
物理所等高体积和重量能量密度锂-硫电池研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/4554.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！

物理所等高体积和重量能量密度锂-硫电池研究获进展。锂硫电池被视为下一代高能量密度电池体系的理想选择之一，受到全世界科研界和产业界的高度关注，是未来各国布局的重点研究方向之一。但随着研究的不断深入，锂硫电池也面临日益严峻的挑战。目前存在的主要问题是锂硫电池的体积能量密度较低，导致其在很多重要的市场应用中失去竞争力，同时高电解液用量也成为其重量能量密度提高的瓶颈。主要原因在于硫是离子和电子绝缘体，因此正极中的硫需要大量非活性物质来发挥容量。一方面，需要加入大量高比表面积的碳(通常>30%)来保证电极良好的电子电导，导致电极孔隙率通常>70% (商业化锂离子电池正极：<40%)，这就使锂硫电池的体积能量密度大打折扣。另一方面，高气孔率需要大量电解液浸润和溶解中间产物来保证电极的离子电导(电解液活性物质比: 锂硫电池通常>3 uL/mg，商业化锂离子电池通常<0.5 uL/mg)，从而大大限制了锂硫电池的重量能量密度。因此，当前制约锂硫电池实用化的关键技术瓶颈是如何在高活性物质负载条件下(10 mg/cm²)，实现低电解液用量、高电极密度及低非活性物质含量。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心清洁能源重点实验室E01组副研究员索鏊敏(Liumin Suo)与美国麻省理工学院教授李巨(Ju Li)和博士薛伟江(Weijiang Xue)合作针对目前锂硫电池存在的共性问题——电池器件级别能量密度不高的问题，创新地提出采用高电子和离子电导的嵌入式电极材料Mo₆S₈取代非活性物质碳构成嵌入-转换型混合电极，使得硫正极在保证高活性物质负载量的条件下(大于10 mg/cm²)，含碳量降低到小于10 wt%，电解液活性物质比大幅度降低到1.2 μL mg⁻¹，电极孔隙率低于55 %。采用此新型混合电极的安时级软包全电池在保证循环寿命的条件下单体能量密度大幅度提升，可以同时实现高的体积能量密度(581 Wh/L)和重量能量密度(366 Wh/kg)，为未来开发新型高能量密度的锂硫电池提供了一条全新的解决思路和切实可行的商业化技术方案(图1)。该研究结果近日发表在《自然-能源》上(Nature Energy, 2019, DOI: 10.1038/s41560-019-0351-0)，文章题目为Intercalation-conversion hybrid cathodes enabling Li – S full-cell architectures with jointly superior gravimetric and volumetric energy densities。

相关工作得到科技部重点研发计划(2018YFB0104400)、国家自然科学基金委(51872322)等的支持。

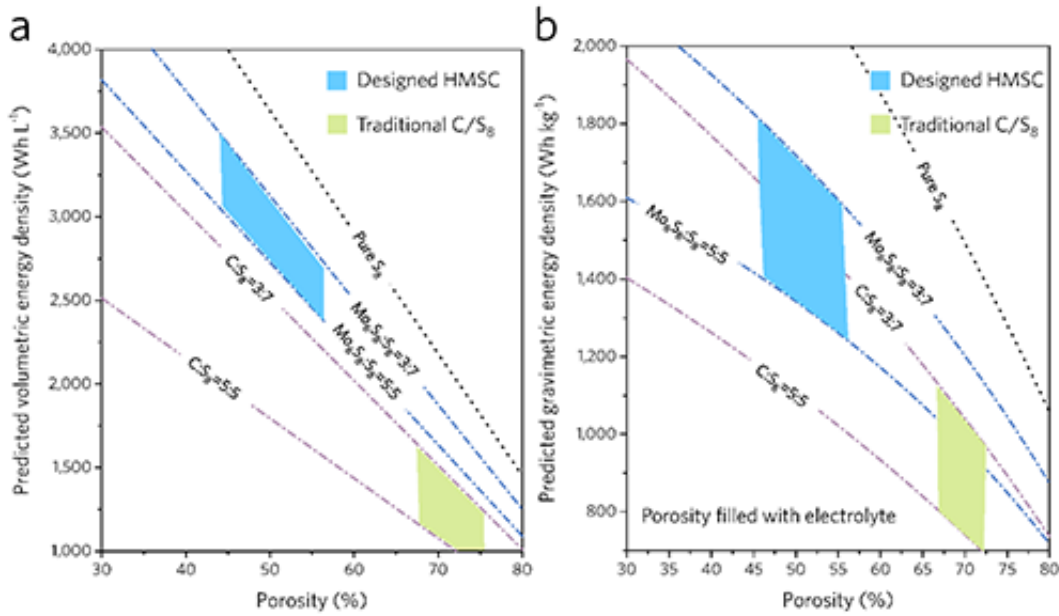


图1. 高体积和重量能量密度的嵌入-转化混合正极的设计思路(嵌入式电极材料：Mo₆S₈, 转化型电极材料：S₈)。

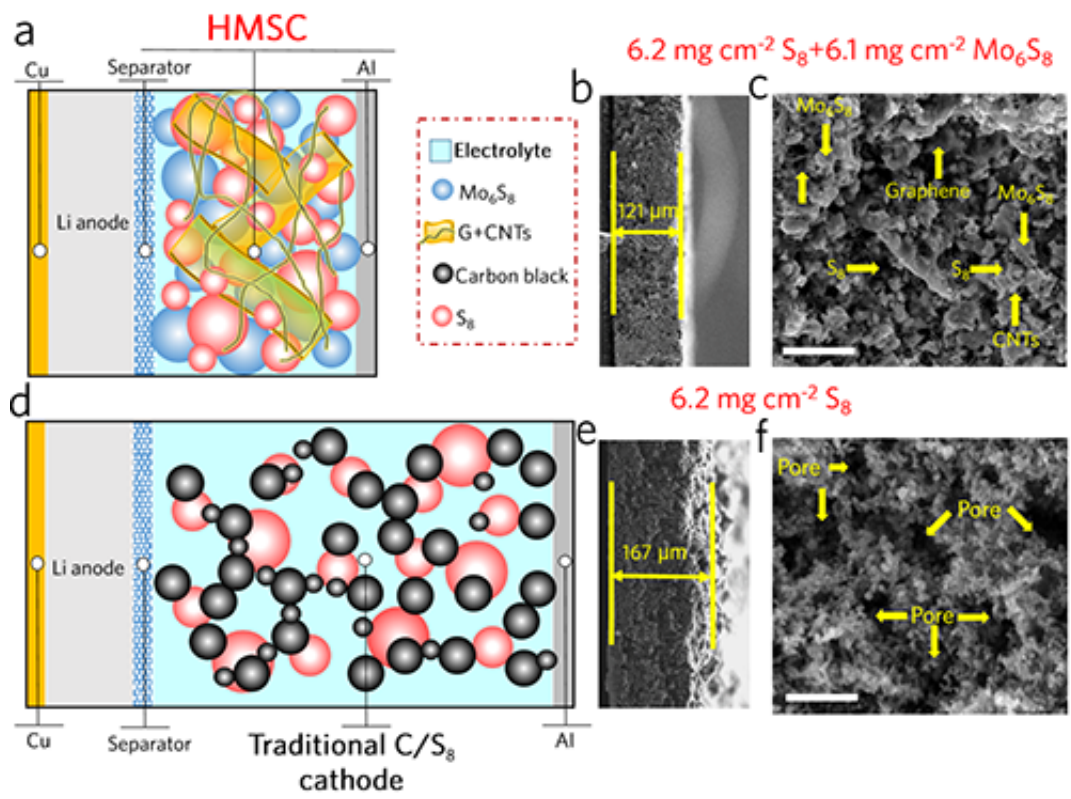


图2. 嵌入-转化混合正极HMSC(活性物质Mo₆S₈+S₈含量85%，导电碳含量10%)与C-S₈复合电极对比示意图和真实电极SEM图片。注：负载量12.3 mg/cm²的HMSC电极厚度为121 μm远低于负载量只有6.2 mg/cm²的C-S₈复合电极，因此使得该类电极材料在电极级别上重量和体积能量密度占据绝对优势。

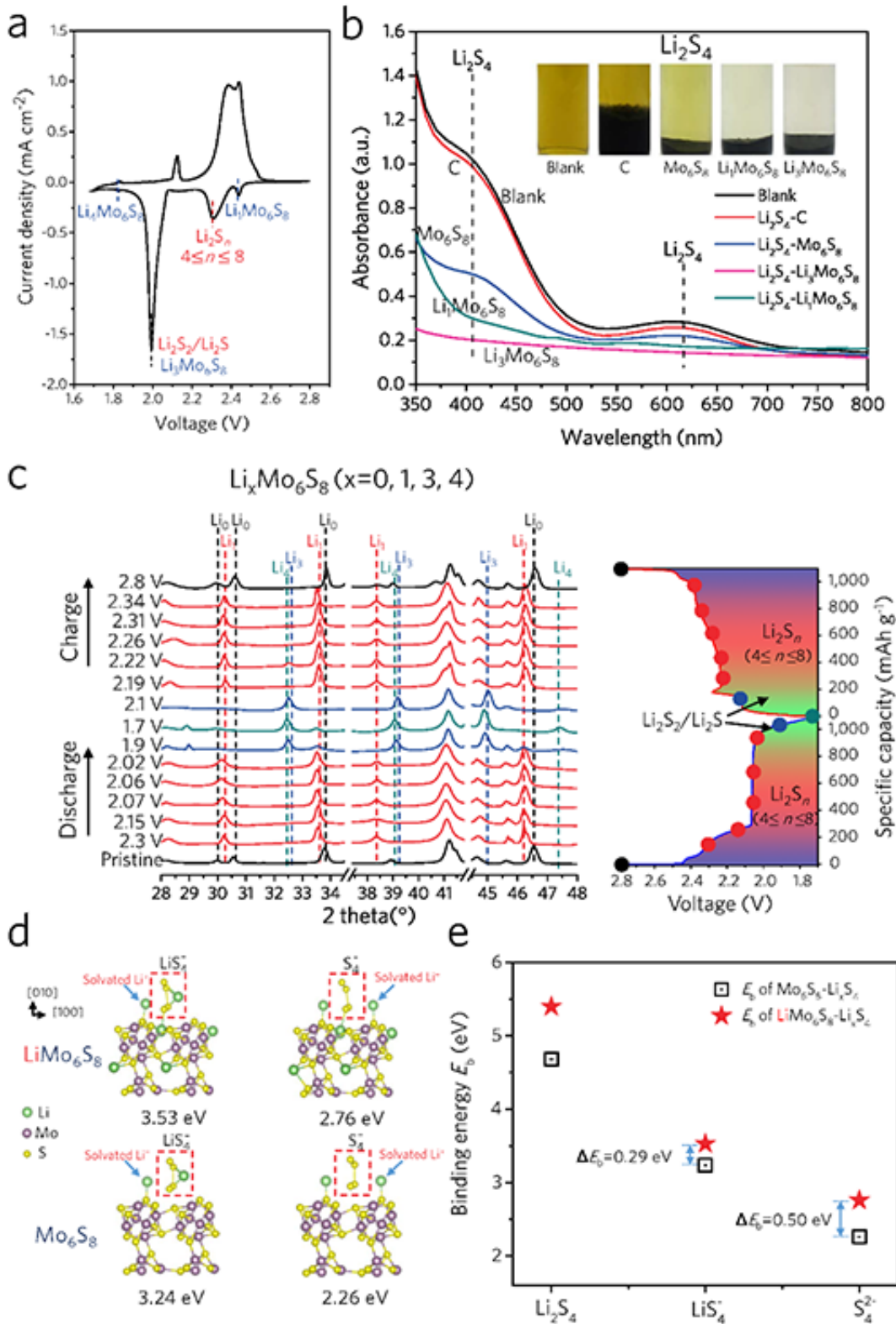


图3. 嵌锂 $\text{Li}_x\text{Mo}_6\text{S}_8$ 与中间产物多硫离子 Li_2S_4 相互作用机理研究。(a) 循环伏安曲线;(b) 多硫离子吸附实验;(c) 原位XRD表征;(d) DFT多硫离子吸附能计算;(e) Mo_6S_8 嵌锂前后对多硫离子吸附能的变化。注：实验和理论计算表明嵌锂后的 $\text{Li}_x\text{Mo}_6\text{S}_8$ 较未嵌锂的 Mo_6S_8 在对多硫离子的吸附性能上有明显提高。

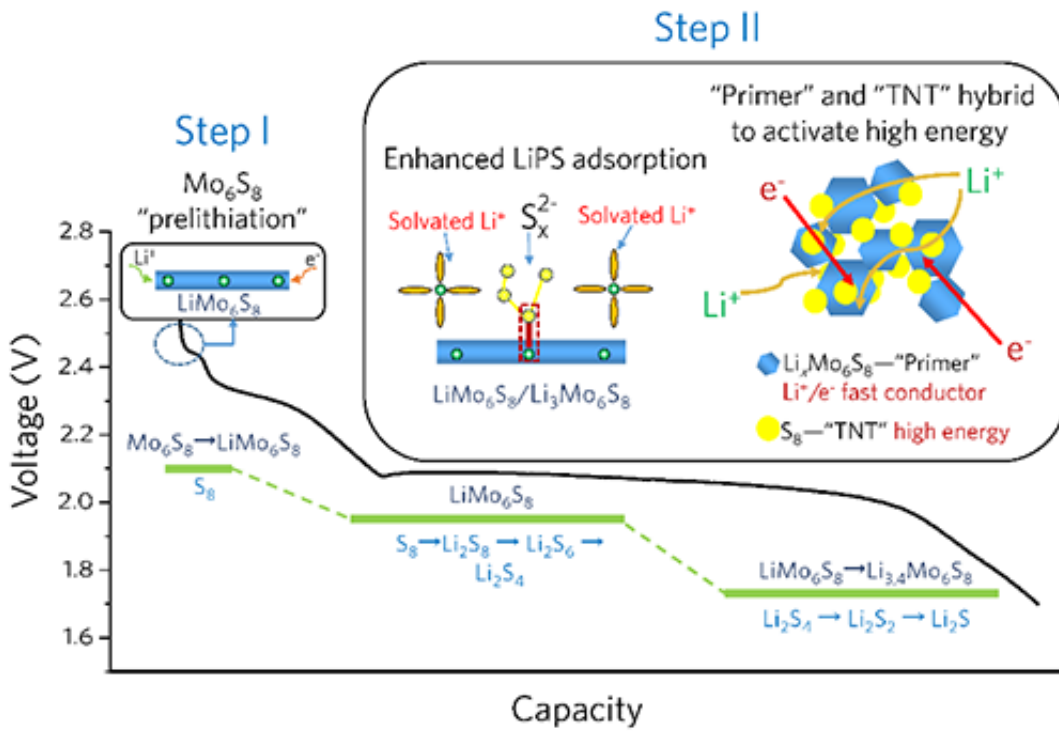


图4. Mo₆S₈在HMSC电极中的作用机理。注：步骤 I: 在硫还原之前预嵌锂(> 2.4 V); 步骤 II: 嵌锂后的Li_xMo₆S₈具有双功能: I) 吸附多硫离子从而抑制多硫离子穿梭效应和II) 提供电子和离子导电网络从而起到替代碳的作用。

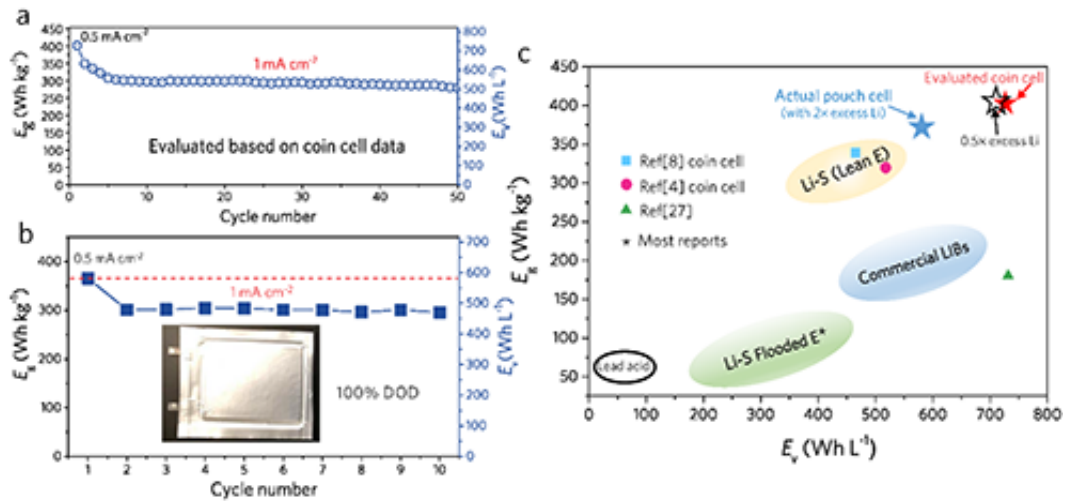
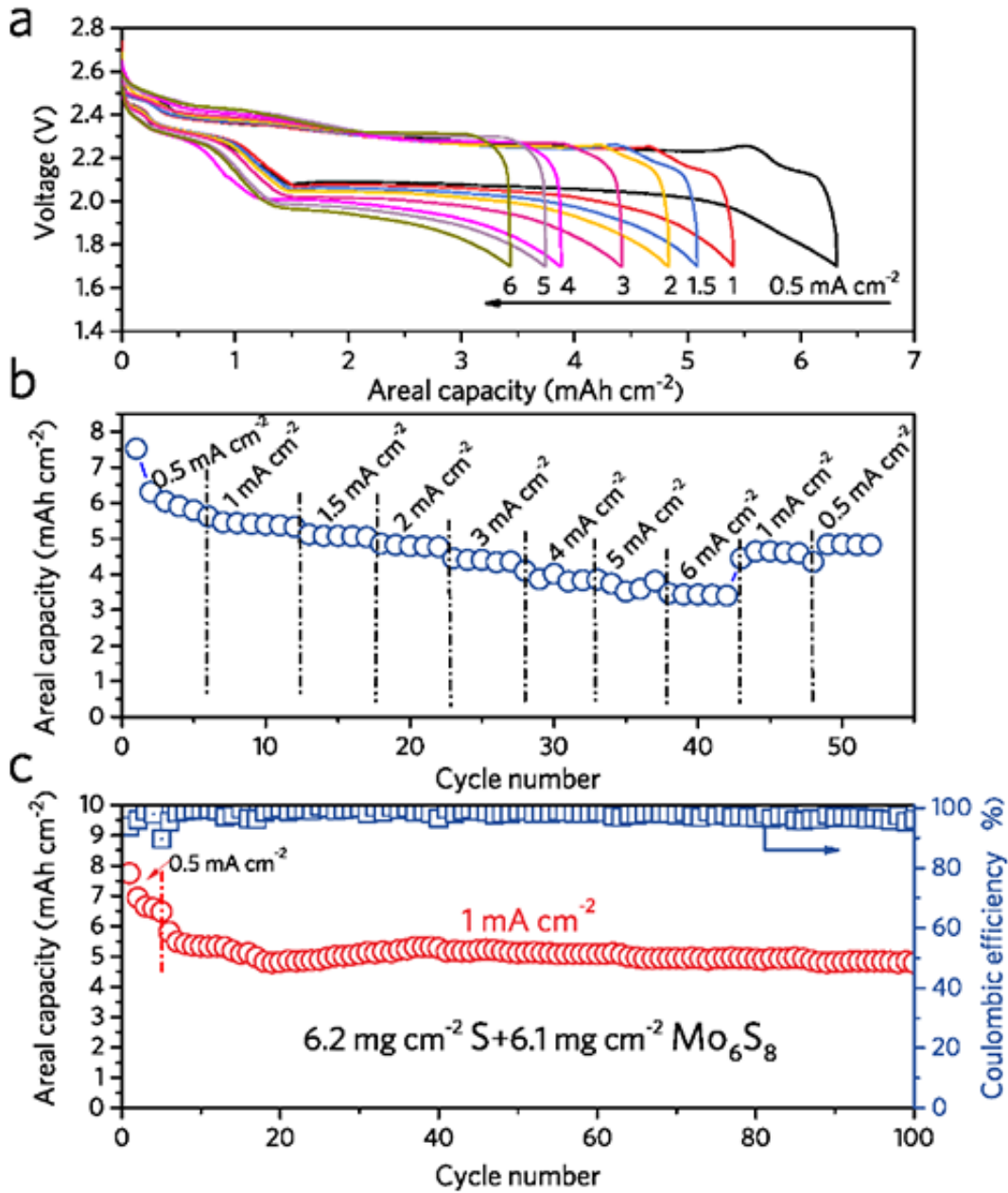


图6. HMSC型锂硫全电池性能。(a) 锂硫扣式电池 (6.9 mg cm⁻²S + 6.8 mg cm⁻²Mo₆S₈, 电解液活性物质比~1.5 μL mg⁻¹);(b) 锂硫软包全电池(电解液活性物质比~1.2 μL mg⁻¹, ~2倍金属锂过量);(c) 锂硫电池全电池能量密度对比图。注：图c为扣式电池实验参数推算的能量密度和安时级软包全电池的真实能量密度。

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](http://www.iikx.com)转发