

电气线路老化对飞行安全的潜在影响分析

赵欣

91104 部队, 河南 许昌 461132

DOI: 10.61369/SSSD.2025050030

摘 要 : 为分析电气线路老化对飞行安全的影响, 本文研究了电气线路老化的表现及其对飞机电气系统、飞行员操作和航空公司运营的潜在威胁。研究表明, 电气线路老化可能导致绝缘层破损、导电性能下降、连接松动及电阻增加, 进而影响飞行控制、导航、通信等系统, 威胁飞行安全。为应对风险, 建议航空公司定期检查维护电气线路, 使用高质量材料, 强化飞行员应急培训, 并引入智能监测技术实时监控线路状况。对于老化严重的线路, 应逐步更新和修复, 确保电气系统的可靠性和飞行安全。

关 键 词 : 电气线路老化; 飞行安全; 电气系统故障

Analysis of the Potential Impact of Electrical Circuit Aging on Flight Safety

Zhao Xin

Troop 91104, Xuchang, Henan 461132

Abstract : In order to analyze the impact of electrical circuit aging on flight safety, this paper studies the manifestations of electrical circuit aging and its potential threats to aircraft electrical systems, pilot operations, and airline operations. Research has shown that aging of electrical circuits can lead to insulation layer damage, decreased conductivity, loose connections, and increased resistance, which in turn can affect flight control, navigation, communication, and other systems, posing a threat to flight safety. To cope with risks, it is recommended that airlines regularly inspect and maintain electrical circuits, use high-quality materials, strengthen pilot emergency training, and introduce intelligent monitoring technology to monitor circuit conditions in real time. For severely aged circuits, they should be gradually updated and repaired to ensure the reliability and flight safety of the electrical system.

Keywords : aging of electrical circuits; flight safety; electrical system failure

引言

随着航空技术的不断发展, 飞行安全的保障已成为航空行业的核心问题之一。电气线路作为飞机重要的系统组件, 其老化问题不仅影响飞机的正常运行, 还可能直接危及飞行安全。电气线路老化的表现多样, 包括绝缘层破损、导线导电性能下降、电气连接松动等, 尤其在长期飞行使用中, 这些问题更为突出。本文旨在分析电气线路老化对飞行安全的潜在影响, 并探讨相关的检测与预防措施, 以期为航空公司和相关机构提供有效的安全保障对策。

一、电气线路老化的表现

(一) 绝缘层破损

电气线路的绝缘层是保障电气系统安全的关键组成部分, 随着时间的推移, 绝缘材料会受到温度变化、湿度、辐射等环境因素的影响, 逐渐老化。此类老化引发绝缘层裂损、变脆或剥落, 导致电流可能发生泄漏或引发短路情况, 若电气线路的绝缘材料遭受损坏, 电流可能沿非预期路径传导, 引发电气设备故障或电力系统问题, 在飞机中, 电气系统之稳定性极为关键, 一旦绝缘层出现损伤, 电流泄露或短路亦能导致系统故障, 可能引发更严重的负面影响, 若发生火灾或电气设备故障。因此, 绝缘层损坏

是电线老化显著特征, 直接威胁到飞行器的电气系统和飞行安全^[1]。

(二) 导线导电性能下降

随着电流在电气线路中长时间的反复流动, 金属导线的导电性能会逐渐下降。这一过程通常表现为金属导线内部的氧化、腐蚀或导体结构的变化。这些变化导致导电性能下降, 增加电气阻抗, 影响电流的流动效率。导电性能下降不仅会使得电气系统的功率传输效率降低, 还可能引发电气设备过热、系统运行不稳定等问题。在飞机的电气系统中, 电流流动的效率直接影响着飞行控制、导航、通信等关键系统的稳定运行。一旦导线的导电性能受到影响, 电气系统的可靠性将大大降低, 进一步加剧电气故障

的风险，严重时可能威胁飞行安全。

（三）电气连接松动或腐蚀

电气线路的连接点是电气系统中十分关键的部分，连接点的松动或腐蚀会导致电气信号或电力传输不稳定，进而引发系统故障。鉴于航空器在航行期间频繁遭遇剧烈震动及温度波动，这些要素可能引发电线接头松动或锈蚀，电气线路接合不牢固时，信号传输将出现波动，电流可能呈现异常波动，甚至引发电气设备全面损坏，电气线路腐蚀导致连接点接触阻抗上升，进而提升电阻值，降低电流传输效能，引发供电系统波动，因此，电气接合部位的松脱或锈蚀亦是电线老化的重要表征，直接威胁到电气系统的正常运行和飞行安全^[2]。

二、电气线路老化对飞行安全的潜在影响

（一）对飞机电气系统的影响

电气线路老化对飞机电气系统的影响主要体现在可能引发一系列系统故障。飞机电气系统是确保飞行稳定与安全的核心要素，涵盖飞行控制、导航、通信及电力系统，电气线路老化初期将引发设备性能的降低，最普遍的现象为电信号传输受阻，飞行控制系统借助精确的电子信号调整飞机姿态、速度等关键参数，电力线路老化可能引发信号传递时延或信息遗失，这或许会对飞行稳定性及安全性产生直接影响，可能导致飞行失控的严重后果。飞机导航及通信系统故障可能源于电气线路的退化，在飞行旅程中，若电线线路呈现老化迹象，飞机定位系统可能存在误差，因此提升飞行过程中的危险性，通信与地面指挥中心在现代飞行中扮演关键角色，飞机与地面通信可能因任何电气线路故障而中断，提升飞行员应对紧急状况的挑战，甚至可能引发事故，电力系统故障是主要风险之一。^[3-6]。

（二）对飞行员操作的影响

电气线路的老化不仅对飞机电气系统造成影响，还可能对飞行员的操作带来重大挑战。飞行员在驾驶飞机过程中，基于精确且即时的电力信息传输，若电线线路陈旧，可能导致飞行仪表失准或故障，飞行员难以获取准确飞行信息，进而影响飞行决策，例如，飞行员未能获取飞机的实际速度、高度及姿态信息，这些信息对飞行员的决策极为关键，数据错误可能引发不当的操作决策，可能导致飞行事故的直接发生。电气线路老化可能引发信号时延或中断现象，飞行员可能因此产生反应滞后，这表明飞行员在操控飞机姿态与速度之际，电力系统可能无法按时执行其指令，造成飞机未能按时完成必要飞行调整，在危急关头，此类延迟反应或致飞行员错失最佳应对时机，进而提升飞行过程中的风险程度，在电气系统发生故障之际，飞行员通常须借助备用系统实施操控。然而，输电线路老化或致备用设施失效，该情况对飞行员的应急应对能力构成了重大考验，系统备用功能失效，飞行员或许需借助人工操控以实现飞行调节，此要求飞行员须具备卓越的飞行技艺，还可能引发机组人员工作负荷加重，应对繁杂的飞行境况及电气系统故障，飞行员的反应速度与操作技能可能遭受显著波动，增加了事故发生的潜在风险。

（三）对航空公司及乘客安全的影响

电气线路的老化不仅影响飞机本身的安全，还可能对航空公司和乘客的安全带来深远的影响。首先，电力系统故障通常伴随着高额的维修与更换成本，这将提升航空公司的维护费用，电力线路老化可能引发频繁的维护与检测需求。尤为严重的是，电线老化可能引发航班延误或取消，乘客体验受损及潜在安全风险，电力系统故障出现之际，航空公司常规需对故障实施维修，航班延误或取消的可能性，此亦对旅客行程造成影响，可能激发乘客的不满情绪，损害航空企业品牌声誉，若飞行器在航行过程中遭遇电力系统故障，可能引发紧急降落或事故，进而威胁乘客生命安全。航空公司所遭遇的风险范畴不仅涵盖经济层面的损失，涉及潜在的法律风险及名誉损失。对于航空公司而言，不仅是经济层面的重创，更易在公众及法律领域造成重大影响，因此，航空公司亟需重视电气线路的退化状况，实施高效检测与预防策略，确保航空器电气系统持续稳定运行，从而保障乘客的安全并降低运营风险^[7]。

三、电气线路老化的检测与预防措施

（一）定期检查与维护

定期检查与维护是防止电气线路老化对飞行安全构成威胁的首要措施。随着时间的演变，飞机电气线路受环境要素（诸如温度、湿度、震动等）及飞机长期运行作用之影响，可能存在不同等级的退化现象，这些衰老迹象初期常难察觉，其潜在的安全隐患正逐渐累积，因此，航空公司需确立周密的电线系统检验与保养方案，飞机电气线路定期详查，尤其是针对核心区域，如关键电气接口、电力供应网络及飞行操控线路等高风险地带。检测内容涵盖绝缘层损伤状况、导电性能变动、电气连接稳定性以及线路腐蚀情况等要素，及时识别电缆老化状况，可遏制其进一步蔓延，确保电气系统稳定运行，航空公司需构建数据档案，对每次检查与维护的成果及记录进行详尽记载，进行持续监测，揭示潜在风险，关于检查过程中揭示的不足，航空公司需针对故障严重程度实施相应维修或替换策略，确保电气线路持续保持优良运行状态。定期检修与即时保养，亦能提升电线使用寿命，进一步降低因线路老化所致的航空安全风险，确保飞机电气系统的可靠性与安全性^[8]。

（二）使用高质量材料

电气线路的老化与材料的质量密切相关。使用高质量、耐老化的电气材料是预防电气线路老化的重要手段之一。传统的电力线路通常选用常规绝缘材料和导线，这些物质可能因温度变化、湿度、紫外线等环境要素而加剧老化进程，随着航空技术的进步，当代飞机已普遍应用更高级、耐用的电气材料，这些素材不仅具备优异的高温耐受性和耐腐蚀性能，仍可有效降低外界环境对电力线路的干扰，例如，航空公司可选用耐高温、抗紫外线的绝缘材料替换传统绝缘材料，此类材料在高温条件下仍具备优异的电气绝缘性能，防止绝缘材料因持续高温暴露而引起老化、裂损等状况。耐腐蚀性能优异的金属材质适用于电气接合部位，可

显著降低金属氧化及腐蚀的潜在风险，提升线路使用寿命，采用具备抗干扰、低电阻特性的导线材料，可显著提升电气线路的导电效率，降低电流传输过程中的热损耗，确保电力系统运行效率，航空公司于挑选电气物料之际，应与专业供应商建立合作关系，确保所选用材料满足航空行业的高标准。采用优质原料，可显著减少因材料因素引发的电气线路老化风险，全面提升电气系统稳定性，保障飞行安全^[9]。

（三）加强飞行员培训

电气线路老化可能导致电气系统故障，尤其是在飞行过程中，一旦出现电气线路老化导致的故障，飞行员的反应能力和应急处理能力将直接影响飞行安全。因此，持续强化飞行员对电气系统故障的应急处置能力训练，对飞行员应对能力的提升极为关键，飞行员需定期进行电气系统故障模拟演练，掌握各类电气线路故障的紧急应对措施，例如，在遭遇电力线路故障之际，飞行员如何迅速判别故障种类，如何借助备份系统或人工干预确保飞行控制系统稳定运行，应对通信或导航信号中断的应对策略。飞行员需定期对飞行指南进行更新，熟悉当前电气系统紧急处置程序，针对飞机电气系统老化或故障引发的紧急状况的应对措施，飞行员须掌握飞机电气系统结构，掌握哪些核心系统对电气线路

有依赖，飞行控制装置、导航装置及通信装置等，对电气系统运作机制进行深入探究，飞行员在遭遇故障时能进行更精确的判断与抉择。航空公司应倡导飞行员在非模拟训练情境下，亦开展更频繁的现场模拟训练，提升其实际操作技能，飞行员应对紧急情况的能力主要取决于日常训练，尚需通过持续实战操练与案例剖析以增强能力，经过有组织的训练，飞行员于电气线路故障发生之际，能迅速作出反应并准确作出判断，最大限度地确保航空安全，强化飞行员培训有助于增强飞行员对电气线路老化问题的认知，减少因缺乏应急处理能力而导致的安全隐患^[10]。

四、结论

电气线路的老化对飞行安全具有显著影响，可能导致飞机的电气系统发生故障，进而影响飞行控制、导航、通信等关键功能，严重时可导致飞行事故的发生。为了应对电气线路老化的潜在风险，航空公司应加强对电气线路的定期检测与维护，使用耐老化材料，并加强飞行员应急处理能力的培养。引入智能监测技术进行实时监控，能够有效预防电气线路故障的发生。综合采取这些措施，可以有效提升飞机电气系统的可靠性和飞行安全性。

参考文献

[1] 石磊. 论机电设备电气线路故障分析及处理 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(12): 140–142+145.
[2] 杨新宇. 关于机电合一特种设备电气线路安全检验的探讨 [J]. 模具制造, 2024, 24(05): 255–257.
[3] 李尚宇, 陈海军, 秦毅, 等. 10kV 线路老化与高阻接地故障对线损影响研究 [J]. 电力设备管理, 2021, (04): 185–186.
[4] 陈潞, 王立国. 浅谈飞机电气线路互联系统维修的意义及基本方法 [J]. 成都航空职业技术学院学报, 2019, 35(04): 61–63.
[5] 孙兆荣, 袁少帅, 英福君, 等. 航空发动机电气附件绝缘故障分析与性能测试 [J]. 现代电子技术, 2020, 43(06): 129–132+136.DOI:10.16652/j.issn.1004–373x.2020.06.031.
[6] 张顺. 航空电气电缆故障分析与维护对策 [J]. 中国航班, 2022(35): 43–46.
[7] 任中杰, 张家宝, 周建洪, 等. 航空发动机电气附件线路绝缘性故障分析 [J]. 科技创新与应用, 2017, (17): 101–102.DOI:10.19981/j.cn23–1581/g3.2017.17.083.
[8] 张栋善, 陈沛树. 航空电气系统中故障电弧的分析 [J]. 电子制作, 2017(22): 2.DOI:CNKI:SUN:DZZZ.0.2017–22–014.
[9] 李文举, 林鹏, 李毅波, 等. 空地两用飞机电气系统初步设计及健康预测研究 [J]. 飞机设计, 2017, 37(1): 6.DOI:CNKI:SUN:FJSJ.0.2017–01–011.
[10] 张驰. 浅谈航空电气系统对安全飞行的重要性 [J]. 中国科技投资, 2018, 000(003): 223.DOI:10.3969/j.issn.1673–5811.2018.03.203.