

WMO2015年 全球气候状况声明

共同致力于天气、气候和水



世界气象组织

WMO-No. 1167

目录

- 前言 3
- 引言 4
- 关键发现. 5
 - 温度 5
 - 降水和积雪 6
 - 海洋 7
 - 厄尔尼诺 8
 - 冰冻圈 9
 - 温室气体 10
 - 区域极端事件 11
 - 非洲 11
 - 亚洲 14
 - 南美洲 15
 - 北美洲、中美洲和加勒比地区 16
 - 西南太平洋 17
 - 欧洲和中东 18
 - 热带气旋 19
 - 臭氧消耗物质 20
- 海洋热含量增加表明全球变暖没有减速 22

有记录以来最暖的年份，
比1961-1990平均水平高**0.76**摄氏度。

1°

比工业化前时期上升，接近**2°C**极限的一半

2015

厄尔尼诺

有记录以来最强之一，与人类活动造成的气候变化一起，造成全球温度达到新高

极端事件

热浪、干旱、洪水、强热带气旋

400 ppm

二氧化碳浓度打破
北半球春季的标志水平

温室气体排放造成海洋中能量过高；
2000m以下全球海洋热含量创纪录

93%

前言

世界气象组织(WMO)的职责之一是提供与天气、气候和水相关的权威信息,所以WMO每年都会评估全球气候状况。过去20多年这些评估以联合国6种官方语言出版,为各国政府、国际机构和其他WMO伙伴提供全球气候趋势、国家和区域层面的极端和显著天气和气候事件信息。

2015年将在全球气候史上创下很多记录。2015年打破了现代高温记录:这是全球和许多国家有记录以来最热的一年。热浪在全球各地都非常强烈,导致印度和巴基斯坦数千人因此死亡。创记录的极端降水造成洪水,影响了南美洲、西非和欧洲的数万人。南部非洲和巴西降水偏少,加剧了多年的干旱。2015年后半年的强厄尔尼诺现象造成了2015年的许多天气和气候事件。需要我们做的工作还很多,但国际合作、近实时资料分享和归因科学的进步开始使人们有可能理解厄尔尼诺等自然气候变化和人类活动引起的气候变化所发挥的作用。

从更积极的方面看,联合国气候变化框架公约的各缔约方12月通过了突破性的巴黎协议。世界各国政府一致同意采取行动,减少大气温室气体排放。他们将致力于将全球平均升温控制在比工业革命前水平高2摄氏度以下,并努力将升温限制在1.5摄氏度。巴黎协议增强了人们的希望,即国际社会保护地球的努力将加快,从而避免气候系统达到临界点。然而,未来几十年气候变暖将继续,灾害将持续增多。这表明除了投资减缓外,还必须投资适应。适应气候变化后果最有效的方法之一是加强灾害预警和气候服务。

WMO致力于进一步加强天气和气候服务和相关研究。但除了推动科学进步,WMO认识到发展支持气候抗御能力和适应能力的业务气候服务的需求。全球大约70个国家现不具备其所需的能力,无法生成和应用具有所需服务时效性和质量的气候信息和预报。全球气候服务框架正在协助最不发达国家、小岛屿发展中国家和其他脆弱国家加强本国的气候和气象能力。WMO也正在与其合作伙伴通过多灾种早期预警系统、基于影响的预报和以风险为依据的预警,共同帮助各国抵御气候风险。

我想借此机会感谢WMO会员国的国家气象和水文部门、世界各地的国际和区域资料中心和机构以及气候专家,他们秉承最高的科学标准为撰写本年度声明的内容作出了贡献。

WMO欢迎会员就如何进一步改进全球气候状况年度声明报告提出建议,包括就巴黎协议、仙台减灾框架和联合国可持续发展目标(SDG)的新要求提出建议。



(佩蒂瑞·塔拉斯)
秘书长

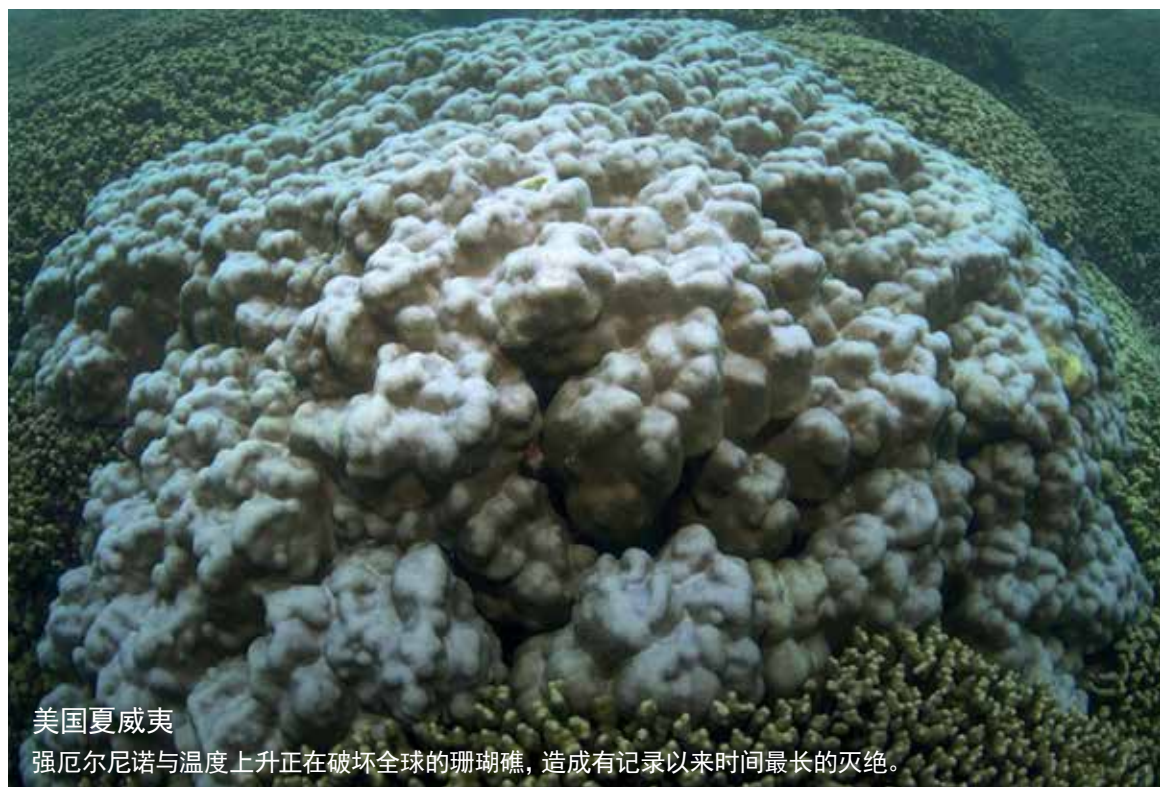
引言

WMO 2015年全球气候状况声明包括了气候系统的许多方面，如大气和海洋状况、厄尔尼诺、冰雪圈、温室气体浓度、区域极端事件、热带气旋和臭氧消耗。该报告采用了各WMO计划和各联合发起的计划采集的现场和空间观测结果以及数值客观分析。这些观测值即已由全球气候观测系统(GCOS)所定义的基本气候变量(ECV)。

支撑这一评估的国际资料集由与WMO合作的先进的气候资料、监测和研究中心维护。此外，还通过一份专门的WMO问卷直接收集了会员国的资料和气候信息。全球温度分析结合了由英国气象局哈得莱中心和英国东英吉利大学气候研究所(Had-CRUT)、NOAA国家环境信息中心(NCEI)以及美国国家航空和航天局戈达德空间研究所(NASA/GISS)维护的三大国际资料

集。WMO的分析还采用了欧洲中期天气预报中心(ECMWF)和日本气象厅(JMA)的再分析资料。全球降水量资料由德国全球降水气候中心(GPCC)提供。

国家温度距平的评估使用通过WMO问卷直接从会员收集的资料。本出版物中使用的社会经济影响资料基于直接由各国提供的报告或来自权威的联合国来源。同行评审过程涉及国际气候专家、从事气候产品的区域机构和国家气象水文部门(NMHS)的专家。在某些情况下需要与国家联络人交叉审核，以验证或更新来自全球来源的信息。



美国夏威夷

强厄尔尼诺与温度上升正在破坏全球的珊瑚礁，造成有记录以来时间最长的灭绝。

NOAA

关键发现

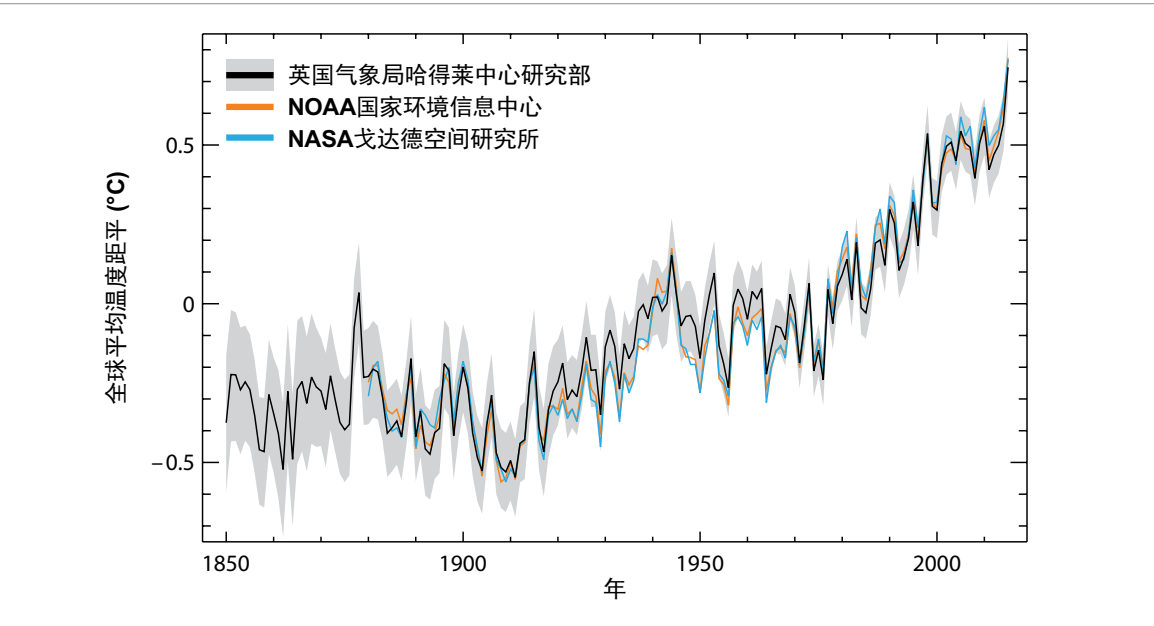


图 1.1850–2015年
全球年平均温度距平
(相对于1961–1990
年)。黑线和阴影区来
自英国气象局哈得莱
中心和东英吉利大学
气候研究所合作制作
的HadCRUT4分析结果。
灰色阴影区表示预
估值的95%信度区间。
橙色线是美国国家海
洋和大气管理局国家
环境信息中心 (NOAA
NCEI) 制作的NOAA
全球温度数据集。蓝
线是美国国家航空和
航天局戈达德空间研
究所(NASA/GISS) 制
作的GISTEMP数据
集。(来源：英国气象
局哈得莱中心和英国
东英吉利大学气候研
究所)

温度

2015年，长期上升的全球气温 – 主要由人类排放的温室气体造成-与正在进行的厄尔尼诺现象的影响相结合，导致了创记录的全球高温。

根据WMO(图1)分析的资料源¹，2015年全球平均近地表气温是有记录以来最高的，与以往平均气温有明显的差值。2015年全球平均温度大约比1961-1990年平均水平高 $0.76\pm0.09^{\circ}\text{C}$ ，比1850-1900年时期高约 1°C 。1850-1900年时期的不确定性较大，较难估计。

这些估计依据的是陆地气象站收集的气温资料、志愿观测船队海上船舶以及漂移和系泊浮标测量的海面温度。这些资料由日本气象厅所进行的分析证实。

¹英国气象局哈得莱中心和东英吉利大学气候研究所研发的(两个机构都位于英国)HadCRUT4.4.0.0；国家海洋大气管理局国家环境信息中心(美国)研发的GISTEMP；由美国国家航空和航天局戈达德空间研究所(美国)研发的NOAA-GlobalTemp

全球平均气温也可以使用再分析结果进行估计。再分析会使用现代天气预报系统结合许多不同仪器的历史观测资料，从而得出天气和气候的综合记录。调查了两项长期再分析：欧洲中期天气预报中心的ERA-临时再分析和日本气象厅的JRA-55再分析。对这两种再分析所作的中心估计表明2015年是近地表温度有史以来最高的一年。

全球平均陆地温度显示2015年是历史上陆地温度最高的年份之一(2005年、2007年和2010年温度大致相当)。2015年全球平均海面温度与2014年相当。陆地和海洋的高温结合起来使2015年的温度整体创造了记录。

在观测的大多陆地区域有显著的变暖(图2)。南美、非洲、欧洲大部分地区、东北欧亚大陆、中东和北美洲的西部地区的大面积区域温度尤其高。亚洲和南美洲的温度是有记录以来最高的。2015年是俄罗斯联邦有记录以来最暖的一年，比1961-1990年的平均水平高 2.16°C 。中国的温度也是有记录以来最高

图 2.HadCRUT4数据集中2015年近地表面平均温度距平(与1961-1990年平均值的温度差)(来源: 英国气象局哈得莱中心)

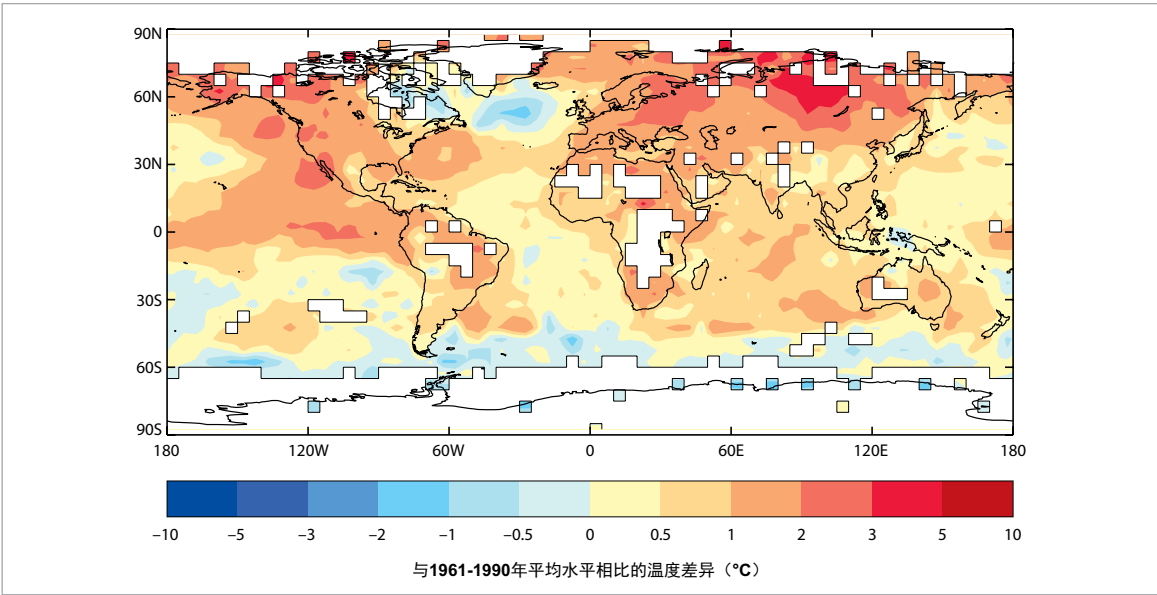


图 3.在基准期一些区域出现降水量最少的年份20%(棕色)和降水量最多的年份20%(绿色), 这些区域的年降水总量表示为1951-2010基准期的百分位, 其中棕色和绿色的阴影区域分别表示的是降水量最少的10%和降水量最多的10%。(来源: 德国气象局全球降水气候中心)

的(至少自1961年以后), 其中10个省份出现了创记录的高温。2015年是欧洲温度第二高的一年(仅次于2014年), 或最高的一年, 其中对一些国家来讲, 2015年是温度最高的一年(爱沙尼亚、芬兰、西班牙)或温度最高的3年之一(德国、法国、斯洛文尼亚、摩尔多瓦、匈牙利、塞尔维亚)。2015年是非洲和大洋洲有记录以来温度第二高的年份。

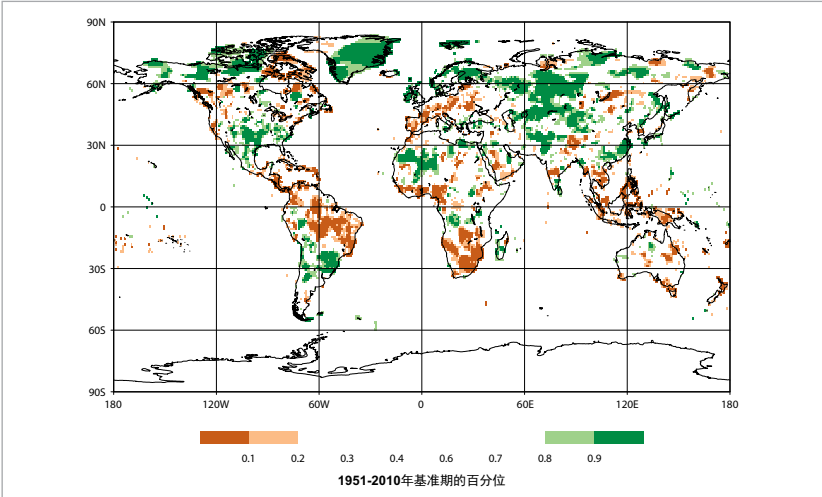
从全年平均情况来看, 很少有陆地区域有很强的低温。温度显著低于平均水平的区域之一是

南极, 南半球环状模(SAM)的正相持续数月。在SAM的正相, 西风加强, 向南极收缩, 造成南极东部大部分地区变冷, 南极半岛变暖。从10月份开始到年底SAM指数的极值开始下降, 南极的温度相对于平均值开始上升。北美的东北一些地区2015年的温度低于历史平均温度。

降水和积雪

典型年份降水的分布在区域和局地尺度呈现高差异性, 2015年也不例外。极端降雨在一些情况下造成洪水和干旱, 影响了世界上许多区域, 以下关于区域极端事件的内容更详细地说明了极端降雨和相关的影

响。从全年来看(图3), 经历了异常强降雨的区域包括: 美国、墨西哥、秘鲁、智利北部、玻利维亚大部、巴拉圭、巴西南部、和阿根廷北部、欧洲北部和东南部、中亚部分地区、中国东南部、巴基斯坦一些地区、阿富汗。另一方面, 干旱的地区包括中美洲和加勒比地区、南美洲东北部、包括巴西、欧洲中部和南部的部分地区、东南亚

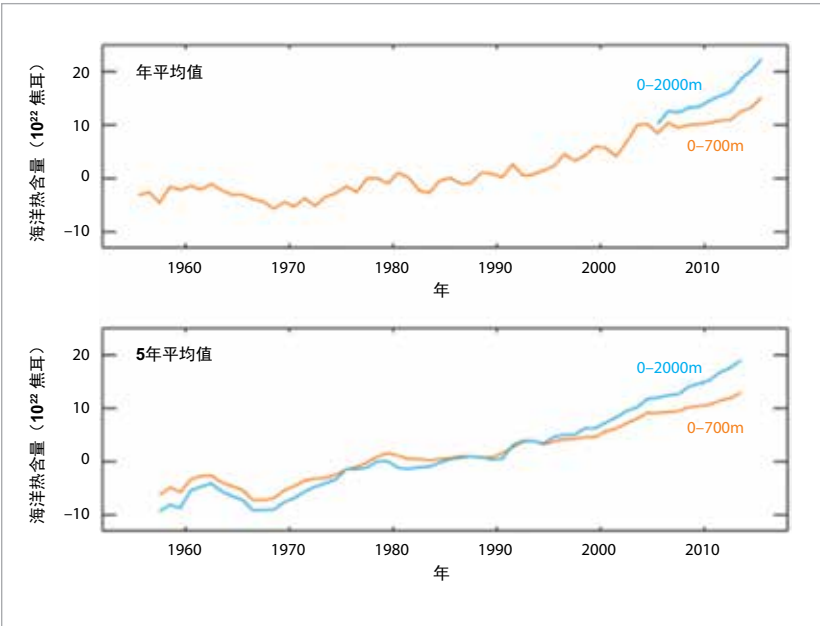
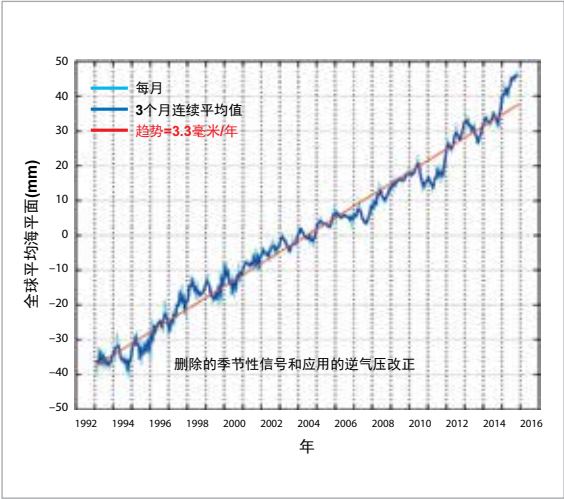


部分地区、印尼和非洲南部。尽管长期积累非常重要，但这种积累会掩盖短期总量的巨大变化。

根据罗格斯积雪实验室的研究，春季北半球的积雪范围为2850万平方公里，低于长期平均水平，是有记录以来的第八低。北美的春季积雪范围是有记录以来第四低的。然而，2月美国大量暴风雪影响了东北部。马萨诸塞州、波士顿和伍斯特的月降雪和冬季降雪是有记录以来最高的。波士顿2月降雪为164.6cm，比该市正常情况下整个冬季的降雪都多。

海洋

海洋上的大片区域都经历了显著的变暖。正如所预计的，厄尔尼诺期间热带太平洋比平均水平更加温暖，赤道太平洋中部和东部温度比平均水平高1℃(图2)。太平洋中北部、印度洋大部、大西洋北部和南部的许多地区都有明显的高温。格陵兰南部和大西洋西南部偏远地区显著低于平均温度。南大洋(大致60°S以南)的其他区域的温度低于平均水平。但是很多情况下在气候学期间(1961至1990年)资料很少，无法有效估计目前异常的显著程度。



2015年，海洋上层700米(图4)和2000米的海洋热含量都达到历史水平。正在使用Argo浮标进行深度为2000米的常规温度测量。关于海洋热含量的更多细节和背景请见精选文章：海洋热含量增加表明全球变暖没有减速。

海平面由卫星以及传统的验潮仪测量。从卫星高度计对全球海平面的最新估计(图5)表明2015年1月到11月的全球平均海平面是卫星记录史上最高的，同时验潮仪估计海平面呈长期上升趋势，这是自一个多世纪以前开始有全球记录以来最高的水平。

尽管全球平均海平面在2015年达到了创记录了水平，但并不是海洋的各个区域都如此。正如人们预计在厄尔尼诺期间可能出现的那样，西热带太平洋的每月平均海平面比正常值低。2015年下半年，在以下区域观测到了约-10cm的负海平面距平：马绍尔群岛、密克罗尼西亚联邦和巴布亚新几内亚。距平比1997/1998年厄尔尼诺期间观察到的要小。与此相反，作为厄尔尼诺现象的影响之一，沿日界线赤道东部的海

图 4.海洋(顶部)上层700米(橙色)和上层2000米(蓝色)的年平均海洋热含量，以及5年平均海洋热含量(底部)。2000米的年平均值仅从2005年起，因从这时起才由Argo阵列每年或更频地提供2000米深处的近全球覆盖。(来源：资料源自美国NOAA/NESDIS/NODC海洋气候实验室，由Levitus等(2012)更新)

图 5.1993年至2015年11月全球平均海平面变化，资料中删除了年周期；每月值用淡蓝色表示，三个月平均值用深蓝色表示，简单的线性趋势用红色表示。(来源：澳大利亚联邦科学与工业研究组织)

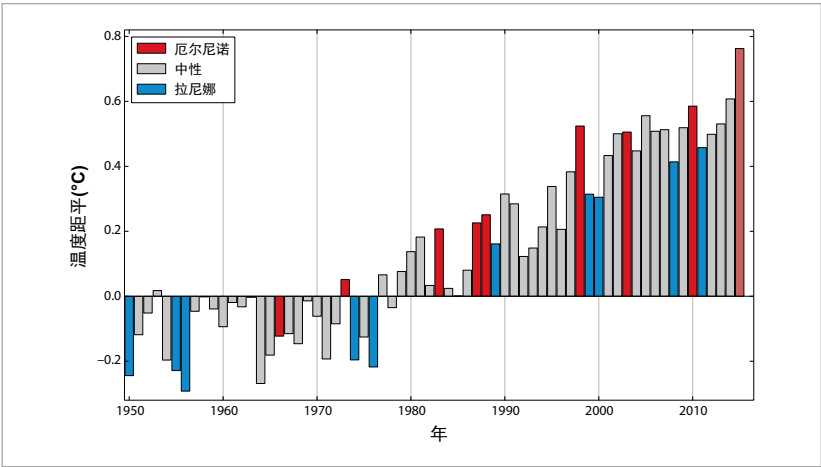


图 6.根据三个全球温度数据集得出的全球年平均温度距平(与1961-1990年平均值的差)。彩色条表示的是受厄尔尼诺(红色)和拉尼娜(蓝色)影响的年份,以及未受较强影响的年份(灰色)。淡红色条表示的是2015年。(来源:英国气象局哈得莱中心和英国东英吉利大学气候研究所)

平面高于平均水平。

厄尔尼诺

热带太平洋表层水温度的变化与大气反馈相结合,造成了厄尔尼诺 - 南方涛动(ENSO)两个不同的阶段:厄尔尼诺和拉尼娜现象。在厄尔尼诺期间,东部热带太平洋的海面温度高于平均水平。这会导致盛行信风减弱或逆转,其作用会加强表面变暖。ENSO是年度全球气候变

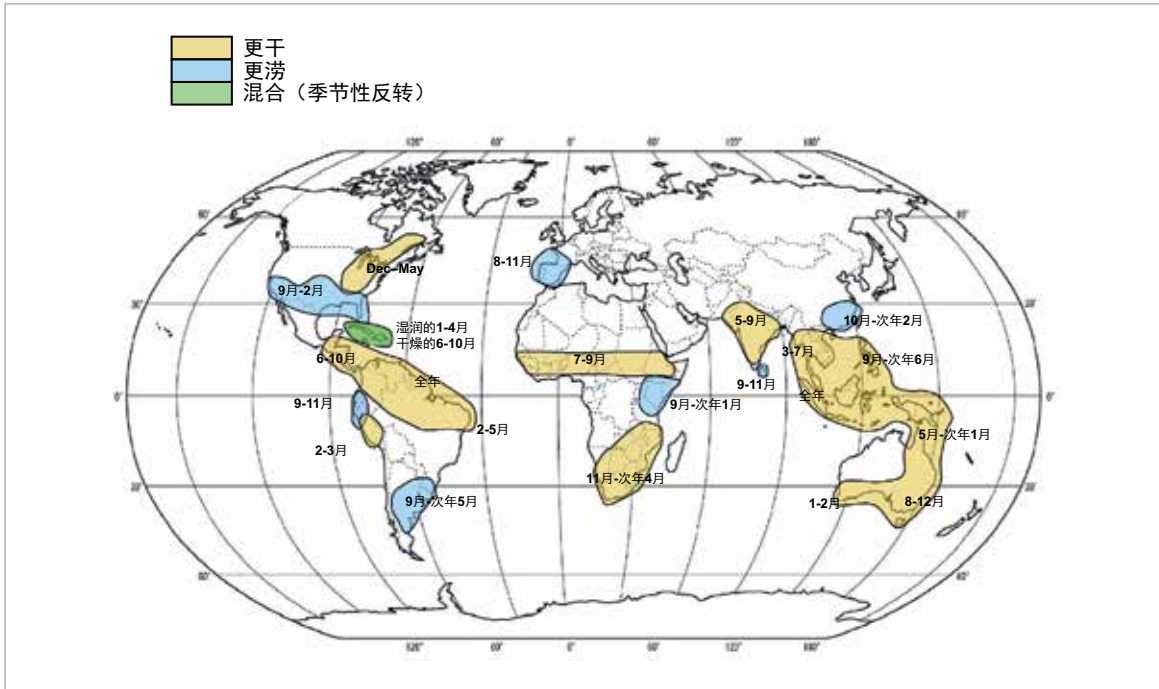
化主导模态。厄尔尼诺现象会影响全球大气环流,改变世界各地的天气型态,并暂时升高全球气温。

2015年东中部太平洋海面温度升高,超过了北半球春季典型的厄尔尼诺阈值。大气指标也表明厄尔尼诺正在发展,例如塔希提岛和达尔文之间存在压力差,日界线附近对流增强,信风削弱或逆转。厄尔尼诺不断加强,在12月达到高峰。在高峰期,一些关键区域的海表温度与1997/1998和1982/1983特强厄尔尼诺中的记录相似,虽然2015年出现峰值海面温度距平位置更为向西。

厄尔尼诺现象影响世界许多地方的降雨和天气型态。虽然任何一次厄尔尼诺现象的细节各有不同,但当发生强厄尔尼诺现象时,可能会有一定的型态反复发生。

厄尔尼诺通常与地表和对流层(图6)较高的全球温度相关。然而,热带太平洋变暖和其对全

图 7.厄尔尼诺期间的降水距平,基于以往厄尔尼诺事件中出现的历史速率(来源:摘自英国气象局哈得莱中心)



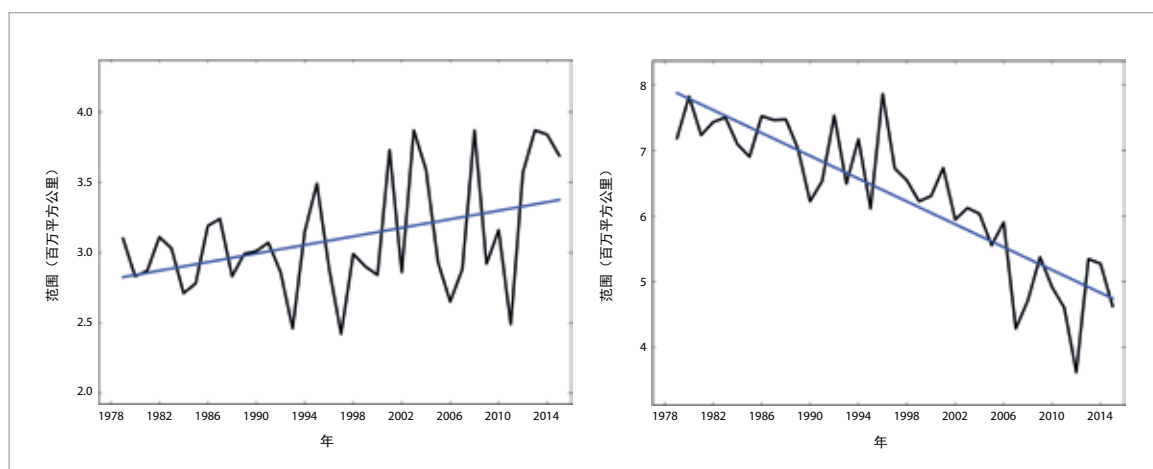


图 8.1979-2015年南半球2月月海冰范围(顶部)以及北半球9月月海冰范围(底部)(来源: 美国NOAA国家冰雪资料中心)

球气温的影响之间会有时间差,而且对流层的时间差比地表的时间差更长。尽管全球地表温度可能已经受2014年下半年接近厄尔尼诺的状况影响略微上升,到2015年强厄尔尼诺对全球温度的全面影响可能在厄尔尼诺的峰期之后还会继续。

图7为厄尔尼诺期间典型的降水异常型态的示意图。图3为2015年观测到的降水距平。以下区域观测到了与厄尔尼诺相一致的少雨现象:中美洲到巴西北部、非洲南部、东南亚、大洋洲和澳大利亚东部大部分地区。印度季风降雨也低于平均水平。降水高于平均的区域包括巴西南部/阿根廷北部和美国南部地区。

此外,厄尔尼诺现象影响热带气旋的形成和发展,抑制飓风在北大西洋的形成,促进北太平洋东部的飓风和台风的形成,这与2015年观测到的情况一致(见热带气旋部分)。

冰冻圈

在北半球,北极海冰范围的季节性周期高峰通常在3月出现,最低值通常在9月出现。20世纪70年代末开始有连续的卫星记录后,季节周期内的海冰范围总体是下降的。2015年的日最大

范围为发生在2月25日,为1454万平方公里,是有记录以来最低的,比1981至2010年平均值低110万平方公里,比2011年出现的上一次最低值低13万平方公里。9月11日出现了最低的海冰范围,为441万平方公里,这是卫星记录中第四低的值(图8)。12月30日,异常温暖的空气北移到极地地区。因此北极附近的一个浮标气象站12月30日记录到了短暂出现的冰点以上的温度0.7℃。

在南半球,南极海冰范围的季节性周期通常在9月或10月达到高峰,而在2月或3月达到最低。2015年10月6日记录了日最高海冰范围,为1883万平方公里。这是卫星记录中第16高的



NOAA

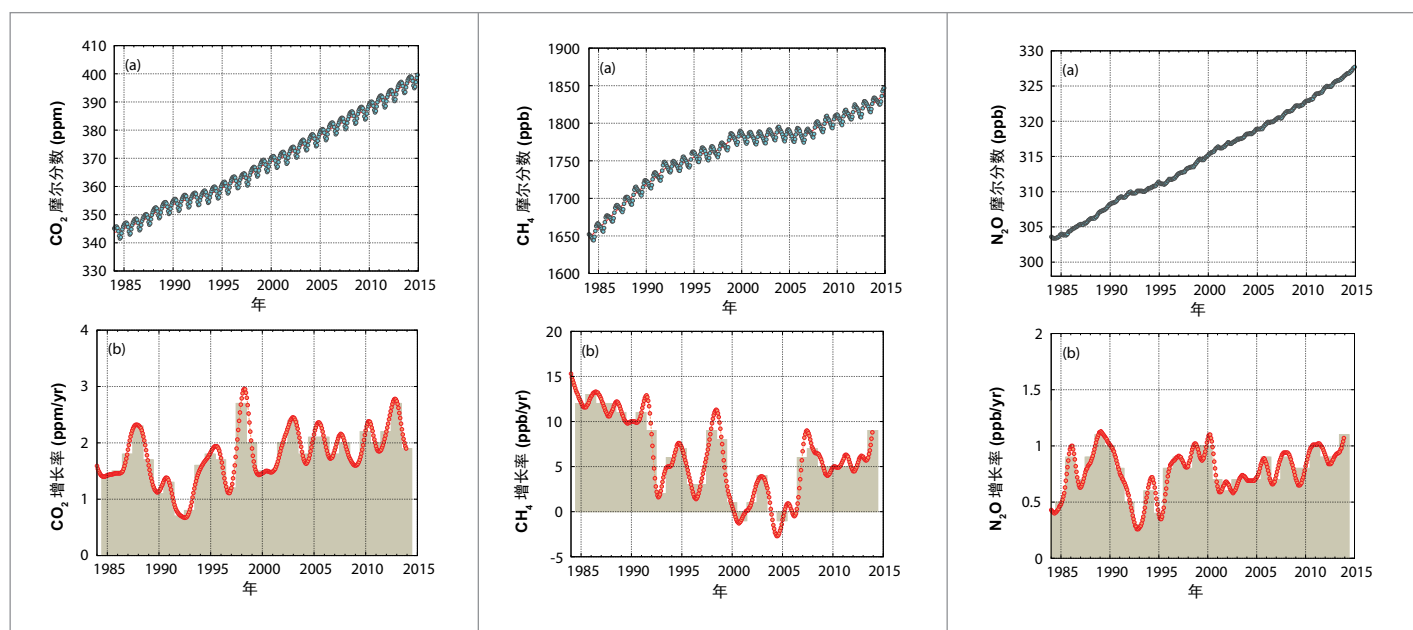


图 9. 上面一排显示的是 1984 至 2014 年 CO_2 (ppm) (左)、 CH_4 (ppb) (中间)、 N_2O (ppb) (右) 的全球平均摩尔分数(浓度单位), 下面一排是其增长率; 图底部一排的条柱显示的是年平均增长率

最大范围, 比 2014 年有记录以来的最大范围低 133 万平方公里。最低范围于 2 月 20 日记录到, 为 358 万平方公里, 这是有记录以来第四高的夏季最低范围, 比 2008 年的记录低 17 万平方公里。相比于长期趋势南极海冰最低范围的年际变率较大; 过去五年里出现了有记录以来第二高(2013 年)和第三低(2011 年)的月度记录。年初南极日海冰面积达到或接近记录水平, 但 8 月该范围变为接近长期平均水平。对自 1979 年以来观测到的南极海冰范围长期增长的科学认识只有低信度。

格陵兰岛 2015 年总的夏季融化范围面积是有记录以来第十一高的(自 1978 年起), 比 1981 至 2010 年平均水平大约高 85000 平方公里, 这高于长期平均水平, 但在过去十年内并不罕见。2012 年的总夏季融化面积是有记录以来最高的, 比 1981 年至 2010 年的平均水平高 300000 平方公里。在丹麦气象局的格陵兰峰站, 冬、春、夏季温度均低于平均水平。8 月 28 日出现了创记录的 8 月最低温度 -39.6°C 。10 月 24 日记录的最低温度 -55.2°C 与 2007 年 10 月 31 日

出现的创记录低温持平。

温室气体

WMO 全球大气监测网(GAW)计划对 2014 年的观测资料作的最新分析(温室气体的全面报告时间上要滞后一年)表明, 二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)和一氧化二氮(N_2O)的全球平均摩尔分数在 2014 年创下新高(图 9)。2014 年全球平均 CO_2 摩尔分数达到 $397.7 \pm 0.1 \text{ ppm}^2$, 为工业化前水平的 143%。2013 年至 2014 年的年均增长为 1.9 ppm, 接近过去 10 年的平均年均增长, 比 20 世纪 90 年代的平均增长率($\sim 1.5 \text{ ppm/年}$)更高。NOAA 的初步资料显示 2015 年 CO_2 持续以 3.01 ppm/年的创记录速度增长。2003 年至 2013 年的大气二氧化碳增长相当于人类排放二氧化碳的约 45%, 其余部分被海洋和陆地生物圈移除。

由于人为源排放增加, 大气甲烷在 2014 年达到了 $1833 \pm 1 \text{ ppb}$ 的新高, 为工业化前水平的

² ppm: 百万分率; ppb: 十亿分率

254%。2014年全球平均 N_2O 摩尔分数达到 327.1 ± 0.1 ppb, 比2013年水平高1.1ppb, 为工业化前水平(270 ppb)的121%。从2013年至2014年的年度增长高于过去10年的平均增长速度(0.87 ppb/年)。

NOAA的年度温室气体指数显示1990年至2014年的长寿命温室气体辐射强迫增加了36%, 二氧化碳占这一增长的80%左右。自工业化前时代以来, 所有长寿命温室气体总辐射增加达到了 $+2.94\text{W/m}^2$ 。所有长寿命温室气体总辐射强迫相当于481 ppm的二氧化碳当量摩尔分数。

区域极端事件

世界上发生了大量极端事件, 很多情况下造成了破坏和伤亡(图11)。本节简要说明了本年度各个区域发生的高影响天气和气候事件。

非洲

2015年春季, 南非的最高温度被屡次刷新。10月27日, 弗雷登达尔温度为 48.4°C , 为南非记录中的最高。11月初热浪还在延续, 比勒陀

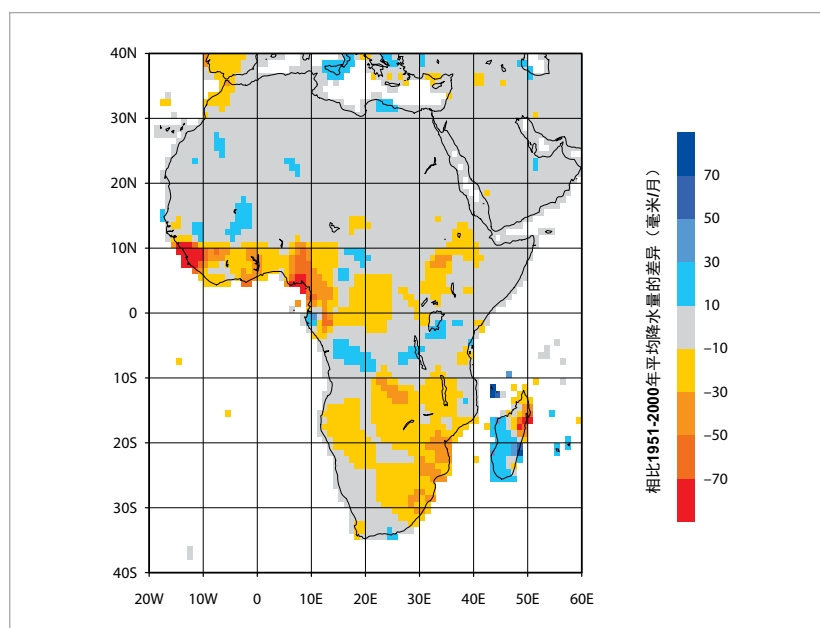


图 10.2015年非洲年降水距平(单位: mm/月)(与1951-1990年平均值的差)(来源: 德国全球降水气候中心)

利亚的温度为 40.3°C , 约翰内斯堡的温度为 36.5°C , 均为这些站点有记录以来的最高温度。

高温影响了北非的许多地方。摩洛哥5月份一些站点出现了新的温度记录, 7月份的极端高温导致柑橘类水果产量降低了近50%。埃及卢克索7月份的最高温度达到了 47.6°C 。西非的布基纳法索和尼日尔5月异常温暖, 很多地方的温度比平均值高 3°C 。

今年2月, 大雨影响了北非。摩洛哥胡塞马的正常月降雨量为36毫米, 2015年2月份为206毫米, 仅2月18日24小时内的降雨量就达88毫米。9月强降雨也袭击了利比亚西部沿海地区, 索曼24小时内的降雨达90毫米(该地月平均降雨为8毫米), 导致山洪暴发。从9月到年底, 摩洛哥遭受严重旱情。

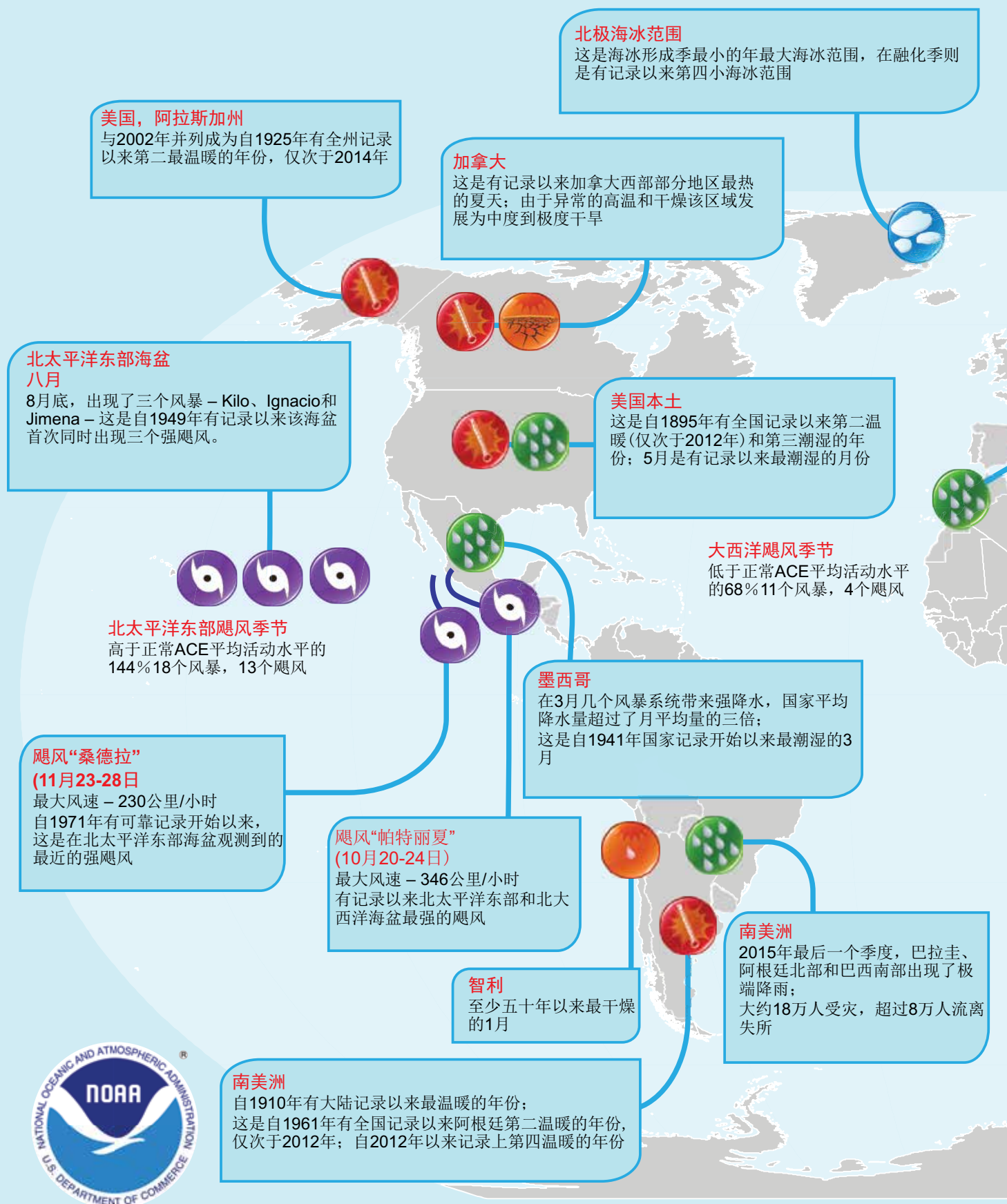
季风在西非造成了很强的洪涝。大雨引发了7月和8月的洪水, 影响了布基纳法索约21000人。在尼日尔, 尽管全年(图10)降雨接近长期平均



利比亚, 的黎波里
大雨淹没了首都的几条主要街道

图 11. 2015年的气候极端事件

(来源: 地图和信息由美国NOAA国家气候数据中心提供, <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc>)



欧洲

这是整个欧洲有记录以来第二温暖的年份，仅次于2014年；这是以下国家排列前五的最温暖年份：西班牙和芬兰（最温暖年份）；奥地利和德国（第二温暖的年份）；法国（第三温暖的年份）；荷兰（第五温暖的年份）；5月和9月期间该大陆发生了热浪

亚洲

该大陆大部分区域都出现了大幅高于平均温度的情况；这是自1910年有大陆记录以来最温暖的年份；这是俄罗斯有记录以来最温暖的年份；这是中国香港有记录以来最温暖的6月至8月

摩洛哥和利比亚

在马拉喀什，8月6日1小时内的降水量就超过月平均降水量的13倍；9月24日，利比亚西部沿海地区发生强降雨，索曼24小时内的降雨量超过90mm，导致暴雨

印度和巴基斯坦

印度发生严重热浪(5月20-30日)，一些地方的温度高达47°C，大约2500人死于热浪；在巴基斯坦南部，极端高温期间(6月17-24日)超过1600人为此丧命

中国

5月至10月的强降雨引发洪水，7500万人受灾；中国南方省份40年来最潮湿的5月

西太平洋台风季节

高于平均水平的活动
27个风暴，18个台风

气旋“查帕拉”

(28 十月-4 十一月)

最大风速 – 250公里/小时
有记录以来第一次登陆也门的强飓风风暴(沙佛-辛普森等级中的1类)

非洲

自1910年有大陆记录以来第二温暖的年份，仅次于2010年

北印度洋气旋季节

接近平均水平的活动
4个风暴，2个气旋

印度洋西南部气旋季节

接近平均水平的活动
10个风暴，4个气旋

澳大利亚气旋季节

接近平均水平的活动
9个风暴，7个气旋

太平洋西南部气旋季节

接近平均水平的活动
8个风暴，5个气旋

印度尼西亚

干燥条件和严重的森林大火

澳大利亚

自1910年有全国记录以来第五温暖的年份；10月异常的高温，成为有记录以来距平最大的一个月

南非

有记录以来最干旱的日历年份

南极海冰范围

这是海冰形成季第十六大的年最大海冰范围，在融化季则是有记录以来第四大最小海冰范围

图 12. 2015 年 5 月 24-30 日期间的最高温度 (来源: 美国 NOAA, Climate.gov 基于印度气象局提供的内插气象站资料)

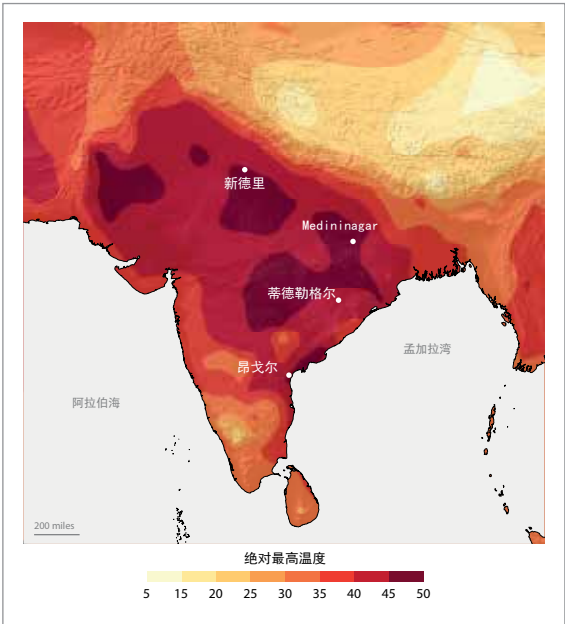
值, 但许多站点在一天内记录了超过100毫米的强降雨, 引起的洪水造成25人死亡。暴雨和洪水也影响了冈比亚和马里。

南部的坦桑尼亚3月、5月和11月遭受了暴雨和洪水。发生了一些极端降雨事件, 日降雨量打破了记录, 造成50多人死亡。西南印度洋上的毛里求斯6月的降雨量为1976年以来的最高月份。该国6月总降雨量为长期平均水平的180%。马拉维、莫桑比克和津巴布韦1月份发生了强降雨, 造成了洪水。

从平均值来看, 2014年7月至2015年6月是南非自1991/1992年以来最干旱的季节, 是自1932年/1933年以来第三干旱的季节。到夏季结束, 长期干旱严重影响了玉米、甘蔗和高粱的收成。2015年全年是有记录以来最干旱的年份。

亚洲

2015年强热浪影响了印度次大陆。5月23日至26日间, 奥里萨邦、特兰伽纳和沿海的安得拉邦一些站点的温度约为47.0°C(图12)。印度共有约2500人因高温死亡, 仅南部特兰伽纳和安得拉邦就有大约2000人因高温死亡。6月17日至24日, 高温袭击了巴基斯坦南部, 温度超过了40°C。卡拉奇有1400多人因高温死亡, 信德省其他地区有约200人死亡。虽然印度次大陆



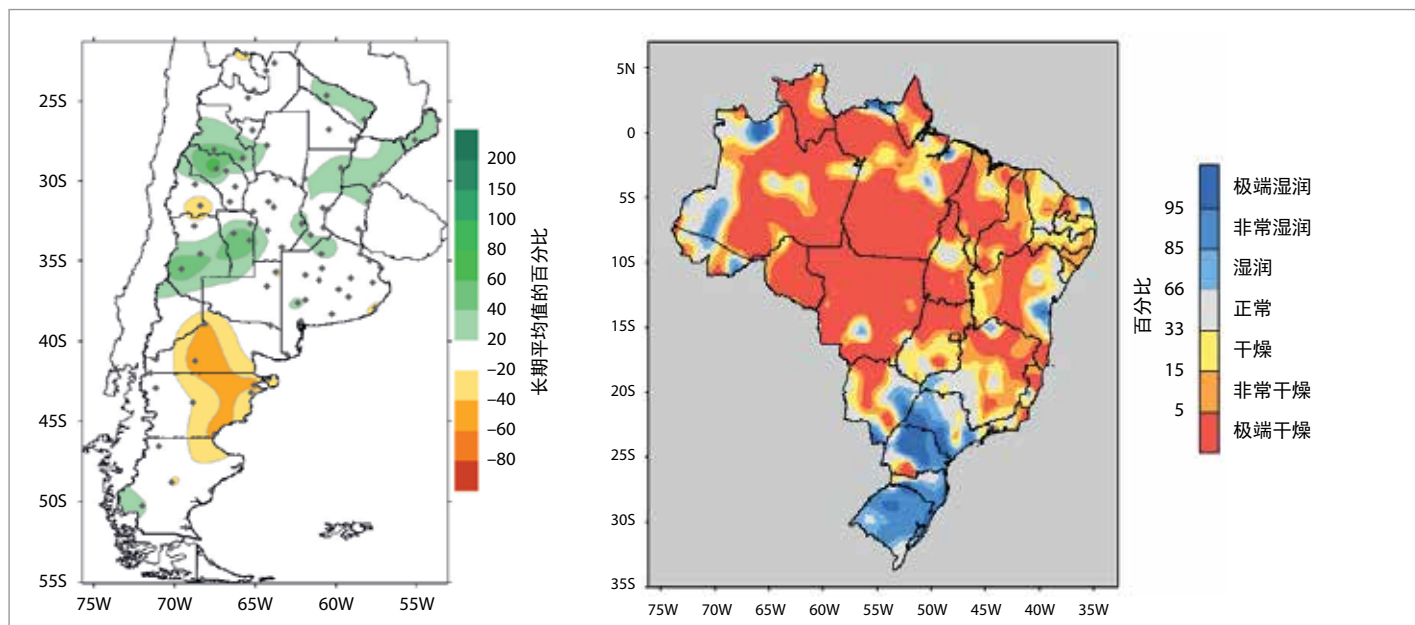
在季风季前发生极端高温很普遍, 但2015年高温影响范围比正常范围更大, 袭击了印度东部的安得拉邦、巴基斯坦沿海地区, 造成多地湿度极高。

7月31日, 伊朗沿海城市马夏赫尔港记录到46°C的高温, 露点温度为32°C。这种高温高湿同时出现非常罕见。香港天文台称2015年的夏季是自1884年有记录以来温度最高的夏季。8月8日香港天文台的温度达到36.3°C, 高于1990年出现的36.1度的旧有记录。

2015年干旱和强降水影响了印度次大陆。印度6月到9月夏季季风期间的总降雨量为长期平均值的86%。2014年印度的降雨也低于平均值, 这是自印度115年前有记录以来第四次连续两年出现降雨低于平均值的情况。另一方面则发生了极端降雨。2015年的强季风降雨造成了洪水, 导致200多人死亡, 主要集中在西孟加拉邦和阿萨姆邦。泰米尔纳德邦和沿海的安得拉邦极强的降雨引发洪水, 造成100多人死亡。



路透社 / Akhtar Soomro



巴基斯坦夏季风非常不稳定，夏季季风总量的**90%**集中在夏季的前半部分，主要发生在很少有降雨的地区。8月2日和3日，米安瓦利站**36**小时内记录了**340**毫米的降雨，8月的正常值是**115.9**毫米。巴基斯坦3、4月份还发生了反常的天气，大雨和晚霜对作物造成破坏。4月27日罕见的龙卷风袭击了白沙瓦山谷，造成**45**人死亡。

中国与天气相关的死亡人数和受灾地区均显著低于过去**15**年。5月至9月间中国发生了**35**次暴雨。造成的洪水影响了**7500**万人，估计经济损失为**250**亿美元。5月5日至31日，桦南(Huannan)县总降雨量为长期平均值的**150%**以上，略多于**2014**年，为最近**40**年最高值。但夏季和秋季，华北、西北东部和辽宁省遭受了严重的连续干旱。玉米和薯类作物受到严重影响。

俄罗斯欧洲部分春末和夏季的干旱导致超过**150**万公顷农作物歉收，相关的经济损失共计约**90**亿卢布。以下为受灾尤其严重的地区：沿伏尔加河的伏尔加格勒和萨拉托夫地区、奥伦

堡以东、俄罗斯欧洲部分的西南部、卡尔梅克共和国、布里亚特共和国；西伯利亚中南部的布里亚特共和国发生森林火灾，烧毁了**700000**公顷森林。俄罗斯亚洲部分的布里亚特共和国春季和夏季遭受了干旱。布里亚特共和国和后贝加尔遭受了森林火灾，分别烧毁了约**46**万和**88**万公顷森林。

南美洲

2015年，南美洲大部分地区的温度高于正常值，温度距平达**2°C**。记录下最高温度的地区是在加勒比沿岸的委内瑞拉和哥伦比亚、智利北部以及巴西东南部。在南半球秋季和冬季显著温暖，创下了几次记录之后，阿根廷经历了比正常值更冷的春季及其有记录以来最冷的**10**月。然而，就其整个国家而言，**2015**年是有记录以来第二最暖年份。

厄尔尼诺期间，巴西和南美洲北部地区普遍降雨减少。巴西南部 and 东部地区在年初经历了干旱。随着亚马逊干旱季节缺少降雨，干旱向北部

图 13.2015年阿根廷年降水距平(左)表示为长期平均值的百分位，以及巴西标准化降水距平(右)(来源：阿根廷国家气象局和巴西国家气象局)

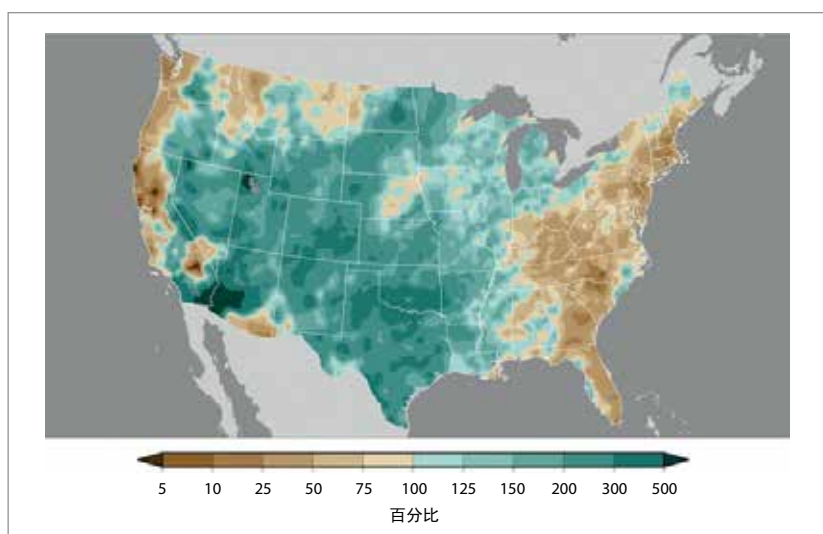


图 14. 2015年5月美国降水距平, 表示为二十世纪平均值的百分位 (来源: 美国NOAA国家环境信息中心)

移动(图13)。2015年第四季度, 哥伦比亚和委内瑞拉持续干燥条件严重影响了农业、畜牧业和水力发电。

在1月, 智利全国与平均值相比更为干燥, 智利南部出现最为极端的降雨不足。有些地区是至少50年来最干燥的1月。位于该国中南部特木科和瓦尔迪维亚的观测站整个1月份没有记录到任何降雨。2015年伊始, 在阿根廷南部巴塔哥尼亚地区高于正常温度和低于正常降雨, 这对发生阿根廷历史上最大野火之一提供了理想的条件。这场大火持续了近两个月, 4.1万公顷原生林受灾。

在2月和3月, 强降雨影响了南美洲多个地区, 包括通过洪水。阿根廷多个长期运行的气象台站打破了其2月份降水记录。科尔多瓦天文台记录下该月份的降雨量为385毫米, 打破了1889年创下的长期保持的266毫米记录。在3月, 阿塔卡马区智利北部出现异常强降雨, 造成科皮亚波和查尼亚拉尔等城市发生洪水和泥石流, 而更南部地区则以干燥条件为主。

2015年第四季度, 南美洲一些地区出现极端降

雨, 特别是在巴拉圭、阿根廷北部和巴西南部。大约18万人遭受洪灾, 8万多人无家可归。

北美洲、中美洲和加勒比地区

加拿大西部以及美国异常温暖。这是美国本土有记录以来的第二最暖年份, 而且四个州出现了其有记录以来的最暖年份。加拿大太平洋沿岸也报告了创记录的冬季平均高温。尽管2月是美国一些州有记录以来第二最冷的, 但29个州在12月出现创记录的高温。

整个中美洲和加勒比地区普遍出现与厄尔尼诺影响有关的低年度降雨量。波多黎各的降雨总量低于长期平均值, 导致某些地区出现干旱并采取限水措施。

在2015年, 美国西部许多地区的干燥温暖条件对发生野火提供了理想的条件。在阿拉斯加, 5月份发生了400多场火灾, 过火面积达72.8万公顷, 打破了此前216场火灾、过火面积44.5万公顷的记录。在7月, 阿拉斯加报告了700多场野火, 在夏季过火面积接近200万公顷。8月, 整个西北部地区发生了多次大火。奥卡诺根县大火是华盛顿有记录以来的最大火灾, 火势蔓延了12.1万多公顷。

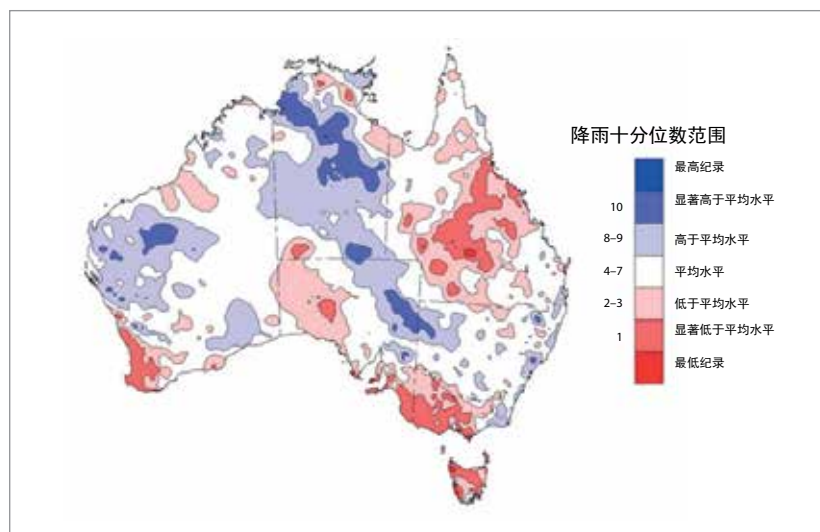
美国本土出现了有记录以来最潮湿的5月, 也是保有的121年记录中最潮湿的月份(图14)。科罗拉多、俄克拉何马和得克萨斯也都在5月出现了创记录的降雨量。5月的降雨有效终结了自2011年以来影响南部平原的干旱。然而, 再往西, 长期干旱条件仍在持续。西部的各流域以积雪为水源。4月1日, 西部的雪水当量为正常水平的5%, 这是自1950年开始测量以来的最低值。以前最低的雪水当量为正常水平的25%, 分别出现在1977年和2014年。

10月初，随着飓风“华金”离开东海岸，它与低压系统相互作用，并将热带气团带入南北卡罗来纳，普遍出现了创记录的**380-630毫米**五天降雨总量。整个地区发生了严重洪水，造成**16**人丧生。极端降雨和山洪，有些与飓风“帕特丽夏”的余威有关，还影响到得克萨斯州的部分地区。这是美国本土有记录以来最潮湿和最暖的12月。

墨西哥出现了自**1941**年开始有记录以来其最潮湿的**3**月。全国降雨量为**69.6**毫米，远高于**14.7**毫米的长期平均值。下加利福尼亚和南下加利福尼亚出现了其有记录以来最潮湿的**6**月，而索诺拉出现了其第二最潮湿的**6**月。在墨西哥中部和北部，阿瓜斯卡连特斯和萨卡特卡斯出现了其第三最潮湿的**6**月。

西南太平洋

在印度尼西亚，与厄尔尼诺有关的低降雨量增



加了野火的风险和发生率，从而导致了不良的空气质量。**2015**年上半年，泰国北部的**40**个府出现了其**64**年来第二最低降雨总量。

图 15.2015年澳大利亚年度降水总量，用观测到的分布量的十分位数表示（来源：澳大利亚气象局）

澳大利亚出现了其有记录以来最暖的**10**月。10月的距平同样是自开始有记录以来任何月份的最高距平。10月初的热浪创下了澳大利亚南部季节之初气温的新记录。这是整个有记录以来的第五最暖年份。

总体上，**2015**年澳大利亚降雨比平均值约低**4%**。但这包括了降雨量远高于平均值的地区和远低于平均值的地区(图15)。由于印度洋海面温度变化的调节(8月至11月印度洋偶极子为正)，**2015**年厄尔尼诺有可能促使了澳大利亚东部降雨量低于平均值(图7)。自最近的拉尼娜在**2012**年初结束以来，一连串的干燥年份使维多利亚州西部、南澳大利亚州以及西澳大利亚州西南地区再次出现了长期干旱。在新西兰，有些地区的年降雨总量低于正常值，例如，凯塔亚和凯里凯里，这两个地区均出现了其有记录以来最干燥的年份。但该国其它地区的降雨量则接近正常值。

美国阿拉斯加

7月，阿拉斯加报告了**700**多场野火，在夏季过火面积近**200**万公顷。



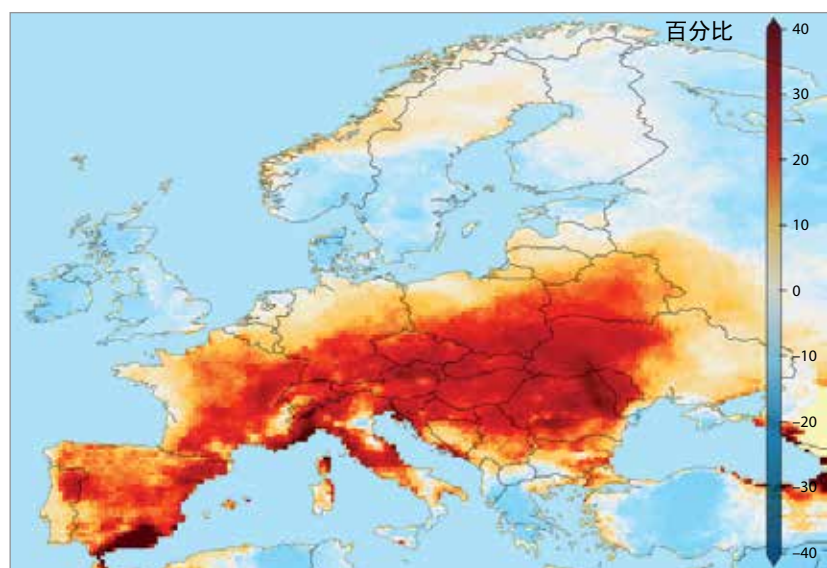


图 16. 相对于平均水平
2015年夏季欧洲的温
暖天数(超过基准期
的第90百分位, 1981-
2010年)(来源: 荷兰
皇家气象局)

欧洲和中东

从5月至9月, 热浪影响了欧洲(图16)。奥地利和西班牙在7月份创下了月平均记录。高温通常很强。德国基青根在7月5日创下了40.3°C的该国新记录。在5月份, 西班牙兰萨罗特岛机场和巴伦西亚机场记录的温度达42.6°C: 均比其以前的5月最高温度高出6°C。在法国、西班牙和波兰, 一些观测台站打破了其最高温度记录。英国在7月1日创下了36.7°C的7月最新温度记录。从8月1日至4日, 约旦的温度比正常值高出近8°C, 瓦迪埃尔瑞安(Wadi Elrayyan)的温度达到47°C。在波黑的七个台站报告了从9月15日起的六天中最新9月温度记录。摩尔多瓦和塞尔维亚出现了9月创记录的日温度。在以色列, 塞多姆在9月9日的最低温度为36.5°C。这是以色列有记录以来最高的日最低温度, 打破了太巴列在1936年创下的36°C记录。东至阿塞拜疆, 某些台站在6月至9月创下了温度记录。

在有些情况下, 热浪的持续时间异乎寻常。在5月, 葡萄牙贝雅有19天最高温度超过30°C; 贝雅超过该温度水平的平均天数为5天。在斯洛

文尼亚维帕瓦山谷的斯拉普(Slap), 6月至8月记录下有54天温度超过30°C。在西班牙, 从6月27日到7月22日的热浪是有记录以来迄今时间最长的热浪。6月至8月, 斯洛文尼亚经历了五次热浪。卢布尔雅那报告了创记录的连续21天温度高于30°C。匈牙利在夏季有41天温度高于30°C, 比其平均值多22天。

欧洲在11月和12月异常温暖。对于英国、法国、德国及荷兰等一些国家, 12月是有记录以来最暖的。在英格兰中部温度序列中, 这至少是自1659年以来最暖的12月份。芬兰和英国出现了其有记录以来最暖日子的11月, 而爱沙尼亚、芬兰和摩尔多瓦出现了其有记录以来最暖日子的12月。

欧洲北部大部分地区和斯堪的纳维亚在1月份潮湿。在芬兰西部地区, 许多气象台站报告了该月创记录的高降水总量。在瑞典, 皮特奥1月份的降雨量达134.6毫米, 使之成为至少是自1860年以来最潮湿的1月。塞浦路斯大范围的强降雨引发了洪水和滑坡。在2月份, 强降雨影响了欧洲南部的一些国家, 在阿尔巴尼亚、前南斯拉夫马其顿共和国、希腊和保加利亚等国的部分地区引发了洪水。

在西班牙, 3月20日至24日, 卡斯泰利翁省的一些地区降雨量达300毫米。在5月, 瑞典几乎整个国家都极为潮湿。一些拥有百年以上降雨记录的台站创下了其月度记录。在斯德哥尔摩, 这是200年来最为潮湿的5月。芬兰、挪威和丹麦出现了其有记录以来第二最潮湿的5月。

法国经历了三个特大降雨时段。第一个是在8月23-24日, 朗格多克地区蒙彼利埃一小时的降雨量达到108.1毫米。这是该地记录的最高一小时降雨总量。9月12日至13日, 一些台站记录了



路透社 / Edgar Su

瓦努阿图维拉港
一个男孩从晾晒在阳光下的书籍
旁边跑过，此前气旋“帕姆”掀翻了
中心学校图书馆的屋顶。

超过200毫米的降雨总量。在10月3日，滨海阿尔卑斯地区的部分地方两小时降雨量接近200毫米，并有20人丧生。

9月，爱尔兰戈尔韦和梅奥的台站9月11日和13日出现了创记录的超过100毫米日降雨量水平，导致发生了洪水。在10月中旬，波黑的强降雨导致莫斯塔尔和斯托拉茨市发生洪水。在12月，英国出现了其最高的24小时降雨总量(截至2015年12月5日1800 GMT，坎布里亚郡哈尼斯特山口24小时降雨量达341.4毫米)及其有记录以来最潮湿的12月。

有些地区尤为干燥。在4月，奥地利出现了极干燥条件：克拉根福经历了其自1813年以来第二最干燥的4月，导致了森林大火。5月末至8月中旬，斯洛伐克西部一些地区记录了其自1872年以来的最低降雨总量。在7月，法国部分地区经历了创记录的低月降水量。塞尔维亚广大地区在7月经历了极端干旱。爱沙尼亚出现了其自1961年以来最干燥的10月。奥地利出现了其自

1858年以来第二最干燥的12月，而匈牙利出现了其自1901年以来第三最干燥的12月。

热带气旋

在2015年，全球共形成91个热带风暴。命名的风暴被定义为风速大于或等于63公里/小时的热带风暴。91个风暴这一数字超过了1981-2010年约85个风暴的年平均值，且略高于90个风暴的第75百分位。在现代卫星时代，年度最低风暴数量是2010年的67个风暴。

在北大西洋海盆，有11个命名的风暴，其中4个成为飓风；这当中有两个(丹尼和华金)被归类为强飓风。这略低于12个风暴、6个飓风和3个强飓风的长期平均值。在厄尔尼诺期间，北大西洋的飓风活跃度通常会受到抑制。累积气旋能量(ACE)是热带风暴综合强度和持续时间的衡量单位。在2015年，大西洋海盆的ACE约为长期平均值的68%。

在北太平洋东部海盆，形成了18个命名的风

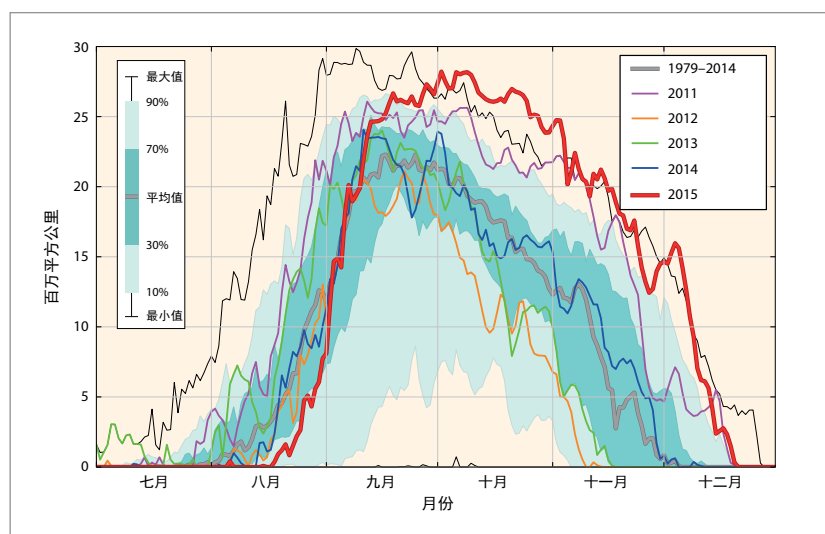


图17.臭氧总量低于220多布森单位的地区(百万平方公里), 2015年的情况用红色表示, 也显示了出现较大臭氧空洞的其他年份以供比较。粗灰线是1979-2014年的平均值, 深色和浅色绿蓝阴影区域分别代表第30到第70百分位数以及第10和第90百分位数, 细黑线表示的是1979-2014年期间每天的最大和最小值。本图是利用美国国家航空航天局臭氧监视网站(<http://ozone-watch.gsfc.nasa.gov>)上的资料在WMO制作的, 而这些资料是卫星上的OMI和TOMS仪器观测到的资料。

暴; 其中13个风暴发展成为飓风, 9个成为强飓风。1981-2010年的年平均值为15个风暴、8个飓风和4个强飓风。无论在大西洋海盆还是北太平洋东部海盆, 飓风“帕特丽夏”(10月20-24日)都是有记录以来最强的飓风, 其最大持续风速为每小时346公里。10月24日, 它在墨西哥海岸登陆, 在人口稀少地区风速每小时241公里。“帕特丽夏”的余威促使美国南部平原和密西西比河下游河谷发生强降雨及洪水。北太平洋东部的ACE大约比长期平均值高44%, 是自1993年以来该海盆的最高值。太平洋中部地区总计有7个命名的风暴, 其中3个达到了飓风强度。

在北太平洋西部海盆, 记录下27个命名的风暴。其中18个达到了台风强度。估算的全年平均值是26个风暴和17个台风。台风“巨爵”(当地称之为“兰度”)于10月在菲律宾登陆, 使许多人受灾并造成大范围破坏。由于风暴的行经路径, 中国香港自1946年以来首次在8月和9月没有发布风暴预警。有6个台风登陆中国。台风“灿鸿”、“苏迪罗”和“彩虹”造成综合经济损失估计达80亿美元。

在北印度洋, 形成了4个命名的风暴, 而年平均为5个风暴。“科门”在靠近孟加拉海岸的孟加拉湾东北部发展成为热带低压。它在海上加强成为热带风暴, 而后登陆。与该风暴有关的降雨以及季风雨在缅甸引发了严重洪水和滑坡。孟加拉也遭受了山洪和滑坡。风暴紧随6月24日的早期强降雨而至。热带气旋“查帕拉”在也门登陆, 导致了严重的洪水。这是在卫星时代首个以飓风强度在也门登陆的热带气旋。气旋“梅格”和“查帕拉”都对索科特拉岛造成了影响。“梅格”是在“查帕拉”登陆之后不久形成。“查帕拉”在通过索科特拉岛北部时为3级风暴, 而“梅格”为2级风暴。

在西南印度洋, 2014/2015年热带气旋季生成了10个命名的风暴, 略高于9个风暴的长期平均值。其中4个风暴达到了热带气旋强度, 2个成为强烈的热带气旋。在2015年自然年, 包括一个气旋季结束及另一个气旋季开始, 形成了11个命名的风暴。

在澳大利亚海盆, 2014/2015年热带气旋季生成了9个命名的风暴。包括一个气旋季结束及另一个气旋季开始在内的2015年, 有7个命名的风暴, 略低于10个风暴的长期平均值。气旋“玛莎”至少在现代卫星时代是迄今观测到在东海岸南部登陆的最强气旋。异乎寻常的是, 气旋“拉克尔”在6月末出现。在卫星时代, 澳大利亚东部地区此前未曾记录过这种晚生风暴。此前唯一有记录的冬季气旋是在1972年6月初。

在西南太平洋生成了11个命名的风暴。年平均值为6个风暴。3月13日, 热带气旋“帕姆”以5级气旋强度在瓦努阿图登陆, 摧毁了许多房屋。在风暴潮和涌浪引发严重洪水之后, 图瓦卢政府随即在3月13日宣布进入紧急状态。基里巴斯

报告了其3个南部岛屿遭受严重损害。所罗门群岛也受到了影响。2014/2015年热带气旋季生成了8个命名的风暴。

臭氧消耗物质

由于《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》的成功，已经停止了对哈龙和氯氟烃的使用。然而，由于这些化合物的长寿命期，它们将会在大气中滞留数十年。大气中仍有过多的氯和溴，其会在8月到12月对南极洲某些高度的臭氧造成完全的破坏，因此，每一年臭氧洞面积主要由气象条件所决定。

在2015年南半球的冬季和春季期间，平流层温度低于长期平均值(1979-2014年)。南半球极涡尤为稳定，并同心围绕南极。根据欧洲中期天气预报中心的ERA Interim资料，涡旋环绕的面积大于往常，而10月份的平均值是有记录以来最大的。因此，推迟了臭氧耗减的起始时

间。

然而，在8月中旬臭氧开始耗减后便快速发展。根据NASA的分析(图17)，臭氧洞面积在10月2日达到其季节最大值2820万平方公里。荷兰皇家气象局(KNMI)开展的 analysis 表明，2015年臭氧洞面积在10月9日达到最大值2710万平方公里。因此，臭氧洞面积根据上两个分析是继2000、2003和2006年之后再加上KNMI分析的1998年之后达到有记录以来的第四或第五最大面积。

NASA的资料表明，对于2015年臭氧洞面积最大的连续60天，臭氧洞平均面积为2560万平方公里。根据这一测量，2015年臭氧洞为有记录以来的最大面积。在KNMI的分析中，等效面积为2420万平方公里。这使2015年臭氧洞与1998年并列成为第二最大面积，仅次于2006年。

海洋热含量增加表明全球变暖没有减速

Matthew D. Palmer³, Susan Wijffels⁴,
John A. Church⁴

在稳定的气候中，地球将能量以热红外辐射形式反射回空间从而抵消地球系统从太阳吸收的能量。然而，温室气体浓度上升通过减少发射辐射并使能量随时间在地球系统中累积，从而造成了失衡。气候系统中的能量增长率(地球的能量失衡)是确定全球气候变化速率的最根本的衡量标准。

在大约一年以上时间尺度，地球能量失衡的绝大多数(90%以上)都会用于加热海洋。因此，跟踪海洋温度变化及海洋热含量(OHC)的相关变化可使我们监测地球能量失衡随时间的变化。OHC观测对于气候模式评估以及人为气候变化检测和归因至关重要。这类观测也对“固定”星基地球能量失衡变化估算至关重要。

随着海洋变暖，海洋会膨胀，导致全球和区域海平面上升。OHC的上升约占过去60年来观测到的全球海平面上升的40%，而且预计会对未来海平面上升产生同样的推动作用。邻近冰盖的海水变暖还会影响融冰流入海洋，这是海平面上升的另一个关键部分。因此，监测全球和区域OHC以及用测潮仪和卫星测量海平面及海洋质量对于了解海平面历史和未来变化至关重要。

以前，估算OHC变化率面临的挑战之一是过去海洋观测系统稀疏。海洋次表层温度的测量主要依靠船载仪器，通常只能在海洋上层几百米采样。因此，全球OHC变化的

许多历史估算局限于海洋上层约700米，而且在20世纪70年代以前存在巨大的不确定性，此后，通过使用更多经济实用的观测技术，使广泛的海洋采样成为可能。

21世纪初，通过启用Argo自主廓线浮筒阵列，使我们对全球OHC及淡水含量的监测能力产生剧变。2006年，该阵列已经成熟，共有近3000个浮筒分布在全球大部分地区；它们可每十天测量海洋上层2千米的温度和盐度。Argo观测开启了监测地球能量失衡以及监测随时间演变的各种因素的新时代。

虽然海洋300米以下的温度(图18b、c和d)表明2006-2015年在相对稳定地上升，但海面温度(图18a)显示出额外的多年变率，这主要是由于热带印度洋和太平洋与厄尔尼诺南方涛动相关的变化。这些近表层的涛动，大部分被100米至300米更深的反向变化所抵消，而这一期间，0-2000米OHC在稳步上升。地面温度也表现出更大的变率，而且每年有特别大的变化。根据图18e所示的估值，75%至99%的变暖会发生在南半球，主要是在30°S至50°S之间。

观测到的OHC上升意味着地球能量失衡几乎保持在0.65-0.80 W/m²，以星球表面积的平均值表示。该值的约75%-80%是来自海洋上层2000米，见图18所示，其余20%-25%来自更深层的海洋。OHC变化表明的实测能量失衡是在气候模式2006-2015年预估值0.6-1.0 W/m²区间内。

监测OHC能够使我们更好地跟踪十年和更短时间尺度气候变化的潜在速率，并更好地

³ 英国埃克塞特英国气象局哈得莱中心

⁴ 澳大利亚霍巴特CSIRO海洋与大气研究所

量化人为气溶胶及火山气溶胶变化等其它气候因素对地球能量失衡的影响。虽然Argo观测目前局限于海洋上层2000米深度，但如今有可测量几乎整个海洋深度(达6千米)廓线的技术。这些最新观测将对监测气候变化和海平面变化至关重要，因为地球能量失衡的影响会在全球海洋的更深之处显现出来。

参考文献：

Wijffels et al. (2016), Ocean temperatures chronicle the ongoing warming of Earth, *Nature Climate Change*, doi:10.1038/nclimate2924;

von Schuckmann et al. (2016), An imperative to monitor Earth's energy imbalance, *Nature Climate Change*, doi:10.1038/nclimate2876

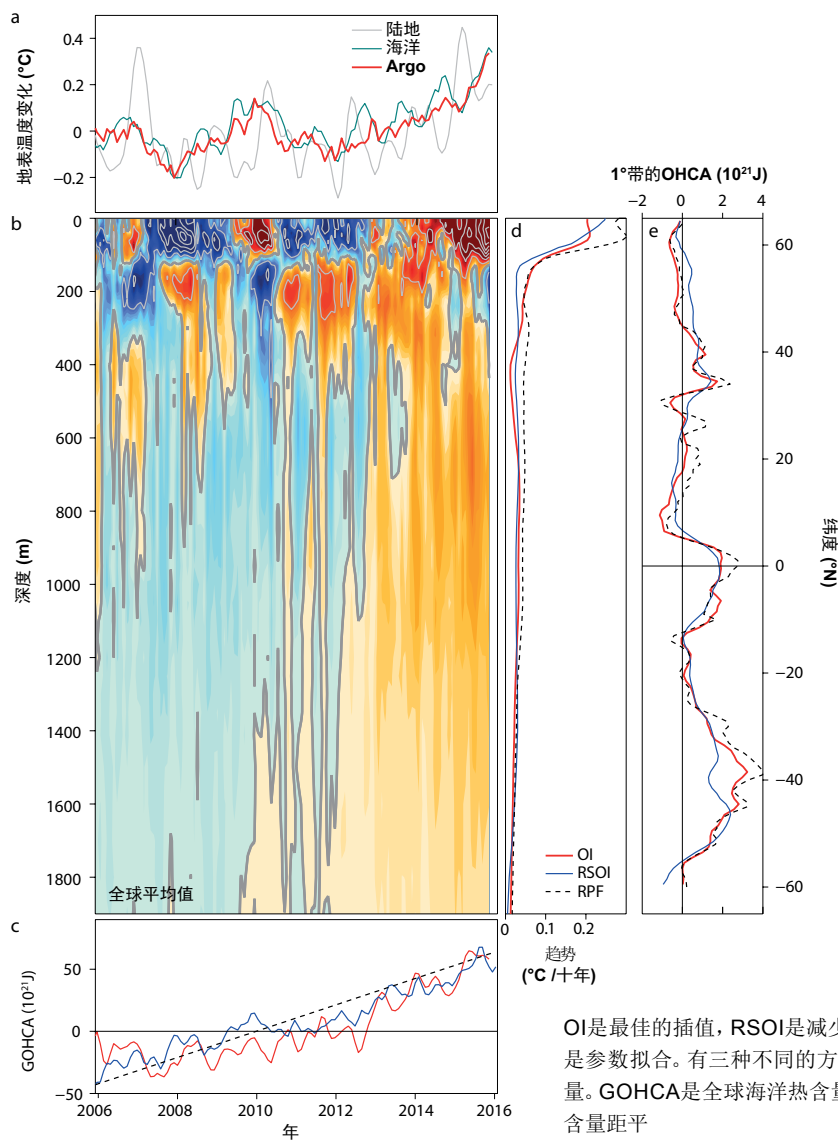


图 18. (a) 根据Argo(红色)和美国国家海洋和大气管理局(NOAA, 蓝绿色)的全球平均海表温度变化(°C)以及 NOAA 全球平均陆地温度变化(灰色)的六个月连续平均值; (b) 根据Argo的全球平均海洋温度变化(0.05°C 灰色, 各色等高距为 0.01); (c) 不同时间的全球海洋0-2000米区域的热含量变化; (d) 2006-2015年11月潜在的全球平均温度趋势(°C/十年), 按深度绘图; (e) 按纬度绘制的热含量趋势。图 (c)、(d)、(e) 显示了三个基于Argo的分析 (OI、RSOI和RPF) 结果, 其中提供了不确定性指示。(来源: Wijffels 等 (2016) 复制, 其中提供了所有的详细信息。)

OI是最佳的插值, RSOI是减少的空间最佳插值, RPF是参数拟合。有三种不同的方法可用于计算海洋热含量。GOHCA是全球海洋热含量距平。OHCA是海洋热含量距平

欲了解更多信息请联系:

世界气象组织

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Geneva 2 – Switzerland

宣传及公共事务办公室

电话: +41 (0) 22 730 83 14/15 – 传真: +41 (0) 22 730 80 27

电子邮件: cpa@wmo.int

www.wmo.int