

SMOS 土壤水分产品的持续优化及其在全球水循环监测中的应用

施建成¹, Nemesio Rodriguez-Fernandez², 赵天杰³, 宋沛林⁴, 樊东⁵, 邱建秀⁶,

魏祖帅⁷, 郭鹏⁸, 姚盼盼⁹, 彭志晴¹⁰, 郑景耀³

1: 中国科学院国家空间科学中心, 北京 100190

2: Centre d' Etudes Spatiales de la Biosphère (CESBIO), Université de Toulouse (CNES/CNRS/INRAE/IRD/UPS), France

3: 中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100101

4: 西安交通大学电子与信息工程学院, 陕西 西安 710049

5: 昆明理工大学云南省定量遥感重点实验室, 云南 昆明 650000

6: 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275

7: 江汉大学人工智能学院, 湖北 武汉 430056

8: 山东农业大学信息科学与工程学院, 山东 泰安 271018

9: 华北水利水电大学测绘与地理信息学院, 河南 郑州 450046

10: 清华大学地球系统科学系, 全球变化研究院, 北京 100084

通讯作者: 施建成 shijc@radi.ac.cn

土壤湿度和海洋盐度 (SMOS) 卫星任务在全球土壤湿度监测中发挥着关键作用, 已持续提供 15 年的重要观测数据。本研究通过算法优化、多源数据融合以及时空数据填补等方法, 系统提升了 SMOS 产品的质量。虽然搭载 L 波段微波辐射计的 SMOS 卫星已取得重要研究成果, 但在提升土壤湿度产品精度和一致性方面仍面临挑战, 特别是在与土壤湿度主动被动探测卫星 (SMAP) 等数据进行协同应用时。

本研究取得的主要成果包括：（1）开发了 SMOS 与 SMAP 产品的差异校正技术，通过修正亮温（TB）测量中的系统偏差（特别是由观测角度差异和大气效应引起的偏差），显著提升了数据一致性；（2）创新性地利用 SMOS 多角度观测数据，通过多通道协同算法（MCCA）整合多角度亮温和植被光学厚度信息，有效提升了不同地表特征区域的土壤湿度反演精度；（3）通过融合被动/主动微波观测与光学红外数据，将 SMOS 和 SMAP 土壤湿度产品的空间分辨率提升至 1 公里级，并结合机器学习技术改善了时间覆盖范围，构建了长达数十年的长时序高分辨率数据集。此外，本研究充分利用青藏高原等典型区域的实地观测数据，为卫星产品验证提供了重要支撑。这些数据深化了对冻土和季节性冻土等复杂环境下土壤湿度动态特征的认识。通过星地协同观测，研究还为干旱监测和农业预测提供了更可靠的科学依据，有力支撑了全球水循环和气候变化研究。

本研究最终研制出具有更高时空分辨率的长时序 SMOS 土壤湿度产品，填补了全球变化研究的重要空白。通过提升 SMOS 与 SMAP 产品的一致性，为建立长期可靠的土壤湿度监测体系奠定了基础，对水文研究、农业生产和气候科学具有重要价值。