

热带印-太海温与海河流域夏季降水的关系 及预测应用

郝钰茜 郝立生* 谢均 程善俊

天津市气候中心

天津市河西区气象台路 100 号, 370000

关键字：海河流域，热带印-太海温异常，夏季降水，季节预测

海河流域地处我国京畿重地，总人口超 1.5 亿，在我国经济社会发展中具有举足轻重的战略地位（图 1）。海河流域地处东亚夏季风活动的北缘，降水高度集中在夏季^[1]。由于影响因素多、不同因子间作用复杂、关键前兆信号逐年变化，导致海河流域夏季气候预测难度大，因此，海河流域夏季降水异常的季节预测一直是我国气候研究的重点和难点^[2-3]。目前，动力模式预测是夏季降水季节预测的主要方法，但由于模式尚无法准确模拟 ENSO 演变及其遥相关型和海-气相互作用^[4]，因此，模式对热带外地区，尤其是我国北方夏季降水的预测技巧仍十分有限^[5]。考虑到动力预测能力的不足，基于热带海温异常等大气外强迫影响降水的可能机理，进行统计方法建模，已经成为提高短期气候预测能力的重要手段^[6-8]。然而，以往研究多聚焦于对降水多寡影响的定性研究，目前尚缺乏对流域降水总量和降水分布型的量化研究。

热带印度洋-太平洋被海洋性大陆隔和连接，海温异常既有各自特点又存在协同变化^[9-10]，有学者将其作为一个综合区域，指出热带印-太海温相互配置及纬向梯度对西太副高和东亚气候异常有重要影响。那么，热带印-太海温协同变化与海河流域夏季降水分布的关系如何？现阶段能否通过海温异常与降水异常的典型模态构建一个具有较高可信度的预报模型，提前预测海河流域夏季降水多寡和分布？对以上问题的探讨将有助于进一步完善热带海洋热力强迫对我国华北地区夏季气候异常的研究，为华北地区夏季降水预测提供更有力的理论支持，便于提出新思路，提高预报效果，服务于我国气象防灾减灾工作。

本文利用 1961-2020 年我国站点观测降水和英国哈德莱中心的海温再分析数据，针对我国海河流域夏季降水预测困难的科学问题，通过多变量经验正交分解方法的正向和反向灵活应用，分析了热带印度洋-太平洋海域的前期海温变化与海河流域夏季降水在年际时间尺度上的统计特征，并由此建立了海河流域夏季降

水的客观预测模型，并进行模拟预测（图 2）。主要结论如下：（1）MVEOF 分解结果揭示了“海温异常季节演变”与“降水异常分布型”的统计关系：前冬（DJF-1）El Niño 事件发展强盛，当年春季开始衰减，并引起热带印度洋海盆尺度增暖的滞后响应时，当年夏季海河流域降水一致性偏多，偏多中心在流域北部；前一年秋季出现 El Niño 向 La Niña 事件转换，随后热带印度洋由暖向冷转换时，当年夏季海河流域降水易出现“西多东少型”分布；前期热带印-太海温无明显异常模态时，夏季海河流域降水为“南多北少型”分布（图 3-5）。（2）基于 MVEOF 主要模态和利用前期热带印-太海温资料，按照图 1 所示预测模型建立和模拟预报的流程，对 2013-2020 年海河流域降水进行模拟预测，结果显示：该预测模型对流域夏季降水有较好的预测能力，旱涝趋势预测基本正确，时间相关性可达 0.86，但空间分布预测性能较低（图 6）。该方法通过 MVEOF 方法的正向和反向灵活运用，有效提取了热带印-太海域海温季节演变的主要影响信号，阐明了海温异常季节演变-降水异常空间分布的统计关系，并建立了海河流域夏季降水的客观预测模型，丰富了季节气候预测业务产品，为我国华北地区夏季气候预测提供了新的科学依据。

参考文献：

- [1] 陶诗言, 等. 中国之暴雨[M]. 1980,北京: 科学出版社
- [2] 郝立生, 丁一汇. 华北降水变化研究进展[J]. 地理科学进展, 2012, 31(5): 593- 601
- [3] 郝立生, 侯威. 华北夏季降水变化及预测技术研究[M]. 北京: 气象出版社, 2018.
- [4] Wang B , Lee J Y , Kang I S , et al. How accurately do coupled climate models predict the leading modes of Asian-Australian monsoon interannual variability[J]. Climate dynamics, 2008(6).
- [5] Wang B , Lee J Y , Kang I S , et al. Advance and prospectus of seasonal prediction: assessment of the APCC/ClipAS 14-model ensemble retrospective seasonal prediction (1980–2004)[J]. Climate Dynamics, 2009(1).
- [6] Zhang, Wenjun, Jin, et al. Unraveling El Niño's impact on the East Asian Monsoon and Yangtze River summer flooding[J]. Geophysical Research Letters, 2016, 43(21):11,375-11,382.
- [7] 高辉, 高晶. 黑潮冬季海温对我国东北地区夏季降水预测信号的增强[J]. 海洋学报, 2014, 36(7):27-33.
- [8] 冯蕾, 魏凤英, 朱艳峰. 基于前春对流层温度和北大西洋涛动的中国夏季降水统计预测模型[J]. 大气科学, 2011, 35(5):14.
- [9] 吴国雄. 赤道印度洋—太平洋地区海气系统的齿轮式耦合和 ENSO 事件: I. 资料分析[J].

大气科学, 1998, 24(4):15-25.

[10] 据建华, 陈琳玲, 李崇银. 太平洋-印度洋海温异常模态及其指数定义的初步研究[J]. 热带气象学报, 2004, 20(6):8.

附图:



图 1 海河流域地理位置示意图

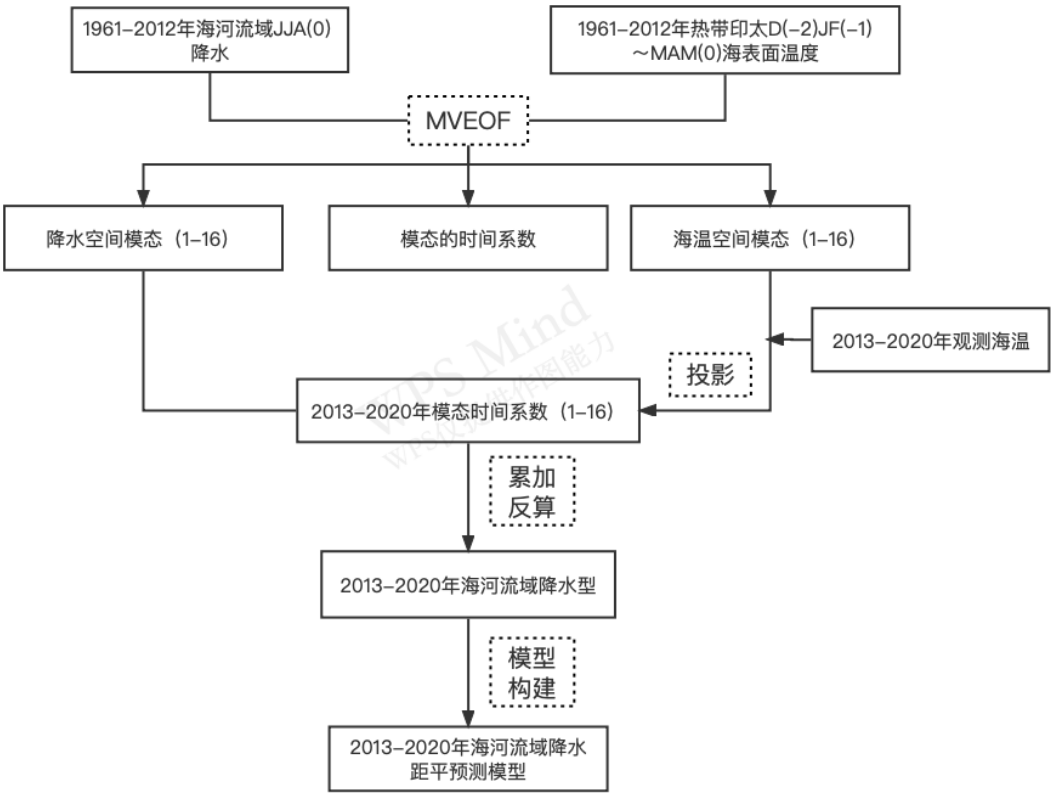


图2 基于热带印-太海洋海温-海河流域降水 MVEOF 模态构建海河流域夏季降水预测模型及模拟预报的流程

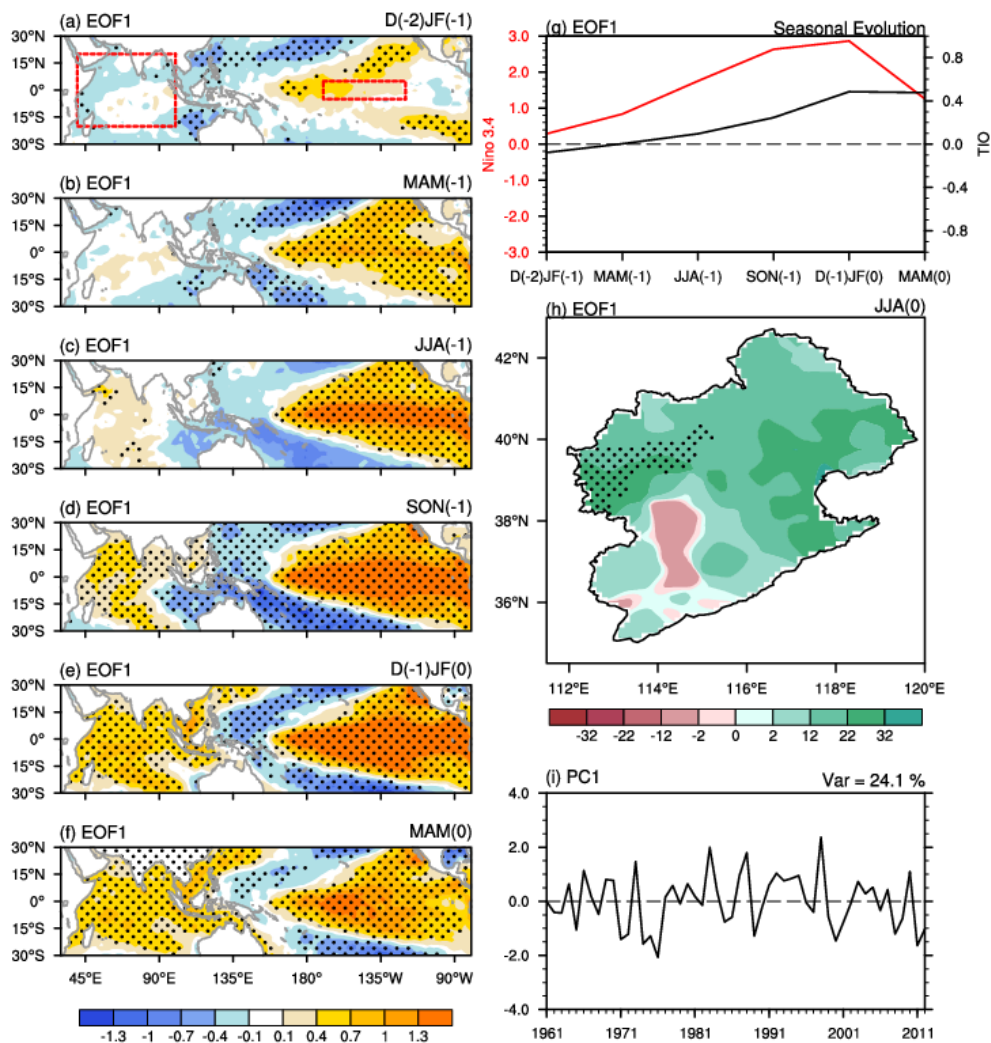


图 3 热带印-太海温异常季节变化与海河流域夏季降水异常对 MVEOF 第一模态时间变化的回归。(a)-(f)热带印-太海温异常季节变化的空间模态(单位:°C), (g) Niño3.4 区(5°N~5°S, 170°W~120°W)和热带印度洋 TIO(20°N~20°S, 40°E~100°E)区域平均海温异常的季节变化, 其范围如(a)中红色框线所示, (h)海河流域夏季降水的空间模态 (单位: mm), 其中打点区域通过 95%的 t-test 显著性检验, (i)标准化处理后的时间系数。

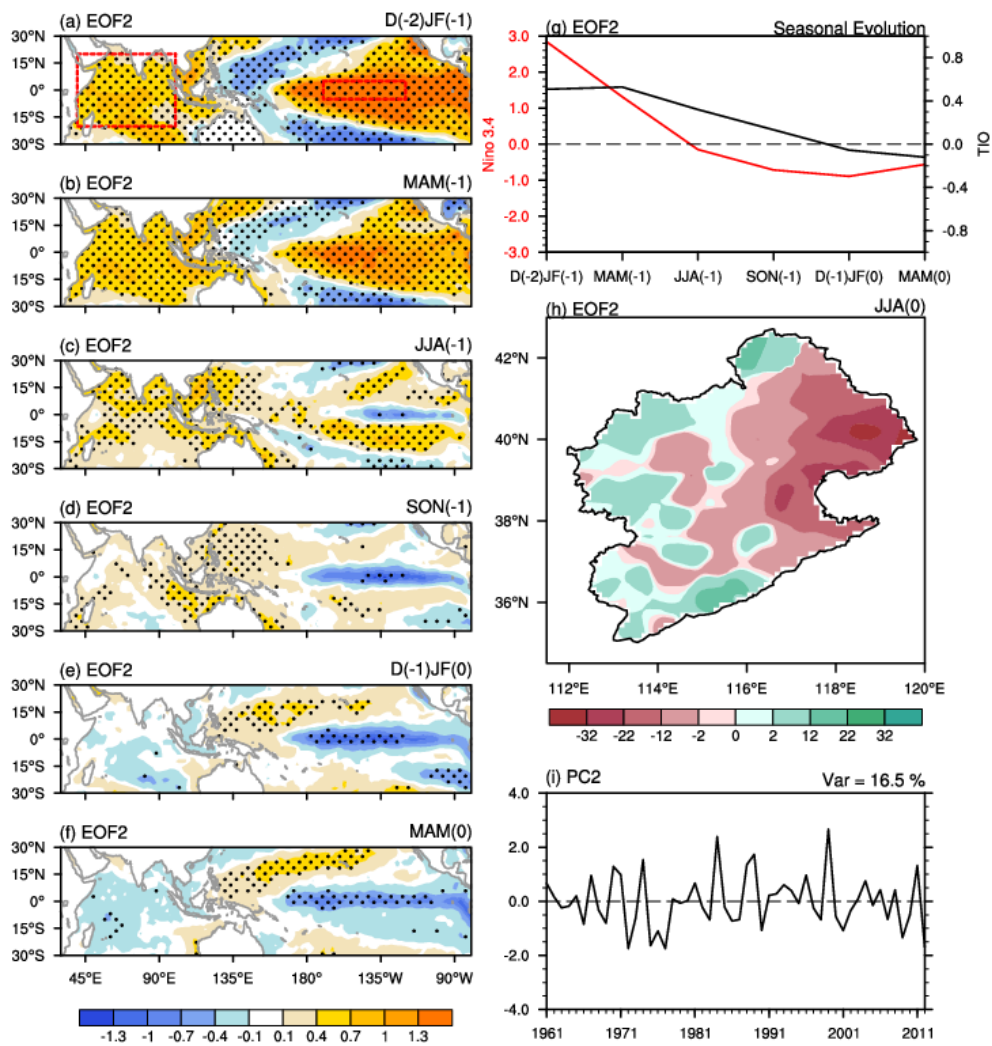


图 4 同图 3，但为第二模态。

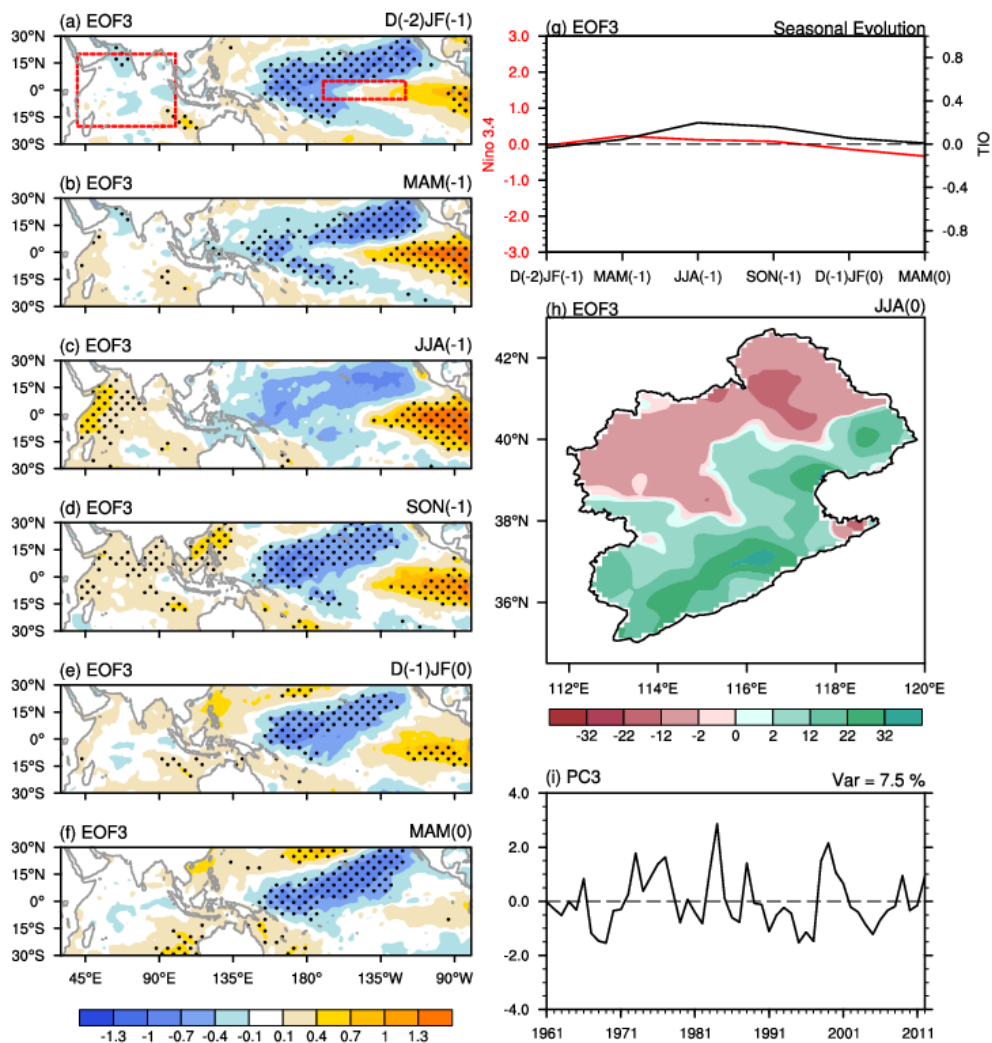


图 5 同图 3，但为第三模态。

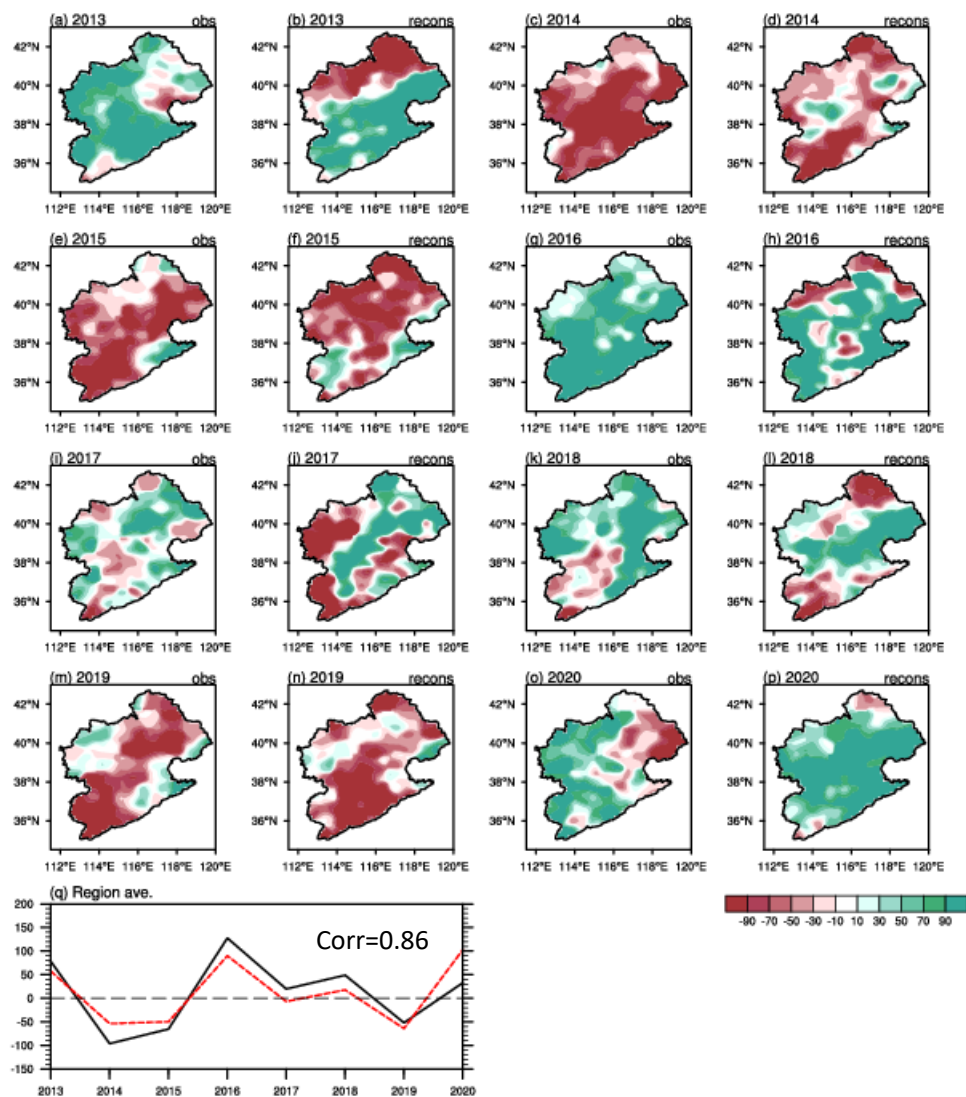


图 6 2013-2020 年海河流域夏季降水模拟预测与实际观测的对比。基于 MVEOF 主要模态和利用前期热带印-太海温资料, 预测海河流域夏季降水, 已换算成降水距平百分率, 单位: %。其中, (a)-(p)为逐年降水的空间分布, 第一列和第三列为观测, 第二和四列为模拟预测, (q)为区域平均的年际变化时间序列, 黑线为观测, 红线为模拟预测。