

钠电行业深度系列二：硬碳负极 从零到一新突破，生物质路线前景广阔

行业研究 · 深度报告

电力设备新能源 · 电池

投资评级：超配（维持评级）

证券分析师：王蔚祺
010-88005313
wangweiqi2@guosen.com.cn
S0980520080003

硬碳目前为钠电池主流负极材料路线，同时也为当下钠电池产业规模化的主要制约因素。硬碳材料具有结构多样、价格低廉、导电性良好、储钠容量高、嵌钠后体积形变小、环境友好和低氧化还原电位等优点，为当下钠电池主流负极材料路线。但受制于硬碳负极国内产能有限的问题，产品依赖于进口，同时工制备路线多样，工艺路线尚未确定，成为短期制约钠电池行业规模化的主要因素。

硬碳前驱体技术路线多样，生物质基为当下主流路线。目前常用的硬碳前驱体主要是生物基，如毛竹、椰壳、淀粉、核桃壳等，同时也可以使用、无烟煤、沥青、酚醛树脂等化工原料。原料和技术不同，性能和成本也有显著差别。一、生物质基路线性能适中，物料来源广泛，成本相对合适。二、酚醛树脂等合成聚合物前驱体路线性能较优，但成本相对高昂。三、无烟煤、沥青等化石燃料基路线成本低廉，但产出的硬碳材料性能一般。因此生物质基前驱体路线为当下主流路线。

硬碳负极处于从零到一爆发前夕，正全力推进国产化。目前佰思格、贝特瑞拥有硬碳负极产能，正全力推进生物质基硬碳国产化；杉杉股份、中科电气、翔丰华等人造石墨负极头部企业各自布局生物质基、化石燃料基、以及合成聚合物基硬碳负极路线；新进入企业如元力股份、圣泉集团亦布局生物质基硬碳材料，其中圣泉集团主要依靠秸秆来源的生物质量产优势。

我们预期随着钠电池材料体系的成熟和产能规模化，凭借出色的经济性和安全性，2026年全球钠电池需求有望突破120GWh，对应市场空间突破600亿元；我们预计2026年硬碳负极需求量达到16.23万吨，对应市场空间有望达到73亿元。

产业链相关公司：璞泰来、贝特瑞、中科电气、杉杉股份、翔丰华、元力股份、圣泉集团

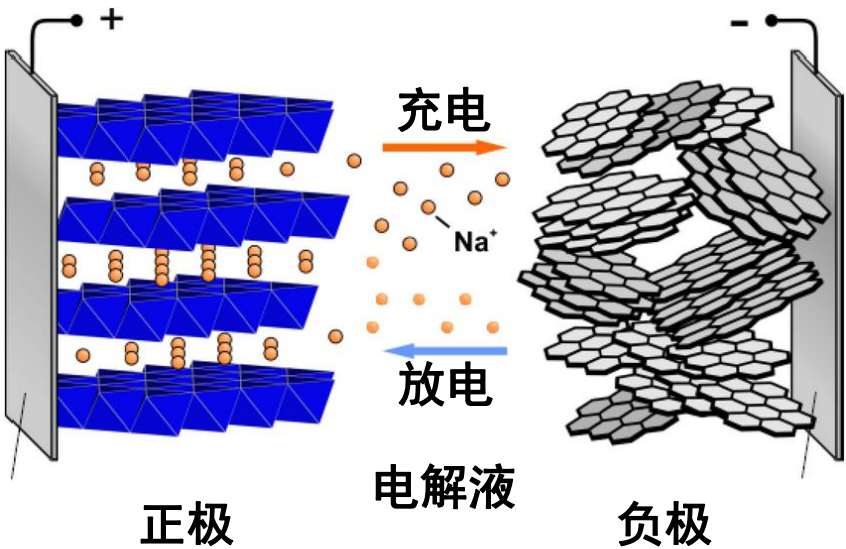
风险提示：钠电池产业化进展不及预期、下游需求不及预期、硬碳负极行业进入者竞争加剧

第一章 硬碳负极基本介绍

钠离子电池简介

- 钠离子电池的概念最早由ARMAND团队于20世纪80年代提出，在90年代经过产业化推广得到技术应用。钠离子电池的工作原理与锂离子电池类似，其本质是在充放电过程中由钠离子在正负极间嵌入脱出实现电荷转移、而锂离子电池则是通过锂离子在正负极间移动来进行电荷转移，工作原理本质上相同。
- 与锂电池相比：钠电池在正极材料、负极材料中均发生较大变化。

图1：钠离子电池工作原理



资料来源：Tarik Chafik等《Study of electrochemical alkali insertion into carbonaceous materials》、国信证券经济研究所整理

表1：锂离子电池与钠离子电池比较

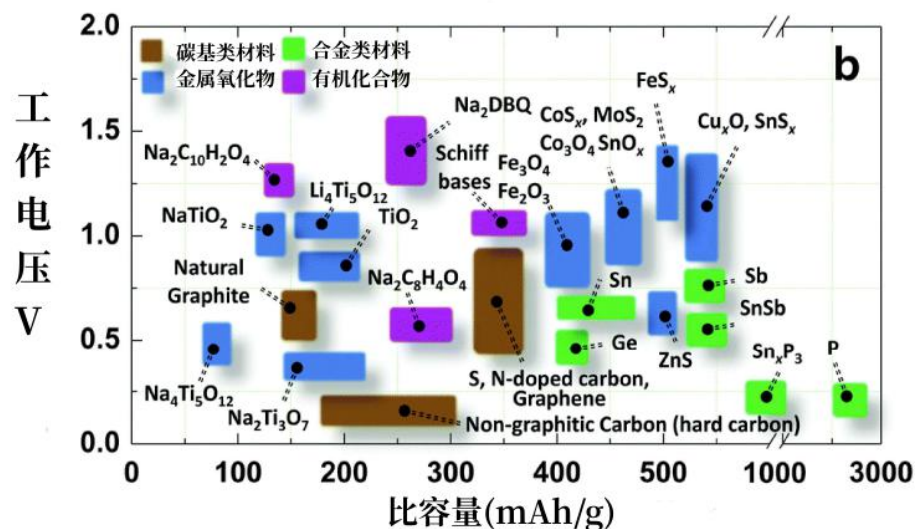
材料与设备	锂离子电池	钠离子电池
正极材料	磷酸铁锂、三元材料等	层状氧化物、聚阴离子材料、普鲁士蓝类材料
负极材料	人造石墨、天然石墨、硅基负极等	碳基材料、金属氧化物、磷基材料等
电解液	溶质为六氟磷酸锂	溶质为六氟磷酸钠或高氯酸钠
隔膜	无变化	无变化
集流体	正极铝箔，负极铜箔	正负极均为铝箔
设备	无变化	无变化

资料来源：中科海钠官网、《锂离子电池正极材料研究进展》、国信证券经济研究所整理

钠电池各负极材料路线对比

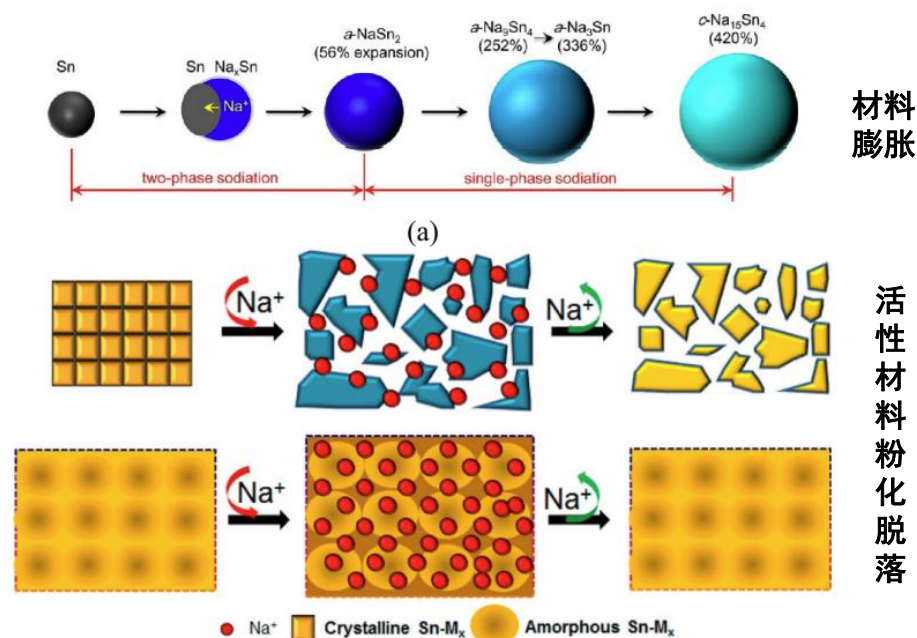
- 目前钠离子电池负极材料的研究主要集中在碳基材料、合金类材料、过渡金属氧化物及有机化合物等。
- 在众多负极材料中硬碳材料具有结构多样、价格低廉、导电性良好、储钠容量高、嵌钠后体积形变小、环境友好和低氧化还原电位等优点。
- 软碳层间距较硬碳小，软碳储钠的比容量仅220mAh/g，其体积容量难以提高，且低温性能、快充性能等方面均没有硬碳好。
- 合金类材料存在储钠过程中体积膨胀严重，材料粉化，循环稳定性差，成本高的问题；金属化合物有原材料价格昂贵，穿梭效应严重，库伦效率低等问题。

图2：钠电池各技术路线对比



资料来源：李旭升《钠离子电池碳负极材料的制备及储钠性能研究》、国信证券经济研究所整理

图3：合金类材料易出现材料膨胀问题



资料来源：李旭升《钠离子电池碳负极材料的制备及储钠性能研究》、国信证券经济研究所整理

钠电池各负极材料路线对比

- 目前钠离子电池负极材料的研究主要集中在碳基材料、合金类材料、过渡金属氧化物及有机化合物等。
- 碳基材料中，硬碳材料具有结构多样、价格低廉、导电性良好、储钠容量高、嵌钠后体积形变小、环境友好和低氧化还原电位等优点。
- 软碳层间距较硬碳小，软碳储钠的比容量仅220mAh/g，其体积容量难以提高，且低温性能、快充性能等方面均没有硬碳好。
- 合金类材料存在储钠过程中体积膨胀严重，材料粉化，循环稳定性差，成本高的问题；金属化合物有原材料价格昂贵，穿梭效应严重，库伦效率低等问题

表2：钠电池各负极材料技术路线对比					
种类	碳基材料	合金类材料	金属氧化物	金属硫化物	金属磷化物
储钠原理	纳米孔洞储钠、石墨片层间嵌钠、表面吸附和缺陷储钠	与Na形成合金或金属间化合物	氧化态金属被Na还原形成Na ₂ O，或发生合金化反应	尚不明确	与Na形成合金反应
代表性材料	硬碳，软碳	Si _{0.07} Sb _{0.93}	Na ₂ Ti ₃ O ₇	MoS ₂	Sn ₄ P ₃
比容量（mAh/g）	硬碳理论值530	420	120	370	1132
电势（V，相对于Na ⁺ /Na）	0.3	0.8	0.5	1.3	0.4
优势	储钠平台低、容量高、循环寿命长、成本低廉、体积膨胀小	电子导电性好、比容量高、有效防止枝晶的产生	理论容量高、安全性好、电压平台稳定、廉价易得	理论容量高、结构稳定、热力学稳定性好、良好的导电性	理论容量高、嵌钠/脱钠电势适当、导电性较好、膨胀较小
劣势	倍率性能差、大部分容量在接近金属钠的析出电位附近实现，可能导致电极表面析出钠枝晶	体积膨胀严重，材料粉化；循环性能差；成本较高	电子导电性较差、体积效应严重、循环稳定性差	原料昂贵、穿梭效应严重	首次库伦效率低、电化学原理有待研究

资料来源：余海军《钠离子电池负极材料的研究进展》、Joachim Maier《Fundamentals, status and promise of sodium-based batteries》、国信证券经济研究所整理

钠电池企业选择硬碳作为主要负极材料路线



- 目前正极材料路线多样，采用层状氧化物的有宁德时代、中科海钠、钠创新能源、传艺科技、立方新能源；采用聚阴离子氧化物路线的有众钠能源、鹏辉能源、山东章鼓；采用普鲁士蓝/白材料路线的有宁德时代、星空钠电、贲安能源等。钠创新能源同时也在建设聚阴离子量产线，以及研发普鲁士蓝/白体系。
- 从负极材料选取来看，主要电池企业大多选取硬碳材料。

表3：钠电池各大企业技术路线对比							
企业名称	材料方案（正极+负极）	电芯能量密度（Wh/kg）	倍率性能	低温性能	循环寿命	主营业务	融资历程
宁德时代（300750.SZ）	普鲁士白/层状材料+硬碳	>160	15min充电80%以上	-20℃下容量保持率超90%	>3000	锂离子电池	已上市
中科海钠	铜铁锰氧化物+无定形碳	>145	最高能够达到50倍率	工作温度在-40℃-80℃	>4500	钠离子电池	2022年4月完成A轮融资，华为哈勃参与。
钠创新能源	铁基氧化物+硬碳	130-160		工作温度在-40℃-55℃	>4000	钠离子电池正极及前驱体、电解液；钠离子电池	2021年11月完成亿元Pre-A轮融资
星空钠电	普鲁士蓝+普鲁士蓝					钠离子电池	2021年底引入战投淮海控股
众钠能源	硫酸铁钠+硬碳					钠离子电池	2022年3月完成B轮融资，碧桂园创投独家领投
传艺科技（002866.SZ）	层状氧化物+硬碳	>145		-20℃下容量保持率超88%	4000	输入类设备和印制电路板（PCB）两大类消费电子零组件	已上市
立方新能源	层状氧化物+硬碳	>140	15min充电80%以上	-20℃下容量保持率超88%	>2000	锂离子电池	已完成B轮融资
贲安能源	普鲁士蓝+钛酸盐				>3500	钠离子电池	2017年软银中国参与A轮融资
山东章鼓（002598.SZ）	磷酸钒钠+硬碳			工作温度在-30℃-55℃		鼓风机、通气机、工业泵、电气设备等	已上市
鹏辉能源（300438.SZ）	磷酸盐系+硬碳					锂离子电池	已上市

资料来源：中国专利信息网，宁德时代、传艺科技公司公告、中科海钠、钠创新能源等公司官网、国信证券经济研究所整理

硬碳负极基本介绍

- 硬碳又称“非石墨化碳”，通常是难以被石墨化的碳材料的统称。硬碳由扭曲的石墨烯片堆积而成，即使在高于3000℃的温度下，这些堆叠的石墨烯片也很难完全展开或压平而进一步形成石墨。Jeff Dahn等人提出的“纸牌屋”模型是第一个也是最早被广泛接受的硬碳结构模型，该模型指出硬碳中存在小而弯曲的石墨烯片平行堆叠的短程有序微区，堆叠层数一般在2~6层，横向尺寸在4纳米左右，材料呈现长程无序排列，不同取向的微区之间形成了丰富的纳米孔道。值得关注的是，硬碳的石墨片层间距通常在0.37~0.40纳米之间，远比石墨的0.335纳米大，因此硬碳对于比锂离子半径更大的钠粒子，拥有更强的存储能力和更高的储钠容量。

图4：硬碳的“纸牌屋”模型、硬碳与石墨的层间距比较

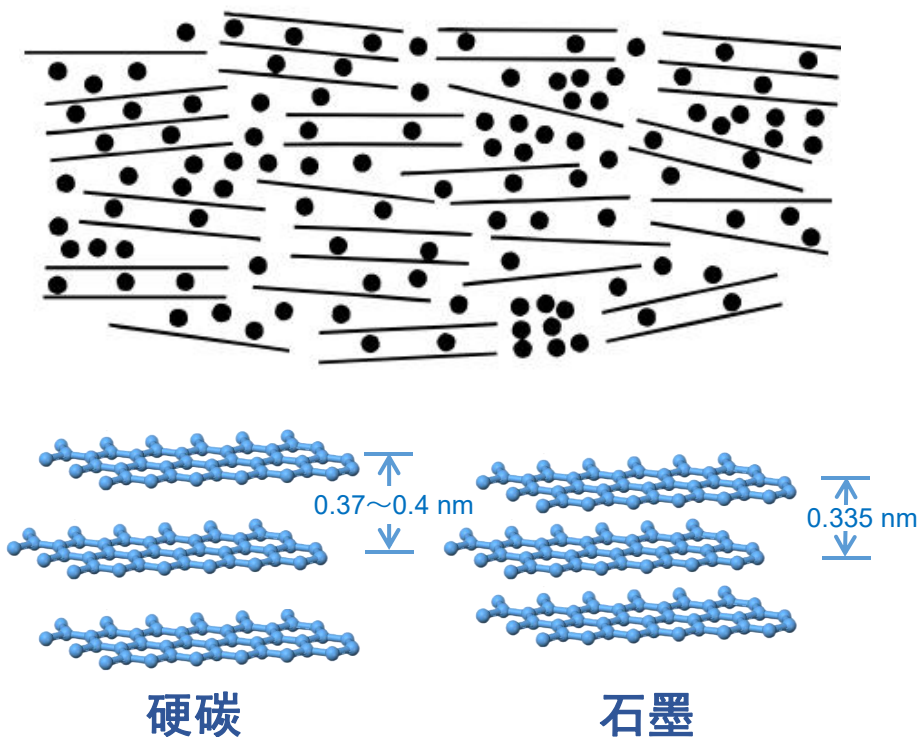
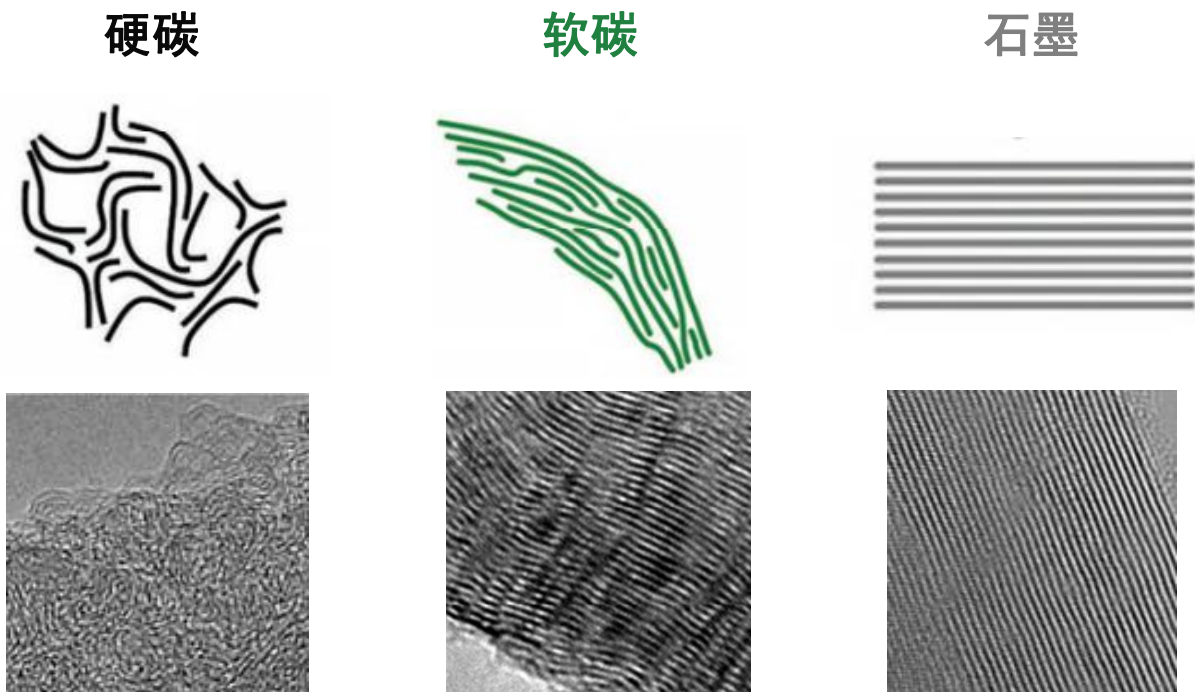


图5：硬碳、软碳和石墨的结构示意图及电镜照片。



资料来源：李喜飞《钠离子电池炭基负极材料研究进展》、Titirci等《Sodium Storage Mechanism Investigations through Structural Changes in Hard Carbons》、Moon J. Kim等《Electron microscopy analyses of natural and highly oriented pyrolytic graphites and the mechanically exfoliated graphenes produced from them》
国信证券经济研究所整理

资料来源：Jeff R. Dahn《High Capacity Anode Materials for Rechargeable Sodium-Ion Batteries》、国信证券经济研究所整理

硬碳负极的物理化学特性

- 硬碳储存碱金属离子的位点主要包括：1) 插层在石墨烯片层之间；2) 储存在闭孔内；3) 吸附在表面和缺陷位点上。而石墨和软碳材料储存碱金属离子的方式主要是插层在石墨烯片层之间。考虑到硬碳材料相比石墨和软碳具有更丰富的储锂/钠位点，硬碳具有更高的理论容量 ($>530 \text{ mAh/g}$)，远高于石墨材料的理论容量 372 mAh/g 。同时，因为石墨烯片层之间存在大量孔洞，钠离子插层和填充前后造成的晶格膨胀可以被有效缓解，因此硬碳的在充放电过程中的体积膨胀效应远小于石墨和软碳，安全性更好。

图6：硬碳作为负极时存储碱金属离子的位点示意图

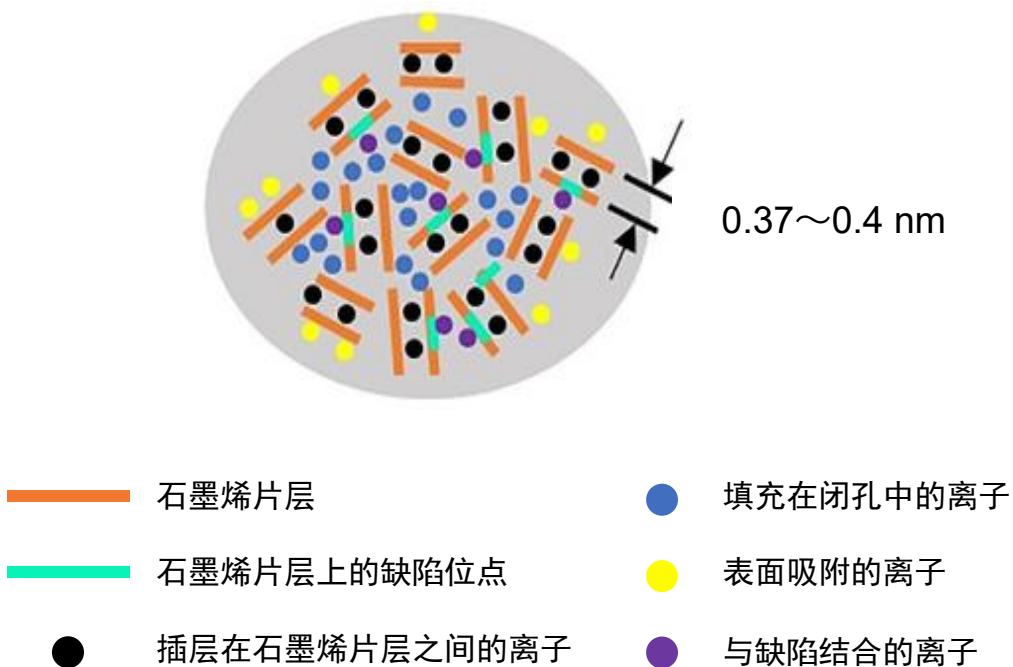
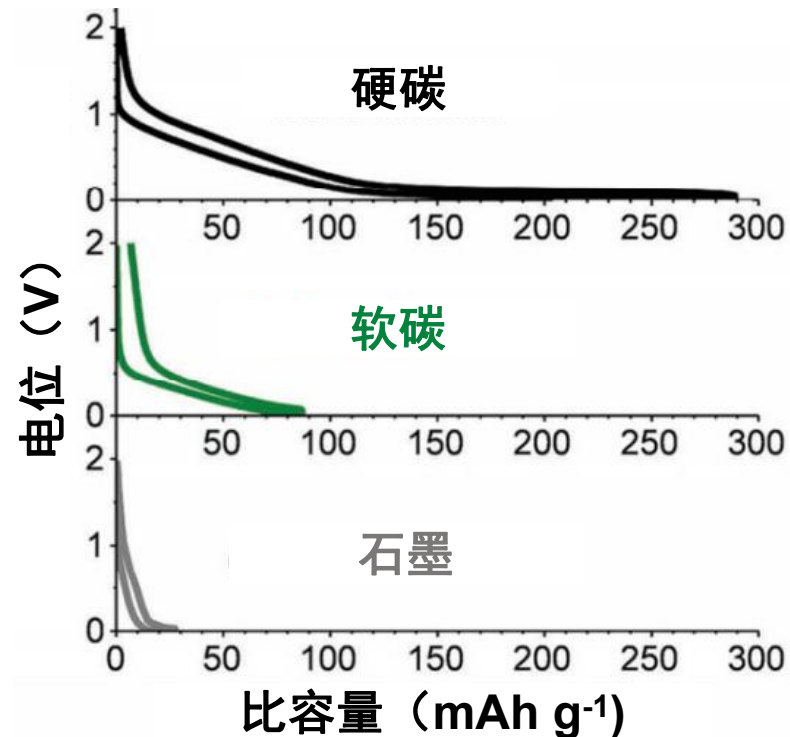


图7：不同碳基负极性能对比



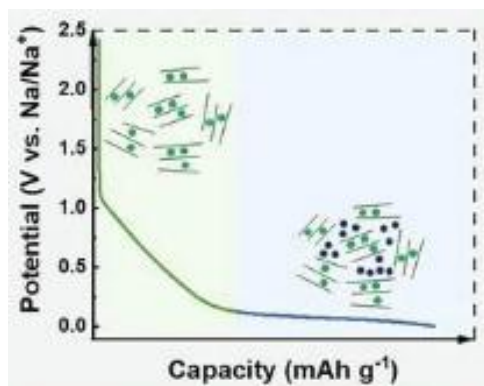
资料来源: Xiaolin Li 《A Minireview on Hard Carbon as Na-ion Battery Anodes: Progresses and Challenges》、国信证券经济研究所整理

资料来源: 李喜飞《钠离子电池炭基负极材料研究进展》、国信证券经济研究所整理

硬碳储钠的四种理论模型

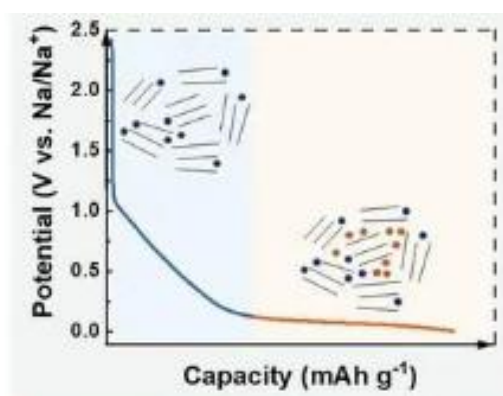
- 目前硬碳储钠理论模型可分为4种类型：
 - 1) “插层-填充”机制：钠离子沿着倾斜区插入平行碳层，同时填充到平坦区的纳米孔中；
 - 2) “吸附-填充”机制：钠离子吸附在倾斜区的缺陷位点上，同时填充到平坦区的纳米孔中；
 - 3) “吸附-插层”机制：钠离子吸附在倾斜区的表面和缺陷位点上，同时沿平坦区插入碳层；
 - 4) 多阶段机制：由于硬碳的尺寸复杂性，多种机制共同生成。

图8：硬碳“插层-填充”储钠机制



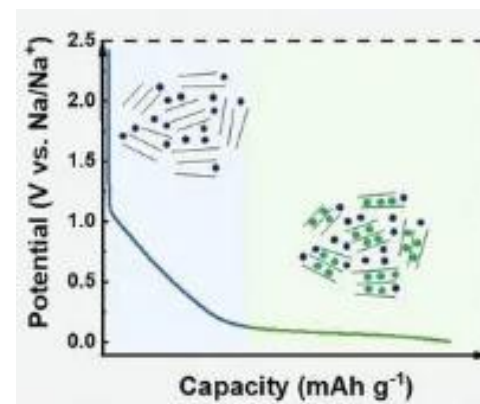
资料来源：徐斌、邱介山等《Understanding of Sodium Storage Mechanism in Hard Carbons: Ongoing Development under Debate》、国信证券经济研究所整理

图9：硬碳“吸附-填充”储钠机制



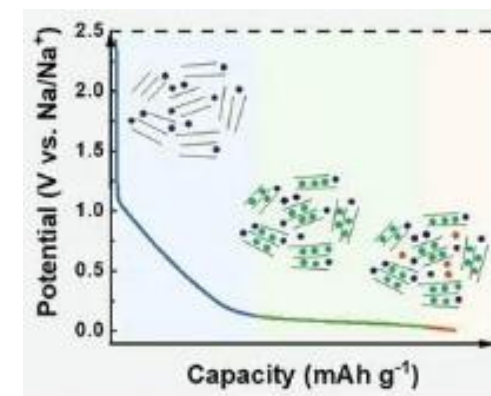
资料来源：徐斌、邱介山等《Understanding of Sodium Storage Mechanism in Hard Carbons: Ongoing Development under Debate》、国信证券经济研究所整理

图10：硬碳“吸附-插层”储钠机制



资料来源：徐斌、邱介山等《Understanding of Sodium Storage Mechanism in Hard Carbons: Ongoing Development under Debate》、国信证券经济研究所整理

图11：硬碳多阶段储钠机制



资料来源：徐斌、邱介山等《Understanding of Sodium Storage Mechanism in Hard Carbons: Ongoing Development under Debate》、国信证券经济研究所整理

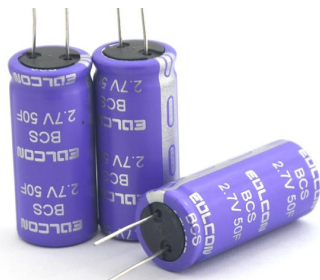
硬碳作为负极的应用

- 硬碳材料在能源领域的应用主要有锂离子电池、超级电容器和钠离子电池。1991年索尼公司发布的首个商用锂离子电池就采用了由聚糠醇树脂制备的硬碳负极，早期使用醚类电解液时硬碳比石墨负极具有更高的比容量和更好的电解液兼容性，直到碳酸酯电解液的出现，硬碳才被石墨超越；另外，硬碳材料因其较高的比表面积，成为超级电容器的理想负极材料；当前硬碳材料也被认定更适合作为钠电池负极材料。
- 硬碳作为负极的优势：比石墨类材料具有更好的结构稳定性、充放电循环寿命长、安全性能更好。同时，硬碳的结晶分散，锂离子容易进出，能够提高电池的输出功率。在环境苛刻的低温条件下，石墨负极因其锂离子扩散率较低而容易形成锂枝晶，而硬碳负极锂离子扩散更容易，因而低温性能更好。但缺点是首效低、存储的锂离子量相对较少、容量低。因此，硬碳负极常应用于对瞬时功率要求较大的启停电源、适用于严苛环境的低温电池和动力电池等场景。

图12：硬碳作为负极的应用场景



钠电池



超级电容器



严苛环境电池



启停电池



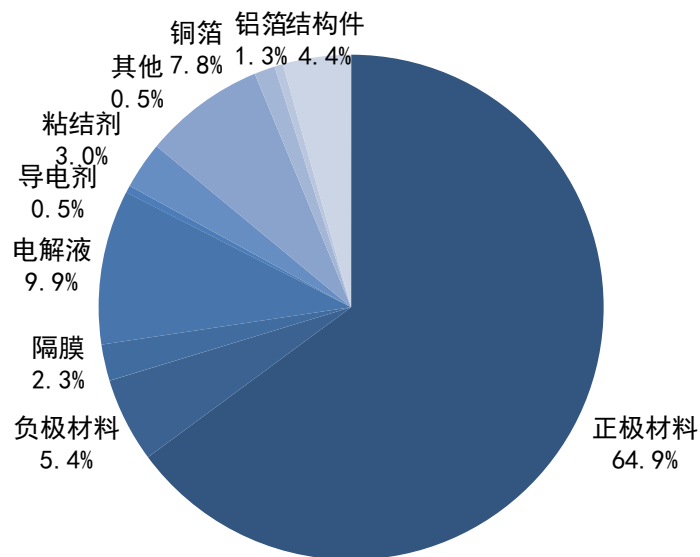
动力电池

资料来源：陈成猛等《Hard Carbon Anodes for Next-Generation Li-Ion Batteries: Review and Perspective》、金鹏辉科技官网、宁德时代公司公告、骆驼股份官网、国信证券经济研究所整理

硬碳负极目前为钠电池规模化主要制约因素

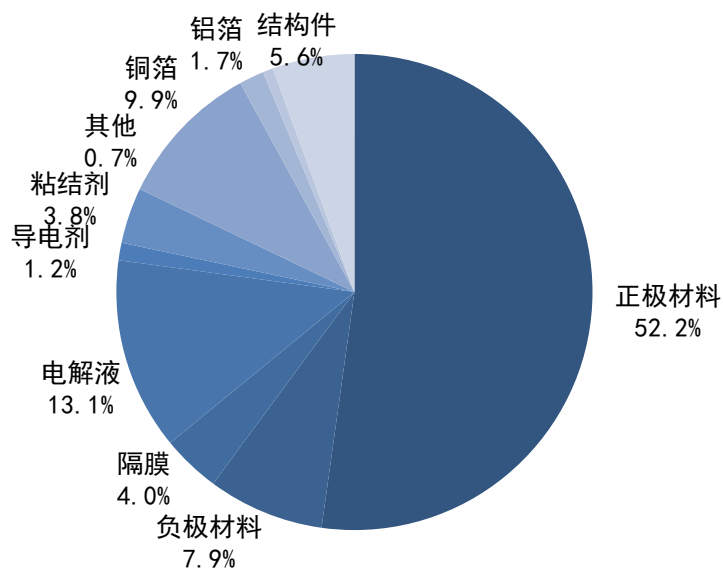
- 在当前碳酸锂价格高企的背景下，锂离子电池成本占比中最高的是正极，占比超过50%，人造石墨负极成本5%-8%。
- 负极方面，目前进口的硬碳负极材料价格高于20万/吨，成本占比较高，按照当下各类材料价格测算，硬碳负极占钠电池成本接近25%。
- 国内传统负极企业的硬碳负极虽均有专利技术布局，但产品大多还处在中试或客户验证阶段，累计产能仅数千吨，目前头部电池厂主要依赖向日本厂商进口。日本吴羽化学、可乐丽和住友电木的产品相对较为成熟，其中吴羽化学起步最早，可乐丽产品最为成熟。

图13：电池成本占比（三元5系）



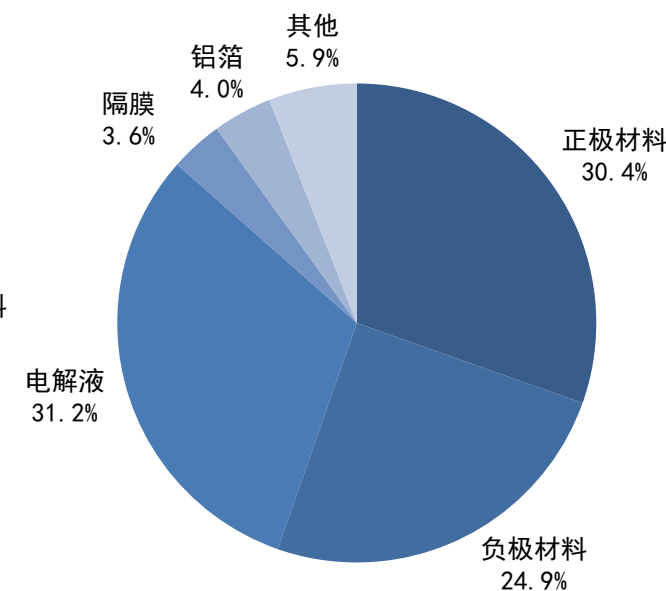
资料来源：鑫椤锂电、国信证券经济研究所整理与测算

图14：电池成本占比（磷酸铁锂）



资料来源：鑫椤锂电、国信证券经济研究所整理与测算

图15：当下电池成本占比（钠电池）

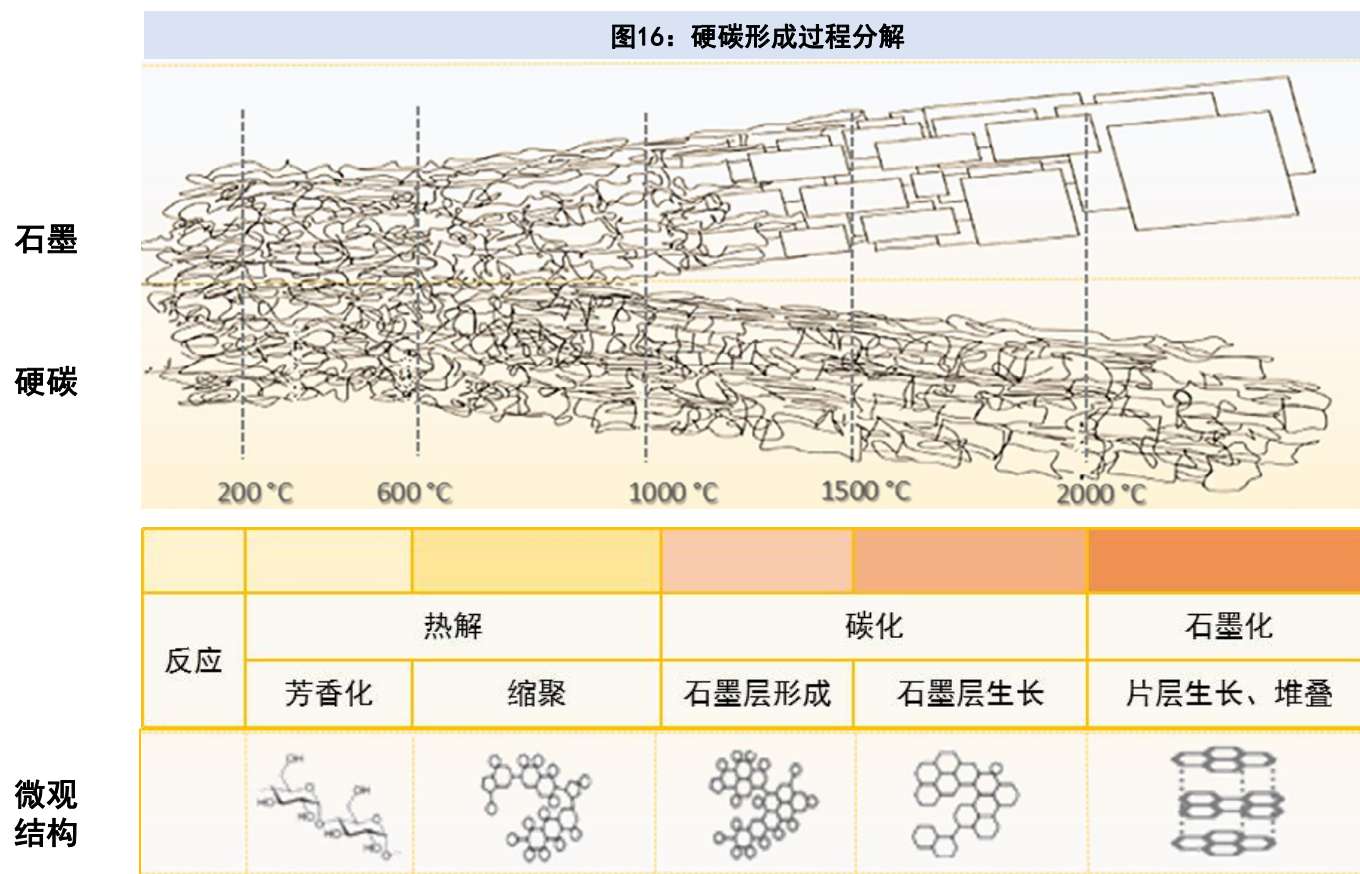


资料来源：鑫椤锂电、国信证券经济研究所整理与测算

第二章 硬碳负极制造工艺及技术路线

硬碳的合成工艺简介

- 区别于锂离子负极材料石墨的合成，硬碳的合成需要经历芳香化、缩聚、石墨层形成、石墨层生长、片层生长堆叠等历程。
- 人造石墨主要采用针状焦、石油焦和沥青等化工原料，此类原材料在碳化过程中能够在较宽的温度范围内出现熔融状态，使得碳层能够重排，形成长程有序的片层结构；
- 硬碳采用的有机前驱体多存在含有氧、硫、氮等基团的支链结构，在碳化的过程中交联形成新的网状结构，不利于碳层的重排，因而无法形成长程有序的石墨片层结构。硬碳采用的前驱体原料主要为生物质、树脂类和高分子前驱体。



资料来源：Stefano Passerini 《Hard carbons for sodium-ion batteries: Structure, analysis, sustainability, and electrochemistry》、国信证券经济研究所整理

硬碳多种工艺路线

- 目前常用的硬碳前驱体主要是生物基高分子材料，如毛竹、椰壳、淀粉、核桃壳等，同时也可以使用无烟煤、沥青、酚醛树脂等化工原料。不同前驱体得到的硬碳产品具有显著的性能差异，且原料来源不同，成本构成也有显著差别。
- 硬碳工艺多路并行，负极企业各展其能。日本可乐丽公司使用的硬碳前驱体为生物质材料椰壳，国内传统锂电负极企业贝特瑞、杉杉、中科星城和翔丰华等厂家的硬碳负极工艺囊括生物基材料、树脂类原料和沥青基原料，实现体系化的专利布局。佰思格作为对标可乐丽的硬碳负极企业，专注葡萄糖、淀粉、木质素、椰壳等生物质材料制备硬碳材料。元力股份采用毛竹、椰子壳和稻壳等原料。圣泉集团则采用秸秆。武汉比西迪选取酚醛树脂作为前驱体。

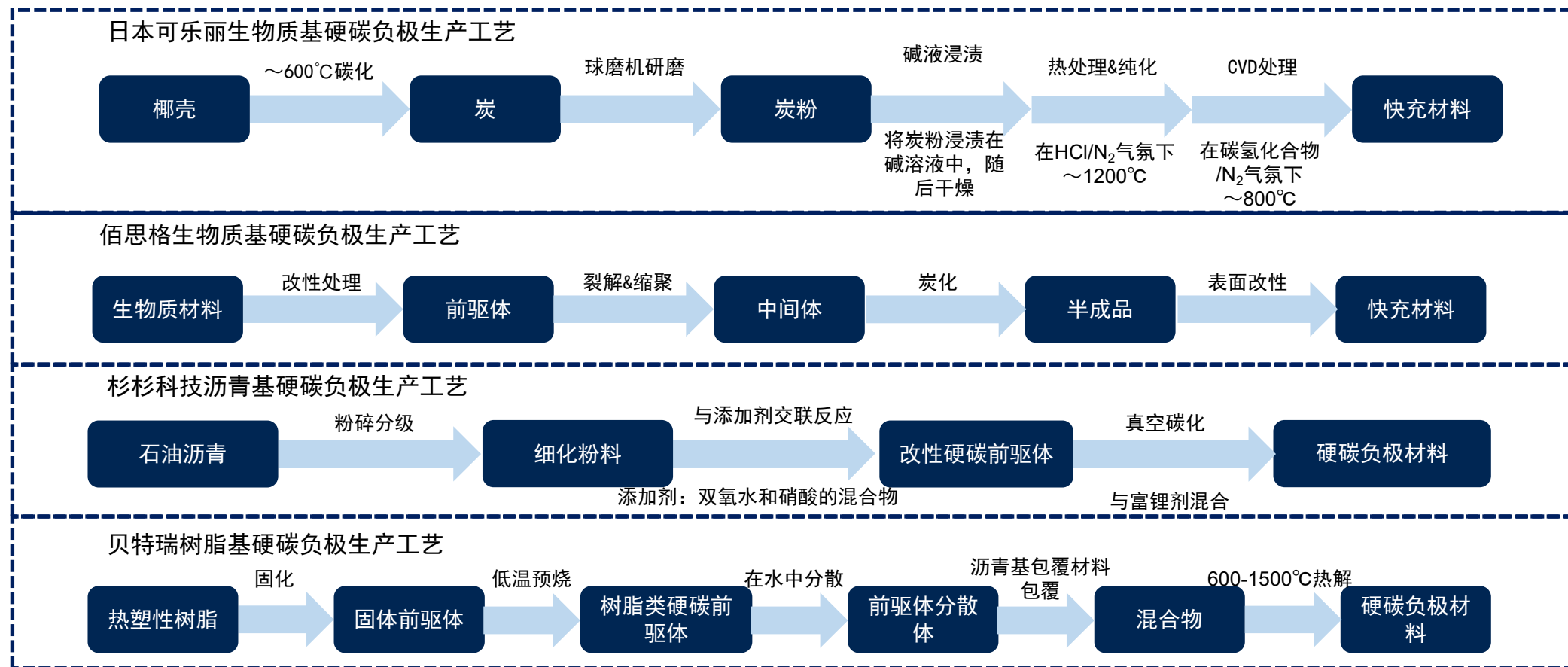
表4：硬碳前驱体工艺路线对比		
公司名称	前驱体路线	制备硬碳性能情况
日本可乐丽	椰子壳	充放电可逆容量320-405mAh/g, 首次效率为88%-90%
佰思格	葡萄糖、糖、淀粉、纤维素、木质素、木屑、竹屑、椰子壳或坚果壳等	沥青基、植物基硬碳的压实密度可达到1.72g/ml, 1C放电首次容量达到362mAh/g, 首次效率达到92.5%, 4C充放电效率分别达到87%与94.5%, 2C循环1000次容量保持率82%以上, 可满足动力锂离子电池的需求
贝特瑞	稻壳、玉米芯、果壳等植物类原料; 树脂类前驱体;	树脂类硬碳充放电可逆容量>485mAh/g, 首次效率>80%; 在常温1C循环100周容量保持率>96%; 在零下20℃下, 材料仍能可逆进行锂离子的嵌入和脱出, 且1C循环100周容量保持率>95%; 在常温20C倍率放电下, 容量能达到1C放电的93%
杉杉科技	华榛、平榛、毛榛等榛子壳; 树脂类前驱体; 沥青基前驱体	沥青基硬碳首次可逆容量在480mAh/g以上, 首次库伦效率大于85%
中科星城	树脂类、生物质和难石墨化焦类	树脂基、生物质基硬碳可逆容量高于500mAh/g, 极片压实可达1.55 g/cc, 首次效率高于80%, 5C充放循环寿命超过2000周, 常规电池体系下, 30C充电容量为1C充电容量的85%以上, 30C放电容量为1C放电容量90%以上。
翔丰华	树脂类、生物质和难石墨化焦类	煤沥青基球形硬碳, 其压实密度大于1.1g/cm3, 压实密度高, 可逆比容量大于400mAh/g, 首次库伦效率大于80%, 循环500次容量保持率大于85%, 30C/1C容量保持率为大于98%
凯金能源	聚合物硬碳、生物质硬碳	生物质硬碳可逆比容量300-500mAh/g, 首效70%-85%; 聚合物硬碳可逆比容量400-600mAh/g, 首效75%-85%
元力股份	毛竹、椰子壳、稻壳	-
圣泉集团	秸秆、酚醛树脂	-
武汉比西迪	酚醛树脂	首次容量高于500mAh/g, 首次效率高于85%, 振实密度1.3-1.6g/cm3, 比表面积3.0-7.0m2/g
多氟多	核桃壳	比容量260mAh/g
鸡西唯大新材料	沥青、生物质(茄子)	沥青基比容量270mAh/g; 生物质基循环200圈后比容量为200mAh/g
欣旺达	生物质(花生壳)	2C循环500次后容量保持率95%+

资料来源：中国专利信息网、元力股份公司公告、圣泉集团公司公告、国信证券经济研究所整理

不同企业硬碳前驱体工艺路线对比

- 日本可乐丽开发的硬碳负极工艺较为繁琐，采用椰壳作为原料，经过碳化、破碎、碱渍、热处理纯化和CVD处理，其中CVD处理工艺难度较高。
- 国内企业佰思格硬碳产品采用淀粉等生物质材料作为原料，通过改性处理、裂解缩聚、炭化和表面改性等步骤，可以得到满足快充性能的钠离子硬碳材料，该公司产品工艺较国外企业更加简单，成本更加低廉，售价约为海外企业的1/2。
- 根据杉杉科技和贝特瑞公开专利信息，沥青基材料和树脂类材料硬碳工艺均已研发完成。

图17：不同硬碳前驱体生产工艺对比



资料来源：中国专利信息网、国信证券经济研究所整理

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

主流硬碳前驱体优缺点比较

- 椰壳类生物质材料是最早被产业化的硬碳前驱体之一，这类材料在自然界中广泛存在，且杂质较少，自身强度比较高，可以为硬碳产品带来稳定的结构，但国内目前满足生产硬碳负极的椰壳原料供应不足，需要依赖进口。
- 淀粉等多糖生物质材料原料较为广泛，价格低廉，且能够被自然降解，环保方面占有优势，目前主要问题在于工艺成本较高，需要额外添加交联剂等添加剂或加氢改性。
- 酚醛树脂类前驱体所得到的硬碳产品均一度较好，纯度也较高，产品一般呈球形颗粒，且因为原料可控，工艺的设计性较强，但缺点是成本较高。
- 沥青基材料的来源非常广泛，且价格低廉，煤系沥青和油系沥青均可使用，但不足之处在于沥青里的挥发分较多，需要额外的尾气处理，增加成本支出，且目前工艺尚不成熟，产品的容量较低。

表5：主流硬碳前驱体优缺点比较				
	椰壳（生物质）	淀粉等多糖（生物质）	酚醛树脂等（树脂基）	化石燃料基（沥青基）
优点	- 原料量大 - 杂质较少 - 强度较高	- 原料来源广泛 - 价格低廉 - 环保可降解	- 产品形貌均一 - 产品一致性好 - 纯度高 - 工艺可控、可设计	- 原料来源广泛 - 价格低廉
缺点	国内原料供应不足，目前依赖进口	- 需要内部交联化、加氢改性等预处理 - 工艺成本较高	成本高	- 挥发分较多，存在环保问题 - 工艺不成熟，产品容量低

资料来源：李云明《钠离子储能电池碳基负极材料研究》、国信证券经济研究所整理

生物质基前驱体性能适中，物料来源广泛，为主流路线



- 生物质基硬碳负极路线原材料来源多样，如核桃壳、果壳、柚子皮、动植物组织等，从生物质基、酚醛树脂基、沥青基三种技术路线来看，生物质基路线产出的硬碳性能适中，物料来源广泛，成本相对合适，目前为主要生产企业的选择。
- 采用不同生物质材料作为前驱体的硬碳负极需要不同的碳化温度，所得到的负极材料首周库伦效率也有着显著不同。温度、湿度、气氛、原料比等因素对产品的质量密度、孔道结构及分布、机械强度、电导率等都有着不同的影响，因此加工工艺在硬碳负极的开发中非常重要。

表6：生物质前驱体制备硬碳负极的性能对比

生物质前驱体	碳化温度（℃）	首周库伦效率（%）	比容量（mAh/g）	循环次数	容量保持率
再生棉	1300	83	315	100	97%
核桃壳	1000	71	257	300	70.8%
橡树	1000	74.8	360	200	90%
樱花瓣	1000	67.3	310.2	500	89.8%
海带	1300	64.1	334	200	93%
木质素	1100	68	299	300	98%
柚皮	700	27	314.5	220	99.3%
莲藕茎	1400	70	351	450	94%
甲壳胺	800	32.3	245	100	63.3%
卤虫囊壳	850	32	325	200	53.3%
蛋壳膜	1300	89	310	250	99%
动植物组织	1300	91.2	338.2	1000	93%
软木	1600	81	358	200	87%
木糖	1200	93	363.8	400	92.6%
摩洛哥坚果壳	-	-	333	100	96%
山竹果壳	-	-	330	100	98%
松果	-	-	328	100	91.1%

资料来源：殷秀平《钠离子电池硬碳基负极材料的研究进展》、李旭升《钠离子电池碳负极材料的制备及储钠性能研究》、国信证券经济研究所整理

合成聚合物前驱体性能更优但成本高昂

- 合成聚合物前驱体主要包括酚醛树脂，聚丙烯腈等化学合成材料，从目前技术路线性能对比来看，合成聚合物前驱体路线性能较优，包括比容量、库伦效率等，但合成聚合物较生物质基、化石燃料基路线成本高昂。

表7：合成聚合物前驱体制备硬碳负极的性能对比

合成聚合物前驱体	碳化温度℃	斜坡区比容量 (>0.1V, mAh/g)	平台区比容量 (0~0.1 V, mAh/g)	首圈库伦效率/%	比容量保持率/%	循环次数
间苯二酚-甲醛凝胶	1600	69	276	92	94	100
酚醛树脂	1250	140	171	60.2	80	100
间苯三酚-乙醛酸树脂	1300	100	170	76		
间苯二酚-甲醛树脂	1300	80	230	84	97	100
间苯二酚-甲醛树脂	1100	153	240	82	88	200
酚醛树脂	1400	120	290	84	98	40
聚丙烯腈	1250	110	161	72		
聚丙烯腈/磷酸	1000	235	54	55.7	87.8	200
聚乙烯吡咯烷酮	1000	200	71		94	100
聚乙烯吡咯烷酮/磷酸	1000	323	70		98.2	100
聚苯胺纳米线	1150	130	121	50.5	82.2	400
聚苯胺/CaCO ₃	700	260	78	54.2	82.9	100
聚苯胺颗粒	1150	130	140	50.7	77	500
聚苯胺空心纳米纤维	1400	125	200	70.4	96.4	5000
聚吡咯纳米纤维	600	172		41.8	88.7	200
聚乙撑二氧噻吩	700	309		73.6	94.2	700
聚丙烯酸钠	1100	231	110	80	50.2	3000
聚氯乙烯	700	271		69.9	77.9	150
聚酰胺酸	650	377		35.5	99.1	7000
三嵌段共聚物	750	473		79.6	71.9	500

资料来源：李瑀等《合成聚合物衍生硬碳在钠离子电池中的研究进展》、国信证券经济研究所整理

化石燃料基前驱体成本低廉但性能较低

- 化石燃料基前驱体主要包括沥青、煤焦油及相关混合物，从目前技术路线性能对比来看，化石燃料基前驱体路线成本低廉，但性能层面包括比容量、倍率性能、库伦效率等较另两条路线较低。

表8：化石燃料基前驱体制备硬碳的性能对比

沥青基前驱体	碳化温度℃	可逆比容量（mAh/g）	首圈库伦效率/%	倍率性能
中间相沥青/硅	1000	130	—	
中间相沥青/碳酸钙	1000	331	45	53 mAh/g（10 A/g）
沥青/酚醛树脂/氯化钠	1100	280. 1	75	66 mAh/g（9. 6 A/g）
沥青/酚醛树脂/氯化钠	1500	215. 5	60	97 mAh/g（5 A/g）
聚丙烯腈/沥青混纺纤维	800	240	53. 8	178 mAh/g（2 A/g）
聚丙烯腈/煤焦油沥青混纺纤维	1100	345	53. 4	156 mAh/g（5 A/g）
石油沥青/氯化钠/氯化钾	800	279	41	90 mAh/g（5 A/g）
煤焦油沥青/氯化钠	1000	296	66	124 mAh/g（10 A/g）
煤焦油沥青	900	251		
石油沥青/三聚氰胺/超分子	800	285	42. 1	140 mAh/g（5 A/g）
沥青/酚醛树脂	1400	284	88	90 mAh/g（0. 6 A/g）
沥青/木质素	1400	254	82	162 mAh/g（0. 3 A/g）
煤焦油沥青	700	286	62. 6	79 mAh/g（3. 2 A/g）
初级沥青	1400	300. 6	88. 6	
沥青/酚醛树脂	1000	268. 3	82	106 mAh/g（1. 2 A/g）
煤焦油沥青	750	272		121 mAh/g（10 A/g）
煤焦油沥青	1000	306	57	125 mAh/g（2 A/g）
混合初级沥青	1400	278	80. 2	74 mAh/g（0. 6 A/g）

资料来源：Bin Xu《The recent progress of pitch-based carbon anodes in sodium-ion batteries》、国信证券经济研究所整理

生物质具备性价比，是硬碳前驱体较优选择



- 如下表显示，对比各类负极前驱体成本，生物质基、无烟煤基前驱体成本优势较为突出，树脂基成本较为高昂。对比比容量性能来看，树脂基较为突出，生物质基优于沥青基及无烟煤基，综合性能与成本看，生物质基为12.8-24(Ah/元) 优于其他前驱体。
- 考虑售价，我们预估生物质基硬碳负极售价为3-4.5万元，吨毛利估计在1.75万元，预估毛利率约为47%，盈利能力较为突出，是未来硬碳前驱体主要方向。而能够维持较高毛利率的核心壁垒在于批量稳定的生物质原料来源和先进的工艺水平。

表9：各类前驱体成本、收率、费用对比					
	生物质基	树脂基	沥青基	无烟煤基	石墨（储锂）
负极前驱体价格（元/吨）	1000-2000	12000-15000	4000	1000-2000	8000-10000
收率（%）	10%-20%	20%-30%	50%-60%	90%	85%
负极前驱体材料成本（万元/吨）	0.5-2	4-7.5	0.8-1	0.12-0.32	0.95-1.2
加工费用（万元/吨）	1-1.5	1-1.5	1-1.5	1-1.5	2.5
负极生产成本（万元/吨）	1.5-2.5	5-9	1.8-2.5	1.1-1.8	3.45-3.7
比容量（mAh/g）	320-360	380-420	280-300	220-240	350-370
单位性能成本比（Ah/元）	12.8-24	4.2-8.4	11.2-16.7	18.1-21.8	10.9-12.5
负极售价（万元/吨）	3-4.5	8-10	3-4.5	2-3	4.5-6.5
负极吨毛利（万元/吨，取中间值）	1.75	2	1.5	1	1.9
预估毛利率（%，取中间值）	47%	22%	40%	40%	34%

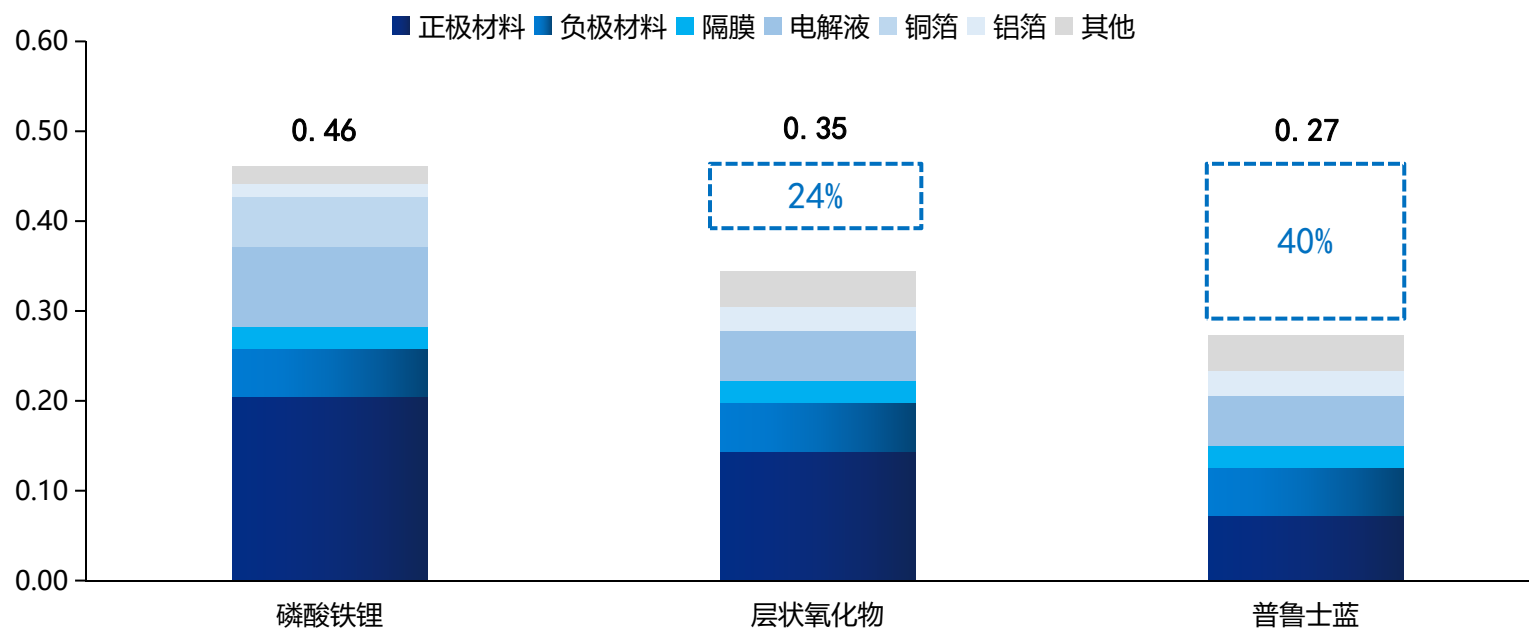
资料来源：百川盈孚、鑫铈锂电、国信证券经济研究所整理与测算

第三章 硬碳负极行业进展

钠电池降本空间较大：作为锂电池的理想补充

- 钠电池的降本空间主要源自于：1) 主材的量产化，2) 负极集流体方面用铝箔替代铜箔；
- 假设未来碳酸锂价格稳态为20万元/吨价格，我们预计磷酸铁锂电芯成本为0.46元/wh；若碳酸锂价格降至10万元/吨，我们预计磷酸铁锂电芯成本为0.39元/wh。
- 钠离子层状氧化物路线，假设量产后正极材料6万元/吨，负极材料4.5万元/吨，电解液4万元/吨，我们预计电芯成本为0.35元/wh，较磷酸铁锂稳态成本下降约24%；
- 钠离子普鲁士蓝路线，假设量产后正极材料3万元/吨，负极材料4.5万元/吨，电解液4万元/吨，我们预计电芯成本为0.27元/wh，较磷酸铁锂稳态成本下降约40%；

图18：量产后钠电池与磷酸铁锂电池成本比较（元/wh）



资料来源：GGII、鑫锂锂电、国信证券经济研究所整理与测算

全球钠电池及硬碳负极市场空间测算（乐观假设）



- 我们预计2023年全球钠离子电池市场需求有望达到4GWh，2026年需求有望突破120GWh，对应市场空间突破600亿元；
- 硬碳负极方面，我们预计2026年需求量达到16.23万吨，对应市场空间有望达到73亿元。

表10：全球钠电池及硬碳负极市场空间测算（亿元）					
	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E
全球储能电池需求（GWh）	114	180	270	370	500
全球储能领域钠电池渗透率（%）		1%	3%	8%	15%
全球储能领域钠电池需求量（GWh）		1.8	8.1	29.6	75
全球电动二轮车电池需求（GWh）	27.2	35.5	44.2	50.3	55
全球电动二轮车领域钠电池渗透率（%）		6%	16%	30%	45%
全球电动二轮车领域钠电池需求量（GWh）		2.13	7.072	15.09	24.75
全球电踏车销量（万辆）	1094	1313	1575	1811	2100
单车带电量（kWh）	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
钠电池渗透率（%）		6%	12%	25%	40%
全球电踏车钠电池需求（GWh）		0.39	0.95	2.26	4.20
全球商用车电池需求（GWh）	44	52	56	61	65
全球商用车钠电池渗透率（%）		1%	7%	15%	25%
全球商用车钠电池需求量（GWh）		0.52	3.92	9.15	16.25
全球钠电池需求（GWh）		4.8	20.0	56.1	120.2
全球钠电池市场空间（亿元）		33.9	120.2	308.6	601.0
硬碳负极单耗（吨/GWh）		1500	1450	1400	1350
硬碳负极需求量（万吨）		0.73	2.91	7.85	16.23
硬碳负极单价（万元/吨）		8	6	5	4.5
钠电池硬碳负极市场空间（亿元）		5.8	17.4	39.3	73.0
硬碳负极单吨毛利（万元/吨）		4	2.5	2.1	1.75
硬碳负极毛利润空间（亿元）（乐观假设）		2.91	7.26	16.49	28.40

资料来源：GGII、鑫锂锂电、国信证券经济研究所整理与预测 注：当前市场缺乏中远期硬碳负极定价和盈利的参考，单吨毛利预测仅供参考。

表11：各大钠电负极企业进展汇总

公司名称	进展
日本可乐丽	采用椰子壳作为前驱体，已实现量产，产品售价高于20万/吨
佰思格	采用葡萄糖、糖、淀粉、纤维素、木质素、木屑、竹屑、椰子壳或坚果壳等生物质材料作为前驱体，成本仅为进口产品的1/2。目前拥有2000吨产能，新产线正在建设。
贝特瑞（835185.BJ）	2009年起研究和布局硬碳，无定型碳等负极材料，目前拥有硬碳产能400吨；专利方面布局主要包括稻壳、玉米芯、果壳等植物类原料制备的硬碳材料技术路线；
中科电气（300035.SZ）	拥有硬碳负极多项产能，前驱体覆盖树脂类、生物质和难石墨化焦类等原料。硬碳产线处于小试阶段，钠离子电池所需要的硬碳材料的生产与现有石墨类负极材料生产的部分产能可以共用，公司有持续进行钠离子电池所需的硬碳材料的开发。
杉杉股份（600884.SH）	硬碳研发始于2016年，软/硬碳路线均有涉及。据公司21年年报显示，2021年在钠离子电池方向也已向相关电池企业进行了百公斤级的供货。软碳方面，公司于2017年开始的研发工作，2020年开始面向国内大型电池厂家批量供货，目前正在进行掺混石墨方面研究，提高低温和倍率性能，降本增效。
翔丰华（300890.SZ）	公司2012年开始布局硬碳材料方面专利，已经形成多种类前驱体制备硬碳负极的知识产权体系，囊括生物质、树脂类和沥青等前驱体。公司目前硬碳产品已经进入客户测试阶段。
凯金能源	招股说明书显示公司搭建了多种硬碳小试平台，主要路线有高容量沥青基硬碳和倍率型生物质硬碳两种，目前已经向ATL、CATL等下游客户提供定制化产品评估，部分客户处于持续测评合作中。
华阳股份（600348.SH）	绑定中科海钠，向中科海钠提供无烟煤基软碳材料作为钠电负极，联合建设1Gwh电芯产线及2000吨正负极材料产线。
元力股份（300174.SZ）	主业为活性炭业务，目前推进生物质活性炭产品主要包括如稻壳炭、果壳类活性炭、竹基颗粒炭等路线，主要应用于储能产品。
圣泉集团（605589.SH）	主业酚醛树脂、呋喃树脂等，济南10万吨生物基硬碳负极材料项目正在加快推进中，大庆50万吨生物质精炼一体化项目目前也正积极推进中。

资料来源：中国专利信息网、可乐丽官网、贝特瑞、中科电气、杉杉股份、翔丰华公司公告、凯金能源招股说明书、元力股份公司公告、济南市章丘政务网，圣泉集团公司公告，国信证券经济研究所整理

佰思格：国内硬碳负极领军企业



- 佰思格是国内首家量产钠电/锂电硬炭材料的公司。作为钠离子电池、超快充、低温锂离子电池负极材料供应商，公司产品性能媲美进口产品，**售价仅为进口产品的1/2**。公司致力于钠电/锂电“卡脖子”核心材料国产化及产业链安全。
- 公司硬碳采用葡萄糖、糖、淀粉、纤维素、木质素、木屑、竹屑、椰子壳或坚果壳等生物质材料作为前驱体，成本仅为进口产品的1/2。目前拥有2000吨产能，新产线正在建设。

表12：佰思格创始人背景

谢皎 博士 创始人/CEO
清华大学材料学博士、高级工程师
原上海比亚迪有限公司动力电池事业部产品开发经理
15年工作经历

王璿 博士 联合创始人/CTO
天津大学化工博士、高级工程师
遂宁市学术带头人、人大代表；IEEE储能专委会会员；省五一劳动奖章
17年研发经验，获授权专利50余项

资料来源：企查查、国信证券经济研究所整理

表13：佰思格硬碳专利布局

前驱体	申请公布号	专利名称	专利进展
树脂、聚酰胺、聚乙烯醇、沥青等	CN113270582A	一种高比容量硬碳负极材料及其制备方法	有利于提高负极材料的嵌锂特性，有利于提高嵌锂和脱锂的效率，有利于提高硬碳负极材料充电性能的稳固性，有利于降低放热反应。
硅、环氧树脂、碳等	CN113264713A	一种硬碳硅复合负极材料及其制备方法	通过设置的三氧化二铝、强化剂，便于将增强复合材料的整体强度，通过设置的着色剂，便于在加工过程中改变复合材料的颜色，提高多样性，通过设置的氮、石墨烯，便于提高复合材料的电化学性能，提升复合材料在不同环境下的导电效果
天然石墨、沥青、植物系高分子材料	CN111834614A	一种锂离子电池复合负极材料及制备方法和锂离子电池	材料的压实密度可达到1.72g/ml，1C放电首次容量达到362mAh/g，首次效率达到92.5%，4C充放电效率分别达到87%与94.5%，2C循环1000次容量保持率82%以上，可满足动力锂离子电池的需求
椰壳基硬碳	CN111834613A	一种高容量型复合负极材料及制备方法和锂离子电池	材料同时具备比容量高、循环寿命长、倍率性能好、可加工性强、安全性能好的特点，满足锂离子电池对复合负极材料的需求
玻璃钢	CN111825072A	一种硬碳负极材料及其制备方法	首次效率达到了79~88%，并且0.1C放电时容量达到400~500mAh/g，显示了良好的倍率性能；5C/5C快速充放电，放电深度95%的条件下，循环寿命4000~7000次；在-40℃条件下时，0.2C充放电的容量保持率70~75%，在大电流10C放电时容量仍然达到380~490mAh/g，本发明所述的硬炭负极材料，安全性高，循环寿命长，低温与快充放性能好，并且制备工艺简单，适于量产。

资料来源：佰思格官网、中国专利信息网、国信证券经济研究所整理

贝特瑞（835185.BJ）：负极龙头企业布局硬碳相关技术



- 贝特瑞为负极龙头企业，目前在北交所市值排列第一。主营产品为锂离子电池正负极材料，其负极材料出货量连续9年位列全球第一。成立22年来，贝特瑞研发成果卓著，共获得授权专利权286项；业内影响力较大，主导及参与制定新能源、新材料相关的国家/国际标准19项。
- 公司于2009年就开始布局硬碳材料相关技术。公司硬碳研发团队中绝大部分为海内外名校的博士，具有十几年的研究和产业化经验，为钠离子电池提供一体化的负极解决方案。团队已完成十几篇的原创核心技术布局，涵盖硬碳基础研究及生产加工等各个方面，建立了完善的知识产权体系。
- 公司目前拥有硬碳产能400吨，专利方面布局主要包括稻壳、玉米芯、果壳等植物类原料制备的硬碳材料技术路线；

表14：贝特瑞硬碳产品理化指标

适用电池	型号	D50（μm）	极片压实（g/cm³）	比表面积（m²/g）	首次容量（mAh/g）	首次效率（%）
锂离子电池	BHC-240	6.0±1.0	1.0±0.05	≤5.0	240±5.0	84.0±1.0
	BHC-300	6.0±1.0	1.0±0.05	≤5.0	300±10.0	83.0±1.0
	BHC-400	9.0/6.0±1.0	1.0±0.05	≤5.0	400±10.0	83.5±1.0
	BHC-450	9.0/6.0±1.0	1.0±0.05	≤5.0	450±10.0	80.0±1.0
钠离子电池	BSHC-260	6.0±1.5	0.9±0.1（振实密度）	≤5.0	260±5.0	≥88.0
	BSHC-300	6.0±1.5	0.9±0.1（振实密度）	≤5.0	295±5.0	≥88.0

资料来源：贝特瑞官网、国信证券经济研究所整理

表15：贝特瑞硬碳专利布局情况

前驱体	申请公布号	专利名称	专利进展
生物质、树脂类、沥青等	CN113422030A	负极材料及其制备方法、电池负极及锂离子电池	所述硬碳的D002为0.378nm-0.390nm、比表面积为0.05-2m2/g、真密度为1.8g/cc-2.2g/cc、中值粒度为4 μm-30 μm、碳包覆层的厚度为0.01 μm-5 μm
稻壳、玉米芯、果壳等植物类原料	CN111509198A	一种核壳结构复合材料、其制备方法以及在锂离子电池的用途	内核为硬碳材料，外壳为纳米钛酸锂颗粒和碳化后的粘结剂复合包覆层，纳米钛酸锂颗粒固定并分散在内核表面；制备的材料粉体压实密度、首次库伦效率、首次可逆容量等方面电化学性能得到提升。
酚醛树脂、环氧树脂等	CN102723492A	硬碳材料的制备方法和锂离子电池	充放电可逆容量>485mAh/g，首次效率>80%；在常温1C循环100周容量保持率>96%；在零下20℃下，材料仍能可逆进行锂离子的嵌入和脱出，且1C循环100周容量保持率>95%；在常温20C倍率放电下，容量能达到1C放电的93%
树脂类硬碳前驱体	CN102386384A	球形硬碳锂离子电池负极材料及其制备方法	球形形貌，颗粒均匀；0.2C时充放电电流密度为74.4mA/g，首次可逆容量为446.2mAh/g，首次库伦效率为80.1%，1C/20C/30C的首次可逆容量分别为444.5、442.6、440.8mAh/g，相比于1C的容量保持率为100%、99.2%、98.8%。0.2C循环500次后容量保持率为92.5%倍率性能和循环性能优异。
热塑性树脂	CN101887966A	锂离子电池复合硬碳负极材料的制备方法	在60℃，0.2C倍率下300周容量保持率为96%，材料具有优异的高温循环性能；在-30℃，0.2C倍率下100周容量保持率为88%，材料具有优异的低温循环性能。

资料来源：中国专利信息网、贝特瑞公司公告、国信证券经济研究所整理

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

中科电气（300035.SZ）：硬碳产线处于小试阶段

- 中科星城拥有强大的负极材料研发能力，组建的研发团队来源于美国明尼苏达大学、厦门大学、北京师范大学、西北工业大学、中南大学、湖南大学等国内外知名院校，其中硕士以上学历占比超40%。公司拥有国内先进的负极材料物理及电化学性能测试的研究设备，并配备有完整的实验生产线。
- 中科电气硬碳产线处于小试阶段，钠离子电池所需要的硬碳材料的生产与现有石墨类负极材料生产的部分产能可以共用，公司有持续进行钠离子电池所需的硬碳材料的开发。

表17：中科电气硬碳专利布局情况

前驱体	申请公布号	专利名称	专利进展
树脂类前驱体	CN110620236A	一种锂离子电池用三相复合负极材料及其制备方法	所得三相复合材料容量360~370 mAh/g，压实1.70~1.80g/cc，6C快充的恒流比≥70%，-25℃1C放电容量占室温1C容量的百分比≥70%，高温存储恢复率≥99.0%，3C循环寿命≥2000周。
难石墨化焦类	CN109748587B	一种高容量快充石墨负极材料及其制备方法	材料平均粒径14-20μm，比表面积 < 2.0 m2/g，克容量 > 350mAh/g，1C/1C循环寿命≥2000次，拉曼光谱ID/IG为 > 20%，具有高容量、快充性能好等优点。
树脂类、生物质前驱体	CN107098326A	一种动力锂离子电池用硬碳负极材料及其制备方法	该材料可逆容量高于500 mAh/g，极片压实可达1.55 g/cc，首次效率高于80%，5C充放循环寿命超过2000周，常规电池体系下，30C充电容量为1C充电容量的85%以上，30C放电容量为1C放电容量90%以上。
多羟基醇等生物质前驱体	CN105529443A	一种锂离子电池负极用硬碳材料的制备方法	材料压实密度普遍可达1.5g/cc，比表面积缩减至3 m2/g以内，电解液与硬碳之间的副反应显著削弱，从而保证了材料的首次效率接近90%；工艺环境友好

资料来源：中国专利信息网、国信证券经济研究所整理

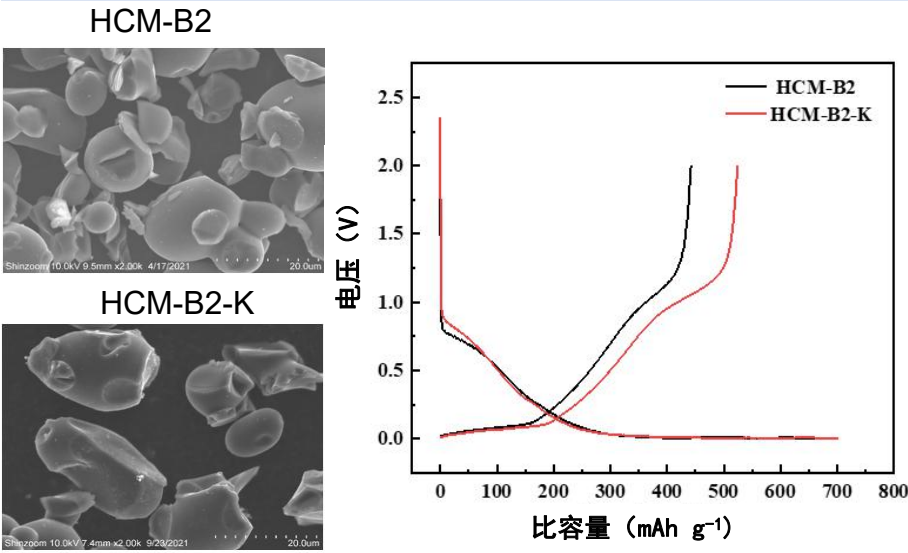
请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

表16：中科电气硬碳产品要技术指标

项目	单位 Unit	HCM-B2	HCM-B2-K
粒度 D50	um	15.95	15.66
振实密度	g/cm3	0.85	0.89
比表面积	m2/g	12.66	1.87
压实密度	g/cm3	1.06	1.08
D 002	nm	0.3802	0.3863
首次放电容量（锂电）	mAh/g	444.0	523.1
首次放电效率（锂电）	%	68.32%	73.67%
适用领域	/	钠电负极，锂电快充石墨掺混	

资料来源：中科星城官网、国信证券经济研究所整理

图19：中科电气硬碳产品电镜图和电化学性能图



资料来源：中科星城官网、国信证券经济研究所整理

杉杉股份（600884.SH）：以树脂类、生物质类材料路线为主



- 杉杉硬碳研发始于2016年，软/硬碳路线均有涉及。杉杉科技自主开发的硬碳材料实现自有化、产业化。原材料来源广泛，专注工序简化；通过精准调控材料的微孔结构，提高材料有效容量指标；依靠交联工艺调控技术，提高硬碳材料性价比，凭借高压实密度、容量明显领先的优势达到行业领先水平。
- 据公司21年年报显示，2021年在钠离子电池方向也已向相关电池企业进行了百公斤级的供货。公司于2017年开始软碳的研发工作，2020年开始面向国内大型电池厂家批量供货，目前正在进行掺混石墨方面研究，提高低温和倍率性能，降本增效。

表18：杉杉软/硬碳产品理化指标

产品	进展
硬碳 SCH-1	提高材料低温、倍率性能，扩大材料在特殊项目使用，已实现百公斤级出货
硬碳 SHC-1T	提高材料能量密度、倍率性能，扩大材料在特殊项目使用，已实现百公斤级出货
硬碳 SHC-2X	提高材料低温、倍率性能，扩大材料在特殊项目使用，已通过客户测试
硬碳 SC-18	提高材料低温、倍率性能，扩大材料在特殊项目使用，已实现吨级出货

资料来源：杉杉年报、国信证券经济研究所整理

表19：杉杉科技硬碳专利布局情况

前驱体	申请公布号	专利名称	专利进展
华榛、平榛、毛榛等榛子壳	CN114835104A	一种硬碳材料及其制备方法、应用和钠离子电池	材料为颗粒大小均匀的黑色粉末，粒径范围可为6~15μm；表面和内部主要是约0.53nm的超微孔；原料来源广泛，制备方法简单，成本低廉，可实现公斤级制备；超微孔不仅富含钠吸附位点，还防止了电解质的进入，进而提高了材料的储钠比容量和首次循环效率。
古马隆树脂、环氧树脂、酚醛树脂或中间相沥青	CN114361389A	硬碳材料前驱体、预碳化品、硬碳材料和二次电池、及制备方法和应用	制备方法工艺简单、能耗成本低；可通过改变反应条件对产物的孔径和比表面积进行调控，具有较佳的可控性；材料结构稳定，作为二次电池电材料具有优异的电化学性能
树脂类前驱体、石油渣油	CN113571701A	石墨负极材料前驱体、石墨负极材料及其制备方法和应用	能够在石墨的表面形成均匀的复合硬碳包覆层，制备工艺简单且成本低，作为负极材料制备成半电池和全电池时，容量保持率高、倍率性能好，且阻抗低、LG快充的析锂点控制在50%SOC以上
煤沥青、石油沥青和改性古马隆树脂	CN112645300A	一种硬碳负极材料、锂离子电池及其制备方法和应用	材料具有稳定的三维结构、较大的D002层间距、高压实密度和孔隙丰富的特点，同时又具有优异的电化学性能，首次可逆容量在480mAh/g以上，首次库伦效率大于85%；原料来源广泛，生产成本低，工艺流程短和操作容易，所制得的硬碳负极产品性质稳定，批次一致性好，易于实现产业化。
花生壳、椰壳、核桃壳等生物质	CN111439738A	生物质硬碳、锂离子电池及其制备方法、应用	采用本发明的制备方法制得的生物质硬碳制成的电池，相较于未预锂化及未掺杂的制成的电池，具有首次充放电比容量更高、首次效率更高、倍率性能更好、容量保持率更高的优点。

资料来源：中国专利信息网、国信证券经济研究所整理

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

翔丰华（300890.SZ）：各项前驱体技术路线皆有布局



- 翔丰华成立于2009年，是一家集研发、生产和销售锂离子电池用高端石墨类、硅碳类负极材料和石墨烯等新型碳素材料为一体的高新技术企业。公司是国内外先进的锂离子电池负极材料方案提供商，出货量连续多年位居全球前列，产品广泛应用于新能源汽车、储能电站、消费电子、电动工具、电动自行车等诸多领域。客户主要包括比亚迪、LG新能源、国轩高科、三星SDI、宁德时代等多家全球知名锂电池企业。
- 翔丰华于2012年开始布局硬碳材料方面专利，已经形成多种类前驱体制备硬碳负极的知识产权体系，囊括生物质、树脂类和沥青等前驱体。公司目前硬碳产品已经进入客户测试阶段。

表20：翔丰华硬碳专利布局情况

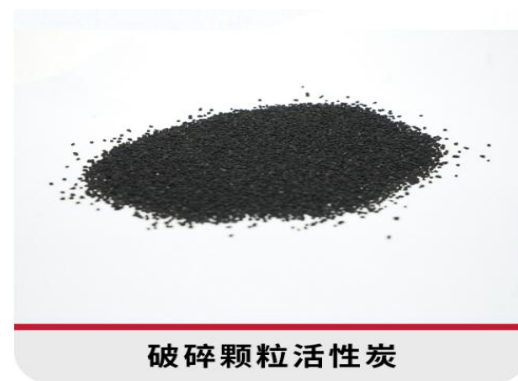
前驱体	申请公布号	专利名称	专利进展
生物质材料软木	CN114477130A	采用多孔材料制备钠离子电池用硬碳负极材料的方法	材料具有较小的比表面积和较小的孔隙率，提高硬碳负极材料的加工性能，使其具有优良的电化学性能、较高的首次库伦效率和较高的循环容量。此制备工艺简单，制备成本较低，有利于在钠离子电池领域中推广。
酚醛树脂、聚碳酸酯、环氧树脂等	CN114122356A	一种性能改善的改性硬碳负极材料及其制备方法	其制备方法所制备的改性硬碳负极材料包括有硬碳基体、包覆在硬碳基体表面至少一部分的第一包覆层以及包覆在第一包覆层表面至少一部分的第二包覆层；且制备得出的改性硬碳负极材料的首次充放电效率普遍较高，嵌锂、脱锂性能好，并且具有优异的循环容量保持率。
聚氯乙烯纤维	CN110518242A	硬碳负极材料及其制备方法	通过高温热解静电纺丝得到的聚氯乙烯纤维，制备了一种层间距较大、粒径小且分布均匀、表面光滑的新型硬碳，这种硬碳较小的粒径扩大了电极与电解液的接触面积，缩短了锂离子的扩散路径，较大的层间距有利于锂离子的快速脱嵌，显著提高了电池的电化学性能，本发明制备工艺简单，生产成本低，并且制备条件可控，适合进行规模化生产开发。
高温煤系沥青	CN109037603A	一种新型的沥青基球形多孔掺杂改性硬碳负极材料的方法	制备的球形硬碳，其压实密度大于1.1g/cm3，压实密度高，可逆比容量大于400mAh/g，首次库伦效率大于80%，循环500次容量保持率大于85%，30C/1C容量保持率为大于98%，电化学性能更好，安全环保，经济高效，工艺简单，易实现工业化大规模生产。
聚丙烯腈、聚氯乙烯、聚偏氟氯乙烯等聚合物	CN108807876A	一种锂离子电池用改性碳负极材料的制备方法	本发明方法通过对聚合物热解炭的一系列改性，包括掺硼，包覆沥青，混合有机碳源等方法，以获得一种经济、可逆容量高、循环性能好的改性碳材料，并能应用于锂离子电池负极材料

资料来源：中国专利信息网、国信证券经济研究所整理

元力股份（300174.SZ）：活性炭龙头跨界进入硬碳材料

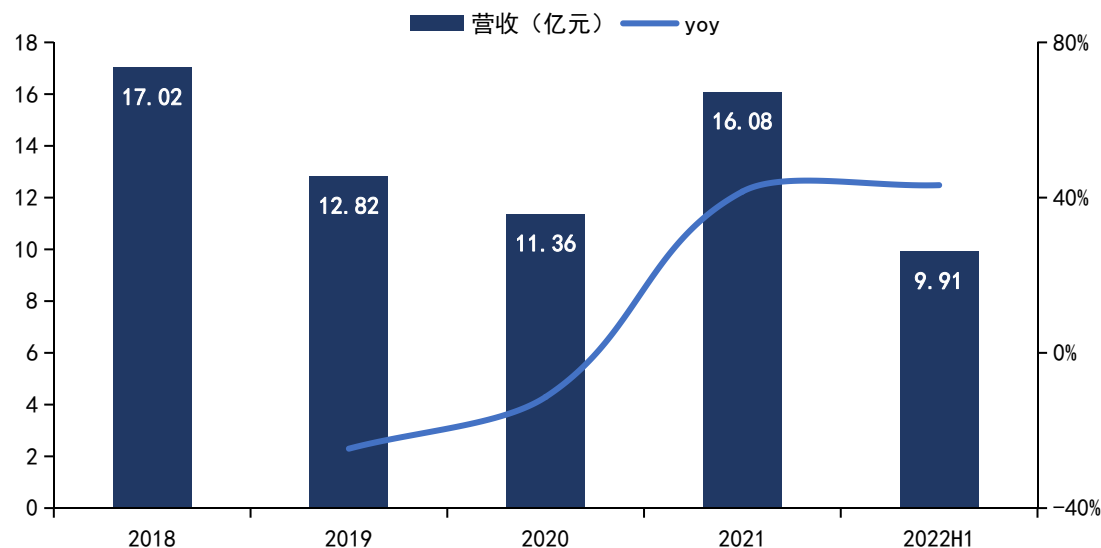
- 公司主业为活性炭业务，主要应用于糖、味精、食品、化工、药、针剂、水处理及其他领域。
- 公司目前推进生物质活性炭产品主要包括如稻壳炭、果壳类活性炭、竹基颗粒炭等路线，主要应用于储能产品。

图20：元力股份活性炭示意图



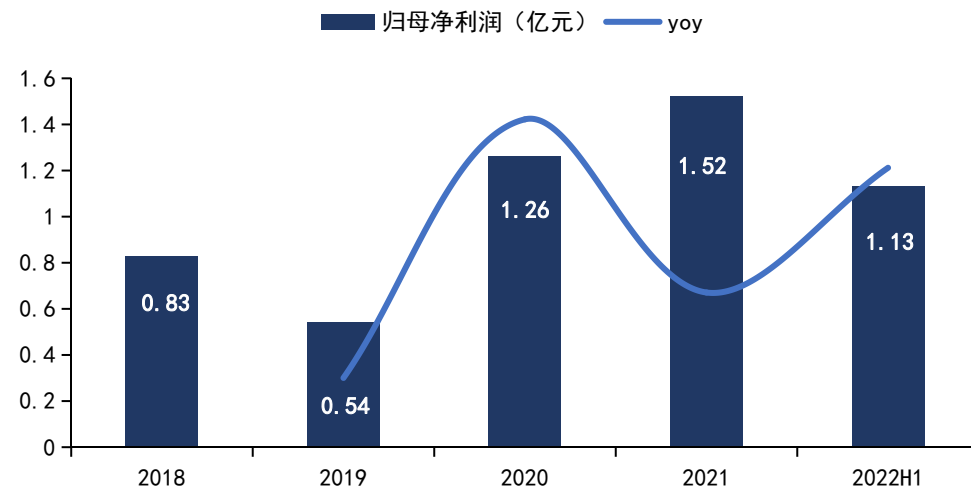
资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理

图21：元力股份营收情况及增速（亿元，%）



资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理

图22：元力股份归母净利润及增速（亿元）



资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理

圣泉集团（605589.SH）：秸秆生物质项目助力硬碳负极

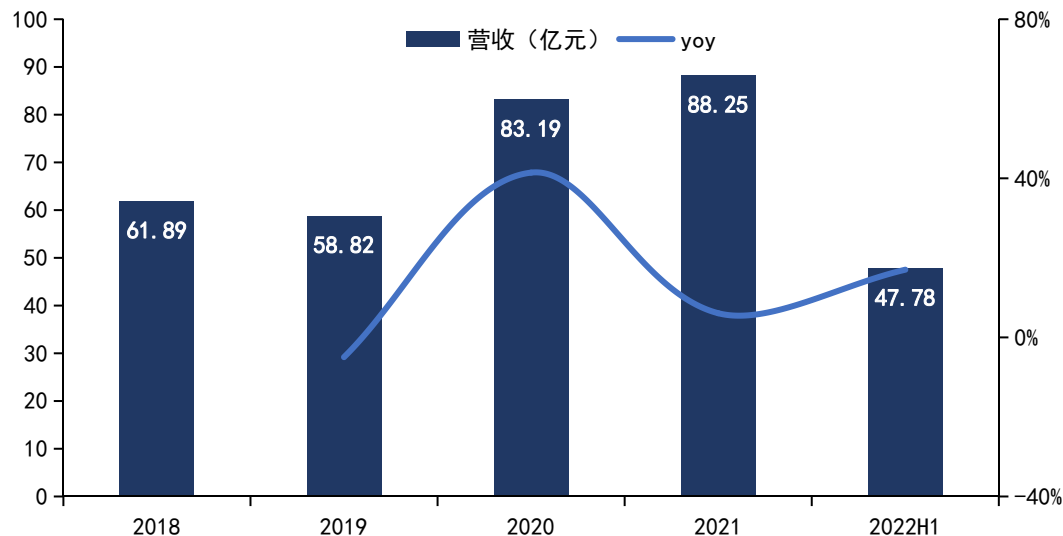
- 公司主营业务为酚醛树脂和呋喃树脂等合成树脂及复合材料等，公司近年荣获“第三届（2019年）中国电子材料行业五十强企业”和“第三届（2019年）中国电子行业电子化工材料专业十强企业”荣誉；
- 公司目前济南10万吨生物基硬碳负极材料项目正在加快推进中，大庆50万吨生物质精炼一体化项目目前也正积极推进中。

图23：生物质精炼项目图示



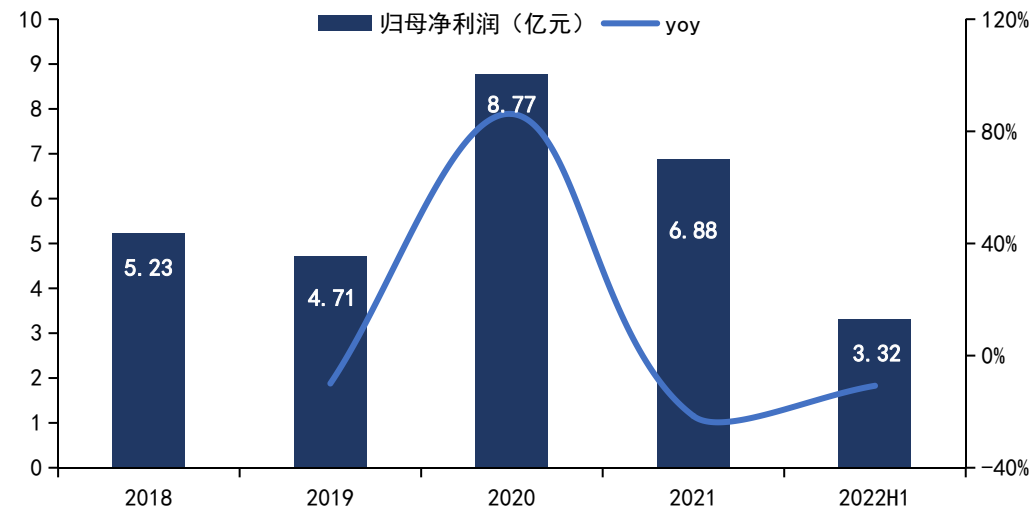
资料来源：圣泉集团官网、国信证券经济研究所整理

图24：圣泉集团营收情况及增速（亿元，%）



资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理

图25：圣泉集团归母净利润及增速（亿元，%）



资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理

- **硬碳目前为钠电池主流负极材料路线，同时也为当下钠电池产业规模化的主要制约因素**，主要原因为：1) 硬碳负极国内产能有限，合计仅数千吨量级，产品依赖于进口；2) 生产路线多样，包括生物质基、化石燃料基及合成聚合物基，每种路线工艺、成本均不相同，尤其生物质基原料来源更为广泛，目前行业以生物质基前驱体为主。
- **硬碳材料处于从零到一爆发前夕，全力推进国产化**。目前佰思格、贝特瑞拥有硬碳负极产能，正全力推进生物质基硬碳国产化；杉杉股份、中科电气、翔丰华等人造石墨负极头部企业各自布局生物质基、化石燃料基、以及合成聚合物基硬碳负极路线；新进入企业如元力股份、圣泉集团亦布局生物质基硬碳材料，其中圣泉集团主要依靠秸秆来源的生物质量产优势。
- 我们预期随着钠电池材料体系的成熟和产能规模化，凭借出色的经济性和安全性，2026年全球钠电池需求有望突破120GWh，对应市场空间突破600亿元；我们预计2026年硬碳负极需求量达到16.23万吨，对应市场空间有望达到73亿元。
- **产业链相关公司**：璞泰来、贝特瑞、中科电气、杉杉股份、翔丰华、元力股份、圣泉集团。

表21：相关公司估值表

公司 代码	公司 名称	投资 评级	收盘价 (12月5日)	EPS			PE			PB 2021
				2022E	2023E	2024E	2022E	2023E	2024E	
603659.SH	璞泰来	增持	56.13	2.27	3.05	4.10	24.73	18.40	13.69	10.63
300035.SZ	中科电气	无评级	20.85	0.95	1.63	2.22	21.83	12.77	9.40	7.96
600884.SH	杉杉股份	无评级	19.43	1.42	1.80	2.24	13.72	10.82	8.68	3.71
300890.SZ	翔丰华	无评级	45.3	2.49	3.75	4.56	18.19	12.08	9.94	5.39
835185.BJ	贝特瑞	无评级	44.43	2.69	3.70	4.99	16.54	12.02	8.90	9.38
300174.SZ	元力股份	无评级	26.1	0.69	0.84	1.03	37.83	31.07	25.34	2.94
605589.SH	圣泉集团	无评级	23.45	0.89	1.24	1.51	26.35	18.91	15.53	3.74

资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理与测算；注：表中未评级股票业绩预测为Wind一致预期

- **钠电池产业化进展不及预期**

钠电池目前材料端尚未量产，面临成本较高的现状，若材料端成本无法下降，则影响整体产业化发展。

- **下游需求不及预期**

若下游整车厂、储能招标对钠电池需求较弱，可能影响钠电池产业发展。

- **硬碳负极行业进入者竞争加剧**

竞争方面，目前除了传统头部负极企业布局外，亦有其他行业企业进入硬碳负极进行研发制造布局，存在竞争加剧可能性。

国信证券投资评级		
类别	级别	定义
股票投资评级	买入	预计6个月内，股价表现优于市场指数20%以上
	增持	预计6个月内，股价表现优于市场指数10%-20%之间
	中性	预计6个月内，股价表现介于市场指数±10%之间
	卖出	预计6个月内，股价表现弱于市场指数10%以上
行业投资评级	超配	预计6个月内，行业指数表现优于市场指数10%以上
	中性	预计6个月内，行业指数表现介于市场指数±10%之间
	低配	预计6个月内，行业指数表现弱于市场指数10%以上

分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。 ， 本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。 未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所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或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。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。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。



国信证券
GUOSEN SECURITIES

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路125号国信金融大厦36层

邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路1199弄证大五道口广场1号楼12楼

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街6号国信证券9层

邮编：100032