

中国区域重大极端天气气候事件的归因方法研究

一、项目介绍

每当2021年7月河南暴雨这样的重大极端事件发生后，公众和媒体均迫切地想了解这些极端事件是否与人类活动引起的气候变化有关，决策者也亟需依据气候变化影响的相关科学证据来制定应对类似区域重大极端天气气候事件的防灾减灾政策和适应方案。

为此，《中国区域重大极端天气气候事件的归因方法研究》项目针对我国高温热浪、极端低温、持续性强降水和干旱等区域重大极端事件，致力于研制物理意义更加清晰的检测归因核心技术方法并更可靠地回答人类活动等不同外强迫因子对极端事件长期变化趋势、频率及强度概率变化的影响及影响程度。在此基础上，研发“流程化”的中国区域极端事件在线检测归因系统，以支撑极端事件发生后迅速识别人类活动的影响与贡献。同时，项目利用归因分析得到的对气候模式的约束条件订正预估结果，从而为防灾减灾政策的制定和实施提供更准确的重大极端事件未来变化信息。

二、项目成果

项目针对我国区域重大极端天气气候事件，研制了适用的检测归因方法。如将全球和局地外强迫统一到“最优指

纹”框架下进行贡献量化的“分步指纹法”，以及可突破模式模拟瓶颈的“过程归因方法”以及“故事线方法”，这些方法从清晰的动力热力物理过程切入，在季风区降水变化及事件归因中确证了人类活动的影响。研究揭示人类活动改变了过去 60 年主导我国东部夏季降水的天气环流型，进而驱动了“南涝北旱”降水变化典型模态的形成；气候变暖至少造成 2021 年 7 月河南暴雨过程总降水量增加 7.5%左右，使得每小时 100mm 的强降水概率增加了 2 倍。

建立了“观测变化—检测归因—约束预估”的方法理论体系。针对区域极端事件观测到的变化，在量化人类活动等外强迫相对贡献的基础上分析气候模式的响应偏差。结合研制的多种观测约束技术约束订正模式直接预估结果，减小了预估的不确定性。以上基础理论成果发表在 *Nature Climate Change*, *Science Advances*, *Nature Communications*, *National Science Review*, *Bulletin of the American Meteorological Society* 等顶级期刊上达 15 篇。

项目建立了我国首个多模式和多种归因方法相结合的检测归因系统，并已在我国南方部分区域气候中心进行了推广应用。实现了项目最新研究成果的落地应用，可对重大区域极端事件开展快速诊断和归因分析，为科研、业务和决策服务提供支撑。

三、成果代表图片

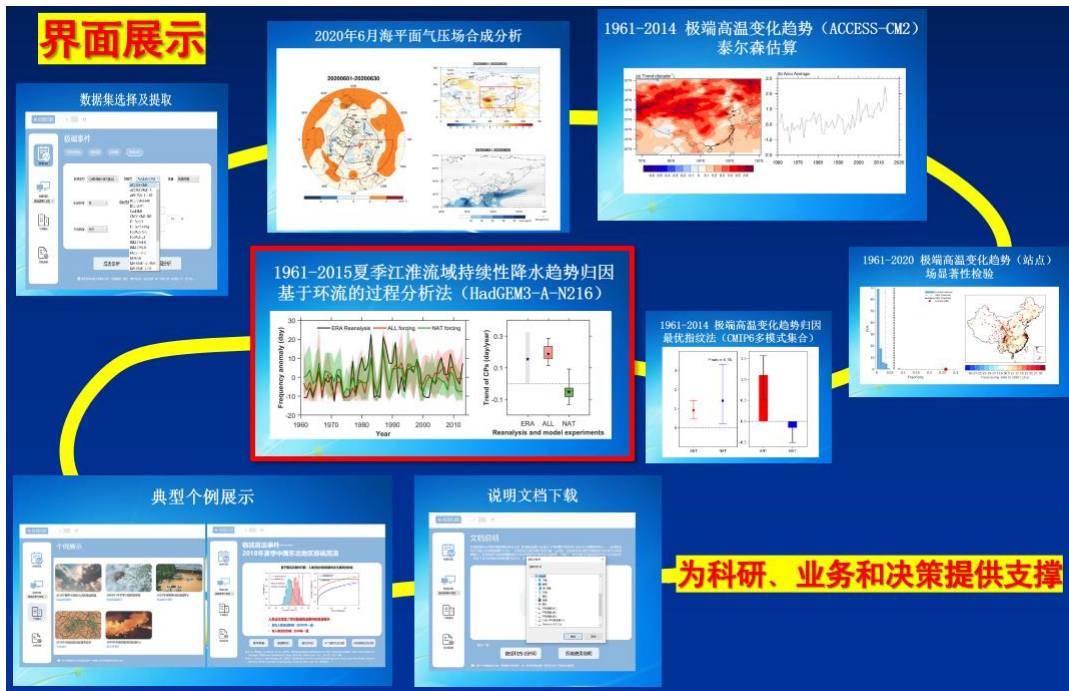


图 1：我国首个区域极端事件检测归因系统

该系统可便捷获取多套模式模拟数据、迅速识别区域极端事件、并基于多种归因方法，分离并量化人类活动和自然因子强迫对区域极端事件的贡献，为科研、业务和决策服务提供支撑。

基于逐日天气环流型动力热力过程分离的“南涝北旱”归因 基于“故事线”方法的2021年7月河南暴雨归因

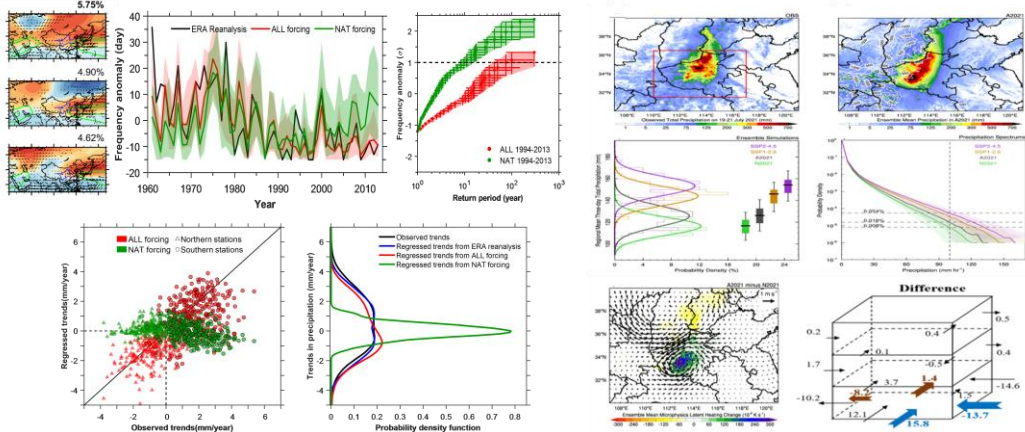


图 2：重要天气气候事件的归因分析

项目研制的物理过程更加清晰的归因方法，左侧为基于逐日天气环流型动力热力过程分离的归因方法，右侧为基于严格限定初值、边界及环流动力条件的“故事线”方法，这些基于清晰物理过程的归因方法突破了气候模式对极端降水模拟效果不佳的瓶颈，在季风区降水变化及事件归因中成功检测到了人类活动信号