

飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用

薛金朋

陕西飞机工业有限责任公司 陕西 汉中 723213

摘要：飞机装配工作是飞机制造过程中的关键环节，其中柔性装配方法因其高效、灵活的特点而受到广泛关注。本文概述了飞机装配的核心任务，并详细探讨了飞机柔性装配的工作内容、特点及其在飞机装配中的应用，包括定位打孔技术、总装柔性对接技术、大型部件应用、装配总装环节以及智能化与自动化的融合应用。通过对这些内容的深入分析，旨在为读者提供对飞机柔性装配技术的全面理解，并为其未来发展提供参考。

关键词：飞机；柔性装配方法；飞机装配；应用

引言

飞机装配作为飞机制造的核心环节，其效率与质量直接关系到飞机的性能与安全性。随着科技的进步，传统的刚性装配方法已难以满足现代飞机制造的需求。飞机柔性装配技术因其高效、灵活的特点，逐渐成为飞机装配领域的研究热点。本文旨在深入探讨飞机柔性装配技术及其在飞机装配中的应用，以为飞机制造技术的发展提供新的思路。

1 飞机装配工作概述

1.1 飞机装配的核心任务

飞机装配工作是一项精密且复杂的任务，它严格遵循既定的尺寸规格与协调准则，这一过程中，需要将成百上千的工艺设备与零部件，依据详尽的工艺及设计要求，精确地组合与镶嵌在一起，这一系列操作涵盖了飞机零部件与设备的全面装配，直至最终完成整机的组装^[1]。鉴于飞机装配涉及的零件数量庞大且尺寸各异，每个零件的形状、连接部件及其数量均极为复杂，且对安装的精确度和完整性有着极高的要求，因此飞机装配工作的实施需投入大量的人力、物力及财力资源。在传统飞机装配作业中，单纯依赖零件的尺寸加工精度是难以满足组装需求的。然而，随着飞机装配技术的不断进步，装配方式已从传统的模式逐步向柔性装配工艺转变。柔性装配工艺以其独特的优势，能够很好地应对飞机装配过程中零件镶嵌与设备组装的复杂需求，有效解决了传统装配方式存在的周期长、成本高的难题。通过采用柔性装配工艺，飞机装配的工作质量和工作效率均得到了显著提升。这一转变不仅体现了飞机装配技术的革新与进步，也进一步推动了航空制造业的快速发展。如今飞机装配工作已不再是单纯依靠人工操作的传统工艺，而是融合了现代科技手段与智能化技术的先进制造流程，为飞机的安全、高效生产提供了有力保障。

1.2 飞机柔性装配概述

1.2.1 飞机柔性装配工作内容

飞机柔性装配相较于传统装配，其工作内容与技术方法发生了深刻变革。在柔性装配的初步阶段，需精心设计和调试项目运行结构，并对飞机的每项设备及安装步骤进行细致审核与准备。依据设计师的图纸和装配流程，整理归纳装配要点，确保装配工作严格符合设计要求和质量标准。完成装配后，还需对零件和设备进行优化调试，验证装配方式的可行性与合理性。柔性装配过程中，技术人员需利用计算机仿真模拟技术对装配的每一步进行预先测试与分析。这包括对工装及制孔操作的可行性评估与质量测试，以确保装配参数的稳定性和装配流程的可靠性。通过仿真模拟，技术人员能够及时发现并解决潜在问题，提高装配效率与质量。

1.2.2 飞机柔性装配工作特点

飞机柔性装配工作展现出三大显著特点：一是装配设计倾向于使用结构离散化，而非整体骨架结构，以适应柔性化装配的需求。通过定位元件的使用，满足装配设备离散化的布局要求。二是原件模块处于同一板块中，通过集中模块实现设备与零部件的支撑、定位及收紧工作，满足自动控制要求。模块间的自动控制功能能够自动调整位置关系，确保装配件的精确定位，提高装配精度与安装质量。三是元件也具备自动化控制能力，仿照模块的自动控制关系，柔性装配元件采用快速工装定位，以满足柔性安装的精确度要求，进一步提升装配效率与准确性。

2 飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究

2.1 定位以及打孔技术

在飞机柔性装配技术的实际操作中，定位与打孔技术是关键环节，管理者通过运用柔性定位技术，结合数字化测量设备，确保了定位装配过程的精确性和完整

性,这一技术的运用,不仅提高了装配效率,还显著提升了装配质量^[2]。随着技术的不断发展,管理者在定位技术方面进行了进一步的升级。他们引入了更精确、更高效的定位设备,以应对日益复杂的装配需求。在实际应用中自动监测环境系统的经济性和实用性并未达到预期效果。在新机型的开发中,管理者更多地采用了自适应分析控制系统。这一系统能够根据实际装配情况,自动调整定位参数,确保装配过程的精确性和稳定性。在打孔技术方面,柔性钻孔技术的应用进一步优化了装配效果。通过采用这一技术,管理者能够精确控制打孔位置和深度,确保飞机整体结构达到参数标准。这不仅提高了飞机的整体性能,还降低了装配过程中的误差率。值得注意的是,飞机制造项目所使用的主要材料,如复合材料和钛合金材料,给打孔工作带来了不小的挑战。这些材料具有高强度、高硬度等特点,使得打孔过程变得复杂且困难。然而,通过运用柔性安装技术,管理者能够迅速解决这些问题。他们利用先进的打孔设备和工艺,结合柔性装配技术的优势,确保了打孔工作的顺利进行。这不仅提高了打孔效率,还保证了打孔质量,为飞机的整体性能提供了有力保障。定位与打孔技术在飞机柔性装配方法中发挥着至关重要的作用。通过不断的技术革新和应用实践,管理者能够不断提升这些技术的性能和效果,为飞机的制造和装配提供更加可靠的技术支持。

2.2 总装柔性对接技术

在探讨飞机装配技术时,总装柔性对接技术无疑是其中的亮点。这一技术通过构建先进的柔性安装对接服务平台,实现了装配精度的显著提升。该平台融合了智能化发展的最新成果,集成了高精度的检测与定位设备,形成了强大的技术支撑体系。相较于传统的固定安装方式,飞机装配中的柔性对接技术展现出了更高的智能化水平,且适用性更强,能够轻松应对多种不同规格的飞机装配需求。这一技术的出现,无疑为飞机装配行业带来了革命性的变革。总装柔性对接技术的对接平台已经受到了国外众多航空制造商的青睐。这些对接平台的位置类型多样,主要包括立柱结构、塔式结构和混合定位式三种。立柱结构类似于Pogo立柱式,通过伺服系统控制,能够在X、Y、Z三个方向上实现飞机的精确定位与支撑;塔式结构则以其强大的承载力著称,相较于立柱结构具有显著优势;而混合定位式则结合了立柱与塔架的特点,通过支架的自动调整功能,确保各部件在对接过程中受力均衡,特别适用于大型综合体的安装。

2.3 大型部件应用

航空柔性装配技术在飞机大型部件的装配过程中扮演着至关重要的角色,它要求具备高度先进的技术支持。要确保飞机装配工作的顺利完成,离不开性能卓越的柔性装配设备。然而,在过去,许多组装厂家由于缺乏资金和创新意识,未能采用这些高价值的组装工具。我国在航空柔性装配工厂建设方面的投资仍显不足,与美国等飞机制造和装配技术先进的国家相比,存在明显的技术和生产效率差距。航空柔性装配技术的主要应用领域之一是飞机主要部件的装配过程,这涉及到了大型航空设备的计算能力及其管理模块的工装过程。在此过程中,企业必须充分考虑数字经济结构主要组成部分的定位以及信息系统的编程运行。在装配大型航空部件时,工作人员还需要对飞机的机身部件进行分解,包括运行参数的分组和分类,以确保飞机结构参数在柔性装配过程中的准确性和安全性。在飞机大型部件的柔性装配中,常用的工具有环形装配工具和激光定位系统。这些柔性装配工具和定位技术的使用,摒弃了传统的框架装配方式,解决了传统飞机结构装配工艺繁琐、占地面积大、空间开放性不足的问题。它们能够更好地进行飞机机身壁板、机翼等主要部件的工装生产。飞机柔性安装技术在大型部件上的典型应用形式包括行列式柔性安装和点式柔性装配。工装工作人员可以根据飞机各部分的形状等具体参数,设计并采用合适的工装方法。

2.4 飞机装配总装环节

在飞机制造项目的整体运作流程中,总装环节的对接技术无疑是最为关键的环节之一。对接技术的良性运行,直接关系到飞机制造的服务质量和最终产品的性能,将柔性装配技术应用于飞机总装环节,成为了新时代飞机制造行业的重要发展趋势。装配技术人员通过运用柔性装配技术,成功实现了从传统的固定装配作业流程向数字化控制作业流程的转型。这一转变不仅提升了定位装置的风险管控能力,还显著提高了作业在整体开发项目中的准确性和实际使用价值。柔性装配技术还实现了完整且健全的全作业流程分解和动态监控架构,为飞机总装环节提供了有力的技术支持。柔性装配技术在飞机总装环节的应用,极大地增强了工程项目的可操作性和可控性。这种灵活多样的装配方式,使得装配机构能够轻松适应各种飞机尺寸和形状,从而提高了实际装配效果和安装质量。在技术上,柔性装配技术主要包括三种类型:塔式结构、柱结构和混合定位结构。塔式结构在承载方向的发展上具有显著优势,其利用放卷臂的侧面调整管理结构,确保了飞机结构的稳定性和安全性。柱结构则主要通过定位系统实现飞机的固定和支

撑,各定位系统联合监测X/Y/Z方位,提高了整个项目的精确定位参数。而混合定位结构则结合了前两者的优点,通过优化后的支架和安装体,既能合理调整车身结构,又能实现整个结构的应力平衡,进一步提升了飞机总装环节的质量和效率。

2.5 智能化与自动化融合应用

在飞机柔性装配方法的深入探索中,智能化与自动化的融合应用成为了不可忽视的重要趋势,这一趋势不仅推动了飞机装配技术的革新,还极大地提升了装配过程的效率和质量,智能化技术的应用,使得飞机装配过程中的数据处理、分析和决策能力得到了显著提升^[3]。

(1)通过引入先进的人工智能算法和机器学习技术,装配系统能够自动识别和分析装配过程中的各种参数和状态,从而实现了对装配过程的精确控制和优化。这不仅提高了装配的精度和稳定性,还降低了人为操作带来的误差和风险。(2)自动化技术的应用也极大地推动了飞机装配过程的升级。通过引入自动化设备和机器人系统,装配过程实现了从人工操作向自动化生产的转变。这些自动化设备和机器人系统能够高效、准确地完成各种装配任务,从而提高了装配效率和质量。自动化技术的应用还减少了人工操作的依赖,降低了劳动力成本,为飞机制造行业的可持续发展提供了有力支持。(3)在智能化与自动化融合应用的过程中,飞机柔性装配方法展现出了强大的潜力和优势。通过结合数字化测量设备、高精度检测与定位技术以及先进的自动化设备和机器人系统,飞机装配过程实现了从设计到生产的无缝衔接和高效协同。这不仅提高了飞机的整体性能和品质,还推动了飞机制造行业的数字化转型和智能化升级。

3 飞机柔性装配技术的展望

当前我国军用飞机在数字化设计和零部件制造领域已取得显著进展,作为航空制造核心环节的装配技术,却仍停留在较为传统的第二、三代技术水平,明显滞后于其他生产环节的快速发展。这一现状已成为制约军用飞机型号快速研发与制造的关键因素。面对这一挑战,现代柔性装配技术的引入与普及已成为大势所趋。随着

零件制造精度的不断提升,现代航空柔性装配技术已具备了坚实的科技基础。随着人类经济社会的持续进步,现代航空企业对于飞机的质量和功能要求将更加严格,数字化柔性装配技术将成为未来航空装配领域的主导技术。因此对于航空企业而言,创新柔性装配技术、优化柔性装配生产线已成为当务之急。这一变革不仅是为了满足市场需求,更是为了推动飞机制造技术的整体升级。通过不断改进和优化柔性装配生产线,企业可以进一步提升装配精度,提高整体生产效率,从而在激烈的市场竞争中占据优势地位。柔性装配线的研发还将为航空装配领域带来一系列创新成果。通过构建柔性装配系统的异构测试平台和集成测试系统,企业可以建立起全新的产品质量保证体系和数字化装配模式测试机制。这将有助于实现大规模的动态测试,确保生产环节之间的无缝衔接,减少产品脱节现象,从而推动飞机行业的快速发展。飞机柔性装配技术的未来展望充满机遇与挑战。只有不断创新和优化柔性装配技术,才能推动飞机制造技术的整体升级,满足现代航空企业的需求,为飞机行业的持续发展注入新的活力。

结语

综上,飞机柔性装配技术在飞机制造中至关重要,其凭借高效灵活的特点,在定位打孔、总装对接、大型部件应用等方面展现出巨大潜力。随着技术的持续进步,飞机柔性装配技术正逐步实现更高层次的智能化与自动化融合,为飞机制造带来了革命性的变革。展望未来,该技术有望进一步提升飞机制造的效率与质量,推动航空工业迈向更高水平,为航空领域的发展注入源源不断的活力与动力。

参考文献

- [1]王文静.飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用管窥[J].科学与信息化,2021(8):124.
- [2]屈伟强.飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究[J].工程研究与实用,2024,5(16)17-18.
- [3]仵宇飞.飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用[J].机械与电子控制工程,2024,6(1)25-26.