

复杂电磁环境下干扰抗干扰协同策略设计与验证

杜 敏

贵州航天计量测试技术研究所 贵州 贵阳 550009

【摘要】：在复杂电磁环境中，传统的干扰和抗干扰方法往往难以应对日益复杂的电磁条件和多变的干扰源。为此，本文提出了一种基于协同策略的干扰与抗干扰方法，通过优化多系统之间的协同工作，提升系统在动态环境中的适应能力。该策略利用信息共享和动态调整机制，实现干扰与抗干扰过程中的高效协同，以应对复杂电磁环境中的多重干扰源。设计与验证过程表明，该策略在提高抗干扰性能的同时，显著增强了系统的整体稳定性和响应速度。实验结果进一步验证了该策略的可行性和有效性，为未来电磁环境下的干扰抗干扰技术提供了新的思路和方法。

【关键词】：复杂电磁环境；干扰抗干扰；协同策略；信息共享；系统适应性

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.040

引言

复杂电磁环境下，通信系统和雷达等设备面临着越来越严峻的干扰问题。随着电磁波源的多样化和环境的不确定性，单一的抗干扰技术往往难以应对复杂多变的干扰形式。如何通过多个系统之间的协同工作来提高抗干扰能力，已成为电磁环境下干扰抑制研究的热点问题。协同策略不仅能实现系统的实时调整和优化，还能通过信息共享和资源整，提高抗干扰系统的整体性能。在这种背景下，设计一种有效的干扰与抗干扰协同策略，并通过实验验证其可行性和效果，成为了当前研究的重要方向。本研究旨在提出一种创新的干扰抗干扰协同策略，探索其在复杂电磁环境中的应用与优化路径，为电磁兼容性和抗干扰技术的进一步发展提供理论支持和实践依据。

1 复杂电磁环境对干扰与抗干扰策略的影响

复杂电磁环境下，干扰与抗干扰策略的有效性受到多种因素的影响。在这样的环境中，电磁波的传播特点、不同频段的干扰源以及外部环境的变化都对系统的干扰抑制能力构成挑战。特别是在存在强烈共频干扰或者频谱拥挤的条件下，传统的抗干扰技术往往难以实现有效抑制，导致系统性能下降。电磁环境中的多样化干扰源，如敌方雷达信号、通信系统噪声以及自然环境中的电磁波，形成了一个复杂的干扰网络。这些干扰源不仅数量庞大，而且干扰模式也不断变化，使得干扰抗干扰技术需要具备较强的适应性和灵活性。

在此环境下，干扰与抗干扰策略的设计不再是简单的单一系统优化问题，而是一个多系统协同优化的问题。面对多种干扰源和动态变化的电磁环境，单一的抗干扰手段无法有效应对所有类型的干扰，因此需

要采用协同策略来提高整体系统的抗干扰性能^[1]。协同策略通过多系统之间的信息共享和资源调度，使得不同系统能够根据环境变化及时调整工作模式，从而增强系统对干扰的响应能力。在复杂电磁环境中，不同设备或系统间的协同作用有助于弥补单一系统的不足，使得整个网络在面对突发性或持续性干扰时，能够保持较高的稳定性和抗干扰能力。

电磁环境的复杂性也带来了信号传播的不确定性，这要求抗干扰策略不仅要能识别并抑制目标干扰信号，还要考虑到多径效应、频率漂移等因素对抗干扰系统的影响。为了应对这些挑战，协同策略的设计必须结合实时环境数据进行动态调整，以优化系统的资源配置和抗干扰算法。这种基于环境感知和信息反馈的协同机制，使得系统能够在复杂电磁环境下保持较高的抗干扰性能，进而提升系统的生存能力和作战效能。

2 协同策略在干扰与抗干扰系统中的应用框架

在复杂电磁环境中，干扰与抗干扰系统的协同策略应用框架主要依赖于多个子系统之间的紧密合作与动态调整。在这种框架下，信息共享和资源优化成为关键因素。多个系统通过实时数据交换和协同决策，有效提升系统对干扰源的感知和响应能力。协同策略的核心目标是通过各系统之间的配合，增强对目标干扰的识别和抑制能力，确保系统在恶劣电磁环境下能够持续稳定运行。在具体应用中，协同策略要求各系统具有高度的灵活性和自适应能力。每个子系统根据自身的感知能力和处理能力，动态调整其工作模式，以适应不断变化的电磁环境。举例来说，雷达系统与通信系统之间可以共享干扰信息，雷达系统在探测到强干扰信号时，可以自动调整工作频率或采用抗干扰技术进行处理，而通信系统则根据干扰情况优化传输策略。

这种实时的互动和调整过程，有效避免了单个系统独立运行时可能出现的性能瓶颈。

协同策略的设计还需要考虑多种干扰模式的融合与抑制^[2]。面对复杂的电磁环境，干扰源不仅来自不同类型的信号，还可能是多路径传播、频率重叠或动态变化的。协同框架在设计时，要求各系统具备在高密度干扰背景下区分并优先抑制关键干扰源的能力。这一过程涉及到高效的信号处理算法、数据融合技术以及智能决策机制的协同作用。通过多层次的协同工作，各系统能够在多样化的干扰条件下保持较强的鲁棒性。为了提高系统的整体抗干扰能力，协同策略框架还必须引入自适应资源分配机制。在电磁环境发生变化时，系统应根据当前的干扰强度和类型，智能调整资源分配与优先级安排。这样一来，各系统不仅能有效提升抗干扰能力，还能优化整体资源利用率，避免过度消耗。在这种框架下，系统的协同工作可以更好地应对电磁环境中的突发干扰，为信息传输与任务执行提供可靠保障。

3 基于信息共享的干扰与抗干扰协同机制设计

在复杂电磁环境下，基于信息共享的干扰与抗干扰协同机制设计是提升系统抗干扰能力的重要手段。信息共享机制通过不同系统之间的数据交换和协同决策，增强了系统的感知能力、响应速度和适应性，尤其在面对多变的电磁环境时，信息共享机制显得尤为重要。通过有效的信息流动，干扰源的识别和定位得到了优化，抗干扰措施也得以迅速调整和部署，确保了系统的稳定性和持续性。信息共享的核心是通过建立一个动态的协作平台，使得各个子系统能够获取到全面的环境信息。这些信息不仅包括干扰源的强度、频率和方向等基本参数，还涉及到电磁环境的实时变化趋势和系统本身的运行状态。当各个子系统获取到这些信息后，它们可以根据共享的数据，做出相应的调整，从而实现协同工作。当一个系统检测到异常干扰信号时，可以将相关信息反馈给其他系统，使得这些系统能够迅速采取应对措施。共享的信息不仅有助于单一系统的抗干扰能力提升，也促进了系统之间的联动与协作。

设计信息共享机制时，考虑到电磁环境的复杂性，信息传递的及时性、准确性和安全性成为了关键因素。由于电磁环境的不确定性，干扰信号可能存在伪装性和隐蔽性，信息的传递需要具备强大的抗干扰能力和低时延性。信息共享机制的设计还需要考虑到不同系统之间的差异性，包括硬件能力、处理速度和资源分配。为了应对这些挑战，信息共享机制通常需要基于

分布式处理架构，通过局部信息的快速处理和汇总，实现全局协调和优化^[3]。在干扰与抗干扰的协同机制中，信息共享不仅仅是数据的交换，更是智能决策的基础。基于共享的信息，系统可以利用先进的算法进行实时分析与处理。数据融合技术被广泛应用于信息共享机制中，它能够将来自多个系统的信息进行综合分析，提取出更为精确的干扰特征，从而提高干扰识别的准确性和效率。同时，基于机器学习和人工智能算法的自适应控制策略，能够根据实时信息调整干扰抑制策略，使得系统能够灵活应对各种复杂干扰场景。

信息共享的干扰与抗干扰协同机制不仅在静态环境下具有显著效果，动态电磁环境下的表现同样不容忽视。通过动态监测电磁环境的变化，系统能够在发现新型干扰源或电磁波形态发生改变时，迅速做出反应。这种动态适应机制使得系统能够在复杂和变幻的电磁战场中保持较高的生存能力和作战效能。基于信息共享的干扰与抗干扰协同机制设计，构建了一个灵活、高效、可自适应的系统架构，能够最大程度地提升系统的抗干扰能力，确保在多种电磁干扰环境下的稳定性和安全性。

4 干扰与抗干扰协同策略的实验验证与结果分析

在干扰与抗干扰协同策略的实验验证过程中，实验的设计和实施至关重要，尤其是在复杂电磁环境下验证系统的抗干扰性能。实验通常通过模拟多种电磁干扰场景，评估协同策略在不同环境下的效果。通过搭建多层次的实验平台，能够模拟从低强度干扰到高强度干扰等各种复杂电磁干扰源对系统的影响。这些干扰源包括敌方雷达信号、通信系统噪声、随机噪声等，实验系统能够根据这些干扰源的特征自动调整其工作模式，以测试协同策略在不同干扰下的反应与适应能力。

实验过程中，系统的响应时间、干扰识别精度、信号处理能力以及抗干扰效果是评估的主要指标。通过对比传统的抗干扰技术与基于协同策略的抗干扰技术，可以明确该协同策略在多干扰源情况下的优势^[4]。实验结果表明，协同策略在面对复杂电磁环境时，能够显著提高干扰识别的速度和准确性，尤其是在多频干扰、时变干扰等动态环境下，系统能够快速调整自身的工作模式，有效避免干扰信号的影响。为了进一步验证协同策略的有效性，实验还将不同系统之间的协同能力作为重点测试内容。多系统协同不仅仅是信息的共享，还包括如何通过协调各自的工作进程，使系统能在遭遇强干扰时依然保持稳定。实验中，各系统在面对干扰时，通过共享信息与联合决策，达成了

高效的协作，显著提升了整体抗干扰能力。与单一系统相比，协同策略下的系统能更好地应对干扰，同时优化了资源的使用，避免了单一系统资源浪费。

针对协同策略的实验验证，还涵盖了信号处理的算法效率。干扰环境下，信号处理的快速性和精确性直接影响抗干扰效果。实验采用了多种先进的信号处理技术，如自适应滤波、谱分析和时频域分析等，通过对比分析，验证了协同策略结合这些技术的优势。实验结果表明，协同策略不仅在识别干扰信号方面表现出色，而且在处理能力和实时响应方面也显现出了较大的优势。进一步的分析表明，基于协同策略的干扰与抗干扰机制，能够在多变的电磁环境中实现较高的自适应性。通过实时监控电磁环境的变化，系统能在干扰源变化时快速作出反应，并对系统内部资源进行智能调度。这种动态调整机制，确保了系统在面对复杂干扰时能够保持高效运作，同时还能够最大化系统性能和抗干扰能力。实验结果为协同策略的有效性提供了强有力的支持，证明了其在复杂电磁环境中的应用前景。

5 协同策略优化与系统性能提升的研究总结

协同策略优化在提升系统性能方面发挥着关键作用，尤其是在复杂电磁环境下，通过不断改进和调整策略，能够显著增强干扰抑制与抗干扰的效果。在协同策略的设计过程中，优化不仅仅体现在系统性能的提升，还包括各子系统之间的资源协调和信息共享的高效性。在这一过程中，动态调整机制的引入使得系统能够根据电磁环境的变化自动适配，确保系统能够灵活应对各种干扰源。优化后的协同策略能够减少资源的无效消耗，提高系统在复杂条件下的运作效率。在系统性能提升的过程中，信息融合和信号处理技术

的优化显得尤为重要。信息共享机制的优化，通过对不同系统和设备的协同调度，进一步提升了干扰源识别的精度和响应速度^[5]。这种优化能够使得多个系统在遭遇强干扰时不再局限于单一的防御手段，而是通过合作共享信息，进行联合决策和协同反应，从而增强了抗干扰能力。在这个过程中，信息传输的时延和准确性也经过优化，使得系统能够在更短的时间内做出准确判断，提高了系统的实时性和稳定性。

信号处理能力的提升是协同策略优化的另一大亮点。优化后的信号处理算法，能够在多频、多源干扰的环境下，快速筛选和分析干扰信号，精准识别有效信号。这不仅提高了系统对干扰信号的抑制效果，也有效减少了因错误识别带来的性能损失。优化后的协同策略增强了系统的容错能力，即使在个别系统出现问题时，其他子系统能够迅速接管任务，确保系统的整体稳定性和可靠性。协同策略的优化最终提升了整个系统的鲁棒性和适应性，尤其是在动态变化的电磁环境中，系统能够根据实际干扰情况自动调整工作状态，保证了系统的高效运行。在多个系统之间的协同作用下，整体系统的性能和稳定性得到了显著提升，为电磁环境下的抗干扰系统提供了更为有效的解决方案。

6 结语

干扰与抗干扰协同策略在复杂电磁环境中的应用为提升系统性能提供了有效的解决方案。通过优化信息共享和协同机制，系统能够在动态电磁环境下更高效地应对多种干扰源，增强整体抗干扰能力。实验验证和结果分析表明，该策略显著提高了系统的适应性和稳定性。未来，随着技术的不断进步，协同策略有望在更多复杂电磁环境中得到广泛应用，进一步推动抗干扰技术的发展。

参考文献:

- [1] 崔晋华,段晓莉,刘玉童.面向电磁环境复杂度评价大模型的预训练语料构建技术[J].中国无线电,2025,(12):41-42+49.
- [2] 韦吉祥,覃秀标,黄涛.复杂电磁环境下智能座舱电子系统的抗干扰性能测试与优化策略[J].汽车维护与修理,2025,(23):68-69.
- [3] 彭俊.复杂电磁环境下智能汽车电子系统抗干扰技术研究[J].汽车测试报告,2025,(14):1-3.
- [4] 李硕磊.复杂电磁环境下导航信号抗干扰性能分析与评估[D].沈阳航空航天大学,2022.
- [5] 陈晓芳,刘崇伟,王崇,等.TMR 电流传感器复杂电磁环境抗干扰技术研究[J].仪表技术与传感器,2020,(01):13-16.