

飞机整机装配质量数字化测量技术

张虎利 李 杨 陈治宏 张 哲 朱佳伟

航空工业陕西飞机工业有限责任公司 陕西 汉中 723213

摘要: 目前中国飞机制造商在进行飞机组装时所使用的技术手段还是相当滞后,而数字化的趋势十分明显,通过采用数字化检测技术可以提高自动生产线质量、实现标准化精密检测、促进全机对接的实施,可以显著提高航空器组装能力,促进飞机制造商的全面成长,给中国市民的航班出行带来更大的保护。

关键词: 飞机; 整机装配; 质量; 数字化测量技术

引言: 飞机整机装配是一项系统复杂的工程技术要求高,对于精确度的要求特别强。飞机外形的整体装配质量决定着飞机的结构性能,因此是整个飞机制造过程中较为重要的环节。基于此,在研制飞机的过程要深化数字化测量技术的应用,立足于提升飞机整机装配质量控制好各项工艺,确保外形尺寸符合标准要求,在精度和技术标准上满足飞机各项需求,实现高质量的飞机整机装配。

1 飞机数字化装配技术的定义

数字化装配是一项可满足高效研发和制造以及低成本生产需求的新工艺。从其成长的过程来看,这实质上是将数字化技术在飞机的生产活动中更加深入的运用和扩展。数字化装配技术,不仅涵盖了传统数字化安装技术以及对安装设备的设计、制造过程以及安装工艺的虚拟仿真技术,也包括了像柔性安装方法、无型架安装方法,以及其他智能化安装方法。飞行器的数字化安装技术,是飞行器数字化安装工艺技术、飞行器数字化柔性装配的关键技术、激光测量及反馈方法、数字化钻铆工艺和最先进的集成控制等多项先进技术的集成运用。数字化组装技术在飞机组装流程中实现了组装的数字化、柔性化、信息化、模块化和自动化,把传统的通过手工或专用型架夹具的组装方法转换为完全数字化的组装方法,把传统组装模型下的模拟量传输模型转变成数量传递模型^[1]。

2 数字化检测技术发展

在目前的中国历史中,可以说科技发展的各个方面每天都在改变。我国飞行器技术发展一直的演变历史,即“一代飞机,一代技术”。这句话也表明了相关研发队伍,随着技术的发展要顺应新时代的发展趋势,就必须注重创新科技,并运用新型信息技术改善了飞行器的总体工作效能。而进入二十一世纪后,现代信息技术的发展势头也可谓强劲。近年来,该科技已经在各个领域,

尤其是在飞机制造方面都获得了进展,相关技术人员通过满足了飞行器三维数字制造的技术假设,进而完成了飞机制造产品的数字化,并获得了可喜的成绩。目前我国飞行器工业的数字化主要有二种趋势:①新型的数控车床工艺可以用作飞行器零件的设计制造,从而能够极大地提高飞行器零件的生产质量,更加精确的控制精度。这套精密工艺的完善极大地提高了飞机制造过程中的操作安全性。②先进的微机控制技术用于飞机生产管理。该技术的引进使飞机整个制造过程更加清晰明了,所有管理步骤都可以在控制中心清晰地反映出来,大大降低了整个生产步骤的故障率。对于普通飞机装配,基于三维数字模型的产品系统使相关配置环境更快、更有效,大大提高了飞机的制造效率和新机型的调试效率。如图1所示:



图1 调试图

3 飞机装配过程数字化测量技术的应用优势

数字化的飞机检测技术指的是通过各类现代化的数字检测装置,对飞机装配的各种标准进行定义建模,并借助计算机的运用,对环节做出科学的检测。此技术在使用时会具备以下优势。首先,具有对飞机主要部分检测的功能,而传统飞机制造的装配部门在对飞机各主要组成部分零件检测的环节,由于技术含量相对较低,导致对主要元器件的检测流程比较复杂,同时结果的精确度不高。使用数字计量技术,不仅可克服这一问题,

同时增强了计量成果的准确度,同时大大提高了计量效率,为飞机组装工作节约了大量的时间和资金的投资。其次,数字化的测量方法在使用的领域也越来越宽泛。运用该方法,可以根据飞机各个零部件的特性选择不同的检测方法,解决飞机的组装中涉及到的各种检测问题。第三,应用数字测量方法可以有效的进行飞行器不同复杂位置的检测功能,并能完成的动态计算,把飞行器各个部位的数据同步反映过来^[2]。

4 飞机整机装配系统工作流程

4.1 准备阶段

这阶段主要包括了系统测量前期的准备工作。在测试前后,首先要完成对系统的基本标定,以确定基站内所有相机的外部参数,系统标定后需要对标定成果做出进一步评估,以使之更符合系统测量的准确度要求。然后将机器转移至测量地点并完成定位支撑。同时,针对飞机数模做出测试计划,分配每个扫描机的测量范围并产生相应的探测路径控制指令。以上操作完毕后,控制系统完成初始化,实现通信接口的自检,并将自动化检测装置转移至初始地点。

4.2 数据获取阶段

准备工作完毕后,系统根据原计划的检测路线,将各自动化装置运动至其所确定的站位地点,然后对该站位点所覆盖的范围进行扫描检测。同时,系统同步发送热相机的触发命令,基站对扫描仪的位置进行了检测与追踪。在每个位置进行了扫描后,将仪器返回至原始位置,信息收集完成。如工作流程图2中所示:



图2 工作流程图

4.3 数据处理阶段

基站收集的回参考点方式图像,与地面扫描机收集的回机表点云图象,首次实现了三维重建,先分别获取参考点和机表点的三维位置,继而通过基于随机抽样一致性和奇异值分析的全坐标系配准技术,使在不同的站位下的表点云数据都统计到了全局坐标系统下,并由此实现了对全机装配水平的系统评价。

5 测量工具集软件实现

5.1 数字化复合测量工具集功能模块划分

按照实际的检测功能要求,将数字化复合检测工具集划分为四大主要功能模块:通信接口管理模块,主要用于同激光跟踪仪、关节臂测量仪和信号采集软件之间的通信;设备参数设置模块,用来控制设备使用中的外部环境参数补偿和激光跟踪仪和SA软件的通讯,包括对激光跟踪仪的定点搜索、自动选择、辅助测量的功能;数据分析模块主要进行基础数据分析,以获取最终的计算结论;点云信息收集模块则主要进行点云收集、采样、去噪声,和对公共基准点的靶心拟合。

5.2 数据处理流程

工具集发布了消息,将把各公共基准点球心坐标和飞机前缘壁板的点云作为整体读入SA软件。使用工具集中的"建立拼接关系"命令,将靶心坐标点和通过激光跟踪仪测得的公共基准点拟合,进行了点云拼接技术,就能够获得整张飞机前缘护墙板外形上的点云。再通过飞机前缘护墙板所组成的三维模型,并通过工具集中的"最佳拟合转化"命令,将在定位点上拟合出来的球心点,与在三维建模中得出的靶心点全部对齐。再经过与进一步模型比对的研究,可以确定评价结论,最后形成了产品检验报告。

5.3 实验分析

试验以某类型的飞机水平尾翼前缘的板片为主要检测的对象,试验的关节臂测量仪的扫描区域约为二点五m球形空间。所以,只有将整个护墙板划分成三块地区并进行观察,才能得到完美的护墙板外形和点云。采用了综合的测量方法,就能够根据飞行器前沿护墙板上的检测仪表的位置,以及公共标准控制点的相应位置。通过利用飞机水平尾翼上前沿护墙板的三维仿真特征点,在对齐了靶心位置的参考特征点后,再通过与点云拼接,实现了点云和护墙板的三维模拟对齐,进而计算拟合结果^[3]。

6 数字化测量技术在飞机整机装配中的具体应用

6.1 应用数字协调技术进行精密测量

数字化测量技术的有效应用,实现了对数字协调技术进行精密测量,较好提高了测量的精确性。这是传统的飞机装配技术所不可比拟的。通过数字化测量技术较好地按照统一的标准描述生产过程中的流程,合理转化数字加工过程中数字量,实现了实物传递,为飞机装配各项生产提供了相关的参考依据,有效协调互换了工装产品,符合当前的需求。在数字化测量技术中运用较好的是光学测量系统,常用的仪器技术是GPS技术、激光跟踪仪。借助于该技术可以合理地检验装配工艺,定位好

装配骨架的位置,拟合理论坐标构建完善的坐标体系,为飞机整机装配提供了基础条件。数字协调技术的应用推动设计安装一体化,保持了良好的协调,有效满足了飞机整机装备的质量需求。

6.2 提升移动生产线质量

因为客机等飞行产品通常都是体型很大、装配较复杂的产品,因此企业在进行制造时往往需要建立移动工厂完成产品安装工作,这也能增加产品的安装速度,它可以大大提高安装质量,减轻工人的负担。随着新技术的发展,移动生产线结构虽无改变,但却对生产线上所应用的新技术领域也进行了突破与革新通过将数字化质量检测技术运用到飞机的移动生产线组装流程中,达到了对组装精度的有效管控,从而提高了产品最终使用品质。最常采用的数字化检测工艺为IGPS工艺和数控技术,如波音等机型,已经取得了比较完善的运用,零部件的检测运用技术比较齐全和有效,距离计算和检验等操作水平和工作效率得到了提高,最终生产效果显著^[1]。

6.3 有效应用在飞机整机装配对接中

为在全机连接时提升对接准确度,充分利用数字检测技术,采用了跟踪检测技术。这种方法的应用不但可以使整个对接流程达到更高的精度要求,而且可以发挥其优点,对周围进行大面积检测,在测试的环境中保证较大的机动性能,在确保不触及机身的情况下进行精确计算。同时,考虑到飞机产品种类繁多,在测试过程中会遇到很多不同的状况,所以系统也提出了各种运作形式,以适合于各种的测试状况。随着检测技术水平提高,对人员也提出了新要求,需要员工在针对不同的检测情况做出合理判断,完成本职工作。

6.4 测量技术有效应用在移动生产线上

数字化测量技术不断升级,要结合生产线的发展,不断创新引动生产线,全面落实灵活运用,数字化测量技术,进而有效的加强飞机整机装备质量的测量。要全面应用IGPS技术,结合数控技术,在运输与装备环节进一步加强测量技术应用,确保工作质量不断提升。要高度重视生产环节全面测量,围绕精准度,确保测量符合要求。

6.5 测量方案设计

正所谓"尺有所短,寸有所长",各种检测技术手段都有其应用要求,单项检测设备不能够涵盖飞机制造的全过

程,检测方法研制需综合考虑检测要求、计量经济性与适用环境,具体内容包括:①建立面向航空装配质量过程控制系统的检测工艺标准,建立多系统异构综合检测计划管控平台,构建数字化检测技术应用系统。②统筹规划与分析整个数字化安装过程的测量技术方法,以及执行对策。并深入分析安装数据传送方法、误差来源,并结合特征点的采集方式,开展相应测量规划仿真,优化测量方案。③整合面向装配质量过程控制的多种数字化测量技术,如激光三维扫描法、双目视觉测量方法、激光干涉测量方法等,重点分析各自特点和适应性,发挥各种测量手段的优势,以及上述方法的组合集成测量方法。④测量数据分析与处理。在同一坐标控制场的支撑下,通过测量软件的二次开发,协同工作,对测量特征信息进行筛选分类,统一数据标准格式,便于数据流在不同工序间的高效传递。⑤测量设备与工艺装备的集成。搭建信息协同交换平台,统一测量设备和工艺装备的信息交互接口,实现测量设备和工艺装备的高效集成。

结语

综上所述,在当前,中国航空工业正向着高精度、高效率、低成本、柔性化的方向迅速发展,生产零部件数量愈来愈大且对精度要求也愈来愈高,尤其是其中的关键特性,包括流体型面的轮廓率、连接同轴率、安装孔位置率、连接面的间距等。生产和组装工艺中相关指标的细微差异或变化将严重影响产品质量稳定性、降低效率并造成能源的大量消耗。作为衡量航空器系统装配能力的重要指标,航空器几何形状直接关系整体设备的气动性能、隐身能力及设计特点。所以,大型飞行器整机几何形状的精密三维测量对宇航行业高端设备生产有着重大价值。

参考文献

- [1]隋少春,朱绪胜.飞机整机装配质量数字化测量技术[J].中国科学:技术科学,2020,v.50(11):41-52.
- [2]李本军,易元,朱绪胜.基于数字化测量的飞机扩口导管闭环制造方法[J].制造技术与机床,2020(10):105-110.
- [3]景喜双,张鹏飞,王志佳,等.数字化组合测量辅助飞机装配质量检测技术[J].北京航空航天大学学报,2020,41(7):1196-1201