

杨明珠,陈丽娟,2021. 2020 年秋季我国气候异常特征及成因分析[J]. 气象,47(4):499-509. Yang M Z, Chen L J, 2021. Features and possible causes of abnormal climate over China in autumn 2020[J]. Meteor Mon, 47(4):499-509(in Chinese).

2020 年秋季我国气候异常特征及成因分析*

杨明珠¹ 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,中国气象局-南京大学气候预测研究联合实验室,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: 2020 年秋季,我国气候总体呈现“暖湿”的特点,但是季节内变率很大,9 月降水“南多北少”、10 月降水“中间多南北少”,11 月降水“北多南少”。环流特征显示,秋季欧亚中高纬度总体为“两脊一槽”型,季节内波动大;西太平洋副热带高压(以下简称副高)持续偏强、偏大,西伸明显,但脊线位置的季节内变化大,9 月偏南,10 月略偏北,11 月明显偏北。外强迫信号影响分析显示,热带印度洋全区一致偏暖有利于副高持续偏强、偏大、偏西;而热带中东太平洋 El Niño 事件春季结束后于秋季进入 La Niña 状态的海温演变过程,对热带和副热带环流系统具有重要影响,有利于秋季(尤其是 10 月)副高偏北。9 月降水“南多北少”的异常分布与南海区域对流活动偏弱、偏南导致的副高偏南有关。研究显示,海温外强迫演变以及热带对流活动季内变化的共同作用导致了 2020 年秋季降水呈现出季节内变率大的特征。

关键词: 降水异常特征,西太平洋副热带高压,季节内变化,La Niña

中图分类号: P461

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2021.04.011

Features and Possible Causes of Abnormal Climate over China in Autumn 2020

YANG Mingzhu¹ CHEN Lijuan^{1,2}

1 CMA-NJU Joint Laboratory for Climate Prediction Studies, 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 autumn 2020, China's climate presented the features of “warmer and wetter” than normal. But the intra-seasonal variability was significant. The distribution of precipitation anomaly shows rainfall was more than normal in south and less than normal in northern part of China in September, and the pattern was reversed in November. The circulation of mid-high latitudes of Eurasia in autumn was in the “+ - +” EAP pattern, which also showed obvious intra-seasonal variability. The subtropical high over western Pacific (WPSH) continued to be stronger, larger and more westward, but developed southward to its climate state in September and northward in October—November. Further analysis proves that wide warming in the tropical Indian Ocean Basin was beneficial to the strong, large and westerly features of WPSH in autumn. The evolution of SST over tropical mid-east Pacific, where El Niño event ended in spring and La Niña started in autumn, had an important impact on tropical and subtropical circulations and favorable to the northward of WPSH, especially in October. Convective activity in the western Pacific warm pool

* 国家自然科学基金重点项目(41730964)、国家重点研发计划(2018YFC1506006)和国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2015CB453203)共同资助

2021 年 2 月 7 日收稿; 2021 年 3 月 19 日收修定稿

第一作者:杨明珠,主要从事气候诊断及预测研究. E-mail: yangmz@cma.gov.cn

通讯作者:陈丽娟,主要从事短期气候预测研究和应用. E-mail: chenlj@cma.gov.cn

was significantly weaker and more southward than normal, which was conducive to the southward WPSH in September. The co-action of SSTA evolution and intra-seasonal variability of tropical convective activity led to the significant intra-seasonal variability of precipitation in autumn 2020.

Key words: precipitation anomaly, western Pacific subtropical high (WPSH), intra-seasonal variability, La Niña

引 言

秋季是东亚季风区夏季风环流向冬季风环流转变的过渡期,同时也是秋收秋种的重要阶段,因此秋季的天气气候异常对我国粮食生产和人民生活安全具有重要的影响,做好秋季气候异常的诊断分析和预测工作具有重要的应用价值。进入秋季,随着东亚夏季风系统的减弱南撤,西北太平洋副热带高压(以下简称副高)南撤速度以及中高纬度冷空气的活跃程度,在不同的形势配合下,易造成我国秋季的区域性降水异常。例如华西秋雨异常、江南地区秋涝秋旱等,形成仅次于夏季的旱涝灾害(谌芸和施能,2003;齐冬梅等,2020;张顾炜等,2016)。因此加强秋季气候异常的诊断,理解不同的环流配置对秋雨异常的影响具有科学意义(贾小龙等,2008;竺夏英和宋文玲,2017;支蓉等,2018;赵俊虎和王永光,2019;孙林海和王永光,2020)。

在全球变暖的背景下,我国秋季气温总体呈现偏高的趋势,而秋季降水具有明显的多时间尺度变化特征(王春学等,2015;Zhi et al,2020)。此外,秋季气候不仅受到海温等外强迫因子的影响(谌芸和施能,2003;顾薇等,2012;韩晋平等,2013;Gu et al,2015),还受到青藏高原热源异常(陈忠明等,2001)、西太平洋暖池热含量(郑然等,2018)等因子的影响,以及中高纬度大气环流异常(Wang and Zhou,2019)、海陆之间大气质量迁移和南北涛动(周游等,2016)等的作用,因此造成秋季复杂的年际、季节内变化特征。2020年秋季,我国气候总体呈现出“暖湿”的特点,大部地区气温接近常年或偏高,其中东北北部和西藏大部偏高 1°C 以上;全国平均降水量较常年同期偏多,其中东北大部、江南北部、西南地区东部等地偏多 50% 以上。本文从2020年秋季及季内我国主要气候特征出发,通过诊断分析造成气候异常的大气环流及外强迫信号,探讨造成2020年秋季气候异常的可能成因,为今后的气候预测和服务提供参考。

1 资料和方法

本文使用1961—2020年的中国逐日气温和降水观测资料,数据来源于国家气象信息中心整编的中国地区2400个台站观测气候数据集(任芝花等,2012)。此外,本文还使用了1961—2020年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 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 水平分辨率的逐日和逐月大气环流再分析资料(Kalnay et al,1996)和美国国家海洋大气局(NOAA)提供的1982—2020年逐月海温资料(Reynolds et al,2007)。副高指数(刘芸芸等,2012)及Niño3.4区指数(Ren et al,2018)来自国家气候中心。文中部分图形出自国家气候中心开发的“气象灾害影响评估系统”及“大气环流交互诊断系统”。如无特别说明,文中的气候常年值为1981—2010年的平均值。

2 2020年秋季我国主要气候异常特征

2020年秋季(9—11月),全国平均气温(10.5°C)比常年同期(9.9°C)偏高 0.6°C (图1a)。我国大部地区气温接近常年或偏高,其中东北、华北南部、黄淮、江淮、江南东部、华南南部、西北地区中东部及内蒙古东北部、西南西部和南部、西藏等地偏高 $0.5\sim 2^{\circ}\text{C}$,黑龙江北部局地、西藏中部偏高 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$;而西南东部、江南西部、华南西北部及新疆中北部等地气温较常年偏低,其中西南东部、新疆西北部局部偏低 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ (图1b)。

全国秋季平均降水量为 135.1 mm ,较常年同期(119.8 mm)偏多 12.8% ,降水异常的空间分布差异很大(图2a),其中内蒙古东部、东北大部、江南北部、西南地区东部、华南西北部等地降水偏多2成至1倍,黑龙江西部和南部、吉林、辽宁北部偏多 $1\sim 2$ 倍,局部地区偏多2倍以上;而华北南部、黄淮

西北部、江淮北部、西北中西部及东南部、西南地区东北部和南部、西藏大部等地偏少 2~8 成,新疆南部、青海西北部、西藏西部偏少 8 成以上。按照区域平均降水量计算,东北地区偏多 118%,为 1961 年以来历史同期最多。

秋季全国平均降水量异常的季节内变化特征明显,前期偏多,中后期偏少。9 月,全国平均降水量为 88.1 mm,较常年同期(65.3 mm)偏多 34.9%,为 1961 年以来累计降水量同期最多的一年;而 10 月和 11 月,全国平均降水量分别为 30.1 和 16.9 mm,分别较常年同期偏少 16%和 11%(图略)。

秋季全国降水异常的空间分布也存在季节内变化特征。9 月降水异常空间分布为“南多北少”型(图 2b),长江以南的大部分地区及东北大部降水偏多 5 成至 2 倍,部分地区偏多 2 倍以上,其中贵州、湖南、黑龙江、吉林累计降水量为 1961 年以来同期最多;而西北南部、西藏西部、黄淮大部、华北西部和北部、西南地区西南部和东北部等地偏少 2 成至 1 倍。10 月的降水异常分布为“中间多,南北少”型(图 2c),与 9 月相比,南方异常多雨区北移,西南地区北部、长江中下游沿江地区、华南西部等地普遍偏

多 5 成至 1 倍,全国其余大部地区降水接近常年同期或偏少。11 月降水异常分布为“北多南少”型

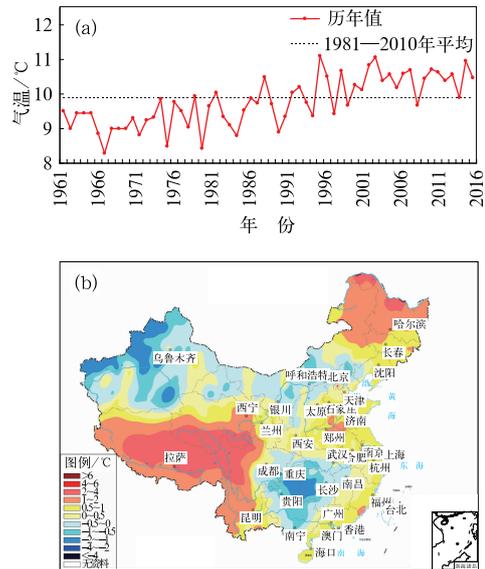


图 1 1961—2020 年秋季全国平均气温历年变化(a) 及 2020 年秋季平均气温距平分布(b)

Fig. 1 The autumn mean temperature of China during 1961—2020 (a) and distribution of temperature anomalies in autumn 2020 (b)

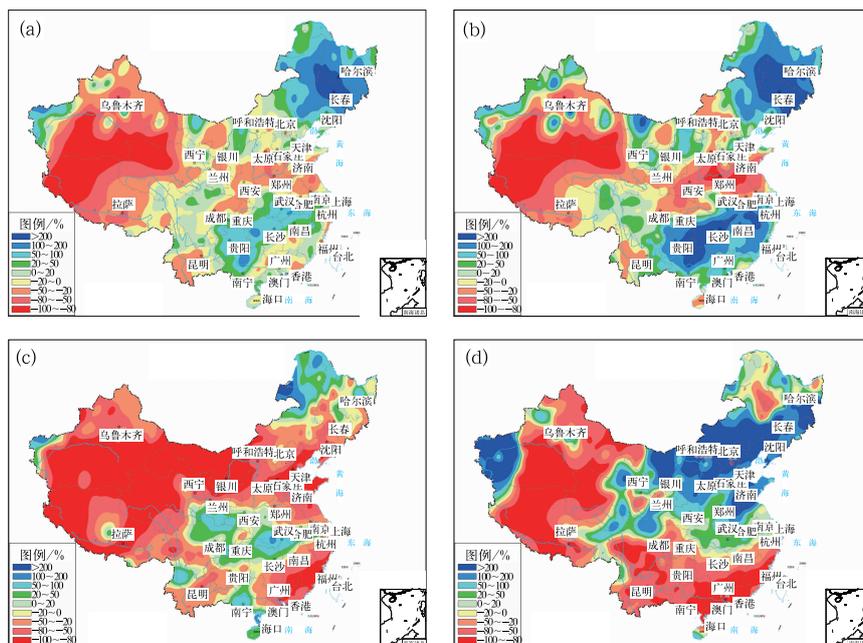


图 2 2020 年秋季降水距平百分率分布图

(a) 秋季, (b) 9 月, (c) 10 月, (d) 11 月

Fig. 2 Distribution of precipitation anomaly percentage in 2020

(a) autumn, (b) September, (c) October, (d) November

(图 2d),其中内蒙古大部、东北南部、华北北部、西北东部、黄淮等地偏多 5 成以上;而华南大部、江南东南部、西南南部、西藏中部、新疆南部等地偏少 8 成以上。秋季内 9 月降水的气候值占秋季降水的比例最高,除江南西部地区为 30%左右外,其余地区占比普遍为 50%~70%(图略),因此 9 月降水异常的变化特征基本确定了秋季降水异常的特征,但是 2020 年季节内降水异常的变率较大,所以秋季降水异常的空间分布呈现“插花式”分布,从南向北为“少—多—少—多”的空间型(图 2a)。

根据行标对华西秋雨监测的定义(全国气候与气候变化标准化技术委员会,2019),2020 年华西秋雨平均降水量为 222.2 mm,比常年(202.8 mm)偏

多 9.6%。华西秋雨监测区南区(包括湖北西部、湖南西部、重庆、四川东部、贵州北部以及陕西南部)于 9 月 9 日进入秋雨季,与气候值(9 月 9 日)持平;结束日期较常年偏晚 26 d;秋雨期共计 78 d,较气候值(52 d)偏长 26 d;累积降水量偏多 39.8%。华西秋雨北区(包括陕西南部大部、宁夏南部和甘肃南部)于 10 月 1 日进入秋雨季,较常年(9 月 8 日)偏晚 23 d,结束日期偏晚 18 d,秋雨期共计 30 d,较气候值(35 d)偏短 5 d,累积降水量偏少 52.7%。即 2020 年华西秋雨总体表现为雨期较气候值偏长、秋雨量略偏多的特征,其中南区雨期偏长、秋雨偏强而北区雨期偏短、秋雨偏弱(表 1)。

表 1 2020 年华西秋雨指数特征

Table 1 Indices of autumn rainfall in West China of 2020

| | 开始时间(气候值) | 结束时间(气候值) | 持续时间(气候值)/d | 秋雨量(气候值)/mm |
|----|-------------------|----------------------|-------------|--------------|
| 北区 | 10 月 1 日(9 月 8 日) | 10 月 31 日(10 月 13 日) | 30(35) | 64.6(136.5) |
| 南区 | 9 月 9 日(9 月 9 日) | 11 月 26 日(10 月 31 日) | 78(52) | 257.3(184.4) |
| 总体 | 9 月 9 日(8 月 31 日) | 11 月 26 日(11 月 1 日) | 78(62) | 222.2(202.8) |

3 2020 年秋季气候异常成因分析

以上分析显示 2020 年秋季,我国气候总体呈现出“暖湿”的特点,秋季降水异常的空间分布呈现“插花式”分布,长江中游和下游、西南地区东南部以及东北地区明显偏多,但华北南部、黄淮西北部、江淮北部以及江南西南部、华南北部降水偏少。降水量和降水异常空间分布的季节内变化特征很显著,9 月全国平均降水量为 1961 年以来同期最多,长江以南地区和东北地区显著偏多;而 10—11 月多雨带明显北移。下文对造成 2020 年秋季和季内降水异常的大气环流及海温强迫等特征进行分析。

3.1 大气环流异常特征

大气环流异常是造成我国秋季气候异常的直接原因。从秋季平均的 500 hPa 高度场及距平场上可以看出(图 3a),欧亚高纬度高度场偏强,欧亚中纬度为弱的“两脊一槽”型,乌拉尔山以西为高压脊,巴尔喀什湖以西的邻近地区为槽区,贝加尔湖—东北亚的大部地区高度场偏高,该形势有利于西路冷空气活动,但是势力总体较弱。低纬度地区高度场总

体偏强,副高偏强,副高体内有两个中心,其中西段西伸明显。由副高特征量的标准化序列演变(图 4)可见,2020 年秋季,副高强度和面积均为 1961 年以来第二位,西伸脊点位置偏西程度为 1961 年以来第四位,脊线位置较常年略偏北。850 hPa 距平风场显示(图 5a)在中南半岛和南海南部地区以及菲律宾以东地区为两个气旋性环流距平区,前者气旋性环流北部的偏东南风距平,有利于引导副高西段外围来自南海的水汽向西南地区东部和长江流域输送,造成华西秋雨区的南区、长江沿线和江南地区降水偏多;后者气旋性环流北部的偏东南风将西北太平洋的水汽输送至东北区域,造成我国东北地区和内蒙古东部降水显著偏多。水汽输送通量距平矢量(图 6a)也证实了这两个特征。

大气环流和水汽输送特征均存在明显的季节内变化。9 月,北极涛动为正位相,巴尔喀什湖附近为槽区,东亚自北向南为“+—+”的 EAP 正位相波列(Huang,1992),鄂霍次克海附近为高压脊,我国河套、华北大部至江淮地区为槽区,易引导中西路冷空气南下。副高面积偏大,强度偏强,西伸脊点偏西,脊线位置(24°N)较常年偏南 2 个纬度。副高体断裂为东西两段,其中西段副高体位于长江以南区域

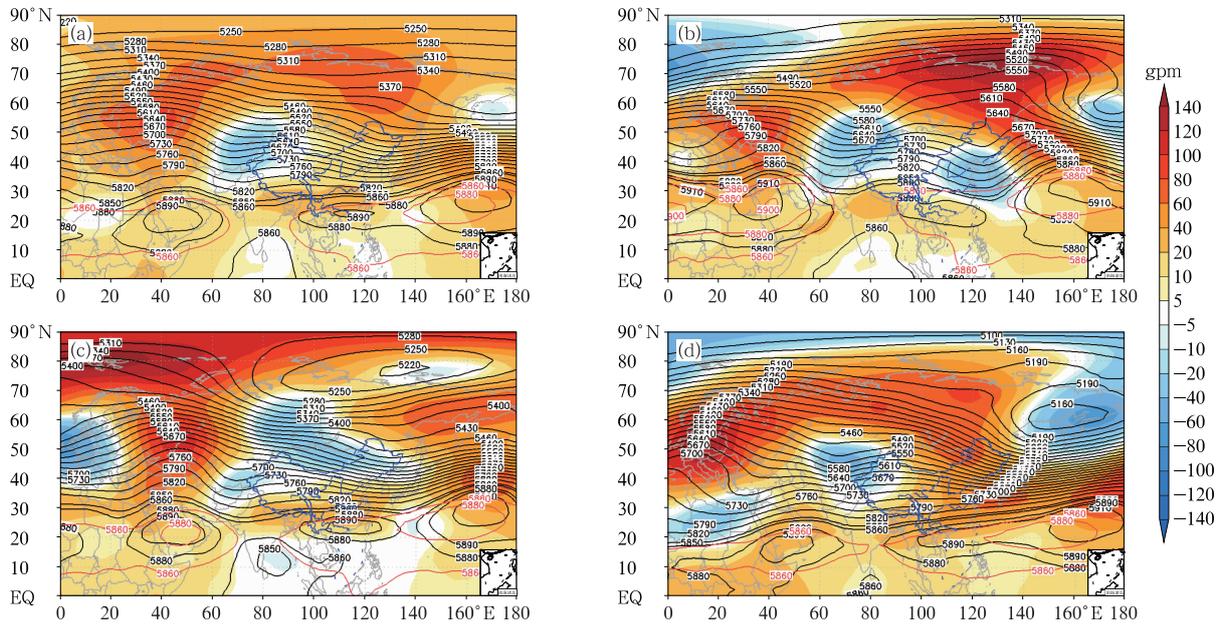


图 3 2020 年秋季 500 hPa 位势高度(等高线)及距平场(填色)
 (a)秋季,(b)9月,(c)10月,(d)11月
 (红色等高线为气候平均的 5880 gpm 线)

Fig. 3 The 500 hPa geopotential height (contours) and anomalies (colored) in 2020
 (a) autumn, (b) September, (c) October, (d) November
 (Red contours stand for the climatological 5880 gpm contours)

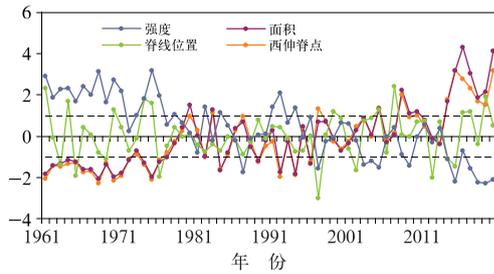


图 4 秋季副高特征指数标准化序列
 Fig. 4 Standard time series of WPSH indices in autumn of 1961-2020

(图 3b)。菲律宾及其周边地区 850 hPa 距平风场为显著的反气旋性环流(图 5b),可引导来自西太平洋—南海—孟加拉湾的暖湿水汽向我国西南地区东部、华南大部、江南等地输送,江淮地区至华北的槽区形成气旋性环流距平,异常气旋性环流的西侧为偏西北气流,与暖湿气流在长江及其以南地区交汇,形成持续的降水带(6b)。此外,9月初台风美莎克、海神北上到达东北地区,带来严重大风和暴雨影响,多地日降水量突破当地 9 月历史极值,也造成东北地区 9 月降水异常偏多(王海平和许映龙,2020)。

10 月(图 3c),欧亚中高纬度环流有一定调整,

中纬度为“两脊一槽”型,乌拉尔山上中旬阻塞高压活跃,贝加尔湖至我国东北上空为槽区,东北亚高度场偏强,东亚槽偏弱。副高强度偏强,仍然分为东西两段,西段偏西,脊线位置(24°N)与 9 月基本持平,但是较 10 月气候值偏北 1~2 个纬距,东段脊线位置偏东偏北(聂高臻和高栓柱,2021)。850 hPa 距平风场显示在南海和中南半岛地区为气旋性距平环流。西段副高引导的来自南海的水汽主要输送到西南地区东部、西北地区南部和长江流域,北方水汽条件差(图 6c)。与 9 月相比,10 月水汽通量矢量和辐合的异常量值明显减弱。

11 月(图 3d),欧亚中高纬位势高度为正距平,巴尔喀什湖地区为负距平,东亚槽偏东,中高纬度的冷空气南下强度减弱。副高偏强,西伸明显,脊线位置(21.9°N)较常年(19.7°N)明显偏北,为 1981 年来最偏北的一年。850 hPa 距平风场显示南海地区为弱的气旋性环流距平,其北部为偏东风距平(图 5d),偏强偏北的副高将西北太平洋和南海丰沛的水汽引导到长江以北的地区(图 6d),配合 4 次冷空气活动过程,造成了 11 月降水“北多南少”的空间分布。

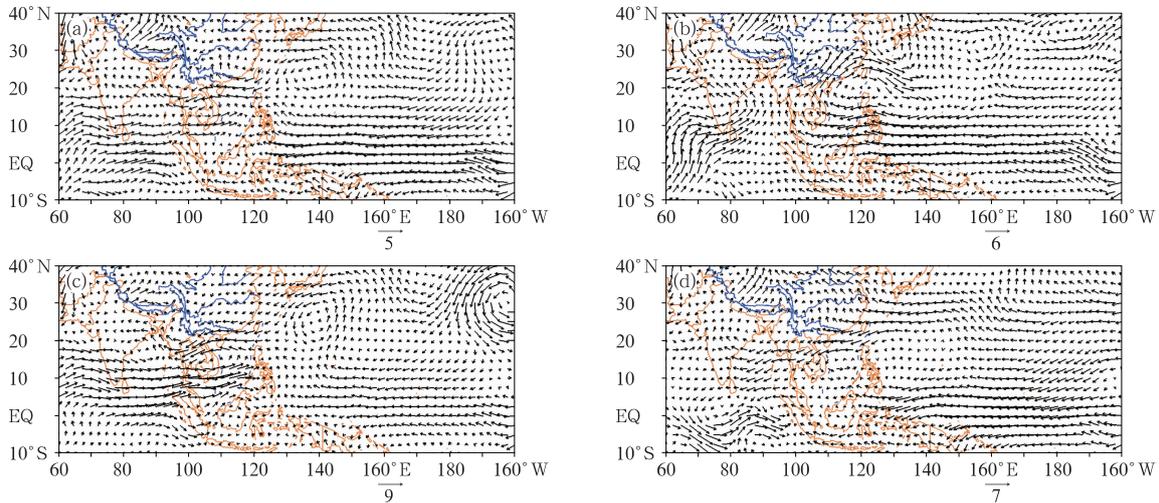


图 5 2020 年秋季 850 hPa 距平风场分布(箭头,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a) 秋季, (b) 9 月, (c) 10 月, (d) 11 月

Fig. 5 The 850 hPa wind anomaly fields (arrows, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) in 2020

(a) autumn, (b) September, (c) October, (d) November

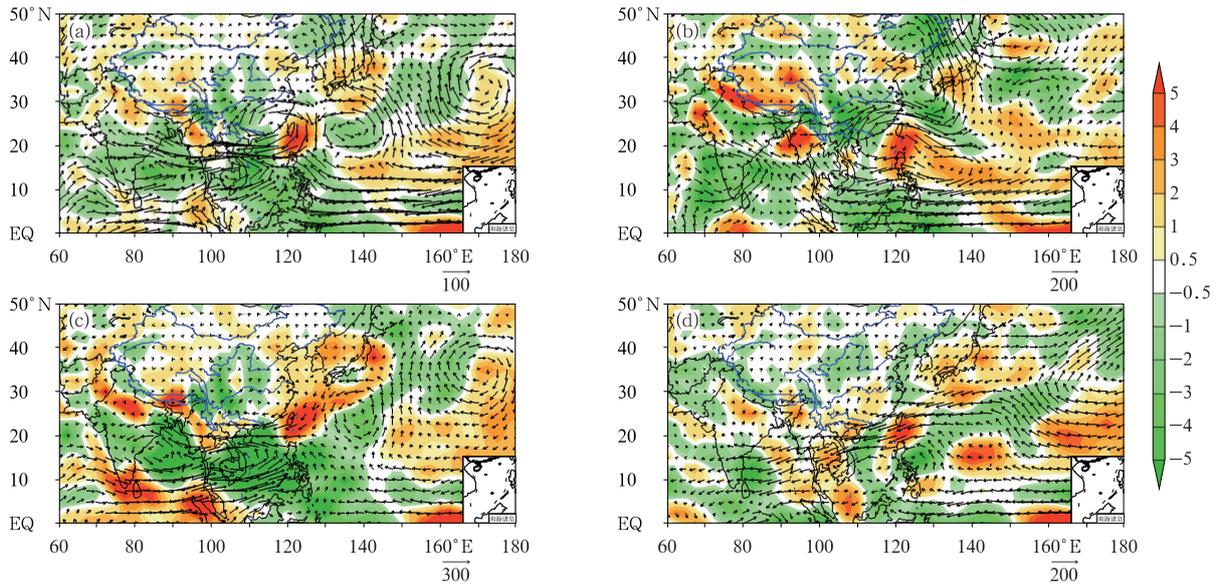


图 6 2020 年整层积分水汽输送通量距平(箭头,单位: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)及水汽输送通量散度距平场(填色,单位: $10^{-5} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

(a) 秋季, (b) 9 月, (c) 10 月, (d) 11 月

Fig. 6 Anomalies of moisture flux (arrows, unit: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$) and divergence (colored, unit: $10^{-5} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) integrated from 1000 hPa to 300 hPa in 2020

(a) autumn, (b) September, (c) October, (d) November

3.2 海温异常及演变的可能影响

研究表明,热带太平洋和印度洋海温异常是影响我国秋季降水的重要外强迫因子(谌芸和施能, 2003; 刘宣飞和袁慧珍, 2006; 韩晋平等, 2013)。热

带印度洋海温一致型模态(IOBW)正位相有利于西太副高偏强、面积偏大、西伸明显(Yang et al, 2007)。在 El Niño/La Niña 年,我国秋季降水易出现南多北少/北多南少的异常分布特征(刘宣飞和袁慧珍, 2006)。热带太平洋海温分布状态与我国南方

秋季降水密切相关,当东太平洋偏暖、西太平洋偏冷时,中南半岛至我国东部为显著的偏南风,加强了我国南方的水汽输送和上升运动,导致我国南方降水偏多;反之我国南方降水偏少(Gu et al,2015)。

监测显示,2019 年 10 月开始的中等强度的中部型 El Niño 事件于 2020 年 5 月结束,赤道中东太平洋海表温度(SST)迅速降低,SSTA 负值范围逐步西扩,Niño3.4 区海温指数 8 月为 -0.62°C ,进入 La Niña 状态,随后于秋冬季达到盛期。热带大气表现出对中东太平洋 La Niña 的响应,南方涛动指数(SOI)自 7 月以来持续为正值,8 月达到 1.28,此后持续正位相。2020 年 8—11 月沃克环流距平场显示(图略),在日界线附近及以东区域持续为明显的下沉运动,而在 $100^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 为明显的上升运动,无论是 SOI 指数还是沃克环流特征均显示,夏季中后期开始,热带大气对 La Niña 状态已经响应。此外,2020 年热带印度洋持续偏暖,IOBW 持续为正位相。2020 年夏秋季副高偏强和西伸显示出对 IOBW 持续正位相的响应。

但是 2020 年秋季,我国东部雨带呈现出“少-多-少-多”的复杂空间型特征,这与以往 La Niña 影响下我国东部降水易出现“北多南少”的分布不吻合,那么 2020 年秋季和季内变化是否受到 La Niña 事件的影响? 大气环流和东亚气候对海洋的响应是否滞后? 是否还有其他因子的作用? 都值得进一步

研究。

为了进一步分析 2020 年秋季气候和历史上具有相似海洋演变年份的异同点,根据 2020 年赤道中东太平洋 SSTA 的演变特征;即春季 El Niño 事件结束后,夏季为近中性,夏秋季进入 La Niña 状态,以 Niño3.4 指数为标准选择 1981 年以来的相似年,共计 7 年:1983、1988、1995、1998、2007、2010 和 2016 年(图 7)。

对相似年秋季 500 hPa 位势高度距平场进行合成。秋季(图 8a),在欧亚中高纬度为“两槽一脊”的

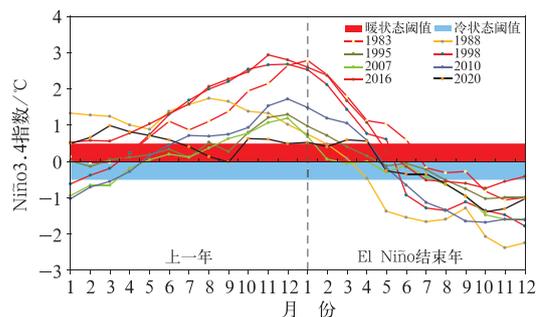


图 7 El Niño 事件春季结束、夏秋季进入 La Niña 状态的相似年 Niño3.4 海温指数逐月序列(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig. 7 Monthly Niño3.4 index series (unit: $^{\circ}\text{C}$) of the similar SSTA evolution years of El Niño event ending in spring and La Niña state starting in summer and autumn

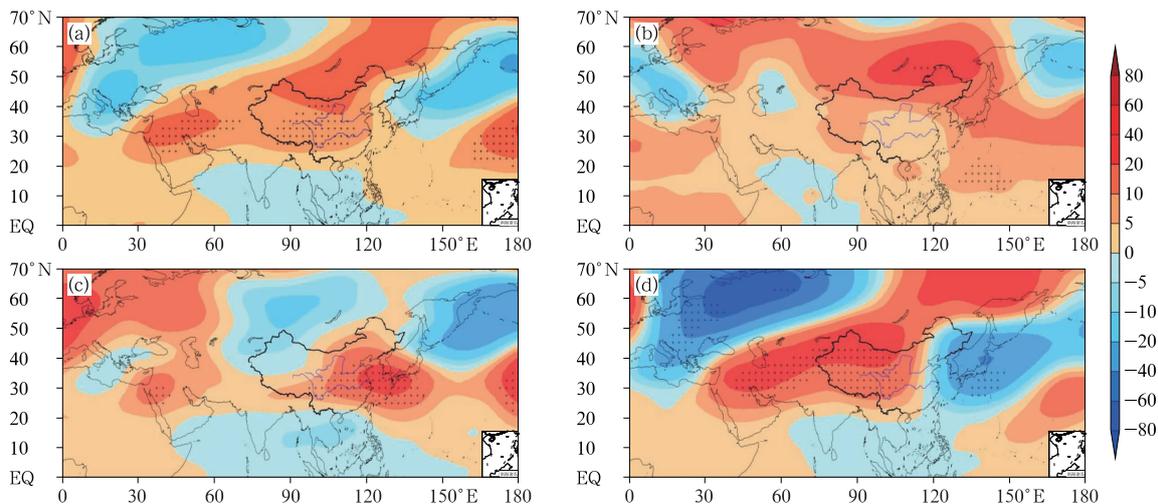


图 8 相似年秋季 500 hPa 位势高度(等高线)及距平场(填色)合成 (a)秋季,(b)9 月,(c)10 月,(d)11 月

(黑点为通过 0.05 显著性水平检验区域,单位: gpm)

Fig. 8 Composite distribution of 500 hPa geopotential height (contours) and anomalies (colored) for similar years based on SSTA evolution (a) autumn, (b) September, (c) October, (d) November

(Black dots denote the grid having passed the significance test at the 0.05 level, unit: gpm)

分布,贝加尔湖上空为高度场正距平。我国大部上空高度场偏高,通过 0.05 的显著性水平检验;副高偏强偏北,孟加拉湾位势高度场偏低,印缅槽偏强。9 月(图 8b),欧亚中高纬度大部高度场偏高,尤其是贝加尔湖至东北亚地区明显偏高,通过 0.05 的显著性水平检验;副高明显偏强,印缅槽较弱。10 月(图 8c),欧亚中高纬度环流有较大调整,为“两脊一槽”型,乌拉尔山及以西地区位势高度为正距平,贝加尔湖以西至巴尔喀什湖上空为负距平区;副高偏强偏北,印缅槽显著偏强。11 月(图 8d),欧亚中高纬度调整为“两槽一脊”,巴尔喀什湖到贝加尔湖的高度场偏高,且通过显著性水平检验;副高有所减弱,印缅槽维持偏强的特征。相似年的秋季内环流演变特征显示,中高纬度环流的变率比较大,只有 10 月为“两脊一槽”型,与已有研究一致。副热带环流的变化显示了对 La Niña 事件的滞后响应。9 月副高仍然偏强,但是孟加拉湾西南区域的高度场有所降低,印缅槽出现增强趋势;10 月副高南侧强度减弱、北侧偏强,副高位置偏北,印缅槽增强;11 月副高总体明显减弱,印缅槽维持偏强的特征。

对比 2020 年和海温相似年的秋季和各月的 500 hPa 位势高度场实况(图 3 和图 8),可见 2020 年 10 月环流与相似年特征最接近,9 月差异最大,11 月次之。尤其是 2020 年 9 月东亚自北向南为“十一十”的 EAP 正位相波列,我国河套、华北大部至江淮地区为槽区,与相似年合成有很大差异。对 2020 年和相似年副高脊线统计显示(表 2),秋季副

高偏北的年份居多,占 5/8。其中 9 月副高脊线趋势性不明显,2000 年以前偏南为主,之后偏北为主;10 月副高一致偏北;11 月副高偏南居多(5/8)。而 2020 年副高 9 月偏南、10 月偏北、11 月偏北,说明副高特征对海洋状态的响应在 10 月最显著,而在 9 月和 11 月可能还受到其他因子的影响。

进一步分析海温演变相似年 850 hPa 距平风场合成,秋季(图 9a)在南海上空为气旋性异常环流,其东侧的偏南气流与副高西侧的偏南气流汇合,向我国南方地区输送丰沛的水汽,有利于我国长江以南降水偏多而华北南部和黄淮地区降水偏少(图 10a)。9 月(图 9b),菲律宾地区为反气旋性异常环流,赤道地区偏东风异常延伸至中南半岛,副高引导的南海和西太平洋水汽输送到我国南方,有利于南方降水偏多(图 10b)。10 月(图 9c),赤道西太平洋仍维持异常偏东风,但是仅延伸到菲律宾东部,

表 2 相似年秋季及 9 月、10 月、11 月副高脊线南北位置距平值(单位:°C)

Table 2 Anomalies of SHWNP ridge point index for similar years in autumn, September, October and November (unit: °C)

| 年份 | 秋季 | 9 月 | 10 月 | 11 月 |
|------|-------|-------|------|-------|
| 1983 | -0.3 | -1.03 | 1.37 | -1.13 |
| 1988 | -0.31 | -0.93 | 0.97 | -0.63 |
| 1995 | -0.70 | -1.33 | 1.17 | -1.33 |
| 1998 | 0.09 | 0.17 | 0.27 | -0.13 |
| 2007 | 2.41 | 3.07 | 1.37 | 1.17 |
| 2010 | 0.70 | 1.87 | 1.07 | -1.23 |
| 2016 | 0.86 | 0.57 | 2.07 | 0.07 |
| 2020 | 0.44 | -2.13 | 1.27 | 2.17 |

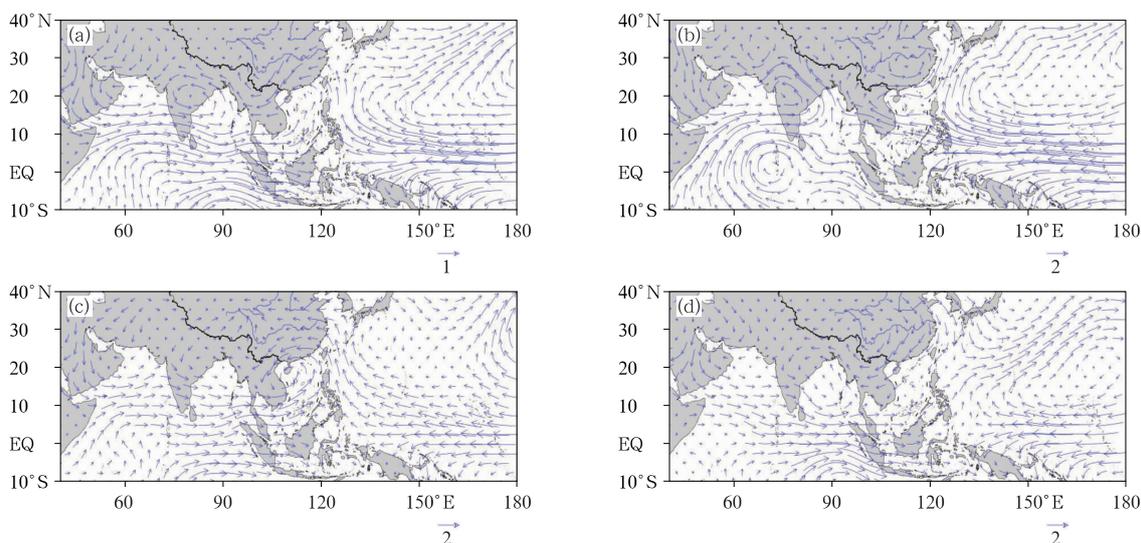


图 9 同图 5, 但为相似年秋季 850 hPa 距平风场合成(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 9 Same as Fig. 5, but for composite of 850 hPa anomaly wind fields for similar years

此时在南海海域有明显气旋性异常环流,来自南海北部偏南气流和来自西北太平洋的东南气流汇合加强后向我国长江以北输送,并向西影响到我国西南地区 and 西北南部区域,我国北方地区和西部地区降水容易偏多(图 10c)。进入 11 月(图 9d),在南海至孟加拉湾仍存在气旋性异常环流,菲律宾以东为反气旋性环流异常,热带东风南撤明显,副高减弱东退并南落,北方中高纬度系统开始活跃,来自海洋的水汽很难向我国输送,对应着我国大部区域降水减少(图 10d)。

2020 年秋季和 10 月的距平风场(图 5)与海温相似年合成(图 9a)一致,差异最大的是 9 月,其次是 11 月。2020 年 9 月(图 5b),菲律宾反气旋性环

流异常偏强西伸至南海和中南半岛,而相似年合成的反气旋性环流西端在菲律宾地区。2020 年 11 月(图 5d),菲律宾反气旋性环流与相似年合成相比已比较松散,但是南海北部的偏东风特征是一致的。监测显示 2020 年热带印度洋海温一致偏暖模式持续,有利于菲律宾反气旋特征从夏季到初秋的维持和加强。

3.3 西太平洋热带对流活动的可能影响

第 3.2 节分析显示 2020 年 9 月和海温相似年的 9 月差异较大,除了海温异常的影响外,还有热带对流的季节内变化活动的可能影响。对外长波辐射距平分布显示,9 月(图 11a),对流活跃区主要在海洋

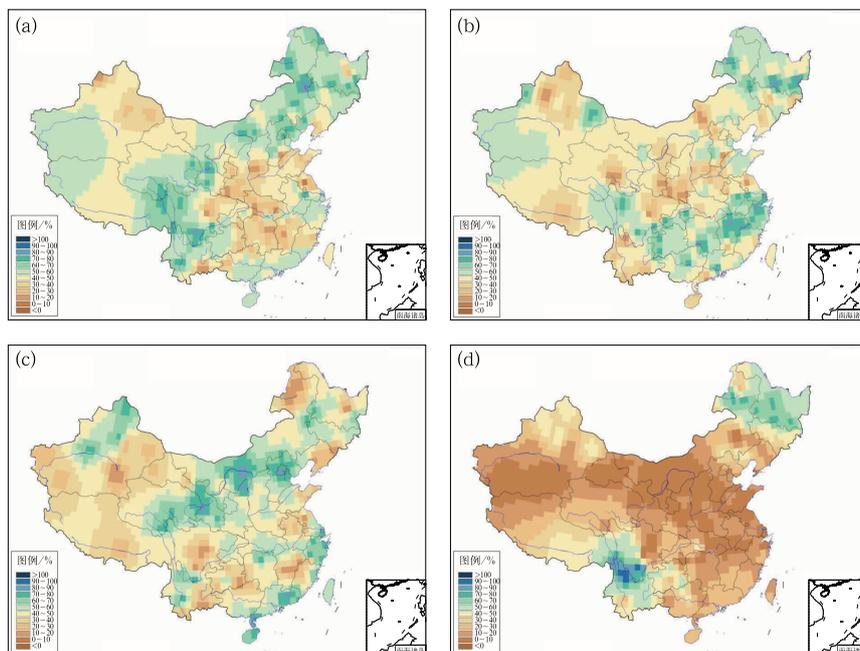


图 10 相似年秋季降水距平正距平频次合成分布
(a)秋季,(b)9月,(c)10月,(d)11月

Fig. 10 Frequency composite of precipitation positive anomalies in China for similar years
(a) autumn, (b) September, (c) October, (d) November

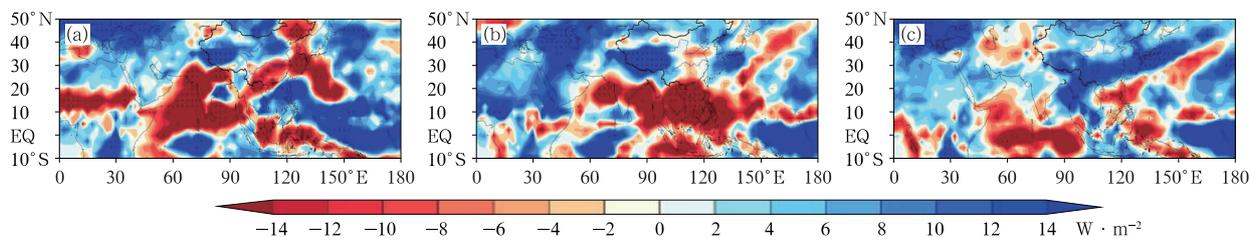


图 11 2020 年(a)9月,(b)10月,(c)11月长波辐射(OLR)距平
Fig. 11 Outgoing longwave radiation (OLR) anomalies in 2020
(a) September, (b) October, (c) November

性大陆地区,南海区域的对流活动非常弱;10月(图 11b)南海地区的对流活动增强、强对流区范围扩大到中南半岛以及菲律宾以东地区;11月(图 11c),南海大部以及菲律宾北部地区对流仍然较强。9月南海和西太平洋热带对流偏弱,强对流位置异常偏南,导致副高偏南(黄荣辉和李维京,1988;Huang and Lu,1989)。秋季是台风频发的季节,并对我国东部地区气候造成影响(Yao et al,2020),但9月,偏弱的热带对流不利于台风的形成,生成台风4个,较常年偏少(王海平和许映龙,2020),且台风生成位置偏北偏东,对副高的影响弱。而10月和11月,随着南海、菲律宾地区地区对流的大范围增强,也有利于副高向北推进。

4 结论与讨论

本文是对2020年秋季气候异常的初步分析,季内气候变率大是主要特征,主要结论有:

(1)2020年秋季,全国平均气温为 10.5°C ,比常年同期偏高 0.6°C ,青藏高原和东北地区显著偏高;全国平均降水量为 135.1mm ,较常年同期偏多 12.7% ,降水空间分布非常不均匀,长江及以南区域、西南东部地区以及东北大部和内蒙古东北部降水显著偏多,而华北南部至江淮北部、西藏大部明显偏少。华西秋雨区南区雨季持续时间长、秋季雨量偏多,北区雨季持续时间短、秋季雨量偏少;我国东部地区南北方降水出现明显的季节内变化,9月“南多北少”,10月“南北多,中间少”,11月“北多南少”。

(2)大气环流异常特征是造成2020年秋季我国气候异常的直接原因。秋季副高偏强偏大,西伸明显,但南北位置出现季节内变化。9月副高脊线明显偏南,10—11月脊线偏北。秋季欧亚中高纬度以“两脊一槽”为主要特征,同样具有明显的季内变化特征。9月偏强、偏南的副高引导南海丰沛的水汽北上,与南下的冷空气交汇在南方地区,造成长江以南地区降水异常偏多;10—11月,随着副高脊线偏北,水汽输送北移,造成我国北方降水偏多。

(3)外强迫分析显示,2020年春季热带中东太平洋 El Niño 事件结束后向秋季 La Niña 状态的转变以及印度洋 IOBW 持续正位相对热带大气有显著的影响。秋季进入 La Niña 状态,南海上空和菲律宾附近上升运动增强,沃克环流增强,热带大气对 La Niña 状态的响应明显;菲律宾地区在10月形成气旋性异常环流,与海温相似年的特征一致。

IOBW 持续正位相,利于秋季副高总体偏强、偏西。

(4)2020年9月降水呈“南多北少”的异常分布,低纬度地区的主要环流特征与海温演变相似年类似,所不同的是副高更加偏强西伸,菲律宾反气旋异常偏强,东亚为“+ - +”EAP型,造成我国南方降水显著偏多。此外,9月南海区域热带对流活动偏弱,易导致副高偏南,有利于多雨区出现在南方。

本文对1981年以来的 El Niño 事件向 La Niña 事件转变年的秋季进行了分析,季内变化特征与已有研究结论有所不同,显示了全球变暖背景下,海温对秋季降水异常影响的可能变化,中高纬度环流系统也呈现出显著的季节内变化特征,需要进一步研究高中低纬度环流的配置及其演变机理。

参考文献

- 湛芸,施能,2003.厄尔尼诺/南方涛动与我国秋季气候异常[J].热带气象学报,19(2):137-146.
- Chen Y, Shi N, 2003. El Niño/ENSO and climatic anomaly in the autumn of China[J]. J Trop Meteor, 19(2):137-146(in Chinese).
- 陈忠明,刘富明,赵平,等,2001.青藏高原地表热状况与华西秋雨[J].高原气象,20(1):94-99.
- Chen Z M, Liu F M, Zhao P, et al, 2001. Relationship between the surface heating fields over Qinghai Xizang Plateau and precipitation of Southwest China in Autumn. Plateau Meteor, 20(1):94-99(in Chinese).
- 顾薇,李维京,陈丽娟,等,2012.我国秋季降水的年际变化及与热带太平洋海温异常分布的关系[J].气候与环境研究,17(4):467-480.
- Gu W, Li W J, Chen L J, et al, 2012. Interannual variations of autumn precipitation in China and their relations to the distribution of tropical Pacific sea surface temperature[J]. Climatic Environ Res, 17(4):467-480(in Chinese).
- 韩晋平,张人禾,苏京志,2013.中国北方秋雨与热带中太平洋海表冷却的关系[J].大气科学,37(5):1059-1071.
- Han J P, Zhang R H, Su J Z, 2013. Relationship between cooling of tropical Pacific sea surface temperature and autumn precipitation in China[J]. Chin J Atmos Sci, 37(5):1059-1071(in Chinese).
- 黄荣辉,李维京,1988.夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其物理机制[J].大气科学,12(s1):107-116.
- Huang R H, Li W J, 1988. Influence of east source anomaly over the western tropical Pacific on the subtropical high over East Asia and its physical mechanism[J]. Chin J Atmos Sci, 12(s1):107-116(in Chinese).
- 贾小龙,张培群,陈丽娟,等,2008.2007年我国秋季降水异常的成因分析[J].气象,34(4):86-94.
- Jia X L, Zhang P Q, Chen L J, et al, 2008. Causality analysis of autumn rainfall anomalies in China in 2007[J]. Meteor Mon, 34(4):86-94(in Chinese).
- 刘宣飞,袁慧珍,2006. ENSO 对印度洋偶极子与中国秋季降水关系的影响[J].南京气象学院学报,29(6):762-768.
- Liu X F, Yuan H Z, 2006. Effects of ENSO on the relationship between IOD and autumn rainfall in China[J]. J Nanjing Inst Meteor, 29(6):762-768(in Chinese).

- 刘芸芸,李维京,艾锐秀,等.2012.月尺度西太平洋副热带高压指数的重建及应用.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).
- 聂高臻,高栓柱,2021.2020年10月大气环流和天气分析[J].气象,47(1):127-132. Nie G Z, Gao S Z, 2021. Analysis of the October 2020 atmospheric circulation and weather [J]. Meteor Mon, 47(1):127-132(in Chinese).
- 齐冬梅,周长艳,李跃清,等.2020.2017年秋季四川阴雨寡照特征及成因分析[J].气象,46(1):37-49. Qi D M, Zhou C Y, Li Y Q, et al. 2020. Analysis of autumn rainy and sunless characteristics and its mechanism in Sichuan in 2017 [J]. Meteor Mon, 46(1):37-49(in Chinese).
- 全国气候与气候变化标准化技术委员会,2019.中国雨季监测指标华西秋雨:QX/T 496—2019[S].北京:气象出版社. National Technical Committee 540 on Climate and Climate Change of Standardization Administration of China, 2019. Monitoring indices of rainy season in China—autumn rain of West China: QX/T 496—2019[S]. Beijing: China Meteorological Press(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].气象,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,王永光,2020.2018年秋季我国气候异常及成因分析[J].气象,46(4):566-574. Sun L H, Wang Y G, 2020. Features and possible causes of the climatic anomaly in China in autumn 2019 [J]. Meteor Mon, 46(4):566-574(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 of the climatic anomaly in China in autumn 2018 [J]. Meteor Mon, 45(4):565-576(in Chinese).
- 王春学,马振峰,王佳津,等.2015.华西秋雨准4年周期特征及其与赤道太平洋海表温度的关系[J].大气科学,39(3):643-652. Wang C X, Ma Z F, Wang J J, et al. 2015. The characteristics of Huaxi autumn rain and its relationship with sea surface temperatures over the equatorial Pacific [J]. Chin J Atmos Sci, 39(3):643-652(in Chinese).
- 王海平,许映龙,2020.2020年9月大气环流和天气分析[J].气象,46(12):1651-1656. Wang H P, Xu Y L, 2020. Analysis of the September 2020 atmospheric circulation and weather [J]. Meteor Mon, 46(12):1651-1656(in Chinese).
- 郑然,刘嘉慧敏,马振峰,2018.夏季西太平洋暖池热含量对华西秋雨的影响及可能的物理机制[J].气象学报,76(5):714-725. Zheng R, Liu J H M, Ma Z F. 2018. Impacts of the summertime warm pool in the West Pacific on Huaxi autumn rain and its possible physical mechanism [J]. Acta Meteor Sin, 76(5):714-725(in Chinese).
- 文蓉,陈丽娟,竺夏英,2018.2017年秋季我国北方地区降水异常成因分析[J].气象,44(4):572-581. Zhi R, Chen L J, Zhu X Y, 2018. Analysis of characteristics and causes of precipitation anomalies over northern China in autumn 2017 [J]. Meteor Mon, 44(4):572-581(in Chinese).
- 竺夏英,宋文玲,2017.2016年秋季中国气候特征及其可能成因[J].气象,43(4):495-500. Zhu X Y, Song W L, 2017. Features of climatic anomalies in China during the fall of 2016 and the possible causes [J]. Meteor Mon, 43(4):495-500(in Chinese).
- 周游,管兆勇,张茜,等.2016.秋季大气质量海陆间迁移与南北涛动年际变化不同位相配置及其对中国气温异常的影响[J].气象学报,74(3):367-379. Zhou Y, Guan Z Y, Zhang Q, et al. 2016. Circulation anomalies and their impacts on autumn temperature variations over China in association with different phase combinations of atmospheric mass migration between lands and oceans and inter-hemispheric oscillations [J]. Acta Meteor Sin, 74(3):367-379(in Chinese).
- 张顾炜,曾刚,倪东鸿,等.2016.西南地区秋季干旱的年代际转折及其可能原因分析[J].大气科学,40(2):311-323. Zhang G W, Zeng G, Ni D H, et al. 2016. Decadal shift of autumn drought in Southwest China and its possible causes [J]. Chin J Atmos Sci, 40(2):311-323(in Chinese).
- Gu W, Wang L, Li W, et al. 2015. Influence of the tropical Pacific east-west thermal contrast on the autumn precipitation in South China [J]. Int J Climatol, 35:1543-1555.
- Huang R H, 1992. The East Asia/Pacific pattern teleconnection of summer circulation and climate anomaly in East Asia [J]. Acta Meteor Sin, 6(1B):25-37.
- Huang R H, Lu L, 1989. Numerical simulation of the relationship between the anomaly of subtropical high over East Asia and the convective activities in the western tropical Pacific [J]. Adv Atmos Sci, 6(2):202-214.
- 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.
- Ren H L, Lj B, Wan J H, et al. 2018. Identification standard for ENSO events and its application to climate monitoring and prediction in China [J]. J Meteor Res, 32:923-936.
- Reynolds R W, Smith T M, Liu C Y, et al. 2007. Daily high-resolution-blended analysis for sea surface temperature [J]. J Climate, 20(22):5473-5496.
- Wang Z Y, Zhou B T, 2019. Observed decadal transition in trend of Autumn rainfall over central China in the late 1990s [J]. J Climate, 32:1395-1409.
- Yang M Z, Ding Y H, Li W J, et al. 2007. The leading mode of Indian Ocean SST and its impacts on Asian summer monsoon [J]. Acta Meteor Sin, 22(1):31-41.
- Yao X P, Zhao D J, Li Y, 2020. Autumn tropical cyclones over the Western North Pacific during 1949-2016: a statistical study [J]. J Meteor. Res, 34(1):150-162.
- Zhi R, Zhao J H, Zhou J, et al. 2020. Inter-decadal variation of autumn rain of west China and its relationship with atmospheric circulation and sea surface temperature anomalies [J]. Inter J Climatol, 40:5700-5713.