

新质生产力系列 | 固态电池产业链持续突破

专题报告

中证鹏元资信评估股份有限
公司
研究发展部
翁欣
wengx@cspengyuan.com



主要内容：

固态电池作为一种前沿的储能技术，以其高能量密度、卓越的安全性、长使用寿命等优势，正引领着新能源产业的深刻变革。传统液态锂离子电池在面对新能源汽车、储能系统、电动航空及智能终端等多元领域对高性能电池的需求时，暴露出局限性，而固态电池凭借高比能与卓越的安全性能，被视为替代液态电池的潜在颠覆性技术。固态电池产业链涵盖上游矿产原材料供应商、中游制造企业及下游应用领域。其核心技术在于使用固态电解质替代传统电解液与隔膜。依据电解质的不同，锂电池可分为液态锂离子电池、混合固液电池和全固态电池。全固态电池采用固态电解质，省去隔膜，匹配大容量正负极材料，实现更高能量密度，并具备耐高温、不可燃、无泄漏等特性，在安全性方面表现出色。

政策的积极推动为固态电池产业注入强大动力。2020年国务院通过的相关规划，2023年工信部等六部门的指导意见，以及2024年国家自然科学基金委员会的项目指南，均体现了对固态电池研发与产业化的高度重视。2025年CIBF会议进一步明确了固态电池量产时间表提前至2026年，预计2026年示范装车，2027年小批量生产。

市场需求方面，新能源汽车、低空经济和机器人产业快速发展，为固态电池提供了广阔的应用空间。全固态电池在新能源汽车领域有望于2026年示范装车，2027年小批量生产；低空经济中eVTOL飞行器对高能量密度电池的需求迫切；机器人领域则看重固态电池的高安全性。

技术路线呈现多元化协同发展态势。硫化物、卤化物、氧化物和聚合物等多种电解质技术路线并存，硫化物电解质因其成本下降和工艺突破成为主流。同时，硅碳负极和锂金属负极技术不断成熟，干法电极设备、等

静压设备等新增设备需求的增长，进一步推动了固态电池制造工艺的升级。

固态电池产业链在政策、市场和技术的多重驱动下，正加速从实验室走向规模化生产。这不仅为新能源汽车、储能系统等领域提供了更优的电池解决方案，也为相关产业的快速发展注入了新动力，有望推动全球能源转型和可持续发展。

一、固态电池具备高能量密度及高安全性

固态电池在安全性、能量密度、使用寿命以及制造工艺等方面的优势，使其成为未来储能技术发展的关键方向。随着技术的不断进步和成熟，固态电池有望在新能源汽车、储能系统等领域得到广泛应用，推动相关产业的快速发展

我国当前以液态锂离子电池为基石，成功构建了全球领先的新能源汽车产业体系。然而，传统锂离子电池采用易燃的液态电解质，在面对电动汽车、储能系统、电动航空以及智能终端等多元领域对高能量密度、高安全性、长寿命且低成本锂电池的迫切需求时，存在一定的局限性。在此背景下，固态电池凭借其高比能、卓越的安全性能以及长久的使用寿命，被全球业界公认为是替代现有锂离子电池的潜在颠覆性技术之一，有望推动新能源产业的进一步升级与变革。

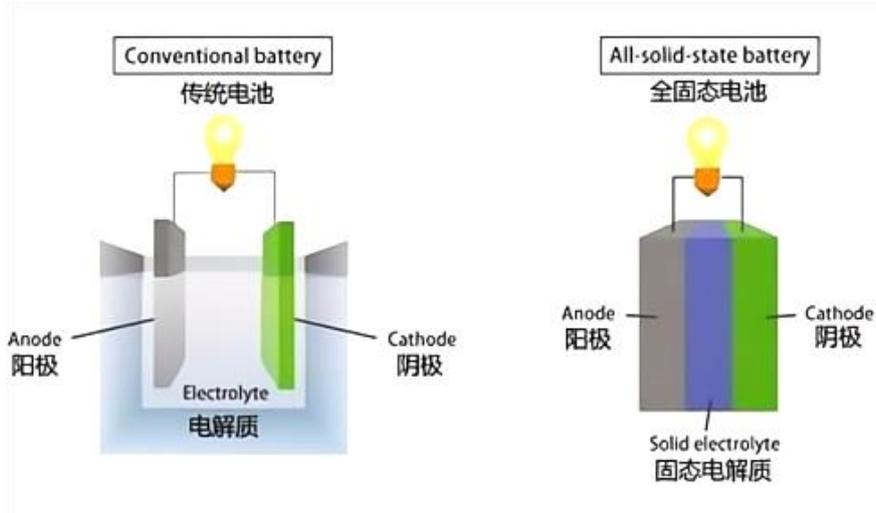
从技术构成角度来看，正极、负极、隔膜和电解液这四大关键材料共同决定了锂离子电池的性能表现。在液态电池向全固态电池转变的过程中，其核心技术要点在于使用固态电解质来替代传统的电解液与隔膜。依据电解质的不同，锂电池主要可以被划分为以下三类：**液态锂离子电池、混合固液电池（包含半固态或准固态电池）以及全固态电池**。液态电池的主要构成材料为正负极、隔膜以及电解液。半固态锂电池作为固液混合电解质电池，是液态电池向全固态电池过渡的重要形态，能够在一定程度上兼容现有的液态电池生产线。而全固态电池的电解质则完全采用全固体材料，省去了隔膜的使用。其固态电解质能够与容量更大的正负极材料相匹配，从而实现更高的电池能量密度。此外，固态电池在安全性方面表现突出，具备较强的抵抗热失控和外部穿刺等机械挤压的能力。在锂电池的分类体系中，混合固液电池通过部分采用固态电解质来降低对液态电解液的依赖；而全固态电池则彻底摒弃了液态成分，全面采用固态电解质。这一转变使得全固态电池在安全性、能量密度以及循环寿命等关键性能指标上，相较于传统液态电池，实现了质的飞跃。

固态电池凭借其卓越的安全性能和高能量密度，已成为储能技术领域的研究热点。传统锂离子电池使用有机电解液，在过度充电或内部短路等异常情况下，电解液发热可能导致自燃甚至爆炸。全固态锂电池通过采用固体电解质替代有机液体电解液，有效规避了这一安全风险。此外，全固态锂电池在提升能量密度和延长使用寿命方面展现出巨大潜力，能够满足未来大容量新型化学储能技术的发展需求。

无机全固态锂电池由于各组成部分均采用无机粉体材料并通过集成技术形成全电池，还具备以下显著特点和优势：**（1）宽电化学窗口：**全固态锂电池具有较宽的电化学窗口，显著扩展了电池材料的选择范围，为高性能电池的研发提供了更多可能性。**（2）简化制造工艺：**由于不使用液体，全固态锂电池可简化外壳设计与电池组装工艺，从而降低生产成本并提高制造效率。**（3）高电压设计灵活性：**通过层叠多个电极在电池单元内形成串联结构，可制造出 12V 及 24V 的大放电电压电池单元，适应不同应用场景的需求。固态

电池在安全性、能量密度、使用寿命以及制造工艺等方面的优势，使其成为未来储能技术发展的关键方向。随着技术的不断进步和成熟，固态电池有望在新能源汽车、储能系统等领域得到广泛应用，推动相关产业的快速发展。

图 1 液态电池和固态电池结构对比



资料来源：ACS Energy Lett，中证鹏元整理

表 1 液态电池、半固态电池、固态电池对比

	液态电池	半固态电池	全固态电池
正极	三元铁锂	三元高镍 超高镍	三元高镍、富锂锰基、硫/空气
负极	石墨为主 可以掺硅	硅基负极 锂金属负极	锂金属负极
隔膜	湿法隔膜 干法隔膜	湿法+涂覆 孔径更大	-
电解质	液态占比 20-10wt%	液态占比 10-1wt%，LiTFSI 占比提升	固态电解质
能量密度上限	较低(<300Wh/kg)	中等(400Wh/kg)	较高(500Wh/kg)
隔膜	需要	需要	不需要
目前生产成本	较低	中等	较高
电解质化学窗口上限	较窄(<4.3V)	中等	较高(5V)

对锂金属负极兼容性	差	抑制锂结晶力度弱	抑制锂结晶力度强
液体含量	>10%	<10%	0

资料来源：《全固态锂电池技术的研究现状及展望》，能源学人，北极星储能网，中证鹏元整理

二、政策推动全固态电池产业加速，有望 2026-2027 年量产

固态电池量产时间表正在加速推进，2025 年 5 月 CIBF 会议最新技术展会表明，在政策支持力度加大和关键技术持续突破的双重推动下，固态电池量产时间从原先业界普遍预期的 2030 年有望提前至 2026 年；随着新能源汽车、低空经济和机器人三大应用场景的快速发展，固态电池市场需求正在加速释放

政策推动全固态电池产业加速，量产时间表加速推进。2020 年 10 月，国务院通过《新能源汽车产业发展规划（2021 - 2035 年）》，首次将固态电池明确为新能源汽车产业的重点发展方向。2023 年 1 月，工信部等六部门联合制定的《关于推动能源电子产业发展的指导意见》进一步强调要加速固态电池的研发与产业化。2024 年 2 月，国家自然科学基金委员会发布《关于发布超越传统电池体系重大研究计划 2024 年度项目指南的通告》，指出将重点支持高比能、长寿命、高安全的固态电池项目，旨在通过关键材料和技术的创新推动技术突破。2025 年 5 月 CIBF 会议最新技术展会，众多专家学者、研究机构及企业代表共同聚焦材料科学、新工艺与新装备的进展，普遍认为固态电池有望在 2026-2027 年实现量产。

2026 年 4 月 15 日，由工业和信息化部组织制定的强制性国家标准《电动汽车用动力蓄电池安全要求》（GB38031 - 2025）发布，并将于 2027 年 7 月 1 日起正式实施。新国标重点关注热扩散、底部撞击和快充循环安全性三大领域，凸显了对电池设计与材料的严苛要求。固态电池凭借其固态电解质的优势，在安全性方面展现出明显优越性。相较于传统液态电池，固态电池具有耐高温、不可燃、无泄漏等特性，使其在高端电动汽车领域具有更广阔的应用前景。新国标的实施将有力推动固态电池从实验室走向量产，尤其是在汽车制造商对安全性日益重视的背景下，预计将显著加速全固态电池的商业化进程。

表 2 中国固态电池相关政策汇总

发布时间	政策名称	主要内容
2025 年 4 月	《电动汽车用动力蓄电池安全要求》（GB38031 - 2025）	新国标重点关注热扩散、底部撞击和快充循环安全性三大领域
2024 年 2 月	《锂电池行业规范条件(2024 年本)》	增加固态单体电池产品性能要求：单体电池能量密度≥300 Wh/kg, 电池组能量密度≥260Wh/kg。循环寿命≥1000 次，容量保持率≥80%

2023年12月	《关于加强新能源汽车与电网融合互动的实施意见》	加大动力电池关键技术攻关，在不明显增加成本基础上将动力电池循环寿命提升至3000次及以上，攻克高频度双向充放电工况下的电池安全防护技术
2023年1月	《关于推动能源电子产业发展的指导意见》	加强新型储能电池产业化技术攻关，推进先进储能技术及产品规模化应用，加快研发固态电池、钠离子电池、氢储能/燃料电池等新型电池
2022年6月	《科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2022-2030)》	研发压缩空气储能、飞轮储能、液态和固态锂离子电池储能，钠离子电池储能、液流电池储能等高效储能技术；研发梯级电站大型储能等新型储能应用技术以及相关储能安全技术
2022年1月	《“十四五”新型储能发展实施方案》	开展钠离子电池、新型锂离子电池、铅炭电池、液流电池、压缩空气、氢(氨)储能、热(冷)储能等关键核心技术、装备和集成优化设计研究，集中攻关超导、超级电容等储能技术，研发储备液态金属电池、固态锂离子电池、金属空气电池等新一代高能量密度储能技术
2021年10月	《2030年前碳达峰行动方案》	聚焦化石能源绿色智能开发和清洁低碳利用、可再生能源大规模利用、新型电力系统、节能、氢能、储能、动力电池、二氧化碳捕获利用与封存等重点，深化应用基础研究
2020年10月	《新能源汽车产业发展规划(2021-2035年)》	开展正负极材料、电解液、隔膜、膜电极等关键核心技术研究，加强高强度、轻量化、高安全、低成本、长寿命的动力电池和燃料电池系统短板技术攻关，加快固态动力电池技术研发及产业化

资料来源：《固态锂电池技术发展白皮书》，中证鹏元整理

新能源汽车、低空经济和机器人三大新兴产业的快速发展，正在加速释放固态电池的市场需求。具体表现为：在新能源汽车领域，全固态电池预计将于2026年实现示范装车，2027年进入小批量生产阶段；在低空经济领域，eVTOL飞行器对电池能量密度(≥400Wh/kg)的严苛要求，使高能量密度的固态电池成为理想选择；在机器人领域，固态电池的高安全性特征尤其适合特种机器人在复杂环境下的应用需求

在新能源汽车领域，全固态电池预计将于2026年实现示范装车，2027年进入小批量生产阶段。国内龙头企业如宁德时代、比亚迪等纷纷公布了其在全固态电池领域的研发进展和规划，日韩企业也披露了相关研发动态。全固态电池将在2027年前后开启示范性装车应用，并在2030年后进入全面商业化应用阶段。2026年至2028年预计将成为国内车企固态电池集中量产的关键时期。具体来看，2026年，广汽昊铂与东风汽车将率先实现全固态电池的量产装车；2027年，长安新能源汽车将逐步扩大全固态电池的生产规模；

至 2028 年，东风汽车计划实现全固态电池车型的量产上市。这一系列举措将为固态电池产业的持续发展提供强大支撑。

低空经济为固态电池开辟了新赛道。据中国民用航空局预测，2025 年中国低空经济市场规模将扩张至约 1.5 万亿元，其中 eVTOL 飞行器对电池能量密度 ($\geq 400\text{Wh/kg}$) 的严格要求使固态电池成为理想选择。宁德时代的航空专用固态电池能量密度已达 500Wh/kg ，较 2023 年提升了 40% 的续航里程。欣旺达的“欣·云霄 2.0”航空动力电池已进入客户验证阶段；亿纬锂能展示了支持高倍率、宽温工作的飞行器电池系列；鹏辉能源的 Sky 系列无人机电池，能量密度为 400Wh/kg ，续航提升了 35%；中创新航适配 eVTOL 的高功率电池，能量密度超过 300Wh/kg ，并支持 8C 持续放电；亿航智能与欣界能源联合推出的“猎鹰”锂金属固态电池，能量密度达到 480Wh/kg ，循环寿命超过 1000 次。2025 年 5 月 15 日，CIBF 电池展会发布的《低空飞行器电池标准化白皮书》明确要求 eVTOL 电池能量密度需达到 $\geq 400\text{Wh/kg}$ 。

同时，在人形机器人领域，固态电池凭借高能量密度、长续航和安全性能优势，已成为最优动力解决方案。固态电池能量密度可达 500Wh/kg ，远高于传统液态锂电池的 160Wh/kg ，可使机器人连续工作 24 小时以上，续航能力远超传统电池，能显著延长人形机器人的工作时间。固态电池在电池体积和重量上更具优势，可灵活设计以适应机器人内部空间布局。同时，固态电池的安全性更高，其不易燃的固态电解质在极端环境下更稳定，适合特种机器人应对复杂环境，降低了火灾或爆炸风险。例如，广汽集团的第三代智能人形机器人 GoMate 采用全固态电池，续航能力达 6 小时，相比同类产品节能 80% 以上。

表 3 国内外车企固态电池布局

国内企业	全固态电池量产/布局计划	能量密度	合作企业
蔚来汽车	2024 年 4 月，蔚来发布 150kWh 半固态电池包，应用于 2024 款 ET7 等多款车型，采用硅碳复合负极和超高镍正极材料，实测续航突破 1000km	360Wh/kg	
上汽	2024 年 11 月，上汽集团计划 2026 年量产新一代固态电池，能量密度超 400Wh/kg ，体积能量密度超 820Wh/L 。2025 年 4 月，上汽表示新一代固态电池将率先在 2025 年底全新 MG4 上量产应用，并于 2027 年推出“光启电池”	400Wh/kg	
东风汽车	2025 年 4 月，东风汽车宣布自研全固态电池将在 2026 年 8 月于奕派、纳米等车型装车测试，能量密度达 350Wh/kg ，续航超 1000 公里，循环寿命达 1000 周，低温性能优异	350Wh/kg	

长安汽车	2023年11月，长安汽车发布电池规划，半固态/固态电池计划 2027年前量产，2030年全面普及，届时将推出多款自研电芯，总产能超150GWh。2024年4月，长安称其半固态电池拟于2026年底上市	350- 500Wh/kg	
江淮汽车	2024年4月22日，江淮钇为与卫蓝新能源签署战略合作协议，合作开发4695大圆柱半固态电芯，应用于相关车型，计划最早2025年实现批量生产	300Wh/kg	
国外企业	全固态电池量产/布局计划	能量密度	合作企业
丰田	2026年开始逐步实施固态电池量产计划，2030年实现量产	600Wh/kg	松下、出光兴产
本田	2025到2029年之间实现量产固态电池	500Wh/kg	SES AI
日产	2025年全固态电池试装；2028年全固态装车量产	500Wh/kg	
现代	2025年尝试生产搭载固态电池的电动汽车，2027年部分量产，2030年左右全面量产	450Wh/kg	SES AI、LG 新能源、SK OnFactorial Energy
大众	2025年建立固态电池量产线，预计2027年实现量产	380- 500Wh/kg	Quantum Scape
宝马	2025年全固态电池试装 2030年前全固态电池量产,预计将在2030年前实现量产	390Wh/kg	Solid Power
奔驰	2026年之前推出配备固态电池技术的示范车队	450Wh/kg	Factorial Energy、辉能科技

资料来源：《固态锂电池技术发展白皮书》、优视汽车，中证鹏元整理

图 2 亿航智能 eVTOL EH216-S 搭载欣界能源固态电池（能量密度 480Wh/kg）



EH216-S

资料来源：亿航智能，中证鹏元整理

图 3 广汽第三代人形机器人搭载固态电池续航达到 6 小时



资料来源：中国证券报，中证鹏元整理

从全球竞争格局来看，固态电池技术正在重构国际能源市场版图，全固态电池有望在 2028 年迈入 GWh 级应用阶段

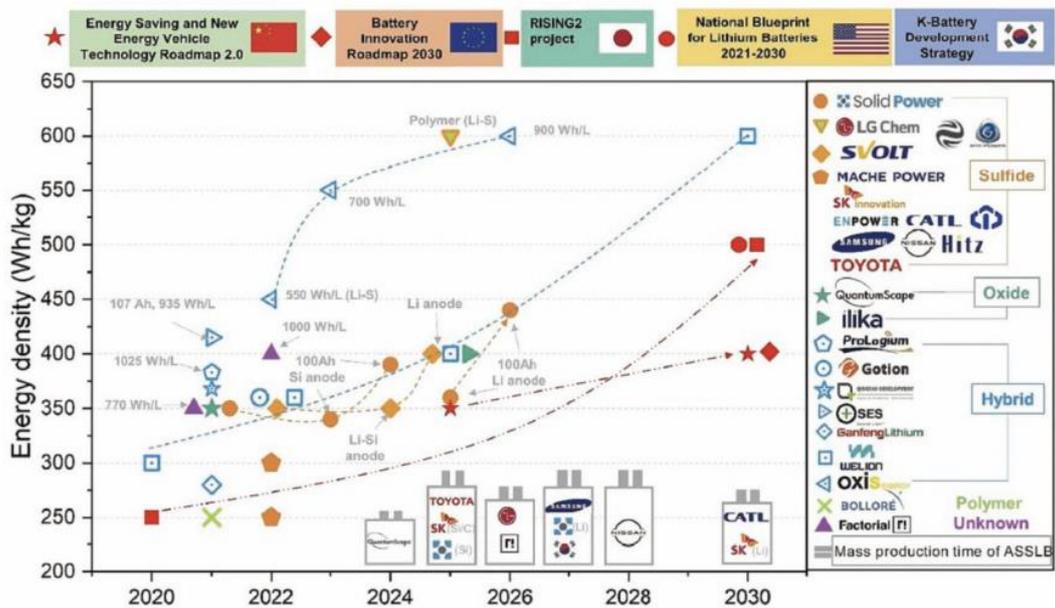
日本凭借早期研发积累和政府超 2000 亿日元的资金支持，在专利申请量上保持领先；中国自 2016 年起年专利申请量跃居世界首位，2024 年投入约 60 亿元支持宁德时代等六家企业开展基础研究。产业进程方面，全固态电池产业化进程正加速推进，预计 2028 年迈入 GWh 级应用阶段。当前固态电池已建成产能超过 15GWh，规划产能突破 400GWh；固态电解质投产产能超 1GWh，规划产能逾 10GWh²⁸。2024 年半固态电池出货量已达 10GWh 级别，为全固态电池商业化奠定基础²⁸。技术突破方面，硫化物电解质路线主导产业化进程（如宁德时代能量密度达 500Wh/kg 的硫化物全固态电池完成原型开发），材料体系优化与制造工艺改进成为关键驱动力。整体来看，产业正按照“2026 示范装车-2027 小批量生产-2028 规模应用-2030 全面商业化”的路径稳步推进，标志着下一代电池技术革命已进入实质性落地阶段。

图4 中国固态电池未来规模预测



资料来源：亿欧智库，中证鹏元整理

图5 中美日韩德等对固态电池未来规划



资料来源：ACS Energy Lett，中证鹏元整理

三、固态电池多元技术路线协同发展

在液态向固态电池转型过程中，电解质材料革新成为核心驱动力，同时带动正负极、导电剂及设备工艺全面升级。固态电池产业正通过材料降本（硫化锂价格骤降）、工艺创新（干法电极/无负极技术）、设备升级（单线 5GWh 产能）三大引擎加速商业化。硫化物电解质成本优势巩固其主流地位，而卤化物、硅碳负极、锂金属负极等技术多点突破，驱动全产业链向高能量密度、高安全性进阶

固态电池产业链上游主要涵盖锂、锆、锗、钴、镍、镧等矿产原材料供应商；中游为固态电池制造企业，包括电池厂商、固态电池初创企业和锂电材料厂商，负责固态电池的设计、研发和生产，是主导研发、推动产业化发展的核心力量；下游应用领域主要包括新能源汽车、储能系统和消费电子设备，对固态电池的高安全性、高能量密度特性有较高需求。在液态电池向固态电池发展的过程中，材料端的固态电解质是最为核心环节。正负极材料向高压高密度方向升级迭代的同时，在正负极中需添加导电剂，以降低电极内阻、提升电子导电性。在制备工艺上，全固态电池引入干法电极、等静压等新技术，因此需新增干法电极设备、等静压设备、高压化成分容设备，并升级叠片设备。

目前固态电池产业发展呈现四大核心变化：

第一，硫化物是目前电解质主流路线，硫化锂的成本与工艺均实现突破。价格从 300 万元/吨降至 200 万元/吨（降幅 33%），显著降低全固态电池材料成本。工艺成熟度提升，多家企业已解决材料工艺难点，如空气稳定性问题。部分企业通过锂锡硫改性或制成水溶液方案提升实用性。当前，硫化物与氧化物/聚合物电解质混合使用成主流趋势，以实现性能互补。

第二，干法电极设备规模化提速，单线产能跃升。龙头设备商纳科诺尔（832522.BJ）下半年将推出单线 5GWh 干法电极设备，较此前百兆瓦级设备效率提升 50 倍。干法电极设备单 GWh 投资额约 3000 万元。其中，前端粉体混料/纤维化设备（宏工科技 301662.SZ 主导）占 1000 万元/GWh；后端成膜/辊压设备（纳科诺尔主导）占 2000 万元/GWh。设备商正向干法电极全工艺链整合。

第三，硅碳负极多技术路线成熟，量产时间表明确。多家企业将于 2025 年下半年实现硅碳负极量产。材料路线多元化，生物质、树脂、石油焦、沥青四大技术路径并行发展，核心指标聚焦孔径孔容一致性。应用场景扩展，高端消费电池（如手机）率先导入硅碳负极，动力电池领域也已开始应用。

第四，锂金属负极技术突破，无负极技术推出。锂金属负极技术取得突破，产业化进程加速。铝箔压薄技术已达 3 纳米级别，显著降低了锂枝晶风险。多家企业提出创新结构设计，有效抑制锂金属负极膨胀。该技术已在对容量和循环寿命要求相对宽松的无人机场景中得到应用。2025 年 5 月，宁德时代推出的无负极技术引起了行业的广泛关注，为负极技术进一步发展提供了新思路。

图 6 中国固态电池产业链及关键材料体系



资料来源:《固态电池关键材料体系发展研究》, 中证鹏元整理

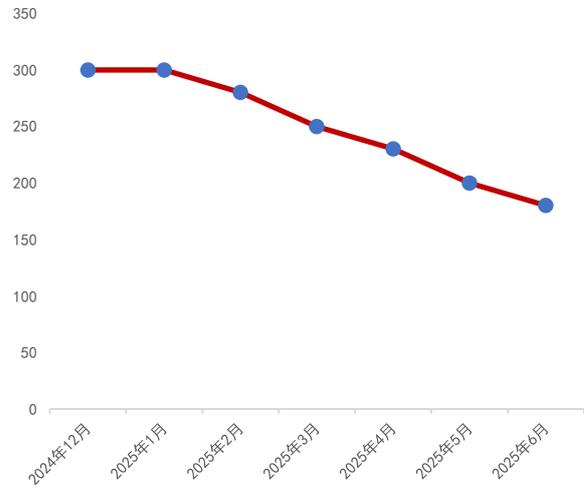
(1) 电解质: 硫化物固态电解质为主流路线, 硫化锂成本突破

固态电池电解质方面, 当前产业仍处于发展初期, 存在多种技术路线并存与探索。根据电解质不同, 技术路线分为聚合物、氧化物、硫化物、卤化物。硫化物布局企业比例约 40%, 氧化物比例约 35%, 超过 60% 的企业布局两种至三种技术路线。硫化物固态电解质的离子电导率最高, 制备工艺突破后可能成为主流路线, 兼具强度和加工性能、界面相容性好, 但对制备环境要求极其苛刻, 与正极材料的界面相容性问题较为突出。硫化锂作为固态电池的核心材料, 价格在短短大半年内从 300 万元/吨大幅下降至 200 万元/吨, 降幅达 33%, 这一显著的成本降低为全固态电池的商业化奠定了基础。企业在工艺路线的选择上呈现出多样化的特点, 部分企业已经基本攻克了材料工艺端的关键难题, 目前正将工作重心逐步转移至与电池厂商的协同合作, 共同致力于解决电池性能优化等后续问题。针对硫化锂材料空气稳定性差这一传统认知, 多家企业已通过采用创新方案 (例如锂锡硫改性或水溶液法) 取得了显著进展, 有效提升了其空气稳定性, 为硫化锂在固态电池中的广泛应用铺平了道路。卤化物综合性能优秀, 近 1 年进展相对较快, 具备高离子电导率、与高压正极良好相容性和优异机械变形性等优点, 能够同时克服氧化物电解质的界面接触差以及硫化物电解质电化学窗口窄等缺陷。氧化物稳定性最好, 但电导率一般, 加工性能较差, 目前发展进度较快, 其热稳定性好、电化学窗口宽、机械强度高, 但电导率一般、脆度高、难以加工、界面接触差。聚合物易于合成和加工, 但常温下电导率低, 电池整体性能提升有限, 制约大规模应用与发展。

图 7 硫化物基全固态锂电池正极界面问题



图 8 2025 年以来硫化锂价格大幅下降



资料来源：《2024 年固态锂电池技术白皮书》，中证鹏元整理

资料来源：东方财富网，中证鹏元整理

表 4 部分上市公司固态电池正极材料进展

公司	技术路线	最新进展
有研新材	硫化物	处于研发有一定突破后的小试阶段，同时配合国内外客户进行验证或小批量供货
恩捷股份	硫化物	专注固态电池材料的研发，开发了硫化锂、硫化物固态电解质、硫化物固态电解质膜产品，尤其是硫化物固态电解质粉体电导率、粒径控制等核心指标已行业领先
厦钨新能	硫化物	开发出新的硫化锂合成工艺
三祥新材	卤化物	2024 年 2 月，公司铅基材料已向清陶能源等企业送样，并达到使用要求
冠盛股份	聚合物	2024 年 5 月，集团固态电池研发平台东驰能源举办了固态电池产品下线仪式，采用聚合物固态电解质

资料来源：各公司公告，中证鹏元整理

（2）正极材料：向高能量密度体系发展

正极材料方面，高能量密度体系是发展方向。锂离子电池的能量密度主要取决于正极材料的能量密度，因此需要开发高能量密度的正极材料适配固态电池。正极材料短期沿用高镍体系，长期将向超高镍、富锂锰基、高压尖晶石等材料迭代。固态电池电化学窗口更宽，可以使用的正极材料更为广泛。近期锰酸锂、镍锰酸锂尖晶石体系进展快，未来有望迎来突破。

表 5 正极材料属性对比

主流固态电池正极材料	理论容量 (mAh/g)	实际容量(mAh/g)	循环性能	成本	电压平台
磷酸铁锂	170	140~150	高	较低	3.4
高镍三元	280	200	中	较高	3.5
富锂锰基	>300	未商业化	较差	较低	4.5

资料来源：电池中国网，中证鹏元整理

(3) 负极材料：石墨负极—硅基负极—金属锂负极

负极材料方面，当前正从石墨负极向硅基负极发展。硅基负极因其理论比容量远高于石墨负极，被认为是新一代负极的优秀材料。金属锂具有极高比容量和极低电极电势，是极具前景的核心负极体系，但其不均匀沉积会导致锂枝晶生长、界面副反应增加并加剧负极体积膨胀，从而降低电池的充放电效率和循环寿命。目前硅碳负极多技术路线成熟，量产时间表明确。多家企业将于 2025 年下半年实现硅碳负极量产。材料路线多元化，生物质、树脂、石油焦、沥青四大技术路径并行发展，核心指标聚焦孔径孔容一致性。应用场景扩展，高端消费电池（如手机）率先导入硅碳负极，动力电池领域也已开始应用。锂金属负极技术取得突破，产业化进程加速。铝箔压薄技术已达 3 纳米级别，显著降低了锂枝晶风险。多家企业提出创新结构设计，有效抑制锂金属负极膨胀。该技术已在对容量和循环寿命要求相对宽松的无人机场景中得到应用。2025 年 5 月，宁德时代推出的无负极技术引起了行业的广泛关注，为负极技术进一步发展提供了新思路。

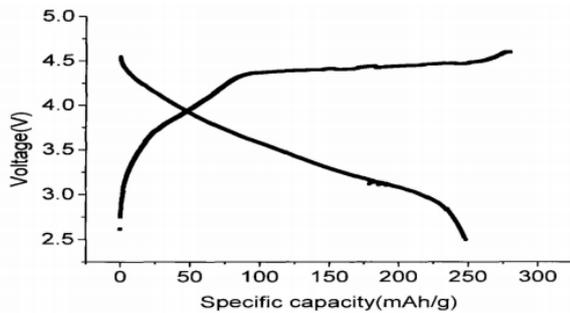
表 6 负极材料属性对比

主流固态电池负极材料	比容量 (mAh/g)	优点	缺点
石墨	372	技术成熟，成本低，高循环稳定性	理论容量较低
硅碳负极	3590	高比容量，原材料丰富，技术进步快	循环过程中体积膨胀问题难以解决，工艺复杂，成本较高
锂金属	3860	高比容量，低电压平台	体积膨胀容易引起电极材料的破裂和损坏；活性高易化学反应，安全隐患大

资料来源：矩大锂电，中证鹏元整理

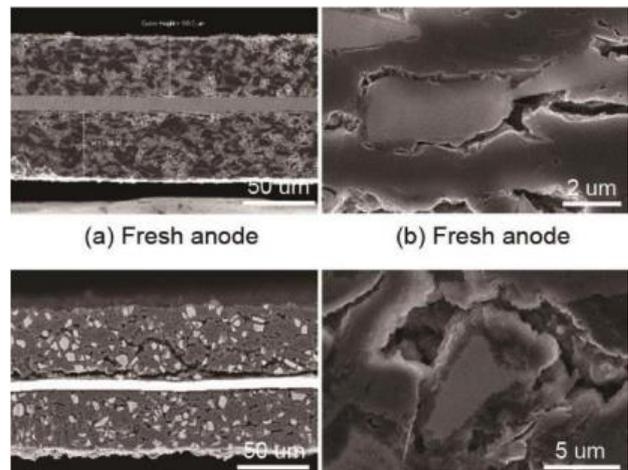
图9 正极材料向无钴靠拢，富锂锰基潜力巨大

富锰基正极材料充放电曲线
(2.5-4.6V充放电, 0.025C, AA电池)
高电压充放电容量高, 大于250mAh/g



资料来源：电池中国网，中证鹏元整理

图10 硅基负极在充放电过程中会发生体积膨胀



资料来源：电池涂覆与粘接，中证鹏元整理

(4) 导电剂：碳纳米管应用较多

导电剂作为一种关键辅材，与正极材料、负极材料混合用于生产电极极片，可以增加活性物质之间的导电接触，提升锂电池中电子在电极中的传输速率。常用的碳系导电剂主要为颗粒状导电剂、纤维状导电剂、片状导电剂。纤维状导电剂主要有碳纤维和碳纳米管两种，其纤维状结构可以保证活性物质间和在横向、纵向方向上导电性的提高。

(4) 固态电池设备：干法设备是增量

在设备方面，固态电池和传统液态电池的生产工艺存在差异，主要在前段极片制造、中段电芯装配、后段化成环节均有不同。前端环节中，正极材料需要和固态电解质形成复合正极，成膜工艺是核心环节，可分干法与湿法。中段环节中，固态电池的电解质的韧性较差，叠片工艺更适合，且需要等静压技术来有效消除电芯内部的空隙。后段环节中，固态电池从化成分容转向高压化成分容。由于固态电池和液态电池工艺不同，设备的需求也有一定差异，固态电池的产业化发展对新增设备带来广阔的市场空间。全固态电池引入了干法电极、等静压等新技术，新增了干法电极设备、等静压设备、高压化成分容设备，升级了叠片设备。先导智能具备全固态电池整线设备解决方案能力，纳科诺尔在干法电极设备具有先发优势，曼恩斯特已完善前端环节的成膜技术布局等。干法电极设备规模化提速，单线产能跃升。龙头设备商纳科诺尔（832522.BJ）下半年将推出单线 5GWh 干法电极设备，较此前百兆瓦级设备效率提升 50 倍。干法电极设备单 GWh 投资额约 3000 万元。其中，前端粉体混料/纤维化设备（宏工科技 301662.SZ 主导）占 1000 万元/GWh；后端成膜/辊压设备（纳科诺尔主导）占 2000 万元/GWh。设备商正向干法电极全工艺链整合。

表 7 部分上市公司固态电池设备进展

企业	固态电池设备	进展
先导智能	电极制备、涂布、成膜设备、切叠设备、化成成分容设备等	是全球领先的全固态电池整线解决方案厂商，已具备车规级全固态动力电池整线解决方案能力，覆盖正负极电极制备、电解质膜制备、锂金属电极制备、固态电池切叠和电芯致密化、组装、化成成分容等工艺整线，已交付固态电池关键前道干法剪切混料设备、成膜复合设备、固态电池切叠设备，已和宁德时代签署战略合作协议
纳科诺尔	干法电极、超高压、等静压设备	开发了可用于固态电池生产的干法电极、锂带压延、电解质成膜、转印等设备，正在进行高压成型、等静压等设备的研发。其中，参股公司清研纳科智能装备科技(深圳)有限公司已经推出干法电极设备四辊、五辊、八辊、十辊等系列产品，支持三元、磷酸铁锂、硅碳等多种材料的极片生产。干法电极成型复合一体机已经获得国内头部客户订单，向客户提供 10 多套干法电极设备
曼恩斯特	涂布机、干法电极设备	已初步完成“湿法+干法”工艺装备的双线布局，初步完成干法前段整线的成膜技术布局，涵盖配料混合、黏结剂原纤化、造粒、成膜、集流体复合等全套前端工艺。2024 年公司国内外多家企业提供了干法电极的测试实验，并在混合设备、双螺杆挤出设备、多辊成膜设备等多款核心产品均有订单贡献
利元亨	干法电极、固态电解质压制转印、高压化成成分容设备	为领先固态电池企业清陶能源陆续提供了化成成分容、激光焊接、激光模分一体机、电芯装配线等设备，主要设备已完成交付。已实现全固态电池量产全线工艺覆盖，形成包含整线解决方案及关键工段设备的综合能力，包括成功开发出干法电极设备、固态电解质压制转印设备、锂铜复合设备等关键设备的样机，并在极片绝缘胶框成形设备、高压化成成分容设备等方面取得了阶段性成果。2024 年 11 月已中标国内头部企业的第一条硫化物固态电池整线项目，覆盖了固态电池生产的前段、中段和后段设备
赢合科技	干法电极设备、涂布机	2024 年公司开发的湿法固态极片涂覆设备已成功发货到国内头部客户现场。在固态电池辊压设备方面，2024 年公司推出了第三代干法搅拌纤维化+干法成膜全固态工艺

资料来源：各公司公告，中证鹏元整理

四、固态电池产业链投资建议

（1）固态电解质及上游材料

卤化物/氧化物路线：三祥新材（锆基电解质前驱体）、上海洗霸（氧化物涂层技术）

聚合物路线：冠盛股份（PEO 基电解质膜）

硫化物路线：有研新材（小试量产）、厦钨新能（高镍正极协同）、恩捷股份（电解质粉体电导率领先）、容百科技（硫化物-氧化物复合电解质）

投资逻辑：硫化物成本下降、卤化物界面兼容性突破成新增长点

（2）负极技术迭代方向

硅碳负极：上海洗霸（生物质衍生硅）、元力股份（树脂包覆技术）、翔丰华（石油焦基负极）、杉杉股份（多孔碳技术）、璞泰来（沥青基负极）

锂金属负极：宁德时代（无负极技术突破）

投资逻辑：2025 年量产孔径一致性提升至 $\pm 5\text{nm}$

（3）导电剂增量市场

碳纳米管：天奈科技（单壁管纯度 99.9%）、道氏技术（导电浆料一体化方案）

投资逻辑：需求驱动，全固态电池电极导电剂添加量提升 50%

（4）电池设备

干法电极设备：纳科诺尔（单线 5GWh 干法电极设备、后端成膜/辊压设备）、曼恩斯特（辊压精度 $\pm 1\mu\text{m}$ ）、华亚智能（全工艺链整合）、宏工科技（前端粉体混料/纤维化设备）

设备技术突破：先导智能（全固态整线解决方案）、利元亨（高压化成分容设备）

投资逻辑：干法设备是增量，单 GWh 投资降至 3000 万元，具备经济性

5. 电池集成与创新

龙头企业：宁德时代（硫化物电池、无负极技术）、国轩高科（硫化物全固态路线）、鹏辉能源（消费电子场景应用）、金龙羽（超薄集流体）、清陶能源（一级市场，氧化物路线）、卫蓝新能源（一级市场，混合电解质方案）

投资逻辑：产业化节点，2026 年示范装车，2027 年规模化量产

6、其他产业链参与者

ATL（消费电池龙头，推动固态电池在高端手机应用）、比亚迪

表 7 固态电池产业链投资标的

公司名称	上市公司代码	2024 年营收 (亿元)	营收增速 (%)	2024 年净利润 (亿元)	净利润增速 (%)	
正极材料	三祥新材	603663.SH	10.54	-2.41	0.76	-4.38
	上海洗霸	603200.SH	5.10	-5.80	0.37	-7.65
	冠盛股份	605088.SH	40.20	26.41	2.92	2.70

	有研新材	600206.SH	91.46	-15.49	-0.33	-115.20
	厦钨新能	688778.SH	132.97	-23.19	4.88	-7.78
	恩捷股份	002812.SZ	101.64	-15.60	-6.60	-124.90
负极材料	元力股份	300174.SZ	18.83	-6.57	2.87	3.75
	翔丰华	300890.SZ	13.88	-17.67	0.49	-39.32
	杉杉股份	600884.SH	186.80	-2.05	-3.20	-141.80
	璞泰来	603659.SH	134.48	-12.33	13.84	-35.22
	宁德时代	300750.SZ	3620.13	-9.70	540.07	15.50
导电剂	天奈科技	688116.SH	14.48	3.13	2.49	-16.87
	道氏技术	300409.SZ	77.52	6.25	1.92	789.82
电池设备	纳科诺尔	832522.BJ	10.54	11.42	1.62	30.69
	曼恩斯特	301325.SZ	16.99	113.70	0.23	-93.21
	华亚智能	003043.SZ	6.27	36.07	0.84	-5.12
	宏工科技	301662.SZ	20.90	-34.62	2.08	-34.03
	先导智能	300450.SZ	118.55	-28.71	2.68	-84.86
	利元亨	688499.SH	24.82	-50.30	-10.47	-457.69
电池集成与创 新	国轩高科	002074.SZ	353.92	11.98	11.54	19.09
	鹏辉能源	300438.SZ	79.61	14.83	-3.24	-586.97
	金龙羽	002882.SZ	36.75	-6.53	1.37	-15.94
	比亚迪	002594.SZ	7771.02	29.02	415.88	32.68
	清陶能源	-	-	-	-	-
	卫蓝新能源	-	-	-	-	-

资料来源：Wind，中证鹏元整理

免责声明

本报告由中证鹏元资信评估股份有限公司（以下简称“本公司”）提供，旨在派发给本公司客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于我们认为可靠的公开信息和资料，但我们对这些信息的准确性和完整性均不作任何保证。需要强调的是，报告中观点仅是相关研究人员根据相关公开资料作出的分析和判断，并不代表公司观点。本公司可随时更改报告中的内容、意见和预测，且并不承诺提供任何有关变更的通知。

本报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券的买卖出价。投资者应根据个人投资目标、财务状况和需求来判断是否使用报告所载之内容和信息，独立做出投资决策并自行承担相应风险。本公司及其雇员不对使用本报告而引致的任何直接或间接损失负任何责任。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面同意，本报告不得以任何方式复印、传送或出版作任何用途。任何机构和个人如引用、刊发本报告，须同时注明出处为中证鹏元研发部，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。合法取得本报告的途径为本公司网站及本公司授权的渠道，非通过以上渠道获得的报告均为非法，本公司不承担任何法律责任。

独立性声明

本报告所采用的数据均来自合规渠道，通过合理分析得出结论，结论不受其他任何第三方的授意、影响，特此声明。

中证鹏元资信评估股份有限公司

深圳 地址：深圳市南山区深湾二路 82 号神州数码国际创新中心东塔 42 楼 邮编：518040
电话：0755-82872897 传真：0755-82872090

北京 地址：北京市朝阳区建国路甲 92 号世茂大厦 C 座 23 层 邮编：100022
电话：010-66216006 传真：010-66212002

上海 地址：上海市浦东新区民生路 1299 号丁香国际商业中心西塔 9 楼 903 室 邮编：200120
总机：021-51035670 传真：021-51035670

湖南 地址：湖南省长沙市雨花区湘府东路 200 号华坤时代 2603 邮编：410000
电话：029-88626679 传真：029-88626679

江苏 地址：南京市建邺区黄山路 2 号绿溢国际广场 B 座 1410 室 邮编：210019
电话：025-87781291 传真：025-87781295

四川 地址：成都市高新区天府大道北段 869 号数字经济大厦 5 层
电话：+852 36158343 传真：+852 35966140

山东 地址：山东省济南市历下区龙奥西路 1 号银丰财富广场 B 座 1302 室
总机：0531-88813809 传真：0531-88813810

陕西 地址：陕西省西安市莲湖区桃园南路 1 号丝路国际金融中心 C 座 803 室
电话：029-88626679 传真：029-88626679

香港 地址：香港中环德辅道中 33 号 21 楼
电话：+852 36158342 传真：+852 35966140