

doi:10.3969/j.issn.1674-4993.2011.12.032

基于DELMIA的汽车装配线建模与仿真*

□ 容芷君, 周燕学, 刘悦

(武汉科技大学 机械自动化学院 工业工程系, 湖北 武汉 430000)

【摘要】汽车装配线直接决定了汽车生产的效率, 因此, 对汽车装配线进行建模与仿真, 优化装配流程十分必要。基于DELMIA的DPM(Digital Process for Manufacturing)模块, 对汽车装配线的装配序列规划、装配干涉以及装配路径规划进行研究, 按规划的工艺流程对总装线进行模拟仿真, 分析装配线的平衡率, 通过仿真结果验证该装配线的可达性、可行性以及装配线的人因工效性。文中研究工作对优化及改善汽车装配过程, 缩短工艺规划时间, 实现汽车装配线的流水化具有一定指导意义和应用价值。

【关键词】DELMIA; 装配线; 建模; 仿真

【中图分类号】TH69

【文献标识码】B

【文章编号】1674-4993(2011)12-0075-03

Modeling and Simulation of Automobile Assembly Line Based on DELMIA

□ RONG Zhi-jun, ZHOU Yan-xue, LIU Yue

(Wuhan University of Science and Technology Department of Industrial Engineering, Wuhan 430000, China)

【Abstract】The automobile assembly line has important impact on the automobile production efficiency. Therefore it is important to implement modeling and simulation of the automobile assembly line and optimize the assembly process. Based on the DPM of DELMIA, the paper studies the assembly sequence plan, assembly interference and assembly route plan. The assembly line is modeled and simulated according to the planned assembly process and the balance rate of assembly line can be analyzed. The accessibility, feasibility and economic features of the assembly line is certified with the simulation results. This paper has certain guiding significance and application value in optimizing and improving automobile assembling, shortening the process planning time and implementing the automation of automobile assembly line.

【Key words】DELMIA; assembly line; modeling; simulation

1 装配生产线建模与仿真

汽车装配线将人和机器有效结合起来, 实现汽车零部件的自动装配, 在汽车生产中扮演着重要的角色。汽车装配线直接决定了汽车的生产效率。随着汽车工业和零部件工业的发展, 汽车装配线技术水平也有了较大的提高, 围绕汽车装配线的研究一直是汽车工业发展的一个重要内容^[1-2]。装配生产线的建模与仿真能把生产资源、产品工艺数据、装备等信息动态地结合起来, 通过系统活动过程来模拟装配过程, 从而分析和预测装配线的效能。虚拟装配系统是装配系统向多维信息化空间的一种映射, 主要包括基本模型构建、装配序列规划、路径规划、干涉检查和装配仿真等关键技术^[3-4]。建立虚拟装配系统的目的是: 在计算机上利用已有的虚拟装配环境, 在该装配环境下能够把用户指令和各种信息及时输入到系统中, 也能把虚拟环境中的序列和路径规划结果、干涉检测结果、装配仿真结果等传输给用户, 实现产品的最终装配。当前有许多数字化仿真软件能有效地帮助人们实现对生产装配线的建模仿真, 如DELMIA, eM-POWER, ProModel,

Flexsim等^[5-7]。其中DELMIA解决方案涵盖汽车领域的发动机、总装和白车身, 航空领域的机身装配、维修维护, 以及一般制造业的制造工艺。使用户利用数字实体模型完成产品生产制造工艺的全面设计和校验。DELMIA数字制造解决方案建立于一个开放式结构的产品、工艺与资源组合模型(PPR)上, 此模型使得在整个研发过程中可以持续不断地进行产品的工艺生成和验证。通过3D协同工作, PPR能够有效地支持设计变更, 让参与制造设计的多人中的每个人能随时随地掌握目前的产品(生产什么)、工艺与资源(如何生产)。基于PPR集成中枢的所有产品紧密无缝地集成在一起, 涵盖了各种工艺的各个方面, 使基于制造的专业知识能被提取出来, 并让最佳的产业经验得以重复利用。

根据虚拟装配的特点以及虚拟装配系统关键技术, 将装配仿真、可达性分析等作为虚拟装配的体系结构的重要环节。基于DELMIA的虚拟装配体系结构如图1所示。在该虚拟装配环境中完成虚拟装配建模、虚拟装配序列、路径规划和装配过程仿真、干涉碰撞检测、装配可达性分析等。

【收稿日期】2011-11-22

*基金项目: 国家自然科学基金(NO50805108); 国家自然科学基金(NO51175388)。

【作者简介】容芷君(1974-), 女, 博士, 武汉科技大学机械自动化学院, 副教授。

周燕学(1987-), 男, 武汉科技大学机械自动化学院, 学士。

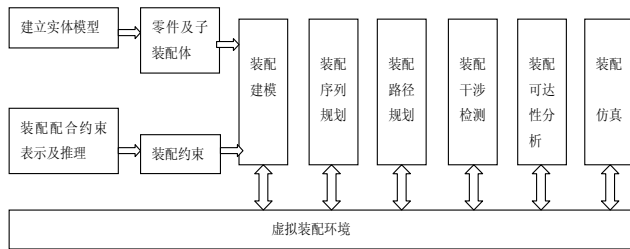


图1 虚拟装配系统的体系结构图

该体系结构的功能如下：

①装配建模：利用DELMIA的实体生成模块生成总装配的各零部件，然后在装配模块下按照约束要求对零部件进行预装配，从而得到目标装配体。

②装配序列规划：利用DELMIA的DPM(Digital Process for Manufacturing)模块对目标装配体进行拆卸，得到拆卸序列，然后将拆卸序列倒序，从而可获得装配序列；并利用装配序列优化方法对求得的装配序列进行优化，得到最优解。

③装配路径规划：用户与DELMIA系统之间交互式操作，生成装配体的装配路径，并采用装配路径优化方法对已生成的装配路径进行优化。

④干涉碰撞检测：对零部件生成装配序列与装配路径后，其装配过程中是否存在干涉且干涉量大小都可以通过干涉检测功能求得。

⑤装配可达性分析：可达性是指装配线上是否能确保合适的工作空间以保证零部件能准确地装配在预定位置。在装配过程中应用DELMIA/Ergonomics模块插入人体模型，然后求解装配作业空间，检验装配零部件在特定装配环境下是否可达，使虚拟装配过程更加贴近现实。

⑥装配仿真：在DELMIA的DPM模块中展示装配仿真结果，根据仿真结果进行运动干涉检查以及分析运动合理性等。

2 基于DELMIA的装配线建模与仿真

在DELMIA的DPM(Digital Process for Manufacturing)模块下进行装配仿真，在此模块下，不仅支持装配仿真路径的设置，而且可进行人机工程模拟，对参与装配的人员动作分析，检验舒适度及工人的疲劳程度。装配仿真的步骤可分为以下几步：

①在软件环境下导入工艺(process)、产品(product)、资源(resource)等信息。工艺信息主要包括正面吊装配的工位划分、装配的作业标准、工序和装配内容等；产品信息主要指汽车各零部件的三维模型、各零部件之间的装配约束关系等；资源是指汽车装配车间三维模型、与装配相关的各设备、工装、容器具等。

②将各种资源(resource)按工艺规划布置于装配车间模型中，要注意的是在车间布置方面要考虑物流路径的高效，物流路径无干涉，物流路径根据装配工艺流程进行分析并设置。

③设置装配路径，装配动作。

④装配路径和仿真动作完成之后，进行装配仿真，制作

仿真视频。

基于DELMIA的正面吊装配仿真，软件操作的关键在于正确的设置装配序列，装配路径和装配动作。具体仿真过程如图2所示：

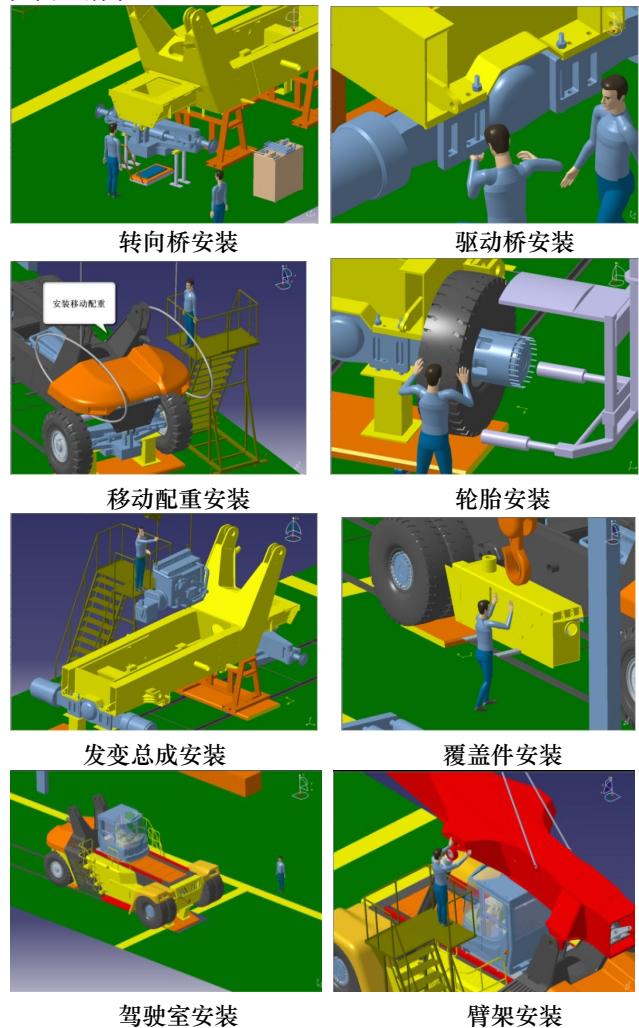


图2 仿真过程

3 仿真结果分析

通过仿真模拟，对以下部件及工装进行了分析：

3.1 验证气垫式搬运小车使用的可行性

在现有的装配工艺中，驱动桥和转向桥是采用行车吊装的方式进行在装配，这种方式装配难度大，而且需要较长的定位和调整的时间。对装配工人而言，劳动强度更大，存在一定的风险。

在新的规划方案中，流机驱动桥和转向桥的装配主要采用气垫式搬运车设备。流机车架通过行车吊运至车桥装配台，稳定固定。载有驱动桥和转向桥的专用气垫式搬运车运行至车架底部车桥装配位置，通过调整搬运车的举升高度和平面定位实现车桥的装配。气垫小车作为装配设备具有灵活、安全的特点；气垫式搬运车是将重物悬浮在一层空气薄膜上，形成几乎无摩擦的运动，可实现全方位移动，没有重物落地的危险。仿真验证结果可行，气垫式小车必须配有专用工装，否则无法正常工作，如图3。

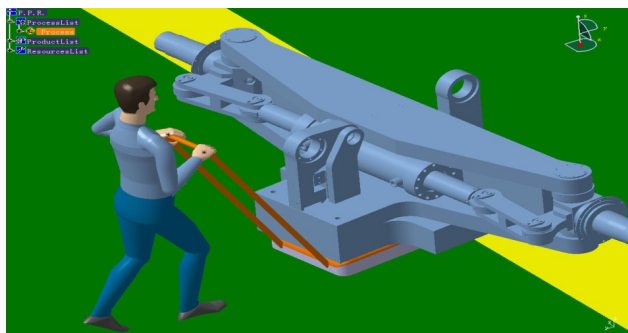


图 3 动态演示使用气垫式搬运小车搬运驱动桥和转向桥

3.2 验证总装线 RGV 使用的可行性

装好车桥的流机车架通过重型自行小车吊运至流机总装线, 总装线采用 RGV 形式, 线体垂直地面返回; 总装线设置 8 个装配工位, 装配内容依次为: 上线, 装发变总成、传动轴, 装动力系统附件, 装试验轮胎, 装配重, 装油箱, 装覆盖件, 装移动机构、驾驶室, 加注。通过装配验证, 总装线采用 RGV 形式使得装配流水化, 大大提高流生产效率, 是可行的, 如图 4。

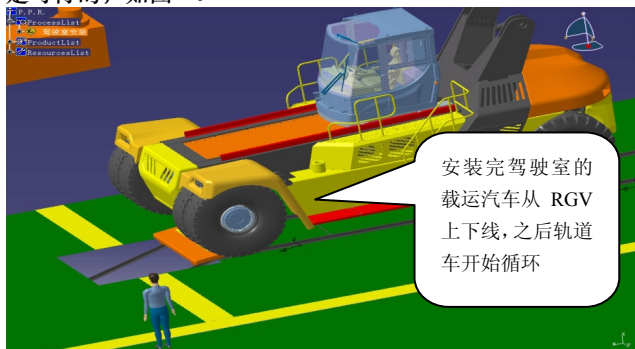


图 4 总装线 RGV

3.3 验证轮胎安装工装的可行性

以往流机的轮胎安装都是采用行车吊装带方式, 这种方式基本能满足现有生产产能的要求, 当前装配线参考了起重机的轮胎安装模式, 采用专用的工装装配方式, 这种方式大大提高了效率、可靠性、安全性, 能满足更大产能的需求。通过装配仿真分析和验证, 此种方式可行, 如图 5。

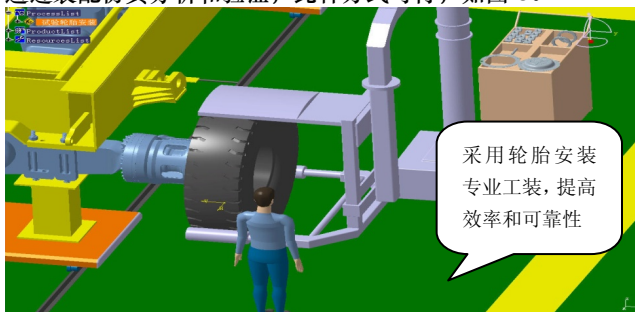


图 5 轮胎安装

4 结语

装配仿真是在虚拟环境中, 利用虚拟现实技术将设计的产品三维模型进行预装配。在满足产品性能与功能的条件下, 通过分析、评价、规划、仿真等改进产品的设计和装配的结构, 实现产品可装配性和经济性。作为虚拟制造研究领域重要的研究分支, 装配仿真可帮助产品摆脱对于试制物理样机和装配物理样机的过度依赖, 可以有效地提高产品装配建模的质量与速度, 有助于降低产品开发成本, 缩短产品开发周期, 缩短工艺规划的时间, 改善工艺流程。

本文在研究了国内外大量资料的基础上, 分析了装配仿真、虚拟装配系统体系结构及其关键技术, 首先建立车间、产品及工装容器具模型, 分析了汽车装配线的工艺流程, 在 DELMIA 的 DPM (Digital Process for Manufacturing) 模块下, 对汽车装配流程进行仿真。对仿真结果进行分析, 验证总装线可行性、可达性、检测装配干涉情况, 同时评价正面吊装配过程的人因功效, 制作装配仿真视频, 并对正面吊的装配流程进行优化, 给出决策支持。由本文的研究工作和研究结论可知装配仿真分析在工艺规划和工厂布局优化中能起到重要作用, 如果在此基础上深入研究, 将仿真结果作为三维作业的技术指导和操作标准, 把产品的装配过程细化到每一个零部件, 形成一套完整的三维作业指导规范, 这样一线作业工人便可通过装配过程仿真清晰的了解每个零部件的装配过程, 其对装配线的人、机、料、法、环的管理和优化能起到更大的支持。同时对建设数字化精品生产线具有十分重要的意义。

[参考文献]

- [1] 皮兴忠. 装配线平衡和仿真技术的研究与应用[D][硕士学位论文]. 上海上海交通大学, 2002.
- [2] 毕利文著. DELMIA 三维数字化装配工艺设计与仿真技术应用研究[J]. 成都飞机工业集团.
- [3] 孟庆强. 人机工程学在机械设计、制造中应用的必然性[J]. 起重运输机械, 2007, (10): 5-9.
- [4] 朱强. 基于 SolidWorks 可视化虚拟装配系统的研究[D][硕士学位论文]. 南京, 东南大学, 2005.
- [5] 刘检华, 宁汝新, 万毕乐, 熊珍奇. 面向虚拟装配的复杂产品装配路径规划技术研究[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(9): 2003-2007.
- [6] 梁海奇等. 虚拟产品开发中的装配建模研究[J]. 机械科学与技术, 2001, 20, (2): 132-135.
- [7] 刘善国. 先进飞机装配技术及其发展[J]. 航空制造技术, 2006, (10).