

# 飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究

屈伟强

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

**摘要:** 飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究旨在探讨柔性装配如何提高飞机装配效率、精度与灵活性。通过研究,我们发现柔性装配的关键技术包括数字化预装配、自动化柔性工装、模块化设计以及机器视觉与传感器技术。这些技术的应用使装配过程更加精确、高效和智能化。面向未来,智能柔性装配、模块化设计、定制化生产等趋势将主导飞机装配业。企业应提升数字化水平,加强人才培养与引进,并寻求合作与协同创新,以适应这些变革。

**关键词:** 飞机柔性装配方法; 飞机装配; 应用

引言: 随着航空工业的快速发展,飞机装配面临着更高的效率、精度和质量要求。传统的装配方法已经难以满足现代飞机制造的需求,因此柔性装配方法逐渐成为研究的热点。柔性装配方法能够快速适应不同型号、规格的飞机装配需求,提高生产效率和制造质量。本文旨在探讨飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用,分析其关键技术和发展趋势,为企业应对市场变化和提供竞争力提供借鉴和指导。

## 1 飞机装配技术的历史与发展

飞机装配技术经历了漫长的发展历程,从传统的手工装配到现代的数字化、自动化装配,技术的革新不断推动着飞机制造业的进步。传统的飞机装配主要依赖于手工操作,通过工人的技能和经验,利用简单的工具和设备进行装配。这种方法的精度和效率相对较低,生产周期较长,且容易受到人为因素的影响。尽管如此,在早期的飞机制造业中,由于技术和设备的限制,这种装配方式占据主导地位。随着科技的不断发展,现代飞机装配技术经历了深刻的变革。数字化技术的兴起为飞机装配带来了革命性的改变。通过数字化建模、仿真和检测技术的应用,现代飞机装配实现了从手工到数字化的转变,大大提高了装配的精度和效率。同时,自动化技术的引入也极大程度地减轻了工人的劳动强度,提升了生产效率。柔性装配方法是一种基于数字化和自动化技术的先进装配策略。与传统装配方法相比,柔性装配具有高度的灵活性、模块化和可重构性,能够适应不同型号、规格的飞机装配需求。通过数字化预装配、自动化柔性工装、模块化设计等技术手段,柔性装配方法显著提高了装配精度、生产效率和制造质量。随着航空市场的多样化需求以及飞机制造业竞争的加剧,柔性装配方法在飞机装配中的应用前景广阔。通过柔性装配的应用,企业能够更好地应对市场变化,快速响应定制化生

产的需求,缩短产品上市周期,提高企业的竞争力和适应能力。同时,随着技术的不断进步和应用深化,柔性装配方法有望在未来实现更大的突破和创新,为飞机制造业的发展注入新的活力<sup>[1]</sup>。总之,飞机装配技术经历了从传统到现代的变革,而柔性装配方法的出现与应用为飞机制造业带来了新的发展机遇。随着技术的不断创新和进步,相信柔性装配方法将在飞机装配中发挥更加重要的作用,推动整个行业迈向更高的发展阶段。

## 2 飞机柔性装配方法的关键技术

飞机柔性装配方法的实施依赖于一系列关键技术,这些技术为柔性装配提供了强大的支持,使得飞机装配更加高效、精确和灵活。

### 2.1 数字化预装配技术

数字化预装配技术是飞机制造过程中的一种重要技术,它基于数字化的模型进行装配过程的模拟和优化。这种技术的出现,极大地提高了飞机装配的效率和精度,同时也降低了生产成本。首先,数字化预装配技术通过数字化建模,可以精确地预测实际装配过程中可能出现的问题。在传统的飞机装配过程中,由于各种原因,可能会出现装配错误或者装配质量问题。这些问题在装配过程中往往难以发现,只有在飞机试飞或者使用过程中才会暴露出来,这样不仅会增加维修成本,还可能对飞机的安全性造成威胁。而数字化预装配技术可以通过模拟装配过程,提前发现并解决这些问题,从而确保飞机的质量和安全性。其次,数字化预装配技术还可以帮助企业生产前进行详细的生产计划安排。通过数字化预装配技术,企业可以根据模型预测出装配过程中的各种情况,从而制定出更为合理的生产计划。这不仅可以提高生产效率,还可以避免因为生产计划不合理而导致的资源浪费。此外,数字化预装配技术还可以提高飞机装配的精度。在传统的飞机装配过程中,由于人为

因素, 往往会出现装配精度不高的问题。而数字化预装配技术可以通过精确的模型, 确保装配过程的精度, 从而提高飞机的性能<sup>[2]</sup>。总的来说, 数字化预装配技术是飞机柔性装配的核心, 它通过数字化建模, 预测和解决装配过程中可能出现的问题, 提高生产效率, 降低生产成本, 提高飞机的质量和性能。

## 2.2 自动化柔性工装技术

自动化柔性工装技术是一种先进的制造技术, 它通过使用自动化设备、传感器和执行器等工具, 实现了对飞机装配过程的快速、准确和灵活调整。这种技术的出现, 极大地提高了飞机装配的效率和质量, 降低了生产成本, 为航空制造业的发展带来了巨大的推动力。首先, 自动化柔性工装技术能够根据不同型号、规格的飞机进行快速调整和重构。这意味着, 无论飞机的设计如何变化, 自动化柔性工装都能够迅速适应这些变化, 确保装配过程的顺利进行。这种灵活性使得飞机制造商能够在保持生产节奏的同时, 满足客户对各种类型飞机的需求。其次, 自动化柔性工装技术能够实现高效、精确的定位、夹紧和加工。通过使用高精度的传感器和执行器, 自动化柔性工装能够实时监测飞机部件的位置和状态, 确保装配过程中的每个步骤都精确无误。此外, 自动化柔性工装还能够自动调整夹紧力度, 确保飞机部件在装配过程中不会受到损伤。这些功能不仅提高了装配过程的效率, 还保证了飞机部件的质量。再次, 自动化柔性工装技术减少了人为误差, 提高了装配质量。在传统的飞机装配过程中, 人为因素往往是导致质量问题的主要原因。然而, 自动化柔性工装技术通过使用先进的计算机控制系统和人工智能算法, 实现了对装配过程的精确控制, 从而大大降低了人为误差的影响。这使得飞机制造商能够生产出更加可靠、安全的飞机产品<sup>[3]</sup>。最后, 自动化柔性工装技术还具有很高的经济性。虽然自动化设备的初期投资较大, 但由于其能够提高生产效率、降低人工成本和减少质量问题, 因此从长远来看, 自动化柔性工装技术能够为飞机制造商带来显著的经济效益。总之, 自动化柔性工装技术是航空制造业的重要发展方向。随着技术的不断进步和市场的不断扩大, 自动化柔性工装技术将在未来的飞机制造过程中发挥越来越重要的作用。

## 2.3 模块化、可重构的装配系统设计

模块化、可重构的装配系统设计是一种先进的设计理念, 它通过将复杂的飞机结构分解为若干个独立的模块, 实现了对不同模块的独立装配。这种设计方式不仅大大提高了装配的灵活性和生产效率, 而且还便于维护

和升级, 使得企业能够快速应对市场变化和产品改进需求。首先, 模块化、可重构的装配系统设计提高了装配的灵活性。在传统的装配过程中, 由于飞机结构的复杂性, 往往需要大量的人力和物力进行装配, 而且一旦出现问题, 可能需要对整个飞机结构进行检查和修复, 这无疑增加了装配的难度和成本。而模块化、可重构的装配系统设计则通过将飞机结构分解为若干个模块, 使得每个模块都可以独立进行装配, 大大简化了装配过程, 提高了装配的灵活性。其次, 模块化、可重构的装配系统设计提高了生产效率。在传统的装配过程中, 由于飞机结构的复杂性, 往往需要大量的时间进行装配, 这无疑降低了生产效率。而模块化、可重构的装配系统设计则通过将飞机结构分解为若干个模块, 使得每个模块都可以独立进行装配, 大大缩短了装配时间, 提高了生产效率。此外, 模块化、可重构的装配系统设计还便于维护和升级。在传统的装配过程中, 由于飞机结构的复杂性, 一旦出现问题, 可能需要对整个飞机结构进行检查和修复, 这不仅增加了维护的难度, 而且也增加了维护的成本。而模块化、可重构的装配系统设计则通过将飞机结构分解为若干个模块, 使得每个模块都可以独立进行维护和升级, 大大简化了维护过程, 降低了维护成本。最后, 模块化、可重构的装配系统设计使得企业能够快速应对市场变化和产品改进需求。在传统的装配过程中, 由于飞机结构的复杂性, 一旦市场发生变化或者需要进行产品改进, 可能需要对整个飞机结构进行重新设计和制造, 这无疑增加了企业的运营成本和风险。而模块化、可重构的装配系统设计则通过将飞机结构分解为若干个模块, 使得企业可以根据市场变化和产品改进需求, 快速调整和优化模块, 从而快速应对市场变化和产品改进需求<sup>[4]</sup>。

## 2.4 机器视觉与传感器技术在装配过程中的运用

机器视觉和传感器技术在飞机柔性装配过程中发挥着至关重要的作用。它们为飞机制造提供了强大的感知和控制能力, 使得装配过程更加精确、高效和智能化。首先, 机器视觉技术在飞机柔性装配中具有实时监控和定位的功能。通过高速摄像头捕捉装配过程中的图像信息, 然后利用计算机视觉算法对这些图像进行分析和处理, 可以实现对装配过程的实时监控。这样, 操作人员可以及时发现装配过程中的问题, 如零件错位、装配不准确等, 从而确保装配的精确性和一致性。此外, 机器视觉技术还可以实现对装配过程中的关键特征点进行定位, 为后续的装配工作提供准确的参考。其次, 传感器技术在飞机柔性装配中用于检测各种参数, 为实时调整

和控制提供数据支持。这些参数包括位置、速度、压力等，它们对于保证装配质量和提高装配效率具有重要意义。例如，通过安装在装配机器人末端的压力传感器，可以实时检测到装配过程中施加在零件上的压力大小，从而实现对装配力的精确控制。这样既可以避免因压力过大导致的零件损坏，也可以避免因压力过小导致的装配不牢固。除了上述功能外，机器视觉和传感器技术还可以实现对装配过程的智能优化。通过对大量装配数据的分析和挖掘，可以发现装配过程中的潜在问题和改进空间。例如，通过对装配过程中的力、位姿等参数进行分析，可以找出影响装配质量的关键因素，从而制定针对性的优化措施。此外，这些技术还可以实现对装配过程的自动化和智能化控制，减少人工干预，降低生产成本。

### 3 面向未来的飞机柔性装配发展趋势与建议

随着科技的不断进步和市场需求的多样化，飞机柔性装配的发展趋势日益明显。在未来，智能柔性装配、模块化设计、定制化生产等将成为主导，同时增材制造、AI等新技术的应用也将为飞机装配带来更多可能性。

#### 3.1 发展趋势

**智能柔性装配：**随着工业和智能制造的兴起，智能柔性装配将成为未来发展的重要方向。通过引入物联网、大数据、云计算等技术，实现装配过程的实时监控、预测和调整，提高装配效率和精度。**模块化设计：**模块化设计能够大大提高装配的灵活性和生产效率。未来，随着设计技术的不断进步，飞机结构的模块化程度将进一步提高，使得快速装配、升级和维护成为可能。**定制化生产：**随着航空市场的多样化需求，定制化生产将成为主流。通过柔性装配技术，企业可以根据客户需求快速调整装配过程，满足个性化需求。

#### 3.2 技术发展方向

**增材制造：**增材制造（3D打印）技术的不断发展为

飞机装配提供了新的可能性。通过增材制造，可以实现复杂结构的快速、精确制造，降低装配难度和成本。AI在飞机装配中的深入应用：人工智能技术将在飞机装配中发挥越来越重要的作用。AI可用于提高装配过程的自适应能力和智能化水平，实现预测性维护和智能监控等。

#### 3.3 企业层面建议

**提升数字化水平：**企业应加大数字化技术的投入，提升数字化设计、仿真和检测能力，为柔性装配提供强大的数据支撑。**加强人才培养与引进：**培养和引进具备先进技术知识和实践经验的人才，是推动企业柔性装配发展的重要保障。**合作与协同创新：**加强与科研机构、高校的合作，共同开展技术研究和创新，提升企业的技术水平和竞争力。

#### 结束语

在飞机装配中，柔性装配方法具有重要意义，它能满足现代化飞机的制造要求，提高生产效率、降低成本，同时提高制造质量。数字化、自动化、模块化等技术发展使得柔性装配方法的优势更加明显。未来，随着市场需求和技术创新，柔性装配方法将在飞机装配中发挥更重要作用。企业应重视柔性装配方法的研究和应用，提高技术水平和创新能力，以适应不断变化的市场环境。

#### 参考文献

- [1]刘婷婷.飞机柔性装配方法与技术的研究[J].航空制造技术,2021,54(12):32-33.
- [2]王亮.飞机柔性装配技术及其装备的发展与挑战[J].航空制造技术,2020,53(15):26-27.
- [3]段琳,王亮.基于多学科协同优化的飞机柔性装配工艺规划[J].中国机械工程,2022,33(16):62-63.
- [4]胡永,刘战强,宋剑.基于机器视觉的飞机装配中柔性定位技术研究[J].中国机械工程,2021,32(11):1.