

青岛能源所在高比能锂电池热失控机理研究方面取得进展

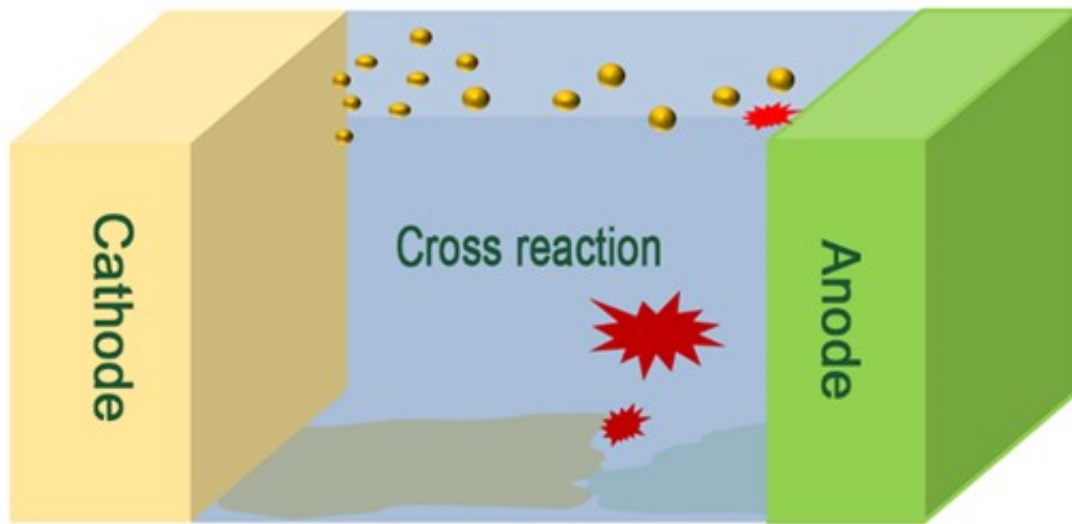
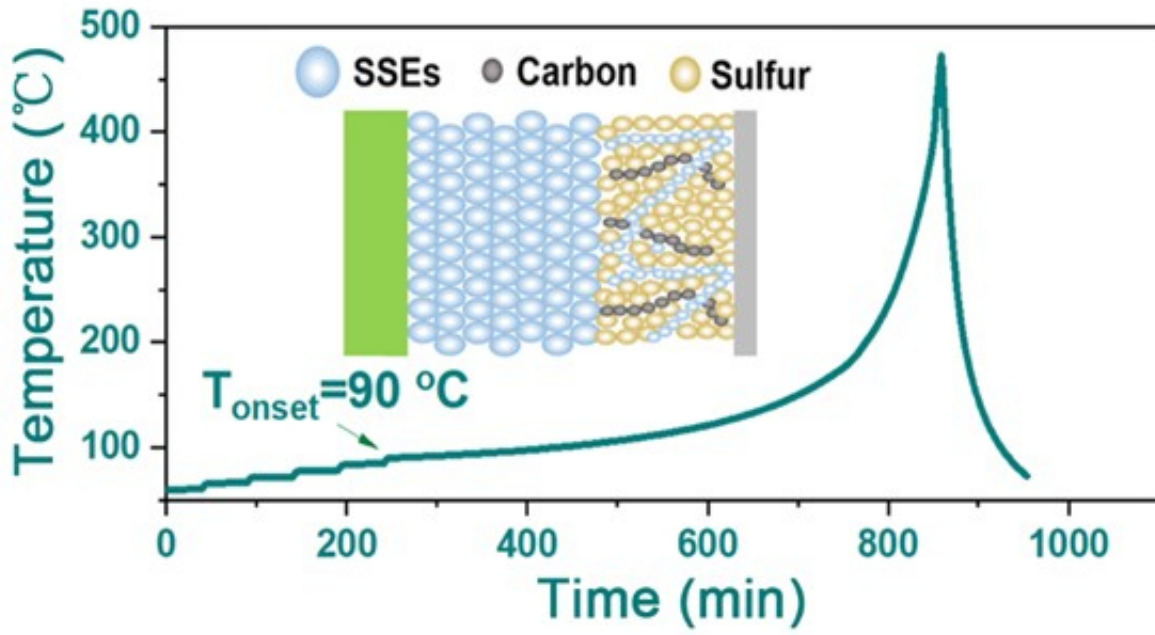
在推动碳达峰碳中和背景下，加速动力系统电动化成为新能源汽车发展的必然趋势。锂电池作为新能源汽车动力系统的关键技术，其安全隐患随着能量密度的提升日益凸显，自燃、爆炸等电池热失控现象频频发生，热失控事故已经成为制约锂离子电池进一步推广与规模化应用的瓶颈问题，提高电池安全性也成为新能源产业健康持久发展的先决条件。因此，揭示电池热失控机理和开发高安全性电池体系成为当前电池领域亟需解决的关键课题。中国科学院青岛生物能源与过程研究所固态能源系统技术中心一直致力于构建高比能、高安全性锂电池体系，近年来取得了一系列进展。

对于电池失控的研究分析，追根溯源，首先要了解其失控的引发反应。研究人员通过滴定-质谱联用手段证明了锂金属负极氢化锂（LiH）的存在，并且定量分析出LiH的积累量与实际锂金属电池的可循环性呈负相关，揭示了锂金属电池失效的关键机理（*Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 7770–7776）。同时，在充分总结电池材料热稳定性及其热特性基础上，研究人员提出，电池材料（电极材料/电解质/添加剂等）之间的热兼容性对电池安全性至关重要，单纯提高某一组分的热稳定性无法确保电池整体安全性能的提升（*Energy Storage Mater.*, 2020, 31, 72–86）。鉴于此，该团队通过原位/非原位耦合手段对三元高镍电池（NCM523）失效机理进行了材料-电池层级的探索，开创性地在NCM三元电池负极侧发现H⁻离子的存在，证实了该组分与电解液具有较差的热兼容性，为诱导电池升温过程中链式放热反应的主要触因。而且，研究通过自主设计原位检测电池材料热失控气体穿梭测试装置及方法（CN202011538153.3），证明了石墨负极侧产生的H₂可穿梭至正极侧，从而加速剧烈放热行为，成为引发电池热失控的关键触因（*Adv. Sci.*, 2021, 2100676）。

近年来，续航里程的焦虑对锂电池的能量密度提出了更高要求，而传统锂离子电池的理论能量密度正接近其极限（350 Wh/kg）。相比于石墨负极，金属锂具有极低的电极电位和极高的理论比容量，被认为是下一代高能量密度电池的有力竞争者。金属锂负极搭配硫正极的锂硫（Li-S）电池因其超高的理论能量密度（2500 Wh/kg）已成为最具吸引力的电池体系之一。不过其热安全评估的研究步伐却明显滞后。固态能源系统中心研究人员系统研究了Li-S软包中电解质/电极的热兼容性、多硫化物穿梭对电池热安全的影响以及电解质的分解路线，揭示了Li-S电池的放热链式反应由硫正极衍生物与电解液溶剂反应引发，由锂金属负极与电解液以及熔融硫的反应加速。

此外，研究人员采用具有不同热稳定性的电解质体系（包括无机全固态电解质Li6PS5Cl）来研究Li-S电池热失控过程中的特点。研究发现，不同电解质体系的Li-S软包均在一个相对集中的温度范围内发生快速热失控，使用无机固态电解质Li6PS5Cl也不能阻止Li-S软包的热失控。在经过系统的原位-非原位界面分析后，研究发现这主要是由于Li-S体系中，硫正极升华、熔化以及负极锂金属熔融导致正负极在高温下发生串扰反应所致。该研究对Li-S体系热失控路径的细致剖析将为构建下一代高比能、高安全性电池体系提供有益启发。

相关成果于近日发表在《焦耳》（*Joule*）上。相关研究工作得到国家自然科学基金、山东省自然科学基金等项目的支持。



全固态Li-S软包电池热失控曲线及其触发机理示意图

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/179716.html>