

工业园区 VOCs 排放企业智能化监管的模式与路径研究

朱睿

(扬州市高邮环境监测站, 江苏 扬州 225600)

摘要 工业园区 VOCs 排放源具有数量多、组分杂、排放时段波动大且受气象条件影响明显等特征, 监管模式面临监测覆盖不全、响应滞后、协同不足等难点, 难以满足精准治污需求, 智能化技术为破解园区 VOCs 监管难题提供了有效支撑。本文剖析了工业园区 VOCs 排放特征与监管难点, 设计工业园区 VOCs 智能化监管模式, 以期为 VOCs 排放企业提供智能化监管路径参考, 进而推动工业园区绿色低碳转型、改善区域空气质量。

关键词 工业园区; VOCs 排放; 智能化监管; 风险分级; 闭环管理

中图分类号: X701

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.03.028

0 引言

随着工业化进程的推进, VOCs 作为大气污染的主要“元凶”, 其排放治理已成为大气污染防治工作的重要环节。工业园区是 VOCs 污染防控的重点区域, 园区内 VOCs 排放具有来源分散、组分复杂、排放强度大且时空变化的特点, 部分物质会增强大气氧化性, 还会产生恶臭, 对生态环境和人体健康造成双重危害。在此背景下, 探索工业园区 VOCs 排放企业智能化监管的模式与路径, 成为提升环境治理现代化水平的必然要求。

1 工业园区 VOCs 排放特征与监管难点分析

工业园区 VOCs 排放主要有以下特征: (1) 排放源多元且分散, 工业园区集聚化工、涂装、印刷等多个涉 VOCs 行业, 排放源涵盖企业生产装置有组织排放、原料储运无组织泄漏、废弃物处理散发等多种类型, 不同企业排放时段、强度差异明显, 增加了监管覆盖难度。(2) 排放组分复杂且毒性显著, VOCs 组分包含烷烃、烯烃、芳香烃等多种物质, 部分组分具有强氧化性和毒性, 易形成臭氧和 PM_{2.5}, 还会通过大气扩散影响周边生态环境与人体健康, 对监管的精准识别提出更高要求。(3) 排放浓度时空波动大, 受生产负荷调整、工艺切换、气象条件变化等因素影响, VOCs 排放浓度在不同时段、不同区域差异明显, 传统定点监测难以捕捉动态排放规律^[1]。

工业园区 VOCs 监管难点包含以下几个方面: (1) 监测体系不完善, 现有监测多聚焦企业有组织排放口, 对无组织泄漏、园区边界等区域覆盖不足, 且监测数

据碎片化, 难以形成全区域、全链条监管视角。(2) 响应处置效率低, 传统监管依赖人工巡查, 对超标排放、突发泄漏等事件发现滞后且缺乏快速溯源定位手段, 导致处置流程冗长, 污染影响范围扩大。(3) 协同监管机制不健全, 环保、园区管理、企业等多主体间信息互通不畅, 监管责任划分不清晰, 存在监管重叠或监管空白, 难以形成监管合力。

2 工业园区 VOCs 智能化监管模式设计

2.1 风险分级管控模式

构建风险评估指标体系, 涵盖企业生产规模、涉 VOCs 工艺复杂度、历史排放达标情况、治理设施先进性、周边敏感点分布等核心指标。采用层次分析法与模糊综合评价法相结合的方式, 对企业风险等级进行量化评估, 划分高、中、低三个风险等级。针对不同风险等级企业实施差异化监管策略: 高风险企业作为监管重点, 执行高频次在线监测、月度现场核查与季度专项审计, 强制要求安装高效治理设施并实时上传工况数据; 中风险企业实施常规监管, 每季度开展一次现场检查, 定期核查治理设施运行状况与排放数据; 低风险企业采用信用承诺与随机抽查相结合的监管方式, 降低监管频次, 减少对企业正常生产的干扰。结合企业日常监管数据、整改落实情况及工艺改造升级等因素, 每年度更新风险等级, 确保分级结果的时效性与准确性^[2]。

2.2 监测、预警、处置、复盘闭环监管模式

工业园区 VOCs 智能化监管应构建监测、预警、处置、复盘的链路, 把以往分散的在线监控、现场执法和企

作者简介: 朱睿(1984-), 女, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 环境监测、环境管理。

业自管串成一套可追溯的流程。监测以固定源在线监测、厂界/园界网格站、重点点位便携走航组合为主,实时采集 VOCs 浓度、风速风向、工况参数以及治理设施运行状态,形成企业排放与环境响应的关联数据^[3]。预警环节基于阈值触发与模型识别并行,当出现浓度突升、日内波动异常、治理设施停运或旁路迹象、数据缺失与漂移等情况时,系统自动分级报警并定位到企业、装置与时段,同时推送处置建议。处置强调分级响应、证据固化,一般预警由企业在规定时间内自查并上传工况记录、维修照片与处置结果,较大预警由园区监管平台远程核查并启动现场核验或联合执法,必要时采取限产、停产或应急治理等措施并将监测曲线、报警记录、视频与台账固化为电子证据。

2.3 网格化+联动协同模式

1. 按照地理区位、企业分布密度、污染风险等级等因素,将工业园区划分为若干基础网格与重点网格,明确各网格的监管责任人与职责边界,实现监管区域的精细化划分与责任全覆盖。每个网格配备专人负责日常巡查、数据核查与信息上报,整合网格内企业监测点、园区公共监测设备等资源,构建网格化监测网络,实时掌握网格内 VOCs 浓度变化情况。

2. 联动协同层面构建多维度协同机制,纵向打通园区管理机构、环保部门、属地政府的层级壁垒,建立分级响应与指令传达通道;横向联动应急管理、市场监管、公安等相关部门,明确各部门在 VOCs 监管中的职责分工,针对跨部门的复杂监管问题开展联合执法与协同处置。

2.4 信用评价与差异化执法模式

工业园区 VOCs 排放企业智能化监管应从“同一把尺子”转向“分级分类、精准执法”,以信用评价作为差异化监管的核心抓手^[4]。园区可构建企业环境信用评分模型,将排放强度与稳定达标情况、治理设施运行有效性、在线监测数据质量、台账完整度、异常报警处置及时性、历史违法记录与整改闭环等纳入指标体系,按月/季动态更新,形成 A(守信)、B(一般)、C(风险)、D(失信)四级清单。对 A 类企业实施“少打扰”监管,以远程巡检为主、抽查为辅;对 B 类企业保持常态化在线核查与季度抽查;对 C 类企业强化预警联动与重点时段驻点检查,限期提升治污设施稳定性和台账规范;对 D 类企业实行严监管与强约束,综合运用加密监测、突击夜查、依法从严处罚、联合惩戒与公开曝光等措施。实际执行中可按“信用等级决定基础监管强度、风险颜色决定临时加严系数”的原则联动,如出现橙/红风险时即使信用较好也触

发加密核查,实现执法资源向高风险企业倾斜,提升监管效率与震慑力。

3 工业园区 VOCs 排放企业智能化监管路径

3.1 建立企业端感知+园区端补盲的一体化监测布设路径

1. 企业端以全链感知为主,在有组织排放口优先布设在线监测或准在线监测,指标覆盖非甲烷总烃/总 VOCs 浓度、流量、温度、压力与含氧量等,并同步接入治理设施关键工况。对无组织排放强、波动大的工段结合车间微站、厂界点位与 LDAR 巡检数据形成点、线、面感知网络,数据以分钟级采样、5 分钟级上传为宜,通过边缘网关实现本地缓存、断点续传与异常自检,确保数据连续与可用。

2. 园区端“补盲”重点解决企业边界之外的扩散识别与跨厂影响,按主导风向在园区边界布设厂界/园界网格站,建议 300~500 m 尺度设置一处微型站,配套风速风向、温湿度与气压,形成污染羽流辨识的气象底座,在敏感点位(居民区下风向、学校、园区出入口、河道沿线)增加高频监测点,必要时配置小型 GC 或走航质谱用于组分指纹,对热点时段采用移动走航车和手持 PID/FID 巡检,结合无人机巡航对高空逸散和管廊泄漏进行快速定位,实现“固定站看趋势、移动监测找源头”。

3.2 打通台账、工况、治理设施、排放数据链的归集与治理路径

1. 数据归集先统一口径与编码。园区建立数据标准:企业/装置/排口/点位,明确 VOCs 指标口径、采样频率、数据单位与质控规则;接口层采用统一协议与 API,把在线监测、厂界微站、移动走航、视频门禁等数据汇入园区数据湖。同步设置数据分级与权限:企业自管数据、园区监管数据、执法证据数据分库分权。

2. 以生产批次、工单、换产事件为主键,把企业台账中的原辅料用量、溶剂含量、产量与工艺参数以及 PLC/SCADA 采集的实时工况绑定,再与治理设施运行数据联动。平台用规则引擎识别工况升高但治理负荷不变、治理停运而排放不降、阀位异常和浓度突升等旁路特征,将企业上传的维修记录、备件更换、照片视频自动归档,形成从异常发现到处置闭环的证据链。

3. 对采集数据开展 ETL 清洗、缺失补齐与异常剔除,设置完整率、连续性、漂移、突变与一致性校验;再基于多源融合生成可监管指标,如单位产量 VOCs 排放强度、治理设施有效运行率、报警处置及时率、无组织峰值频次、夜间异常概率等,形成企业风险画像与动态排名,做到来源可信、过程可复盘、结论可解释,让智能化监管真正落到执法与减排实效上。

3.3 构建异常识别、溯源定位、工单处置—复核销号的执法路径

1. 异常识别以规则触发、模型识别、人工校核三层联动为主。规则层对浓度突升、日内波动异常、数据缺失漂移、治理设施停运或旁路阀位异常、风量压差突变等设置阈值与组合规则，做到分钟级预警；模型层引入趋势预测与相似事件匹配，对“低负荷却高排放”“夜间异常高发”等隐蔽情形进行识别；人工层由园区监管人员对关键告警进行二次研判，排除校准、检修、极端气象等非排放原因，预警结果需同时输出异常类型、发生时段、关联装置/排口、可能原因与处置建议并自动固化证据包，确保执法有据可依^[5]。

2. 溯源定位坚持风场约束、多点比对、指纹识别组合路径。平台对齐园区网格站、厂界点位与企业排口数据的时间戳，叠加风速风向反推污染羽流，生成候选源区与企业列表；对候选企业进一步对比工况、治理设施运行与排放曲线是否同步，优先锁定“工况变化与浓度变化同向、治理参数反常”的目标，对争议事件可启动移动走航与便携检测复核，在下风向进行网格扫描，必要时增加组分指纹（如苯系物、酯类、酮类等特征）以区分行业源，为工单派发与现场检查提供路线图。

3. 工单处置实行分级派单、限时整改、复核销号、闭环追责。一般异常先派发企业自查工单，要求在时限内上传处置记录、维修更换证明、工况台账与复测数据，较大异常由园区平台联合执法工单介入，开展现场核验，核查旁路、吸附饱和、燃烧温度不足、集气罩破损、泄漏点等问题并依据证据依法处理。复核销号坚持双确认：系统复核数据回归正常且持续稳定一段时间，同时现场或第三方抽测复核通过，对反复触发、屡改屡犯的企业自动升级监管等级，纳入重点名单并启动联合惩戒，形成执法链条与案例库。

3.4 推行风险分级+差异化监管+第三方质控的长效运行路径

1. 风险分级以排放强度、过程风险、守法表现三类因子构建动态画像。排放强度关注单位产量VOCs排放、夜间峰值频次、无组织贡献度，过程风险关注工艺波动、溶剂使用量、储运装卸频次、治理设施类型与冗余度，守法表现关注历史违法、报警处置及时率、台账完整度、数据质量与整改闭环。园区将企业划分为蓝色（低风险）、黄色（较低风险）、橙色（较高风险）、红色（高风险），分级结果与监管资源挂钩，做到高风险多投入、低风险少打扰，把有限执法力量集中到问题企业、问题装置与问题时段^[6]。

2. 对蓝色（低风险）企业以远程巡检为主，减少现场频次，更多提供合规辅导与技改建议；对黄色（较

低风险）企业保持常态化线上核查与季度抽查，重点盯住换产、检修、夜间等敏感窗口；对橙色（较高风险）企业强化预警联动与驻点核验，要求制定专项整改计划并跟踪达标效果；对红色（高风险）企业实施加密监测、突击夜查与联合执法，依法从严处罚，并将监管结果与金融、招投标、评优评先等机制联动^[7]。所有检查均由平台工单驱动，做到有触发、有证据、有记录、有反馈，避免随意执法与重复检查。

3. 园区可引入第三方对在线监测与微站开展校准比对、零点漂移检查、标气核查与运维审计，对数据异常、校准超期、设备离线等出具质控报告并纳入企业信用评分。对重点企业与争议事件，第三方开展监督性监测与走航复核，提供独立证据支撑执法；同时对治理设施运行效果开展评估，如活性炭更换周期合理性、RTO燃烧温度与停留时间达标情况、集气效率与泄漏率抽检等，推动企业从“装得上”转向“用得好”。

4 结束语

工业园区VOCs智能化监管有利于提升环境治理能力，通过构建多元协同的监管模式与全链条实施路径，能够实现VOCs排放的精准监测、高效处置与长效管控，落实企业环保主体责任，推动园区污染治理提质增效，同时为工业园区绿色低碳转型提供有力支撑，助力改善区域空气质量。未来应强化数据共享与模型预警联动，完善在线监测、执法监管与运维考核闭环，推动治理效果可量化、可追溯、可持续。

参考文献：

- [1] 范启亮,陈或兴.挥发性有机物(VOCs)废气全过程监控系统设计[J].中国仪器仪表,2025(11):74-78.
- [2] 曾雅丽.污染源自动监控设施在大气VOCs排放监管中的应用与优化策略分析[J].皮革制作与环保科技,2025,06(18):65-67.
- [3] 郭军.化工企业挥发性有机物排放监管现状与改进[J].山西化工,2025,45(05):289-292.
- [4] 朱贵娥,汪志强,王福云,等.工业园区VOCs综合监管治理体系的研究与实践:以X县工业园为例[J].皮革制作与环保科技,2025,06(09):196-198.
- [5] 李卫东.化工行业挥发性有机物(VOCs)排放治理浅析[J].皮革制作与环保科技,2023,04(15):124-126.
- [6] 郭军.化工企业挥发性有机物排放监管现状与改进[J].山西化工,2025,45(05):289-292.
- [7] 王狄.工业园区安全生产管理中政府、企业与第三方监管协同机制研究[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集(一).乌鲁木齐高新区(新市区)工业园区管理办公室,2025.