

2024年中国固态电池 产业趋势报告



二零二四年一月



目录

CONTENTS

01

固态电池产业进展

02

固态电池产业障碍

03

固态电池产业预测



Solid-State
Battery

电解液含量比例越来越低，固态电池电解质主流技术路线尚未清晰

- 按照电池中液态电解质的含量差异，锂电池可分为**液态、半固态、全固态**三类。

| 锂电池液体含量 | 能量密度 | 工作温度 |
|-------------------------------------|------------------|----------|
| 液态锂电池 (液体含量: 25wt%) | 250-300Wh/Kg | 55°C |
| 半固态锂电池 (液体含量: 1wt%-15wt%) | 350Wh/Kg | 80-150°C |
| 全固态锂电池 (液体含量: 0wt%-1wt%) | 400Wh/Kg-500WHkg | 大于150°C |

- 根据电解质，分为**聚合物、氧化物、硫化物**。根据目前研究进展，尚未明显迹象表明，那类电解质技术路线将成为主流。

| 电解质类型 | 正极 | 负极 | 代表公司 |
|------------|----|------|---|
| 氧化物 | 三元 | 硅基负极 | 卫蓝新能源, 清陶能源, 赣锋锂电, 辉能科技, 太蓝新能源, 欣视界, 创鲁先进, 万向123, LG新能源, SK On, Quantum Scape |
| 硫化物 | 三元 | 锂金属 | 恩力动力, 合壹新能, 高能时代, 马车动力, 三星SDI, 松下, 日立造船, Solid Power, CATL、武汉睿意 |
| 聚合物 | 三元 | 硅基负极 | 卫蓝新能源, 清陶能源, 赣锋锂电, 太蓝新能源, LG新能源, SK On, SES、武汉睿意 |

固态电池正负极材料发展方向基本确定

- 正极：短期内将沿用传统锂电池正极材料，长期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、富锂锰基**将是发展方向。

| | 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 |

- 负极：中短期由石墨材料向硅基材料发展，长期转向锂金属。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。

| | 金属锂负极 | 硅基材料负极 | 石墨负极 |
|------------------------------|-------|--------|----------|
| 理论比容量 (mAh·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 |

国内外固态电池企业技术路线及研发进展

国内：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。

日本侧重于选硫化物；韩国氧化物与硫化物并行发展；美国则全面推动各类路线的发展。

| 企业 | 产品 | 技术路线 | 单体能量密度 (Wh/kg) |
|-------|------------|-------------|----------------|
| 宁德时代 | 凝聚态电池 | — | 500 |
| | 聚合物固态锂金属电池 | 聚合物 | 300 |
| | 硫化物固态电池 | 硫化物 | — |
| 亿纬锂能 | 半固态软包电池 | 氧化物、硫化物 | 500 |
| | 全固态薄膜软包电池 | 卤化物 | 350 |
| 蜂巢能源 | 方形半固态 | 聚合物 | 230 |
| | 硫系全固态原型电芯 | 硫化物 | 350-400 |
| 国轩高科 | 半固态电池 | 硫化物 | 360 |
| 中创新航 | 半固态电池 | — | 450 |
| 孚能科技 | 半固态电池 | — | 330 |
| 台湾辉能 | 半固态电池 | 氧化物 | 270 |
| 清陶能源 | 第一代半固态电池 | 氧化物、聚合物 | 368 |
| | 第二代半固态电池 | 氧化物、卤化物、聚合物 | 400-500 |
| 卫蓝新能源 | 半固态电池 | 氧化物、聚合物 | 360 |
| 太蓝新能源 | 半固态电池 | 氧化物 | 350 |
| 恩力动力 | 全固态电池 | 硫化物 | 300 |
| 领新新能源 | 聚合物半固态电池 | 聚合物 | 180-380 |
| 马车动力 | 全固态电池 | 硫化物 | 250 |
| 赣锋锂业 | 半固态电池 | 氧化物 | 400 |

| 国家 | 企业 | 产品 | 技术路线 | 单体能量密度 (Wh/kg) |
|----|-----------------|-------|---------|----------------|
| 韩国 | 三星SDI | 全固态电池 | 硫化物 | 900 |
| | SK | 全固态电池 | 氧化物、硫化物 | — |
| | LG新能源 | 全固态电池 | 聚合物、硫化物 | 650 |
| 美国 | SolidPower | 全固态电池 | 硫化物 | 390 |
| | QuantumScape | 全固态电池 | 氧化物 | 372 |
| | FactorialEnergy | 全固态电池 | 聚合物 | 350 |
| 日本 | 松下 | 全固态电池 | 硫化物 | — |
| | 日产 | 全固态电池 | 硫化物 | — |

政策推动下固态电池技术持续提升，吸引车企入局

各国顶层规划推动固态

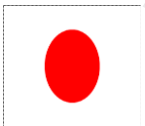
中美日韩等国家均将固态电池作为重点的研发方向，并提出加速产业化的目标。



《新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)》



《National Blueprint for Lithium Batteries 2021-2030》



《蓄电池产业战略》



《K-Battery Development Strategy》

固态电池性能优势显著

- **高能量密度。** 液态锂电池能量密度300Wh/Kg以内，半固态300~400Wh/Kg左右，全固态则可达500Wh/Kg。
- **工作温度范围广。** QuantumScape 固态电池-40~80°C能够正常运作。
- **高安全性。** 固液共存电池，如北京卫蓝、江苏清陶、赣锋锂业、台湾辉能的固态电池电解液含量10%-11%，大幅降低安全风险。

车企布局固态电池车型

- 丰田、日产、大众、宝马、上汽、广汽、东风、蔚来等车企均提出量产固态电池车型的计划。

丰田 岚图 智己 蔚来固态车型



固态电池企业受到资本青睐，红衫，中金等知名基金纷纷入局

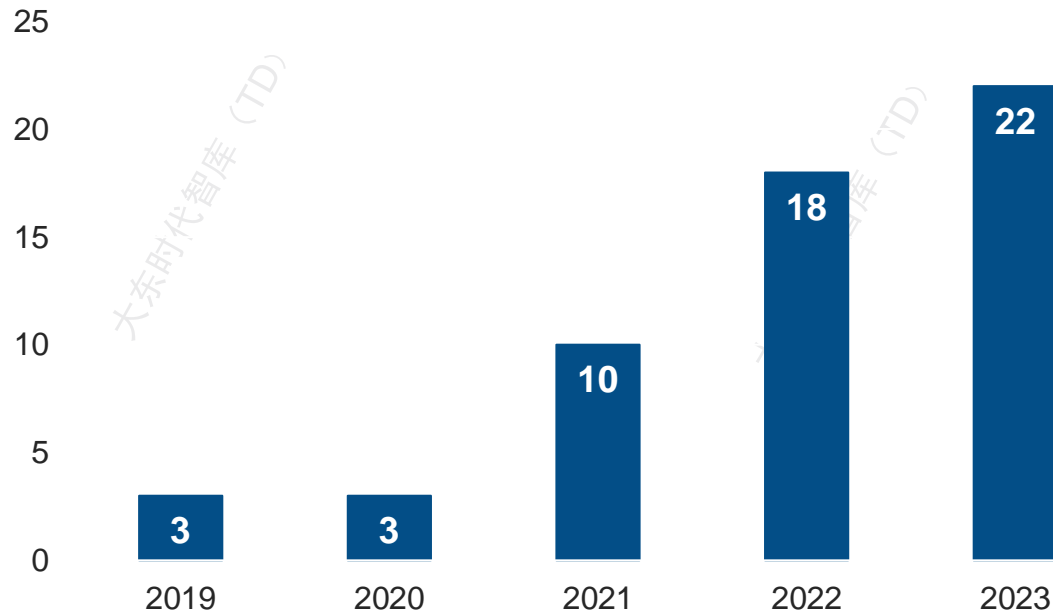
| 企业名称 | 轮次 | 投资机构 | 金额（元） |
|--|--------|------------------------------|--------|
|  <p>卫蓝新能源</p> | 天使轮 | 荷塘创投，武岳峰资本等 | 数千万元 |
| | A轮 | 三峡资本，天齐锂业，陆石投资 | 数亿元人民币 |
| | A+ | 武岳峰资本，光跃投资，允泰资本等 | |
| | B轮 | 华为，小米集团，蔚来资本，IDG资本等 | 5亿 |
| | C轮 | 宁波吉利蓝色计划企业管理合伙企业（有限合伙），小米集团等 | 未披露 |
| | 股权融资 | 淄博景能科技有限公司，国汽智联，中科创星 | 未披露 |
| | D轮 | 中国诚通，中信建投证券，光跃投资，合创资本等 | 15亿 |
| | Pre-A轮 | 宁波继联基金，君联资本 | 未披露 |
|  <p>太蓝新能源 TALENT NEW ENERGY</p> | A轮 | 两江资本 | 未披露 |
| | A+轮 | 碧桂园创投 | 未披露 |
| | A++轮 | 中金资本，招商局创投等 | 数亿 |
| | Pre-B轮 | 正奇控股，中金资本等 | 数亿 |

| 企业名称 | 轮次 | 投资机构 | 金额（元） |
|--|------|------------------------------|--------|
|  <p>清陶发展</p> | A轮 | 峰瑞资本 | 数百万元 |
| | B轮 | 峰瑞资本 | 千万元 |
| | C轮 | 清控银杏，首业资本，渝商投资 | 数千万元 |
| | D轮 | 峰瑞资本，中银投资，北汽产业投资 | 未披露 |
| | E轮 | 峰瑞资本，昆山国科创投，北汽产业投资 | 未披露 |
| | E+轮 | 尚颀资本，恒旭资本，上汽投资，昆山国科创投，淮上英才创投 | 5~10亿元 |
| | E+轮 | 广汽资本 | 亿元 |
| | F轮 | 峰瑞资本，上海科创基金，科森科技，新鼎资本等 | 5~10亿元 |
| | G+轮 | 上海汽车集团股份有限公司 | 27亿 |
| | A轮 | 势能资本，博润资本等 | 超亿元 |
|  <p>ENPOWER GREENTECH</p> | A+轮 | 红杉中国，广汽资本等 | 超两千万美元 |
| | 战略融资 | 中金资本，欣旺达等 | 超5000万 |
| | 股权融资 | 橡果资本，海岚投资等 | 未披露 |
|  <p>GTC-POWER</p> | 战略融资 | 中金资本，欣旺达等 | 超5000万 |
| | 股权融资 | 橡果资本，海岚投资等 | 未披露 |

行业处于发展早期，25%属于产业战略协同融资

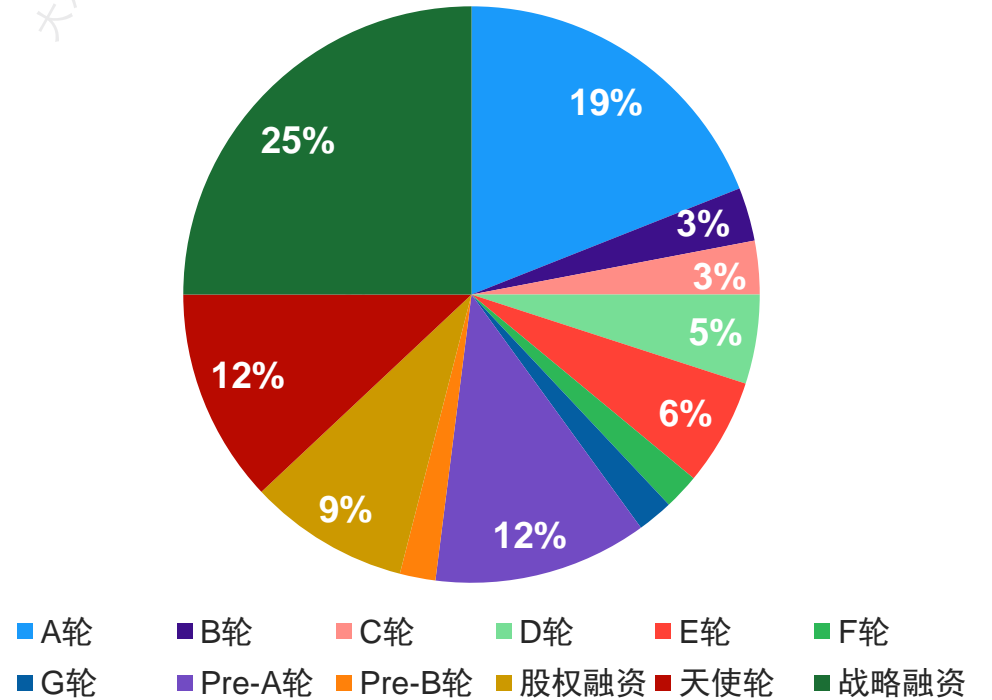
- 根据不完全的统计数据显示，**固态电池相关的企业融资事件逐年提升**。目前这一类的企业多数处于产品研发或者中试的状态，但依然能在资本市场上收获越来越多的关注，这在一定程度上意味着行业看好该技术在未来的发展。

2019-2023年固态电池企业发生融资数量
(笔)



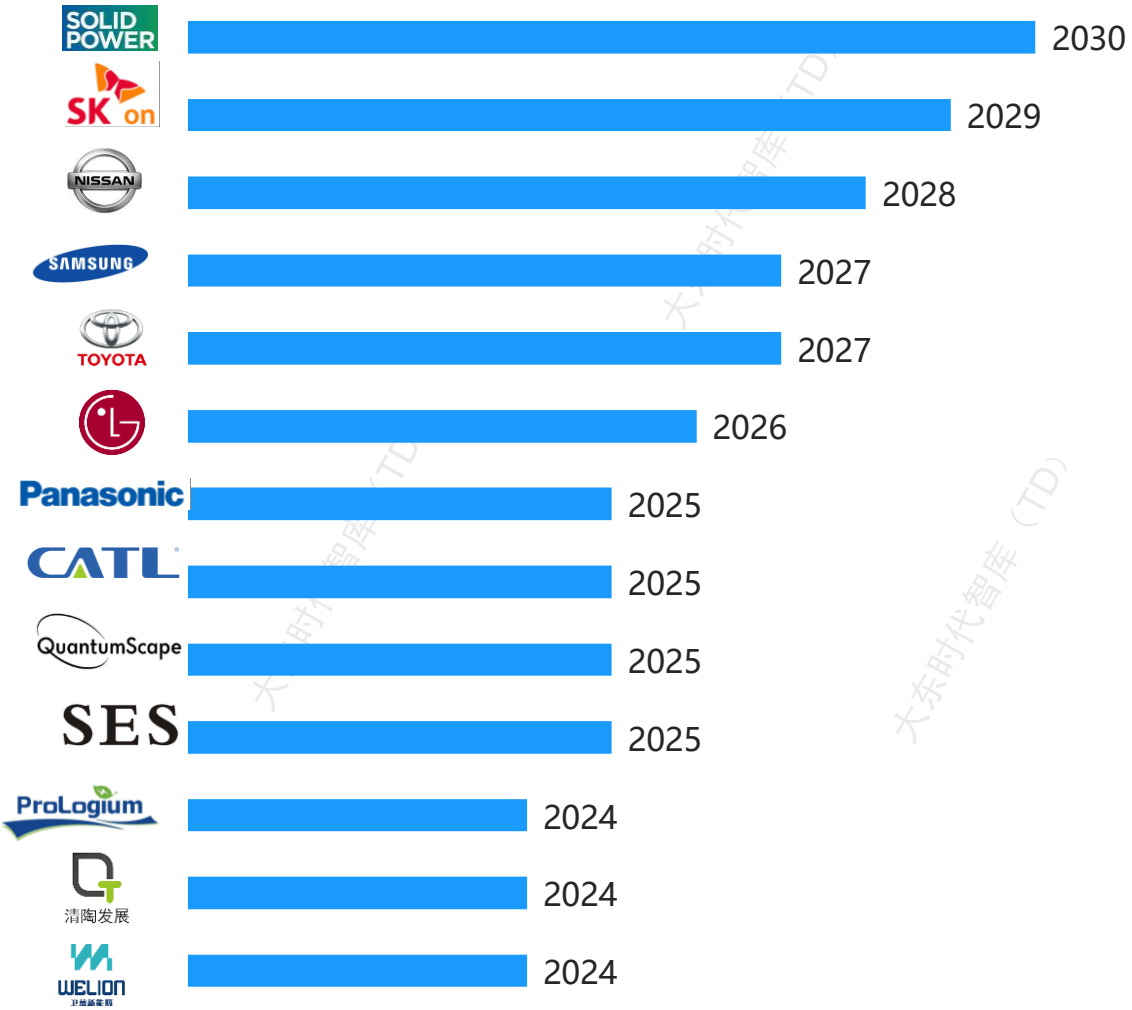
- 融资轮次的数据显示，目前**多数企业处于早期的融资阶段**，进入C轮及之后的轮次公司数量较少，显示该行业依然处于早期的发展阶段，尚无清晰得市场格局。

近5年企业处于的融资轮次占比 (%)

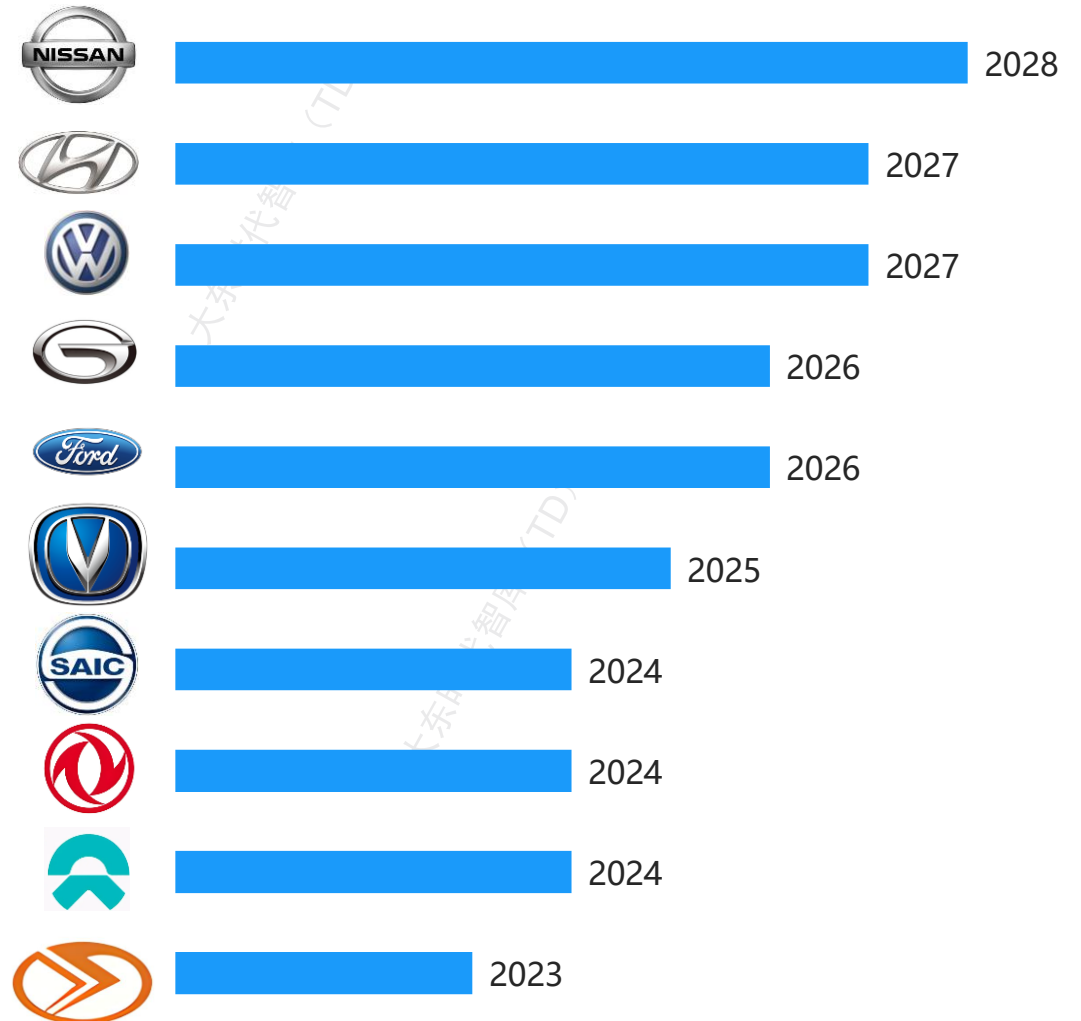


2024或是固态电池量产加速年，中国汽车自主品牌率先装车

主要电池企业固态电池量产年份



主要车企汽车装载固态电池年份



目录

CONTENTS

01

固态电池产业进展

02

固态电池产业障碍

03

固态电池产业预测

固态电池成本过高，性能寿命尚未达标制约商业化推广

固态电池的产业化瓶颈在于性能方面尚未能达到应用的标准，与液态电池相比，其倍率性能以及循环寿命都相对较差。其主要原因：

- 界面处，机械稳定性较差（硅基负极的膨胀问题，以及锂枝晶现象）；
- 界面处，电化学稳定性差（固-固接触,接触面积小导致的高电阻）；
- 成本高，固态电池总成本普遍比液态电池高3~7倍。

| | 电解质 | 界面接触处电阻 | 循环寿命 | 总成本 | 倍率性能 |
|-----|---------|---------|---------------|-----------------|--------|
| 液态 | / | 低 | 高（3000-4000次） | 低（0.3-0.4元/wh） | 2C-6C |
| 半固态 | 氧化物/聚合物 | 中等 | 偏低（700-1000次） | 偏高（1.1-1.4元/wh） | 1-1.2C |
| 全固态 | 硫化物 | 高 | 低（300-500次） | 高（2元/wh以上） | - |



大规模商业化条件尚不完备

初创公司选择更易量产的氧化物/聚合物电解质作为切入口

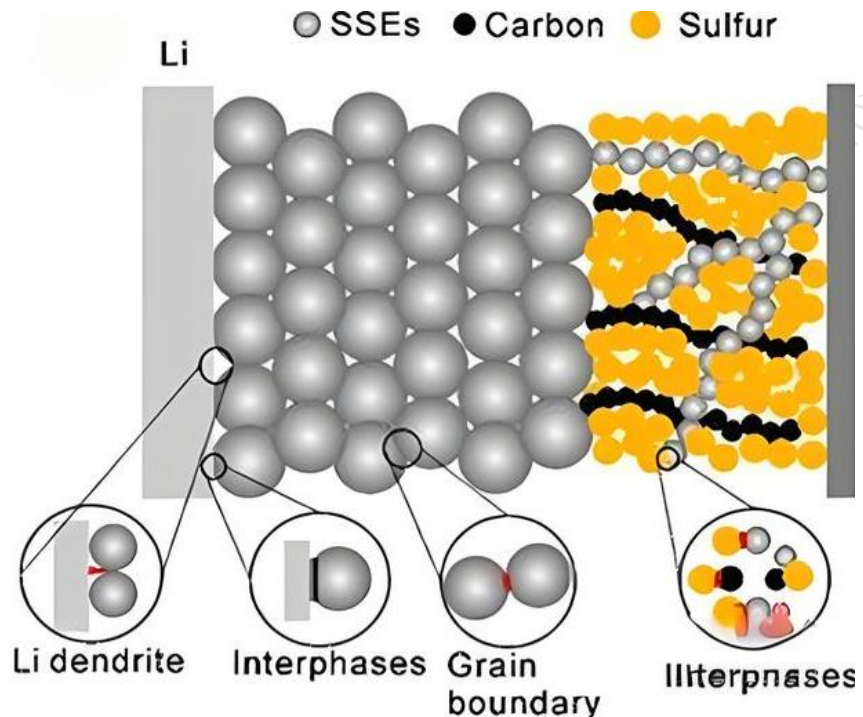
- 硫化物电解质拥有较低的界面电阻，较好的物理性能；但同时，在产业化的角度上考虑，1) 由于其容易产生有毒物质，且对水分要求很高，因此对生产工艺的要求较高，2) 至少40%产线设备与液态电池不适配，因此，其早期的设备投入成本高，难以大规模推广应用。
- 氧化物、聚合物电解质的离子导率小，内阻大；界面接触差，但易于规模化制备。
- 基于以上特性，初创型公司一般选择氧化物与聚合物电解质，而传统大型公司选择硫化物或多种路线布局。

| 类型 | 室温离子导率 (S/cm) | 优点 | 缺点 | 研究方向 |
|-----|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 氧化物 | $10^{-5} \sim 10^{-3}$ | 高化学与电化学稳定性 机械性能好 电化学窗口宽 | 界面接触差 | 替换元素或掺杂同种异价元素来提升电导率 |
| 聚合物 | 10^{-5} 左右 | 对金属锂电极稳定性好 剪切模量低 灵活性好易大规模制备薄膜 | 离子导电率低 氧化电压低 (<4V) | 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 |
| 硫化物 | $10^{-4} \sim 10^{-2}$ | 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 | 提高电解质稳定性，降低生产成本，元素掺杂发挥各元素协同作用 |

固态电池产业化需克服界面和正负极颗粒膨胀的技术挑战

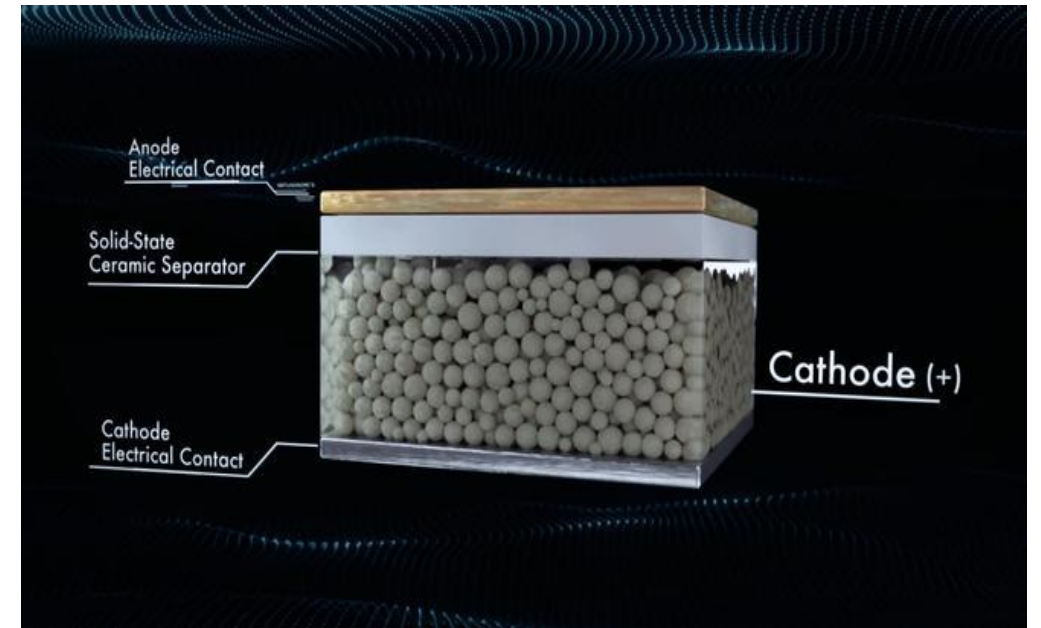
固固界面问题

由于固态电池的电解质和电极都是固体，因此，其应用的所面临的主要挑战是界面物理接触差、界面反应产生不利离子传输的界面层，导致界面巨大的离子传输阻抗以及部分材料体系中的界面空间电荷层存在影响离子输运。



正负极颗粒体积膨胀

在循环过程中，正负极颗粒会发生显著的体积膨胀收缩，在这一过程中，固态电解质与电极的固固界面接触可能会变差。此外如果负极采取锂金属负极，则需解决枝晶，粉化问题。



固态电池技术难题主要解决路径

固固界面问题解决路径

1

加入改善层-采用蒸镀金属界面层，或者涂覆石墨、磷酸等界面改善层，以此改进金属锂负极与电解质表面的润湿性，降低界面阻抗。

2

加压-直接施加足够大的压力即可让金属锂与电解质界面接触良好。

3

原位固态化-在电芯制造过程中引入可以发生聚合反应的液体，先通过注液保持液体与电极材料之间良好的物理接触，再通过化学或者电化学反应，将液体部分或者全部转化为固态。

4

在固态电解质表面**引入吸附分子或者化学修饰键**来调节界面的化学性质和电荷状态。

正负极颗粒体积膨胀解决路径

硅基负极膨胀解决方法

① **负极预锂化**-电池工作前向电池内部补充锂离子提高首充效率与循环寿命。

② **使用硅基复合材料**-使用纳米化加碳包覆，以及加入碳纳米管、石墨烯等新型导电剂材料

锂枝晶解决方法

① **使用人工SEI膜抑制枝晶生长**

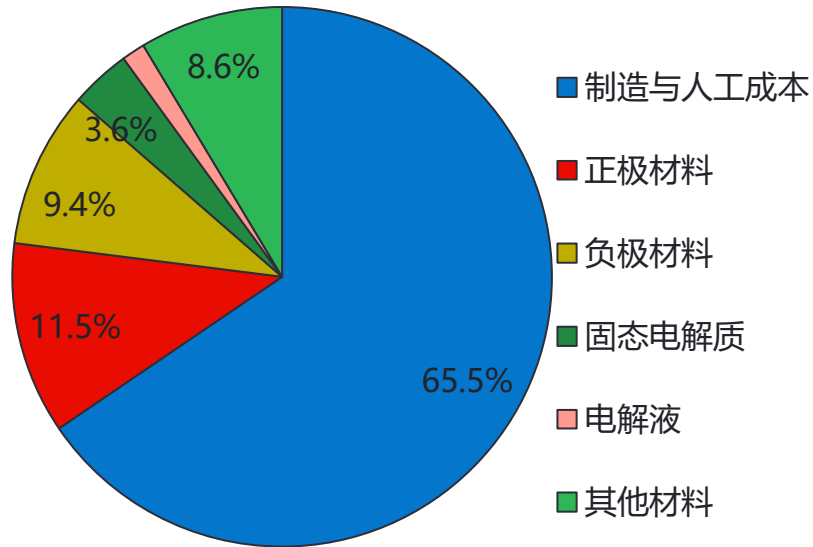
② **使用石墨烯基锂负极**

③ **锂负极中间层设计**

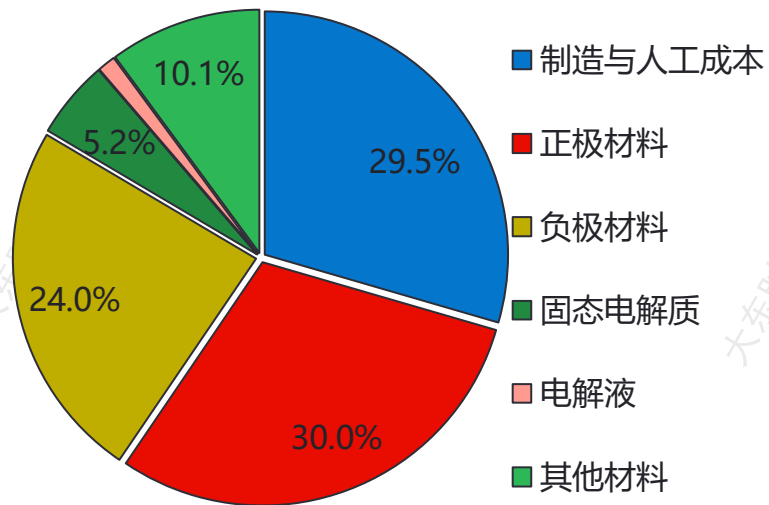
固态电池企业普遍处于中试阶段，综合成本偏高

- 固态电池产业化初期，多数企业处于中试阶段，产线自动化程度不高，加之需采用定制化设备，；材料则采用相对成熟的正负极、电解液等材料。因此，现阶段固态电池成本集中于制造端。
- 固态电池随着规模化，成本结构将与液态电池趋同，主要由材料构成。
- 从成本下降趋势看，固态电池将从目前2.4元/Wh下降至2030年0.8元/Wh，与液态电池仍然存在较大的成本差异。

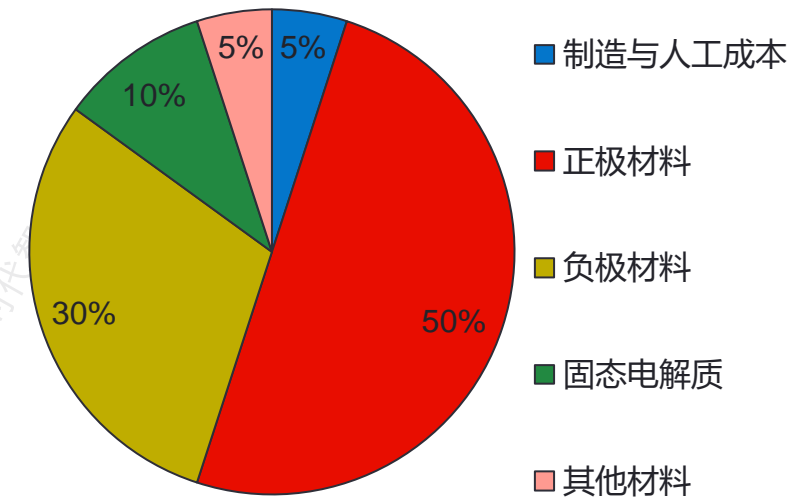
2023固态电池成本结构 (2.4元/wh)



2025固态电池成本结构(1.5元/wh)



2030固态电池成本结构 (0.8元/wh)



固态电池降本空间大，但2030年仍难与液态电池成本接近

设备投入下降+规模化生产

- 工序更少-无电解液可以去掉干燥工序，以及注液工序等
- 固定资产的投入可随着规模化的生产摊薄

工艺成熟度提高

- 目前良率偏低（60%-80%），随着工艺成熟的提升，良率提升空间较大。

材料成本下降

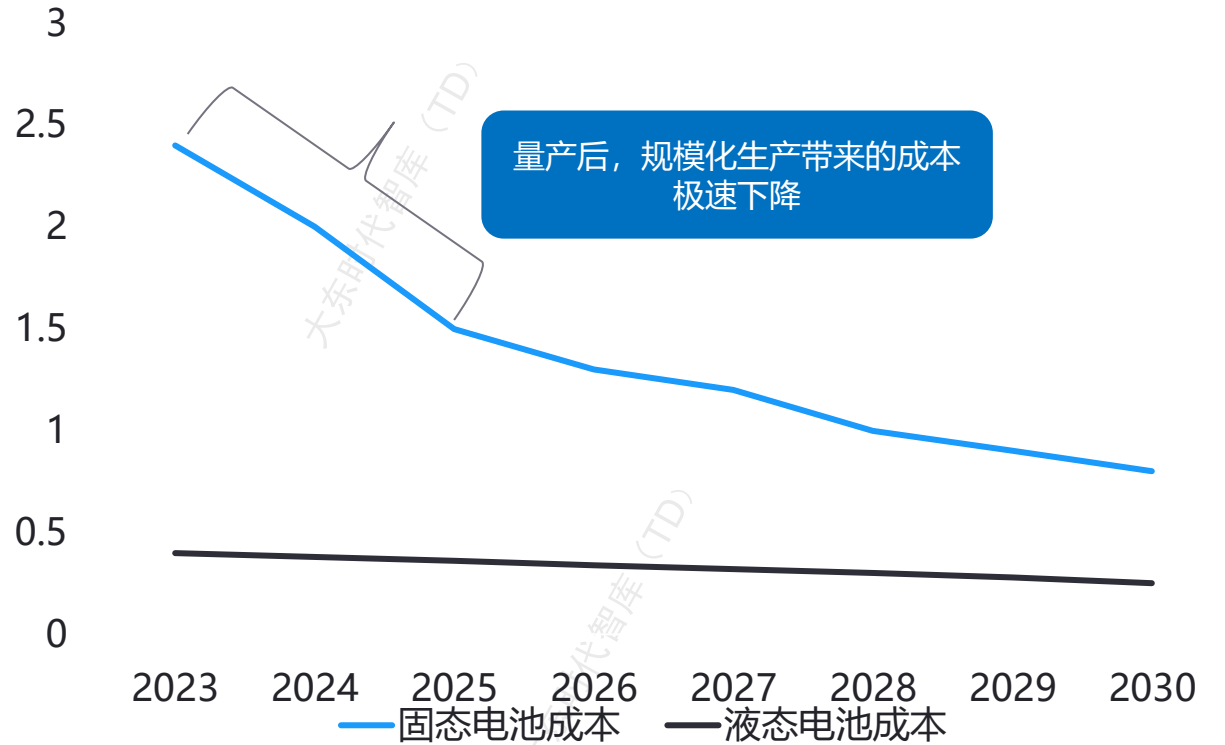
- 相关电解质的大规模投产，无隔膜的设计，有利于最终的bom成本下降。

自动化程度提升

- 当前由于工艺不成熟，部分工段需人工完成，改进空间多、

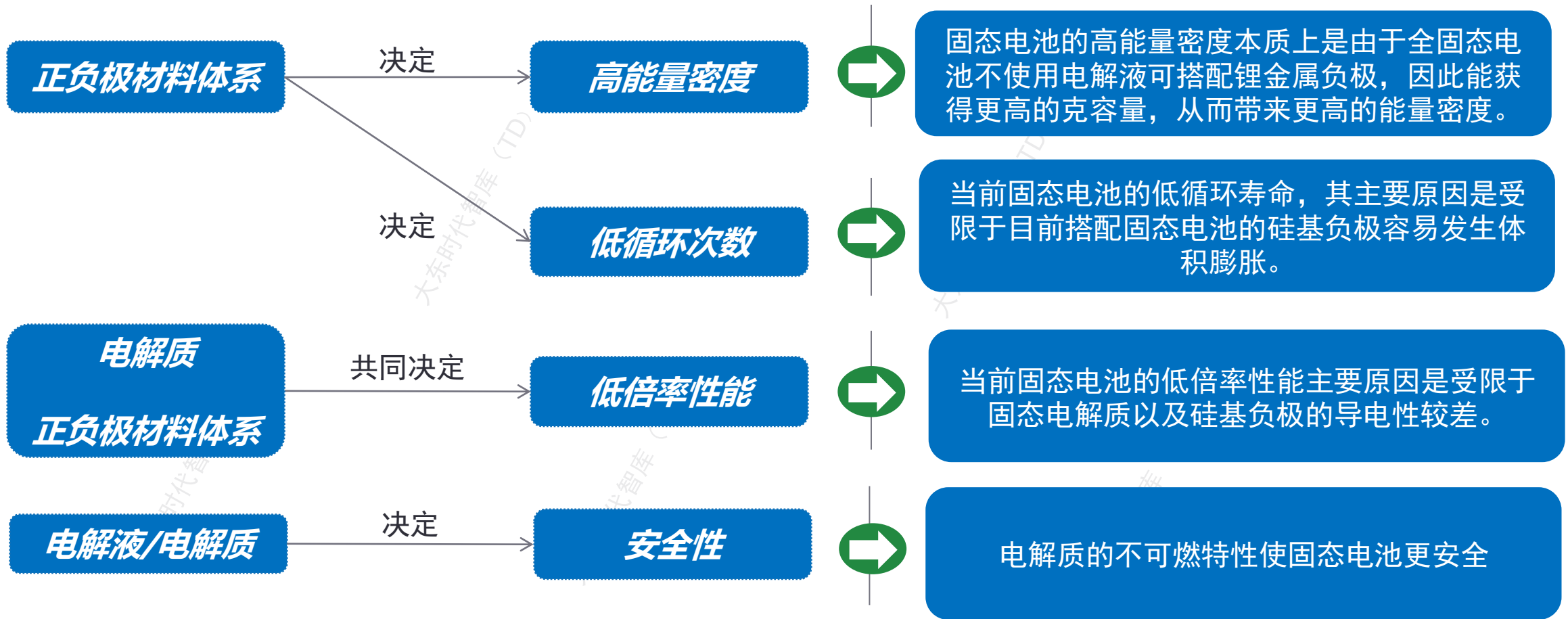


成本预测 (Wh/元)



产业化后期，固态电池设备投入上会更少（全固态工序更少）。同时材料上可以不使用隔膜，使用更少的电解液，且单位能量密度更高，均摊到单位成本会更低，预计2028年将实现1元/Wh。

固态电池材料体系选择与优化，是固态电池突破的关键



本质上，对固态电池性能的讨论不能局限于电解质本身，其搭配的正负极材料体系也是影响性能的关键，相关材料体系下的性能达标，固态电池的大规模商业化才能实现

目录

CONTENTS

01

固态电池产业进展

02

固态电池产业障碍

03

固态电池产业预测

预计固态电池将特殊的消费电子产品得到应用，动力尚难批量

消费电子端

- 相较于其他方面的应用端，半/全固态电池会最先在消费电子/无人飞机等领域推广与应用，主要原因在于固态电池的高能量密度优势能带来更长的待机时间，同时，相对于动力电池与储能电池，消费电子更换电池的成本更低，从而对循环寿命的敏感度更低，因而最先得到推广。

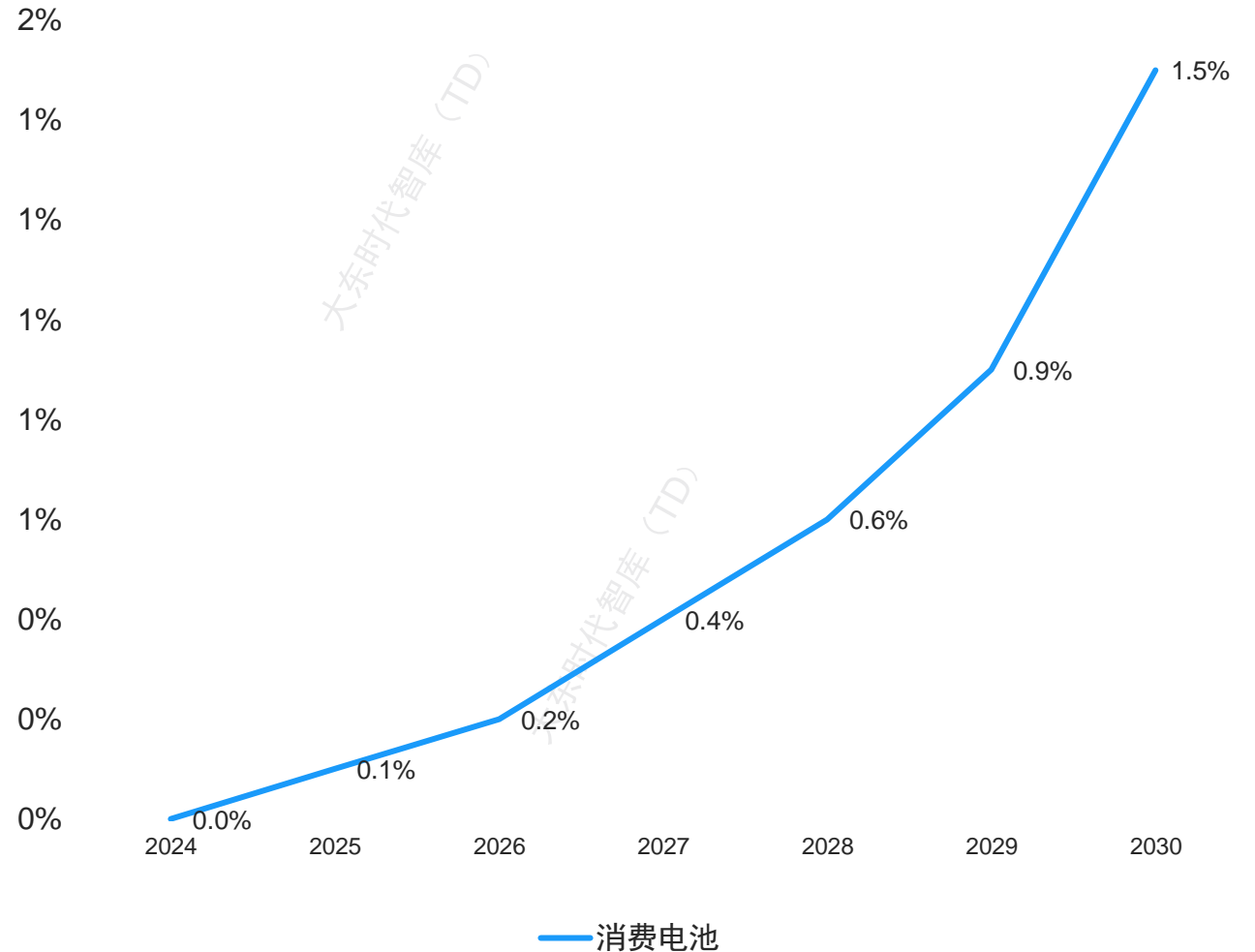
动力电池端

- 在动力端上，最先得到先得到推广的半固态电池。其安全性，与能量密度的提升的特性是主要的吸引点。大东时代智库 (TD) 认为，全固态电池则预计需在2030年后，才能开始在动力端有所作为。

储能电池端

- 储能电池对循环寿命的要求较高，但在能量密度上的要求则相对其他需求端低，因此大东时代智库 (TD) 认为固态电池在储能领域的需求不大。

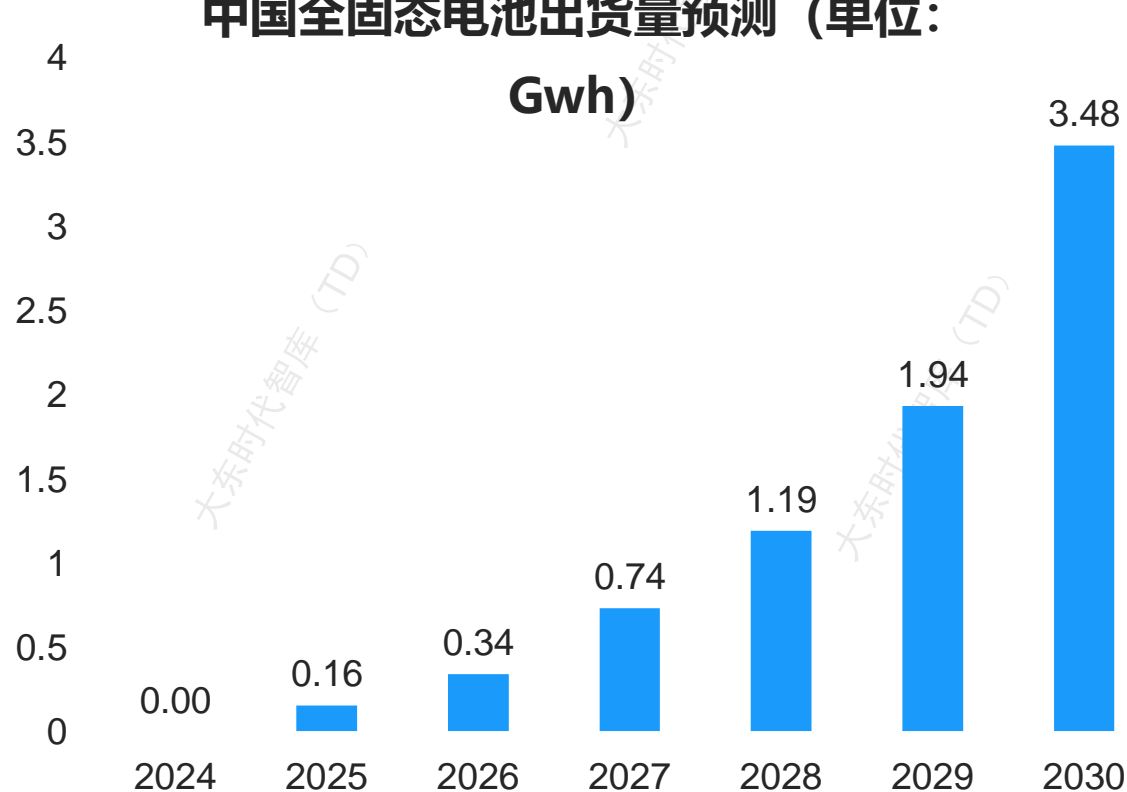
固态电池在消费领域渗透率预计



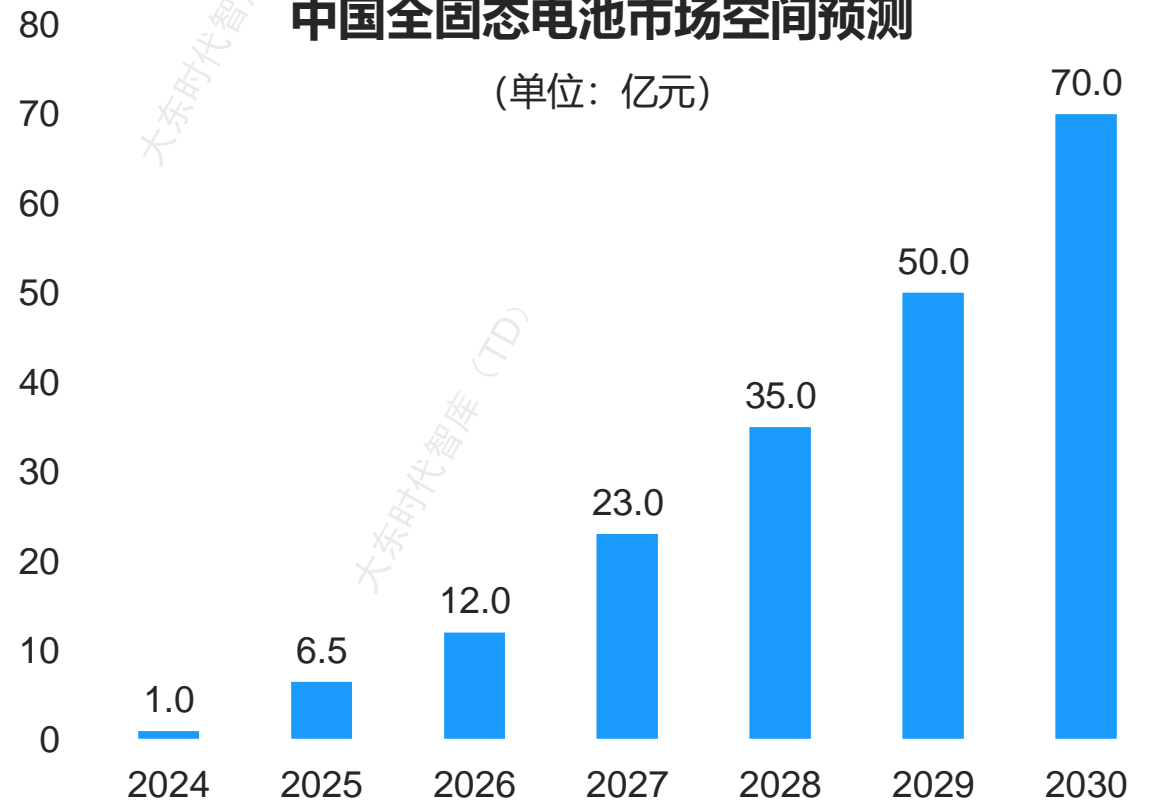
全固态电池的市场开拓漫长，2030年市场规模实现70亿元

- ▶ 大东时代智库 (TD) 认为，全固态的市场开发应用在2030年前难以在二次电池市场成为主流，但在对能量密度要求高的无人机等特定市场，全固态将会有一定市场比例，其他市场难以渗透。
- ▶ 但全固态电池依然具有深入研究开发的价值，待材料体系实现突破，将给行业带来颠覆影响。

中国全固态电池出货量预测 (单位: Gwh)



中国全固态电池市场空间预测 (单位: 亿元)



- 本报告由大东时代智库 (TD) 发布, 版权归属大东时代 (深圳) 信息咨询有限公司, 大东时代智库 (TD) 对此报告拥有唯一著作权和解释权。未经过大东时代智库 (TD) 的书面许可, 任何组织和个人不得以任何形式复制、传播相关内容。任何未经授权使用本报告的相关商业行为, 大东时代智库 (TD) 将依据《中华人民共和国著作权法》和其他法律法规以及有关国际公约的规定追求其法律责任。
- 本报告所涉及的观点或信息仅供参考, 不构成任何证券或基金投资建议。本报告中相关数据及观点为大东时代智库 (TD) 采用案头研究、访谈及其他研究方法获得, 由于调研方法、样本量的限制, 该数据与市场实际情况或存在一定偏差。在任何情况下, 报告中的数据、信息及观点均不构成对任何单位或个人的投资建议。

大东时代智库 (TD) 在全球经济结构调整的大背景下, 紧紧扣住能源和数字经济主线, 着重研究产业发展初期、中期、成熟期、衰退期看不同阶段的不同特征; 并以此为索引, 深入分析企业的产业链、资金链、信息链、帮助企业确立战略方向, 优化企业状态, 及时掌握市场动态。以专业的服务, 帮助企业不断增强核心竞争力。

大东时代智库 (TD) 的首要方法是通过面对面访谈的方式, 从产业专家里面获取一线的信息; 其次通过行业上下游、竞争对手交叉的行业大数据, 以科学的分析方法不断精确产业数据, 寻找产业规律, 建立产业预测模型; 在深入研究, 精确数据, 科学预测的基础上, 协助企业家做出正确的抉择。

大东时代智库 (TD) 始终在新能源、新材料、数字经济等科技产业一线, 把握产业发展最新动向, 研究成果会随着产业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入, 保持不断更新与优化。

大东时代智库 (TD) 秉承“挖掘产业潜力, 助力科学决策”的使命, 通过市场调研, 战略咨询等服务方式, 真正帮助企业利用有限资源, 不断壮大发展企业。

联系ATC Contact Us



+86 187 0188 6074



market@atc-sh.com



<http://atc-sh.com/>



大东时代智库
公众号



工业数智时代
公众号