

# 广播电视微波传输中的信号衰减机制及抗干扰技术研究

莫凌志

呼伦贝尔市广播电视技术保障中心 内蒙古 呼伦贝尔 021000

**摘要:** 广播电视微波传输依赖微波信号特性实现长距离传输,但信号衰减与干扰影响传输质量。本文深入分析自由空间、地形环境、传输链路等衰减机制,探讨信号调制编码、空间频率分集、自适应功率控制等抗干扰技术,构建技术选择评估体系,提出技术组合应用策略,并通过效果监测与优化保障传输稳定性,为广播电视微波传输提供技术支持。

**关键词:** 广播电视;微波传输;信号衰减;抗干扰技术;技术优化

引言:广播电视微波传输是广电网络的核心技术,凭借微波信号波长短、定向性强的特性,实现长距离精准信号传输。然而,传输过程中信号衰减与干扰问题突出,自由空间衰减、地形环境衰减、传输链路衰减等机制导致信号强度下降,各类干扰影响信号质量。研究信号衰减机制与抗干扰技术,对提升广播电视微波传输稳定性、保障节目安全播出具有重要意义。

## 1 广播电视微波传输的基础原理

### 1.1 微波信号的特性

微波信号的频率范围通常处于300MHz至300GHz之间,这一频段的电磁波具备波长短、定向性强的特点,能够在空间中沿直线传播,不易发生绕射,适合实现长距离精准信号传输。传播方式以视距传播为主,受地球曲率影响,传输距离有限,超过一定范围需通过中继设备接力传输<sup>[1]</sup>。调制解调原理是将广播电视的音频、视频信号加载到微波载波上,通过改变载波的幅度、频率或相位实现信号调制,调制后的微波信号经发射设备传输,接收端则通过解调过程提取载波中的音频、视频信号,还原为可播放的广播电视内容,整个过程需保障调制解调的准确性,避免信号失真。

### 1.2 微波传输系统的核心组成

发射端主要包含信号源、调制器、功率放大器与发射天线,信号源提供待传输的广播电视信号,调制器完成信号与载波的结合,功率放大器增强信号功率以满足长距离传输需求,发射天线将电信号转换为电磁波并向指定方向辐射。接收端由接收天线、低噪声放大器、解调器与信号处理单元构成,接收天线接收空中的微波信号并转换为电信号,低噪声放大器在放大信号的同时减少噪声干扰,解调器分离载波与原始信号,信号处理单元对信号进行优化后输出至播放设备。传输链路是连接发射端与接收端的电磁波传播路径,需避开障碍物以减

少信号损耗。中继设备用于延长传输距离,通过接收、放大、转发微波信号,实现信号的远距离接力传输,保障信号强度与质量。

### 1.3 广播电视微波传输的关键指标

信号强度反映微波信号在传输过程中的能量大小,信号强度过低会导致接收端无法准确接收信号,需通过功率放大、优化传输路径等方式维持合理的信号强度范围。信噪比是有用信号功率与噪声功率的比值,噪声会干扰信号传输,信噪比过低会导致信号失真,影响广播电视播放质量,需通过减少设备噪声、优化抗干扰技术提升信噪比。误码率是传输过程中错误码元数量与总码元数量的比值,误码率过高会导致音频卡顿、视频花屏等问题,需通过纠错编码、信号滤波等技术降低误码率,确保广播电视信号传输的稳定性与可靠性,满足观众对播放质量的需求。

## 2 广播电视微波传输中的信号衰减机制

### 2.1 自由空间衰减

自由空间衰减源于信号能量随传输距离的扩散规律。微波信号从发射端辐射后,以球面波形式在自由空间中传播,能量会均匀分散到不断扩大的空间范围内,距离发射端越远,单位面积上的信号能量密度越低,接收端获取的信号强度随之减弱<sup>[2]</sup>。这种衰减是微波在无遮挡空间传输中的固有特性,即便无任何干扰因素,仅传输距离增加也会导致信号强度下降。影响因素主要包括传输距离与微波频率,传输距离越长,能量扩散范围越大,衰减程度越显著;微波频率越高,信号波长越短,在空间中传播时能量扩散速度更快,相同距离下高频信号的衰减程度会大于低频信号,因此长距离传输中需重点考量频率对衰减的影响。

### 2.2 地形与环境衰减

地形衰减由山地、丘陵、建筑物遮挡导致信号损

耗。当微波信号传输路径中存在山地或丘陵时,部分信号会被地形阻挡,无法直接到达接收端,仅少量信号通过绕射或反射传播,强度大幅降低;城市中的高楼建筑物会形成密集遮挡,信号需穿过或绕过建筑,过程中能量被建筑材料吸收或反射,导致衰减加剧。气象衰减则因降雨、雾、雪、沙尘对微波信号的吸收与散射产生,降雨时雨滴会吸收微波能量并将信号向不同方向散射,削弱直射信号强度;雾和雪由微小颗粒构成,同样会对信号产生散射作用,导致信号传播方向改变,接收端信号减弱;沙尘天气中大量沙尘颗粒会吸收并反射信号,尤其在浓度较高时,衰减效果更为明显,严重时可能导致信号短暂中断。

### 2.3 传输链路衰减

传输链路衰减包含设备损耗与极化损耗。设备损耗发生在发射/接收天线、馈线、中继器等设备环节,发射天线与接收天线在信号转换过程中存在能量转换损耗,部分信号能量无法完全转化为电磁波或电能;馈线用于连接天线与设备,信号在馈线中传输时会因导体电阻产生热损耗,馈线接头处可能存在信号泄漏,进一步降低信号强度;中继器在放大信号过程中,自身电路会产生噪声与能量损耗,导致输出信号强度略低于理论放大值。极化损耗因信号极化方向与接收天线极化不匹配导致,微波信号存在水平极化、垂直极化等不同极化方向,若接收天线极化方向与信号极化方向不一致,仅部分信号能量能被接收,其余能量会因极化不匹配而损耗,匹配偏差越大,衰减程度越高。

### 2.4 其他衰减类型

多径衰减是信号经不同路径传播后的叠加干涉损耗。微波信号传输中可能遇到地面、建筑物、云层等物体,形成反射或折射路径,不同路径的信号到达接收端的时间存在差异,部分信号相位相反,叠加后会相互抵消,导致接收端信号强度下降;若多路径信号相位一致,虽可能短暂增强信号,但这种叠加具有不稳定性,易随传输环境变化转为衰减。电离层与大气折射衰减受特殊大气环境影响,电离层由带电粒子构成,会对微波信号产生吸收与折射,尤其在太阳活动剧烈时,电离层粒子密度变化,衰减程度会显著增加;大气折射则因不同高度大气折射率差异,导致信号传播路径弯曲,部分信号偏离接收端方向,无法被有效接收,进而产生衰减,这种衰减在昼夜温差大或大气不稳定时更为明显。

## 3 广播电视微波传输中的抗干扰技术类型及核心特点

### 3.1 信号调制与编码抗干扰技术

该技术通过优化信号调制方式与编码规则增强抗干

扰能力。抗干扰调制方式采用频移键控、相移键控等特殊调制格式,使信号在传输过程中更难被干扰信号覆盖,即便遭遇干扰仍能保持信号特征可识别性;差错控制编码则在信号中加入冗余校验信息,接收端可通过校验规则识别并纠正受干扰导致的信号错误,减少干扰对信号完整性的破坏<sup>[2]</sup>。技术特点体现在能显著提升信噪比阈值,让信号在较低信噪比环境下仍可正常解调,同时有效降低误码率,避免因干扰导致画质模糊、音质失真等问题。适用干扰场景以窄带干扰和随机噪声干扰为主,窄带干扰仅影响特定频段,该技术可通过调制格式避开干扰频段,随机噪声干扰分布较广,编码纠错功能能针对性抵消噪声影响。

### 3.2 空间分集与频率分集技术

技术原理围绕多路径传输实现抗干扰。空间分集通过在接收端设置多个位置不同的天线,同时接收同一发射端传输的信号,不同天线接收的信号受干扰影响程度存在差异,系统可筛选出干扰最弱的信号用于解调;频率分集则采用多个不同频率传输同一信号,干扰信号通常仅作用于部分频率,未受干扰的频率信号可保障传输连续性,从而减少干扰对整体传输的影响。技术特点是利用信号冗余提升传输稳定性,多天线或多频率形成的冗余信号,能在单一路径或频率受干扰时快速切换至备用路径,避免传输中断。适用干扰场景包括多径干扰和局部遮挡干扰,多径干扰导致信号叠加失真,多天线接收可分离有效信号与干扰信号;局部遮挡干扰仅影响部分空间区域或频率,分集技术能通过切换避开遮挡区域或受干扰频率。

### 3.3 自适应功率控制技术

技术原理聚焦动态调整发射功率应对干扰。系统实时监测传输链路中的信号衰减程度与干扰强度,当检测到信号衰减加剧或干扰增强时,自动提高发射端功率,增强信号强度以压制干扰;当信号传输环境改善、干扰减弱时,适当降低发射功率,避免不必要的功率消耗。技术特点是能平衡功率消耗与信号质量,既防止功率过低导致信号被干扰覆盖,又避免功率过高造成能源浪费与信号间相互干扰。适用干扰场景为动态变化的环境干扰和瞬时强干扰,环境干扰随气象、地形条件实时变化,功率动态调整可适配环境波动;瞬时强干扰持续时间短但强度高,临时提升功率能快速抵抗干扰,保障信号不中断。

### 3.4 其他典型抗干扰技术

干扰抑制滤波技术通过专用滤波器滤除特定频段干扰信号。滤波器根据干扰信号的频率特征设定滤波参

数,仅允许广播电视微波信号对应的频段通过,将干扰信号阻挡在接收系统之外,减少干扰信号进入后与有效信号的叠加干扰,尤其适用于干扰频率固定且与有效信号频率差异明显的场景。传输链路优化技术通过调整天线方向、增设中继站优化信号路径,调整天线方向可使信号传输路径避开建筑物、山体等易产生干扰或遮挡的区域,增设中继站能增强信号在长距离传输中的强度,弥补信号衰减,中继站可对受轻微干扰的信号进行放大与修复,提升后续传输的抗干扰能力,适用于地形复杂或传输距离较远导致的干扰问题。

#### 4 抗干扰技术的选择与应用策略

##### 4.1 技术选择的综合评估体系

技术选择的综合评估体系需设定多维度评估指标,环境适配性指标关注技术与传输场景的匹配程度,如复杂地形或多变气象条件下技术的适应能力;干扰抑制能力指标衡量技术对特定干扰类型的削弱效果,需结合实际干扰强度判断;成本指标涵盖技术部署、设备采购及后期维护的相关支出;效率指标则聚焦技术实施后对传输速率、信号处理速度的影响<sup>[4]</sup>。评估流程需按规范步骤推进,环境调研阶段通过实地勘察收集传输区域的地形、气象及电磁环境数据,明确潜在干扰来源;干扰分析阶段对收集的干扰数据进行分类,确定干扰类型、强度及影响范围;技术匹配阶段根据环境与干扰特征,从候选技术中筛选适配性强的方案;效果验证阶段通过小规模测试,检验技术在实际场景中的干扰抑制效果,确保满足传输需求。

##### 4.2 技术组合应用策略

技术组合应用的逻辑源于单一技术的局限性,单一技术往往仅对特定干扰类型有效,难以应对复杂多样的干扰场景,例如信号调制编码技术对窄带干扰效果显著,但对多径干扰抑制能力较弱,通过多技术组合可实现优势互补,提升整体抗干扰性能。典型组合模式中,调制编码与空间分集技术的协同应用较为常见,调制编码技术降低误码率、提升信噪比,空间分集技术通过多天线接收减少多径干扰与遮挡影响,两者结合可同时应

对噪声干扰与路径干扰;功率控制与滤波技术的组合适用于动态干扰场景,功率控制技术根据干扰强度调整发射功率,滤波技术滤除特定频段干扰信号,共同保障信号在复杂干扰环境下的稳定传输。

##### 4.3 技术应用后的效果监测与优化

技术应用后的监测内容需全面覆盖传输质量与干扰抑制情况,信号质量监测关注信噪比、误码率等关键指标,判断信号是否满足播放标准;干扰抑制效果监测通过对比应用前后的干扰强度,评估技术对干扰的削弱程度;传输稳定性监测则跟踪信号是否出现中断、卡顿等问题,保障传输过程的连续性。监测方法需结合专业设备与数据跟踪,信号分析仪可实时检测信号的各项参数,精准捕捉信号质量变化;实时传输数据跟踪通过记录传输过程中的音频、视频数据,分析是否存在失真或丢失情况。优化措施需基于监测结果制定,若信号质量不达标,可调整技术参数如编码方式、功率大小;若干扰抑制效果不佳,则更换更适配的技术类型,确保抗干扰技术持续满足传输需求。

##### 结束语

广播电视微波传输中的信号衰减与干扰问题复杂多样,通过深入分析衰减机制,明确各类衰减的影响因素与规律,为抗干扰技术研究提供方向。多种抗干扰技术各具特点,综合评估技术选择,采用技术组合应用策略,能有效提升传输稳定性。加强技术应用后的效果监测与优化,可确保抗干扰技术持续适应传输需求,推动广播电视微波传输技术不断发展。

##### 参考文献

- [1]姜山.广播电视信号传输抗干扰技术研究[J].电视技术,2024,48(08):114-117.
- [2]李玉川,陈铭.广播电视抗干扰措施分析[J].卫星电视与宽带多媒体,2024,21(1):58-61.
- [3]马世国.广播电视信号传播中的抗干扰技术分析[J].集成电路应用,2024,41(12):176-177.
- [4]乔赛.卫星广播电视频段抗干扰信号技术的应用[J].电声技术,2023,47(03):73-76.