

飞机装配过程质量管理浅析

李嘉淞 朱倍杰 佛思雨

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

摘要: 飞机装配作为航空制造的重要环节,其过程质量管理直接关系到飞机的安全性、可靠性和经济性。本文首先分析了飞机装配过程的特点及存在的质量问题,接着探讨了质量管理的关键方法,以确保每一架飞机都达到最高质量标准

关键词: 飞机装配;过程质量管理;质量控制

引言

随着航空工业的飞速发展,飞机装配作为制造过程中的核心环节,其质量管理越来越受到关注。飞机装配涉及众多零部件和复杂工艺,任何一个环节的失误都可能导致严重的质量问题。因此,加强飞机装配过程的质量管理,提高装配质量,对于保障飞机安全、提升航空产业竞争力具有重要意义。

1 飞机装配过程概述

1.1 飞机装配的基本流程

飞机装配过程是航空制造中的核心环节,涉及将数以万计的零部件按照严格的技术要求组装成为一架完整的飞机。其基本流程包括预装配、部件装配和总装配三个阶段。在预装配阶段,主要是对零部件进行初步的组合和检查,确保各部件的尺寸和形状符合设计要求。部件装配阶段是将经过预装配的部件进行更加精确的组装,形成飞机的主要组成部分,如机翼、机身、尾翼等。这些部件在装配过程中需要保证高精度的对接和固定,以确保飞机的稳定性和安全性。最后进入总装配阶段,将各部件按照飞机的总体布局要求进行最终组装。这一过程需要借助大型的装配工装和设备,同时运用先进的测量和调整技术,确保各部件之间的准确位置和协调运动。总装配完成后,还需要进行全面的质量检查和测试,以验证飞机的各项性能指标是否达到设计要求。整个飞机装配过程是一个高度复杂且精细的工作,需要严格遵循工艺流程和技术标准,确保最终产品的质量和安全性。

1.2 飞机装配的主要特点

飞机装配作为航空制造的关键环节,具有显著的特点。首先,飞机装配具有高度的复杂性。飞机由数以万计的零部件组成,这些零部件形状各异、材质不同,需要在严格的技术要求下进行精确的组装。此外,装配过程中涉及大量的工艺流程和技术标准,需要精细操作和严密控制。其次,飞机装配对精确性要求极高。由于飞

机的性能和安全性直接关系到乘客的生命财产安全,因此装配过程中必须保证每个零部件的精确位置和姿态。微小的误差都可能导致飞机性能的下降或安全隐患的产生。再者,飞机装配强调协调性。各部件之间需要相互协调、密切配合,以确保飞机的整体性能和稳定性。这就要求在装配过程中,各工序之间必须保持紧密的衔接和高效的协作^[1]。最后,飞机装配是一个技术密集型的过。它涉及到机械、电子、材料等多个领域的先进技术。随着科技的不断发展,数字化、自动化、智能化等技术技术在飞机装配中的应用越来越广泛,对装配人员的技能水平和知识储备提出了更高的要求。

1.3 飞机装配中的关键技术

飞机装配中的关键技术包括:(1)数字化装配技术:这是数字化装配工艺技术、数字化柔性装配工装技术、光学检测与反馈技术等多种先进技术的综合应用。这种技术可以实现装配过程的数字化、柔性化、信息化、模块化和自动化,旨在提高产品质量、适应快速研制和生产、降低制造成本。在飞机装配建模模块中,需要建立飞机的三维装配模型,进行公差、约束和装配力分析,规划装配路径,并对装配过程进行运动仿真和优化。(2)柔性装配工艺装备设计制造技术:这种技术主要依赖于可自动调整的模块化结构单元,其控制系统具有多轴数、大数据量、复杂轴管理参数等特点。柔性工装设计制造涉及的关键点包括模块化结构单元设计制造、先进的控制技术、装配仿真分析、工装驱动数据生成、传感检测以及数字化测量和系统集成。(3)飞机装配过程建模与仿真优化技术:这种技术是根据飞机装配过程的实际需求,提出的其制造过程建模与仿真优化技术的体系结构。这种技术能够实现对飞机装配过程的精确模拟,从而在装配前发现可能的问题并进行优化。

2 飞机装配过程中的质量挑战

2.1 零部件质量不一

在飞机装配过程中，零部件质量不一是一个显著的质量挑战。这种质量差异可能表现为尺寸偏差、材料缺陷、表面处理不当等多种形式。其原因主要源于供应链中的多样化来源、不同生产批次的质量控制波动，以及零部件在运输和存储过程中可能受到的损害。零部件质量不一不仅直接影响装配的顺利进行，还可能导致装配后的飞机性能不稳定，甚至引发安全隐患。例如，尺寸不匹配的零部件在装配时可能需要额外的加工或修改，这不仅增加了生产成本，还可能延误生产进度。而材料缺陷或表面处理不当的零部件则可能在飞机使用过程中出现早期失效，影响飞机的可靠性和耐久性。在飞机装配过程中，对零部件质量的严格控制至关重要。通过优化供应链管理、加强质量检测和监控，以及提高零部件的标准化程度，可以有效降低零部件质量差异带来的质量挑战。

2.2 装配工艺误差

在飞机装配过程中，装配工艺误差是一项关键的质量挑战。这种误差主要表现为部件对接不精确、紧固件安装不到位或力矩不一致、密封处理不严密等。这些误差可能源自工艺流程的复杂性、操作人员的技能水平差异，或是工装设备的精度问题。装配工艺误差不仅影响飞机的外观和整体性能，更可能埋下安全隐患。例如，不精确的对接可能导致部件在飞行中承受额外的应力，而力矩不一致的紧固件则可能在关键时刻松动或断裂。此外，密封不严可能导致飞机在高空出现气压泄漏等危险情况^[2]。降低装配工艺误差对于确保飞机装配质量至关重要。这需要通过持续的工艺优化、严格的操作培训，以及精确的工装设备校准来实现。

2.3 工人技能与操作失误

在飞机装配过程中，工人技能与操作失误是一项常见的质量挑战。这种失误表现为安装位置偏差、操作顺序错误或工具使用不当等。这些失误往往源于工人技能水平的不足、操作经验的缺乏，或是由于疲劳、压力等外部因素导致的注意力不集中。工人技能与操作失误对飞机装配质量产生直接影响。它们可能导致部件损坏、装配间隙超差，甚至引发安全事故。此外，这些失误还可能增加返工和维修成本，延长生产周期，降低生产效率。因此，提高工人技能水平和减少操作失误对于保证飞机装配质量至关重要。这需要通过加强技能培训、提升操作经验、优化工作环境和减轻工作压力等措施来实现。同时，建立严格的质量检验和监控机制，及时发现和纠正失误。

2.4 设备故障与校准问题

在飞机装配过程中，设备故障与校准问题构成了一类显著的质量挑战。这类问题通常表现为工具或机械设备在关键时刻失灵、精度下降或读数不准确。造成这些问题的原因可能包括设备老化、维护不当、使用过度以及校准频次不足等。设备故障与校准问题会直接影响装配精度和效率，可能导致装配部件的尺寸超差、配合不良，甚至损坏昂贵的飞机部件。长期来看，这些问题还会增加生产成本，因为需要更频繁的维修和更换设备。为了应对这些挑战，飞机制造商必须实施严格的设备维护和校准计划，定期检查并更新工具和设备。同时，提高操作人员的设备使用和维护技能也至关重要，这样可以减少误操作，延长设备使用寿命。

2.5 环境因素导致的质量问题

飞机装配过程中，环境因素导致的质量问题同样不容忽视。这些环境因素包括温度、湿度、清洁度以及外部振动等。例如，极端温度或湿度变化可能导致材料变形、涂层脱落或粘合不牢；而装配现场的灰尘和杂质则可能污染零部件，影响其性能和寿命。环境因素引发的质量问题往往表现为部件尺寸变化、表面缺陷、电气连接不良等，严重时甚至会导致装配失败或飞机性能下降。这些问题的出现通常是因为装配环境未能得到有效控制，无法满足飞机装配的严格要求。为了降低环境因素对飞机装配质量的影响，必须实施严格的环境监控和管理措施。通过控制装配环境的温度、湿度、清洁度等关键参数，以及采取必要的隔离和防护措施，可以确保飞机装配过程在稳定、可靠的环境中进行，从而有效提高装配质量和效率。

3 飞机装配质量管理分析

3.1 质量物料清单定义

在飞机装配质量管理中，质量物料清单（Quality Bill of Materials, QBOM）是一个至关重要的概念。QBOM不仅详细记录了飞机装配所需的所有零部件、原材料、辅料及其相关属性，还包含了与这些物料相关的质量信息、来源、检验标准以及使用要求等。一份完整且准确的QBOM是确保飞机装配质量的基础。它能够帮助质量管理人员在装配前对所需物料进行全面的质量检查和控制，确保每一个零部件都符合设计要求和质量标准。同时，QBOM还为装配过程中的物料追溯提供了依据，一旦发生质量问题，可以迅速定位到具体的物料和供应商，从而采取有效的纠正和预防措施。在编制QBOM时，需要充分考虑飞机装配的特点和要求。首先，要确保清单的完整性和准确性，涵盖所有与装配相关的物料信息。其次，要关注物料的质量属性和检验标准，确保

每一个物料都能满足飞机的性能和安全要求。此外，还要关注物料的来源和供应商信息，以便在需要时能够进行有效的沟通和协作。QBOM不仅是一个静态的清单，还需要在飞机装配过程中进行动态的管理和更新。随着装配的进行和物料的使用情况，质量管理人员需要及时更新QBOM中的相关信息，确保其与实际情况保持一致。同时，还要定期对QBOM进行审查和修订，以适应飞机设计和生产的变化^[3]。质量物料清单（QBOM）在飞机装配质量管理中扮演着举足轻重的角色。一份完善且动态管理的QBOM能够为飞机装配提供有力的质量保障。

3.2 对飞机装配状态的动态识别

飞机装配质量管理中，对飞机装配状态的动态识别是一项至关重要的任务。这一识别过程旨在实时监控和评估飞机在装配过程中的状态变化，确保每一步操作都符合预期的质量标准和技术要求。动态识别飞机装配状态的核心在于及时、准确地捕捉装配过程中的关键信息。这包括零部件的安装位置、紧固件的力矩值、密封件的完整性以及各类管线和系统的连接状态等。通过先进的传感器技术和数字化装配系统，可以实时采集这些数据，并与预设的标准进行比对，从而判断装配状态是否正常。动态识别的优势在于其能够及时发现并纠正装配过程中的偏差和错误。一旦发现异常情况，比如部件安装不到位或力矩超差，质量管理人员可以立即采取相应措施进行调整或返工，避免问题累积或导致更严重的后果。此外，动态识别还能为飞机装配的质量改进提供有力支持。通过对装配过程中大量数据的收集和分析，可以发现装配质量的瓶颈和问题根源，进而针对性地优化工艺流程、提升操作技能或改进工装设备。在飞机装配质量管理中，对装配状态的动态识别不仅是一项技术挑战，更是一项管理挑战。它需要跨部门、跨专业的紧密协作和高效沟通，确保装配过程中的每一个环节都能得到及时、准确的状态反馈。

3.3 AO质量管理

飞机装配质量管理中，AO（Assembly Order）质量管理是确保装配过程规范化和高效化的重要环节。AO，即装配指令，是飞机装配过程中的核心指导文件，它详细规定了每一步装配操作的具体要求和质量标准。AO

质量管理的首要任务是确保装配指令的准确性和完整性。在编制AO时，必须严格遵循飞机设计图纸和技术规范，确保每一项操作要求都符合设计要求和质量标准。同时，AO还需要考虑装配过程的实际情况和可操作性，避免出现过于复杂或难以实现的操作要求。在装配过程中，AO质量管理要求操作人员严格按照AO进行操作，不得随意更改或省略任何步骤。质量管理人员需要对装配现场进行监督和检查，确保装配操作符合AO的要求，并及时发现和纠正操作中的偏差和错误。此外，AO质量管理还需要关注装配过程中的质量记录和追溯。每一项装配操作都需要有相应的质量记录，包括操作人员的签名、操作时间、操作结果等信息。这些记录可以用于后续的质量追溯和问题调查，为飞机装配质量的持续改进提供有力支持。AO质量管理的最终目标是确保飞机装配过程的质量和效率。通过规范的AO管理和严格的装配操作监督，可以避免装配过程中的质量问题和安全隐患，提高飞机的可靠性和安全性。同时，优化的AO管理还可以提高装配效率，降低生产成本，提升企业的竞争力^[4]。AO质量管理在飞机装配质量管理中占据着重要地位。它通过确保装配指令的准确性和完整性、监督装配操作的规范性、以及实现质量记录和追溯等方式，为飞机装配过程的质量和效率提供了有力保障。

结语

飞机装配过程质量管理是保障飞机安全、提升航空产业竞争力的重要环节。通过严格把控装配流程、强化质量意识、运用先进技术手段，可以有效提高飞机装配质量，为航空事业的繁荣发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1]张延明,秦琪,杨必毅.基于专业化生产模式下的飞机大部件装配质量管理控制[J].现代制造技术与装备,2021,57(02):214-216.
- [2]陆晓婷.研究飞机装配质量管理体系关键技术及其系统的实现[J].通讯世界,2019(01):232-233.
- [3]张超,孙元亮.飞机移动装配线生产管理系统研究[J].航空之制造技术,2020(17):80-84.
- [4]蒲娟,许建新,王凯,王成.飞机制造质量保证技术研究[J].机械制造,2019,52(4):1-5.