

龚振淞, 丁婷, 2023. 2023 年春季我国气候异常特征及成因分析[J]. 气象, 49(10): 1267-1276. Gong Z S, Ding T, 2023. Features and possible causes of abnormal climate over China in spring 2023[J]. Meteor Mon, 49(10): 1267-1276 (in Chinese).

# 2023 年春季我国气候异常特征及成因分析 \*

龚振淞 丁 婷

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:** 2023 年春季(3—5 月), 全国平均气温为 11.5℃, 为 1961 年以来历史同期第七高。除新疆、西北地区西部、西藏等地气温偏低外, 我国大部分地区气温均偏高。全国平均降水量为 132.7 mm, 较常年同期偏少 7.4%。降水呈现“北多南少”的特征, 华北、黄淮及青藏高原等地降水偏多, 东北、江南东部、华南和西南地区降水显著偏少。在对流层中层, 春季亚欧中高纬度呈现“两脊一槽”分布, 乌拉尔山地区为正高度距平中心, 贝加尔湖至巴尔喀什湖为高度场负距平中心, 而东北亚上空为位势高度场正异常; 西太平洋副热带高压强度较常年偏弱; 在对流层低层, 热带西太平洋地区维持异常气旋性环流, 其以北则为异常反气旋性环流。2023 年春季东北亚高压脊指数为 1.7, 超过 1 个标准差, 为 1961 年以来第四强, 其异常偏强有利于我国北方降水偏多。长江以北地区受反气旋环流影响, 异常偏东南风强盛, 有利于将西北太平洋的暖湿水汽输送至我国北方地区。赤道中东太平洋自 2021 年 9 月开始一次弱 La Niña 事件, 该事件一直持续至 2023 年 3 月结束, 4 月赤道中东太平洋海温开始转为暖水位相。2023 年春季我国北方降水异常偏多受到赤道中东太平洋海温演变的影响, 合成分析表明, 在海温由冷转暖的春季, 欧亚中纬度地区易出现“两脊一槽”的环流异常分布型, 中西路冷空气南下影响我国, 同时东亚上空反气旋式环流使得我国北方地区受异常东南风控制, 西北太平洋水汽向北输送偏强, 为北方地区的降水提供有利条件。

**关键词:** 春季气候异常, La Niña 事件, 水汽输送, 北方降水

中图分类号: P461

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j. issn. 1000-0526. 2023. 072001

## Features and Possible Causes of Abnormal Climate over China in Spring 2023

GONG Zhensong DING Ting

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

**Abstract:** In the springtime (March to May, MAM) of 2023, the mean temperature in China was 11.5℃, the seventh highest in history since 1961. The temperature in most of China was higher than normal except that in Xinjiang, the western part of Northwest China and Tibet was lower than normal. The national average precipitation was 132.7 mm, which is 7.4% less than normal. The precipitation showed a feature of “more in the north and less in the south”, with more precipitation in North China, Huanghuai Region and Qinghai-Tibet Plateau but significantly less in Northeast China, the eastern part of the region south the Yangtze River, South China, and Southwest China. In the spring (MAM) of 2023, a “two ridges and one trough” circulation was found to be distributed in the middle and high latitudes of Eurasia. In the middle troposphere, the positive height anomaly center was at the Ural Mountains area, the negative height anomaly center was from the Lake Baikal to Lake Balkhash area, and the geopotential height field was positive anomaly over Northeast Asia. The western Pacific subtropical high was weaker than normal. In the

\* 国家重点研发计划(2022YFF0801604)、国家自然科学基金项目(42175048、42175078)、国家重点研发计划(2018YFC1505603)和国家气候中心能源气候服务团队建设项目(NCCCXTD003)共同资助

2023 年 7 月 3 日收稿; 2023 年 8 月 11 日收修定稿

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

通讯作者: 丁婷, 主要从事气候诊断及预测研究. E-mail:dingting@cma.gov.cn

lower troposphere, an abnormal cyclonic circulation maintained in the tropical western Pacific, while in its north there was an abnormal anticyclone circulation. The high ridge index in Northeast Asia in MAM 2023 was 1.7, exceeding one standard deviation. It is the fourth highest index since 1961, and is favorable for more precipitation in northern China. Affected by the anticyclone circulation, the area to the north of the Yangtze River had an abnormally strong southeasterly wind, which was conducive to the transport of the warm and wet water vapor from the Northwest Pacific to the northern region of China. A weak La Niña event began in September 2021 in the equatorial central and eastern Pacific and lasted until March 2023. In April 2023, the sea surface temperature (SST) in the equatorial central and eastern Pacific began to shift to a warmer phase. In MAM 2023, precipitation in northern China was affected by the evolution of SST in the equatorial Pacific. The composite analysis showed that in the spring when the SST changed from cold to warm, the circulation anomaly of “two ridges and one trough” was prone to appear in the mid-latitude region of Eurasia, and the cold air blew southward influencing China. Meanwhile, the anticyclone anomaly was found over East Asia, making the southeast wind anomaly prevail in northern China, and more water vapor was transported from the Northwest Pacific to northern China, providing favorable conditions for more precipitation in the region.

**Key words:** spring climate anomaly, La Niña event, water vapor transport, precipitation in northern China

## 引 言

我国地处东亚季风区,冬季受干冷的东亚冬季风影响,夏季受暖湿的东亚夏季风控制。春季是冬季环流向夏季环流的转换季节,冷空气势力逐渐减弱,来自海洋的暖湿空气开始活跃。中高纬冷空气和低纬暖湿气流互相交汇容易造成大气层结不稳定的增强,因此很多地区气温的变化幅度大,也容易发生阶段性强降水、强对流等极端天气气候事件。春季又正值我国大部地区农作物播种和生长关键期,因此,春季气候异常分析研究对提高气候预测的准确率及做好防灾减灾服务有重要的意义。

已有很多学者围绕我国春季气候异常的成因展开研究,春季气候不仅受到中高纬度大气环流的直接影响,也受到欧亚大陆积雪、海温异常等外强迫因子的作用。张洁等(2009)的研究指出,来自青藏高原南缘的西风水汽输送是中国春季降水的重要水汽来源。其中,华南地区的春季水汽来源于菲律宾和中国南海,长江中下游地区的降水水汽主要来源于热带西太平洋。黄淮流域春季降水的水汽主要来源于中纬度西北太平洋,当 500 hPa 高压异常中心北移至日本海附近,同时东亚西风急流偏弱时,往往对应着黄淮流域降水偏多。中国春季降水同时受到低纬和中高纬大气环流系统的影响(韩晋平等,2006;

王遵娅等,2018;刘芸芸和陈丽娟,2019)。春季南支槽偏强则长江中下游及西南地区降水易偏多(李依瞳等,2017)。当春季东南地区降水偏多时,西太平洋副热带高压(以下简称副高)显著增强,在 850 hPa 风场上菲律宾以东地区有一异常反气旋形成,异常中心在 17°N、140°E 附近(李锦和李春,2016)。当春季西太平洋副高和青藏高原东侧的低压系统加强且异常中心分别位于 20°N 和 30°N 以南时,江南降水偏多;而高原东侧的低压系统异常中心位于 30°N 以北时,江淮地区降水增多而华南降水减少(蒋品平和赵平,2012)。欧亚大陆春季积雪异常可在其上空激发出异常波列,从而影响东亚春季气候异常(Zuo et al,2012a;2012b)。Tian and Yasunari(1998)、赵平等(2008)均认为春季东亚地区海陆热力差异对江南地区春雨形成有重要作用。研究表明,El Niño 期间华北当年和来年春季降水容易偏多(王群英和龚道溢,1999)。El Niño 盛期华南春季降水显著偏多(Zhang and Sumi, 2002; 詹丰兴等, 2013)。La Niña 事件结束偏晚年对流层低层在西南地区辐合更为明显,有利于西南地区降水偏多(李多和刘芸芸,2022)。另外,顾伟宗等(2006)的研究还表明,前期冬季印度洋海温与中国华北春季降水也有显著关系。洪洁莉和郑志海(2020)、刘芸芸和高辉(2021)的分析表明,春季印度洋增暖会使得副高加强西伸,从而对我国降水产生影响。

2021 年 9 月开始,赤道中东太平洋发生了一次弱 La Niña 事件,该事件一直持续至 2023 年 3 月结束,4 月赤道中东太平洋海温开始转为暖水位相。在这样的海温异常分布下,2023 年春季我国东部大部分地区气温偏高,降水“北多南少”。2023 年华南前汛期开始和南海夏季风爆发时间均偏早;春季共有 13 次沙尘天气过程影响我国,较近十年(2013—2022 年)同期偏多;春季,云南省发生严重的持续气象干旱。本文将全面介绍 2023 年春季我国气候异常的主要特征,并从大气环流和海温外强迫的角度分析造成我国气候异常的可能成因。

## 1 资料和方法

本文所用的资料包括:由国家气象信息中心整编的 1961 年 1 月 1 日至 2023 年 5 月 31 日中国 2400 个台站的逐日气温和降水观测数据集(任芝花等,2012);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 1951—2023 年的逐月大气再分析资料(Kalnay et al,1996),水平分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ;美国国家海洋大气局(NOAA)提供的 1982—2023 年高精度最优插值全球海表温度(SST)逐月资料(OISSTv2. higher; Reynolds et al,2007; Huang et al,2021),水平分辨率为  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 。Niño3.4 指数定义为 Niño3.4 区( $5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}, 170^{\circ}\text{E} \sim 120^{\circ}\text{W}$ )的区域平均海温距平。文中春季指北半球春季(3—5 月,下同),所有变量的气候态(常年)均选取 1991—2020 年的平均,距平场为观测值减掉气候态的差。文中线性相关计算时间范围为 1991—2020 年,根据  $t$  检验标准,其 0.10、0.05 和 0.01 显著相关性水平对应的相关系数分别为 0.30、0.35、0.40。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”和新一代气候监测预测分析系统(CIPAS 3.0),春季主要天气气候事件部分内容来自国家气候中心《全国气候影响评价》(国家气候中心,2023a;2023b;2023c)。

## 2 2023 年春季我国主要气候特征

### 2.1 气温

2023 年春季,全国平均气温为  $11.5^{\circ}\text{C}$ ,较常年

同期( $10.9^{\circ}\text{C}$ )偏高  $0.6^{\circ}\text{C}$ ,为 1961 年以来历史同期第七高(图 1a)。从空间分布来看,呈中东部偏高、西部偏低的分布特征:新疆大部、西北地区西部、西藏大部偏低  $0 \sim 0.5^{\circ}\text{C}$ ,全国其余大部地区偏高  $0.5^{\circ}\text{C}$  以上,其中东北及内蒙古东部、华北东部、华东大部、华中东部和南部、西南地区东部等地气温偏高  $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ (图 1b)。春季季内气温起伏波动明显。3 月全国平均气温为  $6.8^{\circ}\text{C}$ ,较常年同期( $4.8^{\circ}\text{C}$ )偏高  $2.0^{\circ}\text{C}$ ,为 1961 年以来同期第三高,东北、华北、华东北部和西南部、华中北部和东南部、华南中西部、西北地区北部等地偏高  $2 \sim 4^{\circ}\text{C}$ ,黑龙江大部、吉林东部、山东中部的部分地区气温偏高  $4^{\circ}\text{C}$  以上(图 2a)。4 月,我国北方大部地区出现低温,其中西北地区大部、华北中西部气温偏低  $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ ,新疆东部偏低  $2 \sim 4^{\circ}\text{C}$ ,而西南地区东部、长江中下游部分地区气温偏高  $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ ,云南东部、四川南部、贵州西南部、广西西部等地偏高  $2 \sim 4^{\circ}\text{C}$ (图 2b)。5 月,我国西北、西藏、新疆等地气温偏低,西南地区气温异常偏高(图 2c)。进一步从逐日气温变化来看,季内气温起伏波动特征明显,其中 3 月上、中旬和 4 月中旬平均气温异常偏高,偏高幅度超过  $1.5^{\circ}\text{C}$ ,其中 3 月上旬和 4 月中旬平均气温均为历史同期最高;4 月下旬和 5 月上旬气温偏低  $1^{\circ}\text{C}$  以上(图 2d)。

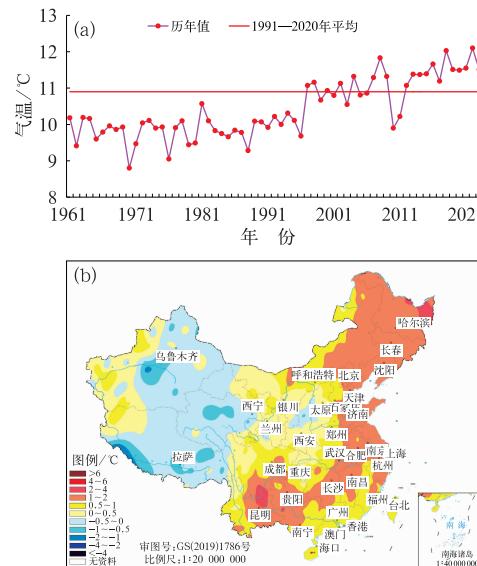


图 1 (a)1961—2023 年春季全国平均气温历年变化和(b)2023 年春季全国平均气温距平分布

Fig. 1 (a) Time series of average air temperature over China in March, April and May (MAM) during 1961–2023 and (b) distribution of air temperature anomaly over China in MAM 2023

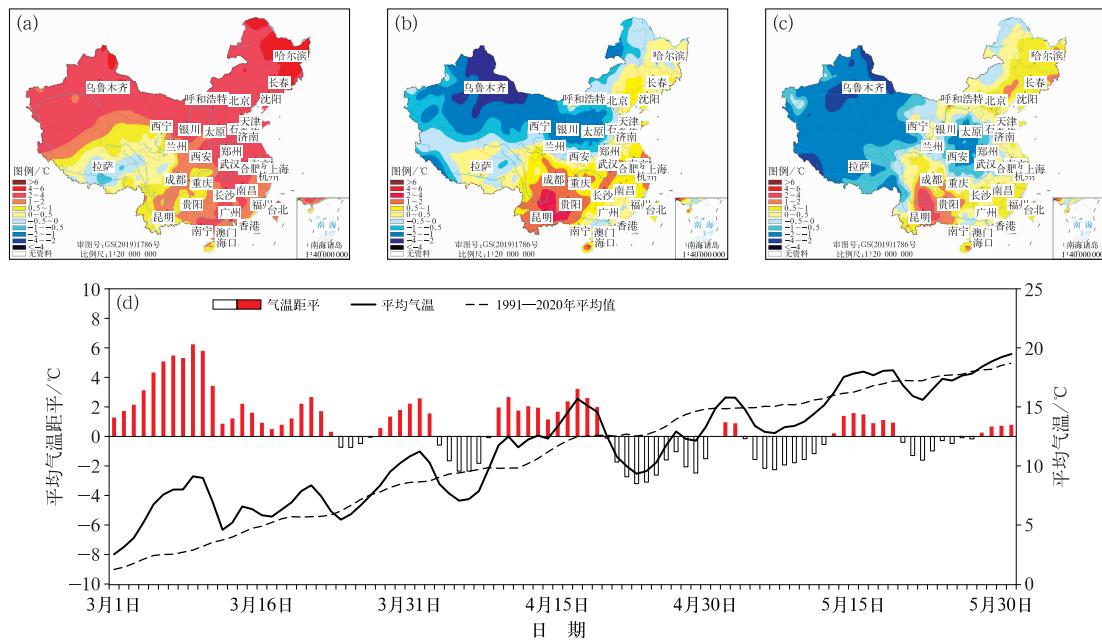


图 2 2023 年(a)3 月、(b)4 月、(c)5 月全国气温距平分布,(d)春季全国平均的逐日气温和气温距平序列  
Fig. 2 Distribution of air temperature anomalies over China in (a) March, (b) April and (c) May 2023 and (d) evolution of the averaged daily air temperature and its anomaly in the three months

## 2.2 降 水

2023 年春季,全国平均降水量为 132.7 mm,较常年同期(143.3 mm)偏少 7.4% (图 3a)。春季降水空间分布不均,华北北部、华东北部、华中北部、西北地区东部和西南部、西藏北部和新疆南部等地降水偏多,其中华北西南部、华东西北部、华中北部、西北地区中部、西藏中部和新疆南部等地偏多 5 成至 1 倍以上;全国其余大部地区降水以偏少为主,其中内蒙古东南部、东北西部、华南西部、西南南部、西北地区西北部、西藏西部和新疆西部等地偏少 5~8 成,局地偏少 8 成以上(图 3b)。云南降水量为 86.8 mm,为 1961 年以来历史同期最少,而华北南部降水量为 189.9 mm,为 1961 年以来历史同期第二多(图 4d)。从季节内逐月演变来看,降水异常变率较大。3 月,除内蒙古东北部、华南东部、西南北部、西藏东部和新疆西北部降水偏多外,全国其余大部地区降水以偏少为主(图 4a)。4 月,我国中东部降水偏多,华北北部、东北东部、内蒙古中西部、华东西北部、西北地区东部、西藏东部和新疆南部等地降水偏多 5 成至 2 倍,华北西部、内蒙古西部等地偏多 2 倍以上;内蒙古东部、华中东部、华南南部、西南大部、西藏西部和新疆北部降水偏少 2 成以上,其中云南中部偏少 8 成以上(图 4b)。5 月,我国降水为“北多南少”的分布特征,新疆东北部和南部、青海中东部、黄淮西

部、江汉及江淮大部、江南东北部等地偏多了 5 成至 2 倍,局部地区偏多 2 倍以上;新疆西部、西藏西部和南部、内蒙古东北部、东北、华北、山东半岛、甘肃、四川及长江以南大部分地区降水偏少 2~8 成,云南东北部、四川南部等地偏少 8 成以上(图 4c)。

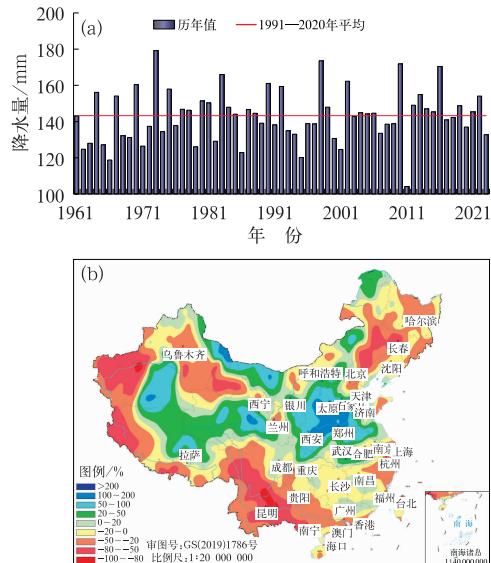


图 3 (a)1961—2023 年春季全国平均降水量历年变化和  
(b)2023 年春季全国降水量距平百分率分布  
Fig. 3 (a) Time series of MAM mean precipitation over China during 1961–2023, and  
(b) distribution of precipitation anomaly percentage over China in MAM 2023

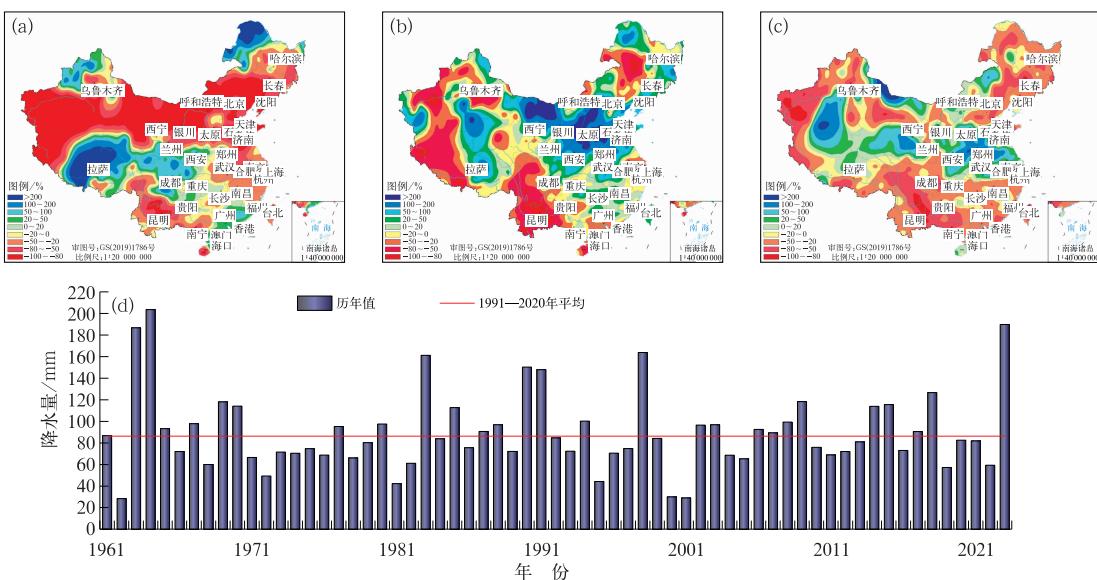


图 4 2023 年(a)3 月、(b)4 月、(c)5 月全国降水量距平百分率分布,  
(d)1961—2023 年春季华北南部降水量历年变化

Fig. 4 Distribution of precipitation anomaly percentage over China in (a) March,  
(b) April, (c) May 2023 and (d) time series of MAM mean precipitation  
in the southern region of North China during 1961—2023

### 2.3 春季主要天气气候事件

2023 年华南前汛期于 3 月 26 日首先在广东开始,较常年(4 月 9 日)偏早 14 d。3 月 26 日至 5 月 31 日,华南地区平均降水量为 311.7 mm,较常年同期偏少 22.9%,为历史同期第八少。南海夏季风于 5 月第 3 候(具体为 5 月 14 日)爆发,爆发日期较常年(5 月第 4 候)偏早 1 候。

春季气温整体偏高但降水空间分布不均,导致了我国春季旱涝并重。云南温高雨少,发生严重的持续气象干旱(图 5a~5c),平均气象干旱日数为 64.9 d,为 1961 年以来历史同期第二多。5 月 9 日,云南中旱及以上和特旱面积均达到最大,分别为 35.4 万  $\text{km}^2$  和 17.6 万  $\text{km}^2$ (图 5d)。

春季我国共发生 10 次暴雨过程,其中 3 次为强暴雨过程。5 月 2—7 日,江淮大部、江汉西部和东部及江西大部、福建大部、湖南西部等地累计降水量达 50~100 mm,局地超过 100 mm,20 个国家气象观测站日降水量突破 5 月历史极值。5 月 20—22 日,南方地区暴雨过程强度较强。5 月 25—28 日,西南地区至江淮、黄淮发生较强暴雨过程。由于持续降水,黄淮等地小麦夏收、部分路段铁路运输受到影响。

春季我国共发生 12 次强对流天气,其中 3 月 1 次,4 月 6 次,5 月 5 次。5 月 12 日午后,京津冀地区发生区域性强雷暴大风过程,河北东北部和中东部风力最强,局地可达 12 级,保定局地发生冰雹天气。16 日,吉林中东部、辽宁中西部、河北西部和东北部等地出现区域性雷暴大风;河北东北部、辽宁西北部、吉林东部等地风力最强,局地达 11~12 级,对粮食夏收产生不利影响。5 月 20—23 日,大范围强对流过程自北向南影响我国大部地区,广西、广东等地降水强度超过  $100 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ,部分城市出现内涝。

春季,共有 13 次沙尘过程影响我国,较 2000—2022 年同期偏多 2.5 次,较近十年(2013—2022 年)同期偏多 4.5 次。其中,4 月 9—13 日、27—29 日和 5 月 19—22 日为沙尘暴级别,3 月 19—24 日和 4 月 18—21 日为强沙尘暴级别,对空气质量、交通运输及人体健康均造成较大影响。

### 3 2023 年春季北方降水异常偏多成因分析

#### 3.1 大气环流异常特征

大气环流异常是导致我国地面要素异常的直接

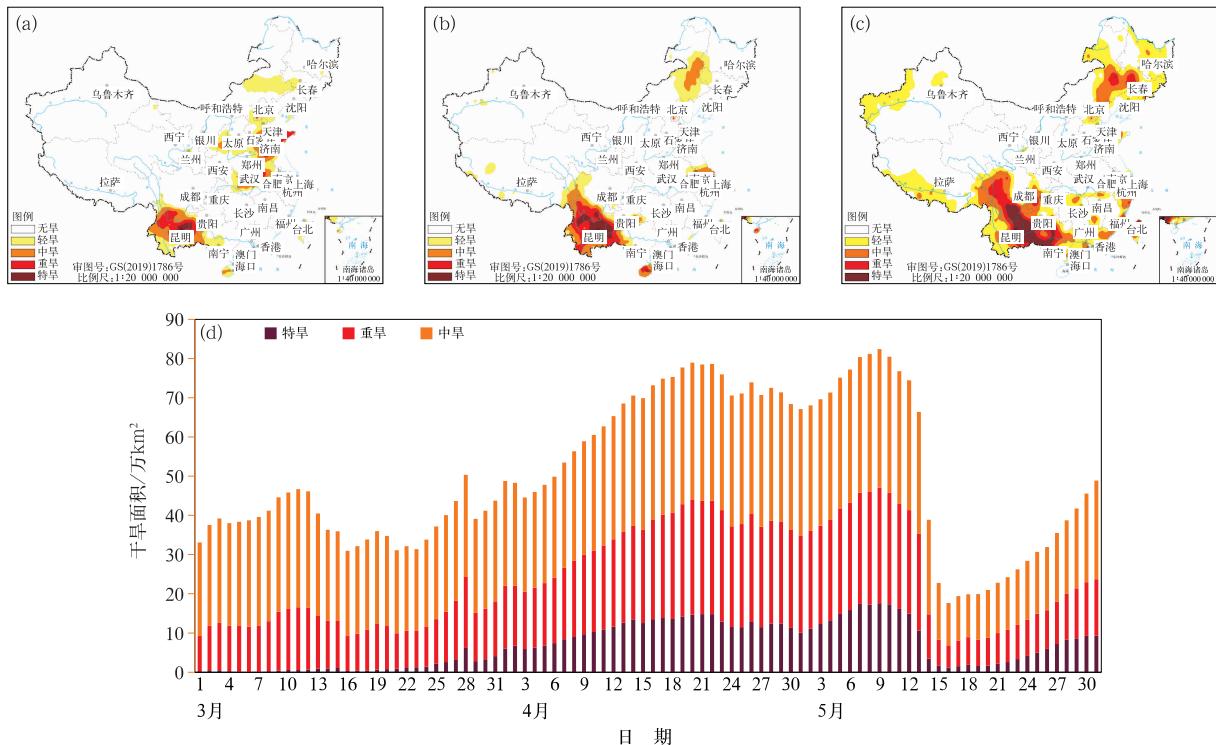


图 5 2023 年(a)3月 31 日、(b)4月 30 日、(c)5月 31 日全国气象干旱综合监测图，  
(d)3月 1 日至 5月 31 日云南气象干旱面积变化

Fig. 5 Distribution of meteorological drought condition over China on (a) 31 March, (b) 30 April, (c) 31 May and  
(d) variation of meteorological drought areas in Yunnan Province from 1 March to 31 May 2023

原因。2023 年春季 500 hPa 位势高度场上, 欧亚中高纬呈现“两脊一槽”型距平分布特征。乌拉尔山地区为正高度距平中心, 贝加尔湖至巴尔喀什湖为高度场负距平, 东北亚地区为正高度场异常, 这种环流形势有利于中路冷空气南下。东北亚上空的高压脊有利于引导西北太平洋暖湿水汽沿其外围输送至我国, 与槽后南下的干冷空气配合有利于降水产生, 并且有利于多雨区偏北。低纬度地区副高强度较常年偏弱, 东亚地区自北向南呈现“负-正-负”的异常分布(图 6a)。

在对流层低层 850 hPa 风场上(图 6b), 热带西太平洋地区维持异常气旋性环流, 而其以北为异常反气旋性环流。长江以北地区受反气旋环流的影响, 异常偏东南风强盛, 有利于将西北太平洋的暖湿水汽输送至我国北方地区。从水汽输送场的分布也可以看到(图 6c), 西北太平洋上异常反气旋西侧的偏南风输送是我国北方重要的水汽来源。而江南、华南大部受热带西太平洋上空异常气旋性环流西侧的东北气流影响, 降水偏少。西南地区受孟加拉湾北部异常反气旋东侧的偏北风控制, 孟加拉湾的水汽不能北上输送到我国, 降水较常年同期明显偏少。

在前面的分析中发现, 东北亚上空的高压脊对中国春季的降水有很大的影响。因此将 35°~45°N、110°~130°E 区域平均的 500 hPa 高度场标准化值作为东北亚上空高压脊强度指数, 计算了其与全国 2374 个站春季降水的关系, 发现该指数与西北地区东部至华北黄淮一带的降水呈显著正相关, 大部分站点的相关系数可达 0.55 以上(图 7a)。当东北亚高压脊指数偏强, 即东北亚上空为高压脊控制时, 我国东部降水呈现出“北多南少”的分布型。这与 2023 年春季降水异常分布非常相似。2023 年春季东北亚高压脊指数为 1.7, 超过 1 个标准差, 为 1961 年以来第四强(图 7b)。这表明东北亚上空的异常高压脊主导了华北至黄淮的降水偏多。陆日宇(2001)的研究指出, 春季华北降水偏多时东亚上空存在反气旋式环流异常, 东亚槽偏东偏弱, 我国东部出现南风异常并一直到达华北地区, 为华北地区的降水提供有利条件。东亚反气旋与起源于欧亚大陆中纬度地区的波列有密切关系。王遵娅等(2018)的研究也发现东北亚上空的高压脊会造成中国春季降水“南少北多”。

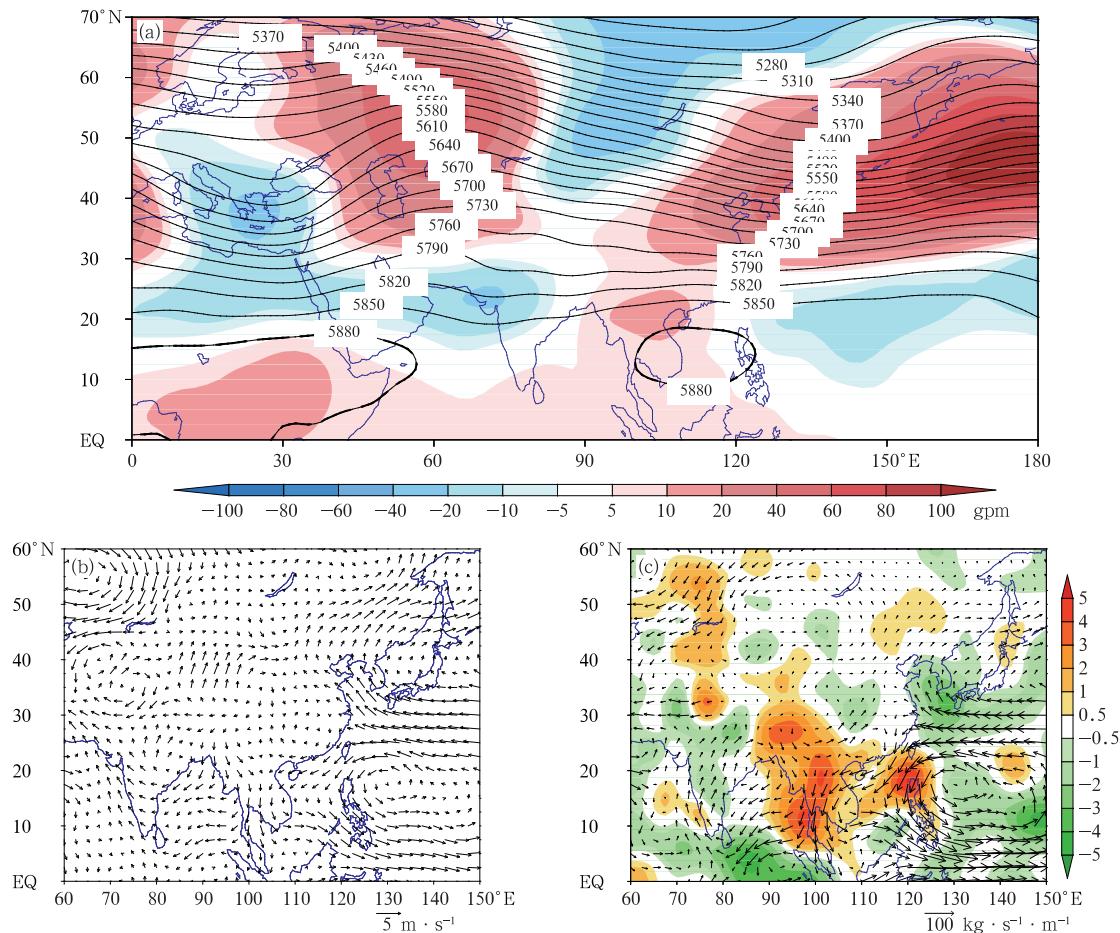


图 6 2023 年春季(a)500 hPa 位势高度场(等值线,单位:gpm)及其距平场(填色),  
(b)850 hPa 距平风场,(c)整层(地表至 300 hPa)水汽通量距平场(箭矢)、  
水汽通量散度场(填色,单位: $10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )

Fig. 6 (a) The 500 hPa geopotential height (contour, unit: gpm) and its anomaly, (b) 850 hPa horizontal wind anomaly and (c) water vapor flux anomalies vertically integrated from surface to 300 hPa (vector) and its divergence field (colored, unit:  $10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ) in MAM 2023

### 3.2 外强迫因子分析

大气环流的异常受到大气内部过程和外强迫因子的共同影响,其中来自海洋的外强迫可通过海气相互作用和大气波动的传播方式引起大气环流及气候的异常(Matsuno, 1966; Gill, 1980)。图 8 为 2023 年春季全球海表温度距平分布及 Niño3.4 海温指数的逐月演变。可以看到赤道中东太平洋自 2021 年 9 月开始一次弱 La Niña 事件,该事件一直维持至 2023 年 3 月结束(图 8b),2023 年 4 月赤道中东太平洋海温开始转为暖水位相。2023 年 5 月 Niño3.4 区海温指数为 0.48,可见春季赤道中东太平洋的暖海温发展非常迅速。整个春季西太平洋暖池明显偏暖(图 8a),使得该区域对流相对活跃,因而导致菲律宾反气旋异常偏弱(Liu et al, 2021)。

为了去除年代际变化的可能影响,我们选取 1981 年以后的年份进行合成分析。将秋冬季发生 La Niña 事件的年份根据其春季演变特征分为两类,上一年秋冬季赤道中东太平洋海温为冷海温,次年转为暖海温的年份有:1986、1997、2002、2009、2012、2018 年;赤道中东太平洋海温在秋冬季为冷海温,次年冷海温持续的年份有:1985、1989、1996、1999、2000、2001、2008、2011、2021、2022 年。春季转为暖水的年份,500 hPa 位势高度场在欧亚大陆中纬度地区为“两脊一槽”的波列分布,贝加尔湖以东的东北亚地区为位势高度场正距平控制,而在西北太平洋地区为“北高南低”分布。由于赤道中东太平洋变暖引起异常对流加热,通过 Gill 响应在热源西侧产生一对沿赤道对称的气旋性环流(Gill, 1980),因此菲律宾以东的热带西太平洋地区 850 hPa 风场上

为异常气旋,对流层中层为负高度场距平,副高强度偏弱(图 9a)。2023 年春季 500 hPa 位势高度场基

本再现了赤道中东太平洋海温由冷水转为暖水年的环流特征,尤其是在西北太平洋地区为典型“北高南

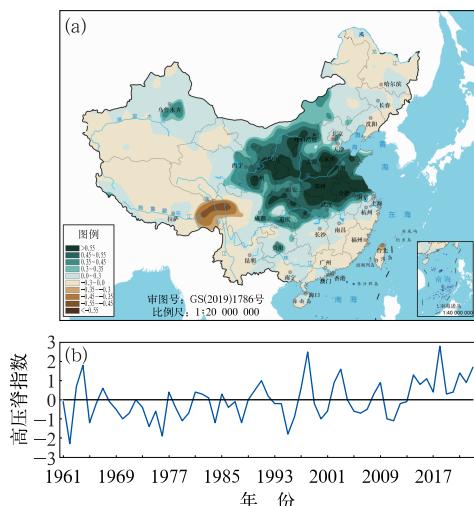


图 7 (a) 春季东北亚高压脊指数与同期中国春季降水的相关系数,(b)1961—2023 年春季东北亚高压脊指数历年变化

Fig. 7 (a) Correlation coefficient between the MAM high-pressure ridge over Northeast Asia and the MAM precipitation in China, and (b) time series of the MAM high-pressure ridge over Northeast Asia during 1961—2023

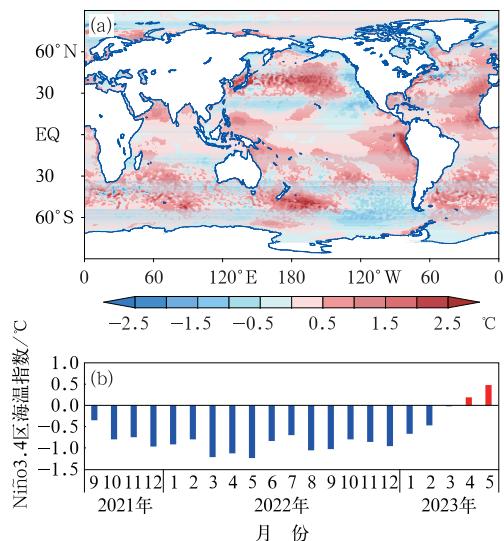


图 8 (a)2023 年春季海表温度距平分布和 (b)2021 年 9 月至 2023 年 5 月 Niño3.4 海温指数的逐月变化

Fig. 8 (a) Distribution of the global sea surface temperature anomaly in MAM 2023, and (b) monthly variation of the Niño3.4 sea surface temperature index from September 2021 to May 2023

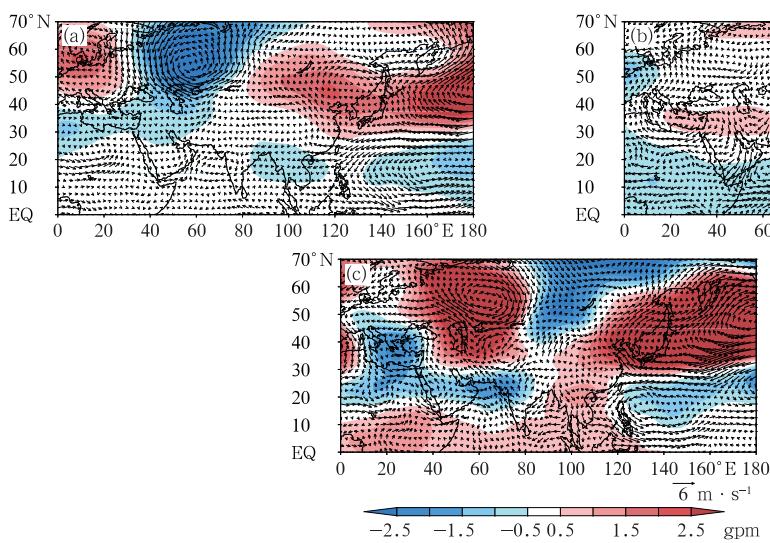


图 9 (a)上年秋冬赤道中东太平洋海温为冷水、次年转为暖水的年份合成, (b)上年秋冬赤道中东太平洋海温为冷水、次年持续冷水的年份合成,以及 (c)2023 年春季的 500 hPa 位势高度距平场(填色)和 850 hPa 风场距平(风矢)

Fig. 9 The 500 hPa geopotential height anomalies (colored) and 850 hPa wind anomalies (wind vector) for (a) composite in the years of colder SST in tropical East-Central Pacific in previous autumn and winter and warmer SST in spring, (b) composite in the years of colder SST in tropical East-Central Pacific from previous autumn to spring, and (c) MAM in 2023

低”分布,菲律宾以东的热带西太平洋地区 850 hPa 风场上为异常气旋性环流,对流层中层为负高度场距平,副高强度偏弱(图 9c)。该年欧亚大陆中纬度地区也为“两脊一槽”的波列分布,这种分布型有利于中西路冷空气南下影响我国,东亚上空这种反气旋式环流使得东亚大槽偏东偏弱,并使得我国东部出现南风异常,有利于我国东部南支水汽北上(马京津等,2006),为华北地区的降水提供有利条件。

反之,如果前一年冬季赤道中东太平洋为冷海温,次年赤道中东太平洋仍然维持冷海温,则次年春季 500 hPa 高度场上(图 9b),西北太平洋地区虽然也是“北高南低”的分布型态,但是东北亚上空的高压脊位置主要在鄂霍次克海东部,由于高压位置偏东,高压南侧西北太平洋暖湿气流输送路径偏东,不能输送到我国华北、黄淮一带,因此华北、黄淮一带降水偏少(图略)。

#### 4 结论与讨论

利用全国站点降水和气温资料,NCEP/NCAR 大气再分析资料和海温数据,总结了 2023 年春季我国主要气候异常特征,并初步分析了 2023 年春季导致华北、黄淮地区降水异常偏多的可能成因。主要结论如下:

(1)2023 年春季全国平均气温为 11.5℃,较常年同期(10.9℃)偏高 0.6℃,为 1961 年以来历史同期第七高。从空间分布来看,呈中东部偏高、西部偏低的分布特征。全国平均降水量为 132.7 mm,较常年同期(143.3 mm)偏少 7.4%,呈现“北多南少”的分布特征。华北、黄淮和青藏高原降水异常偏多,内蒙古东部、东北和西南地区降水异常偏少,其中云南东部、广西西部春季气象干旱持续发展,部分地区达到特旱级别。

(2)2023 年春季 500 hPa 位势高度场上,亚洲中高纬呈现出“两脊一槽”型分布特征。乌拉尔山和贝加尔湖以东地区为正高度距平,贝加尔湖至巴尔喀什湖为负高度距平控制,贝加尔湖低槽有利于冷空气南下。东北亚上空为异常高压脊,定义的东北亚高压脊指数在 2023 年春季为 1.7,超过 1 个标准差,为 1961 年以来第四强,其异常偏强利于我国北方降水偏多。长江以北反气旋式环流异常引导西北太平洋暖湿气流向西北输送影响我国,冷暖气流交汇造成 2023 年春季华北、黄淮等地降水异常偏多。

江南东部、华南受西太平洋异常气旋西侧东北气流控制,西南地区受孟加拉湾异常反气旋东侧偏北气流控制,降水偏少。

(3)2021 年 9 月开始一次 La Niña 事件,该事件一直持续至 2023 年 3 月结束。2022/2023 年的秋冬季赤道中东太平洋为异常冷水,4 月赤道中东太平洋海温开始转为暖水位相,海温异常对热带和副热带大气环流产生显著影响。中纬度“两脊一槽”的分布型有利于中西路冷空气南下影响我国,东亚上空反气旋式环流使得东亚槽偏东偏弱,我国东部出现偏东南风异常,为华北黄淮地区的降水提供有利条件。

本文仅对大气环流和赤道中东太平洋海温外强迫这两方面对 2023 年春季气候异常的影响进行了讨论,是否还有其他可能因子影响 2023 年中国春季降水还需要进一步深入研究。

#### 参考文献

- 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 Inst Meteor, 29(4):484-490(in Chinese).
- 国家气候中心,2023a. 2023 年 3 月中国气候影响评价[EB/OL]. [http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni\\_china.php](http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php). National Climate Centre, 2023a. Assessment of climate impact over China in March 2023[EB/OL]. [http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni\\_china.php](http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php)(in Chinese).
- 国家气候中心,2023b. 2023 年 4 月中国气候影响评价[EB/OL]. [http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni\\_china.php](http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php). National Climate Centre, 2023b. Assessment of climate impact over China in April 2023[EB/OL]. [http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni\\_china.php](http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php)(in Chinese).
- 国家气候中心,2023c. 2023 年 5 月中国气候影响评价[EB/OL]. [http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni\\_china.php](http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php). National Climate Centre, 2023c. Assessment of climate impact over China in May 2023[EB/OL]. [http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni\\_china.php](http://cmdp.ncc-cma.net/influ/moni_china.php)(in Chinese).
- 韩晋平,王会军,姜大鹏,2006. 耦合模式长期积分资料所揭示的华南春季降水及环流特征的年际变化[J]. 气候与环境研究,11(2):194-202. Han J P, Wang H J, Jiang D B, 2006. Interannual variation of spring precipitation and circulation in South China as simulated by a coupled model[J]. Clima Envir Res, 11(2):194-202(in Chinese).
- 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).
- 蒋品平,赵平,2012. 春季中国南方雨带年际变动与大气环流异常

- [J]. 气象学报, 70(4): 681-689. Jiang P P, Zhao P, 2012. The interannual variability of spring rainy belt over southern China and the associated atmospheric circulation anomalies [J]. *Acta Meteor Sin*, 70(4): 681-689 (in Chinese).
- 李多, 刘芸芸, 2022. 2022 年春季我国气候异常特征及成因分析 [J]. 气象, 48(10): 1343-1353. Li D, Liu Y Y, 2022. Features and possible causes of climate anomalies in China in spring 2022 [J]. *Meteor Mon*, 48(10): 1343-1353 (in Chinese).
- 李锦, 李春, 2016. 中国东南春季降水异常特征及其与 ENSO 关系的年代际变化 [J]. 中国海洋大学学报, 46(9): 1-8. Li J, Li C, 2016. Spring rainfall variability over Southeast China and the interdecadal variation of its correlation with ENSO [J]. *Period Ocean Univ China*, 46(9): 1-8 (in Chinese).
- 李依瞳, 赵琳娜, 巩远发, 等, 2017. 春季南支槽与中国降水的关系及成因 [J]. 成都信息工程大学学报, 32(3): 282-288. Li Y T, Zhao L N, Gong Y F, et al, 2017. The relationship and formation of springtime southern branch trough and precipitation in China [J]. *J Chengdu Univ Inform Technol*, 32(3): 282-288 (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, 高辉, 2021. 2021 年春季我国气候异常特征及可能成因分析 [J]. 气象, 47(10): 1277-1288. Liu Y Y, Gao H, 2021. Features and possible causes of climate anomalies in China in spring 2021 [J]. *Meteor Mon*, 47(10): 1277-1288 (in Chinese).
- 陆日宇, 2001. 与华北地区春季降水量异常关联的大气环流异常 [J]. 气候与环境研究, 6(4): 400-408. Lu R Y, 2001. Atmospheric circulation anomaly associated with the spring rainfall anomaly in North China [J]. *Climatic Environ Res*, 6(4): 400-408 (in Chinese).
- 马京津, 高晓清, 曲迎乐, 2006. 华北地区春季和夏季降水特征及与气候相关的分析 [J]. 气候与环境研究, 11(3): 321-329. Ma J J, Gao X Q, Qu Y L, 2006. The character of precipitation and its relation to climate change over North China in spring and summer [J]. *Climatic Environ Res*, 11(3): 321-329 (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]. 自然资源学报, 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 Nat 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).
- 詹丰兴, 刘芸芸, 何金海, 2013. 江南春季降水的准 2 a 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 of China in MAM and its relationship with the tropical SST anomaly [J]. *Sci Geographica Sin*, 33(8): 1006-1013 (in Chinese).
- 张洁, 周天军, 宇如聪, 等, 2009. 中国春季典型降水异常及相联系的大气水汽输送 [J]. 大气科学, 33(1): 121-134. Zhang J, Zhou T J, Yu R C, et al, 2009. Atmospheric water vapor transport and corresponding typical anomalous spring rainfall patterns in China [J]. *Chin J Atmos Sci*, 33(1): 121-134 (in Chinese).
- 赵平, 周秀骥, 陈隆勋, 等, 2008. 中国东部-西太平洋副热带季风和降水的气候特征及成因分析 [J]. 气象学报, 66(6): 940-954. Zhao P, Zhou X J, Chen L X, et al, 2008. Characteristics of subtropical monsoon and rainfall over eastern China and western North Pacific and associated reasons [J]. *Acta Meteor Sin*, 66(6): 940-954 (in Chinese).
- Gill A E, 1980. Some simple solutions for heat-induced tropical circulation [J]. *Quart J Roy Meteor Soc*, 106(449): 447-462.
- Huang B Y, Liu C Y, Banzon V, et al, 2021. Improvements of the daily optimum interpolation sea surface temperature (DOISST) Version 2.1 [J]. *J Climate*, 34(8): 2923-2939.
- 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.
- Liu Y Y, Wu R G, Ding Y H, 2021. Distinct East Asian precipitation variability and predictability in coupled and uncoupled El Niño events [J]. *Environ Res Lett*, 16(9): 094014.
- Matsuno T, 1966. Quasi-geostrophic motions in the equatorial area [J]. *J Meteor Soc Japan*, 44(1): 25-43.
- Reynolds R W, Smith T M, Liu C Y, et al, 2007. Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature [J]. *J Climate*, 20(22): 5473-5496.
- Tian S F, Yasunari T, 1998. Climatological aspects and mechanism of spring persistent rains over central China [J]. *J Meteor Soc Japan*, 76(1): 57-71.
- Zhang R H, Sumi A, 2002. Moisture circulation over East Asia during El Niño episode in northern winter, spring and autumn [J]. *J Meteor Soc Japan*, 80(2): 213-227.
- Zuo Z Y, Zhang R H, Wu B Y, 2012a. Inter-decadal variations of springtime rainfall over southern China mainland for 1979-2004 and its relationship with Eurasian snow [J]. *Sci China Earth Sci*, 55(2): 271-278.
- Zuo Z Y, Zhang R H, Wu B Y, et al, 2012b. Decadal variability in springtime snow over Eurasia: relation with circulation and possible influence on springtime rainfall over China [J]. *Int J Climatol*, 32(9): 1336-1345.

(本文责编: 张芳)