

民航无线电干扰特点及应对方法分析

杜 臻

中国民用航空西北地区空中交通管理局 陕西 西安 710068

摘要: 在数字化与无线通信技术飞速发展的今天,无线电干扰已成为影响通信等领域的重要因素。无线电干扰指的是有害无线电波对正常通信信号的干扰。民航无线电干扰具有范围广、空中干扰难以掌握、地面干扰源定位困难、查处难度大等特点。为应对这一挑战,应采取合理划分与保护频段,优化升级无线电设备,加强干扰监测与定位技术,以及实施电磁环境管理与优化策略这些技术措施,以保障民航通信的顺畅与安全。

关键词: 民航无线电; 干扰特点; 应对方法

引言: 随着无线电技术在民航领域的广泛应用,无线电干扰成为影响飞行安全与通信质量的关键因素。本文旨在探讨民航无线电干扰的基本概念、特点及其应对措施。通过分析干扰产生的原因、传播特性及其对民航通信的影响,结合当前技术手段,提出频段划分、设备优化、干扰监测与定位、电磁环境管理等综合技术措施,以期为提高民航无线电通信的抗干扰能力和保障飞行安全提供理论支持和实践指导。

1 无线电干扰的基本概念

在当今数字化与无线通信高度发达的时代,无线电技术广泛应用于通信、广播、导航、雷达等众多领域。然而,无线电干扰的存在给这些应用带来了诸多挑战。无线电干扰,是指在无线电通信过程中,一些不需要的信号对正常通信信号产生的扰乱和影响。这些干扰信号会削弱、改变甚至完全掩盖正常信号,从而影响通信的质量和可靠性。无线电干扰产生的原因较为复杂。自然因素中,太阳黑子活动、雷电等都可能引发电磁脉冲,形成自然干扰源。例如,太阳黑子活动高峰期,大量的带电粒子喷发,会严重干扰地球的电离层,影响短波通信。人为因素则更为常见。不同无线电设备之间的频率冲突是重要原因之一。当多个设备在相近频段工作时,信号相互重叠,就会产生干扰。比如,在一些人口密集的城市区域,大量的移动基站、Wi-Fi 路由器、蓝牙设备等工作,若频率规划不合理,便容易出现信号干扰,导致网络卡顿、通话中断等问题。根据干扰的特性,可将其分为不同类型。窄带干扰,频率范围相对较窄,却能精准地干扰特定频率的通信信号;宽带干扰则覆盖较宽的频率范围,影响多个频段的信号传输。另外,还有连续干扰和脉冲干扰,连续干扰持续作用于通信系统,而脉冲干扰以突发的脉冲形式出现,虽然持续时间短,但瞬间能量大,可能对电子设备造成严重

损害。

2 民航无线电干扰的特点

2.1 干扰范围广

民航无线电干扰的源头大多位于地面,干扰信号宛如无形的触手,由地表向空中辐射。在开阔且没有阻挡的情况下,这些干扰信号具备强大的传播能力,能够轻易覆盖数十至数百平方公里的空域。随着航空器飞行高度的逐步增加,其接收干扰信号的范围也如同涟漪般不断扩大。例如,一架在万米高空巡航的客机,其可接收干扰信号的范围可能覆盖周边多个城市,干扰范围甚至可能跨越多个市级或省级行政区域。这意味着飞行器在长距离飞行过程中,极有可能长时间受到同一干扰信号的持续影响。这种广泛的干扰范围给精确定位干扰源带来了极大的困难。由于干扰范围涉及多个地区,往往需要协调多个地区的无线电管理机构进行跨区域协作查找定位。各地区无线电管理机构在设备、技术和人员配置上存在差异,沟通协调成本较高,且不同地区的电磁环境复杂程度不同,进一步增加了干扰源定位的难度。在实际操作中,可能需要多个地区的工作人员联合行动,耗费大量时间和精力,通过多种技术手段,如频谱监测、信号测向等,逐步缩小干扰源的范围,才能最终确定干扰源的位置^[1]。

2.2 空中干扰情况不易掌握

在航空通信领域,掌握空中干扰情况是保障飞行安全与通信质量的关键,但目前面临着诸多严峻挑战。航班密度的差异,使得干扰信息的获取与分析极为复杂。在干线航路上,航班高度密集,虽能获取较多干扰反馈,但飞机高速飞行以及机组人员繁重的任务负担,使得干扰信息的质量堪忧。例如,在短时间内机组人员需处理大量飞行数据,当干扰信号出现时,他们仅能凭借有限的经验快速判断,难以对于干扰信号的特征进行深

入分析,这就导致所获干扰信息缺乏准确性和完整性,难以用于精准分析干扰规律。而在支线航路上,航班稀疏,机组反馈的干扰信息呈现出碎片化、不连续的特点。由于样本量严重不足,这些零散信息难以构建出完整的干扰模型,技术人员基于此制定的应对策略往往缺乏针对性和有效性。此外,航班飞行高度对干扰信号接收有着显著影响。较低飞行高度的航班,其接收的干扰信号范围局限于局部区域,就像盲人摸象,只能感知到干扰区域的极小部分,无法获取整体干扰态势。不同高度的航班,受到干扰的程度和频率受大气层环境、电磁环境等多种因素影响而各不相同,这进一步增加了干扰信息的复杂性和不确定性,使得全面掌握空中干扰情况变得异常艰难^[2]。

2.3 定位地面干扰源困难

地面干扰源的定位工作犹如在黑暗中摸索,面临着重重阻碍。地形地物和地球曲率是造成定位困难的主要原因。在山区丘陵地带,地形错综复杂,山峦的阻挡和反射作用使得干扰信号的传播路径呈现出无序性和复杂性。干扰信号在山谷间多次反射,形成复杂的反射波,与原始信号相互交织,导致技术人员接收到的信号真假难辨,难以通过常规方法确定干扰源的真实方向。而且,信号在不同地形条件下的衰减和散射特性各异,进一步增加了信号分析的难度。城市环境同样是干扰源定位的“重灾区”。高楼大厦和金属建筑密集,这些建筑物对干扰信号产生强烈的屏蔽和散射效果。在城市中,干扰信号会在建筑物之间不断反射、折射,形成一个复杂的信号网络。例如在城市中心的商业区,众多摩天大楼使得干扰信号散射到各个角落,技术人员接收到的信号可能是经过多次反射和散射后的结果,这使得信号的原始特征被严重扭曲,难以从中提取出有效的定位信息。此外,城市中各种电子设备产生的电磁噪声也会对干扰信号形成干扰,进一步掩盖了干扰源的真实位置,使得定位工作陷入困境^[3]。

2.4 干扰查处难度大

民航无线电干扰的查处工作面临诸多挑战。一方面,由于干扰源可能位于人口密集区域或偏远地区,给现场查处带来不便。在人口密集区域,人员流动大、环境复杂,干扰源可能隐藏在众多电子设备之中,难以被发现。而在偏远地区,交通不便,基础设施薄弱,技术人员难以快速到达现场进行查处。另一方面,干扰信号可能来自多种源头,包括广电信号、非法设台、民航内部电磁辐射以及其他工科医类设备等,这增加了干扰查处的复杂性。不同类型的干扰源具有不同的特点和传播

规律,需要技术人员具备丰富的专业知识和经验,运用多种检测设备和手段进行分析和判断。此外,一些干扰源可能具有隐蔽性,如私设的黑电台或GPS大功率信号屏蔽器,这些设备通常隐藏在隐蔽的地方,不易被发现,且可能采用加密技术或间歇性工作方式,在未被发现前可能持续对民航无线电通信造成干扰。为了有效查处干扰源,需要加强无线电管理部门与其他相关部门的协作,建立健全综合执法机制,加大对非法干扰行为的打击力度^[4]。

3 应对民航无线电干扰的技术措施

3.1 频段划分与保护机制

(1) 民航通信与导航等业务对飞行安全及运行效率至关重要,划分专用频段必不可少。借助严格法规政策,精准界定频段使用范围与权限,防止非民航设备占用。例如指定特定甚高频(VHF)频段用于航空通信,稳定飞机与地面塔台的语音通信,避免因频段混淆引发通信中断或信息误传,保障空中交通指挥的有序性。

(2) 利用先进频谱监测设备,对民航专用频段开展24小时实时监测,构建起完备的频段保护机制。一旦察觉异常信号侵入,系统即刻报警并启动保护措施。通过信号分析比对技术,快速判断干扰源类型与大致方向,为后续排查处理提供依据。同时,加强与其他无线电管理部门协作,建立联合保护机制,维护民航专用频段纯净,确保业务运行不受干扰。(3) 随着无线电技术发展和新业务需求涌现,需持续评估和优化频段划分与保护机制。定期审查现有频段分配,及时调整不合理之处,确保频段利用高效。同时,不断更新监测技术和保护策略,以应对不断变化的干扰威胁,保障民航通信在复杂电磁环境中的稳定性。

3.2 无线电设备优化与升级

(1) 科研人员全力投入具有更强抗干扰能力的无线电设备研发。在复杂的电磁环境下,传统无线电设备难以满足民航通信高可靠性的要求。正交频分复用(OFDM)技术应运而生,它将高速数据流分割成多个低速子数据流,在不同子载波上同时传输。这种方式就像把一条宽阔的河流分成多条小溪并行流淌,有效抵抗多径衰落和干扰。比如在雷雨天气,复杂的大气环境会产生多径效应,OFDM技术能确保信号稳定传输。(2) 定期对无线电设备进行全面维护是保障设备稳定运行的关键。硬件检查包括对发射机、接收机等关键部件的物理检查,查看是否有松动、过热等问题。软件更新则紧跟技术发展,不断优化算法。参数校准确保设备工作在最佳状态,如调整频率精度、功率输出等参数。及时更换

老化损坏的零部件,防止因小故障引发大问题。(3)建立全生命周期管理体系能有效提升设备整体性能。在采购环节,依据严格的质量和性能指标筛选供应商,确保设备符合民航高可靠性要求。安装时,严格按照规范操作,保证设备安装位置合理、布线正确。使用中,通过内置的传感器和监测软件实时监测设备状态,一旦发现异常,如温度过高、信号强度异常等,立即发出预警。报废时,采用专业的回收处理方式,避免废旧设备中的有害物质污染环境,同时防止其对其他设备产生电磁干扰。

3.3 干扰监测与定位技术

(1)构建覆盖全国的无线电干扰实时监测网络是实现干扰快速响应的基础。在机场,部署的监测站点能够实时监测跑道周边的电磁环境,确保飞机起降时通信不受干扰。在城市,监测站点可以对城市上空的电磁信号进行监测,及时发现潜在干扰源。交通枢纽则是人员和设备密集区域,电磁环境复杂,监测站点能有效监测各类干扰信号。这些监测站点配备高精度频谱监测设备,通过5G等高速通信网络将数据传输至中央数据处理中心。一旦监测到干扰信号,系统会在1秒内发出预警,并通知相关部门。(2)先进智能定位算法是准确找到干扰源的核心。到达时间差(TDOA)定位算法利用双曲线定位原理,通过测量干扰信号到达不同监测站点的时间差来确定干扰源位置。假设三个监测站点分别接收到干扰信号,通过计算时间差,就能确定三条双曲线,它们的交点就是干扰源位置。信号强度定位算法则根据信号在不同监测站点的接收强度,结合信号传播模型计算距离和方向。(3)加强监测网络与定位算法的协同工作能提升整体效率。优化数据传输和处理流程,减少数据传输延迟和处理误差。通过与地理信息系统(GIS)结合,将干扰源位置直观地展示在电子地图上,同时呈现周边的地形地貌、建筑物分布等信息。

3.4 电磁环境管理与优化

(1)定期对机场周边及航线沿线电磁环境进行全面评估是管理优化的前提。专业电磁环境监测设备能精确测量电场强度、磁场强度、频谱分布等参数。经过进一

步分析,确定是附近一家工厂的新设备产生了电磁干扰。通过绘制电磁干扰地图,清晰展示干扰的分布范围和强度等级,为后续的干扰治理提供了准确的数据支持,明确了干扰治理的重点区域和目标。(2)在机场建设和设备布局时,电磁兼容性设计至关重要。合理规划设备安装位置,将通信设备和雷达设备分开一定距离,减少雷达信号对通信信号的干扰。布线采用屏蔽线缆,能减少电磁信号泄漏。合理的接地措施则能将泄漏的电磁信号引入大地,降低对其他设备的影响。对新引入的设备进行电磁兼容性测试,模拟实际工作环境中的电磁干扰情况。(3)建立健全电磁环境监管机制是维护良好电磁环境的保障。加强对机场周边及航线沿线的日常监管,利用移动监测车不定期巡逻,及时发现违规使用无线电设备的行为。加大对违规行为的查处力度,对违规单位或个人依法进行处罚。同时,通过举办讲座、发放宣传资料等方式,向周边单位和居民宣传电磁环境知识,提高他们的电磁环境保护意识。

结语

综上所述,民航无线电干扰问题日益凸显,对飞行安全和通信质量构成了严峻挑战。通过构建全面的防护体系和技术手段,可以有效减少无线电干扰带来的负面影响。面对不断变化的技术环境和日益复杂的电磁干扰形势,持续的技术创新和严格的管理制度仍是确保航空通信安全的关键所在。未来的研究应聚焦于提升现有技术的精确性和效率,同时加强国际合作以共同应对全球性的无线电干扰挑战。

参考文献

- [1]何涛.民航高频无线电通信干扰源空中定位方法[J].通信电源技术,2024,41(18):176-178.
- [2]焦洋.民航甚高频通信站无线电干扰分析及应对措施[J].中国高新科技,2024(18):26-28.
- [3]王盈君.无线电干扰排查技术在民航通信中的应用研究[J].建筑与施工,2024,3(8):78-79.
- [4]郭嘉莹.民航通信工程中无线电干扰研究[J].通信电源技术,2023,40(5):217-219.