



湾区之声



南海海洋研究所



华南植物园



广州能源研究所



广州地球化学研究所



亚热带农业生态
研究所



广州生物医药与
健康研究院



深圳先进技术研究院



深海科学与工程
研究所



广州化学有限公司

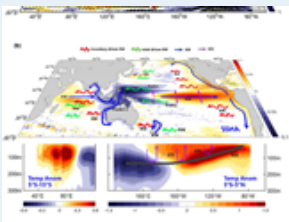


广州电子技术有限
公司

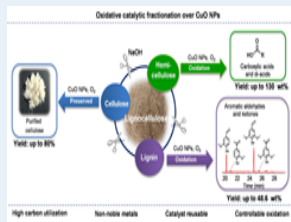
要闻

鼎湖山保护区首次发现厚嘴绿鸠和楔尾绿鸠，刷新鸟类新纪录

2023年度上半年重要科研进展速览

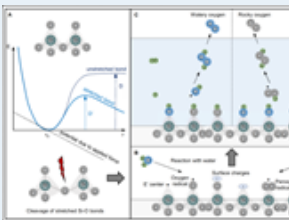


国际地学顶刊Earth-Sci...

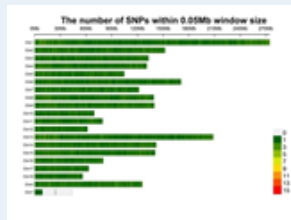


广州能源所在生物质全组...

- 【南海海洋所】国际地学顶刊Earth-Science Review...
- 【南海海洋所】海龙科物种适应性演化与保护研究取...
- 【南海海洋所】科学家发现南海深部地幔结构南北不...
- 【华南植物园】华南植物园揭示自2000年以来全球城...
- 【华南植物园】华南植物园发表竹类一新属——以礼...
- 【华南植物园】华南植物园揭示陆生植物气孔导度对...

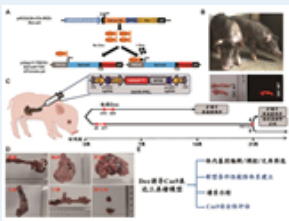


广州地化所何宏平、吴道...

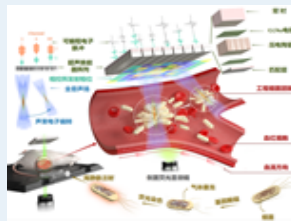


湘猪育种第一“芯”：64...

- 【广州能源所】广州能源所在生物质全组分高值化利...
- 【广州能源所】广州能源所荣获2022年度中国科学院...
- 【广州能源所】广州能源研究所超长重力热管技术应...
- 【广州地化所】广州地化所何宏平、吴道等 - PNAS: ...
- 【广州地化所】广州地化所刘亮等 - Nat Commun & GR...
- 【广州地化所】广州地化所殷彬晏等 - ACS ESC: 五硫...



广州健康院开发新型空间...



深圳先进院开发出相控阵...

- 【亚热带生态所】湘猪育种第一“芯”：64K cGPS液...
- 【广州健康院】广州健康院成功培育嵌入小分子药物...
- 【广州健康院】广州健康院开发新型空间多组学技术...
- 【广州健康院】干细胞诱导移植实现在野生型动物体...
- 【深圳先进院】深圳先进院开发出相控阵全息声镊在...
- 【深圳先进院】深圳先进院搭建机器人辅助胶体纳米...
- 【深圳先进院】深圳先进院等实现柔性电子器件“乐...

鼎湖山保护区首次发现厚嘴绿鸠和楔尾绿鸠，刷新鸟类新纪录

文 | 华南植物园

近期，鼎湖山国家级自然保护区在开展日常鸟类监测过程中，发现厚嘴绿鸠 (*Treron curvirostra*) 和楔尾绿鸠 (*T. sphenurus*)。经查阅文献，确认厚嘴绿鸠和楔尾绿鸠是鼎湖山鸟类新纪录，也是广东省鸟类新纪录，两者均属国家二级重点保护野生动物。

厚嘴绿鸠和楔尾绿鸠均为鸟纲鸽形目鸠鸽科绿鸠属的鸟类。2022年12月9日，一只厚嘴绿鸠雌性个体最早在鼎湖山保护区被拍摄到；该鸟体型中等（体长约 25 cm），其外侧覆羽的宽形黄色边缘特征明显，上下嘴基有红色；虹膜外圈橙红色、内圈灰蓝色，嘴短而厚、淡黄绿色，嘴基两侧珊瑚红色；眼周裸皮蓝绿色，额至头顶灰色，上体橄榄绿色（雄性翅上覆羽有紫栗红色斑块）；初级飞羽黑色，内侧覆羽具狭形黄白色边缘、外侧覆羽具宽形黄色边缘；尾下覆羽黄白色，最长覆羽具橄榄绿色横斑，较短的羽基绿色；脚珊瑚红色。而楔尾绿鸠雄性个体于次日（12月10日）被记录，发现时正与厚嘴绿鸠雌性个体在一起活动觅食；该鸟体型中等（体长约 33 cm），其肩部紫红色斑块明显，再加上尾下覆羽棕黄和腹部黄绿色等特征；虹膜外圈红色、内圈浅蓝色，嘴淡蓝色；眼周裸皮淡蓝色，头、颈及下体黄绿色，胸略带橙色；上背、肩灰色沾紫红色，中、小覆羽有大块紫红色斑；尾呈楔形、橄榄绿色，尾下覆羽淡棕色；脚红色。



楔尾绿鸠（雄性）和厚嘴绿鸠（雌性）

相关成果已于2023年6月6日发表在《陆地生态系统与保护学报》(10.12356/j.2096-8884.2023-0002)上，鼎湖山保护区志愿者梁晓慧和练育芳最早在鼎湖山拍摄到这两种鸟类新纪录，并给保护区提供精美照片。

鼎湖山保护区作为中国第一个自然保护区，经过67年的精心保护，森林覆盖率长期保持在98%以上，生物多样性富集度高。近年来，鼎湖山的物种新纪录不断涌现，包括有蓝歌鸲、斑尾鹃鸠、黑冠鵙、黑眉柳莺、大波夔眼蝶、三色波带花蚤和丽罗花金龟等。此外，鼎湖山保护区也是我国生物多样性就地保护的启航地，正在不断探索生物多样性保护的新举措和谱写人与自然和谐共生的绿色发展新篇章。



国际地学顶刊Earth-Science Reviews刊发 印太交汇区的最新研究成果

文 | 南海海洋所 LTO

近日，国际地学顶级期刊*Earth-Science Reviews*第237卷在线发表了中国科学院南海海洋研究所热带海洋环境国家重点实验室（LTO）研究员杜岩关于印太交汇区的综述性论文“*Multi-scale ocean dynamical processes in the Indo-Pacific Convergence Zone and their climatic and ecological effects*”，合作者包括中国科学院海洋研究所研究员王凡、华东师范大学教授张经、广西大学教授余克服以及多位南海海洋所的青年科学家。

热带印度洋-太平洋交汇区（简称印太交汇区）泛指西太平洋—南海/印度尼西亚海—东印度洋所交汇的海域，是全球跨圈层、跨洋盆的多尺度物质能量交换和循环中心，是全球季风系统、环流系统的关键纽带，也是全球生物多样性中心（如图1所示）。印太交汇区是澳洲季风、南海季风、东亚季风以及西太平洋季风等的衔接区，交汇区热力结构和海气相互作用直接影响临近季风系统的变化。印太交汇区在构成印太洋盆的物质和能量运输通道的同时，直接衔接了印太低纬度海盆的五个环流圈，包括：北太平洋热带环流、南太平洋热带环流、南海环流、印度洋热带环流和南印度洋副热带环流。印太交汇区作为跨圈层、跨海盆物质、能量交换和循环的重要海区，其海洋动力调整是海洋系统洋际、层际耦联研究的重要环节。印太

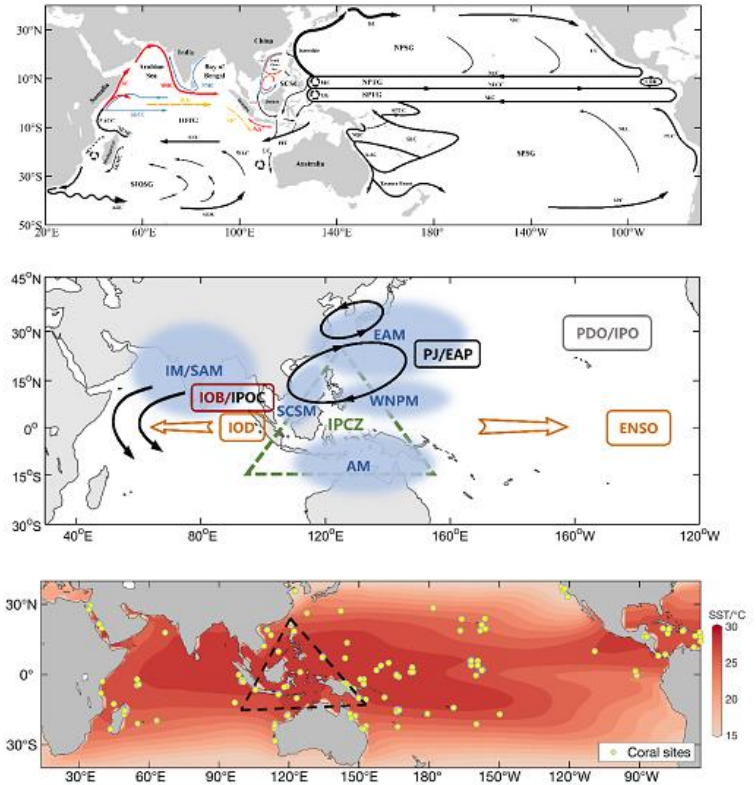


图1 印太交汇区（三角区示意位置）及其环流（上）、气候（中）系统和生物多样性中心分布（珊瑚礁生态系统；下）

交汇区的海洋生物多样性极高，是全球珊瑚、鱼类、红树林等海洋生物的重要栖息地，被誉为全球海洋生物多样性的珠峰、生命起源的中心地带。

研究人员对国际及国内学术界近几十年来针对印太环流系统之间的耦合联动、物质能量交换、低频调整及其影响印太交汇区热盐平衡和生态演变等科学问题的研究进展进行了系统的回顾。研究发现，印太暖池控制着沃克环流和哈德莱环流的变化，印度洋、太平洋两个海盆通过“大气桥”直接连接，热带印度洋和热带东太平洋年际海表温度（SST）变化存在重要的正相关性，使得印太交汇区在全球气候极端事件（如ENSO、IOD等）中起到了关键性的作用（如图2所示）。印太交汇区通过印尼贯穿流（ITF）连接热带太平洋、南海与印度洋的环流系统，跨海盆的物质和能量交换对区域乃至全球气候和海洋生

态环境有着至关重要的调节作用。同时，印太交汇区生物多样性格局是地球地质历史、构造过程、气候事件、海洋环境与生命过程等多圈层、多界面过程相互作用形成的结果，关乎全球生物、生态过程的演变（如图3所示）。

研究也发现，由于现有观测和研究的局限，印太交汇区的环流结构和演变规律尚不明确；印太交汇区环流与其临近海盆环流系统的物质、能量交互过程尚不具体；印太海区气候演变对全球海洋、气候过程的影响，尤其是对交汇区生物系统的演变的影响机制并不清晰；生物多样性及生物地球化学过程对海洋环境动力变化的响应也还不明朗。存在一些亟待解决的科学问题：如印太交汇区流场演变和动力成因？印太交汇区环流与海盆尺度五圈环流之间有何联系？印太海盆环流系统的能量的演化与转变过程如何？跨海盆环流的热盐运输对区域热盐平衡有何影响？生态系统演变对海洋动力调整有哪些响应机制？珊瑚骨骼中的生物地球化学指标作为海洋温盐要素的代用指标是否能反映海洋动力调整和生态系统演变？在何种时间尺度上显著？从区域海洋学和气候变化角度，厘清这些问题，将极大程度上推进对印太交汇区及其周边大洋的认识。

图2 ENSO影响下的印度洋-太平洋海盆间物质、能量运输（下）以及大气环流调整（上）

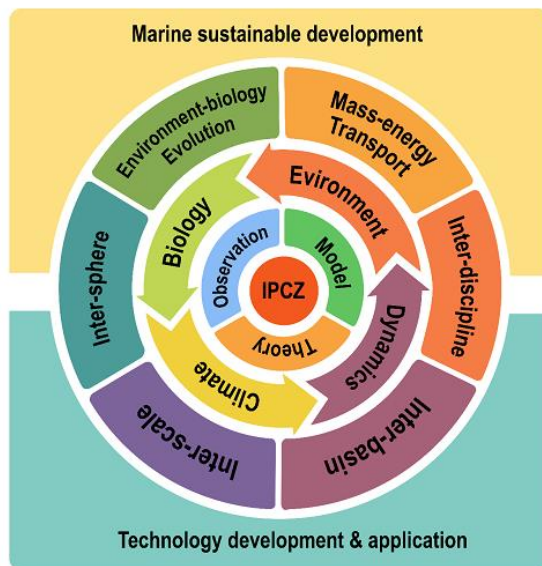


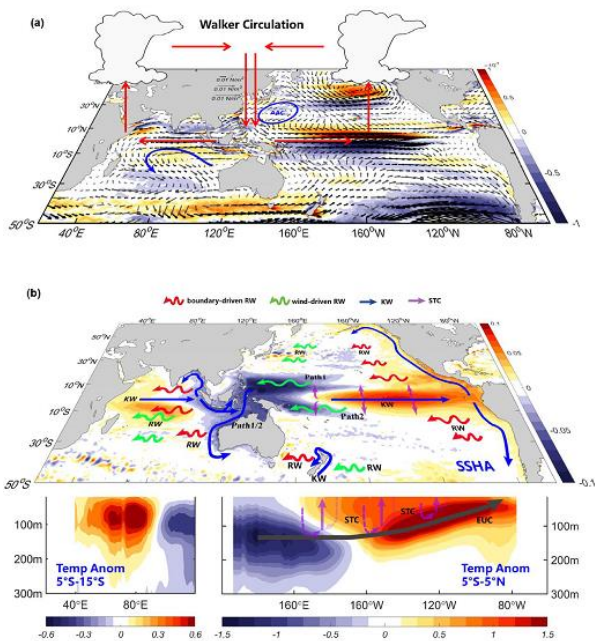
图3 印太交汇区跨圈层研究、应用与可持续发展框架图

该工作从不同角度探讨了印太交汇区作为大洋生物-物理-生态过程和生物多样性中心的显著地位和深远影响；阐述海洋物种多样性与区域动力系统特征、扩散与分化进程、以及不同维度间的系统演化关系。同时，该工作也体现了海洋学研究的综合与交叉，从浅海到深海、从区域到全球的国际研究的大趋势。

本文受国家自然科学基金，中国科学院院项目，南方海洋科学与工程广东省实验室（广州）项目联合资助。

相关论文信息：Yan Du, Fan Wang, Tianyu Wang, et al., Multi-scale ocean dynamical processes in the Indo-Pacific Convergence Zone and their climatic and ecological effects, *Earth-Science Reviews*. 237 (2023) 104313.

Doi: 10.1016/j.earscirev.2023.104313



海龙科物种适应性演化与保护研究取得新进展

文 | 南海海洋所

近日，中国科学院南海海洋研究所热带海洋生物资源与生态重点实验室林强研究员团队解析了叶海龙（leafy seadragon）拟态特征形成的进化和遗传学基础，基于基因编辑技术阐明了其复杂性状形成的分子调控机制，并预测了未来气候变化下海龙科物种适宜栖息范围的演变趋势。相关研究成果作为封面论文发表于 *Science China-Life Sciences*（《中国科学·生命科学》）（图1）。该课题组前期发表于 *Science Advances*（《科学前沿》）的研究结果已成功解析了草海龙（weedy seadragon）复杂性状的演化特征和性别决定机制，前后两个姊妹篇研究为这类特殊物种的形成与演化机制研究奠定了基础，并为海龙科关键物种的科学保护提供了重要科学依据。

查尔斯·达尔文在《物种起源》的结语中写道：“从如此简单的一个开端，展现物种进化的无尽形态之美”。叶海龙无疑是自然界中“进化无尽之美”的最典型代表（图1）。叶海龙生活在澳大利亚南部沿海，其全身被叶状附肢覆盖，能够完美融入栖息的海草床中。与其他海龙科物种类似，叶海龙种群因栖息地破坏、环境污染、人类活动等因素正面临前所未有的危机。然而，目前对叶海龙的研究十分有限，它们是如何适应海草床的特殊生境？在未来气候变化下它们的适宜栖息地将如何变化？目前尚未



图1 左：本研究作为封面论文发表于 *Science China-Life Sciences*；右：课题组前期工作作为封面论文发表于 *Science Advances*

有答案。

研究团队前期围绕海龙科物种复杂性状演化已有一系列研究，陆续解析了海龙科腹鳍丢失（*Nature*, 2016）、棘刺发生（*Nature Communications*, 2021）、牙齿丢失（*MSR*, 2020；*Science Advances*, 2021）、脾脏丢失（*Nature Communications*, 2022）等性状的遗传学基础。在本研究中，团队对叶海龙进行了比较基因组学的分析，发现与其他鱼类相比，叶海龙基因组有着较高的进化速率。进一步对相关基因进行挖掘，发现多个快速进化和正选择基因参与了骨骼和胶原等附叶组织相关发育通路，这可能是造就叶海龙表型高度特化的潜在原因。使用CRISPR-Cas9基因编辑技术对其中一个关键基因 *bmp6* 进行了斑马鱼敲除实验，结果显示突变型肌间刺发育受到显著影响，表明该基因对骨骼发育的重要作用（图2）。

团队前期研究已表明海龙科鱼类化学感受器家族显著收缩（*Nature*, 2016）而叶海龙较其他海龙科物种丢失了更多，其中OR和V1R嗅觉受体数量为已报道硬骨鱼类中最少（图3）。研究表明，鱼类OR的数量与生境复杂程度显著相关。叶海龙专性栖息于海草床生态系统，对特定生境具有高度依赖性，加上食性单一、不善游动和迁徙等特性，推测其嗅觉受体大量丢失与其适应独特的生境有关。

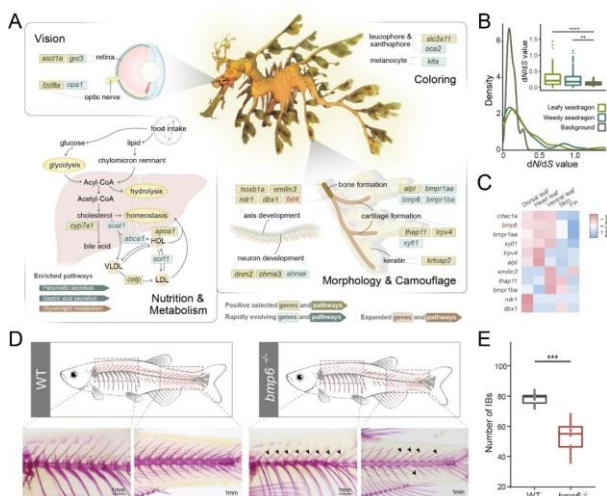


图2 影响叶海龙附叶发生的遗传学特征

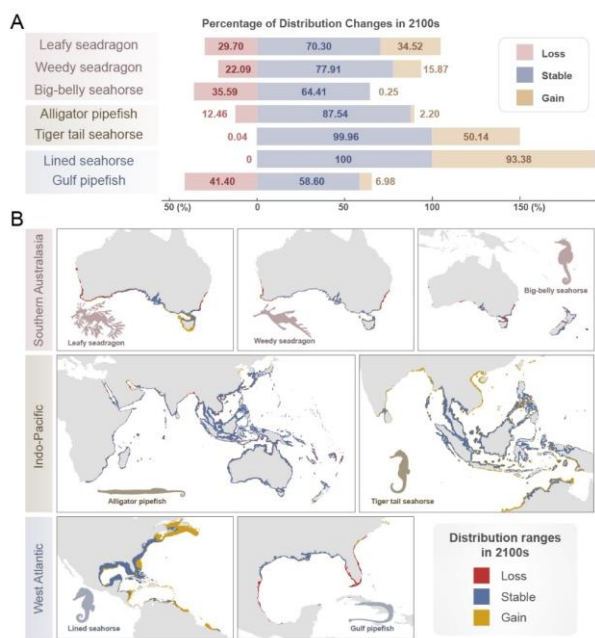


图4 在RCP 8.5下，SDM预测本世纪末7种海龙科物种的生境适宜性变化

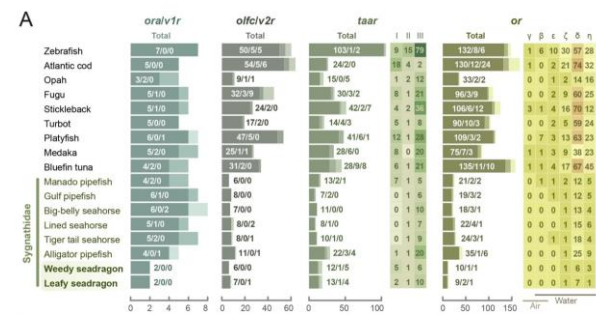


图3 海龙科鱼类嗅觉受体显著收缩，叶海龙有着已报道最少的OR和V1R

在长期的进化过程中，叶海龙和草海龙高度特化的表型以及生活方式使其能够完美地适应特殊的海草床生态系统。然而，近年来在气候变化和人类活动的共同影响下，海龙的适宜栖息受到严重破坏。使用物种分布模型进行预测，结果表明与线纹海马等广布种相比，区域特有物种叶海龙和草海龙的适宜栖息地范围将在本世纪末发生锐减，现有的栖息区域在未来或将不再适合其生存（图4）。另外，海龙的扩散能力极弱，难以长距离迁徙至新的适宜环境中。因此，对海龙保护策略的制定不仅需要考虑其物种本身，还需将未来气候变化和生境类型纳入考量。

中国科学院南海海洋研究所曲滕副研究员、张颖懿博士研究生、张志新研究员，以及华中农业大学高泽霞教授为共同第一作者，林强研究员和Meyer教授为通讯作者。该研究工作得到了国家自然科学基金重点项目、国家杰出青年基金、中科院基础前沿计划原始创新项目、国家重点研发计划、中科院战略性先导B专项等项目资助。

相关论文信息: The genetic basis of the leafy seadragon's unique camouflage morphology and avenues for its efficient conservation derived from habitat modeling. <https://www.sciengine.com/SCLS/doi/10.1007/s11427-022-2317-6;JSESSIONID=36fe0d40-0a7d-4fd4-860b-7de0d51ee99e>

科学家发现南海深部地幔结构南北不对称，南部地幔相对富含水分

文 | 南海海洋所

近日，中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋地质重点实验室林间院士团队在南海深部结构研究中取得重要突破，首次获得南海南部地幔相对富含水分的地球物理证据，发现了南海深部地震波速度结构南北不对称，成果发表在国际学术期刊*Nature Communications*/《自然-通讯》上。林间院士为论文通讯作者，南方科技大学博士后田晋雨为第一作者，实验室徐敏、张帆研究员和张旭博副研究员为论文合作者。

南海是世界上最大的边缘海之一，近亿年以来，大量的地球板片从东、西、南三个方向俯冲到南海之下，因此南海深部被称为俯冲板片的“地下宫殿”。但由于海底观测的限制，人类对该“地下宫殿”的深部结构一直知之甚少。2017年6月林间院士团队搭乘“实验3”科考船首次在南海西南次海盆实施高分辨率被动源海底地震实验（图1），对南海的“地下宫殿”进行三维高分辨率“CT”成像。

在南海西南次海盆，研究团队发现，海盆南部40-80公里深度存在一个明显的低地震横波速度异常区，且异常在约50公里深度处达到峰值（图2）。经过深度热力学与岩石地球化学分析，研究团队认为南海南部的上地幔相对富水，推测这些水可能源于俯冲板片的脱水作用。

结合南海现今构造，研究团队提出一个全新的南海西南次海盆地幔演化

nature communications



Article

<https://doi.org/10.1038/s41467-023-38385-w>

Mantle heterogeneity caused by trapped water in the Southwest Basin of the South China Sea

Received: 14 September 2022

Jinyu Tian¹, Zhitu Ma², Jian Lin^{1,3}, Min Xu³, Xun Yu², Ba Manh Le¹, Xubo Zhang³, Fan Zhang³ & Laiyin Guo¹

Accepted: 28 April 2023

化模型（图3）。一千多万年以来，断裂的古南海俯冲板片在下沉过程中持续释脱水，导致南部地幔相对富水（~150-300 ppm）。本研究对揭示南海俯冲板片的“地下宫殿”结构、南海大量火山与岛礁的成因以及地球俯冲带水循环等都具有重要意义。

以上研究得到国家自然科学基金项目、中国科学院项目等共同资助。

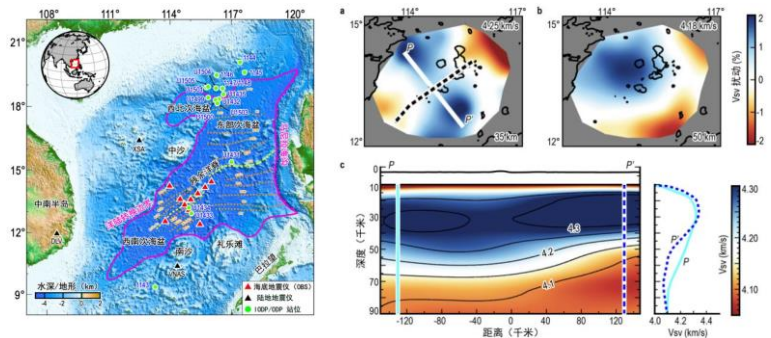


图1 南海海底地震实验（左）；图2 南海西南次海盆地幔横波速度结构：平面变化和剖面变化（右）

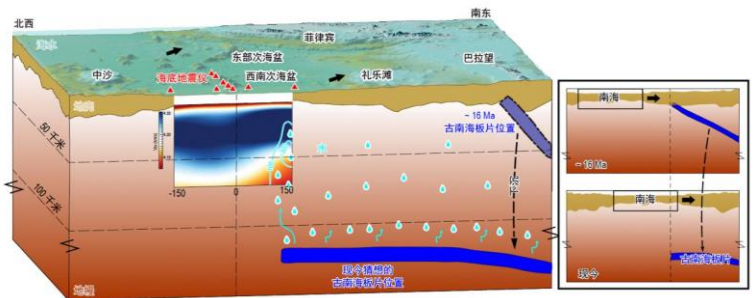


图3 南海西南次海盆地幔演化图

华南植物园揭示自2000年以来全球城市树木的降温效率显著增加

文 | 华南植物园 scbg

树木是城市中最主要的地物类型之一，其蒸腾蒸散能力在缓解城市热压力方面具有重要意义。树木的降温效应，一方面体现在树木的覆盖度，另一方面则体现在树木的降温效率，即单位树木覆盖度增加带来地表温度的下降。尽管目前已有不少研究报道了城市的树木降温效率，但这些从单个或几个城市得到的结果尚不足以展现其全球格局及驱动因子。同时，在全球城市化和气候变化的大背景下，树木降温效率除了具有很强的空间异质性还很可能随时间发生变化。然而，目前有关城市树木降温效应的研究大多缺乏对降温效率时域特征的观测和考虑。

该研究利用Landsat卫星反演的城市树木覆盖度和地表温度数据在全球806个大城市中对比了10%树木覆盖度、25℃气温条件下的树木降温效率。较高的降温效率出现在近北美西海岸、北美东北部、中西欧和日本地区。较低的降温效率出现在中美洲、地中海

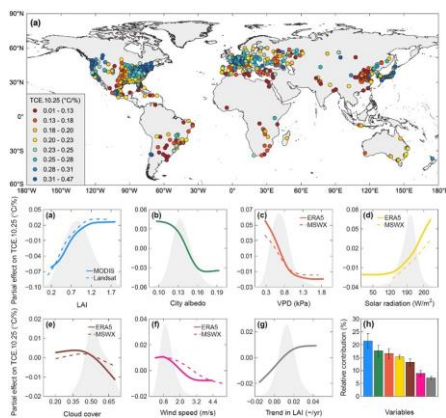


图1 城市树木降温效率的全球格局及其驱动因子

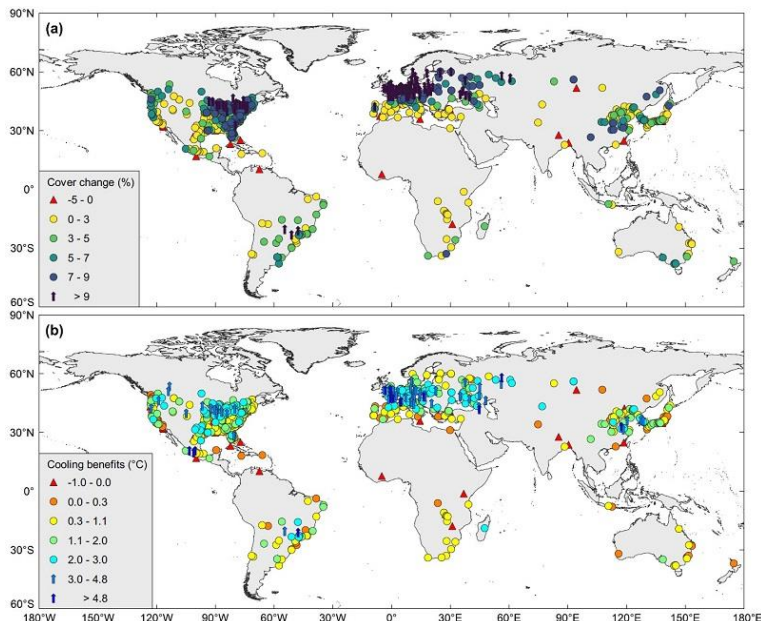


图2 2000-2015年期间全球城市树木覆盖度的变化及其带来的城市地表温度下降。

沿岸、中国北方以及南半球地区。机器学习模型结果显示，降温效率的全球异质性主要受到LAI等植被生理特性、城市反照率等人为管理相关变量以及VPD、短波辐射等气象要素的驱动。自2000年以来，研究发现全球超过90%的城市表现出树木降温效率的上升趋势。基于遥感观测证据和城市生态水文模型模拟的结果表明，降温效率上升的部分原因是近年来LAI的普遍增加以及部分地区短波辐射的增强，此外城市相对湿度下降导致VPD的增加以及城市反照率的下降也会贡献降温效率的上升。

该研究结果首次从时空两个维度给出了城市树木降温效率的全球格局，有助于城市管理者更好地理解树木降温效率的驱动机制及其与全球变化、人类活动之间的关系，并为城市现有绿地的管理和未来植树造林、绿地建设规划等提供了新的认识。

该研究成果已近期发表在国际学术期刊*Global Change Biology*（《全球变化生态学》）杂志第29卷11期。中国科学院华南植物园武东海研究员和北京师范大学赵祥教授为共同通讯作者，赵嘉诚博士为第一作者，Simone Fatichi博士和Naika Meili博士为论文的合作者。

文章链接：<https://doi.org/10.1111/gcb.16667>

华南植物园发表竹类一新属——以礼竹属

文 | 华南植物园 scbg

竹类植物隶属于禾本科竹亚科，全世界有136属约1700种，主要分布在热带及亚热带地区。我国的竹类资源极为丰富，目前已记录有38属约540种，是竹亚科的现代分布中心之一。竹类植物是重要的森林资源，具有食用、材用、观赏、药用等多种利用价值，对维持生态平衡也有重要的作用。但由于竹类开花周期长，标本采集难度大，因此也是被子植物分类中较为困难的类群。

矢竹属 (*Pseudosasa Makino ex Nakai*) 是竹亚科青篱竹族的一个小属，全世界约有20种，主要分布在中国

(16种)、日本(3种)和越南(1种)。先前的研究表明该属不是单系类群，日本种类和中国的种类分布于系统树不同的分支上。两群植物的形态也有较大差异：日本种类具有宿存的秆箨，秆每节仅具1分枝(稀顶部具3分枝)，雄蕊3至5枚，而中国的种类秆箨早落，秆每节具1至3分枝，雄蕊3枚。其中特产于湖南南部的纤细茶秆竹 (*P. gracilis* S. L. Chen & G. Y. Sheng) 的系统位置尤为特殊，该种在系统树上总是与华赤竹属

(*Sinosasa* L. C. Chia ex N. H. Xia et al.) 的物种聚成一支，而与国产其他矢竹属的物种关系较远。有些学者认为该种不是典型的矢竹属成员，或认为它可能与产自广东北部的毛花茶秆竹 [*P. pubiflora* (Keng) Keng f. ex D. Z. Li & L. M. Gao]



图1. 以礼竹的形态特征

为同种，且可能是箬竹属 (*Indocalamus Nakai*) 的成员。因此，该种的名实问题和归属需要进一步研究。

中科院华南植物园植物中心童毅华博士等科研人员通过馆藏标本查阅和野外考察，确认纤细茶秆竹以及产自湖南的蓝山玉山竹 (*Yushania lanshanensis* T. H. Wen)，产自广东的薄鞘茶秆竹 (*Arundinaria teuivagina* W. T. Lin) 以及产自江西的抽展茶秆竹 (*P. parilis* T. P. Yi & D. H. Hu) 均为毛花茶秆竹的异名。本种主要的鉴别特征为：地下茎单轴型，节平坦，秆箨纸质，鞘口缝毛基部合生，箨片直立、抱茎并常

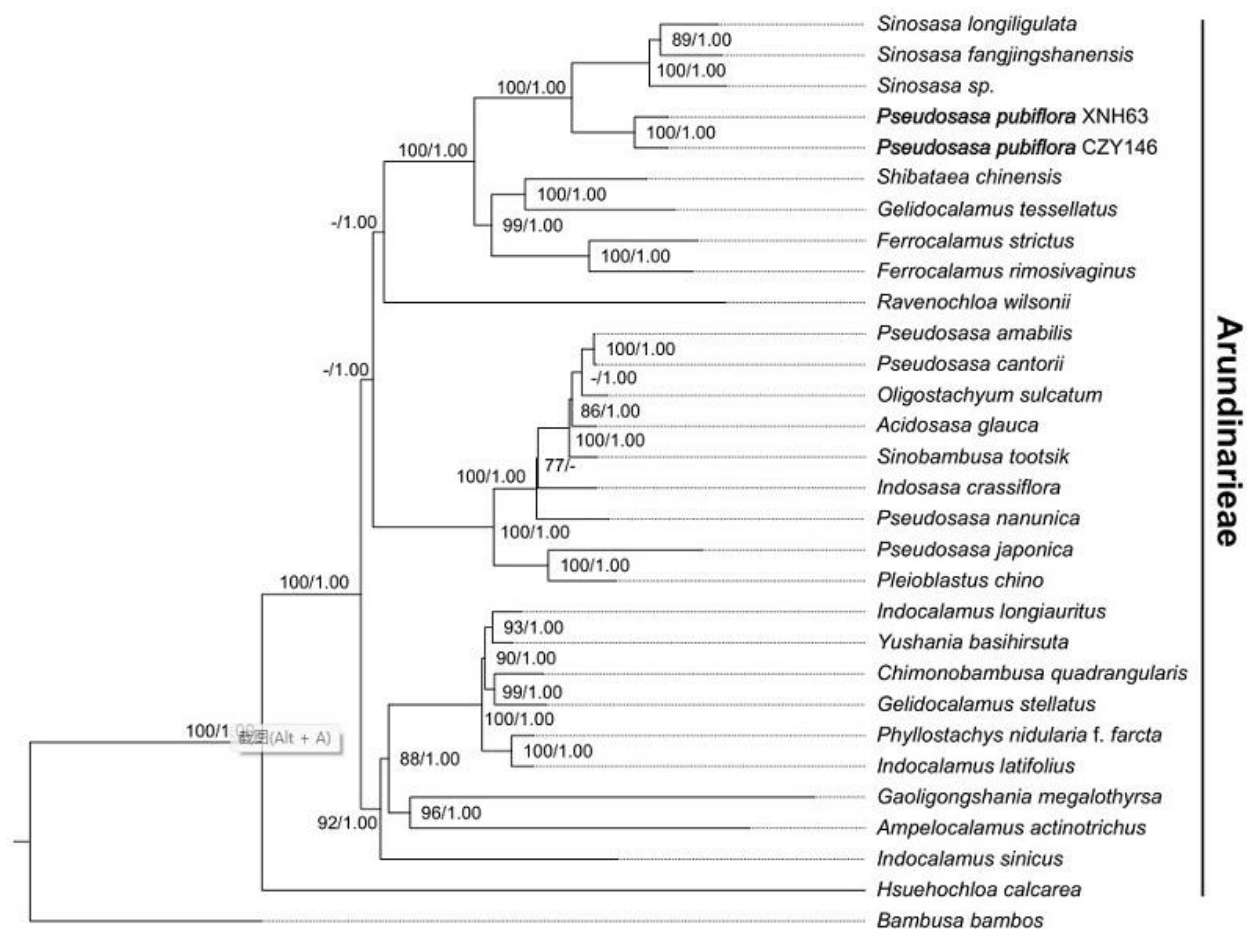


图2. 基于叶绿体基因组数据构建的青篱竹族系统发育树，示以礼竹（毛花茶秆竹）的系统位置

长与箨鞘，秆芽狭卵形，秆中部每节具2~4分枝，末级小枝具1~4枚叶片，花枝生于小枝的节上，小穗排列成总状，小穗柄粗壮、直立并贴生于轴上，柱头2枚。其中，狭卵形的秆芽、长于箨鞘的箨片、基部合生的鞘口缝毛以及直立并贴生的小穗柄的特征组合在青篱竹族中尤为特别。形态证据表明该种与矢竹属、华赤竹属以及箬竹属差异都较大，不属于这其中的任何一属。随后，科研人员通过叶绿体基因组系列分析了该种的系统位置，结果与前人基于核基因的研究结果一致，该种与华赤竹属的物种是姐妹类群，而与其他矢竹属物种关系都较远。

因此，基于以上形态学和分子系统学的研究结果，科研人员建立了一新属——以礼竹属（*Kengiochloa* Y. H. Tong & N. H. Xia）予以放置这一形态尤为独特的竹种，并将该种重新拟名为“以礼竹” [*Kengiochloa pubiflora* (Keng) Y. H. Tong & N. H. Xia]。属名用以致敬我国第一位研究禾本科的学者耿以礼教授（1897-1975），他也是最早描述本种的学者。该研究澄清了以礼竹的名实和归属问题，厘清了一部分矢竹属内复杂的种间关系，为将来本属全面的分类修订提供了一些基础数据和资料。相关研究成果已近期发表在国际植物分类学期刊 *PhytoKeys*（《植物键》）上，童毅华博士为论文第一作者，夏念和研究员为论文通讯作者。该研究得到了广东省基础与应用基础研究基金项目以及国家自然科学基金项目的支持。文章链接：<https://phytokeys.pensoft.net/article/98920/>

华南植物园揭示陆生植物气孔导度对全球变化的响应

文 | 华南植物园 scbg

气孔导度是重要的植物生理生态性状。已有的研究表明气孔导度对环境变化十分敏感，但多个全球变化因子共同作用下，气孔导度的响应尚不清楚，因而限制了人们对陆地生态系统碳水循环的理解和预测。

中科院华南植物园生态研究中心梁星云副研究员，利用全球实验数据，整合分析了CO₂浓度升高、增温等全球变化因子及其交互作用对陆生植物气孔导度的影响。基于气孔导度对全球变化因子的响应，发现CO₂浓度升高、增温、降水减少、地表臭氧浓度增加等因子显著降低气孔导度，降水增加和大气氮沉降则显著增加气孔导度。但气孔导度的响应因实验强度、植物属性（包括自身气孔导度、生物群落、植物功能型）以及气候而异。基于气孔导度对全球变化因子交互作用的响应，发现除增温+氮沉降对气孔导度没有显著影响外，所有双因子的交互作用均显著降低了植物的气孔导度，且各因子的单独效应总体上是可加和的，但随着效应值的增加，倾向于拮抗（即双因子的共同效应小于单因子效应之和）。基于气孔导度对全球变化因子的敏感性及其变化程度，发现大气CO₂浓度升高和增温对气孔导度的影响最大，而降水格局改变、氮沉降以及臭氧浓度增加的影响较小，进而预测了陆生植物气孔导度的未来变化趋势（图1）。该研究为深入理解和精准预测全球变化背景下植物气孔导度的

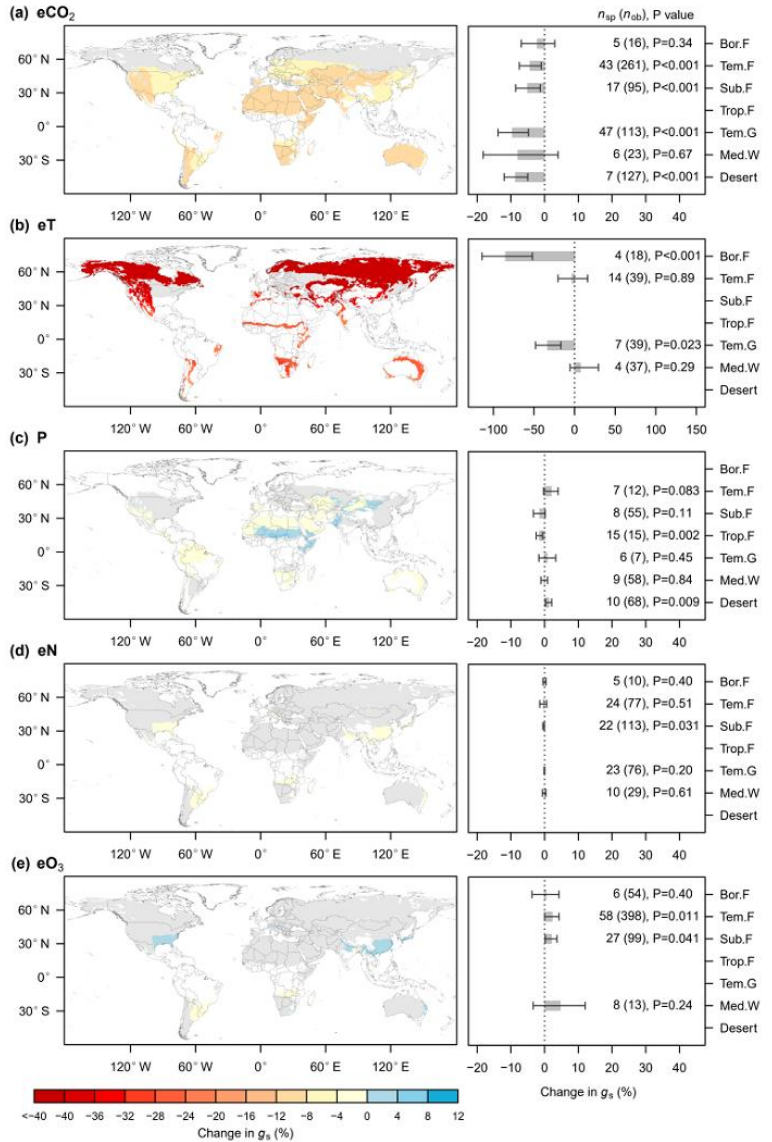


图1. 陆生植物气孔导度 (gs) 未来变化趋势的预测。

a: 大气CO₂浓度升高导致的变化, b: 气温上升导致的变化, c: 降水改变导致的变化, d: 大气氮沉降导致的变化, e: 地表臭氧浓度增加导致的变化。
Bor.F: 寒带森林, Tem.F: 温带森林, Sub.F: 亚热带森林, Trop.F: 热带森林, Tem.G: 温带草地, Med.W: 地中海灌木林。

响应奠定了基础。相关研究结果已近期在线发表在*Nature Communications*（《自然通讯》）上。该研究得到了国家杰出青年科学基金、面上项目和广东省自然科学基金等项目的资助。
论文链接: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37934-7>

广州能源所在生物质全组分高值化利用领域取得进展

文|广州能源所 生物质催化转化研究室

近日，广州能源研究所生物质催化转化研究室王晨光研究员与比利时鲁汶大学Bert F. Sels教授合作，在生物质全组分高值化利用方面取得重要进展。5月30日，相关研究以 *Oxidative Catalytic Fractionation of Lignocellulose to High-Yield Aromatic Aldehyde Monomers and Pure Cellulose* 为题以长文

(Research Article) 形式在线发表于《ACS-催化》(ACS Catalysis)。

温和氧化是一项具有应用前景的生物质催化转化技术，可将木质纤维素类生物质转化为高价值的化学品和纤维素。然而在此过程中，碳水化合物的溶解和转化以及木质素和单酚类物质的缩聚和降解限制了整体碳效率的提高。

该研究针对上述技术瓶颈，借鉴传统酸碱法造纸除木质素工艺，基于木质素优先利用思路提出催化氧化分离策略并应用于木质纤维素组分分离，同时将木质素氧化转化为高附加值单酚。研究发现，温和条件下成本较低的纳米氧化铜颗粒(CuO NPs)表现出优异的催化氧化分离性能，在将木质素

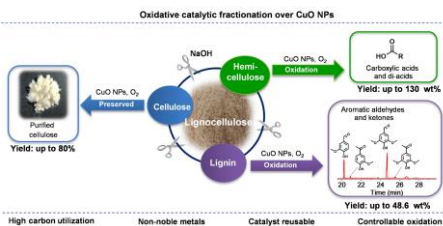


图1 木质纤维素催化氧化分离策略

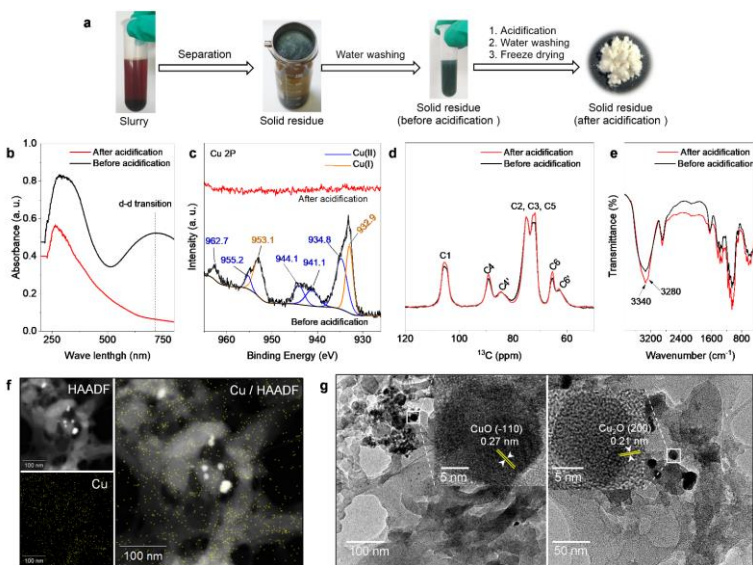


图2 (a) 固体残渣分离流程图。(b) UV-vis-NIR DSR光谱，(c) Cu 2p XPS核级谱，(d) 固态 ^{13}C NMR谱图和(e) FT-IR spectra of SRs。(f) 酸化前固体残渣的EDX mapping和(g) TEM图。

催化氧化为芳香醛酮的同时抑制了纤维素水解，该方法获得的高附加值单体和材料(纤维素)的碳效率达80%(图1)。其中，木质素被转化为芳香单体(主要为香兰素和丁香醛)，转化率高达48.6 wt %。通过“分离-氧化”两步实验和模型反应发现，CuO NPs能高效催化木质素苯丙烷侧链C-C键和C-O键断裂，促进木质素氧化中间体亚甲基醌自由基向目标产物芳香醛酮的转化，使单酚收率超过理论值(基于 β -O-4键的含量)；半纤维素则选择性转化为草酸为主的水溶性小分子脂肪酸；80%的纤维素以白色固体残渣(纤维素纯度高达95%)形式保留。通过模型物反应及 ^{13}C NMR等表征手段证明，铜阳离子与纤维素的葡萄糖链上的羟基及吡喃环的氧原子的强烈络合作用是抑制纤维素水解的主要原因(图2)。

该论文中提出的催化氧化分离策略普遍适用于木本和草本生物质的催化转化，为今后生物质温和全组分高值化利用提供了指导思路，进一步促进从化石经济向利用生物质生产化学品的更可持续的生物经济的过渡。

该研究获得国家重点研发计划项目、国家青年自然科学基金项目和广东省重点领域研发计划项目的资助。原文链接：
<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acscatal.3c01309>

广州能源所荣获2022年度中国科学院科技促进发展奖

文|广州能源所 科技处

2月11日，中国科学院2023年度工作会在北京召开，会上公布了2022年度中国科学院科技促进发展奖获奖团队名单，广州能源所盛松伟研究员带领的“深远海绿色能源+智能养殖平台技术研发及产业化”团队入选。

为获取海洋优质蛋白、推动海水养殖由港湾走向深远海，广州能源所针对行业需求，基于40多年海洋波浪能开发理论和实践，成功研发出集“绿色能源+半潜浮台+深水锚泊+智能养殖”等多项关键技术为一体的深远海绿色智能养殖平台技术。解决了传统养殖装备在海上抗风浪能力差、无法搭载现代化生产生活设施、缺乏有效能源供给等制约行业发展的痛点问题，有力支撑了我国深远海养殖装备转型升级。相关技术获中国、美国、欧盟、英国、澳大利亚、日本、加拿大发明专利授权，在广东、福建、海南等省实现成果转化，3年内获得技术应用23项。项目成果入选国际能源署OES亮点成果报告，中央电视台、中国中央人民政府网等国家媒体多次对项目成果和进展进行报道。



获奖项目团队



新闻联播报道项目技术成果

中国科学院广州能源研究所超长重力热管技术应用成果正式发布

文 | 广州能源所 先进能源系统研究室

4月6日，超长重力热管技术应用评价暨成果发布会在山西太原召开。会上，中国工程院院士谢克昌、陈勇等组成的专家组对山西综改示范区超长重力热管技术应用示范项目进行了评价。中国科学院重大科技任务局业务主管曹大泉、中国科学院广州能源研究所所长吕建成和副所长黄宏宇、双良集团执行总裁马福林、慧居科技股份有限公司总经理李宝山等项目相关单位负责人及10余名项目团队成员参加会议。

专家组组长谢克昌主持评价会。专家组经过考察示范现场、审阅相关资料、听取成果汇报和质询答辩，一致认为，该技术应用项目涵盖了从地热勘探—设计—钻井—装备制造—安装施工—调试运行的全链条核心技术创新和实际操作经验，创新性强，成果丰富且整体达到国际先进水平，部分成果居国际领先水平。专家组建议加快该技术的推广应用，为缓解适用地区的能源短缺问题贡献力量。

超长重力热管示范项目依托中国科学院广州能源研究所的超长重力热管专利技术，由双良节能系统股份有限公司负责加工制造、双良集团旗下的慧居科技股份有限公司组织实施。项目地点位于山西太原综改示范区，于2021年5月初开始实施，2021年12月底完成调试并投运，是世界首个超长重力热管中深层地热开采及供暖商业化示范工程。经第三方测试，该示范



谢克昌主持评价会

“十四五”是推进碳达峰碳中和目标实现的第一个五年。推动地热能可持续高质量发展，是构建清洁低碳、安全高效的能源体系的重要途径之一。我国地热能产业经过几十年发展积累，勘探、开发与利用技术持续创新，地热能装备水平不断提高，地热能产业体系初成，领域进入全新发展阶段。加快对地热资源的开发和综合利用，对于当前推进北方地区清洁供暖替代燃煤供热的力度和覆盖范围，助力生态文明建设具有重要现实意义。

超长重力热管深部地热开采技术于2016年由广州能源所蒋方明团队首次提出，是一种革新性地热开发利用技术。近年来该团队在中科院“变革性洁净能源关键技术与示范”先导专项课题等支持下，对超长重力热管中-深层地热开发技术进行攻关，已在多个环节实现关键技术突破，在超长重力热管研发、工质优选、工程应用等方面形成多项原创性成果，目前已获得中国发明专利授权6件、国际PCT专利授权3件。



会议现场、与会人员合影

广州地化所：“石头会产氧”——地球初始氧的矿物起源

文|广州地化所

氧气 (O_2) 是人类与动物呼吸的必需物质,但在早期地球大气中几乎没有氧气,直至第一次大氧化事件

(The Great Oxidation Event, 24.5 - 23.3 亿年前) 之后,大气中才开始有氧气的积累,此后出现了真核生物等复杂生命。因此,地球初始氧的起源是解译地球宜居性演化与生命进化的关键。

在过去的40多年时间里,大气光化学反应一直被认为是早期地球初始氧的主要来源,其核心是 H_2O 解离形成过氧化氢 H_2O_2 (H_2O_2 分解可形成 O_2)。但近年的研究发现,大气光化学反应产生的 H_2O_2 通量极低,不足以支持产氧光合作用进化等重要过程。2021年,中国科学院广州地球化学研究所何宏平研究员团队发现,在机械外力作用下,矿物-水界面反应可产生 H_2O_2 和 $\cdot OH$ 等活性氧(ROS),并提出由此产生的非生物氧化剂触发了蓝细菌祖先产氧光合作用进化。但值得注意的是,现有的研究认为地球行星环境中的非生物氧化剂主要起源于 H_2O 的解离,真的是这样吗?

近日,中国科学院广州地球化学研究所何宏平研究员团队围绕“地球初始氧的起源”这一关键问题,在模拟早期地球大气环境($PO_2 < 10^{-6}$ atm)下,采用同位素示踪技术解剖了石英-水界面反应过程并发现, H_2O_2 和 O_2 中的氧主要源自矿物表面基团(过氧自由基),只有少量的 $\cdot OH$ 源自 H_2O 的解离,氧原子在矿物-水-大气三相

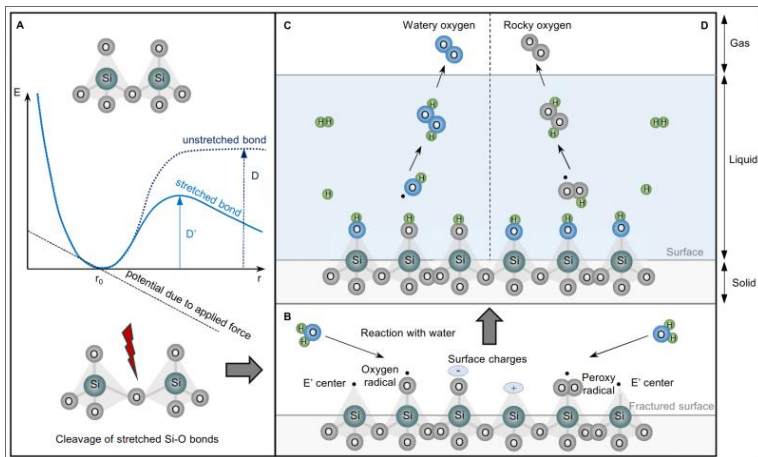


图1. 硅酸盐矿物-水界面反应生成 H_2O_2 的两种机制

界面上发生快速交换(图1)。在机械外力作用下,硅酸盐矿物-水界面可以不断释放活性氧,而且这种作用广泛存在于风化剥蚀、河流冲刷、构造运动等地质过程中,构成了早期地球非生物氧化剂的重要来源。

这一重要发现颠覆了“地球初始氧来源于 H_2O 分解”的传统认识,揭示了矿物表面提供早期地球的初始氧。该成果及团队的近期相关工作(*Nature Communications*, 2021; *Communications Earth & Environment*, 2023)系统阐述了矿物-水界面反应的产氧机制及其在地球宜居性演化过程中的重要作用,揭示了这种非生物氧化剂是岩石圈、水圈、大气圈和生物圈协同演化的一种内在动力(图2)。该系列工作促进了人们对早期地球表面环境的认识从“均一的还原状态”向“局部存在氧化环境”转变,并为生命起源理论和地外生命探测提供了重要启示。矿物机械化学氧化剂导致的无机“氧绿洲”很有可能也存在于火星等其他类地行星上,产生适宜生命起源和演化的化学梯度条件,对于探索火星生命也具有具有重要的指导意义。

这一重要发现颠覆了“地球初始氧来源于 H_2O 分解”的传统认识,揭示了矿物表面提供早期地球的初始氧。该成果及团队的近期相关工作(*Nature Communications*, 2021; *Communications Earth & Environment*, 2023)系统阐述了矿物-水界面反应的产氧机制及其在地球宜居性演化过程中的

重要作用，揭示了这种非生物氧化剂是岩石圈、水圈、大气圈和生物圈协同演化的一种内在动力（图2）。该系列工作促进了人们对早期地球表面环境的认识从“均一的还原状态”向“局部存在氧化环境”转变，并为生命起源理论和地外生命探测提供了重要启示。矿物机械化学氧化剂导致的无机“氧绿洲”很有可能也存在于火星等其他类地行星上，产生适宜生命起源和演化的化学梯度条件，对于探索火星生命也具有重要的指导意义。

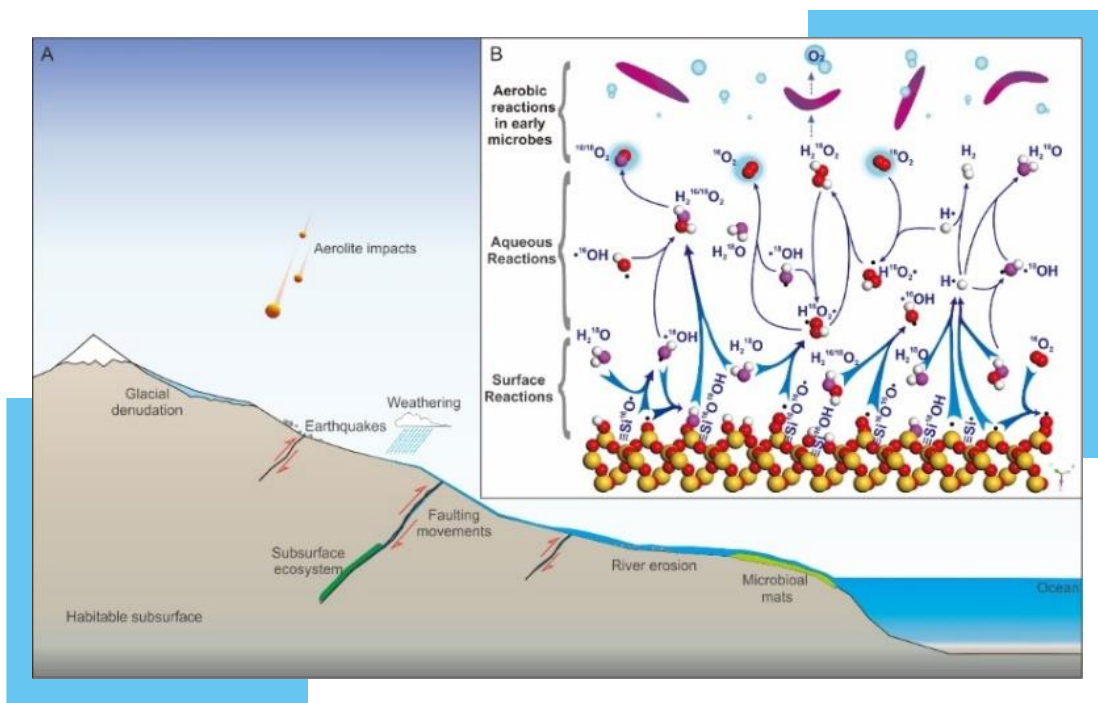


图2. 早期地球矿物起源的ROS产生过程

该研究得到了国家杰出青年基金（No. 41825003）和国家自然科学基金（No. 41921003, 41888101, 42202037, 42102028, 42073013）的联合资助。研究成果于3月20日发表于《美国国家科学院院刊》（*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*）。

论文信息: Hongping He (何宏平)*, Xiao Wu (吴逍), Jianxi Zhu (朱建喜), Mang Lin (林莽), Ying Lv (吕瑛), Haiyang Xian (鲜海洋), Yiping Yang (杨宜坪), Xiaoju Lin (林泉举), Shan Li (李珊), Yiliang Li (李一良), H. Henry Teng (滕辉), Mark H. Thiemens*, 2023. A mineral based origin of Earth's initial hydrogen peroxide and molecular oxygen. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. DOI: 10.1073/pnas.2221984120

论文链接: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2221984120>

刘亮等-Nat Commun & GRL: 数值模拟与多学科观测联合揭示古新世以来印度北侧消亡的“喜马拉雅”块体

文|广州地化所

古新世以来，曾位于印度次大陆与青藏地块群之间长约1000-2000公里消亡块体的属性存在极大的争议。前人研究认为，该块体可能曾经是印度次大陆的北侧延伸、大洋板块、或二者不同比例的结合体（图1）。由于该块体的消亡过程在很大程度上决定了青藏高原的形成、演化过程与机制，并对认识新生代以来亚洲季风形成与气候演化至关重要，厘清其属性与消亡过程，是地学热点议题之一。

近日，中国科学院广州地球化学研究所徐义刚院士团队刘亮副研究员，与美国伊利诺伊大学刘丽军教授、南方科技大学Jason P. Morgan教授、中国科学院地质与地球物理研究所陈凌研究员，借助数值模拟与多学科观测相结合的研究手段，将该消亡板块限定为：由~600公里长的高浮力地块（如克拉通）与~1400公里长的薄地壳地块（如减薄的大陆架或年轻大洋）组成，该研究阐明了地块的“三阶段”消亡过程，解释了以往看似矛盾的部分地质现象，并遵照学术惯例将其命名为“喜马拉雅”。

研究团队首先模拟了不同端员模型的俯冲、碰撞过程（图1），重点关注不同模型中增生地壳（喜马拉雅地层）物质质量的演化、“喜马拉雅山系”的古高程演化、板内岩浆活动的时空分布、上覆岩石圈的地壳厚度与地形演化、“青藏高原”的现今规模、以及“当今”高原之下的上地幔结构等

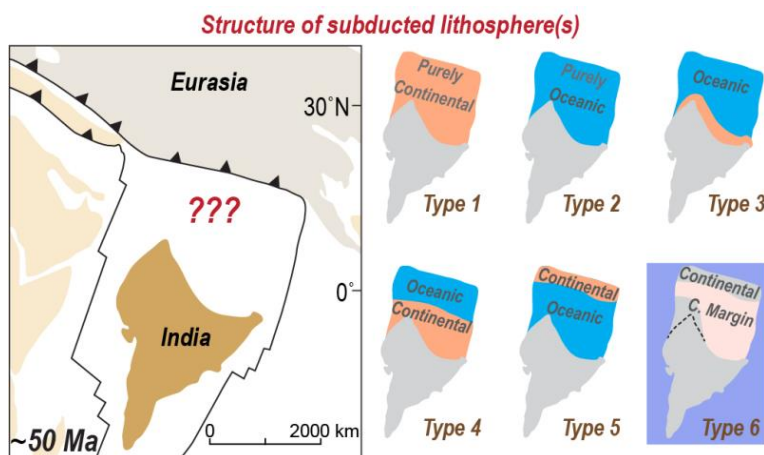


图1 古新世以来印度次大陆与青藏地块群之间消亡块体的端员模型

模型指征（图2）。随后，通过将以上指征与前人的多学科观测约束相比较，发现：1）单一的大陆型俯冲会产生过宽的喜马拉雅地层、过少的板内岩浆、以及过大的“青藏高原”；2）大洋板块俯冲过程几乎不残留增生地壳物质，且上盘板内岩浆活动长期活跃、当今的高原过小；3）高浮力地块与薄地壳地块先后俯冲的模型，既可以“重现”早期陆-陆碰撞导致的地表隆升等指征、又能较好地再现高原之上岩浆活动等的时空分布与演化规律。最终，基于模拟与观测的联合约束，研究团队提出了喜马拉雅模型（图3）。

本研究提出，喜马拉雅的消亡过程大致分为三个阶段：高浮力地块的低角度底垫，薄地壳地块的俯冲、后撤与脱离，印度次大陆的最终碰撞与部分俯冲（图2）。该模型融合了“大印度”与“大印度洋盆”为代表的端员模型，在一定程度上调和了二者看似矛盾的部分核心证据链：1）因为早期的高浮力地块底垫会导致青藏中-北侧的隆升，而稍晚的薄地壳地块俯冲会导致青藏中南部的沉降与凹陷，因此，该模型或可解释始新世“原青藏高原”与“青藏高原中央谷地”共存的原因；2）薄地壳地块同样可以被海水覆盖（如亚洲东侧与西北利亚北侧的大陆架、新西兰及周边大陆架Zealandia等），因而该特征或可解释青藏南侧初始碰撞>20 Myr后，特提斯海道及相关海相沉积才彻底消失的现象；3）因为薄地壳地块在其俯冲

阶段对上盘持续施加向下的拖拽作用，所以该模型或可解释喜马拉雅山系在近20 Myr以来才加快抬升的原因。此外，若假设模型中的薄地壳地块是大洋属性，其消亡过程中形成的“蛇绿岩套”会部分残留至今，因此，本项工作暗示喜马拉雅大陆主导属性，与前人在青藏高原和印度次大陆之间仅识别出一条缝合带的事实相吻合。然而，考虑到“不存在证据并不能作为不存在的证据”，本研究尚不足以最终明确喜马拉雅“薄地壳”部分的属性，期望在后续研究中持续探索。

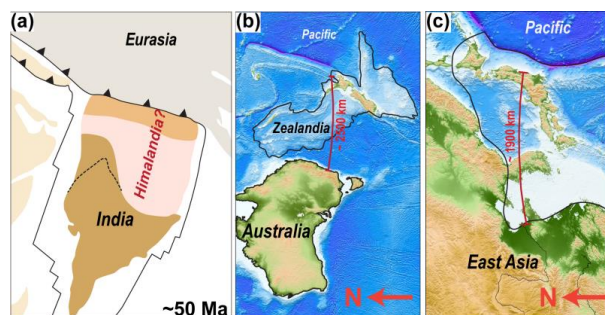


图3 “喜马拉雅”概念模型。(a) 始新世早期喜马拉雅的分布与几何特征。(b)–(c) 喜马拉雅可能的当今类似物（又如西伯利亚北侧的大陆架）。

论文中的数值模型基于刘亮主导升级的热-动力学数值模拟程序，有自适应型网格（A2ML）、非线性粘-密度、熔-流体迁移、以及初步的岩浆组成模拟等算法。研究成果发表于国际学术期刊《自然-通讯》（*Nature Communications*）与《地球物理快报》（*Geophysical Research Letters*）。本项研究受到广东省基础与应用基础研究基金重大项目（2019B030302013）和国家重点研发计划项目（2022YFF0801002）的联合资助。

论文信息：

Liu, L.* (刘亮), Liu, L. J.* (刘丽军), Morgan, J. P., Xu, Y. -G. (徐义刚), and Chen, L. (陈凌) (2023). New constraints on Cenozoic subduction between India and Tibet. *Nat Commun* 14, 1963.

<https://doi.org/10.1038/s41467-023-37615-5>.

文章链接

Liu, L. (刘亮), Liu, L. J. (刘丽军), & Xu, Y. -G. (徐义刚) (2021).

Intermittent post-Paleocene continental collision in South Asia. *Geophysical Research Letters*, 48, e2021GL094531.

<https://doi.org/10.1029/2021GL094531>.

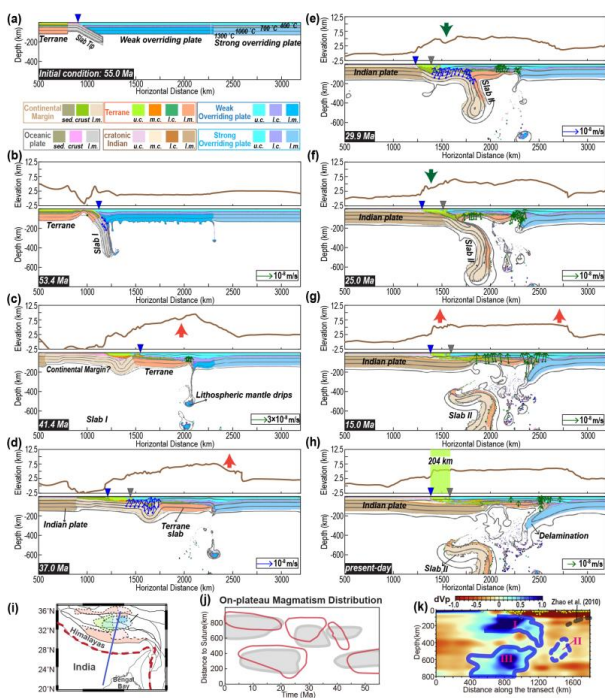


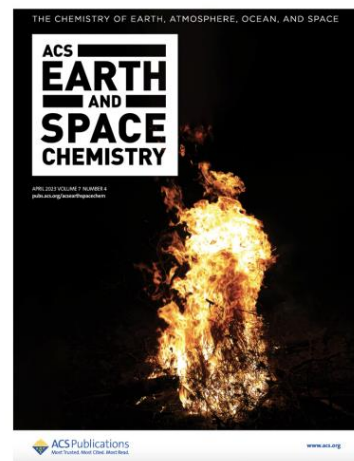
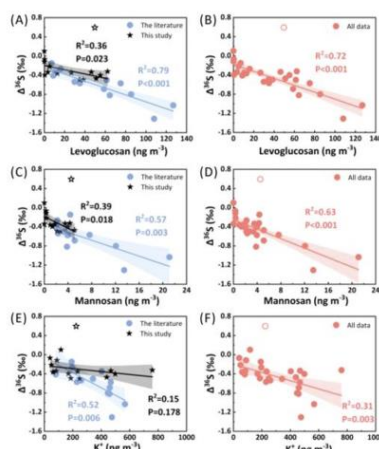
图2 “喜马拉雅”数值模型。(a)–(h) 模型初始条件与演化过程。蓝色箭头—流体迁移，绿色箭头—熔体迁移。(j) 模型中板内岩浆分布（红色）与观测（灰色）的对比。(k) 模型中当今上地幔结构（蓝色线）与观测（P波地震层析成像，Li et al., 2008）的对比，剖面大致位置见i。

殷彬晏等-ACSESC: 五硫同位素示踪非质量依赖分馏效应的来源和行星化学启示

文|广州地化所

近二十余年, 同位素地球化学家陆续在陨石、沉积物、冰芯等多种记录了太阳系和地球演化历史的天然载体中观测到多硫同位素 (^{32}S 、 ^{33}S 、 ^{34}S 、 ^{36}S) 非质量依赖分馏效应 (Sulfur Isotope Mass-independent Fractionation; S-MIF)。学界普遍认为, S-MIF导致的硫同位素 ^{33}S 和 ^{36}S 异常主要通过含硫分子 (如二氧化硫) 的短波紫外线光化学反应产生, 是示踪大氧化事件、板块运动、平流层火山喷发、火星硫循环、太阳系原行星盘演化等过程的重要工具。然而, 该同位素效应理论和地学应用领域的头上存在一朵“乌云”: 在现代地球大气臭氧层阻隔了短波紫外线到达地面的情况下, 为何我们在现代近地面大气中仍能广泛观测到S-MIF现象?

为回答该问题, 中国科学院广州地球化学研究所同位素地球化学国家重点实验室 (下称“广州地化所”) 林莽研究员在早年引入了第五个硫同位素 (宇生放射性同位素 ^{35}S ; 半衰期约87.4天) 作为高层大气的示踪物 (Lin et al., *PNAS* 2016), 率先开展了五硫同位素综合研究 (Lin et al., *PNAS* 2018)。初步的五硫同位素分析结果显示, 近地面大气的 ^{33}S 异常与 ^{35}S 相关, 表明其产生机制可能与臭氧层上的光化学过程相关; 而 ^{36}S 异常则与燃烧示踪物相关, 说明其产生机制可能涉及燃烧这一非光化学过程。为深入探讨S-MIF的来源和化学机制,



多硫稳定同位素 S-MIF 与燃烧示踪物的相关性

更合理地解读天然样品数据, 提高 ^{35}S 和 ^{36}S 这两种丰度极低的硫同位素的分析精度和开展后续分析尤为关键。

近年, 广州地化所博士后于晓晓和研究助理林晓敏在林莽研究员的指导下, 筛查了影响 ^{35}S 和 ^{36}S 分析精度的潜在因素, 提出了较为简易的解决方案, 自主建立了五硫同位素高精度分析测试平台。最近, 硕士生殷彬晏在林莽研究员指导下, 在该测试平台开展了大气硫酸盐S-MIF后续研究。研究结果进一步支持 ^{36}S 异常与燃烧过程相关, 其化学机制可能与高温气态硫重组反应中由分子对称性差异引起的同位素效应有关; 但 ^{33}S 异常与高层大气并无关联, 表明其来源和化学机制比想象中更为复杂, 需要在未来的研究进一步深入探讨。鉴于类似幅度的S-MIF在火星陨石样品中广泛存在, 研究团队从比较行星学角度思考, 进一步提出, 在解读地外样品多硫同位素数据时, 必须慎重考虑S-MIF来源和同位素行星化学的复杂性。若简单地以“S-MIF只与光化学反应有关”作为数据解读的基本假设, 在通过火星样品多硫同位素反演火星古大气过程的研究中可能会得到错误结论。

这一系列研究得到了多个基金项目的联合资助。研究成果分别发表于化学期刊《美国化学会地球和空间化学》和《质谱学快报》, 其中, 关于S-MIF化学机制及其对行星大气启示的工作, 于4月20日以主封面 (Front Cover) 文章发表在2023年第4期*ACS Earth and Space Chemistry*。

湘猪育种第一“芯”：64K cGPS液相芯片研发成功

文|亚热带生态所 徐康

“种业振兴，良种先行”。优良的猪种是现代化和高效养猪生产的前提和核心。湖南拥有丰富的地方猪遗传资源，主要有宁乡猪、沙子岭猪、大围子猪、湘西黑猪、黔邵花猪等多个品种，因适应性强、耐粗饲和肉质风味独特深受广大养殖户和消费者喜爱。地方猪品种的种质资源保护和良种选育工作较为落后，导致地方猪繁殖、肉质、抗逆性等优良性状退化，且地方猪生长速度慢，严重影响经济效益。利用高效的现代分子育种技术和工具，多维度、多层次开发和利用地方猪优异种质资源是振兴湖南生猪产业的重要举措。

由中国科学院亚热带农业生态研究所印遇龙院士团队牵头，联合湖南农业大学与华智生物技术有限公司科研团队，利用cGPS（Genotyping by Pinpoint Sequencing of captured targets）靶向测序技术合作开发了首款适用于湘猪等地方猪的64K cGPS育种液相芯片。其应用将有效提高地方猪重要性状遗传基础解析和优异基因资源挖掘的准确性，提升生猪核心种源自主选育的效率，引领现代特色优质生猪种业发展，对推动生猪产业高质量发展具有重要战略意义。

【产品特色】

1、位点多态性好、基因组分布均匀

选择多样性丰富的湖南地方猪种（宁乡猪、沙子岭猪、黔邵花猪、大

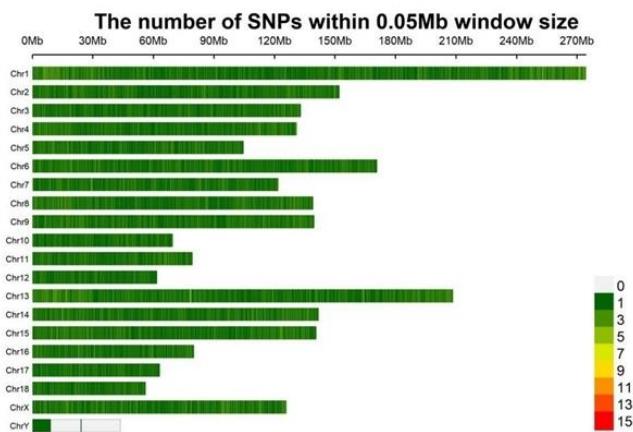


图1 湘猪64K cGPS液相育种芯片SNP标记在染色体上的分布

围子猪等）和广东地方猪种（蓝塘猪，粤东黑猪等），基于其全基因组重测序数据，筛选到湖南、广东地方猪种中高多态位点64 K，均匀覆盖全基因组（图1）。利用该芯片在猪早期进行分子标记辅助育种选择，提高生猪育种效率。

2、品种特异性位点及功能位点丰富

芯片包含宁乡猪和广东猪等品种特异性位点，包含背膘厚、肉质等功能分子标记位点256个，可进行背膘厚、肉质等重要性状基因的挖掘利用。

3、产品技术参数优良

经样本测试，该产品位点检出率高，平均检出率为99.23%（图2）。产品稳定性好，重复样本基因型平均一致率为99.31%，整体性能优良（图3）。

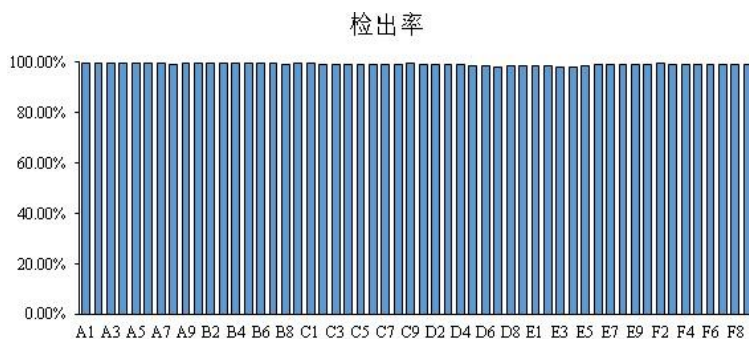


图2 湘猪64K cGPS育种液相芯片样本基因型检出率

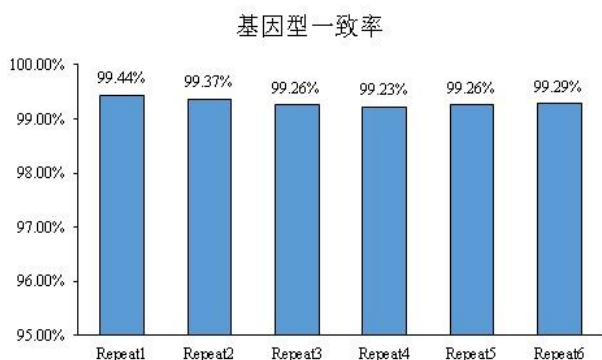


图3 湘猪64K cGPS育种液相芯片重复样本本基因型一致率

【产品应用】

1. 遗传多样性评估、种质资源和亲缘关系鉴定（图4）
2. 基因图谱构建及基因定位、全基因组关联分析
3. 分子设计育种（分子标记辅助选择、全基因组选择等）
4. 重要性状的筛选培育和功能分析

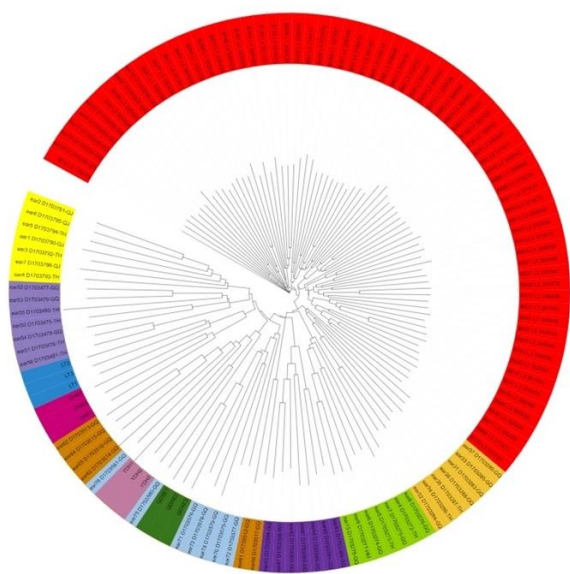


图4 不同地方猪样本聚类分析图

【研发团队】

- 1、中国科学院亚热带农业生态研究所印遇龙团队
印遇龙，一级研究员，博士生和博士后导师，中国工程院院士。曾在德国国家农科院动物营养

所、英国女皇大学、加拿大Guelph大学学习和工作，获英国女皇大学哲学博士学位。现任畜禽养殖污染控制与资源化技术国家工程实验室主任，先后获全国五一劳动奖章、优秀共产党员、全国创新争先奖和湖南省科学技术杰出贡献奖等殊荣。长期从事畜禽健康养殖与遗传改良的研究工作，先后主持完成科研项目30多项，带领团队发表SCI收录论文300多篇，被引用9000多次，H指数高达62（根据国内全球学者网站2021年10月报道，印遇龙为全球顶尖前1万名科学家），从2011年至今连续入选汤森路透全球高被引科学家（2014年和2015年全球中国引文桂冠奖）；主编中英文专著12部，获发明专利42项；以第一完成人获国家科技进步奖三项和国家自然科学奖一项，获World Animal Nutrition奖和第14届世界猪消化生理大会杰出猪消化生理科学家奖。

2、华智生物技术有限公司

华智生物是在农业农村部倡导下，国家发改委、科技部、湖南省等相关部委支持下由中信农业、隆平高科等十余家龙头种企和专业机构共同组建的、我国领先的第三方生物种业关键共性技术平台和国家级分子育种创新服务平台，入选国家农作物、畜禽、水产三大类种业阵型专业化平台企业和首批20家种业打假维权种子检测机构推荐名单。

华智生物融合生物技术（BT）与数据技术（DT），为客户提供基因型鉴定、种质资源鉴定评价、优异性状基因创制挖掘鉴定、生物信息分析、种质创新创制、分子和智能育种、生物智能大数据管理和应用、品种测试评价、种子质量/土壤环境/农产品安全检验检测、生物技术法规服务等全链条和一站式综合解决方案。

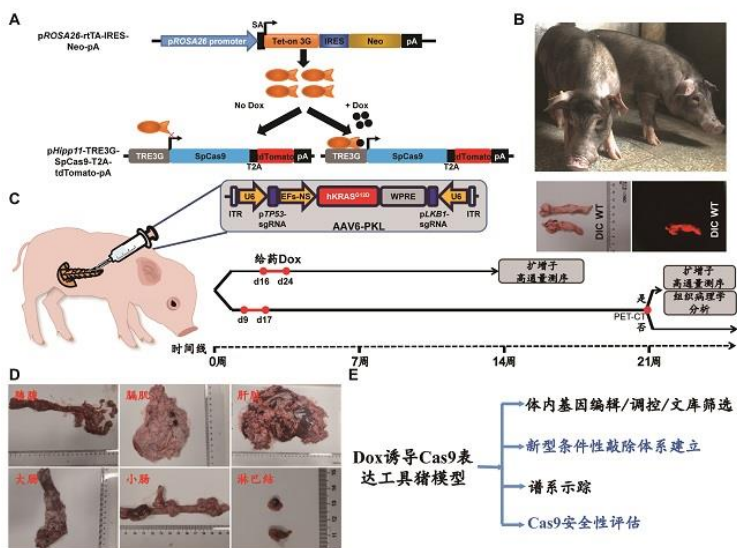
广州健康院成功培育嵌入小分子药物调控基因剪刀的工具猪

文|广州健康院

近日，中国科学院广州生物医药与健康研究院赖良学课题组在*Genome Biology*（《基因组生物学》）发表了题为“*Doxycycline-dependent Cas9-expressing pig resources for conditional in vivo gene nullification and activation*”的研究论文，该研究构建了可通过小分子药物灵活调控基因剪刀蛋白Cas9表达的工具猪，利用该工具模型，实现了成体大动物体内高效基因编辑，并首次构建了大动物原发性可转移的胰腺导管腺癌模型。

猪不仅是重要的农业经济动物，也是重要的医学动物模型。随着基因编辑技术的发展，特别是CRISPR/Cas9技术的出现，越来越多具有重要应用价值的基因修饰猪模型被培育出来。构建这些模型主要通过受精卵注射或体细胞核移植技术来实现。然而，通过受精卵注射方式获得的基因编辑动物往往是嵌合体，需通过进一步的繁殖才能获得目标基因型，通过体细胞核移植方式获得基因编辑动物涉及复杂、低效的体细胞克隆过程，耗时、耗力且成本极高。

为了解决以上问题，赖良学课题组多年来一直致力于培育嵌入基因剪刀（Cas9蛋白）的工具猪模型，早在2017年，培育出了以Cre重组酶为开关来启动Cas9蛋白表达的工具猪，首次实现了对成体大动物直接进行体内基因编辑，并将其成功地用于原发性肺



Dox诱导Cas9表达工具猪模型培育与应用

(A) Dox诱导Cas9蛋白表达原理图；(B) 原代Dox诱导Cas9表达工具猪照片；(C) 基于Dox诱导Cas9表达工具猪构建原发性胰腺导管腺癌模型示意图；(D) 原发性胰腺导管腺癌及其转移器官/组织照片；(E) Dox诱导Cas9表达工具猪的应用领域

癌模型的建立 (*Genome Research*, 2017)。但该工具猪模型的应用需要在体内递送入Cre重组酶，其过程复杂、昂贵，且效率较低。另外，Cre重组酶对Cas9蛋白表达的启动是永久性的，而Cas9蛋白在体内的持续表达，会引起基因组损伤、脱靶效应及免疫反应等不利影响。

四环素诱导基因表达系统可通过简单的小分子药物Dox灵活地调控外源基因的表达时间与表达量，且具有简单、高效及易操作的特点。2022年，赖良学课题组通过基因编辑技术将该调控系统引入猪体内，培育出了Dox诱导外源基因表达工具猪模型，并证明了其对任意外源基因的可调控表达的有效性

(*Science China Life Sciences*, 2022)。在本次研究成果中，研究人员进一步将Dox诱导外源基因表达系统和Cas9蛋白一起嵌入猪体内，培育出了带有升级版基因剪刀的工具猪。

研究人员首先证实，小分子药物可对工具猪体内的Cas9蛋白表达时间和表达剂量加以灵活调控，即Cas9表达由药物施用与撤除而加以启动和关闭，而表达量受给药剂量控制。另外，

通过对怀孕母猪进行药物处理，小分子药物Dox可跨过胎盘屏障，实现胎儿体内剪刀蛋白Cas9的高效诱导表达。接着，研究人员进一步证实，诱导表达的剪刀蛋白Cas9不仅可以切割基因组，导致基因失活及染色体重排，还可以采用截短失活型sgRNA及转录激活蛋白组合，实现内源靶标基因的表达激活。

为了验证利用该工具模型进行体内基因编辑的效果，研究人员将包装有靶向两个抑癌基因（TP53、LKB1）的sgRNAs和人KRASG12D表达框的腺相关病毒通过胰腺导管和/或直接胰体注射至胰腺内，诱导产生致癌基因突变。21周后，猪出现明显的腹胀和摄食减少，PET-CT结果显示腹腔内出现明显的代谢信号异常，解剖结果显示，胰腺内出现大量肿瘤，并且已转移至肝脏、肠及膈膜等器官/组织，组织切片结果也显示出现了典型的胰腺导管腺癌病理变化。

研究团队获得的Dox诱导Cas9表达猪模型，将为直接进行体内基因编辑、体内基因文库筛选及体内基因表达调控提供理想的工具。

另外，研究人员还在该工具基础上，通过时空调控Cas9表达，建立了一步体细胞克隆法即可获得能够稳定遗传的时空特异性单或多基因敲除猪模型的策略，为后续构建各种用途的新型条件性基因敲除猪模型提供了极大便利，也为细胞谱系示踪模型构建、基因治疗过程中Cas9蛋白的安全性评估等研究提供理想的工具。

本研究中，中国科学院广州生物医药与健康研究院赖良学课题组金琴副研究员、刘晓艺博士研究生、庄镇鹏博士研究生以及广东省实验动物监测所黄家园博士为共同第一作者，赖良学研究员和王可品研究员为共同通讯作者。该研究成果得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、海南省重大科技计划、中国科学院青年创新促进会和中国科协青年人才托举工程等项目的资助。

广州健康院开发新型空间多组学技术解密小鼠脑发育的时空谱系

文 | 广州健康院 江伏青

2023年5月25日，中国科学院广州生物医药与健康研究院彭广敦课题组在Nature methods上发表了题为*Simultaneous profiling of spatial gene expression and chromatin accessibility during mouse brain development*的研究论文。文章揭示了一种名为MISAR-seq的空间多组学技术(Microfluidic indexing-based spatial assay for ATAC and RNA-sequencing)。该技术通过微流控芯片依赖的靶向barcode递送系统，在保留细胞空间位置信息的前提下同时实现了细胞内ATAC和RNA两种组学信息的捕获，并成功将其应用在了胚胎期小

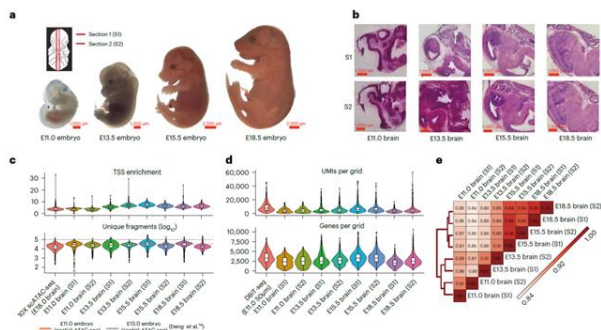


图1 MISAR-seq的数据质量

鼠脑发育机制的研究中，不仅首次构建出了小鼠脑发育的时空多组学图谱，同时也揭示了启动子及增强子形成的顺式调控元件在脑发育中的具体调控机制。

单细胞多组学技术已经可以实现一次性获取同一细胞内的多个组学信息，但也伴随着其空间位置信息丢失，空间组学技术不仅可以很好地保留细胞原位的空间位置信息，还可以同时捕获细胞内的转录组信息。但是，目前的空间组学技术主要局限于单个组学信息的捕获。如果能够开发出一种在同一组织中同时捕获多个组学信息的空间多组学技术，将其用于捕获人体内的所有细胞，并构建出单细胞分辨率的三维数字化人，将会极大的帮助我们解析人类细胞的时空谱系及相关调控机制，从而更好的服务于人体衰老和疾病的治疗。

MISAR-seq具有同时在一个空间位置样本上分析RNA与ATAC信息的能力。因此，研究人员特别关注了E11.0、E13.5、E15.5及E18.5的多个胚胎期小鼠脑的发育。首先，研究人员验证了MISAR-seq的数据质量，发现基于空间双组学的ATAC及RNA数据与其相应单组学数据的质量接近甚至更好，每个单元数据点所检测到的基因数大致在2500-3500之间。进一步和单细胞数据的整合分析显示，该技术所捕获到的脑细胞类型与相应单细胞的脑结构注释也非常吻合。

接下来，研究人员将具有不同发育时期且包含两种组学信息小鼠脑发育数据进行了整合分析，并开发了基于空间位置限制与图像特征提取结合的生物信息学工具，有效提高了不同组学在多个不同时期点之间数据的“横向”与“纵向”整合能力，从而绘制出了小鼠脑发育的时空多组学图谱。结果发现，无论是单独使用MISAR-seq ATAC或RNA数据，或者是同时使用两种组学数据（Combined）进行空间聚类均能较好的进行脑区划分，且聚类结果与Allen Brain Atlas的注释均较为一致。

最后，基于已获得的MISAR-seq数据，研究人员通过绘制两种组学在皮层发育的空间和时间的轨迹，尝试进一步解释皮层发生过程中染色质开放与基因表达之间的级联调控关系。研究人员

发现Pax6-Eomes-Tbr1形成的直接级联调控建立了小鼠皮层发生过程中基因表达的顺序和区域特异性。这些结果表明，多组学的时空轨迹分析可以较好的预测决定细胞命运的重要驱动元件，并且可以提供TF的具体相互作用模式，从而对诸如皮层等复杂结构的形成施加精确的调控。

下一步，研究人员期待MISAR-seq能在空间分辨率以及三维组织解析上得到进一步的优化和拓展，且能够兼容更多的组学信息，并基于此开发更好的空间多组学基因调控网络分析工具，从而揭示驱动结构复杂组织中细胞身份和功能决定的具体机制。

研究团队主要来自中国科学院广州生物医药与健康研究院、生物岛实验室、广州实验室的人员组成。博士生江伏青，钱莹莹、朱淼及实习研究员周鑫等人为该论文的共同第一作者，彭广敦研究员为论文的通讯作者。研究工作还得到了广州实验室崔桂忠研究员、昆明理工大学陈凯研究员的帮助。

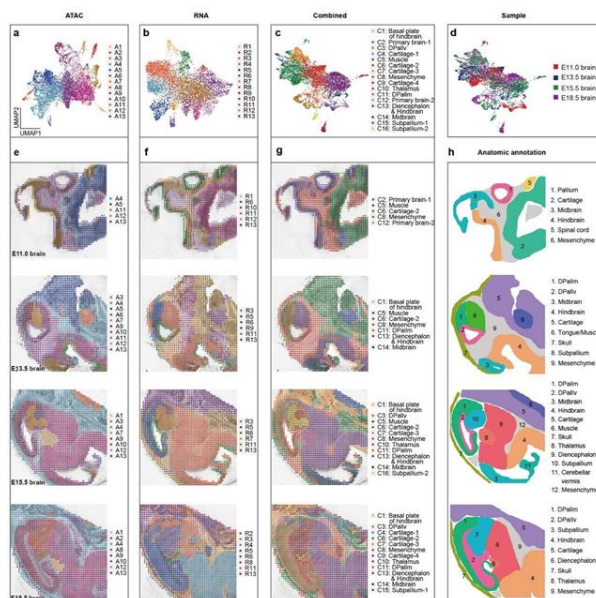


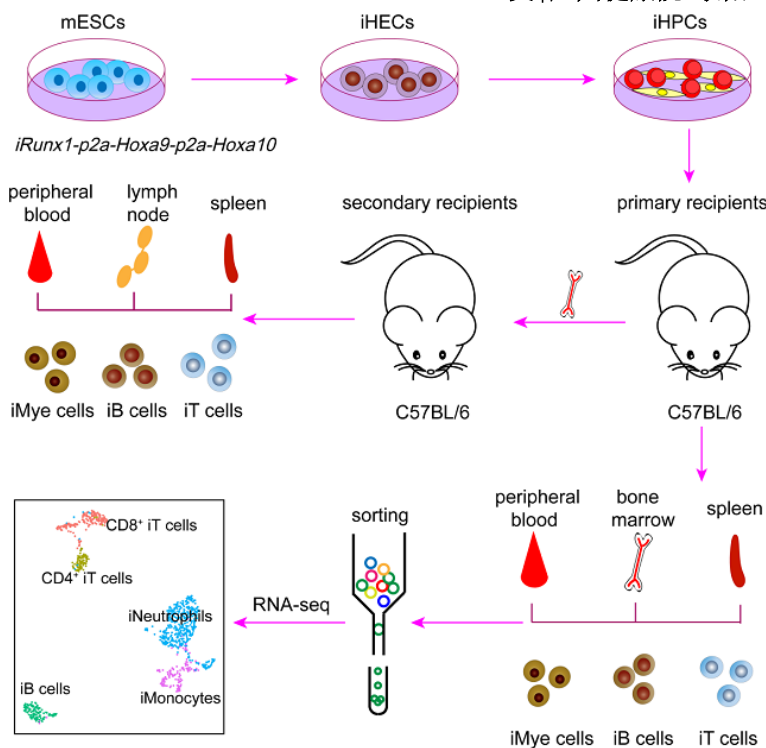
图2 E11.0, E13.5, E15.5 和E18.5 小鼠脑的空间基因表达、染色质可及性以及结合二者的空间图谱

干细胞诱导移植实现在野生型动物体内高嵌合率、长期、多谱系造血

文|广州健康院 耿阳

骨髓移植/造血干细胞移植 (HSCT) 是治疗多种血液肿瘤、罕见病的有效手段。然而, HSCT的干细胞来源主要是配型成功的健康捐赠者或患者自身动员的CD34+血液干细胞, 来源限制条件较多, 加之成本高昂, 限制了HSCT在患者中的广泛应用。长期以来, 诱导多能干细胞(包括天然的人胚胎干细胞和诱导型多能干细胞等)分化, 制备再生型的造血干细胞, 是彻底解决骨髓移植种子细胞来源问题的理想手段。然而, 如何诱导出真正的造血干细胞, 即具备移植后能够在宿主主体内长期稳定嵌合、与宿主生理和免疫系统兼容、产生功能性的多谱系血液细胞, 一直是实验血液学和再生医学领域的关键技术挑战。事实上, 迄今尚没有一种通用、高效的方法, 能够诱导PSC实现在野生型动物体内长期重建和多谱系造血。

2023年2月16日, 来自中国科学院广州生物医药与健康研究院的王金勇研究团队和广州医科大学的张梦云研究团队合作, 在*Stem Cell Reports*上发表了题为*Prolonged generation of multi-lineage blood cells in wild type animals from pluripotent stem cells*的研究论文, 首次报道了通过干细胞基因编辑手段操纵Runx1、Hoxa9和Hoxa10基因组合表达, 高效诱导多能干细胞(PSC)定向分化再生造血种子细胞(induced hematopoietic progenitor cells, iHPCs)。iHPCs



Runx1、Hoxa9和Hoxa10组合诱导多能干细胞定向分化长期再生多谱系血液细胞

移植后能在野生型(先天和获得性免疫系统正常)受体鼠中稳定嵌合长达6个月以上时间, 输出完整的髓系细胞、B细胞和T细胞等细胞谱系, 实现长期、稳定多谱系造血重建, 且未发现致癌现象。

在该研究中, 作者首先通过同源重组的方法构建了可诱导表达转录因子Runx1、Hoxa9和Hoxa10组合的ESC细胞系(iR1A9A10-ESC, C57BL/6 background, CD45.2 strain), 并基于“体外再生种子细胞, 体内发育成熟”的两步法策略, 将体外分化产生的iHPCs移植到经过预处理的野生型小鼠(C57BL/6 background, CD45.1 strain)体内。结果显示, 移植的iHPCs在受体鼠的外周血、骨髓、脾脏等多个组织器官中输出完整的单核髓系、B细胞谱系和T细胞谱系等细胞类型, 并可维持6个月以上时间。多次移植试验结果表明, iHPCs移植后的动物没有出现肿瘤现象。单细胞测序聚类结果进一步显示移植后受体鼠的外周血中再生的髓系细胞、B细胞和T细胞与

天然发育来源的细胞群具有相似的转录谱特征。

为了解析iHPCs长期植入的细胞学机制，作者进一步在受体鼠的骨髓中检测到干细胞来源的免疫表型为Lin-CD127-c-kit+Sca1-的髓系祖细胞和Lin-Sca1low-c-kitlowCD127+CD135-淋系祖细胞。为了评估这些再生的祖细胞能否重构小鼠的造血系统，作者分离了一次移植受体鼠（移植后6周）的骨髓细胞进行了二次移植实验。二次移植12周后，仍然可以在受体鼠的外周血、骨髓和淋巴结中检测到干细胞分化来源的成熟髓系细胞、B细胞和T细胞。随后，作者分选了各组织中再生的各类血液谱系细胞，并提取其基因组进行了PCR实验，从基因组水平证实了这些细胞是起源于基因编辑的干细胞。

综上所述，该研究建立了一个利用基因编辑手段通过特定转录因子（Runx1、Hoxa9和Hoxa10）组合诱导多能干细胞定向分化再生造血种子的方法。分化再生的种子细胞具有HSC的部分特征，即具有可移植、显著的多谱系嵌合率、长期稳定的成熟血液细胞输出、二次移植潜能等。该研究

利用经过基因编辑的干细胞作为种子，诱导后移植在野生型动物体内重建多个血液谱系，并初步在活体动物证明这一策略的安全性。该体系稳定易重复，便于跨实验室平台测试和从事造血分化基础研究、为造血干细胞再生转化医学提供了重要的理论和技术支持。

该研究是继上述合作团队发现转录因子Hoxb5诱导B细胞转分化再生T淋巴细胞（*Nature Immunology*, 2018）、转录因子Runx1和Hoxa9组合诱导多能干细胞定向分化再生T淋巴细胞（*Cell Research*, 2020）、转录因子Runx1、Hoxa9和Lhx2组合诱导多能干细胞定向分化再生B淋巴细胞（*Cellular & Molecular Immunology*, 2021）等研究基础上的新的发现。

中国科学院广州生物医药与健康研究院博士生彭欢和中国科学院动物研究所博士生林云轻为该论文的共同第一作者。张梦云教授和王金勇研究员为该论文的共同通讯作者。研究得到科技部、中科院、国家自然科学基金委等项目经费支持。

深圳先进院开发出相控阵全息声镊在体操控细胞新技术

文 | 深圳先进技术研究院

“隔空取物”一直以来是人类的梦想，这种科幻超能力现被超声科技实现并可望用于治病救人。近日，中国科学院深圳先进技术研究院郑海荣研究员团队开发出一种相控阵全息声镊操控技术，在生物体及血流中成功实现了对含气囊细菌群的无创精准操控和高效富集，在动物模型中实现了肿瘤靶向治疗应用。相关成果以“*In-vivo programmable acoustic manipulation of genetically engineered bacteria*”为题发表在《自然》子刊*Nature Communications* 期刊上。该相控阵全息声镊系统基于高密度面阵列换能器产生可调谐三维体声波，通过对空间声场在活体血管内等复杂环境中的时空精准调控，在活体血管内等复杂环境中成功操控了含气囊细菌团簇，使其精准地移动到目标区域并发挥治疗功能，有望为肿瘤的靶向给药和细胞治疗等提供一种理想手段。

光、声、电、磁等经典物理手段是实现“隔空取物”非接触操控物体的可能途径。光镊操控技术于2018年获诺贝尔物理学奖，在微纳尺度颗粒操控上展示出精准优势，但存在对非透明生物体穿透深度有限的问题；磁镊一般需要磁性颗粒的结合，易导致细胞活性受影响。相较而言，基于高频声波梯度声场设计的声镊技术是一种通过声波与目标物体相互作用产生辐射力以实现非接触操控物体的方法，

nature communications

[Explore content](#) [About the journal](#) [Publish with us](#)

[nature](#) > [nature communications](#) > [articles](#) > article

Article | [Open Access](#) | [Published: 06 June 2023](#)

In-vivo programmable acoustic manipulation of genetically engineered bacteria

[Ye Yang](#), [Yaozhang Yang](#), [Dingyuan Liu](#), [Yuanyuan Wang](#), [Mingqiao Lu](#), [Qi Zhang](#), [Jiqing Huang](#), [Yongchuan Li](#), [Teng Ma](#) [✉](#), [Fei Yan](#) [✉](#) & [Hairong Zheng](#) [✉](#)

Nature Communications **14**, Article number: 3297 (2023) | [Cite this article](#)

[Metrics](#)

在非透明生物体系中具有作用力大、穿透性强、操控通量高等独特优势。基于空间体波的相控阵全息声镊具有声场时空动态调控能力且实验架构灵活，是生物体等复杂环境内实现对目标进行靶向操控的理想手段。

郑海荣研究员带领深圳先进院医学成像团队经过十多年声操控技术积累，基于超声辐射力作用原理，利用高密度二维平面阵列和多通道可编程电子系统，结合空间声场调制、超声成像和时间反演算法，提出并构建了可编程相控阵全息声镊理论、技术和仪器体系，为生物体等复杂环境下的精准声操控奠定了基础（如图1）。团队分析了不同声对比系数粒子受到的声辐射力，完成了初步的理论验证；模拟活体组织环境，利用时间反演矫正声波畸变，构建复杂环境中精准声操控的模型；交替发射超声成像与操控脉冲，实现了非透明介质中超声成像实时引导的三维声镊。团队继续在相控阵全息声镊领域深耕，推动了二维高密度超声阵列的微型化，融合显微成像，初步实现了细胞、微生物等的离体三维声操控验证，进一步结合基因编辑等技术，着力推动可编程相控阵全息声镊在各领域的关键应用。这一次，团队推动相控阵全息声镊高精度高通量操控技术取得了生物医学应用的突破，率先实现了在体声操控细菌对于实体肿瘤的靶向治疗（如图2）。

从理论研究层面，研究团队提出了复杂声场环境中声辐射力离散表达与计算理论，解决了复杂声场的任意结构微粒受力量化表征的瓶颈问题，并探究了复杂环境中空间声场作用下操控目标的动力学行为。从工程研发层面，团队成员马腾研究员

等通过长期的技术探索与积累，攻克了高密度声镊换能器研发中声场设计和制造工艺等难题，成功研制了二维高密度超声换能器阵列，利用全息元素构建和时间复用的方法，结合多通道高精度时间反演超声激励，实现了强梯度声场生成和复杂声场的时空动态调控。从生物医学应用层面，团队中严飞研究员等利用基因编辑技术，在细菌细胞中产生了亚微米气体囊泡，显著提升细菌的超声敏感性，大幅增强其受到的声辐射力，使得含气囊细菌可以克服流体拉力，驱使它们在焦点区域聚集成团簇（如图3）。

当工程菌被聚集成团簇后，通过电子控制声束沿着预设可编程的轨迹移动，如在分叉微流腔中的细菌团簇可以选择性地通过分叉口，或者在无边界条件下沿着字母A形进行移动，或同时操控两个团簇沿着矩形路径移动。整个团簇的轨迹与预设路径完美匹配。利用全息声元素构架法，阵列可以产生具有不同拓扑电荷的聚焦涡旋。当预设的拓扑荷数发生变化时，含气囊细菌团簇所显示的涡旋场模式也随之发生变化。由于角动量的存在，团簇可以围绕涡旋中心连续旋转。

生物体组织结构复杂易引起声波畸变，且高速血流的存在也阻碍了血管内的声操控。团队结合相控阵全息声镊与显微成像，构建动物模型，实现了在活体动物水平通过电子控制声束对含气囊工程细菌进行可编程操控。在小鼠尾静脉注射工程菌后，利用小鼠透明背脊皮翼视窗模型进行观察，打开相控阵全息声镊，使得工程菌在声束焦点处聚集。通过对含气囊工程菌和普通大肠杆菌分别在小鼠背部浅表血管中进行了声捕获比较，发现只有含气囊工程菌可以被捕捉在聚焦声束中心，并在血管中形成簇状。进一步，在不同直径的血管也尝试对含气囊工程菌进行了声捕捉。随后，通过电子偏转声束，实现了含气囊工程菌的体内声操控。在声镊操控下，含气囊工程菌不仅可以沿着血管前后移动，还可以选择性地穿过血管分叉。也可以同时操控两个工程菌团簇在同一

条血管中，将其彼此靠近或远离。以上研究结果表明，相控阵全息声镊系统操控含气囊细菌团簇的运动可严格按照程序设置进行，展示出优异的时空操控精度，使这些细菌能够逆流或按需流动到活小鼠的预设血管中。

进一步，高通量相控阵全息声镊操控技术可以显著提高肿瘤中工程细菌的聚集效率，并结合细菌的肿瘤杀死活性，明显抑制了肿瘤的生长速度，延长了荷瘤小鼠的生存期（如图4）。

总之，本研究证明了相控阵全息声镊仪器系统可以作为一种活体内非接触精准操控细胞的新工具。以相控阵全息声镊为手段，功能细胞及细胞球为载体，有望在免疫细胞治疗，组织工程，靶向给药等方面具有重大的应用前景。该研究工作得到了科技部重点研发计划项目、国家自然科学基金、中科院和深圳市科创委等科技项目的资助。

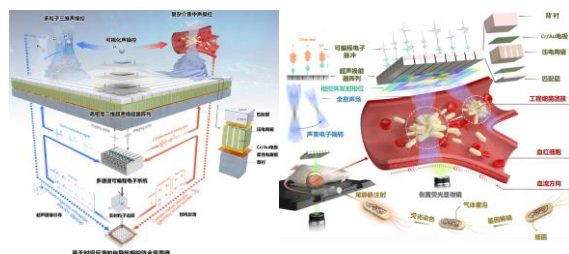


图1（左图）相控阵全息声镊系统示意图
图2（右图）相控阵全息声镊系统在体操控细胞示意图

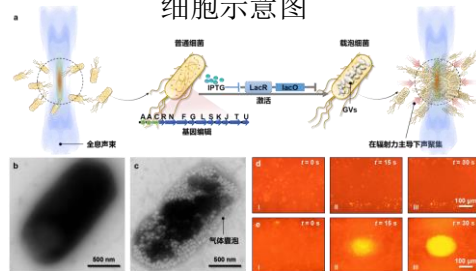


图3 声聚集基因编辑细菌和普通细菌对比

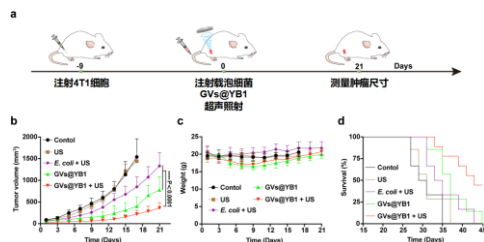


图4 声操控基因编辑细菌治疗肿瘤实验

深圳先进院搭建机器人辅助胶体纳米晶数字制造平台

文 | 深圳先进技术研究院

近日，中国科学院深圳先进技术研究院（简称“深圳先进院”）材料所喻学锋、赵海涛团队及其合作者在国际学术期刊《自然-合成》(*Nature Synthesis*)上发表题为“*A Robotic Platform for Synthesis of Colloidal Nanocrystals*”的文章。该工作首次将数据挖掘、数据驱动自动化合成、机器学习、逆向设计集成构建了机器人辅助胶体纳米晶数字制造平台，有望将科研人员从传统试错实验、劳动密集型表征中解放，实现胶体纳米晶数字化制备。

纳米晶在能源、光学、光化学、电化学、光电子学以及生物医药等领域的应用潜力巨大。纳米晶物理化学性质与其形貌、尺寸息息相关，而传统的试错实验和密集表征需花费大量时间和精力，制约了纳米晶的研发。

为此，研究团队整合数据驱动自动化合成、机器人辅助可控合成、面向形貌逆向设计等技术，构建了机器人辅助胶体纳米晶数字智造平台，以此突破当前纳米晶可控合成研究的局限性。

其中自动化平台由自动化合成模块、自动化表征模块和协作机器人三大模块构成，每个模块包含若干子模块，具有高通量合成、样品存储、原位光学、光谱学表征等功能（图1）。

研究团队以两种典型的胶体纳米晶为研究范例，一种是目前在生物传感检测领域被广泛研究的金纳米棒，

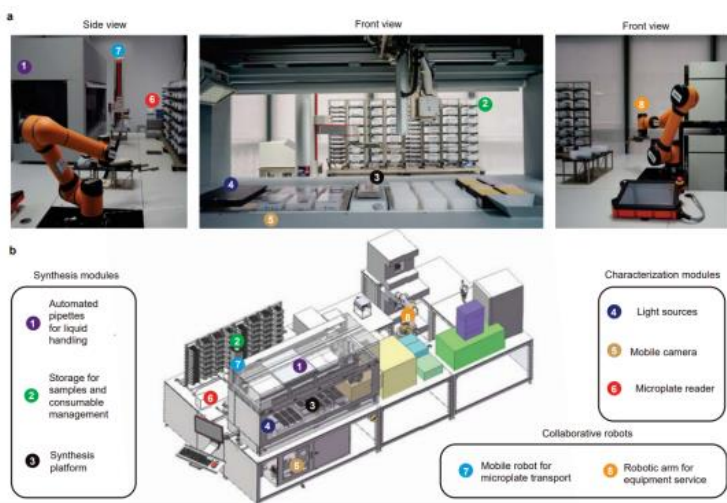


图1. 机器人辅助胶体纳米晶数字制造自动化平台

一种是在新能源和光学探测领域有巨大应用潜力的钙钛矿纳米晶。

为了实现自动化合成，研究人员对文献进行了数据挖掘，以提供关键合成参数的初始选择。针对金纳米棒，对1300篇已报道的金纳米棒合成的相关文献进行数据挖掘，并对其关键参数进行分水平排序，从而获取机器人执行参数，并设计正交实验及高通量实验验证，获取了金纳米棒形貌调控的重要参数。针对双钙钛矿，通过对其他钙钛矿相关文献进行数据挖掘，筛选出潜在的可供调节双钙钛矿尺寸形貌的48种溶剂和61种表面活性剂，结合高通量原位合成和表征，快速实现了溶剂和表面活性剂的筛选。

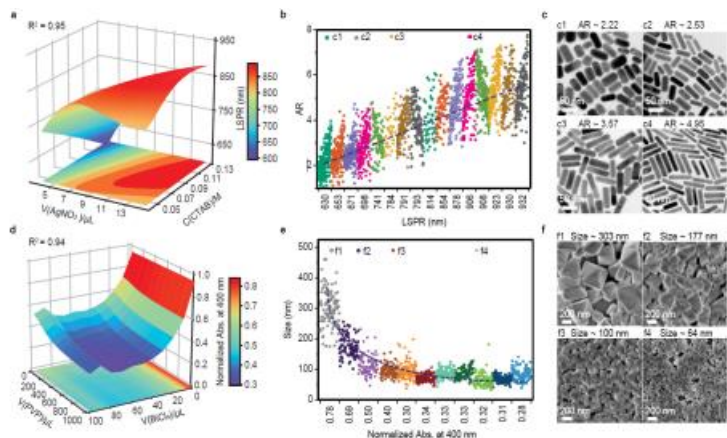


图2. 可控合成原位表征机器学习模型与异位表征验证

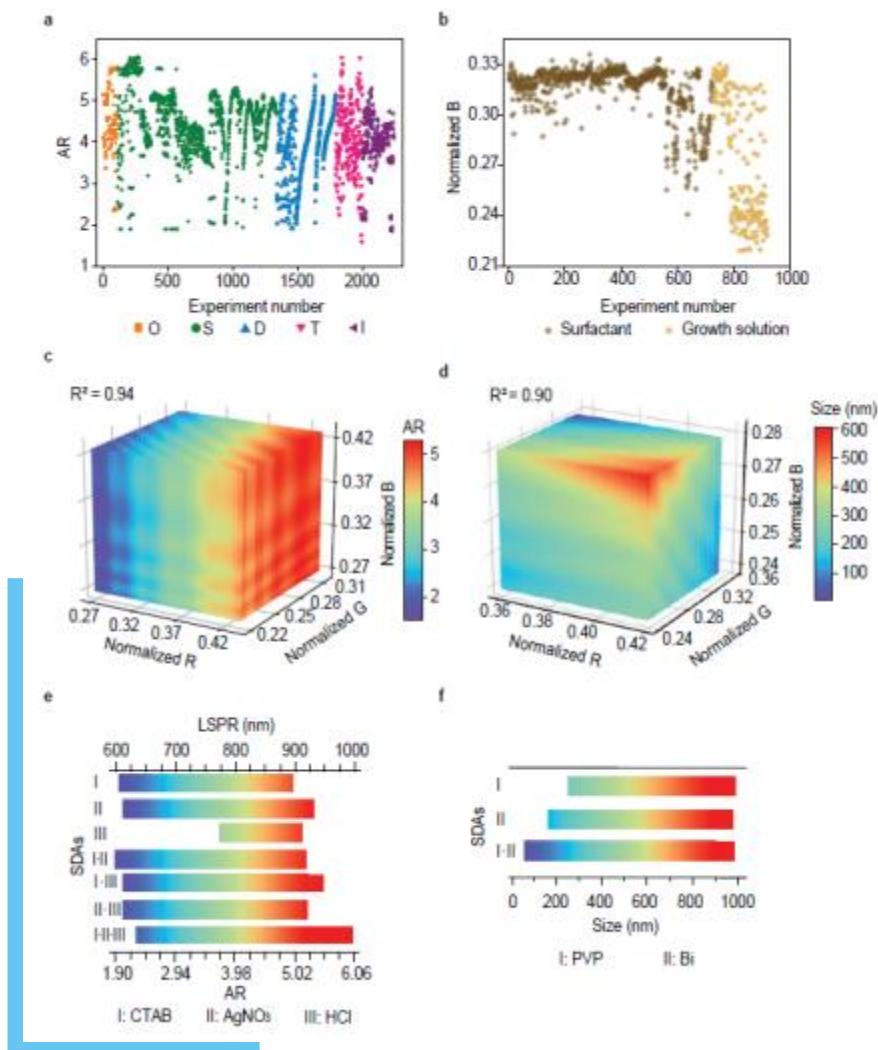


图3. 实验数据库、机器学习模型与纳米晶逆向合成

进一步，通过设计单因素、双因素以及三因素实验，进行高通量合成、原位光学表征（RGB值获取）、原位光谱学表征以及异位表征（透射电镜、扫描电镜）等获得大样本数据和小样本数据，结合机器学习，获得了合成关键参数（结构导向剂）与吸收光谱之间的关系模型以及吸收光谱和纳米晶尺寸的关系（图2）。通过积累数据样本，模型得到进一步完善。此外，根据两种材料大样本颜色信息（RGB），还可构建颜色信息与纳米晶尺寸之间的关系模型，这个模型可作为快速鉴定纳米晶尺寸的另一个指标。得益于这些模型的构建，输入目标产物尺寸信息即可反馈合成关键参数（结构导向剂），从而实现纳米晶高效逆向设计及合成（图3）。因此，这项工作数据驱动机器人合成纳米晶领域前景辽阔。

该研究由中国科学院深圳先进技术研究院材料界面研究中心喻学锋、赵海涛团队、中国科学技术大学江俊、澳大利亚国立大学殷宗友等共同完成。深圳先进院是第一通讯单位。赵海涛副研究员、江俊教授、殷宗友副教授、喻学锋研究员为该文章的共同通讯作者。深圳先进院赵海涛、陈薇，黄浩，澳大利亚国立大学孙哲浩为该文章的第一作者。

研究得到了国家自然科学基金、广东省自然科学基金、深圳市自然科学基金、深港科技计划和腾讯犀牛鸟科研基金项目等的支持。

深圳先进院等实现柔性电子器件“乐高式”高效稳定组装

文 | 深圳先进技术研究院

近年来，柔性电子器件在人体健康检测、分析以及可穿戴设备等生物医学工程领域展现出了广泛的应用前景。然而，在柔性电子器件的组装中，用于连接不同模块的商用导电胶容易变形、断裂，使得接口不稳定性成为该领域内长期存在的难题，严重阻碍了整个器件的拉伸性和信号质量。

基于此，中国科学院深圳先进技术研究院、新加坡南洋理工大学及美国斯坦福大学的华人科学家们另辟蹊径，他们绕开了用“商业胶水”组装柔性电子器件的思路，开发了一种基于双连续纳米分散网络的BIND界面（biphasic, nano-dispersed interface, BIND），这种新型界面能够作为柔性电子器件通常所包含的柔性模块、刚性模块以及封装模块的通用接口，只需要按压10秒钟，就可以实现“乐高式”的高效稳定组装。

相关成果于2月15日发表在国际顶级期刊Nature上。深圳先进院研究员刘志远南洋理工大学教授陈晓东、斯坦福大学教授鲍哲南为论文共同通讯作者，南洋理工大学博士姜颖为第一作者。

人机接口是人与电子设备之间进行的数字虚拟世界和现实物理世界的信息交换，而柔性电子器件则是人机接口技术的关键核心和先导基础。近年来，柔性电子器件在生物医学工程领域的研究十分火热，它大致可以分为植入式和体表式两种，主要功能就

nature

Explore content ▾ About the journal ▾ Publish with us ▾ Subscribe

[nature](#) > [articles](#) > [article](#)

Article | [Published: 15 February 2023](#)

A universal interface for plug-and-play assembly of stretchable devices

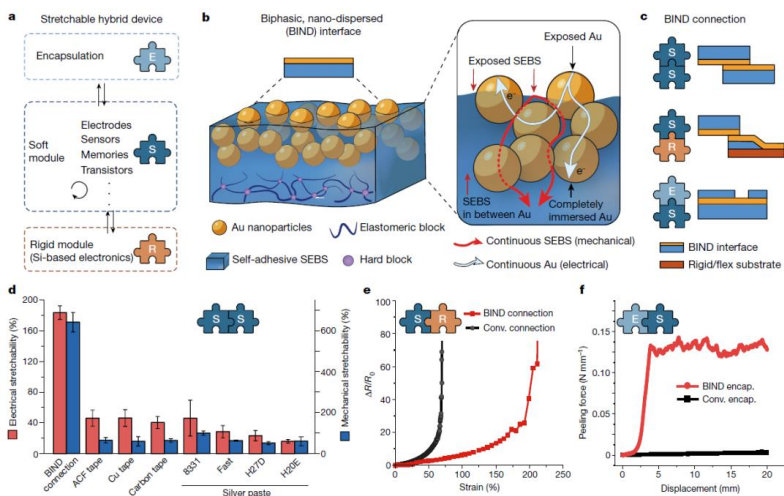
[Ying Jiang](#), [Shaobo Ji](#), [Jing Sun](#), [Jianping Huang](#), [Yuanheng Li](#), [Guijin Zou](#), [Teddy Salim](#), [Changxian Wang](#), [Wenlong Li](#), [Haoran Jin](#), [Jie Xu](#), [Sihong Wang](#), [Ting Lei](#), [Xuzhou Yan](#), [Wendy Yen Xian Peh](#), [Shih-Cheng Yen](#), [Zhihua Liu](#), [Mei Yu](#), [Hang Zhao](#), [Zechao Lu](#), [Guangjin Li](#), [Huajian Gao](#), [Zhiyuan Liu](#) ✉, [Zhenan Bao](#) ✉ & [Xiaodong Chen](#) ✉

[Nature](#) **614**, 456–462 (2023) | [Cite this article](#)

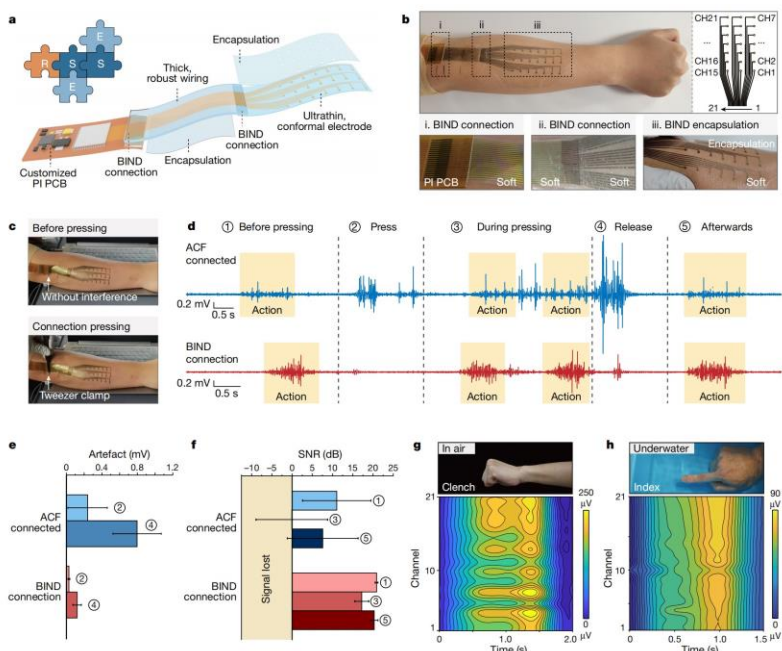
5565 Accesses | **144** Altmetric | [Metrics](#)

是采集应力信号、温度信号、生理电信号、超声信号、生物化学信号等生理数据，以监测人体健康状态。不过，商用导电胶的瓶颈却破坏了柔性电子器件的整体稳定性，无论单个模块的拉伸性多好，只要模块接口处的拉伸性很弱，那么整个器件的拉伸性就会受到制约。

联合团队发现，在特定的制备条件下，基于SEBS嵌段聚合物和黄金纳米颗粒的柔性界面，即BIND界面，面对面贴合时有“魔术贴”式的电气与机械双重黏合特性，能够将不同功能的柔性传感器稳定地黏合在一起，从而实现柔性模块与柔性模块之间的高效连接。通过热蒸发金(Au)或银(Ag)纳米颗粒制备BIND界面，在自粘苯乙烯-乙烯-丁烯-苯乙烯(SEBS)热塑性弹性体内部形成互穿纳米结构，SEBS是一种广泛应用于可拉伸电子产品的软基板。SEBS基质表面附近的纳米颗粒形成了一个双相层(大约90纳米深)，其中一些纳米颗粒完全浸入其中，而另一些纳米颗粒部分暴露在外。这种界面结构在表面产生了暴露的SEBS和Au，在基体内部产生了互穿的Au纳米颗粒，这为坚固的BIND连接提供了连续的机械和电气途径。总之，这种即插即用的接口可以简化和加速皮肤上和可植入的可拉伸设备的开发。实验表明，采用新型接口的柔性医疗器件能高精度、高保真、抗干扰地监测体内外不同器官，包括表皮、脑皮层、坐骨神经、腓骨肌肉、膀胱等，比起商用导电胶组装的系统信号质量大幅度提升。



可拉伸混合设备的BIND连接



研究团队所开发的“魔术贴”式柔性组装方法与在肌电监测中的应用实例

据介绍，采用BIND界面的柔性模块接口，其导电拉伸率可达180%，机械拉伸率可达600%，远高于采用商用导电胶连接的普通接口（分别为45%、60%）；对于硬质模块接口，其导电拉伸率达到200%，并能适用于聚酰亚胺（PI）、玻璃、金属等多种硬质材料；对于封装模块接口，BIND界面能提供0.24 N/mm的粘附力，是传统柔性封装的60倍。

这项研究为智能柔性电子器件的模块化组装提供了可拉伸、稳定高效的通用接口，不仅简化了柔性医疗器件的使用，也加速了多模态、多功能的柔性医疗器件的研发。通过该接口组装的智能柔性传感器件可用于多个医疗领域，如植入式人机接口、体表健康监测、智能柔性传感、软体机器人等。

该成果是在深圳先进院神经工程中心研究员李光林主持的国家基金委重大科研仪器研制项目、刘志远主持的国家重点研发计划及神经工程研究中心的大力支持下，与南洋理工大学、斯坦福大学通力合作完成的，并得到了中科院人机智能协同系统重点实验室和中科院健康信息学重点实验室及平台的支持。



中国科学院广州分院
GUANGZHOU BRANCH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

面向世界科技前沿、面向经济主战场、
面向国家重大需求、面向人民生命健康，率
先实现科学技术跨越发展，率先建成国家创
新人才高地，率先建成国家高水平科技智库，
率先建设国际一流科研机构。

—中国科学院办院方针



编辑部地址：广州市先烈中路100号

邮 编：510070

电子邮箱：zwxx@gzb.ac.cn