
不止PM2.5！超细颗粒监测革新，赋能健康管控

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42642.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！

不止PM2.5！超细颗粒监测革新，赋能健康管控。超细颗粒物（UFP）粒径小于100nm，是大气颗粒数浓度（PNC）的绝对主力。由于UFP粒径远小于PM2.5，其质量和光散射信号极微小，这让传统颗粒物检测手段对UFP难以适用。但恰恰是这群看不见的对手，既是公众健康的重大威胁，又是扰动气候的关键推手。世界卫生组织已建议持续监测颗粒数浓度粒径分布（PNSD），欧盟也立法明确了UFP监测点位分配标准。然而，要真正读懂它们，仅靠数浓度远远不够——颗粒化学组分、肺沉积表面积、吸湿性、形貌、密度等参数，至关重要。

清华大学蒋靖坤教授研究组联合法国巴黎城市大学Michel Attoui教授在ENGINEERING Environment期刊发表题为A review on characterizing atmospheric ultrafine particles的综述论文，梳理大气UFP表征观测技术，剖析监测仪器和数据标准化现存短板，讨论机器学习融合多源原位观测数据的解决方案，为完善大气精细化治理、双碳目标下气候评估及环境监测仪器突破提供支撑。

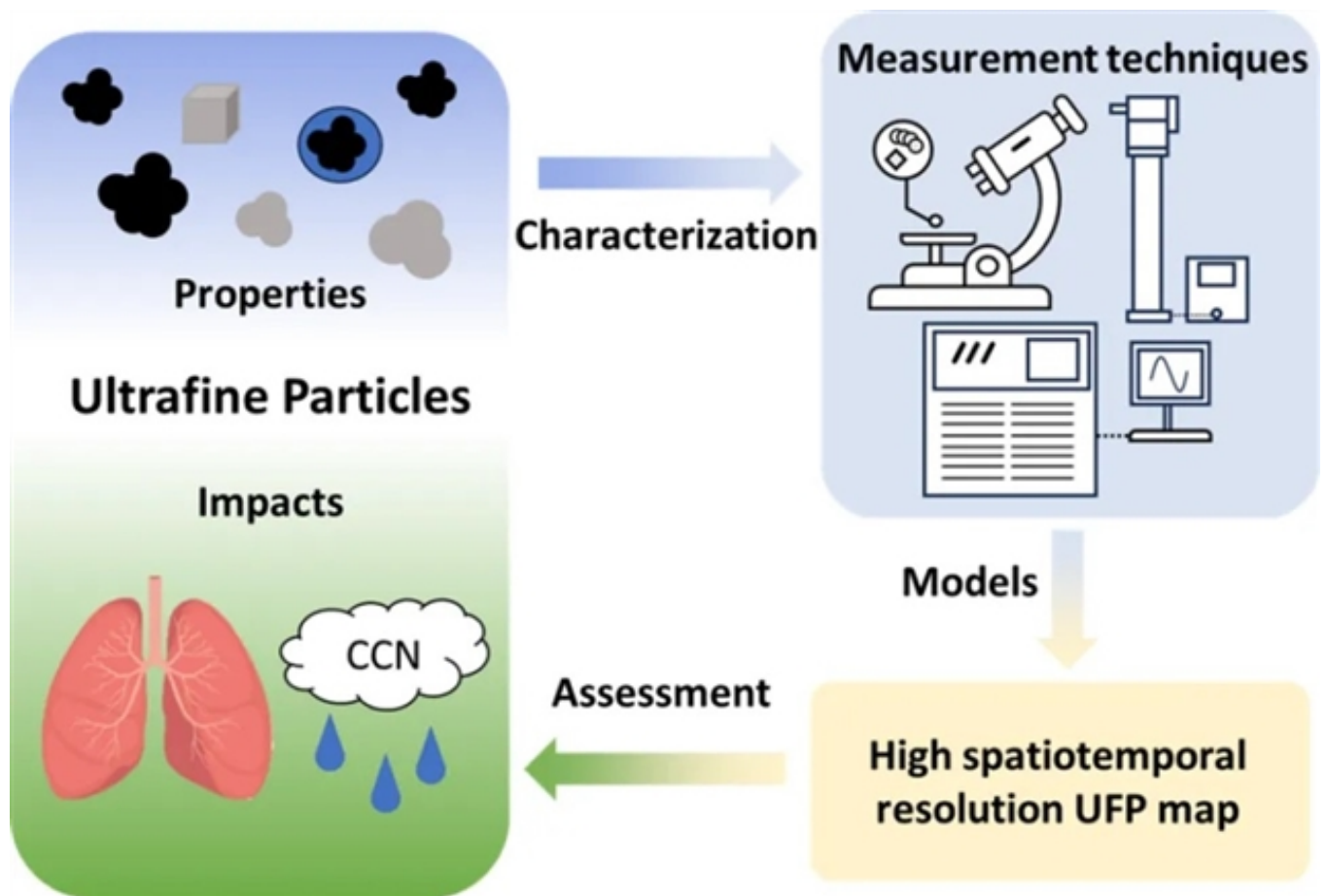


图1.摘要图

从测不准到比不了的困局：大气UFP完整表征存在科研与产业瓶颈，属于大气环境监测装备领域典型痛点。一是核心观测仪器存在技术壁垒：高分辨气溶胶飞行时间质谱仪对小粒径颗粒检测精度不足；传统单极扫描电迁移率粒径谱仪忽略实际大气颗粒的荷电比例动态变化会引入显著误差；移动走航配套便携监测设备测量偏差高，跨设备数据无法互通。二是全球观测数据可比性差：不同监测网络的观测粒径范围等仪器参数设置不统一，野外观测数据难以横向对比，直接用于机器学习建模易引入隐性数据偏差，难以支撑大尺度、跨区域UFP排放规律研判，制约区域协同管控落地。

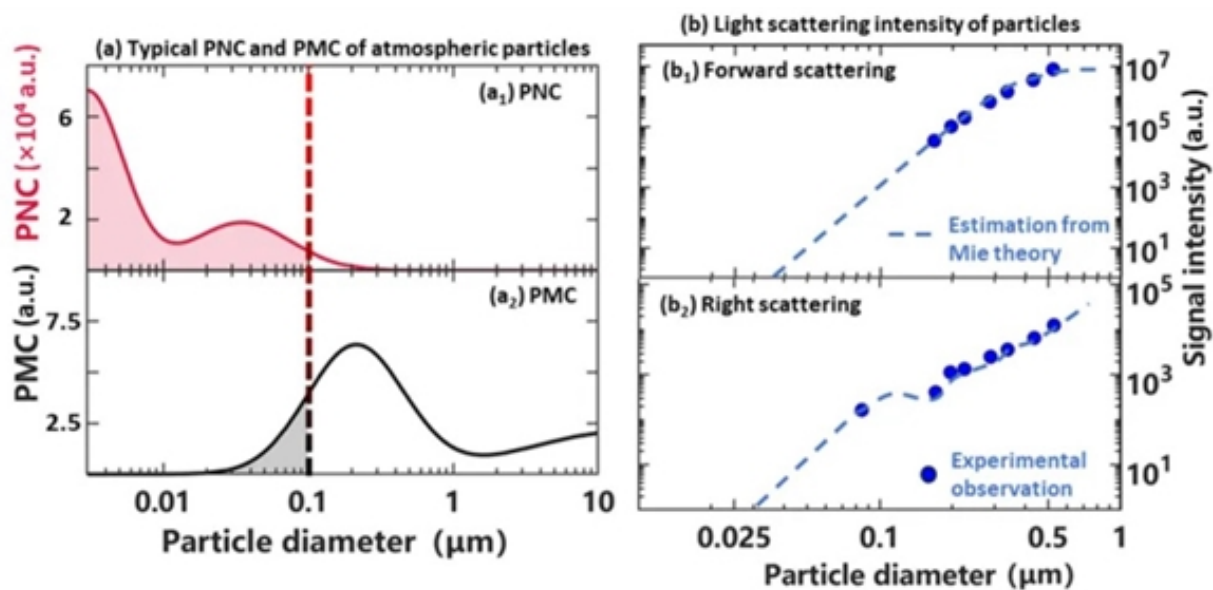


图2.不同粒径大气颗粒的 (a) 数浓度和质量浓度, 以及 (b) 光散射特性 (Zarrin et al., 1987; Seinfeld and Pandis, 2016)。

数据标准化与机器学习破局：该综述分析近年仪器优化与数据建模技术路线，给出适配监测产业的解决方案，突破单一设备观测局限。

硬件层面，优化凝结核粒子计数器流体、光路结构，搭配动态双极荷电实时校正算法，大幅缩小扫描电迁移率粒径谱仪测量误差；联用空气动力学气溶胶差分仪（AAC）、热解析化学电离质谱仪（TDCIMS）等仪器实现UFP密度、化学组分、挥发性同步在线解析，补齐离线检测短板。

数据层面，搭建机器学习融合框架，集成固定站点、车载移动、机载三维观测多源数据，以气象、交通、常规污染物为辅助变量，分离不同颗粒模态独立建模，识别影响不同模态数浓度的关键变量，解决传统模型短时浓度预测精度不足问题，生成公里级高时空分辨率UFP分布图，降低监测设备大范围布设需求，弥补监测站点覆盖缺口。

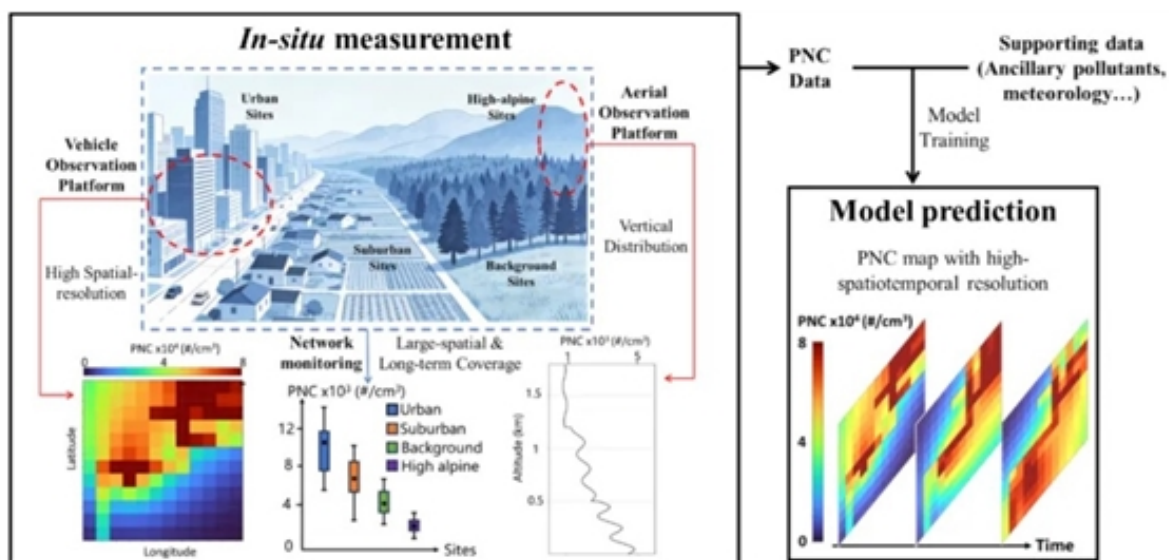


图3.环境超细微粒表征方法

赋能健康长效管控：完整大气超细颗粒表征体系可精准识别交通、工业、新粒子生成源贡献，支撑差异化排放管控政策制定，完善以颗粒数浓度为补充的空气质量标准体系，降低超细颗粒物人群心肺损伤等健康负担；同时精准量化超细颗粒云凝结核效应，支撑碳中和背景下区域气候环境影响评估。文中建议推动动态荷电校正、多参数在线质谱等核心技术国产化，助力环境监测装备制造产业发展，为全球大范围超细颗粒业务化监测提供可落地技术支撑。（来源：Engineering Journals微信公众号）

相关论文信息：<https://journal.hep.com.cn/fese/EN/10.1007/s11783-026-2180-2>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：蒋靖坤等 来源：《工程·环境》

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