

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).

2018 年全球重大天气气候事件及其成因^{*}

孙 劭 李 多 王遵娅 王国复 柯宗建

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: 2018 年全球主要温室气体浓度继续攀升,地表温度相比工业化前水平偏高 0.99°C ,为有观测记录以来的历史第四高值。全球冰川总量连续 31 年减少,南北极海冰范围全年处于历史低位。全球海洋表面温度较常年显著偏高,海平面继续加速上升,海洋热含量创历史新高,海洋酸化的影响日益加剧。年内,世界各地发生了许多重大天气气候事件,包括北半球异常活跃的热带气旋季、欧洲夏季持续性高温干燥天气、印度西南部的特大洪灾、澳洲东部严重旱情、欧美多地的低温暴雪以及全球多地的森林大火和强对流天气,造成了严重的人口伤亡和社会经济损失。本文系统性总结了 2018 年全球重大天气气候事件及其影响,并重点分析了印度近百年来最严重洪灾和美国东海岸爆发性低温雨雪冰冻两个典型气候事件的形成原因。分析表明,夏季南亚季风强度偏强、控制时间偏长,8 月在南亚季风槽西部位置偏北、索马里越赤道急流偏强的共同作用下,南印度洋及阿拉伯海上空的水汽大量向印度地区输送,持续性的强降水天气引发了该地区近百年以来最严重的洪灾;1 月上旬,在耦合的急流结构、强烈的海洋温度梯度以及气旋外围气温偏高的共同作用下,冬季风暴格雷森在短时间内爆发性加强,造成美国东海岸出现气温骤降、强风暴雪等剧烈天气现象。

关键词: 表面温度,降水量,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.1000-0526.2019.04.008

Global Major Weather and Climate Events in 2018 and the Possible Causes

SUN Shao LI Duo WANG Zunya WANG Guofu KE Zongjian

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

Abstract: The concentration of greenhouse gases kept increasing in 2018, while the global mean temperatures were 0.99°C above pre-industrial levels, which was the fourth warmest year on record. The total amount of global glacier has been decreasing continuously for 31 years, and the sea ice extent of Arctic sea and Antarctic lay at a low level on record throughout the year. Global sea surface temperatures were positive above the 1981–2010 average, and the global mean sea level was rising steadily. The ocean heat content reached a new record highs, with the intensified impact of ocean acidification. Many significant weather and climate events occurred in 2018 and caused serious human casualties and socio-economic losses, including a very active tropical cyclone season in Northern Hemisphere, the persistent dry and hot summer in large parts of Europe, the severe floods in Southwest India, the severe drought in eastern Australia, the cold and heavy snowstorms in Europe and America, as well as the wildfires and severe convective weather events in many parts of the world. This paper systematically summarizes the major global weather and climate events in 2018 and their impacts, and focuses on the possible causes of the worst flooding in India in the recent 100 years and the explosive low temperature, rain-snow and freezing events on the east coast of the United States, the two typical weather events analysis results show that under the combined action of

^{*} 国家重点研发计划(2018YFC1509003)和国家自然科学基金项目(41701103)共同资助

2019 年 4 月 1 日收稿; 2019 年 4 月 11 日收修定稿

第一作者:孙劭,主要从事气候变化与灾害风险研究. Email:sunshao@cma.gov.cn

the strengthening and persistent South Asia summer monsoon, northwestward monsoon trough position and strengthening Somali jet in August, the water vapor transport to India was in great quantities from southern Indian Ocean and Arabian Sea, causing continuous heavy rainfall and resulting in the worst flooding in India in recent 100 years. In early January, under the combined influence of coupled jet structure, strong ocean temperature gradient and high temperature surrounding cyclones, the winter windstorm Grayson intensified explosively, resulting in severe coldwave and snowstorm in the east coast of the United States.

Key words: surface temperature, precipitation, extreme event, meteorological disaster

引 言

世界气象组织发布的《全球气候状况声明》(WMO, 2019)显示,2018 年全球温度相比常年(以 1981—2010 年为基准期)偏高 $0.38(\pm 0.13)^{\circ}\text{C}$, 超过工业化时代之前的全球温度 $0.99(\pm 0.13)^{\circ}\text{C}$, 成为有气象记录以来第四暖的年份。全球主要温室气体浓度持续上升,二氧化碳、甲烷和一氧化二氮浓度分别创历史新高。2018 年全球海平面继续加速上升,海洋上层 0~700 和 0~2000 m 热含量同创新纪录(WCRP, 2018)。全球冰川总量连续 31 年减少,南北极海冰范围全年处于历史低位,其中 1—2 月北极海冰范围和 2 月南极海冰创历史新低;由于降雪量较常年偏多,格陵兰冰盖质量和北半球积雪范围略高于常年平均水平(NOAA, 2019)。

2018 年世界各地发生了许多重大天气气候事件,例如北半球异常活跃的热带气旋季、欧洲夏季持续性高温干燥天气、印度西南部的特大洪灾、澳洲东部严重旱情、欧美多地的低温暴雪以及全球多地的森林大火和强对流天气等,给公众生命财产安全和经济社会可持续发展带来严重影响和损失。年内,美国、菲律宾、日本、中国等国家遭遇热带气旋袭击,印度、日本、肯尼亚、尼日利亚等地遭受严重洪涝及其引发的地质灾害,欧洲西部和北部地区遭遇异常高温干燥天气,澳大利亚、巴西、南非等地遭受持续性干旱影响,美国、瑞典、希腊等地发生森林大火造成人员伤亡和重大财产损失。德国慕尼黑再保险公司统计显示,2018 年全球气象灾害导致约 7000 人死亡,6200 万人受灾,经济损失高达 1660 亿美元,占全年自然灾害总经济损失的 93%(Munich, 2019)。

极端天气气候事件不仅是国际社会应对气候变化的重要领域,也是所有国家应对气候变化的当务之急和优先重点(秦大河, 2015)。在 1980—2018

年,全球范围内发生了约 16600 次极端天气气候事件,由此引发的气象灾害共导致 88.5 万人丧生,经济损失(购买力平价)高达 3.9 万亿美元(Munich, 2019; Eckstein et al, 2018)。国家气候中心长期关注全球范围内发生的重大天气气候事件及其社会经济影响,深入探讨典型气候事件的形成原因,为全球变化背景下气象灾害风险评估和管理工作提供科学参考(孙劭等, 2018; 2017)。本文系统性回顾了 2018 年全球气候概况以及年内发生的重大天气气候事件,并重点分析了印度近百年来最严重洪灾和美国东海岸爆发性低温雨雪冰冻两个典型气候事件的形成原因。所用资料包括 GPCP 全球降水量观测资料集、NCEP/NCAR 全球风场和位势高度再分析资料集、RUTGERS 全球积雪资料集、OISST 全球海温资料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 地表温度列历史第四位

2018 年全球温度相比常年(1981—2010 年)偏高 $0.38(\pm 0.13)^{\circ}\text{C}$, 超过工业化时代之前(1850—1900 年)的温度 $0.99(\pm 0.13)^{\circ}\text{C}$, 成为有完整气象观测记录以来第四高值(图 1)。受年初 1—3 月拉尼娜事件造成的降温效应影响,2018 年地表温度没有创出历史新高,低于 2016 年(较常年偏高 0.56°C)、2017 年(较常年偏高 0.46°C)和 2015 年(较常年偏高 0.45°C),但全球变暖的大趋势仍在持续。2014—2018 年是有记录以来最暖的 5 年期,超过工业化时代之前的温度 $1.04(\pm 0.09)^{\circ}\text{C}$ 。

从全球温度距平值的空间分布看(以 1981—2010 年为基准期),北极圈大部地区(北美北部除外)温度较常年偏高 2°C 以上;欧洲、北非、中东、澳洲中东部以及美国西部等地温度高于常年值 1°C 以

上;加拿大、中亚和北非西部等地温度低于常年平均水平;全球其余地区的温度与常年相比偏高幅度在 1°C 以内。在国家尺度上,法国、德国、捷克、瑞士、匈牙利和塞尔维亚地表温度突破历史极值(图2)。

1.2 海冰范围创历史新低,海洋热容量突破纪录

在全球变暖的大背景下,全球冰川总量连续31年减少,南北极海冰范围全年处于历史低位。1—2月北极海冰范围创历史新低,冬季北极海冰最大范围为 1448万 km^2 ,为历史第三低值;夏季受持续性低压系统影响,海冰消融速度偏慢,9月中旬北极海冰达到最小范围为 545万 km^2 ,比常年偏少28%;10月以来海冰扩张速度较常年明显偏慢,截至12月底北极海冰范围仍处于历史同期最低位。南极海冰最小范围 228万 km^2 出现在2月下旬,较常年偏小33%,创历史新低;2—8月南极海冰范围一直处于历史同期较低水平,9月南极海冰范围为 1782万 km^2 ,位列历史第二低;10月以来海冰快速消融,截至12月底,南极海冰范围达历史同期最低值。

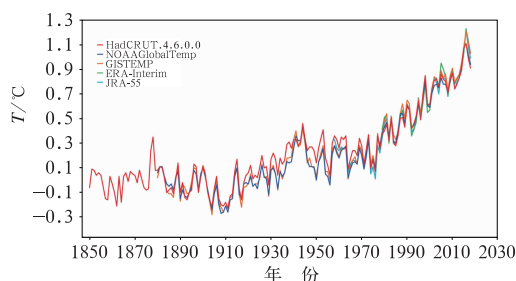


图1 全球平均温度距平(相对1850—1900年平均值)时间序列(WMO, 2019)

Fig.1 Global average temperature anomalies (compared to the 1850—1900 average) (WMO, 2019)

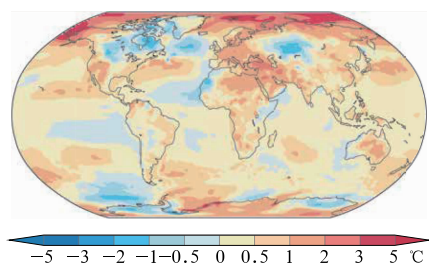


图2 2018年全球平均温度距平(相对1981—2010年平均值)空间分布(WMO, 2019)

Fig.2 Global distribution of temperature anomalies in 2018 (compared to the 1981—2010 average) (WMO, 2019)

格陵兰冰原的冰量自2002年以来不断减少,截至2018年底累计减少了约3.6万亿t。2018年夏季格陵兰地区温度较常年偏低,降雪量为1972年以来最多,年内格陵兰冰原增加了1500亿t冰量,但多年来冰量逐渐减少的大趋势并未发生改变。2018年北半球平均积雪覆盖范围为 2564万 km^2 ,比常年偏多3%,其中北美洲相比欧亚大陆偏多更为明显。

2018年全球海表温度位列历史第四高值,其中太平洋大部(除赤道东太平洋外)、印度洋西部以及热带大西洋等地异常变暖。超过90%被温室气体吸收的能量进入了海洋,2018年海洋上层0~700和0~2000 m的热容量再创历史新高。在海洋热膨胀和海冰融化的共同作用下,2018年全球海平面继续保持上升趋势,相比2017年上升了3.7 mm,成为有记录以来的最高值。

在过去的10年间,海洋吸收了30%的人为二氧化碳排放量,导致海洋酸化不断加剧(WMO, 2019)。在暖化和酸化的共同作用下,海洋的理化特征发生了显著变化,直接影响了海洋食物链和生态系统。IPCC第五次评估报告显示,自工业革命以来海洋表面pH值已经下降了0.1个单位,未来随着二氧化碳排放量的不断增加,全球海洋pH值还将继续下降(IPCC, 2013)。

1.3 全球多地遭遇暴雨洪涝侵袭

2018年全球大范围降水异常偏多的区域主要包括地中海欧洲、非洲北部、阿拉伯半岛北部、中亚、美国东部等地,这些区域的年降水量较常年偏多25%以上(图3)。从最大连续5 d降水量分布来看,极端降水的高值区主要出现在热带辐合带、东亚季风区、印度季风区以及北美东南部等地,这些区域的最大5 d降水量普遍在100 mm以上;其中,孟加拉湾沿岸、东南亚以及南美洲北部等局地遭受了持续性极端降水过程(图4)。

2018年区域性极端降水事件频发,在世界各地造成了严重人员伤亡和财产损失,其中南亚地区受灾最为严重。自5月季风雨季开始以来,异常暴雨天气在印度9个邦造成了不同程度的灾情,其中印度南部喀拉拉邦受灾最为严重。8月,印度西南部的喀拉拉邦降水量超过常年同期96%,8月9—22日降水量超过常年同期238%,局地单日降水量甚至超过了400 mm。持续性强降水引发了该地区1924年以来最严重的洪水,部分地区发生山体滑

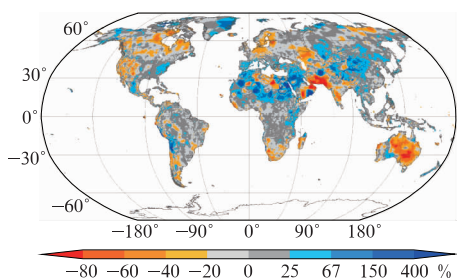


图 3 2018 年全球降水量距平百分率
(相对 1981—2010 年平均值)空间分布

Fig. 3 Global distribution of precipitation
anomalous percentage in 2018
(compared to the 1981—2010 average)

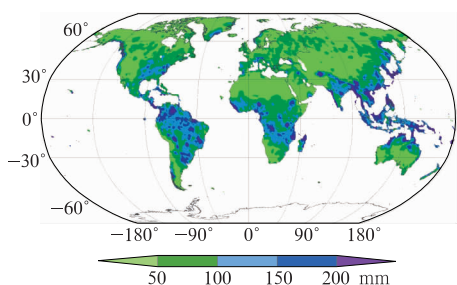


图 4 2018 年全球最大连续 5 d 降水量分布

Fig. 4 Global distribution of highest
5-day rainfall in 2018

坡,导致 540 万人受灾,300 余人丧生,140 万人急需转移安置,经济损失超过 43 亿美元。

在东亚地区,6 月 28 日至 7 月 9 日,日本西部地区由几乎静止的梅雨锋形成了持续性强降水天气,高知、德岛和岐阜等 15 个观测点累计雨量超过 1000 mm,高知县安芸郡最大降雨量达 1853 mm。强降雨造成河流、水库水位急速上涨,山洪、泥石流、滑坡等灾害群发性突出,导致多地民居、道路被毁,245 人遇难,6767 座房屋倒塌。本次灾害是日本 35 年来遭遇的最严重暴雨洪涝灾害。7 月下旬至 8 月中旬,东南亚多国遭受大范围暴雨洪涝影响,老挝 23.6 万人受灾,143 人死亡失踪;柬埔寨 8.3 万户受灾,18 人死亡;越南 13 人死亡失踪。

在非洲地区,3—4 月肯尼亚、索马里、埃塞俄比亚、坦桑尼亚等东非国家由于降水异常偏多引发洪涝灾害,仅在肯尼亚就造成 120 人丧生,23 万人流离失所;9 月尼日尔河由于连日暴雨引发河水暴涨,导致尼日利亚和尼日尔遭受洪水袭击,200 万人受灾,200 余人因灾丧生,超过 56 万人流离失所。

在中东地区,10—11 月卡塔尔、阿联酋、科威

特、约旦、伊拉克等国家遭遇强降水天气过程引发山洪灾害,导致一定人员伤亡和财产损失。

1.4 澳洲和南美多国受干旱影响

2018 年,全球范围内降水量异常偏少的区域主要包括欧洲大部、中亚、阿拉伯海北部和东部海岸、非洲南部、澳洲中东部、北美大部以及南美部分地区(图 3),其中非洲南部、澳洲东部、北美北部等地已连续多年降水偏少。

年内,受持续少雨影响,澳大利亚东部、中部和西南部等多地出现了破纪录的旱情。其中,澳大利亚东部旱情为 1965 年以来最重,新南威尔士州、昆士兰州、维多利亚州和南澳大利亚州等地部分地区已连续 15 个月降雨量低于平均水平,大片的牧场和耕地被破坏,畜牧业遭受毁灭性打击。

在南美洲,2017 年 10 月至 2018 年 3 月,乌拉圭、阿根廷、巴西等国家遭遇极端干旱,其中阿根廷北部和中部地区降水量较常年偏少 43%,创历史新低,导致大豆、玉米等夏季作物大幅减产,经济损失达 59 亿美元。4—7 月,巴西 15 个州遭遇干旱,其中东南部农业区旱情最重,皮拉西卡巴河一度干涸见底,导致农业减产和居民用水困难。

在非洲地区,受前期降水持续偏少的影响,1—5 月南非中南部的多个省发生干旱,为近 23 年来最严重的一次。西开普省是此次干旱的重灾区,并引发用水危机,部分地区甚至开始限量供水,开普敦的旱情更是历史罕见。南非水利研究委员会研究指出,南非六成以上的河流用水过度,其中近四分之一河流处于严重缺水状况。6 月以来,随着南非雨季的到来,部分地区的严重旱情已得到有效缓解。

在中东地区,阿富汗、巴基斯坦和伊朗等国家遭受了不同程度的干旱影响。3 月上旬至 10 月上旬,阿富汗发生极端干旱,200 万人用水困难,农业和畜牧业产量较 2017 年下降 50%~60%,140 万人迫切需要粮食援助。巴基斯坦已连续 5 年降水量偏少三成以上,2018 年更是较常年偏少 62%,导致农业生产受到重大不利影响。

1.5 北半球热带气旋季异常活跃

2018 年,北半球热带气旋活动异常活跃,四大风暴盆地共生成了 74 个热带气旋,远多于常年的 63 个;其中东北太平洋风暴盆地最为活跃,气旋累积能量指数达 316 kt^2 ,创历史新高。年内,南半球共生成热带气旋 22 个,与常年基本持平。

在东北太平洋地区,8月22—25日,五级飓风雷恩扫过夏威夷大岛,引发创纪录的极端强降水,96 h内降水量高达1321 mm,当地洪水泛滥;9月13日飓风佛罗伦斯登陆美国东海岸,极端强降水导致河水暴涨,20万户居民停电,北卡罗来纳州多条高速路和主干道中断,上万人前往临时避难所,53人遇难;10月10日四级飓风迈克尔在佛罗里达州墨西哥海滩登陆,登陆时中心附近最大风力17级以上,成为1992年以来登陆美国大陆的最强飓风,狂风、暴雨和风暴潮给美国东南沿岸各州造成大面积破坏,造成49人死亡,超70万户家庭断电。“佛罗伦斯”和“迈克尔”在美国共计造成了490亿美元经济损失。

在西北太平洋地区,7月中旬,台风山神引发越南和老挝大规模洪灾,其中老挝发生溃坝导致55人死亡;8月下旬,台风苏力在朝鲜半岛引发洪水,导致朝鲜86人丧生;9月4日,台风飞燕先后在日本四国岛德岛县和本州岛兵库县登陆,成为1993年以来登陆日本的最强台风,引发近畿地区遭受暴风雨和海岸洪水侵袭,11人因灾死亡,1700余栋建筑受损,关西国际机场被淹,3000名旅客滞留;9月15—16日,2018年西北太平洋生成的最强台风山竹先后在菲律宾北部和中国广东登陆,登陆时中心最大风力17级以上,并引发高达6 m的巨浪,强风暴雨共造成菲律宾和中国710万人受灾,133人死亡(菲律宾127人,中国6人),农作物受灾面积共计90万 hm^2 ,并在中国香港引发了创纪录的2.35 m风暴潮;12月29日,台风乌斯曼在菲律宾中部登陆,强降水引发多地出现山体滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害,导致122人遇难。

在印度洋地区,5月26日,特强气旋风暴梅库纳在阿曼南部沿海登陆,登陆时最大风力14级,引发了山洪和泥石流,造成当地24人丧生;10月11日,特强气旋风暴蒂特利在印度安得拉邦沿海登陆,狂风暴雨横扫印度东部地区,85人因灾死亡。

在南半球,1和3月,马达加斯加分别遭受热带气旋艾娃和厄里亚金袭击,造成71人死亡,2万余人受灾;2月南太平洋岛国汤加遭遇当地有记录以来最强热带气旋吉塔袭击,强风暴雨导致大量房屋损毁和基础设施损坏,造成巨大经济损失,萨摩亚和斐济等周边国家也受到严重影响。

1.6 欧洲遭遇异常高温干燥天气,多地林火频发

2018年夏季,欧洲大部地区遭遇异常高温干燥

天气(图5),其中5—7月挪威、瑞典、芬兰、丹麦等北欧国家的高温和少雨同创历史纪录,瑞典南部局地降水量甚至不足历史最低纪录的一半。7月底至8月初,北极圈内多地观测到罕见的、创纪录的高温,部分观测站气温一度超过 30°C ;此外,芬兰连续25 d温度超过 25°C ,德国连续18 d超过 30°C ,爱沙尼亚连续8 d超过 30°C ,英国和爱尔兰也受到了异常高温干旱影响;仅8月4日一天,葡萄牙局地温度超过 44°C ,全国超过40%的观测站温度突破历史极值。8月中旬以后,北欧的情况有所缓和,但法国、德国、荷兰、瑞士、波兰、捷克、拉脱维亚等欧洲国家的高温干燥天气仍在持续,多数国家自年初以来降水量屡创历史新低,长期高温干旱导致农业产量受到较大损失,法国甚至有1500人因高温热浪天气丧生。此外,欧洲中部莱茵河径流量也创造了历史最低纪录,导致货运量相比2017年减少了约25%;塞尔维亚局部地区河流运输一度中断。持续性高温干燥天气还导致欧洲多国森林火灾频发,瑞典、拉脱维亚、挪威、德国、英国、爱尔兰等地均遭受不同程度的林火侵袭,仅瑞典过火面积就超过2.5万 hm^2 ;7月23日,希腊首都雅典周边发生林火,在强风作用下火势迅速传播,导致99人死亡,成为2009年以来全球范围内死亡人数最多的森林火灾。

在北美洲,夏季加拿大东部地区遭遇创纪录的高温热浪天气,7月上旬蒙特利尔、魁北克和安大略都遭遇 35°C 以上极端高温,蒙特利尔连续5 d气温高达 33°C ,突破历史极值;魁北克86人死于高温热浪;不列颠哥伦比亚省发生大规模林火,过火面积达135万 hm^2 。2018年下半年,美国加州接连发生森林大火,7月“卡尔”林火造成1604座建筑被毁,8人丧生,保险损失超过15亿美元;8月“门多西诺”林火是加州史上最大规模林火,过火面积达18.6万 hm^2 ,数百座建筑被烧毁;11月,在强风和干燥天气的共同作用下,美国加州再次发生森林大火,其中北加州坎普山火重创山区小镇天堂镇,导致85人丧生,249人失踪,刷新近百年美国森林火灾的最高伤亡纪录,另有超过19000座建筑物被烧毁。据统计,2018年美国林火共计造成240亿美元经济损失,刷新历史纪录。

在东亚地区,7月下旬至8月上旬,日本、韩国、朝鲜等地遭遇高温热浪袭击,其中日本东部地区遭遇史上最炎热的夏季,熊谷市最高气温达 41.1°C ,153人因高温丧生,8万余人中暑;朝鲜半岛洪川郡出现了 41.0°C 的高温,首尔最高气温达 39.6°C ,持

续性高温天气导致韩国和朝鲜也出现了大量高温中暑病例。

在中东和北非地区,高温创造了一系列历史纪录。6月26日,阿曼沿海城市 Quriyat 夜间最低温度高达 42.6°C ,创造了全球最高的日低温纪录;7月上旬,北非地区的阿尔及利亚观测到 51.3°C 的高温,刷新国家最高温度纪录。

1.7 北美和欧洲遭受寒流和暴风雪袭击

1月3—4日,爆发性气旋影响整个美国东海岸,部分地区气温打破近百年来最低气温纪录。其中,佛蒙特州的伯灵顿气温低至 -28.9°C ,与1923年的历史纪录相比,还要低 0.6°C ;缅因州的波特兰则达到 -23.9°C ,打破了1941年的历史纪录。由于爆发性气旋途径美国航班运输最为繁忙的路线,受冰雪天气影响,全美超过5000架次航班被取消,航班几乎全线停运,22人在寒流中丧生。

2月下旬至3月上旬,欧洲多国遭遇极寒天气影响,从北欧到地中海沿岸国家都降下大雪。2月下旬德国部分地区夜间气温下降至 -24°C ;爱沙尼亚气温则低至 -29°C ,位列历史第二低位;瑞士高山地区甚至出现 -40°C 的低温。阿尔卑斯山脉降雪量远超常年,瑞士山区积雪深度达530 cm,位列历史第二高位;爱尔兰、法国、意大利、阿尔及利亚等地降雪量也较常年异常偏多;葡萄牙出现历史罕见的冻雨天气。低温和强降雪天气对欧洲各地交通和居民生活造成严重影响,多个欧洲机场被迫取消航班或延迟起降,交通严重受阻,寒流造成60余人死亡。

在南亚地区,1月3—13日,居住人口约2亿的印度北方邦遭遇创纪录的罕见严寒天气,最低气温降至 -5°C ,135人因低温丧生。

在非洲地区,8月初,南非、莱索托和斯威士兰等南部非洲国家遭遇强冷空气袭击,气温骤降并普降大雪,其中约翰内斯堡更是1981年以来第一次出现降雪。恶劣天气导致部分城市学校停课、交通受阻,电力供应一度中断。

在南美洲地区,6月,智利、玻利维亚、秘鲁等地遭遇罕见的寒潮侵袭,智利首都圣地亚哥出现降雪天气,玻利维亚气温低至 -14°C ,秘鲁积雪深度达40 cm;8月,乌拉圭、阿根廷等地遭遇冷空气过程,乌拉圭东南部出现降雪。

1.8 强对流天气在世界各地频繁发生

美国是世界上遭受龙卷风侵袭最为频繁的国家。

2018年美国共计观测到1100余个龙卷风,较常年偏少10%,且整体强度偏弱。年内,美国多地遭受风雹袭击,6月6日得克萨斯州达拉斯周边地区因风雹造成13亿美元经济损失,6月18—19日科罗拉多州丹佛周边地区因风雹造成22亿美元经济损失。

1月17—19日,爱尔兰、英国、荷兰、德国、波兰、比利时等欧洲国家遭遇风暴袭击,造成13人丧生。德国受灾最为严重,阵风风速一度高达 $203\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,暴风雪导致气温骤降、路面结冰,200多条铁路受损,电力供应一度中断。

5月2—3日,印度北部的拉贾斯坦邦和北方邦先后遭遇沙尘暴、雷暴大风和暴雨天气袭击,风力达到7~8级,最大瞬时风力达12级左右,能见度普遍低于2 km,沙尘暴袭击时能见度不足1 km。强风将房屋、墙体吹倒,树木连根拔起。强风、沙尘、雷暴和暴雨造成印度200多人死亡,数百人受伤。

7月5日,泰国“艾莎公主”号和“凤凰”号两艘游船载有127名中国游客在返回普吉岛途中,突遇特大暴风雨,强风掀起6~7 m的巨浪,致使这两艘游船分别在珊瑚岛和梅通岛发生倾覆。“艾莎公主”号游船上42人悉数获救,“凤凰”号游船上载有101人,其中87名中国游客中40人获救、47人死亡。

9月下旬,突尼斯和利比亚遭遇“地中海风暴”引发短时强降水天气,突尼斯局地24 h降水量达205 mm,引发山洪灾害;29日风暴继续加强并向东移动,希腊、土耳其接连遭遇强风和暴雨袭击,导致渡轮停运、航班取消、电力中断。

10月13—14日,法国西南部遭遇短时强降水天气,6 h降水量突破400 mm,部分河流水位上升到百年来最高水平,洪水导致道路中断、桥梁垮塌,13人因灾丧生。

10月下旬,意大利、斯洛文尼亚、瑞士、奥地利、捷克等欧洲国家再次遭遇“地中海风暴”袭击,其中意大利受灾最重,局地阵风风速高达 $179\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,24 h降水量达406 mm,强风掀起10 m巨浪袭击沿海地区,威尼斯水位上涨1.5 m,创下近10年最高纪录,大量船只被摧毁;瑞士和奥地利部分地区的3 d累计雨量也超过400 mm,引发局地洪涝灾害。

12月中旬,土耳其和塞浦路斯多次遭遇短时强降水天气,其中12月18日安塔利亚降水量高达490.8 mm,刷新国家单日降水纪录。强降水引发城市内涝,大量农田被洪水淹没。

2018年全球重大天气气候事件如图6所示。

2 典型重大天气气候事件成因分析

2.1 近百年来印度最严重洪灾

印度大部分地区处于热带和亚热带,以热带季风气候为主,约80%的年降水量出现在夏季风季节(6—9月)(Jain and Kumar, 2012)。据印度气象局监测显示(IMD, 2018),2018年南亚季风涌于5月29日抵达喀拉拉邦上空(比其正常日期提前3 d),此后迅速推进并在一个月内(6月28日)覆盖整个印度,远远超出正常时间表;但季风撤退是从9月29日自拉贾斯坦邦西部开始,南撤时间较常年推迟近一个月(图7)。因此南亚季风强度偏强、控制时间偏长是造成印度洪灾的重要气候因子之一。

另一影响印度夏季风降水的下垫面因素是青藏高原积雪。大量研究指出,前冬青藏高原积雪偏多(偏少)不利于(有利于)印度夏季风降水偏多(Hahn and Shukla, 1976; Bamzai and Shukla, 1999; Turner and Slingo, 2011),影响的机制是高原积雪的偏少将使得高原春夏季节地表感热偏强,进而使得感热加热引起的上升运动偏强,有利于感热通量的向上传播,导致对流层加热偏强,高原对流层温度偏高,使得高原与海洋对流层热力差异加强,季风经圈

环流增强,从而导致夏季风加强(张顺利和陶诗言, 2001)。2017/2018冬季,青藏高原积雪面积为 $0.7 \times 10^6 \text{ km}^2$,较气候态偏少22.2%,有利于2018年印度夏季风降水偏多(图8)。

2018年8月,印度地区对流异常活跃(图9),热带辐合带中出现东风波扰动,加之南亚季风槽西部位置偏北(图10),索马里越赤道急流偏强共同作用导致南印度洋及阿拉伯海上空的水汽大量向印度地区输送,为降水提供有利条件。

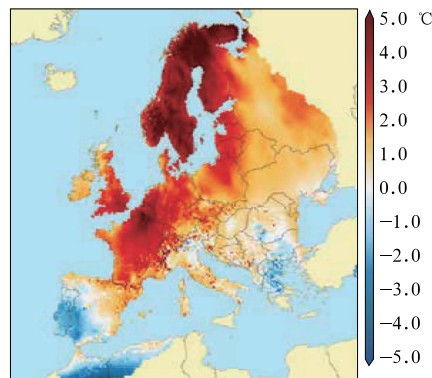


图5 2018年7月欧洲地区温度距平分布 (WMO, 2019)

Fig. 5 Distribution of temperature anomalies in July 2018 (WMO, 2019)

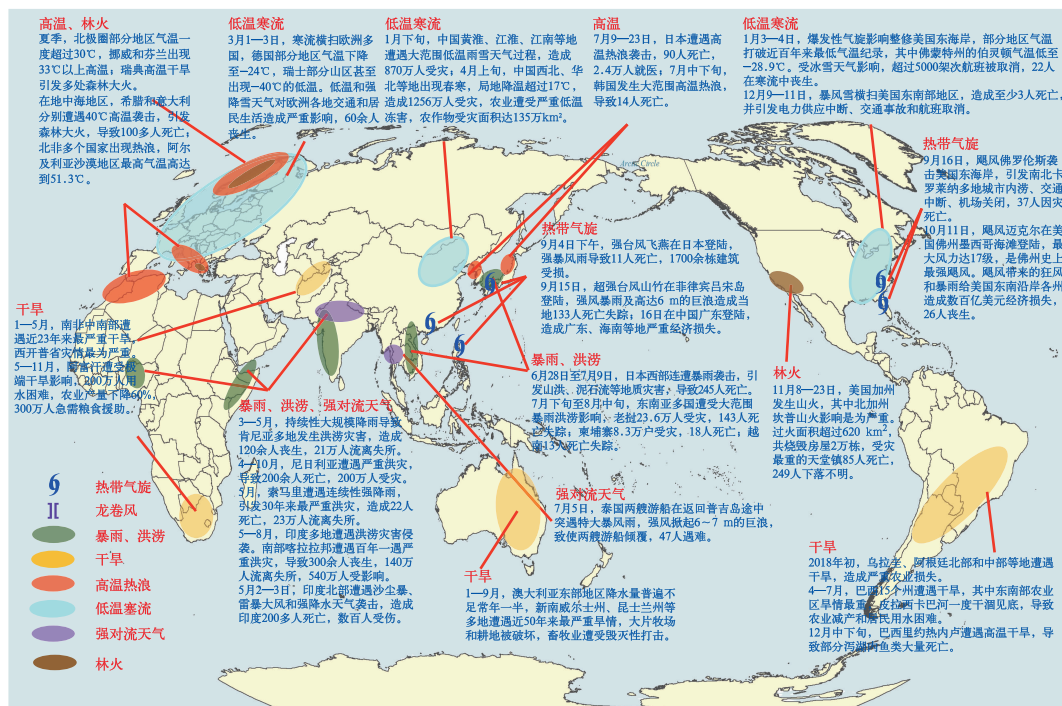


图6 2018年全球重大天气气候事件示意图

Fig. 6 Diagram of global major weather and climate events in 2018

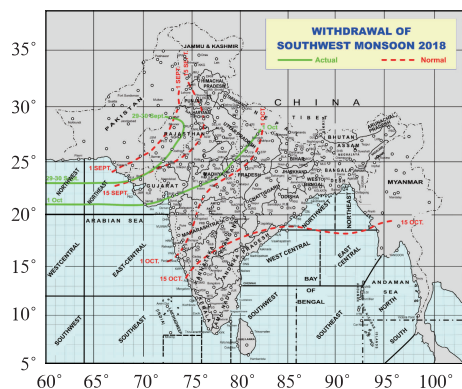


图7 2018年南亚季风进程图(IMD, 2018)

Fig. 7 Isochrones of withdrawal of southwest monsoon in 2018 (IMD, 2018)

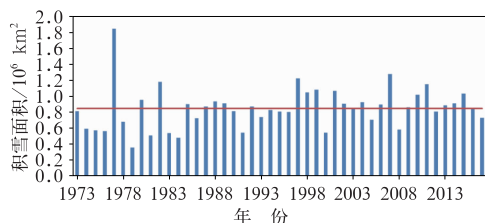


图8 1973—2017年青藏高原冬季积雪面积

Fig. 8 Winter snow cover area of the Qinghai-Tibet Plateau from 1973 to 2017

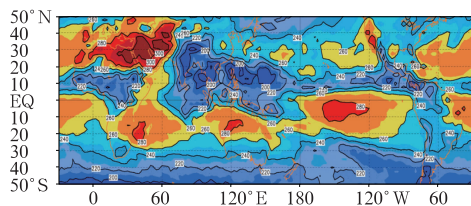


图9 2018年8月射出长波辐射量空间分布
(单位: $W \cdot m^{-2}$)

Fig. 9 Spatial distribution of outgoing longwave radiation in August 2018 (unit: $W \cdot m^{-2}$)

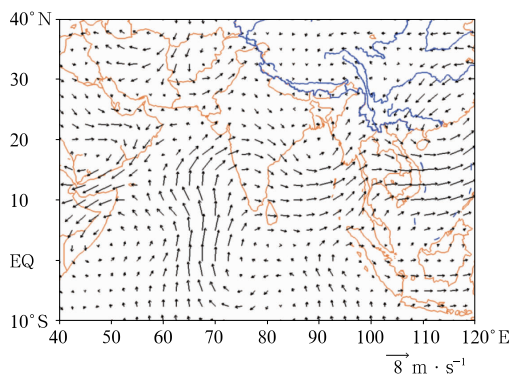


图10 2018年8月850 hPa矢量风场距平

Fig. 10 Spatial distribution of 850 hPa vector wind field anomaly in August 2018

2.2 美国东海岸爆发性低温雨雪冰冻

美国东海岸1月上旬极端低温暴雪天气主要受到冬季风暴格雷森的爆发性气旋影响。1月3—4日,“格雷森”的中心气压在24 h内下降了59 hPa,超过爆发性气旋发生的定义,即24 h内海平面气压下降达到或超过24 hPa(Sanders and Gyakum, 1980)一倍以上,造成美国多地遭遇暴雪强风和强降雨等剧烈天气现象。

爆发性气旋是中纬度重要的天气系统之一,其外围风场可造成热量和水汽强烈的经向输送,在全球的热量和水分的动态平衡过程中起着重要作用(Sanders and Gyakum, 1980; Yoshida and Asuma, 2004)。对北半球爆发性气旋气候特征进行的统计分析发现,爆发性气旋发生的最大频数出现在冬季,且主要分布在太平洋和大西洋的西北部海域,冬季爆发性气旋的强度要强于其他季节(刘爽等, 2018)。爆发性气旋多发生于高空急流出口区的左侧、对流层中高层冷槽的下游,以及冷暖洋流交汇处的强海表温度梯度区(张树钦和傅刚, 2017)。

造成2018年1月风暴格雷森迅速加强的主要因素有三点:耦合的急流结构、美国东海岸附近强烈的海洋温度梯度和暖核的影响。

气旋的生成发展需要其上方高层辐散强度大于低层辐合,有大气质量的净流出(Uccellini and Koch, 1987)。2018年1月初,北美西部高压脊异常发展,北极涛动负位相异常显著,中高纬度地区大气环流的经向度明显加强,北极地区冷空气向南爆发,北美西风大槽加深(图11),冬季风暴格雷森产生于高空西风槽前部的偏南气流中,槽前西南气流提供正涡度平流。从东南沿海向东北移动时,气旋中心位于南支急流轴北侧出口区和北支急流轴右侧入口(图12),两支急流的耦合作用使得高层辐散加剧,有利于上升运动和气旋发展,最终导致“格雷森”发展成自低层到向上延伸至平流层下部的深厚低压系统,呈现爆发性增强的特点(图13)。

有利于“格雷森”强化成为“炸弹气旋”的第二个因素是北美东南沿海海洋温度的巨大梯度(图14)。从卡罗来纳海岸附近温暖的墨西哥湾流到卡罗来纳州海岸附近相对较冷的陆架水域之间的温度梯度在一些区域高达 $25 \sim 30^{\circ}C$ 。这种变化为经过的“格雷森”低压系统提供能量,并且墨西哥湾流的暖水也可以提供额外的动力。

最后,由于受到墨西哥湾流暖湿空气影响,“格雷森”的中心外围空气温度相对较高,形成“暖核”,有利于潜热释放,潜热释放增强了气旋附近高空的上升运动和低层的辐合,使静力稳定度减小,斜压不稳定增

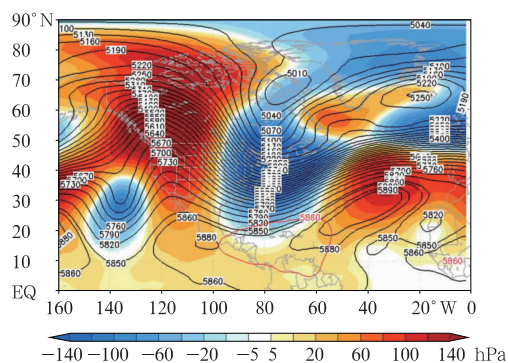


图 11 2018 年 1 月第 1 候 500 hPa 位势高度距平

Fig. 11 500 hPa geopotential height anomaly in the first pentad of January 2018

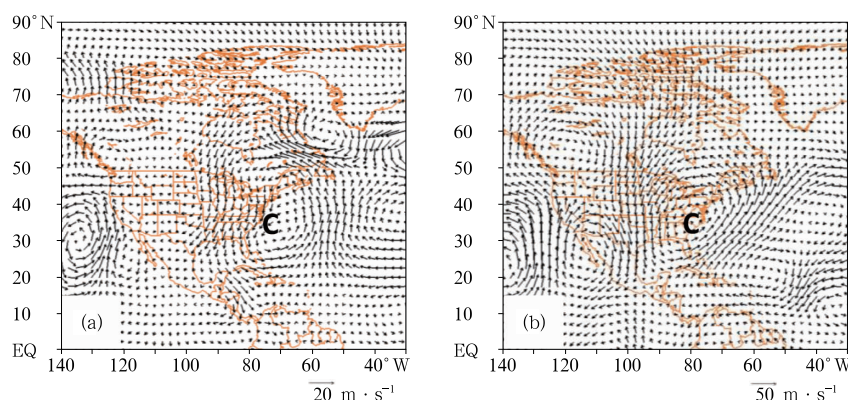


图 13 2018 年 1 月 4 日 850 hPa(a)及 200 hPa(b)矢量风距平

Fig. 13 Vector wind anomaly field of 850 hPa (a) and 200 hPa (b) on 4 January 2018

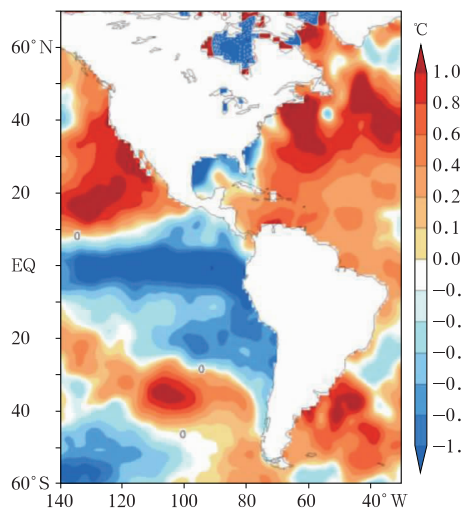


图 14 2018 年 1 月海表温度距平

Fig. 14 Sea surface temperature anomaly in January 2018

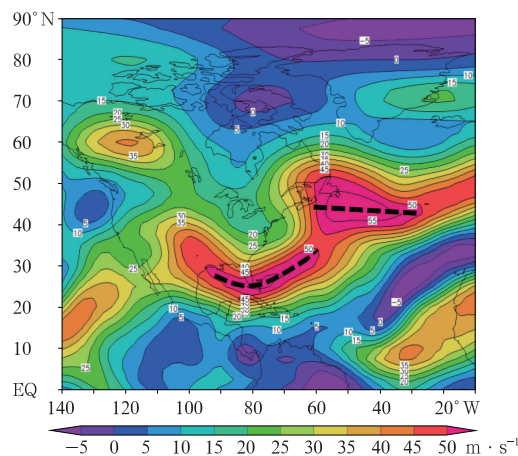


图 12 2018 年 1 月 4 日 200 hPa 纬向风场
(黑色虚线代表急流轴位置)

Fig. 12 Zonal wind field at 200 hPa on 4 January 2018

(Dotted black line represents the position of the jet stream axis)

长,造成气压以比“冷核”风暴更快的速度下降。

3 结 论

2018 年全球主要温室气体浓度继续攀升,地表温度相比工业化前水平高出 0.99°C ,位列有气象观测记录以来的第四高位。全球冰川总量连续 31 年减少,南北极海冰范围全年处于历史低位。全球海洋表面温度位列有记录以来的历史第四高,海洋上层 0~700 和 0~2000 m 热含量创历史新高,全球海平面继续加速上升,刷新历史纪录。过去的 10 年间,海洋吸收了 30% 的人为二氧化碳排放量,导致海洋酸化不断加剧。在暖化和酸化的共同作用下,海洋的理化特征发生了显著变化,直接影响了海洋食物链和生态系统。

在全球变暖的大背景下,年内北美洲、欧洲、东亚、中东、北非等地遭受高温热浪天气的影响,许多地区观测到突破历史极值的极端高温,美国、加拿大、瑞典、拉脱维亚、挪威、德国、英国、爱尔兰等地由于高温干燥引发森林大火;区域性极端降水事件频发,暴雨洪涝及其引发的地质灾害在南亚、东亚、非洲、中东等地造成了严重人员伤亡和财产损失,其中印度受灾最重;澳洲、南美洲、非洲、中东等地区遭受干旱影响,澳洲东部地区遭遇近50年来最严重的旱情,畜牧业遭受毁灭性打击;北半球热带气旋季异常活跃,四级飓风迈克尔在美国佛罗里达州海滩登陆,狂风、暴雨和风暴潮给美国东南沿岸各州造成大面积破坏,造成数百亿美元经济损失;年初,美国东海岸遭受“气旋炸弹”袭击,引发极端低温和暴风雪天气,部分地区气温打破近百年来最低气温纪录,交通瘫痪、电力中断、航班取消,数千万居民日常生活受到严重影响;年内,世界各地强对流天气频发,强风暴、雷暴、冰雹、沙尘等恶劣天气造成局部地区一定人员伤亡和财产损失。

对环流和外强迫的进一步分析表明,夏季南亚季风强度偏强、控制时间偏长,8月在南亚季风槽西部位位置偏北、索马里越赤道急流偏强的共同作用下,南印度洋及阿拉伯海上空的水汽大量向印度地区输送,持续性的强降水天气引发了该地区1924年以来最严重的洪灾;1月上旬,在耦合的急流结构、强烈的海洋温度梯度以及气旋外围气温偏高的共同作用下,冬季风暴格雷森在短时间内爆发性加强,造成美国东海岸出现气温骤降、强风暴雪等剧烈天气现象。

参考文献

- 刘爽,兰明胜,杜冠男,2018. 2015年10月至2016年9月北半球爆发性气旋特征分析[J]. 气象灾害防御,25(2):29-32. Liu S, Lan M S, Du G N, 2018. Characteristics analysis of the explosive cyclones in the northern hemisphere from October 2015 to September 2016[J]. Meteorological Disaster Prevention, 25(2):29-32 (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).
- 孙劭,李多,刘绿柳,等,2017. 2016年全球重大天气气候事件及其成因[J]. 气象,43(4):477-485. Sun S, Li D, Liu L L, et al, 2017. Global major weather and climate events in 2016 and the possible causes[J]. Meteor Mon, 43(4):477-485 (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).
- 张树钦,傅刚,2017. 北太平洋爆发性气旋的统计特征[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),47(8):13-22. Zhang S Q, Fu G, 2017. Statistical features of explosive cyclones over the Northern Pacific[J]. Periodical of Ocean University of China, 47(8):13-22 (in Chinese).
- 张顺利,陶诗言,2001. 青藏高原积雪对亚洲夏季风影响的诊断及数值研究[J]. 大气科学,25(3):372-390. Zhang S L, Tao S Y, 2001. Influences of snow cover over the Tibetan Plateau on Asian summer monsoon[J]. Chin J Atmos Sci, 25(3):372-390 (in Chinese).
- Bamzai A S, Shukla J, 1999. Relation between Eurasian snow cover, snow depth and the Indian summer monsoon: an observational study[J]. J Climate, 12(10):3117-3132.
- Eckstein D, Hutfils M, Winges M, 2018. Global Climate Risk Index 2019[EB/OL]. [2019-04-01]. <http://www.germanwatch.org/>.
- Hahn D G, Shukla J, 1976. An apparent relationship between Eurasian snow cover and Indian monsoon rainfall[J]. J Atmos Sci, 33(12):2461-2462.
- IMD, 2018. End of Season Report for the 2018 Southwest Monsoon. India Meteorological Department[EB/OL]. [2019-04-01]. http://www.imd.gov.in/pages/monsoon_main.php.
- IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis [M]// Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press.
- Jain S K, Kumar V, 2012. Trend analysis of rainfall and temperature data for India[J]. Current sci, 102(1):37-49.
- Munich Re, 2019. Munich Reinsurance Group[EB/OL]. [2019-04-01]. <https://www.munichre.com/en/media-relations/publications>.
- NOAA, 2019. Global climate report annual 2018[EB/OL]. [2019-04-01]. <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201813>.
- Sanders F, Gyakum J R, 1980. Synoptic-Dynamic Climatology of the “Bomb”[J]. Mon Wea Rev, 108(10):1589-1606.
- Turner A G, Slingo J M, 2011. Using idealized snow forcing to test teleconnections with the Indian summer monsoon in the Hadley Centre GCM[J]. Climate Dynamics, 36(9/10):1717-1735.
- Uccellini L W, Koch S E, 1987. The synoptic setting and possible energy sources for mesoscale wave disturbances[J]. Mon Wea Rev, 115(3):721-729.
- WCRP, 2018. Global sea-level budget 1993-present[J]. Earth Systems Science Data, 10(3):1551-1590.
- WMO, 2019. WMO statement on the status of the global climate in 2018[EB/OL]. [2019-04-01]. https://library.wmo.int/docnum.php?explnum_id=5789.
- Yoshida A, Asuma Y, 2004. Numerical study of explosively developing extratropical cyclones in the Northwestern Pacific Region [J]. Mon Wea Rev, 132(5):1121-1142.