

“石墨烯+”

——三湘产业的未来之星

石墨烯是单层、只有一个碳原子厚度的石墨片，是同时具备透明、导电和柔性三大属性的新材料。因发现石墨烯的学术贡献和石墨烯应用的巨大产业前景。石墨烯的发现和运用，将引领“新硬件时代”到来。可能很少有人想到在这个当下炙手可热的新能源领域湖南拥有的突出优势：不仅资源丰富，而且已具备大力发展石墨烯产业的物质条件和科研优势。近年来，关联产业基础不断夯实，市场规模呈倍增趋势。要占领21世纪石墨烯产业发展高地，须致力于打造“石墨烯+”产业集群，助推我省新材料、新能源和电子信息等战略性新兴产业快速崛起。“石墨烯+”产业集群完全有可能成为我省“十三五”发展的一个亮点。假以时日，一个新的千亿级产业将在三湘大地呈现！

□省社会科学院课题组

1 | “石墨烯+”正在引领战略性新兴产业崛起

石墨烯时代即将来临。自从2010年石墨烯走入大众视野，便被誉为“新材料之王”，是新材料、新能源和电子行业的未来，将彻底改变21世纪。全球首个石墨烯指数显示，石墨烯产业综合发展实力排名前三位的是美国、日本和中国，但就竞争潜力和市场前景来看，中国具有引领地位。上海、江苏、浙江和深圳等沿海经济发达地区技术研发和产布局起步早。我省依托丰富的石墨资源和新材料领域的科研优势，石墨烯产业起飞已蓄势待发。

“石墨烯+”已在路上。近年来，美国石墨烯主要应用于新型电子器件、传感器、复合材料等领域，日本注重石墨烯相关工艺技术的研究应用，中国石墨烯产业包括石墨烯基础研究、大规模制备及锂电池、超级电容器、新型电子产品等。我省“石墨烯+”产业正在崛起，长沙赛维能源科技有限公司开始大规模投产石墨烯锂电池，中蓝科技控股集团正在推进我省“石墨烯+”产业发展的基础建设和平台搭建。



我省石墨矿藏非常丰富，图为郴州市的一座大型石墨矿。

2 | 我省发展“石墨烯+”产业具备“四大优势”

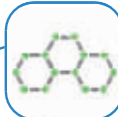
我省具备打造“石墨烯+”产业集群的资源条件和科研优势。近年来，产业基础不断夯实，市场规模呈倍增趋势。

我省丰富的石墨储量为石墨烯产业发展奠定了资源条件。中国石墨资源丰富，石墨储量和产量均为全球第一，据不完全统计，中国石墨储量20亿吨，占世界总储量的75%，我省隐晶质(土状)石墨矿占全国70%以上，占全世界50%左右，其中郴州市已探明的微晶石墨储量3407万吨，占全国已探明的微晶石墨总储量的72.5%。我省完全具备石墨烯产业化发展的资源条件，并拥有成熟的开采能力。

我省在石墨烯及其复合材料科研领域已形成显著优势。国防科技大学、中南大学、湖南大学、湘潭大学、长沙理工大学、湖南科技大学等在高端材料、碳烯材料、石墨烯合成技术、复合材料等领域取得了重要成就，让石墨烯基础材料大规模应用成为可能。湖南元素密码石墨烯研究院依托中科院和高校研发平台，推进产学研融合，自主研发生产石墨烯及复合材料，已获得40多项相关实用新型专利和10余项发明专利，逐渐树立石墨烯产业应用、锂电研发与生产的行业领先地位。

我省“石墨烯+”产业集群发展已具备一定的产业基础。早在2010年我省与中国建材集团建立战略合作关系，并在郴州签订《关于打造中国最大石墨产业基地的战略合作框架协议》，2011年又注册成立南方石墨有限公司，其中9个石墨矿产能51万吨。中蓝科技控股集团已实现了石墨烯浆料及粉体绿色智能环保连续生产，在复合材料及其他新材料等方面取得了新突破，与相关领域的核心单位签署了战略合作协议，并成为“中国石墨烯产业技术创新战略联盟”理事单位。我省在装备制造、新能源汽车、电子信息和军民融合等领域，具备与石墨烯产业融合发展的基础。

我省“石墨烯+”及关联产业发展具有广阔的市场前景。石墨烯具有良好的导电性能、透光性能和吸波性能，石墨烯复合材料可以增强材料的强度、散热性和耐磨性，石墨烯产品因此正逐渐成为国防、航天、新材料、新能源等领域不可替代的核心材料，还可应用于生物医药、超级计算机、电子产品配件、芯片、锂电池和催化剂等各个领域。据预测，至“十三五”末，全国石墨烯产业总产值将超过2000亿元，关联产业产值将突破万亿元。



石墨烯到底是什么

石墨烯(Graphene)是一种由碳原子以sp²杂化轨道组成六角型呈蜂巢晶格的平面薄膜，是只有一个碳原子厚度的二维材料。长期以来，石墨烯一直被认为是假设性的结构，无法单独稳定存在，直至2004年，英国曼彻斯特大学物理学家安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫，成功地在实验中从石墨中分离出石墨烯，而证实它可以单独存在，两人也因“在二维石墨烯材料的开创性实验”共同获得2010年诺贝尔物理学奖。

石墨烯既是最薄的材料，也是最强韧的材料，断裂强度比最好的钢材还要高200倍；同时它又具备很好的弹性，拉伸幅度能达到自身尺寸的20%。石墨烯目前最有潜力的应用是成为硅的替代品，制造超微型晶体管，用来生产未来的超级计算机。用石墨烯取代硅，计算机处理器的运行速度将可能提高数百倍。



石墨烯被证明非常适合可穿戴设备

研究者用实验证明，低价、柔软的无线通信器件如移动电话、健康状况传感器等，可以直接打印在衣服上甚至皮肤上。

由于高导电性以及突出柔软性，石墨烯可大量运用于可穿戴电子产品。打印石墨烯传感器可以与其他二维材料集成贴到皮肤上用以监测温度、压力及湿度等各种信息。

在医院，患者在上臂上带有一个打印石墨烯的射频识别标签。这一标签与其他二维材料结合在一起，能够感应患者体温、血压等信息并自动传回读取器，医护人员能够无线监控患者状态，这将大大简化患者的护理。



充电7秒钟续航35公里

中科院上海硅酸盐所科学家已研制出一种高性能超级电容器电极材料——氮掺杂有序孔石墨烯。该材料具有极佳的电化学储能特性，可用作电动车的“超强电池”：充电只需7秒钟，即可续航35公里。

通过反复试验、设计、合成，研究人员发现，氮掺杂有序孔石墨烯不仅能实现高能量密度、高功率密度，而且还可以通过使用水电解液，做到无毒、环保、价格低廉、安全可靠。

据介绍，这样的新型石墨烯超级电容器体积轻巧，不易燃也不易爆，可采用低成本制备，实现规模化生产。因性能较铅酸、镍氢等电池有明显的竞争优势，且在快速充放方面又远远优于锂电池，因此该“超级电池”可广泛应用于现有混合动力汽车、大功率输出设备的更新换代。



石墨烯将在军事领域大显身手

石墨烯的厚度为0.34纳米，比表面积约为2630平方米/克，为已发现的最薄的材料，但其强度却远高于普钢钢材，是人类已知强度最高的物质。这意味着如果用石墨烯制成包装袋，那么它就能承受大约两吨重的物品。石墨烯兼具轻薄而坚硬的材料特性可以使得其在军队轻型运输装备、防御型武器装备的材料生产中发挥出巨大的潜力。

石墨烯吸收约2.3%的光，而其透光率则在97%以上，这使得它能够做到几乎完全透光，加之石墨烯具备良好的柔性，可以设想，如果手机、平板电脑上的其他部件和材料也应用石墨烯进行相应的改进，那么未来电子产品的显示屏就有可能真正实现可折叠。而这样的技术将使得未来的军事装备设计更加得心应手，富有人性化。

此外，石墨烯对于气体、液体等几乎是“零渗透”。这意味着，如果给舰艇涂上石墨烯涂层，就好像穿上一身“刀枪不入”的防弹铠甲。

据朱砚清文《“石墨烯”离我们有多远》

3 | 我省石墨烯产业化发展的主要制约因素

尽管我省石墨烯产业化发展其势已成，其时已至，但仍受到思想认识、平台建设和本土化应用缓慢等方面的制约。

对石墨烯产业化发展认识不足，未能发挥其对战略性新兴产业的引领作用。石墨烯能极大提升新材料、新能源、电子信息和生物医药等战略性新兴产业的产品性能，并节约生产成本，具备引领行业革命的潜质。但是我省相关部门和企业仍对“石墨烯+”缺乏认识，这也是“石墨烯+”未能引领战略性新兴产业取得新跨越的重要原因。

石墨烯产业基地和创新平台缺失，制约从研发到产品市场的产业价值链形成。青岛、常州、

宁波、深圳等地方政府已相继挂牌成立“国家级石墨烯产业基地”，抢得产业先发优势。而我省至今还没有建立石墨烯产业化发展的专门基地和园区，未能形成从技术研发、企业孵化、产品开发到市场推广的一体化产业价值链。

“石墨烯+”的本土化应用缓慢，致使我省未能形成集聚效应和辐射作用。我省传统优势产业和战略性新兴产业诸多领域具备与石墨烯融合发展的空间，但是石墨烯产品在新能源电池、先进装备制造和电子信息等本土企业中的应用推广缓慢，制约我省“石墨烯+”产业的集聚效应形成和辐射作用发挥，进而影响我省战略性新兴产业竞争力提升。

4 | 加快推进我省石墨烯产业化的建议

“石墨烯+”是撬动战略性新兴产业的杠杆，我省加快推进石墨烯产业化，需要切实可行的产业政策，更好地凝聚政府、市场和社会的合力。

(一)把握自身优势，破解发展难题

既要深刻认识到石墨烯产业对于我省新型工业发展的基础性、战略性和引领性作用，把握我省发展石墨烯产业的独特优势，找准创新发展的突破点。更要科学规划，将“石墨烯+”产业发展纳入《湖南省“十三五”经济社会发展规划纲要》和《湖南制造强省建设专项行动方案2016-2020》等重大规划和项目库，积极争取国家试点示范。

(二)打造专业基地，推动成果转化

我省应尽快建立“石墨烯+”产业基地，打造“小硅谷”。一是支持建设石墨烯专业园区和基地，鼓励关联企业集群发展，依托“135”工程实施，提升基地研发孵化、产业化应用、加速发展、综合配套等四大专业化功能效应。二是支持“研发机构+孵化器+加速器”的三位一体发展模式，实现从技术研发到成果转化一站式服务，推动科研成果转化。三是积极搭建开放实验室、技术工程中心、质量监督检验中心等公共服务平台，全力推动产业化发展。

(三)整合关联产业，组建产业联盟

我省应依托现有产业基础，加快整合优化，形成集群发展合力。一是加快组建产业联盟，以专业基地为平台，以企业为主体，依托科研院所和高等院校的专业技术力量，整合产业价值链，全面提升我省石墨烯产业的核心竞争力。二是创新产学研结合的机制，推进企业、科研院所和高校建立优势互补、利益共享、风险共担的合作机制。三是推动石墨烯生产性服务业与制造业有效融合，建立风险补偿、石墨烯产业基金扶持等配套政策，有效破解石墨烯产业发展资金难题。

(四)加快本地应用，拓展市场容量

目前，破解我省石墨烯产业发展瓶颈，必须尽快实现石墨烯规模化应用和本地市场推广。一是加快我省具有竞争优势的石墨烯产品市场化进程，完善优势产品产业链，激活新产品市场需求。二是积极组织石墨烯成果、碳材料成果、石墨烯新型材料成果等专项对接活动，寻找石墨烯产品与关联产业

合作应用的突破口。三是加快新产品的开发速度，提高新产品的本地市场适应能力，对于采购本地石墨烯新产品的均给予一定的财政补贴和奖励。

(五)聚集发展合力，抢占行业制高点

我省应聚集合力抢占“石墨烯+”行业制高点，加快战略性新兴产业崛起。一是增强政府与产业的合力，强化政策引导和财税支持，充分激发企业在技术创新和产品创新中的主体作用，通过杠杆效应撬动更多优势资源助推石墨烯产业发展。二是增强市场与产业的合力，推动资本市场支持“石墨烯+”产业发展及成果转化，形成创新驱动，同时引导资本、人才聚集石墨烯产业，形成资金人才洼地。三是增强社会与产业的合力，强化对石墨烯功能及应用宣传，增强社会各界对“石墨烯+”产业及产品的认知度、认同感和需求意愿。在政府、企业和社会各界共同推动下，力争到2020年，实现我省石墨烯及关联产业总产值达到1000亿元人民币以上规模。

(课题组组长：朱有志，执笔：肖卫、范东君、邓谢彬、姚逸民)

■调研手记 兴奋和焦虑

石墨烯作为革命性的新材料，越来越受到市场的关注，行业景气不断上升。

在这一新兴领域，湖南有什么样的家底？科研、生产处于一种什么样的状态？这是大家普遍关心的问题。

调查的情况让我们感到兴奋和焦虑：我省的资源条件具有难以想象的优势地位，科研基础也相当雄厚，但是开发利用、与关联产业的结合远没有达到与之相匹配的水平。研究团队结合国内外石墨烯产业发展的趋势和经验，对我省石墨烯产业集群发展受到思想认识、平台建设和本土化应用缓慢等制约因素进行探讨。在此基础上，进一步认识到“石墨烯+”是撬动我省战略性新兴产业快速发展的杠杆，我省加快推进石墨烯产业化，需要切实可行的产业政策，更好地凝聚政府、市场和社会的合力，加快推进我省石墨烯产业化。

■致读者

跟随新年的脚步，《理论调研》首次登台亮相。她踏着改革的节点，她迎着创新的旋律，可以说，她就是改革创新时代催生的产物。

我们相信调查研究在今天的突出意义——“没有调查就没有发言权”，没有调查研究就没有科学决策、科学发展的依据，甚至，没有调查研究就没有引导舆论、取信于群众的说服力。当然，理论调研不只是高端领导、专业人士的专属，我们乐意与一切有志于此的人士携手，以不负时代的使命感、富有穿透力的眼光、饱满的热情关注我们这片热土上发生的一切，让这个发展变化的时代打上我们耕耘、思考的痕迹。联系邮箱：hnr-bldy@126.com。

“石墨烯”是产业转型升级的催化剂

□肖琳子

石墨烯研发及应用是我国少数位于世界前列的科技领域之一。在石墨烯巨大的产业前景及其广阔应用市场背景下，湖南应积极抢占科技制高点、大力推进石墨烯商业化发展，让其成为推动现代产业转型升级催化剂。

石墨烯的研发及应用正在催生现代产业革命

一方面，石墨烯产业发展能够有效促进传统产业转型升级。利用石墨烯的导电性能适合研发高频电路，可开发生产超级计算机；利用石墨烯的光学性能制作的光子传感器，可用于检测光纤中携带的信息；利用石墨烯的透明特性，制造的电极具有更优良的透光性，可用于开发制造太阳能电池盒液晶显示屏；利用石墨烯的轻薄特性，可用于制造超薄超轻型飞机材料、超坚韧的防弹衣；利用石墨烯的光电化学特性，可以取代基于金属的有机发光二极管和传统金属石墨电极。

另一方面，石墨烯产业发展能够引领战略性新兴产业快速崛起。石墨烯的优异性能有望在现代电子信息科技领域引发一轮革命，具备颠覆当前所有电子设备的潜质，是新一代电子行业的“救命稻草”。同时，石墨烯的发现及其应用，正在催生生物医药、新材料和新能源等领域革命性的技术进步，这些领域的新发明、新成果如雨后春笋，如在锂离子电池电极材料、太阳能电池电极材料、传感器、半导体器件、复合材料制备、透明显示触摸屏、透明电极等方面开始广泛应用石墨烯。

发达国家正在抢占石墨烯研发及产业化的制高点

自石墨烯问世以来，国际上各类研究和产业化发展持续升温，美国、欧盟、日本、韩国等国家都发布或资助了一系列相关研究计划和项目，大力促进本国石墨烯技术及其应用。

美国国家自然科学基金会(NSF)和美国国防部高级研究计划署开展了多项石墨烯研究项目，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方向的应用；欧洲作为石墨烯的诞生地，先后开展了欧盟FP7、欧洲研究理事会、欧洲科学基金会的多项研究项目。早在2013年初，欧盟委员会将石墨烯列为“未来新兴技术旗舰项目”之一，提供资助用于石墨烯材料研究；日本政府自2007年就开始了石墨烯技术开发项目的资助，富士通公司重点研发石墨烯晶体管领域；韩国政府积极支持本国科研机构和公司开展石墨烯技术研发及商业化应用研究，目前韩国三星的石墨烯专利数量领先于世界。

我国石墨烯产业化发展已经具备世界领先水平

2013年底，宁波墨西科技有限公司和重庆墨希科技有限公司先后建成年产300吨石墨烯生产线和年产100万平方米的生产能力的石墨烯薄膜生产线，将石墨烯的制造成本从每克5000元降至每克3元。这标志着全球第一条和第二条真正实现规模化、低成本、高品质的石墨烯生产线在中国诞生。

我国石墨烯研发和应用的新成果层出不穷。2015年初，浙大成功研发了一种新型、廉价、无毒的铁系氧化剂，实现了石墨烯制备过程快、成本低、无污染，适用于工业化大规模制备，对拓宽石墨烯应用具有重要意义。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，被应用于今年上市的一款名为“开拓者α”的手机，石墨烯触摸屏、电池和导热膜等新材料的应用，能够让手机充电速率提高40%，电池寿命延长50%，电池的能量密度增加10%。

(作者单位：湖南省社会科学院经济研究所)