

刘远,李莹,郭增元,等,2023. 2022 年全球重大天气气候事件[J]. 气象,49(9):1142-1148. Liu Y, Li Y, Guo Z Y, et al, 2023. Global significant weather and climate events in 2022[J]. Meteor Mon, 49(9):1142-1148(in Chinese).

## 2022 年全球重大天气气候事件\*

刘 远 李 莹 郭增元 张颖娴 陈逸骁 丁 婷 王国复

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:** 2022 年,全球平均温度比工业化前水平高出约  $1.15^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0.13^{\circ}\text{C}$ ),是第五暖年。全球海平面继续上升,且加速上升趋势明显。北极海冰面积低于常年值,南极海冰面积创下历史新低。巴基斯坦、韩国、印度、孟加拉国、澳大利亚东部、巴西和非洲中部和南部地区遭受暴雨洪涝;北非地区和东非大部分地区发生严重干旱;欧洲、中国、美国、日本、巴基斯坦和印度等地遭遇创纪录的高温热浪;北美和欧洲遭受寒流和暴风雪侵袭;强对流天气频繁袭击世界各地;全球共生成 40 个热带气旋,数量和强度均低于历史平均水平。成因分析表明,7 月北半球副热带高压带异常强大以及欧洲上空持续的极强暖高压,西欧地区整个对流层盛行下沉气流,造成欧洲多地出现破纪录的高温热浪;7—8 月西太平洋副热带高压异常强大且偏西,孟加拉湾地区东部的水汽输送路径折向印度北部和巴基斯坦,在南亚和东亚夏季风的共同作用下低层水汽辐合极为强盛,导致了极端降水事件的长时段维持和严重洪灾的发生。

**关键词:** 重大天气气候事件,气象灾害,暴雨洪涝,高温热浪

**中图分类号:** P461

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2023.042002

## Global Significant Weather and Climate Events in 2022

LIU Yuan LI Ying GUO Zengyuan ZHANG Yingxian CHEN Yixiao DING Ting WANG Guofu

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

**Abstract:** In 2022, the global mean temperature was about  $1.15^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0.13^{\circ}\text{C}$ ) above pre-industrial levels, making it the fifth warmest year. Sea level continued to rise in an upward trend. Arctic Sea ice was below normal and Antarctic Sea ice reached a record low. Pakistan, South Korea, India, Bangladesh, eastern Australia, Brazil, and central and southern Africa suffered rainstorm and floods. The Sahel Region and most of East Africa experienced severe drought. Europe, China, United States, Japan, Pakistan and India experienced record-breaking heat waves. North America and Europe were hit by cold surges and snow storms. Severe convective weather frequently hit parts of the world. A total of 40 tropical cyclones were generated around the world, the number and intensity of which were both lower than the climatic average. Causal analysis indicates that in July, the abnormally strong subtropical high belt in the Northern Hemisphere, along with the persistent and intense warm high-pressure system over Europe, resulted in prevailing subsiding air currents throughout the European Region's troposphere. This led to record-breaking heat waves across multiple areas in Europe. From July to August, the abnormally strong and westward-shifted western Pacific subtropical high system, along with a redirection of moisture transport from the eastern part of the Bay of Bengal towards northern India and Pakistan, led to intense lower-level moisture

\* 中国气象局复盘总结专项(FPZJ2023-166)、中国气象局创新发展专项(CXFZ2022J068)和中国气象局决策气象服务专项(JCZX2021026)共同资助

2023 年 3 月 11 日收稿; 2023 年 8 月 14 日收修定稿

第一作者:刘远,主要从事气候变化与灾害风险研究. E-mail:liuyuan@cma.gov.cn

通讯作者:王国复,主要从事灾害风险研究. E-mail:wanggf@cma.gov.cn

convergence with the combined action of the South Asian and East Asian summer monsoons. This prolonged the maintenance of extreme precipitation events and led to the occurrence of severe flood disasters.

**Key words:** weather and climate events, meteorological disaster, rainstorm and flood, heat wave

## 引言

世界气象组织最新数据显示,2022年全球平均温度比工业化前(1850—1900年)水平高出约 $1.15^{\circ}\text{C}$ ( $\pm 0.13^{\circ}\text{C}$ ),是第五暖年份,同时2015—2022年是有记录以来最暖的八年(WMO,2022)。随着时间推移,越来越有可能暂时突破《巴黎协定》 $1.5^{\circ}\text{C}$ 的限制。全球海洋热容量创下历史新高,2022年上层2000 m的热容量超过了2021年创下的历史记录(Cheng et al,2023)。全球平均海平面继续上升,近十年的上升速率超过 $4.6\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ (WMO,2022)。2022年北极海冰面积在大部分时间都低于1981—2010年平均值(C3S,2022),南极海冰面积在2月降至有记录以来的最低水平(Turner et al,2022)。

2022年全球多地发生重大天气气候事件,包括全球多地遭受严重暴雨洪涝灾害(Nanditha et al,2023),北半球多地遭受高温热浪、干旱和山火(Rodrigues et al,2023),北大西洋、东太平洋和南印度洋频繁的气旋活动,欧洲和北美等地遭受寒流和暴风雪侵袭,强对流天气频繁袭击世界各地等。灾害破坏了健康安全、粮食安全、能源安全和水安全以及基础设施,造成了重大经济损失和人员伤亡。据突发事件数据库(Emergency Events Database,EM-DAT)(EM-DAT,2022)和慕尼黑再保险公司(Bevere and Remondi,2022)公布的统计数字,2022年全球气象水文灾害共造成约2100亿美元的经济损失,低于2021年经济损失(2240亿美元),高于近十年均值(2040亿美元)。

气候变化导致的天气、气候和水极端事件的数量在不断增加。从20世纪70年代到21世纪10年代,由天气、气候和水极端事件造成的经济损失增加了七倍(WMO,2021)。及时总结和梳理全球气候特征和重大天气气候事件影响有助于更好地理解气象灾害风险并加快采取降低风险行动,从而支撑气象灾害风险管理工作更好地开展(秦大河,2015)。

国家气候中心长期关注中国和全球主要天气气候事件的发生、发展和影响(翟建青等,2021;张颖娴等,2022),并对极端天气气候事件影响及风险评估开展了大量总结和复盘(李莹和赵珊珊,2022;尹宜舟,2022;Liu et al,2023;Zhang et al,2022;2023)。本文侧重对2022年全球主要气候特征及重大天气气候事件进行综述,所用的资料包括2022年全球气候状况报告(WMO,2022)、GPCC全球降水量观测资料集和NCEP/NCAR大气再分析数据集等。

## 1 全球重大天气气候事件概述

### 1.1 全球多地遭受严重暴雨洪涝灾害

2022年,东北亚、东南亚、南亚西部、澳洲东南部、南美洲北部、北美局部和加勒比地区、非洲中部、阿拉伯半岛南部等地降水量较常年偏多;欧洲、中亚、澳洲北部、东非、北非大部、南美洲中部和南部以及北美中部和西部等地降水量较常年偏少(图1)。2022年全球降水异常与拉尼娜现象有关,巴塔哥尼亚和北美洲西南部比常年干燥,而非洲南部、南美洲北部、海洋大陆和澳大利亚东部比常年更湿润。东南亚经历了更强烈和更长的季风降雨;肯尼亚、埃塞俄比亚和索马里的大部分地区经历了连续5个低于平均水平的雨季(WMO et al,2022)。

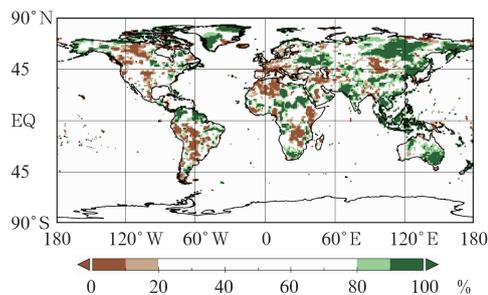


图1 2022年全球总降水量在历史基准期(1951—2000年)百分位序列中的位置(WMO,2022)

Fig. 1 Position of global total precipitation in 2022 in the percentile sequence of the 1951—2000 reference period (WMO, 2022)

在亚洲地区,6—8月,巴基斯坦频繁遭遇强降雨袭击。巴基斯坦全国平均降水量6月偏多68%,7月偏多180%,8月偏多243%,其中7月和8月降水量均为1961年以来历史同期最多。持续强降雨导致巴基斯坦约三分之一国土被淹没,超3300万人受影响,近1700人死亡;主要农作物棉花被洪水冲毁,水果、蔬菜和大米等也遭受巨大损失,食品价格上涨了29%(WFP and FAO, 2022),据估计洪涝灾害造成的经济损失近700亿人民币。8月7—11日,韩国首都圈遭遇极端暴雨事件,具有持续时间长、短时降水强、累计降水量大等特点。8日,首尔市韩国气象厅附近1 h最大降水量达141.5 mm,3 h最大降水量达259.0 mm,6 h最大降水量达303.5 mm,短时降水极强;首尔市8日降水量超过380 mm,不仅超过常年8月降水量,还突破日降水量历史极值,为近百年来最大。韩国极端暴雨引发严重内涝,不少城市出现积水,地铁站、地下设施进水严重,大量车辆被淹,一些地区出现山体滑坡,累计造成十余人死亡,超过7000人被迫撤离家园。印度和孟加拉国在季风季节的不同阶段也发生了严重的洪水,印度东北部有600多人死于洪水和山体滑坡,另有900人死于雷暴灾害。

在欧洲地区,9月15—16日,意大利中北部连降暴雨,导致山洪暴发,造成至少10人死亡。

在大洋洲地区,2月下旬至3月,澳大利亚东部发生多场洪水,造成22人死亡,数十万人紧急转移,近千所学校因洪水被迫关闭,随后的供应链危机导致东部地区食品短缺,于3月9日进入国家紧急状态,保险公司索赔额超过35亿澳元。8月17—20日,新西兰西部和北部地区连续3日遭遇特大暴雨袭击,其中尼尔森地区4日出现降水,累计降水量达701 mm,超过了当地冬季平均降水量,暴雨引发道路、学校关闭及滑坡,新西兰3个地区17日宣布进入紧急状态。

在美洲地区,2021年12月底至2022年1月初,巴西东北部巴伊亚州遭遇连续强降雨,引发的洪水和山体滑坡导致数十人丧生,数万人流离失所;1月下旬,巴西东南部圣保罗州至少有18人死于洪水;2月15日,巴西里约热内卢的彼得罗波利斯市3 h降水量达到258 mm,导致山洪暴发和山体滑坡,造成231人死亡;5月下旬,巴西东北部遭遇持

续强降雨天气,其中伯南布哥州部分地区27—29日累计降水量达到了常年5月总降水量的70%,持续强降雨引发洪涝和滑坡等次生灾害,导致该州上百人死亡。

在非洲地区,4月南非东部夸祖鲁-纳塔尔地区发生特大洪水,11—12日的累计降水量高达311 mm,超过400人死于洪水,4万人流离失所,此次洪灾造成交通、建筑和水利基础设施损毁严重,影响了农产品储存、加工、运输以及市场消费。6—10月,尼日利亚遭遇十年来最严重洪涝灾害,该国大部分地区7—9月的降水量达250~400 mm,远超气候均值,洪灾造成超过600人死亡,140万人流离失所,8.2万栋住宅和大约11万 $\text{hm}^2$ 农田被毁。

## 1.2 北半球多地遭受高温热浪、干旱和山火

在亚洲地区,4月下旬至5月上旬,南亚高压系统给印度和巴基斯坦带来异常高温,多个地区创下了新的最高和最低气温纪录。4月30日,巴基斯坦信德省雅各布阿巴德的气温飙升至 $49.0^{\circ}\text{C}$ ,比2018年创下的最高纪录高 $1.0^{\circ}\text{C}$ ;卡拉奇机场的最低气温为 $29.4^{\circ}\text{C}$ ,也是该地区的新纪录。6月,日本经历了自1875年有记录以来最严重的连续高温天气,6月25日群马县伊势崎市最高气温达到 $40.1^{\circ}\text{C}$ ,刷新了6月日本最高气温纪录,同时也是日本6月最高气温首次达到 $40.0^{\circ}\text{C}$ 。6月13日至8月30日,中国中东部地区出现了大范围持续高温天气过程,此次高温事件持续79 d,为1961年以来中国区域性高温过程持续最长时间。持续高温干旱对中国长江流域及其以南地区的农业生产、水资源供给、能源供应、生态系统平衡及人体健康产生较大影响。

在欧洲地区,5—8月出现持续性极端高温天气,欧洲经历了有记录以来最热的夏季(6—8月)。法国、葡萄牙和西班牙经历了有记录以来最热的5月;6月,高温继续席卷欧洲多个地区,整个欧洲经历了有记录以来第二热的6月;7月,高温热浪从西班牙和葡萄牙开始,进一步向北和向东蔓延至法国、英国、中欧和北欧,英国于7月19日在林肯郡的科宁斯比创下了 $40.3^{\circ}\text{C}$ 的全国日最高气温纪录,这是该国有史以来首次气温记录超过 $40^{\circ}\text{C}$ ;8月,欧洲大部分地区气温仍高于平均水平。夏季高温热浪造成欧洲超半数地区处于干旱预警状态。旱情导致欧洲

部分国家的水库蓄水量以及河流水位大幅下降,西班牙全国水库蓄水量降至37.9%,创下1995年以来历史新低;莱茵河德国段水位急剧下降,已严重影响正常航运。同时,旱情还导致野火蔓延,严重破坏生态系统。2022年1月至8月中旬,欧洲部分地区已有超过74万 $\text{hm}^2$ 森林被烧毁,创2006年以来的同期新高。仅西班牙2022年的森林大火过火面积就已经超过2018—2021年的总和。持续干旱还威胁能源供应,欧洲2022年1—7月水力发电量比去年同期减少两成,核能发电量减少12%。

在北美地区,4月开始席卷南部平原的热浪一直持续到夏季,美国得克萨斯州经历了有记录以来最温暖的4—7月。美国夏季(6—8月)的平均温度为 $23.3^{\circ}\text{C}$ ,是有记录以来第三热的夏季。9月的第一周,一股热浪席卷了美国西部。10月16日,历史性的同期热浪席卷美国西北部地区和加拿大西南部地区,带来夏季般的高温,打破多项高温纪录。持续高温导致美国中西部发生严重干旱,加利福尼亚州至少97%的土地处于严重干旱状态。干旱导致多地山火频发,发生频数和烧毁面积都远高于过去10年平均。干旱还导致农作物产量严重减产,其中棉花减产四成以上。受高温干旱影响,作为美国农产品运输主要航道的密西西比河水位达10年来最低,部分驳船通道关闭。

在非洲地区,北非地区和东非大部分地区在过去3~4年间一直处于干旱状态。2022年,东非经历了连续第四个干旱的雨季,导致多国遭遇40年来最严重干旱。干旱导致粮食歉收甚至绝收,埃塞俄比亚、索马里和肯尼亚的2300多万人面临严重饥荒。

### 1.3 热带气旋数量和强度均低于历史平均水平

2022年,全球共生成40个热带气旋,数量和强度均低于历史平均水平。北大西洋、东太平洋和南印度洋的气旋活动接近正常,其他地区的气旋活动都低于正常水平,其中西太平洋连续3年低于正常水平。

在北大西洋,9月24日,飓风菲奥娜登陆加拿大新斯科舍省,造成当地2人死亡、大面积断电,成为加拿大近20年以来最强、损失最惨重的飓风,飓风还引发洪灾,导致美国海外属地波多黎各全境断电。9月27日,飓风伊恩先后在古巴西部、美国佛

罗里达州西南部登陆,造成美国数百万人断电和百余人死亡,成为美国有记录以来损失第三重的飓风,仅次于飓风卡特里娜和哈维。11月10日,飓风妮可在佛罗里达州东部登陆,带来大规模降水并引发洪涝,是1985年以来11月首次登陆佛罗里达州的飓风。

在东太平洋,5月30日,飓风阿加莎在墨西哥瓦哈卡州登陆,造成当地11人死亡,超过4万人受到影响,这是自1949年有记录以来5月袭击墨西哥沿岸最强的太平洋飓风。10月9日,飓风茱莉亚袭击尼加拉瓜中部加勒比海岸,给中美洲带来了暴雨,并在多国引发洪涝和山体滑坡等灾害,造成近百人遇难。10月,飓风奥林和罗斯林在墨西哥海岸的同一地区登陆,相隔仅3周,其中罗斯林是2015年以来登陆墨西哥的最强东太平洋飓风。

在西太平洋,4月10日,台风鲑鱼在菲律宾中部萨马省登陆,其强度弱、生命周期短,但致灾严重,造成菲律宾224人死亡,超过200万人受灾。9月6日,台风轩岚诺在韩国南部庆尚南道南岸登陆,是韩国历史上最强台风之一,其过境韩国时造成11人死亡。9月18日,台风南玛都登陆日本九州岛指宿市沿海,登陆时中心附近最大风力为14级( $45\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ),造成当地约34万户居民停电,航班大面积取消,公路、铁路等交通停驶。台风奥鹿在9月25日和28日分别登陆菲律宾和越南,造成的农业损失超过了3.6亿元人民币。10月29日,台风尼格袭击菲律宾,造成160多人死亡;随后于30日穿越菲律宾吕宋岛移入南海,其不但令中国香港、中国澳门两地发出半世纪以来首个于11月生效的八号热带气旋警告,更是继1954年后首个于11月正面吹袭两地的热带气旋。

在南半球,马达加斯加受到前所未有的6个热带气旋影响,其中影响最大的是热带气旋巴齐雷,造成了大范围的风灾和洪涝,导致89人死亡。澳大利亚和西南太平洋地区的热带气旋活跃程度低于历史平均水平,其中西南太平洋是自2008/2009年以来首次未出现大型气旋。

### 1.4 欧洲和北美等地遭受寒流和暴风雪侵袭

1月2—7日,冬季风暴从美国中部横扫到大西洋沿岸的大片地区。根据监测,阵风的最高速度达

到  $56 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , 能见度近乎为  $0 \text{ m}$ ; 马里兰、弗吉尼亚、佐治亚、田纳西和南卡罗来纳等州积雪超过  $25 \text{ cm}$ 。此次暴风雪天气造成马里兰、弗吉尼亚、佐治亚、田纳西等 37 个州超过 9000 万人受到影响, 90 万户家庭遭遇停电; 美国东部多州出现交通严重堵塞, 交通事故频发, 数百辆汽车被困, 超过 6500 架次航班因暴风雪取消, 多个政府部门临时关闭。

2月18—19日, 强风暴尤尼斯袭击西欧等地多个国家, 英国南部、英吉利海峡、北海南部、西欧及中欧北部沿海等地普遍出现 8 级以上大风, 英国南部、英吉利海峡等地阵风超过 10~12 级。英国怀特岛的尼德尔斯观测到的最大阵风达 16 级 ( $54.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), 创英格兰有史以来最大阵风纪录。此次事件严重影响了铁路、航空、航运系统; 造成欧洲多国电网被破坏, 数以百万计的家庭和企业断电; 同时导致至少 16 人死亡, 大量房屋建筑受损。

12月17—18日, 莫斯科出现特大暴雪, 降雪量达到莫斯科 12 月平均总降雪量的三分之一; 积雪深度达  $38 \text{ cm}$ , 创当地同期最高纪录。18日, 莫斯科各机场约 56 个航班延误或取消, 多条道路因积雪出行受阻; 部分地区人行道被大雪覆盖, 路面出现结冰, 公共交通受到影响。

12月下旬, 史诗级寒潮席卷美国。23日, 美国中西部局部地区最低气温降至  $-40^\circ\text{C}$  以下, 费城遭遇近 20 年来最寒冷的圣诞节, 美墨边境城市埃尔帕索的气温降至  $-10^\circ\text{C}$  以下, 佛罗里达州气温也几乎低于冰点, 全美大约 2.4 亿人收到极寒天气预警。恶劣天气导致美国多地建筑损毁、树木倒塌、道路阻断, 大量航班被取消或延误, 数十万户居民停电, 自来水管冻裂带来用水危机。

### 1.5 强对流天气频繁袭击世界各地

在北美地区, 2022年, 美国记录了 1329 次龙卷过程, 高于 1991—2020 年美国年平均龙卷发生次数 (1225 次; NCEI, 2023), 相对发生较多的月份包括 3 月、4 月、5 月、6 月和 11 月, 每月都报告了百余次龙卷过程, 其中 3 月的影响最为严重。3月5—6日, 美国中西部出现 55 次龙卷过程, 其中艾奥瓦州遭遇一场 EF4 级 (最高风速达  $74\sim 89 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 龙卷的袭击, 造成 6 人死亡和 5 人受伤; 21—22 日, 美国中南部和南部多州爆发 108 次龙卷过程, 其中新奥尔良

市遭遇了有记录以来最强的龙卷过程, 大量建筑物被摧毁, 造成 2 人死亡和多人受伤; 30 日, 美国东南部又爆发 83 次龙卷风, 其中佛罗里达州华盛顿县最大风速达  $67 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 当地房屋、车辆和基础设施被严重破坏, 2 人遇难。

在亚洲地区, 2022 年中国共记录到 25 次龙卷过程, 包括中等强度以上龙卷 11 次、强龙卷 6 次, 与前 3 年均值持平。5月14日, 黑龙江五常市遭遇短时大风袭击, 被判定为弱到中等强度的龙卷; 7月台风暹芭影响期间, 广东省记录到 5 个龙卷发生; 7月20日和22日, 黄淮、江淮等地出现两次大范围强对流过程, 极端性为入汛以来最强, 江苏北部、河南东部先后出现 5 个龙卷风。2022 年印度经历 240 次强对流天气过程, 超过 111 次雷击事件发生, 造成 907 人死亡, 为近 3 年来最高水平。7月下旬, 印度北方邦一周内 49 人因雷击死亡。2022 年全球重大天气气候事件如图 2 所示。

## 2 典型重大气候事件成因分析

### 2.1 2022 年 7 月欧洲极端高温天气成因分析

大气环流异常是 7 月欧洲极端高温热浪最直接的诱因。2022 年 7 月, 欧洲上空被持续的极强暖高压控制, 在对流层低、中、高层, 各层的位势高度距平均超过 2 个标准差 (图 3)。在暖高压脊的控制之下, 西欧地区整个对流层盛行下沉气流, 非常有利于地面增温。加之在大范围高压带的作用下, 空气干燥不易成云, 也使得太阳辐射更容易到达地面, 导致高温持续增强, 进而造成欧洲多地出现破纪录的高温热浪。同时, 2022 年 7 月, 北半球副热带高压带异常强大, 也为欧洲地区高压脊向北伸展提供了大尺度环流背景。

### 2.2 2022 年巴基斯坦暴雨洪涝成因分析

南亚夏季风环流和东亚夏季风环流的协同影响是造成巴基斯坦夏季降水出现极端异常的直接原因 (图 4)。2022 年夏季, 尤其是 7—8 月, 索马里越赤道气流异常强盛。通常, 强盛的索马里急流会将印度洋北部的暖湿气流通过西南季风向东传播并输送至我国。然而, 2022 年西太平洋副热带高压异常强



年值,南极海冰面积创下历史新低。拉尼娜现象导致的降水异常加剧了暴雨洪涝和干旱。巴基斯坦、韩国、印度、孟加拉国、澳大利亚东部、巴西和非洲中部和南部地区均遭受严重暴雨洪涝,巴基斯坦约三分之一国土被淹没。东非经历了连续第四年干旱的雨季,多国遭遇 40 年来最严重干旱。创纪录的高温热浪影响了欧亚和北美大陆,欧洲经历了有记录以来最热的夏季,中国中东部经历了持续时间最长的区域性高温过程。全球共生成 40 个热带气旋,数量和强度均低于历史平均水平,其中西太平洋连续 3 年低于正常水平,但台风鲑鱼、尼格等造成了较大的人员和财产损失。欧洲和北美等地遭受寒流和暴风雪侵袭。美国、中国和印度等多地爆发强对流天气,印度强对流天气造成的人员伤亡为 3 年来最高。

进一步分析表明,7 月,欧洲上空被持续的极强暖高压控制,西欧地区整个对流层盛行下沉气流,加之在大范围高压带的作用下,空气干燥不易成云,太阳辐射更容易到达地面,造成欧洲多地出现破纪录的高温热浪。同期,西太平洋副热带高压异常强大且偏西,孟加拉湾地区东部的水汽改变传统东传路径,折向印度北部和向巴基斯坦输送。在南亚和东亚夏季风的共同作用下,巴基斯坦南部水汽收入较常年同期异常增大,低层水汽辐合极为强盛,进而导致了极端洪涝事件的发生。

## 参考文献

- 李莹,赵珊珊,2022. 2001—2020 年中国洪涝灾害损失与致灾危险性研究[J]. 气候变化研究进展,18(2):154-165. Li Y, Zhao S S. 2022. Floods losses and hazards in China from 2001 to 2020[J]. Clim Change Res,18(2):154-165(in Chinese).
- 秦大河,2015. 中国极端天气气候事件和灾害风险管理与适应国家评估报告[M]. 北京:科学出版社. Qin D H, 2015. China National Assessment Report on Risk Management and Adaptation of Climate Extremes and Disasters[M]. Beijing: Science Press(in Chinese).
- 尹宜舟,2022. 1961—2018 年影响深圳市的台风特征分析[J]. 气象科技进展,12(1):50-54. Yin Y Z, 2022. Analysis on the characteristics of typhoon affecting Shenzhen City from 1961 to 2018 [J]. Adv Met S&T,12(1):50-54(in Chinese).
- 翟建青,代潭龙,王国复,2021. 2020 年全球气候特征及重大天气气候事件[J]. 气象,47(4):471-477. Zhai J Q, Dai T L, Wang G F, 2021. Global climate features and significant weather and climate events in 2020[J]. Meteor Mon,47(4):471-477(in Chinese).
- 张颖娟,孙勃,刘远,等,2022. 2021 年全球重大天气气候事件及其成因[J]. 气象,48(4):459-469. Zhang Y X, Sun S, Liu Y, et al, 2022. Global major weather and climate events in 2021 and possible causes[J]. Meteor Mon,48(4):459-469(in Chinese).
- Bevere L, Remondi F, 2022. Natural catastrophes in 2021: the flood-gates are open[R]. Zurich: Swiss Re Institute.
- C3S, 2022. Sea ice cover for September 2022 [EB/OL]. [2023-02-01]. <https://climate.copernicus.eu/sea-ice-cover-september-2022>.
- Cheng L J, Abraham J, Trenberth K E, et al, 2023. Another year of record heat for the oceans[J]. Adv Atmos Sci,40(6):963-974.
- EM-DAT, 2022. EM-DAT: the international disaster database [EB/OL]. <http://www.emdat.be/>.
- Liu Y, Li Y, Wang G F, et al, 2023. Quantifying multi-regional indirect economic losses: an assessment based on the 2021 rainstorm events in China[J]. Front Earth Sci,10:1057430.
- Nanditha J S, Kushwaha A P, Singh R, et al, 2023. The Pakistan flood of August 2022: causes and implications[J]. Earth's Future,11(3):e2022EF003230.
- NCEI, 2023. Monthly Tornadoes Report for Annual 2022, January 2023 [EB/OL]. [2022-01-31]. <https://www.nci.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/tornadoes/202213>.
- Rodrigues M, Camprubi À C, Balaguer-Romano R, et al, 2023. Drivers and implications of the extreme 2022 wildfire season in Southwest Europe[J]. Sci Total Environ,859:160320.
- Turner J, Holmes C, Harrison T C, et al, 2022. Record low Antarctic sea ice cover in February 2022 [J]. Geophys Res Lett,49(12):e2022GL098904.
- WFP, FAO, 2022. Hunger Hotspots. FAO-WFP early warnings on acute food insecurity: June to September 2022 Outlook [EB/OL]. [2023-01-18]. <https://www.wfp.org/publications/hunger-hotspots-fao-wfp-early-warnings-acute-food-insecurity-june-september-2022>.
- WMO, 2021. Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970—2019) [EB/OL]. [2022-11-01]. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10989](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10989).
- WMO, 2022. State of the Global Climate 2022 [EB/OL]. [2023-05-03]. [https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=22321](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=22321).
- WMO, WHO, FAO, et al, 2022. Multi-Agency Drought Alert - Immediate global action required to prevent Famine in the Horn of Africa, November 2022 [R]. [2023-01-18]. <https://reliefweb.int/report/somalia/multi-agency-drought-alert-immediate-global-action-required-prevent-famine-horn-africa-november-2022>.
- Zhang D Q, Chen L J, Yuan Y, et al, 2023. Why was the heat wave in the Yangtze River valley abnormally intensified in late summer 2022? [J]. Environ Res Lett,18(3):034014.
- Zhang Y X, Si D, Ding Y H, et al, 2022. Influence of major stratospheric sudden warming on the unprecedented cold wave in East Asia in January 2021 [J]. Adv Atmos Sci,39(4):576-590.

(本文责编:何晓欢)