

仿真技术在飞机自动钻铆中的应用*

Application of Simulation Technology in Aircraft Automatic Drilling and Riveting

西北工业大学现代设计与集成制造技术教育部重点实验室

殷俊清 王仲奇 康永刚 李维学

[摘要] 自动钻铆中仿真技术的应用,可预先发现钻铆过程中因运动机构复杂导致的干涉碰撞,同时结合对钻铆路径和工艺过程的模拟,减少自动钻铆生产准备时间,节约装配成本。在分析自动钻铆仿真关键技术的基础上,基于CATIA进行二次开发建立了自动钻铆运动仿真系统,实现了钻铆过程中的干涉碰撞检查。

关键词: 自动钻铆 仿真 CATIA CAA

[ABSTRACT] The technology of simulation which pre-check the clash caused by the complex operational framework, can optimize the process of riveting, reduce the prepared time and save the assembly cost. Based on the analysis of key simulation technology and the CAA development skills of CATIA, the simulation system of automatic drilling and riveting is built up, which achieves checking the clash during the process of riveting.

Keywords: Automatic drilling and riveting Simulation CATIA CAA

数字化加工生产设备以及计算机技术的应用,缩短了飞机的研制周期,提高了生产效率和产品质量。其中,自动钻铆技术和自动钻铆设备的应用,极大提高了铆接装配的效率和装配质量,减少了装配成本。自动钻铆设备需要多维度的运动,运动机构复杂,数控加工过程中易发生机构与机构、机构与工件之间的干涉和碰撞;由于铆接点数量众多,需要合理安排铆接路径,减少无效的机构运动和姿态调整;此外,不同的铆接工艺参数,如铆接力等,直接影响工件的质量,需要选择合适的工艺参数。仿真技术在自动钻铆中的应用,很好地解决了自动钻铆技术在应用过程中涉及到的上述问题。通过优化钻铆路径和工艺参数,以及运动过程的干涉碰撞检查,可预先检验工艺的合理性及装配中可能出现的干涉碰撞,从而提高成品率和装配效率。

* 基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)(2007AA041903)。

1 研究现状及意义

国外自动钻铆设备的使用已经有几十年的历史,在相应的仿真与优化技术方面也进行了较多的研究和应用,如BRÖTJE自动控制公司开发的针对BRÖTJE公司钻铆设备的离线编程模拟系统(BA-OLPS),如图1所示。该系统通过CATIA模型可以导出数据结构至NC程序,并能进行碰撞检查,优化NC程序,缩短生产准备时间。针对铆接工艺方面Billy Kelly^[1]等仿真了一个铆钉的安装过程,研究了轴对称模型下铆钉安装仿真的FE模型,精确地预测了铆接成形过程中的力。

国内虽然在仿真技术方面起步较国外相比稍晚,但近几年发展速度很快。刘斌^[2]运用CATIA中的DMU(数字样机模块)进行优化分析,实现了汽车总体设计中相关部件运动机构仿真分析。杨静^[3]等采用数字人和计算机仿真技术,模拟飞机制造中工人的作业姿态,为生产准备阶段提前发现问题提供直观的分析判断依据。董兴辉^[4]等人提出装配顺序规划的优先关系约束半角矩阵法,并基于Pro/E建立一种装配仿真系统,直观地进行产品预装配,验证和改进产品的装配工艺。

国内外对仿真技术的深入研究和应用,充分体现了仿真技术在装配过程中的重要性。装配仿真与优化技术在波音和空客中的有效应用证明,仿真技术可以有效地缩短装配工艺设计周期,同时降低装配成本。飞机装配连接中的铆接数量巨大,铆接质量直接影响了工件的

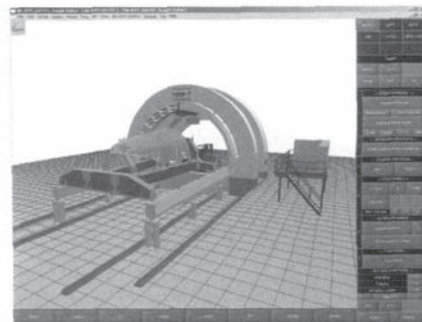


图1 离线编程模拟系统(BA-OLPS)示意图

Fig.1 Diagram of BA-OLPS

3.2 自动钻铆运动仿真模块划分

自动钻铆运动仿真系统可以划分为数字化模型导入模块、自动装配模块、NC 文件的读取及分析模块、钻铆机系统运动模块、碰撞干涉检查模块和仿真结果输出模块。

启动 CATIA 后,首先进入自动钻铆运动仿真工作台,通过数字化模型导入模块,导入钻铆机系统的精确数字模型及加工工件模型;同时读取相应的 NC 加工代码文件,提取钻铆机系统各个维度的运动坐标值和运动特征;在运动特征和运动坐标值的驱动下,运用钻铆机系统运动模块,动态显示整个钻铆加工过程的运动,直观地进行分析;同时对每一步运动进行碰撞干涉检查,在仿真运动结束后,输出产生碰撞干涉的铆接点相应的坐标值和产生碰撞干涉部件的名称,以备进行 NC 代码的修正。

3.3 自动钻铆运动仿真工作台的创建

工作台的建立步骤包括:

- ① 创建工作台厂 (Factory) 的接口 (Interface);
- ② 创建工作台厂;
- ③ 创建工作台描述类;
- ④ 创建响应命令 (Command) 的标题;
- ⑤ 创建工作台并排列图标按钮响应;
- ⑥ 提供工作台的资源文件并将新建的工作台插入开始菜单;
- ⑦ 创建工作台显示界面,如图 3 所示。

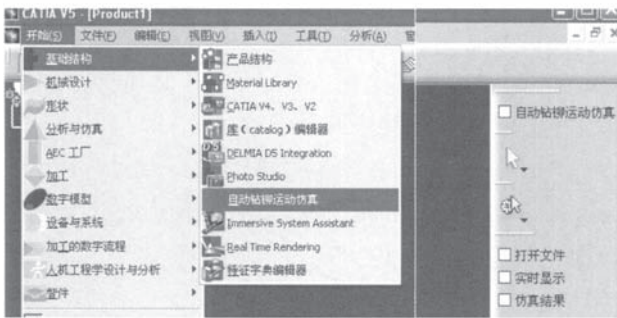


图 3 自动钻铆运动仿真工作台示意图

Fig.3 Diagram of automatic drilling and riveting motion simulation platform

CATBaseUnknown 是创建用户界面并实现界面的基类,所有的接口都是从 IUnknown/CATBaseUnknown 继承的。该类中的 2 个函数为 CreateWorkbench () 和 CreateCommands (),前者用来实现插入工具条、按钮图标和菜单,后者是无返回值类型的函数,用来实现对

插入按钮以及菜单和响应函数的关联。派生自 CAT-Command 的响应类 Command 一共有 3 种类型,分别为 State-chart command、dialog-box based command 和 Basic command。其中第 2 种在二次开发中被多次用到,该响应类在运行时弹出对话框,通过对对话框进行编辑增加控件及对控件添加回调函数,可以响应各种操作。

3.4 自动钻铆运动仿真的实现

自动钻铆运动仿真的实现主要包括以下 4 方面:

3.4.1 数字化模型的导入

在 CATIA 二次开发中,对模型文件的操作有 2 种方式,一种为批处理方式,其操作过程在后台运行,不可见;一种为交互方式,可进行交互操作。运动仿真系统中选择后者。通过新建窗口 CATDlgFile,找到需导入的模型及其路径后,通过获取 CATIniInteractiveSession,导入模型文件,如图 4 所示。找到 NC 代码文件并进行相应的数据处理,供驱动钻铆机运动使用。

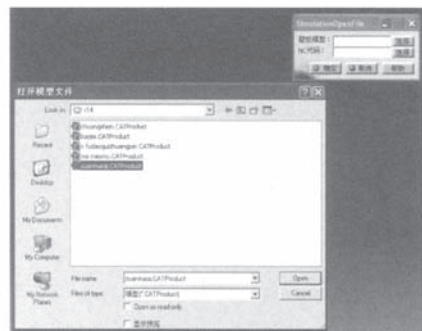


图 4 模型选择窗口示意图

Fig.4 Diagram of model selection window

3.4.2 自动装配

选择加工件模型后,使用 CATIMf3DAxisSystem 接口下的 GetAxisBRepAccess 函数,分别得到围框和加工件模型中的坐标轴系统中指向 X、Y、Z 坐标轴的指针。在函数 CreateConstraint 中修改参数、选择约束类型,通过设置 2 个坐标轴系统中坐标轴的重合、角度等约束关系,确定围框与壁板间的相对位置,实现加工件模型的自动装配。

3.4.3 钻铆机运动的实现

在完成数字三维模型的导入和 NC 代码文件的处理后,钻铆机的运动通过驱动模型在 CATIA DMU 模块下建立的运动机制进行。在获取当前打开的模型文件的 CATIDocumentEdit 后,通过 QueryInterface 方法,得到机制 CATIKinMechanismFactory、CATIKinMechanism。CATIKinMechanism 下的 2 个函数 GetCmdValues () 和

SetCmdValues(),前者获取建立在以命令驱动的机制下当前各个运动方向上的运动量值,后者则将指定的运动量值传递给机制,并使机构进行相应的运动。通过NC代码文件的数据处理,获取相应运动的运动量值后,便使用SetCmdValues()驱动模型的运动。自动钻铆机运动仿真及其实时显示如图5所示。

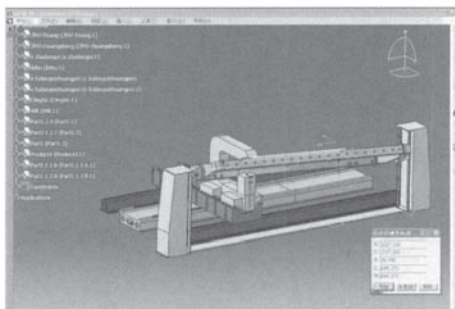


图5 自动钻铆运动过程仿真及实时显示
Fig.5 Simulation and real-time display of automatic drilling and riveting

3.4.4 干涉检查及其结果的输出

该运动仿真系统的主要功能是进行运动机构的碰撞干涉检查。通过CATIClashFactory创建干涉检查后,在运动机构根据NC代码文件进行每步操作时,使用CATIClash类下的Compute()、GetResult()获取干涉检查的结果(见图6),并通过文本文件和模型高亮显示的方式告知用户。

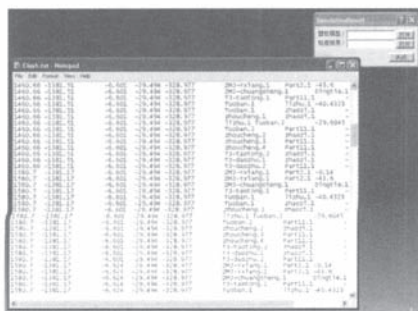


图6 干涉检查结果
Fig.6 Clash detection result

4 结束语

自动钻铆仿真技术的运用,可以有效地提高自动钻铆设备的应用效率,减少试验次数,节约成本。在基于CATIA V5二次开发的基础上,创建了自动钻铆运动仿真系统,可实现产品的自动装配、运动过程的可视化以及运动过程的干涉碰撞检查,并输出检查结果。该运动

仿真系统并没有对铆接过程进行变形分析,需要在后期针对铆接过程进行变形有限元分析,并通过研究变形产生的规律和理论,寻找有效的补偿方法,完善自动钻铆仿真功能,以更有效地解决生产实践中的问题。

参 考 文 献

- [1] Billy Kelly, Colm Costello. FEA modelling of setting and mechanical testing of aluminum blind rivets. *Materials Processing Technology*, 2004: 153-154, 74-79.
- [2] 刘斌,刘软娅,韩亚平. CATIA运动仿真在汽车设计中的应用. *上海汽车*, 2006(7): 38-40.
- [3] 杨静,郑国磊. 飞机装配仿真中数字人模型及工人姿态的模拟. *机械工程与自动化*, 2005, 8(4): 15-18.
- [4] 董兴辉,童秉枢,孟祥生. 装配仿真关键技术的研究和实现. *计算机应用*, 2000(20): 198-199.
- [5] CAA V5 For CATIA Foundations [X]. DASSAULT SYSTEMS, 2001.

(责编 淡蓝)

(上接第83页)

真软件进行定位、制孔等人机工程的仿真。

3.5 装配仿真

装配流程、装配路径、工艺布局等均需利用仿真软件进行装配过程、人机工程等仿真,以确定各种规划设计的合理性并进行优化。

4 飞机部件柔性装配应用战略

柔性装配技术的应用成本相对较高,在多大程度上采用应重点考虑的因素包括项目变更的可能性、结构形式变更的可能性、产量的大小以及应用部位的复杂程度。

目前国内柔性装配技术的应用还处于起步阶段,在实施战略上应着重从以下几个方面进行。

- ① 逐项突破。单项柔性技术的突破。
- ② 分步推进。在工程应用上分步实施。
- ③ 形成行业标准。减少资源浪费,形成行业统一标准,有利于产品制造标准化。
- ④ 模块化选用。形成资源库。

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 刘舒红. 数字化技术在装配工装研制中的应用研究[D]. 北京:北京航空航天大学, 2004.
- [3] 郭恩明. 国外飞机柔性装配技术. *航空制造技术*, 2005(9): 28-32.

(责编 依然)