

陈峪, 王凌, 赵俊虎, 等, 2022. 2021 年中国气候主要特征及主要天气气候事件[J]. 气象, 48(4): 470-478. Chen Y, Wang L, Zhao J H, et al, 2022. Climatic characteristics and major meteorological events over China in 2021[J]. Meteor Mon, 48(4): 470-478 (in Chinese).

## 2021 年中国气候主要特征及主要天气气候事件\*

陈 峪<sup>1</sup> 王 凌<sup>1</sup> 赵俊虎<sup>1,2</sup> 张颖娴<sup>1</sup> 赵珊珊<sup>1</sup> 李 威<sup>1</sup> 邹旭恺<sup>1</sup>  
姜允迪<sup>1</sup> 石 帅<sup>1</sup> 洪洁莉<sup>1</sup> 韩荣青<sup>1</sup> 王有民<sup>1</sup> 侯 威<sup>1</sup> 朱晓金<sup>1</sup>  
代潭龙<sup>1</sup> 蔡雯悦<sup>1</sup> 郭艳君<sup>1</sup> 钟海玲<sup>1</sup> 王启祎<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国家气候中心, 北京 100081

<sup>2</sup> 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:** 2021 年, 我国暖湿气候特征明显, 全国年平均气温为 1951 年以来最高, 四季气温皆偏高; 全国平均年降水量偏多, 冬季偏少、春夏秋三季偏多。华南前汛期、西南雨季和梅雨季表现为开始晚、结束早、降水量少的特征, 华北雨季、东北雨季和华西秋雨呈现开始早、结束晚、降水量多的特征, 华西秋雨降水量为 1961 年以来最多。2021 年, 我国涝重于旱。汛期暴雨过程强度大、极端性显著, 河南特大暴雨影响重, 秋季北方多雨, 暴雨洪涝造成的直接经济和人员损失偏重; 干旱呈阶段性和区域性特点, 影响总体偏轻; 台风、风雹、低温冷冻害和雪灾等气象灾害损失均偏轻。

**关键词:** 气候特征, 天气气候事件, 气象灾害

中图分类号: P461

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2022.022501

## Climatic Characteristics and Major Meteorological Events over China in 2021

CHEN Yu<sup>1</sup> WANG Ling<sup>1</sup> ZHAO Junhu<sup>1,2</sup> ZHANG Yingxian<sup>1</sup> ZHAO Shanshan<sup>1</sup> LI Wei<sup>1</sup>  
ZOU Xukai<sup>1</sup> JIANG Yundi<sup>1</sup> SHI Shuai<sup>1</sup> HONG Jieli<sup>1</sup> HAN Rongqing<sup>1</sup> WANG Youmin<sup>1</sup>  
HOU Wei<sup>1</sup> ZHU Xiaojin<sup>1</sup> DAI Tanlong<sup>1</sup> CAI Wenyue<sup>1</sup> GUO Yanjun<sup>1</sup>  
ZHONG Hailing<sup>1</sup> WANG Qiyi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Climate Centre, Beijing 100081

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

**Abstract:** In 2021, the annual climate anomaly was warmer and wetter in China. The annual mean temperature nationwide was 1.0°C higher than normal, breaking the historical record since 1951, and the annual precipitation was 6.7% more than normal, ranking the 12th highest since 1951. The seasonal precipitation in spring, summer and autumn was above normal, but below normal in winter. The onsets of pre-flood rainy season in South China, rainy season in Southwest China, and Meiyu season were all later than normal, while the withdrawals of these rainy seasons were earlier than normal with deficient precipitation. However, the rainy season in North China and Northeast China as well as the autumn rain in West China all started earlier and ended later with abundant rainfall. The autumn rainfall in West China was the most since 1961. In 2021, floods were more severe than droughts in China. The torrential rain intensity in rainy

\* 中国长江三峡集团有限公司项目(0704182)和国家自然科学基金项目(41875120)共同资助

2022 年 1 月 28 日收稿; 2022 年 3 月 11 日收修定稿

第一作者: 陈峪, 主要从事气候服务及气候影响评估. E-mail: chenyc@cma.gov.cn

通讯作者: 赵珊珊, 主要从事气候与气候变化研究. E-mail: zhaoss@cma.gov.cn

season was very strong, featured with significant extremities. The extreme severe torrential rain in Henan Province caused serious life and property losses. Autumn rainfall in northern China was more than normal. The influences of drought, typhoon, hail and hale, frost and snow disaster losses were light.

**Key words:** climatic characteristic, meteorological and climatic event, meteorological disaster

## 引 言

受地理位置、地形地貌等因素影响,中国气候类型复杂多样,季风气候和大陆性气候并存,形成了我国四季分明、降水时空分布不均且集中度高,气候的区域性和季节性差异明显以及年际变化大等特点(郑国光等,2019)。气候的复杂性使得我国成为世界上灾害性天气气候的多发区,也是世界上受气象灾害威胁最严重的国家之一(国家气候中心,2018)。在气候变化背景下,我国极端天气气候事件频发,影响日趋严重(秦大河等,2015)。近年来,随着新的观测数据集的应用和分析方法的完善,对我国气温、降水和极端事件等的变化事实取得了新的认知,如中国区域20世纪是过去二千年历史最暖百年之一,中国年降水总体呈增加趋势,中国区域极端热天显著增多、极端冷天显著减少等(巢清尘等,2020);雨日方面,中国降水日数呈显著减少趋势但暴雨站日数呈增加趋势(中国气象局气候变化中心,2021)。

利用最新的气象资料,对我国的气候状况、重大天气气候事件及其对社会经济的影响等进行总结和分析(代潭龙等,2021;李莹等,2020;周星妍等,2019;冯爱青等,2018),可及时了解我国气候状况及其变化的新特点,为气候与气候变化研究提供新事实,为科学防灾减灾提供新依据。本文综合分析了2021年中国主要气象要素时空变化特征和重大灾害性天气气候事件及其影响,对导致我国2021年气候异常的热带海洋和热带对流以及大气环流进行了归因分析。

本文所用气象资料主要来自国家气象信息中心,所涉及气象灾情数据主要来自中华人民共和国应急管理部。气象资料为中国2400多个国家级气象观测站的逐日观测资料,资料年代为1951—2021年,气象要素为平均气温、平均最高气温、平均最低气温和降水量等,天气现象资料包括沙尘、冰雹等。常年值(即气候平均值)采用1981—2010年30年的平均值,部分气象要素或天气气候事件采用多年平均值代替常年值。

## 1 基本气候概况

### 1.1 气 温

2021年为我国历史最暖年。全国平均气温为 $10.53^{\circ}\text{C}$ ,较常年偏高 $1.0^{\circ}\text{C}$ ,为1951年以来历史最高(图1),此前最暖的两年分别是2007年( $10.45^{\circ}\text{C}$ )和2017年( $10.42^{\circ}\text{C}$ );从月际变化看,仅11月气温正常,其余各月均为偏高,其中2月和9月均为历史同期最高,分别较常年同期偏高 $2.9^{\circ}\text{C}$ 和 $1.6^{\circ}\text{C}$ 。从空间分布看,除新疆和贵州局地偏低外,我国其余地区气温普遍偏高 $0.5\sim 2.0^{\circ}\text{C}$ (图2)。从各省(自治区、直辖市)平均气温看,河南、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、浙江、福建、广东、广西、宁夏气温均为历史最高,云南、山东和上海为次高。

基于全国四季气温评价方法(陈峪等,2017),结果表明:冬季(2020年12月至2021年2月)和秋季(9—11月)为偏高等级,春季(3—5月)和夏季(6—8月)为明显偏高等级。冬季,全国平均气温为 $-2.5^{\circ}\text{C}$ ,较常年同期偏高 $0.8^{\circ}\text{C}$ ,但表现为前冬异常偏冷、后冬异常偏暖的冷暖剧烈转换特征(韩荣青等,2021);春季,全国平均气温为 $11.6^{\circ}\text{C}$ ,偏高 $1.1^{\circ}\text{C}$ ,为1961年以来历史同期第四高,列前三的年份分别是2018年、2008年和2016年;夏季,全国平均气温为 $21.7^{\circ}\text{C}$ ,偏高 $0.8^{\circ}\text{C}$ ;秋季,全国平均气温为 $10.6^{\circ}\text{C}$ ,偏高 $0.7^{\circ}\text{C}$ 。

2021年,我国极端高温事件和极端低温事件均呈多发态势。极端高温事件站次比为0.33,分别较常年和2020年偏多0.21和0.11;极端低温事件站次比为0.34,分别较常年和2020年偏多0.18和0.31。全国共有364个站日最高气温达到极端事件监测标准,其中,云南元江( $44.1^{\circ}\text{C}$ )、四川富顺( $41.5^{\circ}\text{C}$ )等62个站日最高气温创历史新高;连续高温日数达到极端事件监测标准的有222个站,其中,海南澄迈(26 d)、广西三江(22 d)等32个站突破历史极值;610个站日最低气温达到极端事件监测标准,其中,内蒙古太仆寺旗( $-37.5^{\circ}\text{C}$ )、河北康保

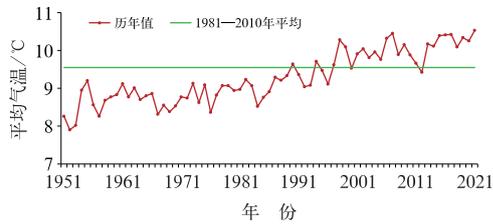


图 1 1951—2021 年中国年平均气温历年变化

Fig. 1 Variation of annual mean temperature over China during 1951—2021

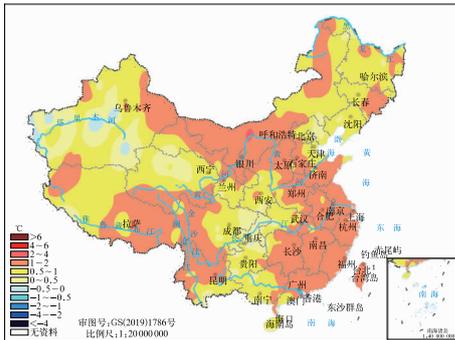


图 2 2021 年中国年平均气温距平分布

Fig. 2 Annual mean temperature anomalies over China in 2021

( $-37.4^{\circ}\text{C}$ )等 59 个站突破历史极值;540 个站日降温幅度达到极端事件监测标准,其中,吉林舒兰( $19.7^{\circ}\text{C}$ )、江西永新( $19.7^{\circ}\text{C}$ )等 133 个站突破历史极值。

## 1.2 降水

2021 年,全国平均降水量为 672.1 mm,较常年偏多 6.7%,为 1951 年以来第十二多,也是 2012 年以来连续第十个多雨年(图 3)。四季中,仅冬季降水量较常年同期偏少 24%,春夏秋三季均偏多,其中秋季降水量偏多 33%,是 1951 年以来的最大值。降水阶段性变化明显,2 月、5 月和 7—11 月降水量偏多,其中 10 月偏多 45.4%;1 月、3—4 月、6 月和 12 月降水量偏少,其中 1 月偏少 56.6%。

从空间分布看,我国中东部地区降水呈“北多南少”分布,内蒙古东部、黑龙江西部和北部、吉林西部、辽宁大部、京津冀大部、山东、河南大部、山西南部、陕西中部和南部及湖北西北部、四川东北部、重庆北部、青海西南部、西藏西部、新疆西南部等地降水量偏多 20%~100%,内蒙古西部、云南西部和北部、广西东南部、广东大部、福建南部等地偏少 20%

~50%(图 4)。我国北方地区平均年降水量为历史次多,仅次于最多的 1964 年;全国降水偏多的 24 个省(自治区、直辖市)中,北方有 14 个,其中天津、河北、北京、山西、陕西、河南均为 1961 年以来最多,山东为历史次多。长江、黄河南北两个流域的降水也显示出“北多南少”的分布特征,黄河流域年降水量偏多 38.7%,为历史第二多,长江流域年降水量偏多 5.6%,仅列历史第十九位。

2021 年,我国降水(日降水量 $\geq 0.1\text{ mm}$ )日数呈北方大部偏多、南方大部偏少的空间分布特征。从全国整体来看,全国平均降水日数较常年偏少 2 d,但强降水多,全国暴雨(日降水量 $\geq 50.0\text{ mm}$ )站日数较常年偏多 26.9%,为 1961 年以来次多,仅少于 2016 年。我国强降水(暴雨)日数增多趋势依然延续(中国气象局气候变化中心,2021),区域变化特征亦类似。以长江流域为例,1961 年以来,长江流域降水日数呈显著减少趋势,2021 年长江流域平均降水日数为 143.7 d,较常年偏少 1.2 d,为历史第十八少;暴雨日数则呈增加趋势,2021 年暴雨日数为 3.8 d,为历史第九多。

2021 年,全国日降水量极端事件站次比为 0.15,较常年偏多 0.05;连续降水日数极端事件站次比为 0.37,较常年偏多 0.24,为 1961 年以来历史第二多。全国有 305 个站日降水量达到极端事件监测标准,其中河南郑州、新密等 64 个站突破历史极值;83 个站连续降水量突破历史极值,647 个站连续降水日数达到极端事件监测标准,其中 98 个站突破历史极值。

华南前汛期于 4 月 26 日开始,7 月 2 日结束,雨季长度为 67 d,总降水量为 494.6 mm;与常年相比,开始偏晚 20 d(刘芸芸和高辉,2021),结束偏早 4 d,雨季长度偏短 24 d,降水量偏少 31%。西南雨季于 6 月 4 日开始,10 月 4 日结束,雨季长度为 122 d,总降水量为 634.5 mm;与常年相比,开始偏晚 9 d,结束偏早 10 d,雨季偏短 19 d,降水量偏少 15%。梅雨季于 6 月 9 日开始,7 月 11 日出梅,雨季长度为 32 d,梅雨量为 267.2 mm;与常年相比,入梅偏晚 1 d,出梅偏早 7 d,雨季偏短 8 d,梅雨量偏少 22%。7 月 12 日华北雨季开始,至 9 月 9 日结束,雨季持续 59 d,降水量为 276.4 mm;与常年相比,开始偏早 6 d,结束偏晚 22 d,雨季偏长 28 d,为 1961 年以来第二长,降水量偏多 103%,为 1961 年以来第三多。东北雨季于 6 月 5 日开始,8 月 29 日

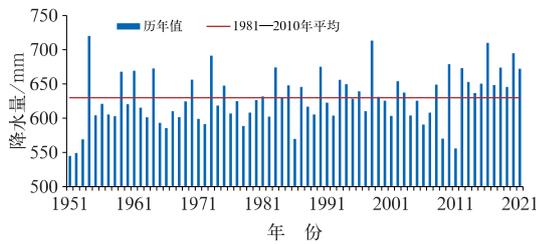


图 3 1951—2021 年中国平均年降水量历年变化  
Fig. 3 Variation of annual precipitation over China during 1951—2021

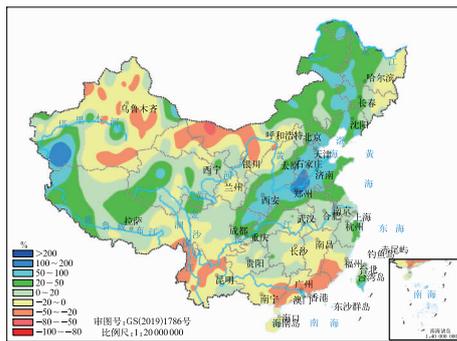


图 4 2021 年中国年降水量距平百分率分布  
Fig. 4 Percentage of annual precipitation anomalies over China in 2021

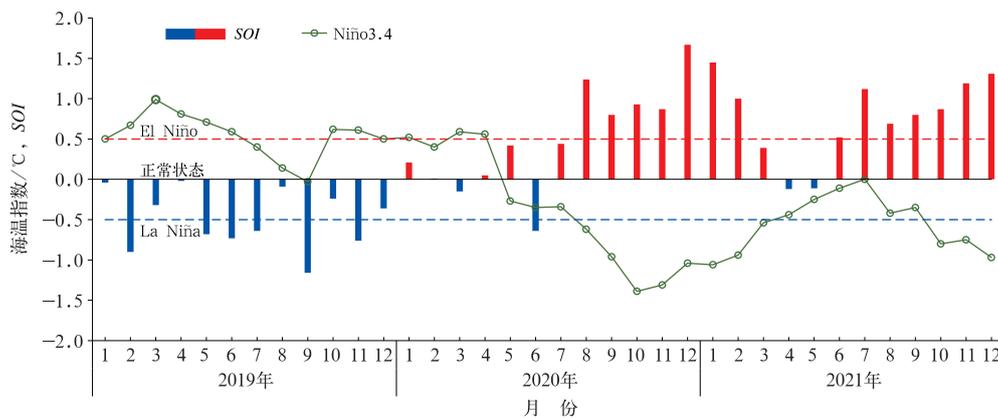


图 5 2019—2021 年 Niño3.4 区海温指数及南方涛动指数(SOI)逐月演变  
Fig. 5 Monthly variation of sea surface temperature index of Niño3.4 and SOI during 2019—2021

常的响应。

2021 年热带对流活动中心表现为阶段性变化特征,1—4 月强对流活动的中心位于赤道西太平洋,5 月东传至日界线附近的赤道中太平洋,6 月之后基本维持在赤道西太平洋。热带对流活动总体与海表温度的发展演变相对应。

结束,雨季长度为 85 d,降水量为 364.3 mm;与常年相比,开始偏早 17 d,结束偏晚 4 d,雨季偏长 21 d,降水量偏多 23%。8 月 23 日华西秋雨开始,至 11 月 8 日结束,雨季持续 77 d,降水量为 379.9 mm;与常年相比,开始偏早 8 d,结束偏晚 7 d,雨季偏长 15 d,降水量偏多 87%,为 1961 年以来最多。

### 1.3 热带海洋和热带对流

监测显示,2021 年 1—5 月 Niño3.4 指数分别为 -1.06、-0.94、-0.54、-0.44 和 -0.25℃,3 月、4 月和 5 月 3 个月的指数滑动平均值高于 -0.5℃,标志着 2020 年 11 月形成的拉尼娜事件的结束。7 月,赤道东太平洋海温正距平中心值超过 0.5℃,Niño3.4 区海温指数为 0℃(图 5)。8 月,赤道中东太平洋海温距平再次下降;10 月,Niño3.4 指数下降至 -0.8℃,3 个月指数滑动平均值低于 -0.5℃,即 8—10 月指数平均为 -0.52℃,表明 10 月赤道中东太平洋再次进入拉尼娜状态。11—12 月,Niño3.4 指数分别为 -0.75℃和 -0.97℃,赤道东太平洋海温中心值低于 -1.0℃,拉尼娜状态持续。南方涛动指数(SOI),1—3 月为正异常,4—5 月接近正常,6 月之后正异常稳定维持(图 5),此变化形态反映出热带大气对赤道中东太平洋冷海温异

### 1.4 大气环流

冬季,东亚冬季风强度指数为 -0.53,总体偏弱;西伯利亚高压强度指数为 -0.05,接近常年。东亚冬季风前冬偏强、后冬偏弱特征显著。2020 年 12 月至 2021 年 1 月上旬,东亚冬季风和西伯利亚

高压强度均明显偏强,2021年1月中旬开始转弱,并持续到2月底。乌拉尔山阻塞高压和东亚槽活动也呈现前冬偏强、后冬偏弱的特征。东亚冬季风环流系统季节内转折,主导了我国2020/2021年冬季气候“前冬冷干、后冬暖湿”的变化(韩荣青等,2021)。

夏季,西北太平洋副热带高压(以下简称副高)强度指数为1961年以来历史同期第四强,前三强分别是2010年、2017年和2020年;副高表现为强度偏强、面积偏大、西伸脊点位置偏西的特点。从逐日监测来看,副高脊线位置季节内变化明显(图6)。6月上旬至中旬前期位置较常年同期略偏北,6月中旬后期至下旬转为偏南,7月中旬迅速北跳,导致江淮流域入梅和出梅均偏早、梅雨量偏少,华北雨季开始偏早;7月底至8月中旬,副高脊线明显南落且长时间维持,导致长江流域发生持续的“倒黄梅”天气(赵俊虎等,2022)。

5月第6候南海夏季风爆发,较常年偏晚1候;9月第4候南海夏季风结束,较常年偏早2候;南海夏季风强度较常年偏弱,强度指数为-0.81。从时间演变看,6月第1候至8月第2候南海夏季风总体偏强,8月第3候至9月第4候强度总体偏弱。东亚副热带夏季风强度指数为0.33,较常年偏强。

5月,中国东部多雨带主要位于华南北部至长江中下游一带。6月中旬,随着南海夏季风爆发,雨带推进至江淮流域,江南、长江中下游和江淮地区先后于9日、10日和13日入梅,梅雨季节开始。随着东亚夏季风系统的进一步北推,副高脊线北抬至 $25^{\circ}\text{N}$ 以北,7月11日梅雨季结束(图7)。7月12日,华北雨季开始;8月,副高脊线再次南落并维持,长江流域发生“倒黄梅”天气;8月下旬至10月上旬,副高脊线再次北抬并稳定维持,副高持续偏北、热带西太平洋对流活动持续异常活跃使得来自西北

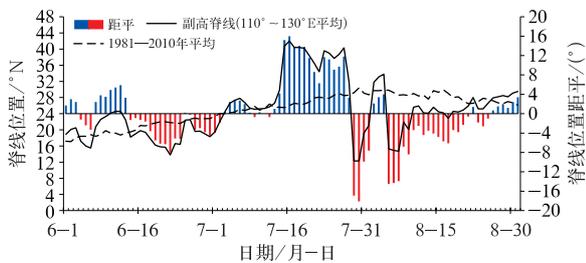


图6 2021年夏季副高脊线位置及距平逐日演变

Fig. 6 Daily variations of subtropical ridge line and its anomaly in summer 2021

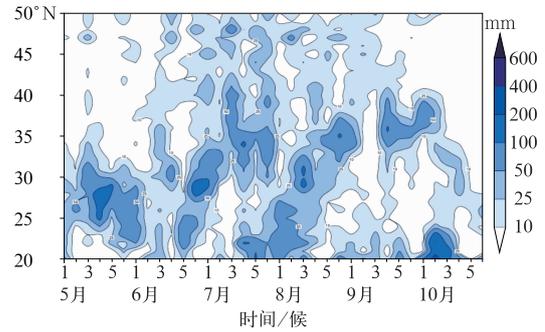


图7 2021年5—10月 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均  
候降水量纬度-时间剖面

Fig. 7 Latitude-time cross-section of pentad average precipitation across  $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$  from May to October in 2021

太平洋和印度洋的暖湿气流异常强盛,加上中高纬冷空气活动频繁,致使雨带长时间滞留在北方地区,造成严重秋汛。9月第1候至10月第4候,南海地区大气高温高湿状态维持。从10月第5候开始,南海地区大气热力性质发生改变,夏季风撤离南海地区。

## 2 主要天气气候事件及影响

### 2.1 暴雨洪涝

2021年汛期,暴雨过程强度大、极端性显著,河南等地暴雨灾害严重;秋季,北方多雨,黄河流域秋汛明显。

5月30日至6月2日,华南大部遭遇强降雨天气,广东中东部出现暴雨到大暴雨,惠州、河源、汕尾和揭阳等局地出现特大暴雨,惠州龙门县龙山镇最大3h降水量达400.9mm,突破广东省历史极值;广东多地出现严重内涝,多所学校停课。

7月15—22日,华北中部和南部、黄淮西部和南部出现强降雨过程,河北南部、河南西部和北部累计降水量超过250mm。郑州最大小时降水量达201.9mm,超过此前我国大陆地区小时降水量气象观测记录。极端暴雨导致河南郑州、鹤壁、新乡、安阳等地发生严重内涝,交通、电力、供水等受到严重影响,并造成重大人员伤亡和巨大经济损失。

秋季,我国北方多雨,东北南部至西北东部一带降水量较常年同期偏多1倍以上,北京、天津、河北、陕西和山西5省(直辖市)秋季降水量均为1961年以来最多。9—10月,黄河中游出现5次区域暴雨

过程,黄河出现严重秋汛。9月24—26日,四川盆地、西北地区东部至华北、黄淮一带出现暴雨过程,陕西南部、河南北部等地降水量超过100 mm;27日,15时黄河潼关站发生年内第一号洪水,21时黄河花园口站发生年内第二号洪水,黄河支流渭河发生的洪水为1935年以来同期最大,伊洛河、沁河发生1950年以来同期最大洪水。10月2—7日,陕西中部、山西南部、河北南部等地降水量为100~200 mm,山西、陕西局地超过200 mm,山西全省平均降水量为119.5 mm,是常年10月降水量(31.4 mm)的3.8倍;受持续降水影响,6—7日陕西有11条河流出现超警戒洪峰,7日潼关水文站出现1979年以来的最大洪水。

## 2.2 干旱

2021年,江南和华南的秋冬连旱、云南的秋冬春夏连旱、西北东部和华北西部的夏秋连旱以及华南春夏秋频发的阶段性干旱等较为明显,给部分地区的农业、水资源及人畜饮水等造成不利影响,但干旱影响总体偏轻。

2020年11月上旬至2021年2月上旬,江南和华南大部地区降水量不足50 mm,较常年同期偏少5~8成,其中广西大部、广东东南部等地偏少8成以上,加之同期气温偏高,普遍出现中到重度气象干旱,湖南、广西、广东部分地区出现特旱。

2020年11月至2021年6月,云南省平均降水量为1961年以来历史同期最少,云南中北部地区降水量偏少5成以上,持续少雨导致气象干旱不断发展,4月上旬全省出现中到重度气象干旱,滇东、滇西、滇北的部分地区出现特旱。

3月下旬至12月中旬,华南中东部降水量较常年同期偏少2~5成,阶段性气象干旱频发。其中,3月下旬至5月上旬、5月中旬至6月下旬、7月上旬至8月中旬、8月下旬至10月上旬等时段干旱明显;11月至12月上旬末,华南部分地区再度少雨干旱。

7月上旬至9月上旬,西北东部、华北西部持续少雨,山西、陕西北部、甘肃东部、宁夏等地降水量偏少2~5成,加之气温明显偏高,气象干旱不断发展。8月中旬末,上述大部地区气象干旱达到中到重度等级,其中陕西中部、甘肃东部、宁夏南部出现特旱。

## 2.3 台风

2021年,西北太平洋和南海生成和登陆我国的

台风(中心附近最大风力 $\geq 8$ 级)均偏少;台风造成的死亡人口和直接经济损失均少于1991—2020年均值。全年生成台风22个,较常年偏少3.5个;登陆台风5个,较常年偏少2.2个。初台登陆时间偏晚31 d,终台登陆偏晚7 d。登陆台风的最大风速平均为 $27.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,较常年( $30.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )偏弱。

台风烟花是1949年以来首个在浙江两次登陆(7月25日和26日)的台风。“烟花”移动速度慢,登陆后一路影响浙江、上海、江苏、安徽、山东、河南、河北、天津、北京、辽宁等10个省(直辖市),累计影响时长达95 h,成为1949年以来在我国陆上滞留时间最长的台风。受其影响,我国中东部沿海地区风雨持续时间长、累计降水量大,浙江余姚大岚镇丁家畈降水量达1034 mm。

10月8日和13日,台风狮子山和台风圆规一周内相继登陆海南琼海,对海南省及粤港澳地区交通、旅游等造成影响,但同时缓解了旱情和高温天气。“狮子山”具有近海生成、移速较慢、外围风力大、风雨影响时间长的特点;4—10日,海南多个市(县)累计降水量超过500 mm,临高、昌江日降水量突破当地10月历史极值,7—11日,广东中南部出现大范围持续性强降水,全省平均降水量超过100 mm,局地最大累计降水量近700 mm。“圆规”是自2016年以来登陆海南的最强台风,具有移速快、路径稳定、影响范围广的特点;10月12—14日,粤东、珠三角南部和粤西等地出现大到暴雨、局部大暴雨,海南省局地累计降水量超过300 mm。

台风雷伊在其鼎盛期中心最大风力达17级( $58 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ),中心最低气压为925 hPa,是影响南海最晚的超强台风,也是直接袭击我国南沙群岛的最强台风。受其影响,12月17—20日,南沙群岛、西沙群岛、中沙群岛出现8~10级阵风、局地11~13级,海南文昌等9个市(县)降水量超过50 mm,局地超过100 mm,三沙市共有5个岛礁出现50 mm以上降水,其中3个超过100 mm,美济礁最大为177.8 mm。台风降水对缓解华南地区的干旱十分有利。

## 2.4 高温

2021年,我国高温(日最高气温 $\geq 35.0^\circ\text{C}$ )日数为1961年以来第二多,全国平均为12.0 d,较常年偏多4.3 d(图8),历史最多为2017年的12.1 d。江南大部、华南及新疆南部等地年高温日数为30~60 d,较常年偏多10~30 d;江西南部、湖南南部及广东中部和东部高温日数超过60 d,

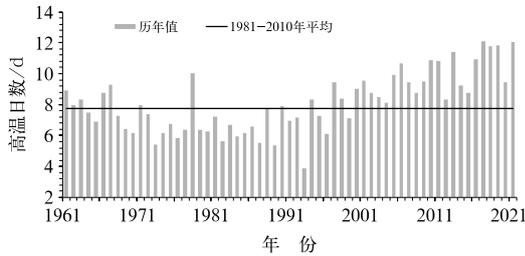


图8 1961—2021年中国平均高温日数历年变化

Fig. 8 Variation of annual high temperature days over China during 1961—2021

较常年偏多30~50 d。湖南、广东、广西高温日数分别为51.6、42.9和40.2 d,均为1961年以来最多。年内发生9次区域性高温过程,比常年偏多5次,为1961年以来最多。

7月20日至8月9日,我国中东部及新疆、内蒙古西部等地出现大范围高温天气过程,日最高气温普遍为35~38℃,其中陕西南部、河南西部、湖北西部、四川东南部、重庆、湖南、贵州北部、广西北部、广东北部及新疆南部等地达38~42℃,新疆托克逊达46.5℃;四川富顺(41.5℃)、陕西米脂(40.6℃)、陕西宜川(40.6℃)等38个站日最高气温破历史极值。

9月17日至10月5日,南方地区出现1961年以来最晚高温过程,结束时间较常年(8月30日)偏晚36 d。江淮西部、江汉东部、江南、华南大部及重庆等地日最高气温普遍为35~38℃,湖南、江西局地超过38℃,湖南永兴达39.2℃、衡南和祁阳达39.1℃;湖南南部、江西南部、广西东北部等地高温日数达12~18 d,较常年同期偏多10 d以上。

## 2.5 强对流

2021年,我国发生区域性强对流天气过程47次,中等以上强度龙卷16次;强对流首次过程(3月30—31日)和末次过程(10月2—4日)分别较常年偏晚15 d和16 d。春季后期,长江中下游多地出现极端强风、龙卷等强对流天气(刘芸芸和高辉,2021)。据相关统计,全国有1363个县(市、区)遭受风雹灾害影响,江苏、湖北、内蒙古等地因罕见龙卷风造成重大人员伤亡和财产损失。与2011—2020年平均值相比,2021年风雹灾害损失偏轻。

4月29—30日,江苏沿江及以北大部地区遭受风雹灾害,最大风力达到8级以上,其中南通通州湾最大风力达15级;南通等9个市的20个县(市、区)

出现冰雹,造成近2.7万人受灾,17人死亡,11人失踪,1.2万间房屋损坏,农作物受灾面积为1.1万 $\text{hm}^2$ ,直接经济损失为1.6亿元。

5月14日,江苏苏州和湖北武汉遭受强龙卷风袭击,极端性和破坏性为近年来罕见。苏州市吴江区盛泽镇最大风力达17级,造成4人死亡,100多人受伤,多处电力设施和房屋受损;武汉出现雷暴、大风、冰雹等强对流天气,蔡甸区、武汉经济技术开发区突发强龙卷风,影响距离长达18 km,最大破坏直径为1000 m,造成2.5万人受灾,10人死亡,200多人受伤,直接经济损失达3亿元。

10月2—4日,辽宁出现历史同期罕见的强风雹及大暴雨天气,大连、鞍山、本溪等地局部出现冰雹。

## 2.6 低温冷冻害和雪灾

2021年,有29次冷空气过程影响我国,其中寒潮过程11次,较常年(5.2次)明显偏多,为1961年以来次多,1月上旬和11月上旬的寒潮过程降温幅度大、极端性强、影响范围广。

1月6—8日,我国中东部地区出现寒潮天气过程,阵风为6~8级,局地达9~10级,降温幅度普遍为6~12℃,其中河北东部、山东中部和河南北部降温幅度达12~16℃,华北等地日最低气温出现历史极值;北京南郊观象台1月7日最低气温为-19.6℃,为1967年以来最低,仅高于1951年的-22.8℃和1966年的-27.4℃。除辽宁大连、山东半岛等地出现中到大雪、局地暴雪外,南方也出现大范围雨雪天气,贵州、湖南、福建局地出现冻雨。低温、雨雪、大风天气对交通和设施农业、畜牧业等造成不利影响。

11月4—9日,全国型强寒潮天气过程影响我国,中东部及西北大部降温幅度普遍为8~16℃,部分地区超过16℃;有116个站降温幅度达到或超过历史极值,166个站日最低气温破11月上旬历史同期最低纪录。华北北部及内蒙古东部、吉林西部等地普降暴雪或大暴雪、局地出现特大暴雪,黑龙江、吉林、辽宁等地还出现极少有的冻雨天气,全国有151个站日降水量突破11月历史极值;不少地区出现大风天气,内蒙古呼和浩特、河南平顶山分别出现25.2  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  (10级)和39.2  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  (13级)的强风。雨雪冰冻等灾害性天气给农业、交通、电力和居民生活造成较大影响,沈阳、长春、天津、济南等多地

中小学停课。

### 2.7 沙尘暴

2021 年春季出现 9 次沙尘天气过程,明显少于常年(17 次),但强沙尘暴过程为 2013 年以来最多;沙尘天气过程中有 4 次是沙尘暴过程(图 9),其中 2 次为强沙尘暴过程。从沙尘日数看,春季北方地区平均为 3.8 d,比常年同期偏少 1.2 d,但为 2007 年以来最多。1 月 10 日出现 2021 年首次沙尘过程,发生时间为 2002 年以来最早。沙尘天气使空气质量和能见度下降,对人体健康和交通出行造成不利影响。

3 月 13—18 日的强沙尘暴过程是近 10 年影响我国最强的沙尘天气过程,风力大,持续时间长,影响范围广,共波及 19 个省(自治区、直辖市),其中包括安徽、江苏、上海、浙江等南方省份;沙尘暴范围覆盖内蒙古、甘肃、宁夏、陕西、山西、河北、北京、天津等地,部分地区出现强沙尘暴。沙尘天气造成北方多地空气质量严重恶化,最大 PM<sub>10</sub> 质量浓度超过 5 000 μg · m<sup>-3</sup>,北京一度超过 7 000 μg · m<sup>-3</sup>。

3 月 27 日至 4 月 1 日,北方出现年内第二次强沙尘暴过程,内蒙古、华北东部等地出现 9~10 级阵

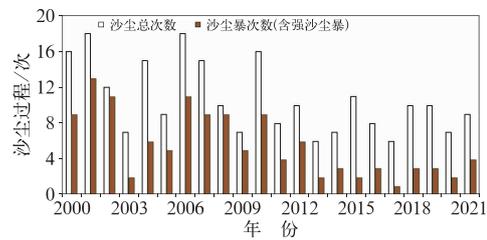


图 9 2000—2021 年春季中国北方沙尘天气过程历年变化

Fig. 9 Variation of spring dust weather process in northern China during 2000—2021

风,内蒙古中部、陕西北部、河北西北部出现沙尘暴,内蒙古中部出现强沙尘暴。受沙尘天气影响,部分地区 PM<sub>10</sub> 最大质量浓度超过 2 000 μg · m<sup>-3</sup>,北京超过 3 000 μg · m<sup>-3</sup>。

### 3 结 论

2021 年,我国气温创 1951 年以来新高,降水量为历史第十二多,天气气候事件主要有暴雨洪涝、台风、干旱、高温、强对流等(图 10)。汛期暴雨过程强度大,秋季北方多雨;高温过程多,南方高温持续时



图 10 2021 年中国重大天气气候事件示意图

Fig. 10 Sketch of major meteorological events and disasters over China in 2021

间长;气象干旱总体偏轻,台风生成和登陆偏少,强对流天气过程强,寒潮过程多,沙尘天气出现早。2021年,我国气候仍呈现出气温偏高、降水偏多、极端天气气候事件多发的变化态势,总结如下:

(1)主要气候特征。2021年,我国气候呈暖湿特征。全国平均气温较常年偏高 $1.0^{\circ}\text{C}$ ,为1951年以来最高;冬、春、夏、秋气温均偏高,春季偏暖显著。全国平均降水量较常年偏多 $6.7\%$ ,北方地区平均年降水量为历史第二多;冬季全国降水偏少,春、夏、秋偏多,秋季为历史最多。华南前汛期、西南雨季和梅雨开始晚、结束早、降水量少,华北雨季、东北雨季和华西秋雨开始早、结束晚、降水量多。

(2)主要天气气候事件及影响。2021年,我国涝重于旱,暴雨洪涝造成的直接经济和人员损失偏重,干旱、台风、风雹、低温冷冻和雪灾损失均偏轻。

汛期暴雨过程强度大、极端性显著,河南等地出现严重暴雨灾害,黄河流域出现严重秋汛;生成和登陆台风偏少,“烟花”陆地滞留时间长、影响范围广,超强台风雷伊于12月中旬正面袭击我国南沙群岛;气象干旱总体偏轻,但华南及云南等区域性、阶段性干旱明显;高温过程为1961年以来最多,结束时间偏晚;寒潮过程多、强度高,多地出现极端低温;强对流天气过程频发、强发,致灾严重;北方沙尘天气出现早,强沙尘暴过程多,北方遭遇近10年最强沙尘暴过程。

## 参考文献

- 巢清尘,严中伟,孙颖,等,2020.中国气候变化的科学新认知[J].中国人口·资源与环境,30(3):1-9. Chao Q C, Yan Z W, Sun Y, et al, 2020. A recent scientific understanding of climate change in China[J]. China Populat Resour Environ, 30(3): 1-9 (in Chinese).
- 陈峪,王凌,陈鲜艳,等,2017.气温评价等级:GB/T 35562—2017[S].北京:中国标准出版社. Chen Y, Wang L, Chen X Y, et al, 2017. Grades of surface air temperature assessment: GB/T 35562—2017[S]. Beijing: Standards Press of China (in Chinese).
- 代潭龙,王秋玲,王国复,等,2021.2020年中国气候主要特征及主要天气气候事件[J].气象,47(4):478-487. Dai T L, Wang Q L, Wang G F, et al, 2021. Climatic characteristics and major meteorological events over China in 2020[J]. Meteor Mon, 47(4): 478-487 (in Chinese).
- 冯爱青,曾红玲,尹宜舟,等,2018.2017年中国气候主要特征及主要天气气候事件[J].气象,44(4):548-555. Feng A Q, Zeng H L, Yin Y Z, et al, 2018. Climatic characteristics and major meteorological events over China in 2017[J]. Meteor Mon, 44(4): 548-555 (in Chinese).
- 国家气候中心,2018.中国灾害性天气气候图集(1961—2015)[M].北京:气象出版社. National Climate Center, 2018. Atlas of Hazardous Weather and Climate in China (1961—2015)[M]. Beijing: China Meteorological Press (in Chinese).
- 韩荣青,石柳,袁媛,2021.2020/2021年冬季中国气候冷暖转折成因分析[J].气象,47(7):880-892. Han R Q, Shi L, Yuan Y, 2021. Analysis on the causes of cold and warm transition in China during the winter of 2020/2021[J]. Meteor Mon, 47(7): 880-892 (in Chinese).
- 李莹,曾红玲,王国复,等,2020.2019年中国气候主要特征及主要天气气候事件[J].气象,46(4):547-555. Li Y, Zeng H L, Wang G F, et al, 2020. Climatic characteristics and major meteorological events over China in 2019[J]. Meteor Mon, 46(4): 547-555 (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).
- 秦大河,张建云,闪淳昌,等,2015.中国极端天气气候事件和灾害风险管理及适应国家评估报告[M].北京:科学出版社. Qin D H, Zhang J Y, Shan C C, et al, 2015. China National Assessment Report on Risk Management and Adaptation of Climate Extremes and Disasters[M]. Beijing: Science Press (in Chinese).
- 赵俊虎,陈丽娟,章大全,2022.2021年夏季我国气候异常特征及成因分析[J].气象,48(1):107-121. Zhao J H, Chen L J, Zhang D Q, 2022. Characteristics and causes for the climate anomalies over China in summer 2021[J]. Meteor Mon, 48(1): 107-121 (in Chinese).
- 郑国光,矫海燕,丁一汇,等,2019.中国气候[M].北京:气象出版社. Zheng G G, Jiao M Y, Ding Y H, et al, 2019. Climate of China [M]. Beijing: China Meteorological Press (in Chinese).
- 中国气象局气候变化中心,2021.中国气候变化蓝皮书2021[M].北京:科学出版社. China Meteorological Administration Climate Change Centre, 2021. Blue Book on Climate Change in China 2021[M]. Beijing: Science Press (in Chinese).
- 周星妍,曾红玲,王遵娅,等,2019.2018年中国气候主要特征及主要天气气候事件[J].气象,45(4):543-552. Zhou X Y, Zeng H L, Wang Z Y, et al, 2019. Climatic characteristics and major meteorological events over China in 2018[J]. Meteor Mon, 45(4): 543-552 (in Chinese).

(本文责编:何晓欢)