

探析环境空气质量预报预警应用现状与建议

李慕斯

(四川省中盛鸿测环境检测有限公司, 四川 成都 610101)

摘要: 环境空气质量预报预警是生态环境治理体系的重要组成部分, 对保障公众健康、支撑科学决策、推动行业绿色发展具有不可替代的意义。其作为衔接污染源管控与末端治理的关键技术手段, 能够提前预判空气质量变化趋势, 为区域大气污染联防联控提供精准支撑。基于此, 文章以环境空气质量预报预警的定义与内涵为切入点, 系统梳理了其发展历程与技术体系, 全面分析了应用领域、覆盖范围、实施效果及现存短板, 结合实际应用场景提出了针对性优化建议, 旨在进一步完善预报预警应用体系, 提升技术应用效能, 为生态环境质量持续改善提供有力保障。

关键词: 环境空气质量; 预报预警; 现状与建议

中图分类号: X831

文献标识码: A

文章编号: 3106-2547 (2025) 09-0001-08

DOI: 10.62022/FHR.issn3106-2547.2025.09.001

Analysis of the Current Status and Suggestions for the Application of Environmental Air Quality Forecasting and Early Warning

Muse Li

(Sichuan Zhongsheng Hongce Environmental Testing Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610101)

Abstract: Environmental air quality forecasting and early warning are important components of the ecological environment governance system, which have irreplaceable significance in safeguarding public health, supporting scientific decision-making, and promoting green development in the industry. As a key technical means to connect pollution source control and end of pipe treatment, it can predict the trend of air quality changes in advance and provide precise support for regional air pollution prevention and control. Based on this, the article takes the definition and connotation of environmental air quality forecasting and early warning as the starting point, systematically sorts out its development history and technical system, comprehensively analyzes its application fields, coverage scope, implementation effects, and existing shortcomings, and proposes targeted optimization suggestions based on actual application scenarios, aiming to further improve the forecasting and early warning application system, enhance technical application efficiency, and provide strong guarantees for the continuous improvement of ecological environment quality.

Keywords: ambient air quality; forecast and warning; current situation and suggestions

一、环境空气质量预报预警的定义与内涵

(一) 环境空气质量预报的概念

环境空气质量预报是指依托各类监测技术获取大气污染物浓度、气象条件等基础数据, 通过特定模型与分析方法, 对未来一定时段内某一区域的空气质量状况及变化趋势进行科学预判的技术过程。其核心目标是提前掌握区域内细颗粒物(PM_{2.5})可吸入颗粒物(PM₁₀)、二氧化硫(SO₂)、氮氧化物(NO_x)、臭氧(O₃)、一氧化碳(CO)等关键污染物的浓度变化规律, 为后续预警发布、决策制定提供数据支撑。预报时段通常涵盖短期(1天~3天)、中期(4天~7天)及长期(8天~15天), 不同时段的预报

侧重点不同, 短期预报注重精准度与时效性, 长期预报侧重趋势性研判。

(二) 环境空气质量预警的概念

环境空气质量预警是指基于空气质量预报结果, 结合预设的预警指标与阈值, 对可能出现的超标污染过程进行等级划分, 并及时发布警示信息及对应应对建议的管理行为。预警工作以“提前防范、科学应对”为原则, 根据污染程度、持续时间等因素划分不同预警等级, 通过明确的分级响应机制, 指导政府部门、行业企业及公众采取针对性措施。预警信息需清晰告知受影响区域、污染类型、持续时段及防护建议, 确保各主体能够快速响应, 最大限度降低污染影响。

作者简介: 李慕斯, 硕士, 工程师, 研究方向为环境空气质量监测与预报预警技术应用。

（三）预报与预警的关联与区别

环境空气质量预报与预警存在紧密的逻辑关联，二者共同构成空气质量防控的前置环节。预报是预警的基础，预警是预报结果的应用延伸，没有精准的预报数据支撑，预警等级判定、响应措施制定就缺乏科学依据；而预警则通过将预报结果转化为可操作的防控指令，赋予预报技术实际应用价值，实现从“数据预判”到“行动落地”的转化。

二者的核心区别体现在功能与属性上：预报侧重“技术研判”，属于中性的技术分析行为，核心产出是污染物浓度变化趋势及概率分析结果，不包含管控指令；预警侧重“管理干预”，属于带有引导性的管理行为，核心产出是分级警示信息及应对措施，具有明确的行动导向性。同时，预报的核心评价指标是准确率与时效性，预警的核心评价指标是发布及时性、等级适配性及响应有效性。

二、环境空气质量预报预警的发展历程回顾

（一）早期环境空气质量监测与简单预报阶段

早期环境空气质量监测与简单预报阶段以人工监测、经验判断为主要特征，监测范围有限，预报精度较低。该阶段监测工作主要依靠人工采集大气样本，通过实验室分析获取污染物浓度数据，监测点位多集中在工业密集区及城市核心区，难以实现区域全覆盖。监测指标以SO₂、总悬浮颗粒物等常规污染物为主，对PM_{2.5}、O₃等细颗粒物及二次污染物的监测能力不足。

预报工作主要依托监测人员的经验积累，结合当地气象条件（如风速、湿度、风向）进行简单判断，预报时段多为24小时内，且仅能给出“良好、轻度污染、重度污染”等定性结果，无法提供精准的污染物浓度数值及变化趋势。该阶段的预报预警工作仅能满足最基础的污染状况告知需求，对污染过程的预判能力有限，难以支撑系统性的污染防控工作。

（二）现代环境空气质量预报预警技术兴起与发展

随着工业化与城市化进程加快，大气污染问题日益复杂，传统监测预报模式已无法满足需求，现代环境空气质量预报预警技术逐步兴起并快速发展。该阶段的核心特征是监测技术自动化、预报模型系统化、数据处理智能化，监测与预报的精准度、覆盖面均得到显著提升。

在监测技术方面，自动化地面监测站点逐步普及，实现了SO₂、NO_x、PM_{2.5}、PM₁₀、O₃、CO等六项常规指标的实时在线监测，数据采集频率提升至小时级甚至分钟级，监测数据的连续性与可靠性大幅改善。同时，卫星遥感技

术、无人机监测技术逐步应用于空气质量监测，构建起“地面站点+卫星遥感+移动监测”的立体化监测网络，实现了区域污染状况的全方位捕捉。在预报技术方面，数值预报模型、统计预报模型逐步替代经验判断，通过整合多源监测数据与气象数据，能够实现多污染物、多时段的精准预报，部分区域已具备7天~10天的趋势预报能力。此外，数据处理技术的升级推动了多模型融合预报的发展，进一步提升了预报结果的稳定性与精准度。

（三）国内外环境空气质量预报预警发展对比

不同区域的环境空气质量预报预警发展因污染特征、技术基础、管理需求不同而存在差异，各区域均形成了适配自身需求的技术体系与应用模式，且在技术交流中相互借鉴、共同提升。发达区域凭借技术优势，在预报模型研发、智能化监测设备应用等方面起步较早，已构建起较为成熟的“监测—预报—预警—响应”闭环体系，能够实现污染过程的精准预判与高效应对。

部分区域依托自身污染治理需求，在区域联防联控预报预警联动机制建设方面形成特色，通过跨区域数据共享、联合会商研判，提升了区域性污染过程的防控效能。相较于发达区域，部分发展中区域在高端监测设备配置、预报模型自主研发能力等方面有待提高，但近年来通过技术引进、合作研发等方式，监测预报能力提升迅速，逐步缩小与发达区域的差距。总体而言，各区域均高度重视环境空气质量预报预警技术发展，技术应用的核心目标均围绕保障公众健康、推动污染治理展开，且在技术创新与模式优化方面呈现出协同发展的趋势。

三、环境空气质量预报预警的技术体系

（一）数据采集技术

地面监测站点布局与数据获取是数据采集技术的核心组成部分，其合理性直接决定监测数据的代表性与覆盖面。地面监测站点布局需结合区域人口密度、工业分布、地形地貌、气象条件等因素，采用“均匀分布+重点加密”的原则，在城市核心区、工业园区、交通枢纽等重点区域加密布设站点，在郊区、生态保护区等区域均匀布设站点，确保能够全面捕捉区域空气质量变化特征。站点建设需满足标准化要求，采样高度、采样管路密封性、仪器校准频率等均需符合规范，同时配备完善的温湿度控制、供电保障、安防措施等基础条件，确保监测设备稳定运行。监测设备通过实时采集污染物浓度数据，经数据采集器处理后，通过网络传输至后端平台，实现监测数据的实时上传与存储，

为后续预报分析提供基础数据支撑。

卫星遥感技术在空气质量监测中的应用弥补了地面站点监测的空间局限，能够实现大范围、立体化的污染状况监测。卫星遥感设备通过捕捉大气中污染物的光谱特征，反演获取区域PM_{2.5}、PM₁₀浓度分布、臭氧污染范围及污染物传输路径等信息，可快速识别区域性污染热点及跨区域污染传输过程。其优势在于覆盖范围广，能够监测地面站点难以覆盖的偏远区域、复杂地形区域，为区域性污染研判提供宏观数据支撑，但在近地面污染物浓度精准监测方面存在不足，需与地面站点监测数据相互补充。

移动监测设备与新兴数据采集方式丰富了数据采集的维度与灵活性，成为地面站点与卫星遥感监测的重要补充。移动监测设备主要包括无人机监测平台、移动监测车等，无人机监测平台搭载高精度气体传感器、高清摄像头及红外热像仪，可实现对工业园区、河流流域、高风险区域的灵活巡查，单次任务最大覆盖面积可达10平方公里，能够快速定位污染源、捕捉污染物扩散趋势，尤其适用于突发污染事件的应急监测。移动监测车可实现边走边测，实时获取不同路段、不同区域的污染物浓度数据，为交通源污染监测、区域污染梯度分析提供支撑。此外，物联网技术、人工智能技术的融合应用，推动了数据采集的智能化发展，实现了监测设备的远程管控、数据的自动筛选与异常告警，提升了数据采集的效率与质量。

（二）预报模型与方法

数值预报模型原理与应用以大气动力学、大气化学理论为基础，通过构建三维网格模型，模拟大气中污染物的排放、传输、扩散、转化及清除过程，实现对未来空气质量的精准预判。该模型需整合污染源排放清单、气象数据、地形数据、监测数据等多类基础数据，对每一个网格单元的污染物浓度变化进行动态模拟，能够清晰呈现污染物的来源、传输路径及浓度变化规律。

数值预报模型的核心优势在于能够揭示污染过程的内在机理，适用于多污染物复合污染、跨区域污染传输等复杂场景的预报，目前已成为区域空气质量预报的核心模型。其应用过程中需依托超级计算机进行海量数据处理，以京津冀区域预报平台为例，每次预报需处理10TB左右的数据，确保模型模拟的准确性与时效性。数值预报模型在重大活动空气质量保障、重污染天气应对等工作中发挥了重要作用，能够为精准减排措施制定提供科学支撑。

统计预报模型的特点与适用场景体现为以历史数据为核心，通过分析过往空气质量数据与气象数据的相关性，

建立统计回归模型，实现对未来空气质量的预判。该模型无需深入探究污染过程机理，建模流程简单、计算量小，能够快速输出预报结果，适用于短期（1天~2天）、小范围区域的空气质量预报，尤其适用于污染状况相对稳定、气象条件变化平缓的场景。

统计预报模型的常用方法包括线性回归、时间序列分析、机器学习等，其中机器学习算法凭借较强的非线性拟合能力，在复杂数据关系挖掘方面具有优势，能够提升预报结果的精准度。但该模型的预报效果受历史数据质量、数据样本量影响较大，对突发污染事件、极端气象条件下的污染过程预判能力有限，难以单独满足复杂场景的预报需求。

多种模型融合预报技术的发展结合了数值预报模型与统计预报模型的优势，弥补了单一模型的不足，显著提升了预报结果的稳定性与精准度。该技术通过建立模型集成框架，对不同模型的预报结果进行加权融合、误差修正，实现了“机理模拟+数据统计”的优势互补。

融合预报技术的核心在于构建科学的权重分配机制，根据不同模型在不同污染场景、不同时间段的预报表现，动态调整权重系数，确保融合结果优于单一模型。目前，多模型融合预报技术已在各级空气质量预报中心广泛应用，部分区域通过整合自主研发模型与主流商业模型，实现了74个重点城市空气质量等级预报准确率整体达到75%以上，经人工修正后准确率可进一步提升。该技术的应用为精准预报提供了有力支撑，为后续预警发布与防控决策奠定了坚实基础。

（三）预警指标与阈值设定

常见空气污染物预警指标以六项常规污染物为核心，包括PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO_x、O₃、CO，同时结合区域污染特征，将挥发性有机物（VOCs）等特征污染物纳入预警指标体系，形成全面的预警指标矩阵。不同污染物的预警侧重点不同，PM_{2.5}、PM₁₀主要针对颗粒物污染，SO₂、NO_x主要针对工业源、交通源排放污染，O₃主要针对光化学污染，VOCs则作为O₃生成的前体物纳入预警管控范畴。

预警指标的选取需结合区域污染成因、公众健康影响程度、监测技术可行性等因素，确保指标能够准确反映污染状况，为预警等级判定提供科学依据。同时，随着污染治理工作的深入，预警指标体系需不断优化，逐步纳入新型污染物，适应污染状况的变化。

不同区域、季节预警阈值的确定依据需充分考虑区域差异与季节特征，确保阈值设定的科学性与适配性。区域差

异方面,需结合当地地形地貌、气象扩散条件、人口密度、产业结构等因素调整阈值,地形复杂、扩散条件较差的区域,阈值可适当从严设定;工业密集、污染排放强度较大的区域,需针对性优化污染物阈值,提升预警的敏感性。

季节特征方面,不同季节的主导污染物与污染成因存在差异,需动态调整阈值。例如,秋冬季以PM_{2.5}污染为主,且受供暖排放、逆温天气影响较大,可适当降低PM_{2.5}预警阈值,提升重污染天气预判能力;夏季以O₃污染为主,需重点优化O₃及前体物预警阈值,提前防范光化学污染过程。阈值设定需通过大量历史数据统计分析、专家论证等流程,确保既能够及时捕捉污染风险,又避免过度预警造成资源浪费。

动态调整预警阈值的方法与意义体现在通过建立常态化阈值评估机制,结合污染治理成效、环境质量变化、公众健康需求等因素,定期优化预警阈值,提升预警体系的适配性。动态调整方法主要包括定期开展阈值适用性评估、结合重污染天气应对案例优化阈值、根据监测技术升级完善阈值计算方法等,确保阈值能够适应环境质量改善与污染特征变化。

动态调整预警阈值的核心意义在于使预警工作更加贴合实际需求,一方面能够精准捕捉污染风险,提前启动应对措施,最大限度降低污染影响;另一方面能够避免阈值设定过高导致预警滞后,或阈值设定过低导致过度预警,实现预警效能与防控成本的平衡。部分区域已建立统一的预警分级指标体系,以空气质量指数(AQI)为核心,明确不同预警等级的阈值标准,为区域联防联控提供统一依据。

四、环境空气质量预报预警的应用领域

(一) 政府决策支持

制定大气污染防治政策与规划是环境空气质量预报预警在政府决策支持中的核心应用之一。相关部门通过分析长期空气质量预报数据,能够精准把握区域污染特征、污染成因及变化趋势,明确污染治理的重点区域、重点时段与重点污染源,为大气污染防治规划编制、政策制定提供科学依据。

例如,通过研判不同季节的主导污染物,可针对性制定季节性污染防治政策;通过分析污染源贡献度,可优化产业结构调整、能源结构转型等长效治理措施。同时,预报预警数据能够为政策实施效果评估提供支撑,通过对比政策实施前后的空气质量变化,验证政策有效性,为政策优化调整提供参考。

应对重污染天气的应急管理决策中,环境空气质量预报预警发挥着关键作用。预报系统提前预判重污染天气的发生时间、持续时段、污染程度及影响范围,相关部门据此启动对应等级的应急响应,制定精准的应急减排措施。

例如,针对PM_{2.5}重污染天气,可指导工业企业降低生产负荷、施工工地停止土石方作业、机动车限行等;针对O₃污染天气,可加强VOCs与NO_x排放源管控,调整工业企业生产时段。精准的预报预警能够为应急措施制定提供时间窗口,避免应急响应滞后,有效削减污染峰值,降低重污染天气对公众健康与生态环境的影响。

区域大气污染联防联控协调中,环境空气质量预报预警是实现跨区域协同治理的重要纽带。大气污染具有流动性,跨区域污染传输现象较为普遍,单一区域的防控措施难以从根本上解决问题,需依托预报预警技术构建区域协同防控机制。

区域预报中心通过整合跨区域监测数据,开展联合会商研判,精准预判污染物传输路径与影响范围,及时通报预警提示信息,明确应急联动范围与响应时间。各区域按照统一要求启动应急响应,实现污染防治的协同发力,有效遏制跨区域污染蔓延。例如,部分区域通过联合预报预警与应急联动,使重污染天气峰值浓度显著降低,污染持续时间明显缩短。

(二) 公众健康防护

发布空气质量健康提示信息是环境空气质量预报预警服务公众健康的基础形式。相关部门通过官方网站、政务新媒体、广播、电视等多种渠道,及时发布未来空气质量预报结果、污染等级及健康提示,确保公众能够快速获取信息。

健康提示信息需结合污染类型与污染程度,明确不同污染状况下的健康影响,例如PM_{2.5}污染易引发呼吸道疾病,O₃污染易刺激眼部与呼吸道黏膜等,同时提供针对性防护建议,帮助公众全面了解污染风险。信息发布需兼顾时效性与易懂性,采用简洁明了的语言与可视化呈现方式,确保不同年龄段、不同知识背景的公众均能理解。

指导特殊人群采取防护措施是公众健康防护的重点工作,特殊人群包括老年人、儿童、孕妇、患有呼吸道疾病及心血管疾病的人群等,此类人群对大气污染的耐受性较弱,需给予针对性指导。相关部门通过预报预警信息,提醒特殊人群在重污染天气期间减少外出、避免剧烈运动,外出时佩戴符合标准的防护用品,在室内关闭门窗并使用空气净化设备。

同时,联合医疗机构发布健康防护指南,指导特殊人群做好日常健康管理,出现不适症状时及时就医。通过精准指导,能够有效降低特殊人群受污染影响的风险,保障公众健康安全。

引导公众合理安排户外活动是环境空气质量预报预警的重要应用,帮助公众在保障健康的前提下,科学规划出行与活动。相关部门通过发布分时段空气质量预报,为公众提供出行参考,例如提示公众在空气质量较好的时段开展户外活动,在污染较重的时段减少外出。

同时,针对学校、健身场所等人员密集区域,提供针对性建议,例如重污染天气期间学校暂停户外活动、健身场所调整开放时间等。通过科学引导,既能够减少污染对公众健康的影响,又能够最大限度降低对公众日常生活的干扰,实现健康防护与生活需求的平衡。

(三) 行业生产调控

工业源排放管控与错峰生产安排是环境空气质量预报预警在行业生产调控中的核心应用,能够有效减少工业污染排放,缓解重污染天气影响。相关部门根据空气质量预报结果,提前告知工业企业污染预警信息,指导企业制定应急减排方案,合理调整生产计划。

例如,重污染天气期间,指导水泥、钢铁等重点行业企业降低生产负荷、停止部分生产线,减少SO₂、NO_x及颗粒物排放;针对VOCs排放企业,调整生产时段,避开O₃污染高发时段。同时,推行错峰生产制度,结合季节污染特征与行业生产特点,指导企业在污染高发时段错峰生产,在空气质量较好时段合理安排生产,实现污染防控与生产发展的协同推进。

交通领域限行与运输调度优化通过调控交通源排放,缓解区域空气污染压力。相关部门根据空气质量预报结果,在重污染天气期间启动机动车限行措施,明确限行时段、限行区域及限行车辆类型,减少路面机动车数量,降低NO_x、颗粒物等污染物排放。

同时,指导物流运输企业优化运输调度,调整运输路线与运输时段,避开污染高发区域与高峰时段;推广新能源车辆使用,鼓励公众选择公共交通出行,进一步减少交通源污染。通过科学调控,能够有效降低交通领域污染排放,为空气质量改善提供支撑。

建筑工地扬尘管控与施工调整是遏制扬尘污染的重要手段,扬尘污染是PM₁₀的主要来源之一,对区域空气质量影响显著。相关部门根据空气质量预报结果,指导建筑工地合理调整施工计划,重污染天气期间停止土石方作业、

拆迁作业等易产生扬尘的施工环节,对施工现场裸露地面进行覆盖、洒水降尘。

同时,加强施工现场扬尘管控检查,督促施工单位落实喷淋降尘、车辆冲洗等措施,减少扬尘排放。在空气质量较好的时段,指导施工单位加快施工进度,确保工程建设与污染防控有序推进。通过精准调控,能够有效遏制建筑工地扬尘污染,改善区域空气质量。

五、环境空气质量预报预警的应用现状

(一) 应用覆盖范围

城市与区域的应用普及程度不断提升,目前多数城市及重点区域已构建起较为完善的环境空气质量预报预警体系,实现了预报预警服务的全覆盖。城市层面,已建成市级空气质量预报预警平台,能够实现辖区内空气质量的实时监测、精准预报与及时预警,为城市污染防控、公众健康防护提供支撑;区域层面,形成了多个跨区域预报预警中心,通过整合区域内监测数据、开展联合会商,实现了区域性污染过程的协同预判与应对。

预报预警信息发布渠道不断拓展,已形成“线上+线下”全覆盖的发布网络,线上通过官方网站、微信公众号、手机APP等新媒体平台发布信息,线下通过广播、电视、社区公告等渠道告知公众,确保预警信息能够快速触达每一位公众。部分区域还实现了预警信息的精准推送,根据公众所在位置推送当地空气质量信息与防护建议,提升服务的针对性。

不同经济发展水平地区的应用差异逐步缩小,经济发达地区凭借技术优势与资金支持,在预报预警技术应用、设备配置、人员队伍建设等方面处于领先地位,已实现智能化、精细化预报预警服务,能够应对复杂的污染场景;在经济发展水平相对较低的地区,通过技术引进、政策扶持、合作研发等方式,逐步完善预报预警体系,提升技术应用能力。

目前,多数地区已实现常规污染物的精准预报,部分地区逐步开展特征污染物预报预警服务,应用水平不断提升。但部分经济发展水平较低的地区在高端监测设备配置、自主研发能力等方面仍有待提高,需进一步加大投入,缩小与发达地区的差距。

重点行业与领域的应用情况良好,预报预警技术已深度融入工业、交通、建筑、环保等多个行业,成为行业绿色发展的重要支撑。工业领域,多数重点工业企业已将空气质量预报预警信息纳入生产调度体系,根据预警结果调

整生产计划,落实应急减排措施;交通领域,机动车限行、运输调度优化等措施已形成常态化机制,依托预报预警信息实现精准调控;建筑领域,建筑工地扬尘管控已与预报预警工作深度结合,实现了扬尘污染的提前防范;环保领域,预报预警技术成为污染执法、应急处置的重要依据,提升了环保执法的精准性与效率。

此外,预报预警技术在重大活动空气质量保障中发挥了重要作用,通过精准预判污染趋势、制定针对性防控措施,确保重大活动期间空气质量优良。

(二) 应用效果评估

预报准确率与时效性持续提升,随着技术的不断优化,空气质量预报准确率逐步提高,目前重点城市空气质量等级预报准确率整体达到75%以上,重污染天气过程识别率较高,能够精准预判污染发生时间、持续时段及影响范围。短期预报(1天~3天)准确率表现突出,能够为应急响应启动提供精准支撑;中期预报(4天~7天)趋势预判能力不断增强,为中长期污染防治规划制定提供依据;部分区域已具备10天趋势预报能力,进一步拓展了预报服务的时间范围。

预报数据更新频率提升至小时级,部分移动监测设备实现分钟级数据采集,确保预报结果能够及时反映空气质量变化,为快速响应提供时间保障。但在极端气象条件、突发污染事件等复杂场景下,预报准确率仍有待提高,需进一步优化模型与技术。

预警信息发布及时性与有效性不断改善,相关部门建立了快速发布机制,原则上提前48小时及以上发布重污染天气预警信息,确保各主体有充足时间准备应对。预警信息发布渠道不断优化,新媒体平台的应用使信息传播速度大幅提升,公众获取信息的便捷性显著增强。

同时,预警信息的针对性不断提升,能够结合不同区域、不同人群、不同行业的需求,发布差异化预警内容与应对建议,提升了信息的实用性。通过问卷调查与反馈收集发现,公众对预警信息的知晓率与认可度逐步提高,多数公众能够根据预警信息采取针对性防护措施,预警信息的引导作用有效发挥。

对大气污染防治工作的实际贡献显著,环境空气质量预报预警技术的应用推动了污染防治工作从“被动应对”向“主动防控”转变,大幅提升了污染治理效能。通过提前预判重污染天气,能够及时启动应急减排措施,有效削减污染峰值,缩短污染持续时间。例如,在多次重污染天气过程中,依托精准的预报预警,相关部门提前部署应急

措施,使区域污染峰值浓度显著降低,污染影响范围有效缩小。

同时,预报预警数据为污染治理成效评估提供了科学依据,帮助相关部门精准把握治理方向,优化治理措施,推动区域环境空气质量持续改善。此外,区域联防联控预报预警机制的建立,实现了跨区域污染协同治理,有效遏制了污染跨区域蔓延,为区域空气质量改善提供了有力支撑。

(三) 现存问题与挑战

数据质量与共享水平有待提高,部分区域监测设备校准频率不足、维护不到位,导致监测数据存在偏差,影响预报结果的精准性;部分移动监测设备、新兴监测技术的标准化程度不高,不同设备采集的数据兼容性较差,难以有效整合运用。数据共享方面,跨部门、跨区域数据共享机制不够完善,数据共享的及时性、完整性不足;部分区域数据共享平台功能不完善,难以满足多源数据整合、分析、应用的需求。此外,数据开放程度有待提升,公众参与数据监督的渠道不够畅通,数据的应用价值未能充分发挥。

预报模型精度与适应性有待提高,现有预报模型在应对复杂污染场景时仍存在局限,例如在污染物二次转化、跨区域长距离传输等场景下,预报精度不足;模型对极端气象条件、突发污染事件的适配性较差,难以精准预判此类场景下的污染变化趋势。部分区域模型本地化校准不足,未能充分结合当地地形地貌、产业结构、气象条件等特色因素,导致预报结果与实际污染状况存在偏差。此外,多模型融合技术的应用深度不够,模型权重分配机制不够科学,难以充分发挥不同模型的优势。

预警机制与部门协调水平有待提高,部分区域预警分级标准不够细化,不同污染物、不同季节的预警阈值适配性不足,难以精准匹配污染风险;预警响应措施针对性不强,部分措施缺乏差异化设计,对行业生产、公众生活的干扰较大。部门协调方面,环保、气象、交通、住建等部门的联动机制不够健全,信息共享不及时、协同决策效率不高,导致预警响应措施落实不到位。此外,预警效果评估机制不完善,缺乏常态化的评估流程,难以根据评估结果优化预警体系与响应措施。

公众认知度与参与度有待提高,部分公众对空气质量预报预警指标、预警等级的理解不足,难以根据预警信息采取科学的防护措施;部分公众对预警信息的重视程度不够,存在忽视预警提示、不配合应急措施的情况。公众参与方面,参与渠道不够畅通,缺乏便捷的反馈平台,公众难以参与到空气质量监测、预警监督等工作中;科普宣传

形式单一、内容枯燥，难以吸引公众关注，导致公众对预报预警工作的参与积极性不高。

六、提升环境空气质量预报预警应用的建议

（一）加强数据管理与共享

加强数据管理与共享是提升环境空气质量预报预警效能的基础，能够为精准预报、科学预警提供高质量数据支撑。通过完善数据采集标准、建立健全数据共享机制、推动数据开放共享，可全面提升数据质量与应用价值，为预报预警技术优化提供保障。

完善数据采集标准与质量控制体系，制定统一的监测设备配置、数据采集、校准维护标准，规范地面站点、卫星遥感、移动监测等各类数据采集行为，确保不同来源、不同类型的数据具有兼容性与可比性。加强监测设备全生命周期管理，定期开展设备校准与维护，加大零点校准、跨度校准和多点线性校准测试力度，确保监测数据的准确性与可靠性。建立数据质量审核机制，对采集的数据进行自动筛选、异常告警与人工复核，及时剔除无效数据，提升数据质量。建立跨部门、跨区域的数据共享平台，整合环保、气象、交通、住建等部门的监测数据、气象数据、污染源数据等多类数据，完善平台数据存储、分析、查询、推送功能，实现数据实时共享、高效流转。推动数据开放与公众参与监督，通过官方平台向公众开放部分空气质量监测数据与预报结果，建立公众反馈渠道，鼓励公众对数据准确性进行监督，提升数据应用的透明度与公信力。

这样的举措能够有效解决数据质量参差不齐、数据壁垒突出等问题，实现多源数据的深度整合与高效运用，为预报模型优化、预警等级判定、应急措施制定提供精准数据支撑，同时提升公众对预报预警工作的信任度，推动形成全社会共同参与的良好氛围。

（二）优化预报模型与技术

优化预报模型与技术是提升环境空气质量预报精准度的核心，能够增强预报模型对复杂污染场景的适配能力，为科学预警提供有力技术支撑。通过加大研发投入、融合多源数据、开展本地化校准，可全面提升预报模型性能，推动预报技术向智能化、精细化方向发展。

加大数值预报模型研发与改进力度，聚焦污染物二次转化、跨区域传输等关键技术难题，组织科研力量开展攻关，优化模型核心算法，提升模型对复杂污染过程的模拟能力。加强超级计算机等硬件设施建设，提升海量数据处理能力，缩短模型运算时间，确保预报结果的时效性。融

合多源数据提升模型精度，将地面监测数据、卫星遥感数据、移动监测数据、污染源排放数据、气象数据等多类数据纳入模型，通过数据融合技术提升模型对污染状况的全面捕捉能力。开展本地化模型校准与应用示范，结合不同区域地形地貌、产业结构、气象条件等特色因素，调整模型参数，优化模型结构，提升模型对本地污染状况的适配性。选取典型区域开展本地化校准示范，总结经验并逐步推广，推动预报模型在不同区域的精准应用。

这样的举措能够有效提升预报模型的精准度与适应性，使预报结果更贴合实际污染状况，为预警等级判定、应急响应启动提供科学依据，同时推动预报预警技术的创新发展，为环境空气质量持续改善提供坚实技术保障。

（三）完善预警机制与体系

完善预警机制与体系是提升环境空气质量预警效能的关键，能够实现预警工作的规范化、科学化，确保预警响应措施精准落地。通过科学制定预警标准、加强部门联动、建立评估机制，可全面提升预警体系的适配性与执行力，推动预警工作提质增效。

科学制定预警分级标准与响应措施，结合不同区域、不同季节、不同污染物的污染特征，细化预警分级标准，优化预警阈值，确保预警等级能够精准反映污染风险。针对不同污染物、不同预警等级，制定差异化的应急响应措施，兼顾污染防控效果与行业生产、公众生活需求，减少过度防控带来的影响。加强部门间协调联动与信息共享，建立健全环保、气象、交通、住建等部门的常态化联动机制，明确各部门职责分工，定期开展联合会商研判，实现预警信息快速传递、应急措施协同落实。建立预警效果评估与动态调整机制，定期对预警等级判定准确性、预警信息发布及时性、响应措施有效性进行评估，结合评估结果优化预警分级标准、响应措施与联动机制，使预警体系持续适配污染状况变化与治理需求。

这样的举措能够有效解决预警机制不完善、部门协调不畅等问题，实现预警工作的闭环管理，提升预警响应的精准性与高效性，为重污染天气应对、区域污染联防联控提供有力支撑，推动污染防治工作提质增效。

（四）提高公众认知与参与度

提高公众认知与参与度是环境空气质量预报预警工作的重要支撑，能够推动形成全社会共同参与污染防控的良好氛围。通过加强科普宣传、建立互动平台、鼓励公众参与，可全面提升公众对预报预警工作的认知度与参与积极性，充分发挥公众的监督与支撑作用。

加强空气质量预报预警知识科普宣传,结合公众需求,采用通俗易懂的语言、生动形象的形式,通过广播、电视、新媒体平台、社区宣传等多种渠道,普及预警指标、预警等级、防护措施等知识,提升公众对预报预警信息的理解能力。针对不同人群开展差异化科普,重点加强对老年人、儿童、孕妇等特殊人群的防护知识宣传,提高科普宣传的针对性与实效性。建立公众反馈渠道与互动平台,通过官方APP、微信公众号等平台,开通公众反馈入口,及时收集公众对预报预警信息准确性、发布及时性、防护建议实用性的意见与建议,快速响应公众关切。鼓励公众参与空气质量监测与监督,开放部分监测数据查询权限,邀请公众参与监测站点周边环境监督,对异常污染行为进行举报,形成“政府主导、公众参与”的共治格局。

这样的举措能够有效提升公众对预报预警工作的认知度与参与度,使公众成为污染防控的重要力量,同时通过公众反馈优化预报预警服务,提升服务质量,推动形成全社会共同守护空气质量的良好氛围。

七、结束语

环境空气质量预报预警作为生态环境治理的关键技术

手段,在支撑科学决策、保障公众健康、推动行业绿色发展等方面具有不可替代的地位,其应用效能的提升直接关系到污染防治工作的成效与生态环境质量的持续改善。相关部门应严格落实加强数据管理与共享、优化预报模型与技术、完善预警机制与体系、提高公众认知与参与度等策略,全面补齐工作短板,推动预报预警技术与应用体系持续优化,进而提升环境空气质量预报预警的精准度、时效性与覆盖面,构建起“监测—预报—预警—响应—评估”的闭环体系,为区域大气污染联防联控、生态环境质量持续改善提供有力支撑,助力实现经济社会与生态环境协同发展的目标。

参考文献:

- [1] 冉倩倩, 冯宇.环境空气质量预报预警在兵团重点城市的应用现状与建议[J].生态学与可持续发展研究, 2025, 2(03): 48-50.
- [2] 金玲, 于苗苗.环境空气质量现状及预警预报平台建设[J].资源节约与环保, 2022(06): 61-64.
- [3] 潘润西, 和凌红, 付洁, 等.广西环境空气质量预报预警平台建设与应用成效[J].环境科学导刊, 2018, 37(02): 102-106.
- [4] 宋鹏程, 王秀丽, 文燕, 等.我国环境空气自动监测体系发展及应用现状[J].四川环境, 2022, 41(06): 324-331.