

试论环境监测在生态环境保护中的应用

贺晓燕 王喜琴 孙 源

宁夏回族自治区生态环境监测中心 宁夏 银川 750001

摘要：环境监测是生态环境保护的重要技术支撑，通过实时获取环境数据、评估污染状况、预警生态风险，为环境管理决策提供科学依据。本文从环境监测的基础性作用出发，系统梳理其技术体系与实践应用，分析当前面临的挑战，并提出未来发展方向。研究表明，环境监测技术的智能化、网络化与公众参与度的提升，将成为推动生态环境保护高质量发展的关键路径。

关键词：环境监测；生态环境保护；技术体系；实践应用；挑战与对策

引言：随着工业化和城市化进程的加速，全球生态环境面临严峻挑战，包括大气污染、水体富营养化、土壤退化及生物多样性丧失等问题。环境监测作为生态环境保护的“耳目”与“哨兵”，通过科学手段获取环境质量数据，为污染防治、生态修复和风险防控提供基础支撑。本文从环境监测的核心功能、技术方法、实践案例及未来趋势等维度展开论述，旨在探讨其在生态文明建设中的关键作用。

1 环境监测在生态环境保护中的基础性作用

环境监测是生态环境保护的基石，其核心功能与支撑作用贯穿于环境管理的全过程，为污染防治、生态修复和可持续发展提供科学依据与技术保障。

1.1 环境监测的核心功能

(1) 数据采集与污染源溯：环境监测利用物理、化学和生物方法，对水、大气、土壤等环境要素进行系统性采样与分析。例如，水质监测通过检测化学需氧量(COD)、氨氮等污染物浓度，结合GIS技术定位污染源(如工业废水排放口)；大气监测中，激光雷达、VOCs在线监测仪可实时追踪PM_{2.5}、二氧化硫等污染物扩散路径，为污染治理提供靶向依据。(2) 环境质量评估：监测数据是量化环境质量的关键工具。依据国家环境标准，监测结果可转化为AQI、水质类别等数值指标。例如，通过长期监测河流溶解氧、高锰酸盐指数等参数，可判断其是否达到Ⅲ类水标准，评估流域生态健康状况，为环境质量考核与生态补偿提供依据。(3) 风险预警与应急响应：环境监测的实时性使其成为突发事件的“第一响应者”。例如，化工园区气体泄漏监测仪可24小时监控有毒气体浓度，超标时联动应急预案。此外生态灾害预警(如赤潮)也依赖长期监测数据的趋势分析。

基金项目：宁夏回族自治区重点研发计划(2019BFG02020)资助

1.2 对生态环境保护的支撑作用

环境监测数据不仅是技术工具，更是环境治理决策的核心依据，其支撑作用体现在以下层面：(1) 政策制定的科学依据：环境监测数据为环境法规、标准的制定与修订提供基础支撑。例如，《大气污染防治行动计划》中“到2025年，全国地级及以上城市PM_{2.5}平均浓度下降18%”的目标，正是基于历史监测数据的趋势分析与区域污染特征研究。此外，环境容量测算、总量控制指标分配(如重点行业排污许可核定)均需依赖监测数据，确保政策目标可量化、可考核。(2) 企业监管的抓手：在线监测系统的普及使环境监管从“人防”转向“技防”。例如，重点排污单位安装的废水、废气自动监测设备可实时上传数据至环保平台，一旦超标即触发预警，执法部门可迅速介入^[1]。2021年生态环境部通报的某钢铁企业篡改监测数据案，正是通过数据比对与现场核查发现的违法行为。此类技术手段倒逼企业落实主体责任，减少偷排漏排。(3) 公众参与的桥梁：环境监测数据的公开透明是提升公众环保意识、推动社会共治的重要途径。例如，生态环境部每日发布的全国城市空气质量状况、重点流域水质月报等，使公众可直观了解环境质量变化。部分地区还通过“环保随手拍”“污染举报奖励”等机制，鼓励公众参与监督。这种“数据公开—公众监督—政府响应”的闭环模式，有效弥补了环境监管的盲区。

2 环境监测的技术体系与核心方法

环境监测技术的演进体现了从单一手段向多学科融合、从人工采样向智能化自动化的转变。当前，传统监测技术与现代技术的深度融合，以及智能化工具的广泛应用，共同构建了高效、精准的环境监测网络。

2.1 传统监测技术与现代技术融合

(1) 物理化学监测：物理化学方法通过仪器精准测

定环境要素的物理、化学性质，是污染物的“定量标尺”。例如水质监测中，pH计、溶解氧仪可快速测定水体酸碱度与含氧量；分光光度计、气相色谱仪用于检测重金属、有机污染物（如苯系物）浓度。大气监测中，紫外荧光法、化学发光法可实时分析SO₂、NO_x，精度达ppb级。此类技术成熟度高，但依赖人工采样与实验室分析，难以实现高频次、大范围监测。（2）生物监测：生物监测通过生物响应评估环境质量，是化学监测的“生态补充”。例如，利用鱼类、蚤类急性毒性试验筛查水体毒性；分析底栖动物群落结构变化（如耐污种增加）反映水生态健康退化。土壤监测中，蚯蚓生存率、植物生长抑制率可间接指示污染程度。生物监测能反映污染物的综合生态效应，但结果易受环境波动影响，需结合化学数据综合判断。（3）遥感与无人机技术：遥感技术通过卫星或航空平台实现大范围、周期性监测。例如，多光谱卫星影像可识别森林砍伐、湿地萎缩；高光谱遥感反演水体叶绿素a浓度，指示富营养化。无人机则以灵活性弥补卫星重访周期长的不足，快速响应突发污染事件。例如，2020年长江口绿潮暴发期间，无人机航拍获取藻类分布图，为打捞决策提供空间定位支持。

2.2 智能化监测技术的应用

（1）物联网传感器网络：物联网传感器通过微型化、低功耗设计，实现环境参数的实时、连续监测。例如，空气质量微站集成PM_{2.5}、O₃、温湿度等传感器，数据通过4G/LoRa网络上传至云端，形成城市空气质量“热力图”。土壤墒情监测站可长期追踪土壤水分、电导率变化，指导农业灌溉。此类设备成本低、部署灵活，但需解决电池续航、数据传输稳定性等问题。（2）大数据与AI分析：大数据技术整合多源监测数据（如气象、交通、企业排污），通过机器学习挖掘污染成因与传输规律^[2]。例如，利用随机森林模型可预测PM_{2.5}浓度时空分布，优化监测站点布局；深度学习算法可解析卫星影像中的污染源（如秸秆焚烧火点）。此外，AI还能辅助环境执法——通过分析企业用电数据与排污数据的关联性，识别偷排嫌疑企业。（3）区块链技术：区块链通过分布式账本与加密算法，确保环境数据的不可篡改与可追溯性。例如，企业排污数据上链后，监管部门、公众均可验证其真实性，防止数据造假。在碳交易市场中，区块链可记录碳排放配额的流转过程，提升市场透明度。

2.3 监测指标与评价体系

科学合理的监测指标与评价体系是环境监测结果转化的关键。（1）环境质量指标：环境质量指标以污染物浓度为核心，直接反映环境受污染程度。例如，AQI通过

整合PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂等6项污染物浓度，将空气质量划分为六级；COD、氨氮等指标则用于评价水体有机污染程度。此类指标具有标准化、可比性强的特点，但可能忽略生态系统的复杂性。（2）生态健康指标：生态健康指标从生态系统结构与功能出发，评估其可持续性。例如，植被覆盖度通过遥感影像解译获取，反映区域生态稳定性；物种丰富度通过样方调查统计，指示生物多样性水平；生态系统服务价值（如水源涵养、碳汇）则通过经济模型量化生态效益。此类指标更贴近生态保护目标，但数据获取成本高、计算复杂。

3 环境监测在生态环境保护中的实践应用

3.1 污染防治与生态修复

环境监测为污染治理提供靶向依据，助力生态修复精准施策。（1）大气污染治理：以京津冀区域为例，通过PM_{2.5}、O₃等污染物浓度实时监测与溯源分析，明确区域污染传输特征（如秋冬季重污染天气中区域传输贡献超50%）。基于监测数据，京津冀及周边“2+26”城市实施联防联控，动态调整工业限产、机动车限行等措施。例如，2022年冬奥会期间，通过激光雷达、走航监测车等设备锁定高污染排放源，推动空气质量达标率提升至98%，为重大活动环境保障提供了可复制经验。（2）水污染治理：黑臭水体治理中，水质监测与生态修复相结合。以苏州河治理为例，通过布设水质浮标站，实时监测COD、氨氮等指标，结合底泥疏浚、水生植物修复等工程，使水体透明度从0.2米提升至1.5米。太湖蓝藻治理则依托卫星遥感与现场巡测，动态调整引江济太调水方案，2023年蓝藻水华面积同比减少30%，保障了饮用水安全。（3）土壤污染修复：土壤污染监测为耕地安全利用提供科学依据。例如，全国“农用地土壤污染状况详查”通过采集11万个土壤样品，绘制污染风险分区图，推动轻中度污染耕地实施农艺调控（如调整种植结构、施用钝化剂），重度污染耕地则严格退出食用农产品生产。某省通过长期监测发现，某铅锌矿周边农田镉超标率达15%，后通过客土置换与植物修复技术，使土壤镉含量降低60%，实现耕地安全利用。

3.2 自然生态保护

环境监测技术为生物多样性保护与生态系统修复提供数据支撑。（1）生物多样性监测：红外相机网络已成为野生动物监测的重要工具。例如我国四川大熊猫国家公园通过布设3000余台红外相机，记录到大熊猫、雪豹等物种活动影像，结合栖息地植被覆盖度监测，评估生态廊道连通性^[3]。云南高黎贡山利用声纹监测技术，识别出200余种鸟类鸣叫，为生物多样性保护提供新手段。

(2) 湿地与海洋保护: 卫星遥感技术助力湿地与海洋生态监测。例如, 通过多光谱影像解译, 发现洞庭湖湿地2018-2023年围垦面积减少40%, 植被覆盖率提升25%; 在海洋保护中, 利用无人机与卫星数据监测南海珊瑚礁白化现象, 结合水温、酸化等环境因子分析, 指导人工礁投放与增殖放流, 使部分区域珊瑚覆盖率回升10%。

3.3 环境应急管理

(1) 突发污染事件响应: 2015年某港口爆炸事故中, 环境监测部门通过快速部署移动监测车、无人机等设备, 在72小时内完成事故区及周边30公里范围内氰化物、挥发性有机物等污染物浓度分布图, 精准划定安全隔离区, 避免次生灾害。(2) 长期风险评估: 核电站周边环境辐射监测通过固定监测站与移动巡测结合, 实现剂量率实时监控。例如大亚湾核电站周边10公里范围内布设20个自动监测站, 数据直传生态环境部, 近十年未发生超标事件, 为核电安全运行提供保障。

4 环境监测的挑战与未来发展方向

4.1 当前面临的挑战

环境监测在技术、数据与公众参与层面仍存瓶颈。

(1) 技术瓶颈: 新污染物(如微塑料、PFAS)监测方法尚不成熟, 现有技术难以实现痕量级检测与污染源精准溯源。(2) 数据共享不足: 生态环境、水利、农业等部门间数据壁垒突出, 监测数据分散存储、标准不统一, 导致资源重复投入与决策效率低下^[4]。(3) 公众参与度低: 环境监测信息公开机制不完善, 公众难以获取实时数据与污染预警信息, 社会监督力量未能有效转化为治理动能。

4.2 未来发展方向

环境监测需向“一体化、智能化、社会化”转型。

(1) 构建“天地空”一体化监测网络: 融合卫星遥感、

无人机巡测与地面监测站数据, 实现大范围、高频次、多要素动态监测, 例如通过高光谱卫星追踪赤潮暴发趋势。(2) 推动技术标准化与智能化: 开发低成本、高灵敏度的便携式设备(如微型水质传感器), 结合AI算法优化数据分析模型, 提升污染预警精度。(3) 加强公众参与: 通过移动应用开放环境数据接口, 开展公民科学项目(如社区噪声监测), 增强公众环境治理话语权。

4.3 全球环境治理协同

环境监测需突破国界限制, 推动跨国合作。(1) 跨国污染监测合作案例: 建立澜沧江-湄公河流域水质联合监测机制, 共享跨境污染数据, 协同制定减排措施。(2) 参与全球公约履约: 利用环境监测技术支撑《生物多样性公约》目标实现, 例如通过红外相机网络监测跨境野生动物迁徙廊道连通性。

结语

环境监测是生态环境保护的基石, 其技术进步与应用深化直接关系到生态文明建设成效。面对复杂的环境问题, 需持续创新监测技术、完善政策体系、强化国际合作, 推动环境监测从“数据采集”向“智慧决策”转型, 为建设美丽中国与地球命运共同体提供坚实保障。

参考文献

- [1]李振.环境监测在生态环境保护中的影响与发展[J].城市建设理论研究(电子版),2023(18):115-117.
- [2]孙秀慧,周玉燕,王文.浅谈生态环境监测技术对环境保护管理的意义[J].石河子科技,2023(03):51-53+69.
- [3]吴小宁,孙现红.环境监测在生态环境保护中的作用及发展措施探讨[J].皮革制作与环保科技,2023,4(09):39-41.
- [4]刘巍,冯馨.生态环境监测工作在生态环境保护中的重要性分析[J].低碳世界,2020,10(04):6-8.