

人工智能在环境监测中的应用现状及发展趋势

郭媛媛

上海摩特威尔环境科技股份有限公司，上海 201602

DOI:10.61369/EAE.2025030011

摘 要： 随着生态环境保护需求的升级与人工智能技术的迭代，环境监测领域正经历从传统模式向智能化转型的关键阶段。人工智能凭借数据处理、模式识别与预测分析的技术优势，在环境监测的感知、分析、决策环节实现了突破性应用。本文通过剖析人工智能在环境监测领域的应用现状、核心优势及未来面临的挑战，并对其发展趋势展开前瞻性探究。旨在为人工智能与环境监测的深度融合提供参考，推动环境监测技术体系的现代化演进。

关 键 词： 人工智能；环境监测；智能感知；现代化监测体系

The Current Application Status and Development Trend of Artificial Intelligence In Environmental Monitoring

Guo Yuanyuan

Shanghai Mortwell Environmental Technology Co., Ltd., Shanghai 201602

Abstract： With the upgrading of ecological environmental protection needs and the iteration of artificial intelligence technology, the field of environmental monitoring is experiencing a critical stage of transformation from traditional models to intelligent ones. Relying on its technological advantages in data processing, pattern recognition and predictive analysis, artificial intelligence has achieved breakthrough applications in the perception, analysis and decision-making links of environmental monitoring. This paper explores the application status, core advantages, future challenges of artificial intelligence in the field of environmental monitoring, and conducts a forward-looking study on its development trends. It aims to provide a reference for the in-depth integration of artificial intelligence and environmental monitoring, and promote the modernization of the environmental monitoring technology system.

Keywords： artificial intelligence (AI); environmental monitoring; intelligent perception; modern monitoring system

引言

环境监测作为生态环境管理的基础支撑，需要识别可能对生态系统或公众健康有害的任何变化，因此，其技术水平直接决定了对环境质量的认知深度与管控效能^[1]。传统的环境监测技术包括统计分析、实验室分析和手动采样，这些方法存在成本高、程序繁琐和准确性差等局限性，已经无法满足当前日益复杂的环境状况。

近年来，人工智能技术的快速发展为环境监测突破瓶颈提供了新范式。其通过机器学习、深度学习等算法与传感器、遥感等技术的结合，实现了监测数据的智能采集、动态分析与前瞻预测，推动环境监测向“全域感知、精准解析、主动防控”转型。例如，江苏省水文水资源勘测局宿迁分局，通过引入人工智能技术，对河流进行远程感知与智能分析，实现了对水流的实时监测与精准预测，有效提升了水文状况预警的及时性和准确性^[2]。本文聚焦人工智能在环境监测领域的技术应用逻辑，梳理其在感知、分析、决策环节的具体实践；通过从技术赋能角度总结其对监测体系的优化作用；进而识别应用中存在的技术与非技术障碍；最后结合学科交叉趋势提出发展方向，为完善智能化监测技术体系提供思路。

一、人工智能在环境监测中的应用现状

人工智能在环境监测中的应用已形成“数据输入—处理分析—输出应用”的完整技术链条，其核心是通过算法模型对环境信

息进行深度挖掘与价值转化。

（一）智能感知与数据采集：技术融合下的监测网络升级

在环境监测的前端感知环节，人工智能与传感器技术紧密结合，构建起智能传感器网络。高精度传感器能够实时、海量地采

作者简介：郭媛媛（1996.12-），女，汉族，山西介休人，硕士研究生，助理工程师，研究方向：环境工程。

集环境中的各类参数，如大气中的温度、湿度、PM2.5 浓度、二氧化硫等污染物浓度，水体中的酸碱度、溶解氧、化学需氧量等水质指标，以及土壤中的重金属含量、养分含量等。例如，中国检验检疫科学研究院与杭州富集生物科技有限公司利用智能传感器技术可快速监测多项空气健康指标，能24小时在线监控并智能化处理，通过机器学习算法对传感器数据进行训练，使其能够自动识别并修正因传感器故障、外界干扰等因素导致的错误数据，确保了监测数据的真实性和准确性。顾雪冬等^[3]研究设计了智能感知与预测预警系统，能够实时监测水质状况以及预警潜在风险，并且通过测评验证了其监测数据的准确性和及时性。Boateng, D 等将先进的机器学习 (ML) 算法集成到柔性水凝胶传感技术中，以增强其数据处理能力并实现智能感知。无人机与卫星图像技术在环境监测中的应用也离不开人工智能的支持^[4]。无人机搭载高分辨率摄像头、多光谱传感器等设备，能够深入到复杂地形区域，进行低空、近距离的环境数据采集与图像拍摄。卫星则凭借其广阔的覆盖范围，实现对全球环境的宏观监测。人工智能图像识别算法可对无人机与卫星获取的图像进行快速分析，识别出森林覆盖变化、水体污染范围、土地利用类型变更等环境信息。例如，冯烈等学者通过夜间微光遥感与多光谱反演结合，精确地了解城市夜间光谱的特征和分布情况^[5]；周颖等通过比较远海 PPK 潮位测量技术与常规水位计潮位测量方法，验证了前者相关计算的准确性、精度和稳定性，分析表明其用于计算深度基准面等的精度满足要求，为确定深度基准面提供了可行方案^[6]。

（二）数据分析与处理：算法驱动的信息挖掘

环境监测过程中生成的海量数据承载着丰富的环境表征信息，但传统的数据处理范式在处理此类大规模、高维度且结构复杂的数据集时，其效能往往难以充分发挥。以东北地区平原型城市——吉林省白城市为例，利用机器学习构建空气质量重度污染预测模型，进一步加强了空气的日常管理。深度学习技术在环境监测数据处理中的应用日益广泛^[7]，尤其是，递归神经网络（RNN）及其派生的长短期记忆网络（LSTM）[16]，在时序性环境数据的处理任务中呈现出卓越效能。例如，利用 LSTM 网络对河流断面的水质数据进行建模，能够有效捕捉水质指标随时间的变化趋势，提前预测水质恶化风险，为水资源管理与污染防控提供及时预警。

（三）污染溯源与风险评估

准确追溯污染源是环境治理的关键环节。人工智能结合传感器网络、地理信息系统（GIS）等技术^[8]，能够实现对环境污染源的快速定位与精准识别。例如，通过分析大气污染物在不同监测站点的浓度分布、时空变化特征，利用反演算法和机器学习模型，逆向推导污染源的位置与排放强度。在水质污染溯源方面，基于水流模型与水质监测数据，运用人工智能算法模拟污染物在水体中的扩散路径，确定污染源的具体位置。在风险评估方面，人工智能通过对大量环境数据、社会经济数据以及历史灾害数据的综合分析，评估气候变化、环境污染等对人类生活和经济发展的潜在影响^[9]。例如，利用人工智能模型预测海平面上升对沿海地区的淹没风险，评估极端天气事件引发的洪涝、干旱等灾害对

生态系统和农业生产的破坏程度，为政府和企业制定科学的风险应对策略提供依据。

二、人工智能赋能环境监测的优势

相较于传统监测模式，人工智能技术通过重构数据处理逻辑与监测流程，展现出三方面显著优势。

（一）提升了监测的准确性与及时性

传统环境监测手段受限于人工操作、设备精度等因素，在数据采集与分析过程中容易出现误差与滞后。人工智能技术能够实时处理大量监测数据，通过对数据的深度学习与分析，及时发现环境参数的异常变化，准确识别环境问题。智能传感器网络可实现对环境的24小时不间断监测，一旦环境指标超出正常阈值，系统能够迅速发出预警，相比人工巡检与传统监测设备，大大提高了监测的及时性，为环境突发事件的应急响应争取宝贵时间^[10]。

（二）增强了监测的全面性与精细化

人工智能技术使得环境监测能够覆盖更广泛的区域与更多的环境要素。卫星与无人机监测借助人工智能图像识别技术，可对大面积的森林、草原、海洋等生态系统进行宏观监测，同时也能对城市中的微小污染源进行精细化识别。在水质监测中，通过对水体中多种污染物指标的综合分析，人工智能模型能够精准判断水体的污染类型与程度，实现对水环境的全面、精细化监测，为制定针对性的污染治理措施提供详细依据^[11]。

（三）降低了监测成本并提升工作效能

人工智能实现了环境数据的自动采集、处理与分析，减少了对大量人工的依赖，降低了人力成本。同时，智能化监测设备的维护与管理成本相对较低，且能够通过自我诊断与修复机制，减少设备故障时间，提高监测系统的运行效率。此外，人工智能算法能够快速处理海量数据，相比传统的数据处理方法，大大缩短了数据处理周期，提高了监测结果的产出效率，使得环境监测工作更加高效、经济。

三、人工智能在环境监测应用中面临的挑战

人工智能在环境监测中的深度落地仍面临技术适配性与系统支撑性两方面瓶颈。

（一）数据质量与安全问题

环境监测数据的质量直接影响人工智能分析结果的准确性。然而，在实际监测过程中，由于传感器故障、数据传输中断、人为干扰等因素，监测数据可能存在缺失、错误、异常值等问题。此外，环境监测数据涉及国家生态安全、公共利益等重要信息，数据安全至关重要。人工智能系统在数据存储、传输与处理过程中，面临着数据泄露、篡改等安全风险，如何保障数据质量与安全是人工智能在环境监测应用中亟待解决的问题。

（二）技术模型的适应性与可解释性

不同地区的环境特征、监测需求存在差异，现有的人工智能技术模型在应用过程中可能需要进行大量的本地化调整与优化，

以适应不同的监测场景。同时，许多人工智能模型，尤其是深度学习模型，具有较高的复杂性，其决策过程往往被视为“黑箱”，缺乏可解释性。在环境监测领域，对于一些关键的监测结果与决策，需要明确模型的推理依据与可靠性，如何提高技术模型的适应性与可解释性，增强用户对人工智能监测结果的信任度，是当前面临的重要挑战之一^[12]。

（三）专业人才短缺

人工智能在环境监测中的应用需要既懂环境科学知识又掌握人工智能技术的复合型专业人才。目前，我国在这方面的专业人才储备相对不足，传统环境监测领域的从业人员对人工智能技术的掌握程度有限，而人工智能领域的专业人员对环境监测业务的了解不够深入，人才短缺在一定程度上制约了人工智能技术在环境监测领域的广泛应用与深度发展^[13]。

四、人工智能在环境监测领域的发展趋势

针对上述挑战，未来发展需围绕技术融合、模型优化与人才培育形成协同推进路径。

（一）多技术融合与协同发展

未来，人工智能将与物联网、大数据、区块链、云计算等技术实现更深层次的融合，通过协同作用助推环境监测向智能化方向持续发展。物联网技术将实现更广泛、更全面的环境感知设备互联互通，为人工智能提供海量、实时的监测数据；大数据技术

为人工智能数据处理与分析提供强大的数据存储与管理能力；区块链技术可确保监测数据的真实性、不可篡改与可追溯性；云计算技术为人工智能模型的训练与运行提供强大的计算资源支持。通过多技术融合，构建更加完善、高效的智能化环境监测体系。

（二）模型优化与创新发展

随着人工智能技术的不断发展，针对环境监测领域的模型优化与创新将持续推进。一方面，现有的人工智能模型将不断优化，提高模型的准确性、适应性与可解释性。例如，开发可解释的深度学习模型，通过可视化技术展示模型的决策过程与关键特征，增强用户对模型结果的理解与信任。另一方面，新的人工智能算法与模型将不断涌现，以满足环境监测领域日益复杂的监测需求。如基于强化学习的环境监测决策模型，能够根据实时监测数据自动调整监测策略，实现更高效的环境监测与管理。

五、结论

人工智能技术为环境监测的现代化转型提供了核心驱动力，其在智能感知、数据解析、决策支持等环节的应用，显著提升了监测的精准性、时效性与系统性。尽管面临数据质量、模型适配、人才短缺等挑战，但通过多技术融合、算法创新与人才培育的持续推进，人工智能将进一步突破应用瓶颈，为构建高效、智能的生态环境监测体系提供关键技术支撑，推动环境监测学科向更高精度、更广维度发展。

参考文献

- [1] 张耀. 新兴环境监测技术在水质污染检测中的应用与前景 [J]. 中国轮胎资源综合利用, 2025(03): 77-79.
- [2] 黄诗淇, 叶文. 从蹲点监测到“无人值守” [N]. 中国水利报, 2022-08-11(008).
- [3] 顾雪冬, 赵倩. 水环境污染的智能感知与预测预警系统研究 [J]. 信息系统工程, 2025(04): 16-19.
- [4] 冯学智. 高空间分辨率卫星图像分割的新型技术研究. 江苏省, 南京大学, 2012-05-20.
- [5] 冯烈. 基于微光夜间遥感的城市光环境立体观测与多光谱反演研究 [J]. 硕士. 2024.
- [6] 周颖, 王瑞. 远海 PPK 测量潮位用于深度基准面计算的研究 [J]. 港工技术, 2022, 59(02): 23-26.
- [7] 沈宁. 基于数据驱动的智能电网光伏能源预测方法研究 [J]. 能源与环保, 2024, 46(11): 193-197+204.
- [8] 刘宇欣. 森林防火地理信息系统的构建与应用 [J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(01): 96-98.
- [9] 盘红玉. 地理信息系统在洪涝灾害防治中的应用 [J]. 西部探矿工程, 2025, 37(04): 111-113.
- [10] 唐思捷, 姜继平, 邱勇, 等. 人工智能赋能城市水环境管理的技术路径探讨 [J]. 中国给水排水, 2024, 40(16): 8-17.
- [11] 李艳琴. 人工智能技术在水污染治理领域的应用研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(15): 112-114.
- [12] 杨香传, 曹真子. 大数据分析在环境监测中的应用与挑战 [J]. 智慧中国, 2025(05): 114-115.
- [13] 倪优, 许向勇, 袁铭章, 等. 无人机在环境监测中的创新应用与前景展望 [J]. 中国资源综合利用, 2025, 43(04): 149-151.