

韩鹏飞^{1,2*}, 才其骧², 曾宁², 刘志强²

¹CNRC, 中国科学院大气物理研究所, ²LASG, 中国科学院大气物理研究所 pphan@mail.iap.ac.cn

背景意义

中国在2020年9月提出2030年前碳排放达峰, 2060年前实现碳中和。碳中和, 也叫净零CO₂排放是指在特定的时间和区域内, 人为CO₂排放与人为CO₂移除达到平衡。

实现碳中和, 推动碳排放尽早达峰, 都离不开对碳排放和碳汇的监测和评估。基于传统的碳排放清单方法, 缺乏详细的时空信息, 且准确性需要独立验证。但未来推进碳达峰、碳中和进程中, 需要考虑到某个省市、某个区县, 乃至某个工厂电厂, 能够实时动态监测不同尺度的碳排放量。

科技部在2017年支持启动的重点研发计划: “京津冀城市群碳排放监测及应用示范”项目, 为国内城市群碳监测提供了有益的探索, 建立了示范碳监测系统, 取得了一批原创性的成果, 代表性成果有:

- 1) 建立了京津冀城市群天空地一体化监测系统;
- 2) 研发了公里小时级碳模拟同化系统;
- 3) 编制了1km分辨率的碳排放清单。

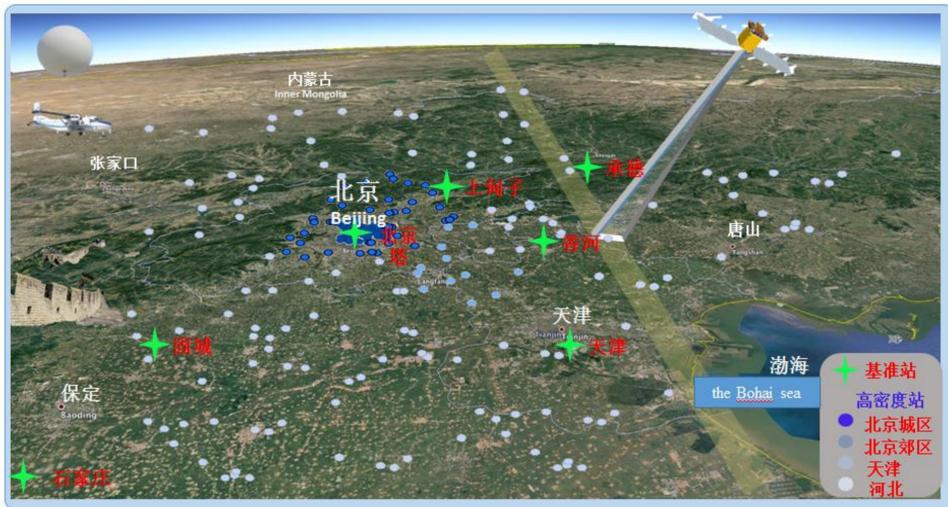
京津冀碳监测天空地综合观测系统

强化观测: 航飞、移动车、激光雷达等

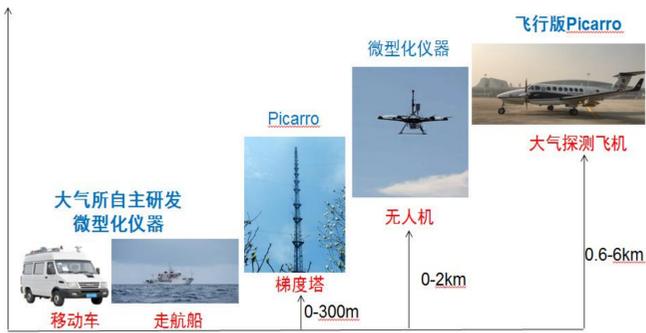
高精度大气基准站观测

高密度微型化组网观测

中国和国际3+3颗碳卫星



强化观测: 飞机、无人机、走航车



天空地一体化监测模拟系统, 包括: 1) 建立了包括碳监测卫星、高密度地面监测网和飞机、走航车等立体化监测技术; 2) 碳模拟同化系统; 3) 高分辨率清单和展示平台。能够提供实时的碳排放和碳汇信息, 为碳中和, 碳达峰提供科技支撑。

成果1: 自主研发中精度CO₂测量仪, 高密度网展示平台

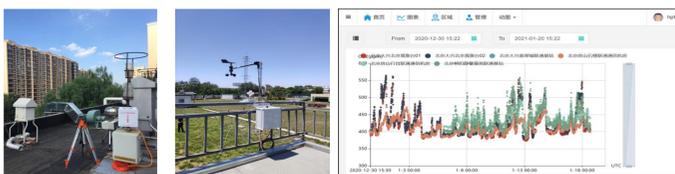


图1 自主研发CO₂测量仪器, 高密度网展示平台及获得的专利证书

经过10年的自主研发, 这款微型化CO₂测量仪, 应用非色散红外原理, 结合传感器、物联网和AI等技术, 具有低成本、中精度、微型化的特点。成本比标准仪器低2个数量级(万元), 精度优于1% (<4ppm), 最小版仅手机大小。可用于网格化固定监测, 走航车移动观测, 无人机垂直观测。

成果2: 京津冀1km逐小时分辨率CO₂模拟

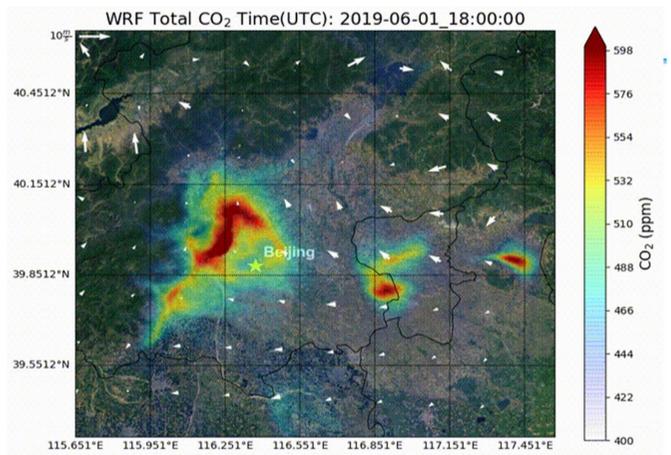


图2 京津冀CO₂ 1km逐小时模拟

1km逐小时的大气CO₂模拟显示: 京津冀城市群CO₂浓度分布呈现高度变异的特征, 其浓度高值区的分布, 除受到城市本地点、线、面排放源的影响, 还受到气象、地形条件和区域传输的影响。

成果3: 京津冀碳排放同化反演

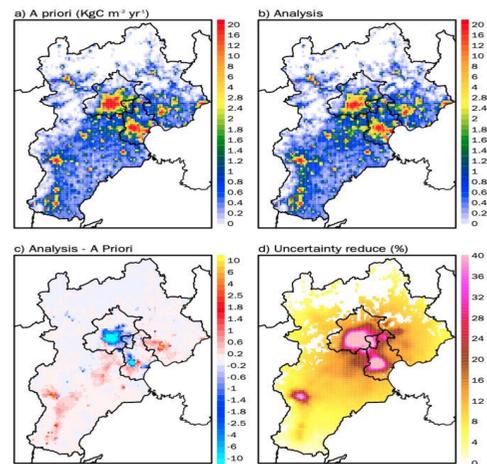


图3 京津冀1km CO₂排放反演

反演结果与本地化排放清单的差距在5-20%, 北京的差别为5%, 两种方法具有较好可比性, 反演方法能够更加实时。高分辨率清单能够提供高排放格点和企业信息, 为网格化治理和环境执法提供基础数据。

成果4: 监测疫情期间城市尺度的CO₂减少信号

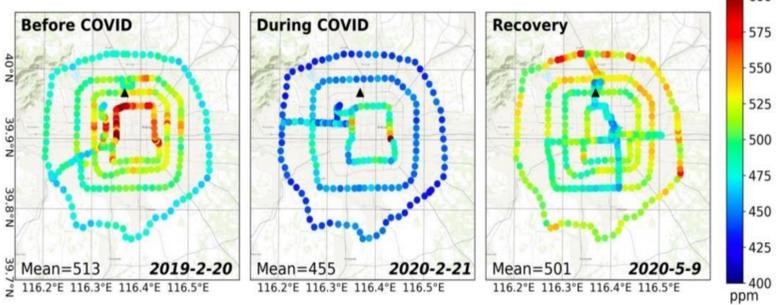
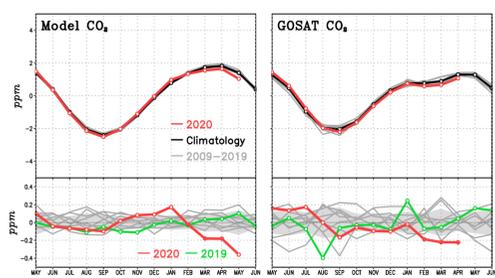


图4 模式模拟和卫星观测疫情期间CO₂浓度降低, 应用自研仪器观测到北京道路CO₂下降

模型模拟和卫星观测都一致表明CO₂浓度距平在疫情期间(2020年第一季度为例)减小了0.2-0.4 ppm。进一步分析显示疫情贡献了其中的54%, 天气和生物圈分别贡献23%。应用自研微型化仪器进行走航观测, 发现疫情期间比去年同期的CO₂浓度减少了40-60 ppm, 扣除天气等因素的影响, 仍然有一半的浓度下降, 首次在观测上发现了疫情对CO₂浓度的影响。这样的信号也是碳中和的信号, 亟需建立和发展这样的监测系统, 为其他城市群开展观测, 碳中和、碳达峰评估, 提供关键技术和解决方案。

本研究得到科技部国家重点研发计划支持(资助编号: 2017YFB0504000), 科技部国家遥感中心项目“全球碳源汇时空分布状况”。感谢项目组成员和志愿者对本研究的贡献。

参考文献

- ① Han, P. *, Zeng, N. *, et al., Evaluating China's fossil-fuel CO₂ emissions from a comprehensive dataset of nine inventories. *Atmos. Chem. Phys.* 2020, 20, 11371-11385. <https://acp.copernicus.org/articles/20/11371/2020>
- ② Han, P. *, Zeng, N., et al., A city-level comparison of fossil-fuel and industry processes-induced CO₂ emissions over the Beijing-Tianjin-Hebei region from eight emission inventories, *Carbon Balance and Management* 2020, 15, 25.
- ③ Han, P. *, Cai, Q., et al., Assessing the recent impact of COVID-19 on carbon emissions from China using domestic economic data. *Science of The Total Environment* 2021, 750, 141688.
- ④ Liu, D., ..., Zeng, N., Han, P. *, et al.: Observed decreases in on-road CO₂ concentrations in Beijing during COVID-19, *Atmos. Chem. Phys.*, 2021, 1-18, 10.5194/acp-2020-966, 2021.