

Analysis of Quality Control Measures for Aircraft Engine Assembly

Ancheng Liu

Unit 93147, Guiyang, Guizhou, 550081, China

Abstract

The assembly complexity of aero engine is higher and the quality requirement are higher. In the process of aviation engine assembly, quality will be affected by various factors, according to the influencing factors, formulate quality control measures, such as establishing perfect quality management system, improve the assembly process and technology, strengthen quality control and inspection, strengthen staff training and skill certification, introduce key monitoring and coordination scheduling, comprehensive supervision of key links, regular training and assessment staff, and eliminate the adverse influence on assembly quality, improve the accuracy and safety of aviation engine assembly, and ensure the performance and life of the engine.

Keywords

aero-engine; assembly quality; control measures

浅析航空发动机装配质量控制措施

刘安成

93147 部队, 中国 · 贵州 贵阳 550081

摘要

航空发动机的装配复杂性较高, 对质量的要求较高。在航空发动机的装配过程中, 质量会受到多种因素的影响, 针对影响因素, 制定质量控制的措施, 比如建立完善的质量管理体系, 提高装配的工艺以及技术, 强化质量控制以及检验, 加强工作人员的培训以及技能认证, 引入关键监控以及协调调度, 对关键环节进行全面监督, 定期培训和考核工作人员, 进而消除对装配质量的不良影响, 提高航空发动机装配的精度和安全性, 保障发动机的性能和寿命。

关键词

航空发动机; 装配质量; 控制措施

1 引言

航空发动机是飞行器的“心脏”, 装配质量的优劣直接影响发动机的性能、安全性以及使用年限。随着航空技术的飞速发展, 发动机的结构日益复杂, 装配精度要求也越来越高^[1]。因此, 在航空发动机装配过程中, 实施严格的质量控制措施具有重要的作用。论文主要讲解影响航空发动机装配质量的影响因素, 航空发动机装配质量的控制措施, 通过科学的管理方法、先进的技术手段以及全面的监督体系, 保证每一个装配环节都能达到预定的质量标准, 从而为航空事业的安全与发展提供有力保障。

2 航空发动机装配质量的影响因素

2.1 零件精度与复杂性

在航空发动机装配过程中, 零件的精度与复杂性是重

要的影响因素。一方面, 零件的精度直接影响装配的准确性和发动机的最终性能。航空发动机由众多精密零件组成, 如涡轮叶片、轴承、齿轮等, 零件制造精度要求极高。任何微小的尺寸偏差或形状误差都会导致装配时的配合不良、摩擦增大或应力集中, 进而影响发动机的工作效率、稳定性和寿命。另一方面, 现代航空发动机为了追求更高的性能和效率, 结构设计往往非常复杂, 包含大量精细的特征和复杂的几何形状, 不仅对零件的制造工艺提出了极高要求, 也使装配过程中的对齐、定位和固定变得更为困难。同时, 复杂零件通常包含更多的装配接口和配合面, 导致存在更多的潜在装配错误和风险点。

2.2 装配工艺与技术人员水平

航空发动机装配是一个高精度、高复杂性的过程, 装配质量直接受到装配工艺和技术人员水平的影响。其一, 合理的装配工艺应该考虑到零件的配合精度、装配顺序、装配力的大小和方向等多个因素。若装配工艺设计不当或执行不严格, 会导致零件配合间隙过大或过小, 装配力矩不稳定等问题,

【作者简介】刘安成(1979-), 男, 土家族, 中国贵州德江人, 本科, 工程师, 从事发动机制造及修理研究。

进而影响到发动机的性能和寿命。其二，航空发动机装配涉及多个工种和复杂的操作程序，要求技术人员具备丰富的专业知识和实践经验。技术人员对装配工艺的掌握程度、操作技能的熟练度以及对待工作的认真态度，都会直接反映到装配质量上。若技术人员操作不规范或技能不足，会导致装配过程中的误差和失误，严重影响发动机的装配质量^[2]。

2.3 质量控制与检测手段

一方面，质量控制是保证航空发动机装配精度的关键，涉及从原材料进厂到最终装配完成的整个生产过程。在原材料检验阶段，要保证所使用的材料符合设计要求和标准，避免使用存在缺陷的材料。在装配过程中，需建立严格的质量控制体系，通过设定合理的质量控制点和检验方法，对装配过程中的各个环节进行监控和检验。同时，还需注重工艺文件的编制和执行，保证装配操作符合技术要求和标准。另一方面，渗透检测、超声波检测和 X 射线检测是常用的检测方法，可以检测出零件表面或内部的缺陷，如裂纹、气孔、异物等，从而保证装配的零件质量符合要求。航空发动机如图 1 所示。



图 1 航空发动机图

3 航空发动机装配质量控制措施

3.1 完善质量管理体系

在航空发动机装配过程中，完善的质量管理体系是保证装配质量和安全性的核心要素^[3]。首先，制定全面且细致的质量管理规范和检验标准，要求覆盖从原材料入库到最终装配完成的整个流程，包括零部件的检验、装配过程的监控，以及最终产品的检测等方面。保证每一步操作都有明确的标准可依，从而提高装配的精度和一致性。其次，在航空发动机装配过程中，应对关键环节和关键零部件进行重点控制，实施定期的质量检查和抽检。同时，对于发现的问题应及时进行处理，并分析原因，避免问题重复出现。再次，引入先进的质量管理方法和工具。例如，可以利用统计过程控制方法对装配过程进行实时监控，利用六西格玛管理等方法对装配过程进行持续改进。同时，加强质量文化的建设。通过培训和宣传等方式，使全体员工都充分认识到质量的重要性，并自觉地按照质量管理规范和标准进行操作。在企业内

部形成良好的质量氛围，提高航空发动机装配质量。最后，随着航空发动机技术的不断发展和市场需求的不断变化，质量管理体系也应随之进行适应性的调整和优化。企业需定期对质量管理体系进行评审和改进，保证始终保持与时俱进的状态。

3.2 提升装配工艺和技术

提升航空发动机装配工艺和技术，是保证装配质量、提高装配效率的关键途径。首先，针对航空发动机的复杂结构和精密要求，研发先进的装配工艺，如自动化装配、智能化装配等，替代传统的手工装配，降低人为因素带来的误差，提高装配的精度和效率^[4]。其次，引入虚拟现实和增强现实技术等先进的装配技术，模拟发动机的装配过程，及时发现潜在的设计问题，为实际装配提供指导。另外，还可以采用机器人技术，实现高精度、高稳定性的装配操作。再次，对关键的装配设备，如拧紧机、定位器等，要进行定期维护和更新，保证处于最佳工作状态。同时，加强设备间的协同和配合，实现装配过程的自动化和智能化。另外，通过设置关键质量的控制点，对装配过程中的关键环节进行实时监控和数据分析，及时发现并纠正装配过程中的偏差。同时，建立质量追溯体系，保证每一道装配工序的质量可控、可追溯。最后，定期组织装配人员参加技能培训，提升他们的操作技能和质量意识。同时，鼓励装配人员进行技术创新和工艺改进，激发他们的工作积极性和创造力。

3.3 强化质量控制与检验

一方面，建立并持续改进质量管理体系，保证所有装配环节均符合预设的质量标准和要求，主要包括制定详细的质量计划、质量控制流程和质量控制标准。针对航空发动机装配的关键节点，如零部件的精度检测、装配间隙的调整等，实施严格的质量控制^[5]。通过采用先进的测量工具和方法，保证这些关键节点的质量稳定可靠。保持装配环境的清洁和整洁，控制温度、湿度等环境因素对装配质量的影响。另外，定期对装配工具和设备进行维护和校准，保证其处于良好的工作状态。加强对装配人员的技能培训和质量管理教育，提高工作人员的专业素质和操作技能。同时，建立严格的人员管理制度，保证装配人员能够遵循质量规范和标准进行操作。另一方面，对航空发动机装配的全过程进行检验，包括原材料检验、零部件检验、装配过程检验以及最终产品检验。通过全面的检验，保证每个环节的质量都符合要求。采用先进的检测技术和设备，如无损检测、三维测量等，对航空发动机进行精确、快速地检测。有效发现装配过程中的质量问题，提高检测效率和准确性。在装配过程中进行定期抽样检验，验证装配质量的稳定性和一致性。通过抽样检验，可以及时发现并解决潜在的质量问题。建立完善的检验记录和分析制度，对每次检验的数据进行记录和分析。航空发动机装配整机无损检测如图 2 所示。



图2 航空发动机装配整机无损检测

3.4 加强员工培训与技能认证

在航空发动机装配质量控制措施中,通过提升员工的专业技能和素质,可以保证装配过程的质量和精度,从而提升发动机的整体性能。第一,针对航空发动机装配的工艺流程、技术要求及操作规范,开展系统性培训。通过理论讲解、案例分析以及实践操作相结合的方式,使员工熟练掌握装配技能。强化员工的安全意识,使工作人员充分认识到安全在航空发动机装配中的重要性。在培训中内容包括安全操作规程、事故预防措施以及应急处理方法等。通过培训,让工作人员深刻理解质量控制的重要性,提高工作人员识别和纠正装配过程中的质量问题的能力,保证每个装配环节都符合质量要求。第二,建立技能水平考核机制,定期对员工进行技能水平测试和评估^[6]。通过考核,了解员工的技能掌握情况,为后续的培训和改进提供依据。实行技能认证制度,对达到一定技能水平的员工颁发相应的技能证书。不仅可以激励员工不断提升自己的技能水平,还可以作为选拔优秀人才的重要依据。鼓励员工参加行业内的专业培训和认证考试,不断更新自己的知识和技能。同时,对已经获得认证的员工进行定期复核,保证技能水平保持与时俱进。第三,在培训过程中,注重实践操作的指导和训练。通过模拟实际装配场景,使员工能够在实践中掌握技能,提升装配质量和效率。建立员工反馈机制,收集员工对培训和技能认证的意见和建议。通过分析反馈,不断优化培训和认证方式,更加符合员工的实际需求。

3.5 引入关键监控与协调调度

在航空发动机装配过程中,通过引入关键监控和协调调度,有利于提高装配效率,保证装配质量。第一,根据航空发动机装配的工艺流程,识别并设立关键监控点,主要包括关键零部件的装配、关键工艺步骤的执行以及关键质量特

性的检测等。通过在监控点进行实时监控,可以及时发现并纠正装配过程中的偏差。引入先进的监控技术,如传感器技术、视觉检测技术等,对关键监控点进行实时、高精度的监控,实时监测装配过程中的各种参数,如温度、压力、位移等,从而保证装配过程的稳定性和可控性。对监控数据进行实时分析和处理,及时发现异常情况并进行反馈。通过建立数据分析模型,可以对装配过程的质量趋势进行预测,为后续的装配优化提供依据。第二,根据航空发动机的装配需求和资源情况,制定详细的装配计划,主要包括明确各个装配环节的顺序、时间节点以及资源分配等,保证装配过程的有序进行。设立专门的协调调度部门或人员,负责装配过程中的协调和调度工作。通过与各相关部门和人员进行及时、有效的沟通,可以保证装配过程中的问题得到及时解决,避免装配延误或质量问题的发生。引入信息化管理系统,如企业资源计划系统、制造执行系统等,实现装配过程的信息化管理。根据装配计划的实际执行情况,动态调整资源配置。

4 结语

航空发动机装配是一个高度复杂和精密的过程,对质量的要求很高。航空发动机装配质量会对发动机的性能以及寿命产生直接影响。因此,需高度重视航空发动机的装配质量,完善质量管理体系,强化质量控制与检验,提升装配工艺和技术,引入关键监控与协调调度,加强员工培训与技能认证,进而保证航空发动机的安全性以及性能。

参考文献

- [1] 张心龙.论航空发动机装配难点与装配质量控制措施[J].文渊(小学版),2021(4):1060.
- [2] 国营川西机器厂.用于航空发动机主燃烧室装配、分解的吊具结构:CN202311445462.X[P].2024-01-12.
- [3] 中国航发贵州黎阳航空动力有限公司.航空发动机高压压气机转子多元化装配装置及装配方法:CN202311365729.4 [P].2023-12-29.
- [4] 廖晨萱,宋迎军,靳卫兵,等.基于机器视觉的航空发动机错漏装检测技术[J].航空动力,2023(6):54-56.
- [5] 侯廷红,周平,何黎明,等.航空发动机维修技术进展与展望[J].航空工程进展,2023,14(5):29-34+60.
- [6] 王宝胜.基于堆叠装配的航空发动机核心机转子质量特性测调方法研究[D].黑龙江:哈尔滨工业大学,2020.