

An abstract painting with a textured surface, featuring various shades of green, yellow, and white. The brushstrokes are thick and expressive, creating a sense of depth and movement. The colors are layered and blended, with some areas appearing more saturated than others. The overall composition is dynamic and visually rich.

气候变化 2021: 公众摘要

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON **climate change**
WORKING GROUP I TECHNICAL SUPPORT UNIT



这份文件未经IPCC官方正式评审。

天气、气候与IPCC

无论我们生活在哪里，都会经历天气：每分、每小时、每天、每周的大气状况的变化。我们也会经历气候：某一地区几十年内平均的天气状况。气候变化是指这些气候状况的平均状态发生了变化，它是由自然因素和人类活动共同造成的。温度升高、降水变化、极端天气事件增加都是气候变化的实例，但远远不止这些。

早在1990年，政府间气候变化专门委员会（IPCC）的第一份评估报告就得出了“人类导致的气候变化将日益显著”的结论，但并未确认其已经发生。现在，30多年之后，多方面的证据已证实人类活动已经改变了气候。

来自全世界的几百位科学家共同参与了IPCC评估报告的编写。他们基于多重科学证据得出了评估结论，这些证据包括：

- 测量或观测，其时间跨度可能会长达一个多世纪；
- 来自数千或数百万年前的古气候证据（例如：树轮、岩石或冰芯）；
- 能够模拟过去、现在与未来气候变化的计算机模式（详见第9页知识窗“什么是气候模式？”）；
- 对气候系统如何运作的理解（物理、化学和生物过程）。

相比IPCC成立之初，我们现在有了更多的数据和更好的气候模式，对大气与海洋、冰、雪、生态系统和地表如何相互作用也有了更多的理解，计算机气候模拟有了很大的进步，可以提供对过去气候变化和未来预估更加详细的模拟。并且，温室气体排放量在这几十年间显著增加，使气候变化的影响更为显著（详见第6页知识窗“什么是温室气体”）。因此，IPCC的最新报告能够证实和加强以往报告的结论。

这份摘要里包含了哪些内容？

- 当前的气候变化：已经发生了哪些变化以及如何知道人类是这些变化的主因；
- 未来的气候变化：未来将会发生什么变化取决于我们采取何种行动；
- 限制未来气候变化：需要做什么来阻止全球温度继续上升。

当前的气候变化

全球变暖已经造成了广泛、迅速且加剧的变化。一些变化在过去几千年甚至是几百万年来均是前所未有的。

气候变化不仅仅是全球变暖；我们正在经历的是大气、陆地、海洋和冰冻区的广泛变化。下面的列表和图 A 概述了全球范围内观测到的气候变化。

大气

- 2011年至2020年的地球表面平均温度比19世纪末（工业革命前）的平均温度高1.1摄氏度（2华氏度），比过去100000年以来的任何时候都更暖。
- 过去40年中的每一个十年都依次比1850年以来的任何一个十年都暖。全球变暖的速度比至少2000年以来的任何时期都快。
- 由于人类的排放，大气中的温室气体水平继续上升。二氧化碳浓度达到了至少2百万年以来的最高水平。甲烷和氧化亚氮的浓度达到了至少80万年以来的最高水平（见第6页知识窗“什么是温室气体？”）

陆地

- 自1950年代以来陆地上的降水已经增多。在热带地区，降水在雨季变得更多，在旱季则变得更少。
- 随着气候带的移动，许多植物和动物物种已经向极地和更高海拔地区迁移。
- 对于一些北半球植物物种来说，生长季变得更长（自1950年代以来长了多达14天），总体而言，自1980年代初以来，陆地表面变得更绿了。

冰

- 地球上许多冰冻区域正在迅速消融或融化（解冻）。总体而言，降雪正在减少。自1950年以来出现的冰川广泛消退是至少过去2000年以来没有出现过的。
- 与1980年代相比，当前夏季北冰洋海冰面积减少了40%，也是至少过去一千年以来最小的。
- 北半球的积雪自1970年代末以来已经减少，一些常年结冰的陆面区域已经变暖并融化（解冻）。
- 格陵兰和南极冰盖正在退缩，全球绝大多数冰川也在退缩，给海洋增加了大量的水。



海洋

- 海洋吸收了90%与全球变暖相关的额外热量（见第6页知识窗“什么是温室气体？”）。当前海洋变暖的速度比过去至少11000年以来的任何时候都快。
- 自1900年以来，全球海平面上升了约20厘米（约8英寸）。它的上升速度超过了过去至少3000年以来的任何时候，而且这一速度正在加快。
- 通过吸收大气中的二氧化碳，海洋变得更为酸化。与过去200万年以来相比，海洋表层水现在在异常酸化。



图A • 全球变暖引发了整个气候系统的广泛变化。 气候系统的四个主要部分——大气、海洋、陆地和冰冻区都在经历广泛的变化。 Km = 千米。
图片改绘自IPCC第六次评估报告第一工作组第二章FAQ2.2, 图1。 <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-2/>

什么是温室气体？

大气中的一些气体，例如二氧化碳、甲烷和氧化亚氮，就像地球的隔热毯。它们使热量更难释放到外太空，从而使地球变暖。就像在你身上裹上一条毯子可以让你暖和，或者像温室的墙壁可以让室内的空气比周围环境的更温暖。



这种效应被称为温室效应，这些吸热气体被称为温室气体。温室效应是一个使地球适宜人类生存的自然过程：如果没有自然温室效应，全球平均温度将降低约33摄氏度（59华氏度）。然而，自19世纪以来的人类活动将越来越多的温室气体排放到大气中，这些温室气体主要来自燃烧化石燃料（煤、石油和天然气），以及农业和砍伐森林。这些活动加剧了温室效应，导致了全球变暖。

额外的能量被地球系统的不同部分吸收（图 B）：91%被海洋吸收，5%被陆地吸收，3%被冰吸收。只有1%的额外热量被大气吸收。这种变暖已经导致气候的许多方面发生变化。

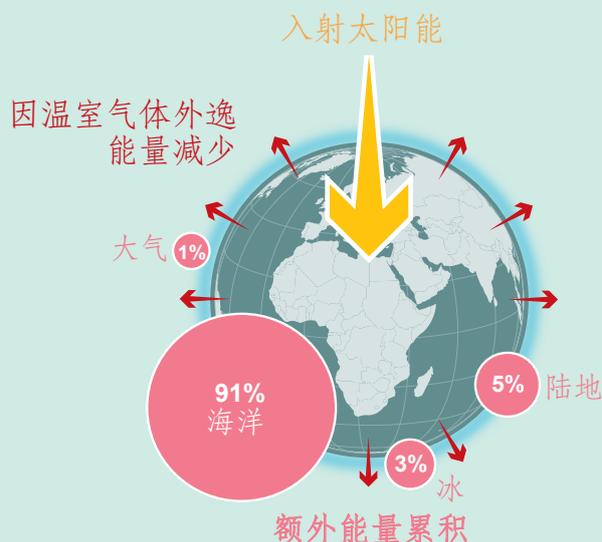
地球能量收支和气候变化

至少自1970年以来，能量流持续失衡，导致气候系统的不同部分吸收了额外能量。

稳定的气候：能量平衡



目前：能量失衡

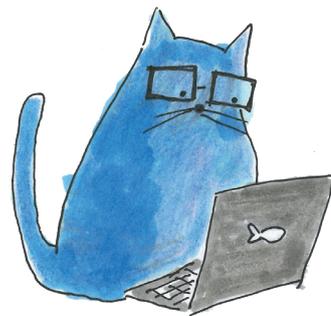


图B·地球能量收支与气候系统相关的流入和流出能量对比。至少从1970年代以来，气候系统流出的能量少于流入的能量，这导致海洋、陆地、冰和大气吸收了额外的能量。

图片改绘自IPCC第六次评估报告第一工作组第七章FAQ7.1，图一。<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-7/>

我们确信人类正在使气候变暖

自工业化前时期以来，几乎观测到的所有变暖（1.1摄氏度/2华氏度）都是人类活动影响的结果。事实上，人类活动排放的温室气体会使地球变暖约1.5摄氏度（2.7华氏度），但其中一部分变暖被称为气溶胶的空气污染物排放所抵消，因为气溶胶整体上具有冷却效应。对全球变暖贡献最大的温室气体是二氧化碳，其次是甲烷和氧化亚氮。



我们如何知道全球变暖不是自然因素造成的？在短时期（几年到几十年）内影响全球温度变化的自然因素自工业化前时期以来并没有显著影响全球温度。大规模的火山喷发是自然变率的例子，它可以使全球温度在几年之内降低，但不会影响更长时期内的温度变化。图 C展示了温室气体、空气污染物（气溶胶）和自然因素如何影响1850年以来的全球温度。只有当气候模式的模拟中包含了人为排放的温室气体时，它才能再现观测到的温度变化。这是我们认识人类造成气候变暖的一种方式。

如何知道人类造成了气候变化？

观测到的变暖（1850-2019）只在包括人类影响的模拟中重现。

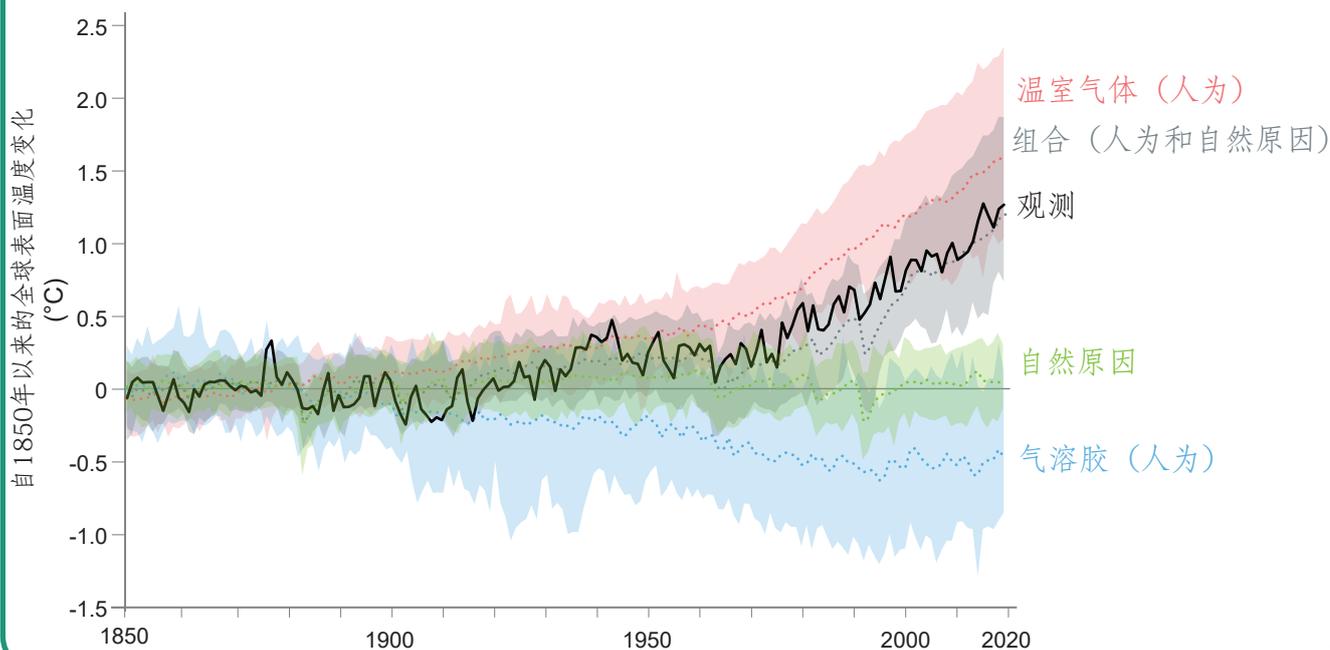


图 C • 人类对气候变暖负有责任。气候模式模拟（着色阴影）只有在包括人为排放的情况下，才能再现观测到的全球温度变化（黑色）。这张图显示了气候模式模拟的全球温度变化，其中包括：仅温室气体（红色）；或仅气溶胶（空气污染物）和其他人为驱动因素（蓝色）；或仅为自然原因（绿色）；或包括所有原因（灰色）。组合 = 自然原因 + 气溶胶 + 温室气体。实线/虚线表示所有模式的平均值，阴影表示模拟的不确定性范围。

图片改绘自IPCC第六次评估报告第一工作组第三章FAQ3.1，图1。 <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-3/>

人类造成的气候变化使极端事件更加频繁和严重

气候变化如何影响极端天气事件？



幅度更大



频率更高



在新地点



不同时间



新组合（复合）

世界上所有地区现在都必须应对普遍更严重、发生更频繁的极端事件（如热浪、干旱和暴雨）。每个地区都经历着不同类型的极端事件。自20世纪50年代以来，所有有人居住的地区都出现了热浪变得更频繁、更强烈的现象，而极端低温变得更少、更温和。许多地区出现了更大、更强的降雨事件（可能会引发洪水）。一些地区的土壤变得更加干燥，导致更严重的干旱，对农业、人类和自然产生负面影响。在热带地区，最强的热带气旋——也称为台风或飓风——变得更加强烈。全球变暖也导致一些极端天气蔓延至以前不常出现的地方（例如，热带气旋和极端热浪）。

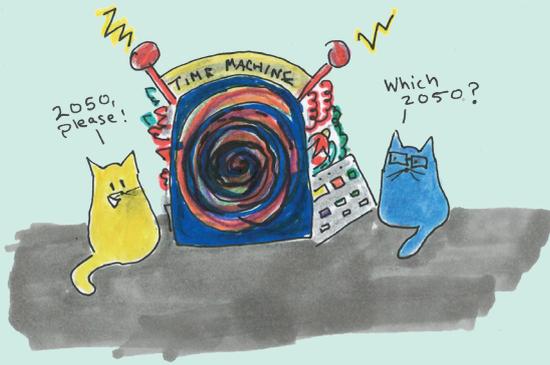
人类造成的气候变化增加了多种极端天气事件同时或接连发生的可能性；这些被称为复合事件。复合事件对自然和人类的影响甚至比单独发生的事件更大。例如，干旱连同极端高温将增加野火、牲畜死亡或农作物歉收的风险。随着平均海平面的升高，一场严重的风暴将增加同时出现极端海平面和暴雨的风险，从而增加海岸洪水的风险。

图 D • 人为造成的气候变化可以通过多种方式影响极端天气事件。

图片改绘自IPCC第六次评估报告第一工作组第十一章FAQ11.2，图1。
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-11/>



什么是气候模式？



气候模式是科学家用来理解过去、现在和未来气候变化的计算机工具。气候模式基于大气、海洋、冰和陆地的物理、化学和生物学基本定律，是模拟地球气候的计算机程序。一些模式比其他模式包含更多的过程、复杂性和细节。因此，不同模式产生的气候模拟会有所不同。这就是为什么IPCC总是查看许多气候模式的结果，以了解我们可以更确定哪些发现。

科学家通过将他们的结果与过去的观测和古气候证据进行比较来检验气候模式。如果模式准确地模拟了我们过去在地球上观测到的变化，则捕捉到最重要的气候过程的信度更高。然后这些模式可以用来确定是什么导致了这些过去的变化，根据我们的行动也可以用来探索未来气候会如何变化。

当然，我们没有办法确切知道人类造成的温室气体和空气污染物的排放在未来会如何变化。但科学家可以探索不同的可能性：例如，通过模拟未来温室气体排放大幅减少的情景，或者未来温室气体排放保持高位的情景。他们可以探索这些未来情景将如何影响海平面上升、极端事件和空气污染等许多事项。

我们未来的气候

为了对未来做好准备，我们需要了解气候将如何继续变化。我们的未来不是一成不变的：它将取决于我们现在和未来几年做出的许多选择。

全球变暖至少要持续到2050年左右，气温才会稳定下来

气候模式显示，即使我们从现在开始大力减少温室气体排放，至少要到2050年才会停止变暖。这是因为造成温室气体排放的人类活动不能立即停止；实施减少温室气体排放的行动需要时间（即使行动雄心勃勃）。从现在开始大幅减少温室气体排放将会减缓、减少变暖量。

21世纪50年代以后，气候模式显示了截然不同的变暖程度，这取决于我们在不久的将来采取的行动。例如，如果从现在开始并在整个21世纪大力快速减少二氧化碳排放，变暖将在本世纪中叶左右停止，在这些情景下，到本世纪末将达到 1.5°C (2.7°F) 或 2°C (3.6°F) 左右。另一方面，如果排放量保持不变或增加，气温将继续上升。在着眼于非常高水平温室气体排放的气候模式中，到本世纪末，变暖将达到 4.5°C (8°F) 左右。另请参见本摘要第13页“只有当我们停止向大气中增加更多二氧化碳时，全球温度才会稳定”。

在2021-2040年期间，全球变暖最有可能达到1.5° C (2.7° F) (在过去十年中，我们已经达到了1.1° C/2° F)。但是，除非迅速、有力、持续地减少温室气体排放，否则将变暖限制在1.5° C (2.7° F) 甚至2° C (3.6° F) 是不可能的。

极端情况会变得更糟。水循环将加强，变得更多变

随着地球变暖，气候变化的许多方面将持续加剧（图E）。热浪、暴雨和干旱将继续变得更加严重和频繁。陆地上的降雨，包括季风降雨，将变得更加多变和强烈：一些地区将变得更加干燥，另一些地区将变得更加潮湿。进一步变暖还将加剧世界上许多冰冻地区的消融（解冻）和融化，如积雪、冰川、冻土和北极海冰。例如，在2050年之前，北冰洋将在夏季海冰最少的时期（9月）至少出现一次无冰的状态。热带气旋会变得更强大。图E显示了在全球变暖1.5° C (2.7° F)、2° C (3.6° F) 和4° C (7.2° F) 的情景下，一些气候变化将变得更加严重。

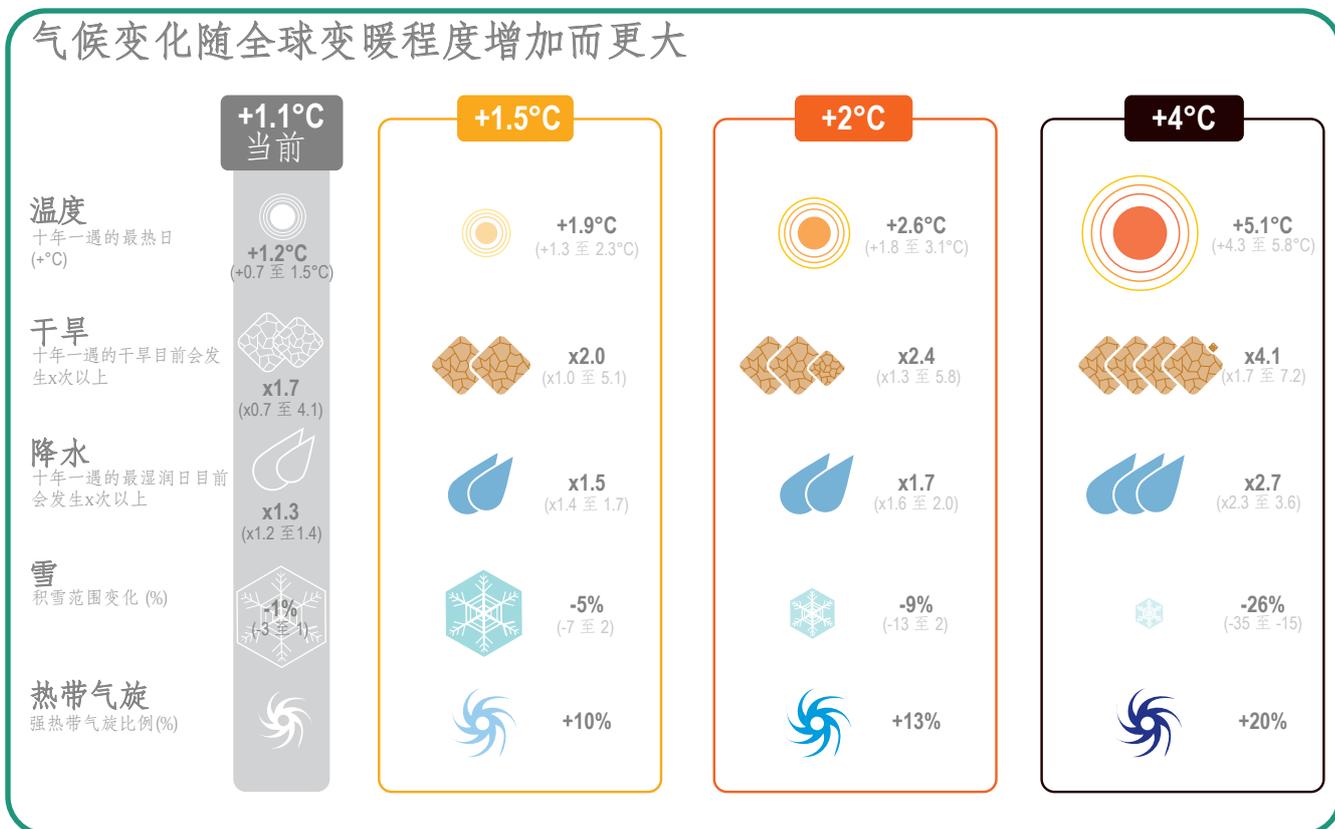


图 E • 气候变化随全球变暖程度增加而更为严重。与19世纪末（1850-1900年）相比，极端温度、干旱、强降水事件、积雪和热带气旋在全球变暖的不同程度上是如何变化的。当前指的是2011-2020年平均。例如，十年内最热日的气温比工业化前时期高出1.2° C (2.2° F)。全球变暖1.5° C (2.7° F) 时，十年内最热日的气温将升高1.9° C (3.4° F)；全球变暖2° C (3.6° F) 时，将升高2.6° C (4.7° F)；全球变暖4° C (7.2° F) 时，将升高5.1° C (9.2° F)。图片改编自IPCC第六次评估报告第一工作组技术摘要信息图TS.1。 <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/figures/technical-summary/ts-infographics-figure-1>

世界所有区域都将经历进一步的气候变化

全球变暖将继续存在区域差异，陆地变暖比海洋变暖更强，北极最为强烈。每个地区都是独特的，会以自己的方式受到气候变化的影响。变暖越严重，每个地区的气候变化就越大、范围越广。图F显示了全球变暖 1.5°C (2.7°F) 和 3°C (5.4°F) 时温度和降水的变化。因此，极端天气事件将更有可能同时发生，使整体影响恶化。例如，热浪和干旱可能同时发生，也可能相继发生。在IPCC交互式地图集中，可以探索您所在地区的不同气候变化：

<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

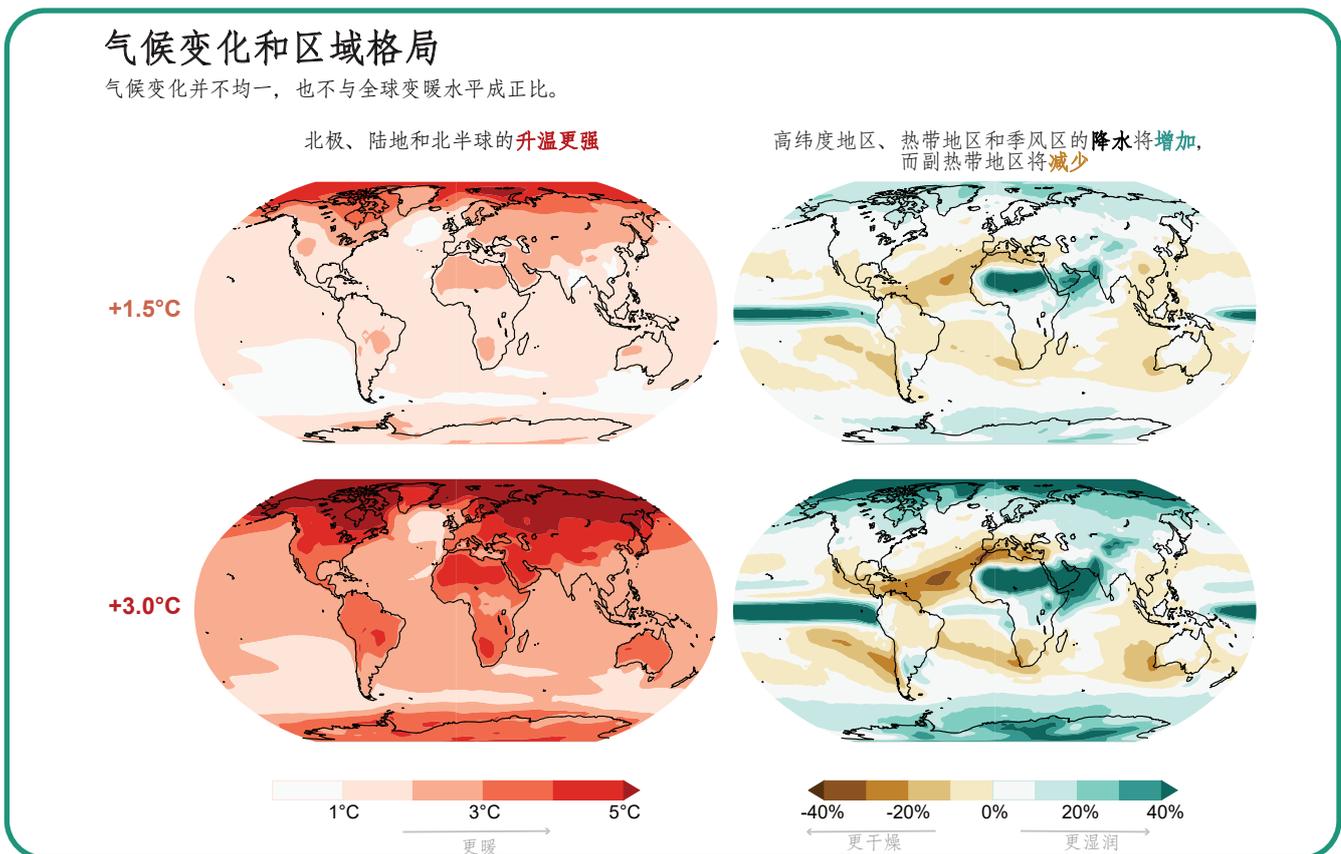


图 F • 全球所有区域都将经历进一步的气候变化，而这些变化将因所处的地理位置而有所不同。与19世纪末（1850-1900年）相比，全球变暖 1.5°C (2.7°F) 和 3°C (5.4°F) 时的年平均温度和降水量变化。图片底部的图标颜色显示了这些变化的百分比。即使实际变化相对较小，但从百分比上看有些变化可能相对较大。例如，在撒哈拉这样非常干燥的地区，即使实际降水量有小幅增加，在图中也会显示出相对较大的百分比增加。

图片改绘自IPCC第六次评估报告第一工作组FAQ4.3，图1。 <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-4/>

在几年到几十年的时间尺度内，气候总是会受到自然变率的影响

有一些自然因素在相对较短的时间尺度（几年到几十年，见图C）内影响全球温度。这些正常的气候变化被称为自然变率，会如以往一样持续下去。

当与人为造成的气候变化相结合时，自然变率的后果可能比预测的更大或更小。自然变率的一个例子是在热带太平洋发现的一种现象，称为厄尔尼诺-南方涛动，或ENSO。这是一种每两到七年变化一次的气候型态，并且可以和其他作用一起持续几个月改变世界许多地区发生野火和暴雨的可能性。对于受影响的地区，ENSO可以在短时间内使人为造成的降雨和野火的变化变大或变小。

社区在为短期内的未来气候变化做准备时，考虑自然变率是很重要的。未来的变化总有可能比预期的更强（或更弱）——但这些自然因素对长期趋势几乎没有影响。

许多变化将持续数百年或数千年

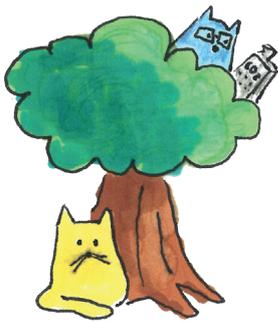
大气对温室气体排放可以相对较快做出变暖响应，但气候系统的一些要素对全球变暖反应非常缓慢。深海变暖、格陵兰和南极冰盖融化以及海平面上升等变化对大气变暖的反应缓慢，但将持续变化几个世纪甚至几千年。这些变化是不可逆的，因为即使温室气体或全球温度再次下降，它们也会继续变化。以海平面上升为例：即使我们将全球变暖稳定在 1.5°C (2.7°F)，海平面仍将在未来2000年内上升2-3米（7-10英尺），在未来10000年内上升6-7米（20-23英尺）。

低可能性的结果是我们认为不太可能发生的气候变化，但也不能将它们排除

有些气候变化事件被认为不太可能发生，或者它们的可能性很难确定，但也不能完全将它们排除。这些事件万一发生，其后果将非常严重。这些事件被称为低可能性、高影响结果，包括地球冰盖的崩塌（导致更大、更快的海平面上升）或大规模森林死亡（这会向大气中释放大量二氧化碳，减少自然清除的量）。鉴于其巨大的潜在后果，在规划未来时要牢记这些结果。



与过去相比，未来大自然从大气中清除的二氧化碳相对较少，除非我们减少排放



陆地植被和海洋清除了人类排放到大气中的大约一半的二氧化碳。在过去的60年里，二氧化碳的清除比例并没有显著变化——人类活动向大气中排放了越来越多的二氧化碳，但陆地植被和海洋也相应清除了更多的二氧化碳。这也是海洋酸化的原因，因为当二氧化碳溶解在水中时，会发生反应使海水变得更酸。

然而，气候模式显示，如果我们继续向大气中排放越来越多的二氧化碳，陆地植被和海洋自然清除的相对量将会下降。那么这意味着什么呢？底线就是，与我们减少排放相比，当我们排放更多的二氧化碳时，大自然的作用会相对减弱。

限制未来气候变化

本摘要仅涵盖如何从自然科学的角度限制进一步的气候变化，因其基于IPCC的报告，该报告着眼于气候变化背后的科学（第一工作组：<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>）。IPCC关于适应的报告（第二工作组：<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>）描述了气候变化如何影响人类和其他物种，以及适应这些变化的备选方案。关于减排和其他缓解行动的报告（第三工作组：<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>）描述了我们如果要限制或扭转未来气候变化可选的方案。

只有当我们停止向大气中增加更多的二氧化碳时，全球温度才会稳定下来

二氧化碳会在大气中停留很长时间——有些会持续几百年到上千年。向大气中排放更多的二氧化碳将导致进一步变暖（见第6页知识窗“什么是温室气体？”）。因此，为了阻止气温进一步上升，要么停止人类活动的所有二氧化碳排放，要么达到一个平衡点，即任何剩余的二氧化碳排放都可以通过长时间清除和储存二氧化碳的活动来平衡。这就是所谓的二氧化碳净零排放。

如果我们未来的二氧化碳排放量非常小，但仍然大于我们从大气中清除的量，那么全球仍将继续变暖，虽然其速度会稍慢。但是如果二氧化碳的排放和清除是平衡的（即净零），那么全球温度将会稳定下来。

当然，二氧化碳只是导致全球变暖的人为温室气体之一。

还需要大力、迅速、持续地减少甲烷和氧化亚氮等其他温室气体排放来限制气候变化

如果能做到这一点，那么全球温度就能稳定下来。然而，这并不意味着全球温度会回到以前的水平。这就是为什么许多已经发生的气候变化无法逆转，只能停止、减缓或稳定。

如果将全球变暖限制在 1.5°C (2.7°F) 左右，我们可以释放大气中的碳量与我们已经释放的碳量相比是很小的：大约 500 GtCO_2 （从2020年开始计算），而我们已经排放了大约 2500 GtCO_2 （ $1\text{ Gt}=10$ 亿吨）。按目前的排放来算，这大约相当于只剩下几年的排放量。

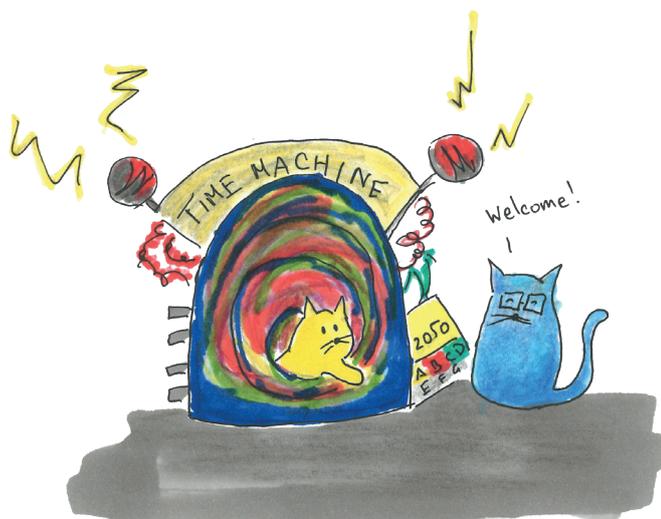


减少温室气体排放也能提高空气质量

空气污染导致全球每年有数百万人过早死亡和健康情况恶化。气候变化和空气质量密切相关，因为许多产生温室气体的人类活动也排放空气污染物。因此，如果我们采取行动减少温室气体的排放，通常情况下还会减少那些能导致空气污染的其他物质（例如气溶胶）的排放。所以采取强有力的行动减少气候变化也会改善空气质量。

随着温室气体快速且持续减少的排放，我们将清楚地看到20年后对全球温度的影响。

立即且持续减少温室气体的排放将在10年内减缓全球变暖，但我们可能需要20年左右的时间才能清楚地看到全球温度稳定下来。这种变暖的减缓在最初会被自然变率所掩盖（见第11页知识窗“自然变率总会在数年乃至数十年的时间尺度上影响气候变化”）。而且，因为这需要时间，我们等待采取行动的时间越长，看到这些行动带来好处的时间也就越长。



关于这份摘要

政府间气候变化专门委员会（IPCC）是联合国机构，负责就当前对气候变化的认识编写科学评估报告。它包含三个主要工作组，涵盖了不同的气候变化主题：第一工作组评估自然气候变化，第二工作组评估这些变化对人类和生态系统的影响，以及我们如何适应不断变化的气候，第三工作组评估如何减少或阻止（减缓）气候变化。三个工作组大约每8年发布一次气候变化评估报告。IPCC自身并不开展研究，而是基于已经发表的科学证据（科学文献、数据集等）编写报告。

本文件是IPCC第一工作组于2021年8月发布的气候变化评估报告的简明摘要。报告由第一工作组技术支持小组（WGI TSU）的成员和报告的几位作者撰写。此外，许多志愿者在这个过程中提供了反馈和指导。它没有经过与IPCC官方文件（如《决策者摘要》）相同的审批程序。

本摘要由以下人员撰写和评审：

Sarah Connors（第一工作组技术支持小组），Sophie Berger（第一工作组技术支持小组），Clotilde Péan（第一工作组技术支持小组），Govindasamy Bala（第四章作者），Nada Caud（第一工作组技术支持小组），陈德亮（第一章作者），Tamsin Edwards（第九章作者），Sandro Fuzzi（第六章作者），Thian Yew Gan（第八章作者），Melissa Gomis（第一工作组技术支持小组），Ed Hawkins（第一章作者），Richard Jones（图集章节作者），Robert Kopp（第九章作者），Katherine Leitzell（第一工作组技术支持小组），Elisabeth Lonnoy（第一工作组技术支持小组），Douglas Maraun（第十章作者），Valérie Masson-Delmotte（第一工作组联合主席），Tom Maycock（第一工作组技术支持小组），Anna Pirani（第一工作组技术支持小组），Roshanka Ranasinghe（第十二章作者），Joeri Rogelj（第五章作者），Alex C. Ruane（第十二章作者），Sophie Szopa（第六章作者）和翟盘茂（第一工作组联合主席）。

非常感谢外部参与人员对本文件的建议：

Dorsaf ben Saad（在校大学生），Felix Franck（口译官），Giulia Gennari（项目助理），Jonathan Gregory（第一工作组第五次评估报告第十三章作者），Suzie Marshall（在校大学生），Ellen Pym（销售和市场营销合作伙伴），Max Paoli（项目协调员），Kavya Pathak（在校大学生），Alexandrine Péan（在校大学生），Eleanor Pearce（电视推广专员），Nicolle Pinson（退休翻译官），Cyrus Robert Perry Tignor（在校大学生）和Jessica Vial（气候学教师）。

图片由Nigel Hawtin（信息设计师）创建。

漫画由Katherine Leitzell（第一工作组技术支持小组）绘制。

封面插图由Sarah Connors（第一工作组技术支持小组）绘制。

模板和排版布局由Clotilde Péan（第一工作组技术支持小组）制作完成。

IPCC图片受IPCC版权保护。漫画和封面插图在CC-BY-NC许可下可共享。

本摘要中文版由以下人员翻译：黄萌田，黄磊，陆春晖，杨啸，周佰铨，杨雅涵。

译文由各自机构和/或贡献者负责提供，并非IPCC正式译文。

感谢每一位为本摘要做出贡献的人员。

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON **climate change**
WORKING GROUP I TECHNICAL SUPPORT UNIT



这份文件未经IPCC官方正式评审。

