

飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究

马 安

中航西飞 陕西 西安 710089

摘 要: 随着我国飞机制造业数字化工程的发展、应用和新机型的研制,已有的装配工装设计制造模式已经不能满足现代飞机制造技术的发展需求。所以,必须结合我国国情,研制出新的数字化柔性装配工装系统。文章主要从飞机数控柔性多点型架装配原理出发,分析了飞机柔性装配技术应用,希望能为飞机装配提供参考。

关键词: 飞机柔性装配方法; 飞机装配; 应用

引言

机装配是飞机制造中的重要环节,随着科技的进步,国外大型飞机制造商应用新科技突破了传统的装配方法,通过采用基于单一产品数据源的数字量尺寸协调体系,并同采用装配仿真和虚拟现实技术等虚拟制造技术和并行工程来对大飞机的装配过程予以优化,并通过采用柔性装配方式来对大飞机进行自动化装配,从而极大的提高了飞机的装配效率与质量,是今后一段时间内飞机装配发展的重点。

1 飞机柔性装配技术简介

飞机柔性装配技术是一种新兴技术,它可以实现模块化装配,能够满足飞机快速发展的需求。飞机柔性装配技术是基于自动化技术和电子技术而形成的,既融合了自动化的优点,又降低了装配成本,提高了装配的效率^[1]。传统的飞机装配技术刚性太强,装配不方便,装配精确度不高,而柔性装配技术恰好可以弥补这些不足,对于飞机制造业的发展起到了巨大的推动作用。柔性装配技术刚出现时,主要是在波音777飞机装配中应用,借助三维模拟的手段来实现预装配,飞机的装配技术得到了显著提高。随着柔性技术的不断发展,如今该技术已普遍应用于各类飞机装配中。

1.1 飞机大部件的柔性装配。随着装配技术的发生,现今的柔性装配技术已经向着自动化的装配工装、模块化的交给你单元以及数字化的定位以及离线编程与仿真软件等的方向发展。在飞机的装配中,采用分散式机身结构环形装配的工装,使用现今的数字定位技术来取代原来的机械定位工作,从原来的人工装配方式向数字化的装配方式发展。此种技术已经应用于大飞机机身的装配中,具有非常重要的现实意义。

1.2 飞机柔性装配中的定位和打孔技术。柔性定位技术是依靠大量的数字检测设备来进行定位装配的,此种技术极大的依赖精密的测量设备,其中自定位技术定位

准确但效率较低,适用于机型研发时使用。对于飞机装配中的制孔多采用的是柔性制孔技术。为了提高飞机的装配效率,在飞机的制孔技术中采用的是自动化制孔技术,其能够进行批量化的生产大型结构件,具有生产效率高、质量较高的特点,尤其是现今在飞机制造中大量采用复合材料、钛合金等加工较为困难的材料,从而使得飞机的制孔难度大幅提高,使用自动化柔性制孔技术可以有效的解决这一难题,现今在国外的飞机制孔中多采用这一技术。

1.3 飞机总装柔性对接技术。在飞机的总装环节,由于柔性装配技术的应用,其装配从原来的固定装配转变为由数字控制的柔性装配,其主要是由采用数字控制的千斤顶与先进的测量定位设备等所组成的数字柔性装配对接平台,此平台具有装配定位精度较高且可以根据实际需要对其进行精确的动作控制,具有较高的精度与可控性,并能良好的适应各种尺寸的飞机装配,通过此平台的使用可以极大的提高飞机的装配效率与装配质量。此种装配对接平台已经在国外大型飞机制造厂商中得以应用,其定位形式可以分为以下3种:(1)柱式结构,此种定位结构的形式较为类似Pogo柱的形式实现对于飞机的定位和支撑,每台定位装置依靠伺服控制系统实现在X/Y/Z三个方向的控制,通过在飞机制造中采用几台就可以实现对飞机大部段的精确定位;(2)塔式结构,此种结构相较于柱式结构在承重力方面具有较大的优势,其采用的是伸缩臂侧面调整的方式,具有较强的可操控性;(3)混合定位方式,此种定位方式被应用于787飞机的装配中,相较于以上两种方式,此种方式是依靠托架与装配机体进行连接,实现对于机体的自动调整,且受力较为均匀,适用于大型复合材料机体的装配。

2 飞机柔性装配工作特点和模式

2.1 特点

飞机柔性装配工作有三个主要特点,首先是飞机柔

性装配工作中通常不采用整体骨架结构,装配设计工人一般主张使用结构离散化对装配骨架进行调试,确定柔性化装配的通用条件,同时会在飞机柔性装配过程中使用定位元件,满足装配设备离散化的布局要求。其次,飞机柔性装配的原件模块都处于同一板块中,通过集中的模块实现设备和零部件的支撑定位以及收紧工作,满足结构设备的自动控制要求^[2]。模块之间可以自动控制,满足不同区域质检的位置关系和要求,因为自动调整的过程能逐步满足装配件的定位要求,所以保证了飞机柔性装配的精确度和安装质量。飞机柔性装配最后的特点是元件也能实现自动化控制,仿照模块的自动控制关系,柔性装配元件在位置调节方面均采用快速工装定位,满足柔性安装的精确度要求。

2.2 模式

飞机柔性装配的工作模式有两种,分别是直接法和间接法。直接法是指在飞机柔性装配的定位单元调整到位以后在将装配件安装上架并完成定位和夹紧工作,通过直接定位的办法完成装配件定位的参数控制。一般飞机柔性装配直接法主要适用于飞机气动外形的零部件或者机翼机身的壁板等设备零件的装配。

间接法是指先上架后调整,区别于飞机柔性装配直接法,间接法是先把装配件安装上架,然后再逐步调整定位位置,确保定位单元连接的准确性,通常间接法需要借助外部的测量工具以及测量方法才能完成零部件参数的获取。比如在飞机翼身的对接过程中需要使用间接法,通过实施的测量点数据和位置参数确定工装的定位位置,保证飞机上下反角的性能参数符合设计要求和质量标准。

3 研究飞机柔性装配方法的意义

飞机柔性装配对我国的航空工业以及飞行专业有着明显的技术推进作用,在数字化技术以及工业化生产普及的新世纪中,国家对航空工业以及航空装配领域投入的资金不断增加,随着大量航空飞船以及民用飞机和军用飞机的生产,飞机装配技术以及装配项目的质量标准也在不断提高,大部分的装配领域已经逐渐适应数字化设计以及虚拟装配技术加持,所以飞机柔性装配也是其中的一项产物。

飞机柔性装配不仅能提升飞机在组装过程的精确度,降低装配误差,还能提升装配系统的完整性和准确性,从根本上保证了数字化装配的生产质量规模,为后期继续研究可行性的装配方法以及提升飞机工装的精度积累了大量经验,推动我国的飞机工装水平以及相关理论知识的发展进步。

4 飞机柔性装配的发展背景

4.1 基于数字化测量技术的发展基础

飞机柔性装配技术是在数字化测量技术的基础之上发展起来的,既含有数字化技术的优点,又有自身的优势,提高了项目参数,提高了装配质量。特别是在系统的设计和测试过程中,柔性测试机制主要是针对激光跟踪检测技术以及室内全球定位系统技术,利用两者的结构参数,提升测量的范围以及精度,确保整体项目运行结构具有较强的机动性。

4.2 国内外飞机柔性装配项目的差距

虽然我国在飞机装配中已经开始采用飞机柔性装配技术,但是由于该技术在我国发展还不成熟,因此技术水平和国外相比还有一定的差距,主要体现在三个方面:第一,在理论与应用方面,我国尚缺乏对相关运行参数的考量,导致飞机装配设计与实际装配需求不符;第二,我国在应用数字化装配技术方面还缺乏系统性的研究,与国外相比具有很大的差距,尤其是在二维与三维之间的结构建设,还有很多不足;第三,我国对柔性装配技术的重视度还不够,对相关研究进展了解不全;第四,我国的柔性转配设备还需要进一步优化,从而顺应装配生产线的实际需求。

5 机柔性装配方法及在飞机装配中的应用

5.1 飞机柔性技术方法

飞机柔性装配定位技术是利用飞机装配过程中涉及到的梁框和支撑结构件进行自定位组装。一般的飞机柔性装配定位技术能帮助飞机工装的零部件实现自定位或借助光学仪器实现位置跟踪完成定位支撑,能有效减少在飞机组装过程中使用到的装配零部件数量,降低飞机装配中框架的连接件数目和钻孔数目,从本质上降低飞机装配的工装数量且减少材料的消耗。但是飞机柔性装配定位技术需要配合精密测量仪器才能完成自定位装配工作^[3]。而精密测量仪器需要满足高效率以及高精度的要求,一般在装配定位中使用精密仪器的数量较多,装配孔定位技术包括了自动化制孔以及便携式柔性制孔等技术,能在飞机装配过程中满足大批量结构件的生产和装配,显著提升装配零部件的装配效率,同时借助钛合金等复合材料,满足装配工作中合金以及飞机结构的硬度要求。

5.2 柔性自动化扫描路径规划

近年来,与柔性化测量技术类似,针对飞机表面喷漆过程中的喷漆路径优化问题,研究学者也提出了不同的方法。飞机表面自动化喷漆系统通常也由AGV移动小车,机械臂及喷漆头组成。由于飞机表面喷漆技术,

AGV移动小车搭载的柔性化测量末端十分类似,因此,研究飞机表面喷漆技术,对自动化柔性测量方法也具有借鉴意义。为解决喷涂飞机等大型工件的过程中机器人的最佳站位问题,提出并利用外腕心的概念对喷涂机器人的空心手腕做球形近似,解决机器人不可解耦问题。在大型飞机自动化柔性测量与分析中,对整机外形进行自动化柔性测量占据着非常重要的地位。现有的整机外形测量方法,普遍采用人工操作测量仪器对飞机进行局部测量,随后借助标记点对测量数据进行融合得到整机测量数据。这种测量方式,自动化程度低,测量效率偏低,且精度无法保证,已经无法满足大型飞机制造及装配。同时也可以看出,飞机整体结构件加工变形在线测量正在逐渐向具有自动化、快速性、自适应性以及整体柔性的在线精密自动测量系统等方面发展。

5.3 飞机柔性装配在大型部件中的应用

飞机柔性装配在装配流程中应用广泛,同时涉及的技术要求较高,需要有过硬的柔性设备支撑才能顺利完成装配工作,以往大部分的装配厂家仍然使用标准的装配工装,缺乏创新性和前瞻性,对于飞机柔性装配的生产线建设投资力度十分紧缺,与飞机制造装配等先进国家还存在明显的技术差距和生产差距。飞机柔性装配应用最多的就是在飞机的大型部件装配过程中,涉及到飞机大型不见得装配操作以及模块工装过程,而且需要考虑对大型部件的数字结构定位以及系统编程操作。

在飞机大型部件的安装过程中管理人员需要将飞机的机身结构进行分散处理,包括对运行参数进行分组分类,确保在单独开展飞机柔性装配工作时结构参数的准确性和可靠性。在大型部件中涉及到的飞机柔性装配有环形装配工装和激光定位追踪,利用柔性装配和定位技术取缔传统的装配型框架,改变以往传统大型部件装配结构复杂以及占地面积大,开敞性不足的问题,更好地完成飞机机身壁板以及机翼等大型部件的工装制造。而飞机柔性装配在大型部件中典型的应用有行列式柔性装配和点阵式柔性装配,工装人员可以根据部件的具体形状或者参数要求使用合适的工装方法。

6 飞机柔性装配技术的展望

当前,国内军机产品的数字化设计与零件制造技术发展迅速,但是装配技术作为飞机制造的关键,与其他

军机制造技术相比严重滞后,已成为军机型号快速研制和生产的瓶颈^[4]。现代柔性装配技术取代传统装配技术已经成为时代所趋,各种部件的精准制造为飞机柔性装配奠定了技术基础。随着社会的不断发展,社会对飞机的质量、功能等将提出更高的要求,数字化柔性装配技术将成为未来飞机装配中的主流技术,因此,必须对柔性装配技术进行创新,优化柔性装配生产线,主要体现在以下三个方面:

第一,创新柔性装配技术是满足现代飞机制造业需求的必然趋势,只有不断优化柔性装配生产线,才能提高飞机装配的精确度,提高整体装配质量。

第二,创新柔性装配技术能够有效将数字化技术的优点扩大化,便于尽早解决目前飞机装配中遇到的困难和瓶颈。

第三,通过发展柔性装配生产线,可建立飞机柔性装配多系统异构测量平台和集成检测系统,形成数字化装配模式下的新质保体系和产品检测机制,进而完成大尺寸的动态测量,同时保证各个环节都能无缝衔接,避免出现脱节现象,促进飞机制造业的快速发展。

结语

综上所述,当前飞机装配作业需要考虑到装配工作内容,同时还应该根据生产调度流程,按照飞机整体质量标准,合理完善装配作业模式,发现生产管理技术对装备作业的作用,柔性装配方法能广泛应用到飞机装配中的各个环节,掌握柔性装配的核心技术能更好地推动飞机柔性装配的发展和进步,提升飞机装配的工作效率和部件装配质量。

参考文献

- [1]刘洋.飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用[J].中国新技术新产品,2015,(18):7-7.
- [2]王亮,李东升,罗红宇,等.飞机装配数控柔性多点工装技术及应用[J].北京航空航天大学学报,2010,36(5):540-544.
- [3]王丽秀.飞行柔性装配制孔设备的工件坐标系建立方法[J].机械设计与制造,2012(04).
- [4]杨建成.面向飞机柔性装配平台的多轴复合控制系统设计[J].沈阳航空航天大学,2013(07).