

doi: 10.7690/bgzdh.2014.08.002

## 导弹协同虚拟装配工艺规划系统

牛余朋, 路廷镇, 成曙, 齐世海, 霍文彪  
(中国人民解放军 96630 部队信息室, 北京 102206)

**摘要:** 针对导弹维修过程中, 装配工艺较复杂以及用二维图纸和文字描述不直观的问题, 提出一种在虚拟环境下进行三维数字化装配工艺设计和装配过程仿真的装配方法。利用现代计算机和网络技术, 采用“演绎-归纳”法建立三维装配工艺模型并划分其体系结构, 根据不同维修阶段工作人员的互相配合设计了多名操作人员在同一虚拟场景中共同进行装配的方法, 并进行人机智能交互的装配工艺可视化仿真。仿真结果证明: 该模型实现了导弹整修车间由二维向全三维数字化的转变, 增强了信息化条件下的维修能力。

**关键词:** 导弹; 虚拟装配; 协同; 工艺

**中图分类号:** TJ760.5 **文献标志码:** A

## Cooperative Process Planning System for Missile Virtual Assembly

Niu Yupeng, Lu Tingzhen, Cheng Shu, Qi Shihai, Huo Wenbiao  
(Information Office, No. 96630 Unit of PLA, Beijing 102206, China)

**Abstract:** In the missile repair process, to solve the problem of complicated assembly process which can't be described by two-dimensional drawings and text, an assembly method called a kind of 3D digital assembly process design and assembly simulation in virtual environment is put forward. By using the modern computer and network technology, and 'deductive and induction' method to establish the 3D assembly process model, according to the different stages of repair personnel cooperate with each other, the design realizes the corporate assembly for several operators together in the same virtual environment, which can be visual simulated assembly through human-computer intelligent interaction. Simulation results show that: the model realizes the transformation from 2D to 3D digital for the missile repair workshop, and enhances the repair capacity under the condition of information.

**Keywords:** missile; virtual assembly; cooperation; process

### 0 引言

在导弹维修过程中, 装配技术的好坏直接影响导弹的最终产品质量<sup>[1]</sup>。长期以来, 操作人员装配导弹都是依据工艺规程、二维图纸、技术说明等工艺资料, 在进行装配工作之前, 需要花费大量的精力和时间认真看图和阅读工艺规程, 特别是对于有些装配工艺较复杂的结构和工序, 工艺人员难以用二维图纸和文字进行描述, 这时操作人员就不得不求助于工艺人员到现场解释。随着信息技术的快速发展, 国外许多航空航天企业已在产品的研制和维修过程中广泛使用数字化技术进行工艺设计, 特别是在虚拟环境下进行三维数字化装配工艺设计和装配过程仿真, 并将设计的工艺和仿真的结果用于指导车间现场真实的产品装配。基于此, 笔者对导弹协同虚拟装配工艺规划系统进行研究。

### 1 协同虚拟装配设计方案

虚拟装配协同工艺规划系统是一个集虚拟装配、工艺设计、仿真、验证技术于一体的复杂系统

性技术, 是一个涉及工艺、设备、资源、计划等的系统工程。笔者采用系统工程的研究方法。首先对导弹整修现场工作模式进行分析, 建立导弹武器装备产品的装配过程描述模型, 通过对装配过程描述模型的分析, 寻求提高装配效率的方法及支持技术, 采用“演绎-归纳”法建立三维装配工艺设计、仿真、验证需求规格。在需求分析的基础上, 结合已有的二维 CAPP 系统以及三维装配的研究基础, 根据对已经攻关的关键技术进行软件实现, 并结合武器装备行业共性需求, 开发行业工具集, 形成面向武器装备行业的协同虚拟装配工艺规划系统的通用平台和工具集。

协同虚拟装配工艺规划系统从总体设计上本着良好的开放性、独立性、稳定性、健壮性、易实施性以及易维护性等开发原则, 将系统功能规划为五层体系结构, 如图 1 所示。

核心平台层、服务层是通过利用面向对象分析方法提炼出支撑协同虚拟装配工艺规划系统的核心组件, 将上层应用和系统的底层复杂性相隔离,

收稿日期: 2014-02-21; 修回日期: 2014-03-06

作者简介: 牛余朋(1981—), 男, 山东人, 硕士, 从事固体导弹发动机虚拟仿真应用研究。

为协同虚拟装配工艺规划系统提供三维造型器、三维模型显示器、三维模型转换器、模型拾取、定位夹与罗盘、UG/SolidEdge 模型转换器等基础技术构件。

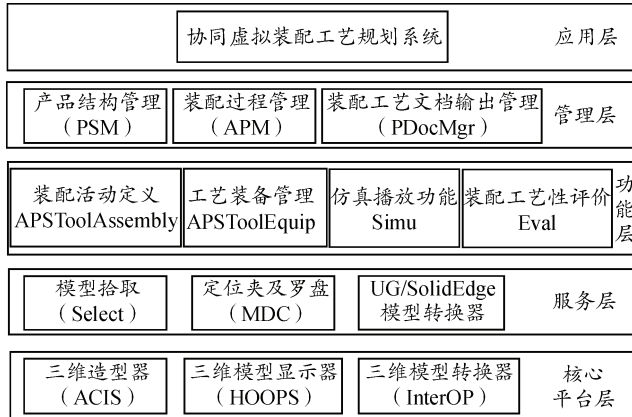


图 1 协同虚拟装配工艺规划系统功能概况

功能层、管理层在核心基础层的支撑下，封装行业的主要业务逻辑。可以通过二次开发工具和应用集成工具定制满足我站特定管理要求的应用模块。主要包括：装配活动定义、三维工艺装备管理、仿真播放功能、装配工艺性评价、产品结构管理、装配过程管理、装配工艺文档输出管理等。

应用层在平台框架层和核心基础层的支持下，针对整修现场的工艺设计方法和工艺数据管理模式，提供个性化的专业工艺设计导航系统、行业工艺知识库、行业工艺资源库等解决方案，利用客户化工具快速建立面向导弹整修现场的协同虚拟装配工艺规划系统工具集。

## 2 结构化工艺设计方法

导弹维修工艺设计的任务主要就是回答导弹如何维修和用什么工具维修，根据单位的维修能力，在工艺上采用最经济、最有效的维修方式和方法，为需要维修的导弹选择合理的维修方法。

随着信息技术的发展，产品设计已开始采用数字产品定义技术<sup>[2]</sup>，工艺设计工作已不是传统意义上单纯的工艺规程和工序卡，而是开始逐渐采用结构化的形式和方法来描述各种工艺信息。这种结构化的设计方法采用自顶向下的手段，通过逐层分解产品的装配结构和维修过程来理解和构建系统，最后再把维修过程关联到相应的对象。

应用结构化的三维工艺设计方法把产品和各种资源信息整合到一起，得到完整的导弹装配信息。工艺设计过程是一个有多个输入和一个输出的活动，其中输入端包括产品信息、人员信息、工具耗

材信息、设备信息，输出端则输出工艺信息，如图 2 所示。经过这种结构化的三维工艺设计方法得到的工艺信息是一个层次分明、相互关联的结构化的数据，充分反映了产品的结构和车间的工作结构。

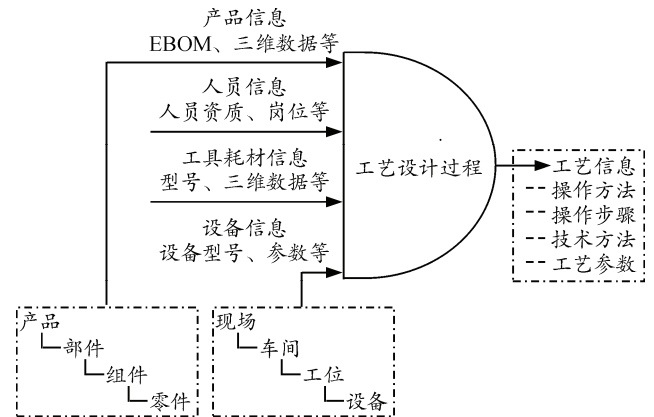


图 2 结构化工艺设计模型

## 3 多工位的协同装配技术

导弹武器装备的装配涉及几何、技术、机械等多领域，需要不同维修阶段工作人员的互相配合。同时，由于组成产品的零件间空间接触关系的紧凑性和精确性，使得某些时候需多个号手并行协同装配不同零件。因此，协同装配技术，可以为多名操作人员在同一虚拟场景中共同进行装配提供条件。

在协同装配过程中，要实现各参与者能够实时感知其他参与者的操作，信息同步是首要解决的问题<sup>[3]</sup>。由于武器装备产品 CAD 模型信息繁杂、数据量大、要占用大量的网络资源，因此模型数据传输往往成为主要瓶颈。

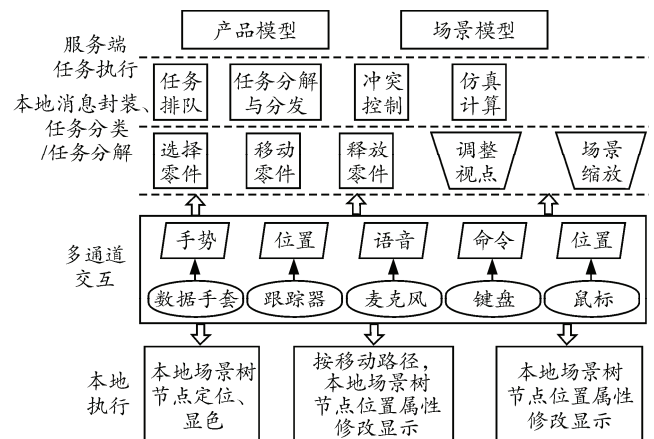


图 3 多工位协同装配技术路线

为了减少数据传输、提高传输速度，本系统基于轻量化产品模型，采用基于命令/参数消息的数据同步传输方式进行信息同步，采用基于令牌的冲突

消解机制处理多名用户对同一零件模型同时发出操作请求的矛盾，技术路线如图 3 所示。在协同装配过程中，客户端只需在第一次加入新组时下载模型数据到本地客户端，以后的协同过程中不必再传输模型数据，而只传输代表装配任务的命令/参数即可。操作人员可以通过键盘、鼠标、数据手套和语音等多种方式进行交互式装配操作，在输入单元通过多通道整合技术抽取出装配任务后，由本地任务处理单元对任务。

#### 4 可视化仿真技术

装配工艺可视化技术就是利用现代计算机和网络技术，在维修车间建立可视化的人机交互系统，把产品装配工艺信息以数字量的形式传递到车间现场<sup>[4]</sup>，产品资源信息采用数字化产品定义技术以三维立体数模展示，装配过程用可交互式动画形式播放，让装配工人以更直观的方式了解产品的装配属性，理解产品的装配工艺和工艺流程。

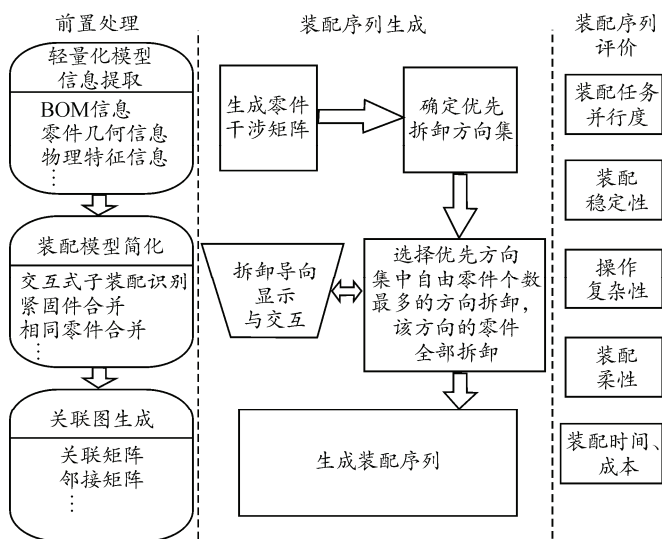


图 4 人机智能交互的装配顺序规划技术路线

在装配建模的基础上，对零部件的装配顺序进行合理规划，生成装配序列并为下一步的产品装配过程仿真验证提供基础，是虚拟装配过程的重要环节<sup>[5]</sup>。武器装备产品的装配顺序的生成是一个综合性问题，不仅要考虑零部件自身几何信息、约束关系和工装夹具信息等因素，还要考虑一些模糊经验知识。为此，笔者采取人机智能交互方法，通过分析装配零件的配合约束关系及装配空间位置关系，得到优先拆卸方向，求出零件拆卸顺序，再求逆序以获得装配序列规划算法，然后以基于工程语义的

多目标综合评价方法评估此装配序列的合理性，包括装配任务并行度评估、装配稳定性评估、操作复杂性评估、装配柔性评估以及时间、成本评估，图 4 是该系统的技术路线图。

该系统可根据需要在工艺结构的任何节点把装配工艺信息打包输出，这样可通过网络传递到其他装配车间。只要在每个车间现场的工作台设置好接入局域网并经过适当配置的计算机，传递过来的装配工艺文件下载或复制到车间工作台计算机后，便可在相关的浏览软件中调出运行，界面如图 5 所示，左边是功能控制区，控制三维工艺文件的播放演示，中间是装配动画和工序说明等的浏览区。

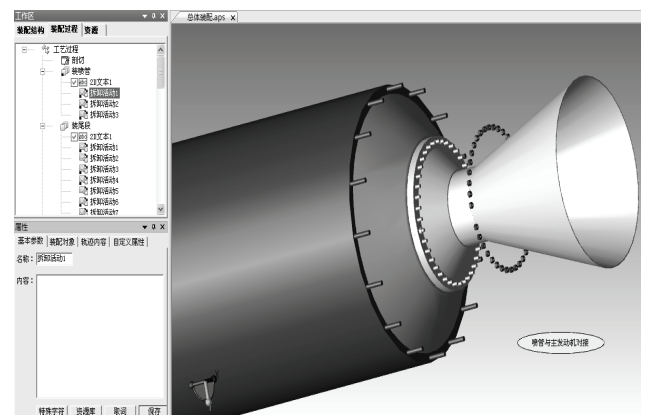


图 5 装配工艺可视化仿真视图

#### 5 结束语

导弹协同虚拟装配工艺规划系统将三维的装配工艺信息和仿真过程通过电子化形式传递到车间现场，大大方便了工人对所做工作的理解，减少了工人出差错的可能性，实现了导弹整修车间由二维向全三维数字化的转变，增强了信息化维修能力。

#### 参考文献：

- [1] 韩勇, 王浩, 赵杰, 等. 国外虚拟装配技术研究综述[J]. 飞航导弹, 2012(11): 82-87.
- [2] 吴丹, 王先逵, 魏志强. 飞机产品数字化定义技术[J]. 北京: 航空制造技术, 2001(4): 21-25.
- [3] 刘伟伟, 孟祥旭, 徐延宁. 一种支持实时协同虚拟装配的体系架构[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(10): 2805-2809.
- [4] 郑太雄. 虚拟装配理论与方法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2003: 15-36.
- [5] 尚利民, 宫鹏涵, 康小勇, 等. 基于 ADAMS 某自动步枪虚拟样机建模及仿真分析[J]. 兵工自动化, 2013, 32(7): 19-20.