

Research Progress on Environmental Behavior and Monitoring Technologies of Emerging Contaminants

Yunfei Bai

Mengla Branch of the Ecological Environment Monitoring Station, Xishuangbanna Dai Autonomous Prefecture Ecological Environment Bureau, China·Yunnan Xishuangbanna 666100

Abstract

With the rapid development of industrialization and urbanization, the emission and accumulation of emerging pollutants have become a major challenge in global environmental governance. Emerging pollutants refer to those substances that have not been fully identified, monitored, or studied within traditional pollutant monitoring systems, and they exhibit strong environmental persistence and bioaccumulation. These pollutants not only have a profound impact on environmental quality but also pose potential threats to ecosystems and human health. The environmental behavior of emerging pollutants is reflected in their migration, transformation, and accumulation characteristics in different media, which directly affect their ecological toxicity and risk assessment. This paper aims to explore the environmental behavior characteristics of emerging pollutants and the latest advancements in monitoring technologies, providing theoretical basis and technical support to promote more efficient pollutant management and environmental protection.

Keywords

Emerging pollutants; Environmental behavior; Migration and transformation; Monitoring technology; Pollutant management

新型污染物环境行为及监测技术研究进展

白云飞

西双版纳傣族自治州生态环境局勐腊分局生态环境监测站, 中国·云南 西双版纳 666100

摘要

随着工业化和城市化的迅速发展, 新型污染物的排放和积累已成为全球环境治理的重大挑战。新型污染物指的是那些在传统污染物监测体系下未被充分识别、监测或研究的污染物, 具有较强的环境持久性和生物累积性。它们不仅对环境质量产生深远影响, 也对生态系统和人类健康构成潜在威胁。新型污染物的环境行为表现为其在不同介质中的迁移、转化和积累特性, 这些特性直接影响其生态毒性和风险评估。本文旨在探讨新型污染物的环境行为特征和最新监测技术的研究进展, 提供理论依据和技术支持, 以促进更高效的污染物治理和环境保护。

关键词

新型污染物; 环境行为; 迁移转化; 监测技术; 污染物治理

1 引言

近年来, 随着全球经济的快速发展和工业化进程的加速, 各类传统污染物的排放量不断增加, 严重影响了空气、水源和土壤的质量。然而, 除了传统污染物之外, 近年来随着新材料和新化学物质的广泛应用, 新的污染物种类层出不穷, 这些新型污染物往往在环境中长时间存在并具有较强的生物累积性, 严重威胁生态系统的健康与稳定。由于新型污染物的特殊性, 其环境行为和毒性作用尚未被完全了解, 导致现有的环境监测体系难以全面有效地识别和控制这些污染物。因此, 如何系统研究新型污染物的环境行为、监测其环境浓度, 并开展精准的污染源追溯和风险评估, 成为当前

环境科学研究的重要议题。

2 新型污染物的定义与分类

2.1 新型污染物的界定

新型污染物是指那些在传统污染物监测体系中未被有效识别或未被充分研究的物质, 通常来源于新兴工业、农业或日常生活中使用的新材料和化学品。它们具有较强的环境持久性、生物累积性或潜在的毒性, 长期存在于环境中, 可能对生态系统和人类健康造成严重影响。由于其化学结构和行为特征与传统污染物有所不同, 新型污染物在环境中的传播、转化及对生物体的影响尚不完全了解。新型污染物的研究对于提高环境污染治理能力、保障公共健康具有重要意义。随着科学研究的进展, 人们开始对这类污染物有了更多的认识, 但目前的监测技术仍无法完全覆盖所有类型的污染物, 造成了对其环境行为的了解不足。

【作者简介】白云飞(1985-), 基诺族, 本科, 工程师, 从事生态环境监测、污染防治研究。

2.2 新型污染物的主要类型及来源

新型污染物种类繁多，主要包括工业生产中使用的有机化学物质、纳米材料、药物残留、个人护理品中的化学成分等。这些物质通常是由于人类活动的扩展而进入环境。药物残留和个人护理品中的化学物质，随着人类生活水平的提高被广泛应用，且随着洗涤和排放进入水体，对水环境产生潜在威胁。纳米材料在制造业中被广泛使用，其特有的物理化学性质使得这些物质能够在环境中长期存留并对生物体造成危害。此外，农业活动中的农药和化肥，尤其是其转化产物，也可能成为新型污染物的重要来源。由于这些污染物的多样性和复杂性，传统的污染物监测技术往往难以有效监测和识别它们，导致了环境风险的潜在隐患。

3 新型污染物的环境行为特征

3.1 新型污染物的迁移转化机制

新型污染物在环境中的迁移和转化是一个复杂的过程，涉及多种物理、化学和生物过程。在水体中，污染物可能通过溶解、吸附、沉降等方式与水中的固体颗粒结合，并随水流移动，最终进入地下水或污染周边土壤。污染物的挥发性和亲油性等特征也使得其能够在大气中迁移，通过降水或风力扩散至广泛区域。土壤中污染物的转化则受到温度、湿度和微生物活动的影响。某些新型污染物在土壤中可能发生生物降解，而其他一些则由于环境条件的限制而逐渐积累。污染物在环境中的转化不仅与其自身性质相关，也受到环境因子的调控，特别是pH值、温度、氧气含量等因素的影响。通过深入研究新型污染物的迁移转化机制，能够更好地预测其在不同环境中的行为，并为污染防控和风险评估提供理论支持。

3.2 新型污染物的生物降解与积累

新型污染物在生态系统中的降解特性是评估其环境影响的重要指标。与传统污染物不同，许多新型污染物具有较强的生物降解性或较长的半衰期，能够在环境中长期存在。某些有机化学品和药物残留物虽然在微生物的作用下能够部分降解，但降解速率较慢，且降解产物可能依然具有毒性或对生物体造成累积效应。在生物体内，许多新型污染物通过食物链传递，并逐渐在生物体内累积，导致毒性效应的增强。特别是一些水生生物和土壤中的微生物，由于长期暴露于污染物中，可能会发生基因突变或免疫功能下降。此外，新型污染物还可能通过生物转化或代谢作用形成具有新毒性的物质，进一步加剧其对环境的负面影响。生物降解和积累特性决定了新型污染物在不同环境介质中的持久性，并对生态系统健康造成长期影响。

3.3 新型污染物的环境毒性与生态风险评估

新型污染物的环境毒性主要体现在其对生物体的危害，尤其是对水生生物、土壤微生物及其他生态功能群体的影响。许多新型污染物具有潜在的内分泌干扰作用、致癌性或

突变性，这使得它们在环境中的积累会对生态系统的稳定性产生威胁。生态风险评估是评估新型污染物环境影响的重要工具，通常通过实验室研究与现场监测相结合的方式，评估污染物在不同浓度下对生物的影响，以及其在环境中的长期效应。通过生态毒性试验可以确定新型污染物的毒性阈值，进而推算出它们在自然环境中的风险水平。综合考虑污染物的环境浓度、毒性特征和暴露途径，可以制定相应的风险管理策略，并推动污染物的合理管控和治理。

4 新型污染物的监测技术现状

4.1 常规监测技术与新型污染物监测的差距

传统的污染物监测技术主要针对已知的污染物进行监测，如重金属、挥发性有机物（VOCs）等。这些技术具有较好的检测能力，但在应对新型污染物方面存在一定局限。新型污染物由于其多样性、低浓度以及复杂的化学性质，常规监测方法如气体色谱法、分光光度法等通常无法有效检测或识别。此外，传统监测技术的响应时间较长，难以满足环境实时监测的需求。随着新型污染物的不断涌现，传统监测技术无法满足其多维度、复杂性的要求，因此，需要发展更加灵敏、特异和高效的新型监测方法，以提高新型污染物的监测能力。

4.2 气相色谱-质谱联用技术（GC-MS）在新型污染物监测中的应用

气相色谱-质谱联用技术（GC-MS）作为一种广泛应用于环境监测中的技术，具有高灵敏度和高分辨率，特别适用于新型污染物的监测。GC-MS技术能够通过气相色谱分离复杂样品中的不同组分，并结合质谱分析精确确定每种组分的质量和结构。该技术已成功应用于多种新型污染物的检测，如药物残留、农药及工业化学品等。通过GC-MS技术，能够有效地识别并定量环境样品中的新型污染物，尤其是在低浓度下的检测能力，能够满足环境中微量污染物的监测需求。随着技术的不断进步，GC-MS还可以与其他技术结合，实现更加高效和多维度的污染物检测。

4.3 生物传感器与纳米材料在污染物监测中的创新应用

生物传感器和纳米材料在新型污染物监测中的应用为环境污染物的检测提供了创新的解决方案。生物传感器利用生物分子与污染物之间的特异性相互作用，能够实现对污染物的高灵敏度和高选择性检测。纳米材料则因其优异的物理化学性质，如较大的比表面积、较强的吸附能力及良好的电子传导性能，广泛应用于新型污染物的检测中。通过将纳米材料与生物传感器结合，可以实现对新型污染物的实时监测。这些技术在水质、空气质量以及土壤污染的监测中表现出较大的应用潜力，尤其在微量污染物的检测中展现了较为独特的优势，为环境污染监测技术的发展提供了新的方向。

5 新型污染物的监测技术进展

5.1 分子印迹技术在污染物检测中的应用

分子印迹技术是一种通过模板分子引导聚合物分子在特定位置形成具有高选择性的空穴结构的技术。这些空穴结构能够与目标污染物分子结合,从而实现了对污染物的检测。近年来,分子印迹技术在新型污染物检测中取得了显著进展。由于其高选择性和高亲和力,分子印迹材料能够精确识别特定的污染物,尤其适用于复杂环境样品中微量污染物的检测。该技术具有较高的灵敏度、快速响应和低成本等优势,已经在水体、空气和土壤等环境介质中的污染物监测中得到广泛应用。通过与其他技术,如色谱法和传感器结合,分子印迹技术可以提高新型污染物的检测效率。尽管如此,分子印迹技术在实际应用中仍面临一些挑战,如模板分子的选择、再生性问题以及分子印迹材料的稳定性等,这些问题需要在未来的研究中进一步解决,以推动其在新型污染物监测中的广泛应用。

5.2 光谱分析技术的新发展

光谱分析技术是一种通过测量物质对不同波长光的吸收、散射或发射等特性来定量分析其成分和浓度的分析方法。在新型污染物监测中,光谱分析技术被广泛应用于水质、空气质量等领域。随着技术的不断进步,光谱分析方法得到了显著提升。特别是拉曼光谱、红外光谱和紫外光谱等技术,具有较高的分辨率和灵敏度,能够快速识别并定量测量复杂环境中低浓度的新型污染物。近年来,光谱技术与化学传感器、纳米材料等新兴技术的结合,使得光谱分析技术在实时监测和便捷检测方面具有了显著优势。新型光谱技术的出现,如表面增强拉曼光谱(SERS)和荧光光谱技术,也为新型污染物的高效检测提供了创新手段。这些新发展不仅提升了对微量污染物的检测能力,还在污染物的定量分析和风险评估方面提供了更多可能。然而,光谱分析技术仍面临样品复杂性、环境干扰等因素的挑战,需要进一步提高其应用范围和稳定性。

5.3 遥感技术在污染物监测中的前景与挑战

遥感技术作为一种非接触式的环境监测技术,能够通过卫星、无人机等平台获取大范围、高精度的环境数据,已

经成为新型污染物监测的重要手段。遥感技术利用传感器探测地表反射或辐射的电磁波,进而分析污染物的分布和浓度。在污染物监测中,遥感技术能够快速提供大范围、实时的监测数据,尤其在水体污染、大气污染和土壤污染的监测中具有显著优势。近年来,随着高分辨率卫星图像和无人机遥感设备的普及,遥感技术的监测精度和应用范围不断提升,为新型污染物的实时监测提供了新的解决方案。然而,遥感技术在实际应用中仍面临诸多挑战,如大气和地面因素的干扰、数据处理和解译的复杂性、以及高成本等问题。尽管如此,随着遥感技术的不断发展和算法的改进,预计其将在未来的污染物监测中发挥更加重要的作用,尤其在灾害应急响应、污染源追踪等方面具有广阔的应用前景。

6 结语

新型污染物的环境行为和监测技术的研究对保障生态环境安全、促进可持续发展具有重要意义。随着新型污染物种类的不断增多和其在环境中的复杂性,传统的监测方法已经无法满足现实需求。因此,创新的监测技术,如分子印迹技术、光谱分析技术和遥感技术,为污染物检测提供了新的解决方案。尽管这些技术在精度、灵敏度和实时性等方面取得了显著进展,但仍面临技术完善、应用推广等方面的挑战。未来的研究应继续探索新型污染物的环境行为机制,进一步优化现有监测技术,并加强多学科融合,以提高污染物监测的效率和准确性。通过科技创新与政策引导的结合,能够更好地应对新型污染物带来的环境风险,促进生态环境保护和可持续发展。

参考文献

- [1] 徐龙龙.新型污染物在水环境中的行为及去除机制研究[J].中国资源综合利用,2024,42(12):71-73.
- [2] 孙翠平,康蒙,孟凡伟,韩子叻.新型污染物的环境行为与生态风险评估及防治策略研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(03):97-99.
- [3] 金涛.新型污染物的环境行为与生态风险评估及防治策略研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(02):28-30.
- [4] 杨倩玲,周婷婷,翁冀远,刘杨,刘寅,徐明,赵斌,高丽荣,郑明辉.新型污染物液晶单体的环境行为和人体暴露研究进展[J].生态毒理学报,2023,18(01):160-173.