

行业盈利边际修复，固态电池突破加速

——2025 年中期锂电行业投资策略报告

强于大市 (维持)

2025 年 07 月 31 日

2025 年，在以旧换新等消费激励政策驱动下，我国新能源汽车产销量高速增长，叠加全球储能装机增势稳定，锂电产业链需求持续提升，盈利水平显著修复，龙头公司竞争优势增强。展望后市，锂电池产业链整体趋势向好，有望逐步进入周期复苏阶段，建议关注行业业绩修复、固态电池技术突破两大核心主线：（1）行业业绩修复：上半年，行业供需格局主要受需求端驱动，下游需求增势强劲，有力带动产业链回升。下半年，供给端改善有望加速，一方面，国内“反内卷”政策助力，行业竞争格局有望持续优化；另一方面，企业加速海外布局，资本支出回升，中国企业竞争力有望进一步增强，进而推动产业链供需平衡修复。当前行业估值处于近年低位，建议关注锂电行业龙头公司业绩修复带动估值回升的投资机会；（2）固态电池技术突破：固态电池产业化进程持续加速，现已进入“技术验证期”阶段，厂商中试线密集落地，有望持续带动产业链升级。建议关注在电池、电解质材料、正负极及辅材等关键材料环节布局领先且具备技术优势的企业。

投资要点：

需求端：新能源汽车+储能双驱动，锂电需求持续提升。（1）**新能源汽车：**2025 年，在以旧换新等消费政策驱动下，2025 年我国新能源汽车销量持续攀升，上半年呈现“淡季不淡”趋势，渗透率稳步提升，上半年新能源汽车销量同比增长 40.31%，渗透率达到 44.33%。同时，中国新能源汽车出口继续保持增势，出口表现亮眼，同比增长 75.21%。在新能源汽车内销及出口高增长驱动下，上半年动力电池产量同比增长 51.06%，销量同比增长 48.56%，实现高速增长；（2）**储能：**随着全球新型储能装机规模高速增长，储能成为锂电池出货量增长的重要动能之一。2025 年，国内储能行业从政策驱动向市场驱动发展，并网节点提前，而招投标规模保持高增长，凸显下游需求韧性。海外方面，美国加征关税边际回落，出口渠道逐步修复，同时，欧洲库存去化完成，户储和大储能同步回暖，中东地区大储项目完成招标，逐步进入落地阶段，对全球储能装机形成多点支撑，有望带动我国电芯需求提升。

供给端：产业链盈利修复，竞争格局有望优化。2025Q1，在以旧换新政策驱动下，新能源汽车产销量稳定增长，带动锂电产业链业绩边际改善，产业链整体营业收入同比增长 14.82%，归母净利润同比增长 33.81%。资本支出方面，2023 年以来，锂电产业链季度资本支出持续收缩，连续 7 个季度维持同比负增长趋势，2025Q1 同比增速首次转正，产业链扩产阶段性回升，显示行业逐步复苏信号。政策方面，国家政府高度重视“内卷式”竞争整治，政策信号密集，有望推动行业整合出清，实现产业链的价值重构。竞争格局方面，锂电行业集中度提升，中国企业竞争力持续增强。在动力电池及储能电池全球出货量排行中，中国企业均占据领先地位，市占率稳步提升。同时，中国企业海外产能建设持续加速，竞

行业相对沪深 300 指数表现



数据来源：聚源，万联证券研究所

相关研究

逆变器出口：亚洲地区增势稳定，北美市场回升

固态电池设备关键环节，前中段引领突破

逆变器出口：5 月出口整体稳定，亚洲市场保持高增长

分析师：

蔡梓林

执业证书编号：

S0270524040001

电话：

18902216585

邮箱：

caizl@wlzq.com.cn

研究助理：

冯永棋

电话：

18819265007

邮箱：

fengyq1@wlzq.com.cn

争力有望进一步增强。

新技术：固态电池技术突破，多环节有望受益。固态电池具备高安全性、高能量密度的核心优势，有望大幅提升锂电池性能，是锂电产业升级主要方向。细分环节来看：（1）**电池环节**：固态电技术驱动环节，布局厂商众多。在技术路线上，氧化物技术成熟，硫化物商业化潜力大，厂商多种技术路线协同布局；（2）**电解质环节**：固态电池增量环节，氧化物及硫化物电解质为企业主要布局方向，其中，氧化物电解质以 LLZO、LATP 为主，主要由上游材料厂商向下延伸布局，硫化物电解质则以 LGPS、LPSX 为主流选择方向，正极、隔膜等锂电材料厂商是重点布局企业。另外，硫化锂成本占比高，是硫化物电解质降本关键，有望成为硫化物路线突破重点；（3）**负极材料**：固态电池材料主要升级环节，硅碳负极理论质量容量高，是中短期的主要方案，金属锂负极具有高比容、低电位及导电性优异的优点，能够极大地提升电池的能量密度，是最具发展潜力的负极材料；（4）**正极材料**：固态电池正极材料体系开发主要集中在高镍三元正极、镍锰酸锂、富锂锰基等路线，短期三元材料厂商具备优势，富锂锰基是未来迭代方向；（5）**辅材环节**：导电剂是锂电池的关键辅助材料，其中，碳纳米管整体性能优异，适配硅基负极，未来在固态电池中应用有望提升，市场空间广阔；（6）**设备环节**：固态电池产线持续推进，设备环节有望率先受益，前段、中段设备是布局关键。其中，前段设备以干法电极设备为主，辊压机是核心设备。中段设备，叠片机适配性更高，有望替代卷绕机，实现渗透率提升，等静压机有望引入使用。

风险因素：下游需求不及预期、政策变动、新技术产业化进展不及预期、技术路线替代、行业竞争加剧等风险。

正文目录

1 行情回顾：电池指数震荡回升，估值保持低位.....	5
2 需求端：新能源汽车+储能双驱动，锂电需求持续提升.....	7
2.1 动力电池：下游需求驱动，产销量高速增长.....	7
2.2 储能电池：国内需求保持韧性，海外大储增势强劲.....	8
3 供给端：产业链盈利修复，供需格局有望优化.....	12
3.1 业绩情况：2025Q1 盈利修复，龙头公司优势凸显.....	12
3.2 资本支出：库存处于周期底部，资本支出阶段性回升.....	14
3.3 行业格局：中国企业竞争力增强，海外布局持续加速.....	16
4 新技术：固态电池技术突破，多环节有望受益.....	19
4.1 固态电池产业化加速，进入“技术验证”关键节点.....	19
4.2 技术路线：氧化物进展较快，硫化物上限较高.....	22
4.3 电池环节：电池是技术驱动者，布局厂商众多.....	24
4.4 电解质环节：氧化物、硫化物并举，原材料是关键一环.....	26
4.5 负极材料：硅基负极有望成为主流，锂金属负极发展潜力大.....	29
4.6 正极材料：多路线正极协同布局，高镍三元出货量有望回升.....	34
4.7 辅材环节：导电剂是关键辅材，市场空间广阔.....	37
4.8 设备环节：前中段设备是关键，有望率先受益.....	40
5 投资建议.....	43
6 风险因素.....	43
图表 1： 沪深 300、申万电池（二级）指数变化趋势.....	5
图表 2： 沪深 300、申万电池（二级）、固态电池指数月度涨跌幅趋势.....	5
图表 3： 申万锂电池（三级）、电池化学品、锂电专用设备指数变化趋势.....	6
图表 4： 申万电池（二级）指数 PE（TTM）变化趋势.....	6
图表 5： 2025 年新能源汽车消费激励政策整理.....	7
图表 6： 近年新能源汽车月度销量及同比增速.....	7
图表 7： 近年新能源汽车月度销量及渗透率变化趋势.....	7
图表 8： 近年新能源汽车月度出口数量及同比增速.....	8
图表 9： 2025 年 1-5 月中国新能源汽车出口总量前 10 的国家（万辆）.....	8
图表 10： 2024-2025 年动力电池产销量及同比增速.....	8
图表 11： 2017-2024 年全球新型储能累计装机规模及同比增速.....	9
图表 12： 2024 年全球锂离子电池出货量结构.....	9
图表 13： 2025 年 1-6 月中国新型储能项目新增装机规模及同比增速.....	10
图表 14： 2024-2025 年储能招标规模及同比增速.....	10
图表 15： 2024、2025 年美国电网侧 1MW 以上储能项目投运规模情况（GW）... ..	11
图表 16： 美国电网侧 1MW 以上储能项目计划投运规模情况（GW）.....	11
图表 17： 阿联酋与沙特阿拉伯近年储能招标项目汇总.....	12
图表 18： 锂电产业链上市公司 2024Q1、2025Q1 业绩情况.....	13
图表 19： 锂电产业链季度营业收入（亿元）及同比增速.....	14
图表 20： 锂电产业链季度归母净利润（亿元）及同比增速.....	14
图表 21： 电池环节各公司环节季度毛利率变化趋势.....	14
图表 22： 负极材料公司单季度毛利率变化趋势.....	14
图表 23： 锂电产业链季度存货/营业收入变化趋势.....	15

图表 24:	锂电产业链季度资本支出及同比增速变化趋势	15
图表 25:	锂电产业链各环节季度资本支出同比增速变化趋势	16
图表 26:	2025 年 1-4 月中国锂电产业各环节扩产项目数量(个)	16
图表 27:	反内卷相关政策及行业协会倡议整理	17
图表 28:	2025 年 1-5 月全球动力电池装车量 TOP10	18
图表 29:	2025 年第一季全球储能电芯出货排名	18
图表 30:	部分企业海外锂离子电池工厂分布国家	19
图表 31:	固态电池、半固体电池、液态锂电池性能对比	20
图表 32:	从液态锂离子到全固态金属锂电池逐步发展路线图	20
图表 33:	固态电池厂商量产时间线	21
图表 34:	固态电池行业公司中试线进展	22
图表 35:	三大固态电解质体系及材料特性	23
图表 36:	国内外典型企业的固态电池技术路线	24
图表 37:	国内企业固态电池布局一览	25
图表 38:	固态电池氧化物电解质企业布局	26
图表 39:	固态电池硫化物电解质企业布局	27
图表 40:	硫化物电解质成本构成	28
图表 41:	固态电池硫化锂企业布局	29
图表 42:	负极材料体系优缺点对比	30
图表 43:	锂电池负极材料比容量、工作电压对比	30
图表 44:	负极材料体系迭代方向	31
图表 45:	负极材料体系迭代方向	31
图表 46:	硅碳负极企业布局	32
图表 47:	轿车用全固态电池技术路线研判	33
图表 48:	锂金属负极制备方法示意图	34
图表 49:	锂金属负极企业布局	34
图表 50:	正极材料比容量、工作电压对比	35
图表 51:	固态电池关键材料体系迭代方向	36
图表 52:	固态电池正极材料企业布局	37
图表 53:	导电剂的作用机理	38
图表 54:	导电剂类别与作用示意图	38
图表 55:	导电剂性能对比	39
图表 56:	固态电池硫化物电解质企业布局	39
图表 57:	锂电池生产工艺环节与设备	40
图表 58:	常规锂电设备与固态电池设备对比	41
图表 59:	中国固态电池设备企业技术布局与研发进展	42

1 行情回顾：电池指数震荡回升，估值保持低位

2025年申万电池（二级）指数震荡回升，跑赢沪深300指数。自年初以来（截至2025年7月23日），申万电池指数（801737.SI）整体上涨12.02%至17380.17点，沪深300指数上涨7.84%至4119.77点，电池指数跑赢大盘4.18pct。从涨跌趋势上来看，申万电池指数自2022年以来进入下行周期，持续调整；2024年下半年开始，指数逐步企稳反弹，呈现震荡回升趋势。

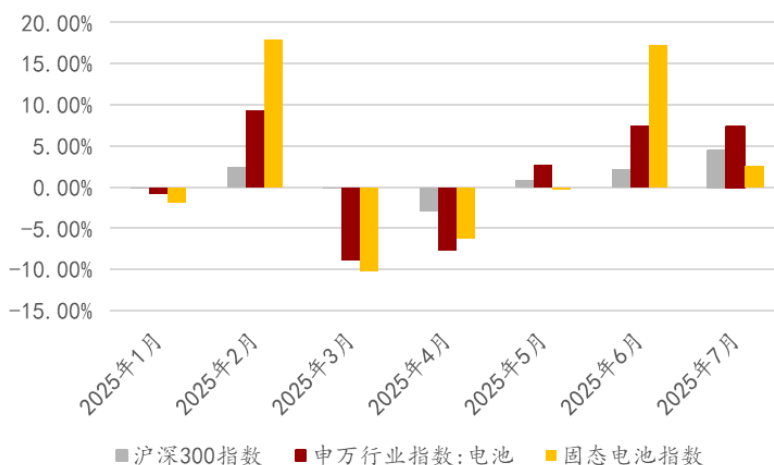
图表1：沪深300、申万电池（二级）指数变化趋势



资料来源：万得Wind, 万联证券研究所（注：数据截至2025年7月23日）

下游需求高增长+固态电池技术进步，驱动电池及固态电池指数反弹。2025年来看，申万电池指数1月整体表现较弱，2月开始回升，整体上涨8.58%，表现较好，主要系2月开始，下游新能源汽车销量超预期，锂电排产回升影响，固态电池指数2月上涨17.99%，涨势强劲；3-4月，在贸易摩擦及市场因素的综合影响下，电池指数表现走弱，3月下跌9.82%，4月下跌8.32%，明显跑输大盘，固态电池指数3、4月分别下跌10.28%、6.21%；5月以来，随着关税政策趋于稳定，下游需求稳定增长，电池指数整体呈现反弹趋势，5月上涨2.71%，6月上涨6.95%，显著跑赢大盘，同时，固态电池产业化加速，电池及材料厂商中试线密集落地，6月固态电池指数上涨17.30%。

图表2：沪深300、申万电池（二级）、固态电池指数月度涨跌幅趋势



资料来源：万得Wind, 万联证券研究所（注：数据截至2025年7月23日）

细分板块来看，申万三级板块中，锂电专用设备板块表现优异，实现大幅上涨，电池化学品、锂电池板块稳步回升。2025年上半年，锂电专用设备、电池化学品、锂电池板块分别上涨31.98%、6.88%、2.41%，在产业链周期回升，企业资本支出增长，以及固态电池技术突破，产线投建加速趋势下，锂电专用设备板块表现优异，实现大幅回升，电池化学品、锂电池板块边际修复，稳步回升。7月以来（截至7月23日），电池细分板块延续涨势，锂电池、电池化学品、锂电专用设备分别上涨10.78%、0.67%、2.69%，锂电池板块表现较好。

图表3：申万锂电池（三级）、电池化学品、锂电专用设备指数变化趋势



资料来源：万得Wind, 万联证券研究所（注：数据截至2025年7月23日）

行业估值修复，处于近年低位。从估值情况来看，2025年以来，电池行业估值持续波动，1-3月电池行业PE (TTM) 保持在30倍水平持续震荡，4月开始，行业估值有所下探，下降至26倍底部，5月开始，行业估值回升至30倍水平。截至2025年7月23日，申万电池行业指数PE (TTM) 为30.86倍，而2022年至今申万电池行业指数PE (TTM) 均值为33.54倍，目前锂电行业估值低于2022年至今的估值中枢水平，处于较低位置。

图表4：申万电池（二级）指数PE（TTM）变化趋势



资料来源：万得Wind, 万联证券研究所（注：数据截至2025年7月23日）

2 需求端：新能源汽车+储能双驱动，锂电需求持续提升

2.1 动力电池：下游需求驱动，产销量高速增长

消费激励政策持续发力，多项措施并举。2025年，我国新能源汽车政策持续发力，延续“量质齐升”的发展导向，继续免征车辆购置税，实施“以旧换新”补贴政策，并增加超长期特别国债资金规模支持新能源汽车更新。同时，国家持续深化新能源汽车下乡活动，车型目录由2024年的99款增至124款，推动农村市场扩容，加速下沉市场渗透。2025年上半年来看，“以旧换新”政策对新能源汽车销量的推动作用显著，有力提升了新能源汽车的销量。

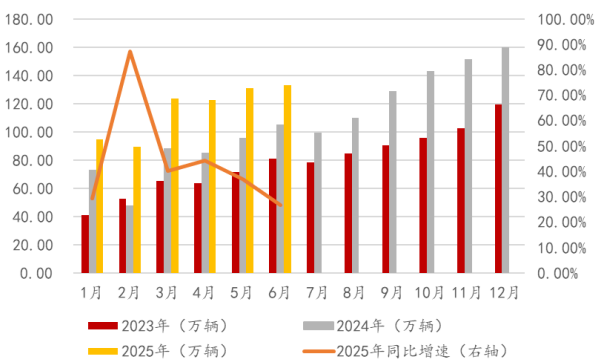
图表5：2025年新能源汽车消费激励政策整理

政策	发布机构	主要内容
购置税免征延续	财政部、税务总局	2025年继续免征新能源汽车车辆购置税(每辆免税额≤3万元)。2026年起至2027年12月31日调整为减半征收(每辆减税额≤1.5万元)。
汽车报废更新与置换补贴政策	商务部、财政部	扩大汽车报废更新支持范围,国四燃油车报废购买新能源车补贴2万元/辆,燃油车补贴1.5万元/辆。完善汽车置换更新补贴标准新能源车置换补贴最高1.5万元/辆,燃油车1.3万元/辆。
下乡车型目录扩容	工信部等五部门	“新能源汽车下乡”车型目录由2024年的99款增至124款,首次将特斯拉Model 3和Model Y纳入补贴范围,丰富乡村用车选择。

资料来源：政府网站、光明网，万联证券研究所

新能源汽车销量高增长，渗透率持续提升。在国家政策的强力驱动下，2025年我国新能源汽车销量持续攀升，上半年呈现“淡季不淡”趋势，渗透率稳步提升。2025年1-6月，我国汽车累计销量达到1564.80万辆，其中，新能源汽车销量为693.73万辆，同比增长40.31%，保持高速增长。渗透率方面，2025年1-6月，新能源汽车累计销量渗透率达到44.33%，2025年4-6月，新能源汽车月度销量渗透率保持在45%以上。

图表6：近年新能源汽车月度销量及同比增速



资料来源：Wind、中国汽车工业协会，万联证券研究所

图表7：近年新能源汽车月度销量及渗透率变化趋势



资料来源：Wind、中国汽车工业协会，万联证券研究所

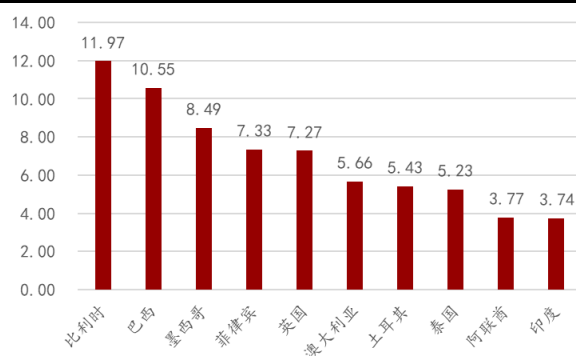
新能源汽车出口增势强劲，新兴市场需求提升。2025年，中国新能源汽车出口继续保持增势。2025年1-6月，新能源汽车出口累计达到106.00万辆，同比增长75.21%，其中4-6月月度出口数量均超过20万辆，保持同比高增长。从出口区域来看，新兴国家市场成为我国新能源汽车出口主力方向之一，2025年1-5月中国新能源汽车出口总量的前10国家分别为：比利时、巴西、墨西哥、菲律宾、澳大利亚、土耳其、泰国、阿联酋、印度。除传统欧洲地区以外，南美地区以及东南亚地区市场表现亮眼，是出口增长的重要动能。

图表8: 近年新能源汽车月度出口数量及同比增速



资料来源: Wind、中国汽车工业协会, 万联证券研究所

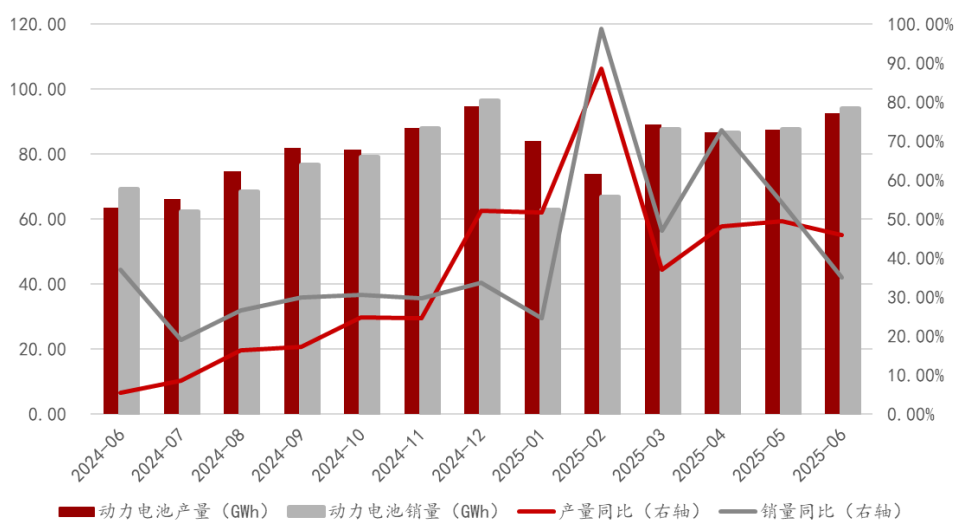
图表9: 2025年1-5月中国新能源汽车出口总量前10的国家(万辆)



资料来源: 新浪财经, 万联证券研究所

下游需求带动, 动力电池产销两旺。在新能源汽车内销及出口高速增长驱动下, 2025年我国动力电池产量及销量实现高速增长。2025年1-6月, 我国动力电池累计产量达513.81GWh, 同比增长51.06%, 动力电池累计销量达到485.50GWh, 同比增长48.56%, 电池产销量均实现高速增长。展望2025年下半年, 我国新能源汽车销量增势有望延续, 海外市场预计保持景气, 在下游需求整体稳定趋势下, 动力电池产销量预计保持增势, 持续带动产业链回升。

图表10: 2024-2025年动力电池产销量及同比增速



资料来源: wind, 万联证券研究所

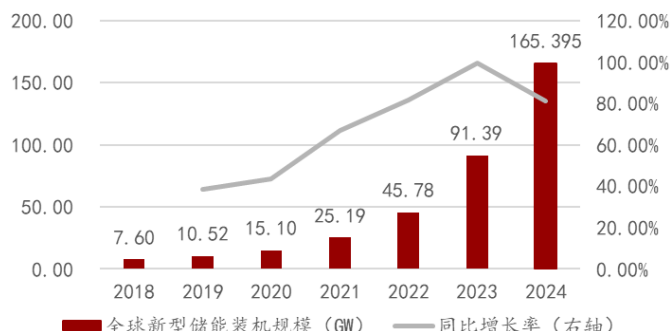
2.2 储能电池: 国内需求保持韧性, 海外大储增势强劲

全球能源转型加速, 储能装机规模爆发式增长。近年来, 能源转型相关政策持续加码, 可再生能源装机爆发性增长, 带动电网调峰调频需求提升, 全球储能装机量步入增长快车道。根据中关村储能产业技术联盟 (CNESA) 数据统计, 2018年至2023年, 全球新型储能装机规模从7.6GW增长至91.39GW, CAGR达到64.43%。截至2024年底, 全球已投运新型储能累计装机规模达165.395GW, 同比增长80.98%, 与2023年相比接近翻倍, 保持高速增长。

储能锂电池出货量占比提升, 是锂电池增长重要动能。随着全球新型储能装机规模高速增长, 应用于储能领域的锂电池出货量占比提升。根据EV Tank数据统计, 2024

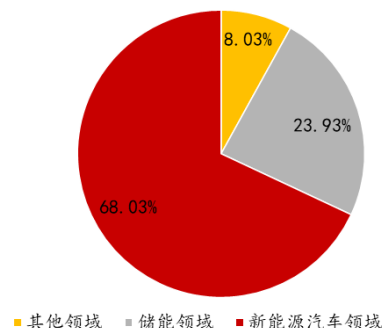
年全球锂电池出货量规模达到1545.1GWh, 其中, 储能锂电池出货量规模达到369.8GWh, 同比增长64.9%, 出货量占比提升至23.93%, 成为锂电池出货量增长的重要动能之一。

图表11: 2017-2024年全球新型储能累计装机规模及同比增速



资料来源: CNESA, 万联证券研究所

图表12: 2024年全球锂离子电池出货量结构



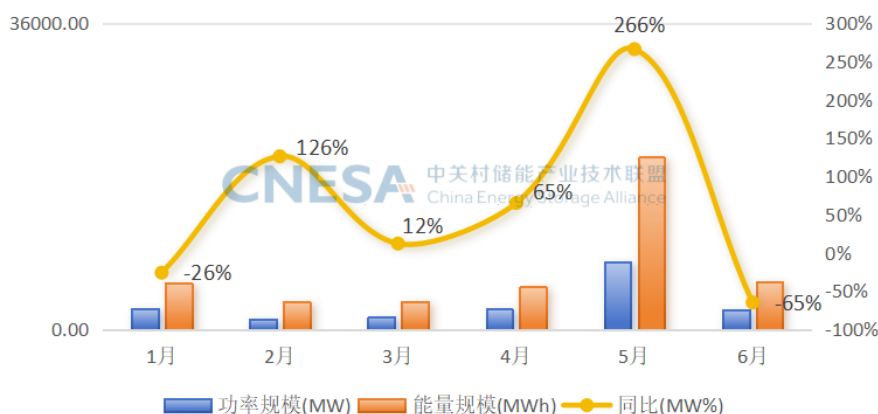
资料来源: EV Tank, 万联证券研究所

(一) 国内储能: 强制配储取消, 市场保持韧性

强制配储取消, 行业转向“市场化驱动”。近年来, 国家高度关注储能行业发展, 相关政策陆续发布。2024年3月, 储能行业首次被写入政府工作报告, 明确“提高电网对清洁能源的接纳、配置和调控能力, 发展新型储能”; 2024年4月以来, 国家先后发布了《电力市场运行基本规则》等系列的政策, 从系统建设、市场机制两个方面大力推动储能行业的发展; 2025年2月国家发改委发布《关于深化新能源上网电价市场化改革 促进新能源高质量发展的通知》(136号文), 明确“不得将配置储能作为新建新能源项目核准、并网上网的前置条件”, 终结强制配储模式, 储能行业进入新发展阶段, 从“政策驱动”转向“市场化驱动”。同时, 136号文以2025年6月1日为节点, 划定存量项目及增量项目, 在6月1日前并网的项目将继续执行保障性政策, 6月1日起并网项目全部进入市场化交易。

并网节点前移, 上半年装机高增长。装机表现来看, 2025Q1, 储能装机规模表现较弱, 国内新增投运新型储能项目装机规模5.03GW/11.79GWh, 同比-1.5%/-5.5%, 近年来首次出现同比下降。受136号文政策影响, 我国2025Q2储能出现“抢装”现象, 并网节点从6月前移至5月, 2025Q2新增装机达到12.61GW/30.82GWh, 同比+24%/+27%, 高于历年同期。分月份来看, 5月国内储能新增装机规模创历史同期新高, 而6月份同环比回落, 2025年5月, 国内新增投运新型储能项目装机规模共计6.32GW/15.85GWh, 同比+193%/+228%; 2025年6月, 国内新增投运新型储能项目装机规模共计2.33GW/5.63GWh, 同比-65%/-66%, 环比-71%/-72%。

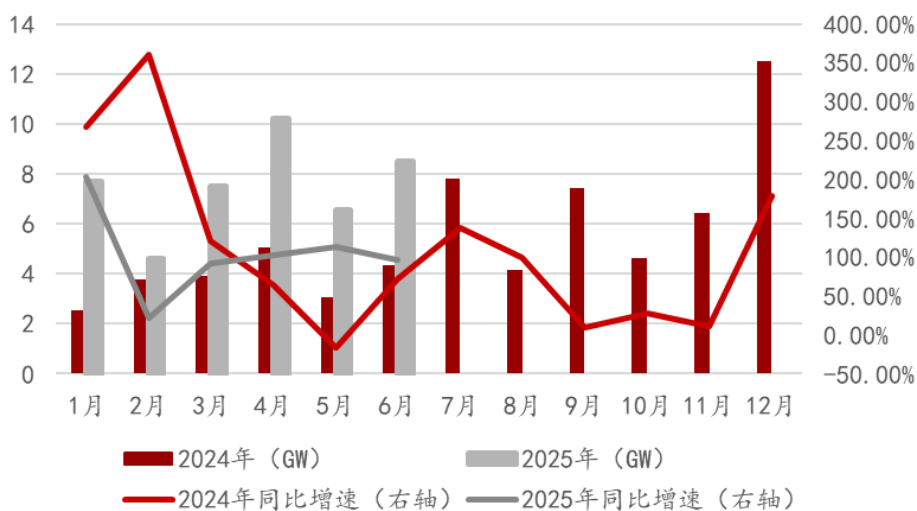
图表13: 2025年1-6月中国新型储能项目新增装机规模及同比增速



资料来源: CNESA, 万联证券研究所

招标规模保持高增, 装机需求有韧性。根据寻熵研究院、储能与电力市场的数据统计, 2025年, 我国储能项目的招投标延续了24年下半年的高热度, 招标规模显著高于去年同期, 数据表现亮眼。2025年1-6月全国储能市场, 总规模为45.08GW/176.59GWh, 分别同比增长98.85%/180.57%。其中, 2025年6月, 虽然国内储能新增装机规模出现明显回落, 储能招投标规模保持高增速, 整体招投标规模为8.5GW, 同比增长96.76%。储能招投标规模是装机规模前置指标, 在强制配储取消后, 招投标规模保持高增长, 显示装机需求韧性, 有望支撑下半年装机增长。

图表14: 2024-2025年储能招标规模及同比增速



资料来源: 寻熵研究院, 储能与电力市场, 万联证券研究所

(二) 美国储能: 补贴政策延续, 大储装机有望保持高增长

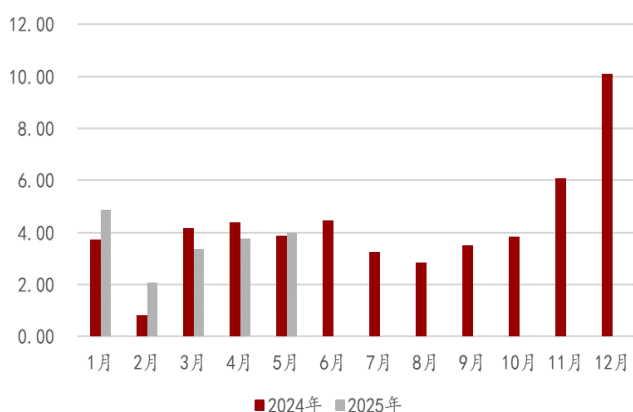
贸易摩擦缓和, 储能电芯关税下调。2025年5月12日, 《中美日内瓦经贸会谈联合声明》发布, 中美贸易摩擦有所缓和, 美国对中国储能电芯征收的关税下降。根据上海有色网(SMM)的数据, 自5月14日起, 中国出口美国的储能电池关税降至40.9%。虽然储能电芯关税处于较高水平, 但相比4月份前后超过100%的关税税率显著下降。当前, 国内储能电芯具备生产成本, 技术性能以及产能产量方面优势, 在40.9%关税政策下, 我国储能电芯仍然具备较强竞争力。因此, 在关税摩擦缓和窗口期, 我们认为我国对

美国储能电芯出口仍然有望保持较强韧性。

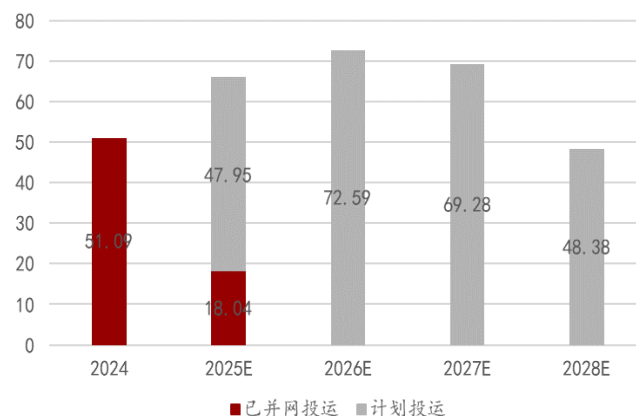
储能补贴退坡延后，储能装机需求有保障。2025年7月4日，美国总统特朗普签署“大而美”税收和支出法案，法案正式生效。此次法案对储能ITC补贴时间进行了调整，为储能行业提供了更长的政策支持窗口。在补贴时间上，ITC补贴停止时间从2032年延迟至2036年，相比原方案延后4年，且在退坡时间和幅度上也有所调整，有望对美国储能装机形成保障，支持项目加速落地。

项目储备充足，2025年装机有望达到65GW。根据EIA数据统计，2025年1-5月，电网侧储能项目新增装机规模为18.04GW，同比增长6.26%，保持稳定增势，但受关税政策以及补贴政策修订影响，市场观望情绪较重，整体增长幅度较小。从EIA储能装机目标来看，2025年美国大储并网投运规模预计达到65.99GW，同比增长30%，其中6-12月装机规模预计达到47.95GW，同比增长40.60%，下半年有望逐步进入装机高峰期。同时，美国储能项目储备充足，根据EIA数据统计，美国2026年、2027年计划投运电网级储能项目规模分别达到72.59、69.28GW，持续保持较大装机规模，有望对近年储能装机规模形成有力支撑。

图表15：2024、2025年美国电网侧1MW以上储能项目投运规模情况（GW）



图表16：美国电网侧1MW以上储能项目计划投运规模情况（GW）



资料来源：EIA，万联证券研究所（注：数据截至2025年5月）

资料来源：EIA，万联证券研究所（注：数据截至2025年5月）

（三）中东地区：招标项目推进，大储加速放量

中东能源转型推进，大储项目加速放量。中东地区太阳能、风能资源丰富，可再生能源发展潜力大，是全球重要可再生能源发展地区之一。近年来，中东各国陆续发布可再生能源发展目标，加大新能源项目投资，推动地区能源转型。储能市场上，2024年以来，中东地区储能项目招投集中释放，比亚迪、宁德时代、阳光电源等中国企业凭借技术成本优势，接连斩获GWh超级大单。2025年以来，随着招投标项目推进，早期项目陆续进入交货落地阶段，中东地区大储项目加速放量。

图表17: 阿联酋与沙特阿拉伯近年储能招标项目汇总

时间	项目名称	地区	涉及企业	规模	项目特点
2025年1月	阿联酋RTC光储项目	阿联酋	宁德时代、晶澳科技、晶科能源	19GWh储能+5.2GW光伏	全球最大光储联合项目,总投资60亿美元,宁德时代“天恒”系统实现5年零衰减,为AI数据中心供电
2025年2月	沙特SEC电池储能系统项目(三期)	沙特	比亚迪	12.5GWh	SEC系列项目三期,比亚迪累计中标12.5GWh,刷新中东储能订单纪录
2024年7月	沙特ALGIHAZ储能项目	沙特	阳光电源、中创新航	7.8GWh	曾为全球最大单笔储能订单,覆盖三地,采用液冷系统,2025年全容量并网
2021年签约 2024年推进	沙特红海新城储能项目	沙特	华为	1.3GWh储能+400MW光伏	“2030愿景”重点项目,100%新能源供电旅游城市,华为智能组串式储能覆盖超100公里电网
2024年5月	沙特Amaala超豪华度假综合体项目	沙特	阳光电源	760MWh储能+165MW光伏	为海水淡化厂提供绿电,采用PPP模式开发,实现全天候供电

资料来源: Energy Trend, 万联证券研究所

展望下半年,国内方面,2025年国内储能行业从政策驱动向市场驱动发展,当前国内储能项目收益率提升,招投标规模保持高增长,凸显下游需求韧性,装机需求有望保持稳定增长。海外方面,美国加征关税边际回落,出口渠道逐步修复,同时,欧洲库存去化完成,户储和大储能同步回暖,中东地区大储项目完成招标,逐步进入落地阶段,新兴国家户储渗透率提升,对全球储能装机形成多点支撑。整体而言,在国内需求保持韧性,海外需求稳定增长趋势下,全球储能装机有望保持稳定增长,带动我国电芯需求提升。

3 供给端: 产业链盈利修复, 供需格局有望优化

3.1 业绩情况: 2025Q1 盈利修复, 龙头公司优势凸显

2024年,由于锂电产业链竞争加剧,叠加行业去库影响,产业链业绩整体承压。2024年,锂电产业链上市公司营业收入合计实现7672.85亿元,同比下降11.84%;整体毛利率为18.95%,同比增长0.77pct;归母净利润为591.35亿元,同比下降2.32%。

2025Q1,在以旧换新政策驱动下,新能源汽车产销量稳定增长,带动锂电产业链业绩边际改善,营收和归母净利润实现同比回升。2025Q1,锂电产业链整体营业收入为1871.07亿元,同比增长14.82%,环比下降14.73%;毛利率为19.01%,同比下降1.17pct,环比上升5.25pct;归母净利润为171.55亿元,同比增长33.81%,环比增长18.10%。

细分行业来看,电池环节业绩表现稳健,中游材料环节盈利修复明显。(1)电池环节:归母净利润同比高增长。在下游需求提升趋势下,2025Q1电池业绩表现稳健,营收及归母净利润实现同比增长。2025Q1,电池环节营业收入为1232.52亿元,同比增长9.58%;归母净利润为153.15亿元,同比增长30.16%;(2)正极材料:亏损幅度明显收窄。2025Q1,下游需求回升,锂电产业链排产活跃,正极环节营收同比增长,亏损幅度明显收窄。2025Q1,正极环节营收为259.71亿元,同比增长21.21%,环比下降5.16%;

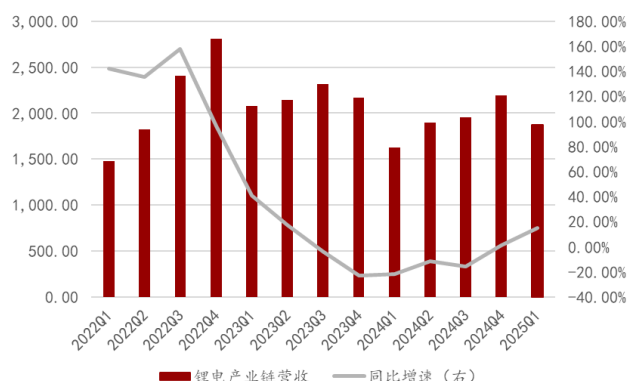
归母净利润为-1.86亿元，亏损同比收窄47.37%，环比收窄88.16%；（3）**负极材料：业绩修复显著。**2025Q1负极材料营收及盈利水平回升，业绩明显修复。2025Q1，负极材料营收为146.36亿元，同比增长19.56%，环比下降10.09%，归母净利润为10.71亿元，同比增长40.48%，环比增长433.92%；（4）**电解液：营收同比下降，归母净利润同比回升。**2025Q1，电解液厂商营业收入为59.56亿元，同比下降31.35%，归母净利润为4.06亿元，同比增长25.95%，毛利率为20.85%，同比下降0.83pct；（5）**辅材环节：结构件表现稳健，铜箔铝箔2025Q1扭亏转盈。**2025Q1，结构件公司实现营收51.39亿元，同比增长22.13%，归母净利润4.70亿元，同比增长26.23%；铜箔铝箔公司实现营收85.34亿元，同比增长69.84%，归母净利润0.07亿元，2025Q1扭亏转盈。

图表18：锂电产业链上市公司2024Q1、2025Q1业绩情况

细分板块	证券简称	单季度营业收入（亿元）			季度毛利率（%，pct）			季度归母净利润（亿元）		
		2024Q1	2025Q1	同比变化	2024Q1	2025Q1	同比变化	2024Q1	2025Q1	同比变化
电池	宁德时代	797.7078	847.0459	6.18%	26.42	24.41	-2.01	105.10	139.63	32.85%
	亿纬锂能	93.1732	127.9614	37.34%	17.64	17.16	-0.48	10.66	11.01	3.32%
	国轩高科	75.0791	90.5523	20.61%	17.86	18.28	0.42	0.69	1.01	45.55%
	欣旺达	109.7500	122.8869	11.97%	16.52	16.88	0.37	3.19	3.86	21.23%
	孚能科技	29.2421	23.2524	-20.48%	11.89	11.96	0.08	-2.17	-1.52	29.82%
	鹏辉能源	15.9701	16.9010	5.83%	11.84	14.19	2.35	0.16	-0.45	-375.01%
	派能科技	3.8558	3.9220	1.72%	35.76	14.24	-21.53	0.04	-0.38	-1054.23%
三元正极	当升科技	15.1672	19.0801	25.80%	14.89	10.93	-3.95	1.10	1.11	0.22%
	厦钨新能	32.9879	29.7656	-9.77%	7.60	9.59	1.99	1.11	1.17	4.84%
	容百科技	36.9164	29.6386	-19.71%	5.15	8.15	3.00	-0.37	-0.15	58.57%
	五矿新能	10.8764	14.0804	29.46%	8.40	2.71	-5.69	0.03	-0.64	-2101.00%
	振华新材	6.3634	2.7165	-57.31%	(14.07)	(22.21)	-8.14	-1.37	-0.98	28.57%
	天力锂能	4.3753	4.1827	-4.40%	(0.13)	3.33	3.46	-0.46	-0.41	-
	湖南裕能	45.2011	67.6214	49.60%	7.51	5.52	-1.99	1.59	0.94	-40.55%
铁锂正极	德方纳米	18.9206	20.0363	5.90%	0.03	0.30	0.27	-1.85	-1.67	9.51%
	富临精工	14.9575	26.9681	80.30%	13.04	10.12	-2.92	0.40	1.24	211.85%
	龙蟠科技	14.7447	15.9228	7.99%	5.14	16.72	11.59	-0.78	-0.26	66.75%
	万润新能	11.5469	22.7817	97.30%	(0.85)	2.66	3.51	-1.30	-1.56	-19.83%
	安达科技	2.2123	6.9175	212.69%	(14.19)	1.44	15.63	-1.63	-0.65	60.35%
	璞泰来	30.3428	32.1508	5.96%	31.35	32.16	0.80	4.45	4.88	9.64%
	杉杉股份	37.5232	48.0430	28.04%	14.20	14.81	0.61	-0.73	0.33	145.23%
负极材料	贝特瑞	35.2839	33.9159	-3.88%	20.99	22.78	1.79	2.18	1.76	-19.20%
	尚太科技	8.6122	16.2768	89.00%	26.64	26.27	-0.38	1.49	2.39	60.87%
	中科电气	10.6577	15.9777	49.92%	17.40	22.51	5.11	0.24	1.34	465.80%
电解液	天赐材料	24.6306	34.8866	41.64%	19.53	19.21	-0.33	1.14	1.50	30.80%
	新宙邦	15.1540	20.0243	32.14%	27.21	24.55	-2.66	1.65	2.30	39.30%
	瑞泰新材	5.5625	4.6519	-16.37%	16.10	17.24	1.14	0.43	0.26	-38.54%
隔膜	恩捷股份	23.2757	27.2863	17.23%	18.87	17.14	-1.73	1.58	0.26	-83.57%
	星源材质	7.1466	8.8933	24.44%	35.99	25.53	-10.46	1.07	0.47	-56.30%
结构件	科达利	25.0851	30.2173	20.46%	22.18	22.20	0.02	3.09	3.87	25.51%
	震裕科技	14.4297	17.9274	24.24%	12.56	13.28	0.72	0.52	0.73	38.90%
	金杨股份	2.5604	3.2413	26.59%	13.72	12.06	-1.66	0.11	0.09	-14.45%
铜箔铝箔	铜冠铜箔	8.9246	13.9487	56.29%	(0.45)	2.72	3.17	-0.28	0.05	117.18%
	诺德股份	10.4945	14.0936	34.29%	5.15	9.93	4.79	-0.94	-0.38	60.09%
	嘉元科技	9.2997	19.8080	113.00%	0.09	4.65	4.56	-0.48	0.24	151.17%
	中一科技	9.6246	12.4861	29.73%	0.35	4.70	4.35	-0.50	-0.03	93.58%
	德福科技	11.9053	25.0057	110.04%	(3.10)	6.47	9.57	-0.95	0.18	119.21%
细分板块		营业收入（亿元）			毛利率（%，pct）			归母净利润（亿元）		
		2024Q1	2025Q1	同比变化	2024Q1	2025Q1	同比变化	2024Q1	2025Q1	同比变化
电池		1124.78	1232.52	9.58%	23.60	22.05	-1.55	117.66	153.15	30.16%
正极材料		214.27	259.71	21.21%	5.78	6.61	0.83	(3.53)	(1.86)	47.37%
负极材料		122.42	146.36	19.56%	21.56	22.58	1.02	7.62	10.71	40.48%
电解液		45.35	59.56	31.35%	21.68	20.85	-0.83	3.22	4.06	25.95%
隔膜		30.42	36.18	18.92%	22.89	19.20	-3.69	2.65	0.73	-72.59%
辅材		92.32	136.73	48.10%	0.19	10.52	10.33	0.57	4.76	733.11%
锂电产业链		1629.56	1871.07	14.82%	20.18	19.01	-1.17	128.20	171.55	33.81%

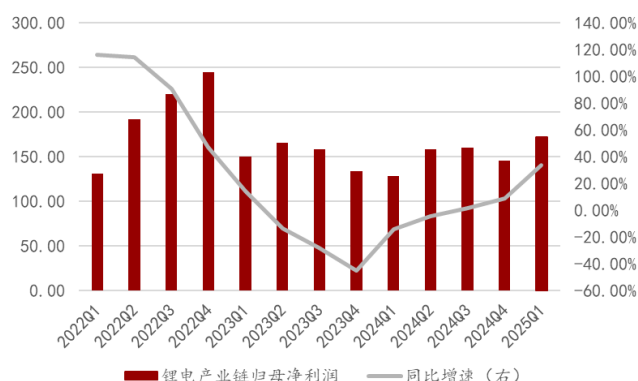
资料来源：万得Wind, 万联证券研究所

图表19: 锂电产业链季度营业收入(亿元)及同比增速



资料来源: 万得Wind, 万联证券研究所

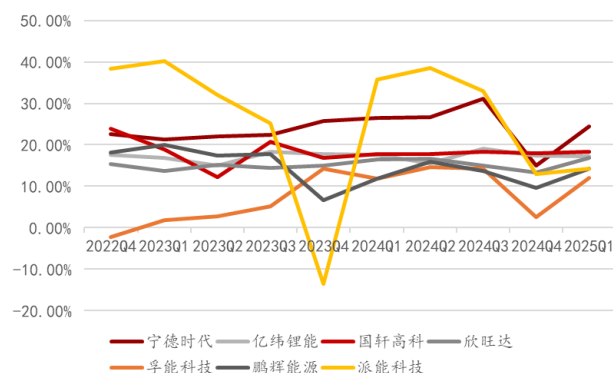
图表20: 锂电产业链季度归母净利润(亿元)及同比增速



资料来源: 万得Wind, 万联证券研究所

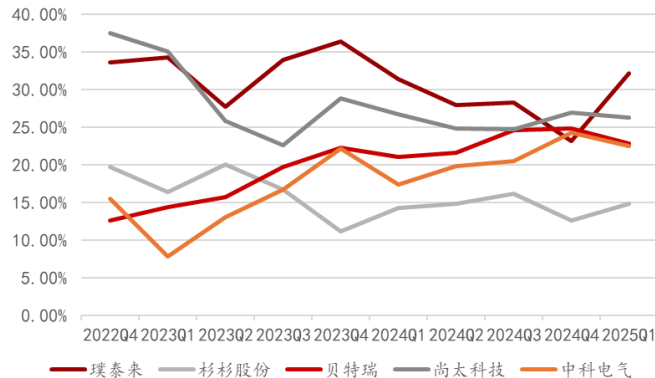
龙头公司优势凸显, 盈利水平领先。电池环节市场化程度高, 产品差异化大, 龙头公司凭借技术产品优势, 获得额外收益, 盈利水平保持领先。电池环节, 毛利率排名前四公司分别为宁德时代(24.41%)、国轩高科(18.28%)、亿纬锂能(17.16%)、欣旺达(16.88%), 宁德时代2024Q4、2025Q1毛利率有所波动, 亿纬锂能、国轩高科毛利率则保持相对稳定, 头部公司毛利率整体保持领先。中游材料环节, 龙头公司规模优势凸显, 成本控制能力较强, 毛利率水平相对稳定。以负极环节为例, 2025Q1, 璞泰来/尚太科技/贝特瑞毛利率分别为32.16%/26.27%/22.78%, 同比+0.80/-0.38/+1.79pct, 处于领先地位。

图表21: 电池环节各公司环节季度毛利率变化趋势



资料来源: 万得Wind, 万联证券研究所

图表22: 负极材料公司单季度毛利率变化趋势

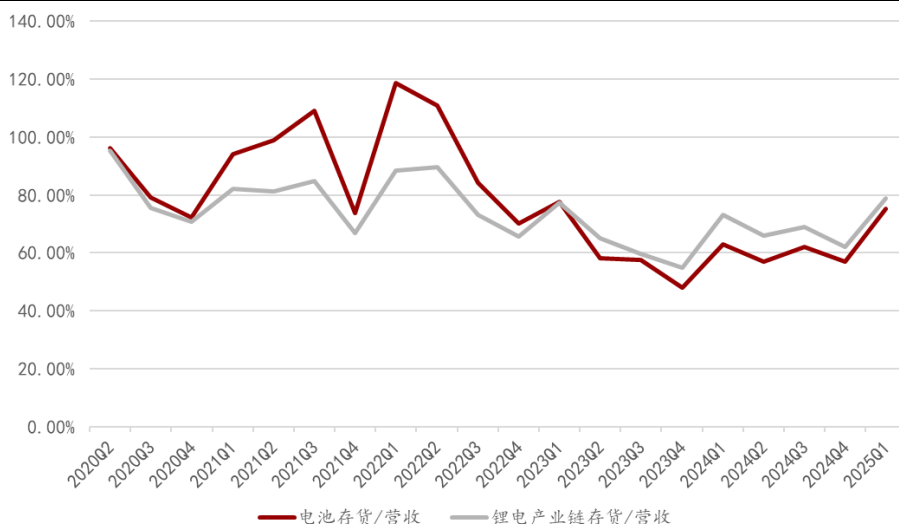


资料来源: 万得Wind, 万联证券研究所

3.2 资本支出: 库存处于周期底部, 资本支出阶段性回升

近年库存处于周期底部位置, 2025Q1库存/营收比例有所上升。2022年以来, 锂电池产业链整体处于去库周期, 存货/营收比例持续下降。2024年, 锂电产业链及电池环节库存位于周期底部, 存货/营收比例处于较低水平。2025Q1, 锂电产业链及电池环节库存有所回升, 存货/营收比例上升。在下游需求回升趋势下, 行业逐步进入补库阶段。

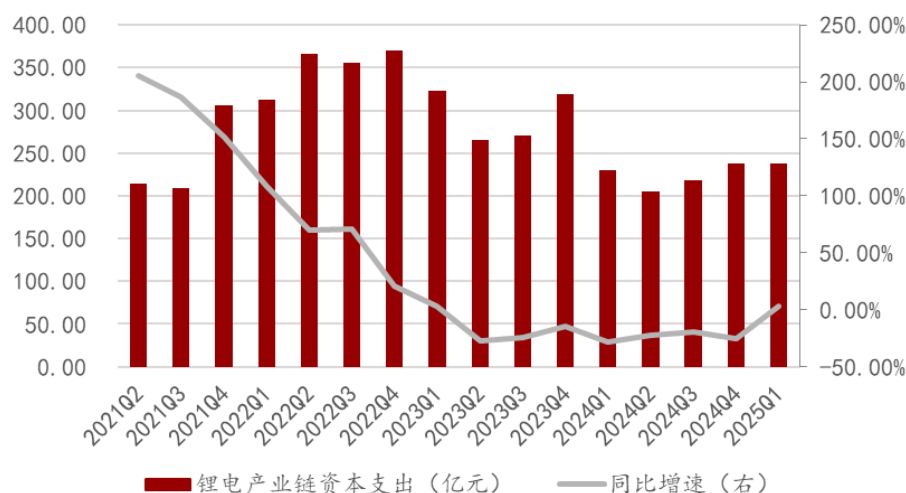
图表23: 锂电产业链季度存货/营业收入变化趋势



资料来源: 万得Wind, 万联证券研究所

资本支出企稳, 2025Q1同比增速转正。锂电产业链资本支出方面, 2023年以来, 锂电产业链季度资本支出持续收缩, 从2022Q4的370.41亿元收缩至2024Q2的204.68亿元, 同比增速上, 资本开支2023年进入负增长, 连续7个季度维持同比负增长趋势, 2025Q1, 锂电池产业资本支出为237.24亿元, 同比增长2.96%, 同比增速首次转正。

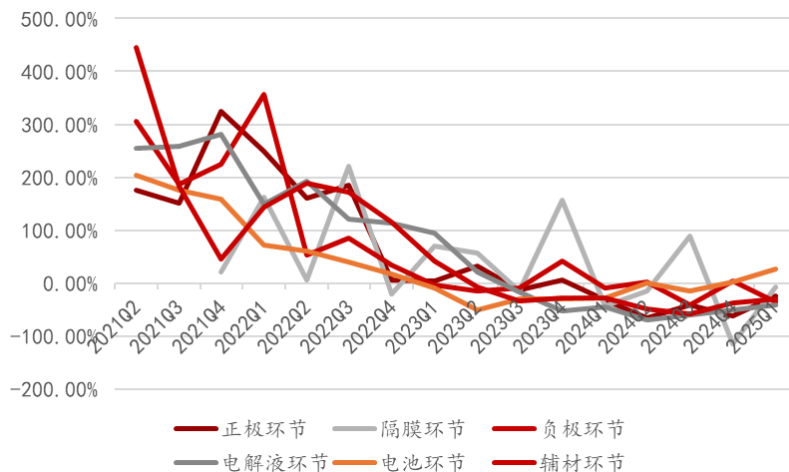
图表24: 锂电产业链季度资本支出及同比增速变化趋势



资料来源: 万得Wind, 万联证券研究所

细分环节来看, 电池环节资本开支同比增速率先转正, 正极材料、隔膜环节资本开支同比下降幅度收窄。电池环节资本开支占比较高, 占锂电产业链资本开支的50%以上, 2023Q1电池环节资本开支率先收缩, 同比增速转负, 此后收缩持续加速, 2024Q2以来, 资本开支金额整体企稳, 同比收缩幅度同比收窄, 2024Q4、2025Q1, 电池环节资本开支回升, 同比增速率先转正。电池环节以外, 其他环节资本开支同比仍保持负增长趋势, 其中, 正极材料、隔膜环节同比下降幅度有所收窄, 负极材料、电解液环节仍持续下滑。

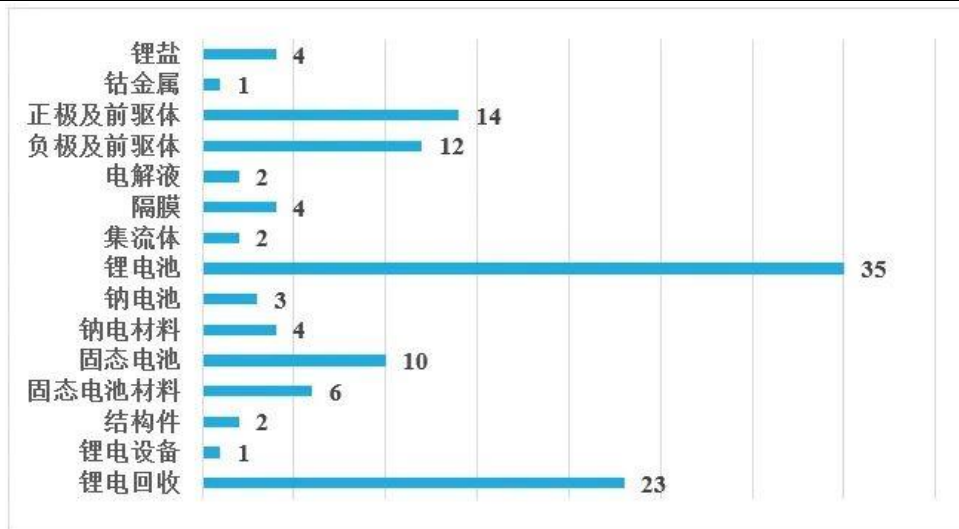
图表25: 锂电产业链各环节季度资本支出同比增速变化趋势



资料来源: 万得Wind, 万联证券研究所

锂电企业扩产阶段性回升, 产能规划与投资显著反弹。从产业链项目规划来看, 根据高工产业研究院 (GGII) 不完全统计, 2025年1-4月, 锂电池产业链共规划123个扩产项目, 总投资额超3400亿元, 在行业逐步企稳回暖背景下, 企业扩产意愿增强, 2025年全年产业链规划投资有望超过9000亿元。具体到环节来看, 锂电池、锂电池回收环节扩产项目分别有35个、23个, 占整体规划扩产项目的28.5%、18.7%。产业投资结构趋于技术升级与高附加值方向, 固态电池、回收等前沿领域成为扩产布局重点, 而中低端项目在年初出现延期或调整。

图表26: 2025年1-4月中国锂电产业各环节扩产项目数量(个)



资料来源: 北极星储能网, GGII, 万联证券研究所

3.3 行业格局: 中国企业竞争力增强, 海外布局持续加速

国内: 协会引导+政策护航, “反内卷”推动行业出清。近年以来, 随着新能源汽车行业爆发式增长, 锂电行业快速扩张, 产能建设持续加码。当前, 前期锂电投建产能逐步释放, 市场整体进入供需过剩阶段, 产业链各环节企业从“卷产能”逐渐走向“卷价格”, 产品价格持续下行。

面对锂电行业的“内卷”困局, 锂电行业相关协会发布倡议, 呼吁业内企业“反内卷”,

推动行业健康发展。2025年6月，中国电池工业协会与中国塑料加工工业协会联合发布《关于促进电池产业链健康发展的倡议书》，提倡将竞争重心从“价格比拼”转向“质量和创新比拼”；2024年11月，中国化学与物理电源行业协会动力电池应用分会就锂电行业“强化行业自律，防止“内卷式”恶性竞争”发出倡议，提出建立行业落后产能有序出清机制，优化优质产能布局。

同时，中央密集释放整治无序竞争的政策信号，为行业的转型发展提供了有力的政策支持。2024年7月30日，中央政治局会议首次提出防止“内卷式”恶性竞争；2024年12月，中央经济工作会议提出综合整治“内卷式”竞争，规范地方政府和企业行为；2025年3月，政府工作报告提出，加快建立健全基础制度规则，破除地方保护和市场分割，打通市场准入退出、要素配置等方面制约经济循环的卡点堵点，综合整治“内卷式”竞争；2025年6月，《人民日报》发表重磅文章，直指光伏组件、新能源汽车、储能系统三大行业“内卷式”竞争现象；2025年7月，中央财经委员会第六次会议召开，会议强调，纵深推进全国统一大市场建设，要聚焦重点难点，依法依规治理企业低价无序竞争，引导企业提升产品品质，推动落后产能有序退出；2025年7月，《求是》杂志刊文《深刻认识和综合整治“内卷式”竞争》，进一步将光伏、锂电池、新能源汽车、电商平台等列为整治重点，强调破除地方保护和市场分割，以法治化、市场化手段促进行业高质量发展。当前，国家政府高度重视“内卷式”竞争整治，政策信号密集，后续有望出台实质性政策，优化市场竞争格局。

图表27：反内卷相关政策及行业协会倡议整理

时间	发布单位	要点
2024年11月	中国化学与物理电源行业协会动力电池应用分会	中国化学与物理电源行业协会动力电池应用分会发出倡议，提出建立行业落后产能有序出清机制，优化优质产能布局
2025年6月	中国电池工业协会、中国塑料加工工业协会	中国电池工业协会与中国塑料加工工业协会联合发布《关于促进电池产业链健康发展的倡议书》，提倡将竞争重心从“价格比拼”转向“质量和创新比拼”
2024年7月30日	中央政治局会议	首次提出防止“内卷式”恶性竞争
2024年12月	中央经济工作会议	中央经济工作会议提出综合整治“内卷式”竞争，规范地方政府和企业行为
2025年3月	政府工作报告	政府工作报告提出加快建立健全基础制度规则，破除地方保护和市场分割，打通市场准入退出，整治“内卷式”竞争
2025年6月	人民日报	《人民日报》发表重磅文章，直指光伏组件、新能源汽车、储能系统三大行业“内卷式”竞争现象
2025年7月	中央财经委员会	中央财经委员会第六次会议召开，强调依法依规治理企业低价无序竞争，引导企业提升产品品质，推动落后产能有序退出
2025年7月	《求是》杂志	《求是》杂志刊文《深刻认识和综合整治“内卷式”竞争》，强调破除地方保护和市场分割，以法治化、市场化手段促进行业高质量发展

资料来源：政府网站、人民日报、求是网、新京网、中国化学与物理电源行业协会动力电池应用分会、电池协会，万联证券研究所

动力电池：中国企业市占率提升，头部公司市场地位稳固。根据SNE Research全球动力电池装车量排名及数据统计，2025年1-5月，全球动力电池装车量保持高增长，其中，宁德时代1-5月装车量为152.7GWh，市占率提升至38.10%，位居全球第一，比亚迪、LG新能源分列第二三位，市占率分别为17.40%、10.00%。前十企业中，2025年1-5月，

中国六大电池企业合计市占率为68.4%，同比提升4.2pct；韩国三大电池企业LG新能源、SK on、三星SDI合计市占率为17.5%，同比下降4.4pct；日本电池企业松下市占率为2.9%，同比下降1.7pct。中国电池企业全球竞争力持续提升，市占率稳步增长。

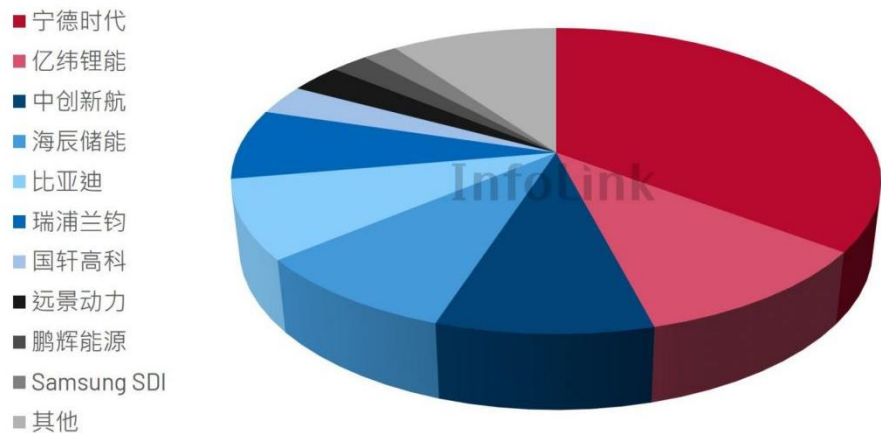
图表28：2025年1-5月全球动力电池装车量TOP10

排名	企业名称	2024年1-5月 (单位: GWh)	2025年1-5月 (单位: GWh)	同比 增长率	2024年 市占率	2025年 市占率	市占率 变动
1	宁德时代	108.6	152.7	40.60%	37.50%	38.10%	0.60%
2	比亚迪	44.5	70	57.10%	15.40%	17.40%	2.00%
3	LG 新能源	34.9	39.9	14.30%	12.10%	10.00%	-2.10%
4	中创新航	13.7	16.9	22.70%	4.70%	4.20%	-0.50%
5	SK on	14.2	16.8	18.10%	4.90%	4.20%	-0.70%
6	国轩高科	7.7	13.8	78.90%	2.70%	3.40%	0.70%
7	三星SDI	14.3	13.1	-8.80%	4.90%	3.30%	-1.60%
8	松下	13.4	11.7	-12.90%	4.60%	2.90%	-1.70%
9	亿纬锂能	6.4	10.8	67.70%	2.20%	2.70%	0.50%
10	蜂巢能源	5	10.5	110.10%	1.70%	2.60%	0.90%
	其他	26.8	45.1	68.50%	9.20%	11.20%	2.00%
总计		289.8	401.3	38.50%			

资料来源：北极星储能网、SNE, 万联证券研究所

储能电池：海外订单放量，中国企业占据领先地位。在系统集成商方面，2025Q1，阳光电源凭借美洲及中东市场大批量出货，超越特斯拉，登顶全球第一（自2024Q3起，阳光电源已连续三季单季度出货超越特斯拉）；比亚迪储能凭借中东市场订单，首次跻身全球前三。Top5系统集成厂商中，中国厂商4家，美国厂商1家，中国厂商竞争力持续增强。随着海外订单在2025年陆续进入交付期，预计中国厂商在全球储能市场竞争优势将进一步凸显。在储能电芯方面，行业集中度高，中国企业占据主要地位。2025Q1，储能电芯行业集中度CR10继续维持在90%以上，达90.1%。2025Q1，全球储能电芯总出货量Top5企业为宁德时代、亿纬锂能、中创新航、海辰储能、比亚迪，中国企业占据领先地位。在出货量前十厂商中，中国企业占据9席，韩国三星排名第十。

图表29：2025年第一季全球储能电芯出货排名



资料来源：Infolink, 万联证券研究所

海外产能建设提速，中国企业竞争力有望进一步增强。近年来，中国锂电企业纷纷公布海外产能建设计划，推动全球化产能建设。根据CESA数据统计，中国锂电企业在海外拟在建/投产锂离子电池生产制造工厂达58座，其中33座公布了设计年产能，总计

达787.5GWh，34座公布了计划投资额，折合人民币超3630亿元。从地域分布来看，欧洲是最重要投资区域，产能规划占比超过50%，匈牙利、西班牙、德国、芬兰、英国、法国等是重点布局国家，美国地区产能规划占比超过20%，排名第二，非洲、东南亚地区分列第三、四位。随着中国企业海外产能建设落地，竞争力有望进一步增强。

图表30: 部分企业海外锂离子电池工厂分布国家

企业名称	锂电池海外工厂分布国家
宁德时代	匈牙利、墨西哥、西班牙、美国、德国、印度尼西亚、泰国
国轩高科	摩洛哥、美国、斯洛伐克、越南、泰国、印度尼西亚、马来西亚、德国
远景动力	法国、美国、西班牙、英国、日本
亿纬锂能	美国、匈牙利、马来西亚、土耳其、泰国
比亚迪	巴西、匈牙利等
海辰储能	美国、越南、沙特阿拉伯
瑞浦兰钧	印度尼西亚
中创新航	葡萄牙、泰国、德国
欣旺达	泰国、越南、匈牙利、印度、摩洛哥

资料来源：中国储能网，万联证券研究所

4 新技术：固态电池技术突破，多环节有望受益

4.1 固态电池产业化加速，进入“技术验证”关键节点

固态电池具备高安全性，高能量密度的核心优势，有望大幅提升锂电池性能。

安全性：固态电池工作温度范围更宽，耐热性更好。固态电池正常工作温度范围为-50℃-120℃，与普通锂电池相比具有更广泛的温度适应性。同时，由于固态电解质具有耐高温、不可燃、绝缘性好的特性，在受热过热时，固态电池不易产生短路问题，安全性能大大提升。

能量密度：固态电池能量密度能达到500Wh/kg以上，有望实现能量密度极限的突破。相较于液态锂电池，固态电池能量密度极限更高。根据财经十一人数据，主流液态锂电池的能量密度范围约为150-300Wh/kg，半固态电池约350Wh/kg左右，全固态电池可以达到500Wh/kg以上，能量密度有望实现大幅提升。

图表31: 固态电池、半固态电池、液态锂电池性能对比

项目	液态锂电池	半固态	全固态
正极材料备选	磷酸铁锂 三元锂	高镍三元 高电压高镍三元 超高镍三元	镍锰酸锂 富锂锰基
负极材料备选	碳, 硅碳	碳, 硅碳	含锂金属, 金属锂
电解质材料	六氟磷酸锂, 新型锂盐	新型锂盐, 固态电解质+ 液态浸润剂	氧化物, 聚合物, 硫化物
隔膜	隔膜, 微孔隔膜	涂覆隔膜	不需要
封装	方形/圆柱/软包	方形/圆柱/软包	软包
电芯能量密度	150-300Wh/kg	约350Wh/kg	>500Wh/kg
优点	技术成熟成本低	安全性高 可部分沿用现有生产工艺	性能提升巨大 安全性高
缺点	接近性能极限	成本高 性能提升幅度有限	成本高 量产难度大
发展现状	大规模装车	小规模装车	研发中后期样品试制

资料来源: 财经十一人, 万联证券研究所

固态电池技术研发难度大, 半固态电池是过渡阶段。目前, 主流厂商主要是以半固态、准固态形式介入固态电池领域, 所以固态电池技术发展采用逐步转化策略, 通过“液态-半固态-准固态-全固态电池”的发展路径, 逐步向全固态电池过渡。

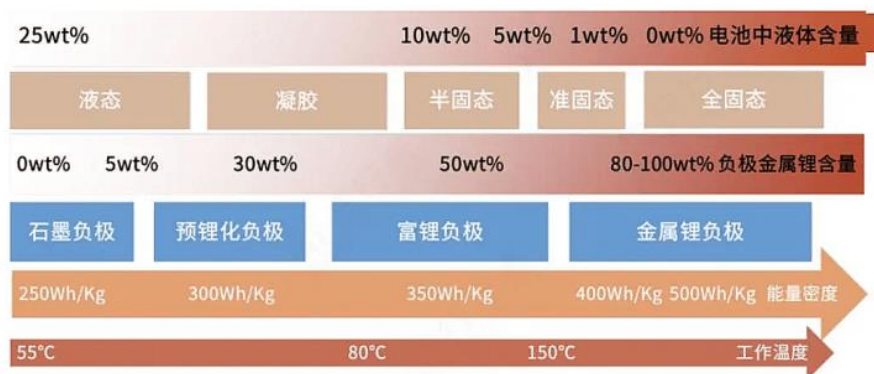
从材料体系的变化来分类, 固态电池的技术进步路线可以从三个方向发展:

(1) 电解质: 固态电解质替换液体电解液。通过固态电解质替换液体电解液, 使得电池内液态电解质含量逐步下降, 从液态锂电池25%电解液含量向10%、5%、1%电解液含量发展。

(2) 负极材料: 增加负极材料中锂含量。负极金属锂含量逐步升级, 从石墨负极向预锂化负极、富锂负极、金属锂负极发展, 最终发展至全固电池的最终形态。

(2) 正极材料: 采用更高能量正极材料。固态电池电解质化学窗口更宽, 能够兼容硫化物/镍锰酸锂/富锂锰基等能量密度更高的正极材料。

图表32: 从液态锂离子到全固态金属锂电池逐步发展路线图

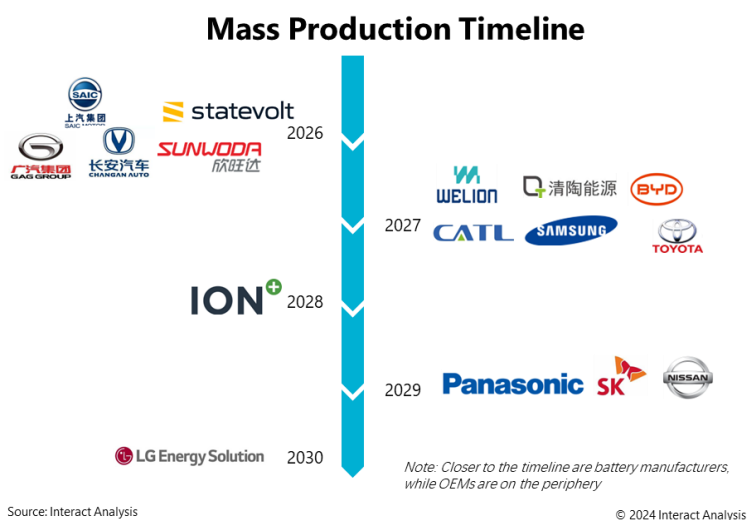


资料来源: 《固态锂电池研发愿景和策略》李泓, 许晓雄, 万联证券研究所

从2026年起, 固态电池有望进入量产时代。目前, 固态电池已从实验室研发阶段逐步过渡到工厂试点阶段, 搭载固态电池的车型发布也日益频繁。根据各大厂商公布的计

划，预计从2026年开始，固态电池市场将正式迈入量产阶段，固态电池的产业化进程有望显著提速。国内企业方面，欣旺达、广汽、卫蓝新能源、清陶能源等企业计划在2026-2027年实现固态电池或半固态电池量产，比亚迪及宁德时代计划于2027年实现固态电池小批量生产。海外企业方面，三星SDI、SKOn、日产、松下、LGES等分别计划在2027-2030年陆续实现固态电池商业化。

图表33：固态电池厂商量产时间线



资料来源：Interact Analysis，万联证券研究所

行业进入“技术验证期”，厂商中试线开始密集落地。随着企业持续加速布局以及政策强力支持，固态电池行业整体加速发展，进入技术验证阶段，产业化落地节奏持续加快。2025年以来，头部电池企业纷纷加速布局，中试线密集落地，其中，国轩高科首条全固态中试线已贯通，亿纬锂能、清陶能源、孚能科技、中固时代等中试线加紧建设中，有望年内投入运行，并计划2025-2026年进一步扩展生产规模，加速推出固态电池产品。另外，材料厂商也在同步推进中试线建设和规划，容百科技、天赐材料、恩捷股份、中科电气等布局电解质、电解质隔膜和负极材料环节，技术持续突破，目前多个厂商已进入客户技术验证阶段，中试线建设有望年内竣工。

整体来看，从2024-2025年，我国固态电池技术持续加速突破，当前行业已从2024年企业发布战略规划、公布技术专利的“战略发布期”进入到2025年的中试线落地、小批量规模生产的“技术验证期”。未来，随着行业进程加速，固态电池技术路线有望进一步收敛，进入技术密集兑现的关键阶段，在固态电池行业布局领先，具备技术优势的企业有望持续受益。

图表34：固态电池行业公司中试线进展

企业	布局环节	中试进展
国轩高科	固态电池	首条全固态中试线贯通，金石电池能量密度350Wh/kg，容量提升150%至70Ah，安全性测试通过，已完成PACK系统初步开发并开启装车路测
德尔股份	固态电池	固态电池中试及产业化项目已选定基地，将加快推进中试线设备选型和建设，在中试线跑通后，规划量产线的建设
亿纬锂能	固态电池	已完成Ah级软包硫化物全固态电池样品开发，百MWh级中试线预计在2025年投入运行，计划于2026年推出高功率全固态电池，2028年推出400Wh/kg的高比能全固态电池
孚能科技	固态电池	60Ah硫化物全固态电池研发顺利，计划于2025年底向战略合作伙伴小批量交付，能量密度400Wh/kg至500Wh/kg
中固时代	固态电池	固态电池中试线在保定启动建设，产业化分两步走：第一步建设超大容量固态电池中试线，预计2025年10月投产；第二步建设年产2GWh超大容量固态电池生产线，年底前开工建设。科力远将向中固时代增资1000万元，以推动研发基地、中试线和生产线建设
清陶能源	固态电池	成都基地年产15GWh固态电池项目收到环评审批意见，计划建设包括3栋电芯厂房（各配备1条生产线）、1栋模组车间（4条生产线）在内的多个设施
比亚迪	固态电池	已于2024年完成60Ah全固态电池的中试下线。计划在2027年左右启动全固态电池的批量示范装车应用，2030年后实现大规模量产上车
容百科技	电解质	以硫化物电解质开发为主，同步布局氧化物、卤化物等多种技术路线，硫化物电解质中试线建设正在加速推进，预计于2025年年底竣工
天赐材料	电解质	硫化物路线固态电解质中试阶段，已完成小批量样品交付，合作下游电池客户开展技术验证
恩捷股份	电解质+隔膜	通过控股子公司湖南恩捷，布局全固态高纯硫化锂、硫化物固态电解质和硫化物固态电解质膜等产品，其中高纯硫化锂产品的中试线，已经开始批量出货；控股子公司玉溪恩捷，则在推进全固态电解质中试千吨级产能项目的建设
中科电气	负极材料	在固态电池用硅碳、锂金属负极等方面均有布局，已建成硅碳负极中试产线，且有产品进入多家客户测评阶段

资料来源：CBEA电池中国，万联证券研究所

4.2 技术路线：氧化物进展较快，硫化物上限较高

根据电解质不同，目前固态电池主要分为氧化物固态电解质、硫化物固态电解质、聚合物固态电解质三大主流技术路线。

材料体系和材料特性方面：氧化物电解质综合性能好，硫化物电解质发展上限更高

(1) **聚合物电解质**：聚合物电解质是由聚合物基体和锂盐共同组成，基体包括聚环氧丙烷 (PP0)、聚偏氯乙烯 (PVDC)、聚环氧乙烷 (PEO)、聚丙烯腈 (PAN)、聚偏氟乙烯 (PVDF) 等。材料特性方面，聚合物安全性能好、容易制备、机械性能好。但是，聚合物电解质离子电导率偏低，目前主要通过加入固体塑化剂、陶瓷颗粒等填料或与其他聚合物单体共聚等方式，提高材料的力学性能、化学稳定性，以及离子电导率。

(2) **氧化物电解质**：氧化物电解质包括晶态和玻璃态两类。其中，NASICON型 (LATP)、钙钛矿型、石榴石型 (LLZO, LLZTY) 以及LiSICON型等电解质都属于晶态电解质，而应用在薄膜电池中的LiPON型电解质属于玻璃态电解质。材料特性方面，氧化物电

质热稳定性好、电化学窗口宽，综合性能较好，是目前进展较快方向，但氧化物电解质具有易碎、加工复杂、界面接触差、离子电导率一般等关键问题，目前主要研究方向是通过替换元素或掺杂同种异价元素来提升电导率和稳定性。

(3) 硫化物电解质：硫化物电解质包括玻璃及玻璃陶瓷态电解质和晶态电解质等。材料体系方面，硫化物玻璃态固态电解质主要包括 $\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5$ 体系，此类材料完全结晶时离子电导率并不高，目前主要通过热处理、球磨加工、掺杂和改性等方式来提高其化学稳定性和电导率；晶态电解质主要包括LGPS体系，其在室温下具有 $1.2 \times 10^{-2} \text{S/cm}$ 的电导率，与液体电解液接近，电导率高，发展潜力大。但LGPS应用了稀有金属Ge，生产成本较高。当前研究主要聚焦于通过Si\Sn替代Ge，来降低成本并提高化学稳定性。材料特性方面，硫化物电解质离子电导率高，发展潜力大，可以通过掺杂、包覆提高稳定性，但硫化物电解质制备成本高、稳定性差，目前主要研究方向是提高电解质稳定性及降低生产成本。

图表35：三大固态电解质体系及材料特性

项目	聚合物固态电解质	氧化物固态电解质	硫化物固态电解质
主要研究体系	PEO固态聚合物体系 聚碳酸酯体系 聚烷氧基体系 聚合物锂单离子导体基体系	非薄膜：钙钛矿型、石榴石型、NASICON型、LISICON型 薄膜：LiPON型	LPS型(非晶态) Thio-LiSICON型 LGPS型 硫银锗矿型(Argyrodite型)
材料	PEO、PAN、PMMA、PVDF等	LiPON、LATP、LLTO、LLZO等	LiPS、LiGPS、LiSnPS、LiSiPS、LiPSC等
离子电导率	室温： 10^{-7} - 10^{-5}S/cm 65-78° C： 10^{-4}S/cm	室温： 10^{-6} - 10^{-3}S/cm 65-78° C： 10^{-6} - 10^{-3}S/cm	室温： 10^{-4} - 10^{-2}S/cm
优点	制备简单 灵活性好 易大规模制备薄膜 不与锂金属反应	安全性好 电化学稳定性高 可适配高电压正极材料 可适配金属锂负极	易加工 电导率高 延展性能好 晶界阻抗低
缺点	锂枝晶问题 离子电导率低 氧化电压低(<4V) 稳定性差	易碎 加工复杂 界面接触差	易氧化 水汽敏感 稳定性差 生产成本高
研究方向	将PEO与其他材料共混共聚或交联，形成有机-无机杂化体系，提升性能	通过替换元素或掺杂同种异价元提升电导率	提高电解质稳定性 降低生产成本

资料来源：能源电力说，万联证券研究所

产业化方面：氧化物技术成熟，硫化物商业化潜力大

(1) 聚合物路线：起步时间较早，目前已经实现小规模量产，技术水平较成熟，但技术上限突破难度很大。受制于电导率低、性能上限等问题，产业尚未快速形成规模化，技术有待提升。聚合物路线目前在半固态电池中已有应用，主要参与企业和机构集中在欧美国家。

(2) 氧化物路线：各方面的性能表现较为均衡，目前技术已相对成熟，但制备成本较高，成本优化后，将具有较好的发展潜力。目前国内众多头部固态电池公司，如北京卫蓝、江苏清陶、台湾辉能，都是以氧化物材料为基础的固液混

合技术路线为主。

(3) 硫化物路线：硫化物电解质的电导率较高，性能表现最优异，商业化潜力大，但产业化研究难度也最大，目前技术尚不成熟。硫化物体系的主要参与企业和机构主要集中在日韩及美国，国内企业以宁德时代、比亚迪为代表。

图表36：国内外典型企业的固态电池技术路线

国家	企业名称	技术路线	国家	企业名称	技术路线
中国	卫蓝新能源	氧化物/聚合物	日本	丰田汽车	硫化物
	清陶新能源	氧化物/复合物		本田技研	硫化物
	赣锋锂业	氧化物		三菱化学/日产汽车	硫化物
	辉能科技	氧化物		松下电器	卤化物
	蜂巢能源	硫化物		富士电气	氧化物
	宁德时代	硫化物		小原股份	氧化物
	比亚迪	氧化物/硫化物		日立造船	硫化物
	国轩高科	硫化物		三洋化成	聚合物
	中科深蓝汇泽	聚合物		出光兴产	硫化物
	太蓝新能源	氧化物	美国	Quantum Scape	氧化物
	恩力动力	硫化物		Ionic Materials	聚合物
	屹锂新能源	硫化物		Solid Power	硫化物
	高能时代	硫化物		Factorial Energy	聚合物
	孚能科技	氧化物/硫化物	德国	宝马集团	硫化物
韩国	LG新能源公司	硫化物		大众集团	氧化物
	现代汽车集团	聚合物/硫化物	法国	博洛雷集团	聚合物
	SK On公司	硫化物/氧化物	英国	Tlika	氧化物
	三星SDI公司	聚合物/硫化物		LiNa Energy	氧化物

资料来源：《固态电池关键材料体系发展研究》，万联证券研究所

4.3 电池环节：电池是技术驱动者，布局厂商众多

固态电池产业参与者众多，布局趋向多元化。国内固态电池参与者众多，涵盖了整车企业、电池厂商、固态电池初创企业、锂电材料厂商等多个类型，在固态电池产业链各环节均有布局。目前，各类型企业固态电池布局持续加速。硫化物路线以电池厂商为主，宁德时代、比亚迪计划到2027年实现小批量生产，在2030年后实现规模化生产。氧化物路线以初创公司为主，主要通过车企绑定方式进行固态电池产业布局，其中，卫蓝新能源2023年6月正式向蔚来交付半固态产品，预计2027年实现全固态电池量产；清陶能源分别与北汽、上汽合作，推动固态电池量产，其台州固态电池项目预计2025年投产；辉能科技与奔驰等企业绑定，2024年其全球首条固态电池生产线正式投产。另外，欣旺达、广汽集团、赣锋锂业等企业分别通过材料体系迭代实现固态电池技术升级，并计划在近年实现固态电池商业化。

图表37：国内企业固态电池布局一览

类型	公司名称	量产进展	技术路线
电池厂商	宁德时代	2016年宣布硫化物固态电池的研发路径；计划到2027年实现小批量生产；2024年11月，固态电池研发团队已经扩充至超1000人，全固态电池开始20Ah样品验证	硫化物
	比亚迪	计划2027年，实现小批量生产，搭载于比亚迪高端车型，规模约1000台。到2030年为市场推广期，预计有4万辆车装载全固态电池。到2033年，预计有12万辆车规模化装机，市场占有率逐渐提升	高镍三元+硅基负极+硫化物
	欣旺达	计划在2026年建设1GWh的全固态电池生产线，实现初步量产，成本控制在2元/Wh以下；2024年11月，欣旺达通过负极使用锂金属进一步将固态电池能量密度提升至500Wh/kg，预计2027年完成能量密度大于700Wh/kg全固态电池实验室样品制作；2024年12月，欣旺达子公司与厦钨新能签署固态电池战略合作框架协议	锂金属负极固态电池
整车企业	广汽集团	2023年11月宣布完成固态电池的界面改性技术试验验证；2024年4月，广汽埃安全固态电池再获新突破，能量密度达到400Wh/kg，目标在2026年完成全固态电池开发，并首先搭载于昊铂车型	全固态电池
	上汽集团	2023年5月，上汽集团和清陶能源签署增资扩股协议和战略合作框架协议；计划于2026年实现量产，能量密度超过400wh/kg，体积能量密度超过820wh/L，电池容量能够超过75Ah	-
	长安汽车	预计在2027年实现全固态电池装车验证，并计划在2030年实现全固态电池的量产装车，与行业领先水平同步	-
初创公司	卫蓝新能源	拥有北京房山、江苏溧阳、浙江湖州和山东淄博四大基地，规划产能超过100GWh。其中，湖州基地第一颗固态动力电芯于2022年11月下线，2023年6月正式向蔚来交付半固态产品，预计2027年实现全固态电池量产	氧化物
	清陶能源	2018年实现半固态电池量产；2020年与北汽合作的固态电池样车下线；2022年北汽福田商用车固态电池系统下线；2023年与上汽集团签署协议，推动2025年固态电池"10万辆级"量产落地；2024年半固态电池搭载上汽智己车型；台州固态电池项目预计2025年正式投产。第一代半固态电池为氧化物+聚合物的技术路径，第二代固态电池为氧化物+卤化物+聚合物的路径	氧化物+卤化物+聚合物
	辉能科技	2016年开始进行车规级电芯送样；2018年威马展示搭载公司固态电池的样车；2019年与蔚来、爱驰汽车签订战略合作协议；2022年获得奔驰投资并签订技术合作协议，与Vinfast和ACC签约合作；2024年全球首条固态电池生产线正式投产	氧化物
材料厂商	赣锋锂业	2023年6月，半固态锂电池在赛力斯SERES-5上正式交付装车。2023年固态电池4GWh产能已建成量产，后续36GWh产能正在建设中。赣锋锂业一代固态电池能量密度可以做到260Wh/kg以上，二代固态电池基于高镍三元正极、含金属锂负极材料。目前该产品能量密度超过350Wh/kg，循环寿命接近400次	高镍三元正极、含金属锂负极固态电池

资料来源：Energy Trend、集邦咨询、IT之家、Ofweek锂电网、澎湃新闻、网易新闻、第一电动网、中研网，万联证券研究所

4.4 电解质环节：氧化物、硫化物并举，原材料是关键一环

氧化物电解质：LLZO为主流方向，上游材料厂商向下延伸布局。当前国内氧化物技术路线主流包括石榴石结构固态电解质材料（LLZO锂镧锆氧，LLZTO钽掺杂锂镧锆氧），NASICON型结构（LATP磷酸钛铝锂）。LLZO离子电导率更高，电化学窗口更宽。在室温（25℃）条件下，LLZO下离子电导率为 10^{-3} S/cm，LATP为 10^{-4} S/cm；LLZO电化学窗口大于5V，LATP电化学窗口在4.2V左右。在应用领域上，LLZO能够适配高压正极，且与锂金属负极兼容性更高，更加适配高能量密度全固态电池，LATP则生产成本低，化学稳定性好，具备更高安全性和性价比。

LLZO路线方面，在企业布局上，除下游电池厂商以外，LLZO或LLZTO电解质材料厂商主要由上游氧化锆厂商向下延伸布局，一方面，上游材料厂商通过高纯氧化锆技术直接为LLZO提供前驱体，降低产业链协同成本，另一方面，LLZO需要高温烧结，与锆材料企业设备、技术具有兼容性。当前氧化物电解质材料布局领先企业包括三祥新材、东方锆业、国瓷材料等。同时，基于中科院上海硅盐所及复旦大学团队研究成果，上海洗霸布局氧化物及卤化物路线，已经具备电解质量产能力，五十吨级产能在建设中。

LATP路线方面，布局企业主要包括负极材料厂商贝特瑞、新进企业金龙羽以及固态电池上下游一体化布局企业赣锋锂业等，其中，贝特瑞已经实现吨级出货。整体来看，氧化物电解质企业布局进展较快，多家企业已经完成产线设计，具备小规模量产能力，并完成客户送样验证。

图表38：固态电池氧化物电解质企业布局

公司简称	技术路线	技术优势	研发进展
三祥新材	氧化物（LLZO、LLZTO粉体）+卤化物（锆基氯化物）	原料自供，多路线布局	氧化物：送样进行相关性能测试，中试生产线已完成设计，正在进行相应设备配套工作 卤化物（锆基氯化物）：初步通过客户验证，已向下游固态电池工厂实现小批量供货
东方锆业	氧化物（LLZO原材料氧化锆）	高纯度纳米氧化锆产能规模化	高纯度纳米氧化锆产品（纯度 $\geq 99.99\%$ ）可用于电解质粉体制备，现有二氧化锆产能为9400吨/年，样品已获得初步认可，后续将进行大样实验
国瓷材料	氧化物（锆基氧化物）	技术布局早，完成多种锆基氧化物电解质研发	目前已完成多种氧化物固态电解质产品的研发和布局，其中包括由氧化锆合成的锆酸基固态电解质
上海洗霸	氧化物（LLZO）+卤化物	基于中科院上海硅酸盐研究所、复旦大学研究成果转化，具备量产能力	氧化物：吨到十吨级产线已稳产，年产五十吨级产能建设中 卤化物：年产二十吨级产线完成设计，目前处于设备选型及安装前的各项准备阶段
贝特瑞	氧化物（LATP）+聚合物+硫化物	三大技术路径全面布局	开发多款电解质材料，低成本、高离子电导率的磷酸钛铝锂电解质实现吨级出货
金龙羽	氧化物（LATP）	LATP技术稳定，解决固固界面阻抗	确定多种工艺路线，开发低成本干法工艺制备的电解质产品，已完成客户送样及评测
赣锋锂业	氧化物（LLZO+LATP）+硫化物（硫化锂）	固态电池上下游一体化，电解质、金属锂负极、电芯、电池系统全面布局	硫化物：采用自产硫化锂，实现亚微米级别超细粉体（ $D_{50} < 1\mu m$ ），电导率达到3mS/cm 氧化物：超高离子电导率氧化物粉体材料开发，LLZO离子电导率1.7mS/cm，LATP为1.4mS/cm

资料来源：公司公告、万得Wind，万联证券研究所

晶态路线 (LGPS、LPSX) 为主流选择方向，锂电材料厂商加速布局。硫化物固态电解质具备高离子电导率和较优的锂金属兼容性，是全固态电池的核心发展方向。硫化物固态电解质包括非晶态 (LPS型) 和晶态 (Thio-LISICON型、LGPS型、LPSX型) 技术路线，其中晶态硫化物因高离子电导率 (可达 10^{-2}S/cm 以上)，是当前电池及材料厂商的主流选择方向。

当前，国内硫化物电解质企业布局由电池企业引领，锂电材料厂商协同布局。其中，恩捷股份协同布局硫化物 (锂磷硫氯，LPSC) + 硫化锂 + 电解质膜，目前百吨级硫化锂中试线已经搭建完成，十吨级电解质产线已在搭建中，规划年产能可为千吨级；赣锋锂业一体化布局硫化物电解质，推动材料量产。正极材料厂商，容百科技、当升科技积极布局硫化物电解质产线，通过正极技术协同，实现高离子电导率；天赐材料、厦钨新能则协同布局硫化锂原材料和硫化物电解质，通过原料自供和技术创新，降低制备成本。

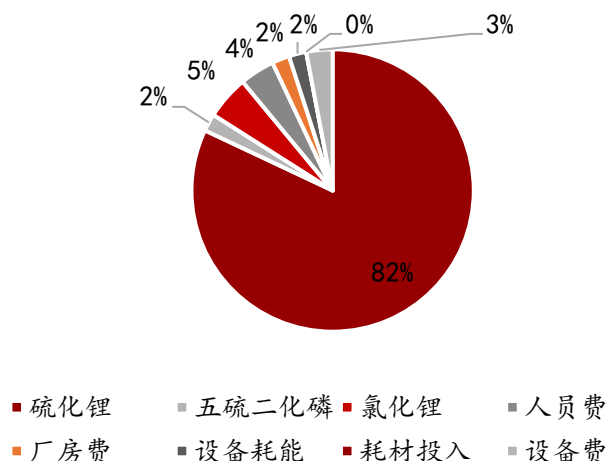
图表39：固态电池硫化物电解质企业布局

公司简称	技术路线	技术优势	研发进展
恩捷股份	硫化物 (锂磷硫氯，LPSC) + 硫化锂 + 电解质膜	隔膜行业龙头企业，高纯硫化锂、硫化物电解质、硫化物固态电解质膜协同布局	百吨级硫化锂中试线搭建完成，10吨级电解质产线搭建中，已在玉溪规划千吨级产线
容百科技	高镍三元 + 硫化物电解质	硫化物电导率超 10mS/cm ，适配高镍三元	硫化物电解质中试线即将于2025年建成，得到多家国内外客户的认可
当升科技	氧化物聚合物复合 + 硫化物 + 聚合物	正极表面包覆技术解决阻抗问题	开发出高离子电导率、结构稳定性优异的氧化物及硫卤化物固态电解质，完成年产百吨级中试线建设，实现吨级稳定制备
赣锋锂业	氧化物 (LLZO+LATP) + 硫化物 (硫化锂)	固态电池上下游一体化，电解质、金属锂负极、电芯、电池系统全面布局	硫化物：采用自产硫化锂，实现亚微米级别超细粉体 ($D_{50} < 1\mu\text{m}$)，电导率达到 3mS/cm 氧化物：超高离子电导率氧化物粉体材料开发，LLZO离子电导率 1.7mS/cm ，LATP为 1.4mS/cm
天赐材料	硫化锂及硫化物电解质	液相法工艺优化和原料自供	目前硫化物电解质处于公斤级供样阶段，预计2025年下半年可达百公斤级产能。根据规划，2026年将实现百吨级样品供应，2027年建成千吨级产线
厦钨新能	硫化锂及硫化物电解质	开发新硫化锂工艺，原料生产成本低	开发新的硫化锂合成工艺，通过采用快离子导体技术，实现固态电解质的吨级生产

资料来源：公司公告、万得Wind、金融界、万联证券研究所

硫化锂成本占比高，是硫化物电解质降本关键。硫化锂在固态电解质材料体系中质量占比达43%，市场价格达到300-500万元/吨。用量多、价格高，使得硫化锂在硫化物电解质中成本占比极高。根据《全固态电池时代的“基石”材料》文章数据，以LPSC硫化物电解质成本测算，硫化锂的原料成本占比高达82%，成本占比超过八成。未来，硫化锂价格下降是硫化物全固态电池实现产业化的关键，若硫化锂价格降至50万元/吨，硫化物电解质则有望下降至30万元/吨，全固态电芯成本将下降至0.6元/Wh，具备商业化竞争条件。

图表40: 硫化物电解质成本构成



资料来源:《全固态电池时代的“基石”材料》何特特, 万联证券研究所

硫化锂制备工艺主要可分为固相、液相、气相三种路径。

固相法: 制备成本低, 产品纯度需要提升, 布局厂商包括光华科技、恩捷股份。固相法最为常见, 具体方法又包含球磨、高温烧结、碳热还原法等。碳热还原法是当前合成硫化锂的主流工业方法, 核心步骤是锂盐被碳或含碳化合物在高温下还原。碳热还原法制备硫化锂成本相对较低, 但成品纯度需要提升, 以满足固态电解质要求。锂电材料、隔膜企业拥有粉体烧结、隔膜热处理等高温生产经验, 具备跨界硫化锂制备的技术基础。当前, 恩捷股份已确定将碳热还原法作为低成本、大规模、高安全制备高纯硫化锂的路线, 其高纯硫化锂产品的百吨级硫化锂中试线已经搭建完成。高温烧结法主要布局厂商为光华科技, 其在PCB化学品、化学试剂产品上具备丰富的提纯技术, 可应用于固相生产硫化锂的提纯, 在产品间具有一定技术协同性。当前光华科技固态电池材料产品已向客户送样检测, 现有产能为300吨/年, 可根据市场需求扩建至3000吨/年, 在未来有望率先放量。

液相法: 平衡产品纯度和制备成本, 赣锋锂业、天赐材料布局领先。液相法是将锂/含锂化合物, 硫/含硫化合物在液体介质中混合反应制备硫化锂, 液体介质包括有机溶剂或液氨。液相法无需高温处理、工艺简单, 但有机溶剂易燃、易爆、易挥发, 具有反应控制、后续提纯困难的缺点, 当前布局企业包括天赐材料、赣锋锂业, 其中, 赣锋硫化锂产品主含量 $\geq 99.9\%$ 、 $D50 \leq 5 \mu m$, 具备高纯度、低杂质含量优势, 可满足高导电性固态电解质材料技术要求, 目前已向20余家下游客户供货, 天赐材料凭借在精细化工领域积累深厚, 通过液相法工艺优化和原料自供, 能够实现硫化锂和硫化物电解质高纯度和低成本制造, 形成协同布局。

气相法: 流程工艺简单, 厦钨新能已完成中试、小试。气相法是在惰性/还原保护气氛下, 高温、高压使锂/锂化合物和硫/硫化合物通过还原或气相等反应制备硫化锂。气相法流程工艺简单, 但高温、高压控制难度高, 能耗成本高, 当前主要由厦钨新能布局, 已完成中试及小试。

整体而言, 当前硫化锂主流制备工艺仍处于产业化验证阶段, 其规模经济性尚未完全显现, 未来降本空间大。

图表41：固态电池硫化锂企业布局

公司	技术路线	产业化进度
厦钨新能	CVD气相法	开发出新的硫化锂合成工艺，中试、小试结果良好，降本空间大
光华科技	固相法（高温烧结）	采用高纯重钽盐与硫化物原料的固相高温合成路线
恩捷股份	固相法（碳热还原法）	产品纯度99.9%，高纯硫化锂产品的百吨级硫化锂中试线已经搭建完成，玉溪千吨级产线投产后有望推动硫化锂价格降至50万元/吨
有研新材	固相法（碳热还原法）	依托半导体提纯技术，实现高纯硫化锂小批量稳定供货
天赐材料	液相法	在精细化工领域积累深厚，通过液相法工艺优化和原料自供，能够实现硫化锂和硫化物电解质高纯度和低成本制造，产品杂质含量低、粒径均匀且具备高离子电导率
赣锋锂业	液相法	公司于2022年实现电池级硫化锂量产，并于2024年进一步扩大产线规模。赣锋硫化锂产品主含量 $\geq 99.9\%$ 、 $D_{50} \leq 5\mu m$ ，凭借高纯度、低杂质含量及优异的一致性，可满足高导电性固态电解质材料技术要求，目前已向20余家下游客户供货

资料来源：公司公告、时代商业研究院、长江有色金属网、万得Wind，万联证券研究所

4.5 负极材料：硅基负极有望成为主流，锂金属负极发展潜力大

固态锂电池的负极材料体系主要包括金属锂负极材料、碳族负极材料和氧化物负极材料三大类。

材料特性方面：金属锂具备高容量和低电位的关键优势

（1）金属锂负极材料

金属锂具备高容量和低电位的优点，是全固态电池负极材料的终极目标。然而，金属锂在充放电过程中容易形成锂枝晶，影响循环稳定性，容易导致电池短路和安全隐患，限制了其产业化应用。目前研究方向主要是通过向在锂金属表面引入纳米涂层或改性层、将锂金属与某些合金材料（如硅、锡等）结合等方式来改善锂金属与电解质之间的界面稳定性，减少锂枝晶的形成。

（2）碳族负极材料

碳族负极材料包括碳基、硅基和锡基材料。其中，碳基材料以石墨类材料为典型代表，具有价格低、循环稳定性好、安全性高等优点，然而其理论比容量较低，极限在400mAh/g左右，目前实际应用已经基本达到理论极限，可开发空间不大。硅基负极材料，例如Si-C复合材料，是目前负极材料发展的重要方向之一，其比容量高，理论比容量高达4000mAh/g，将近碳基材料的10倍。但是硅基材料在充放电过程中存在体积膨胀问题，导致其循环性能差，目前主要研究方向为通过纳米化、复合化和表面改性等技术手段，改善其循环稳定性和倍率性能。

（3）氧化物负极材料

氧化物负极材料主要包括金属氧化物、金属基复合氧化物和其他氧化物。典型的氧化物负极材料包括 Al_2O_3 、 Cu_2O 、 SiO_x 、 Ga_2O_3 、 Sb_2O_3 、 BiO_3 等。氧化物负极材料均具有较高的理论比容量，然而在从氧化物中置换金属单质的过程中，大量的Li被消耗，造成巨

大的容量损失，并且循环过程中伴随着巨大的体积变化，造成电池的失效，通过与碳基材料的复合可以改善这一问题。

图表42：负极材料体系优缺点对比

材料体系	代表	优点	缺点	研究方向
金属锂负极材料	金属锂	高容量、低电位	循环过程中电极体积变化大，严重时会导致电极粉化失效，循环性能大幅下降；锂是电极活性物质，相应的安全隐患仍存在	合成新型合金材料、制备超细纳米合金和复合合金体系
碳族负极材料	碳基、硅基、锡基材料(以石墨为例)	技术成熟，充放电效率高	碳基负极的理论容量较低，可开发空间已不大。硅基负极正在开发中，但受限于体积膨胀	使用掺杂石墨烯、碳纳米管等纳米碳作为新型碳材料
氧化物负极材料	金属氧化物、金属基复合氧化物和其他氧化物	理论比容量高	从电化学过程中，大量的Li被消耗，造成巨大的容量损失，并且循环过程中伴随着巨大的体积变化，造成电池的失效	通过与碳基材料的复合进行改善

资料来源：《为全固态锂电池“正名”》许晓雄，万联证券研究所

图表43：锂电池负极材料比容量、工作电压对比

负极活性物质分子式	本文缩写	比容量 /mA·h·g ⁻¹	平均电压 (vs. Li)/V	真实密度 /g·cm ⁻³
graphite	graphite	365	0.10	2.20
soft carbon-250 容量	SC-250	250	0.50	1.90
soft carbon-400 容量	SC-400	400	0.50	1.80
hard carbon	HC	250	0.50	1.80
SiO _x -420 容量	SiO _x -420	420	0.20	2.20
SiO _x -1000 容量	SiO _x -1000	1000	0.40	2.10
Si-C-450 容量	Si-C-450	450	0.20	2.20
Si-C-1000 容量	Si-C-1000	1000	0.40	2.10
Si-C-2000 容量	Si-C-2000	2000	0.40	2.00
Li ₄ Ti ₅ O ₁₂	LTO	160	1.56	3.43
Li metal	Li	3860	0	0.53
Li metal 80%容量	Li 80%	3088	0	0.53
Li metal 50%容量	Li 50%	1930	0	0.53
Li metal 33%容量	Li 33%	1287	0	0.53

资料来源：《锂离子电池和金属锂离子电池的能量密度计算》吴娇杨等，万联证券研究所

产业化方面：硅基负极是中短期的主要方案，金属锂是未来终极选择。传统液态锂电池主要使用碳族材料（如石墨）作为负极，目前技术成熟，产业化高，但受限于碳基比容量，其未来的发展空间有限。硅基负极材料理论比容量高，可以大幅提升电池性能，是固态电池负极材料体系迭代的重要方向之一，但硅基材料在充放电过程中体积膨胀严重，导致循环性能下降。目前，通过碳包覆、纳米化等技术手段，硅基材料的循环稳定性和体积膨胀问题得到了有效改善，硅基负极材料开始在高端市场实现初步应用。金属锂负极材料因其极高的理论比容量和低电位，被认为是固态电池负极材料的终极目标，但其面临锂枝晶生长和化学稳定性差等挑战，目前还处在初期试验阶

段，是负极材料体系长期的发展方向。

图表44：负极材料体系迭代方向

	石墨	钛酸锂	硅系	锂合金	金属锂
	人造石墨 天然石墨	$\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$	硅/碳	LiSi , LiSn , ...	Li
理论质量容量 (Ah/kg)	370 好	175 差	400-4200 极好	400-4000 极好	3820 极好
以LCO为正极时电池 电压(V)	3.6 好	2.4 差	3.8 极好	3.2 中	3.7 极好
安全性	好	极好	好	中	差
成本	好	差	差	差	差
隐患	低温充电 性能差	能量密度小	材料成本高	稳定性差	安全性差 稳定性差

资料来源：《固态电池研究及产业化》张锐，万联证券研究所

高容量硅基负极材料主要有硅氧、硅碳负极材料及硅基合金负极材料三大类。其中，硅氧负极理论容量达到1800An/kg，循环性能（800次左右）和倍率性能较好，但是首效较低，在70%左右，当前主要通过预埋锂化或预埋镁化提高首效。由于预埋锂化或预埋镁化工艺复杂，良率较低，且大幅提高了生产成本，达到15万元/吨，一定程度上限制了其规模化生产；硅碳负极理论质量容量高，达到2000An/kg，且首效较高，在90%以上，但存在膨胀率高问题，传统球磨法膨胀率>300%。目前行业主要通过CVD法或者纳米化法降低膨胀率，下降至20-25%，提升循环性能至1000次以上水平，但会显著提升制备成本，高达50万元/吨，是传统石墨（2万元/吨）的二十倍，价格高昂，当前主要用于消费电子领域；硅基合金负极理论质量容量高，膨胀率低，但工艺难度大，良率低，成本高，循环性能差（200-300次），首效低，商业化难度高。

图表45：负极材料体系迭代方向

主要种类	优势	劣势
硅氧负极材料	可逆容量高，达1700-1800mAh/g；循环性能和倍率性能好	首次效率低，无法单独使用，需要进行提高首效处理；SiO工艺复杂，生产成本非常高
硅碳负极材料	克容量高；首效高；工艺相对于其他硅基负极材料较为成熟	大批量生产电化学性能优异的产品难度较高；循环性能和首效有待提高；电极膨胀率较高
硅基合金负极材料	体积能量密度高	工艺难度大、成本高；首次充放电效率低；循环性能较差

资料来源：华经产业研究院，万联证券研究所

当前硅基负极布局企业包括传统负极企业以及技术突破新进公司。

传统负极企业公司多采用硅氧+硅碳多路线协同布局，其中，负极龙头贝特瑞硅基负极出货量领先，其产品性能优异，CVD硅碳产品获全球多家主流动力客户认可，璞泰来CVD法实现小批量生产，安徽紫宸硅碳负极基地首批产能进入试生产状态，约400吨/年，杉杉股份硅氧进度较快，宁波4万吨一体化硅基基地一期已投试产，硅碳负极产品实现量产。

新进公司与国内领先科研所合作，产品技术具备优势，天目先导技术由中科物理所孵化，研发时间早，产品性能指标领先，上海洗霸与中科院上海硅盐所、复旦大学研究团队合作，在硅碳负极、固态电解质方面协同布局。

另外新型CVD硅碳成本高，主要由多孔碳材料、硅烷材料以及设备投资成本构成，其中，多孔碳>硅烷气>流化床设备。硅碳负极企业在上游材料、设备领域协同布局，推动硅碳负极成本下降，璞泰来安徽紫宸硅碳负极核心设备由自主研发，兰溪致德配套布局硅烷气体产能，上海洗霸子公司山东复元布局介孔碳材料。

当前CVD硅碳负极应用还处在早期小批量量产阶段，硅基负极主要应用于消费电子领域，未来随着头部公司产能落地，在动力电池领域应用有望提升。

图表46：硅碳负极企业布局

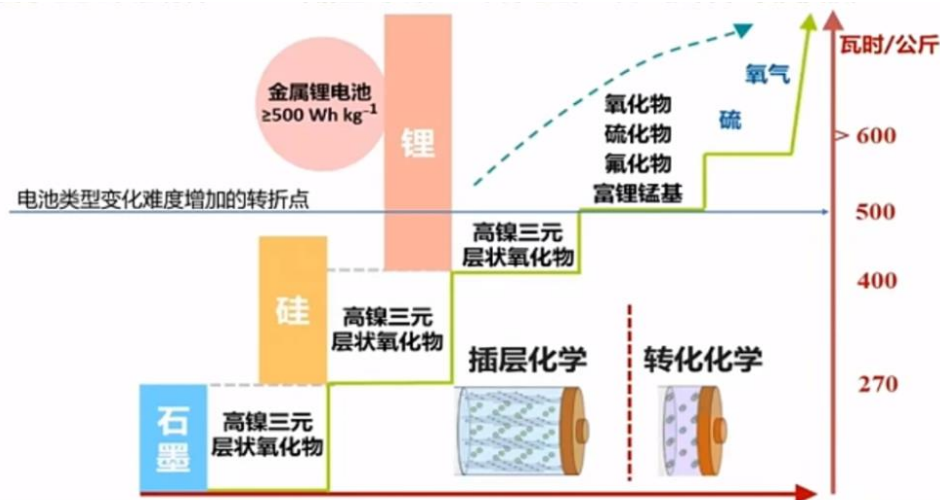
公司简称	技术路线	技术优势	研发进展
贝特瑞	硅碳+硅氧+新型CVD硅碳	硅基负极龙头，全球市场占有率超过70%，硅基负极出货量位居行业首位，固态电解质+硅基负极协同布局	硅碳： 硅基负极材料的有效产能已达5000吨/年，硅基负极产品已研发至第六代产品，比容量达到2000mAh/g以上，新一代硅基负极产品打入国际头部客户供应链，CVD硅碳产品获全球多家主流动力客户认可 硅氧： 完成多款氧化亚硅产品技术开发和量产工作，比容量达1500mAh/g以上
璞泰来	新型CVD硅碳	消费电子领域量产进度快，电解+固态电解质隔膜+固态电池设备协同布局	江西紫宸CVD法实现小批量量产，安徽紫宸硅碳负极基地首批产能进入试生产状态（约400吨/年），核心设备由嘉拓自主研发，规划产能为1.2万吨/年
杉杉股份	硅氧为主+新型CVD硅碳	自主开发硅碳负极均相沉积技术，有效提升材料循环稳定性与倍率性能	硅氧： 产品已批量供应海外头部客户并实现装车，同时成功突破第二代硅氧材料低温循环技术瓶颈，相关技术已获得美国、日本专利授权并批量供应海外头部电动工具厂商 硅碳： 宁波4万吨一体化硅基地一期已投试产，高压实、长循环新型硅碳负极产品实现量产，已通过海内外头部客户的认证并实现批量交付
天目先导	新型CVD硅碳	中科院物理所孵化技术，进入硅基负极领域时间早，新型硅碳材料性能领先	公司新型硅碳材料实现了高容量、低膨胀和长寿命。克容量2473mAh/g、首效达95.6%的产品，配合高镍可适用于400Wh/kg以上超高能量密度电池体系。目前已开始批量应用于动力电池、电动工具和消费电子等领域
兰溪致德	新型CVD硅碳	第三代硅碳快充性能优，自主设备降低CVD工艺成本，硅碳+硅烷协同布局	消费电子： 气相硅碳自2023年完成商业化并迭代三代，2025年需求超预期，掺混比例提升至15%甚至以上，性能需求从快充低膨胀转向能量密度与循环寿命 动力电池： 预计2025年底小批量上车
上海洗霸	新型CVD硅碳	基于中科院上海硅酸盐研究所、复旦大学研究成果转化，硅碳负极+介孔碳基材料协同布局	已完成多批次、多形态固态电解质、新型硅碳负极材料的试生产、客户送样和产品验证，并获得多个客户少量持续性订单

资料来源：公司公告、高工锂电、Carbontech、万得Wind，万联证券研究所

锂金属是负极材料的终极方案，是锂电池技术路线突破的关键。金属锂负极具有高比容（3860mAh/g）、低电位及导电性优异的优点，能够极大地提升电池的能量密度，是最具发展潜力的负极材料。金属锂电池与高镍三元、层状氧化物正极搭配，能够使锂电池能量密度突破至400-500Wh/kg，与氧化物、硫化物、富锂锰基体系搭配，有望将锂电池能量密度提升至500Wh/kg以上，将大幅提升锂电池能量密度，是负极材料终极方案之一。在传统锂电池中，金属锂充放电时锂离子不均匀沉积会形成锂枝晶，容易刺穿隔膜导致短路，引发热失控，导致电池自燃起火甚至爆炸。固态电池由于固态

电解质机械强度较高,一定程度上能够抑制锂金属负极锂枝晶的生长,但仍然存在锂枝晶沿晶界生长的可能,且金属锂负极存在化学稳定性低,体积膨胀率高,循环寿命短,副反应多,制备难度高的问题,制约了其规模化生产。

图 表 47: 轿车用全固态电池技术路线研判



资料来源：新浪财经、《新能源汽车革命技术路线图》欧阳明高，万联证券研究所

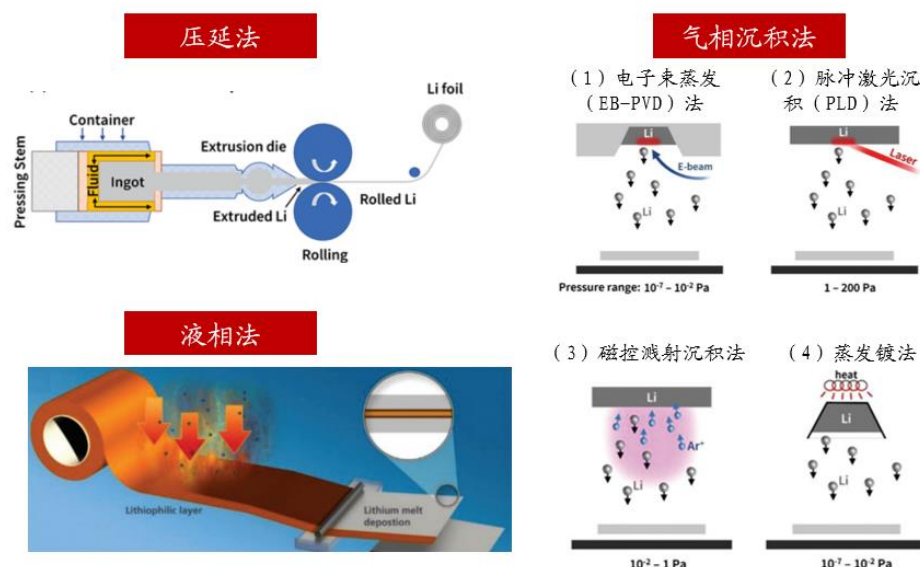
锂金属负极制备方法包括压延法、气相沉积法（蒸发镀膜）、液相法（熔融法）。

(1) **压延法:** 通过机械挤压以及辊压减薄锂锭, 属于物理成型工艺的一种, 是当前锂金属负极的主流制备方法。其流程包括: 锂矿石提锂→电解制锂锭→挤压成条→多级辊压成箔。压延法工艺相对成熟, 但成品锂箔较厚, 在 $20-50\text{ }\mu\text{m}$, 难以制备 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下产品, 且存在厚度不均导致局部电流密度过高问题。

(2) 气相沉积法: 气相沉积法包括电子束蒸发法 (EB-PVD)、脉冲激光沉积法 (PLD)、磁控溅射沉积法以及蒸发镀膜法。EB-PVD 以及 PLD 可以制备超薄锂层, 但是生产成本高, 具有规模化量产局限性, 磁控溅射沉积法沉积效率高, 但与锂金属特性适配性差, 锂靶材制备困难。当前行业主要方法为蒸发镀膜法, 主要通过加热熔锂, 气相沉积于基材上, 其沉积速率快, 厚度精确, 成本相对较低, 具备量产潜力, 但需要在惰性气体环境中生产, 且在超薄层沉积均匀性上具有挑战。

(3) **液相法**: 液相法利用锂金属熔点低的特性, 熔融锂金属后喷涂/刮涂至集流体基材上, 再经过二次辊压定型。液相法可以制备超薄锂层, 且理论成本最低, 但是熔融锂氧化风险高, 厚度均匀性难控制, 量产设备仍然有待开发。

图表48: 锂金属负极制备方法示意图



资料来源:《Current Status and Future Perspective on Lithium Metal Anode Production Methods》, 万联证券研究所

固态电池锂金属负极布局企业主要包括锂矿企业以及正负极集流体企业。其中, 赣锋锂业、天齐锂业凭借锂资源优势, 锂金属原料自供, 能够实现较好的成本控制。在技术路线上, 赣锋锂业、天齐锂业均选择压延法, 已经实现卷对卷生产。天铁科技与欣界能源签订战略合作框架协议, 合作开发锂金属负极, 为欣界能源提供锂金属原料供应。英联股份具备蒸发镀膜技术储备, 是国内蒸发镀膜锂负极路线先发企业, 能够生成超薄化锂层, 高循环寿命, 产品性能领先。

图表49: 锂金属负极企业布局

公司简称	技术路线	技术优势	研发进展
赣锋锂业	压延法	锂金属资源自供, 具备量产能力, 固态电池一体化协同布局	全球最大锂金属材料生产商; 已实现300mm宽度的超薄幅超薄锂带量产; 铜锂复合带中锂箔厚度可达到3微米; 500Wh/kg超高比能电芯, 采用锂金属负极, 已实现10Ah级电芯的小批量生产
天齐锂业	压延法	锂金属资源自供	重庆铜梁600吨/年金属锂产能; 制备10 μm以下超薄锂膜样品 (卷对卷工艺稳定产出); 与卫蓝新能源合资成立深圳固锂研发预锂化材料
英联股份	蒸发镀膜法	具备蒸发镀膜技术储备	正在送样和测试反馈阶段, 采用日本爱发科公司设备, 工艺能够生成超薄化锂层 (2-3 μm), 高循环寿命
天铁科技	锂金属原料	孙公司安徽天铁生产的金属锂可用于固态电池的负极材料	与欣界能源签订战略合作框架协议, 合作开发锂金属负极材料产品, 未来负责欣界能源金属锂材料供应, 年供应量不低于100吨, 供应年限不低于5年

资料来源: 公司公告、万得Wind, 万联证券研究所

4.6 正极材料: 多路线正极协同布局, 高镍三元出货量有望回升

目前, 固态电池正极材料体系开发主要集中在高镍三元正极、镍锰酸锂、富锂锰基等

路线。

材料特性方面：镍锰酸锂工作电压最高，富锂锰基综合性能好

(1) 高镍三元正极材料（简称NCM）：高镍三元材料具有高比容量和较低成本特点，是目前传统锂电池和固态电池正极材料体系的主要迭代方向。在材料特性上，高镍三元正极材料通过增加镍的含量，可以显著提高电池的能量密度，然而，高镍材料存在循环稳定性和安全性等方面问题。

(2) 镍锰酸锂（简称LNM）：镍锰酸锂是一种具有高工作电压和良好循环稳定性的正极材料。其高工作电压可以达到4.7V，能够提高电池的整体能量密度，但镍锰酸锂存在导电性较差的问题。

(3) 富锂锰基正极材料（简称Li-rich）：富锂锰基正极材料具有高比容量、高工作电压和低成本等优点，综合性能优异，被认为是下一代正极材料的重要方向。其比容量能够达到250-300mAh/g，与高镍三元相比有明显提升。然而，富锂锰基材料存在首次充放电效率低和循环稳定性差的问题

图表50：正极材料比容量、工作电压对比

正极活性物质分子式	本文缩写	比容量 /mA·h·g ⁻¹	平均电压 (vs. Li)/V	真实密度 /g·cm ⁻³
LiCoO ₂ -140	LCO-140	140	3.80	5.05
LiCoO ₂ -180	LCO-180	180	4.30	5.05
LiCoO ₂ -220	LCO-220	220	4.40	5.05
LiMn ₂ O ₄	LMO	130	4.05	4.31
LiFePO ₄	LFP	160	3.40	3.65
LiCoPO ₄	LCP	130	4.80	3.70
LiNi _{0.33} Mn _{0.33} Co _{0.33} O ₂	NCM333	160	3.70	4.75
LiNi _{0.5} Mn _{0.2} Co _{0.3} O ₂	NCM523	180	3.70	4.65
LiNi _{0.8} Mn _{0.1} Co _{0.1} O ₂	NCM811	220	3.70	4.65
xLi ₂ MnO ₃ ·(1-x)LiMO ₂ (M = Ni, Co, Mn)-250	Li-rich-250	250	3.75	4.70
xLi ₂ MnO ₃ ·(1-x)LiMO ₂ (M = Ni, Co, Mn)-280	Li-rich-280	280	3.75	4.70
xLi ₂ MnO ₃ ·(1-x)LiMO ₂ (M = Ni, Co, Mn)-300	Li-rich-300	300	3.75	4.70
LiNi _{0.8} Co _{0.15} Al _{0.05} O ₂ -180	NCA-180	180	3.70	4.60
LiNi _{0.8} Co _{0.15} Al _{0.05} O ₂ -200	NCA-200	200	3.70	4.60
LiNi _{0.8} Co _{0.15} Al _{0.05} O ₂ -220	NCA-220	220	3.70	4.60
LiMn _{1.5} Ni _{0.5} O ₄	LNM	135	4.70	4.40

资料来源：《锂离子电池和金属锂离子电池的能量密度计算》吴娇杨等，万联证券研究所

产业化方面：短期三元材料厂商具备优势，富锂锰基是未来迭代方向。固态电池正极材料兼容性强，目前主要沿用三元高镍体系，技术改动较小。当前供应链和生产工艺能够较好地适应固态电池的需求，无需大规模重构，在三元材料体系方面技术领先的正极材料厂商具备发展优势。长期来看，富锂锰基的高能量密度优势突出，有望成为未来的正极材料迭代的主要方向。

图表51: 固态电池关键材料体系迭代方向



资料来源:《固态电池关键材料体系发展研究》李泓, 万联证券研究所

固态电池正极布局企业主要以三元材料厂商为主, 布局技术路线包括超高镍三元、富锂锰基、尖晶石镍锰等。当前锂电正极材料出货量结构中, 磷酸铁锂出货量占比达到80%, 三元材料出货量占比持续下降。凭借高电压平台、高比容量优势, 高镍三元与固态电池更为适配, 未来出货量占比有望回升。富锂锰基、尖晶石镍锰材料当前处在客户验证阶段, 有望近年实现规模化量产装车, 三元正极企业积极布局。厦钨新能研发NL结构三元正极材料, NL结构正极能量密度、倍率性能优越, 与固态电池适配, 已通过多家固态电池厂验证。万润新能优化磷酸铁锂正极性能, 使其与固态电池适配, 同时探索高镍三元、富锂锰基。

另外, 固态电池正极企业积极布局电解质材料, 拓展业务领域, 从正极材料领域向电解质材料领域延伸, 容百科技积极布局硫化物电解质, 硫化物电解质中试线即将于2025年建成; 当升科技协同布局聚合物、氧化物、硫化物多技术路线电解质, 完成年产百吨级中试线建设, 实现吨级稳定制备; 厦钨新能布局硫化物电解质硫化锂原料, 开发出新的生产工艺, 有望降低生产成本。

图表52：固态电池正极材料企业布局

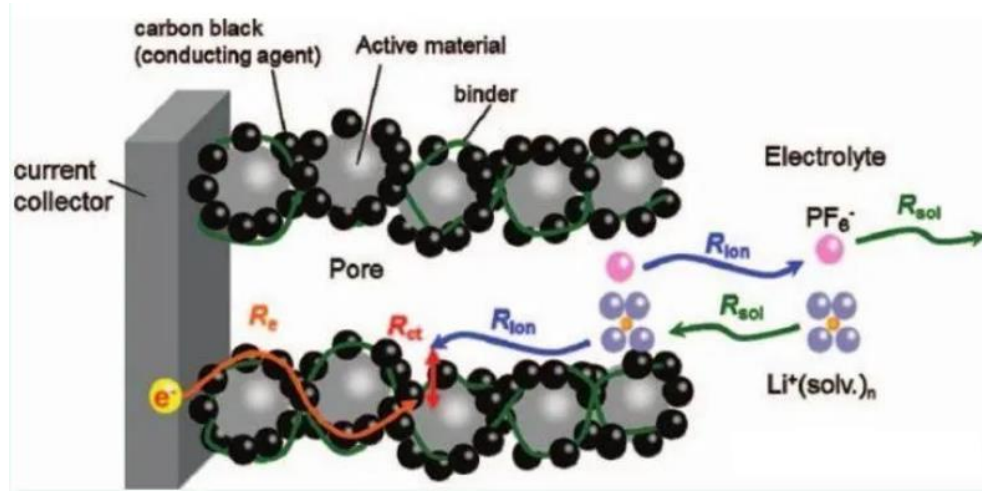
公司简称	技术路线	技术优势	研发进展
容百科技	超高镍三元 (Ni90+)、富锂锰基、尖晶石镍锰	超高镍正极适配全固态体系，离子电导率领先，硫化物电解质协同布局，与宁德时代、蔚来合作，覆盖40余家客户合作，验证进展领先	超高镍三元：正极材料及硫化物电解质材料得到多家国内外客户的认可，硫化物电解质中试线即将于2025年建成 尖晶石镍锰和富锂锰基：获多家客户认可，尖晶石镍锰已实现批量出货，预计2026年有望实现规模化量产装车
当升科技	超高镍三元、富锂锰基、尖晶石镍锰	双相复合工艺+超稳定快离子导体修饰技术，解决固固界面难题；适配350Wh/kg+固态电池	高镍三元：2024年固态正极材料出货近千吨，产品导入清陶、辉能、卫蓝、赣锋等客户。全固态电池材料产品高镍9系通过一汽、中科固能测试并获国内顶级车企百公斤级订单 尖晶石镍锰：已完成清陶、中航等客户样品发送。 富锂锰基：性能指标在行业内处于领先水平，已完成关键客户导入并逐步放量
振华新材	超高镍三元、富锂锰基、尖晶石镍锰	高镍三元在全国8系单晶三元材料市场市占率接近60%	固体电解质改性三元材料，电化学性能和安全性能明显改善，满足安全新规；已完成尖晶石镍锰、富锂锰基及磷酸锰铁锂（LMFP）材料在客户端的送样工作，且部分产品已实现小批量量产销售
厦钨新能	NL结构正极、氧化物+硫化物正极材料	NL结构正极能量密度/倍率性能优越，适配固态电池	氧化物路线正极已供货；硫化物路线合作研发中；批量供货高稳定性补锂材料；与中创新航、欣旺达签订合作协议
华友钴业	高镍三元、高镍三元前驱体	高镍三元前驱体自供，资源整合能力强	半固态电池正极材料已应用于终端客户超长续航车型，全固态电池正极材料持续推进头部企业开发认证，获得客户充分认可；与卫蓝新能源5年合作协议
万润新能	磷酸铁锂（LFP）为主，适配固态体系；探索高镍三元、富锂锰基	头部正极供应商，定制开发能力强；专利技术（如包覆技术）改善界面稳定性	磷酸铁锂性能优化中；高镍三元和富锂锰基研发布局，与华中科技大学、北京理工大学、哈尔滨工业大学（威海）等知名高校联合开展聚合物、氧化物及硫化物固态电解质等研发项目

资料来源：公司公告、万得Wind，万联证券研究所

4.7 辅材环节：导电剂是关键辅材，市场空间广阔

导电剂是锂电池的关键辅助材料，在活性物质之间、活性物质与集流体之间收集微电流，之后将微电流汇集在集流体如铝箔、铜箔上形成大电流，最终向用电器输送，能够有效提升电池的导电性、容量、倍率性能以及循环性能。由于正极活性材料的导电性能较差，内阻较大，需要导电剂形成导电网络，因此传统锂电池中，导电剂主要用于正极中。在固态电池中，随着硅基负极的加速渗透，电池导电剂在负极的应用也会加快普及，以减弱负极的膨胀化率，提升循环寿命。

图表53: 导电剂的作用机理



资料来源: 粉体圈, 万联证券研究所

当前导电剂类别包括炭黑、导电石墨、碳纳米管CNTS以及石墨烯。

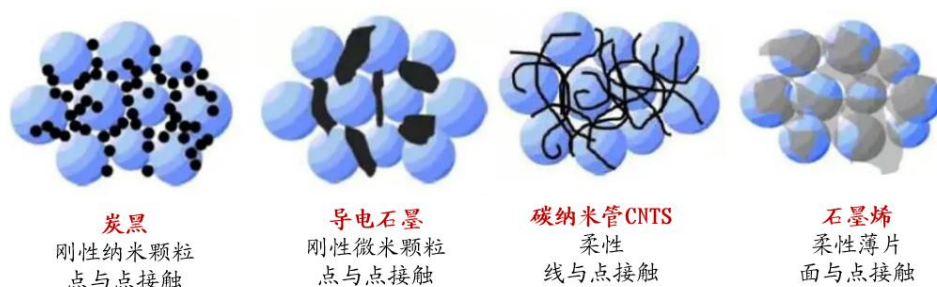
(1) **炭黑**: 炭黑整体成本相对较低, 通过点对点接触渗入活性物质间隙, 其导电率相对较低, 添加量较高, 会降低电池能量密度, 且产品主要依赖于进口。

(2) **导电石墨**: 导电石墨颗粒度较大, 有利于提升极片压实性能, 但同样存在添加量大缺点。石墨烯为点面接触, 比表面积大, 添加量低, 但分散性极差, 容易团聚, 应用领域受限, 主要用于磷酸铁锂电池。

(3) **石墨烯**: 石墨烯与活性物质为点面接触, 导电效率高, 添加剂量低, 但其片状结构会延长锂离子扩散路径, 降低离子电导率, 与固态电池适配性较低。同时, 石墨烯价格较高, 规模化生产受限。

(4) **碳纳米管**: 碳纳米管整体性能优异, 导电性高, 循环性能好, 且能够有效抑制活性物质体积膨胀, 尤其适配硅基负极, 虽然成本较高, 但添加量低, 成本敏感度低, 下游接受度高, 未来有望在固态电池中渗透率提升。根据起点研究, 2024年全球单壁碳纳米管导电浆料市场规模大约16亿元, 预计到2030年有望达178亿元, 未来6年年均复合增长率接近50%, 单壁碳纳米管的前景广阔。

图表54: 导电剂类别与作用示意图



资料来源: 科研云平台, 万联证券研究所

图表55: 导电剂性能对比

种类		优点	缺点
碳纳米管导电剂		导电性能优异,添加量小,提升电池能量密度,提升电池循环寿命性能	需要预分散,价格较高
炭黑类导电剂	SP	价格便宜,经济性高	导电性能相对较差,添加量大,降低正极活性物质占比,依赖进口
	科琴黑	添加量较小,适用于高倍率、高容量型锂电池	价格贵,分散难、全依赖进口
	乙炔黑	吸液性较好,有助提升循环寿命	价格较贵,影响极片压实性能,主要依赖进口
导电石墨类导电剂		颗粒度较大,有利于提升极片压实性能	添加量较大,主要依赖进口
石墨烯导电剂		导电性优异,比表面积大,可提升极片压实性能	分散性能较差,需要复合使用,使用相对局限(主要用于磷酸铁锂电池)

资料来源: 华经产业研究院, 万联证券研究所

企业布局方面, 天奈科技和道氏技术是我国碳纳米管布局领先企业。其中, 天奈科技是最早成功将碳纳米管通过浆料形式导入锂电池的企业之一, 推动了碳纳米管在锂电池领域的广泛运用, 2024年, 其主营业务产品碳纳米管导电浆料市场份额占比53. 2%, 在产销规模、客户结构、产品研发实力等方面处于行业领先地位。同时, 天奈科技已经和国内主流锂电池企业以及日韩知名动力锂电池企业共同推进碳纳米管导电浆料在硅基负极中的应用, 并且已实现对部分头部客户的供货; 道氏技术协同布局碳纳米管导电剂及硅基负极、固态电解质, 单壁碳纳米管方面, 第五代单壁碳纳米管完成从实验室小试到中试量产的工艺开发, 且已通过日韩头部动力电池客户相关测试, 已完成国内3C和动力电池客户送样测试, 部分客户已实现供货, 硅碳负极方面, 已送样涵盖头部数码类、动力类和消费类电芯厂, 部分消费类电池厂已实现供货。

图表56: 固态电池硫化物电解质企业布局

公司简称	技术优势	研发进展
天奈科技	最早成功将碳纳米管通过浆料形式导入锂电池的企业之一, 单壁碳纳米管量产领先, 2024年, 主营业务产品碳纳米管导电浆料市场份额占比53. 2%, 在产销规模、客户结构、产品研发实力等方面处于行业领先地位	已经和国内主流锂电池企业以及日韩知名动力锂电池企业共同推进碳纳米管导电浆料在硅基负极中的应用, 并且已实现对部分头部客户的供货。单壁管粉体产能扩建中, 适配固态电池高导电需求, 量产技术成熟
道氏技术	量产制备的单壁碳纳米管, 直径1-3nm, 长度≥50 μm, 比表面积≥800m ² /g, 纯度≥98. 5%, 粉体性能可完全对标国外客户技术指标; 协同布局硅碳负极、固态电解质	单壁碳纳米管方面, 第五代单壁碳纳米管完成从实验室小试到中试量产的工艺开发, 且已通过日韩头部动力电池客户相关测试, 已完成国内3C和动力电池客户送样测试, 部分客户已实现供货; 硅碳负极方面, 已送样涵盖头部数码类、动力类和消费类电芯厂, 部分消费类电池厂已实现供货

资料来源: 公司公告, 万得Wind, 万联证券研究所

4.8 设备环节：前中段设备是关键，有望率先受益

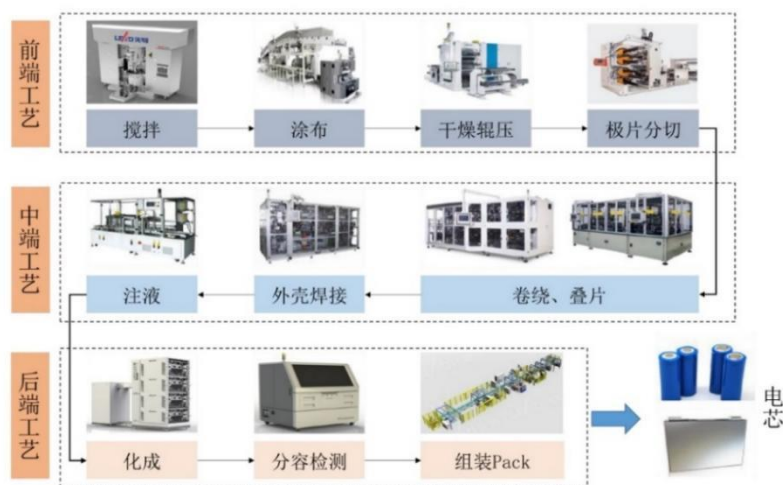
从工序流程来看，锂电生产工艺主要分为三个环节，分别为前段制片环节、中段装配环节以及后段测试环节，简称前段、中段、后段环节。具体来看：

(1) **前段环节**：前段为极片制片环节，主要包括制浆、涂布、辊压、分切、制片等工序，是锂电池制造的基础，因此对极片制造设备的性能、精度、稳定性、自动化水平和生产效能等有着很高的要求，主要设备包括上料系统、制浆机、涂布机、辊压机、分条机及制片机；

(2) **中段环节**：中段为电芯装配环节，主要包括模切、卷绕或叠片、电芯预封装（入壳、焊接、干燥等）、注电解液、封口等工序，对精度、效率、一致性要求较高，主要设备包括模切机、卷绕/叠片机、入壳机、烘干机、注液机及焊接机；

(3) **后段环节**：后段为电芯测试环节，主要包括电芯化成、分容、分选等工序，主要设备包括化成机、分容机。

图表57：锂电池生产工艺环节与设备



资料来源：先导智能可转债募集说明书，万联证券研究所

在设备配置上，固态电池与传统液态锂电池最大区别在于前段设备和中段设备。

- **前段设备**：前段环节主要涉及固态电池电解质成膜、干法电极两个关键工艺，是固态电池制备的核心环节。传统电池前段设备包括上料系统、制浆机、涂布机、辊压机、分条机及制片机。在固态电池制造过程中，由于电解质成膜和电极制备工艺共通，干法电极设备有望成为前段设备核心。干法电极设备将使用双刀片研磨机、球磨机等干混设备替换制浆机，使用双螺杆挤出机、喷涂机、纤维化设备等干涂设备替换涂布机。同时，在固态电池制造中，电解质成膜、干法电极工艺均对于辊压精度要求更高，辊压设备有望成为核心设备，在设备性能、精度要求方面实现升级。
- **中段设备**：由于常规锂电池则以卷绕为主，而固态电池组装与叠片和挤压更为适配。未来固态电池产线叠片机渗透率有望提升，逐步替代常规锂电生产线中的卷绕机。同时，固态电池还需要新增挤压工序以解决界面问题，等静压机有望引入使用，成为中段关键设备。
- **后段设备**：固态电池后段工艺与常规锂电池差异相对较小，主要是在设备性能参数上的升级。在固态电池生产线中，化成机、分容机等后段设备预计将随着固态电池电压平台变化，升级为高压化成机、高压分容机，而常规锂电设备中的注液

机将被取消。

图表58: 常规锂电设备与固态电池设备对比		
环节	常规锂电池设备	固态电池设备
前段	上料系统、制浆机、涂布机、辊压机、分条机及制片机	上料系统、干混设备、干涂设备、高精度辊压机、分条机及制片机
中段	卷绕机、注液机、焊接机	叠片机、等静压机、焊接机
后段	注液机、化成机、分容机	高压化成机、高压分容机

资料来源：万联证券研究所

企业加速布局，干法电极环节竞争激烈。随着各大车企、电池厂商持续加码固态电池研发，锂电设备厂商布局加速，技术快速突破。当前设备厂商核心布局环节包括整线装备、干法电极设备等。其中，先导智能、利元亨已掌握固态电池整线装备的制造工艺，具备多项核心技术，先导智能2024年固态电池设备及干法电极设备已成功发货海外，并获得客户认可和重复订单，利元亨2024年成功中标第一条硫化物固态电池整线装备项目，并进入生产调试与参数优化阶段。纳科诺尔、曼恩斯特、科恒股份等企业积极布局干法电极设备环节，主要研发产品包括干法混料、干法涂布和干法辊压设备，纳尔科诺尔与清研电子成立清研纳科，在干法电极装备领域掌握多项关键技术，并正进行高压成型、等静压等设备的研发，曼恩斯特已初步完成固态电池“湿法+干法”工艺装备的双线布局，科恒股份第一台干法涂布设备已经正式交付并顺利投产，赢合科技2024年推出了第三代干法混料纤维化+干法成膜工艺集成化设备。

图表59：中国固态电池设备企业技术布局与研发进展

企业名称	布局环节	技术优势与突破	研发进展
先导智能	整线装备/ 干法电极	2024年推出全固态整线解决方案，覆盖全固态电极制备、全固态电解质膜制备及复合设备、裸电芯组装到致密化设备、高压化成分容等全固态电池制造关键设备，在电芯结构缓冲件成形、无隔膜叠片、连续致密化、高压化成分容等技术方面具备优势。	2024年，公司的固态电池设备及干法电极设备已成功发货至欧洲、美国、日韩等国家和地区的知名汽车企业、头部电池客户、新兴电池客户现场，并获得客户认可和重复订单。
利元亨	整线装备/ 干法电极/ 叠片设备	掌握全固态电池整线装备的制造工艺，主要产品包括电极干法涂布设备、电极辊压、电解质热复合一体机、胶框印刷、叠片一体机和高压化成分容等核心设备，并针对硫化物电池的防爆、防毒需求设计了三级防护体系，技术领先性显著。	2024年成功中标第一条硫化物固态电池整线装备项目已进入生产调试与参数优化阶段，斩获头部车企批量涂布机订单。首条固态电池前段装备启运美国，并发布全球首台1800mm高速宽幅涂布机并亮相欧洲电池展。
纳科诺尔	干法电极/ 等静压机	专精于辊压设备的技术研发，在设备性能以及热辊、干法电极等新工艺、新技术方面具备领先优势。公司与清研电子共同投资设立的合资公司清研纳科在干法电极装备领域掌握多项关键技术。	位于河北总部的固态电池联合实验室项目正在加快建设。同时，公司正在加快推进固态电池设备研发，包括基于硫化物固态干法电解质膜设备、固态电池锂膜成型工艺及设备、等静压机设备等。
曼恩斯特	干法涂布	具备高精度固态电解质涂布设备生产能力，实现涂布模头进口替代。干法制膜系统具备高度集成化、陶瓷化及智能化多重优势特征，适用于固态电池和高能量密度电池（如4680电池）的规模化生产。	已初步完成固态电池“湿法+干法”工艺装备的双线布局，为国内外多家企业提供了固态/干法工艺的测试验证实验，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。
科恒股份	干法涂布	国内首批干法涂布设备制造商。	公司旗下浩能科技是智能装备核心供应商，第一台干法涂布设备已经正式交付并顺利投产。
赢合科技	干法电极 前道工序	公司干法混料纤维化+干法成膜工艺集成化设备，填补了国内干法搅拌、粉料纤维化设备的空白，适配固态电池的生产。	2024年公司推出了第三代干法混料纤维化+干法成膜工艺集成化设备。2024年公司自主研发生产的干法搅拌设备也已成功交付至国内头部客户现场。
宏工科技	干法电极 前道工序	固态电池上料、输送及搅拌工序的核心供应商。	2024年公司与多家客户签订了数千万元的产线及设备订单；2024年12月，公司与清研电子成立合资公司清研宏工，专注于干法电极前道工序制造设备研发。
先惠技术	-	公司是动力电池模组/PACK设备领域的龙头。	2024年7月和清陶能源达成未来长期合作意向并签订合作框架协议。

资料来源：公司公告、同花顺iFinD，万联证券研究所

5 投资建议

2025年，在以旧换新等消费激励政策驱动下，我国新能源汽车产销量高速增长，叠加全球储能装机增势稳定，锂电产业链需求持续提升，盈利水平显著修复，龙头公司竞争优势增强。展望后市，锂电池产业链整体趋势向好，有望逐步进入周期复苏阶段，建议关注行业业绩修复、固态电池技术突破两大核心主线：

- (1) **行业业绩修复**：上半年，行业供需格局主要受需求端驱动，下游需求增势强劲，有力带动产业链回升。下半年，供给端改善有望加速，一方面，国内“反内卷”政策助力，行业竞争格局有望持续优化；另一方面，企业加速海外布局，资本支出回升，中国企业竞争力有望进一步增强，进而推动产业链供需平衡修复。当前行业估值处于近年低位，建议关注锂电行业龙头公司业绩修复带动估值回升的投资机会；
- (2) **固态电池技术突破**：固态电池产业化进程持续加速，现已进入“技术验证期”阶段，厂商中试线密集落地，有望持续带动产业链升级。建议关注在电池、电解质材料、正负极及辅材等关键材料环节布局领先且具备技术优势的企业。

6 风险因素

1. **下游需求不及预期风险**：锂电池下游主要应用于新能源汽车、储能和电子装备领域。目前新能源汽车、储能行业发展迅速，对电池需求快速增长。未来如果新能源汽车渗透率下降、储能装机增长放缓，锂电池下游需求会有不及预期风险。
2. **政策变动风险**：目前锂电行业国内及出口发展及受政策影响较大，若国内外政策发生变动，将会对产业发展产生关键影响。
3. **新技术产业化进展不及预期风险**：固态电池目前正在处于初步发展阶段，在技术研发、成本压缩等方面仍有较多难点，未来产业化进程可能有不及预期风险。
4. **技术路线替代风险**：目前固态电池新技术路线发展还不明确，存在技术路线替代风险。
5. **行业竞争加剧风险**：当前锂电行业竞争激烈，若下游需求增长不及预期，存在行业竞争加剧，企业盈利水平下降风险。

行业投资评级

强于大市：未来6个月内行业指数相对大盘涨幅10%以上；

同步大市：未来6个月内行业指数相对大盘涨幅10%至-10%之间；

弱于大市：未来6个月内行业指数相对大盘跌幅10%以上。

公司投资评级

买入：未来6个月内公司相对大盘涨幅15%以上；

增持：未来6个月内公司相对大盘涨幅5%至15%；

观望：未来6个月内公司相对大盘涨幅-5%至5%；

卖出：未来6个月内公司相对大盘跌幅5%以上。

基准指数：沪深300指数

风险提示

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

证券分析师承诺

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为证券分析师，以勤勉的执业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

免责声明

万联证券股份有限公司（以下简称“本公司”）是一家覆盖证券经纪、投资银行、投资管理和证券咨询等多项业务的全国性综合类证券公司。本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。本报告中的信息或所表述的意见并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。在法律许可情况下，本公司或其关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或类似的金融服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司认为可靠且已公开的信息撰写，本公司力求但不保证这些信息的准确性及完整性，也不保证文中的观点或陈述不会发生任何变更。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。分析师任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告的版权仅为本公司所有，未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、发表和引用。未经我方许可而引用、刊发或转载的引起法律后果和造成我公司经济损失的概由对方承担，我公司保留追究的权利。

万联证券股份有限公司 研究所

上海浦东新区世纪大道1528号陆家嘴基金大厦

北京西城区平安里西大街28号中海国际中心

深圳福田区深南大道2007号金地中心

广州天河区珠江东路11号高德置地广场