

胡桂芳, 伯忠凯, 杨晓霞, 等. 2019年山东夏季降水异常特征及成因分析[J]. 海洋气象学报, 2020, 40(2): 125-130.
HU Guifang, BO Zhongkai, YANG Xiaoxia, et al. Analysis on characteristics and causes of summer precipitation anomalies in Shandong in 2019[J]. Journal of Marine Meteorology, 2020, 40(2): 125-130. DOI: 10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2020.02.013. (in Chinese)

2019年山东夏季降水异常特征及成因分析

胡桂芳¹, 伯忠凯¹, 杨晓霞², 徐玮平¹

(1. 山东省气候中心, 山东 济南 250031; 2. 山东省气象台, 山东 济南 250031)

摘要: 2019年夏季山东平均降水量为414.6 mm, 较常年偏多3.0%。降水过程较少, 时空分布不均, 降水偏多主要是由台风“利奇马”影响所致, 如果去除台风降水, 夏季平均降水量较常年偏少41.8%。夏季西太平洋副热带高压持续偏强、偏西、偏南, 配合欧亚中高纬的“两槽一脊”环流型, 是去除台风影响后造成山东夏季降水明显偏少的直接原因; 2018年9月至2019年6月的厄尔尼诺事件和热带印度洋海面温度的持续偏高对西太平洋副热带高压偏强、偏西、偏南起到重要作用; 北大西洋海面温度三极子持续的正位相与贝加尔湖高压脊偏强有着密切联系。

关键词: 夏季降水异常; 西风带环流; 西太平洋副热带高压; 厄尔尼诺; 北大西洋三极子

中图分类号: P426.6; P462.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3599(2020)02-0125-06

DOI: 10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2020.02.013

Analysis on characteristics and causes of summer precipitation anomalies in Shandong in 2019

HU Guifang¹, BO Zhongkai¹, YANG Xiaoxia², XU Weiping¹

(1. Shandong Climate Center, Jinan 250031, China; 2. Shandong Meteorological Observatory, Jinan 250031, China)

Abstract In 2019, the average summer precipitation in Shandong was 414.6 mm, which is 3.0% more than that in normal years. The number of precipitation processes is less, the spatial and temporal distribution of precipitation is uneven, and the more precipitation is mainly caused by Typhoon LEKIMA. If the typhoon precipitation is removed, the summer precipitation in Shandong would be 41.8% less than that in normal years. In summer, the western Pacific subtropical high continued to be strong and lay westward and southward, accompanied with the circulation pattern of “two troughs and one ridge” in the mid-high latitude of Eurasia, which is the direct reason for the obviously less summer precipitation in Shandong as the impact of typhoon is removed. The El Niño events from September 2018 to June 2019 and the persistent high sea surface temperature in the tropical Indian Ocean play an important role for the strong, westward, and southward western Pacific subtropical high. The persistent positive phase of the North Atlantic sea surface temperature tripole is closely related to the stronger ridge over Lake Baikal.

Key words summer precipitation anomaly; westerly circulation; western Pacific subtropical high; El Niño; North Atlantic sea surface temperature tripole

收稿日期: 2020-03-18; 修订日期: 2020-05-21

基金项目: 中国气象局预报员专项(CMAYBY2019-066)

作者简介: 胡桂芳, 女, 高级工程师, 主要从事短期气候预测业务及研究工作, guifanghu2009@163.com。

引言

在短期气候预测业务中,夏季降水预测一直是全年预测的重点,政府部门也对其高度重视。山东地处副热带与温带的过渡地区,特殊的地理位置和复杂的地形、地貌,造成了山东夏季降水具有明显的局地特征。山东夏季雨型与全国雨型之间有一定的联系,但不密切^[1],因此,影响山东夏季降水的因素更为复杂,预测难度也更大。西太平洋副热带高压(以下简称“副高”)强弱及位置、欧亚中高纬环流异常是影响山东夏季降水多寡的直接原因^[2-5],赤道中东太平洋、北大西洋及热带印度洋的海面温度(以下简称“海温”)异常是影响山东夏季降水的重要外强迫因子^[6-8]。对短期气候预测而言,如何对错综复杂的前兆信号进行综合分析,抓住影响当年夏季气候异常的主导因素,是汛期预测成功的关键。因此,认识山东夏季气候异常的特征及成因^[9-10],加深气候异常机理的认识,对提高汛期气候预测准确率有着重要意义。

2019年夏季降水总体较常年略偏多(3.0%),降水偏多主要是由台风“利奇马”影响造成,如果去除台风降水,全省夏季平均降水量较常年偏少41.8%;季内前期降水偏少,后期偏多。2019年夏季降水异常与东亚大气环流有着怎样的联系,本文针对此问题进行深入分析,并试图解释其可能的成因。

1 资料与方法

本文所用降水资料来源于山东省气象信息中心提供的山东省123个国家级气象观测站降水观测数据;位势高度场及水平风场资料为NCEP/NCAR逐日/逐月再分析格点资料,水平分辨率为

$2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ^[11];副高指数采用刘芸芸等^[12]的定义;海温指数来自国家气候中心海洋指数监测资料,包括热带印度洋全区一致海温模态指数(IOBW),北大西洋海温三极子指数(NAT)。气候平均值均采用1981—2010年平均。文中采用的技术方法主要有合成分析及相关分析。

2 2019年山东夏季降水异常特征

2019年夏季山东全省平均降水量为414.6 mm,较常年(402.5 mm)偏多3.0%,降水整体呈现“中间多、东西少”的分布特征,鲁西北东部、鲁中北部和鲁南的部分地区偏多,其他地区偏少(图1a)。季内降水过程较少,大于10 mm的降水过程仅出现8次(表1),降水主要是由8月10—13日西风槽和台风“利奇马”共同影响所致,此过程的降水量全省平均为180.3 mm,占整个夏季降水量的43.5%。如果去除此次台风降水,夏季降水量较常年偏少41.8%,呈现全省一致偏少的分布态势,且大部地区偏少四成以上(图1b)。季内前期降水偏少,6月偏少45.9%,7月偏少34.3%;后期偏多,8月偏多70.8%。

3 东亚大气环流特征及其影响

导致2019年夏季气候异常最直接的原因是大气环流的异常。由2019年夏季500 hPa位势高度及距平场(图2a)可见,欧亚中高纬呈“两槽一脊”环流型,乌拉尔山及以北地区为宽广的低槽,负距平中心值低于-40 gpm,东亚沿岸的中纬地区为另一宽广的槽区,千岛群岛和日本海附近分别为负距平中心控制;贝加尔湖地区为强大的高压脊,正距平中心值超过60 gpm,山东处于强大的贝加尔湖高压脊的前部、东亚沿岸低压槽的后部,以较强的偏

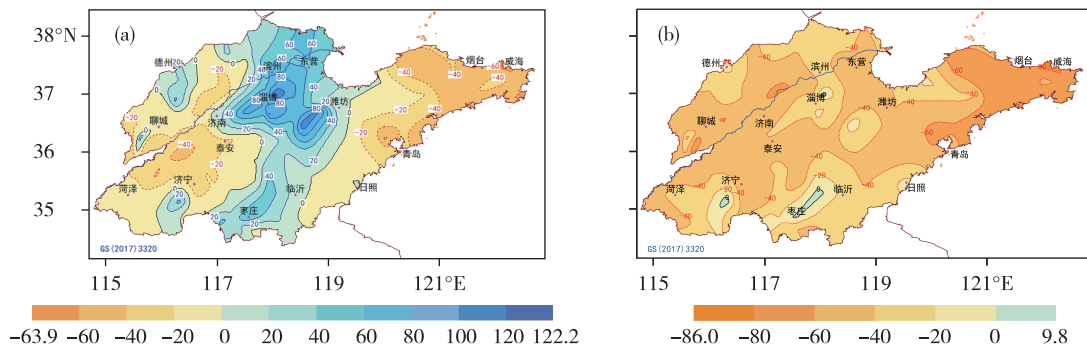


图1 2019年山东夏季降水量距平百分率分布(a.夏季,b.去除台风影响;填色,单位:%)

Fig.1 Distribution of summer precipitation anomaly percentage in Shandong in 2019 (a. summer, b. removing the impact of typhoon; shaded, units: %)

北气流影响为主。东亚沿岸由南向北为“正—负—正”距平分布,呈现出东亚-太平洋型(EAP)遥相关负位相特征^[13-14],30°N 以南为距平正异常,即副高较常年偏强、偏西,脊线偏南,指数监测显示,2019 年夏季副高明显偏强,为 1951 年以来第 5 强,西伸脊点位于 105.2°E,比常年(119.5°E)明显偏西,脊线位置为 25.6°N,较常年(26.5°N)偏南。850 hPa 距平风场(图 2b)上,最显著的特征是从华东至日本南部为异常气旋性环流控制,中心位于东海,山东

位于中心西北部,受一致的偏北距平风影响,缺乏偏南暖湿气流的水汽输送。总体来看,2019 年夏季对流层中低层一致反映出暖湿气流偏南、偏弱的特征,山东因缺乏水汽的输送而导致夏季降水整体偏少。由台风造成的强降水而引起的夏季降水总量略偏多的环流特征,在夏季平均环流场上未显现。夏季的环流形势场与全省降水一致偏少模态有非常好地吻合^[4]。

表 1 2019 年夏季山东主要降水过程

Table 1 Main summer precipitation processes in Shandong in 2019

降水时段	主要影响系统	降水区域和强度
6 月 5—7 日	江淮气旋	全省大部地区,全省平均降水量为 17.0 mm,鲁西南、鲁西北西部和鲁东南降水量在 20 mm 以上
6 月 28—30 日	东北冷涡	全省大部地区,全省平均降水量为 10.0 mm,鲁南大部降水量在 20 mm 以上
7 月 5—7 日	华北冷涡	全省性降水,全省平均降水量为 30.7 mm,鲁西北东部、鲁中、鲁东南降水量达 30 mm 以上
7 月 23—24 日	西风槽和副高边缘	全省性降水,全省平均降水量为 12.4 mm;降水量在 20 mm 以上的大值区分布零散
7 月 27—30 日	西风槽和副高边缘	全省性降水,全省平均降水量为 33.0 mm,降水中心在鲁南和鲁中西部地区
8 月 1—3 日	西风槽和副高边缘	全省性降水,全省平均降水量为 25.3 mm,降水中心在鲁中东部和鲁东南地区
8 月 5—9 日	西风槽和副高边缘	全省性降水,全省平均降水量为 43.6 mm,降水中心在鲁中南部和鲁南地区
8 月 10—13 日	西风槽和台风“利奇马”	全省性降水,全省平均降水量 180.3 mm,降水中心在鲁中和鲁西北东部,多地日降水量突破历史极值

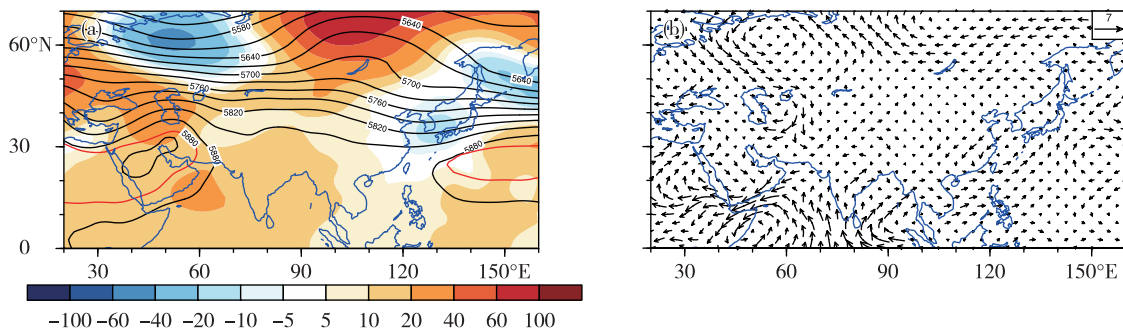


图 2 2019 年夏季(6—8 月)500 hPa 平均位势高度场(等值线;红色等值线表示气候平均 5 880 gpm,下同)及其距平场(填色)(a;单位:gpm)和 850 hPa 距平风场(b;单位: $m \cdot s^{-1}$)

Fig.2 Mean geopotential height (contour; red contour for the climatological 5 880 gpm contours, the same hereafter) and its anomaly (shaded) at 500 hPa (a; units: gpm) and wind anomaly (b; units: $m \cdot s^{-1}$) at 850 hPa in summer (from June to August) 2019

2019 年夏季环流形势存在明显的阶段性变化,6 月至 7 月中旬(图 3a),500 hPa 欧亚中高纬地区的“两槽一脊”分布型尤为突出,河套地区至华北为高压脊控制,黄海到日本海及其以北地区为低压槽区,在这种“西高东低”的环流型控制下,山东受高压脊前西北气流控制,降水明显偏少,仅出现 3 次大

于 10 mm 的降水过程,且以高空冷涡影响的对流性天气为主;7 月下旬至 8 月上旬(图 3b),副高迅速北移,副高北界位置到达 35°N 附近,西伸脊点位于 122°E 附近,受副高西侧暖湿气流及贝加尔湖南侧西风槽带来的冷空气共同影响,山东降水增多,7 月 23 日进入雨季。7 月下旬至 8 月上旬全省出现了 4

次大范围降水天气过程,由于半岛地区位于副高的反气旋环流中,降水持续偏少,多雨区主要集中在山东的中西部地区。8月中旬,受台风北上的影响,副高东撤。8月10—13日,受西风槽和台风“利奇马”的共同影响,山东出现强降水过程。受台风“罗莎”、西太平洋副高和西风槽的共同影响,台风“利奇马”在浙江温岭登陆后沿海北上,在山东半岛南部的黄岛第二次登陆,向西北方向移动并在渤海湾停滞打转,与河套东部的西风槽结合,在山东中西部地区产生持续性强降水,累计雨量:250 mm以上

为28站,100~250 mm为52站,全省平均降水量为180.3 mm,占整个夏季降水量的43.5%,超过8月降水总量常年值(151.6 mm)。台风过后,贝加尔湖以东及以南为宽广深厚的槽区,副高东退,西伸脊点东退到140°E附近,对山东基本无影响,山东主要受西风带低槽影响,出现弱降水过程;8月下旬,西太平洋副高与大陆高压打通,呈异常偏强、偏西状态,阻断了南方向山东的水汽输送,导致降水异常偏少,雨季于8月27日结束。

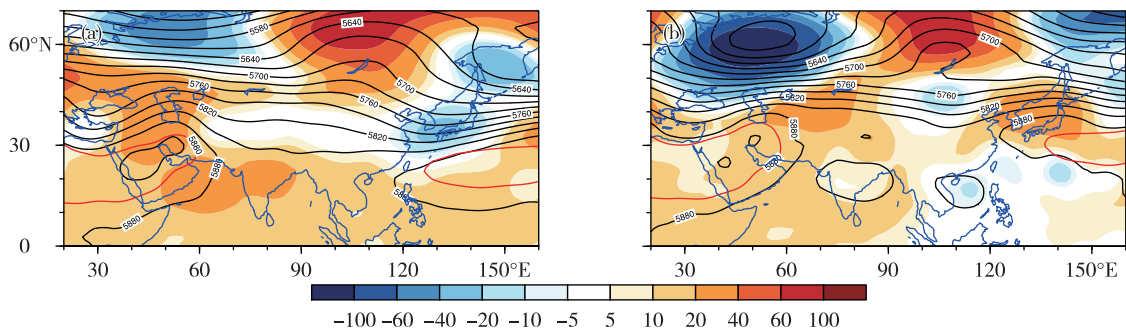


图3 2019年6月1日—7月20日(a)和7月21日—8月10日(b)500 hPa高度场(等值线)及距平场(填色)(单位:gpm)
Fig.3 Geopotential height (contour) and its anomaly (shaded) at 500 hPa (units: gpm) from 1 June to 20 July (a) and from 21 July to 10 August (b) 2019

4 海温异常对东亚大气环流及山东夏季降水的影响

4.1 赤道中东太平洋及热带印度洋海温的影响

ENSO 作为最强的年际信号是气候预测业务中的重点参考对象。根据国家气候中心的 ENSO 历史事件统计表,2018 年 9 月开始的厄尔尼诺事件,当年 11 月达到峰值,峰值强度为 1.0 °C,持续时间为 10 个月。热带印度洋海温于 2018 年 11 月开始转为偏暖状态,并呈缓慢加强趋势,2018/2019 年冬季、2019 年春季和夏季 IOBW 值分别为 0.20 °C、0.27 °C 和 0.30 °C。2019 夏季降水排除台风影响,全省大部地区降水偏少,与异常偏强、偏西、偏南的西太平洋副高配合欧亚中高纬的“两槽一脊”环流型密切相关。副高的偏强偏西可能受到年代际及年际信号的共同影响^[15]。根据已有的研究,厄尔尼诺对副高的影响体现在前期冬季和春季,5 月后迅速衰减,而热带印度洋海温像“充电器”一样延续了厄尔尼诺对大气环流和气候异常的影响,它对副高的影响从前期冬季到当年夏季始终是显著的^[16-17],因此,此次厄尔尼诺事件及热带印度洋海温的持续偏暖是 2019 年夏季副高的偏强、偏西、偏南的主要

原因。

厄尔尼诺事件的结束时间与山东夏季降水的多寡有着密切联系。1980 年以来的厄尔尼诺事件 5 月以前结束(以下简称“结束早年”)的共有 9 a,分别为 1980、1988、1995、1998、2003、2005、2007、2010、2016 年,除 1980 年和 1988 年外,其他 7 a 均偏多;6 月以后结束或持续的有 4 a(以下简称“结束晚年”),分别为 1983、1987、1992、2015 年,降水均偏少。

已有的研究表明,厄尔尼诺发展期的夏季,西太平洋副热带高压偏弱、偏南,影响我国的西南气流偏弱,东亚夏季风偏弱;厄尔尼诺衰减期的夏季,西太平洋副热带高压偏强、偏北,影响我国的西南气流偏强,东亚夏季风偏强^[18-19];相比厄尔尼诺衰减年,在厄尔尼诺转为拉尼娜的年份,7—8 月 500 hPa 日本海到渤海正位势高度距平加强,更符合华北雨季降水偏多年的典型环流特征^[20]。同样,厄尔尼诺结束早(晚)年,山东夏季降水的多(寡)与东亚夏季大气环流对其不同的响应有着必然联系。图 4 为厄尔尼诺结束早年和结束晚年的夏季 500 hPa 高度距平场合成图,厄尔尼诺结束早年(图 4a)东亚沿岸由南向北基本为正距平,我国东南至西太平洋的

10°~30°N 附近地区正距平明显,通过了 95% 的信度检验,反映了西太平洋副高偏强、偏西,南北位置接近常年;欧亚中高纬地区也基本为正距平,乌拉尔山地区和鄂霍次克海附近是两个正距平中心,反映了这两个区域阻塞高压的发展和加强,贝加尔湖东侧是相对偏低区域,意味着该区域经常有低槽活动,引导冷空气南下,与副高西北侧的暖湿气流在山东汇合,造成山东夏季降水偏多;厄尔尼诺结束晚年(图 4b),东亚沿岸自南向北呈现“+、-、+”距

平分布,东北亚地区为弱的正距平,东亚中纬度至白令海地区为明显的负距平,中心区域通过了 95% 的信度检验,江南为正距平,此时,贝加尔湖到华北、东北及华东北部长期为低槽控制,冷空气从贝加尔湖东侧东移南下影响山东,另一方面,低纬地区的副高偏南,其西侧的暖湿气流不能到达山东,因而夏季降水偏少。2019 年夏季环流场特征与图 4b 相似,只是贝加尔湖地区的正异常明显偏强,东亚中纬度地区的负异常明显偏弱。

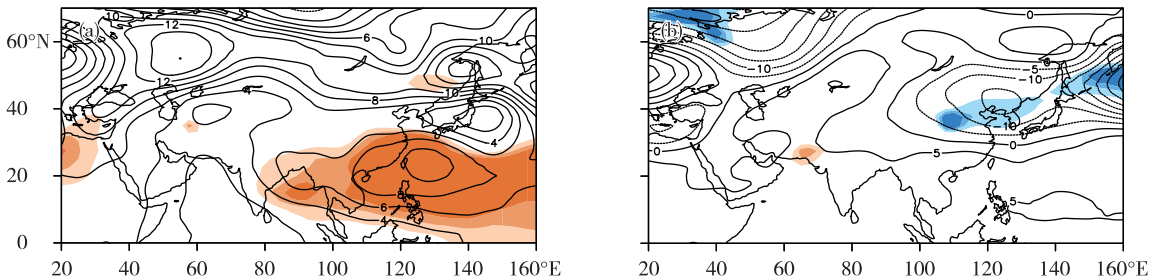


图 4 厄尔尼诺结束早年(a)和结束晚年(b)夏季 500 hPa 高度距平场(单位:gpm;填色区域为通过 95%信度检验的区域)
Fig.4 Summer geopotential height anomaly at 500 hPa in years when El Niño ends early (a) and years when El Niño ends late (b) (units: gpm; shaded area denotes passing the significance test at 95% level)

4.2 北大西洋海温的影响

欧亚中高纬呈现“两槽一脊”环流型,贝加尔湖地区高压脊长时间维持是 2019 年夏季环流的主要特征,而欧亚大气环流异常与北大西洋海温的异常有着密切联系^[21-22]。计算前期冬季、春季和同期夏季北大西洋海温三极子指数与夏季 500 hPa 高度场的相关系数(图 5,冬季图略)可以发现,乌拉尔山地区的负相关及贝加尔湖地区的正相关始终存在着,且以春、夏季更为明显,中心区域均通过了 95% 的

信度检验。这反映了当北大西洋区域由南向北呈现“-、+、-”(“+、-、+”)的三极型海温异常时,即三极子处于正(负)位相时,乌拉尔山地区的高度场为负(正)高度异常,贝加尔湖地区为正(负)高度异常。2018 /2019 年冬季至 2019 年夏季北大西洋海温三极子持续为正位相,冬、春、夏季指数值分别为 0.76、0.89、0.37,有利于夏季乌拉尔山低槽的维持及贝加尔湖地区高压脊的发展,这与 2019 年夏季环流场特征非常吻合。

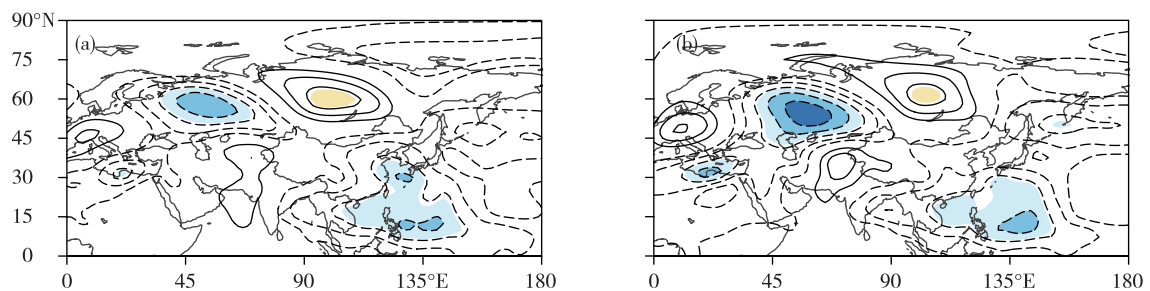


图 5 1981—2018 年春季(a)和夏季(b)北大西洋海温三极子与夏季 500 hPa 高度场相关系数(填色的区域为通过 95%信度检验的区域)
Fig.5 Correlation coefficients between the North Atlantic sea surface temperature tripole and geopotential height at 500 hPa in spring (a) and summer (b) from 1981 to 2018 (shaded area denotes passing the significance test at 95% level)

5 结论与讨论

1)2019 年山东夏季降水总体略偏多,降水时空

分布不均,降水偏多主要由台风“利奇马”影响所致。如果去除台风降水,夏季降水量较常年明显偏少。季内 6、7 月偏少,8 月偏多。

2)西太平洋副高的持续偏南配合欧亚中高纬的“两槽一脊”环流型,是山东排除台风影响后降水偏少的主要原因。环流存在明显的阶段性变化,6月至7月中旬,欧亚中高纬“两槽一脊”环流型突出,降水持续偏少;7月下旬至8月上旬,受副高外围及西风槽影响,降水偏多;8月中旬,台风“利奇马”和西风槽共同影响,出现极端强降水过程;8月下旬,副高异常偏强偏西,降水异常偏少。

3)2018年9月至2019年6月的厄尔尼诺事件和热带印度洋海温的持续偏暖对2019年夏季副高的偏强、偏西、偏南起到重要作用;北大西洋海温三极子由冬至夏维持正位相与贝加尔湖地区高压脊的长时间维持有着密切联系。

另外,2019年夏季台风降水占季降水总量的43.5%,无论是气候模式还是物理统计方法对这种极端性质的降水预测均存在很大的不确定性,因此在短期气候预测业务中,如何考虑这种极端性质的降水,还需要进一步分析和研究。

参考文献:

- [1] 胡桂芳.山东夏季降水分布型及与全国雨型的关系[J].山东气象,2011,31(1):1-4.
- [2] 奚秀芬,卢金墀.西太平洋副热带高压与山东夏季降水的关系[J].山东气象,1984,4(3):32-34.
- [3] 高安春,申培鲁,张延龙.夏季西太平洋副热带高压与山东降水的关系[J].气象科技,2006,34(1):62-66.
- [4] 王娜,顾伟宗,孟祥新.山东夏季降水年际优势模态及对应大气环流特征[J].气象,2019,45(1):99-112.
- [5] 顾伟宗,陈丽娟.山东夏季降水异常的环流特征及降尺度解释应用预测方法研究[J].海洋气象学报,2019,39(4):83-89.
- [6] 孟祥新,王娜,商林.海温异常对山东夏季降水的影响分析[J].气象,2017,43(10):1259-1266.
- [7] 商林,顾伟宗,汤子东,等.山东省夏季降水与赤道中太平洋前期冬季海温对应关系的年代际变化[J].干旱气象,2017,35(4):552-558.
- [8] 顾伟宗,陈丽娟,左金清,等.多因子协同作用对1992年和1998年黄淮地区夏季降水异常的影响[J].大气科学,2016,40(4):743-753.
- [9] 顾润源,汤子东.2002年夏季山东干旱成因分析[J].气象,2004,30(8):22-26.
- [10] 顾伟宗,伯忠凯,杨成芳,等.2017年山东夏季降水特征及预测初探[J].海洋气象学报,2018,38(3):112-118.
- [11] KALNAY E, KANAMITSU M, KISTLER R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. Bull Amer Meteor Soc,1996,77(3):437-472.
- [12] 刘芸芸,李维京,艾锐秀,等.月尺度西太平洋副热带高压指数的重建及应用[J].应用气象学报,2012,23(4):414-423.
- [13] 黄荣辉.引起我国夏季旱涝的东亚大气环流异常遥相关及其物理机制的研究[J].大气科学,1990,14(1):108-116.
- [14] 黄刚,严中伟.东亚夏季风环流异常指数及其年际变化[J].科学通报,1999,44(4):421-424.
- [15] 郑志海,王永光.2017年夏季北半球大气环流特征及对我国天气气候的影响[J].气象,2018,44(1):199-205.
- [16] 高辉,袁媛,洪洁莉,等.2016年汛期气候预测效果评述及主要先兆信号与应用[J].气象,2017,43(4):486-494.
- [17] 袁媛,高辉,柳艳菊.2016年夏季我国东部降水异常特征及成因简析[J].气象,2017,43(1):115-121.
- [18] 陈丽娟,袁媛,杨明珠,等.海温异常对东亚夏季风影响机理的研究进展[J].应用气象学报,2013,24(5):521-532.
- [19] 陈文.El Niño和La Niña事件对东亚冬、夏季风循环的影响[J].大气科学,2002,26(5):595-610.
- [20] 赵树云,陈丽娟,崔童.ENSO位相转换对华北雨季降水的影响[J].大气科学,2017,41(4):857-868.
- [21] 杨修群,谢倩,黄士松.大西洋海温异常对东亚夏季大气环流影响的数值试验[J].气象学报,1992,50(3):349-354.
- [22] 左金清,李维京,任宏利,等.春季北大西洋涛动与东亚夏季风年际关系的转变及其可能成因分析[J].地球物理学报,2012,55(2):384-395.