

区域模式中红外高光谱 IASI 观测的同化研究*

余意^{†1)2)} 张卫民¹⁾ 皇群博¹⁾ 叶敏华²⁾ 孙菁²⁾

(1 国防科学技术大学海洋科学与工程研究院, 长沙, 410073)

(2 中国人民解放军 94865 部队, 杭州, 310021)

高分辨率红外大气探测干涉仪 IASI (Infrared atmospheric sounder interferometer) 具有很强的大气温湿度廓线、气体成分和地表特性等参数的遥感探测能力(Blumstein et al., 2004), 是目前欧洲和美国数值预报(NWP)中心最重要的观测源之一, 在全球模式中应用相对成熟, 而在区域模式中的同化应用仍然存在多方面的挑战(Liu, 2014)。首先, 由于区域模式关注局地影响, 在区域模式中同化红外高光谱 IASI 资料需要针对不同天气系统的特点设计方案, 并选择全球模式预报场或分析场作为区域模式模拟的初始场和侧边界条件。其次, 受模式区域中观测时段和频次的限制, 可用于区域模式中的 IASI 资料变得非常有限, 而且 IASI 观测对云很敏感, 在区域模式中对云区辐射率进行直接同化是一个重要的研究难题。

本文主要研究在区域模式中红外高光谱 IASI 观测资料的同化方法, 以 WRFDA 三维变分同化系统作为基础同化平台, 采用先进的 TOVS 辐射传输 RTTOV (Radiative Transfer model for TOVS) 模式作为 IASI 辐射率模拟观测算子, 在 WRFDA 中实现 McNally 等提出的云检测方法(McNally et al., 2003)并调查云参数设置的效果, 对 2015 年 5 月超强台风“红霞”区域 IASI 观测进行质量控制和变分偏差订正后, 在中尺度数值模式 WRF-ARW (Advanced Research Weather Research and Forecasting) 系统中探索 IASI 同化分析场对改善区域模式预报的影响。设计了 4 组实验, 以 2015 年 5 月 9 日 00 时为同化时刻, 同化 6 小时 IASI 观测, 同化后在区域数值模式中对台风“红霞”进行 72 小时数值模拟实验。对比不同同化 IASI 资料、同化 IASI 资料采用小阈值 MW 云检测方法、同化 IASI 资料采用大阈值 LMW 云检测方法以及同化 IASI 采用 WRFDA 自带的 MMR 云检测方法(Aulign  2014)的四种同化方案分析场和相应的区域模式预报场, 结果表明, 良好的质量控制过程和变分偏差订正能合理地将有效的 IASI 观测引入同化系统, 而云检测过程的准确性对 IASI 同化分析场的影响非常大; 所有的云检测过程都表现出剔除更多低层通道、保留更多高层通道引入同化系统中的特征, 只是三种云检测方案的准确度不一样; 以位于大气较高层的第 299 号通道和位于大气较低层的第 921 号通道为例, 小阈值的 MW 云检测方案对于第 299 号高层通道保留的观测数目仅为大阈值 LMW 云检测观测数目的 16.2%和 MMR 云检测的 9.2%, 对于第 921 号低层通道则分别为 LMW 云检测的 3.3%和 MMR 云检测的 2.6%; 小阈值的 MW 云检测方案在大气较高的位置开始检索晴空通道, 保留的 IASI 资料数目相对较少, 但是能确保引入同化系统中的 IASI 通道不受云的影响, 其分析场准确度较高, 相应分析场获得的 72 小时数值模拟台风预报路径最接近真实路径, 路径误差最小, 大阈值的 LMW 云检测方案和 MMR 方案保留的观测数目较多, 明显将部分受云影响的云以下通道引入了同化系统, 对同化系统造成了冲击, 其分析场不能准确描述台风结构和发展趋势, 其后续数值模拟预报路径与真实的观测路径相差较远, 且路径误差相差较大。整体上同化红外高光谱 IASI 观测改善了区域模式预报技巧, 实验经验有益于红外高光谱 IASI 资料在区域模式中的业务化应用, 并为未来我国自主研发红外高光谱仪器观测资料的数值模拟应用提供宝贵经验。

关键词: 红外高光谱, IASI, 资料同化, 区域模式, 云检测

*公益性行业科研专项(批准号: GYHY201006015)、国家自然科学基金项目(批准号: 41305101)和国防科技大学优秀研究生创新资助项目(批准号: 4345133214)

[†] 余意, 女, 1982 年生, 工程师, 研究方向为大规模并行计算与应用. Email: yuyi2019@nudt.edu.cn

参考文献

- 1 Blumstein D, Chalon G, Carlier T, et al. IASI instrument: technical overview and measured performances. // Optical Science and Technology, the SPIE 49th Annual Meeting. International Society for Optics and Photonics, 2004, 196-207.
- 2 刘延安. 高光谱红外辐射资料在区域模式中的直接同化及应用研究[博士学位论文]. 上海: 东华大学地理科学学院. 2014.
- 3 McNally A P, Watts P D. A cloud detection algorithm for high spectral resolution infrared sounders. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 2003, 129(595): 3411-3423.
- 4 Aulign T. Multivariate minimum residual method for cloud retrieval. Part I: Theoretical aspects and simulated observation experiments. Mon. Wea. Rev., 2014, 142(12): 4383-4398.