

机动车尾气排放监测与监管模式创新研究

包 晗

天津市宁河区生态环境局 天津 301500

摘 要: 当前我国机动车保有量持续增长, 移动源污染成为大气污染重要来源, 传统尾气监测监管模式存在时效不足、数据失真、协同薄弱等诸多问题。本文系统梳理机动车尾气污染危害、现有监测技术与监管制度, 深度剖析行业现存短板及技术、制度、执行层面成因, 从技术升级、智慧监管、部门协同等维度提出创新路径, 完善配套保障机制, 为机动车尾气精细化治理与大气环境提质提供有力支撑。

关键词: 机动车尾气; 排放监测; 监管模式创新

引言: 生态文明建设背景下, 大气污染综合治理工作持续深化, 机动车尾气作为主要移动污染源, 严重破坏生态环境、危害群众身体健康。现阶段传统监测监管模式粗放滞后, 存在监管盲区、数据壁垒、闭环缺失等问题, 难以适配新形势下污染防治需求。基于现有监管体系与技术基础, 探索智能化、系统化的监管创新模式, 对提升移动源污染治理效能、巩固蓝天保卫战成果具有重要现实意义。

1 机动车尾气排放监测与监管基础概述

1.1 机动车尾气污染物构成与危害

(1) 核心污染物种类: 尾气中含氮氧化物(NO_x)、颗粒物(PM)、一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)等。 NO_x 在高温富氧条件下生成, PM主要来自燃烧不充分, CO与HC源于燃料未完全氧化, 各组分均具有较高化学活性与毒性。(2) 环境危害: NO_x 与HC在光照下生成光化学烟雾, PM_{2.5}加剧雾霾, 破坏大气氧化平衡, 影响区域气候与生态系统稳定性。(3) 民生危害: 污染物经呼吸进入人体, 诱发哮喘、支气管炎等呼吸系统疾病, PM及 NO_x 可进入血液循环, 增加心血管负担, 长期暴露降低城市居民生活质量, 尤其对老人、儿童及敏感人群构成持续健康风险^[1]。

1.2 现行尾气排放监测技术体系

(1) 传统监测技术: 年检上线检测采用底盘测功机与气体分析仪, 模拟工况测量排放浓度; 路检路查、人工抽检使用便携式分析仪, 在固定点位抽查行驶车辆, 原理可靠但效率偏低, 适用于定期检验与重点管控。(2) 新型智能监测技术: 遥感监测利用光谱吸收原理, 在道路两侧快速捕捉尾气特征浓度; 黑烟抓拍基于视频图像识别排放可见烟度; OBD远程在线监测读取车辆ECU实时排放数据; 大数据溯源监测融合多源数据, 识别高排放车辆与异常行驶区域。(3) 各类技术优劣对

比: 遥感、黑烟抓拍时效性强、覆盖面广, 但精度受环境干扰; OBD精度高、连续性强, 但依赖车辆接口与通信协议; 传统方法精准度高, 但成本大、频次低。需根据场景匹配选用, 形成互补。

1.3 现行尾气监管模式与政策依据

(1) 监管主体: 生态环境部门牵头排放检验与污染防治, 交通运输部门负责维修治理与营运车辆管理, 市场监管部门监督检验机构资质与计量, 公安交管负责路检执法与报废注销, 四部门联合形成闭环监管。(2) 核心监管制度: 机动车排放检验与维护制度(I/M制度)强制超标车进入指定维修站治理后复检; 差异化年检制度依据排放水平调整检验周期与频次; 超标车辆管控制度实施黄标限行、黑名单锁定、电子抓拍处罚, 限制高排放车上路。

2 机动车尾气排放监测与监管现状及现存问题

2.1 机动车尾气排放管控现状

(1) 机动车保有量与排放总量: 截至2025年底, 全国机动车保有量已超4.5亿辆, 其中柴油货车占比虽不足10%, 但其 NO_x 和PM排放贡献分别占机动车总排放量的70%和90%以上, 移动源已成为多数城市PM_{2.5}的首要贡献源, 减排形势依然严峻。(2) 监测工作开展现状: 全国已建成遥感监测站点约2000个、黑烟抓拍点位逾3000个, 年检机构覆盖所有县级行政区, OBD远程在线监测逐步在重型柴油车领域推广, 监测网络初具规模, 但城乡覆盖不均、设备利用率偏低等问题仍较突出。(3) 监管工作实施现状: 各地常态化开展路检路查与入户抽查, 定期组织柴油货车污染治理攻坚战等专项整治行动, 超标车辆处罚力度有所提升, 但处罚标准不一、执行弹性较大, 部分基层地区监管频次偏低、整改复查周期较长。

2.2 传统监测环节存在的核心问题

(1) 监测时效性不足: 现有年检上线检测为固定周期静态抽检, 车辆在实际使用过程中排放波动无法被捕捉, 脱离检测站点后, 超标车辆仍可长期违规上路, 形成“检测—排放”脱节的监管盲区, 无法实现实时动态管控。(2) 数据真实性欠缺: 部分检验机构受利益驱动, 存在降低标准、替车代检、擅自更改额定功率、人为干预检测曲线等违规操作, 甚至出具虚假合格报告, 严重侵蚀监测数据公信力, 干扰精准治污决策。(3) 技术适配性不足: 老旧站点仍使用过时底盘测功机和气体分析仪, 测量精度随设备老化持续下降; 遥感监测受气象、车流密度等因素干扰较大, 新型智能监测技术因标准未统一、资金投入有限, 在中小城市普及率偏低^[2]。

2.3 传统监管模式存在的突出短板

(1) 监管协同性不足: 生态环境、交通、公安、市场监管等部门各自承担部分监管职能, 但信息互不相通、执法行动缺乏统一调度, 多头管理导致责任边界模糊, 联合惩戒难以落地, 跨部门数据壁垒严重制约综合管控效能。(2) 监管精准度偏低: 当前仍以“人海战术”和固定点位抽查为主, 缺乏对高排放车辆的精准画像和动态追踪能力, 溯源手段落后, 无法精准定位超标车辆行驶热区和重点污染时段, 差异化靶向管控能力明显不足。(3) 监管闭环不完整: 现行体系普遍“重检测、轻整改、弱溯源”, 超标车辆在检测端被发现后, 缺乏强制性维修跟踪和整改验收机制, 部分车辆反复超标却未受实质性限制, 后续处置环节存在制度真空, 整体监管链条未能形成有效闭环。

2.4 问题成因深度剖析

(1) 技术层面: 监测数据尚未实现全链条数字化采集与互联互通, 跨品牌、跨平台设备接口标准不统一, 数据孤岛现象普遍存在, 智能化分析和预警能力不足, 数字化监测监管技术体系整体尚处于建设初期。(2) 制度层面: 跨部门协同治理缺乏法律层面刚性约束, 数据共享规则、联合执法程序、失信惩戒标准等配套制度尚未系统建立, 现有法规对检测造假等违法行为的惩处力度偏轻, 违法成本远低于违法收益。(3) 执行层面: 基层监管队伍编制有限、专业人员匮乏, 技术培训体系不健全, 现场执法依赖经验判断; 部分地区财政保障不足, 执法装备落后, 处罚程序繁琐, 导致执法频次和震慑力均难达预期, 政策落地存在明显衰减。

3 机动车尾气排放监测与监管模式创新路径

3.1 监测技术体系创新升级

(1) 构建“天地空”一体化监测体系: 系统整合地面固定年检线与移动式抽检设备、路边遥感监测站点、车

载OBD远程在线监控终端以及高空视频/无人机黑烟抓拍资源, 形成覆盖地面移动巡检、道路定点遥测、车载实时上传、高空全景监控的多层次立体监测网络, 实现对机动车实际行驶工况从启动、行驶到停驻全过程的排放动态感知, 有效突破单一监测手段在空间维度和时间连续性上的固有局限。(2) 引入AI智能监测与数据校验技术: 基于深度神经网络构建排放曲线异常识别模型, 自动捕捉替车检测、采样管路干扰、检测参数突变等典型造假行为; 同时嵌入多源异构数据交叉校验算法, 融合气象环境参数、车辆OBD实时流数据、遥感光谱吸收特征及历史检验档案, 进行跨维度逻辑自洽性审查, 从技术手段上大幅压缩人为操控空间, 切实阻断数据造假链条, 全面提升监测数据公信力与精准度^[3]。(3) 搭建统一监测数据平台: 制定覆盖各类监测设备的数据采集标准、传输协议及质量控制规范, 建设国家—省—市三级联动的机动车排放监测大数据中心, 实现年检数据、遥测数据、OBD远程数据、黑烟抓拍数据等多源信息的实时采集、自动清洗、智能归并与深度挖掘, 并面向各级监管部门提供标准化数据接口与可视化决策看板, 彻底打破信息孤岛, 为精准管控和科学决策筑牢数据底座。

3.2 智慧化监管模式创新构建

(1) 建立大数据精准监管模式: 依托统一平台汇聚的车辆排放浓度、行驶轨迹热力、维修频次异常度、检验历史一致性等多维特征变量, 运用聚类分析与异常检测算法构建单车排放数字画像和车队排放谱系, 精准锁定高排放车辆、高污染时段及重点管控区域, 推动监管策略从“广撒网”式粗放覆盖向“靶向发力”式精准施治全面转型, 显著提高问题发现效率。(2) 打造全链条闭环监管模式: 系统重塑业务管理流程, 建立“数据实时采集—平台智能预警—任务自动派发—现场执法处置—维修整改复核—溯源追责问责”六位一体全链条管理闭环, 实现超标事件从发现识别、任务生成、现场查处、整改验收到责任倒追的全程电子留痕与动态跟踪, 确保每个违规环节均有明确处置节点和责任人, 从制度设计上彻底杜绝监管断层和整改悬空。(3) 推行差异化分类监管模式: 依据车辆排放等级(绿标/黄标/无标)、使用年限、行驶里程累计及历史违章记录等指标, 运用风险矩阵模型将车辆划分为红(高风险)、黄(中风险)、绿(低风险)三级管控等级——对绿标低风险车辆减少行政干扰、推行便捷年检, 对黄标中风险车辆加大随机抽检比例与频次, 对红标高风险车辆实施重点布控、区域限行及强制维护制度, 实现有限监管资源的高效精准配置^[4]。

3.3 跨部门协同监管机制创新

(1) 搭建多部门数据共享机制: 依托统一数据平台, 系统制定生态环境、交通运输、公安交管、市场监管等部门间的数据共享清单、交换频率与接口标准, 建立定期批量推送与实时按需调用双模式数据交换通道, 全面打通车辆注册登记、排放检验、维修治理、违章处罚、报废注销全生命周期信息链路, 实现跨部门数据实质性互联互通, 从根源上破除长期存在的信息壁垒。

(2) 建立联合执法联动机制: 编制跨部门联合执法操作规程与权责清单, 明确各部门在信息通报、线索移交、联合路检、案件会商、处罚执行、整改验收等关键环节的具体职责分工与响应时限要求, 推行“线索互通、行动协同、结果互认”的一体化联合执法模式, 有效消除多头管理下的职能交叉、责任推诿和效率损耗, 整体提升协同监管执行力与执法震慑力^[5]。(3) 构建政企协同监管机制: 依法压实车企排放达标主体责任、检测机构数据真实责任、维修企业治理质量责任, 建立健全企业环保信用评价体系与行业禁入黑名单制度; 同时鼓励车企按标准开放OBD数据接口, 支持环保科技企业参与数据服务与模型开发, 引导行业协会开展自律监督, 形成政府主导、企业主责、社会参与、市场驱动的多元协同治理格局。

3.4 创新模式保障措施

(1) 政策制度保障: 加快制定出台机动车排放监测数据管理办法、跨部门信息共享实施细则及新型智能监测技术应用标准, 修订完善检验机构信用评价与失信惩戒条款, 明确数据造假、违规检测等行为的法律界定与处罚裁量基准, 确保创新模式各项举措有法可依、有章可循、违规必究。(2) 技术人才保障: 加大各级财政专项投入力度, 统筹推进老旧检测设备智能化改造与新型遥测、OBD监测装备规模化部署; 同步建立分级分类岗

位培训体系, 定期组织基层监管人员开展智能监测设备操作、数据分析研判、执法证据规范固定等专项技能培训与实战演练, 着力提升队伍专业化技术能力与法治素养。(3) 监督考核保障: 构建创新模式实施成效多维评估指标体系, 将监测数据质量合格率、高排放车辆精准检出率、闭环处置按期完成率、群众投诉满意度等核心指标纳入地方政府年度绩效考核; 实行月度工作通报、季度实施评估、年度综合考核制度, 对成效突出地区给予专项资金倾斜与政策激励, 对推进不力、问题频发、数据失真的单位实施约谈问责与限期整改, 切实保障各项创新举措真正落地见效。

结束语

本文系统分析了机动车尾气监测监管的现状与短板, 针对性提出技术、模式、机制多维创新方案, 搭建了智慧化、协同化、闭环化的新型监管体系。通过一体化监测网络、大数据精准管控与多部门联动机制, 可有效破解传统治理痛点。未来需持续完善配套政策与技术人才保障, 深化数字化、智能化转型, 不断优化监管模式, 持续提升机动车尾气污染治理科学化、精细化水平。

参考文献

- [1]王天友,刘书亮.重型柴油车远程OBD系统数据分析研究进展[J].能源环境保护,2023,37(04):61-68.
- [2]刘敏.AI技术赋能下机动车排放检验非现场监管创新研究[J].环境科学与管理,2025,50(02):132-136.
- [3]陈俊峰,周宇航.城市机动车尾气排放监测技术迭代与监管体系优化[J].环境监测管理和技术,2023,35(03):15-19.
- [4]赵鑫.双碳目标下机动车移动源污染协同监管模式创新[J].资源节约与环保,2022,23(09):102-104.
- [5]吴佳琪.基于多源数据的高排放柴油车精准监管技术研究[J].交通运输工程与信息学报,2024,22(01):89-95.