

生态环境治理现代化背景下生态环境监测数智化发展研究

陈璇璇

湖北省生态环境厅荆州生态环境监测中心 湖北 荆州 434000

摘要：生态环境治理现代化离不开精准高效的监测体系支撑，数智化监测作为技术革新与治理升级的融合产物，成为突破传统监测瓶颈的核心路径。本文立足治理现代化需求，系统解析数智化监测的内涵与特征，梳理数据感知、传输、分析全链条关键技术的应用现状，深入剖析当前面临的数据共享壁垒、应用成本过高等现实挑战。基于此，从标准制定、技术研发、制度建设及公众参与维度提出针对性对策，为构建技术先进、制度完善、应用广泛的数智化监测体系提供思路，助力实现生态环境治理的精准化、协同化与智能化，推动生态文明建设向纵深发展。

关键词：生态环境治理现代化；数智化监测；技术赋能；制度创新

引言：在生态环境治理迈向现代化的进程中，精准、高效的监测体系是关键支撑。传统监测方式受限于人力与技术，难以满足当下复杂多变的治理需求。数智化监测作为新兴力量，融合物联网、大数据等前沿技术，构建起“感知-传输-分析-应用”的闭环系统，为治理工作提供科学依据。然而，其发展并非一帆风顺，数据、技术、安全等方面挑战重重。本文深入探讨数智化监测内涵、技术、挑战与对策，助力生态文明建设。

1 生态环境监测数智化的内涵

1.1 数智化监测的定义

生态环境监测数智化是生态环境治理与数字技术深度融合的成果。它在大气、水、土壤、生物等环境要素治理中，综合运用物联网、大数据等现代信息技术，进行全周期、多维度、智能化监测管理。通过部署自动化监测设备，实现环境数据实时采集传输，再借助大数据平台与AI算法模型深度挖掘处理数据，转化为决策依据。与传统方式不同，它构建“感知-传输-分析-应用”闭环系统，精准感知、高速传输存储数据，揭示污染成因、预测生态变化，为治理工作精准支撑，实现从“数据呈现”到“决策支撑”转化，推动治理现代化。

1.2 数智化监测的核心特征

数智化监测依托技术创新呈现出四大核心特征，共同构筑其区别于传统监测的独特优势。一是全维度感知性，通过地面传感器、无人机、卫星遥感等多元设备协同，实现从微观污染物到宏观生态系统的全方位监测，打破空间与时间对监测范围的限制。二是实时动态性，借助5G、工业以太网等传输技术，监测数据可在秒级内完成采集与上传，结合动态分析模型实现对污染事件的

即时响应，替代传统监测的滞后性反馈^[1]。三是智能决策性，通过机器学习算法对海量数据进行深度挖掘，能够自动识别污染源头、预测污染扩散路径，为治理行动提供精准指引。四是协同联动性，数智化监测平台可实现跨部门、跨区域数据互通，推动监测资源整合与治理行动协同，契合生态环境治理现代化的协同性要求。

2 生态环境监测数智化的关键技术与应用

2.1 数据感知与采集技术

数据感知与采集技术是数智化监测的基础，其核心作用是实现环境要素的精准、自动捕捉，当前已形成“空天地一体化”的采集网络。地面层面，智能传感器实现对PM2.5、COD、土壤重金属等指标的连续监测，部分新型传感器可耐受高温、高湿等极端环境，适用于工业园区、矿区等复杂场景。空中层面，无人机搭载高光谱成像设备，可快速排查面源污染区域，精准识别秸秆焚烧、污水偷排等违法行为，大幅提升监管效率。空间层面，环境卫星通过遥感影像反演大气污染物浓度、水体叶绿素含量等数据，实现大范围生态环境状况的宏观监测。这些技术的应用彻底改变传统人工采样的局限性，使监测数据更具代表性与连续性，为后续数据应用奠定坚实基础。

2.2 数据传输与存储技术

数据传输与存储技术承担着数智化监测“数据通道”与“数据仓库”的核心职能，确保海量监测数据高效流转与安全留存。传输环节以5G技术为核心支撑，其低延迟、大带宽特性满足实时监测数据的传输需求，配合边缘计算技术可实现部分数据的本地快速处理，减少传输压力。针对偏远区域网络覆盖不足的问题，采用卫

星通信与物联网技术相结合的方式，保障监测数据不中断传输。存储环节则依托分布式数据库与云计算技术，构建弹性扩展的存储系统，既能容纳每日产生的PB级监测数据，又能通过数据分片存储提升访问效率。同时，数据加密技术贯穿传输与存储全过程，采用AES加密算法与访问权限分级机制，防止数据被篡改或泄露，保障监测数据的安全性与完整性。

2.3 数据分析与智能决策技术

数据分析与智能决策技术是数智化监测的核心引擎，实现监测数据向治理价值的转化。在数据分析层面，通过大数据挖掘技术对多源监测数据进行关联分析，可识别污染排放与环境质量变化的内在规律，例如将工业企业排污数据与区域空气质量数据联动，精准定位重点污染源^[2]。人工智能算法的应用进一步提升分析能力，机器学习模型可通过训练历史数据，实现对重污染天气、水体富营养化等环境问题的预测预警，为提前部署治理措施提供时间窗口。在决策支撑层面，智能决策平台将分析结果转化为可视化报告与具体行动建议，例如针对污染事件自动生成应急处置方案，明确管控范围与治理措施，推动治理决策从“经验判断”向“数据驱动”转变，大幅提升生态环境治理的精准度与效率。

3 生态环境监测数智化的挑战

3.1 数据孤岛与标准不统一

数据孤岛与标准不统一已成为制约数智化监测效能发挥的首要瓶颈。当前生态环境监测数据分散存储于环保、水利、农业等多个部门，各部门基于自身管理需求构建监测系统，缺乏统一的数据共享机制，导致数据难以跨领域联动分析。部分区域甚至存在同一监测指标采用不同采集方法的情况，进一步加剧数据整合难度。标准不统一问题体现在数据格式、技术参数、质量评价等多个维度，例如不同厂家的传感器输出数据格式各异，需要额外进行格式转换才能纳入统一分析平台，增加数据处理成本。这种碎片化状态使得数智化监测难以形成全域覆盖、协同联动的优势，无法为跨区域、跨领域的生态环境治理提供完整数据支撑。

3.2 技术成本与基层应用能力不足

技术成本过高与基层应用能力不足形成的“供需错位”，严重阻碍数智化监测的普及推广。一方面，数智化监测设备前期投入较大，高精度传感器、智能分析平台等核心设备与软件的采购成本，以及后期维护费用，对经济欠发达地区构成较大压力。部分先进技术依赖进口，进一步推高应用成本，导致区域间数智化监测发展不均衡。另一方面，基层环保部门技术人才匮乏，现有

工作人员多熟悉传统监测流程，缺乏数据建模、算法优化等专业能力，难以充分发挥数智化平台的功能。部分基层单位即便配备先进设备，也仅用于基础数据采集，无法实现数据的深度分析与智能应用，造成技术资源浪费，制约数智化监测价值的充分释放。

3.3 隐私保护与数据安全风险

数智化监测的大规模应用带来显著的隐私保护与数据安全风险，成为不可忽视的现实挑战。数据采集环节，部分监测点位设置在企业厂区、居民周边，可能涉及企业生产数据、居民生活环境信息等敏感内容，若缺乏规范的采集边界与隐私保护机制，易引发信息泄露问题。数据传输与存储过程中，网络攻击、系统漏洞等安全隐患可能导致监测数据被篡改、窃取，不仅影响治理决策的科学性，还可能被不法企业利用规避监管。当前相关法律法规仍存在完善空间，数据安全责任划分不明确，部分监测平台缺乏必要的安全防护技术，难以应对日益复杂的网络安全威胁。这些风险不仅制约数智化监测的信任度，还可能引发社会矛盾，阻碍其健康发展^[3]。

4 生态环境监测数智化发展研究对策

4.1 制定国家数智化监测标准体系

破解数据碎片化难题，需从顶层设计入手，构建统一、科学的国家数智化监测标准体系。由生态环境部门牵头，联合科技、水利、农业、气象等相关部门，成立跨领域标准制定工作组，统筹协调各方资源，明确数智化监测的技术规范、数据格式、质量要求等核心内容。针对大气、水、土壤、噪声等不同环境要素的监测需求，制定统一的指标定义与采集标准，例如明确PM2.5、COD、重金属等关键指标的检测方法、精度要求及频次，确保同一指标在不同区域、不同部门的监测数据具有可比性。同时，建立数据共享接口标准，强制要求各部门监测系统开放标准化数据接口，并纳入国家生态环境监测大数据平台统一管理，实现数据的实时汇聚与整合。此外，需建立标准动态更新机制，结合技术发展（如量子传感、区块链）与治理需求（如碳达峰、碳中和目标），定期修订完善相关标准，确保标准的科学性与适用性。通过标准化建设，为数据跨部门、跨区域共享提供制度保障，从根本上打破“数据孤岛”，提升监测数据的利用效率与决策支撑能力。

4.2 低成本传感器与AI模型轻量化研发

缓解技术成本高与基层应用能力不足的矛盾，需聚焦核心技术的本土化、低成本研发。一方面，加大财政科研投入，支持高校、科研机构与企业开展产学研合作，聚焦低成本、高精度传感器的研发，突破核心元器

件（如激光雷达芯片、高灵敏度电化学传感器）依赖进口的瓶颈。例如，通过机电系统（MEMS）技术缩小传感器体积，降低材料成本；采用纳米材料提升传感器抗干扰能力，延长使用寿命。另一方面，针对基层应用需求，研发AI模型的轻量化版本，简化操作流程，降低对操作人员专业能力的要求。例如，开发一键式数据分析工具，将复杂的算法封装为可视化界面，使基层工作人员通过简单培训即可完成数据采集、分析与上报。此外，开发模块化数智化监测设备，支持根据不同区域监测需求灵活组合功能模块（如同时监测空气质量与噪声），避免功能冗余导致的成本浪费。同时，建立技术成果转化平台，通过试点示范、政府采购等方式加快科研成果的产业化应用，推动数智化监测设备与技术的普及，缩小区域间发展差距^[4]。

4.3 建立数据共享激励机制与安全法规

完善制度保障体系需双管齐下，既推动数据共享又强化安全防护。首先，建立数据共享激励机制，将数据共享情况纳入相关部门绩效考核指标，对积极开放数据、参与数据协同分析的单位给予政策倾斜（如优先申报科研项目、增加财政补贴）与资金支持。同时，明确数据共享边界，划分公共数据（如空气质量、水质公开信息）与敏感数据（如企业排污数据、个人健康信息），对敏感数据进行脱敏处理，平衡数据共享与隐私保护需求。其次，加快出台数智化监测数据安全专项法规，明确数据采集、传输、存储各环节的安全责任主体，规定安全防护技术标准（如数据加密强度、入侵检测频率）。要求监测平台配备数据加密、访问控制、入侵检测等安全设施，定期开展安全风险评估与漏洞排查，建立数据安全应急处置机制（如数据备份、快速恢复），确保监测数据安全可控。通过制度与法规的协同，提升数智化监测的公信力，为生态环境治理提供可靠的数据支撑。

4.4 开发便捷化数据工具与科普平台

推动数智化监测的全民化应用，需搭建公众参与的便捷渠道。一方面，开发面向公众的生态环境监测数据应用工具，以手机APP、微信小程序等形式，向公众实时推送空气质量、水质状况、噪声水平等监测信息，并

提供污染投诉举报入口，实现公众与监管部门的高效互动。例如，公众可通过APP上传污染照片或视频，AI自动识别污染类型并推送至监管部门，形成“发现问题-上报-处理-反馈”的闭环。另一方面，建立数智化监测科普平台，通过动画、短视频、在线讲座等通俗易懂的形式，普及数智化监测技术原理（如传感器工作机制、大数据分析流程）与应用成效（如污染溯源案例、治理效果评估），提升公众对生态环境监测的认知度与参与意识。另外，鼓励环保社会组织开展数智化监测科普活动，组织公众参与小型化、生活化的监测实践（如家庭空气质量监测、社区水质观察），形成“专业监测+公众参与”的良性互动格局。通过公众参与，凝聚生态环境治理的社会合力，推动治理模式向“政府主导、企业协同、公众共治”转型。

结束语

生态环境监测数智化是生态环境治理现代化的必然方向，虽面临技术、制度等挑战，却蕴含巨大治理升级潜力。其核心在于以技术赋能突破传统局限，而这需标准、技术、制度与公众参与协同共进。随着国家重视与创新推进，数智化监测将从“试点”走向“全覆盖”，从“展示”转向“释放效能”。未来，构建技术先进、制度完备、应用广泛的数智化监测体系，将为生态环境治理提供精准支撑，推动生态文明建设迈向更高水平，助力实现人与自然和谐共生的现代化愿景。

参考文献

- [1]张国娟,赵昕雅,朱洪密,等.生态环境治理现代化背景下生态环境监测数智化发展研究[J].中国资源综合利用,2025,43(7):212-214.
- [2]杨达,胡瑞竹.数据融通赋能数字政府绿色治理的逻辑机理与优化路径[J].探索,2024(6):100-111.
- [3]陈伟雄,李宝银,杨婷.数字技术赋能生态文明建设:理论基础、作用机理与实现路径[J].当代经济研究,2023(9):99-109.
- [4]魏斌,黄明祥,郝千婷,等.数字化转型背景下生态环境信息化建设思路与发展重点[J].环境保护,2022,50(20):20-23.