

# 基于数字信号处理的广播发射机抗干扰技术研究

李 新

内蒙古自治区广播电视传输发射中心通辽广播发射中心台 内蒙古 呼伦贝尔 028000

**摘 要：**随着数字技术飞速发展，广播发射领域革新不断。本文聚焦基于数字信号处理的广播发射机抗干扰技术。广播发射机在实际运行中面临电磁、自然、人为等多种干扰，严重影响信号传输质量。并详细阐述了数字滤波、自适应均衡、频谱感知与动态频率选择、差错控制编码等核心抗干扰技术。同时，分析了算法复杂度与实时性要求、信道环境不确定性、硬件资源限制等挑战，并针对性地提出优化算法设计、自适应信道估计与跟踪、硬件资源优化与管理等对策，旨在提升广播发射机抗干扰能力，保障信号稳定传输。

**关键词：**数字信号处理；广播发射机；抗干扰技术；挑战与对策

引言：广播发射机作为信息传播的关键设备，其信号传输质量至关重要。然而，在复杂的电磁环境中，广播发射机不可避免地受到各类干扰的影响。电磁干扰可能来自周围电子设备，自然干扰如雷电、太阳活动等也不容忽视，人为干扰更是复杂多样。这些干扰会导致信号失真、误码率上升，严重影响广播的收听效果。数字信号处理技术凭借其灵活性和高效性，在抗干扰领域展现出巨大潜力。深入研究基于数字信号处理的广播发射机抗干扰技术，对于提升广播系统性能、保障信息准确传播具有重要意义。

## 1 广播发射机面临的干扰类型

### 1.1 电磁干扰

电磁干扰是广播发射机面临的主要干扰类型之一。在广播发射机所处的复杂电磁环境中，众多电子设备如手机、微波炉、其他无线电设备等都在运行，它们在工作过程中会产生不同频率和强度的电磁波。这些电磁波会以辐射或传导的方式耦合到广播发射机的信号传输路径中，与有用信号相互叠加，导致信号失真、噪声增大。例如，附近大功率无线电设备的发射信号可能会进入广播发射机的接收频段，干扰正常信号接收，使广播出现杂音、断续等问题，严重影响广播的传输质量和听众的收听体验。

### 1.2 自然干扰

自然干扰对广播发射机的影响也不容小觑。雷电是常见的自然干扰源，雷电放电时会产生强大的电磁脉冲，其频谱范围极宽，能够通过天线耦合进入广播发射系统，瞬间产生高电压和大电流，可能损坏发射机的电子元件，导致设备故障。此外，太阳活动也会引发自然干扰，太阳黑子活动、太阳耀斑爆发等会产生强烈的射电辐射，影响地球的电离层，进而改变无线电波的传播

特性，使广播信号的传播路径和强度发生异常变化，造成信号衰落、中断等现象，影响广播的正常覆盖和接收。

### 1.3 人为干扰

人为干扰具有多样性和不确定性。一方面，一些非法无线电发射行为会对广播发射机造成干扰，比如未经许可的私设电台，其发射频率可能与广播频段重合，抢占广播信号的传输通道，导致广播信号被覆盖或干扰。另一方面，人为的电磁辐射源，如高压输电线、电气化铁路等，在工作时会产生电磁场，对附近的广播发射机产生电磁感应干扰。而且，人为操作不当也可能引发干扰，例如在广播发射机附近进行大型金属物体的移动或焊接等作业，产生的电磁噪声会进入发射系统，影响广播信号的质量和稳定性<sup>[1]</sup>。

## 2 基于数字信号处理的广播发射机核心抗干扰技术

### 2.1 数字滤波抗干扰技术

数字滤波抗干扰技术是基于数字信号处理原理，对广播发射机接收或传输的信号进行滤波处理，以有效抑制干扰信号，提升信号质量，是广播发射机抗干扰的关键技术之一。(1)从原理上来说，数字滤波器通过对离散时间信号进行数学运算来实现滤波功能。它可以根据预先设计的滤波特性，对输入信号中的不同频率成分进行选择性的处理。对于广播发射机而言，在接收端，数字滤波器能够精准地滤除带外噪声和干扰信号，只允许特定频段内的有用广播信号通过，从而避免噪声和干扰对信号解调的影响。在发射端，数字滤波可对信号进行整形，减少信号频谱的旁瓣泄漏，降低对其他频段的干扰，提高频谱利用率。(2)数字滤波抗干扰技术具有高度的灵活性和可编程性。通过修改滤波器的系数和参数，可以快速适应不同的干扰环境和信号要求。例如，当广播发射机所处的电磁环境发生变化，出现新的干扰频率

时, 无需更换硬件设备, 只需调整数字滤波器的参数, 就能重新配置滤波特性, 有效抑制新出现的干扰。(3)数字滤波器具有稳定的性能和较高的精度。与模拟滤波器相比, 数字滤波器不受温度、湿度等环境因素的影响, 其滤波特性能够长期保持稳定。而且, 借助先进的数字信号处理算法和高速的数字电路, 数字滤波器可以实现高精度的滤波处理, 更有效地分离有用信号和干扰信号, 为广播发射机提供可靠的抗干扰保障。

## 2.2 自适应均衡技术

自适应均衡技术是广播发射机基于数字信号处理实现抗干扰的重要手段, 它能够动态补偿信号在传输过程中产生的失真, 有效对抗多径效应等带来的干扰。(1)在广播信号传输过程中, 多径传播是常见问题。不同路径到达的信号由于时延差异会产生相互干扰, 造成信号波形畸变, 严重影响接收质量。自适应均衡技术通过实时监测接收信号的特征, 自动调整均衡器的参数, 以产生与信道失真相反的特性。它可对多径效应引起的码间干扰进行精准补偿, 使接收端恢复出接近原始的信号波形, 从而保证广播信号的准确解调。(2)该技术具有强大的自适应能力。广播发射机所处的信道环境复杂多变, 可能随时出现新的干扰因素或信道特性改变。自适应均衡器能够持续跟踪信道的变化, 无需人工干预, 自动调整均衡策略。无论是信道的频率响应改变, 还是噪声水平的变化, 它都能快速做出响应, 始终维持良好的均衡效果, 确保广播信号在不同环境下都能稳定传输。(3)自适应均衡技术与数字信号处理算法紧密结合, 借助高速的数字处理芯片, 能够实现高效的实时运算。这使得均衡过程可以在极短的时间内完成, 满足广播发射机对实时性的严格要求, 不会因均衡处理而引入额外的延迟, 保障了广播节目的流畅播放和信息的及时传递。

## 2.3 频谱感知与动态频率选择技术

频谱感知与动态频率选择技术是广播发射机借助数字信号处理实现高效抗干扰的关键策略, 对于提升广播信号传输的稳定性和可靠性意义重大。(1)频谱感知技术如同广播发射机的“敏锐耳朵”, 能够实时、精准地探测周围电磁环境中的频谱使用情况。它通过对特定频段进行扫描和分析, 识别出哪些频段已被占用、存在干扰, 哪些频段相对空闲、适合传输。这种全面的频谱态势感知能力, 为广播发射机选择合适的传输频率提供了坚实依据, 使其能够避开干扰严重的频段, 从源头上减少干扰对广播信号的影响。(2)动态频率选择技术则是广播发射机的“智能大脑”。基于频谱感知的结果, 它能够迅速、自动地调整广播发射机的工作频率。当检测到

当前使用频段出现强干扰时, 该技术会快速评估其他可用频段的状况, 并选择干扰最小、信号质量最佳的频段进行切换。这种动态的频率调整机制, 使广播发射机能够灵活适应不断变化的电磁环境, 始终保持优良的传输性能。(3)频谱感知与动态频率选择技术相互协作, 形成了强大的抗干扰合力。频谱感知为动态频率选择提供准确的信息支持, 而动态频率选择则将感知结果转化为实际的抗干扰行动。二者紧密配合, 有效提高了广播发射机在复杂电磁环境下的生存能力和抗干扰水平, 确保广播信号能够清晰、稳定地传输到听众端。

## 2.4 差错控制编码抗干扰技术

差错控制编码抗干扰技术是广播发射机基于数字信号处理提升信号传输可靠性的重要方式, 在应对各种干扰方面发挥着关键作用。(1)从原理上看, 差错控制编码通过在原始信息数据中添加一定的冗余比特, 构建出具有特定结构的编码序列。这些冗余比特并非随意添加, 而是遵循特定的编码规则。当广播信号在传输过程中受到干扰, 导致部分比特发生错误时, 接收端可以利用编码的内在结构和冗余信息, 通过相应的解码算法检测并纠正这些错误。例如, 通过校验和、奇偶校验等方式, 识别出错误位置并进行修正, 从而恢复出原始的正确信息。(2)该技术具有较强的抗干扰适应性。无论是由于电磁干扰、自然干扰还是人为干扰引起的信号错误, 差错控制编码都能在一定程度上进行纠正。它不依赖于特定的干扰类型, 而是从信号本身的错误模式出发, 利用编码的纠错能力来保障信息的准确传输。这使得广播发射机在复杂的电磁环境下, 依然能够保持较高的信号传输质量。(3)差错控制编码技术与数字信号处理算法深度融合。借助高效的编码和解码算法, 以及快速的数字处理芯片, 能够在保证纠错性能的同时, 实现较低的计算复杂度和较短的处理延迟。这确保了广播发射机在实时传输过程中, 能够及时完成差错控制处理, 不影响广播节目的正常播出<sup>[2]</sup>。

## 3 数字信号处理技术在广播发射机抗干扰中的挑战

### 3.1 算法复杂度与实时性要求

数字信号处理技术在广播发射机抗干扰中, 算法复杂度与实时性要求是一大挑战。为有效抗干扰, 需运用如自适应滤波、复杂均衡等算法, 这些算法涉及大量矩阵运算、迭代计算。随着对抗干扰性能要求提升, 算法复杂度呈指数增长。但广播发射机要求实时处理信号, 若算法过于复杂, 处理时间过长, 会导致信号延迟, 影响广播节目正常播出, 出现画面卡顿、声音断续等问题, 难以在复杂算法的高性能需求与实时处理要求间找

到平衡。

### 3.2 信道环境的不确定性

广播发射机所处的信道环境充满不确定性,给数字信号处理抗干扰带来困难。信道可能受多种因素影响,如天气变化会导致电离层特性改变,影响无线电波传播;周围建筑物的分布和移动会引发多径效应,使信号产生衰落和失真。而且,人为活动产生的电磁干扰源不断变化,新的干扰设备随时可能出现。数字信号处理技术难以提前准确预知这些变化,导致预先设计的抗干扰算法可能无法适应实时变化的信道环境,影响抗干扰效果。

### 3.3 硬件资源的限制

硬件资源的限制是数字信号处理技术在广播发射机抗干扰中面临的现实问题。数字信号处理需要高速的处理器、大容量的存储器等硬件支持。然而,广播发射机在体积、功耗、成本等方面有严格限制,无法无限度地增加硬件资源。处理器性能不足会导致算法运行速度慢,无法及时处理信号;存储器容量有限则难以存储大量的信号数据和处理过程中的中间结果。此外,硬件的精度和稳定性也会影响数字信号处理的效果,硬件资源成为制约抗干扰技术有效实施的瓶颈。

## 4 数字信号处理技术在广播发射机抗干扰中的对策

### 4.1 优化算法设计

为应对广播发射机抗干扰中算法复杂度与实时性的矛盾,优化算法设计迫在眉睫。一方面,可对现有复杂算法进行简化,去除冗余计算步骤,采用近似计算方法,在保证一定抗干扰性能的前提下,降低算法的计算量。另一方面,开发新型高效算法,借鉴机器学习等领域成果,利用智能算法自动调整参数以适应不同干扰场景。同时,进行算法的并行化设计,将大任务分解为多个可并行执行的小任务,借助多核处理器等硬件资源,提高算法运行速度,从而满足广播发射机实时处理信号的需求,提升抗干扰能力。

### 4.2 自适应信道估计与跟踪

鉴于信道环境的不确定性,自适应信道估计与跟踪是有效对策。通过实时采集信道特征参数,如信道冲激响应、噪声功率等,利用先进的估计算法,如最小均

方误差估计等,准确获取当前信道状态。基于估计结果,动态调整抗干扰算法参数,使广播发射机能够快速适应信道变化。同时,采用跟踪算法持续监测信道变化趋势,提前预测信道状态改变,及时调整处理策略。这样,无论信道如何变化,都能保证数字信号处理技术始终以最优方式运行,有效抑制干扰,确保广播信号稳定传输。

### 4.3 硬件资源优化与管理

针对硬件资源限制问题,需进行硬件资源优化与管理。在硬件选型上,挑选高性能、低功耗且集成度高的芯片,在有限空间和功耗下提升处理能力。对硬件资源进行合理分配,根据不同抗干扰功能的重要性和实时性要求,动态调配处理器、存储器等资源。采用硬件加速技术,将部分计算密集型任务交由专用硬件电路完成,提高处理效率。此外,建立硬件资源监控机制,实时掌握资源使用情况,当出现资源紧张时及时调整任务调度,避免因资源不足导致抗干扰性能下降,保障广播发射机稳定运行<sup>[1]</sup>。

## 结束语

在广播技术不断发展的当下,基于数字信号处理的广播发射机抗干扰技术研究意义重大且成果斐然。通过优化算法设计、自适应信道估计与跟踪以及硬件资源优化与管理等对策,有效应对了算法复杂度与实时性、信道环境不确定性、硬件资源限制等挑战。这不仅提升了广播发射机的抗干扰能力,保障了广播信号的高质量传输,还为广播行业的稳定发展提供了坚实技术支撑。未来,随着技术的持续创新,该领域有望取得更大突破,进一步推动广播事业迈向新高度,为听众带来更优质的广播体验。

## 参考文献

- [1]段树春.调频广播发射机播出系统的自动监测和控制研究[J].科技传播,2020,12(15):95-96
- [2]张红玉.调频广播发射机的故障处理与维护[J].西部广播电视,2020(11):212-213.
- [3]李佳.调频广播发射自动化系统设计与实现[J].西安电子科技大学,2022.245-246.