

广电微波传输网络智能化监控平台搭建与运维实践

包琳娜

呼伦贝尔市广播电视技术保障中心（呼伦贝尔市微波传输总站） 内蒙古 呼伦贝尔 021000

摘要：针对传统广电微波传输网络运维响应慢、故障排查难、人工成本高的痛点，本文依托大数据、边缘计算与AI智能识别技术，搭建分层分布式智能化监控平台。阐述了平台设计原则、架构布局、功能模块及安全体系，构建标准化常态化运维体系，结合实际运维案例验证平台成效。实践表明，该平台可有效提升网络传输可用度、缩短故障处置时长，降低运维成本，同时指出系统现存短板并给出迭代优化与未来发展方向。

关键词：广电微波；传输网络；智能化监控平台；搭建；运维实践

引言：广电微波传输是广播电视信号远距离传输的核心载体，其网络运行稳定性直接关乎广电播出安全。传统人工运维模式依赖经验处置故障，存在响应滞后、预判能力缺失、运维效率低下等问题，难以适配数字化广电的发展需求。为破解行业运维痛点，本文融合物联网与人工智能技术，探究智能监控平台的搭建方案与落地运维模式，旨在实现微波网络运维从被动抢修向主动预判转型，全面提升广电微波网络的智能化运维水平与播出保障能力。

1 广电微波传输网络与智能监控核心技术

1.1 广电微波传输网络基础架构

（1）微波传输网络由微波收发信机、天馈线系统、多路复用设备及网管控制终端等核心要素构成，组网模式涵盖点对点、点对多点及环形自愈网等结构。点对点模式常用于干线中继传输，环形组网则通过路径冗余确保广电信号的高可用性传输。（2）微波信号采用视距传播机制，工作于1—42GHz频段，通过中继站实现长距离接力传输。业务承载方面，既支持传统视音频基带信号的模拟传输，也广泛适配IP化数字业务的包交换与时钟同步需求，具备高带宽、低延迟的传输特性。（3）影响广电微波网络传输质量的核心因素包括：大气吸收与降雨衰减等传播损耗、多径衰落与信号干涉效应、设备本振频率偏移及非线性失真，以及天线对准偏差和馈线驻波比劣化。上述因素共同决定了系统的误码率与可用度指标。

1.2 智能化监控核心技术

（1）大数据采集技术依托部署于各节点的传感器与探针，实时获取信号电平、误码率、频谱数据及环境参数；边缘计算技术将数据处理前置至近端设备，实现异常数据即时筛选与本地预警，有效降低中心云平台的计算负载和回传带宽占用^[1]。（2）AI智能故障识别通过深度神经网络对历史故障样本进行特征训练，建立信号劣

化模式识别模型，能够自动分类告警类型并定位故障根因；预测技术利用时序数据分析与退化趋势拟合，对设备剩余寿命和潜在风险进行预判，支撑从被动维护向主动运维的转变。（3）物联网协议适配层支持MQTT、CoAP、Modbus及私有协议等多种通信协议的解析与转换，实现异构设备统一数据接入；通过标准化北向接口与监控平台对接，确保不同厂商、不同代际的设备在统一管理框架下互联互通，降低系统集成难度。

1.3 智能监控平台建设适配性分析

（1）传统微波网络智能化改造需满足接口兼容性（兼容现有SNMP网管及干接点/RS-232/485等物理接口）、数据格式转换（将非结构化告警信息标准化）、设备功耗冗余（避免影响原有微波设备稳定性）及业务无中断割接等核心适配需求。（2）智能技术与微波运维场景的融合优势主要体现在：通过AI预测性维护减少因突发故障导致的电视信号中断时间，借助边缘计算实现秒级异常响应以提升播出安全保障能力，利用大数据分析优化频谱资源利用率，全生命周期数字化管理助力运维效率显著提升。（3）平台建设的可行性方面，当前主流微波设备已普遍开放数据采集接口，边缘计算网关算力成熟且成本可控，AI算法模型可基于开源框架快速迁移训练，加之行业标准规范日益完善，整体落地条件已基本具备，具备较高的工程可实施性。

2 广电微波传输网络智能化监控平台搭建方案

2.1 平台总体设计原则与架构规划

（1）设计原则方面，安全性原则要求平台满足广电等保三级标准，采用数据加密、分级管控与容灾备份机制，确保监控系统自身高可用；实用性原则强调界面简洁直观、操作流程贴合运维实际，降低一线人员学习成本；扩展性原则则要求系统预留标准API接口，支持后续新设备接入与功能迭代，避免因业务增长导致推倒重

建。(2) 分层分布式整体架构采用四层设计:采集层部署边缘网关与各类传感器,完成多源异构数据汇聚与预处理;传输层依托微波业务通道与备用4G/5G回传链路,实现监控数据可靠传输;处理层基于云平台或本地服务器集群,承载数据存储、AI推理与业务逻辑计算;应用层提供统一运维门户与移动终端访问能力,支持多角色分级查看与操作,四层之间通过标准化接口松耦合交互^[2]。(3) 微服务模块化布局将平台按业务域拆分为设备监控服务、告警管理服务、数据分析服务、工单流转服务、用户权限服务等独立微服务单元。各服务可独立部署、升级与横向扩展,通过服务注册与发现机制实现相互调用,既降低了系统耦合度,又便于根据实际运维需求灵活组合功能模块。

2.2 平台核心功能模块搭建

(1) 微波网络设备与传输链路实时监控模块:对接各站点微波设备网管接口,以秒级周期采集发射功率、接收电平、误码率、频谱占用度及设备温度等关键指标;同时基于拓扑可视化技术,在GIS地图上动态呈现链路通断状态与信号质量色阶标识,实现全网状态“一屏可视”。(2) 智能告警、故障诊断与根因分析模块:采用多级阈值判决与AI模型推理相结合的策略,对异常数据进行自动标注与分类;当触发告警时,系统基于故障树与历史案例库进行关联分析,快速定位根因节点,并给出初步处置建议,将告警准确率提升至90%以上^[3]。

(3) 运维数据统计分析与可视化展示模块:对采集积累的海量运维数据进行多维度统计,包括设备可用率、链路误码趋势、故障频次分布等;通过自定义仪表盘、趋势图与热力图等可视化组件,为运维决策提供直观数据支撑。(4) 设备生命周期与运维工单管理模块:建立设备电子档案,记录安装日期、维修记录与备件更换情况;自动生成定期巡检工单,并跟踪工单执行状态与闭环结果,实现从故障发现、派单处理到结果验证的全流程数字化闭环管理。

2.3 平台硬件与软件系统部署

(1) 边缘网关选型宜采用工业级ARM/x86架构设备,具备多路RS-232/485接口及以太网口,内置轻量化容器运行环境;传感器根据监测需求配置温湿度传感器、电流互感器及频谱分析模块,按站址分部署于微波机房与天线单元附近,边缘网关集中收集数据并完成初步清洗与压缩后统一上传。(2) 系统软件层选用CentOS/麒麟等稳定操作系统,数据库采用时序数据库(如InfluxDB)存储监控指标数据,关系型数据库(如MySQL)存放设备档案与工单信息;运维中台基于开源

PaaS平台搭建,集成消息队列、微服务治理与AI推理引擎等基础组件,统一管理全平台配置与日志^[4]。(3) 老旧微波设备兼容改造通过协议转换网关实现,将干接点信号或串口数据转换为标准Modbus-TCP/IP协议;对仅支持SNMPv1/v2c的老旧网管,通过代理程序进行协议升级与安全加固。系统对接调试采取逐站逐链路分批割接策略,优先完成汇聚节点对接,验证数据完整性与控制指令可达性后,再向普通站点推广。

2.4 平台安全体系构建

(1) 数据传输采用TLS/国密SM2/SM4加密隧道,确保监控数据在公网回传链路中的机密性与完整性;存储安全方面,对用户敏感信息与关键配置文件进行加密存储,数据库实施每日增量备份与每周全量备份,备份数据异地容灾保存。(2) 系统访问权限采用基于角色的访问控制模型,划分系统管理员、运维工程师、值班监控员等角色,精细化配置菜单可见性与操作权限;同时部署双因素认证机制,支持动态令牌或生物特征验证,防范密码泄露风险;所有操作行为留存详细审计日志,满足事后追溯合规要求。(3) 网络攻击防护方案包括部署工业防火墙限制非法流量访问,启用入侵检测系统实时感知异常连接行为,并定期开展漏洞扫描与补丁更新;系统故障应急方面,建立主备数据中心双活切换机制,关键节点设备冗余部署,当主系统异常时可在秒级完成业务切换,确保监控服务不中断。

3 广电微波传输网络智能化监控平台运维实践与效果分析

3.1 平台常态化运维体系构建

(1) 日常巡检采用“自动化定时扫描+月度现场核查”双轨制,平台每日自动检测全网设备关键指标并生成健康报告,现场月度巡检重点核查天线、馈线及接地等物理状态,同步完成仪器校准与系统日志清理、安全补丁升级等维护工作。(2) 运维岗位按“监、维、管”三层划分,值班监控员负责告警监视与初步研判,运维工程师承担现场检修与故障处置,技术主管统筹策略制定与重大故障指挥^[5]。针对典型操作场景编制标准化作业卡,明确操作步骤与安全复核要求,确保作业行为统一规范。(3) 运维台账依托电子档案系统为每台设备建立全生命周期履历,完整记录安装、巡检、维修与备件更换信息。数据更新机制规定现场作业完成后两小时内完成录入,每月末由专人核实,确保台账与现场实际一致。

3.2 典型故障智能处置运维实践

(1) 微波信号衰减或中断时,AI分析模块自动关联相邻站点接收电平、误码率等数据进行对比分析,快速

判定衰减源——若仅本站接收异常则定位本端接收系统故障,若上下游同步劣化则判定为大气传播条件恶化或外部干扰,辅助技术人员精准快速处置。(2)设备异常方面,平台对设备温度、电压、风扇转速等参数进行趋势监控,偏离正常范围时提前预警,运维人员据此开展计划性检修,避免突发宕机。链路干扰通过频谱扫描与干扰源定位功能识别同频干扰或带外信号侵入,结合历史频谱对比分析,为频率调整与滤波器加装提供决策依据。(3)突发故障实行分级响应机制:一般故障由值班人员按标准操作卡处理,重大故障启动应急指挥流程,平台自动推送应急预案电子指引,按步骤执行故障隔离、备件更换、链路迂回等操作,全过程留痕并生成应急处置报告。

3.3 平台运行效果实证分析

(1)平台上线后,通过持续监控与主动干预,典型中继链路月可用度由99.85%提升至99.95%以上。告警平均响应时间从15分钟缩短至2分钟以内,故障平均修复时间由2.5小时压缩至45分钟,大幅缩短了业务中断时长。(2)自动化巡检替代约70%的人工例行检查,每月节省现场工时约120人时。标准化作业规范与电子工单流转有效减少了人为误操作,运维差错率较投运前下降约65%,运维工作整体有序性和可控性显著改善。(3)现存问题包括:偏远站点4G回传链路偶发不稳定,部分老旧协议转换网关高温环境易死机,AI故障诊断模型对复合型故障识别准确率约78%,仍需积累故障样本并持续迭代优化。

3.4 平台运维优化策略与未来展望

(1)优化方案包括:偏远站点增配双路由回传通道(4G+卫星备用),协议转换网关升级为宽温型并增加看门狗自复位功能,持续扩充AI训练样本库以提升复合

故障识别准确率至88%以上。(2)数字孪生方向拟构建微波链路数字化镜像模型,实现传输环境动态模拟与故障预演;AI大模型方面引入行业大语言模型支撑自然语言智能问答,降低运维知识获取门槛。(3)未来广电微波网络将向“感知自动化、决策智能化、执行闭环化”的无人值守方向演进,随着6G通信与AI自主决策技术成熟,逐步从“人机协同”过渡到“机器为主、人工为辅”的智慧运维新阶段。

结束语

本文完成了广电微波智能监控平台的搭建与运维实践研究,通过智能化技术落地应用,显著优化了网络传输质量与运维效率,夯实了广电信号稳定传输基础。同时梳理出平台偏远站点传输不稳、老旧设备适配不足、复合故障识别精度有限等现存问题。后续将通过优化传输链路、升级硬件设备、迭代AI模型等方式完善系统,并探索数字孪生、AI大模型融合应用,推动广电微波网络迈向无人值守智慧运维新阶段。

参考文献

- [1]施大威,林峰.海南广电数字微波传输链路的发展和应用[J].电视技术,2023,47(1):130-133.
- [2]陈功,孟繁博.广电无线发射台智慧化发展新模式思考[J].中国广播电视学刊,2022,7(5):15-18.
- [3]廉瑞峰.IP微波系统在广电传输网络中的应用特点浅析[J].智能城市应用,2022,12(1):33-35.
- [4]金晓霞.甘肃省广播电视数字微波网升级改造创新[J].西部广播电视,2023,41(11):222-223.
- [5]韩秀红.广电IP微波传输系统的链路聚合配置策略[J].电声技术,2023,47(12):47-49.