



超级电容产业周报

2026年6月 第 2 期

- 重大项目建设“晋”行时 | 洪洞超级电容器项目加速建设
- 英博伟业申请超级电容剩余容量预测方法专利，将预测误差显著降低
- 鸿信德宝申请基于超级电容器的石油开采设备能量优化存储方法及系统专利，提高了能量存储效率
- 永福数能EMS：破解锂电+超级电容协同难题，斩获储能典范项目TOP10
- 贺兰山实验室碳捕集技术斩获金砖国家工业创新大赛二等奖
- 北京绿发中科锂电容科技有限公司建成投产国内首条全碳型锂离子电容器生产线
- -67°C不冻结！双锁策略突破柔性超级电容器低温瓶颈，全气候可穿戴储能迎来新方案
- 一张膜打破两极对称，超电容碳捕集速率首破千毫摩尔！

重大项目建设“晋”行时 | 洪洞超级电容器项目加速建设

2 要闻

持续攻坚 重大项目建设年

洪洞超级电容器项目加速建设

建成后可年产大容量超级电容器单体300万只、模组10万套、储能集装箱300个

本报讯(记者曹慧娟)5月22日,洪洞超级电容器项目施工现场,一派繁忙景象。该项目由山西洪洞超级电容器有限公司承建,总投资1.2亿元,占地面积100亩。项目建成后,将形成年产大容量超级电容器单体300万只、模组10万套、储能集装箱300个的生产能力。

洪洞超级电容器项目是山西省重点建设项目,也是临汾市重点建设项目。项目建成后将填补山西省超级电容器生产的空白,对推动我省新能源产业发展具有重要意义。

洪洞超级电容器项目由山西洪洞超级电容器有限公司承建,总投资1.2亿元,占地面积100亩。项目建成后,将形成年产大容量超级电容器单体300万只、模组10万套、储能集装箱300个的生产能力。



洪洞超级电容器项目施工现场,一派繁忙景象。

太原市交警部门: 多措并举从治理交通秩序

本报讯 5月20日,太原市交警部门召开专题会议,部署开展全市道路交通安全专项整治行动。会议强调,要坚持以人民为中心的发展思想,坚持问题导向,坚持依法治理,坚持综合治理,坚持源头治理,坚持系统治理,坚持标本兼治,坚持久久为功,确保全市道路交通安全形势持续稳定。

汾河流域灵石县: 提升防洪能力 筑牢安全屏障

本报讯 5月20日,灵石县防汛抗旱指挥部召开专题会议,部署开展全县防汛抗旱工作。会议强调,要坚持以人民为中心的发展思想,坚持问题导向,坚持依法治理,坚持综合治理,坚持源头治理,坚持系统治理,坚持标本兼治,坚持久久为功,确保全县防汛抗旱工作取得圆满成功。

《上接第1版》

发展,推动未来产业创新发展。要坚持以人民为中心的发展思想,坚持问题导向,坚持依法治理,坚持综合治理,坚持源头治理,坚持系统治理,坚持标本兼治,坚持久久为功,确保未来产业创新发展取得圆满成功。

我省41家上市公司在线回复投资者关切

本报讯 5月22日,山西省上市公司协会组织全省41家上市公司,通过线上方式,集中回复投资者关于公司治理、经营业绩、战略规划等方面的关切。这是我省上市公司首次开展此类活动,旨在增强上市公司与投资者之间的沟通,提高上市公司信息披露的透明度和及时性。

中共山西省委组织部公示

根据《中国共产党章程》和《党政领导干部选拔任用工作条例》的有关规定,经省委组织部研究,拟提拔任用干部公示如下:

姓名: 王, 性别: 男, 民族: 汉族, 1978年11月生, 山西太原人, 现任太原市委副秘书长, 拟提拔任太原市委副秘书长。

姓名: 李, 性别: 女, 民族: 汉族, 1985年12月生, 山西太原人, 现任太原市委副秘书长, 拟提拔任太原市委副秘书长。

沁州黄小米开耕仪式在沁县举行

本报讯 5月22日,沁县沁州黄小米开耕仪式在沁县举行。仪式由沁县县委书记主持,邀请了省、市、县领导、专家学者、媒体记者等参加。仪式上,县委书记发表了讲话,强调了沁州黄小米产业对沁县经济发展和农民增收的重要性,并宣布沁州黄小米开耕仪式正式开始。

三晋好物拓新途

第十届中国老字号山西博览会山西分会场,以“三晋好物拓新途”为主题,展示了山西各地的特色产品。博览会吸引了大量游客和采购商,为山西特色产品提供了展示和销售的平台。博览会期间,还举办了多场推介活动,进一步提升了山西特色产品的知名度和影响力。

《上接第1版》

发展,推动未来产业创新发展。要坚持以人民为中心的发展思想,坚持问题导向,坚持依法治理,坚持综合治理,坚持源头治理,坚持系统治理,坚持标本兼治,坚持久久为功,确保未来产业创新发展取得圆满成功。

该项目为省级重点工程

分三期实施

涵盖**超级电容器材料、储能器件和系统集成**三大业务板块

将建成**全国规模最大的**储能用超级电容器生产线

产品应用于火电调频储能、电网侧储能调频、AI算力中心、轨道交通、特种矿卡等多个领域

本报讯（记者姚毅）5月27日，**洪洞经济技术开发区山西鸿信新型超级电容器项目**施工现场一派繁忙。洁净厂房主体已完工，工人加紧开展内部结构加固及设备基础施工，为二期超级电容器生产线进场安装做好收尾工作。

该项目为省级重点工程，分三期实施，**涵盖超级电容器材料、储能器件和系统集成三大业务板块。目前，超级电容器单体及模组生产线已建成并实现稳定量产。**

山西鸿信超级电容储能科技有限公司成立于2022年，企业始终坚持“科技引领、产学研深度融合”的发展战略，打造了以院士团队为核心、中科院与重点高校人才为支撑的研发队伍，并与中北大学共建博士创新工作站。公司累计申请专利70余项，构建起从电极材料、隔离膜材料研发，到单体生产、模组制造及系统集成的全产业链自主技术体系。

“我们的核心优势在于，超级电容器产品具备毫秒级功率响应、100C以上的充放电倍率，可为各类瞬时大功率应用场景提供可靠的能源解决方案。”公司技术负责人杨森林告诉记者，超级电容器是新型短时高功率储能产品，具有瞬时功率大、充电速度快、循环寿命长、耐高低温、绿色安全环保等特点，在电网调频、AI算力、新能源交通、应急电源等领域应用前景广阔。

鸿信储能已与山西国锦煤电、华能西安热工研究院达成深度合作。**“超级电容器+锂电池”混合储能技术可将火电机组调频性能指标提升30%以上，并凭借此项成果荣获第三届能源电子产业创新大赛火储联合调频技术专题赛优秀奖。**

项目高效推进，得益于当地推行的“五个一”项目服务机制。依托该机制，洪洞县项目审批时长平均缩短34%，当地还为企业提供标准化厂房和全方位要素保障。鸿信超级电容器项目从签约到厂房主体完工仅用时数月，跑出了重点项目建设“加速度”。此外，为破解重点项目融资难题，省发展改革委项目推进中心会同临汾市项目推进中心，组织多家金融机构走进项目现场，开展融资精准对接服务。

按照规划，项目完成后，**将建成全国规模最大的储能用超级电容器生产线**，可年产大容量**超级电容器单体300万只、模组10万套、储能集装箱300个**，产品应用于**火电调频储能、电网侧储能调频、AI算力中心、轨道交通、特种矿卡**等多个领域。

“我们不仅是产品供应商，更是系统集成方案提供者。”公司董事长李青明表示，鸿

信储能将立足洪洞，打造全国首家超级电容器专业产业园，致力成为国内领先的储能技术解决方案提供商，以核心科技助力能源转型。

来源 | 山西日报

编辑 | 张蕊

信息来源: https://mp.weixin.qq.com/s/Qk0jRpSz4wM-N_mEjplpw

【行业动态】

英博伟业申请超级电容剩余容量预测方法专利，将预测误差显著降低

国家知识产权局信息显示，**深圳市英博伟业科技有限公司**申请一项名为“**超级电容剩余容量预测方法、装置、电子设备及存储介质**”的专利，公开号CN122112817A，申请日期为2026年2月。

专利摘要显示，本申请涉及**超级电容剩余容量预测技术领域**，揭示了一种**超级电容剩余容量预测方法、装置、电子设备及存储介质**，其中，方法包括：通过构建多应力因子融合的预测模型，实现了对超级电容剩余容量的高精度、在线预测，通过量化循环次数、高温累计时间及深度放电次数三大关键衰减因素，将预测误差显著降低，能够实时评估电容健康状态，当预测容量低于阈值时可实现早期预警。本发明的有益效果：**实现了对超级电容剩余容量的高精度在线预测，有效适应个体差异与长期老化，保障了指定超级电容全生命周期内预测的准确性与可靠性，为储能系统的预测性维护提供了核心技术支撑。**

信息来源:

https://www.sohu.com/a/1030666404_114984?scm=10023.20001_107-20001_107-0_20001.0-0.0-1-0-0-0.0&spm=smpc.csrpage.news-list.7.1780363912472uKAtuTL

【行业动态】

鸿信德宝申请基于超级电容器的石油开采设备能量优化存储方法及系统专利，提高了能量存储效率

国家知识产权局信息显示，**北京鸿信德宝新能源科技有限公司;山西鸿信超级电容储能科技有限公司**申请一项名为“**基于超级电容器的石油开采设备能量优化存储方法及系统**”的专利，公开号CN122118877A，申请日期为2026年3月。

专利摘要显示，本发明提供一种**基于超级电容器的石油开采设备能量优化存储方法及系统，涉及石油开采设备能量管理领域**，包括采集功率波形数据，识别周期性波动特征，构建多电极分区结构，按目标充电电压充电，划分电荷储存层，确定激活顺序，监测识别异常波动，调整电连接拓扑结构生成能量传输路径。**本发明提高了能量存储效率，延长了设备运行时间，增强了系统稳定性，降低了能源成本。**

信息来源: <https://www.163.com/dy/article/KU696H400519QIKK.html>

【行业动态】

永福数能EMS：破解锂电+超级电容协同难题，斩获储能典范项目TOP10



6月1日，由储能行家极光奖组委会主办的“2025-2026新型储能核心环节典范项目TOP10”评选结果正式揭晓。**永福数能凭借嘉峪关500MW/1000MWh混合型独立储能电站项目，从众多申报企业中脱颖而出，成功斩获该项殊荣。**

嘉峪关500MW/1000MWh独立储能电站是**甘肃省“十四五”新型储能试点示范项目及省列重大建设项目，也是目前国内极具代表性的电网侧“磷酸铁锂+超级电容”混合型独立储能电站。**永福数能作为该项目能量管理系统（EMS）供应商，为混合储能系统装上了“最强大脑”，**以自主可控的EMS产品，实现了毫秒级协同调度与储能价值的最大化。**



毫秒级协同调度，降本增效

针对锂电池与超级电容截然不同的响应特性和控制逻辑，永福数能研发团队基于先进毫秒级调度响应算法，实现了两种储能介质的精准协同与动态互补。**系统既可发挥超级电容瞬时功率优势，快速支撑电网频率稳定，也能科学调度锂电池充放电策略，延长其循环寿命，从而显著提升电站运行效率与安全性，帮助客户降低全生命周期运维成本。**

辅助创收，最大化储能价值

在电力辅助服务领域，永福数能EMS凭借高精度AGC自动发电控制能力，将**支持电站深度参与电网调峰、调频等辅助服务市场，未来可为客户创造持续稳定的辅助服务收益。**同时，该系统预计**每年可为项目减少19.5万吨二氧化碳排放**，助力客户实现绿色与经济效益双赢。



立足嘉峪关，放眼全球，永福数能正以每一个标杆项目为支点，推动新型储能从“单一

功能”向“系统协同”深度跃迁。未来，公司将继续深耕储能EMS与数字化控制技术，以高价值的产品和解决方案，与行业伙伴携手，助力构建更加安全、高效、智能的新型电力系统。

信息来源：

<https://mp.weixin.qq.com/s/vMDDpy4r2S7oLpz7qaAiDg>

【行业动态】

贺兰山实验室碳捕集技术斩获金砖国家工业创新大赛二等奖

6月3日，记者从银川经开区获悉，**贺兰山实验室崔丽华副教授团队自主研发的超级电容电吸附耦合碳捕集储能一体化技术，在2026金砖国家工业创新大赛能源电子产业赛道国别赛中斩获二等奖。**该技术**创新破解了传统工业碳捕集能耗高、成本高的行业难题，实现碳捕集与储能一体化协同增效**，标志着宁夏绿色低碳原创科研成果获得国家级、国际性赛事权威认可。

工业烟气是碳排放的“大头”，但传统碳捕集技术普遍存在能耗高、成本高的痛点，难以实现规模化工业推广。针对行业技术瓶颈，贺兰山实验室崔丽华副教授团队创新突破、另辟蹊径，将超级电容与电吸附技术深度耦合，创新实现二氧化碳捕集与储能一体化，达成“一举两得”的技术成效。

相较于传统依赖高温解吸的化学吸收碳捕集工艺，崔丽华团队研发的全新技术路线优势显著。技术依托超级电容充放电过程驱动电吸附作业，设备充电阶段可高效捕集工业烟气中的二氧化碳，放电阶段能够释放高浓度二氧化碳，可直接用于后续资源化利用或封存处理。同时，技术创新性引入磁力扰动技术，大幅提升传质效率与气体吸附速率，真正实现碳捕集过程同步储能，单套设备可实现双重产出，大幅降低工业降碳成本与能耗。

本项目由贺兰山实验室牵头申报，联合北方民族大学材料科学与工程学院、中国科学院电工研究所协同攻关。三方科研平台分别发挥材料研发、器件设计、系统集成专业优势，

构建起从基础理论研究、核心技术攻关到工程化验证的完整科研链条，保障了技术的创新性、稳定性与落地性。

此次获奖后，该项目成功纳入“金砖国家工业创新合作项目库”，可享受投融资对接等专项扶持政策，为技术市场化、产业化转化打通了关键通道，标志着该创新技术不仅获得国际权威赛事认可，更具备了规模化落地应用的产业条件。

当前，银川成功入选金砖国家新工业革命伙伴城市网络首批会员城市，在数字化转型、绿色低碳、新型产业升级等领域迎来更多跨国务实合作机遇。此次贺兰山实验室技术斩获国际大奖，既是对“捕能一体”创新技术路线的高度认可，也充分证明宁夏在绿色低碳前沿技术领域，已具备参与金砖国家产业协同、国际绿色合作的硬核实力。

“随着该技术从实验室走向工业烟气治理一线，将有效破解传统碳捕集高能耗难题，成功验证了工业领域‘边降碳、边储能’的绿色发展新模式，为工业绿色转型升级提供全新解决方案。随着贺兰山实验室集中科研基地全面建成投用，更多原创性、突破性的‘从0到1’科创成果将深度适配园区工业应用场景，持续赋能银川经开区智能制造产业升级。”银川经开区相关负责人介绍。

作者：闫茜

【责任编辑：张宇之】

信息来源：https://www.ycen.com.cn/xwzx/rd/202606/t20260603_258436.html

北京绿发中科锂电容科技有限公司建成投产国内首条全碳型锂离子电容器生产线



国务院国有资产监督管理委员会
State-owned Assets Supervision and Administration Commission of the State Council

2026年6月4日 星期四



首页

机构概况

新闻发布

国资监管

政务公开

国资数据

互动交流

在线服务

热点专题

首页 > 新闻发布 > 央企联播 > 正文

【奋进“十五五”】中国绿发：“三量”齐升开新局 实干笃行向未来

文章来源：中国绿发投资集团有限公司 发布时间：2026-06-04

近日，聚焦高端医疗器械与生命健康产业的绿发科技园建设迈入攻坚关键期，这座在红冶钢厂老厂区上焕新而生的科创载体，将成为服务京津冀协同发展、培育新质生产力的重要平台。

“十五五”开局之年，从都市中更新产业载体，到一批重大项目不断刷新进度条，再到荒漠里的旅游新体验，中国绿发紧扣国家战略，产业含绿量、含新量、含金量不断提升，勾勒出奋力实现良好开局的实干图景。

在技术突破中增加“含新量”

新型储能是构建新型电力系统、实现碳达峰目标的关键支撑。近日，在第十四届储能国际峰会暨展览会上，中国绿发旗下七家科技公司系统展示中时储能、功率型储能、构网型储能及电化学储能的多场景多技术路线解决方案。

近年来，中国绿发加快新兴产业布局，成立新兴产业科技平台，深耕新型储能前沿领域，整合液态空气储能、高温熔盐储能、全碳型锂离子电容器、自同步电压源友好并网技术及固态电池等多元核心技术路线，扎实推进关键核心技术攻关、成果转化和产业化应用。

锂离子电容器也被称为下一代超级电容器，在电力系统调频方面，可用于提升水电、火电调频性能，减少疲劳损耗，抑制新能源发电瞬时波动，提升新能源消纳比例与运行安全性。中国绿发相关负责人介绍，“它就像短跑运动员，具有卓越的瞬时爆发力，能通过快速充放电来提供瞬时功率补偿，对电压及频率的瞬时波动有很好的平抑作用。”中国绿发建成投产国内首条全碳型锂离子电容器生产线，产品具备高功率密度、高能量密度、长循环寿命、高安全性和宽温度适应性等显著性能优势，其充放电循环次数可达到100万次，在短时高频储能、新能源汽车、轨道交通、国防军工等领域具有广泛应用前景。



全碳型锂离子电容器生产线。

公众号·绿发中科锂电容公司

在技术突破中增加“含新量”

新型储能是构建新型电力系统、实现碳达峰目标的关键支撑。近日，在第十四届储能国际峰会暨展览会上，中国绿发旗下七家科技公司系统展示**中长时储能、功率型储能、构网型储能及电化学储能的多场景多技术路线解决方案。**

近年来，中国绿发加快新兴产业布局，成立新兴产业科技平台，深耕新型储能前沿领域，整合液态空气储能、高温熔盐储能、全碳型锂离子电容器、自同步电压源友好并网技术及固态电池等多元核心技术路线，扎实推进关键核心技术攻关、成果转化和产业化应用。

锂离子电容器也被称为下一代超级电容器，在电力系统调频方面，可用于提升水电、火电调频性能，减少疲劳损耗，抑制新能源发电瞬时波动，提升新能源消纳比例与运行安全性。中国绿发相关负责人介绍，“它就像短跑运动员，具有卓越的瞬时爆发力，能通过快速充放电来提供瞬时功率补偿，对电压及频率的瞬时波动有很好的平抑作用。”中国绿发建成投产国内首条全碳型锂离子电容器生产线，**产品具备高功率密度、高能量密度、长循环寿命、高安全性和宽温度适应性等显著性能优势，其充放电循环次数可达到100万次，在短时高频储能、新能源汽车、轨道交通、国防军工等领域具有广泛应用前景。**



△全碳型锂离子电容器生产线

信息来源：<https://mp.weixin.qq.com/s/K51fH6Ky2V0QdkzNr63Ryw>

【行业动态】

-67°C不冻结！双锁策略突破柔性超级电容器低温瓶颈，全气候可穿戴储能迎来新方案

2026年6月1日，《Energy Storage Materials》期刊在线发表关于面向全气候高性能柔性超级电容器的水凝胶电解质离子与氢键协同锁定策略的最新研究成果。

原文题目：Synergistic ionic and hydrogen-bond locking in hydrogel electrolytes for all-climate high-performance flexible supercapacitors

署名作者：Liu, Yujie, Sun, Yi, Zhang, Kun, Xia, Liaoyuan, Yuan, Liping, Wang, Yun, Zhang, Xueqin, Huang, Le, Wu, Yiqiang, Liao, Meng, Luo, Yongfeng

原文链接：<https://doi.org/10.1016/j.ensm.2026.105201>

柔性超级电容器是可穿戴电子领域极具潜力的储能器件，但长期以来其零下温度环境下的实际应用受限于水凝胶电解质因冻结导致的性能衰减，是行业亟待突破的核心痛点。

针对这一难题，本研究创新性提出了一种「离子-氢键协同锁定」策略，通过合理设计的水凝胶电解质（Hy-p(AA/AM)1/2-(NaAc/LiCl)2.5）完美攻克了低温性能衰减的局限。

该设计搭载了两种互补的约束机制：

- 离子锁：来自水合优化双盐（醋酸钠/氯化锂）体系，可破坏水分子的氢键网络，从源头抑制冰核生成；

- 氢键锁：来自超支化聚合物网络，可进一步束缚水分子，限制冰晶生长扩散。

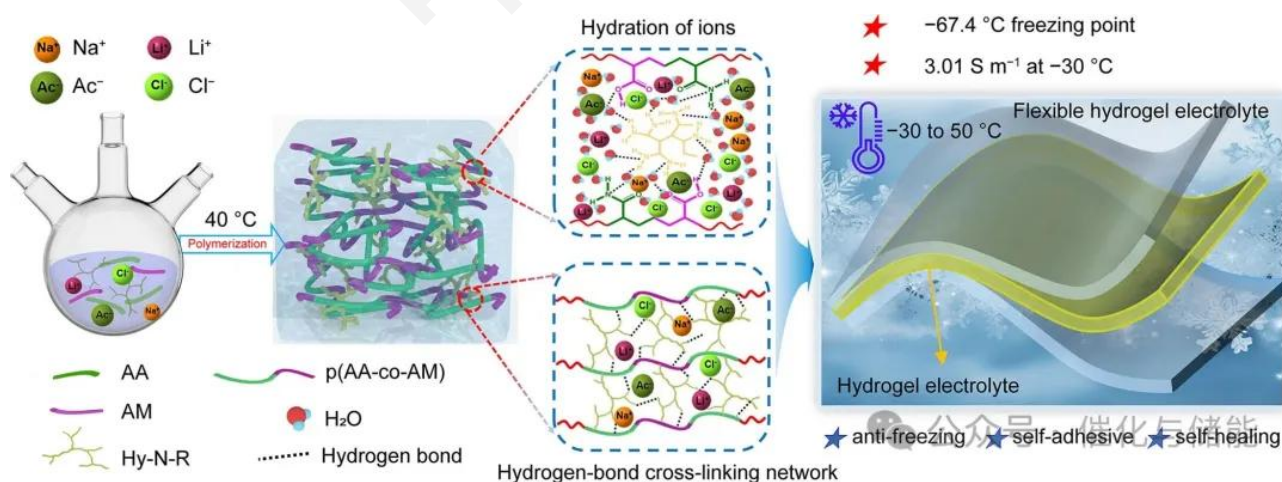
基于双锁协同设计，所制备的电解质性能表现十分亮眼：

- 拥有低至-67.4℃的超低凝固点，-30℃下离子电导率可达 $3.01 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ ；
- 兼具优异的自修复性能，修复效率高达92.7%；
- 自粘附表现突出，粘附强度可达11.38 kPa。

采用该电解质组装的柔性超级电容器同样表现优异：

- 可实现1.6V的宽电压窗口，-30℃环境下能量密度可达 $21.8 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；
- 30℃极端低温环境下循环15000次后，仍可保留70.7%的初始电容，稳定性拉满。

与近年同领域相关研究对比可知，本工作首次在离子电导率、耐低温性能与力学稳健性三者之间实现了前所未有的平衡，这种双锁定策略为面向全气候可穿戴电子等应用的先进储能材料提供了具有普适性的全新设计思路，未来应用前景十分广阔。



信息来源：<https://mp.weixin.qq.com/s/3dfcpwwmsAsRpMb69XolyQ>

一张膜打破两极对称，超电容碳捕集速率首破千毫摩尔！



文献链接: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aec3918>

JZSD 供稿

背景速览

电化学碳捕集可在常温常压下运行、仅依赖电能输入，是替代传统热再生路线的候选技术之一。其中，超级电容摇摆吸附利用碳电极在充放电过程中的离子吸脱附来驱动CO₂捕集与释放，材料廉价、结构简单。但这类系统长期受困于同一组矛盾：捕集速率与能耗难以在同一系统内同步优化。根源在于传统超级电容摇摆吸附采用对称电极构型，正负极共享同一电解液，充电时负极表面产生的OH⁻会向本体溶液扩散稀释，难以在电极表面维持足够浓度的碱性微环境来高效转化CO₂。要打破这一瓶颈，需要从电极构型层面重新设计。

核心挑战

1. 对称电极构型的固有限制

传统系统中正负极处于同一电解液环境，充电时负极产生的OH⁻不受约束地向溶液中扩散，局部碱性浓度无法有效积累，导致CO₂向碳酸氢盐/碳酸盐的转化速率受限。

2. 速率与能耗难以兼顾

高捕获速率依赖高电压驱动，但电压升高直接拉高能耗。文献报道的最优值呈现两极分化：最高速率约432mmol/(kg·h)对应能耗约300kJ/mol，最低能耗约20kJ/mol对应速率仅310mmol/(kg·h)，两个指标从未在同一系统内同时突破。

3. 捕获机理长期存在争议

该类系统的CO₂捕获，究竟是依赖碳材料的静电物理吸附，还是源于界面化学转化，领域内一直未有定论。机理不清导致优化方向模糊，性能提升长期依赖经验试错。

创新方案

这项工作的核心思路明确且直接：在阴阳极之间引入一张阳离子交换膜，将两个电极的化学环境彻底解耦。这一设计使负极在充电时成为一个可维持高浓度OH⁻的局域反应区，捕获速率与能耗两项指标同时刷新记录。

1. 一张膜解耦正负极，在负极构建局部高碱微环境

阳离子交换膜允许Na⁺通过，同时阻断OH⁻向正极迁移。充电时，Na⁺穿过膜在负极侧富集，形成致密双电层；双电层内的高电场强度驱动界面水分子解离，在负极表面原位生成高浓度OH⁻，局部pH升至近10。这些OH⁻在气-电极-电解质三相界面处与气相CO₂直接反应，转化为碳酸氢盐和碳酸盐，完成捕获。膜的作用是阻止OH⁻向本体溶液逃逸，使局部碱浓度得以维持，从而保障高转化速率。

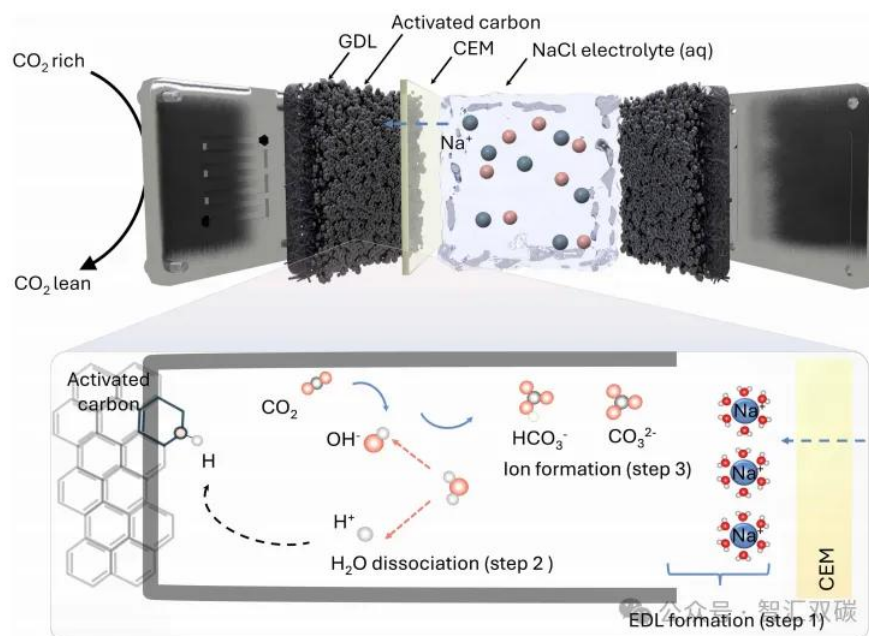


图1 膜集成超级电容摇摆吸附电池结构示意图

2.捕获速率首次突破1200mmol/(kg·h)，最低能耗32kJ/mol

在20% CO₂条件下、-1.4V电压下，捕获容量达893mmol/kg，速率达1281mmol/(kg·h)，约为现有文献最高值的3倍。在-0.8V低电压下，能耗仅32kJ/mol，同时保持361mmol/(kg·h)的捕获速率，表明低能耗与高吞吐量可在同一构型内实现。在-1.0V、10% CO₂条件下连续运行228小时，性能未出现明显衰减。与文献最优值对比，该工作在速率和能耗上同时大幅拓展了性能边界。

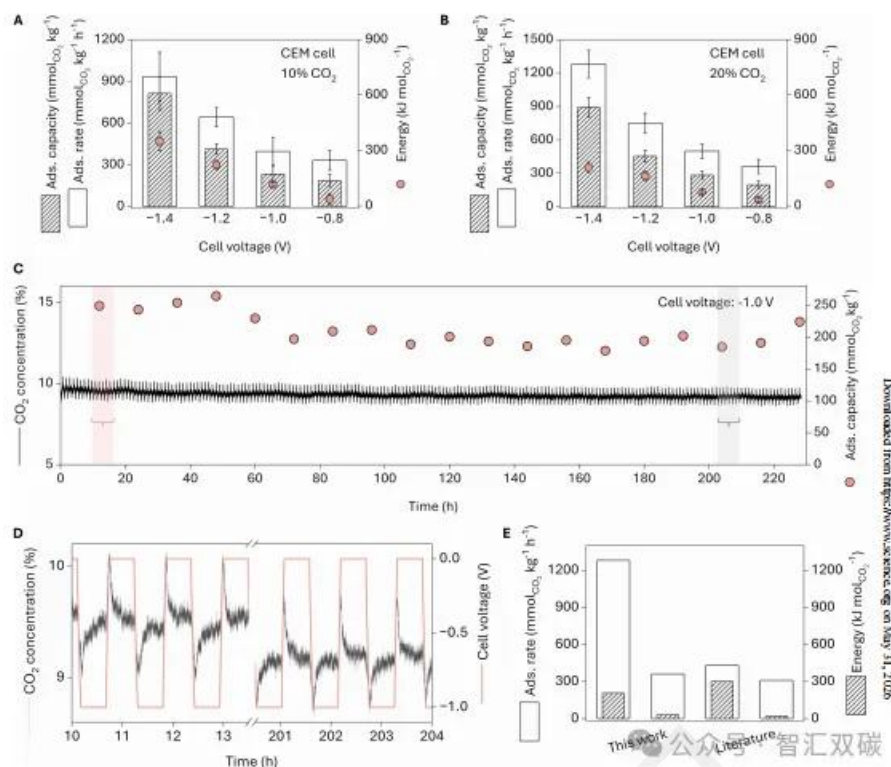


图2 膜集成设计的CO₂捕获性能及与文献对比

3.厘清捕获机理：驱动力是界面水分解，而非静电吸附

研究团队通过旋转环盘电极实时监测到负极表面pH从约7升至近10，原位红外光谱捕捉到界面水分子向OH⁻的转化信号，TOF-SIMS在负极气体侧检测到碳酸氢盐/碳酸盐的显著富集。对照实验表明，向溶液中加入酸中和OH⁻后捕获能力完全消失，而捕获容量与离子强度呈线性正相关。上述证据链统一指向一个结论：**CO₂捕获发生在气-电极-电解质三相边界，真实驱动力是电场诱导的界面水分解产生OH⁻，而非碳材料对CO₂的静电物理吸附。**这发现澄清了超级电容摇摆吸附领域长期存在的机理争议，为后续设计提供明确理论依据。

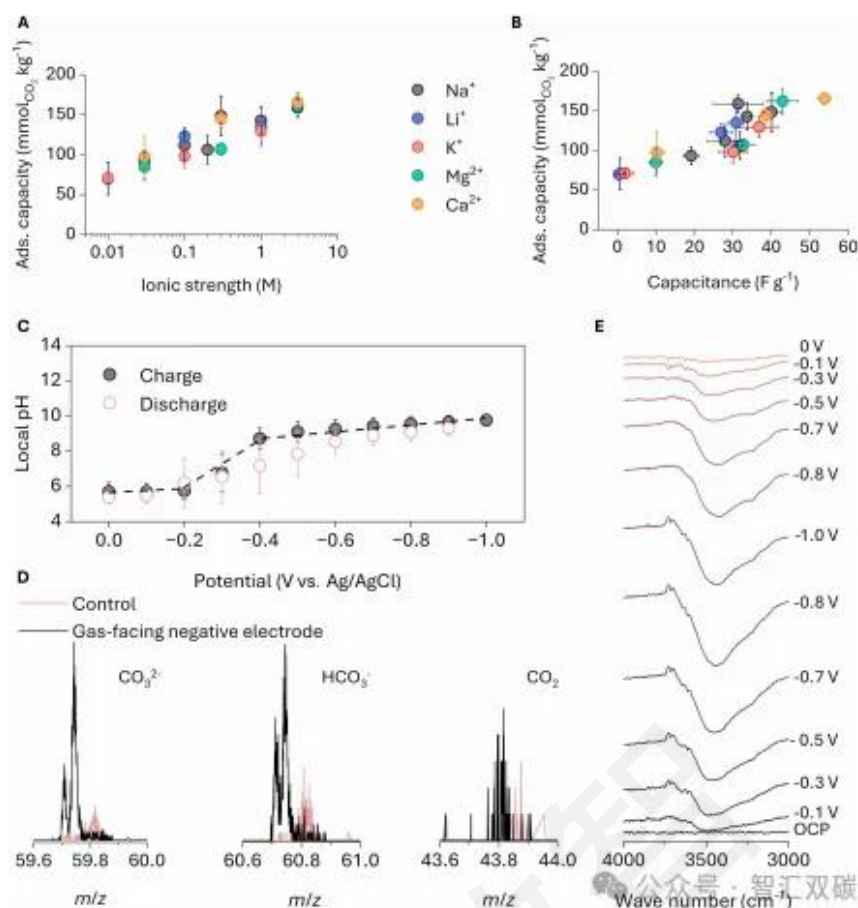


图3 捕获机理验证：界面水分解驱动的pH摆动。

4.材料体系低廉，构型具备放大潜力

整个系统由**活性炭气体扩散电极**、**NaCl水溶液**、**商品化阳离子交换膜**组成，不含氧化还原介体，不依赖贵金属。当前主要成本瓶颈在于阳离子交换膜价格较高，技术经济评估给出的捕获成本约368美元/吨CO₂，仍高于传统热法。但随着膜材料规模化生产降本和性能持续优化，该构型具备清晰的工业降本路径。

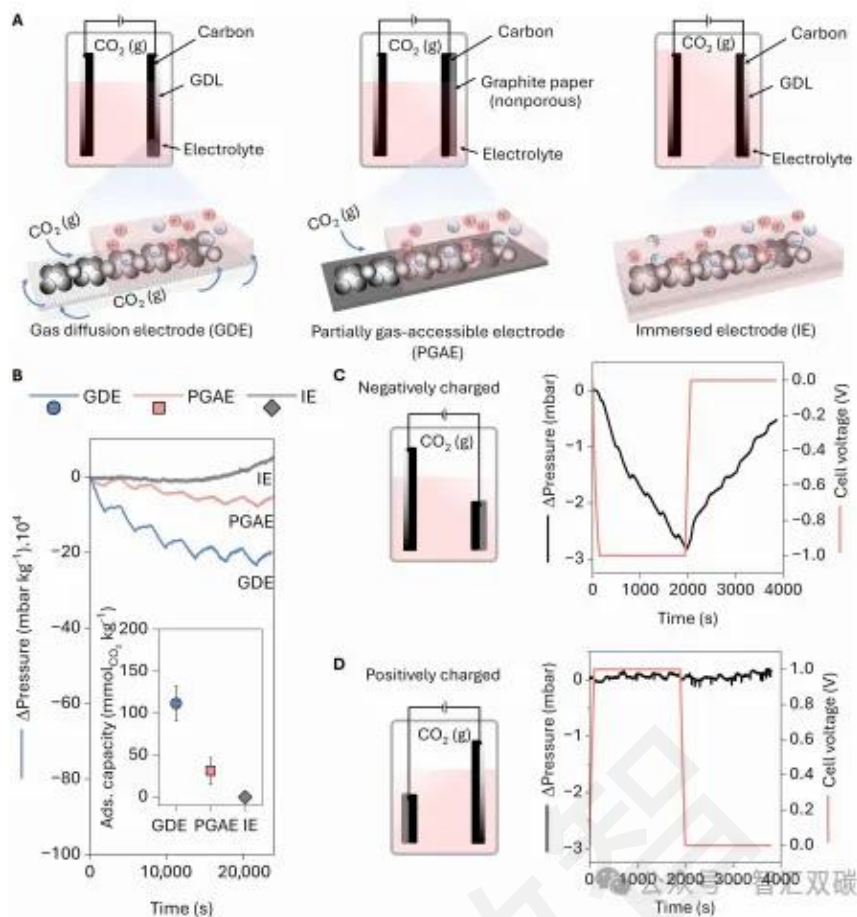


图4 离子强度与电容对捕获容量的影响

More Thinking

这项工作的价值不限于刷新了速率和能耗的数值记录，更在于用一个简洁的工程动作——加入一张阳离子交换膜——回答了超级电容摇摆吸附领域长期悬置的机理问题，并据此建立了清晰的设计原则。

机理方面：

通过解耦正负极化学环境，以系统实验区分了“静电吸附”与“界面水分解驱动pH摆动”两种机制的贡献，证明后者才是高效捕获的引擎。“**负极化、三相边界、强电场**”三者共同构成启动捕获的充要条件。这一认识为后续电极设计和操作窗口选择提供了理论锚点，将优化方向从“增大比表面积”扭转为“**强化界面电场与局部碱浓度**”。

应用方面：

系统全部采用廉价、可规模化材料，并在同一构型内实现了速率与能耗的可调—低电压走节能路线，高电压追求高吞吐量，为工程选型提供了灵活的调节窗口。剩余挑战集中在膜成本控制、真实烟气中O₂/SO₂/NO_x等杂质的耐受性验证，以及模块堆叠与气体分配的工程放大问题上。但这些问题均属可工程化解决的范畴，而非科学原理层面的障碍。

信息来源：<https://mp.weixin.qq.com/s/0h4swZHVBIHo3eyR9V-Wbg>

中数智