

飞机部件数字化装配技术发展综述

Comprehensive Expounding of Digital Assembly Technology for Aircraft Part

西安航空职业技术学院 周养萍



周养萍

西安航空职业技术学院, 副教授, 主要从事先进制造技术、机械加工质量的研究。

随着我国大飞机研制的立项, 数字化装配敏捷、高效、高质量的技术优势已经被国内飞机制造企业所认识。当前, 借助于大飞机本身的装配技术要求, 数字化装配的应用将首先在飞机对接装配领域取得突破。

件装配的特点更加突出, 传统的部件装配技术已难以满足大飞机高质量、高精度和快速研制的要求。因此, 研究飞机部件装配的新技术, 掌握大型飞机部件装配的关键技术, 尽快提高我国飞机装配的技术水平, 对我国大型飞机的研制和生产具有重大的意义。

数字化装配是飞机部件装配发展的新方向

随着计算机技术、信息技术和自动化技术的蓬勃发展, 数字化成为制造业的发展方向。飞机制造业作为制造业中的一个重要组成部分, 也正向数字化、信息化及设计制造试验一体化的方向发展。飞机数字化设计、制造和管理技术, 是一门集计算机、网络、自动控制、数字化加工、现代飞

机制造和现代管理等诸多技术于一体的飞机制造综合应用技术。在国外, 以波音、空中客车为代表的航空制造业两巨头, 基本实现了飞机的全面数字化设计、制造, 大幅度提高了飞机的设计及制造水平, 最大限度地减少了设计的返工, 充分利用了行业内的资源和设计制造能力, 其作用是非常明显的。在国内, 各飞机总成基地都正向飞机数字化制造的方向发展: 引进或者开发了一定数量的软件和数字化加工装备, 培养了大量的数字化专业人员, 对组织管理模式进行了变革, 在数字化设计、数字化制造、数字化管理方面均已取得了一定的成绩。

在飞机制造过程中的其他环节向数字化方向发展的同时, 装配作为其中的关键一环, 其发展方向也必然

在飞机部件装配过程中, 各部件外廓尺寸和重量都比较大, 移动调整比较困难, 在整个装配过程中占用较长的周期。而且部件装配质量直接决定了产品的外形精度和最终装配质量, 是整个装配过程中复杂而又关键的环节。

我国在研制大型飞机过程中, 部

是数字化。飞机装配只有向数字化方向发展才能打通飞机数字化制造生产线,提高我国的飞机制造水平。结合我国飞机制造业的发展现状,飞机部件装配的数字化是全面实现数字化装配的首要环节。

国内外的研究现状

1 测量辅助装配

近年来在部件数字化对接装配方面提出了一种新的工艺方法:测量辅助装配(Measuring Aided Assembly, MAA),这种方法依靠测量系统来辅助完成部件的定位,以装配对象的数字模型为基础,同时在装配过程中对装配对象进行实时测量,由获得的数字量位置信息来指导定位和调整,保证对接工艺要求^[1-2]。

该工艺方法主要有下面几个特点:

(1) 需要建立一个数字化测量系统(激光跟踪仪、IndoorGPS 系统等),可以识别部件在装配全过程中的精确位置姿态等三维几何信息,并将数据信息传递给集成控制系统与标称模型对比后指导装配和调整过程。

(2) 采用虚拟的基准体系,通过数字化测量系统构建出虚拟坐标系。部件在对接过程中,经过实时测量部件结构上的目标点,分析测量数据得到部件相对于虚拟基准的位置坐标,部件进行移动时,通过检测其位置坐标变化就可以确定部件的位置。测量、调整、定位的基准是数字量、柔性化的基准体系。

(3) 配备必要的处理软件(测量辅助装配优化),计算部件的目标位姿。考虑所有装配部件的实际几何信息、尺寸公差和理论外形,确定部件最优装配对接位姿,即时与标称模型比较,确定超差点,通过数控定位执行器进行调整,直到满足装配公差的要求。

2 无型架装配技术

空中客车公司对数字化装配工装提出了3个关键项目,即自动化技术、先进定位技术和无型架装配技术^[3]。无型架装配技术不是指不使用任何工装设备,还是要使用到一些通用的定位调整、夹紧设备^[4]。无型架数字化装配中心是一个软硬件相结合的装配工作站,融合了一体化数字工装和各项装配、调整、检测技术^[5]。无型架装配平台的系统架构主要由3部分组成:

(1) 柔性装配平台:一种通用的装配型架,具有很好的通用性和柔性,能够通过更换其关键部件而快速应用到不同的装配对象上,能够实现装配对象的快速调整、准确定位。

(2) 数字化测量系统:主要由激光定位跟踪仪、照相测量系统、计算机辅助测量系统组成的精确测量系统,可以对装配部件的关键点进行快速、准确跟踪测量,保证装配产品的可控性、准确性。

(3) 数据处理中心:由高性能计算机和配套软件组成的计算系统,可以识别装配对象的特征、进行装配方案的设计、进行公差的分析计算,对反馈数据进行处理等工作。

可以看出,无型架装配技术也需要建立数字化测量系统,通过测量系统采集数据传递给数据处理中心,发出控制指令,最后通过数字化定位执行器调整定位部件处于准确位置。

3 国内相关研究综述

北京航空制造工程研究所邹方等人研究了飞机总装自动化校准对接系统,提出了对接系统必须具有几大功能:高可靠的支撑、高精度位置姿态调整和部件结合面对接误差最小原则。

规划了中央翼和中外翼对接时采用测量辅助装配法的全过程^[2](系统的定位器分布见图1):

(1) 采用天车吊装中央翼,将其

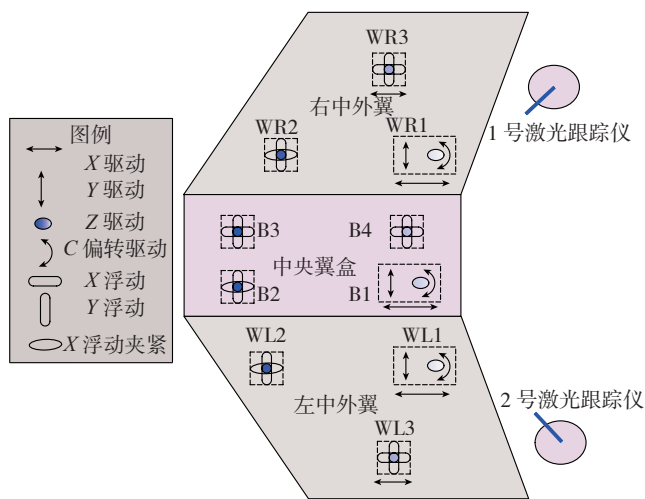


图1中央翼和中外翼对接系统定位器分布

放在定位器上。

(2) 采用激光跟踪仪测量中央翼上基准点,进行姿态调整,使之找正摆平。

(3) 采用天车吊装中外翼,将其放置在定位器上,固定好铰接点。

(4) 采用激光跟踪仪测量中外翼,定位器自动进行姿态调整使之摆平,显示XYZ3向与中央翼对接面的误差。

(5) 作平移操作,沿一个方向平行移动中外翼,使之与翼盒对接面误差为零,最后进行坐标锁定。

西北工业大学孟俊涛等人进行了飞机部件精准对接技术的研究^[1],针对部件对接的主要问题,提出了应用测量辅助装配法来提高装配准确度并分析了基于该工艺方法的测量、定位基准体系,以及飞机部件精准对接系统的主要组成:机械传动装置(数控定位执行器)、数字化测量系统和自动控制系统。描述了该系统的流程图,如图2所示。阐述了部件精准对接系统的两大技术要点:部件最佳对接位置的分析方法、大部件空间姿态调整方法等。

国内其他高等院校近期也针对

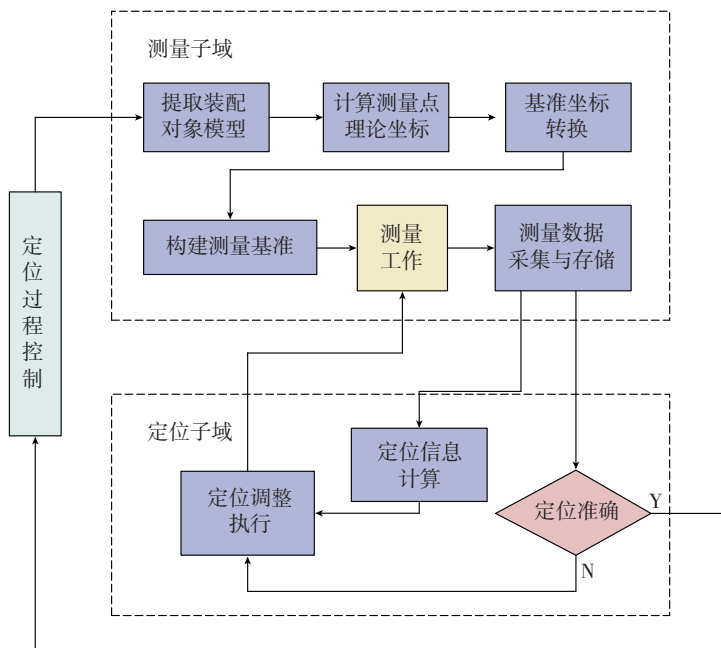


图2 部件对接定位系统流程图

飞机数字化装配中大部件调姿与测量问题进行一些研究与验证。浙江大学设计了一种精密三坐标 POGO 柱,进行了部件位姿调整实验,如图 3 所示。在此基础上提出了一种基于三坐标 POGO 柱三点支撑的部件位姿调整方法,并对 POGO 柱的调姿特性进行了仿真分析和实验研究,表明基于 3 个 POGO 柱的大部件调姿方法具有稳定、可靠、高效的优点,通过简单的重组可以推广到四点支撑以便适应各类大型部件姿态调整的需要^[6]。北京航空航天大学以数字化装配定位为对象研究了基于激光跟踪测量系统的飞机部件对接数字化柔性装配技术和原理^[7]。在激光跟踪仪的二次开发软件包的基础上,开发了一种激光跟踪测量原型系统^[8];论述了数字化定位执行器——机械随动定位装置和随动伺服控制系统的组成和原理,实现了以位置控制为目的的机械随动伺服控制。进行了原型系统对接装配的计算机仿真,如图 4 所示。

浙江大学邱宝贵等人研制了大型飞机机身调姿与对接试验系统,该系统由试验机身、三坐标数控定位

器、激光跟踪仪、配套软件等组成。

试验系统能够有效地模拟飞机机身段大部件调姿与对接的全过程,所提出的基于 4 个数控定位器支撑的飞机大部件调姿与对接原理及其对应的运动学模型正确,其位姿调整精度能够满足飞机装配准确度的要求,大幅提高了飞机装配的质量和效率^[9]。

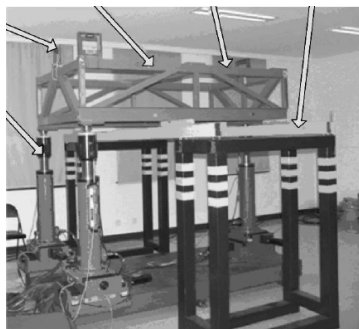


图3 部件位姿调整实验装置

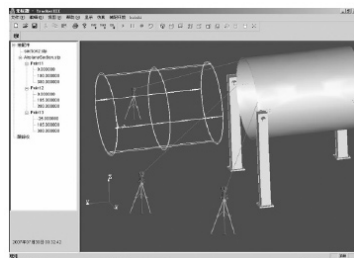


图4 原型系统对接装配的计算机仿真

结束语

飞机数字化装配技术是数字化工装设计技术、数字化装配工艺技术、数字化装配定位技术、数字化测量与误差补偿技术、数字化连接技术及数字化的集成控制技术等多种先进技术的综合集成。数字化装配技术在飞机装配过程中实现装配的数字化、柔性化、信息化、模块化和自动化,将传统的依靠手工或专用型架夹具的装配方式转变为数字化的装配方式,将传统装配方法下的模拟量传递模式改为数字量传递模式。数字化装配技术是一项综合集成技术,涉及飞机装配的全过程。其研究内容比较复杂,包含的关键技术比较多,研究的工作量大,研究周期比较长。随着我国大飞机研制的立项,数字化装配敏捷、高效、高质量的技术优势已经被国内飞机制造企业所认识。当前,借助于大飞机本身的装配技术要求,数字化装配的应用将首先在飞机对接装配领域取得突破。

参考文献

- [1] 孟俊涛,王仲奇,殷俊清. 飞机部件精准对接技术研究. 机械制造, 2008(8):42-44.
- [2] 邹方,张书生. 飞机总装自动化校准对接系统. 航空制造技术, 2008(7):32-36.
- [3] 范玉青. 飞机数字化装配技术综述. 航空制造技术, 2006(10):42-48.
- [4] Corbett J, Naing S. Feature based design for jigless assembly[D]. Bedfordshire, UK: Cranfield University, 2004.
- [5] 邱宏俊,陶华,高晓兵. 飞机数字化装配若干问题的思考. 航空制造技术 2006(10),32-36.
- [6] 郭志敏,蒋君侠,柯映林. 基于 POGO 柱三点支撑的飞机大部件调姿方法. 航空学报, 2009,30(7):1319-1324.
- [7] 牛鏖,孟飏,范玉青. 基于激光跟踪的数字化装配定位系统实时仿真. 计算机测量与控制. 2008.16(5):707-710.
- [8] 牛鏖,孟飏,范玉青. 基于激光跟踪的数字化装配定位原型系统设计. 现代制造工程 2007(11),52-55.
- [9] 邱宝贵等. 大型飞机机身调姿与对接试验系统. 航空学报, 2011, 32(5):908-919.

(责编 小城)