

# 民用航空器维修故障原因及质量改进措施

杨 成

四川航空股份有限公司 四川成都 610202

**摘 要：**民用航空器维修故障的成因颇为复杂，对航空安全运行有着深刻影响。深入分析可知其主要根源在于维修人员的技术能力与复杂维修需求之间存在差距、工作程序执行严谨性有所不足、设备工具及航材可靠性存在缺陷、维修方案与管理体系统存有疏漏等。就提升维修质量需进行系统性发力：持续聚焦于人员资质与技能的强化工作，深度推动维修程序标准化与电子化的应用，严格把控航材供应链的质量追溯管理，并且不断完善质量管理体系以及安全文化生态的建设，以此形成保障飞行安全的坚实屏障。

**关键词：**民用航空器；维修故障；故障原因；质量改进

## 引言

保障航空运输安全的基石在于民用航空器维修，其质量直接维系着公众的生命财产安全。在航空运输量持续增长与机队规模不断扩大的背景下，维修工作的复杂性与重要性愈发凸显。对于预防安全事故、提升运行效率而言，识别维修环节里潜在的故障原因以及探索切实可行的质量提升路径有着重大的现实意义。本文聚焦维修实践所暴露的关键问题上，对故障产生的根源展开系统分析，目的在于提出具备操作性的质量改进策略，进而为行业在持续提升维修保障能力、达成更高水平的安全目标方面提供思考方向。

## 一、民用航空器维修故障的主要成因

### （一）维修人员技能不足与操作失误

在民用航空器维护实践中，维修技师的综合能力水准受制于技术迭代的快速推进与教育资源更新的相对滞后，这导致某些新兴设备或系统的知识获取不足。操作层面的偏差通常与维护作业的高强度特征相关，多任务并置环境下维修人员可能面临信息过载。工作压力的累积效应逐渐削弱了对细微环节的专注力。技能缺位与实际操作中的疏忽相辅相成，反映出整体维护体系内在的动态复杂性，其根源植根于行业发展节奏和人员培养机制之间的潜在脱节。

**作者简介：**杨成（1987.10--）男，汉族，四川省广汉市人，本科，中级工程师，主要研究方向：民用航空器维修与适航管理。

### （二）工作程序执行不严或存在偏差

技术文件的复杂性或模糊性有时超出了基层维修人员的即时理解与操作负荷，导致其在面对特定非例行任务时难以精准把握全部要求细节。维修现场环境的动态变化与时间压力可能迫使部分环节的操作流程被无意识地简化或省略，形成与原始技术规范之间的微小却关键的差异点<sup>[1]</sup>。现有监督机制在覆盖所有维修活动细微末节方面存在现实挑战，个别关键步骤的合规性确认未能完全融入实时监控流程。

### （三）维修设备工具及航材质量问题

维修活动依赖的专用测试设备其精度校准未保持在最佳状态直接影响故障诊断的准确性，尤其复杂电子系统或结构损伤的细微迹象可能因设备性能漂移而被忽略，进而延误故障的真实定位。工具和测试设备本身的维护保养周期执行不够彻底构成另一层隐患，长时间高强度使用产生的自然磨损若未能及时检出修复，其功能可靠性下降将间接削弱维修工作的基础保障。在航材领域，复杂供应链中偶发的认证文件缺失或材料规格描述模糊情况，使得个别航材虽能通过收料检验却难以完全追溯其生产过程和最终质量的完全符合性。有些非关键性消耗器材基于成本考虑可能选择替代供应商渠道，其材料工艺标准的差异性如果未被充分识别评估，在长期使用环境中性能表现可能出现未预期的衰减，影响装配件整体寿命。

### （四）维修方案与管理体系统存在缺陷

维修方案修订周期与飞机技术迭代速度之间的匹配度不足，使得部分新型故障模式或特殊构型缺乏针对性

的处置指引，加之管理体系内部质量审核的深度与频次难以完全捕捉日常运行中累积的细微流程偏差，导致潜在缺陷未能及时纳入系统性修正范畴。安全信息收集渠道虽已建立，但其转化为预防性维修策略的效率有待提升，部分历史经验未能有效融入现行方案优化过程。不同维修子系统间的责任边界与协作接口存在界定模糊地带，影响复杂故障处置的整体协调性。现有规章符合性要求有时侧重于基础条款覆盖，对技术方案内在逻辑严谨性及风险预见能力的深层评估尚存深化空间<sup>[2]</sup>。

## 二、提升民用航空器维修质量的关键措施

### (一) 强化维修人员培训与资质能力管理

维修机构需构建覆盖职业生涯全周期的能力培养框架，培训内容设计应紧密结合机型技术迭代与典型故障案例库更新，使课程内容动态反映实际维修场景中的复杂需求。培训体系需区分基础理论深度与实操技能精度的差异化培养路径，基础理论部分侧重系统原理的透彻解析而非表面记忆，实操训练则采用高仿真度设备模拟线控系统故障等典型情景，要求学员在接近真实工作压力的环境下完成精准排故操作。资质认证管理必须超越简单的证件颁发环节，建立个人能力档案与工卡签署权限的智能关联机制，系统自动追踪人员参与的培训项目、考核成绩及实际维修记录，当人员申请特定类型工卡签署时系统自动比对其历史数据与资质标准。行业应当打通培训部门与生产部门的双向反馈通道，让一线反映的技能短板直接驱动课程优化，让教员深入维修现场观察作业流程，这种双向渗透保障培训内容始终锚定实际需求。培训资源的动态配置应当参考维修计划中的高峰时段预测，在定检高峰季前三个月针对性开展相关系统专项培训，避免因突击培训导致的知识吸收不充分问题，这种前瞻性资源调度显著提升培训实效。

### (二) 优化维修工作程序与电子化工卡应用

维修工作程序的持续精细化建设需要建立任务步骤与操作风险的双向映射机制，将历史故障数据所揭示的脆弱环节融入修订流程。工卡设计人员应当依据制造商技术通告的更新状态及时注入预防性指引条款，例如对线束插拔作业增加防静电干预项或复合材料紧固件安装环节嵌入力矩值阶段性核验点，这些动态调整使常规工单转化为风险缓释的有效载体。持续应用经验表明工卡步骤的语义表达必须消除歧义空间，特定螺栓拆卸位置描述若存在方位模糊可能引发操作迟疑甚至错位拆卸；维修人员执行环节的顺畅程度很大程度依赖动作指引的

具象化呈现，图文叠加的动态演示效果相比纯文本工卡更能规避理解偏差。在电子化工卡推广维度，移动终端的现场适应性设计影响着技术优势转化效率，屏幕强光环境下可读性和潮湿机坪环境握持稳定性需纳入定制考量范围，全流程电子签批伴随的影像采集功能则需精准配置拍摄区域范围自动识别算法来留存关键操作证据。

### (三) 加强航材供应链质量管控与可追溯

加强航材供应链质量管控与可追溯需要航材供应商建立覆盖全生命周期的资质动态评估机制，评估维度融合生产合规性审查、历史供货质量波动曲线分析及突发事件响应时效等多重指标，形成客观量化的供应商分级图谱。质量检验体系需突破传统抽检模式，对关键航材实施物理特性光谱分析与材料化学惰性验证等深度检测技术，检测参数设置应当关联该部件在航空器特定安装位置的长期承压数据与结构应力模型，使验收标准精确匹配实际运行工况<sup>[3]</sup>。追溯系统构建必须超越简单的批次号记录功能，利用区块链技术赋予每个航材独立且不可篡改的数字身份标识，该标识自动承载从原材料冶炼到最终报废回收的全部工艺流转记录与环境参数，维修人员在领用环节扫描标识即可调取完整的全生命周期档案。供应链风险预警应当整合全球航材安全通告数据库与海关异常申报信息流，系统自动识别特定供应商原材料产地突发政治动荡或物流枢纽极端天气等潜在威胁，触发针对关联航材的预防性复检指令。

### (四) 完善质量管理体系与安全文化建设

质量体系文件的持续生命力源于闭环修订机制，标准制定者需定期解析一线维修记录和监察发现的共性问题，将重复出现的工艺偏差转化为条款增补项，例如液压管路施工标准补充管夹防磨保护细则或电子舱清洁规程增加静电敏感标识。标准执行层面对文件的准确解读决定落地效果，维修技术委员会应当组织专家团队梳理容易产生歧义的术语表述，将抽象描述转化为带图示边界的操作指引，同时建立跨基地同质化审查的流程来消除不同维修站点的理解差异。安全文化的深度培育依靠非惩罚性事件报告制度的稳定运行，该制度的可信度建立在匿名提交通道和分级处理反馈机制之上，维修人员亲身经历的非标准事件只有转化为共享知识才能释放预警价值；基层班组长日常工具箱会议需要设计结构化的讨论框架，运用典型事件的情景还原激发团队对人为因素陷阱的识别敏锐度。行为观察是文化渗透的重要载体，资深检验员不定期巡视车间发现的不规范动作应当转化

为实景培训案例库，这类来源于真实场景的案例教学比纯粹规章宣贯更易触动维修人员的主动防护意识。

### 三、保障维修质量改进措施有效落实的建议

#### (一) 完善维修差错调查与经验反馈机制

维修单位需要建立非惩罚性自愿报告制度，设计具备严格保密性的匿名信息提交通道，让一线人员敢于披露操作中的细微失误或潜在风险征兆而不必担忧追责后果。调查委员会构成应当涵盖维修专家、工程师及人因心理学专业人员，运用时间线重构与屏障分析法深度还原差错发生的技术路线与决策路径，重点识别程序漏洞与环境诱因而非单纯归咎个人。经验反馈系统需整合自然语言处理技术对海量报告文本进行语义聚类分析，自动关联历史上相似案例的处理方案与后续验证效果，生成可视化风险图谱辅助管理人员预判薄弱环节。定期发布差错趋势分析报告应当采用维修人员易于理解的故障树形式展现，清晰标注特定差错类型与机型、季节、工作时段等因素的关联强度，引导基层班组自主调整作业策略<sup>[4]</sup>。

#### (二) 加强适航监察与行业监管协同力度

监察专家资源配置策略需考虑技术迭代的现实需求，传统机械系统检查员向航电软件构型管理领域的的能力转化必须配套专项轮训计划；而区域监察办公室跨辖区支援机制必须固化操作模板，当某维修站出现系统性风险征兆时邻近监察组能立即实施诊断性深度访谈而避免资源调度迟滞。监察数据的价值挖掘应当超越传统处罚导向，辖区典型缺陷行为模式图谱若能转化为维修单位年度安全研讨会的核心教材将显著放大预警效果。监管信息传递效率关乎共性问题处置时效，建立监察发现数据库的关键字段标准化采集流程，使液压管路渗漏等频发故障对应的工具防错装置改良经验快速辐射全行业。维修单位信用管理融入监管协同场景能释放柔性约束力，对历史合规记录优良的维修站试点降低随机抽查频次转而增加自愿问题呈报激励，这种分类监管资源倾斜将促成监管目标与维修质量的同向提升。

#### (三) 培育追求卓越的维修质量安全文化

管理者日常工作日程必须包含固定比例的安全巡查与员工访谈时间，现场观察维修作业流程并与一线人员

讨论规程执行难点，将收集到的基层智慧及时融入技术规程修订。维修人员参与安全事务需设计结构化授权机制，例如在安全委员会中设置比例不低于三成的技术代表席位，赋予其对操作规程修订草案的实质性否决权与改进方案提案权。知识分享活动应当超越标语张贴形式，定期举办聚焦人为因素分析的季度技术研讨会，邀请曾成功处置复杂故障的技师还原决策思维过程，使隐性经验转化为可传承的排故逻辑框架。表彰体系需创新设立“质量卫士”专项奖励，遴选标准侧重发现系统性隐患或提出有效流程优化的案例，颁奖仪式由管理者亲手将徽章佩戴在员工工装形成视觉激励。新员工融入过程须安排资深导师进行为期半年的安全文化浸润式指导，导师不仅传授技术要点，更着重演示如何在时间压力下坚持执行交叉检查等安全冗余动作。

### 结语

民用航空器维修故障的防范与质量提升是一项需要长期投入和持续改进的系统工程，本文将人员能力、程序执行、航材保障以及管理体系等因素对维修质量的深刻影响予以揭示。借助聚焦人员资质强化、维修流程优化、航材质量追溯以及安全文化培育等关键措施，并佐以有效的监管协同和经验反馈机制，维修差错发生概率能够被显著降低。未来应持续对新技术应用与管理模式创新加以关注，将多方力量进行整合一同构筑起更为坚实的航空维修安全防线，为民航持续安全发展提供源源不断的动力。

### 参考文献

- [1] 裴一斐.民用航空器电子仪表设备维修技术与方法研究[J].中国设备工程, 2024, (10): 78-80.
- [2] 谢凯, 杨硕, 杨南胜.民用航空飞机维修APS理论及其应用[J].中国质量, 2022, (09): 114-118.
- [3] 王丹, 施嘉兴.影响民用航空发动机维修成本的因素讨论和实例[J].中国设备工程, 2023, (11): 86-88.
- [4] 杨兆德.关于强化民用航空器维修质量管理的思考[J].中国设备工程, 2023, (21): 78-80.