

飞机电缆故障与智能测试研究

刘长萍 孙建华 刘红艳 王朝辉 唐洪霞
石家庄海山实业总公司 河北石家庄 050208

摘要：飞机电缆故障与智能测试研究主要关注飞机在运行过程中电缆可能出现的故障及其快速准确的检测方法。本研究首先分析了飞机电缆故障的常见类型，包括断线、短路和绝缘老化等问题。随后，探讨了智能测试技术在飞机电缆故障检测中的应用，这些智能测试技术能够有效提高故障诊断的准确性和效率，对保障飞机电气系统的可靠性和飞行安全具有重要意义。

关键词：飞机；电缆故障；智能测试

一、飞机常见的电缆故障类型

1. 断线

断线是指飞机电缆中的导线由于外力作用或材质疲劳等原因而完全或部分断裂，导致电流无法正常流通。这种故障通常发生在飞机遭受强烈冲击或振动后，或者是由于电缆长期在恶劣环境下使用、材料老化引起。断线会导致飞机相应的电气系统或控制回路失去功能，影响飞机的正常运行。在某些关键系统中，如飞行控制系统，电缆断线可能会导致严重的飞行安全事故。

2. 短路

短路是指飞机电缆中的两根或多根导线由于绝缘层损坏而发生直接接触，造成电气回路阻抗急剧下降，电流剧增的现象。这种故障可能由多种原因引起，包括电缆制造缺陷、绝缘材料老化、外部环境侵蚀或者是维护过程中的意外损伤。短路不仅会导致相关电路的功能失效，还可能引起火灾或进一步损坏电气系统。

3. 绝缘老化

绝缘老化是指飞机电缆的绝缘层材料随着时间的推移，在各种外部条件（如温度变化、紫外线照射、湿度、化学物质侵蚀等）和内部因素（如电流载荷、热膨胀）的影响下逐渐失去其原有的电气绝缘性能和机械保护能力。绝缘层的老化会减少电缆对电压的耐受能力，增加漏电和短路的风险，严重时甚至可能导致电弧或火灾事故。

二、飞机电缆故障智能测试方法

1. 时域反射技术（TDR）

时域反射技术（TDR）是一种基于高频脉冲反射原理的电缆故障定位方法。在飞机电缆故障诊断中，TDR

仪器发射一个短而快速的脉冲信号，该信号沿电缆传播，并在遇到电缆阻抗变化点（如故障点）时产生反射。通过记录脉冲发射与接收反射的时间差，以及脉冲的传播速度，TDR能够精确地计算出故障点距测试点的距离。此方法不仅适用于定位断线、短路等硬故障，也能检测电缆绝缘性能下降等软故障。TDR具有测试精度高、速度快、无需物理接触电缆等优点，但其技术复杂且对测试人员的技能要求较高。

2. 两线和四线测试法

两线测试法和四线测试法是飞机电缆故障检测中常用的电阻测量技术。两线测试法通过电缆的两端进行测试，测量整个电缆的电阻，包括导线电阻和接触电阻，适用于快速判断电缆是否存在断路或短路故障。而四线测试法则采用单独的两条线来测量电缆的电阻，一条用于施加测试电流，另一条用于测量电压降，从而消除了引线电阻和接触电阻的影响，提高了测量的准确性。这两种方法简单易行，但可能不适用于检测微小的故障或者电缆绝缘问题。

3. 工艺LRU转接技术

工艺LRU转接技术是指在飞机电缆故障诊断过程中，利用机载的航线可更换单元（LRU）作为中间介面，实现故障诊断设备与飞机电缆之间的快速连接和转接。该方法通过特制的适配器或连接器，将智能测试设备与LRU上的特定测试点相连，从而不需直接接触到飞机电缆的实际故障点。这样不仅简化了测试过程，还能保护飞机电缆不受额外损伤。工艺LRU转接技术提高了测试的安全性和便捷性，尤其适合飞机在地面维护时的快速故障排查。然而，这种方法的效果依赖于LRU的设置

计和测试点的预设,对于没有预设测试点的系统则无法使用^[1]。

三、飞机电缆故障修复措施

1. 直接更换

当飞机电缆发生严重故障时,最直接的修复措施是更换新的电缆。这通常涉及到将损坏的电缆部分完全去除,并用新的电缆段替换。在更换过程中,需要确保新电缆与原有电缆的规格、性能完全匹配,以保障飞机的正常运行。此外,更换工作需由专业人员完成,确保新电缆正确安装并连接,避免因安装不当带来的安全隐患。尽管直接更换方法成本较高且耗时,但它能彻底解决电缆故障问题,是确保飞行安全的有效途径。

2. 接头修复

对于一些不那么严重的电缆故障,例如部分绝缘层损坏或轻微断裂,可以采用接头修复的方法。修复接头是一种较为简便且经济的修复方式,它通过专用的接头套件将损坏的电缆两端连接起来。进行接头修复时,首先要清理和准备电缆的损坏端头,然后使用专业的工具将接头套在处理干净的电缆上,最后通过热处理或者冷处理将接头固化,确保电缆的连续性和密封性。这种修复方式不需要长时间停飞,可以快速恢复飞机的正常运行,但其耐久性相比全新电缆会有所降低^[2]。

3. 焊接修复

焊接修复是一种永久性的电缆故障修复方法,适用于电缆导体内断路或外露的情况。该技术通过用电烙铁或激光焊机等工具,将断开的导体两端重新熔接在一起,实现电缆的修复。在焊接之前,需要对损坏部位进行适当的处理,如去除断裂处的碳化物和氧化物,以及平整导线的断面。焊接过程中,操作人员需具备专业的技能和经验,确保焊接牢固且不损伤周围的绝缘材料。焊接修复后的电缆在电气性能和机械强度上应接近原电缆的

标准,但这种方法对操作人员的技术要求高,且修复后的电缆防护等级可能下降。

4. 防护措施增强

为了提高飞机电缆的耐久性和可靠性,可以在修复故障的同时增强其防护措施。这包括在电缆外部添加保护套管,使用抗磨损和耐高温的材料进行包裹,或者在电缆周围设置防腐蚀和防潮的涂层。增强防护措施不仅可以延长电缆的使用寿命,还能防止未来可能发生的类似故障。在进行防护措施增强时,应根据飞机的实际运行环境和电缆的具体情况选择合适的防护材料和方法。同时,还需定期检查和维护这些防护措施,确保它们发挥持续有效的保护作用^[3]。

结语

智能测试技术在飞机电缆故障检测中展现出了巨大的优势,它们提高了检测速度和准确性,为飞机维修工作带来了革命性的改变。未来研究中,应进一步探索更多元化的智能测试方法,并结合飞机电缆的设计特点和使用环境,开发出更加高效、可靠的故障诊断系统。随着智能测试技术的不断发展和完善,相信飞机电缆的故障检测与维护将更加精准高效,为确保飞行安全提供坚实的技术支持。

参考文献

- [1] 马钰崧.基于时域反射技术的飞机电缆故障测试仪软件关键技术研究[D].电子科技大学,2023.
- [2] 李炜,刘艳华,黄明俊.某型飞机高振动区域电缆磨损故障分析与改进[J].现代制造技术与装备,2021,57(09):125-128.
- [3] 吴志江.飞机电缆间歇性故障检测方法研究[J].电子测量技术,2020,43(17):35-39.