

标配（维持）

## 新型负极材料迭代方向，前景可期

电池新技术系列报告之硅基负极

2024年2月29日

### 投资要点：

分析师：黄秀瑜

SAC 执业证书编号：

S0340512090001

电话：0769-22119455

邮箱：hxy3@dgzq.com.cn

■ **硅基负极被视为下一代理想负极材料。**负极材料是锂电池的关键材料之一，占锂电池总成本的10%-15%，在锂电池中起到能量储存与释放的作用，对于锂电池的首次效率、循环性能、能量密度、充放电倍率以及低温放电性能等具有较大的影响作用。目前以石墨负极为主流，但在能量密度方面已接近其发展极限。续航和补能焦虑依然是制约消费者选择新能源汽车的关键要素。在此背景下，发展适配大容量电池和快充电池的负极材料是锂电池行业发展的必然趋势。具备高比容量和优异快充性能的硅基负极材料应运而生。硅基负极材料的理论比容量高达4200 mAh/g，是传统石墨材料的10倍扩容，能够大幅提高锂电池的能量密度，从而提升电动车续航里程，被视为未来最有可能大规模应用的新型负极材料。

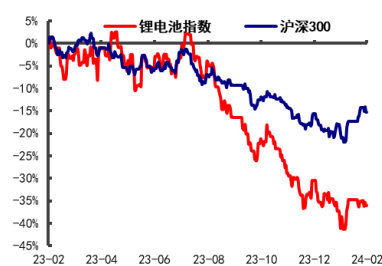
■ **电池新技术打开硅基负极应用市场。**近年来多家主流车企逐渐推出搭载掺硅负极电池的车型，硅基负极应用逐渐拓展至动力电池领域。2023年以来多孔硅碳技术路线的出现让硅碳负极材料的性能实现了群体性突破，有望开启在动力电池领域的规模化应用。与此同时，包括麒麟电池、大圆柱电池、快充电池、固态电池等动力电池新技术持续迭代发展，尤其是“高镍三元+硅基负极”为大圆柱电池最适配方案。电池新技术更适配硅基负极，随着电池新技术在2023年以来陆续开启应用放量，也正在加速打开硅基负极的市场空间。

■ **硅基负极在动力电池领域逐步走向产业化。**硅基负极的应用正在成为电池性能差异化的必争之地。2023年下半年以来，特斯拉、蔚来、智己、埃安等品牌旗下车型纷纷搭载硅基负极动力电池，硅基负极高性能动力电池装车持续升温。头部电池企业率先布局硅基负极电池产能，主流负极材料企业积极建设硅基负极材料产能。2023年硅基负极材料出货量增长明显，渗透率进一步提升。随着硅基负极逐渐接替石墨作为电池负极的重要材料，以及硅基负极材料在技术、成本方面的进一步突破，硅基负极逐步走向产业化发展趋势。

■ **投资建议：**在新能源汽车对长续航和快充性能需求不断提升的背景下，伴随着电池新技术逐步开启规模化应用，对硅基负极的需求将保持快速增长。硅基负极材料产业化进程呈加速之势，有望成为负极材料行业新增长点。建议关注在硅基负极领域拥有雄厚技术积累，产品性能优异以及产能布局领先的企业：宁德时代（300750）、亿纬锂能（300014）、杉杉股份（600884）、璞泰来（603659）。

■ **风险提示。**下游需求不及预期风险；产能释放不及预期风险；技术路线变革风险；市场竞争加剧风险。

### 锂电池指数走势



资料来源：Wind，东莞证券研究所

### 相关报告

本报告的风险等级为中高风险。

本报告的信息均来自公开信息，关于信息的准确性与完整性，建议投资者谨慎判断，据此入市，风险自担。

请务必阅读末页声明。

## 目录

1. 硅基负极是新型负极材料迭代升级方向 .....	3
1.1 硅基负极被视为下一代负极材料 .....	3
1.2 硅基负极的高比容量是其首要优势 .....	5
1.3 硅基负极有两大主流技术路线 .....	6
2. 电池新技术打开硅基负极应用市场 .....	8
2.1 长续航需求带动下，硅基负极应用加速拓展至动力电池领域 .....	8
2.2 高压快充车型即将量产上市，硅基负极备受青睐 .....	10
2.3 固态电池加速发展将提升对硅基负极的需求 .....	11
3. 硅基负极在动力电池领域产业化进程提速，前景可期 .....	13
3.1 头部企业纷纷角逐硅基负极，产能扩张进行中 .....	13
3.2 硅基负极 2023 年出货量高增，渗透率进一步提升 .....	15
4. 投资建议 .....	16
5. 风险提示 .....	17

## 插图目录

图 1：锂电池工作原理示意图 .....	3
图 2：锂电池成本构成 .....	3
图 3：锂电池负极材料多种技术路线 .....	4
图 4：硅基负极材料产业链 .....	8
图 5：中国锂电池负极材料出货量 .....	15
图 6：中国硅基负极材料出货量 .....	15
图 7：2023 年中国负极材料出货量结构 .....	16
图 8：全球硅基负极材料市场规模预测趋势 .....	16

## 表格目录

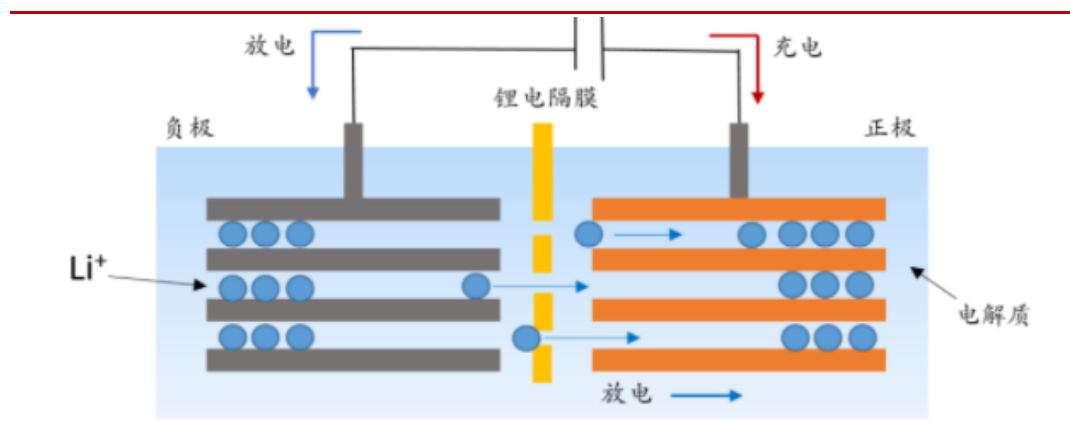
表 1：硅基负极材料与石墨负极材料性能对比 .....	6
表 2：不同种类的硅基负极材料优劣势对比 .....	7
表 3：国内外大圆柱电池即将迎来放量 .....	9
表 4：国内外主流车企加速布局高压快充车型 .....	11
表 5：国内企业半固态电池启动量产 .....	12
表 6：国内外部分车企固态电池装车进程或规划 .....	13
表 7：电池企业布局硅基负极电池产能及其进展情况 .....	14
表 8：主要企业在硅基负极材料领域的布局 .....	14
表 9：重点公司盈利预测及投资评级（2024/2/28） .....	17

## 1. 硅基负极是新型负极材料迭代升级方向

### 1.1 硅基负极被视为下一代负极材料

负极材料是锂电池的关键材料之一，对锂电池性能影响至关重要。锂电池主要由正极材料、负极材料、电解液和隔膜四大关键材料组成。负极材料在锂电池中起到能量储存与释放的作用，对于锂电池的首次效率、循环性能、能量密度、充放电倍率以及低温放电性能等具有较大的影响作用。锂电池的工作原理为：当对电池进行充电时，电池的正极上有锂离子生成，生成的锂离子经过电解液运动到负极。作为负极的碳呈现层状结构，有很多微孔，到达负极的锂离子就嵌入到碳层的层状结构以及微孔中，嵌入的锂离子越多，充电容量越高。当电池进行放电时，嵌在负极碳层中的锂离子脱出，又运动回到正极，回到正极的锂离子越多，放电容量越高。

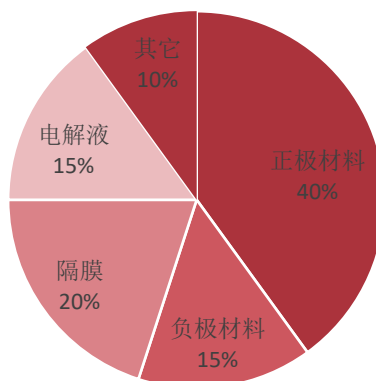
图1：锂电池工作原理示意图



数据来源：新浪网，东莞证券研究所

负极材料作为锂电池最重要的关键原材料之一，占锂电池总成本的 10%-15%。

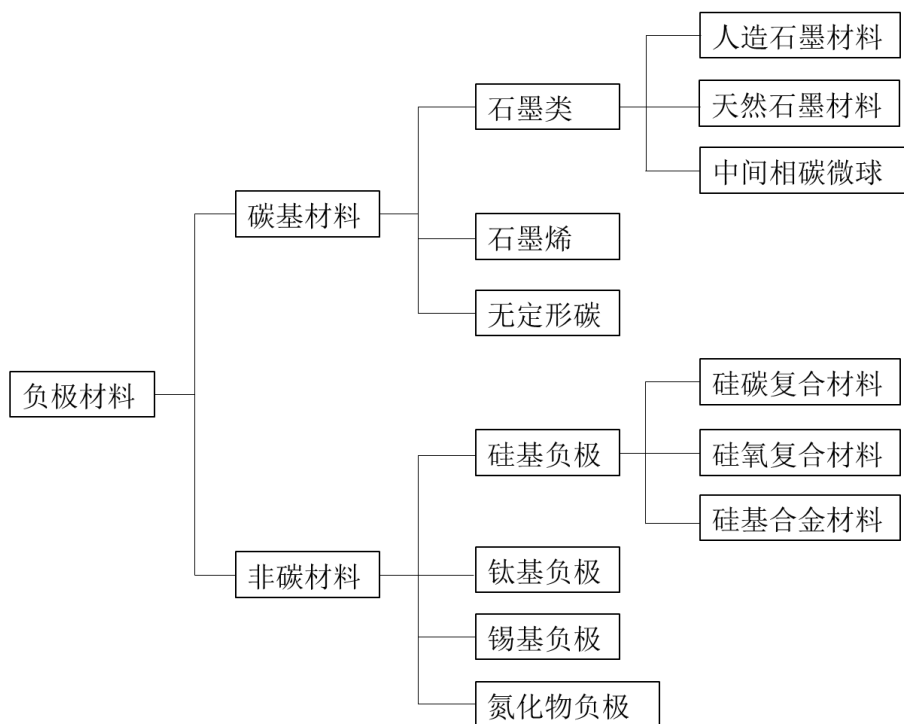
图2：锂电池成本构成



数据来源：《凯金能源招股说明书（2022-01-06）》，东莞证券研究所

锂电池负极材料主要分为碳基材料和非碳基材料。碳基材料包括天然石墨负极、人造石墨负极、中间相碳微球(MCMB)、软碳(如焦炭)负极、硬碳负极、碳纳米管、石墨烯、碳纤维等。非碳基材料主要分为硅基及其复合材料、氮化物负极、锡基材料、钛酸锂、合金材料等。

图3：锂电池负极材料多种技术路线



数据来源：鑫椏资讯，东莞证券研究所

目前以石墨负极为主流，但已接近性能极限，硅基负极被视为下一代理想负极材料。目前市场化应用中仍以碳基材料中的石墨类负极材料（人造石墨、天然石墨）占据主导地位，占比达 95%以上，其中又以人造石墨负极为主，占比达 80%。人造石墨系由石油焦、针状焦、沥青焦等原料通过粉碎、造粒、分级、高温石墨化加工等过程制成。天然石墨系采用天然鳞片晶质石墨，经过粉碎、球化、分级、纯化、表面处理等工序制成。

石墨负极材料虽然具备高电导率和稳定性优势，但在能量密度方面已接近其发展极限。石墨负极材料的理论比容量为 372mAh/g，目前实际产品的比容量可以达到 360mAh/g，比容量性能已趋于理论最大值，基本达到极限水平。

续航和补能焦虑依然是制约消费者选择新能源汽车的关键要素。在此背景下，发展适配高容量电池和快充电池的负极材料是锂电池行业发展的必然趋势。具备高比容量和优异快充性能的硅基负极材料应运而生。硅基负极材料已成为目前业内各大企业重点研究发展的对象，是未来最有可能大规模应用的新型负极材料。

## 1.2 硅基负极的高比容量是其首要优势

不同技术路线的负极材料产品在比容量、首次效率、循环寿命、快充性能、倍率性能等多个指标方面各有特点。总的来说，硅基负极材料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，正符合新能源汽车领域的发展需求，被视为下一代理想负极材料。

### 一、硅基负极的优势：高比容量和快充性能优异。

#### （1）理论比容量高，是传统石墨负极的 10 倍以上。

新能源汽车市场规模持续扩大，对高能量密度电池的要求不断提升，硅基负极以远超石墨材料的比容量成为负极领域极具前景的新型材料。目前锂电池的负极材料主要为人造石墨，其具有电导率高和稳定性好的优势，但石墨材料的比容量理论值较低，当前石墨负极产品的比容量可以达到 360mAh/g，已接近其理论最大值 372mAh/g。在石墨负极能量密度已达到其发展上限的情况下，动力电池要进一步提高电池容量，硅基负极成为当前解决能量密度问题的最佳手段之一。

硅材料的理论比容量高达 4200 mAh/g，超过传统石墨材料的 10 倍以上，是目前已知的比容量最高的锂电池负极材料；并且拥有略高于石墨的嵌锂电压平台和较低的脱锂电位。硅基负极材料和高镍三元正极材料的配合使用能够较大地提高锂电池的能量密度，可以为锂电池带来 20%-50%的能量密度提升，作为锂电池负极材料，在提高动力电池性能上有着巨大的应用潜力。因此，硅基材料是短期内最有可能替代石墨材料成为负极材料的新方向。

（2）**快充性能优异。**硅材料能够从各个方向为锂离子提供嵌入和脱出的通道，这使得硅基负极在拥有高比容量的同时，也能够满足快充所需要的高倍率性能要求。

（3）**硅元素储量丰富。**与石墨相比，硅元素在地壳中储量丰富，分布广泛，是地壳中储量第二丰富的元素，并且成本低廉，长远来看，硅基负极材料是锂电池降本增效的有效选择路径。

### 二、硅基负极的缺陷：体积膨胀率高被认为是主要问题。

硅基负极距离大规模产业化应用仍存在一些挑战，包括体积膨胀率高、导电性差、循环寿命低、首次效率低等。其中体积膨胀率高被认为是主要问题。

（1）**体积膨胀率高。**由于硅基负极的材料特性，其在充放电过程中会产生巨大的膨胀和收缩，其最大的体积膨胀率可高达 300%，远高于石墨负极的 10-12%，巨大的体积膨胀会带来一系列的问题。正因此，硅基负极的应用对于电芯结构、材料搭配中的安全性、稳定性有强烈要求。

（2）**导电性差。**硅基负极的导电性能较石墨负极差。原因在于硅是一种半导体材料，其本征导电性较差，从而影响锂离子和电子的传输速度；硅与导电剂及负极粘结剂的接触较差，也导致电极整体导电性不佳。

**(3) 循环寿命低。**目前硅基负极的循环寿命为 300-500 次，远低于石墨负极的 1500 次以上。原因在于硅基负极的体积膨胀率高，在充放电过程中的巨大膨胀会导致活性颗粒破碎粉末化、表面 SEI 膜结构不稳定而连续生长，以及严重的电极结构崩塌等问题，使得硅负极电化学性能快速衰减，从而影响电池的循环寿命。

**(4) 首次效率低。**在锂电池充电过程中，电解液会在负极表面分解，形成 SEI（固体电解质相界面）膜，造成不可逆的消耗大量锂离子，而硅材料的首次充电不可逆循环损耗最高达 30%（石墨为 5%-10%），这使得硅基负极的首次效率显著低于石墨负极（硅基负极的首次效率通常为 65%-85%，而石墨负极为 90%-94%）。这一问题的解决方式通常采用预锂化的技术。

表 1：硅基负极材料与石墨负极材料性能对比

性能指标	硅基复合材料	人造石墨	天然石墨
比容量 (mAh/g)	4200	310-360	340-370
首次效率 (%)	84%	93%	90%
循环寿命 (次)	300-500	>1500	>1000
工作电压	0.3-0.5V	0.2V	0.2V
快充性能	好	一般	一般
倍率性能	一般	一般	差
安全性	差	良好	良好
优点	理论比容量高	技术及配套工艺成熟，循环性能好	技术及配套工艺成熟，成本低
缺点	技术及配套技术不成熟，成本高，充放电体积变形，导电率低	比容量低，倍率性能差	比容量已到极限，循环性能及倍率性能较差，安全性较差
发展方向	低成本化，解决与其他材料的配套问题	提高容量，低成本化，降低内阻	低成本化，改善循环

资料来源：中国汽车工业信息网，凯金能源招股说明书（2022-01-06），东莞证券研究所

### 1.3 硅基负极有两大主流技术路线

**多种改性方式改善硅基负极材料局限性，推动其产业化应用。**为解决硅基负极材料的膨胀率高、失效等问题，行业内开发了多种硅基负极材料改性方式以改善硅基负极的电化学性能，包括硅氧化、复合化、纳米硅、多孔硅、合金硅、预锂化等方式。根据分散基体的不同，硅基负极材料主要有硅氧复合负极材料、硅碳复合负极材料及硅基合金负极材料三大类，各有优劣势。

其中，**硅碳负极和硅氧负极是目前两大主流技术路线，硅氧进展较快，硅碳前景更大。**硅碳负极和硅氧负极结合了碳材料的高电导率、稳定性及硅材料的高比容量优点且工艺相对成熟，综合电化学性能较优，成为了引领锂电池负极材料行业发展的新方向。其中

硅氧路线进展较快，已进入产业应用阶段，主要用于动力电池领域，但成本较高。硅碳负极因其具备更高比容量和首次效率高，应用前景更大。虽然硅基合金负极材料相对石墨负极材料的比容量提升效果明显，但是由于其工艺难度高、生产成本低，且首次充放电效率较低，因此目前尚未大规模使用。

硅碳负极是指纳米硅与碳材料混合，通过降低硅基材料粒径至纳米级别，可以拥有更多的空隙，用于缓冲硅在脱嵌锂离子过程中产生的应力和形变。在硅碳负极的制备过程中，需要首先制备纳米硅颗粒，最外层由碳做包覆层，形成壳核结构。目前硅碳负极的商业化容量在 450mAh/g 以下，首次效率高，但体积膨胀较大，因此其循环性能相对较差。

硅氧负极是指采用氧化亚硅和石墨材料混合，氧化亚硅相比硅材料而言，氧化亚硅材料在嵌锂过程中的体积膨胀大大减小（氧化亚硅在嵌锂过程中体积膨胀 118%左右，硅则为 300%以上），因此其循环性能得到较大提升。另外，硅氧负极首次效率低，生产成本低，制备过程非标准化。目前比较成熟的技术路线是碳包覆氧化亚硅结构，通常是先制备锂电池用氧化亚硅，然后进行碳包覆等后续工艺。

总的来说，硅氧负极的优势在于循环寿命好，但首效低，可以通过预锂化等技术提高首效。硅碳负极的优势在于首效高，但循环寿命低，可通过硅的纳米化，降低膨胀破碎风险，提高循环寿命。

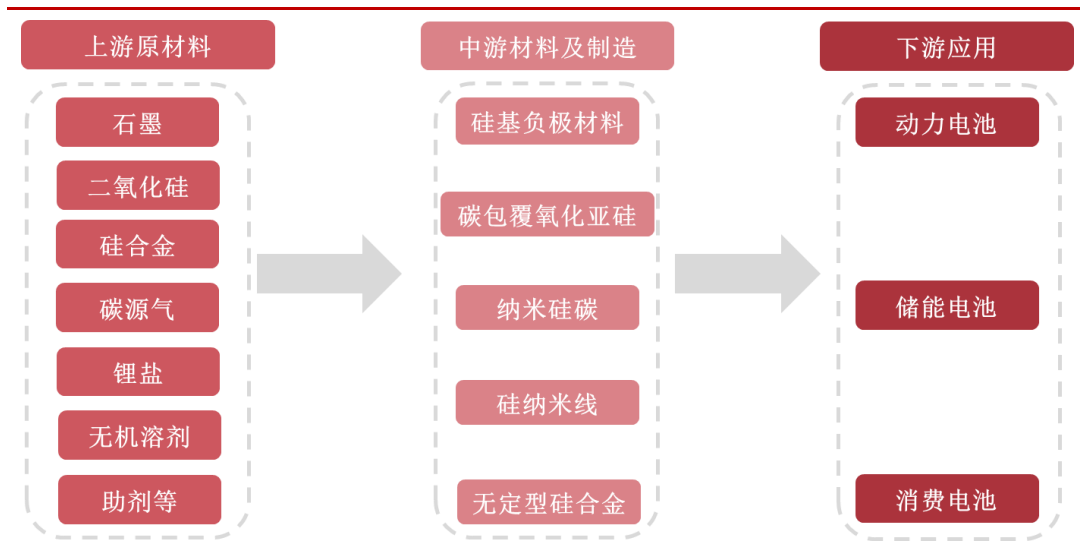
表 2：不同种类的硅基负极材料优劣势对比

主要种类	优势	劣势
硅氧负极	A、可逆容量高，达 1700-1800mAh/g，接近理论容量	A、首次效率低，无法单独使用，需要进行提高首效处理
	B、循环性能和倍率性能相对于其他硅基负极材料好	B、工艺复杂，生产成本非常高
硅碳负极	A、比容量高	A、大批量生产电化学性能优异的产品难度较高
	B、首次充放电效率高	B、循环性能和首次效率有待提高
	C、工艺相对于其他硅基负极材料较为成熟	C、电极膨胀率较高
硅基合金负极	体积能量密度高	A、工艺难度大、成本高
		B、首次充放电效率低
		C、循环性能较差

资料来源：凯金能源招股说明书（2022-01-06），东莞证券研究所

硅基负极材料产业链的上游包括原材料石墨、二氧化硅、硅合金、碳源气、锂盐、无机溶剂、助剂等；中游为硅基负极材料，目前商用的硅基负极材料主要包括四种，分别是碳包覆氧化亚硅、纳米硅碳、硅纳米线、无定型硅合金等；下游应用于各类电池，包括动力电池、储能电池、消费电池等。

图4：硅基负极材料产业链



数据来源：中商产业研究院，东莞证券研究所

## 2. 电池新技术打开硅基负极应用市场

### 2.1 长续航需求带动下，硅基负极应用加速拓展至动力电池领域

近年来硅基负极应用加速拓展至动力电池领域。由于硅基负极存在体积膨胀大、导电性差和 SEI 膜不稳定的缺点，在液态锂电池中，硅和电解液容易发生副反应，因此目前多与石墨掺杂使用。从市场应用来看，硅基负极最早主要集中在消费电子、电动工具、蓝牙耳机等带电量较小的，同时对电池循环性能要求不高的应用场景。而从市场潜力来看，其更大的增量来自于动力电池领域。新能源汽车的续航能力取决于电池的能量密度，随着消费者对电动车续航里程的要求不断提高，高能量密度成为动力电池的发展必然趋势，从而推动加速对于具备高比容量的硅基负极应用。在动力电池领域，特斯拉最早搭载了松下生产的含硅负极圆柱电池，智己汽车 2022 年 1 月首次提出使用“掺硅补锂”技术实现电池单体 300Wh/kg 的能量密度，并且电动车能够实现 1000km 的续航里程。此外，蔚来、广汽埃安、奔驰等也都表示最新车型使用了含硅负极的电池。动力电池的需求爆发逐渐打开了硅基负极的市场空间。这些产品的市场化应用也意味着硅基负极的产业化条件正在逐步形成。

**硅基负极产品实现群体性性能达标，开启动力电池领域规模化应用。**2023 年以来，硅基负极产业化有提速之势。多孔硅碳技术路线的出现让硅碳负极材料的性能实现了群体性突破，包括天目先导、兰溪致德、索理德等国内主要硅基负极厂商的产品均达到了动力电池领域的性能要求：循环次数达 1000 次以上，首次效率达 90% 以上，比容量达 1800mAh/g；并且在生产方面，多孔硅碳硅基负极可以减少预锂化、预镁化，相比于硅氧路线具有大幅降本潜力。硅基负极产品实现群体性性能达标，从而使得硅基负极在动力电池领域的规模化应用有望加快。



**宁德时代麒麟电池不断扩大搭载车型，具备适配硅基负极能力。**全球动力电池龙头企业宁德时代分别于 2022 年 6 月和 2023 年 4 月发布了 CTP3.0 技术麒麟电池和创新前沿电池技术凝聚态电池。宁德时代的麒麟电池、凝聚态电池已具备适配硅基负极的能力。前者采用 CTP 3.0 技术，综合应用水冷一体化和多功能弹性夹层缓冲硅基负极的高活跃性。后者通过纳米级分子结构的技术改良抑制热膨胀和热收缩带来的热失控问题。宁德时代麒麟电池在 2023 年 4 月量产首发搭载极氪 009，麒麟电池 5C 版本于 2023 年 9 月官宣搭载理想 MEGA。麒麟电池凭借其长续航、快充、热稳定性等性能优势正在不断扩大搭载车型，同时也推动着硅基负极新型材料的扩大应用。

#### 46 系列大圆柱电池即将放量，将加速推动硅基负极的产业化进程。

(1) **“高镍三元+硅基负极”为大圆柱电池最适配方案。**2020 年特斯拉发布的 4680 大圆柱电池采用了“高镍正极+硅碳负极”组合，结合全极耳和干电池技术，使得电池能量密度可达 300Wh/kg。在特斯拉和头部电池厂商的推动下，“高镍三元+硅基负极”的高能量密度配套成为大圆柱电池的最为适配方案。大圆柱电池对于硅基负极的膨胀率容忍度提高，原因在于：1) 大圆柱电池的体积更大。由于大圆柱电池的体积更大，为硅基负极的膨胀预留了一定的空间；2) 大圆柱电池为弧形表面。在硅基负极膨胀时可以有多个方向分摊膨胀压力。相比于传统的小圆柱和方形，大圆柱电池高标准化、高兼容的结构可以有效抑制热膨胀和热失控，大圆柱电池中全极耳的设计进一步提升了倍率传导和安全性。因此，大圆柱电池技术逐步成熟，将成为硅基负极应用的良好载体。

(2) **大圆柱电池产能布局正在迅速扩张，2024 年为量产元年，未来放量可期。**特斯拉和宝马等车企巨头已经明确对于 46 系列大圆柱电池的需求使其成为了一种新风向，通用、蔚来、江淮等车企也纷纷跟进。根据盖世汽车研究院统计，目前全球主要针对 46 系列大圆柱电池的产能规划已经突破 500GWh。2024 年 1 月，亿纬锂能公布了首款搭载其大圆柱电池的量产车型江淮瑞风 RF8。2024 年为大圆柱电池量产元年，未来大圆柱电池的量产有望成为硅基负极材料应用的主要增长点。GGII 表示，2024 年大圆柱电池预计将迎来 GWh 批量交付，大圆柱电池放量将带动硅基负极材料出货量增加。

表3：国内外大圆柱电池即将迎来放量

车企/电池厂商	项目地点	产能规划 GWh	客户	布局进展
特斯拉	美国德克萨斯	100	自供	共四条 4680 电池生产线，一条已投产
	美国内华达	100		建设中
	美国加州弗里蒙特	10		试生产
松下	日本	10	特斯拉	预计 2024 年 Q2 后量产
	美国	/		计划 2031 年前新建 2 家或以上工厂
LGES	韩国	9	特斯拉	预计 2024 年 H2 量产

	韩国	1	特斯拉	计划后续扩建至 8-12GWh
三星 SDI	美国	30	通用	预计 2026 年投产
	匈牙利	/	宝马	计划供货宝马
宁德时代	/	40	宝马	预计 2025 年投产
	湖北荆门	20		一期于 2024 年 2 月投产，二期设备进场
	辽宁沈阳	40	宝马、大运、	预计 2026 年投产
亿纬锂能	四川成都	21	江淮等	预计 2025 年投产
	云南曲靖	23		预计 2025 年投产
	匈牙利	30	宝马	预计 2026 年投产
国轩高科	安徽合肥	10	宝马	预计 2025 年投产
比克电池	江苏常州	30	/	预计 2024 年投产
蔚来	安徽合肥	40	自供	预计 2025 年投产
远景动力	美国	30	宝马	预计 2026 年投产

资料来源：盖世汽车研究院，东莞证券研究所

## 2.2 高压快充车型即将量产上市，硅基负极备受青睐

电池的快充性能主要取决于负极材料，快充技术的实现需要材料革新相匹配。快充技术是锂电池技术进步的方向，负极材料是实现快充的关键所在。石墨材料由于其层状结构决定锂离子必须从材料的端面嵌入，然后扩散至颗粒内部，致使传输路径较长，嵌锂过程较慢限制了锂电池的快充应用，同时其对锂电位（0.05V）过低也致使在大电流充电过程中容易发生锂沉积副反应造成析锂，析出的锂金属以枝晶的形式生长，锂枝晶有可能会刺穿隔膜与正极接触，从而导致电池短路，危及电池安全。硅基负极对锂电位高于传统石墨负极，掺硅负极能够有效改善传统石墨负极的析锂问题。

高压快充车型即将量产上市，具有高倍率性能的硅基负极备受青睐。缩短充电时间是提升电动车使用体验的关键之一。近年来，高压快充路线受到越来越多主机厂的青睐，主流车企纷纷相继推出或计划推出 800V 高压快充车型。2024 年高压快充车型将迎来密集上市。动力电池充放电倍率（C 倍率）的大小对应动力电池充放电速度的快慢，国内领先动力电池企业正在推进动力电池充放电倍率从 1C-2C 向 4C-6C 发展。而电池的倍率性能也就是快充性能主要取决于负极。因此，具有高倍率性能的硅基负极材料能够大幅提升锂电池的充放电能力。快充车型的进一步发展，有望加快对硅基负极的应用。

表4：国内外主流车企加速布局高压快充车型

车企	高压快充车型布局
比亚迪	2021年推出800V高压充电和宽温域高效热泵系统，e3.0平台可实现充电5min续航150km。
广汽埃安	2021年发布6C超快充技术，最大电压800V，最大充电电流大于500A，最高功率达480kW，充电5min续航200km，8min从0%-80%SOC，5min从30%-80%SOC。
东风岚图	2021年发布800V高压超充技术，整车高性能电池搭载4C电芯，在800V/360kW超充下充电10min续航400km，有望2023年量产。
长城	2021年机甲龙发布，搭载自研的大禹电池，采用800V高压充电技术，峰值电流可达600A，可实现充电10min续航401km。
北汽极狐	2022年极狐α SHI版为国内首个搭载800V高压快充平台的量产车，充电功率最高达187kw，充电10min续航197km，15min从30%-80%SOC。
吉利极氪	2022年发布600kW超充技术，2023款极氪001搭载麒麟电池，采用极氪600kW液冷极充桩，可实现充电5min续航300km。
长安	2022年推出800V量产车型阿维塔11，搭载800V高压电驱平台，最大充电功率240kW，充电10min续航200km，充电15min从30%-80%SOC。
小鹏	2022年基于800V SiC高压电驱平台量产车型G9上市，可实现充电5min续航200km。
理想	发布800V超充纯电解决方案，结合SiC技术、具备4C充电能力的电池、宽温域的热管理系统以及4C超充网络，可实现充电10min续航400km。预计2023年推出800V纯电MPV。
蔚来	蔚来下一代技术平台NT3打造800V高压架构，将在子品牌阿尔卑斯首发搭载，2023年开始布局500kW超快充桩，单桩最大功率500kW，最大电流660A，高压车型可实现12min从10%-80%SOC。
零跑	零跑B11将搭载800V高压平台，于2023年9月在德国慕尼黑车展首发亮相。计划于2024年四季度量产800V平台，充电5min续航200km。
保时捷	2019年率先量产800V平台电动车Taycan，保时捷是全球最早研发出800V高压快充技术，22.5min完成5%-80%SOC，充电5min续航100km。
现代	2020年发布E-GMP平台，已推出多款800V车型，搭载800V充电系统，可在18min内完成0%-80%SOC，实现充电5min续航100km。
奥迪	2021年奥迪自研PPE平台面世，搭载800V充电系统，可实现充电10min续航300km，从10%-80%SOC平均需21min。
奔驰	将于2023年9月推出CLA纯电版概念车，支持800V高压快充，充电功率最高达350kW，从10%-80%SOC需要30min。
大众	预计2024年量产首台800V高压平台车型，2025年800V车型占BEV销量比重达10%。

资料来源：搜狐网，汽车之家，盖世汽车研究院，东莞证券研究所

## 2.3 固态电池加速发展将提升对硅基负极的需求

硅基负极为固态电池的优选新型负极材料。从锂电池发展趋势来看，固态电池是全球公认的下一代锂电池。固态电池对高能量密度的要求，将促使负极材料从传统石墨负极向高能量密度的新型负极材料迭代发展。因此，硅基负极成为（半）固态电池的优选新型负极材料。

**2023 年国内半固态电池实现小批量装车，2024 年加速量产。**目前国内企业多以半固态电池为主。国内企业的半固态电池率先进入量产阶段，部分企业的半固态电池已经在相关车型上得到装车验证，并于 2023 年实现小批量生产。2024 年将有更多企业的半固态电池启动量产。

表 5：国内企业半固态电池启动量产

企业	能量密度	电池类型	固态电池布局及产业化进程
宁德时代	500Wh/kg	凝聚态电池	2023 年 4 月推出凝聚态电池，将在 2024 年推动车规级应用。
	--	全固态电池	在硫化物固态电解质上有多项专利。
亿纬锂能	330Wh/Kg	半固态电池	2022 年 12 月发布 50Ah 软包半固态电池，已完成设计定型，处于装车验证阶段。
	500Wh/Kg	全固态电池	2024 年发布
赣锋锂业	260-400 Wh/Kg	半固态电池	2022 年 1 月首批搭载 50 辆东风 E70；2022 年 8 月与广汽埃安签署战略合作协议；2023 年装车赛力斯 SERES-5，进军欧洲市场；2023 年 12 月与长安汽车签署合作协议；计划 2026 年装车广汽昊铂。
蜂巢能源	300-350 Wh/Kg	半固态电池	2020 年 12 月，推出基于聚合物凝胶化技术的“果冻电池”；2023 年 12 月，推出二代“果冻电池”，目前完成 A 样开发。
	350-400 Wh/kg	全固态电池	2022 年推出国内首批 20Ah 级硫系全固态原型电芯。
国轩高科	360Wh/kg	半固态电池	已通过新国标安全测试，开始量产。
	400Wh/kg	半固态电池	已开发出原型样品，2025 年后量产。
中创新航	350-450 Wh/kg	半固态电池	2024Q4 装车某外资豪华品牌。
	600Wh/kg	全固态电池	--
孚能科技	330Wh/kg	半固态电池	2023 年 3 月量产装车，11 月在远航 Y6 首批装车。
辉能科技	>360 Wh/kg	半固态电池	2024 年开始批量交付
卫蓝新能源	360Wh/kg	半固态电池	2024 年 4 月开始向蔚来批量供货。
太蓝新能源	350-400 Wh/kg	半固态电池	2024 年批量出货
恩力动力	300Wh/kg	全固态电池	2023 年 8 月研发出硫化物固态电解质及锂金属负极全固态电池；2026 年 10GWh 量产。
清陶能源	420Wh/kg	半固态电池	2023 年完成与上汽联合开发的第一代半固态电池装车试验；2024 年量产装车上汽智己；2025 年装车智己、非凡、荣威、MG 等。
	500Wh/kg	固态电池	2027 年全固态电池量产。

资料来源：高工锂电，电池中国，电车资源，赛瑞研究，东莞证券研究所

**2023 年开始主流车企启动量产固态电池车型。**2023 年，蔚来 ES6、ET7、东风 E70、岚图追风、赛力斯 SERES5 等车型已搭载半固态电池，上汽、广汽、长安等车企也计划将于

2024-2026 年上市搭载半固态电池车型。丰田、本田、大众、宝马等日本、欧洲车企也计划将于 2026-2030 年启动搭载固态电池车型量产上市。

表 6：国内外部分车企固态电池装车进程或规划

车企	固态电池装车进程或规划
东风	目前旗下有两款搭载半固态电池车型。2022 年 E70 搭载第一代固态电池实现首批小规模交付，搭载第二代固态电池车型预计 2024 年上半年量产。
东风岚图	搭载半固态电池的岚图追光车型于 2023 年 4 月量产。
蔚来	搭载 150kWh 固态电池的 ES6、ET7 于 2023 年量产上市。150kWh 电池包将于 2024 年 4 月量产，适配蔚来旗下所有车型。
赛力斯	2023 年 6 月 SERES5 搭载赣锋锂业第一代固态电池实现首批交付。
上汽集团	2024 年起半固态电池将在公司不同车型实现量产搭载。
广汽埃安	2026 年实现固态电池量产搭载，昊铂车型将率先搭载。
长安汽车	2023 年 12 月与赣锋锂业签署《合作备忘录》。2025 年开始逐步量产搭载（半）固态电池，2030 年全面普及搭载。
东风日产	2024 年启动全固态电池工厂建设，2028 年量产上市。
丰田	计划 2027 年量产搭载全固态电池的电动汽车。
本田	计划 2025-2030 年量产搭载全固态电池的电动汽车。
大众	2024 年 1 月旗下子公司 Power Co 通过对 Quantum Scape 固态电池的耐力测试。预计将于 2026 年搭载上市。
宝马	2025 年搭载固态电池的原型车问世，2026 年开始量产。
奔驰	2022 年搭载固态电池的奔驰 EQS 在欧洲市场开始接受订单。计划 2028 年实现固态电池批量生产。

资料来源：高工锂电，新产业，长安汽车公告，东莞证券研究所

### 3. 硅基负极在动力电池领域产业化进程提速，前景可期

#### 3.1 头部企业纷纷角逐硅基负极，产能扩张进行中

近年全球硅基负极技术专利申请数量暴增。硅基负极的生产工艺复杂，技术难度大，准入门槛高。从全球硅基负极技术专利申请数量来看，随着锂电池企业加大对硅基负极的研发力度，近年来硅基负极专利申请呈现阶梯式的递增形式。根据 GGII 统计，自 2015 年到 2023 年，硅基负极的专利申请数量已从 156 项增长到 955 项，增长 6 倍有余。截至 2 月 22 日，2024 年在硅基负极的专利申请量也达到了 147 项。包括宁德时代、亿纬锂能、国轩高科等头部电池企业均有公布硅基负极相关专利进展。

硅基负极的应用正在成为电池性能差异化的“必争之地”。2023 年下半年以来，“负极掺硅”高性能动力电池装车持续升温。国内市场上，蔚来、智己、埃安等品牌旗下车型开始搭载硅基负极动力电池；国际市场上，奔驰电动大 G (EQG) 已采用 Sila 生产的硅基负极电池，保时捷与美国 Group 14 达成硅基负极供货协议。特斯拉力推的 4680 大圆柱电池体系中，硅基负极是其性能提升的关键一环，已实现 Model 3 装车。

头部电池企业率先布局硅基负极高能量密度电池产能。特斯拉 4680 大圆柱电池、宁德时代麒麟电池等头部企业新电池均使用了硅基负极。全球动力电池企业也正在围绕硅基负极材料进行密集电池创新，包括宁德时代、亿纬锂能、中创新航、蜂巢能源等国内头部电池企业已率先布局硅基负极高能量密度电池产能。

**表 7：电池企业布局硅基负极电池产能及其进展情况**

电池企业	“负极掺硅”电池	进展情况
宁德时代	麒麟电池能量密度 255Wh/kg	2023 年 3 月量产，已装车极氪、理想、阿维塔和哪吒汽车
特斯拉	4680 电池能量密度 244Wh/kg，预计二代将达 288Wh/kg，目标能量密度 300Wh/kg。	2170 电池已规模化量产，装车 Model 3 德州电池工厂 4680 累计产量超 1000 万颗，已装车 Model Y，预计配套新车型 Cybertruck
亿纬锂能	46 系列电池规划目标能量密度达 350Wh/kg	第 200 万颗 46 系大圆柱电池于 2023 年 9 月下线
中创新航	应用硅碳负极的高能高镍多元电池能量密度 350Wh/kg，循环寿命超 1500 次	已量产，并配套装车
蜂巢能源	三元高镍+硅负极电芯能量密度达 260Wh/kg	供货宝马 MINI
比克电池	首代高镍+高首效硅体系电池能量密度将达 280Wh/kg，常温循环 1000 次，未来将优化至 300Wh/kg	首代产品将于 2024 年开始量产
力神电池	三年内推出能量密度超过 330Wh/kg 的“负极掺硅”准固态产品	/
力神电池	预研产品 4695 能量密度 300Wh/kg，循环性能 2000 次	成功开发能量密度 >280Wh/kg 的大圆柱产品，2023 年 8 月完成设计定型

资料来源：高工锂电，东莞证券研究所

主流负极材料企业积极建设硅基负极材料产能。与此同时，国内主流负极材料企业包括贝特瑞、杉杉股份、璞泰来、胜华新材、国轩高科、凯金能源、硅宝科技、天目先导、兰溪致德等均在积极建设硅基负极材料产能。国外企业主要包括日本信越化学、韩国大洲、美国 Group14 等。

**表8：主要企业在硅基负极材料领域的布局**

企业	硅基负极产品类别	产能布局
贝特瑞	硅氧+硅碳	已有 5000 吨/年，在建 4 万吨/年
杉杉股份	硅氧+硅碳	已有 20 吨/月（硅氧），在建 4 万吨/年
璞泰来	硅氧+硅碳	已有 1000 吨/年
胜华新材	硅氧+硅碳	已有 1000 吨/年，在建 5 万吨/年
翔丰华	硅碳	处于中试阶段
硅宝科技	硅碳	已有 50 吨/年，在建 5 万吨/年

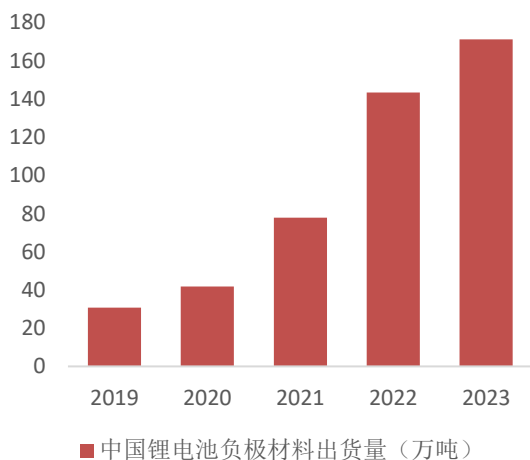
天目先导	硅氧+硅碳	已有 1 万吨/年，在建 15 万吨/年
兰溪致德	硅碳	已有 2000 吨/年，在建 8000 吨/年
凯金能源	硅氧+硅碳	300 吨/年
金硅科技	硅碳	在建 10 万吨/年
杰瑞股份	硅氧+硅碳	在建 2 万吨/年
国轩高科	硅碳	已有 5000 吨/年
韩国大洲	硅氧	已有 2000 吨/年，规划 2024 年底 1 万吨/年
美国 Group14	硅碳	已有 120 吨/年，在建 1.2 万吨

资料来源：高工锂电，东莞证券研究所

### 3.2 硅基负极 2023 年出货量高增，渗透率进一步提升

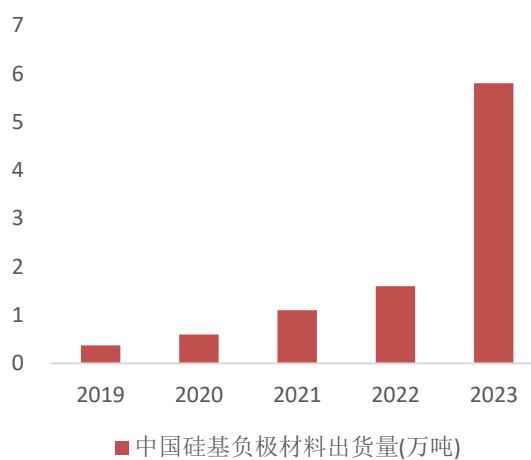
2023 年硅基负极材料出货量增长明显，渗透率进一步提升。随着硅基负极等新型负极材料的技术逐步成熟，下游认可度进一步提高，成本趋于下降，其出货量和市场占有率也逐步提升。根据 EVTank 数据显示，2023 年全球负极材料出货量达到 181.8 万吨，同比增长 16.8%，其中我国负极材料出货量达到 171.1 万吨，全球占比进一步提升至 94.1%。

图5：中国锂电池负极材料出货量



数据来源：EVTank，东莞证券研究所

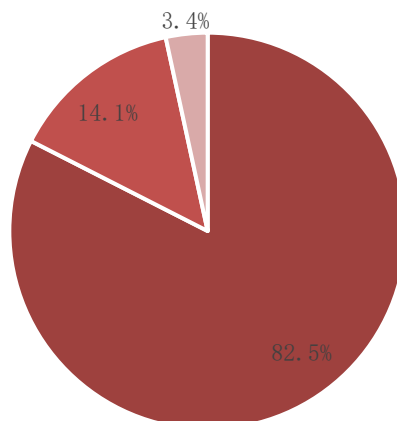
图6：中国硅基负极材料出货量



数据来源：GGII，东莞证券研究所

从负极材料出货结构来看，人造石墨负极材料出货量占比达到 82.5%，天然石墨负极材料出货量占比达到 14.1%，以硅基负极为代表的新型负极材料出货量增长明显，2023 年出货量已接近 6 万吨，在整体负极材料中的出货量占比进一步提升至 3.4%。随着新能源汽车市场快速发展，基于对锂电池的高能量密度、快充性能需求，锂电池负极材料正在加速向硅基负极渗透。

图7：2023年中国负极材料出货量结构

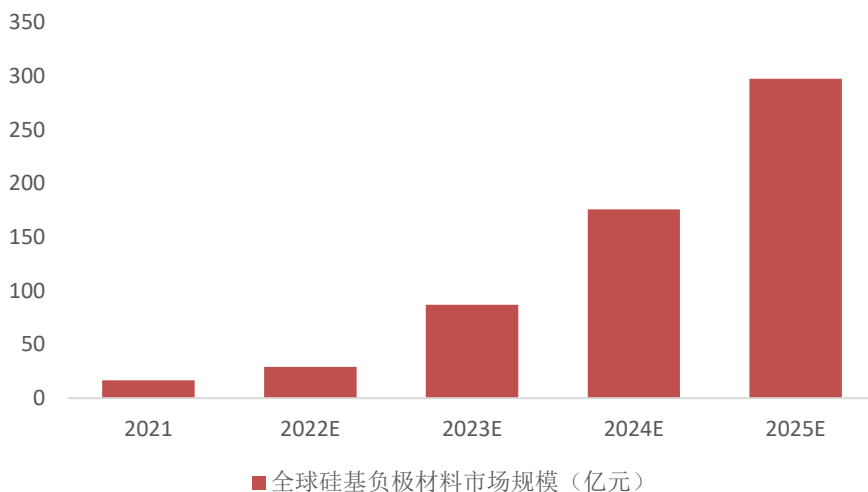


■ 人造石墨负极材料 ■ 天然石墨负极材料 ■ 以硅基负极为代表的新型负极材料

数据来源：EVTank，东莞证券研究所

随着硅基负极逐渐接替石墨作为电池负极的重要材料，以及硅基负极材料在技术、成本方面的进一步突破，硅基负极逐步走向产业化发展趋势。根据中商产业研究院，预计2025年全球硅基负极材料整体市场规模有望达300亿元。

图8：全球硅基负极材料市场规模预测趋势



数据来源：中商产业研究院，东莞证券研究所

#### 4. 投资建议

当前传统锂电池行业进入产能过剩阶段，通过技术创新和材料迭代进行提质降本增效是行业发展的必然趋势。近年来，在新能源汽车对长续航和快充性能需求不断提升的背景下，具备高能量密度和优异快充性能的硅基负极材料被视为下一代理想的新型负极材料。伴随着高镍电池、大圆柱电池、快充电池和固态电池等电池新技术逐步开启规模化应用，



对硅基负极的需求将保持快速增长。锂电池负极材料正在加速向硅基负极渗透，硅基负极材料产业化进程呈加速之势，有望成为负极材料行业新增长点。

建议关注在硅基负极领域拥有雄厚技术积累，产品性能优异以及产能布局领先的企业：宁德时代（300750）、亿纬锂能（300014）、杉杉股份（600884）、璞泰来（603659）。

表9：重点公司盈利预测及投资评级（2024/2/28）

股票代码	股票名称	股价(元)	EPS (元)			PE			评级	评级变动
			2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E		
300750	宁德时代	157.01	12.92	9.95	11.77	12.15	15.78	13.34	买入	维持
300014	亿纬锂能	35.98	1.84	2.25	3.16	19.55	15.98	11.39	买入	维持
600884	杉杉股份	11.17	1.23	0.92	1.26	9.08	12.16	8.89	增持	首次
603659	璞泰来	18.30	2.24	1.40	2.05	8.17	13.04	8.93	增持	维持

资料来源：Wind，东莞证券研究所

## 5. 风险提示

**(1) 下游需求不及预期风险：**若国内及全球经济复苏不及预期，车市终端消费需求或将转弱，将对新能源汽车销量增长带来不确定性风险，进而影响动力电池的需求。

**(2) 产能释放不及预期风险：**硅基负极目前的技术还不够成熟，且生产成本偏高，若未来技术发展缓慢，相关产能释放有不及预期风险。

**(3) 技术路线变革风险：**电池和负极材料均存在着多种技术路线，若未来主流技术路线发生变化，将对硅基负极材料相关企业形成一定的冲击。

**(4) 市场竞争加剧风险：**硅基负极作为新型材料，不断吸引新进入者参与，若下游需求不及预期，市场有竞争加剧风险。

**东莞证券研究报告评级体系：**

公司投资评级	
买入	预计未来 6 个月内，股价表现强于市场指数 15%以上
增持	预计未来 6 个月内，股价表现强于市场指数 5%-15%之间
持有	预计未来 6 个月内，股价表现介于市场指数±5%之间
减持	预计未来 6 个月内，股价表现弱于市场指数 5%以上
无评级	因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，导致无法给出明确的投资评级；股票不在常规研究覆盖范围之内
行业投资评级	
超配	预计未来 6 个月内，行业指数表现强于市场指数 10%以上
标配	预计未来 6 个月内，行业指数表现介于市场指数±10%之间
低配	预计未来 6 个月内，行业指数表现弱于市场指数 10%以上

说明：本评级体系的“市场指数”，A股参照标的为沪深 300 指数；新三板参照标的为三板成指。

证券研究报告风险等级及适当性匹配关系	
低风险	宏观经济及政策、财经资讯、国债等方面的研究报告
中低风险	债券、货币市场基金、债券基金等方面的研究报告
中风险	主板股票及基金、可转债等方面的研究报告，市场策略研究报告
中高风险	创业板、科创板、北京证券交易所、新三板（含退市整理期）等板块的股票、基金、可转债等方面的研究报告，港股股票、基金研究报告以及非上市公司的研究报告
高风险	期货、期权等衍生品方面的研究报告

投资者与证券研究报告的适当性匹配关系：“保守型”投资者仅适合使用“低风险”级别的研报，“谨慎型”投资者仅适合使用风险级别不高于“中低风险”的研报，“稳健型”投资者仅适合使用风险级别不高于“中风险”的研报，“积极型”投资者仅适合使用风险级别不高于“中高风险”的研报，“激进型”投资者适合使用我司各类风险级别的研报。

**证券分析师承诺：**

本人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，以勤勉的职业态度，独立、客观地在所知情的范围内出具本报告。本报告清晰地反映了本人的研究观点，不受本公司相关业务部门、证券发行人、上市公司、基金管理公司、资产管理公司等利益相关者的干涉和影响。本人保证与本报告所指的证券或投资标的无任何利害关系，没有利用发布本报告为自身及其利益相关者谋取不当利益，或者在发布证券研究报告前泄露证券研究报告的内容和观点。

**声明：**

东莞证券股份有限公司为全国综合性综合类证券公司，具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供东莞证券股份有限公司（以下简称“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客户。本报告所载资料及观点均为合规合法来源且被本公司认为可靠，但本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，可随时更改。本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可跌可升。本公司可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与本公司其他业务部门或单位所给出的意见不同或者相反。在任何情况下，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，并不构成对任何人的投资建议。投资者需自主作出投资决策并自行承担投资风险，据此报告做出的任何投资决策与本公司和作者无关。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，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。本公司及其所属关联机构在法律许可的情况下可能会持有本报告中提及公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、经纪、资产管理等服务。本报告版权归东莞证券股份有限公司及相关内容提供方所有，未经本公司事先书面许可，任何人不得以任何形式翻版、复制、刊登。如引用、刊发，需注明本报告的机构来源、作者和发布日期，并提示使用本报告的风险，不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权刊载或者转发本证券研究报告的，应当承担相应的法律责任。

**东莞证券股份有限公司研究所**

广东省东莞市可园南路 1 号金源中心 24 楼

邮政编码：523000

电话：（0769）22115843

网址：www.dgzq.com.cn