



# 2017前沿报告

## 全球环境的新兴问题



© 2017联合国环境署  
ISBN: 978-92-807-3664-9  
Job No: DEW/2124/NA

### 免责声明

本出版物可以全篇或部分复制,以任何形式用于教育或非营利目的,无需版权许可,但请注明来源。联合国环境署将感谢使用者向我们寄送任何使用本报告而形成的新的出版物。

未经联合国环境署事先书面许可,不得将本出版物再次出售或用于任何其他商业目的。如需申请许可,请向联合国环境署新闻司司长提出申请,说明复制的目的和范围。通信地址为:P.O. Box 30552, Nairobi 00100, Kenya。

本出版物所提及的名称及所使用的资料,凡涉及任何国家的法律地位、领土、城市、地区、当局、边境或疆域划界的内容,不代表联合国环境署的任何观点。关于出版物中地图使用的一般性指导,请参阅:  
<http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm>

本出版物中提到的商业公司或产品并不代表联合国环境署或作者的认可。禁止在宣传或广告中使用本出版物中关于专利产品的信息。

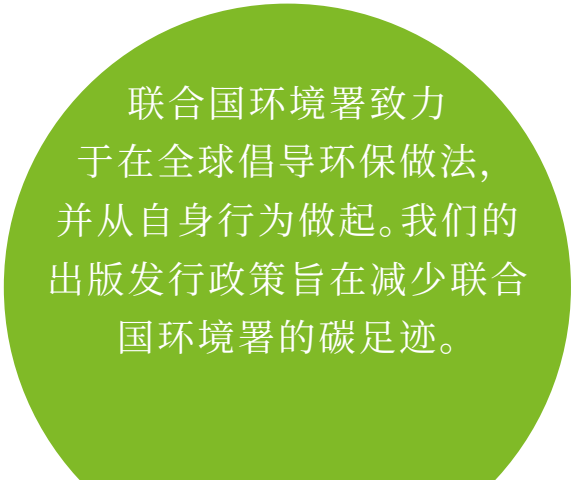
© 地图、照片和插图来源请参照说明。

### 建议引用格式

UNEP(2017)。2017前沿报告——全球环境的新兴问题。联合国环境署(UNEP),肯尼亚内罗毕

### 出版方

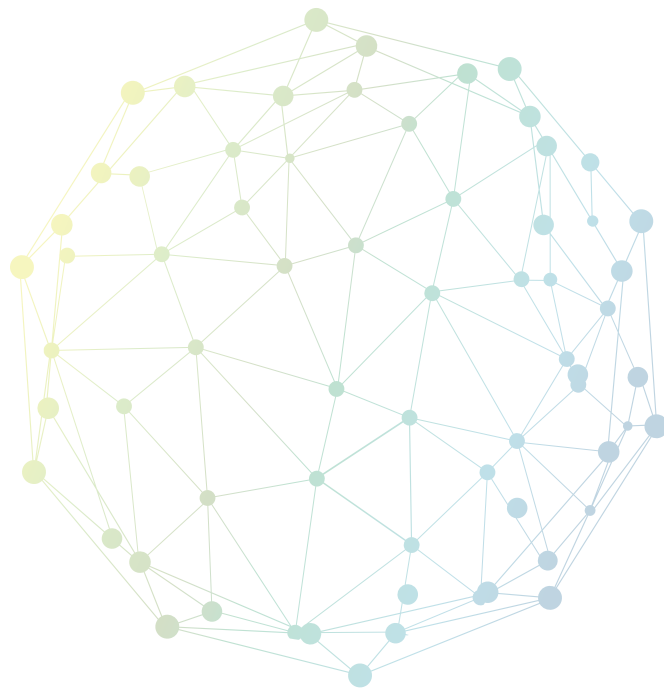
Science Division  
UN Environment  
P.O.Box 30552  
Nairobi, 00100, Kenya  
电话:(+254) 20 7621234  
电子信箱:publications@unenvironment.org  
网站:www.unenvironment.org



联合国环境署致力  
于在全球倡导环保做法,  
并从自身行为做起。我们的  
出版发行政策旨在减少联合  
国环境署的碳足迹。

# 2017前沿报告

全球环境的新兴问题



# 目录

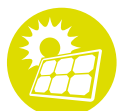
|                                                                                    |                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 前言                                                                                 | 7                            |
| 简介                                                                                 | 8                            |
| 鸣谢                                                                                 | 10                           |
|   | <b>抗菌剂耐药性:环境调查</b> 12        |
|                                                                                    | 什么是抗菌剂耐药性? 12                |
|                                                                                    | 环境中的抗生素、协同选择器和耐药细菌 14        |
|                                                                                    | 减轻抗菌剂向环境中的排放 17              |
|                                                                                    | 为政策提供依据的未来研究和活动 19           |
|                                                                                    | 参考文献 20                      |
|   | <b>纳米材料:应用预防原则</b> 24        |
|                                                                                    | 纳米维度- 关于常见材料的新发现 24          |
|                                                                                    | 工程纳米材料的环境和健康风险 29            |
|                                                                                    | 应用卫生与环境安全条例 30               |
|                                                                                    | 参考文献 32                      |
|  | <b>海洋保护区:面向可持续发展的资源保护</b> 36 |
|                                                                                    | 日益恶化的海洋生态环境:人类日益增长的海洋资源需求 36 |
|                                                                                    | 海洋保护区的兴起 38                  |
|                                                                                    | 好的治理会使海洋保护区更加有效 39           |
|                                                                                    | 未来:利用保护区促进可持续发展 42           |
|                                                                                    | 参考文献 44                      |





## 沙尘暴:应对全球挑战

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 沙尘入侵                  | 46 |
| 来自自然、土地管理不善和气候变化的诱发因素 | 48 |
| 通过关注较小规模来减少损害         | 50 |
| 减少沙尘暴破坏的多边支持          | 52 |
| 参考文献                  | 54 |



## 太阳能解决方案:填补离网住区的能源缺口

|                |    |
|----------------|----|
| 离网城市人口         | 58 |
| 太阳能光伏的发展       | 60 |
| 离网太阳能的创新营销     | 62 |
| 继续在可再生能源的道路上前进 | 64 |
| 参考文献           | 66 |



## 环境造成的人口流离失所:“人类世”的人口流动

|                 |    |
|-----------------|----|
| 什么是环境造成的人口流离失所? | 70 |
| 理解环境造成的人口流离失所   | 72 |
| 制度保障            | 74 |
| 应对环境造成的人口流离失所   | 76 |
| 参考文献            | 77 |



# 前言



地球及其居民面临着日益增多的挑战。这些挑战与我们的文化和环境一样多样化,但都可以通过科学、政策和行动的结合加以解决。《2017前沿报告》强调了政府、企业和民间团体的决策者们面临的新挑战,并为他们提供了迅速采取行动所需的知识和方案。

由科学家、专家和机构组成的全球网络已确定本报告探讨的问题可能对社会、经济和环境产生巨大影响。有些问题长期存在,但尚未引起足够重视,如土地管理不善和沙漠化造成的沙尘暴和流离失所。有些问题是痼疾,对于它们,新的解决方案和工具正在出现,如有利于海洋和沿海资源的保护区或可靠的、负担得起的能源解决方案。有些问题正伴随着新的科学发现而出现,需要紧急干预,如纳米材料应用的快速增加和日益增强的抗生素耐药性。

例如,位于印度海德拉巴附近的帕坦切鲁市的一个工厂,每天处理来自90家药品生产企业的废水。排放物然后进入伊萨卡瓦古(Isakavagu)溪流中,这条溪流补给许多河流。然而,由约阿基姆·拉尔森(Joakim Larsson)教授领导的研究小组在分析排放的水时发现,广谱抗生素环丙沙星的浓度足以每天治疗44000人。这并不是个案。在世界各地,排放到环境中的市政、农业和工业废弃物意味着在许多河流、沉积物和土壤中检测出抗生素浓度是极为常见的。这正在稳步推动耐药细菌的进化:曾经保护我们健康的药物现在面临着悄悄破坏我们健康的危险。

现在是国家和地方政府、企业界和民间团体应对这些新威胁的时候了,因为它们已经对这个星球及其居民的健康构成了威胁。我希望这份报告将鼓励采取协调一致的政策、战略和行动,在我们为实现无污染的地球和繁荣的未来而努力时将这些风险转化为机遇。

A handwritten signature in black ink, reading "Erik Solheim".

埃里克·索尔海姆(Erik Solheim)  
联合国环境署执行主任

## 简介

《2017前沿报告》提出了六个具有全球意义的新兴环境问题。抗菌剂耐药性已经开始威胁全球公共健康和可持续发展。在2016年9月召开的联合国大会期间,各国元首认识到,因对现有药物进化出耐药性,传染病数量正在快速增加,形势已然非常紧迫。各国元首承诺致力于在各个部门,尤其是在人类健康、动物健康和农业领域,解决引起抗菌剂耐药性的根本原因。一个鲜为人知但却十分重要的因素是环境因素在放大耐药性中所起的作用。家庭和农业固体废物以及废水的最终归宿往往是自然环境。因此,自然环境成为了抗生素残留、耐药病原体和其他具有抗菌剂特性的分子储库,它能加剧耐药基因在微生物群落中的扩散。联合国环境署旨在通过这份报告阐明这一问题的环境维度,并强调在遏制耐药性的努力中,有必要考虑抗菌剂在环境中的影响。

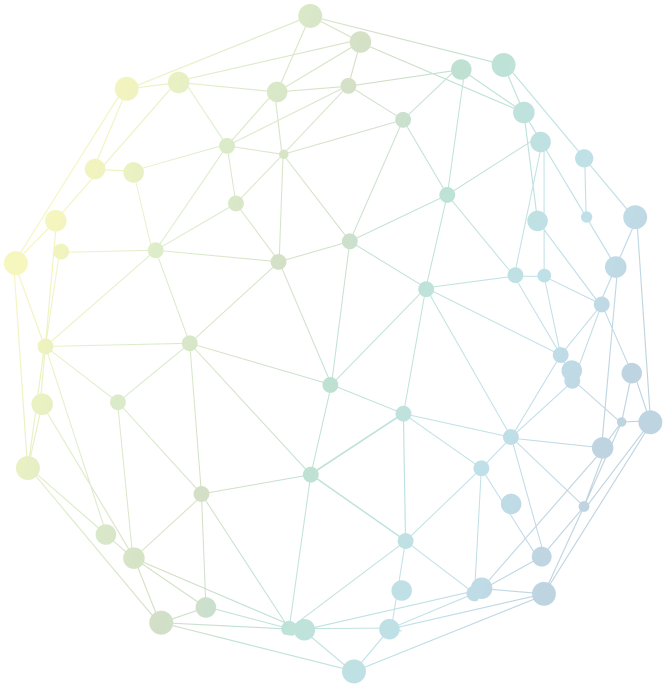
纳米材料已迅速融入了我们日常生活的方方面面。有些材料,如纳米银,可以充当抗菌剂。纳米材料在食品、化妆品、消毒剂、厨具、婴儿用品、服装、布料、家具,以及电子和家电等日常消费品中广泛存在。尽管纳米技术已出现了几十年,但正在进行的研究能使我们以极小的比例生产常规材料。工程纳米材料的独有特性可以促成令人难以置信的应用。然而,关于这些新材料的健康危害问题随之出现,其中很多问题悬而未决。其他具有相似大小、形状和化学性质的有害物质可以提供一些关于管理暴露、确保安全的经验教训,让我们更好地使用纳米材料。

在2017年6月的联合国海洋会议上,各会员国重申了它们保护和负责任地利用海洋和海洋资源以促进可持续发展的义务。其中一项承诺,就是推广有效和适当的基于区域的管理工具,如海洋保护区的使用。海洋保护区是保持海洋健康最佳选择之一。在过去十年中,世界各国已逐步采取行动,指定新的海洋保护区或扩大现有的海洋保护区,以保护自然资源和生态功能。迄今为止,全世界约有14.4%处于国家管辖范围内的沿海和海洋区域被宣布为保护区。这是一个信号,代表了全球社会对于保护这些宝贵的生态系统的承诺。然而,要使海洋保护区真正有效,还需要强有力的治理,让有关使用者和利益攸关方参与进来,影响他们的行为,并最终减少采掘作业造成的影响。有效分担和分享海洋保护区的费用和收益是确保真正可持续发展的重要步骤。

沙尘暴是另一个具有全球影响的环境问题,它长期影响人类健康、破坏农业和基础设施,加剧土壤侵蚀,造成每年数百万美元的经济损失。沙尘暴与一系列跨越国家、区域和大陆边界的环境和发展问题联系在一起。分析发现,全球一些地区的沙尘暴发生频率增加。此外,对土地和水的不可持续使用与沙尘的增加之间有着密切的联系。长期来看,促进土地和水的可持续管理、生态系统恢复和气候变化适应的综合战略将有助于减少和缓解沙尘暴的威胁。

2015年,在发电装机容量方面,可再生能源的使用已经超过了煤。这其中大部分的增长归功于太阳能。据估计全球每天安装约50万块太阳电池板。在非洲和亚洲部分地区,获得可靠的电网电力仍是一个挑战,独立的微型太阳能光伏系统在农村和城市的离网住区,尤其是非正式住区迅速得到普及。设备和服务价格的大幅下降,创新的小额信贷方案和手机银行的业务能力也推动了太阳能系统的使用。虽然采用小型太阳能发电系统并非解决电气化和能源之间的差距问题的长期方案,它仍是降低碳排放的许多替代性发展途径之一。

2016年,冲突、暴力和自然灾害造成约3110万人在自己的国家流离失所,其中因自然灾害而流离失所的人数达2420万。风暴和洪水等突发自然灾害,以及包括荒漠化和海平面上升在内的缓慢环境变化和退化,都可能使某地无法居住,造成人们暂时或永久地流离失所。更好地认识不断变化的环境和气候风险要求对就地适应和政策进行良好的规划,以及防止或管理人口的流离失所。





# 鸣谢

## 抗菌剂耐药性:环境调查

### 主要作者

William Gaze, 埃克塞特大学医学院, 英国特鲁罗

Michael Depledge, 埃克塞特大学医学院, 英国特鲁罗

### 投稿者和审评员

Ernesto Liebana Criado, 欧洲食物安全局, 意大利帕尔马

Klaus Kümmerer, 可持续环境化学研究所, 德国吕讷堡

Angelo Maggiore, 欧洲食品安全局, 意大利帕尔马

Oladele Ogunseitan, 国际卫生和生物防御办公室, 美国国务院, 美国华盛顿特区

Jessica Petrillo, 国际卫生和生物防御办公室, 美国国务院, 美国华盛顿特区

Thomas Van Boeckel, 苏黎世联邦理工学院, 瑞士苏黎世

Evelyn Wesangula, 肯尼亚卫生部, 肯尼亚内罗毕

Tong Zhang, 香港大学, 中国香港

## 纳米材料:应用预防原则

### 主要作者

Jacqueline McGlade, 联合国环境署, 肯尼亚内罗毕

### 投稿者和审评员

Maarten Kappelle, 联合国环境署, 肯尼亚内罗毕

David Quist, 独立评审, 丹麦哥本哈根

Pinya Sarasas, 联合国环境署, 肯尼亚内罗毕

## 海洋保护区:面向可持续发展的资源保护

### 主要作者

Peter Jones, 伦敦大学学院, 英国伦敦

Ruth Murray, 伦敦大学学院, 英国伦敦

Ole Vestergaard, 联合国环境署, 肯尼亚内罗毕

### 投稿者和审评员

Steve Fletcher, 联合国环境署-世界保护监测中心, 英国剑桥

Richard Kenchington, 卧龙岗大学, 澳大利亚

Brian MacSharry, 联合国环境署-世界保护监测中心, 英国剑桥

Mary Elizabeth Miller, 联合国粮食及农业组织, 意大利罗马

## 沙尘暴:应对全球挑战

### 主要作者

Gemma Shepherd, 联合国环境署, 肯尼亚内罗毕

### 投稿者和审评员

Alexander Baklanov, 世界气象组织, 瑞士日内瓦

Valentin Foltescu, 气候与清洁空气联盟, 联合国环境署, 法国巴黎

Utchang Kang, 联合国防治荒漠化公约, 德国波恩

## 太阳能解决方案:填补离网住区的能源缺口

### 主要作者

Xavier Lemaire, 伦敦大学学院 - 能源研究所, 英国伦敦

Xavier Lemaire, 伦敦大学学院 - 能源研究所, 英国伦敦

### 投稿者和审评员

Sean Khan, 联合国环境署, 肯尼亚内罗毕

Vincent Kitio, 联合国人类住区规划署, 肯尼亚内罗毕

Yachika Reddy, 非洲可持续能源基金 NPC, 南非开普敦

Alexie Seller, 授粉能源, 印度勒克瑙

Louise Tait, 开普敦大学能源研究中心, 南非

## 环境造成的人口流离失所:“人类世”的人口流动

### 主要作者

Oli Brown, 联合国环境署, 肯尼亚内罗毕

### 投稿者和审评员

Sasha Alexander, 联合国防治荒漠化公约, 德国波恩

Pablo Manzano Baena, 生态系统管理委员会, 国际自然保护联盟, 瑞士格朗

Jonathan Davies, 国际自然保护联盟 (IUCN), 瑞士格朗

Paolo Groppo, 联合国粮食及农业组织, 意大利罗马

Dina Ionesco, 国际移民组织, 瑞士日内瓦

Alice Kimani, 国际移民组织, 瑞士日内瓦

Diane Klaimi, 联合国环境署, 巴林麦纳麦

Mounir Louhaichi, 国际干旱地区农业研究中心, 黎巴嫩贝鲁特

Hassan Partow, 联合国环境署, 瑞士日内瓦

向以下人员表示特别感谢:

Eili Klein和Suraj Pant, 疾病动态、经济与政策中心, 美国华盛顿特区; Amber Anderson、Angeline Djampou、Robert Few、Valentin Foltescu、Maarten Kappelle、Jian Liu、Jacqueline Martinez de Rosso、Nada Matta、Jacqueline McGlade、Pascil Muchesia、Susan Mutebi-Richards、Theuri Mwangi、Oona Tully、Edoardo Zandri和Shereen Zorba, 联合国环境署, 肯尼亚内罗毕

### 主编

Pinya Sarasas, 联合国环境署, 肯尼亚内罗毕

### 文字编辑 (1-5章)

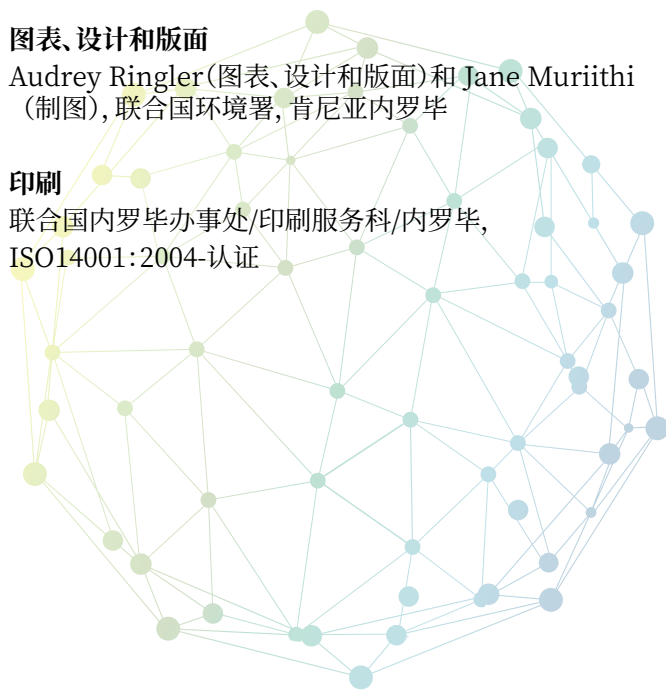
Catherine McMullen, 爱尔兰

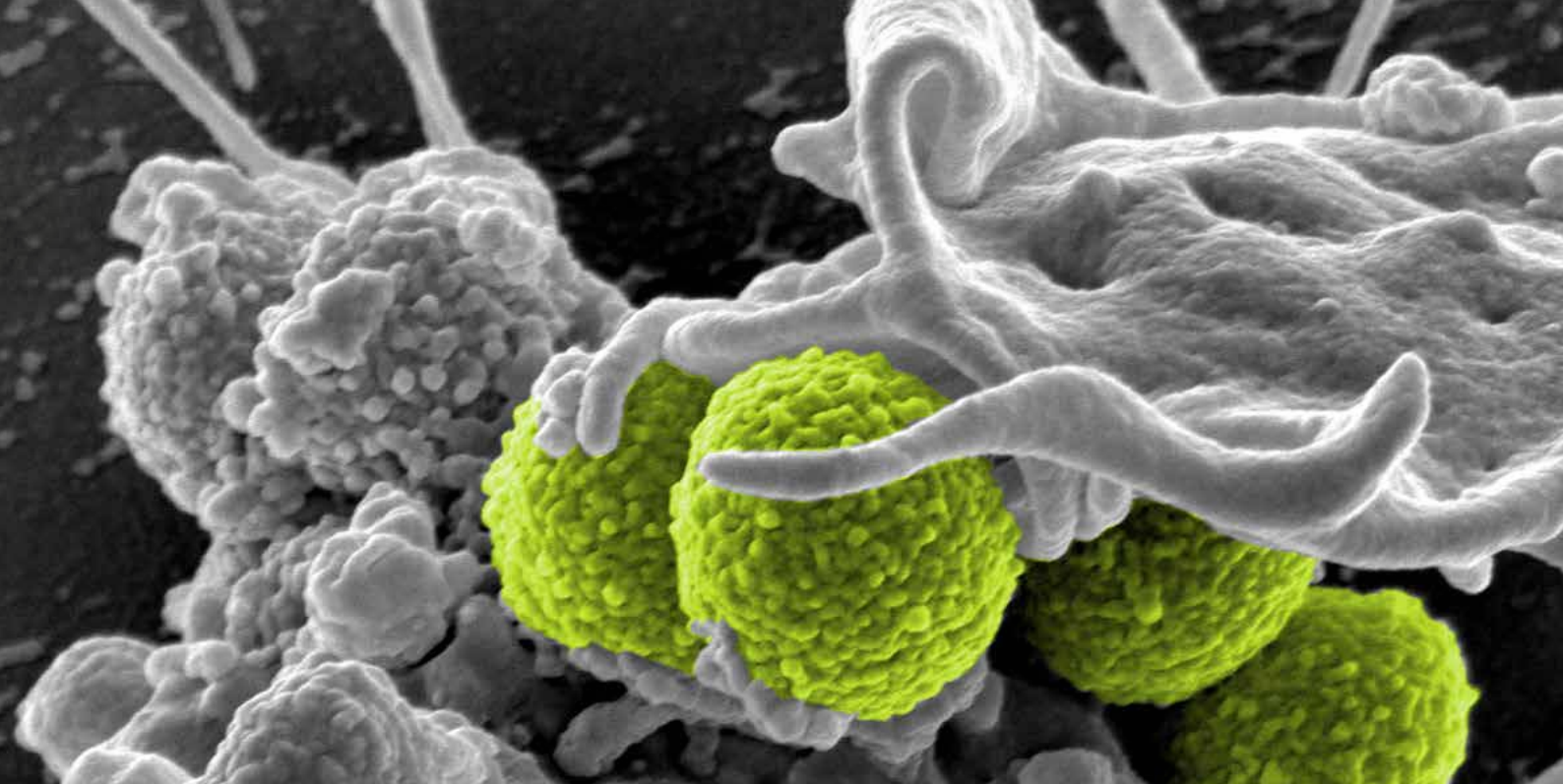
### 图表、设计和版面

Audrey Ringler (图表、设计和版面) 和 Jane Muriithi (制图), 联合国环境署, 肯尼亚内罗毕

### 印刷

联合国内罗毕办事处/印刷服务科/内罗毕, ISO14001:2004-认证





被人类白细胞包围的四个耐甲氧西林金黄色葡萄球菌  
来源:美国过敏性和感染性疾病国立研究院

## 抗菌剂耐药性： 环境调查

### 什么是抗菌剂耐药性？

根据世界卫生组织的统计，我们可能正在进入一个后抗生素时代，在这个时代，以前可治疗的简单细菌感染可能会引发致命因素，而常规的医疗程序，例如依靠抗生素预防性治疗的关节置换和化疗将可能不再有效。<sup>1</sup>由英国政府委托进行的2014年奥尼尔报告估计，到2050年，抗菌剂的耐药性感染可能会成为在全球引起死亡的主要原因。<sup>2</sup>

抗生素药物在世界各地用于治疗 and 预防人类、动物甚至植物中的细菌感染。尽管欧盟于2006年已经禁

止了这种做法，但是抗生素药物仍被广泛用作增长促进剂以增加肉类的产量。<sup>3,4</sup>虽然在医疗和农业实践中滥用抗生素已和日益增加的耐药性联系起来，但自然环境在耐药性的出现和传播中所起的作用受到的关注却相对较少。

抗菌剂耐药性可分为原发性和获得性。获得性耐药性可通过细菌DNA中的突变，或者通过基因水平转移（此时DNA从一个细菌移动到另一个细菌）而产生耐药性基因。目前，获得性耐药性在临床和兽医环境中导致感染治疗失败是一个令人关注的问题。





很多抗生素是天然的,例如在面包模具中发现的原始青霉素;而另外很多抗生素是由天然抗生素合成的或经过化学改性的,目的是增强抗生素的活性和稳定性。<sup>5</sup>抗生素是一类抗微生物药物,是能杀死或抑制微生物生长的物质。这些术语在使用时通常可以互换。

微生物通过产生抗生素分子抑制其他微生物的繁衍。细菌为了存活下来,成功地形成了抵御抗生素攻击的机制。研究表明抗生素耐药性,包括某些在现代医学中应用的抗生素的耐药性,已经存在了数百万年,这说明抗生素的耐药性在共享基因组的微生物群体中是自然的、古老的、本能的。<sup>6</sup>

在没有人为干扰的情况下,土壤、水和其他环境中的微生物种群已经自然出现了选择性的耐药性。然而,目前每年数十万吨的抗生素使用量以及随之而来的释放到环境中的抗生素残留物给选择压力的大小带来了巨变,从而导致耐药细菌的增加。<sup>7</sup>大多数抗生素药物在服用后未经代谢就随耐药细菌排出体外。然后它们可以通过污水系统或直接地进入水和土壤,并与环境中的细菌和其他污染物混合在一起,这可能会进一步增加直接或间接帮助选择抗生素耐药性的压力。环境在这一过程中起着多大的推动作用?关于这一问题正在开展紧密的调查与研究,但答案将部分取决于环境污染的程度,以及抗菌剂残留物的持续存活时间。

水和土壤中的细菌天然地拥有种类繁多的耐药性基因。研究发现,以前的易感病原体能够从环境细菌中获取耐药性基因。<sup>8-11</sup>细菌耐药性的遗传基础,以及耐药性如何在环境与临床之间传播是目前广泛关注的研究课题。<sup>11-13</sup>

人类可以通过饮用水、消耗食物或通过与环境直接接触而受到环境细菌和耐药性基因的影响。另一个问题是耐药细菌是在何种程度上通过食物链或与环境直



### 什么是抗菌剂?

任何能杀死细菌、病毒、原生动物和真菌等微生物或抑制它们生长的天然、半合成或合成来源的物质。抗菌物质以抗生素、抗病毒药和抗真菌剂等药物形式;或以防腐剂、消毒剂和灭菌剂等化学品形式使用。

### 什么是抗生素?

由细菌或真菌天然产生的可杀死或抑制其他微生物生长的抗菌物质。人们利用许多类型的抗生素作为药物来预防和治疗由致病菌、真菌和某些寄生虫引起的感染。大多数抗生素主要用于杀灭细菌。

因为抗生素是一种抗菌剂,所以这两个术语通常可互换使用。

### 什么是抗菌剂耐药性?

当微生物进化到能抵抗抗微生物剂的作用并能在抗微生物剂存在时进行繁殖,就出现了抗菌剂的耐药性。由于可用的抗菌剂在杀死耐药病原体方面的效果已变得较差,全世界每年约有70万人死于耐药性感染。

### 什么是耐药性选择?

自然选择是一种驱使生物体更好地适应其所处环境并生存、生长和繁殖的机制。在抗菌剂耐药性的背景下,抗菌剂物质对微生物施加选择压力,促进了耐药性的发展。那些能够抵抗抗菌剂作用的微生物能够存活和繁殖,而易受影响的微生物则被杀死或者生长被抑制。过度使用和误用抗生素增加了细菌中抗生素耐药性的选择。

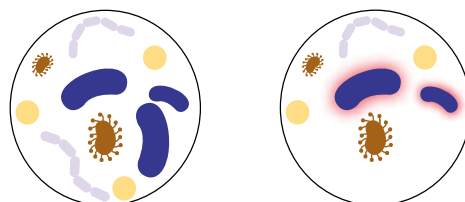
接接触而传播的。例如,研究表明,虽然英国在滨海娱乐水域的废水处理方面投入了很高的成本,但估计每年仍有600万起针对一个类型的耐抗生素大肠杆菌的曝光事件发生。<sup>14</sup>还有详细记录的案例表明耐抗生素细菌会在可食用动物体内进化,随后传播给人类。<sup>15</sup>

## 环境中的抗生素、协同选择器和耐药细菌

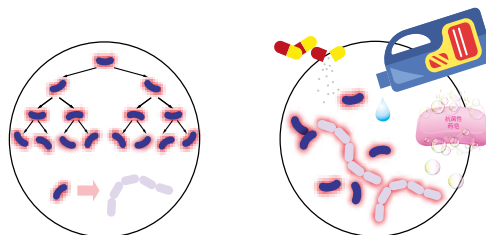
将抗生素和其他抗菌化合物(如消毒剂和重金属)排放到自然环境中有可能推动耐药细菌的进化。这些化合物以各种浓度广泛存在于水和土壤中,存在形式和含量取决于降解速率及其在固体载体上的吸附能力。<sup>16,17</sup>城市污水含有大量污染物:来自家庭的药品和个人护理产品;带有高浓度抗生素和消毒剂的医院废弃物;工业活动中的化合物,包括重金属等。一些制药厂将大量的抗生素直接排放到环境中,导致浓度达到或超过用于治疗人类感染的药物水平。<sup>18,19</sup>在排放地点附近发现的升高的耐药性水平是污染环境出现的抗生素耐药性选择的确凿证据。<sup>20</sup>然而,大多数废水、地表水和土壤环境中的抗生素浓度可能比临床或原始工业废水中的浓度低1000倍。<sup>16</sup>低浓度污染的意义重大——浓度太低,不能杀死暴露的细菌,但足以促进或产生选择耐药性。<sup>21</sup>问题在于找到抗生素不能对微生物群落起到选择作用的临界点。在低抗生素浓度下,获得耐药性可能更多地依赖于另一种称为水平基因转移的细菌基因转移。因此,在琼脂平板上进行的细菌的单一物种研究不大可能对自然环境中的复杂微生物群落的耐药性发展提供有意义的见解。

河水中的浓度取决于污水处理设施以及其所服务人群中的抗生素使用情况。污水处理厂通常旨在去除常规污染物,例如营养物质、有机物质、悬浮固体,有些还能去除病原体,但无法去除抗生素。<sup>22</sup>农业废弃物(如动物粪便)也可能含有抗生素,其浓度与用于治疗感染的抗生素属于同一量级。然而,某些抗生素在被吸附到土壤颗粒后会失去活性,而某些抗生素仍然保持活性,并对土壤中的细菌施加选择压力。<sup>23</sup>获得关于土壤和水中暴露于抗菌剂残留物的微生物群落的可靠时空数据对于更好地了解在自然环境中发生的选择程度至关重要。<sup>24,25</sup>抗生素残留物和其他污

### 自然选择和抗生素耐药性



在微生物界,生物体之间的竞争总是通过产生抗生素分子来抑制其他生物体的生长而出现的。敏感的生物体会灭亡。然而,已知细菌和真菌已经发展出了抵抗抗生素攻击和生存的防御机制,或者换句话说,具有了抗生素耐药性。



耐药基因能传给下一代,甚至通过基因水平转移在不相关的细菌之间传播。过度使用和滥用抗生素药物以及在环境中更多地接触抗菌生物药物物质,就会增加细菌抗生素耐药性的选择。

### 视频:抗生素与环境:静悄悄的危机



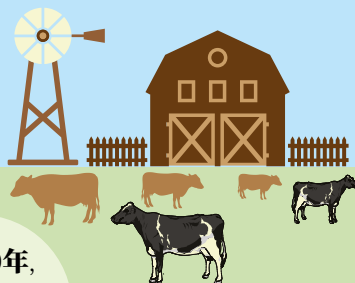
链接: [www.youtube.com/watch?v=WSIrKEUxsPs](https://www.youtube.com/watch?v=WSIrKEUxsPs)

©麦克马斯特大学

# 抗菌剂耐药性与环境

环境是抗生素耐药性的关键。土壤、河流和海水中的细菌可通过接触耐药细菌、抗生素和人类活动释放的消毒剂而产生耐药性。人和牲畜会通过食物、水和空气接触更多的耐药细菌。

从2000至2009年, 人类使用的抗生素增长了36%



高达75%的水产养殖中使用的抗生素可能会释放到周围环境中

70%的抗生素被应用于动物病症

厩肥造成地表径流、地下水和排水网络的抗生素污染

到2030年, 牲畜使用的抗生素将增长67%

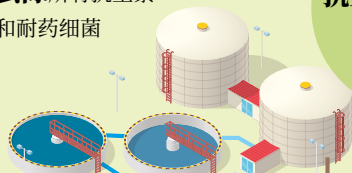
抗生素被越来越多地用于促进集约养殖业中的动物生长, 特别是在发展中国家

抗生素可被植物和作物吸收



包括废水、厩肥和农业径流在内的主要废弃物流含有抗生素残留物和耐抗生素细菌

废水处理厂不能去除所有抗生素和耐药细菌



消耗的80%抗生素通过尿液和粪便排出

30%的抗生素被应用于人类病症



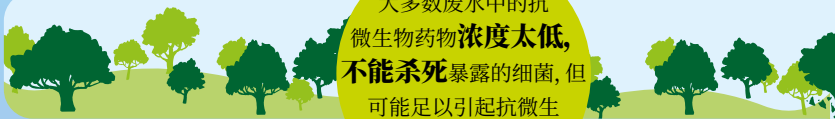
生源水和经过处理的饮用水中可能存在耐抗生素细菌



市政和工业废水

水中的污染物增加了细菌变成耐药残留物的压力, 如四环素、β内酰胺、环丙沙星

大多数废水中的抗菌微生物药物浓度太低, 不能杀死暴露的细菌, 但可能足以引起抗菌微生物药物耐药性



超过50%的城市固体废弃物最终进入垃圾填埋场和露天垃圾场。这可能含有未使用的或过期的药物。



耐多种药物的细菌普遍存在于水产养殖、工业和市政排放附近的海水和沉积物中





视频:细菌耐药性及其对健康的影响



<https://www.youtube.com/watch?v=eDhhv31vuV8>  
图片来源:James Gathany

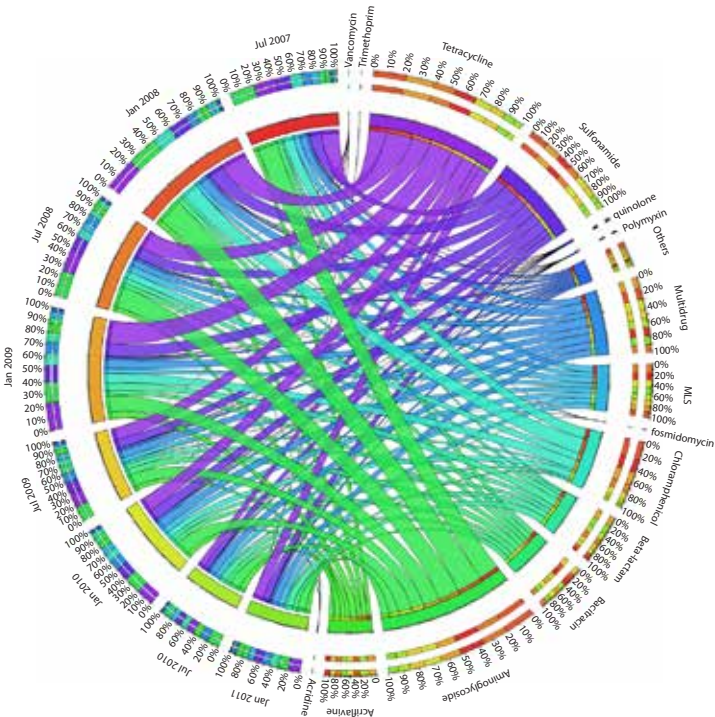
© 埃克塞特大学

染物混合在一起使这种情况进一步复杂化,与单独的物质相比,这些混合物可能会产生更大的选择压力。<sup>26</sup>对于银、镉、铜、汞和锌等重金属以及具有抗菌特性的化合物,如消毒剂和杀生物剂,抗生素耐药性的间接或协同选择的证据正在积累。<sup>26-30</sup>重金属在农业、工业和城市环境中普遍存在。因此,即使没有来自抗生素的直接选择压力,已暴露细菌中的抗菌剂耐药性也可能增加。

因为抗生素和耐抗生素细菌来自同一起来源,所以常被一起发现。废水、动物粪便和农业废水等主要废物流也含有耐抗生素细菌。未经处理的污水排放可能是增加环境中的抗生素耐药性的重要驱动因素,但这是一个解决起来很有挑战性的问题。即使在拥有较高废水处理投入和减少农业水生污染管理策略的国家,仍然能在江河流域发现数量大幅变化的耐抗生素细菌。在关于废水处理减少废水中的耐抗生素细菌数量的研究已发现了相互矛盾的结果:一些研究显示能有效去除耐抗生素细菌,而其他研究则显示与流入的废水相比,流出废水中的耐抗生素细菌数量有所增加。<sup>22</sup>后一种结果表明,由于细菌密度高,

营养丰富,废水处理厂可能成为菌落基因水平转移的来源。<sup>31,32</sup>因此,废水和污泥是重要的监测工具,可以用它们评估人类种群中的耐抗生素细菌和耐药基因的丰富程度。<sup>33,34</sup>

2007-2011年,中国香港沙田污水处理厂的活性污泥中含有丰富的抗菌剂耐药基因



香港大学Tong Zhang教授提供

也请参阅Yang等人(2013)<sup>33</sup>

交叉线说明8个污泥样品中耐药基因的丰富程度。线条越粗,耐药性基因种类越丰富。例如,耐氨基糖苷和四环素的基因是在所有样品中检测到的最主要类型。



## 减轻抗菌剂向环境中的排放

当前的监管政策在妥善考虑排放抗生素和耐抗生素细菌排放方面进展缓慢。日益增强的抗生素残留可能损害水生生物,这样的共识使三种抗生素化合物于2015年被列入“欧盟新兴水污染物监测清单”。<sup>35</sup>某些药物制造商自愿采取措施降低废水中的抗生素残留的浓度。<sup>25</sup>2016年9月,几家领先的制药公司签署了以关于抗生素生产的环境管理为核心主题的抗菌剂耐药路线图,并提交给联合国。<sup>36</sup>

一些协同选择的化合物,如用于诸多消费品的二氯苯氧氯酚,已在各个市场被禁用或限制使用。东南亚国家联盟对化妆品和个人护理用品中的二氯苯氧氯酚最大浓度设定了限制。<sup>37</sup>美国食品和药物管理局在2016年裁定,含有二氯苯氧氯酚和其他18种化合物的非处方抗菌产品不应再进行销售,因为长期接触这些活性成分可能会导致健康危险,如细菌耐药性或荷尔蒙效应。<sup>38</sup>

强化对抗生素和协同选择化合物的管理可推动负担得起的缓解和降低风险的解决方案的制定,并促进关于抗生素残留及其产生的耐药细菌的责任的讨论。可以说,抗生素制造商、开处方者、农民甚至患者均对环境受到的抗生素残留物的破坏性影响负有一些责任。我们应对抗生素耐药性的这种重大变化,尤其是在一体化卫生办法的背景下,可能会对减少抗生素使用并改善废弃物管理的实践提供激励措施。

已经有许多缓解策略能减少或去除进入环境的废物流中的抗生素和耐药细菌:二次和三次废水处理;去除抗生素和细菌的膜过滤和臭氧处理;能更有效去除活菌的紫外线消毒和热处理。这些方法的有效性各不相同,某些方法可能产生意料之外的后果,例如有毒的副产品。也可在把动物粪便在施肥之前对它

## 对抗生素、金属和灭微生物剂的耐药性的协同选择



## 视频:美国食品和药物管理局为什么禁用抗菌皂?



链接: [www.youtube.com/watch?v=9dExiRwh-DQ](http://www.youtube.com/watch?v=9dExiRwh-DQ)  
图片来源: Galushko Sergey/Shutterstock.com

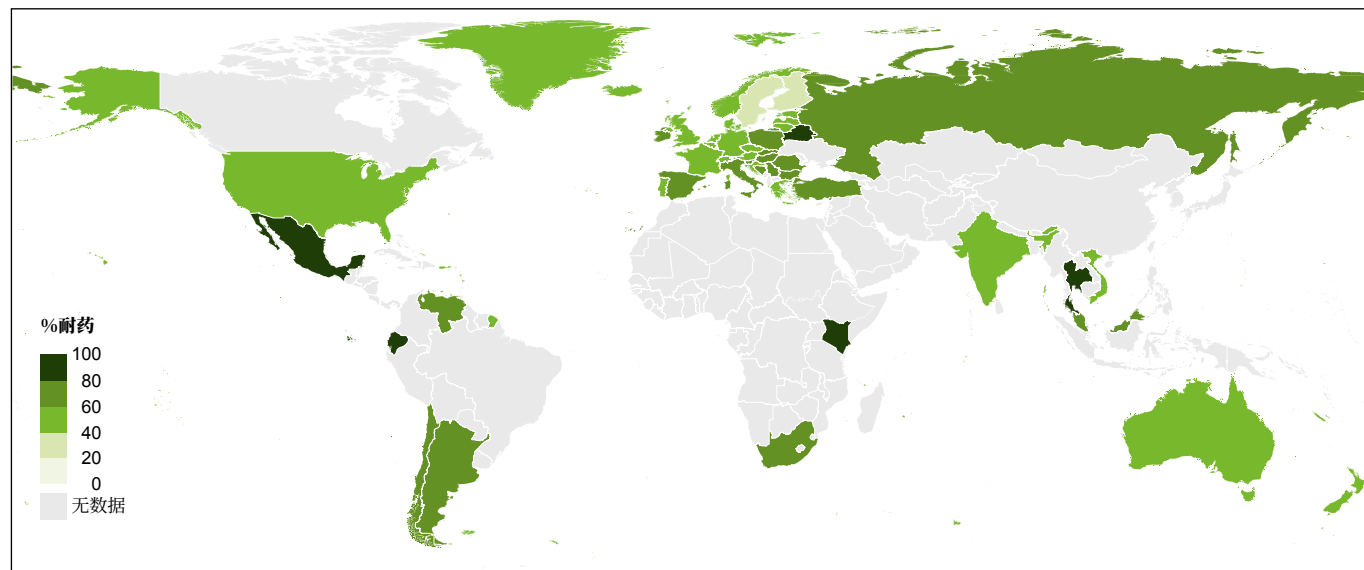
© SciShow

们进行处理, 并采用减少养殖污染的简单方法。使用这些方法的障碍主要在财政方面, 也与社会进行变革的能力或愿望有关。我们迫切需要更好地了解抗菌剂耐药性在环境中带来的风险, 并开发可持续的缓解技术。

数量巨大的细菌及其无穷的基因转移能力、选择化合物的复杂混合以及耐药性建设机制的多样性, 考虑到以上三个因素之间相互作用的可能性, 有人认为, 该问题的复杂性超出了现有的理解能力。<sup>39</sup>如果有足够的数据, 这种看法也许是不正确的, 但问题仍然是我们在做出决定之前是否有时间等待生成足够的数据。

我们知道, 人类活动发生在何处, 环境中就会出现抗生素和抗生素耐药性水平的升高。我们知道, 在实验室条件下, 某些抗生素即使是在自然环境中发现的浓度下, 也会选择抗生素耐药性。我们还知道, 最近出现在病原体中的具有重要临床意义的耐药基因起源于自然环境中的细菌。已有数据显示, 传播可能通过食物链和暴露于污染环境而发生。常常有循证决策的呼声; 但与抗生素耐药性同样复杂的问题是, 多少证据才是足够的? 获得充分的临床试验的证据也许是不可能的, 或者是一项充满挑战的任务, 因为我们要面临由于延迟管制抗生素使用和延迟实施减缓策略而导致的巨大风险。

对氨基青霉素具有耐药性的侵袭性大肠杆菌分离物的百分比



疾病动力学、经济和政策中心 (CDDEP) 提供。如需查看更多耐药性地图, 请访问 <http://resistancemap.cddep.org/AntibioticResistance.php>





## 为政策提供依据的未来研究和活动

在具有重要临床意义的病原体中抗生素耐药性正在越来越多地被发现,随着需求的增长,畜牧业生产也在加强,人口增长和快速的城市化进程正在产生更多的污染。这些趋势共同表明,在可预见的未来,除非全球采取协调一致的行动进行干预,否则推动抗生素耐药性扩散的进程将会持续下去。希望这些趋势将会促使我们更好地管理这个问题,并且采取考虑自然环境关键作用的政策。

预防措施可能包括通过更可控和合理的使用,以及通过改善污水和废水管理处理关键节点,如医院、制药厂、废水处理厂和农业使用,来减少抗生素以及协同选择化合物向环境的总排放。更多的预防措施包括:在畜牧业中停止使用作为生长促进剂的抗生素;尽量减少含有抗菌剂的家庭和个人护理产品的使用;鼓励技术创新,确保新开发的抗生素在发挥有益作用后可以迅速降解。

可靠的政策制定必须以以下研究为依据:有关自然环境中的抗菌剂和协同选择化学污染对抗菌剂耐药性总水平,以及耐药性的进化和传播的贡献的基础性研究。例如,关于与土壤接触的抗生素残留的去向的研究有助于监管机构了解哪些抗生素保持生物活性——即能够施加选择性压力——因此需要更多的关注。<sup>23</sup>同样,了解抗菌剂在水生环境中选择耐药性的能力可以帮助我们根据选择效果,而不是排放浓度,来设计更为有效的监管措施和废水管理策略。将调查结果传达给更广泛的受众对于提高公众、政策制定者和社区领导人对这一问题的认识至关重要。

当抗生素治疗由于耐药性失败时,人们的反应是使用更多抗生素。这会导致对于新抗菌素的过度使用

### 欢迎公民参与监测环境中的抗菌剂

为了进一步降低抗菌剂耐药性,研究人员需要了解细菌如何在不同的环境中遭遇抗菌剂和协同选择化合物,以及这种暴露如何引起耐药性的出现和扩散。诸如时间、资源和数据限制等诸多挑战阻碍了我们回答这些基本问题的能力。

招聘民间团体来提供协助可补充专业科技人员队伍,并且纳入他们的贡献将使它们成为解决方案的一部分,并树立意识。让来自各部门的利益攸关方参与进来能解决数据差距问题,并提供获得新见解的机会。它能帮助科学家发现抗菌剂污染的热点,绘制污染模式图并确定干预策略。

例如,在线工具可以激励农民输入关于他们正在使用的抗生素的类型和数量的数据,并提供如何处理被抗生素污染的废水的信息。有兴趣的消费者可以输入有关他们的抗生素使用、处置过期药物或使用具有抗菌性能的家用产品的数据。中学生可以从动物指标种群中收集土壤和水样,甚至粪便样本,以在科学家指导的项目中进行分析。<sup>40,41</sup>可以设计主办专门的黑客马拉松活动,吸引程序员帮助开发新的工具,如用于化学鉴定和及时对浓度和趋势做数理统计的手机应用程序。

和大量需求,以替代那些不再有效的抗生素。医生和兽医在面对能从抗生素治疗受益的感染患者时,他们并不会首先考虑自然环境中的抗菌剂耐药性。然而,必须防止能存活的抗生素、协同选择化合物和耐药细菌进入自然环境,因为它们能在那里促进新的耐药基因的出现。在没有预防的情况下,我们将直接面临暴露于抗菌剂耐药病原体环境库的巨大风险。

## 参考文献

1. Chan, M. (2011). World Health Day 2011: Combat drug resistance: no action today means no cure tomorrow, Statement by WHO Director-General, Dr Margaret Chan 6 April 2011. World Health Organization, Geneva. [http://www.who.int/mediacentre/news/statements/2011/whd\\_20110407/en/](http://www.who.int/mediacentre/news/statements/2011/whd_20110407/en/)
2. O'Neill Commission (2014). *Review on Antimicrobial Resistance: Tackling a crisis for the health and wealth of nations*. Review on Antimicrobial Resistance, London. <https://amr-review.org/Publications.html>
3. Angelakis, E., Merhej, V. and Raoult D. (2013) Related actions of probiotics and antibiotics on gut microbiota and weight modification. *The Lancet Infectious Diseases*, 13(10), 889-99. [https://www.researchgate.net/publication/257134399\\_Related\\_actions\\_of\\_probiotics\\_and\\_antibiotics\\_on\\_gut\\_microbiota\\_and\\_weight\\_modification](https://www.researchgate.net/publication/257134399_Related_actions_of_probiotics_and_antibiotics_on_gut_microbiota_and_weight_modification)
4. Coglian, C., Goossens, H. and Greko, C. (2011). Restricting Antimicrobial Use in Food Animals: Lessons from Europe. *Microbe*, 6(6), 274-279. <https://louise.house.gov/sites/slaughter.house.gov/files/migrated/uploads/Coglian%202011.pdf>
5. O'Brien, J. and Wright, G.D. (2011). An ecological perspective of microbial secondary metabolism. *Current Opinion in Biotechnology*, 22(4), 552-558. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958166911000620>
6. Bhullar, K., Waglechner, N., Pawlowski, A., Koteva, K., Banks, E.D., Johnston, M.D., Barton, H.A. and Wright, G.D. (2012). Antibiotic Resistance is Prevalent in an Isolated Cave Microbiome. *PLoS ONE*, 7(4), e34953. <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0034953&type=printable>
7. Gaze, W.H., Zhang, L., Abdousslam, N.A., Hawkey, P.M., Calvo-Bado, L., Royle, J., Brown, H., Davis, S., Kay, P., Boxall, A.B.A. and Wellington, E.M.H. (2011). Impacts of anthropogenic activity on the ecology of class 1 integrons and integron-associated genes in the environment. *The International Society for Microbial Ecology*, 5, 1253-1261. <https://www.nature.com/ismej/journal/v5/n8/full/ismej201115a.html>
8. Humeniuk, C., Arlet, G., Gautier, V., Grimont, P., Labia, R. and Philippon, A. (2002). Beta-lactamases of *Kluyvera ascorbata*, probable progenitors of some plasmid-encoded CTX-M types. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 46(9), 3045-3049. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC127423/pdf/0710.pdf>
9. Nordmann, P., Lartigue, M.F. and Poirel, L. (2008). Beta-lactam induction of ISEc1B-mediated mobilization of the naturally occurring bla(CTX-M) beta-lactamase gene of *Kluyvera ascorbata*. *FEMS Microbiology Letter*, 288, 247-249. <https://academic.oup.com/femsle/article-pdf/288/2/247/1415383/288-2-247.pdf>
10. Poirel, L., Rodríguez-Martínez, J.M., Mammeri, H., Liard, A. and Nordmann, P. (2005). Origin of plasmid-mediated quinolone resistance determinant QnrA. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 49(8), 3523-3525. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1196254/pdf/0337-05.pdf>
11. Wellington, E.M., Boxall, A.B., Cross, P., Feil, E.J., Gaze, W.H., Hawkey, P.M., Johnson-Rollings, A.S., Jones, D.L., Lee, N.M., Otten, W., Thomas, C.M. and Williams, A.P. (2013). The role of the natural environment in the emergence of antibiotic resistance in Gram-negative bacteria. *The Lancet Infectious Diseases*, 13(2), 155-165. [http://www.thelancet.com/pdfs/journals/laninf/PIIS1473-3099\(12\)70317-1.pdf](http://www.thelancet.com/pdfs/journals/laninf/PIIS1473-3099(12)70317-1.pdf)
12. Ashbolt, N.J., Amezcua, A., Backhaus, T., Borriello, P., Brandt, K.K., Collignon, P., Coors, A., Finley, R., Gaze, W.H., Heberer, T., Lawrence, J.R., Larsson, D.G.J., McEwen, S.A., Ryan, J.J., Schönfeld, J., Silley, P., Snape, J.R., Van den Eede, C. and Topp, E. (2013). Human Health Risk Assessment (HHRA) for environmental development and transfer of antibiotic resistance. *Environmental Health Perspectives*, 121(9), 993-1001. <https://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/121/9/ehp.1206316.pdf>
13. Finley, R.L., Collignon, P., Larsson, D.G.J., McEwen, S.A., Li, X.Z., Gaze, W.H., Reid-Smith, R., Timinouni, M., Graham, D.W. and Topp, E. (2013). The scourge of antibiotic resistance: the important role of the environment. *Clinical Infectious Diseases*, 57(5), 704-710. <https://academic.oup.com/cid/article-pdf/57/5/704/885497/cit355.pdf>
14. Leonard, A.F., Zhang, L., Balfour, A.J., Garside, R. and Gaze, W.H. (2015). Human recreational exposure to antibiotic resistant bacteria in coastal bathing waters. *Environment International*, 82, 92-100. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412015000409>
15. Price, L.B., Stegger, M., Hasman, H., Aziz, M., Larsen, J., Andersen, P.S., Pearson, T., Waters, A.E., Foster, J.T., Schupp, J., Gillece, J., Driebe, E., Liu, C.M., Springer, B., Zdvoc, I., Battisti, A., Franco, A., Żmudzki, J., Schwarz, S., Butaye, P., Jouy, E., Pomba, C., Porrero, C., Ruimy, R., Smith, T.C., Robinson, A.D., Weese, J.S., Arriola, C.S., Yu, F., Laurent, F., Keim, P., Skov, R. and Aarestrup, F.M. (2012). *Staphylococcus aureus* CC398: Host adaptation and emergence of methicillin resistance in livestock. *mBio*, 3(1), e00305-e00311. <http://mbio.asm.org/content/3/1/e00305-11.full.pdf+html>
16. Kummerer, K. (2009). Antibiotics in the aquatic environment – a review – part I. *Chemosphere*, 75(4), 417-434. [https://www.researchgate.net/publication/284296697\\_Antibiotics\\_in\\_the\\_aquatic\\_environment\\_-\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/284296697_Antibiotics_in_the_aquatic_environment_-_A_review)
17. Kummerer, K. (2009). Antibiotics in the aquatic environment – a review – part II. *Chemosphere*, 75(4), 435-441. [https://www.researchgate.net/publication/23959090\\_Antibiotics\\_in\\_the\\_aquatic\\_environment\\_-\\_A\\_review\\_-\\_Part\\_II](https://www.researchgate.net/publication/23959090_Antibiotics_in_the_aquatic_environment_-_A_review_-_Part_II)
18. Larsson, D.G.J. (2010). Release of active pharmaceutical ingredients from manufacturing sites – need for new management strategies. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 6(1), 184-186. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ieam.20/epdf>
19. Larsson, D.G.J. (2014). Pollution from drug manufacturing: review and perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369, 20130571. <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/369/1656/20130571.full.pdf>

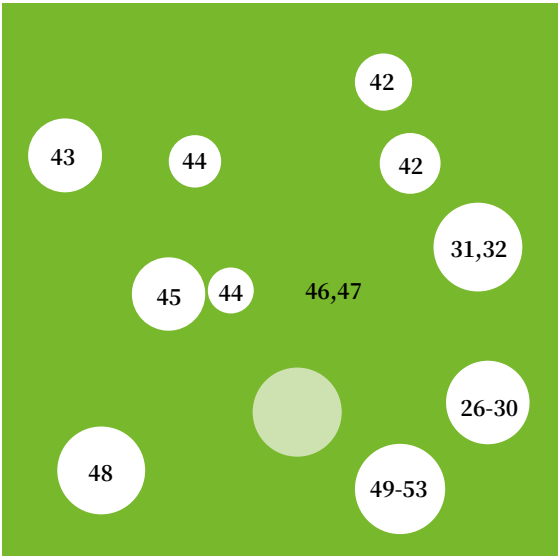


20. Rutgersson C., Fick, J., Marathe, N., Kristiansson, E., Janzon, A., Angelin, M., Johansson, A., Shouche, Y., Flach, C.F. and Larsson, D.G. (2014). Fluoroquinolones and qnr genes in sediment, water, soil, and human fecal flora in an environment polluted by manufacturing discharges. *Environmental Science & Technology*, 48(14), 7825-7832.
21. Gullberg, E., Cao, S., Berg, O.G., Ilback, C., Sandegren, L., Hughes, D. and Andersson, D.I. (2011). Selection of resistant bacteria at very low antibiotic concentrations. *PLoS Pathogens*, 7(7), e1002158. <http://journals.plos.org/plospathogens/article/file?id=10.1371/journal.ppat.1002158&type=printable>
22. Pruden, A., Larsson, D.G., Amezquita, A., Collignon, P., Brandt, K.K., Graham, D.W., Lazorchak, J.M., Suzuki, S., Silley, P., Snape, J.R., Topp, E., Zhang, T. and Zhu, Y.G. (2013). Management options for reducing the release of antibiotics and antibiotic resistance genes to the environment. *Environmental Health Perspectives*, 121(8), 878-885. <https://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/121/8/ehp.1206446.pdf>
23. Subbiah, M., Mitchell, S.M., Ullman, J.L. and Call, D.R. (2011).  $\beta$ -Lactams and Florfenicol Antibiotics Remain Bioactive in Soils while Ciprofloxacin, Neomycin, and Tetracycline Are Neutralized. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(20), 7255-7260. <http://aem.asm.org/content/77/20/7255.full.pdf+html>
24. Berendonk, T.U., Manaia, C.M., Merlin, C., Fatta-Kassinos, D., Cytryn, E., Walsh, F., Burgmann, H., Sorum, H., Norstrom, M., Pons, M., Kreuzinger, N., Huovinen, P., Stefani, S., Schwartz, T., Kisand, V., Baquero, F. and Martinez, J.L. (2015). Tackling antibiotic resistance: the environmental framework. *Nature Reviews Microbiology*, 13, 310-317. <https://www.nature.com/nrmicro/journal/v13/n5/full/nrmicro3439.html>
25. Boxall, A.B.A., Rudd, M.A., Brooks, B.W., Caldwell, D.J., Choi, K., Hickmann, S., Innes, E., Ostapik, K., Staveley, J.P., Verslycke, T., Ankley, G.T., Beazley, K.F., Belanger, S.E., Berninger, J.P., Carriquiriborde, P., Coors, A., DeLeo, P.C., Dyer, S.D., Ericson, J.F., Gagné, F., Giesy, J.P., Gouin, T., Hallstrom, L., Karlsson, M.V., Larsson, D.G.J., Lazorchak, J.M., Mastrocco, F., McLaughlin, A., McMaster, M.E., Meyerhoff, R.D., Moore, R., Parrott, J.L., Snape, J.R., Murray-Smith, R., Servos, M.R., Sibley, P.K., Straub, J.O., Szabo, N.D., Topp, E., Tetreault, G.R., Trudeau, V.L. and Van Der Kraak, G. (2012). Pharmaceuticals and personal care products in the environment: what are the big questions? *Environmental Health Perspectives*, 120(9), 1221-1229. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3440110/pdf/ehp.1104477.pdf>
26. Gullberg E, Albrecht, L.M., Karlsson, C., Sandegren, L. and Andersson, D.I. (2014). Selection of a multidrug resistance plasmid by sublethal levels of antibiotics and heavy metals. *mBio*, 5(5), e01918-14. <http://mbio.asm.org/content/5/5/e01918-14.full.pdf+html>
27. Baker-Austin, C., Wright, M.S., Stepanauskas, R., McArthur, J.V. (2006). Co-selection of antibiotic and metal resistance. *Trends in Microbiology*, 14(4), 176-182. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16537105>
28. Gaze, W.H., Zhang, L., Abdouslam, N.A., Hawkey, P.M., Calvo-Bado, L., Royle, J., Brown, H., Davis, S., Kay, P., Boxall, A.B.A. and Wellington, E.M. (2011). Impacts of anthropogenic activity on the ecology of class 1 integrons and integron-associated genes in the environment. *The ISME Journal*, 5(8), 1253-1261. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21368907>
29. Wales, A.D. and Davies, R.H. (2015). Co-Selection of Resistance to Antibiotics, Biocides and Heavy Metals, and Its Relevance to Foodborne Pathogens. *Antibiotics*, 4(4), 567-604. <http://www.mdpi.com/2079-6382/4/4/567/pdf>
30. Seiler, C. and Berendonk, T.U. (2012). Heavy metal driven co-selection of antibiotic resistance in soil and water bodies impacted by agriculture and aquaculture. *Frontiers in Microbiology*, 3(399). <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2012.00399/full>
31. Stalder, T., Barraud, O., Casellas, M., Dagot, C. and Ploy, M.-C. (2012). Integron involvement in environmental spread of antibiotic resistance. *Frontiers in Microbiology*, 3(119). <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2012.00119/full>
32. Tennstedt, T., Szczepanowski, R., Braun, S., Pühler, A. and Schlüter, A. (2003). Occurrence of integron-associated resistance gene cassettes located on antibiotic resistance plasmids isolated from a wastewater treatment plant. *FEMS Microbiology Ecology*, 45(3), 239-252. <https://academic.oup.com/femsec/article-pdf/45/3/239/18091371/45-3-239.pdf>
33. Yang, Y., Li, B., Ju, F. and Zhang, T. (2013). Exploring variation of antibiotic resistance genes in activated sludge over a four-year period through a metagenomic approach. *Environmental Science & Technology*, 47(18), 10197-10205. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es4017365>
34. Zhang, T. (2016). Antibiotics and resistance genes in wastewater treatment plants. *AMR Control*, 9 July 2016. <http://resistancecontrol.info/amr-in-food-water-and-the-environment/antibiotics-and-resistance-genes-in-wastewater-treatment-plants/>
35. EU JRC (2016). *First Watch List for emerging water pollutants*. The Join Research Centre of the European Union. <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/first-watch-list-emerging-water-pollutants>
36. IFPMA (2016). Leading Pharmaceutical Companies Present Industry Roadmap to Combat Antimicrobial Resistance. International Federation of Pharmaceutical Manufacturers & Association Press Release, 20 September 2016. <https://www.ifpma.org/resource-centre/leading-pharmaceutical-companies-present-industry-roadmap-to-combat-antimicrobial-resistance/>
37. ASEAN (2016). Opinion on Triclosan in cosmetic products. The Association of Southeast Asian Nations [http://aseancosmetics.org/uploads/UserFiles/Opinion%20on%20Triclosan%20Feb\\_%202016.pdf](http://aseancosmetics.org/uploads/UserFiles/Opinion%20on%20Triclosan%20Feb_%202016.pdf)
38. US-FDA. FDA issues final rule on safety and effectiveness of antibacterial soaps. United States Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/newsevents/newsroom/pressannouncements/ucm517478.htm>
39. Smith, D.L., Dushoff, J. and Morris, J.G. (2005). Agricultural antibiotics and human health. *PLoS Medicine*, 2(8), e232. <http://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.0020232>
40. Macquarie University (2017). Citizen scientists tackling antibiotic resistance one possum poop at a time. *This Week*, 7 August 2017. Macquarie University, Sydney. <http://www.mq.edu.au/>

thisweek/2017/08/07/citizen-scientists-tackling-antibiotic-resistance-one-possum-poop-at-a-time

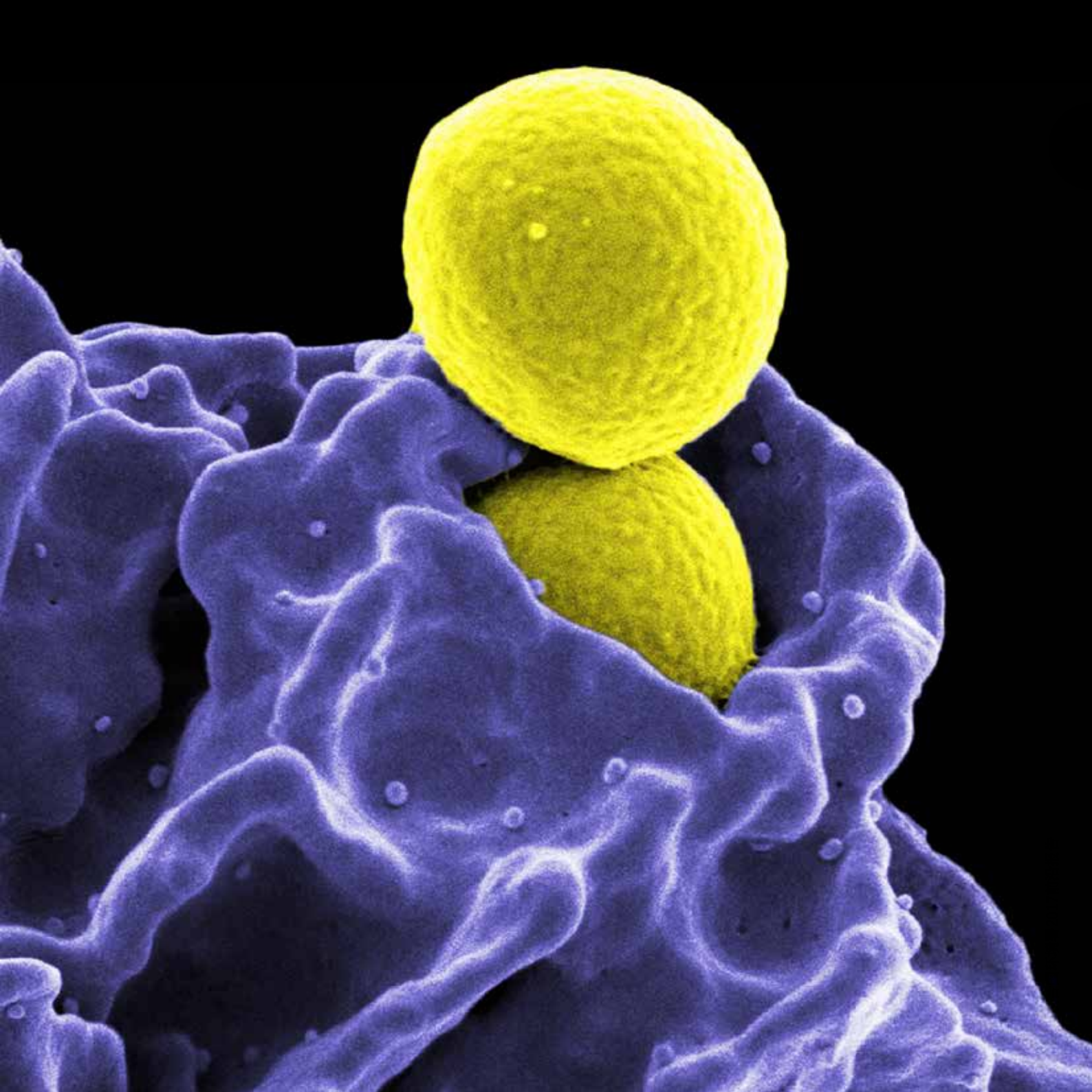
41. NSF (2017). RAISE: Neighborhood Environments as Socio-Techno-bio Systems. National Science Foundation's Awards website. [https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD\\_ID=1744724&HistoricalAwards=false](https://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1744724&HistoricalAwards=false)

图片参考文献

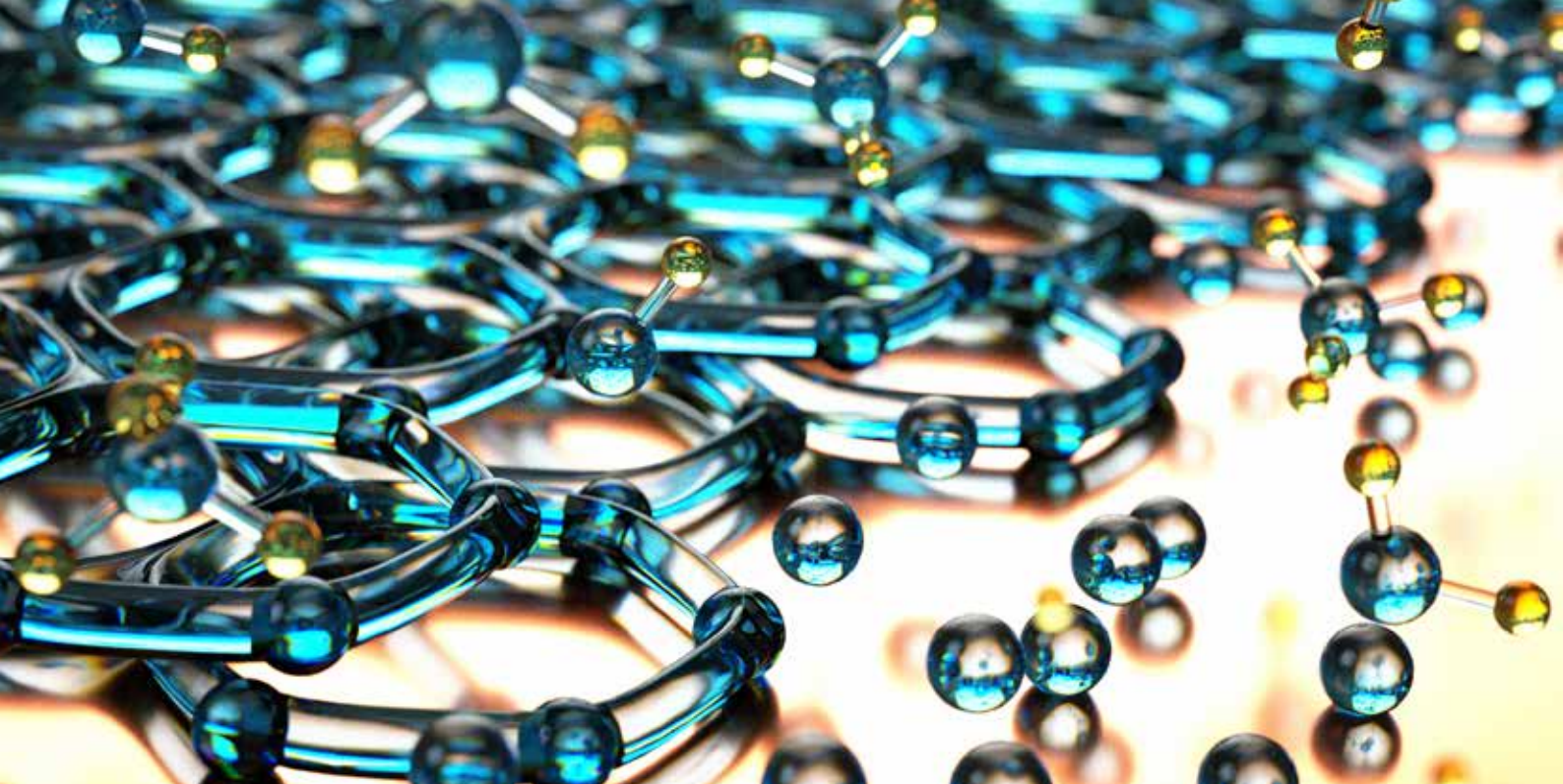


42. Van Boeckel, T.P., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, B.T., Levin, S.A., Robinson, T.P., Teillant, A. and Laxminarayan, R. (2015). Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(18), 5649–5654. <http://www.pnas.org/content/112/18/5649.abstract>
43. Grigorakis, K. and Rigos, G. (2011). Aquaculture effects on environmental and public welfare – The case of Mediterranean mariculture. *Chemosphere*, 85(6), 899-919. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653511008344?via%3Dihub>
44. O'Neill Commission (2015). *Antimicrobials in agriculture and the environment: Reducing unnecessary use and waste*. The Review on Antimicrobial Resistance, London. <https://amr-review.org/Publications.html>
45. Gothwal, R. and Shashidhar, T. (2014). Antibiotic Pollution in the Environment: A Review. *Clean n Soil, Air, Water*, 42, 1ñ11. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/clen.201300989/abstract>
46. Bergeron, S., Boopathy, R., Nathaniel, R., Corbin, A. and LaFleur, G. (2015). Presence of antibiotic resistant bacteria and antibiotic resistance genes in raw source water and treated drinking water. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 102, 370-374. [https://www.researchgate.net/publication/276075506\\_Presence\\_of\\_antibiotic\\_resistant\\_bacteria\\_and\\_antibiotic\\_resistance\\_genes\\_in\\_raw\\_source\\_water\\_and\\_treated\\_drinking\\_water](https://www.researchgate.net/publication/276075506_Presence_of_antibiotic_resistant_bacteria_and_antibiotic_resistance_genes_in_raw_source_water_and_treated_drinking_water)
47. Jia, S., Shi, P., Hu, Q., Li, B., Zhang, T. and Zhang, X.X. (2015). Bacterial community shift drives antibiotic resistance promotion during drinking water chlorination. *Environmental Science & Technology*, 49(20), 12271-12279. [https://www.researchgate.net/publication/282135668\\_Bacterial\\_Community\\_Shift\\_Drives\\_Antibiotic\\_Resistance\\_Promotion\\_during\\_Drinking\\_Water\\_Chlorination](https://www.researchgate.net/publication/282135668_Bacterial_Community_Shift_Drives_Antibiotic_Resistance_Promotion_during_Drinking_Water_Chlorination)
48. Hoornweg, D. and Bhada-Tata, P. (2012). *What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management*. Urban development series; Knowledge papers no. 15. World Bank, Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
49. Berglund, B. (2015). Environmental dissemination of antibiotic resistance genes and correlation to anthropogenic contamination with antibiotics. *Infection Ecology & Epidemiology*, 5, 28564. <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3402/iee.v5.28564?needAccess=true>
50. Guyomard-Rabenirina, S., Dartron, C., Falord, M., Sadikalay, S., Ducat, C., Richard, V., Breurec, S., Gros, O. and Talarmin, A. (2017). Resistance to antimicrobial drugs in different surface waters and wastewaters of Guadeloupe. *PloS ONE*, 12(3), e0173155. <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0173155&type=printable>
51. Maloo, A., Borade, S., Dhawde, R., Gajbhiye, S.N. and Dastager, S.G. (2014). Occurrence and distribution of multiple antibiotic-resistant bacteria of Enterobacteriaceae family in waters of Veraval coast, India. *Environmental and Experimental Biology*, 12, 43-50. [http://drs.nio.org/drs/bitstream/handle/2264/4533/Environ\\_Exp\\_Biol\\_12\\_43.pdf?sequence=1](http://drs.nio.org/drs/bitstream/handle/2264/4533/Environ_Exp_Biol_12_43.pdf?sequence=1)
52. Shah, S.Q.A., Cabello, F.C., L'Abée-Lund, T.M., Tomova, A., Godfrey, H.P., Buschman, A.H. and Sørsum, H. (2014). Antimicrobial resistance and antimicrobial resistance genes in marine bacteria from salmon aquaculture and non-aquaculture sites. *Environmental Microbiology*, 16(5), 1310-1320. [https://www.researchgate.net/publication/260681099\\_Antimicrobial\\_resistance\\_and\\_antimicrobial\\_resistance\\_genes\\_in\\_marine\\_bacteria\\_from\\_salmon\\_aquaculture\\_and\\_non-aquaculture\\_sites](https://www.researchgate.net/publication/260681099_Antimicrobial_resistance_and_antimicrobial_resistance_genes_in_marine_bacteria_from_salmon_aquaculture_and_non-aquaculture_sites)
53. Zhao, J.Y. and Dang, H. (2012). Coastal Seawater Bacteria Harbor a Large Reservoir of Plasmid-Mediated Quinolone Resistance Determinants in Jiaozhou Bay, China. *Microbial Ecology*, 64, 187-199. [https://www.researchgate.net/publication/221754196\\_Coastal\\_Seawater\\_Bacteria\\_Harbor\\_a\\_Large\\_Reservoir\\_of\\_Plasmid-Mediated\\_Quinolone\\_Resistance\\_Determinants\\_in\\_Jiaozhou\\_Bay\\_China](https://www.researchgate.net/publication/221754196_Coastal_Seawater_Bacteria_Harbor_a_Large_Reservoir_of_Plasmid-Mediated_Quinolone_Resistance_Determinants_in_Jiaozhou_Bay_China)









图片来源:Hinkle Group, 根据CC BY-NC-ND 2.0授权

## 纳米材料： 应用预防原则

### 纳米维度– 关于常见材料的新发现

2016年诺贝尔化学奖被授予让皮埃尔·索瓦日、弗雷泽·斯托达特爵士和伯纳德·L·费林加, 以表彰他们三十年来对分子机器设计和合成的研究。一辆靠分子发动机驱动的四纳米长的四轮“汽车”展示了他们的成果。<sup>1</sup>科学家们不断挑战极限, 探索新技术, 在这个案例中, 他们的创新超越了物理限制, 激发了日常生活中无数应用的潜力。纳米科学领域的最新进展已赋予了其足以改变世界的物理和化学新特性。<sup>2,3,4</sup>

纳米材料由纳米大小的颗粒组成, 这些颗粒至少在一个维度上小于100纳米: 1纳米等于1米的十亿分之

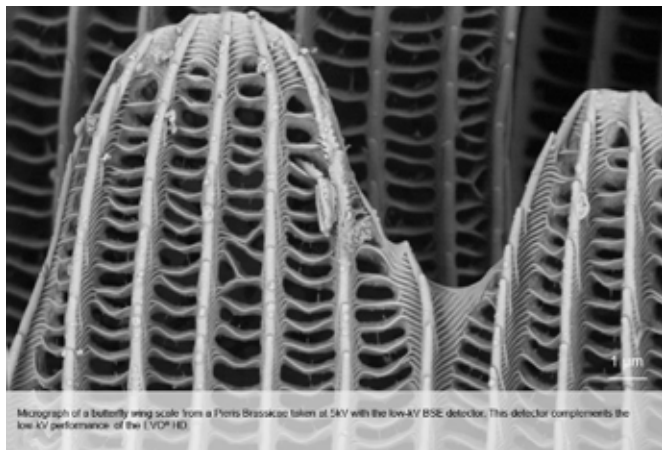
一, 大约比人类的头发细八万倍。纳米材料不是新材料, 也不完全是合成材料; 它们确实存在于自然中, 而且无处不在。它的新特性在于我们用普通材料设计并将其用于不同功能的能力。

在自然界, 纳米材料出现在: 海洋浮游生物和珊瑚的骨骼、鸟喙和羽毛、动物的毛发和骨骼基质, 包括人类组织的变种、蜘蛛网、鳞片和翅膀, 甚至在纸张、丝绸和棉花中。还有天然存在的无机纳米材料, 如某些粘土、火山灰、烟灰、星际尘埃和某些矿物质。天然纳米材料从根本上说是化学、光化学、机械、热能和生物过程的结果。<sup>5,6</sup>



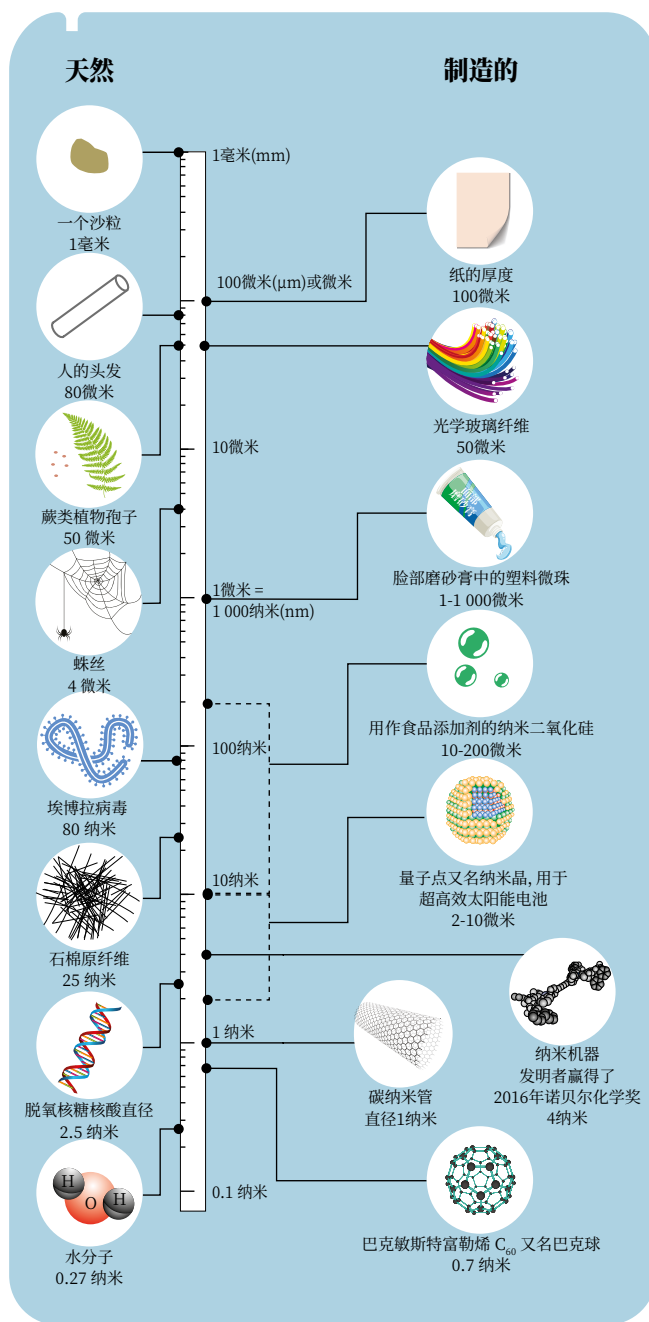
研究表明,传统医学中使用的某些制备方法,如煅烧,无意中产生了纳米材料及其特殊性质。<sup>7,8</sup>同样,研究人员正在检查中世纪的武器,如大马士革钢刀片,以检验这一理论:即特定的、程式化的锻造和退火技术利用生成纳米材料来增强钢的强度和柔韧度。<sup>9,10</sup>

在工程界,使用一系列微制造技术专门为光学、电子、机械、医学和酶的应用而设计并合成了纳米材料。如今,纳米材料广泛应用于食品、化妆品、个人护理用品、抗菌剂、消毒剂、服装、电子设备等各种产品中。尽管工程纳米材料的前景令人振奋,关于纳米材料本身的及其生产和应用过程中的环境安全问题也随之浮现。对于纳米材料能做什么以及它们可能产生什么样的影响,我们的了解还远远不够。尽管科研人员正在研发更多的纳米材料,但也存在一个严重的风险,即在没有更好的保护措施的情况下使用这些材料时,我们对其在人类健康或环境的长期影响方面还没有足够的了解。



纳米级的菜粉蝶的翅鳞,欧洲粉蝶

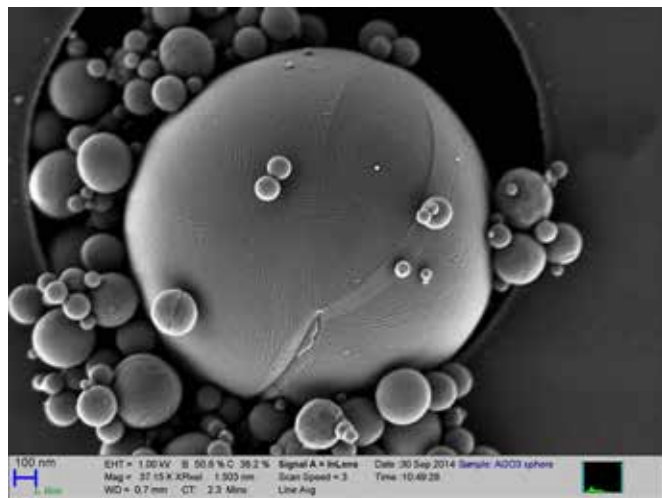
图片来源:蔡司显微镜,根据CC BY-NC-ND 2.0授权



物的行为都非同寻常,完全不像他们在原来世界里的同类。与较大尺寸的相同材料相比,纳米材料的物理、化学、光学、磁性和电学特性和行为发生了显著变化。这是因为,随着材料变小,其表面积与体积比急剧增加,出现了量子效应。制造一种材料的纳米级版本可以使原本的惰性材料产生各种新特性。例如,黄金是具有抗磁性的——它对磁场的反应非常弱,但黄金纳米颗粒却具有不寻常的磁性。<sup>11</sup>

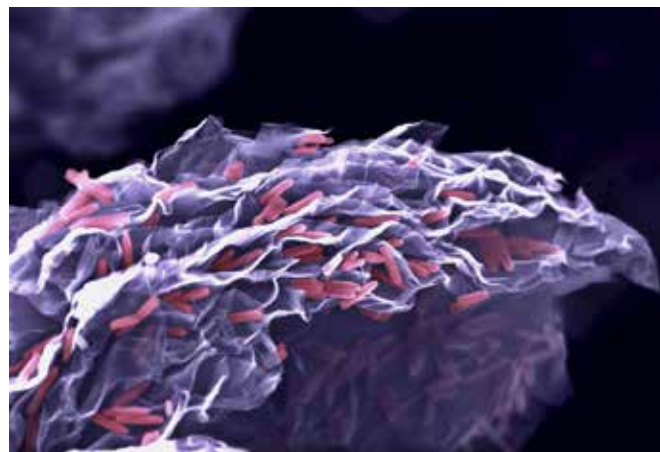
和大块材料一样,纳米金属材料,如银、钛和锌及其氧化物被用于防晒霜、牙膏、化妆品、食品、油漆和衣服中。<sup>12</sup>由于具有抗菌性能,纳米银已被广泛地加入许多消费品,如运动纺织品、鞋子、除臭剂、个人护理用品、洗衣粉和洗衣机。

纳米金刚石具有能穿透血脑屏障,并将药物有针对性地送达多种类型的癌性肿瘤的功能特性。<sup>13,14</sup>由于具有荧光、光学和电化学特性,纳米金刚石被用于先



氧化铝( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )纳米球

图片来源:蔡司显微镜, 根据CC BY-NC-ND 2.0授权



用于超级电容器的生长在还原氧化石墨烯上的三氧化二铁( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )纳米棒

图片来源:Dilek Ozg/剑桥大学工程, 根据CC BY-NC-ND 2.0授权

进的生物成像技术,和传输指示脑功能健康信号等具有广阔前景的材料中。<sup>15,16</sup>

纳米酶是自身具有酶的特性的纳米材料,用于生物传感、生物成像、肿瘤诊断和治疗。<sup>17</sup>它们还可被用于预防海洋污染,污染物去除和环境监测。

碳纳米材料能以各种形状和形式出现。石墨烯是单个原子厚度的碳片。碳纳米管实质上是卷制成直径为一纳米级的无缝中空圆柱体的石墨烯片。<sup>18</sup>在1985年发现的巴克敏斯特富勒烯又名巴克球,是一个由60个碳原子组成的球形结构,它以巴克敏斯特·富勒(Buckminster Fuller)的名字命名,富勒因设计了网格状圆顶结构而闻名。

碳纳米管具有惊人的特性。它具有比钢更高的强度,比铜更好的传导性,和比钻石更高的热导率。碳纳米管广泛用于笔记本电脑和手机的锂离子电池、轻型



# 纳米材料

## 什么是纳米材料？

### 纳米材料

是任何外部尺寸  
**小于100纳米**的材料 ——  
一纳米等于十亿分之一米

铜

银 金 铂

纳米材料既能**天然存在**，  
也可通过把常用材料(例如碳、金属  
氧化物和贵金属)**缩小**到纳  
米尺寸来制造

### 全球纳米材料市场

20.7% 年增长  
预测到2022年达到  
**550亿美元**

与较大尺寸的相同  
材料相比，纳米材料

**特性和行为**发生了显著变化。  
这是由于其**表面积与  
体积比**的增加以及  
**量子效应**

块体材料



纳米材料



随着材料尺寸减小，表面积与体积比增加，使  
材料更容易与周边环境发生化学反应。

极小的体积和很大的  
表面积与体积比赋予了工程  
纳米材料显著的性质，也**改变了  
与生物系统互动**和在生物系  
统(从环境、生物体、器官、细胞直  
到DNA一级)中积累的方式

把材料纳米化能改变材料的性质，  
这可能会**加剧其对健康  
和环境的影响**

## 不利影响

例如，碳纳米管的外观和  
行为类似于石棉纤维。它们的  
长而尖的结构可以穿透组织，并  
引起炎症和纤维化，这与接触  
石棉产生的影响非常相似。纳米银  
会干扰免疫系统并引起基因  
表达异常

如果我们希望释放纳米工程材  
料的全部潜力，那么我们还必须  
**预测其影响**，否则我们就会  
冒着将来置身于更大影响  
下的风险

需要**应用预防原则**的反复  
的和反应灵敏的监管框架，以尽  
量减少风险，保证人类健康和  
环境安全

## 应用

纳米材料独特的**机械、磁性、  
电学和光学特性**使其在制药、  
生物医学、电子和材料工程中  
得到广泛应用

由于具有**抗菌特性**，  
**纳米银**被广泛用于纺织品、  
玩具、个人和保健产品、医疗器  
械和食品等产品中

由于具有磁性，**氧化铁纳米粒子**  
在癌症治疗中的靶向给药、医学成  
像技术和去除水中的砷等方面  
有很大潜力

由于具有发光性质、高化学稳  
定性和生物相容性，**纳米钻石**  
被用于生物医学成像应用

由60个碳原子组成的像足球的盒子，  
被称为**巴克敏斯特富勒(C<sub>60</sub>)**，  
又名巴克球，有望治疗骨和软骨  
变性，及肌肉骨骼和骨髓  
疾病

**石墨烯**是一个碳原子厚的碳  
原子片。其潜在的应用包括药物  
输送系统、分子转运体、组织  
工程和植入物

**碳纳米管**是用一层碳原子卷成  
的无缝中空圆柱体。其强度是  
同直径的钢材的117倍，  
导电性比铜要好

**纳米管**广泛用于锂离子电池、  
轻量级风力涡轮机叶片和数据电  
缆。可能的应用包括组织工程  
和再生，以及癌症生物  
标志物

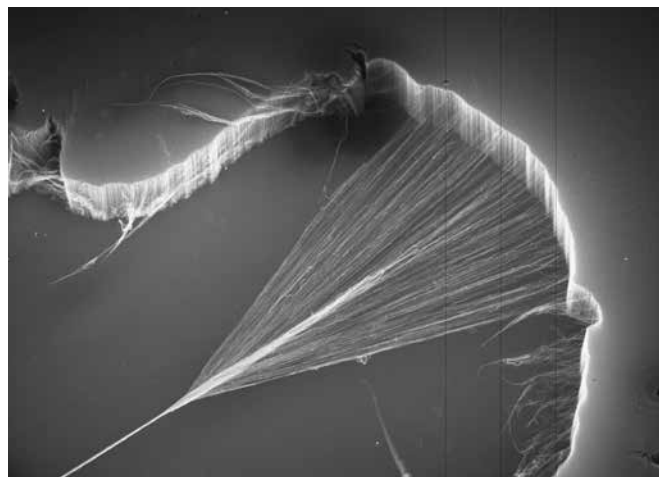


风力发电机叶片、船体、数据电缆、生物传感器和医疗设备中。<sup>19</sup>碳纳米管的全球商业生产能力现已超过每年数千吨。

由于工程设计纳米材料在日常产品中取代了更多的常规材料,了解这些纳米材料的不利影响非常关键。要想充分发挥纳米材料的潜力,我们还必须预测其对环境 and 人类健康的影响,否则我们将使自己在未来置于更大的风险之中。<sup>20</sup>

通过纳米化改变材料的性质可能会加剧其对环境 and 健康的影响。纳米银的毒性可能会导致:银中毒,皮肤会永久地变为金属蓝色;肺部炎症;改变器官功能,干扰免疫系统和基因表达。<sup>12,21,22</sup>暴露于银纳米颗粒可会使细菌产生应激反应,引起基因组变化,这可能助长抗菌剂耐药基因的发展。<sup>12,23</sup>硅和二氧化钛可引起肺部炎症。<sup>24</sup>

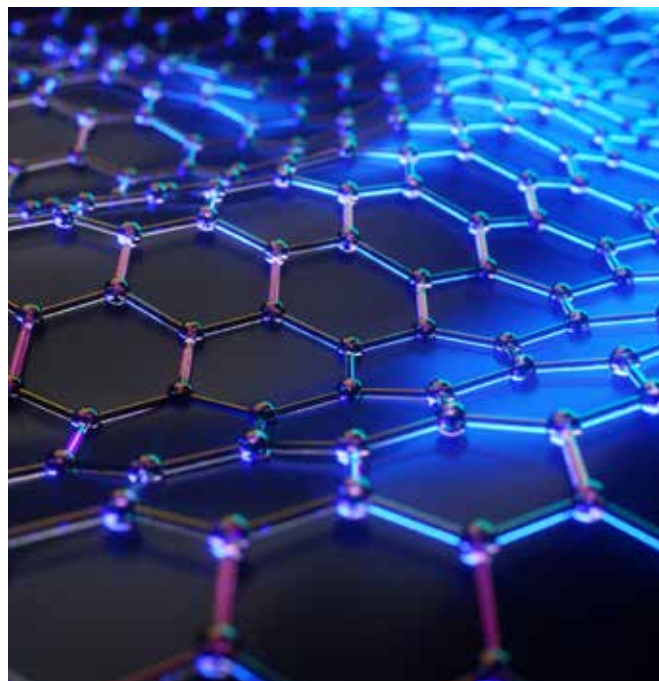
随着富勒烯(包括C<sub>60</sub>巴克球)在新型生物医学应用和治疗应用方面的诸多发现,人们也在研究这些令人难以置信的纳米材料对细胞、基因表达、免疫功能、代谢和生育能力的潜在影响。<sup>25</sup>碳纳米管和碳纳米纤维表现出对皮肤、眼睛、肺和脑组织造成伤害并在体内累积的能力。<sup>26,27</sup>



将碳纳米管纺成纱线

图片来源:英联邦科学和工业研究组织(CSIRO)

▶ 视频:石墨烯 - 未来的材料



视频链接:<https://www.youtube.com/watch?v=TFo2xShvtj0>

图片来源:Olive Tree/Shutterstock.com

© DW Tomorrow Today



## 工程纳米材料的环境和健康风险

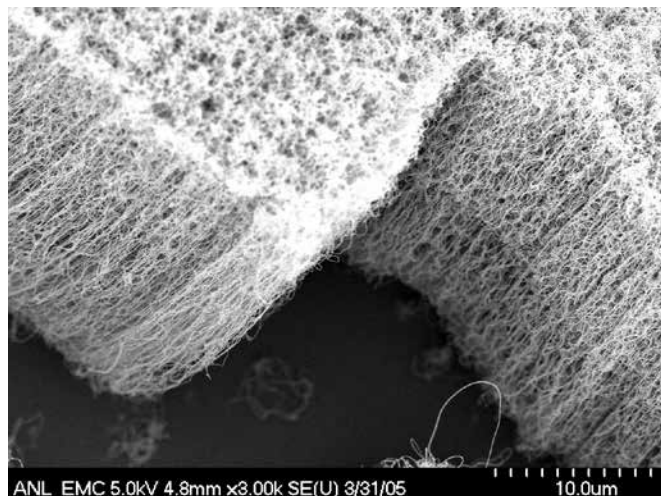
据估计,全球纳米技术市场每年将增长约18%,至2025年,其价值将达到近1740亿美元。<sup>28</sup>工程纳米材料在不同行业的生产和使用可能会导致其在其产品生命周期的任一时刻被无意释放到环境中。<sup>29</sup>例如,来自衣服和织物的纳米银在洗涤过程中被释放;涂料和建筑材料中的二氧化钛纳米颗粒由于风化而排放到空气和水中;碳纳米管在生产过程中随空气传播,或者从废弃的锂离子电池进入土壤和地下水中。<sup>19,30,31</sup>

要评估工程纳米材料对人类健康和环境的潜在风险,首先要需要了解它的暴露程度和不利影响。<sup>32</sup>然而目前我们只有有限的研究能解释释放到大气、土壤、沉积物、水和生物群中的工程纳米材料的命运,包括其行为、浓度、运输、分布、转化、生物利用率、食物链中的生物累积和与生态社区的生物化学相互作用。<sup>29,33-36</sup>相比之下,关于纳米材料的毒性作用的知识 and 证据正在增加。研究表明,纳米材料可

能导致广泛的健康风险。对形状和化学特性相似的材料,例如石棉、超细颗粒和柴油废气等进行的毒性比较研究提供了关于暴露于纳米材料中的潜在健康威胁的见解。<sup>37</sup>此外,我们从管理这些常见的有害物质中学到的知识也可以帮助我们更好地为不为人知的纳米材料做好预防准备。

碳纳米管被发现具有与石棉纤维相似的特性。<sup>38</sup>它们的形状像针,并且都具有生物持续性。它们能穿透肺组织并引发炎症。<sup>39</sup>暴露在石棉环境中带来的健康危害的证据最早来自1898年的露西·迪恩(Lucy Deane),她是英国工厂的首批妇女检查员。<sup>40</sup>她指出,石棉“对于工人健康是一个明显的危险因素……因为已有证据表明受害者的支气管和肺部损伤在医学上可归因于他们的工作环境。”

1982年,一部名为《爱丽丝:为生命而战》的电视纪录片讲述了爱丽丝·杰斐逊(Alice Jefferson)的故事。爱丽丝是一位47岁的女性,她因为在英国当地一家石棉厂工作了几个月而感染了间皮瘤这种致命的癌



对齐的碳纳米管

图片来源:Junbing Yang/阿贡国家实验室,根据CC BY-NC-SA 2.0授权



在扫描电子显微镜下放大1500倍的石棉纤维

图片来源:美国疾病控制与预防中心/John Wheeler/Janice Haney Carr



1918年9月,英国兰开夏郡一家工厂的女工躺在她们生产的石棉床垫上  
图片来源:©帝国战争博物馆(Q 28250)

症。<sup>20</sup>爱丽丝的故事立刻在英国舆论中激起千层浪。作为回应,政府推出了降低石棉暴露限值的石棉许可法规。很快,自愿性标签计划也随之出现。舆论压力持续发酵,因过去暴露于石棉而引起的间皮瘤疫病的科学证据也在增加。<sup>41</sup>

直到1999年,所有类型的石棉才在英国被禁止:此时距离相关积累伤害且数千人死于石棉肺或相关癌症的证据已过去了101年。今天,我们仍然需要努力减少从事改造和维护含石棉建筑物的工人的暴露风险。<sup>42</sup>

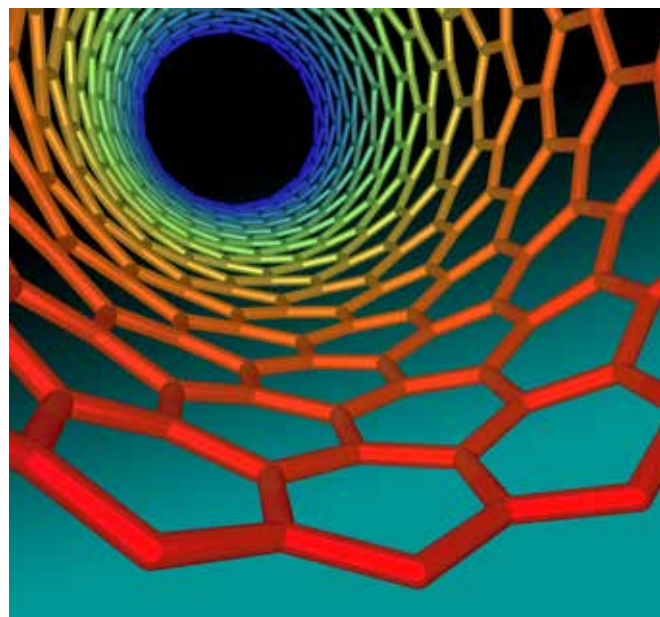
问题是,“在未来管理和确保纳米材料安全的过程中,我们能从已经过去了的长达一个世纪石棉斗争中吸取什么教训?”

## 应用卫生与环境安全条例

根据我们对石棉和其他危险材料的经验,我们知道具有潜在威胁的列表很长。工程纳米材料的环境风险是不可避免的。它们的不利影响和持续性可能对生物、生态系统和食物链产生重大影响。<sup>32,35,43,44</sup>口服、皮肤和肺部暴露可导致炎症和纤维化,破坏代谢和器官功能,并引起DNA损伤和遗传不稳定。<sup>22,26,45,46</sup>

工业发展的速度远远超过了监管的发展速度。在没有对纳米材料毒性和毒理学的许多方面进行长期监测,而且缺乏相关科学信息的情况下,尽管越来越多的迹象显示出潜在接触和风险,但具体法规的制定却进展缓慢。<sup>47</sup>

▶ 视频:碳纳米管是下一个石棉吗?



视频链接: <https://www.youtube.com/watch?v=6L7xXgWcbrQ>  
图片来源: Geoff Hutchison, 根据CC BY-NC-ND 2.0授权

©生命与科学博物馆





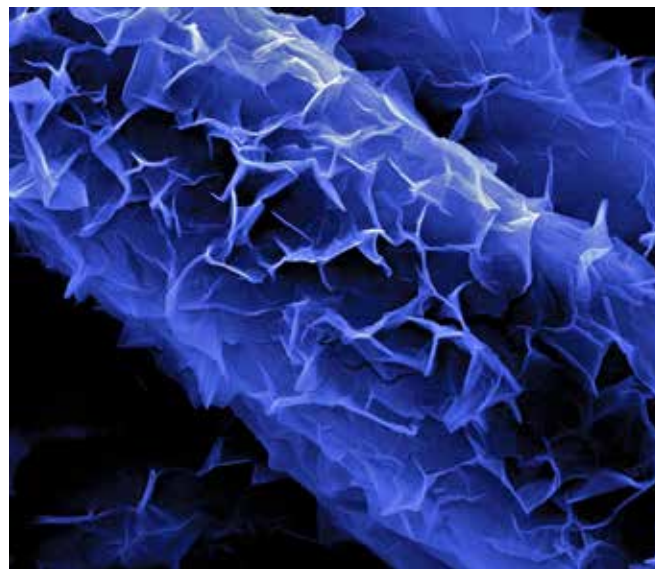
和石棉的情况一样,接触纳米材料的第一批人也是工人。20世纪90年代末和21世纪初开展的前几项评估碳纳米管职业暴露的研究为下一步的工作场所调查、以及随后于2007年制定的首个界定职业纳米悬浮微粒暴露的国际标准化组织指南奠定了基础。<sup>48,49</sup>

通过对暴露于碳纳米管和碳纳米纤维的动物的研究,美国国家职业安全卫生研究所认为,在受试动物中发现的肺部炎症、肉芽肿和纤维化等结果,有足够理由采取行动来设置建议的暴露限值。<sup>22</sup>经济合作与发展组织(OECD)开展了一些长期项目,旨在生成关于各种纳米材料的毒理学数据,以修订现有的制造商测试指南。<sup>50</sup>

由于纳米材料应用广泛,监管机构需要依靠化学品、药品、化妆品、食品、污染、废物和标签等领域的现行法规来寻求制定有关纳米材料的规定。<sup>51</sup>然而,把现行法规框架应用于纳米材料也面临着挑战。<sup>47</sup>例如,如果纳米级材料和散装材料属于同种化学物质,那么材料尺寸的缩小可能很难促成对现行法规的修改或制定新的法规。此外,某些消费品不受安全要求制约,可以不经测试就进入市场。

在欧盟,《化学品注册、评估、许可和限制法规》(REACH)用于确保在欧盟制造和销售的任何化学物质对人类健康和环境都是安全的。各公司需要对有意制造和交易的化学物质进行注册,并根据REACH的具体指导方针说明与这些化学物质有关的风险是如何管理的,以确保人类健康和环境安全。<sup>52,53</sup>

在全球层面,在联合国环境署管理的国际化学品管理战略方针(SAICM)的政策框架下,纳米材料是新



碳石墨烯多级核壳纳米纤维

图片来源:Ranjith Shanmugam/蔡司显微镜,根据CC BY-NC-ND 2.0授权

出现的政策问题之一。SAICM与各国政府和国际利益攸关方合作,促进关于纳米技术和工程纳米材料的信息交流,并制定国际通用的技术和法律指导,以实现

对纳米材料的良好管理。<sup>54</sup>在新技术面前,监管机构面临着前景、风险和不确定性混杂的局面。<sup>55</sup>加强全球对工程纳米材料的研究、生产和使用将需要变革性的政策,鼓励创新和绿色化学的工业应用。更为关键的是,鼓励建立基于预防原则的迭代式的、能够积极响应的监管框架,以确保安全和无污染。面对新材料创造的充满前景的机会,我们同样不能忘记人类健康和环境曾经的教训。



## 参考文献

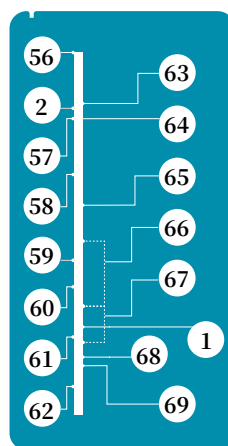
- Nobel Media AB (2016). *The Nobel Prize in Chemistry 2016 - Popular Information*. Nobel Prize website. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2016/popular.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2016/popular.html)
- UNEP (2007). *GEO Year Book: An Overview of Our Changing Environment*. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://staging.unep.org/yearbook/2007/>
- UNEP (2010). *UNEP Year Book: New Science and Developments in Our Changing Environment*. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://staging.unep.org/yearbook/2010/>
- UNEP (2013). *UNEP Year Book: Emerging Issues in Our Global Environment*. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://staging.unep.org/yearbook/2013/>
- Hochella Jr., M.F., Spencer, M.G. and Jones, K.L. (2015). Nanotechnology: nature's gift or scientists' brainchild? *Environmental Science: Nano*, 2, 114-119. <http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2015/EN/C4EN00145A>
- Sharma, V.K., Filip, J., Zboril, R. and Varma, R.S. (2015). Natural inorganic nanoparticles – formation, fate and toxicity in the environment. *Chemical Society Reviews*, 44, 8410-8423. <http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2015/CS/C5CS00236B>
- Pavani, T., Venkateswara Rao, K., Chakra, Ch. S. and Prabhu, Y.T. (2015). Ayurvedic synthesis of  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  nanoparticles and its Characterization. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 5(1), 321-324. <http://inpressco.com/wp-content/uploads/2015/02/Paper57321-324.pdf>
- Sumithra, M., Raghavendra, Rao, P., Nagaratnam, A. and Aparna, Y. (2015). Characterization of  $\text{SnO}_2$  Nanoparticles in the Traditionally Prepared Ayurvedic Medicine. *Materials Today: Proceeding*, 2(9), Part A., 4636-4639. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785315009074>
- Reibold, M., Paufler, P., Levin, A.A., Kochmann, W., Pätzke, N. and Meyer, D.C. (2006). Materials: Carbon nanotubes in an ancient Damascus sabre. *Nature*, 444(7117), 286. <https://www.nature.com/nature/journal/v444/n7117/pdf/444286a.pdf>
- Sanderson, K. (2006). Sharpest cut from nanotube sword. *Nature News*, 15 November 2006. <http://www.nature.com/news/2006/061113/full/news061113-11.html>
- JASRI (2012). Clarifying the hidden magnetism of gold (Au). Press Release, 23 January 2012. Japan Synchrotron Radiation Research Institute, Kouto. [http://www.spring8.or.jp/en/news\\_publications/press\\_release/2012/120123\\_2/](http://www.spring8.or.jp/en/news_publications/press_release/2012/120123_2/)
- SCENIHR (2013). *Opinion on Nanosilver: safety, health and environmental effects and role in antimicrobial resistance*. The Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks of the European Union, Luxembourg. [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/emerging/docs/scenih\\_r\\_o\\_039.pdf](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_039.pdf)
- Mochalin, V.N., Shenderova, O., Ho, D. and Gogotsi, Y. (2011). The properties and applications of nanodiamonds. *Nature Nanotechnology*, 7, 11-23. <https://www.nature.com/nnano/journal/v7/n1/pdf/nnano.2011.209.pdf>
- Xi, G., Robinson, E., Mania-Farnell, B., Vanin, E.F., Shim, K.W., Takao, T., Allender, E.V., Mayanil, C.S., Soares, M.B., Ho, D. and Tomita, T. (2014). Convection-enhanced delivery of nanodiamond drug delivery platforms for intracranial tumor treatment. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 10(2), 381-391. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23916888>
- Bačáková, L., Brož, A., Lišková, J., Staňková, L., Potocký, S. and Kromka, A. (2016). The Application of Nanodiamond in Biotechnology and Tissue Engineering. In *Diamond and Carbon Composites and Nanocomposites*, M. Aliofkhaezai (ed.). InTech, Rijeka. <https://www.intechopen.com/download/pdf/51099>
- Waddington, D.E.J., Sarracanie, M., Zhang, H., Salameh, N., Glenn, D.R., Rej, E., Gaebel, T., Boele, T., Walsworth, R.L., Reilly, D.J. and Rosen, M.S. (2017). Nanodiamond-enhanced MRI via in situ hyperpolarization. *Nature Communications*, 15118. [http://walsworth.physics.harvard.edu/publications/2017\\_Waddington\\_NatureComm.pdf](http://walsworth.physics.harvard.edu/publications/2017_Waddington_NatureComm.pdf)
- Gao, L., and Yan, X. (2016). Nanozymes: an emerging field bridging nanotechnology and biology. *Science China: Life Science*, 59, 400-402. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11427-016-5044-3.pdf>
- Aqel, A., El-Nour, K.M.M.A., Ammar, R.A.A. and Al-Warthan, A. (2010). Carbon nanotubes, science and technology part (I) structure, synthesis and characterisation. *Arabian Journal of Chemistry*, 5, 1-23. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535210001747>
- De Volder, M.F.L., Tawfik, S. H., Baughman, R. H. and Hart, A. J. (2013). Carbon nanotubes: Present and future commercial applications. *Science*, 339(6119), 535-539. <http://science.sciencemag.org/content/339/6119/535/tab-pdf>
- EEA (2001). *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000*. EEA Report No. 22. European Environment Agency, Copenhagen. [https://www.eea.europa.eu/publications/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_22/Issue\\_Report\\_No\\_22.pdf](https://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_22/Issue_Report_No_22.pdf)
- De Jong, W.H., Van Der Ven, L.T.M., Sleijffers, A., Park, M.V.D.Z., Jansen, E.H.J.M., Van Loveren, H. and Vandebriel, R.J. (2013). Systemic and immunotoxicity of silver nanoparticles in an intravenous 28 days repeated dose toxicity study in rats. *Biomaterials*, 34, 8333-8343. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142961213007631>
- Johnston, H.J., Hutchison, G., Christensen, F.M., Peters, S., Hankin, S. and Stone, V. (2010). A review of the in vivo and in vitro toxicity of silver and gold particulates: Particle attributes and biological mechanisms responsible for the observed toxicity. *Critical Reviews in Toxicology*, 40(4), 328-346. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/10408440903453074?journalCode=itxc20>



23. Graves Jr., J.L., Tajkarimi, M., Cunningham, Q., Campbell, A., Nonga, H., Harrison, S.H. and Barrick, J.E. (2015). Rapid evolution of silver nanoparticles resistance in *Escherichia coli*. *Frontiers in Genetics*, 6(42), 1-13. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4330922/pdf/fgene-06-00042.pdf>
24. Weir, A., Westerhoff, P., Fabricius, L., Hristovski, K. and von Goetz, N. (2012). Titanium dioxide nanoparticles in food and personal care products. *Environmental Science and Technology*, 46(4):2242-2250. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es204168d>
25. Aschberger, K., Johnston, H.J., Stone, V., Aitken, R.J., Tran, C.L., Hankin, S.M., Peters, S.A. and Christensen, F.M. (2010). Review of fullerene toxicity and exposure--appraisal of a human health risk assessment, based on open literature. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 58, 455-473. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20800639>
26. NIOSH (2013). *Occupational Exposure to Carbon Nanotubes and Nanofibers*. Current Intelligence Bulletin 65. The Centers for Disease Control/The National Institute for Occupational Safety and Health, Atlanta. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-145/pdfs/2013-145.pdf>
27. Oberdörster, E. (2004). Manufactured Nanomaterials (Fullerenes, C<sub>60</sub>) Induce Oxidative Stress in the Brain of Juvenile Largemouth Bass. *Environmental Health Perspectives*, 112(10), 1058-1062. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1247377/pdf/ehp0112-001058.pdf>
28. Business Wire (2016). Global Nanotechnology Market Worth USD 173.95 Billion by 2025 - Analysis, Technologies & Forecasts Report 2016-2025 - Key Vendors: Acusphere, Glonatech, Isotron - Research and Markets. *Business Wire*, 28 September 2016. <http://www.businesswire.com/news/home/20160928005566/en/Global-Nanotechnology-Market-Worth-USD-173.95-Billion>
29. Lowry, G.V., Bernhardt, E.S., Dionysiou, D.D., Pedersen, J.A., Wiesner, M.R. and Xing, B. (2010). Environmental Occurrences, Behavior, Fate, and Ecological Effects of Nanomaterials: An Introduction to the Special Series. *Journal of Environmental Quality*, 39, 1867-1874. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21284284>
30. Geranio, L., Heuberger, M. and Nowack, B. (2009). The behavior of silver nanotextiles during washing. *Environmental Science & Technology*, 43(21), 8113-8118. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es9018332>
31. Shandilya, N., Le Bihan, O., Bressot, C. and Morgeneyer, M. (2015). Emission of Titanium Dioxide Nanoparticles from Building Materials to the Environment by Wear and Weather. *Environmental Science & Technology*, 49, 2163-2170. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es504710p>
32. Gottschalk, F. and Nowack, B. (2011). The release of engineered nanomaterials to the environment. *Journal of Environmental Monitoring*, 13, 1145-1155. [https://www.researchgate.net/profile/Bernd\\_Nowack/publication/50349175\\_The\\_release\\_of\\_engineered\\_nanomaterials\\_to\\_the\\_environment/links/54c75fc30cf238bb7d0a7d1a/The-release-of-engineered-nanomaterials-to-the-environment.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Bernd_Nowack/publication/50349175_The_release_of_engineered_nanomaterials_to_the_environment/links/54c75fc30cf238bb7d0a7d1a/The-release-of-engineered-nanomaterials-to-the-environment.pdf)
33. Batley, G.E., Kirby, J.K. and McLaughlin, M.J. (2012). Fate and risks of nanomaterials in aquatic and terrestrial environments. *Accounts of Chemical Research*, 46(3), 854-862. [https://www.researchgate.net/publication/228113803\\_Fate\\_and\\_Risks\\_of\\_Nanomaterials\\_in\\_Aquatic\\_and\\_Terrestrial\\_Environments](https://www.researchgate.net/publication/228113803_Fate_and_Risks_of_Nanomaterials_in_Aquatic_and_Terrestrial_Environments)
34. Gardea-Torresdey, J.L., Rico, C.M. and White, J.C. (2014). Trophic Transfer, Transformation, and Impact of Engineered Nanomaterials in Terrestrial Environments. *Environmental Science & Technology*, 48(5), 2526-2540. <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es4050665>
35. Garner, K.L. and Keller, A.A. (2014). Emerging patterns for engineered nanomaterials in the environment: a review of fate and toxicity studies. *Journal of Nanoparticle Research*, 16, 2503. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11051-014-2503-2.pdf>
36. Peijnenburg, W. J. G. M.; Baalousha, M.; Chen, J.; Chaudry, Q.; Von der kammer, F.; Kuhlbusch, T. A. J.; Lead, J.; Nickel, C.; Quik, J. T. K.; Renker, M.; Wang, Z.; Koelmans, A. A. A Review of the Properties and Processes Determining the Fate of Engineered Nanomaterials in the Aquatic Environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45, 2084-2134. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389.2015.1010430>
37. Xia, T., Li, N. and Nel, A.E. (2009). Potential Health Impact of Nanoparticles. *The Annual Review of Public Health*. 30, 137-50. <http://annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.publhealth.031308.100155>
38. Poland, C.A., Duffin, R., Kinloch, I., Maynard, A., Wallace, W.A., Seaton, A., Stone, V., Brown, S., Macnee, W. and Donaldson K. (2008). Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study. *Nature Nanotechnology*, 3, 423-428. <http://www.nature.com/nnano/journal/v3/n7/pdf/nnano.2008.111.pdf>
39. Nagai, H. and Toyokuni, S. (2012). Differences and similarities between carbon nanotubes and asbestos fibers during mesothelial carcinogenesis: Shedding light on fiber entry mechanism. *Cancer Science*, 103(8), 1378-1390. [https://www.researchgate.net/publication/224924547\\_Differences\\_and\\_similarities\\_between\\_carbon\\_nanotubes\\_and\\_asbestos\\_fibers\\_during\\_mesothelial\\_carcinogenesis\\_Shedding\\_light\\_on\\_fiber\\_entry\\_mechanism](https://www.researchgate.net/publication/224924547_Differences_and_similarities_between_carbon_nanotubes_and_asbestos_fibers_during_mesothelial_carcinogenesis_Shedding_light_on_fiber_entry_mechanism)
40. Deane, L. (1898). *Report on the health of workers in asbestos and other dusty trades*. In HM Chief Inspector of Factories and Workshops, 1899, Annual Report for 1898, 171-172.
41. Peto, J., Hodgson, J.T., Matthews, F.E. and Jones, J.R. (1995). Continuing increase in mesothelioma mortality in Britain. *The Lancet*, 345(8949), 535-539. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7776771>
42. HSE (2017). Asbestos health and safety. The Health and Safety Executive website. <http://www.hse.gov.uk/asbestos/index.htm>
43. Delay, M. and Frimmel, F.H. (2012). Nanoparticles in aquatic systems. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 402(2), 583-592. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00216-011-5443-z.pdf>

44. Du, J., Wang, S., You, H. and Zhao, X. (2013). Understanding the toxicity of carbon nanotubes in the environment is crucial to the control of nanomaterials in producing and processing and the assessment of health risk for human: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 36, 451-462. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/articles/23770455/>
45. Schulte, P.A., Roth, G., Hodson, L.L., Murashov, V., Hoover, M.D., Zumwalde, R., Kuempel, E.D., Geraci, C.L., Stefaniak, A.B., Castranova, V. and Howard, J. (2016). Taking stock of the occupational safety and health challenges of nanotechnology: 2000–2015. *Journal of Nanoparticle Research*, 18, 1–21. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5007006/pdf/nihms812231.pdf>
46. Trouiller, B., Reliene, R., Westbrook, A., Solaimani, P. and Schiestl, R.H. (2009). Titanium dioxide nanoparticles induce DNA damage and genetic instability in vivo in mice. *Cancer Research*, 69(22), 8784-8789. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19887611>
47. Seaton, A., Tran, L., Aitken, R. and Donaldson, K. (2010). Nanoparticles, human health hazard and regulation. *Journal of The Royal Society Interface*, 7, S119-S129. [http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/7/Suppl\\_1/S119.long](http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/7/Suppl_1/S119.long)
48. Kuhlbusch, T.A.J., Asbach, C., Fissan, H., Göhler, D. and Stintz, M. (2011). Nanoparticle exposure at nanotechnology workplaces: A review. *Particle and Fibre Toxicology*, 8(22), 1-18. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3162892/pdf/1743-8977-8-22.pdf>
49. ISO (2007). ISO/TR 27628:2007 Workplace atmospheres - Ultrafine, nanoparticle and nano-structured aerosols - Inhalation exposure characterization and assessment. International Organization for Standardization, Geneva. <https://www.iso.org/standard/44243.html>
50. OECD (2016). *Single walled carbon nanotubes (SWCNTs): Summary of the dossier*. OECD Environment, Health and Safety Publications – Series on the safety of manufactured nanomaterials No.70. The Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2016\)22&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2016)22&doclanguage=en)
51. Charitidis, C.A., Trompeta, A.F., Vlachou, N. and Markakis, V. (2016). Risk management of engineered nanomaterials in EU-The case of carbon nanotubes and carbon nanofibers: A review. *Transactions of the Materials Research Society of Japan*, 41(1), 1-11. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/tmrj/41/1/41\\_1/pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/tmrj/41/1/41_1/pdf)
52. OECD (2016). *Single walled carbon nanotubes (SWCNTs): Summary of the dossier*. OECD Environment, Health and Safety Publications – Series on the safety of manufactured nanomaterials No.70. The Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2016\)22&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2016)22&doclanguage=en)
53. OECD (2017). Alternative testing strategies in risk assessment of manufactured nanomaterials: current state of knowledge and research needs to advance their use. Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 80. The Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/JM/MONO\(2016\)63&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/JM/MONO(2016)63&doclanguage=en)
54. UN Environment (2017). Strategic Approach to International Chemicals Management website. UN Environment, Geneva. <http://www.saicm.org/>
55. ACS-GCI (2014). *Green Chemistry Pocket Guide*. American Chemistry Society – Green Chemistry Institute, Washington DC. <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/greenchemistry/resources/the-12-principles-of-green-chemistry-pocket-guide.pdf>

### 图片参考文献



56. Alden, A. (2017). All About Sediment Grain Size. *ThoughtCo*, 5 June 2017. <https://www.thoughtco.com/all-about-sediment-grain-size-1441194>
57. Walker, W.F., Yatskievych, G., Mickel, J.T., and Wagner, W. (2016). Fern. *Encyclopædia Britannica*, 18 October 2016. <https://www.britannica.com/plant/fern/Shape>
58. Du, N., Liu, X.Y., Narayanan, J., Li, L., Lek, M., Lim, M. and Li, Q. (2006). Design of Superior Spider Silk: From Nanostructure to Mechanical Properties. *Biophysical Journal*, 91(12), 4528-4535. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000634950672164658>
59. Aleksandrowicz, P., Marzi, A., Biedenkopf, N., Beimforde, N., Becker, S., Hoenen, T., Feldmann, H. and Schnittler, H.J. (2011). Ebola virus enters host cells by macropinocytosis and clathrin-mediated endocytosis. *Journal of Infectious Diseases*, Supplement 3, S957-S967. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21987776>
60. WHO (2000). *Air quality guidelines for Europe—Second edition*. WHO Regional Publication, European Series No. 91. World Health Organization, Copenhagen. [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E71922.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf)



61. Nano.gov (2017). Size of the nanoscale. United States National Nanotechnology Initiative. <https://www.nano.gov/nanotech-101/what/nano-size>
62. D'Arrigo, J.S. (1978). Screening of membrane surface charges by divalent cations: an atomic representation. *American Journal of Physiology*, 235(3), C109-117. <http://bionumbers.hms.harvard.edu/bionumber.aspx?id=103723&ver=0>
63. Yes Paper (2017). Paper glossary. Yes Paper. <http://www.yes-paper.com/index.php?yespaper=yespaper-paper-glossary>
64. FOA (2015). Guide to fiber optics and premises cabling. The Fiber Optic Association. <http://www.thefoa.org/tech/ref/basic/fiber.html>
65. UNEP (2015). Plastic in cosmetics: Are we polluting the environment through our personal care? United Nations Environment Programme, Nairobi. [http://apps.unep.org/redirect.php?file=/publications/pmtdocuments/-Plastic\\_in\\_cosmetics\\_Are\\_we\\_polluting\\_the\\_environment\\_through\\_our\\_personal\\_care\\_-2015Plas.pdf](http://apps.unep.org/redirect.php?file=/publications/pmtdocuments/-Plastic_in_cosmetics_Are_we_polluting_the_environment_through_our_personal_care_-2015Plas.pdf)
66. Athinarayanan, J., Periasamy, V.S., Alsaif, M.A., Al-Warthan, A.A. and Alshatwi, A.A. (2014). Presence of nanosilica (E551) in commercial food products: TNF-mediated oxidative stress and altered cell cycle progression in human lung fibroblast cells. *Cell Biology and Toxicology*, 30, 89-100. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10565-014-9271-8.pdf>
67. Webb, B. (2006). Quantum dots. <http://ion.chem.usu.edu/~tapaskar/Britt-Quantum%20Dots.pdf>
68. Khan, I., Saeed, K. and Khan, I. (2017). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry* (in press). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535217300990>
69. Locke, W. (1996). Buckminsterfullerene,  $C_{60}$ . <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/buckyball/c60a.htm>
70. Allied Market Research (2016). Nanomaterials Market by Type (Carbon Nanotubes, Fullerenes, Graphene, Nano Titanium Dioxide, Nano Zinc Oxide, Nano Silicon Dioxide, Nano Copper Oxide, Nano Cobalt Oxide, Nano Iron Oxide, Nano Manganese Oxide, Nano Zirconium Oxide, Nano Silver, Nano Gold, Nano Nickel, Quantum Dots, Dendrimers, Nanoclay, Nanocellulose) and End-user - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2014-2022. Allied Market Research website. <https://www.alliedmarketresearch.com/nano-materials-market>
71. Nicomel, N.R., Leus, K., Folens, K., Van Der Voort, P. and Laing, G.D. (2016). Technologies for Arsenic Removal from Water: Current Status and Future Perspectives. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(62), 1-24. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4730453/pdf/ijerph-13-00062.pdf>
72. Wu, W., Wu, Z., Yu, T., Jiang, C. and Kim, W.S. (2015). Recent progress on magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, surface functional strategies and biomedical applications. *Science and Technology of Advanced Materials*, 16, 023501. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1468-6996/16/2/023501/pdf>



73. Kostarelos, K. and Novoselov, K.S. (2014). Graphene devices for life. *Nature Nanotechnology*, 9, 744-745. <http://www.nature.com/nnano/journal/v9/n10/full/nnano.2014.224.html>
74. Liu, Q., Cui, Q., Li, X.J. and Jin, L. (2014). The applications of buckminsterfullerene  $C_{60}$  and derivatives in orthopaedic research. *Connective Tissue Research*, 55(2), 71-79. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4124742/pdf/nihms608096.pdf>
75. Chang, C.C., Hsu, I.K., Aykol, M., Hung, W.H., Chen, C.C. and Cronin, S.B. (2010). A new lower limit for the ultimate breaking strain of carbon nanotubes. *ACS Nano*, 4(9), 5095-5100. <https://pdfs.semanticscholar.org/d072/eaf8c9c9c1730bb211346ac2d1902da369fe.pdf>
76. Eatemadi, A., Daraee, H., Karimkhanloo, H., Kouhi, M., Zarghami, N., Akbarzadeh, A., Abasi, M., Hanifehpour, Y. and Joo, S.W. (2014). Carbon nanotubes: properties, synthesis, purification, and medical applications. *Nanoscale Research Letters*, 9(393), 1-13. <https://neuraldevelopment.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1556-276X-9-393?site=neuraldevelopment.biomedcentral.com>





图片来源: Brent Barnes / Shutterstock.com

## 海洋保护区： 面向可持续发展的资源保护

### 日益恶化的海洋生态环境：人类日益增长的 海洋资源需求

多年来, 过多的人类活动已让海洋承受着空前巨大的压力。今天, 它们面临环境、社会和经济的多重复杂影响。过度捕捞和其他采掘活动、沿海开发、污染和旅游业正在以惊人的速度破坏着宝贵的自然栖息地, 同时也在不断减少海洋物种的数量。温度升高, 海洋从大气中吸收二氧化碳从而产生酸化的影响的气候变化, 使得这些已然严峻的环境退化进一步加剧。

1985年以来, 世界上有一半的珊瑚礁已经消失。<sup>1</sup>仅

2016年, 长达400英里的大堡礁由于珊瑚白化而遭到严重破坏。<sup>2</sup>在国际研究机构监测的600个鱼类种群或亚种群中, 31%的鱼群正遭受不同程度的捕捞, 其原因主要是非法、私自以及不受管制的捕捞活动, 另有58%的鱼群处于被完全捕捞的状态。<sup>3</sup>从1970年至2012年, 鱼类种群数量下降了49%, 随后出现了一段短暂的稳定时期。如今, 鱼类种群数量再次出现下降。<sup>4</sup>总体来看, 我们向海洋资源索取的速度超过了海洋生态系统自动补充恢复的速度。这种破坏模式并不陌生: 一旦我们开采过多资源, 已经无力的生态系统恢复起来便更慢。当我们想要继续开采更多资源



的时候, 可用的资源变得越来越少, 开采难度也越来越大。于是我们投入更大力气, 对海洋便造成更大的损害。最终, 资源枯竭或彻底灭绝。

这是一种社会自我伤害的模式。海洋为人类生活提供重要的健康、福祉以及经济增长方面的效益。近30亿人的主要蛋白质来源来自海洋中的鱼类。<sup>3</sup>一项研究显示, 海洋的价值至少有24万亿美元。<sup>1</sup>如果海洋是一个国家, 那么它相当于世界第七大经济体。

海洋保护区是维持或恢复海洋和沿海生态系统健康的一个最佳选择, 尤其是当它被纳入更广泛的管理体系时更是如此。<sup>5-10</sup>受保护的物种、栖息地以及生态系统功能可以带来生态效益。参与其中的利益攸关方在规划并公平分享效益时会产生社会效益。保障自然资源和旅游收入的长期可持续利用会产生经济效益。这种综合效应有利于实现2030年可持续发展议程17个可持续发展目标的多数目标, 包括减少贫困、改善粮食安全和应对气候变化的影响等。

### 濒危的海洋和沿海环境数字



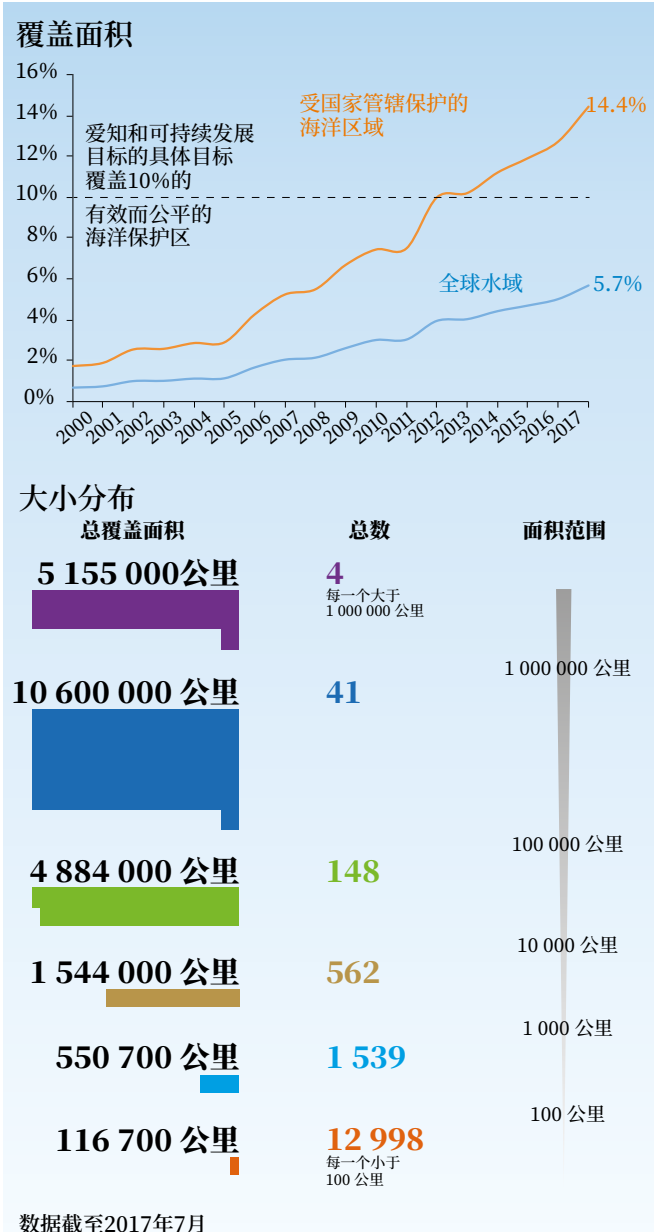
海洋保护区的兴起

大多数国家同意, 到2020年, 将10%的沿海和海洋地区实现保护。<sup>11</sup>这是“爱知生物多样性目标”之一, 并且得到2030年可持续发展议程的响应。<sup>11,12</sup>

过去15年, 海洋保护区面积已增长了25%。<sup>13</sup>到2017年7月, 已确定15292个海洋保护区, 占全球海洋面积的5.7%。据估计, 约有14.4%的受到国家管辖的沿海和海洋地区被确定为保护区。<sup>13</sup>这一数字表明, 2020年的国家海洋保护目标已经实现, 但现实情况却更为复杂。之所以复杂是因为已涵盖的区域只占承诺的一小部分。越来越多的人认为仅仅完成确定和规划是远远不够的, 重点在于执行和效力。<sup>14,15</sup>一些证据表明, 目前的治理能力可能还不足以保证效力, 也无法实现社会、经济以及生物多样性保护的目标。<sup>16</sup>当前, 15292个指定保护区中的45个已占受保护海域总面积的72%以上。<sup>13</sup>这些大规模的保护区对于保持原始的海洋生态系统免受外部破坏十分重要。然而, 这些区域的规模之大及位置之远也让人们对要实施的治理策略效力及效益共享的可能性产生质疑。<sup>14</sup>海洋保护区必须实现有效的生物多样性保护及相关成本和效益的公平共享。既要重视质量, 也要重视数量。

对于效力的质疑不仅存在于于大规模的海洋保护区。联合国环境署的一项名为“实现有效而公平的海洋保护区: 关于结合治理方法的指导意见”的新研究, 分析了国家海域内的34个保护区的治理情况。<sup>16</sup>只勉强一半多的保护区的效力得到了中等级, 这表明某些人类影响的确已完全得到解决, 然而其它影响只得到了局部解决。其余保护区的效力评级较低, 这表明某些影响并没有彻底或根本没有得到解决。其它研究表明, 约40%的海洋保护区存在重大缺陷, 导致治理薄弱无效。<sup>17</sup>

全球海洋保护区覆盖面积的最新趋势



数据来源: 联合国环境署世界养护监测中心





## 好的治理会使海洋保护区更加有效

要使海洋保护区真正有效,需要强有力的治理来约束人类的行为,并减少他们对生态系统的影响。方法应具有包容性,促进形成一种管理意识,反映为用户社区带来的社会、经济和环境效益。

由于海洋是一个支撑着社会经济体系的复杂生态系统,因此要想实现保护区的效力最大化,可能需要投入大量的其它资源。通常面临的问题包括知识、政治意愿、社区支持和金融投资等方面的不足。海洋保护区常被视为短期的预开支,而不是会带来重大社会、经济和环境效益的长期投资。每个海洋保护区都面临不同的挑战,但如果海洋资源使用者能参与讨论和决策,他们就不大可能去无视法规。

关于海洋保护的争论主要围绕寻求改善治理的最佳或正确方法,重点关注以下三种方法。但每种方法都有缺点:自上而下的治理侧重于政府实施法规。这一方法缺少当地社区的参与,导致协作不足。自下而上的治理侧重人们互相配合并遵守一致通过的规则。这一方法无法约束新用户的进入。基于市场的治理侧重于能带来经济效益的经济计划,例如通过其它方法给予当地社区生计和财产权。这种做法可能会破坏当地合作,造成额外的环境破坏,从而妨碍海洋保护目标的实现。

关于海洋保护区效力的一项研究表明,专注于单一的治理方法不利于保护目标的实现。相反,应该有一种能够把国家政府、地方社区和市场计划所扮演的角色综合在一起的方法。<sup>16,18</sup>每个角色的相对重要性取决于要修正的行为和广泛的环境、社会、经济和政治背景。

每个保护区的情况都不同,但有一些共同的因素在不断加大治理的难度。这些因素包括:不断增长的全球



### 《爱知生物多样性》目标11

到2020年,至少10%的沿海和海洋区域,尤其是对于生物多样性和生态系统服务具有特殊重要性的区域,通过有效而公平管理的、生态上有代表性和互相连通的保护区系统和其他基于保护区的有效保护措施得到保护,并被纳入更广泛的土地景观和海洋景观。



### 目标14.2

可持续管理和保护海洋和沿海生态系统,以免产生重大负面影响,包括通过加强它们抵御灾害的能力,并采取行动帮助它们恢复原状。



### 目标14.5

到2020年,根据国内和国际法,并基于现有的最佳科学资料,保护至少10%的沿海和海洋区域。

### 视频:如何选择海洋保护区

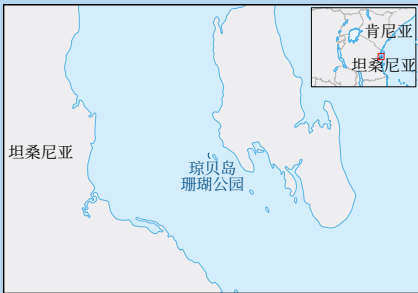


视频链接: <https://www.openchannels.org/videos/how-choose-marine-reserves>  
© Hugh Possingham/Jennifer McGowan, 昆士兰大学



在实践中结合不同的治理办法

琼贝岛, 坦桑尼亚



私人海洋保护区:

- 主要由生态旅游计划资助
- 工作人员与游客的比例高, 创造更多就业机会, 95%的工作人员是坦桑尼亚人
- 与坦桑尼亚的渔业部门开展强有力合作以执行处罚, 得到当地督导员、渔民和警察的支持

布卢菲尔兹湾, 牙买加



社区牵头的海洋保护区:

- 讨论和决策涉及所有有关当地社区
- 旨在实现支持自身和当地社区的财政独立性
- 政府为巡逻提供资金, 以执行国家法律支持的条例
- 政府和当地组织负责财务和运营管理, 并提供熟练的培训和教育人员

大堡礁海洋公园, 澳大利亚



多用途保护区:

- 联邦和州政府间的密切协作
- 公平分享生态系统服务效益的分区制
- 旅游业雇佣70,000多人, 每年创造50亿澳元收入
- 与当地土著社区的合作确保了他们的生计、文化和传统, 例如保护了捕鱼权

鱼类市场需求加剧了商业性捕捞; 贫困迫使当地的人们靠捕鱼维持生计; 不断发展的旅游业加大了基础设施建设和娱乐行业的负担; 人们从贫穷的内陆转向沿海地区带来了经济迁移, 寻求更好的工作机会和生活水平。<sup>16,18</sup>

这些力量可能阻碍保护目标的实现。显然, 在指定海洋保护区的过程中确定目标, 让人们更好地理解应对冲突和增强保护区效力的具体要求。治理框架有助于更好地实施相关措施, 来缓解部分人类行为产生的影响, 治理框架同时应包括执行和财政战略, 以支持保护区总体目标的实现。此外, 它应该允许在保护生物多样性的同时, 公平地分享效益、分担成本。

海洋保护区的案例研究表明, 几种治理方式的结合非常有效。澳大利亚的大堡礁海洋公园一个采用是自上而下治理方案的实例, 与当地土著社区的合作为当地人民提供了生计、文化和传统方面的保障; 坦桑尼亚的琼贝岛珊瑚公园是一个以生态旅游为重点的私人保护区, 但它在实施惩治方面与政府保持着强有力的合作, 并得到了当地公园管理员、渔民和警察的支持; 牙买加的布卢菲尔兹湾是一个以社区为中心的保护区, 但政府为巡视提供资金, 以保障国家法治支持下的执法。这些实践综合采用了不同的管理手段, 以适应当地的需要和具体情况。<sup>16,18</sup>

# 海洋保护区的治理

海洋保护区在结合使用多种治理方法时最为有效...

## 自上而下的治理

法律法规保护生物多样性和自然资源免受用户的破坏和退化需要政府参与

## 自下而上的治理

当地社区参与决策和利用当地知识是成功的关键。它促进当地所有权、问责制和增权赋能

## 基于市场的治理

市场对于经济激励、替代兼容生计和财务可持续性十分重要。赋予生物多样性经济价值有助于促进平衡决策

## 什么是海洋保护区？

海洋

保护区有各种形式。

定义和分类可能有所不同，但通常指定它们保护或管理海洋和沿海生物多样性、生态系统和/或资源。在沿海地区和热带、温带和极地地区的开放海域建立保护区，其相关法规、保护和管理方法可能不尽相同。

...解决冲突, 减小活动的影响,

...确保公平分享成本和效益



执法



管理和立法研究和监测

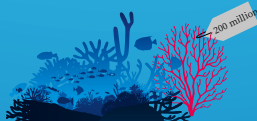


研究和监测

在当地和远方的自然资源利用之间分享效益



确保粮食和生计



分享健康生态系统的效益



# 未来:利用保护区促进可持续发展

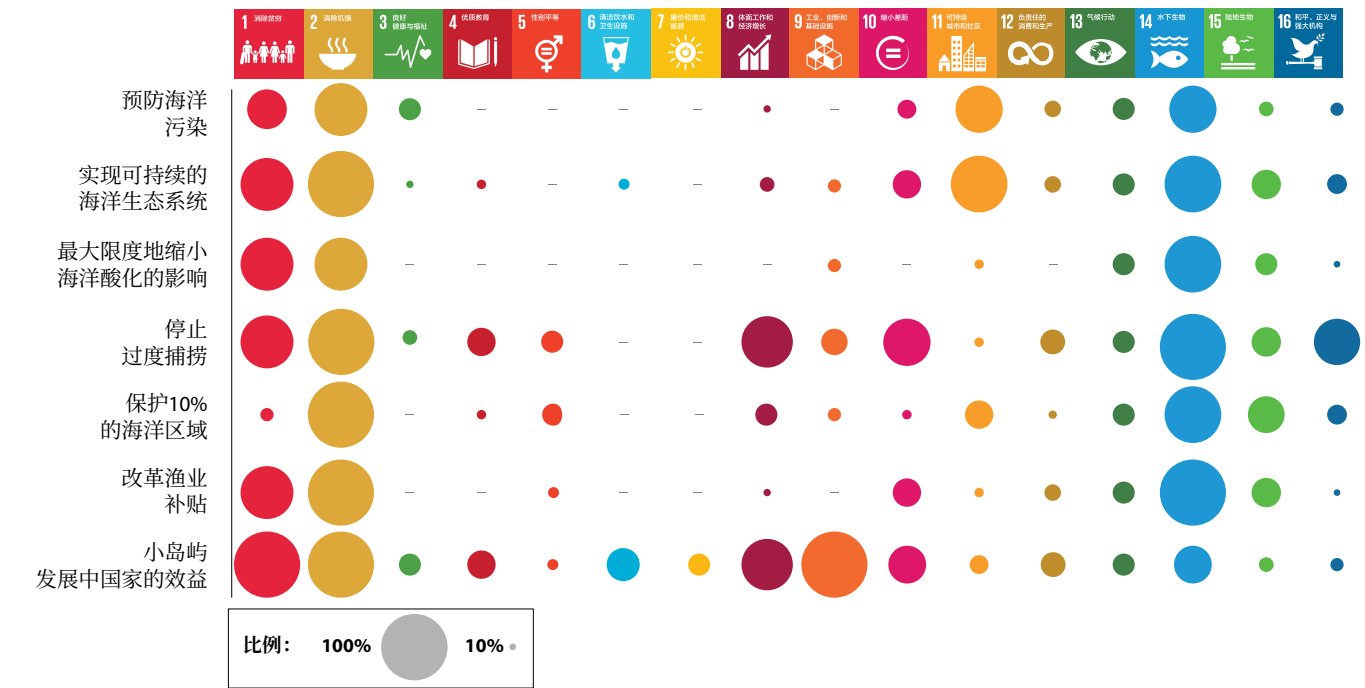
海洋保护可以创造广阔无尽的机会。然而,需要转变观念,既要重视保护区的数量,也要重视保护区的质量;既要看到效益,也要看到成本。如果在进行管理时能够充分了解周边环境,那么海洋保护就会回报经济和社会效益。

据一个经济情景模型估计,一个覆盖海洋面积10%-30%的保护区网络需要投入450至2280亿美元,但它同时能通过提供生态系统服务效益(用于沿海保护、渔业、旅游、娱乐和碳储存)在2015-2050年期间产生价值6220至11450亿美元的惊人的社会和经济效益。<sup>19</sup>这种效益可能是成本的3到20倍有余。这也意

味着一个更加多产、更加可持续的渔业,全球鱼类种群的下降趋势也将得到缓解。同时也将促进旅游业的发展,创造更多的经济机会。<sup>20</sup>例如,研究表明,保护区生物多样性的增强最高能带来相当于捕鱼收入36倍的旅游业收入。<sup>21</sup>此外,成本效益分析表明,增加海洋保护区的建设和运营成本规模能实现规模经济。<sup>19</sup>

然而,与更大范围的海洋治理一样,不存在单一的解决方案。每种情景都必须单独考虑。正如前面所提,海洋保护区的规模越大,对其管理水平和效力就相应越低。<sup>15,17,18</sup>随着规模的扩大,回报可能会降低,但这取决于每个保护区生物多样性的数量。<sup>19</sup>为了了解社会、经济 and 环境影响,每个地点都需进行成本效益

## 实现“可持续发展目标14”带来的协同效益:水下的生命



资料来源:改编自Singh等人的文章(2017)<sup>22</sup>



分析。海洋保护区必须在减少对海洋资源和生态系统的影响方面体现出实效,同时让效益分配更为公平。

2016年,“罗马行动呼吁”以及与之相关的“科学家共识声明”制定了以明确的目标和行动促进有效公平的海洋保护区实施的方案。<sup>23,24</sup>2017年6月的联合国海洋会议在此基础上提出把生物多样性保护和可持续利用结合起来,明确了人们以及公平分配成本和效益的作用。<sup>25</sup>

在实现更广泛的可持续发展方面,保证好的海洋海岸生态环境可能会带来良好的投资回报。最近一项研究表明,在总体实现2030年可持续发展议程的过程中,关于海洋的“可持续发展目标14”中的一些具体目标的实现可以带来许多协同效益。<sup>22</sup>

这是一个我们加强和维护海洋健康,从而继续从海洋获益的重要机会。对于各国而言,最为重要的是要立足长远,不仅实现海洋保护区的最大覆盖目标,而且要让海洋保护区助力可持续发展。

▶ 视频:渔业经济与政策:  
海洋保护区



视频链接: [www.youtube.com/watch?v=n6\\_JLZnQe6Y](https://www.youtube.com/watch?v=n6_JLZnQe6Y)

图片来源: [pjhpix / Shutterstock.com](https://www.shutterstock.com/pjhpix)

©保护战略基金



图片来源: [CHEN WS / Shutterstock.com](https://www.shutterstock.com/pjhpix)



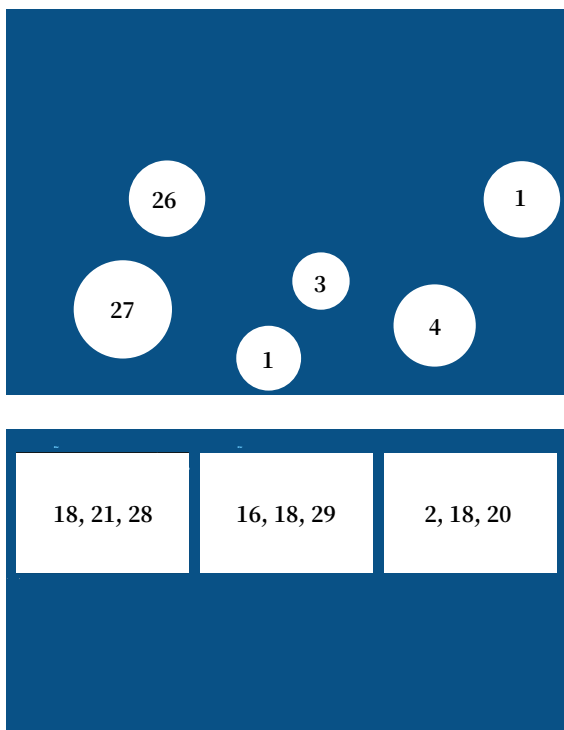
## 参考文献

- Hoegh-Guldberg, O. *et al.* (2015). Reviving the Oceans Economy: the case for action – 2015. WWF International, Gland. <https://www.worldwildlife.org/publications/reviving-the-oceans-economy-the-case-for-action-2015>
- Coralcoe (2017). Life and death after Great Barrier Reef bleaching. ARC Centre of Excellence for Coral Reef Studies website. <https://www.coralcoe.org.au/media-releases/life-and-death-after-great-barrier-reef-bleaching>
- FAO (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to food security and nutrition for all*. The Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>
- WWF (2015). *Living Blue Planet Report: Species, habitats and human well-being*. WWF International, Gland. <https://www.worldwildlife.org/publications/living-blue-planet-report-2015>
- Ballantine, W.J. and Langlois, T.J. (2008). Marine reserves: the need for systems. In: Davenport J. *et al.* (eds) *Challenges to Marine Ecosystems. Developments in Hydrobiology*, vol 202. Springer, Dordrecht. [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4020-8808-7\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4020-8808-7_3)
- Guidetti, P. (2006). Marine reserves reestablish lost predatory interactions and cause community changes in rocky reefs. *Ecological Applications*, 16, 963–976. [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1051-0761\(2006\)016%5B0963:MRRLP%5D2.0.CO;2/epdf](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1051-0761(2006)016%5B0963:MRRLP%5D2.0.CO;2/epdf)
- Leleu, K., Remy-Zephir, B., Grace, R. and Costello, M.J. (2012). Mapping habitats in a marine reserve showed how a 30-year trophic cascade altered ecosystem structure. *Biological Conservation*, 155, 193–201. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320712002443>
- Moland, E., Olsen, E.M., Knutsen, H., Garrigou, P., Espeland, S.H., Kleiven, A.R., Andre, C. and Knutsen, J.A. (2013). Lobster and cod benefit from small-scale northern marine protected areas: inference from an empirical before-after control-impact study. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280, 20122679. <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/280/1754/20122679.full.pdf>
- Mumby, P.J. and Harborne, A.R. (2010). Marine reserves enhance the recovery of corals on Caribbean reefs. *PLoS One*, 5, e8657. <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0008657&type=printable>
- Pita, C., Pierce, G.J., Theodossiou, I. and Macpherson, K. (2011). An overview of commercial fishers' attitudes towards marine protected areas. *Hydrobiologia*, 670, 289–306. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-90-011-0665-9.pdf>
- CBD (2017). Aichi Biodiversity Targets website. Convention on Biological Diversity, Montreal. <https://www.cbd.int/sp/targets/>
- United Nations (2017). Sustainable Development Goal 14 website. Sustainable Development Knowledge Platform. United Nations, New York. <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg14>
- UNEP-WCMC (2017). The World Database on Protected Areas dataset. United Nations Environment Programme – World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. <http://www.protectedplanet.net/c/world-database-on-protected-areas>
- Jones P.J.S. and De Santo, E.M. (2016). Viewpoint – Is the race for remote, very large marine protected areas (VLMAs) taking us down the wrong track? *Marine Policy*, 73, 231–234. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X1630481X?via%3Dihub>
- Watson, J.E.M., Dudley, N., Segan, D.B. and Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature*, 15, 67–73. <https://www.nature.com/nature/journal/v515/n7525/pdf/nature13947.pdf>
- UNEP (2017). Enabling effective and equitable marine protected areas: guidance on combining governance approaches. United Nations Environment, Nairobi.
- Leverington, F., Costa, K.L., Pavese, H., Lisle, A. and Hockings, M. (2010). A Global Analysis of Protected Area Management Effectiveness. *Environmental Management*, 46(5), 685–698. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00267-010-9564-5.pdf>
- Jones, P.J.S. (2014). *Governing Marine Protected Areas: Resilience through diversity*. Routledge, London.
- Brander, L., Baulcomb, C., van der Lelij, J.A.C., Eppink, F., McVittie, A., Nijsten, L. and van Beukering, P. (2015). The benefits to people of expanding Marine Protected Areas. IVM Institute for Environmental Studies Report R-15/05. [http://assets.wfn.nl/downloads/mpa\\_rapport\\_volledig.pdf](http://assets.wfn.nl/downloads/mpa_rapport_volledig.pdf)
- Balmford, A., Gravestock, P., Hockley, N., McClean, C.J. and Roberts, C.M. (2004). The worldwide costs of marine protected areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(26), 9694–9697. <http://www.pnas.org/content/101/26/9694.full.pdf>
- Sala E., Costello, C., Parme, J.D.B. and Sumaila, R.U. (2016). Fish Banks: An economic model to scale marine conservation. *Marine Policy*, 73, 154–161. [https://www.researchgate.net/publication/306420445\\_Fish\\_banks\\_An\\_economic\\_model\\_to\\_scale\\_marine\\_conservation](https://www.researchgate.net/publication/306420445_Fish_banks_An_economic_model_to_scale_marine_conservation)
- The 10x20 Initiative (2016). *Rome Call to Action*. Conference on Marine Protected Areas: An Urgent Imperative A Dialogue Between Scientists and Policymakers, Ministry of Foreign Affairs and International Cooperation, Rome, 7–9 March 2016. [http://www.italyun.esteri.it/rappresentanza\\_onu/resource/resource/2016/03/rome\\_conference\\_cta\\_final.pdf](http://www.italyun.esteri.it/rappresentanza_onu/resource/resource/2016/03/rome_conference_cta_final.pdf)
- The 10x20 Initiative (2016). *Scientists' Consensus Statement on Marine Protected Areas (MPAs): Characteristics, Governance, and Sustainable Financing*. Conference on Marine Protected Areas: An Urgent Imperative A Dialogue Between Scientists and Policymakers, Ministry of Foreign Affairs and International Cooperation, Rome, 7–9 March 2016. [http://www.italyun.esteri.it/rappresentanza\\_onu/resource/resource/2016/03/scientists\\_consensus\\_statement\\_on\\_marine\\_protected\\_areas.pdf](http://www.italyun.esteri.it/rappresentanza_onu/resource/resource/2016/03/scientists_consensus_statement_on_marine_protected_areas.pdf)



24. United Nations (2017). Report of the United Nations Conference to Support the Implementation of Sustainable Development Goal 14: Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable Development. A/CONF.230/14. United Nations, New York. [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/15662FINAL\\_15\\_June\\_2017\\_Report\\_Goal\\_14.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/15662FINAL_15_June_2017_Report_Goal_14.pdf)
25. Singh, G., Cisneros-Montemayor, A., Cheung, W. and Ota, Y. (2017). *Oceans and the Sustainable Development Goals: Co-benefits, Climate Change & Social Equity*. The Nippon Foundation and University of British Columbia Nereus Program, Vancouver. <http://www.nereusprogram.org/wp-content/uploads/2017/05/SDG-Report-2017-online-version.compressed.pdf>
26. Burke, L., Reyntar, K., Spalding, M. and Perry, A. (2011). *Reefs At Risk Revisited*. World Resources Institute, Washington DC. <http://www.wri.org/publication/reefs-risk-revisited>
27. Cisneros-Montemayor, A.M. and Sumaila, U.R. (2010). A global estimate of benefits from ecosystembased marine recreation: Potential impacts and implications for management. *Journal of Bioeconomics*, 12, 245-268. [https://www.researchgate.net/publication/227346912\\_A\\_global\\_estimate\\_of\\_benefits\\_from\\_ecosystem-based\\_marine\\_recreation\\_Potential\\_impacts\\_and\\_implications\\_for\\_management](https://www.researchgate.net/publication/227346912_A_global_estimate_of_benefits_from_ecosystem-based_marine_recreation_Potential_impacts_and_implications_for_management)
28. Nordlund, L.M., Kloiber, U., Carter, E. and Riedmiller, S. (2013). Chumbe Island Coral Park-governance analysis. *Marine Policy*, 41, 110-117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2012.12.018>
29. Thorpe, C. (2011). Governance analysis of Bluefields Bay Special Fisheries Conservation Area, Jamaica. MSc Thesis, University College London. <https://www.ucl.ac.uk/mpag/docs/Bluefields.pdf>

#### 图片参考文献





苏丹法希尔, 盘旋在联合国和非洲联盟驻达尔富尔特派团上空的沙尘暴  
图片来源: UNAMID/Adrian Dragnea

# 沙尘暴： 应对全球挑战

## 沙尘入侵

2010年, 随着大规模沙尘暴从蒙古和华北向北京漂移, 中国发布了五级污染预警, 这次沙尘漂浮在81万平方公里区域上空, 对2.5亿人口的健康构成了威胁。<sup>1</sup>2016年5月, 一系列严重的沙尘暴席卷了伊朗东南部的里根县, 掩埋了16个村庄, 造成900万美元的经济损失。<sup>2</sup>几个月后, 严重的尘埃和沙云吞没了阿布扎比, 导致城市能见度降低到500米, 住院的哮喘患者人数增加了20%。<sup>3,4</sup>然而, 这些只是近年来沙尘暴在世界许多地方威胁损害人们生活的几个例子。在人类历史上此类事件不胜枚举。<sup>5</sup>

干旱和半干旱地区的沙子和粉砂颗粒在强烈的湍流风侵蚀下, 被卷入空中, 这样就形成了沙尘暴。沙尘暴相对靠近地面移动, 每个颗粒能够播散多远由颗粒的大小和风速决定。沙尘暴将大量细粉砂颗粒和较小的粘土颗粒卷入大气中。<sup>6</sup>

沙尘暴能在大陆和海洋之上穿行数千公里, 并在途中裹挟其它污染物, 并把颗粒吹撒到其它地方。风把撒哈拉沙漠(最主要的沙尘来源地)的尘埃向西吹撒到美洲, 向北吹撒到欧洲, 向东吹撒到中国。<sup>6</sup>源于中亚和中国的尘埃能抵达朝鲜半岛、日本、太平洋岛屿、北美等国家和地区。

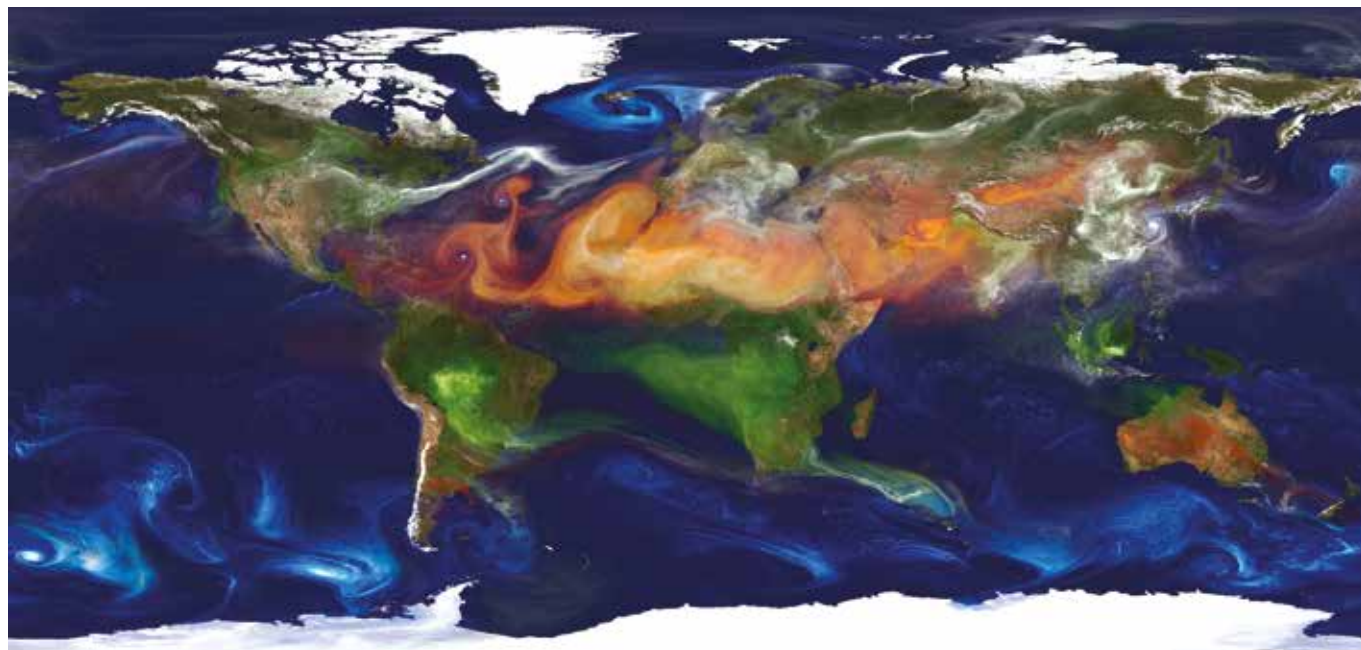


2003年的一项案例研究追踪了1990年来自中国的一个羽状沙尘带的大量尘埃,它们到达了欧洲的阿尔卑斯山脉,在两周内向东移动了2万多公里。<sup>7</sup>尘埃在整个地球系统的生物地球化学过程中发挥着重要作用。它是一种大面积黄土土壤的组成物质。<sup>8</sup>矿物尘埃沉积为陆地和海洋生态系统提供了铁及其它微量元素等营养物质,促进了基本生产力和浮游植物生长。<sup>9</sup>撒哈拉沙漠的尘埃是亚马逊热带雨林的天然肥料,因为它为雨林输入了磷,弥补了河流流动造成的损失。<sup>10</sup>同样,夏威夷雨林也从来自中亚的尘埃中获得营养。<sup>11</sup>但与此同时,来自非洲和亚洲的尘埃可能会对加勒比海珊瑚礁造成损害。<sup>12</sup>

尘埃还能损害动物和人类的健康,尤其是在干旱和半干旱地区。对于人类来说,吸入细颗粒可能会导致

或加重哮喘、支气管炎、肺气肿和矽肺病。<sup>13</sup>更细小的粉尘还可能携带一系列污染物、孢子、细菌、真菌和过敏原。其它常见问题包括眼部感染、皮肤刺激和溪谷热。在萨赫勒地区国家,来自撒哈拉沙漠的尘埃浓度与脑膜炎的发病具有很强的相关性。<sup>14</sup>长期接触细粉尘也可能会引发由呼吸系统和心血管疾病、肺癌以及急性下呼吸道感染导致的过早死亡。<sup>15</sup>

沙尘暴还会造成其它社会经济损失。<sup>16-19</sup>从短期来看,这些损失包括牲畜的患病和死亡、作物破坏、建筑物和其它基础设施的损坏、交通停滞以及清除成吨沙尘所花费的昂贵费用。一场沙尘暴造成的经济损失可达数亿美元。从长期来看,这些损失包括土壤侵蚀、生态系统污染、使人丧失精力的慢性健康问题和荒漠化。



GEOS-5模拟生成的分辨率为10公里的全球悬浮微粒画像。褐色/红色部分表示粉尘排放。

图片来源: William Putman, 美国国家宇航局/戈达德太空飞行中心



## 来自自然、土地管理不善和气候变化的诱发因素

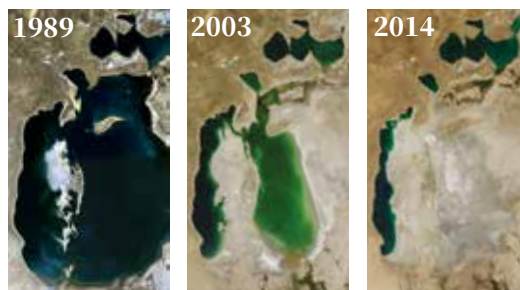
沙尘的活动因时间而有所不同,如季节、年度、个十年或数十年。<sup>20</sup>一项2012年进行的研究将2003至2009年的卫星数据与更早时期的数据进行了对比。研究显示,过去三十年来,澳大利亚、中亚和美国的高原地区的尘埃活动变化较大,而北非、中东和南美洲的沙尘活动几乎保持平稳。<sup>21,22</sup>进一步研究表明,由于自然和人为因素导致了沙尘暴及雾霾,这些地区重度沙尘频繁发生。<sup>21-23</sup>

全球约25%的沙尘排放是由人为因素造成的。人为因素主要包括来土地利用变化(包括因过度取水和灌溉用水导致的水体枯竭)、森林砍伐以及不可持续的农业生产方式,这些还导致了土壤风蚀。这些都是土地退化的表现。在干旱地区,当农业土壤被过频过深耕种,作物残留物被清除时,土壤就暴露了出来。为了安置较大设备而移除树篱和堆垛的做法还加剧了风蚀。牧场的过度放牧导致土壤覆盖物的丧失。土壤失去地面覆盖物后,风会吹走土壤中含有大量营养物质和有机物质的细颗粒物。模型模拟表明,自1900年以来,由于土地利用和气候变化的综合影响,全球范围内的尘埃排放量已上升了25%至50%。<sup>24</sup>

在沙尘事件多发的地区,人类活动与频发的沙尘之间的关系有时候是显而易见的。加利福尼亚州的欧文斯(干)湖在1913年开始向洛杉矶引水渠引水后变得干涸,成为了尘埃源。<sup>25</sup>阿根廷南部的巴塔哥尼亚由于不可持续的放牧引发了荒漠化,成为了主要的人为尘埃源。<sup>26</sup>集约化的农业活动使印度河-恒河流域成为南亚的主要尘埃源。<sup>22</sup>在澳大利亚,农业用地开荒和水资源需求扰乱了水文环境,导致尘埃大幅增加。<sup>27</sup>伊犁河上游大坝自1970年建成以来,哈萨克斯坦的巴尔喀什湖迅速萎缩。

## 2000年至2013年逐渐缩小的咸海

在数十年的大规模调水后,咸海已经枯竭,成为尘埃颗粒的主要来源



来源

1989年 - 美国马里兰大学全球土地覆盖系

2003年 - Jacques Descloitres, 美国国家宇航局/戈达德太空飞行中心

2014年 - Jesse Allen, 美国国家宇航局地球观测所

最后,过去几十年来开展的大规模调水工程,将该地区的主要河流,锡尔河和阿姆河的大量水调到其它地方,因此流入咸海的河流流量减少,从而导致了整个地区的干旱和荒漠化。<sup>28</sup>几十年前被禁用的人造肥料和农药的顽固残留物造成了污染,使咸海盆地的大部分区域成为了有毒尘埃的主要来源。<sup>29</sup>

除了自然因素以及土地管理不善产生的尘埃以外,人为的气候变化是产生尘埃的重要因素。目前的许多多尘地区的干旱程度可能会进一步加重,从而向大气传播更多尘埃。这些地区包括位于非洲和欧洲的大部分地中海地区、撒哈拉北部、西亚、中亚、美国西南部及澳大利亚南部。<sup>30,31</sup>大气中的尘埃增加也会反过来影响气候系统。一方面,它可能会干扰地球的辐射平衡,加剧干旱地区的干旱程度。<sup>32</sup>另一方面,尘埃可以通过播云来增加某些地区的降水。<sup>33</sup>

因此,沙尘暴跨越国家、区域和大陆界限,与一系列的环境和发展问题联系在一起。人为的气候变化将进一步加剧已在沙尘暴地区沿用数十年的不可持续的土地和水资源管理。可以通过快速有效的行动来减少这种威胁。

# 沙尘暴的来源和影响

农业、引水、砍伐森林等土地利用变化产生了**全球25%的尘埃**

自1900年以来,由于人类活动导致的尘埃排放已**增加了25-50%**

沙尘暴在**干旱和半干旱**地区很常见

由于**气候变化**,更大的可变性和更多的极端事件增加了来自沙尘暴的风险

**生态恢复措施**有助于减少当地沙尘暴的频率和严重程度

沙尘暴含有各种大小的颗粒

当强烈的湍流风侵蚀干旱地形中的沙子和淤泥颗粒,并把它们抛向空中时,就形成了沙尘暴

小于**10微米**(百分之一毫米)的颗粒被吸入后会引起心脏和肺部疾病

在沙尘暴中,尘埃浓度达到**100-1000 微克/米**

2017年1月,伊朗的一场沙尘暴中,细颗粒浓度超过了**10 000 微克/米**

世卫组织把安全空气质量的细颗粒物浓度设为小于或等于**50微克/米**

沙尘暴可携带一系列污染物、孢子、真菌、细菌和过敏原。从撒哈拉沙漠带来的尘埃可在萨赫勒地区引起脑膜炎爆发。

1993年,中国西北部的一场沙尘暴杀死了近**12万头牲畜**;毁坏了**373,333公顷庄稼**;掩埋了2,000公里灌溉水渠

一场沙尘暴导致的经济损失可达**数亿美元**

沙尘暴毁坏庄稼,杀死牲畜并侵蚀肥沃的土壤

包括**欧洲和非洲的地中海地区、撒哈拉北部、中亚和西亚、美国西南部和澳大利亚南部**在内的干旱地区可能会变得更干燥,面临更多的**沙尘暴**

## 通过关注较小规模来减少损害

从中长期来看,要有效减少沙尘暴威胁应着重采取保护性战略。<sup>34</sup>当然,预警系统和减灾程序在防备工作中也十分重要,同时,为了进一步完善服务,区域性计划也正在推进。实时应对沙尘暴的一些程序包括向公共服务提供通告,关闭学校、机场、铁路和公路,以及医院急救服务。

防备工作通过学校、媒体和社交网络以及电信渠道普及教育,从而提高公众对沙尘暴风险的认识。防备工作还应包括对贵重资产采取技术性实际保护,例如在人口稠密地区和重要基础设施的上风口种树或设立障碍,以促使沙尘在这些地区以外沉积。规划道路和消除陷阱等行动,可以把风力及负荷从需要保护的场所引开。

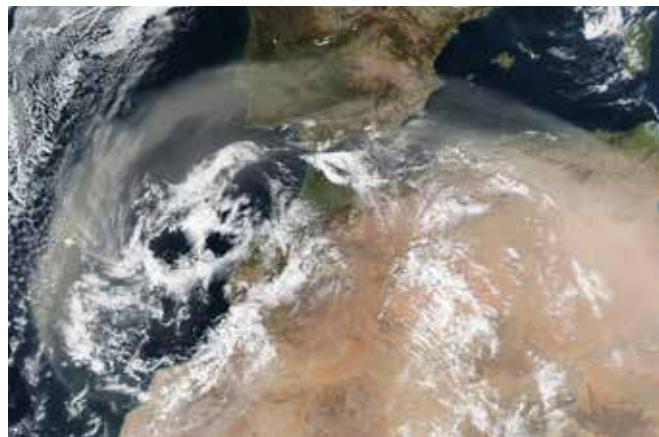
从中长期来看,减少沙尘暴的威胁应侧重于实施预防性战略,促进整个地区的土地和水资源可持续管

### ▶ 视频:非洲宏伟的“绿色长城”



视频链接: [https://www.youtube.com/watch?v=jL\\_nRHg-0l4](https://www.youtube.com/watch?v=jL_nRHg-0l4)

图片来源:在塞内加尔耕耘土地, IFPRI/Milo Mitchell摄, CC BY-NC-ND 2.0授权 © TIME



2017年2月21日,从北非吹向欧洲和大西洋的羽状沙尘带

图片来源:美国国家宇航局图片, Jeff Schmaltz摄, LANCE/EOSDIS Rapid Response

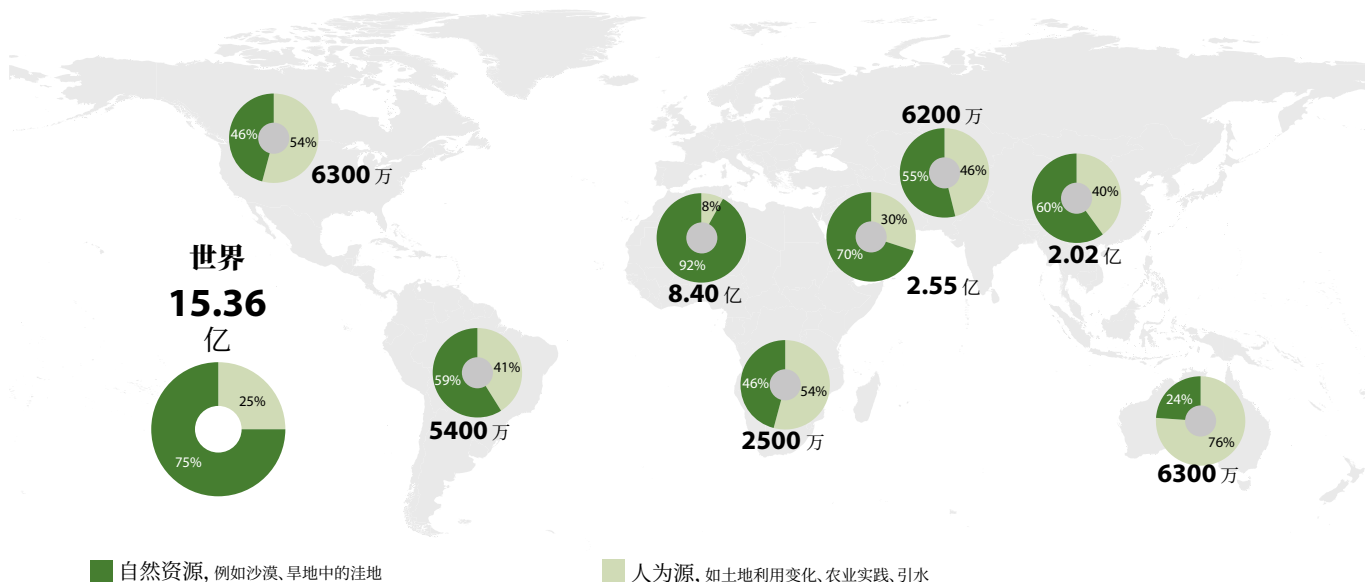
理。这适用于农田、牧场、沙漠和城市。这些战略应与气候变化适应和减缓措施以及保护生物多样性的措施结合实施。目前,许多脆弱地区并没有这些关键的综合战略。<sup>34</sup>

中国的三北防护林项目,又称“绿色长城”,是于1978年开始的一项综合性项目,旨在解决严重的水土流失问题。人类数十年对自然资源的不可持续开采,使得洪水和大面积沙尘暴加剧了已有的问题。研究成果和经验教训表明,如果采用在社区和地方行之有效的做法,加上已适应具体地区的当地植物物种,二者的结合和加强,会取得成功。<sup>35</sup>这种思考再一次强调了推行生态系统服务,如粮食生产、碳固存、水土保持、防汛减灾、为生物多样性提供栖息地,保护自然资源以及预防沙尘暴。<sup>36</sup>通过观察“绿色长城”发现,周边植被指数明显提高,把来自气候变化和人类活动压力的影响也考虑进去,推断出这些措施有效降低了沙尘暴强度。<sup>37,38</sup>在内蒙古库布奇沙漠地区,公私社区投资在五千多平方公里的沙漠地带种植当地树种、灌木和草,减少了沙尘暴的频次和对家庭及基础设施造成的相关损害。<sup>39</sup>





## 尘埃排放源(吨/年)



数据来源: Ginoux 等人(2012)<sup>2</sup>

在非洲,撒哈拉“绿色长城”计划和“萨赫勒倡议”也在当地和社区取得了成效。<sup>40</sup>该倡议已超越了植树的愿景,开始重点关注更广泛的可持续发展问题:在塞内加尔,人们开始在270多平方公里的土地上种植无需浇水的本土树木。接着,其它动植物相继重新出现,修复了生态系统。毛里塔尼亚、乍得、尼日尔、埃塞俄比亚以及尼日利亚的社区正在沿着旱地边缘地区种植菜园,当地的一些年轻人也加入其中,不再为工作而迁移。同样,为了取得项目成功,仔细选择了能很好地适应当地条件,与水资源可用性相匹配并且为当地居民所熟悉的植物物种,由当地居民负责维护土壤恢复和景观。<sup>41</sup>

## 沙尘暴造成的经济损失





## 减少沙尘暴破坏的多边支持

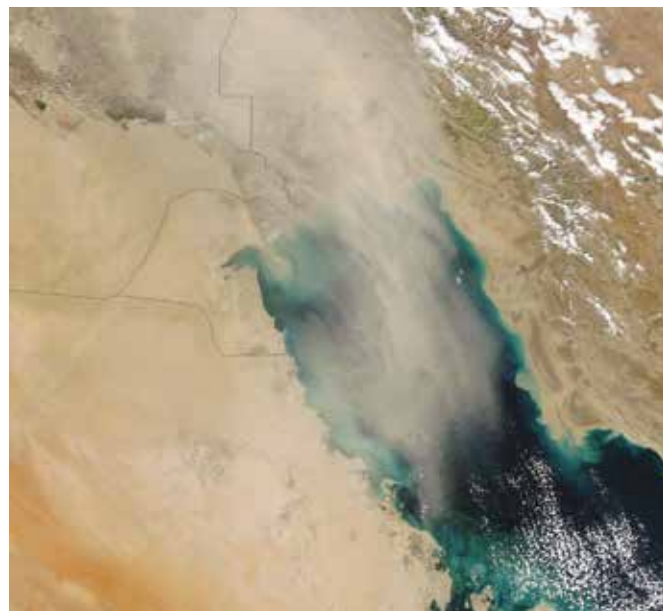
应对沙尘暴威胁的综合战略反映了里约三公约,即《联合国防治荒漠化公约》(UNCCD)、《联合国生物多样性公约》和《联合国气候变化框架公约》及与之分别提出的遏制土地退化、防止陆地生物多样性丧失和应对气候变化威胁的建议行动。在《联合国防治荒漠化公约》的支持下,西亚和东北亚已制定了沙尘暴区域行动计划,东北亚计划已全面实施。<sup>42</sup>

每项里约公约都与相应的多边机构合作,为土地和水资源管理工作提供支持。联合国可持续发展目标,尤其有关解决土地和水资源完整性和管理问题的目标1、2、5、13和15,特别是目标15.3:“到2030年,防治荒漠化,恢复退化的土地和土壤,包括受荒漠化、干旱和洪涝影响的土地,努力建立一个没有土地退化的世界”,反映了国际社会在这些问题上的团结一致。区域框架、协定和行动计划,如《东北亚区域预防和控制沙尘暴总体规划》,以及《联合国防治荒漠

▶ 视频:与荒漠化斗争:致力于将沙漠变绿洲的中国牧民



视频链接: <https://www.youtube.com/watch?v=giTXPUrYYJ0> © CCTV English  
图片来源:中国宁夏防治荒漠化,摄影:Bert van Dijk,根据CC BY-NC-SA 2.0授权



2017年2月19日,波斯湾上空的沙尘暴

图片来源:美国国家宇航局图片,Jeff Schmaltz摄,LANC/EOSDIS Rapid Response

化公约》(UNCCD)要求的国家行动计划,也制定了减少沙尘暴威胁的政策。

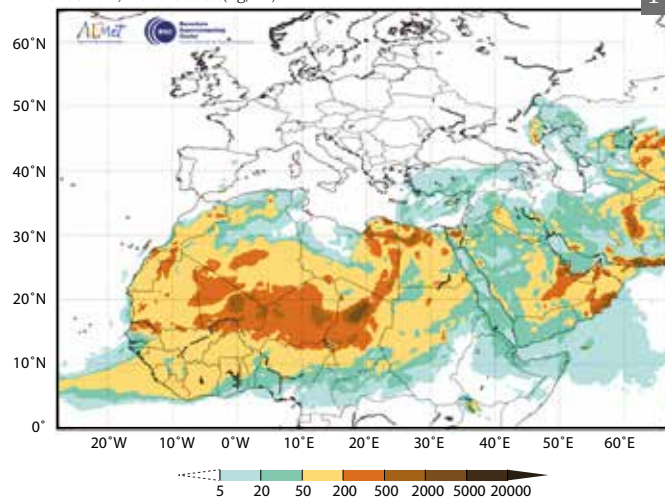
世界气象组织已建立了沙尘暴预警咨询和评估系统,以增强各国在为用户提供及时又准确的沙尘暴预报、观测、信息和知识方面的能力。<sup>43</sup>该系统提供沙尘威胁的全球和区域预测,并建立了美洲、亚洲、北非、中东和欧洲区域中心。<sup>44</sup>

农业活动被包括在土地和水资源的综合管理工作中,联合国粮食及农业组织推动保护性农业以解决干旱地区的威胁。1992年,一个名为“世界水土保持方法和技术概览”(WOCAT)的网络首次开始从专家那里收集关于保护性农业和可持续土地管理实践方面的信息。2014年,该网络发展成为一个联盟,并得到《联合国防治荒漠化公约》的承认,被推荐为可以获得最佳实践数据的来源。2017年,

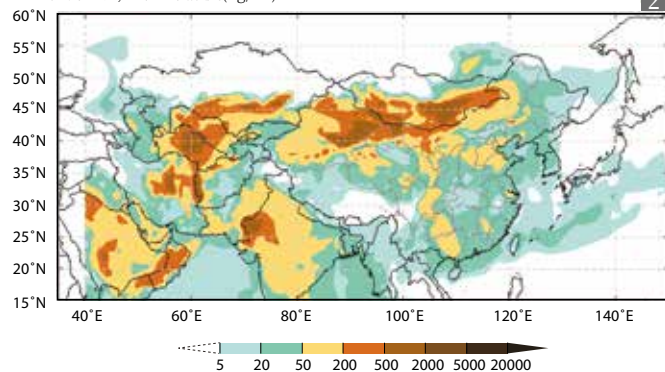


## 世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统区域中心的在线尘埃预报

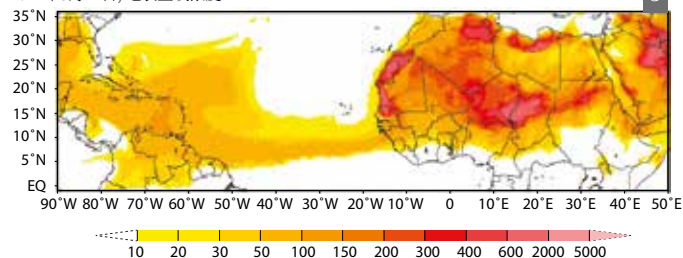
2017年5月18日, 地面尘埃浓度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



2017年5月18日, 地表尘埃浓度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



2017年5月21日, 地表尘埃浓度



“世界水土保持方法和技术概览”(WOCAT)拥有超过2000个注册用户, 60多个参与机构, 以及承担约30个国家和地区的项目。<sup>45</sup>

农业用水占有淡水取用的近70%。<sup>46</sup>保护性农业能够促进有利防止水资源短缺及荒漠化的用水方式, 并减少沙尘暴的形成。“2030年水资源集团”汇集了目前世界各地的可行、可借鉴以及实用的水资源管理解决方案的案例研究。这些解决方案已被整合到一个名为“在缺水环境中管理用水”的在线目录, 该目录旨在鼓励政策制定者和决策者使用这些方案并采取行动。<sup>47</sup>大部分解决方案都与减少沙尘暴有直接关联。

最后, 还需要加强科学研究方面的国际合作与协调, 以减少灰尘、全球生物地球化学过程及气候系统三者相互作用的不确定性; 改进监测、预测和预警系统方法; 对沙尘暴的经济影响、代价及相关缓解措施进行评估; 并提高沙尘暴到来之前、期间和之后采取措施的效力。

- ① 北非、中东和欧洲中心  
<https://sds-was.aemet.es/>
- ② 世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统亚洲中心  
[http://eng.nmc.cn/sds\\_was.asian\\_rc/](http://eng.nmc.cn/sds_was.asian_rc/)
- ③ 泛美区域中心  
<http://sds-was.cimh.edu.bb/>

## 参考文献

- BBC (2010). China sandstorm leaves Beijing shrouded in orange dust. *BBC*, 20 March 2010. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/8577806.stm>
- Tehran Times (2016). Sand storm buries 16 villages in southeastern Iran. *Tehran Times*, 18 May 2016. <http://www.tehrantimes.com/news/402617/Sand-storm-buries-16-villages-in-southeastern-Iran>
- Emirates 24/7 News (2016). NCMS warns of active winds, low visibility. *Emirates 24/7 News*, 4 August 2016. <http://www.emirates247.com/news/emirates/ncms-warns-of-active-winds-low-visibility-2016-08-04-1.637979>
- The National (2016). Asthma attacks on the rise in UAE as winds whip up sand and dust. *The National*, 19 July 2016. <http://inbusiness.ae/2016/07/19/asthma-attacks-on-the-rise-in-uae-as-winds-whip-up-sand-and-dust>
- McLeman, R., Dupre, J., Berrang Ford, L., Ford, J., Gajewski, K. and Marchildon, G. (2014). What We Learned from the Dust Bowl: Lessons in Science, Policy, and Adaptation. *Population and Environment*, 35, 417–440. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24829518>
- Goudie, A.S. and Middleton, N.J. (2006). *Desert Dust in the Global System*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Grousset, F.E., Ginoux, P. and Bory, A. (2003). Case study of a Chinese dust plume reaching the French Alps. *Geophysical Research Letters*, 30(6), 1277. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2002GL016833/full>
- Pye, K. (1987). *Aeolian dust and dust deposits*. Academic Press, London
- Wang, F., Zhao, X., Gerlein-Safdi, C., Mu, Y., Wang, D. and Lu, Q. (2017). Global sources, emissions, transport and deposition of dust and sand and their effects on the climate and environment: a review. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 11, 13. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11783-017-0904-z>
- Yu, H., Chin, M., Yuan, T., Bian, H., Remer, L.A., Prospero, J.M., Omar, A., Winker, D., Yang, Y., Zhang, Y., Zhang, Z. and Zhao, C. (2015). The fertilizing role of African dust in the Amazon rainforest: A first multiyear assessment based on data from Cloud–Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations. *Geophysical Research Letters*, 42, 1984–1991. [https://www.researchgate.net/publication/272754426\\_The\\_Fertilizing\\_Role\\_of\\_African\\_Dust\\_in\\_the\\_Amazon\\_Rainforest\\_A\\_First\\_Multiyear\\_Assessment\\_Based\\_on\\_CALIPSO\\_Lidar\\_Observations](https://www.researchgate.net/publication/272754426_The_Fertilizing_Role_of_African_Dust_in_the_Amazon_Rainforest_A_First_Multiyear_Assessment_Based_on_CALIPSO_Lidar_Observations)
- Chadwick, O.A., Derry, L.A., Vitousek, P.M., Huebert, B.J. and Hedin, L.O. (1999). Changing sources of nutrients during four million years of ecosystem development. *Nature*, 397, 491–497. <https://www.nature.com/nature/journal/v397/n6719/pdf/397491a0.pdf>
- Garrison, V.H., Shinn, E.A., Foreman, W.T., Griffin, D.W., Holmes, C.W., Kellogg, C.A., Majewski, M.S., Richardson, L.L., Ritchie, K.B. and Smith, G.W. (2003). African and Asian dust: from desert soils to coral reefs. *BioScience*, 53, 469–480. <https://academic.oup.com/bioscience/article/53/5/469/241414/African-and-Asian-Dust-From-Desert-Soils-to-Coral>
- Derbyshire, E. (2007). Natural minerogenic dust and human health. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36, 73–77. [https://www.wou.edu/las/physci/taylor/g473/med\\_geo/derbyshire\\_2007.pdf](https://www.wou.edu/las/physci/taylor/g473/med_geo/derbyshire_2007.pdf)
- García-Pando, C.P., Stanton, M.C., Diggle, P.J., Trzaska, S., Miller, R.L., Perlwitz, J.P., Baldasano, J.M., Cuevas, E., Ceccato, P., Yaka, P. and Thomson, M.C. (2014). Soil dust aerosols and wind as predictors of seasonal meningitis incidence in Niger. *Environmental Health Perspectives*, 122(7), 679–686. <https://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/122/7/ehp.1306640.pdf>
- WHO (2013). *Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project*. World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen. [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0020/182432/e96762-final.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/182432/e96762-final.pdf)
- Tozer, P. and Leys, J. (2013). Dust storms – what do they really cost? *The Rangeland Journal*, 35, 131–142. <http://www.publish.csiro.au/rj/pdf/RJ12085>
- Miri, A., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M.R., Panjehkeh, N. and Ghanbari, A. (2009). Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran. *International Journal of Environmental Studies*, 66(3), 343–355. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207230902720170?journalCode=genv20>
- Almasi, A., Mousavi, A.R., Bakhshi, S. and Namdari, F. (2014). Dust storms and environmental health impacts. *Journal of Middle East Applied Science and Technology*, 8, 353–356. [https://www.researchgate.net/publication/271211840\\_Dust\\_storms\\_and\\_environmental\\_health\\_impacts](https://www.researchgate.net/publication/271211840_Dust_storms_and_environmental_health_impacts)
- Stefanski, R. and Sivakumar, M.V.K. (2009). Impacts of Sand and Dust Storms on Agriculture and Potential Agricultural Applications of a SDSWS. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 7(1), 012016. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1307/7/1/012016/pdf>
- Shao, Y., Klose, M. and Wyrwoll, K.H. (2013). Recent global dust trend and connections to climate forcing. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 1–12. [https://www.researchgate.net/publication/263182073\\_Recent\\_global\\_dust\\_trend\\_and\\_connections\\_to\\_climate\\_forcing\\_GLOBAL\\_DUST\\_TREND](https://www.researchgate.net/publication/263182073_Recent_global_dust_trend_and_connections_to_climate_forcing_GLOBAL_DUST_TREND)
- Prospero, J.M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S.E. and Gill, T.E. (2002). Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product. *Reviews of Geophysics*, 40, 2–31. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2000RG000095/full>
- Ginoux, P., Prospero, J.M., Gill, T.E., Hsu, N.C. and Zhao, M. (2012). Global-scale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on MODIS Deep Blue aerosol products. *Reviews of Geophysics*, 50. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2012RG000388/epdf>
- Stanelle, T., Bey, I., Raddatz, T., Reick, C. and Tegen, I. (2014). Anthropogenically induced changes in twentieth century mineral dust burden and the associated impact on radiative forcing. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 526–546. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2014JD022062/epdf>





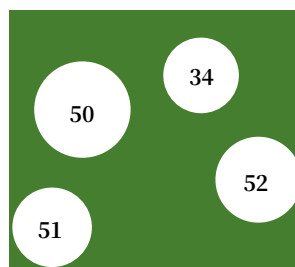
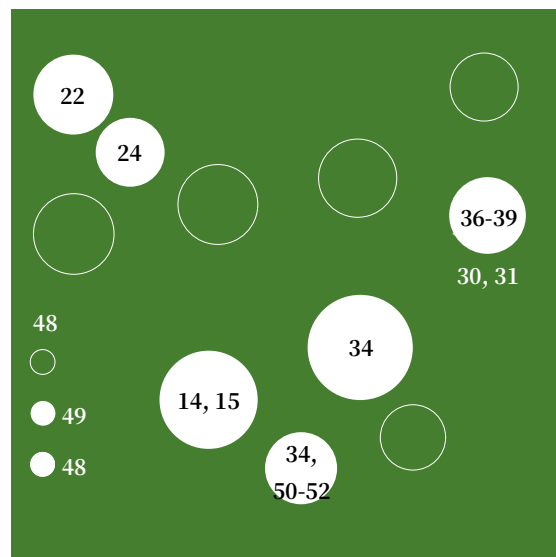
24. Mahowald, N.M., Kloster, S., Engelstaedter, S., Moore, J.K., Mukhopadhyay, S., McConnell, J.R., Albani, S., Doney, S.C., Bhattacharya, A., Curran, M.A.J. and Flanner, M.G. (2010). Observed 20th century desert dust variability: impact on climate and biogeochemistry. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 10875–10893. [https://www.mpimet.mpg.de/fileadmin/staff/klostersilvia/Mahowald\\_et\\_al\\_ACPD\\_2010.pdf](https://www.mpimet.mpg.de/fileadmin/staff/klostersilvia/Mahowald_et_al_ACPD_2010.pdf)
25. Gill, T.E. (1996). Eolian sediments generated by anthropogenic disturbance of playas: Human impacts on the geomorphic system and geomorphic impacts on the human system. *Geomorphology*, 17, 207–228. [https://www.researchgate.net/publication/222233193\\_Eolian\\_sediments\\_generated\\_by\\_anthropogenic\\_disturbance\\_of\\_playas\\_Human\\_impacts\\_on\\_the\\_geomorphic\\_system\\_and\\_geomorphic\\_impacts\\_on\\_the\\_human\\_system](https://www.researchgate.net/publication/222233193_Eolian_sediments_generated_by_anthropogenic_disturbance_of_playas_Human_impacts_on_the_geomorphic_system_and_geomorphic_impacts_on_the_human_system)
26. McConnell, J.R., Arístarain, A.J., Banta, J.R., Edwards, P.R. and Simões, J.C. (2007). 20th-Century doubling in dust archived in an Antarctic Peninsula ice core parallels climate change and desertification in South America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(14), 5743–5748. <http://www.pnas.org/content/104/14/5743.full.pdf>
27. Marx, S.K., Kamber, B.S., McGowan, H.A. and Denholm, J. (2011). Holocene dust deposition rates in Australia's Murray-Darling Basin record the interplay between aridity and the position of the mid-latitude westerlies. *Quaternary Science Reviews*, 30(23), 3290–3305. [https://www.researchgate.net/publication/232391398\\_Holocene\\_dust\\_deposition\\_rates\\_in\\_Australia's\\_Murray-Darling\\_Basin\\_record\\_the\\_interplay\\_between\\_aridity\\_and\\_the\\_position\\_of\\_the\\_mid-latitude\\_westerlies](https://www.researchgate.net/publication/232391398_Holocene_dust_deposition_rates_in_Australia's_Murray-Darling_Basin_record_the_interplay_between_aridity_and_the_position_of_the_mid-latitude_westerlies)
28. Groll, M., Opp, C. and Aslanov, I. (2012). Spatial and temporal distribution of the dust deposition in Central Asia – results from a long term monitoring program. *Aeolian Research*, 9, 49–62. [https://www.researchgate.net/publication/257708671\\_Spatial\\_and\\_temporal\\_distribution\\_of\\_the\\_dust\\_deposition\\_in\\_Central\\_Asia\\_-\\_results\\_from\\_a\\_long\\_term\\_monitoring\\_program](https://www.researchgate.net/publication/257708671_Spatial_and_temporal_distribution_of_the_dust_deposition_in_Central_Asia_-_results_from_a_long_term_monitoring_program)
29. Ataniyazova, O.A. (2003). *Health and ecological consequences of the Aral Sea crisis*. In the 3rd World Water Forum, Regional Cooperation in Shared Water Resources in Central Asia, Kyoto, March 18 2003, Panel III: Environmental Issues in the Aral Sea Basin. [http://www.caee.utexas.edu/prof/mckinney/ce385d/papers/atanizaova\\_wwf3.pdf](http://www.caee.utexas.edu/prof/mckinney/ce385d/papers/atanizaova_wwf3.pdf)
30. Christensen, J.H., Hewitson, B., Busioci, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.-T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C.G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A. and Whetton, P. (2007). Regional Climate Projections. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter11.pdf>
31. IPCC (2013). Summary for Policymakers. In *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., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_TS\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_TS_FINAL.pdf)
32. Han, Y., Dai, X., Fang, X., Chen, Y. and Kang, F. (2008). Dust aerosols: a possible accelerant for an increasingly arid climate in North China. *Journal of Arid Environments*, 72(8), 1476–1489. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196308000372>
33. Twohy, C. H., Kreidenweis, S. M., Eidhammer, T., Browell, E. V., Heymsfield, A. J., Bansemer, A. R., Anderson, B. E., Chen, G., Ismail, S., DeMott, P. J. and Van den Heever, S. C. (2009). Saharan dust particles nucleate droplets in eastern Atlantic clouds, *Geophysical Research Letters*, 36, L01807. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008GL035846/epdf>
34. UNEP, WMO and UNCCD (2016). *Global Assessment of Sand and Dust Storms*. United Nations Environment Programme, Nairobi. [https://uneplive.unep.org/media/docs/assessments/global\\_assessment\\_of\\_sand\\_and\\_dust\\_storms.pdf](https://uneplive.unep.org/media/docs/assessments/global_assessment_of_sand_and_dust_storms.pdf)
35. Xu, J. (2011). China's new forests aren't as green as they seem: impressive reports of increased forest cover mask a focus on non-native tree crops that could damage the ecosystem. *Nature*, 477(7365), 371–372. <http://www.nature.com/news/2011/110921/full/477371a.html>
36. Ouyang, Z., Zheng, H., Xiao, Y., Polasky, S., Liu, J., Xu, W., Wang, Q., Zhang, L., Xiao, Y., Rao, E. and Jiang, L. (2016). Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. *Science*, 352(6292), 1455–1459. [http://csis.msu.edu/sites/csis.msu.edu/files/Ecosystems\\_China\\_2016.pdf](http://csis.msu.edu/sites/csis.msu.edu/files/Ecosystems_China_2016.pdf)
37. Tan, M. and Li, X. (2015). Does the Green Great Wall effectively decrease dust storm intensity in China? A study based on NOAA NDVI and weather station data. *Land Use Policy*, 43, 42–47. [https://www.researchgate.net/publication/268692474\\_Does\\_the\\_Green\\_Great\\_Wall\\_effectively\\_decrease\\_dust\\_storm\\_intensity\\_in\\_China\\_A\\_study\\_based\\_on\\_NOAA\\_NDVI\\_and\\_weather\\_station\\_data](https://www.researchgate.net/publication/268692474_Does_the_Green_Great_Wall_effectively_decrease_dust_storm_intensity_in_China_A_study_based_on_NOAA_NDVI_and_weather_station_data)
38. Viña, A., McConnell, W.J., Yang, H., Xu, Z. and Liu, J. (2016). Effects of conservation policy on China's forest recovery. *Science advances*, 2(3), e1500965. <http://advances.sciencemag.org/content/2/3/e1500965.full>
39. UNEP (2015). Review of the Kubuqi Ecological Restoration Project: A Desert Green Economy Pilot Initiative. United Nations Environment Programme, Nairobi. [http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8652/-Review\\_of\\_the\\_Kubuqi\\_Ecological\\_Restoration\\_Project\\_A\\_Desert\\_Green\\_Economy\\_Pilot\\_Initiative-2015Review\\_of\\_the\\_Kubuqi\\_Ecological\\_Restoration\\_Project..pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8652/-Review_of_the_Kubuqi_Ecological_Restoration_Project_A_Desert_Green_Economy_Pilot_Initiative-2015Review_of_the_Kubuqi_Ecological_Restoration_Project..pdf?sequence=2&isAllowed=y)
40. UNCCD (2017). Great Green Wall. United Nations Convention to Combat Desertification Secretariat, Bonn. <http://www.greatgreenwall.org/great-green-wall/>
41. Sacande, M. and Berrahmouni, N. (2016). Community participation and ecological criteria for selecting species and restoring natural capital with native species in the Sahel. *Restoration Ecology*, 24(4), 479–488. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.12337/abstract>



42. UNCCD (2005). *A Master Plan for Regional Cooperation for the Prevention and Control of Dust and Sandstorms*. The Regional Master Plan for the Prevention and Control of Dust and Sandstorms in North East Asia Volume 1. United Nations Convention to Combat Desertification Secretariat, Bonn. [http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/dustsandstorms\\_northeastasia.pdf](http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/dustsandstorms_northeastasia.pdf)
43. WMO (2015). *Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System (SDS-WAS): Science and Implementation Plan 2015–2020*. World Weather Research Programme Report 2015-5. World Meteorological Organization, Geneva. [https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/documents/Final\\_WWRP\\_2015\\_5\\_SDS\\_IP.pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/documents/Final_WWRP_2015_5_SDS_IP.pdf)
44. WMO (2017). Sand and Dust Storm Warnings website. World Meteorological Organization, Geneva. <https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/environment/sand-and-dust-storm/sand-and-dust-storm-warnings>
45. WOCAT SLM (2017). The Global Database on Sustainable Land Management of the World Overview of Conservation Approaches and Technologies website. University of Bern, Berne. <https://qcat.wocat.net/en/wocat/>
46. FAO (2016). AQUASTAT website. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm)
47. 2030 WRG (2015). The 2030 Water Resources Group website. <https://www.waterscarcitysolutions.org/#>

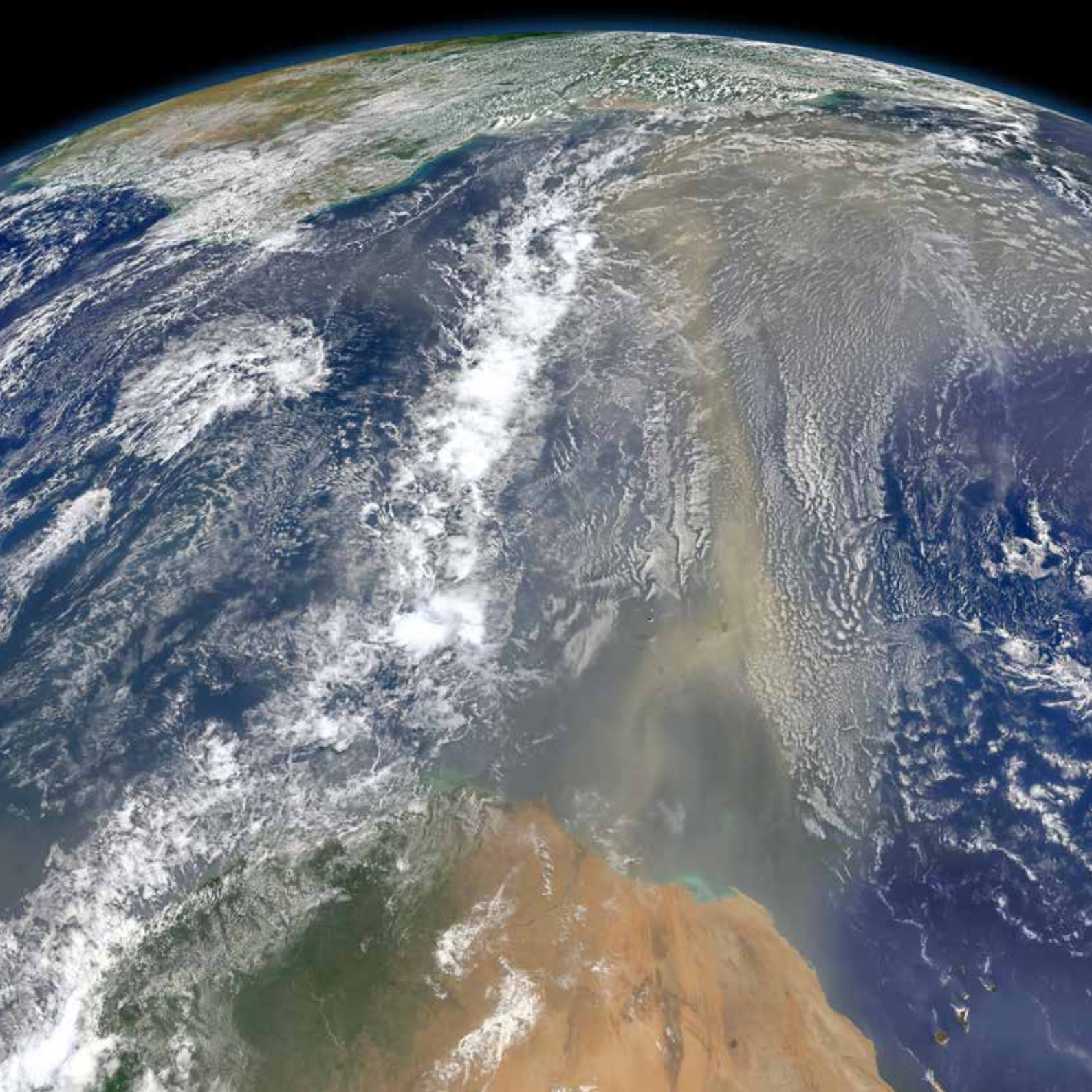
## 图片参考文献

48. WHO (2006). *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005*. Summary of risk assessment. World Health Organization, Geneva. [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)
49. Financial Tribune (2017). Dust Storms Slam Khuzestan Again. *Financial Tribune*, 29 January 2017. <https://financialtribune.com/articles/environment/58374/dust-storms-slam-khuzestan-again>
50. Tozer, P. and Leys, J. (2013). Dust storms - what do they really cost? *The Rangeland Journal*, 35, 131-142. <http://www.publish.csiro.au/rj/pdf/RJ12085>



51. Jugder, D., Shinoda, M., Sugimoto, N., Matsui, I., Nishikawa, M., Park, S-U., Chun, Y-S. and Park, M-S. (2011). Spatial and temporal variations of dust concentrations in the Gobi Desert of Mongolia. *Global and Planetary Change*, 78, 14-22. [https://www.researchgate.net/publication/241100103\\_Spatial\\_and\\_temporal\\_variations\\_of\\_dust\\_concentrations\\_in\\_the\\_Gobi\\_Desert\\_of\\_Mongolia](https://www.researchgate.net/publication/241100103_Spatial_and_temporal_variations_of_dust_concentrations_in_the_Gobi_Desert_of_Mongolia)
52. Miri, A., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M.R., Panjehkeh, N. and Ghanbari, A. (2009). Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran. *International Journal of Environmental Studies*, 66, 343-355. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207230902720170?journalCode=genv20>

从西非吹向亚马逊盆地和墨西哥湾的羽状沙尘带，  
2014年6月25日每年至少有4000万吨撒哈拉沙漠的尘埃被送到亚马逊河流域。  
图片来源:Norman Kuring/NASA OceanColor Group







南非西开普省的恩卡尼非正式住区  
图片来源:MrNovel/Shutterstock

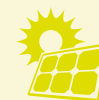
## 太阳能解决方案： 填补离网住区的能源缺口

### 离网城市人口

电力是可持续发展的基础，是基本家庭活动的必需品。<sup>1</sup>缺电可能会阻碍生产力的发展，限制创收机会，以及妨碍生活条件的改善。全球仍有近11亿人无电可用，另有10亿人在使用不可靠、不稳定的电网。<sup>2,3</sup>虽然近年来印度和尼日利亚等国家在电网电气化普及方面取得了重大进展，但预计到2030年，仍有近7.8亿人无法使用电网。<sup>2</sup>因此，要实现到2030年普及低价、可靠、现代化的能源服务这一可持续发展目标，我们需要给出新的、突破性的可持续供电方案。

尽管农村地区对离网能源解决方案的需求最大，但城市居民面临的电力供应问题同样不容忽视。目前发展中国家约有48%的人口居住在城市，预计到2050年，这一比例可能上升至63%。<sup>4</sup>近四分之一的城市人口生活在各种形式的非正式住区。而在非洲、亚洲和拉丁美洲的一些发展迅速的城市，这一比例要大得多。日益增加的对基础设施和基础服务（清洁饮水、卫生设施以及低价可靠的能源供给，如电力）的需求，往往超过了城市的供给能力。

为城市非正式住区提供基本服务是一个重大挑战，因市政府在为非正式住区提供正规城市服务方面的



态度不同,各个地区的情况也不一样。就供电而言,这些挑战包括土地权、当局对合法占用的认可、利益攸关方的不愿参与、服务价格、电力供应商的投资回报以及与现有电网和其它必要基础设施间的差距。<sup>5</sup>

缺乏棚屋或房屋所在的正式所有权可能导致无法向当地或国家电力公司申请正式连接电网。<sup>6</sup>电力供应商在为这些社区提供服务时担心自己的盈利问题:首先是财务应允的高违约率,其次是低水平的电力消费。这两个问题都与社区居民低水平和不稳定的收入有关。<sup>5,6</sup>

人口密度高、建筑物和住宅距离近、普遍使用煤油、石蜡灯、蜡烛和其他明火能源,让火灾成为非正式住区面临的主要威胁。<sup>7,8</sup>这些火灾危险和与之相关的室内空气污染已经足以让各利益攸关方安装供电设

施。<sup>9-11</sup>然而,连接了几户人家后,却会出现大量非法和超负荷的电力连接,它们对非正式住区构成重大安全隐患,包括人们熟悉的火灾危险和触电死亡等。来自南非的调查显示,在一些非正式住区,超过30%的的住户将非法接电作为主要电源。<sup>5</sup>

即使建立了电网连接,供电也不一定可靠。一些在发展中国家常年连接电网的家庭,常常通过定期储水和电池充电来适应突发停电问题。<sup>12</sup>即便是发达国家也会经历停电,有时当强烈风暴来袭时会彻底停电,当其他极端事件(如热浪)使电力供应变得紧张时也会经历轮流停电,又称轮流式间歇供电或轮换供电。<sup>13</sup>发展中国家和发达国家的家庭往往会购买小型柴油发电机备用。这些发电机产生的温室气体、有毒废气和噪音污染。<sup>12,13</sup>



2016年,夜晚的地球

图片来源:美国国家宇航局地球观测所/美国国家海洋和大气管理局,国家地球物理数据中心



## 太阳能光伏的发展

几十年来, 多边组织、政府和非政府组织在电网无法到达的农村地区推广了分散式太阳能光伏系统, 特别是为公共服务供电, 如学校和诊所照明、信息交流和通信、社区抽水和疫苗制冷。<sup>14,15</sup>如今, 当政府和企业无法满足包括非正式城市住区在内的电网网络扩建和维护的需求时, 分散式太阳能光伏系统可被视为电网供电的替代解决方案。<sup>14</sup>

近年来, 在非洲和亚洲的低收入社区, 小型分布式太阳能系统的普及率日益增加, 有至少95%的离网人口居住在这些社区。<sup>16-18</sup>这些系统的范围从具有内置太阳能电池板、电池和发光二极管(LED)灯泡的独立灯笼, 配备有太阳能电池板、至少一个LED灯泡的小型或微型太阳能装置, 以及带USB的充电插座以供手机甚至低功率家的用的电池。<sup>3</sup>价格方面, 从10美元的太阳能灯具到50美元的微型太阳能光伏系统不等。

这些相对实惠的太阳能照明产品带来了更好的投资回报, 特别是它们比灯笼的煤油或石蜡、用于手电筒的干电池或蜡烛的经常性成本低、寿命更长。<sup>3,19</sup>更强大的太阳能家庭系统除了具备这些功能以外还能支持多盏电灯和相对较大的直流家用电器, 如收音机、风扇、电视甚至冰箱。

撒哈拉以南非洲的许多离网人口将家庭总收入的约10-30%用于支付煤油, 而在撒哈拉以南非洲和亚洲, 贫困人口每年花费157亿美元用于煤油照明。<sup>20,21</sup>使用太阳能灯笼代替煤油灯笼可减少大量家庭开支, 并大大减少了灯笼和蜡烛中明火的使用, 从而降低室内空气污染和非正式住区的火灾风险。<sup>11,21-23</sup>这些微型家庭太阳能系统对广大离网人口而言已变得越来越有吸引力。

各种光伏零部件的价格持续下降以及技术的飞速发展有目共睹。由于制造效率的提高和规模经济的增长, 晶体硅太阳能电池的成本在2008年至2016年期间下降了85%。<sup>21</sup>

LED技术的进步使效率变得更高 - 每单位电量能发出更多的光。高污染的铅酸电池正在被淘汰, 取而代之的是高性能锂离子电池, 它们的储能更高, 使用寿命更长, 充电更快, 效率更高。<sup>24</sup>虽然电池是太阳能家庭系统中最昂贵的部件, 但锂离子电池的价格在五年内已下降了近65%, 而且由于其在笔记本电脑和其他设备上的广泛使用, 预计价格会进一步下降。<sup>21</sup>



用回收罐制成的煤油灯芯灯

Evan Mills供图

# 离网太阳能

## 离网人口

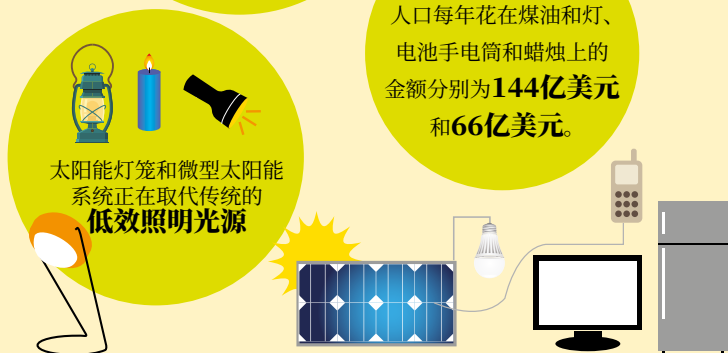


## 太阳能光伏

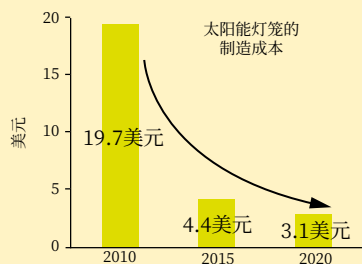
这些太阳能光伏的范围从支持至少一个灯泡的**太阳能灯笼**、小型太阳能系统或**微型太阳能系统**到能够支持多个LED灯和直流家用电器的**电池容量更大的太阳能家庭系统**。

**太阳能光伏**正在农村和市区的离网人口中，尤其在非洲和南亚，成为主流

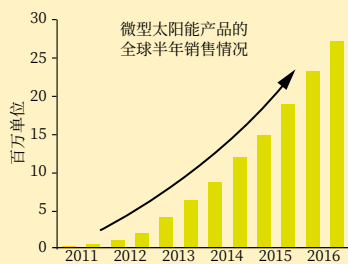
非洲和南亚的离网人口每年花在煤油和灯、电池手电筒和蜡烛上的金额分别为**144亿美元**和**66亿美元**。



## 价格在下降



## 销量在上升



## 挑战和机遇

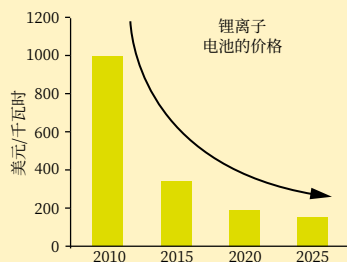
### 精心设计

的可再生能源政策和明确的愿景结合推进**技术和市场创新**鼓励今天的离网社区继续走清洁能源和**可持续发展的道路**

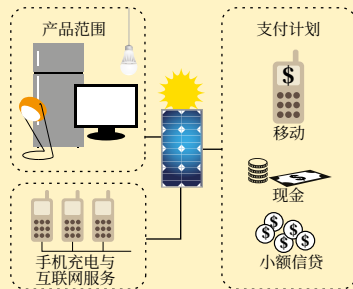


预测在未来几十年，太阳能产品产生的**电子垃圾**将呈指数上升。这将要求对用过的产品进行环境无害化管理，但同时也为**回收市场**带来了机会

## 电池成本在下降



## 多样化的商业模式



离网太阳能系统能在整个价值链中提供**数十万个就业机会**

联合国环境署估计，向高效的离网照明过渡创造的**工作数量**可能是燃料照明创造的**工作数量的30倍**

## 离网太阳能的创新营销

使得太阳能电力进入非正式住区市场的一个关键因素是商业模式创新。<sup>16,25,26</sup>虽然对某些人而言, 微型太阳能和太阳能家庭系统是可以负担得起的, 但离网人口中的最低收入人口还是没有能力支付起步设备。许多小型和初创公司正在提供帮助消费者克服前期费用障碍的融资方案, 旨在通过市场的高容量实现最终盈利。<sup>16,17,19</sup>

此类计划一些方案, 让人们只需支付小笔资金, 几乎与他们以往购买煤油的花费相当。在通过“即付即用制”中, 消费者先支付一小部分费用, 然后按每日、每周或每月分期付款。如未能按时付款, 系统就自动停止工作。付款全部完成后, 消费者就完全拥有了该产品。这种方案通常与现有的手机金融服务结合起来, 在如撒哈拉以南非洲的一些地区, 这些业务已经相当成熟。<sup>17,27</sup>

在印度, 近三分之一的城市人口生活在非正式住区。<sup>28</sup>对德里非正式住区的一项调查估计, 每个居民的平均月收入只有105美元(INR 6 676), 而且90%的收入都用于日常开销。<sup>29</sup>大多数公司提供融资方案, 旨在为从农村移居到印度高速发展城市非正式住区的最边缘化家庭提供服务。

如果没有正式地址, 在居住地居住不满十年, 那么家庭就无法获得传统的融资服务。一些公司雇佣当地人, 让他们在非正式住区逐户上门提供价格实惠的产品。<sup>30</sup>顾客可以选择5-8周的付款计划来购买太阳能灯。一些公司进一步与小额信贷机构建立业务关系, 扩大面向收入最低的消费者的融资选择。<sup>31</sup>

在南非, 即便在种族隔离时期后的电气化和住房计划推出之后, 仍有近四分之一的人口生活在没有电

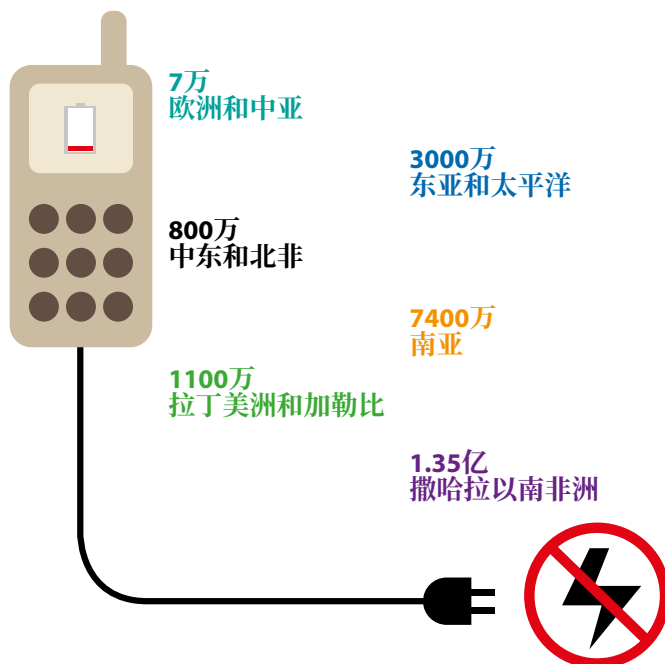
▶ 视频: 太阳能在非洲普及如此迅速的原因

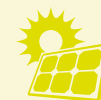


视频链接: <https://www.youtube.com/watch?v=tkvbZ0ADmz0>  
图片来源: Gabriela Gemio Beltrán

© The Economist

离网住区的手机用户数估值





力供给的非正式住区。<sup>32</sup>一个由斯坦陵布什大学牵头的可持续发展项目旨在改善生活在西开普省恩卡尼尼(Enkanini)这个离网非正式住区的4500名居民的生活条件。<sup>33-35</sup>一些采用节能技术的干预措施还包括重新确定住宅朝向,以优化其被动利用太阳能的潜力,改善建筑物隔热和集水等。

该项目开展离网太阳能发电业务,为非正式住区服务,并希望将其扩大为可用于其他离网定居点的特许经营模式。在按服务收费的基础上向居民提供家庭太阳能系统,它包括一块太阳能电池板、两盏室内LED灯、一台电视机、一盏室外聚光灯和手机充电设施。消费者需支付14美元(200南非兰特)的安装费和11美元的月租金(150南非兰特)。<sup>33</sup>

基于该项目成立的公司从当地雇佣员工,负责太阳能系统的安装和维护工作。这个商业模式目前已被一些市政当局采用,用于南非的其他非正式住区。<sup>36-38</sup>

▶ 视频:需求高:卢旺达的太阳能服务亭



视频链接:<https://www.youtube.com/watch?v=QpukLasOnSo>  
非洲可再生能源经销商Henri Nyakarundi供图

© DW English

## 电网停电的频率和持续时间

(仅显示高于全球平均水平的地区)

### 每月停电次数

#### 全球平均值



#### 撒哈拉以南非洲地区



#### 中东和北非地区



#### 南亚



### 每次停电平均时间(小时)



数据来源:世界银行企业调查, <http://www.enterprisesurveys.org>

弹出式太阳能服务亭是另一种独特的业务创新形式,它利用太阳能为家庭外的离网社区提供服务。小型移动太阳能服务亭配有几块太阳能电池板和一个锂离子电池装置,能同时为10-80部手机供电,有些服务亭甚至可提供Wi-Fi服务。<sup>39,40</sup>更大的太阳能服务亭是固定的,并在屋顶安装太阳能电池板。<sup>41</sup>它像杂货店一样提供一系列商品,如太阳能产品、手机、消耗品、医药以及手机充电和互联网服务。各种太阳能服务亭正



在非洲普及, 那里有1.35亿手机用户家里没有供电。<sup>42</sup>

### 继续在可再生能源的道路上前进

微型太阳能光伏系统只是帮助家庭实现能源脱贫的第一步。不论是在农村、近郊还是城市地区供电, 开始时一个小系统或许就足够了, 但一旦人们的购买力增强, 加之产品价格继续下降, 他们就会需要更大的容量。这为继续朝太阳能方向发展提供了大量的机会, 而不是转向采用煤和石油的电网电力。2016年, 化石燃料发电量占非洲总发电量的约80%, 占南亚的60%。<sup>43,44</sup>

为了继续走可持续发展的道路, 加强可再生能源解决方案, 应当考虑某些可能对太阳能市场扩张产生影响的因素。这些因素包括质量标准、消费者意识、资金援助、电子废弃物管理和政府政策的重新定位。<sup>17,25</sup>

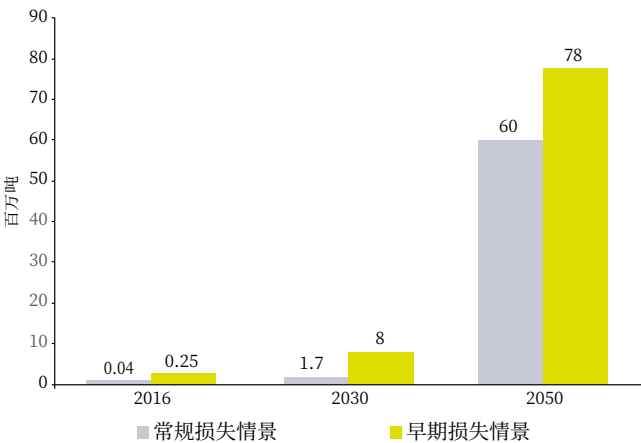
### ▶ 视频: 2030年的非洲太阳能



视频链接: <https://www.youtube.com/watch?v=Bb8Su6OeWYw>  
图片来源: MrNovel / Shutterstock.com

© CGTN Africa

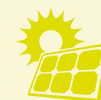
### 2016-2050年全球光伏板废弃物预测概述



资料来源: 根据IRINA和国际能源署光伏发电系统方案(2016年)改编<sup>7</sup>

在许多发展中国家, 太阳能产品在很多年前就已经出现。这些产品通常质量低劣或寿命很短。是否继续使用离网太阳能可能取决于人们今天对市场上可购买产品的印象。对不合格产品的负面印象可能会影响现有及潜在消费者对新产品的接受程度。有两条路径可同时进行, 帮助解决这一问题: 一是为产品本身设立更高的质量标准, 服务商给消费者提供产品回收和循环保障。二是增强消费者对于产品本身高质量的认可, 这种高质量现在已成为产品本身、产品配套服务以及产品扩展和扶持支付计划的标准。<sup>25</sup>

公司缺乏营运资金, 特别是提供终端用户融资的资金, 可能会限制市场的发展。可以设计支持性方案来缓解这些挑战, 已经投入使用的创新业务模式可以作为很好的参考。<sup>5,16,17,25</sup>未来对容量更大的太阳能家庭系统的需求也将有助于扩大现有市场, 进一步提高私人投资者、开发银行和捐赠者的商业利益和投资。2016年, 至少有6000万美元投入到非洲的两家公司中。与原来的即付即用运营商相比, 它们提供的太阳能家庭系统容量更大、价格更高。<sup>45</sup>即付即用的太阳



能公司有可能力求创造一个面向收入更高的消费者的新市场,这些消费者或许已经接入了不稳定的电网。

另一个挑战涉及不断增长的产品使用所产生的电子废弃物。虽然与铅酸电池相比,锂离子电池一般被认为毒性较小,但由于电池中含有各种化学物质,它们仍然有可能污染环境。<sup>46</sup>目前,几乎没有制造商提供更换零部件或在电池寿命结束时回收旧电池。<sup>47,48</sup>同样,晶体硅面板也令人担心,因为它们也含有镉和铅等有毒物质。如果顾客能通过收回计划升级消费品以获得更好的产品,回收市场就可以发展,污染的风险也会降低。还应指出的是,在小型太阳能系统已经普及的许多国家,可能没有专门处理太阳能电池板的电子废弃物法规。<sup>47</sup>

涉及政府干预的一些挑战包括国家、地区和市级层面就离网电气化的未来战略及实施政策选择上存在的不确定性。此外,许多国家长久以来一直补贴公民购买煤油,以平息民众对未兑现的供电承诺的不满。虽然有一些人建议取消煤油补贴,但另一条路径是鼓励离网用户将补贴用于购买太阳能发电系统。问题在于,一旦完成购买,是否仍然应该继续提供补贴。此外,离网供电公司也建议取消对太阳能发电产品征收高进口关税和增值税等财政进口壁垒,这些壁垒可能会大大抬升产品的价格。<sup>19,25</sup>

最后,除了在公众意识方面下功夫之外,供给容量发展也面临着挑战。公司和社区需要合格熟练的劳动力来支持这个领域的发展。应该尤其为当地社区成员设置培训课程和学徒计划,因为他们是当地市场的主力。<sup>3,25</sup>在不久的将来,离网系统将在整个价值链中提供成千上万个就业机会,并为那些学习大型家用太阳能系统的安装和维护的人员提供了一条脱贫之路。<sup>25,49</sup>联合国环境署在西非进行的一项研究估

计,向高效的离网照明过渡创造的就业数量可能是燃料照明所能创造的30倍。<sup>50</sup>

有了关于可再生能源的正确政策和法规以及对未来的明确愿景,现在的分布式太阳能发电系统也许仍然是农村和城市离网社区的首选能源。这将是实现到2030年普及低价、可靠、现代化的能源服务,并消除贫困的可持续发展目标的关键要素。



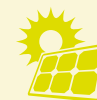
经过赤脚学院(Barefoot College)培训的一名妇女在自己印度拉贾斯坦邦的家安装、修理和维护太阳能系统

图片来源:Knut-Erik Helle, 根据CC BY-NC-ND 2.0授权

## 参考文献

1. GEA (2012). *Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, and the International Institute for Applied Systems Analysis, Luxembourg, Austria. [http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/Global\\_Energy\\_Assessment\\_FullReport.pdf](http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/Global_Energy_Assessment_FullReport.pdf)
2. International Energy Agency and the World Bank (2015). *Sustainable energy for all 2015—Progress toward sustainable energy*. The World Bank, Washington DC. <http://www.se4all.org/sites/default/files/GTF-2105-Full-Report.pdf>
3. UNEP (2015). *Developing effective off-grid lighting policy: Guidance note for governments in Africa*. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://www.enlighten-initiative.org/portals/0/documents/Resources/publications/OFG-publication-may-BDef.pdf>
4. UNDESA (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York. <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.Pdf>
5. Gaunt, T., Salida, M., Macfarlane, R., Maboda, S., Reddy, Y. and Borchers, M. (2012). *Informal Electrification in South Africa: Experience, Opportunities and Challenges*. Sustainable Energy Africa, Cape Town. [http://www.cityenergy.org.za/uploads/resource\\_116.pdf](http://www.cityenergy.org.za/uploads/resource_116.pdf)
6. Reddy, Y. and Wolpe, P. (2015). *Tackling urban energy poverty in South Africa*. Sustainable Energy Africa, Cape Town. <http://www.sustainable.org.za/uploads/files/file72.pdf>
7. Kazerooni, Y., Gyedu, A., Burnham, G., Nwomeh, B., Charles, A., Mishra, B., Kuah, S.S., Kushner, A.L., Stewart, B.T. (2015). Fires in refugee and displaced persons settlements: The current situation and opportunities to improve fire prevention and control. *Burns*, 42, 1036-1046. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305417915003861>
8. Kimemeia, D.K., Vermaak, C., Pachauri, S. and Rhodes, B. (2014). Burns, scalds and poisonings from household energy use in South Africa: Are the energy poor at greater risk? *Energy for Sustainable Development*, 18, 1-8. [https://www.researchgate.net/publication/259519739\\_Burns\\_scalds\\_and\\_poisonings\\_from\\_household\\_energy\\_use\\_in\\_South\\_Africa\\_Are\\_the\\_energy\\_poor\\_at\\_greater\\_risk](https://www.researchgate.net/publication/259519739_Burns_scalds_and_poisonings_from_household_energy_use_in_South_Africa_Are_the_energy_poor_at_greater_risk)
9. Jacobson, A., Bond, T.C., Lam, N.L. and Hultman, N. (2013). *Black carbon and kerosene lighting: An opportunity for rapid action on climate change and clean energy for development*. Global Economy and Development Policy Paper 2013-03. The Brookings Institution, Washington DC [https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/04\\_climate\\_change\\_clean\\_energy\\_development\\_hultman.pdf](https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/04_climate_change_clean_energy_development_hultman.pdf)
10. Lam, N.L., Smith, K.R., Gauthier, A. and Bates, M.N. (2012). Kerosene: A review of household uses and their hazards in low-and middle income countries. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, Critical Reviews*, 15(6), 396–432. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3664014/pdf/nihms447641.pdf>
11. Mills, E. (2016). Identifying and reducing the health and safety impacts of fuel-based lighting. *Energy for Sustainable Development*, 30, 30-59. [https://www.researchgate.net/publication/290975529\\_Identifying\\_and\\_reducing\\_the\\_health\\_and\\_safety\\_impacts\\_of\\_fuel-based\\_lighting](https://www.researchgate.net/publication/290975529_Identifying_and_reducing_the_health_and_safety_impacts_of_fuel-based_lighting)
12. Mukwaya, P.I. (2016). Urban Adaptation to Energy Insecurity in Uganda. *Current Urban Studies*, 4, 69-84. [https://file.scirp.org/pdf/CUS\\_2016032414011321.pdf](https://file.scirp.org/pdf/CUS_2016032414011321.pdf)
13. Ghanem, D.A., Mander, S. and Gough, C., 2016. "I think we need to get a better generator": Household resilience to disruption to power supply during storm events. *Energy Policy*, 92, pp.171-180.
14. Frame, D., Tembo, K., Dolan, M.J., Strachan, S.M. and Ault, G.W. (2011). A community based approach for sustainable off-grid PV systems in developing countries. In The Electrification of Transportation and the Grid of the Future, the report of the 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting, Detroit, MI, United States, 24-28 July 2011. [https://www.strath.ac.uk/media/departments/eee/cred/Conference\\_Paper.pdf](https://www.strath.ac.uk/media/departments/eee/cred/Conference_Paper.pdf)
15. UNDP (2004). *Solar Photovoltaics in Africa: Experiences with financing and delivery models-Lesson for the future*. Monitoring and evaluation report series, Issue 2. United Nations Development Programme, New York and Global Environment Facility, Washington DC. [http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environment-energy/sustainable\\_energy/solar\\_photovoltaicsinfricaexperienceswithfinancinganddeliverymo.html](http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environment-energy/sustainable_energy/solar_photovoltaicsinfricaexperienceswithfinancinganddeliverymo.html)
16. Nygaard, I., Hansen, U.E. and Larsen, T.H. (2016). The emerging market for pico-scale solar PV systems in Sub-Saharan Africa: From donor-supported niches toward market-based rural electrification. UNEP DTU Partnership, Copenhagen.
17. REN21 (2016). *Renewables 2016 Global Status Report*. REN21 Secretariat, Paris. <http://www.ren21.net/GSR-2016-Report-Full-report-EN>
18. UN-HABITAT (2016). *Urbanization and Development: Emerging Futures*. World Cities Report 2016. United Nations Human Settlements Programme, Nairobi. <https://unhabitat.org/wp-content/uploads/2014/03/WCR-%20Full-Report-2016.pdf>
19. Lysen, E.H. (2013). Pico Solar PV Systems for Remote Homes: A new generation of small PV systems for lighting and communication. Report IEA-PVPS T9-12: 2012. International Energy Agency, Paris. [http://iea-pvps.org/index.php?id=299&elD=dam\\_frontend\\_push&docID=1433](http://iea-pvps.org/index.php?id=299&elD=dam_frontend_push&docID=1433)
20. SolarAid (2013). Facts about kerosene, solar and SolarAid. SolarAid factsheet. <https://www.solar-aid.org/assets/Uploads/Publications/Facts-about-kerosene-solar-and-SolarAid.pdf>
21. BNEF and Lighting Global (2016). *Off-grid solar market trends report 2016*. Bloomberg New Energy Finance, New York and Lighting Global, Washington DC. [https://data.bloombergfp.com/bnef/sites/4/2016/03/20160303\\_BNEF\\_WorldBankIFC\\_Off-GridSolarReport\\_.pdf](https://data.bloombergfp.com/bnef/sites/4/2016/03/20160303_BNEF_WorldBankIFC_Off-GridSolarReport_.pdf)
22. UN-HABITAT (2009). *Promoting Energy Access for the urban poor in Africa: Approaches and Challenges in Slum Electrification*. United



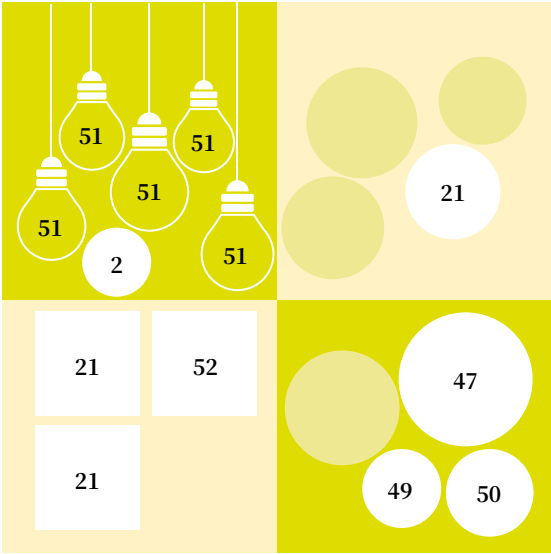


- Nations Human Settlements Programme, Nairobi. [http://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/8292\\_16690\\_GENUS%20AFRICA.EGM%20Final%20Report.pdf](http://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/8292_16690_GENUS%20AFRICA.EGM%20Final%20Report.pdf)
23. UN-HABITAT (2012). Enhanced Energy Access for Urban Poor Practice Casebook. United Nations Human Settlements Programme, Nairobi. [http://www.avsi-usa.org/uploads/6/7/4/2/67429199/avsi\\_\\_\\_coelba3.pdf](http://www.avsi-usa.org/uploads/6/7/4/2/67429199/avsi___coelba3.pdf)
  24. Phadke, A.A., Jacobson, A., Park, W.Y., Lee, G.R., Alstone, P. and Khare, A. (2015). Powering a Home with Just 25 Watts of Solar PV. Super-Efficient Appliances Can Enable Expanded Off-Grid Energy Service Using Small Solar Power Systems. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley.
  25. Diecker, J., Wheeldon, S., and Scott, A. (2016) Accelerating access to electricity in Africa with off-grid solar: Policies to expand the market for solar household solutions. Overseas Development Institute, London UK.
  26. McKibben, B. (2017) The Race to Solar Power Africa. *The New Yorker*, 26 June 2017. <http://www.newyorker.com/magazine/2017/06/26/the-race-to-solar-power-africa>
  27. IEA and World Bank (2015). Sustainable Energy for All 2015 – Progress Toward Sustainable Energy. World Bank, Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/22148>
  28. Corrigan, G. and Di Battista, A. (2015). 19 charts that explain India's economic challenge. World Economic Forum website. <https://www.weforum.org/agenda/2015/11/19-charts-that-explain-indias-economic-challenge/>
  29. PRIA (2014). Government led exclusion of the urban poor: A greater contribution though a lesser recipient. Delhi Study Report 2014. The Society for Participatory Research in Asia, Delhi. [https://terraurban.files.wordpress.com/2014/01/delhi-study\\_april-2014.pdf](https://terraurban.files.wordpress.com/2014/01/delhi-study_april-2014.pdf)
  30. Pollinate Energy (2017). Pollinate Energy website. <https://pollinateenergy.org/>
  31. Davidsen, A., Pallassana, K., Singh, J., Shiv, J., Walker, P., Parrish, S. and Sitsabeshan, S. (2015). The business case for off-grid energy in India. The Climate Group. <https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/The-business-case-for-offgrid-energy-in-India.pdf>
  32. Department of Energy (2012). A survey of energy-related behaviour and perceptions in South Africa: The residential sector. Department of Energy, Government of the Republic of South Africa. <http://www.energy.gov.za/files/media/Pub/Survey%20of%20Energy%20related%20behaviour%20and%20perception%20in%20SA%20-%20Residential%20Sector%20-%202012.pdf>
  33. Lemaire, X. and Kerr, D. (2014). The iShack Project in Enkanini, Stellenbosch, South Africa. Supporting Africa Municipalities in Sustainable Energy Transitions (SAMSET) website. <https://samsetproject.wordpress.com/2014/12/20/the-ishack-project-in-enkanini-stellenbosch-south-africa/>
  34. SM and CORC (2012). Enkanini (Kayamandi) household enumeration report. Stellenbosch Municipality and Community Organisation Resource Centre. <http://sasdialliance.org.za/wp-content/uploads/docs/reports/Enumerations/Enkanini%20Final%20Report.pdf>
  35. Wilde, S. (2015). iShack delivers power (and television) to the people. Mail & Guardian, 13 March 2015. <https://mg.co.za/article/2015-03-13-ishack-delivers-power-and-television-to-the-people>
  36. Kovacic, Z., Smit, S., Musango, J.K., Brent, A.C. and Giampietro, M. (2016). Probing uncertainty levels of electrification in informal urban settlements: A case from South Africa. Habitat International, 56, 212-221. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197397515302356>
  37. Lemaire, X. and Kerr, D. (2016). Informal Settlements – Electrification and Urban Services. SAMSET Policy Brief. UCL Energy Institute, London.
  38. Murugan, S. (2013). Solar energy lights up Ekurhuleni's informal settlements. Vuk'uzenzele, June 2013. <http://www.vukuzenzele.gov.za/solar-energy-lights-ekurhuleni-s-informal-settlements>
  39. ARED (2017). Our solutions. African Renewable Energy Distributor. <http://www.a-r-e-d.com/>
  40. Juabar (2017). Our design process. Juabar Design. <http://juabar.com/>
  41. SOLARKIOSK (2017). One Solution—Various Purposes. SOLARKIOSK. <http://solarkiosk.eu/product/>
  42. Nique, M. (2013). Sizing the opportunity of mobile to support energy and water access. GSMA, London. [https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2013/12/Sizing-the-Opportunity-of-Mobile\\_Nov-2013.pdf](https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2013/12/Sizing-the-Opportunity-of-Mobile_Nov-2013.pdf)
  43. UNEP (2017). Atlas of Africa Energy Resources. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/20476>
  44. Shukla, A.K., Sudhakar, K. and Baredar, P. (2016). Renewable energy resources in South Asian countries: Challenges, policy and recommendations. Resource-Efficient Technologies, 1-5. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405653716302299>
  45. Bloomberg New Energy Finance (2017). 1Q 2017 Off-grid and mini-grid market outlook. Climatescope 2016 website. <http://global-climatescope.org/en/off-grid-quarterly/q1-2017/>
  46. Wang, X. (2014). Managing end-of-life lithium-ion batteries: An environmental and economic assessment. Thesis, Rochester Institute of Technology, New York. <http://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=9337&context=theses>
  47. IRENA and IEA-PVPS (2016), "End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels," International Renewable Energy Agency and International Energy Agency Photovoltaic Power Systems. [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_IEAPVPS\\_End-of-Life\\_Solar\\_PV\\_Panels\\_2016.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf)

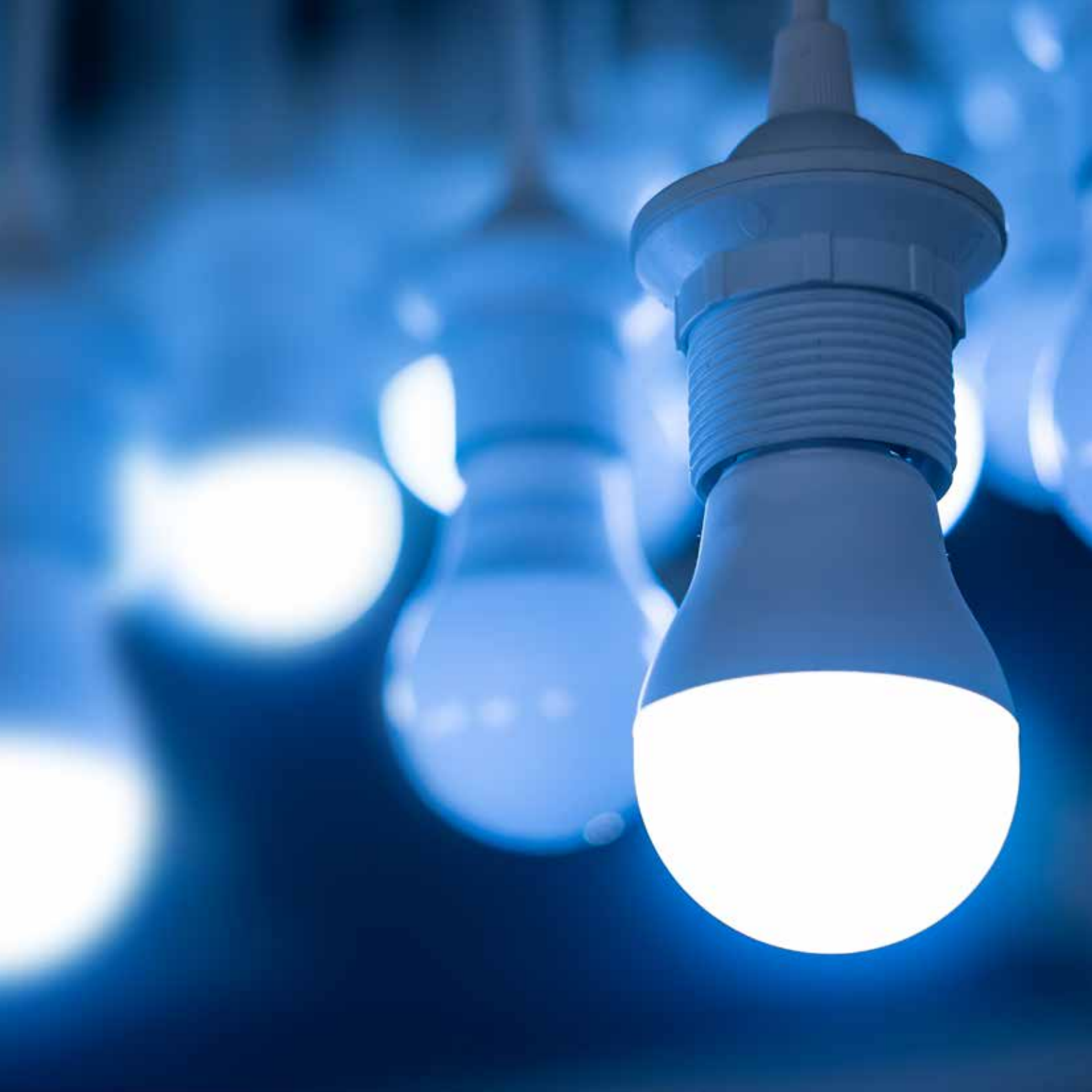


48. Industry Opinion on Lifecycle and Recycling (2014). The Global Off-Grid Lighting Association, Utrecht, [https://www.gogla.org/sites/default/files/recursoe\\_docs/gogla-industry-opinion-on-lifecycle-and-recycling1.pdf](https://www.gogla.org/sites/default/files/recursoe_docs/gogla-industry-opinion-on-lifecycle-and-recycling1.pdf)
49. Mills, E., 2016. Job creation and energy savings through a transition to modern off-grid lighting. *Energy for Sustainable Development*, 33, pp.155-166.
50. UNEP (2014). Light and livelihood: A bright outlook for employment in the transition from fuel-based lighting to electrical alternatives. United Nations Environment Programme, Nairobi. [http://www.ecreee.org/sites/default/files/light\\_and\\_livelihood\\_-\\_a\\_bright\\_outlook\\_for\\_employment.pdf](http://www.ecreee.org/sites/default/files/light_and_livelihood_-_a_bright_outlook_for_employment.pdf)

图片参考文献



51. World Bank (2017). World Development Indicators. The World Bank, Washington DC. <http://databank.worldbank.org/data/>
52. GOGLA (2017). *Global off-grid solar market report July-December 2016: Semi-annual sales and impact data*. Global Off-Grid Lighting Association, Utrecht. [https://www.gogla.org/sites/default/files/recursoe\\_docs/final\\_sales-and-impact-report\\_h22016\\_full\\_public.pdf](https://www.gogla.org/sites/default/files/recursoe_docs/final_sales-and-impact-report_h22016_full_public.pdf)





2013年, 索马里乔哈尔附近, 数千人因洪水和冲突流离失所  
来源: UN Photo/Tobin Jones

## 环境造成的人口流离失所: “人类世”的人口流动

### 什么是环境造成的人口流离失所?

我们生活在一个流动性空前的时代: 思想、商品、金钱以及越来越多的人在不断流动着。2.5亿人在自己的国家以外生活和工作。另有7.5亿人在自己的国家境内流动。<sup>1</sup>

人类流动的规模和速度, 加上全球人口预计将在本世纪中叶达到逾90亿峰值的现实, 成为我们面临的新的人口现实。人口迁移是发展和进步的重要动力, 它为个人和家庭提供了机会, 并且能传播思想, 把世界连接起来。然而, 这个问题也在政治上存在分歧。

于此同时, 我们生活在一个环境经历着空前变化的时代。人类活动已极其深刻地改变了地球, 科学家甚至认为我们已进入一个他们称为“人类世”的新地质纪元。

环境变化和环境退化——荒漠化、森林砍伐、土地退化、气候变化以及缺水——从根本上彻底改变了世界地理格局。环境退化会影响人们的生活区域和生活方式。它威胁人的生命和生计(尤其是最贫穷和最弱势的人群), 使人们流离失所, 加剧人口迁移。

同时, 武装冲突导致想要逃离暴力的人们在其国内(国内流离失所)或跨越国际边界(国际难民)进一



步流动。对过去70年的内战分析表明,至少有40%的人口迁移与争夺对土地、水、矿产或石油等自然资源的控制或使用有关。<sup>2</sup>截至2016年年底,国际难民或在境内流离失所的人数超过6500万,成为第二次世界大战结束以来的最高数字,此外还有1.28亿人需要人道主义援助。<sup>3,4</sup>

自人类首次离开非洲大陆以来,环境问题始终是人口流动的一个因素。这些因素始终是复杂多样的,尽管在过去环境退化是造成人口流离失所的重要因素,但如今贫困和缺乏机会等其他社会脆弱性因素往往是引起流离失所的关键因素,认识到这一点非常重要。现在的主要不同之处在于,环境的退化和人口迁移的能力正在聚合,创造出一种空前的推拉效应。<sup>5</sup>

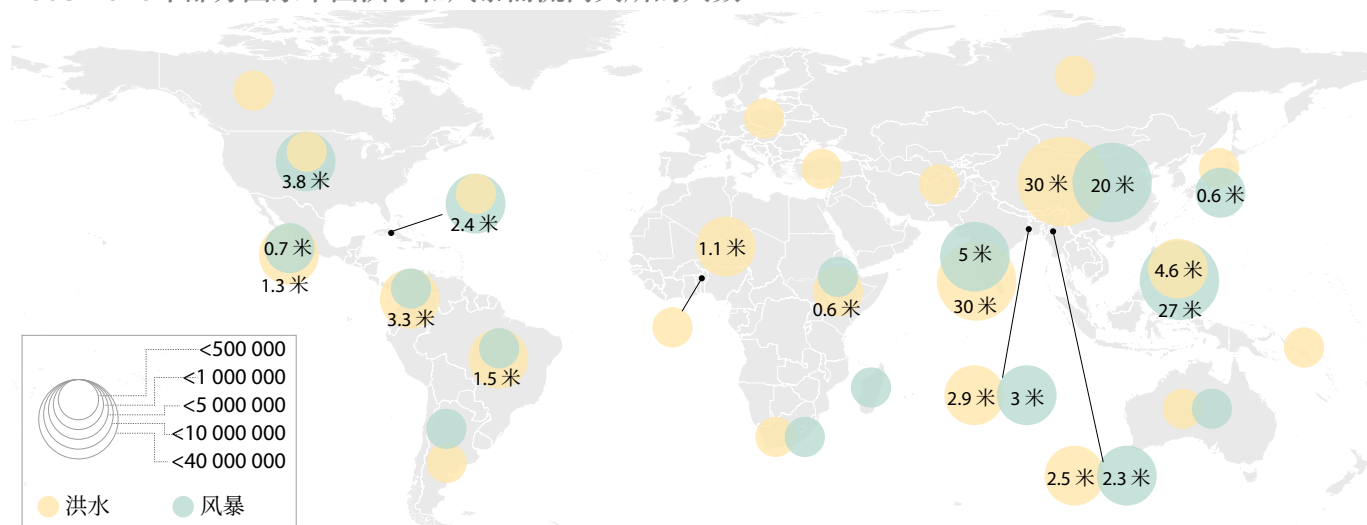
人口增长正导致更多的人在环境脆弱的边缘地区生活。<sup>6</sup>每年平均有2640万人因自然灾害而背井离乡。<sup>7</sup>

这相当于每秒钟就会有一个人人流离失所。但我们要去思考这些数字背后的深意。每个统计数字都代表着个人所蒙受的损失--他们的世界被颠覆、机会被终止,教育被剥夺。

气候变化、人口增长、消费上涨、大型基建项目 and 环境退化交织在一起,可能导致今后更大数量的人口流离失所。如果各国政府和国际社会没有充分应对这些变化,未能增强国家和社区的应变能力,那么这种情况就更加可能发生。被普遍引用的一个数据是,到2050年,可能有多达2亿人由于环境原因流离失所。<sup>5</sup>

这意味着,在一个有90亿人口的世界,45个人中就有1个人因为环境原因被迫离开家园;所有低洼岛屿地区可能将被遗弃。解决此类人口流离失所的问题可能是21世纪最关键的环境挑战。

## 2008-2016年部分国家中因洪水和风暴而流离失所的人数



数据来源:境内人口流离失所问题监测中心, [www.internal-displacement.org/database](http://www.internal-displacement.org/database)

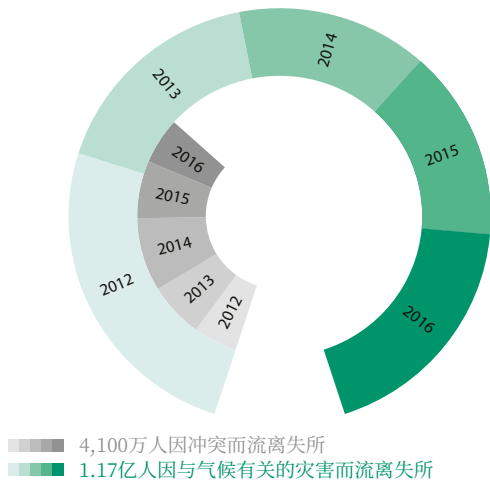


理解环境造成的人口流离失所

尽管近几年人口非正常迁移问题因欧洲“移民危机”而变得突出，但它绝不仅仅是欧洲面临的挑战。正如世界各地都有人口迁移，世界每个角落都有可能遭受环境造成的流离失所带来的影响。

例如，相关模型预测，由于气候变化速度加快，亚太地区的人口流离失所将会加剧。<sup>10,11</sup>沿海地区、大型三角洲和小岛屿易受海平面升高的影响，尤其容易受到气旋的影响。太平洋小岛屿国家图瓦卢的海拔最高点只有五米，那里的居民可能不得不在未来50年后完全撤离，而马尔代夫居民可能在未来30年后撤离。已经有几个州开始计划州内部分或全部人口的最终迁移问题：2014年，基里巴斯共和国总统艾诺特·汤在斐济购买土地作为应对海平面上升的保险。<sup>12</sup>

2012-2016年因冲突和与天气有关的灾害而流离失所的人数



数据来源：境内流离失所问题监测中心  
www.internal-displacement.org/database

与此同时，非洲大陆成为受到人口流离失所影响最严重的地区。2015年，由于环境等诸多原因，非洲大陆容纳了1500多万在本国境内流离失所的人。<sup>13</sup>全世界半数以上的脆弱国家位于撒哈拉以南非洲，而且非洲大陆及其发生干旱，这增加了粮食短缺的风险。<sup>13,14</sup>



标签很重要

一个有争议的问题是，因环境退化和气候变化而流离失所的人是否应被称为“环境难民”、“环境移民”或“环境导致的流离失所者”。这不仅是一个语义方面的问题。哪一个定义被普遍接受将充分影响国际社会根据人道主义法和流离失所者的权利所相应承担的义务。

第二次世界大战后，国际决策者认为“难民”一词应限于“因有正当理由畏惧由于种族、宗教、国籍、属于某一社会团体或具有某种政治见解遭到迫害而留在其本国之外，并且由于这种畏惧而不能或不愿受本国保护的人”。<sup>8</sup>

活动家用“环境难民”一词来表达这个问题的紧迫性。然而，根据国际法，使用“难民”一词来形容那些逃离环境压力的人是不准确的。大多数由于环境变化而被迫离开家园的人很可能会留在本国国界以内，但是要返回因海平面上升而淹没的地区几乎是不可能的。<sup>9</sup>

在一定程度上，由于缺乏充足的定义，人们往往注意不到受环境驱动的人口流动，尤其是当人口的流离失所随着时间的推移渐渐发生时更是如此。没有负责收集关于流离失所人口数据的国际机构，他们提供基本服务也就变得更不可能。他们无法证明在原籍国受到的政治迫害，因此往往被国际人道主义法所忽视。本报告使用“环境导致的人口流离失所”一词，同时声明这并不是一个普遍接受的术语，但希望它能传递一个相对合理准确的表述，来反映与环境退化和气候变化相关的日益严重的人口被迫流动现象。

# 环境造成的人口流离失所：

## 土地退化、荒漠化和干旱

自2016年11月以来,严重干旱和食物不安全**使761,000索马里人流离失所**

在布基纳法索、马里和尼日尔进行的5万平方公里的土地生态恢复为**扭转向外移民**做出了贡献

预计由于气候变化,干旱将变得更严重、更频繁、更旷日持久。

到2050年,拉丁美洲有**50%的农业用地**受到荒漠化的威胁。

由于不可持续的土地利用和水和气候变化,旱地正在变得更加干旱和贫瘠。全世界三分之一的人口生活在干旱地区。

## 自然灾害

从2012-2016年,与天气有关的自然灾害迫使**1.17亿人**流离失所

**热带气旋**的风速正在变得更快,并可能导致严重损害

政府间气候变化专门委员会预测北美和中美、东非、西亚、南亚、东南亚、东亚、澳大利亚和许多太平洋岛屿频繁出现**极端降雨**并导致滑坡

气候变化影响了极端气候事件的可能性、频率和强度。极端天气事件能使地区变得不适宜居住,并导致人群暂时或永久地流离失所。

## 对自然资源的需求和竞争

在过去70年,至少有**40%的国内冲突**与自然资源有关

对越来越稀缺的自然资源 - 土地、木材、石油、矿物质 - 的竞争可能造成紧张局势并在使用者中间引起冲突。在很多情况下,紧张局势可能导致暴力冲突和大规模的被迫流离失所。

在拉丁美洲,采矿、伐木、种植活动使**被迫的土地剥夺**变得越来越普遍。

## 工业事故

1986年切尔诺贝利核心熔毁迫使至少**33万人**撤离和重新安置

日本福岛核电厂的**辐射泄漏**使**150,000人**流离失所。返回和重新安置尚不确定。

严重的工业事故会留下大片被污染的地区,迫使人们放弃他们的家园去其他地方定居。工业事故长期的健康、社会、经济和环境的影响使他们的永久回归复杂化。

## 海平面上涨

在所罗门群岛,由于海平面上升最近几十年已经有**5座**被植被覆盖的**礁岛**消失了。社区已搬迁到附近更高的火山岛。

一项对发展中国家1970年至2000年间迁移模式的研究表明,人们离开边缘旱地和干旱多发地区,向**容易发生洪水和气旋**的沿海地区搬迁

世界上大多数大都市都位于沿海地带和大三角洲,那里维系着数以百万计人口的生计。低洼的沿海城市和小岛屿易受洪水、风暴潮、海岸线变化和海平面上升导致的盐水入侵的侵害。

## 基础设施项目

十九世纪八十年代,**堤坝建设和运输项目**每年迫使1000万人流离失所

大规模的基础设施项目,例如水坝和道路可导致大规模的流离失所。同时,基础设施项目和农业企业在发展中国家大规模购买土地,往往被贴上**土地掠夺**的标签,很可能是未来流离失所的主要原因。

在中国长江,历时17年的**三峡**大坝建设估计**使130万人**流离失所。很多人仍然面临重新安置的挑战。

北美洲也受到环境造成的人口流离失所带来的影响。2016年,路易斯安那州查尔斯岛的居民成为首批获得联邦资金支持的用于搬迁的美国“气候移民”。2016年1月,住房和城市发展部拨款10亿美元,用于帮助13个州的社区通过建设大坝、排水系统和更牢固的堤坝来适应气候变化,4800万美元的拨款资金也来源其中。<sup>15</sup>

但目前的情况非常复杂。最脆弱的群体往往缺乏迁移的途径及结点,所以可能被困在原地。其他人,如牧民,依靠季节性迁徙作为谋生策略。同时,面对重大土地退化等风险而规划的人口迁移可以作为“减压阀”,减少脆弱生态系统的环境压力,也能将其环境足迹“出口”到其它地方。<sup>16</sup>

但人口迁移本身可能会对环境产生影响,造成环境恶化,这可能会加剧人道主义紧急状况或导致与东道国社区间的关系恶化,这一点同样需要注意。非正规城市化或无组织的难民营可能对稀缺的土地、水、能源以及粮食资源造成压力。这种情况可能会破坏生态系统的功能,导致因废弃物处理不当而带来健康风险问题,并且,流离失所者会给当地社区带去更大的竞争压力。<sup>17,18</sup>

▶ 视频:前瞻——迁移与全球环境变化



视频链接: <https://www.youtube.com/watch?v=zt0UJU0aAVg> © GO-Science  
图片来源:海地的海地角,数千人因为洪水流离失所, UN Photo/Logan Abassi摄

## 制度保障

环境造成的人口流离失所问题的地位在政治议程中得以提高,吸引了决策者、学术界和人道主义领域人们的关注。2011年,英国政府科学办公室发布了“前瞻性项目”的结果,该项目研究了全球环境变化如何影响全球人口流动。该项目历时两年时间,有来自30多个国家的350多位一流专家和利益攸关方参与,涵盖了人口统计、经济发展以及生态学等领域。<sup>16</sup>“前瞻性项目”揭示了一些以往未预料到的方面,特别是关于人口迁移所带来的效益,合理规划设计人口迁移适应方案,从受到威胁的地点进行人口妥善撤离,以及在东道主社区实行最佳的人口安置方案。

在“前瞻性项目”进行研究的同时,挪威政府和瑞士政府发起了运动,旨在制定指导原则,用于应对因气候变化和其他环境危害造成的人口迁移所带来的复杂挑战。<sup>19</sup>该运动接着演变为“人道协调厅”,然后发展成为“灾难安置平台”。该平台的使命是进行组织,从而就因灾害和气候变化所致的跨境流离失所者的权利和保护问题达成共识。<sup>20</sup>21世纪初以来,国际移民组织一直在努力解决这一问题,并成立了专门负责移民与气候变化的特别机构。<sup>21</sup>2016年,比利时列日大学正式成立了雨果天文台,成为第一个致力于研究环境移民主题的学术单位。<sup>22</sup>

人口迁移和流离问题已被越来越多的国家纳入2015年国际协定,并制定了该问题在未来15年的发展框架。“可持续发展目标”包括承诺进行“有序、安全、定期和负责任的人口迁移”,并将它作为减少不平等现象的“目标10”的一部分。<sup>23</sup>《仙台减灾框架》为减少灾害风险以及生命、生计和健康方面的损失创造了一个全球框架,目的是在2030年前大幅减少全球流离失所者的人数。<sup>24</sup>迁移问题被正式纳入《巴黎气候变化协定》,在华沙损失和损害国际机制下设立了一个





专门小组, 制定防范、减少和应对气候变化导致的人口流离失所的应对方法。<sup>25</sup>

2016年联合国大会召开了一次高级别会议, 以凝聚国际共识, 应对日益严峻的国际人口迁移挑战以及难民流动的增加。会议通过了《难民和移民问题纽约宣言》。<sup>26</sup>宣言包括两个附件: 第一个附件是一个全面应对难民问题的框架。第二个附件是实现安全、有序和正常移民全球契约的规划方案, 将在2018年举行的关于该问题的政府间会议上通过。<sup>27</sup>

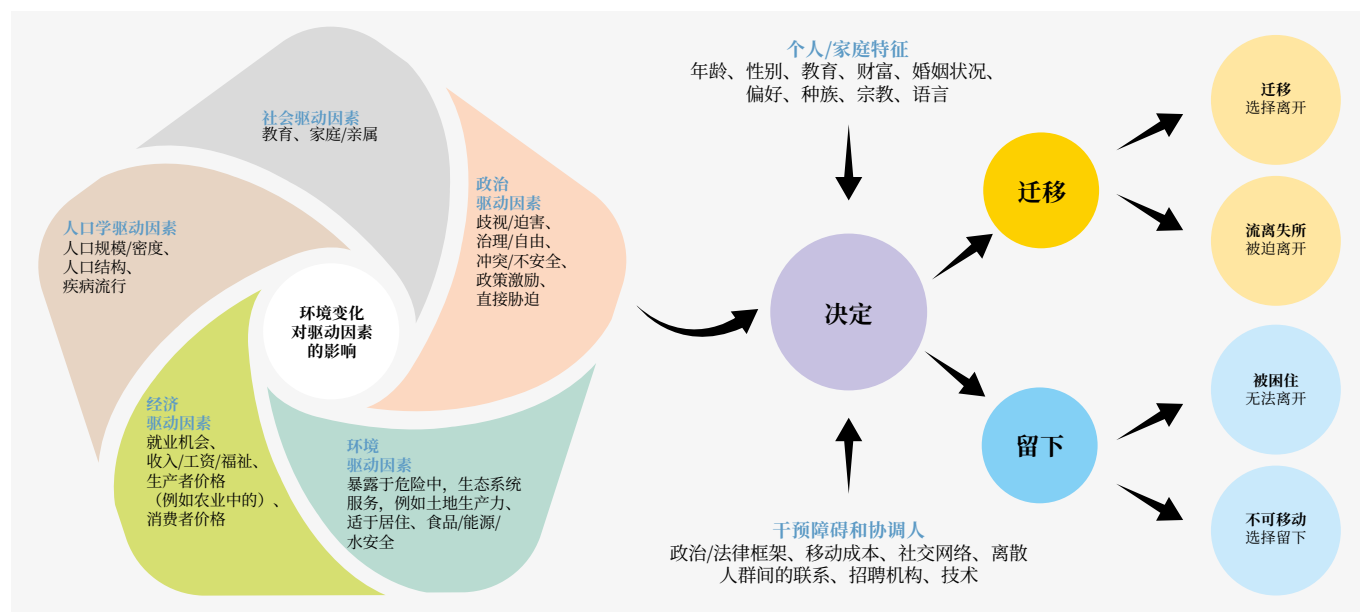
▶ 视频: 气候变化如何影响人类流离失所



视频链接: <https://www.youtube.com/watch?v=a2nTq67So3U> © UNHCR  
图片来源: 受飓风托马斯侵袭后的海地大德萨利纳, UN Photo/UNICEF/Marco Dormino摄, 根据CC BY-NC-ND 2.0授权

## 环境变化和人口迁移的驱动因素

选择迁移或留下在很大程度上受到一系列因素驱动。全球环境变化进一步影响了这些驱动因素之间复杂的相互作用, 并可能导致决策的不同结果。



资料来源: 改编自英国政府“前瞻性项目”采用的迁移驱动因素和环境变化影响概念框架<sup>26</sup>



## 应对环境造成的人口流离失所

环境退化和管理不善与造成人口流离失所的政治、经济和社会驱动因素相互交织。我们需要更好地理解并应对这些复杂的因素。最后，除非我们能够处理长期的环境脆弱性问题，否则每年流离失所的庞大人群将会变成我们的“新常态”。

环保领域在让人们从生态原因角度对人口流离失所这一问题进行思考方面能够发挥重要作用；加强社区和国家承受冲击和环境变化的能力；并帮助规划由于不可避免的环境变化而导致的流离失所的社区搬迁。

归根到底，人口流离失所不仅仅是一个政治挑战。正如伊拉克沼泽地的情况一样，将其视为一个环境挑战非常重要。即使在温和的气候变化情景下可能出现的人口流离失所的规模，已经足以要求专注环境、人道主义以及人口流离失所问题的国家共同努力，在不断变化的世界中增强人民的复原力。

▶ 视频：这些美国人可能成为“气候难民”



视频链接：<https://www.youtube.com/watch?v=TicvZPYuFfg> ©CNN  
图片来源：阿拉斯加州希什马廖夫岛，白令大陆桥国家保护区摄，CC BY-NC-ND 2.0授权



### 恢复伊拉克沼泽地

20世纪50年代，伊拉克南部的美索不达米亚(AI-Ahwar)沼泽地还是个广阔壮丽的景观，这里生活着50万马丹人，也叫“沼泽阿拉伯人”。他们住在芦苇房子组成的僻静村子里，靠钓鱼、种植大米和养水牛为生。

然而，从20世纪70年代开始，因上游修建水坝和农业、石油勘探、军事行动，沼泽地遭到了破坏，而萨达姆·侯赛因故意排干湿地的水来报复1991年反对其政权的起义则是造成湿地破坏的最直接原因。到2003年，已经损失了90%的沼泽地，只剩下了2万马丹人。据估计，多达10万马丹人逃到了伊朗的难民营，另有10万人在伊拉克境内流离失所。

2001年，联合国环境署敲响了沼泽地消失的警钟，使其处境成为了国际焦点。在2003年伊拉克战争之后，联合国环境署发起了一个项目，以帮助恢复沼泽地，培养决策者的能力，示范对环境无害的技术和监测沼泽地的状况。随后又与联合国教科文组织在2009年发起了一个支持将沼泽地定为“世界遗产”的联合项目。它包括制定一个反映该地区独特历史、文化、环境、水文和社会经济特征的管理计划。

尽管干旱、上游的水坝建设和持续的冲突阻碍了这一进程，但自2003年以来，湿地已经逐渐开始恢复。成千上万的马丹人正在返回故乡。2016年7月，在联合国环境署的支持下，沼泽地被列为中东地区首个文化与自然双重遗产。

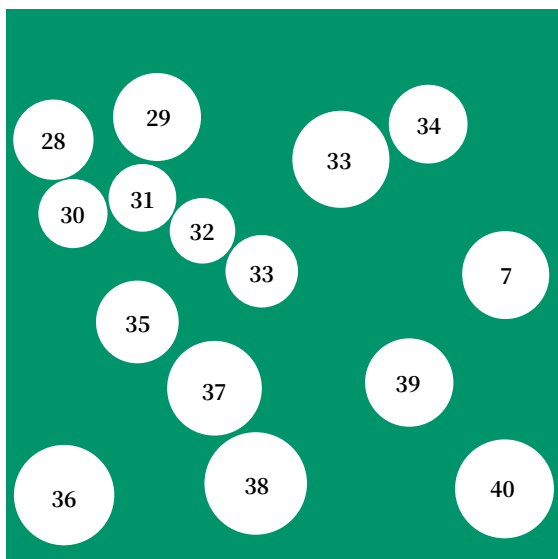


## 参考文献

1. World Bank Group (2016). *Migration and Remittances Factbook 2016, Third Edition*. World Bank, Washington DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/237432>
2. UNEP (2009). *From Conflict to Peacebuilding: the role of natural resources and the environment*. United Nations Environment Programme, Geneva. [http://postconflict.unep.ch/publications/pcdmb\\_policy\\_01.pdf](http://postconflict.unep.ch/publications/pcdmb_policy_01.pdf)
3. UNHCR (2017). *Global trends: Forced displacement in 2016*. The United Nations High Commissioner for Refugees, Geneva. <http://www.unhcr.org/5943e8a34>
4. UN-OCHA (2016). *Global humanitarian overview 2017*. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, New York. [https://www.unocha.org/sites/unocha/files/GHO\\_2017.pdf](https://www.unocha.org/sites/unocha/files/GHO_2017.pdf)
5. Ionesco, D., Mokhnacheva, D. and Gemenne, F. (2017). *The Atlas of Environmental Migration*. Earthscan, London.
6. Huppert, H.E. and Sparks, S.J. (2006). Extreme natural hazards: population growth, globalization and environmental change. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 364, 1875-1888. <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/364/1845/1875.full.pdf>
7. IDMC (2016). *Global Estimates 2015: People displaced by disasters*. Internal Displacement Monitoring Centre, Geneva. <http://www.internal-displacement.org/assets/library/Media/201507-globalEstimates-2015/20150713-global-estimates-2015-en-v1.pdf>
8. UNGA (1951). *Final Act and Convention Relating to the Status of Refugees*. United Nations Conference of Plenipotentiaries on the Status of Refugees and Stateless Persons, Geneva, 2-25 July 1951. United Nations General Assembly, Geneva. <http://www.unhcr.org/protection/travaux/40a8a7394/final-act-united-nations-conference-plenipotentiaries-status-refugees-stateless.html>
9. Davenport, C. and Robertson, C. (2016). Resettling the First American 'Climate Refugees'. The New York Times, 3 May 2016. <https://www.nytimes.com/2016/05/03/us/resettling-the-first-american-climate-refugees.html>
10. Cruz, R.V., Harasawa, H., Lal, M., Wu, S., Anokhin, Y., Punsalma, B., Honda, Y., Jafari, M., Li, C. and Huu Ninh, N. (2007). Asia. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg2/en/ch10.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch10.html)
11. Hijioka, Y., Lin, E., Pereira, J.J., Corlett, R.T., Cui, X., Insarov, G.E., Lasco, R.D., Lindgren, E. and Surjan, A. (2014). Asia. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap24\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap24_FINAL.pdf)
12. Caramel, L. (2015). Besieged by the rising tides of climate change, Kiribati buys land in Fiji. *The guardian*, 1 July 2014. <https://www.theguardian.com/environment/2014/jul/01/kiribati-climate-change-fiji-vanua-levu>
13. IOM (2009). *Migration, Environment and Climate Change: Assessing the Evidence*. International Organization for Migration, Geneva. [http://publications.iom.int/system/files/pdf/migration\\_and\\_environment.pdf](http://publications.iom.int/system/files/pdf/migration_and_environment.pdf)
14. Niang, I., Ruppel, O.C., Abdrabo, M.A., Essel, A., Lennard, C., Padgham, J. and Urquhart, P. (2014). Africa. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1199-1265. [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap22\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap22_FINAL.pdf)
15. State of Louisiana (2016). LA receives \$92 million from U.S. Dept. of Housing and Urban Development for coastal communities, disaster resilience. State of Louisiana Press Release, 25 January 2016. <http://www.doa.la.gov/OCDDRU/NewsItems/Louisiana%20Receives%20NDR%20Award.pdf>
16. Government Office for Science (2011). Foresight: Migration and Global Environmental Change: Future Challenges and Opportunities. Final Project Report. The United Kingdom Government Office for Science, London. [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/287717/11-1116-migration-and-global-environmental-change.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/287717/11-1116-migration-and-global-environmental-change.pdf)
17. Berry, L. (2008). *The impact of environmental degradation on refugee-host relations: a case study from Tanzania*. Research Paper no. 151. The United Nations High Commissioner for Refugees, Geneva. <http://www.unhcr.org/47a315c72.pdf>
18. Xu, X., Tan, Y. and Yang, G. (2013). Environmental impact assessments of the Three Gorges Project in China: Issues and interventions. *Earth-Science Reviews*, 124, 115-125. <https://www.researchgate.net/publication/260725538>
19. Kälin, W. (2008). *Guiding principles on internal displacement: Annotations*. Studies in Transnational Legal Policy No. 38. The American Society of International Law, Washington DC. [https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/spring\\_guiding\\_principles.pdf](https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/spring_guiding_principles.pdf)
20. Disaster Displacement (2017). Platform on Disaster Displacement website. <http://disasterdisplacement.org/>
21. IOM (2017). *Migration and Climate Change*. International Organization for Migration website. <https://www.iom.int/migration-and-climate-change>
22. University of Liège (2016). The Hugo Observatory website. <http://labos.ulg.ac.be/hugo/about/>
23. UN (2017). *Sustainable Development Goal 10: Reduce inequality within and among countries*. Sustainable development knowledge platform. <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg10>

24. UNISDR (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva. [http://www.unisdr.org/files/43291\\_sendaiframeworkfordrren.pdf](http://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf)
25. UNFCCC (2015). *Adoption of the Paris Agreement*. The 21st session of the Conference of the Parties of the UNFCCC document, FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>
26. UNGA (2016). *New York Declaration for Refugees and Migrants*. Resolution adopted by the United Nations General Assembly on 19 September 2016, UNGA A/RES/71/1. United Nations, New York. [http://www.un.org/en/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/71/1](http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/71/1)
27. UNGA (2017). *Modalities for the intergovernmental negotiations of the global compact for safe, orderly and regular migration*. Final draft of the resolution. United Nations, New York. <http://www.un.org/pga/71/wp-content/uploads/sites/40/2015/08/Global-compact-for-safe-orderly-and-regular-migration-1.pdf>
30. IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: *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., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
31. IFAD (2010). Desertification pamphlet. International Fund for Agricultural Development, Rome. <https://www.ifad.org/documents/10180/77105e91-6f72-44ff-aa87-eedb57d730ba>
32. IDMC (2017). Internal Displacement Monitoring Centre database. <http://www.internal-displacement.org/database/>
33. Christensen, J.H., Krishna Kumar, K., Aldrian, E., An, S.-I., Cavalcanti, I.F.A., de Castro, M., Dong, W., Goswami, P., Hall, A., Kanyanga, J.K., Kitoh, A., Kossin, J., Lau, N.-C., Renwick, J., Stephenson, D.B., Xie, S.-P. and Zhou, T. (2013). Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change. In: *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., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

### 图片参考文献



28. ReliefWeb (2017). *Horn of Africa: Humanitarian Impacts of Drought – Issue 1 (as of 18 July 2017)*. The United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/HOA\\_drought\\_updates\\_snapshot\\_18July2017.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/HOA_drought_updates_snapshot_18July2017.pdf)
29. UNCCD (2014). *Desertification: The invisible frontline*. The Secretariat of United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn. [http://www.droughtmanagement.info/literature/UNCCD\\_desertification\\_the\\_invisible\\_frontline\\_2014.pdf](http://www.droughtmanagement.info/literature/UNCCD_desertification_the_invisible_frontline_2014.pdf)
34. UNEP (2009). *From Conflict to Peacebuilding: the role of natural resources and the environment*. United Nations Environment Programme, Geneva. [http://postconflict.unep.ch/publications/pcdmb\\_policy\\_01.pdf](http://postconflict.unep.ch/publications/pcdmb_policy_01.pdf)
35. IAEA (2006). Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine. The Chernobyl Forum: 2003–2005, Second revised version. International Atomic Energy Agency, Vienna. <https://www.iaea.org/sites/default/files/chernobyl.pdf>
36. Normile, D. (2016). Five years after the meltdown, is it safe to live near Fukushima? *Science News*, 2 March 2016. <http://www.sciencemag.org/news/2016/03/five-years-after-meltdown-it-safe-live-near-fukushima>
37. Albert, S., Leon, J.X., Grinham, A.R., Church, J.A., Gibbes, B.R. and Woodroffe, C.D. (2016). Interactions between sea-level rise and wave exposure on reef island dynamics in the Solomon Islands. *Environmental Research Letters*, 11(5), p.054011. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/5/054011/pdf>
38. De Sherbinin, A., Levy, M., Adamo, S., MacManus, K., Yetman, G., Mara, V., Razafindrazay, L., Goodrich, B., Srebotnjak, T., Aichele, C. and Pistolesi, L. (2012). Migration and risk: net migration in marginal ecosystems and hazardous areas. *Environmental Research Letters*, 7, 045602. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/7/4/045602/pdf>
39. Cernea, M.M. (1995). Understanding and Preventing Impoverishment from Displacement: Reflections on the State of Knowledge. *Journal of Refugee Studies*, 8(3), 245-264.
40. Xu, X., Tan, Y. and Yang, G. (2013). Environmental impact assessments of the Three Gorges Project in China: Issues and interventions. *Earth-Science Reviews*, 124, 115-125. <https://www.researchgate.net/publication/260725538>

由于种植商品作物而强占土地越来越普遍  
图片来源: Eky Studio / Shutterstock









2016年,联合国环境署推出了新的年度系列出版物《前沿:全球环境的新兴问题》。该报告指出了广泛的新兴环境问题,并提供了有关见解。这些问题要求政府、利益攸关方、决策者以及广大公众予以关注并采取行动。2016年的第一版《前沿报告》提出了以下六个新兴环境问题。

- 金融领域:推进可持续发展的关键
- 人畜共患病:突发疾病和生态健康之间的模糊界限
- 微塑料:食物链中的危机
- 损失和损害:气候变化对生态系统不可避免的影响
- 金杯毒酒:气候变化时代作物中的毒素积累
- 外来物种消费潮流:活体动物的非法贸易









联合国  
环境署



---

**United Nations  
Environment Programme**

United Nations Avenue, Gigiri  
P O Box 30552, 00100 Nairobi, Kenya  
Tel +254 20 7621234 | [publications@unenvironment.org](mailto:publications@unenvironment.org)  
[www.unenvironment.org](http://www.unenvironment.org)

