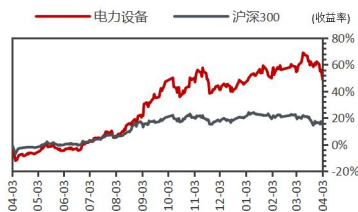


行业及产业

电力设备

强于大市

一年内行业指数与沪深 300 指数对比走势：



资料来源：聚源数据，爱建证券研究所

相关研究

《锂电行业跟踪：美国或取消对中国负极材料双反关税，碳酸乙烯酯价格上涨》2026-03-16

《光储行业跟踪：3 月光伏组件排产提升，硅料价格下探》2026-03-16

《锂电行业跟踪：津巴布韦暂停锂精矿出口，碳酸锂价格大幅上涨》2026-03-02

《光储行业跟踪：1 月国内新型储能新增投运装机规模同比高增，TOPCon 双玻组件价格稳定》2026-03-02

《数据中心供配电设备行业跟踪：海外主要云厂商资本开支持续增长，DRAM 价格小幅回落》2026-02-09

证券分析师

朱攀

S0820525070001

021-32229888-25527

zhupan@ajzq.com

固态电池技术迭代驱动工艺革新，增量设备迎机遇

——固态电池设备行业深度报告

投资要点：

- **固态电池设备整线企业集中度加剧，细分设备领域差异化竞争。**锂电设备整体市场集中度较高，固态和液态锂电池工艺部分环节差异显著，全固态电池更适配干法电极技术，增加了干法混合、干法涂布实现固态电解质膜制备；中段环节固态电池采用“叠片+极片胶框印刷+等静压技术”取代传统的卷绕工艺；后段从化成分容转向高压化成分容。
- **前段：核心增量是干混和纤维化等干法电极设备，需求空间包括液态锂电工艺迭代和固态电池产业化。**干法电极技术原理多样，各相关企业产品和开发进度具有明显的差异化，纤维化环节技术壁垒较高。目前，先导智能、曼恩斯特、尚水智能和金银河等企业虽工艺路线存在差异，但已有设备交付，有望在干法电极技术得到广泛应用时率先受益，先导智能已交付固态电池前段干法剪切混料设备和成膜复合设备；曼恩斯特已交付干法多辊成膜系统、陶瓷双螺杆纤维化设备；尚水智能已实现向比亚迪等企业小批量交付；金银河具备干法连续成膜和覆合成极片设备的接单能力；赢合科技、宏工科技和理奇智能等企业在干法电极设备领域已有布局。辊压设备行业纳科诺尔和赢合科技市占率领先。
- **中段：叠片+等静压+胶框印刷是关键，各厂商差异化竞争。**叠片工艺展现出更强的固态电池适配性，中国国产锂电叠片设备市场规模呈现高增长趋势，市场格局集中。等静压设备具有技术和超高压容器生产资质壁垒，格局较为复杂，参与者包括传统等静压设备企业、锂电设备厂商和锂电池厂商等，川西机器（中航机载子公司）等静压设备技术领先，锂电设备和电池厂商基本处于研发阶段，其中先导智能较为领先，可提供等静压致密化设备。激光制痕绝缘设备具备高精度和高生产效率等优势，德龙激光的制痕绝缘设备已进入多家客户供应链。
- **后段：主要涵盖高压化成分容、检测、模组及 PACK 集成等环节。**固态电池后段工艺通过高压化成工艺，在电芯首次充放电过程中实现界面致密化，构建稳定的锂离子传输通道。从工序配置看，全固态电池较液态锂电池显著升级了后段工艺，主要是化成分容环节由常规设备升级为高压化成分容机。高压化成分容设备呈现出高技术壁垒和高价值量特征。
- **有别于市场的观点：1) 前段干法电极：**我们认为干法电极工艺适配液态锂电池且比湿法工艺有性能和成本优势，干法工艺设备需求空间不仅包括固态电池远期预期，还包括液态锂电工艺从湿法切干法的升级需求，先导智能、曼恩斯特、尚水智能和金银河等企业均已设备交付，随着特斯拉在干法电极领域取得突破性进展，或带动电池厂商发力干法电极研发与应用，设备需求或迎来拐点；**2) 中段叠片+等静压+胶框印刷：**叠片设备行业集中度高，先导智能 2025 年市占率约 30%；等静压设备行业具有明显的技术和资质壁垒或难以介入，多数企业处于研发阶段，川西机器等专业等静压设备厂商和先导智能等锂电设备头部企业可供货，有望率先受益于固态电池产业化进程加速；胶框印刷路线选择多样，激光制痕绝缘具有精度和效率优势，在中国激光设备技术明显提升和国产化进程逐步推进趋势在，有望成为主流路线，德龙激光的制痕绝缘设备已进入多家客户供应链；**3) 后段：头部企业优势显著，市场地位稳固。**目前具有高压化成分容设备生产能力的企业主要包括杭可科技、先导智能和利元亨等；检测设备市场星云股份份额较高，市场地位稳固。
- **投资建议：建议关注固态电池设备关键增量和设备升级环节。**在固态电池产业化加速背景下，新增设备成为刚需，有望为固态电池设备市场贡献较大增量。建议关注：整线设备：先导智能（300450.SZ）、利元亨（688499.SH）、赢合科技（300457.SZ）；干法电极设备：纳科诺尔（920522.BJ）、曼恩斯特（301325.SZ）、金银河（300619.SZ）、宏工科技（301662.SZ）；焊接设备：骄成超声（688392.SH）；检测和高压化成分容设备：杭可科技（688006.SH）、星云股份（300648.SZ）；推荐：先惠技术（688155.SH）、德龙激光（688170.SH）。
- **风险提示：**技术路线迭代风险；客户集中度较高风险；产能过剩风险。

目录

1. 固态电池：下一代电池技术，产业化进程加速	6
1.1 优势：固态电解质替代电解液和隔膜，高安全性+高能量密度+长寿命	6
1.2 空间：商业化进程加速，市场空间广阔	7
1.3 设备：细分龙头优势显著，整线供应商集中度高	9
2. 前段：固态电池极片和电解质膜制备的关键环节	12
2.1 电解质成膜：工艺多样，全固态电池制造的核心	12
2.2 电极加工：湿法工艺较为成熟，干法工艺或成主流	12
2.3 湿法搅拌：使各组充分接触，利于后续制造流程	15
2.4 湿法涂布烘干：工艺成熟适配性好，面临能耗和环保问题	15
2.5 干混纤维化：低成本+高性能，一致性和量产稳定性需提升	16
2.6 辊压：干法辊压设备逐步推出，行业集中度高	17
2.7 分切/模切：电极成型关键工序，市场规模稳步提升	17
3. 中段：固态电池组装核心环节，各厂商差异化竞争	18
3.1 叠片：工艺对固态适配性强，叠片机用量增加	18
3.2 等静压：技术持续进步，跨界企业众多	20
3.3 胶框印刷：固态电池增量环节，避免固态电池受压短路	23
3.4 激光制痕绝缘：极片边缘预设沟槽，精度和效率高	24
4. 后段：检测设备行业集中度高，化成分容设备需升级	26
4.1 概述：后段工艺价值凸显	26
4.2 高压化成分容：技术壁垒铸就价值高地	26
4.3 检测、模组/PACK 设备：规模持续增长	27
5. 投资建议	28
6. 风险提示	29

图表目录

图表 1：电池内部结构示意图	6
图表 2：固态电池与液态电池对比	7
图表 3：锂离子电池热失控机理图	7
图表 4：锂离子电池热失控临界温度图	7
图表 5：液态锂电池价格下降	8
图表 6：固态电池与液态电池成本比较	8
图表 7：全球固态电池出货量逐渐提升（GWh）	8
图表 8：2025 年中国固态电池市场规模或达 24 亿元	8
图表 9：全球固态电池市场规模逐步扩大	8
图表 10：预计 2030 年中国固态电池渗透率明显提升	8
图表 11：电池生产包括极片制作、电芯装配和分容配组等流程	9
图表 12：固态电池与液态电池在生产流程上存在差异	9
图表 13：液态和固态电池工序对比	10
图表 14：固态电池前中后段设备价值量占比差异	10
图表 15：固态电池设备供应商	11
图表 16：2024 年先导智能锂电设备市占率约 34%	11
图表 17：先导智能在模组/PACK 设备市占率较高	11
图表 18：固态电池设备主要企业进度	11
图表 19：固态电解质三种成膜工艺	12
图表 20：干法和湿法电极优劣势对比	13
图表 21：干法和湿法电极工艺设备示意	13
图表 22：干法电极工艺流程	13
图表 23：干法工艺与湿法工艺对比	13
图表 24：干法电极企业进度	14
图表 25：搅拌机图示	15
图表 26：国内搅拌机主要厂商	15
图表 27：涂布机图示	15
图表 28：涂布设备供应商	16
图表 29：干法混合机图示	17
图表 30：纤维化设备图示	17

图表 31：辊压机图示	17
图表 32：辊压机市场排名	17
图表 33：分切机示意	18
图表 34：中国模切机市场规模稳步增长	18
图表 35：卷绕工艺与叠片工艺电芯结构对比示意图	18
图表 36：卷绕工艺将相极片和隔膜等按尺寸卷成极芯	19
图表 37：叠片工艺将极片和隔膜交替堆叠	19
图表 38：叠片相较于卷绕工艺在电池性能提升方面具有优势	19
图表 39：叠片工艺可分为分段叠片与一体化叠片	20
图表 40：中国锂电池叠片设备市场规模	20
图表 41：2025 年中国锂电池叠片设备市场集中度较高	20
图表 42：全固态电池等静压示意图	21
图表 43：等静压技术可分为冷等静压、温等静压和热等静压三类	21
图表 44：冷等静压机产品图	21
图表 45：温等静压机产品图	21
图表 46：全球等静压设备市场规模逐渐提升	22
图表 47：等静压设备主要用于航空航天等高端制造业	22
图表 48：国内外锂电设备、电池厂企业加速推进等静压技术/设备研发	22
图表 49：国内外传统等静压设备企业加速推进等静压技术/设备研发	23
图表 50：固态电池极片边缘在外部高压下易变形导致短路	23
图表 51：胶框印刷工艺在电极边缘制作回形框，起到支撑与绝缘作用	23
图表 52：不同胶框打印工艺对比	24
图表 53：利元亨固态电池胶框印刷和叠片一体机	24
图表 54：高能数造推出胶框打印设备	24
图表 55：激光制痕绝缘工作原理	25
图表 56：激光制痕通过激光束在材料表面扫描形成刻痕	25
图表 57：德龙激光推出激光制痕绝缘设备	25
图表 58：全球激光制痕绝缘设备市场规模逐步提升（百万美元）	25
图表 59：激光制痕绝缘设备技术壁垒铸就上游，专业分工驱动中下游	26
图表 60：固态电池与液态电池后段工序对比	26
图表 61：利元亨高压化成分容设备图	27

图表 62：杭可科技高压化成分容设备图	27
图表 63：化成分容与高压化成分容设备对比	27
图表 64：高压化成分容设备市场规模逐步扩大	27
图表 65：预计全球锂电模组/PACK 市场规模将持续增长	28
图表 66：固态电池设备行业相关公司估值表	29

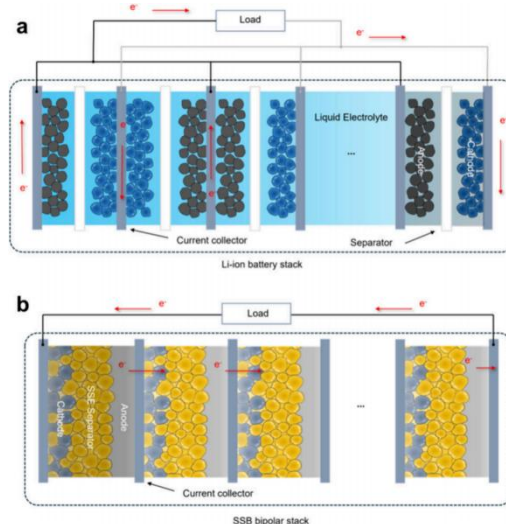
1. 固态电池：下一代电池技术，产业化进程加速

随着全球新能源汽车渗透率和储能需求的持续攀升，锂电池行业维持高景气度。然而，传统液态锂离子电池在能量密度和安全性方面逐渐暴露其理论瓶颈，难以满足市场对更高续航、更快充电和更高安全性的极致追求。在此背景下，固态电池（Solid-State Battery, SSB）作为能够同时解决能量密度与安全焦虑的颠覆性技术路线，其产业化进程正全面加速，被行业普遍视为下一代锂电技术的必然选择。

1.1 优势：固态电解质替代电解液和隔膜，高安全性+高能量密度+长寿命

概念：固态电池采用固态电解质替代液态锂离子电池中的电解液及隔膜。根据电解质材料的不同，固态电池主要分为三大技术路线：氧化物固态电池（如 LLZO、LATP）、硫化物固态电池（如 LGPS、 $\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5$ ）以及聚合物固态电池（如 PEO 基电解质）。此外，根据液态电解质含量，还可分为半固态电池（液态电解质含量 5-10wt%）、和全固态电池（液态电解质含量 0%）。

图表 1：电池内部结构示意图



资料来源：Chemical Reviews，爱建证券研究所

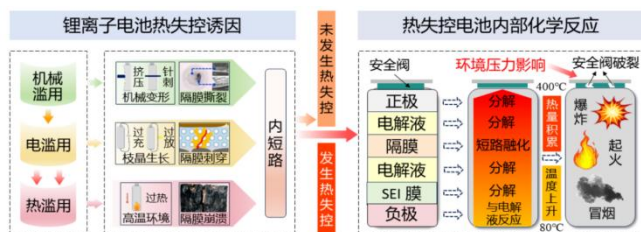
优势：高安全性+高能量密度+长寿命。采用固态电解质有望使电池性能实现全方位提升：**能量密度：**固态电解质具备更高的化学稳定性，允许匹配更高比容量的正负极材料（如高镍正极、金属锂负极）突破现有材料体系的能量密度上限。理论上，固态电池的能量密度可达 400-500Wh/kg，远超当前主流锂离子电池的 260-280Wh/kg 水平。**安全性：**固态电解质具有不可燃、耐高温、无腐蚀的特性，避免了传统液态电池因电解液泄漏而引发热失控、燃烧爆炸的风险，并显著降低对电池管理系统（BMS）中复杂温控系统的依赖。**循环寿命：**在固态电池中，电极/电解质界面处的副反应较少，从而减少了活性锂的不可逆损耗，使得电池的循环寿命得到延长。

图表 2：固态电池与液态电池对比

对比维度	固态电池	液态锂离子电池
能量密度	理论能量密度可达 400–500Wh/kg 以上，下一代技术可突破传统瓶颈	理论上限约 350Wh/kg，主流产品仅 260–280Wh/kg，性能已接近理论极限
安全性	固态电解质热分解温度较高，可消除电解液泄漏、燃烧及热失控风险	有机电解液易燃、易泄漏，存在热失控隐患，需依赖复杂温控系统降低风险
热失控风险	电解质不可燃，大幅降低热失控概率	电解液与电极易发生副反应，碰撞、过充、过热等滥用场景易引发热失控
循环寿命	无 SEI 膜持续增厚问题，减少锂离子损失，电池寿命显著延长	SEI 膜随充放电增厚，导致电阻升高、容量衰减，循环寿命较短
低温性能	固态电解质在低温下保持稳定，可在宽温区（如 -40°C~60°C）稳定工作	低温下电解液粘度上升、离子传导性差，性能呈非线性恶化

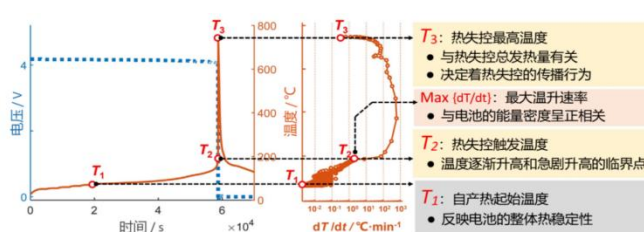
资料来源：国际高新技术研究院，韦伯咨询，爱建证券研究所

图表 3：锂离子电池热失控机理图



资料来源：ESCN，爱建证券研究所

图表 4：锂离子电池热失控临界温度图

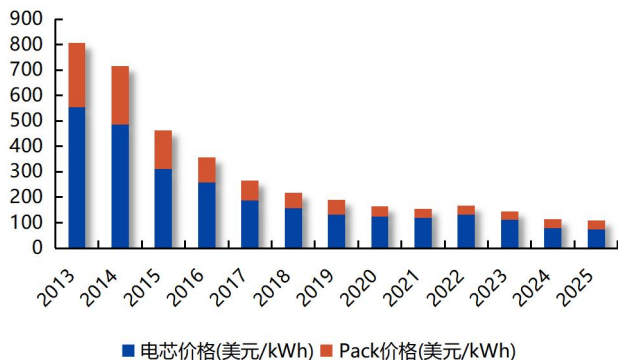


资料来源：ESCN，爱建证券研究所

1.2 空间：商业化进程加速，市场空间广阔

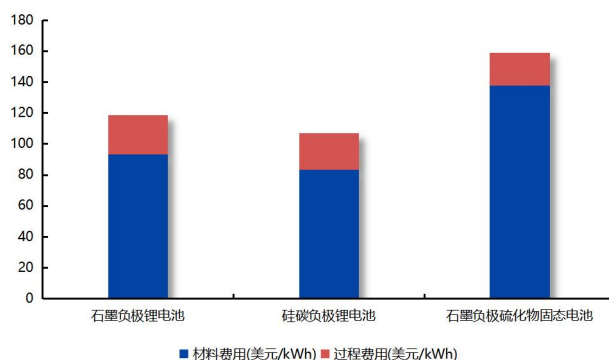
固态电池降本路径清晰，商业化进程逐步加速。从成本构成来看，当前固态电池的核心成本压力主要来自于固态电解质等关键材料以及尚不成熟的生产工艺。相比于锂离子电池，固态电池在材料成本和制造成本上暂不具备优势。然而回顾锂离子电池商业化历程，得益于规模效应、工艺迭代与供应链成熟等因素，锂离子电池 Pack 价格经历了快速下降过程。当前，全球主流厂商正积极布局上游关键材料的产线，并通过优化干法电极、等静压、高压化成等核心工艺来提升生产良率与效率。随着产业链的协同发展和规模化效应的逐步显现，固态电池的成本有望快速下降，逐步缩小与液态电池的成本差距，并最终具备商业化应用的经济性。

图表 5：液态锂电池价格下降



资料来源：Bloomberg NEF，爱建证券研究所

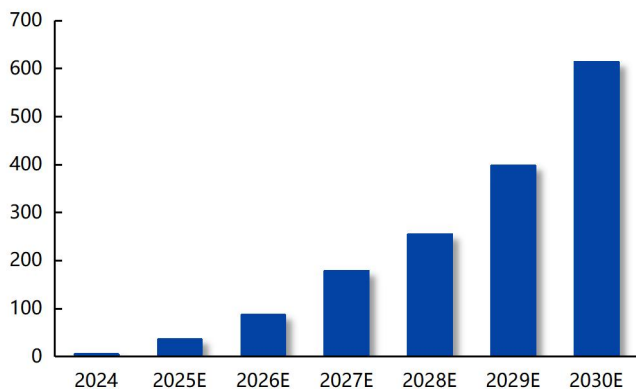
图表 6：固态电池与液态电池成本比较



资料来源：Energy Technology，爱建证券研究所

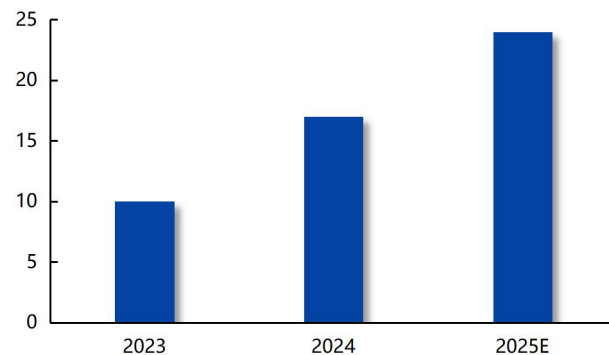
全球固态电池市场规模逐步扩大，渗透率逐渐提升。据前瞻产业研究院数据，全球固态电池出货量持续提升，市场规模将快速增长，到 2030 年有望突破 1100 亿元。据 SMM 数据，消费电子对能量密度要求更高，叠加用户体验升级等因素，或成为固态电池商业化落地的试验田，渗透率有望率先突破 10%；储能板块电芯成本敏感度较高，当前储能以配套示范性项目为主，预计 2030 年固态电池储能领域渗透率约 2%。

图表 7：全球固态电池出货量逐渐提升 (GWh)



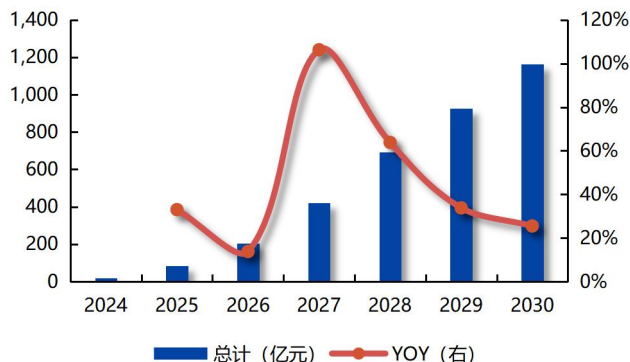
资料来源：中商产业研究院，爱建证券研究所

图表 8：2025 年中国固态电池市场规模或达 24 亿元



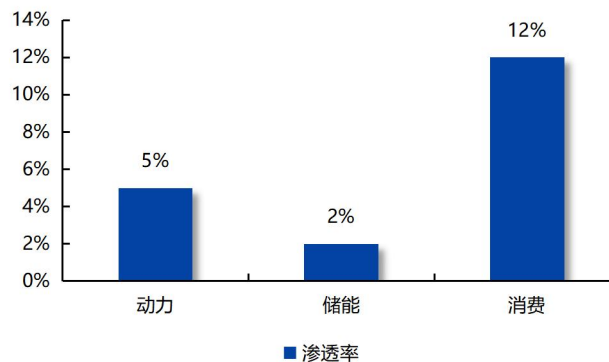
资料来源：中商产业研究院，爱建证券研究所

图表 9：全球固态电池市场规模逐步扩大



资料来源：前瞻产业研究院，爱建证券研究所

图表 10：预计 2030 年中国固态电池渗透率明显提升

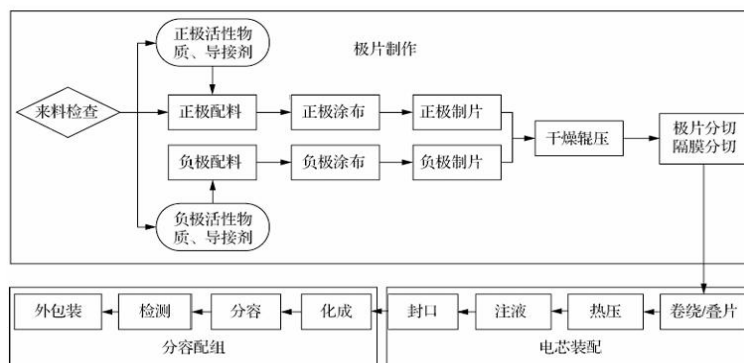


资料来源：EVTank，SMM，爱建证券研究所

1.3 设备：细分龙头优势显著，整线供应商集中度高

固态和液态锂电池工艺上整体类似，部分环节差异明显。前段固态电解质和极片制作环节，全固态电池更适配干法电极技术，增加了干法混合、干法涂布实现固态电解质膜制备；中段电芯装配环节，固态电池采用“叠片+极片胶框印刷+等静压技术”取代传统的卷绕工艺，并由于不采用电解液，注液工序取消；后段化成分容环节，从化成分容转向高压化成分容。

图表 11：电池生产包括极片制作、电芯装配和分容配组等流程



资料来源：《新能源汽车单体动力电池生产工艺》，爱建证券研究所

图表 12：固态电池与液态电池在生产流程上存在差异



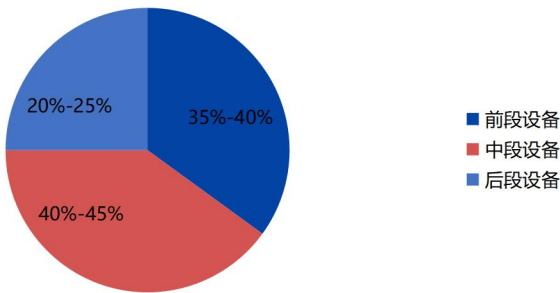
资料来源：新能源时代，爱建证券研究所

图表 13：液态和固态电池工序对比

工序			设备名称	液态	半固态		全固态			全固态
				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	设备变化
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	组装机	√	√	√	√	√	√	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，爱建证券研究所

图表 14：固态电池前中后段设备价值量占比差异



资料来源：EVTank，爱建证券研究所

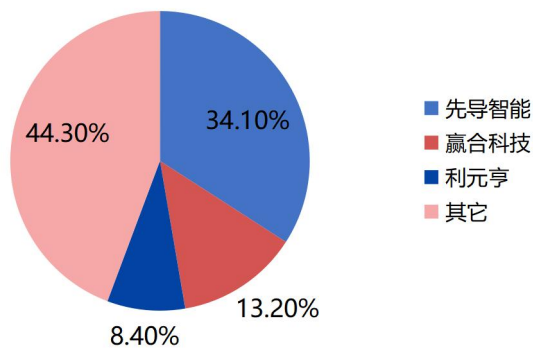
固态电池设备整线企业集中度加剧，细分设备领域差异化竞争。据 Frost&Sullivan 数据，从锂电设备整体市场看，先导智能以约 42% 的市占率领先，市场集中度较高。星云股份在检测设备领域市占率较高，凭借技术壁垒与客户粘性构筑深厚护城河，市场地位稳固。据中商产业研究院，2024 年全球固态电池设备市场规模为 40 亿元，其中半固态电池设备市场规模为 38.4 亿元，全固态电池设备市场规模为 1.6 亿元，2030 年全球固态电池设备市场规模或将超过千亿元。

图表 15：固态电池设备供应商

企业	主要业务和产品
先导智能	高端自动化成套装备，覆盖锂电池前、中、后段全流程设备（涂布、辊压、分切、卷绕、叠片、化成等），光伏电池/组件设备，薄膜电容器设备。全球唯一能提供固态电池量产全工艺环节设备的企业。
赢合科技	锂电池生产设备，涵盖涂布、辊压、分切、制片、卷绕、叠片、组装线等核心工艺设备。推出 Super-E 型涂布机、超高速多工位切叠一体机等产品。
曼恩斯特	智能涂布设备，布局“湿法+干法”双工艺涂布技术，应用于锂电池极片涂布环节。
纳科诺尔	精密辊压设备，专注于干法电极工艺辊压机，是国内辊压设备领域龙头。
联赢激光	激光焊接及自动化装备，应用于锂电、消费电子等领域。在固态电池极片成型和封装环节具备激光工艺优势。
利元亨	智能制造装备整线解决方案，可提供硫化物全固态电池整线设备，覆盖前、中、后段工艺。主要产品包括电极干法涂布设备、电极辊压、电解质热复合一体机、胶框印刷、叠片一体机和高压化成分容等核心设备，并针对硫化物电池的防爆、防毒需求设计了三级防护体系。
先惠技术	模组 PACK 设备及干法电极设备，辊压机产品已进入固态电池客户供应链。
杭可科技	锂电池生产后段系统设计、研发、生产、销售及服务，目前在充放电、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。后段设备专家，专注于化成分容、内阻测试等电池后处理系统，研发适配固态电池的高压化成分容设备。
海目星	激光及自动化装备，应用于锂电、消费电子、光伏等领域。在固态电池极片成型和封装环节具备激光技术优势。
科恒股份	干法涂布设备，是国内首批干法涂布设备制造商，设备已交付客户使用。深圳浩能围绕干法设备、固态电池、钙钛矿电池等方面发力，构建智能装备技术发展根基，打造支撑行业未来创新的核心平台。

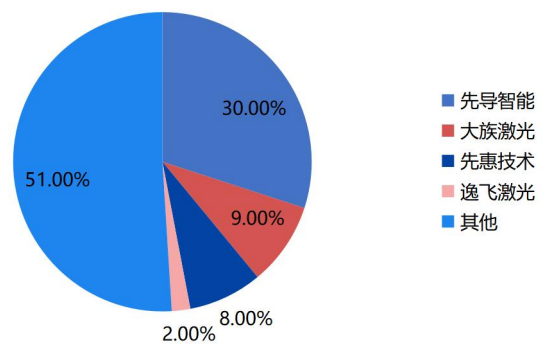
资料来源：汽车视界研究，爱建证券研究所

图表 16：2024 年先导智能锂电设备市占率约 34%



资料来源：Frost&Sullivan，观研报告网，爱建证券研究所

图表 17：先导智能在模组/PACK 设备市占率较高



资料来源：GGII，爱建证券研究所

图表 18：固态电池设备主要企业进度

企业	设备工段	可提供/在研设备	客户端进展
先导智能	整线	全固态电池整线解决方案：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，并已完成部分高速量产机型的开发。	已向欧洲、美国、日韩及国内头部电池企业、知名车企交付各工段固态电池生产设备，获客户高度认可及重复订单；与宁德时代深度战略合作
赢合科技	整线	湿法固态与干法固态双工艺（半固态电池）：固态湿法涂布、固态湿法辊压、固态电解质转印、干法分散及纤维涂布、辊压、电解质转印），用于中试线建设；向多家客户交付核心固态电池相关设备	已向国内某头部电池企业交付核心固态电池设备（湿法涂布、固态湿法辊压、固态电解质转印、干法分散及纤维涂布、辊压、电解质转印），用于中试线建设；向多家客户交付核心固态电池相关设备
杭可科技	后段	200 吨/500 吨液压模式夹具机（高压化成分容设备），与清陶能源、卫蓝新能源签署战略合作协议，订单金额超 3 亿元；拥有固态电池后处理系统集成生产压力精度行业领先，拥有固态电池后处理系统集成生产超 3 亿元；与韩国头部企业、大众、特斯拉、丰田等合作，固态电池中试线交付样机	与清陶能源、卫蓝新能源签署战略合作协议，订单金额超 3 亿元；与韩国头部企业、大众、特斯拉、丰田等合作，固态电池中试线交付样机
利元亨	整线	全固态电池量产全线工艺：覆盖电极制备、电解质复合、高压化成等全环节	中标国内首个硫化物固态电池整线项目（广汽埃安），并已交付；与 30 多家客户交流固态电池技术和业务，并已向美国客户交付固态电池前段设备
璞泰来	整线	搅拌机、干法成膜设备、干法复合设备、湿法涂布机、与锂金属负极成型设备、叠片机、辊压设备、流化床；后段等静压设备积极布局中	已向国内外头部客户交付干法和固态电池极片设备；与北京恩力、中科固能、Blue Solutions 等签订战略合作协议
海目星	整线	深度参与多家全球新能源大厂的中试线开发和建设，能与欣界能源签订 2GWh 设备采购框架合同；准固态电	

完整实现从干法电极到裸电芯组装到等静压及高压化池量产线签约，电解液含量 <5%，能量密度 >450Wh/kg	
形成小批量订单	后段
超声波焊接、裁切及检测设备和配件，超声波焊接设备可用于固态电池极耳焊接	后段

资料来源：企业官网，OFWeek，时代商业研究院，爱建证券研究所

2. 前段：固态电池极片和电解质膜制备的关键环节

2.1 电解质成膜：工艺多样，全固态电池制造的核心

湿法成膜：包括模具支撑成膜、正极支撑成膜和骨架支撑成膜。湿法成膜的核心是粘结剂与溶剂选取，溶剂需易蒸发并对电解质有良好的分散和化学稳定性。湿法的缺点是溶剂可能有毒，总体成本相对高。模具支撑成膜：适用于聚合物和复合电解质，将固态电解质分散液倒入模具，溶剂蒸发后获得固态电解质膜；正极支撑成膜：适用于无机和复合电解质膜，即将固态电解质分散液直接浇在正极表面，溶剂蒸发后，在正极表面形成固态电解质膜；骨架支撑成膜：适用于复合电解质膜，将电解质分散液注入骨架中，溶剂蒸发形成骨架支撑的固态电解质膜，可提升电解质膜的机械强度。

干法成膜：该方法不使用溶剂，无溶剂残留。主要包括粘结剂原纤化、干法喷涂和热熔挤压等，干法的缺点在于电解质膜相对较厚，由于其内部不含活性物质，会在一定程度上限制固态电池能量密度的提升。

其他成膜工艺：包括化学、物理、电化学气相沉积等方法，此类工艺成本较高，适合于薄膜型全固态电池。

图表 19：固态电解质三种成膜工艺

湿法成膜工艺		干法成膜工艺	其他成膜工艺
模具支撑成膜	聚合物及复合电解质膜	粘结剂原纤化	化学气相沉积
正极支撑成膜	无机及复合电解质膜	干法喷涂	物理气相沉积
骨架支撑成膜	复合电解质膜	热熔挤压	电化学气相沉积

资料来源：《全固态电池生产工艺分析》，爱建证券研究所

2.2 电极加工：湿法工艺较为成熟，干法工艺或成主流

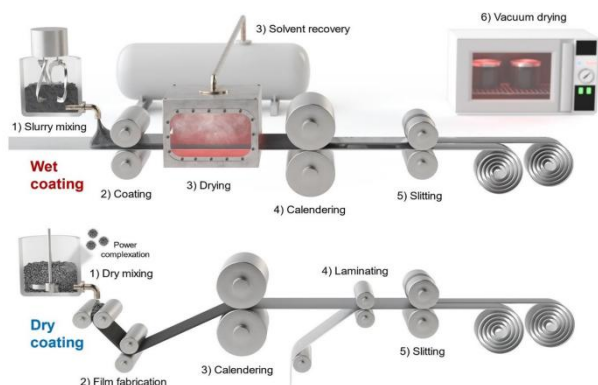
干法工艺用粘结剂与电极粉料直接加工成膜，或成未来主流工艺。干法工艺：将活性颗粒、导电剂和进行干混均匀后加入粘接剂，在粘接剂原纤化作用下形成自支撑膜，最后辊压覆盖在集流体表面。**湿法工艺：**将活性物、导电剂、粘接剂按比例混合在溶剂中，并通过狭缝涂布模头按要求涂覆在集流体表面并辊压。干法工艺可省去涂布、烘干等极片加工环节，具有环保、成本低、极片更致密等优势，可使电池能量密度更高、倍率与循环性能更好。干法电极目前面临的挑战主要包括粘结剂体系受限和工艺控制难度高等。

图表 20：干法和湿法电极优劣势对比

	干法	湿法
优势	在制作过程不使用溶剂，黏结剂以纤维状态存在，与活性材料颗粒表面为点接触，不影响活性材料颗粒间的内部接触，相较来说对黏结剂要求不如干法的高，基本不存在因固界活性材料颗粒之间以及与导电剂颗粒的接触更紧密，使锂离子阻抗大的情况，设备要求要比干法多，干法需增加捏纤子能够更好地在活性材料表面嵌脱，电极的导电性好、容量维化设备，主要为气流粉碎、螺杆挤出机、开炼机等。高，对高倍率放电有利。	使用溶剂来溶解黏结剂，活性材料颗粒表面被黏结剂涂层包裹，会阻碍活性材料颗粒之间以及与导电剂颗粒的接触，导致电极导电性降低，电极中残留的溶剂还会与电解液发生副反应，使电极性能下降，如容量降低、产气率和寿命缩短等。
劣势	对黏结剂要求高，锂电池多次循环后膨胀系数加大，干法工艺容易掉粉，会因界面阻抗剧增；其主要活性材料 NCM811 易与负极反应；对模压要求高，自支撑膜容易掉粉。	

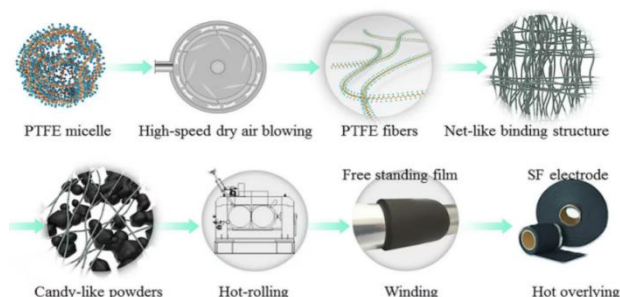
资料来源：艾邦锂电网，爱建证券研究所

图表 21：干法和湿法电极工艺设备示意



资料来源：Etelux，爱建证券研究所

图表 22：干法电极工艺流程



资料来源：Journal of Power Sources，爱建证券研究所

图表 23：干法工艺与湿法工艺对比

项目	干法电极	湿法电极	说明
工艺流程			
工艺步骤	少	多	干法无需烘干回收溶剂，生产效率可提升至原湿法的 7 倍
制造成本	低	高	生产成本综合下降 18%
能源消耗	低	高	-
电池性能			
压实密度	大	小	磷酸铁锂压实密度提升幅度 32.61%，三元材料压实密度提升 8.38%。石墨负极压实密度提升幅度 11.04%
面容量	大	小	干法无需溶剂，活性物质和导电剂之间的空隙较湿法更少，单位面积内能有更多的活性物质。
可实现能量密度	大	小	干法电极能量密度可以超过 300Wh/kg，具备 500Wh/kg 的实现路径；湿法目前最大能量密度未突破 300Wh/kg
实验室循环性能	高	低	-
耐久性	高	低	PTFE 原纤化后，原纤维能让活性物质间粘连更紧密，且能防止活性物质在循环过程中脱落
交流阻抗	低	高	PTFE 纤维构成的黏结剂钝化网在锂离子来回脱嵌过程中会被逐步冲破，形成更好的导电网络
电压平台	无差异	无差异	-
水分含量	低	高	干法电极生产无需溶剂，全程采用干湿的方式
其他			
预锂化	更适配	一般适配	干法生产环境迎合预锂化对于干燥环境的需求；湿法粘接剂 CMC-SBR 和溶剂与预锂化合物不兼容；预锂化合物可能与溶剂反应

制 成 工 艺	粘接剂原纤化， 静电喷涂	涂布烘烤	-
环 境 友 好 程 度	高	低	NMP 有毒，对环境不友好：湿法溶剂的干和回收需要消耗大量电能
可 应 用 领 域	固态电池、4680 普通电池、超级 电容	普通电池	-

资料来源：Etelux，爱建证券研究所

干混和纤维化设备是干法电极核心增量环节，各企业差异化竞争。干法电极技术原理多样，各相关企业采用工艺和技术路线或有不同，产品和开发进度具有明显的差异化。目前，先导智能、曼恩斯特、尚水智能和金银河等企业工艺路线存在差异，但是均已有关设备交付，有望在干法电极技术得到广泛应用时率先受益，先导智能已交付固态电池前段干法剪切混料设备和成膜复合设备；曼恩斯特已交付干法多辊成膜系统、陶瓷双螺杆纤维化设备；尚水智能已实现向比亚迪等企业小批量交付；金银河具备干法连续成膜和覆合成极片设备的接单能力；赢合科技、宏工科技和理奇智能等企业在干法电极设备领域已有布局。

图表 24：干法电极企业进度

企业名称	干法电极工艺	主要设备	相关进展
先导智能	粉料混合/纤维化一体→干法涂布 (即辊压覆膜一体机)	干法极片设备(包括粉末混合机、辊压覆膜一体机)	(1) 干法涂布设备(即辊压覆膜一体机)可实现最大幅宽 1000mm、负极最高速度 80m/min、正极最高速度 60m/min; (2) 已与欧美、中国、日韩等企业开展了固态电池及干法电极相关合作，已交付固态电池前道干法剪切混料设备、成膜复合设备
赢合科技	干法搅拌→粉料纤维化→成膜和复合	干法电极辊压机	(1) 干法搅拌设备第一代实验机完成，第二代进行中 (2) 第四代干法电极成膜和复合一体化设备研发中
曼恩斯特	配料混合→纤维化→成膜和复合	干法双螺杆纤维化设备、干法制膜复合一体机	已交付干法多辊成膜系统、陶瓷双螺杆纤维化设备
金银河	混合分散→纤维化→复合成膜压制成型	高速粉料混合分散系统、超强剪切聚合物纤维化系统、电极成膜物料精确进给系统、复合成膜压制系统、复合电极成型系统	(1) 干法连续成膜及覆合成极片设备具备接单能力 (2) 从上料及纤维化到出极片的高速连续量产线预计 2024 年度内可完成量产线
宏工科技	配料输送→纤维化→辊压成膜	混合均质一体机、双螺杆挤出机	完成锂电池干法电极系统的研发
理奇智能	材料预混→分散包覆→粘接剂纤维化→纤维网络均质→辊压成膜→集流体热压复合	高混机、预混机、捏合机、双螺杆挤出机等	(1) 2024 年至今，理奇智能针对干法电极技术趋势，启动研发干法电极粉料混料与辊压技术，并与海内外一线锂电池制造厂商开展带料测试与验证工作 (2) 分体干法压延机等样机处于样机验证阶段
尚水智能	(1) 半干法电极：高固含制浆→螺杆挤出涂布或多级辊压→辊压分切 (2) 干法电极：粉末混合包覆→纤维机、多级辊压覆膜一体机、辊维化造粒→多级辊压减薄覆膜→辊压分切一体系统压分切	双传动包覆机、双螺杆挤出机	(1) 半干法电极制备技术已进入第二代设备与工艺研发阶段。第一代设备已交付给中科院物理研究所(其产业化平台为卫蓝新能源)等客户。计划在 2026 年下半年完成半干法电极制备技术中试线技术储备，2026 年底完成半干法电极制备技术量产线技术储备。 (2) 干法电极制备技术已进入第三代设备与工艺研发阶段。第一、二代设备已小批量交付给比亚迪、因湃电池、宁德新能源、珠海冠宇等客户进行液态锂离子电池和固态电池的研发制造。计划在 2026 年下半年完成干法电极制备技术中试线技术储备，2027 年完成干法电极制备技术量产线技术储备，具体实际应用时间需要综合考虑市场趋势和客户的电池研发进度。

资料来源：尚水智能招股说明书，爱建证券研究所

2.3 湿法搅拌：使各组分充分接触，利于后续制造流程

搅拌设备主要通过搅拌叶与公转框的相互转动来实现对物料的搅拌。在运转过程中，搅拌叶高速旋转对物料进行强力搅动。而公转框则带着搅拌叶围绕容器中心做圆周运动，进一步扩大了搅拌的范围，使物料在不同位置都能得到充分的搅拌。这一过程极大地增强了液固相间的质量传递，让各种成分之间能够充分接触、混合，从而为后续的电池制造工艺奠定良好基础。据起点研究院数据，理奇智能、宏工科技等厂商占据了国内搅拌机的大部分市场份额。

图表 25：搅拌机图示



资料来源：科尼乐官网，爱建证券研究所

图表 26：国内搅拌机主要厂商

2025中国锂电搅拌设备市场份额TOP5		
1	理奇智能	AutoRICH 理奇
2	宏工科技	ONGOAL 宏工
3	尚水智能	尚水智能 SHANGSHU
4	红运机械	红运机械 Hongyun Machinery
5	金银河	金银河智能装备

资料来源：起点研究院，爱建证券研究所

2.4 湿法涂布烘干：工艺成熟适配性好，面临能耗和环保问题

湿法涂布工艺成熟适配性好，面临能耗和环保问题。涂布工艺是将一层或者多层流体涂覆在一种基材上的工艺，基材通常为柔性薄膜或衬纸，随后涂覆的流体涂层经过烘箱干燥或固化使之形成一层具有特殊功能的膜层。锂离子电池极片涂覆的方式目前主要有逗号辊转移涂布和狭缝挤压涂布。先导智能、嘉拓智能和赢合科技等是涂布设备的领先供应商。

图表 27：涂布机图示



资料来源：赢合科技官网，爱建证券研究所

图表 28：涂布设备供应商

全球主要涂布设备供应商	主要业务
先导智能	高速宽幅涂布技术；全自动面密度闭环控制；智能化烘箱系统
嘉拓智能	双面高速涂布机；多工艺设备整合
赢合科技	小间隙涂布技术；宽幅模头设计
科恒股份	面密度仪与模头可以形成闭环控制；CCD 尺寸闭环控制；西门子总线控制模式；尾料贴终止胶；可实现基材的同一面涂布双层材料；MES 联动，远程云端控制设备
日本平野	高稳定性转移式涂布；精密狭缝涂布技术；应用领域：消费类电池和动力电池高端市场
韩国 PNT	多功能涂布平台；精密涂布控制系统；客户：三星 SDI、LG 新能源等韩系电池巨头
特色技术企业	主要业务
海目星	激光追溯、双工位转塔；追溯效率 120m/min，箔材残留减少 75%
信宇人	SDC 双面同时涂布；面密度精度行业领先，单价超 600 万元
曼恩斯特	双层全自动模头 COV<0.2%，调试时间缩短 30%

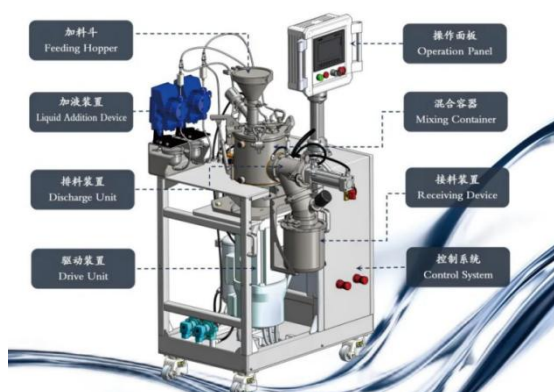
资料来源：智研咨询，起点研究院，爱建证券研究所

2.5 干混纤维化：低成本+高性能，一致性和量产稳定性需提升

干混：干混机工作原理主要有对流混合、扩散混合、剪切混合和重力混合等多种机制，不同类型干混机可能以其中一种或多种机制为主。对流混合：通过机械力（如搅拌桨、螺旋带等）使物料在混合容器内大规模随机移动，形成类似流体的对流运动；扩散混合：利用物料颗粒之间的微观扩散作用，使各组分颗粒在局部范围内逐渐分离并重新分布；剪切混合：通过高速旋转的搅拌桨、刀片或螺旋等部件，对物料施加强烈的剪切力，使物料颗粒之间产生相互滑移和摩擦，从而实现微观层面的均匀混合；重力混合：利用重力作用，使物料在混合容器内自然下落、堆积和翻滚，实现物料的混合。在实际应用中，干法混合机通常结合多种混合机制，以提高混合效率和均匀度。

纤维化：干法电极工艺核心增量设备。干法电极工艺的纤维化过程利用物理作用将固态粘结剂（如 PTFE）从颗粒转化为三维连续纤维网络，并实现与活性物质、导电剂均匀包裹与结合，该过程直接影响电极机械性能、导电性和后续加工过程。纤维化设备的难点在于将粘结剂处理成纳米级的原纤维，对剪切能力和环境控制具有极高要求。纤维化设备目前主要包括气流粉碎机、螺杆挤出机和开炼机，其中气流粉碎机工作效率最高，而螺杆挤出机良率最高。

图表 29：干法混合机图示



资料来源：天启粉体设备，爱建证券研究所

图表 30：纤维化设备图示

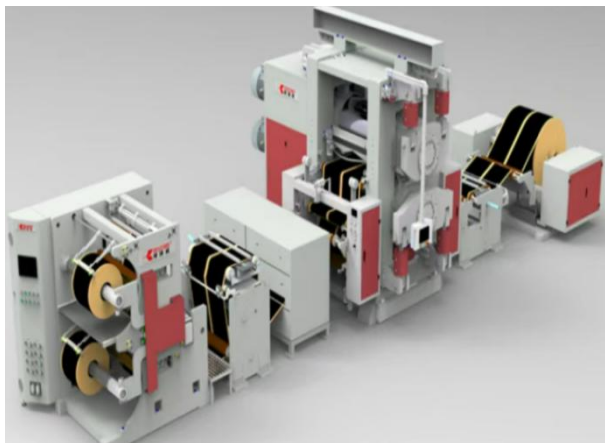


资料来源：赢合科技官网，爱建证券研究所

2.6 辊压：干法辊压设备逐步推出，行业集中度高

干法辊压设备逐步推出，行业集中度高。辊压机主要通过两个相向同步转动的挤压辊对物料施加高压，使物料在辊间形成密实料层并被粉碎、压实，最终形成料饼排出。具体过程包括物料喂入与咬入、高压挤压、料层粉碎与裂纹产生和料饼形成与排出等几个阶段。国内辊压机主要企业包括纳科诺尔、海裕百特和赢合科技等。

图表 31：辊压机图示



资料来源：锂电工程，爱建证券研究所

图表 32：辊压机市场排名

2025中国锂电辊压设备市场份额TOP5		
1	纳科诺尔	
2	海裕百特	
3	赢合科技	
4	浩能科技	
5	易鸿智能	

资料来源：起点研究院，爱建证券研究所

2.7 分切/模切：电极成型关键工序，市场规模稳步提升

分切包括机械分切和激光分切，模切包括模具冲压和激光模切等。分切：机械分切：通过上下刀具的相对运动，利用剪切力将卷材切割成所需宽度；激光分切：利用高能激光束照射材料表面，使材料瞬间升温至熔点或气化温度，形成连续切缝，激光分切无需物理刀具接触，通过控制激光束的路径和能量密度实现精确切割。**模切**：模具冲压：使用钢刀、五金模具或钢板雕刻的模板，通过压印版施加压力，将材料轧切成特定形状，模具的形状和尺寸根据产品需求设计；激光模切：利用激光束对材料进行切

割，同时通过模具辅助定位和成型，适用于复杂形状的高精度加工。

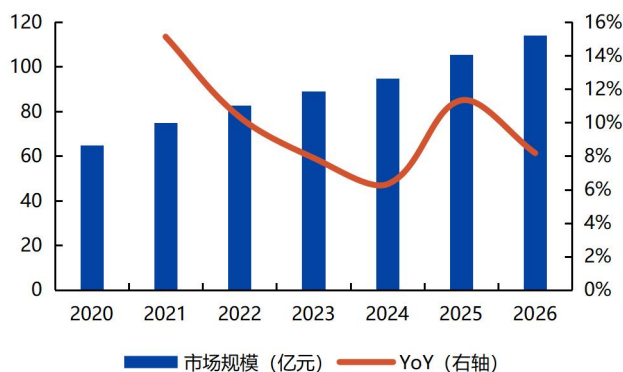
全球分切机市场呈现出稳步增长趋势。据 QYResearch 数据，2024 年全球分切机市场规模约为 6.18 亿美元，预计到 2031 年将达到 8.83 亿美元，2025-2031 年期间年复合增长率 (CAGR) 为 5.3%。全球分切机市场的主要参与者包括 Atlas Converting Equipment、Kampf 和 Euromac 等，这些企业凭借技术积累和品牌优势，在高端分切机市场中占据主导地位。

图表 33：分切机示意



资料来源：HAKUSAN，爱建证券研究所

图表 34：中国模切机市场规模稳步增长



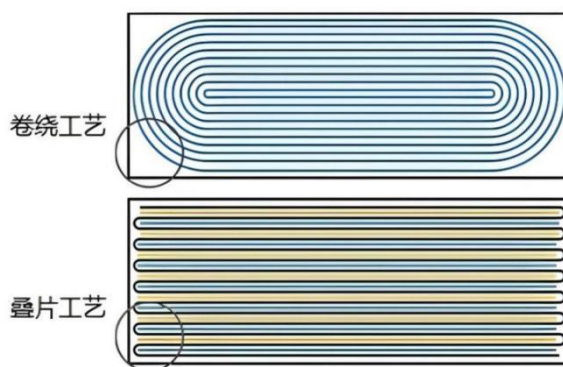
资料来源：共研产业咨询，爱建证券研究所

3. 中段：固态电池组装核心环节，各厂商差异化竞争

3.1 叠片：工艺对固态适配性强，叠片机用量增加

叠片工艺展现出更强的适配性，更好地满足固态电解质加工需求。固态电解质普遍存在在柔韧性不足的问题，若采用传统卷绕工艺，极易造成电解质断裂，从而损害电池性能。叠片工艺通过逐层堆叠的方式，能有效保持固态电解质的结构完整性。此外，氧化物和硫化物固态电池在制备过程中通常需要施加高压以优化电极/电解质界面接触，叠片组装工艺适配层压成型技术，能够实现均匀加压，确保电池内部致密化。

图表 35：卷绕工艺与叠片工艺电芯结构对比示意图



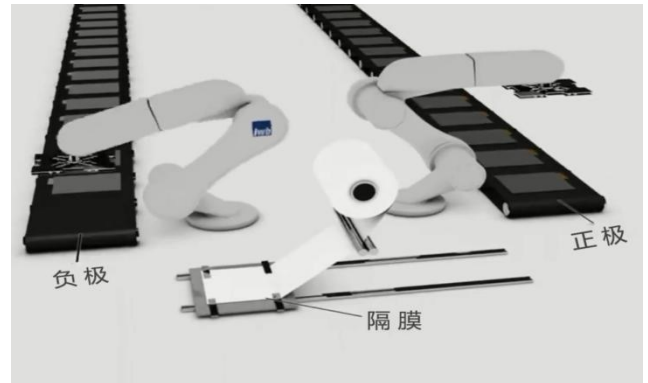
资料来源：CBEA，爱建证券研究所

图表 36：卷绕工艺将相极片和隔膜等按尺寸卷成极芯



资料来源：阿童木官网，爱建证券研究所

图表 37：叠片工艺将极片和隔膜交替堆叠



资料来源：阿童木官网，爱建证券研究所

叠片工艺相较于卷绕工艺在电池生产性能提升方面均有优势。虽叠片工艺相较于卷绕工艺技术壁垒较高、电芯制成速度较慢，从性价比角度来看稍有劣势，但叠片所制电芯在倍率、安全性、能量密度、循环寿命等方面相对卷绕工艺具备一定优势。

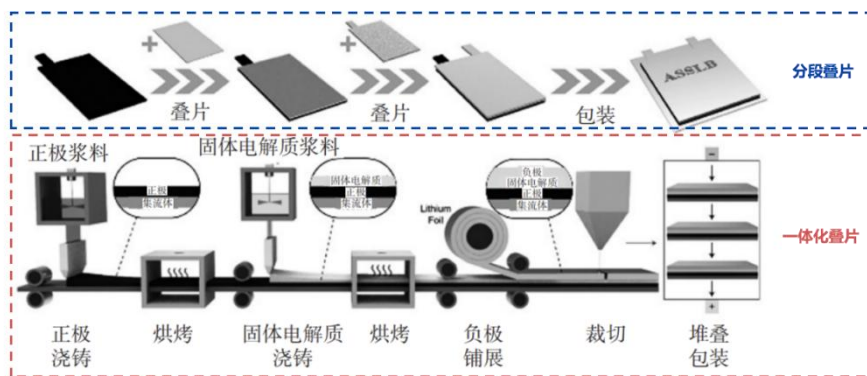
图表 38：叠片相较于卷绕工艺在电池性能提升方面具有优势

性能	叠片	卷绕
能量密度	较高（空间利用率更高）	较低（存在 C 角，容量越大利用率越低）
结构稳定	较高（内部结构统一，反应速率相对一致）	较低（存在 C 角，充放电内部反应程度速率不均匀）
快充适应	较好（多极片并联，内阻较低，电池的倍率性能较高）	较差（充放电过程中，高温位置活性物质劣化速度加快，其他位置快速衰减）
安全风险	风险较低（应力分布更一致，可保持界面平整，稳定性更高）	风险较高（折弯处容易掉粉、毛刺、极片膨胀、隔膜拉伸等潜在问题）
循环寿命	较长（内阻较低，缓解电池发热，提高电化学系统稳定性）	较短（后期易变形，进而影响电池的循环寿命）
生产效率	较低（一般在 6-8ppm）	较高（一般在 12-13ppm）
良率	较低（毛刺问题突出）	较高（自动化程度较高）
工艺成熟度	较低（极片数量多，设备投资大）	较高（极片数量少，设备配套成熟，投资成本低）

资料来源：德玛特智能，爱建证券研究所

按照裁片与叠片的先后顺序，叠片工艺可分为分段叠片与一体化叠片。分段叠片沿用液态电池叠片工艺，将正极、固体电解质层和负极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三层结构，再按尺寸需求裁切成多个“正极/固体电解质膜/负极”单元，随后将多个单元堆叠在一起后进行包装。

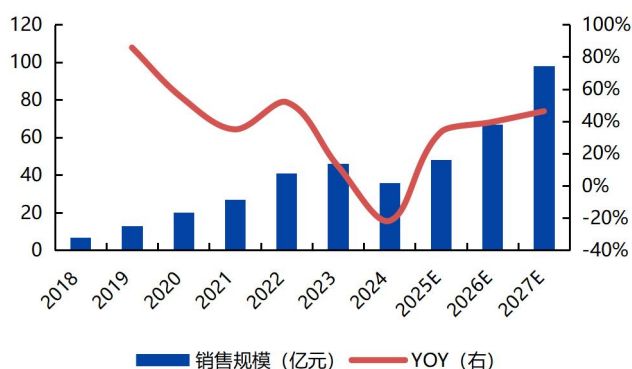
图表 39：叠片工艺可分为分段叠片与一体化叠片



资料来源：《全国固态电池生产工艺分析》，爱建证券研究所

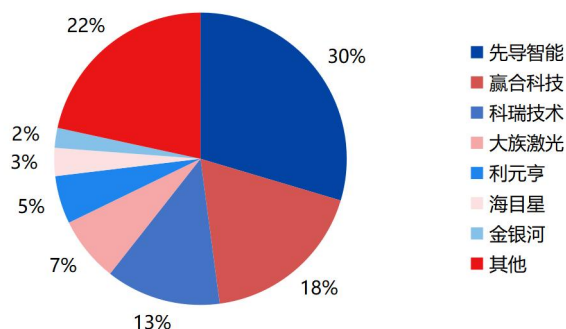
中国国产锂电叠片设备市场规模呈现高增长趋势，市场格局集中。起点研究院数据显示，2024 年中国锂电池叠片设备市场规模约为 36 亿元，预计到 2027 年中国锂电池叠片设备需求规模将达 98 亿元。据博研咨询，2025 年国内叠片机厂商 CR3 超 60%，市场集中度较高。

图表 40：中国锂电池叠片设备市场规模



资料来源：起点研究院，爱建证券研究所

图表 41：2025 年中国锂电池叠片设备市场集中度较高

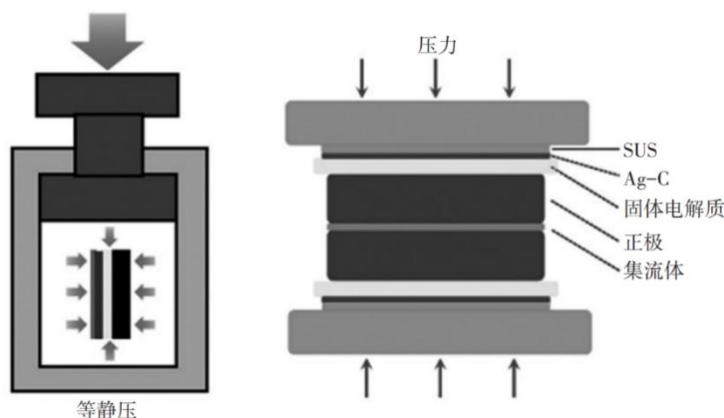


资料来源：博研咨询，爱建证券研究所

3.2 等静压：技术持续进步，跨界企业众多

等静压技术可以改善固固界面接触问题。固态电池电解质和电极材料之间的界面为固/固接触界面，其中存在大量微小孔隙和裂缝，导致界面阻抗提高、电池寿命缩短，还易产生锂枝晶造成电池短路，具有较大安全隐患。等静压技术基于帕斯卡原理，以液体或气体为介质，通过从各个方向施加均匀的压力，提高界面致密度、消除内部空隙、改善组件接触效果，从而降低界面阻抗，提高离子传输效率与电池寿命。

图表 42：全固态电池等静压示意图



资料来源：《全固态电池生产工艺分析》，爱建证券研究所

按照产品成型与固结的温度不同，等静压技术可分为冷等静压、温等静压和热等静压三类。冷等静压机以水或油等液体为压力介质，在常温下即可实现 100-630MPa 高压，成本低，效率高，但致密度较低，干袋式设备可支持连续生产，适配批量制造场景；热等静压依赖氩气等惰性气体，在 1000-2200℃高温下作业，能显著提升致密度，但成本高昂，生产效率低，虽具备高度均匀性与可控性，但应用受限；温等静压以液体或气体为介质，工作温度不超过 500℃，或为固态电池规模化生产的最优工艺路径，可在温度控制、成本与效率间实现较好平衡。

图表 43：等静压技术可分为冷等静压、温等静压和热等静压三类

类型	压力介质	温度 (°C)	压力 (MPa)	备注
冷等静压	水、油或乙二醇混合液体	常温	100-630	干袋式冷等静压机自动化程度较高，可实现连续生产，适用于大批量生产
温等静压	液体或气体	<500	~300	难实现对温度的精准控制
热等静压	较为昂贵的氩气等惰性气体	1000-2200	100-200	高度均匀性，强可控性，广泛适用性

资料来源：中粉固态电池，爱建证券研究所

图表 44：冷等静压机产品图



资料来源：Quintus 官网，爱建证券研究所

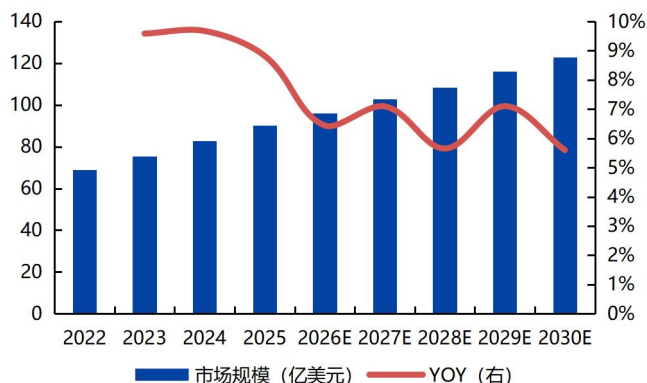
图表 45：温等静压机产品图



资料来源：Quintus 官网，爱建证券研究所

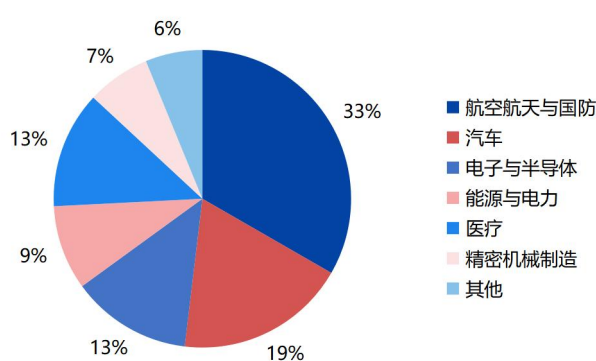
全球等静压设备市场正处于稳健扩张阶段，需求端高度集中于军工及高端制造领域。从市场规模维度看，2022 年以来行业规模呈逐年攀升态势，后续增长动能持续释放；从终端应用结构看，航空航天与国防以 33% 的占比稳居第一大终端应用行业，汽车（19%）、电子与半导体（13%）等高端制造领域合计占比超 65%，需求结构的高度集中性凸显行业增长与军工及高端制造产业升级的强相关性。

图表 46：全球等静压设备市场规模逐渐提升



资料来源：The Insight Partners, 爱建证券研究所

图表 47：等静压设备主要用于航空航天等高端制造业



资料来源：GMInsight, 爱建证券研究所

国内外设备厂商与电池厂加速推进等静压设备研发。等静压设备企业及锂电池厂商、车企等聚焦固态电池成型关键环节，积极布局等静压设备。等静压设备厂商凭借超高压技术壁垒，加速实现向固态电池场景技术转化和设备落地，其中主要包括瑞典 Quintus 以及中国的川西机器、包头科发与中国钢研。电池厂和车企方面，宁德时代、比亚迪、LG、三星 SDI 等已陆续启动等静压路径的验证与导入，推动设备选型与工艺工程化进程加速。

图表 48：国内外锂电设备、电池厂企业加速推进等静压技术/设备研发

企业类型	企业名称	等静压设备进展
锂电设备商	先导智能	可提供等静压致密化设备，设备有效内径 $\geq 400\text{mm}$ ，容积约 500L，有效长度 $\geq 4000\text{mm}$ 。整体采用卧式工作缸结构，支持自动进出料设计，不仅降低对厂房高度的要求，也显著提升操作与维护的便利性。
	利元亨 纳科诺尔	提出了固态电池电芯等静压处理方法、装置及生产线专利。等静压设备在研。
电池厂	LG	LGES 曾公开专利，利用冷等静压机采用新型硫化物固态电解质制备了无负极全固态电池。
	三星 SDI	2025 年 1 月，三星 SDI 在固态电池产线测试中采用水压和辊压工艺的温等静压机。
	宁德时代	已公开专利，通过浮动式料框夹具解决裸电芯等静压受压不均问题，提升安全性和后工序良率。
	比亚迪	已公开专利，在固态电芯外层增设陶瓷层，实现等静压成型受力均匀、膜壳完整，首效与循环性能同步提升。

资料来源：观研天下，爱建证券研究所

图表 49：国内外传统等静压设备企业加速推进等静压技术/设备研发

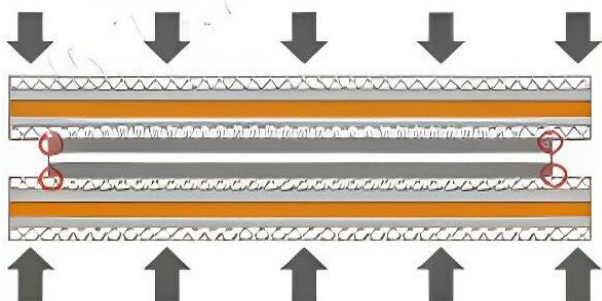
企业	等静压技术 / 等静压设备进展
瑞典 Quintus	全球领先的等静压设备供应商，在固态电池领域可提供从实验室到大批量生产的长期可扩展性解决方案；其 QIB 180 型等静压机有效缸径 170mm、有效深度 420mm，最高可提供 600MPa 压力和 145℃ 温度。
星楷科技	交付车规级全固态电池核心装置卧式量产型等静压机。其温等静压机正常工作压力 0-600MPa，最高可达 1000MPa。
川西机器	最新已交付缸径 2.15m、200MPa 级冷等静压机，并签约全球最大Φ2.4m×3.5m、160 MPa/1400℃ 热等静压项目。
包头科发	牵头制定《固态电池等静压技术应用指南》，现已批量交付 600MPa 卧式温等静压线，覆盖实验型 120-180mm、中试型 200-300mm 及量产型 300-350mm 多规格缸径，满足全固态电池连续化生产需求。
四川力能	凭 2024 年专利实现 200℃、±5℃ 精准温控的温等静压机首台套已投产，标准有效缸径 200mm-2150mm，可定制至 2500mm，满足多规格单晶及合金致密化需求。
中国钢研	2024 年推出国内首台套超大规格热等静压装备 HIPEX1850，单炉可处理 30t 工件，并同步形成 HIPEX 500/750/1250/1650/1850 全系列化、标准化、智能化 HIP 装备谱系，已在涿州、青岛等六地建成服务基地，面向航空航天、消费电子提供一站式热等静压工艺服务。
金开源	已交付 600MPa 级温等静压整线，可覆盖 100-1000mm 全规格缸径；作为起草单位之一参与制定《固态电池等静压技术应用指南》。
海德立森	依托高压流体经验，公司自主开发超高压绕丝式热等静压系统，集成自研高压压缩机、管阀件与加热控制，可在高压高温下实现单晶及合金致密化。配套固态电池致密化的大排量氢气压缩机等静压设备已完成研发。

资料来源：观研天下，爱建证券研究所

3.3 胶框印刷：固态电池增量环节，避免固态电池受压短路

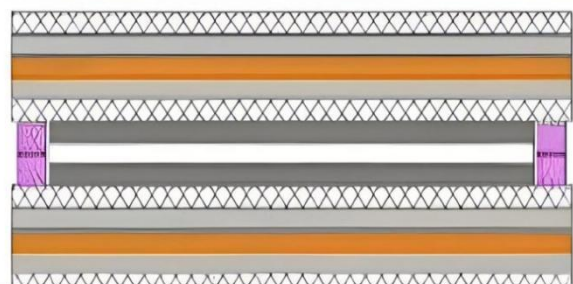
胶框印刷技术可以解决外部压力下的固态电池极片边缘变形及内短路问题。固态电池在经叠片、等静压等关键工艺步骤时，极片易因外部压力发生边缘变形，进而引发短路风险。胶框打印技术在电极或电解质边缘形成回形胶框，防止正负极直接接触，起到支撑和绝缘的双重作用，以解决内短路问题。

图表 50：固态电池极片边缘在外部高压下易变形导致短路



资料来源：CLNB 2025，爱建证券研究所

图表 51：胶框印刷工艺在电极边缘制作回形框，起到支撑与绝缘作用



资料来源：CLNB 2025，爱建证券研究所

固态电池胶框制造工艺持续升级，UV 打印有望成为主流解决方案。钢网印刷技术生产节拍快但柔性不足、换型成本高；预制胶框转印技术工艺成熟但良率受极片平整度

制约；点胶工艺设备成本低但精度与生产效率短板明显；UV 打印技术结合激光刻痕与 UV 胶喷涂固化，具备微米级高加工精度和高固化速度优势，是当前产业化进程中发展潜力较大的技术路线。

图表 52：不同胶框打印工艺对比

路线	工艺原理	优点	缺点
钢网印刷技术	通过高精度钢网在极片边缘印刷绝缘胶框	尺寸控制精度高、生产节拍快（单片印刷时间可低于 2 秒）	钢网需定制，柔性差，换型成本高
预制胶框转印技术	先独立制备好绝缘胶框，再通过热压预先制备有助于提高胶框的均匀性，工艺成熟度	转印良率受极片平整度影响大，易出现气泡或贴合不良	
点胶工艺	采用高精度点胶阀在极片边缘喷射绝缘胶水，自然流平形成胶框	设备投资成本低	尺寸精度较差，胶水固化时间长达分钟级，拖累产线节拍和生产效率
UV 打印技术	利用紫外光在极片表面直接打印并激光辅助可实现微米级精度，自动化程度高，适配硫化物等敏感材料		工艺复杂，设备成本高，工艺稳定性需验证，当前整体节拍较慢

资料来源：深企投产业研究院，爱建证券研究所

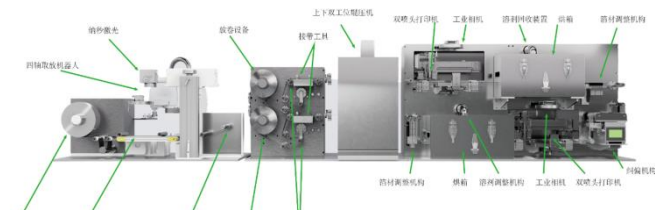
各厂商积极推进，依托自身技术优势推出差异化产品。利元亨采用钢网印刷工艺，推出胶框印刷叠片一体机；高能数造依托 3D 打印设备，将胶框打印与电解质打印集成在同一流程中；德龙激光在精密激光加工领域具有技术优势，其激光制痕绝缘设备已获订单；松井股份依托深厚的 UV 数字喷印技术积累与涂层材料领域的持续创新能力，成功开发出全固态电池绝缘胶框打印设备与材料一体化解决方案。

图表 53：利元亨固态电池胶框印刷和叠片一体机



资料来源：利元亨官网，爱建证券研究所

图表 54：高能数造推出胶框打印设备

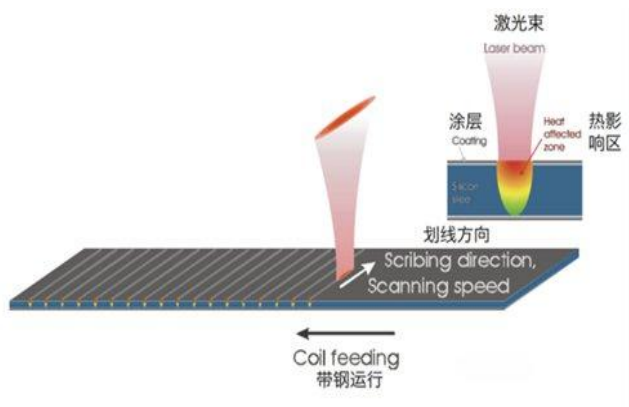


资料来源：高能数造，爱建证券研究所

3.4 激光制痕绝缘：极片边缘预设沟槽，精度和效率高

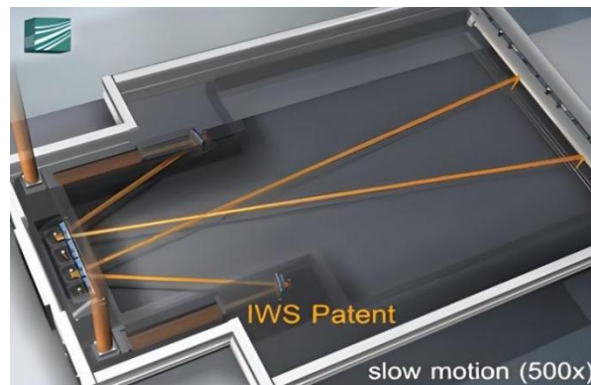
激光制痕绝缘技术可有效解决固态电池等静压塌陷、短路等难题。激光制痕绝缘通过在极片边缘预设规整的沟槽，引导等静压时材料向槽内可控塌陷，避免了不规则变形。同时，沟槽内填充固化的绝缘胶形成了可靠的物理隔离墙，即使发生塌陷也能阻隔正负极接触，从而避免短路风险。

图表 55：激光制痕绝缘工作原理



资料来源：仁华工程官网，爱建证券研究所

图表 56：激光制痕通过激光束在材料表面扫描形成刻痕



资料来源：仁华工程官网，爱建证券研究所

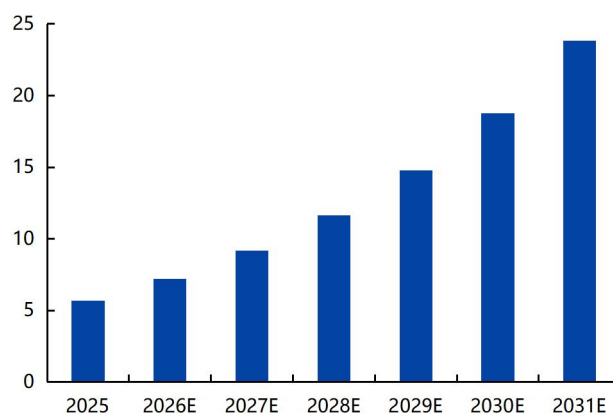
激光制痕绝缘设备具备高精度和高生产效率等优势，在固态电池制造环节具有广阔的应用前景。激光制痕机可实现微米级加工精度，操作灵活性高，能减少工件应力变形风险，生产效率高。据 QYResearch 数据，2025 年全球激光制痕绝缘设备市场销售额超五百万美元，预计 2031 年将超两千万美元，2025-2031 年 CAGR 约为 27%，市场前景较为广阔。

图表 57：德龙激光推出激光制痕绝缘设备



资料来源：德龙激光官网，爱建证券研究所

图表 58：全球激光制痕绝缘设备市场规模逐步提升（百万美元）



资料来源：QYResearch，爱建证券研究所

激光制痕设备的供应链是技术密集型和资本密集型，具有较高壁垒。激光制痕绝缘设备市场正处在高速发展期，技术快速迭代，应用需求蓬勃。上游激光器、光学元件、控制系统等核心部件技术壁垒高，依赖少数专业厂商；中游设备集成要求一体化能力，由少数掌握系统技术的厂商主导；下游电池厂商的严苛需求和资本开支则驱动产业技术升级和规模扩大。随着激光制痕技术持续突破及应用场景拓展，该市场预计将保持稳健增长。

图表 59：激光制痕绝缘设备技术壁垒铸就上游，专业分工驱动中下游

供应链环节	特点	代表企业
上游	技术壁垒高，高度依赖专业厂商。主要包括激光器制造商、高精度光学元件供应商、精密运动控制系统供应商和机器视觉系统供应商。这些核心部件的性能和成本直接影响整机设备的水平。	锐科激光，杰普特、金橙子、柏楚电子等
中游	激光制痕绝缘设备的整机制造商，整合上游核心部件，进行一体化设计和系统集成，制造出满足特定应用场景需求的标准化或定制化设备，整机厂商的技术实力、品牌声誉和售后服务是关键竞争要素。	大族激光、海目星、联赢激光等
下游	主要是电池制造商。它们对设备的安全性、稳定性、生产效率、良率及性价比有极高要求，其产能扩张和技术迭代需求直接驱动设备市场的发展。	宁德时代、比亚迪、LG 和松下等

资料来源：QYResearch，爱建证券研究所

4. 后段：检测设备行业集中度高，化成分容设备需升级

4.1 概述：后段工艺价值凸显

固态电池生产后段工序主要涵盖高压化成分容、检测、模组及 PACK 集成等环节。固态电池后段工艺面临的核心技术挑战源于固/固界面阻抗控制，通过高压化成工艺，在电芯首次充放电过程中实现界面致密化，构建稳定的锂离子传输通道。全固态电池对水分和氧气的敏感性要求后段工序在干燥房或惰性气体保护环境下进行，检测设备需增加 CT 成像等手段以确保固/固界面的完整性，而模组组装环节则需适配固态电芯更高的机械强度和尺寸稳定性要求。

高压化成分容成为核心增量环节。从工序配置看，全固态电池较液态锂电池显著升级了后段工艺，主要是化成分容环节由常规设备升级为高压化成分容机。

图表 60：固态电池与液态电池后段工序对比

后段工序	设备名称	液态	半固态电池		全固态电池			全固态
		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	设备变化
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
检测	检测设备	√	√	√	√	√	√	

资料来源：EVTank，爱建证券研究所

4.2 高压化成分容：技术壁垒铸就价值高地

高压化成分容设备呈现出高技术壁垒和高价值量特征。常规化成分容压力仅 3-10 吨，而高压化成分容需施加 60-80 吨压力（相当于单电芯 10MPa 压强），这种技术变化或直接推升设备价值。受益于全固态技术壁垒，全球仅少数企业具备量产能力。据 QYResearch 数据，2024 年全球固态电池高压化成分容设备市场规模约 0.90 亿美元，2031 年或将达到 1.43 亿美元，2025-2031 年 CAGR 为 6.9%，2024 年全球固态电

池高压化成分容设备产量达 36 台，平均售价为 250 万美元/台。

图表 61：利元亨高压化成分容设备图



资料来源：利元亨官网，爱建证券研究所

图表 62：杭可科技高压化成分容设备图



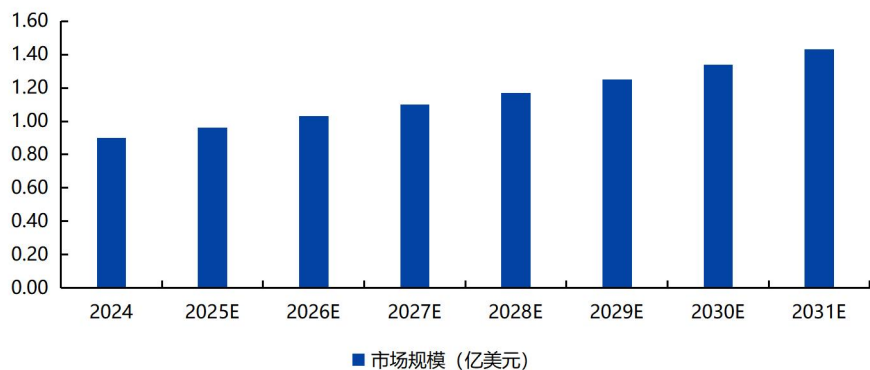
资料来源：杭可科技官网，爱建证券研究所

图表 63：化成分容与高压化成分容设备对比

对比维度	化成分容设备（液态电池）	高压化成分容（固态电池）
化成压力	3-10 吨	60-80 吨（10Mpa 压强/单个电芯）
压力均匀性	无明确要求	均匀面压
电源精度	普通	高精度微电流系统
夹具、层板材料	普通钢	高强度合金钢
技术核心	SEI 膜形成	固-固界面致密化+离子通道构建

资料来源：利元亨官网，杭可科技官网，爱建证券研究所

图表 64：高压化成分容设备市场规模逐步扩大

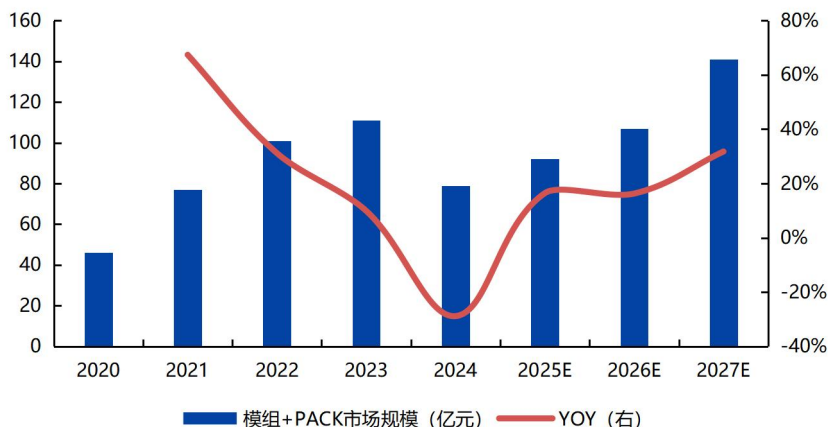


资料来源：QYResearch，爱建证券研究所

4.3 检测、模组/PACK 设备：规模持续增长

据 SPIR 数据，2027 年全球锂电设备市场规模或超 1400 亿元，其中前段设备市场规模为 460 亿元，中段设备市场规模为 434 亿元，后段设备市场规模为 525 亿元，其中模组及 PACK 市场规模为 142 亿元。据 GGII 数据，模组/PACK 设备市场集中度较高，先导智能等企业市占率领先，CR3 超 48%。检测设备市场星云股份市占率较高，凭借技术壁垒与客户粘性构筑深厚护城河，市场地位较为稳固。

图表 65：预计全球锂电模组/PACK 市场规模将持续增长



资料来源：SPIR，爱建证券研究所

5. 投资建议

建议关注固态电池设备关键增量和设备升级环节。全固态电池设备需新增干混、纤维化、等静压、胶框印刷等核心设备，同时升级叠片、化成分容等设备，注液、干燥等传统液态电池工序也随之消失，整体产线明显革新。在固态电池产业化加速背景下，新增设备成为刚需，有望为固态电池设备市场贡献较大增量。

干法电极设备需求空间包括传统锂电工艺迭代和固态电池预期。我们认为干法电极工艺适配液态锂电池且比湿法工艺更有优势，干法工艺设备需求空间不仅包括固态电池远期预期，还包括液态锂电工艺从湿法切干法的升级需求，随着特斯拉在干法电极领域取得突破性进展，或带动电池厂商发力干法电极研发与应用，设备需求或迎来拐点。

叠片+等静压+胶框印刷是中段工艺的关键，各厂商差异化竞争。中国国产锂电叠片设备市场规模呈现高增长趋势，市场格局集中。据博研咨询，2025 年国内叠片机厂商 CR3 超 60%，其中先导智能市占率约 30%。等静压设备具有较高的技术和超高压容器生产资质壁垒，川西机器（中航机载子公司）等静压设备技术领先，锂电设备和电池厂商基本处于研发阶段，其中先导智能较为领先，可提供等静压致密化设备。激光制痕绝缘设备具备高精度和高生产效率等优势，德龙激光的制痕绝缘设备已进入多家客户供应链。

后段工艺升级的核心是高压化成分容和检测设备，头部企业地位稳固。高压化成分容设备呈现出高技术壁垒和高价值量特征。目前具有高压化成分容设备生产能力的企业较少，主要包括杭可科技、先导智能和利元亨等。检测设备市场星云股份市占率较高，凭借技术壁垒与客户粘性构筑护城河，市场地位较为稳固。

图表 66：固态电池设备行业相关公司估值表

类型	代码	名称	总市值 (亿元)	净利润 (亿元)			PE		
				2025E	2026E	2027E	2025E	2026E	2027E
整线	300450.SZ	先导智能	766.21	24.98	32.50	44.70	30.68	23.57	17.14
	603659.SH	璞泰来	638.57	32.18	41.54	52.19	19.85	15.37	12.24
	300457.SZ	赢合科技	165.17	-	-	-	-	-	-
	688559.SH	海目星	121.06	-8.69	4.48	7.74	-	27.05	15.65
	688499.SH	利元亨	74.92	0.71	1.58	2.39	105.52	47.37	31.33
前段	301662.SZ	宏工科技	104.30	0.77	2.66	4.64	136.35	39.21	22.48
	920522.BJ	纳科诺尔	72.75	0.91	1.84	2.59	79.94	39.51	28.10
	300619.SZ	金银河	66.62	0.32	7.48	14.03	209.12	8.91	4.75
	301325.SZ	曼恩斯特	58.69	-0.09	1.53	2.11	-	38.30	27.75
	688573.SH	信宇人	18.07	-	-	-	-	-	-
中段	002008.SZ	大族激光	657.50	12.31	21.17	28.53	53.42	31.06	23.04
	600372.SH	中航机载	615.02	12.63	15.07	16.98	48.69	40.80	36.22
	600372.SH	中航机载	615.02	12.63	15.07	16.98	48.69	40.80	36.22
	002171.SZ	楚江新材	174.95	6.75	8.88	11.63	25.92	19.69	15.05
	300457.SZ	赢合科技	165.17	-	-	-	-	-	-
	688392.SH	骄成超声	126.14	2.35	3.71	5.88	53.60	34.02	21.45
	002957.SZ	科瑞技术	128.60	2.98	3.57	4.75	43.14	36.01	27.10
	688170.SH	德龙激光	54.09	0.13	0.89	1.66	416.06	61.12	32.68
	300092.SZ	科新机电	41.36	2.02	-	-	20.48	-	-
后段	688006.SH	杭可科技	162.33	5.20	7.11	9.60	31.22	22.82	16.91
	688155.SH	先惠技术	93.06	3.28	4.63	5.72	28.35	20.11	16.28
	300648.SZ	星云股份	88.52	-0.16	0.65	1.41	-	136.18	62.78

资料来源：iFinD，爱建证券研究所（来自 iFinD 一致预期，基于 2026 年 4 月 3 日数据）

6. 风险提示

- 1) 技术路线迭代风险：**固态电池存在硫化物、氧化物、聚合物等多条技术路线，目前行业路线尚未完全收敛，若主流技术路线发生切换，行业内公司已研发投产的设备可能面临淘汰风险，进而影响其市场份额和盈利能力。
- 2) 客户集中度较高风险：**当前固态电池设备行业订单主要集中于少数头部电池厂商和车企，若核心客户扩产计划放缓、自研设备替代或转向其他供应商，将直接影响设备企业的订单稳定性和经营业绩。
- 3) 产能过剩风险：**随着固态电池产业化预期提升，各设备厂商加大投入或进行扩产布局，若固态电池设备行业产能释放速度超过下游电池厂商扩产需求，将出现产能过剩局面，影响相关公司盈利能力。

爱建证券有限责任公司

上海市浦东新区前滩大道 199 弄 5 号

电话: 021-32229888

传真: 021-68728700

服务热线: 956021

邮政编码: 200124

邮箱: ajzq@ajzq.com

网址: <http://www.ajzq.com>

评级说明

投资建议的评级标准

报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 个月内的相对市场表现，也即以报告发布日后的 6 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：沪深 300 指数（000300.SH）；新三板市场：三板成指（899001.CSI）（针对协议转让标的）或三板做市指数（899002.CSI）（针对做市转让标的）；北交所市场：北证 50 指数（899050.BJ）；香港市场：恒生指数（HIS.HI）；美国市场：标普 500 指数（SPX.GI）或纳斯达克指数（IXIC.GI）。

股票评级

买入	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅大于 15%
增持	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在 5% ~ 15% 之间
持有	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在 -5% ~ 5% 之间
卖出	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅小于 -5%

行业评级

强于大市	相对表现优于同期相关证券市场代表性指数
中性	相对表现与同期相关证券市场代表性指数持平
弱于大市	相对表现弱于同期相关证券市场代表性指数

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，本报告采用信息和数据来自公开、合规渠道，所表述的观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的独立看法。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法可能存在局限性，请谨慎参考。

法律主体声明

本报告由爱建证券有限责任公司（以下统称为“爱建证券”）证券研究所制作，爱建证券具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，接受中国证监会监管。

本报告是机密的，仅供我们的签约客户使用，爱建证券不因收件人收到本报告而视其为爱建证券的签约客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但爱建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、意见等均仅供签约客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见未考虑到获取本报告人员的具具体投资目的、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，爱建证券及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、评估及预测后续可随时更改。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，爱建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。

版权声明

本
报
引

更多免费行业报告

并购家

www.ipoipo.cn