

Continuous Improvement of SMOS Products and Their Added Value

(95460)

中方 PI 及单位:

施建成, 中国科学院国家空间科学中心

欧方 PI 及单位:

Nemesio, Rodriguez Fernandez

Center for the Study of the Biosphere from Space (CESBIO)

SMOS (土壤水分与海洋盐度) 卫星是欧空局首颗搭载 L 波段微波辐射计的地球探测卫星, 自 2009 年发射以来已持续运行 15 年, 为全球水循环和气候变化研究提供了关键数据。然而, SMOS 产品存在空间分辨率粗、与 SMAP 产品不一致、时空覆盖不连续等局限性。本项目在 Dragon 6 框架下开展了系统性研究, 取得以下进展:

在产品一致性提升方面, 针对 SMOS 与 SMAP 亮温偏差问题, 开发了月度滑动窗口线性回归校正方法, 将偏差降至 0.08K, 使土壤水分和植被光学厚度产品的一致性显著改善, 与地上生物量和冠层高度的相关性提升至 0.82 和 0.89 以上, 融合后全球空间覆盖率达 18.22%。

在时空连续性重建方面, 提出了 PhyFill 物理约束深度学习

方法，通过降水单调性约束和土壤水分干燥曲线边界条件，实现了 SMAP 全球无缝日尺度产品生成，重建精度 $ubRMSE$ 仅 $0.01\text{ m}^3/\text{m}^3$ ；同时开发了 TransCNN 方法，融合 Transformer 与 CNN 架构，相比传统方法相关系数提升 10%以上。

在空间分辨率增强方面，建立了多频率被动微波降尺度体系：利用 AMSR-2 X 波段数据将 L 波段亮温从 36km 降至 9km；提出基于光学梯形模型的 DespiTe 降尺度方法，无需热红外数据即可实现高精度降尺度 ($ubRMSE\ 0.026\text{ m}^3/\text{m}^3$)；开发热惯量降尺度算法，性能优于官方产品；针对山区地形，提出 SAR 后向散射入射角归一化方法，使反演精度提升 9%-23%。

在数据记录延长方面，整合 TMI、AMSR-E、AMSR2、GMI 等多源传感器数据，基于 LSTM 机器学习模型建立了 1997-2023 年全球日尺度土壤水分产品 MCCA-ML，空间分辨率 25km，全球覆盖率超 80%，已公开发布。系统评估了微波土壤水分产品对水文极端事件的监测能力，证实 L 波段传感器在干旱和洪涝事件中具有更高的异常相关性和敏感性，为早期预警系统提供了重要支撑。

本项目通过算法创新和多源数据融合，显著提升了 SMOS 产品的质量与应用价值，为全球土壤水分监测和水文极端事件预警提供了重要数据支撑。