

大气污染环境监测与防治的协同机制研究

王 飞

泰州市兴化生态环境监测站 江苏 泰州 225700

摘 要:大气污染防治是一项复杂的系统工程,其成效在很大程度上取决于环境监测体系所提供的精准、实时、全面的数据支撑。然而,长期以来,监测与防治两大体系在目标导向、数据应用、技术标准和管理流程上存在脱节,形成了“测而不用、防而不准”的协同困境。本文旨在深入剖析这一困境的根源,并构建一个高效、闭环的“监测-评估-决策-行动-反馈”协同机制。研究指出,协同机制的核心在于打破信息壁垒,实现从被动响应式监测向主动预警式、靶向治理式监测的根本转变。文章系统阐述了该协同机制的理论框架,包括多源数据融合、污染溯源解析、动态情景模拟、智能决策支持等关键环节,并提出了完善法规标准、创新管理模式、强化科技赋能和促进多元共治等保障路径。研究表明,只有将监测深度嵌入防治全过程,才能真正实现大气环境管理的科学化、精细化和智能化,为打赢蓝天保卫战提供坚实的制度与技术保障。

关键词: 大气污染;环境监测;协同机制;污染溯源;智慧环保;精准治污

引言

21世纪以来,伴随经济与城市化快速发展,PM_{2.5}和O₃等复合型大气污染已成为制约我国高质量发展和危害公众健康的重大环境问题。国家相继出台“大气十条”和《打赢蓝天保卫战三年行动计划》,推动污染防治进入攻坚阶段。环境监测作为“眼睛”和“哨兵”,战略地位日益突出,已从传统点位手工采样发展为天地空一体化立体监测体系,产生海量、高维、实时数据,为解析污染成因和评估治理成效提供新机遇。然而,监测能力提升并未同步转化为防治效能,二者之间存在“最后一公里”鸿沟:一方面,大量监测数据未转化为可操作的治理指令;另一方面,防治决策缺乏精准数据支撑,仍依赖粗放式“大水漫灌”模式。这种监测与防治“两张皮”现象,严重制约空气质量改善的效率与可持续性。因此,构建监测与防治无缝衔接、深度融合的协同机制,成为当前环境治理体系现代化亟需破解的核心命题。

1 监测与防治协同的现状困境与成因剖析

尽管“以监测促防治、以防治验监测”的理念已被广泛认同,但在实际运行中,二者之间的协同仍面临多重障碍。

1.1 目标导向的错位

环境监测部门的核心职责是客观、准确地反映环境质量状况,其工作重心在于数据的“真、准、全”。而污染防治部门的核心任务是采取有效措施改善环境质量,其关注点在于措施的“快、准、狠”。这种内在目标的差异,容易导致监测工作偏重于满足考核达标要求,而对服务于精细化、差异化治理需求的动力不足;

反之,防治工作也可能因急于求成,而忽视了对长期、系统性监测数据的依赖,倾向于采用见效快但可能不可持续的行政手段。

1.2 数据应用的壁垒

这是协同困境最直接的表现。首先,数据孤岛问题突出。不同层级(国家、省、市)、不同部门(生态环境、气象、交通、住建)以及不同技术来源(国控站、省控站、微型站、企业在线监测)的监测数据分散在各自的系统中,格式不一、标准各异,缺乏有效的共享交换机制。其次,数据价值挖掘不足。原始监测数据需要经过复杂的处理、分析和解读才能转化为有价值的决策信息^[1]。目前,许多地方缺乏专业的数据分析团队和先进的分析工具,导致海量数据仅用于简单的趋势展示和排名通报,未能深入揭示污染成因、量化源贡献、预测未来变化。最后,数据到决策的转化链条过长。从数据产生到形成可执行的治理方案,中间环节繁多、流程冗长,难以满足对突发污染过程进行快速响应的需求。

1.3 技术标准的不统一

监测技术的飞速发展带来了设备的多样化,但相应的技术规范和质控标准却相对滞后。例如,低成本传感器因其部署灵活、成本低廉而被广泛应用,但其数据的准确性、稳定性和可比性尚存争议。如果这些数据未经严格校准和验证就被直接用于执法或决策,可能会导致误判。此外,监测指标体系与污染治理的重点之间也存在不匹配。例如,在O₃污染日益凸显的背景下,对VOCs(挥发性有机物)组分的精细化监测能力仍显不足,制约了对O₃前体物的精准管控。

1.4 管理流程的割裂

在组织架构上，监测与防治常常分属不同的业务板块，各自有独立的工作计划、预算和考核体系。这种物理上的分割，使得跨部门的沟通协调成本高昂，难以形成合力。在业务流程上，监测往往是周期性的、回顾性的，而防治则需要前瞻性的、动态调整的。二者在时间尺度和空间尺度上的不匹配，使得监测结果难以及时、有效地指导防治行动。

2 协同机制的理论框架构建

为破解上述困境，必须构建一个以“数据驱动、闭环反馈、智能决策”为核心的协同机制。该机制的本质是一个动态、自适应的系统，其核心逻辑是：通过高密度、多维度的监测感知环境状态，利用先进的模型和算法解析污染成因并预测未来趋势，进而生成科学、精准的防治决策，并通过高效的执行体系付诸行动，最后再通过监测对行动效果进行评估，形成完整的PDCA（Plan-Do-Check-Act）循环。该协同机制的理论框架包含以下四个相互关联的关键环节：

2.1 多源异构数据融合与质量控制

这是协同机制的基石。必须建立统一的数据接入、存储、管理和共享平台，打通各类监测数据的壁垒。运用大数据、云计算等技术，对来自国控站、区域站、微型站、走航车、卫星遥感、企业排污口在线监测等多源数据进行时空匹配、异常值剔除、交叉校验和融合分析，生成一张高时空分辨率、高可信度的“大气环境质量动态图谱”^[2]。同时，必须建立覆盖全链条的质量保证与质量控制（QA/QC）体系，确保所有进入决策流程的数据都具有法定效力和科学价值。

2.2 精细化污染源与成因解析

这是从“知其然”到“知其所以然”的关键跃升。依托融合后的高质量数据，综合运用受体模型（如PMF）、源清单、数值模式（如WRF-Chem、CMAQ）等多种技术手段，对污染事件进行精细化的溯源解析。不仅要回答“污染从哪里来”（识别主要排放源及其贡献率），还要回答“为什么来”（解析气象条件、化学反应、区域传输等非排放因素的作用）。特别是要加强对二次污染物（如PM_{2.5}中的二次无机盐、O₃）生成机制的解析，为制定针对性的前体物协同控制策略提供科学依据。

2.3 动态情景模拟与智能决策支持

这是协同机制的大脑。基于对污染成因的深刻理解，构建能够模拟不同减排情景下空气质量响应的动态模型。当预测到未来可能出现重污染过程时，系统可以

自动模拟多种应急减排方案（如对不同行业、不同区域采取不同程度的限产停产措施）的预期效果，并结合社会经济成本等因素，通过人工智能算法（如多目标优化、机器学习）推荐最优或次优的决策方案^[3]。这将极大地提升决策的科学性和前瞻性，变被动应对为主动防控。

2.4 闭环反馈与效能评估

这是确保协同机制持续优化的保障。任何防治措施实施后，都需要通过监测网络对其实际效果进行跟踪评估。通过对比措施实施前后的污染物浓度变化、源贡献变化等，可以量化评估措施的有效性，并识别出执行中的偏差或不足。这些评估结果不仅用于修正和优化当前的防治策略，更重要的是，它们会作为新的“学习样本”反馈给决策支持模型，不断训练和提升模型的预测与推荐能力，从而形成一个越用越聪明、越用越精准的良好循环。

3 协同机制的深化内涵与时代特征

在当前数字化转型和“双碳”目标的时代背景下，监测与防治的协同机制被赋予了更深层次的内涵和鲜明的时代特征。

3.1 从“静态”协同到“动态”协同

传统的协同更多体现在定期的数据通报和年度的治理规划上，是一种相对静态的模式。而现代协同机制强调实时性与动态性。依托物联网和5G技术，监测数据可以秒级回传，决策支持系统能够近乎实时地进行污染态势推演和风险预警，并触发自动化的应急响应预案。这种动态协同能力对于应对突发性污染事件和短时高浓度污染过程至关重要。

3.2 从“单要素”协同到“多要素”协同

过去的协同主要聚焦于常规污染物（SO₂、NO_x、PM₁₀、PM_{2.5}）的浓度数据。随着大气复合污染特征的日益突出，协同的范畴必须扩展至多要素、多介质。这包括将VOCs组分、温室气体（CO₂、CH₄）、有毒有害空气污染物（HAPs）等非常规监测数据纳入协同体系，实现常规污染物与非常规污染物、大气污染物与温室气体的协同监测、协同分析与协同控制，以应对气候变化与环境污染的双重挑战。

3.3 从“政府主导”协同到“多元共治”协同

协同的主体不再局限于政府内部的监测与防治部门。在开放数据的理念下，科研机构可以利用高质量的监测数据开展前沿研究，为政策制定提供新思路；企业可以通过获取自身及周边的环境数据，优化生产调度，履行环保责任；公众则可以通过便捷的信息渠道了解环境状况，参与监督举报。这种由政府、企业、科研机

构、公众共同构成的多元共治网络，极大地丰富了协同的内涵，提升了治理的韧性与合法性。

3.4 协同机制与“双碳”目标的深度融合

“减污降碳”已成为国家战略。大气污染物与温室气体同根同源，协同机制天然具备支撑“双碳”目标的潜力。通过构建融合了大气污染物排放清单和温室气体排放清单的综合数据库，并利用耦合了大气化学与碳循环过程的模型，协同机制可以精准识别出既能有效减排大气污染物又能显著降低碳排放的“协同控制区”和“协同控制源”，为制定成本效益最优的减污降碳协同增效路径提供科学导航。

4 协同机制的实施路径与保障措施

将上述理论框架和时代内涵转化为现实生产力，需要一系列强有力的、系统性的保障措施。

4.1 完善法规与标准体系

从顶层设计上明确监测与防治协同的法律地位和责任边界。修订相关法律法规，强制要求污染防治决策必须基于权威、合规的监测数据。加快制定和完善针对新型监测技术（如传感器、无人机、走航监测）的技术规范、数据审核方法和应用指南，为数据的合法、合规使用扫清障碍。建立统一的监测数据共享与开放标准，打破部门间的数据壁垒。

4.2 创新一体化管理模式

推动组织架构的变革，探索在市县级层面设立集监测、预警、研判、指挥于一体的“大气环境智慧管理中心”。该中心作为协同机制的实体化运作平台，整合分散的监测、执法、应急等职能，实现“一个平台管大气”^[4]。建立跨部门的常态化会商和联动响应机制，确保在重污染天气应对等关键时刻能够迅速形成合力。

4.3 强化科技赋能与能力建设

加大对大气环境大数据平台、人工智能决策模型、高精度数值预报模式等核心技术的研发投入。推动产学研深度融合，加速科研成果的业务化应用。同时，加强基层环保队伍的专业能力建设，培养一批既懂监测技术

又懂污染防治的复合型人才，解决“有数据不会用、有模型不会调”的问题。

4.4 促进多元主体共治

协同机制不应仅局限于政府内部。应通过信息公开、公众参与等方式，将企业、科研机构、社会组织和公众纳入协同治理网络。例如，鼓励重点排污单位公开其排放数据，接受社会监督；支持科研机构利用开放的监测数据开展独立研究；引导公众通过手机APP等渠道举报污染行为，形成全社会共同参与大气污染防治的良好氛围。

5 结语

大气污染环境监测与防治的协同，绝非简单的信息共享或业务对接，而是一场深刻的环境治理模式变革。它要求我们打破传统的线性思维和部门藩篱，构建一个以数据为核心驱动力、以闭环反馈为基本特征、以智能决策为关键支撑的现代化协同治理体系。通过深度融合监测的“眼力”与防治的“拳力”，我们才能真正做到“看得清、说得明、管得住”，从而实现从“凭经验治污”向“靠数据治污”、从“大水漫灌”向“精准滴灌”的根本性转变。未来，随着物联网、人工智能、数字孪生等新一代信息技术的深度融入，以及“减污降碳”协同增效战略的深入推进，这一协同机制将变得更加智能、高效和韧性，为守护祖国的蓝天白云、建设美丽中国提供不竭的动力源泉。

参考文献

- [1]田国卿.大气污染环境监测与防治的协同机制研究[J].皮革制作与环保科技,2026,7(03):42-43+46.
- [2]孔凡荣,王广杰.环境保护目标下环境监测与监察协同机制构建及效果评估——以X市大气污染治理为例[J].农村科学实验,2026,(04):49-51.
- [3]林聪.环境监测在大气污染防治中的作用及其优化策略研究[J].价值工程,2025,44(35):74-77.
- [4]贾茹.大气污染防治中生态环境监测技术的运用探索[J].皮革制作与环保科技,2025,6(21):28-30.