

阶段二（2-6 小时）： 应急监测车到达现场上游清洁断面（背景点）和泄漏点下游。使用便携式 GC-MS 对下游断面水样进行快速筛查，确认苯、甲苯浓度显著超标。

阶段三（6-24 小时）： 根据筛查结果，在污染带可能经过的路径上布设若干跟踪监测断面（如每隔 5 公里）。移动实验室对水样进行精确分析，获取苯系物的准确浓度。监测数据动态更新至指挥平台。

通过对连续监测数据的分析，可以绘制出污染团随时间的迁移和浓度衰减曲线，如下表所示：（表 2）

表 2 污染团核心指标沿程监测数据模拟表

监测时间	监测断面	苯浓度	超标倍数	水质类别
4 小时	断面 A (下游 1km)	550	54	劣 V 类
8 小时	断面 B (下游 5km)	280	27	劣 V 类
12 小时	断面 C (下游 10km)	95	8.5	V 类
18 小时	断面 D (下游 20km)	25	1.5	IV 类
24 小时	断面 E (取水口, 下游 30km)	<10 (未检出)	0	II 类

污染团迁移衰减过程

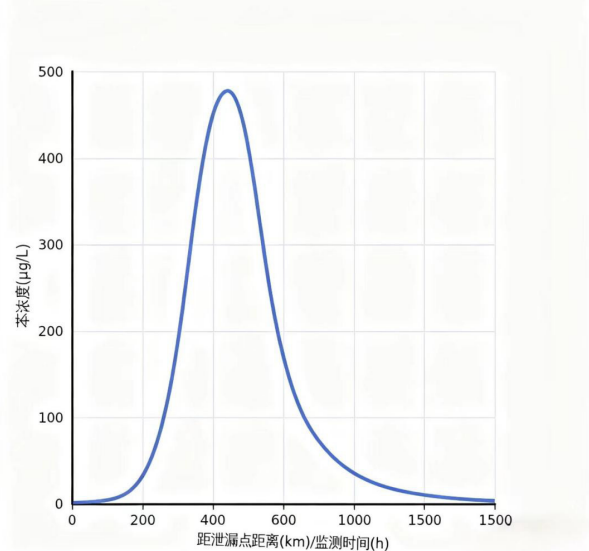


图 3 基于表 1 数据绘制的污染团迁移衰减示意图

5. 存在问题与发展趋势

尽管应急监测技术取得了长足进步，但仍面临诸多挑战：（1）对新型污染物（如 PPCPs、EDCs）的快速监测能力不足；（2）不同技术平台的数据融合与质控标准有待统一；（3）基层监测部门装备水平和人员技术能力参差不齐；（4）跨区域、跨部门的应急联动机制仍需加强。未来发展趋势将集中于：（1）智能化与物联网化： 发展基于物联网的智能传感网络，实现更早预警。（2）高光谱与遥感技术的深度应用： 提升对非可视污染物的遥感识别能力。（3）大数据与模型预测融合： 将实时监测数据与水动力水质模型结合，实现污染趋势的精准预测。（4）装备的模块化与轻量化： 使现场监测更加灵活高效。

6. 结语

应对流域突发水污染事件，必须依靠科学、高效的应急监测技术体系。本文提出的“天地一体、固定与移动结合、筛查与精确定量协同”的技术框架，能够实现从快速发现到动态追踪的全过程监控，显著提升应急响应的时效性和科学性。

为全面提升流域水环境应急监测能力，建议：（1）强化顶层设计，优化监测网络布局，特别是在高风险区域和敏感目标上游加强自动站和移动监测能力建设。（2）加大技术研发投入，推动装备国产化与智能化，重点突破关键技术的瓶颈。（3）完善应急监测预案与联动机制，定期开展跨区域、多部门的联合演练，磨合队伍，检验方案。（4）加强人才队伍建设，培养既懂技术又懂管理的复合型应急监测专家。通过多方努力，方能构筑起保障流域水环境安全的坚固防线。

参考文献

[1] 黄雪婷.流域水污染府际预警应急处置协同的法律机制研究[D].昆明理工大学,2022.

[2] 杨晓晓.突发性水污染事件应急管理研究[D].中国地质大学(北京),2020.

[3] 裴倩楠.突发水环境事件水生态环境损害量化方法与应急对策研究[D].郑州大学,2018.

Research on Air Pollution Prevention and Control Measures from the Perspective of Ecological Civilization

Yingna Liu Yua Yue

Liaoning Province Benxi Ecological Environment Monitoring Center, Benxi, Liaoning, 117000, China

Abstract

With the acceleration of industrialization and urbanization, air pollution has become increasingly prominent, emerging as a key bottleneck constraining the construction of an ecological civilization and human sustainable development. Focusing on the core perspective of ecological civilization construction and combining with China's current atmospheric environmental status, this paper systematically explores effective measures for air environmental protection by employing literature analysis, data statistics, and case study methods. The research finds that China's current air pollution exhibits regional and compound characteristics, with issues such as imbalanced industrial structure, irrational energy consumption structure, and imperfect regulatory system still being quite prominent. Based on this, targeted measures are proposed from five dimensions: industrial optimization, energy transition, regulatory strengthening, regional coordination, and public participation, along with the construction of a multi-dimensional guarantee mechanism involving policy, funds, technology, and talent. This study can provide theoretical reference and practical pathways for promoting continuous improvement in air environmental quality and achieving coordinated development of ecological civilization, economic, and social undertakings.

Keywords

Ecological Civilization; Air Environmental Protection; Pollution Control Measures; Regional Coordination; Environmental Regulation

生态文明视域下的大气环境保护措施研究

刘莹娜 岳园

辽宁省本溪生态环境监测中心, 中国·辽宁 本溪 117000

摘要

随着工业化与城市化进程加速, 大气污染问题日益凸显, 成为制约生态文明建设与人类可持续发展的关键瓶颈。本文以生态文明建设为核心视域, 结合我国大气环境现状, 运用文献分析、数据统计与案例研究法, 系统探讨大气环境保护的有效措施。研究发现, 当前我国大气污染呈现区域性、复合型特征, 产业结构失衡、能源消费结构不合理、监管体系不完善等问题仍较突出。基于此, 从产业优化、能源转型、监管强化、区域协同、公众参与五个维度提出针对性措施, 并构建政策、资金、技术、人才多维度保障机制。研究可为推动大气环境质量持续改善、实现生态文明与经济社会协调发展提供理论参考与实践路径。

关键词

生态文明; 大气环境保护; 污染治理措施; 区域协同; 环境监管

1 引言

1.1 研究背景

近年来, 全球气候变化与大气污染问题交织, 对生态系统稳定和人类健康构成严峻威胁。我国作为世界最大发展中国家, 在经济高速增长过程中, 曾面临细颗粒物(PM_{2.5})、臭氧(O₃)、二氧化硫(SO₂)等多污染物协同污染的挑战。据《2023 中国生态环境状况公报》显示, 2023 年全国仍有 14.3% 的地级以上城市 PM_{2.5} 浓度未达到国家二级标准,

部分区域 O₃ 污染呈上升趋势。与此同时, 生态文明建设已成为我国国家战略, “绿水青山就是金山银山” 理念深入人心, 大气环境保护作为生态文明建设的重要组成部分, 其治理成效直接关系到美丽中国目标的实现。在此背景下, 从生态文明视域重构大气环境保护措施体系, 具有重要的现实紧迫性。

1.2 研究意义

理论层面, 本研究将生态文明理念与大气环境保护深度融合, 突破传统 “末端治理” 思维, 构建 “源头防控 - 过程监管 - 协同治理” 的理论框架, 丰富生态环境治理的理论体系。实践层面, 针对当前大气污染治理中的痛点问题, 提出可操作的措施建议, 为地方政府制定环境政策、企业开

【作者简介】刘莹娜(1985-), 女, 满族, 中国辽宁本溪人, 本科, 工程师, 从事生态环境监测研究。

展绿色转型、公众参与环保行动提供指导，助力实现“碳达峰、碳中和”目标与大气环境质量根本性改善。

1.3 国内外研究现状

国外方面，欧美等发达国家较早开展大气污染治理研究，如美国通过《清洁空气法》建立跨州协同监管机制，德国推行“能源转型计划”减少化石能源依赖，其研究多聚焦于政策法规完善与清洁能源技术应用。国内研究则围绕PM2.5源解析、区域联防联控、产业结构调整等展开，但现有研究多侧重单一治理手段，缺乏从生态文明整体视角的系统整合。本文在借鉴国内外经验基础上，进一步强化“生态优先、系统治理”理念，形成多维度、全链条的保护措施体系。^[1]

2 生态文明与大气环境保护的内在关联

2.1 生态文明的核心内涵

生态文明以人与自然和谐共生为核心，强调在尊重自然、顺应自然、保护自然的基础上，实现经济社会发展与生态环境保护的协同统一。其不仅要求减少环境污染，更注重构建绿色生产方式、生活方式与价值观念，是对传统工业文明“先污染后治理”模式的根本性变革。

2.2 大气环境保护是生态文明建设的关键载体

大气环境作为生态系统的重要组成部分，其质量直接影响生态系统的物质循环与能量流动。一方面，大气污染会破坏植被、酸化土壤与水体，导致生物多样性减少；另一方面，良好的大气环境是保障人类健康、提升生活品质的基础，也是实现绿色发展的前提。^[2]因此，大气环境保护既是生态文明建设的重要目标，也是检验生态文明建设成效的核心指标。

2.3 生态文明理念对大气环境保护的指导作用

生态文明理念要求大气环境保护从“被动应对”转向“主动防控”，从“局部治理”转向“系统协同”。具体而言，需以“生态优先”原则优化产业与能源结构，以“整体治理”思维构建区域协同机制，以“全民参与”理念培育社会环保氛围，推动大气环境保护实现长效化、可持续化。

3 我国大气环境现状与存在的问题

3.1 我国大气环境现状

近年来，我国通过一系列污染治理行动，大气环境质量得到显著改善。2013-2023年，全国PM2.5平均浓度从72微克/立方米降至26微克/立方米，降幅达63.9%，SO₂、氮氧化物（NO_x）等污染物排放量持续下降。但从区域差异来看，京津冀及周边地区、长三角地区仍面临PM2.5与O₃协同污染的压力，部分中西部城市因产业转移出现污染反弹趋势。（下图为：表1）

3.2 大气环境保护存在的主要问题

3.2.1 产业结构失衡，高耗能产业占比偏高

我国部分地区仍依赖钢铁、化工、建材等高耗能、高

排放产业，2023年规模以上工业中高耗能行业增加值占比达26.8%。^[3]此类产业能源消耗强度大、污染物排放集中，且部分企业环保设施运行不规范，导致污染治理效果打折扣。

表 1 2018–2023 年我国重点区域大气主要污染物浓度变化
（单位：微克 / 立方米）

区域	年份	PM2.5 浓度	O ₃ 日最大 8 小时均 值第 90 百分位浓度	SO ₂ 浓度
京津冀及周边	2018	60	190	12
	2020	42	185	8
	2023	36	178	6
长三角	2018	44	185	10
	2020	35	180	6
	2023	30	172	4
全国平均	2018	39	180	10
	2020	33	178	6
	2023	26	174	5

数据来源：《中国生态环境状况公报》（2018-2023 年）

3.2.2 能源消费结构不合理，化石能源依赖度高

2023年我国煤炭消费占一次能源消费比重仍达56.2%，远超全球平均水平。煤炭燃烧产生的PM2.5、SO₂、NO_x是大气污染的主要来源之一，而风电、光伏等清洁能源虽发展迅速，但在能源消费结构中占比仅为12.5%，能源转型进度滞后于环保需求。

3.2.3 区域协同治理机制不完善，联防联控效能不足

大气污染具有流动性、跨区域性特征，但我国部分地区仍存在“各自为战”的治理模式。例如，京津冀及周边地区虽建立联防联控机制，但在污染物排放标准统一、应急响应联动、治理责任划分等方面仍存在协调壁垒，导致区域污染传输问题未得到根本解决。

3.2.4 公众参与度低，环保意识有待提升

尽管公众环保关注度不断提高，但实际参与能力与参与渠道仍有限。据调查，仅32.5%的公众了解本地大气污染防治政策，主动参与环保志愿活动、监督企业排污行为的比例不足15%，尚未形成“人人参与、人人监督”的社会氛围。

4 生态文明视域下大气环境保护的具体措施

4.1 优化产业结构，推动产业绿色转型

4.1.1 坚决淘汰落后产能

以生态文明理念为指导，制定严格的落后产能淘汰标准，重点针对钢铁、水泥、焦化等行业，通过“关停并转”等方式削减过剩产能。2023-2025年，计划淘汰落后钢铁产能5000万吨、水泥产能3000万吨，同时建立落后产能退出补偿机制，保障企业职工权益与区域经济稳定。

4.1.2 培育绿色环保产业

加大对节能环保、清洁能源、生态修复等产业的扶持

力度，设立绿色产业发展基金，对环保技术研发企业给予税收减免与财政补贴。例如，推广工业烟气脱硫脱硝、VOCs（挥发性有机物）治理等先进技术，2025年实现重点行业环保技术普及率达90%以上；发展新能源汽车产业，2025年新能源汽车新车销售量占比超过50%，减少机动车尾气排放。

4.2 调整能源结构，加快清洁能源替代

4.2.1 严控煤炭消费总量

实施煤炭消费减量替代行动，在京津冀、长三角等重点区域逐步降低煤炭消费比重，2025年重点区域煤炭消费占比降至50%以下。同时，推进煤炭清洁高效利用，推广洗煤、型煤、洁净煤技术，减少煤炭燃烧产生的污染物排放。

4.2.2 大力发展可再生能源

加快风电、光伏、水电、生物质能等可再生能源开发，优化能源生产布局。在西北、华北地区建设大型风电光伏基地，在东南沿海地区发展海上风电，2025年可再生能源发电装机容量达到12亿千瓦，占总装机容量的50%以上；推广分布式能源系统，在城市建筑、工业园区建设光伏屋顶、地源热泵等设施，提高能源利用效率。

4.3 强化环境监管，构建智慧监管体系

4.3.1 完善法律法规与标准体系

修订《大气污染防治法》，细化企业排污责任与处罚措施，提高环境违法成本；制定更严格的污染物排放标准，针对PM_{2.5}、O₃等重点污染物，出台分区域、分行业的排放限值，2024年实现重点行业排放标准全覆盖。

4.3.2 建设智慧环保监测网络

运用物联网、大数据、人工智能等技术，构建“天地空”一体化大气环境监测网络。在重点企业、工业园区、交通干线布设自动监测站，实时监测污染物浓度与排放情况；开发大气污染溯源与预警系统，实现污染问题精准识别、及时预警与快速处置。例如，北京市已建成覆盖全市的PM_{2.5}监测网络，可实现街道（乡镇）级浓度实时监控，预警准确率达90%以上。

4.4 推进区域协同，建立联防联控机制

4.4.1 建立跨区域协调机构

成立国家级大气污染联防联控领导小组，统筹协调京津冀、长三角、汾渭平原等重点区域的治理工作；建立区域环境信息共享平台，统一发布污染物浓度数据、企业排污信息，实现“数据互通、监管同步”。

4.4.2 实施区域统一治理行动

针对重污染天气，开展区域联合应急响应，统一制定停产限产、机动车限行、扬尘管控等措施。例如，在重污染预警期间，京津冀及周边地区同步实施工业企业错峰生产、建筑工地停工、国三及以下柴油货车禁行等措施，减少区域污染物排放总量。同时，推进跨区域生态补偿机制，对污染减排成效显著的地区给予财政奖励，对污染超标的地区实施生态赔偿。

4.5 提升公众参与，培育生态环保文化

4.5.1 加强环保宣传教育

将生态文明与大气环境保护知识纳入国民教育体系，在中小学开设环保课程，在高校设立生态环境相关专业；通过电视、网络、新媒体等渠道，开展“世界环境日”“大气污染防治宣传周”等主题活动，普及大气污染危害与防治知识，提高公众环保意识。

4.5.2 拓宽公众参与渠道

建立公众环境监督平台，开通环保举报热线与网络举报渠道，对公众举报的环境违法行为及时查处并反馈；推行企业环境信息公开制度，要求重点排污企业定期公开污染物排放数据、环保设施运行情况，接受社会监督；鼓励环保组织发展，支持其开展环保调研、公益诉讼等活动，形成政府、企业、公众协同治理的格局。

5 大气环境保护措施实施的保障机制

5.1 政策保障

加强顶层设计，将大气环境保护纳入国民经济和社会发展规划，制定《“十四五”大气污染防治专项规划》实施细则；建立政策协同机制，统筹环保、产业、能源、财税等政策，避免政策冲突，形成治理合力；完善考核评价体系，将大气环境质量改善情况纳入地方政府绩效考核，实行“一票否决”制，压实地方治理责任。

5.2 资金保障

加大财政投入，2023-2025年中央财政计划安排大气污染防治专项资金1500亿元，重点支持重点区域治理、环保技术研发、监测体系建设；创新融资模式，推广绿色信贷、绿色债券、PPP（政府和社会资本合作）等方式，引导社会资本参与大气环境保护，2025年社会资本投入占比达到60%以上；建立生态补偿资金，对生态保护地区给予转移支付，保障其生态保护积极性。

5.3 技术保障

加强环保技术研发，在国家重点研发计划中设立“大气污染防治技术”专项，支持PM_{2.5}与O₃协同治理、VOCs深度治理、碳捕集利用与封存（CCUS）等关键技术攻关；推动技术成果转化，建设环保技术创新平台与产业化基地，促进科研院所与企业合作，加速技术落地应用；加强国际技术交流与合作，引进国外先进环保技术与管理经验，结合我国实际进行本土化改造。

6 结语

本文从生态文明视域出发，系统分析了我国大气环境现状与存在的问题，提出了产业优化、能源转型、监管强化、区域协同、公众参与五位一体的保护措施，并构建了政策、资金、技术、人才多维度保障机制。研究表明，大气环境保护需以生态文明理念为根本遵循，打破传统治理模式的局限，通过系统治理、协同治理、全民治理，才能实现大气环