

顾薇,刘芸芸,邵颢,2025. 2025 年春季中国气候异常特征及成因分析[J]. 气象,51(10):1272-1281. Gu W, Liu Y Y, Shao X, 2025. Characteristics and possible causes of the climate anomalies over China in Spring 2025[J]. Meteor Mon, 51(10):1272-1281(in Chinese).

2025 年春季中国气候异常特征及成因分析^{*}

顾 薇^{1,2} 刘芸芸^{1,2} 邵 颢^{1,2}

1 国家气候中心气候系统预测与变化应对全国重点实验室,北京 100081

2 中国气象局气候预测研究重点开放实验室,国家气候中心,北京 100081

提 要: 2025 年春季(3—5 月)全国平均气温比常年同期偏高 0.9℃,为 1961 年以来第四高。春季全国平均降水量接近常年同期,表现出明显的季节内变化特征。南方地区在春季前期由于降水偏少发生较重的气象干旱,在春季后期降水转为偏多出现局部洪涝灾害。西北地区东部至黄淮西部等北方地区则在 4—5 月由于降水明显偏少出现了严重的气象干旱。南方降水的季节内转折主要是由冬季 La Niña 状态和春季热带印度洋海温“前冷后暖”的季节内演变特征共同导致。在春季前期印度洋海温略偏低,显示出对 La Niña 状态的响应,有利于西北太平洋出现异常的气旋式环流,导致南方降水偏少;而在春季后期印度洋海温明显升高,导致西北太平洋环流形势转为异常反气旋而使得南方降水增多。春季中后期西北地区至黄淮等地的少雨干旱则主要是中高纬度大气欧亚遥相关型稳定维持的结果。

关键词: 春季气候异常,拉尼娜,热带印度洋,西北太平洋反气旋,欧亚遥相关

中图分类号: P461

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2025.101601

Characteristics and Possible Causes of the Climate Anomalies over China in Spring 2025

GU Wei^{1,2} LIU Yunyun^{1,2} SHAO Xie^{1,2}

1 State Key Laboratory of Climate System Prediction and Risk Management, National Climate Centre, CMA, Beijing 100081

2 CMA Key Laboratory for Climate Prediction Studies, National Climate Centre, Beijing 100081

Abstract: During spring (March to May) of 2025, the mean temperature in China was 0.9℃ higher than the climatological mean, ranking as the fourth warmest since 1961. The spring mean precipitation was close to normal, exhibiting distinct intraseasonal variability characteristics. In southern China, due to the less than normal precipitation in the early spring, severe meteorological drought occurred, but precipitation increased in the late spring, leading to flood disasters in some regions. In northern China, from eastern Northwest China to western Huang-Huai Region, severe meteorological drought occurred because of much less precipitation from April to May. The intraseasonal transition of precipitation in southern China was mainly caused by the combined effects of the previous winter La Niña state and the intraseasonal warming of the tropical Indian Ocean sea surface temperature in spring. In the early spring, the Indian Ocean sea surface temperature was slightly colder, showing a response to the winter La Niña state. This was conducive to the emergence of an abnormal cyclonic circulation in the Northwest Pacific, leading to less precipitation in southern China. However, in the late spring, the pronounced warming of the Indian Ocean sea

^{*} 国家自然科学基金气象联合基金项目(U2242206)、国家自然科学基金面上项目(42275030)和国家民用航天计划(D040305)共同资助
2025 年 10 月 13 日收稿; 2025 年 10 月 16 日收修定稿

第一作者:顾薇,主要从事短期气候预测研究. E-mail:guwei@cma.gov.cn

surface temperature favored an abnormal anticyclone in the Northwest Pacific, leading to the increased precipitation in southern China. The drought in the Northwest China to Huang-Huai regions in April and May was mainly the result of the stable maintenance of the atmospheric Eurasian teleconnection pattern at mid-to-high latitudes.

Key words: spring climate anomaly, La Niña, tropical Indian Ocean, Northwest Pacific anticyclone, Eurasian teleconnection pattern

引 言

春季是东亚冬、夏季风转换的过渡期,气候复杂多变,表现出明显的季节内、年际和年代际等多时间尺度变率(Gu et al, 2018; 2024; 刘芸芸和高辉, 2021; 李多和刘芸芸, 2022; 龚振淞和丁婷, 2023; 吕卓卓等, 2024)。春季欧亚中高纬度地区冷空气势力依然活跃,而来自低纬地区的暖湿气流也开始逐渐加强北上,导致冷暖气团对峙频繁,气温和降水变率大,易出现一些极端天气气候事件。例如春季前期在冬季风残余势力的影响下,仍会有强冷空气南下,导致“倒春寒”,并有可能出现极端低温事件;而到了春季中后期,南海夏季风的爆发意味着东亚地区大气环流由冬季风向夏季风的转变(Tao and Chen, 1987),强盛的暖湿气流开始由低纬度地区向北输入我国,导致南方地区频繁出现强降水事件;此外我国西部和北方一些地区也容易在春季出现严重的气象干旱事件(Song et al, 2024)。春季气候异常,尤其是上述低温、强降水和干旱等极端气候事件对农业、交通、能源等方面都会造成明显的影响,因此有必要深入了解春季气候异常特征及其成因。

大量研究工作指出,春季气候异常受到海温、海冰和积雪等多种外强迫因子的显著影响。其中 ENSO 事件作为年际尺度上最重要的海气相互作用信号,对我国春季气候,尤其是南方地区的降水有显著影响,是春季气候预测最主要的可预报性来源之一。一般来说在发生 El Niño 事件之后的春季,我国南方地区降水显著偏多,而在发生 La Niña 事件之后的春季南方降水显著偏少(Chen et al, 2019; Park et al, 2020; Xu et al, 2021; Liu et al, 2022; 2023; 伍红雨等, 2022)。印度洋海温异常也会显著影响我国春季气候, Kosaka et al (2011)、Hu et al (2013)、Xie et al (2016) 研究指出在 ENSO 事件影响春季降水的过程中,印度洋海温可以起到类似“电容器”的作用,它将冬季的 ENSO 信号存储起来,并

在春季通过海气相互作用激发大气中的遥相关波列,从而导致西北太平洋地区大气环流异常和我国南方降水异常。也有研究指出印度洋偶极子、南印度洋偶极子等主要印度洋海温模态对春季气候会产生显著的影响(陈丹等, 2012; 肖莺等, 2014; 程慧萍和贾晓静, 2014; Dong et al, 2023)。北大西洋海温异常则被揭示出可以通过激发欧亚中高纬度的大气遥相关波列,从而影响到东北亚地区的大气环流系统和我国春季降水的年际变率(Lu et al, 2020)。此外,还有研究揭示出戴维斯海峡—巴芬湾等区域冬季海冰和欧亚大陆春季积雪等信号对春季我国东部降水和极端降水事件都有显著影响(Jia et al, 2018; 张梦琪等, 2022)。在年代际尺度上,春季降水则受到太平洋年代际振荡(PDO)的显著影响, PDO 正位相有利于降水偏多,负位相会使得降水偏少(朱益民和杨修群, 2023; Wu and Mao, 2016)。

正是由于受到 PDO 和 ENSO 等前期海温异常的显著影响,春季南方地区降水在季节尺度上的可预报性明显大于北方地区。就 2025 年来说,年代际尺度上 PDO 处于明显负位相,年际尺度上在 2024/2025 年冬季赤道中东太平洋处于 La Niña 状态。PDO 负位相和冬季 La Niña 状态一致有利于南方降水偏少。但春季降水对上述海温异常的响应并不典型,监测实况显示春季南方地区降水总体接近常年平均,并没有表现出明显偏少的特征。这意味着除了 PDO 和 La Niña,可能还有其他因素与其一起共同影响了 2025 年春季南方降水。此外,2025 年春季西北地区中东部至黄淮等北方地区降水明显偏少,出现了较严重的持续性大范围气象干旱,是春季最主要的气候异常事件之一。针对上述问题,本文将在分析归纳 2025 年春季气候异常特征的基础上,从大气环流和海温外强迫的角度分析 2025 年春季我国降水异常的可能成因,重点回答以下两个科学问题:(1)2025 年春季我国南方降水有何具体特征?为何没有体现对前冬 La Niña 状态的响应?(2)什么原因导致了春季我国西北地区中东部至黄淮的持续性大范围干旱?

1 资料和方法

本文所用资料主要包括:(1)国家气象信息中心整编的 1951 年 1 月 1 日至 2025 年 5 月 31 日中国 2400 多个台站站点逐日降水和气温观测数据集(任芝花等,2012);(2)美国国家环境预报中心和美国国家大气研究中心(NCEP/NCAR)提供的 1948 年 1 月至 2025 年 5 月逐月大气环流再分析资料,分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ (Kalnay et al, 1996);(3)美国国家海洋大气管理局(NOAA)提供的 1982—2025 年高精度最优差值全球月平均海面温度数据(Reynolds et al, 2007);(4)英国哈德利中心(Hadley Centre)提供的全球月平均海冰密集度资料 HadISST (Rayner et al, 2003),水平分辨率 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$,其中海冰密集度表示单位网格内海冰覆盖的比例,单位为%。本文所用各要素的气候平均值(常年同期)为 1991—2020 年平均值,文中春季指北半球春季(3—5 月)。在分析南方降水异常特征时,用降水距平值与气候平均值的比率(降水异常比率)来定量衡量降水的异常程度。

各项海温指数和大气环流相关指数定义如下:

Niño3.4 指数:赤道中东太平洋($5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$ 、 $170^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{W}$)区域平均海温距平值;

热带印度洋海温全区一致模态(IOBW)指数:热带印度洋($20^{\circ}\text{S} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $40^{\circ} \sim 110^{\circ}\text{E}$)区域平均海温距平值;

西北太平洋反气旋指数:西北太平洋($10^{\circ} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $120^{\circ} \sim 150^{\circ}\text{E}$)区域平均海平面气压距平值(Wang et al, 2000)。

本文用到的分析方法主要包含线性相关和一元线性回归分析等统计方法,显著性检验为双尾学生 t 检验。春季主要天气气候事件部分内容来自国家气候中心 2025 年 3—5 月中国气候影响评价(国家气候中心, 2025a; 2025b; 2025c)。

2 2025 年春季我国主要气候异常特征

2.1 降水季内变率大、西北至黄淮出现较重旱情

2025 年春季,全国平均降水量 142.1 mm,接近常年同期(143.8 mm),但空间分布不均。华北北部、东北地区南部、西南地区大部 and 西藏大部等地降

水量较常年同期偏多超过 20%,部分地区偏多达 1~2 倍;全国其余地区降水量接近常年同期平均或者偏少,其中西北地区中东部和黄淮地区西部等地较常年同期偏少 20%以上,部分地区偏少超过 50% (图 1a)。2025 年华南前汛期于 4 月 24 日在广东首先开始,开始时间较常年(4 月 9 日)偏晚 15 d。从华南前汛期入汛到春季结束(5 月 31 日),华南四省(广东、广西、海南、福建)累计平均降水量为 311.53 mm,较常年同期偏少 14.6%。

2025 年春季降水季节内变率大。3 月我国中东部地区降水呈“北多南少”分布特征,主要多雨区位于黄淮和河套地区中部;4 月除东北地区降水偏多以外全国其余大部地区降水偏少;5 月则呈现南北两条雨带的特征,北方雨带位于内蒙古西部至华北,南方雨带位于西南地区南部、华南至江南东部等地(图 2)。

就江南和华南等南方地区而言,春季前期降水

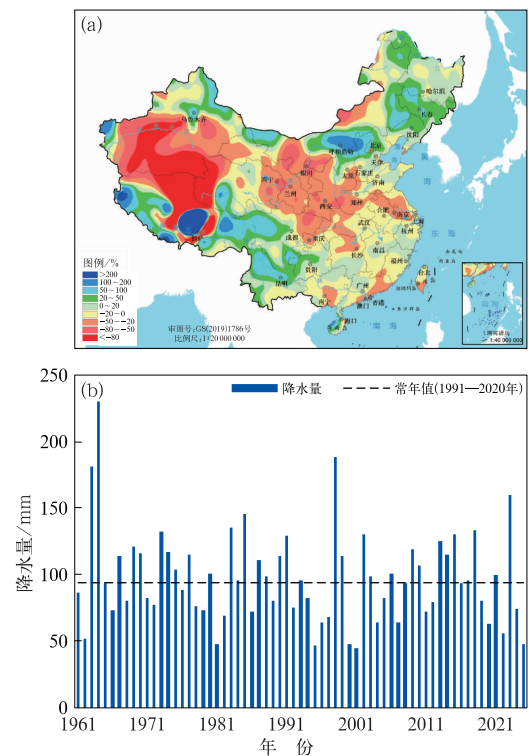


图 1 (a)2025 年春季全国降水量距平百分率分布,(b)1961—2025 年 4—5 月陕甘宁豫平均降水量历年分布

Fig. 1 (a) Distribution of precipitation anomaly percentage over China in spring 2025, and (b) mean precipitation over Shaanxi, Gansu, Ningxia and Henan provinces from April to May during 1961—2025

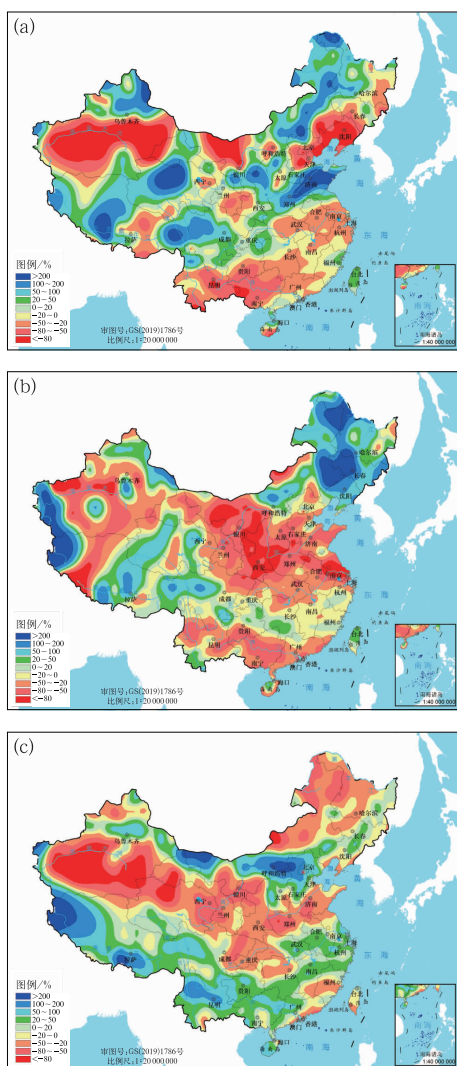


图 2 2025 年(a)3 月,(b)4 月和(c)5 月
全国降水量距平百分率分布

Fig. 2 Distribution of precipitation
anomaly percentage over China in

(a) March, (b) April and (c) May 2025

以偏少为主,导致南方大部地区出现了不同程度的气象干旱,4 月 18 日全国中旱及以上等级气象干旱面积达 201.8 万 km^2 ,其中特旱 47.7 万 km^2 ,均为阶段性最高,广西和贵州等地达到特旱等级(图 3a);春季后期(入汛之后)南方地区出现六次区域性暴雨过程,其中在 5 月 15—18 日、22—23 日、28—29 日发生的三次暴雨过程是季内综合强度最高的三次过程,南方降水由偏少转为偏多,干旱得以明显缓和或缓解,但部分地区遭受了洪涝灾害,如安徽等地发生城市内涝,江西、浙江、广东、广西等地的农业生产活动遭受渍涝、病虫害等不利影响。

在西北地区中东部至黄淮西部,3 月降水总体

偏多,4 月之后转为异常偏少,4—5 月陕西、甘肃、宁夏、河南的平均降水量较常年同期偏少 48.8%,为 1961 年以来第四少,2002 年以来最少(图 1b)。降水异常偏少导致该地区气象干旱持续发展,至 5 月 21 日该区域干旱范围和强度达到峰值,其中特旱面积达 35.1 万 km^2 (图 3b)。至 5 月 31 日,陕西大部、河南西部、甘肃南部等地仍存在中至重旱,局地特旱(图 3c)。

2.2 全国大部气温偏高

2025 年春季全国平均气温为 11.8℃,较常年同期(10.9℃)偏高 0.9℃,与 2008 年并列为 1961 年以来同期第四高(图 4a)。从空间分布来看,全国大

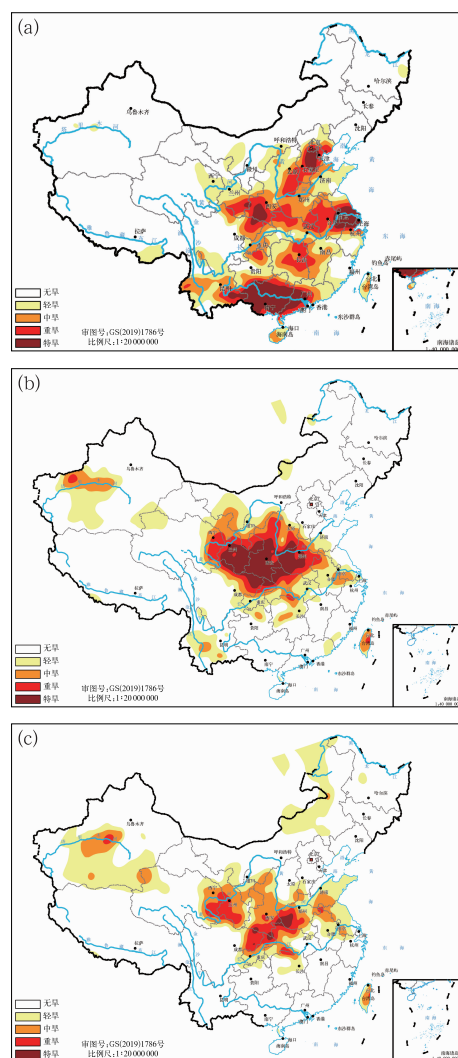


图 3 2025 年(a)4 月 18 日,(b)5 月 21 日
和(c)5 月 31 日全国气象干旱综合监测

Fig. 3 Distribution of meteorological
drought condition over China on

(a) 18 April, (b) 21 May and (c) 31 May 2025

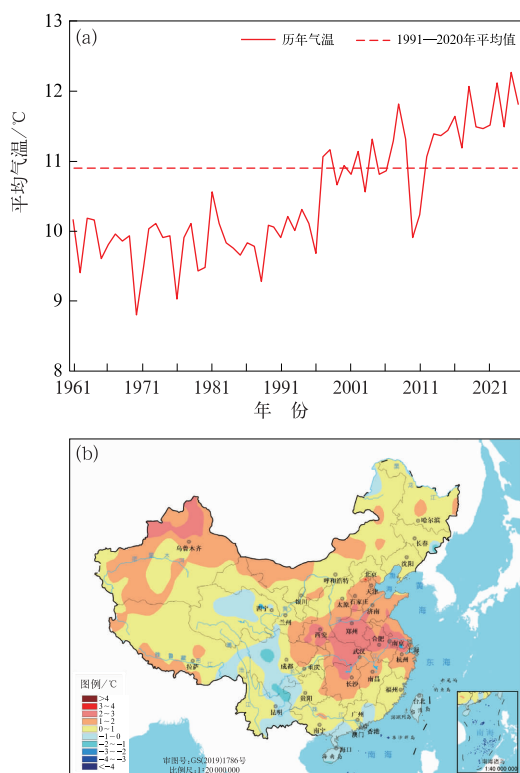


图 4 (a)1961—2025 年春季全国平均气温历年变化和(b)2025 年春季全国平均气温距平分布

Fig. 4 (a) Mean temperature over China in spring during 1961—2025, and (b) distribution of mean temperature anomaly over China in spring 2025

部地区气温较常年同期偏高 0.5°C 以上,其中黄淮西部、江汉东部、江淮南部等地偏高 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$;西南地区中部和海南南部等地偏低超过 0.5°C (图 4b)。季内,全国共有 296 个国家级气象观测站日最高气温达到或突破春季极大值,主要出现在华中北部、西北地区东部及山西、四川东北部和北疆等地。

2025 年春季共有 12 次冷空气过程影响我国,较历史同期偏多 3.3 次。其中 3 月冷空气路径总体偏西,导致新疆中南部、西北地区中西部、西南地区等地气温异常偏低。5 月东北冷涡阶段性活跃,导致华北北部和东北等地气温偏低。除此以外,春季中东部大部分地区气温持续偏高,季节内变率总体较小。

3 我国春季降水异常的主要成因

3.1 春季南方降水季节内变异的成因

2024/2025 年冬、春季,海温表现出比较明显的

异常特征,PDO 处于明显负位相(图略),冬季赤道中东太平洋处于 La Niña 状态(图 5a,5b),年代际和年际尺度上 IOBW 和 Niño3.4 指数这两个海温信号对南方降水的影响是一致的,都容易导致降水偏少。然而实况显示,南方地区降水总体接近常年平均,并没有表现出明显偏少的特征(图 1a)。

事实上,尽管江南和华南大部地区春季平均降水并没有表现出明显的异常,降水量总体接近常年,但却表现出明显的季节内波动。3 月和 4 月南方降水以偏少为主,尤其是广西、江西北部等地区偏少 $20\%\sim 50\%$,5 月南方降水转为偏多,在广东南部、广西中部、江苏北部等地区偏多超过 50% (图 2)。从浙江、江西、湖南、广东、广西和福建等南方省份的平均降水量来看,春季降水量较常年同期偏少 8% ,其中 3 月和 4 月降水量分别较常年同期偏少 24% 和 28% ,5 月转为偏多 15% (图 6)。

南方地区降水的这种转折性变化,直接受到西

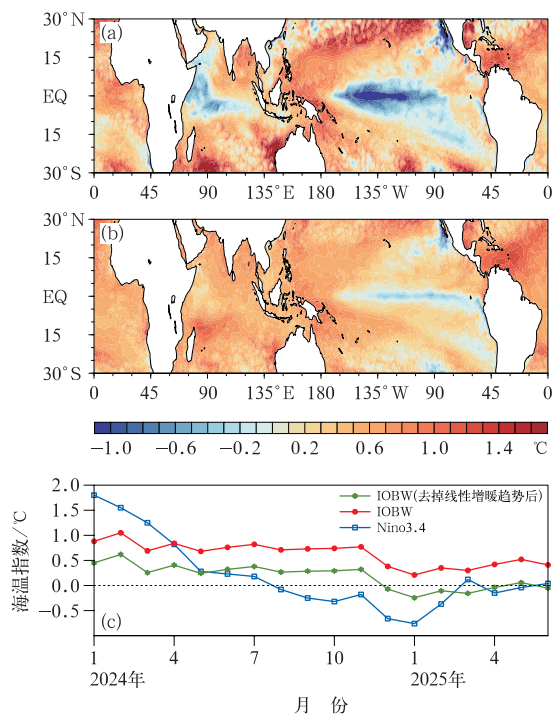


图 5 (a)2024/2025 年冬季,(b)2025 年春季全球海面温度距平和(c)2024 年 1 月至 2025 年 5 月海温指数的逐月演变

Fig. 5 (a, b) Distribution of sea surface temperature anomaly in (a) winter 2024/2025, (b) spring 2025, and (c) monthly evolution of sea surface temperature indices from January 2024 to May 2025

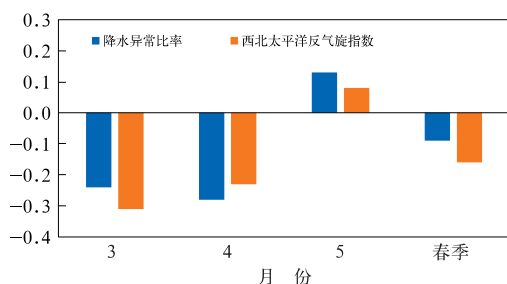


图 6 2025 年 3—5 月及春季浙赣湘粤桂闽的平均降水异常比率和西北太平洋反气旋指数
Fig. 6 Precipitation anomaly rate and the Northwest Pacific anticyclone index over Zhejiang, Jiangxi, Hunan, Guangdong, Guangxi and Fujian in March, April, May and spring 2025

北太平洋反气旋季节内变化的影响。逐月的西北太平洋反气旋指数与南方地区降水指数表现出很好的对应关系,西北太平洋反气旋指数在 3 月和 4 月为负值(气旋式环流),对应南方降水偏少,5 月转为正值(反气旋式环流),对应降水偏多(图 6)。从 850 hPa 风场距平来看,3 月西北太平洋地区对流层低层主要为一个异常的气旋式环流,中心位于菲律宾地区附近,南方地区位于该气旋西北侧,低层大气出现异常的东北风,不利于暖湿气流的输送和降水的出现(图 7a)。4 月尽管西北太平洋异常气旋式环流形势较 3 月有所减弱,但在朝鲜半岛附近位势高度负距平中心非常强,对应东亚大槽的加深,导致我国东部地区由北至南均为强的偏北风距平,依然不利于暖湿气流向南方地区的输送,从而使得降水持续偏少(图 7b)。5 月,西北太平洋地区大气出现明显转变,由气旋式环流转为反气旋式异常环流形势,反气旋的中心位置位于日本岛以东,其西南侧的偏南风有利于更多的暖湿气流输入南方地区(图 7c)。与此同时,朝鲜半岛附近的负高度中心依然较强,意味着来自中高纬地区的冷空气较为活跃,活跃的冷空气

与充沛的暖湿气流交汇,导致南方地区频繁出现降水过程。

西北太平洋异常反气旋是热带海温影响东亚气候的重要桥梁(Zhang et al, 1996; Wang and Zhang, 2002)。根据冬季 Niño3.4 指数回归的春季环流场(图 8a)显示,冬季 El Niño/La Niña 状态有利于春季西北太平洋地区出现异常反气旋/气旋。这说明 2024/2025 年赤道中东太平洋海温异常有利于春季西北太平洋地区维持异常的气旋式环流。不过,热带印度洋海温在春季出现了较明显的季内变化特征,可能是导致西北太平洋地区环流形势出现季内转折的原因。在 2025 年春季,热带印度洋海温总体偏暖(图 5b),并没有表现出对冬季 La Niña 状态的典型响应。从逐月演变来看,3—5 月印度洋其实是在不断增暖的,各月的标准化 IOBW 海温指数分别为 0.8、1.1 和 1.5,去掉线性增暖趋势后的标准化指数分别为 -0.2、-0.1 和 0.3,即热带印度洋在 3 月和 4 月偏冷,表现出对冬季 La Niña 状态的响应,5 月则转为偏暖,体现出独立于冬季 La Niña 影响以外的变率。根据去除 ENSO 信号的 IOBW 指数回归的环流场(图 8b)进一步显示,这一部分印度洋海温变率也会引起西北太平洋地区大气出现显著异常,海温偏高有利于西北太平洋地区出现反气旋式异常环流,其西南侧能够影响到我国南方地区低层大气的风场。与 ENSO 的影响(图 8a)相比,印度洋海温影响下的反气旋/气旋中心位置更加偏北,位于日本岛附近。从 5 月环流场实况(图 7c)可以看到,5 月的西北太平洋环流特征与上述形势十分相似,反气旋位置都较为偏北,位于日本岛附近。由此可见,对于 5 月西北太平洋大气环流来说,印度洋独立于 La Niña 影响之外的这一部分变率可能起到了重要作用,即印度洋海温在春季后期的升高削弱了冬季 La Niña 的影响,使得南方地区降水在春季

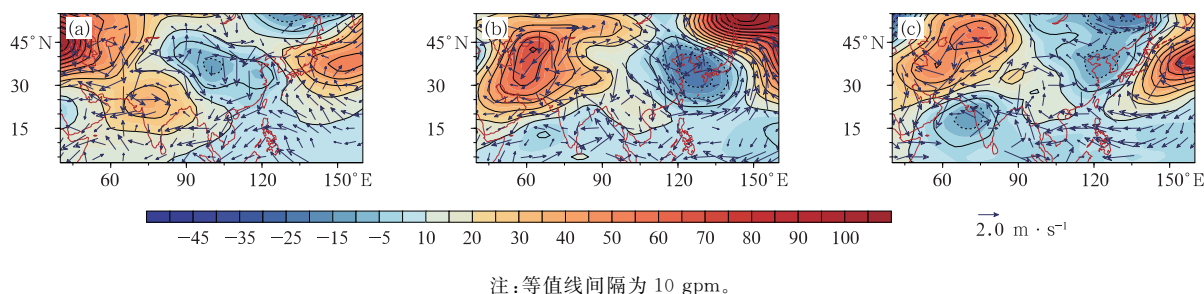
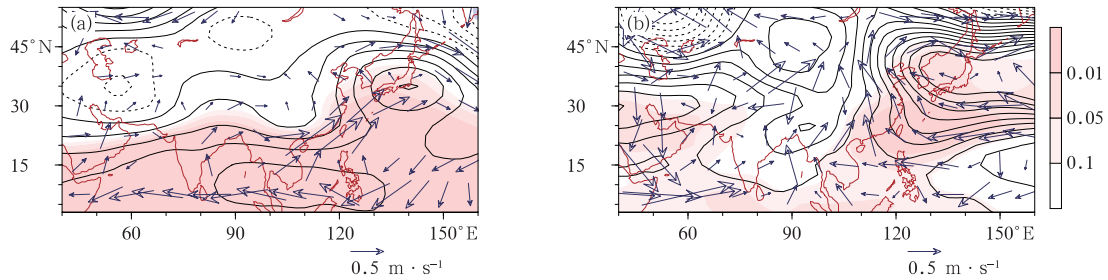


图 7 2025 年(a)3 月,(b)4 月和(c)5 月 500 hPa 高度场距平(等值线和填色,单位: gpm)和 850 hPa 风场距平(风矢)
Fig. 7 The 500 hPa geopotential height anomaly (contour and colored, unit: gpm) and 850 hPa wind anomaly (wind vector) in (a) March, (b) April and (c) May 2025



注:深、中、浅色填色分别表示显著性水平超过 0.01、0.05 和 0.1 的区域,等值线间隔为 2 gpm。

图 8 1981—2024 年(a)冬季 Niño3.4 指数和(b)春季 IOBW 指数(去除 ENSO 信号)回归的 500 hPa 位势高度距平(等值线,单位:gpm)和 850 hPa 风场距平(风矢)

Fig. 8 Regressed 500 hPa geopotential height anomaly (contour, unit: gpm) and 850 hPa wind anomaly (wind vector) of (a) winter Niño3.4 index and (b) spring IOBW index (ENSO signal removed) during 1981—2024

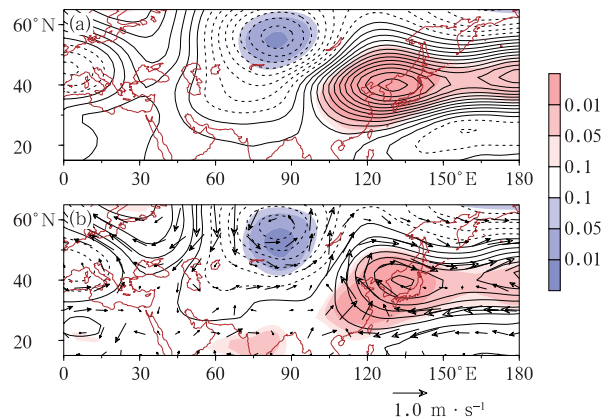
后期明显增多。

3.2 西北地区中东部至黄淮西部少雨干旱的成因

2025 年 4—5 月,西北地区中东部至黄淮西部降水异常偏少、气温偏高,干旱持续发展,是春季主要气候异常事件之一。异常少雨的区域主要包括陕西、甘肃、宁夏和河南等省份,平均降水量较常年同期偏少 48.8%。根据上述省份平均降水量指数针对环流场的回归分析(图 9)显示,该区域降水主要受中高纬度地区环流系统的显著影响。当巴尔喀什湖附近存在异常负高度中心和异常气旋,而朝鲜半岛附近为正高度中心和异常反气旋时,西北地区至黄淮一带处于气旋东部西南风和反气旋西部东南风的辐合带,而且更多的水汽能够从日本岛以南的海洋向西、向北输送,导致该地降水偏多;反之,当巴尔喀什湖附近为正高度中心和反气旋,而朝鲜半岛附近为负高度中心和气旋时,西北至黄淮一带则主要受到偏北风和辐散形势控制,来自东南方向的水汽输送也明显减弱,导致降水偏少。从 2025 年环流场实况(图 10)来看,上述两个关键环流区域表现出典型的少雨特征,在巴尔喀什湖附近存在一个正高度距平中心和低层异常反气旋,朝鲜半岛附近存在一个负高度距平中心和异常气旋,西北至黄淮地区处于异常反气旋和气旋之间,主要受到异常偏北风控制,不利于来自海洋上空的水汽向该地输送,导致降水异常偏少。

事实上,大气环流场实况(图 10)显示,巴尔喀什湖和朝鲜半岛附近的异常高度中心可能与欧亚大陆的一个遥相关波列密切相关。在欧亚大陆范围

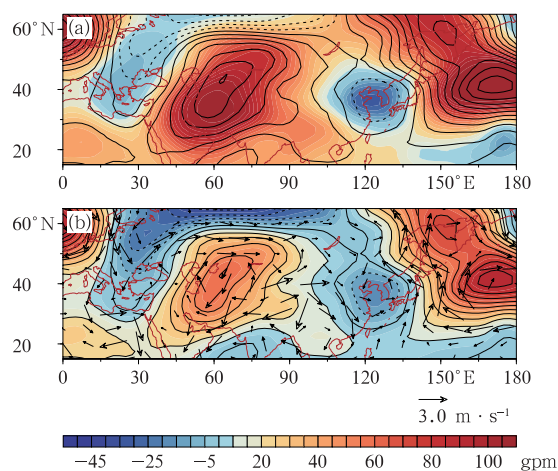
内,由西至东在欧洲西部—地中海—西亚—朝鲜半岛分布着“正-负-正-负”相间的异常高度中心,且高度距平在 500 hPa 和 200 hPa 的分布是相似的,表现出准正压特征。对流层大气中上层的这种形势类似于欧亚遥相关型(Wallace and Gutzler, 1981; Liu et al, 2014)。欧亚遥相关型是中高纬度地区主要的低频模态之一,对于东亚地区冬季气候和北方夏季降水等都有显著的影响(刘毓赞和陈文, 2012; Dai et al, 2020; Huang et al, 2025)。本文分析则显示,欧



注:深、中、浅色填色分别表示显著性水平检验超过 0.01、0.05 和 0.1 的区域,等值线间隔为 3 gpm。

图 9 根据 2025 年 4—5 月陕甘宁豫降水指数回归的 (a)200 hPa, (b)500 hPa 高度距平(等值线,单位:gpm)和 700 hPa 风场距平(风矢)

Fig. 9 The (a) 200 hPa, and (b) 500 hPa geopotential height anomaly (contour, unit: gpm) with 700 hPa wind anomaly (wind vector) regressed on the precipitation index over Shaanxi, Gansu, Ningxia, and Henan from April to May 2025



注:等值线间隔为 10 gpm。

图 10 2025 年 4—5 月 (a) 200 hPa, (b) 500 hPa 位势高度距平 (等值线和填色, 单位: gpm) 和 700 hPa 风场距平 (风矢)

Fig. 10 The (a) 200 hPa, and (b) 500 hPa geopotential height anomaly (contour and colored, unit: gpm) with 700 hPa wind anomaly (wind vector) from April to May 2025

亚遥相关型是影响春季我国北方地区降水的重要因素之一,该遥相关在 2025 年春季中后期表现出较稳定和持续的特征,导致上述区域降水显著偏少。

4 结论与讨论

本文通过中国站点降水和气温资料、NCEP/NCAR 再分析大气环流资料和 NOAA 高精度海温等资料,首先分析归纳了 2025 年春季中国主要气候特征。2025 年春季全国平均气温比常年同期偏高 0.9°C ,为 1961 年以来第四高。春季全国平均降水量接近常年同期,但空间分布不均,华北北部、东北地区南部、西南地区大部 and 西藏大部等地降水明显偏多,西北地区中东部和黄淮地区西部等地降水明显偏少。同时,春季降水表现出明显的季节内变率,南方地区在 3 月、4 月由于降水偏少而发生较重的气象干旱,在 5 月降水转多而出现局部洪涝灾害,西北地区东部至黄淮西部等北方地区则在 4—5 月降水明显偏少,出现了持续的大范围气象干旱。

本文重点针对南方地区降水季节内变异的成因进行了分析,结果显示冬季 La Niña 状态和春季印度洋的“前冷后暖”的变化是导致南方降水季内变率的主要原因。春季前期,热带印度洋总体略偏冷(去

掉线性增暖趋势后),表现出对冬季 La Niña 状态的响应,受其影响,西北太平洋地区对流层低层大气为异常的气旋式环流,导致南方地区低层风场为北风距平,不利于暖湿气流的输送和汇合,使得降水偏少。而春季后期,印度洋转为偏暖(去掉线性增暖趋势后),受其影响西北太平洋地区的环流形势转为异常反气旋,使得更多的暖湿气流由海洋输送到我国南方地区,配合中高纬度活跃的冷空气,导致降水过程频繁出现。

西北地区中东部至黄淮西部在春季中后期少雨干旱是 2025 年春季的主要气候异常事件之一,该地区的降水主要受到中高纬度地区大气欧亚遥相关波列的显著影响。春季中后期,欧亚遥相关波列显著且稳定,导致在巴尔喀什湖和朝鲜半岛附近分别维持一个异常反气旋和一个异常气旋,受其影响,西北至黄淮地区低层大气维持异常偏北风而降水持续偏少。

ENSO 事件是全球气候年际变率的重要来源,也是气候预测中所考虑的最重要因子之一。一般在冬季发生 La Niña 之后,春季西北太平洋地区会出现异常气旋性环流,使得南方地区降水偏少。尽管 2024/2025 年冬季的 La Niña 状态持续时间较短,但冬季的监测实况显示其对东亚地区的气候影响仍然较为典型和明显,统计分析也显示相似海温情况下春季南方地区将会表现出 La Niña 影响下少雨的特征。同时,冬季起报的多数国内外气候模式的预测也显示出春季西北太平洋地区将以异常气旋式环流为主,南方降水明显偏少。然而实况显示,南方地区降水在春季前期的确表现出少雨的特征,但在后期发生了明显的转折。本文分析指出,印度洋海温在季内的升高,是导致降水转折的重要成因。而目前各类方法针对印度洋海温的预测技巧相对较低(Zhou et al, 2021),无法较准确预测出其在季节内的演变特征,这意味着印度洋海温预测技巧的提升是提高我国春季气候预测准确率的关键问题之一。

本文也指出 2025 年春季中后期稳定维持的欧亚遥相关型是西北地区中东部—黄淮西部少雨干旱的主要原因,但其能稳定持续的成因目前还不清楚。已有研究显示欧亚遥相关型的变异主要是大气内部动力过程的结果,同时也在一定程度上受到北大西洋三极子、热带北大西洋海温等主要海温模态的影响(Chen and Zhang, 2020; Sahoo and Yadav, 2021),这意味着在一些情况下,关键海温模态或关

键区海温异常在一定程度上可以解释欧亚遥相关型及我国北方地区降水的变率。不过在 2025 年春季,北大西洋三极子和热带北大西洋海温等关键因子总体接近常年平均状态,并没有表现出明显的异常,因此其能够持续维持的成因和机制还有待进一步深入研究。

参考文献

- 陈丹,朱克云,布和朝鲁,2012. 前期印度洋海温异常对中国春季降水的影响[J]. 成都信息工程学院学报,27(5):479-484. Chen D, Zhu K Y, Buhe C L, 2012. The influence of the preceding SST of Indian Ocean on the spring precipitation in China[J]. J Chengdu Univ Inf Technol, 27(5):479-484(in Chinese).
- 程慧萍,贾晓静,2014. 印度洋冬季海温异常对中国春季降水的影响[J]. 高原气象,33(3):733-742. Cheng H P, Jia X J, 2014. Influence of sea surface temperature anomalies of Indian Ocean in winter on precipitation over China in spring[J]. Plateau Meteor, 33(3):733-742(in Chinese).
- 龚振淞,丁婷,2023. 2023 年春季我国气候异常特征及成因分析[J]. 气象,49(10):1267-1276. Gong Z S, Ding T, 2023. Features and possible causes of abnormal climate over China in spring 2023[J]. Meteor Mon, 49(10):1267-1276(in Chinese).
- 国家气候中心,2025a. 2025 年 3 月中国气候影响评价[EB/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php. National Climate Centre, 2025a. Assessment of climate impact over China in March 2025[EB/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php(in Chinese).
- 国家气候中心,2025b. 2025 年 4 月中国气候影响评价[EB/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php. National Climate Centre, 2025b. Assessment of climate impact over China in April 2025[EB/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php(in Chinese).
- 国家气候中心,2025c. 2025 年 5 月中国气候影响评价[EB/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php. National Climate Centre, 2025c. Assessment of climate impact over China in May 2025[EB/OL]. https://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php(in Chinese).
- 李多,刘芸芸,2022. 2022 年春季我国气候异常特征及成因分析[J]. 气象,48(10):1343-1353. Li D, Liu Y Y, 2022. Features and possible causes of climate anomalies in China in spring 2022[J]. Meteor Mon, 48(10):1343-1353(in Chinese).
- 刘毓赞,陈文,2012. 北半球冬季欧亚遥相关型的变化特征及其对我国气候的影响[J]. 大气科学,36(2):423-432. Liu Y Y, Chen W, 2012. Variability of the Eurasian teleconnection pattern in the Northern Hemisphere winter and its influences on the climate in China[J]. Chin J Atmos Sci, 36(2):423-432(in Chinese).
- 刘芸芸,高辉,2021. 2021 年春季我国气候异常特征及可能成因分析[J]. 气象,47(10):1277-1288. Liu Y Y, Gao H, 2021. Features and possible causes of climate anomalies in China in spring 2021[J]. Meteor Mon, 47(10):1277-1288(in Chinese).
- 吕卓卓,赵俊虎,贾小龙,等,2024. 2024 年春季中国东部降水季节内异常特征及成因分析[J]. 气象,50(10):1268-1280. Lü Z Z, Zhao J H, Jia X L, et al, 2024. Features and possible causes of intraseasonal precipitation anomalies over eastern China in spring 2024[J]. Meteor Mon, 50(10):1268-1280(in Chinese).
- 任芝花,余予,邹凤玲,等,2012. 部分地面要素历史基础气象资料质量检测[J]. 应用气象学报,23(6):739-747. Ren Z H, Yu Y, Zou F L, et al, 2012. Quality detection of surface historical basic meteorological data[J]. J Appl Meteor Sci, 23(6):739-747(in Chinese).
- 伍红雨,吴遥,郭尧,2022. 2020—2021 年广东秋冬春干旱的成因分析[J]. 气象,48(6):783-793. Wu H Y, Wu Y, Guo Y, 2022. Cause analysis of drought in autumn, winter and spring in Guangdong from 2020 to 2021[J]. Meteor Mon, 48(6):783-793(in Chinese).
- 肖莺,任永建,杜良敏,2014. 中国春季降水与南印度洋偶极子的关系研究[J]. 长江流域资源与环境,23(4):559-565. Xiao Y, Ren Y J, Du L M, 2014. Relationship between the spring rainfall in China and dipole oscillation in the southern Indian Ocean[J]. Resour Environ Yangtze Basin, 23(4):559-565(in Chinese).
- 张梦琪,孙建奇,邵永祺,2022. 前冬戴维斯海峡—巴芬湾区域海冰异常对中国东部春季极端降水频次的可能影响及预测价值[J]. 地学前缘,29(5):401-409. Zhang M Q, Sun J Q, Gao Y Q, 2022. Possible influence and predictive value of preceding winter sea ice anomalies in the Davis Strait-Baffin Bay for spring extreme precipitation frequency in eastern China[J]. Earth Sci Front, 29(5):401-409(in Chinese).
- 朱益民,杨修群,2023. 太平洋年代际振荡与中国气候变率的联系[J]. 气象学报,61(6):641-654. Zhu Y M, Yang X Q, 2023. Relationships between Pacific decadal oscillation (PDO) and climate variabilities in China[J]. Acta Meteor Sin, 61(6):641-654(in Chinese).
- Chen S J, Zhu Z W, Ge Z A, et al, 2019. The diversity of La Niña decay and the corresponding spring and summer precipitation anomalies over eastern China[J]. Int J Climatol, 39(7):3396-3411.
- Chen Z H, Zhang J, 2020. The characteristics of late summer extreme precipitation in northern China and associated large-scale circulations[J]. Int J Climatol, 40(12):5170-5187.
- Dai L, Wright J S, Rong F U, 2020. Moisture and energy budget perspectives on summer drought in North China[J]. J Climate, 33(23):10149-10167.
- Dong R, Guan Y H, Zhou W, et al, 2023. Impact of southern Indian Ocean dipole via the ITCZ on winter and spring precipitation in China[J]. Atmos Ocean Sci Lett, 16(6):100358.
- Gu W, Wang L, Chen L J, 2024. The contrasting interannual variation and mechanism of the first rainy season precipitation before and after the South China Sea summer monsoon onset[J]. Atmos Res, 306:107455.

- Gu W, Wang L, Hu Z Z, et al, 2018. Interannual variations of the first rainy season precipitation over South China[J]. *J Climate*, 31(2):623-640.
- Hu K M, Huang G, Zheng X T, et al, 2013. Interdecadal variations in ENSO influences on Northwest Pacific-East Asian early summertime climate simulated in CMIP5 models[J]. *J Climate*, 27(15):5982-5998.
- Huang K D, Zeng G, Datti A D, et al, 2025. Influence of the East Asia-Pacific and Eurasian teleconnection on the summer marine heatwaves in the Japan/East Sea[J]. *Wea Clim Extrem*, 49:100783.
- Jia X J, Cao D R, Ge J W, et al, 2018. Interdecadal change of the impact of Eurasian snow on spring precipitation over southern China[J]. *J Geophys Res: Atmos*, 123(18):10092-10108.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al, 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. *Bull Amer Meteor Soc*, 77(3):437-471.
- Kosaka Y, Xie S P, Nakamura H, 2011. Dynamics of interannual variability in summer precipitation over East Asia[J]. *J Climate*, 24(20):5435-5453.
- Liu Y Y, Hu Z Z, Wu R G, et al, 2022. Causes and predictability of the 2021 spring southwestern China severe drought[J]. *Adv Atmos Sci*, 39(10):1766-1776.
- Liu Y Y, Li D, Hu Z Z, et al, 2023. The extremely wet spring of 2022 in Southwest China was driven by La Niña and Tibetan Plateau warming[J]. *Atmos Res*, 289:106758.
- Liu Y Y, Wang L, Zhou W, et al, 2014. Three Eurasian teleconnection patterns: spatial structures, temporal variability, and associated winter climate anomalies[J]. *Climate Dyn*, 42(11/12):2817-2839.
- Lu R, Zhu Z W, Li T, et al, 2020. Interannual and interdecadal variabilities of spring rainfall over Northeast China and their associated sea surface temperature anomaly forcings[J]. *J Climate*, 33(4):1423-1435.
- Park C K, Park D S R, Chang-Hoi H, et al, 2020. A dipole mode of spring precipitation between Southern China and Southeast Asia associated with the eastern and central Pacific types of ENSO[J]. *J Climate*, 33(23):10097-100111.
- Rayner N A, Parker D E, Horton E B, et al, 2003. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century[J]. *J Geophys Res: Atmos*, 108(D14):4407.
- Reynolds R W, Smith T M, Liu C Y, et al, 2007. Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature[J]. *J Climate*, 20(22):5473-5496.
- Sahoo M, Yadav R K, 2021. Teleconnection of Atlantic Niño with summer monsoon rainfall over Northeast Indian[J]. *Global and Planetary Change*, 203:103550.
- Song X H, Chen H, Chen T, et al, 2024. Spatial and temporal variations of spring drought in Southwest China and its possible teleconnection with the global climate events[J]. *J Hydrol: Reg Stud*, 51:101655.
- Tao S Y, Chen L X, 1987. A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China[M]//Chang C P, Krishnamurti T N. *Monsoon Meteorology*. Oxford: Oxford University Press: 60-92.
- Wallace J M, Gutzler D S, 1981. Teleconnection in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter[J]. *Mon Wea Rev*, 109:784-812.
- Wang B, Wu R G, Fu X O H, 2000. Pacific-East Asian teleconnection: how does ENSO affect East Asian climate? [J]. *J Climate*, 13(9):1517-1536.
- Wang B, Zhang Q, 2002. Pacific-East Asian teleconnection. Part II: how the Philippine sea anomalous anticyclone is established during El Niño development[J]. *J Climate*, 15(22):3252-3265.
- Wu X F, Mao J Y, 2016. Interdecadal modulation of ENSO-related spring rainfall over South China by the Pacific decadal oscillation [J]. *Climate Dyn*, 47(9):3203-3220.
- Xie X P, Kosaka Y, Du Y, et al, 2016. Indo-Western Pacific Ocean capacitor and coherent climate anomalies in Post-ENSO summer: a review[J]. *Adv Atmos Sci*, 33(4):411-432.
- Xu B, Li G, Gao C J, et al, 2021. Asymmetric effect of El Niño-Southern oscillation on the spring precipitation over South China[J]. *Atmos*, 12(3):391.
- Zhang R H, Sumi A, Kimoto M, 1996. Impact of El Niño on the East Asian monsoon: a diagnostic study of the '86/87 and '91/92 events[J]. *J Meteor Soc Japan*, 74(1):49-62.
- Zhou Q, Duan W, Wang X, et al, 2021. The initial errors in the tropical Indian Ocean that can induce a significant "spring predictability barrier" for La Niña events and their implication for targeted observations[J]. *Adv Atmos Sci*, 38:1566-1579.

(本文责编:王婷波)