

# 基于遥感观测水文要素的 SWAT 模型校准与验证研究

## — 乍得湖流域研究

Ali Bennour<sup>1,2,3</sup>, 贾立<sup>1</sup>, Massimo Menenti<sup>1,4</sup>, 郑超磊<sup>1</sup>, 曾业隆<sup>1,2</sup>, Beatrice Asenso Barnieh<sup>1,5</sup>, 蒋敏<sup>1</sup>

1 中国科学院空天信息创新研究院遥感科学国家重点实验室, 北京 100101

2 中国科学院大学, 北京 100045

3 Water Resources Department, Commissariat Regional au Developpement Agricole, Medenine 4100, Tunisia

4 Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Stevinweg 1, 2825 CN Delft, The Netherlands

5 Earth Observation Research and Innovation Centre (EORIC), University of Energy and Natural Resources, Sunyani P.O. Box 214, Ghana

**摘要:** 为揭示变化环境下水文循环过程的时空演变规律, 分布式水文模型成为评估变化环境下流域水-土平衡政策制定的最有用的工具之一。然而, 在非洲许多无资料/少资料地区, 模型的校正和验证工作面临巨大的挑战。本研究提供了一种通过卫星观测的空间分布遥感实测蒸散发数据校正水文模型的方法。研究利用水文模型 SWAT, 将乍得湖划分成 37 子流域, 每个子流域分为若干个水文响应单元 (HRU), 使用了一年的月度数据, 模拟每个水文响应单元 (HRU) 的水平衡分量。进而采用 SWAT-CUP 中 SUFI-2 算法进行模型参数敏感性分析, 挑选出了 15 个敏感参数, 通过 NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency)、KGE (Kling-Gupta Efficiency) 和  $R^2$  (determination coefficient) 评判不同参数组合下模型最佳性能。研究结果表明, 采用 Hargreaves 潜在蒸发公式计算得到的实际蒸散发, 分别使用 4 种遥感实际蒸散发产品 (ETMonitor, GLEAM, WaPOR 和 SSEBop) 对 SWAT 模型校正后, ETMonitor 和 GLEAM 模拟精度相比其他两种产品更优 ( $R^2 > 0.9$ 、 $NSE > 0.8$  和  $KGE > 0.75$ )。进一步比较后, 模型采用表现性能最优的 ETMonitor 来校正 SWAT 模型。将校正后的 SWAT 模型, 利用卫星观测反演的表层土壤水分含量 (ESA-CCI) 和陆地储水变化 (GRACE) 对模拟结果进行验证。结果表明, 2010-2015 年间, 模型模拟的陆地储水变化同卫星观测反演结果  $R^2=0.56$ ,  $NSE=0.55$ ; 同 ESA-CCI 验证结果  $NSE=0.85$ 。

**关键词:** 水文模型; SWAT 模型; 水文遥感观测; ETMonitor 产品; 非洲萨赫勒

地区