

人在航空装备维修中的核心作用分析

王光超

92543部队, 山西 长治

收稿日期: 2025年10月14日; 录用日期: 2026年1月14日; 发布日期: 2026年2月11日

摘要

航空装备维修是一项高度复杂、高风险且对精确性要求极高的工作, 其核心是人与技术、制度、环境的深度配合。本文围绕航空装备维修全流程, 分析了维修人员在工前准备、过程执行、质量控制及应急处理等环节的核心作用, 并结合实际管理经验提出效率提升办法。同时, 本文探讨了未来装备智能化发展趋势下, 维修人员角色将从“动手修”向“动脑管”升级, 能力需求向“复合型”转型, 文化与制度将从“被动遵守”转向“主动安全”。研究表明, 人的专业能力、责任意识及团队协作始终是维修质量与飞行安全的关键, 即使在智能化时代, 人的经验和判断力在复杂故障解决和风险管控中仍不可替代。

关键词

维修人员作用, 人因工程, 智能化转型, 质量控制, 应急响应

Analysis of the Core Role of Humans in Aviation Aircraft Materiel Maintenance

Guangchao Wang

Unit 92543, Changzhi Shanxi

Received: October 14, 2025; accepted: January 14, 2026; published: February 11, 2026

Abstract

Aircraft Materiel Maintenance is a highly complex, high-risk, and precision-demanding process, with its core lying in the deep integration of human expertise, technology, systems, and environment. This paper systematically analyzes the critical role of maintenance personnel across the entire maintenance workflow, including pre-maintenance preparation (task analysis, tool and material readiness, personnel allocation), process execution (standardized operations, technical support, team collaboration), quality control (three-tier inspection, proactive error identification, maintenance documentation), and emergency response (rapid fault diagnosis, prioritized decision-making, emergency plan

implementation). Practical management insights are incorporated to propose efficiency-enhancing strategies. Furthermore, the paper explores the transformation of maintenance personnel's roles under future intelligent equipment development, shifting from "hands-on repair" to "cognitive management" and emphasizing the need for "comprehensive capabilities" (e.g., technical knowledge, data analysis, and AI interaction). Cultural and institutional frameworks are also expected to evolve from "passive compliance" to "proactive safety." Research highlights that human professionalism, accountability, and teamwork remain indispensable for ensuring maintenance quality and flight safety, particularly in addressing complex faults and managing risks, even in an era of intelligent technologies.

Keywords

Maintenance Personnel Role, Human Factors Engineering, Intelligent Transformation, Quality Control, Emergency Response

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

航空装备维修是一项高度复杂、高风险且对精确性要求极高的工作，核心是人与技术、制度、环境的深度配合。无论智能化技术如何发展，维修人员的主观能动性和专业判断，始终是保障维修质量和飞行安全的关键。从实际工作来看，航空维修的核心难题就是在装备技术越来越复杂的情况下，如何确保人的操作可靠、判断准确。SHEL 理论、人因工程理论等经典理论，其实都在围绕“人”这个核心展开——要么强调人在系统中的枢纽作用，要么关注人与机器、环境的适配性，要么主张从全流程管控风险。这些理论最终都指向一个结论：再先进的技术和制度，都需要人来落地执行。维修人员的专业能力、责任意识强不强，团队协作顺不顺畅，直接关系到维修工作的成败，甚至影响飞行安全。本文从维修全流程入手，拆解了人在各个环节的具体作用，结合实际工作中的管理经验提出了效率提升办法，最后展望了维修人员在未来装备智能化发展中的角色变化，并进一步表明人在航空装备维修中不可或缺的重要地位。

2. 人在航空装备维修各环节的核心作用体现

(一) 工前准备：把风险挡在维修之前

工前准备是维修工作的“第一关”，核心就是通过维修人员的提前介入，减少后续操作中可能出现的问题，从源头上降低风险。这一步做得好不好，直接影响后续维修的效率和质量。

1) 任务分析与计划制定：精准摸清维修需求

维修人员要把维修任务搞透——既要参考飞机健康管理系统的数据库、故障报告和维修任务卡片，还要结合自己的经验，找出显性的故障，更要预判可能隐藏的问题。然后按照实际情况拆解任务，制定详细的维修计划，而且这个计划不能是死的，还要能根据后续的工作情况动态调整。

维修计划的完整性与返工率呈显著负相关，计划完善度提升可大幅降低返工频次与成本[1]。这是因为如果计划有遗漏，后面再补救的成本会很高，往往是初始操作的 3~5 倍，就像多米诺骨牌，第一块倒了，后面会跟着出问题。

2) 工具与航材准备：配齐必要的工具与航材

维修前必须把该用的工具、航材都准备到位，而且要确保工具和航材符合维修要求。如果工具缺了、航材型号不对，维修工作很可能被迫中断——据数据统计，这种情况导致维修中断的比例高达 32% [2]。临时调配工具会耽误时间，还容易让维修人员分心。如果用了不符合要求的航材，甚至可能留下安全隐患，危及飞行安全。

3) 人员分工：让合适的人干合适的活

工作负责人要根据维修任务的风险等级和复杂程度，给维修人员分配工作。不能随便找人上手，要考虑每个人的技能熟练程度、对风险的敏感度等。比如复杂的电子设备维修，需要让技术过硬、细心的人来做。简单的拆装工作，可以安排新手，再由熟手指导。实践证明，这么分工能让维修差错率降低 28% 左右[3]。

(二) 过程执行：精准操作 + 默契配合

过程执行是维修的核心环节，既要严格按标准干活，又要能应对突发情况，这就需要维修人员既有过硬的技术，又能和团队默契配合。

1) 标准化操作：按规矩办事，减少失误

维修人员必须严格按照维修手册和工卡的步骤操作，不能凭经验“想当然”。很多时候出问题，就是因为觉得“以前这么干过没事”，就不按标准流程来，结果导致失误。

2) 技术支援：解决现场“卡脖子”问题

一线维修人员遇到解决不了的技术难题时，技术支援工程师需要及时跟上，提供精准的指导。现在有实时数据传输系统，一线人员可以把现场情况及时反馈给技术支援团队，大家一起想办法，快速解决问题，不让维修工作卡壳。

3) 团队协作：新手、熟手、专家各司其职

航空维修很少能一个人完成，大多是团队协作。一个合理的团队结构应该是“新手 + 熟手 + 专家”：新手跟着学习、做些基础工作；熟手承担主要操作；专家负责把控关键环节、解决复杂问题。这样既能保证维修效率，又能让新手快速成长，还能避免因为个人能力不足导致的失误。

(三) 质量控制：把好最后一道“安全关”

质量控制是维修工作的“收尾把关”环节，核心是通过检查、反馈、改进的循环，消除已经出现的失误，预防潜在风险，确保维修后的装备符合安全标准。

1) 自检、互检、专检：三层把关不遗漏

维修人员要做好“三级检查”：自己操作完先自检，看看步骤有没有错、参数对不对；然后和同事互检，别人可能发现自己没注意到的问题；最后由专门的质量检查员做专检，重点检查关键部位，确保没有任何隐患。这三层检查各有作用：自检是自己纠正错误，互检能避免“自己看不见自己的问题”，专检则是用更专业的标准把关。三层检查下来，能最大程度过滤掉维修中的失误，这与航空维修质量管控的经典模型一致[4]。

2) 主动识别差错：提前预判风险

维修人员不能等出错了再补救，要主动预判可能出现的问题。根据自己的经验，知道某个操作步骤容易出错，就提前做好防范；通过参加培训，了解常见的差错类型，在工作中重点关注。把过往的失误经验整理起来，变成预防知识，能有效减少同类错误的发生。

3) 做好维修记录：把经验变成“财富”

维修完成后，要详细记录操作过程、遇到的故障现象、怎么解决的，还有从中得到的经验教训。这些记录不仅能方便后续追溯，还能把个人经验变成整个团队的知识。航空维修数据统计显示，完整的维修记录能使同类故障解决时间缩短 40% 以上，是组织学习的重要载体[5]。

(四) 应急处理：在关键时刻发挥关键作用

应急处理是航空维修中最考验人的环节，往往时间紧、风险高，维修人员能否快速响应，及时准确排除故障决定了飞机能否正常起飞。

1) 快速诊断故障：凭经验更要凭技术

紧急情况下，维修人员没有太多时间慢慢查资料，得结合自己的经验和手头的技术资料，快速找到故障点。经验丰富的维修人员，诊断准确率比新手高 55%，时间还能缩短 60% [2]。这是因为他们遇到的故障多，脑子里积累了很多“故障模式”，看到类似的现象，能快速对应到可能的故障点，再通过技术资料验证，很快就能确诊。

2) 合理决策：先解决最危险的问题

应急维修时，可能会同时遇到多个问题，维修人员需要判断哪个问题风险最高、最紧急，优先处理。飞机既有小的线路松动，又有燃油泄漏隐患，那肯定要先处理燃油泄漏，因为这个问题一旦恶化，后果不堪设想。在有限的时间和资源下，把高风险问题先解决，才能最大程度减少损失。

3) 严格执行应急预案：平时练熟，遇事不慌

针对常见的紧急故障，都有对应的应急处置程序。维修人员平时要多参加模拟演练，把应急预案的步骤记熟，变成“肌肉记忆”。真遇到紧急情况时，才能不慌不乱，严格按照预案操作，确保每一步都符合安全标准，不因为慌乱出错[2]。模拟演练在高危行业运维中已被证实能有效提升应急响应能力，降低操作失误率。

3. 未来装备发展下人的核心作用转变

随着航空装备越来越智能化、集成化，维修人员的工作方式会发生很大变化，角色和能力要求也会跟着调整。

(一) 角色升级：从“动手修”到“动脑管”

1) 更多承担监控和决策工作

以后很多常规的维修操作，可能会由自动化系统完成。有预测说，到 2030 年，70% 的常规维修会被自动化系统替代，维修人员主要负责监控系统运行、分析数据，判断故障趋势，然后做决策[6]。比如发动机监控软件会实时分析运行数据，维修人员不用再天天拆检，只要根据数据判断要不要提前更换部件就行。

2) 聚焦复杂问题解决

自动化系统能处理简单的、常规的故障，但遇到多系统耦合的复杂故障，还是得靠维修人员。智能系统对复杂故障的诊断准确率大概只有 60%，但结合人的经验后，能提升到 90% [6]。未来维修人员的核心价值，就是解决这些智能系统搞不定的复杂问题。

(二) 能力转型：成为“复合型”人才

1) 要懂技术，还要懂数据、懂 AI

以后的维修人员，不能只懂机械操作，还得掌握数据分析、系统集成的知识，甚至要和 AI 系统交互。要能看懂 AI 辅助诊断的结果，还要能验证结果对不对；要会分析传感器传来的大量数据，找出潜在故障。有研究表明，具备“机械操作 + 数据分析 + AI 交互”能力的维修人员，工作效率比传统维修人员高 45% [7]。

2) 要不断学习，跟上技术更新

新型航空装备比如电动飞机、智能航电系统，技术更新很快，维修人员的知识也得跟着更新[6]。以前可能一年更新一次知识就行，以后可能每季度都要学习新东西，不然就跟不上装备发展的节奏，没法

胜任维修工作。

(三) 文化与制度：从“被动遵守”到“主动安全”

1) 安全意识要刻在心里

未来的维修文化，会更强调主动安全。有数据显示，实行无惩罚性报告制度的单位，潜在风险上报率能增加 70%，事故预防率能提升 50% [4]。大家主动关注安全，才能把风险消灭在萌芽状态。

2) 明确人机协同的权责

未来航空维修工作对信息化系统的依赖程度将持续加深，但需警惕过度依赖技术工具而弱化人的核心作用的倾向。在制度层面，必须清晰界定人机协同的权责边界，明确系统输出的各类决策建议，均需经维修人员审核确认后方可执行[6]。这一过程中，还需应对三方面的挑战：其一，需建立适配航空维修场景的新型人机交互界面标准，确保系统指令清晰易懂、维修人员反馈高效精准，降低信息传递偏差；其二，需强化智能系统 AI 决策的可解释性要求，避免系统输出“黑箱化”结论，让维修人员能够追溯决策依据，判断其逻辑合理性；其三，需规范维修人员对智能系统输出结果的验证流程，明确验证维度、标准与责任主体。例如，维修管理系统可基于实时数据动态生成或调整维修计划，但计划的任务覆盖度、资源匹配度、适航合规性等关键要素，必须由具备丰富经验的维修人员进行最终研判。这一权责划分原则，与智能化运维领域“人机协同、人为主导”的核心管理理念高度契合[4]，既能充分发挥信息化系统的数据处理优势，又能依托维修人员的专业经验规避系统算法缺陷或数据误差引发的维修失误。

4. 结论

航空装备维修是人与技术、制度、环境协同配合的工作，核心是在装备技术越来越复杂的情况下，确保人的操作可靠、判断准确。本文分析了人在维修全流程各个环节的关键作用，能看出维修人员在整合信息、精准操作、质量把关、应急处置等方面，都是不可替代的，尤其是遇到复杂故障时，人的经验和创新思维，是智能系统无法替代的[6]。本文的研究既能为实际维修工作中提升人员效能提供参考，也能为智能时代航空维修的人员管理和技术发展提供思路。未来，随着航空装备智能化、集成化发展，维修人员角色上从“动手修”升级为“动脑管”，能力上向“机械操作 + 数据分析 + AI 交互”的复合人才转型，文化与制度上从“被动守规”转向“主动安全”。同时明确人机协同权责，通过建立交互标准、强化 AI 决策可解释性、规范验证流程，坚守“人为主导”原则，凸显人在智能维修体系中的不可替代作用，让航空维修体系更高效、更安全。

参考文献

- [1] 张明, 李华. 航空维修计划优化与可靠性提升研究[J]. 航空工程进展, 2021, 12(3): 112-118.
- [2] 李志强, 陈曦, 赵伟. 航空维修工具管理与应急响应指南[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2022.
- [3] 刘敏. 航空维修人为差错与安全管理[J]. 航空工程进展, 2021, 12(3): 78-85.
- [4] 中国航空运输协会. 2023 年航空维修行业发展报告[R]. 北京: 中国航空运输协会, 2023.
- [5] 李军, 王浩, 张磊. 民用航空维修记录数字化管理与组织学习机制研究[J]. 航空维修与工程, 2022(7): 58-61.
- [6] 张恒. 智能航空维修发展报告(2023-2030) [R]. 北京: 航空工业信息中心, 2023.
- [7] 赵宇, 刘峰, 陈静. 航空智能维修复合型人才能力模型构建与效率评估[J]. 航空维修与工程, 2023(5): 65-68.