

机翼翼盒数字化装配关键技术应用分析

张永泽 高育辉 王浩宇

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

摘要:在我国国民经济的发展与建设之中,制造业的创新发展一直发挥着至关重要的作用,而在网络信息技术、计算机技术等飞速发展的过程中,制造业的发展也逐步趋向于智能化、数字化、信息化的方向。其中,飞机制造作为我国制造业发展的关键构成,其发展过程中的“数字化”趋向是更为显著的。而我国在大型飞机的研发与制造之中,关于部件装配工作的开展,本身具备较为显著的特点,以往的部件装配技术已经难以将数字化背景下的飞机高精度、高质量研发需求,进行及时的满足,这就需要针对数字化装配关键技术做出深入探索与研究,以提升我国大型飞机装配技术的水平。而在本文的研究中,笔者主要针对机翼翼盒数字化装配关键技术的研究与应用做出具体剖析与阐释。

关键词:机翼翼盒;数字化装配关键技术;应用分析

Application Analysis of Key Technologies for Digital Assembly of Wing Box

Zhang Yongze Gao Yuhui Wang Haoyu

AVIC Xi'an Aircraft Industry Group Co., Ltd. Xi'an, Shaanxi 710089

Abstract: In the development and construction of China's national economy, the innovative development of the manufacturing industry has always played a crucial role, and with the rapid development of network information technology, computer technology, etc., the development of the manufacturing industry is gradually moving towards intelligence, digitization, and informatization. Among them, aircraft manufacturing, as a key component of China's manufacturing industry development, has a more significant trend towards digitization in its development process. In the research and development and manufacturing of large aircraft in China, the development of component assembly work itself has significant characteristics. Previous component assembly technologies have been difficult to meet the high-precision and high-quality research and development needs of aircraft in the digital context in a timely manner. This requires in-depth exploration and research on key digital assembly technologies to improve the level of large aircraft assembly technology in China. In this study, the author mainly analyzes and explains the research and application of key technologies for digital assembly of wing boxes.

Keywords: wing box; Key technologies for digital assembly; Application analysis

前言:数字时代的到来,使得“数字化”成为飞机部件装配发展的新趋势、新方向,飞机数字化设计本身就是一个集自动控制、计算机网络、现代管理、数字化加工等种技术技能为一体的综合性作业流程。我国各基地的飞机研发工作进行也在逐渐朝向数字化制造的方向,各相关部门为推进数字化发展速度,进行大量专业人才的培养与培训,并开发、引进了一系列数字化加工软件与设备,机翼翼盒数字化装配关键技术的革新也在这种背景下迅速实现,并得到了广泛应用。

1 飞机部件数字化装配国内外研究现状

1.1 国内研究现状

我国的科学研究中,北京航空制造工程研究所教授邹

方等人研发了飞机总装的自动校准式对接装置,并明确提出了对接装置应该具备以下几大特点:高度准确的结构支撑、高度精确位置姿态调节和部件结合对接偏差的最小原则。并规定了将中心翼与中外翼连接所使用的辅助安装法的基本步骤,①使用天车吊装中心翼,将其置于定位仪上;②使用天车吊装中外翼,将其安装于定位仪上,定出铰合点;③使用激光跟踪仪检测中心翼的标准点,通过位置调节,使其找正并摆平;④使用激光跟踪仪检测中外翼,由定位仪手动通过位置调节使其摆平,并显示XYZ3向和中心翼与对接平面的偏差;⑤完成平移操作后,按下一条向水平方向运动的外翼,使其与翼盒对接的偏差为零,终于实现位置锁紧。在国内外其他高校近期也正在就飞行器的数字化装配和大部件调

姿与检测等方面开展了探索和试验^[1]。浙江大学已经研制出了一个精密三坐标POGO柱,并开展了部分位姿调节试验研究。在此基础上,设计了一个采用三坐标POGO柱三点支持的部分位姿调节技术,并针对POGO柱的调姿特性开展了仿真研究和试验研究,结果证明采用了3个POGO柱的大部件调姿技术同时具备了平稳、准确、快捷的特性,再经过简单的整合后即可发展为四点支持,以便满足对各种大部件位置调节技术的要求。

1.2 国外研究现状

在国外的研究中,关于数字化装配关键技术的应用主要可以分为两部分。

第一,无型架装配技术研究。空中客车公司为数字化集会者安装提供了三个基础部分,即智能化工艺、精密定位工艺和无型架装配工艺。无型架安装工艺并非是不用到所有机械安装装置,还是要应用于一些普通的位置控制、夹紧装置。无型架数字化安装中心是一种软硬件相结合的安装工作站,整合了一体化数字设备安装的多种组装、调试、检测工艺^[2]。无型架安装设备的系统结构主要由三方面构成:①数字化检测装置:是由激光位置追踪仪、照相检测装置、计算机辅助测量系统构成的精确测量装置,能够对安装产品的关键点实现迅速、精确跟踪检测,提高安装过程的可控性、精度。②柔性安装系统:一个标准化的安装型架,具备较强的通用性和柔性。③数据中心:由高性能算法和相关应用软件构成的设计平台。

第二,测量辅助装配研究。近年来,在设备数字化对接安装领域出现的一个新兴的技术方式:测量辅助装配(Measuring Aided Assembly, MAA),这个技术通过计量管理系统来协助实现设备的确定,在安装流程中对安装目标执行即时监测,满足对接技术需求。该工艺方式主要有以下几大特点:①配置必须的数据处理程序(计量协助安装优化),以获取设备的数据位移。根据所安装部位的具体几何特征、计算精度以及理论形状,设定工件的最佳安装对接部位,并即时做出与标称模型对比,然后设定超差点,再利用数控定位执行器加以微调,直至符合安装精度的需要。②用虚拟的标准结构,利用数字化计算技术建立的虚拟坐标系。工件在对接过程中,通过实时检测部件结构中的定位点,并通过计算结果得出工件上相应于虚拟基准的确定坐标,当工件发生移动后,通过计算其定位点变化就能够判断工件的正确定位^[3]。计算、微调、确定的依据为大数字量、柔性化的标准结构。③要求设置一套现代数字化检测系统。能够辨别工件在安装过程中的精确定位状态等信号。

2 机翼翼盒数字化装配关键技术应用探析

2.1 大尺寸精密测量技术

在安装工作中进行精细准确的检测工作可以达到对其自身的保护效果,这是整个数字化安装工程的一个关键的操作环境与依据。飞机组装中无论在工艺的选择还是在技术的使

用方面也有着十分严苛的规定,而在飞机生产组装过程中,必须通过精确检测技术完成对产品的组装,而GPS和激光跟踪测量方法可以进行较为精确的检测,所以必须针对航空生产特性开展大尺寸精确检测装置的研制。

2.2 多系统集成控制技术

当前在对飞行器数字化组装的过程中通过系统可以充分发挥出它最大的功能但在具体的运行和使用中,有许多方面的关键点却不能实现统一应用,比如对飞行器上所使用的技术数据、规划数据和测量、地理数据等就不能统一使用,使得之间的联系相互独立,这对全面发展和完善数字化技术不利,所以在对组装流程进行监控和管理时,必须采用有效的系统化技术和集成信息技术进行对所有数据的集成与计算,确保飞行器数字化组装工艺可以具有自己的优势,针对飞行器各接口标准,确保系统的错误得以逐步减少^[4]。

2.3 自动化精确制孔技术

在飞机安装过程中,对设备要采取衔接连接措施,对其整个设备进行保护的方法,也就是说采用制孔的方法进行设备联接。就当前中国的飞机组装过程研究情况来看,目前主要采取了手工制孔的方法,但是这个方式相对较为单一,很难达到较好的准确效果,在孔位和孔径的设定中出现一定的偏差问题,这就使得飞机生产中各项工作质量都不能提高,也对航空电子设备的精密度产生了一定影响,并且由于组装时间相对比较漫长,导致了生产稳定性的下降,对飞行器组装品质也产生了较大负面影响,所以对这种技术进行精确化研发至关重要。

2.4 温度变形补偿技术

鉴于常规机翼翼盒自身的构造特性,在不同的环境温度下,翼的前端后缘都会随环境温度改变而有不同的伸缩,同样,常规翼盒机械装配又面临着热膨胀变形难题。生产物料热膨胀系数和工装表面及地面的热膨胀系数并不统一,容易引起机械装配和生产过程的不协调性。为此,传统翼盒数字化安装型架设计充分考虑了对环境温度改变的协调补偿,数字化机械装配主体选择了与成品同等质量的金属材料,并在基础与机械装配底座间设有滑槽,后缘、前缘和四肋在铁画台座的基础上并设置了膨胀钢板结构,在前缘的机械安装上并设置了补偿滑块结构,在各机械装配主体有了一定基础的时候,其热变形也和成品的热变形达到基本一致。使用该技术增强了成品与工装间的适应性,也减少了在安装过程中因温度变化造成的机械伸缩或扭曲而导致定位精度下降的现象。

2.5 系统集成设计与联锁控制技术

系统控制系统是飞机数字化组装的基础,由于在飞行器数字化组装的执行过程中,必须有各种软硬件配合,同时,信息与图表的交互方式又是多种多样复杂的,涉及各种工程和技术信息、计算和调姿信息等,而系统组装方案和控制系統就是各种信息流、数据流顺畅交换的保证^[5]。翼翼数字化

组装技术实现了系统组装技术与实时通讯控制的跨越,利用翼盒数字化组装系统集成控制模块的设计完成了数据处理与多接口融合的标准化;互联互锁技术与规范制定,完成了大规模复杂组装系统应用流程中实时通讯逻辑控制的跨越,提高了系统组装流程的有序性、可靠性、安全、高效率。

2.6 柔性装配技术

大多数机翼部件均存在弱刚度的典型特点,在航空组装阶段中很容易出现畸变、失真。因此为了提高航空的翅膀组装准确性。在数字化组装体系中,根据翼护墙面、框、梁等典型部位的构造特征,筛选出位置、夹持等工程设计条件,并按照N-2-1的设计原理,确定了测位器布局、夹持、控制等形式,从而实现了航空调姿定位仪的模块化工程设计;其中后缘和翼护墙板采取连接工艺球头的方法人位,由于应用网络计算与数字传递等技术手段,实时计算定位误差,由集成系统根据生产与理论位姿数据经过计算与对比后测算出生产的最终位置,进而对生产实施调姿路径工程设计,再将这些信息反馈给柔性定位控制中心,从而达到改变位置状态,直至定位误差满足准确度需求。利用这种工艺技术完成了航空机翼翼盒零、主要部件安装时的精确柔性位置,并克服了常规安装的生产人位困难、强迫稳定、位置准确性较低的问题。

2.7 数字化装配模拟技术与系统布局仿真技术

由于机翼翼盒组装流程中具有结构件复杂操作空间狭窄等特征,采用数字化组装模拟、系统布置仿真有效克服了组装加工过程干扰、冲击等问题,通过对人机功能深入剖析,大大提高了人组装效能和工作舒适度,确保了产品安全、精确、快捷组装。在数字化组装模拟中以数字化组装作业流程

和数字化组装系统布置为研究对象,运用人机工程技术和虚拟的组装环境,模拟作业人在组装流程中的不同动作姿势,进而进行研究试验,探究人与其所安装操作产品间的相互联系;数字化装配系统布置模拟主要是在数字化安装环境下,通过建立系统布置的性能评估系统,根据产品的原始数据,利用工艺参数构建装配系统布置仿真模式,并以所建立的系统布置性能评估系统为评价准则,实现对数字化安装系统布置的优化。

结束语

综上所述,在数字时代的影响下,各个行业的发展都具备了一定的数字化特点,飞机部件装配关键技术的发展也不例外。本文从飞机部件数字化装配国内外研究现状、机翼翼盒数字化装配关键技术应用探析等两个角度出发,重点阐释了机翼翼盒数字化装配关键技术的实际应用效果,希望能够为现代飞机制造业的数字化建设质量提供支持。

参考文献

- [1]郭云,郭文娟,王浩宇.机翼翼盒立式装配与卧式装配对比浅析[J].中国科技纵横,2020(2):58-59.
- [2]孙安全.某大型飞机机翼翼盒数字化装配测量调姿技术应用研究[J].中国设备工程,2019(11):102-103.
- [3]蓝元沛,王栋,刘传军,等.民机复材机翼翼盒结构适航符合性验证方法研究[J].纤维复合材料,2020,37(4):69-75,68.
- [4]陈彦达,范振民,周轶.基于强度约束的复合材料机翼翼盒设计优化[J].民用飞机设计与研究,2020(1):16-23.
- [5]冒森,杨超,谢长川,等.刚性变弯度机翼设计及低速风洞试验研究[J].振动与冲击,2021,40(21):157-167.