

# 中波广播发射台日常运行中的信号稳定性优化路径探析

狄世杰 张晓炜

额济纳 788 发射台 内蒙古自治区 阿拉善盟 735400

**【摘要】**：中波广播凭借覆盖范围广、适配多种复杂地形、抗干扰能力基础较强及成本可控的优势，仍是我国广播电视传播体系的重要组成部分，广泛应用于偏远地区信息传递、应急广播发布等场景。信号稳定性作为中波广播发射台运行质量的核心指标，直接决定广播音质、覆盖效果及信息传递的可靠性，受设备工况、环境干扰、运维水平、技术适配等多方面因素影响。本文结合中波广播发射台日常运行实际，梳理信号不稳定的主要诱因，探索针对性优化路径，融入实操技术方案与数据支撑，为提升发射台运行稳定性、保障广播传播质量提供可落地的参考，助力中波广播行业高质量发展。

**【关键词】**：中波广播发射台；信号稳定性；设备运维；干扰防控；优化路径

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.061

## 引言

当前，随着广播电视技术的迭代升级，中波广播面临调频广播、数字广播的多元竞争，同时发射台运行环境日趋复杂，工业干扰、电磁辐射、设备老化等问题凸显，进一步加剧了信号稳定性管控难度。部分发射台存在运维流程不规范、技术升级滞后、干扰防控措施不完善等问题，导致信号漂移、杂波干扰、功率波动等现象频发，制约了中波广播服务质量的提升。基于此，结合发射台日常运行实操经验，探析信号稳定性的优化路径，破解运行中的实际难题，推动发射台实现精细化、规范化、智能化运行，既是保障中波广播传播效能的关键，也是推动广播电视行业高质量发展的必然要求。本文结合多地发射台运维案例与技术应用实践，从设备、环境、运维、技术四个维度展开分析，提出可落地的优化方案，避免理论空泛，突出实操性。

## 1 中波广播发射台信号稳定性现状及主要问题

### 1.1 设备工况不佳，核心部件隐患突出

发射机作为信号发射的核心，部分老旧设备未完成升级改造，功率模块、激励器、滤波组件等部件长期运行易出现损耗，导致输出功率波动、信号失真，甚至引发设备停机。部分发射机调试不到位，输出阻抗与天线阻抗不匹配，信号反射损耗增加，驻波比超标，影响信号传输效率与稳定性，部分台站驻波比长期高于 1.5，远超 1.2 的标准阈值。天线系统与馈线的运行状态直接关联信号辐射效果，部分台站天线布局不合理，多副天线共场布置时未满足波长间距要求，天线间互耦作用显著，导致辐射场形恶化，覆盖不均匀。馈线长期暴露在户外，受风吹、雨淋、低温等自然因素影响，绝缘层老化、破损，出现信号泄漏，同时馈线张力失衡也会加剧信号衰减。地网施工不规范或长期使用后出现腐蚀、断裂，地网电阻偏高，部分高寒地区台站地网电阻甚至超过  $10\Omega$ ，影响信号接地效果，加剧干扰与信号波动。

### 1.2 环境干扰多元，防控措施不到位

电磁干扰是最主要的干扰来源，随着工业生产、通信行业的发展，发射台周边的高压输电线路、工业设备、移动通信基站等产生大量电磁辐射，与中波信号形成同频、邻频干扰，导致信号杂波增多、音质变差。人为电气噪声也会加剧干扰，如周边居民生活用电中的高频杂波、电力设备启停产生的脉冲干扰，会侵入发射系统，影响信号纯度。此外，多径效应与跨调制干扰也较为常见，信号传播过程中经地面反射、建筑物遮挡后形成多径叠加，导致信号幅度与相位波动，跨调制干扰则会导致不同频率信号相互影响，引发信号失真。自然环境干扰主要来自极端天气与地形因素，雷雨天气的雷电冲击易损坏发射设备与天线系统，导致信号中断；高温、低温、暴雪等天气会影响设备运行参数，如低温环境会导致馈线阻抗变化、信号衰减增加，部分高寒地区冬季信号衰减量可达 3dB 以上；高原、多风沙地区的地形与气候，会加剧天线磨损与地网老化，进一步影响信号稳定性。

### 1.3 运维体系不完善，管理水平有待提升

部分发射台缺乏完善的运维管理体系，运维流程不规范、人员专业能力不足、应急处置不及时，导致设备隐患无法及时排查，小故障演变为大问题，影响信号稳定性。部分台站未建立常态化巡检机制，对核心设备、天线、馈线等的巡检频次不足、内容不全面，未能及时发现部件老化、线路松动等隐患。设备维护缺乏针对性，未结合设备运行年限、工况制定个性化维护方案，盲目维护不仅无法解决问题，还可能加剧设备损耗。部分台站未建立完善的设备运行台账，对设备维护记录、故障处置情况、参数调整信息的留存不完整，不利于隐患溯源与长期管控。

表 1 中波广播发射台信号不稳定常见故障及诱因

故障类型	具体表现	主要诱因	影响程度
功率	输出功率忽高忽低，信	发射机功率模块损耗、激励	中度

故障类型	具体表现	主要诱因	影响程度
波动	号强度不稳定	器故障、阻抗不匹配	
杂波干扰	音质变差, 存在杂音、啸叫	电磁干扰、滤波组件老化、跨调制干扰	中度
信号中断	信号完全消失, 无法正常接收	设备停机、天线损坏、雷电冲击、馈线断裂	重度
场形畸变	覆盖范围缩小、区域信号强弱不均	天线互耦、布局不合理、地网电阻偏高	中度
信号衰减	覆盖边缘信号微弱, 易受干扰	馈线老化、天线辐射效率低、低温环境影响	轻度-中度

## 2 中波广播发射台信号稳定性优化路径

### 2.1 优化设备工况, 筑牢信号传输基础

一是推进发射机升级与精准调试。对老旧发射机逐步进行升级改造, 替换损耗严重的功率模块、激励器等核心部件, 推广全固态发射机应用, 提升设备功率稳定性与抗干扰能力, 适配大功率传输需求。定期对发射机进行全面调试, 重点校准输出功率、频率、相位等参数, 确保输出阻抗与天线阻抗精准匹配, 将驻波比控制在 1.2 以内, 降低信号反射损耗。建立发射机参数动态监测机制, 实时跟踪参数变化, 发现波动及时调整, 避免因参数偏移引发信号问题。

二是优化天线系统与馈线维护。结合发射台场地条件, 优化天线布局, 多副天线共场布置时, 确保间距满足波长要求, 减少天线间互耦作用, 优化辐射场形。推广单塔定向天线与并馈发射塔应用, 单塔定向天线可实现传统多塔定向天线的功能, 使服务区覆盖场强提升至少 3dB, 节省土地资源与投资; 并馈发射塔采用多线并行馈电模式, 辐射效率可达 85% 以上, 适配大功率传输, 同时提升多频兼容能力, 实现 2-3 个中波频率共塔发射。加强馈线日常维护, 定期检查绝缘层完整性, 对老化、破损部件及时更换, 调整馈线张力, 避免信号泄漏与衰减; 户外馈线做好防风、防雨、防冻防护, 减少自然因素对其的影响。

三是完善地网与调配网络建设。针对地网电阻偏高问题, 重构分布式阻抗匹配网络, 优化地网布局, 增加接地极数量, 采用耐腐蚀材料制作地网部件, 降低地网腐蚀风险, 将地网电阻控制在 4Ω 以内, 高寒、多风沙地区可通过三维地形建模优化地网设计, 进一步提升接地效果。定期检查调配网络, 校准匹配电感、电容参数, 抵消天线虚部电抗, 保障阻抗匹配, 避免因调配网络故障引发信号波动。

### 2.2 强化干扰防控, 优化信号传播环境

一是防控电磁干扰。合理规划发射台选址, 避开高压输电线路、工业集中区、移动通信基站等强电磁干扰源, 若无法避

开, 设置电磁屏蔽屏障, 采用金属屏蔽网、屏蔽罩等设备, 阻断干扰信号侵入。优化发射频率分配, 避开同频、邻频干扰, 对周边干扰源进行排查, 协调相关单位调整干扰源运行参数, 减少干扰叠加。加强发射系统滤波处理, 升级滤波组件, 提升滤波精度, 过滤外部杂波信号, 尤其是人为电气噪声与脉冲干扰, 提升信号纯度。利用多天线共场辐射场形优化技术, 在有限场地内优化各天线辐射场形, 减少对周边台站的同频干扰。

二是应对自然环境干扰。完善防雷接地系统, 升级 ClassII 防雷系统, 在发射机、天线、馈线等关键设备上加装防雷装置, 优化接地线路, 确保雷电能量快速泄放, 降低雷击损坏风险, 使雷击损坏风险降低 60% 以上。针对极端天气, 制定专项防护方案, 高温天气做好设备降温, 避免设备过热运行; 低温天气对馈线、天线等设备进行防冻处理, 减少信号衰减, 将极端低温环境下信号衰减量控制在 1.3dB 以内; 暴雪、暴雨天气后, 及时开展设备巡检, 清除积雪、积水, 排查设备隐患。

三是抑制多径与跨调制干扰。优化天线辐射方向, 调整信号发射角度, 减少信号经地面反射、建筑物遮挡形成的多径叠加; 采用抗多径干扰技术, 提升信号抗叠加能力, 减少信号幅度与相位波动。加强频率管理, 避免不同频率信号近距离传输, 优化调制参数, 抑制跨调制干扰, 确保信号传输过程中不相互影响, 保障信号完整性。

### 2.3 升级运维体系, 提升管理精细化水平

一是规范运维流程, 建立常态化管理机制。制定完善的日常巡检、定期维护、故障处置流程, 明确巡检频次与内容, 对发射机、天线、馈线、地网等核心设备实行每日巡检, 重点部件每周专项检查, 每月全面排查, 及时发现并处置部件老化、线路松动等隐患。建立设备运行台账, 详细记录设备参数、维护记录、故障处置情况、部件更换信息等, 实现隐患溯源与全生命周期管理。结合设备运行年限与工况, 制定个性化维护方案, 避免盲目维护, 降低维护成本, 部分台站可通过优化维护方案, 将年维护成本从 28 万元降至 10 万元以内。

二是提升人员专业能力, 强化技术支撑。建立常态化培训机制, 定期组织运维人员开展技术培训, 内容涵盖设备操作、参数调试、干扰排查、故障处置、智能化系统应用等, 邀请行业专家现场指导, 提升人员专业技能。开展技能考核与实操演练, 考核不合格者不得上岗, 确保运维人员具备扎实的技术能力, 能够精准判断信号不稳定的诱因, 高效处置故障。鼓励运维人员学习先进技术与运维经验, 参与技术创新, 提升发射台运维的专业化水平。

三是完善应急处置, 提升响应能力。制定信号中断、设备故障、雷电灾害等突发情况的应急预案, 明确处置流程、责任分工、操作规范, 确保突发情况发生后能够快速响应、有序处置。储备充足的应急物资, 包括备用功率模块、馈线、防雷装

置、调试工具等,定期检查应急物资完好性,及时补充更换。开展应急演练,模拟各类突发故障,提升运维人员应急处置能力,缩短故障处置时间,将信号中断时长控制在最短范围内,减少不良影响。

#### 2.4 赋能智能技术,提升精准管控能力

一是搭建智能化监测平台。整合信号监测、设备监测、环境监测等功能,搭建一体化智能化监测平台,实时采集输出功率、频率、驻波比、信号杂波、设备温度、环境湿度等数据,通过数据可视化展示,便于运维人员实时掌握运行状态。设置数据预警阈值,当参数超出阈值或出现异常波动时,平台自动发出声光预警,提醒运维人员及时处置,实现隐患提前预判。利用大数据分析技术,对监测数据进行深度分析,挖掘信号波动与设备故障的关联规律,为运维决策提供精准支撑。

二是推广智能化调控技术。引入自动调控系统,实现发射机参数、天线阻抗、调配网络参数的自动调整,减少人工操作,提升调控精度与效率,避免人为操作失误引发的信号问题。推广智能运维技术,通过传感器实时采集馈线张力、设备运行振动等数据,实现设备状态的远程监测与远程维护,降低运维成本,提升运维效率。

三是推动系统联动升级。实现发射系统与应急广播系统的高效联动,优化信号切换流程,应急状态下能够快速切换信号,

保障应急信息及时传递。搭建远程管控平台,实现发射台运行状态的远程监测与远程调控,便于运维人员异地处置简单故障,提升管控的灵活性与及时性。

### 3 结论

中波广播发射台信号稳定性是保障广播传播质量与应急服务能力的核心,受设备、环境、运维、技术等多方面因素影响,优化信号稳定性需立足日常运行实际,破解实操中的突出难题,构建全方位、多层次的优化体系。本文通过分析中波广播发射台信号稳定性的现状与主要问题,提出设备优化、干扰防控、运维升级、技术赋能四大优化路径,通过推进设备升级与精准调试、优化天线与地网系统、强化多元干扰防控、完善运维体系、推广智能化技术应用,可有效解决功率波动、杂波干扰、设备隐患等问题,提升信号稳定性,将驻波比、地网电阻等关键指标控制在标准范围内,扩大覆盖范围,改善覆盖效果。中波广播发射台信号稳定性优化是一项长期、持续的工作,需结合技术迭代与运行实际,不断完善优化方案,推进精细化、智能化运维,提升设备运行可靠性与信号管控能力。未来,随着单塔定向、并馈发射、智能监测等先进技术的广泛应用,中波广播发射台将逐步实现高质量运行,持续发挥其中基层信息传播、应急宣传的重要作用,推动中波广播行业与新时代广播电视发展需求同频同步。

#### 参考文献:

- [1] 王小明.论中波广播发射台的自动化监控系统完善路径[J].西部广播电视,2024,45(05):237-240.
- [2] 李其儒.中波广播发射台自动化监控系统的应用[J].中国高新科技,2023,(12):158-160.
- [3] 李俊.中波广播发射台的防雷保护措施[J].西部广播电视,2023,44(12):212-214.
- [4] 吴鹏.中波广播发射台防雷与接地措施研究[J].数字通信世界,2023,(04):35-37.
- [5] 李庆彦.中波广播发射台智慧化监管系统结构及完善措施[J].电声技术,2023,47(03):143-145.