空气质量与气候变化

一种微妙的平衡

气候变化与空气污染密切相关，所以治理其中一项经常可以产生双重收益。

© Carl Larson Photography/Getty Images

科研人员认为全球变暖具有潜在健康影响，因此理解气候变化与空气污染之间的关系也变得越来越重要。这些关系相当复杂且充满变数，取决于各地的状况。

大气中的灰尘、过敏原、烟尘、水蒸气、其它颗粒物以及气体之间不断发生相互作用——通常是在温度与紫外线辐射的影响下——形成新的混合物。我们对这些物质的直接健康影响已经相当了解。其中一些具有促进全球变暖的温室效应，还有一些则具有冷却效应，可见气候变化与空气污染密切相关。

联合国气候变化大会（United Nations Climate Change Conference）于12月（2015年，编者注）份在巴黎举行，公共健康及政府方面的利益相关者在会前预备阶段制定了一些策略，以减少短期气候污染物的排放。其中一些策略有助于改善环境空气污染相关的健康影响。

臭氧：亦善、亦恶、亦丑?

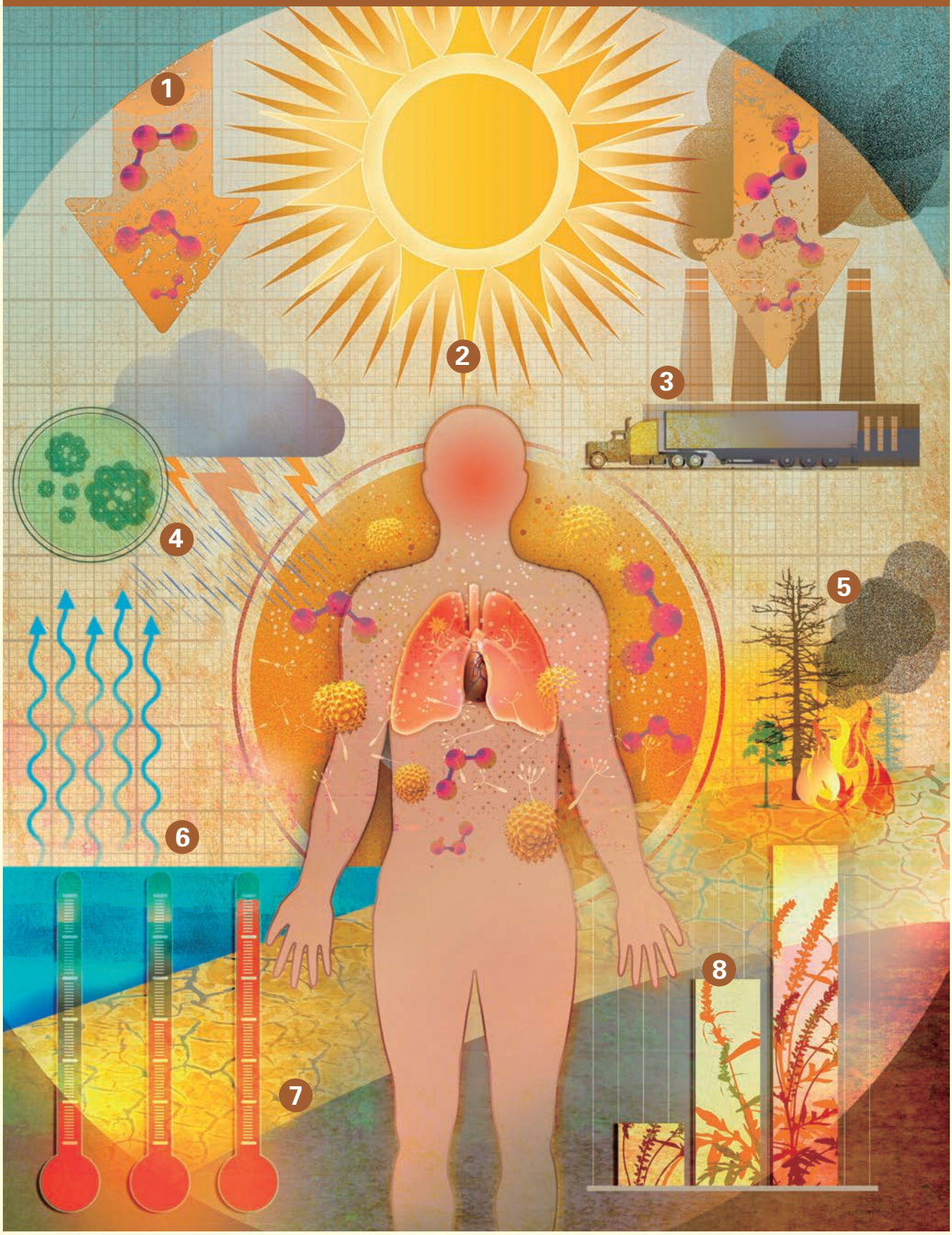
地面臭氧（O_3）是有关气候变化讨论的主要空气污染物之一。国际大气化学项目（International Global Atmospheric Chemistry Project）的执行官员Megan L. Melamed表示，有人将臭氧比喻为“亦善、亦恶、亦丑”。位于平流层内的臭氧层可以保护人类免受紫外线辐射的危害，谓之“善”；而位于地面的臭氧成分可以导致多种健康危害，谓之“恶”；此外臭氧还是一种短期气候污染物，助长温室效应，谓之“丑”。

虽然地面臭氧水平升高与温度上升有关，但是只有在有阳光时才会发生臭氧事件。政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change）预测，总体而言气温上升与水蒸气增加可以降低地面臭氧基线水平，鉴于臭氧的健康危害，这当然是有益的发展方向。但在污染严重的地区，其它因素可能会加剧臭氧生成，尤其是在酷热及干旱条件下。

臭氧是在紫外线辐射下，由其空气污染物前体——包括氮氧化物（NO_x）、一氧化碳及挥发性有机化合物（volatile organic compounds）——相互之间发生化学反应而产生的。这些前体物质可以是人为来源，如汽车尾气、汽油蒸汽以及发电厂；也可以来自天然来源，比如植物（可以产生挥发性有机化合物）和闪电（可以产生氮氧化物）。

许多城市居民对夏季三伏天时空气中的臭氧味道很熟悉。当高压气团停滞在晴朗无云的城市上空、炙热烘烤着街道时，夏日的空气似乎都变得黏稠起来。没有风时，灼热的空气困在高压气团形成的穹顶之下（也称“热穹顶”），地面污染物浓度上升，这种现象称为空气滞塞，是地面臭氧形成的理想环境条件。

气候变化与空气污染：相互交织的健康影响



© Roy Scott

气候变化与空气污染：相互交织的健康影响

1.大气压力

当一个地区被高气压穹顶笼罩时，地面污染物浓度会逐渐升高。排除其它风险因子后，高气压和心律失常及心肌梗塞发病率增加具有相关性。

2.热量与阳光

温度升高及紫外线辐射可与污染物前体相互作用产生地面臭氧。吸入臭氧可以引起气短、喘息、咳嗽、下呼吸道感染、肺功能下降、气道损伤与炎症、甚至过早死亡。即使臭氧只是略微高于基线水平也可能危害人体健康。在排除气象因素后，1～2天的短期臭氧高峰与无心脏病史的中年人急性冠状动脉疾病增加具有相关性。

热应力与温度升高还可以导致心血管发病率及死亡率增加，其病理机制可能是自主神经变化、脱水、内皮细胞损伤、血液粘度升高、血小板与红细胞计数增加。

3.人为排放

污染物排放如氮氧化物与挥发性有机化合物可以增加臭氧形成。除了造成直接健康影响外，许多污染物同时也是温室气体，也有一些如二氧化硫则具有冷却效应。

4.降水增加

气温升高意味着空气中能够容纳更多水分。大气中水蒸气增加与低气压相结合，可以导致更严重的风暴天气。雨水可以清除空气中的污染物，但是短时间内大量降雨会增加洪灾风险。房屋被洪水淹没后更易滋生大量霉菌，而人体暴露于霉菌毒素可以引发呼吸道疾病。

5.野火

气温升高与干旱可以导致野火风险增加。野火烟雾中含有1万多种物质，可以随风飘散到很远的地区，对大量人口造成健康影响长达数天甚至数月。野火产生的空气污染导致住院与急诊病例上升，每年在全球范围内导致大约33.9万人过早死亡。

6.湿度增加

更热更潮湿的天气往往会刺激呼吸道，许多哮喘以及其它呼吸系统疾病患者会出现呼吸困难加重。温度及湿度高峰值与哮喘发作到急诊室就医人数增加有关，尤其是儿童病例。这种天气还与室性心律失常及心肌梗塞具有相关性。

7.干旱

水分蒸发增加是导致热浪天气以及相关森林火灾及干旱的一个主要因素。降雨不足时空气中充满着灰尘、烟雾以及其它污染物，可以加剧或引发哮喘、鼻窦炎、慢性阻塞性肺疾病以及下呼吸道感染。

8.花粉

空气中的花粉、霉菌孢子与灰尘可以诱发呼吸道疾病如哮喘、过敏性鼻炎、结膜炎以及皮肤炎症。多项研究表明花粉含量升高与哮喘发作到急诊室就医病例增加有关，儿童尤其对过敏性疾病易感。

地面臭氧可以在对流层——大气层最靠近地表的一层，因纬度及季节不同，其范围从地表延伸到大约10～15公里高度——之内任何区域形成。臭氧也可以在平流层——对流层之上的一层，最高可达海拔50公里处——下部形成。

城市里的臭氧水平是由前体物质数量决定的，其浓度可能会低于人们的预期。一部分臭氧与机动车排放的氮氧化物相互作用而转化为氧气——氧的最稳定形式。另外，一旦空气滞塞现象结束开始有风时，城市里的臭氧及其前体污染物可以随风传播到数百英里以外的农村地区。因此臭氧浓度更容易达到峰值的地区位于主要城市的下风处，而非城市内。

愈加炎热与干燥的环境

更加炎热与干燥的环境条件绝非全球变暖带来的唯一改变，其在空气质量恶化方面发挥着显著作用。

地表温度升高与空气滞塞若同时发生，可以加剧土壤水分蒸发与植物蒸腾作用。科罗拉多州博尔德市（Boulder）国家大气研究中心（National Center for Atmospheric Research）的资深科学家Kevin E. Trenberth指出，大气中二氧化碳与其它温室气体的增加仅为空气滞塞现象提供了一点额外热量。“但如果这些额外热量持续积累一周或一个月，”他说道，“天气会很快干燥起来。”

Trenberth指出，土地一旦干涸就会丧失蒸发冷却作用，空气也无法保持湿润。蒸发作用是大气的天然制冷剂，降雨则是天然清洁剂，可以去除空气中的污染物，他解释道。没有了降雨和蒸发作用，室外空气会对体弱人群造成健康危害。

“这种[风险]对于季风气候地区尤其重要，例如印度是两季分明：

4个月的雨季之后是一个长长的旱季，”Trenberth说道。在漫长的旱季期间空气污染物可以大量累积，从而影响阳光到达地面，地表蒸发作用因此减弱，水分无法进入大气，因而也无法像正常情况下那样降雨清除空气中的污染物，他解释道。

蒸发冷却作用降低可以增加热浪天气的机率，而热浪加剧又可以增加旱灾与野火风险。一些地区已经频繁出现热浪天气，据估计到21世纪末热浪天气将在更多地区频繁出现。2003年夏季西欧地区的空气滞塞造成了酷暑、高浓度臭氧及干旱导致的森林火灾，仅在法国就导致了大约1.5万非正常死亡案例。这种现象的其它典型案例包括美国加州2012年开始的持续干旱，以及2010年俄罗斯的热浪天气。

干热天气加剧有利于空气中颗粒物的形成与散布，可以加重哮喘、鼻窦炎、慢性阻塞性肺疾病以及下呼吸道感染。随着气候变化，这种状况预计将更加普遍。

气温升高还与另一种空气污染物以不同方式相关联：花粉。平均气温升高延长了花粉季节，扩大了一些植物的生长范围。例如北美的豚草是臭名昭著的季节性过敏源，已经开始在欧洲蔓延而且预期会进一步扩散，因为较凉爽的地区也逐步变得更适宜其生长。另外有实验证据表明，温度及二氧化碳水平上升可以增加单个植物花粉产量及其变应原含量。

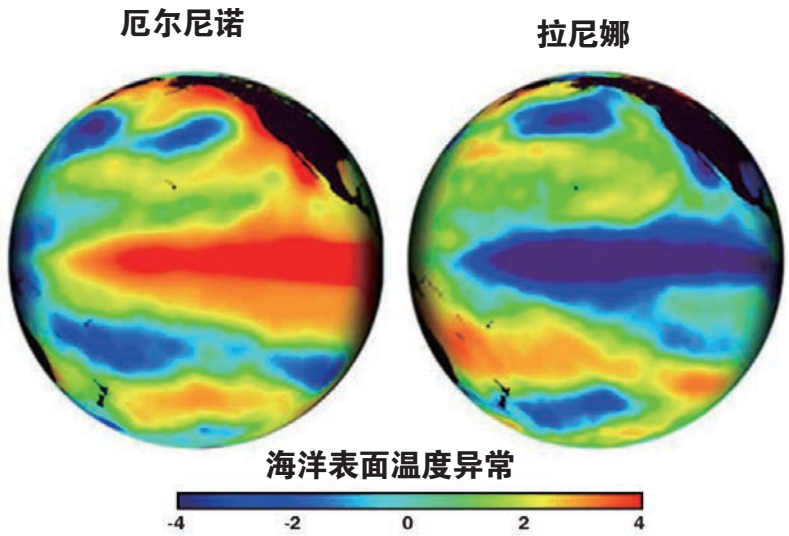
花粉粒不像大气中的离散颗粒物可以长期存在。在相对湿度较高时，二氧化氮和地面臭氧可以与桦树花粉相互作用，修饰花粉上的一些蛋白质。离体实验证据表明，这些修饰作用可能会导致更多急性过敏反应。

马克斯·普朗克化学研究所（Max Planck Institute for Chemistry）的化学家Ulrich Pöschl正在研究地面臭氧浓度与湿度迅速升高时，桦树花粉的蛋白质会发生怎样的变化，以致于加剧其过敏反应。“在清洁干燥的室外

从一个极端走向另一个极端

由于地表温度上升，总体而言大气——尤其是海洋上方——变得更加潮湿，因为温暖的空气可以容纳更多水蒸气。1970年代以来，随着全球平均地表温度升高了大约0.5℃，对流层内的水蒸气含量也随之增加了3.5%。但更多水分并不一定意味着更多降水。大气中的水蒸气增加可以加剧两种相反的极端气候，在一些地区出现更猛烈的暴风雨，而另一些地区则是严重干旱。

这种增强的天气活动可以强化厄尔尼诺-南方涛动现象（El Niño-Southern Oscillation）——对全球极端天气影响最大的自然现象——的影响力。每隔3～7年东信风减弱且赤道太平洋中部的气压下降时，就会出现厄尔尼诺–南方涛动现象。其结果是海洋表面温度出现冷暖偏差：在厄尔尼诺阶段变暖，在拉尼娜阶段变冷。这种温度波动可以改变全球温度及降水的正态分布，导致一些地区降雨增加而其它地区大幅减少。



多年来科学家们一直在研究，与厄尔尼诺–南方涛动现象相关的高速气流以及其它全球空气循环模式是否受到气候变化的影响。“我们的评估显示气候对大气环流及风的影响相对较小，”科罗拉多州博尔德市国家大气研究中心（National Center for Atmospheric Research）的资深科学家KevinE. Trenberth说道，“这些变化很可能属于自然波动的‘噪音’范畴内。”换言之，大部分情况下气候模式仍和以往一样，干旱、风暴及气压系统均属自然现象。

Trenberth同时指出，值得注意的是这些天气模式导致的后果通常比以往有所增强，部分原因是由于海洋及陆地平均气温的升高。而当自然波动中的一个极端现象如严重旱灾发生且与全球气候变暖趋势同步时，通常会造成一个破纪录的极端天气现象。

德克萨斯州于2010～2011年间遭受了严重干旱与森林火灾，而拉尼娜现象导致高速气流向北方漂移很可能加重了灾情。“我们错过了冬季暴风雨的平衡补充，只摊上了其中的干旱气候，”德克萨斯州气象学家John Nielsen-Gammon说道。

在自然干旱与拉尼娜现象的共同作用下，土壤中的水分大量蒸发，在德克萨斯州上空形成一种高气压现象。“当土壤水分减少时，温度就会升高，”Nielsen-Gammon解释道，这种干旱有助于形成高气压天气，进一步加剧干旱，形成一种正反馈循环。

Image: Steve Albers/NASA

环境下，一天之内只有百分之几的蛋白质发生修饰作用，”Pöschl说道，“但是随着臭氧浓度及湿度升高，反应可以很快发生，一天之内可以有百分之几十的蛋白质发生修饰作用。”

同时治理空气污染与气候变化

减少大气污染物排放可以减缓气候变化进程，同时可以改善空气质量。2015年5月，气候与清洁空气联盟（Climate and Clean Air Coalition）在一份5年计划战略框架上达成一致，以最大限度减缓气候变化同时改善空气质量。该联盟是由6个国家政府及联合国环境规划署共同倡议的，旨在推进具体而实际的措施以减少短期气候污染物如甲烷与黑碳，其战略框架将于12月份的巴黎气候会议上正式公布。

空气污染物形成的化学过程相当复杂，而减少其不利影响同样颇具挑战性。例如二氧化硫（SO_2）是一种常见的空气污染物，它的存在使得同时应对全球变暖与空气质量复杂化。来自发电厂、机动车及其它排放源的二氧化硫，可以形成硫酸盐颗粒从而危害人体健康，但同时也可以阻挡太阳辐射到达地表从而产生冷却效应。中国政府正在努力减少二氧化硫排放，以期改善城市空气质量。但是二氧化硫排放量大幅降低可能会增强全球暖化趋势，Melamed解释道。

然而我们无法将空气中的硫酸盐颗粒与其它颗粒物区分对待，也无法将污染物之间的结合方式与它们如何影响气候区分对待。“有些黑碳颗粒表面覆盖着硫酸盐这种大气冷却剂，也有些硫酸盐颗粒表面覆盖着黑碳这种大气暖化剂，”Melamed解释道，“污染物的混合方式对于它们如何影响气候确实很重要。”

美国政府于2015年3月31日宣布，计划在未来10年内将其温室气体排放量降低到比2005年排放水平低26～28%。美国以及其他几个国家的这种承诺，将成为巴黎会议上的一个谈判基础。会议各方目标是最终采取具有全球约束力的措施，将全球平均温度上升控制在2℃以下，谈判达成的最终协议将于2020年生效。

美国已经采取了措施将其温室气体排放量保持在稳定水平。尽管从2012年到2013年美国的排放量上升了2%，但是总体而言排放量从2005年到2013年下降了9%。哈佛大学公共卫生学院健康与全球环境中心（Center for Health and the Global Environment）的副主任Aaron Bernstein指出，继续这样减排可以降低大气中臭氧及多种颗粒物浓度，产生相当可观的公共健康效益。“如果我们竭尽全力应对气候变化，”Bernstein说道，“我们就会更健康。”

Wendee Nicole，于2013被授予首届Mongabay环境报道奖。她为《自然》（*Nature*）、《科学美国人》（*Scientific American*）、《国家野生生物》（*National Wildlife*）及其他杂志撰稿。

译自*EHP* 123(6):A148–A153 (2015)
翻译：周 江

本文参考文献请浏览英文原文

原文链接

http://dx.doi.org/10.1289/ehp.123-A148

《环境与健康展望》中文版

《环境与健康展望》（*Environmental Health Perspectives*, 以下简称*EHP*）是由隶属美国卫生与人类服务部（Department of Health and Human Services, DHHS）的国立卫生研究院（National Institute of Health, NIH）下属的环境卫生科学研究所（National Institute of Environmental Health Sciences, NIEHS）出版的专业学术月刊。刊物主要刊登优秀的、经同行评议的学术论文以及最新、最可靠的环境健康新闻，其宗旨是搭建一个探讨环境与人类健康的相互关系的平台。*EHP*的影响因子（Impact Factor）为7.98，在全球公共卫生、职业卫生以及环境健康杂志中排名第一，在环境领域杂志中名列第二。所有*EHP*的内容均可在网上免费浏览和下载。

为了让更多中文读者了解环境健康的信息，*EHP*将其英文版新闻、专家论坛以及评述栏目的部分文章翻译成中文。2001年6月，*EHP*的中文版《环境与健康展望》问世。从2002年开始，中文版以季刊形式出版。*EHP*与上海疾病控制中心于2004年正式合作出版中文版，并增加了页数和内容。随着学术界、政府部门以及大众对环境健康信息需求的急剧增加，*EHP*的中文版从2011年开始改为双月刊，逢双月出版。请浏览*EHP*中文版网页：http://cehp.niehs.nih.gov/

《环境与健康展望》读者服务部