

中波广播发射天线技术探讨

马 晨

宁夏广播电视台传输发射中心大武口中波台 宁夏石嘴山 753000

摘 要: 聚焦中波广播发射天线技术展开研究, 剖析其技术特性、工作原理及核心技术要素, 涵盖天线辐射体设计、地网系统构建、阻抗匹配技术与抗干扰技术。进一步探索技术优化及发展方向, 包括天线效率提升、信号覆盖范围拓展、小型化与轻量化设计、智能化监测维护, 以及与数字广播技术的融合适配, 为中波广播发射天线技术改进提供思路, 助力提升信号传输质量与系统运行稳定性, 推动中波广播技术持续发展。

关键词: 中波广播; 发射天线; 技术优化

引言

中波广播在区域信息传播领域仍占据重要地位, 发射天线作为信号传输的核心载体, 其技术水平直接决定广播信号的覆盖效果与传输稳定性。随着通信技术不断发展, 中波广播面临转型与竞争压力, 对发射天线的性能要求愈发严苛。基于此, 从技术特性、核心要素到优化方向深入探讨中波广播发射天线技术, 为该技术的升级应用与实践推广提供有力支撑。

一、中波广播发射天线的技术特性与工作原理

中波广播发射天线主要基于电磁感应原理实现信号传输, 其技术特性与波长特性紧密相关。中波波长范围约100-1000米, 对应的发射天线多采用垂直极化形式, 以适应地面波传播为主的信号传输模式, 确保信号在地面障碍物较少的区域实现远距离覆盖。从结构来看, 中波发射天线通常由辐射体、地网、绝缘支撑等部分组成, 其中地网的设计尤为关键, 需通过合理布置接地导体, 降低接地电阻, 减少信号损耗, 提升天线辐射效率。

在工作过程中, 发射机输出的高频电流经馈线传输至天线辐射体, 使辐射体产生交变电磁场, 一部分电磁场以地面波形式沿地表传播, 另一部分以天波形式向高空辐射, 再经电离层反射回地面。由于中波天波受电离层变化影响较大, 信号稳定性易受昼夜、季节因素干扰, 因此天线的方向性、增益等参数设计需充分考虑不同传播环境的需求, 平衡地面波与天波的传播效果, 保障广播信号的持续稳定接收^[1]。

二、中波广播发射天线的核心技术要素

(一) 天线辐射体设计

辐射体是中波发射天线的核心信号辐射部件, 其尺

寸、材质直接影响天线的电气性能。从尺寸设计来看, 中波发射天线辐射体高度通常与波长相关, 常见的半波天线、1/4波天线需根据具体工作频率精确计算高度, 确保天线处于谐振状态, 减少信号反射损耗。若辐射体高度与谐振要求偏差较大, 会导致天线输入阻抗失衡, 降低辐射效率。

材质选择上, 辐射体需具备良好的导电性与抗腐蚀性。常用的材质包括镀锌钢管、铝合金等, 镀锌钢管成本较低且抗腐蚀性能较强, 适用于大多数户外场景; 铝合金材质重量轻、导电性优, 适合对天线重量有严格限制的安装环境。此外, 辐射体的截面形状也会影响信号辐射效果, 圆形截面相较于方形截面, 能减少风阻与信号绕射损耗, 提升天线长期运行稳定性。

(二) 地网系统构建

地网系统是中波发射天线的重要组成部分, 其主要作用是降低接地电阻, 形成完整的电流回路, 增强地面波传播效果。中波天线地网通常由若干根径向排列的导体组成, 导体一端与天线辐射体底部连接, 另一端向外延伸, 覆盖范围需根据天线功率、工作频率确定。一般而言, 中波广播发射天线地网的导体数量越多、延伸距离越远, 接地电阻越低, 信号损耗越小。

在实际设计中, 地网导体的材质选择与铺设方式需综合考虑土壤特性。对于土壤电阻率较高的区域, 可采用增加导体数量、在导体周围铺设降阻剂等方式降低接地电阻; 同时, 地网导体需埋入地下一定深度, 避免受地表环境影响导致腐蚀或损坏, 确保地网长期稳定工作。此外, 地网与辐射体的连接部位需做好绝缘处理, 防止高频电流泄漏, 保障天线整体辐射效率^[2]。

(三) 阻抗匹配技术

阻抗匹配是确保中波发射天线与发射机高效协同工

作的关键技术。发射机输出阻抗与天线输入阻抗需保持一致，才能避免高频信号在馈线与天线之间产生反射，减少信号损耗，提升功率传输效率。中波发射天线的输入阻抗受工作频率、辐射体高度、地网性能等因素影响，易出现阻抗失配问题，因此需通过匹配网络进行调节。

常见的阻抗匹配方式包括L型、 π 型、T型网络等，这些网络由电容、电感等元件组成，可通过调整元件参数，将天线输入阻抗转换为与发射机输出阻抗匹配的数值。在匹配过程中，需借助阻抗测量仪器实时监测天线输入阻抗变化，根据测量结果精准调整匹配网络参数，确保在整个工作频率范围内，天线与发射机始终保持良好的阻抗匹配状态，避免因阻抗失配导致发射机过载或信号失真。

（四）抗干扰技术

中波广播信号在传输过程中易受外部电磁干扰影响，如工业设备辐射的高频信号、其他通信系统的杂波等，这些干扰会导致接收端信号信噪比下降，影响广播质量。因此，中波发射天线需具备一定的抗干扰能力，从技术层面减少外部干扰对信号传输的影响。

抗干扰技术主要包括空间滤波与频率隔离两类。空间滤波可通过优化天线方向性实现，采用定向辐射天线，将信号能量集中在目标覆盖区域，减少对其他方向的辐射，同时降低外部干扰信号的接收强度；频率隔离则需在天线设计中避免与干扰源频率产生谐振，通过合理选择工作频率、优化天线调谐回路，提升天线对特定频率信号的选择性，减少杂波干扰。此外，天线馈线的屏蔽设计也能有效抑制外部干扰，通过采用双层屏蔽电缆，降低外界电磁信号对馈线内传输信号的影响，保障信号传输纯度。

三、中波广播发射天线技术的优化与发展方向

（一）天线效率提升优化

提升天线效率需从辐射体、地网、匹配网络多环节协同改进。辐射体优化可采用多节伸缩式结构，依据工作频率灵活调整高度，确保天线始终处于最佳谐振状态，减少频率变化引发的效率波动；同时在辐射体表面采用镀银工艺，增强导电性以降低信号传输中的欧姆损耗，进一步提升辐射效率。

地网系统优化需兼顾导体布局与材料升级。布局上采用环形地网与径向地网结合模式，环形地网围绕辐射体底部形成闭合回路以增强电流传导稳定性，径向地网向外延伸扩大覆盖范围，共同降低接地电阻；材料方面

用铜包钢导体替代传统镀锌钢管，铜层提升导电性，钢芯增强机械强度，延长使用寿命并减少土壤腐蚀影响。此外可通过数值模拟技术，针对不同土壤电阻率环境仿真计算地网参数，优化导体数量与长度，实现地网精准匹配。

匹配网络优化需引入动态调节技术，传统固定参数网络难以适应频率变化与天线老化导致的阻抗波动，动态匹配网络通过实时监测天线输入阻抗，自动调整电容、电感元件参数，确保阻抗匹配持续稳定。例如采用单片机控制的可变电容阵列，结合阻抗监测传感器构建闭环调节系统，实现匹配参数实时优化，减少人工成本并提升功率传输效率^[3]。

（二）信号覆盖范围拓展

中波广播发射天线信号覆盖受传播环境、天线增益限制，拓展需从传播模式优化与天线性能提升入手。传播模式优化方面，针对地面波受地形影响大的问题，可调整天线辐射角度增强地面波绕射能力，如采用顶部加载技术，在辐射体顶部加电容性负载改变电流分布，减少地形障碍物导致的信号衰减，实现丘陵、平原等区域有效覆盖。

天线增益提升是关键，可通过阵列化设计实现：将多根单极天线按规律排列成天线阵，调整各单元相位与幅度形成定向辐射波束，将信号能量集中于目标区域以提升场强。天线阵排列需适配覆盖需求，如线性阵列适用于狭长区域，圆形阵列适用于全方位覆盖，通过优化参数平衡增益与覆盖均匀性。

此外，可结合传播模型优化效果：收集地形、土壤、气候数据建立信号传播预测模型，依仿真结果调整天线安装位置与参数。例如土壤电阻率高的区域适当提高辐射体高度增强天波比重，多障碍物区域优化天线方向性减少覆盖盲区，实现覆盖范围与质量双重提升。

（三）天线小型化与轻量化设计

因中波广播发射站点选址难度增加，天线小型化、轻量化成为重要发展方向，需在保障性能前提下缩减体积与重量，适配复杂安装环境。辐射体小型化可借助加载技术，在辐射体上串联或并联电感、电容元件，缩短物理长度同时维持电气性能，如在1/4波天线辐射体中部串联电感，可减少30%~50%物理高度，且输入阻抗、增益等参数基本稳定，满足狭小空间安装需求。

轻量化设计需从材质与结构突破：材质上用高强度轻质合金（如钛合金、碳纤维复合材料）替代传统钢材，这类材料密度低、强度高，能大幅减重且提升抗腐蚀、

抗风载能力；结构上采用镂空设计，在辐射体、支撑部件开合理镂空孔，减少材料用量且不明显影响信号辐射，如将辐射体设为空心管状，较实心结构减重40%以上，导电性能不受显著影响。

此外，小型化天线需优化匹配网络与地网：因小型化天线输入阻抗易波动，需采用宽频带匹配网络确保工作频段内良好匹配；地网用螺旋式接地极、平板式接地网等小型化装置，缩减占地面积同时保证接地电阻达标，为天线稳定工作提供支撑^[4]。

（四）智能化监测与维护技术

中波广播发射天线长期处于户外环境，易受风雨、雷电、腐蚀等因素影响，性能逐渐衰退，因此智能化监测与维护技术成为提升天线运行可靠性的重要手段。在监测技术方面，可在天线关键部位安装传感器，实时采集电气参数与环境数据。电气参数监测包括输入阻抗、驻波比、辐射功率等，通过传感器将数据传输至远程监控平台，工作人员可实时掌握天线工作状态，发现参数异常及时预警；环境数据监测包括风速、湿度、土壤电阻率等，为分析天线性能变化原因、制定维护策略提供依据。

维护技术的智能化体现在自动化与精准化两方面。自动化维护可通过远程控制模块实现，如针对天线匹配网络参数漂移问题，监控平台可根据监测数据自动发送调节指令，调整匹配元件参数，无需人工现场操作；对于易腐蚀部件，可安装自动喷涂装置，定期喷涂防腐涂料，延长部件使用寿命。精准化维护则基于大数据分析技术，通过积累天线长期运行数据，建立故障预测模型，提前识别潜在故障风险，如根据地网导体腐蚀速率数据，预测地网使用寿命，及时安排更换，避免突发故障导致广播中断。

此外，智能化系统还可实现维护资源的优化配置。通过分析不同区域、不同型号天线的故障规律，合理分配维护人员与设备，提高维护效率；同时，将监测数据与天线设计参数对比，为天线技术改进提供数据支持，推动中波发射天线技术持续迭代升级。

（五）与数字广播技术的融合适配

中波广播向数字化转型中，发射天线技术需适配数字广播信号特性。数字中波信号采用幅度与相位联合调

制，对天线线性度要求更高，需减少非线性失真影响；设计时优化辐射体材质与结构，降低信号传输中的非线性损耗，同时选用线性度更优的匹配网络元件，避免元件非线性导致的信号失真。

数字中波广播的多载波传输特性，要求天线具备更宽工作频带，而传统中波天线频带较窄，需通过宽频带设计改进：采用多节渐变式辐射体结构，通过改变截面尺寸实现不同频率信号的良好辐射；同步优化地网与匹配网络参数，确保宽频带内天线输入阻抗稳定、功率传输效率一致，保障多载波数字信号稳定传输。

此外，数字中波广播对信号信噪比要求高，需强化天线抗干扰能力：结合数字信号处理技术，在天线后端增设信号滤波模块，对干扰信号进行数字滤波，减少其对数字信号解码的影响；同时优化天线方向性，增强目标覆盖区域的信号辐射强度，降低外部干扰信号耦合，为数字中波广播高质量传输提供保障，推动中波广播向数字化、高清化发展^[5]。

结语

中波广播发射天线技术涵盖多维度核心要点与优化方向，从核心技术要素的完善，到效率、覆盖、形态、运维及数字化适配等方面的技术升级，形成了系统且全面的技术探讨体系。这些研究成果不仅为当前中波广播发射天线技术的改进提供切实参考，也为其适应未来通信发展趋势奠定基础，助力中波广播在技术迭代中持续发挥信息传播价值。

参考文献

- [1] 武彦军. 中波广播发射天线的原理及维护技术分析[J]. 信息产业报道, 2025(5): 0013-0015.
- [2] 贾国庆, 刘洋. 中波广播发射技术数字化改造探讨[J]. 电视技术, 2025, 49(1): 108-110+121.
- [3] 李路. 中波广播发射机功率合成技术浅析[J]. 科技与创新, 2025(5): 45-48.
- [4] 陈朝进. 中波广播发射台信号覆盖优化技术研究[J]. 电视技术, 2025, 49(1): 154-156.
- [5] 吕弦. 中波广播与电视发射机维护关键技术[J]. 东西南北, 2025(7): 0047-0049.