

短波数字广播在应急通信场景下的可靠性保障机制

何 一

内蒙古自治区广播电视传输发射中心839台 内蒙古 呼和浩特 010000

摘 要：短波数字广播在应急通信中意义重大，其不依赖固定设施，能应对通信中断情况，且数字广播技术提升了性能。然而，传播特性、环境及设备与技术等因素影响其可靠性。为此，可采用自适应、分集、抗干扰技术及优化网络架构等保障机制。另外，文章还从技术改进、系统建设与管理等方面提出建议，并展望其未来将朝着智能化、融合化、软件化方向发展。

关键词：短波数字广播；应急通信；可靠性保障机制；自适应技术；分集技术

引言：在应急通信领域，及时、准确的信息传递关乎生命救援与应急指挥效能。当大规模突发公共事件致使常规通信网络中断，短波数字广播凭借不依赖固定设施、传播距离远等优势，成为应急通信的重要手段。然而其传播特性、环境及设备技术等因素，给通信可靠性带来挑战，因此深入探究短波数字广播在应急通信场景下的可靠性保障机制，具有重要的现实意义与紧迫性。

1 短波数字广播在应急通信场景的意义

应急通信关乎紧急情况下的生命救援、指挥调度和信息传递，其效能影响应急响应效率。大规模突发公共事件发生时，常规通信网络易遭破坏致中断，此时短波数字广播优势凸显，成为应急通信重要手段。短波通信距离远、机动灵活、组网便捷，不依赖易被摧毁的固定设施，能在复杂电力、地形区域发挥作用。如偏远山区或灾后交通中断地区，它可迅速搭建通信链路。在四川甘孜州雅江“3·15”山火救援中，无人机搭载设备利用短波通信回传火场数据，助力指挥决策。数字广播技术提升了短波通信性能，相比传统模拟广播，它音质高、抗干扰强、频谱利用率高，能满足应急通信对信息准确性和多样性的需求，是保障应急信息及时准确传递的关键技术之一^[1]。

2 影响短波数字广播应急通信可靠性的因素

2.1 传播特性相关因素

短波通信依赖于不稳定的大气电离层反射，这使得短波信道存在时变色散、衰落和干扰严重等问题。电离层的特性会随昼夜变化、太阳黑子活动、季节等因素而改变，导致短波信号的传播距离和强度发生变化。例如，太阳高度角越小，短波电离层反射的能力越低，信号传播距离和强度会受到影响；较高的气温会增加大气中的电离分子浓度，影响短波信号的传播速度和距离。短波信号在传播过程中会遇到多个传播路径，产生多路

径效应，使信号的相位和幅度发生变化，导致信号衰落和混叠，降低通信质量。大气层传播还会导致信号在频率上的选择性衰落，不同频率的信号传播损耗不同，使得短波信号的频谱发生偏移和扩展，进一步影响通信可靠性。

2.2 环境因素

环境因素对短波数字广播应急通信可靠性也有显著影响。气候条件方面，日照角度、大气湿度和气温等都会对短波通信产生作用。日照角度影响太阳光对短波通信的直接影响，进而影响通信质量；大气湿度会对短波信号产生衰减作用，尤其是在水蒸气含量较高的气候条件下，信号损耗增加；气温变化影响大气层参数，从而影响信号传播。地理环境也不容忽视，在山区、城市高楼密集区等复杂地形环境中，信号传播会受到阻挡和反射，产生阴影效应和多径干扰，降低信号强度和质量。例如，在山区进行应急通信时，山脉会阻挡短波信号的传播，导致部分区域信号覆盖不足^[2]。

2.3 设备与技术因素

设备性能和技术水平是影响短波数字广播应急通信可靠性的关键因素。设备方面，天线系统的设计和性能直接影响信号的接收和发射质量。如果天线设计不合理，可能会导致信号接收不灵敏、发射功率不足等问题，降低通信可靠性。调制解调技术的优劣也至关重要，先进的调制解调技术可以提高信号的传输效率和传输容量，减少误码率，而落后的技术则可能导致信号传输错误增加，影响通信质量。技术方面，频谱资源协调和管理不当也会影响通信可靠性。应急通信往往需要临时启用特定频段，如果频谱资源协调不好，容易出现干扰问题，影响信号的正常传输。另外，设备的兼容性和互操作性也是重要因素，不同厂商、不同技术的通信设备并存时，如果无法实现无缝互联互通和协同工作，会

降低应急通信系统的整体效能。

3 可靠性保障机制分析

3.1 自适应技术

自适应技术作为提升短波数字广播应急通信可靠性的关键举措,通过实时或高频运用各类探测手段,依据探测结果自动优化设备参数,从而实现最优通信状态。短波自适应通信的关键在于自动选定最佳工作频率、无线电信道以及自适应数据传输模式。在频率选定环节,自适应选频技术凭借对信道参数的精准探测,依据信道质量的动态变化自动挑选最优频率。例如,当某一频率遭遇强干扰或信号严重衰减时,系统会自动切换至其他可用频率,以此保障通信的持续进行。干扰自适应跳频技术则基于对信道中干扰信号参数的精准估算,采用干扰自适应抑制以及自动规避干扰的跳频策略,有效提升通信的保密性与可靠性。自动构建通信链路同样是自适应技术的重要功能。鉴于短波信道变化剧烈,需借助自动线路建立(ALE)技术,在建立链路过程中同步开展线路质量分析(LQA),获取实时信道估值。一旦通信链路质量出现波动,系统能够自动选定新的信道,确保通信的稳定性。自适应技术成功克服了多种时变因素引发的复杂干扰,显著提升了现代短波通信中数据传输的质量,有力增强了应急通信的可靠性。

3.2 分集技术

分集技术是针对承载相同信息、经由多个独立路径传输的多路信号进行合并处理,以降低各类衰落影响、增强抗干扰能力的技术手段。短波广域分集接收技术将短波通信与空间分集接收技术深度融合,是一种极具创新性的应用模式。该技术借助多个距离较远且通过有线相连的短波固定台站,将不同地域空间以及不同极化天线所接收的短波信号进行实时汇聚与合并解调,切实提升了短波语音链路的稳定性与可靠性。在下行信道中,由于多个短波台站间隔较远,不同天线接收的信号相互独立,通过不同信道间信息的互补效应增强接收效果;在上行信道中,将信源信息调制到载频间隔足够宽的不同载波上进行传输,从而获得衰落特性相互独立的多路信号。依据汇聚端对多路信号合并方式的不同,分集合并可细分为选择式合并、等增益合并和最大比合并。选择式合并算法复杂度低,但分集增益有限;等增益合并算法复杂度相对较低,能提升接收性能,然而当某一路或多路信号信噪比过低时,分集合并性能会大幅下降;最大比值合并依据各路信号的信噪比分配不同加权系数,再对各路信号进行加权合并处理,可最大化接收信号信噪比,但算法实现复杂,需实时、动态、精准测定

各条信道的信噪比^[3]。在实际应用中,可采用有选择的最大比合并方式,融合选择性合并与最大比合并的优势,提升分集接收系统的性能。据相关统计,当收端天线分别设于我国北京、西安、重庆、广州,发端电台位于南京时,采用四重分集接收,短波通信的可通率可达96%以上,远高于无分集方式下的可通率。

3.3 抗干扰技术

短波数字广播在应急通信场景中极易受到各类干扰,因此抗干扰技术显得尤为重要。针对共模干扰,可通过调整发射台转换器的输入端口,将单端接口转换为双端接口,减轻被测信号在传输短波信号过程中的负担,增强被测信号的传输能力,降低产生共模回路的概率,进而减轻电磁干扰的影响。同时,运用数字滤波技术实现程序通用化,尽可能降低不同通路之间的相互影响,减少干扰发生的可能性。对于常态干扰,首先要准确识别干扰源,测量其频率,掌握干扰源的特性,再根据不同特性采取针对性的抗干扰措施。例如,当干扰源频率较低时,主要采用高通滤波器进行抵抗,减小干扰源的影响范围。此外,国家应加大资金投入,深入推进发射台内智能控制系统及相关设施设备的研发工作,设计具备屏蔽功能的程序,提高其抗电磁干扰能力,减少运行过程中产生的电磁波,降低彼此间以及对短波广播的干扰。发射台工作人员还可充分发挥特效电缆的屏蔽作用,减少外来干扰对系统和设施设备的影响。

3.4 网络架构优化

优化网络架构可以提高短波数字广播应急通信系统的可靠性和灵活性。采用多系统接口融合的方式,将不同制式、不同网络的通信资源整合在一起,如将PDT/TETRA数字集群、传统模拟集群、IPPBX电话系统、公网PSTN、LTE/5G专网、卫星通信、短波电台等接入融合通信平台,实现跨系统、跨部门的无缝对接和高效协同。在融合通信平台中,实现音视频数据融合,将语音、视频监控、视频会议、PGIS(地理信息系统)等多种数据应用系统统一接入与调度,为应急指挥提供全面的信息支持。同时,为上层应急指挥系统提供统一的通信业务接口和数据接口,屏蔽底层通信系统的复杂性和差异性,方便系统的管理和维护。此外,运用双机主备模式、冗余备份机制等手段,保障系统在恶劣环境条件下依然能够稳定运行。当主设备出现故障时,备用设备能够迅速接替工作,保证通信不中断。例如,在应急广播系统中,采用自动网络备份与切换技术,在通道完好时采用逐级转发方式进行信息发布,在常用通道受损中断时,通过备份通道实现应急信息的跨级接入至系统的

末级平台或终端,提高系统的可靠性。

4 提升可靠性的建议与展望

4.1 技术改进建议

持续推进短波数字广播技术的创新和改进是提升可靠性的关键。在自适应技术方面,进一步优化自适应算法,提高频率选择和链路建立的准确性和速度,使其能够更快地适应信道变化。加强分集技术的研究,探索更有效的分集合并算法和信号处理方法,提高分集增益和系统性能。在抗干扰技术方面,研发新型的抗干扰材料和技术,提高设备和系统的抗干扰能力。例如,采用智能天线技术,根据干扰方向自动调整天线方向图,抑制干扰信号。同时,加强对干扰源的监测和分析,建立干扰数据库,为抗干扰措施的制定提供依据。推动短波数字广播与其他通信技术的融合,如与5G、卫星通信等技术的结合,实现优势互补,提高应急通信的综合能力^[4]。例如,利用5G技术的高速数据传输能力,实现短波数字广播与其他通信系统之间的快速数据交换;利用卫星通信的广域覆盖能力,扩大短波数字广播的覆盖范围。

4.2 系统建设与管理策略

在系统建设方面,应加强应急通信基础设施的建设和规划,合理布局短波数字广播台站,提高信号覆盖范围和质量。建立统一的应急通信标准和规范,确保不同设备和系统之间的兼容性和互操作性。例如,制定短波数字广播设备的接口标准、信号格式标准等,促进设备的通用化和标准化。在管理方面,建立健全应急通信管理体系,加强对应急通信设备的维护和管理,定期进行设备检测和维修,确保设备处于良好的运行状态。加强应急通信人才队伍建设,提高人员的技术水平和应急处置能力。开展应急通信演练和培训,提高各部门之间的协同作战能力和应急响应速度。

4.3 未来发展趋势展望

未来,短波数字广播在应急通信领域将朝着智能化、融合化、软件化的方向发展。智能化方面,利用人工智能和大数据技术,实现对短波信道的智能预测和优化,自动调整通信参数,提高通信效率和可靠性。例如,通过机器学习算法对历史信道数据进行分析,预测信道质量变化,提前调整工作频率和调制方式。融合化方面,短波数字广播将与其他通信技术深度融合,形成一体化的应急通信网络。例如,与物联网技术融合,实现对应急设备和物资的实时监测和管理;与区块链技术融合,提高应急信息的安全性和可信度。软件化方面,短波通信将向软件定义无线电(SDR)方向发展,通过软件来实现各种通信功能,提高系统的灵活性和可扩展性。软件化的短波数字广播系统可以根据不同的应急通信需求,快速调整系统参数和功能,适应各种复杂场景。

结束语

短波数字广播作为应急通信的关键手段,虽面临诸多可靠性挑战,但自适应、分集等保障机制为其提供了有力支撑。未来,随着技术持续创新,在智能化、融合化、软件化方向不断迈进,短波数字广播在应急通信领域将发挥更大作用。需紧跟技术发展趋势,加强技术研发与应用,完善系统建设与管理,以更好地应对各类紧急情况,保障应急信息的高效准确传递。

参考文献

- [1]李明玥,高火涛,冯泊宁,等.基于短波数字广播信号的天波雷达波形研究[J].无线电工程,2023,53(4):772-780.
- [2]李慎斌. DRM短波数字广播技术及监测分析[J].电声技术,2020,44(9):47-49.
- [3]刘晶晶. 短波广播数字化前景概述[J]. 数字传媒研究,2025,42(4):35-37.
- [4]益西旦增. 数字化短波广播电视技术发展现状与未来趋势[J]. 中国科技纵横,2025(11):57-59.