

气象设备保障中设备故障预防和处理技术研究

陈浩文

中国民用航空华北地区空中交通管理局 北京 100621

摘要: 气象设备稳定运行对气象业务开展至关重要。本文深入剖析气象设备故障核心影响因素, 涵盖设备性能衰减、环境干扰、运行维护问题及设备协同影响。详细阐述故障预防技术核心构成, 包括状态监测、隐患排查、日常维护与环境调控技术; 介绍故障处理技术核心体系, 涉及快速识别定位、应急处置、修复复位及故障后调试技术。探讨故障预防与处理技术协同机制, 从衔接逻辑、流程协同、技术适配及全流程统筹方面展开, 为气象设备保障提供全面技术支持。

关键词: 气象设备; 故障预防; 故障处理; 协同机制

引言: 气象事业的发展高度依赖各类气象设备的稳定运行, 准确的气象数据是开展气象预报、灾害预警等工作的基础。然而, 气象设备在运行过程中受多种因素影响, 不可避免会出现故障, 影响气象业务正常开展。深入探究气象设备故障预防和处理技术, 构建科学有效的技术体系与协同机制, 对于提升气象设备运行的稳定性、可靠性, 保障气象业务高质量运行具有重要意义。因此, 有必要对相关技术展开系统研究。

1 气象设备故障的核心影响因素

1.1 设备自身性能衰减相关因素

气象设备在长期运行过程中, 不可避免地会出现性能衰减, 这是引发故障的重要内在因素。设备硬件部分, 如传感器、电路板等, 随着使用年限增加, 其物理特性会逐渐改变^[1]。传感器经过长时间感知外界气象要素, 内部元件可能因疲劳、磨损, 导致灵敏度下降, 测量精度降低, 无法准确获取气象数据。电路板上的电子元件, 在持续通电、温度变化等条件下, 性能会逐渐劣化, 出现接触不良、参数漂移等问题, 影响设备正常信号传输与处理。软件方面, 随着气象业务需求变化和和设备功能升级, 原有软件版本可能存在兼容性问题, 代码漏洞也可能逐渐暴露, 导致设备运行不稳定, 出现死机、数据错误等故障。

1.2 环境因素对设备运行的干扰

气象设备多部署在户外, 环境条件复杂多变, 对设备运行干扰显著。极端天气状况, 如强雷电可能产生强大电磁脉冲, 冲击设备电子元件, 造成元件损坏或数据丢失; 暴雨可能使设备进水, 引发短路, 损坏内部电路; 高温会加速设备硬件老化, 降低电子元件性能, 甚至导致设备过热保护停机; 低温则可能使设备内部液体结冰, 影响设备正常启动与运行。此外, 沙尘天气会使灰尘进

入设备内部, 堆积在传感器、散热部件等位置, 影响传感器测量精度和设备散热效果, 长期积累可能引发设备故障。

1.3 运行维护过程中的相关影响因素

运行维护工作质量直接影响气象设备运行稳定性。维护人员专业水平不足, 对设备原理、结构了解不深入, 在维护操作中可能因操作不当, 如错误拆卸、安装部件, 导致设备损坏或连接松动, 引发故障。维护计划制定不合理, 维护周期过长, 设备得不到及时保养与检查, 潜在问题不能及时发现与处理, 小问题逐渐积累成大故障; 维护周期过短, 则可能增加设备停机时间, 影响业务正常开展, 同时频繁维护也可能因操作失误增加故障风险。维护工具与备件管理不善, 工具缺失或损坏影响维护工作正常进行, 备件供应不及时, 故障发生后无法及时更换损坏部件, 延长设备修复时间。

1.4 设备协同运行的相互影响因素

现代气象观测系统往往由多种设备协同工作, 设备间相互关联、相互影响。不同设备间数据传输协议不一致, 可能导致数据传输不畅或错误, 影响整个系统数据完整性与准确性。设备接口不匹配, 在连接过程中可能出现接触不良、信号干扰等问题, 引发设备运行异常。设备间供电系统不统一, 电压波动或供电中断可能同时影响多个设备正常运行, 增加故障发生概率。

2 气象设备故障预防技术的核心构成

2.1 设备运行状态监测技术

气象设备运行状态监测技术是故障预防体系的基础支撑, 通过多维度参数采集实现设备健康状态实时感知^[2]。传感器网络作为数据获取前端, 采用高精度采样模块对温度、湿度、气压、风速、降水等气象要素进行连续监测, 采样频率依据观测需求动态调整。数据采集器集成

多通道信号调理电路,对传感器输出信号进行滤波、放大及模数转换,确保原始数据准确性。通信模块采用有线与无线混合传输方式,将采集数据实时上传至监控平台,传输协议遵循气象行业专用标准以保障数据完整性。监控平台运用数字孪生技术构建设备虚拟模型,通过对比实测数据与模型预测值实现状态异常识别,异常阈值设定基于设备历史运行数据统计分析结果。

2.2 设备隐患排查与预判技术

隐患排查与预判技术聚焦于设备性能退化的早期识别,通过构建多层次分析模型实现故障风险的主动管控。该技术融合机器学习算法与专家经验库,对设备历史故障数据、运行日志及环境因素进行深度挖掘,建立故障特征与成因的关联映射。在预判机制方面,系统采用时间序列分析方法,结合设备寿命曲线与实际工况,评估剩余使用寿命及潜在失效模式。针对复杂系统,技术引入故障树分析与贝叶斯网络,量化各部件故障对整体性能的影响权重,为维护优先级排序提供科学支撑。

2.3 设备日常维护与保养技术

日常维护与保养技术是延长设备使用寿命、降低突发故障概率的关键环节。该技术体系包含标准化操作流程与定制化维护方案,覆盖清洁、润滑、紧固、校准等基础作业。针对不同类型设备,维护策略差异化设计:对于光学类传感器,重点防范灰尘积聚与镜头划伤;对于电子元器件,严格控制静电防护与焊接质量;对于机械传动部件,定期补充润滑剂并检测磨损间隙。保养周期根据设备工况动态调整,高负荷运行设备缩短维护间隔,闲置设备实施防潮防锈处理。技术文档管理系统记录每次维护详情,为设备全生命周期管理提供完整数据链。

2.4 设备运行环境调控技术

运行环境调控技术通过优化设备工作条件,削弱外部因素对可靠性的影响。该技术涉及温湿度控制、电磁屏蔽、防雷接地等多个维度。在温湿度管理方面,部署智能环境监控系统,联动空调与除湿设备,维持设备间恒温恒湿状态。电磁兼容设计采用滤波器与屏蔽罩,隔离强电磁干扰源。防雷系统构建多级保护网络,从直击雷防护到信号线路浪涌抑制形成完整防护链。针对户外设备,设计防水防尘结构与抗风加固装置,提升设备在极端天气下的生存能力。环境调控效果通过持续监测数据验证,确保各项指标符合设备设计规范要求。

3 气象设备故障处理技术的核心体系

3.1 故障快速识别与定位技术

气象设备故障快速识别与定位技术依托多层次诊断架构实现精准定位。硬件层面采用信号追踪法,通过逻

辑分析仪捕获设备关键节点电信号波形,对比正常波形特征识别异常跳变点。软件层面运用静态代码分析工具扫描程序逻辑漏洞,结合动态调试技术跟踪变量值变化过程,定位软件运行异常位置^[3]。对于复杂系统故障,采用故障树分析法构建故障传播模型,从顶层故障现象逐级向下追溯至底层组件失效原因。知识驱动诊断方法建立设备故障特征数据库,将实时监测数据与历史故障模式进行相似度匹配,快速锁定故障类型。分布式诊断系统通过多诊断节点协同工作,利用信息融合技术提高故障定位准确性,减少误判率。

3.2 故障应急处置技术

故障应急处置技术通过标准化流程控制降低业务中断风险。关键设备配置热备份模块,主备切换时间控制在秒级范围内,确保数据采集连续性。对于通信链路故障,采用多路由由自动切换机制,当主链路中断时立即启用备用链路传输数据。应急处置预案包含分级响应策略,根据故障影响范围启动相应处置流程,重大故障启动跨部门协同处置机制。现场处置人员配备便携式诊断工具包,集成万用表、示波器、频谱分析仪等设备,支持快速完成初步故障检测。远程支持系统开通专家会诊通道,通过视频指导与数据共享辅助现场人员完成复杂故障处置。

3.3 故障修复与复位技术

故障修复技术针对不同故障类型采用差异化处理方案。电子元件级故障通过表面贴装技术更换损坏芯片,使用热风枪与返修工作站完成精密拆装操作。机械部件故障采用修复性加工工艺,对磨损表面进行激光熔覆或电刷镀处理恢复尺寸精度。软件故障修复建立版本回滚机制,当新版本程序出现兼容性问题时快速恢复至稳定版本。修复过程实施质量追溯管理,记录维修操作步骤与更换部件信息,形成完整维修档案。复位操作遵循设备重启规范,先完成硬件初始化再加载软件配置,对于涉及校准参数的设备需重新执行标定流程确保测量准确性。

3.4 故障后设备调试技术

故障修复后调试技术通过系统化测试验证设备性能。功能测试覆盖设备所有工作模式,采用自动化测试脚本执行标准测试用例,记录各功能模块输出结果与预期值偏差。性能测试模拟实际工作负载,监测设备在长时间运行状态下的稳定性指标,重点检查温度漂移、零点偏移等关键参数。联调测试将修复设备接入气象观测网络,验证数据采集、处理、传输全流程通畅性,检查与其他系统间接口兼容性。调试报告包含测试数据汇总、问题整改记录及性能评估结论,作为设备恢复运行的依据。对于涉及计量特性的设备,需联系法定计量机构完成检定

校准,取得合格证书后方可投入业务使用。

4 故障预防与处理技术的协同机制

4.1 预防技术与处理技术的衔接逻辑

故障预防技术与处理技术并非孤立存在,而是存在紧密的衔接逻辑。预防技术侧重于在故障发生前,通过全面监测设备运行状态、深入排查潜在隐患,提前发现可能导致故障的因素并加以消除,以此降低故障发生的概率^[4]。而处理技术则聚焦于故障发生后的快速响应与有效解决。预防技术为处理技术提供前置信息,当预防技术监测到设备出现异常指标或潜在隐患时,这些信息可及时传递给处理技术环节,使相关人员提前做好应对准备,明确故障可能的发展方向与严重程度。处理技术在应对故障过程中积累的经验与数据,又能反馈给预防技术,助力优化预防策略与监测指标,形成一种动态的、相互促进的良性循环,共同保障气象设备的稳定运行。

4.2 技术应用的流程协同方式

在气象设备运维过程中,预防与处理技术的应用遵循特定的流程协同方式。预防阶段,依据设备的特点与运行规律,制定科学合理的预防计划,明确监测项目、排查周期等关键要素。按照计划有序开展设备状态监测与隐患排查工作,详细记录各项数据与发现的问题。一旦监测数据超出正常范围或排查出潜在隐患,立即启动预警机制,将相关信息传递给处理技术团队。处理技术团队根据预警信息,迅速评估故障风险,制定针对性的处理方案。在处理故障时,严格按照既定流程操作,确保处理过程规范、高效。故障处理完成后,对处理效果进行评估,并将评估结果反馈至预防环节,为后续预防工作提供参考,实现预防与处理技术在流程上的无缝衔接。

4.3 技术适配与设备类型的对应关系

不同类型的气象设备具有独特的结构与功能特点,对故障预防与处理技术的适配要求也存在差异。例如,对于高精度的气象传感器,需采用高灵敏度的监测技术,实时精准捕捉其性能变化,同时配备精细的校准与调试处理技术,确保测量数据的准确性。对于大型的气象观测仪器,由于其结构复杂、部件众多,预防技术应侧重于全面的状态监测与定期的隐患排查,处理技术则需具备强大的故障诊断与部件更换能力。而对于一些移动式气象

设备,预防技术要关注设备在运输与使用过程中的抗冲击、防潮等性能,处理技术需具备快速部署与现场修复的能力。通过建立技术适配与设备类型的对应关系,能够提高故障预防与处理工作的针对性与有效性。

4.4 全流程技术应用的统筹逻辑

全流程技术应用统筹强调从气象设备的规划、采购、安装、运行到维护、报废的整个生命周期内,对故障预防与处理技术进行统一规划与协调。在设备规划与采购阶段,根据设备预期的使用环境与业务需求,选择具备良好故障预防与处理性能的设备型号与技术配置。安装阶段,确保安装工艺符合技术要求,为后续预防与处理工作奠定基础^[5]。运行过程中,按照既定的预防计划开展工作,及时处理出现的故障。维护阶段,根据设备运行状况与技术发展,对预防与处理技术进行优化升级。报废阶段,对设备进行全面评估,总结经验教训,为新设备的故障预防与处理提供参考,实现全流程技术的有机统筹与高效应用。

结束语

气象设备故障预防和处理技术的研究与应用,是保障气象业务稳定运行的关键环节。通过明确故障核心影响因素,构建完善的故障预防与处理技术核心体系,并建立有效的协同机制,能够实现对气象设备故障的提前预防、快速处理与精准修复。这将有助于提升气象设备整体运行效能,为气象事业持续发展提供坚实的技术保障,推动气象服务水平不断提升。

参考文献

- [1]彭晓姣.5G通信技术在气象设备远程维修中的应用探索[J].中国宽带,2024,20(11):106-108.
- [2]刘金昀,张盈,刘岩,万腾.气象设备故障排除中思路的重要性[J].石河子科技,2021,(06):66-67.
- [3]张占文.洛阳机场气象设备管理探索研究[J].中国民航飞行学院学报,2021,32(05):17-19.
- [4]武文斌.成都新终端管制中心气象设备故障应急分析[J].电子技术与软件工程,2021,(14):19-20.
- [5]蒋剑磊,沈梦莹,马珮柔.宁波机场自动气象观测系统光纤传输改造的设计与实现[J].数字化用户,2021(21):142-146.