

基于 CATIA V5 的自动钻铆机托架变形研究

Research on Bracket Deformation of CNC Fastening System Based on CATIA V5

西北工业大学机电学院 王黎明
西安飞机工业(集团)有限责任公司 孙太山 冯潼能

[摘要] 探讨了大型自动钻铆机托架系统的变形机理及其影响。研发了基于 CATIA V5 的托架变形补偿技术及变形模拟系统,可对变形量在加工过程实施实时修补,有效地解决了自动钻铆机大型托架的变形问题并已成功应用于 ARJ21 的机翼壁板的生产。

关键词: 自动钻铆机 变形模拟 CATIA V5 CAA

[ABSTRACT] The large size CNC fastening system's bracket deformation mechanism and its effect are discussed. The compensation technique for the bracket deformation and the related deformation simulation system based on CATIA V5 are developed, which can correct the deformation amount in real-time in work process. The deformation problem of large size bracket of CNC fastening system is solved. The results of research is used in wing panel manufacture for ARJ 21 jet.

Keywords: CNC fastening system Deformation simulation CATIA V5 CAA

在飞机制造过程中,装配连接质量直接影响飞机结构抗疲劳性能和可靠性,因此高性能航空器连接结构必须采用先进的连接技术。现代飞机的安全使用寿命的要求日益增长,军机寿命、干线飞机寿命分别要求达到 8 000、50 000 飞行小时以上,而传统的手工铆接技术难以保证寿命要求。西飞公司承制的按现代设计标准设计的 ARJ21 新支线飞机壁板的抗疲劳性和可靠性要求更高,必须应用自动钻铆技术实现稳定的高质量连接。

为实现自动钻铆技术,必须解决托架系统的变形问题,才能使铆头准确、自动地定位,从而完成铆接动作。本文分析了自动钻铆机托架系统的变形机理及其影响,利用 CATIA V5 的 CAA 二次开发技术实现了基于 CATIA V5 的托架变形补偿技术及变形模拟系统,可在 CATIA V5 下对托架变形进行模拟,实现了在加工过程中对 NC 数据实时修补,有效地解决了自

动钻铆机大型托架的变形问题,并已成功用于 ARJ21 的机翼壁板的生产。

1 自动钻铆机托架变形原理、影响因素及模型建立

要对钻铆机自动钻铆进行数字控制,计算机理论模型和工装夹具及铆接工件之间必须建立精确映像。为了建立这种精确映像,托架自重及载荷变形、A 角及 B 角转动对变形的影响,对理论坐标造成的偏移等因素必须有所考虑。对变形及坐标偏移,需进行实时修正补偿,使得计算机理论模型和工装夹具及铆接工件在机床加工坐标系内保持一致。研究采用试验和数值模拟方法进行。

1.1 自动钻铆机托架变形的影响因素

(1) 托架结构采用的是口管型钢梁,自重大,运动惯性大,运动颤动大,加上工装及工件的重量,根据托架的结构形状及以前加工试验的结果验证,会造成 Z 向的较大变形;

(2) 托架可按 A、B 角转动,使得加载到托架垂直方向的载荷发生变化,托架的变形随 A、B 角的变化发生几何变化,对 Z 向、X 向、Y 向的影响也发生变化;

(3) A、B 角转动中心的安装精度,B 角转动中心线及其滑动支撑面的平面度对变形的补偿计算也有影响,可通过提高加工精度来保证;

(4) 壁板在工装围板上放置的柔性及刚性指标;

(5) 装夹方法、基准等其他影响因素。

1.2 变形模型的建立

为达到工程化应用的目的,必须对模型进行简化,对其主要影响因素进行分析研究,建立可用于工程应用的变形模型,再利用变形模型对实际模型进行修正补偿。通过对托架的结构分析,以及不同载荷、不同的 A、B 角度状态的测量分析,得出托架长度方向的变形偏移影响不大,可以忽略;而托架垂直方向变形影响最大,可以作为变形最主要的因素;托架水平横向的变形对加工也有影响,可以作为次要因素(局

部增加表面封装钢板后可忽略); 在建立变形模型时加以考虑。变形模型如图 1 所示。

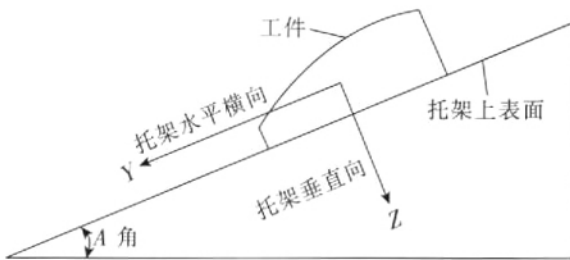


图 1 自动钻铆机变形模型

Fig.1 Deformation model of CNC fastening system

对一个加载于托架的工件及其工装, 托架垂直方向上的载荷会随 A、B 角的不同发生变化, 实际测量或采用计算机辅助工程分析软件计算托架垂直方向的变形曲线, 如图 2 所示。

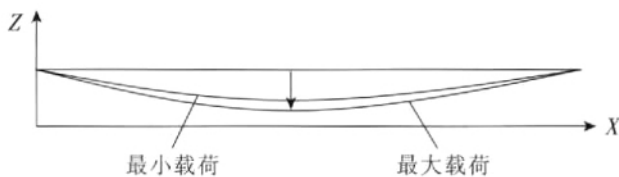


图 2 自动钻铆机托架变形曲线

Fig.2 Bracket deformation curve of CNC fastening system

根据需要, 进行了多种载荷试验和分析, 并对托架进行了进一步加固, 使得托架 A、B 角变化对托架横向和纵向的变形影响会进一步的减少, 可以忽略。根据上述分析, 如果认定托架的变形是弹性变形, 则只需在托架水平状态实际测量两个载荷(最大工件载

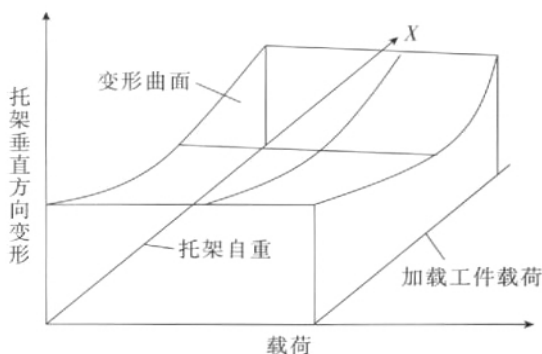


图 3 托架变形分布图

Fig.3 Bracket deformation distribution surface of CNC fastening system

荷及最小工件载荷) 的变形曲线就可以通过对曲面插补(在 CATIA V5 下) 给出简化以后的托架变形分布曲面。如图 3 所示。

上述变形基于工件及其工装柔性附着于托架, 实际情况可能是介于柔性附着和刚性附着之间, 因此问题变得更为复杂。必须根据装夹的实际情况进行具体分析, 结合具体测量建立半理论模型, 才能建立能比较准确描述铆接机构运动与理论模型匹配的方法。如果工装是整体刚性, 则变形模型可以进一步简化。

1.3 建立理论模型与工装夹具、工件运动控制映像

1.3.1 确立坐标关系, 确定定位基准

工件模型坐标系统及装夹定位为 O-X-Y-Z, 如图 4 所示。

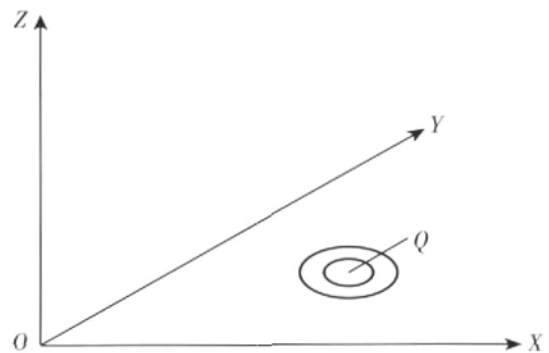


图 4 工件模型及装夹坐标系统示意图

Fig.4 Tools model and fix part axis system

每个工件与工装夹具的重量不同, 由于变形的影响其安装坐标原点 Q 是浮动的。需要与机床坐标系统和模型坐标系统的进行联系, 才能建立统一的坐标系。

用机床定位系统, 对准图 4 中 Q 位置, 以建立机床坐标系统和模型坐标系统的联系, 建立这种联系后, 模型坐标和机床坐标在理论上就是相同的坐标值。

1.3.2 明确状态或数据

- (1) 明确机床坐标运动、坐标系统。
- (2) A 和 B 角的正负方向。
- (3) 工装安装位置的水平调平。
- (4) 定位后铆头对基准定位的相对位置, 这些尺寸用于精确移动钻铆位置。
- (5) 装夹基准和 A 角转动中心线的距离 D。用激光测量装置, 测量距离 D。
- (6) 装夹基准和 B 角转动中心点的相对位置尺寸, 用激光测量装置, 实测转动中心线, 并给出转动中

心位置相对于定位基准的位置尺寸。

(7) 装夹 X 向基准线应和机床向保持平行, 若有夹角, 应给出角度值, 这是对托架安装时的要求, 若不平行, 应给出夹角。

1.3.3 建立模型

假定理论坐标位置矢量为 P , 法向为 V , 围框装夹基准和托架水平线偏移变换为 ϵ , A 角变换为 α , B 角变换为 β , 系统指令转换 S , P 为 P 的最终控制映像结果, 则最终处理变换为:

$$P = (\epsilon((P, V)))$$

以理论数值控制钻铆机运动, 并达到要求位置和姿态的计算方法为:

- (1) 实测 Q 值, 计算 A 角;
- (2) 对位置坐标 P 旋转。经过转动 A 角后的蒙皮理论法向平行于 XZ 平面;
- (3) 计算 B 角;
- (4) 在转动 A 角的基础上, 再次对位置坐标旋转 (B 角, 转动中心点相对位置)。经转动 B 角后的蒙皮理论法向平行于 Z 轴, 使得工件铆接位置处于近似水平状态, 即工件调平;
- (5) 根据变形模型, 修正补偿变形因素, 消除随 A、B 角度变化的载荷对位置坐标及法向矢量的影响。(在这里已经认定变形对法向的影响不超过 0.5° ; 用调平装置效验);
- (6) 在进入高度范围内控制 A、B 角 (调整右侧高度 W、左侧高度 Z 形成高度差实现) 到位, Z、W 调整有多种策略, 调整时应注意钻铆机不能和工件工装发生干涉;
- (7) 精确移动铆接位置坐标到铆接头 (H, X, Y) (H 为托架的高度, 即同步调整 Z、W 时形成的高度)。

在实施算法的过程中, 必须对每一步的计算结果和实际运动控制结果进行比较, 对偏差进行估量, 找出这种偏差的原因, 改进变形模型或机床精度, 及早对之进行调整, 逐步达到理想数字控制的目标。

2 自动钻铆机托架变形处理程序的实现

CATIA V5 是法国达索公司与 IBM 公司开发的新一代 CAD/CAM 产品。与老一代 CAD/CAM 产品不同, 它采用了全新的、基于组件的开放式体系结构 (Open Architecture Products), 应用了许多现代软件工程思想, 整个体系结构虽然十分庞大, 但结构清晰, 合理。维护、开发、扩展方便, 尤其有着相当优良的扩展性能。它开放的组件应用架构允许更多的第三方向

用户需要特别定制应用解决方案。

2.1 基于 CATIA V5 的自动钻铆机托架变形处理程序的设计

基于 CATIA V5 的自动钻铆机主要数据流程框架如图 5 所示。变形处理模块的主要功能是结合数模和测试数据, 根据算法实时构建托架的变形曲面, 再计算出铆点的变形量和法矢变化量实时修正 NC 程序进行铆接作业。以实现在 CATIA V5 平台上数字化铆钉工艺编制部署, 加工编程, 自动数控铆接。

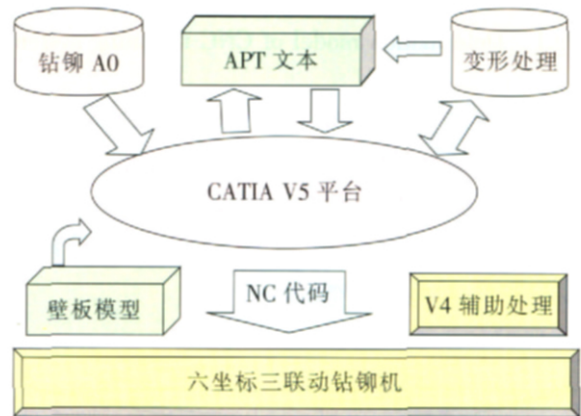


图 5 自动钻铆机的主要数据处理流程

Fig.5 Frame of main data processing flows of CNC fastening system

为此, 采用 CATIA V5 的 CAA 二次开发技术、VBSCRIPT、DEPHI、MACRO 等编程开发工具开发了自动钻铆机托架变形处理程序用于实际生产作业。

自动钻铆机托架变形处理的主要设计思路与工作过程如下:

(1) 变形曲面的建立。

根据实际测量或理论计算数据在 CATIA V5 下建立变形模型, 如图 6 所示。

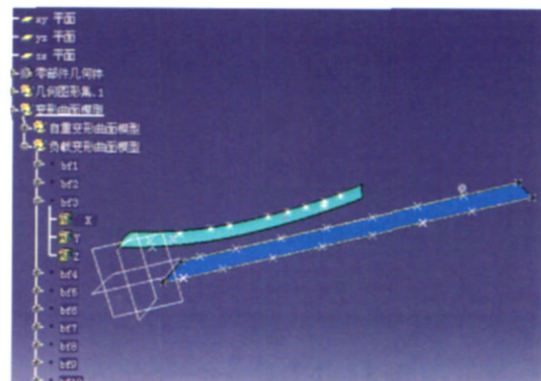


图 6 变形曲面的建立

Fig.6 Establishment of deformation surface

(2) 合并变形模型。

将“变形曲面模型”拷贝到产品模型中,并重新命名为产品模型名,使之成为当前工作模型,并保存于“变形曲面模型\负载变形曲面模型\”中,根据负载变形测量表依次将负载变形测量点的z值改为负载后的变形值。完成模型合并和预处理,如图7所示。

(3) 变形处理程序的使用。

打开变形处理程序,选择要处理的.APTSOURCE文件,进行变形处理。处理结果如图8所示。

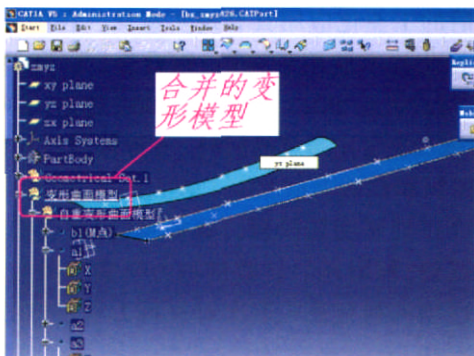
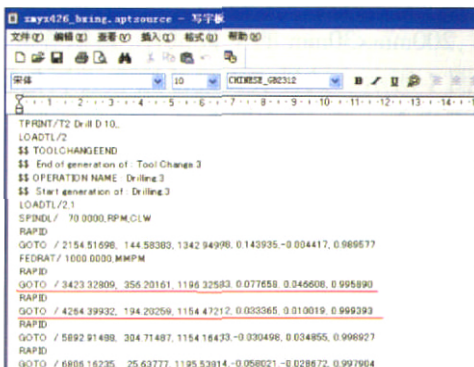
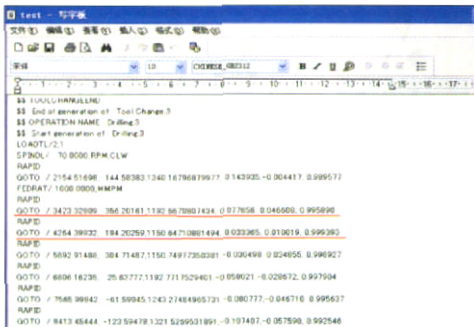


图7 合并变形模型

Fig.7 Combination of deformation model



(a)处理前



(b)处理后

图8 变形处理前后的APT文件

Fig.8 APT file before and after deformation processing

2.2 具体应用实例

运用数字化制造技术,采用G4026SXX-120全自动钻铆系统,直接在CATIA V5系统上建立工件数模,进行铆钉工艺分布,加工编程,已经达到全自动数控铆接的目标,其位置精度及法向精度满足ARJ21飞机机翼壁板产品(最大产品上后壁板长度接近13m,是双曲曲率最大工件)的精度要求。

3 结束语

此前,飞机大型壁板自动钻铆技术的应用在国内还没有成功的先例,可借鉴的资料和经验很少;再加上世界上专业从事自动钻铆技术的公司并不多,因此可以利用的技术资源有限,许多关键技术必须自行研制。西北工业大学进行了大量研究工作,主要解决了以下难点:托架变形及转动对理论模型的影响;托架变形模型的简化与计算;托架、工装、钻铆机坐标系统的统一;跨学科多种技术的融合与协调。

上述成果已成功用于ARJ21飞机的机翼壁板的生产,填补了我国大型自动铆接技术的空白,为我国发展自动铆接技术提供了有力的技术保障。特别是多部门、多种技术的协调与融合的经验为研制大型复杂技术产品提供了宝贵经验。

(责编 晓霏)

Ameco 起落架修理呈现强劲增长

2008年1至7月份,Ameco完成起落架修理量比去年同期增长了84%,呈现强劲增长。预计下半年还将继续保持这种增长势头。

目前,Ameco起落架车间正同时为国航、汉莎、国泰、德国Gernania和美国GECAS等国内外客户的起落架实施维修。

Ameco除了建立起自己的起落架备架库外,还联手汉莎技术公司,霍克太平洋公司共同成立了起落架维修联盟,进一步扩展了各型起落架大修及交换能力,意为为全球的用户提供更加快捷的起落架交换维修服务。为缩短维修周期,Ameco还在国内开发电镀修理能力,投资购买关键零部件作为交换备件,同时,对必须转包到国外的工作实施零件修理状态的实时跟踪,出现问题及时协调解决。此外,Ameco还利用精益管理理念改善工作流程,合理安排人力,避免工序的重复操作,从而极大地提高生产效率。

目前,Ameco服务的客户也从中国内地扩展到亚洲、美国、欧洲和非洲等地区。

(本刊记者 微凉)