

看上去很美的锂金属电池，至少要在2025年之后才能量产。

锂金属电池：看上去很美

文/袁素

2021年的电池行业特别热闹，在固态电池、钠离子电池之外，锂金属电池也成为行业的热点。

2021年11月2日，锂金属电池生产商北京金羽新能科技有限公司（以下简称“金羽新能”）对外宣布，我国首条锂金属电池生产线已落成，能量密度为360瓦时/千克的电池已完成B样品，可应用在无人机上提高20%的续航，可将电动汽车续航里程提升至800千米；能量密度为420瓦时/千克的电池已完成A样品，可将电动汽车续航里程提升至1200千米。

11月4日，美国混合锂金属电池开发者和制造商Solid Energy Systems（SES）公司正式对外发布Apollo锂金属电池。这块电池的容量为107安

时，质量仅为0.982千克，质量、体积能量密度分别为417瓦时/千克、935瓦时/升。这是世界上首次公开展示的超100安时单体锂金属电池，也是目前全球单体容量最大的锂金属电池。

此前，南方科技大学材料科学与工程系助理教授罗光富团队对外公布其在锂金属负极材料方面取得的新进展，为提高锂金属电池的长期稳定性提供了新思路。

一时间，锂金属电池成为产业界和投资界讨论的热点话题。

锂金属电池与传统的以石墨或者硅为负极的电池不同，是将锂金属作为负极的一种技术路线。锂金属具有3860毫安时/克的高比容量，约为石墨的10倍，可与现有高容量正极体系搭

配，从而实现超出常规锂电池40%以上的能量密度，可轻松达到400瓦时/千克以上。那么，锂金属电池现在发展到了哪个阶段？它会成为现有电池行业的一种主流技术吗？其应用场景可以在哪里落地？

发展一路波折

锂金属电池并非新的技术路线，实际上，人们对它的关注比现在常见的锂离子电池更早。

锂金属于1817年被人类发现，人们很快就认识到，锂金属天生就是用来做电池的材料。从理化性质来看，它具备密度低、容量大并且电势低（相对于标准氢电极）这些突出特点，这不就是人们理想中的电池材料



目前在锂金属电池领域布局的主要是美国的一些创业公司，包括SES、QuantumScape、Solid Power等。

吗？

但是锂金属本身也有突出的问题：它过于活泼，与水能发生剧烈反应，对操作环境要求很高。因此在很长一段时间里人们对它束手无策。

直到1958年，美国加州大学的哈里斯（William Sidney Harris）在博士论文中正式提出以锂、钠等活泼金属做电池负极材料的设想，科学家们才开始了以锂金属为负极的锂电池的广泛研究。

经过近30年的研究，科学家们发现锂金属负极在工作时，会形成一层天然固态电解质界面膜(SEI膜)，可以

防止沉积过程中形成的锂金属被电解液腐蚀。但是，随着沉积的锂金属越来越多，同时伴随着不均匀锂金属表面形貌的形成（锂枝晶生长），SEI膜最终会被撑破。当这种情况发生时，一部分锂金属被暴露在充满电解液的环境，这会对电池造成直接破坏，结果会引发正负极直接亲密接触，从而造成电池内部的短路。

于是，20世纪80年代末期，在加拿大公司Moli Energy推出的第一代锂金属商业电池爆炸多次后，科学家们果断放弃了锂金属负极而使用石墨负极，锂金属电池自此也悄然退居行业

的幕后沉寂下来。到了20世纪90年代末期，以石墨为负极材料的锂离子电池成熟之后，金属锂电池便更加无人问津，进入长时间的沉寂期。

值得关注的是，2000年之后有三种锂电池负极材料一直在相互竞争：一是最成熟的石墨负极材料，基于此的锂离子电池的理论能量密度极限约300瓦时/千克；二是目前很有竞争力的硅碳/硅氧负极材料，基于此的锂离子电池的理论能量密度极限约400瓦时/千克，但目前应用有限；第三种就是锂金属负极材料，锂金属电池理论能量密度极限超过500瓦时/千克，对应电动汽车续航里程可超过1200千米。

直到2010年之后，锂金属电池再次成为产业化的一个重要方向。从全球范围来看，主要是美国的一些创业公司，包括SES、Quantum Scape、Solid Power等开始在这一领域加大布局。

2022年推出A样品

经过近十年的不懈努力，全球的锂金属电池有所突破。

11月4日，拟在纽交所上市的SES公司对外发布Apollo混合锂金属电池，其容量高达107安时，质量仅为0.982千克，质量、体积能量密度分别为417瓦时/千克、935瓦时/升，在室温下进行10小时、3小时和1小时放电测试，Apollo电池均展现出极高的容量和能量密度。

SES创始人兼CEO胡启朝公开表

示，Apollo电池还需要进一步的测试和优化，但其目前展示出的性能表现已经令人非常振奋。汽车需要在不同的运行环境和温度状态下工作，不管是冷、热，还是快速、慢速行驶，都需要具备稳定的表现。因此，电动汽车的动力电池需要能够在广泛的温度和功率范围内提供高能量密度。从数据上来看，混合锂金属电池的性能远远好于固态电池。

SES选择的混合锂金属电池兼具传统锂离子电池和固态锂金属电池的优点——可制造性好且能量密度高。与当前锂离子电池260瓦时/千克左右的能量密度相比，SES混合锂金属电池在重量更小的情况下，能提升43%能量密度。从寿命周期和快充角度来看，混合锂金属电池都表现出优秀的性能。

不过，混合锂金属电池仍处于实验室水平阶段，SES正与通用汽车、现代汽车公司开展A样品合作，计划2022年推出车用级锂金属电池A样品，2024年提供C样品，2025年正式开启锂金属电池的商业化量产。

混合锂金属电池未来仍然存在安全性难题。胡启朝坦诚，能量密度越高，安全性越难保证。SES计划用硬件、软件双重手段控制安全风险，包括运用基于人工智能学习的电池安全算法预测隐患。

与SES不同的是，全球第一家上市的固态电池公司Quantum Scape选择的则是固态锂金属电池技术路线。

所谓固态锂金属电池，其与混合锂金属电池的区别体现在前者用固态电解质替代电解液，而后者仍然要使用液态电解液。

早在2020年年底，Quantum Scape就宣布了首个在商业上可行的固态锂金属电池解决方案。其宣称可将电动汽车的续航里程增加多达80%，并且支持在15分钟内将电量从0充到80%。

2021年11月2日，Quantum Scape公司就其固态锂金属电池的性能，发布了一份独立第三方实验室Mobile Power Solutions的测试报告。

结果显示，它的单层电芯能够满足汽车相关条件，在25摄氏度1C(1小时)充放电速率、100%放电深度和3.4个大气压下，可以实现800次以上循环。这些测试结果（涵盖一组三个单层电芯）与其2020年12月最初报告的结果一致。

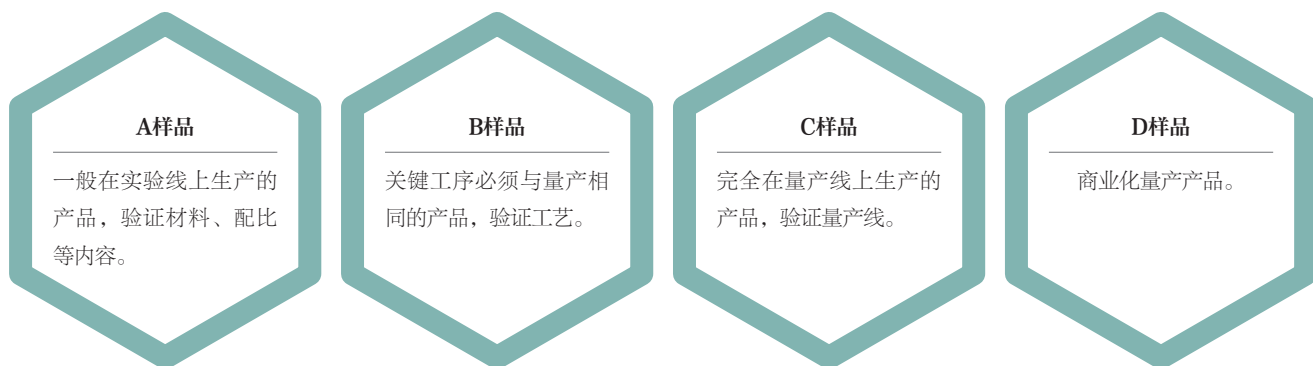
Quantum Scape预测，2022年有望将交付原型推进到数十层的固态电池，并在2024~2025年间进入商业生产。

此外，美国另外一家创业公司Solid Power提出的金属锂电池ASSB正好有22层，有望在2022年初进入正式的汽车资格认证程序，也就是所谓的A样品阶段，预计可行的汽车固态金属锂电池要在2026年才能准备好。

面临三大挑战

目前从全球来看，锂金属电池仍然处于早期阶段。其量产主要存在三

锂电池产品开发进度之ABCD



>> 资料来源：根据公开信息整理

大挑战。

首先是生产层面的产业链受限。胡启朝公开表示，虽然锂金属电池与锂离子电池有超过60%的重合度，但在负极材料研发方面，目前全球极少有企业能够批量生产超薄、超宽的锂金属材料。

其次是加工工艺不给力。先进的加工方法为开发和改良新材料创造了机会，但尚有诸多与材料和界面有关的挑战仍未解决。根据美国橡树岭国家实验室的研究，固态金属锂电池的一个处理科学空白是确定是否存在一种增强薄固体电解质和厚正极，而不妨碍运输的机制。这种材料特性，需要产业界有新的工艺以有效地处理薄的非晶态材料，众所周知的方法，例如沉淀硬化、相变增

韧和回火，可以增强结构陶瓷和暴力材料，但是对于固体电解质，尚未见报道类似的机理，目前产业界还没有找到成功的方法。

最后是整个研究范式存在局限。中国科学院青岛生物能源与过程研究所材料科学与工程研究领域的专业期刊《今日材料》发文称，仅仅通过依靠电化学表征来验证锂金属电极的循环性能具有一定的局限性，提议使用更广泛、全面的基础研究测试方法以增强人们对锂金属电极工作原理的理解。

该文章还特别强调，只是通过抑制枝晶状形貌锂的产生并不能推动锂金属电池从实验室走向市场应用，当前的主要研究内容应放在电化学循环

过程中产生的沉积锂的化学、电化学本质及其产生机制。

对于国内产业界而言，一个值得关注消息是，金羽新能于日前完成了Pre-A轮融资，融资金额达到数千万元级别。本轮融资由北京大学的首支成果转化基金，以及能源行业的产业资本联合投资。

目前金羽新能开发的锂金属电池已在军用、测绘、市政储能、智能手表、脑机接口、TWS蓝牙耳机等领域开展试用。这些场景对电池的安全性和能量密度要求较高，个性化程度也较强。黄杜斌认为，生产企业需要根据客户需求和已有的技术做定制化产品，对设计能力和长期技术积累要求很高。■