

无人机搭载无线电监测测向系统的应用前景分析

李伟康

石家庄诺通人力资源有限公司 河北 石家庄 050081

摘要: 随着无线电技术的飞速发展,无线电频谱资源的应用日益广泛且复杂,无线电监测测向工作面临着新的挑战。无人机搭载无线电监测测向系统作为一种新兴的技术手段,融合了无人机的灵活机动性和无线电监测测向技术的精准性,展现出巨大的应用潜力。本文深入探讨了无人机搭载无线电监测测向系统的技术原理、优势,分析了其在多个领域的应用现状,并对其未来的应用前景进行了全面展望,同时指出了当前面临的问题及相应的解决策略,旨在为该技术的进一步发展和应用提供参考。

关键词: 无人机;无线电监测测向系统;应用前景;技术优势

1 引言

随着无线通信技术的不断革新,无线电设备的数量急剧增加,频谱使用环境日益复杂,非法无线电信号干扰、违规用频等问题时有发生,严重影响了正常的无线电秩序和通信安全。因此,高效、精准的无线电监测测向工作显得尤为重要。传统的无线电监测测向系统通常采用固定监测站或车载监测设备,这些方式在一定程度上能够满足监测需求,但存在监测范围有限、灵活性差、难以快速到达复杂地形区域等不足。而无人机技术的兴起为无线电监测测向带来了新的解决方案。无人机搭载无线电监测测向系统,能够充分发挥无人机机动性强、可快速部署、覆盖范围广等优势,实现对特定区域的快速、高效监测,为无线电管理、军事侦察、应急通信保障等领域提供了有力的技术支持。

2 无人机搭载无线电监测测向系统的技术原理与优势

2.1 技术原理

无人机搭载无线电监测测向系统主要由无人机平台、无线电监测测向设备、数据传输与处理系统以及地面控制站等部分组成。

无人机平台: 作为整个系统的载体,无人机需要具备良好的飞行性能,包括稳定的飞行姿态、较长的续航时间、较大的载重能力以及一定的抗风能力等,以确保能够携带监测测向设备到达指定区域并稳定工作。

无线电监测测向设备: 这是系统的核心部分,负责对无线电信号进行监测和测向。监测功能主要是对特定频段内的无线电信号进行实时采集、分析和识别,获取信号的频率、幅度、调制方式等参数;测向功能则是通过采用特定的测向算法和技术,如幅法、干涉仪法、到达时间差法(TDOA)等,确定无线电信号的来波方向。

数据传输与处理系统: 监测测向设备采集到的数据

通过无线通信链路实时传输到地面控制站或数据处理中心。数据处理系统对接收到的数据进行进一步的分析、处理和存储,生成监测报告、信号轨迹图等,为后续的决策提供依据。

地面控制站: 操作人员通过地面控制站对无人机进行飞行控制,包括飞行轨迹规划、任务指令下达等,同时实时监控无人机的飞行状态和监测测向设备的工作情况。

2.2 优势

一是机动性强:无人机可以快速起飞并按照预设航线飞行,能够迅速到达指定区域进行监测任务,尤其适用于对突发事件、临时性无线电干扰源的快速响应。与传统的固定监测站和车载监测设备相比,无人机不受地面交通和地形限制,能够轻松穿越山区、水域、城市高楼密集区等复杂地形,大大提高了监测的灵活性和效率。二是覆盖范围广:通过合理规划无人机的飞行高度和航线,无人机搭载的监测测向系统可以实现对较大区域的全面覆盖监测。无人机可以在不同高度进行飞行,从而获取不同层面的无线电信号信息,有助于发现隐藏在不同位置的无线电干扰源或违规用频设备^[1]。三是成本效益高:建设固定监测站需要投入大量的资金用于土地购置、基础设施建设以及设备安装调试等,而且固定监测站的监测范围相对固定,难以满足对大面积区域的灵活监测需求。车载监测设备虽然具有一定的机动性,但受车辆行驶速度和路况的限制,监测效率有限。相比之下,无人机搭载无线电监测测向系统的建设和使用成本相对较低,且能够根据实际需求灵活调整监测任务和区域,具有较高的成本效益。四是安全性高:在一些危险区域,如核辐射区域、化学污染区域、军事冲突区域等,人员进入进行无线电监测测向工作存在较大的安全风险。无人机可以代替人员进入这些危险区域执行监测

任务，有效保障了人员的生命安全。

3 无人机搭载无线电监测测向系统的应用现状

3.1 无线电管理领域

在无线电管理领域，无人机搭载无线电监测测向系统已经成为一种重要的监管手段。无线电管理部门可以利用该系统对非法电台、违规用频行为进行快速定位和查处。例如，在一些大型活动、考试等重要场合，通过无人机对周边区域的无线电信号进行实时监测，及时发现并打击利用无线电设备进行作弊等违法行为。此外，对于一些偏远地区或地形复杂的区域，无人机可以弥补固定监测站的监测盲区，确保无线电频谱资源的合理使用和正常秩序。

3.2 军事侦察领域

在军事侦察方面，无人机搭载无线电监测测向系统发挥着重要作用。通过监测敌方的无线电通信信号，可以获取敌方的军事部署、行动计划等重要情报。无人机可以在敌方防空火力范围之外的高空进行飞行，隐蔽性强，不易被敌方发现^[2]。同时，利用先进的测向技术，能够准确确定敌方无线电信号源的位置，为军事打击提供精确的目标指引。

3.3 应急通信保障领域

在自然灾害、事故灾难等突发事件发生时，通信基础设施往往会受到严重破坏，导致通信中断。无人机搭载无线电监测测向系统可以快速到达受灾区域，对受灾区域的无线电通信环境进行监测和评估，了解通信信号的覆盖情况和干扰状况。同时，无人机还可以搭载通信中继设备，为受灾区域提供临时的通信保障，确保救援指挥信息的畅通。例如，在地震、洪水等灾害发生后，无人机可以迅速起飞，对灾区的通信基站、卫星通信设备等进行监测，及时发现并排除通信故障，为救援工作提供有力支持。

3.4 航空航天领域

在航空航天领域，无人机搭载无线电监测测向系统可以用于对航空无线电导航信号、卫星通信信号等进行监测和干扰排查。随着航空运输业的快速发展，航空无线电导航信号的稳定性和准确性对于飞行安全至关重要。无人机可以在机场周边区域进行飞行，对导航信号进行实时监测，及时发现并定位干扰源，确保航空无线电导航系统的正常运行。此外，在卫星发射和运行过程中，无人机也可以对卫星通信信号进行监测，保障卫星通信的畅通。

4 无人机搭载无线电监测测向系统的应用前景展望

4.1 智慧城市建设中的无线电监测

随着智慧城市建设的不断推进，城市中的无线电设备数量将呈爆发式增长，如智能交通系统、物联网设备、无线传感器网络等。这些设备的大量使用将对城市的无线电频谱资源管理带来巨大挑战。无人机搭载无线电监测测向系统可以成为智慧城市无线电管理的重要工具，实现对城市各个区域的无线电信号实时监测和频谱资源动态分配。通过构建城市无线电监测网络，无人机可以定期对城市进行巡检，及时发现并处理无线电干扰问题，保障智慧城市各项无线电应用的正常运行。

4.2 5G及未来通信技术下的应用拓展

5G技术的广泛应用将带来更高的数据传输速率、更低的延迟和更大的连接密度，但同时也对无线电频谱资源的管理提出了更高要求。5G网络采用了毫米波等高频段频谱，这些频段的信号传播特性复杂，容易受到障碍物阻挡和环境因素的影响。无人机搭载无线电监测测向系统可以在5G网络建设和优化过程中发挥重要作用，例如对5G基站的覆盖范围、信号质量进行监测和评估，及时发现基站覆盖盲区和干扰问题，为5G网络的优化调整提供数据支持^[3]。此外，随着6G等未来通信技术的研究和发展，无人机搭载无线电监测测向系统也将不断升级和完善，以适应更高频段、更复杂通信环境下的监测需求。

4.3 边境地区无线电安全监测

边境地区的无线电安全关系到国家的稳定和。无人机搭载无线电监测测向系统可以在边境地区进行常态化巡逻监测，及时发现并防范境外非法无线电信号的干扰和渗透。通过与边境地区的固定监测站和其他监测设备进行联动，构建全方位、多层次的边境无线电监测体系，有效保障边境地区的无线电通信安全和信息安全。

4.4 海洋无线电监测

海洋领域涉及众多的无线电应用，如海上通信、航海导航、海洋资源探测等。无人机搭载无线电监测测向系统可以在海洋环境中进行监测任务，对海上船舶的无线电通信信号、海洋监测设备的信号等进行监测和管理。例如，在海洋渔业管理中，可以监测渔船的无线电通信是否合规，防止非法捕捞行为；在海洋资源探测中，可以保障探测设备的无线电信号正常传输，提高探测效率。此外，无人机还可以在海洋应急救援中发挥作用，对遇险船舶的无线电求救信号进行快速定位和响应。

4.5 与人工智能、大数据技术的融合应用

未来，无人机搭载无线电监测测向系统将与人智能、大数据等技术深度融合。通过人工智能算法对监测数据进行实时分析和处理，能够自动识别异常信号、预测信号变化趋势，提高监测的智能化水平。大数据技术

可以对海量的监测数据进行存储、挖掘和分析,为无线电频谱规划、干扰源定位等提供更精准的决策依据。例如,利用机器学习算法对不同类型无线电信号的特征进行学习 and 分类,能够快速准确地识别出非法信号;通过大数据分析可以建立无线电信号传播模型,优化无人机的飞行航线规划,提高监测效率。

5 当前面临的问题及解决策略

5.1 面临的问题

(1) 续航能力有限:目前大多数无人机的续航时间相对较短,一般在几十分钟到数小时不等,这限制了无人机搭载无线电监测测向系统在长时间、大范围监测任务中的应用。(2) 载荷能力不足:无人机需要携带无线电监测测向设备、数据传输设备以及电源等,对载荷能力有一定要求。一些高性能的监测测向设备体积较大、重量较重,导致无人机难以搭载,影响了系统的整体性能^[4]。(3) 抗干扰能力有待提高:在复杂的电磁环境中,无人机搭载的无线电监测测向系统容易受到其他无线电信号的干扰,影响监测结果的准确性。此外,无人机自身的电子设备也可能产生电磁干扰,对监测测向设备造成影响。(4) 法律法规和标准不完善:无人机在飞行过程中涉及到空域管理、飞行安全等诸多法律法规问题。目前,关于无人机搭载无线电监测测向系统的飞行规范、监测标准等方面的法律法规和标准还不够完善,给该技术的推广应用带来了一定的阻碍。(5) 数据处理与分析能力不足:随着监测任务的增加和监测数据量的急剧增长,如何高效地处理和分析这些数据成为一个亟待解决的问题。目前的数据处理与分析技术在实时性、准确性和智能化程度方面还存在一定的不足,难以满足实际应用的需求。

5.2 解决策略

(1) 提升无人机续航能力:研发新型的电池技术,如高能量密度锂电池、固态电池等,提高无人机的电池续航能力。同时,优化无人机的设计,降低无人机的能耗,例如采用更高效的电机、优化气动外形等。此外,还可以探索采用混合动力或太阳能辅助供电等方式,延长无人机的飞行时间。(2) 增强无人机载荷能力:通过采用新型材料、优化无人机结构设计等方法,减轻无人机的自身重量,提高其载荷能力。同时,推动监测测向设备的小型化、轻量化发展,研发集成度更高、性能更

优的监测测向设备,以适应无人机的搭载需求。(3) 提高抗干扰能力:在监测测向设备的设计中,采用先进的抗干扰技术,如自适应滤波、频谱感知等技术,提高设备对复杂电磁环境的适应能力。同时,对无人机自身的电子设备进行电磁兼容性设计和优化,减少其对监测测向设备的干扰。此外,还可以通过合理规划无人机的飞行高度和航线,避开干扰源密集区域。(4) 完善法律法规和标准:政府相关部门应加快制定和完善关于无人机搭载无线电监测测向系统的法律法规和标准,明确无人机的飞行规范、监测标准、数据安全等方面的要求,为该技术的合法、安全应用提供保障。同时,加强对无人机飞行活动的监管,确保无人机在规定的空域内飞行,保障飞行安全。(5) 加强数据处理与分析能力建设:加大对数据处理与分析技术的研发投入,引入先进的人工智能、大数据分析算法和工具,提高数据处理的速度和准确性。建立专业的数据处理与分析平台,实现对监测数据的实时采集、存储、分析和可视化展示。同时,培养专业的数据处理与分析人才,提高数据处理与分析的专业水平。

结语

无人机搭载无线电监测测向系统融合无人机与监测测向技术优势,在无线电管理、军事侦察等领域应用价值巨大。随着技术发展,其在智慧城市、5G及未来通信、边境与海洋监测等领域前景广阔。不过,目前该技术存在续航、载荷、抗干扰能力不足,法律法规标准不完善及数据处理分析能力欠缺等问题。通过提升续航、载荷、抗干扰能力,完善法规标准,加强数据处理能力建设等策略,可推动其进一步发展,为无线电频谱管理提供技术支持,保障通信安全稳定,未来有望成为无线电监测重要方向,助力社会发展与国家建设。

参考文献

- [1] 赖新权,邱佩雯,郑娜.浅析无人机在无线电监测领域的智能化发展路径[J].中国无线电,2024,(06):60-61+65.
- [2] 周超,王耀,熊仁和,等.基于无人机的无线电监测定位效率提升研究[J].计算机仿真,2022,39(03):62-66.
- [3] 郭永宁,李燕龙.无人机无线电监测混合定位算法[J].桂林电子科技大学学报,2021,41(05):362-367.
- [4] 索珂.基于无人机的空域无线电监测系统的设计与实现[D].中国民航大学,2022.