

让电解液“主动适应”电池工作状态 他们为锂金属电池“延寿”

■本报见习记者 侯慧静

随着无人机、机器人、深空探测等新兴应用场景的发展，人们对电池的质量、能量密度和续航里程提出了更高要求。

金属锂，凭借极高的理论比容量被认为是下一代高比能电池负极材料的重要方向。

理论上，以锂为负极的锂金属电池容量是石墨负极的 10 倍以上。然而，当前广泛使用的锂离子电池仍主要依赖石墨负极。制约锂金属电池走向应用的，是长期以来难以解决的寿命问题——金属锂活泼，极易与电解液发生副反应，生出树杈一样的枝晶，使锂金属电池寿命缩短。

如何在保持锂金属电池能量密度优势的同时并延长寿命？

近日，南京大学教授周豪慎、何平团队联合湖南大学、南京大学和郑州大学的合作者提出了一个新的解决路径。他们找到了一种靶向配体反溶剂（TLAS），实现了锂金属电池在不同电场状态下的定向配位，以避免溶剂和阴离子发生大规模脱配位和再配位。

该研究为延长锂金属电池循环寿命提供了新的电解液设计策略。相关研究成果近日在线发表于《自然》。

全电池中的“恶性循环”

金属锂的“活泼”性格给电池研发带来许多益处，也带来一些“麻烦”。

长期以来，研究人员尝试通过设计电解液在锂负极表面形成稳定的保护膜，减少金属锂电极与电解液之间的副反应。其中，局部高浓度电解液被认为是一个有效路径。

局部高浓度电解液，顾名思义，其中的锂离子浓度更高，可以使阴离子更多参与锂离子的溶剂化过程，形成富含无机物的电解质界面膜，从而减少副反应，提升金属锂的负极稳定性。

然而，周豪慎团队发现，即便是对锂金属电池非常“友好”的局部高浓度电解液，在全电池状态下依旧存在问题。

集装箱

水保“云枢”大模型发布

本报讯(记者李晨)近日，水保“云枢”大模型在北京林业大学举办的水土保持学科建设与人才培养工作会上正式发布。该模型由北京林业大学依托水土保持优势学科基础，与科大讯飞合作研发。模型以国产自主可控大模型为底座，融合水土保持专业知识、课程资源、科研资料和管理信息，面向教学、科研、学习和管理等应用场景，探索人工智能赋能水土保持学科建设和人才培养的新路径。

近年来，北京林业大学水土保持学院围绕水土保持专业知识体系，推进智慧课程建设，已上线 17 门课程，构建知识、能力、问题和思政图谱，建设课程专属知识库，并开发了人工智能助教和人工智能助手智能体，探索人工智能与专业教育深度融合的新模式。

在此基础上，水保“云枢”大模型进一步整合专业课程资源、学科知识体系和智能服务能力，推动人工智能应用由单门课程向专业建设和学科发展拓展。

水土保持涉及土壤侵蚀、水泥沙、荒漠化防治、生态修复和工程治理等多个领域，具有知识交叉融合、实践应用场景复杂等特点。水保“云枢”大模型通过建设专业知识库，加强人工智能模型与教材、文献、科研成果和权威文件的深度关联，提升专业信息服务的准确性、可靠性和可追溯性，为师生开展教学、科研和实践创新提供智能支撑。

校企共建具身智能产业交叉创新研究院

本报讯(记者陈彬)近日，由天津工业大学与云深处科技股份有限公司共建的具身智能产业交叉创新研究院揭牌仪式在天津工业大学举行。

天津工业大学校长姜勇在致辞中表示，此次研究院揭牌是该校响应“人工智能+”行动号召的实践举措。未来校企双方将依托学校学科交叉中心平台与企业机器人产业化技术积累，搭建一体化创新平台，攻坚核心技术、推动成果产业化、联合培养卓越工程师，同时依托市区相关部门支持落地更多具身智能应用场景，共同助力天津智能产业与国家人工智能事业发展。

天津市投资促进局相关负责人表示，将持续从政策赋能、场景提供、供需对接等方面为研究院建设提供坚实保障，期望研究院立足天津、服务京津冀智能产业升级，打造校地企协同创新样板。

云深处科技联合创始人、首席技术官李超是天津工业大学 2004 级机械工程专业校友。他表示，未来共建双方将从联合建室、项目共研、人才共育及技术服务等方面实现产学研深度融合、交叉创新、互利共赢。

据悉，该研究院未来将全力打通“基础研究－技术攻关－产业转化”创新全链条，持续在前沿核心技术突破、产教融合人才培养、智能产业集群培育上发力。

论文第一作者、南京大学博士生杨伍桀解释：“全电池与半电池的区别主要在于是否引入正极变量。在以往的研究中，半电池常被用于判断锂金属负极的稳定性，很多锂金属电池电解液在半电池测试中表现良好，但当组装成全电池与高电压正极匹配时，电池的循环寿命与半电池状态相比大大缩短。”

杨伍桀打了一个比方，静态下全电池电解液中的溶剂、阴离子与锂离子就像一群手牵手的人，关系稳固。但充电状态下，锂金属电池的正极释放锂离子，新的锂离子进入“人群”时，“人群”首先要先“松开手”才能迎接新的锂离子。然而，这容易发生副反应。

副反应产物一方面附着在正极表面阻碍锂离子脱出，造成电池容量的下降；另一方面，电解质的分解改变了电解液的溶剂化状态，进一步影响自身氧化还原稳定性，“最后形成了‘恶性循环’”。杨伍桀补充道。

因此，团队设想，研发一种反溶剂，既能发挥高浓度电解液对负极的保护作用，又能在正极接收脱出的锂离子并与其结合，从而绕过电解液锂离子的“打散”和“重组”。

基于这些思考，团队刻画出了这个反溶剂的“画像”：它在静态下的高浓度电解液中竞争不过已有阴离子，但与锂离子有一定的结合能力。

神奇的反溶剂

TLAS 是靶向配位反溶剂的缩写，它的关键角色是一种名为邻三氟甲氧基苯甲腈(TFMBN)的化合物。在静态条件下，它不会主动参与锂离子的溶剂化过程。但在电池工作时，腈基能够响应局部电场变化，与锂离子发生配位。

但对于研究团队来说，它的发现经历了一番“按图索骥”。

最开始，团队关注的是三氟甲氧基苯(TFMB)这一有机分子。这是一种常见的反溶剂，具有一定的惰性，在传统电解液体系中，它

更像一名“旁观者”。如果能够在保持三氟甲氧基苯稳定性的同时，赋予它与锂离子相互作用的能力，会不会创造一种更加理想的反溶剂？

基于这一想法，研究团队尝试在三氟甲氧基苯分子结构中引入具有配位能力的官能团。在多种官能团中，团队选择了腈基。

腈类化合物本身就是锂电池领域中一类重要的有机溶剂。它们最大的优势在于能够与锂离子发生较强配位，调控锂离子的溶剂化结构。然而，部分腈类化合物作为电解液组分时，在低电位锂金属负极环境下可能发生还原分解。

因此，团队尝试将腈基引入三氟甲氧基苯这一稳定框架中，希望利用三氟甲氧基苯自身的氧化还原稳定性，弥补腈基容易被还原的不足。

通过拉曼光谱技术，研究人员观察到邻位结构的腈基正符合“画像”——在静态电解液中，腈基基本保持自由状态，并不参与锂离子配位；而当电池开始充电，正极附近电场增强时，原本自由的腈基转变为配位状态。

周豪慎解释，这一过程就像公园里的人群。在没有外界干预时，大家按照自己的节奏分散在各处，彼此之间保持着相对稳定的状态。然而，当发生紧急情况，需要所有人快速、有序地从出口离开时，如果人群没有引导，只会一窝蜂地涌向大门，最终可能因为拥挤而降低疏散效率，甚至破坏原本畅通的通道。

而腈基在电解液中扮演的，是“引导员”的角色。它在正极附近参与锂离子的动态配位，减少传统溶剂化结构重构带来的副反应。

这种溶剂设计延长了锂金属电池的寿命：在 450 瓦时每公斤的高比能条件下，电池循环寿命达到 750 圈，并保持 80% 左右容量；即使在 605 瓦时每公斤的更高能量密度条件下，仍实现了 150 圈稳定循环。

周豪慎介绍：“电池永远在追求高比能、高安全、高功率和长寿命，也就是我们经常说的‘三高一长’。这项工作主要解决的是其中一个关键问题——长寿命。”

按图索技

科学家在热管里“种”出梯度吸液芯

本报讯(记者张楠)近日，中国科学院金属研究所研究员宋鸿武团队联合白俄罗斯科学院和江西耐尔铜业有限公司，成功研发出一种基于“电化学沉积增材制造”的新型热管制造技术，攻克了 Ω(欧米加)形槽道热管内部“梯度多孔铜吸液芯”难以原位成形的国际难题，为高性能芯片散热提供了关键材料支撑。

当前，高性能芯片的算力需求呈指数级增长，导致功耗大幅攀升。同时，芯片封装尺寸不断缩小，使得热流密度急剧升高，狭小空间内的散热问题成为制约算力释放与系统可靠性的关键瓶颈。无氧铜热管是目前电子散热领域的主流方案之一，但现有梯形、矩形等沟槽式微热管已接近传热性能上限。

截面像希腊字母 Ω 的新型槽道热管，有望成为下一代电子散热的主流方案。它的弧形结构能产生更强的吸力，“Ω”使内表面积进一步增大，并且可完美实现液—气分离运行，理论上导热能力可达纯铜的 1000 倍。

然而，Ω 槽道形状复杂，内部空间狭窄，用传统粉末烧结或机械加工方法无法在里



面“雕”出这种梯度多孔结构，这道难题困扰业界多年。

为此，科研团队另辟蹊径，开发出一项电化学沉积增材制造技术。他们把 Ω 铜管泡在特制的铜盐溶液里，用电镀方法，使铜离子在槽道表面一层一层“生长”出来。

通过精准控制电流和时间，他们像搭积木一样，让铜原子从底部到顶部逐渐改变堆叠的疏松程度，自然形成孔径从几十纳米到几微米的连续梯度变化。整个过程就像在微观世界里“种”出一片孔洞大小渐变的珊瑚礁。

仿生“天眼”：让机器人“看得远”又“看得清”

■本报记者 朱汉斌

神话故事中，二郎神额间天眼一开，神光可洞穿千里幻影、辨明真伪。如今，华南理工大学教授谢颖熙团队将这一神奇能力“赋予”了机器人。他们研制出一种新型柔性传感器，其设计灵感源于一个再熟悉不过的生理现象——人眼瞳孔的自动缩放。

该研究成果以封面文章形式发表于最新一期《极端制造(英文)》并获重点推荐。期刊动态封面以《西游记》中二郎神识破孙悟空真身的经典情节为创意线索：孙悟空化作远方庙宇，二郎神开启天眼，神光延展，猴形本相逐渐显现。

“画面中的‘神光’既象征着神话中洞穿幻影的力量，也代表传感器向外延伸的感知电场。随着‘类瞳孔’屏蔽层逐步开放，有效面积增大，电场向更远处延展，直观展现了‘开放面积越大，探测距离越远’的核心原理。”论文通讯作者谢颖熙解释道。

机器人感知的固有矛盾

随着协作机器人、服务机器人与具身智能装备广泛应用于工业制造、家庭服务和医疗辅助等领域，机器人不仅需要接触后感知压力，更需在接触前主动探测人体、障碍物及目标物体。电容式柔性接近—触觉传感器，因能同时实现非接触接近感知与接触压力检测，被视为提升机器人环境感知与安全交互能力的关键技术之一。

然而，传统传感阵列受电极尺寸与布线方式制约，面临一个根本性矛盾：采用小尺寸电极，空

间分辨率虽高，但探测距离有限；采用大尺寸电极，虽能感知更远目标，却难以精确定位。如何兼顾“看得远”与“看得清”，成为该领域亟待突破的瓶颈。

为此，谢颖熙团队将目光投向自然界精妙的感知范例——人眼。论文第一作者、华南理工大学博士生吴小华介绍，人眼瞳孔会根据观察目标距离自动调节大小：视近时瞳孔缩小，增加景深与细节分辨能力；视远时瞳孔扩大，捕捉更多光线。这一生理反应被称为“瞳孔近反射”。

受此启发，团队设计了一种开放区域可动态调节的“类瞳孔”屏蔽层。该屏蔽层如同智能光圈，能根据感知需求主动改变电场分布范围：远距离探测时，屏蔽层开放面积增大，释放更多感知电场；近距离识别时，则选择性开启局部区域，保持高分辨率；而当目标与传感器接触后，又能实时检测接触压力。由此，传感器在远距离接近感知、近距离精细感知与接触触觉感知三种模式间自由切换，一举打破了传统设计的性能掣肘。

在实用性上，该技术展现出显著优势。随着有效开放面积增加，传感阵列的探测深度较传统单电极方案最大提升 104.56%，在超过 90 毫米的距离内即可稳定感知接近目标。同时，通过引入分形电极结构与多孔柔性材料，传感器对接近目标的响应灵敏度与对接触压力的检测能力均得到增强，可感知极轻微的触碰，并将压力响应范围拓宽至 400 千帕。经 1 万次接近与加载循环测试，传感器响应保持稳定，重复性与耐久性表

电场，重新定义电解液“工作状态”

传统电解液研究中，人们通常关注的是静态下的溶剂化结构，即锂离子周围由哪些溶剂分子和阴离子组成。但在真实电池运行过程中，随着充放电不断进行，电极附近会形成持续变化的局部电场，电解液中的分子行为也可能随之发生改变。

这一认识源于研究团队实验中的一次意外发现。在一次测试中，团队发现锂铜半电池循环表现并不理想。然而，采用高电压正极材料 NCM811 组装的全电池却展现出了较好的稳定性。

“这个现象当时还是比较出乎意料的，也让我们感到兴奋。”杨伍桀回忆道。这一反常让团队开始重新思考：电解液的性能是否也受到电池运行过程中局部电场环境的影响？

为回答这一问题，研究团队结合理论模拟和实验表征展开研究。杨伍桀介绍，通过模拟发现，在不同强度的电场条件下，TLAS 分子的取向会发生明显变化；进一步利用冷冻电镜等技术观察发现，不同电场环境下形成的电解质界面膜在组成和结构上也存在显著差异。

基于这一现象，团队提出了“单相梯度溶剂化”的概念。杨伍桀表示，传统电解液设计更像“大锅饭”，而梯度溶剂化则更强调“按需调节”，让电解液能够根据实际工作状态主动调整自身行为，在不同区域发挥不同作用。

在周豪慎看来，这项工作的核心价值在于重新认识了电解液的机制。“我们不仅要知道电解液在静态情况下是什么样的，更重要的是了解它在实际充放电过程中如何变化。”

目前，该成果还处在实验室研究阶段。未来，团队将围绕“梯度电解质设计”这一思路，进一步拓展至更多电池体系和不同应用场景，持续深化相关基础与应用研究。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10732-z>

10 万吨 / 年稀土顺丁橡胶装置成功投产

本报讯(记者田瑞颖)近日，依托中国科学院长春应用化学研究所自主技术的 10 万吨 / 年稀土顺丁橡胶装置在新疆克拉玛依市独山子石化成功投产，装置全线产出性能达标、品质稳定的优级品稀土顺丁橡胶产品。这标志着我国在稀土催化合成橡胶原创技术领域取得重大突破，成功实现产业化和核心技术完全自主可控。

我国天然橡胶长期高度依赖进口，产业链安全面临严峻挑战。作为新能源汽车驱动的高性能轮胎关键材料，稀土顺丁橡胶是天然橡胶的重要替代品，其核心技术的自主可控对保障合成橡胶产业链安全、增强出口贸易竞争力具有重要意义。

据成果负责人介绍，此次投产的 10 万吨 / 年稀土顺丁橡胶装置，是国内同类装置中规模最大的套，为支撑国内石化新材料产业高质量发展、推动国家能源与化工产业绿色低碳升级提供了坚实保障。

该技术实现了催化剂结构精准调控、全流程“一键化”操作与自动化生产、百分百国产化技术与装备制造等关键核心技术，解决了均相单活性中心、催化剂制备、催化剂耐受性与原料适应性、高效链转移链穿廊聚合、长链支化与官能一体化等系列技术难题，首次实现全门类牌号稀土顺丁橡胶自主生产技术，形成了完全国产化知识产权的成套工艺包。

相关负责人表示，相较于传统的镍系顺丁橡胶，稀土顺丁橡胶在高耐磨、高强度、耐疲劳、抗撕裂、耐低温、低生热、低滚动阻力等核心性能上优势突出，更适应新能源汽车和工程重载汽车轮胎，产业应用前景十分广阔。

中科天塔 AI 大模型在轨验证“智驾”技术

本报讯(记者李媛)7 月 24 日 7 时 33 分，“辰光一号”技术试验卫星在酒泉卫星发射中心商业航天创新试验区发射升空，卫星准确进入预定轨道，发射任务取得圆满成功。西安中科天塔科技股份有限公司(以下简称中科天塔)自研航天垂直大模型“华山”卫星健康管理模块随星搭载，开展在轨大模型训练与航天器智能管控全流程验证，朝着我国卫星全域“太空智驾”在轨落地迈出关键一步。

当前，我国低轨巨型卫星星座加速组网，在轨卫星数量持续攀升，依靠地面人工完成卫星故障诊断、状态监测的运维模式，面临着海量空间数据处理压力大、异常处置响应滞后、人力成本居高不下等现实瓶颈。

中科天塔于 2024 年 10 月推出国内航天垂直专用大模型“华山”，提供了面向巨型星座的智能化管控解决方案。本次搭载上天的卫星健康管理模型，是“华山”大模型轻量化在轨适配成果。卫星入轨后将依托天上算力持续完成模型迭代训练，自主承担“辰光一号”全生命周期状态监控工作。

据中科天塔总经理曾伟刚介绍，这套在轨智能健康管理系統具备完整闭环处置能力，可全天候开展卫星及星载设备实时故障诊断、运行异常自动监视，综合研判航天器整体健康状况并生成标准化评估报告，依托深度学习算法提前识别潜在设备隐患，实现故障前置预警。应用场景覆盖单星、大规模星座全生命周期运维，同时支持地面测控设备端到端运行监测、卫星任务全流程闭环管控，彻底打破传统航天运维“经验驱动、被动处置”局限，构建“数据驱动、主动防御”的新一代智能运维体系。

相较于传统人工运维模式，在轨大模型可自主挖掘海量在轨历史数据规律，大幅降低地面测控人员干预频次，显著提升故障识别、应急处置效率，可适配未来上万颗卫星同步在轨运行的规模化管控需求。此次搭载验证，也是中科天塔“太空智驾”技术路线在轨落地的首次实战校验，为后续航天人工智能(AI)智能体开发、自有试验室智能管控体系建设积累关键在轨数据与工程经验。



的“类瞳孔”屏蔽层，构建了能在远距接近、近距精辨与触觉感知间灵活切换的柔性传感阵列，有效解决了传统接近传感器在探测距离与空间分辨率方面难以兼顾的固有矛盾，为主动避障、目标定位、手势识别、安全人机协作及具身智能发展提供了新思路。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1088/2631-7990/ac3ec6>