

GDP 上升而排放下降 全球上千座城市成功“转绿”

本报讯 一项对全球 2475 座城市进行的评估发现，八成城市的经济增长已不再依赖化石燃料。5月11日，相关研究成果发表于《自然-城市》。

在现代史的大部分时间里，经济增长始终与化石燃料的使用紧密相连。目前全球逾半数人口居住在城市中，而城市化进程往往伴随着生态退化、空气污染和温室气体排放等问题。

这项研究利用卫星数据测算了城市排放的温室气体二氧化氮(NO₂)的水平，并将其与国内生产总值(GDP)进行了对比。结果表明，全球近 2000 座城市已实施了绿色政策，在促进经济繁荣的同时减少了对化石燃料的依赖。

“这项研究揭示了城市在应对 21 世纪可持续性挑战方面的重要性。”美国博伊西州立大学的 Michail Fragkias 说。

在这项研究中，挪威空气研究所的 Daniel Moran 和同事们利用欧盟“哥白尼哨兵-5P”卫星

任务的数据，测算了 2019 年 1 月至 2024 年 12 月城市上空对流层中的 NO₂ 水平。NO₂ 主要来源于车辆、发电厂及工业设施燃料燃烧后的排放。研究团队将这些排放数据与同期各城市的人均 GDP 信息结合起来，构建了一个与化石燃料使用相关的经济活动指标，以此观察全球城市随时间推移的绿色发展轨迹。

研究共纳入 5435 座城市，其中 2919 座城市的 NO₂ 含量未出现显著变化，因此被排除在进一步的分析之外。另有 41 座城市因 GDP 数据不可靠而被剔除。在剩余的 2475 座城市中，80% 的城市在人均 GDP 显著增长的同时，NO₂ 水平显著下降。Moran 和同事们将这些排放量下降且经济日益繁荣的城市称为“绿色城市”。

Fragkias 表示，该研究对“绿色”的定义较为宽泛，但令人鼓舞的是，有 4/5 的城市显现出在不依赖化石燃料的情况下实现可持续发展的迹象，这要归功于绿色政策的实施。

研究显示，中国拥有最多 GDP 增长且排放量下降的城市——共计 719 个，包括北京、上海和成都。Moran 表示，这可能反映了中国强有力的空气质量管理政策，包括关闭或搬迁污染企业、公共交通电气化，以及更严格的排放控制等。

在欧洲，法国巴黎、德国柏林、意大利罗马和荷兰阿姆斯特丹等城市，同样跻身环境更清洁、经济更富裕的城市之列。研究人员认为，这得益于当地设置了低排放区、可持续交通系统和制定了清洁能源政策。然而，仍有 390 座城市符合上世纪的典型趋势，即经济增长伴随化石燃料使用的增加，其中包括沙特阿拉伯利雅得、俄罗斯莫斯科、乌兹别克斯坦塔什干、土耳其伊兹密尔和阿联酋阿布扎比。

这些结果与相关数据相符，例如英国、法国和瑞典等一些国家，十多年来一直在努力实现经济增长与二氧化碳(CO₂)排放脱钩。



图片来源: Pixabay

Fragkias 表示，这项分析仍存在一些局限性。许多城市的 NO₂ 水平并未出现具有统计意义的显著变化，意味着在 5435 座城市中，仅有约 36% 被归类为“绿色城市”。此外，与 CO₂ 排放相比，NO₂ 更能反映化石燃料的使用情况。尽管研究结果表明化石燃料燃烧有所减少，但并不能直接证明这些城市的总排放量、空气污染或整体环境影响降低了。

(文乐乐) 相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s44284-026-00440-0>

谷歌首次发现利用 AI 开发“零日漏洞”攻击工具

据新华社电 美国谷歌公司威胁情报小组 5 月 11 日发布报告说，该小组首次发现网络攻击者利用人工智能(AI)技术开发“零日漏洞”攻击工具。

“零日漏洞”指软件厂商尚未发现或来不及修复的安全漏洞。谷歌威胁情报小组在报告中说，这个“零日漏洞”攻击工具针对一款“流行的开源、基于网页的系统管理工具”，利用 Python 脚本实现，可绕过双重认证。谷歌方面表示，已向受影响公司通报该漏洞，并阻断相关威胁活动。

谷歌威胁情报小组说，从漏洞攻击工具的结构和内容看，该小组“高度确信”网络攻击者很可能借助某种 AI 模型发现并利用了该漏洞，相关编程元素与大语言模型训练数据特征相符。

报告说，AI 技术一方面可用于开展漏洞防御研究，另一方面也降低了网络攻击者逆向分析应用程序、开发复杂漏洞攻击程序的门槛。随着 AI 模型编码能力提升，网络攻击者越来越多地将其用于开发漏洞攻击工具。

谷歌威胁情报小组表示，将继续与安全社区共享相关发现，并通过改进产品防护、停用恶意账号等方式应对风险。(吴晓凌)



一只小海豹身上布满螺旋状伤口。



图片来源: HANNE SIEBERS

一只成年雄灰海豹正在袭击幼崽。

新研究揭示巨型钻石成因

据新华社电 南非开普敦大学主导的一项研究就 CLIPPIR 钻石的形成原因给出新的线索，研究认为这类巨型且罕见的钻石形成与岩石圈地幔异常富铁的区域有关。相关论文于近期发表于《自然-通讯》。

CLIPPIR 钻石名称来自其特征缩写，即“类似卡利南钻石的大体积、内含杂质少、纯净、形态不规则且表面呈溶蚀状的钻石”，其成因一直是未解之谜。

开普敦大学近日发布新闻公报说，该校研究人员领衔的团队以金伯利岩中橄榄石矿物的化学成分作为突破口，将其作为了解地幔岩组成和深度的“窗口”，结果发现，含有 CLIPPIR 钻石的金伯利岩来源于地表 150 公里以下岩石圈底部的异常富铁区域。

研究表明，这些富铁区域具有轻氧同位素和重铁同位素特征，而这正是经历过热液蚀变的海洋地壳的典型标志。这类物质曾被俯冲至地球深处，在地幔上涌过程中被带到大陆底部并在那里堆积。

研究人员介绍说，上升的金伯利岩浆与这些富铁区域相互作用，从而形成了橄榄石和石榴石巨晶，这正是含 CLIPPIR 钻石的金伯利岩特征。CLIPPIR 钻石就是在地幔过渡带巨大压力下，于这种特殊基质内结晶形成。

研究人员表示，通过解读金伯利岩浆喷发时带到地幔上层的橄榄石中所保存的化学“指纹”，新研究得以追溯 CLIPPIR 钻石的来源，并为寻找更多类似钻石提供线索。(王雷 王晓梅)

科学此刻

是谁杀了 小海豹

每到繁殖季节，都会有数百只灰海豹幼崽在加拿大东部的一座岛屿上死去。它们的身上布满巨大而形状怪异的伤口。这些伤口从嘴部开始，呈螺旋状撕裂至胸腔，深可见骨，但身体其他部位却完好无损。多年来，科学家将这些离奇的死亡归咎于当地的鲨鱼和船只螺旋桨。但一项近日发表于《海洋哺乳动物科学》的研究，揭示了一个更为残酷的真相：这些刚刚断奶的幼崽是被它们的同类——成年雄灰海豹杀死的。

“目睹如此大规模的死亡，而且是以如此暴力的方式，令人深感不安。”墨西哥国立理工学院海洋科学跨学科研究中心的 Claudia Hernández-Camacho 说，“这样的研究极具价值，因为它提醒科学家，有时凶手并非人类或环境，而是关系更密切的同类。”

上世纪 80 年代，科学家首次在塞布尔岛发现这种螺旋状伤口。该岛是全球最大的灰海豹繁殖地，每年冬季有 8 万只幼崽在此降生。然而凶手的身份一直是个谜。尽管研究人员后来猜测，这些幼崽可能是因船只螺旋桨或格陵兰鲨的攻击死亡的，但始终无人亲眼看到过此类事件，而且岛屿周围的水太浅，船只无法通行。

2016 年，科学家报告称，苏格兰的一只雄灰海豹曾撕咬多只幼崽的脂肪层并致其死亡，同时留下了螺旋状伤口。但加拿大的海豹研究人员始终不愿相信当地的海豹群也存在同类相食的现象。加拿大渔业与海洋部的 Nell den Heyer 已在塞布尔岛工作了 20 年，她说自己的团队每逢海豹繁殖季节天天都在那里，却从未见过其互相残杀的情景。

2024 年，情况发生了改变。英国圣安德鲁斯大学的 Izzy Langley 在塞布尔岛为灰海豹安装声学接收器，用以追踪被标记的鲸鱼的活动，结果却意外目睹了一只成年雄灰海豹袭击一只幼崽。

出于好奇，Langley 和 den Heyer 等同事在海豹繁殖季节每周两次驾驶全地形车巡视海滩，检查并标记了每一具带有标志性螺旋状伤口的幼崽尸体。在对尸体进行解剖后，他们发现了大型犬齿的咬痕及爪子划破脂肪层的痕迹，这显然是灰海豹的“杰作”。Langley 说：“它们的鳍状肢非常灵巧。”

统计数据显示，仅在 2024 年繁殖季节，就有 765 只死亡幼崽带有螺旋状伤口。2025 年，科学家一天就发现了 359 具尸体。目前无法确定袭击事件是否逐年增多，但 Langley 认为，更可能是研究人员越来越善于发现这类案例。“一旦你知道要寻找什么，就会发现得越来越多。”

迄今所有证据均表明成年雄灰海豹会偷袭毫无防备的幼崽。全球所有目击记录，包括团队重新分析的 2023 年塞布尔岛无人机影像，都涉及成年雄海豹。

Hernández-Camacho 说：“幼崽不会把身边的成年雄性视为威胁，这也让这些袭击场面更为触目惊心。”

Langley 推测，雄海豹在繁殖季节通常会禁食，它们猎杀幼崽可能是为了摄取高能量的脂肪来提升自身的交配竞争力。“这种行为很可能是海豹后天习得，以此来囤积体能。”

即便行凶者只是少数几只雄海豹，科学家也不建议进行干预。德国汉诺威兽医大学的 Ursula Siebert 表示：“我们目前无法判定这种行为是否为自然界的常态。”(李木子) 相关论文信息：
<https://doi.org/10.1111/mms.70138>

环球科技参考

中国科学院西北研究院文献情报中心

变质蛇纹岩是向深部地幔输送极轻碳的关键载体

法国巴黎西岱大学领衔的研究团队发现，大洋岩石圈在下沉进入地球内部的过程中携带的非生物固态有机化合物是地球深部碳的主要来源。近日，相关研究成果发表于《自然-通讯》。

通常认为地表碳进入地球内部主要由俯冲带中的沉积岩主导，这些沉积岩中混合了来自古老生物的有机碳和无机碳酸盐。然而，当变质沉积岩随着板块下沉被不断加热时，其中的有机碳和无机碳会发生同位素交换，导致原本较轻的碳同位素组成特征随温度升高而改变。

研究人员以西阿尔卑斯 Queyras Monviso 剖面的变质蛇纹岩和变质沉积岩为主要研究对象，采集覆盖蓝片岩相至榴辉岩相温压条件的 6 个超镁铁质岩剖面样品，并结合全球典型俯冲带已发表数据开展对比分析。

结果表明，俯冲过程中生物成因与非生物成因有机碳遵循完全不同的演化路径，变质沉积岩中生物成因有机碳随升温逐步石墨化且碳

同位素组成变重，而变质蛇纹岩中非生物固态有机化合物可保留氢、氧、氮官能团并维持结构有序；这类非生物有机碳被绿泥石、橄榄石等硅酸盐矿物包裹形成“保护屏障”，能有效隔绝同位素交换，成为榴辉岩唯一的轻碳载体。

该研究修正了传统认知，证实变质蛇纹岩而非变质沉积岩是向深部地幔输送极轻碳的关键载体。(张文亮) 相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41467-026-71559-w>

全球人口已超出地球的可持续承载力

澳大利亚弗林德斯大学领导的国际研究团队发现人类数量已远远超出地球的长期承受能力，且在当前消费模式下持续增长将加剧全球社区面临的环境和社会挑战。相关研究成果近日发表于《环境研究快报》。

研究人员整理了公元 1000 年以来已有的全球人口规模估算数据，整合了 1800 年至 2023 年的全球人口数据和全球温度异常、生态足迹、碳排放等环境指标数据，运用生态学线性

里克尔和对数线性戈姆珀茨逻辑模型拟合人口规模与增长率的关系，首次仅基于人口时间序列数据估算了全球人类的生态承载力，并分析了人口增长与全球环境变化的关联。

研究表明，全球人口增长在 1962 年进入人口规模与增长率负相关的阶段，且早于全球生物承载力赤字的出现。区域间因经济、生育率差异呈现不同的负相关阶段开启时间和增长率下降。研究估算出全球人口峰值为 11.6 亿~12.4 亿(2067 年至 2076 年达到)，而可持续生态承载力仅约 2.3 亿~2.4 亿，远低于当前人口规模。研究同时证实，人口规模而非人均消费是全球环境恶化的重要驱动因素。(张文亮) 相关论文信息：
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ae51aa>

地球早期构造运动与稀土元素矿床形成存在密切关联

澳大利亚阿德莱德大学的研究人员发现，古代板块碰撞形成的俯冲带与稀土元素富集和碳酸岩形成之间存在密切关联，古代俯冲带在

富含稀土元素的矿床形成方面发挥着至关重要的作用。相关研究成果近日发表于《科学进展》。

在漫长的地质时期中，大陆板块内的岩浆活动在古生物圈、地貌演化、全球气候变化和火山活动中都发挥了至关重要的作用。这些岩浆活动同时也是包括稀土元素在内的关键金属的重要来源。然而，诸如碳酸岩之类的碱性板块内岩浆活动的起源至今仍是谜。

研究人员利用板块运动模型发现，在过去的 20 亿年中，现今约 35% 的大陆岩石圈地幔经历了显著的与俯冲带有关的稀土元素富集。这些稀土元素富集的地幔区域构成了约 67% 的 18 亿年前后形成的碳酸岩和约 72% 的与岩浆活动有关的稀土元素矿床，以及约 92% 的前寒武纪稀土元素矿床，证实了古老、富集稀土元素的岩石圈地幔与碱性板块内部岩浆活动及其影响形成的相关矿床之间存在联系。与此同时，研究发现地幔源区富集作用的时间与碳酸岩形成的时间之间没有相关性，这表明这些岩浆的演化是多阶段的。(王晓晨) 相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aeb2942>

“小柯”秀

一个会写科学新闻的机器人

《自然》 科学家实现魔角石墨烯的平带成像

以色列魏茨曼科学研究所的 S. Ilani 团队利用量子扭转显微镜(QTM)，实现了通过相互作用重塑的魔角石墨烯的平带成像。相关论文 5 月 6 日发表于《自然》。

量子材料中的电子相互作用从根本上塑造了其能带结构，并由此决定了材料中最具吸引力的量子相。魔角扭曲双层石墨烯(MATBG)已成为一个模型体系，其中平带导致了多种此类量子相，但由于缺乏高分辨率的动量空间探测手段，这些能带的精确本质一直难以捉摸。

研究组利用 QTM，以前所未有的动量和能量分辨率，直接成像了 MATBG 中相互作用的能带。在偏离魔角时，观测到的能带与单粒子理论高度吻合。然而，在魔角处，他们发现能带被相互作用完全改变，在动量空间的不同区域分别表现出轻电子和重电子的特征。

研究组还发现一个与重分量相关的持续低能激发，暗示了一个尚未被解释的新自由度。这些结果揭示了 MATBG 中电子的双重性质，即其源于同一个拓扑类重费米子平带内不同动量处的电子，从而解开了该体系中长期存在的谜团。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10378-x>

森林砍伐引起的干燥降低亚马孙气候阈值

荷兰乌德勒支大学的 Arie Staal 团队发现，森林砍伐引起的干燥显著降低了亚马孙的气候阈值。相关论文 5 月 6 日发表于《自然》。

全球变暖与土地利用变化正对亚马孙森林系统施加前所未有的压力。由于亚马孙森林可能发生自我强化的转变，这些压力导致了亚马孙生态系统发生大范围的变化。

研究组评估了在不同共享社会经济路径下，亚马孙生物群落向退化生态系统演变的局部及远程级联过渡风险。针对这些排放情景，研究组利用已有的大气水汽追踪模型，构建了水汽在亚马孙流域内的大气水汽输送过程。在不考虑森林砍伐的情况下，他们发现全球变暖的关键阈值为 3.7°C~4.0°C，一旦超过该阈值，多达 1/3 的亚马孙森林将面临失去稳定性的风险。然而，当考虑森林砍伐时，在全球变暖较低阈值范围与森林砍伐率 22%~28% 的共同作用下，研究组发现亚马孙森林将发生近乎全系统的转变。

总体而言，该结果强化了将全球变暖水平控制在 1.5°C 以下、停止森林砍伐以及对退化森林进行生态恢复的必要性，以避免亚马孙森林系统面临过高过渡风险。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10456-0>

《自然-化学》 利用 DNA 正交条形码解锁适体化学多样性

加拿大麦吉尔大学的 Hanadi F. Sleiman 团队引入人类适配体编码寡聚物(alenomer)，利用 DNA 正交条形码解锁了适体的化学多样性。相关成果 5 月 6 日发表于《自然-化学》。

适配体是抗体的多功能替代品，体积小、更易合成且免疫原性更低。然而，抗体由 20 种化学性质多样的氨基酸组成，已是成熟的治疗药物，而适配体仅由 4 种相似的核碱基构成，这限制了它们的治疗潜力。适配体的化学修饰受到限制，必须保持与酶筛选的兼容性。

alenomer 是一种经过高度化学修饰的适配体，通过从靶标结合寡聚物分支出来并与其对应的 DNA 编码进行读取和测序。研究组使用自动化 DNA 合成仪及分选-合并方法，构建了 DNA 编码文库，并通过下一代测序方法筛选其中与蛋白质结合的序列。与适配体不同，alenomer 不受保守的酶兼容性修饰要求的限制。因此，它们能够探索几乎无限的化学空间，从而发现高度稳定、高亲和力的蛋白质结合类适配体分子，同时提供关于其与靶标分子相互作用的结构见解。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41557-026-02099-5>

《中国科学院院刊》 最后一次温室向冰室气候转型期间的南极环流格局

德国亥姆霍兹极地和海洋研究中心的 Hanna S. Knahl 团队研究了在最后一次温室向冰室气候转型期间的南极环流格局。相关研究成果近日发表于美国《国家科学院院刊》。

在始新世-渐新世过渡期，重大的气候与构造变化启动了地球现代的冰室气候。板块运动加剧了造山作用，降低了大气中二氧化碳浓度，并引发全球变冷。至关重要是，塔斯曼海道与德雷克海峡的开启，促使南极绕极流(ACC)的形成——该洋流是当今地球上最强的洋流。

研究结果表明，南极周边的早期海洋-大气环流与南大洋海道的几何形态及早期南极冰盖密切相关。

研究证实，仅凭造山作用、二氧化碳浓度下降和南大洋海道的开启，不足以在约 3400 万年前形成强大的 ACC。只有在后来西风带与开启的海洋海道对齐之后，才得以增强跨全球的翻腾环流，促进碳吸收，并实现地球冰室气候的长期稳定。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1073/pnas.2520064123>

更多内容详见科学网小柯机器人频道：
<http://paper.sciencenet.cn/Alnews/>