

飞机机翼外翼盒段装配中的柔性装配技术研究

聂士焜

中航工业西安飞机工业(集团)有限责任公司 陕西 西安 710089

摘要: 随着航空工业的飞速发展,飞机机翼外翼盒段的装配技术日益受到关注。其中,柔性装配技术以其独特的优势,在提高装配效率、降低制造成本等方面展现出强大的潜力。本文旨在对飞机机翼外翼盒段装配中的柔性装配技术进行深入研究,探讨其原理、特点及应用,以为相关领域的研究和实践提供参考和借鉴。

关键词: 飞机机翼; 外翼盒段; 柔性装配技术; 数字化装配

引言

飞机机翼作为飞机的重要组成部分,其装配质量直接关系到飞机的性能和安全性。传统的机翼装配方法往往存在效率低下、精度不足等问题。而柔性装配技术作为一种先进的装配方法,能够有效解决这些问题,提高机翼装配的质量和效率。因此,对柔性装配技术在飞机机翼外翼盒段装配中的应用进行深入研究具有重要意义。

1 柔性装配技术概述

柔性装配技术^[1]是一种基于产品全数字化定义的、采用可重组的自动化与模块化装配的先进技术。它结合了数字化定位、自动化控制、模块化设计等多种技术手段,实现了飞机零组件的快速精准定位与装配。与传统的装配方法相比,柔性装配技术具有以下显著特点:

(1) 高效率:通过自动化和模块化的装配方式,大大提高了装配效率,缩短了生产周期。(2) 高精度:采用先进的数字化定位技术,实现了飞机零组件的精确对接,提高了装配精度。(3) 灵活性:能够适应不同型号、不同尺寸的飞机机翼外翼盒段的装配需求,具有很强的通用性和灵活性。(4) 降低成本:减少了固定式装配工装的数量和种类,节约了工装制造成本和存储空间。

2 柔性装配技术在飞机机翼外翼盒段装配中的具体应用

2.1 壁板与骨架的装配

壁板与骨架的装配是飞机机翼外翼盒段制造中的关键环节,其装配精度直接影响到机翼的整体性能和飞行安全。传统的装配方式往往依赖于工人的经验和技能,不仅效率低下,而且容易产生间隙和协调误差,难以满足现代飞机制造的高精度要求。而柔性装配技术的引入,为这一难题提供了有效的解决方案。柔性装配技术通过采用数字化装配定位技术,如激光跟踪仪等先进设备,对壁板和骨架进行精确定位。激光跟踪仪具有高精度、高稳定性的特点,能够实时跟踪并反馈装配部件的

位置信息,从而实现装配过程的精确控制。应用这种技术不仅能提高装配的定位精度,还能有效减少间隙和协调误差的产生。柔性装配技术的具体应用方法,首先要使用激光跟踪仪对骨架进行精确定位,确保其位置准确无误。其次,把骨架的理论外形当作基准,对壁板进行定位和调整。在这一过程中,数字化设备发挥着至关重要的作用,它们能够实时监测装配过程中的间隙和协调误差,并通过自动调整装置进行及时纠正,确保壁板与骨架的紧密配合。这种柔性装配方式的重点在于确保激光跟踪仪的精度和稳定性,因为它们是实现高精度装配的基础条件。与此同时,还需要实时监控和调整在装配过程中产生的间隙和协调误差,以确保装配质量的稳定性和一致性^[2]。除此之外,整个过程的装配环境也必须要保持清洁和稳定,因为任何外部因素的干扰都可能对装配精度产生不良影响。柔性装配技术的优势首先是能够提高装配定位精度,减少间隙和协调误差,从而显著提升机翼的整体性能和飞行安全。同时,这种技术还能够降低对工人技能的依赖,提高装配效率,缩短飞机制造周期并且降低成本。其次,柔性装配技术还具有很强的适应性,可以应用于不同机型的装配需求,从而满足飞机制造的多样化和个性化。

2.2 铆接孔的制孔

铆接孔的制孔是飞机机翼外翼盒段装配中的一项重要工艺,其质量直接关系到机翼的结构强度和飞行安全^[3]。传统的制孔方式主要依赖手工操作,不仅效率低下,而且难以保证孔位、孔径等参数的准确性和一致性,给装配过程带来了很大的不便和挑战。而柔性装配技术中的自动化制孔设备的应用,则彻底改变了这一现状。自动化制孔设备是柔性装配技术的重要组成部分,它通过高精度的控制系统和专用的刀具,能够根据预设的程序精确地制出符合要求的孔。这种设备集成了先进的数控技术、传感器技术和自动化技术,能够实现制孔过程的自

动化和智能化控制。在实际应用过程中,工人只需要将需要铆接的部位放置在设备的工作台上,并设定好制孔的参数和程序,然后,设备就会自动调整刀具的位置和参数,完成精确的制孔操作。该设备大幅度提高了制孔的效率和质量,操作非常简单方便。同时,数字化检测设备会对制孔质量进行实时监测和反馈,确保每一个孔位的准确性和一致性。这种制孔方式一方面大大提高了制孔的效率,另一方面还显著降低了工人的劳动强度和对技能的依赖^[4]。保障孔的质量,要点在于确保自动化制孔设备的精度和稳定性。只有设备具备足够的精度和稳定性,才能够保证制孔的准确性和一致性。此外,刀具的锋利度也是影响制孔质量的关键因素之一。因此,工人需要定期对刀具进行检查和更换,以保持其良好的工作状态。同时,实时监测制孔质量也是非常重要的,因为它能够帮助工人及时发现并解决问题,避免不必要的浪费和损失。自动化制孔设备的优势在于它能够提高制孔精度和一致性,降低工人劳动强度,提高生产效率,并减少人为因素对制孔质量的影响。

2.3 装配工装的重组与调整

装配工装是飞机机翼外翼盒段装配过程中的关键要素,其设计、组合与调整直接影响到装配的效率和质量。传统的装配工装往往是固定式的,一旦设计完成,很难进行大的改动,这导致在面对不同机型的装配需求时,需要设计和制造大量的专用工装,不仅成本高昂,而且效率低下。而柔性装配技术中的模块化柔性装配工装的应用^[5],则彻底改变了这一现状。模块化的柔性装配工装是柔性装配技术的核心组成部分,它由一系列标准化的模块组成,这些模块可以根据不同机型的装配需求进行灵活的组合和调整。这种设计思路不仅提高了工装的适应性和通用性,还降低了工装的设计成本和制造成本。在实际应用中,工人只需要根据具体机型的装配需求,选择合适的模块进行组合和调整,就能够快速搭建出满足要求的装配工装,大大提高了装配的效率和灵活性。在进行机翼外翼盒段装配时,工人可以根据具体机型的装配需求,选择合适的模块进行组合和调整。这些模块之间通过标准化的接口进行连接,不仅安装方便,而且拆卸和更换也非常容易。同时,工装上的定位器、夹具等部件也可以根据需要进行更换或调整,以适应不同机型的装配要求。此外,数字化设备的应用也为工装的精确校准和定位提供了有力的支持,确保了工装的精度和稳定性。在使用模块化的柔性装配工装时,需要注意几个要点。首先,要保持工装的精度和稳定性,因为它们是保证装配质量的基础。其次,要定期对工装进行

检查和维护,及时发现并解决问题,避免影响装配的进度和质量。最后,要确保工装的组合和调整符合具体机型的装配需求,避免出现装配干涉或误差。模块化的柔性装配工装的优势在于它具有很强的适应性和通用性,能够满足不同机型的装配需求。同时,它还能够减少工装的数量和种类,节约制造成本。此外,通过使用数字化设备进行精确校准和定位,还能够提高装配的效率和质量,降低生产周期。

3 柔性装配技术的应用策略

3.1 技术选择与整合

在飞机机翼的装配过程中,技术选择与整合是确保装配质量和效率的关键环节。针对具体的机翼型号和装配要求,选择适合的柔性装配技术至关重要。不同的机翼结构、材料和尺寸,都需要相应的装配技术来确保精准对接和高效装配。对于大型、复杂的机翼结构,传统的装配方法往往难以满足精度和效率的要求。因此,采用更为先进的数字化定位系统和自动化装配设备成为必然选择。这些系统和设备通过精确的测量和控制,能够实现机翼部件的快速定位和自动对接,大大提高装配的精度和效率。然而,在选择新技术的同时,整合现有的制造资源和技术也至关重要。柔性装配技术的引入并不意味着完全摒弃现有的工艺和设备。相反,通过合理的整合和优化,可以确保柔性装配技术与现有工艺、设备的兼容性,实现技术的平稳过渡和升级。这不仅可以避免重复投资和技术浪费,还能充分发挥现有资源的潜力,提高整体的生产效益。在技术选择与整合的过程中,需要充分考虑机翼装配的实际需求和现有资源的情况。通过深入分析和评估,选择最适合的柔性装配技术,并制定相应的整合方案。同时,还需要加强技术培训和人员技能提升,确保员工能够熟练掌握新技术的应用和操作。只有这样,才能充分发挥柔性装配技术的优势,提高飞机机翼的装配质量和效率。

3.2 工艺规划与优化

在飞机机翼的柔性装配过程中,工艺规划与优化是确保装配质量和效率的重要环节。通过制定详细的工艺规划,可以明确各个装配阶段的任务、目标和关键控制点,从而确保装配过程的连贯性和一致性。这不仅有助于减少装配过程中的混乱和错误,还能提高装配的精度和稳定性。工艺规划需要充分考虑机翼的结构特点、装配要求和现有资源等因素。针对不同的装配阶段和部件,需要制定相应的工艺方案,明确装配方法、工具和设备等。同时,还需要设置关键控制点,对装配过程中的重要参数和状态进行监控和调整,确保装配质量和效

率。在工艺规划的基础上,对装配工艺进行持续优化是提高装配效率和质量的关键。通过调整装配顺序、优化工装设计等方式,可以减少装配过程中的干涉和误差,提高装配的精度和效率。例如,通过合理的装配顺序规划,可以避免部件之间的相互干扰,减少装配难度和时间;通过优化工装设计,可以提高工装的定位精度和稳定性,降低装配误差^[7]。此外,工艺优化还需要注重装配过程的可视化和信息化。通过引入先进的数字化技术和信息管理系统,可以实时监控装配过程的状态和参数,及时发现和解决问题。同时,还可以对装配数据进行收集和分析,为工艺优化提供数据支持。

3.3 持续改进与创新

在飞机机翼装配这一高度复杂且精密的领域中,持续改进与创新的文化氛围是推动企业不断前行的关键动力。为了保持行业领先地位并满足日益严格的装配要求,企业必须鼓励并赋予员工参与装配过程改进和创新的权力与机会。员工的意见和建议是宝贵的资源,他们身处生产一线,对装配过程中的每一个环节都有着深刻的理解。通过定期的员工反馈会议、建议箱和在线协作平台等多种渠道,积极收集员工的想法和建议,企业能够及时发现并解决装配过程中存在的问题,从而提升生产效率和产品质量。此外,企业还需要密切关注行业内的最新技术动态和发展趋势。航空制造领域的技术更新迅速,新的柔性装配技术和设备不断涌现。通过参加行业展览、研讨会和技术交流活动等,企业可以及时了解并掌握这些新技术,评估其对企业装配过程的潜在影响,并决定是否引入。引入新的柔性装配技术和设备不仅可以提升装配效率和质量,还能帮助企业开发新的机翼产品和满足客户的个性化需求。这种技术更新和创新能够使企业在激烈的市场竞争中保持领先地位,并持续为客户提供卓越的产品和服务。

3.4 安全与风险管理

在飞机机翼的柔性装配过程中,安全与风险管理是至关重要的。毕竟,任何技术应用的首要前提都是确保人员的安全和设备的完整。因此,在应用柔性装配技术时,必须充分考虑各种安全因素,确保整个装配过程的

安全性。为了实现这一目标,制定严格的安全操作规程是必不可少的。这些规程应该涵盖装配过程的每一个环节,明确员工在不同情况下的安全操作要求。通过定期的培训和实践,确保员工能够熟练掌握这些规程,并在实际工作中严格遵守。此外,制定应急预案也是安全管理的重要环节。这些预案应该针对装配过程中可能出现的各种紧急情况,如设备故障、火灾、人员伤害等,明确应对措施和责任人。通过定期的演练和更新,确保预案的有效性和实用性。除了安全管理,风险管理也是柔性装配过程中不可忽视的一部分。装配过程中可能会出现各种风险,如设备故障、装配误差、质量问题等。这些风险如果不及及时识别和处理,可能会对装配进度和质量造成严重影响。因此,需要对装配过程中可能出现的风险进行全面的识别和评估。通过分析历史数据、模拟实验和专家评估等方法,确定各种风险的发生概率和影响程度。然后,根据评估结果制定相应的风险应对措施,如加强设备维护、优化装配工艺、提高质量检测标准等。

结语

本文对飞机机翼外翼盒段装配中的柔性装配技术进行了深入研究。通过探讨其原理、特点及应用,可以看出柔性装配技术在提高飞机机翼装配质量和效率方面具有显著优势。然而,在实际应用中仍需注意解决其面临的挑战和问题。未来随着科技的不断进步和发展,相信柔性装配技术将会在航空领域发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]沙业典.飞机翼身数字化柔性对接装配技术研究[D].中北大学,2023.
- [2]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(5):179-180.
- [3]冯军.柔性定位技术在飞机装配中的应用[J].百科论坛电子杂志,2020(14):264-265.
- [4]刘娜.飞机柔性装配工装关键技术及发展趋势分析[J].环球市场,2020(16):376.
- [5]聂永福.飞机柔性装配工装关键技术研究[J].科学技术创新,2023(10):15-16.