
电吸附离子在纳米多孔电极动态快充中的独特介观效应

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/34060.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！

电吸附离子在纳米多孔电极动态快充中的独特介观效应。电吸附是电解液中离子在带电界面上富集的现象，广泛存在于各类电化学及离电系统（如超级电容器）中。尤其在具有高比表面积的纳米多孔电极中，该现象更为显著。然而，以往研究多集中于电吸附的平衡态或稳态。在快速充放电的动态条件下，电吸附离子如何影响电荷存储与传输？这对实际应用至关重要，但因研究体系的高度复杂性，一直是该领域的重大挑战。

2025年6月23日，香港科技大学化学与生物工程系讲座教授李丹团队（原澳大利亚墨尔本大学）在Nature Nanotechnology期刊发表题为 Mesoscale dynamics of electrosorbed ions in fast-charging carbon-based nanoporous electrodes 的研究论文，提出新方法攻克了这一难题。

王佩瑶博士和张柯博士为共同第一作者，李丹教授与墨尔本大学刘哲教授为共同通讯作者。

研究团队首先利用其前期开发的层间距可精准调控的多层石墨烯膜（MGM）作为模型纳米多孔电极。电化学性能测试发现了关键现象：

1低充电速率下：电极比电容随质量（即总表面积）增加呈线性上升（图1a），符合传统表面积主导模型；

2高充电速率下：这一规律被打破——小孔径电极电容显著下降，更在高质量负载时出现电容“倒退”（不增反降）的反常现象。传统多孔电极理论无法解释这一结果。

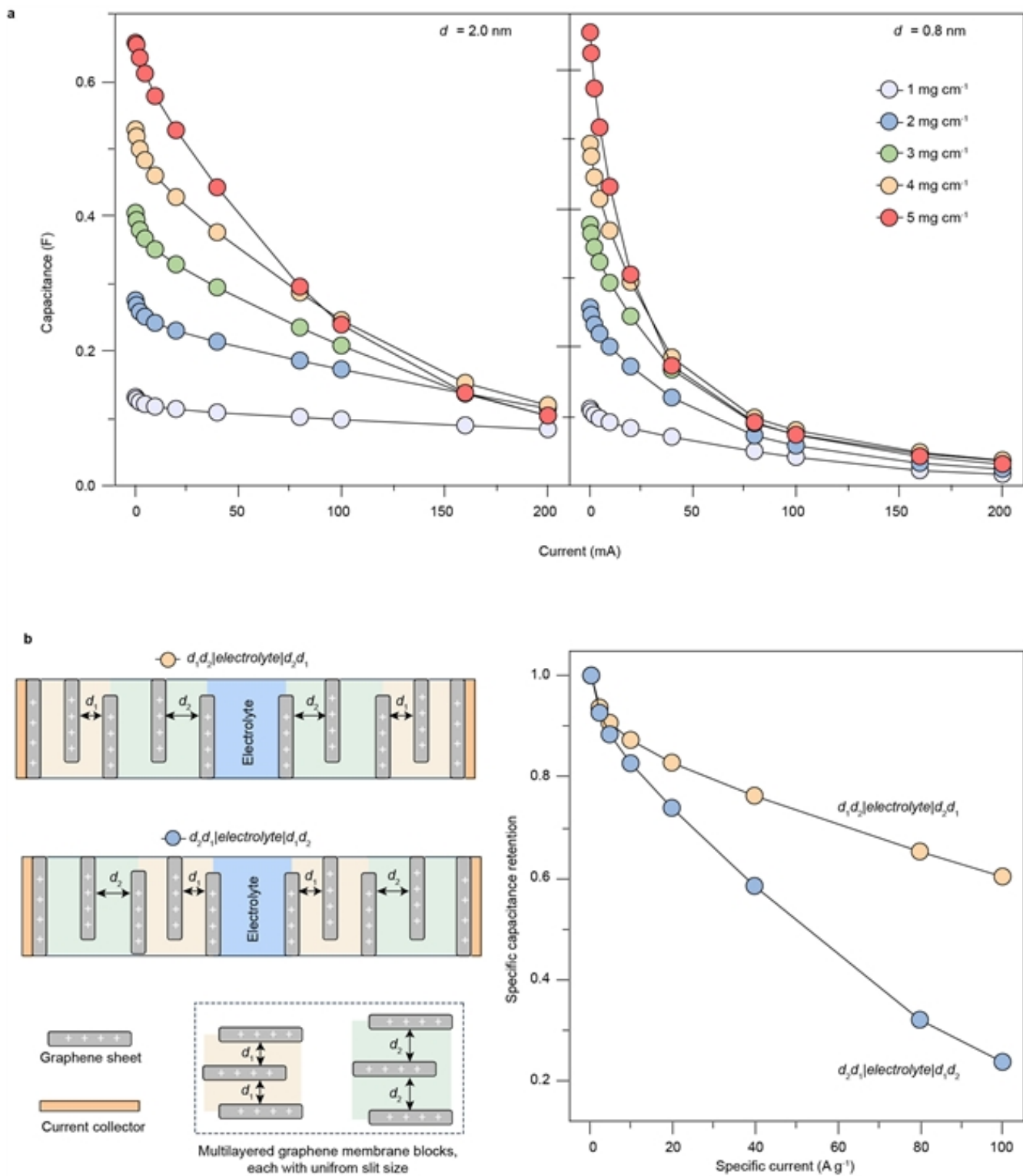


图1

通过结合先进数值模拟与理论分析，团队系统研究了快充过程中电吸附离子在电极孔道网络内的时空分布演化，首次定量解析了其瞬态行为。研究发现电吸附离子不仅通过形成双电层结构储存电荷；在动态过程中，它们还显著影响离子自身的传输行为。这种影响与电极的介观结构特征（孔道尺寸、排列顺序及数量）直接相关。介观结构不仅决定离子吸附量，更调控着瞬态扩散/迁

移电流的耦合方式及其对充放电速率的动态响应，最终决定电极快充效率。

基于对纳米孔道内电吸附离子存储及传输介观机制的新认识，团队创新设计了具有不同孔径组合的电极构型，在保持总厚度和质量负载严格一致的条件下，与传统均一孔径电极进行对比测试。结果显示：在多种电解液体系中，优化设计的非均匀孔径电极在高倍率下的性能显著优于（甚至达数量级提升）传统均一孔径电极。

提升纳米多孔电极的快充性能对发展超级电容器、滤波器和类神经计算等电化学储能与未来离电技术至关重要。传统优化策略主要集中于调整孔径、堆积密度或电极/电解液成分等单一参数。该研究的突破性在于：揭示了通过合理设计和调控电极"介观结构"可有效解决快充性能下降问题，为性能优化提供了与传统方法互补的全新设计思路。

这项研究不仅为理解纳米电极快充机制提供了创新视角，更为通过介观结构工程设计下一代高性能电化学及离电器件指明了可行路径。（来源：科学网）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41565-025-01947-8>

作者：李丹等 来源：《自然-纳米技术》

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