



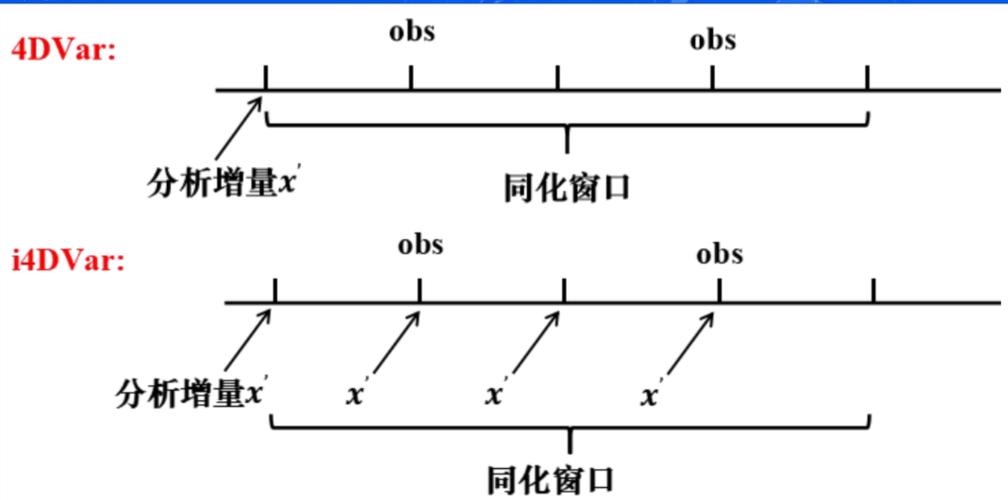
NLS-4DVar同化方法的新发展与应用

张洪芹 田向军 汪宜龙 金哲

NLS-4DVar 是一种自主发展的融合集合卡尔曼滤波EnKF与4DVar优势的混合同化方法。该方法基于4DVar框架、无需切线性伴随模式，易实现、精度高。基于该算法已构建了区域大气资料同化系统SNAP 和区域大气碳反演系统GONGGA-CN。

同化理论新发展

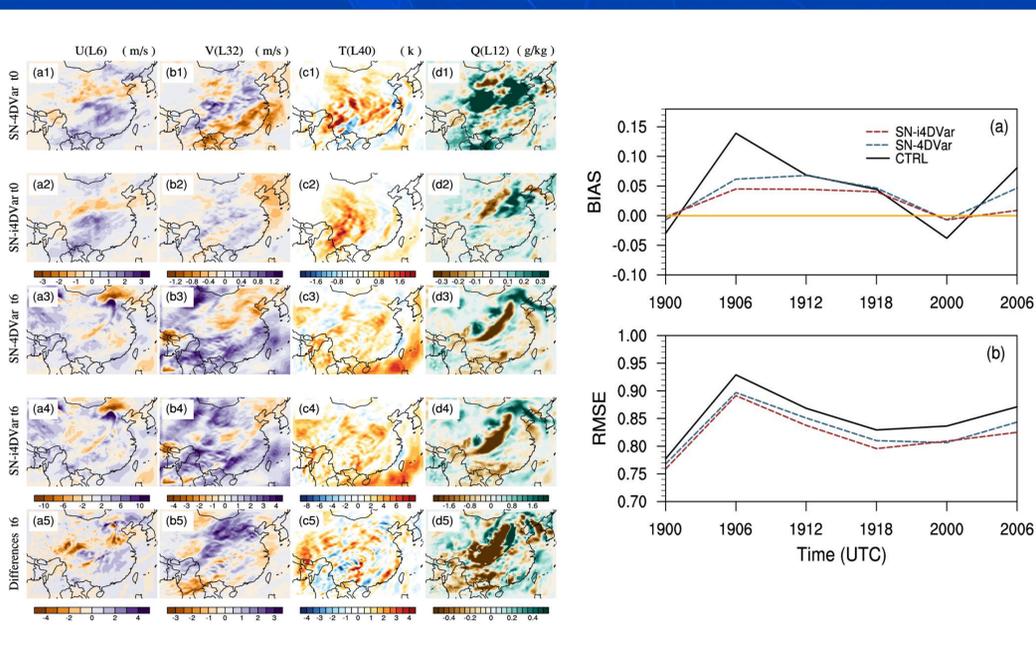
在综合分析传统强约束4DVar方法在纠正模式误差缺憾的基础上，我们推出对初始误差与模式误差进行整体校正的i4DVar方法，实现传统数据同化方法理论的升级换代，并将集合非线性最小二乘优化算法应用于i4DVar形成了简单易行的NLS-i4DVar求解算法。



- ◆ 多时刻修订模式误差
- ◆ 将同化窗口划分多个子窗口
- ◆ 在每个子窗口的首端加平均整体修订分析增量
- ◆ B与传统的误差协方差结构相似，但标准差更小

区域大气资料同化系统SNAP

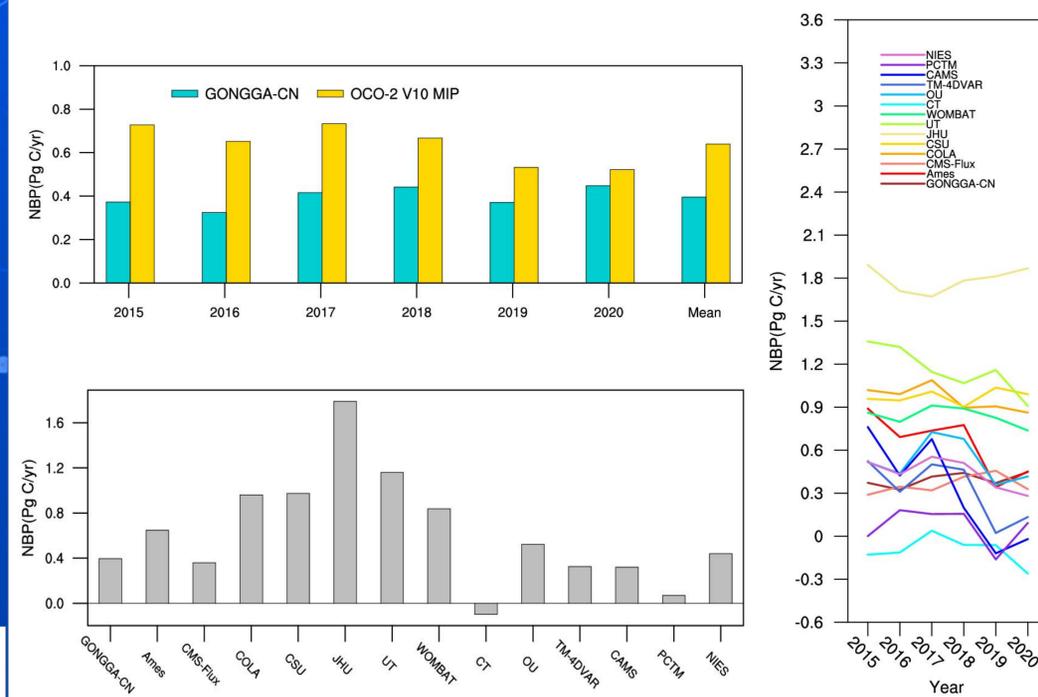
基于WRF模式、多重网格NLS-4DVar方法构建了SNAP系统，已实现常规、卫星和雷达资料同化



区域大气碳反演系统GONGGA-CN

基于WRF CMAQ模式、NLS-4DVar方法构建了高分辨率区域大气碳反演系统，实现二氧化碳通量的高时空分辨率反演

1. 观测		3. 模型和算法	
观测数据	OCO2 v10超级观测 (WMO 2019标准)	大气传输模型	区域 WRF v4.3 CMAQ v5.3
时间跨度	2014.9-2022.12	气象数据	ERA5
2. 先验通量		分辨率	~ 50 km
陆地生态系统	ORCHIDEE-MICT, GFEDv4.1s	优化方法	NLS-4DVar 双通优化
海洋碳通量	Takahashi climatology		
化石燃料排放	GridFED v2022.1		



References

1. Tian, X., Zhang, H., Feng, X., & Li, X. (2021). i4DVar: An integral correcting four-dimensional variational data assimilation method. *Earth and Space Science*, 8, e2021EA001767. <https://doi.org/10.1029/2021EA001767>
2. Zhang, H., Tian, X. (2022). Integral correction of initial and model errors in system of multigrid NLS-4DVar data assimilation for numerical weather prediction (SNAP). *Q J R Meteorol Soc.* 2022;1-17.
3. Zhang Hongqin, Tian Xiangjun, 2021. Evaluating the forecast impact of assimilating ATOVS radiance with the regional system of multigrid NLS-4DVar Data Assimilation for Numerical Weather Prediction (SNAP). *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 13, e2020MS002407. <https://doi.org/10.1029/2020MS002407>.
4. Zhang Hongqin, Tian Xiangjun, Cheng Wei, Jiang Lipeng, 2020. System of Multigrid Nonlinear Least-squares Fourdimensional Variational Data Assimilation for Numerical Weather Prediction (SNAP): System formulation and preliminary evaluation. *Advances in Atmospheric Sciences*, 37(11), 1-18, <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9252-1>

5. Jin Z, Wang T, Zhang H, Wang Y, Ding J, Tian X. 2023. Constraint of satellite CO2 retrieval on the global carbon cycle from a Chinese atmospheric inversion system. *Science China Earth Sciences*, 66, <https://doi.org/10.1007/s11430-022-1036-7>
6. Zhang H., Y. Wang, Z. Jin, X. Tian, The land carbon sink in China over 2015-2022 constrained by OCO2 XCO2 retrievals with a regional CO2 inversion system GONGGA, in preparation.