

doi:10.3969/j.issn.1672-626x.2017.03.009

中国石墨烯产业发展现状及对策研究

金殿臣,李媛

(中国社会科学院研究生院,北京 102488)

摘要:石墨烯拥有优异性能,是主导未来高科技竞争的超级材料。为抢占产业发展制高点,主要工业化国家积极推动石墨烯技术研发与产业化。我国石墨烯研发应用水平与发达国家基本同步,在部分领域处于国际领先水平,但石墨烯产业化过程中存在诸多问题。今后,我国需通过加强资源科学规划与保护性开采、加快突破高品质石墨烯原料生产技术瓶颈、在提高产品市场认可度的基础上积极拓展高端应用领域、遏制虚假宣传的浮夸风、制定科学合理的产业扶持政策等措施促进我国石墨烯产业化取得突破性进展。

关键词:石墨烯;产业化困境;规模化制备;高端应用

中图分类号:F264.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-626X(2017)03-0067-07

一、引言及文献综述

材料是人类赖以生存和发展的物质基础,推动人类文明的演化。历史经验表明,从木石泥到铜铁钢再到硅晶片、碳纤维,人类社会每一个新时代都会有一种新材料出现,而这种新材料往往会成为当时生产力提升的“发动机”。在21世纪,材料尤其是新材料仍将是支撑现代工业发展的基石。因此,新材料产业已被列入我国战略性新兴产业之中并成为《中国制造2025》力推“工业强基”的出发点。当前,材料利用已全面进入碳时代,石墨烯则成为这一新时代的标志性新材料。由于石墨烯在光、电、磁、力学等方面具有优异的性质,蕴含广阔的应用前景,因此其被形象地称作“黑金”、“万能材料”和“革命性材料”,甚至有科学家预言其极有可能掀起一场席卷全球的颠覆性新技术革命,进而彻底改变21世纪。

石墨烯是一种由以苯环结构(即六角形蜂巢结构)周期性紧密堆积的碳原子构成的二维碳材料。特殊的结构使得石墨烯成为构成其他石墨材料的基本单元,它既可以翘曲成零维的富勒烯(巴基

球),也能卷成一维的碳纳米管,还可以堆垛成三维的石墨^[1]。独特的结构赋予了石墨烯诸多“神奇”特性:一是导热率最高,导热系数高达 $5300\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ^[1];二是导电性最佳,室温下其电子迁移率可以达到 $15000\text{cm}^2/(\text{v}\cdot\text{s})$ ^[2];三是最薄,厚度仅有一个碳原子大小(0.335nm),是迄今发现的最薄的二维材料^[3];四是最强最硬,抗断强度为 $42\text{N}/\text{m}$,极限强度可达 130GPa ,同时又拥有极好的柔韧性,拉伸幅度能达到自身尺寸的20%^[4];五是比表面积较高,比表面积比普通活性炭高 $1130\text{m}^2/\text{g}$,达到 $2630\text{m}^2/\text{g}$ ^[5];六是透光率极好,在很宽的波长范围内的吸光度仅为2.3%,几乎完全透明^[6]。

凭借自身良好的光、电、热、力等性能,石墨烯具有诸多超乎想象的功能,并在能源、电子信息、生物医药、环境保护等领域拥有广阔的应用前景^[7]。考虑到发展石墨烯产业有助于提升我国新兴产业的国际竞争力并形成新的经济增长点,近年来我国高度重视其发展,但目前我国石墨烯产业发展仍处于初始阶段,在整体规划、自主创新能力和市场化能力、资源整合能力、行业标准等方面仍存在诸多短板^[8]。

收稿日期:2017-01-05

作者简介:金殿臣(1989-),男,浙江温州人,中国社会科学院研究生院博士研究生,主要从事产业组织研究;李媛(1989-),女,安徽合肥人,中国社会科学院研究生院博士研究生,主要从事产业经济研究。

通过文献梳理可知,目前的文献多集中于对石墨烯性能、制备方法及某些具体应用领域的研究与讨论,对石墨烯产业化问题进行研究的文献较少,尤其是对我国石墨烯产业发展现状进行全面、系统、深入研究的文献较为匮乏。例如,曹亮等认为现有电极材料存在一系列问题与不足,讨论了作为锂离子电池电极的石墨烯复合材料结构与功能调控的重要性,并对石墨烯在相关领域中面临的挑战和发展前景进行了简单评述^[8];孙启安等探讨了石墨烯无机复合材料的制备方法以及在锂离子电池、催化剂、传感器等领域的应用进展^[9];高玉荣等对石墨烯和纤维素复合材料的混合技术、制备方法及应用进行了综述^[2];齐玉等针对近年来我国石墨烯应用技术的论文和专利大量涌现的情况,利用 Soopat 搜索引擎,对我国石墨烯相关专利历年来申请量的变化、申请人类别、地域分布、石墨烯的应用领域等情况进行了分析总结^[10]。作为目前人类已知的导电导热性最佳、重量最轻、强度最大、韧性最好并具有极高透光率和比表面积的材料,石墨烯是促进传统产业转型升级与引领战略性新兴产业快速崛起的关键材料。如果石墨烯产业化过程能顺利推进,将有利于把石墨烯的各种优异性能彻底发挥出来,那么不仅大数据、物联网、云计算、智能设备等各项前沿领域会取得重大突破,实现“万物互联”,人们习以为常的生产生活方式也将被彻底颠覆。在此背景下,研究我国石墨烯产业发展现状与存在的问题,并就此提出政策建议,具有重要的现实意义。

二、国外石墨烯产业发展现状

鉴于石墨烯无与伦比的性能与蕴含的无限应用潜力,加之2010年诺贝尔物理学奖颁发给石墨烯发现者产生的轰动效应,世界各国政府、科技界与产业界都在不遗余力地推动石墨烯技术研发与产业化发展,石墨烯产业的国际竞争态势持续升温。

(一)发达国家加快石墨烯产业的战略布局

由于石墨烯极有可能成为一项影响未来国家核心竞争力的关键材料,因此发达国家先后从国家战略高度进行部署,竞相发布多项支持石墨烯研究的政策和扶持计划,加大对石墨烯技术研发及商业化应用的支持力度,力争把握石墨烯技术革命和产业革命带来的发展机遇。其中,美国主要通过国家自然科学基金会(NSF)和国防部开展一系列石墨烯研究项目,重点布局石墨烯在超级电容器和下一代

更小、更快的电子器件等前沿领域的应用;欧盟将石墨烯列入“未来新兴技术旗舰项目”,计划10年提供10亿欧元资助石墨烯项目研究;英国于2011年将石墨烯列为四大战略性新兴产业之一,并投入大量资金支持石墨烯技术商业化应用;韩国计划在2012—2018年间向石墨烯领域提供2.5亿美元用于资助石墨烯技术研发与商业化应用;日本早在2007年就已开始对石墨烯硅材料、器件等有关技术进行资助。总体上看,当前及未来5到10年之内,世界各国的支持政策仍将主要集中在石墨烯产业链中游——石墨烯功能器件研发,以加快石墨烯产业化的应用步伐。

(二)跨国公司积极构建石墨烯产业链

在企业层面,波音、英特尔、IBM、苹果、三星等国际巨头不仅自身投入大量的人力、物力、财力用于石墨烯研究,还积极与科研机构、高校等合作进行石墨烯技术研发与商业化应用,期望石墨烯能为其带来巨大的收益。在政府、企业与科研机构的重视支持下,发达国家不仅在石墨烯的基础理论、制备技术与商业化应用上获得了长足发展,而且涌现出一批代表性企业,其主要产品包括用化学气相沉积法(CVD)规模化生产石墨烯、石墨烯薄膜、石墨烯粉体、石墨烯制备设备、石墨烯油墨等(见表1)。与此同时,随着石墨烯研发的持续升温与产业化竞争的不断加剧,全球石墨烯产业分工步伐进一步加快,不同国家和地区石墨烯产业发展的异质性逐步显现。目前,美国已经形成了相对完整的石墨烯产业链,涵盖石墨烯制备及应用研究、石墨烯产品生产与石墨烯下游应用全环节。欧盟主要从事石墨烯粉体、石墨烯薄膜、石墨烯复合材料制备,下游应用环节发育程度有限,尚未形成相对完整的产业链。日本和韩国的产业优势则主要集中在CVD石墨烯薄膜制备及其在电子器件领域中的应用。

三、我国石墨烯产业发展现状

石墨烯集多种优异性能于一身,是主导未来高科技竞争的超级材料。据国土资源部统计,我国石墨储量占全球已探明储量的70%以上,具有较为明显的资源优势。为了充分发挥石墨烯的各项优异性能,将潜在的资源优势转化为技术优势和经济优势,我国政府、企业、科研机构 and 高校均高度重视石墨烯技术基础研究和产业化应用,国内石墨烯产业发展步伐不断加快。

表 1 全球主要石墨烯原料与应用企业及其代表产品

	石墨烯原料企业及其代表产品	石墨烯应用企业及其代表产品
美国	XG Science(石墨烯粉体) Angstrom Matertials(石墨烯纳米片) CVD Equipment(CVD 设备) Graphene Frontiers(石墨烯薄膜) ACS Material LLC(石墨烯纳米片及薄膜) Graphene Technologies(石墨烯)	IBM(石墨烯场效应晶体管) Carbon Sciences(云计算用石墨烯设备) 波音(航空结构材料) Graphene 3D Lab(储能用复合电极材料、石墨烯增强型 3D 打印材料) Nanotek Instruments(石墨烯超级电容器、燃料电池) Graphene Frontiers(生物、化学传感器)
英国	Thomas Swan(石墨烯纳米片) Cambridge Nanosystems(单层石墨烯粉体) Bluestone Global Tech Mater(石墨烯薄膜) Graphene Industries LTD(石墨烯)	Haydale(石墨烯墨水、涂料、传感器、光伏、储能) 夏普实验室(储能产品) BGT Materials(石墨烯场效应晶体管、石墨烯油墨) Applied Graphene Materials(高分子复合材料)
其他欧洲国家	瑞典 Graphensic AB(单层石墨烯) 挪威 Abalonyx AS(氧化石墨烯) 西班牙 Graphenea(石墨烯薄膜、氧化石墨烯) 德国 AMO(石墨烯片、定制基底石墨烯)	芬兰诺基亚(石墨烯传感器、防水涂层及储能器件) 挪威 Craynano(石墨烯杂化电极材料) 德国 AMO(石墨烯晶体管) 西班牙 Graphenano(石墨烯建筑涂料、聚合材料电池)
韩国	Graphenen Square(薄膜、CVD 设备) Planar Tech LLC(CVD 设备)	Samsung(石墨烯晶体管、电极薄膜) 浦项制铁(防腐涂料)
日本	Graphene platform(CVD 石墨烯) 富士、东芝、索尼(石墨烯薄膜)	

资料来源:作者整理。

(一)政府大力推动石墨烯产业发展

为抢占石墨烯产业发展的制高点,自 2012 年以来,我国密集出台了《新材料产业“十二五”发展规划》、《关键材料升级换代工程实施方案》、《〈中国制造 2025〉重点领域技术路线图(2015 年版)》、《关于加快石墨烯产业创新发展的若干意见》等多项政策措施。2016 年 9 月,工信部原材料工业司提出将组织实施“石墨烯+”行动,着力构建贯通产业上下游的石墨烯产业链。另外,我国在 2013 年 7 月 13 日和 2016 年 7 月 30 日就已分别成立了中国石墨烯产业技术创新战略联盟和全国首个“国字头”石墨烯材料产业技术创新战略联盟,通过促进产学研用的紧密结合,积极推动石墨烯技术的商业化应用。有别于以往标准滞后的产业政策“短板”,2014 年 1 月,中国石墨烯标准化委员会正式发布了中国石墨烯第 1 号标准《石墨烯材料的名词术语与定义》,以进一步规范中国石墨烯产业发展^①。

(二)石墨烯应用走在世界前列

在一系列政策措施的助力下,近年来我国石墨烯研发能力迅速提高,整体已接近国外先进水平。目前,我国在石墨烯主要研究领域均有涉猎,在部分领域掌握了自主知识产权并处于国际领先水平。根据江苏省石墨烯产业知识产权联盟与江南石墨

烯研究院共同编写的《全球石墨烯产业专利分析报告(2016)》,我国已是全球石墨烯技术专利申请量最大的国家。单从专利申请数量来看,我国在石墨烯领域具有相当的科技创新优势。一旦抓住机遇,我国有望在石墨烯产业化进程方面领先其他国家,甚至主导这场技术革命,助力我国实现制造强国的“中国梦”。同时,在石墨烯应用方面,我国正处于从实验室走向产业化的关键时期,并相继拿出了众多有分量的成果(见表 2)。

(三)产业空间布局快速成型

在石墨烯产业化方面,我国的推进速度同样惊人。目前,国内石墨烯企业已涉足石墨烯薄膜、粉体和浆料等的制备及下游应用环节。方大炭素、第六元素、二维碳素等部分企业在一些具体应用领域已具备领航水平。从空间上看,我国石墨烯企业大多分布在上海、江苏、浙江、福建、广东等东南沿海一带,尤其是“长三角”区域,其次是四川盆地和山东地区,此外,天津、山西、内蒙古等地也略有分布,基本形成以“长三角”为聚集区,其他多地碎片化发展的产业格局^②。其中,无锡、常州、德阳、重庆、上海等地已形成初具规模的石墨烯产业集群。

总的来说,我国石墨烯研发应用水平与发达国家基本同步,并已在石墨烯粉体和薄膜的规模化制

表2 中国石墨烯技术大事件

时间	事件
2012.1	常州二维碳素科技有限公司研制出全球首款石墨烯电容触摸屏
2013.1	中科院重庆绿色智能技术研究院成功制备出国内首片15英寸的单层石墨烯显示屏
2013.4	贵州新碳高科有限责任公司推出国内首个纯石墨烯粉末产品——柔性石墨烯散热薄膜
2013.11	常州第六元素材料科技股份有限公司正式投产国内最大的氧化石墨烯/石墨烯粉体生产线,年产100吨
2013.12	宁波墨西科技有限公司年产300吨石墨烯生产线正式建成投产
2013.12	重庆墨希科技有限公司建成具有年产100万平米生产能力的石墨烯薄膜生产线
2014.1	常州立方能源技术有限公司建成中国首条石墨烯基超级电容器生产线
2015.1	江苏道森新材料有限公司成功研发出石墨烯防腐涂料,创造世界海洋重防腐领域里程碑
2015.1	吴江市华诚电子有限公司成功研发出全球首款石墨烯移动电源“秒充宝”
2015.3	重庆墨希科技有限公司与嘉乐派科技有限公司联合发布全球首批3万部石墨烯手机
2015.4	重庆墨希科技公司发布可弯曲智能手机,成为第一家发布可弯曲手机制造商
2015.6	北京碳世纪科技有限公司发布石墨烯发动机油节能改进剂——“碳威”
2015.10	中国中车研制成功新一代大功率石墨烯超级电容器
2016.7	东旭光电推出世界首款石墨烯基锂离子电池产品——“烯王”

资料来源:作者整理。

备上取得了举世瞩目的成绩,部分石墨烯产品已经在动力电池导电添加剂、防腐涂料、抗静电塑料、触摸屏等领域率先进入市场。我国石墨烯产业在短短几年时间内就成功实现从实验室迈向产业化应用的“三级跳”。

四、我国石墨烯产业化面临的问题

人类工业化的历史经验表明,新材料的发明制取对现代产业体系的形成和发展起着举足轻重的作用,并屡次催生出新产业甚至是新产业群。但是,新材料在产业化过程中,往往在技术、市场和组织(胜出企业)等方面存在极大的不确定性。具体而言,这种不确定性主要体现在三个层面。第一,技术的不确定性。新材料作为一项重大技术创新,其技术突破是个长期复杂的过程,前期往往需要大量的资金和科技投入,但技术发展路径又高度不确定,研发失败的可能性大,需随时承受无法收回高昂研发投入的后果。第二,市场需求的不确定性。新材料被开发出来后,常常无法准确定位其市场用途或其用途被限制在较小的范围内,或者广阔的市场需求要经过很久的时间才能显现。此外,一项新材料能否最终实现产业化,除了技术先进之外,还受用户消费习惯、转换成本、市场规模与企业的市场策略甚至一些偶然因素影响。第三,组织的不确定性。主要表现在新材料的创新和产业化具体由谁来实现而造成的不确定。上述种种不确定性导致了新材料产业化具有相当的复杂性,进而可能出现产业链各环节发展不同步的现象。

石墨烯作为一种科技含量高、应用领域具有颠覆性的新材料,在产业化过程中难免会面临上述问题。正因如此,虽然石墨烯在理论上具有广阔的应用前景,主要工业化国家(包括中国)已有不少高校、科研机构与企业涉足石墨烯制备、加工与应用,媒体上也不时出现有关石墨烯制备技术或商业化应用取得突破进展的报道,但眼下真正步入产业化应用阶段的石墨烯项目仍然屈指可数,能持续地为企业带来经济效益的杀手级产品更是凤毛麟角。总的来说,现阶段,我国石墨烯产业化过程中主要存在以下问题。

(一)高品质石墨烯原料规模化生产技术尚未突破

现阶段,大多数石墨烯研究项目无法实现商品化、产业化的主要瓶颈在于规模化制备大尺寸、杂质缺陷可控的高品质石墨烯(尤其是单层石墨烯)技术尚未突破。众多科学研究向投资者、消费者与政府部门展示了石墨烯的“神奇功能”,但这些美妙的功能对石墨烯质量要求非常高。要想获得如此高质量的石墨烯,一般需要依靠机械剥离法——用胶带粘到石墨上,手工把石墨烯剥下来。虽然这一方法对技术与设备要求最低,但成功率也较低,是最费力费时费钱还不“讨好”的方法。用此方法制备石墨烯用于实验研究尚可行,但想据此实现石墨烯的工业化量产毫无可能。如果采用氧化还原法、化学气相沉淀法等其他制备方法,虽能增加产量、降低成本,却也会带来层数增加、内部结构存在缺陷等

问题,导致石墨烯质量下降、各种优异性能无法发挥。高品质石墨烯原料的规模化制备是石墨烯产业化的基石,对下游产品的开发起根本性的作用,然而制备方法的局限直接导致大多数石墨烯项目停留在实验室阶段,产业化大门迟迟不能打开。

(二)进入市场的石墨烯产品市场认可度较低

另一个困扰石墨烯产业化的世界性难题是进入市场的石墨烯产品未能形成规模化需求,深陷“叫好不卖座”的困境。眼下,石墨烯的应用程度较浅、应用面较窄,在掺杂改性、透明导电薄膜、复合材料等低端领域虽已有产品进入市场,但现实情况却是:包括媒体和资本市场上炒作热度“火爆”的石墨烯锂离子电池在内,受生产成本、产品性能与质量等诸多因素影响,目前消费者对进入市场的石墨烯产品接受度并不高,石墨烯下游应用环节未能完全打通。因此,现阶段没有哪个领域可以实现对石墨烯的规模化应用,石墨烯产品市场需求有待培育。

(三)高端应用领域开拓乏力

在低端应用领域产品市场认可度较低的同时,石墨烯在新一代显示技术、电脑芯片等高端应用领域开拓乏力。这主要是因为当前石墨烯研究领域布局相对较窄,重基础科学(尤其是石墨烯制备技术)而轻实用技术的直接后果就是石墨烯的研发和应用存在一定程度的脱节。从石墨烯的技术特征来看,未来欲将石墨烯用于高端领域,以充分发挥石墨烯的优异性能,单凭能制造石墨烯显然是不够的,还需要产业链上下游环节共同发力。比如,因为石墨烯的导电性能实在过于优异,不像半导体材料一样拥有能使电流非对称流动的“带隙”——即电子导电能带和非导电能带之间的区间,故而无法实现电路开关自由切换,因此要想实现利用石墨烯制造电脑芯片的目标,就必须在石墨烯和硅之间植入人工“带隙”——肖特基管,但是植入方法稍有不方便会使石墨烯丧失其独特属性。现阶段,受困于石墨烯工程技术人才不足、高端应用领域的配套工艺尚不完善,成熟的石墨烯生产技术、工艺与产品均未出现。

(四)市场炒作氛围过浓制约资本的可持续投入

目前,涉及石墨烯生产的企业以中小企业和初创企业为主,缺乏足够的技术和资金支持。对此,国家和地方政府通过设立产业园区、产业基金等方式

积极扶持石墨烯企业早期发展。为了吸引资本市场关注和获取各级政府的的政策优惠,在石墨烯领域,无论是理论成果还是产业化都存在过多炒作。其中,在科研方面,追踪性论文偏多,而原创性成果过少;在制备方面,存在一定程度的浮夸,比如,现阶段宣称已能实现量产的石墨烯并非单层石墨烯,而是晶格缺陷较高、多层堆叠的石墨烯类产品,只能保持石墨烯部分特性;在应用方面,夸大石墨烯在高科技领域的应用潜力与市场前景;在资本市场方面,虽然已有部分石墨烯企业在新三板或沪市挂牌上市,但资本市场存在过度炒作,催生行业泡沫,投资风险不断加大。值得注意的是,当今世界资本、科技与产业间的互动日趋深入频繁,在一定意义上,资本催生科技成果泡沫到泡沫破裂再到产业再造已然成为市场经济条件下新兴产业形成发展过程中所必须经历的阵痛,与政府代替市场直接配置创新资源造成的浪费与损失相比,资本市场泡沫破灭产生的低效率问题相对没那么严重。但是,由于当前石墨烯产业化进程中存在的急功近利心态与虚假繁荣泡沫,导致投资者对进入并深耕石墨烯领域望而却步,影响了资本对该领域的可持续投入,反而给石墨烯产业化带来了一定的负面影响。

(五)地方政府认识不足致产业政策存在误区

近年来,不少地方政府纷纷将石墨烯产业列为招商引资的重点产业、地方转型升级的目标产业与“十三五”时期的支柱产业,使得主导技术和产品尚未成熟的石墨烯产业在我国呈现出“遍地开花”的局面。虽然地方政府十分重视发展石墨烯产业,但在石墨烯基础研究、原料制备、应用开拓、产品研发与市场营销等方面具备要素优势的地区寥寥无几,将石墨烯技术与产业搞清弄明的政府部门与主管官员更是屈指可数。部分地方政府盲目出台优惠政策,有些质量不高的石墨烯项目未经严格评审论证便匆忙落地开工建设,甚至出现一些投资者打着石墨烯的幌子在园区跑马圈地,导致这一材料新星在产业化初期便有可能被低水平重复建设锁定产业化路径。在此情况下,石墨烯非但难以形成具备辐射带动作用的产业载体,成为助力地方政府推动供给侧结构性改革、促进产业转型升级的重要抓手,反而极有可能沦为地方政府盲目开发的“万金油”,最终制约石墨烯这一新兴产业的可持续健康发展。

五、促进我国石墨烯产业规范发展的政策建议

如果按照硅材料产业20年的成熟周期推断,石墨烯产业大约还需5~10年时间才能进入成熟阶段。因此,在国际竞争日趋激烈的情况下,未来数年既是加强科学规划、优化顶层设计与提前精准布局的重要机遇期,也是加快构建石墨烯自主产业链、破解产业化困境的关键阶段。对此我国政府可以从以下五个方面发力以促进石墨烯产业规范发展。

(一)科学规划与保护性开采并举

石墨是石墨烯产业的主要原料,加强石墨资源科学规划与保护性开采是保障石墨烯产业可持续发展的重要前提。一方面,政府可以通过建立保护性开采特定矿种动态调整机制,将石墨作为保护性开采特定矿种的重要对象,对其实行开采总量控制,并运用分批开采、分期开发等方式对石墨资源进行保护性开发与限制性开采,以最高效率、最大价值地利用石墨资源,从而在顶层设计上筑牢石墨烯产业发展的原料基础。另一方面,我国可以运用完善民资分配制度、提高社会资本勘矿收益等方式鼓励各类投资主体进入矿产资源勘探开发领域,加强对石墨资源的勘探力度。与此同时,政府应该组织有关机构全面评估我国石墨资源的储备情况、开发条件,科学研判我国石墨的市场供求趋势及其在石墨烯与其他高性能碳材料领域的应用,未雨绸缪,实行石墨资源保护性开采战略管理。

(二)加快突破高品质石墨烯原料生产技术瓶颈

鉴于现阶段大多数石墨烯研究项目无法实现商品化、产业化的主要瓶颈在于规模化制备大尺寸、杂质缺陷可控的高品质石墨烯(尤其是单层石墨烯)技术尚未突破,我国有必要多措并举以加快突破高品质石墨烯原料生产技术瓶颈。一方面,我国应尽快形成以市场为导向、企业为主体、产学研用相结合的技术创新体系,积极鼓励石墨烯生产企业重点突破规模化制备大尺寸、杂质缺陷可控的高品质石墨烯技术瓶颈,在引导最具创造力企业脱颖而出的同时,尽早推出符合市场需求的高品质石墨烯原料,以更好地支撑石墨烯在下游高端环节的应用。另一方面,政府应积极鼓励高校、科研机构与企业通过合作研发、协同创新与强化“产学研用”之间的联系等方式加强产业链上下游环节间的有效合作,加大关键技术攻关力度,增强高品质石墨烯原料规模化制备工艺的稳定性与技术经济性。

(三)在提高产品市场认可度的基础上拓展高端应用领域

提高石墨烯产品市场认可度,扩大石墨烯市场需求,拓展石墨烯高端应用领域,实现石墨烯产业高端化发展,这是我国石墨烯产业的发展方向。因此,我国应尽快启动石墨烯应用示范专项计划,以更好地促进石墨烯和现有材料体系融合为导向,鼓励企业努力增强石墨烯产品的技术经济性与质量稳定性,在更大限度地发挥石墨烯诸多优秀特性的同时,提高其产品的市场认可度,尤其要抓紧解决石墨烯作为电极复合材料、导电添加剂与改性涂层增强锂电池充放电性能存在的技术不经济问题。另外,要基于石墨烯自身独有的特性,引导行业内有实力的企业加大石墨烯高端应用领域的研发投入,加快开发出其他材料无法替代的颠覆性应用,特别是在电子芯片、柔性显示等高端应用领域尽快推出符合市场需求的杀手级应用,并以此为示范带动一批石墨烯企业快速发展,推动我国石墨烯产业应用高端化。在此基础上加快建立石墨烯技术标准,为在未来产业竞争中掌握制度性话语权奠定基础。

(四)遏制虚假宣传的浮夸风

当前石墨烯产业化进程中存在急功近利心态与虚假繁荣泡沫,导致投资者对进入石墨烯领域望而却步,影响了资本对该领域的可持续投入,在给石墨烯产业化带来负面影响的同时,也不利于石墨烯产业的长远发展。因此,政府有必要通过遏制虚假宣传的浮夸风,为石墨烯产业可持续发展营造健康的外部环境。一方面,政府要积极引导新闻媒体对石墨烯科研成果与应用进展进行科学宣传、客观报道,使全社会尤其是使投资者与企业家能够科学、理性地认识石墨烯产业;另一方面,政府还应加强舆论监督,严厉打击虚假宣传与不正当竞争,并对涉及虚假宣传的企业、媒体进行处罚,同时要求其及时澄清辟谣、阐明事实,通过有效遏制虚假信息的传播,防止个别商家在资本市场炒作概念,引导石墨烯产业理性发展。

(五)制定科学合理的产业扶持政策

制定科学合理的产业扶持政策有利于明确产业发展方向,并能更有效地促进石墨烯产业健康发展。为此,我国首先可以专项行动计划为依托,抓紧清理虚假石墨烯项目,适时规范地方政府盲目出台的优惠政策,并从国家层面统筹石墨烯产业发展,鼓励地方政府因地制宜,选择合适的切入点发

展石墨烯产业,形成差异化、特色化的产业发展格局,避免陷入低水平重复建设困境;其次要继续加强对石墨烯研究与应用项目的政策支持,加快建立以市场为导向的科研经费分配制度与成果评价体系,并通过设立产业基金、财税支持等方式激发市场的积极性,撬动更多社会资本投资石墨烯产业,与此同时,引导高校、科研机构与企业等市场主体“沉”下心来,专心研发技术,耐心打磨工艺,精心制造产品,细心研究市场,充分挖掘需求;最后可以出台专项规划,依托有关机构科学分析石墨烯市场需求及其发展趋势,并根据不同发展阶段市场需求的相关特点,综合运用消费补贴、政府采购与研发优惠政策,通过激发市场潜在需求与降低企业成本并举,同时从需求侧与供给侧两个层面来激励石墨烯企业发展,有效降低处于产业发展初期相关企业面临的各种市场风险,推动石墨烯产业快速健康发展。

注 释:

① 对于前沿领域和新兴产业,标准先行还是后行,学者和技术专家仍有争议。标准先行可占得行业发展先机,但对于技术路线处于剧烈变化且产品性能不稳定的行业而言,标准先行且未建立动态、开放调整机制的情况下,很有可能导致“先发劣势”。

参考文献:

- [1] 张继国,施国洪,宦娟.我国石墨烯产业的现状及发展思路[J].经济纵横,2014,(2):39-42.
- [2] 高玉荣,等.石墨烯/纤维素复合材料的制备及应用[J].化学进展,2016,(5):647-656.
- [3] Novoselov,K.S.,Geim,A.K.,Morozov,S.V.,etal.Two-dimensional Gas of Massless Diracfermions in Grapheme [J].Physics,2005,(7065):197-200.
- [4] 尚玉栋,等.石墨烯/聚合物复合材料的制备与研究进展[J].炭素技术,2016,(2):1-5.
- [5] 李晶,杨晓英.新型碳纳米材料——石墨烯及其衍生物在生物传感器中的应用[J].化学进展,2013,(2):380-396.
- [6] Warner,J.H,等.石墨烯:基础及新兴应用[M].付磊,等,译.北京:科学出版社,2015.
- [7] 王莉,等.国内石墨烯技术及产业现状分析[J].新材料产业,2016,(5):25-31.
- [8] 曹亮,等.石墨烯在锂离子电池材料性能优化中的应用[J].中国有色金属学报,2016,(4):807-820.
- [9] 孙启安,等.石墨烯无机复合材料的研究进展[J].热加工工艺,2016,(12):9-12.
- [10] 齐玉,等.国内石墨烯相关专利分析综述[J].上海第二工业大学学报,2015,(4):277-282.
- [11] 姚雅萱,任玲玲.浅谈石墨烯产业在中国的发展现状和应用前景[Z].全国石墨烯材料技术发展与应用交流研讨会,2015.

(责任编辑:许桃芳)

Countermeasure Research and the Development Situation of Graphene Industry in China

JIN Dian-chen, LI Yuan

(Graduate School of the Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488)

Abstract: Graphene has many excellent optical electrical thermal and mechanical properties, which contains unlimited potential applications. At the same time, it will be the super materials in high-tech competition in the future. In order to seize the commanding heights of the development of graphene industry, developed countries are working on promoting the development of graphene technology and industrialization. And the developed countries have made a series of landmark events and achievements in the field of graphene industrialization. The research and application of graphene in China is keeping pace with the developed countries, even in some areas, Chinese technology takes the head in the world. However, there are still a series of problems of graphene industrialization in China, such as no breakthrough in the large-scale production technology of the high quality raw materials, the low degree of the product market acceptance, the slow development in the high-end applications, too much thick of the market speculation atmosphere and inappropriate industrial policies of local government. In order to promote the graphene industrialization in China to make breakthrough progress, China should strengthen the scientific planning and protective mining of resources, accelerate the development of high quality graphene raw material production technology, improve product market acceptance, extended graphene high-end applications, curb false propaganda and formulate scientific and reasonable industrial support policies.

Key words: Graphene; industrialization dilemma; scale preparation; high-end application