
见“微”知著，护航健康

作者：writer 来源：科学网

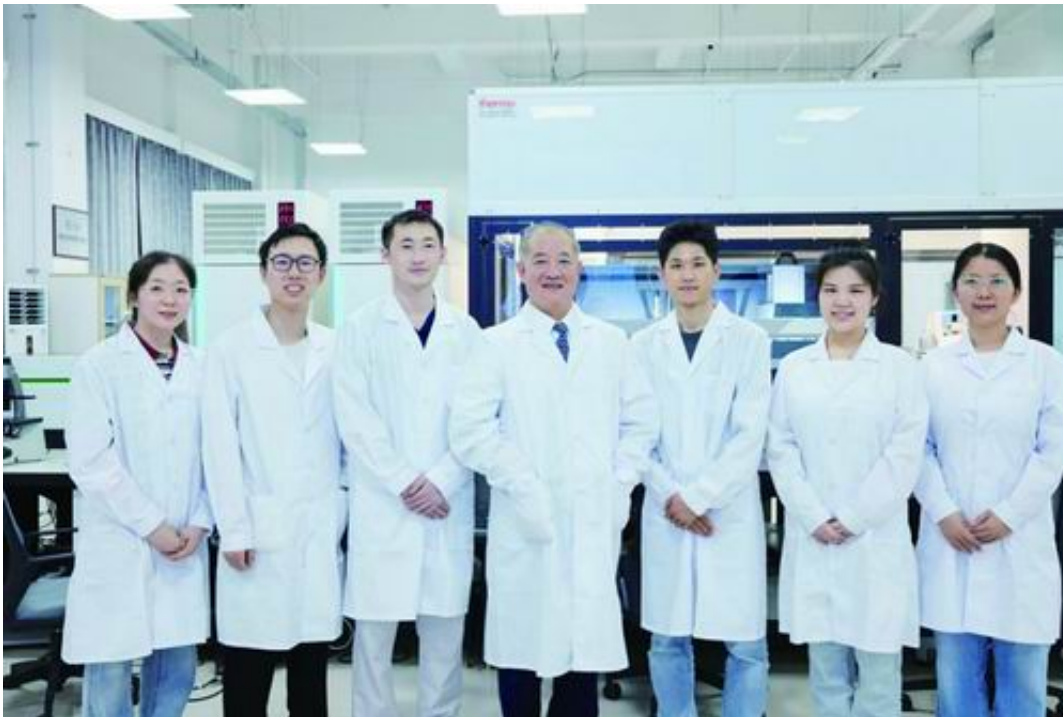
本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31499.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

见“微”知著，护航健康。编者按

大气细颗粒物（PM2.5）污染是一个全球性的环境问题。尽管我国PM2.5治理已经取得了显著进展，但当前全球范围内PM2.5的健康危害风险却仍居高不下。那么，这些细颗粒物会对健康造成什么危害？引发这些不良健康结局的关键毒性机制是什么？触发这些毒性机制的具体毒性组分是什么？为解答这些关键科学问题，国家自然科学基金重大研究计划“大气细颗粒物的毒理与健康效应”（以下简称重大研究计划）应运而生。

自2015年起，在重大研究计划支持下，科学家们致力于研究PM2.5的溯源技术、毒性组分与机理，系统总结PM2.5污染的健康影响理论和应对方法，并面向社会公众开展PM2.5危害和防护的科普工作，取得跨越式发展。



开发效应导向的PM2.5毒性组分识别平台的科研团队合影。受访者供图

?

细如微尘，大气细颗粒物（PM2.5）悄然无息地穿越空气的每一寸空间。它们小到足以溜过人体自身防线进入鼻腔，穿过呼吸道黏膜直抵肺部深处。它们携带着有害的化学物质，侵入人体各个器官，施展破坏的魔法。

这些微小颗粒究竟如何影响人类健康？为系统、全面地回答这个问题，2015年，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）启动国家自然科学基金重大研究计划“大气细颗粒物的毒理与健康效应”。

在重大研究计划实施的10年时间里，中国科学家见“微”知著，针对PM2.5这一全球性环境问题，瞄准其健康危害机制这一国际性科学难题取得多项突破。“我们探索出PM2.5健康危害的全链条研究路线，系统揭示了PM2.5对不同疾病终点的影响及毒性机制。”重大研究计划专家组组长、中国科学院院士江桂斌告诉《中国科学报》，“我们的研究紧密围绕PM2.5毒理与健康研究中的关键科学问题，若干新的发现发表在《新英格兰医学杂志》《柳叶刀》《自然》等世界著名学术期刊。在此基础上，我们提出了健康导向的PM2.5精准防控新范式，为未来大气污染的高质量管控提供了科学支撑。”

近期，重大研究计划顺利完成结题评估。

揭开PM2.5的毒理“黑箱”

早在10多年前，“PM2.5”这个原本晦涩的科学术语，在冬季频繁出现的雾霾天里逐渐具象化，进入了公众视野并广为人知，成为一个全民关注的环境问题。

PM2.5指的是空气中直径小于或等于2.5微米的颗粒物，这一尺寸大约是人类头发直径的1/20到1/30。这些微小的颗粒物可以随着呼吸进入肺部，甚至通过血液到达全身。由于其本身含有毒性组分，能与体内分子相互作用干扰正常生命过程，从而引发不同疾病。

2013年，国际癌症研究机构（IARC）发布报告称：“大气污染是引起癌症的主导性环境因素。”在《柳叶刀》上发表的一项研究对比了不同污染场景对健康的影响，同样揭示由空气污染造成的危害要远超水体污染、土壤污染、重金属污染等。

长期从事毒理学研究的江桂斌解释说：“毒理学是研究‘毒物’对生命影响的一门科学。这里的‘毒物’不一定是剧毒药物，也可能是食品环境中的污染物，比如PM2.5。”

站在毒理学的视角，他们对这些问题进行了深入思考：PM2.5包含什么？它如何通过呼吸、皮肤和食物进入身体？它会造成哪些短期或者长期的健康危害？多少剂量是安全的？

科研人员介绍，自20世纪30年代以来，大气污染对人体健康的影响逐渐引发全球关注。而早期研究主要聚焦于二氧化硫和氮氧化物为主的污染物引发的呼吸系统疾病与心血管系统疾病。同时，科研人员还发现，PM2.5具有显著区别于经典大气污染物的特性，沿用原有的研究框架难以获得PM2.5与疾病之间因果关系的科学证据。

当前PM2.5污染的形成机理已基本被摸清，监测数据、行业清单、控制技术等领域也有国际经验可以借鉴，却唯独在毒理和健康效应领域的认识较为有限。“大气细颗粒物的毒性组分不清、毒性机制不清、健康危害不清，让我们无法实现对大气污染的精准控制，从而有效保障人民健康。”江桂斌表示。

为揭开PM2.5如何影响健康的“黑箱”，2015年，重大研究计划启动。

经过深入调研，科研人员凝练出三个核心科学问题，包括“典型区域大气细颗粒物的毒性组分及暴露研究方法学”“大气细颗粒物毒性组分的生物学效应与毒理学机制”，以及“大气细颗粒物的人群健康危害评估”。

他们相信，对这些科学问题的研究有望厘清大气细颗粒物的毒理与健康效应，建立起“疾病响应鉴定—毒理机制解析—毒性组分识别—源头精准控制”的全链条研究路线。

走向全球的新范式

在刚刚过去的2024年，蓝天持续“霸屏”是许多人的切身感受。近年来，我国“蓝天保卫战”取得的成效有目共睹，PM2.5污染水平呈现逐年下降的趋势，但随之产生的健康收益却相对有限。

江桂斌和同行们认为，在高水平环境保护支撑高质量发展的新阶段，PM2.5防控应当从“质量达标导向”转向“健康导向”。他表示：“由于我们过去对PM2.5的健康危害认识不系统、不全面，只能‘眉毛胡子一把抓’，以期降低PM2.5的整体污染水平。”

在重大研究计划支持下，中国科学家不懈努力，取得了跨越式发展。

首先，研究方法学上取得显著进展。真实环境中PM2.5组分识别、微生物分析、溯源、毒理模型构建、示踪、流行病学以及效应导向的识别等新技术、新方法得到长足发展。江桂斌指出：“这些方法虽然开发难度大，但适用于真实环境PM2.5和生物基质，克服了许多传统方法难以解决的技术难题。”

在重大研究计划支持下，相关研究成果为全球大气污染防治贡献了“中国智慧”。中国科学家主导的一项多中心研究首次获得了“PM2.5污染暴露的剂量效应曲线”，直接促成世界卫生组织（WHO）将《2021版全球空气质量指南》中PM2.5日均基准值从25微克/立方米降到15微克/立方米。

与此同时，“全球空气污染与健康合作研究网络”随之建立起来。这项由复旦大学公共卫生学院教授阚海东领衔的研究吸引了来自全球40个国家和地区的77个研究团队加盟。对此，《新英格兰医学杂志》发表评论称，“这是较为少见的由中国学者主导、多国研究人员合作、具有全球视野的研究”。

在公共健康效应方面，一系列研究成果让科学家对于PM2.5对不同疾病影响的认识更加系统。

2020年，科研人员首次在普通人群血液和胸腔积液中发现外源性超细颗粒物，为颗粒物的全局健康影响提供了重要科学证据，相关研究成果在《自然-通讯》上发表。知名毒理学家、美国纽约罗切斯特大学教授冈特·奥伯多斯特评价，该研究成果回答了“一个科学界长期讨论但悬而未决的问题”。

“10年前，大家主要关注PM2.5与上呼吸道疾病的关系。如今，我们已经系统梳理了PM2.5暴露与急性冠状综合征、冠心病、心房颤动、认知功能损伤、儿童睡眠障碍、早产、抑郁等不良结局的剂量效应曲线。”江桂斌介绍，“基于剂量效应曲线，我们提出了针对不同区域和人群的PM2.5管控推荐值，形成了健康导向的防控方案。”

当前，在重大研究计划支持的研究中，通过效应导向分析策略揭示部分不良健康结局的毒性机制和关键毒性组分，并提出“毒性组分引导的PM污染精准防控”已成为国际大气健康研究的共识。

跨学科交叉合作与攻关

在指导专家组看来，重大研究计划取得诸多科学突破，离不开多个领域专家学者的交叉合作。

据了解，在重大研究计划执行期间共发布7次指南，受理超过500项申请。这些申请覆盖了化学、地学、公共卫生、医学、大气科学、毒理学、生命科学等领域的专家学者，形成了跨学科交叉合作与攻关的科研模式。

从资助学科分布看，地学、医学、数理、信息和工材等领域的项目数超过了全部项目的1/3。

江桂斌指出，多学科交叉融合推动了“大气细颗粒物毒理与健康效应”研究的深入发展，跨学科团队的组建与合作促进了新思路、新技术的产生与应用，提高了研究效率和成果质量。

例如，科研人员借助自主研发的全球首套“高通量多功能成组毒理学系统”，开发出专门的靶点测试方法，从效应出发，在毒性机制指导下识别出触发关键疾病表型的毒性组分。

这项研究离不开生物信息、分子作用以及效应导向等多学科方法的交叉。例如，针对PM2.5引发的焦虑抑郁等认知障碍，科研人员首先建立PM2.5实时暴露小鼠模型，进一步采取生物信息学手段揭示“多巴胺相关通路异常”可能是焦虑抑郁行为发生的重要生物过程。进一步研究表明，苯基化合物是PM2.5中引发抑郁的关键毒性组分。

最后，再结合化学指纹分析和大数据分析，科研人员对这些化合物的具体工业源排放进行了详细解析，为未来实现健康导向下的精准源头管控提供了依据。

此外，个体暴露监测与公共卫生人群队列的学科交叉应用于PM2.5组分剂量效应曲线研究；基于地学和环境领域的“同位素大数据”与公共卫生领域的“健康大数据”交叉，能够应用于综合解析大气细颗粒源的健康贡献。

重大研究计划在学术自由的前提下，充分强调要开展“有组织的科研”，并进行了诸多有益实践。

例如，2021年，我国曾遭遇一次较大沙尘天气。当年8月，重大研究计划发布指南，设立重点支持项目，引导科研人员“针对最新出现的环境问题，探索极端天气（如沙尘等）下细颗粒物毒性效应的演变”。

普及健康知识

在重大研究计划支持下，项目科学家在科学普及方面开展了颇有成效的工作。

项目执行期间，他们多次组织专场或分会场学术交流活动，开展主题科普，不断吸引更多青年人才加入研究队伍。以全国环境化学大会为例，参加人数从2017年的5000余人增加到2023年的逾万人。

面对面的交流还有各类科普讲座：《新污染物环境与健康风险和治理对策》《推动高质量发展，实现人与自然和谐共生》《新污染物治理所面临的问题》……科学家们走进了相关管理部门、地方政府、中小学等场所，用一场场动人的讲座将PM2.5领域的知识带给了决策者和老百姓。

2021年，江桂斌曾作了题为《环境污染与健康》的科普报告，线上听众超过242万人次。这令江桂斌感到惊讶，同时，他更感受到作为科学家的责任。

江桂斌指出：“PM2.5引发的健康威胁，是全人类共同面临的严峻挑战，不分国界、种族和地域。”因此，让更多老百姓了解这一问题的前沿科学研究成果，成为参与该重大研究计划科学家的共识。

此外，科普图书《大气细颗粒与人体健康》于2024年3月出版。该书以通俗易懂的语言介绍了PM2.5污染与人体健康的关系，包括“PM2.5也会使血管‘交通堵塞’”“大气细颗粒物喜欢在哪儿‘作妖’”“怎么打跑‘烟雾怪兽’”等章节。

从中国的“质量达标”到世界的“健康导向”，在重大研究计划支持下，中国科学家们行稳致远，大力推动着中国和全球大气治理的进程。

面向未来，指导专家组认为，PM2.5的研究仍需要进一步深化，不仅要推动暴露评估等技术升级，推动健康导向的毒性组分控制技术研究，更要继续加强研究成果的政策转化，让科学研究真正服务于大气污染防治和人类健康。

《中国科学报》(2025-01-27第4版自然科学基金)

作者：甘晓 李嘉茵 来源：中国科学报

更多科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发