

# 2019 年度宁波市科技进步奖申报公示内容

## 一、 报奖项目名称：

石墨烯低成本规模化制备关键技术研发与产业化

## 二、 研究内容简介：

石墨烯是上世纪发现的最具颠覆性的新材料，具有电子迁移率快、导电/导热性优异、强度高、透光率高、重量轻等诸多优异特性，在新能源、石油化工、电子信息、复合材料、生物医药和节能环保等传统领域和新兴领域的应用都将引发相关行业的变革，有望成为引领新一代工业技术革命和主导未来高技术竞争的战略前沿新材料。因此，石墨烯领域的技术创新与产业培育已成为国际竞争热点，我国政府也已将发展石墨烯产业上升为国家战略。实现石墨烯的批量制备是发展石墨烯产业的先决条件。虽然科学家们发展了多种石墨烯制备方法，但从实验室走向产业化仍面临诸多技术挑战。从品质上需要保证所制备的石墨烯同时具备厚度薄、结构缺陷少、单片剥离、含碳量高与杂质少等特点；从工艺上需要实现高效率、低成本、绿色环保与批次稳定；而从对接应用方面，还需解决石墨烯的分散与复合等共性技术问题，并开发出针对不同应用的定制化石墨烯原材料产品。

本项目针对这一石墨烯产业发展的关键共性技术需求，通过制备方法自主创新与全流程工艺的自主探索，建立了满足产业应用需求的高品质石墨烯原材料的低成本规模化制备技术，获得核心发明专利 8 项。首先，发展了具有自主知识产权的石墨烯低阶插层与高效解理方法，通过自主设计的绿色催化插层体系，辅助以层间催化与二次膨胀，

实现了对石墨的无氧化、均匀、低阶插层和高效解理。在此基础上，通过系统研究剥离装备的结构特点、工作原理以及流体动力学相关理论，以及分散剂的结构、化学特性及作用原理，筛选出合适的分散剂体系、剥离浓度，以及专用分散设备方案与工艺参数，建立了石墨烯连续流大规模单片剥离与液相稳定分散技术。进而，通过对石墨烯表面改性，调控石墨烯与复合组分之间的相互作用与界面结合力，结合动态干燥技术，实现了易分散石墨烯复合粉体与复合浆料的规模制备，解决了石墨烯产品难以二次分散的共性技术难题。通过上述关键技术创新与技术突破，实现了高质量（结构缺陷少、导电/导热性优异）薄层（平均层数7层、层数分布集中）石墨烯的低成本规模化制备，技术水平达到行业领先。

该技术于2012年以超过2亿元的技术交易额实现技术转移，成立了宁波墨西科技有限公司实施石墨烯产业化。2013年，墨西科技在国内率先建成年产百吨级石墨烯中试生产示范线；2015年通过技术改造升级，将产能提升至500吨，墨西科技也由此成为全球规模最大的石墨烯生产企业；2017年，公司以综合排名第一中标国家工业强基工程“石墨烯微片”项目，体现了其在石墨烯行业具备领先的技术能力与综合实力。目前，墨西科技在石墨烯产品品质、生产规模和生产成本等方面均处于全球领先水平。利用石墨烯原材料的品质与成本优势，并依托宁波材料所技术团队，墨西科技积极拓展下游应用，目前已经在先进电池、功能涂料与改性橡塑材料等应用领域开发出电池用石墨烯复合导电浆料与导电粉体、石墨烯涂层铝箔集流体、石墨

烯改性功能母粒、涂料用石墨烯复合粉体等系列化与定制化石墨烯应用产品，累计实现销售超过 3000 万元。

本项目作为国内率先突破高品质石墨烯低成本规模化制备的技术成果，在全国范围内均形成了重要影响力，在石墨烯行业产生了显著的引领与示范效应。同时，本项目也使宁波市成为我国石墨烯产业的重要先行区，并使石墨烯成为宁波市发展新材料产业的重要落脚点和贯彻落实创新驱动发展战略的重要抓手。随着石墨烯下游应用的不断拓展，该技术成果有望在我市传统产业转型升级与战略新兴产业培育发展中发挥更为重要的作用。

**三、完成单位：**中国科学院宁波材料技术与工程研究所、宁波墨西科技有限公司

**四、主要完成人及排序：**刘兆平、周旭峰、赵永胜、秦志鸿、刘鹏、唐长林、茆玉宝

**五、各完成人承担的主要工作任务：**

序号	姓名	承担的主要工作任务
1	刘兆平	项目负责人，全面领导各项技术创新与工艺研发
2	周旭峰	制备方法创制及小试与中试技术研发
3	赵永胜	中试线与生产线建设及生产工艺研发
4	秦志鸿	制备方法创制、中试工艺研发与优化
5	刘鹏	中试与生产工艺研发
6	唐长林	中试技术研发与生产线建设
7	茆玉宝	产业化资源协调与条件保障

**六、知识产权证明目录：**

授权项目名称	知识产权类别	国(区)别	授权号	法律状态
一种制备石墨烯的方法	发明	美国	US9162894B	有效
一种石墨烯的制备方法	发明	中国	201010514807.9	有效
一种制备石墨烯的方法	发明	中国	201110108756.4	有效
一种石墨烯/导电聚合物复合材料及其制备方法	发明	中国	201210371240.3	有效
一种石墨烯材料粉体及制备方法	发明	中国	201410174571.7	有效
一种石墨烯材料粉体及制备方法	发明	中国	201410281688.5	有效
石墨烯复合粉体材料	发明	中国	201410546061.8	有效
一种石墨烯复合导电剂及其制备方法	发明	中国	201610356037.7	有效
一种石墨烯材料粉体及制备方法	发明	日本	6163662	有效
一种石墨烯材料粉体及制备方法	发明	中国台湾	I561464	有效

### 七、主要论文、专著目录:

作者	论文专著名称/刊物	年卷页码 (X年 X卷 X页)	发表时间
Xufeng Zhou, Zhaoping Liu,*	A scalable, solution-phase processing route to ultralarge graphene sheets/ Chem. Commun	2010, 46, 2611	2010
Hailiang Cao, Xufeng Zhou*, Yiming Zhang, Liang Chen, Zhaoping Liu*	Micro spherical polyaniline/graphene nanocomposites for high performance supercapacitors/ J. Power Sources	2013, 243, 715	2013
刘兆平, 周旭峰	浅谈石墨烯产业化应用现状与发展趋势/ 新材料产业	2013, 9, 4	2013

刘兆平、周旭峰	GRAPHENE Energy Storage and Conversion Applications/ Electrochemical Energy Storage and Conversion [M]. Boca Raton,	2014:1-306	2014
Xiaoyue Xiao,* Yichun Li,* and Zhaoping Liu*	Graphene commercialization / Nature Materials	2016, 15, 697.	2016
Leyuan Zhang, Liang Chen, Hao Luo, Xufeng Zhou,* and Zhaoping Liu*	Large-Sized Few-Layer Graphene Enables an Ultrafast and Long-Life Aluminum-Ion Battery/ Adv. Energy Mater.	2017, 1700034	2017
Jingbo Ma, Xufeng Zhou,* Shiyun Ding and Zhaoping Liu*	Solvent evaporation induced self-assembly of graphene foam for thermally conductive polymers/ RSC Adv	2017, 7, 15469	2017
Feng Lin, Zhuan Zhu, Xufeng Zhou, Wenlan Qiu, Chao Niu, Jonathan Hu, Keshab Dahal, Yanan Wang, Zhenhuan Zhao, Zhifeng Ren, Dimitri Litvinov, Zhaoping Liu, Zhiming Wang,* and Jiming Bao*,	Orientation Control of Graphene Flakes by Magnetic Field: Broad Device Applications of Macroscopically Aligned Graphene/ Adv. Mater.	2017, 29, 1604453.	2017

## 八、本项目社会效益和间接经济效益

本项目的实施，为石墨烯走向大规模应用提供了关键的原材料保障，为我国石墨烯产业的规模化与高质量发展奠定了重要基础，形成了广泛的行业影响力。

### 1、带动石墨烯产业高质量发展

石墨烯原材料品质不佳是困扰石墨烯产业向规模化与高端化发展的瓶颈。本项目所研发的高质量石墨烯满足了下游应用的共性需求，性能提升显著，体现出石墨烯所不可替代的应用效果，带动了石墨烯产业整体发展水平与质量的提升。

## 2、促进我市产业升级和创新发展的

石墨烯广泛的应用领域与我市产业整体布局联系紧密，有望促进石油化工、纺织服装、家电等传统优势产业转型升级，并加速新能源汽车、海洋工程与电子信息等战略新兴产业建设进程，成为践行创新驱动发展战略的重要。

## 3、带动产业链联动发展，催生巨大经济效益

石墨烯作为新材料中的明星，有望成长为应用广泛的基础工业原材料，从源头驱动众多产业链的技术创新与提质增效，从而扩大产业规模，产生显著经济效益。