

环境监测技术在环境工程管理中的应用与创新

周玲

威远县洪兴环保科技有限公司，四川 内江 642450

DOI:10.61369/EAE.2025020003

摘 要： 环境监测技术作为环境工程管理的核心工具，其科学性与创新性直接影响污染防治的精准性与可持续性。本文系统分析了环境监测技术的基础与发展现状，探讨了其在污染源监控、生态环境质量评估等领域的应用，并提出了智能化、数字化技术融合及新型监测技术创新路径。研究指出，物联网、人工智能与遥感技术的集成显著提升了动态响应能力，但设备成本高、数据标准不统一等问题制约了技术普及。通过完善政策法规、推动产学研合作及多技术融合，可构建“监测－治理－反馈”智能闭环，为全球环境治理提供“中国方案”。

关 键 词： 环境监测技术；环境工程管理；技术创新

Application and Innovation of Environmental Monitoring Technology in Environmental Engineering Management

Zhou Ling

Weiyuan Hongxing Environmental Protection Technology Co., Ltd., Neijiang, Sichuan 642450

Abstract： Environmental monitoring technology, as a core tool in environmental engineering management, plays a pivotal role in enhancing the precision and sustainability of pollution control efforts. This paper systematically analyzes the foundations and current development of environmental monitoring technologies, explores their applications in pollution source monitoring and ecological quality assessment, and proposes innovative pathways through the integration of intelligent and digital technologies. The study highlights that the integration of IoT, AI, and remote sensing technologies significantly improves dynamic response capabilities, while challenges such as high equipment costs and inconsistent data standards limit broader adoption. By refining policies, fostering industry-academia collaboration, and promoting multi-technology integration, a "monitoring-governance-feedback" intelligent loop can be established, offering a "Chinese solution" for global environmental governance.

Keywords： environmental monitoring technology; environmental engineering management; technological innovation

引言

全球气候变化与环境污染的叠加效应加剧了生态系统的脆弱性，环境监测技术作为环境工程管理的核心工具，其科学性与创新性直接关系到污染防治的精准性与可持续性。当前，我国正以《国家生态环境监测网络数字化转型方案》（环办监测〔2025〕8号）为纲领，推动监测体系向智能化、数字化跃升，通过“空－天－地”一体化网络实现污染溯源、风险评估与应急响应的全链条覆盖。2025年实施的23项国家生态环境标准（如《固定污染源废气 硫化氢的测定 亚甲基蓝分光光度法》），进一步规范了多污染物监测方法，强化了数据质量控制与标准化体系建设。技术创新与政策驱动双轮并进，例如物联网传感器实时采集、人工智能污染预测模型及遥感大范围监测，显著提升了环境管理的动态响应能力。在此背景下，系统性分析环境监测技术的应用瓶颈与创新路径，不仅有助于优化现有管理框架，更能为全球环境治理提供技术融合与标准互认的“中国方案”。

一、环境监测技术的基础与发展现状

（一）环境监测技术的基本概念与分类

环境监测技术通过系统化手段获取环境质量数据、识别污染

源并评估生态风险，核心功能包括数据采集、污染溯源及风险评估^[1]。传统理化监测采用物理仪器和化学分析；生物监测利用生物响应评估环境质量；遥感监测使用卫星、无人机等实现大范围环境参数捕捉；在线连续监测依托物联网与传感器网络实现污染物

实时监控与预警。近年来，随着技术的不断创新，环境监测技术逐渐向智能化、数字化方向发展，物联网、大数据、人工智能等新兴技术的融入，为环境监测带来了新的变革。

（二）国内外技术发展现状

发达国家在环境监测技术上高度集成与智能化，如美国 EPA 的全国智能监测网络和欧盟“哥白尼计划”的卫星部署。我国得益于政策与创新，在“十四五”规划中提出构建“天空地海”一体化监测网络，深度融合遥感、AI 与大数据技术。目前，我国已部署 7 颗环境监测卫星，建立超过 3000 个地表水、空气质量监测站点，并推进国产传感器研发、无人运维实验室及 AI 驱动的污染预测模型的应用^[2]。生态环境部计划于 2030 年前完成空气与地表水监测站的智能化改造，旨在降低运维成本并提升数据可靠性，强化区域联防联控与“三水统筹”。

二、环境监测技术在环境工程管理中的创新应用

（一）污染源监控与管理的创新应用

污染源监控借助物联网和传感器技术，实现了对工业废气、废水排放的实时在线监测，数据通过 5G 网络快速传输至监管平台，形成“监测－预警－整改”闭环，有效遏制超标排放。排污许可证制度结合数字化手段，将监测数据与企业排污许可信息深度整合，实现全生命周期管理，确保企业排污达标^[3]。大数据与人工智能驱动的污染溯源技术，通过对监测数据的深度分析，精准定位污染源头，为精准执法和污染治理提供有力支持，推动污染源管理向智能化、精细化发展。

（二）生态环境质量评估的创新应用

生态环境质量评估通过技术创新实现了动态、精准监测。水质监测方面，浮标式多参数分析仪结合光谱分析技术，实时获取水体污染物浓度，卫星遥感与无人机协同监测，突破复杂地形限制，实现全方位监测。大气监测中，高密度站点与移动走航车构建精细化网络，精准解析颗粒物组分与来源。生态质量评估利用高光谱遥感识别土壤污染，无人机获取植被与水土流失数据，为生态修复提供决策支持，推动评估向智能化、立体化发展^[4]。

三、环境监测技术的创新路径

（一）智能化与数字化技术融合

1. 物联网（IoT）与传感器技术的创新突破

物联网技术通过无线通信协议与分布式传感器网络，实现环境参数的全天候、多维度实时采集。纳米材料传感器的研发显著降低设备成本与能耗，例如石墨烯基气体传感器对 VOCs 的检测限达 ppb 级，且可集成于微型化监测终端，适应复杂工业场景。网络化监测系统通过边缘计算与云平台协同，实现数据清洗、异常值识别与预警信号自动触发。

2. 与大数据人工智能（AI）的深度集成

机器学习算法通过历史监测数据训练污染物扩散模型，卷积神经网络（CNN）结合气象与地理信息数据，可预测未来 72 小时

PM2.5 浓度空间分布，精度提升至 90% 以上。监测数据可视化平台依托 GIS 与三维建模技术，构建污染物时空动态图谱，支持污染源热力图层与减排方案模拟分析^[5]。深度学习驱动的污染溯源技术通过多源异构数据融合，解析工业区污染贡献率，精准识别污染排放责任。

（二）新型监测技术的开发

1. 生物监测技术的创新

环境 DNA（eDNA）技术通过提取水体或土壤中的游离 DNA 片段，结合高通量测序与生物信息学分析，实现鱼类、微生物等生物多样性的非侵入式快速评估，效率较传统调查方法提升 5 倍以上。微生物传感器利用基因编辑技术构建重金属响应菌株，例如表达荧光蛋白的工程菌接触镉离子后发光强度与浓度线性相关，检测限低至 0.1 $\mu\text{g/L}$ ，适用于矿区周边土壤污染的现场筛查。

2. 遥感与无人机技术的拓展

高光谱遥感通过纳米级光谱分辨率识别土壤中重金属元素的特征吸收峰，结合地统计学模型绘制大范围污染分布图，例如南方某矿区利用 Hyperion 卫星数据实现顽渍污染面积与迁移路径的精准刻画。无人机搭载激光雷达与多光谱相机，突破复杂地形监测限制，例如横断山脉地区通过无人机倾斜摄影构建三维地形模型，同步获取地表植被覆盖与水土流失动态数据，支撑生态修复工程选址决策。

四、技术应用中的挑战与优化路径

（一）技术瓶颈与问题

1. 监测设备成本高、维护难度大，制约技术普及

高端监测设备如高光谱传感器与在线质谱仪的单台成本超百万元，且需定期校准与专业运维，导致中小城市及农村地区部署率不足。例如，长江经济带部分水质监测浮标因电池续航短、抗腐蚀性差，年均维护费用占项目总预算 30% 以上。偏远地区网络覆盖不足进一步加剧数据传输与设备管理难度，制约实时监测效能。低成本替代技术如纸基传感器虽可检测重金属离子，但稳定性与精度难以满足长期监管需求，技术普惠性仍需突破^[6]。

2. 数据标准不统一，跨区域 / 部门共享机制缺失

环境监测数据因部门职能分割形成“信息孤岛”，例如气象、环保与水利部门对 PM2.5 监测的采样频率与算法差异，导致跨区域污染溯源模型误差率达 15%–20%。数据格式与传输协议缺乏统一标准，如欧盟采用 INSPIRE 标准实现多国数据互通，而我国省级监测平台仍存在 XML 与 JSON 格式混用问题，阻碍“全国一张网”目标实现^[7]。数据共享法律依据不足与隐私保护争议进一步削弱协同治理能力，例如跨省流域污染事件中应急数据调取耗时超 48 小时，延误决策窗口期。

（二）管理层面的优化策略

1. 完善政策法规与标准化体系

构建覆盖监测设备、数据质量与共享流程的全链条标准体系，例如生态环境部 2023 年发布的《生态环境监测条例》明确数据采集频率、精度及存储格式强制性要求^[8]。参考美国 EPA 的 QA/QC（质量保证 / 质量控制）框架，建立从实验室到现场监测

的全流程质控规范，要求企业在线监测数据与政府抽查结果偏差率低于5%。推动国际标准接轨，例如 ISO 14001 环境管理体系认证与我国排污许可制度的衔接，提升跨国企业监测数据互认度。

2. 推动产学研合作，加强技术成果转化能力

依托国家生态环境科技成果转化平台，定向匹配高校研发成果与企业需求，例如清华大学开发的微型化 MEMS 气体传感器通过中试基地验证后，量产成本降低60%。设立专项基金支持“监测技术－应用场景－商业模式”闭环验证，如江苏省环保集团联合南京大学建设的智慧监测创新中心，三年内孵化12项专利技术并应用于化工园区 VOCs 网格化监测^[9]。完善技术入股与知识产权分配机制，激励科研人员参与企业技改，例如某环保科技公司通过股权激励吸引院士团队，共同开发无人机载多参数监测模块，产品市场占有率提升至35%。

（三）未来发展方向

1. 多技术融合与系统集成

“空－天－地”一体化监测网络利用卫星遥感、无人机和地面传感器实现全域覆盖与多尺度分析。黄河流域生态监测系统整合高分卫星影像、无人机数据及地面水文站信息，结合 AI 算法预测水土流失风险，支持“智慧黄河”平台。多源数据融合技术弥补了单一手段的时空局限，如卫星捕捉大范围臭氧分布，地面传感器提供城市污染细节，三维建模重构污染物传输路径。此系统减少冗余设备，提升监测鲁棒性^[10]。至2025年，我国计划发射10颗生态环境监测卫星，建立全球领先的“一小时响应”应急监测体系。

2. 公众参与与环境监测的社会化服务模式创新

公民科学项目利用便携式检测设备和移动端 APP 降低公众参与门槛，如美国 AirNow 平台让民众上传 PM2.5 数据，补充官方监测网络。社会化服务模式推动监测技术市场化，第三方企业以 BOT 模式运营监测站点，政府依据数据质量付费，深圳市生态环境局招标建设的500个微型空气站年运维成本降低了40%。区块链技术如杭州“绿链”加密市民上传的水质数据，经交叉验证后用于治理决策。2023年，我国环境监测社会化服务市场规模超800亿元，民营检测机构占比达65%，形成技术研发、服务供给与政策反馈的良性循环。

五、总结

环境监测技术通过精准、实时的数据采集与分析，大幅提升管理效率，如污染物溯源模型和在线监测系统支持“一企一策”精准治污，助力京津冀 PM2.5 浓度十年下降57%。物联网、人工智能与遥感技术的融合形成了“技术驱动管理”模式，结合大数据的“数据赋能决策”，实现了从污染预警到治理评估的全链条闭环。跨学科协作如环境科学与材料学联合研发低成本传感器、计算机科学优化算法、社会学促进公众参与数据众包，对技术创新至关重要。国际间的经验和技术共享，例如欧盟“哥白尼计划”与我国“一带一路”生态环境监测合作，促进了全球化监测网络建设，推动跨境污染联防联控，共同追求可持续发展目标。

参考文献

[1] 王晓云. 计算机技术在环境监测信息管理中的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2017(4): 1.
[2] 庄浩. 消息中间件技术在 DTN 环境监测系统中的应用 [D]. 北京: 北京大学, 2012.
[3] 张立军. 生态环境工程技术创新与应用研究 [J]. 互动软件, 2020(5): 5641-5642.
[4] 刘明明. 环境监测技术在环境保护工程中的应用 [J]. 现代装饰, 2022(15): 1-3.
[5] 王丽娟, 葛景岗, 高士阳. 区块链技术在环境监测与工程管理中的创新应用 [J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(09): 67-69.
[6] 刘佳. 浅谈环境监测在环保工作中的重要性及实施措施 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2016(10): 00016-00016.
[7] 刘道香. 环境监测技术在环境保护中的应用分析 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023(1): 4.
[8] 陈秀康. 大数据背景下计算机技术在环境监测质量管理中的应用研究 [J]. 长江信息通信, 2024, 37(04): 115-117.
[9] 李惠雨, 宫宝涵, 马鸿志, 等. 物联网技术在环境工程领域中的应用研究 [J]. 资源节约与环保, 2019(2): 3.
[10] 朱泽楷. 探析环境监测在环境保护工作中的作用与创新 [J]. 工程与管理科学, 2020, 2(4): 89-90.