

尹宜舟,李多,孙劭,等,2020.2019 年全球重大天气气候事件及其成因[J].气象,46(4):538-546. Yin Y Z, Li D, Sun S, et al, 2020. Global major weather and climate events in 2019 and the possible causes[J]. Meteor Mon, 46(4):538-546 (in Chinese).

2019 年全球重大天气气候事件及其成因^{*}

尹宜舟 李 多 孙 劭 王国复 柯宗建

国家气候中心,北京 100081

提 要: 2019 年全球主要温室气体浓度继续保持上升趋势,全球平均温度比工业化前水平高 $1.1(\pm 0.1)^{\circ}\text{C}$,为有气象记录以来第二暖年。海洋热容量及海平面高度创新高,海冰面积偏小。年内,全球各地发生了许多重大天气气候事件,包括多地遭遇暴雨洪涝侵袭,澳大利亚以及亚洲和欧洲多国受干旱影响,全球极端热带气旋频发,欧洲及澳大利亚等地遭遇异常高温热浪天气,北美和欧洲遭受寒流和暴风雪袭击,多地出现强对流天气。分析表明,印度洋偶极子(IOD)处于正位相,赤道中太平洋地区海温持续偏暖以及副热带高压系统控制是澳大利亚高温少雨的主要原因,最终引发严重的森林山火;前期异常偏强的 IOD 正位相叠加持续时间异常偏长的热带低压,促进了 2019 年印度 7—8 月强暴雨事件的发生发展。

关键词: 全球气候,极端事件,气象灾害

中图分类号: P461

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2020.04.008

Global Major Weather and Climate Events in 2019 and the Possible Causes

YIN Yizhou LI Duo SUN Shao WANG Guofu KE Zongjian

National Climate Centre, Beijing 100081

Abstract: The global concentration of major greenhouse gases continued to rise in 2019, and the global average temperature in 2019 was $1.1(\pm 0.1)^{\circ}\text{C}$ higher than the pre-industrial level, being the second warmest year on record. The ocean heat content and sea level height have reached new high levels, while the sea-ice extent was at a low-level. Many significant weather and climate events occurred in 2019, including torrential rains and floods in many places, droughts in Australia and many countries in Asia and Europe, frequent extreme tropical cyclones, unusually high temperature and heat waves in Europe and Australia, cold and heavy snowstorms in North America and Europe, as well as severe convective weather in many regions. The positive phase of the Indian Ocean dipole (IOD), the continuous warming of the sea surface temperature in the equatorial central Pacific and the control of the subtropical high pressure system were the main causes of high temperature and little rain in Australia, resulting in serious forest fires. The continuous heavy rainfall in India from July to August was mainly due to the abnormally strong positive phase of IOD and the tropical depression with unusually long duration.

Key words: global climate, extreme event, meteorological disaster

^{*} 国家科技基础资源调查专项(2018FY100501)、公益性行业(气象)科研专项(GYHY201506002)、国家自然科学基金项目(41701103)和中国气象局气候变化专项(CCSF201924)共同资助

2020 年 3 月 25 日收稿; 2020 年 4 月 3 日收修定稿

第一作者:尹宜舟,主要从事气象灾害风险研究. Email: yin_yizhou@sohu.com

引言

世界气象组织发布的《全球气候状况声明》(WMO, 2020)显示,全球主要温室气体浓度继续保持上升趋势,2019年全球平均温度比工业化前基线(1850—1900年)高 $1.1(\pm 0.1)^{\circ}\text{C}$,低于受超强厄尔尼诺影响的2016年,为有气象记录以来第二暖年。在过去10年,海洋每年吸收了23%左右的人为二氧化碳排放量,这一方面减缓了温室气体对气候变化的影响,另一方面增加了海洋热容量,引起海洋酸化增加,使得海洋食物链和生态系统受到影响。2019年,北极和南极海冰面积继续偏低,9月观测到的北极日最小海冰面积是有卫星记录以来第二低。27年来,受海洋增暖引起的热膨胀以及全球冰川融化的影响,海平面上升平均速率不断增加,其高度在2019年达到新高。

2019年全球各地发生了许多重大天气气候事件,例如极端台风肆虐、印度夏季风降水异常偏多引发严重洪涝灾害、澳大利亚森林火灾频发等,给公众生命财产安全和经济社会可持续发展带来了严重影响。在全球变化背景下,持续关注国外发生的重大天气气候事件,及时总结相关特征及典型气候事件成因,有利于全面了解气候变化对全球的影响以及加深对气象灾害风险管理的认识(秦大河等, 2015; 孙劭等, 2018; 2019)。

本文详细介绍2019年全球发生的重大天气气候事件及其影响,并对一些典型事件的成因重点分析。所用资料包括GPCP全球降水量观测资料集、OISST全球海温资料集、NCEP/NCAR大气再分析数据集和印度气象局季风监测资料集。

1 全球重大天气气候事件概述

1.1 地表温度列历史第二位

2019年全球平均温度比工业化前基线(1850—1900年)高 $1.1(\pm 0.1)^{\circ}\text{C}$,低于受超强厄尔尼诺影响的2016年,为有气象记录以来第二暖年(图1)。过去5年是有记录以来最暖的5年,2015—2019年和2010—2019年的平均温度均为有记录以来最高。

从2019年全球温度距平空间分布来看(以1981—2010年为基准期),除北美地区比常年偏低

$0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 外,全球陆地地区温度大多高于常年,美国阿拉斯加平均气温比常年偏高 3°C 以上,为全球最异常偏暖的地区(图2)。

1.2 海洋热容量及海平面高度创历史新高,海冰面积偏小

海洋热容量是气候变化的基本指标,主要用于衡量地球系统中热量积累。2019年,0~700及0~2000 m的全球平均海洋热容量继续保持增加,超过或接近历史纪录。在21世纪10年代的最后几年,与1960年以来的历史情况相比,全球海洋在上层(0~700 m)吸收的热量在增加,且热量被隔离在更深的海洋层(0~2000 m)。2019年,全球平均海洋热浪日数达55 d,41%的海域归入“强”等级(日数距平是第90%分位数与常年值之差的2倍以上),东北太平洋大片海域达到了“严重”的级别(3倍以上)。在海洋热膨胀和冰川融化的共同作用下,2019年,全球平均海平面继续保持上升,达到有高精度测高记录以来的最高点。27年来,海平面上升的平均速率为 $(3.24 \pm 0.3) \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$,且在这段时期内速率处于不断增加的状态。

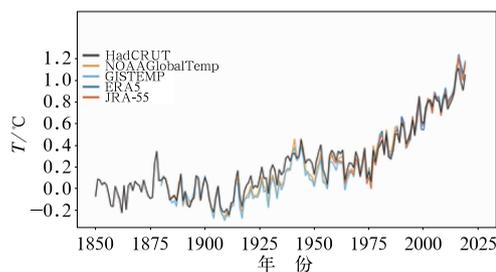


图1 全球平均温度距平(相对于1850—1900年平均值)时间序列(WMO, 2020)

Fig. 1 Global average temperature anomalies (compared to the 1850—1900 average; WMO, 2020)

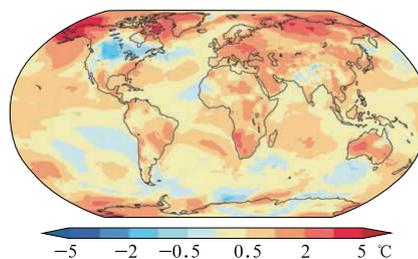


图2 2019年全球平均温度距平(相对于1981—2010年平均值)空间分布(WMO, 2020)

Fig. 2 Spatial distribution of global average temperature anomalies in 2019

(compared to the 1981—2010 average; WMO, 2020)

2019年3月13日,北极海冰面积达到了年度最大值(1 478万 km^2),位列历史第七低;9月18日达到最低值(415万 km^2),与2007年和2016年并列为有记录以来的第二低,9月的平均海水面积为有记录以来第三低。南极海冰面积在2月28日出现年度最低值(247万 km^2),位列历史第七低;最大值出现在9月30日,为1 840万 km^2 。近年来,南极海冰面积变异性很高,长期的增长趋势被2016年底的大幅下降所抵消,海冰面积自那以后一直保持在低位,2019年5—7月出现了创纪录的低位。

1.3 全球降水分布不均,多地遭遇暴雨洪涝侵袭

2019年,澳大利亚和印度尼西亚西部及周边国家降水长期偏少,导致气候异常干燥。另外,非洲南部、中美洲和南美洲部分地区降水量也异常偏少;异常偏多区主要分布在美国中部、加拿大北部、俄罗斯北部、西南亚、中国北部和东非等地(图3)。2019年南美、西非、东南亚等地的热带地区最长连续雨日天数较常年平均偏多,最长连续干旱日数偏多的地区主要分布在澳大利亚、非洲南部和西部、南美洲中部和南部以及北美北部等地。

在亚洲地区,2019年夏季风期间(6—9月),印度地区总降水量比1961—2010年平均偏多10%,为2013年以来首次高于平均值的年份,也是1994年以来最湿的年份。据报道,在印度、尼泊尔、孟加拉国和缅甸发生的各种洪灾事件中,已有超过2200人丧生。与此同时,6月的季风洪水还影响了中国南方部分地区,造成83人死亡,经济损失超过25亿美元。

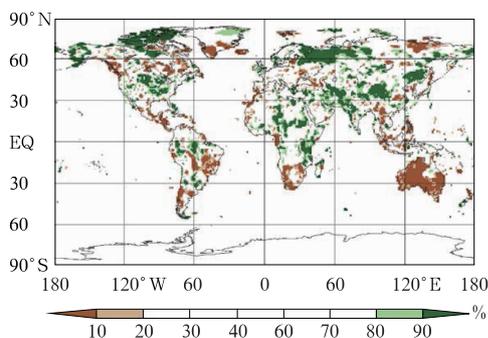


图3 2019年全球降水量在历史基准期(1951—2010年)排序百分位(WMO, 2020)

Fig. 3 Total precipitation in 2019 as a percentile of the 1951—2010 reference period (WMO, 2020)

在大洋洲地区,1月底和2月初,热带低压给澳大利亚昆士兰北部带来了极端降水,并引发洪水;汤斯维尔沿海地区10 d总降水量超过2 000 mm,昆士兰西北部内陆地区7 d总降水量超过600 mm;洪水以及异常凉爽天气导致牲畜损失达20亿美元左右。3月下旬,在热带暖湿气流的影响下,新西兰南岛西海岸出现极端降水,克罗普河48 h累计降水量达1 086 mm,超过全国历史最高纪录。

在北美洲地区,2018年末和2019年上半年,持续强降水导致密西西比河流域洪水频发,特别是从1月6日到8月4日,路易斯安那州巴吞鲁日的河流在近7个月时间内一直处于洪水水位以上。受频繁暴雨洪涝灾害影响,美国2019年因灾损失达200亿美元。4月和5月初,受暴雨及积雪迅速融化影响,加拿大东部部分地区出现严重洪灾,导致渥太华地区有六千多所住宅被淹。

在南美洲地区,1月部分地区受到非常潮湿的天气影响,阿根廷北部、乌拉圭和巴西南部发生大洪水,阿根廷和乌拉圭的损失估计为25亿美元;3月11日,巴西米纳斯吉拉斯州遭受暴雨侵袭,引起矿坝溃坝,造成至少200人死亡,108人失踪。

在非洲地区,3月13日,莫桑比克遭暴雨洪水侵袭,造成至少417人死亡,超过14万人受灾;7月至8月下旬,苏丹遭受暴雨和洪涝灾害,造成62人死亡,近百人受伤,上万户民宅受损,交通受阻。另外尼日利亚、津巴布韦、喀麦隆等国都遭受了不同程度的暴雨洪涝影响。

1.4 澳大利亚以及亚洲和欧洲多国受干旱影响

2017—2018年澳大利亚东部内陆许多地区处于长期干旱状况,这一趋势在2019年进一步扩大和加剧,特别是在下半年,澳大利亚出现有记录以来最干燥的春季(11月和12月)。2019年,该国大部分地区降水量远低于平均水平,新南威尔士州的北半部和昆士兰邻近边境地区年降雨量比常年偏低70%~80%,普遍为有记录以来最低。干旱导致穆雷-达令盆地北部的河流严重缺水,农业损失严重,一些城镇需要用卡车运送生活用水。

在亚洲,6月上旬,印度多地遭遇季风前干旱,多个城市面临湖泊及河流干涸,引发部分地区水资源危机,钦奈地区多个水库水位创70年以来新低,需水量仅为水库总库容的1.3%。7月19日以来,

泰国遭遇近10年来最严重干旱,泰国北部、东北部和中部平原等多个粮食作物产地因受降水量减少影响,灌溉用水紧张。4—6月,中国云南高温少雨导致其大部发生严重干旱,造成部分河道断流、水库干涸,逾30万人饮水困难,春耕生产和人民生活受到影响。在中国、老挝边境附近,4—9月降水量比常年偏低50%以上;泰国北部部分地区也异常干燥,清莱1—9月的降水量比正常水平低42%。

在欧洲地区,2019年夏季,法国温高雨少,造成逾80多个省出现大规模干旱,巴黎从8月19日至9月21日连续34 d无有效降水,追平了有记录以来的第二长干旱期。初秋,多瑙河低水位对塞尔维亚的河流运输造成了影响,同时波兰的维斯瓦河在9月下旬也达到了有记录以来的最低水位。西班牙1—8月的降水量比常年偏低23%;摩洛哥大部分地区的冬季降水量不到常年降水量的一半;春末夏初,冰岛南部和西部特别干燥,从5月21日至6月26日,斯蒂基斯霍尔米连续37 d没有有效降水,这是自1856年以来持续时间最长的干旱。

1.5 全球极端热带气旋频发

2019年,北半球共有72个热带气旋生成,高于常年平均值(59个),累积气旋能量指数(ACE)比常年平均偏高4%。在2018/2019年热带气旋季,南半球有27个生成,高于常年值,为2008/2009年以来最多。

在西北太平洋,超强台风利奇马(Lekima)于8月10日在中国浙江省温岭市沿海登陆,具有登陆强度高、陆上滞留时间长、风雨强度大、影响范围广、灾情重的特点,造成70人死亡失踪,直接经济损失达515.3亿元。强台风海贝思(Hagibis)于10月12日在东京以西登陆,登陆时中心气压为955 hPa,“海贝思”带来了极端强降水,东京以西的许多地区日降水量超过400 mm,富士山附近箱根日降水量达922.5 mm,为日本有记录最高日降水量,“海贝思”至少导致96人死亡。

在北印度洋,有3个热带气旋中心强度在100 kn及以上,这是有记录以来首次在单个热带气旋季内出现此种极端情况,ACE达到有记录以来最高。热带气旋法尼(Fani)是自2013年以来影响印度的最严重的热带气旋,5月3日在东部奥里萨海岸登陆,

登陆强度为100 kn,生命史中最大强度达135 kn。受影响的沿海地区进行了大规模疏散,大大减少了热带气旋对人类的影响,但“法尼”最终还是造成了严重的破坏和生命财产损失。10月,热带气旋基亚尔(Kyarr)是阿拉伯海有记录以来最强的热带气旋之一,虽然没有登陆,但是其引起的高浪涌及风暴潮影响了一些沿海地区。

南印度洋海域热带气旋活动相对活跃,共生成18个,其中13个达到飓风强度,追平了有记录以来的最大数量。热带气旋伊代(Idai)在中心强度达到 $105 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 后,于3月15日在莫桑比克贝拉附近登陆,是在非洲东海岸登陆的最强热带气旋之一,“伊代”登陆后席卷邻国津巴布韦和马拉维,19日再次袭击莫桑比克并持续到21日。“伊代”带来的风和风暴潮在莫桑比克沿海造成了严重损失,严重的洪水蔓延到莫桑比克内陆地区和津巴布韦的部分地区,最终导致东非近300万人受灾,超过900人死亡,经济损失超过10亿美元,为南半球过去100年来死亡人数最多的热带气旋。

在西大西洋,2019年最强热带气旋之一是多里安(Dorian),8月底达到5级强度,并于9月1日登陆巴哈马,登陆强度为165 kn,追平了北大西洋登陆强度的最高纪录。“多里安”移动速度慢,以5级强度在巴哈马群岛上空保持了大约24 h的近静止状态。持续强风和风暴潮导致巴哈马群岛的一些岛屿几乎全部受损,至少有60人死亡,经济损失估计超过30亿美元。随后,“多里安”向东北方向移动,对美国东海岸部分地区以及加拿大新斯科舍省造成了严重的破坏。热带气旋伊梅尔达(Imelda)给美国得克萨斯州东部边境带来了极端降雨,局地累计降雨量超过1 000 mm,损失约为50亿美元。

1.6 欧洲及澳大利亚等地遭遇异常高温热浪天气

在欧洲地区,6月下旬至7月下旬遭遇两次高温热浪天气过程。6月28日法国南部加拉尔盖莱蒙蒂厄市最高气温达 46°C ,测得该国前所未见的高温,比之前历史纪录偏高 1.9°C ,与此同时,西欧多地受到高温天气影响。第二次高温热浪过程影响更为严重,德国、荷兰、比利时和卢森堡分别测得 42.6°C 、 40.7°C 、 41.8°C 和 40.8°C ,并突破这些国家的历史纪录。高温热浪还影响了北欧一些国家,特别是芬兰的赫

尔辛基 7 月 28 日测得该地最高的气温纪录 (33.2℃); 同时在一些有较长观测记录的站点, 测得的气温超过历史极值 2℃ 或以上, 如巴黎蒙苏里气象站和布鲁塞尔附近的于克勒, 分别超历史纪录 2.2 和 3.1℃。

在南半球, 澳大利亚 2018/2019 年夏季平均气温是有记录以来的最高值, 全国大部分地区都受到高温影响, 高温持续时间长且极端性强, 最极端异常地区位于新南威尔士州。1 月 24 日阿德莱德市气温高达 46.6℃, 突破当地历史纪录。12 月, 澳大利亚极端高温热浪天气更加明显, 12 月 18 日, 区域平均气温高达 41.9℃; 19 日, 纳拉伯客棧 (Nullarbor Roadhouse) 观测到 49.9℃ 气温, 为 1998 年以来澳大利亚最高值。总之, 澳大利亚有记录以来排名前十的最热的七天有 9 个出现在 2019 年。另外, 新西兰以及南美地区的智利、阿根廷也遭受了夏季高温热浪天气, 其中新西兰南岛北部受高温天气影响出现明显林火。

1.7 北美和欧洲遭受寒流和暴风雪袭击

1 月 27 日至 2 月 1 日, 受到寒流“极地涡旋”的影响, 美国中西部遭遇了罕见的极寒天气。全美有 22 个州出现 -18℃ 以下低温, 明尼苏达州、南达科他州和北达科他州等部分地区气温达到 -45℃, 芝加哥 1 月 30 日出现 -30℃ 的极低气温, 创下该市近 25 年来最低气温纪录。超过 1.4 亿人受到寒流影响, 至少造成 21 人死亡。3 月 3 日, 严寒天气横扫美国, 加利福尼亚州内华达山脉到东北部的英格兰降下大雪, 蒙大拿州的莫斯比出现最低 -42℃ 的低温。10 月中旬, 加拿大马尼托巴省出现强降雪天气, 降雪量高达 74 cm, 造成大面积停电和交通阻塞。

1 月 6—13 日, 强暴风雪在欧洲多国引发事故, 造成 21 人死亡。10 日, 瑞士 3 人受伤; 11 日, 德国 5 个地区进入紧急状态, 法兰克福机场当天大约有 120 个架次的航班被迫取消, 慕尼黑机场有 90 个架次的航班停飞, 1 人死亡; 奥地利部分地区地面积雪达到了 3 m, 多地交通严重受阻, 数千户家庭停止供电, 3 人死亡。

在亚洲, 1 月 24 日日本北海道等北部地区遭遇暴风雪天气, 几十架次航班取消, 部分铁路全天停

运。2 月 5—6 日, 哈萨克斯坦遭遇数年来最冷冬天, 极寒天气造成 2 人死亡, 173 人受伤。2 月 9 日, 寒潮侵袭日本, 造成 16 人受伤, 100 多个航班取消。5 月 11 日, 暴风雪席卷蒙古国南部和中部地区, 造成 4 人死亡, 多地交通瘫痪, 牧民的生产生活受到严重影响。12 月 10 日, 寒潮席卷泰国, 造成至少 6 人死亡。

1.8 强对流天气在世界各地频繁发生

2019 年, 美国经历了 2011 年以来最活跃的龙卷风季节, 尤其是在 5 月, 共计观测到 556 次龙卷风, 为有记录以来单月第二多。尽管如此, 全年只有一个龙卷风强度达到 EF-4 级, 死亡人数低于历史长期平均。3 月 3 日, 美国亚拉巴马州以及佐治亚州遭龙卷风袭击, 死亡 22 人。5 月下旬, 美国中部遭遇龙卷风、大风、冰雹和短时强降水天气; 其中, 23 日猛烈龙卷风横扫密苏里州, 造成至少 3 人死亡; 27 日, 龙卷风侵袭俄亥俄州, 导致 1 人死亡, 12 人受伤, 多处房屋被毁坏、电力中断, 超 500 万人受影响。6 月 9 日, 美国得克萨斯州达拉斯出现强风、大雨和冰雹等恶劣天气, 强风速度达 $112 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, 导致 1 人死亡, 6 人受伤。

1 月 28 日, 古巴哈瓦那遭遇龙卷风天气导致至少 4 人死亡, 超过 195 人受伤。6 月 15 日, 法国东南部地区遭遇暴风雨和冰雹天气, 造成 2 人死亡, 10 人受伤, 超过 2000 户家庭断电, 当地房屋建筑和果园林地损失严重。7 月 10 日, 意大利亚平宁半岛遭遇雷雨、冰雹侵袭, 导致 18 人受伤送医, 房屋、汽车及农作物受损严重。7 月 28 日, 意大利遭遇暴风雨袭击, 龙卷风侵袭了意大利中部和北部的大部分地区, 局部地区爆发山洪, 造成 3 人死亡。8 月 12 日, 荷兰、卢森堡和法国等国发生龙卷风灾害, 卢森堡灾情最重, 160 间房屋损毁, 19 人受伤, 其中 2 人重伤。11 月 12 日, 一场突如其来的特大龙卷风袭击了南非重要省份夸祖鲁-纳塔尔省部分地区, 并引发严重自然灾害, 导致 2 人死亡, 20 人受伤。

在亚洲, 4 月中旬, 巴基斯坦以及印度北部和西部出现大范围的强雷暴天气过程, 并伴随沙尘暴, 其中, 4 月 16—17 日, 恶劣天气造成印度至少 50 人死亡, 巴基斯坦至少 39 人死亡。6 月上半月, 印度北部雷暴天气频发, 共造成 60 人死亡。7 月 22 日, 印

度北方邦有 33 人因雷击死亡,13 人被雷电灼伤,约 20 间民房被损毁。

1.9 亚马孙流域、澳大利亚等地出现严重森林大火

2019 年 8 月,亚马孙流域森林大火多发且持续燃烧,过火面积超过 100 万 hm^2 。大火持续时间长,燃烧面积大,给当地生态环境造成严重破坏。9—11 月,澳大利亚大部分地区高温少雨,导致森林火灾频发,造成 33 人死亡,过火面积超过 700 万 hm^2 ;森林大火产生的烟雾令新南威尔士州遭遇史上最严重的空气污染。另外,在印度尼西亚及周边国家由于严重干旱,出现了 2015 年以来最严重的火灾。

2019 年全球重大天气气候事件如图 4 所示。

2 典型重大天气气候事件成因分析

2.1 澳大利亚出现严重森林山火

导致 2019 年 9 月以来澳大利亚山火的直接原因是高温少雨。据统计,2019 年春季(北半球的 9—11

月,下同),澳大利亚全国平均最高温度为有记录以来次高值(较气候平均值偏高 $2.41\text{ }^{\circ}\text{C}$,较 2014 年历史极值偏低 $0.04\text{ }^{\circ}\text{C}$)。与此同时,澳大利亚大部分地区的春季降水量低于或远低于平均水平,新南威尔士州和昆士兰州的大量气象站点观测到了有记录以来春季最少降雨量。总体来说,2019 年春季澳大利亚平均降水量为 27.4 mm ,较气候平均偏少 62% ,为有记录以来最干燥的一个春季(ABM, 2019)。降水量的异常偏少导致的干旱以及地表可燃物含水量的偏低为山火的发生提供了火灾天气条件(Nolan et al, 2020)。

从环流场看,2019 年 9—12 月澳大利亚位于异常反气旋式环流东侧,大部地区受较强的异常偏南风控制(图 5a),特别是东南部风速较常年同期偏大 $1.5\sim 2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上(图 5b);从同期海平面气压场上可以看出,在塔斯曼海上空存在一个低压系统,这是驱动澳大利亚盛行西南—偏南异常气流的一个重要的要素(图 6);从对流层中高层看,在 500 hPa 位势高度场上,澳大利亚大部地区受副热带高压系统控制,位于正位势高度距平区,受下沉气流影响易导致晴热少雨(图 7)。

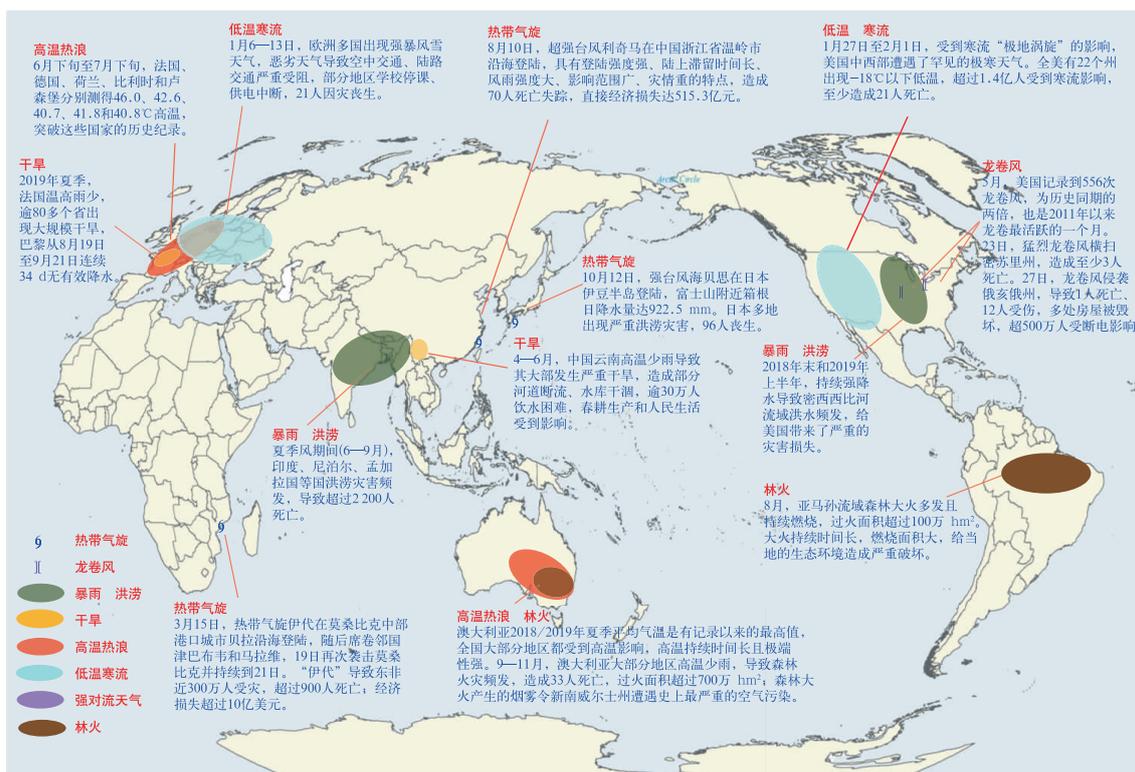


图 4 2019 年全球重大天气气候事件示意图

Fig. 4 Diagram of global major weather and climate events in 2019

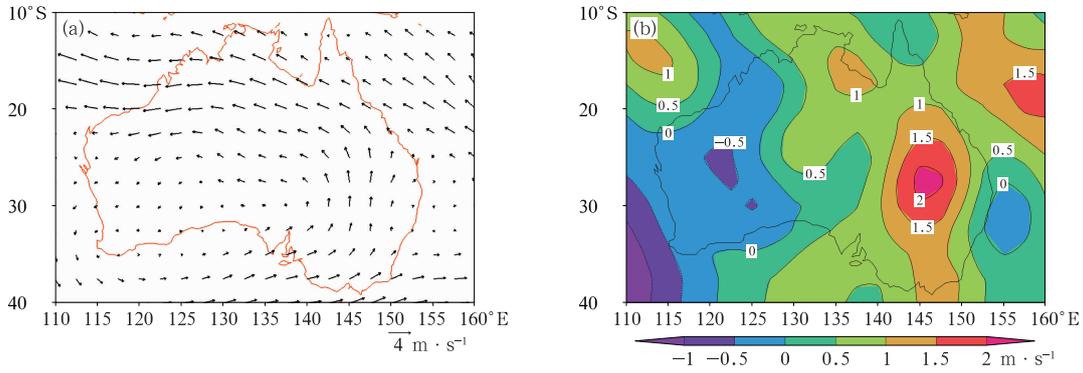


图 5 2019 年 9—12 月 850 hPa 矢量风距平场(a)及经向风距平场(b)
 Fig. 5 The 850 hPa wind anomaly field (a) and meridional wind anomaly field (b)
 from September to December 2019

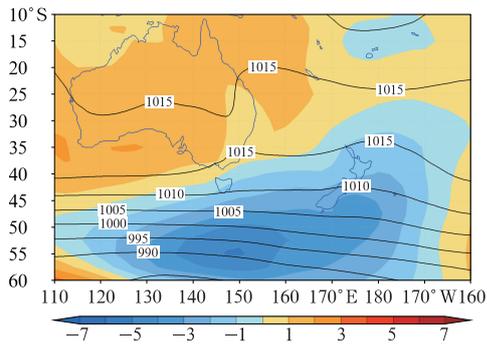


图 6 2019 年 9—12 月海平面气压场
 (彩色阴影区为距平场,等值线为平均场,单位:hPa)
 Fig. 6 Sea level pressure field from
 September to December 2019
 (Colored shadow represents the anomaly field,
 and isoline represents the mean field, unit: hPa)

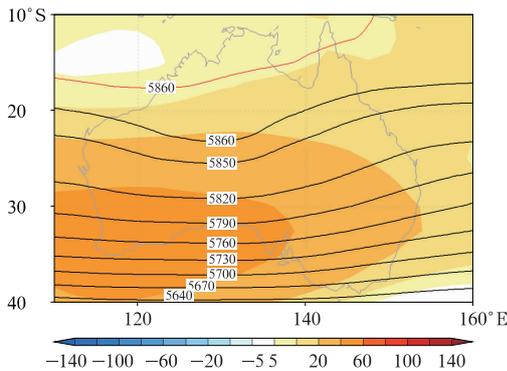


图 7 2019 年 9—12 月 500 hPa 位势高度场
 (彩色阴影区为距平场,等值线为平均场,单位:gpm)
 Fig. 7 Geopotential height field at 500 hPa
 from September to December 2019
 (Colored shadow represents the anomaly field,
 and isoline represent the mean field, unit: gpm)

海温是影响澳大利亚气候的重要下垫面因素之一。印度洋海面温度会影响澳大利亚的降水 and 气温,热带印度洋偶极子 (IOD) 是澳大利亚气候的主要驱动力之一。当 IOD 为正位相时,易导致澳大利亚高温少雨;反之,则易导致澳大利亚降水偏多。2019 年 1 月以来,IOD 正位相指数呈现显著增加趋势,11 月及 10 月指数分别为 1950 年以来历史最高值及次高值(图 8)。这有利于印度洋东风增加,而澳大利亚附近地区对流活动减弱,从而导致降水减少。另一方面,ENSO 也会对澳大利亚的火灾天气状况产生重大影响 (Williams et al, 2001)。尽管 2019 年春季处于 ENSO 中性状态,但是赤道中太平洋地区海温持续偏暖,Niño3.4 指数在 10—12 月分别为 0.62、0.61 及 0.5℃。赤道中太平洋地区海温持续偏暖与正位相 IOD 共同作用,会加强澳大利亚地区的干燥效应。

2.2 7—8 月印度持续强降雨成因

2019 年雨季 (6—9 月),印度平均降水量为 880.6 mm,较常年偏多 10%,其中 6 月降水量较常

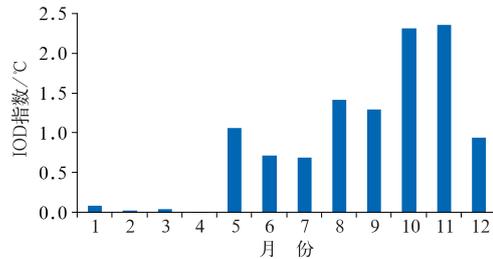


图 8 2019 年逐月 IOD 指数序列
 Fig. 8 Monthly distribution of IOD
 index series in 2019

年偏少 33%,7 月偏多 5%,8 月偏多 15%,9 月偏多 52%。从空间分布看,印度西北部及东北部地区雨季降水量较常年分别偏少 2%及 12%,印度中部及南部半岛地区分别偏多 29%及 16%。从 6—9 月逐日降水量监测(图 9)看,6 月印度逐日降水量均低于常年值,7 月以后逐日降水量以偏多为主,特别是 7 月下旬至 8 月中旬降水异常偏多,引发严重洪涝灾害。

从 2019 年印度季风活动看,印度季风于 5 月 18 日抵达安达曼海及尼古巴群岛,较气候平均日期偏早 2 d;之后季风进程处于滞后阶段,于 6 月 8 日抵达喀拉拉邦,较气候平均日期偏晚 7 d;于 7 月 19

日覆盖印度大陆,较气候平均日期偏晚 4 d。尽管 2019 年印度季风建立进程总体偏晚,但开始撤退的时间较常年异常偏晚(10 月 9 日从印度西北部撤退,而气候平均日期为 9 月 1 日)是导致 2019 年印度雨季后期降水异常偏多的重要原因。

热带低压持续时间较长是导致 2019 年 7—8 月印度暴雨频发的另一个重要原因。据统计,2019 年 7 月和 8 月印度受热带低压系统影响的时间分别是 15、21 d,较常年同期分别偏多 1、4 d。8 月 6 日上午,孟加拉湾北部的奥里萨北部至西孟加拉湾存在一个低压系统;7 日凌晨该低压系统在当地增强为

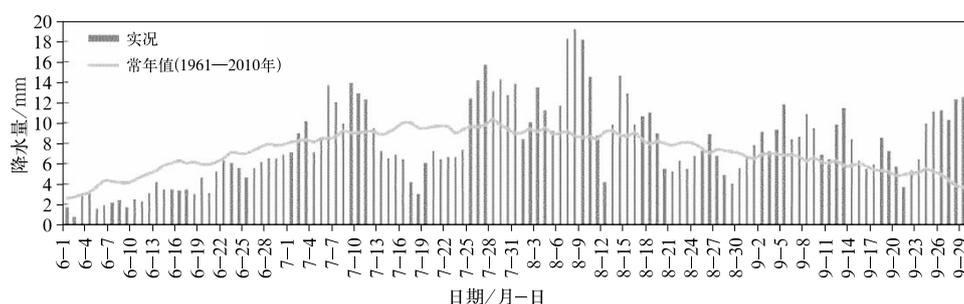


图 9 2019 年 6—9 月印度逐日降水量(IMD, 2019)

Fig. 9 Daily precipitation in India from June to September 2019 (IMD, 2019)

一个深低压,并在下午向印度西北部靠近;至 12 日晚,该系统在阿拉伯海西北部及邻近地区减弱为低压区。这一系统在印度造成了相当广泛的降雨,同时在查蒂斯格尔邦、中央邦西部、古吉拉特邦和马哈拉施特拉邦也有强降雨。另外这一系统与季风流的共同作用还导致了喀拉拉邦、卡纳塔卡邦沿海和内陆、康坎和果阿地区的大范围暴雨(图 10)。

已有研究发现,季风期内(6—9 月)印度小到中雨的降水事件有减少趋势,而极端降水的强度及发生频率在增加(Ghosh et al, 2012)。印度极端降水事件的年际和年代际变化受热带印度洋海温变化影响,总的来说正位相 IOD 有利于印度-恒河平原、孟加拉及周边地区的夏季风降水增多(Sundaram et al, 2010)。监测显示(图 8),2019 年以来 IOD 正位相显著发展,并于 11 月达到顶峰,是有历史记录以来最强的 IOD 正位相事件之一。前期异常偏强的 IOD 正位相叠加持续时间异常偏长的热带低压,促进了 2019 年印度 7—8 月强暴雨事件的发生发展。

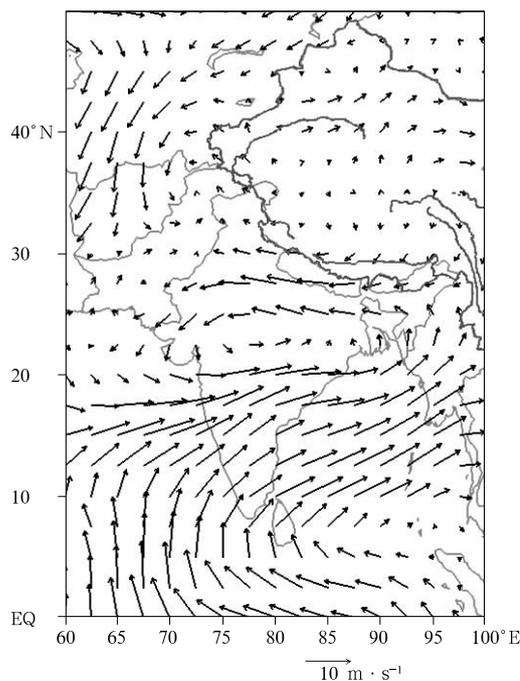


图 10 2019 年 8 月 6—9 日印度及邻近地区 850 hPa 矢量风距平场

Fig. 10 Wind anomaly field of 850 hPa around India during 6—9 August 2019

3 结 论

2019 年全球主要温室气体浓度继续保持上升趋势,2019 年全球平均温度比工业化前基线(1850—1900 年)高 $1.1(\pm 0.1)^{\circ}\text{C}$,为有气象记录以来第二暖年。在过去 10 年,海洋每年吸收了 23% 左右的人为二氧化碳排放量,在减缓温室气体对气候变化影响的同时,也增加了海洋热容量以及引发海洋酸化增加。北极和南极海冰面积继续减少,在海洋热膨胀以及全球冰川融化影响下,海平面高度在 2019 年达到新高。

2019 年,中国、日本、莫桑比克遭遇极端热带气旋袭击;印度、美国、巴西、莫桑比克等国遭受严重洪涝及地质灾害;澳大利亚以及亚洲和欧洲多国受干旱影响;法国、德国、澳大利亚等地遭遇异常高温热浪天气,雨少温高导致澳大利亚出现严重森林火灾;北美和欧洲遭受寒流和暴风雪袭击。此外,年内美国经历了 2011 年以来最活跃的龙卷风季节,尤其是在 5 月,共计观测到 556 次龙卷风,为有记录以来单月第二多。

对环流和外强迫的进一步分析表明,2019 年年年初 IOD 处于正位相,至 11 月达到正位相峰值,这导致了澳大利亚附近地区对流活动减弱,降水减少,同时赤道中太平洋地区海温持续偏暖,进一步加强澳大利亚地区的干燥效应。在副热带高压系统控制下,澳大利亚大部地区受下沉气流影响易导致晴热少雨天气。最终在海气相互作用之下,澳大利亚 9 月以来高温少雨,引发严重的森林山火。前期异常偏强的 IOD 正位相叠加持续时间异常偏长的热带低压,促进了 2019 年印度 7—8 月强暴雨事件的发生发展。

参考文献

- 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:1-17. 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: 1-17 (in Chinese).
- 孙劭,李多,王遵娅,等,2019. 2018 年全球重大天气气候事件及其成因[J]. 气象,45(4):533-542. Sun S, Li D, Wang Z Y, et al, 2019. Global major weather and climate events in 2018 and the possible causes[J]. Meteor Mon, 45(4):533-542 (in Chinese).
- 孙劭,王东阡,尹宜舟,等,2018. 2017 年全球重大天气气候事件及其成因[J]. 气象,44(4):556-564. Sun S, Wang D Q, Yin Y Z, et al, 2018. Global major weather and climate events in 2017 and the possible causes[J]. Meteor Mon, 44(4):556-564 (in Chinese).
- ABM, 2019. Seasonal Climate Summary for Australia. Australian Bureau of Meteorology[EB/OL]. http://www.bom.gov.au/climate/current/statement_archives.shtml?region=aus&period=season.
- Ghosh S, Das D, Kao S C, et al, 2012. Lack of uniform trends but increasing spatial variability in observed Indian rainfall extremes [J]. Nat Clim Change, 2(2):86-91.
- IMD, 2019. End of season report for the 2019 southwest monsoon. India Meteorological Department [EB/OL]. https://mausam.imd.gov.in/imd_latest/contents/monsoon.php.
- Nolan R H, Boer M M, Collins L, et al, 2020. Causes and consequences of eastern Australia's 2019-20 season of mega-fires. Glob Change Biol, 26(3):1039-1041.
- Sundaram S, Krishnan R, Dey A, et al, 2010. Dynamics of intensification of the boreal summer monsoon flow during IOD events[J]. Meteor Atmos Phys, 107(1/2):17-31.
- Williams A A J, Karoly D J, Tapper N, 2001. The sensitivity of Australian fire danger to climate change[J]. Climatic Change, 49(1/2):171-191.
- WMO, 2020. WMO statement on the state of the global climate in 2019[EB/OL]. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21700.