气溶胶对流云降水相互作用机理及京津冀地区模式应用示范

一、项目介绍

京津冀地区是我国高排放区域之一，由于现有业务数值天气模式没有考虑气溶胶效应，一定程度上制约了污染条件下该地区夏季降水预报精度提升。为此，本项目拟在京津冀地区开展气溶胶、辐射、云降水天空地一体化组网观测科学试验；开展气溶胶-辐射相互作用机理及其对局地对流天气贡献研究，揭示对流云不同生命期中气溶胶影响云和降水的机理及反馈；发展一套具有自主知识产权的气溶胶-云相互作用参数化方案；在国家和京津冀区域两级模式上开展降水预报应用示范，提升我国自主研发数值预报模式的天气预报能力。

拟解决重大科学问题包括：（1）如何借助多源观测和数值模拟手段，揭示不同发展阶段对流云中，气溶胶对云宏、微观特征的影响机理和反馈机制；（2）量化气溶胶辐射效应对大气热力结构、进而对局地对流性天气的影响；（3）如何优化气溶胶影响对流云中混合相过程的参数化。

二、项目成果

大量研究结果表明气溶胶可显著改变对流降水，其主要影响机制为气溶胶-辐射相互作用和气溶胶-云相互作用，而

现有业务模式没有很好地考虑气溶胶效应。本项目聚焦气溶胶云相互作用前沿问题，开展了集中攻关，取得了一系列成果。**观测方面**：1）突破了从边界层到自由大气层湍流连续观测的技术瓶颈，构建了一套高分辨率大气边界层热动力参数数据集；2）揭示气溶胶对不同类型局地尺度降水系统垂直结构存在显著差异，给出了气溶胶促进局地尺度对流系统的观测证据；3）多架次飞机观测揭示了气溶胶对云滴谱和有效半径的影响。**算法和机理方面**：1）发展了一套卫星遥感反演降水潜热廓线新方法；2）开展了沙尘影响降水及其潜热垂直结构的机理研究，揭示了气溶胶辐射效应对云宏微观特征的影响；3）揭示了气溶胶辐射效应影响云降水的物理机制。**云微物理参数化方案发展方面**：1）改进和研发了两套云微物理参数化方案；2）基于 GRAPES-MESO 4.0 高分辨率模式平台引入 ARG 活化方案并对与云水浓度相关的微物理过程进行了改进。**模式应用示范方面**：1）分析了溶胶-辐射-云相互作用对 RMAPS-ST 和 GRAPES 的降水预报影响统计结果；3）京津冀地区受污染影响的降水事件降水预报 TS 评分平均提高 11.7%。

三、成果代表图片

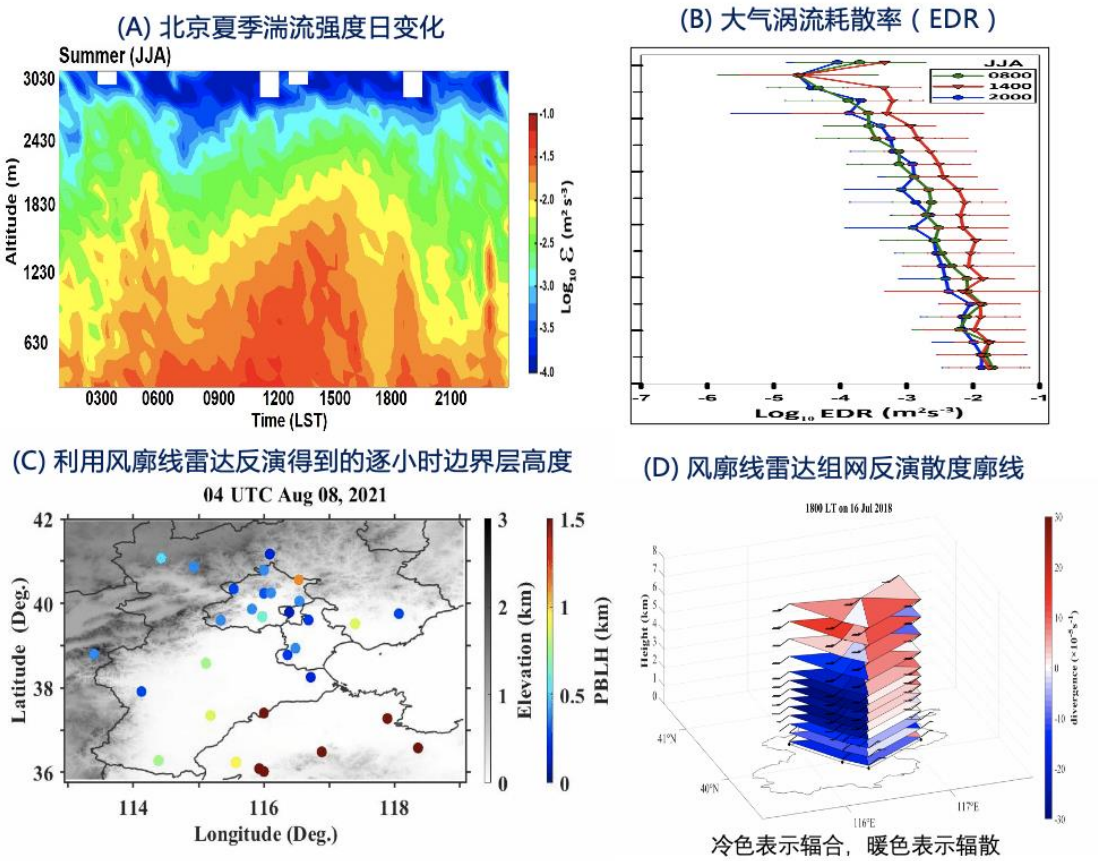

图 1：利用京津冀地区高密度的风廓线雷达和探空数据资料，反演得到的（A）大气涡流耗散率日变化廓线；(B) 大气涡流耗散率廓线；（C）全天候的逐小时边界层高度空间分布；以及（D）利用三角形法计算得到的北京地区对流前散度剖面图.

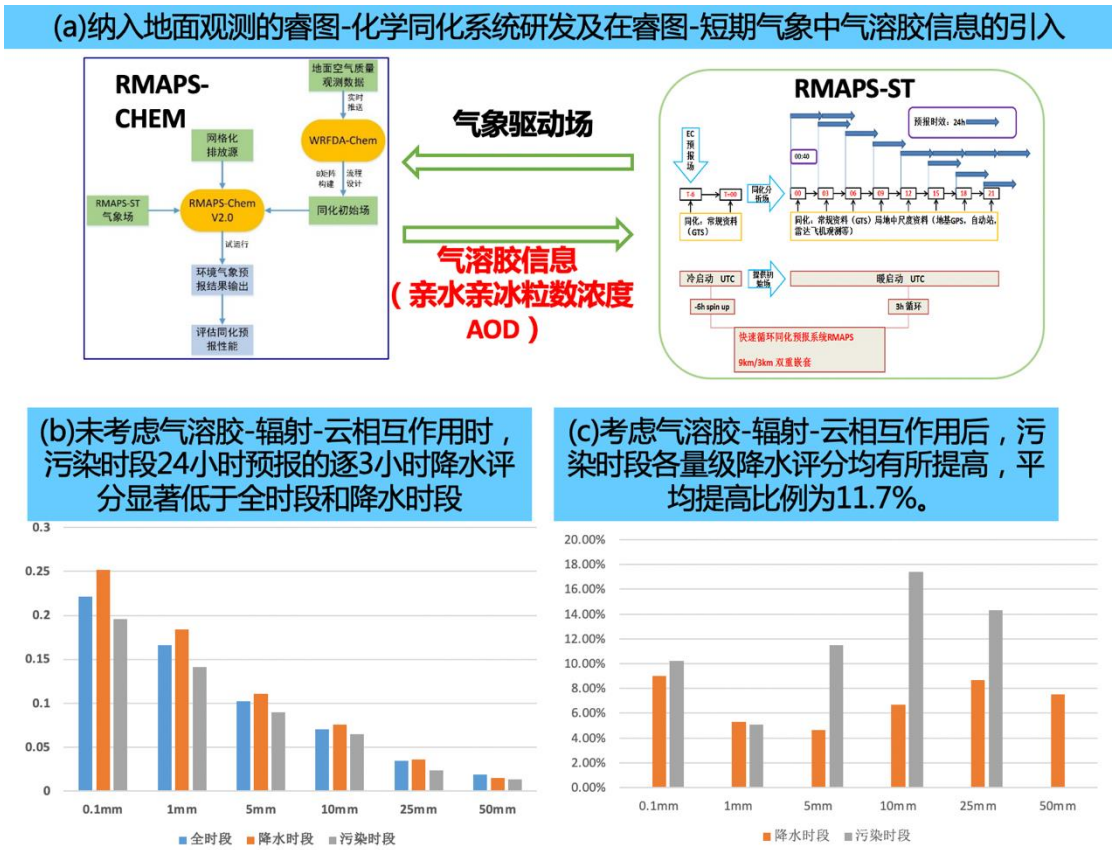

图 2：基于睿图-化学和睿图-短期推动气溶胶-辐射-云相互作用在业务气象预报中的影响评估。（a）纳入地面观测的睿图-化学同化系统研发及在睿图-气象中气溶胶信息的引入；（b）未考虑气溶胶-辐射-云相互作用时，污染时段 24 小时预报的逐 3 小时降水评分显著低于全时段和降水时段，（c）考虑气溶胶-辐射-云相互作用后，污染时段各量级降水评分均有所提高，平均提高比例为 11.7%.