

# 甚高频通信中的干扰问题分析与解决方案

李广宇

中国民用航空华北地区空中交通管理局内蒙古分局 内蒙古 呼和浩特 010010

**摘要：**本文深入分析甚高频通信中的干扰问题，明确互调、同频、邻频等六大干扰类型及成因，阐述其对信号质量、通信可靠性等方面的严重影响。针对干扰问题，从频率管理、设备改进、信号处理等技术层面，以及法规制定、部门协调等管理层面提出解决方案。同时展望新型抗干扰技术研发与智能干扰监测预警系统构建的未来研究方向，为提升甚高频通信系统性能提供理论支撑。

**关键词：**甚高频通信；干扰分析；解决方案

## 1 甚高频通信系统基础

### 1.1 甚高频通信系统概述

甚高频（VHF）通信系统采用30MHz-300MHz频段电磁波传输信息，以视距传播为主，信号沿直线传输，传播距离受天线高度限制。相较于其他频段，其在传输距离与信号穿透能力间取得平衡。系统由发射机、接收机、天线及控制设备构成。发射机调制、放大信息生成射频信号，接收机接收天线信号并解调还原原始信息，天线性能关乎通信效果，控制设备负责参数设置与状态管理。在现代通信中，甚高频通信系统不可或缺，其发展与通信技术进步同步。早期仅用于语音通信，如今借助电子与信号处理技术发展，已能传输数据、图像等多元信息，成为综合通信系统。

### 1.2 甚高频通信的应用领域

#### 1.2.1 航空通信

在航空领域，甚高频通信系统是飞机与地面控制中心、飞机之间进行通信的关键手段。飞机在起飞、降落以及飞行过程中，飞行员通过甚高频通信设备与地面塔台、区域管制中心进行实时语音通信，获取飞行指令、气象信息、航线调整等重要内容。飞机之间也可利用甚高频通信进行必要的协调和信息交流，尤其是在编队飞行等特殊情况下。同时现代航空甚高频通信系统还在不断发展，逐渐引入数据通信功能，用于传输飞行参数、故障信息等，提高航空通信的效率和准确性，保障航空飞行的安全与顺畅。

#### 1.2.2 海事通信

海事甚高频通信系统是船舶航行安全和海上作业的重要保障。船舶在海上航行时，通过甚高频设备与港口管理部门、其他船舶进行通信。在船舶进出港口时，船员与港口调度人员沟通靠泊计划、航道情况等信息；在海上航行过程中，船舶之间利用甚高频进行避让协调，

避免碰撞事故发生<sup>[1]</sup>。甚高频通信也是海上遇险救援的重要通信手段，当船舶遭遇危险时，可通过甚高频发出求救信号，附近船舶和海上救援机构能够及时接收到信息并展开救援行动。海事甚高频通信还可用于海上渔业作业，渔民之间交流捕鱼信息、协调作业区域等，提高渔业生产效率。

## 2 甚高频通信中的干扰问题分析

### 2.1 干扰类型及成因

#### 2.1.1 互调干扰

互调干扰是指当两个或多个不同频率的信号同时作用于非线性电子器件（如放大器、混频器等）时，由于器件的非线性特性，产生新的频率分量，这些新频率分量若落入有用信号频段内，就会对通信系统造成干扰。其成因主要在于通信设备中电子器件的非线性，当多个强信号同时输入时，非线性器件的特性会导致信号之间相互调制，产生互调产物。

#### 2.1.2 同频干扰

同频干扰是指相同频率的信号之间相互干扰的现象。在甚高频通信中，当多个通信设备使用相同的频率进行工作时，若这些设备的覆盖区域存在重叠，就会出现同频干扰。其成因主要是频率资源的有限性和复用需求。随着通信业务的不断增长，为了充分利用有限的频率资源，常常需要在不同区域复用相同的频率，但如果复用规划不合理，就容易导致同频干扰。

#### 2.1.3 邻频干扰

邻频干扰是指相邻频率的信号对有用信号产生的干扰。由于甚高频通信频段内频率资源紧密排列，当通信设备的滤波特性不理想时，相邻频率的信号就可能泄露到有用信号频段内，对有用信号造成干扰。其成因主要包括设备滤波器的性能不足以及频率规划不当。此外，如果在频率分配时，相邻频率的信号功率相差过大，也

容易引发邻频干扰问题。

#### 2.1.4 带外干扰

带外干扰是指通信设备发射信号的频谱超出其规定的工作频段,对其他频段的通信系统造成干扰。其成因主要有设备的发射杂散、谐波辐射等。通信设备在发射信号时,由于电路设计、器件性能等原因,除了产生所需的工作频率信号外,还会产生一些杂散信号和谐波信号,这些信号的频率可能落在其他通信系统的工作频段内,从而形成干扰。

#### 2.1.5 镜像干扰

镜像干扰常见于超外差接收机中,是指当接收机接收有用信号时,存在一个与有用信号频率关于本振频率对称的干扰信号,该干扰信号经过接收机的混频等处理后,也能产生与有用信号相同的中频信号,从而对有用信号造成干扰。其成因主要是接收机的混频原理和本振信号的稳定性<sup>[2]</sup>。在超外差接收机中,本振信号与输入信号进行混频,得到固定的中频信号进行处理。如果本振信号的频率稳定性不好,或者接收机的前端滤波性能不佳,就容易引入镜像干扰。例如,当接收机接收一个频率为 $f_1$ 的有用信号,本振频率为 $f_0$ 时,频率为 $f_2 = 2f_0 - f_1$ 的干扰信号就可能成为镜像干扰信号,影响接收机的正常工作。

#### 2.1.6 非无线电设备干扰

非无线电设备干扰是指一些非通信类电子设备产生的电磁辐射对甚高频通信系统造成的干扰。这些设备包括工业设备、家用电器、电力系统设备等。其成因主要是这些设备在工作过程中,由于电路的开关动作、电磁感应等原因,会产生电磁辐射。另外,一些劣质的家用电器,如微波炉、电磁炉等,也可能产生电磁辐射干扰周边的甚高频通信设备。

### 2.2 干扰对通信系统的影响

在信号质量方面,各种干扰会导致有用信号的信噪比降低,使接收信号出现失真、误码等问题。在通信可靠性方面,干扰的存在会大大降低通信系统的可靠性。尤其是在一些对通信可靠性要求极高的领域,如航空、海事通信中,干扰可能导致重要通信指令无法准确传达,引发飞行事故、船舶碰撞等严重后果。干扰还会影响通信系统的覆盖范围和容量,使得通信设备的有效工作距离缩短,同时能够容纳的用户数量减少,降低了通信系统的整体性能和服务质量。

## 3 甚高频通信干扰的解决方案

### 3.1 技术解决方案

#### 3.1.1 频率管理

科学合理的频率管理是降低甚高频通信干扰的关键,首先,需精确规划频率,依据不同应用场景和地理区域,合理分配与复用频率资源。例如,在陆地移动通信中,采用蜂窝式频率复用方式,通过优化基站覆盖范围和频率分配,减少同频与邻频干扰。其次,构建完善的频率监测与管理系统,实时监测频段内信号使用情况,及时发现并处理干扰。该系统可监测通信设备的发射频率、功率等参数,确保设备合规运行,防止带外干扰。此外,引入动态频率分配技术,根据实际通信需求和干扰状况,灵活调整频率资源,提升频率利用率,降低干扰影响。

#### 3.1.2 设备改进

在发射机方面,优化电路设计,提高功率放大器的线性度,减少杂散信号和谐波辐射,从而降低带外干扰。在接收机方面,改进前端设计,采用高性能滤波器,如晶体滤波器、声表面波滤波器等,增强对有用信号的选择和对干扰信号的抑制能力。同时,优化接收机的本振电路,提高本振信号的稳定性,减少镜像干扰。可在设备中增加抗干扰模块,如自适应干扰抑制模块,根据接收信号特点自动识别和抑制干扰信号。

#### 3.1.3 信号处理技术

先进的信号处理技术能有效对抗甚高频通信中的干扰。例如,采用自适应滤波技术,根据接收信号中的干扰特征,自动调整滤波器参数,抑制干扰信号并保留有用信号。该技术能实时跟踪干扰信号变化,具有较好的抗干扰效果。另外,扩频通信技术也是一种有效的抗干扰手段。通过扩展原始信号的频谱,使信号能量分散在较宽的频带内,降低信号的功率谱密度。在接收端,通过相关解扩技术恢复有用信号,而干扰信号因与扩频码不相关,在解扩过程中被抑制。此外,数字波束形成技术也能有效抑制干扰,通过对多个天线接收信号进行加权处理,形成指向有用信号方向的波束,同时抑制其他方向的干扰信号<sup>[3]</sup>。

#### 3.1.4 数字通信技术

采用数字调制技术,如正交相移键控(QPSK)、正交频分复用(OFDM)等,可将信息编码成数字信号进行传输。数字信号具有明确的电平状态,在接收端可通过精确的判决和纠错编码技术恢复受干扰的信号,降低误码率。此外,数字通信系统还可利用信道编码、交织等技术进一步提高抗干扰性能。信道编码通过在原始数据中加入冗余信息,使接收端能检测和纠正传输错误;交织技术则将连续错误信号分散开来,提高纠错编码的有效性。

### 3.2 管理与协调措施

除技术解决方案外,加强管理与协调也是解决甚高频通信干扰问题的重要途径。首先,建立健全的通信管理法规和标准,明确通信设备的技术指标、使用规范和干扰处理要求,对违规行为进行严格处罚,确保通信设备合法、规范使用。其次,加强不同部门、单位之间的协调与合作。在复杂通信环境中,多个部门和单位可能使用甚高频通信,如航空、海事、陆地移动通信等。通过建立有效协调机制,各部门可共享频率使用信息、干扰监测数据等,共同协商解决干扰问题。另外,还应加强对公众的电磁环境保护宣传教育,提高公众对电磁干扰危害的认识,引导正确使用电子设备,减少非无线电设备干扰。同时,建立专业的干扰处理团队,及时排查和处理干扰问题,保障甚高频通信系统的正常运行。

## 4 甚高频通信干扰的未来研究方向

### 4.1 新型抗干扰技术的研究与开发

#### 4.1.1 硬件设备的创新

(1) 高性能信号处理芯片:研发针对甚高频通信应用的高性能信号处理芯片,这些芯片将集成先进的数字信号处理算法,具备高速、低功耗的特点,能够实时处理复杂的干扰信号,提高通信系统的抗干扰能力。(2) 智能天线系统:利用智能天线技术,通过多天线阵列和波束形成算法,实现对有用信号的增强和对干扰信号的抑制。智能天线系统能够根据通信环境的变化,自动调整波束方向,提高通信系统的抗干扰性和灵活性。

#### 4.1.2 算法与软件的创新

将人工智能和机器学习算法应用于甚高频通信系统中,通过训练模型学习干扰信号的特征和变化规律,实现自适应的抗干扰策略调整。这可以显著提高系统的抗干扰效果,降低人工干预的需求;探索基于量子通信原理的抗干扰技术,利用量子态的不可克隆性和纠缠特性,实现绝对安全的通信和高效的抗干扰能力。同时,研究基于认知无线电的抗干扰技术,使通信设备能够感知周围的电磁环境,自动选择合适的频率和通信参数进行工作,避免干扰的产生。

### 4.2 智能干扰监测与预警系统的构建

构建智能干扰监测与预警系统是未来解决甚高频通信干扰问题的重要手段。这一系统将整合先进的传感技术、大数据分析、人工智能等,实现对通信频段的全方位、实时监测和预警。

#### 4.2.1 传感技术的应用

在通信区域内部署大量的分布式传感器节点,这些

节点将实时监测通信频段内的信号情况,并将数据传输至中央处理单元进行分析和处理。传感器网络应具备低功耗、高灵敏度、易于部署和维护的特点。采用高精度频谱监测设备,能够实时捕获和分析通信频段内的信号特征,包括信号的频率、功率、调制方式等。这些设备将为智能干扰监测与预警系统提供准确的数据基础<sup>[4]</sup>。

#### 4.2.2 大数据与人工智能的应用

(1) 大数据分析与挖掘:利用大数据技术对监测到的干扰数据进行分析 and 挖掘,识别干扰源的位置、类型、强度等关键信息。通过分析历史干扰数据,预测干扰的发展趋势,为频率规划和通信系统设计提供参考依据。(2) 智能预警与决策支持:基于人工智能算法,构建智能预警模型。当监测到潜在的干扰风险时,系统能够自动发出预警信息,并提供相应的干扰处理建议。智能预警与决策支持系统将根据通信环境、设备状态、业务需求等因素,自动调整抗干扰策略,确保通信系统的正常运行。

通过高性能信号处理芯片、智能天线系统、人工智能与机器学习算法、量子通信与认知无线电技术等硬件和软件的创新,以及分布式传感器网络、高精度频谱监测设备、大数据分析与挖掘、智能预警与决策支持等技术的应用,可以期待未来甚高频通信系统具备更强的抗干扰能力和智能化管理水平。这将为航空、海事、陆地移动通信等领域提供更加稳定、可靠的通信保障。

### 结束语

本文系统探讨了甚高频通信干扰问题,剖析干扰类型、成因与影响,提出多元解决方案,并展望未来研究方向。研究成果对保障航空、海事等领域甚高频通信的稳定、高效运行具有重要意义。随着通信技术发展,未来需持续深化新型抗干扰技术研究,完善智能干扰监测预警体系,以应对复杂电磁环境挑战,推动甚高频通信技术不断进步。

### 参考文献

- [1]廖铮.民航甚高频通信中互调干扰的对策[J].电子技术与软件工程,2021,(20):1-2.
- [2]王瑞军,薛光.民航甚高频设备飞行校验研究[J].中国科技信息,2021,(20):34-37.
- [3]石国勇.民用航空甚高频通信系统互调干扰分析与建模研究[J].电子元器件与信息技术,2022,6(06):133-136.
- [4]石国勇.民用航空甚高频通信系统互调干扰分析与建模研究[J].电子元器件与信息技术,2022,6(6):4-4.