

丁婷,高辉,2020. 2019 年夏季东亚大气环流异常及对我国气候的影响[J]. 气象,46(1):129-137. Ding T, Gao H, 2020. Atmospheric circulation in East Asia in summer 2019 and its influence on climate of China[J]. Meteor Mon, 46(1):129-137(in Chinese).

## 2019 年夏季东亚大气环流异常及 对我国气候的影响<sup>\*</sup>

丁 婷 高 辉

国家气候中心,北京 100081

**提 要:**为更好了解 2019 年夏季(6—8 月)我国主要气候异常特征及成因,利用气象要素站点资料和 NCEP/NCAR 再分析大气环流资料分析了 2019 年夏季降水、气温的时空分布和东亚大气环流特征,并初步诊断了长江中下游降水偏少的可能原因。结果显示,2019 年夏季全国气温偏暖明显,降水总量接近常年,但旱涝分布有明显的空间差异,东部主要多雨区位于江南至华南及东北地区,云南和黄淮等地气象干旱长时间持续。东部季风区降水还呈现出明显的季节内变化,尤其是江南等地在夏季前期降水过程密集,涝灾严重,但后期急速减少,高温事件迅速爆发。华南前汛期和江南梅雨开始早结束晚。2019 年夏季,欧亚中高纬度地区两槽一脊的环流形势非常明显。其中黄海至日本海持续维持的低槽造成夏季西太平洋副热带高压强度偏强,位置略偏西偏南。这一低槽也是长江中下游少雨和江南多雨的直接原因。其在夏季前期位置明显偏南,和副热带高压脊线南北位置的演变非常一致。但在夏季后期,随着这一低槽的减弱北移,副热带高压迅速北跳,也造成雨带从江南快速移动到北方地区。

**关键词:**夏季降水,梅雨,东亚夏季风指数,西太平洋副热带高压

**中图分类号:** P461

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2020.01.013

## Atmospheric Circulation in East Asia in Summer 2019 and Its Influence on Climate of China

DING Ting GAO Hui

National Climate Centre, Beijing 100081

**Abstract:** To better understand the basic features and causes of the climate anomalies in summer 2019 (June—July—August 2019) in China, this paper analyzes the spatio-temporal distributions of the precipitation and temperature in the period, as well as the features of the general circulation in East Asia on the basis of the observation data and the NCEP/NCAR reanalysis data. The possible reason why less precipitation occurred in the middle and lower reaches of the Yangtze River under an El Niño event is also diagnosed preliminarily. The results illustrate that in the summer of 2019, the temperature was warmer than normal in most regions in China, and the national averaged precipitation was close to normal, but the distribution of droughts and floods had obvious spatial differences. The main rainfall centers in eastern China were located from the regions south of the Yangtze River (Jiangnan) to South China and in Northeast China, while persistent meteorological droughts occurred in Yunnan Province and the Huanghuai Region.

<sup>\*</sup> 国家重点研发计划(2018YFC1505603)、公益性行业(气象)科研专项(GYHY201306033)和中国气象局预报员专项(CMAYBY2019-149)共同资助

2019 年 11 月 22 日收稿; 2019 年 12 月 20 日收修定稿

第一作者:丁婷,主要从事短期气候预测研究. Email:dingting@cma.gov.cn

通讯作者:高辉,主要从事短期气候预测研究. Email:gaohui@cma.gov.cn

The precipitation in eastern China also showed remarkable intraseasonal variation, especially in the Jiangnan Region. In early summer, the precipitation in Jiangnan occurred in a high frequency, causing serious floods. In late summer, the precipitation decreased rapidly but high temperature developed rapidly. The pre-flood season in South China and the Chinese Meiyu season in the south of the Yangtze River both began earlier and ended late. In the summer of 2019, the atmospheric circulation in Eurasian Continent presented a typical negative-positive-negative pattern. The sustained trough over the Yellow Sea of China and the Japan Sea resulted in a more southward and westward western Pacific subtropical high (WPSH). This trough was also the direct cause for the less rainfall in the middle and lower reaches of the Yangtze River and more rainfall in the south of the Yangtze River. It was obviously by south in the early summer, which is consistent with the evolution of the WPSH. However in the late summer, the trough weakened and moved northward, and the WPSH traveled northward rapidly, which led the rain belt to move rapidly to northern China.

**Key words:** summer precipitation, Meiyu, East Asian summer monsoon, western Pacific subtropical high (WPSH)

## 引 言

我国位于亚澳季风区,青藏高原热动力效应和印度洋、太平洋等海洋热力差异的共同作用以及亚洲夏季风的影响使我国成为全球旱涝灾害最频发的国家之一。统计表明,在我国所有自然灾害造成的经济损失中气象灾害损失占据七成以上,这其中旱涝灾害分列前两位。夏季更是旱涝灾害高发季节,每年夏季旱涝灾害的多少直接决定着当年的社会发展能力和防灾减灾决策部署。我国夏季降水的影响因子非常复杂,不同海区的海温异常、欧亚和高原积雪、南北极海冰和大气内部因子(如西太平洋副热带高压、东亚夏季风等)等都会给当年的雨带位置和降水强度带来很大的影响。因此,诊断夏季气候异常尤其是降水异常对理解旱涝致灾机理和提高预测水平有着重要的作用。早在 1934 年,竺可桢(1934)就阐述了东南亚季风环流特征及与中国降水的关系。20 世纪 90 年代开始,许多工作对我国夏季降水的影响因子做了系统的归纳梳理(如赵振国,1999;陈兴芳和赵振国,2000;丁一汇,2013;郑国光,2019)。

但我国夏季气候的影响因子非常复杂,绝大多数年份存在多个影响因子相互作用和调制的问题,尤其是当这些因子强度不特别极端时往往很难客观诊断各自贡献。另外,夏季降水的异常是多种时间尺度叠加的结果,既有季节内和季节变化,也有年际

和年代际变化,在不同时间尺度上也存在相互作用。这种季节-年际-年代际变化的相互作用,尤其是不同位相的作用,目前尚缺乏系统的研究和清晰的物理图像。对气候异常的物理过程及其机理的认识仍不够全面。因此深入认识气候异常的成因将有助于气象工作者提高认知能力。为此国家气候中心近年来加强了当年汛期气候异常成因的分析(袁媛等,2017;郑志海和王永光,2018;陈丽娟等,2019;顾薇和陈丽娟,2019)。

2019 年夏季全国平均降水量接近常年,但旱涝分布有明显的空间差异。我国东部主要多雨区位于江南至华南及东北地区,但云南和黄淮等地的气象干旱长时间持续发展。本文首先回顾了 2019 年汛期降水尤其是旱涝事件、东部雨季季节进程、气温等的特征,给出了东亚夏季风主要环流系统的异常,并对汛期南方主雨带位置偏于江南同时长江中下游干旱少雨做了初步的分析,以求给出基本事实特征,为以后进一步的诊断分析提供基础。

## 1 资料和方法

文中所用逐日降水资料取自中国气象局国家气象信息中心发布的《中国国家级地面气象站基本气象要素日值数据集(V3.0)》(任芝花等,2012),时段为 1951—2019 年。该数据集集中解决基础气象资料质量和国家级—省级存档资料不一致的问题,数据质量和空间分辨率(测站数)比之前观测降水资料

均有明显提高,已在业务和科研中得到广泛应用。大气环流资料为 NCEP/NCAR 逐日再分析资料集中的各层位势高度场、水平风场和水气场。资料水平分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  (Kalnay et al, 1996; Kistler et al, 2001)。

文中所用东亚副热带夏季风强度指数(张庆云等, 2003)、西太平洋副热带高压(以下简称副高)强度和脊线指数(刘芸芸等, 2012)、关键海区海温指数、我国雨季开始结束时间和强度、ENSO 事件的开始结束时间和强度等均由国家气候中心监测并提供。其中西太平洋副高取  $10^{\circ}\text{N}$  以北,  $110^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}$  范围内 500 hPa 层 588 dagpm 特征等值线范围内所围格点高度值减去 587 dagpm 差值的总和。脊线位置定义为  $10^{\circ}\text{N}$  以北、 $110^{\circ} \sim 150^{\circ}\text{E}$  范围, 5880 gpm 等值线所包围的副高体内纬向风  $u$  为 0, 且  $\partial u / \partial y > 0$  的特征线所在纬度位置的平均。热带印度洋全区一致海温模态指数(IOBW)定义为热带印度洋( $20^{\circ}\text{S} \sim 20^{\circ}\text{N}$ ,  $40^{\circ} \sim 110^{\circ}\text{E}$ ) 区域格点平均海温距平。Niño3.4 指数定义为 Niño3.4 区( $5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$ ,  $170^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{W}$ ) 区域平均海温距平。

如无特殊说明,本文中冬季指 12 月至次年 2 月平均,春季为 3—5 月平均,夏季为 6—8 月平均,秋季为 9—11 月平均。

## 2 夏季基本气候特征

2019 年夏季全国平均降水量为 336.7 mm, 较

常年同期(325.2 mm) 偏多 3.5% (图 1a)。但旱涝分布有明显的空间差异(图 1b)。我国东部主要多雨区位于江南至华南及东北地区。东北大部、江南南部、华南北部、西北地区西部和东北部及山东中部、内蒙古西部和东北部的部分地区、西藏西部、新疆南部等地降水量偏多 2 成至 1 倍, 局部地区偏多 1~2 倍。2019 年夏季雨型的分布和孙林海等(2005)提出的第四类雨型接近, 表现为长江和江南—华南相反的位相特征, 但 2019 年南方多雨中心位置更偏北。就分省而言, 黑龙江偏多超过 5 成, 浙江偏多超过 4 成, 均为 1961 年以来同期最多。湖北降水偏少 3 成。云南和黄淮等地的气象干旱长时间持续发展。

除空间分布差异突出外, 东部季风区降水还呈现出明显的季节内变化, 尤其是江南华南等地。图 2 给出了 2019 年夏季  $110^{\circ}\text{E}$  以东降水纬度-时间剖面。从图中可以看到, 在夏季前期(6 月 1 日至 7 月 15 日), 长江以南地区有几次很明显的强降水过程, 其中 7 月 6—9 日广西灵川, 江西萍乡、宜春、分宜、芦溪等 6 个县(市) 日降雨量破当地建站以来历史极值, 浙江、江西、湖南、广西、贵州、福建等地遭受暴雨洪涝等灾害。12—14 日, 江南和华南大部再次出现大范围强降水过程, 安徽、江西、福建等地有 6 个县(市) 突破当地日降雨量 7 月历史极值, 浙江、安徽、江西、湖南、广西等地遭受暴雨洪涝灾害。但 15 日开始, 雨带迅速北跳到长江以北地区, 这也导致 2019 年淮河流域出现了空梅。8 月, 第 9 号台风利奇

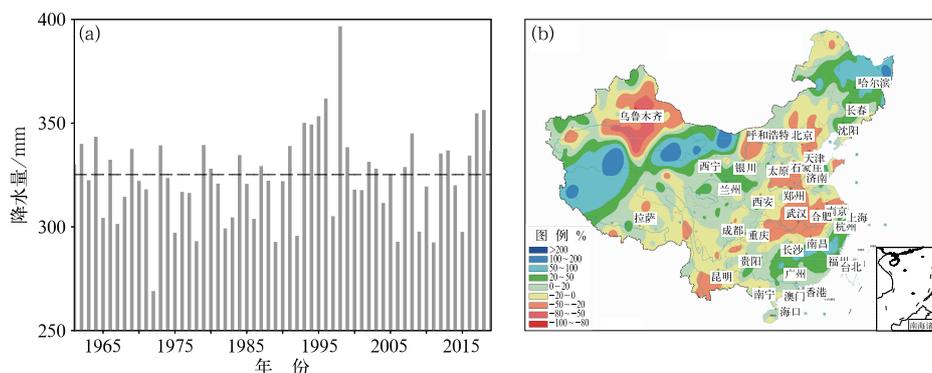


图 1 1961—2019 年逐年夏季全国平均降水量(a, 水平虚线为气候均值)及 2019 年夏季全国降水距平百分率分布(b)

Fig. 1 Time series of averaged summer precipitation in China (a, dashed line means the climatology of 1981—2010) during 1961—2019 and percentage of precipitation anomaly (b) in summer 2019

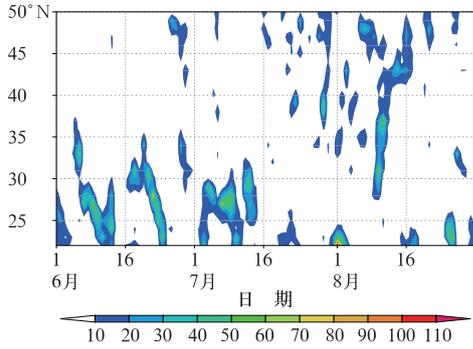


图 2 2019 年夏季 110°E 以东降水  
纬度-时间剖面(单位:  $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ )

Fig. 2 Time-latitude cross-section of daily  
precipitation in each latitude east of 110°E  
in summer 2019 (unit:  $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ )

马于 10 日、11 日相继在浙江温岭市沿海、山东青岛市黄岛区登陆。“利奇马”是 1949 年以来登陆我国第五强的台风。8 月 9—15 日,受“利奇马”影响,江南东部、江淮东部、黄淮东部、华北东部、东北东部等地累计降水量一般为 50~250 mm,山东中部超过 250 mm,浙江和山东局地超过 400 mm(图略)。

根据国家气候中心监测,2019 年华南前汛期于 3 月 6 日开始(多年平均为 4 月 6 日),结束于 7 月 24 日(多年平均为 7 月 4 日),前汛期雨量为 1073 mm,比多年平均偏多 46%,为 1961 年以来第二多年,仅次于 1973 年。南海夏季风于 5 月第 2 候爆发,也明显早于多年平均日期(5 月第 5 候)。中国梅雨呈现出很强的区域差异性,其中江南梅雨于 6 月 5 日开始(多年平均为 6 月 8 日),结束于 7 月 16 日(多年平均为 7 月 8 日)。梅雨期长度明显偏长,

梅雨量比常年偏多 56%。长江中下游梅雨于 6 月 17 日开始(多年平均为 6 月 14 日),7 月 8 日结束(多年平均为 7 月 14 日),梅雨量为 290 mm,比常年偏多 3%。整个夏季期间江淮地区未能达到入梅标准,这也导致了夏季江淮地区降水偏 2 成以上。华北雨季于 7 月 23 日开始(多年平均为 7 月 18 日),于 8 月 18 日结束(多年平均亦为 8 月 18 日),雨季期间雨量为 124 mm,偏少 8%。

自 20 世纪 90 年代开始,我国夏季气温呈显著的线性变暖趋势。2019 年夏季全国气温依旧整体偏暖明显。根据国家气候中心监测,全国平均气温为 21.5℃,较常年同期偏高 0.5℃,比 2018 年同期偏低 0.5℃(图 3a)。具体到季内各月气温距平分别为 0.5℃(6 月)、0.3℃(7 月)和 0.8℃(8 月)。除东北北部及浙江、重庆局部等地气温偏低外,全国其余地区气温均偏高(图 3b),其中黄淮中西部、江汉东部、云南大部及新疆东北部等地偏高超过 1℃。但和 2018 年相比,1℃ 以上的正距平范围明显缩减(顾薇和陈丽娟,2019;Ding et al,2019b)。

江南降水在夏季后期的急速减少也造成这一时段高温事件的爆发(图 4)。可以看到,随着江南梅雨的结束,副高迅速控制江南和长江中下游地区,造成这一地区日最高气温迅速上升到 35℃ 以上,高温得以维持至 8 月初,之后高温区略有南落,但高温中心仍位于沿江和江南等地并一直维持至 8 月底。7 月 15 至 8 月 31 日,湖南、江西、福建东部、湖北大部 35℃ 以上高温日数普遍偏多 10 d 以上,武汉偏多 20 d 以上(图略)。

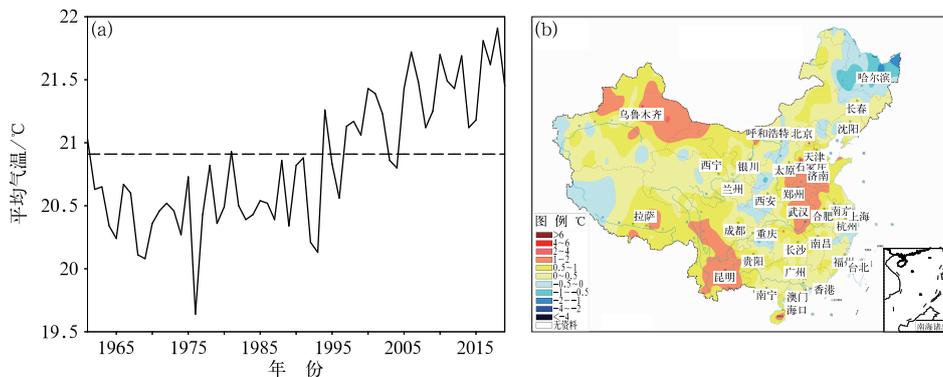


图 3 1961—2019 年逐年夏季全国平均气温(a,水平虚线为气候均值)及 2019 年夏季气温距平分布(b)  
Fig. 3 Time series of averaged summer temperatures over China (a, dashed line means the climatology  
of 1981—2010) during 1961—2019 and temperature anomaly (b) in summer 2019

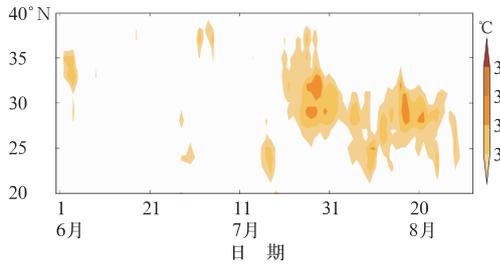


图 4 2019 年夏季 110°E 以东最高气温纬度-时间剖面 (仅给出 35°C 以上分布)

Fig. 4 Time-latitude cross-section of daily maximal temperature in each latitude east of 110°E in summer 2019

### 3 夏季主要大气环流特征

前文指出,2019 年夏季南方最主要多雨区位于江南地区,且主要集中在夏季前半时段。图 5 给出了夏季平均的 500 hPa 位势高度及距平场和 850 hPa 风场距平。可以看出在欧亚中高纬度地区两槽一脊的环流特征非常明显。在乌拉尔山及以北地区为一个宽广的低槽,中心距平值低于 -40 gpm。贝加尔湖及以北地区则为深厚的高压脊,中心值超过 60 gpm。东亚地区为另一个位势高度距平低值中心,两个负中心分别位于鄂霍次克海—西北太平洋海盆及黄海至日本海。20°N 以南地区则为一致的正位势高度距平所控制。和常年同期相比,2019 年夏季副高强度偏强,位置略偏西偏南,但南北跨度明显偏大。

由于黄海至日本海这一低槽的存在和长时间维持并明显南压,导致不同方法定义的东亚副热带夏

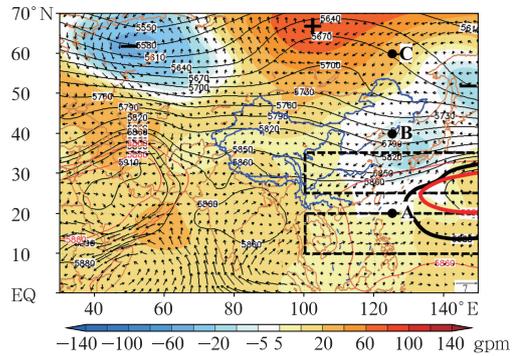


图 5 2019 年夏季 500 hPa 位势高度场(等值线)和距平场(阴影区)及 850 hPa 风场距平(箭头)

[图中黑色和红色粗实线分别为 2019 年和气候态的 5880 gpm 等值线。虚线方框为张庆云等(2003)定义东亚副热带夏季风所取区域;A(20°N,125°E)、B(40°N,125°E)、C(60°N,125°E)三点为黄刚和严中伟(1999)基于 EAP 遥相关型定义东亚夏季风指数所用格点]

Fig. 5 500 hPa geopotential height (contours) and anomalies (shaded area) and 850 hPa wind anomalies (arrows) in summer 2019 [Thick black and red curves mean the 5880 gpm contours of 2019 and of the climate mean. Dashed rectangles mean the two areas used in the definition of East Asian summer monsoon index by Zhang et al (2003); A (20°N, 125°E), B (40°N, 125°E), C (60°N, 125°E) are the three grid points used in the definition of East Asian summer monsoon index by Huang and Yan (1999)]

季风强度指数值有一定差别,这也给 2019 年夏季风强度的定性判断带来了困难。图 6 分别为黄刚和严中伟(1999)和张庆云等(2003)定义的夏季风指数

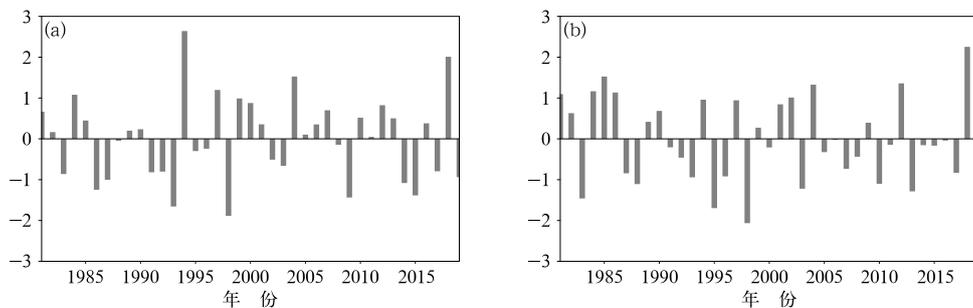


图 6 1981—2019 年东亚夏季风指数

(a)黄刚和严中伟(1999),(b)张庆云等(2003)

Fig. 6 East Asian summer monsoon index during 1981—2019

(a) Huang and Yan (1999), (b) Zhang et al (2003)

值。黄刚和严中伟(1999)基于 EAP 定义的夏季风指数主要使用图 5 中 A、B、C 三点 500 hPa 位势高度值差的标准化值(B 点减去 A、C 两点的平均值并考虑三个点的纬度差异)。张庆云等(2003)则将东亚热带季风槽区( $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ )与东亚副热带地区( $25^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ )平均的 850 hPa 风场的纬向风距平差作为季风指数。从指数值看,基于 EAP 波列定义的夏季风指数在 2019 年为 1981 年以来第七负值(图 6a),但基于热带季风槽与梅雨锋定义的指数在 2019 年则为较弱的正值(图 6b)。这和 2018 年两种指数值一致异常偏强并超过各自两倍标准差不同。这也表明 2019 年并非典型的弱夏季风年。

前文指出,2019 年夏季我国东部降水具有明显的季节内变化特征。在 7 月 15 日以前降水主要集中在江南等地,而在之后急速北跳至黄淮、华北和东北等地,长江中下游和淮河雨季时间短,淮河流域甚至出现空梅。这样的季节内突变特征在环流场上也很清楚,这里我们以 5800 gpm 表征槽区的南界位置,5880 gpm 表征副高主体中心位置。由图 7 可以看到,相比于各自的气候态,无论是中高纬度的低槽还是副高在 7 月 15 日以前位置都明显偏南,但在 7 月 15 日之后形势发生了明显的转变,7 月 16 日至 8 月 15 日的一个月时间内,5800 gpm 等值线都较气候态位置偏北。

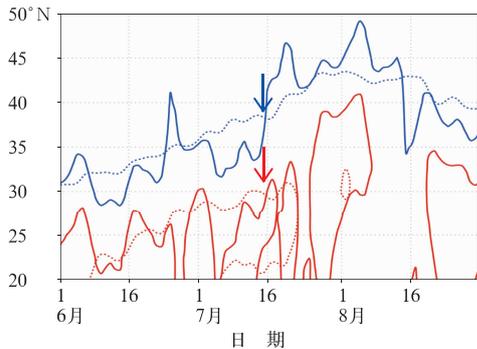


图 7 1981—2010 年 6 月 1 日至 8 月 31 日逐日  $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$  平均的 5800 gpm(蓝线)和 5880 gpm(红线)等值线(实线为 2019 年,虚线为气候态)

Fig. 7 Daily 5800 gpm (blue line) and 5880 gpm (red line) lines averaged in  $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$  during 1 June to 31 August in 1981—2010 (solid line; 2019, dashed line; climate mean)

#### 4 2019 年夏季长江中下游少雨成因初步分析

2018 年和 2019 年长江中下游降水均偏少明显。对于 2018 年降水偏少的主要原因已有若干研究。这其中 2017—2018 年冬季发生的弱拉尼娜事件、热带印度洋冬—春—夏季海温持续偏冷以及青藏高原积雪面积偏少都导致 2018 年夏季副高偏北、强度偏弱,夏季风强度偏强(顾薇和陈丽娟,2019; Chen et al, 2019)。监测结果表明,2018 年夏季副热带夏季风强度为 1961 年以来历史第一强(顾薇和陈丽娟,2019),副高位置亦为 1961 年以来最北(顾薇和陈丽娟,2019; Yuan et al, 2019; Ding et al, 2019a; 2019b)。这就导致水汽输送主要位于我国北方,长江中下游低层难以形成水汽汇合,大部地区降水偏少 20%~50%,尤其是湖北省降水为 1951 年以来最低(图 8)。2018 年前期外强迫信号和夏季风环流及降水关系符合传统的物理统计模型。

和 2018 年前期外强迫信号截然相反的是,从 2018 年 9 月开始,赤道中东太平发生了一次弱的厄尔尼诺事件。根据国家气候中心监测,该次事件于 2018 年 11 月达到峰值(10—12 月 Niño3.4 区海温指数滑动平均值为  $1.0^{\circ}\text{C}$ )。同时 IOBW 自 2018 年 11 月开始持续为正位相。另外,2018—2019 年冬季

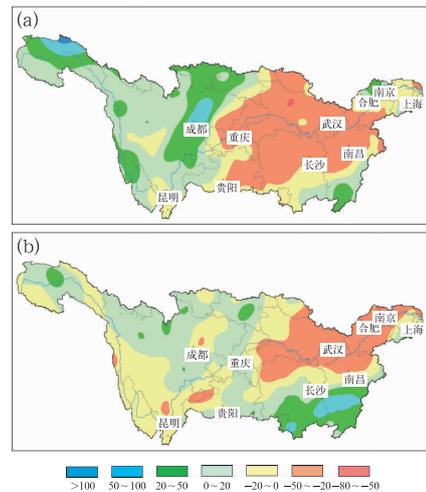


图 8 2018 年(a)和 2019 年(b)夏季长江流域降水距平百分率(单位:%)

Fig. 8 Percentage of summer precipitation anomaly in the Yangtze River Basin in 2018 (a) and 2019 (b) (unit: %)

青藏高原积雪面积偏多 74% (超过 3 倍标准差), 为近 40 年来最多。根据已有的统计模型, 这样的外强迫信号易导致副高偏南且东亚副热带夏季风强度偏弱, 从而造成水汽在长江中下游汇合, 降水易偏多。但从前面的分析可知, 2019 年夏季夏季风强度仍为正值, 强度略偏强 (0.4), 长江中下游沿江地区降水偏少 20%~50%, 尤其是湖北和安徽等地, 其中湖北省降水为 1981 年以来历史第五少。也即 2019 年的降水分布和传统的物理统计模型相反。

就本次厄尔尼诺事件而言, 其在秋季和冬季的影响却较强。诊断表明, 2018 年秋季我国江南南部和华南大部地区降水异常偏多可能和季节内厄尔尼诺由中部型向东部型发展及热带印度洋暖海温有关 (赵俊虎和王永光, 2019)。冬季全国平均降水量较常年偏多 36%, 长江下游、江南东部等地降水显著偏多 (支蓉和高辉, 2019), 也和典型的厄尔尼诺年合成的冬季降水分布型一致。但对于 2019 年春季, 刘芸芸和陈丽娟 (2019) 认为热带印度洋海温的增暖对副高持续偏强偏西起到更重要的作用, 而厄尔尼诺事件本身对副高强度的影响在春季逐渐减弱, 对副高南北位置的影响增强。Xue and Liu (2008) 的研究结果也显示, 夏季不强的厄尔尼诺事件对东亚夏季风和我国东部降水的影响容易被其他外强迫信号所调制。就气候态而言, 副高在 6 月中旬和 7 月初分别有一次明显的阶段性北跳, 对应于长江中下游梅雨的开始和结束。从前面的分析结果看, 黄海—日本海的长时间持续低槽阻碍了副高的北跳, 造成 6 月至 7 月前半月雨带一直无法移动至长江和淮河, 并进而影响华北, 导致这三个地区雨季开始时间均偏晚, 长江中下游降水偏少。

在全球变暖背景下, 欧亚中高纬地区位势高度具有显著的年代际增强趋势, 尤其是 20 世纪 90 年代以来 (Gao et al, 2014), 夏季东亚东部中高纬度的低槽逐渐变浅 (图略)。在这样的环流背景下, 低槽的年际尺度加深是否会对夏季水汽输送造成直接影响进而导致长江中下游少雨呢? 我们选取 1992 年为例加以分析。选取该年主要是根据国家气候中心定义的 ENSO 历史事件表, 根据峰值强度划分, 1991—1992 年赤道中东太平洋的厄尔尼诺事件是 20 世纪 90 年代以来仅次于 1997—1998 年和 2014—2016 年两次超强厄尔尼诺事件的第三强事件, 热带海洋背景和今年相似。图 9 给出了该年夏季长江中下游地区降水距平百分率分布图。可以看

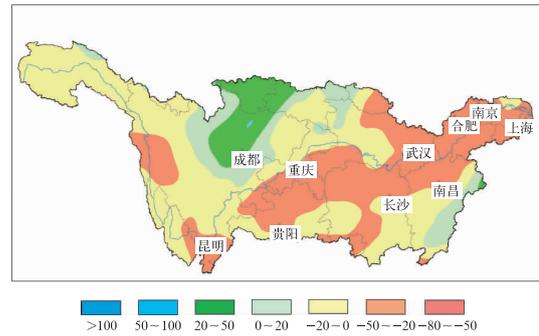


图 9 同图 8, 但为 1992 年

Fig. 9 Same as Fig. 8, but in 1992

出, 长江中下游地区降水分布和 2018 年、2019 年均相似, 仍以大范围降水偏少为主, 尤其是沿江地区也偏少 20%~50%。也即这次厄尔尼诺事件同样不符合传统的 ENSO 东部雨带预测模型。从 1992 年夏季 500 hPa 位势高度及距平场和 850 hPa 距平风场, 可以看出东亚中高纬度地区和 2019 年极为相似, 同样为一低槽所控制 (图略)。从风场距平看, 整个东亚地区均为北风距平分量, 长江中下游地区没有有效的水汽辐合。

需要指出的是, 在我国夏季降水的主要模态中, 传统的三类雨型中第三类雨型即以长江中下游和江南北部为共同中心 (赵振国, 1999; 陈兴芳和赵振国, 2000)。单从历史统计分析今年长江沿江和江南降水趋势相反有很大的难度。事实上, 在 2019 年 3 月参加全国汛期会商的各单位中, 均无法预测这两个地区相反的特征 (此部分分析将另文发表)。孙林海等 (2005) 改进的四类雨型中的 E4 类虽然表现为长江中下游沿江和江南—华南反位相的特征, 但从其对应的环流形势看, 东亚地区 500 hPa 位势高度场上贝加尔湖以南的亚洲大陆地区表现为北高南低的分布, 副高偏北, 这一环流分布和今年明显不同。上述结果仅仅是从 1992 年另一个个例加以解释。详细的成因诊断还需要深入开展。

## 5 结 论

综合以上分析得到如下结论:

(1) 2019 年夏季全国气温偏暖明显, 降水总量接近常年, 但旱涝分布有明显的空间差异, 东部主要多雨区位于江南至华南及东北地区, 云南和黄淮等地气象干旱长时间持续。东部季风区降水还呈现出

明显的季节内变化,尤其是江南等地在夏季前期降水过程密集,涝灾严重,但后期急速减少,高温事件迅速爆发。季节进程方面,华南前汛期开始早结束晚,造成前汛期长度长,雨量为 1961 年以来第二多。南海夏季风于 5 月第 2 候爆发,亦明显偏早。中国梅雨呈现出很强的区域差异性,其中江南入梅早出梅晚,梅雨期长度明显偏长,梅雨量比常年偏多近六成。长江中下游梅雨量接近正常。江淮地区则未能达到入梅标准。华北雨季期间雨量略偏少。

(2) 2019 年夏季,欧亚中高纬度地区两槽一脊的环流形势非常明显。在乌拉尔山及以北地区为一个宽广的低槽,贝加尔湖及以北地区则为深厚的高压脊,东亚地区为另一个位势高度负距平区,两个负中心分别位于鄂霍次克海—西北太平洋海盆及黄海至日本海。夏季副高强度偏强,位置略偏西偏南。由于黄海至日本海这一低槽的存在和长时间维持并明显南压,导致不同方法定义的东亚副热带夏季风强度指数有一定差别,其中基于 EAP 遥相关型定义的指数为 1981 年以来第七负值,但基于热带季风槽与梅雨锋定义的指数在 2019 年则为较弱的正值。

(3) 个例对比分析表明,2019 年东亚中高纬度异常强的低槽可能是长江中下游少雨和江南多雨的直接原因。这一低槽在夏季前期位置明显偏南,和副高脊线南北位置的演变非常一致。但在夏季后期,随着这一低槽的减弱北移,副高迅速北跳,也造成雨带从江南快速移动到北方地区,长江中下游和淮河雨季时间短降水少。这一低槽在 7 月中旬后期减弱北移可能和 2019 年第 5 号台风丹娜丝(Danas)有关(解晋和周宁芳,2019),但在之前这一低槽为何能长时间维持,这和贝加尔湖地区阻塞活动有何联系?这一低槽的维持机理,尤其是与其他环流系统之间的相互影响,详细的成因诊断还需要深入开展。

## 参考文献

陈丽娟,顾薇,龚振淞,等,2019. 影响 2018 年汛期气候的先兆信号及预测效果评估[J]. 气象,45(4):553-564. Chen L J, Gu W, Gong Z S, et al, 2019. Precursory signals of the 2018 summer climate in China and evaluation of real-time prediction[J]. Meteor Mon, 45(4):553-564(in Chinese).

陈兴芳,赵振国,2000. 中国汛期降水预测研究及应用[M]. 北京:气象出版社. Chen X F, Zhao Z G, 2000. Research and Application of Precipitation Forecast in Flood Season in China[M]. Beijing: China Meteorological Press(in Chinese).

丁一汇,2013. 中国气候[M]. 北京:科学出版社. Ding Y H, 2013. Climate in China[M]. Beijing: Science Press(in Chinese).

顾薇,陈丽娟,2019. 2018 年夏季海洋大气特征及对我国气候的影响[J]. 气象,45(1):126-134. Gu W, Chen L J, 2019. Characteristics of atmospheric and oceanic condition and their influences on summer climate of China in 2018[J]. Meteor Mon, 45(1):126-134(in Chinese).

黄刚,严中伟,1999. 东亚夏季风环流异常指数及其年际变化[J]. 科学通报,44(4):421-423. Huang G, Yan Z W, 1999. The circulation anomaly index of East Asia summer monsoon and its inter-annual variation[J]. Chin Sci Bull, 44(4):421-423(in Chinese).

刘芸芸,陈丽娟,2019. 2019 年春季我国主要气候异常特征及可能成因分析[J]. 气象,45(10):1483-1493. Liu Y Y, Chen L J, 2019. Features and possible causes for the spring climate anomalies in 2019[J]. Meteor Mon, 45(10):1483-1493(in Chinese).

刘芸芸,李维京,艾晔秀,等,2012. 月尺度西太平洋副热带高压指数的重建与应用[J]. 应用气象学报,23(4):414-423. Liu Y Y, Li W J, Ai W X, et al, 2012. Reconstruction and application of the monthly Western Pacific subtropical high indices[J]. J Appl Meteor Sci, 23(4):414-423(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).

孙林海,赵振国,许力,等,2005. 中国东部季风区夏季雨型的划分及其环流成因分析[J]. 应用气象学报,16(S3):56-62. Sun L H, Zhao Z G, Xu L, et al, 2005. Study of summer rain pattern in monsoon region of East China and its circulation cause[J]. J Appl Meteor Sci, 16(S3):56-62(in Chinese).

解晋,周宁芳,2019. 2019 年 7 月大气环流和天气分析[J]. 气象,45(10):1494-1500. Xie J, Zhou N F, 2019. Analysis of the July 2019 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 45(10):1494-1500(in Chinese).

袁媛,高辉,柳艳菊,2017. 2016 年夏季我国东部降水异常特征及成因简析[J]. 气象,43(1):115-121. Yuan Y, Gao H, Liu Y J, 2017. Analysis of the characteristics and causes of precipitation anomalies over eastern China in the summer of 2016[J]. Meteor Mon, 43(1):115-121(in Chinese).

张庆云,陶诗言,陈烈庭,2003. 东亚夏季风指数的年际变化与东亚大气环流[J]. 气象学报,61(5):559-569. Zhang Q Y, Tao S Y, Chen L T, 2003. The interannual variability of East Asian summer monsoon indices and its association with the pattern of general circulation over East Asia[J]. Acta Meteor Sin, 61(5):559-569(in Chinese).

赵俊虎,王永光,2019. 2018 年秋季我国气候异常及成因分析[J]. 气象,45(4):565-576. Zhao J H, Wang Y G, 2019. Features and possible causes for the climatic anomaly in China in autumn 2018[J]. Meteor Mon, 45(4):565-576(in Chinese).

赵振国,1999. 中国夏季旱涝及环境场[M]. 北京:气象出版社. Zhao Z G, 1999. Summer Drought and Flood in China and the Circulation Patterns[M]. Beijing: China Meteorological Press(in Chinese).

郑国光,2019. 中国气候[M]. 北京:气象出版社. Zheng G G, 2019.

- Climate in China [M]. Beijing: China Meteorological Press (in Chinese).
- 郑志海,王永光,2018. 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, 44(1):199-205. Zheng Z H, Wang Y G, 2018. Northern Hemisphere atmospheric circulation characteristics in summer 2017 and its impact on weather and climate in China[J]. Meteor Mon, 44(1):199-205 (in Chinese).
- 支蓉,高辉,2019. 2018/2019年冬季北半球大气环流特征及对我国冬季气温异常的影响[J]. 气象, 45(7):1019-1027. Zhi R, Gao H, 2019. Northern Hemisphere atmospheric circulation characteristics in winter 2018/2019 and its impact on temperature anomalies in China[J]. Meteor Mon, 45(7):1019-1027 (in Chinese).
- 竺可桢,1934. 东南季风与中国之雨量[J]. 地理学报, 1(1):1-27. Zhu K Z, 1934. The enigma of southeast monsoon in China[J]. Acta Geogr Sin, 1(1):1-27 (in Chinese).
- Chen L J, Gu W, Li W J, 2019. Why is the East Asian summer monsoon extremely strong in 2018? Collaborative effects of SST and snow cover anomalies[J]. J Meteor Res, 33(4):593-608.
- Ding T, Gao H, Yuan Y, 2019a. The record-breaking northward shift of the western Pacific subtropical high in summer 2018 and the possible role of cross-equatorial flow over the Bay of Bengal[J]. Theor Appl Climatol. DOI:10.1007/s00704-019-02997-4.
- Ding T, Yuan Y, Zhang J M, et al, 2019b. 2018: the hottest summer in China and possible causes[J]. J Meteor Res, 33(4):577-592.
- Gao H, Jiang W, Li W J, 2014. Changed relationships between the East Asian summer monsoon circulations and the summer rainfall in Eastern China[J]. J Meteor Res, 28(6):1075-1084.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al, 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. Bull Amer Meteor Soc, 77(3):437-472.
- Kistler R, Kalnay E, Collins W, et al, 2001. The NCEP-NCAR 50-year reanalysis: monthly means CD-ROM and documentation [J]. Bull Amer Meteor Soc, 82(2):247-268.
- Xue F, Liu C Z, 2008. The influence of moderate ENSO on summer rainfall in eastern China and its comparison with strong ENSO [J]. Chin Sci Bull, 53(5):791-800.
- Yuan Y, Gao H, Ding T, 2019. The extremely north position of the western Pacific subtropical high in summer of 2018: important role of the convective activities in the western Pacific[J]. Int J Climatol, DOI:10.1002/joc.6274.