



我科研人员“搭”出新型锂硫电池分子——

无人机终于能飞久一点了？

□ 科普时报记者 陈杰

航拍、物流配送、电力巡检……无人机越来越火，但“飞不远、留不久”的续航难题，一直限制着它的脚步。

好消息是，清华大学深圳国际研究生院的科研团队设计出一种新型电池分子，让锂硫电池的能量密度实现重大突破，有望破解低空飞行器普遍存在的续航短板。相关研究成果，5月6日在线发表于国际期刊《自然》。

无人机的“电量焦虑”

一架无人机能飞多远、悬停多久，全看电池能带多少电。专业上有个词叫能量密度，单位是 Wh/kg。

通俗来说，就是1公斤重的电池，能携带多少“电量干粮”。这个数值越高，同等重量下电池带的电就越多，无人机就能实现更远航程、更长滞空时间，不用频繁降落充电。

目前，消费级和工业级无人机使用的，基本上都是常规的锂离子电池，能量密度普遍低于300Wh/kg。对于能耗偏低的低空飞行器来说，锂离子电池的储电能力完全不够用，飞不了一会儿电量就会告急，严重限制了其作业效率和应用场景。

虽然，科学家们已经通过优化材料、改进结构，把锂离子电池的性能压榨到了极致，但受限于固有化学体系，其理论上限已经触顶，很难再有跨越式提升。

想从根源上解决问题，需要跳出锂离子电池的框架，更换一种新电池。而在众多备选方案里，锂硫电池凭着绝对优势，成了下一代高能电池的头号种子。

锂硫电池的理论能量密度远超锂电池，且核心原料硫元素在地壳中储量极大、成本低廉，是公认的下一代高比能电池方案。

锂硫电池为啥难普及

锂硫电池能量密度优势突出，可至今并没有大范围普及，核心原因是它在工作中遇到了“路况复杂”的难题。

我们把锂硫电池放电过程，比作一条从“硫”出发，驶向“硫化锂”终点的货物运输专线。理想状态下，直达的速度快、损耗小，能最大化发挥电池性能。但实际上，硫的电化学转化无法一步完成，必须经过多个中间环节，生成一系列名为“多硫化物”的中间产物，就像运输路线上被迫增设了大量临时中转站。

这些中转站一旦管控失效，问题就大了：中间产物会不受控制地在电池正负极之间来回穿梭，也就是业内棘手的“多硫化物穿梭效

应”，相当于货物偏离既定路线、无端流失；中间环节过多、反应路径杂乱，还会造成电子传递严重拥堵，大幅拖慢放电反应速度。

简单来说，传统锂硫电池的能量“运输路线”站点杂乱、路径混乱，既容易跑偏损耗，又频繁拥堵卡顿，最终导致电池效率低下、循环寿命缩短。

长期以来，科学家们大多专注于用物理或化学手段，阻拦乱跑的中间产物，可始终治标不治本。“锂硫电池稳定循环的难点不只是‘把硫留住’，而是要让整个硫转化路线更加有序、高效。”成果论文共同第一作者、清华大学深圳国际研究生院2023级博士生高润华说。

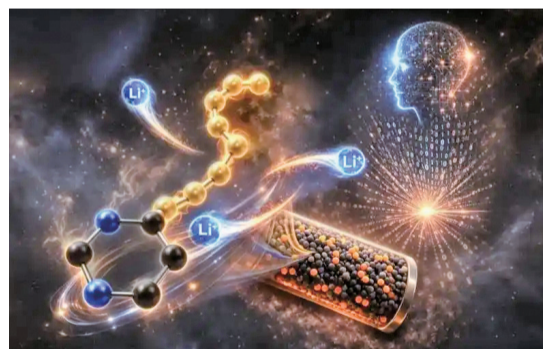
给电池修条“超级高速”

清华大学的科研团队借助量子化学和机器学习，设计出一种硫电化学“预分子介体”——4-三氟甲基-2-氯嘧啶，可以重塑复杂硫转化路径，极大提升锂硫电池能量密度。

“一个功能分子的构筑过程，就像搭积木。”高润华打比方说，分子骨架就像积木拼搭的基础底板，侧链官能团作为功能分子的组成部分，就像一块块“积木”。不同积木的种类、大小，以及放在底板上的哪个位置，都会影响最终拼搭出的分子具有什么功能。

科研团队最终从196种分子组合中筛选出4-三氟甲基-2-氯嘧啶——它平时在电解液里“沉睡”，一进入电池内部的反应现场，立刻被“唤醒”变成活性分子，既能牢牢锁住多硫化物、防止电量流失，又能理顺反应路径，相当于给电池修了一条笔直顺畅的超级高速公路。

实验证明，新锂硫电池性能足够惊艳：电阻比普通锂硫电池下降了75%；快充条件下稳定充放电循环800次，容量保持率仍高达81.7%。



高比能锂硫电池发展概念图

图片来源：清华大学官网

更厉害的是，科研团队制造出的软包电池样品，能量密度达到惊人的549Wh/kg。这意味着，以前只能飞30分钟的无人机装配上新电池后，能飞一个小时甚至更久。

目前，该技术尚处于实验室阶段，距量产还有相当长的距离。不过行业人士认为，这项技术的价值远不止于为无人机提供强劲的续航能源，未来更有望被应用到液流电池、锂金属电池、合成电池回收等领域，为新能源产业的高质量发展提供强大的底层技术支撑。

