

基于 3DVIA 的虚拟装配 工艺实施方案研究

Research on Virtual Assembly Process Plan Based on 3DVIA

北京星航机电设备厂 蔡 虎



蔡 虎
工程师,主要从事非标设备设计
工作。

装配是产品生命周期的重要环节,在现代航空航天制造业中,产品装配占用了超过 40% 以上的生产费用,装配所需工时占产品生产制造总工时的 40%~60%,对于结构复杂的产品,这个比例会更高^[1-2]。三维 CAD/CAM 软件因其本身强大的功能及对传统二维设计无法比拟的优越性,被越来越多的企业应用,确实提高了产品的设计效率和生产加工

的自动化水平,但是,由于产品装配环节与人的知识和经验关系过于密切,相对于三维零件设计和加工方面的快速发展,虚拟装配工艺技术发展相对滞后,制约了企业生产自动化发展^[3]。因此,利用企业现有的虚拟设计平台,进行可视化的虚拟装配工艺技术实施方案研究,为虚拟装配工艺设计人员提供一种可预先验证、优化的交互设计平台,为装配工人提供一种直观的、易于理解的可视化指导平台,成为了企业提高产品装配生产效率、降低产品成本、赢得竞争优势的迫切需要。本文以典型复杂产品的装配工艺模型建模、装配序列和路径规划及其评估、装配工艺脚本和仿真动画制作、虚拟装配工艺封装等关键技术的研究为突破口,旨在实现虚拟环境下生动直观地进行装配工艺设计并验证工艺的有效性、可视化指导现场生产,满足企业提高装配生产效率的现实需求。

动画制作、虚拟装配工艺封装等关键技术的研究为突破口,旨在实现虚拟环境下生动直观地进行装配工艺设计并验证工艺的有效性、可视化指导现场生产,满足企业提高装配生产效率的现实需求。

总体研究框架

总体研究框架如图 1 所示。

组织重构层次化装配工艺模型是研究的起点,是实现虚拟装配工艺规划的前提。设计文件中的产品三维数字化装配模型仅包含了装配零部件的信息,如管理信息、几何信息、位姿信息等,缺乏装配工艺设计过程所必需的大量装配资源信息,如工

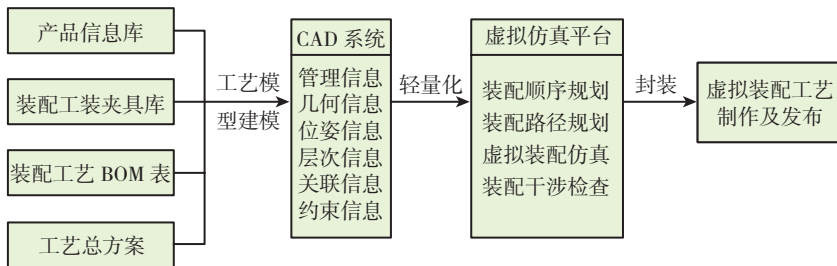


图1 总体研究框架

装、工具、操作语义信息等,并且装配资源信息未集成到产品的相应装配层次中,因而不能直接用于虚拟装配工艺设计。通过装配工艺模型的重构生成,形成完备的、层次化的装配工艺设计信息,并将该信息以装配结构树的形式重新组织,形成装配工艺模型 BOM 表。

装配序列规划过程中,以虚拟仿真平台为基础,从数据库中导入轻量化的装配工艺模型,采用人机交互的方式,结合工艺人员的经验知识,完成装配序列规划、装配路径规划、装配干涉检测、装配过程仿真、装配序列评估,生成合理的装配序列。

虚拟装配工艺制作及发布过程中,通过集成前期生成的仿真文件并利用 PDF、PowerPoint、Word 及 VB 编程封装,形成交互、可视化的装配仿真动画。

关键技术及实现方案

1 虚拟装配工艺模型建模

虚拟装配工艺模型是装配工艺规划的基础,它的优劣直接决定了装配工艺规划的效率,为此对装配工艺模型提出以下要求:

(1)完整性要求。虚拟装配工艺模型不仅应描述结构本身零部件的信息,而且还应描述装配工艺设计所需的大量工装、工具、工艺组合件等装配资源、操作等信息。

(2)层次性要求。对于典型复杂复杂产品而言,由于其涉及的零部件的种类繁多,数量也较多,因此对装配过程仿真的简化就显得尤为重

要,同时这也符合实际生产装配过程,更利于理解。虚拟装配工艺模型应根据产品物理结构及功能特性进行分层,划分子装配体,并将关联标准件、工具、工装等集成到同一层次,产生一个初步的分层装配工艺模型,以降低装配规划求解的空间难度。

(3)开放性要求。在产品设计模型及相应装配资源发生变化时,通过修改装配工艺模型可以快速实现装配工艺的更新。

本文首先将产品信息模型、各装配资源(包括工装夹具、工具、地面设备等三维模型)导入到 Solidworks PDM 中,然后利用 Solidworks CAD 模块并结合工艺总方案,在原有产品设计层次的基础上重构模型,划分子装配体,将各装配资源装配到相应的层次,形成重构后的装配工艺模型结构树。装配工艺层次模型示意如图 2 所示。

集成各装配资源后的装配工艺层次模型的建立,不仅使规划出的装配序列和路径更符合生产实际,而且使装配序列规划和仿真动画也可采

用分层操作的方法,逐层规划,逐层仿真、记录、保存。分层以划分子装配体为最小单元,在上层装配仿真中,下层部件作为一个零件参与上层装配,直至完成总装配。

2 虚拟装配序列和路径规划、评估

装配序列规划是根据所得信息,经过推理生成几何不干涉,装配过程中工具能进行预定的操作且装配操作符合一定的工厂习惯和技术要求的可行的装配序列。

国内外对装配序列规划的研究主要可归纳为:拆卸法、优先约束法、基于子装配体识别法的装配序列求解方法以及基于知识的求解等方法^[4-5]。本文基于企业实际资源及可行性原则,综合采用子装配体识别法^[6]和人机交互仿真拆卸法进行装配序列规划及评估。其基本步骤是:首先,综合子装配体识别法和仿真拆卸法由层次装配树生成一个初步的装配顺序。利用已层次化的虚拟装配工艺模型,以集成于模型中的各装配资源作为约束条件,识别出子装配体,之后将产品总装配逐层拆卸,直到拆卸为已识别的子装配体,依据这些子装配体的拆卸顺序,生成初始装配顺序;然后,结合已有的装配工艺知识和推理规则对识别出的子装配体进行推理,规划出子装配体的装配序列。由总的初始装配顺序以及子装配体的初始装配顺序生成产品的初始装配顺序;最后,以“可拆卸可装”的假设为前提,在三维可视化环

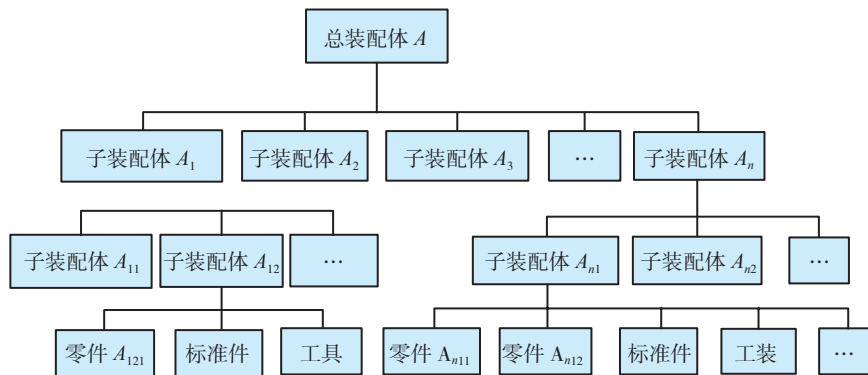


图2 装配工艺层次模型示意图

境中,以人机交互仿真拆卸的方式对上两步形成的产品初始装配顺序全面进行逐层动态仿真评估,以得到最优或较优的装配序列。仿真拆卸的同时进行路径可行性检测,记录拆卸顺序和拆卸路径,然后对其取逆,得到装配顺序和装配路径。基于子装配体识别法和人机交互仿真拆卸法的装配序列规划流程如图3所示。

3 虚拟装配工艺脚本制作

虚拟装配工艺脚本是后续进行详细装配工艺设计的基础,是仿真动画制作的重要依据。脚本制作实质上是工序工步的定义过程,其面向的主要对象是分层装配序列规划中识别出的子装配体,并将设计文件中的管理信息、资源信息和操作信息等赋予给相应的子装配体。主要内容包括:(1)零部件配套表;(2)工装、工具及相关工艺资源配套表;(3)安

装要求、注意事项、装前准备;(4)零部件装配顺序;(5)装配检查表(检验)。子装配体 A_9 工艺脚本如图4所示。

结合传统总装工艺规程编制模式,以识别出的子装配体为最小单元,按工序及工步逐级逐层制作的工艺脚本,最终构成了全装配流程的装配工艺脚本文件,这将极大地提高仿真动画的制作效率,并为仿真动画的条理性、清晰性与完备性提供保证。

4 仿真动画制作

仿真动画是直接面向装配工人的直观演示装配文件,它是以虚拟装配工艺模型、装配序列和路径规划、工艺脚本为基础,通过对零部件模型赋予运动自由度、对零部件运动路径作约束处理、对零部件模型运动的类型(旋转、平移和拉伸)和时间作约束处理、定义装配资源和操作语义信

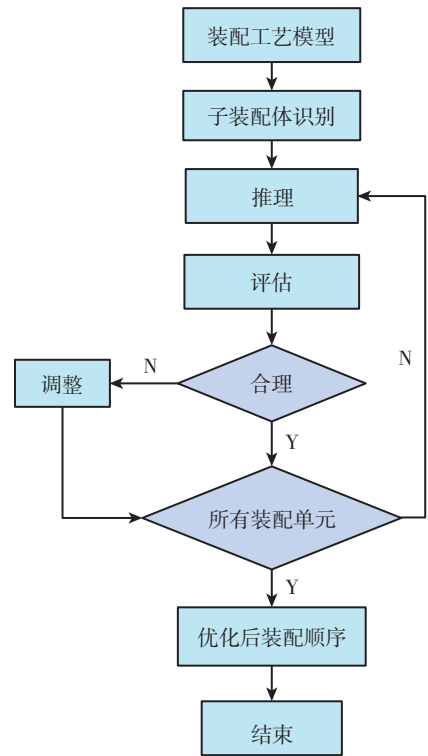


图3 装配序列规划流程图

一、零部件配套表:

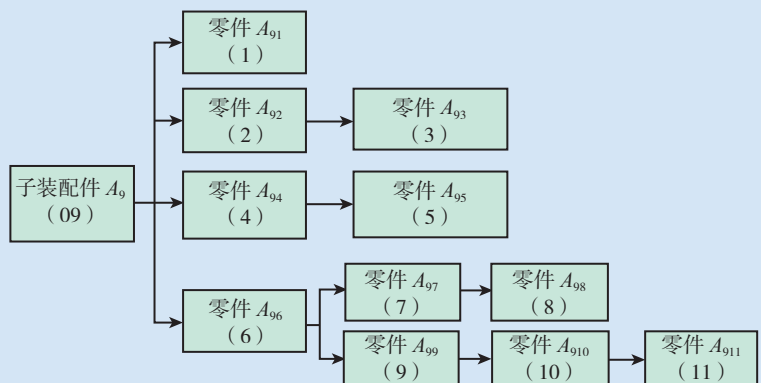
序号	名称	代号	数量
1	零件 A_{91}	XX-XX-70C	1
2	零件 A_{92}	XX-XX-17A	1
3	零件 A_{93}	HB4-35-10×1000	1
4	零件 A_{94}	JXR20-3	1
5	零件 A_{95}	XX-XX-100C	1
6	螺钉	HB1-205GM5×26	8
7	螺母	QJ3079.2M5	8

二、工装、工具及相关工艺资源配套表:
普通扳手 1 套、螺刀 1 套。

三、安装要求、注意事项、装前准备:

- (1) 目视检查: 所有零件应清洁、无杂物、无机械损伤、无锈蚀现象,有合格证。所有零件在安装之前用纯净、干燥、无油质和无机械杂质的压缩空气吹干净。
- (2) 零件连接接头之间,安装时不同轴度不大于 2mm。
- (3) 在零件相互间及其与结构件之间间隙不大于 3mm 处包一层人造革,人造革用棉线绑扎或缝制。
- (4) 安装前检查所有安装成件产品代号、名称、编号与实物相符,且在有效期内。对零、组件和成件进行外观检查,无油污、损伤、锈蚀、毛刺等。
- (5) 固定零件时,用 2 把扳手,相互用力,严禁用 1 把扳手固定零件连接处。检查零件均有涂漆标记。
- (6) 成件安装完成若未接零件必须先堵帽封堵。

四、装配顺序:



五、装配检查表(检验):

零件名称	编号	操作及检验要求	检查结果	操作	检验	特检项目
零件 A_{91}		操作要求见仿真动画。 检验要求: (1) 结构件之间的间隙不小于 3mm; (2) 保证固定卡箍间零件长度不大于 400mm,卡箍固定部位打磨至露出金属光泽; (3) 搭铁电阻值 $R \leq 600\mu\Omega$ 。				
		...				
		...				
		...				

图4 子装配体 A_9 工艺脚本

息等,在计算机仿真装配环境中对产品实际装配过程的真实模拟。

本文选用达索公司的 3DVIA Composer V6R2010 和 Solidwoks PDM 2010 构建虚拟装配工艺设计平台,以照相关键帧或位置关键帧的形式记录装配顺序和装配路径,并辅以路径规划和交互式动态检测技术来生成仿真动画。仿真动画关键帧的选取原则应结合传统装配工艺的规定,每道工序都应有相应的关键帧;对于装配运动,其首、尾应有关键帧;对于非直线运动,或多个零件的联动,除首、尾关键帧外,应添加一定数量的中间过程插值关键帧,使运动尽量真实。仿真动画制作界面如图 5 所示。

虚拟仿真平台的应用,使得工艺人员在仿真动画制作过程中可以直观、定量、定性分析每个工艺设计细节,将以往大量在试制过程中验证、优化的设计结果,提前在计算机仿真环境中模拟,不但可以提前发现问题,而且可以通过科学测量、可视化的分析手段,设计合理的改进方案;仿真动画还使得装配工人更容易理解装配工艺,减少了装配过程反复及人为差错。

5 虚拟装配工艺的封装及发布

按照工艺总方案和装配序列规划生成的装配流程图,对仿真动画进行封装,形成可指导实际装配线的虚拟装配工艺文件。仿真动画的封装可基于 PDF、PowerPoint、Word 等环境,通过将 3DVIA Composer 插件 3DVIAplayerActiveX Control 插入到上述环境中,再结合其自身的 API (Application Programming Interface) 功能及 VB Command 控件并编程,实现各仿真动画的集成封装。虚拟装配工艺的封装形式如图 6 所示。

虚拟装配文件封装完成后,即可发布到 Avidm 系统中进行流程审签,通过审签的文件则进入发布状态。

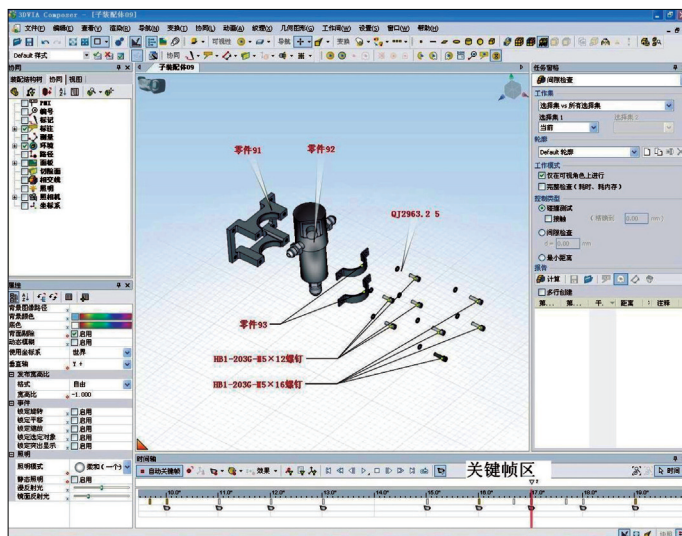


图5 仿真动画制作界面

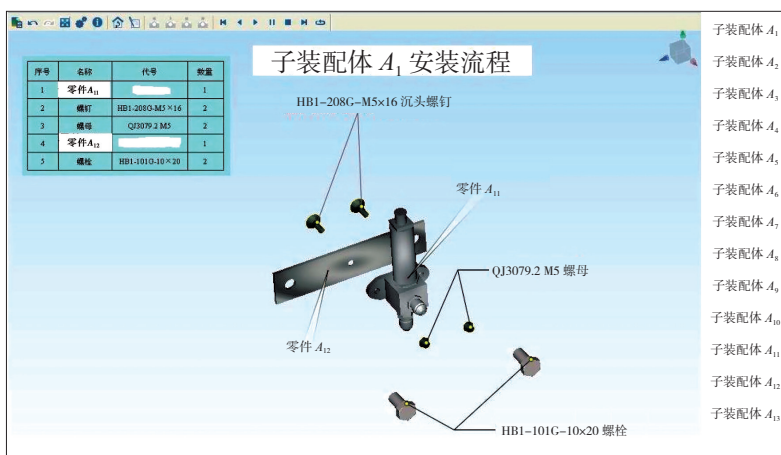


图6 虚拟装配工艺的封装形式

结束语

本文以典型复杂产品的虚拟装配工艺实施方案研究为出发点,结合虚拟仿真技术,详细介绍了基于 3DVIA 的虚拟装配工艺模型建模的要求和方法、装配序列和路径规划及其评估方法、虚拟装配工艺脚本制作、仿真动画制作及其封装等关键技术,初步实现了装配工艺设计平台的虚拟化和装配工艺文件的动态可视化,为虚拟装配工艺设计的工程化应用提供了一种可借鉴的方法。在今后的研究中,还可以导入人机功效与场景建模,使其更趋于真实,更好地指导生产。

参考文献

- [1] 苏强,林志航. 计算机辅助装配顺序规划研究综述. 机械科学与技术,1999,18(6):1006-1009.
- [2] 朱大群. 计算机辅助装配工艺规划与 DFA 研究综述. 江苏机械制造与自动化,2000,3(2):7-11.
- [3] 夏平均,姚英学,李建广,等. 三维数字化装配工艺系统研. 哈尔滨工业大学学报,2004,37(1):36-39.
- [4] 苏强,林志航. 产品装配顺序的层次化推理方法研究. 中国机械工程,2000,11(12):1357-1361.
- [5] 董天阳,童若锋,张玲,等. 基于知识的智能装配规划系统. 计算机集成制造系统,2005,11(12):1692-1697.
- [6] 刘长毅,张亚勤. 集成三维设计模型的装配顺序规划. 机械科学与技术,2007,26(10):1253-1256. (责编 夏宛)