

基于我国下一代碳监测卫星 (TanSat-2) 协同开展的宽刈幅 CO₂与 SIF 观测提升全球 CO₂部门通量估算研究

杨东旭¹, Liang Feng², 王婧¹, Paul Palmer², 刘毅¹

¹ 中国科学院大气物理研究所

² 英国国家地球观测中心, 爱丁堡大学

卫星遥感观测大气温室气体为验证碳排放清单提供了独立的约束手段。为深化对全球碳循环的科学认知, 中国正计划发射新一代碳监测卫星碳卫星二号 (TanSat-2), 该卫星将获取大气二氧化碳 (CO₂) 和甲烷 (CH₄) 柱浓度观测数据。本文研究了 TanSat-2 观测在评估人为碳排放与生态系统碳汇方面的应用潜力。

为实现该研究目标, 本文提出一种全新的碳通量估算方法, 通过联合大气 CO₂观测与日光诱导叶绿素荧光 (SIF) 数据, 协同约束净初级生产力 (NPP) 和化石燃料燃烧排放 (FF)。研究对 NPP 和 FF 清单数据开展经验正交函数 (EOF) 分析, 以识别其主导时空格局, 从而减小状态向量维度, 并辅助分离 CO₂的自然源汇与化石燃料燃烧人为源。

基于闭环数值试验 —— 观测系统模拟试验 (OSSE), 结果表明: 若能消除观测偏差, TanSat-2 的 CO₂与 SIF 联合观测可使西伯利亚和亚马孙地区 NPP 估算误差降低高达 95%, 并使西伯利亚、北亚、美国及南非地区的化石燃料排放误差降低约 80%。

然而, 本文 OSSE 试验同样显示, 即使存在微小的 XCO₂观测偏差, 也会导致 CO₂源汇格局出现严重扭曲或误分配。因此, 在反演与数据应用过程中, 必须妥善处理系统性观测偏差。本文还探讨了采用宽刈幅观测对获取可靠 CO₂通量估算结果的重要性, 并开发了一套误差矩阵工具, 可用于未来卫星任务的评估工作。