

# 民航飞机附件维修技术探讨

陈吉龙

山东翔宇航空技术服务有限责任公司 山东 济南 251400

**摘要:** 民航飞机附件维修技术对保障飞行安全、降低运营成本意义重大。本文介绍附件范畴与核心作用, 阐述维修的核心技术环节, 包括故障诊断、拆解清洁、修复更换、组装测试等。探讨智能化、绿色化、模块化等关键发展方向, 并从技术设备、人员能力、流程规范、技术创新等方面提出保障条件, 为提升民航飞机附件维修技术水平提供参考。

**关键词:** 民航飞机; 附件维修; 故障诊断; 智能化技术; 绿色维修

引言: 民航业快速发展, 飞机附件作为保障飞行安全与正常运行的关键部分, 其维修技术至关重要。附件涵盖航电、液压、机械等多个系统, 各系统协同工作确保飞机稳定运行。一旦附件出现故障, 可能引发严重后果。因此, 深入研究民航飞机附件维修技术, 掌握核心技术环节, 明确发展方向并做好保障, 对提升民航运行安全性与经济性具有关键作用。

## 1 民航飞机附件维修技术的基础认知

### 1.1 民航飞机附件的范畴与核心作用

民航飞机附件涵盖机械、气动、航电等关键系统。机械附件包括起落架减震支柱、发动机传动齿轮箱等, 承担起降缓冲减震与动力传递, 保障起降安全及动力系统稳定; 气动附件如气动活门、气压调节器, 通过调控压缩空气压力与流向, 为刹车、机舱增压等系统供能, 确保各系统精准响应; 航电附件包含通讯模块、导航组件等, 负责飞机与地面通讯及航线定位, 保障飞行中信息传递稳定与导航精准<sup>[1]</sup>。这些附件是飞机运行的基础支撑, 任一故障都可能影响飞机功能, 甚至威胁飞行安全。

### 1.2 附件维修技术的核心内涵

附件维修技术包含多环节关键操作。故障诊断为首要环节, 通过外观检查识别表面损伤, 借专用设备监测压力、电压等参数, 结合无损检测排查内部缺陷, 精准定位故障类型与位置。部件修复针对不同故障处理: 磨损部件通过表面镀层、尺寸补偿恢复性能, 老化密封件直接更换, 集成化附件采用模块级维修降低更换成本。性能测试是维修后关键验证, 静态测试查结构完整性与参数稳定, 动态模拟测试验证不同工况运行表现, 确保维修后附件达标。

### 1.3 附件维修对民航运行的重要价值

附件维修是飞行安全的重要保障, 及时修复故障附件可避免航班延误、返航乃至空中险情, 维持飞机系统

稳定。从运营成本看, 维修能延长附件寿命, 减少新附件采购支出, 降低备件库存压力与资金占用。此外, 规范维修可提升附件可靠性, 减少飞行中突发故障, 间接降低额外维修与运营成本, 为民航企业高效、经济运行提供支持。

## 1.4 民航飞机附件维修的核心原则

精准性是核心原则之一, 维修中需准确判断故障、精准执行修复, 避免操作偏差引发二次故障, 确保维修后附件性能达标。合规性原则要求维修严格遵循行业技术规范与标准, 工具使用、操作流程均符合适航要求, 保障维修质量统一与安全。时效性原则强调附件故障后及时响应、快速维修, 缩短附件停用时间, 减少对航班调度与运行计划的影响, 确保飞机尽快恢复适航状态投入运营。

## 2 民航飞机附件维修的核心技术环节

### 2.1 附件故障诊断技术

无损检测技术可有效识别附件内部隐性缺陷, 超声波检测通过声波传播特性判断金属附件内部是否存在裂纹、气孔, 适用于发动机叶片、起落架轮轴等关键部件; 涡流检测利用电磁感应原理, 检测导电材料附件表面及近表面的腐蚀、磨损, 精准发现肉眼难以察觉的细微损伤。智能化诊断技术依托传感器实时采集附件运行数据, 通过数据分析软件对比正常参数范围, 快速定位异常波动; 故障树分析则梳理附件常见故障模式与关联因素, 按逻辑层级排查故障根源, 减少诊断盲区<sup>[2]</sup>。外观与功能初步筛查是诊断的基础步骤, 通过目视检查附件表面是否有变形、渗漏、破损, 借助基础测试设备检测气压、转速等关键指标, 快速判断明显故障, 为后续深入诊断提供方向。

### 2.2 附件拆解与清洁技术

精细化拆解技术需结合附件结构特性选择适配工

具,对精密气动活门采用专用拆装夹具,避免受力不均导致部件变形;对机械传动齿轮箱的螺纹连接部位,使用扭矩扳手控制拆卸力度,防止螺纹损坏。专业清洁技术根据附件材质与污染物类型选择方式,超声波清洗利用高频振动剥离附件内部细小缝隙的油污、杂质,适用于燃油喷嘴、气动阀阀芯等复杂结构附件;溶剂清洗则针对金属附件表面的顽固油污,选用符合环保要求的溶剂,确保清洁后无残留。拆解后部件分类与保护需按精度等级划分存放区域,高精度气压传感器、机械密封件单独置于防尘防潮容器中;按材质特性采取防护措施,金属部件涂抹防锈剂,复合材料部件避免接触腐蚀性物质,防止二次污染或损伤。

### 2.3 附件修复与零部件更换技术

精密部件修复技术针对不同损伤类型采取对应方案,磨损部件通过电镀、喷涂等镀层工艺恢复原有尺寸与表面硬度,适用于发动机凸轮轴、气动活塞杆等易磨损部件;变形部件利用专用校正设备施加精准外力,逐步恢复几何形状,确保修复后符合精度要求。老化部件更换技术需严格按附件技术手册筛选适配新部件,核对部件型号、规格与性能参数,确保与原有附件兼容;更换过程中做好部件编号记录,便于后续追溯与维护。焊接与粘接修复技术针对特定损坏类型,金属附件的裂纹采用氩弧焊等精密焊接工艺,确保焊缝强度与密封性;复合材料附件的局部破损则使用专用粘接剂,搭配加压固化工艺,恢复结构完整性与力学性能。

### 2.4 附件组装与性能测试技术

精准组装技术需严格遵循附件装配手册操作,对有定位要求的部件使用专用工装确保安装位置准确。例如,在组装飞机刹车系统的气动控制组件时,利用专用定位工装,保证气动活门安装角度精准,使刹车压力传输稳定。对螺栓、螺母等连接部位,按规定力矩紧固,避免过松或过紧影响附件运行,防止因连接不当导致部件松动或损坏。模拟工况测试技术通过搭建测试平台,模拟飞机在起飞、巡航、降落等不同工况下的环境参数,如温度、压力、振动等,验证附件在复杂环境中的功能响应与稳定性。可模拟起飞时的高振动环境,测试起落架收放机构的机械传动可靠性。性能参数校准技术借助专业校准仪器,调整附件的气压输出、转速控制、机械行程等关键参数,使其符合民航运行标准。校准完成后记录参数数据,形成完整的校准报告,确保附件性能达标可追溯,为飞机安全飞行提供有力保障。

## 3 民航飞机附件维修技术的关键发展方向

### 3.1 智能化技术融合

物联网技术应用为附件维修全流程管理提供支撑,通过在维修工具、附件部件上部署传感器,实时采集维修过程中的操作数据、部件状态信息,数据同步传输至管理平台,实现从故障诊断、拆解清洁到组装测试的全流程可追溯。维修人员可通过平台调取历史数据,追溯某一附件的维修记录,快速定位过往问题,为当前维修提供参考。人工智能辅助决策优化故障诊断流程,AI算法可对海量附件故障数据进行学习,建立故障诊断模型,在实际诊断中,输入附件运行参数即可快速匹配相似故障案例,给出诊断建议,减少人工分析时间,提升诊断效率<sup>[3]</sup>。对于复杂的多故障叠加情况,AI还能梳理故障关联关系,辅助维修人员制定优先处理方案。数字孪生技术赋能附件维修方案优化,构建与实体附件1:1的数字模型,将维修过程中的参数、步骤输入模型,模拟不同维修方案下附件的性能表现,提前发现维修流程中的潜在问题,如机械传动部件组装顺序偏差对传动效率的影响,进而调整优化维修方案,减少实体试错成本。

### 3.2 绿色维修技术推广

环保型维修材料应用降低维修过程对环境的影响,可降解清洁溶剂在完成附件油污清洗后,能自然降解为无害物质,避免传统溶剂残留对土壤、水体造成污染;低污染修复试剂在金属部件镀层修复中,减少有害化学物质排放,兼顾修复效果与环保要求。节能型维修设备研发聚焦降低能耗消耗,新型超声波清洗设备采用变频技术,根据附件清洁需求调节功率,避免持续高功率运行造成的能源浪费;智能烘干设备通过精准控制温度与时间,在保证附件干燥效果的同时,减少电能消耗。附件再制造技术升级提升资源利用率,针对废旧附件中可修复的核心部件,如发动机涡轮叶片、气动执行器缸体,通过精密加工、性能恢复等工艺,使其达到新部件的技术标准,重新投入使用,减少新部件生产过程中的原材料消耗与能源投入,同时降低附件维修成本。

### 3.3 模块化维修技术优化

附件模块化拆解设计适配简化维修流程,针对采用模块化设计的机械传动模块、气动控制单元,优化拆解步骤,按功能模块划分拆解单元,每个单元配备专用拆装工具,避免传统拆解中对非目标模块的干扰,缩短拆解时间。例如,模块化气动刹车控制单元可按压力调节模块、信号反馈模块等单元分步拆解,无需整体拆分,提升拆解效率。模块化测试单元构建提升测试针对性,按附件功能模块搭建专用测试单元,每个单元聚焦特定模块的性能检测,如针对机械传动模块的齿轮组单元,测试单元可模拟不同负载工况,精准检测单元的传动精

度与承载能力；针对气动附件的压力调节模块，测试单元可模拟不同气源压力，验证模块的压力稳定性能，避免整体测试中因某一模块问题导致的重复测试，提升测试效率与准确性。

#### 4 民航飞机附件维修技术应用的保障条件

##### 4.1 技术设备保障

专用维修设备配置是技术应用的基础支撑，高精度检测仪器如激光测振仪、气动参数测试仪，可精准测量附件的振动频率、气压参数，为故障诊断与性能验证提供准确数据；定制化组装工具针对特殊结构附件设计，如机械齿轮箱专用拆装扳手、气动活门专用卡钳，能在操作中保护精密部件，避免通用工具导致的损伤。设备定期校准与维护确保精度稳定，按规定周期对检测仪器进行校准，通过与标准件对比调整参数，防止仪器精度偏移影响检测结果；对组装工具、测试设备开展日常维护，检查部件磨损情况，及时更换老化零件，如更换扭矩扳手的传感元件、修复测试平台的连接线路，确保设备始终符合技术要求，保障维修操作的可靠性。

##### 4.2 人员能力保障

维修人员专业技能培训覆盖多维度内容，培训中讲解附件结构原理，帮助人员理解不同附件的工作机制；演示维修技术操作，如无损检测方法、模块化拆解流程，提升人员实操能力；强调安全规范，如机械部件吊装安全要求、高压气动附件维修防护措施，避免操作风险<sup>[4]</sup>。培训采用理论授课与现场实操结合的方式，让人员在实践中巩固技能，满足不同维修场景需求。特种附件维修资质管理严格把控人员能力，针对高精密附件如发动机燃油控制机械单元、气动飞行操纵执行机构，建立专项资质认证体系，人员需通过理论考核与实操评估，证明具备对应附件的维修能力方可持证上岗；定期对资质进行复核，检查人员技能更新情况，确保能适配新型附件的维修技术要求。

##### 4.3 流程规范保障

维修技术标准制定明确各环节要求，针对故障诊断、拆解清洁、组装测试等不同环节，制定详细技术规范，如规定无损检测的操作步骤、清洁溶剂的使用浓度、组装时的力矩范围，为维修操作提供统一依据。标准还需结合附件类型细化，如机械传动附件与气动控制附件的清洁标准、测试参数差异，避免通用标准导致的

维修偏差。维修质量检验机制构建多环节核查，在维修关键节点设置检验关卡，如拆解后检查部件损伤识别是否全面、修复后验证部件性能是否达标、组装后检测附件整体功能是否正常；检验过程形成书面记录，记录检验结果与处理意见，若发现问题及时退回上一环节整改，避免维修隐患流入下一流程，确保维修质量可控。

##### 4.4 技术创新保障

与科研机构协同研发推动技术落地，科研机构凭借技术优势研发新型维修技术，如复合材料机械部件的新型粘接工艺、气动附件智能诊断算法，民航维修企业提供实际应用场景与需求反馈，双方共同优化技术细节，解决技术落地中的适配问题，如调整新型工艺的操作参数以适应维修车间环境，推动技术快速应用于实际维修。维修技术数据库建设积累关键资源，数据库收录不同附件的故障案例，记录故障现象、诊断过程与解决方案；存储维修经验数据，如不同附件的拆解时长、易损部件更换周期，为维修人员提供参考，帮助快速解决相似问题。随着民航飞机附件技术不断升级，新型附件与维修工艺持续涌现，数据库需持续更新，及时纳入新型附件的维修数据与技术成果，通过这些新增信息完善数据体系，为维修技术迭代提供数据支撑，进而推动维修技术优化升级，最终提升整体维修水平。

#### 结束语

民航飞机附件维修技术涉及多方面内容，从基础认知到核心技术环节，再到发展方向与保障条件，每个环节都紧密相连。随着技术不断进步，智能化、绿色化、模块化等发展方向将为维修技术带来新的变革。通过完善技术设备、提升人员能力、规范流程以及推动技术创新，能够不断提升附件维修水平，为民航事业的安全、高效发展提供坚实支撑。

#### 参考文献

- [1] 刘志诚. 民航飞机维修技术和方法探究[J]. 中国航务周刊, 2022(19):58-60.
- [2] 何常青, 王诗颖, 宋渊博. 电子测试技术在飞机维修中的应用[J]. 中国高新科技, 2021(05):78-79.
- [3] 陈诚. 民航飞机维修故障分析及质量改进方法研究[J]. 中国设备工程, 2021(11):61-62.
- [4] 吕思超, 孙文舟, 吕铭. 民航飞机维修故障分析及质量改进方法[J]. 技术与市场, 2021, 28(01):88-89.