

硅基负极：新一代锂电材料，市场化进程加速

核心观点

- 硅基负极能量密度优势巨大，硅碳与硅氧为主要技术路线。**目前广泛使用负极材料是石墨材料，但商业化的石墨负极容量发挥已接近其理论比容量，限制其进一步的应用。硅基负极具有很高的理论比容量和较低的电化学嵌锂电位，快充性能优异，这正是便携式电子产品、无人机、新能源汽车和储能电池系统等一系列新技术领域发展的迫切需要。硅碳复合材料与硅氧复合材料是硅基负极的主要技术路线。硅系与碳复合体系综合吸收了碳与硅系材料稳定与高容量密度的优点，在锂电池上表现出高质量比容量和长循环寿命。
- 4680 大圆柱高密度电池需求放量，硅基负极将迎快速增长。**在特斯拉和头部电池厂的推动下，预计 4680 电池将迎来需求拐点，带动主辅材向高能量高倍率方向加速升级，而无论从适配程度、能量密度提升角度而言，“高镍+高硅”将是最适合搭配 4680 电池的方案。随着主流电池厂纷纷跟进量产，4680 电池的放量将有效带动相关行业进入快车道。硅系负极以其得天独厚的能量密度优势，未来有望在电池能量密度较高的三元电池体系中迎来快速增长。预计 2025 年全球硅基负极出货量将达到 14.9 万吨，渗透率将达到 5.4%。
- 体积膨胀降低寿命与低首次充电效率为产业化难点。**目前行业壁垒在于材料性能，材料成本及生产工艺，硅材料在嵌锂过程中巨大的体积膨胀诱导极大的内应力产生，在脱嵌锂过程中不断使硅颗粒表面形成的 SEI 膜破裂与再生，导致电池中有限的活性锂损失，进而降低使用寿命导致低首次充电效率。产业突破在于预锂化及材料端改性，预锂化能大幅度提高锂离子电池的首次库伦效率、弥补不可逆容量损失，材料端改性提升综合性能。目前各企业已加速布局硅基负极的生产，其中贝特瑞、杉杉股份等领军企业已开始量产，预计生产工艺及相关成本较高的问题将得到逐步解决。

投资建议与投资标的

- 硅基负极能量密度优势明显，打破传统石墨负极能量密度极限。从技术性来说，石墨负极材料的容量上限已无法满足快速发展的电子器件和电动汽车更高能量密度的需求，而硅是提升动力电池能量密度的关键。未来随着动力电池能量密度要求的提高，硅碳负极搭配高镍三元材料的体系成为发展趋势。伴随 4680 电池量产进程加快，宁德时代、松下、LG、亿纬锂能等电池企业均在 4680 电池技术上有产能规划，硅负极产业化大势日渐明晰，预计 4680 大圆柱电池的量产有望成为行业关键催化。同时，硅基负极在膨胀系数大、首效低、电导性弱、倍率较差等核心技术难点已逐步找到解决途径，商业化道路已铺平，未来硅基负极材料有望迎来快速放量，而硅基负极领域积累深厚、产品性能领先的公司有望充分受益，建议关注贝特瑞(835185, 买入)、杉杉股份(600884, 未评级)、石大胜华(603026, 买入)。

风险提示

- 下游锂离子电池需求不及预期；4680 电池量产进程不及预期；技术路线更迭风险；假设条件变化影响测算结果。

证券代码	公司名称	股价	EPS			PE			投资评级
			21	22E	23E	21	22E	23E	
835185	贝特瑞	89.00	2.07	3.03	4.59	43.00	29.35	19.39	买入
603026	石大胜华	155.16	6.15	10.48	12.68	25.22	14.81	12.24	买入

资料来源：公司数据、东方证券研究所预测，每股收益使用最新股本全面摊薄计算

行业评级

看好（维持）

国家/地区

中国

行业

新能源汽车产业链行业

报告发布日期

2022 年 06 月 30 日



证券分析师

卢日鑫	021-63325888*6118 lurixin@orientsec.com.cn 执业证书编号：S0860515100003
李梦强	limengqiang@orientsec.com.cn 执业证书编号：S0860517100003
顾高臣	021-63325888*6119 gugaochen@orientsec.com.cn 执业证书编号：S0860520080004
林煜	linyu1@orientsec.com.cn 执业证书编号：S08600521080002

相关报告

“新增+置换”需求双重驱动，行业由周期转向成长：——新能源汽车行业 2022 年中期策略报告	2022-06-17
产业发展的本源力量推进，锂电池产业稳健成长：后疫情时代的投资逻辑之新能源汽车行业	2022-05-12
纤维状导电剂性能优异，碳纳米管有望引领行业发展	2022-03-31
驱动电机有望迎来盈利拐点，先发优势奠定龙头企业地位	2022-02-16
需求高增与产能扩张受限矛盾持续，产业链高盈利将成常态：——新能源汽车产业链 2022 年策略报告	2021-12-09

目 录

负极材料新一轮技术迭代，硅基负极带来新优势	4
硅基负极能量密度优势明显，与碳复合为未来方向	4
硅碳和硅氧为主要路线，技术革新在即	5
高能量密度电池需求放量，硅基负极需求有望放量	8
高能量密度电池加速导入，硅基材料优势体现	8
市场空间：预计 2025 年全球硅基负极出货量有望达到 14.9 万吨	10
产业化布局逐步推进，技术更新突破壁垒	11
预锂化提高首次库伦效率，材料端优化提升性能	11
行业壁垒明显，技术迭代推进降本与增效	13
行业初迎增量式发展，市场集中度较高	15
相关企业	16
贝特瑞	16
杉杉股份	18
石大胜华	18
天目先导	18
投资建议	19
风险提示	19

图表目录

图 1：负极材料分类.....	4
图 2：商业化负极材料比电容对比.....	4
图 3：硅负极失效机理.....	5
图 4：硅碳负极材料微观结构.....	6
图 5：硅氧负极材料微观结构.....	6
图 6：纳米硅制备工艺.....	7
图 7：氧化亚硅制备工艺.....	7
图 8：贝特瑞制备硅基负极制备工艺.....	7
图 9：4680 电池结构与性能.....	8
图 10：硅基材料处理工艺.....	8
图 11：2016-2021 年中国硅基负极材料出货量及增长情况.....	9
图 12：2017-2021 年中国硅基负极渗透率.....	9
图 13：硅碳负极产业化难点.....	11
图 14：预锂化技术具体方式.....	12
图 15：硅碳负极材料端优化路线.....	13
图 16：硅基负极专利情况.....	14
图 17：贝特瑞多孔硅碳制备.....	14
图 18：贝特瑞发展概况.....	17
图 19：贝特瑞硅基负极技术发展.....	17
图 20：杉杉股份硅氧负极产品.....	18
表 1：不同负极材料性能比较.....	5
表 2：硅系负极材料比较.....	6
表 3：主要硅基负极制备流程中的主要方式.....	6
表 4：2016-2020 年动力电池与系统能量密度变化趋势（Wh/kg）.....	8
表 5：电池厂商布局.....	9
表 6：全球硅基负极需求测算.....	10
表 7：预锂化工艺比较.....	12
表 8：各企业硅基负极投资成本.....	15
表 9：硅基负极材料领域的布局.....	15
表 10：同行业硅基负极材料的指标比较.....	16

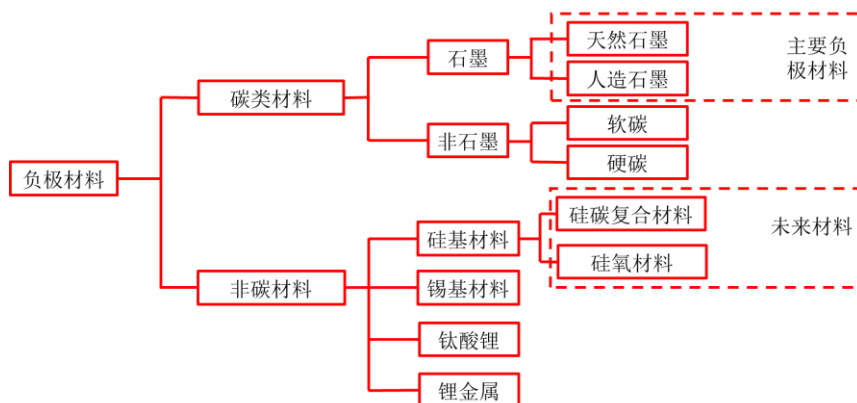
负极材料新一轮技术迭代，硅基负极带来新优势

硅基负极能量密度优势明显，与碳复合为未来方向

锂电池负极材料对于锂离子电池起关键作用。在充电过程负极材料中不断地与锂离子发生反应，将锂离子“擒获并存储”起来，亦将外部的功以能量的形式存储在电池中。在电池的放电过程中，锂离子从负极转移到正极，电池对外做功。因此，锂离子与负极材料的可逆反应能力决定着锂离子电池的储能效应，锂离子电池性能的提高在一定程度上取决于对负极材料性能的改善。

锂电池负极材料主要分为碳类材料和非碳材料。碳类材料包括天然石墨负极、人造石墨负极、软炭（如焦炭）负极、硬炭负极、碳纳米管、石墨烯、碳纤维等，非碳材料主要分为硅基及其复合材料、锡基材料、钛酸锂、合金材料等。

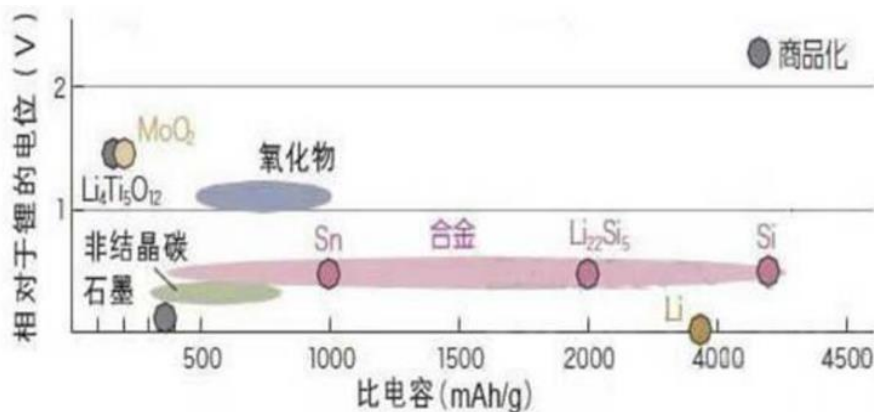
图 1：负极材料分类



数据来源：《锂离子电池负极材料研究进展——武明昊》，东方证券研究所

硅负极理论比容量优势明显。目前广泛使用负极材料是石墨材料，但商业化的石墨负极容量发挥已接近其理论比容量（372 mAh/g），限制其进一步的应用，因此迫切需要开发出具有更高比容量的负极材料。而硅负极具有很高的理论比容量（4200 mAh/g）和较低的电化学嵌锂电位，快充性能优异，这正是便携式电子产品、无人机、新能源汽车和储能电池系统等一系列新技术领域发展的迫切需要。

图 2：商业化负极材料比电容量对比

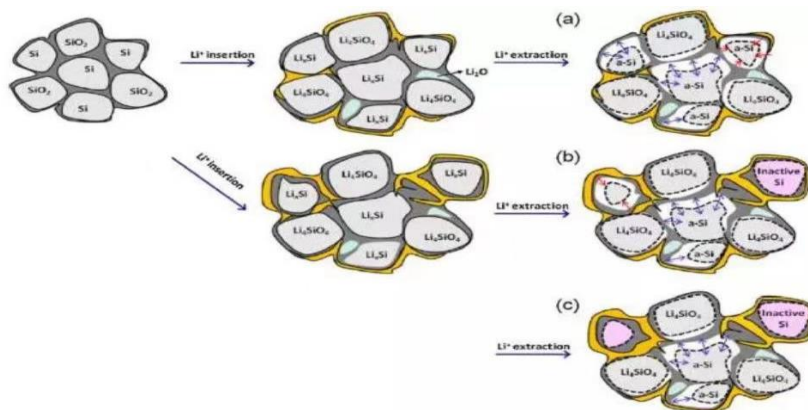


数据来源：新能源汽车市场与基础设施月度监测与分析，东方证券研究所

硅负极在充放电过程中存在巨大体积膨胀。硅负极在循环过程中的体积膨胀较大，会导致较差的循环寿命和不可逆容量，严重阻碍了其商业化应用。体积膨胀效应引起纳米硅颗粒与电极极片的机械稳定性变差、活性颗粒之间相互的接触不好、以及表面 SEI 钝化膜的稳定性降低，使得锂电池的寿命和安全性能都面临着挑战。

硅负极的首次充电效率较低。在锂离子电池首次充电过程中，有机电解液会在负极表面还原分解，形成固体电解质相界面(SEI)膜，不可避免地消耗大量来自正极的锂离子，造成首次循环的库仑效率偏低，降低了锂离子电池的容量和能量密度。现有的石墨材料有 5%~10%的首次不可逆锂损耗，由于硅材料的表面积高于石墨，首次不可逆锂损耗达 15%~35%。

图 3：硅负极失效机理



数据来源：美国化学会，东方证券研究所

硅负极与碳复合材料优势互补，体积膨胀改善明显。碳负极材料具有良好的循环稳定性和优异的导电性，且锂离子对其层间距并无明显影响，在一定程度上可以缓冲和适应硅的体积膨胀；此外，硅与碳化学性质相近，二者结合紧密，因此碳常用作与硅复合的首选基质。在硅碳复合体系中，硅颗粒作为活性物质，提供储锂容量；碳既能缓冲充放电过程中硅负极的体积变化，又能改善硅系材料的导电性，还能避免硅碳颗粒在充放电循环中发生团聚。因此硅碳复合材料综合吸收了二者特有的优点，在锂电池上表现出高质量比容量和长循环寿命，代替石墨成为新一代锂离子电池负极材料。

表 1：不同负极材料性能比较

类型		天然石墨	人造石墨	硅基材料
克容量	mAh/g	340-370	310-370	>400
首次循环	%	90-93	90-96	60-92
循环寿命	次	>1000	>1500	300-500
工作电压	V	0.2	0.2	0.3-0.5
快充性能		一般	一般	优秀
安全性		一般	良好	良好
应用场景		以消费电池为主	消费电池、动力电池为主	动力电池

资料来源：《锂离子电池负极材料产业化技术进展——陆浩》，东方证券研究所

硅碳和硅氧为主要路线，技术革新在即

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

硅碳复合材料与硅氧复合材料是硅基负极的主要技术路线。目前，硅基材料的主要发展方向是硅碳复合材料与硅氧复合材料。硅碳复合材料是指纳米硅与石墨材料混合，硅氧复合则是通过高温下气象沉淀硅与二氧化硅（ SiO_2 ），使硅纳米颗粒（2~5nm）均匀分散在二氧化硅介质中制得氧化亚硅（ SiO ），再与碳复合制成。氧化硅材料既能发挥硅的高容量优势，又能够抑制硅的体积变化。

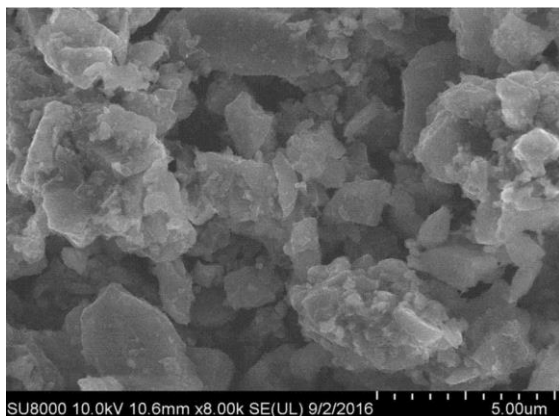
硅氧负极的综合性能较好，是下一代高比能硅基负极材料的选择。在硅氧负极中的 Li^+ 在 SiO 中具有更高的扩散速度，表现出更好的倍率性能；同时，嵌锂过程中体积膨胀也显著小于硅碳负极，循环寿命更长。近年来，硅氧负极的首次效率经过材料厂家的努力已经提升显著，其更优的综合性能为未来硅基负极的发展指明方向。

表 2：硅系负极材料比较

类型	硅碳负极	硅氧负极
理论克容量（mAh/g）	4200	2700
体积膨胀	280%	160%
循环寿命	较短	较长
首次效率	较高	较低
快充性能	较低	较高
倍率性能	较高	较高
安全性	较低	较高

资料来源：《Systematic electrochemical characterizations of Si and SiO anodes for highcapacity Li-Ion batterie——Ke Pan》，东方证券研究所

图 4：硅碳负极材料微观结构



数据来源：GGII，东方证券研究所

图 5：硅氧负极材料微观结构



数据来源：GGII，东方证券研究所

制备方法：机械球磨法较先应用，但尚未形成标准化方法。硅基负极生产技术可分成机械球磨法、化学气相沉积法、高温热解法、溶胶凝胶法，其中机械球磨法对设备要求较为简单，制造成本较低，在工业化量产中应用较广。球磨可以促进原料颗粒之间的均匀混合并获得较小的粒径，同时颗粒之间空隙也有利于电池的循环性能的提高。

表 3：主要硅基负极制备流程中的主要方式

方法	制备过程	优点	缺点	说明
机械球磨法	机械球磨法是以硅粉、石墨与石油沥青粉体为原料，混合后球磨，然后在氩气气氛下在	明显降低反应活化能，提高材料电/热学性能；粒度较小，分布	产品团聚现象严重	要想得到电化学性能良好的硅碳复合

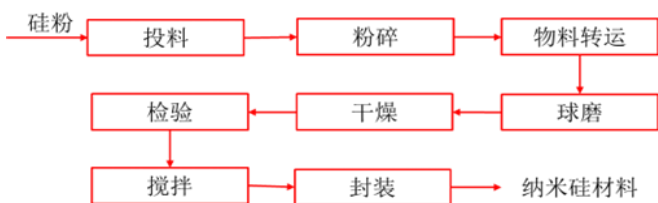
有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

	1000℃下进行热处理制备硅/碳复合	均匀；工艺简单，成本较低，适合工业化生产		材料，需要严格控制研磨时间
化学气相沉积法	以硅烷等化合物为硅源，以甲苯等有机物为碳源，在基底材料上沉积硅层和碳层，从而获得硅碳活性材料	循环稳定性好；首次充放电效率高；对设备要求简单，适合工业化生产	总比容量相对较低，成本较高	实验室阶段，尚未商业化
溶胶-凝胶法	将硅颗粒分散于碳凝胶中，制备得到具有三维碳网络结构特征的硅/碳纳米复合	分散性能好；较高的可逆比容量；循环性能好	产品易发生团聚	/
高温热解法	以聚合物为碳源，以纳米硅、硅氧化物等为硅源，在惰性气氛下用聚合物高温热解产生的无定形碳包覆硅材料，从而获得碳包覆硅结构的硅碳活性	工艺简单；易产业化，较好缓冲充放电过程的体积变化	硅的分散性能较差；碳层易分布不均匀；易发生团聚	/

资料来源：GGII，东方证券研究所

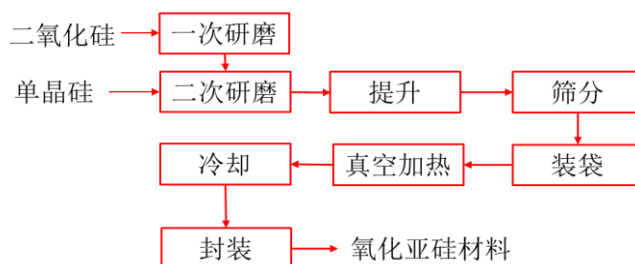
硅基负极的制备过程前端工序各不相同。目前硅碳负极生产工艺中，碳材料复合和烧结等步骤技术已较为成熟。由于纳米硅具有较高的表面能，极易团聚形成微米级颗粒，故硅碳负极生产的核心难点在于纳米硅粉的制备。硅氧负极的制备过程相对复杂，通常是先利用二氧化硅和单质硅作为原料制备氧化亚硅，然后进行碳包覆等后续工艺。

图 6：纳米硅制备工艺



数据来源：四川创源新材料环评，东方证券研究所

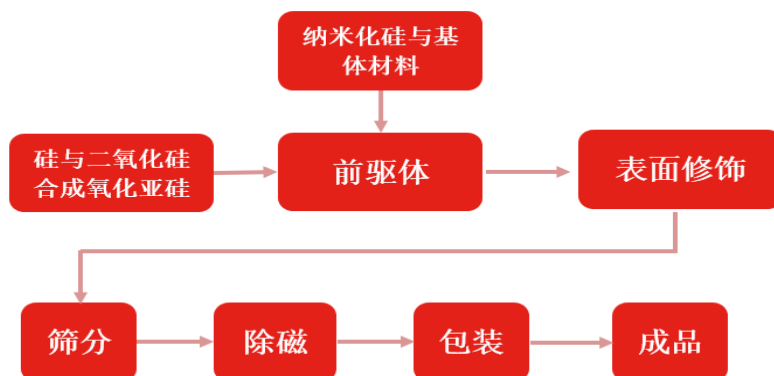
图 7：氧化亚硅制备工艺



数据来源：临城新材料氧化亚硅项目环评，东方证券研究所

硅碳负极与硅氧负极制备的后端工序基本相同，包括前驱体的表面处理、筛分、除磁等环节，最终经过分装得到成品。

图 8：贝特瑞制备硅基负极制备工艺



数据来源：贝特瑞环评，东方证券研究所

高能量密度电池需求放量，硅基负极需求有望放量

高能量密度电池加速导入，硅基材料优势体现

终端客户续航需求提升，高能量密度电池成为行业趋势。我国锂电池行业已步入成长期，新能源汽车、消费电子等终端市场中，客户对续航时间、续航里程和轻量化提出更高要求。相比于石墨负极嵌入式储锂而言，硅基负极材料的合金化储锂机制可以储存更多的锂离子，从而赋予硅更高的理论比容量（4200mAh/g），电池能量密度相对较高，从而有效提升续航时间及里程。《中国制造 2025》明确了 2025 年电池能量密度达到 400Wh/kg，2030 年电池能量密度达到 500Wh/kg 的远景目标，硅基负极未来有望在电池能量密度较高的三元电池体系中迎来渗透率的提高。

表 4：2016-2020 年动力锂电池与系统能量密度变化趋势（Wh/kg）

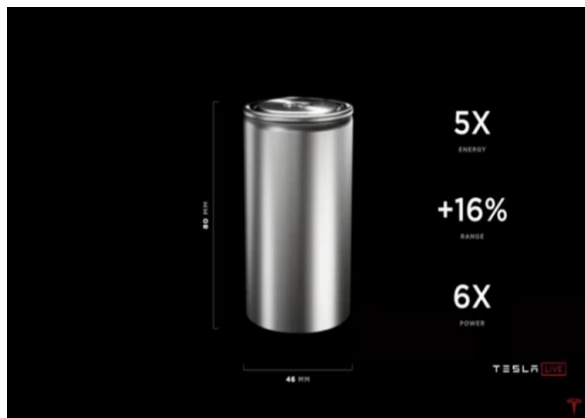
	圆柱三元单体	圆柱三元系统	方形三元单体	方形三元系统	软包三元单体	软包三元系统
2016	180	130	180-200	120-145	200-220	130-150
2017	215	140	190-210	130-150	210-240	140-170
2018	250	140-150	220-230	135-155	220-260	140-160
2019	260-280	140-170	230-260	150-180	240-280	150-170
2020	265-280	150-175	230-260	160-190	240-280	150-180

资料来源：GGII，东方证券研究所

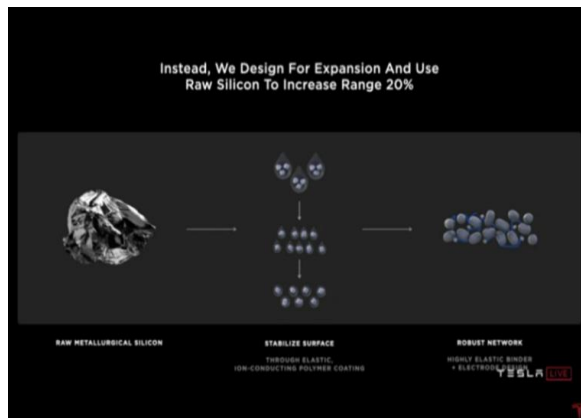
特斯拉 4680 电池已实现量产，高能量密度电池成为未来关键赛点。在特斯拉和头部电池厂的推动下，预计 4680 电池将迎来需求拐点，带动主辅材向高能量高倍率方向加速升级，而无论从适配程度、能量密度提升角度而言，“高镍+高硅”将是最适合搭配 4680 电池的方案。随着主流电池厂纷纷跟进量产，4680 电池的放量将有效带动相关行业进入快车道。

图 9：4680 电池结构与性能

图 10：硅基材料处理工艺



数据来源：特斯拉发布会，东方证券研究所



数据来源：特斯拉发布会，东方证券研究所

众多厂商跟进，大圆柱电池将成为硅基负极增长催化剂。海外方面，除特斯拉在美国德州、德国的超级工厂外，松下、LG 化学均在推动 4680 大圆柱电池配套设施建设；国内方面，宁德时代正加快研发节奏，规划了 8 条 4680 电池产线，共 12GWh；比克动力于 2019 年开始研发大圆柱电池，预计 2023 年量产；亿纬锂能具备 4680 的技术储备，并在 2021 年 11 月公告称，将在荆门投建 20GWh 乘用车用大圆柱电池生产线。预计受特斯拉引领，国内企业将跟进布局 4680 电池，带动圆柱电池渗透率将进一步提升。

表 5：电池厂商布局

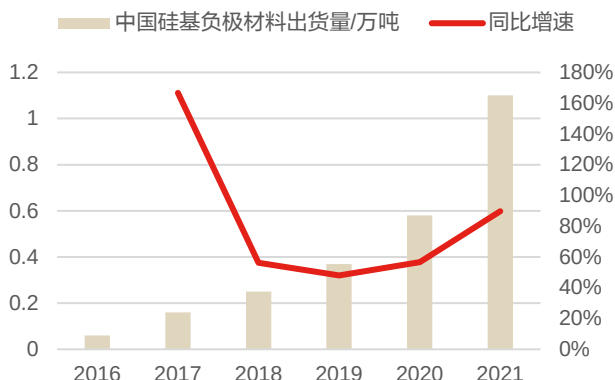
类型	大圆柱电池布局
特斯拉	2022 年 1 月，特斯拉宣布已在其加州弗里蒙特工厂生产了超 100 万颗 4680 电池，电池良率已从最开始 27% 提升至 90%，表明其 4680 电池量产进程再进一步。
松下	在和歌山工厂建设 4680 电池原型生产线。同时还有可能在美国新建一座电池工厂专门生产 4680 电池，计划在 2023 年开始生产。
LG	目前正在研发 4680 电池，并在其韩国梧昌工厂建设一条试验生产线。
亿纬锂能	2022 年 5 月正在荆门建设 20GWh 大圆柱电池产能，并布局了 4680 和 4695 两款大圆柱电池，今年年底将会有一部分产能释放。预计 2023 年其产能释放将达 20GWh，2024 年将达到 40GWh。
宁德时代	公司在 4680 电池上已规划了 8 条线，共 12GWh。
比克	2019 年，基于对动力电池技术路线判断和客户端需求，比克就已经开始大尺寸圆柱电池研发，同时展开了相关核心技术的配套开发，包括全极耳技术、极片展平技术、开口化成技术、超级快充技术等。

资料来源：GGII，东方证券研究所

近年负极出货量快速增长，渗透率稳中有升，未来发展空间巨大。随着下游动力电池行业对高能量密度负极材料需求的增长，硅基负极材料出货量快速增长。2016 年我国硅基负极材料出货量仅为 0.06 万吨，2021 年出货量激增，达 1.1 万吨，同比上升 89.7%。同时，国内硅基渗透率仍然较低。据统计，2021 年中国硅基负极材料在负极渗透率仅为 1.4%，提升空间巨大。预计随着未来大圆柱电池市场的放量，硅基负极市场将迎来快速增长。

图 11：2016-2021 年中国硅基负极材料出货量及增长情况

图 12：2017-2021 年中国硅基负极渗透率



数据来源：GGII，东方证券研究所



数据来源：GGII，东方证券研究所

市场空间：预计 2025 年全球硅基负极出货量有望达到 14.9 万吨

我们预计 2025 年全球硅基负极出货量有望达到 14.9 万吨，渗透率将达到 5.4%。目前锂电池主要应用于动力电池，消费电池与储能电池。以动力电池为例，测算圆柱电池及非圆柱电池的不同硅基需求，考虑到不同应用领域下硅基负极不同使用比例，再结合石墨负极与硅基负极的每 GWh 电池对应单耗，预计全球硅基负极的出货量将以每年 60% 以上的增速增长。预计硅基负极在将率先在高端车型上展现锋芒，并随着各大电池厂对大圆柱电池的产业布局迅速发展。届时，硅基负极渗透率快速提升，行业规模快速扩大。

表 6：全球硅基负极需求测算

	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E
全球锂电池需求/GWh	261	483	727	1063	1492	1994
——动力电池	131	310	497	766	1107	1523
——消费电池	85	90	95	100	110	110
——储能电池	13	41	83	136	206	279
——两轮车	12	17	22	28	35	42
——电动工具	10	11	13	15	18	20
——其他领域	10	14	17	18	18	20
动力电池领域：						
圆柱电池装机占比	23%	25%	26%	28%	29%	31%
非圆柱装机占比	77%	76%	74%	73%	71%	70%
圆柱动力电池需求	30	76	129	211	321	465
非圆柱动力电池需求	101	234	368	555	786	1059
圆柱电池使用硅基负极比例	1.3%	1.4%	1.9%	2.4%	2.9%	3.4%
非圆柱电池使用硅基负极比例	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.5%
动力电池领域使用硅基负极比例	0.5%	0.5%	0.7%	0.9%	1.1%	1.3%
消费电池领域使用硅基负极比例	0.5%	0.5%	0.6%	0.6%	0.7%	0.7%
储能电池领域使用硅基负极比例	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

两轮车+电动工具电池领域使用硅基负极比例	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	1.0%	1.1%
其他领域使用硅基负极比例	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
全球锂电池使用硅基负极比例	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.9%	1.1%
全球负极材料出货量/万吨	53.8	90.5	126.0	170.7	222.4	276.2
全球石墨负极材料出货量/万吨	52.9	88.9	123.0	165.2	213.1	261.3
全球硅基负极材料出货量/万吨	0.9	1.6	3.0	5.5	9.3	14.9
全球硅基负极材料增速		84.7%	86.2%	80.8%	70.3%	60.3%
全球硅基负极材料渗透率	1.6%	1.8%	2.4%	3.2%	4.2%	5.4%

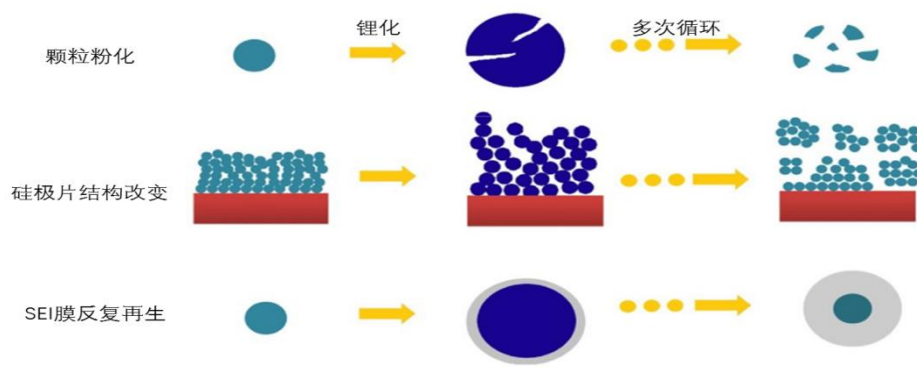
资料来源：EVTank，东方证券研究所（2020 和 2021 年全球负极出货量、石墨负极出货量、硅基负极出货量为测算值）

产业化布局逐步推进，技术更新突破壁垒

预锂化提高首次库伦效率，材料端优化提升性能

硅碳负极产业化难点：体积膨胀降低寿命与低首次充电效率。硅材料在嵌锂过程中巨大的体积膨胀诱导极大的内应力产生，内应力的释放会导致硅颗粒破裂甚至粉化，破碎的硅颗粒与电极失去电接触，还会导致电极结构破坏，部分电极与极片失去电接触，导致电池容量衰减。此外，硅颗粒在脱嵌锂过程中剧烈的体积膨胀所形成的外应力不断使硅颗粒表面形成的 SEI 膜破裂，硅颗粒表面与电解液重新接触导致 SEI 膜反复再生，导致电池中有限的活性锂损失，进而降低使用寿命。而锂离子电池首次充放电过程中，SEI 膜的形成会永久地消耗来自正极的锂，造成首次库伦效率（首次充电效率）和能量密度偏低。其次，硅的导电性能相较碳材料来说较差，在高倍率下不利于电池容量的有效释放。

图 13：硅碳负极产业化难点

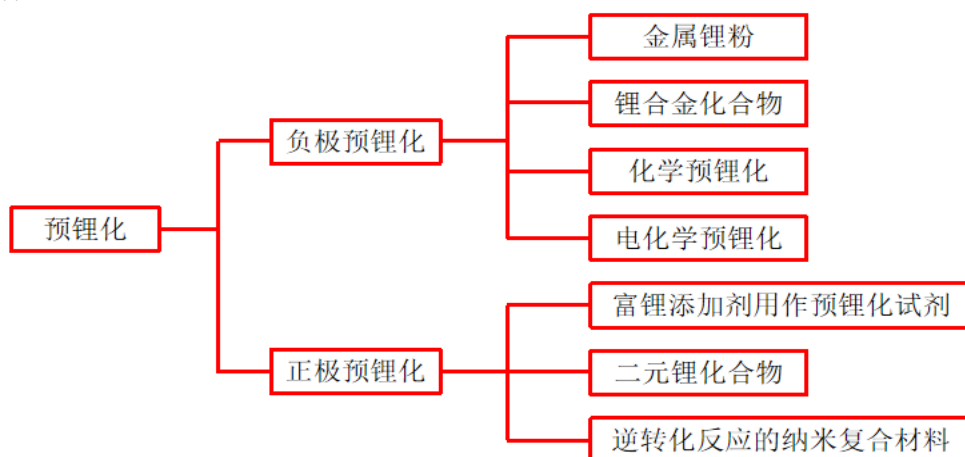


数据来源：《硅碳负极材料的制备及预锂化技术研究——孙瑞康》，东方证券研究所

负极预锂化能大幅度提高锂离子电池的首次库伦效率、弥补不可逆容量损失。对于硅基负极首次效率较低的问题，主要是因为硅材料比表面积较大，导致电极在首次嵌锂的过程中产生大面积 SEI 膜，从而消耗电池中的锂离子。使用预锂化技术在电极正式充放电循环之前添加少量锂源，可以弥补反应中过量消耗的锂，补充 SEI 膜形成过程中的副反应和阴极锂的消耗，在一定程度上减轻了体积膨胀，提高了锂离子电池的整体性能。

负极预锂化工艺难度高，规模化有望降本。预锂化有正极补锂与负极补锂两种方法。负极补锂的方式主要包括金属锂粉、锂合金化合物、化学和电化学补锂等，正极补锂的方式主要包括富锂添加剂、二元锂化合物、逆转化反应的纳米复合材料补锂等。现阶段，由于金属锂的使用与生产环境、常规溶剂、粘结剂及热处理等过程不兼容，相比于正极补锂，负极补锂由于成本与工艺原因，难度相对较高，预计随着硅基负极的需求提升，相关成本将会下降。

图 14：预锂化技术具体方式



数据来源：《锂离子电池快速发展的关键：预锂化技术——朱如强》，东方证券研究所

常见的预锂化方式主要有锂粉补锂、锂合金补锂、电化学补锂、化学补锂，每一种都有其优点和缺点。

锂粉补锂：通过阳极与锂金属的直接接触原理十分简单，即将 Li 压在电极表面或将 Li 嵌入复合电极内部。然而，使用锂箔用作预锂剂时，目前商用的锂箔为 45 μm ，难以加工，其预锂化程度常规方法下很难控制。使用 SLMP 在控制精度上更有优势，但是其成本远高于锂箔。

锂合金补锂：使用含锂活性物质如锂化负极材料作为预锂剂，其可以进行可逆的锂化/去锂化，所以不会降低电池的能量密度。部分的锂化材料特别是 Sn 和 Ge，具有相对良好的环境空气稳定性，这有可能降低电池制造过程中预锂化的成本，但是对于使用极性高的溶剂，如 NMP 或水，它们仍然过于活泼，这是一个主要的缺点。

电化学补锂：电化学预锂化可以很好地控制预锂化程度，这对于平衡阳极/阴极容量、SEI 的形成非常有利。然而，面临的问题是通常需要拆解极片重新组装电池，导致这种技术的商业电池制造的可用性下降。

化学补锂：化学预锂化可以根据时间控制预锂化的程度，并且可以通过将电极浸入溶液中进行相对简单的操作，反应速率和反应时间由预锂化试剂的活性决定。此外，电极必须在预锂化后从不需要反应物质中提纯，这进一步增加了这项技术的支出。

表 7：预锂化工艺比较

	锂化程度	循环性	安全性	设备要求	环节要求	速度
金属锂粉	高，锂粉密度相关	优	低，易粉尘爆炸	一般，分干法、湿法	对水分、氧气要求苛刻	最快，注液形成 SEI 膜
锂合金化合物	较高，锂容量有关	优	一般，易燃烧	复杂，需调整卷绕工艺	对水分、氧气要求苛刻	较快，注液形成 SEI 膜
电化学预锂化	中等，电位有关	一般	一般，易燃烧	一般	对水分、氧气要求苛刻	较快
化学预锂化	低，补锂量有限	一般	较高	简单	对水分、氧气要求苛刻	慢，效率低

数据来源：《预锂化技术在能源存储中的应用——明海》，东方证券研究所

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

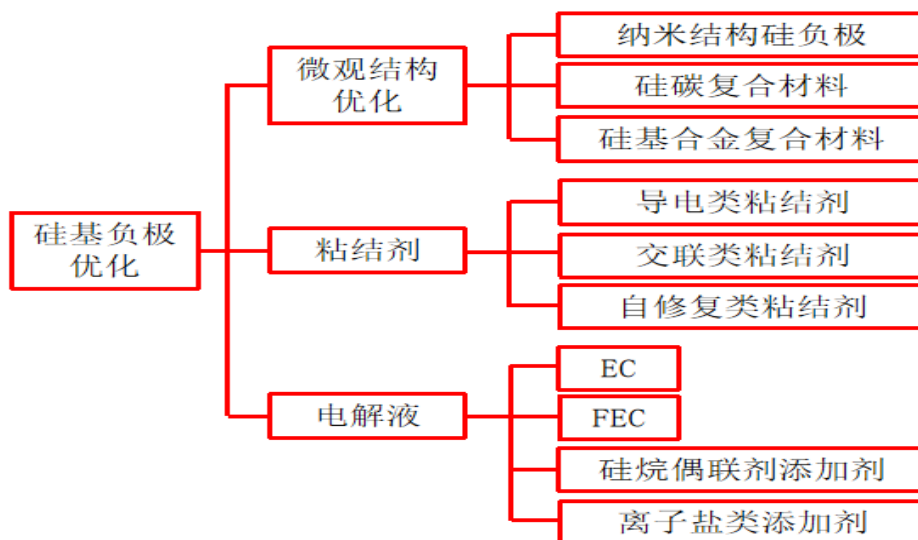
硅碳负极材料端优化，多路线齐头并进。分别优化硅碳负极的微观结构、粘合剂、电解液，实现硅碳负极材料端多线路优化，提升硅碳负极的性能。具体来看：

微观结构方面：通过设计不同结构的硅基负极材料，通过特殊的结构在微观层面缓解硅在嵌锂过程中的体积膨胀以提升其电化学性能。到目前为止，研究人员设计制备的硅基负极材料结构种类繁多，大体上可以分为纳米结构硅负极、硅碳复合材料、硅聚合物复合材料、硅基合金复合材料等。

粘合剂方面：通过研究适合硅基负极材料的粘结剂，选用特殊结构和性能的粘结剂，维持硅基负极材料电极的结构稳定性，提高电池循环寿命。目前开发的粘结剂种类主要有：导电类粘结剂用以提升电极整体的导电性能；交联类粘结剂具有很强的黏结力可以降低极片的膨胀率；自修复类粘结剂可以缓解硅材料由于体积膨胀导致材料粉化问题。新型粘结剂的开发与应用将极大促进硅基负极材料的商业化进程。

电解液方面：研究适合硅基负极材料的电解液，通过在电解液中添加电解液添加剂，其在电池循环过程中可以改善硅基负极材料表面 SEI 膜，以此提升硅基负极材料的电化学性能。诸多电解液添加剂如 EC、FEC、硅烷偶联剂添加剂、离子盐类添加剂等的开发为不同种类的硅基负极材料提供了多种电解液配方，可以根据实际需求配备不同的电池设计方案，提升了硅基负极材料在各种环境下的应用潜力，扩大了硅基负极材料的应用范围。

图 15：硅碳负极材料端优化路线



数据来源：《基于表面改性制备硅基锂离子电池负极材料及其储锂性能研究——林杨帆》，东方证券研究所

行业壁垒明显，技术迭代推进降本与增效

硅基负极材料的产业化壁垒在于性能，成本和工艺。

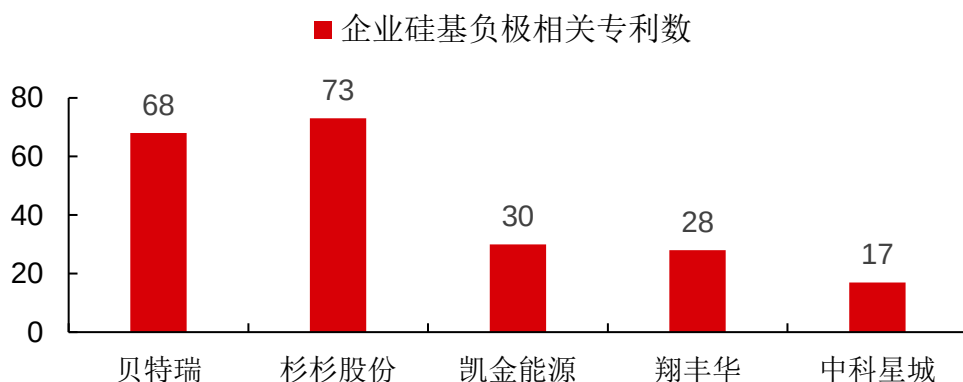
材料性能：硅基负极材料的性能还有待提高。硅碳复合负极的首效可以达到 86%-91%，已接近石墨产品，但其长循环后的容量保持率离石墨负极还有较大的差距。氧化亚硅负极材料的循环性能较好，但其偏低的首次效率将制约其应用。解决这些问题不仅需要优化材料的制备工艺，还需要从整个电池的工艺去着手解决。

材料成本：硅基负极材料的成本还有待降低。硅基负极相对于石墨负极材料的制备工艺复杂，且各家工艺均不同，产品目前未达到标准化，导致其价格一直居高不下。硅基负极材料的制备过程中纳米硅粉生产对设备的要求极高，需要较大的资金投入且生产过程中能耗较大。硅氧负极制备的难点在于氧化亚硅的制备，原因在于其表面结构难以控制，并对其性能有着关键影响，且生产效率低；其次为提高硅氧负极的首次库伦效率，常需要预锂化工艺，这无疑会增加产品的制备成本，抬高硅基负极价格。

生产工艺：硅基材料的电池工艺还有待成熟。电池的制备流程以及匹配的主、辅材对硅基材料的性能发挥影响很大。近年来，虽然部分电池企业在硅基材料的应用中取得了一定的技术突破，但整体而言其技术工艺还不够成熟。硅基电解液的开发、预锂化技术的应用、粘结剂的选择等工作都需要电池和负极材料厂商共同开展，以加快硅基负极材料的产业化应用。

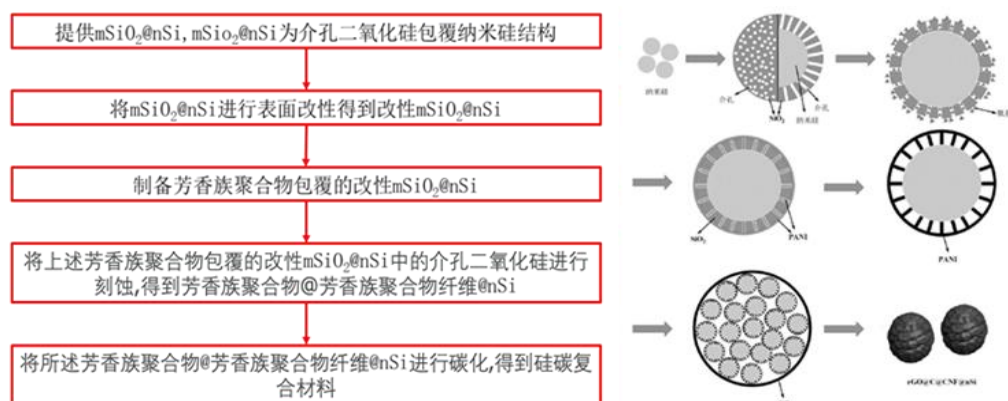
领先公司技术储备优势明显，产品性能优秀。目前，贝特瑞及杉杉股份拥有较多的专利数目，科研技术处在领先水平，贝特瑞公司拥有 60 余项硅基负极材料专利，处于国内行业领先，掌握的“高能量密度富锂氧化物@硅碳技术”、“氧化亚硅表面改性技术”、“高容量硅碳产品开发技术”、“高首效氧化亚硅技术”行业领先，杉杉股份的硅基负极以氧化亚硅为主，目前该产品已在消费类和小动力市场实现批量应用，公司亦在推进纳米硅的研发，以实现高能密度电池的动力需求。

图 16：硅基负极专利情况



数据来源：国家知识产权局，东方证券研究所

图 17：贝特瑞多孔硅碳制备



数据来源：贝特瑞专利，《硅碳复合材料及其制备方法、负极材料、负极片和锂离子电池》，东方证券研究所

硅基负极投资成本较高，规模化有望降本。贝特瑞的单万吨资产投资高达 12.5 亿元，而非负极企业如石大胜华、硅宝科技的单万吨资产投资在 3-4 亿元左右。原因在于贝特瑞采用硅基负极一体化生产，自己处理硅原料。相信随着制造工艺的成熟和技术的革新，以及硅基材料市场需求的不断扩大，规模化生产后硅基材料的加工成本必将逐渐下行。

表 8：各企业硅基负极投资成本

公司	产品	项目产能（万吨）	项目总投资（亿元）	单万吨资产投资（亿元）
贝特瑞	硅负极	4	50	12.5
	硅负极	0.3	3	10
石大胜华	硅负极	2	7.3	3.65
	硅负极+氧化亚硅	3 万吨硅负极+5000 吨氧化亚硅，总投资 11 亿元		
硅宝科技	硅负极+粘结剂	1 万吨硅负极+4 万吨粘结剂，总投资 5.6 亿元		
国轩高科	硅负极+高镍三元正极	1 万吨高镍三元正极+5000 吨硅负极，总投资 6.5 亿元		

数据来源：公司项目环评报告整理，东方证券研究所

行业初迎增量式发展，市场集中度较高

行业初迎增量式发展，市场集中度较高。目前，硅基负极的市场集中度高，量产企业不超过 3 家，在研发及小试企业超过 20 家。硅基负极目前主要有三类企业，一是现有石墨类负极企业，如贝特瑞、宁波杉杉等；二是科研院校的创始团队，如天目先导等；三是电池企业或跨界进入该领域的纳米硅制造企业，如国轩高科等。各企业已提前做好战略布局，未来随着硅基负极市场发展，预计竞争赛道将愈发激烈。

表 9：硅基负极材料领域的布局

类型	公司公告
贝特瑞	2006 年，贝特瑞便开始进行硅碳负极技术的研究并获得第一项发明专利。目前，公司年产能 3000 吨，硅碳负极比容量已提升至 1500mAh/g。 2013 年，贝特瑞硅碳负极通过了三星 SDI 的验证；此后，产品成功进入松下-特斯拉体系。
璞泰来	璞泰来从 2014 年开始布局硅氧负极，最早和中科院在江西紫宸厂房合作建立中试车间。2021 年 11 月 17 日璞泰来在投资者互动平台表示，公司目前已完成第二代产品研发；在溧阳亦建立了氧化亚硅中试线。硅氧负极计划产能 1000 吨，预计 2022 年底量产。
杉杉股份	杉杉股份硅基负极以氧化亚硅为主，已在消费类和小动力市场实现批量应用；在动力电池应用领域，已经通过多轮评测。目前年出货量在百吨级别，主要客户为宁德时代。
中科电气	公司在硅碳负极产品有研发投入，目前已建设完成中试产线。
宁德时代	宁德时代全资持有屏南时代 100% 股权，屏南时代一期年产 430 吨硅基负极材料已于 2019 年投产，二期项目正在加速建设中。
石大胜华	2021 年 11 月 3 日，石大胜华宣布，公司 1000 吨/年硅碳负极材料生产装置及配套的储运设施已经安装完毕并通过竣工验收，后续将进入试生产阶段。据悉，石大胜华的硅碳负极材料生产技术来自美国 HICO 公司。
国轩高科	公司硅基负极材料项目推进顺利，目前已具备 5000 吨硅碳负极材料的生产能力。
硅宝科技	2021 年 11 月 11 日，硅宝科技发布公告称，公司计划投资 5.6 亿元在四川彭山经开区建设 1 万吨/年锂电池用硅碳负极材料项目，目前已具备产能 50 吨/年的硅碳负极材料中试生产线。

资料来源：公司公告，东方证券研究所

各企业的硅基材料性能各有不同。材料的比表面积，首次容量，首次效率等是影响电池性能的关键指标，材料的性能越好，越能满足高功率密度锂离子电池的需求。各家生产企业的产品技术指标各不相同，下游锂电厂商根据自身需求选择或者定制不同参数的产品。当前稳定量产硅基负极型号较少，以 420mAh/g、450mAh/g 两款产品为主。

表 10：同行业硅基负极材料的指标比较

厂商	硅基材料分类	产品名称	粒度-D50 (μm)	振实密度 (g/cm^3)	比表面积 (m^2/g)	首次容量 (mAh/g)	首次效率 (%)
贝特瑞	氧化亚硅复合材料	S420-2A	16.0 ± 2.0	0.9 ± 0.1	<2.0	≥ 420	92.5 ± 1.0
		S450-2A	15.0 ± 2.0	0.9 ± 0.1	<2.0	≥ 450	91.5 ± 1.0
		S500-2A	16.0 ± 2.0	0.9 ± 0.1	<2.0	≥ 500	90.0 ± 1.0
	硅系复合材料	S400	$15.0-19.0$	$0.8-1.0$	$1.0-4.0$	400-499	92-94
		S500	$15.0-19.0$	$0.8-1.0$	$1.0-4.0$	500-599	90-92
		S600	$15.0-19.0$	$0.8-1.0$	$1.0-4.0$	600-650	89-90
杉杉股份	氧化亚硅纯品	AS2	3~7	/	/	≥ 1550	≥ 75
	氧化亚硅复合材料	G1S-C450	10~20	/	/	≥ 450	≥ 90
江西紫宸	硅碳复合材料	Si-C composite-380mAh/g	18 ± 1	0.9 ± 0.05	1.5 ± 0.1	380 ± 5	91 ± 1
		Si-C composite-400mAh/g	16 ± 1	0.9 ± 0.05	1.6 ± 0.1	400 ± 5	90 ± 1
		Si-C composite-420mAh/g	15 ± 1	0.8 ± 0.05	1.8 ± 0.1	400 ± 5	88 ± 1
		Si-C composite-450mAh/g	18 ± 1	0.8 ± 0.05	2 ± 0.1	450 ± 10	87 ± 1
		Si-C composite-600mAh/g	13 ± 1	0.7 ± 0.05	3 ± 0.1	600 ± 10	84 ± 1
		Si-C composite-950mAh/g	16 ± 1	0.7 ± 0.05	3 ± 0.1	600 ± 10	84 ± 1
斯诺	硅碳复合材料	SN-SC1	20~23	0.8~1	1~3	≥ 450	≥ 87
		SN-SC2	10~13	0.8~1	20~25	≥ 1000	≥ 70
正拓能源	硅碳复合材料	SIC400	15~18	≥ 1	1.5 ± 0.5	≥ 400	≥ 91
		SIC420	12~16	≥ 0.9	1~2	≥ 420	≥ 91
		SIC450	12~16	≥ 1	1~2	≥ 450	≥ 90
中科星城	硅碳复合材料	GCM450	20.334	1.03	3.22	450	90.2
		GCM600	22.524	0.95	4.58	600	88.7

资料来源：各公司官网，东方证券研究所

相关企业

贝特瑞

贝特瑞成立于 2000 年 8 月，是一家锂离子二次电池用正负极材料专业化生产厂家。公司主要产品包括天然石墨负极材料、人造石墨负极材料、硅基等新型负极材料、以及高镍三元正极材料（NCA、NCM811 等）等锂离子电池正负极材料。2003 年公司开始负极材料的批量销售，并进

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

军海外市场。2009 年正极磷酸铁锂开始批量出货，负极人造石墨开始批量出货。2010 年公司负极材料出货量超过日本为世界第一。公司始终坚持以技术创新为引领，持续研发投入，取得了丰硕成果。2014 年，公司正极三元正极实现技术突破。2016 年，公司成为十三五国家重点研发项目新能源汽车试点专项项目正负极材料配套单位。2019 年公司在企业专利 500 强排名第三，荣获各项奖项，公司的发展迈入新台阶。2021 年公司于上交所上市。

图 18：贝特瑞发展概况



数据来源：贝特瑞发展概况，东方证券研究所

掌握硅基负极生产技术，率先实现技术突破。贝特瑞生产的硅基负极材料主要用于制造动力电池和消费电子电池。硅基负极材料具有生产技术难度大、工艺非标准化和技术门槛高的特征，凭借多年的研发积累，公司完全掌握了硅基负极材料的生产技术、获得了定制化产品的开发和生产能力。目前硅碳负极材料已经突破至第三代产品，比容量从第一代的 650mAh/g 提升至第三代的 1,500mAh/g，且正在开发更高容量的第四代硅碳负极材料产品；另外硅氧负极材料部分产品的比容量达到 1,600mAh/g 以上。

图 19：贝特瑞硅基负极技术发展

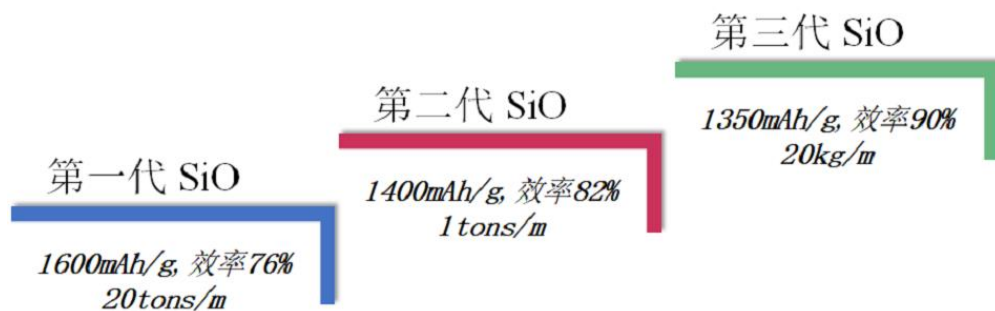


数据来源：公司公告，东方证券研究所

杉杉股份

杉杉股份主营锂离子电池正极材料、负极材料和电解液、LCD 偏光片，其研制的硅基负极以氧化亚硅为主，2021 年硅氧负极出货量千吨级别，已在消费类市场和高端电动工具市场批量应用，在动力电池应用领域进入送样认证阶段。公司在硅氧负极产品上布局领先，目前公司第三代硅氧产品（克容量 1350mAh/g）首次效率已达到 90%。

图 20：杉杉股份硅氧负极产品



数据来源：公司官网，东方证券研究所

石大胜华

公司于 2021 年 3 月启动了 1000 吨/年第一条线的项目建设，产品主要分为普通型和高首效型，可提供 SiOx—C 前驱体 100-120 吨/年，连续化量产设备已试运行，生产效率有进一步提升空间，1000 吨石墨掺混线已建成。目前根据公司生产的硅氧负极特点，针对性的同国内知名的小动力、电动工具及两轮车企业进行了前期客户开发工作，目前产品已经进入客户送样测试工作。

天目先导

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

公司核心技术源于中国科学院物理研究所自 1996 年起在纳米硅碳负极材料方面的持续研发积累和工程化放大经验，拥有世界范围内较早的纳米硅负极核心授权专利。企业以中科院物理所陈立泉院士、李泓研究员为技术带头人，组建了以罗飞博士为主体的技术开发团队。目前，天目先导产能约 8000 吨/年，能够满足能量密度高于 300Wh/kg 及 700Wh/L 的高性能锂离子电池的需求。公司产品体系主要包括氧化亚硅和纳米硅碳复合负极材料。

投资建议

硅基负极能量密度优势明显，打破传统石墨负极能量密度极限。从安全性来说，石墨化的碳材料容易溶解到丙烯-碳酸盐类的电解液中，这会导致石墨层间膨胀并且最终引起石墨结构的降解，用硅可以提升碳基负极的稳定性。从技术性来说，石墨负极材料的容量上限已无法满足快速发展的电子器件和电动汽车更高能量密度的需求，而硅是提升动力电池能量密度的关键。未来随着动力电池能量密度要求的提高，硅碳负极搭配高镍三元材料的体系成为发展趋势。伴随 4680 电池量产进程加快，宁德时代、松下、LG、亿纬锂能等电池企业均在 4680 电池技术上有产能规划，硅负极产业化大势日渐明晰，预计 4680 大圆柱电池的量产有望成为行业关键催化。同时，硅基负极在膨胀系数大、首效低、电导性弱、倍率较差等核心技术难点已逐步找到解决途径，商业化道路已铺平，未来硅基负极材料有望迎来快速放量，而硅基负极领域积累深厚、产品性能领先的公司有望充分受益，建议关注贝特瑞(835185，买入)、杉杉股份(600884，未评级)、石大胜华(603026，买入)。

风险提示

下游锂离子电池需求不及预期：2022 年锂电池主要原材料价格上涨可能会引起终端产品涨价，继而可能会影响下游新能源汽车需求，造成全球新能源汽车销量不及预期，使得全球动力电池需求量下滑；

4680 电池量产进程不及预期：当前主流电池厂均规划 4680 电池的技术路线，如果 4680 电池量产进程不及预期，则有可能影响硅基负极材料市场需求；

技术路线更迭风险：负极材料除石墨类材料和硅基材料外，还有硬碳、软碳、锡基材料等，如果负极材料技术路线发生变化，则硅基负极材料市场前景会受到影响。

假设条件变化影响测算结果：文中测算基于设定的前提假设基础之上，存在假设条件发生变化导致结果产生偏差的风险。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

公司投资评级的量化标准

- 买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；
- 增持：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15%；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；
- 减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

- 看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；
- 看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本证券研究报告（以下简称“本报告”）由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告的全体接收人应当采取必要措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容。不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发的，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及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，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

电话：021-63325888

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn