

研究揭示亚洲高山区降水变化的驱动因子和动力机制

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/24512.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！

中国科学院大气物理研究所研究员周天军团队，联合美国太平洋西北国家实验室、德国马克斯-普朗克气象研究所和中国海洋大学，揭示了引起1950年代以来以青藏高原为主体的亚洲高山区夏季降水“双核型”变化以及未来喜马拉雅降水变化拐点的驱动因子和动力机制，为应对气候变化提供了新的科学视角。10月11日，相关研究成果以*Precipitation regime changes in High Mountain Asia driven by cleaner air*为题，发表在《自然》（*Nature*）上。

以青藏高原为主体的亚洲高山区（High Mountain Asia, HMA），既是气候变化敏感区，又是生态环境脆弱区。伴随着全球增暖，该地区水循环发生了前所未有的变化，面临冰川退缩、积雪减少和冻土退化等问题。HMA地区陆地水储量的变化具有明显的空间异质性。这种陆地水资源在空间上的不均匀变化，与该地区过去几十年夏季降水北部增多、南部减少的“双核型”变化有关。气候预估是应对气候变化的相关决策的基础。既往研究表明高原整体的暖湿化特征将持续整个21世纪，但位于高原东南部的喜马拉雅当前呈现“变干”特征的区域何时转为“变湿”，尚不清楚。

为揭示引起HMA地区降水在历史时期“南变干-北变湿”的关键驱动因子，该团队探寻到主导HMA地区夏季降水十年及以上时间尺度变化的两个模态（图1）。在第一模态中，高原北部和南部降水呈现相反的变化——当高原北部降水增多时，南部降水减少。这一模态与欧亚大陆上空西风急流强度的变化相关，故称为“西风相关模态”。该模态20世纪50年代以来一直呈增强态势。在第二模态中，高原东南部和南亚降水呈现反相变化——当南亚季风降水增多时，高原东南部降水减少，被称为“季风相关模态”。第二模态存在十几至几十年的年代际波动。“亚洲高山区夏季降水‘双核型’变化主要由西风相关模态决定。叠加季风相关模态后，高原东南部降水呈现出显著的年代际振荡特征”，大气物理所博士后江洁提出。南亚季风降水在20世纪后半叶持续下降，而在本世纪初开始恢复增加。南亚季风降水增加引起的潜热通量释放，作为热源激发出其东侧高原南部的东风异常，导致输送至高原东南部的水汽减少，使得过去二十余年来高原东南部降水减少趋势增强。

在揭示降水变化的主要模态后，下一个问题是如何从中识别不同影响因子的“信号”。降水的长期变化受到人为外强迫（包括人为温室气体和气溶胶排放等）和气候系统内部变率（包括太平洋年代际振荡IPO、北大西洋年代际振荡AMO等）的共同影响。该研究借助多气候模式的不同强迫因子的分离强迫试验和大样本超级集合模拟试验，应用“最优指纹法”等气候变化研究方法，针对两个模态分别进行了检测归因分析。研究发现，过去半个多世纪“西风相关模态”的增强，主要与人为气溶胶的不均匀排放有关。它通过影响对流层温度梯度，进一步调控欧亚大陆上空西

风急流的强度，最终导致HMA区域降水呈现“双核型”变化。与之相反，温室气体持续排放引起的增温增湿，则利于整个高原地区降水的增多。“季风相关模态”的周期性波动则主要与IPO有关。当热带中东太平洋海温降低，而副热带西太平洋海温升高时，季风相关模态增强，令南亚季风核心区降水增加，其加热作用通过进一步引发环流异常而使得高原东南部降水减少。因此是人为气溶胶的不均匀排放和IPO位相转换分别通过影响“西风相关模态”和“季风相关模态”，共同塑造了以青藏高原为主体的亚洲高山区夏季降水长期变化的“双核型”格局。

气候预估研究表明未来高原降水将整体增多，那么从“双核型”历史变化向整体增多转换的“拐点”何时发生？江洁介绍，“气候预估不是气候预测，气候预估是基于不同人为辐射强迫排放情景给出的，以展现不同政策选择所带来的气候影响及社会风险。其中，SSP2-4.5和SSP5-8.5是常用的两种最新排放情景。前者是社会、经济和技术最贴近其历史趋势的情景，后者则是高辐射强迫和高社会脆弱性的组合。两种情景的人为气溶胶排放路径相似，但温室气体分别为中等和高排放情景。”研究发现，受温室气体增加和人为气溶胶排放减少的共同影响，在这两种情景下未来高原夏季降水均将增多。温室气体排在历史时期和未来均利于高原降水整体增多，不是导致高原东南部喜马拉雅降水变化拐点的主要原因。有别于温室气体的作用，人为气溶胶在历史变化和未来变化中扮演着不同角色。在历史时期，人为气溶胶浓度的不均匀增加利于喜马拉雅地区降水减少，但在未来情景中，受全球范围内包括亚洲地区的“清洁空气”行动影响，人为气溶胶的排放量将减少，这利于喜马拉雅降水从过去的“变干”转为未来的“变湿”，从而主导从“双核”向“单核”降水型变化的拐点。

该研究进一步计算了人为活动引起的高原增湿何时会超过气候系统内部变率的影响。“基于对历史时期高原降水变化机理的研究，我们知道IPO等内部变率对高原降水的影响很大尤其是在高原东南部。因此，需要预测人为影响引起的降水变化何时能超过内部变率造成的降水异常范围，气候变化研究领域将此称作‘人为影响萌现期’（Time of Emergence, ToE）”，周天军解释道。研究显示，在SSP2-4.5和SSP5-8.5排放情景下，当全球平均温度较之工业化前的升温达到约1.9°C时，人类活动的影响将超越气候系统内部变率的影响，从而主导高原东南部夏季降水变化（图2）。“以青藏高原为主体的亚洲高山区降水的变化关乎冰川水储量和生态环境变化，未来高原东南部喜马拉雅山一带从‘变干’转为‘变湿’的拐点是备受关注的问题，希望科研团队的成果能够为有效应对区域气候变化提供科学参考”，周天军提出。

研究工作得到国家自然科学基金“青藏高原地球系统基础科学中心项目”、第二次青藏高原综合科学考察研究和中国科学院战略性先导科技专项“丝路环境专项”的支持。

[论文链接](#)

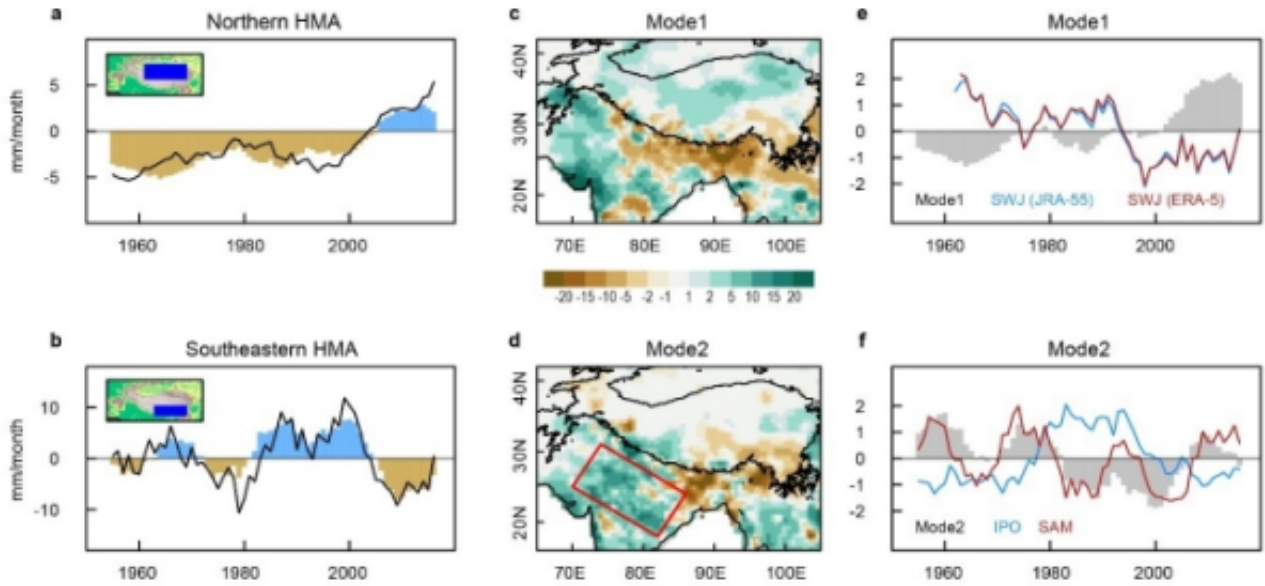


图1. 亚洲高山区夏季降水年代际尺度主导模态。(a) 高原北部和(b) 高原东南部9年滑动平均降水相对当前气候态异常。(c) 西风相关模态及(e) 其对应的时间序列(灰色阴影), 线条为不同资料得到的欧亚大陆西风急流强度。(d) 季风相关模态及(f) 其对应的时间序列(灰色阴影), 红色线条为南亚季风降水异常, 蓝色线条为IPO指数。(d-f) 中线条为标准化后结果。

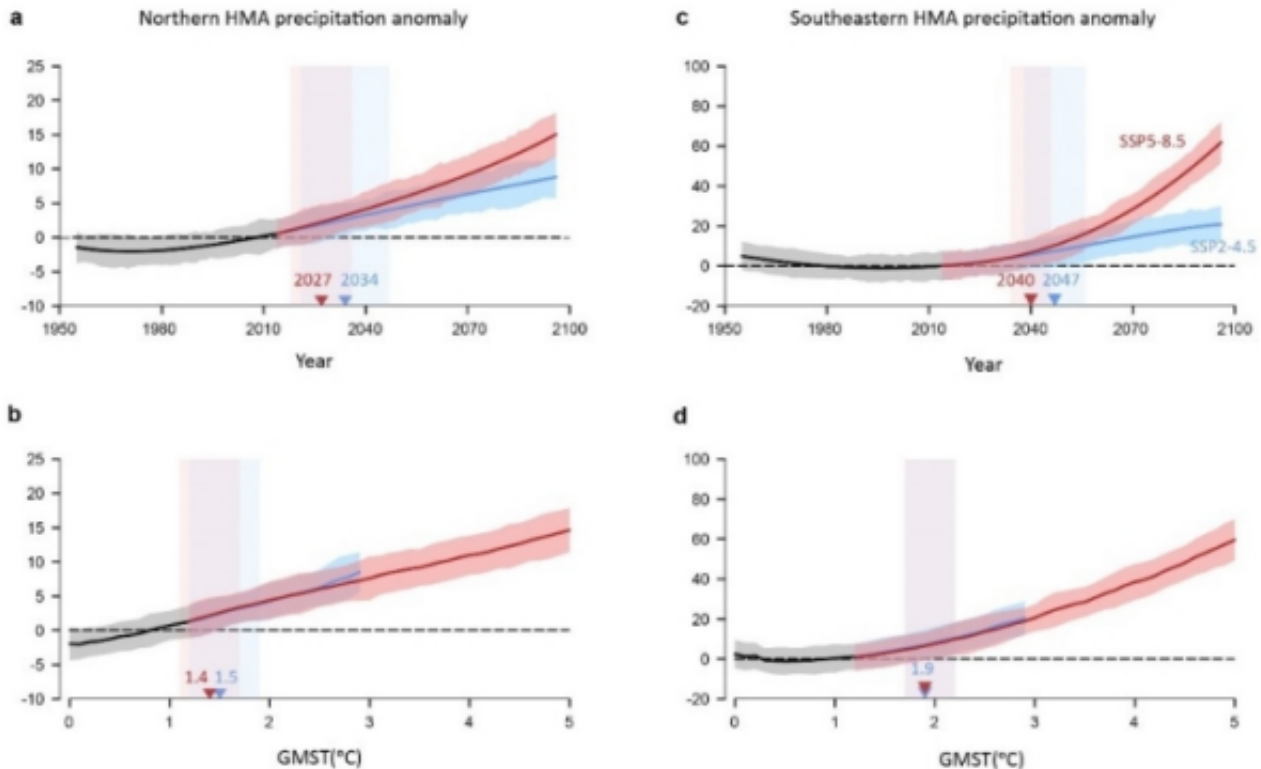


图2. 亚洲高山区降水未来变化预估。SSP2-4.5(蓝色)和SSP5-8.5(红色)排放情景下, (a) 高原北部和(c) 高原东南部降水9年滑动平均相对当前气候态异常。线条为外强迫引起的降水变化, 阴影为内部变率引起的降水变化范围, 三角为外强迫信号超过内部变率范围时间。(c-d) 与(a-b)类似, 但横坐标为全球平均温度相对工业化前的升温水平。

研究团队单位：大气物理研究所

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

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