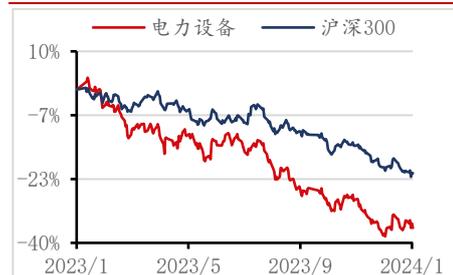


## 电力设备与新能源行业专题

投资建议： 强于大市（维持）  
上次建议： 强于大市

### 固态电池产业化前景可期

#### 相对大盘走势



#### 行业变化：固态电池产能与性能共同快速提升

截至 23 年底，国内固态电池产能规划已接近 400GWh。2023 年，国内共有 15 个固态电池项目扩产，投资总额超千亿元。2024 年 1 月 3 日，PowerCo 公司公告与 QuantumScape 合作打造的固态电池能做到充放电 1000 次，电池容量剩余 95%。目前固态电池被认为是电池“终极形态”，市场前景广阔。

#### 性能优势：能量密度与安全性优势明显

一是相比传统液态锂电池能量密度 200-300Wh/kg，固态电池采用固态电解质，能量密度更高，已达到 500Wh/kg；二是固态电解质热稳定性好、不易燃、不易爆，没有液体泄露的风险，且由于固态电解质化学活性较稳定，受环境温度影响较小，因而在碰撞和挤压等情况下稳定性更高，起火概率不到传统锂电池二十分之一；三是固态电池具有更高的机械强度与稳定性。

#### 技术难点：固态电解质导致电导率低及固-固界面稳定性差

固态电池由于采用固态电解质导致离子电导率低，使电池充放电速度较慢和容量衰减较快，且相较于固-液接触，固-固界面接触性和稳定性更差。此外，高剪切模量无机固态电解质也不能完全阻止锂枝晶生长。目前我国及欧美日韩等国均加大研发投入，我们预计 24-25 年固态电池技术难点将得到突破，锂电池迎来整体续航能力与产品力的提升。

#### 经济性痛点：高科技电极新材料生产难度大且价格高昂

目前固态电池部分原材料未实现量产，电池电极材料成本高，如采用石墨负极的硫化物固态电池材料成本最高，达到 137.9 美元/kWh，远高于传统锂电池 93.2 美元/kWh，且所需的电极材料均是高科技新材料，既需要科技进步降低生产难度，也需要时间由市场消化高昂的价格使其被广泛使用。但采用锂负极可大幅降低固态电池成本，提升产品竞争力。

#### 国内进展：产业化进程加速，固态电解质供应存在缺口

半固态电池 23 年率先在国内落地并实现小批量装车，能量密度最高可达 500Wh/kg。全固态电池最早预计 25 年开始量产。国内固态电池产能规划已接近 400GWh，但固态电解质供应仍存在缺口。我们认为固态电池将由投资阶段转入生产阶段，固态电解质研发将加速落地，有望持续保持高景气度。

#### 国外进展：获政府支持整体领先布局

国外固态电池研发受政府支持获高补贴，整体布局领先，有望在 2030 年实现全固态电池商业化。其中日韩等采用硫化物及氧化物路线，美国采用全路线布局，力争在 2030 年实现能量密度 500Wh/kg。

#### 发展趋势：原材料实现迭代升级

固态电池技术发展和应用将按“固态电解质→新型负极→新型正极”形式呈现梯次渗透。核心在于引入新材料体系：负极材料将从石墨向硅基负极、含锂负极，金属锂负极升级；正极材料从高镍三元，向高电压高镍三元、超高镍三元，再向尖晶石镍锰酸锂、层状富锂基等新型正极材料迭代升级。

#### 投资建议：关注固态电池电极材料机遇

固态电池凭借其高能量密度与高安全性的优势，后续产业化有望加速发展。我们推荐格局占优、估值阶段性低位的电池龙头企业，如宁德时代（300750.SZ）、亿纬锂能（300014.SZ）；受益于固态电池材料体系迭代升级的容百科技（688005.SH）、德方纳米（300769.SZ）正极材料企业及璞泰来（603659.SH）、杉杉股份（600884.SH）负极材料企业。

风险提示：原材料价格大幅波动，技术研发推广不及预期

#### 作者

分析师：贺朝晖  
执业证书编号：S0590521100002  
邮箱：hezhang@glsc.com.cn

#### 相关报告

- 《电力设备：紧抓输电与用电侧增量机遇》  
2024.01.19
- 《电力设备：把握集中度提升和出海双主线》  
2024.01.16

## 正文目录

1. 什么是固态电池？	3
1.1 固态电池是一种新型电池	3
1.2 固态电池的性能优势有哪些？	3
2. 产业化难点在哪？	4
2.1 固态电池的技术难点有哪些？	4
2.2 固态电池的经济性痛点在哪？	7
3. 国内外产业化进展	8
3.1 国内：固态电池产业化加速，固态电解质供应存在缺口	8
3.2 国外：固态电池获政府支持整体领先布局	11
4. 未来产业化发展趋势	12
4.1 半固态电池向全固态电池过渡发展	12
4.2 固态电池原材料实现迭代升级	13
5. 投资建议：关注固态电池电极材料机遇	15
6. 风险提示	15

## 图表目录

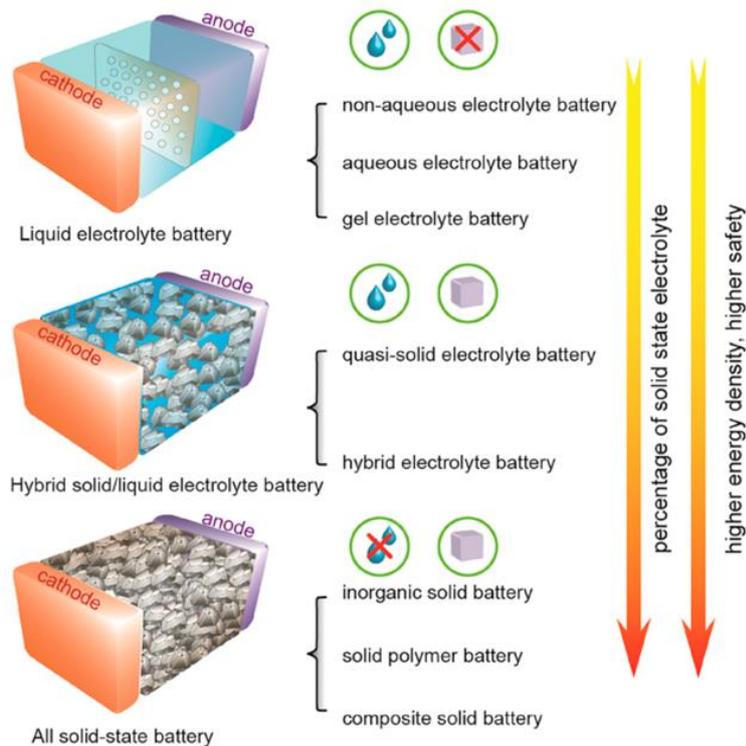
图表 1：液态、半固态、全固态电池结构对比	3
图表 2：不同类型锂电池安全测试示意图	4
图表 3：不同固体电解质热失控行为起始温度比较	4
图表 4：固态电池与液态电池特性对比	4
图表 5：全固态电池发展面临的三大科学问题	5
图表 6：聚合物电解质特性	5
图表 7：氧化物电解质特性	5
图表 8：硫化物电解质特性	6
图表 9：卤化物电解质特性	6
图表 10：液态电解质与固态电解质主要性能对比	6
图表 11：固态电池中的界面接触	7
图表 12：固态电池和液态电池的制造成本比较	8
图表 13：国内固态电池产业化进展	8
图表 14：国内车企固态电池研发装车进度	9
图表 15：国内固态电池及固态电解质产能规划	10
图表 16：海外固态电池产业化进展	12
图表 17：国内动力蓄电池关键材料技术路线图	13
图表 18：国内电池技术路线图	13
图表 19：固态电池产业链	14
图表 20：固态电池技术迭代路径	14

## 1. 什么是固态电池？

### 1.1 固态电池是一种新型电池

固态电池是一种使用固态电解质取代传统锂离子电池中的电解液的新型电池。性能更好的固态电池取代传统锂电池是电池的发展方向，根据固化程度的不同，固态电池可以分为半固态电池和全固态电池。固态电解质按其组分主要分为聚合物固态电解质、氧化物固态电解质、硫化物固态电解质、卤化物固态电解质。

图表1：液态、半固态、全固态电池结构对比



资料来源：《Approaching Practically Accessible Solid-State Batteries》Rusong Chen，国联证券研究所

### 1.2 固态电池的性能优势有哪些？

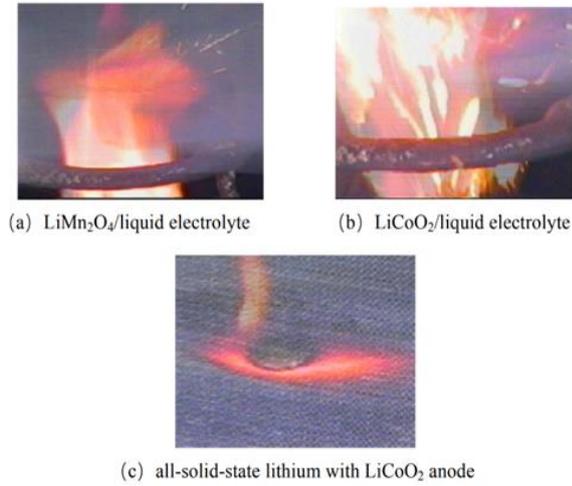
固态电池能量密度高于传统液态锂电池。相比传统液态锂电池能量密度 200-300Wh/kg，固态电池采用固态电解质，固态电解质比电解液拥有更高的能量密度，目前最高已达到 500h/kg。相同体积的情况下，固态电池能提供的能量更多，电池的体积也更小。此外，全固态电池可以使用金属锂做负极，可以满足更高的能量密度需求。

固态电池具有更高的安全性。传统锂离子电池的电解液有泄露的风险，且在温度过高时有自燃和爆炸的危险。固态电解质热稳定性好、不易燃、不易爆，没有液体泄露的风险，且由于固态电解质化学活性较稳定，受环境温度影响较小，因而在碰撞和挤压等情况下稳定性更高，起火概率不到传统锂电池二十分之一，是解决安全性问题的根本方法。

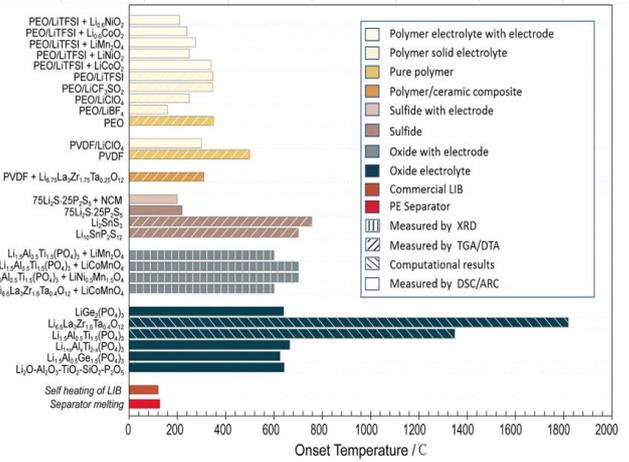
固态电池具有更高的机械强度与稳定性。固态电池与传统液态电池最大的区别

就是电解液的状态，固态电池将电解液全部或部分升级为固态电解质，从而具备更高的机械强度与稳定性。

图表2：不同类型锂电池安全测试示意图



图表3：不同固体电解质热失控行为起始温度比较



资料来源：《全固态锂电池技术的研究现状与展望》许晓雄，国联证券研究所

资料来源：《Approaching Practically Accessible Solid-State Batteries》Rusong Chen，国联证券研究所

固态电池拥有更好的综合性能。传统锂离子电池电解液有泄露的风险，且在温度过高时有自燃和爆炸的危险。固态电池可在一定程度上抑制锂枝晶的生长，同时具有循环寿命长、结构紧凑、规模可调、设计弹性大、易于包装等特点，符合未来大容量新型化学储能技术发展的方向。

图表4：固态电池与液态电池特性对比

指标	固态电池	液态电池
电池结构	正极、负极、电解质、集流体等	正极、负极、电解液、隔膜、集流体等
安全性	不易燃烧、不易爆炸，安全性高	有机电解液易挥发燃烧
能量密度	能量密度高，可匹配高电压材料	能量密度上限有限
稳定性	热稳定性好，循环性好，内阻稳定	热稳定性差，损坏时易泄露
使用寿命	功率衰减慢，服役寿命长	功率衰减快，寿命较短
灵活性	系统设计简化、易于灵活配组	不易灵活组配
界面接触	循环过程中物理接触变差	电极与电解液的界面接触良好
电导率	单位面积电导率较低，功率密度偏低	单位面积电导率高
产业化	产业链不完善，成本高	工业化程度高，应用广泛

资料来源：《固态锂电池研发愿景和策略》李泓，《全固态锂电池技术的研究现状与展望》许晓雄，国联证券研究所

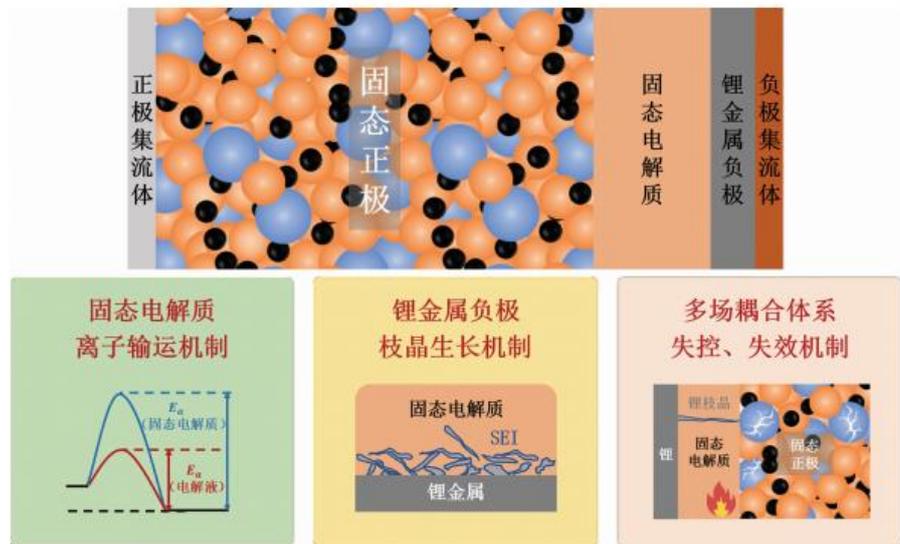
## 2. 产业化难点在哪？

### 2.1 固态电池的技术难点有哪些？

固态电解质发展面临三大科学问题。固态电解质离子输运机制、锂金属负极锂枝晶生长机制、多场耦合体系失控失效机制为固态电池发展面临的三大核心科学问题，解决三大科学问题是创制新型固态电解质材料、优化固态电池物理化学性能、推动固

态电池发展的必经之路。

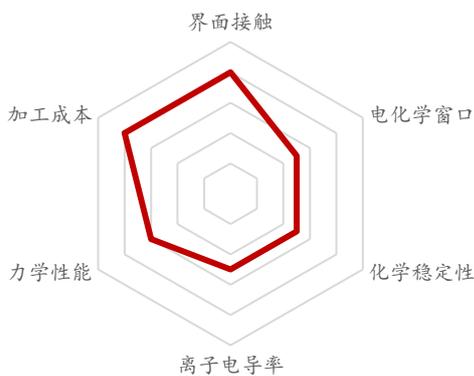
图表5：全固态电池发展面临的三大科学问题



资料来源：《全固态电池的研究进展与挑战》周静颖，国联证券研究所

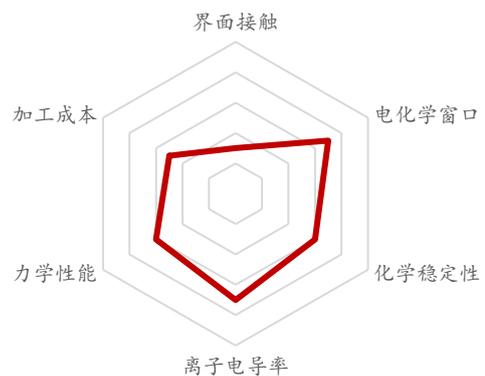
固态电池电解质综合性能难以平衡。氧化物电解质电化学窗口范围较大，但界面接触较差；聚合物电解质界面接触较好，但离子电导率及化学稳定性较差；硫化物电解质的离子电导率较好，但化学稳定性较差；卤化物电解质电化学窗口范围较大，界面接触较好，但力学性能较差。

图表6：聚合物电解质特性



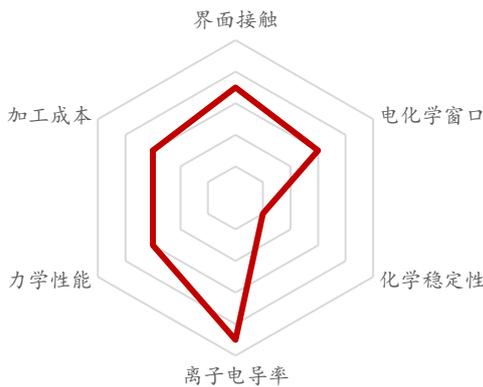
资料来源：《高性能硫化物基全固态锂电池设计：从实验室到实用化》(刘元凯等)，国联证券研究所

图表7：氧化物电解质特性



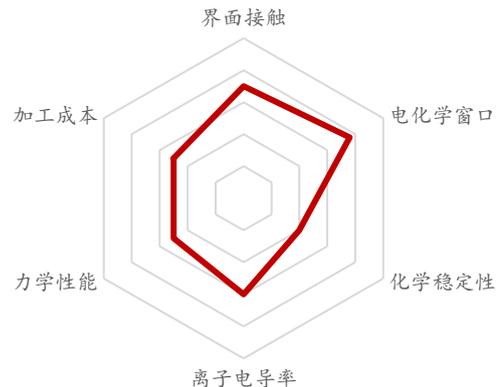
资料来源：《高性能硫化物基全固态锂电池设计：从实验室到实用化》(刘元凯等)，国联证券研究所

图表8：硫化物电解质特性



资料来源：《高性能硫化物基全固态锂电池设计：从实验室到实用化》(刘元凯等)，国联证券研究所

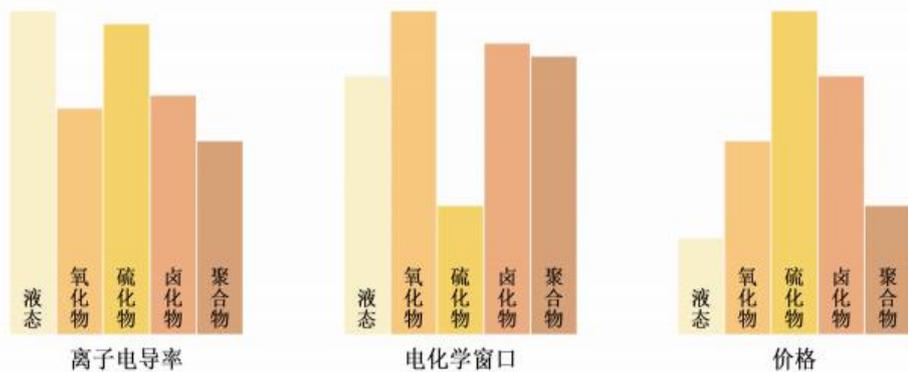
图表9：卤化物电解质特性



资料来源：《高性能硫化物基全固态锂电池设计：从实验室到实用化》(刘元凯等)，国联证券研究所

全固态电池的瓶颈主要在较慢的充放电速度和较快的容量衰减。离子电导率是提高全固态电池充放电速度的关键，固态电解质中的离子输运性能由离子在体相、表面中的输运过程共同决定。相比液态电解质，固态电解质离子间相互作用力强，离子迁移能垒是液体的十倍以上，离子电导率低。

图表10：液态电解质与固态电解质主要性能对比

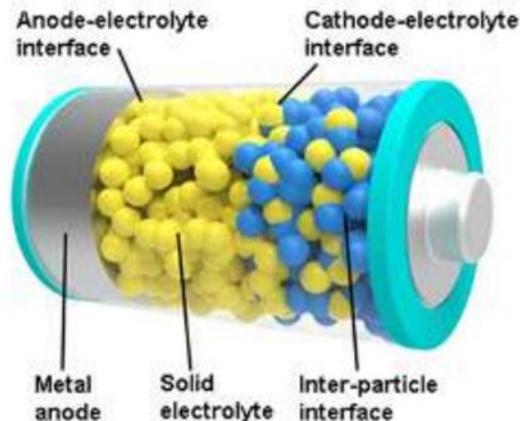


资料来源：《全固态电池的研究进展与挑战》周静颖，国联证券研究所

高机械强度的固态电解质仍难以完全抑制锂枝晶生长、实现锂金属均匀沉积。研究表明高剪切模量的无机固态电解质也不能完全阻止锂枝晶在固态电解质中渗透，锂枝晶仍是阻碍全固态电池实际应用的重要因素。如氧化物固态电解质剪切模量为锂金属剪切模量十倍以上（50GPa 以上），锂枝晶生长依旧可能导致固态电池短路。

固-固界面接触导致稳定性降低是电池失效主要原因。在物理接触方面，不同于固-液的“软”接触，固-固接触是很难充分贴合的“硬”接触，这直接造成了在全固态电池中锂离子通道的减少和应力堆积的问题，且固-固界面容易接触不良，多次接触后容易导致接触失效；在化学接触方面，Li 容易与固态电解质接触后迅速发生反应并扩散至电解质内部，造成电解质表面快速分解。

图表11：固态电池中的界面接触



资料来源：《全固态电池中界面的结构演化和物质输运》拱越，国联证券研究所

我们预计 24-25 年固态电池将迎来技术新突破。纵观电池发展历程，每一次锂电池能量密度的提升均离不开新材料新体系的创新。目前我国及欧美日韩等国均加大固态电池研发投入，我们预计 24-25 年固态电池三大技术难点将得到突破，锂电池迎来整体续航能力与产品力的提升。

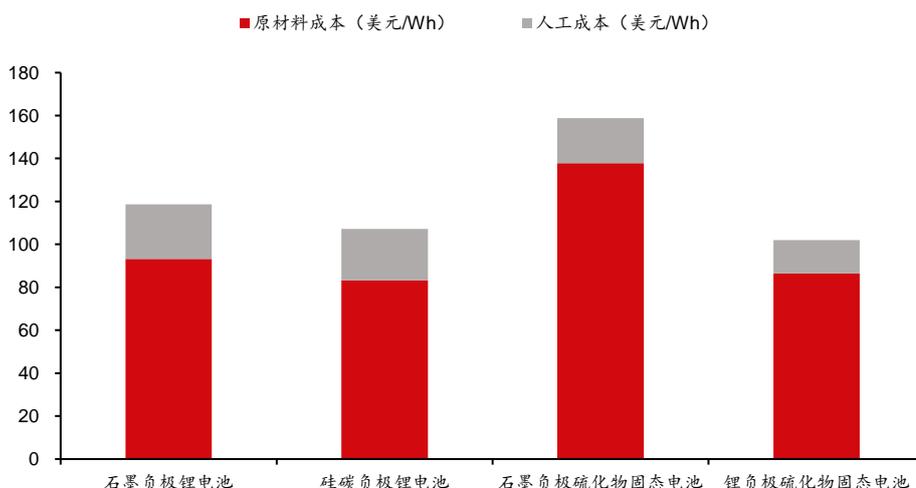
## 2.2 固态电池的经济性痛点在哪？

**固态电池原材料供应链及电池制造设备不完善。**目前固态电池部分原材料未实现量产，整体产业链尚不完善，因此电池制造成本较高。此外，固态电池作为新型电池，工艺制造缺乏特定的设备，如烧结、真空、干燥房、特定气氛等环节均将增加固态电池制造成本。

**固态电池电极材料成本高。**氧化物正极材料主要是由氧化铝、氧化钛等无机材料制成；硫化物正极材料则是由硫、硫化物及聚合物构成；而聚合物正极则是由聚碳酸酯、纤维素等多种高分子化合物组成。如性能可观的 LGPS 型硫化物电解质来说，锗的高成本阻碍了量产。此外，固态电池所需的电极材料都是高科技新材料，既需要科技进步降低生产难度，也需要时间由市场消化高昂的价格使其被广泛使用。

**采用锂负极可大幅降低固态电池成本，提升产品竞争力。**由于没有繁琐的电解质填充环节，固态电池的电池组装的材料和加工成本都较低。采用**锂金属负极**的固态电池材料成本 86.5 美元/kWh，略高于硅碳负极传统锂电池，但其加工成本仅 15.5 美元/kWh，总成本为 102.0 美元/kWh，低于传统锂电池（石墨负极液态电池 118.7 美元/kWh，硅碳负极 107.2 美元/kWh），具有较高性价比。

图表12: 固态电池和液态电池的制造成本比较



资料来源:《Solid versus Liquid—A Bottom-Up Calculation Model to Analyze the Manufacturing Cost of Future High-Energy Batteries》J. Schnell, 国联证券研究所

### 3. 国内外产业化进展

#### 3.1 国内: 固态电池产业化加速, 固态电解质供应存在缺口

**国内固态电池产业化进程加速。**初创公司以卫蓝新能源、清陶能源, 恩能动力为代表, 传统锂电巨头以宁德时代、赣锋锂业、孚能科技为代表均加快固态电池研发进度。其中孚能科技、卫蓝新能源、赣锋锂业半固态电池产品已实现装车发布, 众多厂商半固态电池产品具备量产能力; 亿纬锂能、恩力动力在全国固态电池进度领先。GGII 预计 2024 年固态电池(半)有望实现大规模装车, 全年装机量有望超过 5GWh。

**产品能量密度创新高, 最高可达 500Wh/kg。**清陶能源第二代产品正在小试阶段, 液体含量小于 5%, 能量密度达到 400-500Wh/kg。赣锋锂业二代混合固态锂电池采用三元正极, 固态隔膜和金属锂负极, 能量密度可以达到 400Wh/kg 以上。宁德时代在 2023 年 4 月发布全新超高能量密度凝聚态电池产品, 该电池将首先应用于民用电动载人飞机项目的合作开发, 其中飞机用电池能量密度达 500Wh/kg。

图表13: 国内固态电池产业化进展

企业	产品	技术路线	单体能量密度 (Wh/kg)	产品进展
宁德时代	凝聚态电池		500	2023 年 4 月发布产品, 正在进行民用电动载人飞机项目的合作开发, 预计 2023 年内车规级应用版本可具备量产能力
	聚合物固态锂金属电池	聚合物	300	目前已经设计制造出了容量为 325mAh 的聚合物电芯, 300 周循环以上剩余 82%
	硫化物固态电池	硫化物		2016 年宣布在硫化物固态电池上的研发路径, 2018-2019 年公布了两项相关专利
亿纬锂能	半固态软包电池	氧化物、硫化物	500	2022 年 12 月已完成技术定型, 进入装车验证状态; 产品循环寿命超过 1000 次, 使用温度可拓展到 -20°C-80°C

	全固态薄膜软包电池	卤化物	350	预计于 2024 年正式发布；可实现在弯折条件下正常充放电，也可在高镍体系实现 150°C 稳定放电能力
蜂巢能源	方形半固态	聚合物	230	2023 年 12 月已进入 A 样开发阶段，具备量产规模；产品已通过针刺试验，不起火，不冒烟
	硫系全固态原型电芯	硫化物	350-400	2022 年 7 月成功研发；产品通过针刺和 200°C 热箱试验，预测循环寿命超过 1000 次
国轩高科	半固态电池	硫化物	360	2023 年 5 月进入产业化阶段，预计 23 年内实现量产装车；配套车型的电池包电量达 160kWh，续航里程超过 1000km
中创新航	半固态电池		450	预计明年四季度将装车某外资豪华品牌；产品可实现充电 10 分钟续航 500km，最大续航里程 1000km
孚能科技	半固态电池		330	2022 年 12 月装车东风岚图，2023 年 11 月装车远航 Y6
辉能科技	半固态电池	氧化物	270	预计 2023 年下半年量产，2024 年实现批量交付
清陶能源	第一代半固态电池	氧化物、聚合物	368	2020 年 7 月实现量产，2023 年 8 月实现装车验证
	第二代半固态电池	氧化物、卤化物、聚合物	400-500	预计 24 年实现量产
卫蓝新能源	半固态电池	氧化物、聚合物	360	2023 年 6 月正式交付蔚来汽车，累计至 11 月共出货 0.44GWh
太蓝新能源	半固态电池	氧化物	350	2022 年实现量产；产品可以实现 10min 连续快速充电和放电，可以在 -20-60 °C 使用
恩力动力	全固态电池	硫化物	300	2023 年 8 月发布可实现 1000 次以上满充放电循环且容量保持率大于 80% 产品，拥有 10C 的充放电性能以及 -40-100°C 的工作温域
领新新能源	聚合物半固态电池	聚合物	180-380	预计 2024 年实现 3GWh 建成投产，2026 年实现 10GWh 量产
马车动力	全固态电池	硫化物	250	2023 年 9 月发布产品
赣锋锂业	半固态电池	氧化物	400	2021 年 1 月装车东风 E70，2022 年 8 月与广汽埃安达成合作协议，2023 年 6 月装车赛力斯 SERES-5 并欧洲开始交付，2023 年 12 月与长安汽车达成合作协议

资料来源：各公司公告，高工锂电，鑫椏锂电，SMM 新能源，NE 时代新能源，电动汽车观察家，《固态电池技术发展现状综述》张春英，DT 新材料，新材料在线，银创智库，财联社，ForceInstitute，国联证券研究所

**半固态电池率先实现装车，固态电池最早 25 年实现量产。**半固态电池由于可沿用现有液态锂产业链的优势，23 年率先在国内落地并实现小批量装车。2023 年 12 月 17 日，搭载 150kWh 半固态电池的蔚来 ET7 进行续航里程测试，最终行驶 1044 公里，电池电量剩余 3%，证明了半固态电池的潜力。目前国内车企巨头均通过自研或绑定电池厂，提前布局固态电池技术。蔚来、赛力斯、上汽、东风等车企与电池厂合作，已实现装车或有装车计划；比亚迪、长安、广汽等车企自研技术均有突破，最早预计 25 年开始量产。

**图表 14：国内车企固态电池研发装车进度**

车企	研发装车进度
比亚迪	2016 年起开始自研，2021 年公开了硫系添加剂全固态电池专利，可进行装车验证
蔚来	2023 年 6 月卫蓝新能源交付首批半固态电池电芯，12 月蔚来 ET7 搭载 150kWh 半固态电池实现续

	航 1044KM, 预计 2024 年 4 月获卫蓝新能源批量供货
赛力斯	2023 年 1 月赛力斯海外发布 SERES-5, 搭载赣锋锂电三元半固态电池
上汽	2023 年 8 月与清陶能源成立合资公司, 预计 2024 年固态电池装车“智己”, 2025 年实现固态电池在入门级产品上的应用
广汽	2023 年 11 月 20 日, 广汽埃安宣布完成固态电池的界面改性技术试验验证, 预计 2026 年实现全国固态电池量产装车昊铂
长安	预计 2025 年开始逐步量产能量密度 350-500Wh/kg 的固态电池产品, 2030 年全面普及应用
东风	2022 年 1 月搭载与赣锋锂业合作开发的半固态电池的 E70 正式交付, 2022 年 12 月孚能科技半固态电池装车东风岚图
北汽	2020 年 7 月搭载清陶固态电池系统的纯电动样车完成调试, 2022 年 11 月与清陶能源联合开发的首套量产商用车固态电池系统正式下线

资料来源: 各公司公告, 高工锂电, 鑫椏锂电, 中国工业报, 工业能源圈, 盖世汽车, 国联证券研究所

**固态电池产能加快落地, 固态电解质供应存在缺口。**国内固态电池的产能规划已接近 400GWh, 2023 年落地产能约 9.4GWh。而所需固态电解质 23 年产能未达万吨, 主要来源于天目先导与蓝固新能源。我们认为未来固态电池将由投资阶段转入生产阶段, 固态电解质研发将加速落地, 有望持续保持高景气度。

图表 15: 国内固态电池及固态电解质产能规划

环节	企业	项目	投资额	年产能规划	项目进度
固态 电池	赣锋 锂业	江西新型锂电池项目	62 亿	10GWh	23 年底预计达 4GWh
		重庆新型锂电池生产基地	96 亿	20GWh	22 年 7 月开工, 预计 24 年 1 月投产
	清陶 能源	宜春清陶固态电池项目	55 亿	10GWh	20 年 7 月一期 1GWh 建成投产
		昆山固态电池产业化项目	50 亿	10GWh	23 年 8 月项目顺利封顶, 预计 24 年正式投产
	卫蓝 新能 源	成都郫都固态电池储能产业基地	100 亿	15GWh	项目一期 PACK 线已投产, 项目二期电芯产线预计 24 年开工建设
		内蒙古乌海固态电池零碳产业园区	70 亿	10GWh	23 年 12 月签约
	辉能 科技	台州固态电池产业化项目		10GWh	23 年 8 月正式开工, 预计 25 年正式投产
		淄博固态电池项目	共 400 亿, 一期 102 亿	总共 100GWh, 一期 20GWh	23 年 2 月一期开工建设
	太蓝	湖州固态电池项目	一期 30 亿, 二期 109 亿	一期 2GWh, 二期 20GWh	22 年一期已投产, 23 年 7 月二期开工建设
		房山固态电池量产基地	10.77 亿	6GWh	预计 25 年 6 月完工
太蓝	江苏固态电池示范基地		0.2GWh	20 年 8 月建成投产	
	敦刻尔克固态电池超级工厂	52 亿欧元	48GWh	预计 24 年开始建设, 26 年底投入量产	
太蓝	台湾桃园 G2 工厂		2GWh	预计 23 年底首条大型示范生产线投产	
	重庆两江新区制造基地	二期 10 亿	一期 0.2GWh, 二期	一期已建成投产, 预计 24 年 6	

新能 源	安徽淮南半固态动力电池产业基地	一期 20 亿	2GWh 一期 3GWh, 二期 7GWh	月二期建成投产 预计最早 24 年底建成投产
富鑫 科技	江西赣州龙南固态电池及 PACK 制造生产项目	共 100 亿, 一期 16.75 亿	总共 10GWh, 一期 2GWh	23 年 8 月一期项目开工
中科 深蓝 汇泽	国家高新区固态电池项目	共 10 亿, 一期 5 亿	1GWh	23 年 5 月开工建设
高乐 股份	浙江义乌纳米固态电池项目	20 亿	2GWh	23 年 4 月发布投资公告
领新 新能 源	长寿经开区大容量凝胶聚合物固态电池项目	106 亿	20GWh	23 年 6 月签订投资协议
恩力 动力	大兴恩力先进电池智造基地		10GWh	预计 24 年实现 GWh 级产能达产, 26 年实现 10GWh 产线量产
金启 航	固态电池乐陵生产基地项目	116 亿	一期 2GWh, 二期 18GWh	预计 24 年初一期建成投产
浩威 新能 源	潼南固态方形钠离子电池生产线项目	共 100 亿, 一期 40 亿	总共 30GWh, 一期 10GWh	23 年 9 月发布投资公告
金启 航	固态电池乐陵生产基地项目	116 亿		预计 24 年初建设固态电解质核心材料生产线
瑞道 科技	衢州龙游经开区硫化物全固态电解质生产基地项目	13 亿	6000 吨	23 年 9 月签约, 预计 25 年建成并达百吨级生产能力, 28 年实现年产 6000 吨
中科 固能	常州硫化物全固态电解质生产基地项目	一期 10 亿, 二期 50 亿		预计 25-26 年一期具备满产能力
固态 电解 质	马车 动力	硫化物固态电解质中试线	10 吨	2024 年初建成投产
	天目 先导	溧阳总部基地	3000 吨	已建成投产
	蓝固 新能 源	江苏蓝固 湖州蓝固 淄博蓝固	1000 吨 5000 吨 5 万吨	22 年 5 月进入试产阶段 22 年 10 月投产 即将进入投产阶段
	夏钨 新能			已实现吨级生产
	上海 洗霸	70 亿	50 万吨	23 年 5 月发布增发说明书

资料来源: 各公司公告, 重庆两江新区, 中国汽车报, 昆山开发区发布, 银创智库, 起点锂电, 良乡在线, 盖世汽车, 电动中国, SMM 新能源, IEST 储能展, NE 时代新能源, 储能前沿, DT 新材料, 未名科创

### 3.2 国外: 固态电池获政府支持整体领先布局

国外固态电池研发受政府支持获高补贴。2018 年 11 月德国政府出资 10 亿欧元支持固态电池技术研发与生产; 2019 年 8 月美国能源部宣布资助 200 万美元用于固态电池界面问题及硫化物全固态电池研究, 2021 年 10 月增资 2.09 亿美元及 2023 年

1月进一步增资4200万美元支持固态电池技术研究；2019年12月欧盟七国共同出资32亿欧元用于研发固态电池等环保锂电池技术，2022-2023年并额外增加600-800万欧元用于解决固态电解质相关问题；2022年5月日本宣布投入1510亿日元用于资助高性能电池及材料和10个固态电池等18个课题研究。

**国外整体布局领先，力争2030年实现全固态电池商业化。**国外抢先押注全固态电池技术，部分企业已交付A样。**日本选择了硫化物路线**，研发布局最早，技术和专利全球领先，力争2030年实现全固态电池商业化；**韩国选择氧化物和硫化物路线并行**，目标2025-2028年开发出能量密度为400Wh/kg的商用技术，并于2030年完成装车；**美国全路线布局**，目标在2030年能量密度达到500Wh/kg。

**图表16：海外固态电池产业化进展**

国家	企业	产品	技术路线	单体能量密度 (Wh/kg)	产品进展
韩国	三星SDI	全固态电池	硫化物	900	2022年发布产品，预计2027年量产
	SK	全固态电池	氧化物、硫化物		预计2026年完成两款电池的早期原型，2028年量产
	LG新能源	全固态电池	聚合物、硫化物	650	预计2026年量产
美国	Solid Power	全固态电池	硫化物	390	2022年完成试生产线安装，预计2026年实现量产。
	Quantum Scape	全固态电池	氧化物	372	2023年10月已进入A样测试阶段
	Factorial Energy	全固态电池	聚合物	350	2021年发布产品，2022年与奔驰、现代等签署联合开发协议，2023年200MWh固态电池工厂正式开工建设，电池产品进入A样送样阶段。
日本	松下	全固态电池	硫化物		2023年12月首次公开产品，预计2029年前量产
	日产	全固态电池	硫化物		2023年2月宣布产品研发成功，预计2025年开始试生产

资料来源：SMM新能源，电池中国，DT新材料，中粉固态电池，国联证券研究所

## 4. 未来产业化发展趋势

### 4.1 半固态电池向全固态电池过渡发展

**通过半固态技术向全固态电池过渡。**固态电解质的完全实现，将通过固液混合电解质的形态过渡，包括聚合物-锂盐复合电解质、磷酸盐电解质和单离子聚合物及其复合材料等。随着技术的发展，各企业研发的固体电解质电导率有望由 $10^{-3}\text{S/cm}$ 逐步提升到 $10^{-2}\text{S/cm}$ 。

图表17: 国内动力电池关键材料技术路线图

	2025年	2030年	2035年
正极材料 (比容量)	<ul style="list-style-type: none"> <li>磷酸铁锂 &gt; 165mA · h/g</li> <li>三元材料 &gt; 210mA · h/g</li> <li>锰酸锂 &gt; 115mA · h/g</li> <li>镍锰酸锂 &gt; 135mA · h/g</li> <li>富锂锰基 &gt; 300mA · h/g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>磷酸铁锂 &gt; 165mA · h/g</li> <li>三元材料 &gt; 220mA · h/g</li> <li>锰酸锂 &gt; 115mA · h/g</li> <li>镍锰酸锂 &gt; 135mA · h/g</li> <li>富锂锰基 &gt; 350mA · h/g</li> <li>新型正极 &gt; 400mA · h/g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>磷酸铁锂 &gt; 165mA · h/g</li> <li>三元材料 &gt; 240mA · h/g</li> <li>锰酸锂 &gt; 115mA · h/g</li> <li>镍锰酸锂 &gt; 140mA · h/g</li> <li>富锂锰基 &gt; 400mA · h/g</li> <li>新型正极 &gt; 600mA · h/g</li> </ul>
负极材料 (比容量)	<ul style="list-style-type: none"> <li>石墨材料 &gt; 360mA · h/g</li> <li>无定型碳 &gt; 350mA · h/g</li> <li>硅碳材料 &gt; 800mA · h/g</li> <li>钛酸锂 &gt; 250mA · h/g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>石墨材料 &gt; 360mA · h/g</li> <li>无定型碳 &gt; 400mA · h/g</li> <li>硅碳材料 &gt; 1200mA · h/g</li> <li>钛酸锂 &gt; 280mA · h/g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>石墨材料 &gt; 360mA · h/g</li> <li>无定型碳 &gt; 600mA · h/g</li> <li>硅碳材料 &gt; 1500mA · h/g</li> <li>钛酸锂 &gt; 300mA · h/g</li> </ul>
隔膜	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全使用温度 &gt; 200°C</li> <li>受热收缩率 &lt; 1%(200°C双向)</li> <li>电化学窗口 &gt; 5V</li> <li>基膜厚度 &lt; 7 μm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全使用温度 &gt; 250°C</li> <li>受热收缩率 &lt; 1%(250°C双向)</li> <li>电化学窗口 &gt; 5V</li> <li>基膜厚度 &lt; 5 μm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全使用温度 &gt; 300°C</li> <li>受热收缩率 &lt; 1%(300°C双向)</li> <li>电化学窗口 &gt; 5V</li> <li>基膜厚度 &lt; 3 μm</li> </ul>
电解液	<ul style="list-style-type: none"> <li>功能有机电解液</li> <li>电化学窗口 &gt; 5V</li> <li>室温电导率 &gt; 10<sup>-2</sup>S/cm</li> <li>固体电解质电导率 &gt; 10<sup>-2</sup>S/cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>阻燃型有机电解液</li> <li>电化学窗口 &gt; 5V</li> <li>室温电导率 &gt; 10<sup>-2</sup>S/cm</li> <li>固体电解质电导率 &gt; 5 × 10<sup>-2</sup>S/cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不燃型有机电解液</li> <li>电化学窗口 &gt; 5V</li> <li>室温电导率 &gt; 10<sup>-2</sup>S/cm</li> <li>固体电解质电导率 &gt; 10<sup>-2</sup>S/cm</li> </ul>

资料来源:《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》中国汽车工程学会, 国联证券研究所

技术升级提升固态电池能量密度和综合性能。为满足新能源汽车需求, 需要优化现有固液混合电解质的锂离子蓄电池技术, 开发新型固态锂电池, 开展提升安全性、一致性和循环寿命等关键技术研究。在锂硫蓄电池方面, 优化现有材料体系锂硫蓄电池技术, 开展兼具高能量密度和长寿命锂硫蓄电池的技术研究。在其他新体系动力电池方面, 提出高比容量锂空气蓄电池寿命提升和低成本钠离子蓄电池质量能量密度提升的技术新途径和新方法等。

图表18: 国内电池技术路线图

	2025年	2030年	2035年
固态蓄电池技术	质量能量密度 > 400W · h/kg, 循环 > 1000次, 研发产品安全性和循环性能接近应用目标	质量能量密度 > 500W · h/kg, 循环 > 1500次, 并实现工业化成熟应用	质量能量密度 > 700W · h/kg, 循环 > 1500次, 并实现工业化成熟应用
锂硫蓄电池技术	质量能量密度 > 500W · h/kg, 循环 > 500次	质量能量密度 > 600W · h/kg, 循环 > 500次	质量能量密度 > 600W · h/kg, 循环 > 1000次
其他新体系蓄电池技术	开展锂空气蓄电池、钠离子蓄电池等新体系蓄电池研究	一两种新体系蓄电池实现示范应用	一两种新体系蓄电池实现工业化应用

资料来源: 中国汽车工程学会《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》, 国联证券研究所

## 4.2 固态电池原材料实现迭代升级

固态电池产业链包括上游金属原材料供应到中游电池材料, 包括正负极材料、隔膜和固态电解质, 及下游固态电池产品等。固态电池与传统液态锂电池最大区别在于产业链中游原材料的迭代升级。

固态电池原材料主要包括正负极材料、隔膜以及固态电解质。固态电池产业链与液态锂电池大致相似, 区别在于中游的负极材料和电解质不同。主流厂商按照半固态到全固态的发展路径布局, 核心变化在于引入固态电解质, 负极将从石墨, 向硅基负极、含锂负极, 再向金属锂负极升级: 正极从高镍三元, 向高电压高镍三元、超高镍

三元，再向尖晶石镍锰酸锂、层状富锂基等新型正极材料迭代；隔膜从传统隔膜，向氧化物涂覆隔膜，再向取消隔膜升级。

图表19：固态电池产业链



资料来源：各公司官网，国联证券研究所整理

固态电池技术发展和应用预计将呈现梯次渗透趋势。预计液态电池到固态电池的技术迭代路径大致遵循“引入固态电解质→引入新型负极→引入新型正极”路径。

**阶段一：**引入固态电解质，保留少量电解液，正负极仍为三元+石墨/硅负极，并采用负极预锂化等技术提高能量密度。

**阶段二：**用固态电解质逐步至完全取代电解液，用金属锂取代石墨/硅负极，正极仍为三元材料。

**阶段三：**逐渐减薄固态电解质的厚度，并用硫化物/镍锰酸锂/富锂锰基等材料取代正极。

图表20：固态电池技术迭代路径

类型	电解液	隔膜	负极	正极	产业化时间
第一代	半固态 部分替换为 固态电解质	不变	石墨/硅碳， 可能配合预锂 化技术	三元	2022年后
第二代	全固态 全部替换为 固态电解质	取消 (少数方案保留)	石墨/硅碳， 可能配合预锂 化技术	三元	2023-2024年
第三代	全固态 全部替换为 固态电解质	取消 (少数方案保留)	金属锂	三元	2025年后
第四代	全固态 全部替换为 固态电解质	取消 (少数方案保留)	金属锂	硫化物/镍锰酸锂 /富锂锰基等	2030年后

资料来源：ForceInstitute，国联证券研究所

固态电解质主流技术以氧化物电解质及硫化物电解质为主。根据电解质的不同，主要可分为聚合物固态电解质和无机固态电解质。前者代表性的体系是PEO聚环氧乙烷；后者是氧化物、硫化物和卤化物体系。氧化物电解质在稳定性上占优，而硫化物在电导率上占优。氧化物代表企业包括中国台湾辉能、TDK、丰田、江苏清陶能源、北京卫蓝新能源等，硫化物代表企业包括宁德时代、松下、LGC等。

## 5. 投资建议：关注固态电池电极材料机遇

我们认为固态电池凭借其高能量密度与高安全性的优势，后续产业化有望加速发展。与传统液态锂电池相比，固态电池核心在于引入了新材料体系：负极将从石墨，向硅基负极、含锂负极，再向金属锂负极升级；正极从高镍三元，向高电压高镍三元、超高镍三元，再向尖晶石镍锰酸锂、层状富锂基等新型正极材料迭代升级；隔膜从传统隔膜，向氧化物涂覆隔膜，再向取消隔膜升级。

我们推荐格局占优、估值阶段性低位的电池龙头企业，如宁德时代(300750.SZ)、亿纬锂能(300014.SZ)；正极材料环节建议关注具有高镍三元、磷酸盐材料体系创新的容百科技(688005.SH)、德方纳米(300769.SZ)；负极材料环节建议关注龙头企业璞泰来(603659.SH)、杉杉股份(600884.SH)。

## 6. 风险提示

原材料价格大幅波动，技术研发推广不及预期

### 分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们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，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

### 评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
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6到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的6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；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准；韩国市场以柯斯达克指数或韩国综合股价指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表指数涨幅20%以上
		增持	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于5%~20%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于-10%~5%之间
	行业评级	卖出	相对同期相关证券市场代表指数跌幅10%以上
		强于大市	相对同期相关证券市场代表指数涨幅10%以上
		中性	相对同期相关证券市场代表指数涨幅介于-10%~10%之间
		弱于大市	相对同期相关证券市场代表指数跌幅10%以上

### 一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属国联证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“国联证券”）。未经国联证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为国联证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，国联证券不因收件人收到本报告而视其为国联证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但国联证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，国联证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，国联证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

国联证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。国联证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。国联证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

### 特别声明

在法律许可的情况下，国联证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到国联证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

### 版权声明

未经国联证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、转载、刊登和引用。否则由此造成的一切不良后果及法律责任有私自翻版、复制、转载、刊登和引用者承担。

### 联系我们

**北京：**北京市东城区安定门外大街208号中粮置地广场A塔4楼  
**无锡：**江苏省无锡市金融一街8号国联金融大厦12楼  
 电话：0510-85187583

**上海：**上海市浦东新区世纪大道1198号世纪汇二座25楼  
**深圳：**广东省深圳市福田区益田路6009号新世界中心大厦45楼