

飞机飞行中常见故障的快速识别与排除策略研究

侯添羽

北京飞机维修工程有限公司杭州分公司 浙江 杭州 311200

摘要: 本文围绕飞机飞行中常见故障的快速识别与排除策略展开研究。系统分析发动机、航空电子等系统故障类型及成因, 阐述通过人员培训、仪表监测、外部支持实现快速识别, 提出故障隔离定位、维修替换、操作调整等排除策略, 并给出加强培训、完善维护等提升能力的建议, 旨在保障飞机飞行安全, 提升航空运行可靠性与效率。

关键词: 飞机飞行; 常见故障; 快速识别; 排除策略

1 飞机飞行中常见故障类型及其成因分析

飞机作为现代交通运输的重要工具, 其安全飞行至关重要。然而, 在飞行过程中, 各类故障时有发生, 了解这些故障类型及其成因, 是保障飞行安全的基础。

1.1 发动机故障

发动机是飞机的“心脏”, 为飞行提供动力, 其故障直接影响飞行安全。发动机故障类型多样, 常见的有叶片断裂、燃烧室故障、燃油系统故障等。叶片断裂多由材料疲劳、外物撞击引起。在长期高负荷运转下, 叶片承受巨大的离心力、气动力和热应力, 材料逐渐疲劳, 微小裂纹不断扩展, 最终导致断裂; 而飞行过程中吸入飞鸟、冰雹等外物, 也可能直接破坏叶片结构。燃烧室故障主要表现为燃烧不稳定、火焰熄灭等。这与燃油品质不佳、空气进气量异常有关, 例如燃油中杂质过多, 会影响燃烧效率, 导致燃烧不均匀; 空气进气量不足或过多, 都会打破燃烧室的正常燃烧比例, 引发故障。燃油系统故障则包括燃油泄漏、堵塞等, 燃油泵磨损、管路老化是主要原因, 燃油泵长期工作, 内部零件磨损, 可能出现泵油压力不足、泄漏等问题; 管路老化后, 内壁会出现裂纹、剥落, 造成堵塞或燃油泄漏。

1.2 航空电子系统故障

航空电子系统是飞机的“神经系统”, 涵盖导航、通信、飞行控制等子系统, 对飞行起着关键的控制和引导作用。导航系统故障可能导致飞机偏离航线, 其成因包括卫星信号干扰、设备硬件损坏。在复杂电磁环境下, 卫星信号易受到干扰, 使导航信息出现偏差; 而导航设备内部的芯片、电路板等硬件长期使用, 可能因过热、受潮等因素损坏, 影响导航精度。通信系统故障会造成飞机与地面控制中心、其他飞机之间的联络中断, 主要是由于天线故障、软件错误^[1]。天线在飞行中可能受到雷击、碰撞等损坏, 无法正常收发信号; 通信系统软件存在漏洞或出现错误更新, 也会导致通信功能异常。

飞行控制系统故障会威胁飞机姿态和飞行安全, 传感器故障是重要原因之一, 如姿态传感器、高度传感器出现故障, 会使飞机接收错误的姿态和高度信息, 进而导致飞行控制系统做出错误的操作指令。

1.3 飞机结构与机体故障

飞机结构与机体故障涉及机身、机翼、起落架等部位, 这些故障会削弱飞机的结构强度和稳定性。机身疲劳裂纹是常见问题, 飞机在频繁起降和飞行过程中, 机身承受反复的应力变化, 尤其是在机身的连接部位、应力集中区域, 材料会逐渐产生疲劳裂纹。机翼故障包括机翼蒙皮损伤、翼梁变形等, 机翼在飞行中承受巨大的气动力, 当遭遇强烈气流、乱流冲击时, 可能导致蒙皮出现划伤、凹陷, 翼梁产生变形; 此外, 机翼油箱若密封不严, 还可能引发燃油泄漏问题。起落架故障对飞机的起降安全影响重大, 常见的有轮胎爆裂、减震支柱失效。轮胎在频繁的起降过程中, 受到地面冲击力、摩擦生热等因素影响, 橡胶会逐渐老化, 帘线磨损, 导致轮胎爆裂; 减震支柱长期使用后, 内部的液压油泄漏、密封件损坏, 会使其减震性能下降甚至失效。

1.4 液压系统故障

液压系统为飞机的飞行操纵、起落架收放、襟翼调节等提供动力, 其故障会影响飞机的正常操作。液压系统常见故障有液压油泄漏、压力不足。液压管路接口松动、密封件老化是导致液压油泄漏的主要原因, 飞机在飞行过程中的震动、颠簸, 可能使管路接口的螺栓松动, 密封件在长期的液压油浸泡和压力作用下, 会逐渐老化失去弹性, 造成液压油泄漏。液压泵故障则会引起压力不足, 液压泵内部零件磨损、堵塞, 会降低泵油效率, 无法为系统提供足够的压力, 从而影响飞机各部件的正常工作。

1.5 电气系统故障

电气系统为飞机的各种设备和系统提供电力支持,

其故障可能导致部分设备失灵。电气系统故障包括短路、断路、电源故障等。电线老化、绝缘层破损容易引发短路，飞机内部电线长期使用，绝缘层会逐渐老化、剥落，当不同线路的导线接触时，就会造成短路；线路连接松动、接触不良则会导致断路，在飞机震动环境下，电线接头可能松动，影响电流的传输。电源故障主要涉及发电机故障、电池故障，发电机的转子、定子出现故障，会导致发电功率不足或无法发电；电池长期充放电，性能会逐渐下降，出现电量不足、无法充电等问题。

2 飞机故障快速识别方法

2.1 飞行员故障识别能力培训

飞行员是飞机飞行过程中的直接操控者，其故障识别能力至关重要。航空公司应加强对飞行员的故障识别能力培训，培训内容包括理论知识和实践操作。在理论培训方面，要系统地向飞行员讲解飞机各系统的工作原理、常见故障现象及成因，使飞行员对飞机故障有全面深入的认识。在实践操作培训中，利用飞行模拟器设置各种故障场景，让飞行员在模拟环境中进行故障识别和处置训练，提高他们在实际飞行中应对故障的能力。同时定期组织案例分析会，分享实际飞行中出现的故障案例，总结故障识别的经验和教训，不断提升飞行员的故障识别技能。

2.2 仪表与监控系统辅助识别

飞机上配备的各种仪表和监控系统是故障识别的重要辅助工具。现代飞机的仪表系统能够实时显示飞机各系统的运行参数，如发动机转速、燃油压力、液压系统压力等。当这些参数出现异常波动或超出正常范围时，仪表会发出相应的警示信号，提示飞行员可能存在故障^[2]。监控系统则可以对飞机各系统进行全面监测，通过传感器收集数据，并利用数据分析算法对数据进行处理和分析，提前发现潜在的故障隐患。另外，一些先进的飞机还配备了电子中央监控系统（ECAM），它能够自动识别故障，并以图文并茂的方式向飞行员显示故障信息、故障处理程序和相关的系统状态，大大提高了故障识别的准确性和效率。

2.3 外部信息与专家支持

在飞机飞行过程中，除了依靠飞行员自身和飞机上的仪表与监控系统，外部信息和专家支持也对故障识别起着重要作用。飞行员可以通过通信设备与地面控制中心保持密切联系，及时获取地面气象信息、机场运行状况等外部信息，这些信息可能与飞机故障存在关联。例如，在恶劣气象条件下，飞机可能更容易出现结冰、雷击等问题，从而引发相关故障。航空公司应建立专家支

持团队，当飞行员遇到难以判断的故障时，可以通过卫星电话等通信手段与专家团队取得联系。专家团队凭借丰富的专业知识和经验，对故障现象进行分析和判断，为飞行员提供专业的建议和解决方案，帮助飞行员准确识别故障并采取正确的应对措施。

3 飞机故障快速排除策略

一旦识别出飞机故障，采取快速有效的排除策略是保障飞行安全的关键。

3.1 故障隔离与定位

故障隔离与定位是飞机故障快速排除流程中的首要关键步骤，其精准程度直接影响后续维修效率与飞行安全。当飞机出现故障时，飞行员需迅速进入“故障侦探”角色，依据故障现象和仪表显示的异常数据，紧密结合飞机各系统运行原理，展开逻辑缜密的初步诊断，快速圈定故障潜在发生区域。以发动机异常振动故障为例，飞行员首先会密切观察发动机振动值、转速、温度等核心仪表参数，若振动值远超正常范围且转速波动异常，便会初步判断可能是发动机内部机械部件，如叶片、轴承出现问题，或是与发动机相连的燃油管路、进气附件发生故障。完成初步判断后，飞行员会立即启用飞机上的故障隔离程序，借助专业测试设备，对疑似故障区域进行系统性排查。通过逐步切断或旁通部分系统、部件，观察故障现象是否改变，以此来缩小故障范围。如今，许多先进飞机还配备了功能强大的自测试系统，飞行员只需在操作面板上输入指令，系统便能对特定系统或部件进行深度检测，快速生成详细的故障代码和诊断信息报告。这些报告不仅能明确故障类型，还能精准定位到故障发生的具体位置，如某块电路板上的某个元件损坏，大幅提升了故障定位的准确性与效率，为后续故障排除工作争取宝贵时间。

3.2 快速维修与替换

在确定故障点后，对于一些可以在飞行中进行快速维修或替换的故障部件，应及时采取相应措施。对于一些简单的机械故障，如管路接头松动导致的液压油泄漏，飞行员可以在确保安全的前提下，按照维修手册的指导，使用飞机上配备的工具进行紧固操作。对于一些易损部件，如保险丝、灯泡等，飞机通常会配备备用件，当这些部件出现故障时，飞行员可以迅速进行替换^[3]。另外，对于一些较为复杂的故障，航空公司应制定应急维修方案，在飞机降落后，维修人员能够迅速到达现场，携带相应的维修设备和零部件，对故障进行快速修复，减少飞机停机时间，保障航班正常运行。

3.3 飞行操作调整与应急程序

当飞机出现故障无法立即排除时,飞行员需要根据故障情况调整飞行操作,并严格执行应急程序。例如,如果飞机的一个发动机出现故障,飞行员应按照应急程序立即关闭故障发动机,调整飞行姿态和速度,利用剩余发动机维持飞行。同时,根据飞机的剩余燃油量、故障严重程度等因素,选择合适的备降机场,并及时与地面控制中心取得联系,通报故障情况和飞行计划调整方案。在执行应急程序过程中,飞行员要保持冷静,严格按照操作手册的要求进行操作,确保飞机和乘客的安全。机组人员还应及时向乘客通报故障情况和应急措施,安抚乘客情绪,避免引起恐慌。

4 提升飞机飞行中故障快速识别与排除能力的建议

为了进一步提升飞机飞行中故障的快速识别与排除能力,需要从多个方面采取措施。

4.1 加强机组人员培训与训练

航空公司应不断完善机组人员的培训体系,除了加强飞行员的故障识别与排除能力培训外,还应重视乘务人员和机务维修人员的培训。对于乘务人员,要培训他们在飞行过程中如何协助飞行员观察故障现象,如发现客舱内的异常气味、声响等及时向飞行员报告。机务维修人员的培训则应注重提高他们的故障诊断和维修技能,通过定期组织技术培训、参加行业研讨会等方式,使他们了解最新的飞机维修技术和故障处理方法。同时要增加模拟训练的频率和难度,设置更多复杂、多样化的故障场景,让机组人员在模拟环境中不断积累经验,提高应对突发故障的能力。

4.2 完善飞机维护与保养体系

建立完善的飞机维护与保养体系是预防故障发生、提高故障排除效率的重要保障。航空公司应制定科学合理的维护计划,根据飞机的型号、使用年限、飞行小时数等因素,确定不同的维护周期和维护内容。加强日常维护工作,对飞机各系统和部件进行全面检查、清洁、润滑和紧固,及时发现并处理潜在的故障隐患。要严格控制飞机零部件的采购质量,选择可靠的供应商,确保使用的零部件符合质量标准,还应建立维护记录档案,详细记录每次维护的时间、内容、发现的问题及处理情况,为后续的维护和故障分析提供参考。

4.3 优化飞机故障监测与诊断系统

随着科技的不断发展,应利用先进的技术手段优化飞机故障监测与诊断系统。引入大数据、人工智能等技术,对飞机在飞行过程中产生的大量数据进行深度分析,提高故障预测的准确性。通过对历史故障数据和实时监测数据的对比分析,能够提前发现潜在的故障趋势,及时发出预警^[1]。同时改进飞机的故障诊断算法,使其能够更快速、准确地识别故障类型和故障点。开发更加智能化的故障诊断系统,实现故障信息的自动分析、处理和推送,为飞行员和机务维修人员提供更详细、直观的故障诊断报告和维修建议,提高故障排除的效率。

4.4 加强行业协作与信息共享

航空行业内各航空公司、飞机制造商、维修企业等应加强协作与信息共享。航空公司之间可以建立故障信息共享平台,及时分享各自在飞行过程中遇到的故障案例、故障处理经验和教训,让其他航空公司能够从中吸取经验,提高故障应对能力。飞机制造商应及时向航空公司和维修企业提供飞机的技术改进信息、故障解决方案等,帮助他们更好地了解和维护飞机。维修企业之间也可以开展技术交流与合作,共同攻克飞机维修中的难题,提高整体维修水平。另外,行业协会应发挥协调作用,组织开展技术研讨会、经验交流会等活动,促进航空行业在故障识别与排除领域的共同发展。

结束语

本文全面探讨飞机飞行中常见故障的快速识别与排除策略,明确故障成因、识别方法、排除策略及能力提升途径。然而,航空技术持续发展,故障复杂性不断增加。未来,需持续关注新技术应用,深化故障研究,优化策略方法,强化行业协同,进一步提升飞机故障应对水平,为航空安全稳定运行筑牢坚实保障。

参考文献

- [1]朱江,谢涛.面向民航飞机故障安全诊断的知识图谱构建方法[J].中国安全生产科学技术,2025,21(3):186-194.
- [2]喻甲其,李根,徐光卫.飞机故障诊断技术规范研究[J].质量与标准化,2023(4):42-45.
- [3]乔璐,孙有朝,吴红兰.面向飞机故障文本的信息抽取[J].计算机与现代化,2024(3):61-66,71.
- [4]袁忠大,程秀全,王大伟.基于机器视觉的飞机故障检查系统[J].机床与液压,2024,52(6):196-200.