

# 硫化物未来潜力最大，开启电池发展新纪元

## --固态电池深度系列二

电新首席证券分析师：曾朵红  
执业证书编号：S0600516080001  
联系邮箱：zengdh@dwzq.com.cn

电动车首席证券分析师：阮巧燕  
执业证书编号：S0600517120002  
联系邮箱：ruanqy@dwzq.com.cn

联系电话：021-60199793  
2024年12月1日

- ◆ **国内24年开始加大支持力度，全固态电池产业化节奏加快。**国内液态电池技术大幅领先于海外，海外加码全固态电池希望弯道超车，频繁宣传后续量产计划，引发国内危机意识，24年政府加大相关研发和支持力度，国内全固态电池产业化节奏加快。产业端看，全固态电池的材料体系基本定型，主流路线为高镍+锂磷硫氟+锂金属体系，安全性大幅提升，能量密度400-500wh/kg，但由于工艺、设备并不成熟，目前电芯尺寸较小（不超过20Ah），循环次数不够（600-700次），快充性能有限（低于2C），成本较为昂贵（4-5元/wh），制约全固态电池商业化进程。节奏方面，半固态电池技术先行，23-24年开启小批量装车发布，全固态电池预计27年开启小批量量产，主要以示范运营为主，规模在0.5GWh左右，目标成本降至2元/wh，随着规模效应释放，成本的持续下降，30年规模有望达3-5GWh，35年规模有望突破300GWh。
- ◆ **硫化物路线未来潜力最大，头部电池厂商均重点布局，其中前驱体硫化锂为降本关键。**固态电解质是实现全固态电池性能的关键，其中硫化物发展潜力最大，因为其离子电导率最高，质地软容易加工，成为主流厂商的重点布局路线。硫化物电解质中，锂磷硫氟具备成本优势，成为量产主流选择，目前报价1-4万元/公斤，降本的关键在于前驱体硫化锂，多因素导致其价格昂贵，目前报价在500万元/吨以上，后续随着工艺、设备突破后，成本有望大幅降低。此外，全固态电池的工艺难点在于前道成膜环节，对固态电解质膜的厚度、材料分散的均匀性和负极的平整度的控制要求大幅提升，要求为微米甚至纳米级别，目前生产设备仍不成熟，无法达到量产要求，需要定向开发相关设备和技术，才能保证电池性能的一致性。整体看，全固态电池量产需解决两大问题，持续降低固态电解质的成本，提升生产设备的精度和能力，未来突破后有望开启商业化进程。
- ◆ **投资建议：**产业链看，全固态电池技术壁垒更高，正极厂商横向拓展固态电解质环节，此外干法工艺、导电剂、锂金属、硅碳负极等也迎来机遇，建议关注几条主线：①电池推荐**宁德时代**（凝聚态+硫化物）、**比亚迪**（硫化物）；②电解质推荐**容百科技**（正极+硫化物）、**当升科技**（正极+硫化物）、**湖南裕能**（正极+电解质）、**天赐材料**（硫化物+硫化锂）、**恩捷股份**（硫化物+硫化锂），重点关注**厦钨新能**（正极+硫化锂），关注**三祥新材**（氧化物/卤化物）等；③添加剂推荐**天奈科技**（导电剂）、**元力股份**（硅碳）等；④设备推荐**纳科诺尔**（干法电极）、**曼恩斯特**（陶瓷化+干法电极）、**先导智能**（固态整线）、**璞泰来**（前中段+电解质），关注**赢合科技**（前中段）等。
- ◆ **风险提示：**新技术量产进度不及预期；行业发展不及预期；行业竞争加剧的风险。



- Part1:全固态电池大幅提升安全性，突破后有望替代液态电池
- Part2:海外抢先押注全固态电池，国内加快引导行业发展
- Part3:硫化物未来潜力最大，为主流厂商重点布局路线
- Part4:硫化物路线存在诸多难点，带来材料/工艺/设备全新变化
- Part5:全固态电池取消隔膜/电解液，新增固态电解质/锂金属
- Part6:国内、海外相关公司近况更新
- Part7:投资建议&风险提示

## PART1 全固态电池大幅提升安全性，突破后有望替代液态电池

- ◆ **液态电池**为正极+电解液+隔膜+负极结构，为目前大规模量产形态；
- ◆ **半固态电池**为正极+电解液+隔膜（涂覆固态电解质）+负极结构，和液态电池结构一致，被认为是过渡态技术；
- ◆ **全固态电池**为正极+固态电解质片+负极结构，电池整体为三明治结构，被认为是未来电池终极技术；
- ◆ **液态电池到全固态电池**，核心是将**电解液+隔膜**替换为**固态电解质**。**电解液**相当于汽油，汽油浸润性好，但容易燃烧，安全性不足；**固态电解质**相当于沙子，安全性大幅提升，但是浸润性差。**电解液到固态电解质**，相当于沙子去替换汽油，这是一把双刃剑，必然带来一些优势，但也会引入避免不了的劣势。

图 液态/固态电池结构示意图

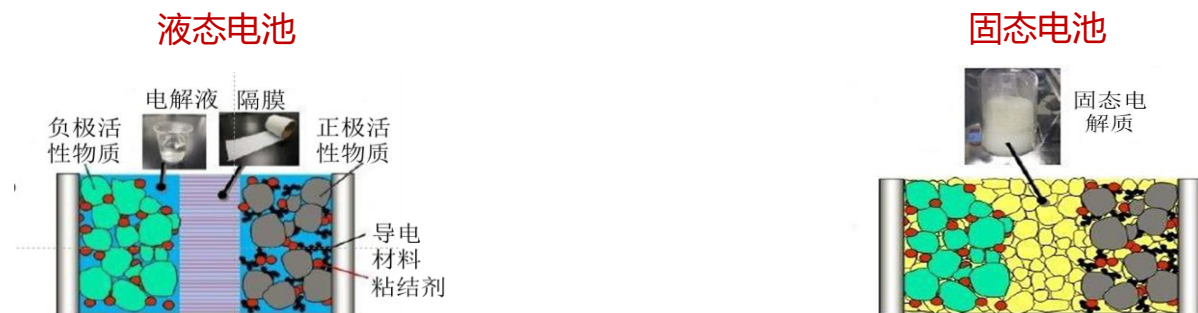


图 液态电池到全固态电池，核心是将电解液+隔膜替换为固态电解质

电解液 >> 汽油



固态电解质 >> 沙子



- ◆ **传统液态电池**中，电解液相当于汽油，汽油浸润性好，对应**循环次数高**，**快充性能好**，但容易燃烧，对应的是**安全性不足**，**能量密度有限**；
- ◆ **固态电池**中，固态电解质相当于沙子，大幅提升**安全性**，打破**能量密度瓶颈**，但是浸润性差，有固-固界面问题，对应的是**循环次数低**，**快充性能差**。
- ◆ **液态电池到全固态电池**，会提升安全性、提升能量密度，但是**降低循环次数和快充性能**，**电池终极技术或为一把双刃剑**。

图 全固态电池不惧破损，剪开后还可使用（安全性相关）

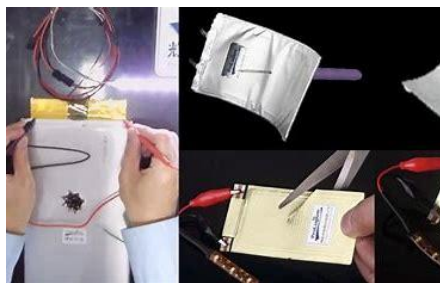


图 固-固接触 VS 固-液接触（循环、快充相关）

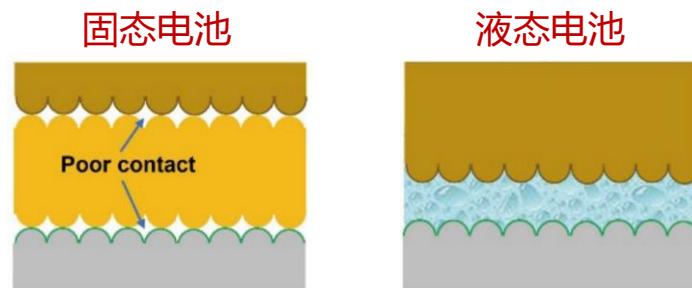


图 全固态电池打开能量密度上限（能量密度相关）

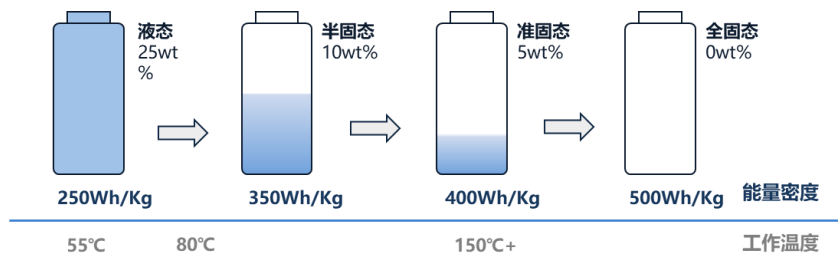
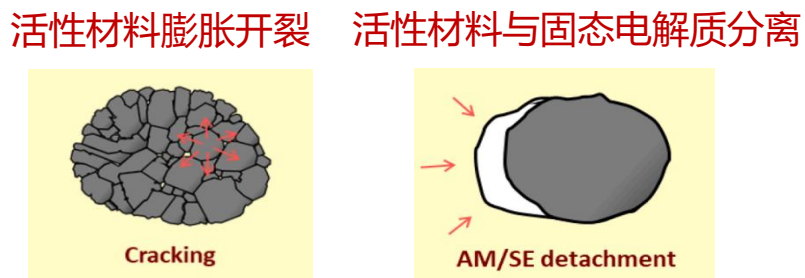


图 电极材料膨胀造成应力堆积（循环相关）



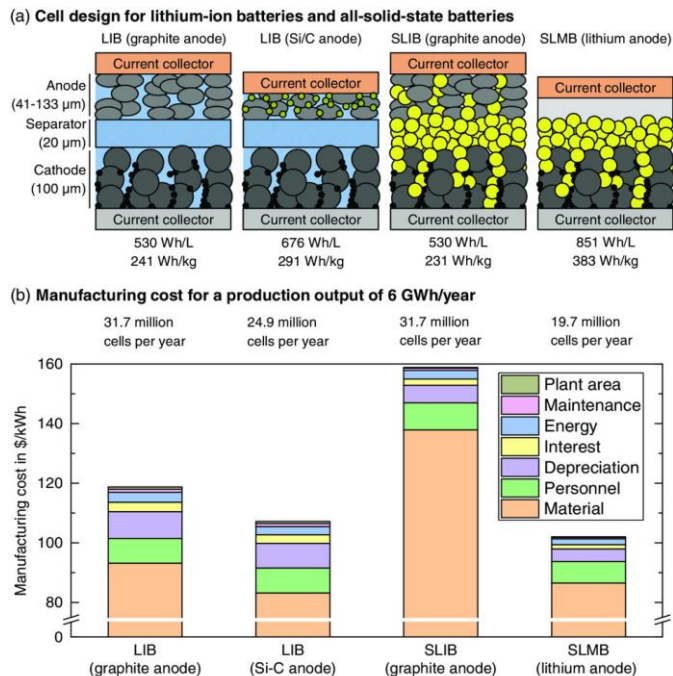


- ◆ 固态电池虽然具备安全性、高能量密度的终极标签，但是由于固-固界面的引入，离子电导率低、界面稳定性差，带来循环、快充等问题，制约其商业化进程。
- ◆ **循环寿命差**：液态电池可达1.5万次，固态电池仅为几百次；
- ◆ **快充性能差**：液态电池已达4-6C，固态电池部分可达2-3C，但大部分基本在0.5C以下；
- ◆ **加工性能差**：固体无流动性，类比沙子，加工难度大；
- ◆ **成本高昂**：液态电池成本0.2-0.3元/Wh，固态电池成本4-5元/Wh，为液态电池的十倍以上。

表 固/液电解质电导率对比

电解质	电导率
聚合物固态电解质	常温 $10^{-5}$ S/cm, 高温 $10^{-4}$ S/cm
氧化物固态电解质	$10^{-4}$ S/cm
硫化物固态电解质	$10^{-3}$ S/cm
液态电解质	$10^{-1}$ S/cm

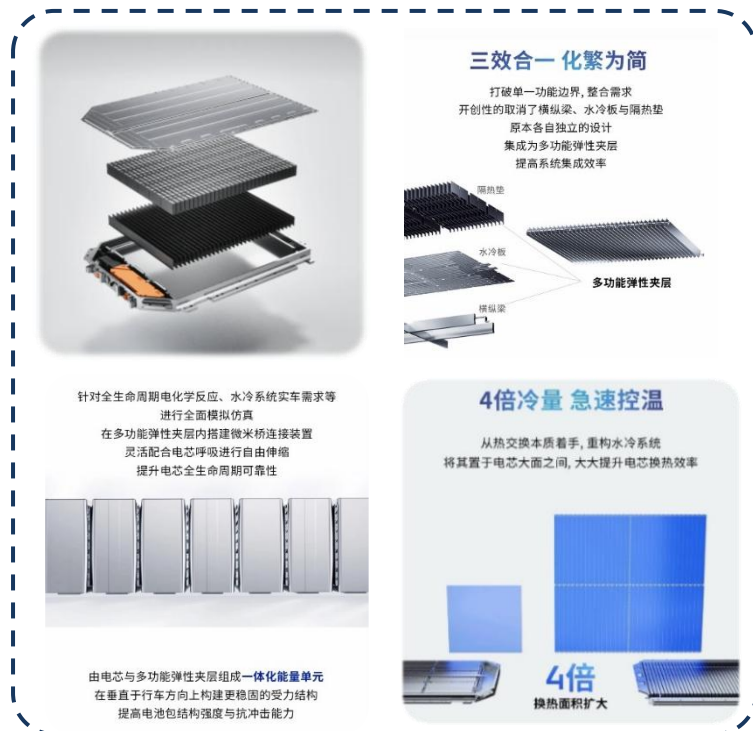
图 全固态电池成本显著高于现有液态电池



- ◆ 固态电池的短板是电解液换为固态电解质的必然结果，目前液态电池的综合性能较好，成本处于较低水平，而固态电池想要大规模的替换掉液态电池，短板性能需要达到电车要求，而此时液态电池性能必然过剩。
- ◆ **固态电池**（性能均衡时候）：安全性好，能量密度高，具备核心优势，但循环+快充性能也需满足**电车需求**，性能较为均衡，快充性能4C以上，循环3000次以上，续航1000km以上。
- ◆ **液态电池**（必然性能过剩）：固态电池满足以上条件时，液态电池快充性能或达6-8C以上，循环或达2万次以上，性能必然过剩，此时引入固态电解质，才能将短板性能达到电车要求，进而成为电池终极路线，我们预计时间点至少在2030年以后。

图 极氪001/小米su7性能均衡，4C快充+1000km续航

图：麒麟电池为目前电池最优解





## PART2 海外抢先押注全固态电池，国内加快引导行业发展

◆ **海外整体布局领先，大额补贴抢先押注全固态电池技术。**日本押注硫化物路线，研发布局最早，技术和专利全球领先，打造车企和电池厂共同研发体系，政府资金扶持力度超2千亿日元（94亿元RMB），力争30年实现全固态电池商业化，能量密度目标500Wh/kg。**韩国**选择氧化物和硫化物路线并行，政府提供税收抵免支持固态电池研发，叠加动力电池巨头联合推进，目标于25-28年开发出能量密度400Wh/kg的商用技术，30年完成装车。**欧洲**以聚合物路线为主，同时布局硫化物路线，其中德国研发布局投入最大。**美国**全路线布局，由能源部出资，初创公司主导研发，并与众多车企达成合作，目标在30年达到能量密度500Wh/kg。

**表 海外国家固态电池政策梳理**

国家	时间	规划内容
日本	2007年	NEDO启动“下一代汽车用高性能蓄电系统技术开发”项目，2030年能量密度目标500Wh/kg，1000W/kg，1万日元/kWh，远期目标700Wh/kg，1000W/kg，5千日元/kWh。
	2010年4月	在日本经济产业省、新能源与产业技术开发机构（NEDO）和产业技术综合研究所（AIST）的支持下，成立LIBTEC研究中心，负责“下一代电池材料评估技术开发”项目，成员包括丰田、本田、日产、马自达、松下等35家企业。
	2018年6月	NEDO宣布 <b>在未来5年内投资100亿日元</b> ，由丰田、本田、日产、松下等23家企业，以及日本理化学研究所等15家学术机构联合研发全固态锂电池，到 <b>2022年全面掌握相关技术</b> 。
	2021年	NEDO部署“电动汽车创新电池开发”项目(2021-2025年)，计划投入 <b>166亿日元</b> ，开发超越锂电池的新型电池（包括氟化物电池、锌负极电池），增强电池和汽车行业的竞争力。
	2022年5月	NEDO宣布投入 <b>1510亿日元</b> ，用于资助包括高性能电池及材料研发主题和10个固态电池课题等18个课题，并着重开发 <b>700-800Wh/L</b> 大容量电池。
韩国	2022年9月	日本经济产业省发布《蓄电产业战略》，目标在 <b>2030年实现全固态电池的正式商业化应用</b> ，确保卤代电池、锌负极电池等新型电池的技术优势，并完善全固态电池量产制造体系。
	2018年11月	LG化学、三星SDI、SK创新联合成立下一代 <b>1000亿韩元（9000万美元）</b> 电池基金，用于共同研发固态电池、锂金属电池和锂硫电池等下一代电池技术。
	2021年7月	公布《K-Battery Development Strategy》， <b>政府协助研发</b> 固态电池等新一代电池技术并提供税收优惠，投资设备和投资研发最高可享 <b>20%及50%的税收抵免</b> ，在 <b>2025年推动锂硫电池和2027年全固态电池</b> 的实际商业化应用。具体开发①全固态电池，选择重量轻的硫化物系全固态电池，安全性高的氧化物系全固态电池， <b>2025-2028年具备400Wh/kg</b> 的商用技术， <b>2030年完成装车验证</b> ；②锂金属电池， <b>2025-2028年具备400Wh/kg</b> 的商用技术， <b>2030年完成装车验证</b> 。
欧洲	2017年10月	德国联邦教育和研究部出资 <b>320万欧元</b> ，发起为期三年的 <b>凝胶电解质和锂金属负极固态电池</b> 研究项目，由德国系统与创新研究所（Fraunhofer）承担。
	2018年11月	德国政府投资 <b>10亿欧元</b> 支持固态电池技术研发与生产，并支持建立动力电池研发联盟，聚焦固态电池技术开发，瓦尔塔迈科、巴斯夫、福特德国、大众已加入该联盟。
	2018年12月	公布《电池2030+》，明确 <b>全固态高性能锂离子电池、金属锂空气电池、锂硫电池</b> 迭代路线，目标2030年电池实际性能与理论性能差距缩小至少1/2，耐用性和可靠性至少提升3倍。
	2019年12月	批准欧洲共同利益重大项目（IPCEI），由欧盟七国共同出资 <b>32亿欧元</b> ，同时从私人投资商中筹集 <b>50亿欧元</b> ，用于研发下一代创新、环保锂电池技术（包括电解液、固态电池等）。
	2021年	EUROBAT（欧洲汽车和工业电池制造商协会）发布《2030电池创新路线图》，提出锂电池迭代目标为更高能量密度和更高安全性，明确固态电池技术为研发方向。
美国	2022年5月	德国系统与创新研究所发布《固态电池技术路线图2035+》，由100多名专家共同参与制定，预计 <b>硅基负极+高镍三元+硫化物电解质</b> 固态电池能量密度 <b>25-30年达275Wh/kg</b> ， <b>650Wh/L</b> ， <b>35年达325Wh/kg</b> ， <b>835Wh/L</b> ， <b>锂金属负极+高镍三元正极+硫化物电解质</b> 固态电池 <b>30年能量密度达340Wh/kg</b> ， <b>770Wh/L</b> ， <b>35年达410Wh/kg</b> ， <b>1150Wh/L</b> 。
	2022-23年	额外 <b>600-800万欧元</b> 用于解决固态电解质相关问题，并规划更多支持政策确保欧盟电池产业竞争力。
	2016年7月	发布Battery500计划，由美国西北太平洋国家实验室领衔，联合大学和产业界共同攻关，参与者包括斯坦福大学、IBM、特斯拉等。计划 <b>5年投资5000万美元</b> ，目标电芯能量密度 <b>500Wh/kg</b> 、循环寿命 <b>1000次</b> ， <b>pack成本150美元/KWh</b> ，最后过渡至锂金属电池或锂硫电池。
	2019年8月	能源部宣布资助通用汽车 <b>910万美元</b> ，其中 <b>200万美元</b> 明确用于固态电池界面问题及硫化物系全固态电池的研究。
	2021年1月	能源部宣布资助 <b>800万美元</b> 用于聚合物电解质制造工艺研究项目，目标 <b>聚合物电解质成本降低15%</b> ，获超大容量车用固态电池第三方生产资质。
美国	2021年6月	国防部先进计划研究局宣布启动MINT计划支持固态电池研发，包括开展固-固界面电荷转移相关研究。
	2021年6月	能源部、国防部、商务部、国务院共建的联邦先进电池联盟（FCAB）发布《锂电池2021-2030年国家蓝图》，目标 <b>2025年电芯成本60美元/KWh</b> ， <b>2030年能量密度500Wh/kg</b> ， <b>pack成本进一步降低50%</b> ，实现无钴无镍的固态电池、锂金属电池规模量产。
	2021年10月	能源部宣布资助 <b>2.09亿美元</b> 支持固态电池及快充等先进动力电池的技术研究。
	2023年1月	能源部宣布向多个大学、企业资助 <b>4200万美元</b> 用于包括固态电池的新一代电池技术研究。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/296112051105011004>