

极端条件下锂离子电池的电解液设计

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/21848.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！

极端条件下锂离子电池的电解液设计。

北京时间2023年2月9日，美国马里兰大学王春生教授研究团队在Nature期刊上发表题为Electrolyte design for Li-ion batteries under extreme operating conditions的新研究。

该研究报道并验证了一种基于软溶剂的电解液设计策略，该策略平衡了Li⁺-溶剂相互作用、盐的溶解和电解质界面层，以满足LiNi_{0.8}Mn_{0.1}Co_{0.1}O₂(NMC811)石墨锂离子电池支持更高电压(≥4.5伏)、快速充电(≤15分钟)、宽温度范围内充放电(±60°C)、不易燃烧等要求。在-50°C(-60°C)充放电时，4.5伏NMC811石墨电池仍能保留75%(54%)的室温容量。

论文通讯作者是Oleg Borodin、王春生教授，第一作者是徐吉健。

当前基于碳酸酯的电解液不能满足锂离子电池(LIBs)大部分极端条件下的要求，因为它们的电压窗口被限制在4.3V，它们的工作温度范围很窄，从-20°C到+50°C，而且易燃。之前的研究一般通过引入一系列低凝固点的共溶剂，如线性羧酸酯或醚，来降低电解液的凝固点，从而实现低温工作。然而，这些羧酸酯类和醚类的电化学稳定性较窄。最近通过液化气体电解液实现的低温电池的突破，即使在零下60°C也能保持60%以上的室温容量，但这些挥发性溶剂要求在气体液化所需的压力下重新设计密封电池。除了离子导电性外，界面电阻在低温下占主导地位，这要求电解质具有低的Li⁺脱溶剂化能。此外，低温条件下高过电位降低了可利用的容量，并导致石墨表面沉积锂金属。锂沉积加速了负极的容量衰减，并将库伦效率(CE)降低到99.5%以下。伴随着的锂枝晶可能会使电池短路，引发安全隐患。为了避免低温条件下石墨表面的锂沉积，常见的做法是采用相对较高的负极/正极容量比。这可以在牺牲整体能量密度的情况下保持较好的安全性。但是在快速充电或极低温度下(低于-20 °C)，仍然可能出现锂沉积，因为石墨负极和NMC811正极之间的动力学是不同的。理想的低温电解质应该在正负极上形成动力学相匹配的界面层，从而在不同温度下和电流下实现低且相同的过电位。

马里兰大学王春生教授研究团队提出了使高比能锂离子电池能够在极端条件下工作的电解液设计原则。这一原则的核心是确定具有相对较低的DN值(小于10)和高介电常数(大于5)的溶剂，这可以使Li⁺与溶剂的结合能最小化，同时仍能使锂盐解离。同时在电解液中引入一种具有高还原电位的成分，可以在负极和正极上形成类似的富含LiF的界面层。负极和正极的热力学(容量)和动力学(阻抗)匹配使NMC811石墨电池能够快速充电并在宽温度范围充放电，而不产生锂沉积。作为概念验证，设计的1 M LiTFSI MDFA/MDFA-

TTE电解液能够在在极端条件下实现负极和正极的容量和阻抗匹配。面容量超过2.5 mAh cm⁻²的4.5 V NMC811石墨全电池可以在宽温度范围内(-60 °C至+60 °C)稳定工作。软包电池在-30°C条件下300次循环后保持83%以上的容量，平均库伦效率超过99.9%。

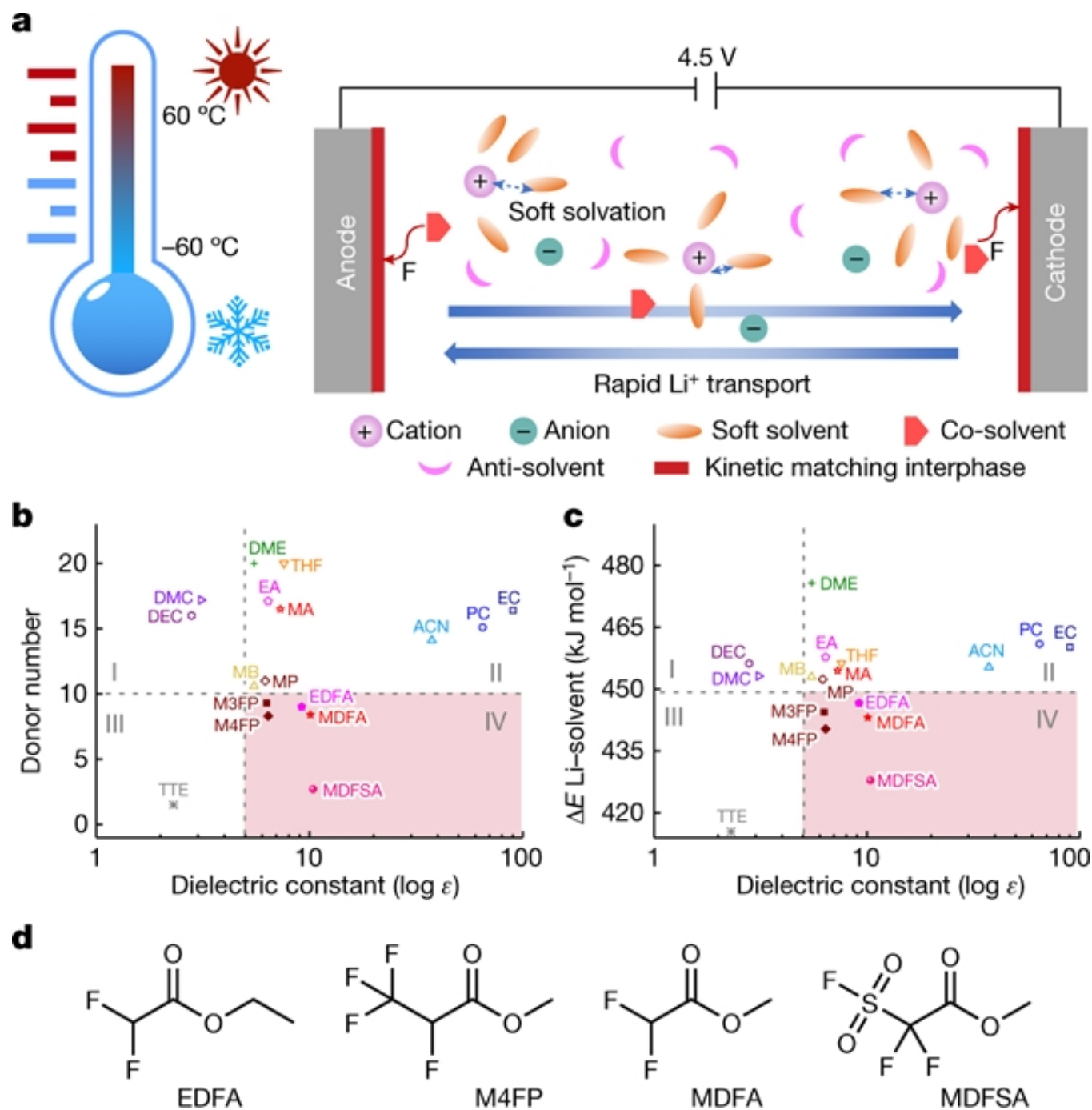


图1：电解液设计策略。

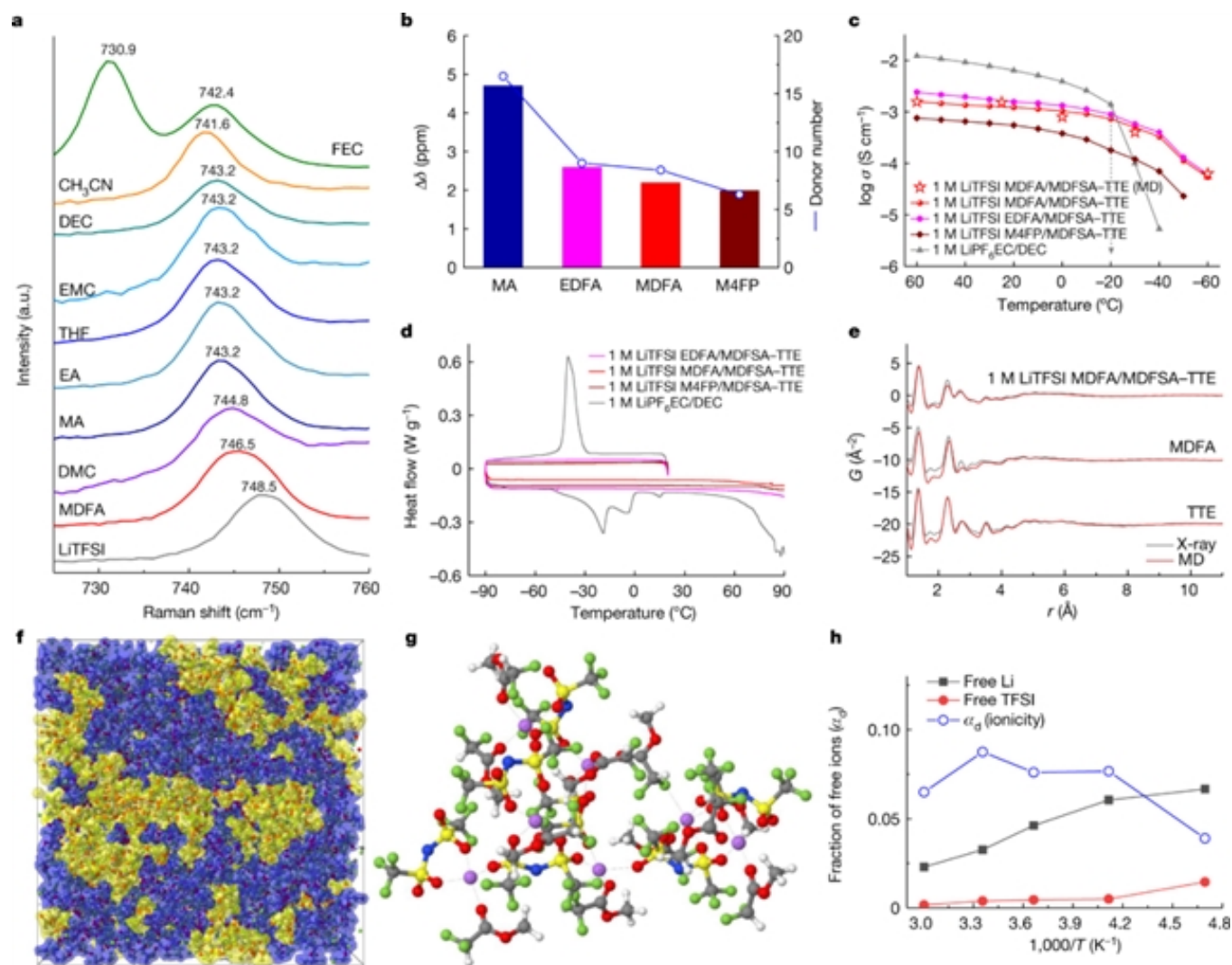


图2：电解质的物理特性和MD计算结果。

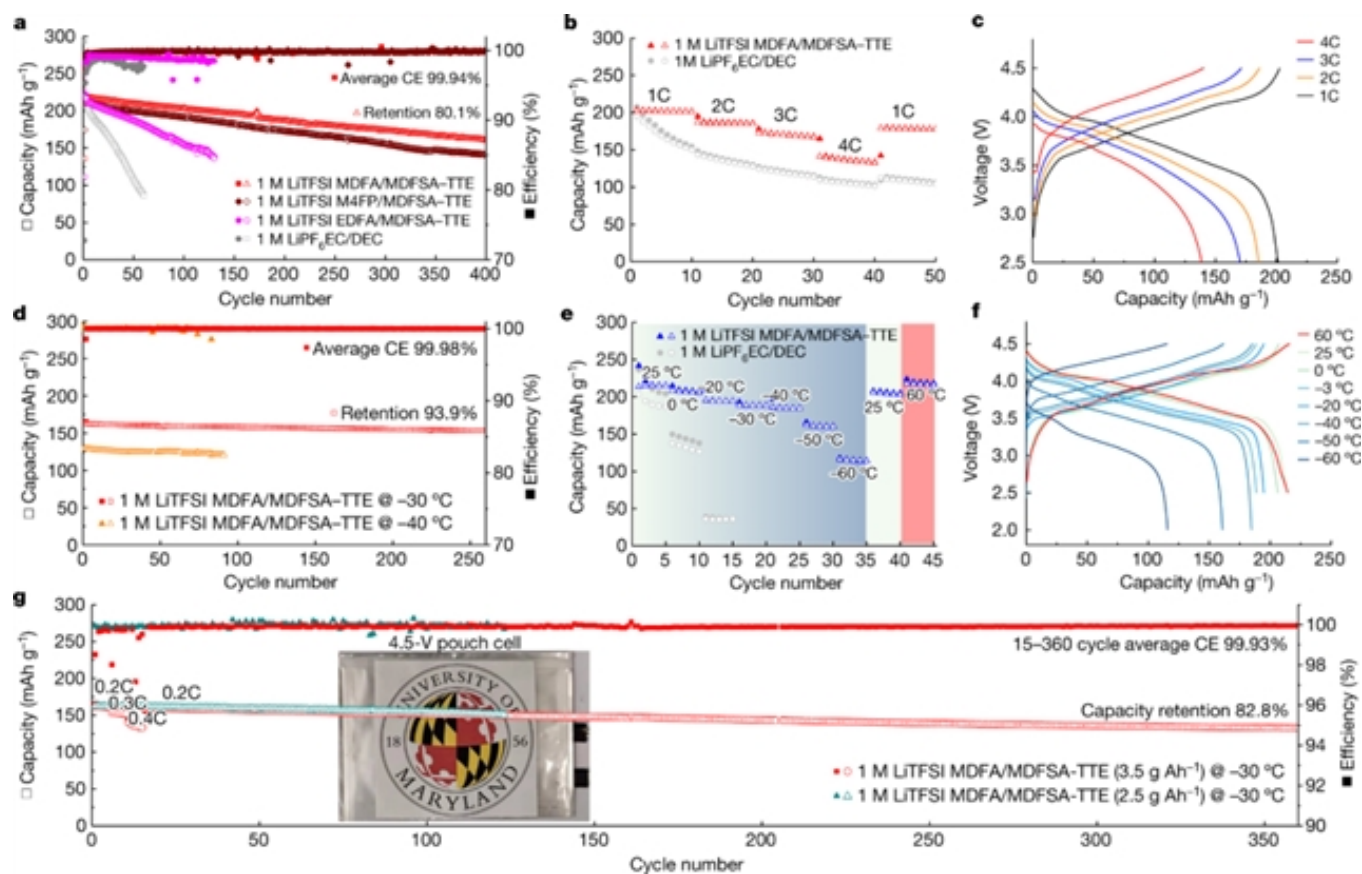


图3：NMC811石墨全电池的电化学性能。

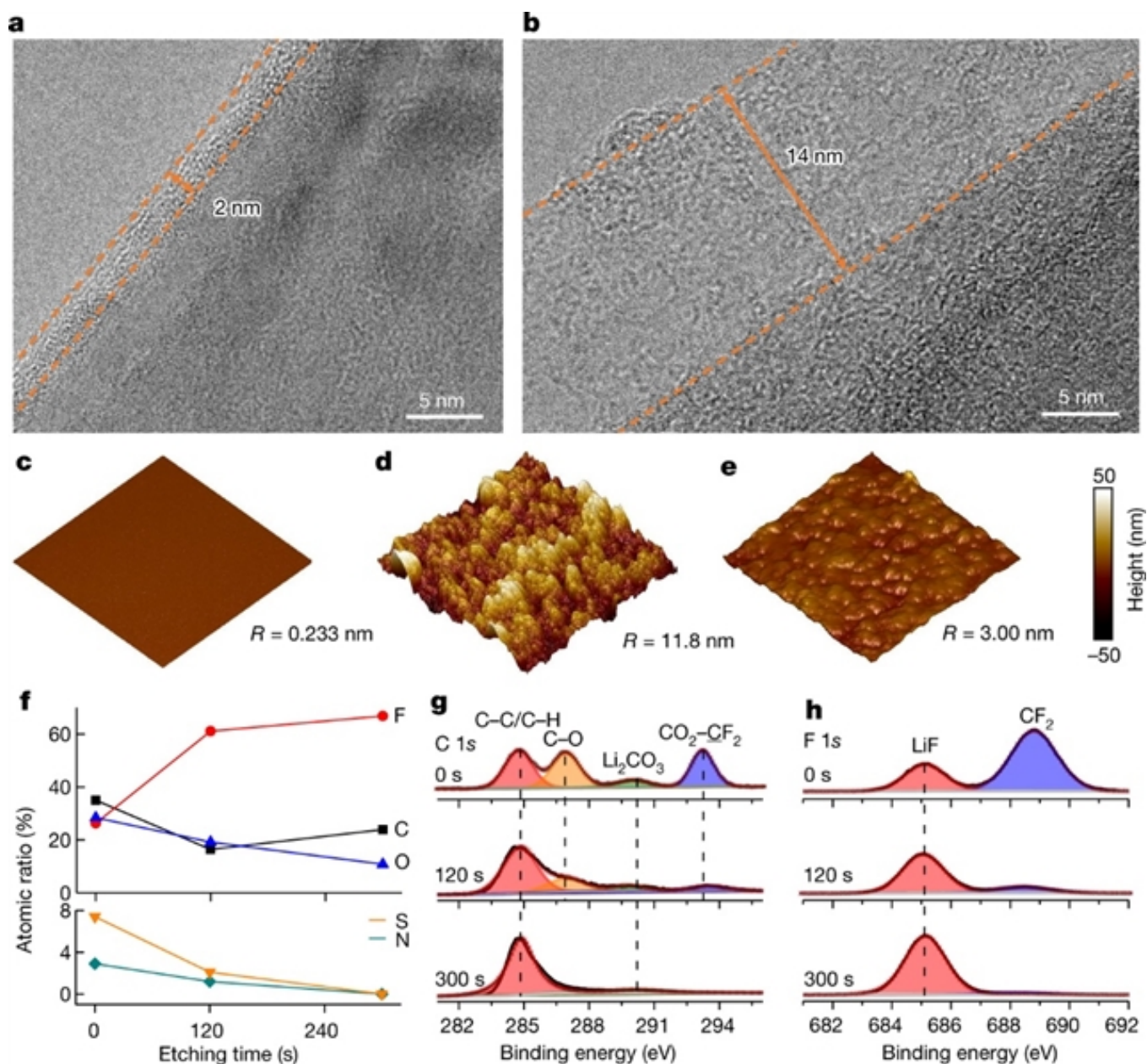


图4：石墨负极表面SEI的表征。

这一设计原理为高电压、快速充电和宽温区的电池开辟了一个新方向。(来源：科学网)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05627-8>

作者：王春生等 来源：《自然》

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

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