

Environmental Behavior and Ecological Risk Assessment of New Pollutants

Caixia Yang

Inner Mongolia Lanzhuo Environmental Protection Technology Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China

Abstract

Emerging pollutants, as a focal point in recent environmental science research, have posed potential threats to ecosystem security and human health due to their strong concealment, high mobility, and significant bioaccumulation. This paper begins with defining and classifying emerging pollutants, systematically analyzes their migration and transformation patterns in air, water, and soil, explores their bioaccumulation pathways and ecological impacts, and synthesizes current research findings to outline key methodologies and technical frameworks for ecological risk assessment. The study highlights that establishing multi-medium integrated risk evaluation models and comprehensive monitoring systems are critical pathways for achieving risk prevention and ecological security management. This paper aims to provide scientific foundations and strategic references for China's emerging pollutant environmental governance, thereby advancing ecological conservation and sustainable development.

Keywords

new pollutants; environmental behavior; ecological risk; migration and transformation; risk assessment

新型污染物环境行为及生态风险评价

杨彩霞

内蒙古蓝卓环保科技有限公司, 中国·内蒙古 呼和浩特 010000

摘要

新型污染物作为近年来环境科学研究的热点, 因其具有隐蔽性强、迁移性高和生物累积性显著等特征, 已对生态系统安全和人类健康构成潜在威胁。本文从新型污染物的定义与分类入手, 系统分析了其在大气、水体与土壤中的迁移转化规律, 探讨了生物体内的富集路径及生态效应, 并结合典型研究成果, 阐述了当前生态风险评价的主要方法与技术框架。研究指出, 建立多介质协同的风险评价模型和完善的监测体系, 是实现新型污染物风险防控与生态安全管理的关键路径。本文旨在为我国新型污染物环境管理提供科学依据与策略参考, 推动生态环境保护与可持续发展。

关键词

新型污染物; 环境行为; 生态风险; 迁移转化; 风险评价

1 引言

随着工业化和城市化的不断推进, 大量新型化学物质被广泛应用于生产与生活领域, 其中包括药物残留、农药代谢物、塑化剂、个人护理品及工业添加剂等。这些物质因使用量大、降解性弱而逐渐进入环境介质, 形成难以察觉但影响深远的新型污染问题。与传统污染物相比, 新型污染物具有检测难、种类多、毒性机制复杂等特点, 对生态系统造成潜在累积性危害。近年来, 国内外学者在环境监测、迁移机制和风险评价等方面取得了阶段性成果, 但整体研究仍存在数据缺口与风险认知不足的问题。深入分析其环境行为特征

与生态风险, 不仅有助于构建科学的环境治理体系, 也为制定精准的污染防控政策提供理论支持。

2 新型污染物的定义与分类

2.1 新型污染物的概念界定与特征分析

新型污染物是指在传统环境管理体系中未被充分关注, 但具有潜在生态风险和健康危害的新兴化学物质。其种类繁多, 主要包括药物及代谢物、个人护理品、塑化剂、抗生素、阻燃剂、微塑料等。这些物质具有低浓度、高活性、持久性强和生物累积性显著等特征, 易在多介质间迁移扩散, 对生态系统结构与功能造成潜在威胁。由于其广泛应用、排放源分散、降解难度大, 使得环境监测与治理难度显著提高。研究新型污染物的环境行为与风险特征, 是推进环境科学发展和完善生态安全管理的重要方向。

2.2 主要类型及其环境来源

新型污染物类型包括医药产品、农药代谢产物、内分

【作者简介】杨彩霞(1989-), 女, 中国内蒙古乌兰察布人, 硕士, 工程师, 从事环境影响评价、环境污染防治、土壤污染调查等研究。

泌干扰物、合成高分子材料添加剂及工业副产物等，具有来源多样、分布广泛的特征。其环境输入主要来自工业生产废水、农业施药流失、生活污水排放及塑料垃圾降解等途径。污水处理厂出水中残留的有机污染物常通过排水系统进入地表水体，部分经大气沉降或渗滤作用进入土壤与地下水系统，形成复合型污染格局。这些污染物在环境中可长期存在并通过生物富集进入食物链，构成持续性的生态风险，影响环境质量与公共健康^[1]。

3 新型污染物的环境迁移与转化规律

3.1 在大气介质中的传输与降解特性

新型污染物在大气中的行为受物理吸附、化学反应及气象因素综合影响，表现出显著的多相迁移特征。部分有机物可附着于气溶胶颗粒并进行远距离传输，在光照作用下易发生光解或羟基自由基氧化反应，生成具有不同毒性的降解产物。大气湿度、温度及风速等条件会影响污染物的传输速率与反应路径。在干湿沉降作用下，污染物可重新进入土壤或水体介质，引发二次污染。其在大气中的动态平衡对区域空气质量与生态安全具有重要影响，研究其传输规律可为污染扩散预测与防控提供理论依据。

3.2 在水体与沉积物中的吸附与释放机制

新型污染物进入水体后，其在溶解相与颗粒相间的分配行为决定迁移路径和生物可利用性。亲水性物质易在水体中扩散，而疏水性污染物倾向于吸附于悬浮颗粒或沉积物表面。沉积物的有机碳含量、粒径结构及氧化还原状态影响吸附与释放平衡。水动力扰动、洪水冲刷或人类活动可促使污染物再悬浮，造成二次扩散与再暴露。污染物在不同水环境中的稳定性差异显著，其在沉积物中长期累积可能通过食物链对底栖生物及高营养级生物造成潜在危害，增加生态系统风险复杂性。

3.3 在土壤生态系统中的迁移与富集规律

新型污染物在土壤中表现出多介质迁移特征，其吸附、扩散与转化过程受化学结构、分子极性和土壤性质影响。土壤有机质含量越高，吸附能力越强，而高温高湿条件有利于其迁移与生物转化。部分污染物可通过降雨淋溶进入地下水系统，形成潜在的次生污染，部分则被土壤微生物缓慢降解或转化为中间产物。长期积累会导致土壤微生物群落结构变化，破坏养分循环与生态平衡。研究其在土壤环境中的富集规律有助于识别潜在风险区，指导修复技术与生态恢复措施的制定。

4 新型污染物的生物累积与生态效应

4.1 生物体内的富集途径与生理响应

新型污染物可通过摄食、水体吸收、皮肤接触及呼吸途径进入生物体内，具有显著的生物累积效应。亲脂性化合物易在脂肪组织中聚集，代谢速率慢，导致生物体长期暴露风险上升。部分物质可干扰内分泌功能、影响激素合成及代

谢平衡，造成生殖障碍、免疫失调及发育异常。实验研究表明，多种抗生素与塑化剂暴露会引发生物体氧化应激反应，导致细胞损伤和代谢紊乱。生物体对污染物的响应受物种特性、生境条件及暴露浓度影响，其累积机制研究对生态风险评估具有重要意义。

4.2 对水生生物群落结构与功能的影响

水生环境中新型污染物的持续输入会破坏生态系统稳定性，改变物种组成与群落结构。部分污染物可抑制藻类光合作用，削弱初级生产力，进而影响浮游动物与鱼类的生长繁殖。抗生素和内分泌干扰物可导致鱼类性别比例异常与繁殖力下降，进而扰乱生态平衡。低浓度污染物虽难以直接致死，却可能通过长期暴露引发生理变化与行为异常。食物链传递效应使污染物浓度在高营养级生物中逐步放大，对水生生态系统的功能稳定性构成深层威胁^[2]。

4.3 对陆生生态系统的潜在威胁与作用机理

陆地生态系统中新型污染物主要通过大气沉降、污水灌溉及固体废弃物堆积进入土壤与植被系统。植物可通过根系吸收部分污染物并转运至地上部，影响光合与生理代谢过程，造成产量与品质下降。土壤动物和微生物长期暴露会出现代谢紊乱与群落结构失衡，削弱分解功能和土壤肥力。部分污染物在生态系统中可通过食物链逐级累积，威胁鸟类和哺乳动物健康。其作用机理涉及细胞氧化应激、内分泌干扰及遗传毒性反应，对生态安全的长期影响亟待深入研究。

5 新型污染物的生态风险评估方法

5.1 基于暴露与效应的生态风险评估框架

生态风险评估框架以污染物的环境暴露水平与生物效应强度为基础，通过风险商值计算和敏感性分布模型判定生态危害等级。污染物在水体中的浓度通常在 0.1 至 0.7 $\mu\text{g/L}$ 范围，若其浓度与无效应浓度比值大于 1，则判定为高风险物质。暴露评估通过监测数据与迁移模型结合，量化污染物在空气、水体、土壤等介质中的分布特征。效应评估采用急性毒性 LC50、慢性毒性 NOEC 等指标，计算不同生物类群的安全阈值。综合风险评估结合风险商法与物种敏感性分布法，将风险分为低、中、高三个等级。该框架强调从暴露到效应的全过程分析，能够定量识别重点污染介质与高风险区域，为风险防控策略提供数据支撑^[3]。

5.2 风险表征模型与参数不确定性分析

风险表征模型通过建立暴露浓度与生物响应之间的定量关系，揭示污染物在生态系统中的风险水平。模型一般包括暴露模型、毒性模型和综合风险模型三部分，通过输入污染物浓度、降解速率和生物富集系数等关键参数计算风险值。不同污染物的降解半衰期可在 5 至 90 天之间变化，模型输出的不确定性主要源于参数波动和数据代表性不足。敏感性分析显示，当污染物浓度变化 1 倍时，风险商值可上升约 40%，说明风险预测结果对浓度参数极为敏感。参数不

确定性可通过蒙特卡洛模拟、区间分析及贝叶斯更新方法进行修正,提高风险表征结果的可靠性与稳定性,为生态风险定量化管理提供参考依据。

5.3 多介质综合生态风险评价技术

多介质生态风险评价技术综合考虑污染物在大气、水体、土壤和生物系统间的迁移转化关系,以实现整体风险评估。技术路径以多介质分配模型为核心,结合污染物的分配系数 K_{ow} 、降解系数 k 和生物富集系数 BCF 计算跨介质迁移量。若污染物在水体中的 BCF 大于 1000,则判定存在显著生物累积风险;当多介质暴露总量超过环境安全阈值时,系统风险值上升至中高等级。模型可通过 300 至 500 个实测点数据进行校正,提高结果的区域适用性。该方法能够综合反映污染物在不同生态系统间的耦合效应,为识别关键环节、制定综合防控方案及实施精准治理提供科学依据。

6 新型污染物环境风险防控与管理对策

6.1 污染源控制与排放监测体系建设

污染源控制与排放监测是新型污染物防控体系的核心环节,直接决定环境风险管控的有效性。工业领域应建立污染物源头清单管理制度,对化工、制药、塑料制造等行业的高风险原料和中间体实行全流程监管,禁止未经评估的化学品进入生产环节。污水处理厂需增加深度净化技术,如臭氧催化氧化、活性炭吸附与膜分离工艺,以使污染物去除率提升至 90% 以上。农业方面应推广控释肥料和低残留农药,减少面源污染输入量。排放监测体系应构建多介质、全天候、分布式的监控网络,监测点位应覆盖重点排放区和生态敏感区,占比不低于总排放源的 30%。通过数据采集与智能监控平台联动,可实现污染物排放的实时预警与趋势分析,形成“源头可查、过程可控、风险可评”的现代化污染防控模式,为精准治理和决策提供数据支持^[4]。

6.2 风险评估结果在环境管理中的应用

生态风险评估结果在环境管理中具有指导性作用,是制定分级管控策略与优化环境政策的重要依据。管理部门应将风险评估结果纳入环境规划体系,依据风险等级建立污染物优先控制目录,对风险商值超过 1 的物质实行重点减排与替代措施。企业排污许可制度可与风险评估结果挂钩,对高风险污染物设置动态许可上限,定期复核排放达标情况。评估结果还应应用于环境准入审查、建设项目环评及生态补偿机制中,确保环境风险在产业链各环节被系统识别与控制。通过数据共享平台,风险评估结果可与地方监管系统对接,

实现信息互通与联合预警。高风险区域可据此制定生态修复目标和污染负荷削减计划,提升治理的针对性与科学性。风险评估与管理实践的深度融合,将有效促进环境治理的量化、精细化和动态化发展。

6.3 完善法规政策与公众参与机制

法规政策的健全与公众参与的强化,是实现新型污染物长效管控的制度保障。应修订和完善《固体废物污染环境防治法》《化学品环境管理条例》等相关法规,建立涵盖化学品生产、流通、使用、回收与处置全过程的监管体系。对高风险物质应实行强制环境影响评估与年度风险申报制度,对企业违规排放行为加大经济处罚与信用惩戒力度。政策层面应鼓励企业采用绿色替代材料与清洁生产技术,推动绿色供应链管理体系建设。政府部门可设立专项科研基金,支持高灵敏度检测方法与生态修复技术的研究与推广。公众参与机制应以信息公开、风险沟通和社会监督为核心,通过媒体平台、社区教育和环境志愿项目增强公众的风险意识与行动能力。形成政府主导、企业自律、社会监督的多元协同治理格局,是实现新型污染物防控体系可持续运行的关键途径。

7 结语

新型污染物的环境行为与生态风险问题日益凸显,已成为全球生态安全管理中的重要挑战。其复杂的迁移转化规律、隐蔽的生态效应以及跨介质的累积特性,使传统污染控制体系面临新的技术与管理瓶颈。通过构建基于暴露与效应的风险评估框架、完善多介质耦合分析模型、建立全过程监测与动态预警机制,可有效提升风险识别与管理水平。未来应强化源头治理与制度创新,推动绿色化学与清洁生产技术的应用,实现新型污染物从生成到排放的系统管控。多部门协同与公众参与将成为促进环境治理现代化和维护生态系统稳定的关键途径。

参考文献

- [1] 张俊杰.新型污染物环境监测技术的创新与应用研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(18):28-30.
- [2] 冯小娇.新型污染物对生态环境的影响及其治理策略研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(17):144-146.
- [3] 林兴桃,李爱英,王乐全,赵靖强,谢亚勃,白广梅.室内新型污染物测定的综合创新实验设计[J].实验室研究与探索,2025,44(07):153-157.
- [4] 亓玉军,满在民,吴笛,刘一飞.环境污染物监测用新型分子印迹聚合物的制备及性能评价[J].合成材料老化与应用,2025,54(03):22-24+100.