

短波天线与5G、卫星通信等密集频谱的共存问题

任利媛

陕西烽火通信集团有限公司 陕西 宝鸡 721006

摘要：本文围绕短波天线与5G、卫星通信密集频谱共存问题展开。详细阐述三者频谱特性，短波靠电离层反射，5G频段多样且信号复杂，卫星通信常用波段特性各异。深入分析它们彼此间的干扰原理、类型及影响。针对共存难题，提出短波天线技术优化、5G技术改进、卫星通信技术升级等解决手段，旨在为保障不同通信系统和谐共存、提升频谱资源利用效率提供参考依据。

关键词：短波天线；5G；卫星通信；密集频谱；共存问题

引言

随着通信技术的飞速发展，5G、卫星通信等新兴通信方式不断涌现，与传统的短波通信共同构成了复杂多样的通信网络。然而频谱资源有限，导致短波天线与5G、卫星通信之间的干扰问题日益凸显。这种干扰不仅影响通信质量，还可能对军事、应急救援、金融等关键领域的通信安全造成威胁。因此深入研究短波天线与5G、卫星通信等密集频谱的共存问题，探索有效的干扰抑制技术，对于保障通信系统的稳定运行、提高频谱资源利用率具有重要意义。

1 短波天线、5G与卫星通信的频谱特性

1.1 短波天线的频谱特性

短波通信工作于3-30MHz频段，依赖电离层反射实现远距离传输。电离层因太阳辐射等因素，电子密度和高度会随时间、季节、地理位置及太阳活动变化，导致短波通信传播特性具有时变性^[1]。白天，电离层D层对短波信号吸收强，低频信号难传播，高频信号更易远距离传输；夜晚D层消失，低频信号也能远距离传播。短波通信存在多径传播现象，信号经不同路径抵达接收端，可能引发衰落、失真，影响通信质量。短波频段除传统业务外，还有航空、业余无线电通信等业务。随着通信技术的发展与应用需求增长，频谱资源日益紧张，非法电台或不规范通信行为可能占用正常频谱，引发干扰。短波通信开放性使其频谱易受工业、家电等电磁干扰，影响通信质量与可靠性。

1.2 5G的频谱特性

5G通信涉及低频段（600MHz-1GHz）、中频段（1-6GHz）和高频段（毫米波频段，24.25GHz及以上）。低频段信号传播损耗小、覆盖广，适合广域覆盖场景，如农村、偏远地区；中频段在覆盖与速率间平衡良好，是当前5G网络部署主力，能满足城市用户高速数据需求；

高频段带宽和速率高，适用于智能工厂、高速移动等对速率要求高的场景，但传播损耗大、穿透弱，需高密度部署基站。5G信号运用OFDM和MassiveMIMO等技术，虽提高频谱效率和系统容量，但也增加了信号复杂性和干扰可能性，可能对其他通信系统产生同频、邻频或杂散干扰。

1.3 卫星通信的频谱特性

卫星通信常用C、Ku、Ka波段，各有特点。C波段信号稳定、受雨衰小，但频谱资源紧张；Ku波段频率和带宽高，能实现高速传输，但对雨衰敏感；Ka波段带宽更宽，适合高速数据传输，但受雨衰影响更严重。卫星通信有GEO、MEO、LEO三种模式，各有优劣。卫星通信与地面通信系统频谱使用存在重叠与相互影响，需合理规划管理频谱，实现和谐共存。

2 短波天线与5G、卫星通信的干扰问题分析

2.1 短波天线与5G的干扰

（1）干扰产生的原理，当5G基站发射信号频率与短波天线接收或发射信号频率相近或重叠时，干扰便会产生。5G信号功率较大，其谐波成分若落入短波频段，或者5G基站带外辐射较强，都会对短波通信造成影响，短波通信设备前端电路设计相对简单，对干扰信号抑制能力弱，更易受5G信号干扰^[2]。在5G基站信号调制和解调过程中，会出现非线性失真，进而产生谐波。若这些谐波落在短波频段，就会与短波信号相互叠加，使短波信号波形畸变。这会严重影响短波通信质量，导致通信误码率增加，原本准确传输的数据出现错误；信号衰落加剧，信号强度不稳定；甚至可能引发通信中断，使短波通信无法正常进行。（2）干扰类型及影响，干扰类型主要有同频干扰、邻频干扰和杂散干扰。同频干扰时，5G信号与短波信号频率完全相同，5G信号会直接淹没短波信号，让短波通信难以开展。邻频干扰中，5G信号频率

与短波信号相邻,其边带频谱会对短波信号产生干扰,降低短波信号的信噪比,影响通信质量。杂散干扰是因5G基站设备不完善,产生的杂散辐射信号进入短波频段,干扰短波通信。这些干扰对短波通信影响严重,可能使特定区域内短波通信无法正常使用,影响依赖短波通信的行业和用户,像军事通信、应急救援通信、远洋渔业通信等。军事通信中,5G干扰可能致军事指挥通信不畅,影响作战行动;应急救援通信里,5G干扰可能延误救援时机,造成严重后果。

2.2 短波天线与卫星通信的干扰

卫星通信系统的地面站接收卫星信号时,信号历经长距离传输抵达地面站,此时信号强度微弱。若此时短波天线发射的信号较强,且其频率与卫星通信信号频率相近,或处于卫星地面站的接收频段范围内,就可能对卫星通信产生干扰。卫星通信系统的上行链路信号同样可能受到短波通信的干扰。短波通信发射功率较大,其发射信号的谐波或杂散信号一旦落入卫星通信的上行频段,就会对卫星的正常接收造成影响。这会导致卫星通信系统的误码率升高,通信质量下降。在一些偏远地区,卫星通信是主要的通信方式,而当地可能存在短波电台。若这些短波电台的频率设置不合理,就容易对卫星通信造成干扰。当地居民在接收卫星电视时,可能会出现画面卡顿、中断等现象,严重影响通信服务质量。对于短波通信,干扰会使其通信覆盖范围缩小,信号质量变差,难以满足正常的通信需求。对卫星通信来说,干扰会使卫星接收信号的误码率大幅增加,严重影响数据传输的准确性和可靠性。严重的干扰甚至会导致卫星通信链路中断,影响广播电视节目传输、卫星电话通信等业务。在广播电视传输方面,观众可能无法正常收看卫星电视节目,出现画面卡顿、马赛克甚至黑屏现象。在卫星电话通信中,可能出现通话中断、声音质量差等问题,给用户带来极大不便。干扰还可能影响卫星通信系统的寿命和稳定性,增加系统的维护成本,对卫星通信的长期稳定运行构成威胁。

2.3 5G与卫星通信的干扰

5G通信的C波段(3.4-3.6GHz)与卫星通信的C波段(3.7-4.2GHz)存在部分频段重叠,这是两者产生干扰的关键因素。当5G基站与卫星地球站距离较近时,5G基站发射的信号容易进入卫星地球站的接收系统,干扰卫星信号。卫星信号经过长距离传输到达地球站时,信号强度较弱,而5G基站发射功率相对较大,即便较小的干扰信号也可能对卫星通信产生显著影响。此外,5G信号带宽较宽,其带外辐射同样可能干扰卫星通信。例如在城

市中,随着5G基站密集部署,若卫星地球站周边存在多个5G基站且未采取有效干扰防护措施,卫星地球站接收的卫星信号会受到严重干扰,导致通信质量大幅下降,甚至无法正常工作。这种干扰会使卫星通信误码率急剧上升,数据传输速率下降,通信中断概率增加。依赖卫星通信的行业,如金融行业和海事通信,会受到严重影响。金融行业依赖卫星通信实时传输交易数据、行情信息等,干扰可能导致数据传输错误或中断,影响金融市场正常运行,引发交易风险。海事通信中,船舶靠卫星通信与陆地联系获取导航、气象等信息,干扰会使船舶通信不畅,无法及时获取重要信息,增加航行风险。干扰也会影响5G网络性能,卫星通信系统可能对5G基站产生反向干扰,降低5G基站接收灵敏度,影响5G信号覆盖范围和通信质量,降低用户体验。

3 解决共存问题的技术手段

3.1 短波天线技术优化

(1) 天线设计改进,采用先进的天线设计技术,提高短波天线的方向性和抗干扰能力。研发新型的自适应天线阵列,通过智能算法实时调整天线阵列的权重和相位,使天线能够自动跟踪有用信号,同时对干扰信号进行抑制。这种天线可以根据周围电磁环境的变化,动态地改变天线的辐射方向图,将主波束对准短波通信的目标方向,而将旁瓣指向干扰源方向,从而有效减少干扰信号的接收^[3]。优化天线的结构和尺寸,提高天线的增益和效率,也有助于增强短波天线在复杂电磁环境下的性能。采用高增益的对数周期天线,能够在较宽的频率范围内保持较高的增益,提高短波信号的接收强度,相对降低干扰信号的影响。(2) 波与抗干扰电路优化,在短波天线的前端电路中,增加高性能的滤波器,对进入天线系统的信号进行滤波处理,有效抑制干扰信号的进入。采用带通滤波器,精确设置其通带频率范围,使其仅允许短波通信频段内的信号通过,而将其他频段的干扰信号滤除。优化抗干扰电路的设计,提高电路对干扰信号的抑制能力。采用低噪声放大器(LNA),在放大有用信号的尽量减少噪声和干扰的引入。还可以采用自适应干扰抵消技术,通过分析干扰信号的特征,生成与之相反的信号,在接收端将干扰信号抵消,从而提高短波通信的质量。

3.2 5G技术改进

提高5G基站设备的性能,降低带外辐射和杂散发射。通过改进基站的射频电路设计,采用更先进的功率放大器、滤波器等组件,提高基站对信号的处理能力和对干扰的抑制能力。采用线性度更高的功率放大器,减

少信号失真和谐波产生,降低对其他通信系统的干扰。优化基站的天线设计,提高天线的方向性和隔离度,减少对短波天线和卫星通信地球站的干扰。采用波束赋形技术,使5G基站的信号波束更精准地指向用户方向,减少对其他方向的辐射,从而降低对周边通信系统的干扰。在5G系统中应用先进的干扰抑制算法,对可能产生的干扰进行预测和抑制。采用干扰协调算法,通过基站之间的信息交互,合理分配频谱资源,避免相邻基站在相同或相近频段上同时发射信号,减少同频干扰和邻频干扰的发生。此外,还可以采用多用户检测算法,在接收端对多个用户的信号进行联合检测,分离出有用信号和干扰信号,提高系统对干扰的抵抗能力。在多小区环境下,利用协作通信技术,使多个基站协同工作,共同处理用户信号,有效降低小区间干扰,提高5G系统的整体性能和频谱利用率,同时减少对其他通信系统的干扰。

3.3 卫星通信技术升级

在卫星通信系统中采用先进的抗干扰技术,如扩频技术、跳频技术等。扩频技术通过将原始信号的频谱扩展到一个较宽的频带上进行传输,降低信号的功率谱密度,使其不易受到干扰。在接收端,通过与发射端相同的扩频码对信号进行解扩,恢复出原始信号,同时将干扰信号的能量分散,提高信号的抗干扰能力。跳频技术则是使卫星通信的载波频率在一定范围内按照预定的跳频图案不断跳变,使干扰源难以跟踪和干扰信号。此外,还可以采用自适应编码调制技术,根据信道条件和干扰情况动态调整编码方式和调制参数,提高通信系统的可靠性和抗干扰能力。当信道条件较好且干扰较小时,采用高阶调制方式提高数据传输速率;当信道条件恶化或受到较强干扰时,采用低阶调制方式和更强的纠

错编码,保证信号的正确接收。加强卫星通信系统的频谱管理与协调技术研究,合理规划卫星通信的频谱资源。通过精确的频率规划和分配,避免卫星通信频段与其他通信系统频段的重叠和冲突。采用频谱感知技术,实时监测卫星通信频段的使用情况,及时发现并避让干扰信号^[4]。在通信系统日益繁杂的当下,建立卫星通信与其他通信系统间的频谱协调机制至关重要。当监测到可能存在干扰情况时,各方应迅速启动协商程序,依据干扰程度、业务需求等因素,共同商讨并调整频谱使用方式。通过这种动态协调,能实现频谱资源的合理共享,提高利用效率,保障各通信系统稳定、高效运行。

结语

综上,短波天线与5G、卫星通信等密集频谱共存难题,是通信领域极具挑战性的议题。本文剖析三者频谱特性,明晰了彼此干扰机制与影响。针对此,从短波天线、5G、卫星通信等多维度提出针对性技术手段,为缓解干扰、高效利用频谱资源提供了可行路径。展望未来,通信技术不断革新,通信环境愈发复杂,需强化跨领域协作,持续优化和创新干扰抑制技术,让各类通信系统在频谱空间和谐共处、稳定运行。

参考文献

- [1] 冼雪云.论卫星通信在节目传输过程中如何解决5G干扰的问题[J].中国宽带,2025,21(4):62-64.
- [2] 沈永言.5G广播和移动边缘计算时代卫星通信的挑战与机遇[J].卫星应用,2020,28(2):38-42.
- [3] 周籽怡,杨志鹏,杜成珠.应用于5G的三频MIMO天线设计[J].压电与声光,2025,47(1):52-58.
- [4] 张宏宇,杨永忠.智能天线在未来5G移动通信中的应用[J].电子技术与软件工程,2018(19):31-31.