金属所变革性水系液流电池新体系研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/19085.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！

面对化石能源大量消耗造成的气候变化，我国提出了“碳达峰碳中和”重大决策部署，积极推进可再生能源的规模化利用，以实现高质量低碳转型发展。然而，以风能、太阳能为代表的可再生能源发电具有不连续性，严重影响智能电网安全稳定运行。大规模长时储能技术是解决这一问题的有效途径，这其中水系液流电池储能技术以其安全性高、循环寿命长等优势，成为电力系统储能的首选技术之一。

近期，中国科学院金属研究所材料腐蚀与防护中心腐蚀电化学课题组在高性能锌基液流电池领域取得进展，研究人员在深入理解碘氧化还原反应机制的基础上，提出了一种基于聚碘络合物的碘正极溶液，有效解锁了碘正极容量，实现了锌碘液流电池的高能长效循环运行。此外，他们以锌负极界面电化学行为调控为切入点，在锌负极电解液中引入烟酰胺，有效避免了锌枝晶并显著提升了锌负极沉积溶解反应可逆性，组装的锌铁液流电池实现了高效稳定运行。

锌碘液流电池理论容量和能量
密度高，但碘正极氧化反应生成的I_2会进一步与I^-络合形成I_3^-
，极大限制了碘正极实际使用容量。针对这一问题，该研究在碘化钾正极溶液中引入聚乙烯吡咯烷酮(PVP)，单体NVP羰基上氧的孤对电子促
进了I_2中的I-I键断裂和I-
O键的形成，进而生成可溶性聚碘络合物NVP-$2I_3^-$，避免了I_2与I^-络合形成I_3^-
，有效解锁了碘正极容量（图1）。组装的锌碘液流电池放电容量显著提升了58%（115 Ah L^{-1}
），在70%能量效率下稳定循环600圈（图2）。研究结果证明了PVP作为一种经济高效添加剂可有效应用于锌碘液流电池碘正极，为释放碘正极容量和开发高性能锌碘液流电池提供了新的途径，相关研究工作以*High-capacity zinc-iodine flow batteries enabled by a polymer-polyiodide complex cathode*为题发表于*Journal of Materials Chemistry A*。

锌基液流电池锌负极成本低、能量密度高，但在中性水溶液中存在可逆性差、易腐蚀和产生锌枝晶等问题，严重制约了锌负极的长期循环稳定性。针对这一问题，研究人员在氯化锌溶液中加入烟酰胺（NAM），可有效重塑电极界面处Zn^{2+}
离子的溶剂化结构，促进Zn^{2+}
去溶剂化并抑制锌还原时氢气的析出，而从Zn^{2+}
溶剂化鞘层释放的NAM分子随后
吸附在电极上，进一步调节Zn^{2+}
向电极界面的均匀扩散，抑制尖端效应。随着锌还原过程的持续进行，NAM分子在电极/溶液界面不断重复这种协同调制作用，最终形成均匀、无枝晶的锌沉积（图5）。得益于此，组装的锌

铁液流电池性能显著增强，在50 mA cm $^{-2}$下充放电循环400次（约120 h）无明显容量衰减，并可实现185 mW cm^{-2}的功率密度、98.9%的容量保持率和70%的能量效率，循环寿命提升了100%。该研究为高性能锌基液流电池开发提供了技术支撑，相关成果以*Synergetic Modulation on Solvation Structure and Electrode Interface Enables a Highly Reversible Zinc Anode for Zinc-Iron Flow Batteries*为题发表于*ACS Energy Letters*。

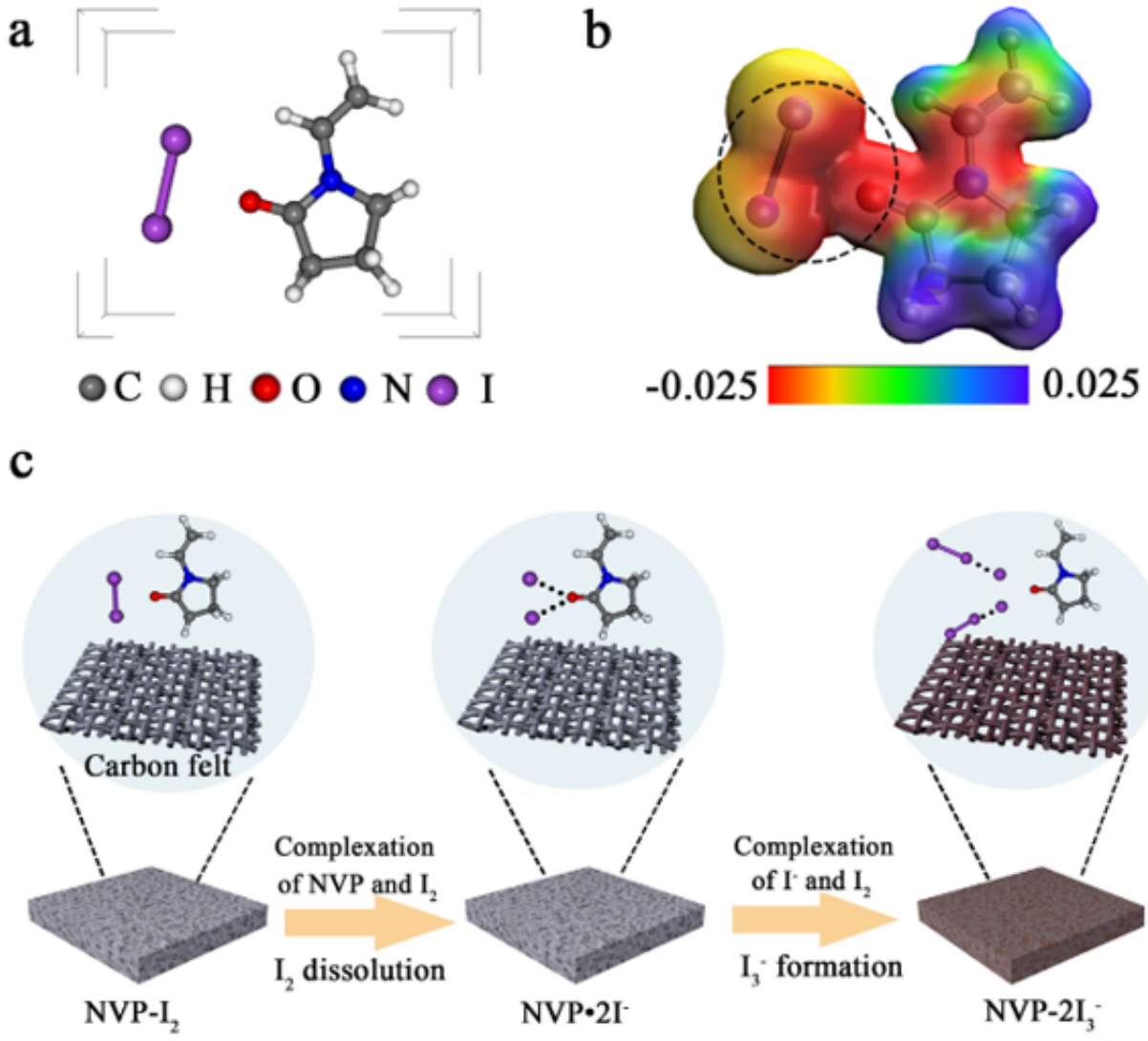


图1 PVP与碘相互作用示意图

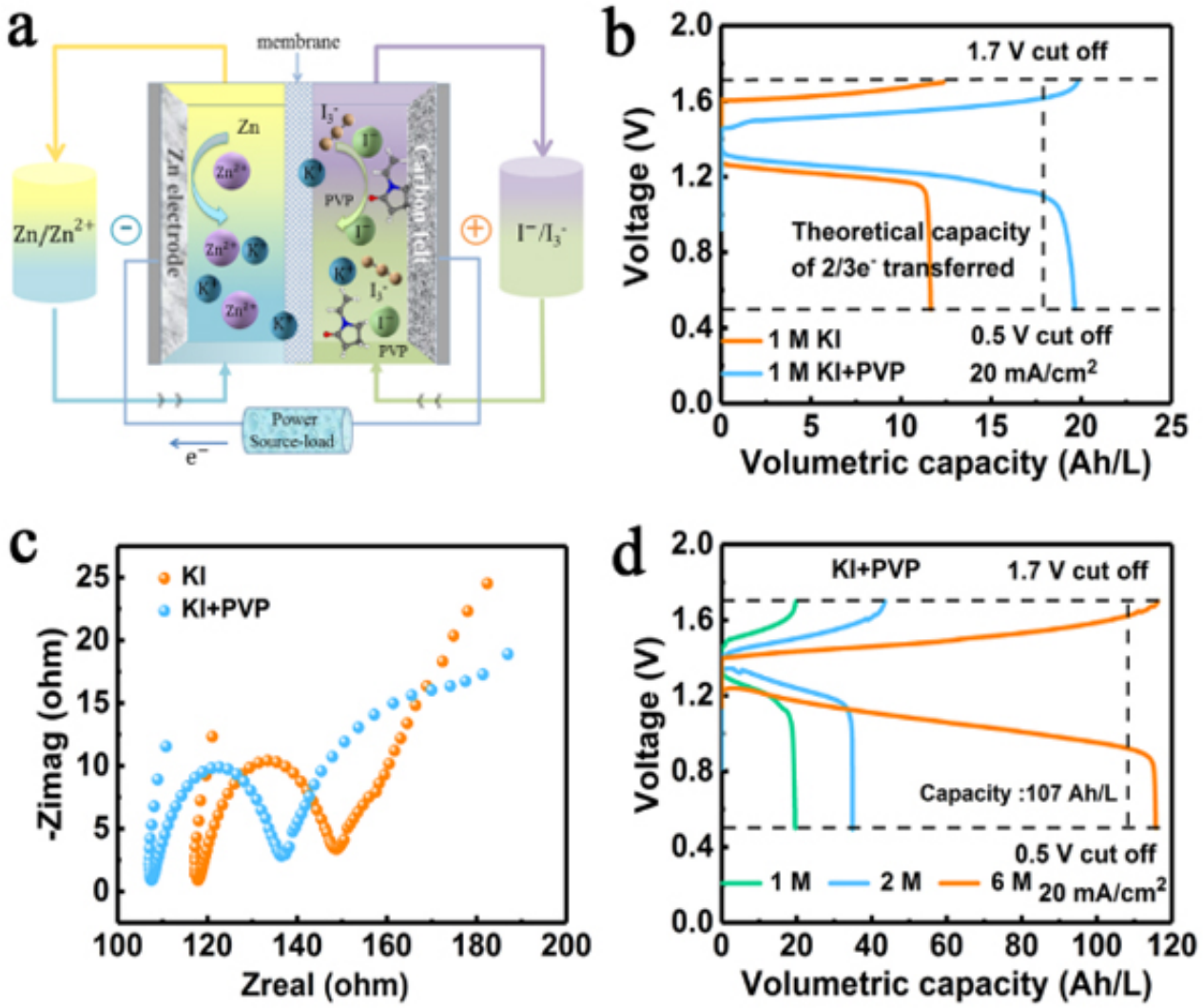


图2 锌碘液流电池示意图以及不同浓度正极电解液的恒流电压-容量曲线

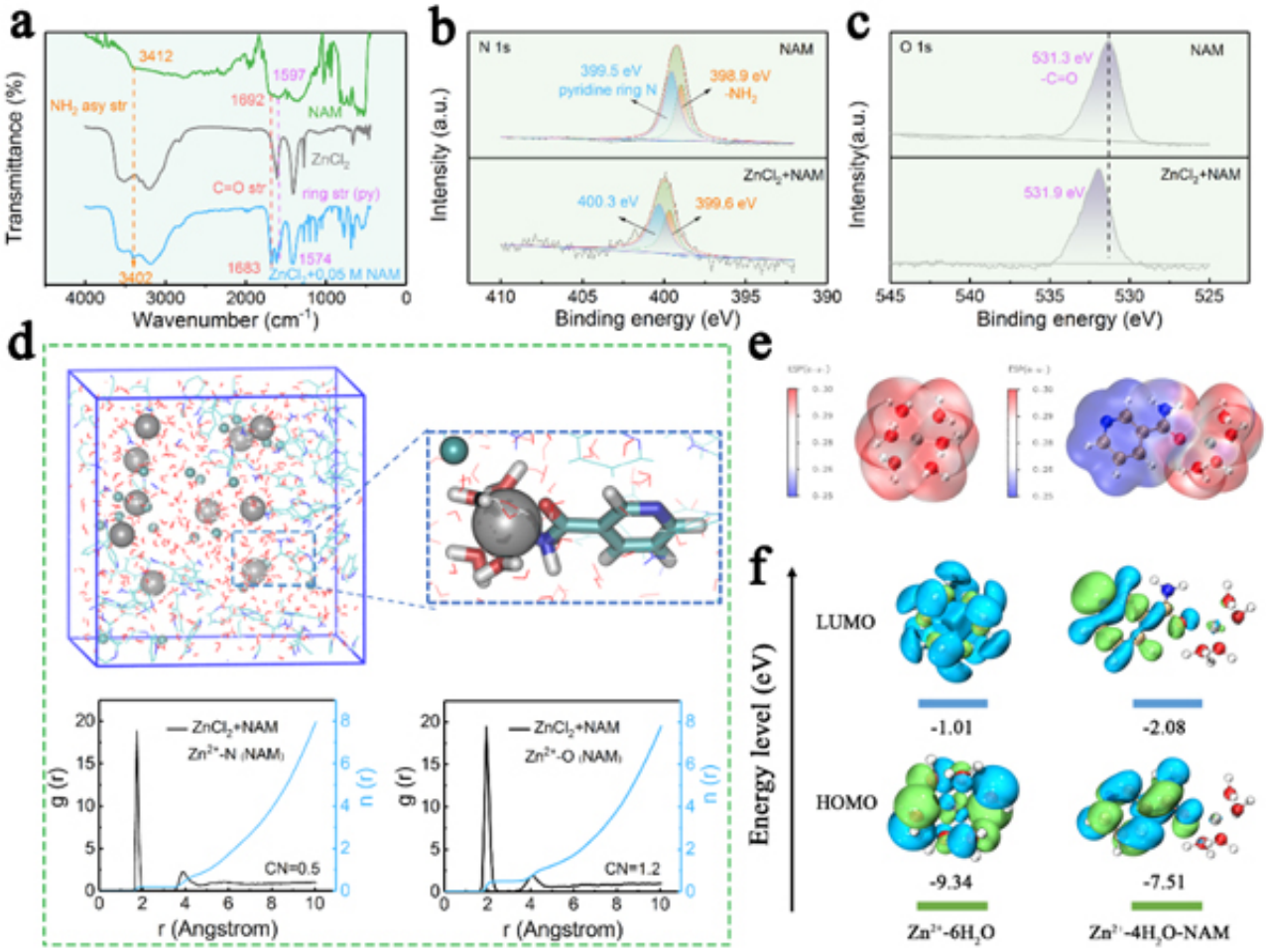


图3 （a）NAM、$ZnCl_2$和$ZnCl_2$-NAM的红外光谱；（b-c）$ZnCl_2$和$ZnCl_2$-NAM的高分辨率XPS N 1s和O 1s光谱；（d）$ZnCl_2$-NAM的分子动力学模型，Zn^{2+}-N (NAM)和Zn^{2+}-O (NAM)的径向分布函数；（e）Zn^{2+}-$6H_2O$（左）和Zn^{2+}-$4H_2O$-NAM（右）溶剂化结构的静电势图；（f）LUMO和HOMO等值面

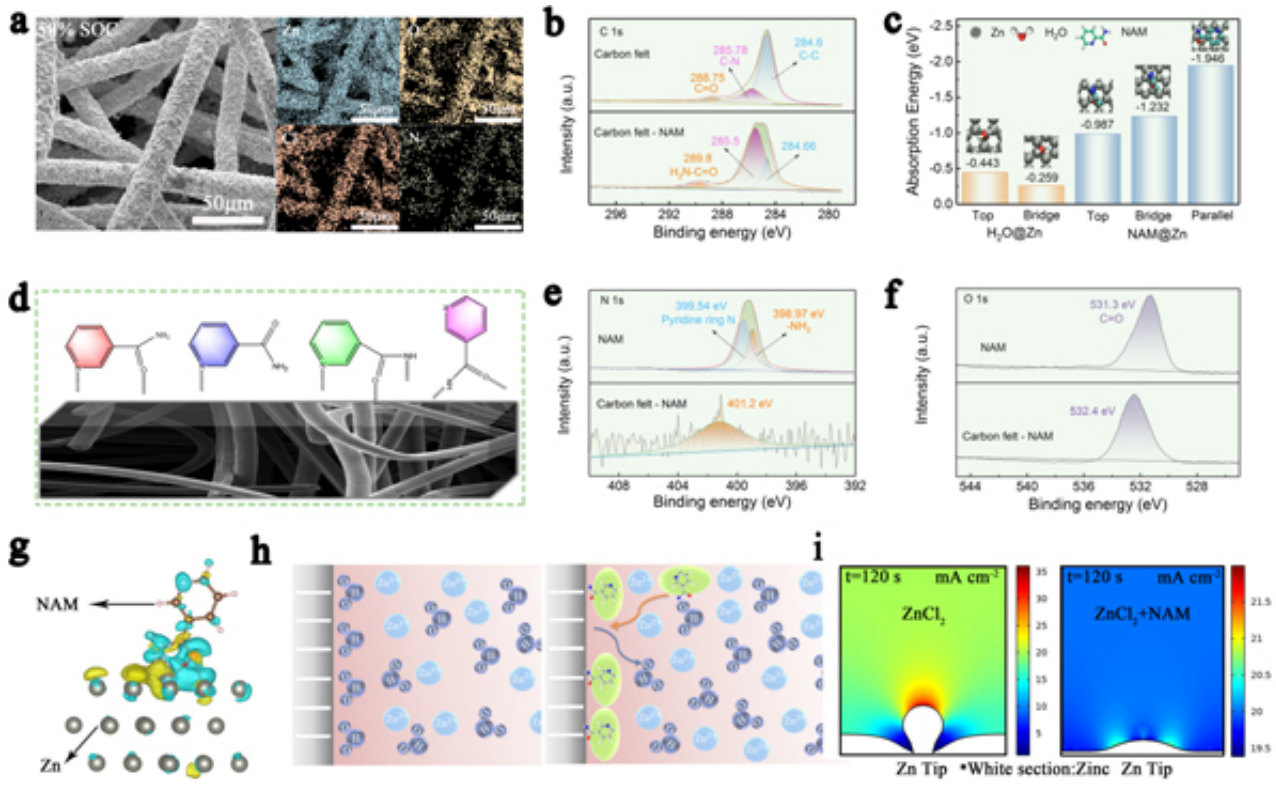


图4 （a）0.5 M $ZnCl_2$+0.05 M NAM溶液中镀锌碳毡的形貌和EDX元素图；（b）原始碳毡和NAM吸附的碳毡的高分辨率XPS C 1s光谱；（c）Zn (002)平面吸附能比较；（d）NAM在碳纤维上的吸附位点示意图；（e-f）NAM和NAM吸附的碳毡的高分辨率XPS N 1s和O1s光谱；（g）吸附在Zn (002)平面上的NAM的差分电荷密度；（h）引入NAM前后的电极/溶液界面示意图；（i）$ZnCl_2$（左）和$ZnCl_2$-NAM（右）中Zn^{2+}通量分布的数值模拟

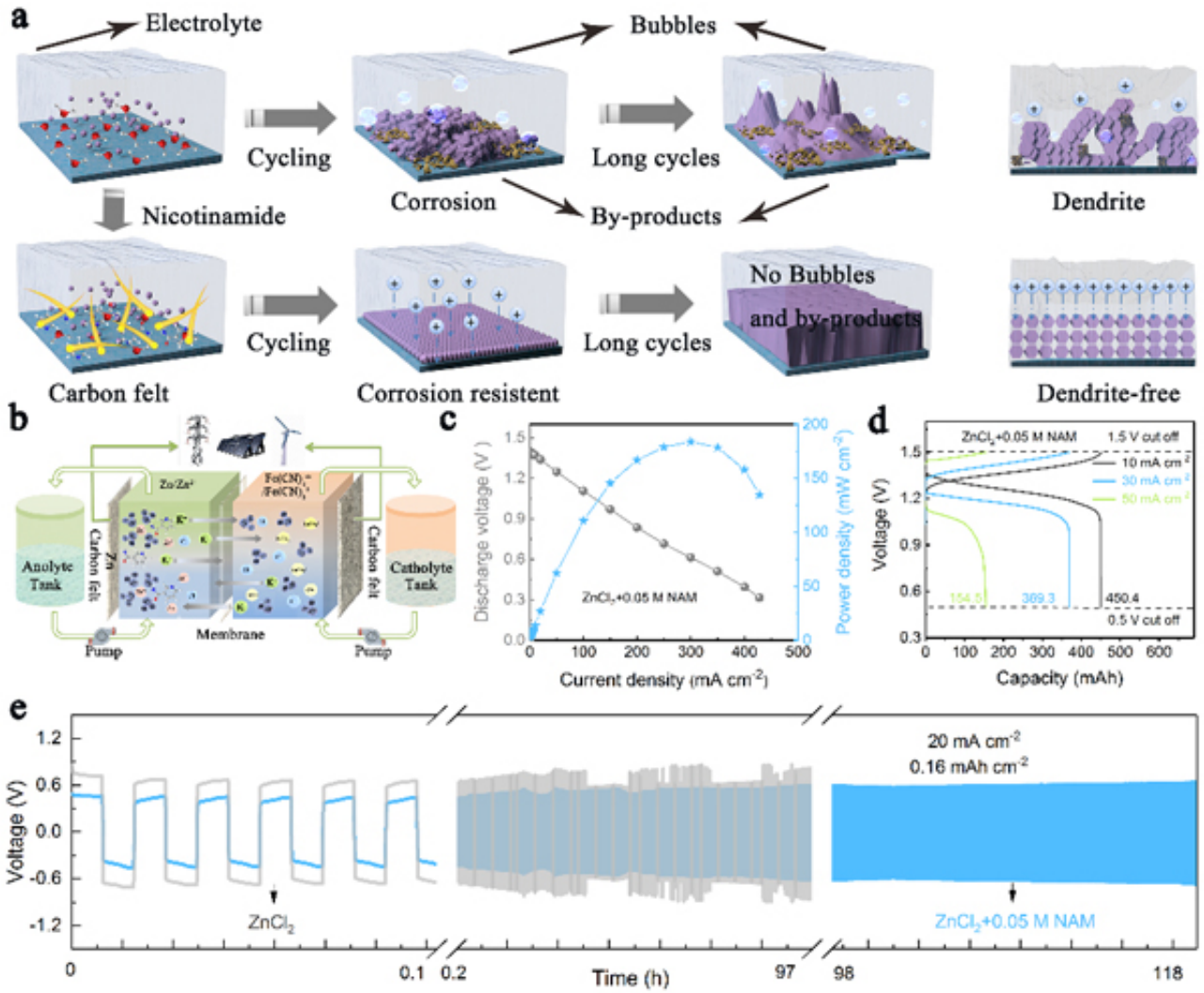


图5 （a）NAM对锌沉积的影响示意图；（b）基于NAM的锌铁液流电池的示意图；（c）使用0.5 M $ZnCl_2$+ 0.05 M NAM负极电解液的锌铁液流电池放电极化曲线和功率密度曲线；（d）20 mA cm^{-2}下电池的恒电流电压曲线；（e）Zn//Zn对称电池的长期恒流充放电比较

研究团队单位：金属研究所

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转发