

证券研究报告

2025年10月10日

行业报告：行业深度研究

电力设备

固态电池设备的瓶颈-等静压

作者：

分析师 孙潇雅 SAC执业证书编号：S1110520080009



天风证券
TF SECURITIES

行业评级：强于大市（维持评级）
上次评级：强于大市

请务必阅读正文之后的信息披露和免责声明

摘要

等静压设备核心评判指标

1、核心作用：

固-固界面致密化是全固态电池性能提升&量产的核心瓶颈，等静压技术可以用于改善全固态电池固固界面接触问题。对于固态电池而言，等静压技术可以有效消除电芯内部的空隙，提升电芯内组件界面之间的接触效果，进而增强导电性，提高能量密度，并减少运行期间的体积变化。

2、核心指标：

- 1) 冷等静压机：对粉末施加100-630MPa的压力，在常温下工作，无需加热装置。
- 2) 温等静压机：工作温度一般不超过500C°，压强范围可达300MPa左右。
- 3) 热等静压机：向制品施加各向同等压力（100~200MPa）的同时利用加热炉对制品施加1000~2200C°的高温。

头部公司的最新进展

1、纳科诺尔：1) 2025年，重点布局固态电池核心设备领域，包括干法电极、锂带压延、电解质成膜、转印、复合及等静压等关键技术；2) 等静压设备仍处于研发及验证阶段。

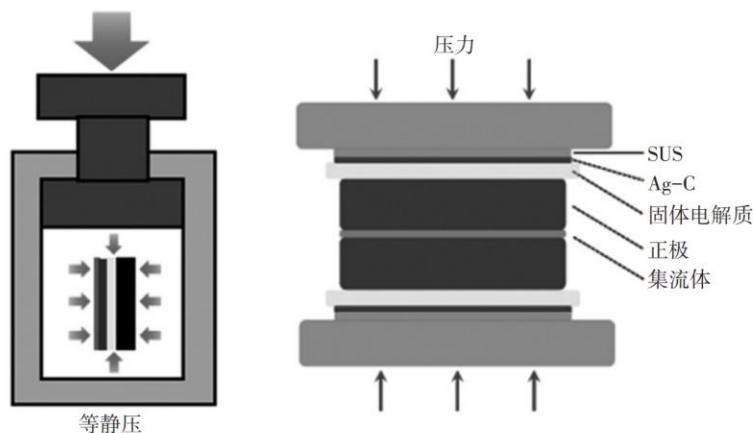
2、中航机载（军工和电子组联合覆盖）：全资子公司川西机器。川西公司已累计生产不同规格等静压设备1500余台（套）。公司研制的等静压设备广泛应用于航空、航天、核工业等重点国防领域和高新技术领域。

风险提示：设备研发进展低于预期，原材料价格波动风险，下游应用推进不及预期，新技术替代风险。

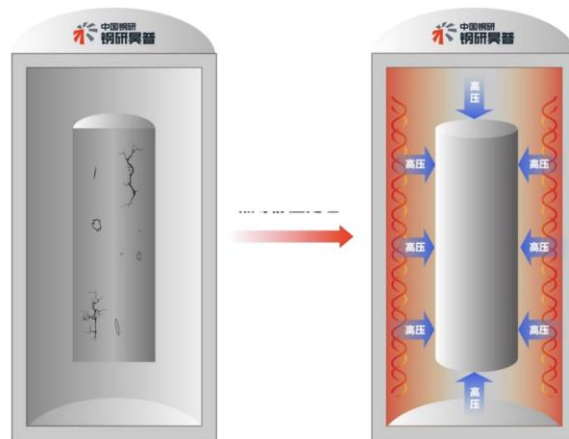
等静压机或成为固态电池增量设备

- ❑ 等静压机可用于解决全固态电池生产流程对高压的需求。考虑到固态电解质要与电极形成良好的固固接触界面、在循环过程中会发生接触损耗、以及要抑制锂枝晶形成等，必须施加超过100MPa的高压。全固态电池的生产需要施加极高的压力（通常需要超过 300 MPa的压力）来使其致密化，以减少电池内的孔隙率并增强电极与固态电解质之间的接触。等静压的设备压力一般达到 500 Mpa以上，可以满足全固态电池生产流程对高压的需求。
- ❑ 等静压机将成为全固态电池当中核心增量设备。等静压机是一种通过均匀施加流体压力对材料进行成型或致密化处理的设备，在锂金属固态电池制造中，需将电解质、正负极电极层堆叠在一起进行封装，但是传统热压与辊压因压力方向单一、分布不均，易产生边缘效应与层间滑移，难以实现三维致密化和一致性。等静压机或成为合适的解决方案，等静压技术利用液体或气体不可压缩和均匀传递压力的性质、从各个方向对加工件进行均匀加压，使粉体各个方向上受到的大小一致的压力，从而实现高致密度坯体成型，有效消除电芯内部空隙。

● 全固态电池等静压示意



● 等静压通过施加压力将材料致密化



等静压技术前期应用

□ 等静压技术其他行业应用：

- **陶瓷材料：**陶瓷粉末在经过等静压处理后，粉体颗粒之间形成紧密的接触与结合，从而制得高密度、高强度、低孔隙率的陶瓷坯体，提高了陶瓷制品的成型精度和性能；等静压技术还可以提升产品表面光洁度、平整度以及减少加工余量。
- **硬质合金：**等静压模具能在高压成型过程中保持稳定性和高精度，使金属粉体在高压下实现均匀致密化，制得高性能、高精度部件。
- **新能源行业：**对于燃料电池的电极，等静压模具可精确控制电极材料，确保电极在高压环境下均匀受压，形成高密度高一致性电极片。
- **耐火材料：**等静压机能够为这些材料提供均匀的压制力，有效提高材料的致密度，提升其抗热震性和耐磨性。
- **磁性材料：**等静压机可以通过均匀的静压力，将粉末状材料压缩成致密的固体，显著提高磁性材料的密度和磁能性。

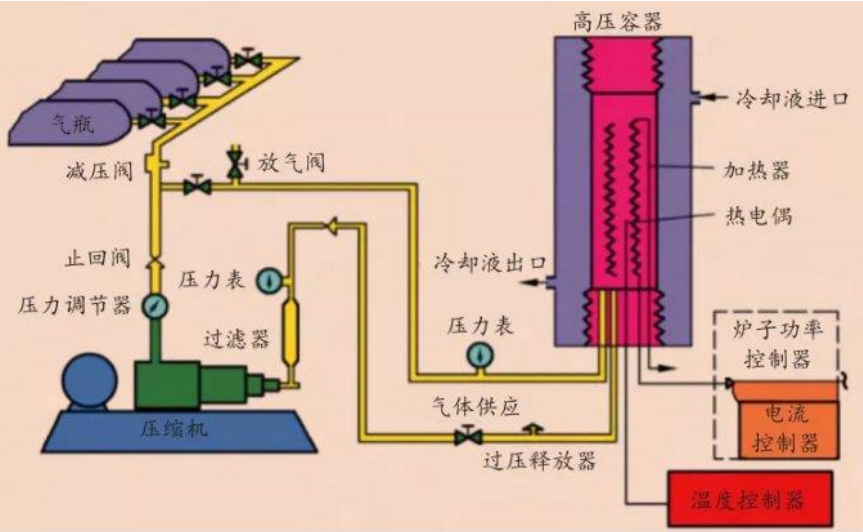
● 等静压技术的主要应用场景

应用领域	主要作用	应用示例
陶瓷材料	粉体颗粒之间形成紧密的接触与结合，显著提高其密度和致密度	电子封装材料、耐磨件、高温结构件
硬质合金	通过各向同性的压力环境，使得金属粉体在高压下实现均匀致密化	钨钼合金
新能源行业	确保正负极材料高压环境下均匀受压，形成高密度、高一致性的电极片	太阳能电池板、燃料电池和锂电池
耐火材料	提供均匀的压制力，确保耐火材料在高温条件下保持稳定的形态和性能	铝土矿、镁铝耐火砖
磁性材料	有效提高磁性材料的抗压强度和磁导率，增强其应用性能	稀土永磁体（NdFeB）

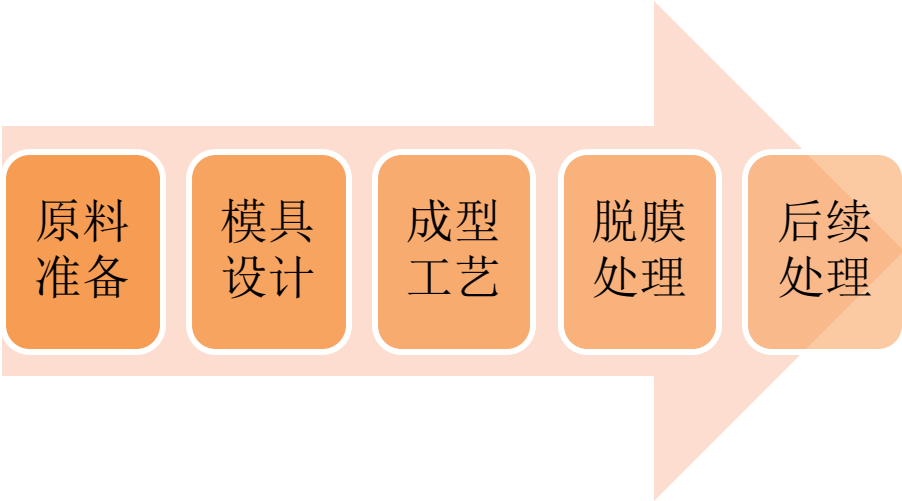
等静压设备的工艺流程

- ❑ 工作原理：基于帕斯卡原理，以液体/气体为介质，从各个方向对加工件进行均匀加压，从而达到高致密度、高均匀性的目的。
- ❑ 工艺流程：等静压工艺主要流程为原料准备、模具设计、成型工艺、脱膜处理、后续处理等。
- ❑ 核心优势
 - 密度和强度均匀：压力从各个方向均匀施加，消除了壁面摩擦，使密度和纹理结构保持一致。
 - 低变形和一致的收缩率，有效利用材料：在烧制过程中变形最小，非常适合超合金、钛和工具钢等昂贵或难以压缩的材料。
 - 形状灵活性：这种方法可以制作复杂的形状，包括螺纹、锥度和薄壁零件等内部特征。

● 等静压设备主要由腔体、加压设备构成



● 等静压设备工艺流程图



等静压机分类

等静压机按成型和固结时的温度高低，主要分为冷等静压机、温等静压机、热等静压机三类。

□ 冷等静压机（CIP）

- 在常温下运行，无需加热装置。与热等静压相比，可对粉末施加更高的压力（100–630MPa），为下一步烧结、锻造或热等静压等工序提供具有足够强度的“生坯”，并可在烧结之前对其进行较为精细的机械加工，显著减少烧结后制品的加工量。
- 根据其成型过程不同，可分为湿袋式和干袋式两种形式。湿袋式冷等静压机工序较多，生产效率较难提高，所以较适用于实验室制备或小批量生产；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。

□ 温等静压机（WIP）

- 利用液体或气体作为工作介质，在密闭容器中通过增压系统逐步加压，使得被加工的物体在各个表面受到相等的压强，并在模具限制下完成成型过程。
- 与冷等静压机相比，温等静压机在工作过程中会加热介质或工件，以达到特定的温度条件，从而促进材料的致密化、扩散或相变等过程。工作温度一般不超过500℃，压强范围可达300MPa左右。

□ 热等静压机（HIP）

- 需要以较为昂贵的氩气、氮气、氦气等惰性气体或其他混合气体作为压力介质，向制品（粉体或已经成型的样品）施加各向同等压力（100~200MPa）的同时利用加热炉对制品施加1000~2200℃的高温，从而使制品得以烧结或致密化的过程。
- 热等静压机具有**高度均匀性**，能确保电池组件在高压和高温下受到均匀的压力，产生高度均匀的材料；具有**强可控性**，通过调节压力和温度等参数，可精确控制固态电池的致密化和界面接触过程；**适用范围广**，能用于不同材料和结构的固态电池生产。

等静压技术的分类

□ 等静压技术的核心差异：

1.工作环境参数

- 温度范围：冷等静压（常温，25℃）、温等静压（80-120℃）、热等静压（1000-2000℃）。
- 压力介质：冷 / 温等静压用液体（水、油），热等静压用惰性气体（氩气、氮气）。
- 压力等级：冷等静压（100-630MPa）、温等静压（300MPa左右）、热等静压（100-200MPa）。

2.核心功能

- 冷等静压：可在烧结前对其进行较为精细的机械加工，显著减少烧结后制品的加工量；冷等静压机可分为湿袋式和干袋式两种形式。
- 温等静压：加热介质或工件，以达到特定的温度条件，从而促进材料的致密化、扩散或相变等过程。
- 热等静压：向制品施加各向同等压力的同时利用加热炉对制品施加1000~2200℃的高温，从而使制品得以烧结或致密化的过程。

● 各等静压技术对比图

等静压技术	温度	工作压力	压力介质	应用领域
冷等静压	25℃	100-630MPa	水乳液或油	药品（药片）、陶瓷和炸药
温等静压	80-120℃	300MPa左右	油	对高温敏感的材料
热等静压	1000-2000℃	100-200MPa	惰性气体	航空航天（超级合金涡轮叶片）、医疗（植入物）和核工业（燃料元件）

等静压模具的设计准则

□ **等静压模具的类型：**主要分为两种类型，湿袋等静压和干袋等静压。每种方法都有其独特的操作特点和优势，适合不同的生产需求。

- **湿袋等静压：**是将粉末放入一个柔性模具中，该模具通常由橡胶或类似的弹性材料制成，然后将其密封并放入一个充满液体介质的高压室中。模具完全浸没在液体中，作为压力传递介质。当施加压力时，压力会均匀地分布在整個模具中，从而确保粉末的均匀压实，尤其适用于生产大型复杂零件。
- **干袋等静压：**将弹性体模具直接集成到压力机结构中。模具在压力室内保持静止，粉末在固定的模具内装卸。这种设置可实现更高的自动化程度和更快的生产速度，是火花塞绝缘体等大批量生产的理想选择，尤其适用于生产具有复杂几何形状的小型轴对称零件，比如各种部件，包括棒材、管材、衬套等，由于生产出的绿色压制物接近网状，因此压制后只需进行最少的加工。

□ **等静压模具的优势**

- **高密度和均匀压实：**使用柔性膜将粉末与加压的液体介质隔离，从而使粉末致密化。由于模具会随着粉末的致密化而移动，因此摩擦效应会降到最低，整个产品的密度更加均匀。在航空航天和汽车零部件等对材料性能一致性要求较高的应用中，这种均匀性至关重要。
- **减少内应力：**在各个方向均匀施加压力有助于最大限度地减少压实过程中可能产生的残余应力。内应力的减少可提高机械性能，如更高的强度和更好的可加工性。使用等静压技术制造的产品在应力作用下不易变形或开裂，因此更加可靠耐用。
- **模具成本低：**对于短期生产，与其他制造方法相比，等静压相关的模具成本相对较低。模具易于制造，使用寿命长，有助于降低总体生产成本。这种成本效益使等静压技术成为具有不同产量的行业的一种有吸引力的选择。
- **提高合金化可能性：**等静压可以在不引起材料偏析的情况下提高合金元素的含量。均匀的压力可确保合金元素在整个产品中均匀分布，从而改善材料性能。这种能力对于生产用于关键应用的高性能合金尤为有利。

等静压设备行业发展

根据贝哲斯咨询在《中国等静压市场调研分析与发展前景预测报告2025年》中显示，2024年，中国等静压市场规模达167.44亿元(人民币)，全球等静压市场规模达到618.78亿元，预计全球等静压市场规模将在2030年达到912.59亿元，在预测期间，全球等静压市场年复合增长率预估为6.69%。

- **分区域市场来看：**等静压设备行业呈现出明显的区域发展特征，其中亚太地区增长潜力凸显，北美和欧洲则成为前景广阔的新型市场，这些地区共同为等静压行业的制造商和利益相关者提供了有利可图的发展机会。
 - **亚太地区成为全球市场的领导者：**受大型制造基地、有利的政府举措和低劳动力成本等因素的推动，以及中国、日本、印度和韩国等国家对高性能部件的需求不断增加，亚太地区等静压市场持续增长。
 - **北美和欧洲是等静压工业的新兴市场：**北美、欧洲这些地区已在航空航天与国防、汽车和能源等领域建立了制造业，从而推动了等静压成型市场的发展。
- **分设备的类型看：**等静压机具有技术先进性、能耗低、故障率低、使用稳定性、使用维修方便性、安全性、长寿命久耐用性、压坯密度均匀一致等优点。按成型和固结时的温度高低，等静压设备主要分为冷等静压机、温等静压机、热等静压机三类。
 - **热等静压**市场在全球等静压行业中占有最大的市场份额，航空航天、汽车、医疗、能源和制造等行业对可靠、高性能部件的需求增长带动市场不断发展。
 - **冷等静压**是目前最常用的等静压成型技术，在固态电池的生产中已得到了广泛应用；其中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。

国内头部企业（非上市公司）

□ 中国钢研：

- **成功研制HIPEX1850超大型热等静压装备：**是我国首台套超大型热等静压装备，也是目前国内最大、世界第二大尺寸的热等静压装备。该装备采用预应力钢丝缠绕结构，钢丝总重350吨，总长度约6000公里，具备30吨每炉次的材料承载量，能够对超大尺寸航空发动机机匣、发动机叶片、燃油喷嘴、涡轮盘等核心零部件进行高效精准的热等静压工艺处理。
- **进行技术突破：**超高压（300兆帕）技术突破、均匀快速冷却技术突破填补我国热等静压技术领域多项空白；通过数字化仿真模拟技术持续推进，对热等静压加工技术实施“透明溯源行动”，建立全流程的管控，为产品的质量保驾护航。
- **开辟新消费场景：**以热等静压技术为纽带，推动钢铁行业从传统制造向高附加值领域延伸，开辟新消费场景；结合市场新兴工艺技术（3D打印等）发展，协同上下游，提供产品设计和开发一站式解决方案，探索大量应用场景，助力客户新材料研发迈入快车道。

● 中国钢研的HIPEX1850热等静压机是世界第二大



● 中国钢研HIPEX1850框架吊装



国内头部企业（非上市公司）

□ 川西机器：

- 公司制造的冷、热等静压设备在上世纪70年代荣获国家科学大会奖，被列为国家替代进口产品，多次荣获国家、部、省重大科技成果和优质产品奖，“聚力”牌商标获四川省著名商标。
- 公司是国内从事超高压技术研发和等静压装备的专业制造厂家。公司在等静压技术方面先后获得40余项专利，制定了《钢丝缠绕式冷等静压机》和《钢丝缠绕式热等静压机》行业标准。
- 建厂至今累计制造冷、热等静压设备1500余台，遍布全国近30个省、市、自治区，占国内90%以上的市场；出口日本、韩国等国家，广泛应用于航空、航天、核工业、兵器、船舶等科研单位及耐火材料、硬质合金、高压电瓷、陶瓷、炭素、深海应用、食品、制药等行业，为国家国防工业、高新材料等领域研发生产提供了必要工艺装备，为国防建设和国家基础工业发展做出重要贡献。

● 川西机器RDJ750/2000-200.2000型热等静压设备



● 川西机器冷等静压设备图



国内头部企业（非上市公司）

- **四川力能**：专业从事超高液压成套机械的开发、设计、制造、销售、组装、维修维护的生产制造型企业。2018年公司研发成功**全国首台大缸径（520mm）、高压力(120MPa)水域式温等静压机**，并交付客户投入使用，解决了客户较大型陶瓷件压制的装备难题，获得客户好评；2019年研发成功**全国首台冷/温两用等静压机**，并交付客户使用。
- **包头科发**：致力于**超高压技术**的研究开发、设计、生产、销售及**高压食品加工处理技术**的推广。公司技术力量雄厚，拥有的食品高压处理技术及其配套设备生产技术属于自主研发，具有完整的超高压技术试验室及其配套的超高压测试手段。

● 四川力能温等静压机



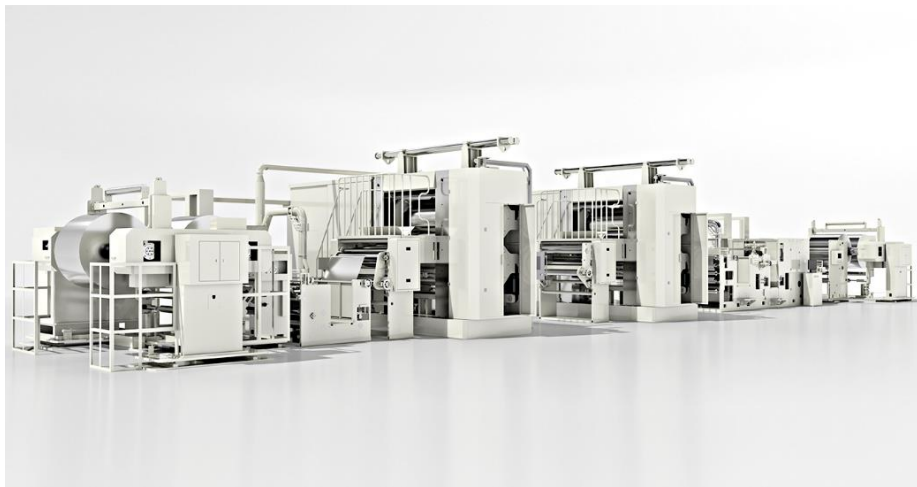
● 包头科发冷等静压设备



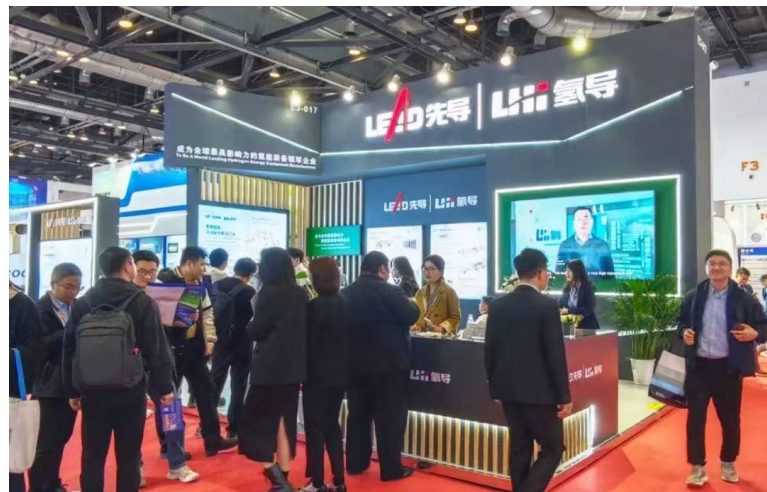
国内头部企业（上市公司）

- **纳科诺尔**：在全固态电池工艺装备的开发进展——干法GWh级量产设备，转印设备优化固固界面接触，锂金属负极设备突破工程化瓶颈，等静压设备探索连续生产。配套-60℃露点实验室提供干燥测试支撑，以“材料+工艺+设备”方案助力固态电池产业化高速发展，坚持产学研各界同道并肩前行，共同夯实全固态电池的产业基石，引领下一代电池技术的智造变革。
- **先导智能**：自主交付600MPa大容量等静压设备，通过提高一次装载电芯数量实现了高效生产，支持150℃高温环境，配合绝缘边框工艺和全自动上下料系统，有效解决极片位移和边缘损伤问题；其新一代固态叠片机则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，显著提升了堆叠效率和对齐精度，为固态电池量产提供了关键装备支撑。
- **利元亨**：在固态电池装备方面，已成功打通全固态电池全线量产工艺，具备硫化物/氧化物/聚合物/卤化物全体系设备适配能力，并已向头部车企交付固态电池整线项目。

● 纳科诺尔等静压设备



● 先导智能展会现场实拍



风险提示

- ❑ **设备研发进展低于预期：**目前部分技术仍处于研发攻关阶段，在精度控制、稳定性、兼容性等方面尚未达到规模化量产要求，且设备研发周期可能因技术瓶颈延长，导致研发进度滞后于预期。此外，设备研发需持续投入大量资金与技术资源，若企业研发投入不足或核心技术难以突破，将进一步加剧设备研发不及预期的情况，最终制约固态电池的量产进程与产业化速度。
- ❑ **原材料价格波动风险：**固态电池产业链与技术尚未完善，电解质、高比能正负极等关键材料依赖钴、镍、锂等贵金属，这类原材料价格本就偏高，一旦出现价格波动，将显著影响下游需求，存在因原材料涨价导致下游需求放缓的风险。
- ❑ **下游应用推进不及预期：**半固态电池技术尚未成熟，循环次数与倍率性能表现欠佳，且未实现规模量产导致成本居高不下，下游应用落地进度存在低于预期的风险；同时，全固态电池大多仍停留在实验室阶段，商用化时间表存在较大不确定性。
- ❑ **新技术替代风险：**电池技术迭代速度快，半固态电池仅为向全固态电池过渡的方案，企业若大规模扩产，未来可能因技术升级至全固态电池而面临产线被淘汰的风险，致使当前多数企业的产能规划可能不及预期；此外，还存在其他新型电池技术替代的可能性，进一步阻碍固态电池产业化进程。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

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

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

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风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。

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

特别声明

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

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益20%以上
		增持	预期股价相对收益10%-20%
		持有	预期股价相对收益-10%-10%
		卖出	预期股价相对收益-10%以下
行业投资评级	自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅5%以上
		中性	预期行业指数涨幅-5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅-5%以下

THANKS