

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).

2019年春季我国主要气候异常特征 及可能成因分析^{*}

刘芸芸^{1,2} 陈丽娟^{1,2}

1 国家气候中心, 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081

2 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 南京 210044

提 要: 2019年春季(3—5月), 全国平均气温为11.5℃, 为1961年以来历史同期第四位; 全国平均降水量为148.7 mm, 接近常年同期, 但旱涝分布差异显著。东北、西北地区东部和华南降水显著偏多, 而黄淮、江淮及云南大部降水异常偏少, 其中云南地区降水量为历史同期最少。气温偏高和降水空间分布不均导致旱涝灾害并存。季内气候变化显著, 表现出东亚冬季风环流向夏季风环流转换期的特征。春季(尤其是3—4月)全国大部地区气温偏高受到中纬度环流型的明显影响, 乌拉尔山及其以北地区为负高度距平中心, 而乌拉尔山以东到贝加尔湖地区为大范围正高度距平, 这种异常环流形势非常有利于我国气温整体偏高。另一方面, 低纬度大气环流则表现出对热带海温异常的明显响应, 西太平洋副热带高压(简称西太副高)异常偏强、偏西及偏南, 这基本决定了我国春季降水异常的空间分布型, 其强度和位置不仅能够直接影响南方降水分布, 同时通过与中高纬异常环流的相互作用, 共同影响我国北方降水异常格局。进一步分析热带海温外强迫的影响显示, 在El Niño衰减年的春季, 热带印度洋海温的增暖对西太副高持续偏强偏西起到更重要的作用; 而El Niño事件本身对西太副高强度的影响在春季逐渐减弱, 对西太副高南北位置的影响增强。

关键词: 2019, 春季气候异常, 西太平洋副热带高压, El Niño, 印度洋海温

中图分类号: P461

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2019.10.015

Features and Possible Causes for the Spring Climate Anomalies in 2019

LIU Yunyun^{1,2} CHEN Lijuan^{1,2}

1 Laboratory for Climate Studies, National Climate Centre, CMA, Beijing 100081

2 Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters,
Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

Abstract: In spring 2019 (March—April—May, MAM), the average temperature in China is 11.5℃, ranking the fourth in the same period since 1961. The average precipitation in China is 148.7 mm (near normal), with profound spatial differences. The precipitation is more than normal over Northeast China, east part of Northwest China and South China, but less than normal over Huanghuai, Jianghuai and most of Yunnan Province in MAM 2019. The MAM precipitation in Yunnan is the least since 1961. High temperature and uneven spatial distribution of precipitation lead to the coexistence of drought and flood disasters in MAM 2019. The sub-seasonal climate variability in spring 2019 is significant, showing the characteristics of the transition period from East Asian winter monsoon circulation to summer monsoon circulation. The high temperature in most China in spring (especially in March and April) is obviously affected by the mid-latitude circulation anomalies pattern. The Ural Mountains and to their north regions are the

^{*} 国家重点研发计划(2018YFC1505806、2018YFC1506006)和国家自然科学基金项目(41275073)共同资助

2019年7月12日收稿; 2019年9月9日收修定稿

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

通信作者: 陈丽娟, 主要从事短期气候预测研究. Email: chenlj@cma.gov.cn

center of negative height anomaly, while the areas east of Ural Mountains to Lake Baikal are the center of positive height anomaly. Such an anomalous circulation pattern is very helpful to the overall high temperature in China. The atmospheric circulation systems present an obvious response to the tropical SST anomalies in MAM 2019. The western North Pacific subtropical high (WPSH) is strong, westward and southward extending, which basically determines the spatial pattern of spring precipitation anomaly in China. The intensity and location of WPSH not only directly control the pattern of precipitation anomaly in southern China, but also affect the distribution of precipitation over northern China through the interaction of circulation anomalies in mid-high latitudes. Further analysis on the influence of tropical SST forcing shows that the warming of tropical Indian Ocean SST plays a more important role in the sustained strengthening and westward trend of WPSH in the El Niño decaying spring. The influence of the El Niño event on the intensity of WPSH gradually weakens in spring, and the effect on the north-south position of WPSH becomes more obvious.

Key words: 2019, climatic anomaly in MAM, western North Pacific subtropical high, El Niño, Indian Ocean SST

引 言

春季是东亚冬季风环流向夏季风环流的转换期,控制我国大陆的冬季冷高压逐渐被热低压所替代,高压则慢慢占据了海洋。此时,中高纬冷空气势力和热带暖湿气流激烈交绥,造成大气层结很不稳定,并进一步引起天气气候的变化,甚至带来一些极端天气气候事件。此外,华南前汛期、江南春雨(Tian and Yasunari, 1998; 詹丰兴等, 2013)以及南海夏季风的爆发(Tao and Chen, 1987)等气候事件都在春季发生,从而造成春季复杂多变的区域气候特征。已有研究表明,我国春季气候具有显著的年际变化(袁媛等, 2014; 邵懿等, 2015; 2016; 龚志强等, 2017; 王遵娅等, 2018),而此时大多数地区正值农作物播种和生长期,因此春季的气候异常将对农业生产和人民生活造成重要的影响,有效地理解春季气候异常并做好预报服务有利于防灾减灾。

中国春季气候异常往往同时受中高纬和低纬大气环流系统的共同影响(尹姗等, 2013; 王遵娅等, 2018),而大气环流异常又与海洋和陆面等外强迫因子密切相关,如热带海温(陈丽娟等, 2013; 詹丰兴等, 2013; 袁媛等, 2014; 龚志强等, 2017)、欧亚-青藏高原积雪(Wu and Kirtman, 2007; 左志燕和張人禾, 2012; 陈红等, 2017; Chen et al, 2019)、北极海冰(Wu et al, 2016)等。海洋由于其面积广且热容量大,尤其受到关注(Liu et al, 2013; 2015; 2019; 顾薇和陈丽娟, 2019)。研究表明,El Niño 盛期,华南春季降水显著偏多(Zhang and Sumi, 2002; 詹丰兴

等, 2013),同时也与北太平洋上的环流异常有密切联系(王林等, 2011)。El Niño 期间,华北当年和来年春季降水往往偏多(王群英和龚道溢, 1999)。另外,前期冬季印度洋海温与中国华北春季降水也有显著关系(顾伟宗等, 2006)。

2018 年 9 月开始,热带中东太平洋上发生了一次新的 El Niño 事件,并于秋末冬初到达盛期,全球多地气候特征和极端天气气候事件表现出对此次事件的响应,如澳大利亚持续高温、美国中西部严重洪涝、中国南方持续连阴雨等。2019 年春季,El Niño 事件持续发展,热带印度洋海温也持续偏暖,在这样的海温异常配置下,春季我国气候表现出气温大范围偏高和降水空间差异大的分布特征,旱涝灾害并存。本文将全面介绍 2019 年春季我国的主要气候特征,并从大气环流和海温外强迫的角度重点分析造成 2019 年春季我国降水异常的可能成因。

1 资料与方法

本文所用的资料包括:(1)国家气候中心提供的 1951—2019 年全国 160 站的逐月气温和降水资料;(2)国家气象信息中心整编的全国 2400 站的逐日气温和降水资料(任芝花等, 2012)。(3)美国国家环境预报中心(NCEP)和美国国家大气研究中心(NCAR)发布的 1951—2019 年的大气环流再分析资料(Kalnay et al, 1996),要素包括位势高度场、风场、比温等,空间分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$;(4)美国国家海洋大气管理局(NOAA)发布的扩展重建的逐月海温资料(ERSSTv5; Huang et al, 2017),空间分

辨率为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 。文中春季指北半球春季(3—5 月平均),所有变量的气候态(常年)均为 1981—2010 年的平均,距平场去除的都是气候态的平均。热带海温指数 Niño3.4 为($5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$ 、 $120^{\circ} \sim 170^{\circ}\text{W}$)区域平均的海表温度距平,热带印度洋海盆一致模(IOBM)指数为($20^{\circ}\text{S} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $40^{\circ} \sim 110^{\circ}\text{E}$)区域平均的海表温度距平(Chambers et al, 1999)。

2 2019 年春季中国气候异常特征

春季全国平均气温为 11.5°C ,较常年同期(10.4°C)偏高 1.1°C ,为 1961 年以来历史同期第四位(图 1)。与常年同期相比,我国东北、华北大部、黄淮及西北大部地区气温偏高 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$,局地偏高 2°C 以上;仅青海南部局部地区气温较常年同期偏低 $0.5 \sim 1^{\circ}\text{C}$ (图 2a)。从逐月的气温距平分布可以看到,季节内的气温分布差异很大(图 2b, 2c, 2d)。3 月,我国北方大部及江淮、江南大部气温偏高 $1 \sim 4^{\circ}\text{C}$,而青藏大部地区气温偏低 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$,呈现“西低东高”的分布。4 月,除东北南部、华北东部气温略偏低外,全国其余大部地区气温接近常年到偏高 $1 \sim 4^{\circ}\text{C}$ 。5 月,我国气温偏高的范围明显缩小,全国月平均气温由前期 3—4 月的显著偏暖转为接近气

候平均值;5 月气温偏高的地区主要集中在东北、华北、黄淮和西南南部,其余地区气温接近常年到偏低,其中从西北地区到华中地区,以及江南西部和华南大部的气温均较常年明显偏低,西北大部和西南地区东部气温偏低 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 。由于 3—4 月全国气温偏高的贡献,使得春季平均气温总体仍明显偏高,但季内表现出前期偏暖后期转冷的变化特征,这与中纬度环流的季内调整密切相关。

春季全国平均降水量为 148.7 mm ,较常年同期(143.7 mm)偏多 3.5% (图 3)。旱涝空间分布差异显著(图 4a),其空间型接近于经验正交模态分解的第二模态(EOF2)特征(龚志强等, 2017)。东北大

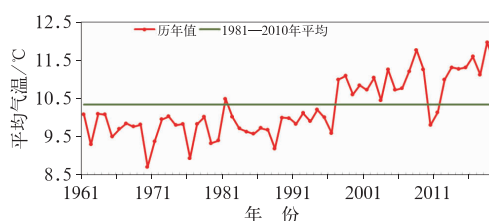


图 1 1961—2019 年春季全国平均气温历年变化

Fig. 1 Time series of air temperature averaged from March to May (MAM mean) in China during 1961–2019

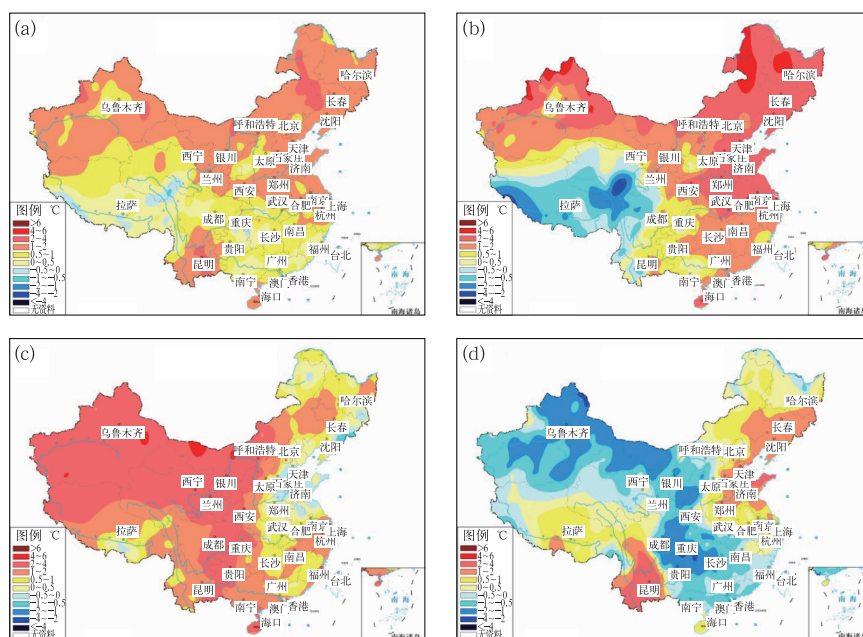


图 2 2019 年春季(a)和 3 月(b)、4 月(c)、5 月(d)的全国平均气温距平分布

Fig. 2 Distribution of air temperature anomaly over China in (a) MAM, (b) March, (c) April, and (d) May 2019

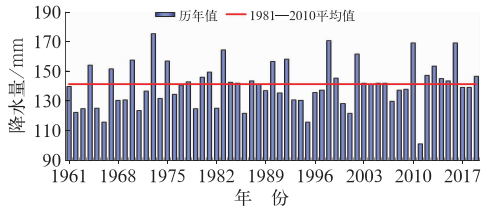


图 3 1961—2019 年春季全国平均
降水量历年变化

Fig. 3 Time series of MAM mean rainfall
in China during 1961—2019

部、西北地区中东部、华南东部及新疆中西部等地降水量较常年同期偏多 20% 至 2 倍,局地偏多 2 倍以上;而黄淮、江淮、江汉北部及西南地区南部降水量较常年同期偏少 20%~80%,局地偏少 80% 以上,其中云南降水量为 1961 年以来历史同期最少值。从逐月的降水分布来看,北方旱涝转换明显:3 月北方大部分地区降水偏少(图 4b),4 月西北和华北大部降水偏多(图 4c),5 月西北和东北大部降水偏多(图 4d);与季内变率较大的北方地区不同,南方地区“东多西少”的降水异常特征稳定维持,云南降水持续偏少,而江南南部和华南的降水持续偏多,这与热带海温持续的强迫影响有关(Wu et al, 2003;Hu

et al, 2012)。

气温总体偏高和降水空间分布不均导致我国春季旱涝灾害并重。一方面,我国南方春季共出现 12 次区域性暴雨天气过程,长江中下游及华南等地持续遭受暴雨洪涝灾害。持续的降水过程也导致今年华南前汛期的开始较常年同期明显偏早(3 月 9 日开始,较常年同期偏早 28 d)。另一方面,由于高温少雨,东北地区 3—4 月干旱发展,5 月随着降水的增多干旱缓解;黄淮和华北南部在 3 和 5 月都出现了中至重度气象干旱;而西南中南部气象干旱在春季持续发展(图 5)。以云南为例,4—5 月云南降水量 59.5 mm,为 1961 年以来历史同期最少,气温较常年同期偏高 2.1℃,为历史同期最高;持续的高温少雨导致云南大部发生严重春旱,气象干旱范围和强度为近 20 年同期最强。

从上面的分析可以看到,无论是气温还是降水,春季气候季内变化都非常显著,这也是春季作为东亚冬季风环流向夏季风环流的转换期所特有的表现。但是气候异常中也有稳定维持的特征,尤其是南方降水“东多西少”的空间型贯穿春季,下面将主要针对春季中相对持续的异常特征作进一步的成因分析。

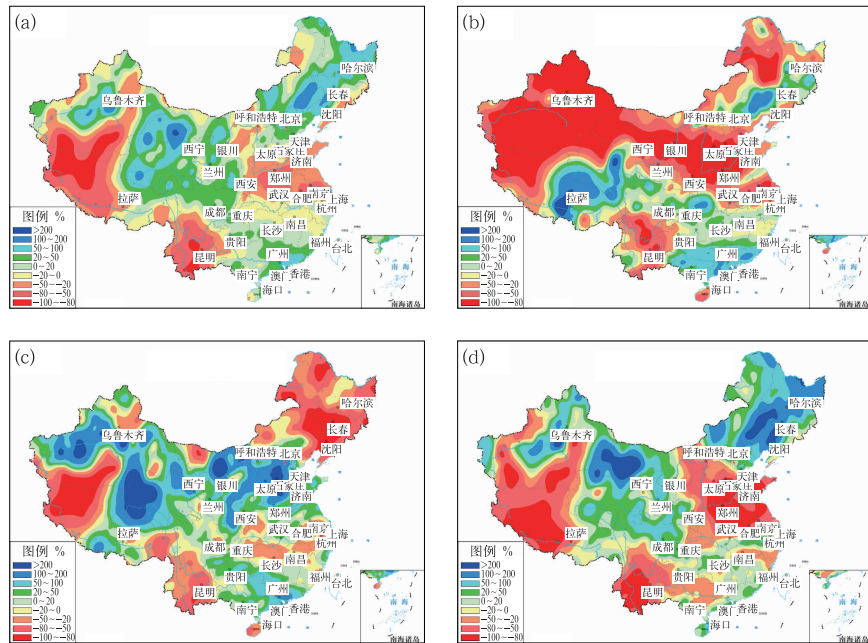


图 4 2019 年春季(a)、3 月(b)、4 月(c)和 5 月(d)的
全国降水距平百分率分布

Fig. 4 Distribution of rainfall anomaly percentage over China
in (a) MAM, (b) March, (c) April, and (d) May 2019

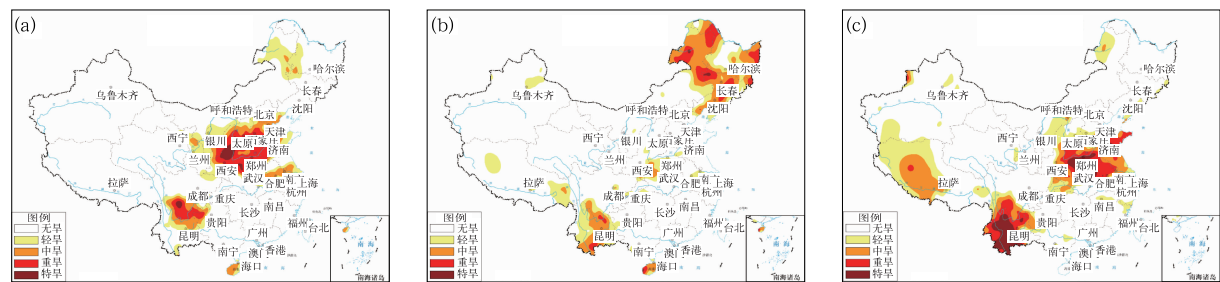


图 5 2019 年 3 月 31 日(a)、4 月 30 日(b)和 5 月 31 日(c)的全国气象干旱综合监测

Fig. 5 Distribution of meteorological drought over China on (a) 31 March, (b) 30 April and (c) 31 May 2019

3 2019 年春季气候异常的可能成因

3.1 大气环流异常特征

从 500 hPa 位势高度距平场分布(图 6a)可以看到,欧亚中高纬为较平直的纬向型环流,乌拉尔山以

北存在一个负高度距平中心,乌拉尔山以东到贝加尔湖地区为显著的正高度距平,同时中国大陆地区上空也是较强的正高度距平,从而不利于来自高纬的冷空气南下影响我国。这样的异常环流形势在春季前期(3—4 月)尤为显著(图略)。春季全国平均气温与 500 hPa 位势高度场的相关分布(图 6b)进一步说明,当乌拉尔山及其以北地区出现负高度距

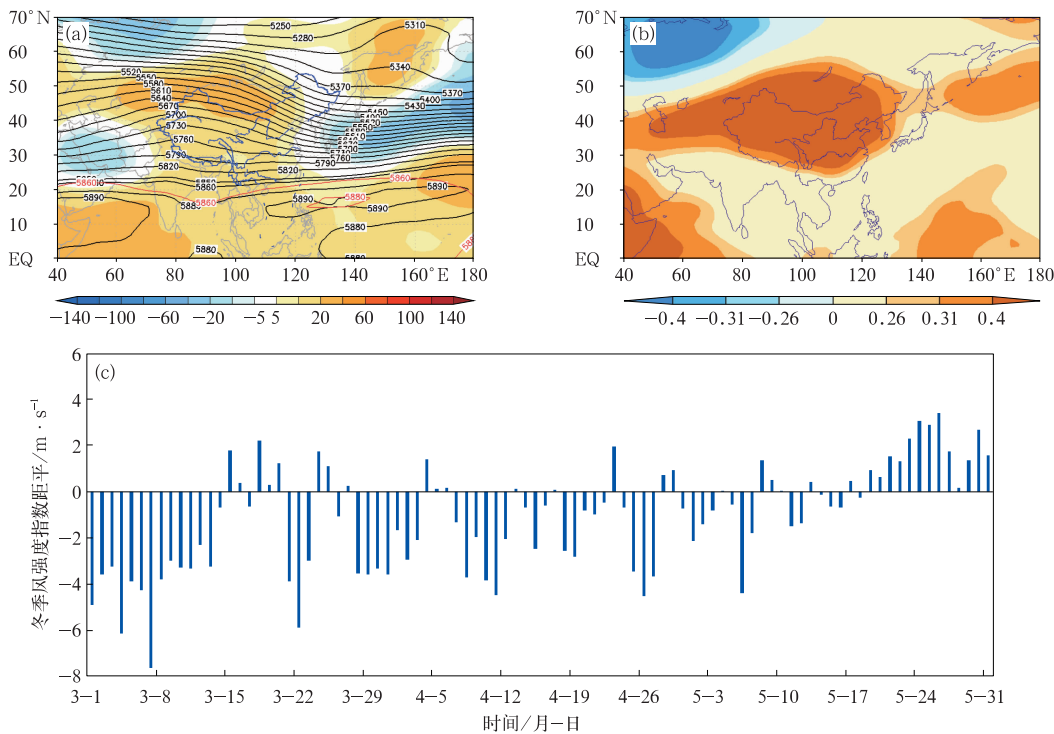


图 6 2019 年春季(a)500 hPa 高度(等值线)及距平场(阴影)分布(单位:gpm),(b)全国平均气温距平与 500 hPa 高度距平场的相关分布(浅中深阴影分别表示超过 0.1、0.05 和 0.01 显著性水平的区域),(c)东亚冬季风强度指数距平的逐日变化

Fig. 6 (a) The 500 hPa geopotential height (contour) and anomalies (shaded) (unit: gpm); (b) correlation between the averaged MAM temperature anomaly in China and 500 hPa geopotential height anomalies (Light, medium and dark shadings indicate the areas with values above the significance level of 0.1, 0.05, and 0.01, respectively); (c) the daily East Asian winter monsoon intensity index in MAM 2019

平中心,并且从乌拉尔山以东到贝加尔湖地区为大范围正高度距平的异常环流形势时,非常有利于我国气温整体偏高。而东亚冬季风强度指数(Chen et al, 2000)的逐日监测也显示(图 6c),受中高纬异常环流形势的影响,2019 年 3 月以来东亚冬季风强度显著偏弱,对应 3—4 月全国气温大范围偏高(图 3b 和 3c),而 5 月中旬之后冬季风强度转强,则对应 5 月气温偏高的范围较前期明显缩小(图 3d)。

春季环流的另一个特点是东亚地区自北向南为典型的“+—+”的异常环流型分布(图 6a),春季内各月也基本维持“+—+”的分布特征(图略),尤其在副热带地区的环流稳定维持正距平,其中西太平洋副热带高压(以下简称西太副高)较气候态偏大、偏强、偏西,总体偏南(图 7),对我国南方“东多西少”的降水异常分布有重要贡献。对流层低层环流场上(图 8),日本以南洋面上为显著的气旋性异常环流,其西侧的偏北风距平与来自偏南偏强的西太副高西侧的偏南风距平在我国东南沿海汇合,有利于江南南部和华南地区降水偏多。孟加拉湾存在显著的反气旋性异常环流,在其南侧的赤道印度洋以北区域为弱的偏东风距平,对应印度西南夏季风偏弱,输送到我国西南南部地区的水汽明显减弱,对应该地区为显著的水汽辐散(图 9),从而导致云南大部地区春季降水异常偏少。而中高纬地区,贝加尔

湖和鄂霍次克海两个高度正距平之间存在一个相对低值区(图 6a),东北冷涡阶段性活跃,对应低层风场上也是显著的气旋性环流(图 8),有利于东北地区降水偏多。可见,春季虽然存在季节内变率,但是副热带环流系统的稳定以及春季前期(3—4 月)欧亚中高纬度环流异常的持续对春季气候异常特征起到主要贡献。

进一步计算了西太副高指数(刘芸芸等,2012)与我国春季降水的同期相关(图 10)可见,西太副高脊线与我 国华南降水表现为显著负相关关系,与江淮和黄淮大部为显著正相关关系(图 10c),即副高脊线偏南时,有利于我国华南地区春季降水偏多,而江淮、黄淮降水偏少。这与 2019 年春季我国东部地区降水异常的空间分布特征非常相近。副高面积、强度及西伸脊点由于其自身具有高相关性(刘芸芸等,2012),它们与春季降水的相关分布也较为一致,主要在我国东北、西北地区中东部、新疆北部和华南东部为正相关,而与西南南部地区为负相关(图 10a,10b 和 10d),即西太副高偏大、偏强和偏西时,有利于我国东北、西北中东部、新疆北部和华南东部降水偏多,而云南大部降水偏少。这样的降水分布型与 2019 年春季降水异常分布实况(图 4a)非常吻合,也进一步证实 2019 年春季西太副高异常偏强、偏西及偏南的特征,基本决定了我国春季降水异

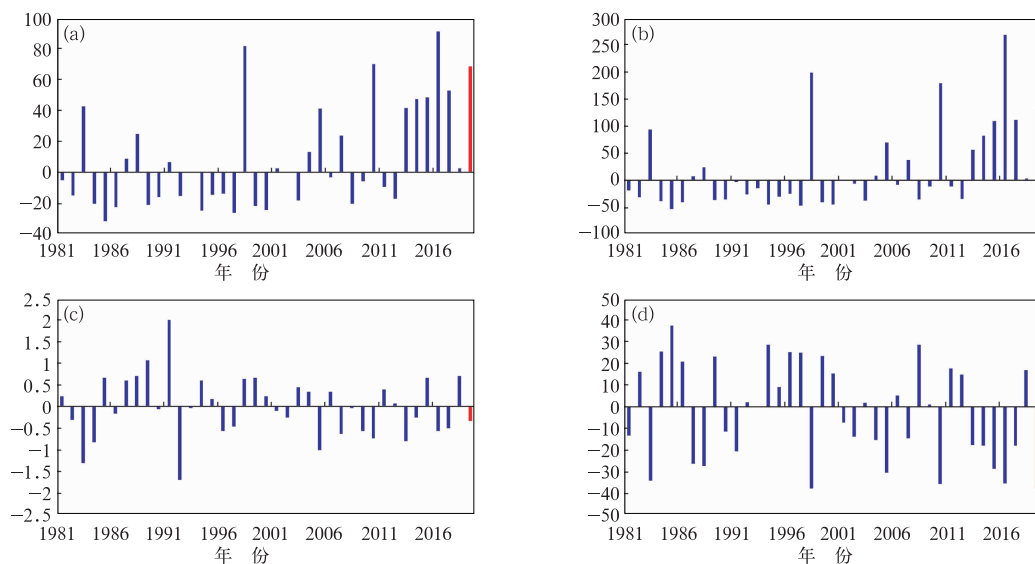


图 7 1981—2019 年春季西太副高指数的历年变化,包括面积指数(a),强度指数(b),脊线指数(c),西伸脊点(d)
(红色柱状为 2019 年春季)

Fig. 7 Time series of MAM WPSH indices during 1981–2019, including (a) area index, (b) intensity index, (c) ridgeline index, and (d) westernmost point.
(Red bars indicate the indices in MAM 2019)

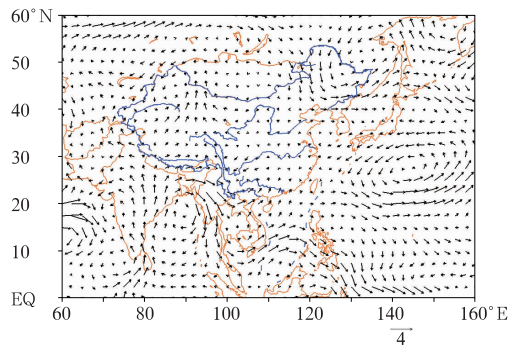


图 8 2019 年春季 850 hPa 距平
风场(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 8 Distribution of 850 hPa horizontal wind
anomaly (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) in MAM 2019

常的分布型。这也从一定程度上说明,西太副高作为东亚夏季风系统中的重要成员之一,其强度和位置不仅能够直接影响南方降水分布,同时也通过中高纬异常环流系统的配置,进一步影响我国北方降水异常的格局。

3.2 可能的强迫因子

是什么原因导致今年春季西太副高出现偏强偏西及偏南的特征呢?有研究指出,来自海洋的外强

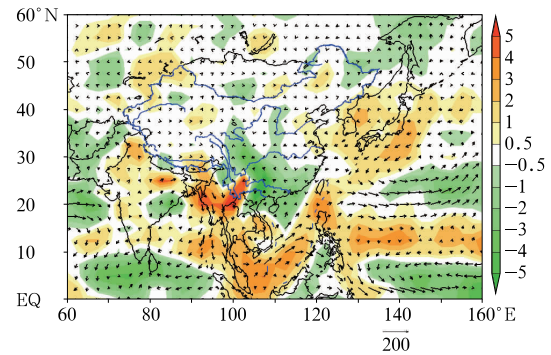


图 9 2019 年春季对流层整层积分的水汽
输送距平(箭头,单位: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)及
其散度场(阴影,单位: $10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 9 Vertically integrated moisture transport
anomalies (vector, unit: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$) and
associated divergence anomalies (shaded area,
unit: $10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) in MAM 2019

迫往往通过海气相互作用(陈丽娟等,2013)和大气波动的传播等方式引起大气环流异常并进一步导致气候异常(Matsuno, 1966; Gill, 1980)。图 11 为 2019 年春季海表温度距平的分布及关键海区海温指数的逐月演变。可以看到,自 2018 年 9 月以来, Niño3.4 指数持续超过 0.5°C , 至 2019 年 1 月已达

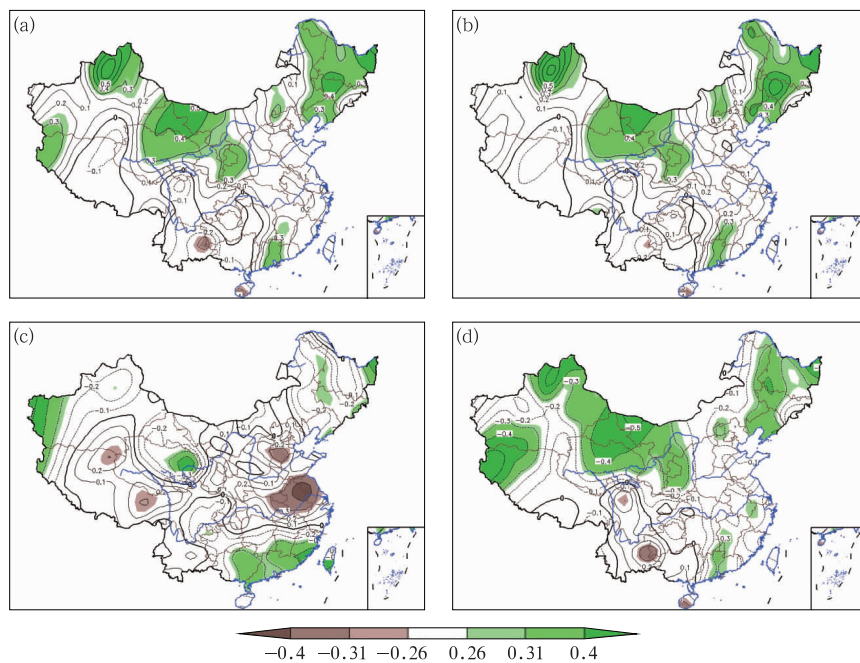


图 10 我国春季降水异常分别与西太副高面积指数(a)、强度指数(b)、脊线指数(c)
和西伸脊点(d)的相关(浅中深阴影分别表示超过 0.1、0.05 和 0.01 的显著性水平的区域)

Fig. 10 Correlation distributions of the MAM precipitation anomalies with (a) area index,
(b) intensity index, (c) ridgeline index, and (d) westernmost point of WPSH (Light, medium and
dark shadings indicate the areas with values above the significance level of 0.1, 0.05, and 0.01, respectively)

到一次 El Niño 事件标准,并于秋末冬初达到峰值(图 11b)。2019 年春季 Niño3.4 指数开始减小,表现出 El Niño 衰减年的特征。由于赤道中东太平洋海温异常偏暖,西太平洋暖池及海洋性大陆地区海温相对偏低(图 11a),使得春季热带西太平洋暖池区域对流受到一定的抑制,有利于热带对流辐合带(ITCZ)位置相对偏南(Chan 2000; Chia and Ropelewski, 2002; Wang and Chan, 2002)。西北太平洋地区($110^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 平均)对外长波辐射(OLR)距平的纬度-时间剖面图显示,从 2019 年 3 月以来,对流活跃区基本在 12°N 以南,对应西太副高的脊线位置则稳定维持在 $14^{\circ}\sim 17^{\circ}\text{N}$ (图 12)。由于缺少季节性北推的动力和热力条件,导致西太副高位置变化不大,由冬季的相对气候态异常偏北转为春季

相对气候态偏南的特征。从春季西太副高脊线指数与前期逐月的关键海区海温指数的相关系数演变可以更加直观地看到,春季副高脊线与 3—5 月的 Niño3.4 指数相关关系最为显著,超过 0.05 显著性水平(图 13b)。也就是说,当春季赤道中东太平洋海温异常偏暖时,相对应的西太暖池偏冷,对流不活跃,西太副高位置容易偏南,从而易导致我国南方降水出现东多西少的异常空间型。

与此同时,春季热带印度洋海温也持续偏暖(图 11a),IOBM 指数(Chambers et al, 1999)自 2018 年 11 月开始转为正距平(图 11b)。有研究表明,热带印度洋海温偏暖(偏冷)通常滞后于 El Niño (La Niña)事件大约 3~4 个月(Lau and Nath, 2003; Yang et al, 2007),印度洋暖海温的发展通过

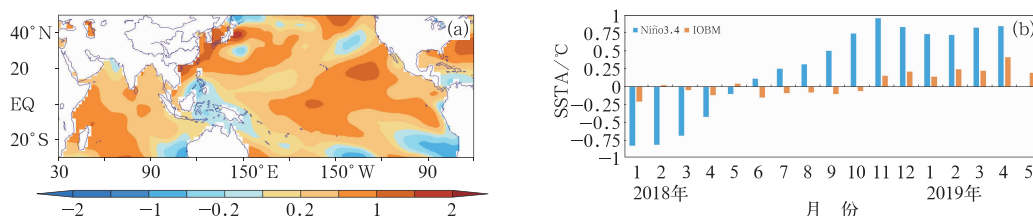


图 11 2019 年春季全球海温距平场分布(a,单位: $^{\circ}\text{C}$)和 Niño3.4 与 IOBM 海温指数的逐月变化(b)

Fig. 11 (a) Distribution of the global sea surface temperature anomaly (unit: $^{\circ}\text{C}$), (b) time series of the monthly Niño3.4 and IOBM indices in MAM 2019

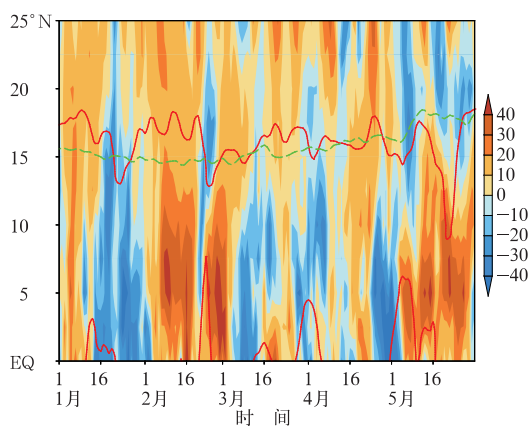


图 12 2019 年 1—5 月西北太平洋地区($110^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$)对外长波辐射距平(阴影,单位: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)和西太副高脊线(10°N 以北的红实线,绿色虚线为气候平均值)的纬度-时间剖面图

Fig. 12 Latitude-time section of OLR anomaly (shaded area, unit: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) and WPSH ridgeline (red line; north of 10°N ; green dashed line; climatic mean) from January to May 2019

Matsuno-Gill 响应(Matsuno, 1966; Gill, 1980)激发 Kelvin 波,在孟加拉湾和南海分别产生异常的反气旋环流,该反气旋环流有利于西太副高的加强西伸(Yuan et al, 2012)。2019 年春季的低纬度大气环流系统表现出对热带海温异常的显著响应,孟加拉湾和南海地区均存在较为明显的反气旋性异常环流(图 8),有利于西太副高在春季持续偏强偏西。春季西太副高强度指数与前期逐月热带海温指数的相关也可以看到,随着时间的演变,春季 3—5 月 IOBM 指数与副高强度指数的正相关关系最为显著,超过 0.01 的显著性水平(图 13a)。由于副高强度和西伸脊点本身具有高相关性(刘芸芸等, 2012),副高的西伸脊点指数与热带海温指数的相关与前者类似(图略)。即春季热带印度洋海盆整体偏暖时,西太副高容易偏强偏西。同时也注意到,相比热带印度洋海温异常,赤道中东太平洋的暖海温异常对西太副高强度的影响在逐渐减弱,表明在 El Niño 衰减年的春季,热带印度洋海温的增暖对西太副高

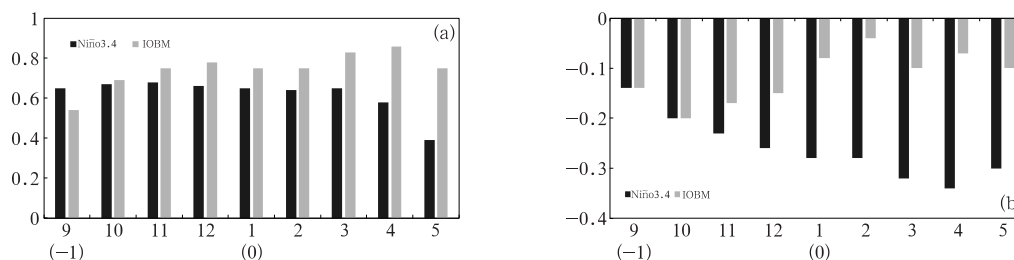


图 13 1981—2019 年春季西太副高强度指数(a)和脊线指数(b)分别与 Niño3.4 指数、IOBM 指数的线性相关

(相关系数 0.31 达到 0.05 显著性水平;横坐标中的(-1)表示超前一年,(0)表示同一年)

Fig. 13 Correlation coefficients between the MAM WPSH indices and tropical monthly SST indices during 1981–2019

(Correlation coefficients exceeding 0.31 reach the significant level of 0.05; (-1) in the x axis indicates one year in advance, and (0) indicates the same year)

持续偏强偏西起到更加重要的作用。这与先前的研究结果也是一致的(Xie et al, 2009; Liu et al, 2013;袁媛等,2014;He and Zhou, 2015)。

4 结论和讨论

本文利用中国站点降水和气温资料、NCEP/NCAR 再分析资料和观测的海温资料,总结了 2019 年春季(3—5 月)我国主要气候异常特征,并分析了导致我国降水区域差异显著的可能成因。主要结论如下:

2019 年春季,全国平均气温为 11.5℃,为 1961 年以来历史同期第四位;全国平均降水量为 148.7 mm,接近常年同期,但旱涝空间的差异显著。东北、西北地区东部和华南降水显著偏多,而黄淮、江淮及西南地区南部降水却异常偏少,其中云南地区降水量为历史同期最少。气温偏高和降水空间分布不均导致旱涝灾害并重。季内气候变化显著,这是春季作为东亚冬季风环流向夏季风环流的转换期所特有的表现。春季(尤其是 3—4 月)全国大部地区气温偏高受到中纬度乌拉尔山至贝加尔湖环流型的明显影响。

低纬度大气环流表现出对热带海温异常的显著响应,西太副高异常偏强、偏西及偏南的特征基本决定了我国春季降水异常的分布型,其强度和位置不仅能够直接影响南方降水东多西少的分布,同时也通过与中高纬异常环流系统间的相互作用影响我国北方降水异常的格局。进一步分析热带海温外强迫的影响显示,在 El Niño 衰减年的春季,热带印度洋

海温的增暖对西太副高持续偏强偏西起到更加重要的作用,而 El Niño 事件对西太副高强度的影响在春季逐渐减弱,更多地表现出对西太副高南北位置的影响。

另外,还有研究指出,ENSO 事件还对我国云南春季降水具有显著影响(杨亚力等,2011),El Niño 年孟加拉湾出现明显的反气旋式环流异常,使得对云南地区的水汽输送减弱,导致云南大部地区春季降水偏少。这与 2019 春季的大气环流异常特征非常吻合,也从一定程度上说明 2019 年春季大气环流对 El Niño 事件的响应是显著的。

参考文献

- 陈红,2017. 欧亚大陆积雪对我国春季气候可预报性的影响[J]. 大气科学,41(4):727-738. Chen H,2017. Impacts of Eurasian snow condition on spring climate predictability over China by a global climate model[J]. Chin J Atmos Sci,41(4):727-738(in Chinese).
- 陈丽娟,袁媛,杨明珠,等,2013. 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,24(5):521-532. Chen L J, Yuan Y, Yang M Z, et al,2013. A review of physical mechanisms of the global SSTA impact on EASM[J]. J Appl Meteor Sci,24(5):521-532(in Chinese).
- 龚志强,宋文玲,王东阡,等,2017. 2017 年春季我国主要气候特征及其成因分析[J]. 气象,43(10):1296-1301. Gong Z Q, Song W L, Wang D Q, et al,2017. Features and causes for the climate anomalies in spring 2017[J]. Meteor Mon,43(10):1296-1301(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).
- 顾伟宗,陈海山,孙照渤,2006. 华北春季降水机理及其与前期印度洋海温的关系[J]. 南京气象学院学报,29(4):484-490. Gu W Z, Chen H S, Sun Z B, 2006. Spring precipitation in North China and its relation to SST of Indian Ocean in the preceding winter [J]. J Nanjing Institute Meteor, 29(4):484-490(in Chinese).
- 刘芸芸,李维京,艾婉秀,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 North Pacific subtropical high indices [J]. J Appl Meteor Sci, 23(4):414-423(in Chinese).
- 邵娜,柳艳菊,李多,等,2015. 2015年春季我国主要气候特征及其成因分析[J]. 气象,41(10):1292-1297. Shao X, Liu Y J, Li D, et al, 2015. Main characteristics and possible causes for the climate in China in spring 2015 [J]. Meteor Mon, 41(10):1292-1297(in Chinese).
- 邵娜,柳艳菊,孙丞虎,等,2016. 2016年春季我国主要气候特征及其成因分析[J]. 气象,42(10):1278-1282. Shao X, Liu Y J, Sun C H et al, 2016. Main characteristics and possible causes for the climate in China during the spring of 2016 [J]. Meteor Mon, 42(10):1278-1282(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).
- 王林,陈文,冯瑞权,等,2011. 北太平洋涛动的季节演变及其与我国冬春气候异常的联系[J]. 大气科学,35(3):393-402. Wang L, Chen W, Fong S, et al, 2011. The seasonal march of the North Pacific Oscillation and its association with the interannual variations of China's climate in boreal winter and spring [J]. Chin J Atmos Sci, 35(3):393-402(in Chinese).
- 王群英,龚道溢,1999. 华北降水资源的变化及其与厄尔尼诺的关系[J]. 自然资源科学,14(2):103-108. Wang Q Y, Gong D Y, 1999. Variation of rainfall over North China and its possible connection to El Niño [J]. J Natrual Res, 14(2):103-108(in Chinese).
- 王遵娅,柳艳菊,丁婷,等,2018. 2018年春季气候异常及可能成因分析[J]. 气象,44(10):1360-1369. Wang Z Y, Liu Y J, Ding T, et al, 2018. Features and possible causes for the climate anomalies in spring 2018 [J]. Meteor Mon, 44(10):1360-1369(in Chinese).
- 杨亚力,杜岩,陈海山,等,2011. ENSO事件对云南及临近地区春末初夏降水的影响[J]. 大气科学,35(4):729-738. Yang Y L, Du Y, Chen H S, et al, 2011. Influence of ENSO event on rainfall anomaly over Yunnan Province and its neighboring regions during late spring-early summer [J]. Chin J Atmos Sci, 35(4):729-738(in Chinese).
- 袁媛,柳艳菊,王艳姣,等,2014. 2014年春季我国主要气候特征及成因简析[J]. 气象,40(10):1279-1285. Yuan Y, Liu Y J, Wang Y J, et al, 2014. Main characteristics and possible causes for the climate anomalies in spring 2014 [J]. Meteor Mon, 40(10):1279-1285(in Chinese).
- 尹娜,冯娟,李建平,2013. 前冬北半球环状模对春季中国东部北方地区极端低温的影响[J]. 气象学报,71(1):96-108. Yin S, Feng J, Li J P, 2013. Influences of the preceding winter Northern Hemisphere annular mode on the spring extreme low temperature events in the north of eastern China [J]. Acta Meteor Sin, 71(1):96-108(in Chinese).
- 詹丰兴,刘芸芸,何金海,2013. 江南春季降水的准两年振荡及其与热带海温异常的关系[J]. 地理科学,33(8):1006-1013. Zhan F X, Liu Y Y, He J H, 2013. Tropospheric biennial oscillation of the precipitation over Jiangnan area in China in MAM and its relationship with the tropical SST anomaly [J]. Sci Geographica Sin, 33(8):1006-1013(in Chinese).
- 左志燕,张人禾,2012. 中国春季降水异常及其与热带太平洋海面温度和欧亚大陆积雪的联系. 大气科学,36(1):185-194. Zuo Z Y, Zhang R H, 2012. The anomalies of spring rainfall in eastern China and its relation with tropical Pacific SST and Eurasian snow [J]. Chin J Atmos Sci, 36(1):185-194(in Chinese).
- Chambers D P, Tapley B D, Stewart R H, 1999. Anomalous warming in the Indian Ocean coincident with El Niño [J]. J Geophys Res, 104:3035-3047.
- Chan J C L, 2000. Tropical cyclone activity over the western North Pacific associated with El Niño and La Niña events [J]. J Climate, 13:2960-2972.
- 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.
- Chen W, Graf H-F, Huang R H, 2000. The interannual variability of East Asian winter monsoon and its relation to the summer monsoon [J]. Adv Atmos Sci, 17(1):48-60.
- Chia H H, Ropelewski C F, 2002. The interannual variability in the genesis location of tropical cyclones in the Northwest Pacific [J]. J Climate, 15:2934-2944.
- Gill A E, 1980. Some simple solutions for heat-induced tropical circulation [J]. Quart J Roy Meteor Soc, 106(449):447-462.
- He C, Zhou T J, 2015. Decadal change of the connection between summer western North Pacific Subtropical High and tropical SST in the early 1990s [J]. Atmos Sci Lett, 16(3):253-259.
- Hu Z-Z, Kumar A, Jha B, Wang W, Huang B H, Huang B Y, 2012. An analysis of warm pool and cold tongue El Niños: Air-sea coupling processes, global influences, and recent trends [J]. Clim Dyn, 38:2017-2035.
- Huang B, Thorne P W, Banzon V F, et al, 2017. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5), Upgrades, validations, and intercomparisons [J]. J Climate, 30:8179-8205.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al, 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project [J]. Bull Amer Meteor Soc, 77:437-472.

- Lau N C, Nath M J, 2003. Atmosphere-ocean variations in the Indo-Pacific sector during ENSO episodes[J]. *J Climate*, 16(1): 3-20.
- Liu Y Y, Ding Y H, Gao H, et al, 2013. Tropospheric biennial oscillation of the western Pacific subtropical high and its relationships with the tropical SST and atmospheric circulation anomalies[J]. *Chin Sci Bull*, 58, 3664-3672.
- Liu Y Y, Hu Z-Z, Kumar A, Peng P, Collins D and Jha B, 2015. Tropospheric biennial oscillation of summer monsoon rainfall over East Asia and its association with ENSO[J]. *Clim Dyn*, 45 (7-8), 1747-1759.
- Liu Y Y, Liang P, Sun Ying, 2019. The Asian Summer Monsoon: Characteristics, Variability, Teleconnections and Projection[M]. Amsterdam: Elsevier, 237pp.
- Matsuno T, 1966. Quasi-geostrophic motions in the equatorial area [J]. *J Meteor Soc Japan*, 44(1): 25-43.
- 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.
- Tian S F, Yasunari T, 1998. Climatological aspect and mechanism of spring persistent rains over central China[J]. *J Meteor Soc Japan*, 76(1): 57-71.
- Wang B, Chan J C L, 2002. How strong ENSO events affect tropical storm activity over the western North Pacific[J]. *J Climate*, 15: 1643-1658.
- Wu R, Hu Z Z, Kirtman B P, 2003. Evolution of ENSO-related rainfall anomalies in East Asia[J]. *J Climate*, 16(22): 3742-3758.
- Wu R G, Kirtman B P, 2007. Observed relationship of spring and summer East Asian rainfall with winter and spring Eurasian snow[J]. *J Climate*, 20(7): 1285-1304.
- Wu Z W, Li X X, Li Y J, 2016. Potential Influence of Arctic Sea Ice to the interannual variation of East Asian spring precipitation. *J Climate*, 29: 2797-2813.
- Xie S P, Hu K, Hafner J, et al, 2009. Indian Ocean capacitor effect on Indo-western Pacific climate during the summer following El Niño[J]. *J Climate*, 22(3): 730-747.
- Yang S, Ding X, Zheng D, et al, 2007. Time-frequency characteristics of the relationships between tropical Indo-Pacific SSTs[J]. *Adv Atmos Sci*, 24(3): 343-359.
- Yuan Y, Yang S, Zhang Z Q, 2012. Different evolutions of the Philippine Sea anticyclone between Eastern and Central Pacific El Niño: Effects of Indian Ocean SST [J]. *J Climate*, 25 (22): 7867-7883.
- Zhang R H, Sumi A, 2002. Moisture circulation over East Asia during El Niño episode in the northern winter, spring and autumn [J]. *J Meteor Soc Japan*, 80: 213-227.

新书架

《气象科技论文写作与编辑要领》

王银平 著

该书是作者从事气象科技期刊编辑工作二十多年的经验积累与智慧结晶。书中,作者理论联系实际,以科技期刊编辑人的独特视角,指明了科技论文的写作要领、编辑要领与作者因素,剖析了提升科技期刊影响力和竞争力的编辑因素以及编辑与作者的关系,同时分析了未来我国科技期刊可持续发展可能面临的问题及相应对策,说理深入浅出,论述通俗易懂,指导实用性强。书中相关要领、观点或结论,对致力于科技论文写作的研究人员、业务技术人员和管理人员,从事科技期刊出版工作的编辑人员,以及大气科学或相关专业学生都有参考价值。

16 开 定价:55.00 元

《气温变化的不确定性分析与应用》

华维 等著

该书从气候变化不确定性的基本概念出发,较为全面地阐述了气温变化观测数据的不确定性理论、关键科学问题及

实际应用。全书分为 5 章,包括气温变化观测数据不确定性研究现状及意义、气温变化观测数据的不确定性源分析、我国及相关区域气温变化的不确定性评估、不确定性对极端冷暖年排序的影响、不确定性在历史气温场重建中的应用等方面的研究成果。本书内容丰富、资料翔实、文图并茂,可供气象、水文、资源、环境及其相关领域科技工作者参考,也可作为大气科学类研究生课程的教科书或本科高年级学生专业选修课的教学参考书。

16 开 定价:39.00 元

《气候变化与建筑节能》

李明财 著

该书从建筑运行及设计对气象的需求入手,系统介绍了气候变化对建筑能耗、节能设计气象参数及建筑气候区划等多方面影响,指出要充分考虑其影响,提出和制订适应气候变化的建筑节能对策。本书可供气象、建筑热环境及暖通空调等专业人员开展建筑节能工作参考使用。

16 开 定价:65.00 元

气象出版社网址: <http://www.qxcbs.com>, E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

联系电话:010-68408042(发行部), 010-68407021(读者服务部)

传真:010-62176428