

深圳市市场监督管理局专项资金项目

(项目类型：深圳标准理论研究)

项目编号：zxzj20191115000186

项目名称：深圳市石墨烯产学研创新与标准体系战略研究

承担单位：深圳石墨烯创新中心有限公司

验收日期：2020年10月

本文受深圳标准领域专项资金资助

目 录

一、 前言.....	1
二、 国内外石墨烯相关政策及产业化现状.....	2
2.1 石墨烯研发现状.....	2
2.2 各国石墨烯相关支持政策.....	3
2.3 国外石墨烯产业化情况.....	10
2.4 我国石墨烯产业化状况.....	11
2.5 我国石墨烯产业化存在问题.....	13
三、 国内外石墨烯标准化现状.....	16
3.1 石墨烯标准化的意义.....	16
3.2 石墨烯国际标准化现状.....	18
3.3 我国石墨烯标准化现状.....	20
3.4 我国石墨烯标准化存在的主要问题.....	26
四、 深圳市石墨烯产学研创新研究.....	28
4.1 深圳市石墨烯产学研创新发展现状.....	28
4.2 深圳石墨烯企业发展情况.....	41
4.3 深圳市石墨烯专利情况.....	55
4.4 深圳石墨烯标准化情况.....	55
4.5 深圳石墨烯产学研创新模式.....	59
五、 石墨烯标准体系及编制说明.....	80
5.1 石墨烯标准体系及标准化技术路线图.....	80
5.2 石墨烯标准体系编制说明.....	82

附件 1: 石墨烯标准体系架构图	85
附件 2: 石墨烯标准体系明细表	86
附件 3: 标准技术路线图	91

一、 前言

石墨烯是一个碳原子与周围三个近邻碳原子结合，以 sp^2 杂化方式形成蜂窝状结构的碳原子单层，其厚度约为 0.335 nm，比表面积为 $2630 \text{ m}^2/\text{g}$ ，室温载流子迁移率为 20 万 cm^2/Vs ，杨氏模量为 1 TPa，透光率为 97.4%，是人类已知强度最高、韧性最好、质量最轻、导热性能和导电性最佳、且具有高透光率和高比表面积的材料。石墨烯材料集光、电、热、力学等性能于一身，具有高性能传感器功能、催化剂功能、吸氢功能等功能，在能源、生物医药、环保卫生、可穿戴设备、锂离子电池、建筑材料等领域具有广阔的应用前景，开创了 21 世纪的新材料纪元，有望成为改变世界的下一个万亿产业。很多国家纷纷从战略层面对石墨烯技术加快布局，希望在新一轮的竞争中抢占石墨烯产业发展制高点。

作为目前最前沿、最热门的新材料产业，石墨烯材料正处于基础研究开发与产业化应用的关键发展阶段。目前石墨烯行业的主要任务是开发石墨烯材料新的绿色合成技术、石墨烯应用领域新产品的研发、推广。与此同时，石墨烯产品的研发、生产和应用急需相关标准的支撑，石墨烯相关的国家、行业、地方、团体标准的研制与石墨烯材料的开发正同步进行，以规范和加速我国石墨烯科技成果的产业化落地，这在石墨烯学术界和产业界已达成高度共识，并形成一致意见，因此石墨烯的标准化变得尤其重要。

目前石墨烯技术并未完全成熟，许多石墨烯相关产品尚处于研发和概念化阶段，石墨烯材料的制备技术和下游应用仍是研究和探索的重点。未来的技术发展方向将主要集中在石墨烯材料的低成本、绿色、规模化制备，重点发展石墨烯材料清洁生产技术，推行循环型生产方式，实现石墨烯生产过

程中废物的综合利用及达标排放，同时推进智能化生产，促进产业绿色发展。此外考虑到目前单层或少层石墨烯的产能不高，不能满足传感器、柔性显示等下游市场的应用需求，未来应重点发展高质量规模化生产与精细结构调控。在石墨烯应用不断向下延伸的同时，石墨烯的多级次多功能组装与集成逐渐引起关注，未来应充分利用石墨烯的各种优良特性，推进交叉融合创新向多级次多级能集成创新方向发展。此外，随着石墨烯产业发展日益成熟，市场急需加强标准制定以及对石墨烯产品的监管认证，石墨烯产品的标准检测认证体系需要逐渐完善。

二、 国内外石墨烯相关政策及产业化现状

2.1 石墨烯研发现状

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，因此共同获得 2010 年诺贝尔物理学奖。安德烈·盖姆教授曾表示“石墨烯可以应用到各种产品的制造上。譬如，石墨烯灯泡、石墨烯电池、石墨烯增强型轮胎、石墨烯运动鞋以及石墨烯汽车等，随着科学技术的发展，石墨烯的可应用场景成千上万”，不同的产业都在尝试使用石墨烯的不同特性。石墨烯灯泡的使用寿命更长，能够变得更加明亮；石墨烯的冷却技术可以实现快速充电，而且价格非常低廉，满足了用户快速充电的需求。而散热已经成为决定智能手机、平板等智能产品发挥性能的关键了，不少品牌今年都加强了散热设计。继石墨烯薄膜在华为 Mate20X 得到首次应用之后，华为近期发布的国内首款 5G 平板华为 MatePadPro5G，搭载了超厚 3D 石墨烯散热技术，总厚度达到 400 μm 。该技术以石墨烯为原料，采用多层石墨烯堆叠而成的高定向导热膜，具有机械性

能好、导热系数高、质量轻、材料薄、柔韧性好等特点。

自 2010 年获诺贝尔物理学奖以来，石墨烯材料引发了全球范围的研究热潮，石墨烯相关专利数量迅速增加，专利申请的技术方向集中于以石墨为原料制备石墨烯的技术及工艺，石墨烯在储能、涂料、传感器等领域的应用，化学气相沉积法（CVD 法）制备石墨烯及其转移技术等。通过对全球石墨烯专利申请进行统计发现，中、美、韩、日为石墨烯产业专利申请量最大的国家，而中国科学院、三星、浙江大学、清华大学、深圳海洋王照明科技有限公司、哈尔滨工业大学、江苏大学、东南大学、韩国科学技术高级研究所等企业或高校的申请量位居世界前列。需要注意的是，美国和日本研究石墨烯技术较早，而中国石墨烯专利申请数量最多，美国机构石墨烯专利价值总体最高。目前国内大部分核心专利掌握在高校，石墨烯专利申请人中的企业代表包括海洋王、京东方、成都新柯化工等。近年来石墨烯相关论文的数量同样急剧增长，研究热点集中于材料科学、物理学、化学方向。通过 web of science 数据库发现，中国产出的论文数量显著领先于其他国家，然而高被引文章主要来自英德美三国，表明我国论文发表具有重量轻质现象。

2.2 各国石墨烯相关支持政策

各国纷纷布局石墨烯，抢占产业制高点，各国政府发布了一系列政策并提供了大量资金进行支持。自 2008 年，美国开始在国家层面开展石墨烯相关研究，投资力度相对较大。据 CGIA Research 统计，截止 2018 年 3 月，美国国家科学基金 NSF 正在提供的石墨烯相关项目资助共 1.4 亿美元。欧洲是石墨烯的诞生地，十分注重在此领域的前瞻性战略布局。目前欧盟范畴内的石墨烯相关政策和资金布局包括：第七框架计划（截止 2018 年 1627 万

欧元)、地平线 2020 计划、石墨烯旗舰计划(10 年预算总计 10 亿欧元,涉及 23 个国家 150 多个相关单位)、Poly Graph 计划(720 万欧元)等。英国作为石墨烯的发现地,在政策和资金投入上力度很大,保持了对石墨烯高端领域的引领势头。英国政府于 2011 年在《促进增长的创新与发展战略》中将石墨烯作为该国未来 4 个重点发展方向之一,累积投入超过 1 亿英镑进行石墨烯相关研究及技术推广,成立了石墨烯创新中心、石墨烯工程创新中心等研究机构。德国在石墨烯材料基础和理论研究上投入较大,而在产业化和下游领域扶持力度相对较小。日本文部科学省、经济产业省资助达 10 亿日元用于研究石墨烯相关项目。韩国的教育科学技术部在 2007-2009 年间资助石墨烯项目达 90 项,投入达到 1870 万美元,原知识经济部在 2012-2018 年间资助石墨烯领域 2.5 亿美元用于石墨烯技术研发与商业化应用研究。目前国外研究机构在石墨烯基础研究方面处于领先地位,但由于缺乏广泛的应用市场和良好的产业化环境,产业转化率较低,其成效低于预期。

作为全球石墨烯研发和产业化最为活跃的国家之一,我国政府高度重视石墨烯的研发和产业化发展,2012 年国家工业和信息化部牵头发布了《新材料产业“十二五”发展规划》,首次明确提出支持石墨烯新材料发展,把我国石墨烯行业的发展提升到国家的高度。2015 年 9 月,由国家制造强国建设战略咨询委员会制定出台了《中国制造 2025》重点领域技术路线图,明确未来十年我国石墨烯产业的发展路径,总体目标是“2020 年形成百亿元产业规模,2025 年整体产业规模突破千亿元”。2015 年 11 月,工业和信息化部、发展与改革委员会、科学技术部联合发布《关于加快石墨烯产业创新发展的若干意见》,文中明确提出了将石墨烯打造为我国的新材料先导产业,

我国将在 2020 年形成完善的石墨烯产业体系、实现石墨烯产业和产品标准化、产品系列化和多样化、生产成本低成本化等要求。2016 年 3 月《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》中将石墨烯产业列入 165 项重大工程。2016 年 5 月，国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》，强调突出石墨烯等技术对新材料产业发展的引领作用，确立了石墨烯产业发展的战略地位。2017 年 4 月，科技部发布《“十三五”材料领域科技创新专项规划》，提出重点发展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以及石墨烯粉体高效分散、复合与应用技术。2017 年 12 月，工信部、科技部联合发布了《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录（2017 年版）》，将石墨烯/高分子复合材料透水膜浓缩装备、氧化石墨烯复合炭膜等重大环保技术装备列入目录。截止 2018 年，国家自然科学基金累计资助石墨烯相关项目达 2000 余个，涉及 400 多家单位，总经费达 12 亿元。国内石墨烯相关单位布局已达 4800 余家。表 1 给出了我国国家层面石墨烯相关政策。

表1 我国石墨烯相关政策

序号	年份	发布部门	名称	政策要点
1	2012	工信部	《新材料产业“十二五”发展规划》	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，积极推进纳米材料在新能源、节能减排、环境治理、绿色印刷、功能涂层、电子信息和生物医用等领域的研究应用。
2	2014	国家发改委、财政部、工信部	《关键材料升级换代工程实施方案（2014-2016 年）》	推动新兴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化应用。
3	2015	国务院	《中国制造 2025》	重点领域之新材料：做好超导材料、纳米材料、石墨烯、生物基材料等战略前沿材料提前布局和研制。加快基础材

				料升级换代。
4	2015	国家制造强国建设战略咨询委员会	《〈中国制造2025〉重点领域技术路线图(2015版)》	新材料领域之前沿材料：发展重点包括电动汽车锂电池用石墨烯基电极材料；海洋工程等用石墨烯基防腐蚀涂料；柔性电子用石墨烯薄膜；光/电领域用石墨烯基高性能热界面材料。
5	2015	工信部、发改委、科技部	《关于加快石墨烯产业创新发展的若干意见》	尽快突破石墨烯材料规模化制备共性关键技术，加大石墨烯材料在国防科技领域的应用，积极服务于国家重点工程建设。 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。
6	2016	工信部、发改委、科技部、财政部	《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，三是积极开发前沿材料，包括石墨烯、增材制造材料、智能材料、超材料等基础研究与技术积累。
7	2016	国务院	《国民经济和社会发展的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。
8	2016	发改委、工信部	《制造业升级改造重大工程包》	围绕新材料技术与信息技术、纳米技术、智能技术等融合趋势，重点发展3D打印材料、石墨烯、超材料等前沿材料，加快创新成果转化与典型应用。
9	2016	中共中央、国务院	《国家创新驱动发展战略纲要》	开发氢能、燃料电池等新一代能源技术，发挥纳米、石墨烯等技术对新材料产业发展的引领作用。
10	2016	国务院	《十三五国家科技创新规划》	以石墨烯等前沿新材料为突破口，抢占材料前沿制高点。
11	2017	工信部、发改委、科技部、财政部	《新材料产业发展指南》	突破石墨烯材料规模化制备和微纳结构测量表征等共性关键技术，开发大型石墨烯薄膜制备设备及石墨烯材料专用计量、检测仪器，实现对石墨烯层数、尺寸等关键参数的有效控制。 围绕防腐涂料、复合材料、触摸屏等应用领域，重点发展利用石墨烯改性的储能器件、功能涂料、改性橡胶、热工产品以及特种功能产品，基于石墨烯材料的传感器、触控器件、电子元器件等，构建若干石墨烯产业链，形成一批产业集聚区。
12	2017	国务院	《“十三五”材料领域科技创新专项计划》	研发新型石墨烯碳材料技术，突破其关键技术与标准，加强示范应用。 包括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，石墨烯粉体高效分散、复合与应用技术，高催化活性纳米碳基材料与应用技术。
13	2017	工信部、科技部	《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录（2017年版）》	将石墨烯/高分子复合材料透水膜浓缩装备、氧化石墨烯复合炭膜等纳入目录。
14	2017	发改委	《增强制造业核心竞争力三年行动计划（2018-2020年）》	加快先进金属及非金属关键材料产业化，重点发展汽车用超高强钢板及零部件用钢、石墨烯等产品。
15	2018	工信部	《重点新材料首批次应用示范指导目录（2018版）》	将石墨烯改性防腐涂料、石墨烯薄膜、石墨烯润滑油、石墨烯导静电轮胎、石墨烯增强银基接触功能复合材料、石墨烯导电发热纤维及石墨烯发热织物等纳入目录，并提出应用领域及技术指标。
16	2018	工信部、科技部、商务部、市场监管总局	《原材料工业质量提升三年行动方案（2018-2020年）》	工业玻璃、先进陶瓷、人工晶体材料产业化取得明显进展，高性能无机纤维及其增强复合材料质量大幅提高，石墨烯材料生产达国际先进水平，先进无机非金属材料保障能力明显提升。
17	2018	国家统计局	《战略性新兴产业分类（2018年）》	石墨烯粉体、石墨烯薄膜入选战略新兴产业名单。
18	2018	工信部	《产业转移指导目录（2018年本）》	指出了各省市发展石墨烯的方向。
19	2019	工信部	《重点新材料首批次应用示范指导目录（2019年版）》	将高效能石墨烯散热复合膜、石墨烯改性防腐涂料、石墨烯改性润滑材料、石墨烯散热材料、石墨烯发热膜、石墨烯导热复合材料、石墨烯改性无纺布、石墨烯改性电池、石墨烯改性发泡材料等纳入目录，并提出应用领域及技术指标。

注：以上数据来源于《中国石墨烯行业深度市场调研与投资战略规划分析报告》及政府官方网站。

继国家政府出台政策之后，各地政府积极出台相关政策和措施，制定石墨烯产业发展规划。黑龙江省、福建省、四川省、北京市、无锡市等 20 多个省市发布了石墨烯专项政策，其中黑龙江和青岛等重点结合本地石墨矿

产资源，对传统产业进行升级，拓宽石墨下游应用范围，提升产业价值；无锡、常州等以石墨烯产业为契机，提前战略布局，发展石墨烯特色产业园；广西发布了全国首个石墨烯系列地方标准，引导当地相关产业快速发展；宁波等利用石墨烯前沿研究成果布局石墨烯产业，带动城市发展。从地方出台政策来看，各地市之间出台时间较为集中，方案完整连续。随着地方政府的积极介入，石墨烯产业已经初步形成政府、科研机构、研发和应用企业协同创新的“政产学研”合作对接机制，良性发展态势有助于石墨烯企业充分享受地方政策、税收优惠以及资金支持，未来产业化发展有望加速。

表2 我国各省市石墨烯相关政策

序号	年份	省市	名称	政策要点
1	2013	无锡	《无锡石墨烯产业发展规划纲要》	到 2020 年，石墨烯及相关产业规模达到 300 亿元，其中上游石墨烯材料 60 亿元，下游石墨烯相关应用产品 240 亿元。
2	2014	宁波	《宁波市石墨烯技术创新和产业发展中长期规划（2014-2023）》	到 2018 年，实现千吨级石墨烯原材料生产，石墨烯及相关产业规模突破 100 亿元，培育销售收入超过 20 亿元的企业 3-5 家；到 2023 年，建成具有国际竞争力的石墨烯产业集群，石墨烯生产制造产量达到万吨级，关联产业发展产值实现千亿元。
3	2017	重庆	《重庆市科技创新“十三五”规划》	石墨烯及纳米材料：优化石墨烯制备工艺技术，降低单位成本，实现大规模工业化生产，引进石墨烯功能化、石墨烯器件组装等关键技术，强化石墨烯原材料、功能化器件和组件的研发能力。重点开展石墨烯薄膜低成本制备以及石墨烯纳米片、石墨烯纳米带、石墨烯量子点等石墨烯衍生品的绿色制备与分散、推广应用等技术研究。
4	2017	四川	《四川省石墨烯等先进碳材料产业发展指南（2017-2025）》	到 2020 年，初步建立石墨烯等先进碳材料产业体系，重点产品的生产及应用市场初具规模，产品质量及主要性能（功能）指标国内领先。 到 2025 年，基本建立完备的石墨烯等先进碳材料产业体系，重点产品的生产及应用市场规模居全国前列。
5	2017	常州	《关于进一步加快先进碳材料产	2017-2020 年，武进区设立 25 亿元“碳专项资金”，其中 20 亿元先进碳材料产业发展基

			业创新发展的若干意见》	金、5 亿元产业扶持基金；到 2020 年力争全市规模以上石墨烯产业产值达 300 亿元以上，集聚石墨烯相关企业 300 家以上，推动石墨烯产业做大做强，创成国家级石墨烯创新中心。
6	2017	福建	《福建省石墨烯产业发展规划（2017-2025 年）》	到 2020 年，建成较为完善的石墨烯材料研发、制备、应用等产业发展体系。到 2025 年，石墨烯产业成为我省经济发展先导产业，部分石墨烯材料应用达到国际领先水平，我省成为全国石墨烯技术创新先导区、国际合作引领区、产业应用示范区。
7	2018	广西	《广西石墨烯产业发展工作方案》	到 2021 年，初步形成具有广西特色，集产品研发、推广应用、技术服务于一体的石墨烯产业体系，石墨烯技术应用能力及产业化发展能力不断增强，产业集聚集约发展区域格局初步显现，力争广西石墨烯产业创新发展达到全国先进水平。
8	2018	泉州市	《泉州市石墨烯产业发展路线图 2018-2025 年》	围绕石墨烯应用技术创新，培育和集聚一批具有市场竞争力和技术研发实力的龙头企业、骨干企业和技术团队，形成与泉州市优势产业、新兴产业相互促进和融合的产业氛围。到 2025 年，泉州市初步建成全国石墨烯应用技术创新示范区、具有全国竞争力的石墨烯应用产业聚集区。
9	2019	河北	《关于加快推进工业转型升级建设现代化工业体系的指导意见》	前沿新材料。在石墨烯、增材制造（3D 打印）材料、高性能纳米材料、新型超导材料、超材料等前沿领域，加强基础研究与技术积累，突破一批核心技术。
10	2019	成都	《成都市人民政府办公厅关于促进成都新型材料产业高质量发展的实施意见》	打造石墨烯和先进碳材料研发基地。依托碳纳米管、石墨烯润滑油、石墨烯吸波材料和 3D 打印材料的产业基础，加快突破石墨烯薄膜规模化、高端 3D 打印材料、低温超导材料等制备技术。 建设前沿新材料应用示范区。紧密围绕电子信息、智能制造、医药健康等产业功能区建设，加速推动碳纳米管、富勒烯、石墨烯、稀散金属、超导材料、3D 打印材料等在电子显示屏、可穿戴设备、固态电池、高速磁悬浮列车、航空发动机制造等领域的应用示范。
11	2019	江西	《关于印发江西省新能源产业高质量发展跨越式发展行动方案的通知》	电池材料。正极材料方面，重点发展高镍 NCA（或 NCM）、低钴、无钴三元正极材料。负极材料方面，重点发展硅碳负极材料、石墨烯、金属锂等新型负极材料，解决正负极材料容量匹配问题。

12	2020	福建	《关于实施工业（产业）园区标准化建设推动制造业高质量发展的指导意见》	加快建设特种机器人、智能装备、专用车辆、石墨烯、LED等一批国家级或省级质检中心，以及国家产业计量测试中心、国家技术标准创新基地等国家级平台，打造园区标准计量认证检验检测“一站式”公共技术服务平台。积极推进纳米、超导、智能等共性基础材料研发和产业化，重点发展高端不锈钢冶金新材料、高性能稀土磁性材料、有机硅/氟材料、发光材料、储氢材料及石墨烯等新材料和核电、海上风电、新能源电池、氢能等清洁能源。
13	2020	安徽	《安徽省实施长江三角洲区域一体化发展规划纲要行动计划》	加快新材料技术与信息技术、纳米技术、智能技术等融合，重点发展石墨烯、第三代半导体、金属铌等前沿材料产业，推动创新成果转化与典型应用。

注：以上数据来源于《中国石墨烯行业深度市场调研与投资战略规划分析报告》及政府官方网站。

近年来围绕石墨烯的各区域企业结成联盟，通过集聚发展，对石墨烯新技术协同创新发展，通过联盟内的资源共享，积极拓展下游应用市场，极大地促进了石墨烯产业化发展。以联盟的形式统筹石墨烯产业化发展，推动区域内产业转型升级。目前，我国已形成以中国石墨烯产业技术创新战略联盟为核心，以北京为国际石墨烯创新中心，江苏、宁波、青岛、深圳四大石墨烯产业基地的整体布局。通过布局，我国区域性石墨烯产业集聚度日渐明显。

2.3 国外石墨烯产业化情况

目前，全球已有 80 多个国家超过 800 家企业及机构涉足石墨烯研究与开发。美国产业链完善、高度支持研发，在石墨烯晶体管、储能等领域取得多项技术突破。欧盟石墨烯基础研究扎实，制定了石墨烯旗舰计划，计划投入 10 亿欧元。英国基础研究领先，尚未商业化应用，石墨烯工程创新中心于 2018 年落成。日本产业发展较全面，制备及电子领域研发应用相对成熟。

韩国产学研结合紧密，石墨烯柔性显示、触摸屏以及芯片等领域国际领先。全球石墨烯研发、生产综合实力最强的前三甲是美国、日本、中国。不仅如此，IBM、英特尔、陶氏化学、三星等国际知名跨国企业纷纷将石墨烯及其应用技术作为长期战略发展方向，而且还涌现出了大批专门从事石墨烯研发、生产和应用的机构和企业。

海外石墨烯产业是自上而下，对高端应用领域进行布局，资金投入以国家为主，投入周期长且稳定。其中欧美国家对石墨烯产业的资助力度较大，分布领域广，时间分布密集，重点布局电子信息、生物医药等高新技术研发领域；韩国集中力量支持三星、LG集团等龙头企业，资金投入时间长且稳定；英国则注重产学研紧密结合，支持创新中心建设，在研发方面投入较大，重点布局高新技术领域。在石墨烯研发和产业发展路线上，我国和欧美国家有较大不同。中国石墨烯产业发展模式是自下而上，聚焦传统产业提升，着重促进传统产业转型升级。

2.4 我国石墨烯产业化状况

我国石墨烯产业发展大致经历了3个阶段，2009-2013年石墨烯材料从中试环节逐渐走向规模化生产；2013-2018年，石墨烯材料应用逐渐扩大，且受资本市场疯狂追捧；2018年至今，石墨烯产业发展趋于理性，市场竞争日趋激烈，企业出现分化。我国石墨烯产业的发展过程中政府发挥了关键性引导作用，在产业化方面已经走在了国际前列。目前以中国科学院宁波材料所、北京大学、中国科学院山西煤炭化学研究所、浙江大学、中国科学院沈阳金属研究所、中国科学院重庆绿色智能技术研究院、清华大学和复旦大学等为代表的高校科研院所开展了大量的石墨烯制备技术及其功能应用的

基础研究和应用研发。2013年7月，中国石墨烯产业技术创新战略联盟成立。同时，江苏、山东等多地建立了石墨烯产业技术联盟，促进高校科研院所与企业的资源优化组合、推动产学研融合发展。2013年，中国石墨烯研究及检测公共服务平台成立，专业从事石墨烯结构与性能检测。

我国石墨烯产业得到的地方政府支持力度较大，产业的投入资金主要来自民间。目前我国石墨烯创新团队主要集中在北京、江苏、上海、湖北等地区，团队研究方向集中于电子信息、新能源和生物医药等热点方向。在石墨烯主要研究领域均有涉猎，石墨烯技术水平基本与国际先进水平同步，石墨烯薄膜与粉体已实现量产，下游应用正稳步推进。据CGIA Research统计，2017年我国石墨烯材料粉体产能达到3000吨，已有数家企业具备了年产百吨以上的生产能力，其中包括常州第六元素材料科技股份有限公司100吨氧化石墨烯生产线、宁波墨西科技有限公司500吨生产线、鸿纳（东莞）新材料科技有限公司1万吨含石墨烯4 wt%-6 wt%的浆料生产线、青岛昊鑫新能源科技有限公司500吨石墨烯粉体生产线等；石墨烯薄膜产能约为350万平米，其中重庆墨希科技有限公司300万平米，常州二维碳素科技股份有限公司20万平米等。然而我国的高技术布局处于战略被动局面。欧、美、日、韩在信息、生物、光电等战略高技术领域投入较大，一批大型企业如IBM、英特尔、三星等在国家资金的支持下进行了缜密的专利战略布局，已经形成战略主动。

石墨烯产业链分上、中、下游，上游为制备石墨烯原材料，中游为石墨烯薄膜或粉体制备关键技术与设备行业，下游为石墨烯产品应用领域，如涂料、器件、复合材料等，产业链，下游公司居多。目前，我国石墨烯企业数

量已超过 5000 家。其中大部分企业依然处于发展初级阶段，产品和市场都不稳定，石墨烯规模化制备技术和下游产品商业化应用是目前石墨烯产品行业的主要竞争点。

由于广东、江苏等地区出台了高端人才创业及石墨烯专项的相关政策，我国沿海地区的产业化进程明显领先于北京等内陆地区，以长三角地区、珠三角地区和山东省为集聚区的石墨烯产业格局已初具雏形。其中包括江苏、浙江和上海的长三角地区是我国石墨烯发展较早的地区，其人才、资金、技术优势明显，发展势头强劲，研发、产业化进程领先，目前已经建立了常州、无锡、宁波三个重点石墨产业示范基地。长三角集聚区内的石墨烯产业链比较完善，涵盖了石墨烯研发、制备，以及新能源、复合材料、热管理等应用领域，在超级电容器、透明导电薄膜、导热材料、复合材料等方向上发展突出。山东集聚区内的主要城市包括青岛、济南、济宁和东营，已初步具备石墨烯产业链雏形，拥有一批石墨烯产业先行区和示范区，呈现出“区域合作、地区联动、协同发展”的良好态势。山东集聚区内的重点发展领域有海水淡化、海洋防腐、动力储能、透明导电膜等。珠三角集聚区内的主要城市包括深圳和广州，深圳单位占比超过集聚区内单位总数的一半，其创新基础良好，应用市场广阔，应用产品开发能力强大，且具有科技与金融相结合的科技金融服务体系，其石墨烯产业链配套居于全国首位。

2.5 我国石墨烯产业化存在问题

实验室成果和专利产品要成为商品，一般需要经过 5 个阶段：实验室研发——实验工厂（小试）——示范生产线（中试）——示范工厂——规模化生产，每个阶段都不可或缺，并且都潜在着风险，不可能一蹴而就，这个

过程需要 10 年、20 年，甚至更长时间。从 Gartner 的技术成熟度曲线来看，石墨烯产业总体上正处于概念导入期、产业化突破前期，正从实验室走向产业化。目前以石墨烯粉末（体）为原料的低端产品，如功能涂料、复合材料、电极材料和结构增强型材料等，虽然部分已初步产业化，但规模小、技术含量不高、附加值较低。而以石墨烯薄膜为原料的高端产品，如微电子材料和显示屏薄膜材料等，或处于实验室阶段，或处于中试阶段，短时间内均难以实现产业化。欧美等发达国家认为，目前石墨烯技术成熟度还在 1~4 级，尚不适宜大规模产业化。

近年来，石墨烯也受到各种媒体的热捧，关于石墨烯的各种报道铺天盖地，频繁进入人们的眼球，充斥着“一片蓝海”“带来万亿级市场”“颠覆性革命”“充电十分钟，可跑 1000 公里”“全面代替硅材料”等言过其实、过分夸大石墨烯性能的标题。

与此同时，石墨烯产业“低端化”发展苗头初显。与美、日、韩等发达国家相比，中国石墨烯研究和产业发展基本处于产业链和价值链的低端，虽然资本界、学术界、媒体界等“热情高涨”，但无法掩盖上游材料生产企业盲目扩大产能、下游应用集中在附加值低的产品、低端产能扩张过快、产品同质化严重等问题，已经初步显示出“低端化”发展的苗头。主要表现在：

(1) 专利“重量轻质”。虽然中国石墨烯专利申请量超过全球申请总量半数以上，稳居全球首位，但存在实用新型专利多、原创基础专利少；国内专利多、国际专利少；高校专利多、企业专利少的现象。(2) 下游“优材低用”。目前下游应用多集中在粉体（类石墨烯）领域，产品主要是石墨烯智能保暖理疗暖贴、石墨烯发热服装、石墨烯织物等轻应用，同质化现象十分严重，

即将石墨烯作为改性添加剂应用于涂料、复合材料、动力电池等规模大但对石墨烯的品质要求并不高的领域，产品附加值不高，在晶体管、传感器、柔性触摸屏、可穿戴设备、环境治理等高端应用领域偏少。(3) 环保“隐患犹存”。目前的制备技术普遍存在能耗、水耗大和工艺不环保等问题，对生态环境保护存在较大隐患。

经过近年来的发展，石墨烯产业化已经进入快车道，石墨烯的低端应用领域已经初步具备生产规模、但是石墨烯制备领域相对薄弱、高端应用尚未成形，中小企业虽然很多，但是龙头企业少，产业化瓶颈有待突破。此外我国石墨烯技术基础研究全球领先，但是技术研发良莠不齐、石墨烯专利量高、质低，下游“优材低用”问题突出。市场过度热捧石墨烯概念，石墨烯产业发展秩序紊乱、资金支撑量小力微、技术标准研制工作相对滞后、政府资源缺乏整合。

三、 国内外石墨烯标准化现状

3.1 石墨烯标准化的意义

当今世界已进入由标准规范制约市场的时代，标准是一个国家综合国力的组成部分，是一个企业创新能力和科技实力的具体体现，是全球市场竞争的重要高地。企业掌握了标准制定的话语权，也就掌握了市场竞争的主动权。

不同产业和行业制定的标准也是引领实体产业发展的关键因素，同时各个行业标准化水平的高低则反映了一个国家产业和产品的核心竞争力，乃至国家综合实力的强弱和长期竞争力的大小。开发新行业和新产品的标准甚至比研发新产品、申请新专利更加迫切和重要。当然，标准制定也是极难实现的，需要正确有力的政策引导，也需要精确的研发、规范的生产实践及长期经验的积累。

由于石墨烯材料优异的性质和广阔的市场前景，学术界和产业界对于石墨烯的热情一直有增无减，全球已有上百家公司参与制备或应用石墨烯，石墨烯正在形成一个巨大的产业。虽然石墨烯未来将在各个行业及领域迎来巨大的发展空间，研发及产业规模也初显端倪，但目前确实存在一些问题，尤其是石墨烯产业还处于产业发展的早期阶段。由于大多数国家对于石墨烯的基础理论研究、技术研发、产业化和下游应用尚处于初级阶段，在没有一个科学、合理和公认的标准体系保障情况下，导致目前石墨烯市场鱼龙混杂，出现了一些企业在对石墨烯的形态划分模糊不清、甚至对石墨烯的概念一知半解的情况下，将普通的石墨（粉）充当石墨烯，一些企业在原材料中添加石墨烯粉体，不做严格的检测和全面实验就宣称可以大幅度提高产品

的性能，有些还以此在资本市场进行炒作，诸如“外延石墨烯”“石墨烯氧化物”和“少层石墨烯”这样的术语在整个行业之前被普遍使用，但是在GB/T 30544.13—2018《纳米科技 术语 第13部分：石墨烯及相关二维材料》这项国家标准出版之前，对这些术语并没有普遍认同的定义。甚至在某些情况下，几百层厚的石墨烯也被错误地标记为“少层石墨烯”。这会导致正在开发新产品的公司不能充分了解市售石墨烯材料的性能，并选择最适合其应用的材料。标准的缺失是石墨烯产品商业化的关键壁垒，影响了人们对石墨烯供应商的信任。

部分国内外媒体由于对石墨烯技术方面了解的局限性，在一些报道中也有意无意的造成一些误导和不实信息传播，如将石墨烯的微观性能扩大为宏观性能，这种情况扰乱了行业的健康发展，有些报道已经给石墨烯行业带来了伤害。具体来说，石墨烯具有极强的导电性、导热性及高强度等一系列优越性能，但这是以理想的单层石墨烯为对象所得出的结论，是单原子厚度石墨烯的一个微观性能的描述，并且很多数据为理论计算数据。而从产业化的角度，在宏观应用上来说石墨烯的应用领域还需要做大量的研发试验工作，很多企业只重视低端产出，轻视对未来石墨烯产业核心技术的关注和投入。对于这些产业发展及国际市场的拓展过程中存在的问题，行之有效的解决之道是标准先行。制定石墨烯产品命名标准，在规范产品市场、引导行业健康发展上有着重要意义，既可以抨击现在市场上的石墨烯产品命名乱的行业现象，又能对产品的命名指南基本内容进行介绍，同时对石墨烯的添加计量和用途进行了分类，对生产方石墨烯产品的公开产品信息也能进行说明。

3.2 石墨烯国际标准化现状

目前国际上在做石墨烯标准化工作的机构和组织可分成 3 个部分：第 1 部分是国际化的标准化组织中的分支，国际电工委员会电工产品和系统用纳米技术委员会 (IEC/TC113)、世界标准化组织纳米技术委员会 (ISO/TC229) 和欧洲电工标准化委员会 (CENELEC)；第 2 部分是国外的石墨烯行业联盟或协会，例如，欧盟石墨烯旗舰计划的标准化委员会 (GFSC)、美国的石墨烯协会的标准化小组、石墨烯下游经济体协会；第 3 部分是国家内部的计量研究院所或国家级的标准化专业机构，其中较为著名的有：美国材料科学与工程协会 (ASTM)、英国的国家物理实验室 (NPL)、美国国家标准化研究所 (NIST)、IEC 的美国标准委员会 (USNC/IEC)、瑞典的国家标准研究院 (SIS) 和德国的国家计量研究院 (PTB) 等。上述这些组织和机构在石墨烯相关标准制定研究中，侧重点不同，都在从事部分的石墨烯标准化工作。

目前，石墨烯国际标准主要由 ISO/TC229 与 IEC/TC113 两大组织主导，为更好地统筹协调石墨烯的国际标准制定问题，目前成立了石墨烯标准制定的联合工作组。其中 IEC/TC113 就石墨烯的标准化制定了路线图以及工作框架，将原材料生产和组件或终端产品全生产链纳入到标准化路线图中，针对石墨烯材料的关键控制参数的测量开展了大量的工作，并形成了相应的国际标准。针对石墨烯等新材料技术发展快的特点，IEC/TC113 提出了空白详细规范和关键控制特性两个概念，并形成了 IEC TS 62565 和 IEC TS 62607 这两个系列标准，其中以中国、韩国和欧盟提出的标准提案最多。ISO/TC229 主要是针对石墨烯材料的命名、毒理性等参数制定相关的标准。

截止目前，这两大国际标准化组织制定的石墨烯标准共计 20 余项，其

中已发布的石墨烯国际标准(含规范)有6项。石墨烯国际标准的制定国家主要集中在中国、韩国、欧盟、德国、日本、美国等国家,标准内容主要集中在石墨烯粉体材料性能的特征测试、空白规范等。

表3 已发布的石墨烯国际标准(含规范)

序号	标准号	标准名称	发布年份
1	IEC TS 62565-3-1:2014	Nanomanufacturing - Material specifications - Part 3-1: Graphene - Blank detail specification for electrotechnical applications 纳米制造 材料规范 第3-1部分:石墨烯 电学应用空白详细规范	2014/11/1
2	IEC TS 62607-6-4:2016	Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-4: Graphene - Surface conductance measurement using resonant cavity 纳米制造 关键控制特性 第6-4部分:石墨烯 利用谐振腔测量表面电导性能	2016/9/28
3	ISO TS 80004-13:2017	Nanotechnologies - Vocabulary - Part 13: Graphene and related two-dimensional(2D) materials 纳米技术 术语 第13部分:石墨烯及相关二维材料	2017/11/1 4
4	ISO TR 19733:2019	Nanotechnologies - Matrix of properties and measurement techniques for graphene and related two-dimensional (2D) materials 纳米技术 石墨烯和相关二维(2D)材料的性质和测量技术矩阵	2019/3/22
5	IEC TS 62607-6-1:2020	Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-1: Graphene-based material - Volume resistivity: four probe method 纳米制造 关键控制特性 第6-1部分:石墨烯基材料 体积电阻率:四探针法	2020/7/8
6	IEC TS 62607-6-13:2020	Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-13: Graphene powder - Oxygen functional group content: Boehm titration method 纳米制造 关键控制特性 第6-13部分:石墨烯粉体 含氧官能团含量:波尔滴定法	2020/7/8

3.3 我国石墨烯标准化现状

目前,我国石墨烯产品的相关产业化和下游应用在全国范围内开展,石墨烯产品的多样性和下游应用产品的开发处于世界领先地位。石墨烯的蓬勃发展推动了其他制造业的转型和升级。我国在石墨烯产品标准制定方面起步较晚。中国石墨烯产业技术创新战略联盟于2013年提出制定石墨烯联盟标准。自2015年开始,国家层面相继出台一些标准化的政策(见表4),鼓励纳米材料标准制定工作。2015年,国家工业和信息化部、发展和改革委员会和科学技术部联合印发《关于加快石墨烯产业创新发展的若干意见》,提出到2020年,形成完善的石墨烯产业体系,实现石墨烯材料标准化。后续国家层面相继发布了一系列提及开展石墨烯标准制定工作的政策,这预示着我国石墨烯标准化工作进入重要时期。

表4 我国石墨烯相关标准化的政策

序号	年份	发布部门	名称	标准化要点
1	2015	全国人大	《中华人民共和国促进科技成果转化法》	国家加强标准制定工作,对新材料依法及时制定标准。
2	2015	科技部、质检总局、国家标准委	《“十三五”技术标准科技创新规划》	在重点领域(新一代信息技术、智能绿色服务制造技术、新材料技术等)和区域建设50个国家技术标准创新基地,有效支撑科技成果转化转化为技术标准工作。
3	2015	国务院	《国家标准化体系建设发展规划(2016-2020年)》	全面推进新材料标准体系建设,重点开展新型功能材料、先进结构材料和高性能复合材料等标准研制。
4	2015	国家工信部、发改委和科技部	《关于加快石墨烯产业创新发展的若干意见》	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。
5	2016	国务院	《消费品标准和质量提升规划(2016-2020年)》	开展科技成果转化技术标准试点,加大新材料等创新成果的标准转化力度,加强技术标准创新基地和标准试验验证实验室建设。
6	2017	国家标准委	《国家技术标准创新	重点在新材料等领域布局创新基

			基地建设总体规划 (2017-2020年)》	地。
7	2017	中共中央、 国务院	《关于开展质量提升 行动的指导意见》	加强石墨烯等前沿新材料布局。 加快国家技术标准创新基地公共 技术服务平台建设。
8	2018	质监局、工 信部等九部 委	《新材料标准领航行 动计划 2018-2020》	石墨烯作为研制新材料“领航”标 准项目中八种材料之一。
9	2019	国家标准委	《2019年全国标准化 工作要点》	新材料作为实施新产业标准领航 工程的重点领域。

国内的石墨烯标准制定主体以联盟、高校、标准化委员会、地方标准化机构为主，呈现百花齐放的状态。为了开展石墨烯标准化工作，我国组建了一系列标准化组织，目前经国家标准化管理委员会批准的具有石墨烯国家标准归口权的标准化组织主要有全国纳米技术标准化技术委员会（SAC/TC279）、全国纳米技术标准化技术委员会纳米材料分技术委员会（SAC/TC279/SC1）、全国钢标准化技术委员会炭素材料分技术委员会（SAC/TC183/SC15）和石墨烯标准化推进工作组，这些标准化组织的秘书处和专业领域见表 5。

表5 我国石墨烯标准化归口机构

序号	机构名称	秘书处承担单位	专业领域
1	全国纳米技术标准化技术委员会 (SAC/TC279)	国家纳米科学中心	纳米技术领域的基础性国家标准(包括纳米尺度测量、纳米尺度加工、纳米尺度材料、纳米尺度器件、纳米尺度生物医药等方面的术语、方法和安全性要求等)，不包括产品标准。
2	全国纳米技术标准化技术委员会纳米材料分技术委员会 (SAC/TC279/SC1)	冶金工业信息标准化研究院	全国纳米材料标准的规划和协调，纳米材料基础标准(名词术语、基本方法等)的制修订，除已有归口技术委员会之外的纳米材料。
3	全国钢标准化技术委员会炭素材料分技术委员会 (SAC/TC183/SC15)	冶金工业信息标准化研究院	负责石墨烯电导膜、粉体材料、导热膜等领域的国家、行业标准制修订工作。
4	石墨烯标准化推进工作组	冶金工业信息标准化研究院	下设石墨烯通用基础、表征与测量、环境安全健康、产品规范等 4 个专业组。

我国于 2018 年发布第一项石墨烯国家标准 GB/T 30544.13—2018《纳米科技 术语 第 13 部分：石墨烯及相关二维材料》(等同采用 ISO TS 80004-13:2017)，该标准的发布，为后续研制石墨烯标准提供重要依据，填补了石墨烯领域的空白，但是在实施过程中，出现了部分内容不符合我国石墨烯产业的实际情况。紧接着，我国发布 GB/T 38114—2019《纳米技术 石墨烯材料表面含氧官能团的定量分析 化学滴定法》(中国科学院山西煤炭化学研究所主导)和 GB/Z 38062—2019《纳米技术 石墨烯材料比表面积测试 亚甲基蓝吸附法》(中国科学院宁波材料技术与工程研究所主导)两项国家标准。据统计，目前我国石墨烯国家标准计划共有 11 项(见表 6)，标准化的内容主要是石墨烯粉体层数、厚度、电导率、比表面积、离子含量等理化性能和石墨烯薄膜的性能，发起单位主要是泰州巨纳新能源有限公司、深圳市贝特瑞纳米科技有限公司、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、国家纳米科学中心和北京市理化分析测试中心。

表6 我国制定中的石墨烯国家标准

序号	计划号	计划名称	计划下达日期	执行阶段
1	20140889-T-491	纳米技术 石墨烯相关二维材料的层数测量 光学对比度法	2014/11/19	正在起草
2	20140890-T-491	纳米技术 石墨烯相关二维材料的层数测量 拉曼光谱法	2014/11/19	正在征求意见
3	20140894-T-491	纳米技术 氧化石墨烯厚度测量 原子力显微镜法	2014/11/19	正在批准
4	20160465-T-491	石墨烯材料电导率测试方法	2016/6/14	正在征求意见
5	20170324-T-491	石墨烯薄膜的性能测试方法	2017/5/23	正在起草
6	20191895-T-491	纳米技术 氩气吸附静态容量法(BET)测定石墨烯材料的比表面积	2019/7/12	正在起草
7	20191896-T-491	纳米技术 石墨烯材料的化学性质表征 电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)	2019/7/12	正在起草

8	20192942-T-491	纳米技术 石墨烯粉体中硫、氟、氯、溴含量的测定-燃烧离子色谱法	2019/10/24	正在起草
9	20192943-T-491	纳米技术 石墨烯粉体中水溶性阴离子含量的测定 离子色谱法	2019/10/24	正在起草
10	20202801-T-491	纳米技术 亚纳米厚度石墨烯薄膜载流子迁移率及方块电阻测量方法	2020/8/7	正在起草
11	20202805-T-491	纳米技术 X射线光电子能谱法测量石墨烯粉体的氧含量和碳氧比	2020/8/7	正在起草

我国一些省份也在积极研制石墨烯地方标准，主要指导单位为省质监局、市场监管局等，目前已发布的石墨烯地方标准共 22 项（见表 7），主要集中在河北、广西、江苏和黑龙江四个省份，其中河北是发布石墨烯地方标准最多的省份，占比 55%。从图 1 中可以看出，自 2016 年开始便有石墨烯地方标准相继发布，对已发布的地方标准进行研究发现，重点领域是石墨烯粉体的分析表征和导电浆料的分析表征。

表7 我国已发布的石墨烯地方标准

序号	标准编号	标准名称	发布日期	状态	省份
1	DB13/T 2768.1-2018	石墨烯材料检测方法 第 1 部分：灰分的测定	2018/7/16	现行	河北
2	DB13/T 2768.2-2018	石墨烯粉体材料检测方法 第 2 部分：碳、氮、氢、硫、氧元素含量的测定	2018/7/16	现行	河北
3	DB13/T 2768.3-2018	石墨烯粉体材料检测方法 第 3 部分：电导率的测定	2018/7/16	现行	河北
4	DB13/T 2768.4-2018	石墨烯粉体材料检测方法 第 4 部分：比表面积、孔容和孔径的测定 BET 法	2018/7/16	现行	河北
5	DB13/T 2768.5-2018	石墨烯粉体材料检测方法 第 5 部分：热扩散系数的测定 闪光法	2018/7/16	现行	河北
6	DB13/T 5025.1-2019	石墨烯-碳纳米管复合导电浆料测定方法 第 1 部分：固含量的测定	2019/7/4	现行	河北

7	DB13/T 5025.2-2019	石墨烯-碳纳米管复合导电浆料测定方法 第2部分：水分含量的测定	2019/7/4	现行	河北
8	DB13/T 5025.3-2019	石墨烯-碳纳米管复合导电浆料测定方法 第3部分：磁性异物含量的测定	2019/7/4	现行	河北
9	DB13/T 5025.4-2019	石墨烯-碳纳米管复合导电浆料测定方法 第4部分：金属元素含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	2019/7/4	现行	河北
10	DB13/T 5026.1-2019	石墨烯导电浆料物理性质的测定方法 第1部分：浆料粘度的测定 旋转粘度计法	2019/7/4	现行	河北
11	DB13/T 5026.2-2019	石墨烯导电浆料物理性质的测定方法 第2部分：浆料细度的测定 刮板细度计法	2019/7/4	现行	河北
12	DB13/T 5026.3-2019	石墨烯导电浆料物理性质的测定方法 第3部分：浆料极片电阻率的测定 四探针法	2019/7/4	现行	河北
13	DB23/T 2492- 2019	石墨烯材料 碳、氮、氢、硫、氧元素含量测试方法	2019/11/20	现行	黑龙江
14	DB32/T 3459- 2018	石墨烯薄膜微区覆盖度测试 扫描电子显微镜法	2018/11/9	现行	江苏
15	DB32/T 3595— 2019	石墨烯材料 碳、氢、氮、硫、氧含量的测定 元素分析仪法	2019/4/8	现行	江苏
16	DB32/T 3596— 2019	石墨烯材料 热扩散系数及导热系数的测定 闪光法	2019/4/8	现行	江苏
17	DB45/T 1421- 2016	石墨烯三维构造粉体材料名词术语和定义	2016/11/30	现行	广西
18	DB45/T 1422- 2016	石墨烯三维构造粉体材料生产用聚合物	2016/11/30	现行	广西
19	DB45/T 1423- 2016	石墨烯三维构造粉体材料的检测与表征方法	2016/11/30	现行	广西
20	DB45/T 1424- 2016	石墨烯三维构造粉体材料生产用高温反应炉的设计规范	2016/11/30	现行	广西
21	DB45/T 1425- 2016	石墨烯三维构造粉体材料生产技术	2016/11/30	现行	广西
22	DB45/T 2014- 2019	路面用石墨烯复合改性橡胶沥青技术要求	2019/11/5	现行	广西

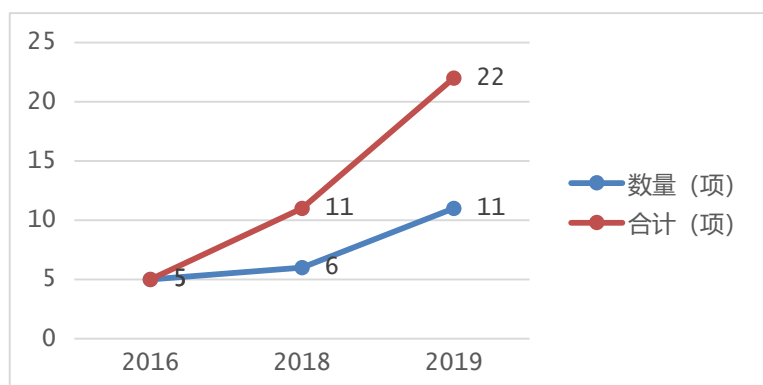


图1 我国石墨烯地方标准随年份发布数量趋势

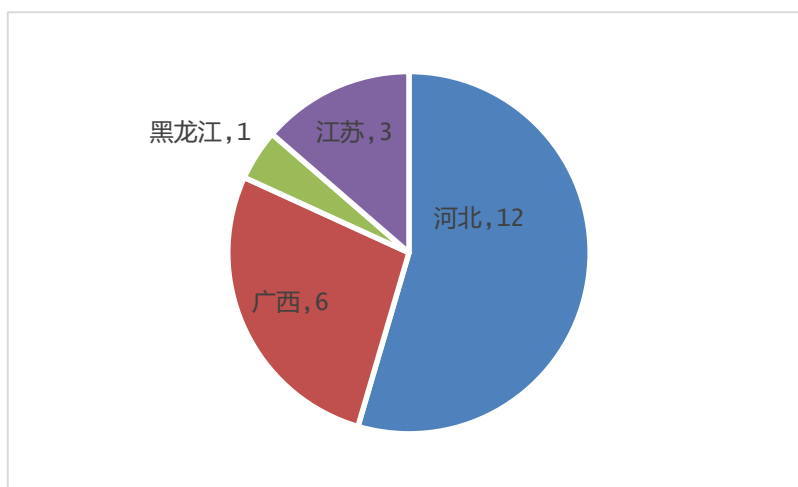


图2 各省份已发布的石墨烯地方标准占比情况

自新标准化法明确了团体标准的法律地位之后，一些联盟、社会团体、标准协会争相开展石墨烯团体标准的研制工作。截止 2020 年 9 月初，我国已发布的石墨烯团体标准有 42 项（不包含未在全国团体标准化信息平台公开的标准）。对已发布的石墨烯团体标准进行分析，发现目前石墨烯团体标准制定工作主要集中在中关村华清石墨烯产业技术创新联盟、中关村材料试验技术联盟、广东省特种设备行业协会和中关村石墨烯产业联盟四个团体，这四个团体发布的石墨烯团体标准数量占比高达 67%，研究重点领域在于石墨烯粉体材料检测方法和电热膜、润滑脂、导电浆料等石墨烯应用领域的产品标准。

表8 各社会组织已发布的石墨烯标准数量及主要石墨烯标准化方向

组织名称	标准数量 (项)	占比	主要标准化方向
中关村华清石墨烯产业技术创新联盟	9	21%	石墨烯术语, 石墨烯粉体材料检测, 电热膜、润滑脂、浆料等产品标准
中关村材料试验技术联盟	7	16%	导电涂料、石墨烯粉体表征/判定
广东省特种设备行业协会	7	16%	石墨烯粉体材料/薄膜的分析表征
中关村石墨烯产业联盟	6	14%	电热膜、电热板、石墨烯粉体材料测试、导电浆料/纤维、涂层等
中关村标准化协会	3	7%	电热膜、电热板、润滑脂
中国涂料工业协会	2	7%	建筑涂料、底漆
深圳市电源技术学会	2	4%	石墨烯粉体材料表征、浆料
其他社会组织(各1项)	6	14%	发热砖、粉体检测等

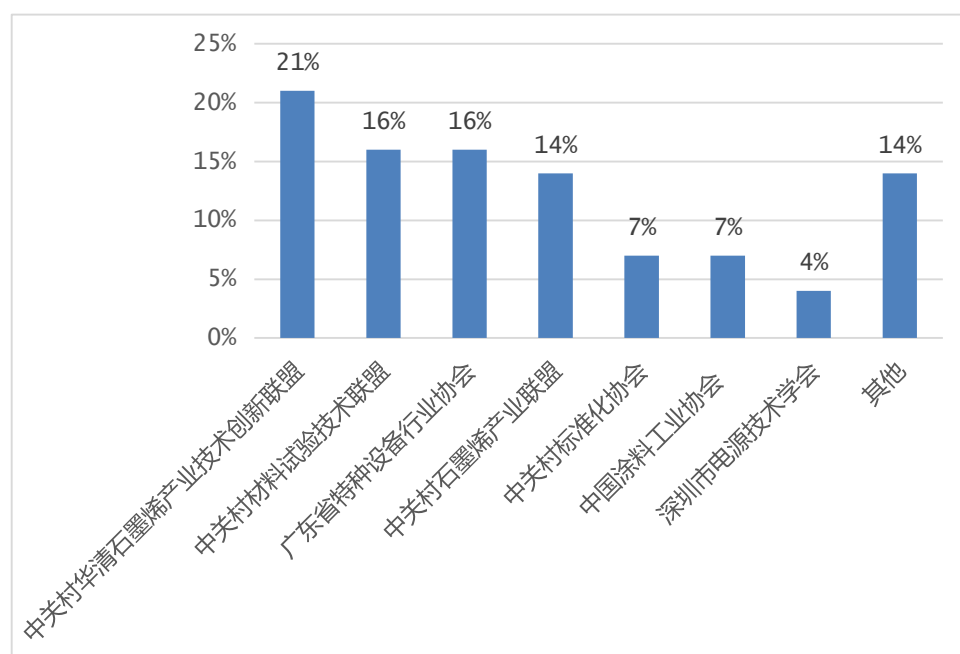


图3 各社会组织已发布的石墨烯团体标准占比

3.4 我国石墨烯标准化存在的主要问题

目前石墨烯技术并未完全成熟, 许多相关产品尚处于研发和概念化阶段, 随着石墨烯产业发展日益成熟, 市场急需加强石墨烯标准制定以及对石墨烯产品的监管认证, 石墨烯产品的标准检测认证体系也需要逐渐完善。石墨烯标准化工作仍需加快步伐, 石墨烯标准内容需要进一步明确合理。目前, 我国石墨烯标准化工作存在下面几个问题。

(1) 石墨烯标准体系尚不完善

石墨烯材料国际、国家、行业、地方、团体标准的制定范围和速度远不能满足石墨烯行业的发展行情，致使市场上石墨烯材料相关产品鱼目混珠，产品质量参差不齐的现象非常严重。严重影响了石墨烯产业的良性发展，对于整体行业质量把控、与下游应用产业的匹配，也会带来很多不便，因此我国亟待建立并完善石墨烯材料标准体系，规范石墨烯材料行业发展。

(2) 我国石墨烯标准化对象单一

经过调研石墨烯国内外标准发现，目前已发布的标准绝大多数为石墨烯粉体材料的检测标准，标准化内容单一，团体标准、地方标准大致雷同，每项标准对石墨烯的单一指标进行分析测试，很少甚至没有石墨烯材料的产品标准。在没有产品标准保障情况下，市场上的石墨烯鱼龙混杂，孰真孰假暂时没有统一的判定标准，致使很多企业借助石墨烯进行炒作。

(3) 我国石墨烯中小企业标准化意识不高

目前石墨烯标准化工作主要集中在科研院所、高等院校等具有较强研发能力的机构，石墨烯生产、使用的企业标准化意识不高，大多数企业更多关注石墨烯产品概念热度宣传，只重视低端产出，轻视对未来石墨烯产业核心技术的关注和投入。没有将其自身的创新技术、运行模式以及石墨烯应用过程中出现的问题等转化为标准，缺少石墨烯市场的话语权。

(4) 我国石墨烯标准化人才不足

石墨烯作为一种新材料，一项石墨烯标准的制定，短则 1-2 年，长则 4-5 年，在标准研制的过程中，需要做大量的研发试验、测试分析以及实验室内和实验室间的比对工作，需要既懂石墨烯技术又懂标准化的专业人员，

目前有很多石墨烯的专业人才，但是由于标准化短期收益极低，愿意投身石墨烯标准化工作的人员少之又少。

四、 深圳市石墨烯产学研创新研究

4.1 深圳市石墨烯产学研创新发展现状

经统计，深圳市石墨烯相关企业、高校和科研院所已发表石墨烯相关SCI论文1000余篇，申请相关专利1500余件，在石墨烯粉体制备、石墨烯复合储能材料、石墨烯发热膜、石墨烯电子信息材料等方面取得了较大进展，积累了较强的产业基础，相关产品应用在电子信息、新能源和复合材料领域优势明显。

通过选取技术扩散活动较为活跃的清华大学深圳国际研究生院进行分析，绘制清华大学深圳国际研究生院石墨烯技术扩散情况。从图4中可知，该院合作对象主要分为两类，一类为大型企业，包括国家电网公司和华为技术有限公司，一类为广东省内尤其是深圳市内的中小企业，以鸿纳（东莞）新材料科技有限公司、深圳市博恩实业有限公司为代表。同时清华大学深圳研究生院与其控股的清华力合创业投资有限公司旗下的深圳市力合材料有限公司在石墨烯技术研发上也开展了相关合作。同时该院将石墨烯相关专利转让给深圳石墨烯创新中心有限公司和深圳市寒暑科技新能源有限公司，用于技术孵化。

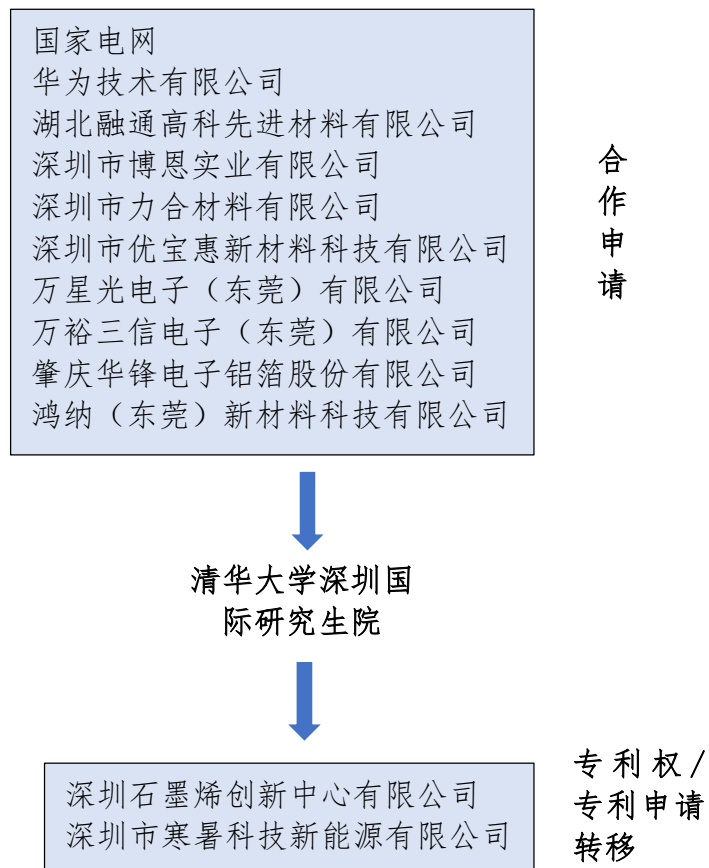


图4 清华大学深圳国际研究生院石墨烯技术扩散情况



图5 深圳市石墨烯产业分布领域及代表性企业

由图可知，深圳市石墨烯产业在 Top-Down 方法制备石墨烯、储能、生活用品、理疗产品四个领域较为集中。另外，在热界面材料、RFID、触摸屏及显示面板领域聚集了一些代表性企业。

以深圳为代表的珠三角地区是国内石墨烯研究最先进的地区，2013 年工信部发布《新材料产业“十二五”发展规划》，其中的前沿新材料就包括石墨烯。国家针对深圳地区的一些石墨烯支撑政策，以清华大学深圳国际研究生院为代表的南方石墨烯研究机构工信部 2015 年 10 月发布的《〈中国制造 2025〉重点领域技术路线图》中提出了石墨烯产业“2020 年形成百亿产业规模，2025 年整体产业规模突破千亿”的发展目标，对石墨烯中长期发展路线进行了部署，其中重点关注了石墨烯规模制备、石墨烯锂电池电极、石墨烯基防腐涂料、柔性石墨烯功能薄膜等几类重点产业。

此外，深圳市的产业结构特点为石墨烯未来的发展提供了市场空间，即石墨烯在深圳的未来发展将是由市场主导的，这也为一种新材料的发展提供了源源不断的动力。除此之外，深圳市的一系列科技政策和发展环境为石墨烯的发展在政府层面上提供了保障。

（1）政府积极的政策导向。

深圳市为推动新材料和新能源产业的发展制定了一系列的政策，从政府层面给予积极的引导。深圳市编制了《深圳新能源产业振兴发展规划》（2009-2015 年）以引导和促进深圳新能源产业发展，努力将深圳率先建设成为国家新能源产业重要基地和低碳经济先锋城市。此外，《深圳新材料产业振兴发展规划》（2011-2015 年）和《深圳新材料产业振兴发展政策》的出台，意味着新材料也被纳入了深圳未来重点支持的产业发展范畴，成为支

撑深圳未来经济发展一个重要的新的增长点。《深圳市 2017 年第一批石墨烯、微纳米材料与器件领域产业化中试环节扶持专项》和《关于组织实施深圳市新材料产业 2019 年第一批扶持计划的通知》均将石墨烯纳入扶持计划，此外《深圳市关于进一步加快发展战略性新兴产业的实施方案》提出发展高分子材料、高性能功能陶瓷和硬质合金等结构材料和功能材料，前瞻布局石墨烯、新型二维材料、微纳米材料、超硬材料等新兴领域，构建日趋完善的新材料基础支撑体系。同时指出深圳各区石墨烯发展方向。

表9 深圳市石墨烯支持政策

序号	年份	发布部门	名称	政策要点
1	2017	深圳市发改委	《深圳市 2017 年第一批石墨烯、微纳米材料与器件领域产业化中试环节扶持专项》	石墨烯、微纳米材料与器件产业化中试环节扶持专项。 围绕重大科技产业专项中的行业关键共性技术，按照以企业为主体，产学研结合的方式，支持通过建设中试基地、中试生产线等方式开展科研成果二次开发或中试放大试验，加快工艺、技术、产品高效转化，助力企业跨越从实验室到产业化应用的“最后一公里”障碍。
2	2018	深圳市人民政府	《深圳市关于进一步加快发展战略性新兴产业的实施方案》	发展高分子材料、高性能功能陶瓷和硬质合金等结构材料和功能材料，前瞻布局石墨烯、新型二维材料、微纳米材料、超硬材料等新兴领域，构建日趋完善的新材料基础支撑体系。 石墨烯：坚持以应用为导向，建设高水平创新平台，重点发展石墨烯在电子信息、新能源等领域的应用技术，开展终端应用产品示范推广，推动石墨烯快速发展。指出不同区域石墨烯发展方向，其中光明片区：发挥龙头企业优势，围绕石墨烯科技产业重点领域，搭建关键共性技术协同研发平台、人才集聚平台，加快推进石墨烯制造业创新中心示范基地建设。
3	2019	深圳市发展和改革委员会	《关于组织实施深圳市新材料产业 2019 年第一批扶持计划的通知》	前沿新材料。重点支持石墨烯、3D 打印材料、柔性电子材料、氢燃料电池材料、新型二维材料、高性能复合材料、超材料、高性能增强纤维、纳米材料和超导材料等。

(2) 具有深厚的炭材料产业基础和巨大发展空间。

深圳市的炭材料产业主要有以下几个特点：(a) 环保用碳基材料具有很大的发展空间。低碳城市是深圳推进社会和谐高效发展的重要发展目标，因此环保产业也是深圳市重点推进的产业之一。在环保用多孔碳材料、杀菌材料、催化剂载体方面都为炭材料提供了较大的发展空间。(b) 高端石墨、核石墨及碳基复合材料的发展也具有深厚的产业基础。依托于大亚湾核电站及深圳雄厚的工业基础，发展核石墨及其他高端石墨电极，并带动碳基复合材料、针状焦等高附加值炭材料为深圳未来的发展提供了很有潜力的产业增长点。(c) 导热炭材料的发展为深圳微电子行业领头羊地位保驾护航。炭材料具有目前已知最高的导热系数，是导热材料研究最为活跃的方向之一。深圳市在导热柔性石墨、块状石墨和超薄石墨导热薄膜方面取得很大进展，有望逐步推进产业化，为深圳市微电子和半导体行业发展提供坚实保障，也是未来重要的经济增长点。总体上来说，深圳市在碳基材料的研究、研发和产业化上具备有相当的理论 and 实践基础，已经取得较大进展，但与世界先进水平相比，仍然存在一定差距。

(3) 领先的纳米炭材料产业基地。

深圳市由于其独特的产业优势，在纳米碳质材料，包括碳纳米管、纳米金刚石及富勒烯的规模化生产和应用拓展上在国内处于领先地位。具体而言，深圳市在碳纳米管的规模化生产、应用（导电添加剂等）方面在国内处于领先地位；在纳米金刚石的生产、研发及应用上具有一定优势；在富勒烯的应用拓展（化妆品添加剂等）也取得相当程度的进展。同时依托于基础研究的进展，在石墨烯及相关制品的规模化生产工艺上取得突破，并在应用开

发（导热薄膜、导电涂料、导电添加剂等）上获得较大的进展，有望率先在国内实现石墨烯产业化。虽然我们在纳米碳质材料的研发和产业化方面取得很大进展，在国内处于领先地位，但与世界水平仍有较大差距，而且与其他纳米炭材料相比，石墨烯相关的研究在深圳地区还较为薄弱。

（4）政府资金的支持及实验室建设。

深圳市为了提高炭材料的研发和产品转化能力，协助建立了深圳炭功能材料工程实验室。深圳炭功能材料工程实验室依托于清华大学深圳国际研究生院和广东省能源与环境材料创新团队，实验室研究队伍以清华大学深圳国际研究生院能源与环境材料创新科研团队和先进电池与材料省部产学研创新联盟成员为主要骨干成员。该研究队伍在炭功能材料方面具有深厚的研究基础，在炭材料的改性和结构调控、新型纳米炭材料的性质以及性能研究方面具有丰富的经验，并且掌握了纳米技术、模板技术、新型活化技术、电纺技术等一系列炭功能材料的制备和改性核心技术。深圳炭功能材料工程实验室的主要目标是建立面向能量存储及转化、环境保护的新型功能炭材料研发和工程化平台，发展一系列实用化技术，主要包括纳米技术、模板技术、新型活化技术、电纺技术等核心技术，解决一系列新型炭纳米材料的规模化生产、结构和性质调控技术和实际应用中存在的瓶颈问题，主要包括基于石墨烯和碳纳米管的纳米炭材料以及层次孔炭和模板炭纳米结构炭材料等；提高传统炭材料的性能，包括石墨、多孔炭等，发展一系列的结构调控工艺、功能化手段；解决上述炭功能材料放大和工程化中的科学及工程问题；健全炭材料评价体系。对提升深圳市在炭功能材料研发、生产中的系统集成能力和竞争力起到了巨大的作用。

(5) 初步建立石墨烯产业基地。

深圳的发展受益于科技的创新，一直以来，深圳政府不断加大力度支持技术创新，全方位促进产学研金的融合发展。深圳市拥有多个先进石墨烯产业研究机构及协会，2015年中国石墨烯产业技术创新战略联盟、中国宝安集团股份有限公司联合南方科技大学、清华大学深圳国际研究生院及北京大学深圳研究生院等发起成立深圳市先进石墨烯应用技术研究院，该研究院立足深圳，面向全球，旨在在全球范围内展开石墨烯应用方面的合作，向深圳引进全球优秀的石墨烯研发成果推动产业化发展，搭建起全球石墨烯研究与深圳产业之间的桥梁。该院将打造成为国际领先的系统性、开放式、专业化的石墨烯应用技术研究平台；同年在深圳市发展和改革委员会、经济贸易和信息化委员会（现：工业和信息化局）、科技创新委员会、投资推广署的大力支持下，由深圳市贝特瑞新能源材料股份有限公司、清华大学深圳国际研究生院、南方科技大学、深圳市新材料行业协会、深圳烯旺新材料科技股份有限公司、中兴通讯股份有限公司、惠科电子（深圳）有限公司等石墨烯生产研发使用企业、科研机构共同筹备成立深圳市石墨烯协会，旨在推动建立研发机构与协会组织有机联动的产业服务体系。力求推动石墨烯在深圳本土的产业化，协会资金用于研发和项目引进，致力于推进石墨烯研发与应用创新，整合相关企业现有优势资源。

(6) 完整的石墨烯产学研及应用市场。

石墨烯材料企业数量国内分布前三的省份分别为广东省、江苏省和山东省。整体来看，深圳是我国石墨烯产业极为活跃的地区，同时也是石墨烯材料下游应用市场开拓较为迅速的地区之一，形成了以石墨烯材料生产、设

备制造为依托，重点突破新能源、大健康、电加热、复合材料等领域的产业发展模式，为全国石墨烯产业下游应用市场的开拓起到了积极的示范作用。而深圳市在石墨烯产业布局方面，率先形成由石墨烯研发平台、石墨烯成果转化平台、石墨烯产业化基地构成三位一体的石墨烯创新及产业化示范集群。深圳在 2018 年提出，结合产业实际，围绕 5G、新型显示、集成电路、机器人、智能制造、石墨烯、新能源汽车、航空航天装备、海洋工程装备、精准医疗等新兴产业领域，规划建设 10 个制造业创新中心，并出台专项政策予以扶持。制造业创新中心将实现创新资源的整合协同，加强技术研发，促进技术成果转化和商业化应用，实现核心技术突破，推动制造业向高端转型，加快建设产业集聚区，培育若干百亿级、千亿级产业集群，助推深圳建设国际科技、产业创新中心。而且在此政策的推动下，目前深圳市已经完成了石墨烯创新中心的建设。

创新中心以清华大学深圳国际研究生院、清华伯克利深圳学院、南方科技大学、澳门大学、香港理工大学、香港城市大学、深圳大学、中国科学院深圳先进技术研究院等为代表的高校科研单位，享誉国内外的院士和专家科研团队在石墨烯基础研究和应用研究方面已取得了很大成就。以深圳市贝特瑞新能源材料股份有限公司、深圳烯旺新材料科技股份有限公司（冯冠平教授团队公司）、深圳烯创先进材料研究院有限公司（杜善义院士团队公司）、深圳烯材科技有限公司（成会明院士团队公司）、深圳市本征方程石墨烯技术股份有限公司、深圳市翔丰华科技股份有限公司、深圳华烯新材料有限公司、鸿纳（东莞）新材料科技有限公司、北京石墨烯技术研究院、乌兰察布市大盛石墨新材料股份有限公司、北京蒙京石墨新材料科技研究院有

限公司等单位为代表的石墨烯材料生产端，在大规模高端石墨烯制备方面已取得重大进展。中国建筑材料集团有限公司、华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、比亚迪股份有限公司、中集车辆有限公司、康佳创投发展（深圳）有限公司、欣旺达电子股份有限公司、深圳大富科技股份有限公司、中国建材西安墙体材料研究设计院、大同新能源储能产业园、永安市石墨和石墨烯产业园、乌兰察布石墨烯产业园等高新科技企业，在应用端对石墨烯材料应用有迫切的需求，促进前端技术研发和生产的提升。

深圳拥有全国最大的石墨烯应用市场，深圳锂电池、电动汽车、手机企业众多，产业链配套条件全国领先。石墨烯应用进入市场有两种途径：一是创造出一个新市场；二是“依附”原有的市场。这两种途径，深圳均具有不可比拟的优势。据统计，目前深圳新材料产业已进入快速发展阶段，优势特色突出，规模不断扩大。2016年，全市新材料产业增加值达373.4亿元，同比增长19.6%；产业规模超过1650亿元，预计到2020年将达2300亿元。在石墨烯太赫兹芯片、柔性显示等领域，深圳已跻身世界前沿。

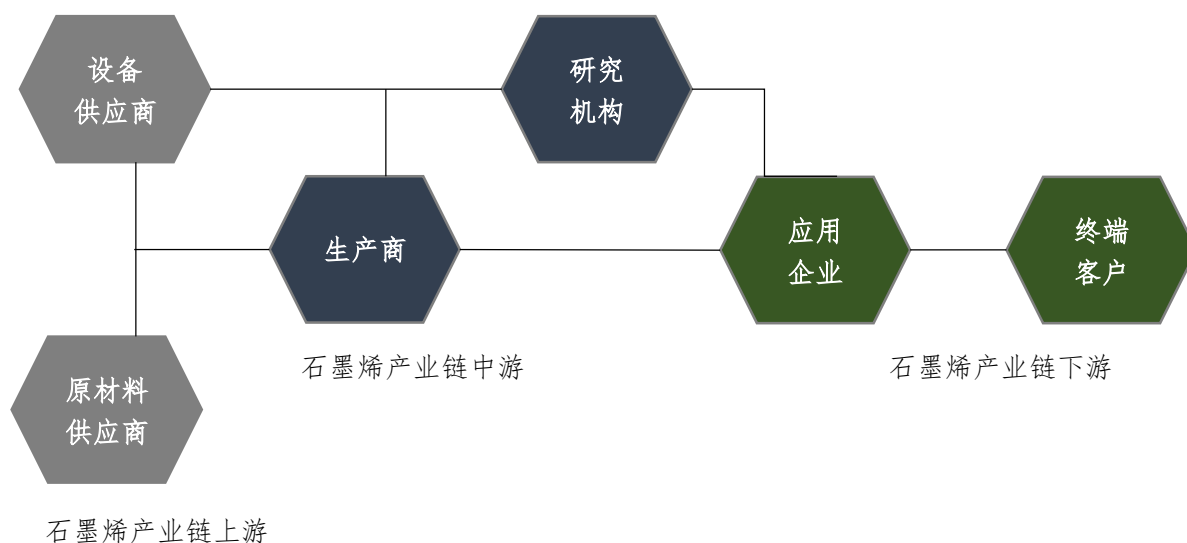


图6 石墨烯产业链整体布局

表10 深圳石墨烯材料研发-生产-应用单位及主要作品介绍

序号	环节	单位名称	主要工作
1		清华大学深圳国际研究生院 (Tsinghua SIGS)	<p>清华大学深圳国际研究生院(英文名 Tsinghua Shenzhen International Graduate School, 简称 Tsinghua SIGS)是在国家深化高等教育改革和推进粤港澳大湾区建设的时代背景下,由清华大学与深圳市合作共建的公立研究生教育机构。</p> <p>康飞宇教授团队,承担《高体积能量密度石墨烯基储能材料及器件》项目,围绕石墨烯作为电极材料使用存在的微观结构难操控且易团聚、极低的密度导致器件的体积能量密度低这两大瓶颈问题,通过石墨烯基材料结构设计、可控组装及功能调控,获得高密度石墨烯及石墨烯复合材料,应用于超级电容器,从而获得实用化高体积能量密度超级电容器原型器件及应用技术。</p>
2	研发	清华-伯克利深圳学院 (TBSI)	<p>清华-伯克利深圳学院(简称“TBSI”)由深圳市人民政府、清华大学与美国加州伯克利大学于 2015 年联合设立, TBSI 石墨烯研究团队成员包括石墨烯发现者、诺贝尔奖得主安德烈·盖姆教授、2 名中国科学院院士、1 名国家“优秀青年”基金获得者、2 名国家“青年千人计划”专家和 11 名具有海外留学背景的高层次人才在内的石墨烯领域专家学者。</p> <p>刘碧录教授团队,承担《高品质石墨烯和新型二维材料的规模化制备关键技术及其电子与光电器件应用研发》项目,针对以石墨烯为主的二维材料低成本规模化制备技术难题及高附加值产品应用开发不足的问题,提出相应的解决方案。通过建设具有高质量石墨烯和二维材料规模化生产、新型光电产品应用研发及测试评估的平台,并以此为基础建立可对外承担技术研发、工艺设计、产品开发及规模生产工作的对外服务中心,促使深圳形成石墨烯规模化制备、电子、光电子器件研发、二维材料薄膜组装等关键技术开发、工艺验证和器件性能评估的能力。</p>
3		南方科技大学 (南科大)	<p>南方科技大学(简称“南科大”)成立于 2012 年,南科大基础实力较好,在石墨烯润滑应用研发领域拥有较丰富的技术积累,拥有相关自主知识产权,技术水平领先。</p> <p>(1) 余大鹏院士团队,承担《米级单晶石墨烯薄膜制造平台》项目,主要围绕“米级单晶石墨烯生长以及设备的研制”开展工作,设计搭建米级单晶 CVD 系统,突破石墨烯无缝拼接、取向一致性、受限于生产装备尺寸限制等技术瓶颈,在深圳打造世界上第一套量产米级外延单晶石墨烯的制造平台。</p> <p>(2) 孙大陟教授团队,承担《石墨烯基纳米复合润滑材料的研发及润滑产品的生产中试》项目,石墨烯基纳米复合润滑脂中等规模试产能力,包括研磨分散、搅拌、皂化、</p>

			混合、成脂等工艺。
4		深圳大学	<p>深圳大学 1983 年经国家教育部批准设立。近年来，学校不断深化科研体制改革，科研项目与经费增长显著。建有一个省级科研平台“广东省功能材料界面工程技术中心”和三个深圳市重点实验室“深圳市特种功能材料重点实验室”、“深圳陶瓷先进技术工程实验室”、“深圳市高分子材料及制造技术重点实验室”。</p> <p>骆静利院士（加拿大）团队，承担《海洋装备与设施防腐防污用的石墨烯基材料开发》项目，研究开发新型石墨烯基海洋防腐防污材料；石墨烯改性新型海洋涂料的制备工艺路线，实现中试放大。</p>
5	生产	深圳市贝特瑞新能源材料股份有限公司（贝特瑞）	<p>深圳市贝特瑞新能源材料股份有限公司（简称“贝特瑞”）成立于 2000 年，属国家级高新技术企业，是中国宝安集团（股票代码：000009）属下主要从事锂离子电池正负极材料研发、生产、销售的企业。贝特瑞是《锂离子电池石墨类负极材料》、《锂离子电池用磷酸铁锂/碳复合正极材料》等多个国家标准制定单位，是三星、LG、松下、SONY、ATL、比亚迪等全球十大锂电巨头的主供应商，2011 至今始终保持锂离子电池负极材料市场占有率全球第一。</p> <p>任建国团队，承担《NCA 与石墨烯复合电极材料制备与产业化》项目，建设 NCA 与石墨烯复合三元正极材料的中试示范生产线，部署一系列研发、小试和中试设备，进行产品制备技术开发、产品工艺优化等一系列工作，逐步实现从实验室规模到小试规模最后到中试生产的能力，最终完成年产 500 吨 NCA 与石墨烯复合电极材料中试示范线的建设。</p>
6		烯旺新材料科技股份有限公司（烯旺）	<p>烯旺新材料科技股份有限公司（简称“烯旺”）成立于 2015 年，属国家级高新技术企业和深圳市高新技术企业。</p> <p>冯冠平教授团队，主要从事石墨烯的应用研发，特别是石墨烯电热膜在发热取暖领域应用。在石墨烯导电、导热、防腐、增强等多个领域的应用技术研发具有国际领先水平。</p>
7		深圳烯创先进材料研究院有限公司（烯创）	<p>深圳烯创先进材料研究院有限公司（简称“烯创”）成立于 2016 年，主营业务为：以石墨烯终端产品为突破口，建设石墨烯产业集群，形成完整的石墨烯产业链，包括石墨烯在内的先进材料研发、测试与评估、成果转化、市场培育、产业创新创业平台，使平台成为人才聚集、产品研发、成果转化基地，以及知识产权申报、标准制定、产品检测与评定等公共服务基地。</p> <p>杜善义院士团队，以石墨烯终端产品为突破口，建设石墨烯产业集群，形成完整的石墨烯产业链，包括石墨烯在内的先进材料研发、测试与评估、成果转化、市场培育、产业创新创业平台，使平台成为人才聚集、产品研发、成果转化基地，以及知识产权申报、标准制定、产品检测与评</p>

			定等公共服务基地。
8		深圳烯材科技有限公司 (烯材)	深圳烯材科技有限公司(简称“烯材”)成立于2017年,成会明院士团队,主要从事以石墨烯为代表的二维纳米材料的研究、生产、应用技术开发和商业推广事业,是一家依托国内外顶尖二维材料研发团队成立的创新平台型高技术企业。公司拥有国际领先的石墨烯及多种二维纳米材料的规模化控制制备技术,可依据应用领域的不同提供定制化的材料产品及其应用解决方案。
9		深圳市本征方程石墨烯技术股份有限公司 (本征方程)	深圳市本征方程石墨烯技术股份有限公司(简称“本征方程”)成立于2015年,本征方程由一支由院士(中国科学院院士吴奇,加拿大皇家科学院院士孙学良,中国工程院院士欧阳晓平)、教授、博士领衔的高素质的专职研发及生产团队,主要从事石墨烯粉体、石墨烯基正负材料、石墨烯水溶液、海洋防污材料等新能源材料的研发和应用。
10		深圳华烯新材料有限公司 (华烯)	深圳华烯新材料有限公司(简称“华烯”)成立于2015年,主要从事新型碳材料、相关纳米复合材料、石墨烯及制品的研发,拥有全套高品质石墨烯粉体制造技术和设备,及石墨烯粉体检测设备及环境。
11		深圳市国创珈伟石墨烯科技有限公司 (国创珈伟)	深圳市国创珈伟石墨烯科技有限公司(简称“国创珈伟”)成立于2014年,公司主要从事石墨烯粉体材料的绿色环保制备工艺的开发,以及石墨烯各级应用产品(如:石墨烯粉体材料、石墨烯浆料、石墨烯导热涂料、散热片及相关导热产品开发及销售;LED、太阳能电池及其他节能产品的热管理技术开发及销售;新能源创意材料的设计、开发与销售;新能源项目的技术咨询等)的研发生产和销售。
12		深圳溢鑫科技研发有限公司 (溢鑫)	深圳溢鑫科技研发有限公司(简称“溢鑫”)成立于2016年初。公司是一家由海归高科技人员领导的,由超级天使和机构投资者扶持的高科技企业。 溢鑫公司的经营宗旨是,将微纳米材料,薄膜材料技术,用于新能源,环保,生物技术和医疗健康等行业。正在积极开拓的领域有,2D纳米材料,特别是石墨烯材料的生长技术和器件应用开发。科技应用的商业化领域包括:先进电池和超级电容,水处理,催化,传感器。
13		深圳市翔丰华科技股份有限公司 (翔丰华)	深圳市翔丰华科技股份有限公司(简称“翔丰华”)成立于2009年,是专业从事锂离子电池负极材料的研发、生产和销售的高新技术企业,是国内先进的锂电负极材料专业供应商。公司产品分为天然石墨和人造石墨两大类,产品应用于动力(电动交通工具,如新能源汽车、电动自行车等)、3C消费电子、工业储能等锂离子电池领域。
14	应用	华为技术有限公司 (华为)	石墨烯主要用于手机电池散热。采用新型材料石墨烯,可实现锂离子电池与环境间的高效散热。
15		中兴通讯股份有限公司	

		(中兴)	
16		比亚迪股份有限公司 (比亚迪)	石墨烯应用于储能和新能源汽车电池。
17		中集车辆有限公司 (中集)	石墨烯主要用于海洋装备防腐。

4.2 深圳石墨烯企业发展情况

截至 2020 年 7 月 10 日，通过企查查筛选注册地为深圳市，企业在业/存续,经营范围等条件，共检索到 780 家石墨烯企业。其中罗湖区 24 家、福田区 79 家、南山区 192 家、宝安区 195 家、龙岗区 113 家、龙华区 100 家、坪山区 19 家、光明区 45 家。深圳石墨烯企业主要集中于南山与宝安区。拥有石墨烯专利企业 125 家，高新技术企业 27 家，上市公司两家。企业详情如下：

(1) 深圳丹邦科技股份有限公司

深圳丹邦科技股份有限公司（深圳证券交易所中小板上市企业，股票代码：002618）成立于 2001 年，注册资本人民币 36528 万元，是专业从事挠性电路与材料的研发和生产的国家高新技术企业，是国家高技术研究发展计划成果产业化基地，拥有国家级挠性电路与材料研发中心，是中国最大的柔性材料到柔性封装基板到柔性芯片器件封装产品，是从设计、制造、服务一条龙产业链的服务供应商。

公司 2016 年第一次临时股东大会审议通过，公司在原经营范围“开发、生产经营柔性覆合铜板、液晶聚合导体材料、高频柔性电路、柔性电路封装基板、高精密集成电路、新型电子元器件，提供自产产品技术咨询服务，经营进出口业务（法律、行政法规、国务院决定禁止的项目除外，限制的项目

须取得许可后方可经营。)”的基础上增加了“二维半导体材料、聚酰亚胺薄膜、量子碳基膜、多层石墨烯膜、屏蔽隐身膜”

(二) 积极布局新项目

PI厚膜及量子碳化合物厚膜。完成“化学法电子级特种聚酰亚胺厚膜(130μm/140μm/150μm/160μm/170μm)”及“量子碳化合物厚膜”的技术攻关,先后取得“柔性聚酰亚胺制备的碳膜及其制备方法”等核心技术的发明专利,掌握制备量子碳化合物厚膜的核心工艺与技术,实现自主知识产权技术,规模化生产具备技术可行性。

透明PI薄膜。在通用PI膜的基础上,公司继续开展PI膜功能化研究,丰富自产PI膜的规格及品种,重点研究方向之一即是高透明、高耐热性聚酰亚胺薄膜。开展“新型透明PI膜中试”项目研究,形成了与新型透明PI膜直接相关的专利“透明聚酰亚胺薄膜、其前驱体以及其制备方法”,取得了阶段性成果,中试化生产具备技术可行性。

量子碳化合物半导体膜。公司切入化合物半导体材料领域,开展“量子碳化合物半导体膜研发”项目研究,拟研制耐高低温、高压、高频性能、大宽幅、超柔韧、超薄层微结构的化合物半导体材料。公司已形成一定技术成果,取得了专利“PI膜制备多层石墨烯量子碳二维半导体材料方法”,本项目具备实施所需的技术基础。

图7 深圳丹邦科技股份有限公司 2019 年年报节选

深圳丹邦科技股份有限公司在石墨烯膜领域积极布局,研发并申请相关专利,但目前仍未形成产业化产品。

(2) 深圳市沃特新材料股份有限公司 (A 股股票代码 002886)

作为国家高新技术企业,公司建设有国家级 CNAS 实验室、广东省院士工作站、广东省工程技术研究开发中心。公司拥有发明专利近 300 项,其中过半数为国际发明专利。公司现已成为全球唯一可为 5G 客户提供从基站到终端、从高频线路板基材到高频高速连接器再到摄像头模组的全产业链高分子材料解决方案的企业。

目前正在兴建的江苏、重庆两大制造基地,致力于打造国内最高端的 5G、航空航天、医疗健康、新能源汽车领域核心关键材料制造基地。

(2) 加强研发创新,适应市场变化

创新一直是公司发展的内在动力,公司将利用好公司省院士专家企业工作站和省工程技术研究开发中心的研发系统优势,不断将前沿技术研发优势逐步转化为可产业化的产品技术优势和服务优势。技术研发方面,大力开展以LCP为代表的特种高分子材料研发;完善以石墨烯、碳纳米管、碳纤维为代表的高分子/碳材料复合材料的制备工艺和材料性能;丰富弹性体材料结构,加强工艺稳定性;加强优势工程塑料、通用塑料的配方持续优化。应用开发方面,紧密围绕5G、汽车、半导体行业未来发展态势,研发适用于产业特殊要求的材料方案;巩固原有电子、电气、水处理、光伏等优势行业地位,与客户共同开发个性化、前沿化材料;拓宽无人机、医疗器械、OA、ATM金融系统、机器人、家居等未来高分子材料具有巨大成长空间的行业,为客户开发能够良好解决现有材料问题的高分子材料方案。

图8 深圳市沃特新材料股份有限公司 2019 年年报节选

从其公布的 2019 年年报可知，深圳市沃特新材料股份有限公司在石墨烯领域的研究，主要以增强体、添加剂等形式改性高分子材料，增强其各项性能。针对该项目的研发主要位于其“公司未来发展的展望”环节，因此该公司有意于未来布局石墨烯应用领域，但目前以此产生实质性的销售额。

(3) 烯旺新材料科技股份有限公司

烯旺新材料科技股份有限公司(以下简称“公司、本公司、烯旺科技”),由石墨烯产业奠基人、江南石墨烯研究院名誉理事长、深圳市石墨烯协会会长、深圳工业总会首席科学家冯冠平教授于 2015 年 4 月创办。

烯旺科技以首创的石墨烯发热膜专利技术为核心，专注于石墨烯发热技术的应用研发和生产，公司已研制且进入市场销售的产品分为六类，石墨烯智能穿戴护具系列、石墨烯智能发热服饰系列、石墨烯智能家纺系列、石墨烯家庭供暖系列、石墨烯远红外理疗光波能量房及石墨烯粉末涂料系列。烯旺科技开创了石墨烯在大健康领域应用的先河，公司成立了石墨烯医疗研究中心，并与多家医疗研究机构展开合作研究，大力拓展石墨烯在医疗器械领域的应用；同时，公司与多家行业内知名企业展开合作，在石墨烯润滑油、石墨烯美容用品、石墨烯电竞用品等领域进行产品开发。

■ 石墨烯智能发热服饰系列

彻底颠覆几千年传统穿戴方式，将石墨烯的独特发热性能和人们在寒冷天气里对风度的追求结合，用温度代替厚度，寒冬轻装上阵亦能抵御严寒。作为服饰应用中的特殊应用对象，公司还为寒冷地区执行执勤保障任务的部队、警察、铁路施工等野外勤务人员专门设计了相应的制式保暖服饰。公司为 2018 年平昌冬奥会闭幕式中国运动员和工作人员提供石墨烯发热服，

并将继续为 2022 年北京冬奥会的运动员和工作人员提供发热服饰。

■ 石墨烯智能家纺系列

包括石墨烯智能理疗枕、石墨烯智能理疗毯等系列产品，致力于打造健康、智能、环保的生态家纺与睡眠产品。

■ 石墨烯智能护具系列

石墨烯电热薄膜具有低电压供电，快速发热并形成对人体健康非常有益的远红外辐射，且远红外辐射波长与人体接近，辐射作用下可加速血液循环，因此在实现保暖驱寒的同时，附带了可增进人体健康以及对某些疾患的特殊理疗或治疗效果。利用石墨烯电热膜的上述优异特性，公司开发了一系列的穿戴式保暖理疗产品，包括石墨烯智能理疗护腰、护膝、护颈、护宫、眼罩等护具类产品。多数用户反馈石墨烯理疗护具在缓解关节痛、腰痛、颈椎痛、腹部胀痛等方面具有很好的效果，同时在消肿、运动损伤修复、眼部理疗等方面也有良好疗效。

■ 石墨烯家庭供暖系列

利用石墨烯薄膜的电热转换器件具有效率高、响应快、电压适应宽等突出优点，公司研制开发用于建筑物室内供暖的石墨烯电暖装置，以期实现一种适应性广、高效节能、安全易用的建筑室内供暖系统，适应不同地区特别是不具备集中供暖条件地区的分散分户供暖需求。目前已经完成了多种规格的石墨烯电暖画、落地移动式石墨烯电暖器、分散式石墨烯水暖设备等多种形式的产品，其中石墨烯电暖画、移动式电暖器已实现量产并形成销售。

■ 石墨烯远红外光波能量房系列

以石墨烯电热膜远红外照射为核心技术，结合低体温出汗技术、光疗技

术和超强的渗透原理，同时辅以音乐、阅读等，从而达到美容、减肥、排毒、健身、养生等良好效果。石墨烯远红外光波能量房采用电热转换技术、远红外频谱技术、先进的集成电路控制技术，实现产品的节能省电，温度、时间的精确调节，达到缓解疼痛、改善睡眠、燃烧脂肪等理疗保健作用，在此基础上还集成了 FM、MP3、MP4 等娱乐功能。

■ 石墨烯粉末涂料系列

基于氧化还原法制备的石墨烯粉末添加，依靠石墨烯优良的性能，可大幅提高粉末涂料的上粉率，增强了粉末涂料的机械性、耐候腐蚀性、导热性等，完美诠释了其在施工中的高效、节能、环保优势。

烯旺科技现已拥有从国内到国外、从线上到线下的一整套完善的销售体系，在全国范围内签署二十余个省级代理或市级地区代理，地区囊括两广、江西、江苏、两湖、黑龙江、甘肃、福建、新疆、安徽、贵州等，开设的线下实体店 200 余家。线上成功开设天猫旗舰店、京东旗舰店、京东自营、淘宝企业店、微信商城、亚马逊海外站点等。实现累计销售收入超过 2 亿元，其中 2019 年度销售额达到 4016 万元。

(4) 深圳市深瑞墨烯科技有限公司

深圳市深瑞墨烯科技有限公司(简称“深瑞墨烯”)成立于 2017 年 3 月，由贝特瑞新材料集团、瑞典斯马特高科技有限公司 (SHT Smart High Tech AB)、惠科股份有限公司、上海上大瑞沪微系统集成技术有限公司、深圳市星聚工业自动化有限公司共同投资创建。公司是 2016 年深圳市政府重点关注的海外技术团队回国创业项目。公司致力于石墨烯基础材料研发、石墨烯应用产品开发、制造，重点为客户提供电子产品相关的热管理解决方案。产

品主要应用于智能通信系统、电子通讯、终端通讯、汽车电子、航空航天等领域，市场潜力巨大。

2018年在深圳市工业和信息化局支持下，获批石墨烯导热膜产业化项目。在该项目的支持下，深瑞墨烯于2019年8月建成年产5万平米石墨烯导热膜。成为国内第二家具备消费电子产品用石墨烯导热膜产品量产能力的公司

2019年10月深瑞墨烯公司生产的0.25 mm厚度的石墨烯导热膜应用于OPPO Reno Ace高达定制版手机，该产品的成功应用使OPPO成为第二家应用石墨烯导热膜材料的手机厂商，同时使深瑞墨烯成为国内也是全球第二家成功实现手机用石墨烯导热膜量产的公司。在研发及应用过程中深瑞墨烯与核心客户OPPO形成了紧密的合作关系，并签订了战略合作协议。但因中试线产能远远无法满足客户订单需求，去年营业收入仅为100万元左右。

根据客户需求，深瑞墨烯2020年开始增资及扩大产能工作，目前已由贝特瑞增资3000万元，全面启动40万平方米石墨烯导热膜生产线建设工作，将于年底完成扩产，未来可实现年营业收入1亿元。

深瑞墨烯公司还积极开发基于导热膜的新材料、新工艺、新产品研发工作。目前已经完成初步研发，并申报专利的技术包括：3D结构导热膜，超厚导热膜、防护功能膜、低排放石墨烯原料制备技术等。目前正在开展产业化技术研究及准备成果转化阶段。

(5) 深圳市淘金材料科技有限公司

深圳陶金材料科技有限公司是一家集科研、开发、设计、生产、安装施

工、现场服务于一体化的专业化能源服务机构。公司作为深圳市首批石墨烯重点招商引资项目，于 2018 年 2 月注册在深圳市光明区留学生创业园，并入驻深圳市石墨烯制造业创新中心平台。

公司致力于石墨烯陶金涂层的开发，用于解决火力发电装备沾污积灰结渣、高温腐蚀磨损、换热能力下降等共性问题并提供应用技术服务。依托中国科学院、上海大学等相关科研机构，经过长期技术开发及应用示范，形成完整的石墨烯陶金涂层材料自主知识产权和专业的研发、生产、技术服务体系。

公司自成立以来，始终把技术创新看作是公司发展的源动力。目前，公司取得了数十项科研成果与产品专利，拥有在石墨烯材料领域及涂料涂层领域实践经验丰富的研发团队和领先的研发技术。当前公司具备从事材料生产销售、涂层加工处理、工程技术服务等业务的全套资质，并通过了 ISO9001、ISO14001、OHSAS18001 等体系认证。

公司将继续加强与科研单位、装备制造商、电科院、电力集团等单位的合作，构建电站锅炉高温腐蚀领域产学研用生态系统，专注防腐业务做一流的电力服务商。

以改性无机高温粘结剂为成膜基料，与特殊功能粉料、石墨烯纳米材料及各种助剂配置而成，具有优异的耐高温防腐性能，适用于高温金属基材表面的腐蚀防护。性能：耐温性高达 1600 °C；良好的粘结强度，可达 20 MPa；优异的抗温度交变性能，1000 °C 水冷热震 20 次，涂层无异常；优异的耐高温气相腐蚀性能；优异的耐高温固相腐蚀性能。主要用于火力发电行业的煤粉锅炉、生物质锅炉、垃圾焚烧炉等高温设备，适用于温度在 300 °C 以

上的向火面金属基材，如水冷壁、过热器、再热器、省煤器等需要腐蚀保护的部位。其中 2019 年全年销售额 260 万元。

(6) 深圳市本征方程石墨烯技术股份有限公司

深圳市本征方程石墨烯技术股份有限公司（简称“本征方程”）是由深圳市动力创新科技企业（有限合伙）、格林美股份有限公司（深交所上市公司，股票代码 002340）、万利加集团旗下企业深圳市安利豪实业有限公司于 2015 年 8 月共同发起成立的一家高新技术企业，注册资本 5000 万元。

公司致力于单层石墨烯及其复合材料的合成制备与应用研发。公司致力于打造新材料、新能源行业的领先地位。公司技术实力雄厚，拥有一支由院士、教授、博士领衔的高素质的专职研发及生产技术团队，本征方程拥有世界独创的液相法制备高质量单层石墨烯技术，并申请或获得了中国、美国、欧洲、日本等发明专利 60 多项。

公司产品广泛应用于锂离子电池、海洋船舶防污、导电浆（胶）料等领域。所制备生产的所有产品已实现规模化生产，具有优异的性能，且已经投放市场，主要技术指标处于国内、国际先进水平。

■ 石墨烯复合石墨负极材料

该产品比容量高、达到 380 mAh/g，循环性能好，高低温性能优，电化学膨胀小，抑制锂枝晶的能力强，安全性能高；是一款长寿命、大容量型的负极材料，可用于动力类、消费类、储能锂离子电池。石墨烯复合后，该款材料具有良好的电化学结构稳定性，高的嵌锂容量，倍率性能得到提升，与国内同类型产品对比，处于领先水平。

■ 类石墨烯包覆氧化亚锰

海洋船舶、港口码头等地方容易聚集微小海生物，非常影响相关设备的使用效果及寿命，氧化亚锰对抑制海生物生存具有很好的效果，其制备原料价格低廉，并且对环境友好不会产生任何污染，类石墨烯包覆的氧化亚锰具有良好的物理性能，有利于加工成船舶防护漆，可以广泛应用以液态低聚物为碳源，通过喷雾热化学反应、固相烧结等过程生产制备具有类石墨烯包覆的氧化亚锰颗粒，氧化亚锰在空气中及其不稳定，类石墨烯的原位包覆层能够有效防止氧化亚锰被氧化，并且在使用过程中能够有效控制氧化亚锰的释放。

■ 石墨烯包覆硅碳

硅基负极的瓶颈就在于如何提高材料的循环稳定性能。当前，提高硅基负极材料的循环稳定性能的方法有降低硅的尺寸，如硅的尺寸低于 150 nm，硅的体积效应可以得到大幅度改善；碳复合，石墨具有很好的柔性和导电性能，可以为硅作为良好的载体，在膨胀的过程中起到缓冲应力的作用，有效保证了电极结构的完整性，在体积收缩的过程中起到连接作用，使得硅颗粒之间保持良好的电接触；采用外层碳材料包覆的方法，如高分子聚合物，沥青，石墨烯等，有利于巩固硅碳体系结构，提高导电性能，避免新暴露的硅颗粒再次与电解液形成 SEI 膜，通过表面包覆大大提高了材料的首效，提高了材料的循环稳定性能。当前，市面上还未曾有成熟的硅碳产品，仅有公司小批量送样，没有大规模量产，而且容量只有 420 mAh/g-450 mAh/g。阻碍硅碳规模化生产的主要因素为原料成本高昂，如纳米硅高达 1200 万元/吨；生产技术尚未成熟，生产的产品质量达不到市场的要求；市场上生产硅碳负极材料的工艺各有不同，无法统一。为此，降低原料的成本，突破技术

瓶颈是实现硅碳量产的主要方面。

该产品比容量高，倍率性能好，高低温性能优，电化学膨胀小，抑制锂枝晶的能力强，安全性能高；是一款大倍率、高容量型的负极材料，可用于动力类、消费类、储能类锂离子电池。

该产品通过独特的处理技术，大大降低了纳米硅原料成本，实现了硅碳负极的应用能力；通过独特的液相法技术制备了石墨烯包覆硅碳负极材料，有效地缓解了硅的体积膨胀，提高了硅基材料的循环稳定性能，实现了克容量为 500 mAh/g 的硅碳负极材料的中试生产，生产工艺已经逐步成熟。

(7) 深圳华烯新材料有限公司

深圳华烯新材料有限公司 2015 年 8 月在深圳成立，注册资本 5000 万人民币，是由深圳粤网节能技术服务有限公司及华控赛格（SZ000068）等投资机构共同投资设立。公司位于深圳市光明新区东明大道，拥有 1500 平方米的研发中心，设立多个大型材料实验室，检测仪器和实验设备齐全完善，可开展多项新材料研究、实验和检测工作及服务。

公司具备高品质本征态石墨烯粉体月公斤级量产能力及技术工艺，可小批量供应市场。2018 年，公司与深圳粤网节能技术服务有限公司、九江中科大成工业产业投资发展中心合伙企业（江西省政府产业基金）等机构共同投资的“九江烯诺菲科技有限公司”石墨烯粉体生产线已在建设中，计划年底前正式投产。

■ 石墨烯粉体材料

针对 Humer 法制备得到的氧化石墨烯缺陷多的特点（石墨烯平面存在很多 sp^3 杂化的碳，边缘和平面内很多基团以及很多杂原子掺杂），我们根

据氧化石墨烯表面羟基和羧基在低温下就开始脱落的特点，及加热过程中表面的含氧官能团被迅速分解成气体，产生的压强克服了片层间的范德华力，初步得到缺陷少的石墨烯，再经退火工艺进一步对石墨烯结构进行调控。整套工艺设备属自主研发，我公司的高品质石墨烯粉体材料在单层率、缺陷率、官能团含量、杂质含量少、片层大小等多项指标表现优越，居世界领先水平。其中 2019 年累计营业收入 69 万元。

(8) 深圳烯材科技有限公司

深圳烯材科技有限公司（MATTERENE）主要从事以石墨烯为代表的低维材料及其器件的研究、生产、应用开发和商业推广事业。公司成立于 2017 年 12 月，依托中国科学院院士成会明教授带领的国际顶尖科研团队（中国科学院金属研究所先进炭材料研究部和清华伯克利深圳学院低维材料与器件实验室，拥有完备的二维材料相关试验及检测设备，相关研究人员超过 100 人），由国家自然科学二等奖获得者任文才博士（杰青）担任首席科学家，是国内低维材料领域顶尖的创新型高技术企业。

公司现拥有员工 14 人，其中博士学位研究人员 5 人，硕士学位研究人员 5 人，公司研发人员占比大于 70%。公司已建成 500 平方米的材料研究实验室，目前已申请发明专利 6 项，实用新型专利 2 项。公司已形成包含基础二维材料、二维材料薄膜制备设备、功能性膜材料以及二维材料应用产品的四大产品系列，现已实现销售。2019 年实现销售收入 53.3 万元，较 2018 年提高 10%。

■ 柔性石墨纸

以高纯度 (>99.5%) 大片径鳞片石墨 (32 目) 为原料经过膨胀处理制成

膨胀石墨后压制而成，石墨纸本身不含任何胶黏。

■ 高纯度氧化石墨烯

利用电化学制备方法制备的氧化石墨烯微片及其水溶液，化学性质与结构特征与常规化学方法制备氧化石墨烯相当，金属离子杂质小于 5 ppm。

■ 氧化石墨烯水溶液

利用电化学制备方法制备的高纯度石墨烯量子点水溶液，通过反应原料和反应过程的控制可实现样品的高纯度，金属离子杂质量低于 50 ppb。

(9) 深圳稀导技术有限公司

深圳稀导技术有限公司孵化于深圳中讯源科技有限公司。深圳中讯源科技有限公司成立于 2011 年，初期业务为元器件代理，随着电子产品小型化、集成化、高效能化，散热问题越来越成为电子行业难题。为顺应客户和市场需求，中讯源公司于 2013 年成立了散热事业部，着手开展微环境下散热材料及技术方案研究，引进了国际先进的散热研发团队，2017 年石墨烯薄型散热材料(X20)研发及应用取得突破性进展，并于 2018 年年开始形成正式生产和销售能力。2019 年，中讯源公司核心团队成员正式设立深圳稀导技术有限公司，专业从事以石墨烯为基础的散热新材料研发及在微环境下的应用设计。目前，稀导公司与中讯源公司紧密合作，在散热前沿技术研发和储备、科研成果高效产业化和产品化、实验室布局、生产制造、销售网络、互联网技术结合等方面已经建立一套完整散热产业链条。公司技术储备充足、持续研发能力强，正努力打造“多场景、整体解决方案 (Total Solution)”的散热王国。2019 年上半年销售额 2000 万元。

博士导师 4 人，材料学硕士 10 人，应用工程师 12 人，实验室分布：

深圳、台北。合作机构：清华材料学院、哈工大材料研究院、台大新材料实验室、斯坦福大学电子工程实验室等。

■ 石墨烯散热薄膜

以 X20 为代表的石墨烯薄型散热材料，厚度从 0.03 mm-2 mm。，具有绝佳的均热性和可靠度。综合导热指数达 1500 W/mK，并且技术成熟，安装工艺简单，材料可持续升级。高厚度石墨烯叠层针对芯片散热有较好效果，并具有 EMI/EMC 防护功能，可取代部分铝散热器市场。

■ 石墨烯塑料

通过特殊工艺在塑料中填充石墨烯等高分子基体材料，以提高其导热或导电性能。可导热导电，并仍具有塑料特性。散热均匀，避免灼热点，减少零件因高温造成的局部变形；重量轻，比铝材轻 40%-50%；成型加工方便，无需二次加工；产品设计自由度高。较大的衍生性。不会产生天线效应，减少干扰。

(10) 深圳前海石墨烯产业有限公司

深圳前海石墨烯产业有限公司是深圳市前海科创石墨烯新技术研究院旗下的石墨烯技术产业化推进实体，是前海深港现代服务业合作区重点支持的创新创业载体，致力于石墨烯最尖端、最有市场的技术进行自主研发，开发一系列颠覆性的先进材料、器件和制造技术，推动新材料向信息化、智能化方向发展。

公司成立于 2019 年，坐落于深圳前海深港合作区万科企业公馆 4 栋，注册资金 1666.67 万元，目前已与中国科学院、清华大学深圳国际研究生院、北京工业大学、香港科技大学等院校达成合作意向，围绕石墨烯产业关

键共性技术进行紧密合作。公司重点开展中试孵化能力建设、测试验证能力建设以及行业支撑能力建设，最终实现解决现阶段石墨烯制备共性技术难题，突破石墨烯制备关键技术，研发相关规模化制备关键设备。

目前，公司已经建成石墨烯生物芯片、环境处理、柔性电路、复合材料等 4 个中试孵化试验室，已经孵化了一家石墨烯项目公司，后期还有生物医药领域的项目公司在筹建当中。公司已经实现了近 100 多万的收入。未来，公司将持续推进空压机滤芯、泡沫装饰板、5G 通讯天线、3C 用柔性散热片、柔性电路、智能皮肤、航空铝电缆、电机电磁线、OLED 用 PI 膜和石墨烯轴承等中试孵化试验室的建设以及项目公司的落地。

(11) 深圳环能石墨烯科技有限公司

深圳环能石墨烯科技有限公司是由深圳市前海科创石墨烯新技术研究院、深圳前海石墨烯产业有限公司牵头，联合技术团队和市场投资人共同发起成立的专业从事环境净化相关的石墨烯滤过材料、石墨烯海绵材料和石墨烯膜材料产品拓展和生产的高科技企业。

深圳环能石墨烯科技有限公司成立于 2020 年，公司重点瞄准病毒防控需要的高性能医用口罩、建筑及家庭用空气净化器、城市及河道水体治理、饮用水净化、空压机油水分离滤芯、海水淡化等领域，分阶段落地石墨烯医用口罩、医用防护产品、石墨烯空气滤芯材料及其制品、石墨烯人工水草、石墨烯油水分离材料及其制品、石墨烯水净化亚高效膜、石墨烯离子分离膜、石墨烯海水淡化膜等产品。针对疫情防控，公司主要生产一次性口罩等产品，已经实现收入 300 余万元。后期公司会加大力度开发石墨烯在污水处理、生态修复、海水淡化的应用领域。

4.3 深圳市石墨烯专利情况

截止 2019 年底，深圳市石墨烯专利数已超过 1500 项，专利申请书高达 5000 多项。深圳市石墨烯申请单位主要是海洋王照明科技股份有限公司、深圳市华星光电技术有限公司、清华大学深圳国际研究生院、烯旺新材料科技股份有限公司等。石墨烯材料技术领域专利分布领域主要是装备制造、原料制备、基础研究、创新载体、产业聚集、生命健康和电池材料等。

4.4 深圳石墨烯标准化情况

深圳标准化工作一直走在前列，早在“十一五”期间，深圳市制定并发布《深圳市标准化战略实施纲要（2006-2010）》，“十二五”期间，制定并发布《深圳市知识产权与标准化战略纲要》，大力鼓励标准化工作。目前，深圳市企业积极参与石墨烯标准化制定，参与相关标准化技术委员会的工作，清华大学深圳国际研究生院李宝华教授是石墨烯标准推进工作组观察员、同时也是全国纳米技术标准化技术委员会纳米检测分技术委员会（筹）的委员、广东省石墨烯标准化技术委员会委员，深圳市粤网节能技术服务有限公司张麟德是 IEC/TC113/WG11 石墨烯工作组委员，深圳市贝特瑞新能源材料股份有限公司是全国纳米技术标准化技术委员会纳米材料分技术委员会委员单位。此外，深圳石墨烯创新中心有限公司、深圳市电源技术学会、清华大学深圳国际研究生院与中国材料与试验团体委员会基础共性技术领域委员会（CSTM/FC00）合作，开展石墨烯标准的研制工作。

据不完全统计，深圳市企业主导及参与的石墨烯标准共有 25 项，参与石墨烯标准制定的企业主要有：深圳粤网节能技术服务有限公司（简称“粤网节能”）、深圳市标准技术研究院（简称“深标院”）、深圳市贝特瑞新能源

材料股份有限公司（简称“贝特瑞”）、深圳石墨烯创新中心有限公司（简称“石墨烯创新中心”）、清华大学深圳国际研究生院（简称“清华深研院”）、深圳市电源技术学会（简称“电源学会”）、深圳技术大学、深圳烯材科技有限公司（简称“烯材”）、深圳华烯新材料有限公司（简称“华烯”）、深圳市八六三新材料技术有限公司（简称“八六三新材料”）、烯旺新材料科技股份有限公司（简称“烯旺”）、深圳市溢鑫科技研发有限公司（简称“溢鑫”）等。

目前深圳市企业参与石墨烯国际标准，主要由粤网节能在主导、由深标院辅助，贝特瑞也有参与石墨烯国际标准，主要是与中国科学院山西煤炭化学研究所合作制定。深圳市的部分企业积极参与石墨烯国家标准和团体标准的研制工作，但是总得来说，参与标准的企业并不多，深圳市电源技术学会目前有归口发布的石墨烯团体标准。石墨烯创新中心在公司规划过程中，将石墨烯标准制定作为发展目标。目前深圳市暂未出台石墨烯地方标准，后续石墨烯创新中心将积极联合石墨烯相关企业，积极推进石墨烯标准。

表11 深圳市企业主导及参与的石墨烯标准清单

序号	标准级别	标准编号	标准名称	标准阶段	深圳市起草单位	参与情况
1	国际标准	IEC TS 62607-6-14	Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-14: Graphene-defect level analysis of graphene powder using Raman 纳米制造 关键控制特性 第6-14 部分：拉曼光谱法分析石墨烯缺陷水平	投票草案 (DTS)	粤网节能、深标院	主导
2		IEC TS 62607-6-17	Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-17: Graphene materials - Spatial	预备工作项目 (PWI)	粤网节能、深标院	主导

			order parameter: XRD and TE 纳米制造 关键控制特性 第6-17部分: 石墨烯材料有序度分析 XRD 和 TE 法			
3		IEC TS 62607-6-18	Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-18: Graphene powder - Functional groups: TGA-FTIR 纳米制造 关键控制特性 第6-18部分: FTIR-TGA 联用法测石墨烯粉体官能团	预备工作项目 (PWI)	粤网节能、深标院	主导
4		IEC TS 62607-6-19	Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-19: Measurement of chemical composition in graphene powder by CS/ONH analyzer 纳米制造 关键控制特性 第6-19部分: CS/ONH 分析仪测石墨烯粉体化学组成	预备工作项目 (PWI)	粤网节能、深标院	主导
5		IEC TS 62607-6-22	Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-22: Determination of the ash content of graphene-based materials by incineration 纳米制造 关键控制特性 第6-22部分: 燃烧法测石墨烯材料灰分含量	预备工作项目 (PWI)	贝特瑞、深标院	参与
6	国家标准	GB/T 30544.13-2018	纳米科技 术语 第13部分: 石墨烯及相关二维材料	已发布	烯材、贝特瑞、华烯	参与
7		20140889-T-491	纳米技术 石墨烯相关二维材料的层数测量 光学对比度法	正在起草	深圳技术大学	参与
8		20140890-T-491	纳米技术 石墨烯相关二维材料的层数测量 拉曼光谱法	正在征求意见	贝特瑞	参与
9		20160465-T-491	纳米技术 石墨烯粉体材料电导率测量 动态四探针法	正在征求意见	清华深研院、石墨烯创新中心、	参与

					电源学会	
10		20160465-T-491	纳米技术 石墨烯粉体材料电导率测量 静态四探针法	正在征求意见	清华深研院、石墨烯创新中心、电源学会	参与
11		国家标准 20192942-T-491	纳米技术 石墨烯粉体中硫、氟、氯、溴含量的测定 燃烧离子色谱法	征求意见	清华深研院、石墨烯创新中心、电源学会	参与
12		国家标准 20192943-T-491	纳米技术 石墨烯粉体中水溶液阴离子含量的测定 离子色谱法	征求意见	清华深研院、石墨烯创新中心、电源学会	参与
13	团体标准	T/SPSTS 013 — 2019	石墨烯粉体材料中碳、氢、氧、氮、硫元素含量的测定方法 元素分析仪法	已发布	清华深研院、石墨烯创新中心、电源学会	主导及归口
14		T/SPSTS 014 — 2019	石墨烯导电浆料	已发布	清华深研院、石墨烯创新中心、电源学会	主导及归口
15		T/CSTM 00166. 1 — 2020	石墨烯材料表征 第 1 部分 拉曼光谱法	已发布	八六三新材料、石墨烯创新中心、电源学会、华烯	参与
16		T/CSTM 00166. 2 — 2020	石墨烯材料表征 第 2 部分 X 射线衍射法	已发布	石墨烯创新中心、电源学会、贝特瑞	参与
17		T/CSTM 00166. 3 — 2020	石墨烯材料表征 第 3 部分 透射电子显微镜法	已发布	石墨烯创新中心、电源学会	参与
18		T/CSTM 00168 — 2020	石墨烯粉体材料判定指南	已发布	电源学会	参与
19		T/CSTM 00340 — 2020	石墨烯粉体材料中碳、氢、氧、氮、硫元素含量的测定方法 元素分析仪法	已发布	清华深研院、石墨烯创新中心、电源学会	参与
20		T/CGIA 001— 2018	石墨烯材料术语和代号	已发布	烯旺、华烯	参与
21		T/CGIA	含有石墨烯材料的产品命名	已发布	华烯、烯旺	参与

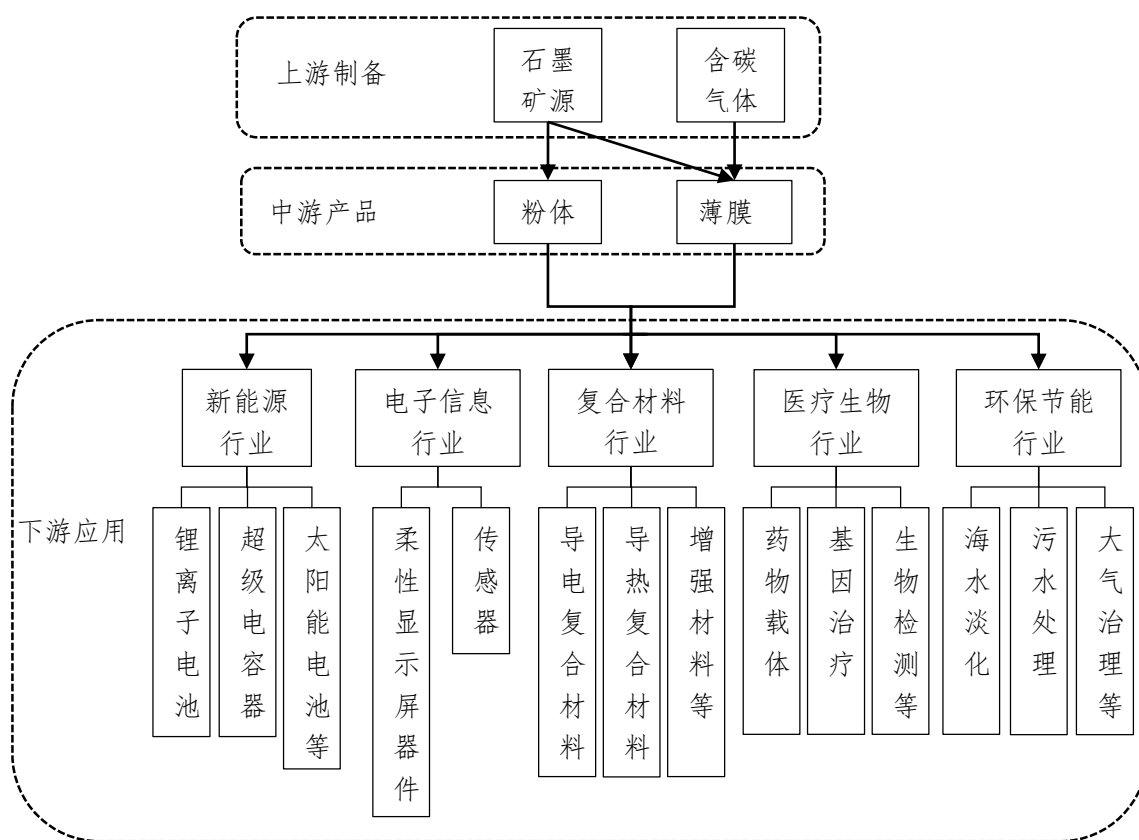
		002— 2018	指南			
22		T/GDASE 0008— 2020	石墨烯薄膜杨氏模量的测定 原子力显微镜法	已发布	溢鑫	参与
23		T/GDASE 0011— 2020	石墨烯粉体电导率的测定	已发布	粤网节能	参与
24		T/GDASE 0012— 2020	石墨烯薄膜层数的测定 激 光显微共焦拉曼光谱法	已发布	粤网节能	参与
25		T/GDASE 0013— 2020	石墨烯粉体缺陷程度的测定 激光显微共焦拉曼光谱法	已发布	粤网节能	参与

4.5 深圳石墨烯产学研创新模式

目前石墨烯的上中下游已经形成，但是由于产业化仍在进行中，所以尚未形成完整的产业链。石墨烯粉体市场现已聚集了大量的企业、投资机构，竞争激烈，但石墨烯粉体属于石墨烯行业的中低端制备技术，主要应用在发热服、美容仪、导电油墨、锂电池、超级电容等。石墨烯中低端制备技术的应用行业平均利润较低，企业鱼龙混杂，而石墨烯薄膜属于高端制备技术，主要的应用领域在生物科技、5G 电子等，竞争不完全且利润可佳。虽然相关技术仍需完善，但相比石墨烯粉体，在国家政策的强力支持下，石墨烯薄膜未来在高端技术领域的应用更值得开发和投资。

石墨烯薄膜作为石墨烯行业的中高端技术，下一个 5-8 年的行业爆发期将主要集中在散热、柔性电子、生物医疗三大领域，但技术仍需攻克。其中，被石墨烯替代的现有产品分别是石墨片、ITO(氧化铟锡)和生物传感器的电极材料玻璃碳和其他荧光萃取剂，由于市场上现有的产品都已经处于成熟期，相较石墨烯具有生产成本优势，所以在石墨烯薄膜未降低生产成本和可以根据不同的场景需求调节石墨烯的相关特性前，石墨烯无法完全替

代现有的产品。



资料来源：前瞻产业研究院整理

图9 石墨烯行业产业链分析情况

2018年3月，国家质检总局、工业和信息化部、发展改革委、科技部、国防科工局、中国科学院、中国工程院、国家认监委、国家标准委等多部委联合发布《新材料标准领航行动计划（2018—2020年）》，提出制定石墨烯材料术语和代号、含有石墨烯材料的产品命名方法等国家标准，明确石墨烯概念内涵，规范产业健康有序发展。开展石墨烯材料相关新产品设计、研发、制备等全产业链标准化研究，建立材料应用和性能长周期数据库，构建覆盖石墨烯原材料、石墨烯应用材料等产业链标准体系，引领石墨烯产业链协同发展。研究制定石墨烯层数测定、比表面积、导电率等物化特征和性能表征与评价方法标准，开展标准的对比试验验证，加强与石墨烯研究领先国家合

作，共同提出石墨烯国际标准方案。

2018年8月，工业和信息化部发布《关于发布2018年工业转型升级资金（部门预算）项目指南的通知》，提出解决高品质石墨烯粉体与石墨烯薄膜的可控与规模化制备共性技术难题，设计研发规模化制备关键设备，打造不低于5个石墨烯示范应用产业链。2019年9月，工业和信息化部组织开展石墨烯“一条龙”应用计划，以上下游需求和供给能力为依据，以应用为导向，引导石墨烯产业生产和应用企业及终端用户跨行业联合，形成上下游产业对接的应用示范链条，拉动产业链上下游供需能力，推进产学研用国际化协同创新，深化产业链协同。

深圳作为全国电子信息和智能制造等高端装备产业集聚基地，拥有庞大的石墨烯下游应用市场，为石墨烯迈向产业化、规范化、标准化提供了强大的产业基础和市场需求。同时，深圳具有最灵活的市场机制和最活跃的资本市场，在石墨烯成果转化和企业孵化方面拥有无可比拟的优势。目前，深圳在石墨烯领域已具备一定基础，整体水平处于国内领先水平。此外，深圳市委市政府高度重视以石墨烯为代表的新材料基础科学研究和产业化发展，尤其在石墨烯基础研究、产业化和创新载体建设方面科学规划、精心布局。2017年以来深圳先后出台《深圳市十大重大科技产业专项实施方案》和《深圳市关于进一步加快发展战略性新兴产业的实施方案》，提出前瞻布局石墨烯等新兴领域，重点发展石墨烯在电子信息、新能源领域的应用技术，将石墨烯列为十大重大科技产业专项进行重点布局。

在广东省工信厅、深圳市工信局及深圳市光明区的支持和指导下，由清华大学牵头，联合政府产业平台、高校与科研机构、民营企业和社会资本共

同成立以“政产学研用资”为主导模式的混合所有制新型创新平台，注册资金20000万元。2019年4月，广东省工信厅批复依托深圳石墨烯创新中心有限公司组建广东省石墨烯创新中心（粤工信创新函[2019] 873号）。

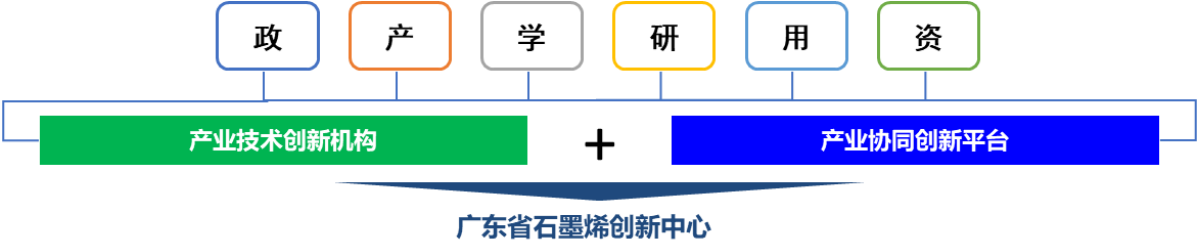


图10 广东省石墨烯创新中心规划

深圳石墨烯创新中心有限公司成员包含国内众多知名龙头企业，企业自身有雄厚的研发实力及良好的技术平台，包括：2个国家级企业技术中心（贝特瑞和欣旺达），5个国家高新技术企业，1个广东省重点实验室，3个广东省工程平台（广东省先进电池与材料工程技术研究中心、广东省锂离子电池正负极材料工程实验室、广东省绿色新型动力电池材料工程技术研究开发中心），4个深圳市重点实验室（深圳市石墨烯重点实验室，深圳市动力电池安全重点实验室、深圳市热管理工程与材料重点实验室、深圳高分子材料及制造技术重点实验室），4个深圳市工程实验室（深圳石墨烯储能应用工程实验室、深圳聚合物微粒子合成及应用工程实验室），2个深圳市公共技术服务平台（深圳石墨烯检测公共服务平台、深圳市先进电池及其关键材料国际检测和研发公共服务平台），2个企业博士后工作站，1个院士工作站，良好的平台基础为工作开展提供了保障。

深圳石墨烯创新中心有限公司组建石墨烯制造业创新中心联盟，采用“公司+联盟”的方式，建立“技术协同创新+商业模式创新”双轮驱动的新模式，吸引国内外概念创新、技术攻关及金融资本力量，打造石墨烯领域聚

焦于石墨烯研发、应用的企业总部、科研院所集聚区。深化与国内外创新主体合作，整合联合国家和地方创新平台，构建长期稳定的协同创新网络；发挥深圳市体制优势，对接科技创新、成果转化的配套需求，从体制机制服务、政策法律服务、金融服务等方面，加强顶层设计及软环境布局，实现创新链与产业链融合发展，打造“政-产-学-研-用-资”一体化的开放式石墨烯产业技术创新机构和产业协同创新平台，衔接石墨烯的产学研用各个环节，推进石墨烯技术开发及成果转化。

以清华大学深圳国际研究生院、清华伯克利深圳学院、南方科技大学、深圳大学等为代表的高校科研单位。其中，享誉国内外的院士和专家科研团队在石墨烯基础研究和应用研究方面已取得了很大成就。以贝特瑞、烯旺（冯冠平教授）、烯创（杜善义院士团队公司）、烯材（成会明院士团队公司）等单位为代表的石墨烯材料生产端。其中，在大规模高端石墨烯制备方面已取得重大进展。华为、中兴、比亚迪、中集等高新科技企业，在应用端对石墨烯应用有迫切的需求，促进前端技术研发和生产的提升。具备了较为完善的“研发—生产—制造—应用”产业链。

在技术方面，在石墨烯领域，含括多名业内院士和专家学者。特别是，以成会明院士“高质量石墨烯材料的制备与应用基础研究”2017年国家自然科学二等奖、康飞宇院长团队“高性能锂离子电池石墨和石墨烯材料”2017年国家技术发明二等奖作为科研基础支撑。在公共服务方面，以高校作为牵头单位，为石墨烯产业链提供全方位科技创新服务。在开放平台方面，建设石墨烯材料、应用工艺平台，加强测试验证能力、中试孵化、及行业支撑能力，建设互联网+实验检测平台提供第三方检测认证，共享知识产权，

在项目研发上开放合作课题。在组织架构方面，政府、高校、企业共同参与，覆盖石墨烯材料制备、装备制造、终端应用全产业链，联盟成员遍布全国，具有广泛代表性。深圳石墨烯创新中心有限公司立足深圳，推动广东石墨烯整条产业链，打造粤港澳大湾区石墨烯创新新高地，促进全国石墨烯产业协同发展。

(1) 产学研创新优势

创新中心作为深圳石墨烯产学研创新平台，具有以下优势：

1) 技术优势

创新中心下设技术专家委员会，成会明院士为首届技术专家委员会主任。石墨烯发现者、诺贝尔奖获得者 Andre Geim 教授为名誉主任，邹广田院士、范守善院士、刘忠范院士、俞大鹏院士为副主任。此外，杜善义院士、李玉良院士、骆静利院士、汪正平院士、刘建影院士等另 33 位石墨烯相关领域的院士和专家被聘任为创新中心专家委员会成员。首届技术专家委员会构成“1 位诺贝尔奖获得者+11 位国内外院士+28 位行业技术专家”。

表12 创新中心技术专家委员会

序号	姓名	单位	头衔/职务	简介
1	安德烈·盖姆 Andre Geim	深圳盖姆石墨烯中心 英国曼彻斯特大学	院士/诺奖获得者/教授	石墨烯的发现者，2010 年诺贝尔物理学奖获得者，英国曼彻斯特大学科学家，中国科学院外籍院士，清华大学名誉教授，并兼任深圳盖姆石墨烯中心主任。英国曼彻斯特 Meso-科学与纳米技术中心主任，曼彻斯特大学物理学教授及皇家学会 2010 周年纪念研究教授。盖姆教授是石墨烯及其他二维材料相关基础和应用研究的国际领跑者，获得了多项国际大奖。

2	成会明	清华-伯克利深圳学院	院士	中国科学院院士、发展中国家科学院院士。现任清华-伯克利深圳学院低维材料与器件实验室主任、中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家（联合）实验室先进炭材料研究部主任。主要从事碳纳米管、石墨烯、高性能块体炭材料及高效能量储存与转换材料的研究。曾获国家自然科学基金二等奖、国防科技进步二等奖、何梁何利科学与技术进步奖、美国碳学会 Charles E. Pettinos 奖、德国 Felcht 奖等奖励。现任《Energy Storage Materials》主编、《Science China Materials》副主编。
3	刘忠范	北京大学	院士	北京大学教授，中国科学院院士，中组部“万人计划”杰出人才，北京大学纳米化学研究中心主任，北京大学纳米科学与技术研究中心主任。九三学社中央副主席、第十三届全国政协常委、北京市政协副主席、北京石墨烯研究院院长。主要从事低维材料与纳米器件、分子自组装以及电化学研究。发展了纳米碳材料的化学气相沉积生长方法学，建立了精确调控碳纳米管、石墨烯等碳材料结构的系列生长方法。
4	范守善	清华大学	院士	材料物理和化学专家。现任清华大学物理系教授、凝聚态物理研究所所长、清华大学材料科学与工程研究院副院长。长期从事新型功能材料的制备与物性研究，近十余年的研究方向集中在纳米材料与结构的控制合成、表征和应用研究。在碳纳米管的控制合成和生长机理研究方面取得了比较系统的研究成果。利用脉冲激光沉积制备氧化物、氮化物和高温超导薄膜材料，并发展出了一种观测磁通线贯穿高温铜氧化物超导体路径的实验方法。研究成果曾被列入中国十大科技新闻、科技部十项基础研究成果和中国高等学校十大科技进展。
5	俞大鹏	南方科技大学	院士	中国科学院院士，南方科技大学物理系讲席教授，深圳量子科学与工程研究院院长，北京大学北京“量子物质科学”协同创新中心研究员。俞大鹏教授长期从事半导体纳米线等低维量子材料中的关键基础物理问题的研究。为我国纳米线材料科学研究进入国际先进行列做出了重大贡献。俞大鹏院士曾以第一完成人获得了 2004 年度教育部提名自然科学一等奖和 2007 年获国家自然科学基金二等奖。拥有丰富的石墨烯精确制备相关生长技术储备发现氧可以辅助石墨烯超快生长成超大单晶，最近又发现了生长米量级大单晶石墨烯的方法。

6	杜善义	哈尔滨工业大学	院士	中国工程院院士，哈尔滨工业大学复合材料研究所教授，中国科学技术大学工程科学学院院长，中国力学学会副理事长、中国复合材料学会理事长。兼任总装备部科技委兼职委员，国家国防科技工业局科技委委员，中国复合材料学会理事长，国家自然科学基金委重大研究计划指导专家组组长。获国家科技进步二等奖1项、三等奖1项，国家技术发明一等奖1项，国家级教学成果二等奖1项，光华科技基金一等奖。
7	李玉良	中国科学院化学研究所	院士	无机化学家，中国科学院化学研究所研究员，2015年11月当选为中国科学院院士。从事以无机化学为基础的交叉科学研究，开展了分子基材料及其聚集态结构、异质结构和性质研究，发展了具有光电活性的碳及富碳材料多维、高有序、大尺寸纳米结构生长方法学；建立了碳材料化学合成系统方法，在铜表面上合成了具有本征带隙 sp 和 sp ² 杂化的二维碳石墨炔，实现了人工化学合成全碳材料。三次获国家自然科学基金二等奖，两次获北京市科学技术奖（自然科学）一等奖和中国科学院自然科学二等奖一次。
8	邹广田	吉林大学	院士	长期从事静态高压物理和超硬材料研究，注重发展实验技术，倡导建立创新的实验设备。中国高压物理的领军人物和国际上有影响的高压物理学家。曾连任2届国际高压科学与技术协会（AIRAPT）副主席，国务院学位委员会物理与天文学评议组成员、高压物理专业委员会主任，吉林省物理学会理事长，现任吉林省物理学会名誉理事长，第六届教育部科技委数理学部主任等。
9	骆静利	深圳大学 阿尔伯塔大学	院士 (加拿大)	博士，阿尔伯塔大学教授，加拿大工程院院士。她长期从事电化学、腐蚀控制、燃料电池及能源材料等领域的研究，针对核电材料腐蚀问题，开展过大量有关局部腐蚀机理、冲刷腐蚀机理与防护、应力腐蚀开裂机理、系统微量元素对应力腐蚀开裂的诱导作用等研究，并研制开发了新型燃料电池过程和新能源材料，在绿色能源和二氧化碳的回收利用方面也正在取得可喜的成果。并于2014年获得加拿大材料化学奖，2002年加拿大冶金学会颁发的Morris Cohen奖等奖项以表彰她所作的贡献。

10	刘建影	上海大学 查尔姆斯 理工大学	院士 (瑞典)	上海大学特聘教授,长江学者和国家千人计划入选者,上海大学中瑞微系统集成技术中心主任。美国电器电子工程师协会会士,瑞典皇家工程科学院院士,瑞典查尔幕斯理工大学教授,担任 IEEE Transaction on Packaging & Manufacturing Technology 副主编,德国汉高(Henkel)公司亚太地区科学顾问委员会委员。主要研究领域为微纳材料与制造,电子封装与系统集成,其中包括 3D 电子碳纳米管互联技术,2 维材料散热与互联技术,碳纳米管冷却器,纳米界面散热材料,纳米生物支撑材料,纳米无铅焊料和纳米导电胶等。
11	汪正平	香港中文 大学	院士 (外籍)	美国国家工程院院士、中国工程院外籍院士、香港科学院创院院士、香港中文大学工程学院院长及卓敏电子工程学讲座教授。并被誉“现代半导体封装之父”,长期从事电子封装研究,在封装材料领域已发表学术论文 1000 多篇,申请美国专利 60 余项,被 IEEE 授予电子封装领域最高荣誉奖——IEEE 元件、封装和制造技术奖。
12	段镶锋	美国加利 福尼亚大 学洛杉 矶分校	教授	美国加州大学洛杉矶分校(UCLA)终身教授,湖南大学特聘教授。已发表 130 多篇论文,包括 Nature4 篇、Science3 篇、Nature 系列子刊>16 篇,引用逾 25000 余次。在汤普森路透社 2000-2010 十年间论文引用率排名中,段教授位列全球顶尖 100 位材料科学家榜单第 20 位及全球 100 位顶尖化学家榜单排名第 41 位。
13	康飞宇	清华大学 深圳研 究生院	教授	清华大学深圳研究生院院长,清华大学国际研究生院副院长,省创新中心负责人。担任国家重大科学研究计划(973 计划)项目首席科学家,2016 年“广东特支计划”杰出人才,2 项国家自然科学基金重点项目第一负责人,炭功能材料国家地方联合工程实验室主任。担任国际著名学术刊物《Carbon》编委,《新型炭材料》(SCI)期刊副主编,中国石墨烯产业技术创新战略联盟专家委员会主任,广东省先进电池与材料产学研技术创新联盟专家委员会主任委员,中国非金属矿专家委员会副主任,中国北方石墨(烯)产学研用创新联盟理事长,世界低碳城市联盟(The World Alliance of Low Carbon Cities)终身荣誉主席。

14	李宝华	清华大学 深圳国际 研究生院	教授	博士研究生导师，深圳市鹏程学者特聘教授。现任清华大学深圳国际研究生院能源与环境学部主任，材料学科和新能源交叉学科负责人，深圳石墨烯创新中心有限公司董事长，材料与器件检测中心（CNAS 认可实验室）主任，广东省先进电池与材料产学研技术创新联盟秘书长，联盟实体化运营机构—深圳市清新电源研究院院长，深圳市电源技术学会会长。主要研究方向包括新型炭材料，锂离子电池、锂硫电池、锂空气电池、电化学电容器和燃料电池等领域纳米能源材料的物理化学性能及其相关器件系统集成与应用技术。
15	杨全红	天津大学	教授/ 杰青	天津大学教授、博士生导师；兼任深圳市石墨烯重点实验室主任。国家杰出青年科学基金获得者、享受国务院政府特殊津贴、科技部“中青年科技创新领军人才”、获英国碳素学会“The Brian Kelly Award”（2004）。获国家技术发明二等奖（排名第二，2017），天津市自然科学奖一等奖（排名第一，2013）和天津市科技进步奖一等奖（排名第二，2012）。长期从事碳功能纳米材料和新型储能器件研究。发明石墨烯低温负压制备技术、首先将石墨烯导电剂用于锂离子电池并发展导电剂成套技术；倡导并发明石墨烯致密储能技术，发展高体积能量密度的超级电容器、锂离子电池、锂硫电池和锂空气电池技术；发明钠离子电池碳分子筛负极制备技术，发展低成本、高性能钠离子电池制备技术。
16	高超	浙江大学	教授/ 杰青	主要从事石墨烯化学与组装等方面的研究。担任 Nano-Micro Lett.、《中国科学：化学》、《功能高分子学报》、期刊编委，中国能源学会专家委员会委员。入选国家第二批“万人计划”科技创新领军人才、科技部“创新人才推进计划”中青年科技创新领军人才、“浙江省151 人才工程第一层次培养人员”、“Academician of Asia-Pacific Academy of Materials (APAM)”，获得“钱宝钧纤维奖 青年学者”、国家杰出青年科学基金、“Gold Kangaroo World Innovation Award”、“第十二届浙江省青年科技奖”、“浙江大学十大学术进展”等人才计划或荣誉。

17	蔡伟伟	厦门大学	教授	2013 年入选中组部首批“青年拔尖人才”支持计划，现为厦门大学物理科学与技术学院物理系教授、系主任。长期从事石墨烯及其相关材料制备、表征和应用研究，在石墨烯基础研究、应用开发和规模化宏量制备等领域做出一系列标志性的工作。他参与研发的石墨烯化学气相沉积制备方法被美国科学杂志引为 2009 年世界十大科技进展。此外，他领导的石墨烯透明导电薄膜应用研究和石墨烯热输运研究取得较大突破，并实现成果转化。
18	李雪松	电子科技大学	教授/ 青千	电子科技大学教授，千人计划（青年项目）专家，是用化学气相沉积甲烷在铜箔上合成大面积石墨烯薄膜的方法的发明者。与同事共同创立美国蓝石科技进行石墨烯商业化工作。研究领域为碳纳米管和石墨烯的制备与应用。2009 发表在 Science 的《铜箔衬底上甲烷气相沉积法合成石墨烯》的工作被 Science 选为 2009 年度重大突破之一，被引用超过 6000 次。该发明已在石墨烯薄膜制备研究与生产中得到了广泛的应用。
19	杨俊和	上海理工大学	教授	上海理工大学材料科学与工程学院院长，上海市石墨烯产业技术功能平台专家委员会主任，长三角石墨烯创新联盟（筹）主席。新型炭材料研究团队学术带头人，主要从事炭基多组元复合材料、炭质多孔功能材料、纳米炭材料、特种石墨材料、焦炭质量控制技术等方向的研究。申请发明专利 60 多项，多项石墨烯相关专利技术已经产业化。并与美国劳伦斯利弗莫国家实验室、美国太平洋西北国家实验室、美国匹兹堡大学材料科学系、澳大利亚新南威尔士大学材料科学与工程学院、日本产业技术综合研究所纳米管研究中心等建立了合作关系。
20	沈培康	广西大学	教授	广西大学教授、博士生导师。主要专长包括燃料电池、超级电容器和锂离子电池在内的能源材料和装置、纳米功能材料和微观电化学。2002 年获国务院政府特殊津贴、2011 年获广东省科学技术一等奖，2013 年获国家自然科学基金二等奖。注重国内外的学术交流及合作，注重产学研结合，瞄准国家需求，非常重视成果的产业化转化，已经扶持国内外两个燃料电池企业进行批量生产燃料电池发电系统，与上海汽车有限公司合作进行燃料电池催化剂的批量生产、与广州汽车集团公司进行电动汽车能源材料和技术的创新研究。

21	卢红斌	复旦大学	教授	复旦大学高分子科学系教授，博士生导师。申请中国专利 19 项，8 项完成转让，其余 11 项正在企业进行产业化。作为课题负责人，承担了包括 973 子课题、863 子课题、国家自然科学基金面上项目等 14 项科研项目，在石墨烯及其复合材料创新发展和产业应用方面取得了关键性技术突破，在国际上首次提出了一系列高质量石墨烯及其复合材料的低成本、高产率、环境友好的规模化制备方法，解决了制约石墨烯大规模产业应用的关键瓶颈。分别于 2003 和 2010 年两次获得中石化科技进步一等奖、2004 年获得国家科技进步二等奖。
22	李义春	中国石墨烯产业技术创新战略联盟	教授/秘书长	中国石墨烯产业技术创新战略联盟秘书长，国家新材料产业发展专家咨询委员会委员，博士，教授。兼任科技部中国技术创业协会副会长，中国产学研合作促进会新材料专委会秘书长，中国产学研合作促进会常务理事。近年来主要从事于新材料发展战略、新材料产业与区域经济规划等方面的研究工作。
23	瞿研	常州第六元素材料股份有限公司	教授/董事长	博士/教授，2011 创立常州第六元素材料科技股份有限公司任董事长兼总经理。常州第六元素于 2014 年 10 月成功登陆全国中小企业股份转让系统，证券代码 831190。成为中国首家以石墨烯为主营业务的公众公司。瞿研博士 2011 年至今担任江南石墨烯研究院副院长，同时兼任常州大学石油化工学院客座教授。2013 年当选江苏省石墨烯产业技术创新战略联盟理事长。瞿研博士目前已申请与石墨烯相关的发明专利 22 项，其中 12 项已获授权。
24	吴丁财	中山大学	教授	中山大学高分子与材料科学系教授，现任中山大学材料科学研究所副所长，聚合物复合材料及功能材料教育部重点实验室副主任。主要从事多孔高分子及其多孔炭材料研究，迄今共发表 110 多篇 SCI 论文，SCI 总他引 2700 多次。2012 年教育部新世纪优秀人才，2014 年国家优秀青年科学基金获得者，2014 年国家万人计划青年拔尖人才。
25	周云	烯旺新材料科技股份有限公司	执行董事	2008 年北京大学光华管理学院 EMBA 毕业。1994 年底创办了宏商材料科技有限公司。2017 年入股烯旺新材料科技股份有限公司，现任烯旺新材料科技股份有限公司执行董事。

26	张华	香港城市大学	教授	香港城市大学教授，从事纳米材料的晶相工程学的研究，包括二维纳米材料和碳材料的制备及其在生物传感、清洁能源等方向的应用研究。入选“全球最有影响力科学思想科学家名录”和“高被引科学家名单”（2014-2017，汤森路透）。
27	黄嘉兴	美国西北大学	教授	现任美国西北大学材料科学与工程系教授。他在材料化学科研与教育方面的工作曾获得2011年美国斯隆基金会的青年学者研究奖。2014年荣获古根海姆奖，并入选汤森路透的Highly Cited Researcher in Chemistry。他的研究组致力于实践这样一个理念：通过科研和教学来创造具有潜在用途的新知识，材料和技术；来培育直觉，激发创造力，并最好地提升自己。
28	林志群	美国佐治亚理工学院	教授	国际纳米材料领域知名专家，现为美国佐治亚理工学院（Gatech）材料科学与工程系教授。林教授长期从事功能纳米材料、太阳能电池、锂离子电池、热电材料、量子点合成与表征等领域的研究，科研成果丰硕。
29	郭正晓	香港大学	教授/院长	香港大学教授。郭正晓教授目前担任香港大学理工科的联合教授和香港大学浙江研究创新学院的执行董事。郭教授的课题组主要进行高功能原子簇、纳米结构和材料的合成设计与理论研究。2000年被英国材料学会、皇家化学会与化学工业学会联合授予贝尔比奖章与奖金。
30	肖峰	鸿纳（东莞）新材料科技有限公司	董事长	董事长，鸿纳（东莞）新材料科技有限公司董事长兼总经理。清华大学化学工程硕士。曾任比亚迪锂电池公司副总经理，历任研究部经理、上海锂电池工厂厂长、材料工厂厂长等职。长期专注于锂电池及新能源领域拥有专利100多项。任职期间，完成了锂离子电池制造全手工线到全自动线的改造建设、磷酸铁锂正极材料制备的国产化，推动了石墨烯材料在动力电池中的规模化应用。
31	周鹏伟	深圳市翔丰华科技股份有限公司	董事长	深圳市翔丰华科技股份有限公司董事长，清华大学材料科学与工程系硕士；2001年至2004年就读于清华大学材料科学与工程专业，师从清华大学新型炭材料研究室主任康飞宇教授。近年内荣获“2016年广东特支计划科技创业领军人才”、“深圳市高层次专业人才”、龙舞华章计划A类人才、第五批福建省百人计划。

32	邱介山	北京化工 大学	教授	北京化工大学教授、博士生导师，国家杰出青年基金获得者、教育部长江学者特聘教授、国家“有突出贡献中青年专家”及国家“百千万人才工程”人选、全国化工优秀科技工作者、全国百篇优秀博士论文指导教师。主要从事煤化工、材料化工、能源化工等方面的研究。获2项教育部自然科学一等奖、辽宁省青年科技奖、高等学校优秀骨干教师等奖励和表彰20余次。
33	葛广路	国家纳米 科学中心	研究 员/ 主任	博导，国家纳米科学中心纳米标准研究室主任，中国科学院纳米标准与检测重点实验室副主任，全国纳米技术标准化技术委员会（SAC/TC279）委员及纳米材料分委员会（SAC/TC279/SC1）副主任委员，广东省纳米技术标准化技术委员会主任委员，国际标准化组织纳米技术委员会纳米材料工作组（ISO/TC229/WG4）召集人。国家重点研发计划“纳米科技”重点专项2016年项目“纳米产业技术标准的共性关键科学问题研究”首席科学家。作为团队负责人主持纳米领域14项国家标准和5项ISO/IEC国际标准的制定。
34	暴宁钟	江苏省产 学研石墨 烯材料研 究所 江南石墨 烯研究院 南京工业 大学	执行 院长/ 教授	教授，博士生导师，国家杰出青年基金获得者，“十二五”863计划新材料领域主题专家组成员。获得2012年度教育部自然科学一等奖、江苏省科技进步二等奖和日本学术振兴会外国人研究奖等。作为团队领军人才获得“江苏省创新团队计划”支持。入选首届“江苏特聘教授”、江苏省“双创人才”计划、江苏省杰出青年基金和江苏省“六大人才高峰”、江苏省高层次人才培养工程“333工程第二层次中青年科技领军人才、南京市30名有突出贡献的中青年专家等。主要开展石墨烯、半导体材料、磁性材料及相关器件的设计、制备及应用方面研究。

35	刘剑洪	深圳市本征方程石墨烯技术有限公司	教授/ 董事长	深圳大学化学与环境工程学院教授，现任深圳市功能高分子重点实验室主任、深圳市类石墨烯复合锂离子动力电池正极材料工程实验室主任；兼任深圳市本征方程石墨烯技术股份有限公司董事长、总经理，深圳市化学化工学会理事长、深圳市石墨烯制造业创新中心副理事长、深圳市石墨烯协会副会长。刘剑洪教授长期从事功能高分子材料、锂离子电池及关键材料、石墨烯的制备与应用等领域的基础研究与应用研究工作。获得工信部、广东省、深圳市科技进步奖 10 项。
36	汤子康	澳门大学	教授	国际知名纳米光电子材料领域领军人物汤子康教授 2016 年 1 月获聘为澳门大学应用物理及材料工程研究所所长。汤子康教授成功研制出世界最细的单壁纳米碳管（直径 0.4 nm），并发现其独特的一维超导效应，此成果被誉为划时代的革命性材料，震惊全球，被列为 2001 年物理学界 11 项最主要成就之一。
37	陈国华	香港理工大学	教授/ 副校长	香港理工大学协理副校长，曾任香港科技大学化学和生物分子工程系教授、系主任，广州市香港科大霍英东研究院绿色产品及加工技术中心主任、广州市香港科大霍英东研究院香港-北京科大联合中心主任、长江学者，发表论文 130 多篇，专著 8 部，在多家国际学术期刊任主编或编委。他主要从事锂离子动力电池技术研究和产业化和碳纳米管制备及其作为催化剂载体和能量贮存材料方面的研究。
38	Jang-Kyo KIM	香港科技大学	教授	现为香港科技大学机械和航空航天工程系首席教授，兼任 Finetex-香港科技大学研发中心和先进工程材料研究所主任。Kim 教授是 Composites Part A 杂志的主编和 Aerospace Science & Technology 杂志的副主编，Energy Storage Materials (Elsevier) 和 Nanoscale Horizons (RSC) 等 12 个期刊的编委。Kim 教授是香港工程科学院院士以及皇家航空学会、皇家化学学会和香港工程师学会会员。Kim 教授的主要研究方向为先进材料，包括纤维复合材料、纳米复合材料、纳米结构材料在超级电容器和二次电池等能量储存领域的应用，发表了 300 多篇论文、并编写了 12 本书籍，其中包括 3 篇研究性专著。

39	杨成浩	华南理工大学	教授	教授、博士生导师，华南理工大学环境与能源学院。广东省杰出青年基金获得者、广东省珠江人才计划引进创新团队第一核心成员、广东省能源材料表面化学工程技术研究中心主任和广州市能源材料表面化学重点实验室主任。主要从事锂离子电池、钠离子电池和固体氧化物燃料电池关键材料与器件的开发和产业化研究，原位 X-射线衍射、原位拉曼和原位 TEM 表征。
----	-----	--------	----	--

2) 自主创新能力

创新中心对标国家制造业石墨烯创新中心创建要求，定位为关键共性技术开发的平台，采用“公司+联盟”的形式，通过“产学研用资”深度融合的协同创新机制，联合各高校、企业及科研机构打造新型创新平台。通过整合石墨烯产业的创新资源，打造“材料制备+计量检测+装备制造+终端应用”全产业链，解决高端石墨烯大规模制备和高端应用技术开发与应用。建成国际领先的国家级石墨烯制造业创新中心，构建首次商业化应用和产业化新价值链，推动石墨烯新兴产业的集聚发展。抓住粤港澳大湾区发展与深圳建设中国特色社会主义先行示范区契机，建设成为引领全球石墨烯产业与技术的制造业创新中心。

表13 深圳市石墨烯制造业创新中心石墨烯相关项目

序号	承担单位	项目名称	建设内容
1	南方科技大学	米级单晶石墨烯薄膜制造平台	主要围绕“米级单晶石墨烯生长以及设备的研制”开展工作，设计搭建米级单晶 CVD 系统，突破石墨烯无缝拼接、取向一致性、受限于生产装备尺寸限制等技术瓶颈，在深圳打造世界上第一套量产米级外延单晶石墨烯的制造平台。
2	南方科技大学	石墨烯基纳米复合润滑材料的研发及润滑产品的生产中试	《项目》提出，购置分散机、液压出料机、纳米砂磨机、玻璃反应釜、三辊研磨机、分析检测仪器等主要研发、测试及工艺设备 20 余台（套），建成可石墨烯基纳米复合润滑脂中等规模试产能力，包括研磨分散、搅拌、皂化、混合、成脂

			等工艺。项目建设地点位于深圳市光明新区优宝新材料科技有限公司。
3	深圳大学	海洋装备与设施防腐防污用的石墨烯基材料开发	1. 建设地点位于深圳市光明新区观光路招商局光明科技园及深圳大学西丽校区材料学院； 2. 研究开发新型石墨烯基海洋防腐防污材料； 3. 石墨烯改性新型海洋涂料的制备工艺路线，实现中试放大。
4	哈尔滨工业大学（深圳）	用于柔性印刷电子的石墨烯基材料与含能储能器件研发	改造实验室面积 2000 平方米，地点设在哈工大园区新信息楼 5-6 层；搭建哈工大（深圳）柔性印刷电子技术研究中心；购置的仪器设备包括喷射打印系统、分子束外延机、镀膜机、小型凹版印刷机、丝网印刷机。
5	清华-伯克利深圳学院	高品质石墨烯和新型二维材料的规模化制备关键技术及其电子与光电器件应用研发	项目建设涉及新建和改造场地面积共 300 平方米。主要购置的仪器设备包括：电子束曝光设备系统（1 套）、开放式光电器件性能综合测试系统（1 套）等。项目针对以石墨烯为主的二维材料低成本规模化制备技术难题及高附加值产品应用开发不足的问题，提出相应的解决方案。通过建设具有高质量石墨烯和二维材料规模化生产、新型光电产品应用研发及测试评估的平台，并以此为基础建立可对外承担技术研发、工艺设计、产品开发及规模生产工作的对外服务中心，促使深圳形成石墨烯规模化制备、电子、光电子器件研发、二维材料薄膜组装等关键技术开发、工艺验证和器件性能评估的能力。
6	清华大学深圳国际研究生院	高体积能量密度石墨烯基储能材料及器件项目	围绕石墨烯作为电极材料使用存在的微观结构难操控且易团聚、极低的密度导致器件的体积能量密度低这两大瓶颈问题，通过石墨烯基材料结构设计、可控组装及功能调控，获得高密度石墨烯及石墨烯复合材料，应用于超级电容器，从而获得实用化高体积能量密度超级电容器原型器件及应用技术。项目建设面积 500 平方米，总投资 2200 万元整，主要用于仪器设备的购置及研发费用等支出。
7	烯旺新材料科技股份有限公司	石墨烯远红外理疗康复仪器的研发	本项目进行适用于远红外理疗康复仪器的石墨烯核心发热器件以及能实现辐射能量的精准调控的石墨烯远红外理疗康复仪器的开发，并将石墨烯远红外与中医、中医药、民族医药相结合，进行基于经络、穴位基础的石墨烯远红外理疗康复仪器的研制，同时，项目还将对石墨烯远红外的核心作用机理进行深层次研究，实现精准医疗。项目计划总投资 1000 万元，项目建设期内预期将开发完成 3 项以上石墨烯远红外理疗康复仪器产品，试产试销约 2 万套。项目建成后，预计

			年产可达 5 万套以上，销售额 5000 万元，纳税 1000 万元。
8	深圳市贝特瑞新能源材料股份有限公司	NCA 与石墨烯复合电极材料制备与产业化	项目计划通过建设 NCA 与石墨烯复合三元正极材料的中试示范生产线，部署一系列研发、小试和中试设备，进行产品制备技术开发、产品工艺优化等一系列工作，逐步实现从实验室规模到小试规模最后到中试生产的能力，最终完成年产 500 吨 NCA 与石墨烯复合电极材料中试示范线的建设。
9	深圳市先进石墨烯应用技术研究院	新型高导热石墨烯散热材料的产业化建设	该项目由深瑞墨烯科技有限公司和深圳市先进石墨烯应用技术研究院联合开发，实现高性能导热石墨烯薄膜材料在电子通讯领域的应用。项目的主要建设地点位于宝安区惠科工业园及光明区西田社区高新技术产业园。项目达成将实现年产 20000 平方米高性能导热石墨烯薄膜的产线建设，其主要性能为平面热导率达到 ≥ 1500 W/(m·K)，纵向热导率 ≥ 20 W/(m·K)；项目技术背景依托瑞典皇家工程科学院院士刘建影教授团队专利技术，通过对原料的化学改性、先进的物理分散、涂覆及高温处理过程实现高取向性石墨烯导热薄膜的制备。项目的实施将大力推动石墨烯材料的产业化应用，在导热散热领域取代长期占领市场以进口原材料为主而制成的人工石墨薄膜产品。
10	深圳市本征方程石墨烯技术股份有限公司	石墨烯复合碳负极材料的开发与工程化示范	(1) 租赁装修 1500 平方米的厂房及研发测试中心；(2) 新增电力 1800 千瓦；(3) 新增生产、研发、检测设备及仪器 31 台(套)；(4) 建设一条日产高质量石墨烯基复合碳负极材料 50 公斤级中试产线和示范生产线；(5) 产品主要销售给动力锂离子电池、移动电子设备锂离子电池等。

3) 产业化与效益

石墨烯产业对能源、汽车、电子、冶金、纺织等相关应用领域的辐射带动作用会对我国建设制造业强国产生积极的社会效益。同时极大地推动广东省石墨烯以及各应用领域的产业升级，增加就业岗位和政府财政收入。

《中国制造 2025》重点领域技术路线图里明确了未来十年我国石墨烯产业的发展路径，总体目标是“2020 年形成百亿元产业规模，2025 年整体产业规

模突破千亿元”，未来可带动的经济效益将非常可观。

创新中心已与大同市人民政府、永安市人民政府、康佳创投发展(深圳)有限公司、北京石墨烯技术研究院等多家单位签订全面战略合作协议，将在石墨烯的应用领域展开多方位、深层次的战略合作，打造成国内权威、国际先进的技术开发平台、公共服务平台和企业孵化平台。依托团队通过开展“标准战略与新型创新”，目前已有 10 多项技术成果实现中试或转化，技术转化产品实现销售额累计超过 8 亿元。

创新中心作为广东省石墨烯制造业创新平台，将继续申请组建国家级石墨烯创新中心，2020 年，建成国际一流的石墨烯制造业创新平台，推动石墨烯材料生产和应用行业份额超过 30%；2025 年，石墨烯材料生产和应用行业份额超过 70%。

(2) 标准化优势

1) 标准平台

作为创新中心的标准化平台，深圳市电源技术学会(以下简称“学会”)致力于整合政府、高校、科研院所、企业等创新资源，围绕电源技术、电池及其相关材料、石墨烯等相关领域发展，促进会员之间资源共享和互惠互利，推动政府制定有利于电源及相关产业发展重大方针、政策，协调社会资源，提升会员群体竞争力；积极引导会员参与电源技术探索中，协助会员有针对性地开展产品和技术研究开发。

学会链接电源上下游产业链，与企业之间紧密联合，应市场及企业需求，共同推进团体标准项目的制修订，学会也积极参与到国际标准、国家、行业、地方(含深圳标准)及粤港澳大湾区区域标准的制修订工作当中，未来将作

为“标准化实践与创新基地”优良的标准化人才实践基地。

学会筹建了专家委员会、标准化技术委员会，作为团体标准制修订及有关社会团体科技服务业务的工作开展平台，学会还积极参与其他国家标准化归口组织的标准化工作，以建立标准联络等多层次标准制修订合作平台，为新能源、新材料及石墨烯材料行业的标准化提供专业、高效的服务，推动行业快速发展。同时学会积极申报标准试点单位，探索标准化创新模式，目前学会已获批国家第二批次团体标准试点、新能源行业社会组织科技国家服务业标准化试点、广东省新能源汽车动力蓄电池回收利用试点、企业标准化良好行为评价机构试点和深圳市科技创新与标准科普教育基地。

2) 积极申请技术标准创新基地

创新中心正在通过深圳市人民政府积极申请“国家技术标准创新基地（石墨烯材料）”。技术标准创新基地建设将结合粤港澳大湾区和深圳产业发展实际，以全国石墨烯产业发展需求为导向，通过搭建石墨烯产业与标准化战略研究中心、石墨烯材料标准国际化研究中心、石墨烯材料标准验证中心、质量基础设施建设促进中心（石墨烯）、石墨烯标准化人才交流培养中心、石墨烯产业与标准化创新应用推广服务平台、石墨烯材料基础实验室平台和石墨烯材料中试产线平台等“五中心三平台”，全方位推动石墨烯产业技术标准协同创新发展，充分发挥标准对新兴产业发展的引领作用，提升石墨烯产业整体市场竞争力。

技术标准创新基地建设重点内容包括加强石墨烯基础应用研究，夯实技术标准研制基础；打造石墨烯标准化服务平台，提升标准自主创新能力；创新石墨烯产业发展机制，以标准手段推广科技成果应用；打造石墨烯国际

峰会平台，扩大标准影响力；积极响应石墨烯国际标准化工作，促进国际标准交流与合作等。

以“五中心三平台”为重点建成石墨烯材料技术标准创新服务平台，制定石墨烯材料技术领域国际标准、国家标准、行业标准、地方标准、团体标准 50 项以上，推动创新成果的产业化、市场化运作，以石墨烯产业发展需求为导向，创新机制体制并适时转化成标准，为全国石墨烯产业发展提供借鉴。通过筹建技术标准创新基地，促进石墨烯材料在各相关产业的应用与发展。

打造中国石墨烯产业国际峰会平台，确立技术标准创新基地石墨烯材料领域在全国的领先地位。与广东省标准化研究院、广东省石墨烯标准化技术委员会等标准化专业机构建立长效合作机制，将中国石墨烯产业国际峰会平台打造成深圳及粤港澳大湾区石墨烯材料领域的名片，以峰会为平台对外展示深圳以及粤港澳大湾区石墨烯材料领域的发展状况，招商引资、聚集人才，通过筹建技术标准创新基地，进一步确立深圳以及粤港澳大湾区石墨烯产业在全国的领先地位，带动全国石墨烯产业快速发展。

建设广东省石墨烯材料创新联盟，培养石墨烯材料标准化专业人才。以深圳及粤港澳大湾区石墨烯产业发展实际需求为导向，依托广东省和深圳市两级政府实施的技术标准创新战略，加强石墨烯产业地方技术标准和区域标准的制修订工作，建立地方标准向国家标准、区域标准转化升级的畅通渠道，加快普适性地方标准在全国范围内的推广应用。到技术标准创新基地筹建完成时，主导制修订 50 项以上标准；培养石墨烯领域标准化高级人才达到 40 人以上，石墨烯领域标准化培训人数达 1000 人次以上。

加快技术标准创新基地机制创新和技术进步，带动全国石墨烯产业健康有序发展。通过筹建技术标准创新基地，加快技术标准创新基地的机制创新和技术进步，并转化成标准形式向全国推广，发挥技术标准创新基地对全国石墨烯产业健康有序发展的示范引领作用。

五、 石墨烯标准体系及编制说明

5.1 石墨烯标准体系及标准化技术路线图

石墨烯材料国际、国家、行业、地方、团体标准的制定范围和速度远不能满足石墨烯产业的发展行情，致使市场上石墨烯材料相关产品鱼目混珠，产品质量参差不齐的现象非常严重。严重影响了石墨烯产业的良性发展，对于整体行业质量把控、与下游应用产业的匹配，也会带来很多不便，因此有必要进一步推进深圳市石墨烯产业标准化工作，建立并完善与深圳市石墨烯行业相适应的标准化管理体系、推广和运行标准体系，规范深圳市石墨烯行业发展。本报告制定了深圳市石墨烯标准体系（见附件1）及标准明细表（见附件2），并制定了深圳市石墨烯标准化工作路线图（见附件3），从石墨烯标准化工作机制和体系建设（工作机制、出台政策、标准体系、人才培养），石墨烯及相关产品技术标准研制，石墨烯标准标准化示范推广三个方面确定深圳市开展石墨烯产业标准化的战略推进进程和目标，路线规划时间至2028年6月。

（1）建立和完善石墨烯标准化工作机制和政策措施

成立石墨烯标准化领导工作小组，石墨烯标准化领导工作小组负责协调推进石墨烯及相关产业的标准化工作。成立深圳市石墨烯标准化技术委员会，统筹和协调石墨烯相关标准的制修订工作。根据石墨烯产业发展需要，

可在深圳市石墨烯标准化技术委员会下设石墨烯材料、石墨烯产品等标准化工作组。

出台石墨烯标准化研究及标准研制专项资金，支持企业和科研机构的标准化研究工作。鼓励相关机构制定石墨烯相关国际、国家、行业、地方和团体标准，以及承担重要标准化活动。

建立技术专利化、专利标准化、产业机制化机制，建立科研成果与标准化“三同步”制度。技术专利化、专利标准化、标准产业化，是技术创新成果转化形成经济效益的重要途径。政府相关部门应制定专利与技术标准融合政策，尤其是促进自主知识产权与技术标准产生实质性关联的政策，将技术标准作为科研项目实施的主要考核指标之一，通过制定自主技术标准引导产业自主创新。

（2）加强石墨烯及相关产品标准化研制

围绕石墨烯的成分分析、结构分析、性能分析开展方法标准的研制、围绕石墨烯粉体、浆料、薄膜及石墨烯复合材料、专用产品等开展产品标准的研制。一方面不断优化深圳市石墨烯标准体系，完善标准化工作路线。另一方面，加强在深圳市具备优势的发热、锂电池等领域的石墨烯标准研制，鼓励企业在制定企业标准、团体标准的同时，积极与国际标准接轨，实现石墨烯产业高质量发展。

（3）加强石墨烯标准化人才队伍建设

建立深圳市石墨烯标准化专家库队伍，发挥专家库“智囊团”作用，为深圳市石墨烯产业实施标准化战略提供决策参考。制定并实施以企业、研究机构、高等院校、协会等为重点的标准化人才培养计划。鼓励高校开展标准化

相关课程、培养既懂技术又懂标准的中高端人才，不定期举办标准化基础知识、国际标准化、石墨烯相关国内外标准培训。不定期举办石墨烯产业大会、标准研讨会，加强产业内技术和标准化人才交流，开展国际国内标准化学习交流。

鼓励深圳市标准化人才积极参加石墨烯领域国际标准化活动，力争成为 IEC、ISO 等国际标准化组织的注册专家以及国内石墨烯相关标准化技术委员会、分技术委员会、工作组委员，并积极开展标准化制修订活动。

（4）开展标准宣贯活动，推进石墨烯标准化试点示范

开展石墨烯相关国家标准宣贯，推动有效实施，提升行业内相关从业人员的标准化意识和业务水平。鼓励企业积极开展石墨烯团体标准制定，鼓励骨干企业申报国家技术标准创新基地（石墨烯材料）；鼓励石墨烯企业开展“研发与标准化同步示范企业”、“标准化良好行为企业”评价；鼓励企业建立石墨烯标准化良好应用示范试点。

5.2 石墨烯标准体系编制说明

（1）编制目的

石墨烯标准体系的编制目标是有目标、有计划、有步骤地建立起联系紧密、相互协调、层次分明、构成合理、相互支持、满足应用需求的石墨烯标准体系，支撑和引导深圳市石墨烯产业的快速发展和产学研创新。

（2）适用范围

本研究适用于深圳市石墨烯及相关二维材料产业化和标准化研究。

（3）编制原则

编制石墨烯标准体系遵循以下基本原则：

a) 坚持政府引导与企业自愿相结合。通过政府引导，使石墨烯产业标准体系建设逐步从“自上而下”的政府引导过渡到“自下而上”的企业需求，使标准化工作成为企业提高核心竞争力的内在动力。

b) 循序渐进、合理安排。石墨烯的很多技术还处于科技成果阶段，没有经过工程化和产业化的验证，故部分石墨烯的标准有待于技术的进一步成熟。部分石墨烯产品还处于产业化前期，支撑标准研究的数据有限，需要根据技术成熟的程度和对标准需求的紧迫程度，循序渐进地推动石墨烯的标准工作。

c) 正向研究、适度超前。坚持标准的正向研究，促进科研工作与标准化工作的融合。从深圳实际出发，注重以技术或知识产权来支撑标准的制定，特别注重将深圳石墨烯科研、产业化和示范运行的最新成果转化为标准，确保标准的先进性。同时，为适应技术和产业的发展，标准体系在满足目前行业需求的基础上，适当考虑未来一段时间技术发展的趋势，对深圳市石墨烯产业的发展起到一定的引导作用。

(4) 编制方法和研究过程

在编写深圳市石墨烯标准体系及技术路线图的过程中，开展了大量的调研和分析工作，主要有：

1) 全面调研国家及各省市、深圳市石墨烯政策。

基于对国家及各省市、深圳市现有石墨烯相关政策，以及石墨烯产业发展现状的分析，和对石墨烯发展战略和技术路线的预测。

2) 全面梳理分析国内外及深圳市石墨烯相关标准

对现有国内外及深圳市石墨烯相关标准进行梳理，查漏补缺，为深圳市

石墨烯标准体系研究提供借鉴。

3) 开展广泛的多层次探讨

为做好深圳市石墨烯标准体系及技术路线图的编制工作，参编人员多次拜访行业内企业、科研院校，了解各层面对石墨烯标准的需求，同时多次邀请石墨烯领域专家、标准化专家，召开相关的研讨会。

(5) 体系表结构

石墨烯标准体系架构图包括基础标准、产品标准、测量与表征标准、及其他标准四个种类的标准分类，基础标准包括术语标准、符号和命名、知道通则等方面的内容；产品标准包括基础产品和应用产品两个子体系，下面又具体分石墨烯粉体、浆料等内容；测量与表征标准包括成分分析、结构分析、性能分析三部分，下面细分官能团含量、层数、导热性能等内容；其他包括石墨烯原材料产品、职业健康安全、标准物质/样品等内容。

在标准明细表中，涵盖已发布的国际标准、国家标准，以及拟制定的国家标准、地方标准和团体标准，为我市石墨烯标准化工作提供指导。

附件 1：石墨烯标准体系架构图

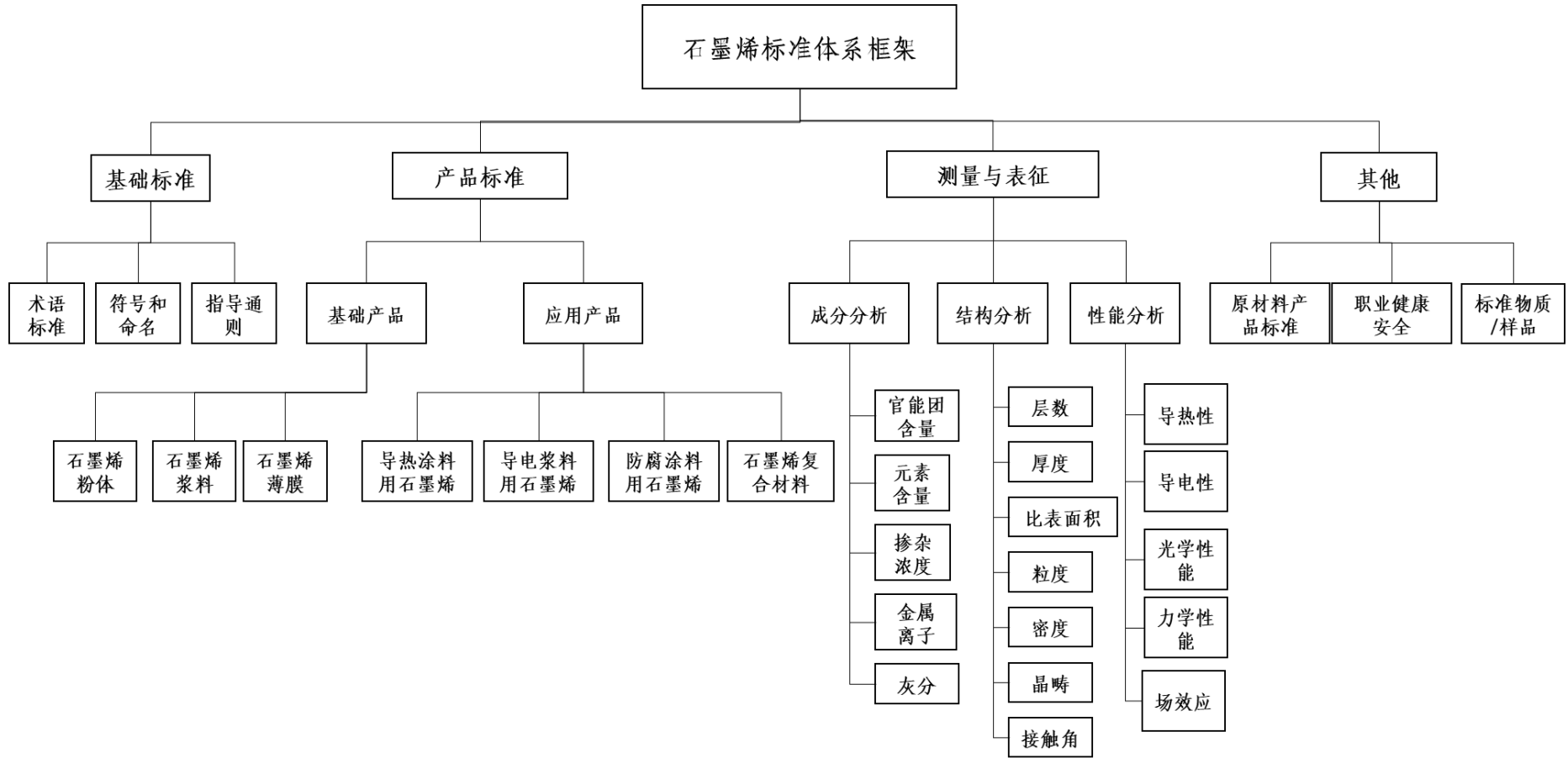


图11 石墨烯标准体系架构图

附件 2：石墨烯标准体系明细表

序号	标准类型	标准号/计划编号	标准名称	采标情况	状态	标准级别
1	基础通用标准	GB/T 30544.13—2018	纳米科技 术语 第 13 部分：石墨烯及相关二维材料	ISO TS 80004-13:2017, IDT	已实施	国家标准
2	基础通用标准		纳米制造 材料规范 第 3-1 部分：石墨烯电学应用空白详细规范	IEC TS 62565-3-1, IDT	拟制定	国家标准
3	基础通用标准		纳米制造 材料规范 第 3-2 部分：石墨烯纳米油墨剖面空白详细规范	IEC TS 62565-3-2	拟制定	国家标准
4	基础通用标准		纳米制造 材料规范 第 3-3 部分：单层石墨烯的剖面空白详细规范	IEC TS 62565-3-3	拟制定	国家标准
5	基础通用标准		纳米制造 材料规范 第 3-4 部分：双层石墨烯的剖面空白详细规范	IEC TS 62565-3-4	拟制定	国家标准
6	基础通用标准		纳米制造 材料规范 第 3-5 部分：石墨烯粉末剖面空白详细规范	IEC TS 62565-3-5	拟制定	国家标准
7	基础通用标准		纳米技术 石墨烯和相关二维(2D)材料的性质和测量技术矩阵	ISO TR 19733:2019	拟制定	国家标准
8	基础通用标准		含有石墨烯产品符号和命名		拟制定	国家标准
9			石墨烯材料判断指南		拟制定	国家标准
10	产品标准		石墨烯导电浆料		拟制定	团体标准
11	产品标准		石墨烯基电学材料		拟制定	团体标准
12	产品标准		石墨烯基防腐涂料		拟制定	团体标准
13	产品标准		石墨烯基导热材料		拟制定	团体标准
14	产品标准		石墨烯基复合材料		拟制定	团体标准
15	产品标准		石墨烯基光学材料			
16	方法标准	GB/Z 38062—2019	纳米技术 石墨烯材料比表面积测试 亚甲基蓝吸附法		已实施	国家标准

17	方法标准	GB/T 38114—2019	纳米技术 石墨烯材料表面含氧官能团的定量分析 化学滴定法		已实施	国家标准
18	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第6-13部分：石墨烯粉体 含氧官能团含量：波尔滴定法	IEC TS 62607-6-13:2020	已发布	国家标准
19	方法标准	20140889-T-491	纳米技术 石墨烯相关二维材料的层数测量 光学对比度法		制定中	国家标准
20	方法标准	20140890-T-491	纳米技术 石墨烯相关二维材料的层数测量 拉曼光谱法		制定中	国家标准
21	方法标准	20140894-T-491	纳米技术 氧化石墨烯厚度测量 原子力显微镜法		制定中	国家标准
22	方法标准	20160465-T-491	石墨烯材料电导率测试方法		制定中	国家标准
23	方法标准	20170324-T-491	石墨烯薄膜的性能测试方法		制定中	国家标准
24	方法标准	20191895-T-491	纳米技术 氩气吸附静态容量法（BET）测定石墨烯材料的比表面积		制定中	国家标准
25	方法标准	20191896-T-491	纳米技术 石墨烯材料的化学性质表征 电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）		制定中	国家标准
26	方法标准	20192942-T-491	纳米技术 石墨烯粉体中硫、氟、氯、溴含量的测定-燃烧离子色谱法		制定中	国家标准
27	方法标准	20192943-T-491	纳米技术 石墨烯粉体中水溶性阴离子含量的测定 离子色谱法		制定中	国家标准
28	方法标准	20202801-T-491	纳米技术 亚纳米厚度石墨烯薄膜载流子迁移率及方块电阻测量方法		制定中	国家标准
29	方法标准	20202805-T-491	纳米技术 X 射线光电子能谱法测量石墨烯粉体的氧含量和碳氧比		制定中	国家标准
30	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第6-1部分：石墨烯基材料 体积电阻率：四探针法	IEC TS 62607-6-1:2020	拟制定	国家标准

31	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-2 部分：石墨烯 石墨烯层数评估	IEC TS 62607-6-2	拟制定	国家标准
32	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-3 部分：石墨烯 石墨烯晶畴表征	IEC TS 62607-6-3	拟制定	国家标准
33	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-4 部分：石墨烯 利用谐振腔测量表面电导性能	IEC TS 62607-6-4:2016	拟制定	国家标准
34	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-5 部分：二维材料 传输线法测量二维材料的薄层电阻和接触电阻	IEC TS 62607-6-5	拟制定	国家标准
35	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-6 部分：拉曼光谱法分析石墨烯的应变均匀性	IEC TS 62607-6-6	拟制定	国家标准
36	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-7 部分：亚甲基蓝吸附法测定石墨烯材料比表面积	IEC TS 62607-6-7	拟制定	国家标准
37	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-8 部分：四探针法测量石墨烯薄层电阻	IEC TS 62607-6-8	拟制定	国家标准
38	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-9 部分：非接触涡流法测量石墨烯薄层电阻	IEC TS 62607-6-9	拟制定	国家标准
39	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-10 部分：太赫兹时域法测量石墨烯薄层电阻	IEC TS 62607-6-10	拟制定	国家标准
40	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-11 部分：拉曼光谱法分析石墨烯的缺陷水平	IEC TS 62607-6-11	拟制定	国家标准
41	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-12 部分：石墨烯薄膜 拉曼光谱 光学反射法测层数	IEC TS 62607-6-12	拟制定	国家标准
42	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-14 部分：石墨烯 拉曼光谱法分析石墨烯缺陷水平	IEC TS 62607-6-14	拟制定	国家标准
43	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-15 部分：石墨烯和二维材料的薄层电阻和接触电阻的性能测试及样品制备	IEC TS 62607-6-15	拟制定	国家标准

44	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-16 部分：二维材料 场效应晶体管法测掺杂浓度	IEC TS 62607-6-16	拟制定	国家标准
45	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-17 部分：石墨烯粉体有序度分析 XRD 和 TE 法	IEC TS 62607-6-17	拟制定	国家标准
46	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-18 部分：FTIR-TGA 联用法测石墨烯粉体官能团	IEC TS 62607-6-18	拟制定	国家标准
47	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-19 部分：CS/ONH 分析仪测石墨烯粉体化学组成	IEC TS 62607-6-19	拟制定	国家标准
48	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-20 部分：ICP-MS 法测石墨烯片金属杂质	IEC TS 62607-6-20	拟制定	国家标准
49	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-21 部分：XPS 法测石墨烯片 C/O 比	IEC TS 62607-6-21	拟制定	国家标准
50	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-22 部分：燃烧法测石墨烯材料灰分含量	IEC TS 62607-6-22	拟制定	国家标准
51	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-23 部分：石墨烯薄膜电阻、载流子密度、载流子迁移率：霍尔棒	IEC TS 62607-6-23	拟制定	国家标准
52	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-25 部分：二维材料 掺杂浓度：Kelvin 探针力显微镜	IEC TS 62607-6-25	拟制定	国家标准
53	方法标准		纳米制造 关键控制特性 第 6-26 部分：二维材料 断裂应变和应力、杨氏模量、残余应变和应力：膨胀试验	IEC TS 62607-6-26	拟制定	国家标准
54	方法标准		纳米制造 可靠性评价 -第 3-1 部分：石墨烯温度和湿度稳定性测试	IEC TS 62876-3-1	拟制定	国家标准
55	方法标准		纳米技术-石墨烯的结构表征—第 1 部分：粉末和分散体中的石墨烯	ISO TS 21356-1	拟制定	国家标准
56	方法标准		石墨烯元素含量分析		拟制定	国家标准

57	方法标准		石墨烯导热系数测定		拟制定	地方标准
58	方法标准		石墨烯薄膜电子迁移率测定		已发布	团体标准
59	安全标准		石墨烯职业健康安全		拟制定	国家标准
60	产品标准		石墨烯标准样品		拟制定	国家标准

附件 3：标准技术路线图

标准化重要内容	2020.10 紧急 2021.6	2021.7 短期 2022.6	2022.7 中期 2024.6	2024.7 长期 2028.6
石墨烯标准化工作机制和体系建设	工作机制	成立石墨烯标准化领导工作小组	石墨烯标准化领导工作小组协调推进石墨烯及相关产业的标准化工作	
	出台政策	出台石墨烯标准化研究及标准研制专项资金，支持企业和科研机构的标准化研究工作。	建立技术专利化、专利标准化、产业机制化机制，建立科研成果与标准化“三同步”制度	
	标准体系	标准体系建设和优化	发布深圳市石墨烯标准体系和标准化路线图	修订和完善深圳市石墨烯标准体系和标准化路线图
	人才培养	建立深圳市石墨烯标准化专家库队伍，为我市实施标准化战略提供决策参考	开展标准化相关课程、培养中高端人才，不定期举办标准化基础知识、国际标准化、石墨烯相关国内外标准培训	不定期举办石墨烯产业大会、标准研讨会，加强产业内技术和标准化人才交流，开展国际国内标准化学习交流
石墨烯及相关产品技术标准研制	标准研制	急需的石墨烯标准	依据石墨烯应用领域开展标准研制	
		依据深圳市石墨烯产业优势，主导或参与石墨烯国际标准、国家标准、行业标准、地方标准和团体标准		
			开展国内外石墨烯产业技术法规、标准比对研究，开展认证认可等工作	

