

nature

index

科研城市



沿海焦点

科研如何解决全球海岸危机

坚实支撑

中国向国内外寻求沉降
解决方案

风云变幻

美国退出气候监测让位给
新领袖

人多力量大

科研明星倡导
社区协作

制作支持

北京市科学技术委员会
中关村科技园区管理委员会

自然合作

助力科研卓越



凭借“自然”品牌影响力、高质量的内容、广泛的受众和经验丰富的团队，我们通过机构合作服务帮助中国科研机构在国际科研舞台上提高影响力。

我们的科研服务包括：

- 科研人才招募
- 科研人员培训
- 科研分析和战略决策制定
- 专刊策划和推广
- 品牌赞助和成果宣传
- 学术会议和定制化活动

立即联系我们的机构合作团队：

T: +86 21 2422 5066

E: naturecn@nature.com

欲了解更多信息，请访问nature.com及自然中文网站naturechina.com,并关注官方微信“Nature Portfolio”和官方微博“@Nature Portfolio”。



Nature Careers
官方微信号



扫描二维码
关注施普林格·自然
官方微信服务号

SPRINGER NATURE

科研城市

编辑：Simon Baker、Jolie Wu、Bec Crew、David Payne、Rebecca Dargie **数据分析：**Bo Wu、Aayush Kagathra **艺术设计：**Anthea Lewis、Tanner Maxwell、Sou Nakamura、Wojtek Urbanek **制作：**Bob Edenbach、Paul Glaeser、Nick Bruni **市场与公关：**Li Zhang、Simrah Zafar、Irene Gan、Parhum Chamsaz **项目合作与管理：**Janet Cen、Stella Yan、Sharon Wang、Scarlett Ding **中文翻译：**Isabelle Yu, Darla Dai **出版：**Katia Dallafior、Richard Hughes **中国产品团队：**Rong Ju、Jiayi Chen、Juejun Huang

《自然指数 - 科研城市 2025》是《自然》的增刊，由 Nature Portfolio 制作，Nature Portfolio 是施普林格·自然旗下期刊与服务集合。本增刊基于 Nature Portfolio 编制的自然指数数据库，自然指数的网站可免费访问：natureindex.com。

《自然》编辑办公室
The Campus, 4 Crinan Street, London N1 9XW, UK
电话：+44 (0)20 7833 4000
传真：+44 (0)20 7843 4596/7

客户服务
若要与自然指数开展广告合作，欢迎访问 natureindex.com 或发送电子邮件至 clientservicesfeedback@nature.com

© 2025 Springer Nature Limited.
版权所有。

我

们中的很多人住在沿海地区。2024 年的一项研究估计，2018 年有近 20 亿人的居住地距海岸线 50 公里以内，其中半数(约占世界人口的 15%)的居所离海岸线不足 10 公里(A. G. Cosby *et al. Sci. Rep.* **14**, 22489; 2024)。海岸带的人口增长也比内陆地区更快：2000 年至 2018 年，约 4.6 亿人搬到了沿海地区，相当于新增了 46 座千万人口的超大城市。

与此同时，海平面正以史无前例的速度上升，而且沿海超大城市往往更易发生沉降。一个直观的例子是印度尼西亚计划斥资 510 亿美元，在 2045 年前将首都从雅加达——全世界下沉最快的城市之一——迁至婆罗洲岛上的努山塔拉。

应对沿海城市的气候变化，需要加强国际科研合作。在沉降等领域，研究合作带来了创新解决方案（见第 2 页）。而在其他一些领域，合作步履维艰，例如美国削减气候相关项目的经费，导致研究人员在访问关键数据集时受限（见第 13 页）。越来越多的研究人员选择直接与社区合作，应对即将到来的变化。我们在第 8 页介绍了三位研究人员，他们在洪水监测、珊瑚种群恢复和气候移民方面的工作可为全球各地的举措提供借鉴。

此外，沿海与内陆地区的研究合作也很重要，双方不同的技能和视角有助于问题的解决。在自然指数 20 强科研城市的前 30 组国际科研合作中，有一半为内陆机构与沿海机构的合作。在不同环境压力下塑造而成的专业知识可能是提升未来气候韧性的关键。

Bec Crew

自然指数高级编辑

* 本增刊使用的自然指数标志性指标——份额 (Share) ——是指一篇文章分配给某机构或地区的分值，它计算的是每篇论文中隶属于该机构或地区的作者比例。调整后份额考虑了自然指数期刊发表论文总数的微小年际变化。需指出的是，自然指数只是评价科研表现的其中一个指标，在评估科研或机构质量时仍需考虑许多其他因素。我们感谢北京市科学技术委员会、中关村科技园区管理委员会对制作本增刊所提供的支持。《自然》对所有编辑内容全权负责。



图片说明：天津城市景观
来源：Coleman photographer/Shutterstock

目录

- 2 沉没之城：中国如何引领沉降研究
面对海平面上升与地面沉降的“双重夹击”，研究人员正在制定方案，帮助当地居民摆脱危机。
- 6 信息中心
科研产出揭示全球领先科研城市的重点研究领域。
- 8 为保护海岸线而战的三位科研明星
气候变化严重冲击着沿海城市和社区。三位研究人员正设法增强它们的韧性。
- 13 谁来填补特朗普政府留下的气候数据空白？
美国退出环境监测项目，世界各国纷纷寻求替代方案。
- 14 榜单
自然指数科研城市排名



2024 年热带风暴“普拉桑”登陆上海，一街道被淹。

ZHUANG YI/XINHUA/LAMY LIVE NEWS

沉没之城：中国如何引领沉降研究

面对海平面上升与地面沉降的“双重夹击”，研究人员正在制定方案，帮助当地居民摆脱危机。作者：尤晓莺

中国城市日益高耸、庞大和现代化，但同时也面临着一个严峻问题——地面沉降。2024年的一项研究¹发现，中国主要城市的近一半区域正以每年3毫米以上的“中等”速度下沉，16%的区域为“快速”沉降状态，即速度超过每年10毫米。

这些城市中，许多都在沿海地区，如天津、福州和宁波。土地沉降问题已十分紧迫，有研究预测，若沉降速率保持不变，到2120年，中国沿海城市将有十分之一的居民生活

在海平面以下。

土地沉降的影响已开始显现。2023年，在人口超过1300万的港口城市天津，近4000名高层住宅居民因附近路面开裂而紧急疏散。天津市政府表示，奔赴现场调查的科学家指出，根源问题是地下约1300米处形成的“地质空腔”。他们推测，诱因或为地热井钻探施工，工程可能导致地下水土流失，进而引发地面塌陷。

中国面临的这一困境，是一场全球危机的缩影。全球最大的十个城市中有八个位于

沿海地区，包括上海、纽约、印度的孟买以及尼日利亚的拉各斯，这些城市都面临着沉降问题。2022年一项研究指出²，亚洲沿海地区迅速扩张的特大城市跻身全球沉降速度最快的城市之列。沉降速度最快的城市包括天津、越南胡志明市和孟加拉国吉大港市，部分城市以每年50毫米以上的峰值速度下沉。北美地区的沉降现象也很普遍。今年发表的一项对美国28个主要城市的分析³涵盖了休斯顿和纽约等沿海城市，结果显示至少五分之一的城区正在沉降，波及约3400

万人口。

地面沉降不是任何一个国家能独自解决的问题。上海和广州等中国城市正在借鉴全球海拔最低的国家之一——荷兰的成功经验。当地政府鼓励居民和单位回收再利用雨水，比如安装覆有植被的“绿色屋顶”来蓄积雨水，建造社区花园以吸收或减缓径流。中国也在向其他发展中国家分享经验。2023年，在联合国开发计划署协办的一个项目中，深圳向黎巴嫩黎波里的官员介绍了从部分塌陷的建筑中疏散人员的经验，以助力该城市更好地应对自然灾害。

位于长沙的中南大学的地球物理学家柳建新介绍，在地面沉降领域，越来越多的中国研究人员与国际同行共享数据、合作撰写论文、参与研讨会。很多研究者与柳建新一样，生活在同样面临沉降问题的内陆城市。柳建新说：“应对地面沉降是一项全球性工作。”

沿海难题

沿海城市因自然条件特殊，尤其容易发生地面沉降。香港理工大学大地测量学家丁晓利主要从事大地形状和尺寸的测量与监测工作，他解释说，一方面，这些城市多位于河口三角洲或沿海平原，区域内的沉积物会随时间推移而变得紧实，进而引发沉降；部分沿海城市如东京，还同时位于地震多发带，构造活动也会导致沉降。

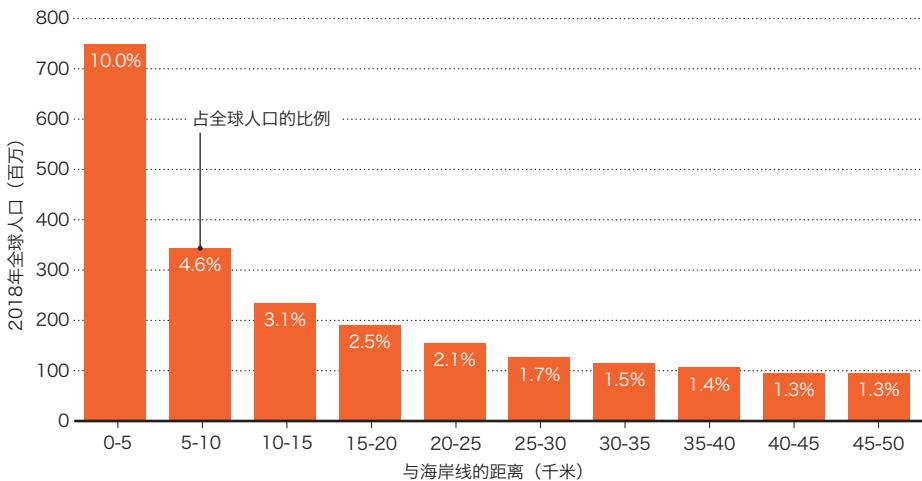
沿海城市自身的发展也加剧了这一问题。2018年，全球近三分之一的人口居住在距海岸线50公里以内的区域，总数超过20亿人（见“沿海人口”）。中国测绘科学研究院张永红研究员指出，中国城市沉降与人类活动相关的主因，是城市扩张过程中地下水的过度开采。这导致地下水位降低，周围土壤随之压实，引起土地下沉。他说：“地铁等基础设施建设也可能造成城市局部沉降。”

北京大学景观设计学家俞孔坚指出，城市地表硬化会阻碍地下水自然补给，使沉降问题加剧。他说：“地面沉降是城市生态管理失当的一个直观表现。”

上海华东师范大学的大地测量学家赵卿表示，城市在发展过程中越来越笨重。她的

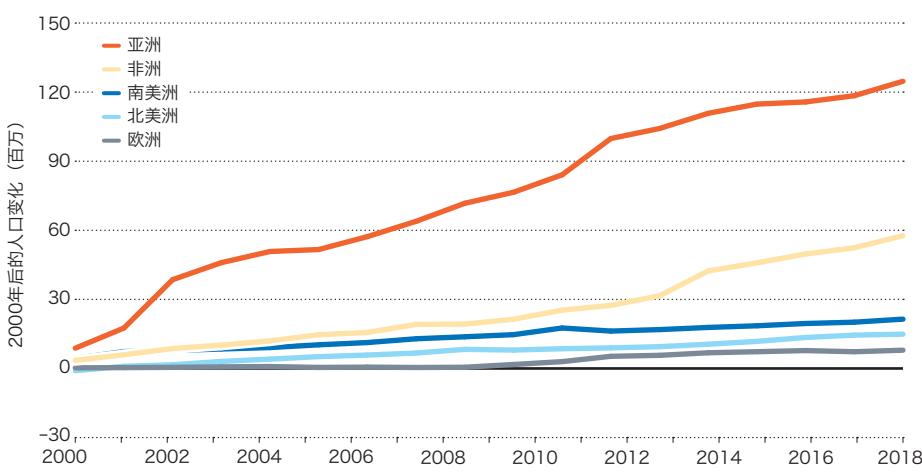
沿海人口

2018年，全球人口约10%（约7.48亿人）生活在距海岸线5千米以内的区域，4.6%（3.43亿）生活在距海岸线5至10千米的范围内。柱状图为2018年沿海地区估算人口，柱体代表的区间长度为5千米，变化范围从距海岸线0-5千米到45-50千米。



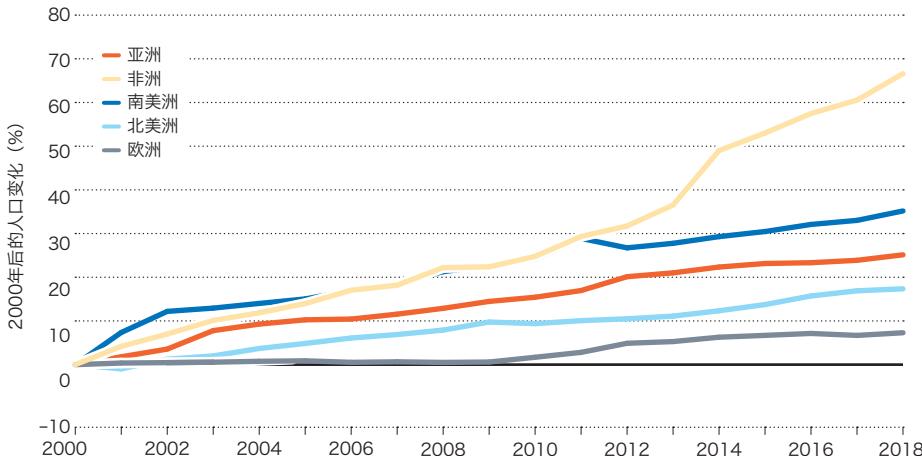
人口增长

在全球“超海岸”（ultra-coastal）地区（距海岸线10千米以内）中，亚洲在2000年后的人口增幅最大。截至2018年，亚洲超海岸地区人口新增1.247亿人，非洲新增5770万人。



快速增长

2000年至2018年，非洲“超海岸”（ultra-coastal）地区（距海岸线10千米以内）的人口增长最为迅速，增幅为66.6%。亚洲增速相对较慢，增幅为25.1%，不过其初始人口基数较低。



团队正在开展的研究显示,建筑物重量增加、地下水位下降、土壤特性,是导致上海和长三角其他城市沉降的三大因素。

上述问题并非中国独有,地下水开采和建筑物重量等问题也在冲击着内陆城市。但在沿海地区,受这些因素影响发生沉降的区域,还面临气候变化导致的海平面加速上升的问题。

过去30年,海平面上升速度增长超过一倍⁴,从1993年的每年约2.1毫米加速至2023年的每年约4.5毫米。到本世纪末,即使按照《巴黎协定》的要求将全球变暖控制在比工业化前水平升高1.5摄氏度以内,全球平均海平面仍将比1995-2014年的平均水平上升最多0.55米。

2022年一项针对全球99个沿海城市的研究⁵显示,多数城市局部沉降速度超过海平面上升速度。作者认为,若沉降趋势持续,这些城市面临洪涝威胁的时间将比海平面上升模型预测的时间更早。印尼当前首都雅加达就是遭受这种“双面夹击”的城市之一。面对海平面上升的威胁,这个群岛国家首当其冲。雅加达已有超过40%的面积位于海平面以下,面临严重的洪涝、风暴潮、基础

设施损毁风险,以及经济损失和生命安全威胁;到本世纪中叶,其95%的沿海区域可能被淹没。这一严峻前景是印尼决定在2028年前迁都至另一岛屿的主要原因之一。

为保护雅加达免受洪水侵袭,印尼自2014年开始修建一条长32公里的“超级海堤”。项目预计耗资500亿美元。然而,意大利帕多瓦大学水文学家Pietro Teatini指出,海堤地基较浅,会随土地移动。“如果土地下沉,海堤也会跟着下沉。”Teatini同时担任联合国教科文组织地面沉降国际倡议(LaSII)的主席,该工作组致力于在全球范围内普及沉降相关知识,帮助发展中国家更好地应对该问题。

成功举措

上海是中国首个确认存在地面沉降问题的城市,也面临着地面下沉与海平面上升的双重影响。1921年至1965年,由于地下水过度开采,上海累计下沉1.69米。南京大学水文地质学家叶淑君介绍,过去60年里,上海市政府采取了一系列应对措施,主要为限制地下水使用和引入长江水补充地下水。2025年初,叶淑君在LaSII的在线研讨会

上分享了上海经验,指出这些举措使上海的年均沉降速度降至6毫米以下。

Teatini说,中国在科学和技术层面为应对沉降做了大量工作。人工回灌地下水是解决沉降问题“最重要的策略之一”,上海的实践表明该方法收效显著。但他也提醒道,该技术成本较高,难以在贫穷国家推广。

Teatini还提到中国城市使用的先进设备,如测量材料受力变化的引伸计。研究人员有时会钻孔至近千米深处,将这类设备置于地球含水层底部,监测哪些土层正在压实。Teatini经常与中国研究人员合作,他说:“在意大利我们全国有三四个引伸计,而在上海大约有50个。”

Teatini的一些长期合作伙伴来自北京的首都师范大学,该校已与帕多瓦大学建立正式合作关系。双方联合开展了一系列研究,包括评估北京沉降原因、开发沉降预测模型等。

Teatini认为中国为减缓土地沉降所采取的行动“非常有效”。其中一个创举是南水北调工程。这一政府主导的重大基建工程将南方水资源调配至缺水的北方。该工程的主要目标虽是平衡水资源供应,但也通过减少地下水开采,在缓解华北平原长期沉降方面发挥了关键作用。在该工程于2014年正式启动前,位于干旱北方的北京曾高度依赖地下水,沉降问题严重,年沉降量高达159毫米。

张永红介绍,2016年至今,南水北调工程显著减缓了北京的沉降速度,邻近的天津也从中受益。他说:“北京现在已不存在严重沉降区域。”年均沉降量超过50毫米即属于严重沉降。2024年发表的一篇论文⁶称,得益于南水北调工程及地下水人工回灌措施,北京部分地区的地面甚至出现回升。

张永红与同事还开发了一款软件,利用名为干涉合成孔径雷达(InSAR)的技术遥感检测地面高程。他介绍道,该软件通过分析同一地区不同时期的卫星影像以检测变化,研究人员每年会进行一次InSAR评估,以监测中国全境的陆地运动。

除了人工回补地下水外,中国还在着力重建城市自然水循环系统,以维持地下水位稳定。一个措施是建设“海绵城市”,这一城市雨洪管理概念主张用公园和湿地代替混凝土路堤、道路和管道。该理念的倡导者俞



中国成都的一座森林湿地公园作为一块城市海绵,在支持湿地、树木和池塘的同时吸收雨水和洪水。



中国迁安的一条由可透水材质制成的道路，通过让雨水下渗土地，帮助预防洪涝——海绵城市的策略之一。

孔坚表示，其理念是让土壤能够吸收、储存并利用雨水，而非将雨水直接排走。过去 25 年里，俞孔坚及其团队为北京、上海和天津等城市设计了数百个海绵城市项目。

如今，他们将这一经验推广到中国之外亟需提高“韧性”的沉降城市。例如，他们在曼谷市中心参与建造了一座海绵城市公园。曼谷平均海拔仅 1.5 米，沉降速度却高达每年 20 毫米。

国际合作

在学术领域，关注沉降的中国学者正与国际同行密切交流。柳建新表示，“合作正在不断加强”。他和他的中国同事已与科特迪瓦的研究人员合作，将卫星数据输入人工智能模型来预测地面沉降。柳建新表示，他们去年发表的论文⁷ 证明了该方法能提供“可靠预测”。

上海的研究人员与美国和荷兰的同行携手，共同研究上海的沉降问题。约 26% 的

面积位于海平面以下的荷兰修建了水坝、堤防等防洪设施，在过去数十年里成功抵御了自然灾害的严重影响。该团队发现，上海需要推行可持续城市规划，加大地下水回灌力度，才能保持长期稳定。

中国政府还将地面沉降研究纳入其标志性的全球贸易投资计划——“一带一路”倡议。这方面的一个重要行动是 2023 年中国科学院与巴基斯坦高等教育委员会在巴基斯坦真纳大学联合设立的“中巴地球科学研究中心”。研究中心配备了中国实验设备，旨在推动两国科技合作，应对气候相关灾害。研究中心最早参与的一个项目是研究地处内陆的巴基斯坦第二大人口城市拉合尔的陆地运动。由中国、巴基斯坦和意大利的研究人员组成的团队发现，由于地下水枯竭，拉合尔的沉降速率不断加快，年均沉降量从 2017 年的 27 毫米增至 2020 年的 106 毫米⁸。

Teatini 指出：“过去二三十年里，发

展中国家的地面沉降问题变得非常严重，尤其是亚洲地区。”他补充道，各国研究人员之间的合作“至关重要”。

美国加州大学欧文分校研究美国地面沉降的大地测量学家 Leonard Ohnenhen 对此表示认同。他说：“当今深具影响力的沉降研究，来自于汇聚多元专业知识、数据集和区域视角的国际合作。” Ohnenhen 认为，比国家主导更重要的是人类如何共同推进对该问题的科学认知并寻求解决方案。

尤晓莺是常驻伦敦的撰稿人。

1. Ao, Z. et al. *Science* **384**, 301–306 (2024).
2. Tay, C. et al. *Nature Sustain.* **5**, 1049–1057 (2022).
3. Ohnenhen, L. O. et al. *Nature Cities* **2**, 543–554 (2025).
4. Hamlington, B. D. et al. *Commun. Earth Environ.* **5**, 601 (2024).
5. Wu, P.-C., Wei, M. & D'Hondt, S. *Geophys. Res. Lett.* **49**, e2022GL098477 (2022).
6. Zhou, C. et al. *Remote Sens.* **16**, 1528 (2024).
7. Liu, J. et al. *J. Environ. Manage.* **352**, 120078 (2024).
8. Sajjad, M. M. et al. *Remote Sens.* **15**, 5418 (2023).

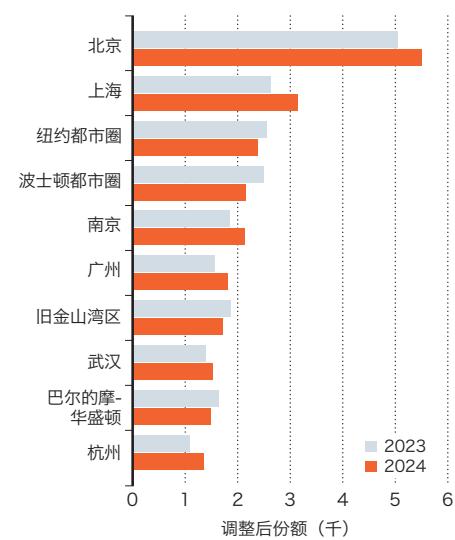
信息中心

科研产出揭示全球领先科研城市的研究重点。

作者：Bec Crew 和 Tanner Maxwell

十强科研城市

按照调整后份额 (adjusted Share) *来衡量，北京2023年至2024年的科研产出增长了9.14%，上海增长了20%。十强榜单中美国城市的调整后份额均出现下降。

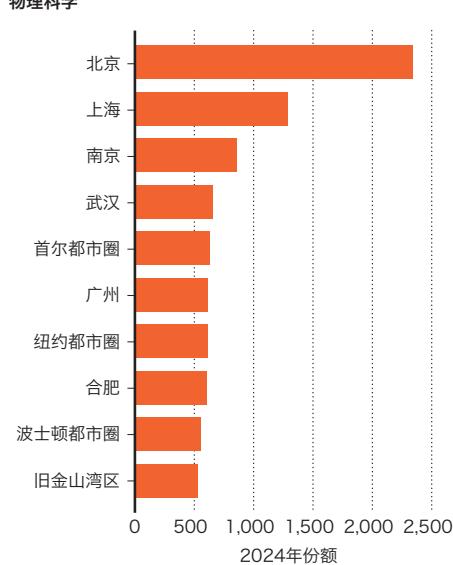


*调整后份额计算了自然指数期刊文章总量的年际变化。

物理强项

2024年，物理科学领域十强科研城市中有六强来自中国，与2023年持平。第5位的首尔是排名最高的非中国城市。

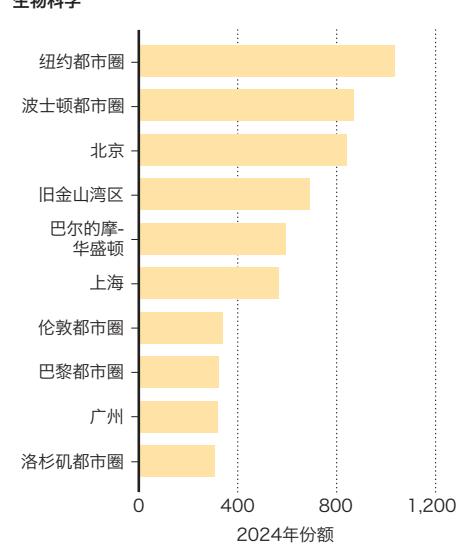
物理科学



生命力量

以纽约和波士顿为首，生物科学领域十强科研城市大多来自西方国家。北京排第3位，其份额与波士顿相差不到30。同时，广州从2023年的第13位上升至第9位。

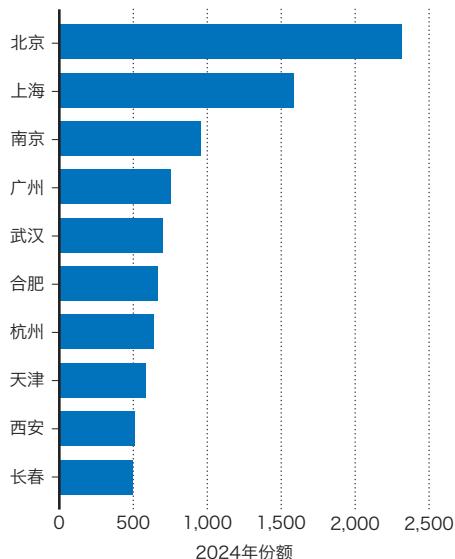
生物科学



化学反应

2024年，中国城市占据了化学领域十强榜单。第12位的东京是排名最高的非中国城市。2023年，东京排第9位，纽约排第10位（纽约2024年降至第14位）。

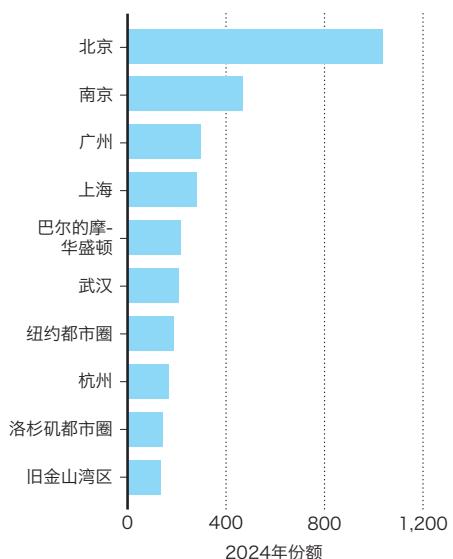
化学



脚踏实地

北京在地球与环境科学领域遥遥领先，其份额是第2位南京的两倍多。上海和巴尔的摩-华盛顿的排名比2023年各上升1位，而武汉下降了2位。

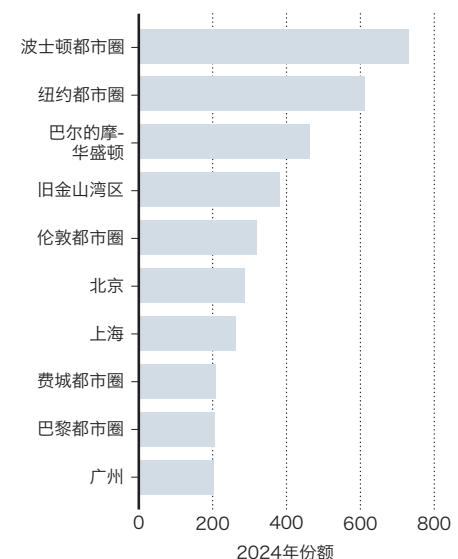
地球与环境科学



临床优势

美国城市在健康科学领域一马当先，占据了榜单的前4位和第8位。健康科学也是伦敦目前表现最好的学科领域。广州从2023年的第12位上升至2024年的第10位。

健康科学

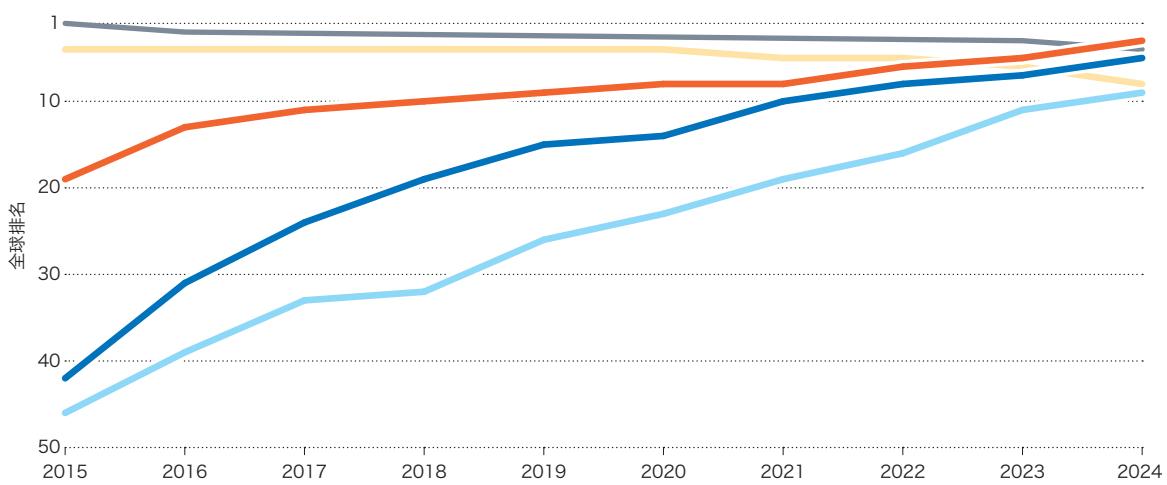


排名变化

图为2024年自然指数十强榜单中部分城市的排名变化。城市排名的变化反应了自然指数的一个普遍趋势——中国的领先优势逐渐拉大，而美国的竞争力日益下降。

— 南京
— 旧金山湾区
— 广州
— 杭州
— 纽约都市圈

*仅显示自然科学的排名

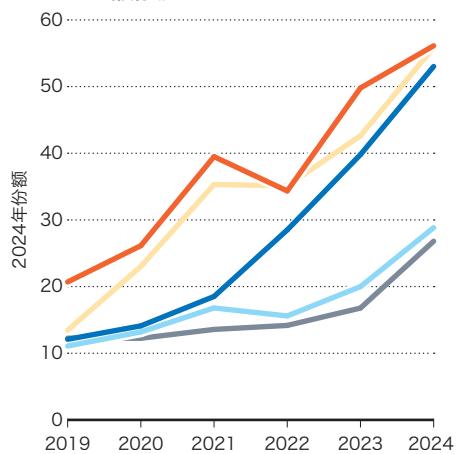


沿海城市

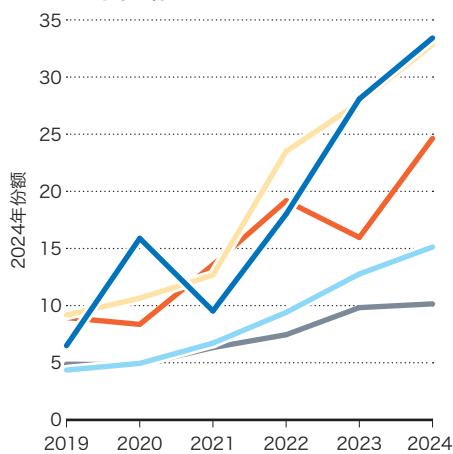
这五座中国沿海城市在与联合国可持续发展目标SDG 13（气候行动）和14（水下生物）相关研究的自然指数排名中位数位于前列——即与海岸和海洋环境密切相关的领域。近年来，这些城市的科研产出迅速增加，青岛和广州尤其亮眼。

— 上海 — 广州 — 青岛 — 杭州 — 香港

SDG 13: 气候行动

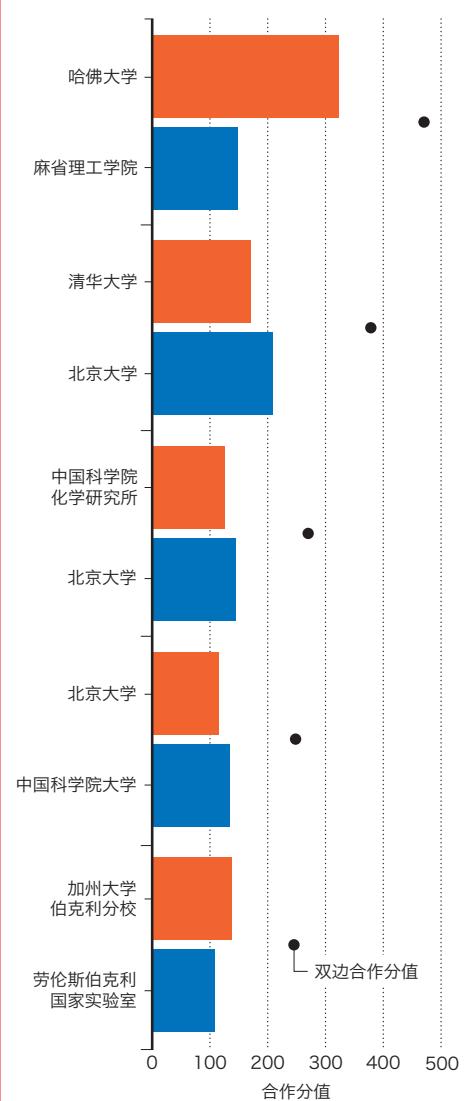


SDG 14: 水下生物



紧密合作

在全球20强科研城市的国内机构合作排名中，波士顿的哈佛大学和麻省理工学院是最多产的一对，其双边合作分值 (BCS) 高达470.56。北京的清华大学和北京大学排名第二，双边合作分值为378.49。

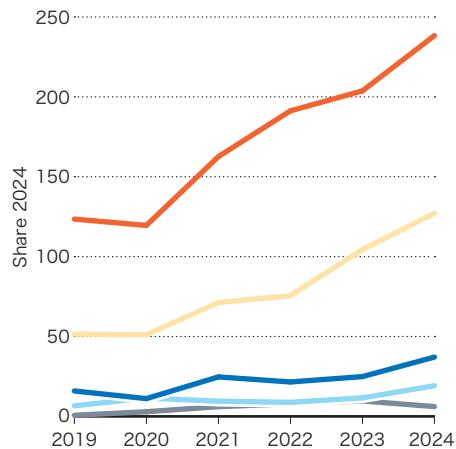


内陆城市

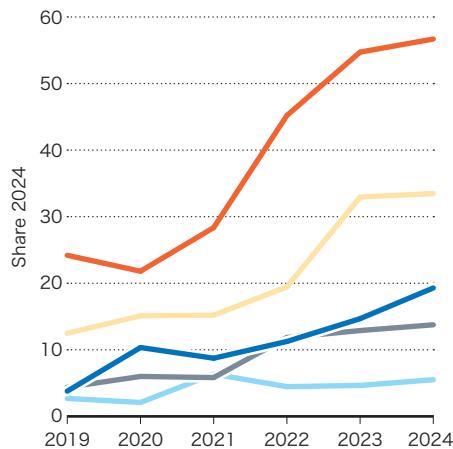
这五座中国内陆城市在SDG 13和SDG 14相关研究的自然指数排名中表现优异。然而，其科研产出增速总体慢于沿海城市。

— 北京 — 南京 — 武汉 — 合肥 — 厦门

SDG 13: 气候行动



SDG 14: 水下生物



为保护海岸线而战的三位科研明星

气候变化严重冲击着沿海城市和社区。三位研究人员正设法增强它们的韧性。

对抗气候变化，本地居民是沿海地区的宝贵力量。无论是修筑海堤、培育珊瑚，还是记录洪水事件与文化遗产，本地居民都在为守护家园贡献力量。三位科学家——来自图瓦卢的 Taukiei Kitara、来自纽约的 Hannah Eisler Burnett，以及香港的崔佩怡 (Apple Chui)——正在努力支持这些沿海社区，让居民能够发声、接受专业培训，并获得必要的安全保障。

岛屿捍卫者

Taukiei Kitara

预计到本世纪 50 年代，无论全球碳排放是否削减，太平洋的海平面都将上升 15 厘米以上。这意味着，图瓦卢这个位于夏威夷和澳大利亚之间、由九个主要岛屿组成的国家将永远失去部分国土。Taukiei Kitara 说：“这对我们的人民而言将是巨大的损失。”他出生于图瓦卢的努伊环礁，目前在澳大利亚昆士兰州的格里菲斯大学任职，研究气候变化如何影响太平洋小岛屿国家的文化、身份认同与主权。

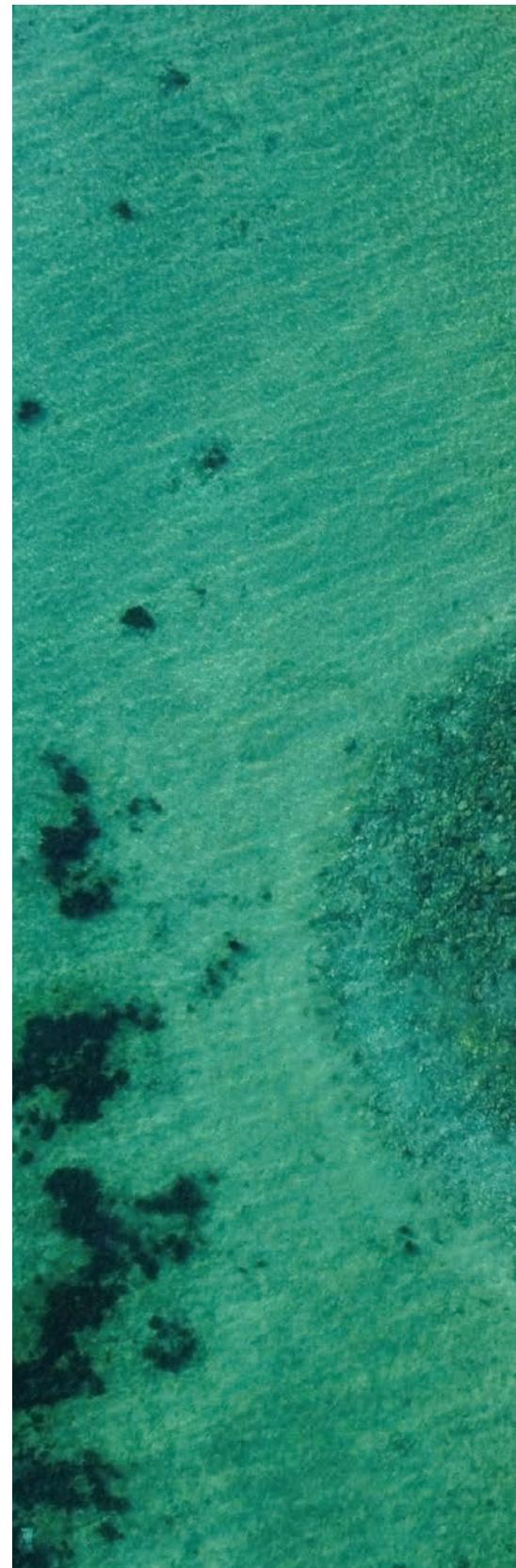
图瓦卢平均海拔不足 2 米，面临极其严峻的气候冲击。日益升温的海水使珊瑚发生白化，迫使渔民不得不远航捕鱼。海水已经渗入地下含水层，图瓦卢人不得不放弃几千年来在地下坑中种植芋头和其他主食作物的传统，转而改用高畦种植床来栽培。海平面的上升也在侵蚀海岸线。Kitara 说，按照图瓦卢的传统，在他出生后，他的一半脐带被

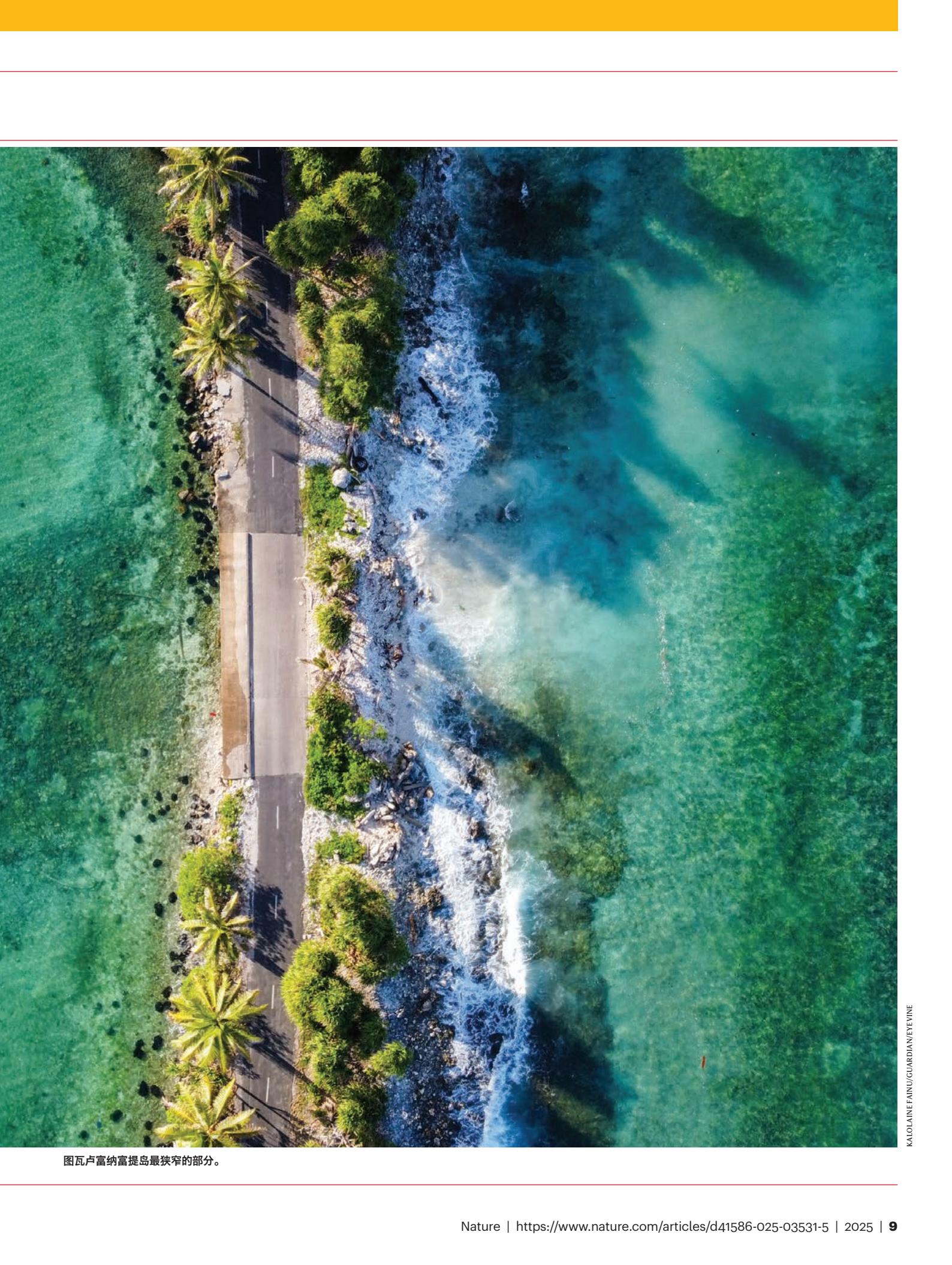
埋在新栽的椰子树下，当时这棵椰子树距海边尚有三四十米远。“而如今，它就在海岸线上。”他说。

部分图瓦卢人选择了迁移。根据 2023 年签署的《法拉皮利联盟条约》 (Falepili Union Treaty)，澳大利亚每年向 280 名图瓦卢人提供签证，允许他们移居并获得永久居留权。这是首个“气候签证”，旨在应对气候驱动的迁徙。已有 3000 多名图瓦卢人（约占全国人口的三分之一）参加了首轮签证的抽签。但许多人并不愿意成为气候难民，Kitara 说，他的研究探讨了该条约可能带来的影响。在 2023 年一篇评论文章中¹，Kitara 与同样来自格里菲斯大学的 Carol Farbotko 提出，来自气候脆弱的太平洋岛国移民常在澳大利亚被同时贴上“非技术劳工”和“气候移民”的标签，这不仅加深了有害的刻板印象，还让他们更容易遭受职场剥削。两人呼吁，应制定更加公正且富有同情心的劳工与气候移民政策，并借鉴图瓦卢的 *fale pili* 价值观——像对待家人一样关怀他人。

那些选择留下的图瓦卢人也并未放弃。图瓦卢政府正努力增强该国的气候韧性，“重点是适应性工程，比如填海造地和抬高现有陆地。”Kitara 说。2017 年至 2023 年间，其首都富纳富提通过在环礁潟湖内抽沙回填，扩展了 5% 的面积 (7.8 公顷)。在纳努芒阿和纳努梅阿等外岛，当地建成的海堤保护了约 2780 米的海岸线免受海面上升与风暴潮的侵蚀。

与此同时，图瓦卢也在探索一种非同寻





图瓦卢富纳富提岛最狭窄的部分。



Taukiei Kitara、Hannah Eisler Burnett 和 Apple Chui 研究沿海社区的关键问题。

常的庇护：元宇宙。自 2023 年起，图瓦卢开始努力构建该国的“数字孪生”版本，这一虚拟再现不仅包括商店、房屋、树木等地理细节，还保存了食谱、舞蹈、故事、记忆等文化遗产。这个项目由图瓦卢政府牵头，并与澳大利亚、美国和新喀里多尼亚的机构合作开展。该项目从最小也最脆弱的岛屿——蒂阿富阿利库 (Te Afualiku) 开始²，如今已完成极为精细的重建。九个主要岛屿以及数十个小岛与沙洲都已实现三维测绘，富纳富提则借助无人机与街景影像完成了数字化再现。

Kitara 表示，人们对该项目的数据安全及高能耗存在一定担忧，但“这一倡议背后有充分的动因”。“即使到了不可挽回的地步，所有岛屿都消失了，它们仍将以数字形式存在”，这有助于维系国家认同、文化、政府职能，主权和海洋权益。作为项目的一部分，图瓦卢还铺设了首条海底光缆，预计今年晚些时候完工，将为居民带来更快的网络与移动通信。

图瓦卢人一直积极发声，呼吁全球采取气候行动，Kitara 说。但影响并不会止步于图瓦卢的海岸线。“我们都在同一条船上。”Kitara 说，“如果我们能够应对这一问题，那不仅是我们图瓦卢人的胜利，也是全人类的胜利。” **Sandy Ong**

洪水预警者

Hannah Eisler Burnett

Hannah Eisler Burnett 深知生活在易涝地区的艰难。她成长于美国南部密西西比州的墨西哥湾沿岸，这里曾在 2005 年遭“卡特里娜”飓风重创。从那以后，Burnett 投身于沿海社区，帮助增强它们抵御洪水的韧性——这些洪水可能由高潮位、风暴潮或地下水倒灌引起。

“抗洪韧性不仅在于把道路垫高、房屋加固，或者给地下室做防水。”Burnett 说。行为上的改变同样重要，比如在暴雨前组织邻里清理排水口，或者在易涝区搭建临时步道。“在我合作的一些社区里，总有一两个人发挥核心作用，通过电子邮件、WhatsApp 或 Facebook 群组提前传递潜在洪水的预

警，帮助大家理解高潮位或强降雨可能带来的局地影响。”Burnett 是纽约海洋赠款计划 (New York Sea Grant) 的人类学家。该计划由纽约州立大学和康奈尔大学共同运营，是美国政府与大学合作的 34 个对接沿海研究与社区需求的项目之一。

Burnett 现居纽约市，这座城市同样面临洪水风险。气候变化正在推动大西洋飓风变得更频繁、更猛烈，使风暴性洪水风险不断上升。环绕纽约的海水自 1900 年以来已上升约 30 厘米——是全球平均速度的两倍，到 2100 年预计将上升近 200 厘米。研究人员估算，风暴驱动的洪水在美国东海岸的发生频率可能增加至原来的四倍，这将让皇后区和布鲁克林南部等低洼社区的约 220 万纽约人处于风险之中。

Burnett 工作的核心之一，是为“社区洪水监测项目”建设并维护名为 MyCoast 的公共洪水照片数据库。该项目由纽约“海洋赠款”计划和布鲁克林的牙买加湾科学与韧性研究所共同运行。数据库中的照片由全纽约州的公众拍摄并上传，美国国家气象局利用这些照片为地方洪水管理官员提供信息。“MyCoast 的照片让他们意识到潮汐 / 沿海洪水的分布范围比之前想象的更广。”Burnett 说，该数据库促使纽约市官员在 2022 年于五个行政区安装 500 个洪水传感器，以提升早期洪水预测能力。

去年，Burnett 帮助启动了“牙买加湾社区洪水研究员计划”，为牙买加湾（布鲁克林和皇后区南边的大型沿海河口）及周边不同社区的领导者提供合作平台，共同寻找应对长期洪水的解决方案。她还帮助社区居民熟悉潮汐表等工具，潮汐表能显示某些沿海地点的预测潮汐时间和潮位高度。

Burnett 表示，要说服一些决策者相信本地经验（例如照片和访谈）在洪水预测中的重要性不容易。“传感器只能测量单一数据，但洪水却是一个多维度的过程。”她说。

与此同时，她对居民、研究人员和政府机构在海岸韧性建设方面展现出的创新与务实大为赞扬。“纽约是一座移民城市，人们带来了世界各地的防洪知识，并以不同方式加以应用。”Burnett 说。**Sandy Ong**



海洋生物学家 Apple Chui 正在检查香港桥咀洲附近珊瑚种群的白化情况。

珊瑚培育者

Apple Chui

崔佩怡 (Apple Chui) 与香港海域有着深厚的渊源。自幼探索这座城市海岸线的她, 如今正致力于确保后代也能享有同样的体验。作为香港中文大学的海洋生物学家, 崔佩怡和同事正努力恢复香港东北部海岸的珊瑚种群, 这一区域正艰难摆脱数十年的污染与海岸开发的影响。

与澳大利亚大堡礁等热带地区庞大的珊瑚礁系统不同, 香港珊瑚仅零星分布于沿岸区域, 承受着浑浊水质、温度波动及盐度变化的多重考验³。自 1980 年代以来, 它们的生存便持续受到威胁, 当时未经处理的污水直接排入香港东北部的吐露港, 对珊瑚群落造成严重破坏。“我们的长期监测显示, 自然恢复迹象微乎其微。”崔佩怡说。“我们认识到, 珊瑚群落很容易被破坏, 但在贫瘠环境中, 它们要靠自然恢复几乎是不可能的。”

正因如此, 她和团队转向大规模人工培育珊瑚, 以加快恢复进程。在每年珊瑚产卵

季, 他们从多个亲体群落收集配子 (生殖细胞) 并混合, 以最大化遗传多样性, 并在实验室的珊瑚苗圃中培育幼体长达两年, 然后再移植回海洋环境。

2019 年, 团队将幼年鹿角珊瑚 (Acropora) 固定在吐露港的人工平台上——该海道连接吐露港与东北方向的大鹏湾。崔佩怡介绍, 他们在第一年实现了 88% 的存活率, 当这些珊瑚附着到天然基质上时, 存活率更达到 100%, 部分珊瑚如今已能自然繁殖。

崔佩怡强调, 香港必须维持强健的珊瑚种群, 这不仅因为它们支撑着渔业、旅游业等产业所依赖的健康而多样的海洋生态系统, 还因为它们能保护海岸线。“我们的珊瑚群落与大型珊瑚礁的功能类似, 尽管规模较小。”她说。2018 年, 台风“山竹”——香港有史以来最强的台风之一——来袭时, 位于大鹏湾海洋保护区的东平洲海岸公园的珊瑚群落帮助缓冲了海岸冲击, 她说。“尽管仍造成了损害, 但若不是有珊瑚, 情况会更糟。”

崔佩怡在 2018 年创立了“珊瑚学院” (Coral Academy), 这是一个与全港学校合作的公众教育项目——把校园变成珊瑚苗圃。每个班级都会获得珊瑚缸和珊瑚碎片, 进行为期八个月的培育。目前, 该项目已惠及 3 万多名师生, 他们接受了有关珊瑚养护的培训, 包括如何监测水质与珊瑚健康评估。崔佩怡说, 这一计划的目标是让香港公众关注本地珊瑚系统的困境。“如果人们不知道我们失去了什么, 就不会明白什么值得去守护。”

展望未来, 随着香港中文大学将在 2026 年建立新的珊瑚学院苗圃与教育中心, 崔佩怡希望进一步扩大珊瑚繁育与公众参与的规模。她同时呼吁加大对珊瑚修复与韧性研究的投入, 以进一步重建已消失的珊瑚群落并保护现存珊瑚。“香港的珊瑚蕴藏着巨大潜力, 能够拓展我们对珊瑚演化适应与驯化极限的理解。”崔佩怡说。史佳琪

- Kitara, T. & Farbotko, C. *npj Clim. Action* **2**, 17 (2023).
- Rothe, D., Boas, I., Farbotko, C. & Kitara, T. *Int. Aff.* **100**, 1491–1509 (2024).
- Chui, A. P. Y. & Ang, P. Jr *PLoS ONE* **12**, e0179423 (2017).



想要获得海内外科研工作 机会?

上自然职场,轻松搜索职位

一站式职业信息资源及求职平台,汇集海量的学术界和产业界职位资源
还为全球科研人员提供职场资讯、职业发展建议以及会议和招聘会信息



扫码关注自然职场官方微信号

nature
careers

谁来填补特朗普政府留下的气候数据空白？

美国退出环境监测项目，世界各国纷纷寻求替代方案。

今年2月，美国总统特朗普政府禁止联邦机构的科学家参加在中国杭州举办的联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）新一次全体会议。此举意味着美国退出了这一白宫所称的“不符合美国价值观的国际协议与倡议”，也标志着美国数十年来在IPCC的领导地位骤然中断——此前，美国的科学家和外交官一直在IPCC协助引导谈判、编撰报告，并为支持全球气候行动的工作提供资金。

尽管一些非联邦机构的美国科学家仍在参与IPCC的工作，但他们的经费来源“前途未卜”。与此同时，美国政府正在大幅削减监测和解读气候数据的联邦机构的预算，并大量裁减人员。负责全球50%以上海洋监测任务的美国国家海洋和大气管理局（NOAA）面临着约25%的预算流失，这将直接影响气候建模和天气预报。超过100项关注气候的美国国家科学基金会资助项目遭取消。统筹整合多机构气候变化研究的联邦项目“美国全球变化研究计划”被取消资助，其作为重要气候报告库的网站也已关闭。

气候科学经费紧缩将使美国城市失去应对紧急天气事件所需的信息。而经费削减预计还将继续，包括计划关闭10个研究气候变化如何改变天气模式的NOAA实验室——迈阿密的“飓风猎人”团队亦在其列，该团队运营着一支专业飞行编队，能直接飞入风暴内部或在风暴周围采集能挽救生命的关键数据，以便在危险来临、社区需要撤离时发出准确警报。

美国科研投入的这场剧变将在全球引发连锁反应。目前全球在轨运行的1309颗地球观测卫星中，42%归



Brittany Janis 是纽约州哈德逊“开放环境数据项目”的执行董事。

邮箱: brittany@openenvironmentaldata.org

Cathy Richards 是纽约州哈德逊“开放环境数据项目”的公民科学研究员和数据包容专员。

邮箱: cathy@openenvironmentaldata.org

属美国，远超其他任何国家（中国以25%位居第二）。随着分析卫星数据的美国专家越来越少，全球沿海城市将缺乏韧性建设所需的气候情报，面临更大的风险。

特立尼达和多巴哥的2024年《国家适应计划》采用了IPCC评估报告的方法和数据，而这些评估报告本身大量融入了来自美国机构的观测数据与气候模型。在加勒比地区，研究人员借助美国的数据集来预测气候变化对旅游业及其他重要经济部门的潜在影响。

一些行动正在帮助城市和沿海社区自主生成气候数据，但进展缓慢。2017年，美国国际开发署（USAID）启动了“加勒比地区区域气候能力建设计划”，旨在为当地培训气象学家和水文学家，并设立用于气候建模和模拟的计算设施。但2023年的一项牙买加进展报告发现，当地仍缺乏能独立提供地球观测服务的熟练专业人员。另一项由NASA和USAID联合开展的SERVIR计划，已在世界各地培训了数千名技术人员，教授他们获取和解析地球观测数据，并将其应用于洪涝预报、空气质量监测等国家及区域规划。但随着USAID于5月解散，这些工作现已全部取消。

随着美国政府退出气候研究，许多科学家也在权衡自己未来的出路。一批人才正流向欧洲、加拿大和中国等地，这或许会减少世界对美国气候数据的依赖。例如，提供开放和免费全球气候数据的欧盟“哥白尼计划”，对于想要延续其气候工作的研究人员和城市规划者来说，正变得愈发重要。澳大利亚正在加强其区域气候建模和监测能力，重点支持易受气候变化影响的太平洋和亚洲国家。中国曾限制对其收集的大量气候数据的访问权限，但中国国家航天局4月份的声明似乎预示着中国将在气候科学领域发挥更多的国际领导力。

公民团体正通过各种计划增加气候数据的可及性，如由非营利组织主导的FireSAT卫星星座项目可实现近实时野火监测，Climate TRACE则利用人工智能与卫星数据追踪全球排放。这些由私人公益基金和Google.org等组织资助的项目，凸显出了非营利机构在气候科学领域日益重要的作用——但它们的设计初衷是为了补充而非取代联邦科研。

如果美国气候政策不进行重大变革，国际社会就需要在研究机构、非营利组织和公益机构的支持下，加强建设能开放获取的气候数据设施。进一步扩大欧洲“哥白尼计划”这类多边行动，可为无以为继的研究力量加设后盾。

美国退出气候科学所引发的冲击开始蔓延，但全球性应对可为建立一个更公平、稳健的数据生态系统奠定基础，从而更好地服务于处于气候风险前线城市的需求。

100 强

科研城市100强

排名	城市/都市圈	地区	份额 2024	论文数 2024	占地区份额比重 (%)
1	北京	中国大陆	5,501.45	11,915	17.1%
2	上海	中国大陆	3,153.61	6,680	9.8%
3	纽约	美国	2,376.77	6,529	10.8%
4	波士顿都市圈	美国	2,157.61	5,791	9.8%
5	南京	中国大陆	2,135.61	4,282	6.7%
6	广州	中国大陆	1,820.05	3,966	5.7%
7	旧金山湾区	美国	1,720.89	4,769	7.8%
8	武汉	中国大陆	1,526.22	3,027	4.8%
9	巴尔的摩-华盛顿	美国	1,493.73	4,453	6.8%
10	杭州	中国大陆	1,351.70	3,119	4.2%
11	东京	日本	1,243.61	2,981	39.0%
12	合肥	中国大陆	1,213.55	2,954	3.8%
13	首尔都市圈	韩国	1,176.78	2,566	58.3%
14	巴黎都市圈	法国	1,082.45	3,456	44.7%
15	天津	中国大陆	993.02	2,063	3.1%
16	西安	中国大陆	991.89	1,977	3.1%
17	洛杉矶都市圈	美国	971.62	2,918	4.4%
18	深圳	中国大陆	964.09	2,736	3.0%
19	伦敦都市圈	英国	937.29	3,374	23.8%
20	香港	中国香港	898.75	2,546	2.8%
21	成都	中国大陆	876.38	1,788	2.7%
22	芝加哥都市圈	美国	863.98	2,611	3.9%
23	长沙	中国大陆	781.10	1,621	2.4%
24	长春	中国大陆	739.40	1,394	2.3%
25	新加坡*	新加坡	689.99	1,797	100.0%

* 新加坡是一个城邦国家。

科研城市及都市圈 100 强系依据 2024 年自然指数文章份额 (Share) 计算得出。2024 年各城市的论文数 (Count) 及当年对所在地区总贡献份额的比重亦在表中列出。

科研城市100强

排名	城市/都市圈	地区	份额 2024	论文数 2024	占地区份额比重 (%)
26	费城都市圈	美国	633.16	1,992	2.9%
27	济南	中国大陆	626.98	1,389	2.0%
28	苏黎士	瑞士	615.39	1,721	40.4%
29	剑桥	英国	555.47	1,809	14.1%
30	慕尼黑	德国	535.57	1,742	10.7%
31	青岛	中国大陆	535.00	1,166	1.7%
32	柏林都市圈	德国	522.75	1,776	10.5%
33	苏州	中国大陆	518.74	1,312	1.6%
34	圣地亚哥都市圈	美国	515.38	1,576	2.3%
35	重庆	中国大陆	509.23	1,046	1.6%
36	西雅图都市圈	美国	490.45	1,676	2.2%
37	休斯顿都市圈	美国	489.06	1,602	2.2%
38	牛津	英国	482.58	1,880	12.2%
39	墨尔本	澳大利亚	481.40	1,681	32.7%
40	厦门	中国大陆	461.04	1,040	1.4%
41	福州	中国大陆	459.81	1,076	1.4%
42	大连	中国大陆	457.10	966	1.4%
43	哈尔滨	中国大陆	436.93	941	1.4%
44	多伦多都市圈	加拿大	436.41	1,446	23.5%
45	亚特兰大都市圈	美国	421.65	1,409	1.9%
46	安娜堡	美国	419.32	1,276	1.9%
47	哥本哈根	丹麦	418.17	1,387	65.9%
48	兰州	中国大陆	375.42	863	1.2%
49	悉尼	澳大利亚	361.57	1,401	24.6%
50	巴塞罗那都市圈	西班牙	357.07	1,508	25.6%

100 强

科研城市100强

排名	城市/都市圈	地区	份额 2024	论文数 2024	占地区份额比重 (%)
51	马德里	西班牙	356.44	1,561	25.5%
52	大田	韩国	346.21	921	17.2%
53	斯德哥尔摩	瑞典	332.45	1,247	39.5%
54	蒙特利尔都市圈	加拿大	330.54	1,044	17.8%
55	洛桑	瑞士	324.03	994	21.3%
56	维也纳	奥地利	314.92	1,023	67.9%
57	京都	日本	303.58	919	9.5%
58	郑州	中国大陆	300.19	976	0.9%
59	匹兹堡	美国	295.23	1,110	1.3%
60	圣路易斯	美国	294.93	891	1.3%
61	阿姆斯特丹都市圈	荷兰	280.25	1,188	23.2%
62	台北	中国台湾	277.58	857	52.6%
63	海德堡	德国	253.77	1,041	5.1%
64	博尔德	美国	251.87	826	1.1%
65	大阪	日本	250.81	793	7.9%
66	筑波	日本	247.97	996	7.8%
67	达拉斯-沃斯堡	美国	247.64	918	1.1%
68	奥斯汀	美国	247.23	729	1.1%
69	伊萨卡	美国	242.74	711	1.1%
70	南昌	中国大陆	240.99	550	0.8%
71	布里斯班	澳大利亚	239.38	839	16.3%
72	米兰	意大利	238.16	1,163	16.6%
73	麦迪逊	美国	236.86	780	1.1%
74	明尼阿波利斯-圣保罗	美国	236.08	822	1.1%
75	达勒姆	美国	234.48	891	1.1%

更多信息

有关自然指数中科研城市产出的更多信息，
欢迎访问
www.natureindex.com

科研城市100强

排名	城市/都市圈	地区	份额 2024	论文数 2024	占地区份额比重 (%)
76	名古屋都市圈	日本	233.14	772	7.3%
77	温哥华都市圈	加拿大	228.23	807	12.3%
78	德累斯顿	德国	220.09	790	4.4%
79	教堂山	美国	214.39	747	1.0%
80	厄巴那	美国	214.19	558	1.0%
81	罗马	意大利	210.65	1,122	14.7%
82	沈阳	中国大陆	210.38	623	0.7%
83	昆明	中国大陆	207.34	629	0.6%
84	莫斯科	俄罗斯	207.04	520	51.7%
85	宁波	中国大陆	206.99	587	0.6%
86	州学院 (斯泰特科利奇)	美国	205.12	576	0.9%
87	爱丁堡	英国	204.27	837	5.2%
88	丹佛都市圈	美国	198.31	749	0.9%
89	汉堡	德国	198.10	894	4.0%
90	鲁汶	比利时	197.42	713	37.3%
91	日内瓦	瑞士	192.89	850	12.7%
92	加尔各答都市圈	印度	183.69	382	10.3%
93	哥伦布	美国	182.72	733	0.8%
94	班加罗尔	印度	179.10	409	10.0%
95	曼彻斯特	英国	176.95	783	4.5%
96	德里国家首都辖区 (德里)	印度	175.35	480	9.8%
97	孟买都市圈	印度	174.30	448	9.8%
98	镇江	中国大陆	173.32	322	0.5%
99	赫尔辛基	芬兰	173.22	720	56.3%
100	纳什维尔	美国	172.76	680	0.8%

