

GPS信号干扰监测技术分析和思考

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：文章深入分析了GPS信号干扰监测技术的现状与发展趋势，重点探讨了多技术融合发展、智能化升级以及高精度干扰源定位技术探索等关键方向。通过对比传统监测技术与新兴技术的优劣，揭示技术融合与智能化对于提升监测能力的重要性。同时还关注高精度干扰源定位技术的最新进展，为应对复杂干扰环境提供有力支持。本文旨在为推动GPS信号干扰监测技术的进一步发展提供有益参考。

关键词：GPS信号；干扰监测；监测技术；抗干扰策略

1 GPS信号干扰源分析

1.1 干扰源类型

GPS信号的干扰源多种多样，便携式设备与电子装置；包括某些便携式电子设备、GPS干扰器以及在机库中或航站楼附近的GPS中继器等设置。这些设备可能对附近区域造成一定的干扰，导致GPS信号丢失。例如，车辆内部的导航设备、手机、电子防盗设备等，都可能对GPS信号产生干扰。工业设备；如地磅防遥控干扰器，这类设备在生产、销售和使用过程中，可能会任意扩大频率范围、加大设备发射功率，从而对GPS信号造成干扰。这类干扰源在距离航线较近的区域工作时，极易造成对航空GPS信号的干扰。无线电发射设备；机场内部的无线AP组网设备、LED设备、公众通信运营商基站设备等，都可能产生对GPS信号的干扰。这些设备在运行时可能会产生杂散辐射或互调干扰，覆盖GPS信号频段，影响信号的接收。自然与人为因素；天气因素（如太阳黑子、恶劣天气等）会降低信号强度，影响定位。一些“冲突”地区可能会出现更大范围的故意干扰GPS事件。高楼大厦、密集楼房、隧道、地下停车场等环境也会对信号产生遮挡和干扰。

1.2 干扰信号特性

GPS干扰信号具有一些特定的特性，这些特性有助于识别和定位干扰源：（1）频率特性。GPS信号的工作频率为1575.42MHz，干扰信号通常也会在这个频段附近。例如，某些干扰器的中心频率可能与GPS信号频率相近，从而对信号造成干扰。（2）功率特性。干扰发射机的功率较大，可能达到50W到100W之间。这种大功率的干扰信号能够对较远距离的GPS接收机造成干扰^[1]。（3）方向特性。干扰发射机的天线通常是大角度的定向天线，天线长度较长，增益较高。这种天线配置使得干扰信号能够在较宽的范围内传播，对多个方向的GPS接收机造成

干扰。

1.3 干扰场景分析

GPS信号干扰可能发生在多种场景中，在航空领域，GPS信号的干扰可能对飞行安全造成严重威胁。例如，当飞机在航线附近飞行时，如果受到地面干扰源的干扰，可能导致GPS无位置信号或ADIRU无法校准，进而影响飞行管理计算机、近地警告系统等关键系统的正常运行。在城市交通中，GPS信号干扰可能导致车辆导航系统异常，影响驾驶员的行驶路线选择。特别是在高楼密集、隧道等环境中，GPS信号容易受到遮挡和干扰，导致导航不准确。在物流运输领域，GPS信号干扰可能导致货物跟踪和定位不准确，影响物流运输的效率和安全性。

2 GPS信号干扰监测技术的现存问题剖析

2.1 复杂干扰环境适应性不足

GPS信号干扰监测技术在面对复杂多变的干扰环境时，存在适应性不足的问题。在实际应用中，GPS信号可能会受到来自多种干扰源的复合干扰，这些干扰源可能包括便携式电子设备、工业设备、无线电发射设备以及自然因素等。这些干扰源产生的干扰信号具有不同的频率、功率和方向特性，使得干扰环境变得极为复杂。当前的GPS信号干扰监测技术往往只能针对单一干扰源或特定类型的干扰信号进行监测和分析，难以适应复杂多变的干扰环境。这导致在实际应用中，监测系统的准确性和可靠性受到严重影响，无法及时有效地发现和定位干扰源。

2.2 干扰源定位精度有限

在GPS信号干扰监测过程中，干扰源定位精度是一个关键问题。尽管现有的监测技术已经能够在一定程度上实现干扰源的定位，但定位精度仍然有限。这主要是由于干扰信号在传播过程中会受到多种因素的影响，如传播路径、衰减、多径效应等，这些因素都会导致干扰信

号到达监测点时的强度和相位发生变化。现有的定位算法和技术也存在一定的局限性，如算法复杂度较高、计算量大、定位精度受环境因素影响大等。因此在实际应用中，干扰源定位精度往往无法达到理想水平，给后续的干扰排除和处置工作带来了很大困难。

2.3 新技术融合困难

随着科技的不断进步和发展，各种新技术不断涌现，为GPS信号干扰监测提供了新的手段和方法。在实际应用中，新技术的融合却面临着诸多困难。一方面，不同技术之间可能存在兼容性问题，导致技术融合过程中出现障碍。例如，不同技术使用的频段、通信协议、数据格式等可能存在差异，需要进行复杂的转换和适配工作^[2]。另一方面，新技术的引入也可能对现有系统的稳定性和可靠性产生影响，需要进行充分的测试和验证工作。新技术的融合还需要考虑成本、技术难度、人员培训等方面的因素，这些都会给新技术的推广和应用带来一定的挑战。

3 常见GPS信号干扰监测技术

3.1 基于信号功率检测的监测技术

基于信号功率检测的监测技术是GPS信号干扰监测领域的一种基础方法。首先，监测系统需要接收并处理来自GPS卫星的信号。这些信号在传输过程中可能受到多种干扰因素的影响，如大气噪声、接收机噪声以及人为的干扰信号等。为了准确测量这些信号的功率水平，监测系统需要具备高灵敏度的接收机和精确的功率测量装置。其次，监测系统通过对比正常GPS信号的功率与接收到的实际信号功率，可以初步判断是否存在干扰。如果实际接收到的信号功率明显低于正常水平，且这种降低无法用其他因素（如信号衰减、多径效应等）来解释，那么很可能是受到了干扰。进一步地，基于信号功率检测的监测技术还可以结合其他参数，如信号的信噪比（SNR）等，来更准确地判断干扰的存在及其强度。通过设定合适的阈值，监测系统可以自动触发报警机制，及时通知操作人员采取措施应对干扰。这种方法也存在一些局限性。如果干扰信号具有时变性或频变性，那么功率检测方法的准确性也会受到影响。

3.2 基于信号频谱分析的监测技术

基于信号频谱分析的监测技术是另一种常用的GPS信号干扰监测方法。该方法利用频谱分析仪等工具对接收到的信号进行频谱分析，以识别和分析潜在的干扰信号。在实际应用中，监测系统首先需要对接收到的信号进行预处理，包括滤波、放大、数字化等步骤。利用频谱分析仪对信号的频谱进行扫描和分析。通过比较正常

GPS信号的频谱特征与接收到的实际信号频谱特征，监测系统可以判断是否存在干扰信号及其类型。基于信号频谱分析的监测技术具有许多优点。该方法还能够对多个干扰信号进行同时监测和分析，提高了监测系统的效率和准确性。这种方法也存在一些挑战。如果干扰信号具有隐蔽性或伪装性，如通过调制或伪装成正常信号的方式进行干扰，那么频谱分析方法可能难以准确识别其存在。

3.3 基于相关函数的监测技术

基于相关函数的监测技术是一种利用信号的自相关函数或互相关函数来检测和分析GPS信号干扰的方法。这种方法的核心在于通过计算信号之间的相关性来识别潜在的干扰信号。在实际应用中，监测系统首先需要对接收到的GPS信号进行预处理，提取其自相关函数或互相关函数。然后，通过比较正常GPS信号的相关函数特征与接收到的实际信号相关函数特征，监测系统可以判断是否存在干扰信号及其类型。基于相关函数的监测技术具有许多优点。该方法还能够对不同类型的干扰信号进行区分和识别，为后续的干扰抑制和排除提供了有力的支持。这种方法也存在一些局限性。例如，相关函数的计算需要较高的计算资源和时间成本，特别是在处理长时间序列信号时。如果干扰信号与GPS信号在时域上具有较高的相似性，那么相关函数方法可能难以准确区分两者^[3]。

3.4 基于机器学习的监测技术

随着人工智能技术的不断发展，基于机器学习的监测技术逐渐成为GPS信号干扰监测领域的一种新趋势。该方法利用机器学习算法对大量的历史数据进行学习和训练，以建立准确的干扰识别模型。在实际应用中，监测系统首先需要收集大量的GPS信号数据及其对应的干扰数据。这些数据包括正常信号数据、干扰信号数据以及两者混合的数据等。利用机器学习算法对这些数据进行训练和学习，以建立干扰识别模型。在训练完成后，监测系统可以利用该模型对接收到的实时信号进行干扰检测和分析。通过比较实际信号与模型输出的预测结果，监测系统可以判断是否存在干扰信号及其类型，并采取相应的措施进行应对。基于机器学习的监测技术具有许多优点。例如，它能够利用大量的历史数据进行学习和训练，提高了干扰识别的准确性和泛化能力。该方法还能够自动适应不同的干扰环境和信号特性，提高了监测系统的灵活性和鲁棒性。这种方法也存在一些挑战。例如，机器学习模型的训练需要大量的数据和计算资源，且训练过程可能较为复杂和耗时。此外，如果训练数据存在偏差或不足，那么模型的准确性和泛化能力可能会受到影响。因此在实际应用中，需要综合考虑数据质

量、模型复杂度以及计算资源等因素,以选择合适的机器学习算法和模型进行干扰监测。

4 GPS 信号干扰监测技术的发展趋势与思考

4.1 多技术融合发展

随着科技的飞速发展, GPS信号干扰监测技术正朝着多技术融合的方向发展。这一趋势主要体现在不同监测技术的交叉应用与集成创新上。传统的基于信号功率检测、频谱分析以及相关函数的监测技术,虽然各有优势,但也存在局限性。因此,将多种技术有机融合,形成互补优势,成为提升监测能力的重要手段。例如,结合信号处理技术和人工智能技术,可以实现对复杂干扰环境的智能识别与自适应应对。随着物联网、大数据等技术的普及,多源数据的融合分析也将为GPS信号干扰监测提供更全面的视角和更深入的理解。这种多技术融合的发展趋势,不仅有助于提升监测的准确性和效率,也为未来监测技术的发展开辟了新的道路。

4.2 智能化升级

智能化是GPS信号干扰监测技术的另一大发展趋势。随着人工智能技术的不断进步,特别是深度学习、机器学习等领域的突破,智能化监测技术正逐步成为现实。智能化升级主要体现在两个方面:一是监测系统的自动化程度提高,能够实现对干扰信号的自动检测、识别与分类;二是监测系统的决策支持能力增强,能够根据干扰情况自动调整监测策略,甚至提出干扰抑制方案。智能化升级将极大地提升监测系统的灵活性和响应速度,使其能够更好地适应复杂多变的干扰环境。同时智能化技术的应用也将为监测人员提供更加便捷、高效的监测手段,降低工作强度和误报率。

4.3 高精度干扰源定位技术探索

高精度干扰源定位技术是GPS信号干扰监测领域的一个重要研究方向。传统的干扰源定位方法往往受到多种因素的影响,如传播路径、多径效应等,导致定位精度有限。为了提高定位精度,研究者们正在积极探索新的定位技术和方法。例如,利用高分辨率频谱分析技术,

可以实现对干扰信号的精细刻画,从而提高定位的准确性;结合先进的信号处理算法和定位算法,可以实现对干扰源的精确三维定位^[4]。随着无人机、卫星等高空监测平台的广泛应用,也为高精度干扰源定位提供了新的可能。高精度干扰源定位技术的探索和应用,将有助于提高监测系统的定位能力,为后续的干扰排除和处置工作提供更加精确的信息支持。在思考GPS信号干扰监测技术的发展趋势时,我们还需要关注技术的可持续性、标准化以及国际合作等方面。技术的可持续性要求我们在追求高性能的同时,也要注重资源的合理利用和环境的保护;标准化则有助于推动技术的普及和应用,提高监测系统的兼容性和互操作性;国际合作则是应对跨国界干扰问题的重要途径,通过共享信息、协同监测等手段,共同提升全球GPS信号的安全性和可靠性。

结束语

综上所述, GPS信号干扰监测技术的发展正面临着前所未有的机遇与挑战。随着技术的不断进步和应用的深入,有理由相信,未来的监测系统将更加智能化、高效化,能够更好地应对各种复杂干扰环境。然而技术的发展也需要我们保持清醒的头脑,注重技术的可持续性和标准化建设,加强国际合作与交流,共同推动GPS信号干扰监测技术的健康发展。

参考文献

- [1]李德刚,路建华,任小英.航班GPS受干扰原因及防范措施探讨[J].中国无线电,2022,(5).DOI:10.3969/j.issn.1672-7797.2022.05.047.
- [2]张磊,程继航,李志,等.GPS信号干扰监测技术分析和思考[J].中国无线电,2021(8):40-44.DOI:10.3969/j.issn.1672-7797.2021.08.036.
- [3]白晶,李安平.反无人机系统干扰民航GPS信号的技术分析及思考[J].数字通信世界,2019,(12).DOI:10.3969/J.ISSN.1672-7274.2019.12.020.
- [4]李玲.无线电干扰信号网络化监测与定位技术应用分析[J].数字通信世界,2022(8):111-113.