



石墨烯 引爆产业革命

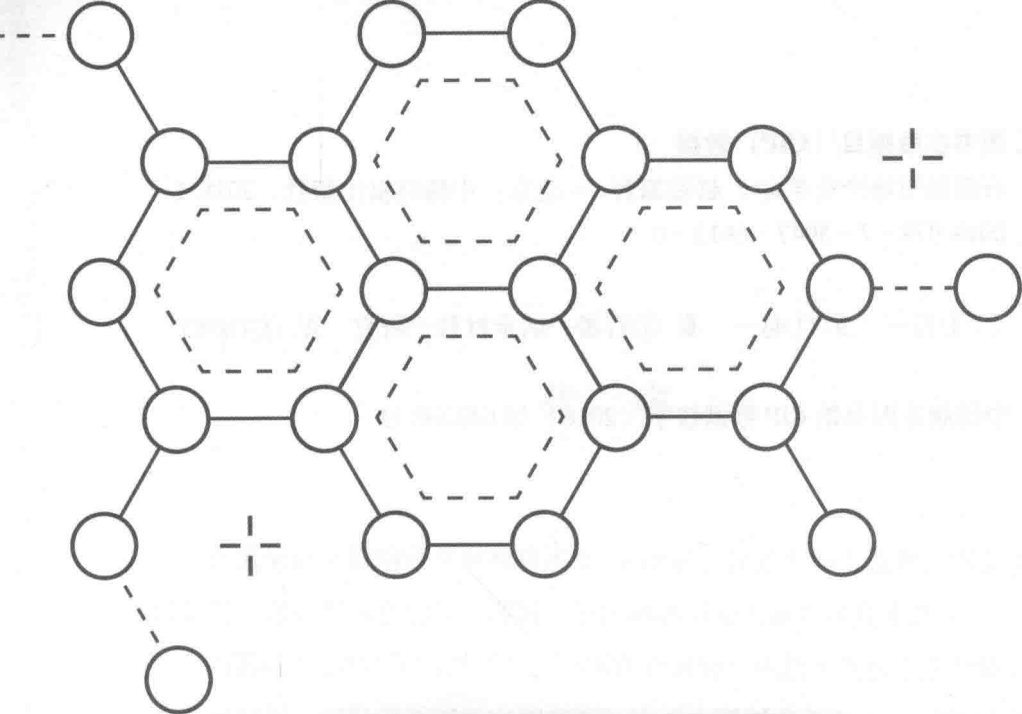
GRAPHENE DETONATE

INDUSTRIAL REVOLUTION

赵猛 编著

石墨烯材料应用
必将引发中国制造的全面变革

中国石墨烯产业化爆发
已经临近奇点……



石墨烯 引爆产业革命

GRAPHENE DETONATE
INDUSTRIAL REVOLUTION

常州大学图书馆
藏书章

赵猛 编著

中国财富出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

石墨烯引爆产业革命 / 赵猛编著. —北京: 中国财富出版社, 2018. 2

ISBN 978 - 7 - 5047 - 6612 - 0

I. ①石… II. ①赵… III. ①石墨—纳米材料—研究 IV. ①TB383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 043308 号

策划编辑 刘 晗

责任编辑 张冬梅 郑晓雯

责任印制 石 雷

责任校对 孙会香 卓闪闪

责任发行 董 倩

出版发行 中国财富出版社

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼 邮政编码 100070

电 话 010 - 52227588 转 2048/2028 (发行部) 010 - 52227588 转 321 (总编室)
010 - 68589540 (读者服务部) 010 - 52227588 转 305 (质检部)

网 址 <http://www.cfpress.com.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京京都六环印刷厂

书 号 ISBN 978 - 7 - 5047 - 6612 - 0/TB · 0002

开 本 710mm × 1000mm 1/16 版 次 2018 年 5 月第 1 版

印 张 13 印 次 2018 年 5 月第 1 次印刷

字 数 193 千字 定 价 52.00 元

版权所有 · 侵权必究 · 印装差错 · 负责调换

代 序

石墨烯这一战略新兴材料将改变 21 世纪。这并非痴人说梦，而是全球科技界、企业界热衷的攻关课题，更使得各国卷入新技术竞争之中。

石墨烯自 2004 年问世至今，中国在石墨烯产业技术创新发展领域，一直领跑世界。这既得益于国家的支持，从《中国制造 2025》到《国家创新驱动发展战略纲要》，工业和信息化部等三部委印发《关于加快石墨烯产业创新发展的若干意见》等，足见我国政府重视发展战略性新兴产业产业力度之大；同时，也得益于产业界的进步，越来越多的企业家、科研工作者投身于石墨烯领域的研究和发展，可窥民间力量对石墨烯产业化的空前热情。

赵猛博士就是国内石墨烯商业化应用推动者之一。近年来，他在石墨烯领域发出的声音、呈现的思维、创造的业绩，激发了创业创新热潮，被誉为石墨烯商业应用领军人物。

作为资深的石墨烯产业研究专家和应用技术创新专家，他的身上蕴藏着无穷的创新精神。在我跟他的亲密接触中，注意到他主张的互联网、大健康、“石墨烯+”融合创新产业发展理念，深受企业家欢迎。

2015 年 9 月，我应赵猛博士邀请去济南访问一家国内 500 强企业。这家企业创新能力很强，率先进入了新材料石墨烯产业化行列。当时，国家工信部和工程院的专家正在对其进行调研和论证。此前，我知道赵猛博士对石墨烯的研究已有时日，并对石墨烯在大健康领域的应用开始了与国内外一些科学家的合作。

随后，赵猛博士出任这家 500 强企业的战略顾问。他亲手主导了该企业的一次石墨烯产业发展战略研讨会，并将研讨成果向新闻媒体做了发布，确切地说，国内石墨烯产业“发烧”这应该是一个重要节点。之前，国内较多科研机构和石墨烯企业还停留在制备基础技术研发，真正的商业化应用和全产业链发展，可谓凤毛麟角。

是年 10 月，赵猛博士在“第二届中国国际石墨烯创新大会”上，首次提出“石墨烯+”产业发展概念，引发较多媒体约访。之后，他的观点不断见诸媒体、产业发展论坛和地方政府产业前瞻报告会，特别是他提出的“三烯战略论”（烯时代、烯健康、烯生活）被产业界广泛接受。应该说，这是他对“石墨烯+”理念的最好诠释。这个理念高度契合了当下国家创新发展、产业转型升级、供给侧改革、健康中国、中国制造 2025 等一系列战略实施。

2016 年 9 月，赵猛博士成为石墨烯产业界炙手可热的人物。由他发起的《中国石墨烯商业应用旗舰计划》编制，得到了企业、智库、媒体等的积极响应，其编制工作引起了国家相关部委的重视。这对一个行业自组织和引领者而言，无疑是惊喜的。随着该计划的完美收官，预计在 5~10 年，计划将铺陈到中国各产业产品的迭代升级，给全球消费者更广层面的认知颠覆。

2017 年以来，赵猛博士对石墨烯产业研究跃升到一个新层面，连续接受媒体关于石墨烯特色小镇建设的专访，成为国际上唯一的石墨烯特色小镇建设理论体系和运营体系构建者。无出其右，他在国内外广泛调研的基础上，潜心研究石墨烯特色小镇建设，精准提出了打造石墨烯汽车小镇、航天航空小镇、新能源小镇、电热小镇、纺织小镇、康养小镇、环保小镇、军事装备小镇等建设理论和运营模式，不仅为地方政府贯彻国家新型城镇化建设和军民融合发展理念，提供了科学决策的理论依据和操作依据，而且进一步拓宽了石墨烯高端应用、可持续发展的路径，更是进一步激活了石墨烯产业促进生态经济发展的无限想象。这个新模式被国内外产

业界点赞为石墨烯产业“撒手锏”级的创新成果。

行胜于言。笔者有幸多次访问赵猛博士，对他关于石墨烯行业的思考与实践成果，深为叹服。近几年，他以开拓者形象出现于石墨烯产业界，不仅特立独行于产业理论创新，更在国内外广泛开展产业技术交流合作。由他投资的标志性企业，已拥有数十个石墨烯应用专利产品进入市场并获益。

2017年10月下旬，他应邀访问石墨烯故乡——位于曼彻斯特大学的英国国家石墨烯研究中心，与曼彻斯特大学校长南茜·罗斯威尔教授，石墨烯发现者、诺贝尔奖得主安德烈·盖姆教授和康斯坦丁·诺沃肖洛夫教授达成共识，积极深化中英两国间的科研合作，促进中国石墨烯产业界借鉴利用英国大量科研研究的经验，保持中国在全球石墨烯商业化应用的领跑优势。

2018年新年伊始，赵猛博士作为推动石墨烯应用产业春天早日到来的使者，应邀出任科技部有关方面牵头成立的国家石墨烯应用产业技术战略联盟常务副主任兼秘书长。这让他人在更高层面、更大空间，获得更多资源、更强动力推进石墨烯广泛应用，促进传统产业升级，引领经济高质量增长上肩负新使命、站上新平台。

作为媒体人，我曾有幸为赵猛博士的《互联网重构商业时代》一书作序，见证他的真知灼见，并享受其成书的快慰。对他的这本新书《石墨烯引爆产业革命》应邀作序，再次深化了我对新材料石墨烯引领产业大变革的认知。

《石墨烯引爆产业革命》一书，凝聚了赵猛博士几年来深入研究、戮力实践、巡回报告、媒体专访的精华要旨，观点鲜明，构想宏大，堪称“石墨烯+”产业发展指南。这本书演示的“石墨烯+”新时代，带给我们一个全新的产业变革视角。

科技改变世界，尽管石墨烯科技刚刚开始，但伟大的进步一定是在更多奉献者努力的行动中实现。可以想象未来，赵猛博士孜孜求索的石墨烯

产业创新思维和实践，对我国企业界、政府部门、研究机构，都将产生深刻影响。

中国实体经济壮骨强肌，亟待“石墨烯+”产业创新提速发展。如何共享“石墨烯+”新时代红利，对科学家、企业家以及政府工作人员而言，想必通过阅读《石墨烯引爆产业革命》一书，不难找到答案。

王灵山 新媒体专栏作家

2017年3月1日写于北京亦庄

目 录

第一章 石墨烯：悄悄改变了时代	1
第一节 石墨烯的前世今生	3
第二节 颠覆性的材料革命	8
第二章 石墨烯的产业融合与转型升级之路	15
第一节 相关主体与投资状况	17
第二节 石墨烯产业的发展之路	25
第三章 石墨烯的商业化之路	33
第一节 石墨烯在电子元器件领域的应用	37
第二节 石墨烯在能源领域的应用	39
第三节 石墨烯在复合材料领域的应用	41
第四节 石墨烯在其他领域的应用	44
第四章 石墨烯特色小镇带动经济发展	49
第一节 何谓石墨烯特色小镇	51
第二节 特色小镇全产业链开发运作	54
第三节 石墨烯小镇的主要产业分布	57
第四节 石墨烯小镇试点应用	71
第五节 石墨烯小镇再造新文明	80
第五章 石墨烯的地区产业化	85
第一节 包头打造千亿级石墨烯产业	87
第二节 东海传统硅产业向石墨烯产业的跨越	90
第三节 江苏建设石墨烯产业大省的机遇与挑战	96

第六章 “石墨烯+”提速健康产业改造升级	105
第一节 石墨烯为健康产业保驾护航	108
第二节 石墨烯在医疗领域的探索	112
第七章 石墨烯产业发展前景的展望	129
第一节 石墨烯行业预测	132
第二节 石墨烯旗舰计划	142
附录 国内石墨烯企业汇总	147
一、江 苏	149
二、山 东	169
三、广 东	172
四、重 庆	176
五、浙 江	177
六、福 建	180
七、上 海	182
八、山 西	184
九、内蒙古	185
十、北 京	186
十一、河 北	188
十二、安 徽	189
十三、贵 州	191
十四、四 川	192
十五、湖 南	193
十六、湖 北	194
十七、天 津	195
十八、江 西	195
十九、广 西	196
二十、云 南	197
二十一、黑龙江	197
后 记	199

第一章

石墨烯：悄悄改变了时代

第一节 石墨烯的前世今生

一、石墨烯的由来

石墨烯被称为“黑金”，是“新材料之王”，科学家甚至预言石墨烯将“彻底改变 21 世纪”，掀起一场席卷全球的颠覆性新技术新产业革命。

石墨烯（Graphene）是首次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。同时它又有很好的弹性，拉伸幅度能达到自身尺寸的 20%。它是目前自然界最薄、强度最高的材料，如果用一块面积 1 平方米的石墨烯做成吊床，本身重量不足 1 毫克便可以承受一只一千克的猫。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会快数百倍。另外，石墨烯几乎是完全透明的，只吸收 2.3% 的光。它的密度非常大，即使是最小的气体原子（氦原子）也无法穿透。这些特征使得它非常适合作为透明电子产品的原料，如透明的触摸屏、发光板和太阳能电池板等。

2002 年 10 月，旅美华人科学家张博增已申报了全球第一篇有关石墨烯组成、生产工艺及应用技术的专利。在这篇专利申报文章中，张博增清楚地阐述了单原子层及多层石墨烯的制备过程。这是全球最早的关于单层石墨烯、石墨烯增强金属基、树脂基、碳基及陶瓷基复合材料的专利。2004 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，成功从石墨中分离出石墨烯，证实它可以单独存在，两人也因此共同

获得 2010 年诺贝尔物理学奖。

二、发展石墨烯产业的意义

随着“中国制造 2025”国家战略的出台，石墨烯扶持力度加码，国家、地方政府、产业联盟通过多种手段支持石墨烯产业发展。“中国制造 2025”石墨烯产业技术路线图，明确了产业化发展重点、方向和路径，已解决当前相关产品制备技术存在成本高、技术不成熟、产品不稳定等问题，开发针对特定场合的多形态和特性石墨烯材料的制备和结构调控技术。未来将重点突破以大规模、低成本、高质量、品质均一可控和多尺度为特征的石墨烯制备技术，大力发展石墨烯高精尖应用技术以及下游产品开发，不断拓展石墨烯相关产品应用领域。

石墨烯产业爆发点已经形成，未来将爆发式增长。石墨烯已经过了炒作热期，企业已经将注意力从石墨烯制备转移到应用上。当前，一些公司已具备提供石墨烯的能力，但主要应用于试验和应用研究，真正实现高端应用的较少，且相关企业的年产能大多不超过百吨级。随着政策支持力度加大、资本投入以及宏量制备技术的突破，未来 5~10 年，多数企业年产能将达到千吨级，少部分大型企业年产能有望达到万吨级。

石墨烯市场前景广阔，有望产生巨大的经济效益。全球各大研究机构纷纷对石墨烯市场的前景和规模进行了预测。综合国内外各机构的分析结果，未来 5~10 年将是全球石墨烯产业的高速发展期，各行业对石墨烯的需求量将不断增加。对石墨烯的近期需求主要来自复合材料等方面，集中在汽车、塑料、涂层、建筑、金属、电池、航空以及能源和储能领域。对石墨烯的中长期需求主要集中在电子和光电领域及储能领域。随着石墨烯行业的深入发展，其应用领域将不断拓展。

三、发展石墨烯产业的目标

提升企业创新能力。一是以企业为主体，实施“政产学研用融”协同

创新，建立石墨烯国家重点实验室或工程中心，鼓励生产企业和应用企业交叉持股，进行战略合作，设立联合研发平台，支持生产企业、研发机构和应用企业联合承担研发项目和科技成果转化项目，突破石墨烯制备、应用和产业化技术瓶颈，加快科技成果转化，打通石墨烯全产业链。二是石墨烯产业作为引领整个工业领域的材料革命的新兴产业，不能遵循传统内生式产业发展轨迹，引导企业开展产业组织创新，加快发展“企业+研发机构+孵化器+加速器”的发展模式。三是依托龙头企业、科研院所等，加快建成一批石墨烯材料及器件技术创新平台、产业转化平台及专利和标准服务平台，提高石墨烯产业高端服务能力。

推动石墨烯应用发展。石墨烯产业最大的瓶颈在于没有形成完整和成熟的产业链，研发制备企业和下游应用企业脱节，市场需求尚未全面打开。针对这种情况，石墨烯行业需要采取一系列措施。一是加快应用技术开发，鼓励企业联合科研院所、高校开展相关产品设计和技术研发，扩大石墨烯应用领域和市场。二是推进首批次产业化应用示范，扶持一批具有行业带动作用的企业实现在重点需求领域的率先应用，构建与各类应用相适应的市场化运作机制，建成一批高水平示范项目。三是依托有关协会、学会、行业联盟或企业，加快制定工艺标准、检测标准、产品标准等，积极参与制定石墨烯国际标准，加快石墨烯标准国际化进程，将石墨烯研发优势转化为行业标准优势，掌握产业发展的话语权。四是石墨烯应用技术多处于中试阶段，市场前景不确定，一旦量产将引起价格下降甚至技术扩散，导致行业恶性竞争，因此必须建立健全行业规范，实现研发生产和商业化的有机融合。

加大石墨烯发展支持力度。我国虽然通过国家自然科学基金已经陆续资助超过3亿元用于石墨烯相关项目，但资助体量相比其他国家仍有提升空间，特别是在国内石墨烯企业和欧盟10年10亿欧元支持石墨烯产业相比仍显弱小的大背景下，我国应进一步加大资金扶持力度。一是在国家层面设立重大科技专项，出台石墨烯产业发展专项行动计划，进一步加大对

石墨烯技术创新的支持力度；二是尽快出台后续补贴和激励政策，充分激发企业 and 市场积极性；三是大力发展符合石墨烯产业特征的金融产品和服务，支持天使投资、科技支行、科技保险、科技小贷等新型金融业态，制定并完善风险补偿和基金扶持等政策；四是落实首台（套）重大技术装备保险补偿机制，推动石墨烯生产首台（套）装备和首批次石墨烯的推广应用。

同时，还要加强自主知识产权建设。一是加强石墨烯专利分析与战略研究和知识产权保护机制研究，构建产业化导向的石墨烯专利池。二是支持具有自主知识产权的项目开发，鼓励相关机构通过 PCT 途径申请国际专利，加强海外专利布局。三是加强在 Bottom-up 途径制备石墨烯、半导体器件应用以及设备等技术领域的产学研合作和技术转移，引导和支持设备专利和应用专利申请，形成规模化专利申请布局。

四、石墨烯产业规划

1. 创新石墨烯材料产业化应用关键技术

积极利用石墨烯材料提升传统产品综合性能和性价比，推进石墨烯材料在新产品中的应用。开发大型石墨烯薄膜设备及石墨烯材料专用检测仪器。重点发展利用石墨烯改性的储能器件、功能涂料、改性橡胶、热工产品以及用于环境治理和医疗领域功能材料的生产应用技术，基于石墨烯材料的传感器、触控器件和电子元器件等产品的制备技术。

2. 开展终端应用产品示范推广

围绕新兴产业发展和现代消费需要，瞄准高端装备制造、新能源及新能源汽车、新一代显示器件和智能休闲健身等领域，构建石墨烯制品示范应用推广链，促进石墨烯材料的研制生产、应用开发及性能评测等环节互动，提升性价比，示范推广利用石墨烯生产的储能材料、导电材料、导热

材料、功能涂料、复合材料、光电子微电子材料以及环境治理与医疗诊疗等新材料。

3. 促进军民融合发展

加大石墨烯材料在国防科技领域的应用。围绕石墨烯材料应用开发，建立军民对口科研机构协作机制，推动技术成果、信息资源共享，促进专业人才、基础设施等要素的互动。发挥军民结合公共服务平台作用，开展两用技术交流对接，借助建设以军民结合为特色的新型工业化产业示范基地，带动提升石墨烯产业军民融合水平。

4. 壮大石墨烯材料制造业规模

加快石墨烯材料生产规模化、柔性化、智能化和绿色化。新建石墨烯材料生产线原则上要进入化工园区，符合化工园区环保准入条件和园区规划环评要求。粉体生产线装置规模不低于 10 吨/年，薄膜生产线能够连续自动转片。鼓励石墨烯粉体制备与天然石墨资源开发有机结合。

5. 促进产业集聚发展

鼓励石墨烯材料生产企业以资本、技术、品牌等为依托积极参与到石墨烯产业发展中来，在材料制备领域提高生产集中度。支持中小企业发挥自身“专精特新”新优势，利用石墨烯材料开发适销对路的新技术、新产品、新材料和新装备，支持开展形式多样的应用创新和创业活动，集群发展石墨烯材料应用产业，形成聚集效益，打造产业示范基地。

6. 实现产业绿色发展

石墨烯产业将全面实现产业绿色发展，优化石墨烯材料生产工艺，完善生产装备，鼓励选用符合能效 1 级或节能产品。发展石墨烯材料清洁生产技术，推行循环型生产方式，实现石墨烯材料生产过程废物的综合利用

及达标排放。推进智能化生产，加强石墨烯材料生产的污染排放和能耗、物耗管理，开展石墨烯材料生物安全性研究，促进产业绿色发展。

7. 积极服务于国家重点工程建设

立足石墨烯材料独特性能，针对航空航天、武器装备和重大项目基础设施所需产品的性能要求，协同研制并演示验证功能齐备、性价比优的各类新型石墨烯应用产品。加快防腐涂料在海工装备、港口岛礁等设施中的推广应用。

8. 不断开拓工业领域新应用

重点围绕涂料、树脂、橡胶、电池材料等现有大宗产品性能提升，新能源、新能源汽车、节能环保、电子信息等领域所需新产品引导石墨烯材料生产、应用产品生产企业与终端用户跨行业联合，利用石墨烯材料协同开发性能适用、成本合理的石墨烯应用产品，并根据终端应用需要持续提高石墨烯材料性价比，培育和扩大石墨烯产品在工业领域的应用市场。

9. 努力提升服务民生能力

开发基于石墨烯薄膜、石墨烯功能纤维的穿戴产品，满足人们对智能休闲健身产品的多功能需求。加快开发石墨烯发热器件，推进基于石墨烯的高效供暖系统的示范工程建设和应用推广，提高建筑节能水平。加强石墨烯产品在安全防护、医疗卫生、环境治理等领域的创新型应用，更好满足经济社会发展。

第二节 颠覆性的材料革命

一、石墨烯将引爆全球性产业革命

如今石墨烯技术已然成为一种“黑科技”，比如利用石墨烯聚合材料