

证券研究报告
电力设备与新能源行业
2020年 5月 15日

负极行业深度： 详解生产工艺，细评性能高低

分析师： 申建国 执业证书编号：S1220517110007

方正证券（601901.SH）是行业领先的大型综合类证券公司，致力于为客户提供交易、投融资、财富管理等全方位金融服务。
Founder Securities (601901.SH), an industry-leading large comprehensive securities company, is committed to providing its clients with full services in stock transactions, investment & financing, wealth management, among others.

➤ 负极材料行业的研究：

2017年底璞泰来上市，自此国内负极三强全部上市，但当时针对负极的研究并没有太多。2017年中我们开始关注负极材料行业，并且开始推荐，相继写的行业深度有：

负极深度之一：针状焦价格暴涨，对负极企业影响几何？

负极深度之二：具备强成长属性的高壁垒锂电池材料

负极深度之三：硅基负极新能源产业下一个风口

负极深度之四：锂电负极行业二十年复盘与展望

负极深度之五：针状焦行业深度剖析及负极材料成本拆分

负极深度之六：天然石墨-性价比决定未来趋势，集中度提升龙头受益

负极深度之七：硅碳负极&预补锂技术

➤ 深度拆解负极工艺

本篇报告从负极的生产工艺入手，比较分析不同公司负极材料，同时更新2018年报告《锂电负极行业二十年复盘与展望》的数据，进行行业预判。

➤ 锂电四大材料负极格局最好。

负极是锂电池的主要组成部分，目前主流应用为人造石墨负极和天然石墨负极。负极材料占动力电池材料成本约为6%，相对较低。由于技术突破和行业属性的影响，中国负极企业逐渐掌握了话语权，在全球中的占有率逐年提升，预计市占率未来将进一步提升至90%。相比于其他锂电材料，负极行业集中度较高，竞争格局最好。

➤ 人造石墨性能差异大，高端人造石墨工艺复杂。

人造石墨负极的原材料被分为煤系、石油系以及煤和石油混合系三大类格，原材料的种类繁多导致了负极性能的差异。普通人造石墨加工需要经过四大工序，而高端石墨需要更多的工序，存在一定的技术壁垒。高端石墨加工中的二次造粒、碳化包覆、二次包覆、掺杂改性等工序能显著提升负极的性能，但是均对技术有一定的要求。

➤ 看好负极一线龙头和二线海外供应。

人造石墨负极主导高端消费和动力电池，国内动力以人造为主而海外动力仍以天然为主。随着新能源汽车发展对动力电池需求的加大和人造石墨负极渗透率的上升，人造石墨需求增速逐年提升。目前，主流的负极企业均已经和各大电芯龙头形成了绑定关系。电芯企业对产品的验证时间长，技术和供货要求高，因此小企业难以导入其供应链。日企逐渐式微，国内负极企业出海加速，我们看好现有的一线负极龙头公司璞泰来(紫宸)、中国宝安(贝特瑞)，建议关注导入海外巨头的二线负极公司中科电气（星城石墨）。

风险提示：新能源汽车销量不及预期、客户导入进度低于预期、资产减值风险。



四大材料负极格局最好



人造石墨负极工艺拆解

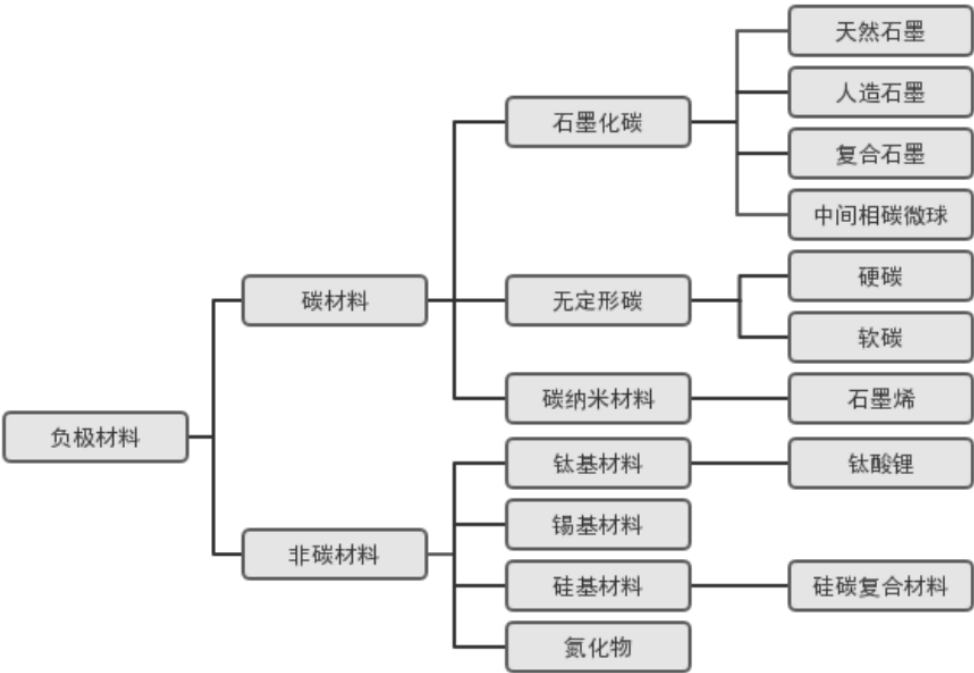


人造石墨负极展望

负极是锂电池的主要组成部分，它是由负极活性物质、粘合剂和添加剂混合制成糊状均匀涂抹在铜箔两侧，经干燥、滚压而成。我们所谈的负极材料主要指的是负极活性物质。

负极可分为碳材料和非碳材料两大类，碳材料包括人造石墨、天然石墨、中间相碳微球和硬碳软碳等，非碳材料包括硅基材料、锡基材料和钛酸锂等。

图表1. 负极材料分类



目前应用最广的负极材料仍然是天然石墨和人造石墨两大类(以天然石墨为基础和其他负极材料掺杂形成的复合石墨)，硅基等合金类负极材料虽然已开始在特斯拉/松下动力电池上应用，但仍处于推广的初期，需求还比较有限。

中间相碳微球具备倍率性能优异的特点，但是制备工艺复杂、产率低、成本难以下降，发展也比较受限。硬碳和软碳在技术上还不够成熟。

图表2： 主流负极材料及其特点

类型	天然石墨	人造石墨	中间相炭微球	硅碳材料
理论容量	340-370mAh/g	310-360mAh/g	300-340mAh/g	>400mAh/g
首次效率	90%	93%	94%	84%
循环寿命	良好	优秀	优秀	较差
安全性	较差	良好	优秀	较差
倍率性	较差	良好	优秀	较好
成本	最低	较低	较高	最高
优点	工艺简单、成熟	工艺成熟，循环性好	倍率性好	理论能量密度高
缺点	电解液相容性较差	克容量低	工艺复杂，成本较高	工艺复杂、首次库伦效率低、循环性差
发展方向	降低成本，改善循环性与安全性	降低成本，提高克容量	简化制备过程，降低成本	提高首次库伦效率，改善循环性

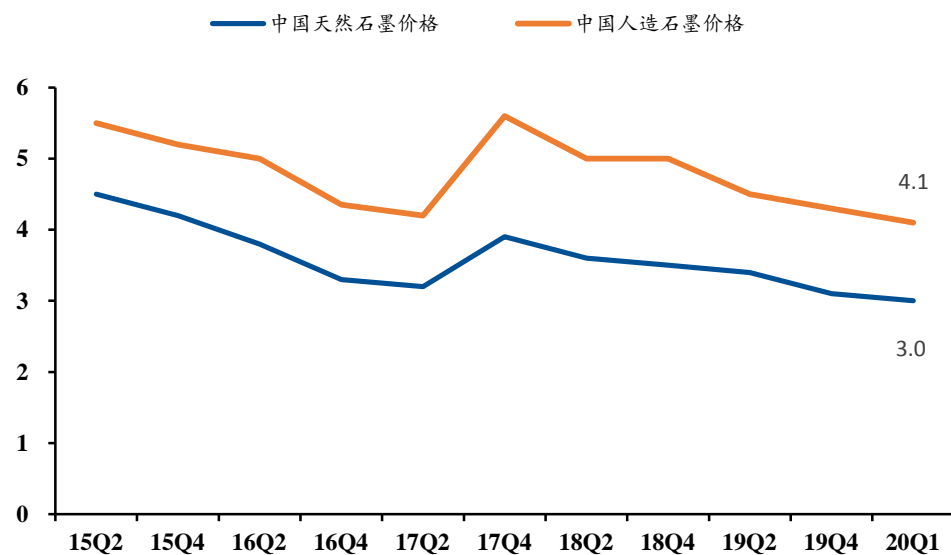
人造石墨性能好，天然石墨成本低。

人造石墨优势：循环寿命优势突出，天然石墨很多都在千次之内，人造石墨可达2000次；倍率性能好，体积膨胀小；人造石墨中石墨晶粒较小，石墨化程度稍低，结晶取向度偏小，所以该两点性能更好，且高低温性能也好。

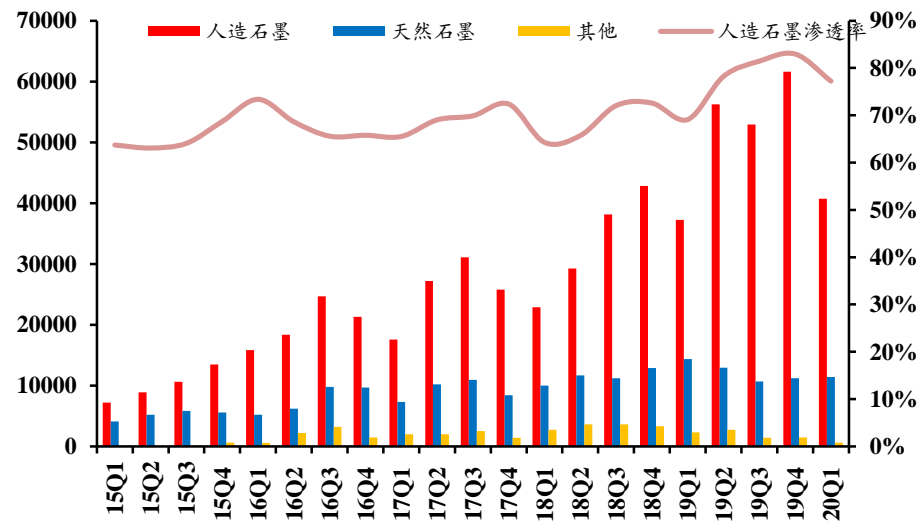
天然石墨优势：因为基本少了石墨化环节，成本低，能量密度高，但是由于表面缺陷较多，与电解液相容性比较差，副反应比较多，续航寿命差。

动力电池对循环寿命和安全性要求高，人造石墨是动力电池主流应用方向。

图表3. 石墨负极材料价格走势



图表4. 人造石墨渗透率逐步提升

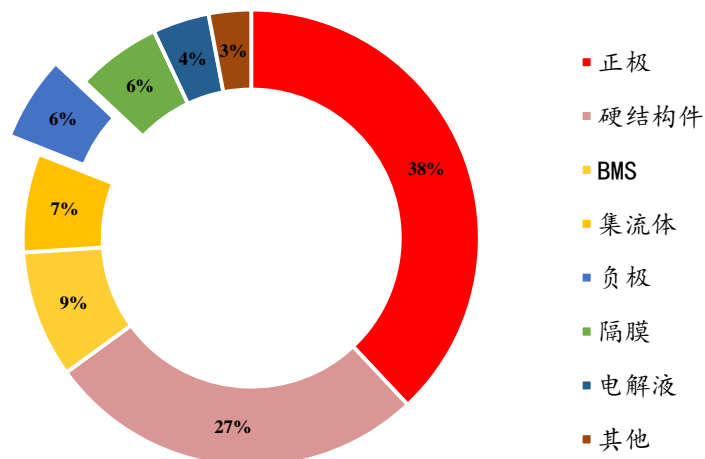


负极成本占比低，竞争格局最好

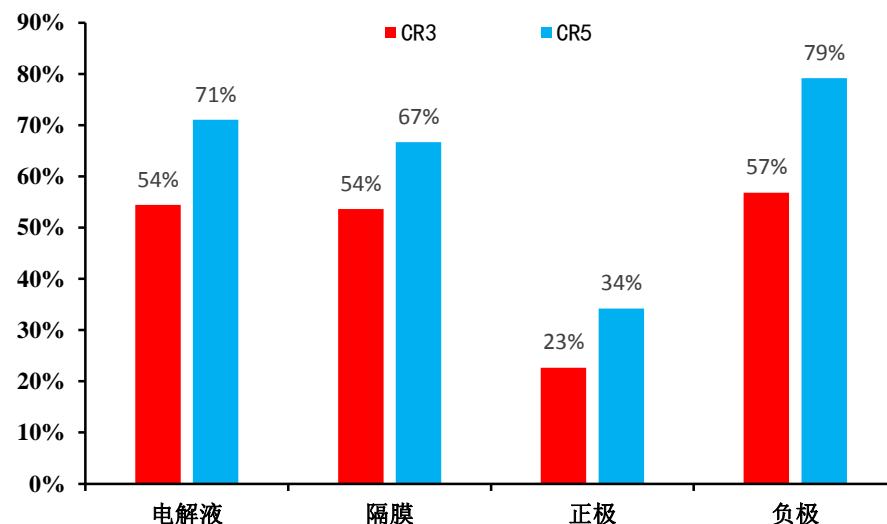
在动力电池的材料成本中，负极占比约为7%，下游企业对负极价格的敏感程度较低，更看重稳定的供货能力。

在四大材料中负极的竞争格局最好，2019年CR3和CR5分别为57%和79%，头部企业更加受益。其中天然石墨负极贝特瑞一家独大，人造石墨负极以江西紫宸、东莞凯金、宁波杉杉三家分得63%的市场份额。

图表5. 动力电池各材料成本占比



图表6. 2019年动力电池四大材料竞争格局

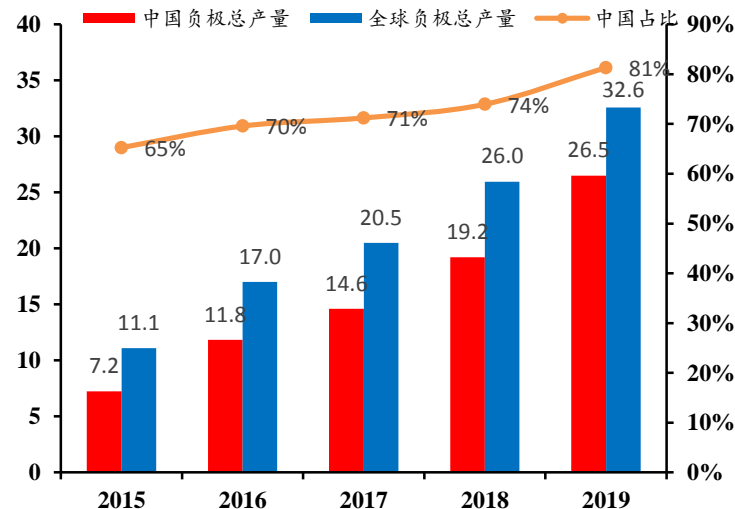


从全球竞争格局来看，海外目前的负极公司仅有日立化成、三菱化学等两家，而国内则有贝特瑞、杉杉、江西紫宸、凯金能源能多家公司，相比于电池、隔膜、正极材料等，石墨负极国内企业的市占率和出货量占比最高，预计未来国内企业市占率继续攀升到90%以上，原因是负极是高耗能以及技术密集型行业，中国企业会比较有优势。

图表6. 前十只有两家日本企业

公司名称	市占率	2019产量 (吨)	公司名称	市占率	2018产量 (吨)	公司名称	市占率	2017产量 (吨)
贝特瑞	18.37%	5.99	贝特瑞	16.56%	4.3	贝特瑞	16.05%	3.29
江西紫宸	14.26%	4.65	宁波杉杉	13.48%	3.5	宁波杉杉	15.08%	3.09
宁波杉杉	13.83%	4.51	日立化成	13.10%	3.4	日立化成	14.11%	2.89
凯金能源	13.80%	4.5	江西紫宸	12.71%	3.3	江西紫宸	11.67%	2.39
日立化成	9.39%	3.06*	凯金能源	10.02%	2.6	凯金能源	5.84%	1.2
翔丰华	4.26%	1.39	三菱化学	4.62%	1.2	深圳斯诺	4.86%	1
星城石墨	3.96%	1.29	翔丰华	4.24%	1.1	三菱化学	4.38%	0.9
三菱化学	3.31%	1.08*	星城石墨	4.16%	1.08	星城石墨	4.13%	0.85
正拓能源	2.33%	0.76	正拓能源	3.08%	0.8	翔丰华	3.89%	0.8
深圳斯诺	1.66%	0.54	深圳斯诺	2.70%	0.7	正拓能源	3.40%	0.7
其他	14.82%	4.83	其他	15.33%	3.98	其他	16.59%	3.40

图表7. 中国负极材料产量在全球占比



注：*代表预测值



四大材料负极格局最好



人造石墨负极工艺拆解

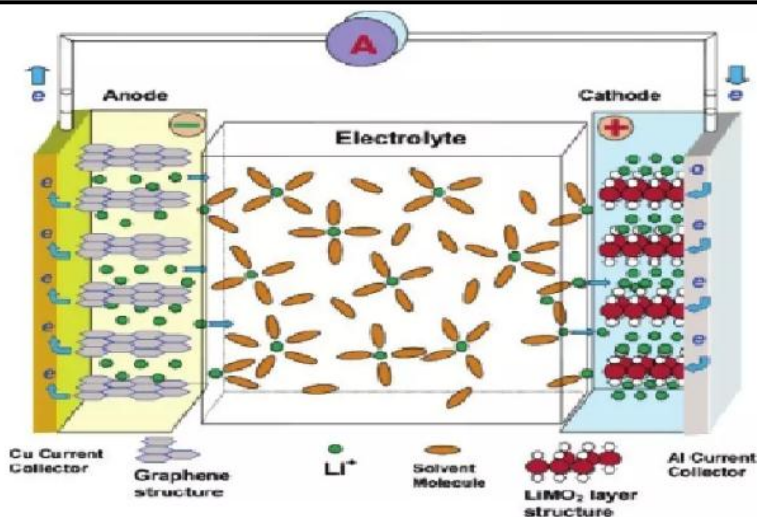


人造石墨负极展望

锂离子电池介绍

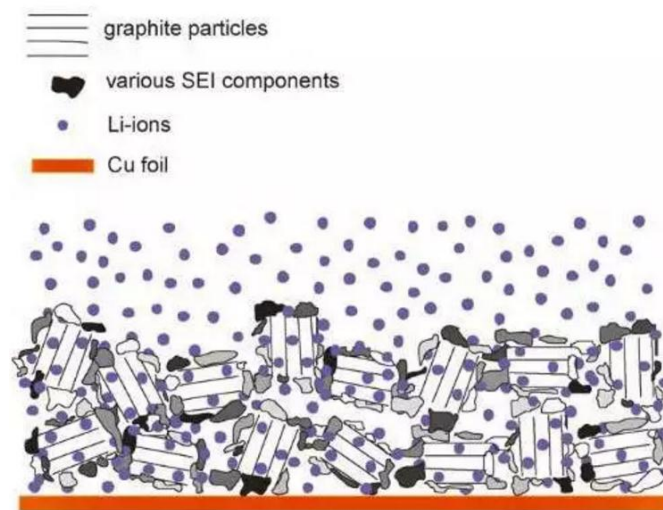
锂离子电池由正负极、隔膜和电解液等组成，其中负极材料是影响锂离子电池容量、循环和倍率（快充）性能发挥的关键因素之一。锂离子电池作为一种充电电池，主要依靠锂离子在正极和负极之间移动来工作。在充放电过程中，锂离子在两个电极之间往返嵌入和脱嵌。负极跟电解液、铜箔接触，充放电过程中体积会膨胀，并且会形成SEI膜，消耗锂离子，并影响首次充放电效率和循环寿命。

图表8. 锂离子电池工作原理



锂离子电池工作原理图

图表9. SEI膜示意图



负极材料作为动力电池的四大材料之一，可以通过多种参数对其性能进行评价。如首次效率、振实密度、真密度、压实密度、面密度、比表面积、比容量等。

负极材料的性能直接影响动力电池，其性能的优良相应的体现在动力电池的关键性能中，如循环寿命性能、膨胀变形问题和倍率性能。

图表10. 影响负极材料的关键因素指标



首次效率： 部分锂离子从正极脱出并嵌入负极后，无法重新回到正极参与充放电循环，形成SEI膜，或者不可逆嵌锂，导致首次充放电效率不是 100%。

振实密度： 是依靠震动使得粉体呈现较为紧密的堆积形式下的密度。

真密度： 材料在绝对密实状态下（不包括内部空隙），单位体积内固体物质的重量。由于真密度是密实状态下测得，会高于振实密度。振实密度和真密度是针对负极，压实密度则针对的是极片。

压实密度： 指负极活性物质和粘结剂等制成极片后，经过辊压后的密度， $\text{压实密度} = \text{面密度} / (\text{极片碾压后的厚度} - \text{铜箔厚度})$ 。压实密度越高，单位体积内的活性物质越多，比容量也就越大，但同时孔隙也会减少，电解液浸润性降低，不利锂离子嵌入和脱出，反而不利于容量的增加。

面密度： 单位面积集流体（指铜箔）上活性物质的质量。

比表面积（以及粒度）： 指单位质量物体具有的表面积，颗粒越小，比表面积就会越大。小颗粒、高比表面积的负极，锂离子迁移的通道更多、路径更短，倍率性能就比较好，但由于与电解液接触面积大，形成 SEI 膜的面积也大，首次效率也会变低。大颗粒则相反，优点是压实密度更大。

比容量： 单位质量的活性物质所能够释放出的电量。

循环寿命和膨胀： 膨胀和循环寿命是正相关的关系，负极膨胀后，会造成卷芯变形，负极颗粒形成微裂纹甚至颗粒脱落，SEI 膜破裂重组，消耗电解液中的锂离子，循环性能变差；

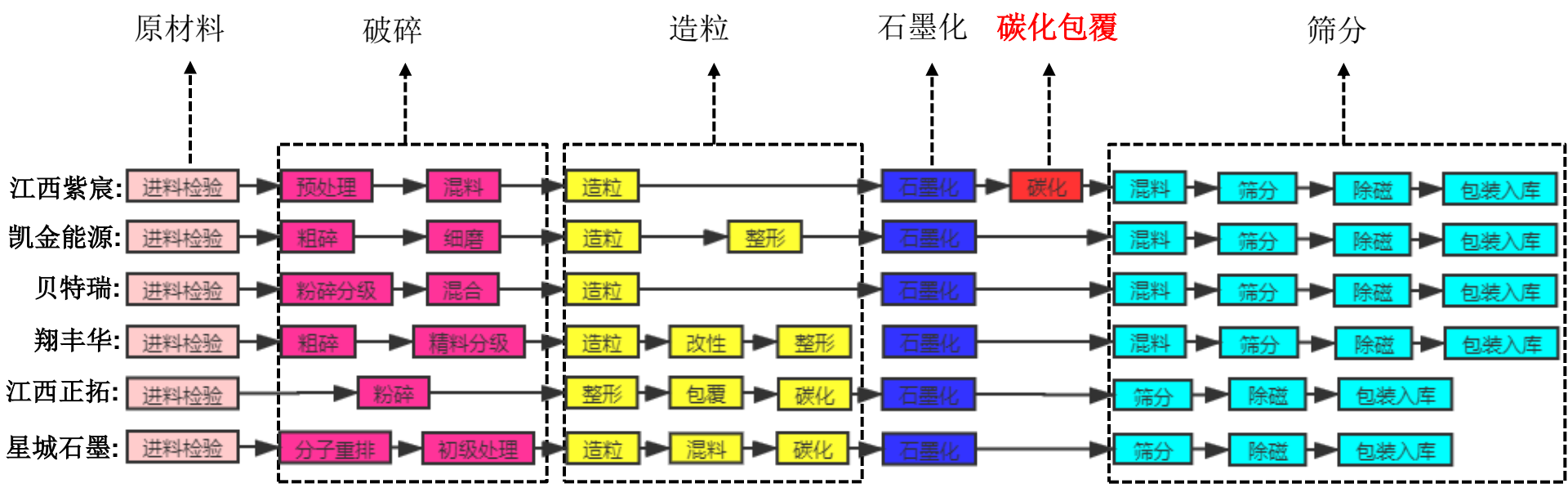
倍率性能： 多种不同倍率充放电电流下表现出的容量大小、保持率和恢复能力。

普通人造石墨包含四大工序，高端人造石墨工序更多。

人造石墨是将原材料和粘结剂进行破碎、造粒、石墨化、筛分而制成。基本包含四大工序，包括破碎、造粒、石墨化和筛分，四大工序又细分成十几道工序，流程基本是一致的，但具体到每家企业、不同级别人造负极，其制备工艺又都会有一定的差异，如江西紫宸产品比较高端，在后段有碳化包覆。

人造石墨的四大工序中，破碎和筛分相对简单，体现负极行业技术门槛和企业生产水平的主要是造粒和石墨化两个环节。而高端人造石墨，会多一些工序，例如二次造粒、碳化包覆、二次包覆、掺杂改性等。

图表11. 人造石墨生产工艺流程

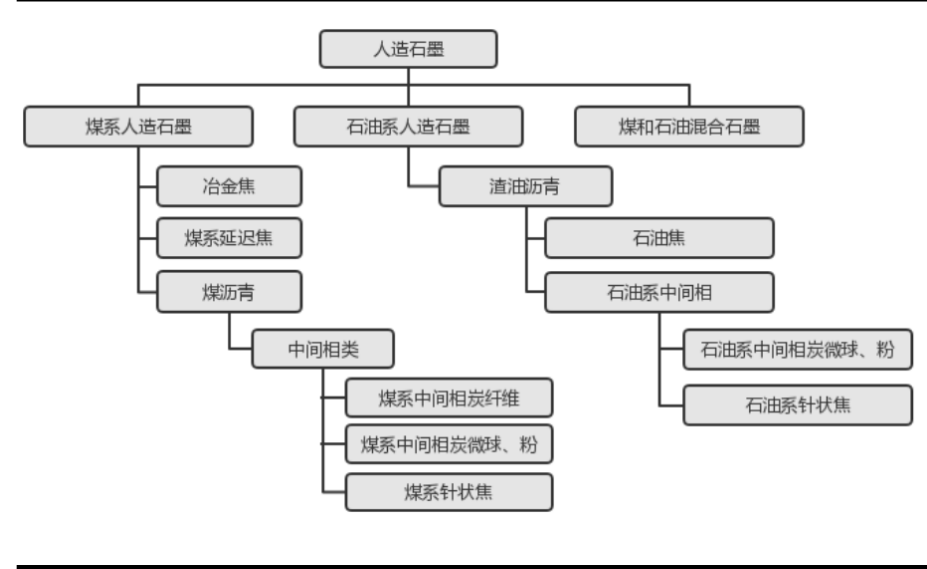


负极原材料种类多，不同原材料性能和价格差异性大

原材料：人造石墨的原材料分为煤系、石油系以及煤和石油混合系三大类。其中煤系针状焦、石油系针状焦以及石油焦应用最广。不同的焦，如石油系针状焦和煤系针状焦、国产焦和进口焦等，价格差别较大，也是**成本控制关键点**。一般来讲，高比容量的负极采用针状焦作为原材料，普通比容量的负极采用价格更便宜的石油焦作为原料，不同原材料是决定人造石墨性能的重要因素，影响人造负极**比容量、循环寿命、倍率性和压实密度等**，如选用各向同性焦，能提高产品性能。目前行业趋势是选用国产焦等低成本焦，通过工艺控制提升性能，降低成本，降本保质，

差异性：不同公司所用原料焦差异较大，造成成本、产品价格和性能差异性也大。其中江西紫宸总经理冯苏宁曾任职于鞍山热能研究院，而该研究院是国内煤系针状焦领域的领先单位，因此江西紫宸在原料焦选用上独具慧眼，为研发高端人造负极产品和参股针状焦企业打入坚实基础。

图表12. 人造石墨原材料分类



图表13. 翔丰华所用不同种类焦价格差别较大

种类	2106	2017	2018
	单价(元)	单价(元)	单价(元)
石油焦-普通焦	3473. 31	6817. 00	5253. 47
石油焦-针状焦	4226. 67	16774. 66	13500. 45
石油焦-其他类	4736. 84	5564. 38	32987. 50

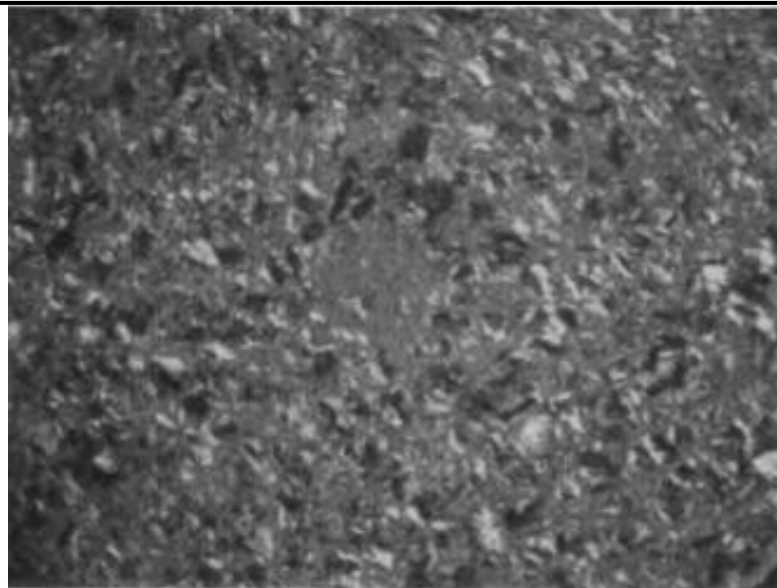
预处理不是关键环节，差异性不大。

预处理：将石墨原料（针状焦或石油焦）与粘结剂混合，进行气流磨粉。根据产品的不同，将石墨原料与粘合剂（可石墨化）按不同比例混合，混合比例为 100：（5~20），物料通过真空上料机转入料斗，然后由料斗放入空气流磨中进行气流磨粉，将5~10mm 粒径的原辅料磨至 5-10 微米。气流磨粉后采用旋风收尘器收集所需粒径物料，收尘率约为 80%，尾气由滤芯过滤器过滤后排放，除尘效率大于 99%。滤芯材质为孔隙小于 0.2 微米的滤布，可将 0.2 微米以上的粉尘全部拦截。风机控制整个系统呈负压状态。

差异性：预处理磨粉分机械磨粉和气流磨粉，现在主流为气流磨粉。粘合剂种类较多，一般为石油沥青、煤沥青、酚醛树脂或环氧树脂等。

预处理不是关键环节，主要是筛分得到所需粒径前驱体，并尽可能得到各项同性颗粒，降低膨胀系数。

图表14. 各项同性焦光学显微结构



造粒是关键环节，对性能影响大

造粒是人造石墨加工关键环节，造粒分为热解工序和球磨筛选工序。

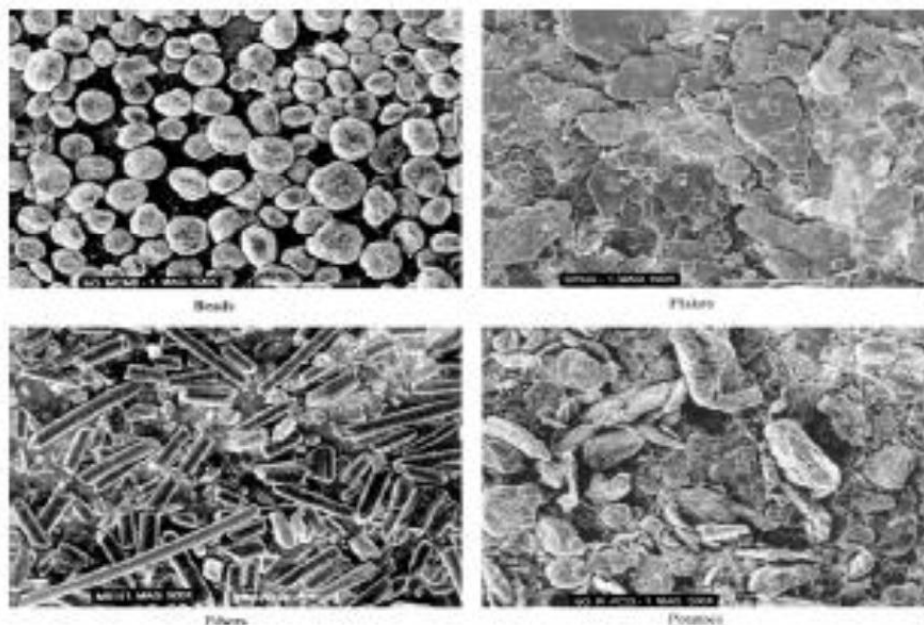
热解工序：将中间物料1投入反应釜中，在惰性气体氛围和一定压力下，按照一定的温度曲线进行电加热，于200~300℃搅拌1-3h，而后继续加热至400-500℃，搅拌得到粒径在10-20mm的物料，降温出料，即中间物料2。

球磨筛分工序：真空进料，将中间物料2输送至球磨机进行机械球磨，10~20mm 物料磨制成6~10 微米粒径的物料，并筛分得到中间物料3。筛上物由管道真空输送返回球磨机再次球磨。

石墨颗粒的大小、分布和形貌影响着负极材料的多个性能指标。总体来说，颗粒越小，倍率性能和循环寿命越好，但首次效率和压实密度（影响体积能量密度和比容量）越差，反之亦然，而合理的粒度分布（将大颗粒和小颗粒混合，后段工序）可以提高负极的比容量；颗粒的形貌对倍率、低温性能等也有比较大的影响。

差异性：目前各家企业对颗粒大小筛分差异性不大，主要体现在细节和成本。

图表15. 石墨颗粒光学显微结构



二次造粒壁垒极高，是提高人造石墨性能的关键工序

二次造粒：小颗粒比表面积大，锂离子迁移的通道更多、路径更短，倍率性能好，大颗粒的压实密度高、容量大。如何能够兼顾大颗粒和小颗粒的优点，同时实现高容量和高倍率呢，答案就是采取二次造粒。采用小颗粒石油焦、针状焦等基材，通过添加包覆材料和添加剂，在高温搅拌条件下，通过控制好材料比例、升温曲线和搅拌速度，能将小粒度的基材二次造粒，得到较大粒度的产品。二次造粒的产品与同粒度的产品相比，能有效提高材料保液性能和降低材料的膨胀系数(小颗粒和小颗粒之间存在凹孔)，缩短锂离子的扩散路径，提高倍率性能，同时也能提高材料的高低温性能和循环性能。

差异性：二次造粒工序壁垒高，包覆材料和添加剂种类多，且容易出现包覆不均或者包覆脱落等问题，或者包覆效果不佳等，是高端人造石墨的重要工序。

以紫宸为例，紫宸最先开始应用二次造粒技术，研发出畅销产品G1,用于高端消费负极以及LG快充低膨胀动力负极，膨胀系数极低，大幅提高动力电池快充性能和循环寿命。其他负极企业也有掌握二次造粒工艺，但和江西紫宸有些差距。

图表16. 二次造粒的人造石墨SEM图



图表17. 二次造粒后能提高比容量、降低膨胀系数等性能

编号	充电截止电压(V)	克容量(mAh/g)	压实密度(g/cm3)	电池满电反弹(%)	保液量(g/Ah)	容量保持率(80° C下放置4小时)
普通	4.2	350	1.55	30	1.4	78
实施例1	4.4	35	1.65	22	2	87
实施例2	4.4	356	1.67	25	1.8	85
实施例3	4.4	35	1.68	24	1.8	88
实施例4	4.4	35	1.64	22	1.9	87

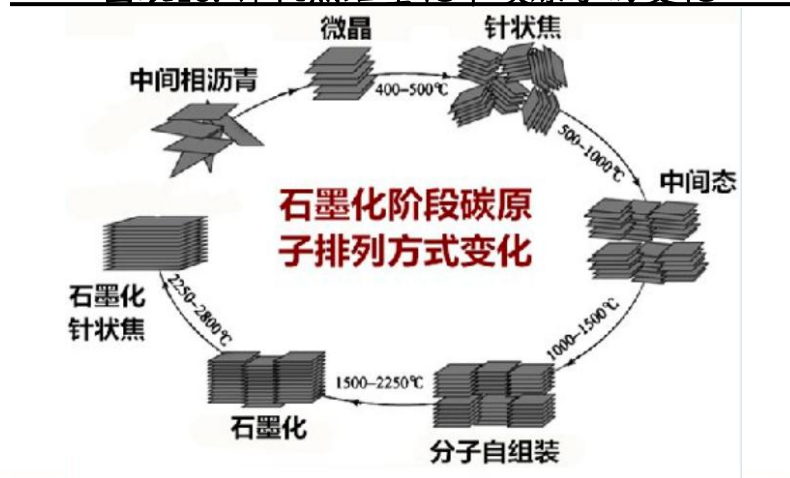
石墨化：石墨化是利用热活化将热力学不稳定的碳原子实现由乱层结构向石墨晶体结构的有序转化，因此，在石墨化过程中，要使用高温热处理（HTT）对原子重排及结构转变提供能量。为了使难石墨化炭材料的石墨化度得到提高，也可以添加催化剂。

为了得到较好的石墨化效果，需要做好三个方面：

- 1、掌握向炉中装入电阻料和物料的方法（有卧装、立装、错位和混合装炉等），并能根据电阻料性能的不同调整物料间的距离；
- 2、针对石墨化炉容量和产品规格的不同，使用不同的通电曲线，控制石墨化过程中升降温的速率；
- 3、在特定情况下，在配料中添加催化剂，提高石墨化度，即“催化石墨化”。

差异性：不同品质的人造石墨，升降温速率、保温时间、催化剂等不一样，预计所用石墨化炉类型不同，导致性能和成本差别比较大。脱离前后端工序的石墨化，特别是升降温过程基本是程序化的，但石墨化时间长，设备投资大，因此较多委外处理，没技术外泄风险。

图表18. 针状焦石墨化中碳原子的变化



包覆碳化：包覆碳化是以石墨类碳材料作为“核芯”，在其表面包覆一层均匀的无定形碳材料，形成类似“核-壳”结构的颗粒。通常用的无定形碳材料的前驱体有酚醛树脂、沥青、柠檬酸等低温热解碳材料。无定形碳材料的层间距比石墨大，可改善锂离子在其中的扩散性能，这相当于在石墨外表面形成缓冲层，从而提高石墨材料的大电流充放电性能，还可以在表面形成致密的SEI膜，提高**首效、循环寿命**等。

差异性：不同厂家选用前驱体不同、加热程序不同，使得包覆层厚度、均匀度等也不同，从而**产品成本和性能**也会有所差异。

以紫宸为例，紫宸是首先应用包覆技术，工艺领先，厚度均匀，并应用到畅销产品G1的生产工艺中，可用于**高能量密度快充消费或者动力负极**，其他主流负极厂也都有掌握，但略逊于江西紫宸，低成本低端人造负极甚至不会用包覆碳化工序。

图表19. 包碳人造石墨首次循环性能和循环寿命大幅好于未包碳样品

样品	比表面积 m2/g	首周效率%	0. 2C可逆容量 mAh	3C可逆容量 (相对0. 2C)	循环300周 效率%
未包碳人造石墨	2. 47	92. 5	361. 7	89. 70%	80. 70%
实施例2	1. 12	94. 6	355. 2	98. 90%	94. 90%
实施例3	1. 34	93. 1	356. 3	97. 60%	95. 70%
实施例4	1. 09	94. 3	354. 7	98. 50%	94. 20%
实施例5	1. 23	93. 7	355. 6	97. 90%	95. 10%

掺杂改性。掺杂改性方法较灵活，掺杂元素多样，目前研究者们对该方法的研究比较活跃。非碳元素掺杂到石墨中可以改变石墨的电子状态，使其更容易得电子，从而进一步增加锂离子的嵌入量。例如将磷原子和硼原子成功地掺杂到石墨表面，并与之形成化学键，有助于形成致密的**SEI膜**，从来有效地提高了石墨的**循环寿命和倍率性能**。在石墨材料中掺杂不同元素，对其电化学性能有不同的优化效果。其中，添加同样具有储锂能力的元素(Si、Sn)对石墨负极材料比容量的提高作用显著。

差异性：不同厂家掺杂元素不同，产品性能差异很大，其中江西紫宸、贝特瑞和杉杉科技储备较多，掺杂改性对提高石墨的**特定性能**效果显著，是高端人造负极产品做出差异化的关键工序。

图表20. 掺杂前驱体的种类

编号		硬碳前驱体	硅前驱体	磷前驱体	前驱体混合方式
实施 例	1	酚醛树脂20g	纳米硅液2g	磷酸2g	液相混合
	2	酚醛树脂50g	纳米硅液5g	五氧化二磷10g	球磨
	3	环氧树脂30g	有机硅树脂2.5g	磷酸铵3g	液相混合
	4	糠醛树脂60g	硅酸5.5g	磷酸二氢铵6g	球磨
	5	聚氨乙烟20g	纳米硅液2g	磷酸2g	液相混合
	6	聚乙烯20g	纳米硅液5g	五氧化二磷10g	球磨
	7	聚苯烯30g	有机硅树脂2.5g	磷酸铵3g	液相混合
	8	聚乙醇60g	硅酸5.5g	磷酸二氢铵6g	球磨
对比 例	1	环氧树脂30g	纳米硅液5g		液相混合
	2	环氧树脂30g		磷酸3g	液相混合
	3	环氧树脂30g			

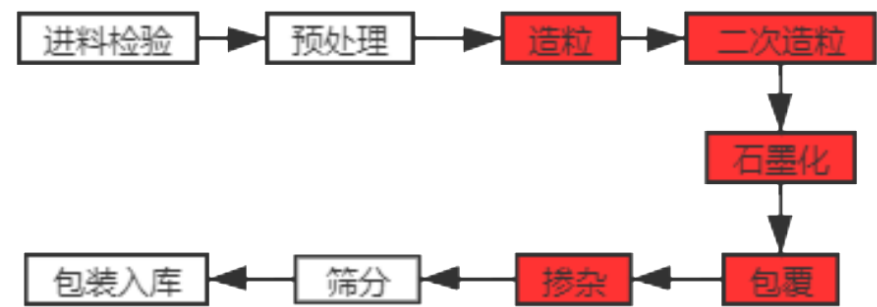
图表21. 掺杂后石墨的性能远好于未掺杂石墨

编号		首次放电比容量 mAh/g	首次不可逆容量 mAh/g	首次库伦效率%	100倍率放电100周后 容量mAh/g
实施 例	1	537.2	107.4	80	408.3
	2	542.5	103.1	80.9	421.8
	3	550.8	112.2	79.6	430.7
	4	537.6	112.9	80	404.6
	5	540.7	111.3	79.4	403.6
	6	545.4	109.8	79.9	407.1
	7	556.2	119.5	78.5	420.4
	8	538.1	120.3	77.6	399.8
对比 例	1	514.1	130.2	74.6	324.1
	2	470	124.3	70.4	220.3
	3	450.6	131.5	70.8	200.4

高端人造石墨生产流程多，各项指标互相克制，是一种平衡的艺术

高端人造石墨生产流程多。在指标众多且难以兼顾情况下，如大颗粒的压实密度好、克容量高，但倍率性能不好，小颗粒反之，负极制造商需要通过优化生产工艺，提高材料的整体、综合性能，是一种平衡的艺术！know-how的同时还得不断的试验，一点点提高单项性能指标，又由于每次试验得跟量产石墨化炉的批次一起进行，产量领先者可试验次数也多，积累的试验次数和成果也多，头部效应越来越明显，对新进入者也是一种壁垒。

图表22. 高品质人造石墨流程



图表23. 各环节对性能的影响表格

	性能	技术壁垒	成本
原材料	比容量、循环寿命、倍率性、压实密度等	中等	较高
预处理	膨胀系数	较低	较低
造粒	比容量、循环寿命、倍率性、压实密度等	中等	中等
二次造粒	膨胀系数、倍率性	较高	中等
石墨化	比容量、一致性、电导率	较低	最高
包覆	首效、循环寿命	较高	中等
掺杂	比容量、循环寿命、倍率性	较高	中等
筛分	压实密度、倍率性	较低	较低

江西紫宸引领了人造石墨工艺进步，如二次造粒、包覆碳化等，因此产品性能指标也好于同行，并带动了国内高端人造负极的快速发展。

图表24. 各公司人造石墨产品性能

公司	璞泰来		东莞凯金		贝特瑞		杉杉科技		翔丰华		星城石墨	
产品牌号	F32	ET	YL101	AML410	S360-L2-H	BFC-18	FSN-1	EV7	SG345	HSG	HAG2-S1	MD-3
特点	更高的质量比容量，更优异的动力学性能	克容量高、循环寿命长、快充性能好	高容量、高压实、循环性能优异	高倍率、高性价比、循环性能优异	针状焦人造石墨，一次颗粒与二次颗粒复合；高能量密度	球形化，提升倍率、循环性能；新型二次造粒技术，提升倍率，循环性能；纳米造孔技术	FSN-1综合性能优异，2006年量产，畅销12年	EV7高容量高压实高能量密度，适用于快充与低温充电体系	长寿命、高低温性能好、安全性能好、综合性能优异	低反弹、高容量、高压实、循环性能优异	粒度分布均一；循环性能，倍率性能，安全性能好；	人造石墨原材料经超高温处理后球化分级而得，特别适应高容量锂电池使用
粒径D50 (um)	12.7	14	15	11	14.879	17.055	15.0±2.0	16.0±2.0	13-18	14-18	21	16
首次放电容量 (mAh/g)	359.7	364.9	355	335	356.9	357.3	≥340	≥355	340	345	345	362
首次库仑效率 (%)	94.5	94.1			95.5	94.8	≥92.0	≥92.0				

低高端产品的价格相差了三到四倍。因为性能指标多，负极的型号很多，且不同应用场景对负极的需求不同，比如用于北方的动力电池需要好的低温性能，而消费类电池就没有这方面的需求；另一方面是负极需要与正极材料和电解液相匹配，才能实现锂电池整体性能的提升，也就是其“定制化”的属性比较强，且性能和工序高度相关，好的性能需要多的工序实现，成本也高，所以负极的价格分布也非常的宽。

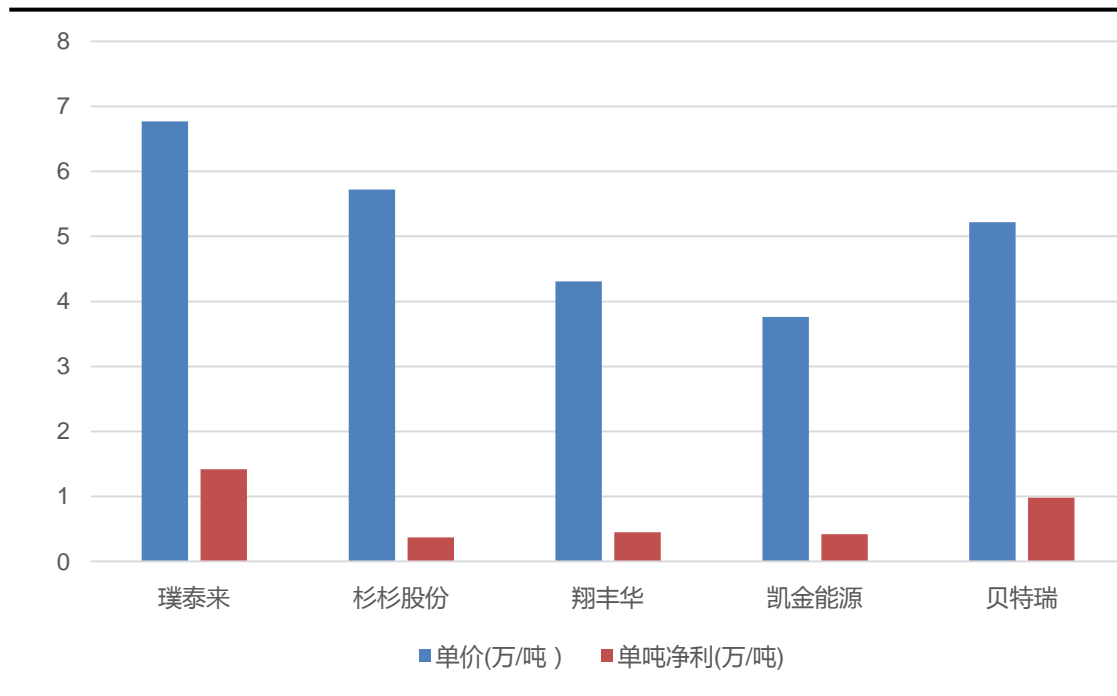
以星城石墨为例，它共拥有5个人造石墨型号，其中最低端的只有1.88万元每吨，高端的接近6万元每吨。

图表25. 星城石墨5款人造石墨的价格及性能指标

产品名称	主要用途	产品档次	2016年价格 (元/吨)	性能指标经典值				
				比容量 (mAh/g)	首次效率 (%)	中位径 (um)	比表面积 (cm2/g)	振实密度 (g/cm3)
CGM	储能、低速电动汽车	低端	21706.15	335	91	22	5.5	0.81
HAG	储能、低速电动汽车	低端	18849.55	320	90	23	4.5	1.03
MBG	储能、电动汽车、消费类电子	中端	37682.33	353	94	15	1.8	0.96
PSG	储能、电动汽车、消费类电子	中端	35231.94	340	94	14	1.5	1.14
HCG	电动汽车、消费类电子	高端	58277.99	360	94	12	1.5	1.14

人造石墨高端产品的单价和盈利能力无疑远高于中低端产品。以4家人造石墨为主营业务的公司璞泰来、杉杉股份、翔丰华和凯金能源为例，璞泰来单吨价格（6.77万/吨）和单吨盈利（1.42万/吨）远高于杉杉股份、翔丰华以及凯金能源。贝特瑞因天然石墨占比高，且有天然石墨原料鳞片石墨矿，成本低，盈利参考意义不大。

图表26. 主流负极厂家负极单价和单吨净利





四大材料负极格局最好



人造石墨负极工艺拆解



人造石墨负极展望

人造石墨负极循环性能好，能量密度高，在高端消费电池领域和动力电池领域应用场景较好，2016-2019年人造石墨负极在动力和消费电池中的渗透率逐年提升。随着新能源汽车行业的发展和人造石墨在锂电池中渗透率的提升，预计2020-2022年人造石墨的全球需求增速将逐年提升。

图表27. 人造石墨全球市场空间测算

全球锂电池测算	2016	2017	2018	2019	2020E	2021E	2022E
动力 (Gwh)	42.9	63.4	99.2	145.2	182.3	282.1	410.6
人造石墨占比	61%	69%	74%	78%	84%	88%	88%
消费 (Gwh)	64.5	70.0	68.0	72.1	79.3	87.2	95.9
人造石墨占比	30%	35%	45%	50%	55%	60%	65%
储能 (Gwh)	9.2	10.8	15.4	22.9	35.2	53.5	78.8
人造石墨占比	30%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
每Gwh负极用量(万吨)	0.135	0.130	0.125	0.120	0.120	0.115	0.110
全球人造石墨需求(万吨)	15.7	18.7	22.8	28.8	36.5	49.7	61.4
同比		19.1%	21.7%	26.2%	26.7%	36.2%	32.1%
人造石墨均价(万元/吨)	6.0	5.6	6.0	5.3	4.6	4.3	4.2
人造石墨市场空间(亿)	94.8	104.3	137.6	153.0	167.9	213.7	255.3
同比		10.0%	32.0%	11.1%	9.7%	27.5%	28.6%

对比17年和19年主要消费锂电大厂的供应链，五家大厂可以分为两个阵营，三星、LG都是以天然石墨为主的消费电芯厂，而索尼、松下和 ATL则是以人造石墨为主的，过去三年这一点没有发生变化，LG、索尼的人造/天然石墨采购比例基本没有变，三星、ATL均适度加大了人造石墨的采购比例，是因为随着紫宸率先导入二次造粒、包覆等工艺，膨胀系数、压实密度和容量，性能大幅好于天然石墨和传统工艺人造石墨，且大幅领先于竞争对手，包括日企，而消费电子特别是小软包电池对负极性能要求最高，因此率先大幅导入，并占领市场大部分份额。松下由于特斯拉model 3 所用21700圆柱负极中天然石墨占比高，因此其天然石墨占比在提升。还可以看到，进入消费电池海外供应链的，只有贝特瑞、杉杉股份和江西紫宸(璞泰来)。

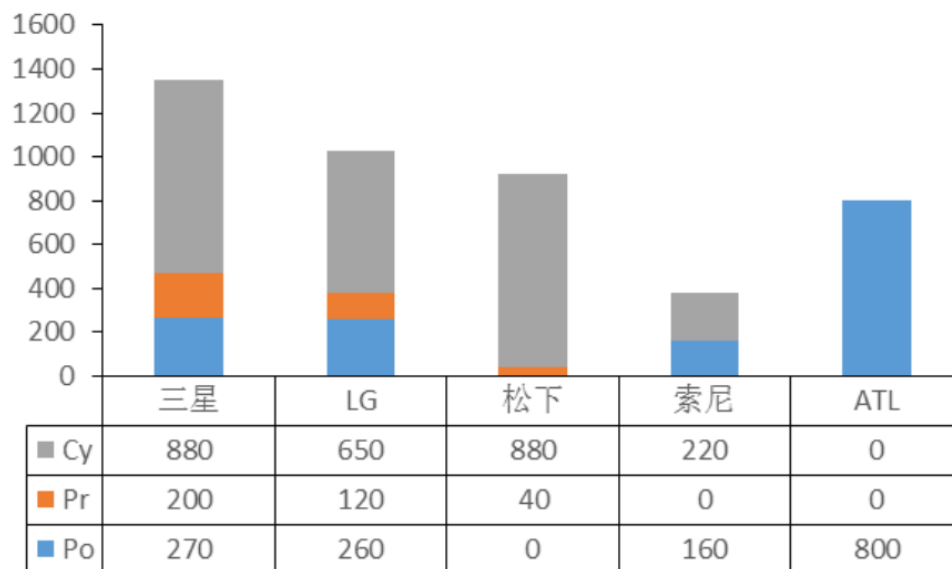
图表28. 2017、2019年主要消费锂电厂商的供应链

		三星	LG	松下	索尼	ATL
2017年	天然石墨	60%	70%	22%	20%	10%
	供应商	贝特瑞	贝特瑞/三菱化学	日立化成/贝特瑞	贝特瑞	贝特瑞
	人造石墨	40%	30%	78%	80%	90%
	供应商	日立化成/杉杉/紫宸	日立化成/紫宸	日立化成	贝特瑞/JFE化学	紫宸/杉杉
2019年	天然石墨	55%	70%	40%	20%	
	供应商	贝特瑞	贝特瑞/三菱化学	日立化成/贝特瑞	贝特瑞	
	人造石墨	45%	30%	60%	80%	100%
	供应商	日立化成/杉杉/紫宸	日立化成/紫宸	日立化成/贝特瑞	贝特瑞/JFE化学	紫宸/杉杉

消费软包电池负极以人造石墨为主，圆柱电池以天然石墨为主

那么为什么三星、LG以天然石墨为主，而索尼和ATL则选择了人造石墨呢？这与其电池的封装类型有关，三星、LG的出货结构中，圆柱电池占绝对的主力；索尼和ATL则是以软包电池为主。圆柱电池的特点是钢壳封装，即使负极发生了膨胀，也顶不破钢壳，因此喜欢价格便宜的天然石墨；软包电池则是较软的铝塑膜封装，如果使用天然石墨，第一膨胀会比较大，第二与电解液的相容性不好，容易产气，导致铝塑膜破裂，所以软包电池大部分是使用人造石墨。三星、LG近年来加大了人造石墨的用量，也是因为其出货结构中软包电池的比重在变大。

图表29. 韩国企业以圆柱电池为主



再来看17年和19年主要动力电池大厂的采购比例，我们列出5家企业：三星、LG、AESC、CATL和比亚迪：（松下的动力和消费是合并统计的，因为用的都是18650和21700圆柱电池，参照上表），和消费不同，日韩的动力大厂，除了松下外，绝大部分还是以天然石墨为主的。只有LG在2019年采购一部分璞泰来、日立化成和杉杉的人造石墨，三星采购少量贝特瑞的人造负极，AESC还是100%的天然石墨，这是因为韩国企业对电池体系理解比较好，电解液配方能力强，天然石墨形成的SEI质量好，使得低成本的天然石墨，循环寿命也够用，但随着动力对膨胀性能和快充性能要求越来越高，韩国企业负极从天然石墨切换到人造石墨将加快，如LG在加快导入人造石墨，因其是大软包电池，对膨胀系数要求非常高。

图表30. 2017、2019年主要动力电池厂商采购比例

		AESC	三星	LG	比亚迪	CATL
2017年	天然石墨	100%	100%	80%	50%	100%
	供应商	日立化成	三菱化学/贝特瑞	三菱化学/贝特瑞	贝特瑞	紫宸/杉杉
	人造石墨			20%	50	
	供应商			日立化成	翔丰华/星城石墨	
2019年	天然石墨	100%	98%	50%	30%	
	供应商	日立化成	三菱化学/贝特瑞	三菱化学/贝特瑞	贝特瑞/翔丰华	
	人造石墨		2%	50%	70%	100%
	供应商		贝特瑞	日立化成/璞泰来/杉杉	星城石墨/翔丰华/贝特瑞	凯金/紫宸/杉杉/星城石墨/尚泰

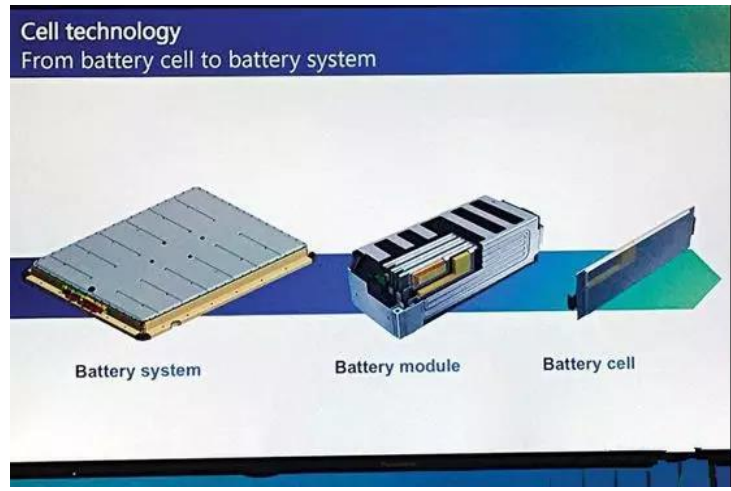
高端消费和动力电池由人造石墨主导，低端由天然石墨主导。

我们认为高端消费和动力电池负极都由人造石墨主导，低端由天然石墨主导：

消费市场方面，软包和快充圆柱电池的渗透率预计还将继续提升，有利于人造石墨提升渗透率。历史上来看，2010年到2017年，软包电池的渗透率都是在提升的，而方形电池则显著下降，圆柱电池的增量主要是来自于特斯拉，这部分用的人造石墨和天然石墨混合。

动力市场方面，由于人造石墨在长循环寿命和快速充放电两方面的优势，预计海外日韩动力电池企业也将从天然石墨逐渐转向人造石墨，且由于LG用的是软包技术路线，模组变大带来的电芯尺寸变厚变长，对膨胀系数要求更高，将会快速从天然石墨切换到人造石墨。例如，LG化学在ZOE中将人造石墨的用量提高到了50%，而大众MEB平台590模组，将以人造石墨为主。而国内，高镍三元还是配套人造负极，而预计随着磷酸铁锂渗透率提升，且国内电池厂对材料理解进一步加深，天然石墨渗透率会提升。

图表31. 大众MEB平台模组，LG单体电池长



图表32. 天然石墨与磷酸铁锂在体系上互补

	正极：磷酸铁锂	负极：天然石墨
比能量密度	较低	较高
高温性能	较好	较差
低温性能	较差	较好
成本	低	低

国内负极公司已形成三大三小格局

我们在2018年的报告概括负极行业格局时提出“三大五小”，随着行业格局变化，现可概括为“三大三小”，第一梯队是天然石墨龙头贝特瑞和人造石墨龙头上海杉杉科技和高端人造负极龙头江西紫宸，目前人造石墨市场已呈现出杉杉和紫宸双寡头的格局，而贝特瑞凭借优质的客户，人造石墨也在奋起直追的第一梯队格局，这3家企业2019年负极总出货量均在4万吨以上。三小分别是星城石墨、东莞凯金、翔丰华，这3家企业去年的出货量均在1万吨以上，其中东莞凯金虽然出货量已排前三，但由于单一大客户占比高，产品低端，还是归到第二梯队。

图表33. 2018、2019年各公司负极材料出货量

公司名称	2018年			2019年		
	人造石墨	天然石墨	总量	人造石墨	天然石墨	总量
贝特瑞	12000	24000	36000	23500	31100	54600
江西紫宸	32500	0	32500	46500	42100	46500
杉杉科技	23800	6700	30500	42100	3000	45100
东莞凯金	25100	1150	26250	44100	900	45000
翔丰华	8200	2800	11000	10100	3750	13850
中科星城	8300	2500	10800	10200	2650	12850
石家庄尚太	0	0	0	9000	0	9000
江西正拓	4800	3200	8000	5100	2450	7550
深圳金润	2870	630	3500	4650	1300	5950
深圳斯诺	7000	0	7000	5430	0	5430
其他	8500	5020	13520	8750	4000	12750
总计	133070	45730	178800	208030	49150	257180

目前，主流的负极企业均已经和各大电芯龙头形成了绑定关系，如比亚迪和翔丰华/星城石墨，江西紫宸/上海杉杉/凯金能源和ATL/CATL等。

从供应链角度看，得海外者得天下，因为海外电池厂LG、松下和三星在全球动力电池份额占比高，量大，验证周期长，对产品性能要求高，价格和利润相对国内供应链高。而从负极全球格局来看，在日本企业逐渐式微下，海外市场足够大，能容的下三家一线企业，看好高端人造负极龙头璞泰来和天然石墨及硅碳负极龙头中国宝安(贝特瑞)；而二线三小公司里，我们建议关注中科电气(星城石墨)，因为其已导入SK，实现批量供货，证明了公司具备高端人造负极生产能力。

图表34. 七大负极企业2016年的天然、人造石墨产量及主要客户

负极企业	天然石墨 产量(吨)	人造石墨 产量(吨)	主要客户	核心客户
贝特瑞	36400	23500	三星、LG、松下、索尼、ATL、SK、力神、比亚迪、国轩高科	三星、LG、松下
杉杉科技	4400	40700	LG、三星、SONY、ATL、力神电池、比克电池、比亚迪、哈光宇	LG、三星、ATL
江西紫宸	46500	0	ATL、三星、LG、CATL、珠海光宇、中航锂电	ATL、LG、三星
星城石墨	2650	10200	比亚迪、CATL、星恒电源、SK	比亚迪、CATL、SK
东莞凯金	900	44100	CATL、江苏天鹏、芜湖天弋、力神、鹏辉能源	CATL
翔丰华	3750	10100	比亚迪、鹏辉、卓能电池	比亚迪

璞泰来(603659.SH)：高端消费负极龙头降维打击，降本增量拐点明确

新增产能即将释放。公司作为人造石墨负极龙头，产品以人造石墨为主，主要是用于高端消费电子用负极和动力快充类负极，产19Q1产品均价近6.47万/吨，远高于同行。随着子公司江西/溧阳紫宸募投项目顺利投产，2020年公司将拥有年产8万吨的负极材料生产能力，打破产能限制。

高端客户订单充足，降维打击，产能释放无忧。负极材料主要客户包括ATL、LGC、SDI、CATL等，其中得益于单机带电量和出货量有望增长，将拉到手机端高端负极需求。公司在高端人造石墨工艺储备多，产品性能好，叠加欧洲新能源汽车出货量大增拉动高端快充动力负极需求量，公司深度绑定了行业龙头，特别是LGC订单指引增长300%以上，是LGC产业链第一受益标的，预计2020年全年出货量有望达到7.5万吨，出货量约同比增长50%。

石墨化等降本产能释放改善负极成本。公司通过参股振兴炭材保证原材料针状焦的供应，并控股内蒙兴丰，自建10万吨石墨化项目，其中2万吨产能已于2019年6月投产，将大幅降低成本。且随着原材料针状焦的价格持续回落，成本下降明显。虽然部分成本下降要往下游电芯厂转移，产品价格下降，但得益于公司石墨化投产领先于主要竞争对手，预计单吨净利能保持平稳。

盈利预测：基于公司高端负极业务销量高增，成本持续下降，其他业务有序发展，即将迎来盈利能力拐点，预计公司2019-2021年将分别实现归母净利润9.07、12.11和15.40亿，对应PE37、28和22倍。

风险提示：

行业竞争加剧，原材料价格波动，新能源汽车出货量不及预期。

中国宝安 (000009.SZ)：负极全球龙头，硅碳负极国内第一，并导入特斯拉

全球负极龙头企业。子公司贝特瑞是国内较早做负极的企业，研发实力强，自2010年起一直稳居全球第一。公司拥有优质的海外客户，海外客户出货占比接近7成，且都是主供，未来几年出货量预计维持稳定增长，预计19/20年出货量分别为6万吨/7万吨。同时聚焦人造石墨，目前已是松下的主供，并顺利导入三星、SK、宁德时代和比亚迪，预计19/20出货量分别为2.5万吨/4.5万吨。

硅碳负极国内第一。公司硅碳负极国内第一，唯一一家实现规模出货的公司，2019年出货量近3000吨，主要客户包括松下，并间接导入特斯拉，份额超过一半。公司硅碳负极技术领先，已开发到第四代，如硅碳负极加快渗透，将显著受益。

多元股权投资，控股贝特瑞和马应龙。公司投资控股多家公司，贝特瑞和马应龙每年给公司带来稳定盈利。除此之外还持有国际精密、芳源环保、友诚科技、中国风投等多家上市和非上市公司股权，除贝特瑞外其他股权投资价值约52亿元。

盈利预测：中国宝安子公司贝特瑞是负极和正极双龙头。过去两年负极出货量复合增速约35%，利润复合增速45%，单吨净利贝特瑞约0.9万元，较为稳定，在行业中仅低于璞泰来，预计2020年出货量达8.5万吨，净利润约8亿，参考可比公司璞泰来45倍估值(单吨净利约1万元)，给予贝特瑞负极40倍PE，即320亿元估值。正极材料参考可比公司德方纳米和当升科技，给予80亿元估值。公司持有股权投资价值可与公司其他业务亏损相抵，持股贝特瑞75%估值300亿元，即中国宝安合理市值300亿元以上。

风险提示：

新能源汽车销量不及预期，产品价格大幅下跌，在建项目进度不及预期

中科电气 (000009.SZ)：切入锂电负极成功，产能逐步释放

磁电装备龙头，切入锂电负极材料。公司传统业务电磁冶金专用设备是国内龙头，市占率超过60%。2017年公司收购星城石墨，切入锂电负极材料领域，2018年收购格瑞特，覆盖上游石墨化产业链。

配套头部电池厂，客户结构较好。公司不断突破下游客户渠道，目前配套比亚迪、CATL、SKI等主流电池厂。优质的下游客户结构凸显公司在全球范围的竞争力。

负极产能释放释放，成本有望降低。公司2019年募资5.3亿扩产格瑞特1.5万吨负极材料、1万吨石墨化产能，并参股石墨化加工企业集能新材料37.5%股权，增加石墨化布局。2020年产能将迎来释放期，预计年底公司将控股4-5万吨负极材料、2万吨石墨化产能，并参股1.5万吨石墨化产能。石墨化自给率的不断提升有助于减少原材料价格波动，上下游一体的产业协同效应有望使得公司成本进一步降低。

盈利预测：公司客户结构较好，配套下游动力电池头部企业，2020年公司募资项目有望提升公司石墨负极产能，盈利拐点将至，根据万德一致性预期，预计公司2020-2022年将分别实现归母净利润2.12、2.77和3.29亿，对应PE22、17和14倍。

风险提示：

在建项目进度不及预期、客户集中风险、产品价格大跌

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，保证报告所采用的数据和信息均来自公开合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法存在局限性。特此声明。

免责声明

本研究报告由方正证券制作及在中国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。本研究报告仅供方正证券的客户使用，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。

在任何情况下，本报告的内容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，方正证券不对任何人因使用本报告所载任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告版权仅为方正证券所有，本公司对本报告保留一切法律权利。未经本公司事先书面授权，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。如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处且不得进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

公司投资评级的说明

强烈推荐：分析师预测未来半年公司股价有20%以上的涨幅；

推荐：分析师预测未来半年公司股价有10%以上的涨幅；

中性：分析师预测未来半年公司股价在-10%和10%之间波动；

减持：分析师预测未来半年公司股价有10%以上的跌幅。

行业投资评级的说明

推荐：分析师预测未来半年行业表现强于沪深300指数；

中性：分析师预测未来半年行业表现与沪深300指数持平；

减持：分析师预测未来半年行业表现弱于沪深300指数。

专注 专心 专业

联系人：申建国 邮箱：shenjianguo@foundersc.com



方正证券研究所

北京市西城区展览路48号新联写字楼6层

上海市浦东新区新上海国际大厦33层

广东省深圳市福田区竹子林四路紫竹七路18号光大银行大厦31楼

湖南省长沙市天心区湘江中路二段36号华远国际中心37层