

CVD技术利刃破局，2025年放量起航 ——硅碳负极专题

电新首席证券分析师：曾朵红
执业证书编号：S0600516080001
联系邮箱：zengdh@dwzq.com.cn

电动车首席证券分析师：阮巧燕
执业证书编号：S0600517120002
联系邮箱：ruanqy@dwzq.com.cn

联系电话：021-60199793
2025年1月27日

- ◆ **硅基负极高能量密度优势显著，CVD路线硅碳负极技术突破，打开市场空间。**硅基负极可提升电池能量密度，成为未来负极材料的升级方向。此前硅基负极以球磨法硅碳负极与硅氧负极为主，球磨法硅碳负极仍有膨胀问题，循环性能较差，硅氧负极首效较低，预锂化会大幅增加成本，整体性价比不高。CVD法硅碳负极通过多孔碳骨架来储硅，并通过多孔碳内部的空隙来缓冲硅嵌锂过程中的体积膨胀，因此膨胀率低，循环优异，并且碳骨架本身密度小质量轻，使得材料能量密度更高，性能潜力大，打开市场空间。
- ◆ **消费市场确定性起量，25年动力放量，我们预计25年全球销量达0.15万吨，2030年全球需求达8万吨。**此前消费领域以硅氧负极为主，主要应用于海外电动工具市场；24年起CVD硅碳负极在高端手机机型上大规模应用，25年渗透率预计提升至25%+，目前硅基负极掺杂比例为6%左右，未来有望提升至10%+；动力领域硅碳负极初期应用于圆柱电池，特斯拉21700电池采用球磨型硅碳负极方案，添加比例较低，但球磨法难以满足动力电池性能要求，4680电池及海外三元方向电池后续有望采用CVD法方案，25年国内电池厂率先应用，CVD法硅碳负极市场需求规模快速提升。考虑消费及动力市场放量，预计2025年CVD硅碳负极需求达0.15万吨，2030年随着CVD硅碳负极渗透率提升及成本端下降打开市场空间，渗透率提升至30%+，对应总需求可达8万吨左右。
- ◆ **主流厂商加速CVD路线布局，远期成本有望降至20万元/吨以内，带动产业需求放量。**当前硅基负极产能以硅氧及球磨法硅碳为主，CVD法产能规划中，海外Group14已量产，天目先导、兰溪致德等初创公司具备百吨级产能，贝特瑞、璞泰来等传统负极公司陆续跟进；当前硅碳负极售价40万元/吨+，主要系多孔碳占成本比例较高，且生产设备仍为20公斤级，远期看，随着100kg设备大规模应用，且多孔碳实现原材料降本，硅碳负极售价有望降至20万元/吨以内，按10%添加比例计算，对应单吨负极成本提升不足2万，电池成本提升0.015元/wh以内，整体成本可控，性价比进一步提升。
- ◆ **硅碳负极放量，多孔碳、单壁碳管及PAA等原材料受益。**硅碳负极核心原材料为多孔碳，多孔碳的造孔技术及产品设计直接决定硅碳负极性能，行业壁垒较高，此外单壁碳管及PAA需要配硅碳负极使用，贡献需求增量。我们预计2030年硅碳负极需求达8万吨，对应市场空间130亿元，多孔碳对应4万吨需求，按照价格降至13万元/吨左右计算，对应50亿元市场空间，硅烷预计对应4万吨需求，对应16亿元市场空间。单壁碳管粉体添加比例预计达0.2%左右，2030年对应1300吨+需求，对应33万吨浆料。
- ◆ **投资建议：**25年为CVD硅碳负极放量元年，全球总出货有望达0.15万吨，2030年全球行业需求有望增长至8万吨，实现5年50倍增长，我们预计硅碳负极厂商、上游多孔碳及配套硅碳负极使用的辅材如单壁碳纳米管、PAA等受益。看好各环节龙头，推荐**天奈科技、元力股份、璞泰来、贝特瑞、信德新材**，关注**中科电气、圣泉集团、日播时尚、德福科技**等。
- ◆ **风险提示：**价格竞争超市场预期、原材料价格不稳定、投资增速下滑。

CVD硅基负极路线实现突破，25年放量元年

- ◆ **负极材料在电池中起储锂作用，对电池性能有直接影响，成本占比10%左右。** 锂电池负极是由活性物质、粘结剂和添加剂制成糊状胶合剂后，涂抹在铜箔两侧，经过干燥、滚压制得，是锂电池储存锂的主体，锂离子在充放电过程中嵌入与脱出负极。充电时正极锂被氧化为锂离子，通过隔膜到达负极，锂离子嵌入负极中。放电时锂离子脱出负极，在正极被还原为锂。
- ◆ **人造石墨为当前主流路线，硅基负极为下一代负极发展方向。** 目前负极材料中应用最广的是人造石墨与天然石墨两类，其中，人造石墨为当前主流路线，硅碳负极可提升电池能量密度，成为未来负极材料升级的方向。

图 负极材料分类



图 负极的主要性能指标

技术指标	技术含义
可石墨化程度G	G越大，碳材料越容易石墨化，同时晶体结构的有序程度也越高，电池的动力学性能会得到提升
粒度分布	材料的粒径越大，粒度分布越宽，越有利于减小涂布难度，增加极片的压实密度，提高电池体积能量密度
比表面积	大比表面积会加剧电池在首次循环时电解液的分解，造成较低的首次库仑效率
首次可逆比容量和首次效率	首次可逆比容量指首周脱锂容量，首次效率指首周脱锂容量与嵌锂容量的比值。均越高越好
密度（压实密度/振实电度）	密度越大，体积能量密度也越高
电池充放电倍率	充放电倍率=充放电电流/额定容量。充电倍率越大充电速度越快，放电倍率越小放电时间越长
电池循环性能	一定的充放电制度下,电池容量降低到一规定值之前，电池能经受多少次充电与放电，越高越好
电池比容量	单位质量的电池或活性物质所能放出的电量
电池能量密度	单位体积或单位重量的电池，能够存储和释放的电量

- ◆ **硅负极材料能量密度优势明显**：石墨的理论能量密度是372mAh/g，目前应用的石墨比容量已经接近极限。而硅负极理论能量密度高达4200mAh/g，**为目前已知的能用于负极材料理论比容最高的材料**，能大大提升单体电芯的容量。
- ◆ **硅负极解决膨胀问题后快充性能可明显改善**：石墨是层状结构，快充容易产生析锂问题，硅负极材料不仅能提高电池的能量密度，而且具有较低的脱嵌锂电位(~0.4V vs. Li/Li+)，略高于石墨(~0.05V vs. Li/Li+)，在充电时可以避免表面的析锂现象，可以实现快速充放电。且硅电压平台高于石墨，充放电过程中硅表面不容易析锂，提高电池安全性。

表 负极材料性能对比

负极材料	比容量 (mAh/g)	首次效率(%)	电极电位(V)	倍率性能	循环寿命(次)	膨胀率(%)	安全性	市场价 (万元/吨)	
碳材料	天然石墨	340-370	90-93	0.2	一般	>1000	<12	一般	3-6
	人造石墨	310-360	90-96	0.2	一般	>1500	<12	良好	3-7
	中间相碳微球	300-350	90-94	0.2	良好	>1000	-	良好	6-10
	无定形碳	300-400	80-85	0.52	良好	>1500	<1	良好	8-20
非碳材料	硅碳	400-700	85-90	0.3-0.5	略差	500-600	>300	一般	8-60
	硅氧	450-500	65-75	0.3-0.5	一般	>1000	>100	一般	40-60
	钛酸锂	165-170	98-99	1.55	优异	>30000	<1	高	10-35
	锂金属	3860	90-95	-3.04	一般	>300	~120	较差	>100

负极材料诉求： 高克容量、低电势、低膨胀、高导电性、高稳定性、低成本

- ◆ **硅材料的膨胀问题导致电池循环寿命低、导电性差**：硅在脱嵌锂过程中体积会膨胀到原来的3倍以上，导致活性物质在充放电循环过程中发生急剧粉化脱落，同时SEI膜无法稳定地存在，导致容量快速衰减，电池循环性能较差。硅的低电导性限制其容量的充分利用；体积变化使活性物质与导电剂粘结剂接触差，导电性下降；硅表面的SEI膜厚且不均匀，影响导电性与电池整体比能量。

表 硅负极存在问题

硅材料特性	导致问题	问题后果
硅脱/嵌过程体积变化大	活性材料颗粒粉化 表面粘贴剂粘性下降，活性物质脱落，添加剂不能很好与活性物质接触 极片横纵向承受大应力，极片褶皱、脱落，极片与隔膜不能很好接触	电池变形，电池循环寿命降低，电池内阻增大
硅负极充放电过程新裸露表面与电解液不断生成SEI膜	消耗电解液与正极中的活性锂离子 SEI膜增厚 表面导电剂、添加剂被SEI膜包覆，部分失去电子活性	容量快速衰减，库伦效率降低，电池内阻增大
硅的低电导性	限制了其容量的充分利用	电池倍率性能较低

表 硅碳负极不同结构优势

结构	优势
包覆结构	核壳型 缓冲硅脱嵌过程的体积效应 降低硅表面与电解液接触，缓解电解液分解
	蛋黄-壳型 壳中空腔容纳体积膨胀，利于结构稳定 产生稳定SEI膜
	多孔型 孔道结构提供快速离子传输通道 表面积较大，增加材料反应活性，提高倍率性能
负载结构	含碳量较多，循环稳定性好
分散结构	硅含量低，可逆比容量低 抑制硅体积膨胀

- ◆ **硅基材料与碳复合结构可提高循环性能和倍率性能。**当前主要采用硅基材料纳米化以及与碳材料复合来解决硅材料的上述问题，通过Si与石墨材料复合，利用石墨材料缓冲Si材料在循环过程中的体积变化，提高了硅负极材料的循环性能和倍率性能。
- ◆ **硅氧负极可以一定程度上解决膨胀问题，但是首效较低。**硅氧是在材料的嵌锂脱锂过程中，其中的SiO_x与Li先发生反应生产单质硅，通过化学反应使单质硅粒径达到了5nm以下，解决了膨胀问题，但是形成Li₂O和锂硅酸盐的过程消耗大量锂离子导致材料首效很低，通常可以通过预锂化缓解。

表 硅碳、硅氧负极性能对比

	硅碳	硅氧
体积膨胀率	较高	较低
首次充放效率	较高	较低
首次库伦效率	较高	较低
循环性能	较弱	较强
倍率性能	较弱	较强
现有改性方案	纳米化 (提高容量、充放能力) 多孔化设计 (提高电极材料的循环性能、倍率性能)	歧化处理 (提高循环性能) 预锂化处理 (提高材料的首次库伦效率) 合金化 (提高材料的首次库伦效率)

- ◆ **机械球磨法：工艺简单更易量产，但循环次数较低。**将合适的硅源与碳源，利用球磨机对混合物进行球磨，完成后再进行烧结。球磨法将硅材料研磨至纳米级别，从而实现硅碳的均匀混合，可一定程度上解决循环问题。机械球磨法可以明显提高材料的电化学性能，工艺简单，可以大规模生产，但由于研磨过程中硅颗粒容易团聚，导致材料的循环性能欠佳。
- ◆ **气相沉积法：循环稳定性及倍率性能好，工艺难度更高。**CVD法通过气态硅源在基底上沉积形成纳米硅层，实现了硅碳的均匀复合，具有良好的循环稳定性，并且此方法对硅烷的利用率更高。

表 硅碳负极制作工艺

类型	制备过程	优点	缺点
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	总比容量相对低
		首次充放电效率高	成本高
		对设备要求简单，适合工业化生产	产物产量少
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 1000 °C 下进行热处理制备硅/碳复合材料	明显降低反应活化能，提高材料电/热学性能	产品团聚现象严重
		粒度较小，分布均匀	
		工艺简单，成本较低，适合工业化生产	
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/碳纳米复合材料	分散性能好	产品易发生团聚，材料循环性能降低
		较高的可逆比容量	
		循环性能好	
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材料	工艺简单，易产业化	硅的分散性能较差，碳层易分布不均匀
		能较好地缓冲充放电过程的体积变化	易发生团聚

- ◆ **CVD法硅碳负极发展潜力较大，我们预计成为下一代硅碳主流路线。** 气相沉积硅碳负极核心是通过多孔碳骨架来储硅，并通过多孔碳内部的空隙来缓冲硅嵌锂过程中的体积膨胀，因此膨胀率低，循环优异，并且碳骨架本身密度小质量轻，使得材料能量密度高。并且，CVD气相沉积硅所需生产流程短，随着未来硅烷价格的下降、硅烷利用率的提升和气相沉积设备的放大，理论成本可以进一步降低。当前主流动力及消费电池龙头均在搭理推进CVD法路线，我们预计将成为后续主流。
- ◆ **球磨法硅碳负极循环性能较差，硅氧负极首效较低，CVD法硅碳负极性能领先。** 机械球磨法如果能将硅颗粒研磨至20nm以下且不团聚，就能极大程度上地解决硅负极膨胀的问题，但实际难以降低至100nm以下，且即使能制备20nm以下的纳米硅，也很难保证其不团聚。硅氧负极形成Li₂O和锂硅酸盐的过程消耗大量锂离子，首效仅为75%左右，大幅低于石墨的95%，通过预锂化解决后硅氧负极整体的成本会提升至接近100万元/吨，性价比较低。

表：硅基负极性能对比

	粒径 (D50)	首效	克容量	极片膨胀率
机械球磨法硅碳负极	100nm	>90%	~450mah/g	300%
预锂化硅氧负极	<50nm	70%-90%	~1400mah/g	120%
CVD法硅碳负极	<10nm	>90%	~2000mah/g	<100%

- ◆ **3C市场率先使用，手机众多高端机型配套硅碳负极，掺杂比例5-10%。** 此前消费电池使用硅碳负极以硅氧负极为主，主要应用于海外电动工具市场；随着CVD硅碳负极技术逐步成熟，24年起在高端手机机型上大规模应用，荣耀、华为、VIVO、OPPO等主打机型均配套硅碳负极，我们预计，25年渗透率预计进一步提升至25%+，且后续笔电、Ipad等领域有望逐步配套。目前硅碳负极掺杂比例为5-10%，未来有望提升至10%+。

表 硅碳负极机型汇总

品牌	机型	电池	容量	含硅量
荣耀	荣耀Magic5系列	青海湖硅碳负极电池	5450mAh	10%
华为	华为Mate Xs 2典藏版	华为高硅负极电池	4880mAh	-
联想	moto razr 50	星海电池	4200mAh	-
一加	一加Ace3Pro	冰川电池	6100mAh	-
OPPO	OPPO Find X8	冰川电池	6100mAh	-
真我	真我GT6	聚能电池	5800mAh	6%
vivo	vivo X100 Pro	蓝海电池	5400mAh	6%
小米	小米14 Ultra	金沙江电池	5300mAh	6%

表 冰川电池性能指标

6100mAh 超级电池容量
行业第一 硅碳负极电池容量

全新一代「硅碳负极」电池技术
 行业最高 6% 含硅量
 电池负极克容量提升 20%

行业领先 763Wh/L 电池能量密度
 相比普通石墨电池提升 23.1%

独家自研 高容量仿生硅碳材料
 行业领先 低膨胀二代硅
 电池体积比 5000mAh 普通电池还要小

- ◆ **动力领域4680大圆柱25年起量，打开CVD硅碳负极市场空间。** 硅碳负极在动力领域初期应用于圆柱电池，特斯拉21700电池已采用掺硅方案，以球磨型硅碳负极为主，24年起大圆柱开始起量，我们预计，特斯拉24年全年大圆柱出货预计10GWh+，25年预计翻倍；LG韩国9GWh产能24Q4开始大规模生产；松下日本工厂24年9月完成量产准备。此外，宁德、亿纬预计于25年开始量产大圆柱电池，为宝马“新世代”平台车型做准备，亿纬25年出货我们预计为5GWh。球磨法硅碳负极难以满足动力电池性能要求，4680电池有望采用CVD法方案，25年国内电池厂率先应用，且将进一步提升硅基负极添加比例，CVD法硅碳负极市场需求规模快速提升。
- ◆ **CVD路线性能突破，海外方形电池后续有望使用。** CVD路线硅碳负极基本解决极片膨胀问题及首效问题，当前采用20kg流化床生产，产能仍存在瓶颈，后续100kg+设备落地，叠加海外高端需求起量，宁德时代方形高镍电池有望采用硅碳负极路线，应用于海外动力市场。

表 大圆柱电池量产节奏

公司	2020	2021	2022	2023	2024	2025E
特斯拉	发布样品 +试产	试产 (70-80%良率)	小批量量产		量产	
松下	试产	试产	试产 (70-80%良率)	试产	试产 (完成量产准备)	量产
LGES	设计	试产	试产	试产	小批量量产	量产
三星SDI		试产	试产	试产	试产	试产
宁德时代		设计	试产	试产	试产	量产
亿纬锂能		发布样品	试产	试产	试产	量产

需求：预计2025年CVD硅碳负极需求预计1500吨

- ◆ **消费：24年渗透率预计15%左右，对应200吨级，25年渗透率提升至25%+，预计接近500吨需求。**24年全球手机出货量我们预计为12.5亿台，硅基负极渗透率按照15%计算，掺硅比例假设5%，对应CVD硅碳负极需求195吨左右，考虑其他3C领域需求，我们预计24年消费领域硅碳负极需求在245吨左右，25年需求我们预计520吨，翻倍以上增长。
- ◆ **动力：当前以硅氧为主，25年CVD动力端开始起量，预计需求提升至1000吨+。**此前动力领域主要以特斯拉小圆柱需求为主，LG、松下使用球磨型硅碳负极及硅氧负极方案；25年起大圆柱及部分海外高端车型需求开始起量，预计开始添加CVD硅碳负极，需求我们预计20GWh，对应CVD法硅碳负极我们预计可达1020吨。

表 硅基负极需求测算

	单位	2024E	2025E
智能手机出货	亿台	12.5	13.5
单机容量	mah	5500	5500
电压	V	3.7	3.7
渗透率	%	15%	25%
掺硅电池需求	GWh	3.8	6.9
硅负极单耗	吨/gwh	850	850
掺硅负极需求	万吨	0.3	0.6
掺杂比例	%	5%	6%
手机CVD硅碳负极需求	吨	195	420
其他3C产品CVD硅碳负极需求估算	吨	50	100
掺CVD硅碳动力电池需求	GWh	2	20
硅负极单耗	吨/gwh	850	850
掺硅负极需求	万吨	0.2	1.7
掺杂比例	%	5%	5%
动力CVD硅碳负极需求	吨	102	1020
掺硅氧动力电池需求	GWh	120	150
硅负极单耗	吨/gwh	950	950
掺硅负极需求	万吨	11.4	14.3
掺杂比例	%	2%	2%
动力传统硅碳负极需求	吨	2280	2850
消费硅氧负极需求	吨	250	250
电动工具传统硅碳负极需求	吨	2000	2200
合计	吨	4877	6840
-cvd硅碳	吨	347	1540
-传统硅碳+硅氧	吨	4530	5300

空间：25年锂电总需求预计1.85Twh，30年预计4Twh

- ◆ 我们预计25年需求1851GWh，同增31%，若考虑25年补库，实际需求增速有望超31%，同时26-27年海外动力放量+储能需求高增，预计总体仍维持15-20%增长，2030年锂电实际需求预计达4TWh，较25年翻倍以上。

图：动力及储能需求增速预期

	2023	2024 E	2025 E	2026 E	2027 E	2028 E	2029 E	2030 E
海外：乘用车动力电池装机需求 (Gwh)	311.3	325.6	369.9	451.8	541.1	624.9	722.5	837.2
-海外平均单车带电量 (kwh)	61.1	60.5	59.3	57.4	55.3	54.7	54.0	53.2
国内：动力电池装机需求 (Gwh)	389	539	687	780	862	953	1,053	1,165
-国内平均单车带电量 (kwh)	46.9	46.4	47.1	46.8	47.5	48.3	49.2	50.2
全球动力电池装机需求 (gwh)	715	884	1,090	1,292	1,485	1,690	1,929	2,211
YoY	39%	24%	23%	18.6%	14.9%	13.8%	14.1%	14.6%
-全球平均单车带电量 (kwh)	53.4	52.0	52.3	52.6	53.2	54.2	55.5	56.8
全球动力电池实际需求 (gwh)	873	1,079	1,351	1,589	1,812	2,062	2,353	2,698
YoY	25%	24%	25%	17.6%	14.0%	13.8%	14.1%	14.6%
全球储能电池合计 (gwh)	211	330	500	625	753	900	1,077	1,293
YoY	67%	57%	51%	25%	20%	20%	20%	20%
国内储能电池 (gwh)	77	120	151	181	213	247	285	327
海外储能电池 (gwh)	133	210	349	445	540	654	792	966
全球动力+储能电池实际需求合计 (gwh)	1,083	1,409	1,851	2,215	2,565	2,963	3,430	3,991
YoY	32%	30%	31%	19.6%	15.8%	15.5%	15.8%	16.4%

空间：硅碳负极适配高镍三元电池，2030年空间9万吨

- ◆ **硅碳负极成本提升，主要搭配高镍电池使用，预计2030年全球空间接近9万吨。**动力电池能量密度主要受正极材料体系决定，硅碳负极提升能量密度的同时会提高电池成本，主要适配高镍三元电池体系，消费电池中预计适配钴酸锂体系，按照10%掺硅比例计算，预计2030年硅碳负极需求空间接近9万吨。

图：硅碳负极空间测算

	2023	2024 E	2025 E	2026 E	2027 E	2028 E	2029 E	2030 E
全球动力+储能电池实际需求合计 (gwh)	1,083	1,409	1,851	2,215	2,565	2,963	3,430	3,991
YoY	32%	30%	31%	19.6%	15.8%	15.5%	15.8%	16.4%
全球锂电池合计 (gwh)	1,214	1,553	2,009	2,389	2,757	3,173	3,662	4,246
YoY	29%	28%	29%	18.9%	15.4%	15.1%	15.4%	15.9%
国内动力-三元高镍电池 (gwh)	42	47	69	88	108	119	132	146
国内动力-三元电池占比	36%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
国内动力三元电池-高镍占比	30%	35%	40%	45%	50%	50%	50%	50%
海外动力-三元高镍电池 (gwh)	168	180	220	237	260	319	390	452
海外动力-三元电池占比	90%	85%	85%	70%	60%	60%	60%	60%
海外动力三元电池-高镍占比	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	90%
全球三元高镍电池实际需求合计 (gwh)	263	284	361	406	459	547	652	747
全球钴酸锂消费电池合计	65	72	79	87	96	105	116	127
全球三元高镍+消费电池需求合计 (gwh)	328	356	440	493	555	653	768	875
对应负极需求 (万吨)	33	36	44	49	56	65	77	87
掺硅比例	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
硅碳负极空间 (万吨)	3.3	3.6	4.4	4.9	5.6	6.5	7.7	8.7

空间：固态电池打开硅碳负极应用空间，30年预计1.5万吨

- ◆ **半固态先行，24年开启放量，全固态预计30年后放量。**半固态电池23年起开始产业化，但技术、产品仍不成熟，我们预计24年出货量1-2GWh，25年预计5GWh，30年超100GWh，渗透率提升至2-3%；全固态电池预计27年小批量装车，以示范运营为主，出货量0.5GWh，30年预计开启产业化，出货量预计3GWh，随着规模效应释放，成本持续下降，35年出货量有望突破300GWh。
- ◆ **负极向高性能迭代，短中期向硅基负极发展，2030年硅碳负极需求预计1.5万吨。**锂电池负极材料目前以石墨为主，具有高电导率和高稳定性等优势，但已接近理论比容量(372mAh/g)。硅基负极理论比容量高(4200mAh/g)，但存在体积膨胀(380%)、导电性差和SEI膜不稳定的问题，多与石墨掺杂应用。整体看，负极液态向硅碳负极发展，尤其CVD法迎来突破，考虑半固态电池中添加比例提升至15%，预计2030年需求达1.5万吨。

图：硅碳负极空间测算

	2023	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
全球动力+储能电池实际需求合计 (gwh)	1,083	1,360	1,702	2,107	2,569	3,078	3,664	4,327
YoY	32%	26%	25%	24%	22%	20%	19%	18%
半固态电池渗透率	0.00%	0.10%	0.30%	0.50%	0.80%	1.30%	2.20%	2.30%
半固态电池出货量 (GWh)	0.1	1.5	5	10	20	40	80	100
全固态电池渗透率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%
全固态电池出货量 (GWh)	0	0	0	0	0.5	0.8	1	3
固态电池渗透率	0.00%	0.10%	0.30%	0.50%	0.80%	1.30%	2.20%	2.40%
固态电池总出货量 (GWh)	0.1	1.5	5	10	20.5	40.8	81	103
对应负极需求 (万吨)	0	0	1	1	2	4	8	10
掺硅比例	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
硅碳负极空间 (万吨)	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.6	1.2	1.5

空间：预计2030年CVD硅碳负极需求达8万吨左右

- ◆ 预计25年CVD硅碳负极需求达0.15万吨，2030年需求预计可达8万吨，未来几年高速增长。我们预计25年总体渗透率2%，电池掺硅比例6%左右，对应总需求达0.15万吨，2030年随着CVD硅碳负极渗透率提升及成本端下降打开市场空间，渗透率提升至30%+，对应总需求可达8万吨左右。

表：对全球硅碳负极需求增速测算

	2023	2024 E	2025 E	2026 E	2027 E	2028 E	2029 E	2030 E
锂电池需求合计 (GWh)	965	1184	1471	1730	1975	2247	2565	2941
YoY	25%	23%	24%	18%	14%	14%	14%	15%
-全球动力电池实际需求 (GWh)	873	1,079	1,351	1,589	1,812	2,062	2,353	2,698
-消费电池需求 (GWh)	90	100	110	121	133	146	161	177
-无人机及EVOLT需求 (GWh)	2	5	10	20	30	39	51	66
硅碳负极渗透率	0%	1%	2%	4%	10%	15%	23%	33%
-动力电池	0%	0%	1%	3%	8%	13%	20%	30%
-消费电池	0%	4%	5%	15%	25%	35%	50%	50%
-无人机及EVOLT	0%	20%	40%	50%	60%	70%	90%	90%
掺硅电池需求合计 (GWh)	0.1	7	30	76	196	347	597	957
YoY	-	6900%	329%	153%	159%	77%	72%	60%
-动力电池	0	2	20	48	145	268	471	809
-消费电池	0.1	4	6	18	33	51	81	89
-无人机及EVOLT	0	1	4	10	18	27	46	59
硅碳负极单耗 (吨/gwh)	850	850	825	800	776	752	730	708
掺硅比例	6%	6%	6%	7%	8%	9%	10%	11%
-动力电池	3%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%
-消费电池	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%
-无人机及EVOLT	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%
CVD硅碳负极需求 (万吨)	0.00	0.04	0.15	0.4	1.2	2.4	4.5	7.7
YoY	-	7100%	304%	200%	179%	94%	88%	71%
-动力电池	0.0	0.0	0.1	0.2	0.8	1.7	3.3	6.2
-消费电池	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9
-无人机及EVOLT	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6

CVD法成本下降打开空间，带动产业链需求放量

产品：主流负极公司逐步推进，行业内新玩家较多

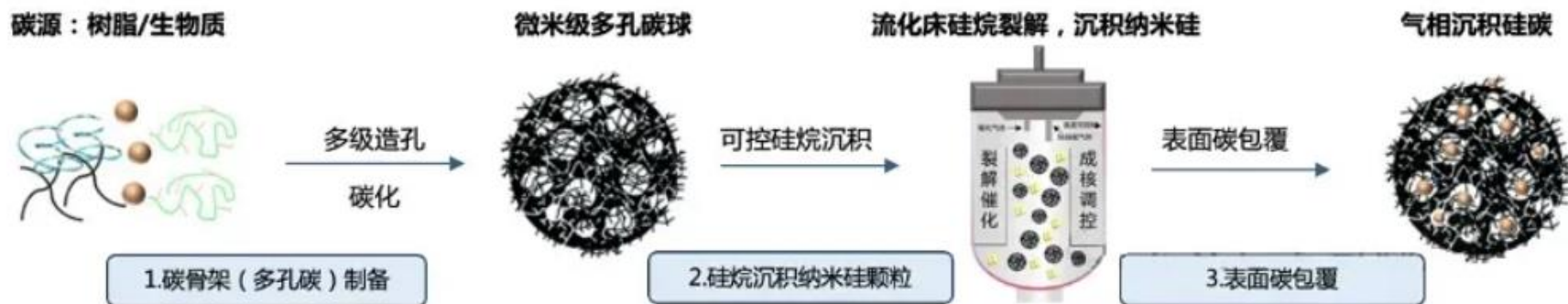
- ◆ **硅碳材料行业当前以硅氧产能为主，贝特瑞份额领先。**传统的负极企业如贝特瑞，杉杉股份等硅碳负极均有布局，初期出货以硅氧负极为主，其中贝特瑞出货0.3万吨以上，主供海外电动工具市场，全球份额领先，此外日韩昭和电工、大洲电子等也有较多出货；
- ◆ **CVD路线产能规划中，24-25年逐步落地。**新进入硅碳负极产业的公司主要布局CVD法硅碳负极，如致德新能源、天目先导等进展较快，24年开始大规模量产，当前产能达百吨级；璞泰来等传统负极厂商率先突破消费电子市场，贝特瑞等研发跟进中。海外美国Group 14进展领先，具备120吨产能。

表 国内外硅碳负极产能规划

公司	国家	产品	产能 (24年底)	备注	规划产能
贝特瑞	中国	硅碳+硅氧	0.6万吨	球磨法+硅氧	4万吨
璞泰来	中国	硅碳+硅氧	240吨	CVD法	1000吨
杉杉股份	中国	硅碳+硅氧	0.24万吨	硅氧为主	6万吨
胜华新材	中国	硅碳+硅氧	0.1万吨	硅氧为主	5万吨
道氏技术	中国	硅碳	吨级	CVD法	0.1万吨
天目先导	中国	硅碳+硅氧	-	CVD法	6万吨
兰溪致德	中国	硅碳+硅氧	500吨	CVD法	0.6万吨
硅宝科技	中国	硅碳	50吨	球磨法	1万吨
常州硅源	中国	硅碳		CVD法	2万吨
昱瓴新能源	中国	硅碳+硅氧			3万吨
信越化学	日本	硅氧		球磨法	
昭和电工	日本	硅碳		球磨法	
大洲电子	韩国	硅碳	0.2万吨	球磨法	1万吨
Group 14	美国	硅碳	120吨	CVD法	1.2万吨
Amprius	美国	硅碳	400吨	CVD法	2万吨

- ◆ **CVD硅碳负极的工作流程短，核心为流化床沉积纳米硅环节。**气相沉积硅碳核心是通过低成本生产一种多孔碳骨架来储硅，生产过程中，需要将硅颗粒与适当的液体或气体混合，在流化床中形成悬浮液体或气体。通过调整流体的流动速度和温度，使硅颗粒在床层中均匀分布，并实现对硅颗粒的包覆。在包覆过程中，通过控制反应条件，使硅颗粒与包覆材料发生化学反应，形成稳定的硅碳复合结构。

图：气相沉积法制备硅碳负极



- ◆ **碳骨架的制备及选型直接决定硅碳负极性能。**不同场景下的碳骨架孔径、孔容、孔隙率要求均不一样，性能差异极大，需要专业的电芯设计人员配合才能完成开发。理解多孔碳在硅碳材料和全电池中的性能表现决定了公司研发的准确度和效率。以兰溪致德的专利为例，碳骨架的原料、孔容、生产方式等对于电池极片性能影响较大，孔基体的孔容越小，所得硅基复合材料的硅含量越低，其容量和首效相对较低，但是极片膨胀率极低，容量保持率很高。

表：不同工艺下硅基负极极片性能指标对比（兰溪致德）

样品	1.5V克容量 (mah/g)	1.5V首效 (%)	100圈容量保持率 (%)	极片膨胀率 (%)	倍率 (%)
椰壳炭基+水热法8h	1893	93.2	98.6	89.5	68.3
椰壳炭基+水热法2h	687	91.8	99.4	42.1	66.7
椰壳炭基+水热法23h	2482	94.5	98.3	92.7	70.9
椰壳炭基+木质素5%	1921	93.1	99.2	80.2	75.3
椰壳炭基+木质素20%	1978	93.8	97.5	75.1	78.6
椰壳炭基+AlPO4包覆成品	1895	93.3	98.9	85.8	72.4
石油焦基	1903	92.9	90.2	132.7	58.2

- ◆ **流化床工艺难点在于生产参数控制，当前设备20kg级已成熟，100kg及以上预计25-26年逐步落地。**流化床沉积更均匀、硅烷利用率更高，却需要设备满足高密闭性、高压，才能满足小颗粒气态包覆，大规模量产工艺一致性要求极高，百公斤混料，炉腔温度分区、腔体分压，沉积在腔体里的停留时间也需要大量仿真。当前应用中实验级3公斤、中试级20公斤设备基本成熟，20kg对应单线2-3吨，难以形成千吨级以上规模；现已有商业级100kg、250kg成熟设备，但大装置可能导致硅烷沉积不均匀，且也存在安全性问题，良率、硅烷利用率、安全性等仍待解决，我们预计25-26年可逐步落地。

图：纽姆特流化床量产产线进度

▼ 中试型FB-CVD



▼ FB-CVD产业化项目



型号	款式	量级
FBCVD-10	基本款/特气款	实验级
FBCVD-20	硬碳款/硅碳基本款/硅碳硅烷/金属有机气体	实验级
FBCVD-100	硅碳基本款/硅碳硅烷/	中试级
FBCVD-300	硅碳硅烷	中试级
FBCVD-500	硅碳硅烷	商业级
FBCVD-1000	硅碳硅烷	商业级

成本：CVD法性价比高，远期售价有望降至20万/吨

- ◆ **当前硅碳负极售价40万/吨+**，主要系多孔碳占成本比例较高、设备较小。当前多孔碳以树脂法生产为主，整体成本较高，当前售价30万/吨左右，占总成本占比40%+，且当前设备以20kg为主，单台设备50万+，对应2吨左右产能，单位投资较高。当前CVD法硅碳负极售价低于预锂硅氧负极，且性能更好，膨胀性能、首效等全面领先，有望逐步替代传统硅碳负极及硅氧负极。
- ◆ **远期看，多孔碳成本下降至15万元/吨以内，硅碳负极售价有望降至20万元/吨以内，电池成本提升可控。**后续随着100kg设备大规模应用，且多孔碳实现原材料降本，硅碳负极售价有望降至20万/吨以内，按10%添加比例计算，对应单吨负极成本提升不足2万元，电池成本提升0.015元/wh以内，整体成本可控，性价比进一步提升。

表：CVD法硅碳负极成本测算

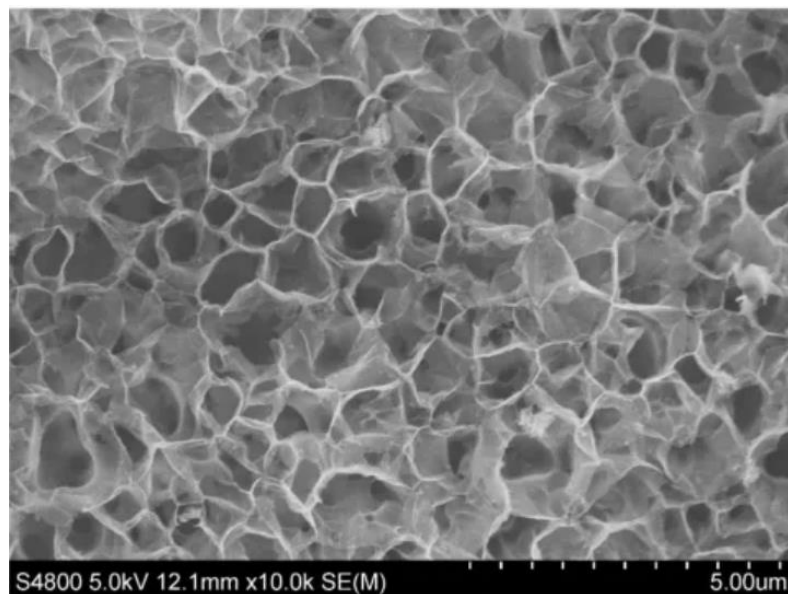
	短期					长期				
	单位用量	单位	单位价格 (万元)	单位成本	单位成本	单位用量	单位	单位价格 (万元)	单位成本	单位成本
				万元/吨	占比				万元/吨	占比
多孔碳	0.5	t	30	13	44%	0.5	t	15	7	48%
硅烷	0.7	t	10	6	21%	0.6	t	5	2	18%
其他	-	-	-	1	3%	-	-	-	0.5	4%
硅烷利用率	70%				-	90%				-
材料成本合计 (万元/吨, 不含税)	21				68%	10				69%
单吨投资 (万元)	25					6				
折旧 (万元/吨)	2.5				8%	0.6				4%
能源成本及人工费等 (万元/吨)	4				13%	3				22%
合格率	90%					95%				
成本合计 (万元/吨, 不含税)	30					14				
售价 (万元/吨, 含税)	45					20				
毛利率	24%					22%				

- ◆ **多孔碳为硅碳负极的碳骨架。**多孔碳材料具备比表面积高、微观形貌可控、孔洞结构丰富、导电性良好、稳定性高等优点，高比表面积使多孔碳能结合更多锂离子，为锂离子电池提供高容量。多维复杂的孔洞结构为锂离子提供了有效快速的扩散通道，具备良好的电化学性能。
- ◆ **主流原材料有树脂法及生物质法两种，树脂法当前成本较高，售价25-30万元/吨。**目前两种路线中，生物质原材料为淀粉，椰壳等，可再生，但样品均一性，可重复性差，树脂原材料主要为酚醛树脂，生产工艺成熟、化学结构可控，但由于原材料成本较高，普遍价格在25-30万元/吨；生物质路线由于原材料价格便宜，普通级别约为5万元/吨左右，但性能目前难以满足硅碳负极需求。
- ◆ **原材料仍在研发过程中，可通过较便宜的树脂或稳定生物质材料替代，有较大降本空间。**

表：树脂基球形多孔碳制备路线

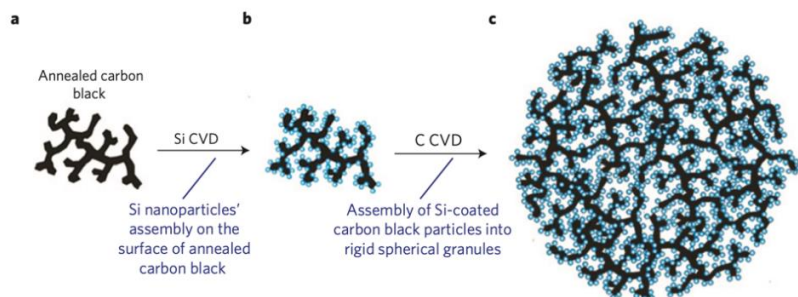


图：多孔碳结构图

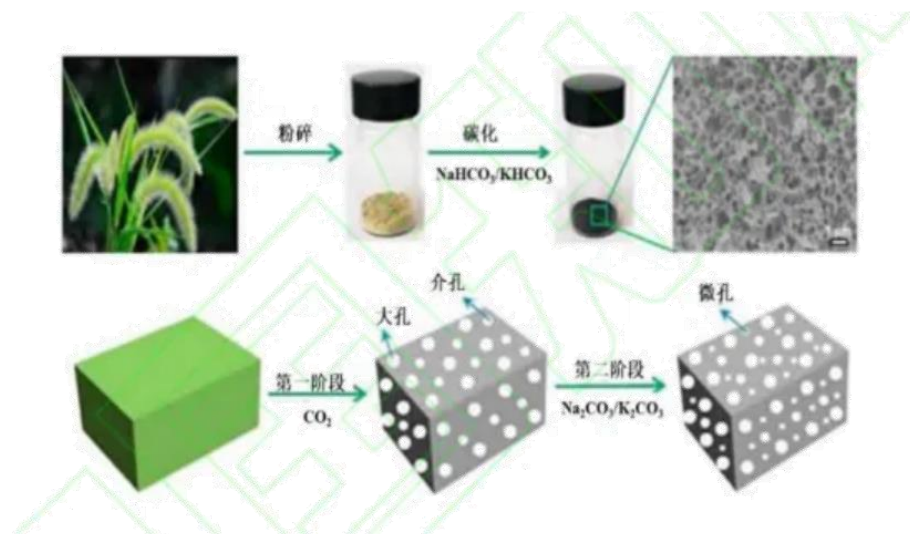


- ◆ **多孔碳生产工艺核心为造孔工艺，主要通过水蒸气或碱活化。** 活化法可以将碳前驱体与活化剂混合后在高温惰性气体的条件下在碳前驱体上发生造孔反应，首先利用高温（通常 800°C以上）将碳前驱体进行碳化，其次使用水蒸汽或者碱作为活化剂与碳前驱体反应，实现造孔反应。
- ◆ **多孔碳当前仍为定制化的产品，将直接决定硅碳负极性能。** 多孔碳当前为非标准化产品，孔径、孔容、孔隙率需要下游电池厂按需定制，比表面积、孔隙分布、均匀性等参数至关重要，不均匀会导致产品一致性差、PC稳定性变差，孔径大小将直接影响纳米硅的嵌入和负载量。

图：Group 14硅碳负极技术原理



表：活化法造孔工艺



硅烷：价格快速下降，带动硅碳负极成本下降超预期

- ◆ **硅烷下游主要为光伏及面板行业，少数用于半导体及硅碳负极，生产及运输难度较高。**甲硅烷（四氢化硅）化学分子式为 SiH_4 ，习惯上称为硅烷，硅烷气广泛应用于光伏、显示面板、半导体、锂电池硅碳负极。但硅烷气是有毒气体，并且容易发生爆炸。硅烷气在生产和运输中，对于环境和安全的要求极高。
- ◆ **24H2硅烷价格快速下降，未来有望降至5万元/吨左右，成为硅碳负极降本来源之一。**2024年以来，受光伏行业调整影响，硅烷气价格承压，24年下半年价格已从23年的20-25万元/吨降至目前5-10万元/吨以内，硅碳负极单吨耗0.5-0.7吨硅烷，对应成本下降5-10万元/吨，成为硅碳负极主要降本来源之一。我们预计硅烷成本在3万元/吨左右，部分公司可降至3万吨以内，整体价格有望进一步下降。

表：硅烷成本拆分测算（万元/吨）

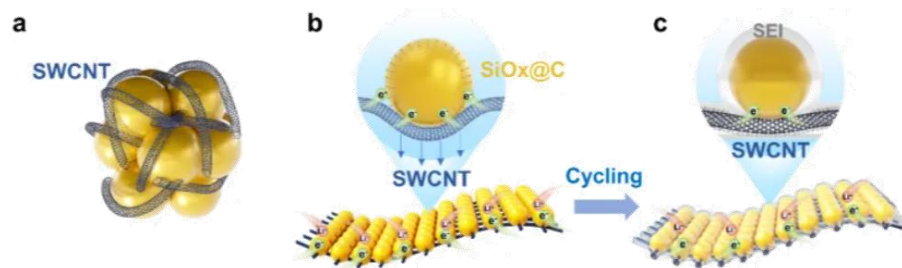
原材料	用量(t)	单价 (万元/吨)	单吨成本 (万元/吨)
硅粉	1.05	1.4	1.47
二氯二氢硅	0.14	0.6	0.08
辅材 (万元/吨)		0.06	
电力 (万元/吨)		0.5	
蒸汽及水 (万元/吨)		0.25	
人工 (万元/吨)		0.5	
折旧 (万元/吨)		0.3	
合计 (万元/吨)		3.16	

- ◆ **硅碳负极需配套单壁碳管，提升导电性能。**单壁碳纳米管由于直径小、长径比大，具有很好的柔性，与硅基材料有良好的电接触，且可以在电场诱导下成膜，能够在极低添加量下形成三维导电网络，实际应用中硅基负极中加入单壁碳纳米管会大幅改善循环性，而多壁碳纳米管的改善则有限。
- ◆ **我们预计，25年CVD硅碳负极起量，单壁碳纳米管预计贡献1-1.5万吨浆料需求。**25年全行业CVD硅碳需求有望达0.15万吨左右，对应负极1-2万吨，单壁碳管添加量约5‰，预计对整体单壁碳管粉体需求量达50吨左右，浆料粉体比为250:1，对应1-1.5万吨浆料需求，当前仅天奈科技及OCSiAl可量产，行业壁垒高。

图：主要导电剂厂商产能规划（万吨）

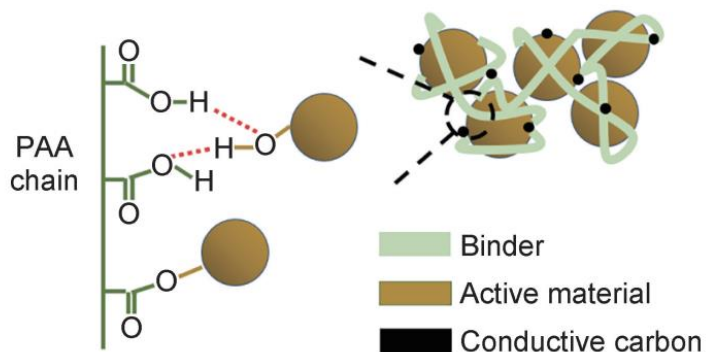
	2022有效	2023有效	2024有效E	2025有效E
天奈科技	5.2	8.0	9.0	11.0
LG化学	2.2	4.6	5.8	8.8
卡博特	1.3	1.3	3.8	6.3
道氏技术	3.0	4.0	5.0	6.0
莱尔科技			1.0	1.8
黑猫股份		2.5	6.0	10.0
集越纳米	1.2	1.5	2.0	2.0
无锡东恒	0.6	0.8	1.0	1.0
捷邦科技	1.0	2.0	3.6	3.6
曲靖飞墨	1.3	1.3	1.3	1.3
Nanocyl SA	1.0	1.0	1.0	1.0
OCSiAl	0.2	0.2	0.3	0.4
主流厂商合计	17.0	27.2	39.8	53.2

图：单壁碳纳米管对硅碳负极的包覆情况

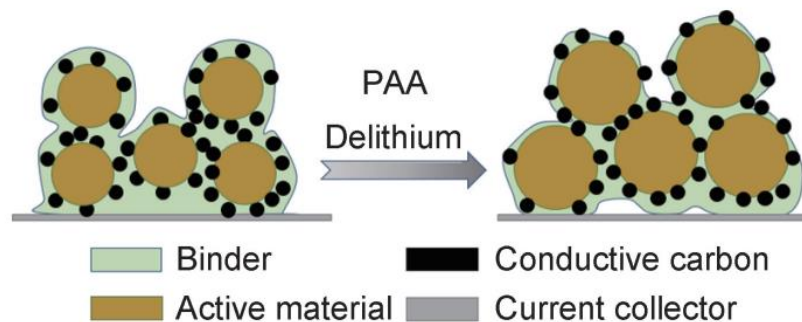


- ◆ **新型粘结剂PAA可以改善硅基负极循环性能，有望替代传统CMC+SBR粘结剂方案。** PAA的侧链含有较多官能团，能与负极活性物质表面形成氢键，提供较强的黏附力；同时，PAA还能与硅形成类似固体电解质界面（SEI）的包覆层，显著改善硅基负极的循环性能，减轻膨胀影响。
- ◆ **预计PAA添加比例预计可提升至1.5-2%。** 石墨里SBR/CMC添加1.8%/1.2%，合计3%。用PAA后总量2.5%，其中1.5-2%PAA，硅含量高的话，可添加2%PAA+1%SBR，后续有望取代SBR，添加比例提升至3%。

图：PAA 黏结剂与活性材料间的作用机理



图：PAA 黏结剂解决活性材料体积变化的模型图



图：PAA与传统粘结剂对比

	PVDF	CMC+SBR	PAA
适用场景	石墨负极粘结剂	石墨负极粘结剂	石墨/硅基负极粘结剂
分散体系	油性	水性	水性
优势	具有良好的化学稳定性和温度特性，具有优良的机械性能和加工性	SBR的良好弹性以及 CMC 的良好分散效果，在石墨中组合效果好；水性粘结剂绿色环保，成本低，非易燃。增加导电剂或活性材料，可以提高能量密度和快充能力。SBR会越来越蓬松，PAA有弹簧性，结构稳定，提升循环寿命	高粘结强度、适配硅基材料、添加量少、具有环保特性、缓解硅基材料体积膨胀、化学稳定性强、机械强度柔软性好。
劣势	溶剂对环境有害，且PVDF中含有氟，容易与嵌锂石墨等发生反应	粘结力较弱，添加量大。未来SBR在石墨中会被替换，动力储能不高，如果太高循环性能不行，数码端不用PAA，PAA硬脆，卷绕转角位置容易开裂	柔性较差；对环境酸碱度要求高。分子间羧基氢键作用力较强，溶于水易形成分子间团聚结构

预计30年硅碳负极需求达8万吨，产业链充分受益

空间：预计2030年硅碳负极全球市场空间达130亿

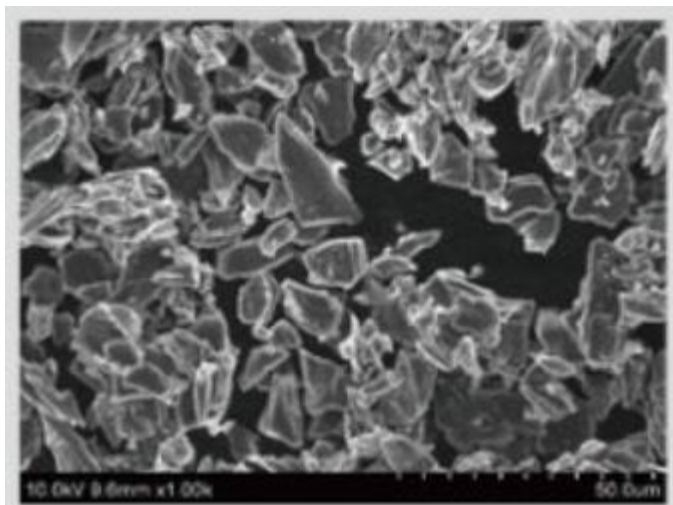
- ◆ **主材**：预计2030年全球硅碳负极需求达8万吨，对应全球市场空间约130亿元，多孔碳对应4万吨需求，按照价格降至13万元/吨左右计算，对应50亿元市场空间，硅烷预计对应4万吨需求，对应16亿元市场空间。
- ◆ **添加剂**：单壁碳管粉体添加比例预计达0.2%左右，2030年对应1300吨+需求，对应34万吨浆料；PAA添加比例由1%提升至2-3%，按照2.5%计算，预计2030年对应1.7万吨需求。

表：对硅碳负极各环节需求增速测算

	2023	2024 E	2025 E	2026 E	2027 E	2028 E	2029 E	2030 E
CVD硅碳负极需求 (万吨)	0.00	0.04	0.15	0.4	1.2	2.4	4.5	7.7
YoY	-	7100%	304%	200%	179%	94%	88%	71%
-动力电池	0.0	0.0	0.1	0.2	0.8	1.7	3.3	6.2
-消费电池	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9
-无人机及EVOLT	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.6
-价格(万/吨)	50	45	40	30	20	19	18	17
-市场空间(亿元)	0.03	1.65	5.94	13.35	24.79	45.67	81.46	131.99
多孔碳需求 (万吨)	0.00	0.02	0.07	0.22	0.62	1.20	2.26	3.85
YoY	-	7100%	304%	200%	179%	94%	88%	71%
-价格(万/吨)	40	30	25	20	15	14	14	13
-市场空间(亿元)	0.01	0.55	1.86	4.45	9.29	17.13	30.55	49.49
硅烷需求 (万吨)	0.00	0.03	0.10	0.31	0.74	1.32	2.48	4.23
YoY	-	7100%	304%	200%	139%	78%	88%	71%
-价格(万/吨)	20	10	5	5	5	4	4	4
-市场空间(亿元)	0.01	0.26	0.52	1.56	3.35	5.65	10.08	16.33
单壁碳管粉体需求 (吨)	0	12	49	121	304	522	871	1356
-添加比例	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%
-浆料需求 (万吨)	0.00	0.30	1.24	3.03	7.61	13.04	21.78	33.89
YoY	-	6900%	316%	145%	151%	71%	67%	56%
PAA需求 (吨)	2	149	618	1516	3806	6520	10890	16945
-添加比例	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
YoY	-	6900%	316%	145%	151%	71%	67%	56%

- ◆ **背靠中科院物理所，实现硅碳负极产业化量产。** 1996年，中科院物理所“中国锂电池之父”陈立泉院士、李泓研究员率先在全球开展纳米硅基负极材料的研究，实施了材料组与结构的专利布局。2013年团队完成纳米硅基负极材料的小试放大，为中试生产奠定了基础。2017年具备产业化能力后，天目先导成立，企业致力于硅基负极材料的规模生产及应用。
- ◆ **与硅烷科技合作，产能建设推进中。** 公司初期建设年产2000吨锂离子电池高端硅负极材料中试线，后续计划总投资30亿元，规划产能6万吨。项目分两期建设，其中一期规划占地150亩，投资6亿元，一期工程完工后可实现年产1万吨高端纳米硅基电池负极材料；二期工程投产达效后，年产能可达5万吨，产值150亿元。硅烷气方面，公司与硅烷科技合作顺利，供货量逐步增加。

表：公司主要产品情况（SL400B-SOC纳米硅碳）



理化指标 (Item)	单位 (Unit)	典型值 (Typical value)
粒度 (Particle Size)	D10	5.29
	D50	11.8
	D90	25.4
	Dmax	45.2
振实密度 (Tap Density)	g/cm ³	0.99
比表面积 (Surface Area)	m ² /g	1.75
水分 (Moisture Content)	%	0.02
可逆容量 (Reversible Capacity)	mAh/g	400.5
首次效率 (First Efficiency)	%	93.9

- ◆ **公司为一家生产硅碳负极的初创公司。**兰溪致德位于浙江省金华市经济开发区，专注于锂电池用高容量硅负极材料的初创公司，主要产品为锂电池用高容量硅/碳负极材料，包括ZDS01（低成本、普通效率的硅负极材料）、ZDS02（新型高效硅负极材料）以及ZDS03（新型高倍率硅负极材料）等，产品广泛应用于电池、3C和电动汽车等领域。
- ◆ **当前CVD路径推进较快，总产能500吨。**2016年，该公司开始进行硅碳负极的研发工作，目前已掌握核心硅碳材料的低成本纳米化制备技术，并通过自主研发核心设备，打破了国外龙头企业对硅碳负极硬件的垄断，实现了低成本、高品质的全产业链布局。兰溪致德一期500吨锂电池硅碳负极材料项目于2021年7月正式投产，二期3000吨项目也在积极推进中。

表：公司主要专利情况

序号	申请日期	专利名称
1	2023/12/29	硅基复合材料及其制备方法、负极极片、锂离子电池
2	2023/12/28	硅基复合材料及其制备方法
3	2023/11/30	纳米硅碳复合材料、其制备方法及应用
4	2023/11/24	复合多孔材料及应用、硅基复合材料、负极和电池
5	2023/9/7	硅碳复合材料及其制备方法、负极和电池
6	2023/8/3	硅碳负极材料及其制备方法
7	2023/7/21	硅基复合材料及制备方法和电池

- ◆ **国内硅基负极龙头，硅氧负极出货全球领先，卡位优势明显。**在硅基负极方面，公司是国内最早进行硅碳负极研发和量产的公司。一直以来公司的生产和研发都处于行业领先地位，是国内唯一一家拥有国外订单的企业，2013年开始供三星SDI，2017年硅氧负极进入松下-特斯拉供应链，客户卡位优秀，且获得的硅基负极方面的专利也排行业第一。
- ◆ **当前出货以硅氧负极为主，CVD硅碳研发中。**2024年底公司具有硅基负极产能0.6万吨，我们预计25年出货0.3-0.4万吨，以硅氧负极为主，此外公司规划4万吨硅基负极项目，后续我们预计在2025年-2028年陆续投产，硅基负极产能扩张明显加速，公司在产能、技术、客户端优势明显，龙头地位稳固。

表：贝特瑞业绩情况

盈利预测与估值	2022A	2023A	2024E	2025E	2026E
营业总收入(百万元)	25,678.68	25,119.44	13,708.08	15,820.57	18,308.08
同比(%)	144.76	-2.18	-45.43	15.41	15.72
归母净利润(百万元)	2,310.59	1,653.91	1,206.77	1,612.28	2,012.72
同比(%)	60.35	-28.42	-27.04	33.60	24.84
EPS-最新摊薄(元/股)	2.07	1.48	1.08	1.44	1.80

- ◆ **硅碳负极初步投产0.15万吨产能，25年预计贡献百吨级出货。**目前硅碳负极中试产能已供不应求，公司24年底产能单月20吨，公司正加快产能建设，我们预计25Q1末新增产能投产，25年年底产能达1500吨，公司25年销量我们预计达500-1000吨，主要供应消费电池。远期看，公司23年5月公告拟投资建设硅基负极研发生产基地，该项目建成后将形成年产1.2万吨硅基负极材料（单体）的产能规模，后续产能有望进一步扩张。
- ◆ **负极主业当前经营性盈亏平衡，25年新增产能投产带动成本下降，预计盈利能力有望改善。**我们预计公司24年出货13-14万吨，同降10%+，出货下滑主要系负极行业低价背景下公司主动减少订单。其中24Q3负极存货计提减值影响0.7-0.8亿元利润，若加回则经营性单吨盈亏平衡，环比持平。25Q1起四川新基地逐步投产带动降本，其中一期5万吨24年年底投产，后续5万吨预计25H1投产，新增产能成本有望降至0.7万元/吨以内，我们预计盈利能力有望改善。

表：璞泰来业绩情况

盈利预测与估值	2022A	2023A	2024E	2025E	2026E
营业总收入(百万元)	15,463.91	15,340.04	13,677.85	15,596.11	18,491.52
同比(%)	71.90	-0.80	-10.84	14.02	18.56
归母净利润(百万元)	3,104.43	1,911.60	1,677.68	2,204.38	2,807.57
同比(%)	77.53	-38.42	-12.24	31.39	27.36
EPS-最新摊薄(元/股)	1.45	0.89	0.79	1.03	1.31

- ◆ **多孔碳自供，CVD硅碳中试线逐步跑顺，25年预计新增量产产线。**公司在碳材料领域具有丰富的经验和深厚的技术积累，一直致力于设计合成具有高强度、低缺陷的多孔碳载体，在经过纳米硅沉积后能有效抑制硅碳在充放电过程中的体积膨胀等问题。公司已建立了技术先进的硅基负极材料一体化研发生产体系，当前公司具备吨级CVD硅碳负极中试线，硅基负极材料已进行送样评测，25年预计有大规模量产产线落地。

表：道氏技术碳材料布局

分类	产品名称	主要用途
导电剂	碳纳米管导电剂	主要用于镍钴锰三元动力电池正极、硅基负极
	石墨烯导电剂	主要用于铁锂动力和储能电池
负极材料 (部分产线建成投产)	石墨负极	应用于制造动力电池、消费电子电池和储能电池
	硅基负极	

- ◆ **天奈产品价格稳定，单位盈利有望维持0.3万元+，25年海外市场有望带动盈利提升。**天奈单吨扣非净利0.3万元左右，环比基本持平，2024年9月起高盈利订单占比提升，我们预计24全年单吨净利有望维持0.3万元+。公司积极布局海外市场，美国1万吨和欧洲3000吨碳管浆料项目筹建中，激励目标24-25年海外销量增长20%/40%。
- ◆ **25年硅碳起量，单壁碳纳米管预计开始贡献增量。**天奈单壁碳管产能24年底20吨，25年底我们预计将达到150吨。25年硅基元年，全行业CVD硅碳需求有望达1500吨，对应负极1-2万吨，单壁添加量约5%，我们预计天奈25年有望销售近1万吨单壁浆料和近1万吨四代混合浆料，有望贡献1.8-2亿元利润。

图：天奈科技季度价格和单吨利润（万元/吨）

	1Q23	2Q23	3Q23	4Q23	1Q24	2Q24	3Q24	4Q24E
出货量 (吨)	10,500	15,000	16,500	14,000	15,000	21,000	23,000	27,600
-单吨利润 (万元/吨)	0.38	0.33	0.43	0.48	0.34	0.28	0.28	0.30
减值损失 (百万元)	5	2	-7	0	2	1	-1	
其他经营收益 (百万元)	7.32	6.18	6.18	68.54	2.14	1.97	2.30	7.00
归属于母公司所有者的净利润 (百万元)	40	50	72	136	54	62	67	90
-同比	-60%	-52%	-42%	41%	35%	23%	-6%	-34%
-环比	-59%	26%	43%	89%	-60%	15%	9%	34%
扣非归母净利润 (百万元)	32	44	65	67	52	60	65	83

- ◆ **聚焦载硅多孔碳材料，消费动力领域大有可为。**公司聚焦硅碳产品中的多孔碳，其作为载硅材料，载硅比例近50%，前驱体采用椰子壳材料，目前已实现吨级出货，主要应用于消费和高端动力领域。公司多孔碳产品一致性好，质量客户认可度高，深度绑定头部电池厂，目前已完成500吨产线建设，我们预计25年实现500-1000吨出货。多孔碳技术壁垒较高，产品单位价格较高，应用确定性高，公司可享受超额利润，盈利水平预计优于主业。

表：元力股份硅碳负极布局

原材料	下游客户	24年底产能
  益海嘉里 金龙鱼	 CATL 宁德时代 	已完成500吨产线建设具备快速扩产能力

- ◆ **布局树脂多孔碳，24年形成百吨级别销量，25年有望进一步增长。**公司的树脂多孔碳目前供应天目先导、兰溪致德、璞泰来等国内一线硅碳负极厂商，并应用于ATL供应的3C消费电池中。目前逐月需求增加，单月需求提升至30吨+，我们预计2025年出货100-200吨左右。公司1000吨扩产于2024年底落地，且高性价比的树脂多孔碳投产，顺应25年动力上硅负极量产的增量需求，25年出货有望达到千吨级规模。

表：圣泉集团锂电板块布局

	客户	产能（24年底）	性能
硬碳	中科海纳、贝特瑞、佰思格等	1万吨	从秸秆中提取的硬碳前驱体，硬碳克容量达到350mAh/g以上，首效 $\geq 90\%$ ，极片压实密度突破 1.05g/cm^3
多孔碳	天目先导、兰溪致德、璞泰来等	1000吨	球形粒径大小分布均匀、孔道结构均一可控，能够更好地实现硅烷沉积均匀性和一致性，振实密度在保持粒度分布窄的前提下具有不低于 0.45g/cm^3

- ◆ **公司高抗拉铜箔布局领先，适配硅碳负极的膨胀特性。**硅基材料在充放电后呈现高膨胀的特性，对于铜箔的抗拉强度、弹性模量、延伸率等性能提出了更高的匹配要求。公司在高抗拉铜箔产品领先，23年率先推出抗拉强度> 450MPa铜箔，24年推出抗拉强度> 700MPa产品，后续有望再进一步提升至800+，适配高硅负极电池的解决方案，整体技术领先行业。
- ◆ **锂电铜箔高端产品占比提升，单位盈利逐步修复。**公司24Q4高端产品出货量我们预计占比40%+，包括4.5、5和6微米的高抗拉、高延展率产品，后续超薄铜箔、高抗拉铜箔等占比预计进一步提升至50%+，高抗压产品溢价明显，平均加工费在2.3万元/吨以上，单位盈利3k元+，随着高抗拉占比提升，且低端铜箔加工费上涨，公司单位盈利预计逐步修复。

图：德福科技产品布局情况

产品名称	厚度 (μm)	抗拉强度 (MPa)	延伸率*1 (%)	主要应用
普强	4.5/5/6/7/8	300-400	≥6	动力、储能电池
中强	4/4.5/5/6	400-500	≥5.5	动力、储能电池
高强	4/4.5/5/6	500-700	≥5	数码电池、动力、储能电池
特强	4/4.5/5/6	700-800	≥4	数码电池、硅基负极电池
高弹性模量	4/4.5/5/6	500-600 (屈服强度330)	≥5	高端数码电池
高延伸率	45879	300-400	≥12*2	软包、大圆柱电池
多孔铜箔	6/8/10/12	≥200	≥0.5	全/半固态电池
双面毛铜箔	45816	350-450	≥3.5	全/半固态电池

- ◆ **负极包覆材料可有效改善首次充放电效率及倍率性能，为快充负极必要生产环节。** 石墨作为负极材料使用时，对电解液具有较强的选择性，石墨材料若未经修饰直接与PC等电解液接触，会造成电解液的还原，且在锂离子插入和脱出的过程中，石墨片层会沿着a-轴剥离，直接导致负极容量衰减，并导致电极的循环稳定性降低。
- ◆ **硅碳负极添加比例预计达20%+，远远大于人造石墨添加比例，公司充分受益。** 硅基负极主要有硅氧负极与硅碳负极两个技术路线。其中，硅氧负极通常采用CVD气相法进行包覆，原材料通常为烷类。而硅碳负极通常采用沥青基包覆材料，且因其相对于石墨负极具有较高的膨胀系数，对包覆材料的添加比例及性能要求较高，最低为20%，一般厂商选择添加35%-40%以保证产品性能稳定性及安全性，未来随着硅碳负极的起量，将成为包覆材料行业的主要增长点。

图表 包覆材料添加量占比

序号	发表时间	石墨材料	主要引用观点	文献来源
1	2019	人造石墨	10%添加量	沥青包覆人造石墨炭化处理工艺，冯国飞等，储能科学与技术，2019年第8卷第3期
2	2015		6%-8%添加量最佳	锂离子电池石墨负极材料的碳包覆研究，徐吉生，硕士研究生学位论文，2015年
3	2015		15%添加量最佳	包覆处理对提高人造石墨负极材料性能的研究，张晓波等，无机盐工业，2015年第47卷第8期
4	2018	天然石墨	9.1%添加量	不同沥青包覆球形天然石墨负极材料结构和性能研究，黄健等，炭素技术，2018年第2期第37卷
5	2011		9.1%添加量	发明专利CN102169988B-一种锂离子电池负极材料及制备方法，2011年
6	2009		11%添加量最佳	包覆天然石墨作锂离子电池负极材料的研究，邓凌峰等，电池工业2009年第14卷第4期
7	2008		5%添加量最佳	锂离子电池复合炭负极材料的制备及性能研究，周友元，博士毕业论文，2008年
8	2008		8%添加量最佳	石油沥青包覆对石墨负极电化学性能的影响，杨绍斌等，电源技术研究与设计，2008年11月第32卷第11期

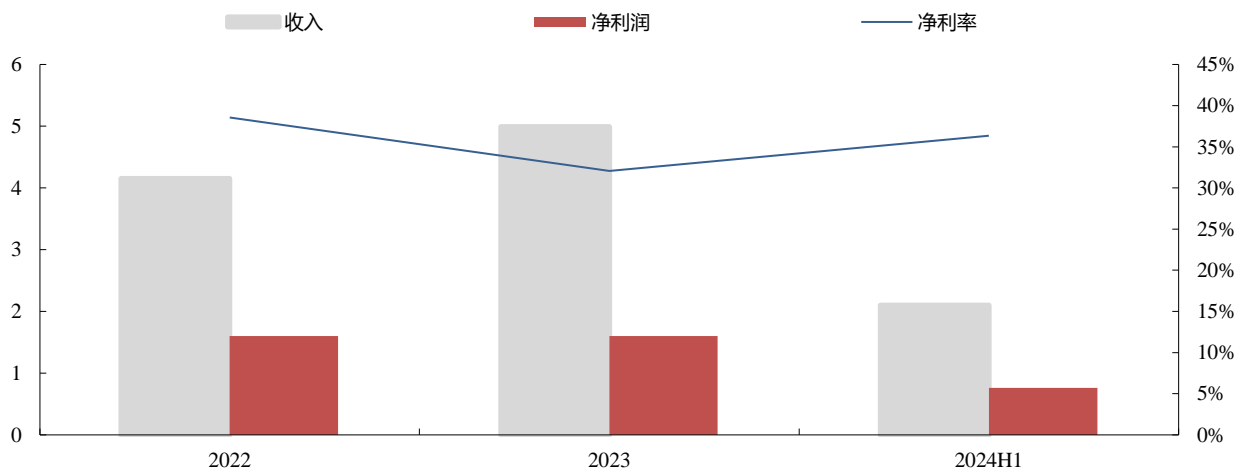
注：上表中1、4、5文献未表述为“添加量最佳”，仅能说明该文献数据按对应比例添加包覆材料具有代表性，结论无法支持最佳添加比例，因此在后续论述中不再采用。

图表 不同类型负极包覆材料添加量

负极类型	添加环节	添加比例
天然石墨	球形化后	5%-10%
人造石墨	二次造粒+碳化	10%-15%
硅基负极	-	最低20%，一般35%-40%

- ◆ **茵地乐为国内PAA龙头厂商，日播时尚拟控股71%股权。**1998年，茵地乐研发部门前身（中科院成都有机化学研究所聚合物固态电解质项目组）针对粘合剂产品开发了“一体化”PAA类粘合剂，是行业首家主营PAA类锂电水性粘结剂的企业。日播时尚24年10月发布预案拟通过发行股份及支付现金的方式购买茵地乐71%股权，茵地乐23年实现营业收入5亿元，净利1.6亿元，24年上半年净利0.76亿元，全年预计净利持平左右。
- ◆ **背靠负极龙头璞泰来，产能规划领先：**茵地乐公司拥有四川眉山和新津两大生产基地，2023年底已具备年产60000吨级多系列锂电池专用粘结剂生产规模，PAA产品已成功导入众多主流客户。面向高速发展的锂电粘结剂市场，茵地乐已实施了在彭山工厂二期20万吨的产能建设项目，为海内外客户市场需求的增长做好了准备。璞泰来参股茵地乐，布局PAA粘结剂，持股26%，有望与负极业务形成协同效应，茵地乐与璞泰来联合开发的水性粘结剂在粘力、用量等方面竞争优势显著，有效提升璞泰来在隔膜涂覆和负极领域产品竞争力。

图：茵地乐收入及净利情况（亿元）



投资建议及风险提示

- ◆ **投资建议：** 25年为CVD硅碳负极放量元年，全球总出货有望达0.15万吨，2030年全球行业需求有望增长至8万吨，实现5年50倍增长，我们预计硅碳负极厂商、上游多孔碳及配套硅碳负极使用的辅材如单壁碳纳米管、PAA等受益。看好各环节龙头，推荐**天奈科技、元力股份、璞泰来、贝特瑞、信德新材**，关注中科电气、圣泉集团、日播时尚、德福科技等。

- ◆ **价格竞争超市场预期：**新能源汽车市场迅速发展，市场竞争日趋激烈。动力电池作为新能源汽车核心部件之一，吸引众多投资者通过产业转型、收购兼并等方式参与市场竞争，各大厂商产能扩大迅速，市场竞争十分激烈，市场平均价格逐年走低，压缩了公司的盈利水平。
- ◆ **原材料价格不稳定，影响利润空间：**原材料成本在整体成本中占比较高，原材料价格波动将会直接影响各板块的毛利水平。
- ◆ **投资增速下滑：**各板块投资开始逐渐放缓，对行业发展和核心技术的突破有直接影响。

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（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。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，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。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。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也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报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街5号
邮政编码：215021
传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

东吴证券 财富家园