

大气环境形势及大气环境评价研究展望

陈艳艳

北京环谱环保科技发展有限公司 北京 100000

摘要: 本文深入剖析了我国大气环境形势,指出传统大气污染与新型复合型污染相互交织、大气污染区域范围扩大、以及环境污染对人体健康风险加剧等突出问题。同时,探讨了大气环境评价研究的现状与存在的不足,并对未来的研究方向进行了展望,包括提升大气环境评价的宏观性、战略性和前瞻性,加强大气污染物大尺度扩散机制研究,优化工业大气污染源排放环境影响评估体系,以及探索基于环境影响的工业污染减排路径与相关政策建议等。本研究旨在为我国大气污染防治和环境管理提供科学依据,助力推动大气环境质量持续改善。

关键词: 大气环境形势; 大气环境评价; 研究展望

引言

大气环境作为人类赖以生存与发展的核心基础性要素,其质量优劣直接关系到人类健康福祉、经济社会可持续发展以及生态系统的稳定平衡。随着我国工业化与城市化进程的持续推进,大气环境面临的挑战日益凸显,已成为社会各界广泛关注的焦点议题。大气环境污染问题不仅会导致空气质量显著下降,诱发雾霾、酸雨等复合型环境灾害的发生,还可能给人类健康带来严重危害,例如诱发呼吸道疾病和心血管疾病。因此,全面且深刻地研判我国大气环境现状,系统加强大气环境评价体系研究,对于科学制定高效精准的大气污染防控策略、持续改善大气环境质量、保障生态安全与公众健康具有重要的现实意义与实践价值。

一、我国大气环境形势分析

(一) 传统大气污染与新型复合型污染交织

多年来,我国大气污染防治工作长期面临着巨大的挑战。以SO₂和颗粒物为代表的传统污染问题尚未根本解决。尽管在过去几十年里,我国通过一系列政策措施和技术手段,在降低SO₂和颗粒物排放方面取得了一定成效,但受工业生产、能源消费等活动的持续增长等因素的影响,传统大气污染物的排放总量依然处于较高水平。同时,随着经济的快速发展和能源结构逐步调整,以颗粒物(PM_{2.5})和臭氧(O₃)等为代表的新型区域性复合型污染问题日益凸显。这类新型污染物来源广泛,涉及工业排放、机动车尾气、挥发性有机物等多个方面,且它们之间相互作用、相互影响,致污染态势更趋复杂。这种传统与新型污染相互交织的局面,使我国大气环境问题更加严峻,治理难度进一步增大。

(二) 大气污染的区域扩展

近年来,我国大气污染的分布格局发生了显著变化。以往我国大气污染多集中于城市,尤其是工业发达的大型城市。但随着城市化进程加快及产业结构调整,大气污染由城市逐步向农村扩散。部分城市外围农村地区因承接一些城市产业转移和工业生产活动,造成大气污染物排放增加。与此同时,我国农村地区能源消费结构仍以煤炭和生物质燃料为主,其不完全燃烧过程产生大量污染物,进一步加剧了环境空气污染。此外,大气污染物具有长距离传输的特性,城市排放的污染物可借助大气环流向周围农村扩散,导致污染范围扩大。随着污染区域的持续扩大,受影响人群日益增多,这也使得大气污染治理面临更为复杂和严峻的挑战。

(三) 大气环境污染对人体健康风险

大气环境对人类健康具有深远影响,大气环境污染已成为全球高度关注的重要议题。大气中的污染物,如PM_{2.5}、SO₂、NO_x等,可能经呼吸道进入人体,对人体的呼吸系统、心血管系统和免疫系统等造成损伤。长期暴露于污染的大气环境中,会显著增加罹患肺癌、心脏病、中风等疾病的风险,并可能影响儿童的生长发育与智力发育。近年来,我国大气污染所带来的健康风险持续升高,相关疾病的发病率呈上升趋势。为切实保障公众健康,迫切需要加强大气环境污染的治理,有效降低其对人体健康的影响。

二、大气环境评价研究现状及不足

(一) 大气环境评价的现状

目前,我国的大气环境评价工作已经取得了显著进展,逐步建立了相对完善的评价指标体系和评价方法。在评价指标方面,主要包括空气质量指数(AQI)、首要

污染物、PM_{2.5}浓度、PM₁₀浓度等。这些指标能较为全面地反映大气环境质量状况。在评价方法方面，已采用单因子评价法、综合指数评价法、模糊综合评价法等多种方法，这并在不同的评价场景中发挥了重要作用。同时，我国还持续推进大气环境监测网络建设，监测数据的准确性与时效性不断提升，为大气环境评价提供了有力的数据支持。2024年，全国生态环境质量持续改善，空气质量稳步向好，重污染天气明显减少，地级及以上城市细颗粒物（PM_{2.5}）平均浓度达到29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，这在一定程度上反映出我国大气环境评价与治理工作取得的积极成效。

（二）大气环境评价存在的不足

目前大气环境评价虽已取得一定进展，但在多个方面仍存在不足。首先，统一评价标准往往忽视地域差异，我国各区域的地理条件、自然禀赋和污染源结构等存在明显差别，例如，北方冬季主要受采暖污染影响，而南方夏季则面临突出的臭氧污染问题，可能导致部分地区治理成效被低估，并促使地方政府倾向于采取短期应急措施（如突击限产），而非推动长期结构性治理。其次，以PM_{2.5}为核心的评价指标具有一定的局限性，尽管氨和挥发性有机物对PM_{2.5}和臭氧的生成有较大贡献，但尚未被纳入核心评价指标。同时，PM_{2.5}与臭氧生成之间存在复杂的化学关联，现有指标尚未能充分体现其协同治理的需求。再次，前评价体系在公众感知与健康影响方面考虑不足。例如硫化氢等恶臭气体以及低能见度的雾霾严重影响居民生活质量，却未被纳入评价指标体系。此外，体系中也缺乏健康风险评估指标，难以量化大气污染对心肺疾病、癌症等等健康结局的实际危害。最后，大气环境评价在宏观性、战略性与前瞻性方面仍有欠缺，目前主要侧重于对当前环境质量的静态评估，对未来污染趋势的预测与分析较为薄弱，难以充分支持国家与地方大气污染防治的长远决策。同时，评价体系对城市化进程带来的环境影响关注不够，针对污染人体健康风险的系统评估也较为不足。

三、大气环境评价研究展望

（一）提高大气环境评价的宏观性、战略性和前瞻性

增强大气环境评价的宏观性、战略性和前瞻性，是应对复杂大气环境问题、推动可持续发展的关键举措。从宏观上看，需构建一个全面的大气环境评价系统，统筹考虑大气污染物排放源、传输过程、转化机制和环境效应等多重要素，实现对不同地区、不同产业的大气环境质量的精确评价，并对未来变化趋势作出科学预测。这将有助于从整体上把握大气环境状况，为国家及地方大气污染防治战略提供科学支撑。

从战略上看，应将大气环境评价深度融入与国家及地方发展决策，开展战略环境影响评价。在推动重大项目建设、优化产业布局、调整能源结构等过程中，需提前评估大气环境影响与相关风险。例如，对京津冀这类产业人口聚集、货运发达的区域，应建立与沿海旅游城市差异化的考核标准，体现区域特色，避防止因决策不当加剧大气污染。

在前瞻性方面，应密切关注新兴领域及潜在的大气环境问题。随着科技进度与产业升级，新能源汽车、电子信息、生物医药等新兴产业快速发展，应及时开展相关环境影响评价研究，识别并防范可能出现的污染风险。同时，应强化大气环境变化趋势研判，提前谋划应对策略，掌握大气污染防治的主动权，牢牢把握污染治理的主动权，推动大气环境质量持续改善，实现经济社会发展与生态环境保护的协调共赢。

（二）加强大气污染物大尺度扩散机制研究

加强大尺度大气污染物扩散机制的研究，对于准确把握污染物扩散规律、有效控制大气污染具有重要意义。在大尺度范围内，大气污染物扩散机制较为复杂，主要包括分子扩散、湍流扩散、对流扩散、化学反应扩散、热扩散以及地表扩散等多种途径，且各种机制之间相互影响、相互作用。分子扩散是指污染物分子自发运动的过程，受温度、压力和浓度梯度的作用，以低浓度梯度为主；随着浓度梯度的上升，湍流扩散效应逐渐增强，这种影响主要集中在湍流中，涡旋和湍流脉动可提高扩散速度。

对流扩散与流体宏观运动密切相关，其速率受流体速度及温度分布的影响；化学反应中的扩散是指污染物在化学反应过程中的传播，该过程受反应速度常数、反应物浓度分布等多种因素制约；热扩散由温度差驱动，主要影响组分间的相对运动；地表扩散则反映污染物在土壤、水体与大气界面间的交换过程，受土壤结构、含水量和植被覆盖等环境因素综合调控。

研究大气污染物的大尺度扩散应考虑气象条件和地形地貌的影响。气象条件包括风速、风向、气温、湿度和气压，形地貌则通过阻挡、加速或抬升气流等方式改变扩散路径与速率。通过考察不同污染物性质对扩散行为的影响，可制定更为精准的污染控制策略。同时，可借助数值模拟方法，通过求解大气污染物扩散方程，预测污染物浓度分布和扩散范围，为科学评估污染影响、制定区域防控措施提供可靠依据。

（三）优化工业大气污染源排放环境影响评估体系

优化工业大气污染源排放环境影响评估体系，对精准防控大气污染、持续改善环境质量具有重要意义。我

国工业领域排放的SO₂、NO_x、PM和VOCs等污染物，不仅显著影响环境空气质量，还会通过复合型污染对生态系统和公众健康造成长期危害。尽管工业污染治理已取得一定进展，但工业源排放总量仍在全国污染物排中占据较高比例，呈现出结构性、区域性及复合型污染并存的复杂特征。

优化评估体系，首先需要构建科学、精细的排放清单。应重点针对排放强度大、环境影响突出的行业（如电力热力生产与供应业、钢铁冶炼业等），以及京津冀、长三角等重点区域，明确其在2025年的污染物排放量及时空分布特征。可运用文献研究法，借鉴大气污染物排放核算技术指南等标准，结合现场监测获取本地化实测排放因子，补充和完善排放清单的关键参数，增强其代表性和准确性。

同时，应提升环境空气质量模拟与评估能力。可以利用现有的先进技术手段，结合高精度的排放清单信息，模拟工业污染对区域及城市尺度环境空气质量的影响，识别污染传输路径与敏感区域。在环境影响评估方面，结合暴露-反应关系、生态毒理模型等，科学评估工业污染对人群健康和生态系统的损害程度，并逐步开展环境成本量化分析。此外，应基于成本效益分析，提出重点行业深度治理、清洁能源替代、产业集群绿色转型等可行性减排策略，为工业污染治理提供科学依据和有效方案，推动大气环境质量持续改善。

（四）提出基于环境影响的工业污染减排路径与政策建议

基于环境影响视角，提出有针对性的工业污染减排路径与政策建议，是推动大气环境质量持续改善的重要抓手。

减排路径方面：

1. 推进能源结构转型。重点实施清洁能源对化石能源的替代，例如在电解铝行业推广绿电替代，推动绿氢替代煤炭与天然气。瑞典HYBRIT项目采用绿氢炼铁技术，可实现二氧化碳减排90%以上，为工业深度脱碳提供了可行路径。

2. 优化工艺流程与能效提升。通过改进生产工艺、提高能源利用效率实现源头减排。如在化工行业，利用二氧化碳替代石油基原料生产塑料和甲醇，可显著降低生产过程的碳排放。

3. 大力发展循环经济。加强工业固废资源化利用，如将钢渣用于道路基础材料、粉煤灰制备加气混凝土等，提升资源综合利用效率，减少原生资源消耗与污染排放。

政策建议方面：

1. 深化产业结构调整。加快淘汰落后产能，优化产业空间布局，培育壮大节能环保产业，从结构上降低污染物排放强度。

2. 完善政策激励体系。健全工业减排政策框架，加大财政补贴、税收优惠等支持力度，激励企业开展清洁生产与循环经济实践。

3. 强化环境监管与公众参与。提升环境监测与执法效能，严厉打击违法排污行为；加强环境信息公开，拓宽公众参与渠道，形成社会共治格局。

4. 推行清洁生产与多元共治。通过清洁生产审核引导企业优化过程控制、提高资源效率；实施排污许可制度，明确企业排放限值与治理责任；鼓励发展第三方治理模式，降低企业治污运维成本，实现环境效益与经济效益协同提升。

结论

我国大气环境形势依然严峻，传统大气污染与新型复合型污染交织叠加，污染范围持续扩大，对公众健康的危害也日益凸显，这些亟待系统性解决。当前，我国大气环境评价研究虽已取得一定进展，但仍存在宏观性、战略性和前瞻性不足，对城市化进程带来的大气环境影响关注不够，对人体健康风险的评估研究较为薄弱等突出问题。未来，大气环境评价研究应着力提升宏观性、战略性和前瞻性，重点加强对大气污染物大尺度扩散机制的深入探索，优化工业污染源排放的环境影响评估体系，提出以环境影响为导向的工业污染减排路径和政策建议，并对相关前沿方向进行展望。通过持续完善大气环境评价体系、强化大气污染防治，有望逐步实现我国大气环境质量的稳步改善，切实保障人民群众健康，推动经济社会与生态环境的协调可持续发展。

参考文献

- [1] 王体健, 李蒙蒙, 韩志伟, 等. 我国大气环境模式的研究进展和未来展望[J]. 中国环境科学, 2024, 000(11): 13.
- [2] 张雪晶, 王京伟, 董伟宁, 任佳钰. 信息技术在大气环境监测工作中的应用[J]. 电脑知识与技术, 2025(29).
- [3] 徐建东. 环境工程中大气污染处理技术研析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(002): 000.
- [4] 吴程宗. 环境工程中大气污染监测与模拟技术的创新[C]// 建筑科技发展论坛. 中国智慧工程研究会, 2024.
- [5] 郝吉明. 我国大气污染防治科技发展成果及“双碳”背景下的发展展望[J]. 中国环保产业, 2023(2): 15-17.