

石墨烯行业：应用前景广阔的烯望材料

2019年05月07日

看好	/	维持
基础化工		深度报告

研究员	刘宇卓	电话：010-66554030	邮箱 liuyuzhuo@dxzq.net.cn	执业证书编号：S1480516110002
研究员	张明烨	电话：0755-82832017	邮箱 zhang_my@dxzq.net.cn	执业证书编号：S1480516120002
研究助理	罗四维	电话：010-66554047	邮箱 luosw@dxzq.net.cn	
研究助理	洪翀	电话：010-66554012	邮箱 hongchong@dxzq.net.cn	
研究助理	徐昆仑	电话：010-66554050	邮箱 xukl@dxzq.net.cn	

投资摘要：

石墨烯是二十一世纪新材料，功能强大。

石墨烯是从石墨材料中剥离出来，由碳原子组成的只有一层原子厚度的二维晶体。石墨烯因其特殊的结构，具有突出的力学性能，电磁性能，热学性能，透光率和渗透率，引起科学界巨大兴趣，成为材料科学研究热点，在许多领域都有应用前景。

石墨烯研究热潮席卷全球，我国研究处于领先地位。

全球石墨烯相关专利和知识产权的申请数量逐年递增，相关技术正在由成长阶段向技术成熟阶段过渡，中国石墨烯专利数量和相关研究位于世界前列。为推进石墨烯产业化进程，政府推出许多利好政策，石墨烯成为“十三五”新材料规划的重点。

石墨烯产业化正在积极推进。

目前，石墨烯的主要制备方法中最常采用的是氧化还原法和化学气相沉积法。我国石墨烯的上游资源石墨储量丰富，有利于我国石墨烯产业化的推进。国家在全国各地建立了多个石墨烯产业园和石墨烯联盟，同时，国内各种石墨烯优秀企业也不断涌现，虽然高端产品因成本，技术问题短时间难以得到大面积的突破，但是一些低端产品已经在一些公司得到了商业化生产。

石墨烯下游应用领域广泛，未来市场空间大。

随着石墨烯研究的发展和技术的进步，未来石墨烯的下游应用将会逐步扩大。现在，石墨烯的下游应用领域主要分为石墨烯粉体和石墨烯薄膜，前者的主要应用有石墨烯超级电容器，石墨烯复合材料，石墨烯锂电池等，后者则主要应用于柔性屏，传感器等方面。

风险提示

石墨烯技术进步不及预期，石墨烯产品需求不及预期。

标的公司推荐。

代码	公司名称	细分产业	产业位置	市值（亿人民币或亿美元）	PE	评级
601011.SH	宝泰隆	煤炭	中下游	106.16 亿元	29.52	-
000413.SZ	东旭光电	电子元件及设备	中下游	346.71 亿元	16.29	-
002092.SZ	中泰化学	化工原料	中下游	191.03 亿元	8.72	-
600516.SH	方大炭素	非金属矿物制品业	上游	379.19 亿元	8.60	强烈推荐

资料来源：东兴证券研究所、wind

目录

1. 石墨烯	4
1.1 石墨烯简介	4
1.2 石墨烯特性	4
2. 石墨烯研究现状	5
2.1 石墨烯全球研究现状	5
2.2 国内石墨烯研究近况	6
3. 石墨烯产业化	7
3.1 石墨烯的制备	7
3.2 石墨烯上游-石墨	8
3.3 石墨烯产业化	9
4. 石墨烯粉体下游应用	10
4.1 石墨烯超级电容器	10
4.1.1 石墨烯超级电容器介绍	10
4.1.2 下游稳步增长带动石墨烯超级电容器市场发展	11
4.2 石墨烯复合材料种类多样，市场空间广阔	13
4.2.1 防腐涂料	13
4.2.2 导电油墨	13
4.2.3 散热涂料	14
4.3 石墨烯锂电池	14
4.3.1 石墨烯在负极材料中的应用	14
4.3.2 石墨烯在正极材料中的应用	15
4.3.3 石墨烯作为导电剂	15
5. 石墨烯薄膜下游应用	15
5.1 柔性屏	15
5.2 传感器	17
6. 标的公司介绍	17
6.1 宝泰隆（601011.SH）	17
6.2 东旭光电（000413.SZ）	18
6.3 中泰化学（002092.SZ）	18
6.4 方大炭素（600516.SH）	18
6.5 第六元素（831190.OC）	18
6.6 二维碳素（833608.OC）	19
7. 风险提示	19

表格目录

表 1：石墨烯的优异性能总结	4
-----------------------------	----------

表 2: 世界各国主要石墨烯政策汇总.....	5
表 3: 石墨烯技术专利最早优先国家.....	6
表 4: 石墨烯技术专利最早优先国家.....	7
表 5: 石墨烯制备方法对比.....	8
表 6: 各公司石墨烯产能对比.....	9
表 7: 超级电容器各种电极材料性能比较.....	10
表 8: 不同电容器之间的性能对比.....	11
表 9: 超级电容器细分产品规模及预测.....	12
表 10: 石墨烯超级电容器市场规模预测.....	13
表 11: 锂电池负极材料对比.....	14
表 12: 石墨烯导电剂与传统导电剂比较.....	15
表 13: 不同透明导电膜对比.....	16

插图目录

图 1: 全球石墨烯专利申请数量.....	5
图 2: 石墨烯专利技术生命周期图.....	5
图 3: 石墨烯相关文献数量.....	6
图 4: 全球天然石墨探明可开采储量占比.....	8
图 5: 中国天然石墨产量.....	8
图 6: 石墨烯市场规模预测 (亿元).....	9
图 7: 石墨烯产业链全景图.....	10
图 8: 全球超级电容器市场规模 (亿美元).....	12
图 9: 中国超级电容器市场规模及预测 (亿元).....	12
图 10: 中国新能源汽车产量.....	12
图 11: 中国涂料产量.....	13
图 12: 重防腐涂料产量规模.....	13
图 13: 全球柔性显示市场规模预测 (十亿美元).....	16
图 14: 中国石墨烯薄膜市场规模预测 (亿元).....	16
图 15: 中国可穿戴设备市场规模预测 (亿元).....	16

1. 石墨烯

1.1 石墨烯简介

石墨烯（Graphene）是从石墨材料中剥离出来，由碳原子组成的只有一层原子厚度的二维晶体。石墨烯狭义上指单层石墨，厚度为 0.335nm，仅有一层碳原子。但实际上，10 层以内的石墨结构也可称作石墨烯，而 10 层以上的则被称为石墨薄膜。单层石墨烯是指只有一个碳原子层厚度的石墨，碳原子-碳原子之间依靠共价键相连接而形成蜂窝状结构。完美的石墨烯具有理想的二维晶体结构，由六边形晶格组成。

1.2 石墨烯特性

石墨烯因为其特殊的结构，具有很多突出的性能，引起科学界巨大兴趣，成为材料科学研究热点。

- ◆ 力学性能。石墨烯是目前已知的世界上最薄的材料（0.34nm），也是有史以来被证实的最结实的材料，强度可达 130GPa，约为世界上最好的钢材的 100 多倍，且杨氏模量达 1.054-1.060TPa。它具有极好的弹性，可被拉伸至自身尺寸的 120%，如果用石墨烯制成包装袋，虽然质量极轻，但它将能承受大约 2t 的物品。石墨烯的硬度比莫氏硬度 10 级的金刚石还要高，却具有很好的韧性（可弯曲性），迄今很少有材料能够同时具备这两种性质。
- ◆ 电磁性能。电子在石墨烯中传输的阻力很小，在亚微米距离移动时没有散射，具有很好的电子传输性质，其中电子的运动速度达到了光速的 1/300，远远超过了电子在一般导体中的运动速度。最新的研究表明，石墨烯具有 10 倍于商用硅片的高载流子迁移率（ $15000\text{cm}^2\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ），也是目前已知的具有最高迁移率的铋化铟材料的 2 倍，因此有预言称，石墨烯将成为硅的替代品，从而改变人类的生活。除此之外，石墨烯还具有室温量子霍尔效应及室温铁磁性等特殊性质。
- ◆ 热学性能。石墨烯具有极强的导热性能，单层石墨烯的热导率可达 5000 W/m·K，是室温下纯金刚石的 3 倍，金属铜的 12 倍。
- ◆ 石墨烯还具有优良的透光性能，光子透过率高 97.4%，其理论比表面积高达 $2630\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ 。

表 1：石墨烯的优异性能总结

性能	特点	备注	应用
力学性能	极高的断裂强度	42N/m（钢的 200 倍）	机械结构
	高柔性	弯折不影响优异的性能	柔性材料、曲屏、可穿戴设备
电磁性能	最高的电子迁移率	$200000\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ （硅的 100 倍）	芯片、集成电路、导电剂、传感器、锂电池
	最好的导电体	电阻率 $10\text{-}6\Omega\cdot\text{cm}$	超级电容、储能元件
热学性能	或最高的比表面积	$2630\text{m}^2/\text{g}$	传感器、催化载体、超级电容
	最好的导热体	导热率 $5300\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ （优于金刚石）	散热元件、导热元件
透光性	或优异的单层吸光率	2.3%	透明导电薄膜
渗透率	碳六元环结构，高致密	He 无法穿透；孔隙可修饰	滤膜、海水淡化、防腐涂料

资料来源：知网，东兴证券研究所

2. 石墨烯研究现状

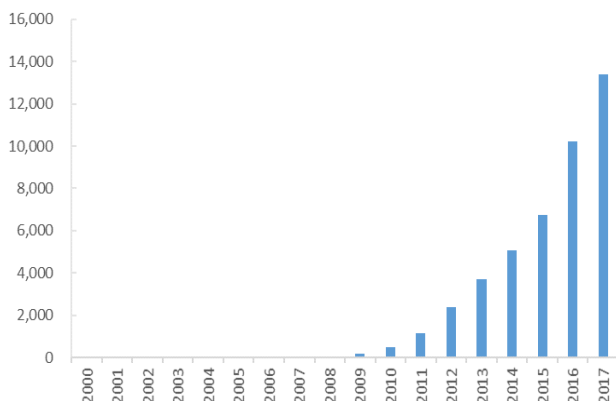
2.1 石墨烯全球研究现状

自 2010 年英国曼彻斯特大学物理学家安德烈·盖姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫，用微机械剥离法成功从石墨中分离出石墨烯，并共同获得 2010 年诺贝尔物理学奖之后，在全球范围内掀起了石墨烯研究开发以及产业促进的热潮。

石墨烯相关专利和知识产权的申请数量逐年递增。根据数据统计，石墨烯相关专利最早出现在 1994 年，随着研究的深入和诺贝尔奖的获得，2010 年之后迎来了喷井式的爆发，2010 年全球相关专利数量达到了 480 篇，2017 年已经增长到了 13371 篇，增长了 20 余倍，反映出石墨烯在近几年成为了研究的热点。

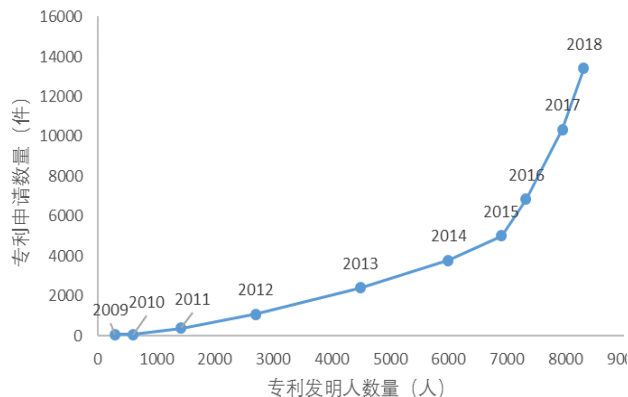
通过石墨烯技术生命周期图可以看出，2008 年之前石墨烯相关专利技术还处于萌芽阶段，2010 年之后，每年都有大量的新增的发明人进入相关研究，新的技术不断出现，石墨烯技术进入快速成长阶段。2017 年开始，增长率有所下降，说明石墨烯相关技术正在由成长阶段向技术成熟阶段过渡。

图 1：全球石墨烯专利申请数量



资料来源：WIND，东兴证券研究所

图 2：石墨烯专利技术生命周期图



资料来源：石墨烯产业联盟，东兴证券研究所

表 2：世界各国主要石墨烯政策汇总

国家	时间	相关战略
美国	2000-2001	美国国家自然科学基金会 (NSF) 关于石墨烯的资助项目达 200 多项
	2008	美国国防部高级研究计划署 (DARPA) 投资 2200 万美元研发超高速和低耗能石墨烯晶体管
	2014	国家自然科学基金和美国空军科研办公室投入 1.87 亿元对石墨烯及相关的二维材料开展基础研究
欧盟	2013	选定石墨烯项目作为“未来和新兴技术旗舰项目”，计划 10 年投入 73.6 亿元，以期实现石墨烯在复合材料、(光)电子产品、储能及健康领域的远景应用目标。
英国	2011	投入 6.25 亿元支持石墨烯研究，包括建立国家石墨烯研究院
	2014	英国政府联合马斯达尔公司宣布继续投资 5.25 亿元在曼彻斯特大学成立石墨烯工程创新中心

心，作为国家石墨烯研究院的补充

韩国		将在 2018 年前像石墨烯领域投资 16.8 亿元助力石墨烯技术开发及商业化应用研究。
日本	2011	经济产业省实施的“低碳社会实现之超轻、高轻度创新融合材料”项目，重点支持了碳纳米管和石墨烯的批量合成技术
	2012	日立，索尼，东芝等企业投入大量资金和人力从事石墨烯的基础研究以及应用开发。

资料来源：知网，东兴证券研究所

2.2 国内石墨烯研究近况

我国作为石墨烯专利技术的早优先权国，在所有技术原创国之中处于首位，并且大幅度领先于其他国家，占据了较高的份额，而韩国，美国，日本作为其他主要技术的原创国家，紧随其后，但是从数量上看，依旧有明显的差距。

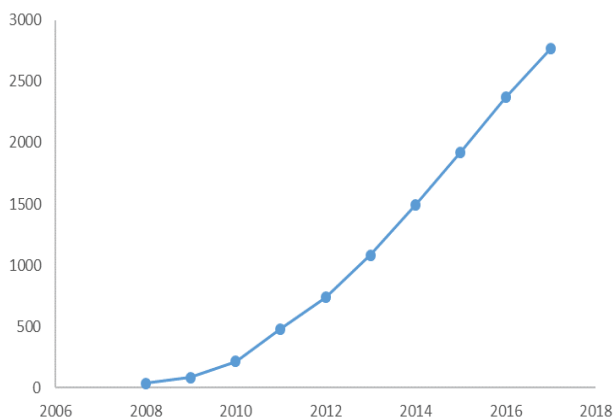
从知网数据也可以看出，石墨烯中文相关文献数量从 2010 年开始了快速增长，石墨烯的学术关注度大幅度提升，掀起了研究的热潮。

表 3：石墨烯技术专利最早优先国家

国家	专利申请数量	国家	专利申请数量
中国	35570	欧专局	527
韩国	6587	英国	328
美国	5187	德国	325
日本	1660	法国	169
WO	889	俄罗斯	141
加拿大	527	其他	1064

资料来源：石墨烯产业联盟，东兴证券研究所

图 3：石墨烯相关文献数量



资料来源：知网，东兴证券研究所

石墨烯在我国的发展迅猛，离不开国家政策的引导。从 2012 年的新材料产业“十二五”发展规划起，国家逐渐开始不断通过各种利好政策，推动石墨烯的产业化进程，而最近的新材料“十三五”规划也将石墨烯作为先导性产业。

我国首个石墨烯国家标准 GB/T30544.13-2018：《纳米科技术语第 13 部分：石墨烯及相关二维材料》正式发布，将于 2019 年 11 月 1 日开始实施。据悉，江苏泰州巨

纳新能源有限公司及其技术专家分别为该标准的第一起草单位及第一起草人。石墨烯国标的出台，对于行业的规范有重要意义，也说明国家正在通过政策进行引导，最为一个良好的开端，可以吸引更对的专业人才进入石墨烯的研究，有利于石墨烯产业链的拓展。

表 4：石墨烯技术专利最早优先国家

时间	政策	内容
2012 年 1 月	《新材料产业“十二五”发展规划》	将前沿新材料作为发展重点，并强调加强纳米技术研究，重点突破纳米材料及制品的制备与应用关键技术，积极开发纳米粉体、纳米碳管、富勒烯、石墨烯等材料。
2014 年 11 月	《关键材料升级换代工程实施方案》	到 2016 年，推动新一代信息技术、节能环保、海洋工程和先进轨道交通装备等产业发展急需的石墨烯等 20 种左右重点新材料实现批量稳定生产和规模应用。
2015 年 2 月	《关于印发 2015 年原材料工业转型发展工作要点的通知》	制定石墨烯等专项行动计划，组建碳纤维、石墨烯、稀土等新材料产业联合创新中心，重点突破共性技术、专用装备、高端品种等制约。
2015 年 10 月	《中国制造 2025》	明确了石墨烯在战略前沿材料中的关键地位，强调其战略布局和研制，努力实现石墨烯产业“2020 年形成百亿产业规模，2025 年整体产业规模破千亿”的发展目标。
2015 年 11 月	《关于加快石墨烯产业创新发展的若干意见》	到 2018 年，石墨烯材料制备、应用开发、终端应用等关键环节良性互动的产业体系基本建立；到 2020 年，形成完善的石墨烯产业体系，实现石墨烯材料标准化、系列化和低成本化。
2016 年 2 月	《关于加快新材料产业创新发展的指导意见》	到 2020 年重点发展新材料产业，包括：积极开发前沿材料，包括石墨烯、增材制造材料、智能材料、超级材料等基础研究与技术积累。
2016 年 3 月	《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》	战略性新兴产业发展行动之高端材料：大力发展形状记忆合金，自修复材料等智能材料，石墨烯、超材料等纳米功能材料，碳化硅等下一代半导体材料，高性能碳纤维、高温合金等新兴结构材料，可降解材料和生物合成新材料等。
2016 年 5 月	《国家创新驱动发展战略纲要》	发展引领产业变革的颠覆性技术，不断催生新产业、创造新就业。发挥纳米、石墨烯等技术对新材料产业发展的引领作用。
2016 年 8 月	《十三五国家科技创新规划》	重点发展以石墨烯等为代表的先进碳材料。
2017 年 1 月	《新材料产业发展指南》	对于石墨烯、超导材料等出了任务要求，明确提出大力发展石墨烯产业。
2017 年 4 月	《十三五材料领域科技创新专项规划》	重点发展领域，石墨烯碳材料技术方面：单层薄层石墨烯粉体、高品质大面积石墨烯薄膜工业制备技术，柔性电子器件大面积制备技术，石墨烯粉体高效分、复合与应用技术，高催化活性纳米炭基材料应用技术。

资料来源：石墨烯产业联盟，东兴证券研究所

3. 石墨烯产业化

3.1 石墨烯的制备

石墨烯制备方法主要可以分为为“自上而下”和“自下而上”两类方法。“自上而下”法是以石墨为原料，通过剥离的方法来制备石墨烯层，如：机械剥离法，氧化还原法，

液相剥离等；“自下而上”法是通过碳原子的重新排列来合成石墨烯，如：化学气相沉积法，外延生长法，有机合成法等。目前，比较主流的石墨烯制备方法有氧化还原法、化学气相沉积法、液相剥离法和外延生长法。

不同制备方法获得的石墨烯在品质和成本上差别较大，相应产品的适用领域也有差异。上述四种石墨烯制备方法中，最常采用的是氧化还原法和化学气相沉积法。此外，也有少部分企业探索应用 SiC 外延生长法或液相剥离法进行石墨烯量产。

表 5：石墨烯制备方法对比

制备方法	基本原理	制造成本	优势	劣势
氧化还原法	利用强质子酸形成石墨层间化合物，并用强氧化剂、还原剂依次进行氧化还原	较低	方法简单，温度较低，适用于大规模产业化制备	难以充分还原，导电性和透明性无法保证；存在污染的问题
液相剥离法	选择合适的溶剂利用超声波破坏石墨烯层间范德华力从而剥离出石墨烯	较低	操作简单，石墨烯结构缺陷少	利用超声设备，石墨烯尺寸小，片层数多
化学气相沉积法	铜箔、镍膜等为生长基底，利用甲烷等含碳化合物作为碳源，在基体表面高温分解并逐步生长得到石墨烯	较高	工艺简单，产出石墨烯质量最高，可大面积生长	成本高，大规模量产难度大
外延生长法	用硅的高蒸汽压在高温和超高真空条件下使硅原子挥发，剩余的碳原子通过结构重排在 SiC 表面形成石墨烯层	较高	石墨烯质量较高，尺寸与厚度可控	制备条件苛刻，需要高真空度，成本高、效率低

资料来源：知网，东兴证券研究所

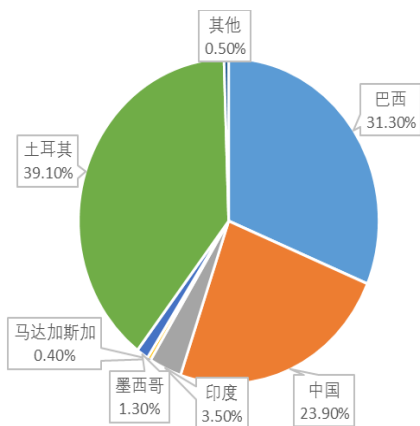
3.2 石墨烯上游-石墨

中国石墨资源丰富，其基础储量占世界总储量的 24% 左右，2016 年石墨基础储量达到了 7321.51 万吨，其中已探明晶质石墨的储量达到了 3 亿吨。中国石墨的产量也位居世界前列，2017 年中国石墨的产量已经达到了 78 万吨。

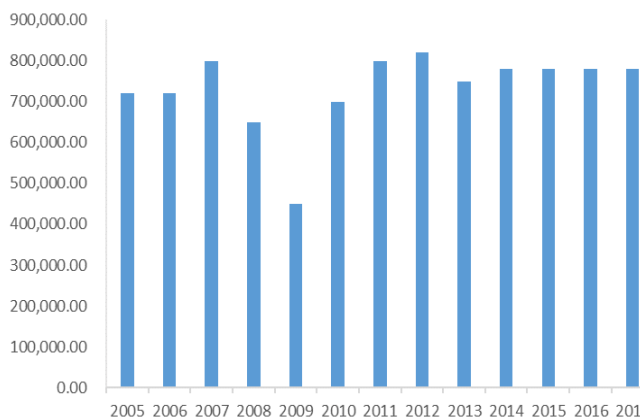
随着石墨烯的研究进步，现在很多石墨烯相关产品已经开始准备商业化进程，石墨烯产业可能进入快速发展的阶段，市场正逐步扩大，预计未来 2021 年我国石墨烯市场规模将达到 1026 亿元。

图 4：全球天然石墨探明可开采储量占比

图 5：中国天然石墨产量

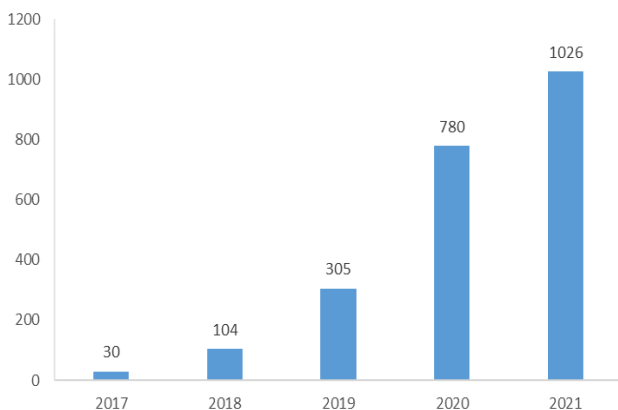


资料来源：石墨烯产业联盟，东兴证券研究所



资料来源：WIND，东兴证券研究所

图 6：石墨烯市场规模预测（亿元）



资料来源：知网，东兴证券研究所

3.3 石墨烯产业化

在产业化方面，国家在全国各地建立了多个石墨烯产业园和石墨烯联盟。国内常州，宁波，青岛，重庆无锡等地率先设立石墨烯产业园，江苏、内蒙古、山东等地也成立了石墨烯联盟，有利于进一步整合上下游资源，完善石墨烯创新体系，促进石墨烯产业发展，同时有利于国家的宏观调控。

同时，国内各种石墨烯优秀企业也不断涌现，虽然高端产品因成本，技术问题短时间难以得到大面积的突破，但是一些低端产品已经在一些公司得到了商业化生产。

表 6：各公司石墨烯产能对比

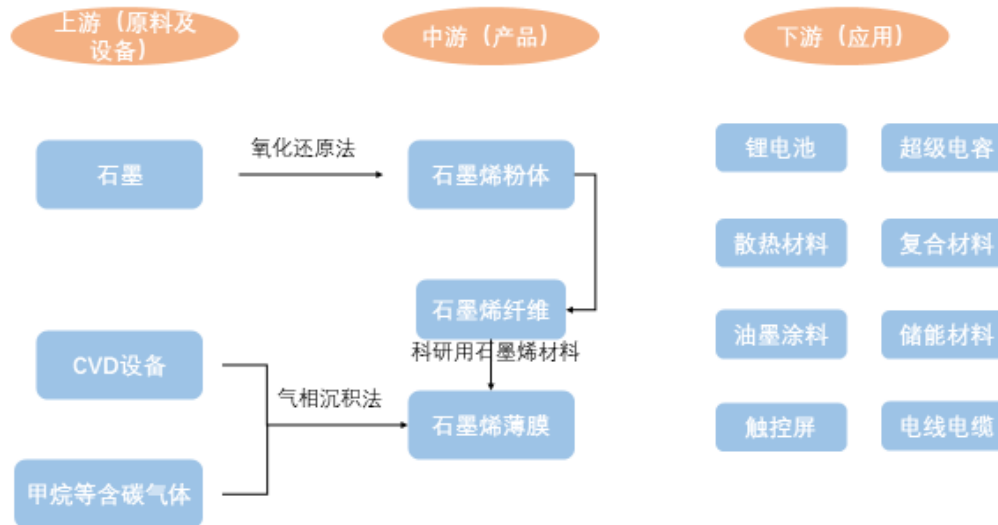
公司	产能
宁波墨西	500 吨
第六元素	100 吨+8 万平米
烯碳科技	30 吨
宝泰隆	150 吨
重庆墨希	300 万平米

二维碳素

20 万平米

资料来源：WIND，东兴证券研究所

图 7：石墨烯产业链全景图



资料来源：知网，东兴证券研究所

4. 石墨烯粉体下游应用

4.1 石墨烯超级电容器

4.1.1 石墨烯超级电容器介绍

超级电容器是指介于传统电容器和充电电池之间的一种新型储能装置，它既具有电容器快速充放电的特性，同时又具有电池的储能特性。

超级电容器对其电极材料有着“六高”的要求，分别是：高比表面积，高中孔率，高堆积比重，高纯度，高电导率和高性价比。

综合各种电极材料特性来看，石墨烯具有较大的比表面积和较高的导电性，加上其特殊的平面二维结构，是超级电容器的理想材料，但是其较高的成本，仍是在技术上需要解决的问题。

表 7：超级电容器各种电极材料性能比较

碳材料	比表面积 (m ² /g)	密度 (g/cm ³)	导电性 (S/cm ³)	成本
富勒烯	1100~1400	1.72	10 ⁻⁸ ~10 ⁻¹⁴	中
碳纳米管	120~500	0.6	10 ⁴ ~10 ⁵	高

石墨烯	2603	>1	106	高
石墨	10	2.26	104	低
活性炭	1000~3500	0.4~0.7	0.1~1	低
模板法多孔炭	500~2200	0.5~1	0.3~10	高
功能化多孔炭	300~2200	0.5~0.9	>300	中
活性炭纤维	1000~3000	0.3~0.8	5~10	中
碳气凝胶	400~1000	0.5~0.7	1~10	低

资料来源：知网,东兴证券研究所

石墨烯超级电容器为基于石墨烯材料的超级电容器的统称。由于石墨烯独特的二维结构和出色的固有的物理特性，诸如异常高的导电性和大表面积，石墨烯基材料在超级电容器中的应用具有极大的潜力。石墨烯基材料与传统的电极材料相比，在能量储存和释放的过程中，显示了一些新颖的特征和机制。

表 8：不同电容器之间的性能对比

参数	传统电容器	炭基超级电容器	电池	石墨烯超级电容器
能量密度	<1000	1~10	20~500	10~170
功率密度	10000	500~10000	<1000	1500~2200
放电时间	10-6~10-3	0.3~30s	0.3~3h	快充快放
充电时间	10-6~10-3	0.3~30s	1~5h	快充快放
库伦充放电效率	~100	85~98	70~86	~100
循环寿命	>105	>105	<100	>105klo
电压存储影响因素	电极面积和电介质	电极材料的微孔材料和电解液	活性材料的质量和热力学性质	-

资料来源：知网,东兴证券研究所

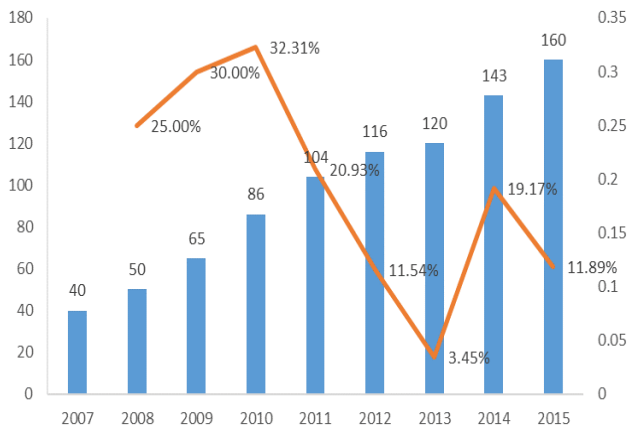
4.1.2 下游稳步增长带动石墨烯超级电容器市场发展

全球超级电容器市场规模稳步增长，2015 年达到 160 亿美元，预计未来年增长率有望达到 19.28%。

从国内来看，超级电容器市场规模逐渐扩大，从 2010 年的 8.5 亿元增加到了 2017 年的 71 亿元，预计未来三年仍然保持将近 30% 的增长率，2020 年预计可以达到 150 亿元水平。

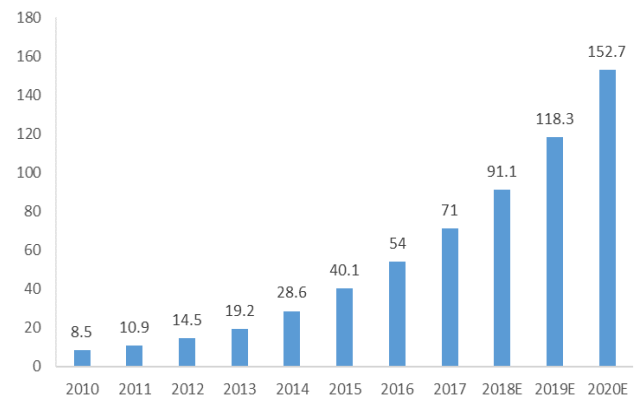
因为中国在环保和新能源方面的政策促进，近几年中国新能源汽车稳步增长。我国新能源汽车的产量 2015 年为 45.5 万辆，2018 年增加到 129.6 万辆，同比增长 40.10%。随着我国的支持，可以预测超级电容器的使用会极大的增加，而其中性能优越的石墨烯超级电容器在未来也将继续快速发展，在交通运输和新能源方面的使用，将会大幅度增加。

图 8：全球超级电容器市场规模（亿美元）



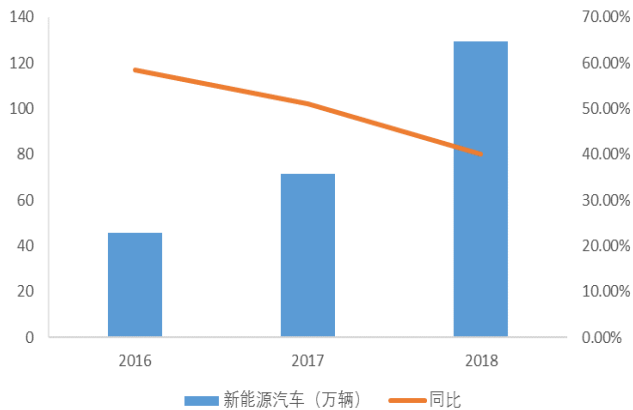
资料来源：知网，东兴证券研究所

图 9：中国超级电容器市场规模及预测（亿元）



资料来源：知网，东兴证券研究所

图 10：中国新能源汽车产量



资料来源：WIND，东兴证券研究所

我们测算，假定电极材料的成本是电容器的 30%，石墨烯市场渗透率从 5% 增加到 10%，预计 2020 年，石墨烯超级电容器市场规模将达到 4.58 亿元。

表 9：超级电容器细分产品规模及预测

年份	交通运输用超级电容器	工业用超级电容器	新能源用超级电容器	装备等其他应用领域
2014	18.78	17.91	6.78	4.49
2015	25.40	20.50	14.50	6.10
2016	31.24	25.42	18.04	7.30
2017	36.86	29.97	20.76	9.41
2018E	43.28	34.69	24.3	10.74
2019E	49.66	40.04	28.34	11.96
2020E	55.92	45.26	31.54	13.29

2021E	62.59	50.37	34.88	15.16
2022E	69.50	55.57	38.92	17.01

资料来源：知网,东兴证券研究所

表 10：石墨烯超级电容器市场规模预测

石墨烯超级电容器市场规模预测	2018E	2019E	2020E
超级电容器市场规模（亿元）	91.09	118.32	152.75
电极材料市场规模（亿元）	27.33	35.50	45.82
石墨烯渗透率	5%	8%	10%
石墨烯市场规模（亿元）	1.37	2.84	4.58

资料来源：知网,东兴证券研究所

4.2 石墨烯复合材料种类多样，市场空间广阔

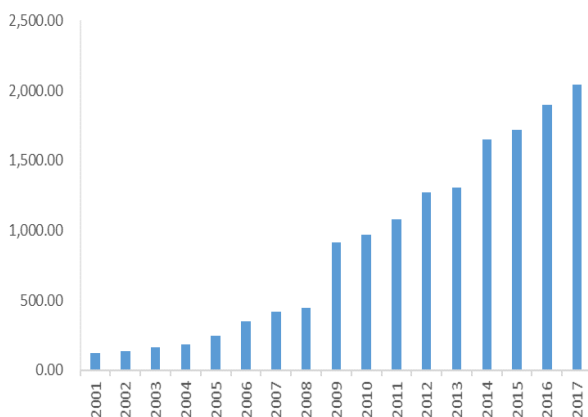
石墨烯具有很多优秀的性能，但是当石墨烯添加到传统材料中时，能改善原材料的性能，形成增强型的复合材料。比如石墨烯在防腐涂料，导电油墨，散热涂料等中均可以大幅提高产品的综合性能。

4.2.1 防腐涂料

随着经济的发展和技术的进步，国内涂料的需求增长迅速。数据显示，我国涂料的产量从 2001 年的 122.78 万吨，增加到 2017 年的 2041 万吨，近年来依旧保持一个增长趋势。钢铁等金属的生锈，腐蚀即影响了金属的使用寿命，又造成了大量的经济损失，因此国家对于防腐涂料的需求也在逐年扩大。

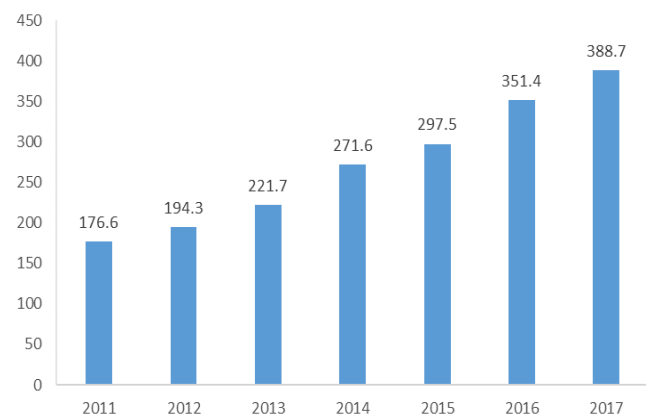
石墨烯本身具有的独特结构性质，使其在物理防腐和电化学防腐方面都展现出一定的优势，相比于纯石墨烯防腐涂料，石墨烯复合防腐涂料能够兼顾石墨烯优异的化学稳定性、快速导电性、突出的力学性能和聚合物树脂的强附着力、成膜性，可协同提高涂料的综合性能。因此，石墨烯复合防腐涂料将是发展的重点，市场潜力巨大。

图 11：中国涂料产量



资料来源：WIND, 东兴证券研究所

图 12：重防腐涂料产量规模



资料来源：知网, 东兴证券研究所

4.2.2 导电油墨

导电油墨是用导电材料(金、银、铜和碳)分散在连结料中制成的油墨，具有一定程度导电性质，可作为印刷导电点或导电线路之用。而石墨烯具有强大的导电性，其比表面积大，载流子迁移率高，由其制备的石墨烯导电油墨可以在传感器、电容器、电子线路、RFID 天线、导电电极等电子产品领域得以较好的应用。

石墨烯应用在导电油墨的优势主要有两点：一是兼容性强，石墨烯油墨可在塑料薄膜、纸张及金属箔片等多种基材上实现印刷；二是性价比高，与现有的纳米金属导电油墨相比，石墨烯油墨具有较大的成本优势。因此可以看出，石墨烯导电油墨强大优势，发展前景广阔。

4.2.3 散热涂料

石墨烯本身热导率高，高比表面积，能够增大涂层散热面积。石墨烯高散热涂料能够将散热涂料的导热系数提高到 20W/M.K，相比于普通散热涂料，提高了 10 倍。石墨烯散热涂料在 LED，舞台设备，电子设备均有应用。

4.3 石墨烯锂电池

锂离子电池是迄今为止能量比最高的二次电池，而石墨烯又具有质地薄，硬度大，电子移动速度快，导电性强等优势，其出现为锂离子电池高性能，高容量，高倍率，长寿命的突破带来了可能。

4.3.1 石墨烯在负极材料中的应用

石墨烯的微观形状和结构很大程度上决定了石墨烯作为电池负极材料的电化学性能，石墨烯负极主要分为以下几类：石墨烯直接作为电池负极；石墨烯/SnO₂ 复合材料；石墨烯/Si 复合材料；石墨烯与 Fe₂O₃,Co₃O₄ 等复合材料。

石墨烯作为负极材料的优势主要有：

- ◆ 石墨烯两面镶嵌锂离子比容量超普通碳材料两倍
- ◆ 石墨烯的微观褶皱表面提供了额外的存储空穴
- ◆ 提高了锂离子传输扩散功能

但是同时也有着一些缺点：

- ◆ 与电解质接触面积变大，形成 SEI 膜造成材料的不可逆容量增加
- ◆ 石墨烯易团聚堆积，丧失比表面积大带来的高储锂空间优势

表 11：锂电池负极材料对比

	比容 (mAh/g)	循环寿命 (次)	安全性	优点	缺点
钛酸锂	165-170	30000	一般	循环好，寿命长，适用广	锂电位高，易产气，导电性不好
硅碳负极	4000-4500	500	一般	能量密度大，提升电芯容量	易膨胀，寿命低，导电性差
天然石墨	340-370	1000	一般	容量高，工艺简单，价格便宜	循环性差，吸液差

人造石墨	310-360	1000	一般	安全性能较好，循环较好	价格略贵，工艺较复杂
石墨烯	600	10	最高	容量较高，导热性能好	价格昂贵，工艺复杂

资料来源：中国粉体网，东兴证券研究所

4.3.2 石墨烯在正极材料中的应用

石墨烯在正极材料中主要利用的是石墨烯柔韧的网状导电结构和石墨烯的片层结构形成的连续的三维导电网络。目前石墨烯在正极材料中主要作为“辅料”，主要分类有：石墨烯/锰酸锂复合材料；石墨烯/磷酸钒锂复合材料；石墨烯/磷酸铁锂复合材料。

4.3.3 石墨烯作为导电剂

石墨烯还可以作为导电剂添加进正负极材料中增加电极的导电性，提高材料的循环性能和高倍率性能，其改性效果明显要高于天然石墨，但是其高倍率性能不理想，难以广泛应用。

表 12：石墨烯导电剂与传统导电剂比较

比较项目	导电炭黑	导电石墨	石墨烯
接触方式	点对点	点对点	面对点
颗粒尺寸	40nm	片径 3-6nm	厚度<3nm
比表面积 (m ² /g)	60	17	30 (BET 法)
粉体导电率 (S/cm)	10	1000	1000
吸油值 DBP (ml/100g)	290	180	>2000

资料来源：中国粉体网，东兴证券研究所

2016 年东旭光电宣布推出了世界首款石墨烯基锂离子电池产品——“烯王”，以 15 分钟快充技术震惊业界。2017 年 4 月 11 日，东旭光电与倍斯特联合发布了石墨烯基锂离子电池“烯王二代”。石墨烯电池在产品性能方面具备 15 分钟充满 5000mAh 的效率，电池上限使用环境对比上代产品提高 10 度，允许在-30 度至 80 度环境下工作。

华为中央研究院瓦特实验室宣布，其在锂离子电池领域实现重大研究突破，推出业界首个高温长寿命石墨烯基锂离子电池。实验结果显示，以石墨烯为基础的新型耐高温技术可以将锂离子电池上限使用温度提高 10°C，使用寿命是普通锂离子电池的 2 倍。

5. 石墨烯薄膜下游应用

5.1 柔性屏

柔性显示是指一类使用柔性基板，可以制造成超薄、超大、可弯曲的显示器件或显示技术。柔性显示屏作为玻璃显示屏的替代品，具备耐冲击、可弯曲、轻量便携、节能环保等特性更适用于便携式或可穿戴式消费电子产品。

目前，传统手机触摸屏的工作层材料主要为陶瓷材料氧化铟锡 (ITO)，但是 ITO 弯折后就不再具有导电性，越来越无法满足未来移动设备，可穿戴设备，智能家居等的产品需求。近几年，出现了多种 ITO 的替代材料，比如：金属网格，纳米银线，石墨烯等。而这其中，石墨烯导电薄膜具有优秀的导电性，透光性，柔性等，被认为是柔

性显示屏中可完美替代 ITO 的材料，未来可以广泛应用于触摸屏、可穿戴设备，智能家居等方面。

表 13：不同透明导电膜对比

类别	优点	缺点
ITO 膜	技术成熟，兼具导电率和透光性，高机械硬度，化学性能稳定	储量有限，原材料成本高，导电性能存在极限，不适用于弯曲
金属网格	低面阻值，良好的电磁干扰屏蔽效果，原材料价格低	受制于印刷工艺，金属线宽较粗，存在莫瑞干涉
纳米银线	线宽小，低方阻，透光性高，适合曲面显示，供应链完整	导电性欠佳，存在雾度问题，低阻值时透明度显著下滑
石墨烯	电阻率低，导电性好，可透红外光，支持柔性技术	大尺寸技术有待解决，目前价格偏高

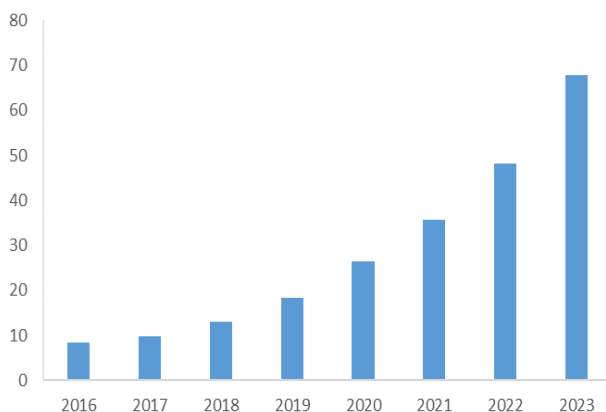
资料来源：知网，东兴证券研究所

未来的手机，电视，可穿戴设备，电子产品等必然向柔性化发展。随着需求的逐步扩大，预计未来全球柔性显示市场规模能够达到 677 亿美元。

2016 年 4 月，重庆墨希推出了全球首款墨烯柔性可弯曲智能手机，这款石墨烯柔性屏手机比一般的手机长一些、窄一点，屏幕有 5.2 英寸大，可以弯成一个圆环，戴在人的手腕处。

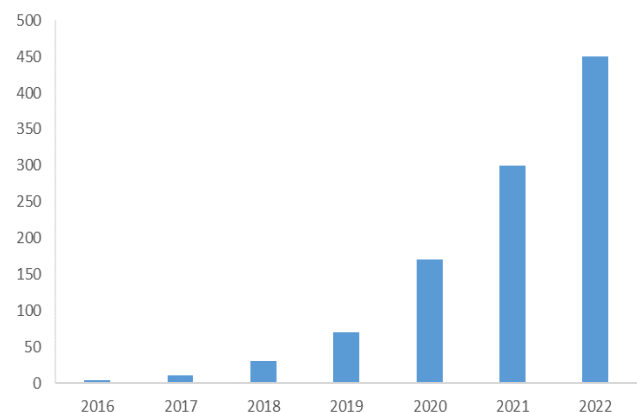
对比于智能手机，柔性屏对于可穿戴设备的作用则更加重要，柔性的屏幕可以适合不同人的身形。可穿戴设备越来越多的出现在人们的生活之中，根据预测，中国可穿戴设备的市场规模稳步增长，预计 2020 年可以达到 607 亿元。相应的石墨烯薄膜的市场规模预计 2020 年也将达到 405 亿元。可穿戴设备的快速发展以及其对柔性屏的需求，在未来将推动石墨烯柔性屏的快速发展。

图 13：全球柔性显示市场规模预测（十亿美元）



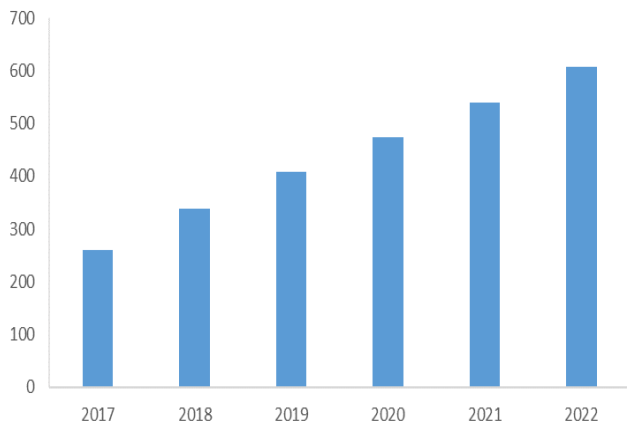
资料来源：中国产业信息网，东兴证券研究所

图 14：中国石墨烯薄膜市场规模预测（亿元）



资料来源：石墨烯产业联盟，东兴证券研究所

图 15：中国可穿戴设备市场规模预测（亿元）



资料来源：中国产业信息网，东兴证券研究所

5.2 传感器

石墨烯有着独特的物理属性，使得它在探测和传感器方面是很有利的材料。石墨烯的具有大比表面积，使之对周围的环境非常敏感，即使是一个气体分子吸附或释放都可以检测到，因此可以用于石墨烯气体传感器。石墨烯具有很强的电子性能可以提供大面积检测，超高机动性和双极性场效应的特点，是优秀的生物传感材料，因此石墨烯生物传感器也有很广的应用。除此之外，目前还在石墨烯压力传感器，石墨烯液体传感器，石墨烯电化学传感器等方面的研究较多。

6. 标的公司介绍

6.1 宝泰隆（601011.SH）

公司是集新能源、纳米新材料、煤基石油化工、化工、发电、供热、煤炭开采和洗选加工于一体的大型股份制企业。

目前公司在进行积极的产品升级和产品转型战略，即产业由煤化工向新材料转型，推进石墨烯等新材料产业项目。公司积极开发石墨烯相关产品，目前具有 50 吨/年的物理法石墨烯生产线，100 吨/年的化学法石墨烯生产线以及 1000 吨/年的导电油墨生产线。

公司石墨上游资源丰富。目前具有勘查面积为 16.35 平方公里的密林石墨探矿权，在 3.68 平方公里的详查区域内，勘明晶质石墨矿物量为 554 万吨。2018 年密林石墨矿区在完成全年计划的基础上，新增勘探钻孔 10800 米，完成二区勘探及勘探报告。石墨烯原料丰富，能够保证自身未来的发展。

在技术方面，公司与中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所南昌研究院签订了合作协议，确定的研究方向为锂电用石墨烯导电浆料、石墨负极方面的研发和石墨烯导电油墨。2018 年公司与北京石墨烯研究院有限公司及七台河市政府合作成立了“宝泰隆新材料股份有限公司北京技术研发中心”，每年投资 3000 万元，重点开展石墨矿资源深加工与新型石墨建材、高端石墨烯装备等九个方向进行研究，有利于公司加强石墨烯下游产品开发以及市场的开拓。

6.2 东旭光电 (000413.SZ)

公司是国内领先的集液晶玻璃基板装备制造、技术研发及生产销售于一体的高新技术企业，也是全球领先的光电显示材料供应商

公司开拓内生与外延的产业链整合优势。积极拓展新能源汽车及石墨烯领域，努力构建“高端材料-石墨烯基锂离子电池-新能源汽车”产业链闭环，为公司快速发展增添了新活力。

公司加大石墨烯产业的技术研发，联合国际，推动石墨烯相关产业孵化。目前公司石墨烯产业化应用已成功接轨英国曼彻斯特等全球知名大学和科研机构，依托国际先进装备与技术储备，加速完善自身石墨烯应用产品的开发。公司已有多款产品实现产业化，包括石墨烯基锂离子电池、石墨烯节能照明、石墨烯电采暖及石墨烯防腐涂料，并且积极探索石墨烯和其他二维材料的新型制备技术。2018年，公司石墨烯业务板块实现营业收入1.81亿元。

6.3 中泰化学 (002092.SZ)

公司主营聚氯乙烯树脂(PVC)，离子膜烧碱、粘胶纤维、棉纱等产品。公司在2013年以增资扩股方式收购厦门凯纳石墨烯技术有限公司，持股35%，布局石墨烯产业。双方共同开发石墨烯的生产及应用技术，开拓石墨烯应用及其衍生产品领域，重点研究石墨烯与PVC产品的结合和应用。

厦门凯纳是国内首家从事石墨烯、石墨烯微片生产研发的新兴专业化高科技企业。公司采用独特的机械剥离工艺生产石墨烯产品，产品中的石墨烯晶格结构完整、导电导热性能优异，广泛应用于涂料和塑料等复合材料领域。截至2018年12月31日，公司已获得国家专利授权30项，正在申请的专利共有13项。2018年，厦门凯纳建成年产5000吨石墨烯产品产线并正式投产，进一步提高公司的石墨烯产品生产能力。

6.4 方大炭素 (600516.SH)

公司主要从事石墨及炭素制品、铁矿粉的生产与销售。主要产品有石墨电极、高炉炭砖、炭素新材料和炭素用原料等。公司2018年生产石墨炭素制品18万吨，其中石墨电极15.9万吨，炭砖1.8万吨，具有丰富的上游石墨资源。

为加快新材料产业创新，进一步推动公司产业延伸和拓展，2018年底，公司参股设立四川铭源石墨烯科技有限公司。旨在通过研发优质石墨烯及其终端应用，发展高品质和低成本石墨烯系列材料及储能产品、催化产品、光电产品、医疗与生物技术产品，拟从事石墨烯新型材料的研发、技术孵化、技术转移等相关工作，发展新的生产力，促进新的经济增长。

6.5 第六元素 (831190.OC)

公司目前在新三板上市，主要从事石墨烯粉体、石墨烯薄膜及其他新型碳材料的研究、开发、生产和销售。

公司投建了拥有完全自主知识产权的规模化生产线，是国内少数同时具备石墨烯粉体和薄膜规模化生产能力的企业之一。目前公司拥有100吨/年的石墨烯粉体产能和8万平方米/年的石墨烯薄膜产能。为进一步扩大生产能力，公司投资建设南通烯晟“一期年产150吨石墨烯微片、500吨氧化石墨(烯)生产项目”，

公司石墨烯粉体产品主要应用于防腐涂料、散热膜及复合材料的增强改性等领域，石墨烯薄膜产品主要应用于触控屏、传感器和柔性加热等领域，其下游产品可广泛应用于国防军工、航空航天、信息技术和智能穿戴等方面。目前主要收入来源以石墨烯粉体和石墨烯加热膜为主，石墨烯浆料，触摸传感器和石墨烯手环为辅。

6.6 二维碳素（833608.OC）

公司目前在新三板上市，是一家专业从事大面积石墨烯透明导电薄膜及石墨烯电容式触控模组的研发、制造的企业。

截至 2018 年 12 月 31 日，公司已获授权的专利共计 101 项，涵盖了石墨烯薄膜基础专利和应用领域专利。公司自主设计并成功开发了国内首条年产 3 万平方米石墨烯薄膜生产线，2015 年公司的石墨烯薄膜年产能已达到 20 万平米。

公司主要生产石墨烯薄膜材料以及触摸屏、石墨烯加热膜等石墨烯下游应用产品，2018 年，公司扩大石墨烯在加热应用领域的市场开拓工作，重点布局石墨烯电采暖产品的应用推广，同时开发了穿戴、理疗、家纺、服装等应用领域。

7. 风险提示

石墨烯技术进步不及预期，石墨烯产品需求不及预期。

分析师简介

刘宇卓

新加坡管理大学金融硕士、北京航空航天大学金融工程+法学双学士，CFA 持证人。2013 年起就职于中金公司研究部，从事基础化工行业研究，2016 年 8 月加入东兴证券研究所。

张明辉

清华大学化学工程学士，工业催化与反应工程硕士，2 年化工实业经验，2015 年 10 月起从事基础化工行业分析，2017 年 6 月加入东兴证券研究所化工团队。

研究助理简介

罗四维

清华大学化学工程学士，美国俄亥俄州立大学化学工程博士，3 年化工实业经验，2017 年 7 月加入东兴证券研究所。

洪翀

北京理工大学化学工程学士，美国塔尔萨大学化学工程硕士，4 年化工实业经验，2018 年 5 月加入东兴证券研究所。

徐昆仑

本科与硕士均就读于清华大学化学工程系，曾就职于中石油石油化工研究院，三年化工技术开发管理经验，2018 年 6 月加入东兴证券研究所。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告的观点、逻辑和论据均为分析师本人研究成果，引用的相关信息和文字均已注明出处。本报告依据公开的信息来源，力求清晰、准确地反映分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示

本证券研究报告所载的信息、观点、结论等内容仅供投资者决策参考。在任何情况下，本公司证券研究报告均不构成对任何机构和个人的投资建议，市场有风险，投资者在决定投资前，务必要审慎。投资者应自主作出投资决策，自行承担投资风险。

免责声明

本研究报告由东兴证券股份有限公司研究所撰写，东兴证券股份有限公司是具有合法证券投资咨询业务资格的机构。本研究报告中所引用信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。

我公司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头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。本报告版权仅为我公司所有，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。如引用、刊发，需注明出处为东兴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本研究报告仅供东兴证券股份有限公司客户和经本公司授权刊载机构的客户使用，未经授权私自刊载研究报告的机构以及其阅读和使用者应慎重使用报告、防止被误导，本公司不承担由于非授权机构私自刊发和非授权客户使用该报告所产生的相关风险和责任。

行业评级体系

公司投资评级（以沪深 300 指数为基准指数）：

以报告日后的 6 个月内，公司股价相对于同期市场基准指数的表现为标准定义：

强烈推荐：相对强于市场基准指数收益率 15% 以上；

推荐：相对强于市场基准指数收益率 5%~15% 之间；

中性：相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5% 之间；

回避：相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上。

行业投资评级（以沪深 300 指数为基准指数）：

以报告日后的 6 个月内，行业指数相对于同期市场基准指数的表现为标准定义：

看好：相对强于市场基准指数收益率 5% 以上；

中性：相对于市场基准指数收益率介于-5%~+5% 之间；

看淡：相对弱于市场基准指数收益率 5% 以上。