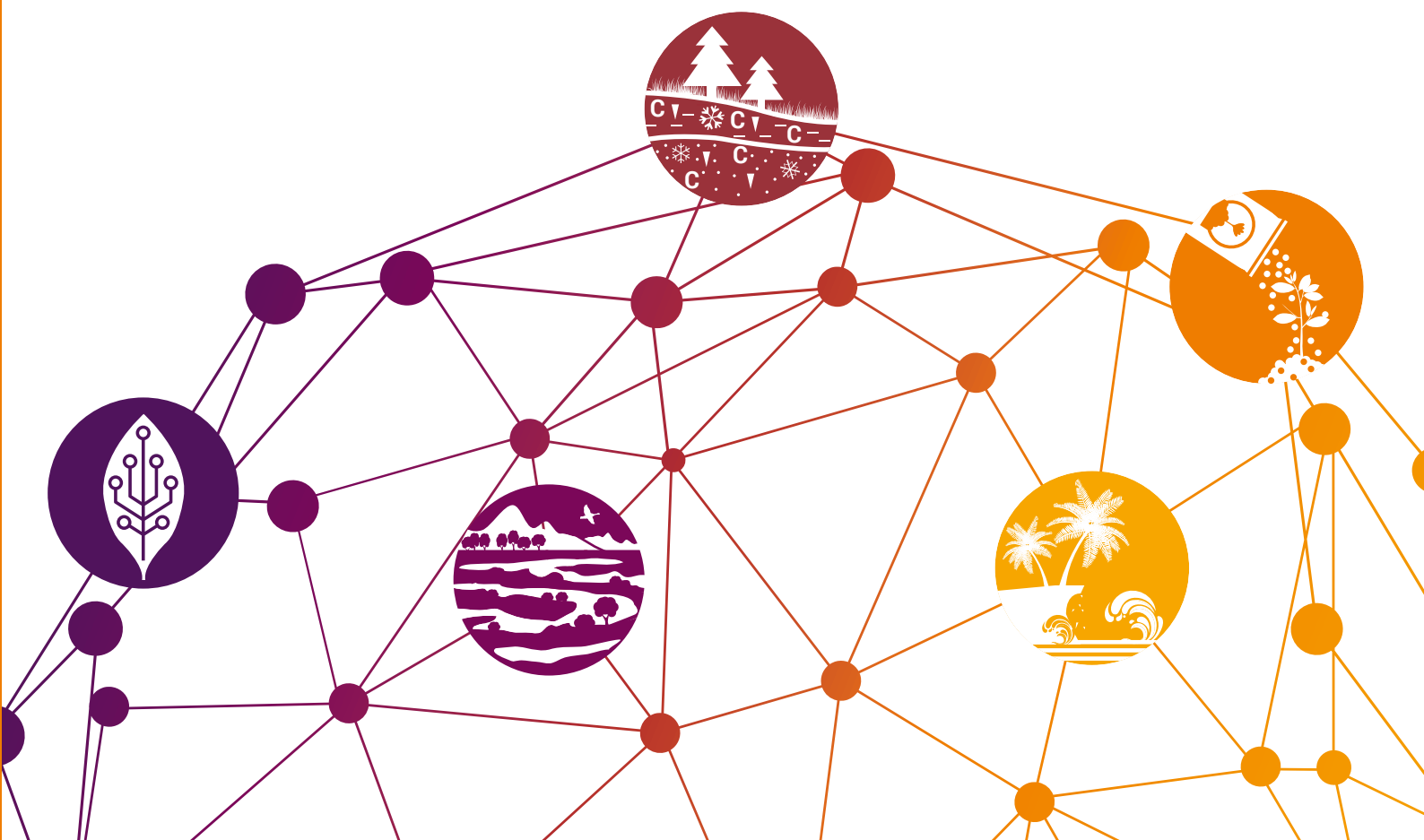


联合国
环境署



2018/19 前沿报告

全球环境的新兴问题



© 2019联合国环境署
ISBN: 978-92-807-3736-3
Job No: DEW/2220/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，请向联合国环境署通信司司长提出申请，说明复制的目的和范围。通信地址为：P. O. Box 30552, Nairobi 00100, Kenya。

本出版物所采用的名称与材料的呈现方式并非表明联合国环境署关于任何国家、领土或城市或其当局的法律地位或其权力的任何意见，亦非关于其边界划定的任何意见。关于出版物中地图用途的一般性指导，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

联合国环境署(2019)。《2018/19年前沿报告》：全球环境的新兴问题。联合国环境署（UNEP），内罗毕，肯尼亚

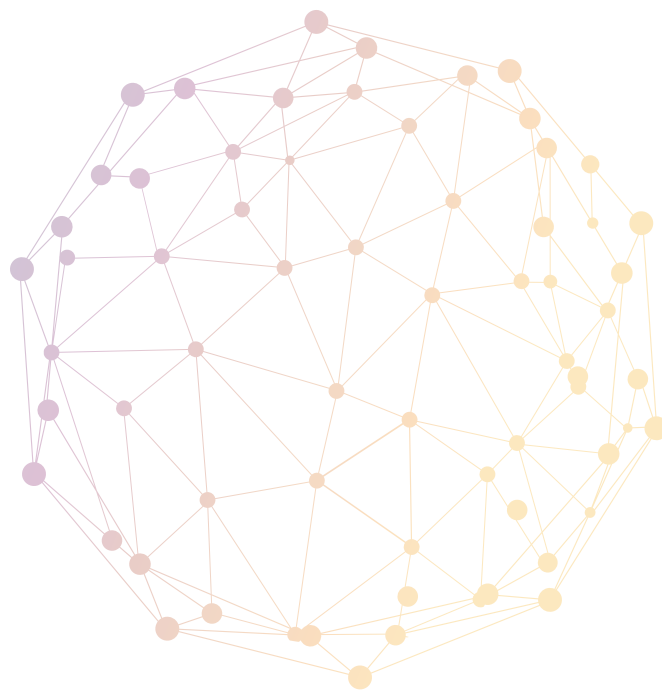
Production

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。

2018/19前沿报告

全球环境的新兴问题





目录

	前言	7
	致谢	8
	合成生物学：重新设计整合环境	10
	机遇和挑战	10
	重写生命代码	12
	重新定义应用：从实验室到生态系统	16
	用智慧创新	18
	参考文献	20
	生态连接度：搭建保护生物多样性的桥梁	24
	把支离破碎的生态系统重新连接起来	24
	推动破碎化的力量	26
	推广连接度解决方案	30
	为未来的连接度设定目标	32
	参考文献	34
	多年冻土区泥炭地：拯救气候变暖下不断缩减的湿地生态系统	38
	加快北极的变革	38
	融化的永久冻土、腐烂的泥炭和复杂的相互作用	40
	增进对多年冻土区泥炭地的认识	44
	知识重点和网络扩展	46
	参考文献	48
	氮固定：从氮循环污染到氮循环经济	52
	全球氮挑战	52
	氮的已知问题和已知的未知问题	54
	政策碎片化和循环经济解决方案	58
	迈向整体式的国际氮处理方法	60
	参考文献	62
	气候变化适应不良：避免陷阱	66
	定义气候变化背景下的适应和适应不良	66
	大规模适应不良	68
	在1.5°C的受限制未来避免适应不良	73
	参考文献	74



前言



在20世纪第一个十年，弗里茨·哈伯（Fritz Haber）和卡尔·博世（Carl Bosch）这两位德国化学家开发出了一种低成本、大规模生产合成氨的方法。他们的发明推动了氮肥的大规模生产，从而改变了全世界的农业。这也标志着我们开始长期干扰地球的氮平衡。现在每年估计有价值2000亿美元的活性氮损失到环境中。活性氮造成我们的土壤退化，污染我们的空气，造成“死区”蔓延和有毒的藻华在我们的水道中爆发。

难怪很多科学家认为“人类世”应该成为当前地质时代的正式名称。在短短几十年时间里，人类导致全球升温的速度比自然升温速度快170倍。我们还故意改变了地球75%以上的陆地表面，并永久改变了全世界93%以上河流的流动。我们不仅引起了生物圈的剧变，而且现在也有能力重新搭建（甚至从零开始创造）生命的构成单元。

每年，由来自世界各地的科学家、专家和机构组成的网络与联合国环境署携手合作，以确定和分析将对我们的社会、经济和环境产生深远影响的新兴问题。其中一些问题与能带来惊人应用和具有不确定风险的新技术有关，而另一些问题则是长期存在的问题，例如野生陆地景观的破碎化和长期冻土的融化问题。另一个问题——氮污染，代表了人类在生物圈中数十年的活动产生的意外后果。虽然这里分析的最后一个问题——气候变化适应不良，凸显了我们未能充分和恰当地适应我们周围不断变化的世界。

但还是要报告一些好消息。正如您稍后将看到的一样，应对氮管理全球挑战的整体式方法正在开始出现。在中国、印度和欧盟，我们正在看到减少氮肥损失和提高氮肥效率的新举措。最终，氮和其他有价值的营养素和材料的回收和再循环利用能帮助我们以清洁和可持续的方式耕种，这是真正的循环经济的标志。

前沿报告中审查的问题应该提醒我们，无论我们何时干涉自然，无论我们在全球范围还是在分子层面进行干涉，我们都在冒着使我们的地球家园遭受长期影响的风险。但通过具有远见的行动和共同努力，我们能够防患于未然，并制定能够惠及我们所有人以及子孙后代的解决方案。

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Joyce Msuya". The signature is stylized and fluid.

乔伊斯·姆苏亚(Joyce Msuya)
代理执行主任
联合国环境署

致谢

合成生物学：重新设计整合环境

首席作者

Bartłomiej Kolodziejczyk, H2SG Energy Pte. Ltd., 新加坡
Natalie Kofler, 耶鲁生物圈研究所, 耶鲁大学, 康涅狄格州, 美国

撰稿人和审稿人

Mariana Araya, 《生物多样性公约》, 蒙特利尔, 加拿大
James Bull, 自然科学学院, 德克萨斯大学奥斯汀分校, 德克萨斯州, 美国
Jackson Chamber, 生物统计与计算生物学系, 康奈尔大学, 纽约州, 美国
Chen Liu, 生物统计与计算生物学系, 康奈尔大学, 纽约州, 美国
Yongyuth Yuthavong, 泰国国家科学技术发展署, 巴吞他尼, 泰国

生态连接度：搭建保护生物多样性的桥梁

首席作者

Gary Tabor, 大型陆地景观保护中心, 蒙大拿州, 美国

撰稿人和审稿人

Maya Bankova-Todorova, 穆罕默德本扎耶德物种保护基金, 阿布扎比, 阿拉伯联合酋长国
Camilo Andrés Correa Ayram, 亚历山大冯洪堡生物资源研究所, 波哥大, 哥伦比亚
Leticia Couto Garcia, 马托格罗索联邦大学, 大坎普, 巴西
Valerie Kapos, 联合国环境署-世界保护监测中心, 剑桥, 英国
Andrew Olds, 科学与工程学院, 阳光海岸大学, 墨尔本, 澳大利亚
Ileana Stupariu, 地理系, 布加勒斯特大学, 罗马尼亚

多年冻土区泥炭地：拯救气候变暖下不断缩减的湿地生态系统

首席作者

Hans Joosten, 格赖夫斯瓦尔德大学 / 格赖夫斯瓦尔德大学沼泽中心, 格赖夫斯瓦尔德, 德国

撰稿人和审稿人

Dianna Kopansky, 联合国环境署, 内罗毕, 肯尼亚
David Olefeldt, 农业、生命和环境科学学院, 埃德蒙顿, 阿尔伯塔大学, 加拿大
Dmitry Streletskiy, 地理系, 乔治华盛顿大学, 华盛顿特区, 美国

氮固定：从氮循环污染到氮循环经济

首席作者

Mark Sutton, 生态与水文中心, 爱丁堡, 英国
Nandula Raghuram, 德里洲际大学, 新德里, 印度
Tapan Kumar Adhya, 卡林加工业技术研究所, 布巴内斯瓦尔, 奥里萨邦, 印度

撰稿人和审稿人

Jill Baron, 美国地质调查局, 科罗拉多州, 美国
Christopher Cox, 联合国环境署, 内罗毕, 肯尼亚
Wim de Vries, 瓦格宁根大学, 瓦宁根, 荷兰
Kevin Hicks, 斯德哥尔摩环境研究所, 约克, 英国
Clare Howard, 生态与水文中心, 爱丁堡, 英国
Xiaotang Ju, 农业资源与环境科学学院, 中国农业大学, 北京, 中国
David Kanter, 艺术与科学学院, 纽约大学, 纽约州, 美国
Cargele Masso, 国际热带农业研究所, 伊巴丹, 尼日利亚

Jean Pierre Ometto, 国家太空研究院, 圣若泽多斯坎波斯, 巴西

Ramesh Ramachandran, 国家可持续海岸管理中心, 环境、森林和气候变化部, 金奈, 印度

Hans Van Grinsven, 荷兰环境评估署, 海牙, 荷兰

Wilfried Winiwarter, 国际应用系统分析研究所, 拉克森堡, 奥地利

气候变化适应不良：避免陷阱

首席作者

Catherine McMullen, 斯德哥尔摩环境研究所, 曼谷, 泰国

撰稿人和审稿人

Thomas Downing, 全球气候适应伙伴关系, 牛津, 英国

Anthony Patt, 环境决策研究所, 苏黎世联邦理工学院, 苏黎世, 瑞士

Bernadette Resurrección, 斯德哥尔摩环境研究所, 曼谷, 泰国

Jessica Troni, 联合国环境署, 内罗毕, 肯尼亚

特别鸣谢：

Alexandra Barthelmes和Cosima Tegetmeyer, 格赖夫斯瓦尔德沼泽中心, 德国; Marin Klinger, 国家冰雪数据中心, 科罗拉多州, 美国; Salome Chamanje、David Cole、Nicolien Delange、Angeline Djampou、Philip Drost、Virginia Gitari、Jian Liu、Ariana Magini、Nada Matta、Pauline Mugo、Susan Mutebi-Richards、Shari Nijman、Andreas Obrecht、Samuel Opiyo、Moses Osani、Roxanna Samii、Rajinder Sian、Nandita Surendran和Josephine Wambua, 联合国环境署

制作顾问

Maarten Kappelle和Edoardo Zandri, 联合国环境署

制作团队

主编：Pinya Sarasas, 联合国环境署

技术支持：Allan Lelei, 联合国环境署

文字编辑：Alexandra Horton, 英国

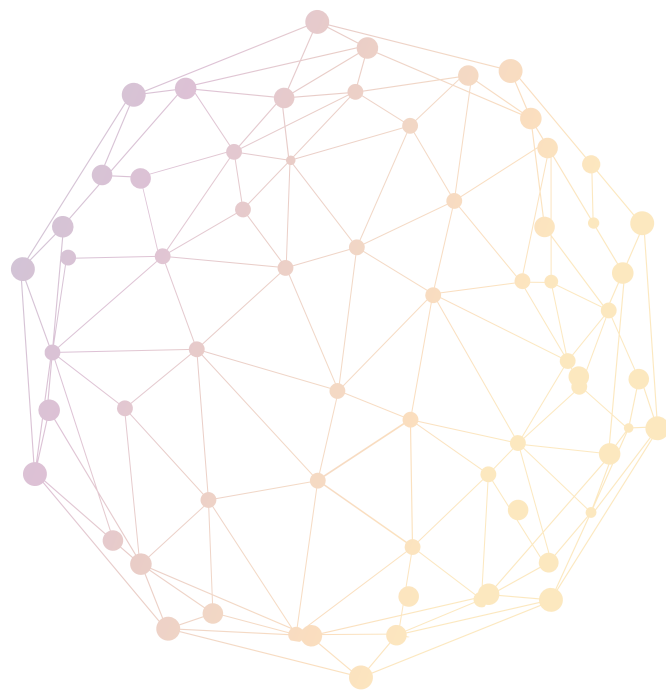
图形、设计和排版

美术设计：Audrey Ringler, 联合国环境署

制图：Jane Muriithi, 联合国环境署

印制

联合国内罗毕办事处/印刷服务科/内罗毕, ISO 14001:2004-认证





图片来源: ALEX_UGALEK / Shutterstock

生态连接度： 搭建保护生物多样性的桥梁

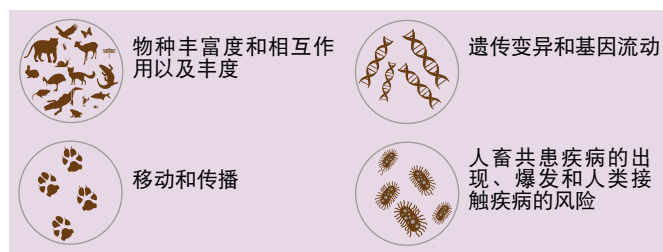
把支离破碎的生态系统重新连接起来

大自然曾经广袤无边，但在21世纪的工业化世界，情况已发生了变化。在全球范围内，陆地景观与海洋景观正在变得更加支离破碎。野生动物不再像从前那样能够自由自在地流浪，自由流动的河流越来越少。在热带海岸线沿线，曾经连绵不绝，渐次分布的红树林、海草草甸和珊瑚礁现在变得更加支离破碎，破坏了基本生产力和生态系统在自然和人为干扰后的复原力。¹ 自然陆地景观破碎化的结果是哺乳动物和其他物种现在移动的距离比以前的一半还要少。² 这种受限的迁徙、扩散、交配、觅食和茁壮成长的能力意味着野生动物陷入面临更大灭绝威胁的境地。

破碎化是陆地景观转型和破坏的典型症状。栖息地变成碎片有三个特殊效应：栖息地总面积的减少和质量的下降，小块栖息地斑块更加孤立，与栖息地碎片的人工边界相关的干扰增多，又名“边缘效应”。³⁻⁶ 孤立的，面积更小的栖息地斑块意味着每块栖息地的物种和种群较少，各栖息地斑块之间的相互作用有限。增加的碎片边缘使斑块内的种群暴露于边界沿线的外部干扰。最终，当一个斑块面积变得过小、过于孤立时，可存活的种群和物种丰富度将再也无法维持。⁵ 破碎化最终导致生态功能相继出现紊乱，呈螺旋式下跌，从食物网的瓦解，到关键的生态过程如矿物质和营养素的流失，再到物种的直接灭绝。^{3,5,7-9}

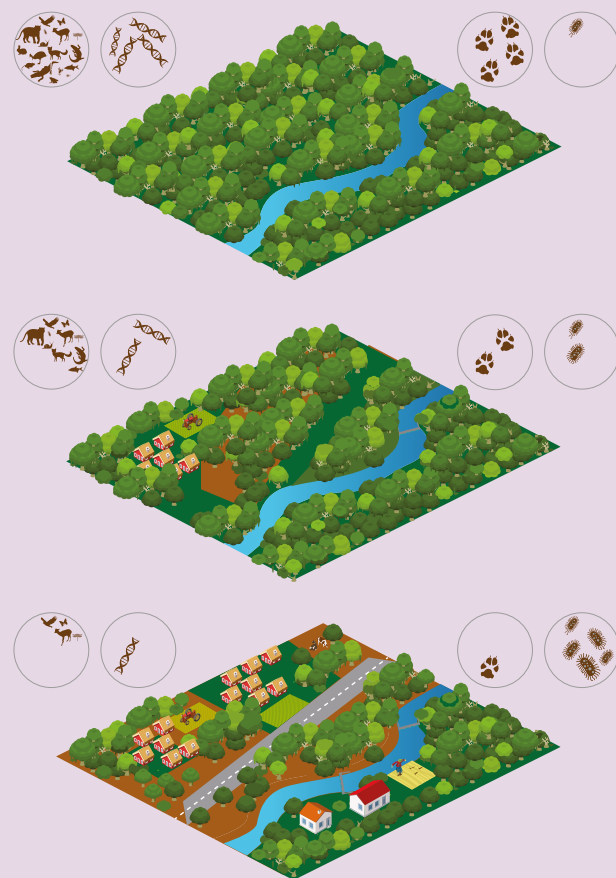
维持或恢复破碎化的栖息地或陆地景观斑块之间的连接度已被确定为抵消破碎化诸多负面影响的关键。¹⁰ 连接度可定义为陆地景观与海洋景观允许物种自由移动，生态过程毫无阻碍地发挥作用的程度。建立在岛屿生物地理学研究和物种集合种群研究基础上的科学证据压倒性地表明，相互连接的栖息地在保护物种和生态功能方面更加有效。^{11,12} 相互连接的生态群落和栖息地斑块维持着重要的生态过程，如授粉、生产力、分解以及生化和营养素循环。生态连接度还能通过加强对气候变化等破坏性威胁的生态复原力，帮助物种适应未来的环境条件并缓冲变化。¹³

虽然优势明显，但世界各国目前缺乏实施连接度保护的一致方法。评估连接度保护取得成功的最佳措施是什么？政府和环保主义者如何建立走廊，设计生态网络或确定连接度保护工作的有效性？通过指定更多或规模更大的保护区来保护未受损害的陆地景观与海洋景观是可行的，但需要在政治、社会和经济方面做出困难的选择。^{14,15} 作为保护目标的连接度要求各利益攸关方共同确定目标，以确保多方面的考虑和可实施的协调行动。公共和私营部门必须共同努力才能取得有效成果，因为无论是在社区层面，还是全球范围内，阻止生物多样性丧失和减少对生态系统的影响是这两个部门的共同责任。在许多情况下，连接度工作可以将当地社会经济问题纳入更大的保护框架。



栖息地破碎化

约40%的陆地生态系统已被转变为农业陆地景观。¹⁶ 改变土地和河流供人类使用导致栖息地的破碎化。被人类活动包围的较小、更加孤立的栖息地碎片不太可能维持动植物居民的功能和生存。栖息地破碎化会对丰富性、分布、移动、物种丰富度和相互作用，繁殖和遗传多样性产生负面影响。⁵ 它破坏物种适应新气候条件的能力。¹⁷



推动破碎化的力量

人类社会正在以前所未有的方式改变地球的生物圈并重塑其生态。最新研究表明，地球75%以上的陆地表面已被人类改变。¹⁸⁻²¹ 人口压力、发展中的城市化、农业扩张、污染和基础设施开发作为推动破碎化的力量共同发挥着作用。一些土地利用预测估计，到2050年，将清理大约10亿公顷热带土地专门用于满足农业需求。²² 海洋环境对这些趋势的免疫力更低：新研究表明在全世界的海洋中，只有13%左右仍被划为海洋荒野，远低于许多保护主义者的预期。²³

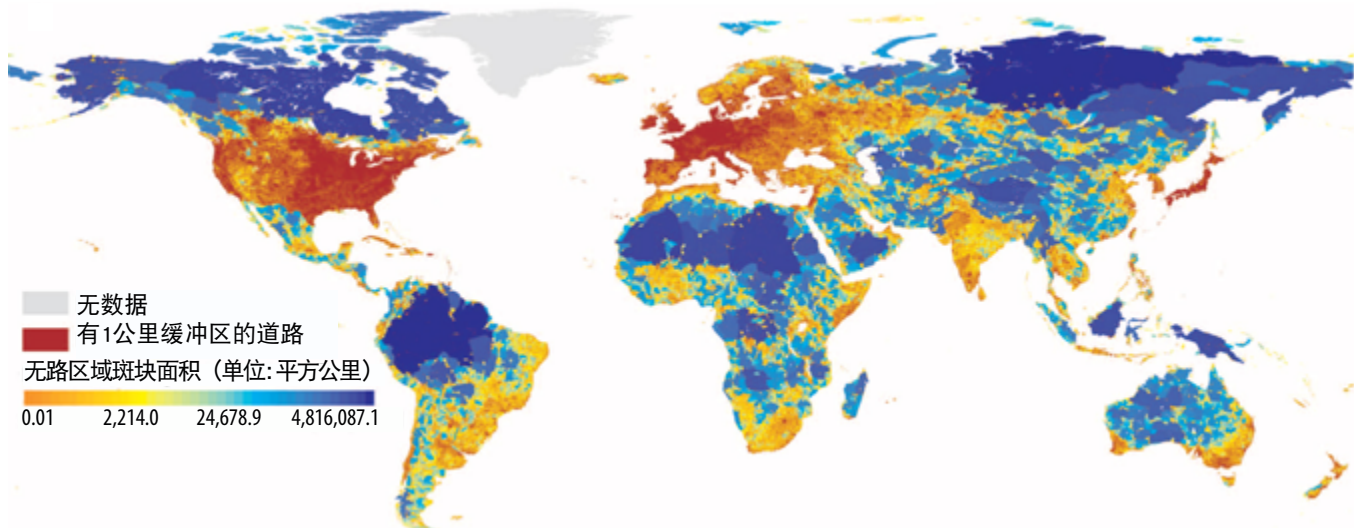
线性基础设施往往是现代发展的“矛尖”。人们正在以创纪录的速度建造公路、铁路、管道、围栏和运河，尤其是在以前未开发的偏远热带地区。预计90%的新道路建设将发在发展中国家。在发现了全世界近60%老虎种群的印度，其重要的老虎走廊受

到新规划的4300公里国道和邦道的威胁。²⁵ 到2050年，预计全球将有2500多万公里新公路，总长度比2010年现存公路增加60%。²⁶

自由流动的河流是陆地景观和河口的生态命脉，正在进行的水坝建设的大小和规模导致的破碎化使它们面临挑战。大型水坝将全球59%的河流划分为不同部分，扰乱了全球河流量93%的自然流动，近28%的流量被认为处于严格或严厉流量调节之下。²⁷ 仅在亚马逊流域，目前正在开发、建设或规划的就有400多个大坝项目。²⁸ 大坝建设、道路建设和森林砍伐共同破坏了内陆河流域的生态完整性，也给其他人类经济和娱乐活动造成了实际影响。例如，淡水连接度每年为亚马逊流域的渔业经济贡献约2亿美元，为大约20万名垂钓者提供就业机会。²⁹

河流、陆地景观和海岸线密不可分。连接度也是承认大自然作为各部分之和进行运转。水生和陆地系

道路造成的陆地景观破碎化



对含有全世界3600万公里道路的数据集的分析表明，道路已将地球陆地景观分割成60多万个斑块。在这些斑块中有一半以上处于任一条道路的1公里范围内（红色）。靠近蓝色阴影是距离所有道路更远，受到道路影响较小的陆地斑块。

资料来源：Ibisch等人(2016)³⁰

2000年和2017年的巴西北部的欣古河



2011年贝洛蒙特水电站大坝项目的建设彻底改变了欣古河。河流80%以上的流量被转移，导致大面积干涸并直接影响了该地区的土著社区和野生动植物。

图片来源: Joshua Stevens / NASA Earth Observatory

统之间的连接度对于生态完整性至关重要，但这些要素往往被作为独立的单位管理。例如，研究表明，在温带生态系统中，砾石床河流泛滥平原的足迹远远超出了河岸带。这种对地下陆地生态学项目的影响超出了可见的河道及其三角洲，延伸到海洋领域。自由流动的河流系统把从微生物到灰熊的水生、鸟类和陆地群落连接起来，对沿线陆地景观与海洋景观的生物地球化学构成影响。³¹

▶ 视频：种子传播和森林破碎化



视频链接: <https://www.youtube.com/watch?v=0m6AJWZ2p8I> © HHMI BioInteractive
图片来源: Jess Kraft / Shutterstock

陆地景观破碎化和连接度

陆地景观破碎化是将大而连续的栖息地细分成更小、更孤立的碎片或斑块。

陆地景观连接度是衡量特定陆地景观允许动物和其他生态流自由流动程度的指标。

随着气候变暖，保持不同温度区域之间的连接度能使生物体沿着**温度梯度**运动，从而使物种适应

连接度良好的空间允许物种迁移到新的栖息地，特别是当它们需要**适应气候变化**时。



河流的破碎化主要是由大坝和水库造成的，它们切断了上游和下游生态系统的联系，影响了物种扩散和迁移的途径，以及有机物和无机物的运输。

全世界计划建设**3700多座大型水电站大坝**。

道路改变了某些物种的行为。研究发现，像刺猬、响尾蛇、海龟、红松鼠和蜗牛这样的动物不会穿过道路。

公路和铁路等交通基础设施干扰了野生动物的移动。

道路宽度、交通负荷和道路弯曲等因素也会影响被杀死的物种数量。

已发现**栖息地破碎化**导致**顶端食肉动物**数量减少

一项全球研究发现，**177种哺乳动物**已经失去了超过**30%**的地理范围，其中**40%**的物种种群出现大幅下降。

陆地海洋连接度包括生物迁移、水文循环、营养素输送和其他气候过程，它们对沿海和全球生态系统都至关重要。

连接度增强了植物和动物间的相互作用，如授粉和种子传播。在连接更紧密的地区，植物能结出更多的果实。



到2030年，全球近**40%**的河流将出现**严重碎片化**

现代林业做法降低了陆地景观的连接度

关于亚马逊的一项主要研究得出结论认为，保护亚马逊避免人类活动影响并确保其抵御气候变化的最佳方法是建立**非常广大、广泛并且相互连接**的自然保护区。

全世界**59%**的河流流域都有大型水坝，到**2030年**这个数字将达到**75%**。

生态走廊是把栖息地连接起来的植被带，能促进动植物的运动。

“垫脚石”是分布在整个陆地景观中的相对较小的原生植被斑块，能促进物种移动和远距离扩散。

“垫脚石”允许物种在孤立的栖息地之间移动，并开拓新的栖息地。

在自然保护区之间建立走廊有助于栖息地的连接度，从而增加保护区的物种丰富度。

在巴西，一项对高度敏感的鸟类物种的研究发现，**连接度更好的森林**比连接度较差的森林拥有更多鸟类物种。

连接度良好的海洋栖息地更能适应气候变化。

连接度对于**热带和亚热带沿岸浅海**的生物体至关重要，它们依赖于在珊瑚礁、红树林、河口和河流生态系统之间的迁移。

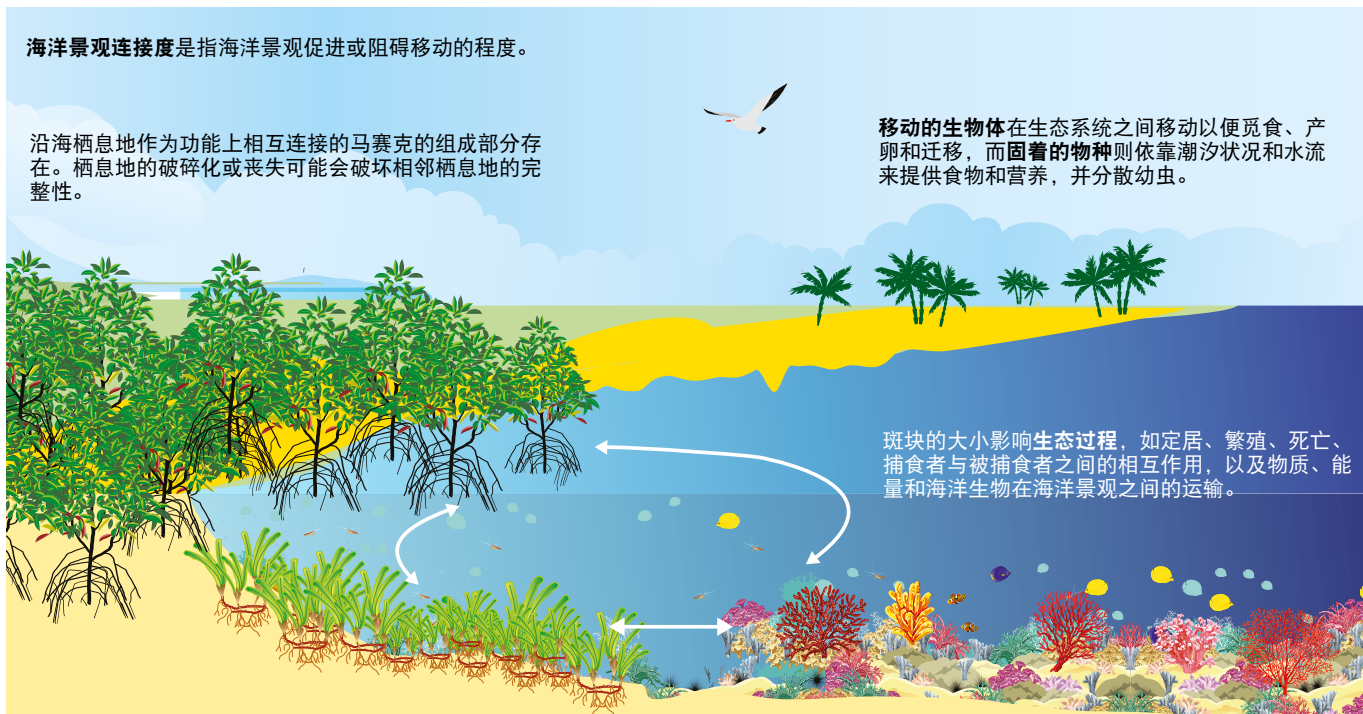
一项研究发现，在澳大利亚的摩顿湾，在与**红树林连接度更高的珊瑚礁斑块**，物种丰度高要于那些与红树林隔离开的珊瑚礁斑块。

推广连接度解决方案

连接度保护是解决破碎化问题的良药，在对自然的威胁规模达到大量消耗人力和财政响应能力的程度时，一些国家正在采取渐进式措施。在巴西，连接度保护是该国雄心勃勃的努力的基础，这些努力旨在支离破碎的大西洋雨林（大西洋沿岸森林）中恢复可行的栖息地连接度。某些濒危物种，例如金狮面狨，始终是旨在把孤立种群连接起来的恢复项目的重点。已经证明有针对性的恢复能在曾经破碎化的森林区块中减少物种灭绝率。³² 现在，连接度已成为巴西各种生物多样性政策规定的目标。

《巴西森林法》和巴西的《原生植被保护法》明确强调连接度是陆地景观恢复和栖息地保护的重要战略。^{33,34} 萨尔瓦多政府最近建议将2021-2030年宣布为“联合国生态系统恢复十年”，旨在恢复和加强陆地景观连接度和生态功能。

海洋景观连接度



在非洲，坦桑尼亚政府最近通过了新的《野生动物保护法》，该法强调需要在其保护区内加强野生动物走廊保护。在肯尼亚，大多数野生动物生活在保护区外，而且县一级的规划工作刚刚开始。肯尼亚野生动物管理局系统地编制了该国主要野生动物走廊和扩散区目录，并制定了国家野生动物走廊政策。³⁵

在全球海洋领域内，连接度在三个维度发挥作用，因为水柱为运动生态学增加了一个额外变量。海洋本身就是连接媒介。因此，海洋连接度以多种方式表现出来，其中包括海洋和海岸的连接、海面和海底的相互作用以及作为海流动力学的一部分。³⁶ 作为海洋保护基石的海洋保护区几乎不可能在这种高度连接的环境中作为生态隔离区发挥作用。因此，海洋有助于建立生态网络，跨越时空地将关键栖息地连接起来。

此外，许多海洋物种的复杂生命历史已随着这个流动世界的运动动力学发生演变。对于许多幼小的海洋物种，海草和红树林沼泽是公认的育幼栖息地，这些物种然后往往需要前往珊瑚礁、海底山脉或其他水域发育成熟。人们强调海洋景观连接度是海洋保护和空间规划以及恢复工作的关键指导原则；然而，在实践中海洋景观连接度很少被纳入海洋保护区网络的设计之中。³⁶⁻³⁹这主要是由于在设计阶段，关于连接度多个方面的定量数据稀缺，例如不同生命阶段的关键物种的分散和运动模式，保护区内外的生态连接度，以及栖息地类型之间的生态连接度以及种群间的遗传连接度。^{10,38-40}尽管如此，关于加勒比海地区、佛罗里达群岛、所罗门群岛、摩顿湾和澳大利亚大堡礁的连接度与海洋保护区表现之间相互作用的研究证明了更好的连接度对于生态的重要意义。在这些保护区内观察到了对渔业资源量、物种丰富度和组成、补充和各种生态过程的积极影响。^{10,41-44}

国际社会已努力推广连接度解决方案。2016年，国际自然保护联盟（IUCN）成立了连接度保护专家组（CCSG），以促进和激励日益增长的连接度保护做法。CCSG由来自80个国家的约900名成员组成，致力于通过开发网络和通过科学、工程和政策方面的专业知识的融合提供指导，建立在全球实行一致的连接度保护做法的能力。

▶ 视频：什么是海洋连接度？



视频链接：<https://www.youtube.com/watch?v=MowPR5GYqKM>
图片来源：Damsea / Shutterstock

© Ifremer

▶ 视频：红蟹的幕后故事 迁徙—圣诞岛2012



视频链接：<https://www.youtube.com/watch?v=n9yl51LQ0sl>
图片来源：David Stanley

© Parks Australia

为未来的连接度设定目标

爱知生物多样性目标作为《生物多样性公约》（CBD）实施2011-2020年生物多样性战略计划的一部分得到通过，其中涵盖了陆地景观与海洋景观的连接度问题。爱知生物多样性目标11指出，全世界至少17%的陆地和内陆水域以及10%的沿海和海洋区域将得到具有良好连接度的保护区系统的保护。然而，许多科学家认为，当前的生物多样性保护应该有一个更加远大的目标。^{45,46} 保护科学界认为，平均而言，需要管理所有陆地和海洋的50%，才能支撑保持大自然和关键的行星健康阈值的生态过程，其中包括支持人类生计的生态系统服务。^{4,14,15} 对于许多具有全球生态意义的地区，更大胆的目标获得了科学上的保证及政治支持。例如，亚马逊流域需要得到更大的保护以维持这一广大流域的区域和全球水文和气候功能。陆地景观模型预测，如果亚马逊失去20%以上的森林，情况就会出现阈值翻转，转而支持热带稀树草原而不是森林，从而对全球气候模式产生影响。⁴⁷ 在实施爱知生物多样性目标时，巴西政府设立了自己的目标——保护亚马逊30%的区域，同时确保其境内的其他生物群落能够单独实现17%的目标。⁴⁸ 将于2020年10月在中国进行关于《生物多样性公约》未来十年战略计划的谈判，该计划将涵盖2021-2030年。可以把爱知生物多样性目标11设计得更加远大，并符合到2050年实现“50%用于大自然”（50% for Nature）的愿望，这令保护界满怀热情。

虽然工作的许多重点放在了实现土地、淡水和海洋的保护百分比上，但人们也认识到，在修改连接度良好的保护区的要素和其他基于区域的有效保护措施方面可以做更多工作。科学明确证明了相互连接的保护区是更有效的保护区。^{49,50} 通过生态网络把破碎化的陆地景观与海洋景观连接起来能有效地增强大自然的功能，并促进更加雄心勃勃的保护方法。



野生生物走廊是被广泛接受的保护物种迁徙的连接度战略。走廊的设计往往侧重于特定物种，例如北美的叉角羚、亚洲的老虎和南美的斑点美洲虎。根据所关注的物种和陆地景观的限制，走廊的形状和大小各异，从不连续的线性小径到一系列方便鸟类或海龟迁徙的“垫脚石”栖息地斑块。

连接区是较大的陆地景观或海洋景观区域，它们为各种物种和生态过程提供服务，以保持连接度。这些区域包括大片陆地或海洋，有利于保护区之间的分散，这一点在东非等地至关重要，因为这些地区的绝大多数野生动物都在保护区外。连接区还促进动物、物质和能量在栖息地斑块之间移动或在保护区内不同生态系统之间移动。

渗区是保护主义者使用的最大规模的概念，使用它在保护区以外人类主导区域保护连接度价值。这些区域支持物种移动和/或生态过程的季节性需求或空间范围，例如春池或特定的淡水水文流。

科学家们提出把**气候走廊**作为保护物种沿温度梯度移动的手段；这些相同的走廊往往充当“气候庇护所”。⁵¹ 一些连接度保护工作，例如澳大利亚的大东部山脉倡议，明确将气候复原力纳入其目标。⁵²

目前，全世界有14.7%的土地被保护区覆盖，其中不到一半的覆盖范围是相互连接的。⁵⁰ 正如这一统计数据所表明的那样，有很多机会改善全球保护区之间的连接度。如果全世界寻求迅速采取大规模保护行动，那么通过生态网络把保护区连接起来将带来希望。

在更广泛的保护实践中，连接度保护的应用仍处于初期阶段，要完善最佳做法还有很多东西要学习。^{53,54} 作为一种新兴的做法，生态连接度保护的实施在保护区以外面临最大挑战。对线性基础设施开发等推动破碎化的力量造成的影响加以限制，这显然是一项关键需求。教育政策制定者、政府机构和当地社区利益攸关方，让他们了解生态连接度的重要性同样至关重要。虽然一些国家可以采取监管措施来保护连接度，但绝大多数生态连接度工作将依赖于基于激励的参与性保护方法。⁵⁵ 通过把连接度目标纳入环境影响评估以及各种保护金融和税收激励方案，对现有环境政策的调整能促进连接度保护的更广泛采用。

仅靠保护区无法拯救生物多样性，也无法保护使地球上的生命得以延续的相互连接的生态功能。连接度是生态学的体现，而生态学是互相依赖的科学。这是势在必行的，因为相互连接的土地、淡水和海洋是完好无损的大自然的生命线。因此，相互连接的生态网络是维持和恢复生态和进化过程、避免灭绝，保护对人类和所有生命至关重要的陆地、淡水和海洋生态系统的最佳机会。连接度可以确保全世界的生态系统更具复原力，更能适应全球变化，并有能力维持生态完整性，满足当代和子孙后代的需求。按照设计，连接度保护创造了生物多样性保护安全网络，并最终为人类创造了安全网络，直至战胜造成破碎化的力量为止。

垫脚石和交叉口

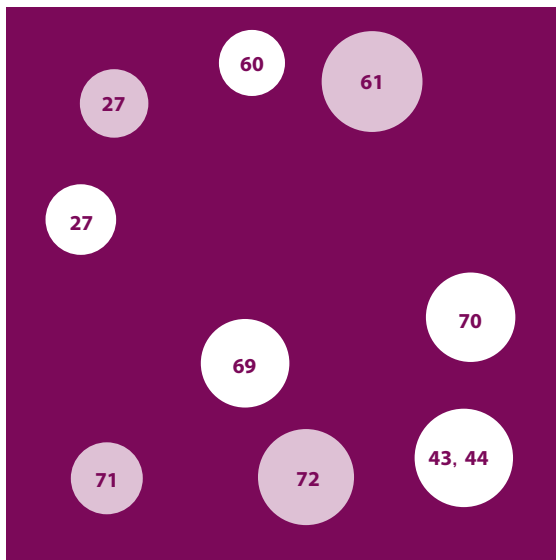


参考文献

- Cullen-Unsworth, L.C. and Unsworth, R. (2018). A call for seagrass protection. *Science* 361(6401), 446-448. <https://doi.org/10.1126/science.aat7318>
- Tucker, M.A., Böhning-Gaese, K., Fagan W.F., Fryxell J.M., Van Moorter, B., Alberts, S.C. *et al.* (2018) Moving in the Anthropocene: Global reductions in terrestrial mammalian movements. *Science* 359(6374), 466-469. <https://doi.org/10.1126/science.aam9712>
- Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A., Holt, R.D. *et al.* (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances* 1(2), e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Wilson, E.O. (2016). *Half-Earth: our planet's fight for life*. London: W.W. Norton & Company
- Fahrig, L. (2003) Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 34, 487-515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Laurance, W.F., Nascimento, H.E.M., Laurance, S.G., Ana Andrade, A., Ewers, R.M., Harms, K.E. *et al.* (2007) Habitat fragmentation, variable edge effects, and the landscape-divergence hypothesis. *PLoS ONE* 2(10), e1017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001017>
- Crook, D.A., Winsor, H., Lowe, W.H., Allendorf, F.W., Eros, T., Finn, D.S., Gillanders, B.M. *et al.* (2015) Human effects on ecological connectivity in aquatic ecosystems: Integrating scientific approaches to support management and mitigation. *Science of The Total Environment* 534, 52-64. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.034>
- Crooks, K.R., Burdett, C.L., Theobald, D.M., King, S.R.B., Di Marco, M., Rondinini, C. *et al.* (2017) Quantification of habitat fragmentation reveals extinction risk in terrestrial mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(29), 7635-7640. <https://doi.org/10.1073/pnas.1705769114>
- Laurance, W.F., Camargo, J.L.C., Luizão, R.C.C., Laurance, S.G., Pimm, S.L., Bruna, E.M. *et al.* (2011) The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation* 144(1), 56-67. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.021>
- Olds, A.D., Connolly, R.M., Pitt, K.A., Pittman, S.J., Maxwell, P.S., Huijbers, C.M. *et al.* (2015). Quantifying the conservation value of seascape connectivity: a global synthesis. *Global Ecology and Biogeography* 25, 3-15. <https://doi.org/10.1111/geb.12388>
- MacArthur, R.H. and Wilson, E.O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Gilbert-Norton, L., Wilson, R., Stevens, J.R. and Beard, K.H. (2010). A meta-analytic review of corridor effectiveness. *Conservation Biology* 24(3), 660-668. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01450.x>
- Heller, N.E. and Zavaleta, E.S. (2009). Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation* 142(1), 14-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.006>
- Noss, R.F., Dobson, A.P., Baldwin, R., Beier, P. Davis, C.R., Dellasala, D.A. *et al.* (2012) Bolder thinking for conservation. *Conservation Biology* 26(1), 1-4. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01738.x>
- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N.D., Wikramanayake, E. *et al.* (2017). An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *BioScience* 67(6), 534-545. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix014>
- Barnosky, A.D., Hadly, E.A., Bascompte, J., Berlow, E.L., Brown, J.H., Fortelius, M. *et al.* (2012). Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature* 486(7401), 52. <https://doi.org/10.1038/nature11018>
- McGuire, J.L., Lawler, J.J., McRae, B.H., Nunez, T.A. and Theobald, D.M. (2016). Achieving climate connectivity in a fragmented landscape. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(26), 7195-7200. <https://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1602817113>
- Ellis, E.C., Goldewijk, K.K., Siebert, S., Lightman, D. and Ramankutty, N. (2010). Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography* 19(5), 589-606. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00540.x>
- Oakleaf, J.R. and Kennedy, C.M. (2016). Comparison of global human modification and human footprint maps. *The Nature Conservancy*. http://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/lands/science/publications/Documents/HM_HF_comparison_documentation.pdf
- Venter, O., Sanderson, E.W., Magrath, A., Allan, J.R., Beher, J., Jones, K.R. *et al.* (2016). Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature Communications* 7, 12558. <https://doi.org/10.1038/ncomms12558>
- Watson, J.E.M., Shanahan, D.F., Di Marco, M., Allan, J., Laurance, W.F., Sanderson, E.W. *et al.* (2016). Catastrophic declines in wilderness areas undermine global environment targets. *Current Biology* 26, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.08.049>
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., and Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(50), 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- Jones, K.R., Klein, C.J., Halpern, B.S., Venter, O., Grantham, H., Kuempel, C.D. *et al.* (2018). The location and protection status of Earth's diminishing marine wilderness. *Current Biology* 28(15), 2506-2512. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.06.010>
- Laurance, W.F., Clements, G.R., Sloan, S., O'Connell, C.S., Mueller, N.D., Goosem, M. *et al.* (2014). A global strategy for road building. *Nature* 513(7517), 229. <https://doi.org/10.1038/nature13717>
- Habib, B., Rajvanshi, A., Mathur, V.B., and Saxena, A. (2016). Corridors at crossroads: Linear development-induced ecological triage as a conservation opportunity. *Frontiers in Ecology and Evolution* 4, 132. <https://doi.org/10.3389/fevo.2016.00132>
- Dulac, J. (2013). Global land transport infrastructure requirements - estimating infrastructure capacity and costs to 2050. Paris: International Energy Agency. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TransportInfrastructureInsights_FINAL_WEB.pdf
- Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A.E., MacDonald, G.K., Zarfl, C. and Liermann, C.R. (2015) An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. *Environmental Research Letters* 10(1). <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/1/015001/meta>
- Fundación Proteger, International Rivers and ECOA (2018). Dams in Amazonia website. <http://dams-info.org/>
- Tundisi, J.G., Goldemberg, J., Matsumura-Tundisi, T. and Saraiva, A.C.F. (2014). How many more dams in the Amazon? *Energy Policy* 74, 703-708. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.07.013>

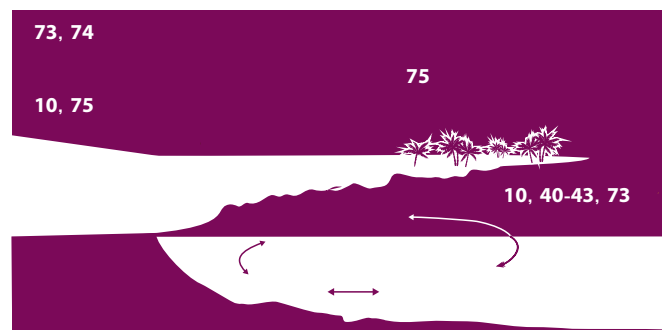
30. Ibsch, P.L., Hoffmann, M.T., Kreft, S., Pe'er, G., Kati, V., Biber-Freudenberger, L., DellaSala, D.A., et al. (2016). A global map of roadless areas and their conservation status. *Science*, 354(6318), 1423-1427. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7166>
31. Hauer, F.R., Locke, H., Dreitz, V.J., Hebblewhite, M., Lowe, W.H., Muhlfeld, C.C. et al. (2016). Gravel-bed river floodplains are the ecological nexus of glaciated mountain landscapes. *Science Advances* 2(6), e1600026. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600026>
32. Newmark, W.D., Jenkins, C.N., Pimm, S.L., McNeally, P.B. and Halley, J.M. (2017). Targeted habitat restoration can reduce extinction rates in fragmented forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(36), 9635-9640. <https://doi.org/10.1073/pnas.1705834114>
33. Garcia, L.C., Santos, J.S., Matsumoto, M., Silva, T.S.F., Padovezi, A., Sparovek, G. et al. (2013). Restoration challenges and opportunities for increasing landscape connectivity under the new Brazilian Forest Act. *Natureza & Conservação* 11(1), 181-185. <http://dx.doi.org/10.4322/natcon.2013.028>
34. Brancalion, P.H.S., Garcia, L.C., Loyola, R., Rodrigues, R.R., Pillar, V.P., and Lewinsohn, T.M. (2016). A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives. *Natureza & Conservação* 14(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.003>
35. Ojwang, G.O., Wargute, P.W., Said, M.Y., Worden, J.S., Davidson, Z., Muruthi, P. et al. (2017). Wildlife Migratory Corridors and Dispersal Areas: Kenya Rangelands and Coastal Terrestrial Ecosystems. Nairobi: Kenya Wildlife Service
36. Carr, M.H., Robinson, S.P., Wahle, C., Davis, G., Kroll, S., Murray, S. et al. (2017). The central importance of ecological spatial connectivity to effective marine protected areas and to meeting the challenges of climate change in the marine environment. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 27(S1), 6-29. <https://doi.org/10.1002/aqc.2800>
37. Magris, R.A., Pressey, R.L., Weeks, R. and Ban, N.C. (2014). Integrating connectivity and climate change into marine conservation planning. *Biological Conservation* 170, 207-221. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.032>
38. Green, A.L., Maypa, A.P., Almany, G.R., Rhodes, K.L., Weeks, R., Abesamis, R.A. et al. (2015). Larval dispersal and movement patterns of coral reef fishes, and implications for marine reserve network design. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 90(4), 1215-1247. <https://doi.org/10.1111/brv.12155>
39. Engelhard, S.L., Huijbers, C.M., Stewart-Koster, B., Olds, A.D., Schlacher, T.A. and Connolly, R.M. (2016). Prioritising seascape connectivity in conservation using network analysis. *Journal of Applied Ecology* 54(4), 1130-1141. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12824>
40. Foster, N.L., Paris, C.B., Kool, J.T., Baums, I.B., Stevens, J.R., Sanchez, J.A., Bastidas, C. et al. (2012). Connectivity of Caribbean coral populations: complementary insights from empirical and modelled gene flow. *Molecular Ecology* 21(5), 1143-1157. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2012.05455.x>
41. Huntington, B.E., Karnauskas, M., Babcock, E.A. and Lirman, D. (2010). Untangling natural seascape variation from marine reserve effects using a landscape approach. *PLoS ONE* 5, e12327. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012327>
42. Valentine, J.F., Heck, K.L., Jr, Blackmon, D., Goecker, M.E., Christian, J., Kroutil, R.M. et al. (2008). Exploited species impacts on trophic linkages along reef-seagrass interfaces in the Florida keys. *Ecological Applications* 18(6), 1501-1515. <https://doi.org/10.1890/07-1720.1>
43. Olds, A.D., Pitt, K.A., Maxwell, P.S. and Connolly, R.M. (2012). Synergistic effects of reserves and connectivity on ecological resilience. *Journal of Applied Ecology* 49(6), 1195-1203. <https://doi.org/10.1111/jpe.12002>
44. Olds, A.D., Albert, S., Maxwell, P.S., Pitt, K.A. and Connolly, R.M. (2013). Mangrove-reef connectivity promotes the functioning of marine reserves across the western Pacific. *Global Ecology and Biogeography* 22(9), 1040-1049. <https://doi.org/10.1111/geb.12072>
45. Butchart, S.H., Clarke, M., Smith, R.J., Sykes, R.E., Scharlemann, J.P., Harfoot, M. et al. (2015). Shortfalls and solutions for meeting national and global conservation area targets. *Conservation Letters* 8(5), 329-337. <https://doi.org/10.1111/conl.12158>
46. Dudley, N., Jonas, H., Nelson, F., Parrish, J., Pyhälä, A., Stolton, S. et al. (2018). The essential role of other effective area-based conservation measures in achieving big bold conservation targets. *Global Ecology and Conservation* 15, e00424. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00424>
47. Zemp, D.C., Schleussner, C.F., Barbosa, H.M., Hirota, M., Montade, V., Sampaio, G. et al. (2017). Self-amplified Amazon forest loss due to vegetation-atmosphere feedbacks. *Nature Communications* 8, 14681. <https://doi.org/10.1038/ncomms14681>
48. Pacheco, A.A., Neves, A.C.O. and Fernandes, G.W. (2018). Uneven conservation efforts compromise Brazil to meet the Target 11 of Convention on Biological Diversity. *Perspectives in Ecology and Conservation* 16(1), 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.12.001>
49. Beier, P. and Noss, R.F. (1998). Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12(6), 1241-1252. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1998.98036.x>
50. Saura, S., Bastin, L., Battistella, L., Mandrici, A. and Dubois, G. (2017). Protected areas in the world's ecoregions: How well connected are they? *Ecological Indicators* 76, 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.047>
51. Krosby, M., Tewksbury, J., Haddad, N.M. and Hoekstra, J. (2010). Ecological connectivity for a changing climate. *Conservation Biology* 24(6), 1686-1689. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01585.x>
52. Pulsford, I., Fitzsimons, J. and Wescott, G. (eds.) (2013). *Linking Australia's landscapes: Lessons and opportunities from large-scale conservation networks*. CSIRO Publishing. <https://doi.org/10.1111/1745-5871.12060>
53. Correa Ayram, C.A., Mendoza, M.E., Etter, A. and Salicrup, D.R.P. (2016). Habitat connectivity in biodiversity conservation: a review of recent studies and applications. *Progress in Physical Geography* 40(1), 7-37. <https://doi.org/10.1177%2F0309133315598713>
54. Worboys, G., Francis, W.L. and Lockwood, M. (eds.) (2010). *Connectivity conservation management: a global guide (with particular reference to mountain connectivity conservation)*. London: Earthscan
55. Watson, J.E.M., Venter, O., Lee, J., Jones, K.R., Robinson, J.G., Possingham, H.P. et al. (2018) Protect the last of the wild, 31 October. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-07183-6>

图片参考文献



56. Didham, R. (2010). The Ecological Consequences of Habitat Fragmentation. Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0021904>
57. Clevenger, A. P. and Wierchowski, J. (2006) Maintaining and restoring connectivity in landscapes fragmented by roads. In Crooks, K. R. and Sanjayan, M. (eds), *Connectivity Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 502–535. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511754821.023>
58. Nuñez, T., Lawler, J., Mcrae, B., Pierce, J., Krosby, M., Kavanagh, D., Singleton, P. et al (2013). Connectivity Planning to Address Climate Change. *Conservation Biology*, 27(2), 407-416. <https://doi.org/10.1111/cobi.12014>
59. Proctor, S., McClean, C. and Hill, J. (2011). Protected areas of Borneo fail to protect forest landscapes with high habitat connectivity. *Biodiversity and Conservation*, 20(12), 2693-2704. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0099-8>
60. Bergsten, A., Bodin, Ö. and Ecke, F. (2013). Protected areas in a landscape dominated by logging – A connectivity analysis that integrates varying protection levels with competition–colonization tradeoffs. *Biological Conservation*, 160, 279-288. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.01.016>
61. Laurance, W. and Useche, D. (2009). Environmental Synergisms and Extinctions of Tropical Species. *Conservation Biology*, 23(6), 1427-1437. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01336.x>
62. Morris, R. (2010). Anthropogenic impacts on tropical forest biodiversity: a network structure and ecosystem functioning perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1558), 3709-3718. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0273>
63. Trombulak, S. and Frissell, C. (2000). Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology*, 14(1), 18-30. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>
64. Chen, H.L. and Koprowski, J.L. (2016). Differential effects of roads and traffic on space use and movements of native forest-dependent and introduced edge-tolerant species. *PLoS ONE*, 11(1), e0148121. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148121>
65. Shepard, D.B., Kuhn, A.R., Dreslik, M.J. and Phillips, C.A. (2008). Roads as barriers to animal movement in fragmented landscapes. *Animal Conservation*, 11, 288-296. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00183.x>
66. Gurrutxaga, M. and Saura, S. (2013). Prioritizing highway defragmentation locations for restoring landscape connectivity. *Environmental Conservation*, 41(02), 157-164. <https://doi.org/10.1017/S0376892913000325>
67. Ceballos, G., Ehrlich, P. and Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30), E6089-E6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>
68. Tewksbury, J., Levey, D., Haddad, N., Sargent, S., Orrock, J., Weldon, A., Danielson, B., et al (2002). Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(20), 12923-12926. <https://doi.org/10.1073/pnas.202242699>
69. Brudvig, L.A., Damschen, E.L., Tewksbury, J.J., Haddad, N.M. and Levey, D.J. (2009). Landscape connectivity promotes plant biodiversity spillover into non-target habitats. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(23), 9328-9332. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0809658106
70. Martensen, A.C., Ribeiro, M.C., Banks-Leite, C., Prado, P.I. and Metzger, J.P. (2012). Associations of forest cover, fragment area, and connectivity with neotropical understory bird species richness and abundance. *Conservation Biology*, 26(6), 1100-1111. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01940.x>

71. Fox, A.D., Henry, L-A., Corne, D.W. and Roberts, J.M. (2016). Sensitivity of marine protected area network connectivity to atmospheric variability. *Royal Society Open Science*, 3: 160494. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160494>
72. Fang, X., Hou, X., Li, X., Hou, W., Nakaoka, M. and Yu, X. (2018). Ecological connectivity between land and sea: a review. *Ecological Research*, 33, 51–61. <https://doi.org/10.1007/s11284-017-1549-x>



73. Grober-Dunsmore, R., Pittman, S.J., Caldwell, C., Kendall, M.S. and Frazer, T.K. (2009). A landscape ecology approach for the study of ecological connectivity across tropical marine seascapes. In: Nagelkerken, I. (ed), *Ecological connectivity among tropical coastal ecosystems*. Springer, Dordrecht, 493–530. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2406-0_14
74. Earp, H.S., Prinz, N., Czielski, M.J. and Andskog, M. (2018). For a world without boundaries: Connectivity between tropical ecosystems in times of change. In S. Jungblut, V. Liebich and M. Bode (eds.), *YOUMARES 8 – Oceans Across Boundaries: Learning from each other*. Proceedings of the 2017 conference for YOUnG MARine RESearchers in Kiel, Germany. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93284-2_9
75. Boström, C., Pittman, S.J., Simenstad, C. and Kneib, R.T. (2011). Seascape ecology of coastal biogenic habitats: advances, gaps, and challenges. *Marine Ecology Progress Series*, 427, 191-217. <https://doi.org/10.3354/meps09051>