




极端天气和气候变化报道

世界气候归因组织编写



BenClarke
UniversityofOxford

FriederikeOtto
ImperialCollegeLondon



world weather attribution

目录

简介	4
事件归因研究概述	6
归因研究案例	8
在未开展归因研究的情况下如何报道极端事件	10
热浪	12
洪水	14
热带气旋 (飓风、台风和气旋)	16
暴雪	18
干旱	19
火灾	21
极端事件和气候变化一页清单	22

简介

在人为造成的气候变化影响下,热浪、暴雨、风暴和干旱等极端天气事件在世界多地变得日益频繁和强烈。不过,并非所有事件的发生概率都在上升,世界各地的变化情况也并不平衡。这些极端天气事件往往会对社会产生广泛影响,包括造成农作物和农田损失、财产损失、严重的经济和生命损失等。造成严重影响的极端事件发生后,人们常问的一个关键问题就是:“这个事件是由气候变化引起的吗?”

本文旨在帮助记者朋友解决上述问题。首先,本文介绍了“极端事件影响”的科学理论,即将天气事件归因于(或不归因于)气候变化影响程度的方法。其次,本文列出公众最感兴趣的极端天气类型的可靠陈述方式(即使在具体科学研究并未开展的情况下)。本文以当前最先进的科学理论为基础,参考了近期极端事件研究成果及政府间气候变化专门委员会(IPCC)的最新报告。同时,本文还列出了各类极端天气事件清单,供记者参考。

在报道极端天气事件时,新闻机构常犯三个错误:一是忽视气候变化是引发事件的原因;二是将事件归因于气候变化却并未提供任何证据;三是认为气候变化是导致极端天气事件的唯一原因。

将一个天气事件归因于气候变化看似合理,实则却立不住脚,这是造成上述错误的原因之一。例如,如果一个重度吸烟者患上肺癌,我们不能说香烟引发了癌症,但可以说香烟对身体造成的危害增加了癌症发病的概率。同样,气候变化不会引发天气事件,因为所有天气事件背后都有多种原因,例如日常天气混乱,会导致天气事件发生。但气候变化会影响事件发生的概率和强度。因此,气候变化可影响特定天气事件对人类、财产和自然的破坏程度。灾难发生后,为回应公众关注,记者需要了解气候变化如何对个别天气事件产生影响。科学家可通过极端事件归因提供答案。

科学家们一般不会将个别事件与气候变化联系起来,而是倾向于作出趋势性陈述,即某个事件可能反映出未来此类事件出现的频率增加。科学研究已经证明了这一事实,气候变化对天气产生了深远影响,并且已持续数十年。近年来,科学家已经研究出多种方法,以便更清楚了解全球气候变化与个别极端天气事件之间的联系,同时,通过这些方法,科学家还计算出全球变暖导致天气事件发生的概率和强度。

问题的答案因不同的天气事件而异,具体取决于天气的类型、位置、发生的季节及严重程度、传播范围和持续时间。并非所有极端天气事件都因气候变化而变得更加普遍和恶化,有些天气事件的发生概率可能因气候变化而降低,或不会发生太大变化。因此,天气事件和气候变化之间可能毫无联系,记者有理由对此保持警惕。

本文旨在帮助记者在地球变暖的背景下准确报道极端天气事件:如何才能以最佳方式告知受众气候变化对日益增多的极端天气事件的影响,同时又不会夸大或低估这种联系。

事件归因研究概述

牛津大学气候科学家 **Myles Allen** 首次提出对个别天气事件进行归因研究。他曾亲眼目睹自己的住宅逐渐被洪水淹没、水位不断上升，这启发他思考谁该为此负责——是全球性气候变化造成了地方性影响吗？有可能以严谨而科学的方式陈述这种联系吗？

事件归因研究计算特定极端事件是否因气候变化而产生，以及气候变化造成的事件发生概率和强度的变化程度。

首个极端事件归因研究发表于2004年，它的研究对象与2003年的热浪相关。西欧在那一年夏天异常炎热，**7万人因此死亡**。研究人员此后使用气候模型来计算气候变化在其中扮演的角色。他们采取了以下三个步骤：

- 首先，他们对现代气候(因人类活动而变暖)进行了数千次模拟。简单来说，这意味着在相同条件下不断运行气候模拟模型，在当前气候下产生数千年的天气数据。这对于研究极端天气很有帮助，因为根据定义，极端天气极其罕见。在上述模拟中，他们计算了类似2003年极端热浪天气发生的次数。他们发现，即使在全球变暖的条件下，该类事件也非常罕见。
- 其次，他们模拟了没有任何人类排放(包括温室气体和气溶胶)下的气候，有效去除了人为造成的气候变化。大气中因化石燃料燃烧产生的温室气体数量是已知的，因此可相对简单地完成这一步骤。然后他们计算了此类极端热浪发生的次数。结果显示又是极其罕见的。事实上，如果没有人类影响，此类事件几乎不可能发生。
- 最后，他们比较了此类事件在有无全球变暖下发生的数量，并得出结论，人为造成的气候变化影响至少使欧洲夏季酷暑等类似事件的发生概率增加了一倍，甚至更高。

自2004年以来，不同国家的研究人员对世界各地的各类天气事件进行了归因研究——尽管研究重心在**发达国家**。多年过去，现在的研究已经比最初的三步骤法更加完善(用于许多类型的极端天气事件的归因研究详见[此处](#))。

科学家首先要定义极端事件，这点很重要，因为同样的事件可以用不同的方式来描述，如伦敦连续三天气温超过30°C，或英格兰和威尔士连续10天气温超过25°C。选择哪种方式会影响归因研究结果。现代方法是使用多个定义并计算每个定义的结果。这能够帮助科学家了解事件定义如何影响结果，并让他们对与影响关联最大的事件某一方面开展专项研究。在上述伦敦的案例中，尽管热浪覆盖区域较小，但其产生的效果要严重得多，所以可能产生较大影响。

目前，归因分析由三种独立但相关的方法组成。简单说就是：第一部分以气候模型对现代和工业化前的气候进行模拟和比较，研究人员为此使用了许多不同的气候模型；第二部分使用的方法结合了现在和过去的天气数据观测，以查看类似事件发生概率如何变化；最后一部分使用与气候观测相同的气候模型。这部分并非对有无人类影响的世界进行模拟，而是模拟从一个历史日期(比如1900年)到现代的气候，在此过程中人类的排放量缓慢上升。这种方法使科学家能够识别极端事件的发展趋势，并计算出总体概率变化。现代方法通过使用几种归因方法以及不同的气候模型来评估气候变化影响，**提高了研究结果的可靠性**。

通过上述研究，科学家可对天气事件做出以下陈述：“人为引起的气候变化将这一事件的发生概率至少增加了两倍”，或“此类热浪的气温比没有全球变暖的情况高出3°C。”我们也可以说，如果没有气候变化，某个事件实际不可能发生，因为此类事件没有历史先例，也从未在没有气候变化的模型中被模拟过。

《碳简报》(Carbon Brief)的一个数据库展示了对全球极端事件(迄今为止已超过400起)进行的归因研究及其结果。自2014年以来，由全欧归因科学家合作领导的“**世界天气归因**”(World Weather Attribution)项目已经进行了多项快速归因研究。他们的目标是尽快产生关于气候变化作用的研究结果——即使在某些情况下，事件仍在演变发展。由于这项工作跨度很短，它发布在同行评审之前，但使用的方法本身已经通过同行评审。

近来，不同用户开展的归因研究不断增加。在具有里程碑意义的气候诉讼案件中，一些研究结果被作为证据使用。例如，21岁的 **Juliana 诉美国政府**、**Pabai Pabai 和 Guy Paul Kabai 诉澳大利亚联邦政府**、**Lluyia 诉莱茵集团(RWE)**，以及一家叫 ALL Rise 的环境法组织在国际刑事法院起诉巴西总统Jair Bolsonaro。在法律案件中有效利用归因是一个快速发展的研究领域。此外，将归因作为一种气候变化沟通工具而开展的相关研究表明，“归因研究充满前景……因为它能够将新颖、引人注目和特定事件的科学信息与个人经历及对极端事件的观测联系起来。”

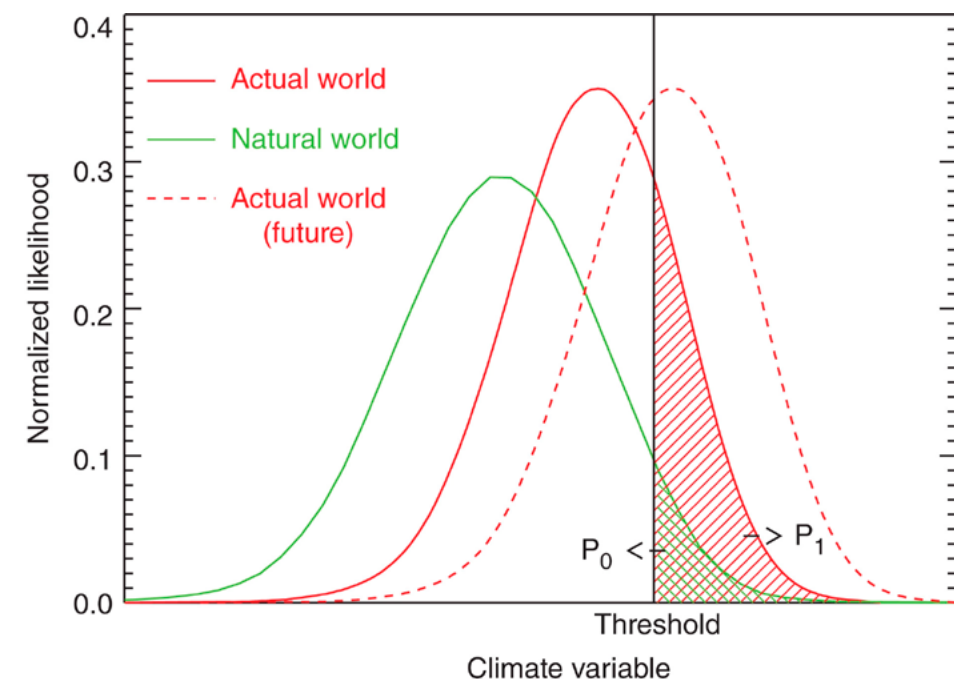


图1 | 实践中的极端事件归因，来自 **Stott 等人, 2016年**。这两条曲线表示气候变量，例如每日温度。平均温度最可能发生(曲线峰值)，而极端温度(边缘的炎热和寒冷)最不可能发生。绿色曲线代表了在未受人类影响变暖的前工业化世界中这些温度出现的概率，红色代表现代世界。阈值线是我们选择在发生极端事件(在本案例中为非常炎热的一天)时选择的线。阴影面积的相对大小显示了该类事件在现代世界中发生的概率增加多少。虚线代表未来天气可能再次变化——在这种情况下，当前气候中非常炎热的一天可能成为未来气候中相对凉爽的一天。

归因研究案例

2017年8月孟加拉国洪水

- **事件:**2017年8月,孟加拉国经历了强降雨,来自印度上游的水流不断涌入孟加拉国大河流域。大部分水流汇集于贾木纳河流域,冲破了河岸,造成史上最高的淹没水位和大规模洪水,该国北部地区受灾尤其严重。洪水影响了近700万人的家园和生计。
- **与气候变化的联系:**该事件的归因研究无法得出极端降雨是否因气候变化而变得更强的结论。一方面是因为降雨记录时间较短,一方面是因为南亚周围的硫酸盐气溶胶引起局部降温效应,从而部分抵消了全球变暖。然而,在未来全球变暖2°C的情况下,类似极端降雨事件的概率将增加约70%。

2017年1月欧洲东南部的极寒天气

图2

- **事件:**2017年1月,大气高压给意大利、巴尔干半岛和土耳其带来了极端低温和降雪。受影响地区的气温比每年该时期平均气温低5-12°C,极端天气条件导致学校关闭、交通事故频发和航班取消。
- **与气候变化的联系:**类似事件并非史无前例,这大约每35年发生一次。该地区的气温变化很大,因此不可能对全球变暖影响给出一个确切数字。然而,明确的是,如果没有人为造成的气候变化,类似寒潮的气温会更低。

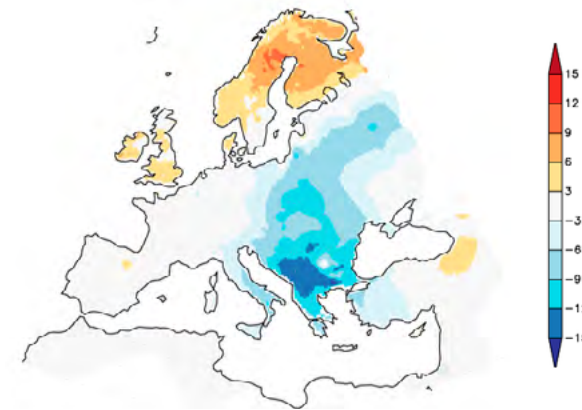


图2 | World Weather Attribution (27/10/2021)

2019年7月西欧热浪

图3

- **事件:**2019年7月底,西欧和斯堪的纳维亚半岛的气温连续飙升3至4天,打破了2003年夏季以来的纪录。荷兰和比利时的气温首次达到40°C。
- **与气候变化的联系:**在法国和荷兰,由于气候变化,至少与此次热浪同样炎热的天气事件发生概率增加了约100倍;在德国和英国发生概率约是原来的10倍。在所有受影响的地区,气温比原有水平高出约1.5-3°C。

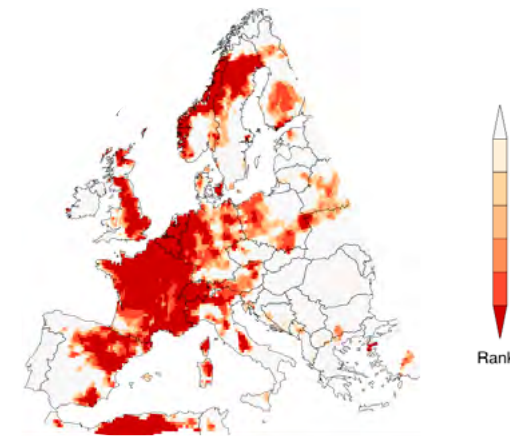


图3 | World Weather Attribution (27/10/2021)

2015至2017年开普敦干旱

图4

- **事件:**2015年到2017年,南非西开普省每年的降雨量均低于平均水平,整个地区所有水库都严重枯竭。开普敦依赖这些水库供水,距城市管道枯竭的“零水日”仅数日之遥。开普敦水管理系统由14座水坝和管道组成,设计目的是缓解50年一遇的干旱。然而,该地区的水资源管理陷入了政治争斗和腐败的指控中。
- **与气候变化的联系:**虽然类似事件在当前的气候中仍然罕见——大约每一百年发生一次——但气候变化使事件发生的概率增加了三倍。

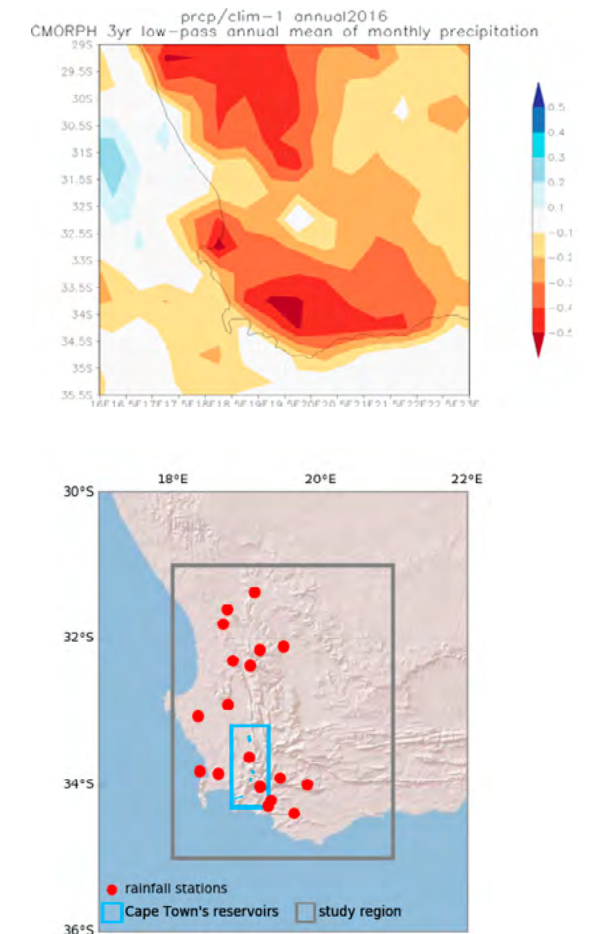


图4 | World Weather Attribution (03/11/2021)

在未开展归因研究的情况下 如何报道极端事件

可能未开展归因研究的原因

自2004年发布首次归因研究以来,人们已利用归因研究了400多个极端天气事件,但这仅涵盖了一小部分对社会造成影响的极端天气事件。

即使进行快速归因研究,也需要几位研究人员利用几天时间全力以赴——目前不可能对每个重大天气事件都这样做,世界天气归因项目仍然完全基于研究人员的自愿参与。

选择哪些事件进行研究也受到事件类型的限制。某些天气事件与全球变暖的关系比其他事件更为复杂。热浪最为简单,如果大气中热量较多,炎热天气就更有可能发生。降雨也相对简单,因为较暖的空气中往往水分较多,针对此类事件的研究也就最为频繁。

相比起来,干旱、暴风雪、热带风暴和山火更为复杂。例如,干旱往往由于低降雨量、高温以及大气与地表之间相互作用等不同因素叠加而发生,而且此类事件持续的时间较长。这带来了几个挑战,为有效研究上述事件,对过去天气的观测必须具有连贯性且质量高,气候模型必须能够模拟这些更为复杂的现象。

我们到底能报道什么

即使没有归因研究,依然有可能对天气事件与气候变化之间的联系进行报道。这么说有两方面证据。首先,归因研究已有近20年历史,因此对于许多新事件而言,先前类似事件的归因研究已经存在,可以表明气候变化对新事件的影响;其次,我们对许多地区的重要天气发展过程有相对深入的理论理解,2021年发布的IPCC第六次评估报告(Sixth Assessment Report of the IPCC)第一工作组报告概述了我们已经看到的天气变化。

本文接下来阐述了在未开展归因研究的情况下,关于极端事件与气候变化之间的联系,气候科学允许我们说什么、不允许我们说什么。

某些时候情况很清晰,我们可以迅速有信心的对世界上任何区域的气候变化影响进行陈述。在另一些情况下,对世界某些地区或对极端事件的某些方面进行气候变化影响陈述的信心则较低。这种细微差别对于向受众提供准确信息非常重要。

灾害不仅仅局限于极端天气

在报道极端天气事件时,必须强调,除气候变化影响外,洪水、干旱和热浪等自然灾害之所以成为灾害,是因为人类社会本身的脆弱性。受害对象决定了天气是否成为灾难。通常,人们的社会和经济地位决定了差异化和不成比例的影响。此外,许多自然灾害不仅仅是自然造成的,人为造成的气候变化增加了事件发生的概率和强度。

热浪

由于人为造成的气候变化，世界上热浪的强度和发生概率都在增加。

全球变暖是对整个世界的平均值进行衡量，而不是人们的实际经历。随着平均温度的升高，任何给定位置在特定时间的温度范围也会发生变化。这意味着，在世界任何地方，稍暖天气概率都略增，而较冷天气概率略减。以前“极端”的温度现在只是“异常”而已。以前几乎不可能出现的温度则是现在的“极端”。至关重要的是，最极端温度发生概率的变化最快。从图1中可以清楚地看出这一点，其中接近曲线中间的某个气温的发生概率略有上升，但是在变暖的世界中，分布在“尾部”的气温的发生概率会上升好几倍。因此，全球气温每上升1°C会使热浪温度升高1°C以上。

2021年IPCC报告明确指出，由于人为造成的气候变化，各大洲的平均和极端高温上升：

- 工业革命前气候下每10年发生1次的热浪现在每10年将发生2.8次，且温度高出1.2°C。在全球变暖2°C的情况下，发生概率将是原来的5.6倍，且温度高出2.6°C。
- 在工业革命前气候下，每50年发生1次的热浪现在每50年将发生4.8次，且温度高出1.2°C。在全球变暖2°C的情况下，发生概率是原来的13.9倍，且温度高出2.7°C。

上述是中度热浪的全球平均数字。但是，由于气候变化，在某个特定地方，极端热浪的发生概率可能增加数百倍。这在个别事件的归因研究中可见一斑。**如果没有人为造成的气候变化**，2021年加拿大西部和美国创纪录的热浪**几乎不可能发生**，2020年的**西伯利亚热浪**同样如此。2015年，印度北部和巴基斯坦致命的炎热和潮湿事件的概率因气候变化而**急剧上升**。**中国、阿根廷、欧洲和北美、北非和中非、澳大利亚和东南亚**等地的研究都显示出类似结果。链接的案例只是完整研究的一小部分。归因研究持续表明，炎热天气的确表现出温度更高、更为常见的趋势，每一次热浪都可能对数百万人产生影响。

局限性和注意事项

在世界任何地方，全球变暖与更强烈和更频繁的热浪之间的联系都强烈到令人无法置信，完全可以放心大胆地做出以上陈述。这适用于国家气象局宣布的大规模破坏性热浪以及局部规模的炎热天气。同时，也有一些注意事项：

- **热浪发生的“原因”**——热浪的形成是由于大气行为造成的。例如，巨大的蜿蜒喷射气流，即**行星波**（即环绕地球高纬度的高空风）可能导致持续极端高温。特别值得注意的例子包括2003年欧洲和2010年俄罗斯的高温事件，它们分别造成7万人和5.5万人死亡。造成2020年冬季和春季西伯利亚异常高温的部分原因是北极附近的不同大气动力，强烈的喷射气流创造了多云的天空（因此天气更为温和），并将温暖的空气向北拉动。关于气候变化在多大程度上影响了这些行星波和“动态”效应的争论仍在继续，没有定论。一些研究显示了气候变化的影响，它可能会使热浪的发生概率略增或略减，或者使未来热浪强度略增或略减。然而，目前此种类型的任何影响都远远小于全球升温对极端热浪的直接影响。
- **对热浪归因的矛盾报道**——一般来说，覆盖整个地区或大国的热浪（如欧洲西部或巴西）和长时间的热浪（如持续整个夏天）与全球变暖有更强的直接联系。例如，西欧夏季的热浪可能比英国持续三天的热浪显示出更强大的全球变暖效应。过去，该现象引起了**明显矛盾的媒体报道**，当时几项研究对事件有着不同的定义。例如，报道称，2018年英国的热浪“发生概率至少增加两倍”、“发生概率增加三十倍”——但实际上，前者指的是牛津持续三天的热浪，后者则是整个英格兰东南部整个夏天的平均温度。无论如何，记者应该有信心将所有极端高温归因于人为造成的气候变化。
- **过于谨慎**——如果对高温的报道过于谨慎，则可能导致新闻报道不够准确。热浪日益打破纪录，这是世界迅速变暖的直接后果。同时在世界许多地方发生热浪的概率也提高了几个数量级，对人类、农业和粮食系统的影响可能比孤立事件要大得多。研究表明，如果没有气候变化，这些“复合事件”**几乎不可能发生**。

洪水

由于人为造成的气候变化,在世界大部分地区,极端降雨都变得更加常见和强烈,欧洲、亚洲大部、北美中东部以及南美洲、非洲和澳大利亚的部分地区尤其如此;而在其他地方还无法充满信心地对这种联系进行报道。上述地区的洪水也可能变得更加频繁和严重,尽管还受到其他人为因素的影响。

气候变化可通过两种方式影响强降雨。首先,较暖的大气“含有”更多水分。这是因为水分子在变暖时运动得更快,因此水更可能以气态存在(作为空气中的水蒸汽)而不是以液态存在。科学家简单地使用“克劳修斯-克拉伯龙方程(Clausius-Clapeyron relation)”对此进行描述,即空气温度每上升1°C,水分就会增加7%。因此,这种情况下大雨的降水量会增加。这就解释了为什么气候变化导致全球极端降雨增加。

其次,气候变化影响强降雨发生条件出现的频率,例如风暴和突发风暴,而这些条件又来自复杂的天气现象和某些大气环流模式。这就对模型模拟带来了更大的挑战,归因研究确保使用的模型能准确反映上述天气条件。北欧的一项归因研究发现,迄今为止,人类影响对导致严重降雨事件的大气环流几乎没有影响,因此这方面可能相对不那么重要。

洪水是最为频繁报道的与极端天气相关的灾害形式(尽管洪水不一定是经常发生的自然灾害;热浪等其他极端事件未被经常报道,特别是在全球欠发达地区)。洪水的类型很多,包括河流、地下水、沿海洪水和山洪。除沿海洪水外,其他所有洪水在某种程度上都由强降雨引发,其中气候变化起着重要作用。因此,我们在这部分主要介绍降雨型洪水,沿海洪水则在“局限性”部分进行了简要介绍。

自20世纪50年代以来,世界大部分地区的强降雨变得愈加频繁和强烈,现在已知这主要是由人为造成的气候变化引发。在任何地方,强降雨的发生概率并未大幅下降。[IPCC 报告](#)指出,从全球来看,在某个特定地方,曾经每十年一次的降雨事件目前每十年发生1.3次,降水量增加6.7%。在全球变暖2°C时,每十年发生的概率将升至1.7倍,降水量增加14%。

归因研究表明某些地区气候变化引起的天气变化较强,其他地区则变化较弱。例如,2015年的风暴“德斯蒙德”导致英格兰北部和苏格兰南部发生严重洪水。这场风暴降雨总量的发生概率因人为造成的气候变化提高了约59%。相比之下,温室气体对2017年孟加拉国毁灭性洪水的影响则非常小。

总体而言,综合趋势和归因研究来看,可以有信心地报道:在欧洲、亚洲大部、北美中东部、澳大利亚北部、南美洲北部和南部非洲,气候变化导致降雨性洪水增加。与此同时,非洲、澳大拉西亚以及南美洲和中美洲等更广泛地区的变化尚不确定,无法自信地对报道气候变化的影响。

局限性和注意事项

- **某些地区的不确定性**——关于气候变化和强降雨的陈述不如热浪那么确定,并且在世界各地各不相同。主要原因包括:降雨来自复杂的现象,通常很难在气候模型中模拟;历史上的降雨观测往往较为零散,在世界各地不太一致,从而增加了趋势观察的挑战性。因此,这意味着我们只有信心将某些地区的个别降雨事件归因于气候变化(对这些地区的趋势归因更有信心),并且承认存在广泛的不确定性。北欧和北美中部是例外,对这两个地区进行归因的信心最大,科学不确定性相对较小。
- **降雨不等于洪水**——此处的陈述是针对强降雨而言。强降雨形成洪水还与其他因素相关,可能包括其他人类相关问题,如土地使用方式(如农业、森林砍伐、城市化)以及水管理和防洪质量。例如,在排水很差和人口密度很高的城市中,中等降雨可能会导致严重洪水。在每次洪水中,与人类脆弱性和暴露程度相关的因素也具有高度相关性。
- **沿海洪水**——由大风和满潮引发,有两个关键因素值得注意:风暴强度和海平面水平。风力造成的沿海洪水发展趋势几乎难以观察。然而,气候变化对海平面上升造成的沿海洪水的影响越来越大:每次沿海洪水都高于原本水平,仅这种影响就会导致2100年许多地方每年发生一次百年一遇的潮汐,在高排放情景下,更多地方将受到影响。
- **复合洪水**——强降雨和强风暴潮叠加可能对沿海城市和社区产生灾难性影响。众所周知,气候变化增加了上述事件在北美城市和北欧各地发生的概率,其他地方也可能如此。

热带气旋

(飓风、台风和气旋)

全球每年的热带气旋总数没有变化，但气候变化增加了最强烈和最具破坏性的风暴数量。与其他类型降雨一致的是，热带气旋导致的极端降雨大幅增加。由于气候变化造成海平面上升，风暴潮加剧。

气候变化主要以三种方式影响热带气旋。**首先，降雨量增加。**热带气旋是地球上最极端的降雨事件。与所有极端降雨事件一样，大气层温度上升，更多水分以雨水形式落下。由于这些天气事件的降雨量如此极端，我们以百分比为基础进行计算，热带气旋降雨量出现最大绝对增加值。

其次，海洋热量增加。温暖的海水驱动热带气旋，为其提供动力。因此，气候变化给更强大的风暴创造了发生条件，这些风暴迅速加剧并持续到达陆地，同时携带更多水分。如果没有墨西哥湾创纪录的海水变暖，飓风哈维几乎**不可能**在德克萨斯州产生如此大的降雨量。这也意味着热带气旋现在会在更加偏北和偏南的地区发生，但在气候变化使海洋变暖之前，海面温度不足以在这些地区产生气旋。科学家总体上认为热带气旋的数量不会增加，但热带气旋的强度会变大，并在以往未出现的地区出现。

第三，海平面上升。风暴潮是热带气旋造成的主要破坏之一，正如在《洪水》部分所述，气候变化增加了热带气旋。

热带气旋的记录相当有限，因此很难清楚地掌握趋势。然而，在热带气旋发生的世界所有地区，主要热带气旋(萨菲尔-辛普森飓风等级的第3-5级)**变得更加频繁**，即使热带气旋发生的绝对数量没有改变。大部分风暴的破坏来自热带风暴。

现在，人们对部分主要气旋事件进行了归因研究，显示个别事件的变化情况。在北大西洋，**飓风卡特里娜、厄玛、玛丽亚、哈维、多里安和佛罗伦萨**的总降雨量都因气候变化而变得更为强烈(分别增加了4%，6%，9%，15%，7.5%和5%)。这些风暴共造成了超过5000亿美元的损失。与此同时，在北太平洋，**台风莫拉克的降雨量**增加了2.5-3.6%，近期夏威夷周边、东太平洋和阿拉伯海周围的极端气旋季节的发生概率因气候变化而有所增加。

此外，个别风暴潮由气候变化引发。例如，**飓风桑迪淹没的面积**因气候变化而扩大，影响了71000多个住户，并造成了额外的81亿美元损失。与没有气候变化的类似事件相比，**台风海燕造成的毁灭性风暴潮的强度**增加了约20%。

局限性和注意事项

- **频率未表现出上升趋势**——虽然气候变化正在增加热带气旋的整体活动，最强烈的风暴更频繁地发生，但它并没有增加气旋的总数。
- **无法对个别气旋的强度进行归因**——热带气旋归因研究的重点是降雨和风暴潮的增加。虽然最强烈的风暴大幅增加，但我们在只使用单一模型对气候变化影响进行单次研究的情况下，无法断定气候变化是否加剧个别风暴的强度。然而，越来越多的证据表明，与没有气候变化的情况相比，**海洋温度上升确实会导致气旋强度增加**。
- **快速加剧**——由于存在极其温暖的海水，气候变化导致气旋数量增加并迅速加剧。迅速增强的气旋危险程度可能远高于逐渐增强的气旋，因为这种气旋的应急预警较少，尤其是在登陆前迅速加剧，使人猝不及防。例如，飓风迈克尔和哈维都是迅速加剧的气旋。
- **风暴轨迹向极地迁移**——随着海水变暖，有理由推测风暴将远离赤道。北太平洋西部气旋向北移动，袭击东亚和东南亚，目前我们只能将之归因为全球变暖的直接后果。因此，此类气旋可能会出人意料地对相对准备不足的地点发起袭击。

由于气候变化,世界各地每次极寒发生的概率和强度都在下降。目前尚不清楚大多数地方的暴雪事件如何变化,但在东北亚、北美和格陵兰岛的部分地区,暴雪的强度可能有所增加。

地球陆地表面急剧变暖意味着降水增多,但降水增多大部分是以降雨而非降雪的形式出现。北美、东北亚和格陵兰岛的部分地区可能存在例外情况,原因是,在气温低到足以下雪的地区,升温会导致大气中水分增加,这些水分可以降雪的形式落下。在这些地区,一年内的降雪季较短、频率较低,但有时强度更大。

到目前为止,人们还无法自信地将气候变化与暴雪的变化联系起来。这是因为许多地区对暴雪的观测记录较为稀疏,而且这些事件难以在气候模型中模拟。

人们仅对近期几次暴雪进行了归因研究,这些研究要么发现与气候变化无关的证据,要么无法自信地得出任何结论。例如,气候变化可能减少了南达科他州2013年初秋降雪的可能性,但这并不能令人信服。同年,2013年西班牙比利牛斯山脉出现极端暴雪,完全是由于自然变化,而非气候变化的影响。气候变化也未对2016年袭卷美国大西洋中东部的冬季暴风雪乔纳斯产生影响。

然而,在北半球高纬度地区,如东北亚、北美部分地区和格陵兰岛,自20世纪50年代以来,由于气候变化,暴雪可能变得更加严重。在北美,高海拔地区在冬季也可能出现类似现象,在其他时间和低洼地区发生概率则较低。

局限性和注意事项

- **极地涡旋**——冬季有两个极地涡旋,一个在对流层(喷射流),一个在平流层(平流层极地涡旋,SPV)。这些涡旋的减弱与欧亚大陆和北美的极端冬季天气有关:较弱的喷射流更为曲折,可从北极吸引冷空气,而较弱的平流层极地涡旋容易在“平流层骤暖”事件中崩塌,导致极冷空气向南溢出。这与气候变化有关,是因为每个涡旋都是北极和北极以南地区之间温差的结果。由于北极变暖的速度比更南端的陆地更快,气候变化可能会削弱每个涡旋。然而,截至目前,虽然有一些证据表明喷射流和平流层极地涡旋减弱,但尚不能确定是否超出了自然气候变化的范围。
- **无法做出明确陈述**——目前对特定的暴雪事件进行气候变化归因的可能性非常有限(无论是概率增加还是减少)。对于北美、东北亚和格陵兰岛的特定严重降雪事件,可以推测可能存在联系,但信心较低。
- **变暖世界中的降雪(和极端寒冷)**——天气和气候不是一回事。气候是长时间(通常是几十年)和大面积(通常是一个国家或地区)的天气平均值。正如古老的格言所言,“气候是你所期望的,天气是你所得到的。”即使在一个平均变暖的世界里,天气的自然变化使任何一天都有可能出现极端寒冷和降雪。一些归因研究表明,在变暖的世界中,极端寒冷事件的可能性越来越小,但并非毫无可能——就像健康积极的生活方式会降低患病概率,但并不意味着身材更好、更健康的人不会生病。

由于气候变化,干旱仅在某些地区变得更加普遍和严重,包括欧洲、地中海、非洲南部、中东、澳大利亚南部和北美西部。有证据表明,中西非、南美洲东北部和新西兰的干旱有所增加。

气候变化以多种方式影响干旱,其中主要的有两种。首先,通过蒸发,随着大气变暖,陆地水分蒸发增加。其次,通过降雨,世界各地的降雨量日益增加,更短时间内的雨量更强。这点很重要,因为大雨更有可能使地面蓄水量饱和并直接流入河流。相比之下,持续时间较长但雨量相同的中度降雨更可能有助于维持土壤水分和地下水储备。因此,即使降雨总量保持不变,一些地方的干旱也会加剧。在一些地区,总降雨量正在增加,抵消了上述作用,降低了干旱的概率,尽管目前只有足够的证据表明澳大利亚北部有这种情况发生。然而,在其他部分地区,虽然大雨频率增加,但平均降雨量仍在下降。这是干旱变化最明显之处。总体而言,蒸发增加,更为分散、更强的降雨增多,平均降雨量减少,在这些因素叠加影响下,干旱易发地区和季节性干旱更为常见。

干旱很复杂,有多种形式,干旱与气候变化的联系并无简单答案。农业和生态干旱的原因是土壤水分缺乏,而气象、水文和地下水干旱的原因则分别是降雨缺乏、河流和地下水位较低。农业和生态干旱与气候变化间联系最为紧密,这直接影响粮食系统和更广泛的自然系统,这些在最近的IPCC报告中进行了广泛详细的阐述。

在北美西部、中东、地中海、非洲中部、西部和南部的部分地区、南美洲东北部和澳大利亚南部,干旱风险日益增加。为了描述特定干旱的严重程度,科学家使用标准偏差单位——衡量特定地点的条件与正

常情况相比的异常程度。这使我们能够比较年降雨量和土壤湿度水平差异较大地区的干旱趋势。IPCC报告称,在上述干旱地区,曾经十年一遇的干旱目前每十年发生1.7次,干旱标准差为0.3。在全球变暖2°C时,每十年将发生2.4次,干旱标准差为0.6。

对近期多起干旱的归因研究表明,它们与气候变化的联系比趋势更为强烈,但也存在毫无联系的案例。然而,这是针对所有形式的干旱,包括农业和生态干旱。因此,只有部分结果可与IPCC报告中强调的趋势进行比较。例如,2015年至2017年,开普敦周边的干旱几乎导致“零水日”——气候变化使这种情况的发生概率增加了3至6倍。同样,在中国,2019年5月至6月的极端干旱的发生概率因气候变化而增加了六倍。在荷兰,农业干旱中至少有一半由于气候变化所导致。其他干旱,特别是东非几场造成巨大人道主义灾难的干旱,发生概率并未因气候变化而增加。

总体而言,综合分析趋势和事件归因,我们可对干旱严重程度和发生概率增加进行归因:

- 对地中海、非洲南部、中东、澳大利亚南部和北美西部的归因信心较高。
- 对中西非、中西欧、南美洲东北部和新西兰的归因信心较低。

局限性和注意事项

- **IPCC的数字仅适用于特定干旱发生地区**——**IPCC报告**对干旱率和严重程度变化的结论仅适用于整体日益干燥的世界部分地区。因此，只能在以下有关地区引述报告结论：北美西部、中东亚、地中海、非洲中部、西部和南部的大部分地区、南美洲东北部和澳大利亚南部。
- **干旱类型和不确定性**——如前所述，干旱包含不同类型。每个地区各有差异，对每种干旱类型的了解也因地区而异。因此，报道任何干旱事件都要谨慎。在本文中，所有类型的干旱都在一个原则下进行综合，以提高结果的可用性。然而，这意味着从科学的角度牺牲了归因的信心水平，说明这点很重要。在这方面，对那些有明确迹象表明存在多种不同形式干旱的地区，才有可能高度自信地陈述气候变化与干旱的关系。对于只有一种类型干旱影响证据的区域，归因自信程度较低。在其他任何地方，我们无法清楚地推断某个干旱如何受到气候变化影响。在东非，有影响力的干旱定期发生，但由于记录过于有限，依靠气候模型不足以进行归因陈述。
- **其他因素**——和洪水一样，干旱严重取决于人类改变土地和管理水资源的方式。因此，报道其他关键因素非常重要，例如人们如何适应(或在某些地方能够适应)气候变化。在讨论此类事件的影响时，考虑人类的脆弱性和暴露程度至关重要——无论气候变化的影响如何，这些因素都可能造成临时禁水令与区域性饥荒的巨大差别。
- **干旱和高温并发**——与高温和洪水一样，同时发生多个极端事件的概率迅速上升——比个别灾害更多。与单独发生某个事件(如山火)相比，极端高温和干旱并发可能导致更为严重的影响(见下文)。

火灾

各大洲部分地区的火灾天气在增加，南欧、欧亚大陆北部、美国和澳大利亚的火灾概率和总燃烧面积明显因气候变化而增加，在中国南部也有类似证据。

“火灾天气”是炎热、干旱和强风的组合。这种天气为火灾发生、助燃以及迅速蔓延提供了最大的概率。因此，火灾活动的趋势与干旱和高温相结合的趋势密切相关。这使得在高温和干旱风险同时上升的地区，火灾风险迅速上升。然而，由于地球热量不断增加，即使干旱风险保持不变，火灾风险也会增加。

全球范围火灾趋势显示，1998年至2015年间，燃烧面积有所减少，但这主要是由于人为影响，如土地利用变化。在世界许多地方，山火的实际危害仍在增加。

易于发生火灾的天气(即“火灾天气”)长度正在增加，并且这种天气的覆盖区域正在扩大。因此，在各大洲很多地区，由于气候变化，**火灾天气的概率明显增加**。

归因研究强烈证明了这一趋势。澳大利亚昆士兰州和新南威尔士州的火灾均因气候变化而增加，新南威尔士州2019至2020年山林大火的发生概率至少增加了30%。在北美西海岸，从阿拉斯加到加利福尼亚，近期山火发生概率和燃烧面积均有所增加。从1984年到2015年，美国西部**超过400万公顷的面积**的燃烧直接归因于气候变化。在中国南方，气候变化使2019年极端山火的发生概率增加了七倍以上。

总体来看，我们可以自信地宣称，南欧、欧亚大陆北部、美国和澳大利亚火灾天气的增加是由气候变化所导致，有证据表明中国南部也同样如此。随着全球变暖加剧，整个陆地表面的火灾天气条件可能进一步增加。

局限性和注意事项

- **数据有限**——到目前为止，仅仅发达国家部分地区的火灾风险能够归因于气候变化。对于其他地区而言，由于受到历史火灾数据记录、天气状况观测、气候模型模拟火灾天气能力等因素影响，归因信心受到极大制约。在世界许多其他地区，日益增加的火灾风险可能与极端高温增加和干旱趋势密切相关。遗憾的是我们目前无法对风险增加进行量化。
- **管理**——控制森林燃烧以防止燃料积聚是一些地区几千年来常见的做法，但并非始终如此。一定程度的火灾风险可归因于控制燃烧的规划和实施水平；如果这方面工作不足，风险就会大大增加。
- **火源**——人类活动(如随意点火)可能成为森林灾难的触发因素。美国国家森林局的数据表明，美国85%的森林火灾由人为疏忽或故意引起。与闪电引起的自然火灾相比，人为因素已使**山火季长度增加了两倍**——绝对值约增加三个月。在报道重大山火的起火原因时，必须报道上述因素，以及受影响的人员和建筑物的暴露程度和脆弱性。尽管如此，不能因其他因素就弱化气候变化的作用。气候变化使全球山火季节平均增加约两周，热量和干燥天气增加有利于助燃物累积。气候变化也增加了火灾季节的强度，相比起来，人为造成的火灾增加却未对强度产生影响；气候变化还会影响特定火灾的持续和蔓延程度。因此，气候变化与人为因素同时发生作用，使火灾季节时间更长、更强烈。

极端事件和气候变化一页清单

以下是本文涉及的每种极端天气类型的基本概述。前文对每种天气类型提供了更为详细的信息，包括当前最先进的科学理论、天气形成描述以及精准报道的要点。

极端天气类型	关键信息	要点和注意事项
热浪	由于人为造成的气候变化，世界上每次热浪的强度和发生概率均有所增加。	<ul style="list-style-type: none"> 不要过于谨慎——热浪与全球变暖单方面相关。
洪水	由于世界大部分地区人为造成的气候变化，极端降雨变得更为常见和强烈。因此在某些地方，洪水可能变得更加频繁和严重，尽管也受到其他人为因素的影响。	<ul style="list-style-type: none"> 洪水与大雨有关，但也由人为因素引起，如水资源管理和防洪。 由于海平面上升，沿海洪水通常呈上升趋势，但与降雨型洪水无关。
热带气旋	每年的热带气旋总数没有变化，但气候变化增加了最强烈和最具破坏性的风暴的发生数量。与其他类型降雨相同的是，热带气旋的极端降雨量大幅增加。由于气候变化造成海平面上升，风暴潮水位升高。	<ul style="list-style-type: none"> 气旋总数没有增加。 由于全球变暖，单个气旋的强度和风速目前并未增加。
暴雪	由于气候变化，世界各地每次极端寒冷天气的发生概率和强度都在下降。目前尚不清楚大多数地方的暴雪事件如何变化，但在东北亚、北美和格陵兰岛的部分地区，暴雪的强度可能有所增加。	<ul style="list-style-type: none"> 可以很有信心地陈述极端寒冷天气减少与天气变化有关，尽管极端寒冷天气仍有可能发生。 降雪变化极其不确定。 极地涡旋的变化情况尚不清楚。

干旱

由于气候变化，干旱仅在某些地区变得更加普遍和严重，包括欧洲、地中海、南部非洲、中东、澳大利亚南部和北美西部。有一些证据表明，非洲中西部、南美洲东北部和新西兰干旱有所增加。

- 干旱非常复杂和多元，因此很难识别确定性因素。
- 对于造成重大影响的干旱，除气候变化外，还有许多因素需要考虑，特别是在水管理方面。

山火

各大洲部分地区的火灾天气都有所增加，南欧、欧亚大陆北部、美国和澳大利亚的火灾发生概率和总燃烧面积都有明显增加，并且都与气候变化有关，中国南部也有类似证据。

- 在某些地区，火灾数据记录非常有限，归因非常具有挑战性。
- 森林管理和火源等人类活动也是重要因素。



@wxrisk

www.worldweatherattribution.org