

飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究

刘颖

陕西省西安市中航西飞民用飞机有限责任公司 陕西 西安 710089

摘要: 飞机柔性装配方法因其能显著提高生产效率、降低成本,越来越广泛地被应用于飞机装配中。本文简要介绍了飞机装配流程,分析了飞机柔性装配方法应用现状,并对飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用进行了探讨,以更好地应用柔性装配方法,满足现代飞机制造业的需求。

关键词: 飞机装配; 柔性装配技术

引言

飞机制造业是全球最具挑战性和动态性的行业之一,其竞争力在很大程度上依赖于制造过程的效率和产品质量。飞机装配作为生产流程中一个关键的环节,一直是优化和创新的焦点。传统的飞机装配线是以针对特定型号飞机的固定工装和装配流程为特点的,这增加了修改设计、适应新型号或是小批量生产时的难度和成本。面对市场需求的多样化以及快速变化的航空技术,传统的装配方法显得僵硬和落后。在飞机制造中,柔性装配能提供显著的优势,如缩短生产周期、降低成本和提高质量。随着全球航空市场对不同型号飞机的需求增长,柔性装配方法也成为实现个性化和多样化生产的关键。

1 飞机装配流程

飞机装配的复杂性在很大程度上源自其产品的复杂性。飞机是高度复杂的产品,由数以万计的组件组成,这些组件需要在精确控制的条件下装配。飞机装配流程是一个分阶段的工序,包括准备工作阶段、部件装配、部件对接及系统集成测试、整机测试和最终的试飞交付。第一,飞机装配工作开始于准备工作。在准备工作阶段,工作人员会检查各种零部件的库存和质量,确保所需零部件齐全且符合设计要求。此外,他们还会准备必要的工具和设备。这些准备工作为后续的装配工作提供了必要的保障。第二,飞机装配工作包括组装机身和机翼。这是整个装配过程中最关键的部分。机身和机翼的组装需要精确的测量和定位,以确保飞机的气动性能和结构强度。在组装过程中,工作人员会使用专用的工具和设备,如定位器、装配型架和专用卡板等,来确保零部件的精确安装。同时,他们还会进行必要的检查和测试,以确保机身和机翼的结构完整性和功能性。第三,在完成机身和机翼的组装后,飞机装配工作会继续进行内部设备的安装。这些设备包括各种电子设备、飞行控制系统和液压系统等。这些设备的安装需要与机身

和机翼的结构相适应,并符合设计要求。工作人员会根据图纸和技术规范进行安装,确保每个设备都能够在飞机运行中发挥其应有的作用。第四,在内部设备安装完成后,飞机装配工作会进行飞机的整体检查和测试。这些检查和测试包括外观检查、机械性能测试等。外观检查会确保飞机的外观符合设计要求,机械性能测试会检查飞机的各项机械性能是否正常。这些检查和测试有助于发现并纠正潜在的问题,确保飞机的质量和性能达到预期水平。第五,飞机装配工作还包括飞行测试和交付前的准备工作,飞行测试则会评估飞机的飞行表现和安全性。在飞机通过检查和测试后,工作人员会进行飞机的清洁、涂装和包装等工作,以准备交付给客户。在这个阶段,他们还会对飞机的各项设备进行最后的检查和维护,以确保飞机在交付后能够安全、顺利地投入使用。

这些流程通常被设计为固定的操作路径,并围绕大批量、单一型号的生产进行优化。装配过程的稳定性和可预见性虽然保证了产品质量,但在快速反应市场变化和支持多样化生产方面显得力不从心。由于航空产业的特殊性,飞机装配过程必须超常关注质量、安全性和合规性。随着航空工业的发展,对飞机装配流程的要求也在不断提高。传统装配方法面临的挑战包含生产效率低下、缺乏灵活性、高昂的材料成本和随着设计变更而不断上升的工艺调整费用等问题。近年来,在生产制造方法论的指导下,柔性装配方法受到了广泛研究和应用,其展现出来的优势正逐渐改变飞机制造业的传统作业模式。

2 飞机柔性装配方法应用现状

2.1 飞机柔性装配方法应用存在的问题

柔性装配方法是指一种能够应对生产变化(如产品设计、生产量变化以及材料的替换等)的生产方式。其目标是提高生产过程的适应能力、降低由变化导致的成本,并提升整个系统的效率。这种方法通常和自动化技术、先进的信息系统、和模块化的组件设计相结合,以

实现快速响应市场需求的灵活性。在国内外飞机制造企业中，柔性装配方法已经得到了广泛的应用。例如，波音、空客等国际知名飞机制造企业已经采用了柔性装配方法进行飞机装配。在我国，随着数字化技术和自动化技术的不断发展，飞机柔性装配方法也得到了广泛的应用。例如，中国商飞、中国航空工业集团等企业已经建立了柔性装配生产线，并成功应用于ARJ21、C919等国产飞机的装配^[1]。虽然我国在飞机柔性装配方面取得了一定的进展，但与国际先进水平相比，仍然存在一定的差距。这主要表现在数字化技术和自动化技术的掌握和应用方面，以及在柔性装配工艺和装备的设计和制造方面。另外，飞机柔性装配需要具备专业的技术知识和技能，但目前我国在这方面的人才储备相对较少。这主要是因为我国在飞机制造领域的发展相对较晚，人才培养体系不够完善，缺乏具有实际操作经验的专业人才。同时，在飞机柔性装配过程中，生产管理是关键环节之一。而目前我国一些飞机制造企业的生产管理还存在一些问题，如生产计划不够精细、物料管理不够严格等，这会影响到柔性装配的效率和精度。

2.2 飞机柔性装配发展趋势

随着科技的进步和市场需求的变化，飞机柔性装配也在不断发展。首先，数字化技术是柔性装配的核心技术之一。未来，数字化技术的应用将更加广泛，从设计、制造到装配、检测等各个环节都将实现数字化。例如，利用数字孪生技术可以将虚拟模型与实际飞机进行对比和分析，实现更加精确的装配和检测。其次，随着自动化和智能化技术的发展，未来飞机柔性装配的自动化和智能化水平将更高。机器人技术和自动化设备将被广泛应用于装配过程中，实现更加高效、精确的装配。最后，未来飞机柔性装配将更加注重可持续性和绿色发展。在制造和装配过程中，将采用更加环保的材料和技术，降低能源消耗和环境污染。同时，飞机柔性装配还将注重资源回收和再利用，实现可持续发展。

3 飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用

3.1 飞机柔性装配方法在大型部件装配中的应用

随着科技的发展和制造业的进步，飞机的设计和制造过程变得越来越复杂。其中，飞机大型部件的柔性装配是整个飞机制造过程中的一个重要环节。这一过程涉及的关键技术包括数字化技术、自动化技术、自适应的高精度夹具和工装、模块化和可重构技术。第一，数字化技术和自动化技术是实现飞机大型部件柔性装配的关键^[2]。其中，数字化建模技术用于在计算机上模拟飞机的设计和装配过程，使得飞机制造过程更加精确和可控。

数字化测量技术则用于在部件的制造和装配过程中进行高精度的测量和定位，保证部件的尺寸和形状符合设计要求。而自动化技术是实现飞机大型部件柔性装配的重要手段。自动化设备可以完成重复的、繁琐的、高精度的装配任务，大大提高了装配效率和精度。同时，自动化设备还可以进行实时监控和调整，确保装配过程的稳定性和安全性^[3]。第二，高精度夹具和工装是保证飞机大型部件装配精度的重要工具。夹具和工装需要根据部件的形状和尺寸进行定制设计，以提供准确的定位和固定，从而保证整个飞机的制造质量。工装和夹具能自动调整以适应不同大小和形状的工件，提高装配工艺的适应性和通用性。第三，模块化和可重构技术是提高飞机大型部件柔性装配效率和精度的重要方法。通过将飞机部件划分为多个模块，可以独立地制造和装配每个模块，然后通过模块之间的组合完成整个部件的装配。这种模块化的设计方法可以提高制造的灵活性和效率，同时降低装配成本。可重构技术则是指在部件的制造和装配过程中，根据不同的需求和条件，对部件的结构和功能进行实时的调整和改变。这种技术可以适应不同的装配需求，提高制造的适应性和灵活性。

3.2 飞机柔性装配方法在定位制孔中的应用

飞机柔性装配是一种基于数字量协调的装配方法，它利用数字量测量技术、数字化制造技术、数字化协调技术等手段，实现飞机零部件的高精度、高效率、高质量的装配。在定位制孔过程中，柔性装配技术的作用主要体现在以下几个方面：（1）利用数字化测量技术对飞机零部件进行精确的测量和定位。通过高精度的测量仪器和设备，获取飞机零部件的准确数据，包括形状、大小、位置等信息。这些数据被用于构建数字化模型，为后续的定位和制孔提供依据。（2）在获取到准确的零部件数据后，下一步是进行数字化制孔。利用数字化钻孔系统，根据零部件的形状和位置信息，精确地控制钻头的运动轨迹和深度。这样可以确保制孔的位置准确，孔径大小合适，同时避免了对零部件的损伤和变形。（3）柔性装配技术还涉及到自动化和智能化技术的应用。自动化设备可以快速、准确地完成制孔，提高生产效率和质量。同时，利用智能化技术对制孔过程进行实时监控和调整，确保制孔的质量和精度。例如，通过机器视觉和深度学习等技术，可以实现对制孔过程的实时监控和自动调整，确保制孔的质量和精度。（4）在飞机柔性装配中，模块化和集成化也是重要的趋势。通过将多个零部件集成在一起，形成模块化的装配单元，可以简化装配过程，提高生产效率和质量。同时，集成化的制孔系

统可以实现对多个零部件的同时制孔，进一步提高了生产效率和质量。

3.3 飞机柔性装配方法在总装环节中的应用

飞机柔性装配方法是一种基于数字化技术和自动化技术的制造方法，它在飞机总装环节中发挥着重要的作用。首先，建立数字化平台是飞机总装柔性对接技术的关键之一。数字化平台可以包括数字化设计、数字化建模、数字化测量和数字化仿真等模块。通过数字化平台，可以实现对飞机零部件的精确设计和建模，其次，模块化设计是飞机总装柔性对接技术的另一个重要措施。通过将飞机划分为多个模块，可以方便地进行模块设计和制造，同时也方便进行模块之间的组合和重构。模块化设计可以使部件和组件灵活地被增加、修改或删除，提高生产效率和质量。在飞机总装过程中，采用自动化设备和技术可以大大提高装配效率和质量。例如，采用自动化钻孔设备和技术可以实现对飞机零部件的高精度钻孔加工，提高生产效率和质量。此外，采用自动化对接技术也可以实现对飞机零部件的高精度对接，减少误差和偏差。自动化设备和技术还可以减少人力成本和人为因素对装配精度的影响，提高产品的稳定性和可靠性^[4]。

3.4 飞机柔性装配方法在质量控制检测方面的应用

飞机柔性装配方法是飞机质量自动控制检测领域的一项重要技术，它利用先进的传感器、控制系统和算法，实现对飞机装配过程的精确控制和检测，提高生产效率和质量。第一，在飞机柔性装配自动控制检测技术中，传感器技术是关键之一。传感器能够获取飞机零部件的位置、形状、尺寸等信息，并将这些信息转化为电信号或数字信号，传递给控制系统。这些传感器具有高精度、高速度和高效率等特点，能够实现自动化和智能化的检测。第二，飞机柔性装配自动控制系统的任务是根据传感器获取的信息，通过执行机构对飞机零部件进

行精确的控制和调整。第三，在飞机柔性装配自动控制系统中，算法和控制策略是实现精确控制的关键。常用的算法包括PID控制、模糊控制、神经网络等。这些算法能够根据传感器获取的信息和控制指令，实现对执行机构的精确控制和调整。第四，在飞机柔性装配过程中，检测技术也是非常重要的环节。通过检测技术，可以实现对飞机零部件的位置、形状、尺寸等信息的精确检测和评估，确保生产效率和产品质量^[5]。

结语

综上所述，柔性装配方法为飞机装配行业带来了显著的生产效率、准确性和灵活性。这项技术通过最新的自动化、信息化和智能制造方法，为飞机制造业提供了应对市场变化和个性化需求的能力。本文通过对飞机柔性装配方法的研究，总结了其在飞机装配中的应用情况，包括飞机柔性装配在大型部件中的应用、在定位制孔中的应用以及在总装环节中的应用等方面。随着飞机柔性装配技术在多个方向的发展和不断创新，如智能化升级，数字孪生技术发展等，未来的柔性装配技术将是智能化、集成化和人性化的，并将极大地推动航空制造业的转型与升级。

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]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.
- [3]王明明.飞机柔性装配方法在飞机装配中的应用研究[J].科学技术创新,2020,(18):17-19.
- [4]刘博锋.飞机数字柔性装配关键技术及其发展[J].内燃机与配件,2019,(22):244-245.
- [5]王亮.飞机数字化装配柔性工装的低成本化研究[J].大飞机工程与数字化制造2022(21):170-171