

基于 SMAP 卫星数据与地下水陆面过程耦合模型 的土壤湿度数据同化研究

土壤水分在陆气水分和能量交换过程中发挥着重要作用。大尺度的土壤水分观测数据可以广泛应用于农业用水，水资源管理，和洪水干旱极端灾害预报。将卫星遥感土壤水分产品同化到陆地表面模型中能够有效提高土壤水分模拟精度，但该研究仍存在一些不足，例如，蒸散发量模拟很难得到改善。传统陆面地表模型大多只考虑垂直方向的一维土壤水分传输，对于地下水物理过程的表达往往过于简单，而遥感空间信息在相邻或深层土壤区域的传播与模型中水分的横向流动和物理过程紧密相关。在这项工作中，我们将 SMAP 卫星土壤水分信息同化到陆地系统建模平台 (TSMP) 的组成部分 CLM 陆面模型和 CLM-ParFlow 地下水陆面过程耦合模型中，进行土壤湿度同化实验。CLM-ParFlow 对饱和与不饱和潜流都应用三维理查德 Richards 方程进行求解，并应用二维运动波进行地表径流模拟，能够准确描述土壤水分传输过程。本研究对德国西部一个温带气候地区进行了为期九个月 (2018 年 3 月至 9 月) 的同化实验，研究区域大小约为 $150 \text{ km} \times 150 \text{ km}$ ，模型网格精度为 $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$ ，同时采用宇宙射线中子传感 (Cosmic Ray Neutron Sensor, CRNS) 观测土壤数据与涡流协方差站点 (Eddy Covariance, EC) 蒸散发数据对模拟结果进行定量评估。实验结果表明从时间序列与空间序列来看，土壤水分模拟在数据同化之后有所改善，CLM 和 CLM-ParFlow 模型的模拟结果差别并不显著，但耦合模型 CLM-ParFlow 的土壤湿度分布更具有空间异质性。并且，该同化研究能够有效改进地表通量在干旱条件下的蒸散发模拟。指着强调的是，使用耦合模型，我们可以评估同化土壤水分对于地下水位和河流径流量模拟的影响，这些变量在传统陆面模型的基本物理过程中未能很好代表。