

5 存在问题与改进方向

5.1 面临的挑战

5.1.1 极端环境对监测设备的冲击

部分监测站点面临高温天气、凛冽严寒、强沙尘等极端气候,对智慧监测设备稳定性及耐用性形成严峻挑战。例如,部分区域地表温度可突破 50℃,高温易造成传感器元件老化、电路出现短路现象,引发数据采集的偏差直至设备停机。低温下电池续航水平降低,液态传感介质冻结成一体,极大干扰数据传输的连贯性^[4]。在沙尘天气频繁出现阶段,尺寸极小的沙尘颗粒易钻进设备里头,损耗机械部件、封堵进气口跟排水孔,让大气监测设备气体采样精度降低、水质监测设备传感器表面附着了污染物,令数据失去真实度。由实际运维给出的反馈,部分监测站点因沙尘进入引发的设备故障频次,极大拉高了运维成本,增添了数据维护难度。

5.1.2 技术应用能力短板

基层监测人员专业水平不高,成为智慧监测技术落地的关键阻滞。智慧监测体系牵涉物联网、大数据、人工智能等多领域技术,对操作人员开展数据处理、应用模型以及运维系统的能力要求较高。兵团基层的监测队伍中,部分人员知识架构陈旧,对新兴技术的学习接纳能力欠佳,难以驾轻就熟地操作智能化监测设备、读懂复杂的数据分析报告。在依靠机器学习模型进行水质变化预测时,操作人员因欠缺算法原理认知和参数调整能力,难以根据实际数据特征对模型做优化,造成预测结果出现偏差。

5.2 优化措施

5.2.1 强化设备适应性与运维保障

针对极端环境考验,应加大对可耐高温、抗酷寒、防尘防水监测设备的研发采购力度,跟科研单位、设备厂商一起合作。开发针对干旱沙尘地带的专属传感器,如采用纳米涂层技术加强设备防尘能力,优化散热及保温设计,提升对温湿度的适应性。搭建智能化运维管理平台,采用内置传感器实时监测设备的运行状态,采用物联网技术让设备故障信息自动汇报给运维平台,实现故障的迅速锁定与反馈。

制定分级检修制度,加大对重点区域监测设备的巡检次数,定时做好设备的清洁、校准以及部件替换工作,搭建设备备品备件仓库,保障故障设备能在极短时间内修复。开展“设备租赁+运维外包”模式的探索,招入专业技术团队开展设备运维工作,弱化基层运维压力,增进设备运行的平稳性^[5]。

5.2.2 加强人才培养与技术赋能

构建多阶段、长效性的人才培养体系,与高校、科研院所搭伙合作,开设智慧监测技术针对性培训课。涵盖物联网设备操作方法、大数据分析工具的实操手段、人工智能模型应用等核心技术。采用理论讲解跟实践操作相联合的途径,提升基层人员的技术实操水平。定期举办技术交流及案例分享的活动,邀约行业专家跟技术骨干交流经验,帮基层人员打开视野边界。订立内部技术创新奖励机制,推动监测人员开展技术应用新探索,如优化数据处理的工作流程、改进预警模型的设定参数等,采用远程技术支援体系,采用视频会议、远程桌面之类的技术,实现专家对基层监测工作的即刻指引^[6]。

6 结论

智能化监测技巧与即时预警系统的融合,对生态环境质量监管产生重要影响。凭借优化监测网络的排列布局、科学规划预警指标体系,在多种场景的实际操作中,做到对生态环境风险精准辨认与高效应对。随着生态环境系统错综演变,未来应持续推进监测技术的创新性突破,把人工智能、大数据分析等前沿技术加以融合,增强预警的精准度与及时性。增进跨区域、跨机构的数据共享及协同互动,完善预警应急机制,引导生态环境治理从被动应承向主动防控过渡,为守护翠影山川、促成生态持续前行提供技术支持。

参考文献

- [1] 张娜,刘茜,尹锴,等.基于RSEI的三峡库区乡村聚落生态环境质量动态监测[J].生态科学,2024,43(05):7-14.DOI:10.14108/j.cnki.1008-8873.2024.05.002.
- [2] 郑彩之,边振,桑国庆.基于遥感生态指数的济南市生态环境质量动态监测[J].生态科学,2024,43(05):175-182.DOI:10.14108/j.cnki.1008-8873.2024.05.020.
- [3] 柏婷婷.新时代生态环境监测质量控制分析[J].科技资讯,2024,22(16):222-224+228.DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2404-5042-2393.
- [4] 阮姗姗,付洁,韦江慧,等.生态环境监测质量管理信息化建设[J].实验室检测,2024,2(08):70-73.
- [5] 王超,安贝贝,张秀.重庆市生态环境智慧监测管理体系研究[J].环境监测管理和技术,2023,35(01):1-3+58.DOI:10.19501/j.cnki.1006-2009.2023.01.007.
- [6] 杨峰,李文青,周宁晖.探索构建生态环境治理新范式[J].群众,2020,(19):12-13.

Consideration on air pollution prevention and control management strategy in the digital era

Xiaokai Hao

Hebei Xianhe Environmental Protection Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

With the rapid urban development and deep integration of technology, air pollution control is transitioning from traditional “empirical management” to a data-driven intelligent governance model. Digital technologies have enabled more precise pollution source identification, enhanced treatment efficiency, and accelerated early-warning responses, breaking through limitations of manual monitoring, periodic analysis, and single administrative measures. This paper explores digital-driven approaches in air pollution control by reviewing existing implementation models. It proposes replicable and scalable management strategies focusing on collaborative governance, precision regulation, and real-time response mechanisms, aiming to support the development of smarter and more resilient urban environmental governance systems.

Keywords

Digital era; Air pollution control; Management strategies; Classification;

数字化时代下大气污染防治管理策略思考

郝晓凯

河北先河环保科技股份有限公司，中国·河北 石家庄 050000

摘 要

在城市快速发展且与科技紧密融合的情形下，大气污染防治正逐渐从传统的“经验式管理”迈向依靠数据驱动的智能化管理阶段。数字化手段的运用让污染源识别更为精准、治理过程效率更高、预警响应更加及时，突破了过去依靠人工监测、周期分析以及单一行政手段的限制，为环境治理增添了新的生机。本文基于数字化技术驱动的大气污染防治思路，梳理当下已落地的主要实践模式，尝试从协同治理、精准监管、实时响应等方面提炼出一套可复制、可以推广的管理策略框架，期望为构建更具智能、更具韧性的城市环境治理体系给予支持。

关键词

数字化时代；大气污染防治；类型；管理策略

1 引言

近些年来，大气污染早已不单单是环境领域的单个难题，其渐渐演变成涉及城市品质、公共健康以及社会治理水平的综合性挑战。传统的污染防治方式之多次陷入“反复治理、反复复发”的困境，而随着数字化工具逐渐融入城市管理场景，情形开始出现结构性的转变。如今基层环保人员在平台上可看到各类源项数据，技术人员也可以把空气质量预测精确到小时级别甚至更细微的区域，政策制定不再仅仅依靠定性判断，而是依靠一整套有数据支持的量化逻辑。在这个转型阶段里，怎样利用好技术红利、固定有效的路径，就成为接下来要认真思索的课题。

2 大气污染类型

2.1 还原型大气污染

还原型大气污染是传统工业发展所带来的主要污染类型之一，在燃煤集中且能源结构偏重高碳的大气环境中较为常见^[1]。此类污染的形成主要源于燃料燃烧过程中所排放出的含硫气体以及粉尘颗粒，在冬季静稳天气状况下极易滞留在城市低空层，形成刺鼻、压抑且能见度低的污染带。早年北方城市冬季供暖期间，这种污染出现的频率颇高，空气中含有大量二氧化硫、烟尘以及一氧化碳，混杂在低层大气中一般呈现出暗黄色或灰褐色的“烟雾感”。居民大多时候会感觉嗓子不适、眼睛发痒、鼻腔憋闷，而这类身体不适实际上就是在高浓度还原性气体作用下典型的刺激性反应。这种污染的一个特点是“靠低空沉积”，即它大多集中在人类活动区的近地层，由于大气扩散能力较差，一旦出现气温反转或者风力偏弱的天气，就会在短时间内迅速积聚，形成“闷罐效应”。

【作者简介】郝晓凯（1989-），男，中国河北邢台人，本科，从事大气污染防治改善研究。

2.2 氧化型大气污染

氧化型大气污染主要来源于城市机动车尾气排放、石油化工排污，以及现代城市大气中含氮、含碳污染物在阳光照射下所发生的光化学反应，与还原型污染不同，它的形成特性是依赖阳光及较高温度，更易在夏季或者晴朗炎热的午后出现。这种污染最为突出的表现是臭氧浓度异常升高，空气中弥漫着一种略带刺激性但相对不太容易被察觉的气味，不少人在这种天气状况下会出现呼吸加重、胸闷、眼睛刺痛等症状。氧化型污染在视觉上未必如灰霾那般明显，它的“隐蔽性”给防控带来更为复杂的挑战^[2]。在车流量大、建筑密集、植物覆盖少的城市区域，臭氧极易聚集并发生二次反应，形成以细颗粒物和光化学烟雾为主的污染团，影响人体呼吸系统深部，特别对老年人、儿童和慢性病患者而言更为不利。

3 大气污染来源

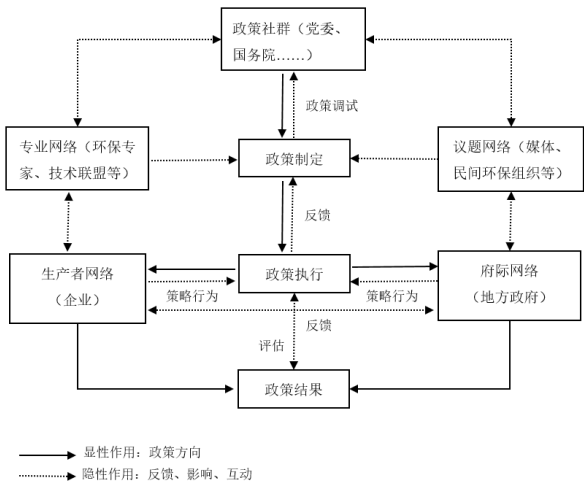
3.1 自然产生

自然生成的大气污染主要在地质、生物以及气象条件相互作用的情形下出现，并非由人类意志所决定。这类污染虽说在人类的认知当中显得更为“原始”，然而其形成的机制并非简单，反而大多时候呈现出强烈、突发且难以预测的特点。举例来讲，火山喷发会释放出大量含有硫的气体以及细小的粉尘，这些可迅速扩散到高空层并且在几百公里之外形成区域污染。沙尘暴一般在春季干旱的时候出现在干燥半干旱地区，从表面上看是由风力因素起主导作用，实际上和前期的土壤覆盖情况、地表裸露程度以及植被稀疏程度有着紧密的关联。这些沙尘被强风裹挟进入对流层之后，会顺着风向移动，对中远距离的城市造成短时间内极高的颗粒物冲击。与之类似的以及森林火灾、生物腐殖发酵、水体干涸产生的盐尘，这些现象本身尽管不受人为干预，但是一旦形成污染，便不有可控性，而且往往不受地理边界的限制，更难以判断责任的归属。

3.2 人为产生

工业生产排放、交通运输活动、建筑施工过程、农业生产活动以及居民生活里的能源运用，它们共同构建起了一张稳定且繁杂的污染网络。高温冶炼以及化石能源燃烧会排放出数量众多的二氧化硫、氮氧化物与颗粒物，汽车尾气持续排出碳氢化合物和一氧化碳，在城市扩张进程中建筑施工产生的扬尘直接使近地层的PM10浓度升高。在燃煤型能源结构状况下，冬季采暖阶段排放的激增量极易引发局部爆发式污染过程。以及不可忽视的是，当下许多污染源并非源自老旧设备，而是大量存在于日常生活诸多细节里“看不见”的扩散排放，像餐饮油烟的挥发、家庭车库中私家车的冷启动、高峰时段道路拥堵导致的怠速排气等，这些小源头加起来大多时候构成“多点密集型暴露”的典型特性^[3]。人为源的特性是管理对象清晰、调控路径明确，在政策干预与技术升级共同作用下有可控性和可预见性，然而因其以“系统性

习惯行为”的形式存在，要是缺少整体协调或者公众配合，往往会在局部部门控制取得成效的同时出现全局性“反弹”。

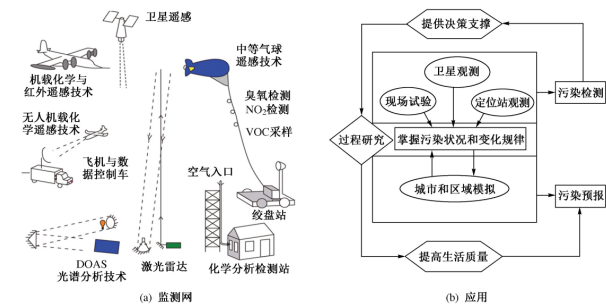


大气污染防治政策网络构成

4 数字化时代下大气污染防治管理策略

4.1 构建智能监测网络实时掌控大气污染动态

若要切实有效地把控大气质量的变化情况，首先需要构建起一个智能监测网络，该网络应有高精度、能实现广覆盖以及全时段运行的特点。此网络并非只是单纯地堆砌在线监控设备，而是要依据区域污染的具体特征以及功能定位，科学合理地安排固定监测站与流动监测终端，结合无人机航测、卫星遥感以及城市传感器所获取的数据，达成对颗粒物、臭氧、氮氧化物等关键因子的实时捕捉。监测所得到的数据应拥有秒级刷新速率，并且要与区域气象、交通、能源数据相互联通，形成空气质量的立体画像。这种多维度数据协同的方式，为监管部门提供了更为及时、准确的信息基础，也为污染趋势分析以及应急响应争取到了宝贵的处置时间窗口^[4]。建立在高度数字化技术支撑下的大气监测体系，不再依靠定期采样以及线下分析，而是借助系统自动识别变化、主动推送异常、动态比对历史图谱，达成全天候、全要素、全流程的动态管理。监测网络一定要有良好的数据自清洗能力、异常信号识别能力以及系统自检修复能力，防止因节点失灵或者数据延迟对整体运行效能产生影响。



大气污染监测网及应用