

飞机发动机维护要点及故障预防措施探讨

文 琪

广州民航职业技术学院 广东广州 510000

摘 要：飞机发动机作为航空器核心系统，其维护质量直接关乎飞行安全与运行效率。本文系统探讨发动机维护要点及故障预防措施，阐述日常检查、定期维护及记录管理的基本要求，分析机械磨损、热部件损伤及外来物撞击等典型故障成因。在此基础上，提出状态监测、润滑油管控与部件寿命控制等预防策略，并从人为差错防范、工具设备管理及维修环境保障角度剖析维护风险控制路径。进一步给出强化人员培训、深化数据分析及完善标准操作的体系优化建议。通过构建科学规范的维护体系，可显著降低发动机故障率，延长在翼时间，提升航空运营的经济性与可靠性。

关键词：飞机发动机；维护要点；故障预防；状态监测；风险控制

引言

飞机发动机长时间处于高温、高压又高转速的极端状态之下运行，这种情况下会出现性能下滑以及突然发生故障的现象，属于航空安全方面的重大隐患。如今的航空货运对于发动机的可靠性和经济性有着更高的标准，以往那种故障之后再加以维修的方式已经无法适应当前的运营状况，应当转变成以预防为主的积极守护策略。但是在实际的守护操作当中还是存在一些问题，如有些检查环节被省略掉，对故障产生的原因作出错误的判定，执行防范手段的时候也打折扣之类的情况，造成了不按计划停止运行的事情频繁出现。因此，系统梳理发动机维护的基本要求，深入分析常见故障类型及其根本原因，进而制定针对性的预防措施与风险控制方案，对于提升维护质量、降低全寿命周期成本具有重要意义。

一、发动机维护基本要求

（一）日常检查项目

日常检查为察觉发动机早期异常形成基础，其包含目视检查、操作测试以及渗漏检测等方面内容。守护人员要遵照工卡规定，仔细观察进气道、风扇叶片、压气机转子、燃烧室外壳以及涡轮排气段等关键部位，着重辨别裂纹、变形、腐蚀以及涂层脱落等表面损伤情况。还要执行发动机油液渗漏检查，看燃油、滑油及液压油管路接头处是否有新近油迹。启动之前也要做完叶片人工转动、孔探仪通道查看以及外来物清除等工作。日常检查重视规范性和重复性，哪怕是最小的异常也得记录下来并加以评定，避免因疏忽而引发严重故障。

（二）定期维护周期

定期守护依据飞行小时、循环次数或者日历时间来设置各级别的检查方案，建立从航线守护、浅层守护一直到返厂大修的多级守护体系。A检和C检这种较为轻量的守护，大多侧重于更换油液、清理滤芯以及执行功能检测，重点关注易损件的磨损情况。而深度守护包含拆解检查、无损检测以及关键部件的更换或者修复工作。确定守护期限的时候，要综合考虑发动机型号、实际运行环境以及历史故障数据统计情况。维护周期的确定需综合发动机型号、实际运行环境和历史故障统计数据，过高频次会增加运营成本，过低频次则可能导致损伤累积。科学制定并严格执行维护周期，有助于在部件失效前进行干预，保障发动机持续适航。

（三）维护记录管理

维护记录对于发动机全生命时段的追踪以及质量追溯来说非常关键，其包含了检测结果、更换零件的情况、考察数据以及维修放行凭证等内容。每条记录都要精准填写时间、人员编号、故障现象以及解决办法，并依照适航法规的要求加以归档保存。完善的记录管理体系有助于故障趋向的分析，可以找出重复出现的故障以及批次性的质量问题，这些记录信息还可用于评定各个守护阶段是否按标准执行，进而给改善检查项目、调整检查时间给予数据支持。数字化的记录系统具备自动通知和逾期警报功能，减小因人为因素而产生的遗漏或者差错。规范化的记录管理既符合法规的合规性需求，更是持续改进维护体系的基础工具。

二、常见故障类型与原因

(一) 机械部件磨损

机械部件的磨损重点出现在轴承、齿轮副、叶片根部以及花键结合等存在相对运动的表面。长时间处于高负荷运行状态时，接触面的材料会由于微动磨损、磨粒磨损或者疲劳剥落而渐渐丧失尺寸精度，造成间隙变大、振动加重直至出现卡滞现象。润滑不佳是加快磨损的主要因素，滑油受到污染或者供油量不够都会使得摩擦表面产生直接接触。装配间隙设置不合理、转子存在不平衡状况从而产生的附加负载也能够引发异常磨损。磨损初期会表现在滑油中金属屑的含量增多，如果未能及时解决，将会导致部件功能丧失，且有可能造成进一步的损害，极大危及发动机的结构安全。

(二) 热部件损伤

热部件受损主要发生在燃烧室、导向叶片、高压涡轮动叶以及排气喷管这些地方，其表现形式包含烧蚀、蠕变、热疲劳裂纹以及涂层脱落等情况。燃烧室内温度场分布不均时，局部会出现过热现象，造成材料强度减弱并发生形变或者被烧穿形成孔洞。涡轮叶片受到高温燃气的强烈冲击，既要承受很大的离心拉应力又要应对高温带来的热应力，长时间工作之后就容易产生沿晶裂纹和蠕变增长的情况。热障涂层如果脱落，就会进一步削减基体材料的耐热性能，加快损伤的发展速度。燃油雾化效果不好、燃烧室内积碳严重、冷却气路发生堵塞，都会导致热负荷分布状况变差，这些都是热部件早期失效的常见原因所在。

(三) 外来物损伤

外来物损伤是指石子、砂尘、金属碎片或者鸟类之类的异物进入发动机进气系统之后所引发的撞击、磨损以及通道堵塞现象。风扇叶片和压气机前面几级转子对外来物非常敏感，如果以很高的速度撞击这些部位，就有可能造成叶片前缘发生卷曲、产生缺口甚至是断裂的情况出现。微小而坚硬的颗粒长时间地冲刷叶片表面，就会致使表面出现腐蚀状况，使得叶片的形状发生改变，影响到气动效率。外来物还可能破坏叶片的动态平衡，引发高周疲劳失效。跑道道面没有清洗干净、机坪作业时防护不力以及在恶劣环境下缺乏防护措施，这些都是主要的经营方面的原因所在。要想有效地防止这种情况发生，就得依靠严格的外场管理、正确运用进气防护装置并定时清理道面才行。

三、故障预防关键措施

(一) 状态监测技术

状态监测依靠多种传感与检测手段来及时评定发动

机的健康情况，做到故障的早期通知。振动监测能获取转子不平衡、轴承磨损以及叶片共振等异常现象，通过频谱分析找出存在故障的部件。滑油光谱分析和磁性堵塞检测可以辨别磨损颗粒的类型及其浓度的变动情况，从而判定磨损的程度。孔探仪检查可在无需拆解的情况下执行内部的视觉检测，并对热裂纹、烧蚀以及叶尖损坏实施量化评分。气路参数观察包含排气温度、燃油流量以及转子转速等指标，一旦这些数值偏离标准范围就表明性能有所下降。综合运用诸多监测得来的数据，便能形成健康守护模型，以此来引导视情维持方面的决策制定。

(二) 润滑油管理

润滑油在发动机中有诸多职能，包含减小摩擦、散热、清除杂质以及防腐蚀等，其品质会直接影响到转动部件的使用寿命。润滑油的管理涉及恰当选择型号、定时采集样本实施分析、把控更换时间并做好污染防治等工作。要按照发动机类型和负载情况选用符合标准的滑油，不可混用不同配方的产品。要定期执行理化指标检测，黏度出现波动、酸值有所上升以及含水量超出限值等情况均表明润滑效果变差。检查滤网和磁塞时若察觉磨屑存在反常现象，则说明可能存在故障隐患。在加注润滑油的时候务必防止灰尘和水分混进油液当中，贮存油料的容器也要维持好密封性和清洁度。出色的润滑油管理能够大幅缩减摩擦表面的磨损速度，从而增长主轴承和齿轮传动装置的运行时限。

(三) 部件寿命控制

发动机的关键部件要按照寿命限制件和时限件来分级管理，从而明确其安全使用寿命以及检查间隔。涡轮盘、风扇盘还有主轴这些属于寿命限制件，它们一旦达到规定的循环次数就务必予以更换，不允许实施延寿使用。时限件则需经过无损检测合格之后才得以有条件地继续使用。要想实施寿命控制，就要精准地把各个部件的运行循环和热谱过程记录下来，并结合损伤考量模型来确定其剩余寿命。针对那些存在早期损伤但还未到报废程度的部件，可以采用缩短检查时间或者降级使用的办法。合理规划备件的周转方案，并选定恰当的返厂翻修时间，这样既能保障安全又能提升部件的利用率，避免因过早更换而产生的资源损耗。

四、维护过程风险控制

(一) 人为差错防范

发动机守护事故往往由人为差错引发，其常见表现涵盖操作疏漏、力矩失误、管路接反以及工具遗落等情

况。要想预防这些情况，需着重关注三个方面：人员资质认定、工作流程规范化以及改善周边环境状况。执行双人复查制度，对于叶片润滑、轴承安装这样重要的环节，务必让第二人重新予以确认。利用防差错设计，比如用不同规格的接头来区分管路，借助带有力矩指示功能的工具以规避紧固过度或者不足之类的状况。科学规划作息时间表，避免因疲劳工作或者任务暂停而产生的注意力不集中现象。形成起自觉举报和无处罚性差错提交体系，促使人们披露潜在风险，并深入分析产生问题的核心要素，从整体架构上缩减类似错误再度出现的概率。

（二）工具设备管理

专用工具和检测设备属于发动机守护作业的核心保障，它们若存在或者失灵，就会导致维修质量下滑。工具设备的管理要形成清单台账，执行借用登记以及定置定位制度，作业前后要清点数量以防止遗失。精密量具和电子检测设备应当按照规定的时间执行计量校准，确保其示值准确可靠。叶片拔具、轴承安装导向器这些特殊工具需妥善保存，避免磕碰变形而影响到配合精度。设备出现故障或者损坏的时候就要马上停止使用并送去修理，不能让带有疾病状态的设备参与作业。

五、维护体系优化建议

（一）人员培训强化

发动机守护技术快速发展，这便要形成起持续培训与能力评价机制。培训内容涵盖机型知识和操作技能之外，还要重视故障判断思维、法规意识以及安全文化方面的加强。可以采用理论讲授、模拟训练以及岗位指导融合的多种模式，促使守护人员了解标准操作流程和紧急情况处理办法。定时举办典型案例分析和技能竞技活动，找出共性问题并且改正不良行为习惯。构建全面技能资质认证系统，使人员去掌握孔探检测、振动分析之类的专门技术。培训成果必要通过实际操作考察和理论考试两方面予以证实，如果考核未达标，则暂不允许单独工作。不断优化人员能力水平乃是改善守护体系韧性的关键所在。

（二）数据分析应用

发动机健康监测产生的数据变得越发丰富，深度发掘这些数据的价值成了改善守护决策的重要部分。建立统一的数据库来整合航线巡查记录、状态监测得来的数据、维修工单以及部件的履历信息，利用统计分析和机器学习的方法找出故障模式和运行参数之间存在的联系规律，进而形成故障预测模型。通过分析同类型的发动机其故障发生频率以及维修所耗费的时间，找到效率上

的瓶颈并且调整好备件库存的策略。数据可视化工具有益于管理层及时了解到机队的健康情况以及守护资源的利用情况。依靠数据的决策机制可以由被动回应转为积极计划，大幅加强守护工作在针对性和经济性方面的能力。

（三）标准操作完善

标准操作程序是保障维持一致性和可追溯性的制度根基，要按照适航法规、厂家手册以及现场经验，不断细化每个维持步骤中的技术要求、工艺参数和验收标准。对于叶片更换、轴承压装以及管路拆装这样高风险的作业，应当制订图文并茂的专门指导卡，清楚标注关键控制点和常见失误之处。定时举办操作程序评审会议，搜集一线人员的意见，去除多余环节，并填补缺失部分。各个维持单位之间存在的操作差别须要通过技术协调会达成一致。经过完善的标准操作程序要有对应的核查表和视频录制方法，确保其得以切实落实而不被随意改变。这种处于动态调整之中的操作体系可以跟上技术发展的步伐，减小因人而异造成的误差。

结语

飞机发动机维护是一项系统性工程，涵盖日常检查、周期管理、故障识别、预防控制及风险防范等多个相互关联的环节。通过分析机械磨损、热部件损伤及外来物损伤等主要故障类型及其成因，明确了状态监测、润滑油管理和部件寿命控制作为预防核心措施的重要性。同时，人为差错、工具设备及维修环境等风险因素需实施主动控制。持续强化人员培训、推进数据分析应用及完善标准操作程序，能够构建更加科学高效的维护体系。只有将技术手段与管理机制有机结合，才能从根本上提升发动机可靠性，支撑航空运输安全与可持续发展。

参考文献

- [1] 王阿久. 基于深度学习的航空发动机气路故障诊断方法研究[D]. 南昌航空大学, 2024.
- [2] 赵晨迪. 通用飞机延时断路器磁电机故障分析与预防[J]. 机械研究与应用, 2023, 36(03): 160-162.
- [3] 马鸣凤. 基于数据驱动的航空发动机故障预测方法研究[D]. 中国民航大学, 2022.
- [4] 苏向荣. 某型飞机液压系统压力随发动机转速变化故障分析[J]. 液压气动与密封, 2021, 41(11): 88-91.
- [5] 漆晨光. 航空发动机叶片点云数据缺陷检测方法研究[D]. 兰州理工大学, 2017.