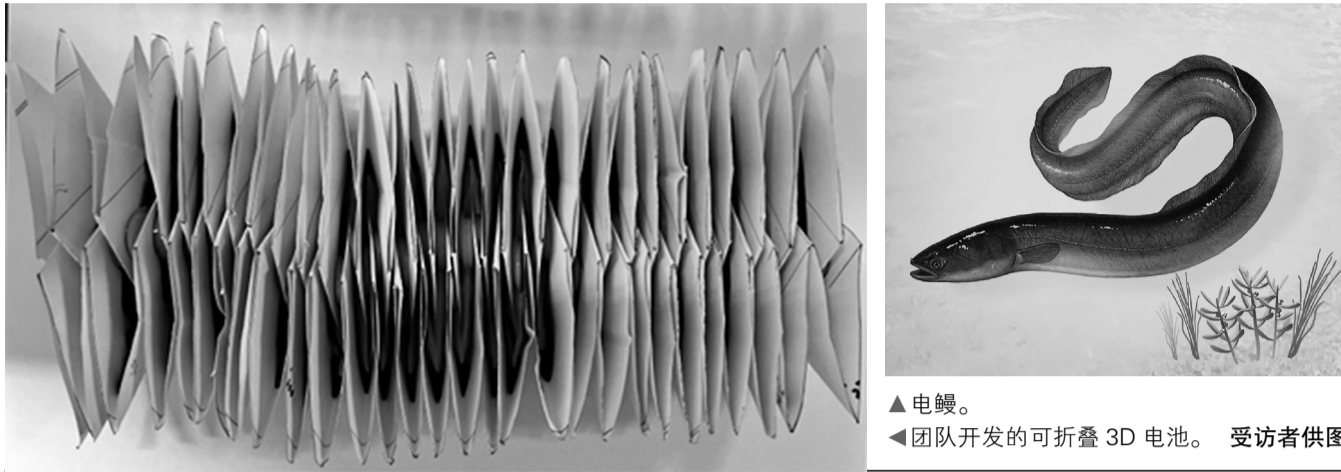


电鳗 + 折纸：可折叠 3D 浓差电池

■本报记者 王昊昊

电鳗有独特的放电能力，能产生足以将人击昏的电流，有“水中高压线”之称。而浓差电池的总反应过程是电池体系中存在物质浓度梯度，通过物质的浓差扩散实现电能输出。

一个是会放电的水生生物，一个是可储能的化学电池，它们能有什么关联？中南大学教授纪效波团队研究发现，电鳗是完美利用离子浓度梯度放电的最典型代表。于是他们基于该原理，将两种水凝胶叠组成梯形“发电层”，打造出电鳗型双离子梯度电池，并受折纸艺术启发制备出可折叠 3D 电池。相关研究成果近日发表于《ACS 应用材料与界面》。



▲电鳗。
▲团队开发的可折叠 3D 电池。 受访者供图

热门研究领域里的冷门方向

电池是新能源汽车、储能、消费电子等领域的重要支撑，其中，以锂离子电池为代表的二次储能电池目前占据市场主导地位并发挥着关键作用。但金属资源有限与安全隐患等潜在问题限制了长远应用，因此新型储能装置的设计与制造逐渐引起业内人士关注。然而在这个热门研究领域里，浓差电池研究有点“冷落”。

“放眼国内外，专门研究浓差电池的团队并不多，也鲜有重大成果。”中南大学教授、团队成员侯红帅说，浓差电池虽然很早就被科学家提及，但这类电池没有具体化的器件，由于电压偏低也没有很好应用，因此一直受到足够的重视。

浓差电池由正极、负极和电解液组成，分为电极浓差电池和电解质浓差电池，前者是由电极本身活性物质浓度差别引起电势差，后者是由电池中电解质浓度差异引起电势差，因此浓差电池电势差的大小与电解质溶液浓度有关。

浓差电池的总反应过程是单质或离子等一种物质从高浓度状态向低浓度状态转移的过程。现实生活中，海水盐产能发电是最典型的应用代表。据报道，全世界海水盐差的能量资源高达 30 亿千瓦。

为充分开发利用这种能量，科学家利用浓差电池原理，在离子交换膜间隔的两个容器中分别装入海水和江河水并分别插入电极，从而搭建出一个简单的电解质浓差电池。海水中高浓度的钠离子、氯离子可自由扩散到低浓度江河水，只要海水和江河水的盐浓度不相同，两者的电势就

一直存在，即可持续发电。目前，已有不少企业开展盐产能发电研究，例如挪威的 Stat-Kraft 公司早在 2009 年就率先建成了 10 千瓦盐产能的示范装置。

离子浓差不够“搭梯子”来凑

制造浓差电池的关键之一在于浓度梯度的构建，离子梯度越大，产生的电压越大。

实际上，浓度梯度普遍存在于自然界生物体中，其中电鳗无疑是完美利用离子浓度梯度放电的典型代表。其体内排列着 6000 至 1 万枚肌肉薄片，薄片间被结缔组织间隔，且有许多神经直通中枢神经系统，每枚肌肉薄片就是一个发电细胞，也就是一个微型浓差电池。

“简单来说，当发电细胞被神经信号刺激时，细胞前膜上的钠离子通道打开，细胞外的高浓度钠离子流入细胞内低浓度区域，这一扩散过程会产生 65 毫伏电压。同时，细胞后膜上的钾离子通道开启，胞内高浓度钾离子流出细胞，随之产生 85 毫伏电压。因此一个发电细胞就有 0.15 伏的电压。”论文第一作者肖湘婷说。

“我们发现电鳗的放电原理与浓差电池类似，且可弥补浓差电池的缺陷。”论文通讯作者纪效波说，电解质溶解度有限，意味着其浓度不可能无限大，那么离子浓度梯度也不可能如预想的那么大，可产生的电压阈值较低。而电鳗的放

电原理恰好能够解决该难题，只要设计的浓差电池数量足够多，其整体电压值就可以一直上升。

早在 2017 年，就有研究者首次通过模仿电鳗设计了一种四聚体凝胶电池，一个电池平均可以产生约 0.18 伏电压。但这种凝胶电池制备过程繁琐，电池组分复杂，限制了后续扩展利用。

在此基础上，纪效波团队结合电鳗放电原理和传统浓差电池基础理论，设计了一种新型的简单、柔性、安全、易规模集成的浓差电池，产生的电压值接近发电细胞发电能力的 4 倍。

“电池研发面对的第一个难题就是离子梯度如何构筑。”纪效波说，团队选用聚乙烯醇作为水凝胶基底，构建亲水性网络，创造充足的水环境来储存离子。

为确保水凝胶能快速成胶且液体环境中存在自由离子，研究人员选用甘油和水作二元溶剂，三者间极易通过丰富含氧官能团形成氢键，由此加快水凝胶成胶速率，大大节省原料和时间成本。

接着，研究人员开始寻找各种电解质材料。肖湘婷说，团队对 10 余种潜在电解质材料进行测试，最终选用了性能最优的两种材料——植酸钠和壳聚糖季铵盐。

“我们确定了富含钠离子的水凝胶和富含氯离子的水凝胶，并将这两种水凝胶进行堆叠组成“发电层”，形成两个浓度梯度，再将发电层与电极组合，双浓度梯度的浓差就形成了。”肖湘婷说。最终，团队通过结构优化使浓差电池开路电压达到 0.54

伏并稳定维持了约两小时。

受折纸启发打造可折叠 3D 电池

尽管这种浓差电池已远超电鳗发电细胞的放电能力，但仍面临一个难题——电池的规模集成，这是浓差电池能落地应用的关键。

为此，团队模仿电鳗细胞的串联结构，通过水平堆叠方法实现了浓差电池的串联设计，电压数值可随串联数目的增加稳定增长，126 个电池单体连接可产生高达 60 伏的电压。同时，受折纸艺术启发，他们通过特殊的 Miura-ori 策略将 56 个电池单体整合在一张纸上，形成可折叠的 3D 电池，可瞬间产生 22 伏左右的电压。集成的浓差电池可为电子设备供电，证明其具有实际应用潜力。

“该研究是对传统浓差电池概念的创新，也是仿生学应用的实例。”纪效波表示，团队设计的双离子梯度浓差电池制造成本低、结构简单、安全、柔性、可降解，电性能可随实际需求变化，能满足未来可穿戴和植入设备的需求。

展望未来，纪效波表示，将在此次成果基础上，继续寻找电离能力更强的“发电”材料，深入解析变化浓度下离子实时扩散机制，优化电池集成程序，提高浓差电池在不同应用场景下结构和性能的稳定性。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1021/acsmi.3c13008>

按图索技

攀援生长的藤蔓机器人

本报讯 藤蔓机器人，像其名字一样可以蜿蜒生长在树木或岩石周围，以建造房屋或测量人类目前难以企及的自然环境中的污染情况。

这种机器人并不是新鲜事物，但传统藤蔓机器人一般只依靠一种因素向上生长，比如热或光，这意味着它们在某些环境中表现得并不理想。

为此，意大利技术研究院的 Emanuela Del Dottore 和同事开发了一种新的藤蔓机器人——FiloBot，它以光线、阴影或重力等为导向因素，通过熔化和挤压塑料丝线将其缠绕成圆柱形，再冷却固化，从而“打印”出自己的身体，即生长。机器人头部通过一根细软管连接在基座上，用于“打印”自身的塑料材料通过软管被输送上来。

“我们的机器人有一个嵌入式微控制器，可以处理多种刺激，并将头部引导至精确位置生长，确保身体结构得到保护。”Dottore 介绍，这种对头部方向的精细控制意味着机器人可以将自己包裹在树上或将树叶的阴影部分作为路标，轻松地在陌生地形上找到前进方向。

FiloBot 每分钟可生长 7 毫米，这一生长速度虽然慢于许多传统机器人，但这意味着 FiloBot 不会破坏敏感的自然环境。

目前，研究团队还没有明确 FiloBot 的具体用途，但希望它能被部署到树梢等人类难以到达的地方收集数据。相关研究近日发表于《科学—机器人》。（徐锐）

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1126/sciroboticsadi5908>



FiloBot。 图片来源：Del Dottore et al.

基因测序技术怎么做好“问答题”

■本报记者 陈祎琪

基因测序技术是人类探索生命奥秘的重要手段之一。随着测序技术对遗传信息的解码和基因组数据库的构建，人类不仅得以窥探生命密码，更能从基因层面对人类疾病进行检测甚至干预。

为进一步了解基因测序技术的优势及应用情况，《中国科学报》采访了清华大学药学院研究员白净卫和北京大学化学与分子工程学院教授黄岩谊。

临床领域应用广泛

《中国科学报》：基因测序技术近几年发展情况如何？

白净卫：10 年前提到基因测序技术，可能大家想到的就是遗传基因缺陷检测，但现在阶段基因测序特别是高通量基因测序技术已经在临床领域得到广泛应用，比如辅助生殖、产前诊断、新生儿基因检测、肿瘤早筛及靶向治疗、感染性疾病诊断等。

纳米孔测序是高通量测序最新一代技术，其优势在于：第一，可单次读取很长的 DNA 序列，从而更好地检测基因片段中缺失、重复等大规模结构变异，获得更加清晰、完整的基因组信息。第二，速度快，基本可以实现样本进一测序—数据出的快速流程，而且数据产出的同时进行信息分析，明确疾病、突变或感染类型，做到实时测序，快速获得检测结果。

第三，设备小型集成化，对环境要求不高，操作便捷，后期设备维护简单，不仅适合大型医院的检验科和中心实验室，小型医院、社区医院等也可以灵活布局和使用。

黄岩谊：快速测序技术近几年发展得不错，但是对个体而言其实际应用比较有限。测序技术的最大用处并不是在一种疾病大流行期间进行大量病原体检测，而是在大流行刚开始时，首先明确这场流行在时间上与过去有没有区别，在空间上与其他国家或地区有没有区别。其次，明确区别大不大。

PCR 是“判断题”，基因测序是“问答题”

《中国科学报》：基因测序技术和其他检测手段有何不同？

白净卫：当前检测技术多样，各有特点。例如抗原检测快速、便捷，居家就能使用，但是病毒载量过低时无法准确检测；聚合酶链式反应(PCR)是应用最广泛的核酸扩增和检测技术，灵敏度最高，但可能发生交叉污染、核酸外泄等，会导致长期假阳性现象。

PCR 和基因测序都属于分子诊断技术，但应用场景不同。PCR 本身靶向目标少，相当于我们考试做判断题，只是判断

这个样本里有没有哪一段核酸，至于这段核酸里发生了什么突变、包含什么信息，是无法通过该方法测得的。而基因测序相当于做“问答题”，甚至是“写作文”，可以提供非常多的基因组信息。

如果只是简单判断患者是不是被某种病原体感染，检测特定靶标的 PCR 就可以实现。目前也有一些产品混合了多个病原体靶点检测，但其数量有限。如果需要发现其中的核酸片段或基因组序列，或者在更大的靶标范围内发现样品中靶标存在的情况，基因测序则更适合。因此，实际需求决定了我们采用哪种检测技术。

黄岩谊：基因测序技术可以和其他检测手段互补。比如现在的 PCR 检测或多联检方法通常都是对比较常见的疾病进行检测，无法涵盖所有可能致病的微生物，而基因测序技术则能弥补这一不足。此外，基因测序技术更灵敏，不仅可以覆盖所有的病原微生物，还能获得已有病原体的突变和耐药性等关键信息。

除了帮助医学研究人员了解病原体，在临床上，快速基因测序技术主要帮助不明原因感染引起的危重症和疑难病患者快速确定病原体，进而找到治疗方案。

未来发展关键靠“两招”

《中国科学报》：包括基因测序技术

在内的基础研究为疾病诊疗提供了哪些帮助？

黄岩谊：基础研究从各个方面为感染性疾病，尤其是呼吸道感染性疾病的防控提供了支撑，比如认识病原体的致病机理、建立模式生物、确立研究方法，以及从细胞分子层次了解一个感染性病原如何影响人体生理机能等。只有对这些有了充分的认识，我们才能研究出有效的应对方式，从根本上解决问题。

新冠疫情期间，正是由于全球科学家联合攻关，尤其是中国科学家的参与，我们才知道了是由什么病原引起的疾病，以及以后会发生什么样的变化，进而研发出新的抗体药物、疫苗、小分子药物和非药物干预方法。这些经验对于其他传染病同样有用。我们现在有更好的高通量病原微生物筛查方法、抗体药物制备方法和疫苗研发方案，都得益于过去几年基础科学的发现。否则很多时候，我们只能被动地应对现状。

《中国科学报》：基因测序技术未来的迭代方向是什么？

黄岩谊：未来，发展快速基因测序方法的关键点有两个。其一，成本要越来越低，这样人们在选择的时候才不会因为价格而将其排除。其二，速度要更快，如果能做到像别的检测方法一样几个小时就出结果，其前景必然更加广阔。

集装箱

生物质化学链气化技术项目在青岛签约 年产值可达 5 亿元

本报讯（记者廖洋 通讯员杨绪彤）近日，中国氢能有限公司与中国科学院青岛生物能源与过程研究所在青岛举行签约仪式，“生物质化学链气化技术项目”正式签约落地。预计到 2025 年底，该项目将实现年产甲醇 10 万吨，年产值可达 5 亿元，实现甲醇制备过程近零碳排放。

以该项目为起点，双方还将围绕国内外绿色氢能产业发展前景、氢能产业链核心技术的研发与应用、多专业跨学科的“新能源+”产业人才协同培育、化工产业的绿色创新工艺技术融合、绿色氢能产品的创新等内容，充分实现优势互补，推动新能源产业加速发展。

“汉口银行杯”武汉科技创新大赛总决赛落幕

本报讯（记者李思辉 通讯员陈雯）近日，历时 8 个月的“汉口银行杯”武汉科技创新大赛总决赛落幕。“大功率深紫外 LED 芯片研发”项目团队从诸多参赛团队中脱颖而出，夺得大赛一等奖并获奖金 100 万元。

此次大赛由武汉市人民政府主办，以“自立自强担使命，科技创新赢未来”为主旨，聚焦人工智能、数

字经济、光电子信息、汽车、高端装备、绿色低碳、大健康和生物技术、先进材料八大领域，吸引国内外 585 个具有核心技术创新能力和高成长潜力的项目参赛。武汉市科技局相关负责人介绍，比赛过程中，大家挖掘了一批优秀科创项目和成果，促进了投资机构与先进技术间的对接，加速了先进科技成果转化孵化，有望助推武汉科技创新创业。

“数智岐黄”中医药大模型发布

本报讯（见习记者江庆龄）近日，由华东师范大学主办的“AI 赋能下的未来药学产学研发展论坛暨华东师范大学药学院发展大会”在沪召开。会上发布了“数智岐黄”中医药大模型。该大模型由华东师范大学、上海中医药大学、华东理工大学、海军军医大学、临港实验室、华润江中现代中药全国重点实验室联合开发。

“数智岐黄”中医药大模型以《黄帝内经》《伤寒杂论》等中医典籍及 1000 多本古籍和中医药文献为核心数据基础，以高质量中医

药知识图谱为知识库，涵盖超过 8 万种方剂、超过 2000 种症候、超过 9000 种中药材、超过 4 万种中药成分、超过 1.8 万种靶点、超过 2000 种疾病，采用预训练和微调并结合检索增强生成和插件调用等技术，通过方剂推荐、中药性质解读、临床辅助诊断，实现中医药领域知识智能问答、健康咨询、中医药知识图谱动态交互三大核心功能，助力中医药创新研究 and 人才培养、临床辅助诊疗和中医养生保健，推动中医药文化传承创新发展。

广东省第二人民医院发布 胸壁外科“三部曲”

本报讯（记者朱汉斌）近日，由广东省第二人民医院胸壁外科研究院长王文林编写的胸壁外科“三部曲”在广州发布。记者获悉，该“三部曲”近 200 万字，包括《胸壁外科学（上下）》《胸壁外科的极简法则》以及《手术与手艺：我的外科生涯》，是该院深耕胸壁外科 15 年的结晶，为广大医护人员以及患者提供最新理论技术成

果，让更多胸壁患者获得及时有效的治疗。

胸壁畸形是一种常见疾病，包含漏斗胸、鸡胸等多种类型。此次发布的系列丛书包含了丰富的科普知识。王文林希望读者能对胸壁外科有深入的认识，能更精准判断自己是否患有与胸壁相关的疾病，从而尽早求医，得到治疗。

北京技术市场实现“双突破”

本报讯（记者田瑞颖 通讯员刘俊）近日，记者从北京市科委、中关村管委会获悉，2023 年，北京市技术市场保持平稳增长态势，技术合同认定登记实现“双突破”，认定登记技术合同总量首次突破 10 万项，达 106552 项，比上年增长 12.1%；成交额突破 8000 亿元大关，达 8536.9 亿元，比上年增长 7.4%。2023 年，北京市技术合同落地 35361 项，成交额 2333.1 亿元，

占北京市的 27.3%，主要集中在电子信息、航空航天、新能源与高效节能等高精尖领域。

据悉，下一步，北京技术市场将聚焦完善工作机制、优化服务模式、鼓励政策探索等方面，进一步激发技术交易主体活力，推动北京技术市场健康发展，促进技术交易规模稳步增长，为北京国际科技创新中心建设提供更加强有力的支撑。

我国在陕北成功提取 地下原位热解煤焦油



陕西榆林神木煤炭采区生 态恢复景观。 张行勇 / 摄

本报讯 近日，“陕北富油煤地下原位热解开采先导性试验”项目成果发布会发布信息，陕西省煤田地质集团有限公司依托自然资源部煤炭资源勘查与综合利用重点实验室，联合西安交通大学、西安科技大学，经过 3 年攻关，首次成功打通陕北富油煤地下原位热解开采工艺流程，并于 2023 年 10 月成功提取全球第一桶地下原位热解煤焦油。

富油煤是指焦油产率为 7% 到 12% 的煤炭资源，在地下原位隔绝空

气条件下，可通过中低温热解从中优先提取国家紧缺的油气资源，生成可替代无烟煤和焦煤的热解半焦。自然资源部煤炭资源勘查与综合利用重点实验室研究显示，陕西煤炭富油性十分突出，富油煤资源量达 1500 多亿吨，居全国之首。过去，陕北富油煤中的焦油大多被烧掉了。如今，陕北富油煤地下原位热解开采先导性试验实现技术突破，“煤海”将变“油海”，实现富油煤从燃料向“燃料+原料”转化。（张行勇）