

飞机装配间隙协调及数字化加垫补偿技术探析

刘琪, 岳权, 赵敬宇, 王宁

(航空工业沈阳飞机工业(集团)有限公司, 辽宁 沈阳 110000)

摘要 本文主要针对飞机装配间隙协调及数字化加垫补偿技术进行分析, 先阐述了常见飞机数字化装配技术类型, 如数字化测量技术、数字量协调技术、柔性化定位技术、自动化制孔和钻柳技术、数字化加垫技术等, 然后又提出了飞机装配间隙协调及数字化加垫补偿技术措施, 主要包括飞机数字化装配间隙控制技术框架、装配间隙协调优化、装配间隙加垫补偿, 进而对提升飞机装配间隙协调及数字化加垫补偿技术水平进行分析, 旨在为提高飞机装配间隙协调技术水平提供新的解决办法和研究方向, 进而有效地控制飞机装配过程中的装配间隙, 科学准确地进行加垫补偿, 以达到提高飞机结构强度、更好地保证飞机气动外形的目的。

关键词 飞机装配协调; 数字化加垫补偿技术; 数字化测量技术; 数字量协调技术; 柔性化定位技术

中图分类号: V26

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)09-0032-03

为进一步推动航空事业的发展, 航空制造业占有举足轻重的地位, 是国家的战略核心产业, 而且在衡量国家综合实力这方面, 其技术水平已经成为主要的指标。促进航空制造业的发展, 加快其发展的进程, 注重对新技术和新材的利用, 对航空制造业发展发挥着重要的推进作用。随着社会不断发展, 飞机这一高科技产品也随之向着更复杂、集成的方向发展, 随着飞机改型换代, 飞机制造技术水平逐渐得到提升, 飞机装配水平得到相应的发展。与此同时, 飞机制造装配技术水平会关系到飞机产品的产量和交货周期。通常来讲, 飞机制造过程有以下阶段: 毛坯制造阶段、零件加工阶段, 还有装配安装和试验阶段。其中飞机装配过程较为复杂, 在精度这方面具有较高的要求, 还有就是在飞机制造中, 装配协调过程是非常重要的。装配间隙是一个航空制造业需要严格控制的因素, 如果没有合理地控制装配间隙, 那么从某种程度上来看, 很有可能存在安全隐患。基于此, 有必要进一步分析飞机装配间隙协调和数字化加垫补偿技术。

1 飞机装配技术的现状

自20世纪以来, 世界两大民用飞机制造企业——波音公司和空客公司, 一直大力发展数字化装配技术, 在很多装配过程中应用数字化柔性装配工装, 装配效率大大提高, 飞机制造技术发展迅速。

我国的飞机制造企业的装配工装主要还是传统的刚性工装和专用工装, 传统工装占用的空间大、使用

过程不方便、生产返修时间长。随着飞机发展节奏的加快, 传统工装在某种程度上不能满足现代飞机多品种、小批是生产的需求, 成为一种影响我国飞机装配技术发展的主要因素。

近几年, 一些数字化柔性工装也逐渐投入到飞机装配制造中, 提高了一些装配效率, 但是与国外先进企业相比, 我国在飞机装配柔性工装的设计使用上还处于追赶阶段。先进装配技术和柔性工装应用较少, 缺乏足够的经验, 特别是在规模生产中的应用方面的经验, 数字化装配技术在一线的生产线上的应用受到各方面因素的制约, 在某种程度上阻碍了我国数字化装配生产线的构建与大规模应用。

2 常见的飞机数字化装配技术

2.1 数字化测量技术

数字化测量技术是非常重要的, 合理的应用数字化测量设备, 除了能精确得到飞机关键特征以外, 还能提升数据处理技术水平。就当前情况来看, 不管是激光跟踪仪测量, 还是数字照相测量, 已经成为数字化测量技术最常见的技术。其中, 使用频率最高的就是以激光跟踪仪为基础的数字化测量系统, 并且得到了广泛的应用, 它就是对激光跟踪学靶标充分的利用, 通过自身测角, 确定其空间点的坐标, 相对于其他设备, 数字化测量系统具有一定优势, 除了便于检测以外, 还能灵活使用、合理配置。

激光扫描测量就是对激光跟踪仪和扫描仪进行合

理的利用,实现目标整体完整的三坐标测量,从而获取完整全面的全景点坐标数据的过程^[1-2]。激光扫描系统也非常的重要,它之所以能得到高密度的点云数据主要的原因就是以高分辨率,对环境没有太高的要求,不管是在全黑暗环境下,还是光照射环境下,均能充分的应用。而且针对飞机接合面装配间隙测量场景,从某种程度上来看更加的适用。通常来讲,扫描测量方式分为两种,一种是手持式测量,另一种是自动化测量。手动式测量在尺寸小飞机零件测量中具有一定的应用价值,而针对大尺寸和配合区域多的飞机部件测量,可利用自动化测量这种方式。在进行自动化测量的过程中,通常扫描仪会安装在机器人上,机器人作为主要载体,利用事先规划好的测量路径,在一定程度上可提升自动化测量工作水平。

2.2 数字量协调技术

为达到飞机部件和部件、飞机部件和工装以及装配工装之间尺寸协调配合的目的,数字量协调技术是一项主要的依据。数字量协调过程就是通过数字量的方式,实时地传递尺寸信息,再利用数字测量设备,通过控制系统,进一步地检测所有对象,并实现装配,为产品的几何形状和尺寸能相协调一致提供重要保障。数字量协调方法的实现需要以数字化工装设计、数字化制造和测量系统为基础。再以数控加工为基础,实现对零件外形和所有定位元素制造,运用数字化测量系统,实时监控,对产品进行测量,将工装上关键点测量数据与 3D 模型定义数据进行比较,再对空间测量数据和理论数据分析,分析其偏差的情况,以便依据它检验产品。在数字化环境下,注重对协调方法的应用,这区别于传统模板样板,它依据其测量数据,利用动态反馈调整这种方式。

2.3 柔性化定位技术

柔性化定位技术是以数字量协调体系为基础,基于模块化和自动化柔性定位工装,实现飞机装配对象的精准定位,确保飞机装配外形和数字模型能一致性的技术,它对于各个产品装配的需求,从某种程度上来看,能够更好地适应,促进工装制造成本降低,缩短工装周期。当前,不管是在飞机组件还是在对接装配中,国外已经应用柔性定位工装,并大力地发展,这不仅能达到飞机装配目的,避免增加飞机制造成本,还能提高飞机装配精确度。多点阵真空吸盘式柔性工装和行列式柔性工装非常重要,在飞机组件装配这一重要阶段已经得到了合理的应用。而且合理地利用多点成形技术,真空吸盘式柔性工装能够生成符合装配

件型面的点阵,实现精准定位,为装配件结构外形和刚度提供重要保障,当前已经渗透在一些航空公司柔性装配和生产中,并得到合理的应用。不管是在进行飞机装配还是在对接装配中,主要是利用激光跟踪测量设备组成柔性配合系统,对飞机装配对象进行合理定位,把装配关系合理地协调好。

2.4 自动化制孔和钻柳技术

自动化制孔技术是以三维模型作参照,对数控程序进行合理编制,由自动化设备与制孔末端执行器相配合,实现飞机结构制孔加工的技术,而且这种自动制孔技术具有非常多的优势,不仅具有较高的制孔精度,还有较好的稳定性,便于更好地操作。与此同时,不管是飞机长寿命还是高精度与高效率的制孔的需求,为能给予充分的满足,国内外企业加大研究力度,进一步地去研究自动化制孔技术。

2.5 数字化加垫技术

数字化加垫技术就是通过数字扫描系统,得到飞机接合面点云数据,把实测三维数据设计为主要依据,制造出所需要补偿垫片的技术。当前,预测加垫技术在机翼辅助装配中得到合理的应用。我国一些公司申请了专利,并在专利中对数字化加垫测量方式给出了相关介绍,提出通过数控加工中心实现垫片生产制造的方法,但是对相关理论模型和具体实施方法均没有涉及。

3 飞机装配间隙协调及数字化加垫补偿技术措施

3.1 飞机数字化装配间隙控制技术

装配间隙直接影响飞机结构的完整性,如果带应力连接带有装配间隙的构件,会致使装配变形,存在连接裂纹,这种情况很有可能发生安全隐患。在进行飞机制造的过程中,有必要加大控制力度,进一步地去控制飞机装配间隙。为更好地控制飞机装配间隙,可以从提高零组件精度、提高飞机装配协调准确度和加垫工艺补偿这三个角度进行着手。一直让零组件制造精度有所提升,还会增加成本,且在进行飞机复杂各个层次装配这一期间,很容易存在装配间隙^[3]。基于此,为实现飞机数字化装配间隙控制,可以对飞机装配协调技术进行进一步的探讨。

飞机数字化装配系统是通过数字化激光扫描仪对装配对象的特征进行相应的测量。结合实际情况,从多功能数控机床结构入手,利用各种方式将其合理地设计好,优化扫描测量的功能。在测量效率最优约束下,

对其测量路径合理设计规划;实现获得扫描仪器预处理,尤其是去噪和拼接以及精简等。就当前的情况来看,间隙容差已经成为数字化协调控制装配间隙最重要的问题,而且对飞机装配对象的最优定位位置进行相应计算,对接完装配对象,应避免存在装配间隙。在工艺集成控制系统的调度下,数控定位器带动装配对象,从扫描测量的过程中的分离位置移动到理想位置,进而实现对装配间隙更好的控制^[4]。

3.2 装配间隙协调优化

通常来讲,不管是在飞机零件还是在组部件相互配合和连接部位中,都会出现装配间隙,基于此,对于装配间隙应进一步探讨,就当前的情况来看,搭接和角接以及对接已经成为飞机结构连接的主要方式。在角接配合的过程中,飞机装配各个互成角度的配合面和另外装配互相接触连接,装配自身尺寸和配合区域尺寸不是很大。型面对接指的就是一个装配件的外形面,去配合另一个装配件的型面,由于整个接触面很大,容易出现装配间隙。在传统飞机装配线上,往往利用人工操作这种方式来进行装配间的协调,通过人工调节型架,利用托架,让装配对象位置发生改变,尤其是配合区域间隙大小。该协调结果无法实现全局最优,应不断地去调整尝试,其对人工操作水平非常的依赖,还难以控制飞机装配时间,确保产品质量^[5]。在数字化装配环境中,这种关键特性数字量协调方法已经在飞机组、部件对接装配中得到合理的应用。该方法的原理为:在飞机部件上,选择若干个关键特征点组,通过对点组进行对比,实现对飞机协调准确度的评价,数字定位系统可把其评价结果作为主要的依据,对飞机部件在X、Y、Z方向上的位置进行调整,直到对于装配质量的要求,飞机部件能够更好地满足为止,实现装配协调。为协调控制好装配间隙,合理地利用数字激光测量系统,对接合面数据进行相应的采集,在一定程度上能够使得装配间隙协调优化得以充分实现,减少装配间隙^[6]。

3.3 装配间隙加垫补偿

为更好地控制装配间隙,在实际装配过程中,加垫补偿方法是一个重要的办法。它是利用垫片去填充装配件之间的间隙,使其能够间接贴合装配接合面,进而确保结构更加完整,提升其承载能力。在进行飞机装配间隙补偿的过程中,通常来讲金属垫片和复合材料垫片是较为常用的垫片^[7]。除此之外,采用数字化加垫补偿方式,在一定程度上能确保垫片补偿精度,提高装配效率。数字化加垫通过数字化扫描测量,之

后进行精准制造,制造出间隙轮廓完全一致的垫片。这种定制化垫片需要投入资金多,很有可能造成材料浪费的现象,在飞机装配的过程中,很少有这方面的需求^[8]。通过对国内外装配间隙补偿的办法进行统计,可知固液混合垫片已经得到合理的使用。而且根据扫描测量数据,把固态垫片尺寸计算出来,至于一些细微间隙采用液体垫片,进而达到固液混合垫片补偿目的,这种方法非常经济实用^[9-11]。

4 结语

总而言之,装配间隙是一个对飞机气动外形和气密性影响很大的因素,为提高气动外形准确度,确保连接结构更加稳定,进而避免潜在的安全隐患,应重视并且合理地将先进的飞机转配间隙协调和加垫补偿技术应用到飞机制造中。在应用中,多总结整理装配间隙的三维空间形态,进而归纳出装配间隙形成规律,针对不同情况,采用最适合的间隙补偿方法,从而消除装配部件之间的间隙,提高飞机整体装配质量。

参考文献:

- [1] 毛方儒,王磊.三维激光扫描测量技术[J].宇航计测技术,2005(25):1-6.
- [2] 范玉青.飞机数字化装配技术综述[J].航空制造技术,2006(10):44-48.
- [3] 孙士平,胡政,朱永国.飞机部件数字化装配虚拟仿真实验教学平台建设与实践[J].科教导刊,2021,467(35):68-70.
- [4] 谢贺年,闵奥成,梁少东,等.数字化组合测量辅助飞机装配质量检测技术[J].信息记录材料,2021,22(10):148-149.
- [5] 同[3].
- [6] 汪小雨,原蒙.基于MBD的飞机数字化装配技术研究[J].现代制造技术与装备,2021,57(07):143-144.
- [7] 胡帅,魏开利,赵子越.用于飞机数字化制造装配的多系统协同几何量测量平台构建方案探讨[J].中国计量,2021,305(04):100-102,132.
- [8] 于辉,洪涛.大飞机部件柔性装配数字化调姿技术研究[J].科学技术创新,2021(05):179-180.
- [9] 常正平,夏松,杨根军,等.飞机部件数字化对接装配实验平台及教学项目设计[J].实验技术与管理,2020,37(12):52-56.
- [10] 金波,张立强,李宇昊,等.基于斜楔放大原理的飞机数字化装配球头球窝装置设计[J].制造业自动化,2020,42(12):6-11.
- [11] 赵永涛.飞机数字化装配中工业机器人应用[J].数字通信世界,2019,178(10):202-203.