览的特点。目前常用的工艺执行可视化文件格式有Excel、Word、PDF、网页等。其中,Excel、Word、网页中要播放工艺执行过程仿真动画需要安装特定的插件。3D PDF格式文件可经通用浏览器Adobe Reader浏览文件中的文本信息和仿真动画,且界面美观,文件信息保密性好。基于上述考虑,本文选择3D PDF作为机加工工艺执行可视化文件格式。

工艺执行过程可视化

工艺执行过程的可视化旨在展示工艺规程中所包含的装夹找正、数控加工等工艺业务内容的具体操作

过程,以指导现场技术人员完成各项工艺任务。因此工艺执行过程的可视化需要满足如下要求:(1)工艺执行过程动画的生成及编辑;(2)工艺MBD模型的交互操作(包括缩放、旋转、剖面等);(3)工艺执行过程动画播放过程的控制;(4)可为相关视图添加适当的文字说明等。

1 工艺执行过程仿真动画制作

NX、SolidWorks、Pro/E等CAD设计软件本身均具有设计工艺仿真动画的能力。但是这些CAD软件设计的仿真动画只能通过专用CAD软件浏览,不符合作为可视化文件为通用浏览格式的要求。因此,适合嵌入可视化文件,指导现场技术人员完成各项工艺任务的工艺执行过程仿真动画的制作软件主要有Dassault公司的Delmia、Siemens公司的Tecnomatix、Adobe公司的3D Reviewer等软件。表1是3个软件的主要优缺点比较。

由于本文采用3D PDF作为工艺执行可视化文件的格式,考虑到Adobe 3D Reviewer与3D PDF的良好兼容性,选用该软件来制作工艺执行可视化过程仿真动画。仿真动画的具体制作步骤如下:

- (1)通过3D Reviewer打开三维模型的轻量化格式文件;
- (2)调整模型位姿,选定模型组件,按照工艺执行过程要求设计虚拟仿真动作。
- (3)指定模型的初始视图,包括方位、位置、背景、渲染模式、光照等参数信息。

表1 工艺执行过程仿真软件优缺点比较

软件名称	优点	缺点
DELMIA	软件功能强大,可以制作较为复杂的仿真动画	动画播放需要安装3D VIA Composer插件;无法与3D PDF集成
Tecnomatix	可实现与3D PDF的集成	与3D PDF集成过程较为复杂;软件较为昂贵
3D Reviewer	制作动画步骤简单;和Adobe Acrobat无缝集成,生成的PDF文件,为通用浏览格式	不适合制作较为复杂的仿真动画

(4) 选择工艺执行可视化文件模板, 导出为 PDF 格式可视化文件。

2 工艺执行过程可视化的实现

实现工艺执行可视化的关键是可视化文件模板的制作, 该模板不仅需要在 3D PDF 文件中展示在 3D Reviewer 中制作的工艺执行过程仿真动画, 还要能展示 XML 格式的工艺执行管理信息。

通过借鉴传统二维工程图的布局特点, 结合三维环境下工艺执行过程展示的需求, 本文以 Adobe Acrobat 为平台开发可视化文件模板。主要功能模块如图 2 所示, 整个模板在结构上分为模型区域和表单区域。模型区域包括 MBD 模型和三维机加工工艺执行过程仿真动画; 表单区域包括工艺执行步骤细则、可视化过程播放控制按钮、管理信息及工艺信息、特殊视图及相应的操作说明等信息。

在 Acrobat PDF 文件中, 通过加载 JavaScript 脚本程序可以实现对工艺执行可视化过程的交互控制及 MBD 模型与表单的关联响应等功能。实现方法有以下 2 种。

(1) 将用于控制功能按钮响应的 JavaScript 代码存放在一个文件里, 并将文件后缀名定为 .js; 在 Acrobat 中设置相关属性, 可以在启动 Acrobat 的同时运行 JavaScript 程序。该方法可以实现对多个功能按钮同时添加功能响应。

(2) Acrobat 环境下, 在每个功能按钮的 Action 中添加对应的 JavaScript 代码。该方法可以实现单个功能按钮功能的快速编辑。

以播放动画功能按钮为例, 具体步骤如下。

(1) 在 Acrobat 环境下, 从控件工具栏中拖曳控件 "OK" 到目标区域, 并双击 "OK" 打开控件属性编辑对话框(图 2);

(2) 打开属性对话框的 Options-ChooseIcon, 选择目标路径下的播放图标, 见图 3(a)。

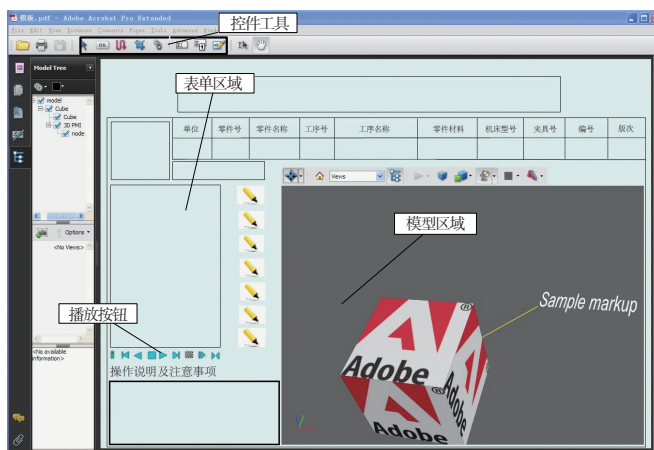


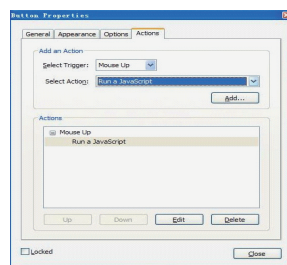
图2 机加工工艺执行可视化文件模板

(3) 单击属性对话框的 Actions 选项, 选择 Run a JavaScript, 见图 3(b); 在 Javascript Editor 对话框中输入代码, 见图 3(c)。

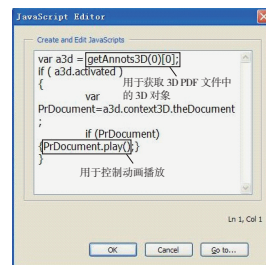
目前, XML 文档中定义工艺信息的语法规则通常采用两种方法: 文档类型定义(Document Type Definition, DTD)和 XML 模式



(a) 属性对话框 Options



(b) 属性对话框 Actions



(c) 输入代码

图3 机加工工艺执行可视化文件模板

工艺执行管理信息可视化

工艺执行管理信息主要包含零件号、零件名称、工序号、工序名称、机床型号、夹具号、版次等, 这些信息可能来自于 CAPP 数据库中不同类型的数据文件。在工艺执行过程可视化的同时, 也需要将这些分散的管理信息集成并可视化展示。可扩展标记语言(Extensible Markup Language, XML)是一种采用文本标记描述数据的结构化组织文档方法, 允许用户对自己的标记语言进行定义, 现已成为共享数据的一种通用标准, 具有可扩充性、内容和表现形式相分离、规范性、数据独立性等优点。

1 基于 XML 的工艺执行管理信息表达

(Schema)^[7]。DTD 相对简单, 语法紧凑, 但是由于 DTD 自身的文档格式及语法不同于 XML, 仅对属性类型定义了几种非常有限的数据类型, 内容固定且不可扩展, 所以存在明显的局限性。XML Schema 是 W3C 推荐的 XML 标准模式, 它在 DTD 的基础上进行扩充和改进, 相对于 DTD 而言, 使用 Schema 来定义文档结构具有一致性、扩展性、互换性、规范性等优点。因此本文选择 XML Schema 作为 XML 文档定义方法。结合 3D PDF 文件对 XML 文件格式的要求, 某航空零件的工艺管理信息的 XML 实例文档如图 4 所示。

2 工艺执行管理信息可视化流程

机加工工艺执行管理信息可视化流程如图 5 所示, 工艺执行管理信息

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<fields>
  <单位>工艺所</单位>
  <零件号>XX-001</零件号>
  <零件名称>叶盘</零件名称>
  <工序号>20</工序号>
  <工序名称>粗铣叶身及流道</工序名称>
  <零件材料>钛合金锻件</零件材料>
  <机床型号>C-XXX</机床型号>
  <夹具号>XXX</夹具号>
  <编号>001</编号>
  <版次>Y001</版次>
  <操作说明及注意事项>将大压盖安装于F表面,压紧大压盖的同时用百分表检查轴向压紧时表面F的移动量,不能使零件移动</操作说明及注意事项>
</fields>
```

图4 机加工工艺信息的XML实例文档 (简单示例)

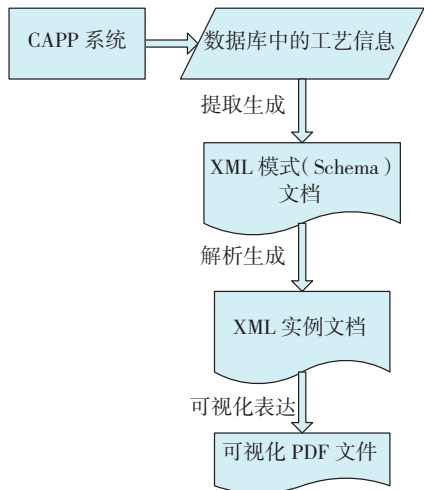


图5 机加工工艺执行管理信息可视化流程

分散在CAPP数据库中,定义XML Schema文档从数据库中提取工艺信息,通过解析器解析生成XML实例文档,导入上文设计的PDF格式的可视化文件模板,完成工艺执行管理信息的可视化。

要实现可视化文件中文本信息和视图信息的交互响应,就需要建立XML文档和对应视图的关联关系。具体实现如下:

(1)在模板文件或工具栏新建一个按钮,在Actions-JavaScript Edit对话框添加代码"this.importAnXFDF("/c/工艺信息.xml");"即可实现在PDF模板中显示.XML文件中的工艺信息。

(2)在Acrobat文件编辑环境下,双击“显示视图”按钮,在Actions-JavaScript Edit对话框中输入如下代码:

```
var Step1=this.getField("Instruction");
```

Step1.value="将大压盖安装于零件F表面,压紧大压盖的同时用百分表检查轴向压紧时表面F的移动量,不能使零件移动";

完成视图和其对应的说明信息的绑定。

实例验证

本文研究开发了机加工工艺执行可视化文件生成方法,基于JavaScript脚本语言,以Adobe Acrobat为平台进行二次开发,在三维工艺可视化文件生成模块以通用的PDF格式文件作为工艺可视化展示平台。以航空发动机某零件加工装夹指导方案为例,将机加工工艺MBD模型导入3D PDF Reviewer中完成仿真动画设计,并嵌入机加工工艺执行可视化文件模板(此时的工艺MBD模型已包含仿真动画),生成机加工工艺可视化初始文件,在Acrobat环境下添加所需相关视图及工艺信息,最终形成完整的机加工工艺可视化发布文件(图6)。

管理信息包含零件号、零件名

称、工序号、工序名称、机床型号、夹具号、版次等。仿真动画步骤细则和零件列表通过单击列表框的切换按钮分别展示。

结束语

机加工工艺文件是机加工工艺信息的载体,是车间生产人员进行机械加工操作的重要依据,具有十分重要的地位。针对传统的机加工工艺文件存在表达不够直观且易产生歧义等问题,本文提出了一种基于模型定义的机加工工艺执行可视化文件生成方法,并对机加工工艺执行过程可视化和机加工工艺管理信息可视化技术进行了研究。生成的3D PDF可视化文件实现了MBD环境下工艺执行过程信息和工艺执行管理信息的集成可视

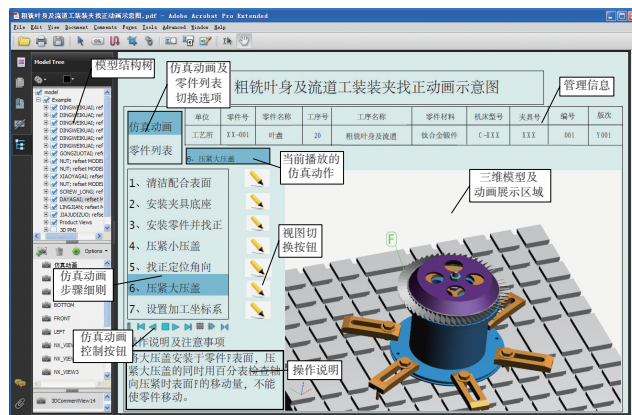


图6 可视化发布文件实例

称、工序号、工序名称、机床型号、夹具号、版次等。仿真动画步骤细则和零件列表通过单击列表框的切换按钮分别展示。

车间操作人员点击仿真步骤细则时,模型区域可播放该步骤的仿真动画。仿真动画控制按钮,可以对动画进行播放、暂停、上一个、下一个动

作、回到初始状态、最终状态、循环播放等控制,在动画播放过程中,为了更好地观察仿真过程,可以对三维模型进行缩放、平移、旋转等操作。切换到零件列表模式,点击某一零件名称,模型区域内对应的零件即可高亮显示。点击一个指定视图按钮时,模型区域的三维模型则跳到该视图,同时显示该视图的相关工艺信息,同时,与视图按钮相关联的文本域则显示相关的注意事项及操作说明。

本文共有参考文献7篇,因篇幅有限,未能一一列出,如有需要,请向本刊编辑部索取。

(责编 深蓝)