

无线电监测测向系统在边境地区电磁管控中的应用

李伟康

石家庄诺通人力资源有限公司 河北 石家庄 050081

摘要: 本文深入探讨了无线电监测测向系统在边境地区电磁管控中的关键应用。首先阐述了边境地区电磁管控的重要性和面临的挑战,接着详细介绍了无线电监测测向系统的基本原理、组成及关键技术。随后,重点分析了该系统在边境地区非法电台监测、电磁环境监测、边境无线电安全保障以及跨境无线电干扰排查等方面的具体应用,并通过实际案例展示了其应用效果。最后,对无线电监测测向系统在边境地区电磁管控中的发展趋势进行了展望,旨在为提升边境地区电磁管控能力提供理论支持和实践参考。

关键词: 无线电监测测向系统; 边境地区; 电磁管控

1 引言

随着信息技术的飞速发展,无线电技术在边境地区的军事、通信、交通、能源等各个领域得到了广泛应用。边境地区的电磁环境日益复杂,非法电台、跨境无线电干扰等问题频繁出现,对边境地区的安全稳定和正常秩序构成了严重威胁。无线电监测测向系统作为一种重要的电磁管控手段,能够实时监测、分析和定位无线电信号,为边境地区的电磁管控提供有力的技术支持。因此,深入研究无线电监测测向系统在边境地区电磁管控中的应用具有重要的现实意义。

2 无线电监测测向系统概述

2.1 基本原理

无线电监测测向系统主要由监测天线、接收机、测向机和数据处理设备等组成。其基本原理是利用监测天线接收空间中的无线电信号,接收机对信号进行放大、滤波和解调等处理,测向机通过测量信号的相位差、幅度差等参数来确定信号的到达方向,数据处理设备对监测和测向数据进行存储、分析和显示,从而实现对无线电信号的全面监测和定位。以相位干涉仪测向为例,当无线电信号到达由多个天线组成的阵列时,不同天线接收到的信号之间会存在相位差^[1]。通过测量这些相位差,并结合天线的几何位置信息,就可以计算出信号的到达方向。假设一个由两个天线组成的干涉仪,天线间距为 d ,信号波长为 λ ,测得的相位差为 $\Delta\phi$,则信号的到达方向 θ 可以通过公式计算得出。

2.2 系统组成

监测天线: 用于接收不同频段、不同极化方式的无线电信号,其性能直接影响监测效果。常见的监测天线有全向天线、定向天线、螺旋天线等。全向天线能够在水平面内实现360°全方位接收信号,适用于对大面积区域

的信号监测;定向天线则具有较高的增益和方向性,能够增强特定方向上的信号接收能力,常用于对特定目标的监测和测向。例如,在监测某一频段的非法电台时,使用定向天线可以排除其他方向的干扰信号,提高监测的准确性和灵敏度。

接收机: 对监测天线接收到的信号进行放大、变频、滤波和解调等处理,将其转换为可供后续设备分析的中频信号或基带信号。接收机的性能指标包括灵敏度、动态范围、选择性等。灵敏度是指接收机能够检测到的最小信号功率,一般用dBm表示。例如,一款高性能的接收机灵敏度可达-120dBm,能够接收到极其微弱的信号。动态范围是指接收机能够正常工作的输入信号功率范围,较大的动态范围可以避免信号过载或失真。选择性是指接收机对相邻频道信号的抑制能力,良好的选择性可以有效减少邻道干扰。

测向机: 根据信号的到达方向信息进行测向,常见的测向方法有幅度比较式测向、相位比较式测向、干涉仪测向等。幅度比较式测向通过比较不同天线接收到的信号幅度来确定信号方向,其原理简单,但精度相对较低;相位比较式测向则利用信号到达不同天线的相位差进行测向,精度较高,但对天线的相位一致性要求较高;干涉仪测向结合了相位比较和天线阵列的优势,具有较高的测向精度和抗干扰能力。例如,采用多基线干涉仪测向技术,在理想情况下,测向精度可以达到 $\pm 1^\circ$ 以内。

数据处理设备: 包括计算机、服务器等,用于对监测和测向数据进行存储、处理、分析和显示。通过专业的软件,可以实现对无线电信号的频谱分析、信号识别、定位计算等功能。例如,利用快速傅里叶变换(FFT)算法对接收到的信号进行频谱分析,可以直观地显示信号的频率成分和幅度分布;通过机器学习算法对

信号特征进行学习和分类, 可以实现对非法电台信号的自动识别。

2.3 关键技术

宽带监测技术: 能够同时监测多个频段的无线电信号, 提高监测效率。宽带接收机采用先进的数字信号处理技术, 实现了高灵敏度、大动态范围的信号接收。例如, 某款宽带接收机可以覆盖10kHz-18GHz的频段范围, 灵敏度达到-110dBm, 动态范围超过100dB。通过数字下变频和高速模数转换(ADC)技术, 将接收到的宽带信号转换为数字信号进行处理, 大大提高了信号处理的灵活性和效率。

高精度测向技术: 采用多天线阵列和先进的测向算法, 提高了测向精度和抗干扰能力。例如, 干涉仪测向技术通过测量信号到达不同天线之间的相位差来确定信号方向, 具有较高的测向精度。在实际应用中, 为了提高测向精度, 通常会采用多基线干涉仪阵列, 通过合理设计天线间距和布局, 减少测向误差^[2]。同时, 结合自适应波束形成技术和抗干扰算法, 可以有效抑制多径干扰和其他干扰信号, 提高测向的可靠性。

信号识别与分析技术: 利用模式识别、机器学习等方法, 对监测到的无线电信号进行特征提取和分类识别, 判断信号的合法性和用途。例如, 通过对信号的调制方式、带宽、频率、码速率等特征进行分析, 结合已知的合法信号特征库, 可以快速识别出非法电台信号。机器学习算法如支持向量机(SVM)、神经网络等在信号识别中得到了广泛应用。通过对大量样本数据的学习和训练, 机器学习模型可以自动提取信号的特征并进行分类, 识别准确率可以达到90%以上。

网络化与智能化技术: 将多个监测测向站点通过网络连接起来, 实现数据的共享和协同工作。同时, 引入智能化算法, 实现对无线电信号的自动监测、分析和预警, 提高电磁管控的效率和水平。例如, 通过建立分布式监测网络, 将边境地区的多个监测站点连接起来, 实现数据的实时传输和共享。利用云计算和大数据技术, 对海量的监测数据进行存储和分析, 挖掘数据中的潜在信息。智能化算法可以根据预设的规则和模型, 自动判断信号的异常情况, 并及时发出预警信息, 为电磁管控决策提供支持。

3 无线电监测测向系统在边境地区电磁管控中的应用

3.1 非法电台监测

无线电监测测向系统可以对边境地区的无线电频谱进行实时监测, 及时发现异常信号。通过设置监测频段和阈值, 系统能够自动筛选出可能存在非法电台的信

号, 并发出警报。当发现异常信号后, 测向机可以快速确定信号的到达方向, 监测人员可以根据测向结果进行实地排查。通过多个监测站点的协同测向, 还可以实现对非法电台的精确定位, 提高查处效率。系统可以对非法电台的信号进行录音、录像和频谱记录, 为后续的执法提供有力证据。同时, 通过对信号特征的分析, 可以判断非法电台的类型和用途, 为打击非法电台活动提供技术支持。

3.2 电磁环境监测

定期对边境地区的无线电频谱进行监测, 了解频谱使用情况, 掌握各类无线电业务的分布和占用情况。通过频谱分析, 可以发现频谱资源的浪费和冲突问题, 为频谱规划和分配提供依据。评估不同无线电系统之间的电磁兼容性, 避免相互干扰^[3]。通过对边境地区各类无线电设备的发射参数和接收灵敏度进行监测和分析, 可以制定合理的电磁兼容性标准, 确保无线电系统的正常运行。监测边境地区无线电设备的电磁辐射水平, 保障公众的健康和安全。根据国家相关标准, 对超过辐射限值的设备进行整改, 减少电磁辐射对环境的影响。

3.3 边境无线电安全保障

在边境地区举办重大活动期间, 无线电监测测向系统可以加强对活动现场及周边区域的电磁监测, 及时发现和处理可能影响活动安全的无线电干扰。通过设置临时监测站点, 扩大监测范围, 确保活动期间的无线电通信畅通。边境地区的军事通信安全至关重要。无线电监测测向系统可以实时监测军事频段的无线电信号, 防止敌对势力的窃听和干扰。同时, 对军事无线电设备的发射参数进行监测, 确保其符合相关标准和规定。在边境地区发生自然灾害、突发事件等紧急情况时, 无线电通信是应急指挥和救援的重要手段。无线电监测测向系统可以快速定位应急通信设备的信号, 保障通信的畅通。同时, 对可能影响应急通信的干扰信号进行排查和处理, 提高应急响应能力。

3.4 跨境无线电干扰排查

当边境地区出现跨境无线电干扰时, 无线电监测测向系统可以快速定位干扰信号的来源方向。通过与周边国家和地区的无线电管理部门进行信息共享和协作, 共同确定干扰信号的发射位置。对干扰信号的频率、调制方式、带宽等参数进行分析, 结合边境地区的地理环境和无线电业务分布情况, 判断干扰产生的原因。例如, 可能是由于频率规划不合理、设备故障或非法使用等原因导致。根据干扰原因分析结果, 与周边国家和地区的无线电管理部门进行协调沟通, 共同制定解决方案。通

过调整频率、加强设备管理或开展联合执法等措施,消除跨境无线电干扰。

4 无线电监测测向系统在边境地区电磁管控中的应用效果评估

4.1 提高电磁管控效率

无线电监测测向系统实现了对无线电信号的实时监测和快速定位,大大缩短了非法电台和干扰信号的查处时间。通过自动化和智能化的数据处理,减少了人工干预,提高了工作效率。

4.2 增强电磁管控能力

该系统具备宽带监测、高精度测向和信号识别等功能,能够应对复杂的电磁环境和多样化的无线电业务。同时,网络化和智能化的应用使得多个监测站点可以协同工作,形成了覆盖边境地区的电磁管控网络,增强了整体管控能力。

4.3 保障边境地区安全稳定

通过及时发现和处理非法电台、跨境无线电干扰等问题,无线电监测测向系统有效维护了边境地区的无线电秩序,保障了国家安全、边境秩序和经济发展^[4]。同时,为重要活动和应急通信提供了可靠的无线电安全保障。

4.4 促进国际合作与交流

在跨境无线电干扰排查等工作中,无线电监测测向系统为与周边国家和地区的无线电管理部门进行信息共享和协作提供了技术支持。通过加强国际合作,共同解决无线电管理中的问题,促进了边境地区的和平与稳定。

5 无线电监测测向系统在边境地区电磁管控中的发展趋势

5.1 技术融合创新

未来,无线电监测测向系统将与人机智能、大数据、物联网等新兴技术深度融合。例如,利用人工智能算法实现对无线电信号的智能识别和分析,提高信号处理的准确性和效率;通过大数据技术对海量的监测数据进行挖掘和分析,为电磁管控决策提供更科学的依据;借助物联网技术实现监测设备的远程监控和管理,提高系统的可靠性和可维护性。

5.2 小型化与便携化

为了适应边境地区复杂的地形和多样化的监测需求,无线电监测测向设备将朝着小型化、便携化的方向

发展。小型化的设备便于携带和部署,能够在不同的场景下快速开展监测工作,提高监测的灵活性和及时性。

5.3 多系统协同与共享

加强无线电监测测向系统与其他相关系统(如通信系统、雷达系统等)的协同与共享,实现信息的互联互通和资源的优化配置。通过多系统协同工作,可以更全面地掌握边境地区的电磁环境信息,提高电磁管控的综合效能。

5.4 标准化与规范化

随着无线电监测测向技术在边境地区电磁管控中的广泛应用,制定统一的技术标准和规范显得尤为重要。标准化和规范化有助于提高系统的兼容性和互操作性,促进不同地区和部门之间的数据共享和协作,推动无线电监测测向技术的健康发展。

结语

无线电监测测向系统在边境地区电磁管控中发挥着至关重要的作用。通过对非法电台的监测、电磁环境的监测、边境无线电安全保障以及跨境无线电干扰排查等方面的应用,该系统有效提高了边境地区的电磁管控能力,保障了国家安全、边境秩序和经济发展。随着技术的不断发展和创新,无线电监测测向系统将在边境地区电磁管控中展现出更广阔的应用前景。未来,我们应进一步加强技术研发和应用推广,不断完善无线电监测测向体系,为边境地区的和平稳定和发展做出更大的贡献。同时,加强国际合作与交流,共同应对跨境无线电管理中的挑战,推动全球无线电管理事业的进步。

参考文献

- [1]马家凯.边境无线电监测信号识别技术研究[J].电子元件与信息技术,2022,6(03):151-153.
- [2]周凌霄,陈钰羽.边境(界)无线电电磁环境测试数据质量控制初探[J].数字通信世界,2021,(04):59-61+109.
- [3]张珣,梁骁.边境无线电监测数据多维分析方法研究[C]//中国通信学会.2020中国信息通信大会论文集(CICC2020).国家无线电监测中心哈尔滨监测站,2020:439-443.
- [4]高兴昌,郭瑞,赵丹.边境地区无线电管理的挑战与前景:以中蒙马鬃山为例[J].数字通信世界,2024,(05):158-160.