



锂金属电池从“偏科”变“全能”

能量密度和续航能力相比传统锂电池提升两到三倍

■本报记者 陈彬 通讯员 刘晓艳

生活中,几乎每个人都曾因手机电量即将耗尽而焦急不已,并希望手机的电池容量如果能再大点儿该多好。

“手机电池只是可充放电的一个小应用。如今,随着电动汽车、人工智能等技术的发展,人们对高能量、长续航可充放电的需求日益迫切。”天津大学教授胡文彬告诉《中国科学报》,单位电池中可容纳的电量多少被称为能量密度。如何在重量更轻、体积更小的情况下,提高电池的能量密度,已成为电池领域需要攻克的一大技术难题。

不久前,胡文彬团队与合作者在国际上首次提出锂金属电池电解液“离域化”设计理念,并研制出能量密度超过 600 瓦时/公斤的软包电芯和 480 瓦时/公斤的模组电池,比传统锂电池的能量密度和续航能力提高了 2~3 倍。相关研究成果近日发表于《自然》。

“偏科”的锂金属电池

当前,可充放电的“主流”是锂电池。但很多人不知道的是,锂电池有个全名——锂离子电池。

“锂离子电池的结构并不复杂,主要由某些氧化物材料构成的正极、石墨材料构成的负极,以及夹在锂离子之间的电解液组成。”团队成员、天津大学教授韩晓鹏说,锂离子电池的充放电过程其实是锂离子在正负极之间不断嵌入和脱嵌的过程。充电时,锂离子从正极脱嵌,经过电解质嵌入负极,负极处于富锂状态;放电时则相反。

研究人员指出,决定锂离子电池能量密度的重要因素,是电池的正负极能够容纳多少锂离子。目前锂离子电池能量密度不高的主要症结就在于此。

韩晓鹏告诉记者,目前用来制作锂离子电池负极的材料主要是石墨。这种材料的优点是造价低廉、性能稳定且十分安全。但它的缺点也十分明显,比如锂离子容纳能力不足。这直接导致电池能够“充入”的电量不多,从而显著影响电池的续航能力。

目前,科研人员已经研发出新的替代方案——锂金属电池。

“相较于锂离子电池,锂金属电池最大的变化是将负极的制作材料由石墨变为纯金属锂。”胡文彬说,这一改变大幅度提升了负极的锂离子容纳能力,但也带来了一系列新问题。比如,锂金属的造价比石墨高很多,且锂元素的性质十分活跃,极易与周围环境发生反应。

近日,全球首个以人形机器人为参赛主体的综合性赛事——“2025 世界人形机器人运动会”在北京国家速滑馆“冰丝带”开幕。来自 16 个国家和地区的 280 支参赛队伍围绕竞技表演、表演赛、外圈赛共 26 个赛程展开 487 场比赛,全面展现人形机器人在智能决策、运动协作等领域的前沿成果。

作为全球首个涵盖“体育+艺术+应用”的全维人形机器人赛事,本次赛事包括 21 个主体赛项和 5 个外圈赛项,其中主体赛项有 100 米、400 米、1500 米、立定跳远、自由体操、足球 5V5 等竞技赛,单机舞蹈、群体舞蹈、武术等表演赛,工厂场景(物料搬运技能竞技)、医院场景(药品分拣技能竞技)、酒店场景(清洁服务技能竞技)等场景赛;外圈赛项包括篮球、乒乓球、集体舞蹈、自由搏击、功夫搏击等 5 个赛项。

图为自由搏击赛中人形机器人互相搏斗。
图片来源:视觉中国

新型催化剂实现甲烷高选择性制乙酸

本报讯(记者王敏)中国科学技术大学教授曾杰团队开发了一种富含钠改性骨架铝结构单元的新型催化剂。在 50 摄氏度反应两小时的条件下,该催化剂催化双氧水在一氧化碳存在下氧化甲烷的含氧产物总量为 144.1 微摩尔,其中乙酸选择性达到了 81.8%,这一结果显著优于未改性骨架铝催化剂。相关研究成果近日发表于《德国应用化学》。

甲烷选择性氧化制乙酸极具挑战性,因为需要克服甲烷固有的化学惰性以及抑制甲醇、甲酸等副产物生成,同时实现高效碳-碳偶联生



胡文彬(中)与团队成员。受访者供图

“更重要的是,科研人员还要解决锂负极与正极及电解液之间的适配问题。”胡文彬说。

在这个问题上,目前传统的电解液设计主要依赖溶剂主导或阴离子主导的溶剂化结构,很难同时兼顾电池能量输出和循环寿命的提升要求。

“简单来说,就是目前的电解液设计往往只能集中于电池的一种特性,要么集中于提升电池容量,要么集中于提升电池的耐久度,总之,不能实现性能的全面兼顾。”韩晓鹏解释说,这就像一个严重偏科的学生,只有一科成绩优秀,其他学科十分平庸。

胡文彬团队的目标就是让锂金属电池这名“偏科生”能够“全面发展”。

显著提升电池性能

研究团队提出了一种全新的“离域电解液”设计理念,其核心思路是通过引入多样化的电解液微环境,增加溶剂化环境的无序性,优化整体电解液性能。

“离域电解液主要由多种锂盐和溶剂组成。要想突破传统电解液系统的局限,就得实现在溶剂化结构分布上点、线、面的跨越,使锂离子在多个局部环境中协调,提高锂离子的扩散性,从而提升电池整体性能。”韩晓鹏说。

为实现这一目标,研究人员借助人工智能,对近 300 种溶剂和 100 种锂盐的分子结构进行了计算和评估,并根据评估结果对溶剂和锂盐进行分类。通过分析,他们选取了表现最佳的类别,并将其用于离域电解液的设计。

为验证离域电解液设计的有效性,研究团队用这种电解液组装了多款高能锂金属电池。

在一系列测试中,电池成功实现了超过 600 瓦时/公斤的能量密度。这是目前世界范围内能量密度最高的锂金属软包电池,且经过 100 次循环后,电池的能量密度仍未出现明显衰减。

“这足以证明离域电解液显著提升了电池性能,特别是能量密度和循环稳定性方面的优越性。”韩晓鹏说。

在安全性方面,研究人员进行了一系列的热失控和机械冲击测试。结果表明,采用离域电解液的电池在热和机械稳定性方面表现出更高的性能,且气体释放显著少于现有的锂金属电池,显示出更好的安全性。

用电池为产业发展“松绑”

为进一步验证离域电解液在大规模应用方面的潜力,研究团队组装了一台 3.9 千瓦时的锂金属电池组。该电池组的能量密度达到了 480.9 瓦时/公斤,并在 25 次循环后保持稳定性。

受访时,胡文彬表示,一旦这种大规模应用成为现实,将在很多方面为相关产业的发展“松绑”。

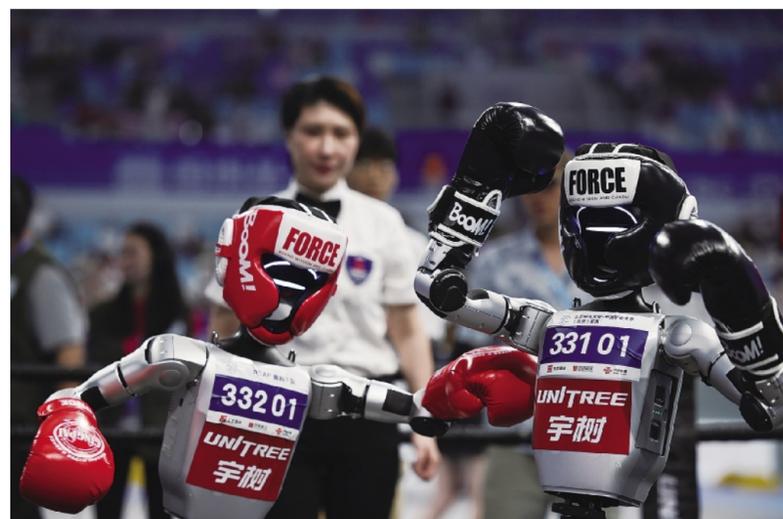
“目前,电池能量密度过低、续航力差的问题束缚着很多产业的发展。”胡文彬以手机为例解释说,对于消费者而言,电池能量密度低导致很多手机一天就得充一次电,否则难以保证正常使用。但如果能将手机电池的能量密度提升,“一周两充”将不再是奢望。

这还不是最重要的,因为电池能量密度直接制约了手机屏幕的扩大及相关程序的安装量,毕竟过大的屏幕及过多的程序会消耗更多电量。“如果手机电池的电量可以提升两到三倍,手机的未来发展将会获得比现在大得多的空间。”胡文彬说。

此外,伴随着我国低空经济产业的发展,无人飞行器的电量问题也越来越凸显。“电量直接制约无人机的飞行里程,甚至引发‘里程焦虑’。”他说,类似情况也会出现在深海乃至太空的探索过程中,而消除这些“焦虑”的最主要途径,就是在保持电池体积大体不变的前提下,大幅提升其能量密度。

“总之,随着相关技术产业快速发展,人们对于高能电池的需求将日益增加,而我们的新型高能锂电池技术有望为这些领域提供更高效率的能源解决方案,这也是我们未来努力的方向。”胡文彬说。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09382-4>



我国生态文明领域 20 项重大科技成果发布

本报讯(记者高丽)8 月 15 日,在全国生态日主场活动期间,中国环境科学学会理事长、中国科学技术协会生态环境科学联合会主席王金南代表学术界发布了“生态文明领域 20 项重大科技成果”。

20 项重大科技成果分别为:《中国植物志》的编研;饮用水安全保障技术体系创建与应用;黄河调水调沙理论与实践;汶川地震地质灾害评价与防治;海上风电安全高效开发成套技术和装备及产业化;京津冀地下水污染防治关键技术与应用;新型膜法水处理关键技术及应用;流域水循环演变机理与水资源高效利用;工业烟气多污染物协同深度治理技术及应用;燃煤机组超低排放关键技术研发及应用;黄土高原生态系统过程与服务;特大城市空气质量改善理论与技术及其应用;清洁高效炼焦技术与装备的开发及应用;气候数值模式模拟及气候可预报性研究;生态节水型灌区建设关键技术及应用;全国生态功能区划;典型持久性有毒污染物的分析方法与生成转化机制研究;我国二氧化硫减排理论与关键技术;水沙灾害形成机理及其防治的关键技术;国家环境质量遥感监测体系研究与业务化应用。

其中,《中国植物志》是一部全面描述和记

录中国维管植物的巨著,是迄今世界上已出版的篇幅最大和记载植物种类最多的植物志。

饮用水安全保障技术体系创建与应用破解了世界上最复杂水源和供水条件下的系列关键技术难题,成果应用于 1400 余项工程,惠及 2 亿多人,为让人民喝上“放心水”提供了全面的技术支撑。

黄河调水调沙理论与实践最大程度减少水库河道淤积,调水调沙成功将 35.5 亿吨泥沙送入渤海,在黄河治理中发挥重要作用,并对多沙河流治理提供借鉴。

海上风电安全高效开发成套技术和装备及产业化应用于我国 70% 以上海上风电项目,大力推动我国海上风电技术和产业从“跟跑”到“领跑”。

全国生态功能区划为国家生态工程布局、产业合理布局和区域协调发展提供了科学依据,为推动我国生态环境保护工作从经验型到科学型、定性型到定量型、传统型到现代型的转变奠定了科学基础。

据悉,该活动由中国环境科学学会、中国生态学会、中国林学会等 11 个国家学会组成的中国科协生态环境科学联合会组织开展,彰显了科技创新在践行绿水青山就是金山银山理念、推动美丽中国建设中的核心驱动力。

新一代载人运载火箭长征十号 首次系留点火试验取得成功

本报讯(记者甘晓)据中国载人航天工程办公室消息,8 月 15 日,我国在文昌航天发射场成功组织实施长征十号系列运载火箭系留点火试验。这是继圆满完成载人飞船零高度逃逸试验和揽月着陆器着陆起飞综合验证试验后,我国载人月球探测工程研制工作取得的又一项重要阶段性突破。

15 时 00 分,随着试验指挥中心下达点火指令,长征十号系列运载火箭一级试验产品七台发动机同时点火,按预定程序完成多项试验流程,通过试验考核了一级七台并联发动机在额定工况和高工况下的同时工作能力,获取了完整的试验数据,试验取得圆满成功。

此次试验是我国开展的国内最大推力规模的全系统试车试验,推力规模近千吨。文昌发射场在当前建设进度异常紧张的情况下克服重重困难,优化发射工程建设方案,优先保障系留点火试验,既确保试验任务如期实施,又确保主线建设任务按照计划推进,是高质量、高效益推进工程建设发展的一次生动实践。

据了解,长征十号系列运载火箭是我国面向载人月球探测任务研制的新一代载人运载火箭,包括长征十号和长征十号甲两种构型。长征十号为助推器的三级火箭,直径 5 米,最大高度 92.5 米,捆绑两个助推器,将在载人登月任务中承担梦舟 Y 载人飞船和揽月月面



着陆器发射任务。长征十号甲为两级火箭,直径 5 米,最大高度 67 米,一级可回收并重复使用,将在空间站应用与发展工程承担梦舟载人飞船和天舟货运飞船发射任务。

此次试验成功为载人月球探测任务奠定了重要技术基础。后续,长征十号系列运载火箭将全面应用于载人航天工程任务中,与梦舟载人飞船一起,实现我国载人天地往返运输系统的更新换代发展。

此外,承载此次试验的活动发射平台、导流槽等是我国在文昌航天发射场专门为实施载人月球探测任务新建的配套基础设施,目前正在建设中,各项任务进展顺利;发射场其他配套设施设备建设工作也正在扎实稳步推进。

关键植物挥发物 有助构建跨代防御“地下长城”

本报讯(记者崔雪芹 通讯员查蒙)浙江大学教授徐建明与研究员胡凌飞团队等揭示了高密度种植(以下简称密植)环境下的关键植物挥发物芳樟醇,如何通过改变土壤化学和微生物组成构建跨代防御的“地下长城”。该研究为破解密植带来的生物障碍风险提供了新思路,也为绿色农业和高效生产模式的构建奠定了理论基础。相关研究成果近日发表于《科学》。

在全球粮食安全与可持续农业的双重挑战下,密植作为提升作物产量的重要手段,已被广泛应用于玉米等粮食作物的现代栽培体系中。密植在高产的同时,带来了生物障碍风险。作物之间更近的距离可能加速病虫害等在田间快速传播,从而威胁作物产量与稳定性。

“在海南地区田间考察时,我们注意到密植田地里中心的玉米植株比外围植株展现出更强的抗性、抗病性。”徐建明介绍,他们在逐一排除光照、根系分泌物等因素影响后,将目光聚焦于玉米叶片持续释放的一种天然挥发物——芳樟醇。

他们发现,芳樟醇在密植条件下显著积累,推测是因为在田地内部空气流动相对较弱,更有利于挥发物积累。这种香气在冠层积累,从而触发邻近植株根系茉莉酸信号,促进根系分泌一种名为 HDMBOA-Glc 的苯并噻吩的化合物到根际,并显著富集有益根际细

菌,重塑土壤微生物群落。进一步实验发现,在芳樟醇的作用下,土壤中有益微生物菌群的富集能进一步刺激植物中水杨酸的合成并激活其信号通路,使植物防御能力显著增强,这一过程形成了一个完整的“植物-土壤-植物”的调控闭环。

“植物自身可以合成芳樟醇,其具有令人愉悦的香气,是一种环境友好的化合物。有意思的是,芳樟醇对于土壤环境的影响具有跨个体、跨代次的效果。”徐建明说,土壤的“记忆效应”让这种微生物介导的防御能力可以跨代延续,即便在轮作中,下一季作物依旧能受益于前茬植物留下的有益微生物群落。

通过外源少量施加芳樟醇,团队发现后续作物的根结线虫、真菌病害和病毒病害发生率显著下降,秋行军虫取食量和生长速率降低约 10%~30%。这表明,芳樟醇不仅是作物自我免疫的天然“补剂”,更是调控土壤微生物、塑造健康土壤生态的关键信号分子。

徐建明告诉记者:“未来,根据这种植物-土壤反馈机制,我们有望通过调控芳樟醇释放,定向激活根际微生物群落,或通过微生物菌剂形式加强作物防御能力,在不依赖农药的情况下提升作物群体健康度和生产稳定性。”

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/science.adv6675>

研究人员提出退役锂电协同尾渣升级回收策略

本报讯(记者朱斌斌 通讯员郑望舒)中国科学院广州能源研究所研究员袁浩然团队联合中国科学院过程工程研究所研究员陶军团队,提出了退役锂电协同尾渣升级回收策略。相关研究成果近日发表于《物质》。

随着锂电池退役量的持续攀升,其清洁回收技术被视为新能源产业健康发展的保障,回收策略在学术界和产业界成为关注的焦点。

目前,退役锂电回收的研究重点是湿法冶金或加热直接修复,主要侧重于金属高效提取或恢复原有电池性能,但对阴极材料的高价值特性探索有限。焦耳加热技术作为一种革命性的回收方法体系,为退役锂电阴极材料的高价值利用提出了创新的概念。

该研究提出了针对退役 LiMn₂O₄ 电池阴极材料(S-LMO)与浸出尾渣磷酸铁(S-FP)的协同处置技术,通过焦耳高温冲击活化水浸,实现金属锂的快速浸出,Li 浸出率 >99%;进一步调整焦耳热参数,对 S-LMO 和 S-FP 进行结构调整和过渡金属替换,升级回收为高能量密度的聚阴离子阴极材料 LiMnFePO₄(R-LMFP)。

该策略不仅大幅缩短了退役锂电池阴极材料回收的时间,还显著提升了磷酸铁锂阴极材料的合成效率,为解决退役锂电池阴极材料回收的协同处置问题提供了全新思路。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.matt.2025.102322>