固态电池：固态设备的奇点时刻 20260906

固态电池设备万亿赛道：工艺全线变革驱动 2030 年千亿市场

摘要

- 固态电池产业化提速，预计 2025-2026 年实现半固态量产，2030 年全固态技术突破，能量密度可达 400-500Wh/kg。
- 市场渗透率预计从 0.1%提升至 2030 年的 10%，2024-2028 年为车企上车关键窗口期，2025 年新投资额已超 300 亿元。
- 设备端率先受益，全球市场规模预计从 2024 年的 40 亿元增至 2030 年的 1,000 亿元以上，CAGR 高达 74%。
- 工艺变革显著：前端干法涂布取代湿法，中端无隔膜叠片取代注液，后端高压化成（60-80 吨）取代传统低压工艺。
- 干法电极与等静压技术成为核心：干法工艺提升压实密度并降本，等静压技术（>400MPa）解决固-固界面接触难题。
- 原位固化技术具备强兼容性，成本仅比液态电池高约 20%，可利用现有产线少量改造实现快速投产。
- 利元亨、先导智能已具备全固态整线方案；纳科诺尔、赢合科技等在干法滚压、涂覆等关键单体设备取得突破。

Q&A

固态电池技术在未来三至五年内的发展定位、产业链影响以及设备端的产业化进展如何？

固态电池是未来三到五年锂电技术变革的重要方向，将对从材料到设备的整个产业链产生颠覆性影响。在固态电池技术、设备及各项工艺持续精进的产业化进程中，设备端的需求更新将尤为显著，涵盖前端、中端至后端的全产业链设备都将迎来升级换代。目前，国内无论是原有的锂电设备制造商，还是涉足固态电池技术的设备公司，都在积极布局，从单点设备向协同量产方向发展，并与上下游企业协同进行核心设备的验证，共同推进产业化进程。



固态电池的核心优势、主要应用领域以及产业发展的时间线预期是怎样的？

固态电池的核心优势主要体现在更高的安全性和更高的能量密度。其定义是用固态电解质替代传统电解液的锂电池。根据预测，2025 年至 2026 年已实现能量密度约 350Wh/kg 的半固态电池的产业化；预计到 2030 年，有望突破全固态电池技术，能量密度可达 400 至 500Wh/kg。应用领域方面，因其高可靠性与稳定性，固态电池适用于无人机、机器人、可穿戴设备及医用机械等领域。未来，在动力电池和储能这两大主要市场，为实现更高的能量密度和续航能力，固态电池也将成为关键的应用方向，其应用领域将得到进一步拓宽。

目前国内支持固态电池发展的政策体系是怎样的，终端车企的布局规划以及市场渗透率的预期如何？

国内已形成“国家层面定调、地方试点推进”的立体化支持体系。国家层面，在新型储能及制造业发展方案中均将固态电池列为重点攻关方向，工信部于 2026 年 4 月连续发布工作要点，旨在建立并加快研制全固态电池的标准体系。地方层面，上海、珠海等地已发布相关行动方案。从投资来看，2025 年固态电池新投资项目总额已超过 300 亿元。终端需求方面，行业普遍认为 2024 至 2028 年是关键窗口期，多数国内及海外车企计划在 2027 年实现固态电池的交付或小规模量产上车，而丰田、本田、日产等日本车企则预计在 2028 至 2030 年实现大规模生产。基于政策支持和终端需求，预计到 2030 年，固态电池的市场渗透率有望从 0.1%提升至 10%，进入商业化阶段。

固态电池技术革新对设备市场规模有何影响，预计未来的增长趋势如何？

下游汽车端和电池端的积极扩产将直接带动上游设备的需求。参照产业规律，技术更新和需求爆发首先会引发设备端的投资和需求升级。据预测，2021 年至 2024 年，固态电池领域的投资已超过 2000 亿元，下游的积极拓展将驱动新一轮设备扩张。2024 年全球固态电池设备市场规模约为 40 亿元，其中半固态设备占比较大，全固态设备仅约 1.6 亿元。然而，随着产业化进程的推进，预计到 2030 年，全球固态电池设备市场规模有望超过 1,000 亿元，年复合增长率高达 74%。在固态电池生产线进入大规模建设和投产周期后，设备环节将成为最先受益的领域。

传统锂电设备与固态电池设备在前端、中端和后端环节存在哪些主要差异？

固态电池设备相较于传统锂电设备在全工序上均有显著差异。在前端制片环节，传统工艺中的搅拌、涂布、滚压等设备，将被干法涂布、高精密滚压等技术所替代，旨在摒弃溶剂、降低成本、提升极片压实密度和能量密度。在中端电芯装配环节，由于固态电解质呈陶瓷类或易碎形态，易产生粉尘，对叠片精度要求更高，因此传统的注液环节被取消，转而采用无隔膜叠片机以及胶化复合等新型技术，以实现高压力下的高度整合并防止内部短路。在后端化成环节，传统锂电采用较小压力的化成工艺，而固态电池由于固-固界面对压力敏感，需要采用高压化成

技术，对设备的刚性、密封性和压力均匀性提出了更高要求。

国内锂电设备企业在固态电池领域的布局情况和技术进展如何？

国内锂电设备企业正围绕固态电池展开密集布局。在整线解决方案方面，利元亨已打通全固态电池的制造工艺，先导智能也拥有自主知识产权的全固态解决方案，并成功贯通了量产工艺环节。在关键设备层面，滚压设备龙头企业纳科诺尔已开发出锂压延、电解质成膜转运及等静压设备；安可技术则在前端提供了干法涂膜、涂覆等相关工艺；赢合科技在 2024 年实现了湿法固态极片涂覆设备的交付，并推出了干法工艺解决方案。在搅拌设备方面，宏工科技、凌哥科技等利用其在粉体自动化处理领域的技术积累，与多家供应商合作研发干法搅拌等相关设备。此外，在验证与研发层面，企业间的上下游合作十分普遍，例如先惠技术与清陶能源合作的干法核心设备已进入成功交付和精密调试阶段。

在固态电池设备革新中，干法电极工艺的核心优势及其对电池性能的提升体现在哪些方面？

干法电极工艺是固态电池制造中的一项核心技术，其特点在于不使用溶剂制作正负极极片。该工艺的最大优势是能够提升电极的压实密度，进而提高电池的能量密度。由于没有溶剂和烘干过程，避免了粘结剂迁移等问题，使得活性材料颗粒间堆积更为紧密，单位体积内可容纳更多活性物质。从成本角度看，省去溶剂和烘干环节显著降低了生产成本。工艺上，流程更简单，电极可以做得更厚，粘结剂以纤维状存在，使活性颗粒与导电剂之间的连接更紧密。因此，干法电极具备能量密度阈值更大、导电性更佳、容量更高等优势，被认为是未来固态电池及 46 系大圆柱电池的理想核心工艺。

为何等静压技术对固态电池制造至关重要，其工作原理及不同类型有何区别？

固态电池中，电解质与正负极之间需要形成紧密的固-固界面，并在循环过程中抑制锂枝晶的形成。为实现各材料的致密堆积，叠片时需施加超过 100 兆帕的巨大压力。传统的热压、滚压方式无法提供足够且均匀的压力，难以保证材料密度的一致性。等静压技术利用气体或液体介质均匀传递压力的特性，对电芯进行均匀施压，压力通常超过 400 兆帕，从而有效消除内部空隙，提升界面接触效果，增强导电性和能量密度，实现高致密度、高均匀性的成型。等静压技术根据温度分为冷等静压、温等静压和热等静压，它们在温度、压力和介质上有所不同。尽管热等静压性能最优，但在规模化量产中，综合考虑效率、成本与性能，可能会采用冷、温等静压技术或其组合方式。

原位固化技术作为解决固-固界面问题的另一条路径，其原理、优势及与现有产线的兼容性如何？

原位固化技术的原理是将包含聚合物单体、锂盐、溶剂等组分的液态电解质前驱液，通过类似传统注液的方式注入电芯内部，再通过升温、辐照或微波等方式引发聚合反应，使液态前驱液交联形成固态电解质。其优势在于：首先，具备高离子迁移数，可实现优异的高倍率性能，且在常规放电下对电池稳定性和循环寿命影响较小；其次，通过调节单体与溶剂比例或添加有机/无机添加剂，可以灵活调控电池性能；再次，从成本上看，其主体单体价格约为 1 万元/吨，制成的前驱液成本低于氧化物或硫化物电解质，预计采用该技术的固态电池成本仅比液态电池高出约 20%。最重要的是，该技术与现有锂电产线高度兼容，仅需少量改造即可投入生产，大幅减少了新产线的建设周期和设备投资。

转印工艺在全固态电池制造中的作用是什么，它如何优化材料体系并提升电池性能？

转印工艺是一种将催化剂等浆料先涂覆在转印基材上，形成三相界面，再通过热压与质子交换膜结合，最后移除基材的制造技术。在全固态电池生产中，该工艺的核心优势在于，材料在转移过程中不接触溶剂，从而有效避免了电极溶胀问题，以及固态电解质遇水易变质或产生危险的风险，进而提升了产品的尺寸精度和工艺稳定性。在材料体系优化方面，以转印为核心工艺生产的全固态电池，可以通过卤化物与硫化物的结合，形成兼具高离子电导率、长循环寿命和优异高倍率性能的电池。

固态电池对后端的化成工艺提出了哪些新的要求，相应设备需要进行怎样的升级？

化成是电芯首次充电以激活并形成 SEI 膜的过程。传统液态锂电池由于电解液是均匀介质，可采用 1 至 5 吨的低压化成。然而，固态电池需要通过施加外部压力来消除电解质与电极间的微观空隙，以降低界面阻抗，所需压力可达 60 至 80 吨，远超传统电池。因此，传统的低压化成设备无法满足固态电池的生产需求，必须进行设备更新。新的高压化成设备需要具备动态压力补偿功能，以确保电芯各部分受压均匀。随着固态电池产业化的推进，高压化成设备的更新换代需求预计将非常可观。