

天津大学华南理工合作突破有机锂电池实用化瓶颈

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/38345.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

天津大学华南理工合作突破有机锂电池实用化瓶颈。近日，天津大学材料学院许运华教授与华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室黄飞教授等团队合作，在新型n型导电聚合物材料聚（苯并二呋喃二酮）（PBFDO）基础上，系统调控了材料中电子与锂离子的协同传输效率，成功开发出首款兼具优异电子导电性、锂离子快速传输能力和高储能容量的有机正极材料。2026年2月18日，该工作以Practical Lithium-Organic Batteries Enabled by an n-Type Conducting Polymer为题发表在Nature期刊上。文章由天津大学博士研究生李振飞与华南理工大学副教授唐浩然作为共同第一作者。

在全球科技革命与能源结构转型的双重驱动下，锂电池作为现代能源体系的能量心脏，其战略价值持续凸显。面向双碳目标，储能行业向绿色、低碳方向转型的紧迫性日益提升，如何在保障高安全性与高比能特性的前提下，开发环境友好、可持续发展的新型电池技术，已成为全球学术界与产业界共同面临的核心课题。

目前，主流锂电池正极材料大多使用钴、镍等无机矿物，这类材料面临资源、成本、安全及柔性不足等多重挑战。相比之下，有机电极材料取材广泛，其分子可灵活设计且自身柔韧，被视为极具潜力的绿色电池新星，有望重构电池产业格局。然而，这类材料一直难以兼顾高容量与大负载，导致电量不足或充电缓慢，严重阻碍其实用化进程。

近日，天津大学材料学院许运华教授与华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室黄飞教授等团队合作，在新型n型导电聚合物材料聚（苯并二呋喃二酮）（PBFDO）基础上，系统调控了材料中电子与锂离子的协同传输效率，成功开发出首款兼具优异电子导电性、锂离子快速传输能力和高储能容量的有机正极材料（图1b）。这一突破性进展有效解决了传统有机电极材料中电子与离子传导滞后、面载量低的关键瓶颈。PBFDO电极的电导率超过 2000 S cm^{-1} ，锂离子扩散系数高达 $10^{-8}\text{ cm}^2\text{ s}^{-1}$ ，可实现了高达 206 mg cm^{-2} 的电极质量负载和超过 42 mAh cm^{-2} 的面容量（图1c）。基于该正极材料所组装的软包电池表现出优异的电化学性能，能量密度达到 255 Wh kg^{-1} ，直接对标当前商业化磷酸铁锂基锂离子电池，标志着有机电池在实用化软包电池层面首次展现出真正的应用潜力。此外，该电池在 -70 至 80 的极端温区内均能稳定工作，并通过穿刺安全测试，表现出优异的热稳定性与安全性。PBFDO电极还具备良好的柔韧性，组装成的软包电池在多次弯折后仍保持正常工作，为可穿戴电子设备等柔性应用提供了可能。

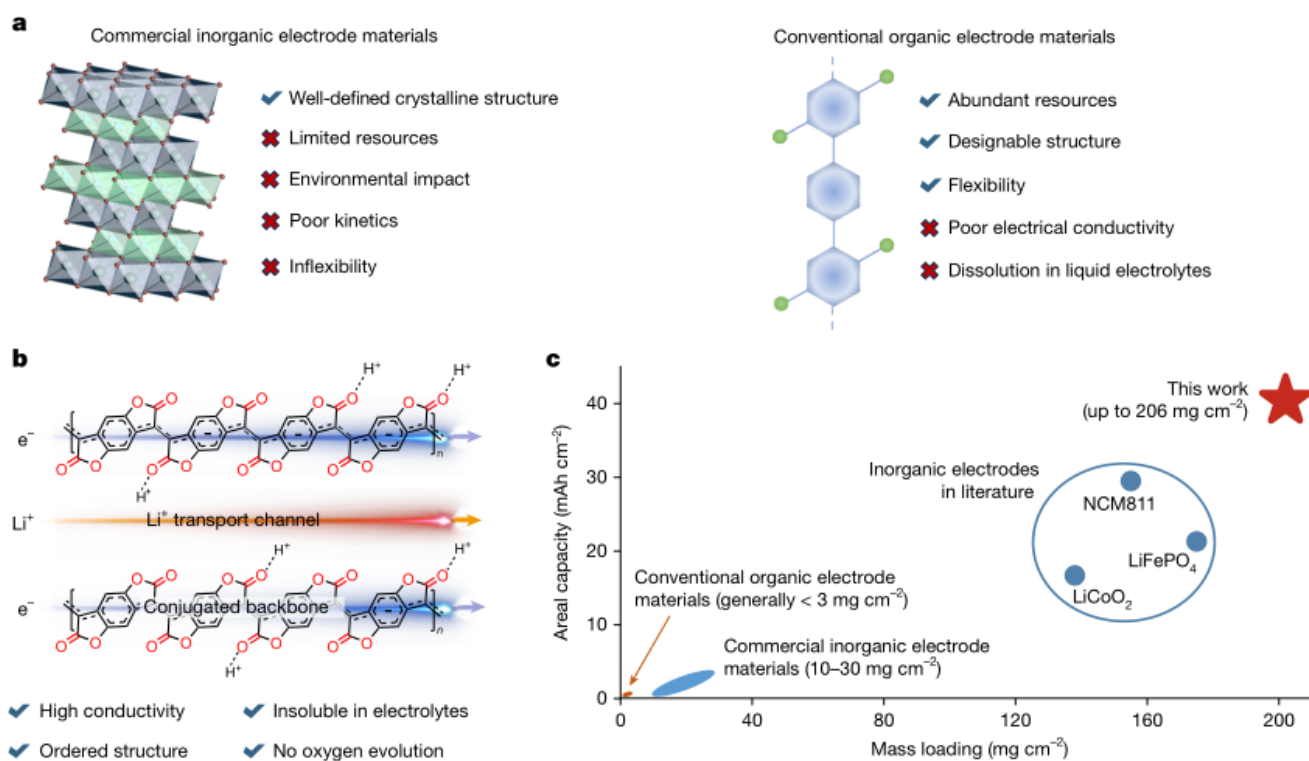


图1：高性能有机电极材料的设计策略。

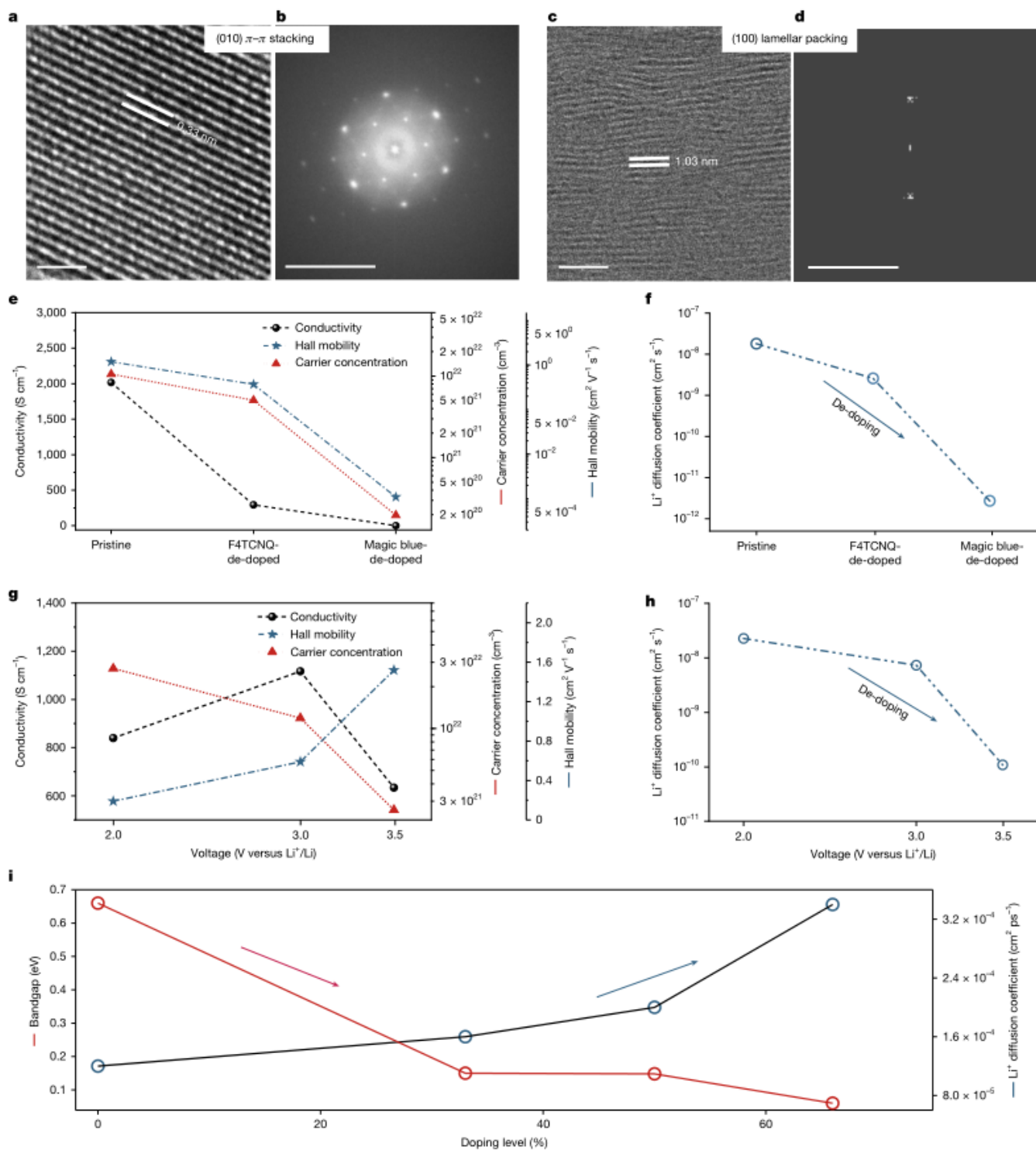


图2：PBFDO的有序结构与电子离子协同传输表征。

图2a展示了PBFDO的微观结构特征：该材料具有带负电荷、无侧链的平面共轭骨架，有利于形成紧密的链间堆积结构。高分辨率透射电子显微镜及低温透射电子显微镜观察结果显示，材料中存在清晰的晶格条纹，间距分别为0.33 nm和1.03 nm（图2a与2c），分别对应（010）晶面上的 π - π 堆叠距离以及（100）晶面上的层状堆积间距。规则排列的层状结构为锂离子传输提供了快速传输通道。研究发现较高的电子掺杂率是维持电子离子快速传输的关键（图2e和2f）。同时电池在不同工作电压下，PBFDO的电子掺杂率始终处于较高水平，电子-离子传输速率也始终处于理想

状态（图2g和2h）。这一特性保证了电池在高负载电极条件下仍能保持较高的电化学活性。上述规律也进一步得到了理论计算模拟的验证（图2i）。

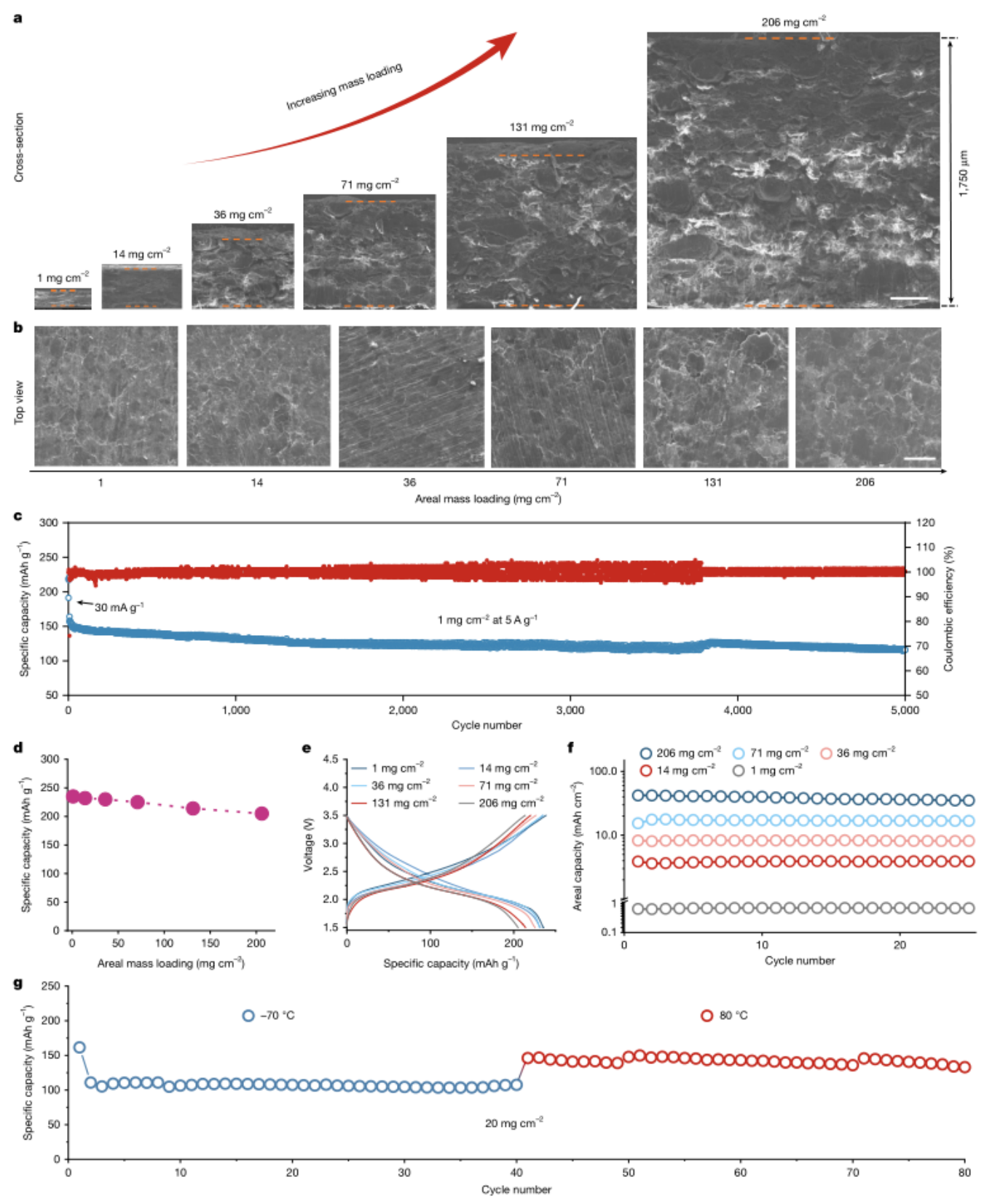


图3：PBFDO电极的形貌表征和电化学性能。

PBFDO电极即使在高负载条件下也未出现开裂或脱落现象（图3a-b），同时展现出稳定的充放电循环性能（图3c）。得益于PBFDO卓越的电子-离子传导性能，电池的容量几乎不受电极负载量的影响（3d-e）。即使在高达206 mg cm⁻²的质量负载条件下，其比容量仍保持在200 mAh g⁻¹左右，且循环稳定性良好（图3f）。更令人瞩目的是，在20 mg cm⁻²的高负载量下，该电池仍能在-70 至80 的超宽温度范围内稳定工作（图3g）。

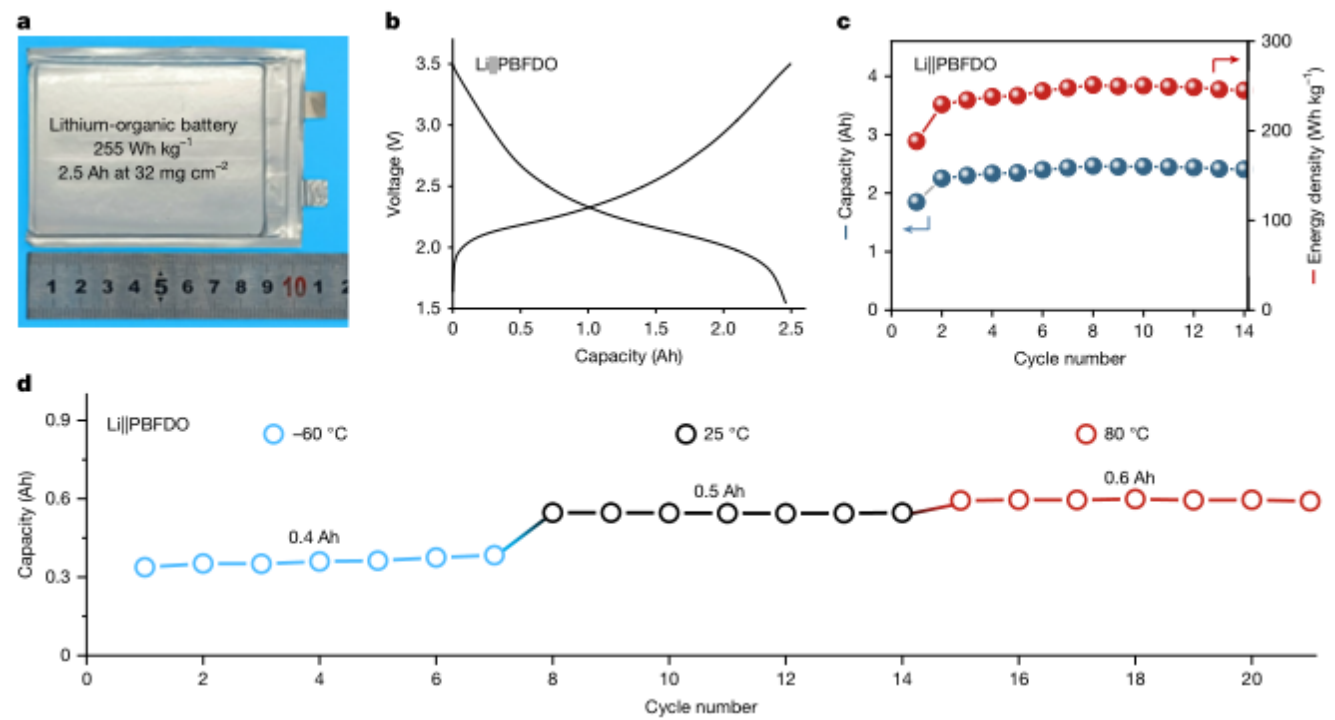


图4：PBFDO软包电池及电化学性能。

如图4所示，团队成功制备出首个安时级别的实用化有机软包电池（图4a-c）。该电池不仅能够常温下稳定完成充放电循环，还表现出在极端环境下正常工作的潜力（图4d）。

综上所述，团队基于n型导电聚合物PBFDO开发出全球首个实用型有机电池，其高n型掺杂的聚合物骨架赋予了卓越的协同离子-电子传输特性。该材料实现了超高面积负载量和面容量，所制备的软包电池能量密度可与商用锂离子电池媲美，标志着有机电池首次展现实用化潜力。该电池在宽温度范围内稳定工作，并通过安全性与弯折测试，展现出卓越的稳定性、安全性及柔性特征，在可穿戴设备领域具有应用潜力。该研究为有机电池的实际应用奠定了坚实的理论与技术基础。

该研究得到教育部基础学科和交叉学科突破计划、国家自然科学基金、中国博士后基金、中央高校基本科研业务费项目以及腾讯新基石科学基金科学探索奖的支持。（来源：科学网）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10174-7>

作者：许运华等 来源：《自然》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发