

蒋迪：熔融插层蒙脱石复合电解质构筑层间-界面双传导网络提升固态锂电池稳定性【AFM, 2026】

固态锂电池凭借其高能量密度和高安全性的双重优势，被视为下一代储能技术的关键突破口。然而，固态电解质内部缓慢的离子传输动力学以及电极/电解质界面处不均匀的锂沉积，严重制约了高能量密度固态电池的开发。蒙脱石作为一种典型的二维层状黏土矿物，因其天然的亚纳米限域通道和丰富的资源优势，在复合固态电解质领域展现出巨大的应用潜力。然而，现有的改性策略（如离子交换或有机官能团化）往往难以实现层间离子传输能力的有效激活，且传统物理混合中蒙脱石容易团聚，难以构建连续无阻碍的离子传输通路。因此，针对蒙脱石进行有效的层间改性，并构建跨尺度有序的长程连续离子传输网络，是推动其向规模化和实用化方向发展的有效途径。

据此，课题组博士研究生蒋迪在廖立兵教授和刘昊教授的指导下，与中国科学院物理研究所王雪峰研究员开展合作，提出了一种无溶剂熔融配位插层策略，并结合静电纺丝与原位热聚合技术，成功构筑了具有“层间-界面”双离子传输网络的蒙脱石基复合固态电解质，主要取得以下认识：

1、提出了无溶剂熔融配位插层新策略。在无挥发性有机溶剂的条件下，实现了丁二腈与锂盐向二维层状蒙脱石层间的协同插层。利用丁二腈的配位溶剂化作用激活了蒙脱石的层间限域通道，同时利用蒙脱石边缘的 Al-OH 位点锚定锂盐阴离子，将蒙脱石由惰性填料转化为具有快速锂离子传输能力和阴离子固定能力的功能化无机骨架。

2、构筑了跨尺度“层间-界面”双离子传输网络。结合静电纺丝产生的剪切力诱导插层蒙脱石片层沿纤维轴向有序排列，并通过原位热聚合形成三维网络复合固态电解质。利用 ^6Li 固态核磁共振示踪技术、分子动力学模拟及 DFT 计算，深入阐明了“蒙脱石层间限域通道”与“蒙脱石/聚合物连续无定形界面”的协同传输机制，实现了室温下 $1.6\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 的高离子电导率和 0.68 的高锂离子迁移数。

3、实现了优异的锂负极界面稳定性与全电池长循环性能。在锂负极表面诱导形成了富含高导离子无机相（LiF、 Li_3N ）的双层 SEI 膜，有效抑制了锂枝晶生长。Li||Li 对称电池在 $0.1\text{ mA}\cdot\text{cm}^{-1}$ 下实现了超过 6000h 的超长稳定循环（在 $0.05\text{ mA}\cdot\text{cm}^{-1}$ 下可循环超 10000h）。此外， LiFePO_4 ||Li 全电池在 2C 倍率下循环

3000 次后容量保持率仍接近 70%，并在 NCM811||Li 高压全电池中也展现出优良的倍率与循环稳定性。

综上，本研究利用天然黏土矿物的纳米层间限域环境与纤维网络结构，构筑了“层间-界面”的双离子传输网络，为开发高性能复合固态电解质提供了全新的设计思路。

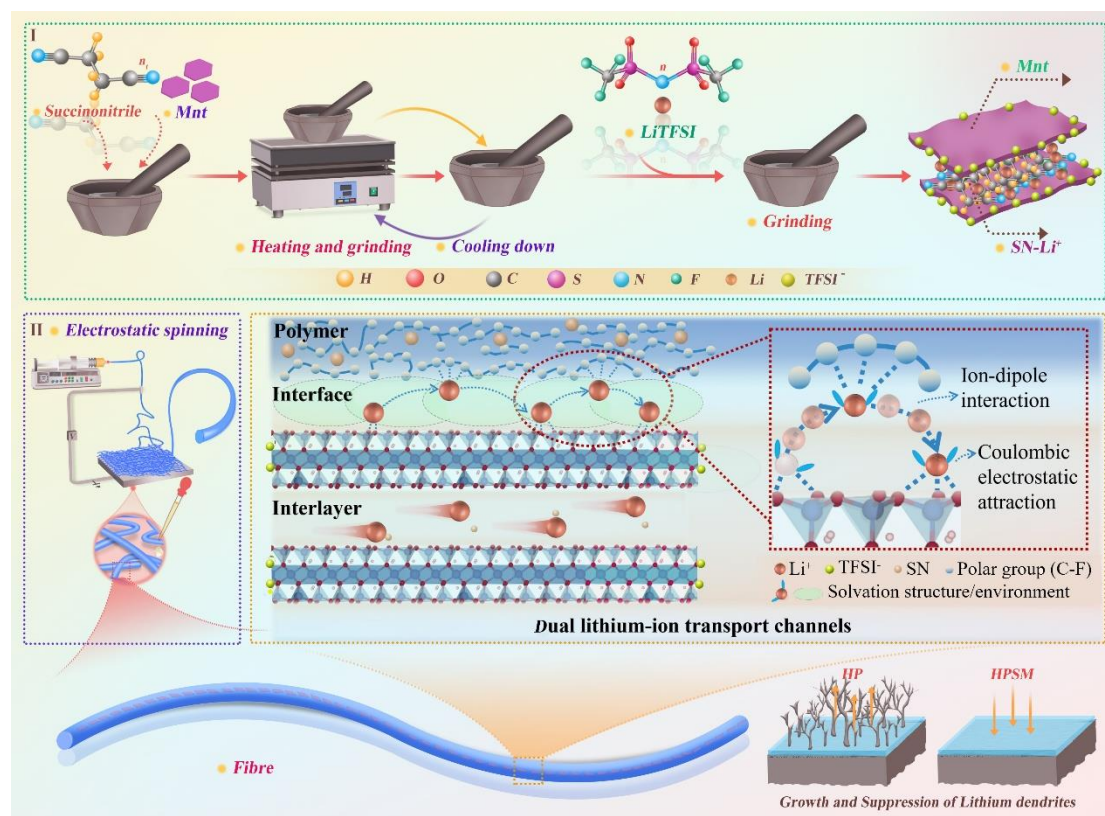


图 1. 蒙脱石（Mnt）插层改性过程及复合固态电解质的构筑示意图。

上述研究成果发表于 Nature-Index 期刊《Advanced Functional Materials》上：
Di Jiang, Shusen Zhou, Yuyang He, Zhangkuo Han, Bowen Liu, Jiayi Zhang, Song Yin, Jiahua Zheng, Xin Liu, Hao Liu, Xuefeng Wang, Libing Liao. Melt-Intercalated Montmorillonite Composite Electrolytes Enabling Interlayer-Interface Dual Conduction Networks for Stable Solid-State Lithium Metal Batteries, Advanced Functional Materials, DOI: 10.1002/adfm.78260. [IF2026=19.9]
全文链接: <https://doi.org/10.1002/adfm.78260>