

# 人工智能在污染源自动监控监管执法中的应用研究

余安满 陈晗 李金

云南省生态环境科学研究院

DOI:10.12238/eep.v8i2.2533

**[摘要]** 随着生态环境监管体系的持续深化,污染源自动监控技术逐渐向智能化方向发展。本文聚焦于DeepSeek等人工智能技术在污染源自动监控监管执法中的融合应用,分析其在数据采集、异常识别、趋势预测与执法决策等环节的技术路径与实际成效,指出深度学习模型在污染行为智能判别与执法辅助中的优势,探讨其在多源异构数据融合处理及实时动态响应中的能力提升。同时,从技术标准建设、平台联动优化与执法人员适应能力三方面提出推进建议,为污染监管体系的高效化、科学化提供理论支撑与方法指导,促进环境治理水平整体跃升。本文进一步结合实际案例,探讨DeepSeek技术在污染源监管中的试点应用,为技术的可实施性提供实证支持。

**[关键词]** 污染源监控; DeepSeek; 数据智能; 执法辅助; 环境治理

**中图分类号:** Q958.116 **文献标识码:** A

## Research on the application of artificial intelligence in the automatic monitoring, supervision and law enforcement of pollution sources

Anman Yu Han Chen Jin Li

Yunnan Research Academy of Eco-environmental Sciences

**[Abstract]** Abstract: As the ecological environment supervision system deepens, pollution source automatic monitoring technology is becoming intelligent. This paper focuses on the integration of DeepSeek AI technology into pollution source monitoring and law enforcement. It analyzes the technical processes and practical effects of this technology in data collection, abnormality identification, trend prediction, and law – enforcement decision – making. The advantages of deep learning models in pollution behavior identification and law – enforcement assistance are pointed out, and the enhanced capabilities in multi – source heterogeneous data fusion and real – time dynamic response are discussed. Moreover, suggestions are given on three aspects: technical standard construction, platform linkage optimization, and law – enforcement personnel's adaptability, to support the improvement of the pollution supervision system and promote overall environmental governance. Additionally, this paper explores the pilot application of DeepSeek technology in pollution source supervision through actual cases, providing empirical support for its implementability.

**[Key words]** pollution source monitoring; DeepSeek; data intelligence; law enforcement assistance; environmental governance

### 引言

污染源自动监控系统全天候实时采集排污单位生产和排放数据,为监管部门提供精准、及时的信息支持,已成为现代环境治理的重要基础设施。然而,传统系统面临数据量激增、污染行为隐蔽性增强及执法反应滞后等现实挑战,其运行效率和响应能力逐渐显现瓶颈。国务院办公厅《关于严格规范涉企行政检查的意见》明确要求“强化数字技术赋能,优化执法方式,确保执法监督精准高效,减少入企检查频次”。以DeepSeek为代表的人工智能技术,凭借其深度智能算法与多模态数据处理能力,逐

步嵌入污染源监管与执法流程,实现从信息感知到执法行动的自动闭环,推动监管模式从“人工经验驱动”向“数据智能驱动”转型,最终构建以智能分析、精准干预和快速响应的新型监管模式。

### 1 人工智能技术概述与污染源自动监控系统基本构成

#### 1.1 人工智能核心技术简述

人工智能作为以模拟、延伸和扩展人类智能为目标的交叉学科体系,涵盖机器学习、深度学习、自然语言处理、计算机视

觉与知识图谱等多个方向。深度学习以神经网络为基础，通过多层结构建模复杂数据分布关系，实现特征自动提取与自主决策能力。机器学习则通过算法迭代训练模型，从历史数据中挖掘规律，用于分类、预测与判别等任务。自然语言处理支持对文本命令和指令的理解与交互，提升系统的语义处理能力。计算机视觉赋能图像识别与目标检测，增强对动态场景的感知水平。知识图谱构建多维信息之间的逻辑连接，用以支撑推理和复杂场景判断<sup>[1]</sup>。

### 1.2 污染源自动监控系统基本构成

污染源自动监控系统由数据采集终端、通信网络平台、中央控制系统与数据分析引擎等多个模块构成。数据采集终端部署于污染排放设施关键节点，配置多参数传感器与摄像头，实现对废水、废气、固危废和生产工况的实时监测。通信网络通过有线与无线融合传输方式，将前端采集信息传输至监管平台，确保数据流畅、高频、稳定。中央控制系统负责设备状态监测、参数配置与远程调度，保障系统运行的连贯性与协调性。数据分析引擎集成统计处理、图形化展示与预警功能，实现对监测数据的综合处理与异常行为识别。

## 2 人工智能在污染源数据采集中的应用

### 2.1 多源感知与智能传感器的集成

污染源监控需精准感知多种类型污染物的排放行为，智能传感器的集成能力成为系统性能的核心支撑。借助人工智能算法对不同数据源进行融合处理，可实现过程参数、辅助参数、污染物监测数据等多参数的协同感知。传感器通过嵌入边缘计算芯片实现前端数据初步处理，有效降低系统负载并提升响应速度。在异构传感器信号整合过程中，AI算法能够自动校准数据误差，提高感知数据的准确性与一致性。多源感知技术与通信模块相结合，增强传感网络的灵活性与稳定性，适应复杂工业现场的部署需求。融合视觉、声音、常规气态污染物、废水、厂界无组织粉尘和噪声等的感知，系统具备更全面的污染识别能力。集成后的传感器网络在复杂环境下具备较强抗干扰与自适应能力，为后续数据分析与执法决策提供基础支撑。

### 2.2 数据异常识别与实时预警技术

污染源监测数据具有高频、高维、高噪声的特征，依靠人工智能技术实现自动化异常识别与快速预警已成为关键突破路径。基于深度学习的序列建模算法能够挖掘排放数据中的隐含模式，构建动态阈值模型，有效识别突发异常变化。卷积神经网络结合时序分析结构可对波动异常、突增数据进行实时判别，显著提升识别的准确率与灵敏度。系统可根据监测数据变化趋势进行自学习，动态调整参数，避免固定阈值带来的误判。通过建立污染源特征数据库，实现异常事件类型自动归类与风险等级判定。异常识别结果可直接触发多层次响应机制，联动执法平台、调度系统与预案库，实现预警信息的自动推送与现场干预建议生成。该技术路径有效强化污染排放行为的事前控制与主动监管能力<sup>[2]</sup>。

### 2.3 视频识别与图像分析辅助取证

在污染源自动监控中引入视频识别与图像分析技术可显著提升执法的实时性与取证的客观性。基于人工智能的图像识别系统可实现对排污现场烟气浓度、液体排放颜色变化、非法操作动作等视觉特征的自动捕捉与识别。通过部署高清摄像头并接入图像处理单元，系统能够进行目标检测、轨迹跟踪与行为分析，准确判断排放是否符合规范。深度学习模型能够训练识别不同场景下的典型违规图像，从而实现图像数据与传感数据之间的交叉验证。在图像存储与调取方面，AI技术支持高效标注与快速检索，形成结构化证据链。视频取证与时序数据叠加处理，可增强执法过程中证据的连续性与说服力，为监管部门提供直观、清晰且高可信度的执法依据，提升违法行为打击效果<sup>[3]</sup>。

## 3 人工智能在污染源数据分析与判别中的作用

### 3.1 模型驱动污染趋势预测方法

污染物排放过程具有非线性、波动性与时变性特征，依托人工智能构建预测模型有助于揭示其变化规律与演化趋势。基于循环神经网络与长短期记忆结构的预测模型能够学习排放历史数据中的时序依赖关系，对未来排放水平进行多步预估。融合多源环境变量与历史排放记录，构建多输入单输出预测结构，有效提升模型泛化能力与预测精度。引入注意力机制可突出关键影响因子的权重，增强模型对污染事件前兆的敏感性。深度学习则在模拟环境中不断迭代优化预测策略，使模型具备适应不同污染情景的能力。污染趋势预测结果不仅为企业提供排放调控依据，也为监管部门配置执法资源与制定干预策略提供量化支撑，推动污染防治由被动响应向主动管理转变。

### 3.2 机器学习在排放行为识别中的应用

在污染源监管中，传统规则识别手段因排放行为的复杂性、多样化和多源数据信息融合分析的复杂性存在显著局限性，基于机器学习的智能识别方法通过构建多维特征模型，以其自主学习与特征提取能力在行为识别中展现出显著优势。通过构建监督学习模型，依托历史排放数据、工况数据、督办数据、排污单位工艺等信息在模型训练过程中，采用向量机、随机森林与梯度提升决策树等算法，结合行业特性、区域分布、排放时空特征等关键因素，构建差异化识别模型，重点解析高耗能产业聚集区生产周期与排放强度的关联特征；对于分散式排放源，则强化地理空间分析与邻域排放对比，实现多维度特征的高效建模，能够保持较高识别准确率<sup>[4]</sup>。

以佛山市为例，通过部署DeepSeek-Energy模型对接1.2万家企业智能电表数据，训练LSTM神经网络识别异常用电模式。2024年3月，某陶瓷企业夜间用电量骤增30%但污染物监测数据正常，模型溯源发现其私自启用未联网备用燃煤锅炉，经执法核查避免SO<sub>2</sub>超标排放120吨。该案例验证了多维特征建模在破解“监测数据表面合规-实际违规”困境中的有效性。非监督学习方法（如DBSCAN聚类）可进一步识别区域共性违规模式，通过叠加企业地理位置与环境敏感点数据，构建动态区域排放基线。系统持续迭代的特征库更新机制，使模型对新型隐蔽违规行为（如短时排放突变）的识别灵敏度提升42%，为精准执法提供时空维度决策支撑。

### 3.3 多维度污染源分类与特征提取

在污染源监管实践中,不同类型污染源在排放结构、时序特性与空间分布上表现出显著差异,需借助人工智能实现多维度特征提取与精准分类。通过构建多模态数据融合机制,系统可整合污染物浓度、设备运行参数、图像信息与地理位置数据,提取污染源的综合作为特征。利用深度神经网络进行特征降维与模式提取,可增强模型对复杂特征组合的感知能力,提升分类准确性。分类任务中采用卷积结构与注意力机制相结合方式,有助于强化关键指标的表达效果。通过构建污染源画像模型,将污染源按行业类型、排放方式与风险等级进行细化分类,实现监管策略的差异化与精细化。分类结果还可作为数据分析与趋势预测的基础支撑,推动污染源监管由粗放管理向科学治理转型。

## 4 人工智能辅助执法决策与联动监管机制

### 4.1 违规行为智能判定模型构建

在污染源执法过程中构建高效的智能判定模型可实现对违规行为的自动识别与精准定性。通过集成传感器数据、图像信息、历史案例与企业运行记录,人工智能算法能够提取多维特征进行联合分析。模型采用监督学习训练方式,通过标注数据不断优化分类边界,提升对超标排放、偷排绕行等行为的识别准确性。引入逻辑回归与深度神经网络等多模型集成方法可增强模型的适应能力和稳定性。结合规则引擎与知识图谱,系统具备对复杂场景的逻辑推理能力,实现从行为特征到违规类型的闭环判断。模型运行结果可转化为执法依据,形成定量证据链条,提升执法精准度与公信力。该模型的持续迭代训练依赖于实时数据反馈机制,确保其在不同环境与新型违规模式下的有效响应与判定能力<sup>[5]</sup>。

### 4.2 执法路径优化与调度系统设计

人工智能驱动下的执法路径优化与调度系统可有效提升监管效率与现场反应速度。系统通过对污染源位置分布、风险等级、排放异常记录等信息进行空间聚类分析,构建覆盖面广、响应快的最优执法路线。结合深度强化学习算法,调度模型能够根据执法人员实时位置、任务执行进度及资源可用性进行动态路径优化,实现任务优先级智能调整与高效调度。任务分配模块综合考虑执法人员专业能力、当前任务负荷及所在位置,自动匹配最优任务执行方案,提升人力资源利用效率。调度系统具备多任务并行管理能力,可同时响应多个异常事件并优化资源配置,确保执法行动协调高效。系统集成移动终端与现场取证设备,实现任务接收、执行进度跟踪、现场反馈与证据回传的全过程闭环管理。路径优化与调度系统的部署强化了监管执行力,通过实时

任务调整与资源动态匹配,保障执法决策精准落实,形成统一指挥、高效协同的运行格局。

### 4.3 多部门信息联动与任务协同机制

污染源监管涉及生态环境、住建、水务、交通等多个职能部门,构建信息联动与任务协同机制对于提升执法效能具有重要意义。通过人工智能技术对多部门监管数据进行格式统一与语义融合,可打通数据壁垒,实现信息在不同系统间的无缝对接。以分布式数据库为支撑构建共享平台,系统可实时调用各部门监测数据、执法记录与应急资源信息,提升协同能力。任务协同机制依托事件驱动与角色权限管理模式,明确各方职责与响应流程,实现信息共享、资源联调与进度同步。人工智能算法支持对跨部门数据的联合建模与综合研判,提升对复杂污染事件的响应准确率。协同机制强化任务闭环管理,推动由碎片式监管向全流程联动转变,保障污染源执法行为系统化、高效化与专业化运行。

## 5 结语

人工智能技术在污染源自动监控与监管执法中的深度融合,正不断推动环境治理模式向智能化、精准化转型。通过数据感知、智能识别、趋势预测与决策辅助等多维手段,有效提升了监管效率与执法准确性。DeepSeek等先进算法在复杂场景下展现出强大适应能力,为构建高效、闭环、可持续的污染防控体系提供了技术支撑。未来需在标准建设、平台整合与人员培养等方面持续发力,推动智能监管体系稳定运行与迭代升级,构筑多层次、全链条的绿色监管新格局。

## 参考文献

- [1]马健.污染源自动监控系统在环境监管中的运用[J].中国自动识别技术,2024,(06):58-60.
- [2]刘旭东,苑鑫,冯砚明.企业污染源自动监控数据管理云平台的建设与应用[J].中国资源综合利用,2024,42(8):235-237+241.
- [3]梁祖星,黄燕.基于大数据的市域污染源智能动态管控系统[J].软件,2024,45(04):129-131.
- [4]周进.视频监控在污染源自动监控系统建设中的应用研究[J].环境与可持续发展,2021,46(05):157-160.
- [5]窦莹.污染源自动监测监控系统智能化探讨[J].皮革制作为与环保科技,2021,2(16):135-136.

## 作者简介:

余安满(1989--),男,汉族,云南省宣威市人,本科,工程师,研究方向:污染源管理、生态环境执法、环境风险管控。