

气溶胶多相反应过程及其在复合污染形成中的作用是当前大气化学的难点之一。通过外场观测和数值模拟,在气溶胶化学成分及来源解析、细颗粒物“爆发增长”物理化学机制、气溶胶多相化学对大气氧化过程影响等方面取得多项成果,促进了复合污染过程气溶胶快速增长成因的理论认识。近5年在本领域发表SCI论文98篇(其中第一或通讯作者SCI论文22篇),全部论文SCI总引8000余次, H指数46。

国家/区域尺度气溶胶成分观测

基于离线膜采样和气溶胶质谱在线监测方法:

- 获得我国重点城市及背景地区PM_{2.5}化学组分及演变特征;
- 阐述京津冀地区有机气溶胶化学特性与排放源、季节变化和氧化过程等的内在关系;
- 揭示本地排放和区域传输对有机气溶胶氧化程度影响差异。

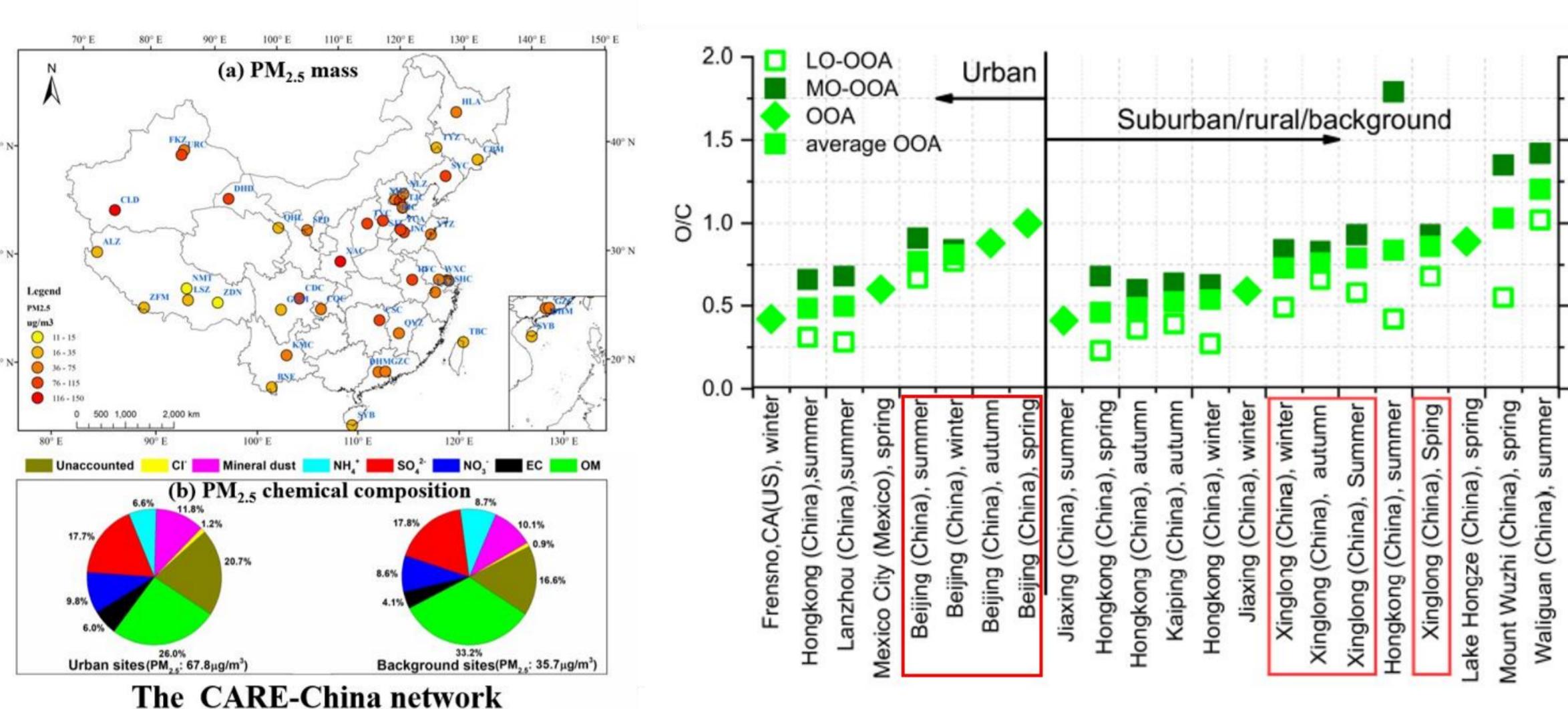
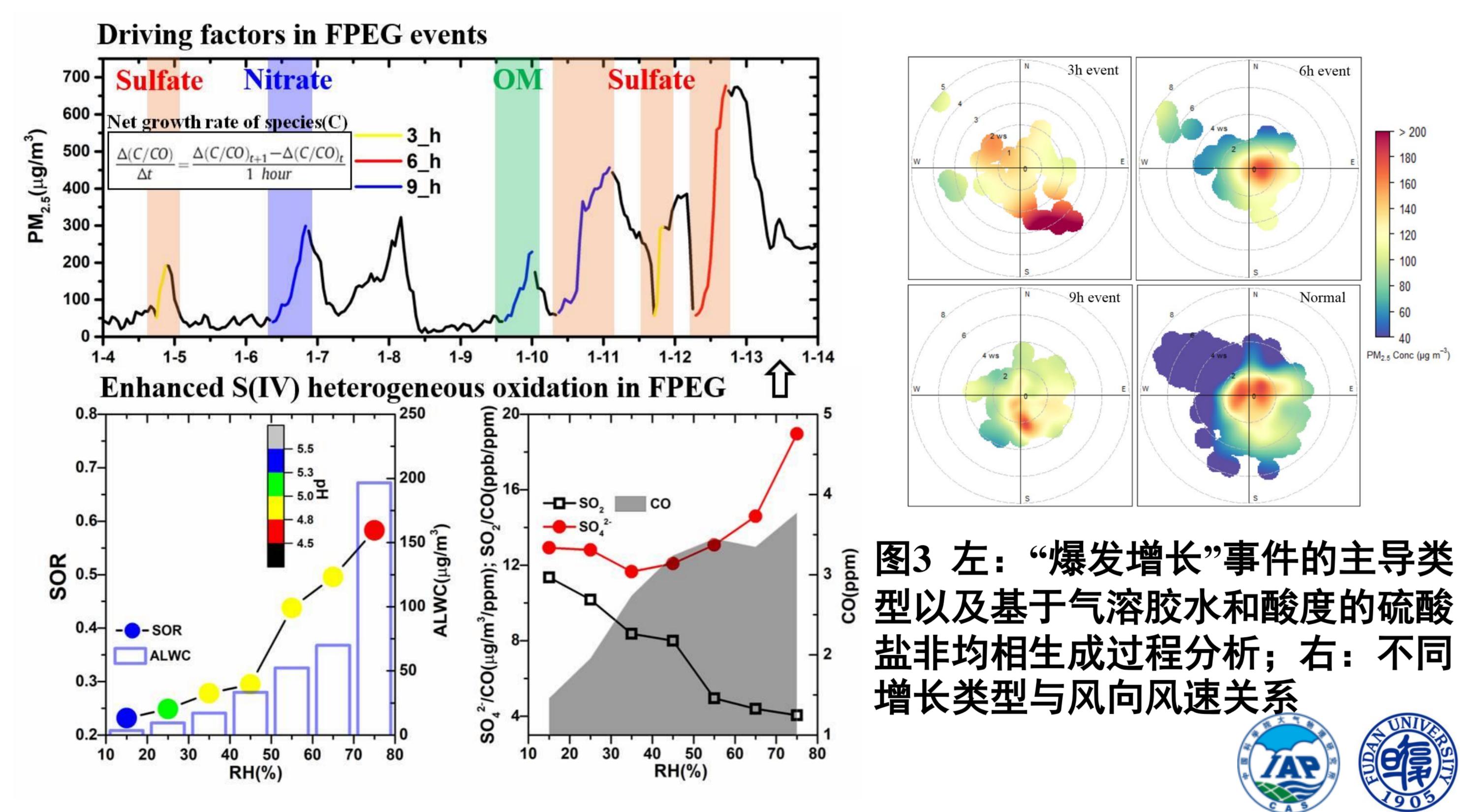


图1左: 我国PM_{2.5}浓度分布及其城市/背景地区的化学组成特征。右: 京津冀城市和背景地区有机气溶胶的氧化程度及其与国内外观测结果对比。

细颗粒物“爆发增长”机制

围绕细颗粒物爆发增长的关键诱因及其化学反应机制,针对北京地区历次细颗粒物爆发增长事件进行统计和归纳,阐明爆发增长事件气象背景、形成、发展和消散的特征规律,揭示了二次无机气溶胶的化学形成机制。



基于多相化学的大气氧化能力定量表征

以HONO的收支平衡为突破口,通过外场观测和箱模型化学机理优化,确立适用于城市复杂大气环境下的HONO生成、降解机制的闭合研究方法,揭示了当前光化学机制(MCM3.3.1)严重低估华北冬季大气氧化能力。首次从多相化学的反应速率出发,创建大气氧化能力定量表征方法并探索了气相化学和非均相化学对AOC的贡献。

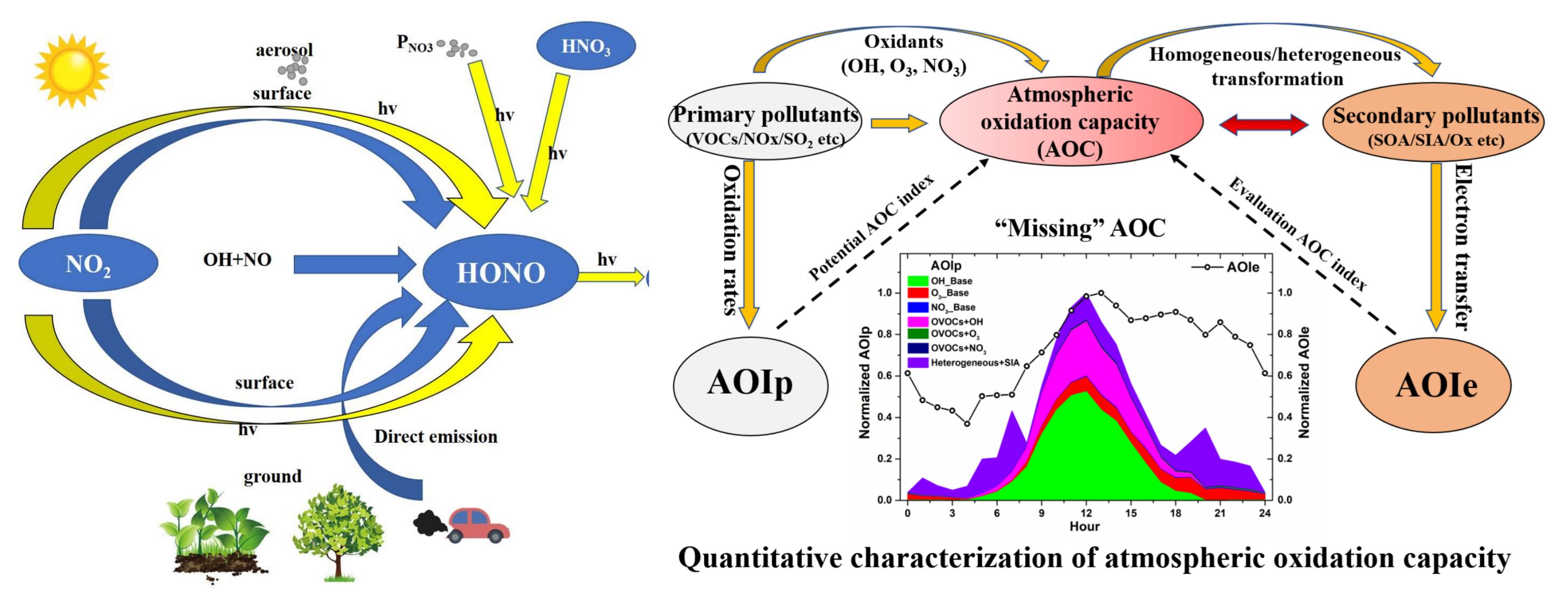


图5左: HONO生成及光解途径示意;右: 大气氧化能力定量表征方法构建及考虑多相化学的闭合分析结果示意

受体模型源解析技术

- 发展了基于气溶胶数浓度谱-成分谱(SMPS-AMS)数据库的受体源解析方法并首次应用于气溶胶数浓度源解析;
- 提出一种区分区域输送/本地生成的二次气溶胶来源及二次生成途径解析方法,厘清其对重污染发生、发展和演变各阶段的定量贡献。

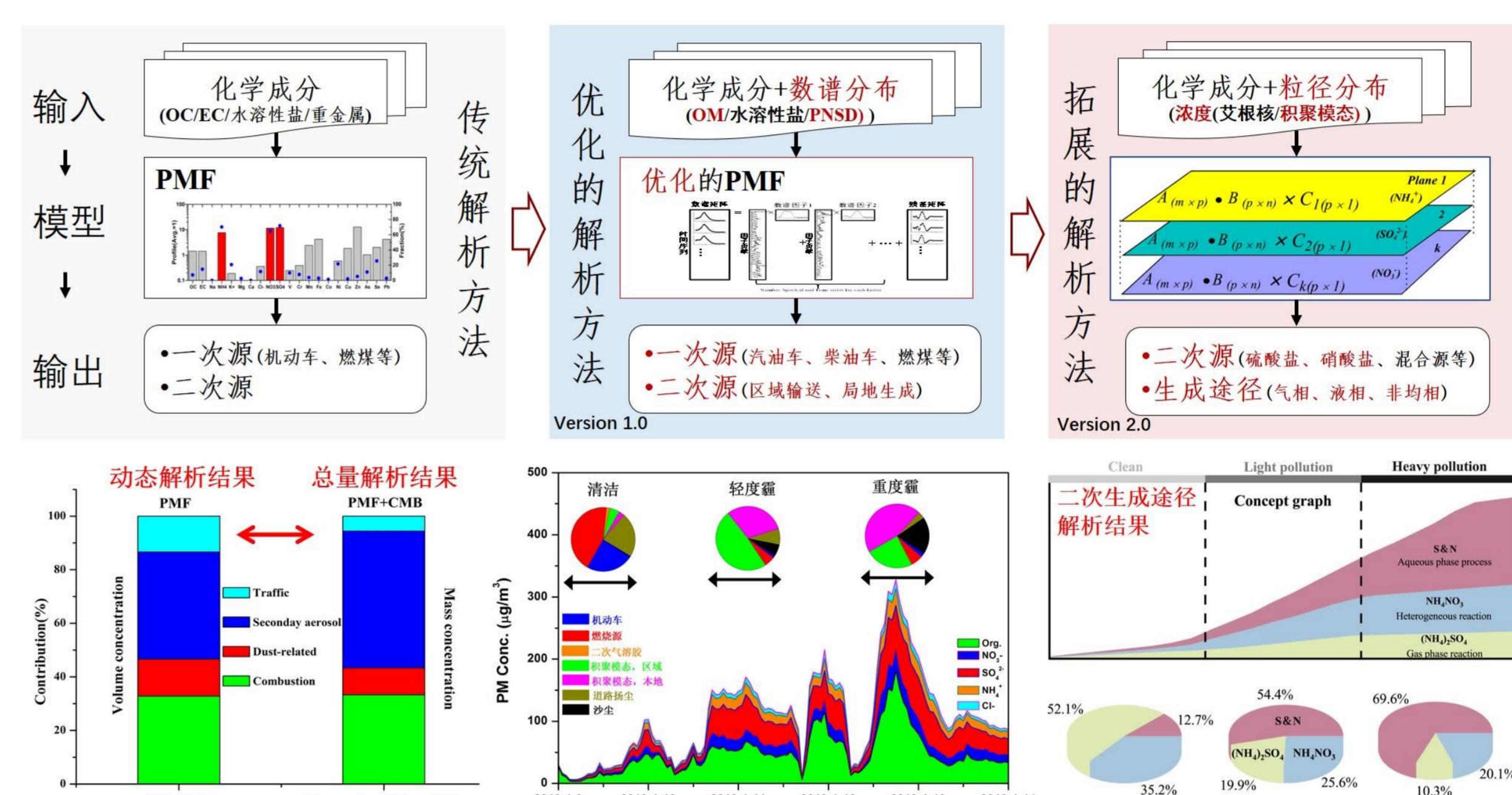


图2上: 传统受体模型与优化及拓展后的动态解析方法对比。下: 动态解析结果与总量解析结果对比以及二次生成途径的解析结果

新粒子成核及增长致霾机理

开展华北超大城市新粒子成核机制与增长机理外场观测和模型模拟研究,研究工作阐明了华北地区大气富氨/胺和强氧化性环境是新粒子事件频繁发生及快速增长致霾的重要诱因。

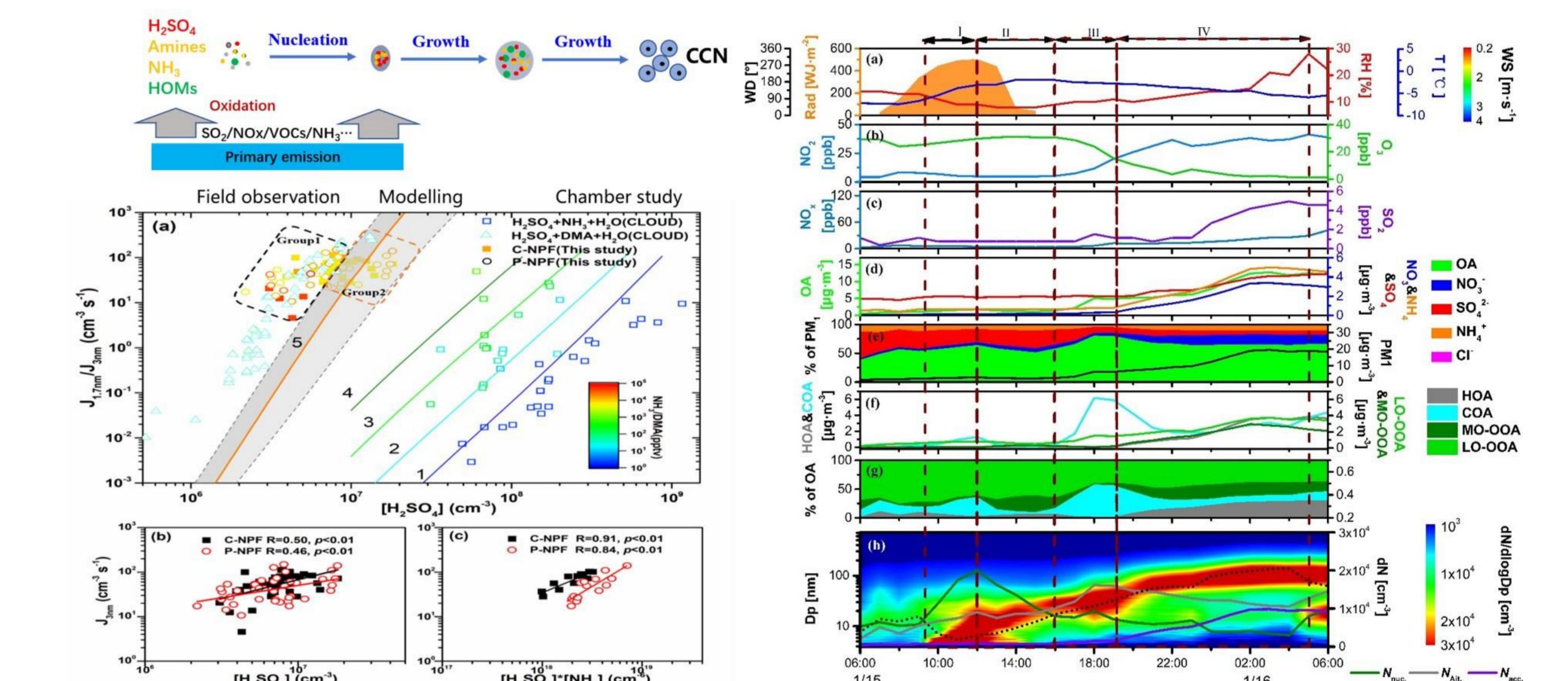
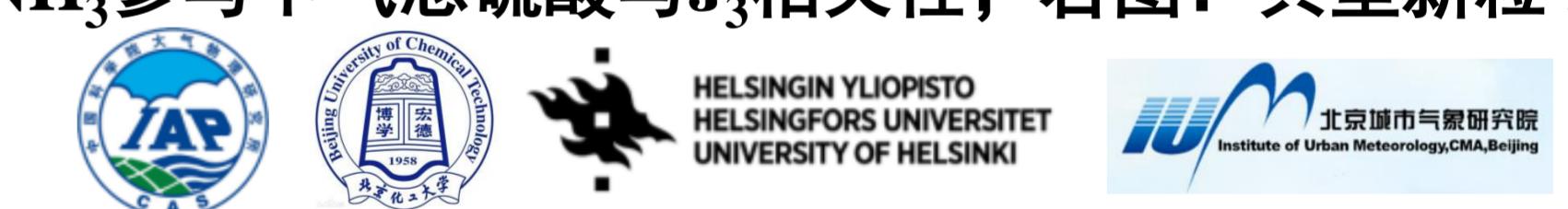


图4左图: 新粒子生成机制和增长过程示意。a. 外场观测与烟雾箱及模型模拟结果对比; b. 气态硫酸与生成速率(J_3)相关性; c. NH_3 参与下气态硫酸与 J_3 相关性; 右图: 典型新粒子事件中纳米粒子化学增长过程示例。



臭氧源汇机制及前体物减排情景模拟

开展北京地区臭氧及前体物综合观测及臭氧源汇过程模拟研究;研究工作阐明了该地区臭氧生成受 VOCs 控制,其中烯烃和芳香烃对夏/秋季 O₃形成的贡献最大;夏季控制汽油车源 VOCs 排放,以及秋季协同控制汽油车和溶剂使用源 VOCs 排放,可有效减缓北京地区臭氧污染。

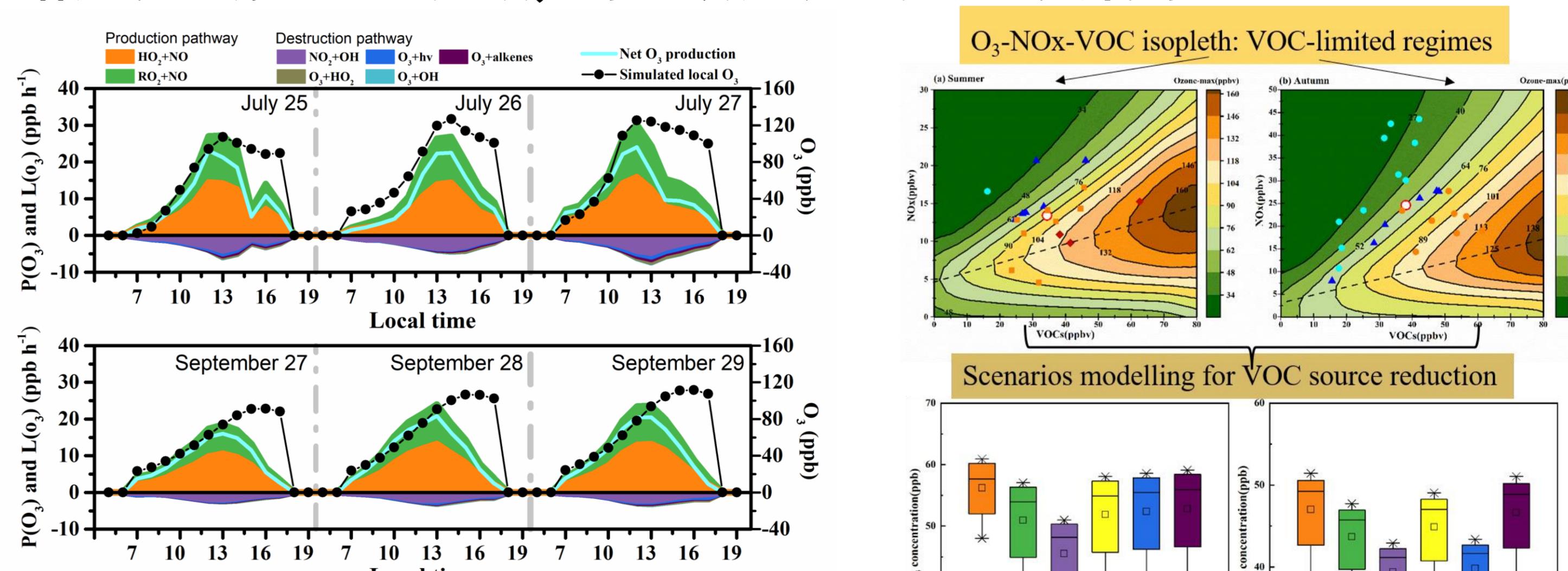


图6左: 夏秋季典型光化学污染过程臭氧主要源汇途径及其贡献;右: 臭氧生成的前体物敏感性分析及主要源减排效果的情景模拟

ACKNOWLEDGEMENTS

- 国家自然科学基金(42075111&42275120),国家重点研发计划(2016YFC0202701 & 2017YFC0210000)和北京市自然科学基金(8192045)及北京市科技重点研发计划首都蓝天行动培育项目(Z181100005418014)等项目资助。
- 感谢中国生态系统研究网络野外台站和大气物理研究所野外台站等提供观测场地和人员支持。