

# 飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究

陈丽婷

陕西飞机工业有限责任公司 陕西 汉中 723000

**摘要:** 在航空工业高歌猛进的背景下,飞机装配技术正经历着翻天覆地的变革。其中,飞机柔性装配方法,以其卓越的灵活性和适应性,逐渐崭露头角,成为研究的璀璨焦点。本文深入剖析了柔性装配在飞机制造中的核心重要性,并细致探讨了其在实际应用中的卓越表现。通过对其原理的阐释、技术特点的描绘以及应用实例的展示,本文旨在为飞机装配工艺的革新与优化提供坚实的理论支撑和实践指引。

**关键词:** 飞机装配; 柔性装配方法; 应用

## 引言

在航空制造的宏伟舞台上,飞机装配环节无疑扮演着举足轻重的角色,它对精度、效率与质量的苛求,犹如对艺术品的精雕细琢。然而,传统的刚性装配方式在面对多样化、小批量生产时,如同老旧的工具面对新挑战,显得捉襟见肘。此时,飞机柔性装配方法如璀璨新星般崛起,以其卓越的灵活性和适应性,为现代飞机装配领域注入了新的活力。本文将深入挖掘柔性装配的重要性,并详细阐述其在飞机装配中的具体应用,为航空制造的进步贡献智慧与力量。

## 1 飞机柔性装配方法在飞机装配中的重要性

飞机柔性装配方法,作为航空制造领域的一项革命性技术,其重要性在飞机装配过程中日益凸显。该方法深度融合了数字化、自动化和智能化技术,借助可调节、可重构的装配工装和设备,实现了对不同型号、不同构型飞机的快速、高效、高精度装配。首先,柔性装配方法通过采用模块化、标准化的工装和设备,显著提高了装配效率。在传统的刚性装配中,每次更换飞机型号或构型都需要重新设计和制造工装,耗时费力。而柔性装配方法通过快速更换和调整工装,大大减少了装配过程中的非增值时间,实现了生产线的快速转换和高效利用。其次,柔性装配方法利用先进的测量技术和控制算法,实现了对装配过程的精确控制,有效降低了装配误差。在飞机装配中,微小的误差都可能对飞机的性能和安全性产生重大影响。柔性装配方法通过实时监测和调整装配过程中的各项参数,确保了装配质量的稳定性和一致性。最后,柔性装配方法具有高度的灵活性和适应性,能够快速响应市场变化和 product 更新换代的需求。在航空市场日益竞争激烈的背景下,飞机制造商需要不断推出新型号、新构型的飞机以满足客户需求。柔性装配方法通过快速适应不同型号、不同构型的飞机装配需

求,为飞机制造商提供了更大的竞争优势和市场空间<sup>[1]</sup>。

## 2 飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用

### 2.1 柔性工装技术

柔性工装技术,作为飞机柔性装配方法的核心组成部分,其在现代飞机装配中的应用已经变得日益广泛和深入。这项技术通过采用可调节、可重构的工装结构,配合数字化控制系统,实现了对工装的高精度调整和快速定位,为飞机装配过程带来了革命性的变革。在传统的飞机装配中,工装往往是针对特定型号、特定构型的飞机进行设计和制造的,一旦飞机型号或构型发生变化,就需要重新设计和制造工装,这不仅造成了巨大的资源浪费,而且严重影响了装配效率。而柔性工装技术的出现,彻底改变了这一局面。它采用模块化、标准化的设计理念,通过更换和调整工装模块,就可以适应不同型号、不同构型飞机的装配需求,大大提高了工装的适应性和利用率。在实际应用中,柔性工装技术已经成功应用于机翼、机身等关键部件的装配过程中。以机翼装配为例,传统的刚性工装需要针对每种机翼型号进行定制,而柔性工装则可以通过调整工装模块的位置和姿态,实现对不同型号机翼的快速适应。这不仅减少了工装更换和调整的时间,还提高了装配精度和质量。除了提高装配效率和精度外,柔性工装技术还显著降低了工装制造成本和更换时间。由于工装模块可以重复使用,因此不需要为每种飞机型号都制造一套全新的工装,这大大节省了制造成本。同时,工装模块的更换和调整过程也相对简单和快速,进一步缩短了装配周期。此外,柔性工装技术还具有良好的可扩展性和可维护性。当需要增加新的飞机型号或构型时,只需要设计和制造相应的工装模块,就可以轻松扩展到现有的柔性工装系统中。同时,由于工装模块采用标准化设计,因此维护和维修也相对方便和快捷。

## 2.2 自动化装配技术

自动化装配技术是飞机柔性装配方法中不可或缺的一环,代表着现代飞机制造业的先进水平和发展方向。该技术主要依赖高度精确的机器人、自动化设备以及先进的控制系统,实现装配过程的自动化、智能化和柔性化,从而显著提高装配效率和装配质量。在传统飞机装配过程中,大量依赖人工操作,不仅效率低下,而且装配精度和质量难以保证。自动化装配技术的引入,彻底改变了这一现状。例如,在钻孔工序中,传统方法需要工人手持钻具进行手动操作,劳动强度大,且容易出现误差。而采用自动化装配技术后,可以通过预先编程的机器人或自动化设备,实现精确、快速的钻孔操作,大大提高了装配效率和精度。同样,在铆接工序中,自动化装配技术也发挥了巨大作用。传统铆接操作需要工人手持铆枪进行逐一铆接,不仅效率低下,而且长时间操作容易导致工人疲劳,影响装配质量。而采用自动化装配技术后,可以通过自动化设备实现连续、稳定的铆接操作,不仅提高了装配效率,而且保证了装配质量的一致性。此外,在涂胶工序中,自动化装配技术同样展现出其优势。传统涂胶操作需要工人手动涂抹胶水,不仅效率低下,而且涂抹的均匀性和厚度难以保证。而采用自动化装配技术后,可以通过精确的控制系统和涂胶设备,实现均匀、稳定的涂胶操作,大大提高了装配质量和可靠性。自动化装配技术的应用不仅提高了装配效率和精度,更重要的是降低了人工成本和劳动强度。在传统装配方法中,大量的人工操作不仅需要支付高额的人工费用,而且长时间的高强度劳动对工人的身体健康也构成了严重威胁。而自动化装配技术的引入,使得装配过程更加轻松、高效,为工人创造了更好的工作环境。当然,自动化装配技术的应用也面临一些挑战和限制。例如,对于某些复杂的装配工序或特殊的装配要求,可能需要更加高级的自动化设备和控制系统。此外,自动化装配技术的引入也需要对现有的生产流程进行改造和优化,以适应新的装配方式。然而,这些挑战和限制并不会阻碍自动化装配技术在飞机柔性装配中的广泛应用和发展。相反,随着技术的不断进步和成本的逐渐降低,自动化装配技术将在未来的飞机制造业中发挥更加重要的作用<sup>[2]</sup>。

## 2.3 数字化测量技术

数字化测量技术是飞机柔性装配方法中的一项关键支撑技术,它以其高精度、高效率的特点,在飞机装配过程中发挥着举足轻重的作用。随着航空工业的飞速发展,对飞机装配的精度和效率提出了更高要求,而数

字化测量技术正是满足这些要求的重要手段之一。数字化测量技术主要利用激光跟踪仪、三维视觉系统等高精度测量设备,对飞机装配过程中的各个部件进行精确测量和定位。这些设备能够在短时间内获取大量的测量数据,并通过先进的算法对这些数据进行处理和分析,从而得出准确的测量结果。这种测量方式不仅大大提高了测量精度,还显著提升了测量效率,为飞机装配的顺利进行提供了有力保障。在实际应用中,数字化测量技术已广泛应用于飞机大部件对接、全机水平测量等关键环节。在飞机大部件对接过程中,利用数字化测量技术可以精确掌握各部件的空间位置和姿态,确保对接的准确性和一致性。这不仅避免了传统装配方法中可能出现的对接误差和返工问题,还提高了装配效率和质量。在全机水平测量环节,数字化测量技术可以快速准确地获取飞机的整体姿态和位置信息,为后续的装配调整提供重要依据。除了上述应用外,数字化测量技术在飞机柔性装配中还具有更多的潜在应用空间。例如,在装配过程中进行实时监控和误差补偿。通过实时采集装配过程中的测量数据,并与理论数据进行对比分析,可以及时发现装配误差并进行相应的补偿调整。这不仅可以保证装配的准确性和一致性,还可以有效避免装配过程中可能出现的各种问题和隐患。此外,数字化测量技术还可以与其他先进技术相结合,形成更为完善的飞机柔性装配体系。例如,将数字化测量技术与自动化装配技术相结合,可以实现飞机部件的自动化对接和装配,进一步提高装配效率和质量。同时,将数字化测量技术与人工智能技术相结合,可以实现装配过程的智能化监控和优化,为飞机装配的未来发展开辟新的道路。

## 2.4 智能化管理技术

随着科技的飞速发展,智能化管理技术已成为飞机柔性装配中不可或缺的一环。借助物联网、大数据、云计算等先进手段,智能化管理技术为飞机装配带来了前所未有的便捷与高效,极大地提升了装配过程的质量和效率。在传统飞机装配中,管理者往往需要依赖经验和人工统计来处理大量数据,这不仅效率低下,而且容易出错。然而,智能化管理技术的引入彻底改变了这一现状。通过物联网技术,装配线上的每一个环节都可以被实时监控和记录,从而确保数据的准确性和及时性。这些数据随后被传输到云端进行处理和分析,为管理者提供了全面、深入的装配过程视图。在生产计划制定方面,智能化管理技术可以根据历史数据和实时反馈,预测装配线的生产能力,并据此制定更为合理的生产计划。这不仅避免了生产过剩或不足的情况,还优化了资

源配置,降低了生产成本。同时,通过对装配过程中各种因素的分析,智能化管理技术还可以帮助管理者发现潜在的生产瓶颈和问题,从而提前采取措施进行改进。在物料管理方面,智能化管理技术也发挥了巨大作用。通过精确的库存监控和实时的需求预测,该系统能够确保装配线上所需物料的及时供应,同时减少库存积压和浪费。此外,通过与供应商的信息共享和协同工作,智能化管理技术还可以进一步提高供应链的响应速度和灵活性。质量控制是飞机装配中至关重要的一环。智能化管理技术通过自动化检测和数据分析,能够实时监控装配过程中的质量指标,并在发现问题时立即报警或采取纠正措施。这不仅大大提高了产品质量水平,还降低了因质量问题导致的返工和维修成本。除了上述应用外,智能化管理技术还在人员培训、设备维护等方面发挥了重要作用。例如,通过虚拟现实和模拟训练技术,新员工可以在短时间内掌握装配技能;而通过对设备运行数据的分析,维护人员可以预测设备的故障趋势并提前进行维护<sup>[3]</sup>。

### 2.5 集成化装配系统

集成化装配系统是飞机柔性装配方法的核心与综合应用体现,它代表了现代飞机制造业在装配技术上的最新进展。这一系统不是简单地堆砌各种先进技术,而是将柔性工装技术、自动化装配技术、数字化测量技术和智能化管理技术等有机融合,构建出一个高效、精确且适应性强的装配环境。柔性工装技术是集成化装配系统的基础。传统的飞机装配工装多为刚性结构,缺乏灵活性和适应性。而柔性工装则采用模块化设计,能够根据不同机型的装配需求进行快速调整和配置,大大提高了工装的利用率和装配效率。同时,柔性工装还具备误差补偿功能,能够实时修正装配过程中的微小偏差,确保装配精度的稳定性和一致性。自动化装配技术则是集成化装配系统的重要组成部分。通过引入先进的机器人技术和自动化设备,飞机装配过程中的许多重复性和高强度工作都可以由机器来完成,从而显著降低了工人的劳

动强度,提高了装配效率和质量。此外,自动化装配技术还能够实现装配过程的连续性和一致性,避免了人为因素造成的装配误差和质量波动。数字化测量技术为集成化装配系统提供了精确的数据支持。通过激光跟踪仪、三维扫描仪等高精度测量设备,可以实时获取飞机装配过程中的各种关键数据,如零件位置、姿态、间隙等。这些数据不仅用于指导装配过程的进行,还可以用于后续的质量检测和性能评估。数字化测量技术的引入大大提高了装配过程的透明度和可控性,为飞机制造的质量提升提供了有力保障。智能化管理技术则是集成化装配系统的“大脑”。通过先进的信息化管理平台和智能化算法,可以对装配过程进行全面监控和智能优化。例如,通过对装配数据的实时分析,可以及时发现装配过程中的异常情况和潜在问题,并自动调整装配策略以确保装配质量和效率。智能化管理技术的引入不仅提高了装配过程的自动化水平,还为飞机制造的智能化和数字化转型奠定了基础。

### 结语

在探索航空制造的奥秘中,本文深入剖析了飞机柔性装配方法的核心价值与应用前景。通过对其原理的细致阐述、技术特点的精准把握以及应用实例的生动展示,我们不难发现,柔性装配在提升装配效率、减少误差及应对多样化需求方面展现出无可比拟的优势。展望未来,随着科技的不断突破与创新,飞机柔性装配方法定将在航空制造领域大放异彩,为航空工业的腾飞贡献不可或缺的力量。

### 参考文献

- [1]杨浩然,安鲁陵,黎雪婷.飞机结构中柔性件装配偏差分析与控制研究进展[J].航空制造技术,2021,64(04):30-37.
- [2]王明明.飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究[J].科技创新,2020(18):17-19.
- [3]吴冰.基于飞机装配型架设计技术的研究[J].科技创新导报,2020,17(08):2-3.