

沙尘暴的数值预报与卫星资料同化技术研究^{*}

课题负责人：牛 涛

课题承担单位：中国气象科学研究院

课题参加单位：国家气候中心 中国科学院大气物理研究所

DOI:10.3772/j.issn.1009-5659.2011.11.007

沙尘暴是一种强灾害性天气，不仅对工农业生产、交通、建筑设施、人民生命财产等造成严重危害，而且可对全球和区域的气候和生态系统产生重要影响。近年来，沙尘暴作为一个全球性的气候与环境问题，受到了各国政府的高度关注。沙尘暴数值预报是提供及时预警信息减轻其灾害影响的重要手段。目前我国虽已建立沙尘暴数值预报模式，但在模式预报区域覆盖范围、地基、空基观测资料的同化应用、气象驱动模式的自主知识产权以及如何提高预报准确率等方面还存在许多问题，需要做大量工作。

针对以上问题，本课题开展了“融合同化多种观测资料、完善动态风蚀资料库、改进沙尘释放和输送方案、提高模式起沙通量的计算精度、发展中国地区沙尘气溶胶的辐射参数化方案、建立沙尘暴数值预报系统等六个方面的工作，取得了一些重要进展，为提高我国沙尘暴的业务预报水平尽了微薄之力。

1 课题进展

(1) 利用三维变分同化技术，建立和完善了能够同化包含我国风云气象卫星沙尘暴遥感产品、地面能见度、沙尘暴天气现象和PM10监测信息的沙尘暴数值同化系统，该同化系统有效提高了数值模式对沙尘暴的预报效果。

(2) 利用卫星、地面监测信息以及实验室分析结果，建立和完善了动态风蚀资料库；主要开展了中国沙地时空分布的反演，并配合沙尘暴模式进行了预报试验，效果显著。

(3) 改进了沙尘释放方案，提高了模式起沙通量的计算精度，改进了沙尘粒子在大气中的输送方案，优化

了模式性能；利用气象模式中计算的湍流扩散系数，设计了湍流扩散方案。改进更新了沙尘气溶胶云下清除方案，将改进的方案嵌套到GRAPES气象模式中。通过对比可以看出，基于改进后方案的沙尘气溶胶云下湿清除总量明显大于原方案。

(4) 结合我国新一代数值天气预报模式GRAPES，将起沙模块嵌套到气象模式中，实现气象模式与沙尘暴模块的在线耦合，建立了新一代配有数值同化系统的亚洲沙尘暴数值预报系统GRAPES-CUACE/Dust。

(5) 发展了中国地区沙尘气溶胶的辐射参数化方案，并与高精度的辐射传输模式相结合，再将改进了的辐射传输模式嵌套到GRAPES-CUACE/Dust中。这一工作，为研究东亚和中国地区沙尘气溶胶的辐射强迫效应提供支撑。

(6) 初步研究了中国地区沙尘气溶胶的辐射强迫效应及其对东亚天气气候的影响和可能的反馈机理。结果表明：沙尘气溶胶使底层大气降温，使得低值系统中心的气压升高，地面冷锋附近的气压梯度降低，梯度风减弱，导致地面气旋填塞、大风区风力降低。沙尘气溶胶对高层大气有增温作用，使得与地面冷锋配合的高空冷空气强度减弱。底层降温、高层增温使得大气的稳定性增加，湍流扩散作用减弱，不利于底层低值系统的发展。沙尘气溶胶的辐射效应因影响垂直环流和云量而对降水有明显影响。沙尘气溶胶的直接辐射效应使得起沙量、沉降量、大气中的沙尘含量降低，对沙尘暴本身为负反馈。

(7) 研究了前冬中国北方寒潮频次与春季中国北方沙尘天气频次之间的关系。SVD分析表明，我国北方大部分地区前冬寒潮频次的年际变化，可能与我国北方大部分地区春季沙尘天气频次的年际变化存在一定的正相

* 国家科技支撑计划课题(2008BAC40B02)。

关。这说明,前冬寒潮频次指数(CWFI)对我国北方大部地区(尤其是华北北部地区)春季沙尘天气频次的气候预测具有一定的指示意义。

(8)课题在研究过程中培养硕士4人,博士1人,博士后1人。现已完成论文8篇,其中在国外期刊发表3篇。

预报系统,在2010年春季进行了实时运行。目前(2011年春季),该系统仍在实时运行,系统稳定。

(2) CUACE/Dust在2010和2011年春季进行了沙尘暴数值预报服务,每天向国家主管部门网站提供地面沙尘浓度、88个城市沙尘暴等级预报以及沙尘暴预报意见。同时向世界气象组织(WMO)国际沙尘暴计划亚洲区域中心提供覆盖亚洲地区的地面沙尘浓度数值预报产品、亚洲地区88个城市的沙尘暴等级预报,以及亚洲地区英文沙尘暴预报意见,供亚洲受沙尘暴影响的国家参考使用。

(3)课题组还完成了对国家主管部门沙尘暴数值预报业务模式MM5/CUACE-Dust的升级改造,升级后的版本在国家气象中心投入业务预报工作。MM5/CUACE-Dust还移植到我国北方5省气象部门,为沙尘暴预报提供更好的指导产品。

(4)由于考虑气溶胶的辐射反馈效应,本课题的成果可以直接改进国家气象管理部门的全球气候模式的模拟结果。

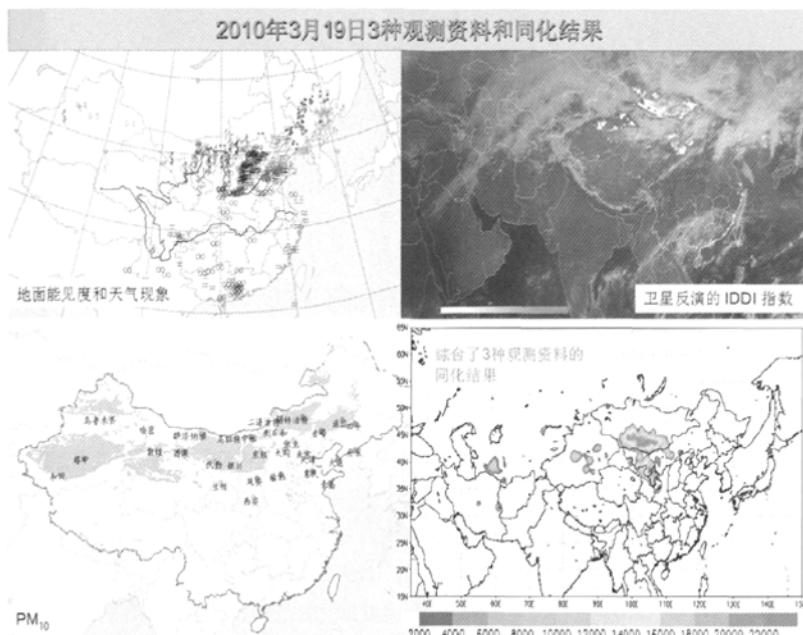
4 组织管理经验及产学研联合模式与机制

(1) 组织管理经验

根据课题的总体研究内容进行专题任务的分解,特别是对于联合承担的专题划清任务界面,明确技术指标,统筹计划进度。在此基础上,主持单位与合作单位签订合同,严格按合同规定的要求进行考核;建立课题内部专题之间的交流、合作、数据共享机制。

(2) 产学研联合模式与机制

本课题以研究开发具有完全自主知识产权的我国新一代沙尘暴数值同化/预报模式为工作任务,开发满足业务预报需求的配有数值同化系统的沙尘暴数值预报系统,提高我国沙尘暴的业务预报水平,课题产品在条件许可的情况下还向有关的业务部门推广,实现科研与业务的紧密结合。CSIA



2 本课题有两个主要创新点

(1) 配有数值同化系统的我国新一代沙尘暴数值预报系统

①建立了基于多源卫星遥感资料的沙尘暴数值同化系统;

②建立了与GRAPES在线耦合的沙尘暴数值预报系统GRAPES-CUACE/Dust。

(2)中国地区沙尘气溶胶特征的辐射参数化方案并将其嵌套到沙尘暴预报模式。

①建立了反映东亚地区沙尘气溶胶辐射特性的资料库,给出了中国地区沙尘气溶胶的光学性质和辐射强迫特征;

②建立了沙尘气溶胶辐射参数化方案,并将其嵌套到沙尘暴预报模式。

3 成果应用情况

(1) 课题正在研发的基于GRAPES气象模式的CUACE-Dust是中国具有自主知识产权的沙尘暴数值