

# 固态电池专题研究：产业链初步成形，产业化稳步推进

2023 年 10 月 16 日

## 【投资要点】

- ◆ 市场对固态电池已经建立了概念认知并具备了板块效应。固态电池相关标的以及钙钛矿相关标的在 2023 年 2 月及 7 月的强劲表现，主要原因是市场对新技术领域的挖掘和短期偏好而带来的投资机会。这波行情代表着固态电池首次作为主题概念被市场挖掘出来，并形成了板块效应。类比人形机器人第一及第二波行情，固态电池下一次行情的启动会需要产业层面有重要的或者实质性的技术突破。
- ◆ 固态电池的优势确保了产业向其发展的趋势。面对新能源和智能电网等的需求，市场迫切需要支持发展高安全性、长寿命和高比能量的化学储能技术，固态电池能量密度高、安全性能好、工作温度范围广的优势在这些需求下尤为突出。相比传统锂电池，固态电池的能量密度可从 300Wh/kg 提升至 500Wh/kg，大幅增强续航能力。安全性方面，由于固态电池中的固态电解质弹性模量较高，可以有效抑制锂枝晶的生长，提高电池安全性能。此外，固态电池通过采用超离子导体、固液结合、热管理等方式实现宽温区工作。
- ◆ 固态电池正负极和电解质材料技术迭代路线已较为明确。电解质短期从液态电解质转向固液混合电解质，长期向固态电解质发展。固态电解质又分为氧化物、硫化物、聚合物三种技术路线。负极由石墨材料向理论比容量更高、工作电压更低的硅基材料发展，长期来看锂金属由于具有最低的电化学势更具发展潜力。正极短期内将沿用传统锂电池正极材料，长期为了追求更高的能量密度以及工作电位，高镍层状氧化物以及富锂锰基正极材料将是发展方向。
- ◆ 各企业持续加码固态电池相关布局，推动产业化进程。在国家鼓励发展固态电池的背景下，各企业纷纷投入研发并布局相关产能。赣锋锂业 20 GWh 新型锂电池科技产业园项目于 2022 年开工；卫蓝新能源于 2022 年 11 月完成了车规级固态动力电芯产业化工程项目厂房建设及产线投建；辉能科技计划在法国北部的敦刻尔克新建一座电池工厂，预计 2026 年开始生产。

## 【配置建议】

- ◆ 固态电池能量密度高、安全性能好、工作温度范围广，是锂电池较为确定的产业发展方向，未来潜力巨大，建议关注固态电池以及产业链相关个股：上海洗霸，赣锋锂业，当升科技和 Quantum Scape。

## 【风险提示】

- ◆ 固态电池技术研发进展不及预期；技术路线变革；产业政策变化

强于大市（维持）

东方财富证券研究所

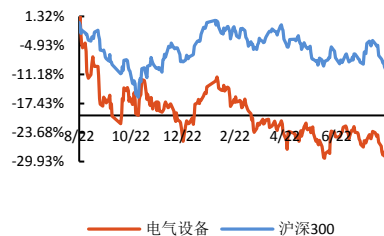
证券分析师：周旭辉

证书编号：S1160521050001

联系人：程文祥

联系电话：021-23586475

相对指数表现



相关研究

## 正文目录

1. 固态电池优势显著，下一代锂电池升级方向	4
1.1. 固态电池：概念普及已经完成	4
1.2. 固态电池：产业趋势的确定性	7
2. 固态电池产业链演进方向	8
2.1. 电解质	8
2.2. 负极	10
2.3. 正极	12
3. 固态电池产业化进程	14
3.1. 各个国家固态电池布局进展	14
3.2. 固态电池市场空间与产业化瓶颈	17
3.2.1 固态电池市场空间	17
3.2.2 固态电池产业化瓶颈	17
3.3. 各重点企业固态电池布局进展	18
3.3.1 赣锋锂业	18
3.3.2 清陶能源	20
3.3.3 卫蓝新能源	21
3.3.4 国轩高科	22
3.3.5 孚能科技	23
3.3.6 辉能科技	24
3.3.7 QuantumScape（美股）	24
3.3.8 天目先导	25
3.3.9 当升科技	26
3.3.10 上海洗霸	27
3.3.11 其他固态电池产业链上游布局企业	28
4. 投资建议	29
5. 风险提示	29

## 图表目录

图表 1：2023 年 1 月至 7 月固态电池相关标的股价表现	4
图表 2：2023 年 1 月至 7 月钙钛矿相关标的表现	5
图表 3：2022 年 4 月至 2023 年 3 月人形机器人相关标的表现	6
图表 4：电池应用的性能要求及固态电池可能的解决思路	7
图表 5：不同类型锂电池的能量密度	8
图表 6：LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /Li 电池首次充电后在阳极表面形成锂枝晶示意图	8
图表 7：金属锂负极在液态电池中的问题、后果以及影响	9
图表 8：SEI 膜增厚过程	9
图表 9：固态电解质对比情况	9
图表 10：负极材料对比情况	10
图表 11：硅碳材料与硅氧材料对比情况	10
图表 12：LLZO 对熔融锂的接触角测试	11
图表 13：处理过的泡沫铜对熔融锂浸润性的影响	11
图表 14：人工 SEI 保护层形成过程模拟	12
图表 15：SEI 对均匀的 Li 沉积促进作用对比图（左：有 SEI 的情况 右：无 SEI	

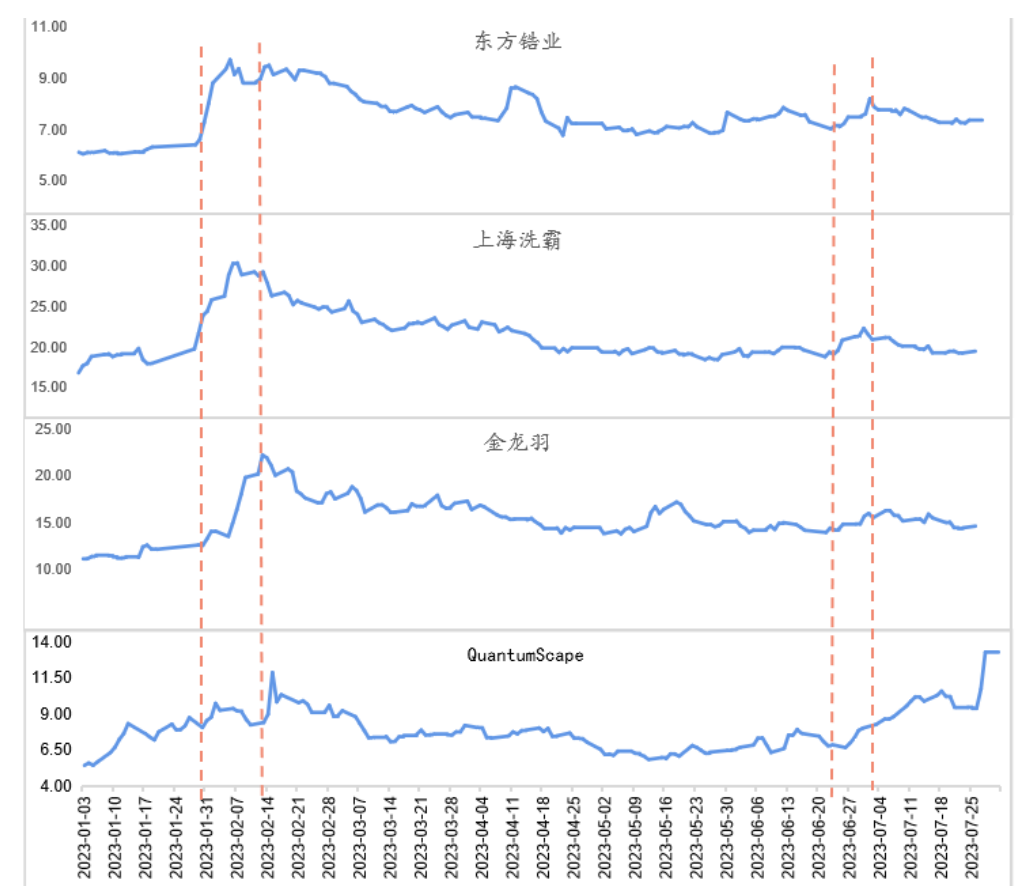
的情况)	12
图表 16: 正极材料对比情况	12
图表 17: 层状材料结构	13
图表 18: 正极材料充放电过程中体积变化	13
图表 19: $\text{LiCoO}_2/\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}/\text{In}$ 电池在充电前后的截面 X 射线断层成像	13
图表 20: 电解质/正极界面修饰改性方法	14
图表 21: 日产公布的固态电池生产设备	15
图表 22: 清陶能源固态电解质膜卷对卷连续生产图	15
图表 23: 中国固态电池行业相关政策	16
图表 24: 预计 2023-2030 年固态电池市场空间	17
图表 25: 预计 2023-2030 年固态电池出货量	17
图表 26: 部分电解质单价	18
图表 27: 赣锋锂业发展历程	18
图表 28: 赣锋锂业混合固液锂离子电池及动力电池	19
图表 29: 赣锋锂业固态锂电池模组	19
图表 30: 赣锋锂业产业进展	20
图表 31: 清陶能源发展历程	20
图表 32: 清陶能源部分固态电池相关专利	21
图表 33: 清陶能源乘用车 pack 固态电池	21
图表 34: 清陶能源通信电子类固态电池	21
图表 35: 卫蓝新能源发展历程	22
图表 36: 卫蓝新能源 30Ah 固态锂离子电芯	22
图表 37: 卫蓝新能源 13S 固态锂离子电池包	22
图表 38: 国轩高科发展历程	23
图表 39: 孚能科技电芯产品	23
图表 40: 孚能科技电池包产品	23
图表 41: 辉能科技氧化物电解质固态电池示意图	24
图表 42: 辉能科技大型锂陶瓷固态电池 (LLCB)	24
图表 43: QuantumScape 固态电池	24
图表 44: 天目先导发展历程	25
图表 45: 天目先导纳米硅碳复合负极材料	25
图表 46: 天目先导部分固态电池相关专利	26
图表 47: 当升科技发展历程	26
图表 48: 当升科技与固态电池企业合作情况	27
图表 49: 上海洗霸固态电解质送样情况	28
图表 50: 公司盈利预测和估值 (截止 2023 年 10 月 13 日)	29

## 1. 固态电池优势显著，下一代锂电池升级方向

### 1.1. 固态电池：概念普及已经完成

2023 年 2 月以及 7 月国内和美股固态电池相关标的市场表现强劲。1 月中下旬到 2 月中旬东方锆业、上海洗霸、金龙羽、QuantumScape 的涨幅分别为 43.59%/82.48%/60.26%/24.83%；相对于沪深 300 指数的超额收益分别为 43.85%/82.75%/60.52%/25.09%。6 月末至 7 月初各标的涨幅分别为 10.07%/10.83%/11.27%/24.24%，相对于沪深 300 指数的超额收益分别为 10.12%/10.88%/11.32%/24.29%。

图表 1：2023 年 1 月至 7 月固态电池相关标的股价表现



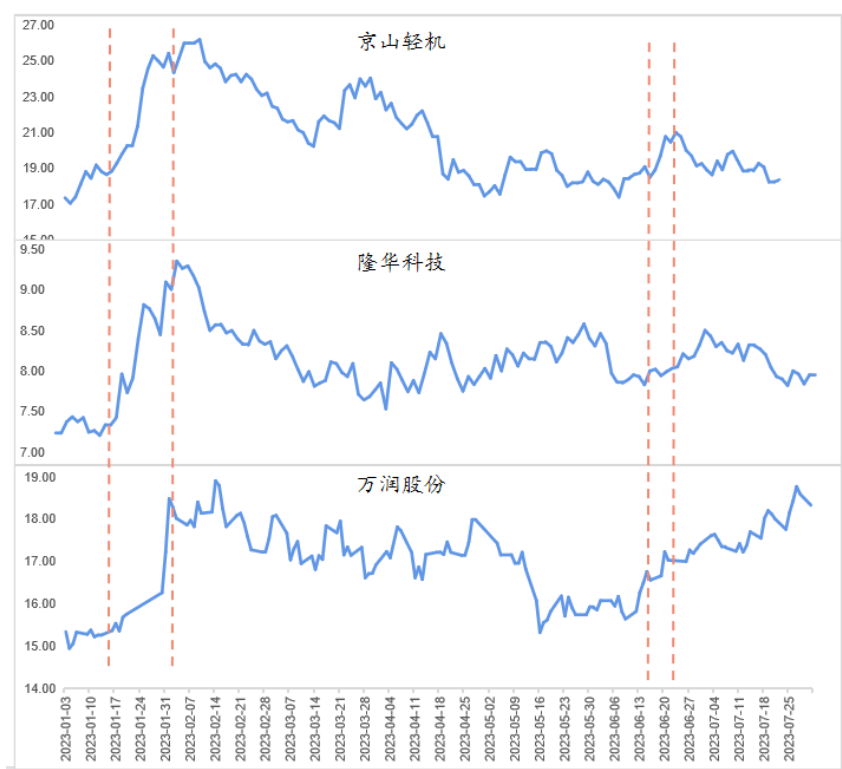
资料来源：Choice 行情序列，东方财富证券研究所（注：横轴日期为 2023 年 1 月 3 日至 2023 年 7 月 31 日，采用收盘价。）

**产业层面并未有重大技术突破。**在 2023 年 1 月举行的广州车展上，多家车企宣布加速布局固态电池。东风汽车表示，目前正在研发的第二代固态电池，预计将在 2024 年上半年实现量产搭载，届时整车续航里程可达 1000 公里以上；长安深蓝也表示，开始加速半固态电池研发，目前已经进入工程化研发阶段，2025 年将搭载整车应用。此外，上海洗霸试产的锂离子电池固态电解质粉体先进材料相关产品的合作研究处于吨级至拾吨级/年工业化标准产线阶段。7 月份中国科学技术大学设计并合成了新型固态电解质氧氯化锆锂，在具备极强成本优势的同时，氧氯化锆锂的综合性能与目前最先进的硫化物、氯化物固态电解

质相当。**政策层面**，2023 年 1 月工信部等六部门发布关于推动能源电子产业发展的指导意见，核心为加快研发固态电池、钠离子电池、氢储能/燃料电池等新型电池。国家发改委举行 6 月份新闻发布会，表示推动压缩空气储能、液流电池、固态电池等新型储能关键技术突破。总体看，固态电池行情启动前，行业层面有一些进展，但是并未有看到重大的技术突破。

**2 月与 7 月的行情**主要原因为短期市场风格切换，即资金主动挖掘固态电池这一新技术方向。上述公司均与固态电池产业链相关，东方锆业生产的二氧化锆是固态电解质钽掺杂锂锆氧（英文简称 LLZTO）的主要原材料之一，上海洗霸生产固态电池电解质粉体，金龙羽研发生产氧化物固态电解质及硅碳负极材料，QuantumScape 研发并生产固态电池。此外，在同一时间段，光伏领域的钙钛矿相关标的同样表现强劲，例如万润股份、京山轻机以及隆华科技均大幅上涨。而在产业层面，固态电池或者钙钛矿电池并未有见到突破性的进展，因此 2 月和 7 月份固态电池板块的上涨，更多是由于市场对新技术领域的挖掘和短期偏好而带来的投资机会。虽然上涨时间不长，但这是固态电池首次作为主题概念被市场挖掘出来，并形成了板块效应。固态电池相关个股强势的表现，建立了固态电池板块概念的在二级市场的认知。

图表 2：2023 年 1 月至 7 月钙钛矿相关标的表现



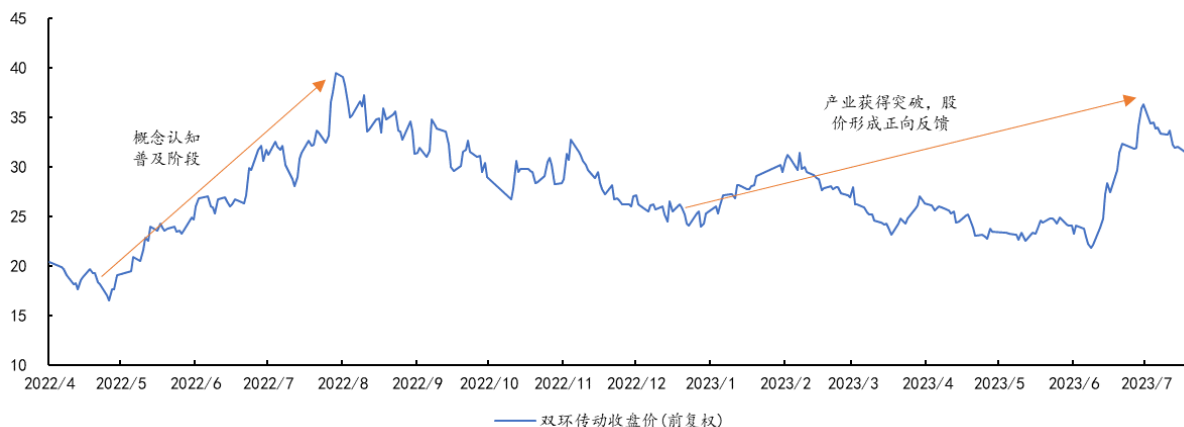
资料来源：Choice 行情序列，东方财富证券研究所（注：横轴日期为 2023 年 1 月 3 日至 2023 年 7 月 31 日，采用收盘价。）

固态电池 2 月份行情和人形机器人第一阶段行情类似，均属于市场概念普及期。如图 3 所示，以人形机器人核心标的鸣志电器、双环传动和绿的谐波等为例，马斯克在 2022 年 4 月仅仅宣布 Optimus 可能于下一年开始生产，机器人相关标的便在 2022 年 5 月至 2022 年 8 月迎来了一波上涨行情。2022 年 8 月之后，机器人概念迎来调整，直到 2023 年 11 月底，ChatGPT 聊天机器人走红，马斯克也推出了具备高阶功能的 Optimus，机器人概念随后开启了第二波行情。



复盘来看，人形机器人第一波的行情更多的其实是市场建立机器人概念认知的过程，而第二阶段的行情则是源于 ChatGPT 的出现为机器人未来软件层面的能力打开了想象空间，高阶功能的 Optimus 则显示了硬件层面的有效突破。2023 年 2 月固态电池和钙钛矿电池行情，与人形机器人第一阶段行情较为相似，均属于相关概念第一次被市场认知和熟悉的阶段，产业层面仍有很多待解决的问题。因此，我们也可以合理推测，固态电池或者钙钛矿电池下一次行情的启动会需要产业层面有重要的或者实质性的技术突破。

图表 3：2022 年 4 月至 2023 年 3 月人形机器人相关标的表现



资料来源：Choice 技术分析，东方财富证券研究所(注：横轴日期为 2022 年 4 月 1 日至 2023 年 7 月 20 日，采用收盘价)

## 1.2. 固态电池：产业趋势的确定性

固态电池相比液态电池的多种优点，为锂电池产业向其发展奠定基础。面对新能源储能和智能电网等的需求，市场迫切需要支持发展高安全性、长寿命和高比能量的化学储能技术。例如高能量密度的电池可以提升新能源汽车的续航能力；高安全性可以消除消费者相关顾虑，增强产品市场竞争力；工作温度范围广的电池可以适应更复杂的气候条件从而扩展市场需求。固态电池可以充分满足这些需求，发展前景广阔。

图表 4：电池应用的性能要求及固态电池可能的解决思路

电池应用性能要求	固态电池的可能解决途径
质量能量密度高	采用高能量密度嵌入化合物、硫基、空气等作为正极
体积能量密度高	致密薄层电解质技术，高压实密度嵌入化合物正极
循环寿命长	正负极均有较小体积膨胀，保持界面接触的机制，例如复合电极、柔性、无定形、凝胶态界面
体积变化小	存在体积变化缓冲机制，复合电极
宽温区工作（-70~150℃）	超离子导体、固液结合、热管理
倍率特性好	高倍率正负极的设计和考虑，聚合物、无序层、固液界面设计，高离子导电复合材料，薄膜化
耐挤压针刺	不易粉化的金属锂复合电极，无易氧化、易燃、易爆的固体电解质
耐震动	含有柔韧性物质或者系统减震
耐过充	宽电位窗口电解质与正极材料
耐过放	选择高稳定正负极材料
耐短路	电芯内有熔断、热保护机制
无内短路	有抑制锂枝晶生长穿刺的机制
能量效率高	电极、电解质、界面的面电阻小；正极电化学极化、扩散极化小
自放电率低	无锂枝晶、无持续界面反应
低成本、易于量产	通过提升能量密度与寿命降低成本、原材料易于制备、极片和电解质层/膜易加工，电芯易于快速制备

资料来源：李泓《固态锂电池研发愿景和策略》储能科学与技术 2016 年，东方财富证券研究所

**固态电池具有高能量密度。**锂离子电池采用全固态电解质后其适用的正负极材料体系也会发生改变。对于负极而言，可以不必使用嵌锂的石墨负极，而是直接使用金属锂来做负极，这样可以明显减轻负极材料的用量，使得整个电池的能量密度有明显提高。对于正极而言，固态电解质大多数拥有较宽的电化学窗口，可以兼容更多高电压正极材料（高镍正极，富锂锰基正极等）从而提高能量密度。液态电池由于锂枝晶的存在增加了电极比表面积，比表面积的增大将会增大副反应程度，不断地消耗电解质中锂离子，降低了库伦效率。固态电解质可以抑制锂枝晶生长解决此问题。此外固体电解质耐热性高于有机溶剂电解质，可减少冷却机制占据的体积和质量从而获得高能量密度。

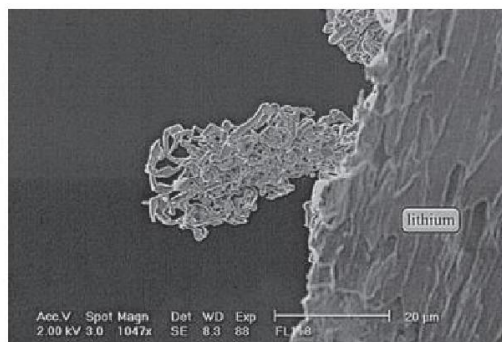
图表 5：不同类型锂电池的能量密度

	液态锂电池	准固态锂电池	全固态锂电池
能量密度 (Wh/kg)	<300	300-400	400-500

资料来源：王长虹《下一代能源储存技术——固态电池》Engineering2023 年，东方财富证券研究所

**固态电池具有更好的安全性能。**锂金属负极在持续的循环过程中存在锂枝晶生长问题。锂片表面平整度不一、锂离子质量浓度差等原因造成锂金属负极表面的电流密度分布不均匀，使得锂离子容易在电流密度高的地方还原成锂金属，形成成核位点引导锂枝晶生长。树枝状的锂枝晶会刺穿电池隔膜，引发电池短路失效，从而导致锂电池发生热失控和爆炸。由于固态电池中的固态电解质弹性模量较高，可以有效抑制锂枝晶的生长，同时固态电解质具有不易挥发、不易燃的特点，降低了锂枝晶的危害程度。

图表 6：LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Li 电池首次充电后在阳极表面形成锂枝晶示意图



资料来源：黄义雄《锂金属电池负极枝晶生长特性研究》大连理工大学硕士论文 2022 年，东方财富证券研究所

**固态电池工作温度范围广。**无机固体电解质较低的离子迁移活化能使得固态电池可以在宽温度范围内（-50~200℃）工作。如南京大学徐骏教授、宋虎成副研究员等人就报道了一种超宽温度全固态电解质，可以在-73℃到 120℃范围内工作。

## 2. 固态电池产业链演进方向

### 2.1. 电解质

固态电池从液态电解质先转向固液混合电解质，再向固态电解质发展。液态电池的液态电解质已经不能兼容更高能量密度的负极材料例如金属锂与更高电压的正极材料。因此短期内半固态电池/准固态电池的前景更加广阔，即采用固液混合形态的电解质。长期来看，为了进一步提高能量密度需采用固态电解质完全替代液态电解质，即向全固态电池发展。固态电解质可以满足诸多条件，包括高离子导率、宽电化学窗口、高锂离子选择性（即高锂离子迁移率）、具有优异的机械性能。

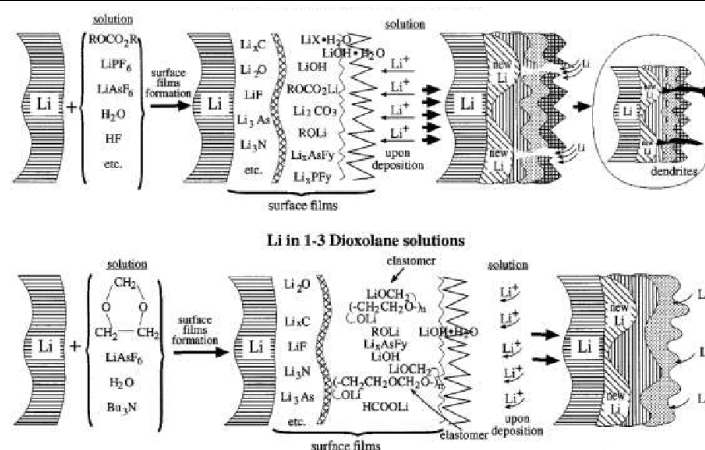


图表 7：金属锂负极在液态电池中的问题、后果以及影响

起因	后果	对电池性能影响
不均匀沉积和溶解	锂枝晶、孔洞、粉化	容量衰减、体积变化增大、内短路、易燃烧
与电解液发生副反应	SEI 膜增厚电解液耗尽	内阻增大、锂粉化、失活加剧、容量跳水、不安全、胀气
体积膨胀和收缩	影响电接触、SEI 不稳定	容量损失、循环性变差、内阻增大、器件需要加压
对空气敏感	表面副反应	不易储存、导致电流密度不均、增加内阻, 影响 SEI 膜生长
较软	薄膜电极需要集流体衬底	不易快速规模加工
低熔点	高温安全性	180 °C 以上不易使用

资料来源：李泓《固态锂电池研发愿景和策略》储能科学与技术 2016 年，东方财富证券研究所

图表 8：SEI 膜增厚过程



资料来源：陈昱铮《固态锂电池用金属锂负极的改性研究》电子科技大学硕士论文 2020 年，东方财富证券研究所

目前研发的固态电解质主要分为三种：氧化物电解质、硫化物电解质、聚合物电解质。氧化物电解质材料具有安全性能高、稳定性良好、成本低廉、环境友好等优点，主要包括 NASICON 型结构氧化物电解质、石榴石结构氧化物电解质和钙钛矿结构氧化物电解质。硫化物固体电解质在室温下具有较高的离子电导率，范围从  $10^{-4}$  到  $10^{-2}$  S/cm。同时，硫化物固体电解质具有可忽略的电子电导率和良好的力学性能，从而优化全固态电池的循环稳定性。其中  $\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5$  的主要原料为硫化锂与硫化磷。相较于无机固体电解质，溶解锂盐的固体聚合物电解质 (SPE) 具有柔韧性好、质量轻、成本低以及易于加工等优势。

图表 9：固态电解质对比情况

类型	材料	室温离子导率 (S / cm)	优势	劣势
氧化物	Perovskite: $\text{Li}_{0.33}\text{La}_{0.56}\text{TiO}_3$ , NASICON: $\text{LiTi}_2(\text{PO}_4)_3$ , LISICON: $\text{Li}_{14}\text{Zn}(\text{GeO}_4)_4$ , 石榴石型: $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}/$ $\text{Li}_{6.4}\text{La}_3\text{Zr}_{1.4}\text{Ta}_{0.6}\text{O}_{12}$	$10^{-5} \sim 10^{-3}$	高化学与电化学稳定性 机械性能好 电化学窗口宽	柔性有限 电解质-电极固界面阻抗大 目前批量生产成本较高

硫化物	$\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5$ , $\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5-\text{MSx}$	$10^{-4} \sim 10^{-2}$	离子导率高 有较好的机械强度和柔性 低界面电阻	化学与电化学稳定性一般 对水分敏感 与电极相容性差
聚合物	PEO, PAN	$10^{-5}$ 左右	对金属锂电极稳定性好 批量制备工艺较成熟 剪切模量低	热稳定性有限 氧化电压低 ( $<4\text{V}$ )

资料来源：田桂丽《固态锂电池发展现状与技术进展》化学工业 2018，东方财富证券研究所

## 2.2. 负极

锂电池负极中短期由石墨材料向硅基材料发展，长期转向锂金属。目前商业化应用的锂离子电池，负极材料主要采用石墨，其比容量仅有 372 mAh/g，与之相比，硅基材料具有目前最高的理论比容量 (4200 mAh/g)，合适的工作电压 ( $<0.4\text{V}$ )，分为硅碳与硅氧两 8 种技术路线；金属锂负极材料的比容量高达 3860 mAh/g，其拥有最低的电化学势 ( $-3.04\text{V}$ )，对应正极材料的选择也更广泛。由于锂金属负极的安全性问题仍没有解决，目前的发展趋势以硅基材料为主，即硅基负极率先应用在半固态/准固态电池上，全固态电池向锂金属负极过渡。

图表 10：负极材料对比情况

	金属锂负极	硅基材料负极	石墨负极
理论比容量 ( $\text{mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ )	3860	4200	372
电压平台 (V)	-3.04	$<0.4$	0.01-0.2
成本	较低	较高	低
安全性	低	一般	高

资料来源：张传韬《锂离子电池硅碳/石墨复合负极材料体系开发及电化学性能研究》南昌大学硕士论文 2022 年，陈昱琦《固态锂电池用金属锂负极的改性研究》电子科技大学硕士论文 2020 年，钜大锂电，东方财富证券研究所

图表 11：硅碳材料与硅氧材料对比情况

	硅碳材料	硅氧材料
优势	首次充放电效率高；工艺较成熟	循环性能及倍率性能好；
劣势	循环性能低；电极膨胀率高	首次效率低；工艺复杂

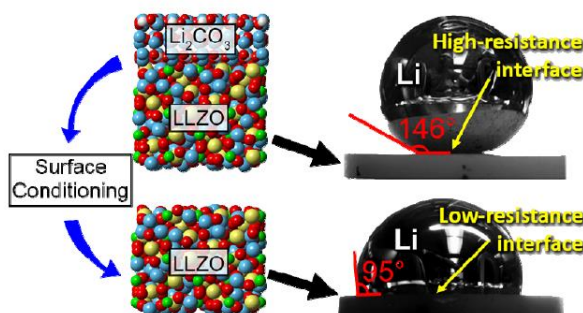
资料来源：华经产业研究院，东方财富证券研究所

**固态电解质与负极存在固-固界面问题。**无论采用何种固体电解质，由此带来的界面问题对于电池性能的影响都至关重要。固态电池负极，电极与电解质之间的界面接触由固-液面接触变为固-固点接触，由于固相无润湿性，因此固-固界面将形成更高的界面电阻。

为了解决这一问题，对于不同的固态电解质采用不同的方法。对于氧化物电解质使用熔融锂配合湿磨法或泡沫铜处理固-固界面问题。一般情况下经过高温烧结之后的陶瓷片表面含有  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  杂质层，对熔融锂的浸润性较差。使用湿磨法将  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  杂质打磨掉，露出纯相  $\text{Li-La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  (LLZO) 电解质表面，用熔融锂接触角实验来说明金属锂与 LLZO 陶瓷片的相容性，其熔融锂接触角由原来的

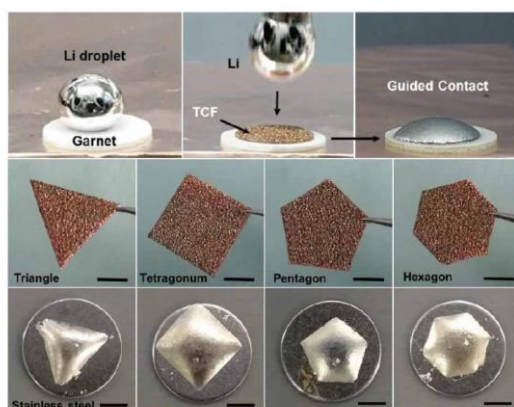
140° 减小到 95°，明显改善了对锂的浸润性。此外，氧化后的泡沫铜具有浸润熔融锂的性质，将一片特定形状的泡沫铜氧化后置于陶瓷片上，熔融锂会沿着泡沫铜的形状浸润整个泡沫铜孔道和泡沫铜与 LLZO 电解质之间的界面，取下泡沫铜后熔融锂依旧浸润在陶瓷电解质表面。

图表 12：LLZO 对熔融锂的接触角测试



资料来源：程向《基于金属锂负极的固态电池研究》长春理工硕士论文 2021 年，东方财富证券研究所

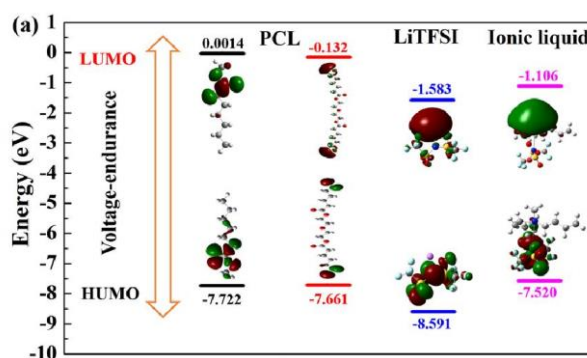
图表 13：处理过的泡沫铜对熔融锂浸润性的影响



资料来源：程向《基于金属锂负极的固态电池研究》长春理工硕士论文 2021 年，东方财富证券研究所

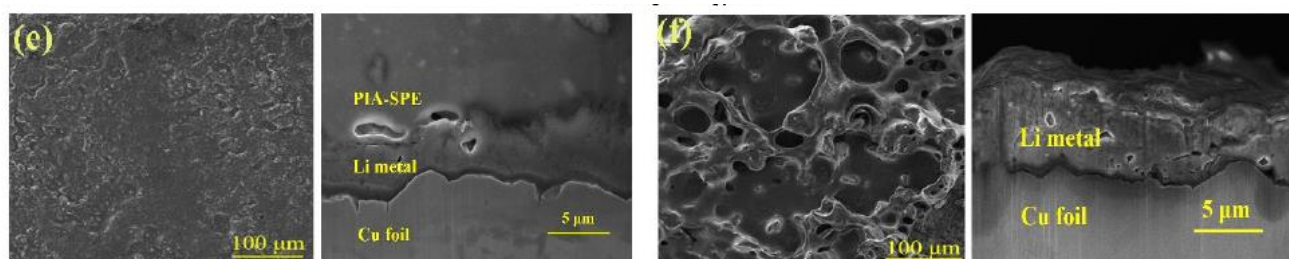
对于硫化物电解质以及聚合物电解质，采用置入人工固态电解质界面层方法。人工固态电解质界面层（SEI）具有良好的电子绝缘性和较低的离子迁移激活能，能够有效的降低电解质和锂金属的界面反应，促进锂金属的均匀沉积，起到保护固态电解质/锂金属界面层的作用。通过有无 SEI 膜的固态电池实验中可以得出，均匀的 Li 沉积和稳定的 Li 对称循环性能与所构筑的人工 SEI 保护层的存在密切的关系。

图表 14：人工 SEI 保护层形成过程模拟



资料来源：张德超《聚合物复合固态电解质的性能优化及其锂金属电池界面稳定性调控》华南理工硕士论文 2022 年，东方财富证券研究所

图表 15：SEI 对均匀的 Li 沉积促进作用对比图（左：有 SEI 的情况 右：无 SEI 的情况）



资料来源：张德超《聚合物复合固态电解质的性能优化及其锂金属电池界面稳定性调控》华南理工硕士论文 2022 年，东方财富证券研究所

## 2.3. 正极

**固态电池正极材料与传统锂电池兼容。**短期来看，固态电池正极仍将使用钴酸锂、锰酸锂、镍酸锂、磷酸铁锂、三元正极材料。长期来看，为了追求更高的能量密度以及工作电位，高镍层状氧化物以及富锂锰基正极材料将是发展方向。

**富锂锰基**凭借其最高的理论比容量以及宽电压窗口成为前景广阔的正极材料。其由锂、钴、镍、锰、铁等元素组成，从结构上看，富锂锰基材料含有层状  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  和  $\text{LiMnO}_2$  两种组分。在长期恶劣的工作环境下保持结构稳定性是实现高性能富锂锰基正极材料的关键策略。此外，必须抑制氧损失，并防止元素分离，同时尽量减少结构缺陷的出现，如纳米孔、裂纹、位错等。

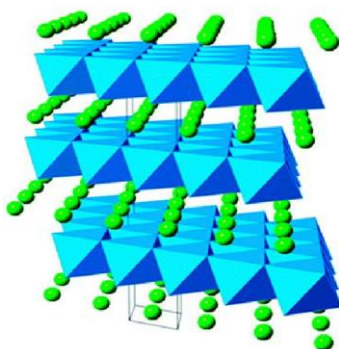
图表 16：正极材料对比情况

	富锂锰基材料	高镍层状材料	磷酸铁锂
理论比容量 (mAh/g)	300	280	170
电压平台 (V)	2-4.8	2.4-4.2	2-3.6
成本	较低	较高	低
安全性	较高	较低	高



目前正极材料在固态电池的应用中还存在体积效应以及生成复杂界面膜等诸多问题。首先是体积效应，在正极活性材料脱锂或嵌锂过程中，其晶胞参数将不可避免地发生缩小或扩大，造成材料颗粒体积形变。由于固态电解质与电极颗粒为刚性接触，循环过程中容易造成电极颗粒之间以及电极颗粒与电解质接触变差，或应力积累造成电解质力学性能失效，进而导致电池电化学性能的衰减。目前在固态电池中常用的正极材料随着电池充电/放电的进行都存在明显的体积形变。其次，固体电解质还会在与正极接触的界面处反应生成复杂的界面膜，增加电荷转移阻抗。

图表 17：层状材料结构



资料来源：谢博文《富锂锰基正极材料的制备及其改性研究》广州大学硕士论文 2023 年，东方财富证券研究所

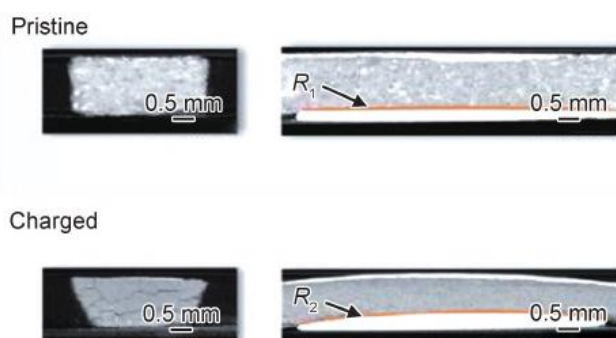
为了解决体积效应，需要施加外部压力增加各种成分间的接触。此外开发具有更高延展性的固态电解质也可在一定程度上适应电极的可逆体积变化，降低体积效应对电池性能的影响。

图表 18：正极材料充放电过程中体积变化

名称	体积改变比例
钴酸锂	5.56%
锰酸锂	3.78%
磷酸铁锂	6.8%
高镍层状材料	6%

资料来源：张安邦《固态电池中的正极/电解质界面性质研究进展》材料工程 2022 年，东方财富证券研究所

图表 19：LiCoO<sub>2</sub>/Li<sub>10</sub>GeP<sub>2</sub>S<sub>12</sub>/In 电池在充电前后的截面 X 射线断层成像



资料来源：张安邦《固态电池中的正极/电解质界面性质研究进展》材料工程 2022 年，东方财富证券研究所



为了解决界面膜问题需要对正极侧进行界面修饰,引入界面改性层。在生产工艺方面,溶胶-凝胶、喷涂等技术可以很好地实现均匀的界面改性层,有效地减轻界面处的副反应。然而,过于复杂的操作和高昂的生产成本是其大规模生产的实际障碍。同时,简单的机械搅拌虽然不能提供理想的保护层,但同样可以在一定程度上改善界面的稳定性,而且该方法制备简单、成本低廉,是界面改性的一种替代方法,具有很好的应用前景。

图表 20: 电解质/正极界面修饰改性方法

	电解质材料	正极材料	改性层材料	工艺
聚合物	P(EO/MEEGE)/LiTFSI	LiCoO <sub>2</sub>	Li <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	喷涂
	P(EO/MEEGE/AGE)/LiBF <sub>4</sub>	LiCoO <sub>2</sub>	Li <sub>1.5</sub> Al <sub>0.5</sub> Ge <sub>1.5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	机械搅拌
	PEO/LiClO <sub>4</sub>	LiNi <sub>0.6</sub> Co <sub>0.2</sub> Mn <sub>0.2</sub> O <sub>2</sub>	Li <sub>1.5</sub> Al <sub>0.5</sub> Ti <sub>1.5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	溶胶-凝胶
硫化物	Li <sub>2</sub> S-P <sub>2</sub> S <sub>5</sub>	LiCoO <sub>2</sub>	Li <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	溶胶-凝胶
	Li <sub>3</sub> PS <sub>4</sub>	Li(Ni <sub>1/3</sub> Mn <sub>1/3</sub> Co <sub>1/3</sub> )O <sub>2</sub>	LiAlO <sub>2</sub>	溶胶-凝胶
	Li <sub>3.25</sub> Ge <sub>0.25</sub> P <sub>0.75</sub> S <sub>4</sub>	LiCoO <sub>2</sub>	LiNbO <sub>3</sub>	喷涂
氧化物	Li <sub>7</sub> La <sub>3</sub> Zr <sub>2</sub> O <sub>12</sub>	LiCoO <sub>2</sub>	Nb	脉冲激光沉积
	Nb doped Li <sub>7</sub> La <sub>3</sub> Zr <sub>2</sub> O <sub>12</sub>	LiCoO <sub>2</sub>	Li <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	丝网印刷
	Li <sub>7</sub> La <sub>3</sub> Zr <sub>2</sub> O <sub>12</sub>	LiFePO <sub>4</sub>	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	热处理

资料来源: 张安邦《固态电池中的正极/电解质界面性质研究进展》材料工程 2022 年, 东方财富证券研究所

### 3. 固态电池产业化进程

#### 3.1. 各个国家固态电池布局进展

2021 年以来, 多家跨国企业在宣布电动汽车发展规划时, 均提及了对于电池行业的布局。多家企业已经制定了固态电池商业规划, 并开展相关业务布局。不同车企布局固态电池的方式存在差异, 目前的主要形式包括自己研发和对外投资两种。车企自研固态电池的代表性企业主要包括丰田、本田、日产等日本企业; 欧洲及美国车企则通过投资头部初创企业的方式来进行相关业务布局; 中国则是以动力电池企业为主力加大动力电池的研发。

**日本方面**, 尽管日本车企目前在纯电动汽车领域的发展较为迟缓, 但均极为重视下一代固态电池的开发和商业化。丰田计划在 2025 年, 实现全固态电池的小规模量产, 首先搭载在混动车型上; 到 2030 年, 实现全固态电池持续的、稳定的量产。日产汽车则计划到 2028 年推出搭载独创全固态电池的电动车型, 并计划 2024 年在日本横滨建造试点工厂。

**欧美方面**, 欧洲及美国车企则通过投资头部初创企业的方式来进行相关业务布局, 并持续加码投资。早在 2018 年, 大众汽车集团就投资了美国固态电池公司 Quantum Scape 1 亿美元, 并开展合作, 2020 年追加 2 亿美元投资。该公司于 2020 年 9 月上市, 大众持有其 A 类股票 31.05%。通用汽车则在 2018 年参与了美国固态电池公司 Solid Energy Systems (SES) 的 B 轮融资。2021 年 4 月, SES 完成了 1.39 亿美元的 D 轮融资, 由通用汽车领投。2021 年 5 月, 宝马

集团和福特汽车则宣布联合向固态电池初创企业 Solid Power 投资 1.39 亿美元；2021 年 12 月，戴姆勒和 Stellantis 表示将对固态电池制造商 Factorial Energy 进行战略投资，并与其展开业务合作。

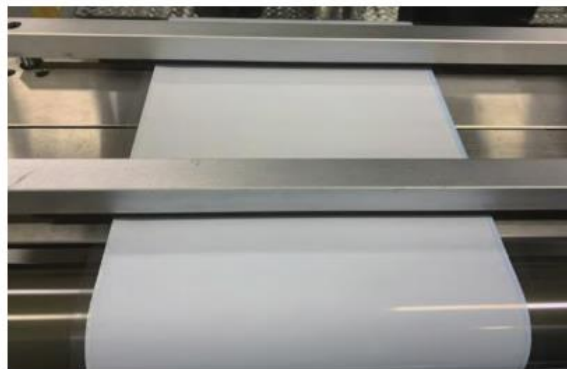
**韩国方面**，现代汽车则除了在 2018 年与三星 SDI 联合投资 Solid Power 之外，还在 2021 年投资了与通用汽车关系密切的 SES。

**中国方面**，上汽集团与 Quantum Scape、Solid Energy、清陶等固态电池初创企业开展了战略合作；赣锋锂业已经开发出长续航纯电动汽车应用的高安全高比能固液混合动力锂电池；宁德时代发布半固态电池——凝聚态电池，单体能量密度高达 500Wh/kg；长城汽车旗下的蜂巢能源也提出了非常具体的固态电池技术发展规划。从量产时间表来看，除了上汽称其将在 2025 年投产固态电池之外，国内暂未有其他车企给出固态电池商业化的明确时间节点。跨国车企方面，大部分则提出在 2025 年左右推出搭载固态电池的原型车或者实现小规模生产，2030 年左右实现产业化应用。近期来看，蔚来已推出搭载半固态电池的 ES6 车型，于 2023 年 5 月上市；2023 年 6 月，新型电解质材料生产商蓝固（常州）新能源有限公司宣布公司近期完成超亿元 A+轮融资，该轮融资资金将主要用于产线建设、技术研发等；2023 年 7 月，重庆太蓝新能源有限公司宣布完成数亿元 Pre-B 轮融资。

图表 21：日产公布的固态电池生产设备



图表 22：清陶能源固态电解质膜卷对卷连续生产图



资料来源：赵宇龙《固态电池关键制造工艺综述》汽车工艺师 2022 年，东方财富证券研究所

资料来源：赵宇龙《固态电池关键制造工艺综述》汽车工艺师 2022 年，东方财富证券研究所

我国近几年不断推出政策鼓励固态电池行业发展与创新，助力其产业化。《关于推动能源电子产业发展的指导意见》《2030 年前碳达峰行动方案》《关于完整准确全面贯彻发展理念做好碳达峰中和工作的意见》等产业政策为固态电池行业的发展提供了明确、广阔的市场前景。

**图表 23：中国固态电池行业相关政策**

发布时间	发布单位	政策名称	主要内容
2019 年 12 月	工信部	《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件》	企业应依据相关国家、行业标准，以及新能源汽车生产企业等提供的动力蓄电池拆卸、拆解及历史数据等技术信息，遵循先梯次利用后再生利用的原则，提高综合利用水平。
2020 年 10 月	国务院	《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》	坚持电动化、网联化、智能化发展方向，深入实施发展新能源汽车国家战略，以融合创新为重点，突破关键核心技术，提升产业基础能力，构建新型产业生态，完善基础设施体系，优化产业发展环境，推动我国新能源汽车产业高质量可持续发展，加快建设汽车强国。
2021 年 3 月	全国人大	《国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景纲要》	构建现代能源体系。推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，提高能源供给保障能力。加快发展非化石能源，坚持集中式和分布式并举，大力提升风电、光伏发电规模，加快发展东中部分布式能源，有序发展海上风电，加快西南水电基地建设，安全稳妥推动沿海核电建设，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源占能源消费总量比重提高到 20% 左右。加快电网基础设施智能化改造和智能微电网建设，提高电力系统互补互济和智能调节能力。
2021 年 9 月	国家能源局	《新型储能项目管理规范（暂行）》	规范新型储能项目管理，推动新型储能积极稳妥健康有序发展，促进以新能源为主体的新型电力系统建设，支撑碳达峰、碳中和目标实现。
2021 年 9 月	国务院	《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》	《意见》提出，到 2025 年，绿色低碳循环发展的经济体系初步形成，重点行业能源利用效率大幅提升。到 2030 年，经济社会发展全面绿色转型取得显著成效，重点耗能行业能源利用效率达到国际先进水平。到 2060 年，绿色低碳循环发展的经济体系和清洁低碳安全高效的能源体系全面建立，能源利用效率达到国际先进水平，非化石能源消费比重达到 80% 以上。
2021 年 10 月	国务院	《2030 年前碳达峰行动方案》	《方案》强调，要坚持“总体部署、分类施策，系统推进、重点突破，双轮驱动、两手发力，稳妥有序、安全降碳”的工作原则，强化顶层设计和各方统筹，加强政策的系统性、协同性，更好发挥政府作用，充分发挥市场机制作用，坚持先立后破，以保障国家能源安全和经济发展为底线，推动能源低碳转型平稳过渡，稳妥有序、循序渐进推进碳达峰行动，确保安全降碳。《方案》提出了非化石能源消费比重、能源利用效率提升、二氧化碳排放强度降低等主要目标。
2023 年 1 月	工信部、教育部、科技部、人民银行、银保监会、能源局	《关于推动能源电子产业发展的指导意见》	开发安全经济的新型储能电池，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，加强固态电池标准体系研究。

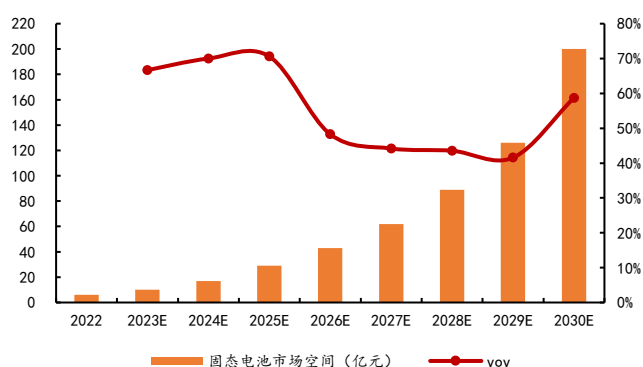
资料来源：中商情报网，东方财富证券研究所

## 3.2. 固态电池市场空间与产业化瓶颈

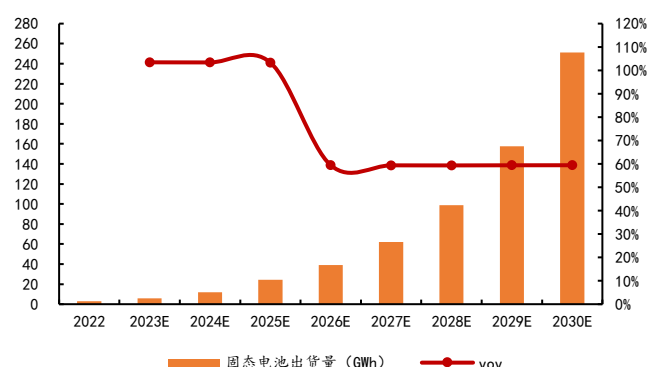
### 3.2.1 固态电池市场空间

根据中商产业研究院预计，2030 年中国固态电池市场空间将达 200 亿元，出货量将达 251.1GWh。近几年国家不断重视固态电池行业的发展，各大高校单位已开始对固态电池进行研发。尽管目前我国固态电池行业正处于起步阶段，随着技术进步，固态电池有望实现大规模商业化应用。

图表 24：预计 2023-2030 年固态电池市场空间



图表 25：预计 2023-2030 年固态电池出货量



资料来源：中商产业研究院，东方财富证券研究所

资料来源：中商产业研究院，东方财富证券研究所

### 3.2.2 固态电池产业化瓶颈

固态各电解质的和正负极材料技术路线都有相应的基础缺点需要解决。硫化物电解质空气稳定性差，当其暴露于空气中就会产生有毒气体，同时伴随着电解质结构的破坏和电化学性能的衰减，硫化物电解质的合成、储存、运输和后处理过程需要严重依赖惰性气体或干燥室。聚合物电解质在室温条件下，离子电导率较低，使得聚合物固态电池充电需要在高温环境下完成，极大地限制了其商业化。大多数氧化物电解质具有较宽的电化学稳定“窗口”和更好的氧化稳定性，但为了保证刚性氧化物电解质与阴极材料的界面良好接触，往往需要高温烧结，否则会导致严重的界面化学副反应。此外，有些氧化物电解质还存在锂枝晶生长问题。

硅基材料中的硅氧材料的导电性差以及在循环过程中体积变化剧烈等问题严重限制了其进一步发展；硅碳负极进行脱嵌锂反应时会发生严重的体积效应，以及纳米化硅材料制备时的合成步骤通常较为复杂，难以进行商业化应用。金属锂负极仍未能解决安全性问题。富锂锰基材料在高电压状态下氧的不可逆释放，以及氧释放导致的层状结构向尖晶石结构的转变限制了其商业化进程。

当前半固态电池成本远高于商用化的液态电池成本。根据产业调研和测算，以 NCM811 液态电芯和 NCM811 半固态电芯为例，半固态电芯成本相比液态电芯



成本增加约 80%。其中，固态电解质成本是主要新增成本，也是半固态电池中的主要成本，占比约 50%。以氧化物固态电解质锂镧锆钛氧（LLZTO）为例，1Gwh 半固态电池 LLZTO 的用量约为 43 吨，每吨 LLZTO 成本为 32.82 万元。由于电解质材料变化、生产工艺改变、产品质量控制经验不足导致的工程验证周期长等因素，都会使得全固态电池比半固态电池成本更高。

图表 26：部分电解质单价

种类	氧化物固态电解质 LLZTO	硫化物固态电解质 LGPS	液态电解质
单价（万元/吨）	32.82	120.84	3.3-4.4

资料来源：汽车公社百家号，钜大锂电官网，东方财富证券研究所

产业链方面，目前固态电池仍处于研发阶段，未有相应完整的产业链形成。由于上游原材料需求改变、生产制造工艺改变、电极和电解质相关技术需要重新研发等原因，固态电池产业链仍需不断完善。

### 3.3. 各重点企业固态电池布局进展

在国家鼓励发展固态电池的背景下，各企业纷纷投入研发并布局相关产能。近年来各企业优化材料、提高电池的设计和工程能力、不断推出新产品，固态电池产业化进程加速。相关企业有赣锋锂业、清陶能源、卫蓝新能源、国轩高科、孚能科技、辉能科技、QuantumScape、天目先导、当升科技。

#### 3.3.1 赣锋锂业

江西赣锋锂业集团股份有限公司成立于 2000 年，业务贯穿资源开采、提炼加工、电池制造回收全产业链。产品被广泛应用于电动汽车、储能、3C 产品、化学品及制药等领域。集团锂矿资源遍及全球，同时拥有“卤水提锂”、“矿石提锂”和“回收提锂”产业化技术；锂化合物、金属锂产能充足，在海内外设有多处生产基地；拥有完整的电池制造及回收技术，为电池生产商及电动汽车生产商提供可持续的增值解决方案。

图表 27：赣锋锂业发展历程

时间	发展进程
2000 年	赣锋锂业成立
2003-2004	建成金属锂生产基地及国内首条商业化正丁基锂生产线
2007	建成从盐湖中的卤水提取氯化锂的生产线
2009	建成国内首条从卤水直接提取电池级碳酸锂生产线
2010	在深交所上市，成为中国锂行业第一家上市公司
2011	投资加拿大矿业公司国际锂业，布局上游矿源
2016	收购江西西部资源锂业有限公司，获得宁都河源锂辉石矿权益； 成立江西赣锋循环科技有限公司，推动废旧电池回收利用； 成立固态电池研发中心，并建设全自动聚合物锂电池生产线

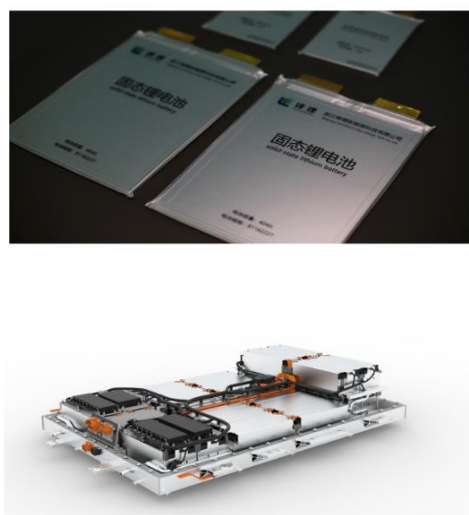


2017	建设第一代固态锂电池研发中试生产线； 扩大氢氧化锂、碳酸锂、动力电池产能
2018	于香港联交所上市，成为锂行业第一家“A+H”同步上市公司；与 LG 化学签订《供货合同》，为其供应化工产品； 与德国宝马签订《战略合作协议》，为其指定的电池或正极材料供货商供应锂化工产品； 与特斯拉签订《战略合作协议》，其电池供货商向赣锋采购电池级氢氧化锂产品
2020	成立江西赣锋锂电科技有限公司，整合赣锋旗下锂电池版块； 设立惠州赣锋锂电科技有限公司；马洪工厂、宜春工厂等多处生产基地通过 IATF 16949 及 ISO 9001 认证
2021	收购广东汇创新能源有限公司；设立四川赣锋锂业有限公司、丰城赣锋锂业有限公司； 赣锋锂电引入战略投资，首批搭载赣锋固态电池电动车完成交付

资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

公司积极参与全球前沿固态电池领域的技术研发。目前取得了一系列技术成果，包括自主开发的长续航纯电动汽车应用的高安全高比能固液混合动力锂电池。公司联合上游电池材料、生产设备供应厂商，下游新能源汽车厂商以及高等院校开展联合技术攻关，实现高比能固液混合动力锂电池的开发、装车应用及产业化目标。同时，公司在高安全长循环新型磷酸铁锂电池体系技术、主动均衡 BMS 模组技术、高电压平台聚合物快充技术、TWS 蓝牙耳机专用高容量扣式电池、固体电解质隔膜及全固态电池体系开发等方面，保持技术领先地位。

图表 28：赣锋锂业混合固液锂离子电池及动力电池



资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

图表 29：赣锋锂业固态锂电池模组



资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

2022 年赣锋锂电全年已实现超 6GWh 动力/储能出货量，储能电池业务已成为赣锋锂电最重要的电池业务之一。在产能建设方面，重庆赣锋 20GWh 新型锂电池科技产业园项目也迎来开工，公司希望将其打造为全国最大的固态电池生产基地。新余动力电池二期年产 10GWh 新型锂电池项目在建项目亦在规划进一步的产能提升，预计 2023 年最高将达到 12GWh 年化产能。

**图表 30：赣锋锂业产业进展**

时间	发展进程
2017 年 12 月	设立全资子公司浙江锋锂并以自有资金不超过 25,000 万元人民币投资建设第一代固态锂电池研发中试生产线
2021 年	首批搭载赣锋固态电池的东风 E70 电动车正式完成交付，赣锋锂电率先实现固态锂电池产业化，并与东风首次实现装车运行
2022 年	重庆赣锋 20GWh 新型锂电池科技产业园项目开工，公司计划将其打造为全国最大的固态锂电池生产基地
2022 年	新余动力电池二期年产 10GWh 新型锂电池项目在建项目规划进一步的产能提升，预计 2023 年最高将达到 12GWh 年化产能

资料来源：公司公告，全国能源信息平台百家号，东方财富证券研究所

### 3.3.2 清陶能源

清陶（昆山）能源发展股份有限公司成立于 2016 年，由中科院院士、清华大学教授南策文团队领衔创办。公司是全球固态锂电池产业化的领跑者，率先建成投产了固态动力锂电池规模化量产线。

**图表 31：清陶能源发展历程**

时间	发展进程
2014	江苏清陶新能源科技有限公司注册成立
2015	纳米陶瓷纤维隔膜产品投产
2016	清陶总部——清陶（昆山）能源发展有限公司在江苏昆山正式开业，并与昆山开发区管委会共建清陶（昆山）新能源材料研究院有限公司
2017	清陶能源产业化基地——新能源电池材料产业园竣工并投产；通过 ISO14001:2015 环境管理体系认证，IATF 16949：2016 质量管理体系认证
2018	清陶固态电池量产；清源新材固态电解质材料产业化基地投产；通过 IATF16949 换版监督审核及两化融合管理体系评定
2019	清陶昆山总部固态锂电池二期项目开工建设；宜春清陶固态锂电池项目开工建设；清陶发布四类固态锂电池新产品；清陶新能源顺利通过 ISO9001:2015 质量管理体系认证；新鑫辉顺利通过 ISO9001:2015 质量管理体系认证
2020	宜春清陶固态动力电池规模化量产线正式投产
2021	QT-360 高能量密度固态动力电池通过国家强检认证；完成股份改制

资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

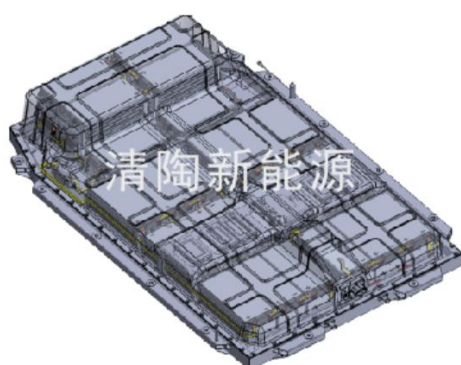
清陶固态锂电池解决了锂电池的安全问题，具有能量密度高、耐高温、长寿命、可柔性化等优点，已在新能源汽车、特种储能等领域成功应用。清陶构建了自主可控的知识产权体系，已申请国家专利 500 多项，其中一半是发明专利，获得授权的有 300 多项。

图表 32：清陶能源部分固态电池相关专利

专利名称	公开号	公开日期
一种聚合物复合固态电解质及其制备方法和锂离子电池	CN116315067A	2023. 06. 23
固态电解质材料、制备方法、电极及锂离子电池	CN116315050A	2023. 06. 23
一种聚合物固态电解质膜及锂离子电池	CN116154279A	2023. 05. 23
富锂锰基前驱体、正极材料、锂离子电池及其制备方法	CN116040699A	2023. 05. 02
一种低残碱氧化物固态电解质及其制备方法和应用	CN115954532A	2023. 04. 11

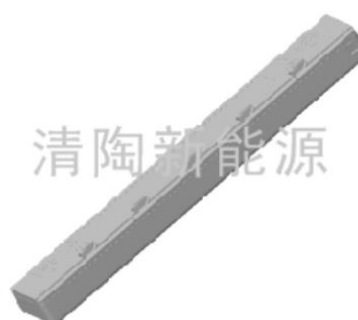
资料来源：国家知识产权局，东方财富证券研究所

图表 33：清陶能源乘用车 pack 固态电池



资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

图表 34：清陶能源通信电子类固态电池



资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

**清陶能源持续完善产业布局。**公司现已建成“新能源材料—固态锂电池—自动化装备—锂电池资源综合利用—科研成果孵化—产业投资”的完整产业链，与多家主流车企建立了长期合作关系。上汽集团分别于 2020 年和 2022 年通过基金方式参与投资清陶能源，2023 年上汽集团拟通过嘉兴创硕与嘉兴顾骏一号向清陶能源追加投资不超过人民币 27 亿元。此外，上汽集团还与清陶能源共同设立固态电池联合实验室，推动固态电池材料、电芯与系统的联合开发，加快推进固态电池产品的量产装车。

### 3.3.3 卫蓝新能源

**北京卫蓝新能源科技有限公司成立于 2016 年。**公司是一家专注于全固态锂电池研发与生产、拥有系列核心专利与技术的国家高新技术企业，由中国工程院院士陈立泉、中科院物理所研究员李泓、原北汽新能源总工俞会根共同发起创办，是中国科学院物理研究所清洁能源实验室固态电池技术的唯一产业化平台。

图表 35：卫蓝新能源发展历程

时间	发展进程
2016	北京卫蓝新能源科技有限公司成立
2018	子公司江苏卫蓝新能源电池有限公司、溧阳先导固态电池材料有限公司成立
2020	公司通过了 IATF16949 质量体系认证
2021	子公司湖州卫蓝科技有限公司成立；公司发明专利突破 200 件

资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

公司融合了电池材料、电芯、系统等领域的高精尖人才，聚焦高能量密度、高安全、高功率、宽温区、长寿命的全固态电池产品。公司目前的产品主要有锂离子电芯与固态电池模组，通过原始创新突破现有技术瓶颈，应用覆盖新能源车船、规模储能等行业领域。

图表 36：卫蓝新能源 30Ah 固态锂离子电池电芯



图表 37：卫蓝新能源 13S 固态锂离子电池包



资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

公司不断完善产业布局，在北京房山、江苏溧阳、浙江湖州和山东淄博拥有 4 大生产基地。2019 年 3 月，固态电池一期项目奠基，项目总投资 5 亿元，一期项目投资 1.8 亿元。项目计划于 2020 年 3 月投产，建成后预计形成年产 1 亿瓦时固态电池的生产规模。2021 年 12 月，恩捷、北京卫蓝、天目先导携手共建固态电解质涂层隔膜项目，总投资 13 亿元。2022 年 2 月，北京卫蓝 100GWH 固态钾电池项目开工，总投资 400 亿元。其中，一期投资 102 亿元，占地 550 亩，年产混合固液电解质电池和全固态电池 20GWH。项目当年签约、当年建设、当年投产。2022 年 11 月，湖州基地车规级固态动力电芯产业化工程项目完成了基地厂房建设及产线投建。

### 3.3.4 国轩高科

国轩高科股份有限公司成立于 2006 年 5 月，是国内最早从事新能源汽车动力锂离子电池自主研发、生产和销售的企业之一。公司主要产品为磷酸铁锂材料及电芯、三元材料及电芯、动力电池组、电池管理系统及储能型电池组。产

品广泛应用于纯电动乘用车、商用车、专用车、轻型车等新能源汽车领域，同时为储能电站、通讯基站等提供系统解决方案。

图表 38：国轩高科发展历程

时间	发展进程
2006	合肥国轩高科动力能源有限公司成立
2007	磷酸铁锂材料生产线投产运行
2009	承担国家“863”计划
2010	搭载国轩电池的首条纯电动公交上线运营
2011	通过德国 TUV 认证机构 ISO/TS16949 认证
2013	承担国家“863 计划”锂离子电池全产业链应用开发项目单位
2015	走进资本市场，国内动力电池第一股；顺利通过国家 863 计划重点项目验收
2017	国轩高科与上海电气签订合作协议，共同投资成立合资公司，发力储能领域；国轩高科牵头承担的项目“高比能量动力锂离子电池的研发与集成应用”取得阶段性进展
2021	新建江西宜春、合肥肥东、安庆桐城、合肥新站 50GWh 项目四大生产基地

资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

公司目前已推出半固态电池产品。公司生产的高安全半固态电池，单体能量密度达 360Wh/kg，续航里程超过 1000km，匹配客户需求预计 2023 年批量交付。此外，400Wh/kg 的三元半固态电池目前在实验室已有原型样品，预计 2025 年后将生产出能量密度超过 800Wh/L、超过 400Wh/kg、循环 800 次的全固态电池。

### 3.3.5 孚能科技

孚能科技成立于 2009 年，前身为孚能有限。孚能科技是新能源汽车动力电池系统整体技术方案的提供商，也是高性能动力电池系统的生产商。公司自成立以来一直专注于新能源车用锂离子动力电池及整车电池系统的研发、生产和销售，并为新能源汽车整车企业提供动力电池整体解决方案，目前已成为全球三元软包动力电池的领军企业之一。

图表 39：孚能科技电芯产品



图表 40：孚能科技电池包产品



资料来源：孚能科技招股说明书，东方财富证券研究所

资料来源：孚能科技招股说明书，东方财富证券研究所



公司已实现半固态电池量产。第一代半固态电池的量产，提高了电池的安全性，使电池产品同时实现了高安全、高能量密度、快速充电和长循环；在保证产品安全性和高能量密度前提下，产品充电时间由之前的 42min 缩短到 18min（充 70%电量），产品的功率特性与循环寿命（>3000 次）表现优异。

### 3.3.6 辉能科技

辉能科技股份有限公司（ProLogium Technology）成立于 2006 年，是一家能源创新公司。公司专注于固态电池的研究、开发和制造，为消费市场的电动汽车和工业应用提供下一代电池解决方案。

图表 41：辉能科技氧化物电解质固态电池示意图



资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

图表 42：辉能科技大型锂陶瓷固态电池 (LLCB)



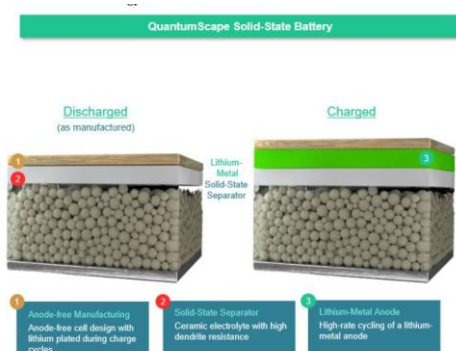
资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

公司计划在法国北部的敦刻尔克新建一座固态电池工厂。公司希望在 2026 年底开始生产，项目总投资额预计 52 亿欧元，并在几年内拥有 3000 名员工后逐步扩大。

### 3.3.7 QuantumScape（美股）

QuantumScape 公司成立于 2010 年，一直专注于开发固态电池并设计可扩展的制造工艺，以将其电池技术商业化并用于汽车行业。通过“无阳极”设计，QuantumScape 固态锂金属电池的设计比目前的常规锂离子电池技术更安全，并提供更快的充电时间和更长的循环寿命。

图表 43：QuantumScape 固态电池



资料来源：公司公告，东方财富证券研究所

2021 年 7 月，QuantumScape 开始测试十层电池，取代了之前的单层和四层电池。QuantumScape 发布的数据显示，其固态锂金属电池在 15 分钟的快速充电 400 次循环后仍保留了超过 80% 的初始能量。根据官方的消息，现在已经完成了 500 次循环的最新技术突破。

### 3.3.8 天目先导

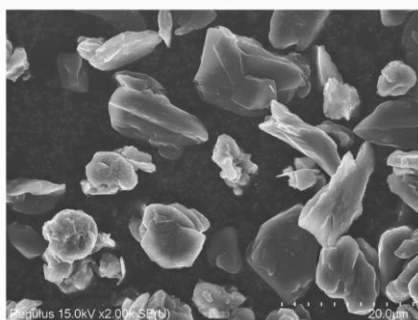
公司成立于 2017 年，是一家专注于锂离子电池高端纳米硅基负极、固态电解质、钠离子电池硬碳负极、可定制化石墨负极等材料的研发、生产及销售的国家级高新技术企业。公司科研团队自 1996 年起在国际上率先开展纳米硅基负极材料的开发和早期专利布局，经过二十多年持续科研积累，攻克了一系列技术和工程化难题，最终在天目先导成功实现规模化量产。

图表 44：天目先导发展历程

时间	发展进程
1996	在国际上较先对纳米基负极材料开展了基础研究，深化关键科学与技术问题的认识，实施了材料组与结构的专利布局
2013	完成纳米硅基负极材料的小试放大，为中试生产奠定基础
2017	溧阳天目先导电池材料科技有限公司成立，致力于硅基负极材料的规模生产及应用
2020	完成千吨级销售，客户包括 ATL、三星、LG、特斯拉等众多国内外知名企业
2022	启动 IPO 上市计划，实现上游产业链全套布局

资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

图表 45：天目先导纳米硅碳复合负极材料



资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

公司重视研发创新和知识产权。截至目前公司拥有纳米硅基负极、固态电解质、硬碳负极、石墨等材料核心专利群 200 余篇，包含 pct 专利 17 篇。公司立志成为全球范围内具备强大核心竞争力、拥有自主知识产权和持续创新能力的卓越电池材料平台企业。

图表 46：天目先导部分固态电池相关专利

专利名称	公开号	公开日期
一种用于锂离子二次电池的高首效负极材料及其制备方法	CN115732666A	2023. 03. 03
钠-锂复合固态电解质隔膜、制备方法及其钠-锂复合电池	CN115693032A	2023. 02. 03
高效制备 Garnet 型固态电解质的方法、固态电解质及锂电池	CN115692829A	2023. 02. 03
一种高性能复合固态电解质膜片及其制备方法和应用	CN115395091A	2022. 11. 25
一种复合固态电解质膜片及其制备方法和应用	CN115172865A	2022. 10. 11

资料来源：国家知识产权局，东方财富证券研究所

**公司产能不断扩张。**公司于 2022 年 2 月启动溧阳总部基地产能扩建工作，新基地占地约 200 余亩，完全投产后产能可达 86000 吨/年；2022 年底公司又分别在河南许昌、四川成都积极布局新一代硅基负极材料生产基地。公司目前实际产能已达 45000 吨/年，其中硅基负极材料产能 12000 吨/年、硬碳负极材料产能 10000 吨/年、固态电解质产能 3000 吨/年、可定制化石墨负极材料产能 20000 吨/年。

### 3.3.9 当升科技

北京当升材料科技股份有限公司起源于中央企业矿冶科技集团有限公司的一个课题组。公司于 2010 年在创业板上市，是首家以锂电正极材料为主营业务上市的中国企业。公司正极材料产品广泛应用于动力、小型、储能三大领域。

图表 47：当升科技发展历程

时间	发展进程
1992	起源于北京矿冶研究总院课题组
2001	改制成立北京当升材料科技有限公司
2002	正式进军正极材料市场，实现 LCO 量产
2007	河北燕郊锂电材料基地建成，一期 2880 吨项目投产
2010	深圳证券交易所创业板上市
2012	成立江苏当升、当升（香港）全资子公司
2015	并购北京中鼎高科，进入智能装备领域
2016	江苏当升二期一阶段 2000 吨新型动力锂电正极材料项目建成投产
2022	入选国务院国资委“国有企业公司治理示范企业”；常州当升二期 5 万吨高镍多元材料项目建成并逐步投产

资料来源：公司官网，东方财富证券研究所

公司对前瞻性电池体系的技术发展保持密切跟踪，在固态锂电正极材料领域加强了战略布局，产品已实现装车。公司已率先与清陶能源、卫蓝新能源等业内领先电池供应商签署战略合作协议，并实现固态锂电产品的市场化应用和批量供货。公司将与固态电池头部企业在固态及半固态电池技术开发、固态锂电正极材料产品供货、全球产能布局、金融及资本合作等方面建立战略合作伙伴关系。

图表 48：当升科技与固态电池企业合作情况

时间	合作对象	合作内容
2021 年 12 月	卫蓝新能源	在本协议有效期内，卫蓝新能源承诺 2022-2025 年期间向当升科技采购总量不低于 25,000 吨固态锂电材料，具体采购金额和数量以双方签订的采购合同为准。
2022 年 4 月	力神电池	自本协议有效期内，力神电池承诺向当升科技采购总量不低于 10 万吨锂电正极材料，具体以每年的采购合同为准。
2022 年 7 月	清陶能源	清陶能源承诺 2022 年-2025 年期间向当升科技采购总量不低于 3 万吨固态锂电正极材料，具体以每年的采购合同为准。

资料来源：公司公告，东方财富证券研究所

### 3.3.10 上海洗霸

公司主营业务为水处理服务，是以化学技术为基础，以定制化的复配水处理特种化学品（国内行业常称为水处理药剂，国际上通常称为水处理特种化学品）为手段，辅以定制化的水处理设备，为客户提供专业的水处理服务。公司于 1994 年 7 月成立，并于 2017 年 6 月 1 日在上海证券交易所成功上市，股票简称上海洗霸，股票代码 603200。公司水处理业务又分为化学品销售与服务，水处理系统运行管理，水处理设备集成，加药设备销售与安装以及风管清洗等。水处理设备销售与安装是公司水处理服务的辅助设施，水处理系统的运行管理、水处理设备集成则是公司利用化学水处理技术和工艺技术在工业水处理市场上的优势所进行的服务延伸。从服务的阶段看，水处理设备集成是为水处理系统建设阶段提供的服务，而化学品销售与服务、水处理系统运行管理服务则是为保障水处理系统运营阶段提供的服务。

**公司联合上海硅酸盐研究所进行固态电解质研发和产业化。**公司与上海硅酸盐研究所的张涛研究员团队联合成立了“固态电池先进材料联合创新实验室”，并利用已受让的固态电池粉体先进材料及电芯制造领域相关国家授权发明专利等先进技术，推进固态电池粉体先进材料工业化标准线设计及试产工作。目前公司在固态电解质领域已获授权专利 2 项，均为发明专利，另有 3 项专利正在申请。此外，公司基于研发的进展和经验的积累，有多项专利技术在筹备申请中。

**公司氧化物路线固态电解质材料性能指标领先行业，并计划利用自有资金投建产能为 50 吨/年的量产线。**依托张涛研究员团队的研究，公司的氧化物路线固态电解质材料较国内同类产品具有室温离子电导率更高、产品粒径更小的优势，其中离子电导率达到了  $1.52 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ ，粉体粒径为 197nm，浆料粒径为 143nm。公司现有固态电解质产能 1 吨/年，目前已实现 5um、3um、500nm 和 200nm 粒径产品的生产，正在推进 100nm 级产品开发进程和水性油性产品的研究。同时，单批次无杂相产品已由首釜 3kg 级提升至 5kg 级，正在推进 10kg 级的试产。后续公司计划用自有资金投建 50 吨固态电解质质量产线。保守规划，固态电解质质量产线建设期预计 2 年，进入运营期后固态电解质产能在第 1-4 年分别达到设计生产能力的 10%、20%、30%和 60%，第五年开始完全达产，达产后将新增 50 吨/年固态电解质产能，预计每年将贡献 1.5 亿元左右营收。

图表 49：上海洗霸固态电解质送样情况

客户名称	客户介绍	送样情况	订单情况	产品反馈情况
客户一	所属集团为全球新能源锂电池龙头厂商，产品覆盖动力锂电池、消费锂电池和储能锂电池三大应用领域，集团营业收入和市值均超千亿。	送样 2 批次，1000g 微米级样品，500g 纳米级样品	1000g 微米级订单正在审批流程中，500g 纳米级订单正在推进中	微米级产品的首次涂覆测试已通过，其它测试正在进行中
客户二	所属集团为全球新能源锂电池材料龙头厂商，相关产品已经进入全球绝大多数主流锂电池生产企业的供应链体系。覆盖动力锂电池、消费锂电池和储能锂电池三大应用领域。	送样 6 批次，合计 400g 微米级样品和 600g 纳米级样品	100g 微米级订单	完成测试，并出具检测报告，应用于其产品的检测正在进行中，后续将推进与对方的深度技术交流。
客户三	所属集团为央企下属锂离子电池研发与制造企业，产品在国际高端市场占有率位居全球锂电行业前列。	送样 1 批次，2100g 微米级样品和 900g 纳米级样品	-	样品完成测试，符合其相关要求，后续产品采购将根据用户需求推进
客户四	所属集团为国内优质的新能源材料、动力电池及电源系统模块化产业集成服务商。	-	100g 微米级订单	正在检测

资料来源：公司公告，东方财富证券研究所

### 3.3.11 其他固态电池产业链上游布局企业

金龙羽、东方锆业、三祥新材等企业均在产业链上游进行了布局。金龙羽公司半固态电芯、固态电解质已进入中试试验，固态电解质已出样品，进入内部评测阶段；硅碳负极材料进入小试阶段，已出样品，进入内部评测阶段。东方锆业成立专门的技术研发小组，持续加大应用于固态电池电解质的二氧化锆产品的技术研发和投入，相关研究有新能源材料用的高活性纳米氧化锆技术研究等。三祥新材在辽宁朝阳分期建设 10 万吨氧氯化锆项目(一期 2 万吨)建成投产。



## 4. 投资建议

固态电池能量密度高、安全性能好、工作温度范围广，是锂电池较为确定的产业发展方向，未来潜力巨大，建议关注固态电池以及产业链相关个股：上海洗霸，赣锋锂业，当升科技和 Quantum Scape。

图表 50：公司盈利预测和估值（截止 2023 年 10 月 13 日）

代码	简称	总市值 (亿元)	EPS（元/股）			PE(倍)			评级
			2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E	
603200.SH	上海洗霸	30.11	0.24	0.53	0.83	67.78	32.73	20.63	未评级
002460.SZ	赣锋锂业	953.11	10.18	5.39	5.46	6.84	8.77	8.65	增持
300073.SZ	当升科技	217.29	4.46	4.16	4.96	12.65	10.32	8.64	未评级
QS.N	Quantum Scape	213.46	-6.62	/	/	/	/	/	未评级

资料来源：未评级数据来自 Choice 一致预期，东方财富证券研究所

## 5. 风险提示

固态电池技术研发进展不及预期

技术路线变革

产业政策变化

东方财富证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格

**分析师申明：**

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

**投资建议的评级标准：**

报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后3到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的3到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普500指数为基准。

**股票评级**

买入：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅15%以上；  
增持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于5%~15%之间；  
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-5%~5%之间；  
减持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-15%~-5%之间；  
卖出：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅15%以上。

**行业评级**

强于大市：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅10%以上；  
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~10%之间；  
弱于大市：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅10%以上。

**免责声明：**

本研究报告由东方财富证券股份有限公司制作及在中华人民共和国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。

本研究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本公司的当然客户。

本研究报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中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。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的报告之外，绝大多数研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

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，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。

那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为东方财富证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。