



固态电池春山可望，工艺设备体系重塑

—— 固态电池设备行业深度报告

首席分析师：鲁佩

分析师：王霞举

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费



固态电池春山可望，工艺设备体系重塑

—— 固态电池设备行业深度报告

2025 年 10 月 27 日

核心观点

- **固态电池前景广阔，产业化趋势加速。**固态电池使用固态电解质代替传统的电解液和隔膜，相比传统液态电池具有能量密度高、安全性高、应用场景广等明显优势，有望解决热失控、续航时间等行业痛点。目前半固态电池主要采用氧化物材料，而硫化物凭借其出色的离子电导率和良好的机械性能而逐渐成为全固态电池固态电解质的主流技术路线。政策引导和低空经济、人形机器人等新兴市场需求驱动下，固态电池产业化节奏提速。现阶段半固态电池已率先装车，全固态电池市场可期。梳理海内外电池和整车厂对固态电池量产的时间计划表逐步清晰，预计 2027 年全固态电池开始小规模装车，2030 年进入量产。
- **全固态电池工艺体系革新，关注核心增量环节。**半固态电池与传统液态电池生产工艺相近，对原有产线的可复用率较高。而全固态电池生产工艺变化较大，尤其是前道和中道工序区别显著，前道干法工艺更加适配材料特性且可节约能耗和成本，将逐步替代湿法涂布；中道胶框印刷+叠片+等静压代替传统卷绕+注液；后道将采用高压化成分容。设备端将新增干法电极、固态电解质转印、胶框印刷、等静压等设备，干混、辊压、叠片和化成分容环节也需对原有设备迭代升级。生产工艺的变动带来设备端需求和价值量的重构，全固态电池单 GWh 设备投资额较传统液态电池将有明显提升，其中变化最大的前道和中道设备价值量占比将进一步提高。
- **2030 年全球和中国全固态电池设备市场空间有望分别达到 320.59 亿元和 251.36 亿元。**固态电池有望率先应用于对续航和安全性要求高，对价格相对不敏感的机器人和 eVTOL 等新兴行业，随后拓展至中高端新能源车型，随着技术工艺的成熟和规模化效应的逐步显现，最后应用于成本敏感度高的储能行业。假设 2030 年全固态电池在全球动力电池、储能电池、人形机器人和机器狗电池、eVTOL 电池中的渗透率将分别为 2.5%、1.5%、3.5%、3.5%；全固态电池在中国动力电池、储能电池、人形机器人和机器狗电池、eVTOL 电池中的渗透率将分别为 3.5%、2.5%、5%、5%。产业化初期全固态电池设备投资成本较高，随着技术的不断迭代和设备端的持续降本，单 GWh 设备投资额有望逐步下降，从现阶段的 4-5 亿下降至 2030 年的 2-3 亿。
- **投资建议：**我们认为，传统锂电设备厂商的技术和产业链资源优势有望延续至固态电池，同时干法电极、等静压等增量设备将带来新的市场机遇，建议关注传统锂电设备厂商和干法电极设备商固态电池设备研发、客户和订单等方面的进展。推荐全固态电池整线设备供应商先导智能，建议关注后道设备杭可科技，前道干法&湿法设备商赢合科技、曼恩斯特，干法电极&模组 PACK 厂商先惠技术，布局整线设备的利元亨，干法设备厂商纳科诺尔、宏工科技，激光设备厂商联赢激光、德龙激光。
- **风险提示：**宏观经济不及预期的风险；固态电池产业化进展不及预期的风险；技术研发进度不及预期的风险；下游新兴领域发展不及预期的风险；原材料价格大幅上涨的风险；关税和出口贸易争端的风险。

机械设备行业

推荐 维持评级

分析师

鲁佩

☎：021-20257809

✉：lupei_yj@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130521060001

王霞举

☎：021-68596817

✉：wangxiaju_yj@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130524070007

相对沪深 300 表现图 2025 年 10 月 27 日



资料来源：中国银河证券研究院

相关研究

目录

Catalog

一、 固态电池前景广阔，产业化趋势加速	3
(一) 锂电池终局形态，兼具高能量密度与高安全性.....	3
(二) 半固态电池率先量产，新兴领域需求涌现.....	7
(三) 海内外玩家角力，全固态电池产业化提速.....	12
二、 全固态电池工艺体系革新，关注核心增量环节.....	21
(一) 固态电池生产工艺变化明显，设备需求与价值量重塑.....	21
(二) 前道：干法工艺有望替代湿法涂布成为主流.....	23
(三) 中道：叠片成为必然选择，新增胶框印刷+等静压设备	30
(四) 后道：新增高压化成，软包封装更为适配.....	32
(五) 市场空间：2030 年全球全固态电池设备市场规模有望超 300 亿元.....	33
(六) 市场格局：设备商多元化布局，争相卡位干法工艺.....	35
三、 投资建议与重点标的.....	37
(一) 投资建议	37
(二) 重点标的	37
四、 风险提示	47

一、固态电池前景广阔，产业化趋势加速

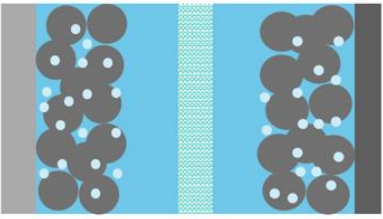
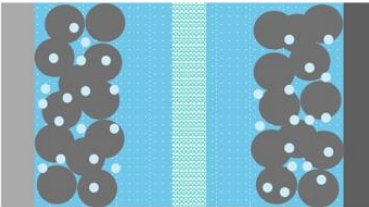
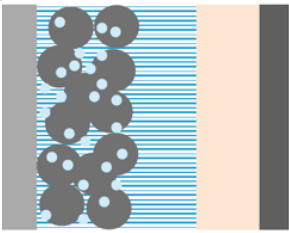
(一) 锂电池终局形态，兼具高能量密度与高安全性

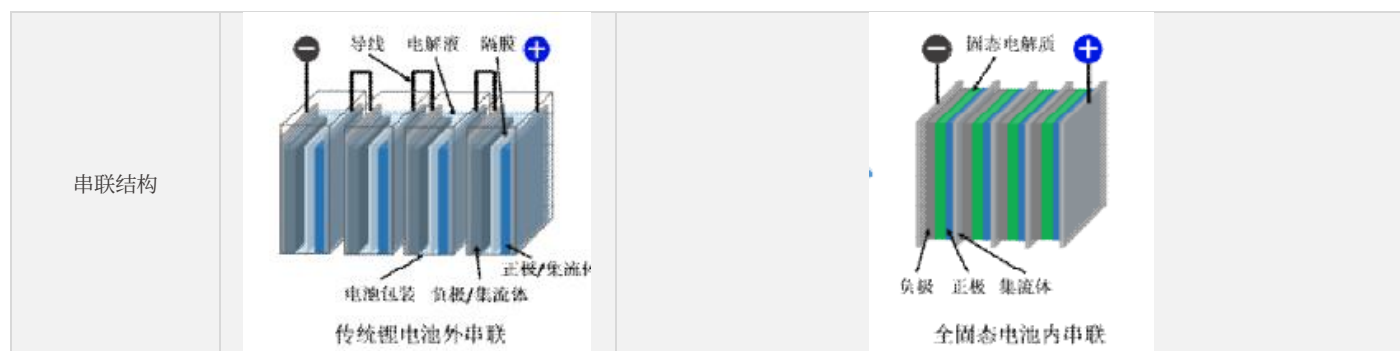
1. 固态电池性能优势突出，有望解决行业痛点

传统液态电池存在能量密度逼近上限，易发生热失控等问题。1) **能量密度上限**：目前液态锂电池能量密度的理论极限大约在 350Wh/kg，市场主流的液态三元电池的能量密度通常在 260Wh/kg-280Wh/kg 之间。2) **热失控风险**：近年来由电池热失控引发的电动汽车起火自燃事故时有发生，是新能源汽车安全性的核心问题之一。热失控通常由电池内部物质发生连锁反应引起，诱发原因包括机械滥用（碰撞、挤压、穿刺）、电滥用（过充、过放和外短路）、热滥用（外部高温烘烤）以及电池老化所引起的电池内短路，例如负极锂枝晶刺穿隔膜导致正负极短路、电解液泄露等。3) **SEI 膜增厚影响循环寿命**：液态锂电池在充放电过程中，固态电解质界面(SEI)膜会逐渐增厚，影响电池的循环寿命。4) **低温性能不足限制场景应用**：液态锂电池在低温环境下性能显著下降，内阻会呈现非线性增长，能量损失严重制约续航里程。随着新能源汽车的加速渗透，以及低空经济、人形机器人等新兴领域快速发展，对高能量密度、高安全性锂电池的需求日益凸显。

固态电池使用固态电解质代替传统的电解液和隔膜，根据电解质含液量的不同，又可分为半固态电池（含液量 5%-10%）和全固态电池（不含液体）。相比传统液态电池，固态电池具有能量密度高、安全性高、应用场景广等优势：1) 固态电池通过优化电解质和正负极材料，能量密度可轻松达到 400Wh/kg，甚至 500Wh/kg 以上。2) 酯类及醚类液体电解质存在化学稳定性差、易燃性、易泄漏等问题，而固态电解质通常有较高机械强度（杨氏模量），且相对锂金属稳定，可有效抑制锂枝晶生长，克服电解液泄漏和易燃性问题，同时使高理论比容量的金属锂(3860mAh/g)作为负极成为可能，进而大幅提升电池能量密度。3) 相较于在低温下发生液-固相变的有机电解液，固体电解质在高温和低温环境下保持稳定，这使得固态电池能在较宽的温度范围内可靠工作。4) 固体电解质能够同时充当隔膜和电解质，且具有较宽的电化学窗口，有望简化电池结构并提升能量密度；5) 固态电池可通过多层堆垛技术实现内部串联，获得更高的输出电压。

表1：液态与固态电池对比

	传统液态电池	半固态电池	全固态电池
电芯液体含量	25%	5%-10%	0%
工作温度	-10℃~55℃	-10℃~80℃	-40℃~150℃
能量密度	≤300 Wh/kg	200-500 Wh/kg	≥300 Wh/kg
电芯结构	 铝箔集流体 多相正极材料 电解液 隔膜 电解液 多相负极材料 铜箔集流体	 铝箔集流体 多相正极材料 电解液+固态电解质 隔膜 电解液+固态电解质 多相负极材料 铜箔集流体	 铝箔集流体 多相正极材料 固态电解质 碳基-硅基-锂金属负极 铜箔集流体



资料来源：亿欧智库，前瞻产业研究院，张卓然《硫化物全固态电池的研究及应用》，中国银河证券研究院

2. 固态电解质是关键核心，氧化物/硫化物逐步成为半固态/全固态主流

目前固态电解质材料主要分为硫化物固态电解质、氧化物固态电解质和聚合物固态电解质等，目前半固态电池主要采用氧化物材料，而硫化物凭借其出色的离子电导率和良好的机械性能而逐渐成为全固态电池固态电解质的主流技术路线。

硫化物基固态电池采用的硫化物电解质主要由硫化锂和铝、磷、硅等元素组成，硫化物电解质具有三维骨架结构，为锂离子提供了快速传输的通道，锂离子扩散机制较为优越。硫离子半径大，使得锂离子传输通道更大，具有最高的离子电导率与与硫基阴极的良好界面相容性。同时，硫化物全固态电池能够实现更高的能量密度，理论上能够达到 900Wh/kg，远高于传统液态锂离子电池。硫化物电解质的缺点在于电化学窗口狭窄，与金属锂负极一起使用时，产生的固态电解质中间相（SEI）阻抗也较大，并且电解质与电极之间界面不稳定，容易形成锂枝晶。硫化固态电解质对水和空气极其敏感，加工难度较大。S 在高充电电压下易被氧化，P 和 Ge 容易与负极 Li 金属发生严重的界面反应，生成电阻相的界面层，阻碍锂子的快速运动，并产生有毒的 SO_2 、 H_2S 气体。此外，当前无论是合成哪种硫化物电解质，都需要使用昂贵的 Li_2S ，使成本远高于商业化应用要求。

与硫化物相比，**氧化物**电解质具有更宽的电化学窗口和更高的氧化稳定性，主要包括 NASICON 型、石榴石型、非晶类型(如 LiPON)等。然而，氧化物电解质的室温离子电导率一般低于硫化物，其较大的晶界电阻也限制了其离子电导率的发挥。要获得致密的陶瓷电解质，通常超过 1000℃ 的烧结温度，且其内在硬而脆的特性使其难以缓冲循环过程中电极材料的体积变化，导致在正负极界面处产生非常大的传质阻抗，从而对电池的生产、组装等环节提出了严格的要求，极大地增加生产及组装成本及工艺的复杂性。此外，氧化物固态电解质的电极-电解质界面接触能力较差，循环过程中界面稳定性也较差，导致循环过程中界面阻抗迅速增加，负极有效容量不足，电池寿命衰减较快。

聚合物固态电解质主要是由聚合物基质(例如聚环氧乙烷(PEO)、聚丙烯腈(PAN))与锂盐(例如 LiClO_4 、 LiPF_6)组合构成。聚合物固态电解质具有出色的机械稳定性和成膜性，可实现大规模生产。但相对较低的电导率限制其进一步发展，难以支撑整个全固态电池中的物质传输。

卤化物固态电解质主要有 Li_aMCl_b 、 Li_aMCl_4 、 Li_aMCl_8 等，其中 M 为过渡金属元素。卤化物兼具耐高电压、离子电导率高、电化学窗口宽、塑性变形能力好等优势，成为固态电解质的“后起之秀”，但高成本、与锂金属负极界面稳定性差和较低的化学稳定性制约其应用。

表2：四大固态电解质性能对比

	硫化物	氧化物	聚合物	卤化物
--	-----	-----	-----	-----

性能对比	硫化物	氧化物	聚合物	卤化物
电解质材料	LPS 体系: LiGPS LPGS 体系: LiSnPS/LiSiPS	晶态: NASICON/LLZO/LLTO 非晶态: LiPON	聚氧化乙烯(PEO)/聚丙烯腈(PAN)/聚硅氧烷(PS)/聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)等聚合物电解质+其他类别电解质材料	Li-M-X (M 为金属, X=F、Cl、Br、I): 如 Li ₃ HoBr ₆ 、Li ₃ InCl ₆
电解质离子导电率	LiSnPS、LiGPS:10 ⁻³ -10 ⁻² S/cm;	NASICON: 10 ⁻⁴ S/cm; LLZO:10 ⁻⁶ -10 ⁻⁵ S/cm; LLTO:10 ⁻⁵ -10 ⁻³ S/cm	PEO:10 ⁻⁷ -10 ⁻⁶ S/cm; PAN、PS:10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴ S/cm	10 ⁻⁴ -10 ⁻³ S/cm
电化学窗口	较窄	宽	较宽	较宽
界面阻抗	大	很大	较大	较大
界面相容性	低	高	高	较低
热稳定性	高	高	高	高
空气稳定性	较差(水解生成 H ₂ S)	高	高	较差
能量密度	预期达 900Wh/kg	预期达 700Wh/kg	预期达 600Wh/kg	预期达 700Wh/kg
优点	高离子导电率、机械延展性强、能量密度高、倍率性能好、固固接触好	具有宽的电化学窗、热稳定性好、具有高的弹性模量	柔韧性好、机械加工性能好、成本低、固固接触好	电化学窗口宽、室温离子电导率较高、与氧化物正极良好兼容、机械性能好
缺点	稳定性差、成本高、对水分敏感、与高压正极及锂金属负极化学/电化学不相容	机械加工容易脆裂, 界面接触差, 电导率较低, 锂枝晶生长	室温离子电导率较低、循环寿命较短, 电化学窗口窄、安全性低	成本高、与锂金属负极兼容性差、湿气敏感易潮解

资料来源: 前瞻产业研究院, 鑫椏资讯, 欧阳明高, 余帆《固态锂电池研究现状与进展》, 张笑儒《固态锂离子电池电解质材料应用性能的研究进展》, 崔光磊《高比能固态锂电池》, 施艳霞《全固态电池电解质研究进展及挑战》, 中国银河证券研究院

3.正负极向更高比能材料迭代, 固态电池能量密度上限有望进一步打开

正负极材料是决定固态电池能量密度、循环性能、倍率性能、安全性和电池成本的核心之一, 正极材料应满足高氧化还原电位、电压平台稳定、锂离子可逆脱嵌量充足、结构稳定、可通过修饰改性实现与固态电解质能级和晶体结构匹配、电子和离子电导率较高、热稳定性好等条件; 而负极材料应具备较高比容量、较低的电极电势、与固态电解质良好兼容、体积膨胀系数低、良好的电子和离子电导率等特性。

图1：固态电池正极性能要求



资料来源：崔光磊《高比能固态锂电池》，中国银河证券研究院

图2：固态电池负极性能要求

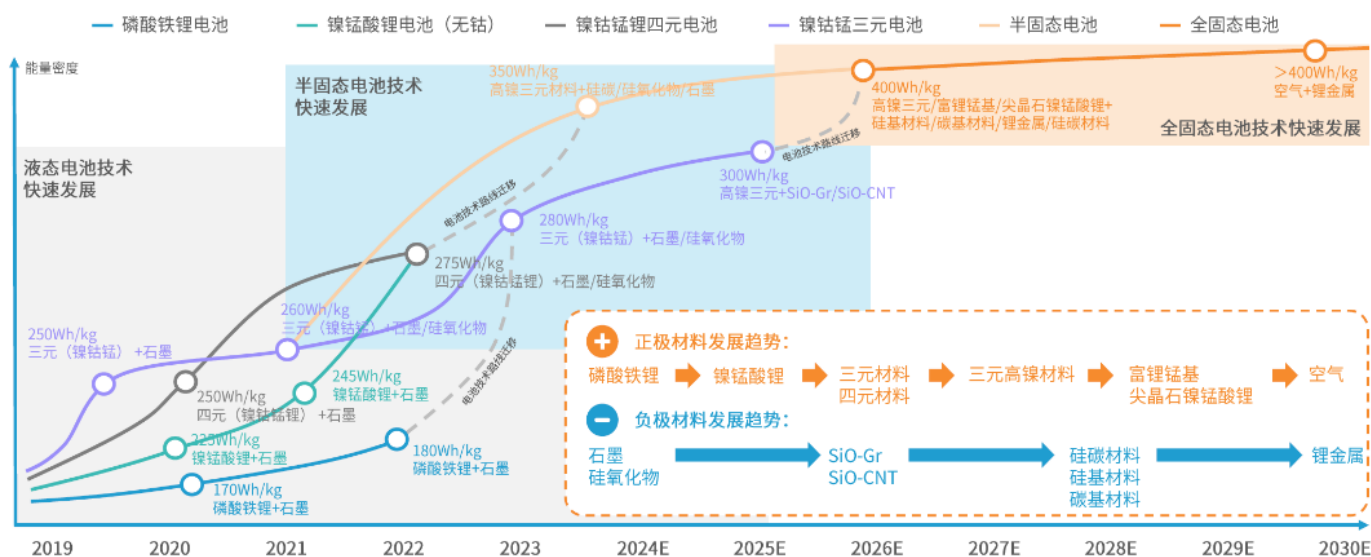


资料来源：崔光磊《高比能固态锂电池》，中国银河证券研究院

正极材料从三元材料向富锂锰基过渡。当前商业化的钴酸锂（LCO）、镍锰钴三元（NMC）、磷酸铁锂（LFP）等正极材料具有晶体结构稳定、技术成熟、性能稳定等优势，但仍然难以满足新兴设备对锂离子电池高比能的需求。富锂锰基由于具有较高的能量密度以及较低的单位成本，有望成为固态电池正极材料之一。富锂锰基材料能够实现动力锂电池高能量密度技术突破，拥有高达 300mAh/g 的比容量和 1000 Wh/kg 的能量密度，远超目前商业化应用的磷酸铁锂和三元材料等正极材料的放电比容量，几乎是当前已商业化正极材料实际容量的两倍。但富锂锰基材料存在初始库伦效率低、容量衰减快、倍率性能差、电压衰减及压实密度低等商业化难题，需通过界面工程设计进行改性，以提升其离子导电率和充放电过程中的离子传输能力，消除阴离子氧在循环过程中的不可逆损失，抑制表面结构的降解。

负极材料从石墨向硅碳负极、锂金属负极过渡。不同的负极材料可以通过嵌入、合金化或转换反应实现储锂，目前已广泛应用的负极材料包括石墨类、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 、无定形碳（硬碳、软碳）、硅基材料、锂合金等。目前石墨负极能量密度已经达到极限，硅基材料的理论比容量高于石墨负极，具有目前已知最高的理论锂储存容量 4200 mAh/g，被视为新一代锂电负极材料，其商业化瓶颈主要在于体积膨胀问题，硅材料作为锂电池负极在循环过程中体积膨胀率高达 300%，产生的内应力将造成材料结构的坍塌，加速 SEI 膜的产生，导致电池容量的降低和循环寿命的减少。通过多孔结构、复合材料、表面包覆等手段可一定程度改善性能；锂金属具有高比容量、低电极电势和低密度，理论比容量高达 3860mAh/g，是传统石墨负极（理论比容量约 372mAh/g）的十倍以上，是锂电池负极的理想选择。但锂金属负极的高反应活性和无宿主结构特性严重制约其在硫化物基固态电池的应用，一方面锂金属与硫化物固态电解质界面接触较差且易发生界面副反应，另一方面锂枝晶生长将引发安全问题。现阶段锂金属负极的商业化仍存在较大瓶颈，是负极材料的长期迭代方向。

图3：固态电池正负极材料发展趋势



资料来源：亿欧智库，中国银河证券研究院

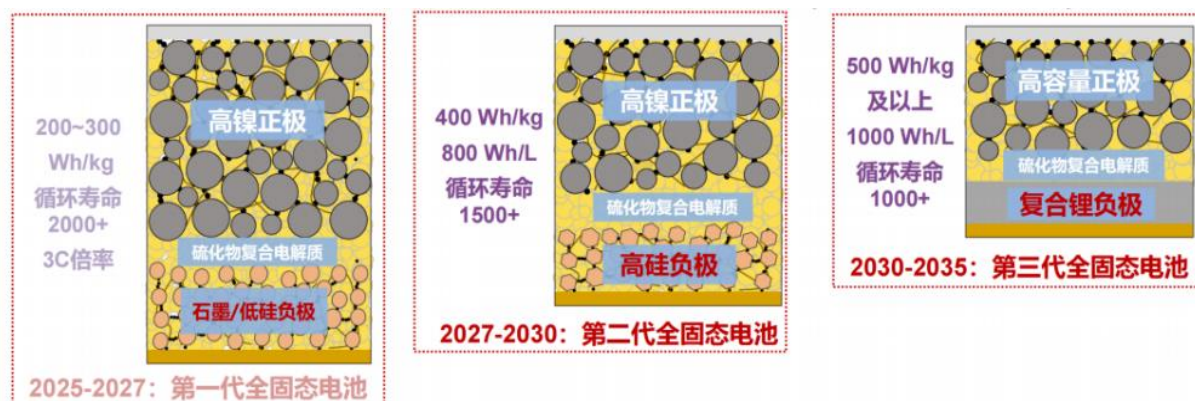
目前国内主要企业逐步聚焦于以硫化物为主体电解质的全固态电池技术路线，选择高镍三元正极、硫化物主体的复合电解质、硅碳负极构成的材料体系，以实现车用电池比能量 400Wh/kg 左右为目标，超越传统液态和半固态电池。同时，通过全固态电池将高镍三元电池安全性提升到磷酸铁锂电池水平。根据欧阳明高院士预计，全固态电池产业化将分为三个阶段：

2025-2027：石墨/低硅负极硫化物全固态电池。以 200-300Wh/kg 为目标，攻克硫化物复合电解质，打通全固态电池技术链，三元正极和石墨/低硅负极基本不变，面向长寿命大倍率应用；

2027-2030：高硅负极硫化物全固态电池。以 400Wh/kg 和 800Wh/L 为目标，重点攻关高容量低膨胀长循环硅碳负极，优化高镍三元复合正极和硫化物复合电解质，面向下一代乘用车电池应用。

2030-2035：锂负极硫化物全固态电池。以 500Wh/kg 和 1000Wh/L 为目标，重点攻关锂负极/无锂负极，采用先进的硫化物复合电解质、高电压高比容量正极（超高镍、富锂、硫等）。

图4：硫化物全固态电池量产时间及技术路线



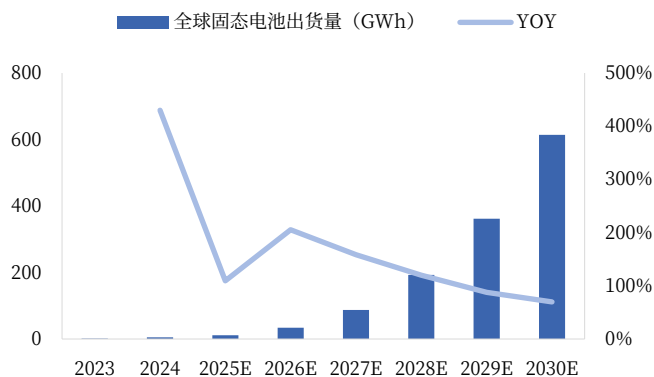
资料来源：欧阳明高，中国银河证券研究院

（二）半固态电池率先量产，新兴领域需求涌现

1. 半固态电池率先实现商业化，全固态市场空间可期

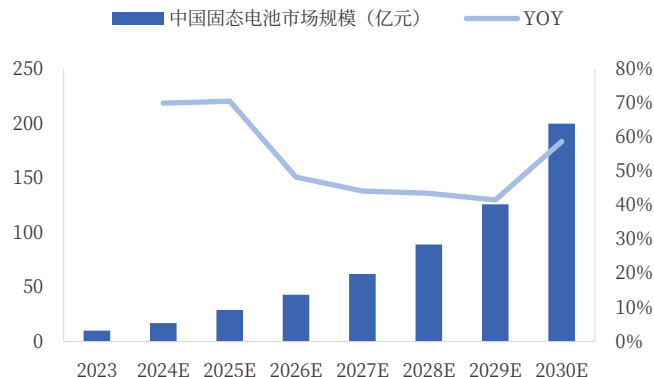
固态电池发展正处初期阶段,目前产业化以半固态电池为主。2024 年全球固态电池出货量约 5.3GWh, 同比增长 430%, 预计 2030 年将达到 614GWh。2024 年中国固态电池市场规模 17 亿元, 同比增长 70%, 预计 2030 年有望增长至 200 亿元。

图5: 全球固态电池出货量预测



资料来源: EVTank, 中国银河证券研究院

图6: 中国固态电池市场空间预测



资料来源: 中商产业研究院, 中国银河证券研究院

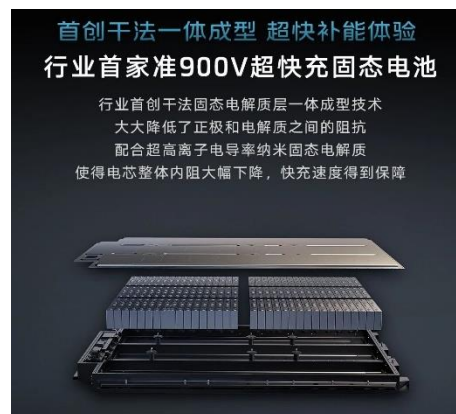
2025 慕尼黑车展期间, 美国 Quantum Scape 与大众旗下 PowerCo 携手完成全球首次 QS 固态锂金属电池驱动电动车杜卡迪 V21L 赛车摩托车的实车演示。我国也已有多家整车厂发布搭载固态电池的新车型。24 年 4 月, 上汽集团旗下纯电品牌智己汽车正式推出智己 L6 车型, 其中智己 L6 Max 光年版本搭载“业内首个准 900V 高压超快充固态电池”, 即第一代光年固态电池, 固态电解质含量在 90%左右, 能量密度高达 368 Wh/kg, 可实现续航超 1000 公里, 充电 12 分钟续航可增加 400km (约合 2C+); 25 年 8 月, 上汽全新 MG4 开启预售, 并推出半固态电池版本, 电解液含量降至 5%, 能量密度可达 400Wh/kg, 支持 12 分钟快速充电 400km。

图7: 上汽 MG4 搭载半固态电池



资料来源: 上汽 MG, 中国银河证券研究院

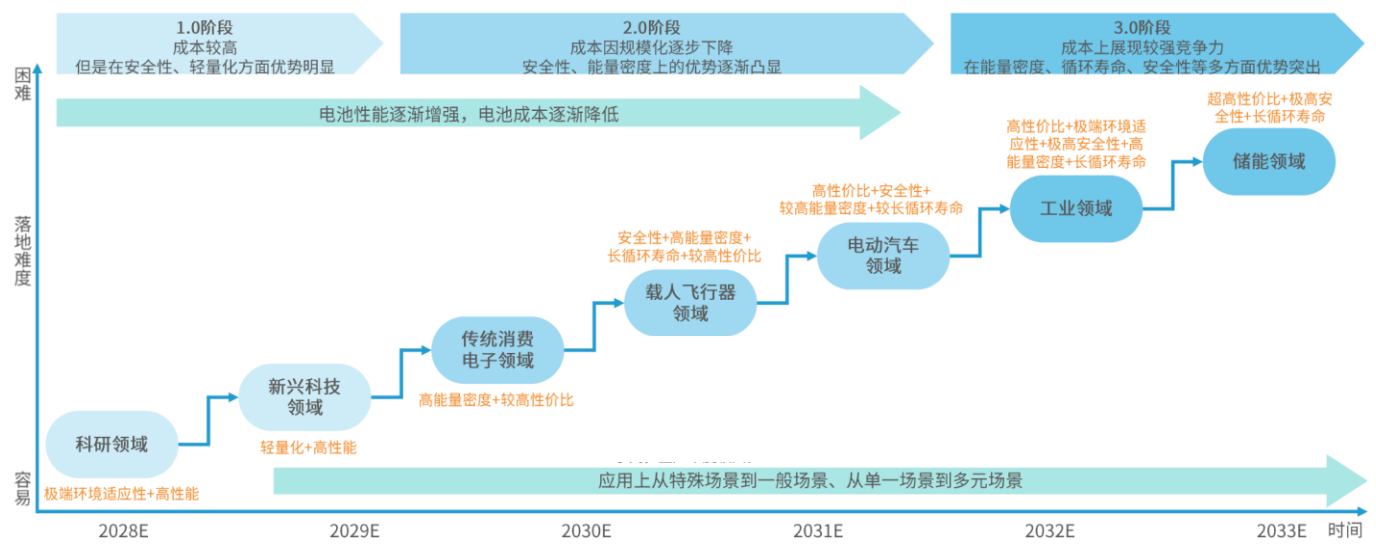
图8: 上汽智己 L6 搭载半固态电池



资料来源: IM 智己汽车, 中国银河证券研究院

目前全固态电池技术和工艺路线尚未成熟, 在 2027-2028 年实现小规模量产, 将首先应用于科研、军工以及机器人、无人机等对电池性能要求高而对价格相对不敏感的新兴领域; 消费电子由于使用的电池体积较小, 生产难度相对较低, 易实现规模化降本, 也有望较早搭载全固态电池。未来随着全固态电池性能的进一步提升和量产成本的逐步优化, 将逐步向新能源汽车、工业、储能等领域渗透。

图9：全固态电池场景拓展路径



资料来源：亿欧智库，中国银河证券研究院

2.新兴领域需求之一——低空经济

国家政策不断加码，低空产业加速发展。2024 年低空经济首次写入政府工作报告，开启发展新里程，2025 年政府工作报告再次提出开展新技术新产品新场景大规模应用示范行动，推动商业航天、低空经济、深海科技等新兴产业安全健康发展。预计到 2026 年，低空经济规模有望突破万亿元，达到 10644.6 亿元、到 2030 年有望突破 2 万亿元、到 2035 年有望达 3.5 万亿元。其中，包括无人机、eVTOL（电动垂直起降飞行器）、直升机、传统固定翼飞机等在内的低空飞行器是低空经济产业的重要支撑。

eVTOL 商业化在即，电池性能亟待突破。今年 3 月，亿航智能成为首个集齐“四证”（即运营合格证、型号合格证、生产许可证、标准适航证）的企业；7 月，峰飞航空 V2000CG 凯腾鸥获单机适航证，成为全球首架“三证齐全”的吨级以上 eVTOL。目前 eVTOL 正处于商业化的临界点，今年 1-7 月国内 eVTOL 企业披露的意向订单数量超 1500 架且金额可观，量产与落地进程有望加速。根据波士顿咨询预测，2030 年中国 eVTOL 市场规模将达到 60 亿美元，年销量约 2 万台。与电动汽车一样，电池同样是 eVTOL 的“心脏”，在 eVTOL 整机成本中占比高达 20%-40%，需兼具续航与成本，同时还必须满足航空级的安全冗余与动态功率输出需求。

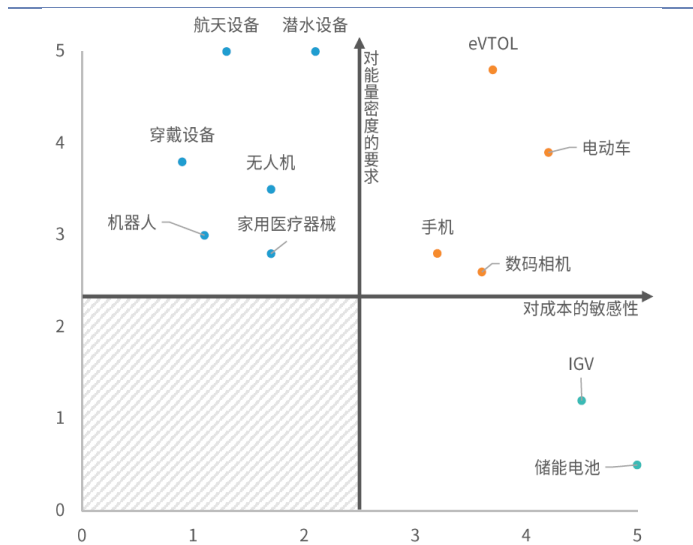
1）能量密度决定续航边界：eVTOL 百公里耗电量高达 65 度，而汽车仅需 12-18 度，相同电池包下航程仅为汽车的 1/4。动力电池系统比能量从 200Wh/kg 提升至 500Wh/kg，可使 eVTOL 增加近四分之一的有效载荷，或将续航里程提升近两倍。若要实现 100 公里以上的城市间载人通勤，电池系统能量密度需稳定突破 350Wh/kg，否则其应用场景将局限于短途观光等领域。我国《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030 年）》加快布局新能源通用航空动力技术和装备，推动 400Wh/kg 级航空锂电池产品投入量产，实现 500Wh/kg 级航空锂电池产品应用验证；开展 400kW 以下混合推进系统研制；推进 250kW 及以下航空电机及驱动系统规模化量产，以及 500kW 级产品应用验证。

2）倍率和功率密度保障持续动力输出：eVTOL 起飞时需瞬间输出数倍于巡航状态的功率，起降需高于 5C 持续放电，飞行阶段多旋翼需 1-2C，复合翼至少需 0.5C，若电池倍率性能不足，可能引发动力中断的安全隐患。因此，电池必须在高能量密度基础上，具备爆发式功率输出能力。同时出于安全考虑，部分飞行器要求在飞行阶段之外仍需预留 20% 电池容量。

3）安全性是商业化基本前提：低空飞行器的电池包需耐受高空低温的极端环境，同时应对振动、冲击等机械应力，需通过高空跌落不起火测试。由于 eVTOL 属于空中密闭环境，一旦发生电池热失控，无法进行快速撤离或进行消防干预，因此对

安全冗余的要求远超地面设备。

图10：不同应用场景对能量密度和成本的要求



资料来源：亿欧智库，中国银河证券研究院

图11：eVTOL 对电池性能参数要求

指标	参数
能量密度	2030 年目标 500Wh/kg 2040 年目标 1000 Wh/kg
功率密度	2030 年目标 1.25kW/kg 2040 年目标 2.5kW/kg
倍率	≥5C
循环次数	≥10000 次

资料来源：GGII，中国银河证券研究院

固态电池优势显著，头部电池厂率先卡位。固态电池具备高能量密度、高安全性和宽温度范围工作能力，可匹配 eVTOL 的长续航和高安全性电池需求。一方面，固态电池能量密度可达 400-500Wh/kg，远超现有液态电池，另一方面，固态电解质不可燃、耐高温、无腐蚀，可显著降低热失控和起火风险。此外，面对现阶段固态电池较高的成本，eVTOL 对成本敏感度相对较低，未来随着固态电池技术和产业链的逐步完善，量产有望实现降本，固态电池的应用有望成为 eVTOL 以及低空经济发展的重要助力之一。目前，头部电池厂已相继与 eVTOL 企业达成合作，并推出 eVTOL 用半固态电池。

表3：部分电池厂 eVTOL 用半固态电池进展

公司	进展
欣旺达	已量产 eVTOL 专用电池“欣·云霄 1.0”，能量密度 320Wh/kg，室温下持续功率密度 3300W/kg，支持-30℃到 60℃宽温域飞行及 2000 次循环，并通过极限环境适航测试； “欣·云霄 2.0”性能进一步提升，最高能量密度达 360Wh/kg，功率密度 3900W/kg，支持 10C 持续大倍率放电，工作温度拓宽至-35℃到 80℃，循环寿命 1800 次，且实现系统无热蔓延，通过 200℃热箱、穿刺等十多项严苛安全测试。
欣界能源	“猎鹰”锂金属固态电池单体能量密度达 480Wh/kg，较传统电池提升 1 倍以上，为飞行器带来更长续航与更大载重空间。
宁德时代	2024 年 8 月独家投资数亿美元成为峰飞航空战略投资者，双方联合研发 eVTOL 航空电池；凝聚态电池专门优化高能量密度与航空级安全性的平衡，第一代产品能量密度达 350Wh/kg，第二代 450Wh/kg。
孚能科技	时的科技 E20 机型独家供应商，为其配套第二代半固态动力电池，该电池采用高镍三元正极与掺硅负极组合，引入氧化物/聚合物复合固态电解质，能量密度达 330-350Wh/kg，循环寿命超 4000 次。
中创新航	第二代飞行专用半固态大圆柱电池能量密度已达 350Wh/kg。

资料来源：GGII，中国银河证券研究院

3.新兴领域需求之二——人形机器人

人形机器人有望迎量产元年，工业场景率先落地，逐步扩展至商业服务与家庭生活。特斯拉 Optimus 历经多次迭代，有望在 2026 年推出 V3 版本并正式定型从而转向量产；Figure 于 2024 年向 BMW 交付 Figure 02，在其南卡工厂承担标准作业流程，近期 Figure 03 视频发布，演示家

庭应用场景。国内方面，优必选拿下全球最大单笔 2.5 亿元 Walker S2 人形机器人产品和解决方案大单，目前其 Walker 系列累计合同已近 4 亿元；宇树携手智元中标中国移动子公司 1.24 亿采购项目。2025 年全球人形机器人有望正式迈上万台出货量台阶，迎来量产元年。就应用场景而言，工业场景具有工作步骤标准化程度高、重复度高、场景相对封闭的特征，有助于人形机器人产品在早期落地应用，据亿欧智库预测，2025-2030 年人形机器人有望率先应用于工业领域，2030 年后人形机器人将逐步应用于商业服务领域，2035 年后人形机器人将逐步应用于家庭生活领域，到 2040 年人形机器人市场规模有望达到近 3 万亿元水平。

续航能力是制约人形机器人商业化量产落地的重要因素之一。目前人形机器人主要采用圆柱型锂电池，并安装在躯干中央，系统架构多采用 48-58V 系统电压，以 13-16 串 3-9 并的电池组结构为主，其充放电倍率多在 2-3C 以上，单台人形机器人的带电量在 0.5-2kWh。当前大多数人形机器人和机器狗产品的续航时间仍在 2 小时以内，仅少数厂商能做到 2 至 6 小时。以宇树科技产品为例，其人形机器人 G1 搭载电池容量为 9000mAh，续航时间为 2 小时；机器狗 Go2 标准版/长续航版电池容量为 8000mAh/15000mAh，续航时间不足 2 小时/4 小时。然而，人形机器人若要真正进入生产和生活场景，至少达到 8-10 小时的续航水平，工业客户对续航时间的要求则更高。续航问题主要在于当前锂电池的能量密度难以达到机器人长时间作业要求，且轻量化、外观设计、应用场景复杂性等需求使得机器人难以像两轮车一样携带大电箱。

表4：宇树机器狗 Go2 及机器人 G1 电池参数

机 器 狗 Go 2	电 气 参 数 件	AIR PRO X EDU			
		   			
		供电电压	28V~33.6V	28V~33.6V	28V~33.6V
		工作最大功率	约3000W	约3000W	约3000W
		智能电池	标准 (8000mAh)	标准 (8000mAh)	标准 (8000mAh)
机 器 人 G1	配	续航时间	约1-2h	约1-2h	约2-4h
		型号	G1	G1 EDU	
		智能电池（快拆）	9000mAh	9000mAh	
		续航时间	约2h	约2h	

资料来源：宇树官网，中国银河证券研究院

固态电池将成为提升人形机器人续航水平的关键突破口。高能量密度、高倍率的固态电池可更好匹配人形机器人和机器狗的电池性能需求，助力实现商业化场景落地。**1) 高能量密度：**由于本体空间有限和对工作时长及效率的需求，机器人对锂电池能量密度有更高的要求（向 300Wh/kg 以上发展）；**2) 高倍率性能：**工业场景对瞬时放电的要求，需要锂电池有高放电倍率（ $\geq 2C$ ）；**3) 快充性能：**各作业场景期望减少“停工”时长，提高生产效率，提出对电池快充性能需求；**4) 安全性和宽温性能：**人形机器人对安全的需求较高，而救援、探索等特殊场景对工作温域的需求较高。目前全固态技术尚未成熟，行业内更多仍以高端液态或半固态进行测试试验，未来再逐步向全固态过渡。孚能科技已向人形机器人头部企业送样第一代硫化物全固态电池，产品性能与安全表现均达到预期，可支持人形机器人实现 8-12 小时持续运行。广汽集团第三代人形机器人 GoMate 搭载由欣

旺达提供的全固态电池，续航时间可达 6 小时，并且显著降低了能耗，相比同类产品节能达 80% 以上。

(三) 海内外玩家角力，全固态电池产业化提速

1.国内市场：政策引导+需求驱动，2024 年起产业进展明显加速

2020 年 10 月，国务院通过《新能源汽车产业发展规划(2021-2035 年)》这一里程碑式文件，提出到 2025 年动力电池能量密度 400Wh/kg 的目标，并首次将固态电池明确为新能源汽车产业的重点发展方向。2024 年以来，一方面政策支持低空经济、人形机器人等新兴产业发展，为固态电池开拓新的需求场景；另一方面，工信部等部委设立 60 亿元全固态电池研发专项，从资金层面支持产业发展，推动我国全固态电池产业趋势明显提速。

表5：中国固态电池相关支持政策

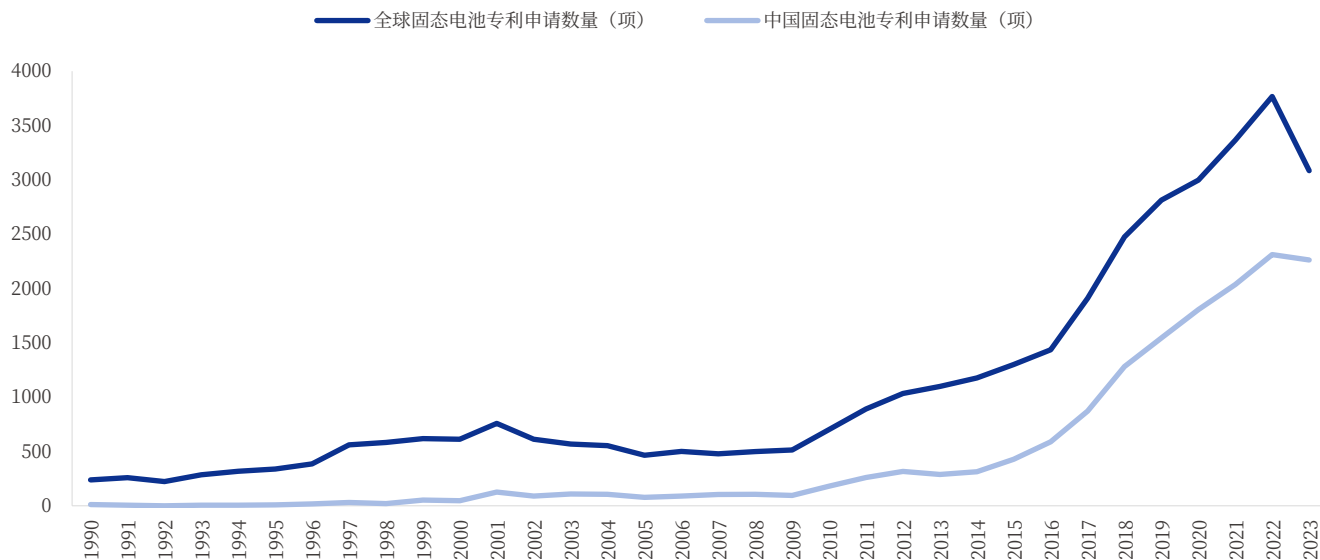
时间	政策	内容
2015 年	《中国制造 2025》	到 2025 年、2030 年，动力电池单体能量密度需分别达到 400Wh/kg、500Wh/kg。
2020 年	《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》	在新能源汽车核心技术攻关工程专栏中明确提出，加快固态动力电池技术研发及产业化。
2022 年	《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022-2030 年）》	研究固态锂离子、钠离子电池等更低成本、更安全、更长寿命、更高能量效率、不受资源约束的前沿储能技术。
	《“十四五”新型储能发展实施方案》	加大关键技术装备研发力度，推动多元化技术开发，研发储备固态锂离子电池等新一代高能量密度储能技术。
2023 年	《关于推动能源电子产业发展的指导意见》	研究突破超长寿命高安全性电池体系、大规模大容量高效储能、交通工具移动储能等关键技术，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。
	《汽车行业稳定增长工作方案（2023—2024 年）》	产品提升质量水平方面，提出支持开展车用芯片、固态电池、功耗、噪声传感器等技术攻关和推广应用。
2024 年	《锂电池行业规范条件（2024 年本）》	新增固态电池相关要求。修订版新增对固态单体电池产品的性能要求，包括单体电池能量密度≥300Wh/kg，电池组能量密度≥260wh/kg。循环寿命≥1000 次且容量保持率≥80%。
	工信部等部委设立 60 亿元全固态电池研发专项	包括宁德时代、比亚迪、一汽、上汽、卫蓝新能源和吉利共六家企业或获得政府基础研发支持
2025 年	《电子信息制造业 2025—2026 年稳增长行动方案》	提升协同攻关效率，支持人工智能、先进存储、三维异构集成芯片、全固态电池等前沿技术方向基础研究。
	《2025 年汽车标准化工作要点》	推动制定及发布车用人工智能、固态电池、电动汽车换电等标准子体系；加快全固态电池、动力电池在役检测、动力电池标识标签等标准研制。
	《新型储能制造业高质量发展行动方案》	重点布局大容量高安全储能电池、高功率电池、全生命周期高效能电池、储能用固态电池、全气候低衰减长寿命电池、高一致性电池系统等先进储能型锂电池产品
	2025 遂宁国际锂电产业大会	工信部电子信息司二级巡视员吴国纲在发言中表示，下一步，将强化锂电池技术创新引领，加快布局前瞻技术，加快固态电池、钠离子电池、全气候电池、快充电池及关键材料的研发和产业化
	2025 新能源电池产业发展大会	强化技术创新引领，系统布局新型材料体系、全固态电池、金属空气电池等新一代电池研发工作，加速新技术的落地转化、产业化进程

资料来源：前瞻产业研究院，科创板日报，工信部官网，证券时报，财联社，中国银河证券研究院

从专利申请数量来看，全球固态电池专利申请量在 2010 年起进入快速增长期，2016-2022 年更是呈现阶梯式上升，2022 年全球固态电池专利申请量超过 3700 项。与国际固态电池专利申请情况相比，我国固态电池专利申请起步较晚，自 2015 年起申请量增速明显加快，从 2015 年的 428 项跃

升至 2022 年的 2312 项，2016 年以来我国年度固态电池专利申请量跃居至世界首位，固态电池逐步成为我国电池领域的重点研发方向。

图12：全球及中国固态电池专利申请情况



资料来源：李泓《固态电池关键材料体系发展研究》，中国银河证券研究院

我国全固态电池有望在 2027 年左右实现小批量生产，国内固态电池玩家主要包括三类，一是宁德时代、国轩高科、孚能科技、亿纬锂能、欣旺达等传统锂电池厂商，半固态电池与全固态电池研发同步推进，预计将于 2025-2026 年完成百 MW 级全固态电池中试线建设，2027 年左右实现小规模装车，2030 年左右实现量产。二是清陶能源、太蓝新能源、欣界能源等专注固态电池的厂商，在半固态电池方面进展较快。三是比亚迪、长安汽车、上汽集团等整车厂，以自研+与电池企业合作开发为主，目标多为 2027 年实现全固态电池装车示范。

从技术路线上看，经过前期的探索，我国全固态电池已逐步趋向硫化物基固态电解质，正极采用高镍三元/富锂锰基，负极为硅碳负极/锂金属负极，目标能量密度为 400-500 Wh/kg。

表6：国内电池企业固态电池技术路线及进展（不完全统计）

公司	全固态技术路线			进展			
	正极	电解质	负极	能量密度目标	预计产业化时间	半固态进展	全固态进展
宁德时代	高镍三元	硫化物	锂金属/硅碳负极	500Wh/kg	2027 年	2023 年推出凝聚态电池，使用聚合物凝胶电解质，单体能量密度最高可达 500Wh/kg，已在电动飞机等项目上实现小规模量产，并在加速车规级应用	预计全固态电池 2027 年小规模量产，2030 年规模化；高硅负极硫化物全固态电池（能量密度 400Wh/kg）进入中试，2030 年目标量产；锂金属负极体系预计 2035 年商业化
孚能科技	高镍三元	硫化物	硅碳负极	500wh/kg	2026 年	第一代半固态电池 2022 年成功实现装车；第二代半固态电池能量密度超过 330Wh/kg，循环寿命超过 4000 圈，已获得广汽、东风、三一重卡、一汽解放等整车企业客户项目定点，并与美国某头部 eVTOL 客户、小鹏汇天、上海时的（E20 机型独供）、沃飞长空、零重力等低空经济	2025 年推出第一代硫化物全固态电池，采用高镍三元正极+高硅负极，能量密度高达 400Wh/kg；2026 年将推出第二代硫化物全固态电池，正极材料升级至富锂锰基/高镍正极，采用锂金属负极，能量密度进一步提升至 500Wh/kg；2027 年将

						济领域客户进行深度合作, 同时已与多家头部人形机器人客户、全球头部物流无人机客户接洽需求并实现送样; 获得阿联酋企业 10 亿美元大单, 对应 350 架 eVTOL 需求; 第三代半固态能量密度可达 400Wh/kg, 预计将于 2026 年量产	推出第三代硫化物全固态电池, 实现能量密度向 500Wh/kg 以上水平跃迁。2025 年底前建成一条 0.2GWh 的硫化物全固态电池中试生产线, 并向战略合作伙伴提供 60Ah 的硫化物全固态电池样品。计划在 2026 年将全固态电池的产能提升至 GWh 级别。
国轩高科	高镍三元	硫化物	硅碳负极	350Wh/kg	2027 年-2030 年	G 恒准固态电池, 电芯能量密度可达 300Wh/kg 以上, 系统能量密度可达 235Wh/kg 以上, 主要应用于 eVTOL、新能源汽车及人形机器人领域, 处于多家客户上车测试阶段。目前 G 恒准固态电量产阶段, 良品率已达 90%, 同时已正式池“001”号测试车累计行驶里程接近 2 万公里。	金石全固态电池, 质量能量密度可达 350Wh/kg, 体积能量密度可达 800Wh/L, 电芯循环寿命可达 3000 次, 单体电芯容量为 70Ah。首条 0.2GWh 中试线已贯通, 处于中试设计工作。计划 2027 年小批量装车实验, 2030 年量产
中创新航	高镍三元	硫化物	硅碳负极	430Wh/kg	2027 年	推出能量密度 350Wh/kg 的“顶流高能-超级飞行电池”半固态电池。采用固液混合电解质, 计划于 2026 年正式应用, 可为 8 吨级 eVTOL 提供动力; 2027 年实现装车。为小鹏汇天、广汽高域等头部 eVTOL 独家供应第一代能量密度超过 300Wh/kg 的大圆柱电池、并进一步锁定为其下一代机型独家供应 350Wh/kg 半固态电池。已经推出 400Wh/kg 混合固液电池技术, 并进入产业化阶段。	“无界”全固态电池能量密 430wh/kg, 容量超 50Ah, 同时在电池运行压力、寿命、功率方面均取得突破, 已完成产线建设, 计划于 2027 年实现装车
亿纬锂能	高镍三元	硫化物/卤化物/聚合物	硅碳负极	400Wh/kg	2028 年	50Ah 软包半固态电池能量密度达 330Wh/kg, 循环寿命大于 2000 次	9 月“龙泉二号”10Ah 全固态电池下线, 能量密度达 300Wh/kg, 体积能量密度为 700Wh/L, 主要面向人形机器人、低空飞行器以及 AI 等高端装备应用领域。计划 2026 年推出能量密度达 350Wh/kg 和 800Wh/L 的全固态电池 1.0; 2028 年推出 400Wh/Kg、1000Wh/L 以上的高比能全固态电池 2.0 产品
欣旺达	高镍三元/富锂锰基	硫化物/聚合物	硅碳/锂金属负极	500Wh/kg	2026 年	第一代半固态电池已经完成开发, 能量密度大于 300 Wh/kg, 已有小批量出货; 第二代半固态电池的电芯样品已经开始进行中试试验。	第一代能量密度 400 Wh/kg 的全固态电池产品已经完成测试, 25 年 10 月 23 日在 2025 新能源电池产业发展大会上推出新一代聚合物全固态电池“欣·碧霄”, 能量密度 400Wh/kg, 在<1MPa 的超低外加压力下循环寿命 1200 周; 能量密度更高的第二代全固态电池也正在研发中。全固态电池生产线的设计和建设也在同时加速, 预计在 25 年底建成 0.2GWh 聚合物固态电芯中试线; 计划在 2026 年具

							备量产能力；计划在 2027 年实现全固态电池能量密度突破 500Wh/kg。
蜂巢能源	高镍三元	硫化物	硅碳/锂金属负极	500Wh/kg	2030 年	第一代 270Wh/kg 半固态动力电池已进入量产前夜，规划年产能高达 2.3GWh，对应的 C 样量产线将在 2025 年 11 月进入批量设置阶段，2026 年正式爬坡。 第二代半固态电池，单体能量密度将达到 360Wh/kg，除汽车市场外重点服务于低空飞行器、机器人等新兴市场。 半固态电池已经斩获央企 eVTOL 电池定点以及宝马 MINI 换代车型半固态电池项目独家定点。	2022 年已试制出 20Ah 的硫化物全固态电芯样品，能量密度达到 380Wh/kg。 2030 年后量产，全固态电池能量密度 400Wh/kg 以上，主要覆盖 800 公里和 1000 公里以上的高端车型。
珠海冠宇	高镍三元/富锂锰基	硫化物	硅碳/锂金属负极	500Wh/kg	/	目前已开发出能量密度达 900Wh/L 的半固态软包电芯，通过了全球头部客户端验证并在部分终端产品上实现量产；100% 纯硅负极半固态电池已成功应用于客户端概念产品上，能量密度超 1200Wh/L	已建成全固态锂电池实验线，用于研发与验证
比克电池	高镍三元	硫化物	硅碳负极	/	2028 年	聚合物+氧化物复合体系，多款半固态产品已通过 3mm 针刺和短路测试，实现批量出货；两轮车领域半固态电池产品能量密度近 270Wh/Kg；2026 年，比克半固态电池的目标能量密度将到达 450Wh/kg	预计 2028 年将过渡到全固态电池
瑞浦兰钧	/	/	/	400Wh/kg	/	2024 年完成第二代半固态电芯的开发，能量密度超过 310Wh/kg，已经交付到整车进行测试	全固态电芯能量密度预计将达成 400Wh/kg 以上，将被广泛应用于乘用车以及低空飞行器等新兴应用领域
太蓝新能源	富锂锰基	氧化物	复合锂金属负极	/	2027 年	2025 年完成无隔膜半固态产品体系开发和全面的电池验证。与长安汽车达成合作，将于 2025 年下半年率先量产搭载半固态电池的车型	2024 年 4 月成功研发出世界首块车规级全固态锂金属电池，单体容量为 120Ah，实测能量密度达到 720Wh/kg；无隔膜全固态电池 2026 年开始装车测试，2027 年批量生产
卫蓝新能源	高镍三元	聚合物/氧化物/硫化物	硅碳负极	400Wh/kg	2027 年	氧化物与聚合物复合体系半固态电池已实现量产，360Wh/kg 动力电芯 2023 年底交付蔚来汽车，应用于 150kWh 电池包，单次续航超 1000 公里；320Wh/kg 低空经济电芯已批量应用于无人机、便携电源等领域	计划 2027 年实现小批量示范装车，目标能量密度 400Wh/kg
清陶能源	锰基正极	聚合物/氧化物/卤化物	锂金属/硅碳负极	500Wh/kg	2026 年	半固态电池已实现 368Wh/kg 单体能量密度。 半固态电池（液含量 10%）已应用于智己 L6 车型；准固态电池（液含量 5%），通过干法电极技术降低成本 20%，计划搭载于上汽 MG4、荣威等车型	全固态电池实验室样品能量密度突破 500Wh/kg，计划 2026 年量产，2027 年实现整车交付

安瓦新能源	高镍三元/富锂锰基	硫化物	硅碳/锂金属负极	500Wh/kg	2027 年	首批下线的“固态 1.0”电池，能量密度已超过 300Wh/kg；第二代 400Wh/kg 产品样件已进入试制	目标在 2027 年推出能量密度突破 500Wh/kg 的第三代全固态电池
合源锂创	/	/	/	/	/	氧化物路线, 350Wh/kg 系列固态电池批量交付建筑机器人客户；320-600Wh/kg 能量密度, 20-100Ah 定制化容量电芯批量交付高性能无人机	/
欣界能源	/	/	/	/	/	2023 年建成 200MWh 级中试产线, 单体电芯能量密度超过 450Wh/kg, 主要面向 eVTOL、人形机器人、无人机等前沿领域；2024 年 11 月发布能量密度达 480Wh/kg 的“猎鹰”固态电池, 已在亿航智能 eVTOL 完成飞行测试	/
恩力动力	高镍三元	硫化物	锂金属负极	400Wh/kg	2026 年	基于硅碳负极的半固态 Swift 体系, 能量密度 300-350Wh/kg, 针对低空无人机	全固态电池处于中试阶段; 与软银共同开发出能量密度高达 350Wh/kg 的全固态电池。

资料来源：欧阳明高，电池中国，GGII，集邦固态电池，中国银河证券研究院

表7：国内车企固态电池进展（不完全统计）

公司	进展
比亚迪	半固态电池能量密度已达 390Wh/kg，兼容现有产线改造。 2024 年从中试线成功下线 60Ah 全固态电池；2027 年左右启动全固态电池批量示范装车应用；2030 年推广至主流车型。
长安汽车	2026 年实现固态电池装车验证。发布“金钟罩”全固态电池，具备 400Wh/kg 能量密度，满电续航超 1500 公里，并引入 AI 远程诊断技术；2027 年推进全固态电池逐步量产。
上汽集团	固态电池三步走战略：第一阶段产品，液含量约 10%， “光年固态电池”目前已经应用于智己 L6。第二阶段产品，液含量约 5%，2025 年已搭载 MG4。第三阶段产品，液含量为 0，即全固态电池，首款全固态电池“光启电池”预计 2027 年落地。
一汽集团	20Ah 全固态样品电芯已经开发完毕，2027 年小规模示范性量产
广汽集团	自研全固态电池能量密度超 350Wh/kg，150 周循环后容量保持 90%以上，预计 2026 年正式装车于昊铂车型
东风汽车	2024 年秋季发布会新一代高比能固态电池，能量密度高达 405Wh/kg，可以实现续航 1000 公里。 加速自研能量密度突破 550Wh/kg 的下一代全固态电池；全固态电池将于 2026 年 8 月率先在东风奕派、东风纳米等车型上装车试验
奇瑞汽车	25 年 10 月，奇瑞在全球创新大会上展出犀牛 S 全固态电池模组，采用原位聚合体系固态电解质、富锂锰正极材料，能量密度高达 600Wh/kg，为当前主流磷酸铁锂电池（约 180Wh/kg）的 3 倍以上，续航里程将提升至 1200-1300 公里。计划 2026 年率先在运营车辆上试运行，2027 年启动首批装车验证。
吉利汽车	自研的全固态电池能量密度达 400Wh/kg，并已完成 20Ah 电芯制备

资料来源：比亚迪/长安汽车/上汽集团/广汽集团公司公告，GGII，中国银河证券研究院

2.海外市场：日韩及欧美布局较早，意图实现锂电池领域的弯道超车

我国在传统液态锂电池领域已构建起技术、产业链、价格等全方位的全球领先地位，日韩和欧美较早开始大力推进固态电池的研发，希望依托新技术实现对中国锂电池产业的弯道超车。

日本固态电池产业起步最早，日本东芝公司于 1983 年就成功开发出了可实用的 Li/TiS₂ 薄膜固态电池。2018 年，日本发布《日本汽车电动化的基本政策和具体行动》，明确提出包括固态电池在内的下一代电池技术开发方向；2022 年的《蓄电池产业战略》计划投资约 1205 亿日元用于以全固态电池为核心的下一代电池技术及回收技术研发，目标是力争在 2030 年左右实现全固态电池全面商业化。

韩国积极布局固态电池发展。2021 年韩国发布《K 电池发展战略》,引导企业合力研发固态电池,并着力建设本土电池产业链体系,计划到 2030 年前联合企业共同投入 20 万亿韩元,用于全固态电池等下一代电池技术的研发,并力争在 2027 年实现全固态电池的初步商业化。

美国 2019 年和 2023 年分别投入 200 万美元和 1600 万美元,用于固态电池的研发制造,2021 年美国能源部发布的《锂电池国家蓝图(2021-2030)》,首次由政府主导制定了未来的锂电池发展路线,并构建本土锂电池完整产业链,建设满足其国内需求的电池生产基地。此外,美国能源部还设立“Battery 500”联盟,资助 2.5 亿美元开发锂金属-固态电解质体系。

欧盟分别在 2018 年和 2021 年推出《电池 2030 规划》及《2030 电池创新路线图》,明确将固态电池作为重点发展方向,并批准了欧洲固态电池投资专项计划,将由欧盟多国共同出资 32 亿欧元用于支持固态电池的研发和产业化。

表8: 海外固态电池产业发展支持政策

国家	时间	政策	内容
日本	2018 年	《日本汽车电动化的基本政策和具体行动》	明确提出下一代电池的技术开发方向, 主要包括固态电池和创新电池。
	2020 年	《2050 年碳中和绿色增长战略》	进一步强调了全固态电池和创新电池的实际应用
	2022 年	《蓄电池产业战略》	计划投资约 1205 亿日元用于以全固态电池为核心的下一代电池技术及回收技术研发。2018-2022: 硫化物全固态标准电池模型; 2023-2027: 建立研发平台, 启动下一代全固态蓄电池材料基础技术评估和开发; 力争在 2030 年左右实现全固态电池全面商业化
韩国	2021 年	《2030 二次电池产业 (K-电池) 发展战略》	到 2030 年前联合企业共同投资 20 万亿韩元, 用于全固态电池等下一代电池技术的研发, 力争 2027 年实现全固态电池的初步商业化
美国	2019 年	/	美国能源部宣布, 总共向通用汽车投入 910 万美元研究资金, 其中 200 万美元明确表示与固态电池的研发有关。
	2021 年	《锂电池国家蓝图(2021-2030)》	提出到 2030 年实现固态电池、锂金属电池规模化量产, 能量密度达到 500Wh/kg。
	2023 年	《国家实验室征求加强国内固态和液流电池制造能力的建议》	宣布为 5 个项目投入 1600 万美元, 以提升国内固态电池制造能力。
欧洲	2018 年	《电池 2030 规划》	提出加速固态电池等未来电池技术研发, 目标 2030 年电池耐用性和可靠性至少提升 3 倍。
	2021 年	《2030 电池创新路线图》	提出固态电池作为第四代动力电池应用于新能源汽车, 需要提前布局回收制度, 做到固态电池全生命周期的经济效益,
	2022 年	《固态电池技术路线图 2035+》	基于大量的文献调研和深入的专家咨询, 从宏观角度预测并详细讨论了最有前景的固态电池发展路线, 并总结了固态电池在材料、组分、电芯和应用层面上的现状和前景。

资料来源: 前瞻产业研究院, 孙昱晗《国内外固态电池产业现状及发展挑战》, 欧阳明高, 中国银河证券研究院

技术路线方面, 日韩起步最早并选择了硫化物固态电解质路线; 欧美偏向聚合物和氧化物固态电解质路线。研发主体方面, 日韩企业研发多以联盟方式推进, 日本拥有住友、三菱、东丽等多家电池关键材料龙头以及丰田、本田、日产等龙头车企, 2018 年日本组织松下、丰田等 23 家汽车、电池和材料企业, 以及京都大学、日本理化学研究所等 15 家学术机构共同开展固态电池的研发。韩国固态电池研发以三星 SDI、SK On、LG 新能源等全球领先的锂电池企业为主, 主要车企还通过投资欧美国态电池初创公司以推动固态电池产业发展; 欧美企业主要采取自主研发, 大型车企通过投资入局, 美国以初创电池公司为主, 与欧洲汽车企业展开合作。欧美主要参与玩家有通用、福特、

大众、宝马等车企以及 Solid Power、Solid Energy Systems、Quantum Space 等电池企业。

从目标和研发进展来看，日本车企计划 2028-2030 年实现全固态电池的规模化装车；韩国电池企业计划在 2027-2030 年间实现全固态电池量产，其中三星 SDI 已于 2022 年在水原建设了韩国首条全固态电池试生产线“S-Line”，自 2023 年起已向包括宝马在内的整车厂商交付 B 样品，SK On 也于今年 9 月建成全固态电池试点工厂。欧美电池企业预计在 2025-2026 年启动量产，宝马、奔驰等车企相继在 2025 年开启固态电池装车道路实测，预计 2030 年量产上市。

表9：海外车企和电池厂固态电池进展（不完全统计）

公司	进展	合作电池厂
丰田	硫化物路线，计划于 2026 年启动固态电池量产，2027-2028 年推出搭载全固态电池的纯电动汽车	出光兴产
本田	2024 年 11 月，首次公开自研全固态电池示范生产线，2025 年 1 月开始试生产，计划在 2025-2030 年左右实现量产。	自研
日产	硫化物路线，全固态电池能量密度预计可达 600Wh/kg，目标是实现 1000Wh/L。 2024 年 4 月，公开在日本横滨建设的全固态电池试验线照片，将于 2025 年开始生产首批全固态电池。2028 年推出首款采用固态电池技术的车型。	美国 LiCAP
三星 SDI	硫化物+无负极路线，目标能量密度 900Wh/L。2022 年在水原建设了韩国首条全固态电池试生产线“S-Line”，自 2023 年起已向包括宝马在内的整车厂商交付 B 样品。预计 2027 年开始量产。	/
SK On	2025 年 9 月宣布在韩国大田建成全固态电池试点工厂（Solid Power 设计安装），重点开发硫化物系全固态电池。将原定 2030 年的商业化目标提前至 2029 年，并提出初期能量密度达到 800Wh/L，远期冲击 1000Wh/L 的性能指标。	Solid Power
LG	硫化物为主，推进无负极路线。计划 2025 年建设试生产线；原计划 2026 年量产聚合物全固态电池，调整为 2030 年量产硫化物全固态电池。	/
松下	计划于 2026 财年开始出货全固态电池样品。	/
Solid Power	2023 年 11 月，向宝马交付了第一批 A 样全固态电池，进入装车验证阶段，计划 2026 年启动量产。	/
Quantum Scape	氧化物+无阳极路线。2024 年 5 月开始交付固态电池原型样品，为六层软包电池；7 月与大众旗下电池企业 Power Co 达成合作，授权其大规模生产；10 月开始小批量生产首批原型 B 样固态电池（5Ah）。2025 年 6 月，将专属的 Cobra 隔膜制造工艺整合至基准生产线。 2025 年 9 月慕尼黑车展期间，与大众汽车集团旗下电池企业 PowerCo，携手完成全球首次 QS 固态锂金属电池驱动电动车杜卡迪 V21L 赛车摩托车的实车演示。Q3 开始交付采用 Cobra 工艺生产的 QSE-5 B1 样品。	PowerCo
Factorial Energy	硫化物路线，兼容传统 NMC（镍锰钴）正极，若采用锂金属负极，能量密度可达 440Wh/kg。2024 年 9 月，与梅赛德斯奔驰合作研发 450Wh/kg 级全固态电池，工作温度可在 90℃以上，启动 B 样测试。2024 年 12 月，发布 40Ah 级 A 样硫化物全固态电池，采用干法工艺提升能量密度。	/
宝马	2025 年 5 月 20 日，宝马宣布全球首辆搭载全固态电池的 BMW i7 测试车型在慕尼黑正式启动道路实测。该车型搭载由 Solid Power 提供的大尺寸全固态电芯，采用硫化物基电解质及创新模组结构。2030 年装车量产。	Solid Power
奔驰	搭载 Factorial Energy 固态电池的纯电 EQS 测试车完成真实场景下的长途道路实测，从德国出发，未插电行驶 1205 公里跨越三国抵达瑞典，剩余续航 137 公里。该款搭载固态电池的量产电动车预计在 2030 年前正式上市。	Factorial Energy

大众	预计 2026 年启动装车实地测试。	旗下 PowerCo+ Quantum Scape
现代	2025 年底推出原型车，2030 年量产。	自研+ Factorial Energy

资料来源：GGII，真锂研究，电动中国，中国银河证券研究院

3.界面接触、材料、生产成本及工艺等问题制约全固态电池量产

目前全固态电池产业化仍存在诸多亟待解决的问题。**1) 材料问题**：固态电解质的离子迁移能垒较高，离子电导率相比液态电池仍然偏低，导致倍率性能和循环性能较差；锂金属若作为负极材料，充放电过程中易产生锂枝晶和孔洞。**2) 固-固界面接触问题**：固态电解质缺乏流动性，导致其与电极之间的接触面积较小，造成界面阻抗增加、界面相容性低等问题，严重影响电池倍率性能和循环稳定性。界面处的化学稳定性不佳也将导致空间电荷层的形成，界面反应生成界面层和元素的相互扩散。**3) 生产工艺问题**：目前全固态电池技术路线还未完全收敛，生产技术也尚未成熟，部分工艺仍处研究和改进阶段，新工艺所需新设备也还需进行技术迭代。

图13：固态电池当前瓶颈

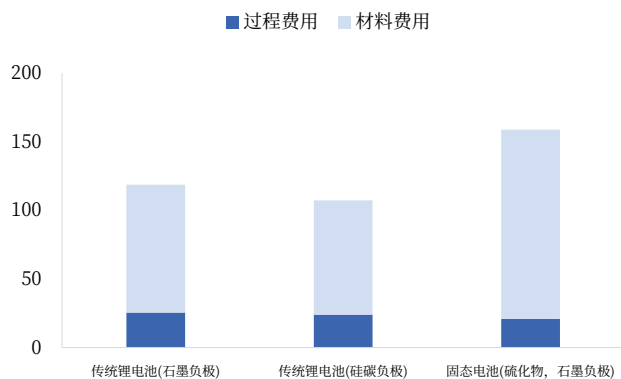
能量密度	活性物质占比 活性物质含量较低，需掺杂导电剂、粘结剂、固态电解质	电压 固态电池结构特性导致难以以高电压状态运行	N/P比 高N/P比影响有效活性物质含量	
快充性能	电解质离子电导率 离子迁移速率慢影响快充性能	固固界面接触 离子迁移速率慢并影响安全	颗粒间间隙 有效扩散路径变长，离子迁移阻力(界面阻抗)显著增加	
循环寿命	电解质离子电导率 动力学因素	正负极材料稳定性 高电压正极、负极膨胀	首次不可逆损失 ICE(首次充放电效率)打折扣	
安全性能	硅基负极膨胀 对固态电解质产生机械应力导致其破裂	锂金属负极锂枝晶 刺穿固态电解质风险	运行压力 导致振动/温度变化/体积变化	固固界面接触 界面接触不良及热失控风险
生产经济性	材料降本(如固态电解质)		加工费降本(国产设备替代、规模化效应)	
供应链完整性	量产/规模化生产能力	技术痛点/堵点突破	降本/生产经济性	

资料来源：SMM，中国银河证券研究院

4) 成本问题：受工艺尚未成熟、产品未进入量产阶段良率较低、相关材料价格较高等因素影响，目前固态电池成本远高于传统液态电池。根据前瞻产业研究院测算，以硫化物作为电解质、石墨作

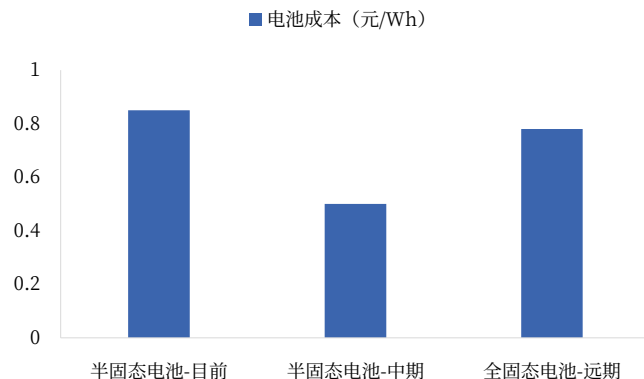
为负极的固态电池成本为 158.8 美元/KWh, 使用石墨负极的传统锂电池总成本为 118.7 美元/KWh。展望未来, 假设产线良率为 80% 的情况下, 目前半固态电芯的单位总成本为 0.85 元/Wh, 中期有望降至 0.50 元/Wh; 远期来看, 全固态电池有望搭载锂金属负极, 电芯单位总成本将达到 0.78 元/Wh。

图14: 传统液态电池与固态电池成本对比 (美元/KWh)



资料来源: 前瞻产业研究院, 中国银河证券研究院

图15: 固态电池成本发展趋势



资料来源: 前瞻产业研究院, 中国银河证券研究院

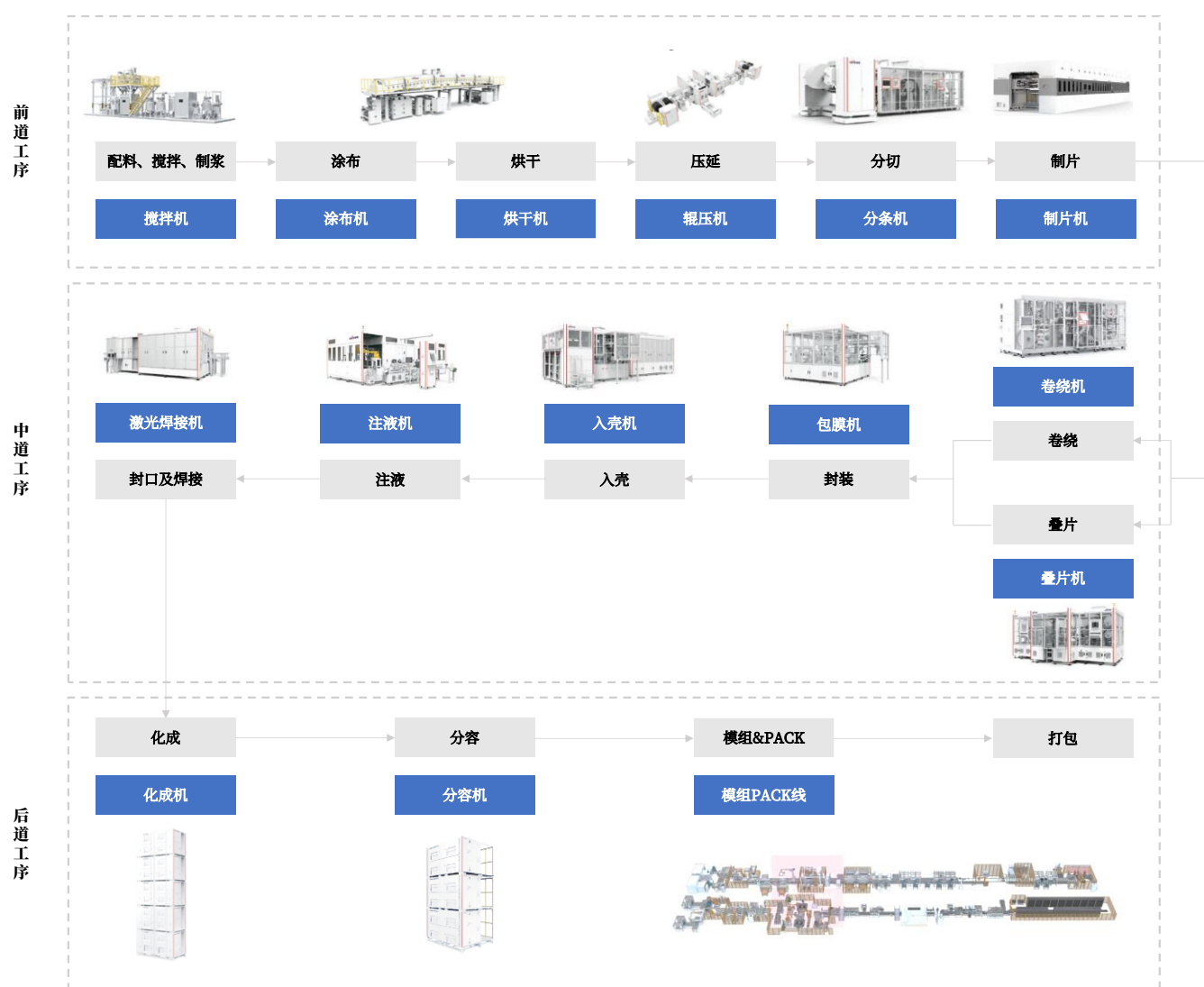
二、全固态电池工艺体系革新，关注核心增量环节

（一）固态电池生产工艺变化明显，设备需求与价值量重塑

1. 传统液态锂电池制备工艺及设备

锂电池的生产流程可分为前道、中道和后道三个阶段的流程。（1）**前道工序**即极片制造，包括正负极材料、隔膜及极片的制造，主要工序可分为制浆、涂布、辊压、分切四大关键环节。a) 制浆通过将电池活性材料、导电剂和高分子粘结剂等多种粉料相互混合、溶解、分散在溶剂中形成均匀稳定的悬浮体系，最终制备出用于极片涂布的高品质浆料。浆料的均匀性、稳定性、一致性等对电池的内阻、容量、循环寿命、倍率、一致性、安全性以及良品率起着决定性作用。b) 涂布是将浆料均匀涂布在集流体正反面，使得正极浆料涂覆于铝箔，负极浆料涂覆于铜箔。c) 辊压是通过对极片卷料进行高压滚动挤压，实现正极、负极活性材料分别与铝箔、铜箔压实，达到符合技术要求的厚度。d) 分切是将辊压后的极片卷料按照实际需求，分切成下一道冲片工序所需宽度的卷料。**主要涉及到的设备包括搅拌机、涂布机、辊压机、分切机等。**（2）**中道工序**即电芯装配，主要包括卷绕/叠片、电芯入壳、焊接、封装、注液等工序。首先通过卷绕或叠片，将多层正极、负极极片和隔膜形成电芯，入壳后进行极耳焊接，然后将电解液从预留的注液口注入封装好的电芯。**主要设备包括叠片机、卷绕机、注液机、包膜机等。**（3）**后道工序**即化成分容，主要包括检测、化成、老化、分容等工序。将半成品电芯按照设定的充放电条件进行充放电活化，抽气封边后形成成品电芯，检测合格后包装入库。**主要设备为化成和分容设备。从市场规模来看，2024 年全球前道、中道和后道设备市场规模占比分别为 42%、35%和 23%。**

图16：传统液态电池主要生产工艺流程及对应设备



资料来源：宁德时代港股招股书，先导智能港股招股书，先导智能官网，利元亨官网，中国银河证券研究院

2.半固态可基本兼容原有产线，全固态电池工艺变化较大

全固态电池工艺体系重构，新增干法电极、固态电解质转印、胶框印刷、等静压等设备。半固态电池与传统液态电池生产工艺相近，对原有产线的可复用率较高。而全固态电池生产工艺变化较大，尤其是前道和中道工序区别显著，在纤维化、胶框印刷、等静压等环节需进行新设备的引进和定制开发，在干混、辊压、叠片和化成分容环节需对原有设备迭代升级，其他工序则对现有设备进行适当改造。在后面的小节中我们将重点论述全固态电池的制备工艺。

表10：液态、半固态、全固态电池生产流程对比

工序			设备名称	液态	半固态		全固态			全固态设备变化
				液态电池	固液混合工艺	原位固化工艺	氧化物	聚合物	硫化物	
前段	湿法	匀浆搅拌	搅拌机	√	√	√	可采用	可采用	可采用	适当改造
		涂布烘干	涂布机	√	√	√	可采用	可采用	可采用	适当改造
	干法	干混	干混机				可采用	可采用	可采用	升级

		纤维化	纤维化设备				可采用	可采用	可采用	新增
		辊压	辊压机	√	√	√	√	√	√	升级
		分切/模切	分切/模切机	√	√	√	√	√	√	适当改造
		制片	制片机	√	√	√	√	√	√	适当改造
中段		胶框印刷	胶框印刷机				√	√	√	新增
		叠片	叠片机	可采用	可采用	可采用	√	√	√	升级
		极耳焊接&包装	组装设备	√	√	√	√	√	√	适当改造
		干燥	烘干机	√	√	√				
		注液	注液机	√	√	√				
		等静压	等静压机				√	√	√	新增
后段		原位固化	烘烤设备			√				
		化成分容	化成分容机	√	√	√				
		高压化成分容	高压化成分容机				√	√	√	升级

资料来源: EVTank, 中国银河证券研究院

(二) 前道：干法工艺有望替代湿法涂布成为主流

1. 全固态电池干法电极路线大势所趋

全固态电池前道工序主要用于制备正负极电极片和固态电解质膜，极片和固态电解质膜的生产工艺相似，均可通过湿法工艺和干法工艺进行制备。现阶段由于干法工艺尚未完全成熟，成膜质量和设备性能等方面仍待提升，传统湿法工艺在短期仍为主要方法。主流的硫化物全固态电池对生产环境湿度要求高，干法工艺更加适配，且干法工艺无需后续的烘干和溶剂回收环节，可大大缩减产线长度，节约生产成本。随着技术迭代的持续推进，干法工艺仍是未来全固态电池电极制备技术路线的主流方向。

图17：固态电池材料与干/湿法工艺兼容性

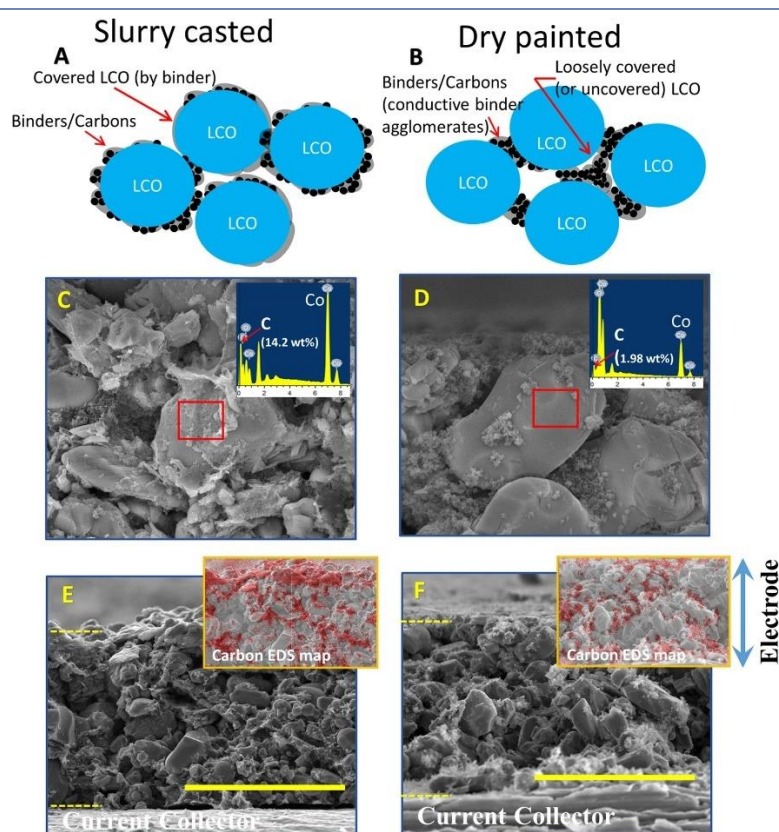
	干法工艺				湿法工艺	
	干法辊压	干法喷涂	熔融挤出	气相沉积	涂覆/流延	溶液灌注
复合正极	✓	✓	✓	✓	✓	✗
锂金属	✗	✗	✓	✓	✗	✗
硅碳	✓	✓	✓	✓	✓	✗
氧化物SE	✗	✗	✗	✓	✓	✗
复合物SE	✓	✓	✓	✗	✓	✓
硫化物SE	✓	✓	✗	✗	✓	✓

资料来源: Dengxu Wu, Fan Wu, 《Toward Better Batteries: Solid-State Battery Roadmap 2035+》, 中国银河证券研究院

干法工艺对材料兼容性更强；可帮助提升电池能量密度，改善电极导电性；缩减产线长度，节约成本

和能耗，优势显著。干法工艺利用高速混合机将电极材料与粘结剂、导电剂等干粉物料混合，凭借剪切力与摩擦力打破颗粒团聚，形成均匀的混合物。接着通过辊压设备对电极材料进行连续压制，使其形成薄膜。在此过程中，通过精确调控辊轴间的压力和速度，能够有效调节电极膜的厚度和均匀性。随后将电极膜与集流体借助热辊压合，依靠粘结剂实现界面结合，进而形成完整的电极结构。最后对涂覆后的电极膜进行辊压等工艺处理，确保电极密度均匀，并通过切割、分割等操作形成标准尺寸的电极。相比传统湿法技术，其优势主要体现在 **1) 性能提升**：干法工艺通过“干态压延+致密结构”，可优化界面接触状态，获得更大的压实密度，减少了裂纹和微孔等问题。由于未使用溶剂，粘结剂以纤维状态存在，与材料颗粒间是点对点接触，不影响活性材料颗粒间的内部接触，同时导电剂颗粒很大程度上填充了活性材料颗粒之间的空隙，形成了更为完整的电极导电通路。因此，干法工艺可有效提升电池导电性、能量密度、循环性能和稳定性。

图18：干法喷涂工艺和湿法工艺制备正极形貌及横截面表征对比



资料来源：Ludwig B, Zheng Z, Shou W et al. 《solvent-free manufacturing of electrodes for lithium-ion batteries》，中国银河证券研究院（注：A 和 B 分别为为湿法和干法制备的电极粘结剂团块分布，C 和 D 分别为湿法和干法电极横截面中的 LCO 颗粒被覆盖情况，E 和 F 分别为湿法和干法电极上 LCO 颗粒间隙的导电路径）

2) 材料兼容：无溶剂制程，避免了与高镍正极、硫化物电解质等发生副反应，有助于保持材料结构稳定性。**3) 节约设备成本与能耗**：干法工艺省去烘干与溶剂回收环节，产线长度和占地面积大幅减少，能耗显著降低。可节约 20% 以上的生产成本。

表11：湿法电极&干法电极对比

	湿法工艺	干法工艺
涂布段	溶剂搅拌+涂布+烘干	干粉混合+热压成膜
辊压段	涂布后单面压实	热压+复合一体化
环境需求	有毒溶剂，能耗高，CO ₂ 排放量大；需高温通风+回收+洁净	无溶剂，能耗更低，每生产 10kWh 的二氧化碳排放量减少

		1000kg；采用常温干压，无废弃排放
产线布局	多段串联，设有缓冲区	连续直线模块，取消烘干段，产线可缩短 70%
循环稳定性	较低（容量保持率约 90%）	较高（容量保持率近 95%）
耐久性	低	高
材料兼容性	粘结剂（如 PVDF）与固态电解质易发生界面反应，导致阻抗升高；且溶剂可能溶解部分固态电解质成分，难以适配多元体系	通过材料选择与工艺优化，可实现对不同固态电解质的广泛兼容
生产效率	7 个步骤，干燥、溶剂回收耗时>3 h	5 个步骤，无需干燥时间，生产时间减少 16.2%~21.4%
交流抗阻	高	低
成本	溶剂回收设备投资占生产线成本的 20%以上	省去溶剂采购与回收环节，单 GWh 极片生产成本降低 15%-20%
能耗	约 47%的总能耗用于干燥和溶剂回收，每生产 10kwh，干燥和溶剂回收耗电 420Wh	无干燥和溶剂回收过程，能耗降低 40%
电极性能	厚电极中的粘结剂表现出梯度变化，颗粒黏附性较差(<4 mAh/cm ²)，孔隙率更高(4%~10%)	特定粘结剂分布，倍率性能提高，孔隙率降低，颗粒黏附性更好(>5 mAh/cm ²)，电极机械强度显著提高
优点	工艺成熟度高、适合大规模量产	能量密度提高，循环性能与耐久性增强，电极导电性改善；缩减产线长度，节约成本和能耗；突破材料兼容性
缺点	溶剂回收难、能耗高、结构可控性弱	对设备要求提升，设备和工艺成熟度较低，一致性与稳定性有待提升；膜厚度偏大

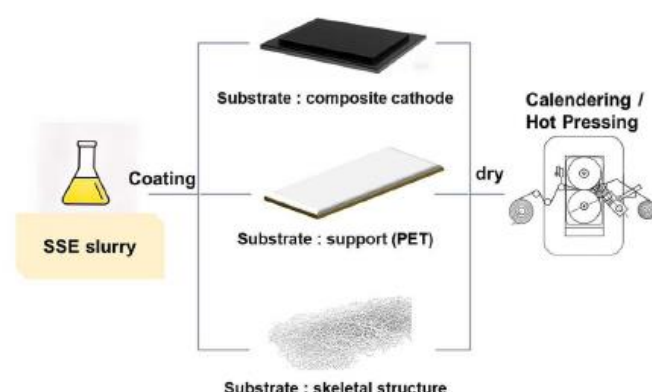
资料来源：清研纳科公众号，清研电子官网，张钊《粘结剂纤维化制备干法电极的研究进展》，徐桂培《干法电极技术在超级电容器和锂离子电池中的研究进展》，中国银河证券研究院

2.湿法工艺制备电极和固态电解质膜

正负极极片制备：与现有液态锂电池工艺大致相同，区别在于由于正极混料过程中可能添加固态电解质，而 NMP 等极性溶剂可能与硫化物发生反应，因此需替换为非极性或非弱极性溶剂，粘结剂也需相应进行替换。

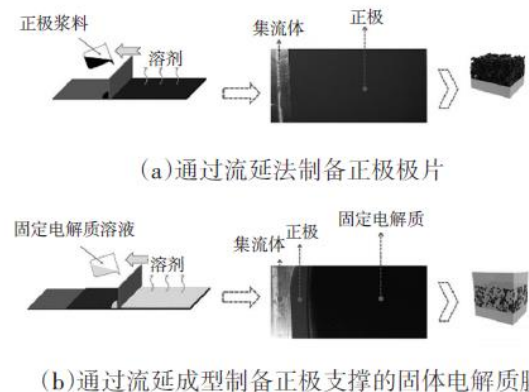
固态电解质膜制备：固体电解质的成膜工艺是固态电池制造的核心。根据薄膜成型时采用的支撑材料的种类，可分为模具支撑成膜、正极支撑成膜和骨架支撑成膜。模具支撑成膜技术是将电解质的浆料涂覆到支撑物上成膜，之后再将电解质膜转移到复合电极或单独使用。这种技术可以结合热转印技术将制备的电解质薄膜覆盖到复合正极表面直接与负极参与叠片流程，并通过温等静压处理提升界面相容性。正极支撑成膜技术是将 SE 浆料直接涂覆到辊压后的复合正极膜基底上，经过干燥后，对正极与固态电解质膜的复合结构再次进行辊压，以实现固态电解质膜的致密化。骨架支撑成膜技术则是将电解质浆料浇筑到带有骨架支撑的结构上，根据骨架支撑结构的组分不同，可以分为高分子骨架和无机固态电解质骨架。

图19：湿法成膜技术的三种不同基底路线



资料来源：孙德业《硫化物固态电解质膜的制备技术与挑战》，中国银河证券研究院

图20：正极支撑成膜工艺



资料来源：翟喜民《全固态电池生产工艺分析》，中国银河证券研究院

3.干法工艺制备电极和固态电解质膜

干法工艺包括粘结剂纤维化、干法静电喷涂、气相沉积、热熔挤压、直接压制、3D 打印等方法。其中，基于 PTFE 的纤维化技术最早由 Maxwell（2019 年被特斯拉收购）开发，是目前最常用、适配性最广的干法技术。

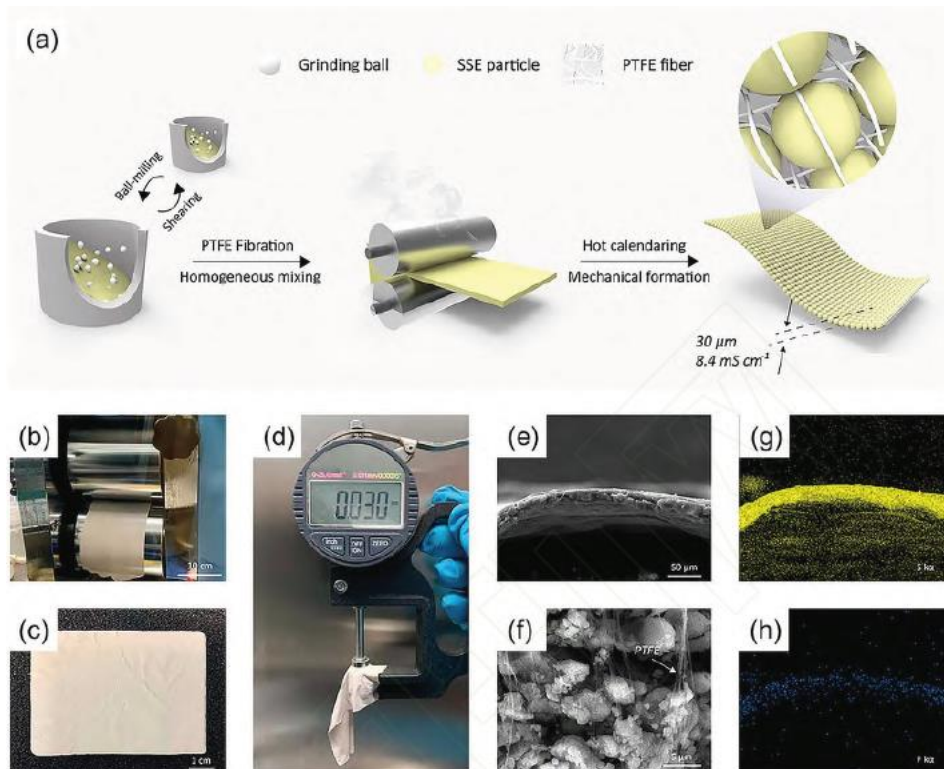
表12：不同干法工艺路线对比

干法电极技术	技术原理	优势	缺点	应用领域
粘结剂纤维化	PTFE 在高剪切力作用下纤维化	与现有的生产线兼容，可大规模生产	阳极不稳定，目前只能采用 PTFE 作为粘结剂	阴极，碳阳极，全固态电池的电极
干法喷涂沉积	干粉混合物在高压下沉积	电极厚度和密度可控，可用于柔性电极	设备昂贵，生产环境要求高	阳极，阴极
气相沉积	材料先蒸发汽化再沉积	多种汽化方法可选择	生产设备昂贵，规模扩大较难实现	小尺寸电极
热熔挤压	颗粒混合、挤出、脱黏和烧结	可制备厚电极	工艺复杂，能耗高，需要牺牲粘结剂	用于大规模生产的阴极，碳阳极
直接压制	活性材料充分混合后直接压制为电极	操作简单，粘结剂用量小	生产规模小，需要活性材料可压缩	阴极，阳极，全固态电池电极
3D 打印	材料熔融后逐层打印	电极厚度和形貌可定制	设备昂贵，生产规模小，活性材料含量低	微电子和可穿戴设备用电极

资料来源：徐桂培《干法电极技术在超级电容器和锂离子电池中的研究进展》，中国银河证券研究院

纤维化技术是指在正负电极活性材料和导电添加剂粉末均匀混合后，向其中添加改性的聚四氟乙烯 (PTFE) 粘结剂，粉末在经过混合和强剪切力作用后形成团聚体。强剪切力使聚四氟乙烯微球变成原纤维、形成基质，通过挤压机的作用形成自支撑膜，然后将膜辊压到集流体上形成电极。其效果受设备和工艺参数的影响，并直接影响电池的电化学性能。

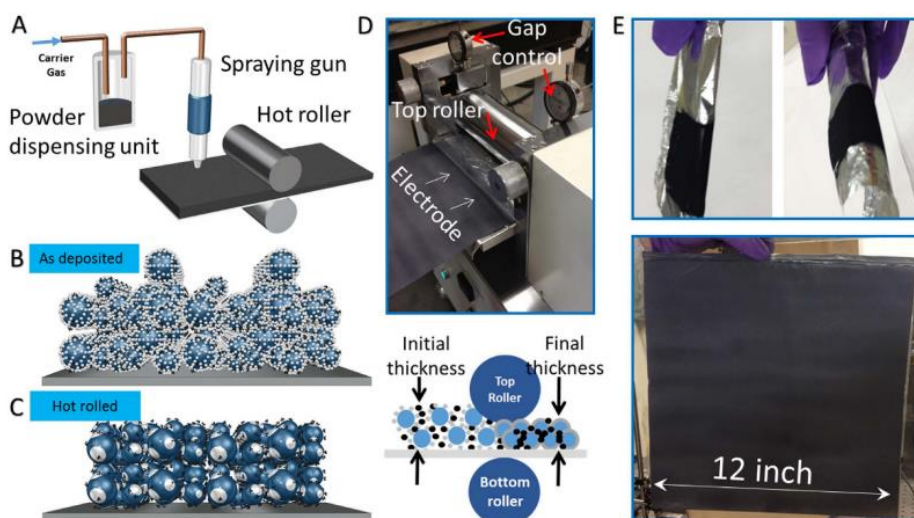
图21: 粘结剂原纤化+热压延制备工艺



资料来源: 孙德业《硫化物固态电解质膜的制备技术与挑战》, 中国银河证券研究院 ((a) 超薄 SE 膜的制备过程示意图. (b) 热压延过程的照片. (c) 超薄 SE 膜的照片. (d) 厚度测量. (e~h) SE 膜的横截面 SEM 图像和对应的 S, F 元素的 EDX 能谱)

干粉喷涂技术是通过高压气体将活性物质、导电剂和粘结剂 PTFE 预混合, 然后在静电喷枪的作用下使粉末带电并喷涂到接地的集流体上, 再通过热轧将粉末黏合并固定在集流体上, 最终形成电极。

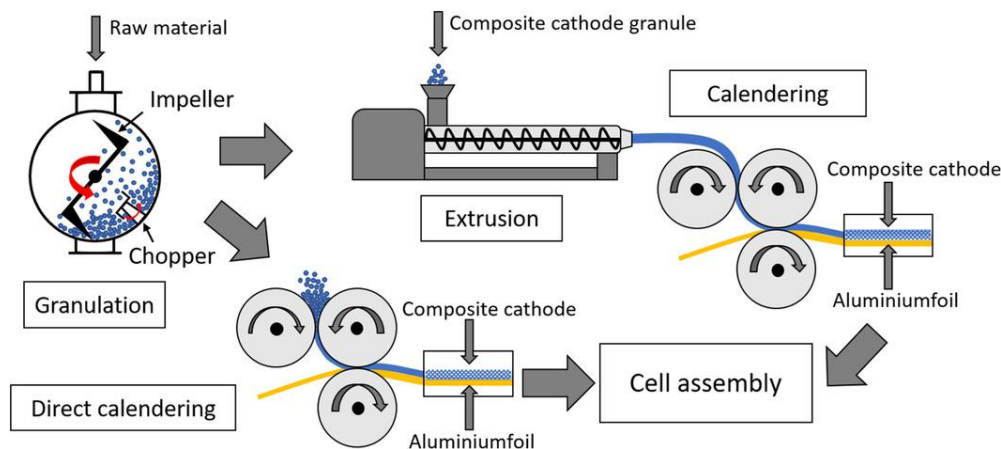
图22: 干法喷涂技术制备工艺



资料来源: Ludwig B, Zheng Z, Shou W. et al. 《Solvent-Free Manufacturing of Electrodes for Lithium-ion Batteries》, 中国银河证券研究院 ((a) 干粉喷涂工艺电极制造系统. (b) 热激活前干法电极 3D 示意图. (c) 热辊压后干涂电极 3D 示意图. (d) 热辊压过程. (e) 成型后的极片

热熔挤压技术是将原材料混合并加热到熔融状态，然后通过模具挤出成型，可制备薄膜、片材或电极片等的技术方法。双螺杆挤出机是目前常用的原料匀浆设备。

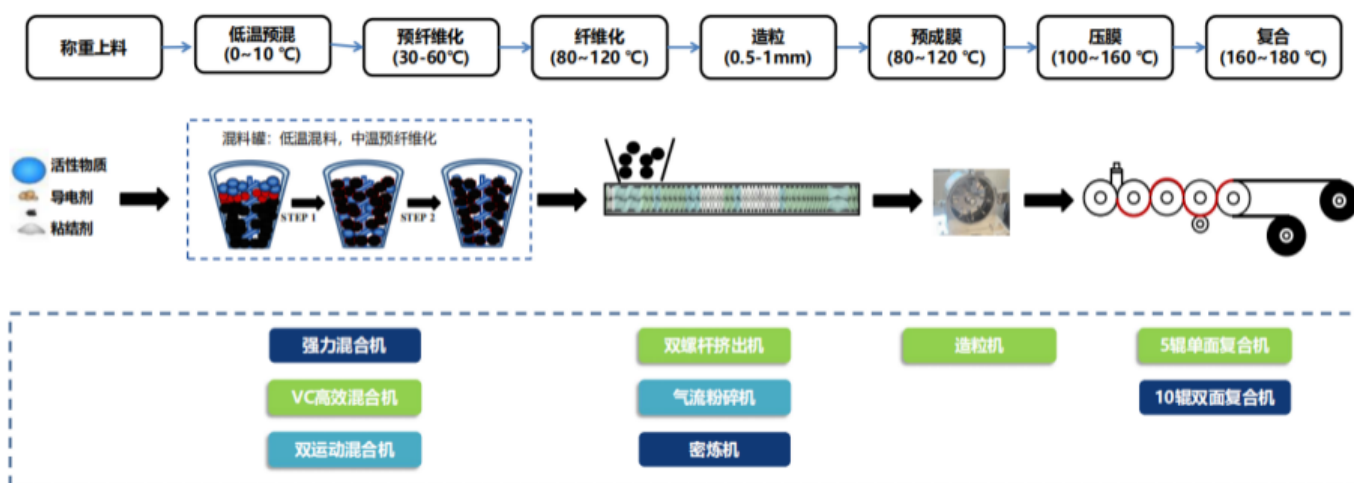
图23：挤压工艺制备电解质膜及其特性



资料来源：Helmers L, Froböse L, Friedrich K, et al. 《sustainable solvent-free production and resulting performance of polymer electrolyte-based all-solid-state battery electrodes》，中国银河证券研究院

电极制备：目前纤维化技术是制备干法电极的重点研发方向，核心环节在于干混→纤维化→辊压减薄，去掉湿法的涂布机、烘干机、溶剂回收等设备，采用高速混合机、气流粉碎机、双螺杆挤出机、开炼机等设备，同时对辊压机的工作压力、辊压精度、均匀性等性能要求进一步提升。

图24：干法电极制备工艺



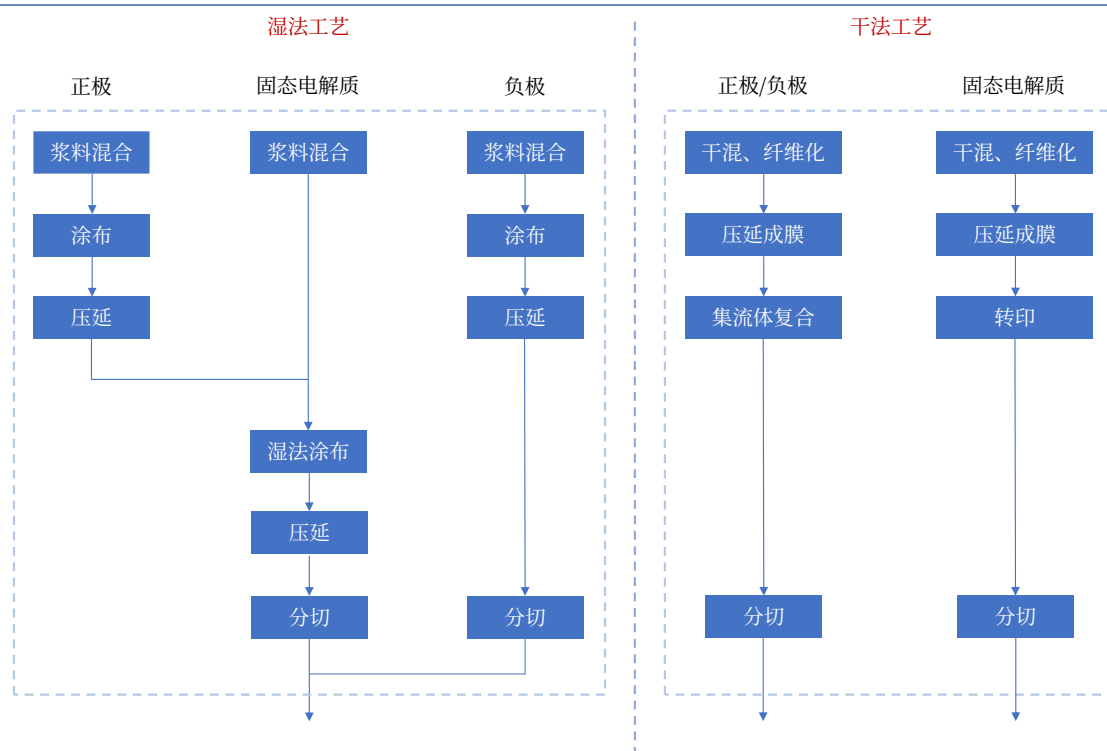
资料来源：曼恩斯特公众号，中国银河证券研究院

固态电解质制备：1) **纤维化法：**与电极制备工艺流程类似；2) **熔融挤出法：**对 SE 和粘结剂进行预混合后引入双螺杆挤出机，在剪切力的作用下达到混合均匀的目的，最后在合适的温度下逐渐熔化粘结剂，结合辊压形成所需厚度或形状的自支撑膜。3) **纤维化结合热压延：**实验室规模下更易实现。

电极与电解质复合：1) **电解质膜压制转印：**电解质单独制膜后，通过热压方式转印到电极片上。其优点是干法工艺、无溶剂干扰，材料适配性强，界面化学稳定性较好；且制膜、电极制备分开，有利于分段质量控制。但因其界面为物理接触，粘结力较弱，可能产生分层；转印边缘易出现“二次接触”瑕疵。2) **电解质与电极共辊同步制片：**电解质和电极材料同时通过共轧压制，形成一体化

复合层。该工艺可在应力作用下形成“纤维网络”嵌合，界面致密性和结合强度最佳，孔隙率最低，但对温度、压力控制精度要求极高。

图25：固态电池电极干法&湿法制备工艺对比



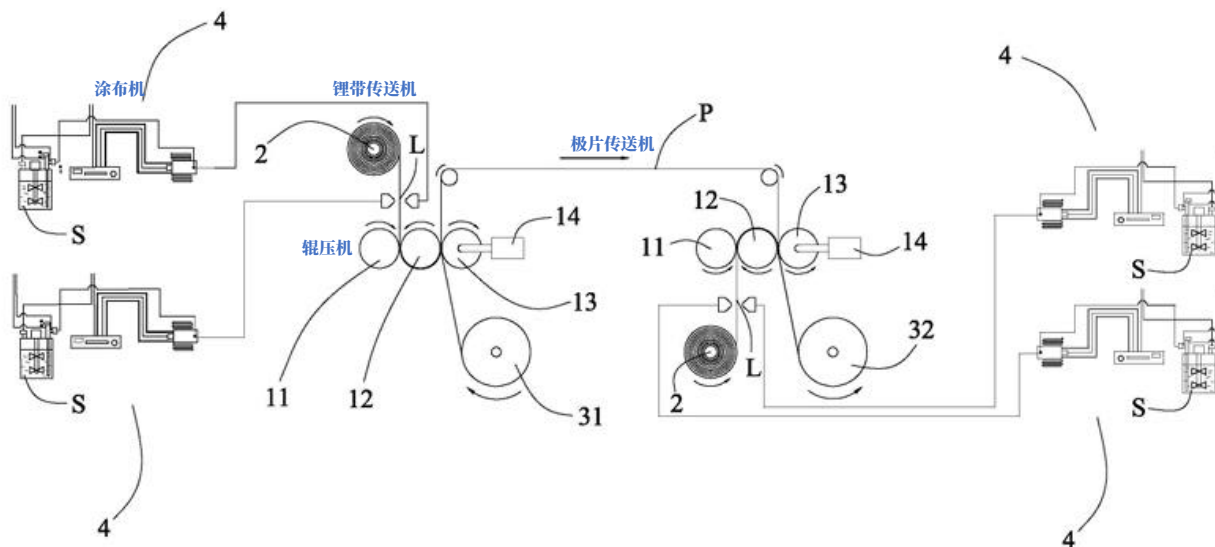
资料来源：崔光磊《高比能固态锂电池》，孙德业《硫化物固态电解质膜的制备技术与挑战》，Schnell et al.《All-solid-state lithium-ion and lithium metal batteries-paving the way to large-scale production》，中国银河证券研究院

4. 预锂化

锂电池在首次充放电阶段，会在电极表面形成一层具有保护功能的固态电解质界面层（SEI），正极采用高镍三元材料后能量密度大幅提升，为进一步提升电池能量密度，通常对负极进行补锂。传统液态电池石墨负极约有 7%-20% 的活性锂在首次充放电中形成不可逆产物附着在负极表面，而固态电池采用的硅碳负极，则有约 30% 的活性锂不可逆地存在于硅中。活性锂的永久损失会造成电池首次循环的库伦效率（ICE）降低，因此向锂电池中掺入牺牲性添加剂等进行预锂化（补锂）成为必然。补锂设备主要是通过辊压+复合原理，对负极极片双面进行连续补充或间歇补充后压延。宁德时代公开的极片补锂设备由辊压机构、锂带输送机构、极片输送机构及涂布机构成。

由于负极补锂过程较为复杂，成本较高，而正极补锂可直接在正极浆料匀浆过程中预先加入补锂材料，向负极释放锂离子，补充负极首次充电过程中的不可逆比容量。正极补锂操作简便，成本较低，近年来行业开始尝试进行正极补锂。

图26：极片补锂装置



资料来源：宁德时代《极片补锂装置》2017105676300，中国银河证券研究院

（三）中道：叠片成为必然选择，新增胶框印刷+等静压设备

1.新增胶框印刷环节

全固态电池由于取消了隔膜，并需要在高压下进行制备以确保界面紧密接触，电池存在变形和内部短路的风险。为解决这一问题，全固态电池制备中道工序中增加了胶框印刷环节，即在电极或电解质边缘打印一个回形胶框，起到支撑和绝缘的双重作用，以防止正负极直接接触。目前市场上主要有五种路线：1）钢网印刷：通过高精度钢网在极片负极边缘印刷绝缘胶框，形成回形结构隔离正负极。2）预制胶框转印工艺：预先制备绝缘胶框，通过热压或粘接剂转印至极片表面。3）点胶工艺：采用高精度点胶阀在极片边缘喷射绝缘胶水。4）UV 打印工艺：利用紫外光固化胶水在极片表面直接打印绝缘层，是一种新兴的无接触式加工。5）3D 打印：将 3D 胶框打印与电解质打印集成在同一流程中。

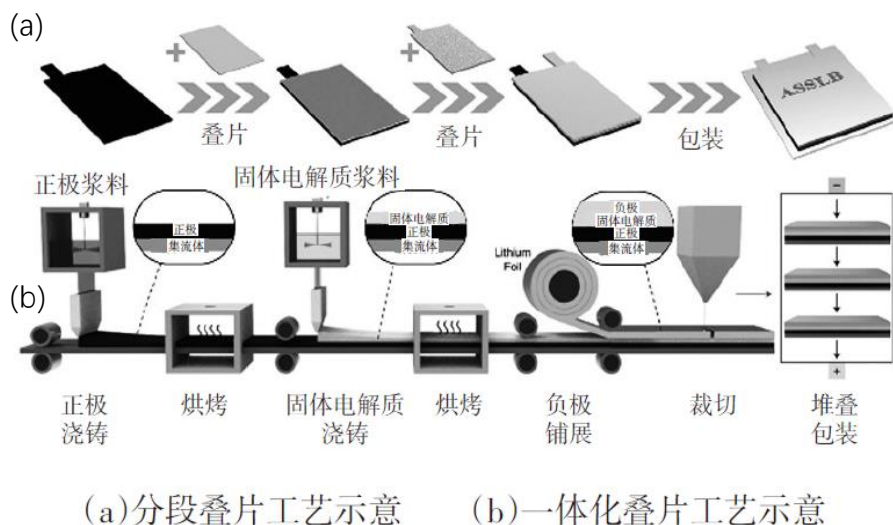
2.叠片工艺成为必然选择

卷绕工艺将涂覆正负极材料的集流体与隔膜卷绕成极芯时，极芯两端折弯部位因涂层材料受弯曲变形，不可避免出现掉粉现象；同时折弯处相较于中间平整区域，易产生较大缝隙。而固态电解质机械强度低、脆性大，卷绕折弯处的涂层变形（掉粉）会破坏固-固界面完整性，导致接触电阻增大，影响离子传导；同时固态电解质无法像液态电解液渗透填充折弯处缝隙，可能引发局部微短路或界面失效。因此，卷绕工艺不适用于全固态电池的制备。

叠片工艺则天然适配全固态电池的特性。叠片工艺一方面可将极片和固态电解质膜按照精确且均匀的方式平行排列堆叠在一起，能使整个极片受力更均匀；另一方面能够确保每层极片与固态电解质膜之间形成大面积且均匀的接触界面，最大限度地减少接触不良的区域，有助于提升电池的充放电效率以及整体的电化学性能。

按照裁片与叠片的先后顺序，可将叠片工艺分为分段叠片和一体化叠片。分段叠片沿用液态电池叠片工艺，将正极、固体电解质层和负裁切成指定尺寸后按顺序依次叠片后进行包装；一体化叠片是在裁切前将正极，固体电解质膜和负极压延成 3 层结构，按尺寸需求将该 3 层结构裁切成多个“正极-固体电解质膜-负极”单元，并将其堆叠在一起后进行包装。

图27：叠片工艺流程

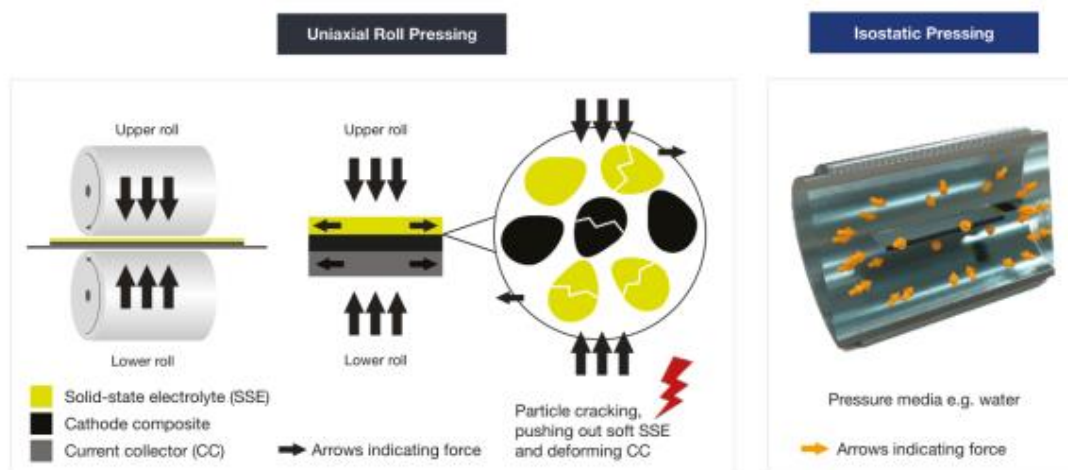


资料来源：翟喜民《全固态电池生产工艺分析》，中国银河证券研究院

3.新增等静压设备

在全固态电池的堆叠过程中，致密化是关键步骤，目的是减少电池内的孔隙率并增强电极与固态电解质之间的界面接触，并抑制锂枝晶的形成。堆叠时需要新增加压设备，施加超过 100MPa 压力使各材料致密堆积。常见的致密化方法包括连续线压制、单轴面压制和等静压。传统单轴压制技术（如压延或热压）只能单向施压，容易导致材料受力不均。等静压则具有全方位、均衡施压的特性，可深入电池内部，显著增强电池组件之间的紧密接触，有效降低电阻率，进而增强导电性，提高能量密度。

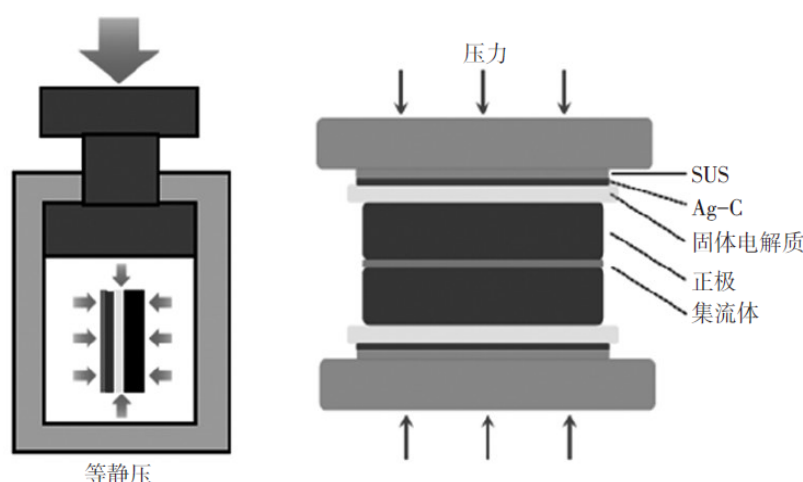
图28：单轴辊压和等静压对比



资料来源：电动中国，中国银河证券研究院

等静压的主要原理是帕斯卡原理，即静止的液体或气体在容器内施加的压力，会均匀地分布在容器内部并沿所有方向传递，在密封容器中，以高压流体为介质，将其产生的静压力均匀的向各个方向上传递，从而实现高致密度、高均匀性坯体的成型。在这过程中，材料的特性与尺寸、形状、取样方向无关，而与材料的成型温度、压力有关。

图29：全固态电池等静压示意图



资料来源：翟喜民《全固态电池生产工艺分析》，中国银河证券研究院

根据温度不同，等静压工艺又可分为冷等静压、温等静压和热等静压。等静压虽能有效降低固态电池的孔隙率并优化界面接触，但其批次式生产模式（电芯需在压力釜中逐批压制）与规模化生产所需的高速、连续化和高一致性要求存在矛盾，仍需解决未来量产后的批量生产效率问题。

表13：三种等静压技术对比

	冷等静压 CIP	温等静压 WIP	热等静压 HIP
标准额定温度℃	20	150	2000
标准压力 MPa	600	500	207
介质	液体：水	液体：油/水	气体：氩气/氮气
循环时间	低	中	高
设备成本	低	中	高

资料来源：电动中国，中国银河证券研究院

（四）后道：新增高压化成，软包封装更为适配

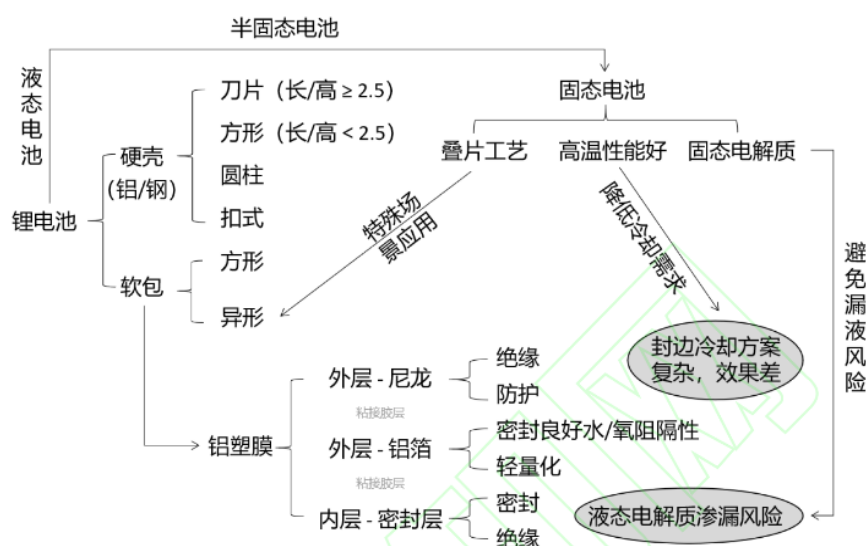
全固态电池的化成压力需从传统液态电池的 3-10 吨提升至高达 60-80 吨，以解决固固界面接触问题，促进离子传导通道的形成。全固态电池的固态电解质与电极颗粒为点接触，离子传输阻抗远高于液态电池。化成分容阶段需通过高压强制使固态电解质与电极颗粒发生塑性变形，填补孔隙，从而形成面接触，构建低阻抗的离子传输通道。在后道工序中，高压化成分容设备将替代传统锂电池化成分容设备。

软包封装高延展性、轻量化优势与全固态电池材料特性更加适配。采用硅碳负极材料的全固态电池在充放电过程中会面临显著的体积膨胀问题，其膨胀率可达 300% 以上。软包封装采用铝塑膜材料，一般由外层尼龙层、中间铝箔层以及内层热封层组成，一方面其高延展性和柔韧性的特点使其能够随着电池内部的体积变化而产生相应的形变，不会对电芯结构施加过大的应力，避免电芯因受到刚性约束而出现开裂、破损等结构损坏情况；另一方面，相比采用钢铝外壳的方形、圆柱封装更为轻巧，软包锂电池单体质量相较金属外壳锂电池能够降低 20%~40%，有利于电池能量密度的

提升。目前宁德时代、孚能科技、国轩高科、赣锋锂电、卫蓝新能源、LG 新能源等已将软包封装用于部分半固态、全固态电池产品。

软包铝塑膜采用热压封装工艺。通常软包封装单体电芯会采用两片式铝塑膜结构，热压封装工艺依据铝塑膜材料的热学特性，在精准控制的温度、压力以及时长等条件下，促使两片铝塑膜各层之间实现紧密融合，最终形成一个结构完整且密封性良好的封装壳体。通过热压形式再次施加适宜的温度和压力，外壳还可与电芯极组进一步实现贴合固定，有效弥补大面贴合后可能存在的微小间隙，使得二者之间的贴合更为紧密无缝。

图30：固态电池适配软包封装方式



资料来源：曲凡多《固态电池软包封装的剖析及展望》，中国银河证券研究院

（五）市场空间：2030 年全球全固态电池设备市场规模有望超 300 亿元

2030 年全球和中国全固态电池设备市场空间有望分别达到 320.59 亿元和 251.36 亿元。1) 根据我们在第一章中所梳理的海外内电池和整车厂对固态电池量产的时间计划表，预计 2027 年全球固态电池开始小规模装车，2030 年进入量产；2) 固态电池有望率先应用于对续航和安全性要求高，对价格相对不敏感的机器人和 eVTOL 等新兴行业，随后拓展至中高端新能源车型，随着技术工艺的成熟和规模化效应的逐步显现，最后应用于成本敏感度高的储能行业。假设 2030 年，全固态电池在全球动力电池、储能电池、人形机器人和机器狗电池、eVTOL 电池中的渗透率将分别为 2.5%、1.5%、3.5%、3.5%；全固态电池在中国动力电池、储能电池、人形机器人和机器狗电池、eVTOL 电池中的渗透率将分别为 3.5%、2.5%、5%、5%；3) 产业化初期全固态电池设备投资成本较高，随着技术的不断迭代和设备端的持续降本，单 GWh 设备投资额有望逐步下降，从现阶段的 4-5 亿下降至 2030 年的 2-3 亿；4) 全固态电池前道和中道工艺变化较大，拉动前道和中道设备投资占比提升，假设全固态电池单 GWh 投资额中，前道、中道、后道设备价值量占比约为 40%、40%、20%。

表14：全球全固态电池设备投资额预测

	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
全球动力电池出货量（GWh）	1285	1753	2232	2739	3260	3754
全固态电池渗透率		0.06%	0.30%	0.60%	1.50%	2.50%
全固态电池出货量（GWh）		1.00	6.70	16.43	48.90	93.85
全球储能电池出货量（GWh）	481	612	748	946	1110	1400

全固态电池渗透率			0.10%	0.30%	0.80%	1.50%
全固态电池出货量 (GWh)			0.75	2.84	8.88	21.00
全球人形机器人出货量 (万台)	1	15	30	50	70	100
人形机器人单机带电量 (kWh)	0.80	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
人形机器人锂电池用量 (GWh)	0.80	15.00	45.00	100.00	175.00	300.00
全固态电池渗透率			0.50%	1.00%	2.00%	3.50%
全固态电池出货量 (GWh)			0.23	1.00	3.50	10.50
全球机器狗出货量 (万台)	2.80	4.98	8.87	15.79	28.11	50.00
机器狗单机带电量 (kWh)	0.50	0.62	0.77	0.96	1.20	1.50
机器狗锂电池用量 (GWh)	1.40	3.09	6.82	15.18	33.77	75.00
全固态电池渗透率			0.50%	1.00%	2.00%	3.50%
全固态电池出货量 (GWh)			0.03	0.15	0.68	2.63
全球 eVTOL 出货量 (架)	270	2000	5000	10000	18000	25000
eVTOL 单机带电量 (kWh)	200	216	233	252	272	300
eVTOL 锂电池用量 (GWh)	0.05	0.43	1.17	2.52	4.90	7.50
全固态电池渗透率			0.50%	1.00%	2.00%	3.50%
全固态电池出货量 (GWh)			0.01	0.03	0.10	0.26
全球全固态电池出货量合计 (GWh)		1.00	7.71	20.45	62.05	128.24
全固态电池单 GWh 设备投资额 (亿元)		4.50	4.00	3.50	3.00	2.50
全球全固态电池设备投资总额 (亿元)		4.50	30.84	71.57	186.16	320.59
其中: 前道设备 (40%)		1.80	12.33	28.63	74.46	128.24
中道设备 (40%)		1.80	12.33	28.63	74.46	128.24
后道设备 (20%)		0.90	6.17	14.31	37.23	64.12

资料来源: GGII、中国银河证券研究院

表15: 中国全固态电池设备投资额测算

	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
中国动力电池出货量 (GWh)	779	1001	1229	1489	1736	2014
全固态电池渗透率		0.10%	0.50%	1.00%	2.50%	3.50%
全固态电池出货量 (GWh)		1.00	6.15	14.89	43.40	70.49
中国储能电池出货量 (GWh)	224	290	364	458	500	660
全固态电池渗透率			0.10%	0.50%	1.50%	2.50%
全固态电池出货量 (GWh)			0.36	2.29	7.50	16.50
中国人形机器人出货量 (万台)	0.7	10.5	21	35	49	70
人形机器人单机带电量 (kWh)	0.80	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
人形机器人锂电池用量 (GWh)	0.56	10.50	31.50	70.00	122.50	210.00
全固态电池渗透率			0.50%	1.00%	3.00%	5.00%
全固态电池出货量 (GWh)			0.16	0.70	3.68	10.50
中国机器狗出货量 (万台)	2.10	3.74	6.65	11.84	21.08	37.50

机器狗单机带电量 (kWh)	0.50	0.62	0.77	0.96	1.20	1.50
机器狗锂电池用量 (GWh)	1.05	2.32	5.12	11.38	25.32	56.25
全固态电池渗透率			0.50%	1.00%	3.00%	5.00%
全固态电池出货量 (GWh)			0.03	0.11	0.76	2.81
中国 eVTOL 出货量 (架)	150	1500	3000	8000	12000	16000
eVTOL 单机带电量 (kWh)	200	216	233	252	272	300
eVTOL 锂电池用量 (GWh)	0.03	0.32	0.70	2.02	3.27	4.80
全固态电池渗透率			0.50%	1.00%	3.00%	5.00%
全固态电池出货量 (GWh)			0.00	0.02	0.10	0.24
中国全固态电池出货量合计 (GWh)		1.00	6.70	18.01	55.43	100.54
全固态电池单 GWh 设备投资额 (亿元)		4.50	4.00	3.50	3.00	2.50
中国全固态电池设备投资总额 (亿元)		4.50	26.78	63.05	166.30	251.36
其中：前道设备 (40%)		1.80	10.71	25.22	66.52	100.54
中道设备 (40%)		1.80	10.71	25.22	66.52	100.54
后道设备 (20%)		0.90	5.36	12.61	33.26	50.27

资料来源：GGII、中国银河证券研究院

(六) 市场格局：设备商多元化布局，争相卡位干法工艺

锂电设备商在固态电池领域的布局路径可划分为两类：一是传统液态电池头部设备厂商，如整线设备商先导智能、赢合科技、利元亨及后道龙头杭可科技等，依托领先的技术和资源优势，大力投入固态电池设备研发，实现固态电池整线设备或前中后道多环节设备的率先推出及交付；二是传统液态电池前道或单机设备供应商，紧抓产业初期新技术变革、新玩家不断涌现带来的市场机遇，争相切入干法电极、等静压等高附加值增量工艺环节，并与新兴固态电池厂商积极开展合作，实现产品品类和下游客户的拓展，如曼恩斯特由涂布模头向前道干/湿法设备拓展，先惠技术从装配段拓展至干法电极，纳科诺尔由辊压设备向干法工艺和等静压设备延伸等。

现阶段固态电池技术路线尚未完全收敛，具备整线供应能力的设备厂商产品和技术能力领先，并且可以更好应对固态电池产业化进程中工艺变化的风险，有望取得较强的竞争优势；同时从中短期来看，干法、等静压等新工艺孕育增量市场空间，具备技术和客户优势的设备商在细分赛道的卡位机会同样值得关注。

表16：固态电池各环节设备布局情况（不完全统计）

公司	湿法前道		干法前道				中道			后道	其他
	湿法制浆	湿法涂布	混料	纤维化	辊压	复合/转印	胶框印刷	叠片	等静压	高压化成/分容	激光
先导智能	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
赢合科技	√	√	√	√	√	√		○			
利元亨	√	√	√	√	√	√	√	√	●	√	
璞泰来 (嘉拓智能)	○	○	√	√	√	√		○			
杭可科技										√	

先惠技术					√						
科恒股份 (浩能科技)		○	√	√	√	√					
纳科诺尔/清研 纳科			√	√	√	√			●		
曼恩斯特	√	√	√	√	√						
宏工科技/清研 宏工	√		√	√							
金银河	○	○	√	√	√						
灵鸽科技			√	√							
理奇智能	○		√	●	√	●					
尚水智能	○	○	√	√	√						
信宇人		○	√		“干粉直涂热复合”一 步成型技术						
联赢激光											√
德龙激光											√
华亚智能 (冠鸿智能)			√	√	√	√					
华自科技 (精实机电)										●	

资料来源：先导智能/赢合科技/利元亨/嘉拓智能/杭可科技/先惠技术/浩能科技/纳科诺尔/曼恩斯特/宏工科技/金银河/灵鸽科技/理奇智能/尚水智能/信宇人/联赢激光/德龙激光/华亚智能/华自科技公司公告及公司官网，科恒股份公众号，GGII，中国银河证券研究院（注：●表示设备在研，○表示在传统液态电池领域已有设备布局；设备进展信息基于公开披露的相关公告及报道，可能存在滞后性）

表17：非上市国内外等静压设备相关公司（不完全统计）

公司	等静压机情况
Quintus Technologies	总部位于瑞典韦斯特罗斯，高压技术全球领导者，产品覆盖热等静压机/温等静压机/冷等静压机。电池应用中心聚焦电池单体设计理念与核心部件，为实验室规模的创新技术搭建了清晰的转化路径，可逐步推进至中试及量产阶段。温等静压机通过施加超高压(最高 6000 bar/ 87022 psi)与精准控温(最高 145°C/293°F)，有效消除内部孔隙与界面缺陷，显著提升电池致密化水平。
Hana Technology	韩国电池设备企业，已经开发了实现 700MPa 和 200°C 的温等静压设备
四川力能 (荣旗科技参股)	专业从事超高压液压成套机械的开发、设计、制造、销售、组装、维修维护，产品包括工作缸直径从 80mm~2150mm，压力从 50Mpa~1000Mpa 系列冷等静压机和温等静压机、超高压食品等静压机、大型油压机、螺栓拉伸机(含核用)，超高压分离式液压千斤顶及液压扳手、超高压板材成型压机、四柱压机及其他液压设备等。
川西机器 (中航机载全资子公司)	从事超高压技术研发和等静压装备的专业制造厂家，生产能力强、技术水平处于国际先进地位。公司研制的等静压设备广泛应用于航空、航天、核工业等重点国防领域和高新技术领域。
包头科发	致力于超高压技术及装备、非热加工技术及装备、冷热等静压技术及装备、超高压食品加工技术和超高温等静压电芯新材料技术的研究开发、设计、生产、销售及冷热等静压新材料和新型食品高压加工技术的推广。
钢研昊普	中国钢研科技集团有限公司为整合其热等静压技术业务板块成立的全资子公司，主营热等静压技术相关业务，提供热等静压致密化处理、扩散连接、粉末冶金近终成型技术支持、热等静压加工处理、设备制造、维保服务。

资料来源：Quintus 公众号，粉体网，四川力能/川西机器/包头科发/钢研昊普公司官网，荣旗科技公司公告，中国银河证券研究院

三、投资建议与重点标的

(一) 投资建议

固态电池产业化节奏加速，海内外电池厂和整车厂固态电池量产时间计划逐步明确。当前半固态电池率先装车量产，全固态电池预计 2027 年左右小规模装车，2030 年左右实现量产。全固态电池相比传统液态电池各环节生产工艺变化显著，前道干法工艺更加适配材料特性且可节约能耗和成本，将逐步替代湿法涂布；中道胶框印刷+叠片+等静压代替传统卷绕+注液；后道将采用高压化成分容。生产工艺的变动带来设备端需求和价值量的重构，全固态电池单 GWh 设备投资额较传统液态电池将有明显提升，其中变化最大的前道和中道设备价值量占比将有所提高；预计 2030 年全固态电池设备市场空间超 300 亿元。我们认为，传统锂电设备厂商的技术和产业链资源优势有望延续至固态电池，同时干法电极、等静压等增量设备将带来新的市场机遇，建议关注传统锂电设备厂商和干法电极设备商固态电池设备研发、客户和订单等方面的进展。推荐全固态电池整线设备供应商先导智能，建议关注后道设备杭可科技，前道干法&湿法设备商赢合科技、曼恩斯特，干法电极&模组 PACK 厂商先惠技术，布局整线设备的利元亨，干法设备厂商纳科诺尔、宏工科技，激光设备厂商联赢激光、德龙激光。

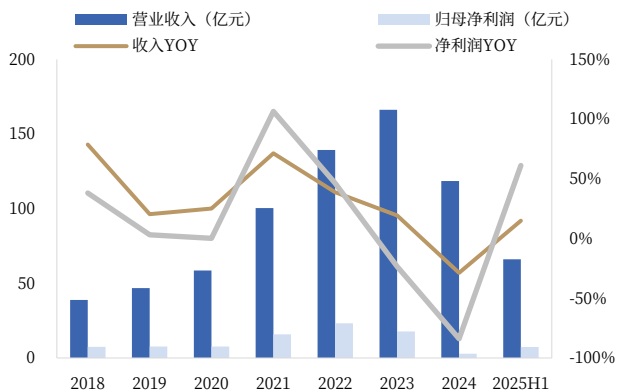
(二) 重点标的

1. 先导智能：打通全固态电池整线工艺环节，核心设备及整线方案实现交付

公司业务涵盖锂电池智能装备、光伏智能装备、3C 智能装备、智能物流系统、氢能装备、激光精密加工装备等领域，是全球新能源智能装备龙头。按收入计算，2024 年公司是全球第二大新能源智能装备供应商和第一大锂电装备供应商，市场份额分别为 2.9%和 15.5%；中国锂电装备市场公司份额 19%，排名第一。公司自 2018 年启动全球化战略，截至 2025 年年中已在英国、法国、德国、瑞典、土耳其、匈牙利、日本、韩国、越南、马来西亚等 16 个国家和地区设立 19 家境外分子公司，并在欧洲布局技术能力中心、交付中心及物流中心仓，实现“全球研发、全球交付、全球服务”。公司与国内龙头客户深度绑定，并与大众、宝马、丰田、特斯拉、保时捷、LG、SK 等海外大客户达成深度合作。

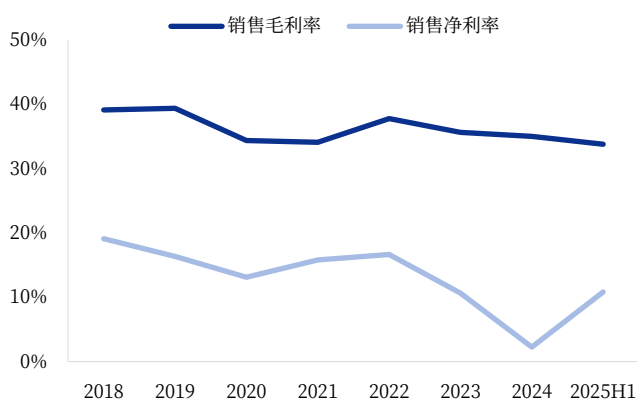
2025 年上半年，公司实现营业收入 66.10 亿元，同比增长 14.92%；实现归属于上市公司股东的净利润 7.40 亿元，同比增长 61.19%。

图31：先导智能营收/归母净利润及 YOY



资料来源：，中国银河证券研究院

图32：先导智能销售毛利率和销售净利率



资料来源：，中国银河证券研究院

公司率先打通全固态电池量产的全工艺环节,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。目前公司固态电池设备已进入欧、美、日、韩及国内头部电池企业、知名车企和新兴电池客户的供应链,与多家行业领军企业达成深度合作。公司实现全球首条车规级全固态电池整线解决方案的交付,并已向全球各地多家客户陆续交付固态电池生产的核心设备。

表18: 先导智能部分固态电池设备

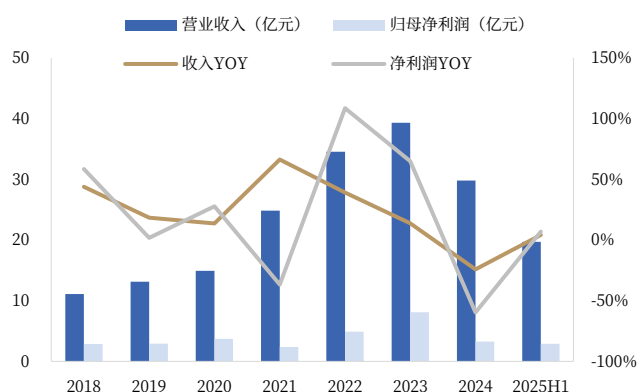
产品	性能参数
量产型正/负极一体化干法混料涂布系统 	幅宽 1000mm、负极速度 80m/min、正极速度 60m/min;可满足单线 5-8GWh、厚度 40μm-300μm 生产需求,兼容 2-6 条幅干法极片的高效生产; 行业首创可变辊径均温电加热系统,相对同等油加热系统设备能耗降低 60%; ±1μm 高精度辊缝实时在线监测、自动调参; 兼容液态与固态电池极片生产需求,生产能耗节降低超 35%,材料和制造成本下降 20%
固态湿法涂布机 	采用特殊涂布结构,满足 10μm-60μm 厚度涂布范围
量产型固态电解质复合转印设备 	可进行连续、间歇复合,复合效率高达 50m/min,处于行业领先水平
量产型固态叠片机 	新一代量产型固态叠片机,通过绝缘边框精密制备、极片超精准抓取与高精度动态压合控制,显著提升堆叠效率与对齐度。
等静压设备 	600MPa 大容量等静压设备,通过提高一次装载电芯数量来提高设备效率,可提供高效温等静压作业环境,温度最高 150℃; 配合绝缘边框工艺,解决致密化过程极片位移、边缘剪切问题,保证边角无损伤; 配套自动套袋上料以及自动下料拆袋设备,实现全自动化作业。

资料来源: 先导智能官网及微信公众号, 中国银河证券研究院

2.杭可科技: 聚焦锂电后道系统, 推出固态电池高压化成分容设备

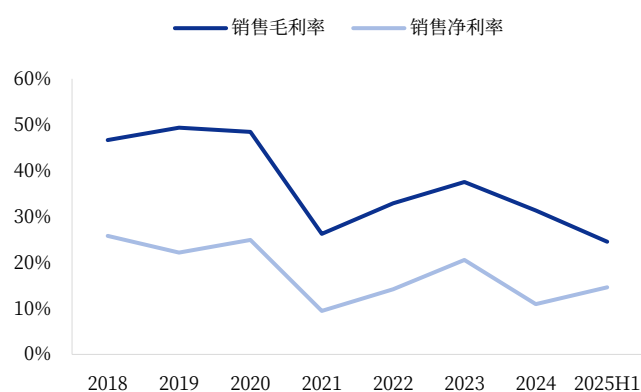
公司聚焦锂电池化成分容、测试及物流系统整体解决方案,在充放电机、内阻测试仪等后处理系统核心设备的研发、生产方面拥有核心技术和能力,并能提供锂电池生产后段智能系统整体解决方案。公司已为韩国三星、韩国 LG、韩国 SK、大众、比亚迪、亿纬锂能、国轩高科、欣旺达、珠海冠宇、远景动力、丰田、特斯拉等国内外知名厂商配套供应各类锂电池生产线后段系统设备。2025H1 公司实现收入 19.70 亿元,同比增长 4.19%;归母净利润 2.88 亿元,同比增长 6.92%。

图33：杭可科技营收/归母净利润及 YOY



资料来源：，中国银河证券研究院

图34：杭可科技销售毛利率和销售净利率



资料来源：，中国银河证券研究院

在固态电池领域，公司积极把握固态电池新技术的发展，推出高温高压化成等固态电池后段设备，已与国内外多家相关厂商就固态电池的中试线展开合作并交付样机。

表19：杭可科技固态电池后处理系统

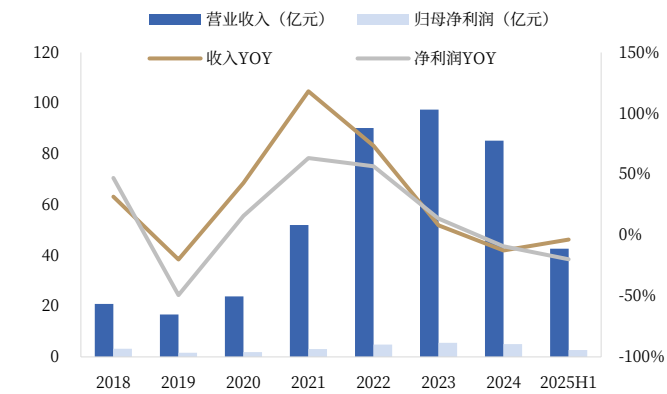
产品	性能参数
固态电池后处理系统 	全固态电池高温高压化成系统： ① 温度范围：室温-110℃（精度：±2℃） ② 电流范围：0.04-200A；（精度：±0.05%FS） ③ 电压范围：0-5V；（精度：±1mV） ④ 压力范围：2-200T；（压力精度：±1%Rd）

资料来源：公司公告，中国银河证券研究院

3.赢合科技：布局固态电池前道设备，核心产品交付头部客户

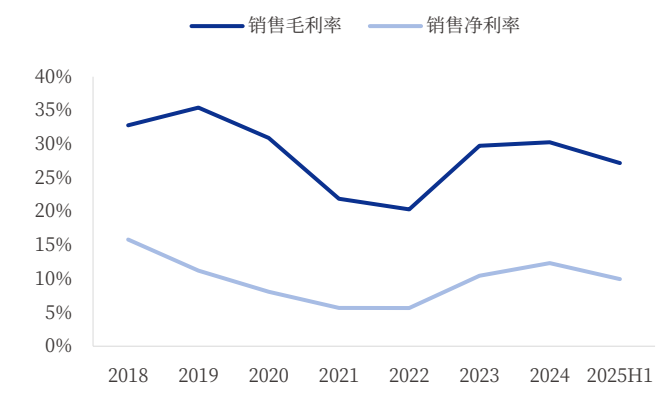
公司是领先的锂电装备供应商，涂布机、辊压机、分切机、制片机、卷绕机、叠片机、组装线等核心设备的技术性能行业领先，获得宁德时代、比亚迪、亿纬锂能、国轩高科、LG 新能源、宝马、ACC、德国大众、欣旺达动力、远景动力等国内外知名电池厂和整车厂客户的认可。子公司斯科尔从事电子烟品牌业务，2022 年起着力推进自有品牌的建设与发展，获得了欧洲电子烟市场准入 TPD 认证，并已在英国、德国、波兰、荷兰、马来西亚、美国等多个国家取得了显著市场进展。2025H1 公司实现收入 42.64 亿元，同比下降 3.68%；实现归母净利润 2.71 亿元，同比下降 19.84%。

图35：赢合科技营收/归母净利润及 YOY



资料来源：，中国银河证券研究院

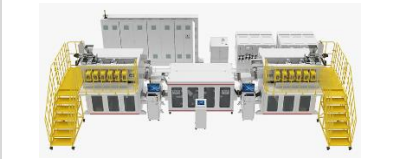
图36：赢合科技销售毛利率和销售净利率



资料来源：，中国银河证券研究院

公司推出固态电池装备解决方案,覆盖了湿法和干法两大技术路线,可提供包括固态湿法涂布、固态湿法辊压、固态电解质转印、干法分散及纤维化一体设备、固态干法成膜及复合一体设备等在内的全套核心装备。目前已向多家头部客户交付了全自动制浆、湿法涂布、辊压、电解质转印和干法搅拌纤维化、多辊连轧成膜复合等核心设备。今年6月,公司向某头部电池企业交付固态湿法涂布设备、固态辊压设备、固态电解质转印设备,助力其国内工厂中试线建设。

表20：赢合科技部分固态电池设备

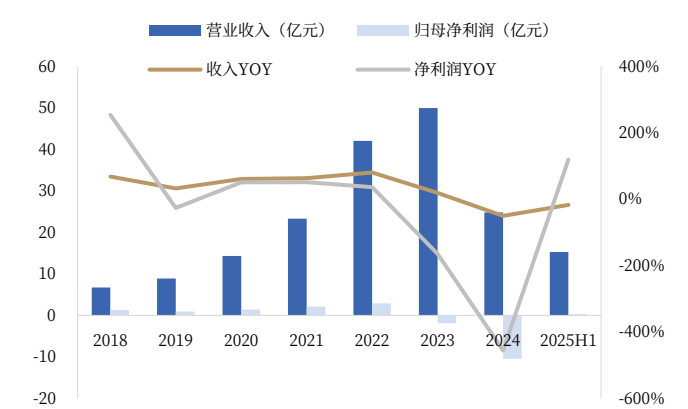
产品	性能参数
 固态湿法涂布设备	辊面宽度最高 1050mm，车速 80 m/min，涂布厚度范围 10-300μm
 固态电解质转印设备	辊面宽度最高 1050mm，车速 60 m/min
 固态干法成膜+复合一体设备	轧辊多级速差控制；高精度在线辊缝调节；电极预热复合；辊压厚度精度±2μm； 辊面宽度最高 1050mm，车速 80 m/min
 固态干法分散+纤维化一体设备	采用分散盘偏心设计、刮刀配合，可适应不同材料、配方、工艺等各种复杂工况稳定生产； 涵盖多种高度自动化功能，如高压喷淋全自动清洗、负压全自动上料等； 生产效率最高 300 L/h

资料来源：赢合科技官网，中国银河证券研究院

4.利元亨：布局全固态电池整线装备，头部车企整线项目陆续交付

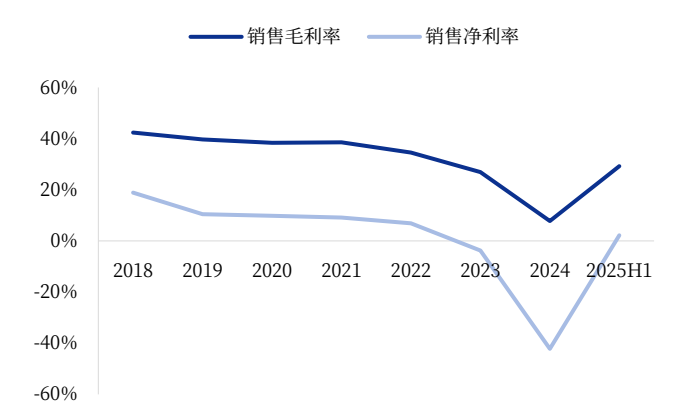
公司主要为新能源、智慧物流、ICT、AI 算力、汽车等行业头部企业提供数智整厂解决方案，业务范围覆盖锂电领域全工序、汽车领域全工序、精密电子领域、金融、光伏、氢能等领域。此外，公司新能源汽车电机智能装配线也成功推向市场，获得多家客户的订单。2025H1 公司实现营业收入 15.29 亿元，同比下降 17.48%；实现归母净利润 0.33 亿元，同比增长 119.33%。

图37：利元亨营收/归母净利润及 YOY



资料来源：，中国银河证券研究院

图38：利元亨销售毛利率和销售净利率



资料来源：，中国银河证券研究院

固态电池设备方面，公司已成功掌握全固态电池整线制造工艺，建立起高压致密化工艺、电解质与极片复合工艺、封装工艺及高压化成等核心技术体系，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。当前向头部车企供应的全固态电池整线项目已开始陆续交付，并持续与 20 多家客户进行固态电池技术交流。

表21：利元亨部分固态电池设备

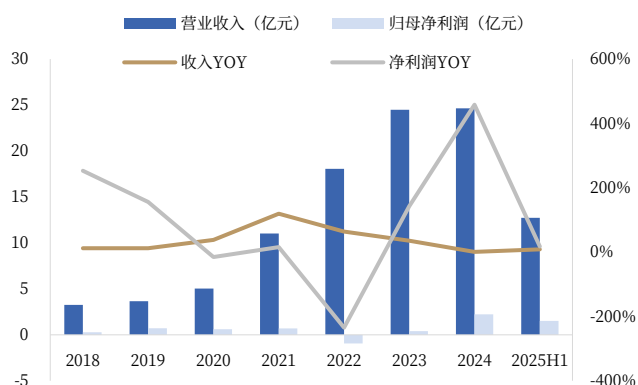
产品	性能参数
固态电池电极干法涂布设备 	采用高通量多辊压延方案，4 辊压机
固态电池电极辊压和电解质热复合一体机 	具备正负极辊压、电解质热压复合功能，采用电解质压制转印技术，适用于卤化物/硫化物/氧化物/聚合物电解质
固态电池胶框印刷和叠片一体机 	兼容无隔膜层叠、无隔膜层叠外包隔膜 2 种叠片工艺；适用卤化物/硫化物/氧化物电解质；采用较高通量印刷技术
固态电池高压化成分容设备 	层板最大载荷 80t； 高压夹具采用卧式层推结构，层板平面度≤0.1mm，层板温度精度±3℃，压力控制精度±2.5%RD，设定分辨率 1kg； 电流控制精度±(0.05%FS+0.05%RD)，电压控制精度±0.04%FS

资料来源：利元亨官网，中国银河证券研究院

5.先惠技术：与清陶能源深入合作，干法辊压设备成功交付

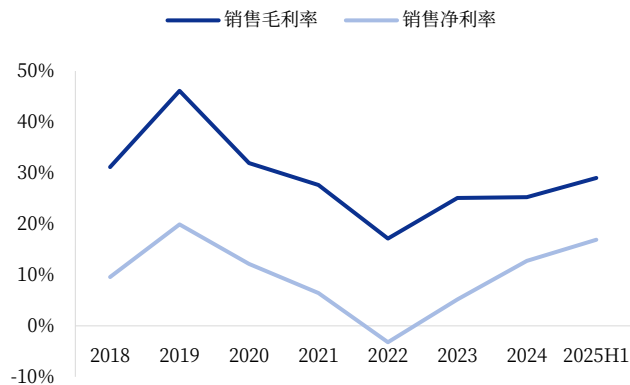
公司主要产品为动力电池模组&PACK 生产线、锂电池精密结构件以及燃料电池电堆/系统生产线，客户包括宁德时代系、孚能科技、大众、华晨宝马等。结构件业务由子公司福建东恒经营，与宁德时代系客户开展深度合作，建立了长期稳定的战略合作关系，为其提供模组侧板、模组端板、模组压接组件等动力电池精密结构件。2025H1 公司实现收入 12.73 亿元，同比增长 8.59%；实现归母净利润 1.52 亿元，同比增长 17.44%。

图39：先惠技术营收/归母净利润及 YOY



资料来源：，中国银河证券研究院

图40：先惠技术销售毛利率和销售净利率



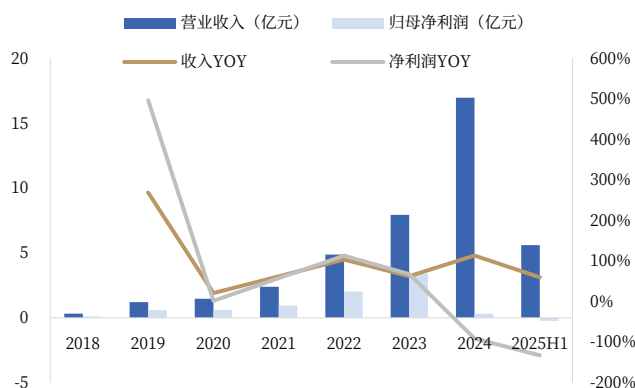
资料来源：，中国银河证券研究院

公司与清陶能源携手开展关于全固态电池核心关键装备的联合研发与产业化布局，今年 6 月成功向其交付干法辊压设备，并于 8 月进一步深化合作，签署《全面合作协议》并组建“固态电池先进工艺装备联合实验室”，加速固态电池技术产业化进程。双方在固态电池核心工艺创新上已实现突破性进展，相关技术成果成功落地中试应用。

6.曼恩斯特：布局固态电池前道湿法+干法工艺，设备陆续交付下游客户

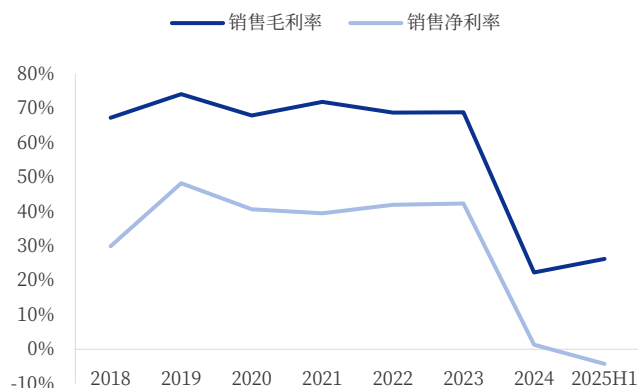
公司业务主要分为涂布应用类和能源系统类，涂布应用类包含锂电及泛半导体业务，能源系统类主要包含储能及氢能业务。核心部件系列产品主要包含涂布模头、陶瓷部件、测量系统、传感器、螺杆泵、微型直线电缸、机器人灵巧手等；智能装备系列产品主要包含点胶系统、浆料输送系统、智能制浆系统、平板涂布系统、干法制膜系统、智能工厂整线等；储能系统解决方案以集中式储能为核心业务，工商业储能及用户侧储能产品为主力业务，覆盖下游电源侧、电网侧和用户侧全应用场景；氢能系统解决方案主要包含膜电极、电解槽、电解水制氢系统等。2025H1 公司实现收入 5.60 亿元，同比增长 59.93%；归母净利润亏损 0.24 亿元。

图41：曼恩斯特营收/归母净利润及 YOY



资料来源：，中国银河证券研究院

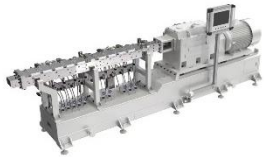
图42：曼恩斯特销售毛利率和销售净利率



资料来源：，中国银河证券研究院

公司在固态电池领域已初步完成“湿法+干法”的双线产品布局，核心产品为全陶瓷双螺杆纤维化、14 辊双面压延、湿法电解质薄涂三大自研设备。公司为客户陆续交付了干法多辊成膜系统、陶瓷双螺杆纤维化设备和固态电池前段整线。

表22：曼恩斯特部分固态电池设备

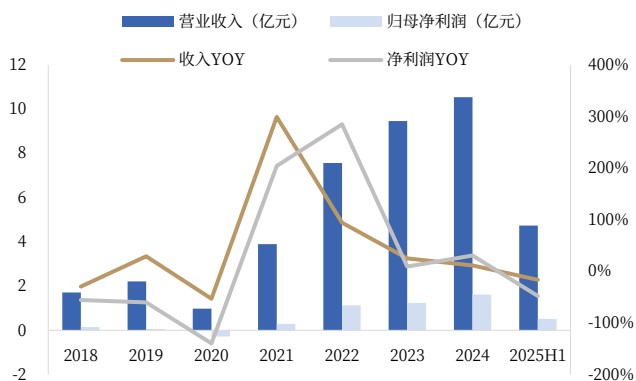
产品	性能参数
全陶瓷干法双螺杆纤维化机 	陶瓷机筒内衬与螺纹元件，从根源杜绝金属异物引入，保障电芯安全性和长循环寿命。陶瓷材质赋予设备卓越的耐磨性，使用寿命≥18,000 小时；同时其模块化积木设计便于拆卸清洗，灵活适配小试、中试到量产不同阶段需求。 双端支撑结构有效减少轴挠度变形，中试线处理量达 150L/h。
14 辊压膜复合一体机 	双面同时均匀成膜。配套的钢带预成膜机构采用斜模压缩设计，可以对多辊压延设备提供持续、定量、稳定的喂料，将显著提高膜片的压实密度以及膜厚、密度均一性。 实测表明，该成膜工艺将膜厚波动压缩至±3μm，这一精度水平远超传统单面成膜工艺 对于成膜压延设备，小试线中试线可以选用单面成膜复合设备，中试线和量产线可以选用双面成膜复合设备。
湿法电解质薄涂系统 	采用湿法狭缝涂布技术与砂磨机处理工艺，实现非接触式薄层涂布，并采用“正面涂覆→烘烤→反面涂覆→烘烤”的双面涂布工艺，有效避免界面混溶问题，确保固态电解质层的均匀性和稳定性。 可实现 1~15μm 干膜厚度的精确控制，幅宽达 800mm，涂布速度最高可达 60m/min
400 型干法成膜复合一体设备 	制膜宽度 150~800mm、制膜厚度 75~250μm、面密度精度误差±1%、厚度精度±2μm、压辊压力最大 50T、辊压速度最快高达 65m/min、压辊辊缝间隙 0~2mm、辊缝调节精度 0.001mm，均处于行业领先水平。

资料来源：曼恩斯特微信公众号，中国银河证券研究院

7. 纳科诺尔：干法设备陆续交付，合资子公司清研纳科干法工艺持续突破

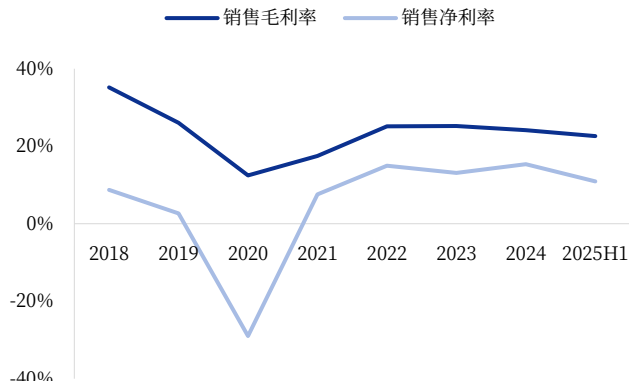
公司主要从事高精度辊压机设备的研发、生产、销售，下游客户主要为锂电池生产企业，包括动力电池、储能电池、消费电池等多个细分领域。2025H1 公司实现营业收入 4.73 亿元，同比下降 16.44%；实现归母净利润 0.52 亿元，同比下降 47.82%。

图43：纳科诺尔营收/归母净利润及 YOY



资料来源：，中国银河证券研究院

图44：纳科诺尔销售毛利率和销售净利率

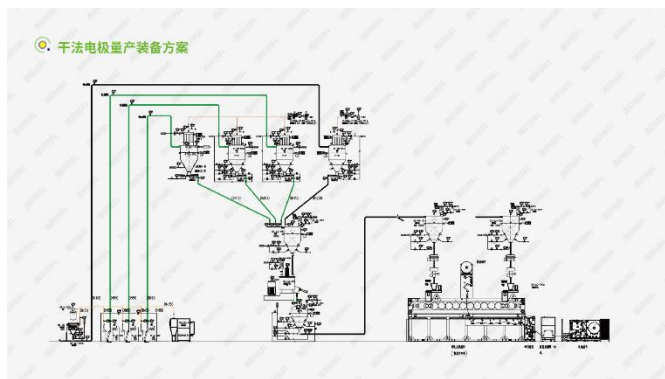


资料来源：，中国银河证券研究院

在干法电极与固态电池领域，公司已掌握干法电极、锂带压延、电解质成膜、转印等设备制造的多项技术，同时加快等静压设备的研发及验证工作，目前部分产品已交付客户。2024年，公司首推双面成膜复合一体化装备，助推干法电极小规模量产；7月与国内头部客户正式签订设备采购合同，标志着干法电极成膜覆合机进入实际应用阶段；同年10月与四川新能源汽车创新中心有限公司就合作开发固态电池产业化关键设备与工艺等达成一致，签署了《科研战略合作框架协议》，将与创新中心建立联合实验室，计划利用五年时间开展固态电池生产设备的开发。25年1月，固态联合实验室项目开工；7月公司固态电池核心关键设备正式交付头部客户，标志着公司在固态电池装备领域的技术突破进入产业化应用阶段。

2023年7月公司与清研电子合资成立清研纳科，专注于干法电极装备的研发、设计、生产和销售，已构建起覆盖从实验研发到小试/中试验证的干法电极设备解决方案；同年清研纳科推出国内首台多辊连续转移干法成膜复合一体化装备。今年7月，清研纳科自主研发的高速宽幅（固态）干法电极设备顺利交付至国内头部主机厂；8月其自主研发的锂一次电池用干法电极设备顺利出货，是行业首台在锂一次电池领域落地应用的干法多辊成膜复合一体化装备，标志着清研纳科在该领域率先完成干法电极从技术突破到实际应用的跨越。

图45：清研纳科干法电极量产装备方案



资料来源：清研纳科微信公众号，中国银河证券研究院

图46：清研纳科干法设备



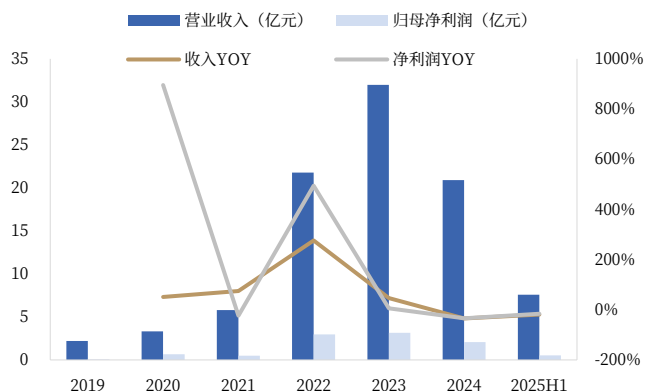
资料来源：清研纳科微信公众号，中国银河证券研究院

8.宏工科技：积极布局干法混料设备，与清研电子合资成立子公司

公司主要从事物料自动化处理业务，聚焦于粉料、粒料、液料、浆料等散装物料的自动化处理产线及设备，形成了锂电池物料自动化处理产线及设备、精细化工物料自动化处理产线及设备、橡

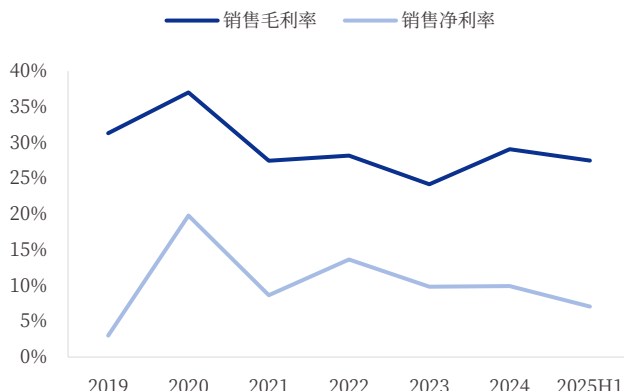
胶塑料物料自动化处理产线及设备成熟的应用方案。2025H1 公司实现收入 7.57 亿元，同比下降 19.32%；实现归母净利润 0.54 亿元，同比下降 15.70%。

图47：宏工科技营收/归母净利润及 YOY



资料来源：，中国银河证券研究院

图48：宏工科技销售毛利率和销售净利率



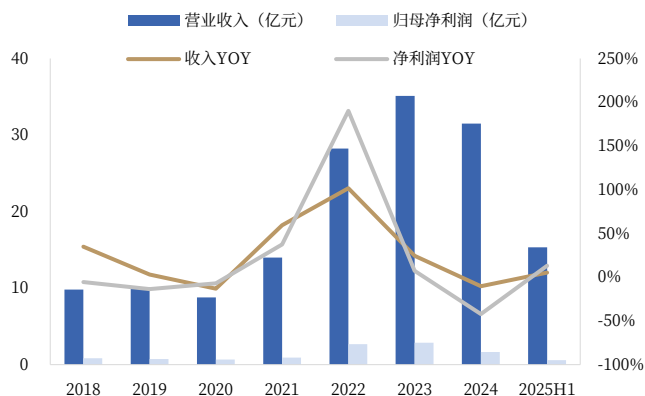
资料来源：，中国银河证券研究院

公司积极布局固态电池及干法电极相关工艺，与客户联合在国内率先落地硫化物固态电池实验线，工艺路径采用湿法工艺，需开发高密封性能制浆系统满足 OEB4 要求，包括投料系统、制浆设备。针对干法电极极片涂布厚度均匀性要求高，涂布段不良极片量多的问题，公司开发了干法电极产线废弃极片的脱粉处理回收利用系统，通过纯物理方式，可将干法电极涂覆段产生的较多不良极片以较低的成本进行脱粉回收处理，可有效降低回收极片中的集流体破碎率，目前正处于方案验证阶段。产品方面，公司研发或联合研发了混合均质一体机、干法研磨机、适用于干法电极的双螺杆挤出机、适用于固态电池的全自动吨袋拆包系统等。今年 2 月，公司与清研电子合资成立清研宏工，共同研发的干法电极前段工序核心设备——混合均质一体机，其性能指标已达到国际一流水平

9.联赢激光：国内激光焊接设备龙头，全固态电池装配线成功交付

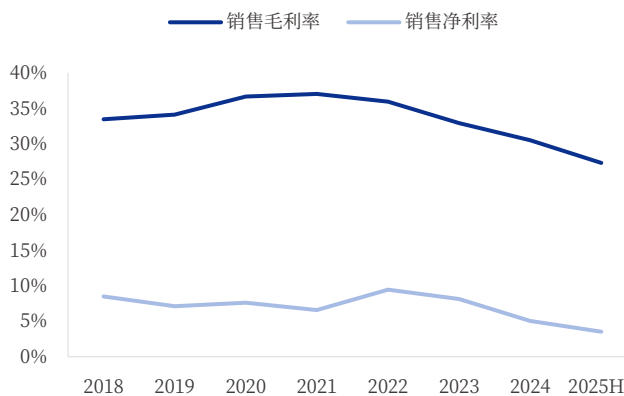
公司是国内领先的精密激光焊接设备及自动化解决方案供应商，专业从事精密激光焊接设备及智能制造解决方案的研发、生产、销售，产品广泛应用于动力及储能电池、汽车制造、消费电子、五金家电、光通讯、医疗器械、传感器、继电器等制造业领域。2025H1 公司实现收入 15.33 亿元，同比增长 5.30%；实现归母净利润 0.58 亿元，同比增长 13.16%。

图49：联赢激光营收/归母净利润及 YOY



资料来源：，中国银河证券研究院

图50：联赢激光销售毛利率和销售净利率



资料来源：，中国银河证券研究院

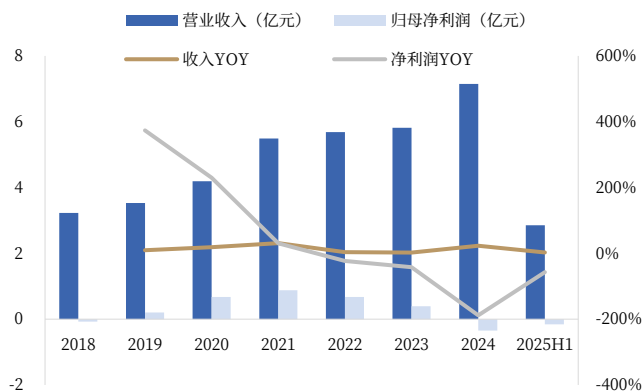
全固态电池工艺变化较大，带动对激光设备的新需求。公司已研发推出多台用于固态电池生产的激光焊接设备及激光清洗机和涂胶机，今年上半年为行业头部客户研制的首条全固态电池装配线

成功交付，主要包括极片清洗设备（UV 刻蚀设备/制痕设备）、涂胶设备、超声波焊接设备、侧缝焊接设备、PCB 焊接设备、顶盖和底盖焊接设备、密封钉焊接在内的 7 台设备。

10.德龙激光：推出固态电池超快激光设备，激光制痕绝缘方案获小批量订单

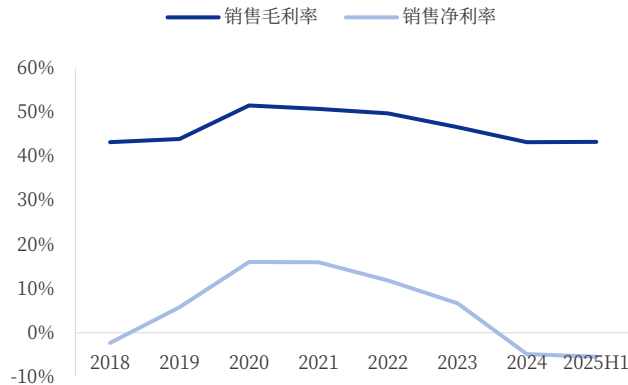
公司主营业务为高端工业应用精密激光加工设备及其核心器件激光器，主要聚焦于半导体、电子、光伏、锂电及面板显示等下游领域，为各种超薄、超硬、脆性、柔性及各种复合材料提供激光加工解决方案。2025H1 公司实现收入 2.85 亿元，同比增加 2.49%；归母净利润亏损 0.15 亿元，亏损幅度扩大 56.92%。

图51：德龙激光营收/归母净利润及 YOY



资料来源：，中国银河证券研究院

图52：德龙激光销售毛利率和销售净利率



资料来源：，中国银河证券研究院

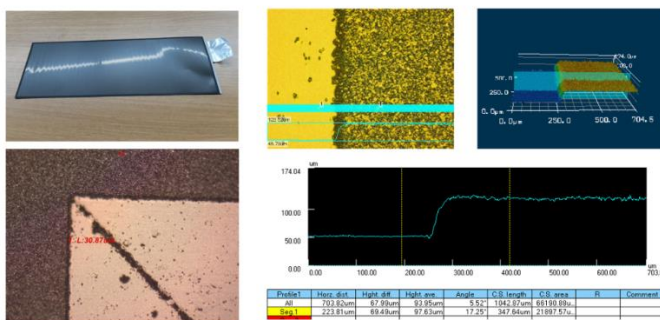
凭借在超快激光领域的深厚积累与前瞻性布局，公司针对固态电池制造工艺的四大挑战——固固界面问题、硅基负极低燃点易燃烧、硫化物电解质高韧性和低水氧密闭环境，推出全新的超快激光蚀刻刻槽、UV 打印一体化解决方案、超快激光切割硅碳负极、硫化物正极激光裁切及激光干燥、制片、绝缘制痕和叠片一体化集成方案。公司激光制痕绝缘方案已获得小批量订单。

图53：德龙激光激光干燥/制片/绝缘制痕/叠片一体化设备



资料来源：德龙激光公众号，中国银河证券研究院

图54：极片绝缘制痕(超快激光刻槽+UV 打印)



资料来源：德龙激光公众号，中国银河证券研究院

四、风险提示

1、宏观经济不及预期的风险：若宏观经济不及预期，可能导致下游企业资本开支意愿降低，进而影响设备投资额和设备企业业绩。

2、固态电池产业化进展不及预期的风险：目前固态电池行业仍处于初期阶段，若固态电池量产节奏不及预期，将影响设备需求。

3、技术研发进度不及预期的风险：固态电池技术尚未完全收敛，存在诸多产业化难点和瓶颈，若技术研发进展不及预期，将影响固态电池产业化进程；若工艺技术发生新的重大变化，将对设备研发进展和行业格局产生影响。

4、下游新兴领域发展不及预期的风险：固态电池在人形机器人、eVTOL 等新兴领域应用市场空间大，若新兴产业发展不及预期，将影响固态电池渗透节奏，进而影响设备需求。

5、原材料价格大幅上涨的风险：上游原材料价格受到政策、产能、竞争、供需等方面影响，存在大幅上涨的风险。

6、关税和出口贸易争端的风险：若后续关税、汇率及其他贸易政策发生超预期变化，将对固态电池设备出口造成影响。

图表目录

图 1: 固态电池正极性能要求	6
图 2: 固态电池负极性能要求	6
图 3: 固态电池正负极材料发展趋势	7
图 4: 硫化物全固态电池量产时间及技术路线	7
图 5: 全球固态电池出货量预测	8
图 6: 中国固态电池市场空间预测	8
图 7: 上汽 MG4 搭载半固态电池	8
图 8: 上汽智己 L6 搭载半固态电池	8
图 9: 全固态电池场景拓展路径	9
图 10: 不同应用场景对能量密度和成本的要求	10
图 11: eVTOL 对电池性能参数要求	10
图 12: 全球及中国固态电池专利申请情况	13
图 13: 固态电池当前瓶颈	19
图 14: 传统液态电池与固态电池成本对比 (美元/KWh)	20
图 15: 固态电池成本发展趋势	20
图 16: 传统液态电池主要生产工艺流程及对应设备	22
图 17: 固态电池材料与干/湿法工艺兼容性	23
图 18: 干法喷涂工艺和湿法工艺制备正极形貌及横截面表征对比	24
图 19: 湿法成膜技术的三种不同基底路线	26
图 20: 正极支撑成膜工艺	26
图 21: 粘结剂原纤化+热压延制备工艺	27
图 22: 干法喷涂技术制备工艺	27
图 23: 挤压工艺制备电解质膜及其特性	28
图 24: 干法电极制备工艺	28
图 25: 固态电池电极干法&湿法制备工艺对比	29
图 26: 极片补锂装置	30
图 27: 叠片工艺流程	31
图 28: 单轴辊压和等静压对比	31
图 29: 全固态电池等静压示意图	32
图 30: 固态电池适配软包封装方式	33
图 31: 先导智能营收/归母净利润及 YOY	37
图 32: 先导智能销售毛利率和销售净利率	37

图 33: 杭可科技营收/归母净利润及 YOY	39
图 34: 杭可科技销售毛利率和销售净利率	39
图 35: 赢合科技营收/归母净利润及 YOY	40
图 36: 赢合科技销售毛利率和销售净利率	40
图 37: 利元亨营收/归母净利润及 YOY	41
图 38: 利元亨销售毛利率和销售净利率	41
图 39: 先惠技术营收/归母净利润及 YOY	42
图 40: 先惠技术销售毛利率和销售净利率	42
图 41: 曼恩斯特营收/归母净利润及 YOY	43
图 42: 曼恩斯特销售毛利率和销售净利率	43
图 43: 纳科诺尔营收/归母净利润及 YOY	44
图 44: 纳科诺尔销售毛利率和销售净利率	44
图 45: 清研纳科干法电极量产装备方案	44
图 46: 清研纳科干法设备	44
图 47: 宏工科技营收/归母净利润及 YOY	45
图 48: 宏工科技销售毛利率和销售净利率	45
图 49: 联赢激光营收/归母净利润及 YOY	45
图 50: 联赢激光销售毛利率和销售净利率	45
图 51: 德龙激光营收/归母净利润及 YOY	46
图 52: 德龙激光销售毛利率和销售净利率	46
图 53: 德龙激光激光干燥/制片/绝缘制痕/叠片一体化设备	46
图 54: 极片绝缘制痕(超快激光刻槽+UV 打印)	46
表 1: 液态与固态电池对比	3
表 2: 四大固态电解质性能对比	4
表 3: 部分电池厂 eVTOL 用半固态电池进展	10
表 4: 宇树机器狗 Go2 及机器人 G1 电池参数	11
表 5: 中国固态电池相关支持政策	12
表 6: 国内电池企业固态电池技术路线及进展（不完全统计）	13
表 7: 国内车企固态电池进展（不完全统计）	16
表 8: 海外固态电池产业发展支持政策	17
表 9: 海外车企和电池厂固态电池进展（不完全统计）	18
表 10: 液态、半固态、全固态电池生产工艺流程对比	22
表 11: 湿法电极&干法电极对比	24
表 12: 不同干法工艺路线对比	26
表 13: 三种等静压技术对比	32

表 14: 全球全固态电池设备投资额预测.....	33
表 15: 中国全固态电池设备投资额测算.....	34
表 16: 固态电池各环节设备布局情况（不完全统计）	35
表 17: 非上市国内外等静压设备相关公司（不完全统计）	36
表 18: 先导智能部分固态电池设备.....	38
表 19: 杭可科技固态电池后处理系统.....	39
表 20: 赢合科技部分固态电池设备.....	40
表 21: 利元亨部分固态电池设备.....	41
表 22: 曼恩斯特部分固态电池设备.....	43

分析师承诺及简介

本人承诺以勤勉的执业态度，独立、客观地出具本报告，本报告清晰准确地反映本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告的具体推荐或观点直接或间接相关。

鲁佩，机械首席分析师。伦敦政治经济学院经济学硕士，证券从业 10 年，2021 年加入中国银河证券研究院，曾获新财富最佳分析师、IAMAC 最受欢迎卖方分析师、金牌分析师、中证报最佳分析师、Choice 最佳分析师、金翼奖等。

王震举，机械行业分析师。南开大学本硕，2022 年加入中国银河证券研究院，从事机械行业研究。

免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司（以下简称银河证券）向其客户提供。银河证券无需因接收人收到本报告而视其为客户。若您并非银河证券客户中的专业投资者，为保证服务质量、控制投资风险、应首先联系银河证券机构销售部门或客户经理，完成投资者适当性匹配，并充分了解该项服务的性质、特点、使用的注意事项以及若不当使用可能带来的风险或损失。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户的投资咨询建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告而取代自我独立判断。银河证券认为本报告资料来源是可靠的，所载内容及观点客观公正，但不担保其准确性或完整性。本报告所载内容反映的是银河证券在最初发表本报告日期当日的判断，银河证券可发出其它与本报告所载内容不一致或有不同结论的报告，但银河证券没有义务和责任去及时更新本报告涉及的内容并通知客户。银河证券不对因客户使用本报告而导致的损失负任何责任。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河证券不对其内容负责。链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

银河证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。银河证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

银河证券已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。除非另有说明，所有本报告的版权属于银河证券。未经银河证券书面授权许可，任何机构或个人不得以任何形式转发、转载、翻版或传播本报告。特提醒公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告。

本报告版权归银河证券所有并保留最终解释权。

评级标准

评级标准	评级	说明
评级标准为报告发布日后的 6 到 12 个月行业指数（或公司股价）相对市场表现，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，北交所市场以北证 50 指数为基准，香港市场以恒生指数为基准。	行业评级	推荐：相对基准指数涨幅 10%以上
		中性：相对基准指数涨幅在-5%~10%之间
		回避：相对基准指数跌幅 5%以上
	公司评级	推荐：相对基准指数涨幅 20%以上
		谨慎推荐：相对基准指数涨幅在 5%~20%之间
		中性：相对基准指数涨幅在-5%~5%之间
		回避：相对基准指数跌幅 5%以上

联系

中国银河证券股份有限公司 研究院	机构请致电：	
深圳市福田区金田路 3088 号中洲大厦 20 层	深广地区：	程 曦 0755-83471683 chengxi_yj@chinastock.com.cn 苏一耘 0755-83479312 suyiyun_yj@chinastock.com.cn
上海浦东新区富城路 99 号震旦大厦 31 层	上海地区：	陆韵如 021-60387901 luyunru_yj@chinastock.com.cn 李洋洋 021-20252671 liyangyang_yj@chinastock.com.cn
北京市丰台区西营街 8 号院 1 号楼青海金融大厦	北京地区：	田 薇 010-80927721 tianwei@chinastock.com.cn 褚 颖 010-80927755 chuying_yj@chinastock.com.cn
公司网址：www.chinastock.com.cn		