

装配仿真技术及其在飞机 装配中的应用

Assembly Simulation Technology and Its Application in Aircraft Assembly

沈阳航空航天大学航空制造工艺数字化国防重点学科实验室 刘春 张洪瑞 史红祥
北京航空航天大学机械工程及自动化学院 王巍



刘春

博士,毕业于英国伯明翰大学,曾在英国公司从事系统仿真应用研究工作多年。现任沈阳航空航天大学教授,主要从事数字化制造技术、虚拟现实仿真技术和飞机制造工艺与装备等方面的研究工作。近年来,主持科研项目 10 余项,发表科技论文 30 余篇。

20 世纪 90 年代以来,飞机数字化装配技术的发展和應用表明,数字化装配技术是保证和提升飞机综合质量的有效途径。随着数字化制造技术的逐步发展,数字化装配仿真技术已成为现代制造业中不可或缺

重点研究了在 DELMIA 平台上通过运用 DPM-Assembly Process Simulation 模块和 Ergonomics Design & Analysis 模块对某通用飞机机翼进行全过程装配仿真和分析,在该虚拟装配环境中完成机翼的装配顺序仿真、装配干涉仿真和人机工程仿真等,并根据仿真验证和评估的结果对其装配工艺方法进行调整和优化。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.15.010

重要手段和技术,特别是零部件数量庞大、技术含量和综合程度高、研制周期长和成本开销大的制造业,如航空、航天、汽车、船舶等领域^[1]。

通过应用数字化装配过程仿真技术,在工装结构、装配工艺设计阶段,设计员不仅可以通过屏幕上的三维动态仿真直观地看到整个机构的运动过程,而且可以分析运动的极限位置转角、干涉情况、空间运动位置及运动参数等,设计人员还可以提前对设计和制造中可能出现的问题和缺陷做出高效的预测和改进,为设计和制造提供一种理论依

据^[2]。例如,Boeing777 在研制的过程中,采用数字化、无纸化设计,并采用装配仿真技术,使产品开发周期缩短了 40%~60%,制造成本降低了 30%~40%^[3],由此可见,数字化装配仿真技术在现代制造业中具有重要的作用和意义。

本文重点研究了在 DELMIA 平台上通过运用 DPM-Assembly Process Simulation 模块和 Ergonomics Design & Analysis 模块对某通用飞机机翼进行全过程装配仿真和分析,在该虚拟装配环境中完成机翼的装配顺序仿真、装配干涉仿真和人机工程

仿真等,并根据仿真验证和评估的结果对其装配工艺方法进行调整和优化。

装配仿真技术

装配仿真技术又称数字化装配仿真技术,即为广义的虚拟装配技术,从本质上讲,装配仿真主要实现2个层次的映射^[4]:(1)用产品虚拟模型映射产品物理模型;(2)用虚拟的装配仿真过程映射真实的物理装配过程。装配仿真技术主要实现2个目标:(1)对设计结果进行可装配、拆卸性验证,并为再设计提供参考;(2)进行装配规划,并获得可行且较优的装配工艺信息,用于指导生产。而在实际生产中,装配仿真技术的主要应用可以概括为以下方面内容:装配顺序仿真、装配干涉检查、工装/夹具设计合理性验证、人机工程仿真、装配指导和规范^[5]。采用装配仿真技术的明显优势是:在产品阶段,通过三维模型在虚拟环境下对设计和工艺方案进行仿真验证和优化,实现飞机实际装配之前的虚拟装配,在设计阶段就能够消除潜在的装配缺陷,是飞机数字化并行设计的关键环节。随着飞机数字化制造技术的逐步推广和提升,装配仿真技术已成为优化工艺设计,缩短产品研制周期和降低成本的必要手段。

目前,常用的装配仿真软件主要有CATIA、PRO/E、UG、DELMIA等。其中,DELMIA是在航空制造领域广泛应用的一款仿真软件,是由达索公司开发的主要针对制造业装配过程仿真的大型工业软件,该系统以“数字化制造技术”为核心,重点解决制造过程的仿真问题,并为此提供了定义和模拟数字化制造流程的各项功能,该系统有几十个模块,如图1所示,其中,在机翼的装配模拟仿真中主要应用Plant Layout、DPM-Assembly Process Simulation和Ergonomics Design & Analysis等几

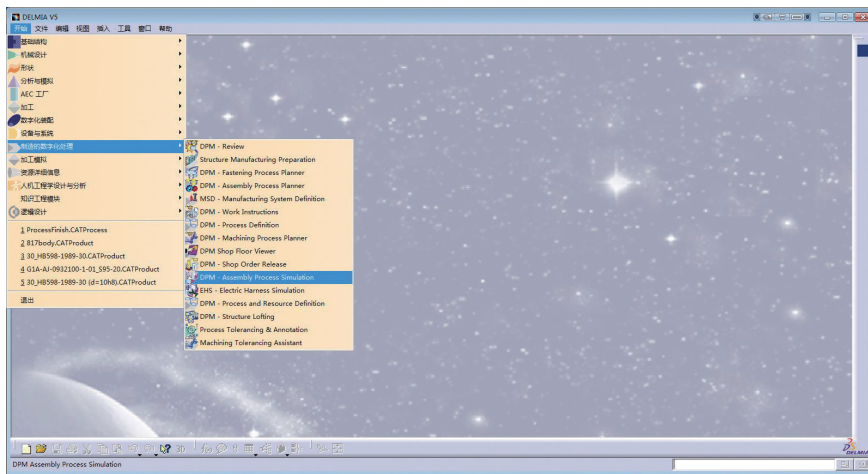


图1 DELMIA的主要模块

个模块。Plant Layout主要用于工厂的规划设计仿真,DPM-Assembly Process Simulation主要用于装配流程的仿真,Ergonomics Design & Analysis主要用于人机工程。

机翼结构与装配工艺

某通用飞机机翼主要是由翼梁、纵墙、长桁、翼肋等构件和蒙皮共同形成的薄壁钣金部件,其三维框架结构如图2所示。由于飞机机翼外形精度要求高,机翼内部钣金零件较多,结构复杂,装配量大,装配工艺复杂,主要采用机翼装配型架进行装配。

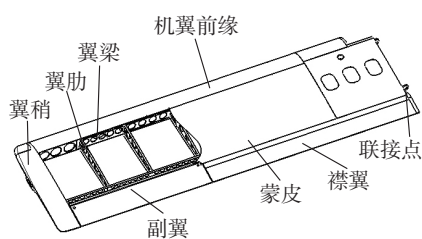


图2 某通用飞机机翼结构图

在机翼装配中主要是通过铆接、螺纹联接、铰接等传统的联接工艺进行装配,由于机翼对外形轮廓有很高的要求,但机翼零件多为钣金和薄壁零件,刚度小,且在装配中易产生应力和变形,所以需要装配型架来定位和夹紧装配件以保证装配的准确度,实际生产中:通过定位器固定零部件,保证零件的相对位置;通过卡板

保证机翼的外形精度。根据机翼的三维数模和工艺分析设计装配工装,图3所示为机翼装配型架。

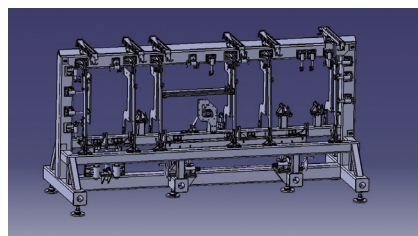


图3 某通用飞机机翼装配型架

上述机翼装配过程按其实际情况分为3个层次:(1)由单个零件组装成翼梁、翼肋、蒙皮等部件,包括一些联接部件、耳片、加强筋、长桁的安装;(2)由次级组件组装翼盒、翼尖、襟翼、副翼;(3)机翼的总体装配。下面以翼盒装配为例,详细介绍其实际装配过程:首先把组装好的机翼前梁和后梁通过定位器固定在型架的卡板上;然后把翼肋中段和前段依次安装在翼梁上,铆接联接;再把机翼前缘蒙皮从下部安装在翼肋前段上,用底部托板定位,铆接联接;再把蒙皮依次定位在框架上,通过卡板预固定,铆接;铆接完成后,打开卡板、定位器、托板,把装配好的翼盒从装配型架上取出。

装配工艺及工装的仿真验证

1 机翼装配工艺过程仿真

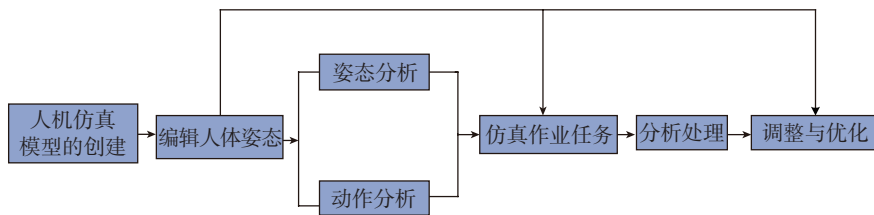


图8 人机工程仿真流程

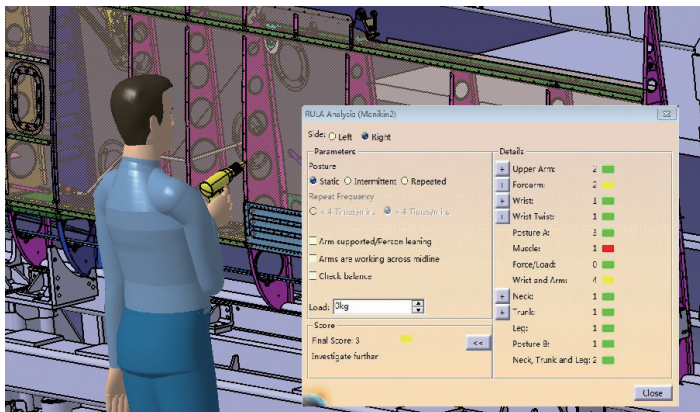


图9 人体姿态分析

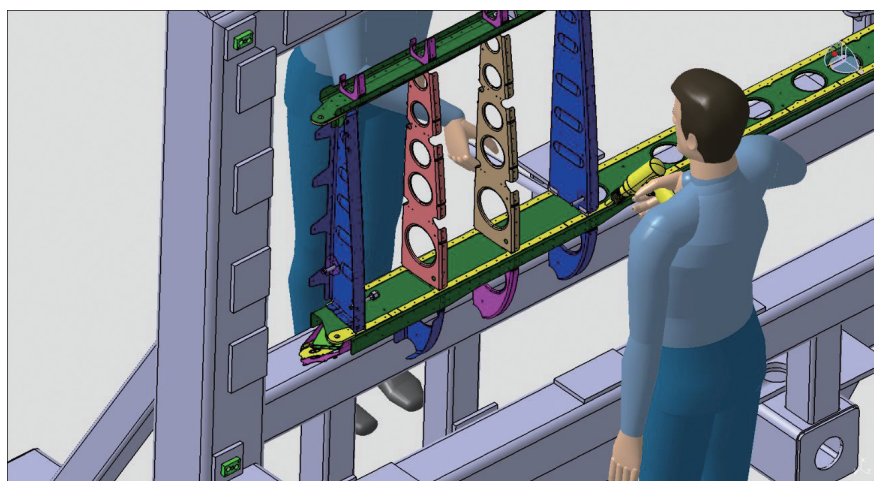


图10 人机工程仿真作业

示人体姿态的舒适度。图 10 则为人机工程仿真中 2 位工作人员正在进行铆接作业。

3 形成装配指导和规范

通过整个装配仿真过程视频动画的形式,可以进行可视化教学,帮助操作人员直观地了解操作全过程,指导现场装配生产,实现可视化装配,降低对工人的技术要求,减少工人培训上岗的时间,同时也可制作成三维装配工艺规范,规范统一工人操作,提高产质量。这些仿真视

频也可用于产品的维修和维护,方便维修人员在不拆卸机翼的情况下了解机翼结构,便于维修检查。在某飞机机翼制造中,把装配仿真过程制作成视频,用于工人培训,可以使员工培训时间平均缩短约 30%,生产前期合格率提升约 20%,生产效率提高约 18%,从而大大缩短研制生产周期。

结束语

本文利用基于 DELMIA 软件的

虚拟装配技术,以某通用飞机机翼的虚拟装配为例,对装配仿真技术进行了研究分析。首先分析了机翼结构、工艺和工装设计方案;然后利用 DELMIA 仿真软件对机翼装配顺序和工装设计方案进行了仿真实验,通过装配过程的仿真,检查了工艺及工装的设计方案,并解决了存在的问题(如零件、定位器、卡板干涉等问题),实现了在虚拟环境下对工艺及工装设计方案的验证、改进和优化。为了提高装配现场人员的工作效率,利用 DELMIA 人机工程学仿真功能,对人员工作效能方面进行了分析,使人员在使用工装工作时处于最佳姿态,充分发挥工人的工作效率。

在产品制造之前就应用虚拟仿真技术对工艺方案进行仿真实验,彻底改变了传统制造行业依据实物验证的落后方法,而且在某种程度上实现了产品设计与工艺设计的并行化,大大地缩短了飞机的研制周期,提高了生产效率,降低了生产成本。但目前的装配仿真技术仍处于发展阶段,还存在一些不足(如零件的尺寸和外形超差不能在仿真中真实的体现,装配仿真不能反应装配变形等)需要进行改进。随着技术的发展,装配仿真技术会更加完善,并将在未来的制造中发挥更重要的作用。

参考文献

- [1] 张树生,杨茂奎,朱名铨,等.虚拟制造技术.西安:西北工业大学出版社,2006.
- [2] 郑淑贤,邓劲莲,梁式,等.机构运动仿真在机构设计中的应用.机械研究与应用,2002,15(1):50-52.
- [3] 范玉青.现代飞机制造技术.北京:北京航空航天大学出版社,2001.
- [4] 郑轶,宁汝新.虚拟装配关键技术及其发展.系统仿真学报,2006(3):649-654.
- [5] 吴晓叶.装配仿真技术在产品翼身对接中的应用.上海电力学院学报,2012(6):277-280.
- [6] 何胜强.大型飞机数字化装配技术与装备.北京:航空工业出版社,2013.

(责编 玲犀)