

基于可靠性工程的军用飞机维修质量管理体系优化研究

田丽虹 马烁甫

石家庄海山实业发展总公司 河北石家庄 050208

摘要：军用飞机维修质量管理体系中存在的问题主要包括维修数据管理不完善、人员培训不足、维修周期过长、管理体系不规范、备件供应不及时等方面。这些问题直接影响了维修工作的效率和质量，从而影响飞机的作战准备状态和安全性。因此，改进这些问题，提高维修质量管理体系的标准化、信息化和科学化水平，势在必行。基于可靠性工程的军用飞机维修质量管理体系优化不仅能够提高飞机的使用效率和安全性，还能够降低成本、提升作战能力，为军事行动提供强有力的支持。这种优化措施对提高军事装备的综合作战能力具有重要战略意义。

关键词：军用飞机；质量管理体系；影响因素；可靠性工程

引言

随着现代战争形式的变化，军用飞机面临的使用环境和作战需求也日益复杂。通过可靠性工程的优化，可以确保维修体系适应快速变化的需求，确保飞机在多种复杂作战环境中具备高可靠性和作战能力。可靠性工程强调通过数据分析、预测性维护和故障模式识别等方法提高飞机的整体可靠性。通过优化维修质量管理体系，可以确保飞机的维修过程更加高效，减少故障的发生频率，提高飞机的整体可靠性，确保飞机在执行任务时能够保持较高的作战能力。通过精确的数据分析和故障预测，可以提前发现潜在的故障风险，避免突发性故障和不必要的维修，从而减少维修资源的浪费。优化的维修质量管理体系使得维修人员能够精准诊断问题，减少维修时间和成本，提高资源的利用率。

一、基于可靠性工程的军用飞机维修质量管理的重要性

1. 保障飞行安全

飞行安全是军用飞机维修质量管理的首要目标。可靠性工程的核心思想是通过科学地分析和预测，提前发现潜在的故障和问题，避免飞机在飞行过程中发生意外。这一过程不仅包括定期的维护和检查，还包括对飞机各个部件的性能评估与预测，从而通过严格的质量控制和可靠性测试，减少飞机在飞行中的故障几率。通过优化维修和保养计划，确保飞机的关键部件和系统长期处于良好状态。通过先进的检测手段发现潜在的隐患，避免故障在飞行过程中发生，保障飞行员和任务的安全。

2. 提升战斗力

军用飞机是现代战争中的重要作战力量，其效能直接影响到战斗力的发挥。高质量的维修管理能够确保飞机在任务中达到最佳的作战状态，从而提升整体战斗力。确保飞机随时可以投入使用，提高空中力量的响应速度和作战效率。通过高效的维修管理，确保飞机的各项性能维持在最佳水平，如发动机推力、雷达精度、武器系统的可靠性等。快速而高效的维修管理可以确保飞机尽量减少因维修而无法使用的时间，提升战斗任务的成功率。

3. 降低成本

虽然军事飞机的采购成本通常较高，但良好的维修质量管理能够通过优化维修流程和提前预测故障，可以减少飞机因故障停机的时间，提高飞机的利用率，进而降低维护成本。定期的预防性维修与维修质量管理可以避免不必要的复杂修复，减少零部件更换和大修的频次，从而减少高昂的维修费用。通过科学管理维修计划，确保物资和维修人员的高效使用，避免资源浪费。

二、基于可靠性工程的军用飞机维修质量管理现存问题

1. 可靠性数据管理混乱

可靠性数据是指导维修管理、预防故障和优化维修策略的核心依据。然而，当前在军用飞机维修质量管理中，可靠性数据的收集、存储、分析和共享存在一些问题。不同部门或系统之间的数据难以共享，导致信息不对称。例如，维修记录、故障报告、飞行数据等不同来源的数据无法有效整合，影响了数据的分析和决策。一些维修记录和可靠性数据未能及时更新，导致分析时所依据的数据失真，影响故障预测和维修策略的准确性。

数据的准确性和完整性存在问题，可能由于手工输入错误、设备故障记录不全等原因，使得维修人员难以基于可靠性数据进行有效的决策和分析。

2. 维修计划缺乏可靠性依据

维修计划的制定是确保飞机持续可靠运行的关键步骤。然而，现阶段许多维修计划的制定缺乏充分的可靠性依据，导致维修工作无法最大程度地保障飞机的性能和安全。维修计划往往依赖经验和常规操作，而非通过可靠性分析得出的数据。这使得维修计划存在盲目性，可能导致过度维修或维修不足。不同飞机的使用环境、任务要求和运行状况不同，但维修计划往往是统一的，无法根据每架飞机的具体情况量身定制。这会导致某些飞机过度维修，而另一些则可能因维修不当而存在潜在安全隐患。在某些情况下，维修计划更侧重于修复故障，而忽视了预防性维护的制定，未能通过可靠性分析对潜在故障进行有效预测。

3. 维修过程控制薄弱

维修过程中的质量控制是确保维修质量的核心部分，但目前维修过程控制仍存在许多薄弱环节。尽管有维修手册和规范，但在实际操作中，许多维修环节缺乏严格的标准化操作。不同维修人员可能有不同的工作习惯和操作方式，这导致维修质量不一致。维修过程中，缺乏对关键环节的实时监控和跟踪。没有对维修工作中每个步骤的检查和确认，可能导致部分维修任务未能完全按照规定流程进行。维修过程中的质量控制往往依赖后期的检查和审查，但过程中缺乏有效的质量监督和及时反馈，可能导致某些维修问题被遗漏或未及时发现问题。

4. 人员可靠性意识淡薄

维修人员是保证军用飞机维修质量的关键，但许多维修人员在可靠性管理方面的意识仍较为薄弱，影响了整体维修质量的提升。许多维修人员未能接受足够的可靠性工程和维修质量管理的专业培训，对如何基于可靠性分析进行维修决策和处理故障缺乏理解。部分维修人员对质量控制的重视程度不足，可能存在“修复至能飞行”的心态，而非确保维修达到最佳状态，忽视了维修过程中的细节和潜在风险。对于维修人员在质量管理和可靠性提升方面的工作缺乏相应的激励和考核机制，导致他们缺乏主动性去发现和解决问题，甚至忽视可靠性分析的重要性。

三、基于可靠性工程的军用飞机维修质量管理优化措施

1. 完善可靠性数据管理体系

可靠性数据的管理是确保维修质量的基础。优化数

据管理体系可以确保维修决策的科学性和有效性。通过构建集中化的数据管理平台，将飞机的维修记录、故障数据、飞行数据等信息统一存储和管理，确保数据的完整性、准确性和可追溯性。并确保各部门能够高效、实时地访问和共享数据。制定统一的数据采集标准，确保在维修和故障记录过程中，信息的录入符合统一的格式要求，避免数据遗漏或错误。结合大数据分析、人工智能等先进技术，对历史数据进行深度分析，预测潜在的故障模式和维修需求，为维修计划提供可靠依据。定期对数据质量进行审查和清理，确保数据的准确性、时效性和完整性，从而提高数据分析和决策的效果。

2. 制定基于可靠性的维修计划

可靠性工程应指导维修计划的制定，确保维修工作能有效预防故障并提高飞机的整体可靠性。通过采用RCM方法，基于可靠性数据分析，确定哪些系统和部件需要进行预防性维修，哪些应采用修复性维修，进而制定个性化的维修计划，最大优化飞机的使用效益。维修计划应根据飞机的实际使用情况、任务需求、飞行强度等因素进行个性化定制。不同型号飞机、不同航线和任务的维修需求有所不同，因此，维修计划应具备灵活性，能够根据实际情况调整和优化。结合飞行里程、飞行小时、部件使用情况等，合理安排维修时间与周期，避免过度维修导致不必要的成本，同时避免延迟维修导致潜在的故障风险。维修计划应根据飞机的实时飞行数据进行动态调整。例如，飞行过程中，飞机的各项数据（如引擎温度、油耗、部件状态等）可以实时传输并分析，识别潜在故障风险，从而及时调整维修计划。随着飞机运行情况的变化，应定期更新维修计划，确保维修安排能够及时应对飞机部件的磨损、疲劳损伤和潜在故障，保持飞机的最佳运行状态。通过对飞机系统和部件的风险评估，识别出哪些部件对飞机的安全性、作战能力和任务完成性至关重要。风险评估考虑因素包括：部件的故障模式、对飞行性能的影响、修复难度以及维修的成本等。在进行维修安排时，应根据部件的风险等级优先安排关键部件的维修。例如，对于对飞行安全性影响最大的部件（如发动机、飞控系统等），应优先进行维修，而对于影响较小的非关键部件，则可以适当延后维修周期。

3. 强化维修过程可靠性控制

(1) 标准化维修流程与操作规范的建立

建立详细的维修流程与操作规范，以确保维修每个环节都能按照统一标准进行。这包括维修的准备、操作步骤、所需工具、人员资格要求等方面。标准化流程能

够减少人为错误和操作偏差，确保维修工作的高效性和一致性。定期对维修人员进行培训，并确保其具备必要的技能与资格证书。确保人员熟悉各类设备的操作规范和维修要求。建立多层次的质量控制体系，从维修前检查、维修过程中监督，到维修后的质量审查，确保每个环节都能得到有效监督。

(2) 故障原因分析与总结反馈

每次维修结束后，组织维修人员对故障原因进行回顾与分析。这有助于发现问题的根本原因，评估维修过程中的不足之处，并提出改进意见。通过分析总结，及时反馈至维修流程中，修正和优化流程，避免类似问题的重复发生。利用数据反馈和案例分析，完善维修方案与操作标准，不断优化维修过程。引入先进的故障诊断系统，可以通过实时数据监测和分析，快速定位设备故障，提前发现潜在的隐患。这不仅提高了故障诊断的精准度，还缩短了维修时间。使用无人机等自动化设备进行高空、难以接近位置的检查。无人机可以装载高清摄像头，对设备进行全面检查，及时发现设备损坏或老化的迹象，提高检测效率。建立智能化维修平台，利用物联网（IoT）技术监控设备运行状态，通过云计算平台分析设备的运行数据，提前预测设备可能出现的故障，并提前安排维修。收集维修数据、设备运行状态、历史故障记录等，进行大数据分析，找出故障发生的规律，从而进行预测性维护，避免突发性故障。基于历史维修数据与实时运行数据，建立机器学习模型，预测设备故障的可能性，提前规划维修时间和资源，降低突发性停机风险。

4. 加强人员可靠性培训与管理

(1) 系统化的培训计划

定期组织专业的培训课程，覆盖可靠性工程、故障分析、预防性维修、故障预测等内容，帮助维修人员掌握前沿的技术与方法。例如，培训内容可以包括失效模式与影响分析（FMEA）、可靠性预测、设备寿命评估、维修周期优化等。通过这些系统化的培训，增强维修人员的理论基础和实践能力。在岗位培训中，要明确每个维修人员的职责与工作标准，确保其在工作过程中时刻关注细节，执行高标准的维修操作。

(2) 建立持续的考核与反馈机制

定期对维修人员的工作进行考核，评估其在维修质量、效率、故障排除等方面的表现。通过设置量化的绩效指标（例如维修完工率、故障复发率、维修响应时间等），确保其工作的质量。考核结果应与激励措施挂钩，表现优秀的员工可以获得奖励或晋升机会，以此激发他

们的工作热情和责任感。维修工作的质量不仅仅依赖于个人能力，还需要团队协作。可以通过组织跨部门的交流与合作，提升维修人员的综合素质。例如，与设备设计、生产、质量管理等部门的互动，让维修人员更全面地了解设备的使用要求和技术特点，掌握更全面的维修知识。岗位轮换也是一种有效方式，通过不同岗位的轮换，让员工在多种工作环境中积累经验，提升综合技能。

(3) 质量文化建设与激励机制

质量文化是企业赖以生存与发展的核心之一。通过建立和传播可靠性管理文化，使维修人员在日常工作中树立起对质量和安全的高度重视。可以通过定期举办质量主题活动、表彰先进人物、分享成功案例等方式，激励员工将高质量的维修服务视为自己的责任。激励机制不仅仅是物质奖励，还可以通过精神激励、公开表彰等方式，增强员工的归属感与荣誉感。为了提高维修人员应对突发事件的能力，可以定期组织模拟演练，演练内容可以涉及设备突发故障的应急处理、复杂故障的排查与解决等。通过这种方式，让维修人员在实际操作中提高问题解决能力，同时熟悉各种故障处理流程。

结论

综上所述，基于可靠性工程的军用飞机维修质量管理体系优化策略，涵盖了从数据采集、故障预测、资源管理到信息化建设、人员培训等多个方面。通过这些策略的实施，可以提高维修效率、降低故障率、优化维修流程，并提升飞机的整体安全性，从而确保军用飞机在复杂战斗环境中的高可靠性和高作战能力。减少维修中可能存在的安全隐患，还能够提升工作效率，增强维修团队的质量意识和责任感，从而提升整体维修体系的水平和可靠性。

参考文献

- [1] 莫异昕. 有效控制疲劳，确保维修安全[J]. 中国民用航空，2010，(02)：58-59.
- [2] 刘强. 民航维修安全管理中人工智能技术运用分析[J]. 科技经济市场，2022，(09)：43-45.
- [3] 邓奎. 民用航空器维修安全分析与改进措施[J]. 科技创新与应用，2019，(33)：111-112.
- [4] 朱勃. 民航维修安全积分体系的设计及应用[J]. 现代交通技术，2022，19(01)：87-90.
- [5] 姜琪. 良好设计假设对航空维修安全的启示[J]. 科技创新导报，2020，17(15)：9-10.