

# WMO 2019年 全球气候状况声明

水  
气候  
天气



世界气象组织

WMO-No. 1248

**WMO-No. 1248**

©世界气象组织, 2020

WMO对用印刷、电子和其他各种形式出版的各种出版物拥有版权。翻印WMO材料的短幅摘录无须授权，但须清晰完整地注明出处。有关本出版物的编辑问题及部分或全文出版、翻印或翻译本出版物问题请联系：

Chair, Publications Board

World Meteorological Organization (WMO)

7 bis, avenue de la Paix

电话: +41 (0) 22 730 84 03

P.O. Box 2300

传真: +41 (0) 22 730 81 17

CH-1211 Geneva 2, Switzerland

电子邮件: [publications@wmo.int](mailto:publications@wmo.int)

ISBN 978-92-63-51248-2

封面插图: 志愿消防员在昆士兰州班达伯格(澳大利亚)的丛林大火中营救生命和农场。

注:

WMO出版物中所用的称号和本出版物中的材料表示方式并不代表WMO对各国、领土、城市或地区、或其当局的法律地位、或对其边界划分的观点立场。

提及的具体商号或产品与未提及或未广告的同类相比并不表示前者得到了WMO的赞同或推荐。

WMO出版物中显示的带署名作者的结果、解释和结论只是作者的观点，并不一定反映WMO或其会员的观点。

# 目录

前言	3
联合国秘书长的声明	4
关键信息	5
全球气候指标	6
温度	6
温室气体和臭氧	7
海洋	9
冰冻圈	14
短期气候变率的驱动因素	17
2019年高影响事件	18
气候相关风险和影响	27
健康风险日益增大	27
气候变率和极端天气继续对粮食安全和人口流离失所产生不利影响	29
气候变化和极端事件威胁着海洋生物及生物多样性	32
案例研究：强烈气候冲击导致2019年大非洲之角粮食安全形势恶化和人口流离失所	33
数据集参考文献	35
贡献方名单	39

自2016年以来,下列联合国机构为《WMO全球气候状况声明》做出了重要贡献,以支持气候政策和行动:

联合国粮食及农业组织 (FAO),

联合国教育、科学及文化组织政府间海洋学委员会 (IOC/UNESCO),

国际货币基金组织 (IMF),

国际移民组织 (IOM),

联合国贸易和发展会议 (UNCTAD),

联合国环境规划署 (UNEP),

联合国难民事务高级专员署 (UNHCR),

联合国减少灾害风险办公室 (UNDRR),

世界卫生组织 (WHO)。

# 前言



温室气体，特别是CO<sub>2</sub>的浓度在继续上升。2019年结束时，全球平均温度比估计的工业化前平均温度高出1.1°C，仅次于2016年创下的纪录。如果厄尔尼诺现象没有在2016年观测到的升温中发挥作用，那么2019年应该会是创纪录的一年。

温度是气候持续变化的指标之一。由于海洋表面和海洋深处的变暖加剧以及格陵兰岛的积冰和冰川融化加剧，海平面上升的速率也正在加快，使得沿海地区和岛屿面临更大的洪水风险以及低洼地区面临被淹没的风险。

此外，在2019年，热浪加上长期的干旱引发了史无前例的野火。澳大利亚就是其中一例，数百万公顷的土地被火焚烧，而西伯利亚和其他北极地区也遭受了创纪录强度的野火。

除了这些强悍的现象外，还存在与天气相关的损害，例如多年干旱对人口的境内和跨境迁徙的影响、世界人口因高温和污染而更多地面临健康危害，以及因气温上升和天气极端事件增强带来的经济增长下降，特别是在发展中国家。

本报告的结果表明，气候变化已经以各种方式显现。为到本世纪末将升温控制在2°C以下，需要做出更有雄心的气候减缓努力。

世界气象组织将持续密切关注气候变率和变化及其影响。目前正在建立一个信息门户，以便跟踪气候状况指标。

我谨谢气候学和其他学科方面的众多专家组、各国家气象水文部门、全球和区域气候数据收集和分析中心以及联合国姊妹机构。由于各方坚持不懈的合作，《WMO全球气候状况声明》已成为为全世界决策者提供重要气候信息的旗舰出版物。

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'P. Taras'.

(P.塔拉斯)  
秘书长



# 联合国秘书长的声明



气候变化是我们这个时代的决定性挑战。留给我们避免气候破坏的最恶劣影响并保护我们的社会免受未来不可回避影响的时间在快速流逝。

科学告诉我们，即使我们成功地将升温限制在1.5°C，我们也将面临自然系统和人类系统的风险显著增加的局面。然而，这份报告中的数据 displays，2019年的气温已经比工业化前时代高出了1.1°C。其后果已经显而易见。更加严重和频繁的洪水、干旱和热带风暴、危险的热浪及不断上升的海平面已不断在严重威胁整个地球上的生命和生计。

目前我们已偏离了实现《巴黎协定》所要求的1.5°C或2°C目标的轨道。到2030年，我们需要将温室气体排放量在2010年的水平上减少45%，并到2050年达到净零排放。为此，我们需要另辟蹊径的政治意愿和紧急行动。

这份报告概述了最新的科学发现，并阐明了采取影响深远气候行动的紧迫性。报告汇集了气候科学各个领域的数据，并列举了气候变化的潜在未来影响—从卫生和经济上的后果到粮食安全性的降低和流离失所的增加。

我呼吁：从政府、民间团体和商界领袖到公民，每一个人都要谨记这些事实，并采取紧急行动，遏制气候变化的最恶劣影响。为迎接十一月在格拉斯哥举行的气候大会（COP26），我们需要在减缓、适应和融资方面有更大的雄心。这是确保在一个健康地球上人人享有更安全、更繁荣和更可持续未来的唯一途径。

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'António Guterres'.

(A. 古特雷斯)  
联合国秘书长

# 关键信息

2018年，全球大气中温室气体的摩尔分数达到创纪录水平，二氧化碳（CO<sub>2</sub>）达到百万分之407.8±0.1（ppm），甲烷（CH<sub>4</sub>）为十亿分之1869±2（ppb），氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）为331.1±0.1ppb。这些数值分别是工业化前水平的147%、259%和123%。早期迹象显示，2019年CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O这三种气体将继续上升。

由于温室气体浓度的上升，海洋吸收了地球系统中约90%的热量。海洋热含量是衡量这种热量积累的指标，其在2019年再次达到了创纪录的高水平。

2019年的全球平均温度高于工业化前水平1.1±0.1°C。2019年很可能是有仪器记录以来第二热的一年。过去五年是有记录以来最热的五年，而过去的十年（2010-2019年）是有记录以来最热的十年。自20世纪80年代以来，每个连续十年都比1850年以来的前一个十年更热。

2019年，北极和南极海冰范围均较低。2019年9月，北极海冰范围每日最低值是卫星记录中的第二低水平。在南极洲，近年来的波动很大，长期增长趋势被2016年底的海冰范围大幅下降所抵消。此后，海冰范围一直保持较低水平，而2019年有几个月创下了历史新低。

在2009-2018这十年间，海洋吸收了约23%的CO<sub>2</sub>年排放量，减少了大气浓度的增加值。然而，海水吸收CO<sub>2</sub>会降低其pH值，这一过程称为海洋酸化。过去20到30年来对开阔海域的观测表明，自20年代80年代末以来，平均pH值在以每十年0.017-0.027个pH单位的速率明显下降。

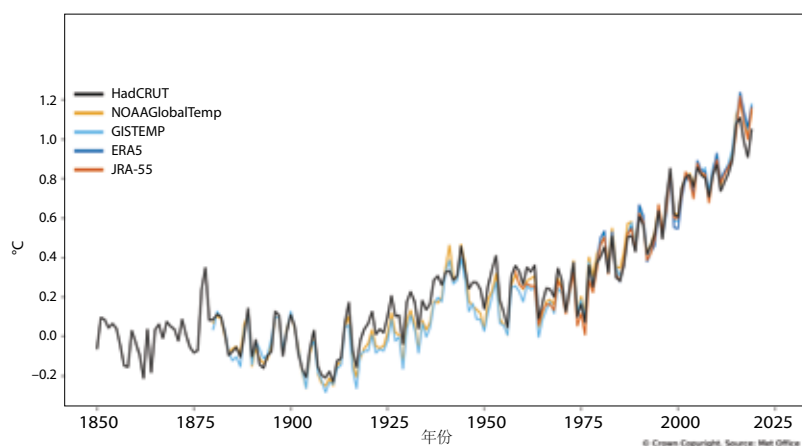
海洋会随着变暖而膨胀，海平面会上升。陆地上的冰融化，然后流入大海，进一步加剧了海平面的上升。自有测高记录以来，海平面一直在上升，但近期的海平面上升速度更快，部分原因是格陵兰岛和南极洲冰盖融化在增加。2019年，全球平均海平面达到了有高精度测高记录以来（1993年1月）的最高值。



# 全球气候指标

“全球气候指标”描述了不断变化的气候，全面描述了全球层面上的气候变化，而不仅仅是温度。这些指标为与气候变化最相关的领域提供了重要信息，包括大气成分、因温室气体的积累和其他因素而引起的能量变化，以及土地、海洋和冰的响应。“全球气候关键指标”包括全球平均地表温度、大气温室气体浓度、海洋热含量、全球海平面、海洋酸化、海冰范围以及冰川和冰盖的质量平衡等。

图1. 与工业化前条件相比(1850-1900年)的全球年平均温差。两个再分析数据集(ERA5和JRA55)与1981-2010年期间的原位数据集(HadCRUT、NOAAGlobalTemp和GISTEMP)一致



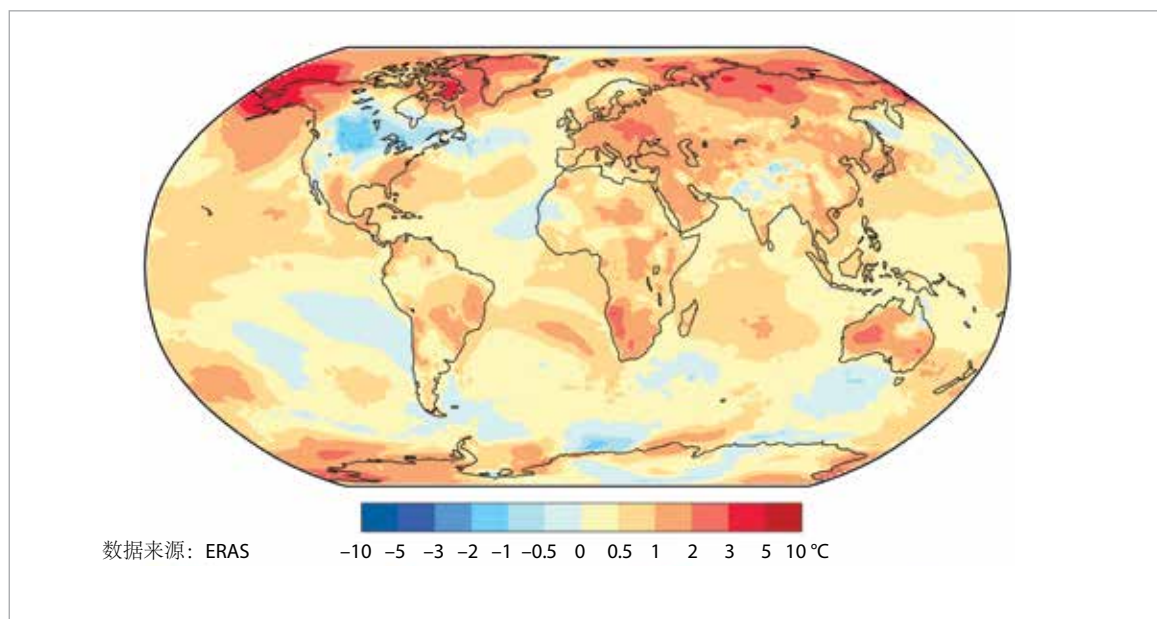
## 温度

2019年，全球平均温度比1850-1900年的基准温度(可作为工业化前水平的近似值)高出约 $1.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 。2019年可能是有记录以来第二热的年份。WMO的评估基于五个全球温度数据集<sup>1</sup>(图1)，其中有四个将2019年列在第二位，一个数据集将其列在第三位。这五个估计值的差值在 $1.05^\circ\text{C}$ 至 $1.18^\circ\text{C}$ 之间。

政府间气候变化专门委员会(IPCC)《关于全球升温 $1.5^\circ\text{C}$ 的特别报告》(IPCC SR15)的结论是：“2017年，人类引起的<sup>2</sup>升温达到了高出工业化前水平约 $1^\circ\text{C}$ 的水平(可能在 $0.8^\circ\text{C}$ 和 $1.2^\circ\text{C}$ 之间)，每十年增加了 $0.2^\circ\text{C}$ (可能在 $0.1^\circ\text{C}$ 和 $0.3^\circ\text{C}$ 之间)(高信度)”。2019年的最新数字与 $0.1-0.3^\circ\text{C}/十年$ 的持续升温范围相一致。

2016年伊始就发生了异常强烈的厄尔尼诺现象，该年至今仍是有记录以来最热的一年。2019年上半年出现的弱厄尔尼诺现象可

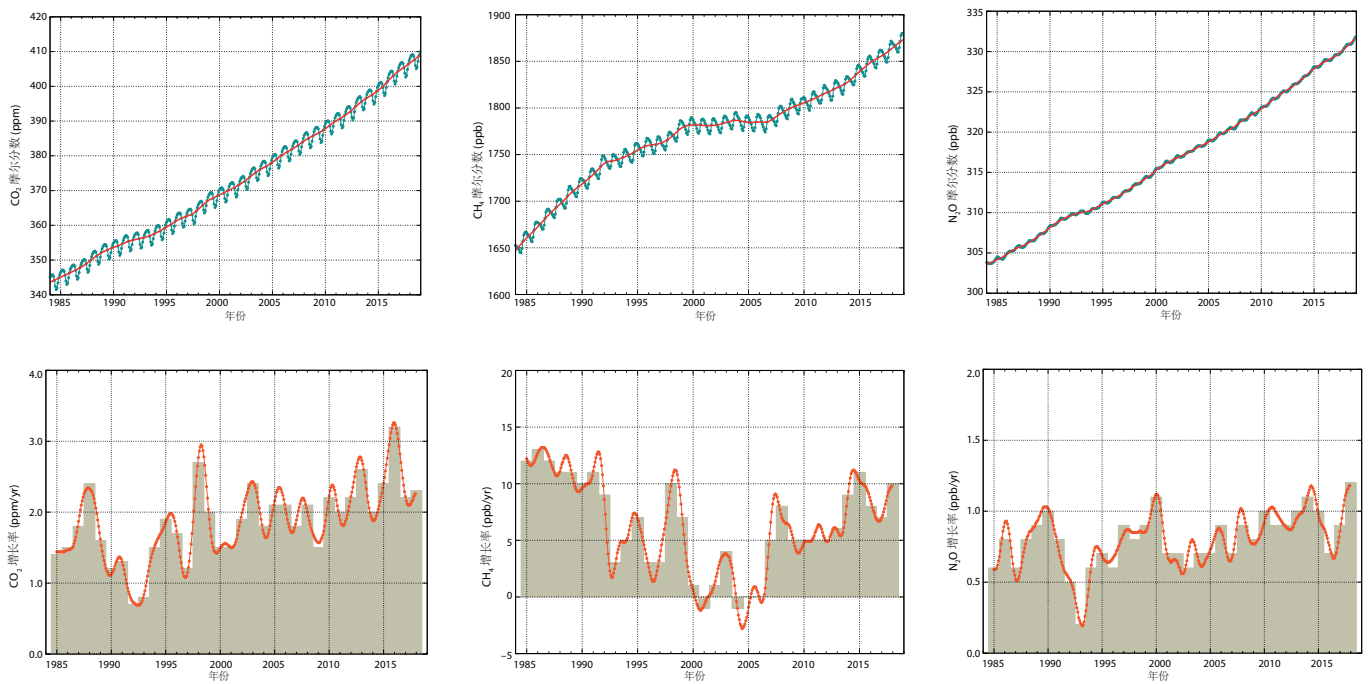
图2. 比对1981-2010年平均值的2019年地表气温距平(来源: 欧洲中期天气预报中心(ECMWF) ERA数据, 哥白尼气候变化服务机构)



<sup>1</sup> 这五个数据集包括三个原位数据集 - 由英国气象局和东英吉利大学气候研究所制作的HadCRUT.4.6.0.0、由美国国家大气和海洋管理局(NOAA)制作的NOAAGlobalTemp v5、由美国国家航空航天局(NASA)戈达德空间研究所制作的GISTEMP v4 - 以及两个再分析数据集 - 欧洲中期天气预报中心(ECMWF)为哥白尼气候变化局制作的ERA5和日本气象厅制作的JRA-55。

<sup>2</sup> 总升温指实际温度变化，不考虑原因，而人为引起的升温指升温中归因于人类活动的部分。对于人类引起的升温的估计基于: Hausteijn, K. 等人, 2017: 实时全球升温指数。科学报告7, 15417, doi:10.1038/s41598-017-14828-5。





**图3.** 上排: 1984年至2018年全球平均摩尔分数(浓度测量):  $\text{CO}_2$ , 单位: 百万分率(左);  $\text{CH}_4$ , 单位: 十亿分率(中)和 $\text{N}_2\text{O}$ , 单位: 十亿分率(右)。红线是去除季节变化的月均摩尔分数; 蓝点和蓝线表示月均值。下排: 表示摩尔分数连续年均值上升的增长率:  $\text{CO}_2$ , 单位: 每年百万分率(左);  $\text{CH}_4$ , 单位: 每年十亿分率(中)和 $\text{N}_2\text{O}$ , 单位: 每年十亿分率(右)(来源: WMO全球大气监视网)

能对全年全球高温的影响不大,但年初的温度没有像2016年早期那样明显上升。

过去五年(2015至2019年)是有记录以来最热的五年。过去五年(2015–2019年)和过去十年(2010–2019年)的平均值还分别是有记录以来最热的五年期和十年期<sup>3</sup>。自20世纪80年代以来,每个连续十年都比1850年以来的前一个十年更热。

尽管全年总体温暖的表现很明确,但全球温度距平却有差异。大多数陆地区域都比最近的平均温度高(1981–2010年,图2)。自至少1950年以来,2019年位列非洲有记录以来最热的前三年。除北美洲的平均值是名义上第14个最热年份以外,其他大陆的平均值均属于最热的三年。美国阿拉斯加州异常温暖。这一年中温暖程度显著的地区包括北极大片地区、中欧和东欧、非洲南部、东南亚大陆、澳大利亚部分地区(有记录以来最温暖和最干旱的一年)、东北亚和巴西部分地区。在北美以外,陆地温度低于平均水平的区域很有限。

## 温室气体和臭氧

温室气体的全球平均摩尔分数是根据通过WMO全球大气监视网(GAW)计划从多个站点进行的原位观测所获资料而计算得出的。这些数据可从日本气象厅运行的世界温室气体数据中心获得<sup>4</sup>。1750年被用作工业化前状况的代表基线。

大气中温室气体含量的不断增加是气候变化的主要驱动因素。大气浓度反映了源(包括排放)和汇之间的平衡。全球 $\text{CO}_2$ 浓度反映了人类活动造成的排放与生物圈和海洋吸收之间的平衡情况。

2018年,温室气体的摩尔分数达到了新高, $\text{CO}_2$ 的全球平均摩尔分数为 $407.8 \pm 0.1$  ppm, $\text{N}_2\text{O}$ 为 $1869 \pm 2$  ppb, $\text{CH}_4$ 为 $331.1 \pm 0.1$  ppb(图3)。三种主要温室气体的年增长率大于前一年的增长率和10年的平均增长率。2018年的全球平均摩尔分数分别占工业化前(1750年)水平的147%、259%和123%。

<sup>3</sup> 针对不重叠的五期和十年期。

<sup>4</sup> <https://gaw.kishou.go.jp/>

2019年的全球平均数字要到2020年末才能提供,但是莫纳罗亚山(夏威夷)和格里姆角(塔斯马尼亚)等特定位置的实时数据表明,2019年CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O的水平在继续增加。

IPCC SR15报告发现,将升温限制在比工业化前水平高出1.5°C,意味着2050年左右达到全球CO<sub>2</sub>净零排放,同时将非CO<sub>2</sub>强迫因子(尤其是甲烷)的排放量大幅削减。

## 碳收支

准确评估人为二氧化碳排放量及其在大气、海洋和陆地生物圈内的再分布(即“全球碳收支”<sup>5</sup>),对于更好地了解全球碳循环、支持气候政策的制定以及预估未来的气候变化至关重要。

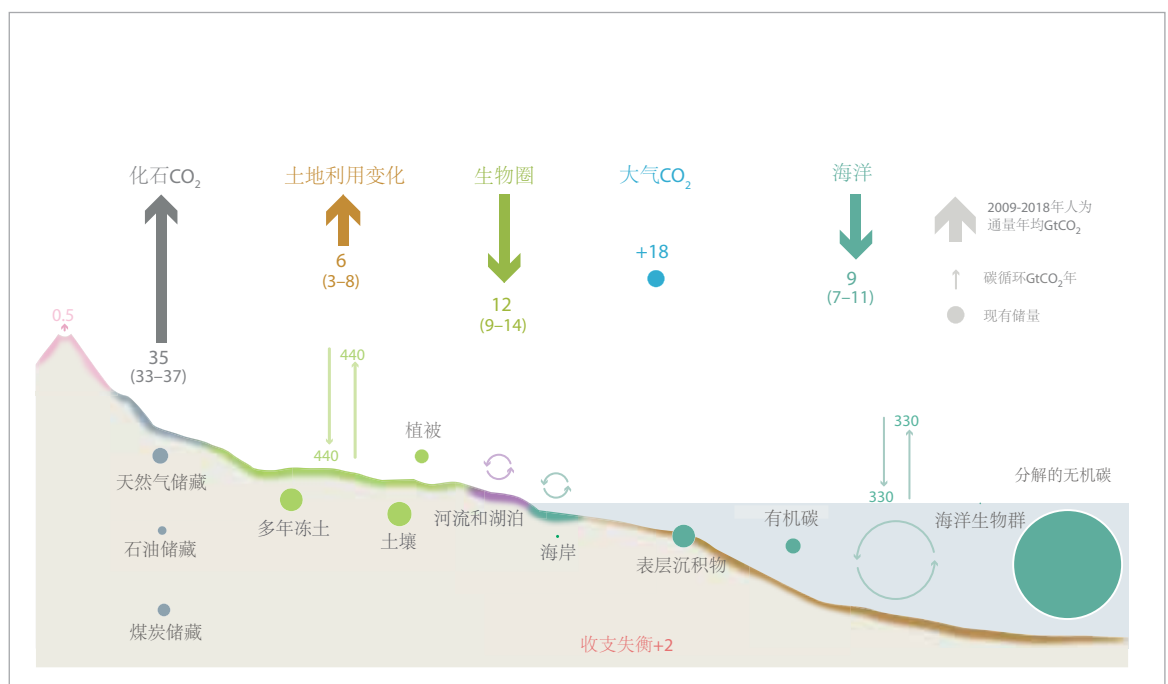
在过去的两个世纪中,化石燃料的CO<sub>2</sub>排放量稳定增长,期间只因与萧条、油价冲击等重大经济衰退相关的小幅下降而发生短暂中断。在有完整数据的2009–2018十年期间,全球化石CO<sub>2</sub>排放量平均每年为

34.7±1.8GtCO<sub>2</sub>(数十亿吨),每年平均增长率0.9%,2018年达到了创纪录的36.6GtCO<sub>2</sub>。同期土地利用变化产生的二氧化碳排放量为5.5±2.6GtCO<sub>2</sub>,未显示出明显的趋势(图4)。

在2009–2018这十年,大气CO<sub>2</sub>浓度及其增长率均有上升,而陆地和海洋CO<sub>2</sub>汇则随着大气CO<sub>2</sub>浓度的上升而继续增长。陆地和海洋的CO<sub>2</sub>汇清除了约45%的人为CO<sub>2</sub>排放总量。

使用2019年前三季度的数据对全球化石CO<sub>2</sub>排放量的初步预估表明,2019年的排放量将增长0.6%,范围为-0.2%至+1.5%,其中包括了相对于2018年排放量不增长甚至略有下降的可能性。毁林区的火灾排放量表明,2019年土地利用变化的排放量高于2009–2018年的平均值。2019年大气CO<sub>2</sub>的增长率为19.1±3.3GtCO<sub>2</sub>,高于2009–2018年的平均水平,其增长由CO<sub>2</sub>排放量增加所推动。对2019年海洋和陆地CO<sub>2</sub>汇的初步估算分别为9.5GtCO<sub>2</sub>和14.3GtCO<sub>2</sub>,均高于其十年平均值。

**图4.** 人类活动带来的全球碳循环的扰动收支, 2009–2018十年期间的全球平均值。人为扰动发生在自然碳通量之上,通量和储量由较细的箭头和圆环表示。总排放量与总碳汇之间的“失衡”反映出在数据、模拟或我们对碳循环了解等方面的差距 (来源:全球碳项目, <http://www.globalcarbonproject.org/>; Friedlingstein等, 2019)



<sup>5</sup> Friedlingstein, P. et al., 2019: Global Carbon Budget 2019. *Earth System Science Data*, 11, 1783–1838, <https://www.earth-syst-sci-data.net/11/1783/2019/>.

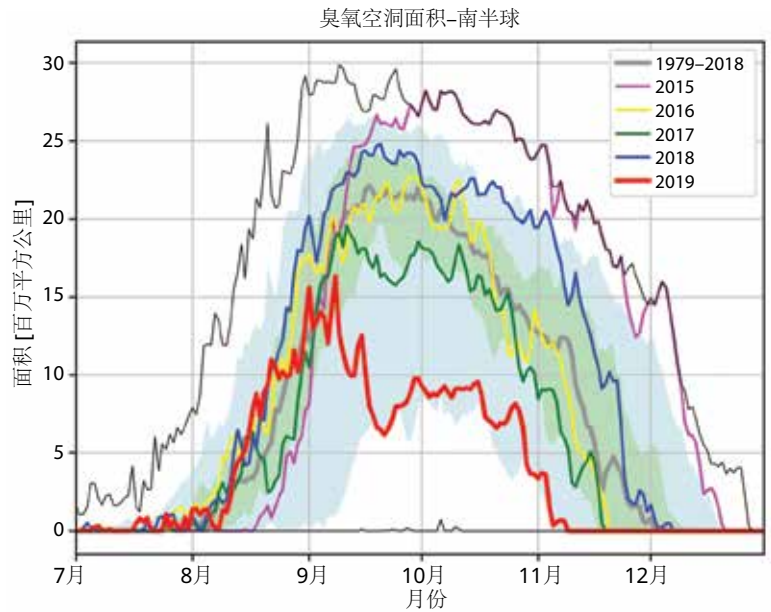
## 平流层臭氧和消耗臭氧气体

继《蒙特利尔议定书》获得成功之后，据报告哈龙和氯氟烃（CFC）已经停止使用。它们在大气中的含量仍在监测，以了解其对臭氧层的持续影响并探测预期之外的变化。最近的一些研究报告称，2012年后，CFC-11大气浓度的下降速度有所放缓<sup>6</sup>，这与全球排放量的上升有关，而东亚的排放量参与推动了这一上升。由于在大气中的寿命较长，这些化合物将在大气中停留数十年。即使没有新的排放，从8月到12月，在南极的某些高度区域，大气中仍存在氯和溴，足以完全破坏臭氧。因此，每年的春季仍然会形成臭氧空洞，其大小和深度的逐年变化在很大程度上会受气象条件的影响。

2019年的臭氧空洞形成得相对较早并持续增长，直到9月平流层突然变暖，扰乱了臭氧破坏的进程，导致臭氧空洞比长期平均值更小和更弱。臭氧消耗的面积低于长期平均值，而直到11月初，最低臭氧含量仍高于长期平均值，这比常年提前了几周。9月8日，臭氧空洞面积达到了2019年的最高水平，为1640万平方公里。比较而言，根据美国国家航空航天局（NASA）的分析，2000年9月9日曾达到2990万平方公里，2006年9月24日达到了2960万平方公里（图5）。

## 海洋

海洋是地球系统的重要组成部分。海洋热含量的变化速率是全球变暖的量度，因为它在



气候系统积聚的热量中占很大一部分。海洋变暖引起的热膨胀，加上陆地上的冰融化，导致了海平面上升，这对沿海地区造成了影响。海洋化学的变化与大气中CO<sub>2</sub>浓度的不断升高有关，而这种变化正在改变海洋的pH值。

## 海洋热含量

海洋热含量（OHC）是衡量气候变化的基本指标，因为它是地球系统中热量积累的量度。人为引起的大气成分变化可导致大气层顶的辐射失衡（地球能量失衡），驱动着全球变暖<sup>7</sup>。由于海洋具有巨大的热容量，因此大部分（约90%）的累积热量都存储在全球海洋中。

结果，海洋在变暖，并对地球气候系统产生了广泛影响。例如，通过海水的热膨胀，OHC的增加可促使30%以上观测到的全球平均海平面上升<sup>8</sup>。海洋变暖正在改变洋流<sup>9,10</sup>，并在

图5. 臭氧柱总量小于220多布森单位的面积（百万平方公里）。2019的数值以红色表示。图例显示了最近几年的情况，以供比较。平滑的灰色粗线是1979-2018年的平均值。蓝色阴影区域代表的是1979-2018年期间第30和第70百分位，绿色阴影区域代表的是第10和第90百分位。细黑线为1979-2018年中每日最大值和最小值。该图是WMO根据从NASA臭氧观测网站（<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>）下载的数据绘制。NASA的数据基于OMI和TOMS仪器的卫星观测结果。

<sup>6</sup> Montzka, S. A. et al., 2018: An unexpected and persistent increase in global emissions of ozone-depleting CFC 11. *Nature*, 557:413–417, doi:10.1038/s41586-018-0106-2.  
<sup>7</sup> Hansen, J. et al., 2011: Earth's energy imbalance and implications. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 13 421–13 449.  
<sup>8</sup> World Climate Research Programme (WCRP) Global Sea Level Budget Group, 2018: Global sea-level budget 1993–present. *Earth System Science Data*, 10, 1551–1590, <https://doi.org/10.5194/essd-10-1551-2018>.  
<sup>9</sup> Hoegh-Guldberg, O. et al., 2018: Impacts of 1.5 °C Global Warming on Natural and Human Systems. In: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2018: *Global Warming of 1.5 °C* (Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, eds.). Geneva.



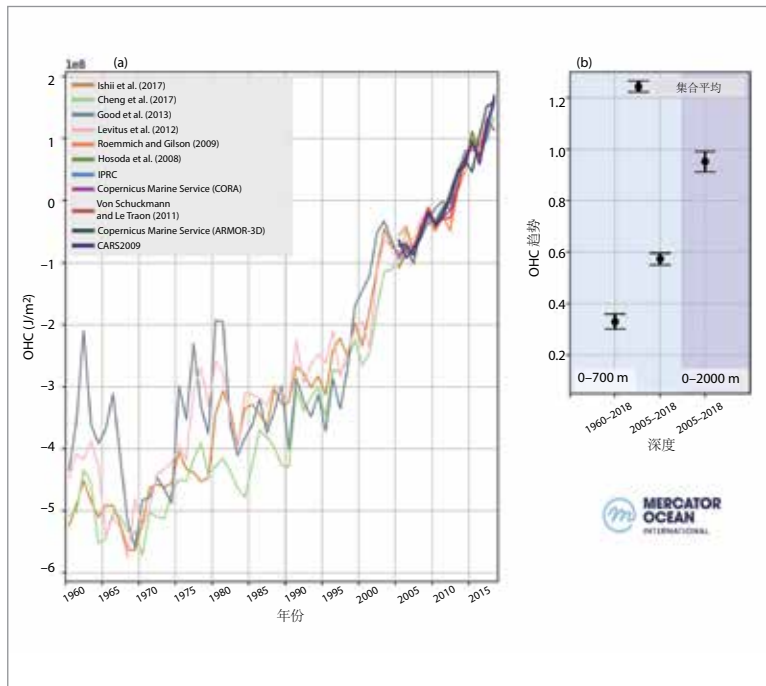


图6. a) 1960-2018年期间近全球 ( $60^{\circ}\text{S}$ - $60^{\circ}\text{N}$ ) 区域 OHC, 是根据不同次表层海温产品推导得出。从图例中可以看出, 自2005年起基于 Argo 的产品已被叠加。

b) a) 中所示的 OHC 时间序列集合平均值的变化率及其集合误差。速率分别为  $0.3 \pm 0.1 \text{Wm}^{-2}$  (0-700 米, 1960-2018 年)、 $0.6 \pm 0.1 \text{Wm}^{-2}$  (0-700 米, 2005-2018 年)、 $1.0 \pm 0.1 \text{Wm}^{-2}$  (0-2000 米, 2005-2018 年)。

间接改变风暴路径<sup>11,12</sup>。随着漂浮冰架变薄和冰盖退缩, 海洋变暖的影响也遍及整个地球冰冻圈<sup>13,14,15,16</sup>。海洋变暖加剧了海洋分层, 加上海洋酸化和脱氧可导致生态系统集

群发生急剧变化、生物多样性、种群灭绝、珊瑚褪色、传染病行为变化 (包括繁殖) 以及栖息地的重新分布<sup>17,18,19</sup>。

可追溯至20世纪40年代的历史测量主要依靠船载技术, 这限制了对全球尺度和深度次表层海温观测资料的提供<sup>20</sup>。因此, 对OHC的全球规模估算通常仅限于1960年以后, 并且仅限于从海表到700米深度的垂直积分。Argo 自动廓线浮标网络于2006年达到了目标覆盖范围, 通过部署该网络, 现在可以定期测量OHC的变化, 深度可达2000米<sup>21</sup> (图6)。

2019年, 上层700米区域 (从20世纪50年代测量开始的系列) 和上层2000米区域 (从2006年测量开始的系列) 的OHC继续上升达到创纪录的或接近纪录的水平, 全年的平均值超过了2018年创下的最高值。在过去的两年半中, 与1960年以来的历史热量吸收相比, 全球海洋上层 (0-700米) 的热量有所增加, 并且热量被封存在海洋深层 (0-2000米)。

<sup>10</sup> Rhein, M. et al., 2018: Greenland submarine meltwater observed in the Labrador and Irminger Seas. *Geophysical Research Letters*, 45, <https://doi.org/10.1029/2018GL079110>.

<sup>11</sup> Yang, H. et al., 2016: Intensification and poleward shift of subtropical western boundary currents in a warming climate. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 121, 4928–4945, doi:10.1002/2015JC011513.

<sup>12</sup> Woollings, T. et al., 2012: Response of the North Atlantic storm track to climate change shaped by ocean - atmosphere coupling. *Nature Geoscience*, May 2012, doi: 10.1038/NGEO1438.

<sup>13</sup> Shi, J. R. et al., 2018: Evolving relative importance of the Southern Ocean and North Atlantic in anthropogenic ocean heat uptake. *Journal of Climate*, 31, 7459–7479, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0170.1>.

<sup>14</sup> Polyakov, I. V. et al., 2017: Greater role for Atlantic inflows on sea-ice loss in the Eurasian basin of the Arctic ocean. *Science*, 356, 285–291, doi: 10.1126/science.aai8204.

<sup>15</sup> Straneo, F. et al., 2019: The case for a sustained Greenland Ice sheet - Ocean Observing System (GrIOOS). *Frontiers in Marine Science*, 6, 138, doi: 10.3389/fmars.2019.00138.

<sup>16</sup> Shepherd, A. et al., 2018: Trends and connections across the Antarctic cryosphere. *Nature*, 558(7709), pp. 223–232, <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0171-6>.

<sup>17</sup> Gattuso, J-P. et al., 2015: Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions scenarios. *Science*, 349, 6243, doi: 10.1126/science.aac4722.

<sup>18</sup> Molinos, J.G. et al., 2016: Climate velocity and the future global redistribution of marine biodiversity. *Nature Climate Change*, 6, <https://doi.org/10.1038/nclimate2769>.

<sup>19</sup> Ramírez, F. et al., 2017: Climate impacts on global hot spots of marine biodiversity. *Science Advances*, 3(2), doi: 10.1126/sciadv.1601198.

<sup>20</sup> Abraham, J. P. et al., 2013: A review of global ocean temperature observations: implications for ocean heat content estimates and climate change. *Review of Geophysics*, 51, 450–483, doi: 10.1002/rog.20022.

<sup>21</sup> Riser, S. et al., 2016: Fifteen years of ocean observations with the global Argo array. *Nature Climate Change*, 6, 145–153, <https://doi.org/10.1038/nclimate2872>.

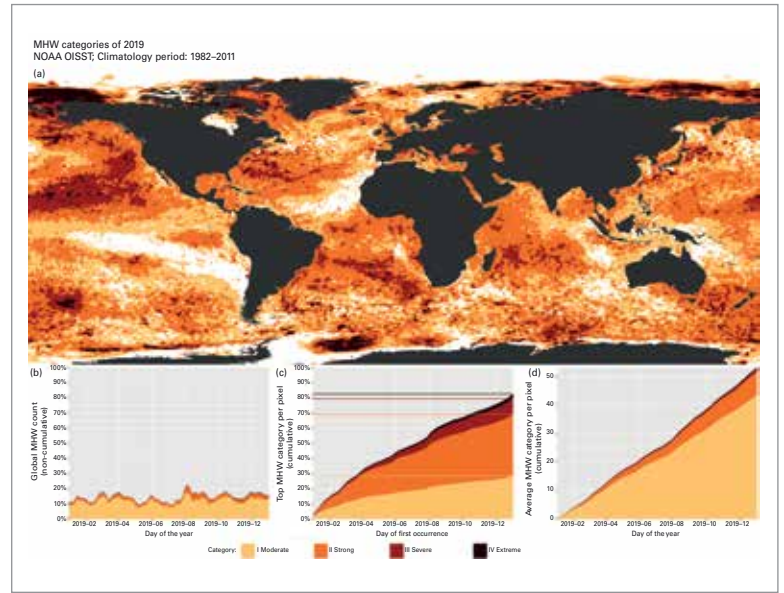
<sup>22</sup> 有关所用不同数据产品的更多信息, 请参见图例中的参考文献: CARS2009, 更多信息请访问: <http://www.marine.csiro.au/~dunn/cars2009/>, 关于国际太平洋研究中心: <http://apdrc.soest.hawaii.edu/projects/argo/>, 关于哥白尼海洋服务机构: <http://marine.copernicus.eu/>。



## 海洋热浪

与陆地上的热浪类似，极端热量会影响近表层海洋，并会对海洋生物和相关群落产生一系列影响。卫星对海表温度的反演可用于监测海洋热浪（MHW）。在这种情况下，MHW被分为以下几类：当海表温度超过气候分布的第90百分位且长达或超过五天的一段时期<sup>23</sup>，则为中度MHW。如果与长期平均值的差异大于第90百分位与长期平均值之间差异的两倍，这时则是强热浪。如果与长期平均值的差异超过三倍以上，就是严重热浪，如果是差异四倍以上，则是极端热浪。

2019年（图7），整个海洋的MHW天数平均约为每个像素55天，接近2个月达到异常高温。属“强”（41%）MHW的海洋地区多于属“中等”（29%）MHW的海洋地区，并且84%的海洋区域至少出现了一次MHW。在东北太平洋大片地区达到了“严重”MHW级别。从2014年到2016年，该地区的海表温度也异常高，而比平均温度高的水域被称为“斑点”<sup>24,25</sup>。另一个值得注意的地区是塔斯曼海，在2015/2016年<sup>26</sup>、2017/2018年<sup>27</sup>夏季以及2018/2019年夏季都发生了一系列的MHW。2019年底，极端MHW也影响了新西兰东部地区。2011年至2017年，包括MHW和洪水在内的气候事件与澳大利亚



超过45%的大陆海岸线上主要海洋栖息地形成群落的广泛死亡相关<sup>28</sup>。

## 海平面

2019年，海平面持续上升（图8，左图），全球平均海平面达到自高精度测高记录开始（1993年1月）以来的最高值。据估算，27年期间的平均上升速度为 $3.24 \pm 0.3$ 毫米年<sup>-1</sup>，但速率在那段时间已增加了。冰盖的冰质量损失有所增加是全球平均海平面加速上升<sup>8</sup>的主要原因，而升温造成的海水膨胀也致使海平面不断上升。

图7. (a) 显示利用NOAA OISST v2数据集估算的一年中每个像素的最高MHW类别的全球地图（基准期为1982-2011年）。白色表示全年像素中没有发生MHW；(b) 显示一年中任何给定日期发生MHW的海洋像素百分比的堆叠条形图；(c) 显示一年中发生过MHW的海洋累计百分比的堆叠条形图；此图中的水平线显示每个类别MHW的最终百分比；(d) 显示海洋中所有像素MHW天数的平均累积数的堆叠条形图（来源：Robert Schlegel, Woods Hole.）

<sup>23</sup> Hobday, A.J. et al., 2018 : Categorizing and naming marine heatwaves. *Oceanography* 31(2), <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.205>.

<sup>24</sup> Gentemann, C. L. et al., 2017: Satellite sea surface temperatures along the West Coast of the United States during the 2014–2016 northeast Pacific marine heat wave. *Geophysical Research Letters*, 44, 312–319, doi:10.1002/2016GL071039.

<sup>25</sup> Di Lorenzo, E. and N. Mantua, 2016: Multi-year persistence of the 2014/15 North Pacific marine heat wave. *Nature Climate Change*, 6(11), p.1042, doi: 10.1038/nclimate308.

<sup>26</sup> Oliver, E.C. et al., 2017. The unprecedented 2015/16 Tasman Sea marine heatwave. *Nature communications*, 8, p.16101, doi: 10.1038/ncomms16101.

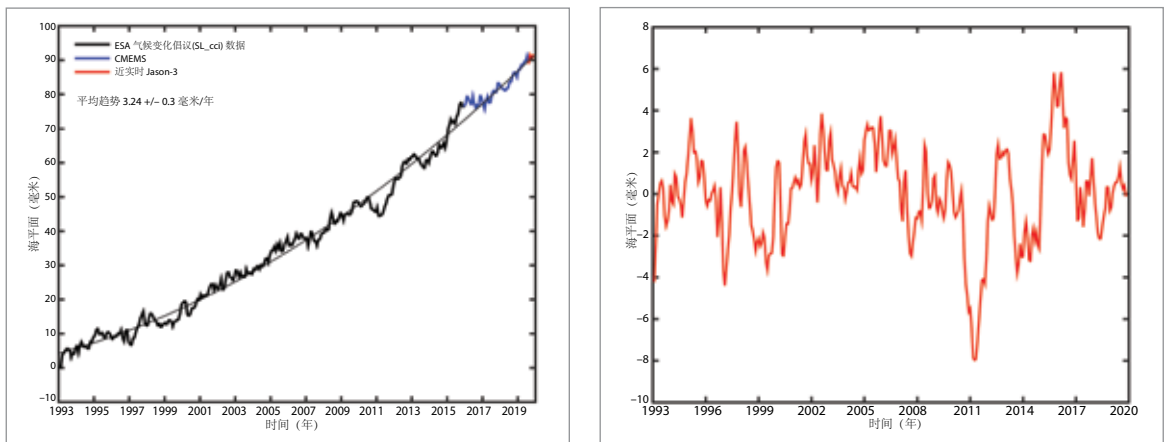
<sup>27</sup> Perkins-Kirkpatrick, S.E. et al., 2019: The role of natural variability and anthropogenic climate change in the 2017/18 Tasman Sea marine heatwave. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(1), pp.S105-S110, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0116.1>.

<sup>28</sup> Babcock, R. C. et al., 2019: Severe continental-scale impacts of climate change are happening now: Extreme climate events impact marine habitat forming communities along 45% of Australia’s coast. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00411>.

<sup>29</sup> 这些数值是基于像素在一年中首次经历其最高类别MHW的时间，因此每个像素只计数一次。

<sup>30</sup> 这是通过获得整个海洋的每个像素的累积MHW天数，再除以海洋像素的总数（690,000）得出的。

**图8.** 左图：根据高精度测高资料，1993年1月至2019年12月全球平均海平面演变情况。黑色细曲线是最符合数据的二次函数。哥白尼海洋环境监测服务机构 (CMEMS) 的数据从2016年1月开始，欧洲气象卫星应用组织 (EUMETSAT) Jason-3数据从2019年10月开始。右图：同期全球平均海平面去趋势 (平滑二次函数与左图中的测量值之差)。

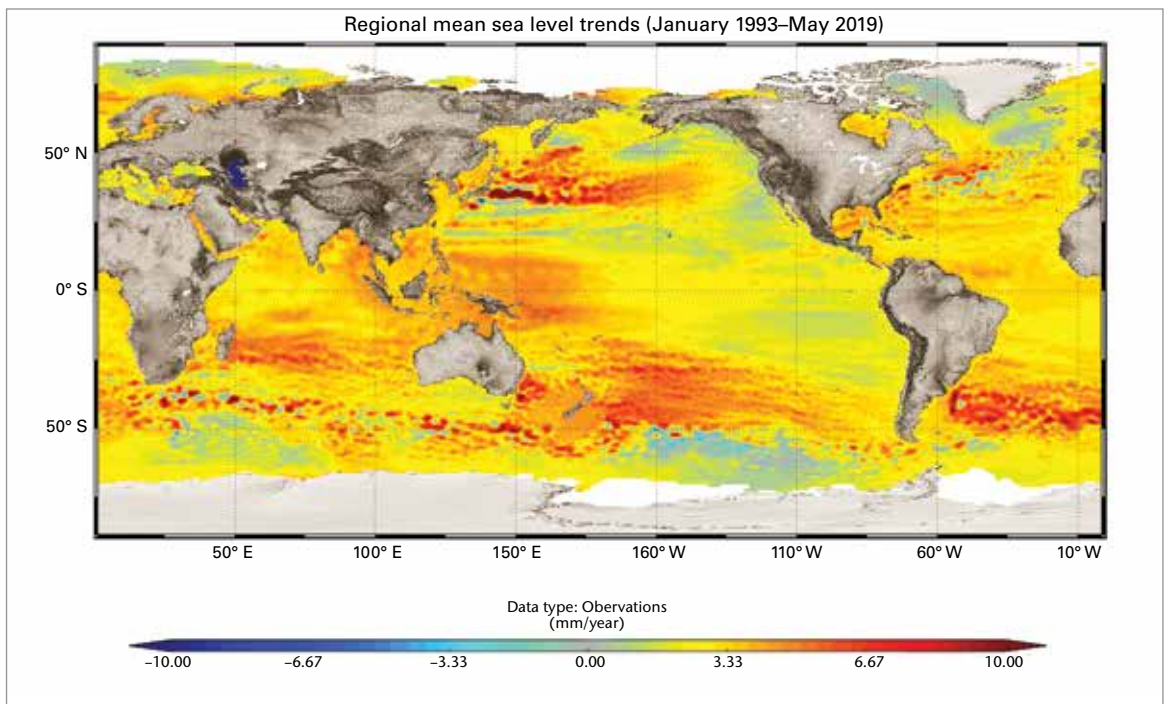


海平面上升的年际变率 (图8, 右图) 主要是由厄尔尼诺南方涛动 (ENSO, 另见下文短期气候变率的驱动因素) 驱动的。在厄尔尼诺期间, 热带陆地河流域的水以降水和径流的形式转移进入海洋 (例如1997年、2012年和2015年就是这种情况)。在拉尼娜期间, 情况正好相反, 水从海洋转到了陆地 (例如2011年)<sup>31</sup>。

海平面上升的情况在不同区域并不均匀。图9显示了1993年1月至2019年5月的空间趋势

型式。南半球最强烈的区域趋势出现在印度洋的马达加斯加以东、太平洋的新西兰以东和南大西洋的拉普拉塔河/南美以东。在北半球, 在北太平洋也存在一个向东延伸的型式。在测高记录的前二十年中, 热带西部太平洋地区之前的型式也很强, 但目前正在消失, 这表明它不是一个长期信号。不均匀的海平面趋势主要由OHC<sup>32,33</sup> 的地理变化决定, 但也取决于涉及大气圈、地圈和冰冻圈的过程。

**图9.** 根据卫星测高, 1993-2019年海平面趋势的区域差异 (来源: 哥白尼/卫星采集定位公司 (CLS)/国家空间研究中心 (CNES)/地理物理和海洋学实验室 (LEGOS))



<sup>31</sup> Fasullo, J. T. et al., 2013: Australia's unique influence on global sea level in 2010–2011. *Geophysical Research Letters*, 40, 4368–4373, doi:10.1002/grl.50834.

<sup>32</sup> Church, J. A. et al., 2013: Sea Level Change. In: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Stocker, T. F. et al. (eds.)). Cambridge and New York, Cambridge University Press.

## 海洋酸化

在2009–2018年这十年间，海洋吸收了大约CO<sub>2</sub>年排放量的23%<sup>34</sup>，这有助于减轻气候变化的影响。然而，由于CO<sub>2</sub>会与海水发生反应，降低其pH值并增加海洋的酸度，因此大气CO<sub>2</sub>浓度增加会改变海洋的化学性质。这个过程称为海洋酸化。pH的变化与碳酸盐化学性质的其他变化有关，因为这类变化会降低某些海洋生物（例如贻贝、甲壳类动物和珊瑚）的钙化能力。这些综合变化影响了海洋生物，可降低生长和繁殖的潜力。过去20到30年对开阔海域资源的观测结果表明，平均pH值明显下降，而自20世纪80年代后期以来全球海表平均pH值每十年下降0.017–0.027pH单位。

在沿海海域，由于环境的复杂性和对环境的各种影响，更加难以区分人为海洋酸化引起的碳酸盐化学变化。这些变化影响了以海岸为核心的海洋服务，而海洋服务对人类福祉（例如渔业和水产养殖、旅游业和娱乐活动等）至关重要。从近期在新西兰附近的南大洋开展的监测工作中可以明显看出pH呈现了很强的季节性型式和变化（图10），这突出表明需要持续开展高时空分辨率的长期观测。

## 脱氧

观测资料和数值模式均表明，在包括河口和半封闭海域在内的现代开阔海域和沿海海域中氧气正在减少。自上世纪中叶以来，全球海洋氧气存量估计减少了1%–2%（即2.4–4.8Pmol或770亿–1450亿吨）<sup>35,36</sup>。但是，

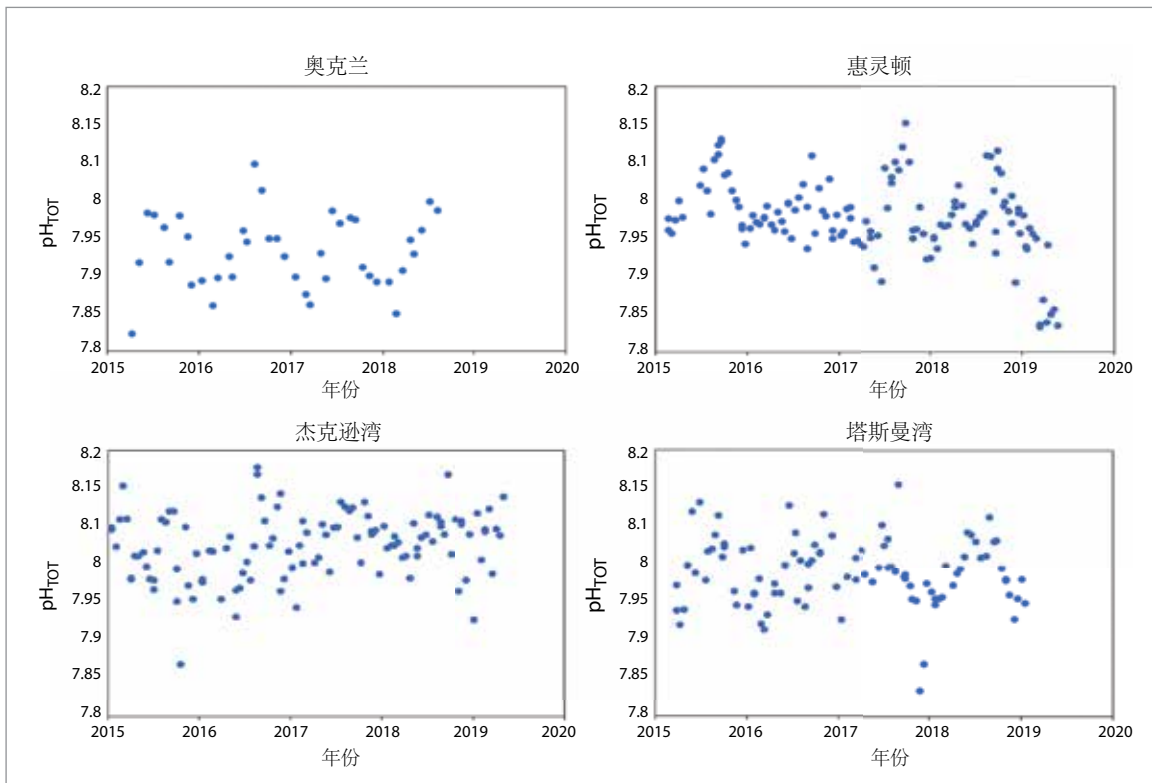


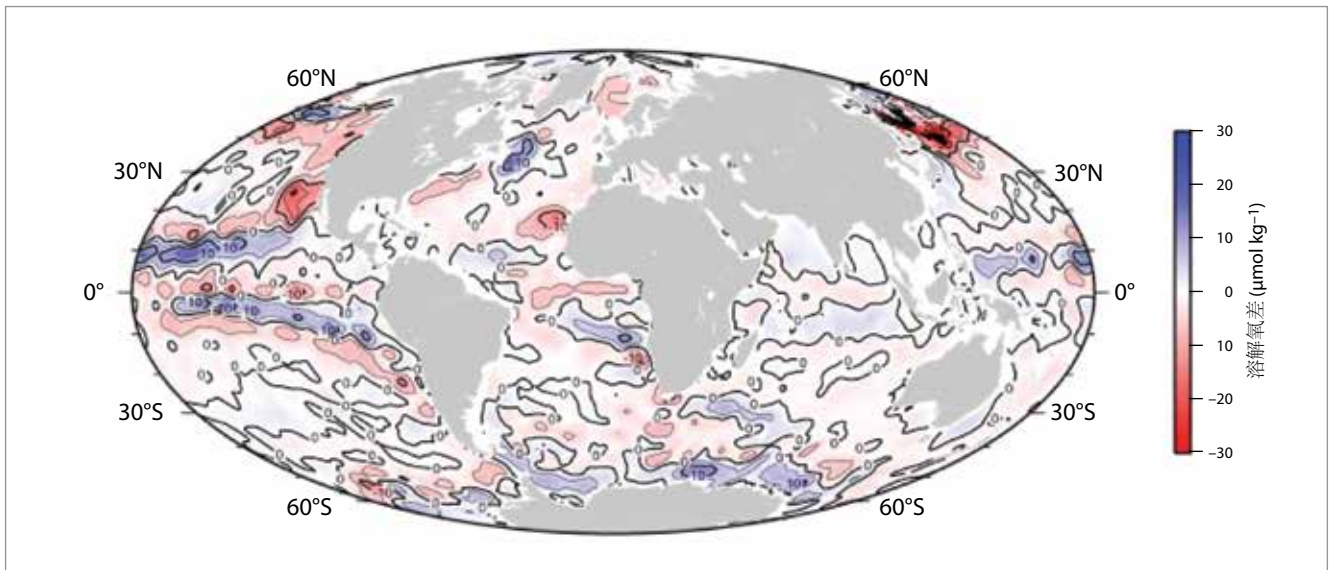
图10. 来自新西兰附近四个站点的pH值测量，观测时间跨度为四到五年。上排：奥克兰和惠灵顿的城市化站点。下排：一个开阔海岸（杰克逊湾）站点和一个海湾（塔斯曼湾）站点。pH测量值之间的季节性型式和变异性清晰可见（图片来源：Kim Currie（国立水与大气研究所（NIWA）））

<sup>34</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.)). In press.

<sup>35</sup> 世界气象组织 (WMO), 2019: WMO温室气体公报：根据2018年全球观测资料的大气温室气体状况，[https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10100](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10100)。

<sup>36</sup> Bopp, L. et al., 2013: Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21<sup>st</sup> century: Projections with CMIP5 models. *Biogeosciences*, 10:6225–6245, <https://doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013>.





**图11.** 基于《2018年世界海洋地图集》(Garcia等, 2018), 使用200米海水的原位测量(瓶数据)得出的2000-2018年与1970-2018年之间的溶解氧差

200米深度的海洋观测结果表明, 海盆中的变化各不相同, 在过去的几十年中, 北半球的溶解氧气损失最高(图11)。

到2100年, 工业化前氧气最小值( $<80\mu\text{mol kg}^{-1}$ )区域预估会扩大7%, 这预计将改变海洋生物的多样性、组成、丰度和分布。新研究进一步将脱氧以及海洋变暖和海洋酸化视为对海洋生态系统和人类福祉的主要威胁。现在甚至连珊瑚礁也被认为容易遭受重大氧气损失的影响<sup>37</sup>。

## 冰冻圈

冰冻圈包括固体降水、积雪、海冰、湖冰和河冰、冰川、冰帽、冰盖、多年冻土和季节性冻土等。冰冻圈提供了气候变化的关键指标, 但它是地球系统中采样率最低的领域之一。许多组成部分是在地表进行测量的, 但是空间覆盖率通常很差。例如海冰范围, 一些组成部分已经从太空开展测量了很多年, 而从太

空中测量其他组成部分的能力仍在发展中。这里使用的主要冰冻圈指标包括海冰范围、冰川质量平衡和格陵兰冰盖质量平衡等。下文**2019年高影响事件**部分介绍了具体的降雪事件。

## 海冰

在卫星时代(1979年至今, 图12), 北极(以及亚北极)地区的海冰在每个月份都经历了长期下降, 夏末的损失相对最大, 9月出现年度最低值, 但有地区差异

2019年3月13日左右达到了当年北极冬季海冰日最大范围(1478万平方公里), 这是有记录以来第七低的最高值水平<sup>38</sup>, 3月的月均水平也是第七最低水平(图12)。北极夏季海冰日最小范围(415万平方公里)出现在9月18日左右, 与2007年和2016年并列为有记录以来第二最小范围<sup>39</sup>。9月份的月均范围是有记录以来名义上第三低的水平<sup>40</sup>。

<sup>36</sup> Schmidtko, S. et al., 2017: Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature*, 542:335–339, doi: 10.1038/nature21399.

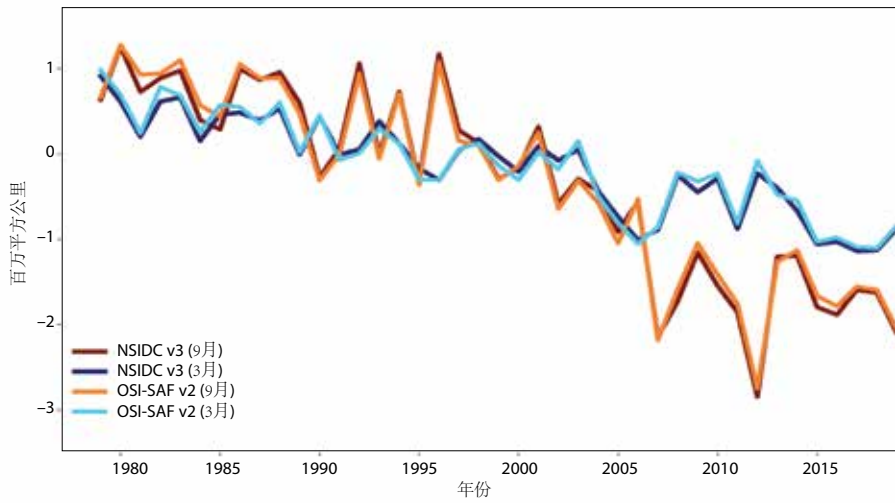
<sup>37</sup> Camp E.F. et al., 2017: Reef-building corals thrive within hot-acidified and deoxygenated waters. *Scientific Reports*, 7(1), 2434, doi: 10.1038/s41598-017-02383-y.

<sup>38</sup> <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/03/>

<sup>39</sup> <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/09/>

<sup>40</sup> <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/10/>





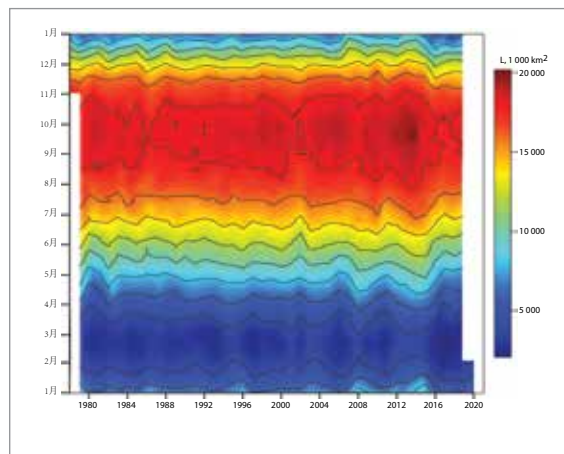
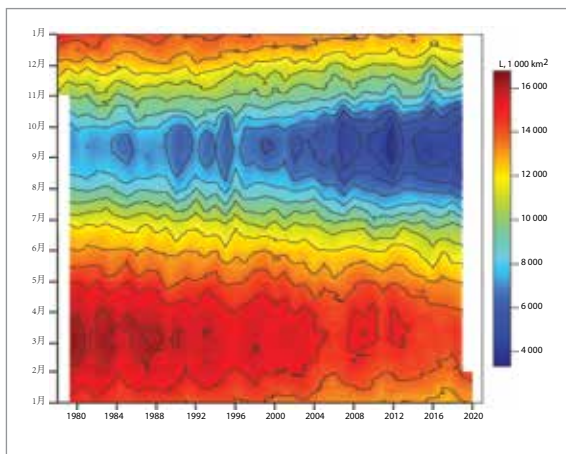
**图12.** 1979至2019年间9月和3月的每月北极海冰范围距平（相对于1981-2010年的平均值）  
（来源：美国国家冰雪数据中心（NSIDC）和EUMETSAT海洋与海冰卫星应用中心（OSI SAF））

到11月份，范围一直保持在很低的水平，波弗特海、楚科奇海、喀拉海和巴伦支海的冰缘前进速度比平常慢。然而，在斯瓦尔巴德群岛附近，海冰恢复到接近平均水平<sup>41</sup>。从2019年4月至11月，这些月份的海冰月度范围都在三个最低记录中，其中10月的月度范围是最低记录。

2018/2019年冬季，北极地区海域的冰况变化很大。尽管白令海的海冰范围极低，但邻近的鄂霍次克海却接近正常水平。从2019年1月至8月，巴伦支海地区的北风意味着该地区北部的海冰范围接近正常水平，但过去十年的海冰范围一直低于平均水平。2018/19

年冬季，北美五大湖结冰期提前，覆盖面积超过平均水平。五大湖的最大覆冰量是长期平均水平的145%，是自1972/1973年以来的第七高<sup>42</sup>。

直到2016年，南极海冰范围都呈小幅的长期增长趋势（图13）。2016年末，海冰范围突然降至极低值，这种趋势因而被中断。自此，南极海冰范围一直保持在较低水平。2019年，连续三个月创下历史新低（5月、6月和7月）。南方冬末和春季的海冰范围更接近长期平均水平，但是11月份的范围是有记录以来的第二低，而12月是第四或第五低。2月28日左右达到了海冰日最小范围（247万

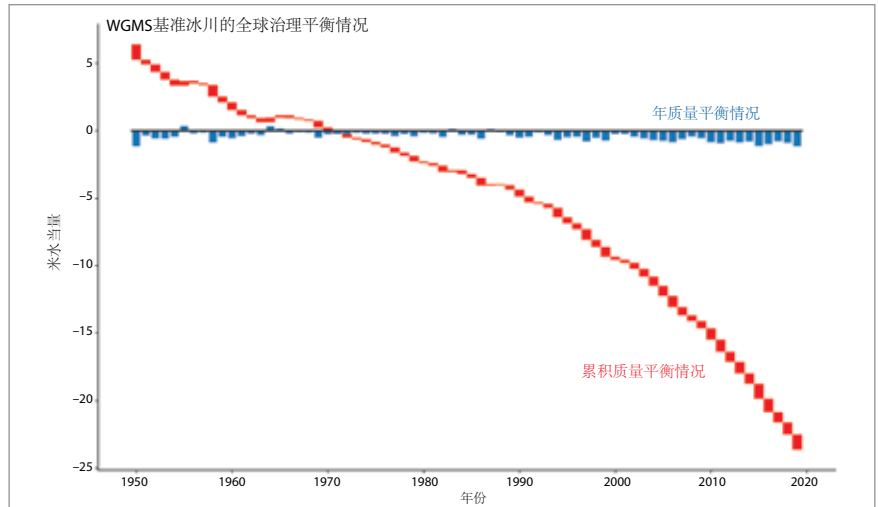


**图13.** 根据1978-2020年NSIDC NASATEAM系列计算的北极（北纬45N，左）和南极（南纬50S，右）每日海冰范围的季节性变化（来源：北极和南极研究所（AARI））

<sup>41</sup> <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/11/>

<sup>42</sup> <https://www.glerl.noaa.gov/data/ice/#historical>

**图14.** 根据超过30年持续进行的冰川测量结果得出的基准冰川的年（蓝色）和累积（红色）质量平衡情况。全球质量平衡基于19个区域的平均值，以尽量减少向对采样充足区域的偏重。年质量变化以米水当量（m w.e.）为单位表示，相当于每平方米吨（1000kg m<sup>-2</sup>）。（来源：世界冰川监测机构（WGMS），2020年，更新版）



平方公里），这是有记录以来的第七低。**9月30日**左右达到了海冰日最大范围（**1840**万平方公里）。

## 冰川

雪被压实形成冰，进而形成冰川，冰川可以变形并向下流动到较低的较温暖的高度，然后融化，或者如果冰川最终到达海洋，就会破裂并形成冰山。冰川对温度、降水和太阳辐射的变化以及其他因素（例如底部润滑效应的变化或支撑冰架的损失）非常敏感。

根据“世界冰川监测服务机构”，在**2017/18**年这一水文年中，观测到冰川的冰损失量为**8.9**米水当量（m w.e.）（图14）。根据冰川子集，**2019**年初步结果表明，**2018/2019**年水文年是连续第三十二年出现负质量平衡，而冰量损失超过**1m w.e.**。排名最负质量平衡的十个年份中，有八个出现在**2010**年后。自**1970**年以来，累计冰损失量超过**23m w.e.**

瑞士科学院冰冻圈委员会<sup>43</sup>称，**2019**年瑞士冰川的冰量出现了重大损失，但总体损失量低于前两年。春末，冰川上的积雪量比正常情况高出约**20%至40%**，尽管开始融化的时

间相对较晚，但**6**月下旬和**7**月初出现了两周的高温，损失率达到了创纪录的水平。融化一直持续到**9**月初。到**2019**年**10**月的**12**个月中，瑞士冰川总量损失了约**2%**。过去五年来，损失超过**10%**，这是一个多世纪以来最高的下降率记录。

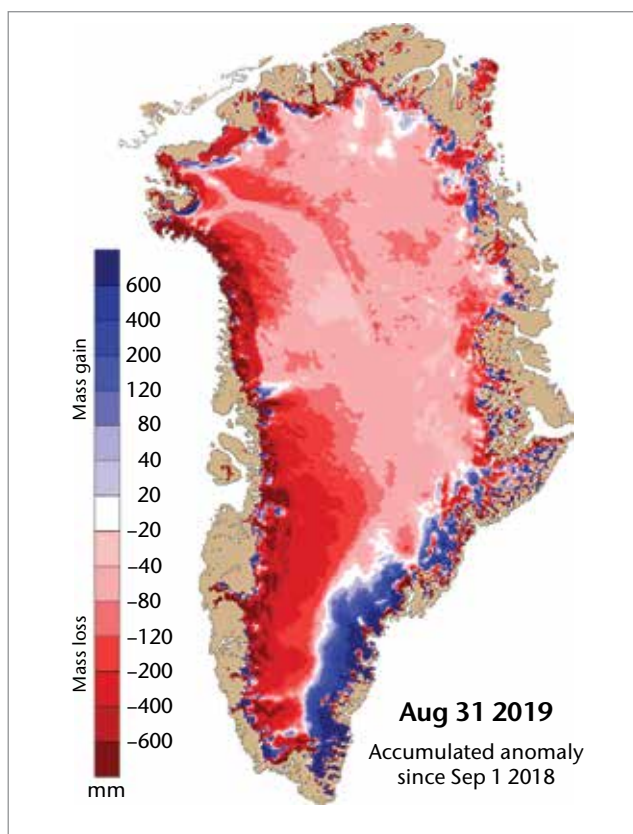
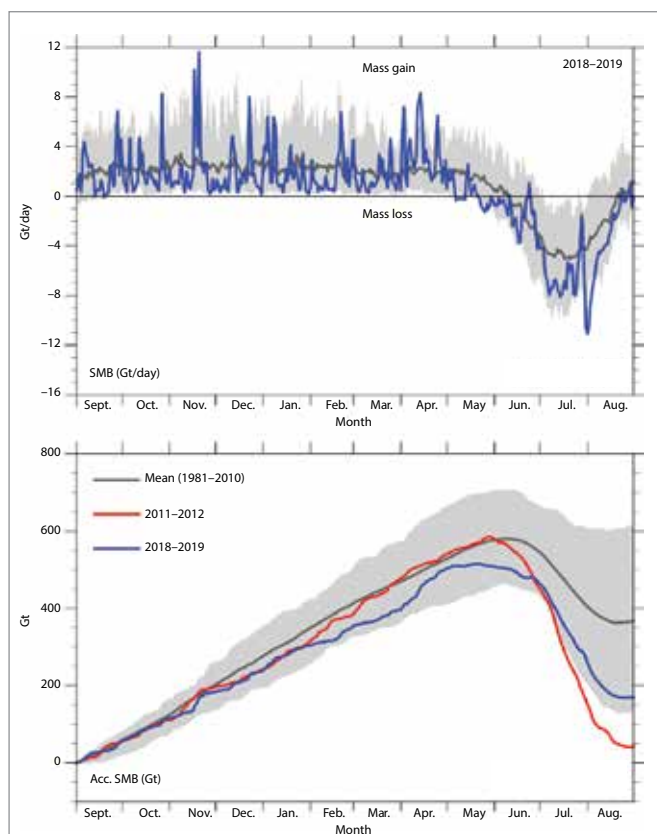
## 格陵兰冰盖

格陵兰冰盖的质量变化反映了地表质量平衡（SMB）的综合影响，以及冰山崩裂和与海洋相接的冰川舌融化造成的周边地区的质量损失，而地表质量平衡是指降雪与格陵兰冰盖径流之间的差异，该差异到年末一直为正<sup>44</sup>。

**2018**年**9**月至**2019**年**8**月之间的累计SMB总量（图15，左）为**169Gt**，这是有记录以来的第七低值。自**1981**年以来**10**个最低SMB年中的**9**年出现在过去的**13**年中。相比之下，**1981-2010**年的SMB平均值为**368Gt**，最低的SMB出现在**2012**年，为**38Gt**。除东南地区以外，格陵兰岛几乎所有地方的地表质量平衡都低于正常水平（图15，右）。这是由于冬天干燥，融化季节开始得很早，而且夏天漫长、干燥而温暖。

<sup>43</sup> <https://naturalsciences.ch/organisations/ekk/118503-glacier-volume-reduced-by-10-per-cent-in-only-five-years>

<sup>44</sup> 基于“极地门户”2019年季节报告，可查询：<http://polarportal.dk/en/home/2019-season-report/>。



如前所述，SMB在年底总是正值，但是因冰山崩裂以及冰川舌与温暖的海水相连而融化，冰盖也会损失冰量。利用卫星，我们可以测量冰盖边缘周围溢出冰川的冰流速，并据此估算出因崩裂和海洋融化而损失的冰量。2018/2019年的分析显示损失约498Gt。相比之下，在1986-2018年期间，由于冰山和海洋融化，冰盖平均每年损失约462Gt。

将169Gt的SMB增加与崩裂和海洋融化造成的冰损失498Gt相结合，得出2018/2019年度的净冰损失为329Gt。为了说明这一点，重力恢复和气候实验（GRACE）卫星的数据告诉我们，在2002-2016年期间格陵兰岛每年损失约260Gt冰，2011/2012年度的损失最多，为458Gt。因此，本季的329Gt远高于平均水平，但未创下历史新高。

### 短期气候变率的驱动因素

海洋在气候中起着若干重要作用。海洋表面温度的变化相对较慢，因此可以使用海表温度的反复型式帮助理解，在某些情况下，可以预测陆地季节性时间尺度上天气更为快速的变化型式。有助于了解2019年气候的两个特别因素是厄尔尼诺-南方涛动和印度洋偶极子。

### 厄尔尼诺-南方涛动

厄尔尼诺-南方涛动（ENSO）是全球天气格局逐年变化的最重要驱动因素之一。厄尔尼诺事件的特点是东太平洋海表温度高于平均水平和信风减弱，这都与全球温度升高相关。拉尼娜事件通常会伴随全球温度降低，其特征是东太平洋海表温度低于平均水平以及信风增强。

图15. 左：从2018年9月1日到2019年8月31日这一年为SMB。上图显示的是单日，下图是全年累计总和。2018/2019年度为蓝色，灰线为长期平均值。为了进行比较，下图还以红色显示了创纪录的2011/12年。单位分别是每日千兆吨（Gt）和千兆吨。右：地图显示了格陵兰岛的SMB距平（以毫米为单位）（来源：极地门户，<http://polarportal.dk/en>）



在2015年底和2016年初发生异常强劲的厄尔尼诺事件之后，2016年全球温度创下历史新高。相比之下，2019年伊始厄尔尼诺现象为中性或较弱<sup>45</sup>。从2018年10月一直到2019年上半年，海表温度达到或超过了典型的厄尔尼诺阈值，但在事件的早期阶段没有大气响应。直到2月，诸如在日期线处信风减弱和云量增加等大气指标才显现出来。此后到年中，海洋与大气之间的耦合使海表温度保持在厄尔尼诺临界水平。

## 印度洋偶极子

印度洋偶极子 (IOD) 正相的特征是东印度洋的海表温度低于平均温度，而西部的海表温度高于平均温度。负相则具有相反的类型。由此产生的整个海盆海表温度的梯度变化影响了周围大陆的天气。

2019年，IOD开始时呈弱正相，其正相从5月到10月逐渐增强，最终成为自1960年左右有可靠记录以来最强的正相IOD事件之一。IOD指数在年底之前有所下降。南方冬季和春季期间，IOD的正相与印度尼西亚及周边国家以及澳大利亚部分地区较干燥和较温暖的条件有关。事实上，澳大利亚在冬季和春季出现了异常干燥的状况，加剧了长期降雨不足的情况。正相IOD还与今年观测到的西南印度季风结束较晚以及今年晚些时候东非的较高降雨量有关。有关区域影响的更多详细信息，请参见“强降雨和洪水”、“干旱”部分以及“案例研究：灾害性气候事件导致2019年大非洲之角各国粮食安全状况恶化和人员流离失所”。

## 2019年高影响事件

以下各节将介绍2019年发生的一些高影响事件。有关此类事件的信息主要依据WMO会员提供的资料以及全球降水气候中心 (GPCC)、区域气候中心和热带风暴监测中心等提供的附加信息。

### 热浪和寒潮

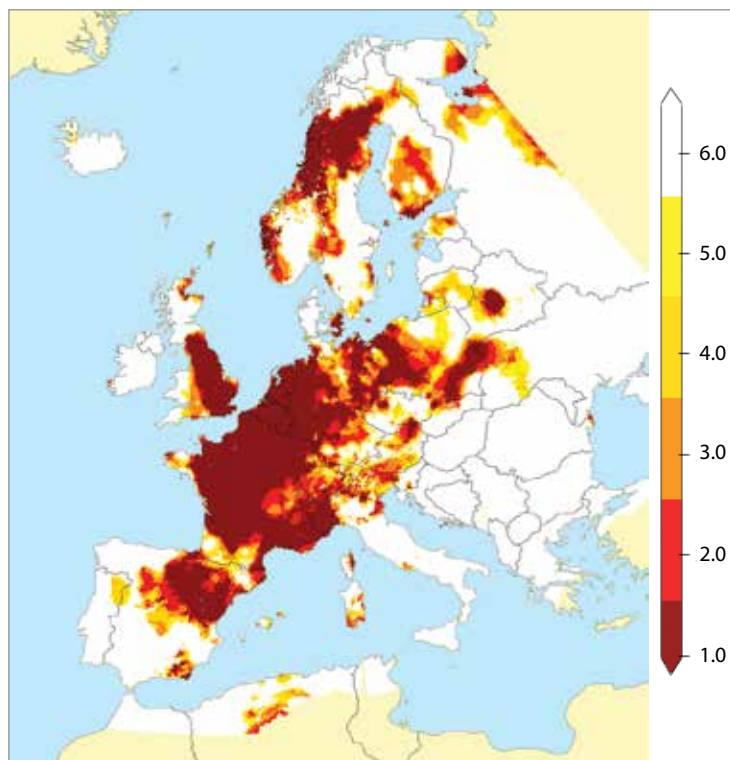
2019年又是严重热浪频发的一年。其中最严重的事件是欧洲发生的两次热浪，分别发生在6月下旬和7月下旬 (图16)。第一次热浪在法国南部达到最大强度，6月28日韦拉尔格 (埃罗) 创下46.0°C (比以前的记录高1.9°C) 的国家记录。此次热浪也影响了西欧的大部分地区。第二次热浪范围更广，德国 (42.6°C)、荷兰 (40.7°C)、比利时 (41.8°C)、卢森堡 (40.8°C) 和英国 (38.7°C) 都创下了国家纪录。热浪还蔓延到了北欧国家，赫尔辛基出现了创历史最高记录的温度 (7月28日为33.2°C)。在一些长期观测站，温度超过原纪录2°C或更高，以巴黎为例，7月25日蒙苏里天文台记录到了42.6°C的高温，比先前1947年的记录高2.2°C，而乌克兰 (布鲁塞尔附近) 的最高温度为39.7°C，比先前的记录高3.1°C (有关影响，请参阅“极端高温与健康”)。

日本经历了两次显著不同方式的热浪。第一次发生在5月下旬，温度异常高，包括39.5°C的高温 (北海道岛一年中任何时候的同等最高记录)，但影响有限。第二次发生在7月，这次的热浪在气象学意义上虽然不那么罕见，但对健康的影响却更大，因为它发生在盛夏，并且集中在人口更为稠密的本州地区。

<sup>45</sup> [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO\\_ENSO\\_May19\\_Eng.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO_ENSO_May19_Eng.pdf)



2018–2019年夏季澳大利亚异常炎热。夏季平均温度达到有记录以来最高，超出近1°C，而一月份是澳大利亚有记录以来最热的月份。该国大部分地区都受到影响，最极端的异常发生在新南威尔士州内陆地区。最值得注意的是高温的持久性，但也有突出的个别极端事件，包括1月24日阿德莱德的46.6°C，这是该城市有记录以来的最高温度。1月底，高温蔓延到了新西兰，1月29日在汉密尔顿（32.9°C）和惠灵顿（30.3°C）创下历史新高，而在南岛北部发生了严重的野火。12月的高温更为极端，这是澳大利亚有记录以来最热的月份，其中包括澳大利亚有记录以来平均面积温度最高的一天（12月18日为41.9°C），而诺拉波路边客栈于12月19日达到49.9°C，这是澳大利亚自1998年以来的最高温度。2019年澳大利亚出现了有记录以来7个温度最高的日子，另外十个最热的日子中有九个也发生在2019年。



南半球夏季的另一场严重热浪发生在1月下旬和2月初的南美南部。热浪的初期在智利中部达到峰值，在许多地方都创下了记录，包括圣地亚哥（1月27日为38.3°C）。接下来的一周，异常高温蔓延到了非洲大陆的最南端：2月4日，里奥格兰德（阿根廷，53.8°S）的30.8°C被认为是最南端记录到的30°C温度实例。

中东的绝对最高温度虽然不如近年来观测到的最高值，但其中一些也值得注意。7月17日，塞多姆的49.9°C是以色列至少自1942年以来的最高温度。在5月和6月初的季风前期，极端高温还影响了印度，出现了许多创纪录的高温，包括6月10日在新德里机场出现的48.0°C高温。

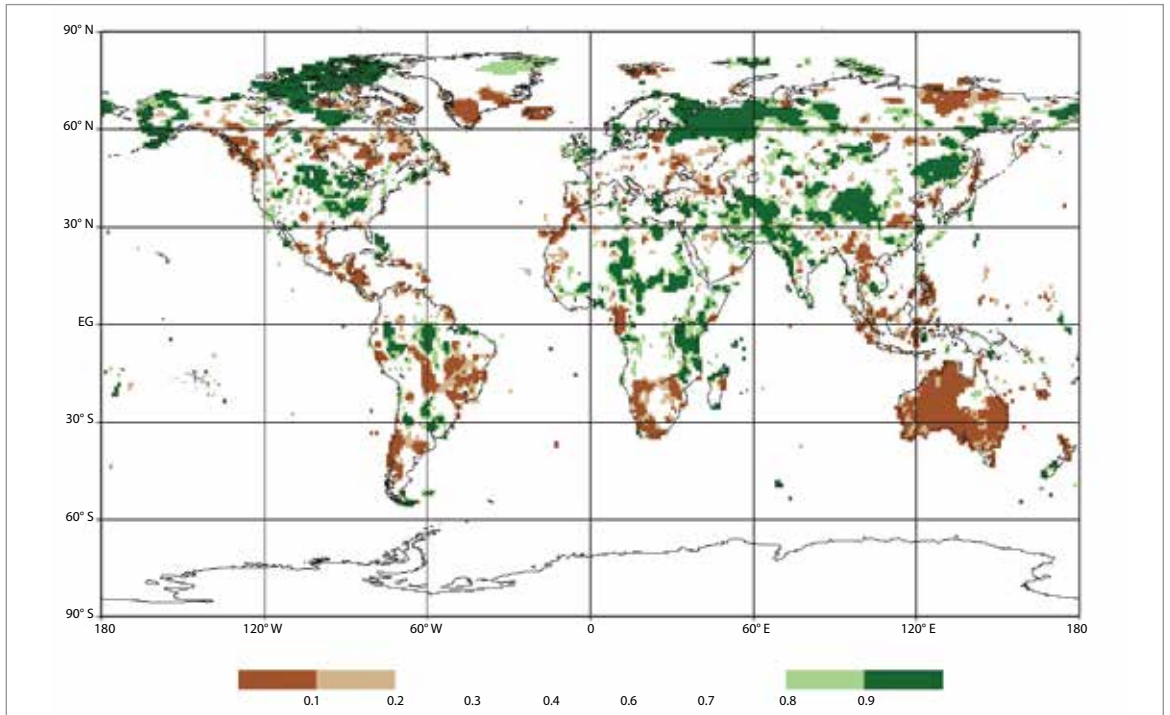
极端低温比极端高温少见，这与全球都是较温暖的一年和总体变暖趋势相一致。在北美，2019年的温度低于平均水平（图2）。今年最严重的寒潮出现在北美中部的冬季末期。首先，1月下旬美国中西部发生了强寒潮，1月31日伊利诺伊州的低温记录出现在卡罗尔山，为-38.9°C，随后从2月到3月初在美国和加

拿大边界两侧的内陆西部持续非常寒冷。一些地方2月的平均温度低于正常水平15°C以上，大瀑布市（蒙大拿州）比正常低15.3°C，这里的月平均气温为-17.9°C，比先前的记录低5°C以上。这也是加拿大西部包括温哥华市在内多个地区有记录以来最冷的2月。今年上半年，加拿大东部部分地区也相当寒冷。9月下旬和10月下旬，北美西部和中部内陆地区又爆发了不合季节的低温和提前降雪。美国北部和西部八个州10月的温度创下针对该月的历史新低，与该月初南部和东部十个州针对该月的历史最高温度形成鲜明对比。10月中旬的强降雪，深度达到了7厘米，在加拿大曼尼托巴省造成了严重的破坏和停电，而11月上半月美国北部和加拿大南部的许多地区也异常寒冷。

尽管温度接近或高于平均水平，但冬季和初春的降水非常多，导致欧洲阿尔卑斯山许多地区的积雪异常多。在1月4日至15日之间，奥地利阿尔卑斯山部分地区降雪超过300厘米，而春季降雪导致维斯夫鲁峰（瑞士，海拔2540米）的最高降雪深度在6月1日达到270厘米，创历

图16. 与1950年以来的记录相比，2019年6月和7月欧洲最高温度排名。最深的红色阴影表示破纪录的温度值（来源：荷兰皇家气象局（KNMI）E-OBS数据集<http://surfobs.climate.copernicus.eu/stateofthecimate/july2019.php>）。

**图17. 2019年年降水总量**以1951 - 2010年基准期的百分位数表示, 其地区为基准期内20%最干年份(棕色)和20%最湿年份(绿色), 其中深棕色和深绿色分别表示最干和最湿的10% (来源: 德国气象局全球降水气候中心(GPCC), 德国气象局)



历史新高, 但6月非常炎热的天气导致7月初就开始融雪, 这接近无雪期的正常开始时间。在该地区降雪量最大的时期发生了多次雪崩。

## 降水

2019年, 在澳大利亚、印度尼西亚西部和周边国家观测到比长期平均水平更干燥的条件(图17)。此外, 南部非洲、中美洲和南美部分地区的降水量也异常偏低。美国中部、加拿大北部、俄罗斯北部、东南亚、中国北部和东部非洲的大片地区降水量异常高。

由于季风的推迟, 印度6月的降水明显不足。但是, 因IOD正位相的原因, 印度季风的结束也被推迟了, 随后几个月除东北部以外的所有地区都出现了过量的降水。此外, 东非

的正降水距平、马来群岛和澳大利亚的负距平与2019年下半年的大部分时间都呈IOD正位相有关。

2019年, 在南美的热带地区、西非的热带地区以及东南亚的热带地区和海洋大陆, 连续多雨日(CWD)的最长时期比平均水平更长<sup>46</sup>。

2019年, 澳大利亚、南部非洲和西部非洲、南美中部和南部以及北美北部的连续少雨日(CDD)的最长时期比正常水平更长。而西南亚和阿拉伯半岛、北美西南部以及安第斯山脉北部地区的CDD时长比正常水平要短。印度、东非部分地区、南美部分地区、北美中部以及东亚部分地区的强降水天数(降水量超过20毫米的天数, PD20)高于长期平均值。在海洋大陆、中部非洲和马达加斯加以及热带南部和中美洲的部分地区, 观测到的强降水天数少于正常水平。

<sup>46</sup> 提到的极端指数的长期平均值以1982-2016年为基准, 其计算方法如下: 首先计算这35年期间内每年的极端指数, 然后将这35个值的平均值作为长期平均值。长期平均值的这种非标准定义是由于可靠的网格数据的可用性。

## 强降雨和洪水

印度夏季季风季节频发洪水，尤其是在印度的西部和北部地区以及周边国家。总体上，夏季季风季节（6月-9月）全印度降雨量比1961-2010年平均值高10%，是自2013年以来首个高于平均值的年份以及自1994年以来最潮湿的年份，尽管6月份的降雨量低于平均值。季风的消退也格外地晚，10月9日消退是有记录以来最晚的。印度、尼泊尔、孟加拉和缅甸报告在该季风季节发生的各类洪灾事件中有2200多人丧生。6月，季风性洪水也影响了中国南方部分地区，报告有83人死亡，经济损失超过25亿美元<sup>47</sup>。

伊朗在3月末和4月初遭受严重洪灾，设拉子地区受灾最为严重。洪灾期间，24小时的降雨总量高达188毫米。据报告至少有76人死亡，且经济损失严重。

1月末和2月初，热带低压给澳大利亚昆士兰北部带来了极端降雨及相关洪涝。在汤斯维尔附近的一些沿海地区，10天的降雨总量超过2000毫米，汤斯维尔当地的降雨量为1259.8毫米<sup>48</sup>，而昆士兰西北内陆地区的第二场强降雨使7天的总降雨量超过600毫米。汤斯维尔地区出现了严重的城市内涝，而昆士兰西北地区的一些河流的宽度扩大到几十公里。洪水及相关的异常寒凉天气造成了重大的牲畜损失。总经济损失估计约20亿美元<sup>49</sup>。

3月，印度尼西亚巴布亚省查亚普拉附近8小时降雨量达235毫米，随后发生了山洪及其引发的滑坡，据报告至少有112人死亡。3月末，

热带湿气的流入给新西兰南岛西海岸带来了极端降雨，克罗普河创下了1086毫米的国家48小时纪录，而且发生了相关重大洪水。该地区主要公路上的桥梁被冲垮。

2018年末和2019年上半年，持续的强降雨影响了美国中部的大部分地区。2018年7月至2019年6月，美国本土12个月的平均降雨量（962毫米）为有记录以来的最高值。这导致密西西比河流域洪水持续不退，而在巴吞鲁日（路易斯安那），从1月6日至8月4日的近7个月时间，河水始终高于洪水位。4月和5月初，由于强降雨加上高于平均值积雪的快速融化，加拿大东部部分地区也出现了大洪水，尤其是在渥太华和蒙特利尔地区及新不伦瑞克，渥太华地区有6000所房屋被淹。2019年，洪水给美国造成的总经济损失估计达200亿美元<sup>50</sup>，特别是3月份密苏里河及5月末和6月初的阿肯色河的急剧暴发期。

1月，极潮湿条件影响了南美洲部分地区。阿根廷北部、乌拉圭和巴西南部发生了大洪水，阿根廷和乌拉圭的损失估计达25亿美元。在阿根廷东北部的一些地方，1月份的月降水总量超过了600毫米。

10月和11月，严重洪水影响了非洲东部许多迄今受干旱影响的地区（参见**案例研究：强烈的气候冲击导致2019年大非洲之角粮食安全形势恶化和人口流离失所**）。2019年早些时候，雨季的洪水影响了一些国家，包括苏丹、尼日利亚、喀麦隆和科特迪瓦，不过萨赫勒总体季节性降雨量基本上相当接近平均值。

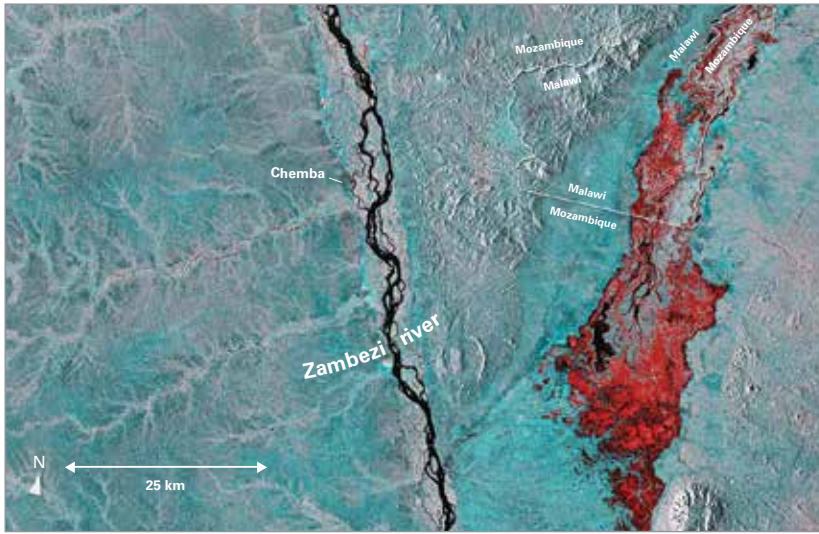
<sup>47</sup> 紧急事件数据库 (EM DAT)，灾害流行病学研究中心 (CRED)。

<sup>48</sup> <http://www.bom.gov.au/climate/current/statements/scs69.pdf>

<sup>49</sup> [http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20191107\\_analytics-if-october-global-recap.pdf](http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20191107_analytics-if-october-global-recap.pdf)

<sup>50</sup> <https://www.ncdc.noaa.gov/billions/events/US/2019>





**图18.** 气旋‘伊代’引发的洪水。图片来自哥白尼哨兵-1号卫星，显示的是莫桑比克和马拉维的赞比西河以东洪水区域，用红色标示。图片包含两个卫星图像合成，一个是在气旋袭击该地区之前的3月2日，另一个是气旋过后的3月20日（哥白尼，[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2019/03/Flooding\\_following\\_Cyclone\\_Idai](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/03/Flooding_following_Cyclone_Idai)）

## 热带气旋

2019年，全球热带气旋活动高于平均值。与平均值59个相比，北半球有72个热带气旋，不过累积气旋能量（ACE）仅比平均值高4%。南半球2018-2019年气旋季节也高于平均值，为27个气旋，这是自2008-2009年以来气旋季节中数量最多的。

在北印度洋出现了尤为极端的气旋季节。三个气旋的最大持续风速均达每小时100海里或以上，这是单一季节内首次发现的情况，而季节性ACE则是有记录以来的最高值，远高于记录。‘法尼’是自2013年以来影响印度最显著的气旋，它于5月3日在奥里萨邦海岸东部登陆，持续风速为每小时100海里，早前在孟加拉湾的峰值风速为每小时135海里。气旋对沿海地区造成了重大损害及生命损失，不过对受影响的沿海地区进行的大范围疏散极大减轻了影响。10月的‘基亚尔’是阿拉伯海有记录以来最强的气旋之一，但它并未登陆，不过相关的狂浪和风暴潮影响了一些沿海地区。

南印度洋洋盆也有活跃的气旋季；共有18个气旋，其中13个达到飓风强度，与记录的最高数字持平。3月15日，热带气旋‘伊代’在贝拉（莫桑比克）附近登陆（图18），此前最大持续风速达每小时105海里。它是在非洲东海岸登陆的已知最强气旋之一。强风和风暴潮给莫桑比克沿海带来了大范围的破坏，特别是贝拉市，而大洪水蔓延至莫桑比克内陆地区和津巴布韦部分地区，尤其是东北部地区。900多人死亡与这场风暴有关，这是过去至少100年中已知的南半球热带气旋造成的最大生命损失。在随后一个月，强气旋‘肯尼斯’在莫桑比克北部人口更加稀少的地区登陆，造成的损害并不十分严重。

年度最强热带气旋之一是‘多里安’，8月底在大西洋西部，其强度达到5级，并于9月1日在巴哈马登陆，最大持续风速为每小时165海里，与有记录以来北大西洋登陆气旋的最高速度持平。‘多里安’移动速度极为缓慢，在巴哈马大约24小时几乎静止不动，保持着5级系统。持续的极端大风和风暴潮导致巴哈马的一些岛屿近乎遭到完全破坏，至少报告有60人死亡<sup>51</sup>，经济损失估计超过30亿美元<sup>52</sup>。随后‘多里安’向东北方向移动，给美国东海岸部分地区及加拿大新斯科舍省造成了重大损害。热带风暴‘伊梅尔达’给曾在2017年遭受飓风‘哈维’袭击的得克萨斯州东部边界带来了极端降雨，某些地区的降雨总量超过1000毫米。损失估计达50亿美元<sup>50</sup>。北大西洋的气旋数量远高于平均值，但达到飓风强度的数量则接近正常。

10月12日，台风‘海贝思’在东京西部登陆，中心气压955hPa。‘海贝思’的主要影响是极端降雨引发的洪水。位于富士山脚下箱根的日降雨总量达922.5毫米，为日本有记录以来日历日最高值。东京西部地区的许多其

<sup>51</sup> <https://reliefweb.int/report/bahamas/hurricane-dorian-situation-report-14-october-15-2019>

<sup>52</sup> <https://www.iadb.org/en/damages-and-other-impacts-bahamas-hurricane-dorian-estimated-34-billion-report>

它地点的日降雨总量超过400毫米。据报告至少有96人死亡。9月，台风‘法茜’对千叶县造成重大破坏。在气旋季早期，台风‘利奇马’在中国浙江省登陆，造成了大洪水和重大经济损失。‘利奇马’登陆时的最大风速达每小时185公里，是自1949年以来在中国登陆的第五最强台风。总之，东北太平洋洋盆和西北太平洋洋盆的气旋活动接近平均值。

## 强风暴

在秋季，反复出现的温带系统影响了地中海地区，带来了极端降雨和大风，随之造成重大损害。9月中旬，最严重的事件影响了西班牙部分地区，特别是阿利坎特和穆尔西亚地区周边；10月中旬影响了法国南部地区；以及11月中旬影响了亚得里亚海北部地区。西班牙和法国发生的事件在某些地方带来了24小时超过200毫米的总降雨量，而与11月风暴有关的风暴潮使威尼斯的水位上升至1.85米，这是自1966年以来的最高水位以及仪器记录中的第二高水位。11月，意大利频发洪水，这是艾米利亚-罗马涅地区有记录以来最潮湿的月份，同时在奥地利南部也报告了洪水和大风造成的重大损害。夏季，地中海地区还出现了一系列强雷暴，包括据报告7月10-11日在希腊塞萨洛尼基附近造成7人死亡的强雷暴，以及7月15日在科西嘉岛（法国）的强雷暴，据报告当天6分钟内的降雨量达30毫米。

4月中旬，大范围的强雷暴以及相关的尘暴影响了巴基斯坦以及印度的北部和西部地区。据报告在4月16-17日印度至少有50人死亡，巴基斯坦有39人死亡。据报告，6月的上半个月，印度北部的其它强雷暴导致了60人死亡。

美国经历了其自2011年以来最活跃的龙卷风季节。5月尤为活跃，报告有556个龙卷风，是有记录以来单个月份第二最高数量。然而，这一年仅有一个龙卷风达到了EF-4强度，而伤亡人数远低于长期平均值。

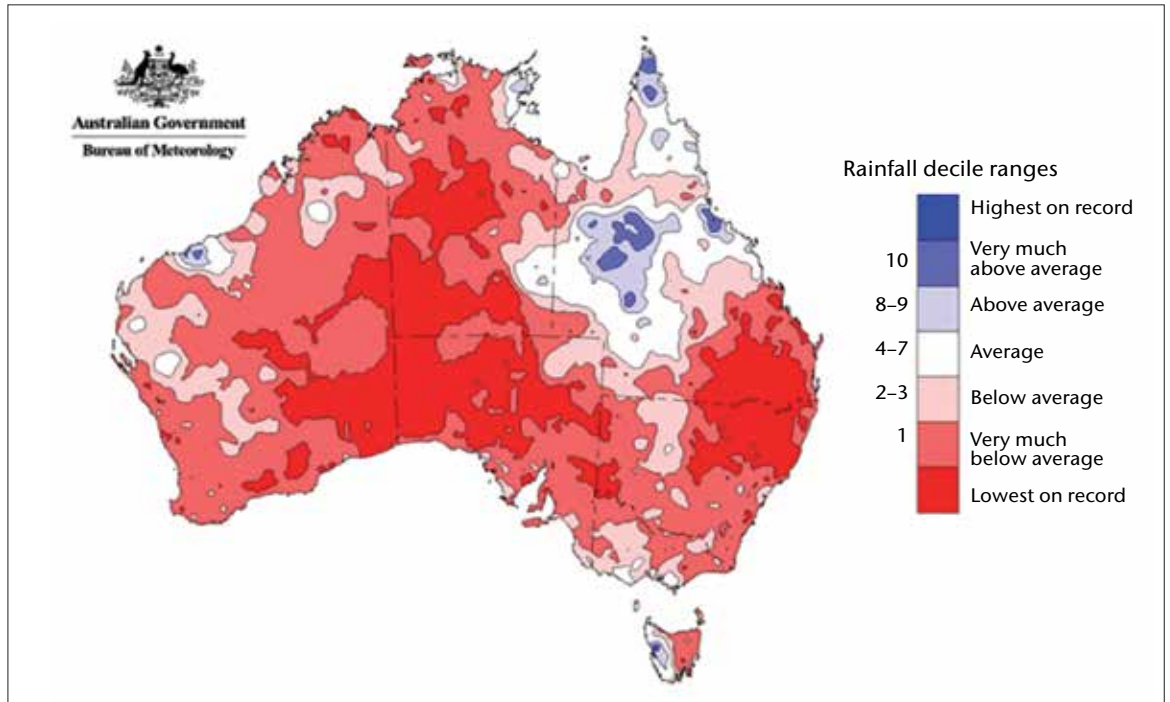
## 干旱

2019年，干旱影响了东南亚和西南太平洋的许多地区，许多情况都与印度洋偶极子强烈正相位有关。从年中起，印度尼西亚以及周边国家普遍出现异常干燥条件；新加坡出现了其有记录以来最干燥的7月、8月和9月。

再往北，在湄公河流域的许多地方经历了大旱年。受灾最严重的地区位于中国-老挝边境附近，其有些地方4月至9月的降雨量比正常值低50%以上，不过9月老挝中部和南部的大雨缓解了那里的旱情。中国云南省4月-7月的降雨量为自1961年以来的最低值。泰国北部部分地区也异常干燥，清莱1月-9月的降雨量比正常值低42%。2019年下半年，湄公河水位处于或接近过去30年同一时期不同地点测得的最低水位。

2017年和2018年影响澳大利亚东部内陆许多地区的长期旱情在2019年有所扩大和加剧，尤其是在下半年，这使澳大利亚出现了有记录以来最干燥的春季（11月和12月）。受灾最重的地区是新南威尔士州的北半部以及昆士兰的邻近边界地区，其年降雨量普遍为有记录以来最低，比平均值低70%-80%。有些地区的降雨量大约仅为其上次创纪录低降雨量的一半。该国大部分地区的降雨量均远低于平均降雨量（图19），降雨量仅高于平均值的地区是受到2019年初洪水影响的昆士兰北部以及塔斯马尼亚西部。在西澳大利亚热带地区和北方领土地区，2018-2019年湿季（10月-4月）也普遍是自1991-1992年以来最干燥的，而且中部大陆几乎完全没有降水。这是整个澳大利亚有记录以来最干燥的年份，也是墨累-达令流域、南澳大利亚各州（Marree站的年降水总量仅12毫米）以及新南威尔士州有记录以来最干燥的年份。干旱导致墨累-达令流域北部的河流严重缺水，造成严重的农业损失，而且有些城镇在其正常水源枯竭后需用卡车运水。

图19. 2019年1月1日至12月31日澳大利亚降雨量十分位数（基于网格数据的分布）（澳大利亚气象局）



## 澳大利亚利用WMO空基天气和气候极端事件监测示范项目的产品监测干旱

Yuriy Kuleshov, Lynette Bettio, Takuji Kubota, Tomoko Tashima, Pingping Xie, Toshiyuki Kurino和Peer Hechler

鉴于需要更好地利用和促进从太空监测天气和气候极端事件, WMO启动了空基天气和气候极端事件监测示范项目 (SEMDP)。此项目在2018-2019年进入示范阶段, 重点是监测干旱及强降水。该项目已在WMO二区协和五区协实施, 其地理区域覆盖东南亚地区及从40°N至45°S和从50°E至160°W的西太平洋地区。日本宇宙航空研究开发机构 (JAXA) 和美国国家海洋和大气管理局气候预测中心 (CPC/NOAA) 可为SEMDP地区提供定制的卫星数据和产品。

SEMDP地区2019年6月的月平均降水量显示出澳大利亚大部分地区的降雨量极低 (每日不到1毫米)。澳大利亚大部分地区6月的降雨量仅为正常降雨量的25%至50%。连续数月累积的降雨量亏缺导致出现严重干燥和极度干燥 (标准化降水指数 (SPI) 值分别低于-1.5和-2.0) 等级的干旱条件。

对空基观测和实地观测的例行检查表明, 在地基观测密度高的澳大利亚东南部墨累-达令流域, 两者有良好的一致性。然而, 在地基观测密度极低的澳洲大陆中部, 卫星观测与实地观测之间存在着明显的差异。该项目已明确证明了空基降雨量估算对于干旱探测和监测的价值, 尤其是对于只有有限或没有雨量计观测的地区。



非洲南部许多地区,包括南非的中部和西部、莱索托、博茨瓦纳和津巴布韦,2018-2019年雨季降雨极少。然而,3月在津巴布韦东北部出现了大洪水(与气旋‘伊代’有关),而4月在南非东部也出现了大洪水事件,有些地方日降雨量超过200毫米,而后在夸祖卢-纳塔尔省报告有70人死亡。在2019-2020年雨季初期,非洲南部大部分地区也出现了低于平均值的降雨量。非洲萨赫勒西部和中部雨季降雨量大致接近平均值。

2019年,干燥条件影响了中美洲许多地区。2019年上半年,由于巴拿马的降雨量低于平均值,湖水水位显著下降,导致巴拿马运河船运受限。

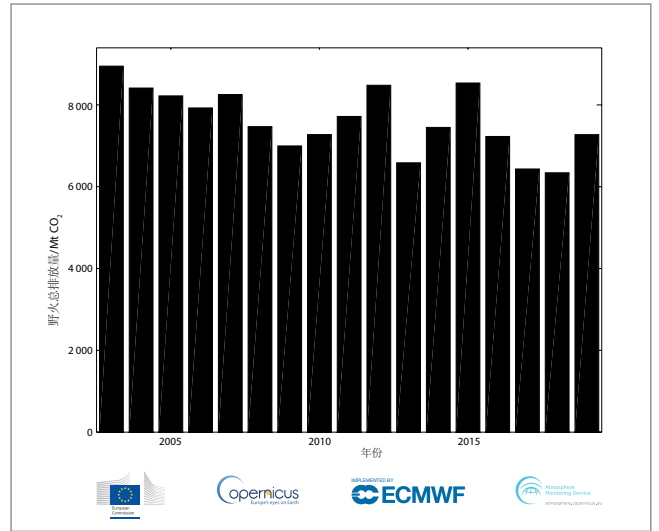
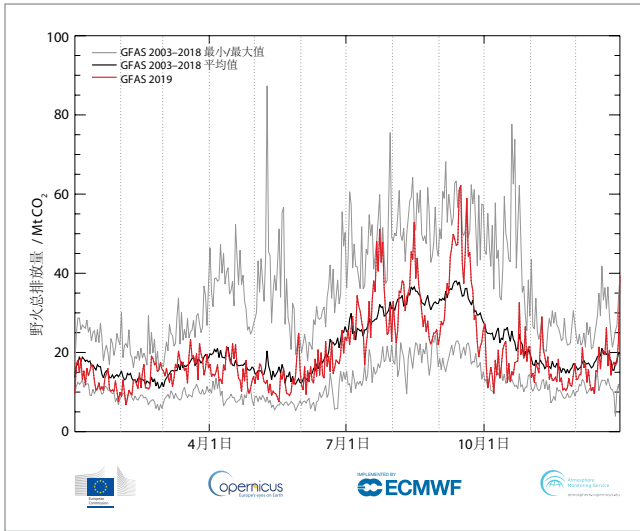
尽管从年中起巴拿马的干燥条件有所缓解,但再往西北的一些地区,包括洪都拉斯、危地马拉、尼加拉瓜和萨尔瓦多,降雨仍比正常显著偏少,直到10月才迎来大雨。智利中部也出现了异常干燥的年份,圣地亚哥的年降雨总量仅为82毫米,不到长期平均值的25%。

这是西欧和中欧许多地区(从法国到乌克兰)出现持续干燥期的连续第二个夏季。巴黎从8月19日至9月21日连续34天无降雨,与有记录以来第二最长干燥期持平,而此前从6月21日至7月17日是连续27天的干期(位列第六)。初秋,多瑙河的低水位中断了塞尔维亚的河上运输,而波兰的维斯瓦河在9月末达到了有记录以来同等最低水位。地中海西部的许多地区也经历了干燥的冬季:西班牙1月至8月的降雨量比平均值低23%,包括21世纪最干燥的2月,而摩洛哥大部分地区冬季的降雨量不到长期平均值的一半。在冰岛,南部和西部的春末和夏初尤为干燥。斯蒂基斯霍尔米记录下从5月21日至6月26日连续37天无降水,是1856年开始的台站序列中有记录以来最长的干旱。

## 野火

野火通常是随着异常干燥和/或温暖条件而发生。2019年,野火再次影响了世界许多地区。在一些已知的野火地区,如北美西部,野火活动近年来有所减少,但加利福尼亚10月份的大火仍造成了重大损失。另一方面,在一些较高纬度地区,包括西伯利亚(俄罗斯)和阿拉斯加(美国),则是高于平均的火灾年,而在北极一些地区也有火灾活动,这在以前极为罕见。2019年,北极夏季野火CO<sub>2</sub>排放量是哥白尼大气监测服务机构(CAMS)/ECMWF全球火灾同化系统(GFASv1.2)数据集17年记录中的最高值。

2019年下半年,澳大利亚经历了异常持久且严重的火灾季,数次发生重大火情。9月初,新南威尔士州的东北部地区和昆士兰南部地区发生了重大火灾,在随后几个月,借助极干燥条件以及几场强西风 and 极端高温,火情进一步爆发,逐渐向南蔓延。每月累积的《森林火灾危险指数》是严重火灾天气的指标,12月的指数是昆士兰、新南威尔士、南澳大利亚和澳大利亚首都地区有记录以来任何月份的最高值。许多单独发生的火灾持续了两个多月。火情在12月末及1月的最初几天达到峰值,在新南威尔士州东南部地区造成了大范围的破坏,尤其是海岸附近和维多利亚东部地区以及阿德莱德附近和南澳大利亚坎加鲁岛。截至2020年初,已报告有33人死亡,2000多处房产损失,新南威尔士州和维多利亚州过火面积总计约有700万公顷。2019年初,塔斯马尼亚岛的干燥夏季促使1月和2月在通常雨水偏多的该岛西部和中部发生了许多持久的火灾。这是历来罕有火灾的这些地区四年中第二次遭受火灾。



**图20.** 左: 与基于2003-2018年的每日均值和每日最小/最大值相对比, 2019年1月1日至12月31日全球每日野火CO<sub>2</sub>排放估计总量, 单位为百万吨CO<sub>2</sub>。右: 2003年至2019年全球每年野火CO<sub>2</sub>排放估计总量, 单位为百万吨CO<sub>2</sub>。两图均基于CAMS/ECMWF全球火灾同化系统 (GFASv1.2)

自2015年以来, 印度尼西亚以及周边国家发生的大旱导致出现了最显著的火灾季, 不过火灾及相关的烟雾污染没有像2015年那样严重<sup>53</sup>。亚马逊流域的火灾活动近年也有升高, 尤其是在8月, 不过远不及以前的大旱年份, 如2010年。巴西亚马逊地区报告的火灾数量仅略高于10年平均值, 但南美洲火灾活动的总数是自2010年以来的最高值, 玻利维亚和委内瑞拉也和这些国家一样出现尤为活跃的火灾年份<sup>54</sup>。

虽然2019年经历了全球显著的区域野火活动, 但总体全球每日和每年的总排放量估值则接近CAMS/ECMWF全球火灾同化系统 (GFASv1.2) 数据集以前17年的平均值。GFASv1.2综合来自NASA Terra和Aqua卫星MODIS仪器的活跃火灾观测资料,

以便提供从2003年1月1日至撰写本文之时的每日平均火灾辐射功率数据集, 以及估算的包括颗粒物、活性气体和温室气体在内的火成物种排放量。

全年每日野火CO<sub>2</sub>排放总量 (图20, 左) 总体紧随2003-2018年平均值, 6月至10月野火活动增加, 每天CO<sub>2</sub>的排放量大于20Mt, 其它月份活动减少, 每天CO<sub>2</sub>的排放量小于20Mt。高于17年平均值的最大增幅出现在7月、8月、9月和12月底, 分别对应北极、西伯利亚、印度尼西亚和澳大利亚的野火活动峰值。

2019年全球每年野火CO<sub>2</sub>排放总量 (图20, 右) 高于前两年, 但仍低于数据集中的大部分其它年份, 与自2003年以来全球野火活动总体下降的趋势相一致。

<sup>53</sup> <http://asmc.asean.org/asmc-haze-hotspot-annual-new#Hotspot>

<sup>54</sup> 来自国家空间研究所 (INPE), 巴西。

# 气候相关风险和影响

气候相关影响的风险取决于气候相关灾害与人类和自然系统的脆弱性、暴露度及适应能力之间复杂的相互作用<sup>55</sup>。以当前全球温室气体的排放水平，世界仍将超过认定的比工业化前水平高出1.5°C或2°C的温度阈值<sup>56</sup>，这会增加气候变化产生普遍影响的风险，超过已看到的风险<sup>57,58</sup>。

气候相关事件已通过对健康安全、粮食安全和水安全以及人类安全、生计、经济、基础设施和生物多样性等方面产生的影响，给社会带来了风险。气候变化还对生态系统服务具有重大影响。它可影响到自然资源使用的模式，以及各地区间和国家内部的资源分配。

## 健康风险日益增大

健康影响包括高温相关疾病和死亡；与强风暴和洪水有关的伤亡；病媒传播和水媒传播疾病的发生；通过空气污染加剧的心血管和呼吸系统疾病；流离失所带来的压力和精神创伤以及生计和财产损失。

## 极端高温与健康

地球上人口密集地区日益暴露于升温的条件下，经历着高于全球平均值的夏季平均气温变化（图21）。

极端高温条件正在对人类健康系统和卫生系统造成越来越大的损害。在人口老龄化、

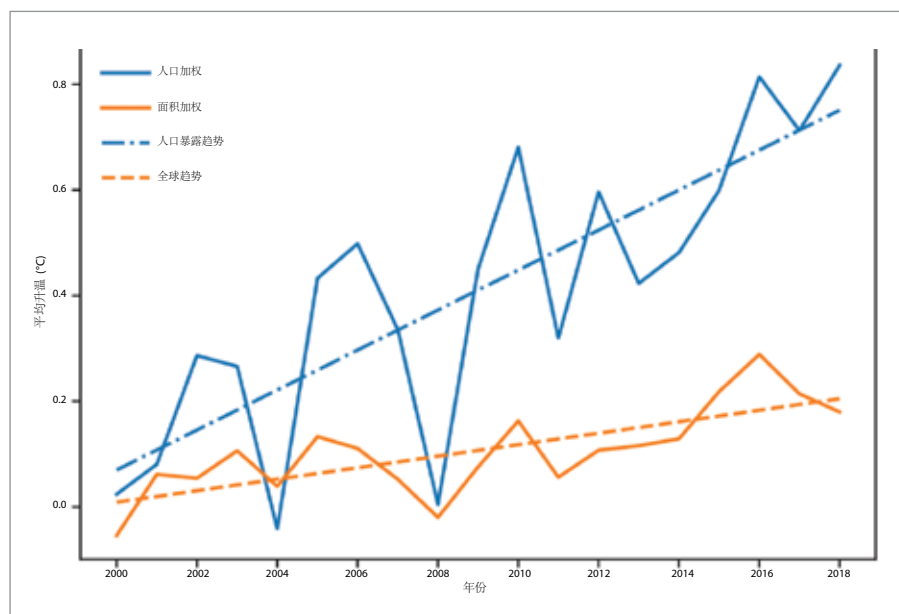


图21.相对于1986-2005年的平均值，人口加权与面积加权平均夏季升温（北半球6月-8月，南半球12月-2月）

<sup>55</sup> 联合国环境规划署 (UNEP), 2019: 《全球环境展望 - GEO-6: 健康星球、健康人类》。P. Ekins, J. Gupta和P. Boileau, 编辑) 745页。剑桥, 剑桥大学出版社, doi 10.1017/9781108627146. <https://www.unenvironment.org/global-environment-outlook>。

<sup>56</sup> 政府间气候变化专门委员会 (IPCC), 2018: 《全球升温1.5°C 特别报告》(Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor T. Waterfield 编辑)。日内瓦 <https://www.ipcc.ch/sr15/>。

<sup>57</sup> 联合国环境规划署 (UNEP), 2019: 《2019年排放差距报告》，内罗毕, <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>。

<sup>58</sup> 联合国环境规划署 (UNEP), 2019: 《十年排放差距评估的启示》(J. Christensen和A. Olhoff, 编辑), 内罗毕。

<sup>58</sup> Watts, N. et al., 2019: The 2019 report of *The Lancet* Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet*, 394 (10211), pp. 1836-1878, [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(19\)32596-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(19)32596-6/fulltext)。



城市化、城市热岛效应和医疗不公平的情况下，发生极端高温的地方甚至出现了更严重的后果<sup>60</sup>。与1986-2005年基线平均值相比，2018年65岁以上的脆弱人群经历了创纪录的2.2亿多次热浪暴露<sup>61</sup>，以高出1100万次打破2015年创下的纪录。

2019年，澳大利亚、印度、日本和欧洲出现的创纪录高温对健康和福祉造成了不利影响。2019年7月末和8月初，严重热浪事件影响日本，造成了100多人死亡，另有18000人住院治疗，这给卫生系统带来了巨大负担。2019年夏季，欧洲经历了两次严重的热浪。6月，热浪影响了欧洲的西南部和中部地区，导致西班牙和法国出现多人死亡。更严重的热浪出现在7月末，影响了欧洲中部和西部的大部分地区。在荷兰，2964人死亡与这一事件有关，死亡

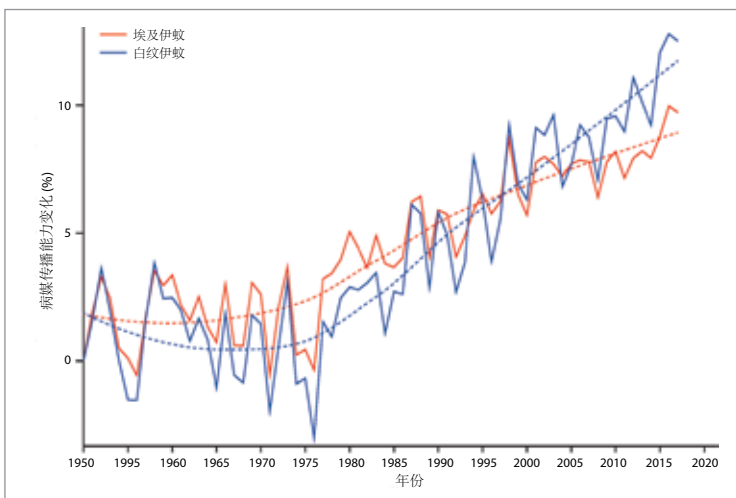
人数比平均夏季一周多了近400人<sup>62</sup>，而在英格兰，非正常死亡人数比65岁以上人群全因死亡率的基线高出572人(390-754人，95%置信区间)<sup>63</sup>。

6月初至9月中旬，在法国本土，记录下高温相关疾病有2万多例急诊病人以及5700次医生探访<sup>64</sup>。在两次夏季热浪期间，受影响地区共出现1462例非正常死亡(平均死亡率增加了+9.2%，不确定范围为548例至2221例非正常死亡)。主要影响75岁以上的老年人，但对15-44岁以及65-74岁年龄段也有影响。在法国经历极端热浪(红色警报)的地区，有572人非正常死亡，表明比如果没发生热浪预计的死亡率增加了50%。

## 病媒传播疾病

自1950年以来的气候条件变化使伊蚊更容易传播登革病毒，增加了疾病发生的风险(图22)。同时，近几十年来，全球登革热发病率急剧上升，目前全球约有一半的人口面临着传染的风险<sup>65</sup>。与2018年同期相比，2019年全球登革热病例出现了大幅增长。美洲确认了280多万例登革热疑似病例和确诊病例，包括约1250人死亡<sup>66</sup>。在8月至10月这三个月的近105万个病例中，巴西、菲律宾、墨西哥、尼加拉瓜、泰国、马来西亚和哥伦比亚等国报告的病例数占了85%<sup>67</sup>。

图 22. 自1950年以来登革热病毒病媒埃及伊蚊和白纹伊蚊全球病媒传播能力的变化。病媒传播能力取决于温度，并可利用历史气候数据计算。<sup>59</sup>



<sup>60</sup> Sera, F. et al., 2019: How urban characteristics affect vulnerability to heat and cold: a multi-country analysis. *International Journal of Epidemiology*, 48(4):1101-1112, doi: 10.1093/ije/dyz008, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30815699>.

<sup>61</sup> 每次热浪暴露是65岁以上的一个人经历一次热浪(定义为在日最低温度大于1986-2005年夏季月份日最低温度分布第99百分位的某个地方3天或以上的的时间)。

<sup>62</sup> <https://www.cbs.nl/en-gb/news/2019/32/more-deaths-during-recent-heat-wave>

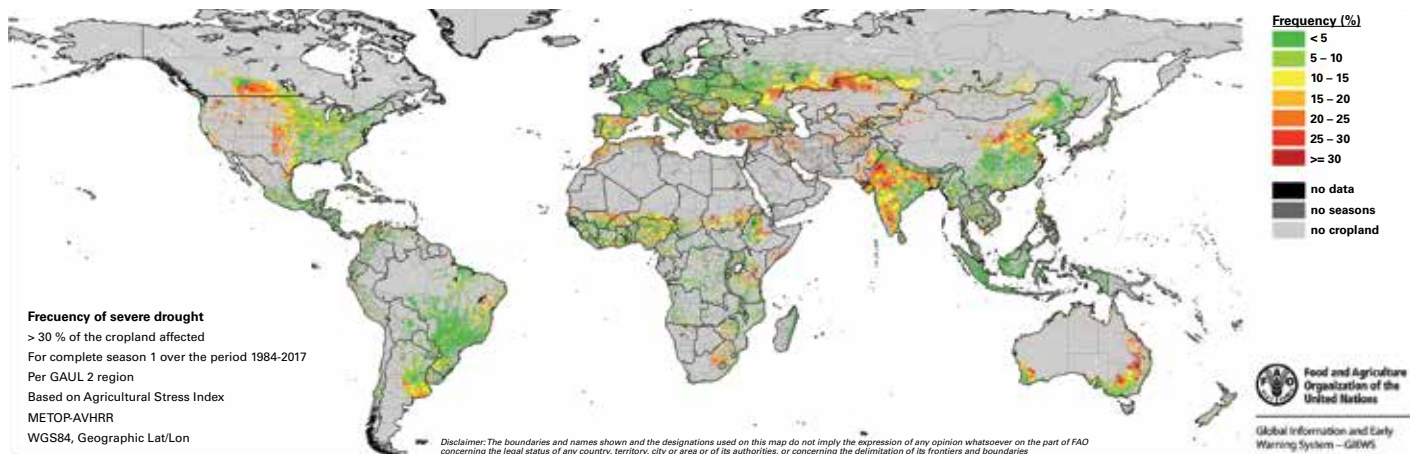
<sup>63</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/phe-heatwave-mortality-monitoring>

<sup>64</sup> <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/documents/bulletin-national/bulletin-de-sante-publique-canicule.-bilan-ete-2019>

<sup>65</sup> <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>

<sup>66</sup> [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6306:2011-archive-diseases-dengue&Itemid=41184&lang=en](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=6306:2011-archive-diseases-dengue&Itemid=41184&lang=en)

<sup>67</sup> <https://www.ecdc.europa.eu/en/dengue-monthly> (2109年11月22日更新)。



## 气候变率和极端天气继续对粮食安全和人口流离失所产生不利影响

全球温度上升以及降雨分布变化已对森林和草原等陆地生态系统以及农田和作物产量造成了影响<sup>68</sup>。2006年至2016年，发展中国家的农业（作物、牲畜、林业、渔业和水产业）估计约占中尺度和大尺度气候相关灾害所造成损失及损害总量的26%。虽然大约三分之二的作物损失和损害与洪水相关，但畜牧业几乎90%的损失和损害都归因于干旱<sup>69</sup>（图23）。

除了冲突、不安全以及经济放缓和衰退之外，气候变率和极端天气事件也是近期全球饥饿人数上升的关键驱动因素之一，同时也是严重危机的主要原因之一。据最新全球数据显示，在经过了十年稳步下降之后，饥饿人数再次上升—2018年，有超过8.2亿人（全球约九分之一的人口）遭受饥饿（图24）。

撒哈拉以南非洲的情况最为严峻，2015年至2018年，这个地区营养不良的人数增加了2300多万，尤其是在受冲突影响的国家。2018年有粮食危机的33个国家中，气候变率和天气极端事件在其中26个国家是一个复合因素，是伴随经济冲击和冲突因素的，而在这26个国家的12个国家中，气候变率和天气极端事件是主要驱动因素<sup>70</sup>。有鉴于此，国际社会在实现2030年可持续发展议程的零饥饿目标方面面临着巨大挑战。

2019年1月至6月有670多万新增的国内因灾流离失所者由水文气象事件（例如发生在非洲东南部的气旋‘伊代’、发生在南亚的气旋‘法尼’、发生在加勒比地区的飓风‘多里安’，以及发生在伊朗、菲律宾及埃塞俄比亚的洪水）引发，产生了紧急人道主义和保护需求<sup>71</sup>。这一数字预计在2019年会接近2200万<sup>72</sup>，而2018年达到了1720万，跨148个国家

图23. 利用1984-2017年遥感数据计算的全球谷类种植区的严重干旱频率（来源：联合国粮食及农业组织（FAO）-全球信息和早期预警系统（GIEWS）地球观测）

<sup>68</sup> 政府间气候变化专门委员会（IPCC），2019：《气候变化与陆地特别报告》：IPCC关于气候变化、荒漠化、土地退化、可持续土地管理、粮食安全和陆地生态系统温室气体能量的特别报告（P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, 编辑）。日内瓦，<https://www.ipcc.ch/srccl/>。

<sup>69</sup> 联合国粮食及农业组织（FAO），2018：《2017年灾害和危机对农业和粮食安全的影响》，<http://www.fao.org/3/i8656en/i8656en.pdf>。

<sup>70</sup> 联合国粮食及农业组织（FAO）、国际农业发展基金（IFAD）、联合国儿童基金会（UNICEF）、世界粮食计划署（WFP）和世界卫生组织（WHO），2019：《2019年世界粮食安全和营养状况：防范经济减速和衰退》，罗马，FAO。

<sup>71</sup> <http://www.internal-displacement.org/publications/internal-displacement-mid-year-figures-january-june-2019>

<sup>72</sup> 国内流离失所监测中心（IDMC），<http://www.internal-displacement.org/>。

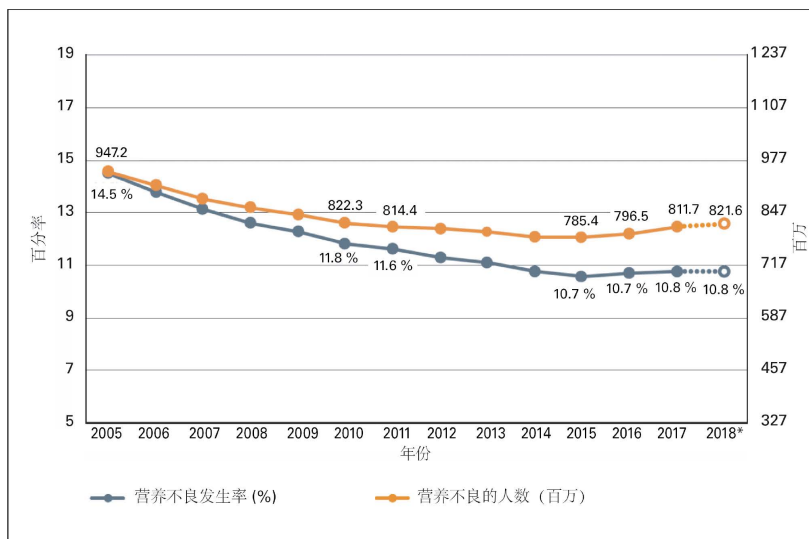


图 24. 自2015年以来，全球营养不良人数在上升。2018年的数值为预估值，以虚线和空心圆圈表示（来源：联合国粮食及农业组织（FAO））

和地区。在所有自然灾害中，洪水和风暴是导致2019年有记录的流离失所的最大因素，其次是干旱。联合国难民事务高级专员署（UNHCR）积极参与保护和保障因此而流离失所的人们，尤其是在气旋‘伊代’过后的莫桑比克。

气候相关事件和灾害对人们流离失所的影响因人而异。亚洲和太平洋仍是最多发突发和缓发灾害的地区。例如，由于2019年11月的气旋‘布尔布尔’，该地区第二灾害最多发国家孟加拉疏散了200多万人口，以及由于2019年8月的台风‘利奇马’，中国疏散了200多万人口。拉丁美洲和加勒比地区同样尤其受到了气候相关事件及其它灾害的影响，例如火山喷发和地震，这导致了更多流离失所。例如，2019年9月，在飓风‘多里安’过后，巴哈马约有70000人无家可归，而2019年6月，巴西亚马逊地区洪水导致超过42000人流离失所。非洲之角和西非的数百万人也受到了洪水的影响。

现有的难民人口通常居住在气候“热点”地区，他们暴露于缓发和突发灾害并受到影响，继而也会导致流离失所等次生后果。例如，逃到孟加拉且目前居住在库图帕朗的成千上万罗兴亚难民经常受到风暴、强降雨和滑坡的影响。2019年1月至11月，该地区的难民营受到洪水、滑坡和强风的袭击。联合国难民事务高级专员署和各伙伴为此将季风季备灾作为优先重点，包括在山坡、排水系统、道路和桥梁上修建挡水结构。易受灾地区低劣的建筑质量和居住地，导致在近94.5万总人口中有超过8.4万人受到影响<sup>73</sup>。

尽管大多数与灾害和气候有关的流离失所是在国内范围，但也会发生可能与冲突或暴力情况有关的跨境流离失所<sup>74</sup>。索马里不断加剧的干旱和暴力迫使数千人逃往埃塞俄比亚，而该国也面临着气候相关事件的不利影响。乍得湖地区出现了与乍得湖面积缩小、极端气候事件、人口增长和无序灌溉等有关的荒漠化和毁林。所有这些，再加上暴力已迫使数百万人口离开其在乍得、喀麦隆、尼日利亚和尼日尔的家园，加剧了被迫的跨境流离失所，包括难民迁移<sup>75</sup>。

在非洲南部，季节性降雨的起始时间滞后并出现了大范围干燥期。2019年5月，纳米比亚宣布进入紧急状态以应对其所面临的旱情<sup>76</sup>。预计区域谷物产量会比5年期平均值大约低8%，预计直至2020年3月该地区的1250万人都面临着粮食严重不安全的状况，比去年增加了10%以上。

由于雨水不足的长期Gu雨季以及此前低于平均值的2018年短期Deyr季，埃塞俄比亚、

<sup>73</sup> <http://iom.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=1eec7ad29df742938b6470d77c26575a>

<sup>74</sup> 联合国难民事务高级专员公署（UNHCR），<https://www.unhcr.org/news/stories/2019/10/5da5e18c4/climate-change-and-displacement.html>。

<sup>75</sup> 国内流离失所监测中心（IDMC），<http://www.internal-displacement.org/expert-opinion/looking-beyond-boko-haram-in-the-lake-chad-region>；UNHCR，<https://www.unhcr.org/news/stories/2019/10/5da5e18c4/climate-change-and-displacement.html>。

<sup>76</sup> AfricaNews, 2019年5月6日：纳米比亚宣布进入国家干旱紧急状态，<https://www.africanews.com/2019/05/06/namibia-declares-national-state-of-emergency-over-drought/>。



索马里、肯尼亚和乌干达的一些地区，粮食安全一直在持续恶化。此外，2019年10月至2020年1月，该地区遭受大范围洪水，340万人受灾<sup>77</sup>。

2019年3月，热带气旋‘伊代’使马拉维、莫桑比克和津巴布韦的将近78万公顷作物颗粒无收，进一步破坏了该地区本不稳定的粮食安全形势<sup>78</sup>。该气旋还导致津巴布韦至少有50905人流离失所<sup>79</sup>，马拉维南部有53237人<sup>80</sup>以及莫桑比克有77019人流离失所<sup>81</sup>。此外，几周后，气旋‘肯尼斯’袭击了莫桑比克，导致其目前总计有88381人在国内流离失所，主要集中在贝拉和克利马内地区<sup>82</sup>。

2019年，南苏丹仍有严重的粮食不安全问题，估计9月至12月有454万人面临严重的粮食不安全状况。然而，粮食不安全的实际人数有可能显著高于8月所做的估算，因为9月和10月的大范围洪水影响了大约90万人，并导致重大的作物和牲畜损失<sup>83</sup>。

继2018年4月至10月的严重干旱之后，2019年3月阿富汗发生的山洪导致该国一些地区出现了十年来最严重的洪水：1350万人处于粮食

不安全境地，34个省份中有22个省仍处于从2018年的严重干旱中逐渐恢复的阶段，而旱情仅在赫拉特就造成32515人流离失所<sup>84</sup>。形势尤为严峻，因为多年累积的干燥条件使该国估计有80%的土壤退化<sup>85</sup>。

在连续两年干燥条件及异常天气形势之后，朝鲜在2019年上半年持续干燥天气。该国从2019年1月至3月平均降雨量仅有56.3毫米，这是自1917年以来记录的最低值。大约1000万人紧急需要粮食援助<sup>86</sup>。

2019年，中美洲干燥走廊和加勒比地区出现的比正常条件更干燥的状况导致危地马拉北部和洪都拉斯发生森林火灾，对作物发育产生了不利影响，并造成洪都拉斯的一些河流干涸。在2019年5月至8月的低于正常降雨量之后，危地马拉约有5万个家庭损失了其将近80%的玉米产量。在类似干燥条件下，洪都拉斯也报告了重大作物损失（玉米和豆类分别损失70%和50%）。2019年9月，由于主要作物受到损失以及10多万人面临粮食不安全的风险，因此该国政府宣布进入紧急状态。在萨尔瓦多，估计有7万多个家庭受到缺乏粮食及安全饮用水的影响<sup>87</sup>。

<sup>77</sup> <https://reliefweb.int/report/south-sudan/eastern-africa-region-regional-floods-and-locust-outbreak-snapshot-january-2020>

<sup>78</sup> 联合国粮食及农业组织 (FAO)，2019：《粮食安全与农业预警和早期行动报告》（2019年7月-9月）罗马，<http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca5445en/>。

<sup>79</sup> 国际移民组织 (IOM)，<https://displacement.iom.int/reports/zimbabwe-%E2%80%94-tropical-cyclone-idai-baseline-assessment-round-1-3-27-april-2019>。

<sup>80</sup> IOM，<https://displacement.iom.int/reports/malawi-%E2%80%94-tropical-cyclone-idai-multi-sectoral-location-assessments-11-april-2019>。

<sup>81</sup> IOM，<https://displacement.iom.int/reports/mozambique-%E2%80%94-cyclone-idai-response-situation-report-%E2%80%94-round-10-october-2019>。

<sup>82</sup> IOM，<https://displacement.iom.int/mozambique>。

<sup>83</sup> 联合国粮食及农业组织 (FAO)，<http://www.fao.org/3/ca7236en/ca7236en.pdf>。

<sup>84</sup> IOM，<https://displacement.iom.int/reports/afghanistan-%E2%80%94-drought-response-situation-report-26-april-2019>

<sup>85</sup> FAO 2019 《粮食安全与农业预警和早期行动报告》（2019年4月-6月）罗马，<http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/1190473/>。

<sup>86</sup> FAO 2019 《粮食安全与农业预警和早期行动报告》（2019年10月-12月）罗马，<http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/1239932>。

<sup>87</sup> 同上。

## 气候变化和极端事件威胁着海洋生物及生物多样性

海洋生物资源面临的主要压力是过度开发、陆地活动产生的污染以及气候变化<sup>88</sup>。珊瑚礁是受气候相关海洋变化威胁最大的海洋生态系统，特别是海洋升温和酸化的威胁<sup>89,90</sup>。升温1.5°C，珊瑚礁覆盖率预估会下降到10%–30%，升温2°C，会下降到1%以下<sup>91</sup>。海洋酸化也会对其它海洋系统产生不利影响，包括贻贝海床和一些大型藻类栖息地。渔业正受到气候变化的多方面影响<sup>92</sup>。鉴于温度和盐度廓线会随着全球变暖而变化，因此，渔业捕捞分布变化中也反映出重要目标物种的分布和生产率。

对大堡礁（GBR）的长期监测表明，GBR北部的硬珊瑚覆盖率略有上升，从2017年的11%上升到2019年的14%（图25）。然而，这些数值仍接近于澳大利亚海洋科学研究所长期监测计划（AIMS-LTMP）自1985年起记录的最低值，这与2014年至2019年气旋的累积影响以及两次严重的珊瑚白化有关<sup>93</sup>。

到目前为止，恢复程度仍然有限。2017年，强热带气旋‘黛比’以及继续向南蔓延的棘冠海星爆发导致GBR中部的珊瑚覆盖率持续减少。平均硬珊瑚的覆盖率略有下降，从2018年的14%下降至2019年的12%。总之，GBR南部地区礁石的平均珊瑚覆盖率在持续下降，不过只是略有下降，从2018年的25%下降至2019年的24%。

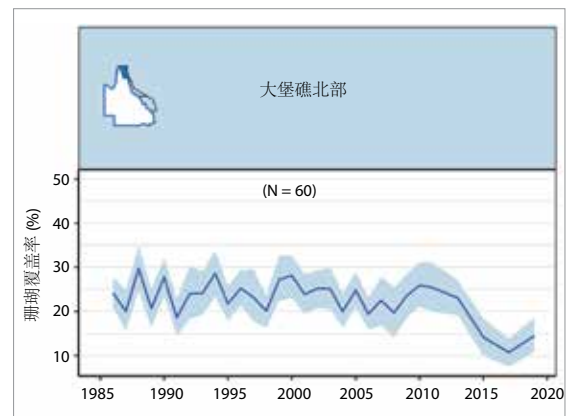


图 25. 基于截至2019年6月拖曳调查的大堡礁（GBR）北部平均硬珊瑚覆盖率趋势。N表示用于分析的礁石数；蓝色阴影表示95%的置信区间。注意：该地区的许多礁石并未经过定期的调查，且在2019年并非所有的近海礁石均可进行调查（来源：澳大利亚海洋科学研究所（AIMS））<sup>94</sup>

<sup>88</sup> Salem, H.S., 2011: Social, environmental and security impacts of climate change on the eastern Mediterranean. In: *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security: Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks* (Brauch, H.S., Spring, U.O., Mesjasz, C., Grin, J., Kameri-Mbote, P., Hourou, B., Dunay, P., Birkmann, J., eds.). Springer, 421-445.

<sup>89</sup> Gattuso, J.P. et al., 2015: Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions scenarios. *Science*, 349(6243), doi:10.1126/science.aac4722.

<sup>90</sup> Albright, R. et al., 2018: Carbon dioxide addition to coral reef waters suppresses net community calcification. *Nature*, 555, 516–519, doi:10.1038/nature25968.

<sup>91</sup> Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019: *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services – Summary for Policymakers*. Bonn, <https://ipbes.net/global-assessment>.

<sup>92</sup> Ripple, W. et al., 2019: World Scientists’ Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, 70(1), <https://doi.org/10.1093/biosci/biz088>.

<sup>93</sup> 澳大利亚海洋科学研究所（AIMS），2019：长期珊瑚礁监测计划 – 2018/19珊瑚礁状况年度摘要报告（查阅：<https://www.aims.gov.au/reef-monitoring/gbr-condition-summary-2018-2019>）。

<sup>94</sup> 同上。

## 案例研究：

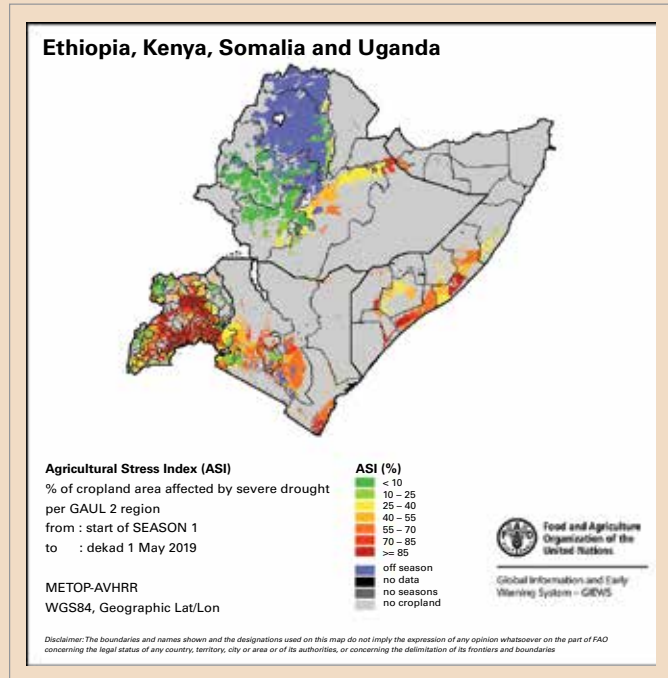
# 强烈气候冲击导致2019年大非洲之角粮食安全形势恶化和人口流离失所

Alessandro Costantino, Sarah Graf和 Oscar Rojas, FAO

由于气候极端事件、流离失所、冲突和暴力，2019年，大非洲之角一些国家的粮食安全形势显著恶化。例如2018年末至2019年末，索马里和肯尼亚受粮食安全影响的人口数量分别从160万增加至210万以及从70万增加至310万。到2019年末，估计大约有2220万人（埃塞俄比亚670万人、肯尼亚310万人、索马里210万人、南苏丹450万人<sup>95</sup>以及苏丹580万人）处于严重粮食不安全境况<sup>96</sup>，人数仅略低于2016-2017年间严重持久干旱期间的水平<sup>97</sup>。

非洲之角大部分地区在3月及4月的前20天一直异常干燥，累积降水量估计比平均值约低80%<sup>98</sup>。不利的天气条件，以及一些地区有记录以来最干燥的条件，影响到一些作物种植区，种植面积和产量下降（见下图）。在此类干燥条件下，秋粘虫害进一步限制了产量。

4月末和5月的降水量高于平均值，减小了水分亏缺并改善了植被状况。强降雨也降低了秋粘虫害的水平，但对一些地区的作物损害基本上不可逆转。索马里和肯尼亚东南部降雨不足的情况更为严重，且雨季通常比该地区其它国家的短，减产幅度最大。在索马里，2019年Gu季产量是1995年以来的最低值，比前5年的平均值约低60%。在肯尼亚中部、东南



部以及沿海的农牧区及边缘农业区，玉米产量估计比平均水平约低50%-60%。在牧区，特别是在索马里中部和北部、埃塞俄比亚东南部和肯尼亚大部分地区，3月和4月的异常干燥条件导致了牲畜体重严重下降和死亡率增加，以及牛奶产量的骤减<sup>99</sup>。2019年末，在肯尼亚、乌干达、索马里和埃塞俄比亚的大部分市场上，谷物价格极高，为上一年价格的两倍，因而限制了大部分人口获取粮食<sup>100</sup>。

2019年10月至12月短期Deyr雨季的特点是整个地区均出现了异常强降水，降雨总量是自1981年以来记录的最高或第二最高值，

图 26. 2019年5月大非洲之角的农业压力指数 (ASI)

<sup>95</sup> 8月在南苏丹开展的10月至12月粮食安全不安全预估没有考虑洪水的影响，因此，2019年末受粮食安全不安全影响的人数可能大大高于报告的估值。

<sup>96</sup> 联合国粮食及农业组织 (FAO)，2020: GIEWS 特别警报347: 数十年来最严重的沙漠蝗灾爆发威胁着东非粮食安全。罗马，<http://www.fao.org/3/ca7610en/ca7610en.pdf>。

<sup>97</sup> FAO 2019《粮食安全与农业预警和早期行动报告》(2019年10月-12月) 罗马，<http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/1239932/>。

<sup>98</sup> FAO，《作物前景与粮食形势》，2019年7月<http://www.fao.org/3/ca5327en/ca5327en.pdf>。

<sup>99</sup> FAO，《作物前景与粮食形势》，2019年9月<http://www.fao.org/3/ca6057en/ca6057en.pdf>。

<sup>100</sup> FAO，《粮食价格监测和分析公报》，2019年11月<http://www.fao.org/3/ca6996en/ca6996en.pdf>。



是长期平均值的**200%至400%**。东非外海海面的异常变暖是有记录以来最强的印度洋偶极子 (IOD) 事件之一的一部分, 与内陆的强降雨有关。虽然充沛的雨量对作物及牧场产生了积极影响, 但也造成了大范围的洪水及相关的生命损失、流离失所、作物受损和牲畜死亡, 主要是在索马里中部和南部、埃塞俄比亚东南部、肯尼亚北部和东部以及南苏丹。

气候极端事件对东非和非洲之角本已不稳定的生计造成了严重的额外威胁<sup>101</sup>, 这个地区有大量高度脆弱的社区, 至少有**7500**万人靠每天不足**1.9**美元的收入生活<sup>102</sup>。这个地区估计有**810**万人在国内流离失所, 其中至少有**180**万人是由于干旱而流离失所, 有**350**万人是避难者和难民<sup>103</sup>。气候和天气极端事件进一步迫使人们迁移, 寻求安全之所: 在索马里, **2019**年**1**月至**5**月, 干旱导致至少**6**万人流离失所<sup>104</sup>, 而**10**月和**11**月, 大范围的洪水另又造成**37**万人流离失所<sup>105</sup>。数千人逃往埃塞俄比亚, 而该国也面临着气候事件的不利影响, 包括流离失所。气候相关事件同样也在加剧流离失所的人们与收容他们的社区之间的紧张关系, 从而进一步加剧了社区内部的冲突。

受洪水袭击最严重的国家是南苏丹, 约有**90**万人受灾, 其中约有**42**万人流离失所。洪水导致的巨大作物损失, 尤其是在前北加扎勒河州、琼格莱州、上尼罗河州和瓦拉卜州, 一定程度上抵消了未受洪灾地区高产带来的增产和安全性提升。因此, 估计**2019**年的谷物总产量将高于低产量的**2018**年, 但低于**5**年平均产量<sup>106</sup>。洪灾地区报告了重大的牲畜损失。洪水造成的生计损害进一步加剧了本已严峻的粮食安全形势: 预估**9**月至**12**月有**454**万人 (几乎占总人口的**40%**) 处于粮食不安全境况, 但由于洪水, 当前的数字可能会显著上升<sup>107</sup>。

阿拉伯半岛失控的蝗虫繁殖以及东非异常的天气和气候条件导致非洲之角暴发**25**年来最严重的蝗灾以及肯尼亚**70**年来最严重的蝗灾。**2019**年末, 蝗灾暴发影响了埃塞俄比亚东部及索马里中部/南部; 到**2020**年**1**月, 蝗灾已扩散至肯尼亚北部, 预计到**2020**年**6**月将扩散至埃塞俄比亚南部和乌干达东北部以及南苏丹东部地区。像在肯尼亚出现的那样铺天盖地的蝗虫能够吃掉**8000**万人一天的粮食, 而受灾地区的作物和饲料会全部损失。预计蝗虫繁殖会持续至**2020**年**6**月, 而且“表明会对该地区的粮食安全和生计构成前所未有的威胁, 并会导致更大的苦难、流离失所和潜在冲突”<sup>108,109</sup>。

<sup>101</sup> 联合国人道主义事务协调办公室 (OCHA), 萨赫勒: 2018年人道主义要求和需求概述<https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Sahel%20HNRO%202018.pdf>, p.3。

<sup>102</sup> 基于世界银行的数据, 参见<https://data.worldbank.org/indicator>: 埃塞俄比亚、肯尼亚、南苏丹和乌干达的每日收入低于1.9美元 (2011 PPP) 的人口数乘以总人口数; 估值不含索马里的数据, 因为没有贫困率数据。

<sup>103</sup> 国际移民组织 (IOM), <https://displacement.iom.int/reports/region-move-%E2%80%94-mid-year-mobility-overview-january-june-2019?close=true>。

<sup>104</sup> IOM, <https://displacement.iom.int/reports/region-move-%E2%80%94-mid-year-mobility-overview-january-june-2019?close=true>。

<sup>105</sup> OCHA, <https://reliefweb.int/report/somalia/somalia-floods-update-un-ocha-noaa-echo-daily-flash-26-november-2019>。

<sup>106</sup> FAO 2020: 《粮食安全与农业预警和早期行动报告》, (2020年1月-3月), 罗马, <http://www.fao.org/3/ca7557en/ca7557en.pdf>。

<sup>107</sup> FAO 《作物前景与粮食形势》, 2019年12月<http://www.fao.org/3/ca7236en/ca7236en.pdf>。

<sup>108</sup> FAO <http://www.fao.org/emergencies/crisis/desertlocust/intro/en/>。

<sup>109</sup> FAO 2020. GIEWS特别警报347: 数十年来最严重的沙漠蝗灾爆发威胁着东非粮食安全, 罗马, <http://www.fao.org/3/ca7610en/ca7610en.pdf>和OCHA 2020: 非洲东部地区: 区域洪水与蝗灾暴发一瞥[https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/ROSEA\\_20200117\\_EasternAfrica\\_Flood\\_Snapshot\\_Jan2020\\_def.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/ROSEA_20200117_EasternAfrica_Flood_Snapshot_Jan2020_def.pdf)。

# 数据集参考文献

## 温室气体

世界温室气体数据中心

《WMO温室气体公报》, No.15, 2019年11月, <https://gaw.kishou.go.jp/>.

冒纳罗亚CO<sub>2</sub>:

Keeling, C. D. et al., 1976: Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii. *Tellus*, 28, doi:10.1111/j.2153-3490.1976.tb00701.x.

Dr Pieter Tans, US National Oceanic and Atmospheric Administration/Earth System Research Laboratory ([www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/)) and Dr Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography ([scrippsco2.ucsd.edu/](http://scrippsco2.ucsd.edu/)), University of California San Diego.

塔斯马尼亚格里姆角CO<sub>2</sub>:

格里姆角基线空气污染观测(CGBAPS), <https://www.csiro.au/en/Research/OandA/Areas/Assessing-our-climate/Latest-greenhouse-gas-data>

## 地表温度

HadCRUT:

Morice, C. P. et al., 2012: Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 dataset, *Journal of Geophysical Research*, 117, doi:10.1029/2011JD017187.

NOAAGlobalTemp:

Zhang, H.-M. et al., NOAA Global Surface Temperature Dataset (NOAAGlobalTemp), Version 5. NOAA National Centers for Environmental Information, doi:10.25921/9qth-2p70 [8 January 2020].

GISTEMP:

GISTEMP Team, 2019: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), version 4. NASA Goddard Institute for Space Studies, <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>.

Lenssen, N. et al., 2019: Improvements in the GISTEMP uncertainty model. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124 (12), doi:10.1029/2018JD029522.

ERA5

Hersbach, H. and al., 2019: The ERA5 global reanalysis. Under review at the *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*.

JRA-55

Kobayashi, S. et al., 2015: The JRA-55 reanalysis: General specifications and basic characteristics. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. Ser. II, 93(1).

## 碳预算

Friedlingstein, P. et al., 2019: Global Carbon Budget 2019, *Earth System Science Data*, 11, <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>.

## 臭氧

NASA OzoneWatch, <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>.

## 海洋热含量

Ishii, M. et al., 2017: Accuracy of global upper ocean heat content estimation expected from present observational data sets. SOLA 13, doi: 10.2151/sola.2017-030.

Cheng, L. et al., 2017: Improved estimates of ocean heat content from 1960 to 2015. *Science Advances*, 3(3), doi: 10.1126/sciadv.1601545.

Good, S. A. et al., 2013: EN4: quality controlled ocean temperature and salinity profiles and monthly objective analyses with uncertainty estimates. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118, doi: 10.1002/2013JC009067.

Levitus, S. et al., 2012: World ocean heat content and thermosteric sea level change (0–2000 m), 1955–2010. *Geophysical Research Letters*, 39, doi: 10.1029/2012GL051106.

Roemmich, D. and J. Gilson, 2009: The 2004–2008 mean and annual cycle of temperature, salinity, and steric height in the global ocean from the Argo Program. *Progress in Oceanography*, 82(2), <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.03.004>.

Hosoda, S. et al., 2008: A monthly mean dataset of global oceanic temperature and salinity derived from Argo float observations. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) Rep. Res. Dev., Volume 8, [http://www.jamstec.go.jp/ARGO/argo\\_web/ancient/MapQ/Hosoda\\_et\\_al\\_MOAA\\_GPV.pdf](http://www.jamstec.go.jp/ARGO/argo_web/ancient/MapQ/Hosoda_et_al_MOAA_GPV.pdf).

von Schuckmann, K. and P.-Y. Le Traon, 2011: How well can we derive Global Ocean Indicators from Argo data? *Ocean Science*, 7, <https://doi.org/10.5194/os-7-783-2011>.

## 海洋热浪

Hobday, A.J. et al., 2018: Categorizing and naming marine heatwaves. *Oceanography* 31(2), <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.205>.

## 最佳插值海面温度(OISST)

Banzon, V. et al., 2016: A long-term record of blended satellite and in situ sea-surface temperature for climate monitoring, modeling and environmental studies. *Earth System Science Data*, 8, doi:10.5194/essd-8-165-2016.

## 海平面

卫星海洋数据的归档、验证和解析(AVISO):

Legerais, J.-F. et al., 2018: An improved and homogeneous altimeter sea level record from the ESA Climate Change Initiative. *Earth System Science Data*, 10, doi: 10.5194/essd-10-281-2018.

哥白尼海洋环境监测服务机构(CMEMS):

Pujol, M.-I. et al., 2016: DUACS DT2014: the new multi-mission altimeter data set reprocessed over 20 years. *Ocean Science*, 12, doi: 10.5194/os-12-1067-2016, 2016.

Ablain, M. et al., 2017: Satellite altimetry-based sea level at global and regional scales. *Surveys in Geophysics*, 38, doi: 10.1007/s10712-016-9389-8.



Escudier, P. A. et al., 2017: Satellite radar altimetry: principle, accuracy and precision. In *Satellite Altimetry Over Oceans and Land Surfaces* (D. Stammer and A. Cazenave, eds).

## 海洋pH值

HOT夏威夷海洋时间系列

Adapted from: Dore, J.E. et al., 2009: Physical and biogeochemical modulation of ocean acidification in the central North Pacific. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106:12235-12240.

新西兰系列

<https://marinedata.niwa.co.nz/nzoa-on/>

Vance, J. et al., 2019: NZOA-ON: The New Zealand Ocean Acidification Observing Network. *Marine and Freshwater Research*, doi: 10.1071/MF19222.

## 海冰范围

OSI-SAF v2:

Lavergne, T. et al., 2019: Version 2 of the EUMETSAT OSI SAF and ESA CCI sea-ice concentration climate data records. *The Cryosphere*, 13, doi:10.5194/tc-13-49-2019, 2019.

EUMETSAT Ocean and Sea Ice Satellite Application Facility (OSI SAF), 2017: Global sea ice concentration climate data record v2.0, doi: 10.15770/EUM\_SAF\_OSI\_0008.

美国国家冰雪数据中心 (NSIDC):

Fetterer, F. et al., 2017: Sea Ice Index, Version 3. NSIDC, doi: <https://doi.org/10.7265/N5K072F8>. [4 February 2020].

## 冰川和冰盖质量平衡

世界冰川监测局 (WGMS):

世界冰川监测局 (2019): Fluctuations of Glaciers Database, doi:10.5904/wgms-fog-2019-12. Online access: <http://dx.doi.org/10.5904/wgms-fog-2019-12>.

## 降水

全球降水气候中心 (GPCC):

Ziese, M. et al., 2011: GPCC First Guess Product at 1.0°: Near-real-time first guess monthly land-surface precipitation from rain gauges based on SYNOP data, doi: 10.5676/DWD\_GPCC/FG\_M\_100.

Schneider, U. et al, 2018: GPCC Monitoring Product: Near-real-time monthly land-surface precipitation from rain gauges based on SYNOP and CLIMAT data, doi: 10.5676/DWD\_GPCC/MP\_M\_V6\_100, [http://dx.doi.org/10.5676/DWD\\_GPCC/MP\\_M\\_V6\\_100](http://dx.doi.org/10.5676/DWD_GPCC/MP_M_V6_100).

Schneider, U. et al., 2018: GPCC Full Data Monthly Product Version 2018 at 1.0°: Monthly land-surface precipitation from rain gauges built on GTS-based and historical data, doi: 10.5676/DWD\_GPCC/FD\_M\_V2018\_100.

## 极端指数

Schamm, K. et al., 2013: GPCC First Guess Daily Product at 1.0°: Near-real-time first guess daily land-surface precipitation from rain gauges based on SYNOP data, doi: [10.5676/DWD\\_GPCC/FG\\_D\\_100](https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/FG_D_100).

Ziese, M. et al., 2018: GPCC Full Data Daily Version.2018 at 1.0°: Daily land-surface precipitation from rain gauges built on GTS-based and historical data, doi: [10.5676/DWD\\_GPCC/FD\\_D\\_V2018\\_100](https://doi.org/10.5676/DWD_GPCC/FD_D_V2018_100).

## 野火

全球火灾同化系统 (GFAS)

Kaiser, J.W. et al., 2012 : Biomass burning emissions estimated with a global fire assimilation system based on observed fire radiative power. *Biogeosciences*, 9(1), <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/CAMS%3A+Global+Fire+Assimilation+System+%28GFAS%29+data+documentation>.

# 贡献方名单

## WMO会员

阿尔及利亚、阿根廷、亚美尼亚、奥地利、孟加拉、保加利亚、喀麦隆、加拿大、智利、中国、哥斯达黎加、科特迪瓦、克罗地亚、塞浦路斯、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、法国、格鲁吉亚、德国、希腊、几内亚、印度、印度尼西亚、伊朗伊斯兰共和国、爱尔兰、以色列、意大利、日本、约旦、哈萨克斯坦、肯尼亚、拉脱维亚、利比亚、卢森堡、北马其顿、马来西亚、摩尔多瓦共和国、摩洛哥、荷兰、新西兰、尼日利亚、菲律宾、波兰、俄罗斯、塞内加尔、塞尔维亚、新加坡、斯洛伐克、斯洛文尼亚、南非、西班牙、苏丹、瑞典、瑞士、塔吉克斯坦、坦桑尼亚、特立尼达和多巴哥、突尼斯、土耳其、乌克兰、英国、美国、WMO六区协区域气候中心（RCC）。

## 数据中心

全球降水气候中心（GPCP）；英国气象局哈德莱中心；美国国家海洋和大气管理局国家环境信息中心（NOAA NCEI）；欧洲中期天气预报中心（ECMWF）和哥白尼气候变化服务机构（C3S）；美国国家航空航天局戈达德空间研究所（NASA GISS）；日本气象厅（JMA）；WMO全球大气监视网（GAW）；NOAA国家海洋数据中心（NODC）；国家冰雪数据中心（NSIDC）；冒纳罗亚天文台；蓝碳倡议；香港天文台；泛北极区域气候展望论坛（PARCOF）；欧洲空间局（ESA）气候变化倡议（CCI）；哥白尼海洋环境监测服务机构（CMEMS）；卫星海洋数据存档、验证和判读（AVISO）；极地门户网站；伍兹霍尔海洋研究所物理海洋部；北极和南极研究所（AARI）；墨卡托海洋；全球海洋氧气网（GO<sub>2</sub>NE）；全球海洋酸化观测网（GOA-ON）；欧洲气象卫星开发组织（EUMETSAT）海洋和海冰卫星应用中心（OSISAF）；澳大利亚气象局；澳大利亚联邦科学和工业研究组织（CSIRO）海洋与大气研究所。

## 联合国机构

联合国粮食及农业组织（FAO）、联合国教育、科学及文化组织政府间海洋学委员会（IOC/UNESCO）、国际货币基金组织（IMF）、国际移民组织（IOM）、联合国贸易和发展会议（UNCTAD）、联合国环境规划署（UNEP）、联合国难民事务高级专员署（UNHCR）、联合国减少灾害风险办公室（UNDRR）、世界卫生组织（WHO）。

## 个人撰稿者

### 物理方面

Robbie Andrew (CICERO)、Lynette Bettio、Pep Canadell (CSIRO)、Anny Cazanave (法国 CNES地球物理和海洋空间研究实验室和南部-比利牛斯观象台)、Robert Dunn (英国气象局)、Pierre Friedlingstein (埃克塞特大学)、Karsten Haustein (英国牛津大学)、Peer Hechler (WMO)、Jennifer Howard (保护国际基金会)、Matthias Huss (瑞士弗里堡大学)、Kirsten Isensee (联合国教育、科学及文化组织政府间海洋学委员会)、Rob Jackson (斯坦福大学)、John Kennedy (英国气象局)、Rachel Killick (英国气象局)、Takuji Kubota、Yuriy Kuleshov、Toshiyuki Kurino、Lisa Levin (Scripps)、Patrick Magonigal (史密森尼环境研究中心)、Glen Peters (CICERO)、Corinne Le Quere (UEA)、Robert W Schlegel (美国伍兹霍尔海



洋研究所物理海洋部)、Katherina Luise Schoo (联合国教育、科学及文化组织政府间海洋学委员会)、Karina von Schuckmann (法国墨卡托海洋国际)、Vasily Smolyanitsky (俄罗斯北极和南极研究所)、Martin Stendel (丹麦气象局)、Oksana Tarasova (GAW WMO)、Tomoko Tashima Blair Trewin (澳大利亚气象局)、Freja Vamborg (ECMWF和C3S)、Pingping Xie Michael Zemp (瑞士)、Markus Ziese (德国气象局)。

## 气候相关风险和影响

Pierre Boileau (UNEP)、Alessandro Costantino (FAO)、Florence Geoffroy (UNHCR)、Sarah Graf (FAO)、Lorenzo Guadagno (IOM)、Dina Ionesco (IOM)、Kirsten Isensee (IOC-UNESCO)、Maarten Kappelle (UNEP)、Isabelle Michal (UNHCR)、Lev Neretin (FAO)、Oscar Rojas (FAO)、Pinya Sarasas (UNEP)、Jeremy Schlickerieder (FAO)、Joy Shumake-Guillemot (WHO/WMO)

## 其他撰稿人

Sandra Amlang (UNDRR)、Diarmid Campbell Lendrum (WHO)、Atsushi Goto (JMA)、Katherine Hill (GCOS/GOOS)、Clare Nullis (WMO)、Wilfran Moufouma Okia (WMO)、Mxolisi Shongwe (IPCC秘书处)、Michael Sparrow (WCRP)、Yanchun Zhang (UNCTAD)、Zinta Zommers (UNDRR)、Peter Bissolli (DWD)。

欲获得更多信息, 请联系:

## 世界气象组织

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211

Geneva 2 – Switzerland

秘书长办公厅

战略传播办公室

电话: +41 (0) 22 730 83 14 – 传真: +41 (0) 22 730 80 27

电子邮件: [cpa@wmo.int](mailto:cpa@wmo.int)

[public.wmo.int](http://public.wmo.int)