

推动跨学科基础研究, 深化大气环境与气候变化健康效应的科学认知

朱彤^{1*}, 廖宏^{2*}, 邱兴华¹, 李柯²

1. 北京大学环境科学与工程学院, 生态环境部大气环境暴露与健康风险管理重点实验室, 北京 100871

2. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏省大气环境与装备技术协同创新中心, 江苏省大气环境监测与污染控制高技术研究重点实验室, 南京 210044

* 联系人, E-mail: tzhu@pku.edu.cn; hongliao@nuist.edu.cn

Advance interdisciplinary fundamental research to deepen scientific understanding of the health impacts of atmospheric environment and climate change

Tong Zhu^{1*}, Hong Liao^{2*}, Xinghua Qiu¹ & Ke Li²

¹ MEEKL-AERM, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, Beijing 100871, China

² Jiangsu Key Laboratory of Atmospheric Environment Monitoring and Pollution Control, Collaborative Innovation Center of Atmospheric Environment and Equipment Technology, School of Environmental Sciences and Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China

* Corresponding authors, E-mail: tzhu@pku.edu.cn; hongliao@nuist.edu.cn

doi: [10.1360/CSB-2025-5216](https://doi.org/10.1360/CSB-2025-5216)



朱彤

中国科学院院士、发展中国家科学院院士、北京大学环境科学与工程学院教授。主要从事大气化学与环境健康研究, 在大气污染来源甄别、成因解析及健康危害评估等方向取得系列创新成果, 推动了环境健康领域的交叉研究与学科建设。

大气环境与气候变化对人类健康的影响已成为全球面临的重大挑战之一。大气污染物, 如细颗粒物(PM_{2.5})和臭氧(O₃), 被认为与呼吸系统疾病、心血管疾病、癌症等多种过早死亡风险以及不良生殖结局密切相关。同时, 气候变化引发的极端天气气候事件如热浪、暴雨、飓风、沙尘、野火等对人类的生存环境产生越来越大的威胁。在我国, 尽管大气污染治理取得重大成效, 但形势依然严峻, 而气候变暖背景下高温热浪频发, 污染与气候叠加的复合事件日益增多, 公众健康风险或将进一步加剧。因此, 深化对大气环境与气候变化健康效应的科学认知, 是实现“健康中国”战略目标的重要基础。

过去十余年, 我国在大气污染治理方面取得了显著成效, 但主要污染物浓度仍与世卫组织的指导值存在较大差距。值得注意的是, 由于二次污染物形成的非线性过程, PM_{2.5}浓度虽有所降低, O₃浓度却呈现上升趋势, 夏季短期暴露于O₃导致的过早死亡人数已经超过PM_{2.5}^[1], 这对深化空气污染的健康风险防控提出了更大挑战。同时, 我国也是受气候变化影响最为严重的国家之一。研究显示, 与1986~2005年相比, 2019年我国热浪天数增加了13天, 热浪期间老年人的死亡风险上升了10%^[2]; 预计到21世纪末, 东亚地区因高温引发的早逝可占总死亡人数

引用格式: 朱彤, 廖宏, 邱兴华, 等. 推动跨学科基础研究, 深化大气环境与气候变化健康效应的科学认知. 科学通报, 2025, 70: 3581–3583

Zhu T, Liao H, Qiu X, et al. Advance interdisciplinary fundamental research to deepen scientific understanding of the health impacts of atmospheric environment and climate change (in Chinese). Chin Sci Bull, 2025, 70: 3581–3583, doi: [10.1360/CSB-2025-5216](https://doi.org/10.1360/CSB-2025-5216)



廖宏

南京信息工程大学环境科学与工程学院教授。主要从事大气化学与气候变化研究，在大气环境与气候相互作用、化学-气候耦合模式研制等方向取得系统创新成果。

的3.2%^[3]。更为重要的是，气候变化与大气污染对人体健康的影响存在复杂的交互作用。例如夏季高温与污染事件通常呈现复合特征^[4]，在此背景下，大气污染与气候变化的综合健康影响可能进一步加剧。然而，尽管国际上较早开展了大气环境与气候变化的健康效应研究，针对于中国的实证研究仍然匮乏，尤其是在不同大气组分的健康效应机制、大气污染与气候变化的协同健康效应等方面的科学认识仍有待突破。

为交流大气环境与气候变化健康效应领域的最新研究成果，提升对其健康影响的科学认知，推动环境、气候与健康等学科的交叉融合，《科学通报》特组织出版“大气环境与气候的健康效应”专题。本专题共收录11篇文章，内容涵盖多种大气污染物与气候变化的健康效应，以及二者的协同效应等。

在大气污染物的健康效应方面，王照恩等人^[5]的研究表明，不同来源PM_{2.5}长期暴露的健康影响存在差异，交通源PM_{2.5}显著增加心血管疾病发病和死亡风险，工业源PM_{2.5}暴露则与呼吸系统疾病存在关联，但当前研究证据较为有限且结果不一致。柳金明等人^[6]构建了一套复合筛选策略，成功识别出PM_{2.5}中的关键效应组分，并从多个维度验证其可靠性，为复杂污染物的健康效应研究提供了新工具。张文静等人^[7]评估了长三角地区五种常见通勤方式下超细颗粒物及肺沉积表面积的暴露特征，结果为优化通勤环境提供了科学依据。姜宜萱等人^[8]通过定组研究发现，超细颗粒物短期暴露与健康成年人心率变异性下降显著相关，提示其可能影响心脏自主神经功能。张文楼等人^[9]发现，O₃短期暴露是慢阻肺患者睡眠期间心率升高的重要诱因，建立了暴露-反应关系，并识别了关键的易感因素。姜云星等人^[10]发现，二氧化氮短期暴露显著增加动态心电图ST段压低事件(表征心肌缺血)发生风险，同时发现口服L-精氨酸可拮抗这一风险。李方旭等人^[11]系统分析了空气污染与过敏性鼻炎的关联，探讨了不同空气污染类别的影响机制及与其他因素的协同作用。

在气候变化及其与大气污染物协同的健康效应方面，李亚泰等人^[12]梳理了高温暴露与不良出生结局之间的流行病学证据，深入探讨其生物学机制，并提出相应的应对策略。张毅等人^[13]通过系统综述发现，气候变化与臭氧污染存在协同作用，显著增加人群健康风险，尤其高温与臭氧的复合暴露与易感人群死亡风险关系密切，未来亟需开展多中心人群研究，量化二者协同的疾病负担。朱佳等人^[14]评估了我国当前及未来温度变化对臭氧短期暴露健康效应的影响，指出高温会放大臭氧暴露的健康风险，为协同治理提供了理论支持。肖翔等人^[15]基于中国出生队列研究数据发现，城市干岛对早产具有保护作用，可在一定程度上缓解高温和臭氧暴露引发的早产风险。

这些文章系统梳理了我国重点区域多种大气污染的健康效应及生物学机制，深入探讨了高温与城市干岛对不良出生的影响、高温与臭氧复合暴露的协同过程及其作用机制，并提出具有重要参考价值的应对策略。希望本专题能为相关领域的科研和管理人员提供有力支撑，进一步推动我国在大气环境、气候变化与健康效应等领域的高水平跨学科协同研究与实践。

致谢 值此本专题出版之际，对专题文章的所有作者、审稿人以及《科学通报》编辑部的大力支持和帮助表示诚挚感谢！

参考文献

- 1 Xiao Q, Geng G, Xue T, et al. Tracking PM_{2.5} and O₃ pollution and the related health burden in China 2013–2020. *Environ Sci Technol*, 2022, 56: 6922–6932
- 2 Cai W, Zhang C, Suen H P, et al. The 2020 China report of the Lancet Countdown on health and climate change. *Lancet Public Health*, 2021, 6: e64–e81
- 3 Gasparrini A, Guo Y, Sera F, et al. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet Health*, 2017, 1: e360–e367

- 4 Li M, Huang X, Yan D, et al. Coping with the concurrent heatwaves and ozone extremes in China under a warming climate. *Sci Bull*, 2024, 69: 2938–2947
- 5 Wang Z, Lu H, Wang C, et al. A review of advances in health effects from long-term exposure to PM_{2.5} from different sources (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3616–3628 [王照恩, 卢海琼, 王晨, 等. 不同来源PM_{2.5}长期暴露对人群健康影响的研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 3616–3628]
- 6 Liu J M, Shi X D, Zhong P W, et al. Identification of polycyclic aromatic effector compounds in atmospheric fine particulate matter based on pulmonary epithelial cells and cross-validated multi-models (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3650–3658 [柳金明, 史咲嶝, 钟沛文, 等. 基于肺上皮细胞和交叉验证多模型识别大气细颗粒物中多环芳香类效应组分. *科学通报*, 2025, 70: 3650–3658]
- 7 Zhang W J, Rupakheti D, Li X F, et al. Observational study of ultrafine particulate matter exposure under different commuting modes in a typical city of the Yangtze River Delta (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3659–3670 [张文静, Rupakheti D, 李晓芳, 等. 长三角典型城市不同通勤方式的超细颗粒物暴露观测研究. *科学通报*, 2025, 70: 3659–3670]
- 8 Jiang Y X, Zhu X L, Shen Y, et al. Short-term exposure to ultrafine particle and reduced heart rate variability: a longitudinal panel study in Shanghai, China (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3681–3690 [姜宜萱, 诸心蕾, 沈洋, 等. 超细颗粒物短期暴露与心率变异性关联的固定群组研究. *科学通报*, 2025, 70: 3681–3690]
- 9 Zhang W L, Chen B Q, Zhao C, et al. Association of short-term exposure to personal ozone with heart rate during sleep and potential predisposing factors in patients with chronic obstructive pulmonary disease (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3642–3649 [张文楼, 陈柏锜, 赵晨, 等. 个体臭氧短期暴露与慢性阻塞性肺疾病患者睡眠期间心率的关联及影响因素. *科学通报*, 2025, 70: 3642–3649]
- 10 Jiang Y X, Lei L, Lan Y, et al. Short-term personal exposure to nitrogen dioxide and myocardial ischemia in middle-aged and elderly individuals: a multicenter study (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3671–3680 [姜云星, 雷磊, 兰阳, 等. 空气二氧化氮短期个体暴露对中老年人心肌缺血影响的多中心研究. *科学通报*, 2025, 70: 3671–3680]
- 11 Li F X, Duan X L, Wu P P, et al. Research progress on the impact of air pollution on allergic rhinitis (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3604–3615 [李方旭, 段小丽, 武鹏鹏, 等. 空气污染对过敏性鼻炎影响的研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 3604–3615]
- 12 Li Y T, Pan M M, Xue Y, et al. Impact of global warming on next-generation health: high temperature increases adverse birth outcomes (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3594–3603 [李亚泰, 潘明明, 薛源, 等. 全球变暖对下一代健康的影响: 高温暴露增加不良出生结局风险. *科学通报*, 2025, 70: 3594–3603]
- 13 Zhang Y, Yao H Y, Jia S Y, et al. A review of advances in ozone and temperature interactions and their synergistic health effects (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3584–3593 [张毅, 姚昊阳, 贾树愚, 等. 臭氧和温度交互作用及其协同健康影响研究进展. *科学通报*, 2025, 70: 3584–3593]
- 14 Zhu J, Feng Z J, Chen L, et al. Current and future temperature-modified short-term effect of ozone on health burden in China (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3629–3641 [朱佳, 冯子珈, 陈磊, 等. 温度修饰的臭氧短期暴露对我国当前及未来健康损害的影响. *科学通报*, 2025, 70: 3629–3641]
- 15 Xiao X, Gao M, Dong G H, et al. Risk of preterm birth associated with urban dry island effect and its interaction with temperature and ozone exposure in Chinese cities (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2025, 70: 3691–3703 [肖翔, 高蒙, 董光辉, 等. 中国城市“干岛”的早产风险及其与温度、臭氧交互效应的影响. *科学通报*, 2025, 70: 3691–3703]