 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i4.10047

Operational Safety Assurance Technology for Medium-Wave Transmitter Stations Based on an Automation Platform

Sukebate

Xinjiang Uygur Autonomous Region Radio and Television Bureau, Station 762 (7602), Bole, Xinjiang, 833400, China

Abstract

Medium-wave broadcasting plays a pivotal role in public service sectors such as policy promotion, information dissemination, and emergency broadcasting. The operational safety of its transmitter stations directly impacts the stability of signal transmission and the overall performance of the transmission system. In recent years, with the progressive advancement of intelligent broadcasting infrastructure, the traditional operation and maintenance model, which primarily relies on manual inspection and reactive repairs, can no longer meet the requirements for highly reliable and uninterrupted safe broadcasting. The establishment of an automated platform effectively resolves this issue, as it integrates functions such as data acquisition, intelligent monitoring, remote control, and fault warning, thereby providing robust technical support for the full-process operational safety of medium-wave transmitter stations. Accordingly, this paper systematically elaborates on the key technologies for ensuring the operational safety of medium-wave transmitter stations through an automated platform, with a focus on analyzing the practical application effectiveness of these technologies, aiming to provide theoretical guidance and reference for the construction of a safety assurance system and the development of an intelligent operation and maintenance framework for medium-wave transmitter stations.

Keywords

automation platform; medium-wave transmitter; operational safety; assurance technology; application results

基于自动化平台的中波发射台运行安全保障技术

苏克巴特

新疆维吾尔自治区广播电视局七六二（七六〇二）台，中国 · 新疆 博乐 833400

摘　要

中波广播在政策宣传、信息传播、应急广播等公共服务领域扮演着重要角色，其发射台的运行安全直接牵涉传播信号的稳定性与传输系统的整体运行质量。近年来，随着智慧广电建设步伐的逐步加快，以人工巡检、被动抢修为主的运维模式已经无法满足高可靠、不间断的安全播出要求，而自动化平台的搭建则有效解决了这一问题，该平台兼具数据采集、智能监测、远程控制、故障预警等功能，可以为中波发射台全流程的运行安全提供强大的技术支撑。基于此，本文通过系统阐述基于自动化平台的中波发射台运行安全保障技术要点，着重分析该技术的实际应用成效，旨在为中波发射台安全保障体系的构建与智慧型运维框架的搭建提供理论借鉴与参考。

关键词

自动化平台；中波发射台；运行安全；保障技术；应用成效

1 引言

自动化平台可以对中波发射台的核心设备及关键运行环节进行实时监控，并将分散的运行数据转化为可分析、可预警的有效信息，实现了从人工值守向智能值守的过渡，使得中波发射台的运行安全得到可靠保障。尤其在应急场景下，自动化平台能够快速执行主备机切换、电源切换、信号倒备及故障隔离等预设措施，使得安全事故的发生概率大幅降低。当前，随着智能诊断精度的不断提升，自动化平台在保障中波发射台运行安全方面的实际应用价值也得到充分体现。

2 自动化平台的中波发射台运行原理

2.1 数据参数实时采集原理

中波发射台自动化平台的全域感知功能，可以实现对发射台各系统运行状态的无死角数据采集，在中波发射台运行期间，位于发射机、天馈线、供配电等关键部位的智能感知终端，能够将设备的运行状态转化为易于平台识别的数字信号，进而为后续的数据分析与自动化控制提供权威的数据支撑。数据参数采集多采用分层采集与边缘预处理相结合的形式，发射机功放模块、天调网络、配电柜、温湿度传感器

【作者简介】苏克巴特（1978–），蒙古族，中国新疆博乐人，本科，工程师，从事中波，短波研究。

等节点布设采样频率不低于 100Hz 的高精度传感器，并实时捕捉功率、频率、驻波比、电压电流等上百项运行参数。数据采集任务完成以后，需要在边缘侧对数据进行格式标准化、异常值过滤、完整性校验处理，以剔除一些无效数据及冗余数据，然后借助于工业级冗余环网以 TCP/IP 协议将处理后的数据传输至平台核心服务器。比如某省级中波发射台，单台发射机每日产生有效采集数据量达 2.8GB，平台数据传输丢包率控制在 0.02% 以下，数据采集延迟不超过 200ms，这种高可靠性、低延迟的数据为后续智能分析与应急响应提供坚实保障。

2.2 智能分析与决策原理

从数据采集到控制执行，需要依托于自动化平台对各类数据的智能分析与决策，才能保障中波发射台的安全稳定运行。这一原理决定了平台能否从数据收集工具升级为安全保障大脑，以深入挖掘潜藏在数据背后的系统运行规律与安全风险隐患。在对数据进行具体分析时，自动化平台基于多维度数据融合算法，整合发射机实时运行参数、天馈线状态数据、供配电负荷数据、历史故障日志等信息，构建设备运行状态的数字孪生模型，该模型在识别系统潜在故障方面，具有极高的识别准确率。比如某中波发射台的发射机功放模块温度持续升高时，平台会同步关联该模块的工作功率、散热风扇转速、机房环境温度三项核心数据，然后，通过贝叶斯分类算法进行综合研判，其潜在故障识别准确率可达 92.7%。可以看出：高识别精度为各类安全事故的预防创造了有利条件 [1]。

2.3 自动化控制原理

自动化控制原理涉及的主要包括设备级精准控制模块、场景化联动执行模块以及故障时应急处置模块，这些模块联动运行，能够对决策指令进行智能分析，然后转化成为对发射台各设备的精准控制操作。比如在发射机主备机自动切换场景中，平台会严格遵循《广播电视发射台自动化通用技术要求最新版本》（GY/T 252-2011）行业标准，控制指令下发至设备执行端的延迟不超过 500ms，切换过程中节目信号无感知中断，切换成功率达 100%。在场景化联动执行层面，自动化平台针对日常巡检、重大保障、应急广播等不同场景，预设标准化的联动控制流程。而在故障时应急处置层面，平台会根据故障等级自动触发对应的联动处置流程，实现故障识别、指令下发、设备执行、状态反馈的全闭环运行。比如当检测到发射机功放模块突发短路故障时，平台会在 1 秒内下发主备机自动切换指令，同时联动切断故障模块供电、启动备用散热系统、向运维人员推送故障定位信息，整个联动流程无需人工干预。

3 基于自动化平台的中波发射台运行安全保障技术要点

3.1 设备状态在线监测与异常预警技术

该技术主要借助于分布式感知终端、高速数据传输网络与智能分析算法，针对中波发射台内发射机、天馈线、供配电、信号源等系统进行全天候实时监测，并通过对设备运行趋势、参数变化规律、性能衰减特征的持续跟踪，查找出各系统存在的潜在故障与隐性隐患，然后向主控制台发出预警信号。在实际监测过程中，监测终端采用边缘计算架构，在设备端完成数据滤波、降噪、异常点剔除等预处理工作。数据传输采用工业级冗余环网，传输延迟控制在 200ms 以内，丢包率低于 0.02%，确保异常信息能够实时上送与快速响应。预警信息按照等级自动推送至值班大屏、移动运维终端及管理后台，并同步写入设备健康档案与运行日志，其核心设备监测指标与预警阈值如表 1 所示。

表 1：中波发射台核心设备监测指标与预警阈值

监测系统	关键监测指标	正常运行范围	黄色预警阈值	红色预警阈值	监测采集精度
全固态发射机	额定输出功率	额定值 ±0.5%	额定值 ±1.0%	额定值 ±3.0%	±0.01kW
天馈线系统	电压驻波比 VSWR	≤1.20	1.21 ~ 1.40	＞ 1.50	±0.02
供配电系统	三相交流电压	380V±5%	380V±10%	380V±15%	±1V
功放单元模块	内部工作温度	0℃~ 60℃	61℃~ 75℃	＞ 75℃	±0.5℃
音频信号源	总谐波失真度	≤1.0%	1.0% ~ 3.0%	＞ 3.0%	±0.05%
机房环境	环境温湿度	18 ~ 25℃ 40% ~ 60%RH	15 ~ 18℃ / 25 ~ 28℃	＜ 15℃ / ＞ 28℃	±0.5℃ / ±3%RH

3.2 主备冗余与自动切换保障技术

主备冗余与自动切换保障技术在保障中波发射台不间断安全播出方面发挥着关键性作用，特别在应对突发故障时，该技术的处理效果表现得极为明显。运用该技术时，首先对发射机、信号源、供配电、控制链路等核心环节实施冗余配置，构建主用设备与备用设备并行运行、实时同步、自动互补的高可靠运行架构。而自动切换技术主要是在主用设备出现指标劣化、断电停机、模块故障、传输中断等异常情况时，可以在无人干预的情况下快速切换至备用系统，确保广播信号连续稳定输出。比如某省级中波发射台主备发射机自动切换系统，采用 1 主 1 备全固态发射机冗余配置，实时监测主发射机功率、驻波比、输出电流、信号失真度等状态，一旦判定主设备故障，立即执行自动切换流程。通过对全年实际运行数据的统计发现：该平台共执行主备自动切换 17 次，手动切换 9 次，切换成功率保持 100%，未出现一次切换失败、信号中断或设备损坏情况 [2]。

从上面列举的例子可以看出：主备冗余与自动切换系统，可以实时同步主备设备工作参数、节目信号、控制指令，使备用设备始终处于热备用状态。另外，该系统同时设置了多级权限闭锁与防误操作装置，防止自动切换与人工操作产生冲突，保障切换过程安全规范。在采用主备冗余自动切换技术后，发射台单设备故障影响时长将大幅缩短，停播时长明显减少，这就给中波发射台的安全稳定运行提供了坚实保障。

3.3 网络安全防护与系统抗干扰技术

当前，自动化平台接入设备数量不断增长，通信协议复杂化程度越来越高，以至于中波发射台面临的安全风险因素呈现出上升态势，这其中包括网络攻击、指令篡改、数据泄露、电磁干扰等。为此，需要构建一个能够保障系统安全运行的防御体系。首先，网络安全防护以边界隔离、访问控制、入侵检测、数据加密为核心，系统抗干扰以电磁屏蔽、接地防雷、滤波稳压、协议加固为重点，二者的协同作用，为复杂环境下自动化平台的安全运行提供了强大的技术支撑。

比如某地区在构建中波发射台自动化监控网络安全系统时，主要部署了工业防火墙、单向隔离网闸、入侵检测系统（IDS）与安全审计模块，对远程访问实行 IP 绑定、口令加密、操作留痕三重认证机制，同时对发射机控制指令采用 AES-256 加密传输。通过对平台运行的实测试验发现：该平台日均拦截非法访问请求 300 余次，未发生一次控制指令被篡改或数据被窃取事件。随着网络安全与抗干扰技术的日渐成熟，自动化平台需要定期开展固件更新、病毒查杀、漏洞检测与权限梳理，及时封堵安全短板。并通过科学完善的电磁环境监测机制，对机房内外部干扰源进行实时监测与定位，以快速消除干扰隐患，真正实现安全可控、稳定可靠的自动化运行目标 [3]。

4 基于自动化平台的中波发射台运行安全保障技术应用成效

4.1 故障处置能力显著提升

自动化平台在运行，可以通过智能诊断技术对故障点进行快速精准定位，这就大幅缩短了故障排查与处理时间。比如某地区的中波发射台在部署自动化平台之前，单起故障平均排查时间约为 6 至 10 分钟，引入自动化平台后，系统可在 1 秒内完成异常识别、3 秒内完成故障定位、15 秒内推送处置方案，全年平均故障处置时间压缩至 90 秒以内。随着自动化技术的不断升级，自动化平台的功能模块也逐步拓展，通过历史数据查询、趋势曲线分析、运行报表自动生成等功能，可以辅助运维人员掌握设备性能衰减规律，科学制定检修计划，这就为故障发生率的降低创造了有利条件，故障处置能力显著提升。

4.2 连续运行稳定性大幅增强

自动化平台通过强大安全防护机制，使中波发射台运行安全得到可靠保障，播出系统的连续运行稳定性显著增强。这主要得益于自动化对播出链路中的关键环节实施的实时监控与冗余备份，从信号源、发射机到天馈线系统均具备故障自动隔离与快速恢复能力，进而有效避免了因单点故障引发的停播、断频、失真等安全事故。比如某地区中波发射台在重点安全保障期内的运行数据显示：在为期 30 天的保障任务中，系统共自动执行设备状态检测 14 万余次，成功处置功率波动、温度异常、电压闪变等潜在风险 16 次，主备发射机自动切换 3 次，切换过程无断音、无失真、无听众可感知影响，切换成功率保持 100%。这些数据充分表明，在应用自动化安全保障技术以后，中波发射台核心设备的平均无故障工作时间得到大幅延长，系统整体运行持续保持平稳状态 [4]。

4.3 智能化水平全面提高

自动化平台的介入，使得台站管理从过去的经验驱动转变成为数据驱动模式，这一过程，有效避免人为干扰因素的影响，平台通过统一的数据接口、标准的运行流程、完善的权限管理与日志记录，实现了运维工作的全程可追溯、可监管，操作行为更加规范，人为风险的发生概率大幅降低。比如某地区中波发射台在应用自动化平台以后，能够完整记录各项运行参数与各类故障信息，并自动生成运维工单，该平台全年累计自动生成运行报表 365 份、故障分析报告 24 份、设备健康评估报告 12 份，与过去的人工操作模式相比，工作效率明显提升。与此同时，自动化平台同时具备远程监控、移动运维、跨台联动等功能，技术管理部门能够实时掌握全辖区发射台的运行状态，实现集中监管与统一调度。这种智能化的管理模式，不仅降低了台站的运行风险，也为中波广播事业的高质量发展奠定了稳固基础。

5 结语

当前，中波发射台的运行环境日趋复杂，安全播出标准不断提升，使得发射台对自动化技术的依赖度越来越高，在这一背景之下，各台站需要充分发挥数字技术的应用优势，持续深化大数据分析、数字孪生、边缘计算等新技术与自动化平台的融合应用，并通过对算法模型的优化、对防护机制的完善、对联动能力的持续拓展，努力提升中波发射台的抗风险与抗干扰能力，以扎实推进广播电视传输事业的稳步发展。

参考文献

[1] 薛晓丹.中波发射台安全播出的运行保障措施探讨[J].西部广播电视,2021,42(07):224-226.

[2] 何剑平.中波发射台智慧化监管系统的实践和完善分析[J].中国设备工程,2023,(09):45-47.

[3] 孙宇佶.态势感知系统在中波发射台网络安全中的实际应用[J].广播电视信息,2022,29(09):99-101.

[4]刘尊道.中波广播发射设备的故障诊断与安全保障技术研究[J].电声技术,2025,49(10):135-137+165.