

面向飞机数字化装配的 结构设计技术

Structural Design Technology for Digital Assembly of Large Aircraft

中航工业沈阳飞机设计研究所 胡海阳



胡海阳

毕业于北京航空航天大学飞行器设计专业,现就职于中航工业沈阳飞机设计研究所,从事飞机结构设计工作。

国外大型民机及军机装配中已大量采用数字化装配技术,使用数字驱动的自动化装配设备大幅提高了装配质量,缩短了装配周期。现代飞机的设计和装配已全面进入数字化时代,为满足我国飞机高精度、长寿命等结构完整性的更高要求,数字化装配技术的研究应用成为必然,结构数字化设计技术水平也需相应提高。

现代飞机的设计和装配已全面进入数字化时代,为满足我国飞机高精度、长寿命等结构完整性的更高要求,数字化装配技术的研究应用成为必然,结构数字化设计技术水平也需相应提高。

飞机结构数字化装配工艺技术研究

根据目前我国工艺技术水平,实现飞机数字化装配需要实现以下技术:

(1)飞机结构的数字化容差分配与仿真技术。

数字化容差分配与仿真技术是基于研究装配关键特征容差、零部件容差和柔性工装误差之间的关系,建立面向装配性能容差的优化模型,以封闭环装配性能作为实现目标容差分配的仿真检验,主动预测容差和装配方法可能带来的误差变动影响,对出现的质量问题进行定性分析和定量计算,找出关键所在,得出面向数字化装配的容差分配方案,实现整体结构的高精度高

效率装配。

(2)高精度自动制孔工艺技术。

75%~80%的疲劳损伤与破坏都发生在机体结构的连接部位,可见连接对飞机结构疲劳寿命的重要性。直接影响连接质量的因素为孔精度,其中包括孔径、孔位、孔圆度、垂直度及孔粗糙度等方面的精度。为满足大飞机结构疲劳寿命的更高要求,需应用自动制孔设备。

(3)柔性定位工装设计技术。

柔性装配工装的自动化装配技术主要解决了如下问题:代替传统装配采用的刚性工装型架,保证零部件精确定位,满足现代飞机严格的外形准确度及表面平滑度要求;精确定位可减少装配时的打磨和间隙调节工作,减少装配应力,提高装配质量;可减少自动制孔时的测量和调整工

作、减缓制孔时引起的振动,保证制孔质量,提高机体寿命;柔性工装具备可重组性,可降低生产成本^[1]。

针对飞机整体结构特点,实现柔性定位工装研制过程中主体定位工装与产品的一体化设计,保证产品移动过程中特征信息的稳定性,消除二次移形误差^[2];模块化的设计理念实现工装的可重组性和产品装配的开放性,为自动制孔提供技术保障。

(4) 自动对接技术。

针对飞机整体结构形状复杂、重量轻和多构型的特点,设计并优化出适应多种型号飞机的高强度、高刚度的系列化定位平台。对飞机结构各部件进行支撑和位姿调整,使之满足对接过程中的精确性要求,并通过分析产品的特征,研究针对产品的整体支撑托架,解决产品移动过程中刚性不足、型面变形大的难点,使对接时的产品状态满足稳定性要求。

(5) 数字化装配测量技术。

建立数字化测量环境,在地面布置地标点或者在工装上布置ERS点,合理有效地建立数字化装配测量场;通过对关键特征点的测量,实现柔性定位工装、自动制孔设备、自动对接系统的初始位置标定,建立柔性定位工装、自动制孔设备和自动对接系统之间的协调关系;分析对接部件关键特性,建立合理的自动对接测量方案,通过获取对接过程中的关键数据,快速、准确地对部件的位姿进行拟合与评估,实现大飞机部件结构自动对接。

面向飞机数字化装配的结构数字化设计技术

目前的飞机结构三维设计主要面对零件的数控制造及检验。数模装配信息需由工艺人员按传统装配方法进行数据转化。数模装配信息不能够直接应用于自动化装配设备,使用效率低下。为适应飞机数字化装配技术需求,必须改进结构数字化

设计手段。主要相关技术内容包括:

(1) 对现有飞机结构数字化设计技术进行适应性改进,建立面向数字化装配及其系列关键技术的飞机结构设计数字化定义规范。新规范体系,应基于CATIA软件二次开发,使模型不仅限于产品模型,还应包括产品制造信息(PMI)和装配过程中零部件、柔性工装等场景信息。应对模型标注进行扩展,扩展内容包括几何公差数学描述、工艺基准定义(图1)、坐标系定义、连接件坐标定义(图2)、验证规范、误差剔除规范等。支持多层次、多任务视图展现,支持输出STEP、AP219或XML文档,便于制定测量方案和进行评估分析。

(2) 面向柔性装配数字化测量的结构设计技术。目前我国航空企业的传统工装型架定位和安装已广泛采用激光跟踪仪进行测控,飞机结构零部件的测量装配也在推广应用各类坐标测量设备,先进坐标测量设备在检测领域逐渐占据了主导地位。但目前这些设备的测控坐标点都是由工艺人员依据发放后的零部件三维模型进行后期的安排确定,这可能与设计者的最初设计定位思想有所偏差,而且工艺人员无法保证重要坐标点能够满足柔性装配的普遍性需求。为适应柔性装配需求,在飞

机详细设计阶段,应由设计者在满足工艺要求前提下,根据多种型号发展规划,综合考虑坐标测量设备、取点策略(位置、方式、点数等),对具有普遍性的重要定位点进行数字化定义。其技术途径主要是基于CATIA软件进行二次开发,面向飞机柔性装配测量要求,实现测量坐标点定位、测量系统配置、测量路径的规划等功能,为柔性工装、自动制孔设备、自动对接平台的初始状态标定、部件位姿测量、部件间装配位姿关系协调及最终装配质量检验提供支持。

(3) 包含数字化容差信息的特征模型技术。传统的产品数字化定义方法所描述的数模几何尺寸信息公差和工艺信息不利于数字化的递转换。面向柔性装配的容差分配与仿真技术应将容差信息直接表示在零件或装配体上,这些依附于三维数模上的容差分配信息将有利于直观地对装配误差积累过程进行分析与仿真,实现可视化的装配容差分析与优化。

结束语

飞机数字化装配技术与结构设计技术相辅相成,相互促进。目前我国飞机结构设计基本实现了数字化,这极大地促进了飞机零部件生产、装配等工艺技术的革新升级,大幅度地提高生产效率,提高了产品质量,数字化设计的优势十分明显。为进一步满足我国飞机高精度、长寿命要求,采用数字化装配技术势在必行,飞机结构数字化设计技术也应在先进数字化装配的工艺实践中得到进一步完善与规范,以适应这一发展趋势。

参考文献

- [1] 许国康. 大型飞机自动化装配技术. 航空学报, 2008, 3: 734-740.
- [2] 李原. 大飞机部件数字化柔性装配若干关键技术. 航空制造技术, 2009(14): 48-51.

(责编 亦非 良辰)

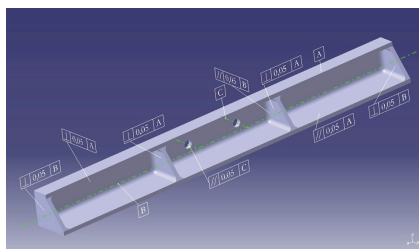


图1 结构件工艺基准数字化定义

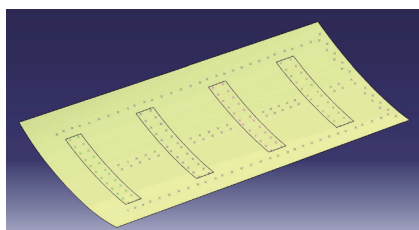


图2 连接件装配信息数字化定义