

洪洁莉, 郑志海, 2020. 2020 年春季我国气候特征及成因分析[J]. 气象, 46(10): 1375-1384. Hong J L, Zheng Z H, 2020. Features and possible causes for the boreal spring climate anomalies in 2020[J]. Meteor Mon, 46(10): 1375-1384(in Chinese).

2020 年春季我国气候特征及成因分析^{*}

洪洁莉 郑志海

国家气候中心, 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081

提 要: 2020 年春季(3—5 月), 全国平均气温为 11.5℃, 为 1961 年以来历史同期第五位, 全国大部地区气温接近常年同期或偏高。全国平均降水量为 137 mm, 较常年同期偏少 4%, 东部降水总体呈现“南北多中间少”的特征, 东北大部、华北东部、内蒙古东部、江南南部和华南大部降水偏多, 江淮地区降水显著偏少, 季节内变化显著。春季(尤其是 4—5 月)中高纬度呈现“两槽一脊”分布, 在对流层中层, 乌拉尔山西北地区为负高度距平中心, 贝加尔湖以西地区有很强的高度场正距平中心, 日本海上空为高度场负距平; 在对流层低层, 中国东部大部盛行偏北风, 经向度大。低纬度地区西北太平洋上空为反气旋式距平, 西太平洋副热带高压偏强偏西偏南。这种环流形势有利于水汽在东北、华北东部和内蒙古东部辐合, 降水偏多, 而对我国东部大部分地区的水汽输送则较为不利。3 月中高纬度的纬向型环流和偏强的西太平洋副热带高压的阶段性偏北有利于江南和华南降水偏多。2019/2020 年中东太平洋发生一次弱 El Niño 事件, 同时印度洋海温偏高, 对维持春季西太平洋副热带高压的偏强偏西有利。2020 年 2—3 月北大西洋偶极子海温距平与后期 4—5 月海温有较好持续性, 前期北大西洋偶极子是预测 4—5 月贝加尔湖以西阻塞高压偏强的重要外强迫因子。

关键词: 春季气候异常, 阻塞高压, 北大西洋偶极子, ENSO, 印度洋海温一致增暖

中图分类号: P461

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2020.10.011

Features and Possible Causes for the Boreal Spring Climate Anomalies in 2020

HONG Jieli ZHENG Zhihai

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

Abstract: In boreal spring 2020 (March—April—May), the average temperature in China is 11.5℃ ranking the fifth since 1961. The temperature is above or near average in most China. The mean precipitation is 137 mm, lower by 4% than climatology. The characteristic precipitation in East China is featured with enhanced precipitation in North and South China and suppressed in central China. The positive anomalies are mainly in most of Northeast, eastern North China, eastern Inner Mongolia, southern Jiangnan and most of South China. The negative is pronounced in the Jiang-Huai Region. The sub-seasonal variation of precipitation is significant. During boreal spring (mainly in April and May) in mid-high latitudes, the signal of the pattern in the upper troposphere is two troughs and one ridge which is characterized by one blockage over west Lake Baikal and two troughs located over northwest Ural Mountains and the Sea of Japan, respectively. In low troposphere northerly anomaly prevails in eastern China with strong meridional circulation. An anticyclone in low troposphere is located at Northwest Pacific Ocean while the Western-North Pacific subtropical high (WPSH) is much stronger and its ridge line is more southwestward. The water vapor

* 国家重点研发计划(2017YFC1502303)和国家自然科学基金项目(41875101、41530531、41875096、41975088 和 41575074)共同资助

2020 年 7 月 14 日收稿; 2020 年 8 月 31 日收修定稿

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

通讯作者: 郑志海, 主要从事延伸期和短期气候预测研究. E-mail: zhengzh@cma.gov.cn

is divergent over most Eastern China with deficient precipitation. In March 2020 the zonal circulation dominates mid-high latitudes of Asia and WPSH exhibits stronger and northward, resulting in positive precipitation anomaly in Jiangnan and South China. The influence of tropical SST forcing shows that the Indian Ocean Basin warming (IOBW) and West Pacific play important roles in the sustained strengthening and westward trend of WPSH in spring in the decaying 2019/2020 weak Modoki ENSO. The North Atlantic SST dipole (NASD) mode shows good spatial persistence from February—March to April—May 2020. NASD in early boreal spring can be an important predictor that impacts the mid-high latitude circulation with blocking over west Lake Baikal during April—May.

Key words: climate anomaly in boreal spring, blocking, NASD (North Atlantic SST dipole), ENSO, IOBW (Indian Ocean Basin warming)

引言

中国处于东亚季风区,冬季气候受到东亚冬季风显著影响,而夏季则东亚夏季风主导。春季是冬季环流向夏季环流的转换季节,中高纬冷空气和低纬的暖湿气流对峙博弈,容易造成气温冷暖变化快以及降水分布显著不均。春季正值我国大部地区农作物播种和生长关键期,因此春季气候异常分析对于防灾减灾有着重要意义。

春季气候复杂多变,已有研究表明不同的外强迫因子会影响我国春季降水年际变化。El Niño 作为气候系统中最显著的年际变化信号,通过中东太平洋海温异常影响菲律宾反气旋位置和强度,从而对我国冬春季以及夏季气候造成重要影响(Wang et al, 2000)。近年来不少学者发现存在与典型 ENSO 年影响不同的中部型 ENSO 事件,对我国秋冬季节(Wang and Wang, 2013)以及春季(Feng and Li, 2011)降水有着不同影响。程慧萍和贾晓静(2014)、顾伟宗等(2006)认为冬季印度洋海温偏暖使得东亚大槽偏东偏弱,有助于低层偏南气流在长江中下游及其以北至华北地区辐合造成这些地区降水偏多。邵太华和张耀存(2012)研究了冬季北大西洋涛动对中国春季降水异常的影响。You and Jia (2018)研究表明我国春季(4—5月)降水第一经验主模态主要和前冬 ENSO 中东太平洋海温信号相关,而第二模态和 3 月北大西洋海温偶极子前期信号有关。左志燕和张人禾(2012)表明中国春季降水和热带太平洋海温以及欧亚大陆积雪存在复杂关系。

很多研究工作分析了我国春季气候特征及其影响因子,但是不同年份不同外强迫因子所起到作用

不尽相同,或者在多个外强迫因子叠加作用我国春季气候尤其是降水有着复杂性(王遵娅等,2013;2018;袁媛等,2014;邵勰等,2015;2016;龚志强等,2017;刘芸芸和陈丽娟,2019)。本文将首先分析 2020 年我国春季气候特征及其相关大气环流异常,在此基础上进一步梳理春季降水异常的可能成因。

1 资料和方法

本文使用 1961 年 1 月 1 日至 2020 年 5 月 31 日全国 2 364 个台站逐日平均气温和降水资料。该资料由国家气象信息中心整编并进行了空间一致性等基本质量控制。大气环流资料采用美国 NCAR/NCEP 1981—2020 年的逐月和逐日位势高度场、风场、比湿等变量,空间分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。海表温度(SST)资料为美国 NOAA OISST V2 (Reynolds et al, 2002),空间分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$,时间尺度从 1981 年 12 月至今。向外长波辐射通量(OLR)采用美国 NOAA 逐月资料,网格为 144×73 ,分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$,资料从 1974 年 6 月开始至今。所有资料气候态时段为 1981—2010 年 30 年平均。

主要分析方法有线性相关和回归,显著性检验为 *t* 检验等(黄嘉佑,2000)。

2 2020 年春季中国气候特征

图 1 为 2020 年我国春季气温距平。如图所示,除西藏中东部、四川西部、青海南部等地气温偏低外,我国其余大部地区气温较常年同期偏高,其中新疆大部、西北地区大部、内蒙古大部、东北北部、华北、黄淮、江汉东部、江淮、江南大部等地气温偏高 1°C 以上,新疆北部和内蒙古东北部气温偏高 2°C 以

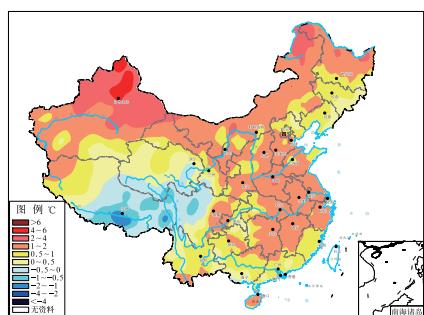


图 1 2020 年春季全国平均气温距平分布

Fig. 1 Average temperature anomalies
from March to May 2020

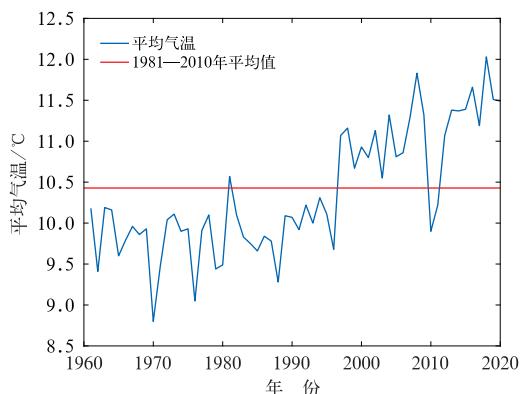


图 2 1961—2010 年全国春季平均气温历年变化

Fig. 2 Annual variation of spring mean
temperature in China during 1961–2020

上。图 2 是全国平均气温时间序列,2020 年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 , 全国平均气温从 20 世纪 90 年代后期开始, 年度际偏高特征较为明显。

图 3 为 2020 年全国整个春季以及各月降水距平百分率分布。从图 3d 可见 2020 年春季降水偏多区域主要是东北地区大部、内蒙古东部、华北东北部和南部、黄淮大部、江南南部、华南大部、西南地区北部、西藏、西北地区东部和西部局部, 其中东北地区东部局部和南部、内蒙古东部、华北西北部、黄淮东北部、西南地区北部局部、西藏中部和西部局部、西北地区西部局部等地偏多 5 成以上, 全国其余地区降水偏少。2020 年全国平均春季降水量为 137.0 mm , 较常年平均降水量(143.7 mm)偏少 6.7 mm (图 4)。总体上春季我国东部降水呈现南北两条雨带分布, 东北、华北东部、内蒙古东部、江南南部、华南大部降水偏多, 黄淮、江淮、江汉降水偏少。西部地区青藏高原和四川大部降水偏多, 西北地区大部和西南地区南部降水偏少。从春季逐月的降水距平(图 3a~3c)可以看出春季降水存在明显的季节内变化, 3 月降水偏多范围广, 东部大部地区降水偏多(图 3a), 而 4 月东部大部地区降水转为偏少(图 3b), 5 月东部呈现南北多中间少的距平分布(图 3c), 高原地区春季降水呈现持续偏多的特征。

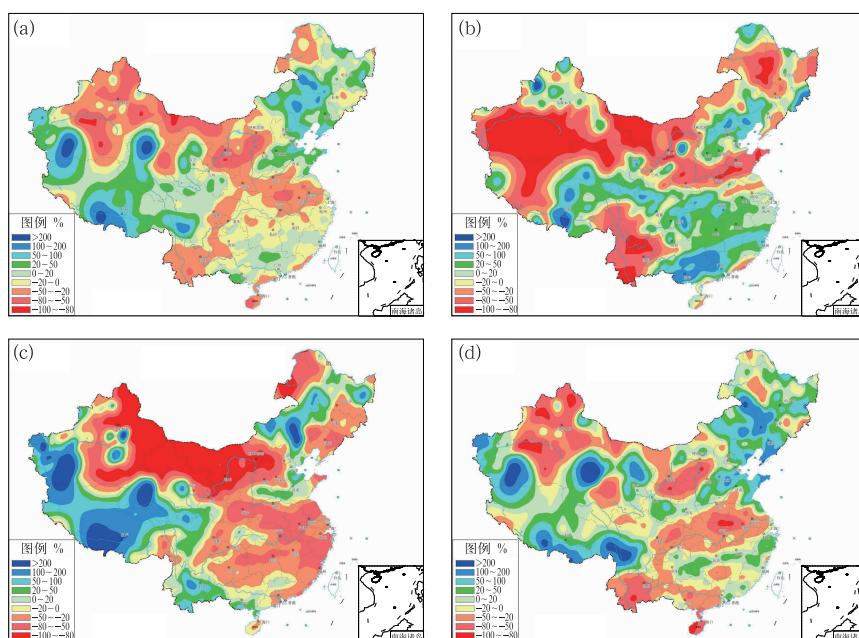


图 3 2020 年 3 月(a)、4 月(b)、5 月(c)和春季(d)全国降水距平百分率

Fig. 3 Precipitation anomaly percentage in China during March (a),
April (b), May (c) and mean of spring (d) 2020

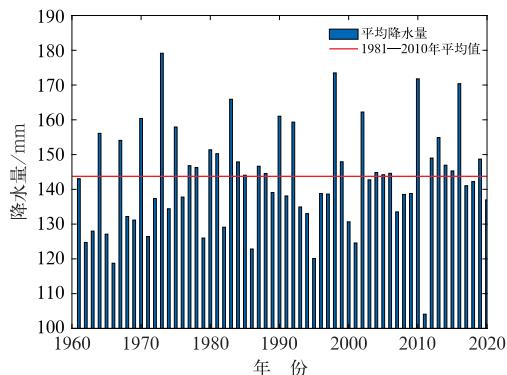


图 4 1961—2020 年全国平均
春季降水量历年变化

Fig. 4 Annual variation of spring mean precipitation in China during 1961—2020

3 2020 年我国春季环流异常特征及气候影响

大气环流异常是导致我国地面要素异常的直接

原因。从 2020 年春季北半球 500 hPa 高度距平场（图 5a）可以看出，春季中高纬度呈现“两槽一脊”型分布，在对流层中层，乌拉尔山西北地区为负高度距平，贝加尔湖以西地区有很强的高度场正距平中心，日本海上空为高度场负距平，波列特征显著。为了分析该波列的影响，选取波列中欧亚地区强距平中心（ $50^{\circ}\sim 65^{\circ}\text{N}, 80^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ ）的 500 hPa 高度场平均作为关键区，计算区域平均的高度场作为高压指数（HI），将该指数与同期春季高度距平场进行相关分析（图 5b），相关分布与 2020 年春季高度距平场实况分布非常相似，因此该指数能较好地代表中高纬度的波列特征。贝加尔湖的高度场正距平和日本海上空的高度场负距平共同作用会影响北方的水汽输送，导致华北东部到东北一带的降水偏多，而在我国东部的黄淮、江淮、江汉、江南北部等地由于受到以北风为主的控制，降水偏少。为了进一步分析贝加尔湖的高压中心以及日本海上空的低压中心对于季节内我国降水的影响，图 6a 给出了 500 hPa 高度场上高压区域（ $50^{\circ}\sim 65^{\circ}\text{N}, 80^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ ）和低压区域

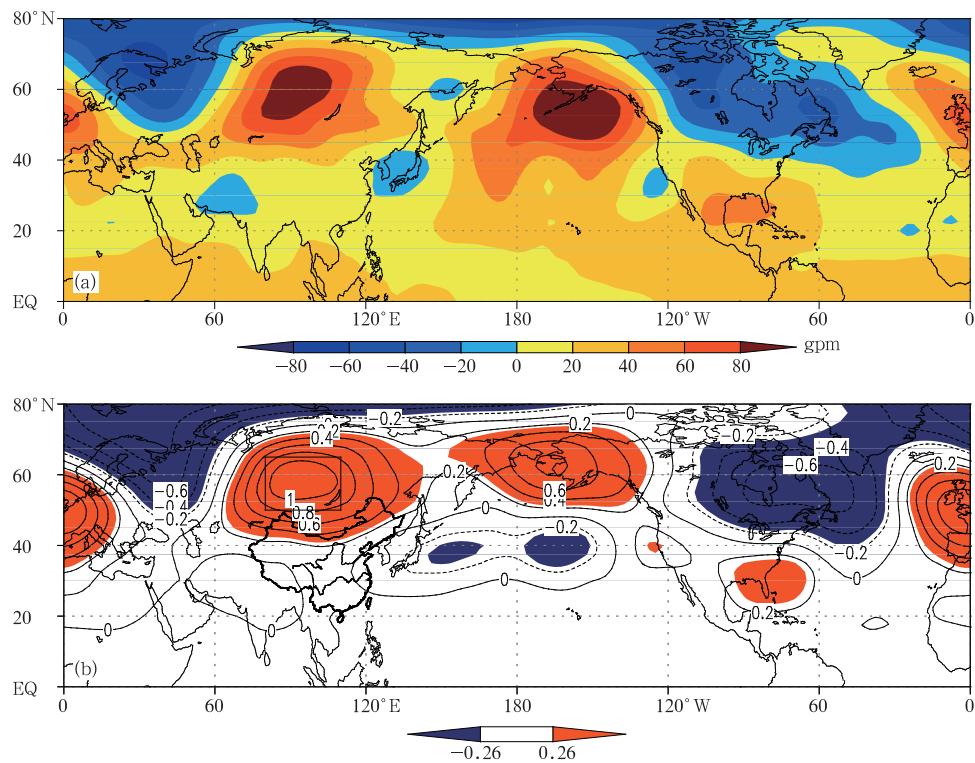


图 5 2020 年春季 500 hPa 高度距平场 (填色) (a), 高压中心指数与 500 hPa 高度场距平相关系数 (b)
(方框为高度场计算区域, 填色表示通过 0.05 显著性水平检验)

Fig. 5 The 500 hPa geopotential height anomalies during spring of 2020 (colored) (a) and correlation coefficients between hight center index and geopotential height anomalies at 500 hPa during spring (b)

[The rectangle denotes the high center area ($50^{\circ}\sim 65^{\circ}\text{N}, 80^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$); colored areas indicate exceeding the 0.05 significant level based on the t test]

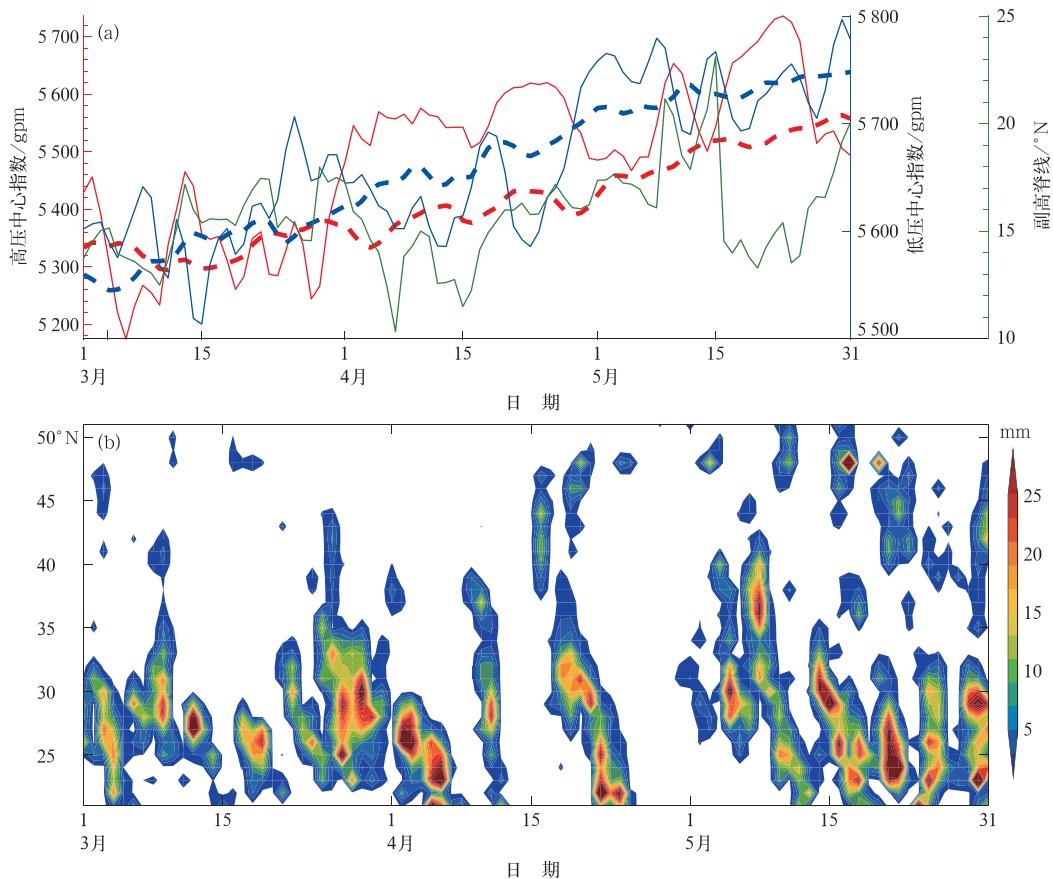


图 6 2020 年春季高压中心指数和低压中心指数以及西太副高西段($110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$)脊线逐日演变(虚线为气候态)(a)以及 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 经度平均我国东部降水演变(b)(填色)

Fig. 6 The high and low center index and WPSH ridge line ($110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$) daily evolution and their climate mean (dashed line) (a) and time latitude section of daily precipitation $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ evolution (b) (colored) in spring of 2020

($25^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}, 110^{\circ}\sim 145^{\circ}\text{E}$) 区域平均逐日演变图以及各自长期平均和西太平洋副热带高压(以下简称西太副高)西段脊线变化。可以发现高压指数和低压指数基本是反向变化,并且呈现显著的阶段性变化特征,对应于 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 经度平均我国东部逐日降水演变(图 6b)可以看出,3 月日本海上空的低压偏弱,在没有连续显著阻塞高压影响下,以纬向型环流为主,配合副高的偏强和阶段性偏北,水汽输送条件好,使得华北、东北南部以及我国南方大部降水偏多;而 4 月上旬至 5 月上旬高压指数明显持续偏高,低压指数偏低,以经向型环流为主,副高偏南,我国东部大部受到偏北风距平的控制,水汽条件较差,我国东部大部降水偏少;5 月中下旬贝加尔湖高压指数仍偏强,东部仍以降水偏少为主,但呈明显的波动特征,配合副高的持续偏强,在贝加尔湖高压减弱

阶段,副高偏北,我国江南、华南南部降水偏多。由此可见巴尔喀什湖至贝加尔湖高压中心和日本海上空低压中心的演变对我国东部春季降水的阶段性变化起到重要作用。

从低层风场和水汽辐合距平可以更加清晰表明低层水汽对降水异常的贡献。图 7 是 2020 年春季对流层低层 850 hPa 异常风场和 1515 高度场特征线以及气候态分布。由图可见在西北太平洋上空为异常反气旋环流,而在其北侧日本上空为气旋性环流。在我国中东大部低层风场是异常北风控制,经向度大,结合 2020 年春季 1515 特征线和气候态的位置清晰发现低层西太副高位置较常年偏南、偏强、偏西。图 8 为 2020 年春季整层水汽通量及其散度图距平,总体上看,偏北风偏强以及副高偏南使得我国东部大部水汽输送条件较差。

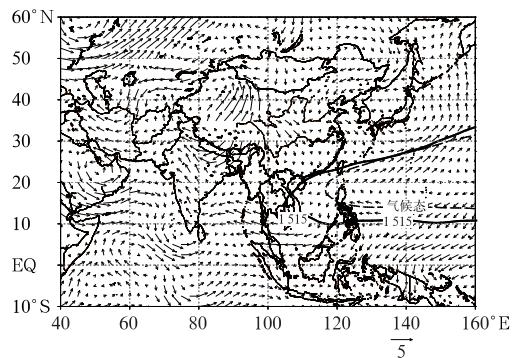


图 7 2020 年春季 850 hPa 风场距平场(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)、
1515 高度场特征线(实线)和气候态(虚线)

Fig. 7 The 850 hPa wind anomalies (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) and 1515 contour (solid line) at geopotential height spring of 2020 and climatology position (dashed line)

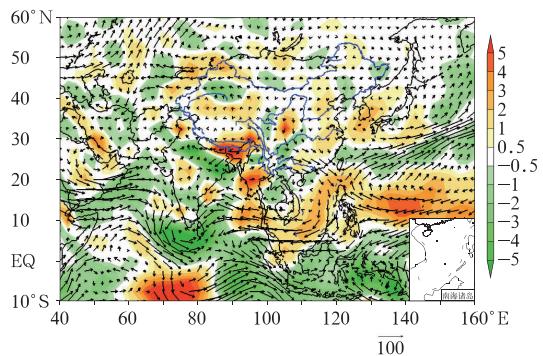


图 8 2020 年春季整层(地面至 300 hPa)
水汽通量距平场(箭头,单位: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)
及其散度场(填色,单位: $10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)
Fig. 8 Water vapor flux anomalies vertically
integrated from surface to 300 hPa (vector,
unit: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$) and its divergence
field (colored, unit: $10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

4 海温因子的可能影响

海温是影响我国春季降水年际变化的主要因子之一。从 2020 年春季全球海温距平(图 9a)可以发现赤道太平洋西部和中部海温偏高,而赤道东太平洋海温略偏低,印度洋海盆偏暖。根据国家气候中心监测表明 2019 年 11 月到 2020 年 3 月形成一次弱的中部型 El Niño 事件,与之相伴随的是热带印度洋全区一致海温模态(IOBW)指数偏强(图 10)。2020 年春季 IOBW 偏暖幅度仅次于 1998 年、2016 年和 2010 年,这 3 年均是强东部型 El Niño 衰减

年。研究表明(Feng and Li, 2011; Yuan and Yang, 2012)东部型 El Niño 事件达到峰值后一个季度印度洋海盆尺度海温偏高,而中部型 El Niño 事件衰减时春季印度洋海温没有明显偏暖。因此 2020 年春季 IOBW 异常与之前研究规律不一致。印度洋海盆尺度增暖对西太副高偏强有重要作用。Xie et al(2009)研究表明印度洋的增暖能激发暖性开尔文波动,导致西北太平洋边界层埃克曼辐散,低层的辐散能抑制对流从而在西北侧激发反气旋异常。因此 2020 年春季印度洋海盆偏暖对西太副高偏强有重要贡献。春季赤道 Walker 环流异常分析(图 9b)表明,日界线以西赤道太平洋至印度洋中东部上空为异常上升运动,在日界线以东赤道中东太平洋为异常下沉运动,显示出热带大气对赤道海温异常分布的典型响应。在 2020 年春季向外长波辐射通量(OLR)距平场(图 11)热带地区也表现相似特征,在赤道西太平洋部分地区和中太平洋附近 OLR 是负异常,表明对流活跃。同样上升运动显著地区还有海洋性大陆和热带东印度洋,OLR 在这些地区为负距平表明对流活跃,但是值得注意是此对流异常中心主要位于赤道以南区域。低纬度对流活动表现出对热带海温异常的响应。考虑到局地经圈环流对西太副高的可能影响,进一步分析了 $100^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{E}$ 经度平均经圈环流(图 12)。如图所示,在赤道以南 $10^{\circ} \sim 0^{\circ}\text{S}$ 上空有显著上升运动,而下沉支主要位于西北太平洋上空,异常下沉运动使得副高显著偏强。热带海气相互作用对西太副高的偏强有着重要贡献,这与之前研究的研究结果类似(Wang et al, 2000; 2013; Xie et al, 2009; 何超等, 2015)。

前面环流分析表明春季巴尔喀什湖至贝加尔湖的高压中心对东部降水有着重要作用,这种环流型是否与位于波列上游的大西洋海温存在一定联系。为此利用前面定义计算高压指数(4—5 月)与春季前期(2—3 月)和同期(4—5 月)北大西洋海温的相关分析(图 13a 和 13c)。相关系数图显示高压中心与前期和同期北大西洋低纬至中纬度海表温度距平“+”分布有关,并且这种相关关系在春季前期和同期海表温度距平具有稳定性。从预测角度表明在春季前期北大西洋海温距平存在这样偶极子分布时有利于后期巴尔喀什湖至贝加尔湖上空出现正高度距平。比对了 2020 年 2—3 月和 4—5 月北大西洋海温距平(图 13b, 13d), 2020 年春季前期和同期在北大西洋海温距平上表现为通过显著性水平

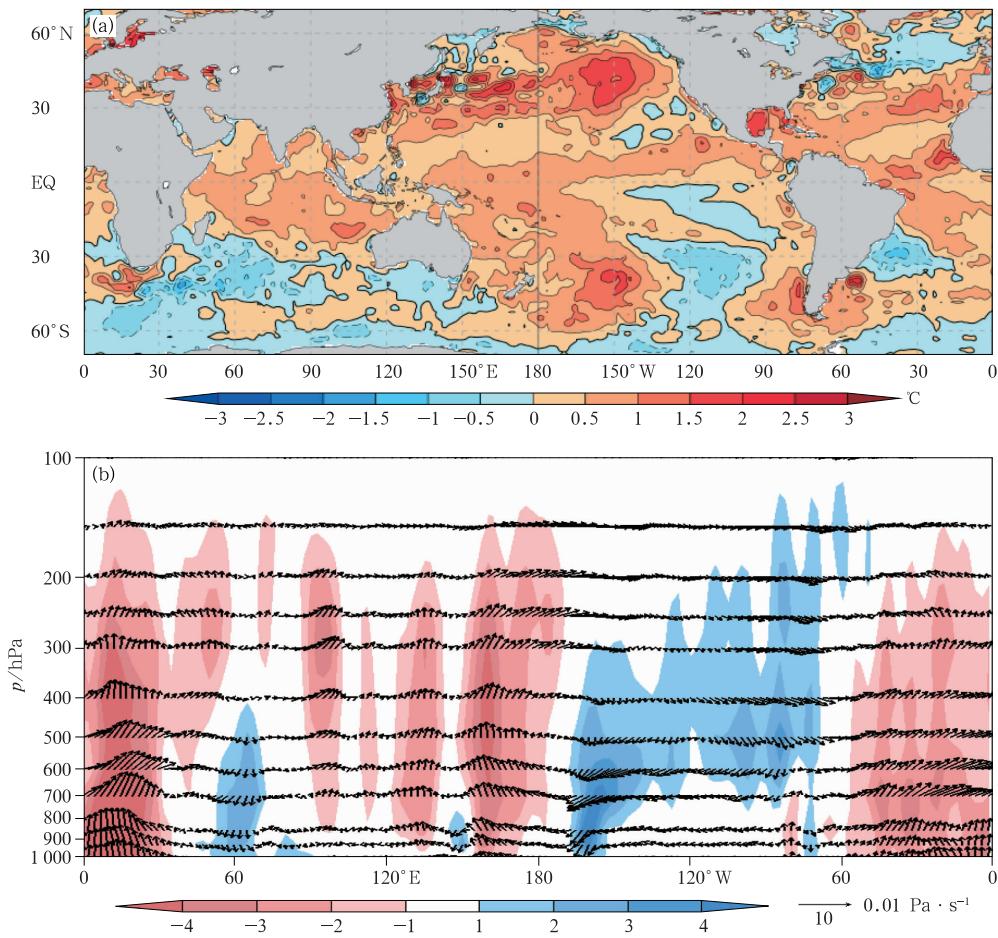


图9 2020年春季全球海表温度距平(a), $5^{\circ}\text{N} \sim 5^{\circ}\text{S}$ 平均
Walker环流距平场(箭头)和垂直速度距平(填色)(b)

Fig. 9 (a) Distribution of SST anomalies during spring of 2020,
(b) Walker circulation ($5^{\circ}\text{N} \sim 5^{\circ}\text{S}$) (vectors) and vertical velocity anomalies (colored)

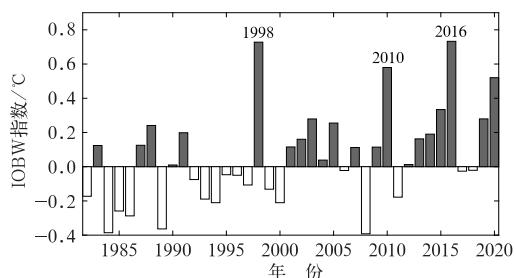


图10 春季热带印度洋全区海温一致
模态(IOBW)逐年时间演变

Fig. 10 The boreal spring IOBW index
evolution from 1982 to 2020

检验区域的偶极子分布。为了验证春季前期北大西洋海温对欧亚中高纬度环流的预测信号,如图13a所示红框区域($20^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}, 90^{\circ} \sim 70^{\circ}\text{W}$)和蓝框区域($40^{\circ} \sim 50^{\circ}\text{N}, 50^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{W}$)之差定义北大西洋偶极

子,利用春季前期(2—3月)北大西洋偶极子回归4—5月500 hPa高度场(图14)。从回归后500 hPa高度距平场可以更加清晰发现,2020年春季前期北大西洋海温这种偶极子分布在后期偶极子的持续,从而有利于激发在欧亚大陆波列,使得巴尔喀什湖

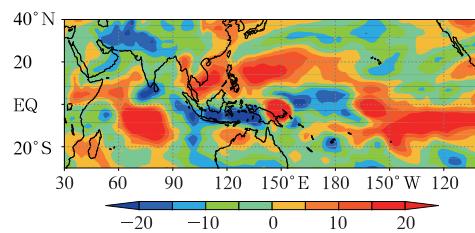


图11 2020年春季向外长波辐射通量(OLR)
距平(填色,单位: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

Fig. 11 Distribution of OLR anomalies during
spring of 2020 (colored, unit: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

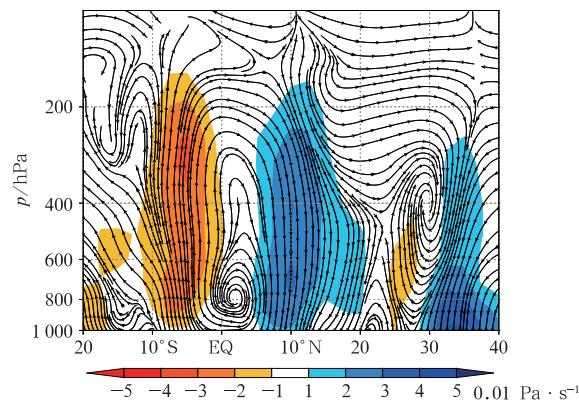


图 12 2020 年春季 $100^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均局地经圈环流距平和垂直速度距平(填色)

Fig. 12 Local (average $100^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$) meridional circulation and vertical velocity anomalies during spring of 2020 (colored)

至贝加尔湖上空为正高度距平。在贝加尔湖以西阻塞高压影响下,日本海上空易形成负距平,导致经向环流发展,我国东部受到偏北风控制。You and Jia (2018)、Jia et al(2019)近期研究指出北大西洋海温偶极子分布对我国春季降水的年际和年代际变化有着重要作用,北大西洋偶极子可以激发下游的 Rossby

波波列的传播,伴随在欧亚大陆上空阻塞高压的出现。2020 年春季北大西洋偶极子正是起到波列传播的能量来源作用。

综合以上分析可以发现,2020 年春季中高纬“两槽一脊”的环流形势我国东部春季降水以及季节内变化都起着重要作用,2020 年春季北大西洋的偶极子分布有利于该波列的偏强和维持。2020 年春季印度洋的偏暖和海洋性大陆对流活跃对西太副高偏强偏西到一定作用。我国大陆上偏强的经向型环流和偏强偏南的西太副高的共同作用,使得我国东部大部水汽输送条件较差。

5 结论与讨论

本文通过观测台站资料和再分析资料回顾了 2020 年中国春季气候特征,分析相关大气环流异常,从海温异常强迫因子归因,得到了以下主要结论:

2020 年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 年以来历史同期第五位。2020 年春季全国平均降水量为 137.0 mm ,较

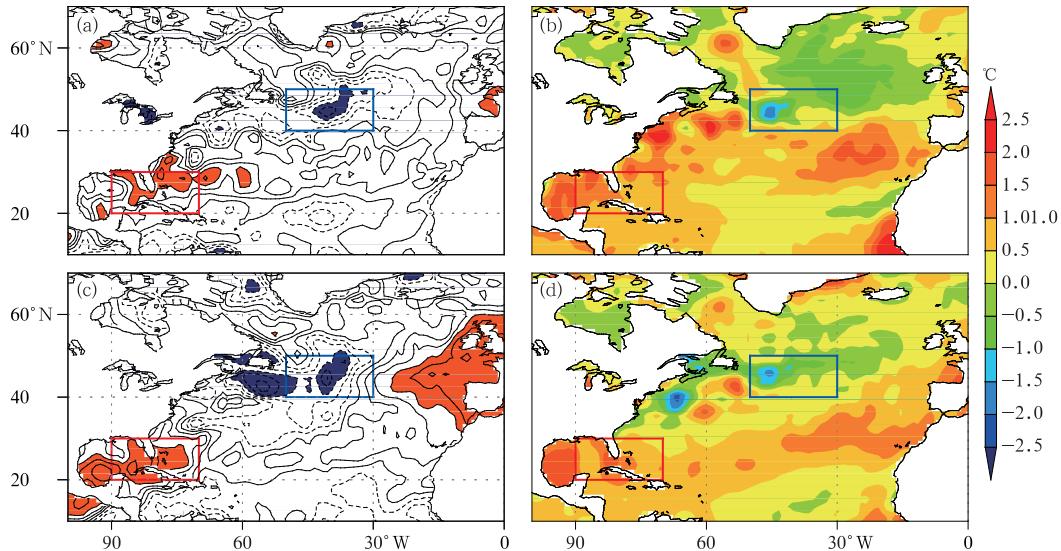


图 13 4—5 月高压中心指数分别与前期(2—3 月,a)以及同期(4—5 月,c)
海表温度距平场相关系数分布(阴影为通过 0.05 显著性水平检验区域)

2020 年 2—3 月(b)和 4—5 月(d)海温距平分布

Fig. 13 The correlation coefficients between high center index in April—May and SST in February—March (a) and April—May (c) (Shaded areas indicate exceeding the 0.05 significant level based on a Student's t test), SST anomalies in February—March (b) and in April—May (d) 2020

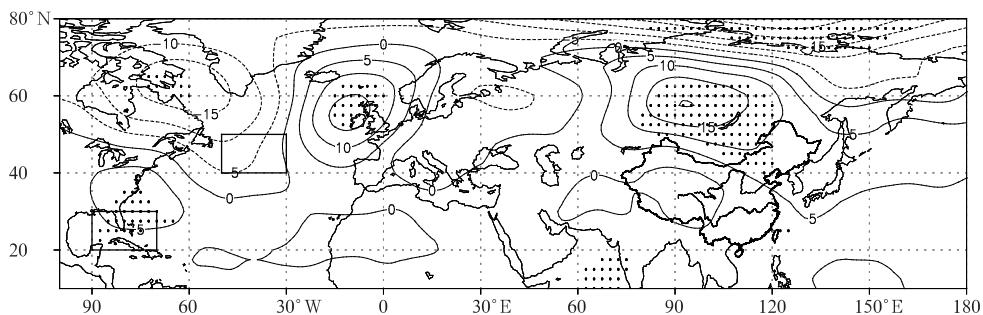


图 14 2—3月北大西洋偶极子海温指数与 4—5月 500 hPa 高度距平回归场
(打点为通过 0.10 显著性水平检验)

Fig. 14 The regressed 500 hPa geopotential anomaly in April—May
onto NASD index in February—March
(Stippling indicates exceeding the 0.10 significance level, based on the *t*-test)

常年平均降水量 143.7 mm 偏少 6.7 mm。降水空间分布总体上我国东部春季降水南北多中间少的特征。

2020 年春季(尤其是 4—5 月)中高纬度呈现“两槽一脊”型分布,对流层中层贝加尔湖以西地区有很高的高度场正距平,而在乌拉尔山西北地区和日本海上空为负距平,我国东部上空以经向型环流为主;低纬度地区的西北太平洋上空存在反气旋,西太副高偏强偏西偏南。这种环流形势有利于水汽在东北、华北东部和内蒙古东部辐合,降水偏多,而对我国东部大部分地区的水汽输送则较为不利。季节内环流的阶段性变化特征显著,3 月中高纬度的纬向型环流和偏强的西太副高的阶段性偏北有利于南方的水汽输送,导致江南和华南降水偏多。

通过分析大气环流特征与海温异常的关系显示,春季中高纬度“两槽一脊”的经向型波列与北大西洋偶极子海温型联系紧密,而且因为北大西洋偶极子春季前期和春季持续性较好,因此春季前期指数有很好的预测意义。2019/2020 年冬季赤道中东太平洋发生了一次弱的中部型 El Niño 事件,这次弱中部型 El Niño 事件衰减特征和之前典型中部型 El Niño 事件有较大不同。Feng and Li (2011)、Yuan and Yang (2012) 研究表明东部型 El Niño 事件达到峰值后一个季度印度洋海盆尺度海温偏高,而中部型 El Niño 事件衰减时春季印度洋海温没有明显偏暖。但是这次弱中部型 El Niño 事件之后 2020 年春季热带印度洋海盆尺度偏暖明显。根据 Xie et al (2009) 研究表明印度洋增暖激发西北太平洋反气旋。2020 年春季西北太平洋低纬度大气环流特征表现出对热带印度洋海温异常的响应,印度

洋的增暖能激发暖性开尔文波动,导致了西北太平洋边界层埃克曼辐散,低层的辐散能抑制对流从而在西北侧激发反气旋异常。同时海洋性大陆上空对流异常活跃,激发局地经圈环流,下沉支位于西北太平洋上空,有利于副高偏强。

2020 年春季副高明显偏强,列 1981 年以来的第二位,但我国南方降水偏多的特征并不显著,这与 4—5 月中高纬度的经向型环流明显偏强,我国东部主要为偏北风,对水汽输送条件不利有关。春季为冬季风向夏季风的转换季节,中高纬度环流和低纬度环流的强弱和相互配置对雨带的分布和季节内变化都有着重要影响,其年际变化特征还需要进一步深入分析。

参考文献

- 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).
- 顾伟宗,陈海山,孙照渤,2006. 华北春季降水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).
- 何超,周天军,吴波,2015. 影响夏季西北太平洋副热带高压年际变率的关键海区及影响机制[J]. 气象学报,73(5):940-951. He C,

- Zhou T J,Wu B,2015. The key oceanic regions responsible for the interannual variability of the western North Pacific subtropical high and their impacting mechanisms[J]. *Acta Meteor Sin*, 73(5):940-951(in Chinese).
- 黄嘉佑,2000. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京:气象出版社.
- Huang J Y,2000. Statistic Analysis and Forecast Methods in Meteorology[M]. Beijing: China Meteorological Press (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).
- 邵太华,张耀存,2012. 冬季北大西洋涛动对中国春季降水异常的影响[J]. 高原气象,31(5):1225-1233. Shao T H,Zhang Y C,2012. Influence of winter north Atlantic oscillation on spring precipitation in China[J]. *Plateau Meteor*,31(5):1225-1233 (in Chinese).
- 邵勰,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).
- 邵勰,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).
- 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).
- 王遵娅,周兵,王艳姣,等,2013. 2013 年春季我国气候异常特征及其可能原因[J]. 气象,39(10):1374-1378. Wang Z Y,Zhou B, Wang Y J,et al,2013. Climatic features and possible causes for spring 2013[J]. *Meteor Mon*,39(10):1374-1378(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 in China during the spring of 2014[J]. *Meteor Mon*,40(10):1279-1285(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[J]. 大气科学,36(1):185-194. Zuo Z Y,Zhang R H,2012. The anomalies of spring rainfall in China and its relation with tropical Pacific SST and Eurasian snow[J]. *Chin J Atmos Sci*,36(1):185-194(in Chinese).
- Feng J,Li J P,2011. Influence of El Niño Modoki on spring rainfall over South China [J]. *J Geophys Res Atmos*, 116 (D13): D13102,DOI:10.1029/2010JD015160.
- Jia X J,You Y J,Wu R G,et al,2019. Interdecadal changes in the dominant modes of the interannual variation of spring precipitation over China in the Mid-1980s[J]. *J Geophy Res Atmos*,124 (20):10676-10695.
- Reynolds R W,Rayner N A,Smith T M,et al,2002. An improved in situ and satellite SST analysis for climate[J]. *J Climate*,15(13): 1609-1625.
- Wang B,Wu R G,Fu X H,2000. Pacific-East Asian teleconnection: how does ENSO affect East Asian climate? [J]. *J Climate*,13 (9):1517-1536.
- Wang B,Xiang B Q,Lee J Y,2013. Subtropical high predictability establishes a promising way for monsoon and tropical storm predictions[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*,110(8):2718-2722.
- Xie S P,Hu K M,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.
- Wang C Z,Wang X,2013. Classifying El Niño Modoki I and II by different impacts on rainfall in Southern China and typhoon tracks [J]. *J Climate*,26(4):1322-1338.
- You Y J,Jia X J,2018. Interannual variations and prediction of spring precipitation over China[J]. *J Climate*,31(2):655-670.
- Yuan Y,Yang S,2012. Impacts of different types of El Niño on the East Asian climate: focus on ENSO cycles[J]. *J Climate*, 25 (21):7702-7722.