

南京信息工程大学王玉莹教授研究团队-苏丹地区气溶胶光学厚度的时空变化及其与云特性、降水的关系：基于卫星观测与 CMIP6 模式预估的研究启示

Remote Sensing

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42768.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

南京信息工程大学王玉莹教授研究团队-

苏丹地区气溶胶光学厚度的时空变化及其与云特性、降水的关系：基于卫星观测与 CMIP6

模式预估的研究启示 Remote Sensing。论文标题：Spatiotemporal Variations in Aerosol Optical Depth and Their Relationships with Cloud Properties and Precipitation over Sudan: Insights from Satellite Observations and CMIP6 Model Projections

论文链接：<https://www.mdpi.com/2072-4292/18/17/2986>

期刊名：Remote Sensing

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/remotesensing>

作者：Elhag Gamreldin, 王玉莹, 银燕

第一作者为南京信息工程大学博士留学生 Elhag Gamreldin；通讯作者为王玉莹教授，合作单位包含中国科学院大气物理研究所、苏丹恩图曼伊斯兰大学。本研究受到国家自然科学基金（NSFC，U25A20786、42575093）以及大气环境与极端气象全国重点实验室开放课题资助。

大气气溶胶可以通过直接、间接以及半间接机制影响地球气候系统。人类活动造成气溶胶浓度发生显著变化，气溶胶云降水相互作用也成为气候预测不确定性的重要来源。苏丹地处撒哈拉萨赫勒过渡带，同时受到自然沙尘与人为硫酸盐气溶胶共同影响，是研究不同类型气溶胶气候效应的典型区域。现有研究大多聚焦总气溶胶负荷，对不同气溶胶组分的差异化作用认识不足。来自南京信息工程大学的研究团队在Remote Sensing期刊发表文章，融合卫星观测、再分析数据以及CMIP6气候模式，系统探究苏丹地区气溶胶时空演变特征，分析气溶胶与云、降水之间的统计关联，并预估多情景下未来气溶胶的变化。

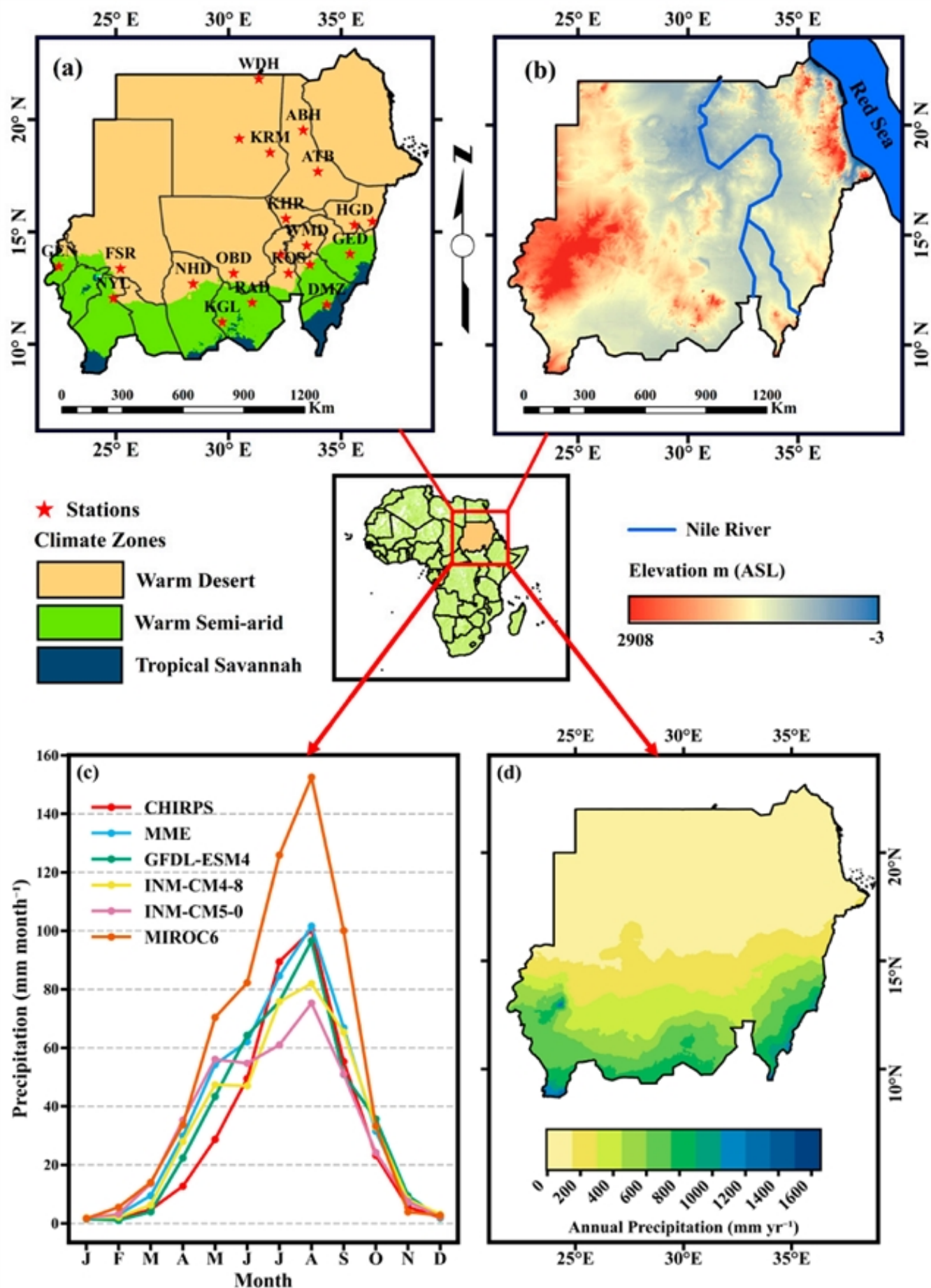


图1：苏丹研究区域、地形、站点布设及降水气候特征，（a）Köppen-Geiger气候分区表明苏丹由北向南呈现极端干旱、半干旱、热带稀树草原气候梯度；（b）苏丹地区高程数据；（c）CHIRPS观测与CMIP6模式的月平均降水变化，其中GFDL?ESM4、INM?CM4?8、INM?CM5?0、MIROC6为选取的不同CMIP6模式，MME为多模式集合平均结果；（d）CHIRPS降水数据呈现出南北梯度。

研究过程与结果

本研究选用MODIS、CHIRPS、MERRA 2、EAC4观测及再分析数据集，选取GFDL ESM4、INM CM4 8、INM CM5 0、MIROC6共4个CMIP6模式。研究时段分为历史时段2003 2014年雨季（6 9月），以及未来2041 2100年，设置SSP1 2.6、SSP2 4.5、SSP5 8.5三种共享社会经济路径情景。采用皮尔逊相关、偏相关分析、Mann Kendall非参数趋势检验，区分沙尘气溶胶与硫酸盐气溶胶的不同影响。

再分析数据结果表明，矿物沙尘是苏丹气溶胶负荷的主导组分，贡献年均气溶胶光学厚度（AOD）的70 85%，高值主要分布在撒哈拉 萨赫勒过渡带；硫酸盐气溶胶整体负荷更低，高值集中在苏丹中东部城市与农业区。对比21个地面站点观测可以发现，CMIP6模式存在系统性偏差，普遍低估北部、西部的沙尘AOD以及城市区域硫酸盐AOD，乡村站点模拟效果相对较好。

2003 2014历史阶段，苏丹气溶胶整体长期趋势较弱。沙尘AOD呈现北降南升的空间偶极分布；硫酸盐AOD在苏丹东部、南部表现为上升信号。受观测时间序列较短和年际气候波动影响，趋势归因存在一定不确定性。

未来情景预估结果显示：所有SSP情景下，21世纪硫酸盐AOD均呈显著下降趋势，减排力度越大，降幅越明显；而矿物沙尘AOD变化幅度微弱，空间异质性较强，主要受区域气候条件与土地利用变化共同调控。SSP1 2.6与SSP2 4.5情景下总AOD显著下降；SSP5 8.5高排放情景下总气溶胶光学厚度无显著长期变化。

气溶胶 云 降水的统计分析表明，不同气溶胶组分存在明显的区域差异。沙尘气溶胶在苏丹北部、中部地区，与云液水路径、降水呈负相关；硫酸盐气溶胶在气候湿润的东南部，和降水呈正相关。全部数据集均观测到AOD与云有效半径的负相关，呈现类似Twomey效应的统计特征。但研究强调，AOD为整层柱积分量，无法直接代表云底云凝结核浓度，不能据此认定为存在因果性的Twomey间接效应。

CMIP6模式不仅低估雨季沙尘气溶胶负荷，还高估气溶胶 云 降水之间的耦合强度，放大气溶胶对云液水和降水的正向作用。偏相关分析进一步揭示，部分相关信号来源于不同气溶胶组分之间的共线性，统计相关性不能直接解释为物理因果关系。

研究总结

本文系统分析苏丹地区沙尘、硫酸盐气溶胶的时空分布特征，揭示两类气溶胶对云与降水的区域差异化统计关系，明确CMIP6模式在萨赫勒区域气溶胶 云 降水模拟中存在的系统性偏差。

研究结果表明，CMIP6模式高估苏丹水文循环对气溶胶扰动的敏感性，会给区域未来降水风险预估带来不确定性。在全部SSP情景下硫酸盐气溶胶负荷均呈下降趋势；沙尘气溶胶变化幅度更小，受气候和土地利用共同调控。想要提升区域模拟能力，需要完善沙尘排放与云微物理参数化

方案，扩充长时间序列观测记录，开展高分辨率区域模拟，从而更好约束气溶胶云相互作用，为萨赫勒地区水资源规划、气候风险适应提供科学参考。

期刊介绍

主编：Prasad S. Thenkabail, 美国地质调查局西部地理科学中心（WGSC），美国;

汪冬冬, 北京大学，中国

期刊范围涵盖遥感科学的各个方面，从传感器设计、验证和校准，到其在地球科学、环境科学、生态学和土木工程中的应用。

2025 Impact Factor：4.3

2025 CiteScore：9.4

Time to First Decision：22 Days

Acceptance to Publication：2.9 Days

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

来源：Remote Sensing

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发