

附件 5:

# 北京市工程技术研究中心三年绩效考评报告

## (大 纲)

工程中心名称:北京市低维碳材料工程技术研究中心

依托单位: 北京大学

联系人: 谢芹

联系电话: 010-62757157

手机: 13699115686

电子邮箱: xieqin-cnc@pku.edu.cn

依托单位科技主管部门联系人: 郑英姿

联系电话: 010-62752059

手机: 13552330877

电子邮箱: zhengyz@pku.edu.cn

北京市科学技术委员会

二〇一六年制

## 报告说明

1. 本报告是为北京市工程技术研究中心（以下简称“工程中心”）绩效考评而设计。各工程中心确保所写内容真实、客观、准确。
2. 本报告中的相关统计数据时间为自2013年1月1日起至2015年12月31日。各年份相关数据必须和当年提交的年度报告保持一致，与年度报告相关数据不符均视为无效数据。
3. 在确认本报告编写准确无误后，应在依托单位内部进行公示（不少于5个工作日），并出具公示结果。依托单位应在承诺函的相应位置签字盖章，否则本报告无效。
4. 本报告附件各栏可根据实际需求自行加页，所加附件一律使用A4纸张。

## 北京市工程技术研究中心绩效考评承诺函

根据北京市工程技术研究中心绩效考评有关文件要求，依托北京大学组建的北京市低维碳材料工程技术研究中心参加本次绩效考评。并承诺如下：

- 1、所提供的报表数据、文字资料及有关附件材料真实、准确、完整；
- 2、对所提供的资料真实性负责；
- 3、不干预绩效考评工作。

工程中心主任（签字）：

年 月 日

工程中心依托单位（盖章）：

年 月 日

## 一、工程中心基本情况统计表

基本信息	中心名称	北京市低维碳材料工程技术研究中心		依托单位		北京大学		共建单位	无
	目前中心主任	刘忠范	职称	中科院院士、教授	手机	13701237099	电子邮箱	zfliu@pku.edu.cn	
	认定时中心主任			目前技术委员会主任		王恩哥		认定时技术委员会主任	
	主要运行地址	北京大学化学楼A座							
	认定时研究方向	低维碳材料							
	目前研究方向	低维碳材料							
	承担科技计划项目	年份	国家科技计划项目（科技部项目）、 国家自然科学基金委员会项目			省部级科技计划项目			
			数量	财政经费（万元）		数量	财政经费（万元）		
		2013	13	2745.0000		6	896.1000		
		2014	7	820.5000		6	803.0000		
		2015	9	1527.6000		3	895.5000		
		总计	29	5093.1000		15	2594.6000		
	发明专利申请	国内		PCT申请		发明专利授权	国内		国际

技术水平与成果转化	技术成果水平	(项)	30		1		(项)	15		0	
		研究论文(篇)	国内(中文核心)			国外(仅限SCI(SSCI)、EI收录)			著作(部)		
			1			23			0		
		制(修)订技术标准(项)	国际标准		国家标准		行业标准		地方标准		
			0		0		0		0		
		其他	(主要填写等同于发明专利的成果数量,如新药证书、动/植物新品种、临床新批件等) 0								
	获奖(项)	国家级奖项				省部级奖项				行业协会等其他奖项	
		特等	一等	二等	特等	一等	二等	三等			
		0	0	0	0	0	0	0	1		
	技术创新的贡献度	新技术/新产品(项)	0			直接经济效益(万元)	0.0000				
技术合同(项)		1	技术性收入(万元)	80.0000	其中委托单位为在京单位(项)	1	技术性收入(万元)	80.0000			
成果转化(项)		0	直接经济效益(万元)	0.0000	其中在京转化(项)	0	直接经济效益(万元)	0.0000			

队伍建设与人才培养	队伍结构情况	认定时专职人员数量	21	现有专职人员数量	26	中级(含)以上职称数量及所占比例	23 88.4615%	中级(含)以上职称中40岁(含)以下数量及所占比例	10 43.4783%	博士数量及所占比例	22 84.6154%	
	青年骨干人才培养情况	引进数量	4		千人计划	3		海聚工程	0	其他	1	
		培养数量	2		科技北京领军人才	0		科技新星	0	其他	0	
	对外开展工程人员培训情况	培训次数		0		培训人员数量				专职人员职称晋升(人/次)	2	
开放交流与运行管理	开放交流	开放课题(项)	0	总金额(万元)	0.0000		访问学者(人次)		7			
		技术委员会召开次数(次)	3		主/承办国际会议(次)	4	在国际会议做特邀报告(人/次)	64	主/承办全国性会议(次)	0		
		仪器设备纳入首都科技条件平台数量(台/套)	10	纳入条件平台仪器设备原值总金额(万元)	1638.8300	纳入条件平台仪器设备对外提供有偿服务次数	500	纳入条件平台仪器设备对外提供有偿服务总金额(万元)	15.0000			
		国际科技合作基地(国家级/市级/否)		市级			科普基地(是/否)		是			
	依托单位支持	工程中心现有科研面积(m <sup>2</sup> )	考评期内新增科研面积(m <sup>2</sup> )	工程中心现有仪器设备数量(台/套)	现有仪器设备原值(万元)	考评期内新增仪器设备数量(台/套)	新增仪器设备原值(万元)	经费投入(万元)	2013年	50.0000		
	3280	680	194	5000.0000	100	1500.0000	2014年		50.0000			
							2015年		50.0000			

填表说明：

1、国家科技计划项目仅指科技部项目，其他部委级项目均在省部级项目中计数。跨年度项目以立项年度为统计依据，财政经费以任务书中约定的经费为统计依据，不能重复计算。 例：某项目2013年立项，财政经费300万，但在2014年下拨。该项目统计时纳入2013年，财政经费300万元。

2、PCT为Patent Cooperation Treaty（专利合作协定）的简写，是专利领域的一项国际合作条约，即在一个专利局（受理局）提出的一件专利申请（国际申请），申请人在其申请中（指定）的每一个PCT成员国都有效，从而避免了在几个国家申请专利，在每一个国家都要重复申请和审查。

3、研究论文无工程中心署名的不予统计，国内仅统计中文核心期刊已发表的论文数量，国外仅统计SCI(SSCI)、EI检索收录的论文数量。

4、国家级奖项仅指国家最高科学技术奖、国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖和国际科学技术合作奖5类。

5、新技术\新产品需要有《国家战略性创新产品证书》、《北京市新技术新产品（服务）证书》等证明文件。

6、技术合同是指由工程中心专职人员为主完成的技术开发、技术转让、技术服务和技术咨询四类活动，技术性收入是指由上述四类活动产生的总金额。

7、成果转化是指由工程中心专职人员为主完成的，与本工程技术研究中心研究方向相关的某项技术成果的产业化。

8、经费投入指依托单位为促进工程中心建设的各项投入。

## 二、工程中心在考评期内的运行绩效

### (一) 发展规划与目标完成

#### 1. 认定时规划目标完成情况

对照《北京市工程技术研究中心认定申请书》中“三年主要工作规划、预期目标与水平”，“工程中心研发投入计划”，“科研条件和配套设施改善计划”、“队伍建设及人才培养计划”等，概述完成情况。

##### 一、中心工作规划总体完成情况

中心建设的总体规划是强化低维碳材料的基础科学与工程技术研究，提升我国在低维碳材料研究领域的原始创新力和国际影响力。三年来，重点关注碳纳米管和石墨烯生长、新型碳同素异形体和低维碳材料化学等方面的基础科学问题，致力于低维碳材料的放量制备科学与技术研究，聚焦具有重要应用前景的低维碳材料研究与应用体系，在低维碳材料化学、控制生长、光电器件、放量制备等方面取得了重要突破，建立了低维碳材料的孵化基地，为低维碳材料生产与应用做出了实质性贡献。

按照北京市低维碳材料工程技术研究中心的发展规划，基本完成了主要技术研究方向的目标任务：1) 低维碳材料的制备科学；2) 低维碳材料化学；3) 低维碳材料应用探索；4) 低维碳材料的低成本放量制备技术。

中心三年来在国际知名学术期刊上发表论文152篇，其中影响因子10以上的论文73篇，其中包括Nature Commun.、Chem. Soc. Rev.、JACS、Acc. Chem. Res.、Angew. Chem. Int. Ed.、Nano Lett.、Adv. Mater.、ACS Nano等，论文数量和质量均大幅提升，授权专利14项、申请国内专利30项。

三年来，中心引进了青年千人刘开辉研究员、高鹏研究员以及童廉明副研究员，培养了23位博士，迎来了7名访问学者，9名博士后，4名联合培养学生。中心主任刘忠范院士入选发展中国家科学院院士，张锦教授入选教育部“长江学者”，彭海琳教授获得国家杰出青年科学基金，张艳锋研究员获聘教育部“长江学者奖励计划”首批青年学者，段小洁、刘开辉获得国家自然基金委“优秀青年基金”。在人才培养方面，中心在加强培养已有人才的基础上，通过千人计划和青年千人计划积极引进海内外高级人才2人，有应用研究经验的高级人才2名。总之，通过三年的建设，中心打造出了一支创新能力强的高层次青年科研队伍，形成了丰硕的科学技术研究成果，完成了相关成果的中试转化，已经形成我国低维碳材料研究与产业孵化



的重要基地与中坚力量。

## 二、主要工作进展

### 1. 低维碳材料的制备科学

主要是发展新型低维碳材料的控制生长方法学。重点发展了单一导电属性与手性可控的碳纳米管选择性生长方法、石墨烯层数与畴区尺寸大小控制制备方法、以及绝缘衬底上石墨烯的控制生长方法。在此基础上，开发了石墨炔、碳基杂化材料等新型低维碳材料的设计与控制生长方法，在新的碳同素异形体及理论预测、新型催化剂的设计与应用等方面取得了重要进展。

#### (1) 碳纳米管的生长机制、结构控制以及性能调控

实现了单壁碳纳米管结构/手性可控生长及表征。发展了一系列钨基合金催化剂，其高熔点的特性确保了单壁碳纳米管在高温环境下的生长过程中保持晶态结构，其独特的原子排布方式可用来调控生长的碳纳米管的结构，从而实现了单壁碳纳米管的结构/手性可控生长。发展了单壁碳纳米管手性表征的新方法。利用单壁碳纳米管与石墨烯之间  $\pi-\pi$  相互作用具有方向性，通过测定两者之间的夹角与碳纳米管的直径（或电子跃迁能），直接确定碳管的手性。

发展了半导体单壁碳纳米管阵列的生长方法。利用碳源在不同过渡金属表面的不同催化裂解行为，制备Ru-Cu合金催化剂，在其表面创造氧化性环境，从而制备半导体型单壁管水平阵列。另一方面，通过调节半导体氧化物催化剂的氧缺陷浓度，进而调控单壁管与催化剂之间的形成能，获得半导体含量高达95%的单壁管水平阵列。

提出了利用两端开口的阳极氧化铝模板法制备CNT作为纳米反应器，并选择性填充催化剂纳米颗粒；在透射电镜下通过在CNT两端施加电压利用焦耳热升温；实现了原子尺度下碳纳米管生长过程的直接观察，揭示了高温稳定催化剂生长碳纳米管遵循“气-固-固”新机制，为碳纳米管的控制生长提供了借鉴和指导。研究了非金属催化剂生长碳纳米管的机理，提出了全碳分子金刚烷在石英表面催化生长单壁碳纳米管的方法，实现了在石墨烯表面直接定向生长手性可控单壁碳纳米管，为碳纳米管的可控生长拓宽了思路。

#### (2) 石墨烯化学气相沉积生长过程工程学

发展了一种常压CVD体系下在IVB-VIB族过渡金属表面控制生长大面积均匀单层石墨烯的方法，提出了一种表面碳化物参与催化的全新的石墨烯生长机制；实现了在非金属基底上石墨烯的直接CVD生长，成功地在高介电常数绝缘基底钛酸锶上直接制备了均匀且高结晶质量的单层石墨烯薄膜。并在玻璃上获得了高质量的、大筹区

、均匀层数的石墨烯样品；实现了高溶碳量金属Pd上大面积、均匀单层石墨烯的可控生长和精确表征；提出了一种利用生物矿化材料宏量制备高结晶度、层数可控和表面无含氧基团的石墨烯粉体的Kg-CVD方法。

### (3) 大规模石墨烯及其复合材料的批量化制备

设计研发了具有广阔应用前景的超级石墨烯玻璃材料，发展了石墨烯的CVD卷对卷宏量制备技术、向塑料基底的快速无损转移技术，并成功实现了高性能石墨烯-金属纳米线柔性透明电极的卷对卷制备。石墨烯/纳米线/PET柔性透明电极显示出超高的导电性和透光性在下一代柔性电子和光电子领域有重大的潜在应用价值。

### (3) 新型碳材料的合成

利用原位Glaser-Hay偶联反应，设计制备了由厚几十纳米、高近一微米的竖直纳米薄片组成的新型石墨炔纳米墙结构，在铜基底上获得了有序的三维蜂窝状石墨炔结构，展示了优异的超疏水、抗摩擦性能。

### (4) 拓扑绝缘体、新型二维层状晶体材料的控制生长

开展了拓扑绝缘体二维纳米结构的可控生长及其柔性透明导电薄膜的研究，发展了一系列拓扑绝缘体二维纳米结构的生长方法。建立了微接触印刷和选区范德华外延结合技术，实现了高品质拓扑绝缘体定点定向单晶阵列的大面积生长；首次成功制备了拓扑绝缘体/石墨烯二维狄拉克材料的复合柔性透明导电薄膜，率先实现了拓扑绝缘体纳米结构在柔性透明导电薄膜中的应用；开展了其他二维层状晶体材料（单层过渡金属二硫族化合物、氮化硼、石墨炔等）制备方法和光电性质、磁性的研究工作。

### (5) 石墨烯异质结薄膜的可控制备与能带工程

实现了高品质、大面积石墨烯/氮化硼垂直异质结、MoS<sub>2</sub>/Graphene层间异质结的直接制备。发展了石墨烯/氮化硼共偏析方法及MoS<sub>2</sub>/Graphene两步CVD生长方法，提供了异质结薄膜的新的生长设计思路，实现了不同石墨烯异质结构的可控生长与能带调控。

## 2. 低维碳材料化学

针对石墨烯和碳纳米管中的sp<sup>2</sup>杂化碳-碳键非常稳定的特点，主要发展了石墨烯和碳纳米管的光化学功能化方法以及能带结构的化学调控方法，开展了碳纳米管导电属性、碳纳米管手性、碳纳米管管径、石墨烯层数和石墨烯畴区大小的化学筛分技术研究。研究了低维碳材料的拉曼光谱学及其在化学反应中的维度效应。

## 3. 低维碳材料的应用

主要研究低维碳材料在透明电极、高效能量转换器件和智能穿戴器件中的应用

。在透明电极方面，开展了柔性透明导电薄膜的批量化制备及柔性电子器件应用研究，发展了超级石墨烯玻璃的可控制备与应用关键技术，解决了石墨烯溶液易团聚问题，制备了高浓度、高分散性的石墨烯电子浆料，并应用于液相制备石墨烯透明导电薄膜的辊涂、棒涂、丝网印刷和喷墨打印等技术。

在高效能量转换器件方面，致力于解决高性能碳纳米管器件和石墨烯器件的材料问题，发展石墨烯与其他二维原子晶体的杂化材料，发展新概念能源器件。建立了石墨烯PN结及异质结的可控制备方法，实现了石墨烯PN结中基于“光热电”机制的高性能光电转换，在等离子共振条件下实现了非聚焦激光下“光热电”机制的光电探测。

在智能穿戴电子器件方面，发展基于低维碳材料的新型纳米电极的制备方法，制备高稳定性、高灵敏性的功能化的分子器件，如生物监测器、光电检测和光开关器件等，实现超高灵敏度生物单分子检测。建立了石墨烯表面Ramman增强效应（GERS）的研究及检测方法，发展出基于GERS的先进传感体系。发展了以石墨烯为电极的稳定分子电子器件的制备方法学，获得了一系列功能化的单分子器件。发展了一种制备锯齿形石墨烯点电极阵列的普适方法-虚线刻蚀法，提高了分子电子器件的制备成功率，并通过光、质子和离子等手段实现了对器件导电性的可逆调控；发展了硅纳米线点修饰的方法，构筑了新型单分子检测器件。

#### 4. 低维碳材料的放量制备中的关键技术和科学问题

主要发展了面向碳纳米管和石墨烯器件应用的高品质、结构可控的石墨烯与碳纳米管的放量制备技术；着重解决特定结构单壁碳纳米管和大面积层数可控石墨烯在放量制备中的技术和科学问题；开发多用途透明导电薄膜材料与原型器件，揭示了材料、器件与性能的构效关系。

### 三、工作目标与水平完成情况

在低维碳材料的控制生长方面：

1) 通过新型催化剂的设计，实现了阵列单一导电属性单壁碳纳米管在石英或蓝宝石基底上的控制生长，密度为5根/微米。

2) 实现了手性可控单壁碳纳米管的控制生长。

3) 实现了1 - 3层和毫米级畴区大小石墨烯的控制制备。

4) 实现了5种低维碳基杂化材料的控制生长。

5) 结合理论预测，发展了新型石墨炔材料及炔碳化学反应方法。

在低维碳材料化学研究方面：

1) 实现了石墨烯和碳纳米管的光、热功能化和能带结构的调控。

2) 发展了3种碳纳米管导电属性、碳纳米管手性、碳纳米管管径、石墨烯层数和石墨烯畴区大小的化学筛分方法。

3) 研究了低维碳材料的拉曼光谱学及其在化学反应中的维度效应。

在低维碳材料的应用研究方面：

1) 实现了1-3层和百微米级畴区石墨烯在非金属基底上的控制生长。

2) 实现了石墨烯与h-BN、MoS<sub>2</sub>和BiSe<sub>2</sub>等二维晶体杂化材料的控制生长，并研究了其在透明电极、高效能量转换器件中的应用。

3) 结合理论预测，提出了石墨烯PN结、异质结等新概念能源器件。

4) 实现了超高灵敏度生物单分子检测。

在低维碳材料的放量制备中的关键技术和科学问题方面：

1) 实现了结构精确可控的碳纳米管以及高质量、高品质层数和畴区可控的石墨烯的制备。

2) 实现了4英寸石英基底上高密度（5根/微米）单壁碳纳米管以及半导体性单壁碳纳米管阵列的控制生长。

3) 实现大面积石墨烯的放量制备，为多用途透明导电薄膜材料的制备提供了材料基础。

#### 四、研发投入计划完成情况

根据中心3年的建设规划，主要在人才招聘、基础研发设备和材料放量设备建设等三个方面共投入经费5000万，其中各类人才引进由北京大学的支持和投入建设经费2000万元，基础研发与规模化生产装备由北京市支持和投入建设经费1400万元。中心日常运行经费主要由承载的各类国家科研经费支持。

#### 五、科研条件和配套设施改善情况

中心在低维碳材料控制生长方法、低维碳材料化学、低维碳材料应用和低维碳材料的放量制备科学与技术等研究方面建立了独立的研发空间，搭建了一个公用测试与实验技术平台。三年来，中心科研用房面积（建筑面积）达2600平方米。科研仪器建设方面，包括低维材料的控制制备、各种性能表征和器件测试与应用等方面的设备100余台，总资产约5000万元（原值）。其中，3年内新增购置和研制大型仪器设备14台（套），新增仪器共计约1500万元。

## 2. 未来三年发展规划

未来3年，中心将继续按照既定目标，凝练特色发展方向，加强技术成果转化，

促进产学研协同创新，服务国家和首都经济社会创新发展。

在1-2年内，继续巩固低维碳材料创新研究成果，在若干重大关键技术问题方面形成原创性突破。率先在高品质石墨烯薄膜的批量化制备、高质量石墨烯粉体的规模化制备、高性能石墨烯光子与光电子器件、特种石墨烯复合材料、石墨烯电化学储能等技术方面取得原创性突破。以解决行业共性实际问题为目标，瞄准市场导向，培育有市场竞争力的行业关键共性技术成果，推动从技术、中试、产品到市场的全方位创新发展模式，建成具有自主创新特色的技术孵化基地。

3年内，推动若干项原创技术实现创新成果转化，加强产学研合作及科技创新基地和平台建设，服务首都创新发展。以加强自主创新能力建设为目标，优化资源配置，推进科技资源开放共享和高效利用，基本建成满足石墨烯技术创新需求的资源和条件支撑基地和体系。完善现有石墨烯研发基地建设布局，引导各类创新技术或项目按照各自功能和目标要求良性转化和发展。加强石墨烯制备与检测科学仪器设备自主研发、应用和开放共享，研发若干前沿重大科研仪器和生产装备，提升核心竞争力，加快推进具有自主知识产权设备的应用示范和产业化。

## （二）技术水平与成果转化

### 1. 定位与研究方向情况

中心建设的主体目标是基础研究的原创性突破和产业技术的引领，不断提升我国在低维碳材料领域的国际影响力，力争在新型碳材料设计、关键制备技术以及特色应用方面取得重要突破。同时，密切结合北京地区优势，推动中心成果的转移转化和产业基地孵化，推动低维碳材料的产业化进程。

现有四个研究方向：

- 1) 低维碳材料控制生长方法；
- 2) 低维碳材料化学；
- 3) 低维碳材料应用；
- 4) 低维碳材料的放量制备科学与技术。

中心始终坚持既定的建设目标，基本完成了研究特色与方向的凝练，积累了丰富的研究成果，初步完成了相关技术与产品的中试化，发展思路基本明确。

## 2. 技术成果水平

### (1) 低维碳材料控制生长方法

超高密度单壁碳纳米管水平阵列的可控生长。发展了超高密度单壁碳纳米管水平阵列的“特洛伊催化剂”生长法，单壁碳纳米管密度达到130根/微米；发展了高密度大面积单壁碳纳米管的阵列的双金属协同催化生长技术，成功实现了超高密度碳纳米管水平阵列在2英寸基底上的均匀制备，阵列的面密度得到明显提高，局域密度达到200根/微米；发展了半导体单壁碳纳米管阵列的合金催化和半导体氧化物催化生长法，实现了半导体含量95%左右的半导体性碳纳米管水平阵列；发展了单壁碳纳米管的电场诱导生长方法，实现了金属性碳纳米管的富集；发展了高密度大面积单壁碳纳米管阵列的基底控制生长以及Fe/Mo协同催化生长技术，在保证高密度的同时，实现了基底上碳纳米管分布的均匀性；发展了半导体单壁碳纳米管阵列的选择性生长方法；金属单壁碳纳米管比半导体性管的化学活性高，在生长过程中引入外场或氧化性条件，可以有效减少金属单壁碳纳米管的产生。通过合金催化剂的设计，例如Ru和Cu，二者协同可以抑制金属单壁碳纳米管的生长；通过半导体氧化物催化剂（例如TiO<sub>2</sub>）的设计，其中氧缺陷浓度直接影响着碳纳米管和催化剂之间的形成能，可抑制金属性碳纳米管的成核，从而提高阵列中半导体性碳纳米管的比例；通过金属碳化物（例如MoC）固态催化剂，在选择性刻蚀金属碳纳米管的同时，还可以实现碳纳米管管径的富集。部分结果发表在*Nat. Commun.* (2015, 6, 6099), *J. Am. Chem. Soc.* (2015, 137, 1012–1015), *J. Am. Chem. Soc.* (2015, 137, 8904–8907), *Nano Lett.* (2015, 15, 403–409)。

石墨烯/h-BN的偏析生长。偏析是一种基本现象，指一混合组分材料在外界作用下发生一种组分在自由表面或界面的富集。基于偏析原理发展了共偏析生长方法来生长石墨烯和h-BN，及其面内杂化和面间杂化材料等各类二维材料。通过对含有B、N元素的金属（铁或镍）在真空退火，B和N原子扩散到金属表面，并以h-BN的形式在金属表面偏析，控制B、N固态源的含量和金属膜厚度等条件，实现了厚度可控、圆晶尺寸的h-BN薄膜的大批量生长，部分成果发表于*Adv. Mater.* (2014, 26, 1776)。

玻璃表面石墨烯的直接生长。我们利用化学气相沉积的方法，通过优化生长条件，克服了玻璃表面催化裂解前驱体能力低、碳碎片在基底表面迁移能力弱等难题，在耐高温玻璃表面实现了大面积、层数可控、高品质的石墨烯生长。更为重要的是，由于石墨烯玻璃兼具玻璃的透光性，以及石墨烯的导电、导热和表面疏水性等优点，我们将其广泛应用于热致变色窗口、防雾视窗以及光催化等方面。部分成果发表于*Nano Lett.*, 2015, 15, 5846–5854。

玻璃表面石墨烯的低温生长。普通玻璃的软化温度一般在600 °C左右,对于已经成型的玻璃器件,高温生长会导致其外观和性质发生不可逆转的变化,因此实现低温条件下石墨烯在固态玻璃表面的可控生长是发展石墨烯玻璃的重要组成部分。我们利用离子体辅助化学气相沉积(PECVD)方法,在各种不同的玻璃表面完成了石墨烯的生长,包括普通白玻璃、有色玻璃、石英玻璃、硼硅玻璃、蓝宝石玻璃、掺氟氧化锡玻璃等。采用此方法得到的石墨烯玻璃具有导电、导热和表面疏水性等优点,可用作透明电极、雨水收集等。部分成果发表于Nano Res., 2015, 8(11), 3496-3504。

熔融态玻璃表面石墨烯的生长。我们实现了在熔融态玻璃表面石墨烯的可控生长。这一个非常新奇的生长过程,石墨烯在熔融玻璃表面是同时成核的,而后长成大小和分布都十分均匀的石墨烯圆片,最后这些石墨烯圆片拼接成膜。这对于石墨烯玻璃的规模化生产具有重要意义,因为这与玻璃生产工艺相兼容。将CVD法生长石墨烯过程引入其中,有望实现石墨烯玻璃的在线生产,这将极大地简化生产流程,节约成本。采用此方法得到的石墨烯玻璃除透明导电、导热和表面疏水性等优点,还具有非常好的生物相容性。部分成果发表于Adv. Mater., 2015, 27, 7839-7846。

马赛克石墨烯的一维周期性纳米褶皱的控制生长与新奇物性。以石墨烯生长过程工程学为指导,通过调制掺杂生长方法,获得了分区掺杂的马赛克石墨烯。实验结果表明在纳米尺度的石墨烯褶皱是可以超越薄膜理论存在的,此方法是一个简单的获得大尺寸的周期性纳米尺度石墨烯褶皱的可控制备方法,大大简化了以往获得纳米尺度石墨烯褶皱在实验上的技术难度。实验结果还表明周期性的褶皱会在石墨烯中,引入周期性的电势,在其能带结构上产生超晶格Dirac点,并可以打开一个130 meV的带隙。相关论文发表在Phys. Rev. Lett. 2014, 113 (8), 086102。

IVB-VIB族过渡金属表面控制生长大面积均匀单层石墨烯。利用基底金属对碳的强亲和性,在生长过程中选择性地抑制了碳原子的析出,从而获得了大面积均匀的石墨烯(图5),生长条件具有较大的容错度。进一步表征证明在Mo、W等金属表面可以生长绝对单层的石墨烯。通过对IVB-VIB族和VIII、IB族过渡金属催化剂表面石墨烯生长行为的比较研究,提出了石墨烯生长行为与周期表中不同副族催化剂之间的周期性关联。利用IVB-VIB族过渡金属的强催化能力,在较低温度获得了较高质量的石墨烯。另外,通过对石墨烯生长过程的监测,提出了一种表面碳化物参与催化的全新的石墨烯生长机制,有别于铜基底的表面催化机制和镍基底的溶解-析出机制。IVB-VIB族过渡金属表面的石墨烯生长提供了一种获得大面积均匀石墨烯的简便方

法，有望推动石墨烯的大规模应用。该研究扩展了石墨烯生长的催化剂在元素周期表中的疆域，并拓宽了对于石墨烯生长原理的认识。部分工作最近发表在Nano Lett. 2014, 14, 3832。

高溶碳量金属Pd上大面积、均匀单层石墨烯的可控生长和精确表征。通过合适的Pd预处理时间选择，直观地观察到厚层石墨烯优先生长在Pd箔晶畴边界处。这一现象表明，晶畴边界的碳偏析是形成多层不均匀石墨烯的重要原因。通过进一步延长退火时间，可以抑制晶畴边界的碳偏析过程，实现单层石墨烯的可控生长。Pd箔生长制备的单层石墨烯具有较高的晶体质量，其室温迁移率达到 $3650 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 。我们可以利用简单的原位SEM和转移后的光学照片，观测到多层石墨烯沿Pd箔晶界偏析生长的中间状态。这个实验现象有力地证明了基底的晶畴边界是偏析生长的重要通道。本工作为高溶碳量金属（Ni, Pt, Rh）偏析生长过程的理解提供了重要的实验依据，首次直接观察到了晶界偏析对于多层石墨烯生长的影响（Small 2014, 10, 4003-4011）。

宏量制备高结晶度、层数可控和表面无含氧基团的石墨烯粉体。高质量石墨烯的规模化制备是石墨烯研究及应用领域普遍关注的问题。根据石墨烯化学气相沉积生长的原理，提出了一种利用生物矿化材料宏量制备高结晶度、层数可控和表面无含氧基团的石墨烯粉体的方法，所获石墨烯材料复制了生物矿化基底的三维分级结构，具有无堆垛、自分散等特点，且无需金属催化剂的参与，产率较高，原材料取材广泛。结合石墨烯粉体的液相分散方法，实现了大面积石墨烯透明导电薄膜的制备，导电性优于相同透过率下还原氧化法和液相剥离法制备的石墨烯薄膜。并利用喷墨打印电路技术，使用石墨烯油墨打印出图案化的高导电石墨烯透明电极。该工作发挥传统化学气相沉积法制备高质量石墨烯的优势，兼顾氧化还原法和液相剥离法制备宏量石墨烯的优点，有望真正解决石墨烯制备领域高产量与高质量之间的矛盾和关键技术难题，为开发石墨烯透明导电薄膜、柔性印刷电子器件、功能复合材料及新能源器件等产品奠定基础。相关成果在Nature Commun. (2016, 7, 13440)，ACS Nano (2016, 10, 3665-3673)，Nano Res. (2016, 9, 249-259)等杂志上发表。

石墨炔纳米墙结构的制备、表征及性能。石墨炔结构不仅具有较高的载流子迁移率，且具有 $0.5\text{--}1.1 \text{ eV}$ 的带隙，良好的电子器件材料。由于其本征的大孔结构，在储氢、锂离子电池、气体分离等方面也有潜在的应用价值。合成特定形貌的石墨炔，并对其精细表征，对石墨炔的可控合成和未来的应用有重要意义。我们利用基底辅助的溶液相偶联方法，将传统的Glaser偶联法改为Glaser-Hay偶联，使反应



初始时期催化剂的量得到了有效的控制，同时通过对反应单体浓度的调节，合成出了由厚几十纳米、高近一微米的竖直纳米薄片组成的新型石墨炔纳米墙结构，对其的表征测试结果同理论预期结果吻合。由于其高共轭结构和均匀分布的丰富的尖端，石墨炔纳米墙结构现出优异的场发射性能，同时关于其在光催化等方面的应用性能的研究仍在进行中。采用该方法合成的石墨炔纳米墙结构，结晶质量本身也有很大的提高，对其光谱学表征和透射电镜表征结果同理论计算结果吻合。石墨炔的特定形貌控制合成和较高质量石墨炔的制备，对石墨炔的基本物性研究和更高质量的合成有重要的意义。该工作部分研究成果发表于*J. Am. Chem. Soc.* 2015, 137(24), 7596–7599。

## (2) 低维碳材料化学

石墨烯纳米带的化学修饰与能带调控。将石墨烯加工成纳米带是打开石墨烯带隙的有效手段。当前的方法制备的大多为物理边缘的石墨烯纳米带（GNR），此种纳米带边缘并不齐整，因此其带隙打开的同时也存在许多边缘态，这些边缘态会增加电子的散射，降低石墨烯的导电性，限制了GNR的应用。石墨烯化学纳米带（CGNR）是一种新的纳米结构。与传统的物理边缘的纳米带不同，CGNR的边缘由化学修饰的石墨烯构成，导电通道包埋其中。这一结构可以有效的减小边缘散射，在打开石墨烯带隙的同时保持较高的导电性。在我们前期发展的石墨烯光催化甲基化方法的基础上，利用甲基化反应的边缘选择特性，实现了石墨烯条带的逐步剪裁，成功的构筑了甲基化石墨烯为边缘的化学石墨烯纳米带。基于对石墨烯纳米带导电性能的检测，在室温条件下其开关比可达 $10^4$ ，开启电流可达100 nA。利用低温输运测量的手段对化学石墨烯纳米带的带隙进行了表征，其带隙可达120 meV。此工作利用甲基化反应的边缘选择特性，成功的构筑了化学边缘的石墨烯纳米带，实现了石墨烯的可控化学修饰；化学修饰的石墨烯纳米带表现出良好的半导体性，为石墨烯在半导体领域的应用提供了可能。部分研究成果发表于*Adv. Mater.*, 2015, 27, 4093–4096。

范霍夫奇点增强的扭转双层石墨烯的化学活性。扭转双层石墨烯是指上下两层石墨烯以一定的扭转角度堆叠时得到的双层石墨烯。这种石墨烯在结构扭转的同时，其能带结构也发生扭转重构，并导致了范霍夫奇点的产生以及很多新奇的物理现象的出现。而扭转双层石墨烯的能带结构和范霍夫奇点的位置随着扭转角度的变化而发生改变，因此其物理性质，如拉曼光谱、吸收光谱等也呈现出明显的角度依赖关系。当前研究主要集中在扭转石墨烯的物理性质方面，而对其化学性质的研究较少。我们利用石墨烯与过氧化苯甲酰之间的光化学反应，研究了不同扭转角度的双

层石墨烯的化学反应活性，发现当双层石墨烯的扭转角度与入射激光的能量匹配时，石墨烯的光化学活性最高；改变入射激光能量时，活性最高的石墨烯的扭转角度亦发生变化。这一现象源于范霍夫奇点对石墨烯光吸收的增强。此工作以光化学反应为探针，系统的研究了扭转双层石墨烯的化学反应活性，发现了范霍夫奇点增强的扭转双层石墨烯的化学活性。部分研究成果发表于Nano Lett., 2015, 15, 5585-5589。

### (3) 低维碳材料的应用

石墨烯向塑料基底的卷对卷“绿色”转移及纳米摩擦发电机。传统的基于高分子媒介的刻蚀转移方法存在高分子残胶不能够完全去除、铜箔不能重复利用、石墨烯被刻蚀剂掺杂导致的载流子迁移率下降等诸多的缺点。为此，我们发展了一种表面能辅助的水插层“绿色”转移方法，不需要任何刻蚀剂实现了石墨烯由铜箔向柔性塑料基底EVA/PET的直接转移。生长有石墨烯的铜箔与EVA高分子塑料在加热和机械压力作用下粘合在一起。然后将叠层结构置于50℃的热去离子水中放置2 min。石墨烯/铜箔在放置过程中铜箔表面会形成自然氧化层，而且在热水中能加速氧化过程，自然氧化层的形成使得铜箔和石墨烯的耦合作用力减弱，而且提高了铜箔的表面能和亲水性。由于石墨烯疏水，EVA粘合层疏水，而铜箔自然氧化层亲水，因此水分子倾向于插层到石墨烯和铜箔之间，从而实现了石墨烯和铜箔的分离。在这个过程中，铜箔不需要刻蚀剂的刻蚀，从而能够实现铜箔的多次重复利用。SEM、XPS等表征表明，这种转移方法石墨烯无损、表面清洁、掺杂弱，也容易实现大面积化，是一种低能耗、环境友好的“绿色”转移方法。我们将转移到塑料基底上的石墨烯薄膜作为透明电极，制备了高输出的柔性透明摩擦纳米发电机，而且集成到人体手腕运动上，能够实现人体机械能的收集。该工作研究成果发表于Adv. Mater., 2015, 27, 5210-5216。

非对称掺杂双层石墨烯PN结的光电转换。要获得更高的光电转换效率，需要石墨烯PN结能够提供更高的量子效率、更大的光电压和较小的器件电阻。对于单层石墨烯来说，2.3%的吸光率极大制约了其光电转换效率的高效性。非对称掺杂双石墨烯构建的双层石墨烯PN结具有更高的吸光效率和外量子效率，可产生更大的局部温度梯度；此外，双层石墨烯具有大的载流子迁移率和较小的器件电阻。这些特点都会给双层石墨烯的光热电机制的能量转换及光电检测带来优势。我们对双层石墨烯PN结的输运及光电转换性质的测量表明：双层石墨烯具有较高的迁移率，同时在零偏压的情况下其光响应度达到了0.2 mA/W，高于同体系的单层石墨烯PN结，证明了我们最初的实验设计理念。非对称双层石墨烯作为石墨烯与氮掺杂石墨烯的新型二维

叠层材料，为基于多层石墨烯垂直异质结构、石墨烯与二维硫化物异质结构的电子器件及光电器件的潜在应用提供了新的思路。相关工作发表在Small 2014, 10, 2245-2250。

高品质拓扑绝缘体定点定向单晶阵列的大面积生长。拓扑绝缘体纳米结构的定点与定向控制生长是未来器件规模加工和集成的材料基础。最近，我们建立了微接触印刷和选区范德华外延结合技术，通过有表面微结构的硅橡胶（PDMS）印章，蘸取“墨水”微接触压印云母基底，实现其表面定点修饰，再结合选区范德华外延生长技术，通过形核位点的控制，实现了高品质拓扑绝缘体定点定向单晶阵列的大面积生长（Nature Commun., 2015, 6, 6972）。这是一种可批量化普适性制备方法，获得的二维晶体具有超高的迁移率和光响应灵敏度。

拓扑绝缘体/石墨烯复合柔性透明导电薄膜的制备及应用。透明导电薄膜是光电器件的重要组成部分，被广泛应用于光发射二极管(LED)、太阳能电池，触摸屏等诸多领域。透明导电材料如ITO, ZnO以及基于金属纳米线，碳纳米管和石墨烯的透明导电薄膜在基础科学研究和实际应用中备受关注。然而，这些透明电极也存在自身的局限性，如由CVD法制得的石墨烯薄膜是多晶薄膜，其中存在的大量晶界会对石墨烯的电学性质产生不利影响。拓扑绝缘体（Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>, Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>等）独特的二维层状结构和拓扑保护的表面金属态显示出许多优异的物理化学性质，可用作全新的量子光电功能材料。我们运用“化学气相沉积”的方法，首次成功制备了拓扑绝缘体/石墨烯二维狄拉克材料的复合柔性透明导电薄膜。通过生长条件的调控，可实现拓扑绝缘体纳米片选择性沉积在石墨烯畴区拼接的晶界处，从而“缝合”石墨烯的晶界。率先实现了拓扑绝缘体纳米结构在柔性透明导电薄膜中的应用，发现其具有宽波长范围的透光性（尤其是近红外区）、高导电性、优异的抗扰动能力和出色的柔性（Adv. Mater. 2015, 27, 4315）。

超疏水3D石墨炔泡沫合成及其高效油水分离。材料的超疏水性质很大程度上取决于材料自身的微纳多级结构。但是，很少有方法可以在刚性的三维泡沫上获得均一、有序的纳米多孔微结构，这就给预测材料在实践应用中的性能继而设计高效的超疏水材料造成了很大困难。我们利用原位Glaser-Hay偶联反应，在铜基底上制备了有序的三维蜂窝状石墨炔结构，通过简单的PDMS修饰，石墨炔基泡沫展示了优异的超疏水性能、抗摩擦性能，油水分离性能达到98%。此外，我们设计合成的这种基于石墨炔的三维多级有序结构，在储能和光电化学领域也将展现出很好的应用潜力。该工作部分研究成果发表于Advanced Materials, 2015, DOI: 10.1002/adma.201504407。

#### (4) 低维碳材料的放量制备科学与技术

石墨烯和金属纳米线复合透明电极的卷对卷制备。首先，我们采用在铜箔表面化学气相沉积的方法，结合工业上宏量制备的卷对卷技术，设计并构建了一套石墨烯的动态宏量制备系统，通过对生长动力学的调控，实现了高质量单层石墨烯的卷对卷连续宏量制备。其次，在石墨烯的转移方面，我们采用了热压印转移的方法，极大地提高了电化学鼓泡法分离的效率，实现了铜箔表面石墨烯向高分子柔性基底的直接卷对卷宏量无损转移，而且铜箔可以重复利用，从而制备了高品质石墨烯/PET柔性塑料电极。相对于单组份的石墨烯或者金属纳米线，复合薄膜显示出优异的导电性、透光性综合性能，且具有良好的稳定性和抗化学腐蚀性能，优异的柔性、机械稳定性和抗剥离性能。我们采用石墨烯和银纳米线复合电极制备的电致变色器件，具有良好的变色性能、快速的变色响应时间和稳定的循环性能。高性能的石墨烯银纳米线复合电极的宏量制备在下一代柔性电子和光电子领域有重大的潜在应用价值。该技术已申请专利，研究成果发表于Nano Lett., 2015, 15, 4206-4213。

大面积石墨烯/氮化硼异质结构的共偏析直接生长。金属中的非金属原子向表面偏析是金属热处理中的普遍现象，利用C原子的偏析和B、N原子的共偏析过程可以分别生长大面积的石墨烯和氮化硼薄膜。在化学气相沉积法中，石墨烯在氮化硼基底上生长效率较低，很难获得连续大面积的薄膜。我们在前期石墨烯偏析生长与BN偏析生长的工作基础之上(Adv. Mater., 2014, 26, 1776)，建立了石墨烯/h-BN的叠层异质薄膜的直接共偏析生长方法。设计了一种三明治的生长基底，使得在真空退火过程中C原子偏析形成石墨烯后，B、N原子可以在石墨烯底部继续共偏析形成氮化硼，实现了大面积石墨烯/氮化硼垂直异质结的直接生长。这种共偏析方法是一种底部生长的方式，每一层都是在金属表面形成，充分利用了金属基底上高的催化生长效率，因而可以获得大面积连续的异质结薄膜。此法提供了异质结薄膜一种新的生长设计思路，使得大面积连续异质结薄膜的大规模生产成为可能。部分研究成果发表于Nature Commun., 2015, 6, 6519。

### 3. 成果转化与市场结合能力

在中试条件建设水平及能力方面，中心先后自主研发了卷对卷大面积高效制备高品质石墨烯薄膜、以及高低温快速制备大尺寸石墨烯玻璃的全自动化中试生产装备，拥有自主知识产权成果，并申请了国家发明专利，获得一系列具有标号规则的石墨烯产品，并初步获得了市场认可。

在筹措资金开展工程化方面，中心率先推动了校企联合实验平台的建设，并取得了丰硕的成果：基于高质量石墨烯粉体的宏量制备技术以及大面积高品质石墨烯薄膜的卷对卷放量生长技术，中心与深圳宝安集团合作建立起“北大-宝安烯碳科技联合实验室”，致力于石墨烯批量制备以及石墨烯在新能源和可穿戴器件中的应用研究，前期投入1000万元，已经正式建成启用；基于高品质石墨烯玻璃复合材料的宏量可控制备技术，中心与中国建材集团共同成立“北大-凯盛石墨烯研究院”，致力于发展石墨烯玻璃的大规模制备技术以及石墨烯玻璃在建筑、汽车、智能家居等领域的应用研究，启动建设期总投入5000万元。

在吸纳早期研发成果孵化方面，中心先后提出并发展了基于化学气相沉积（CVD）技术的高质量石墨烯粉体的宏量制备，大面积高品质石墨烯薄膜的卷对卷放量生长，以及无金属催化无转移超级石墨烯玻璃的大规模生产技术，引领了国际最前沿、最一流的石墨烯制备技术，并有力地推动了自主知识产权创新及转化过程。在此基础上，我们重点推动石墨烯相关材料的宏量可控制备，甚至规模化稳定生产，已初步产生了明显的经济效益和社会效益。

在引进消化吸收再创新方面，中心先后提出基于超级石墨烯玻璃的电致变色智能窗、液晶调光膜等技术，产生了初步的技术成果和经济效益，有力地促进了与现有市场产品的良性竞争发展。

#### 4. 技术创新贡献度

在技术创新方面，中心的以下的开创性工作对今后石墨烯、碳纳米管等低维碳材料的产业化发展起着至关重要的引领和促进作用：

（1）开创了在玻璃上快捷简便低成本、无金属催化无转移的石墨烯制备方法，解决了在金属基底上CVD生长石墨烯存在的工序繁复、引入杂质缺陷以及降低石墨烯薄膜质量等不足之处，为超级石墨烯玻璃的规模化应用提供了途径；

（2）建立一种基于生物矿化材料、氯化钠粉体等的高质量石墨烯Kg-CVD宏量制备、高效分离与转移方法，为实现高质量石墨烯粉体的低成本、大批量连续生产提供了技术储备；

（3）完成大面积高品质石墨烯薄膜的Roll-to-Roll连续制备与转移技术开发，获得无表面缺陷，厚度均匀且层数可控（1-2层），方块电阻低于 $100 \Omega/\text{sq}$ 的高质量石墨烯及其复合薄膜，基本满足大面积透明导电薄膜产品的市场应用；

（4）提出了单壁碳纳米管阵列生长的催化剂调控方法，并实现其手性、半导体

性和直径等属性的调控，为碳电子学器件的研发和半导体产业的革新提供了科学基础。

在科技成果转化方面，中心先后开展了10英寸石墨烯玻璃复合材料的制备技术研究，并开发其在透明电路、电阻式触摸屏、透明LED平板、除霜防雾车窗、图案化家具装饰玻璃、防雾眼镜、电致变色视窗、以及太阳能电池电极复合材料等方面的应用，授权了若干项国家发明专利，并与中国建材集团在建筑智能窗材料方面开展了产学研合作，后续产品研发和市场推广正在进行之中。随着量产技术、产品与应用市场的发展，低维碳材料将逐渐走进大众的生活，促进传统产业的转型升级，推动首都经济社会的快速良性发展。

### （三）队伍建设与人才培养

#### 1. 工程中心主任与工程技术带头人作用

中心的组织机制完善并具有鲜明特点，规章制度健全，管理规范，对外开放程度高。中心主任具有很轻的组织管理和协调能力，是本领域的优秀中青年学术带头人。优秀人才队伍、创新机制和文化的监视一直是中心建设的重点，已经形成了“人才决定潜力，机制决定效率，文化决定高度”的理念。

本中心以刘忠范院士为首席科学家，依托北京大学化学与分子工程学院和北京大学纳米科技中心，组建了“纳米化学与低维光电材料”科学家工作室。科学家工作室实行首席科学家负责制，首席科学家拥有最大限度的研究方向、人员聘任以及经费使用上的决策权。成立国际顾问委员会，协助首席科学家确定团队发展方向和重点研究领域。团队成员根据总体规划开展工作，并享有充分的选题和自由发挥空间。构建起了一支以刘忠范院士为首席科学家的强大研究团队，已成为国际纳米碳材料研究领域的代表性科研团队之一。核心骨干人员全部具有海外研究经历，专业背景覆盖化学、材料、物理、生物等诸多学科，充分各自的研究特色以及不同专业间的互补。通过中心主任负责制的这种运作模式，进一步强化了本团队的交叉学科特色，通过青年千人等优秀人才的引进，加强了本团队在新材料的理论计算、电子学器件加工、以及低维体系的物理化学等方面的不足，使中心在基础研究水平上实现质的提升。

## 2. 队伍结构与创新团队建设

北京大学低维碳材料科学与工程研究中心从成立之初便非常重视人才队伍建设，一直致力于打造一支具有重大国际影响力的研究团队，专注于低维碳材料的研究。多年来，中心一直秉承“引进来”与“走出去”的人才发展战略，一方面不断吸纳国内外顶尖人才，汇集来自全世界的青年科学家；另一面积极加强与世界的合作，把自己的人才输送到国外顶级实验室，以培养自己的科研后备力量。

中心现有24名研究人员，其中包括院士1人，教授7人，北京大学“百人计划”特聘研究员3人，副教授7人、讲师3人。固定人员中长江特聘教授5人（刘忠范、张锦、李彦、刘海超、徐东升），国家基金委杰出青年基金获得者7人（刘忠范、徐东升、张锦、刘海超、李彦、郭雪峰、彭海琳），国家基金委优秀青年基金获得者5人（张艳锋、彭海琳、马丁、段小洁、刘开辉），中组部拔尖人才获得者1人（彭海琳），获教育部跨/新世纪优秀人才基金获得者5人（刘忠范、张锦、刘海超、刘志荣、彭海琳）。固定人员中中级以上职称占100%，有博士学位的占91%。中心目前在读研究生96人，在站博士后9人，已成为国际纳米碳材料研究领域的代表性科研团队之一。

中心非常注重国际化与学科交叉，团队成员中有3人属于外籍人员，核心骨干人员全部具有海外研究经历，专业背景覆盖化学、材料、物理、生物等诸多学科，具有共同的研究兴趣以及专长的互补性。通过首席科学家工作室这种新的支持和运作模式的建设，进一步强化了本团队的交叉学科特色，通过青年千人等优秀人才的引进，弥补了本团队在新材料的理论计算、电子学器件加工、以及低维体系的物理化学等方面的不足，使中心在基础研究水平上实现质的提升。

## 3. 青年骨干人才培养

在人才引进之后，中心非常重视人才的后续发展，鼓励优秀青年人才申报国家级人才计划，使青年人才快速成长，大大加强优秀青年人才的国际化培养力度。彭海琳和刘志荣分别于2014年和2015年晋升为北京大学化学学院教授。2015年，中心主任刘忠范院士入选发展中国家科学院院士，彭海琳教授入选“国家杰出青年科学基金”，张艳锋特聘研究员入选“长江学者奖励计划”首批青年学者。从以“青年千人”身份引进刘开辉研究员和高鹏研究员；从中科院物理研究所引进童廉明副研究员；Sathish Reddy博士（印度）、Chandrashekar Bananakere博士（印度）、孙靖宇博士、陈珂博士、尹建波博士完成博士后工作顺利出站；党文辉、陈旭东、吴娟霞、田慧慧等博士进入中心从事博士后研究工作。新人的加入和“老人”的提升使

中心的研究团队不断向前发展，已构建起年龄结构合理的研究团队。

在人才培养上，中心主要面向博士后和博士研究生，推行“可持续发展”的培养模式，对这些科研后备人员进行循序渐进地培养，杜绝急功近利，逐步培养出基础理论好、动手能力强、综合素质高，掌握科学思维方法，具备较强知识获取能力，具有探索精神、创新能力和优秀科学品质的青年科学家。目前中心设立了四大奖学金，鼓励学生挑战全新的高难度课题，开展原创性、系统性的科研工作。在他们学有所成之后，中心积极推荐他们进入世界顶尖大学和实验室，继续跟随世界顶级科学家提升他们的科研能力，从而为中国培养出强大的科研后备力量。近两年来，中心培养的人才进入哈佛大学、麻省理工学院、剑桥大学、斯坦福大学等世界名校。

中心对于博士后的培养也非常重视，不是把他们当成“廉价劳动力”，而是以培养未来接班人的思路进行全面训练。中心敢于把担子压到博士后身上，把一些重要的工作交付他们完成，全面充当骨干教师的助理，帮助他们完成从学生到老师的转变；同时以博士后为一线骨干搭配研究团队，培养博士后协调团队工作的能力。2014-2016年中心共培养博士后7人（李敏杰博士（中科院过程所副研究员）、孙靖宇博士（牛津大学博士后）、Chandrashekar Bananakere博士、Sathish Reddy博士、陈珂博士（河南大学副教授）、徐华博士（陕西师范大学副教授）、尹建波博士（海外博士后）），新入站博士后4人，在站博士后9人。

中心汇集了一批具有前瞻性思维和国际化视野的战略科学家和高层次领军人才，形成了以博士后和博士研究生为研究生力军的创新人才培养模式，打造出了一只结构合理、凝聚力强、敢于创新的人才队伍。

## （四）开放交流与运行管理

### 1. 技术委员会作用

技术委员会的成员来自国内著名高校和研究所，这些专家在中心低维碳材料的方向把握和关键科学技术攻关会议上给予指导，提出宝贵意见。另外，在人才引进方面积极推荐优秀青年人才。

### 2. 开放交流

中心大力推动国际化学术合作与交流。目前有3名来自印度的留学生，其中



1名留学生获得中国政府奖学金攻读博士学位，其余2位为博士后研究人员；定期举行国际高端学术研讨会、纳米化学论坛、纳米科技论坛和研究进展讨论会，工作语言为英语，介绍国外最新进展，鼓励研究生或博士后人员参加国际、国内会议。2013-2015年在国际会议做特邀报告报告65人次，2013、2015年召集和组织国际会议2次（Frontiers of Nanochemistry）2014年，中心组织了二维晶体材料化学国际研讨会和第七届中美10+10化学生物学及材料研讨会共计2次国际学术会议；中心成员参加各类国际国内学术会议100余人次。同时不定期邀请国内外知名专家学者前来讲座，组织纳米化学前沿论坛（18次）和纳米化学科技论坛（6次），极大地提升了中心的国际知名度，拓展了学生的国际化视野。

除此以外，中心代表性的合作伙伴和合作方向还有：

- 1) 美国加州大学伯克利分校的王丰教授，碳材料光学成相与光谱；
- 2) 美国麻省理工学院的Mildred Dresselhaus教授，碳材料与谱学；
- 3) 美国麻省理工学院的孔敬教授（基金委国际合作基金），碳纳米管的拉曼光谱和石墨烯；
- 4) 东京大学Shigeo Maruyama教授，碳纳米管的CVD可控制备
- 5) 美国哈佛大学C. M. Lieber教授，纳米技术、M/S碳纳米管的分离与转化；
- 6) 美国斯坦福大学戴宏杰教授，石墨烯器件；
- 7) 美国斯坦福大学沈志勋教授，拓扑绝缘体材料；
- 8) 美国斯坦福大学崔屹教授，光电能量转换材料与器件；
- 9) 美国南加州大学周崇武教授，碳纳米管的分离与光电器件；
- 10) 美国哥伦比亚大学Colin Nuckolls教授，碳纳米管单分子器件；
- 11) 英国牛津大学陈宇林教授，低维碳材料的能带结构解析。

中心现有包括扫描电镜、扫描探针显微镜和各种光谱仪器等大型仪器，为了使这些设备能够长期安全地正常运行，为中心的研究工作发挥重要的作用，建立了责任教授、工程技术人员和研究生相结合的管理模式，提高了仪器的使用效率。在保证中心自身科研任务的同时，这些仪器均对校内外科研人员开放。同时我们还建立了非常方便的仪器预约系统。原值40万元以上的部分大型仪器在近三年的开放情况如下：

- 1) 冷场发射扫描电镜，9000小时；
- 2) 电子束镀膜机，900小时；
- 3) JY HR800显微拉曼光谱仪，6000小时；
- 4) 原子力显微镜，2400小时；

- 5) 紫外可见光谱仪, 700小时;
- 6) 接触角测量系统, 500小时;
- 7) MBE/SPM电学测量系统, 900小时。

### 3. 协同创新

中心邀请国外知名学者来访, 推动国际科研合作, 同时选派青年科研骨干出国进行长期或短期的合作研究, 加强与国外知名研究机构和学者建立合作关系, 同时稳定和培养了青年研究队伍。

中心与国内外多个著名高校和研究所建立了长期的合作关系。研究室代表性的国际合作伙伴有: 1) 美国MIT的Mildred Dresselhaus教授, 碳材料与谱学; 2) 日本名城大学的Sumio Iijima教授, 碳材料的高分辨电镜; 3) 日本名古屋大学的Hisanori Shinohara教授, 低维碳材料包合物; 4) MIT的孔敬教授(基金委国际合作基金), 碳纳米管的拉曼光谱和石墨烯; 5) 哈佛大学的C. M. Lieber教授, M/S碳纳米管的分离与转化; 6) 斯坦福大学的戴宏杰教授, 石墨烯器件; 7) 斯坦福大学的沈志勋教授, 拓扑绝缘体材料; 8) 斯坦福大学的崔屹教授, 光电能量转换材料与器件; 9) 杜克大学的刘杰教授, 碳纳米管的控制生长方法。

中心在校企联合实验平台建设上取得了非常丰硕的成果: 基于高质量石墨烯粉体的宏量制备技术以及大面积高品质石墨烯薄膜的卷对卷放量生长技术, 中心与深圳宝安集团合作建立起“北大-宝安烯碳科技联合实验室”, 致力于石墨烯批量制备以及石墨烯在新能源和可穿戴器件中的应用研究, 已经正式建成启用; 基于高品质石墨烯玻璃复合材料的宏量可控制备技术, 中心与中国建材集团共同成立“北大-凯盛石墨烯研究院”, 致力于发展石墨烯玻璃的大规模制备技术以及石墨烯玻璃在建筑、汽车、智能家居等领域的应用研究。

### 4. 运行管理与机制创新

中心在创新发展过程中积极探索体制机制创新模式。本中心以刘忠范院士为首席科学家, 依托北京大学化学与分子工程学院和北京大学纳米科技中心, 组建“纳米化学与低维光电材料”科学家工作室。科学家工作室实行首席科学家负责制, 首席科学家拥有最大限度的研究方向、人员聘任以及经费使用上的决策权。成立国际顾问委员会, 协助首席科学家确定团队发展方向和重点研究领域。团队成员根据总

体规划开展工作，并享有充分的选题和自由发挥空间。在“科学家工作室”的框架下，构建起一支以刘忠范院士为首席科学家的强大研究团队，已成为国际纳米碳材料研究领域的代表性科研团队之一。实行按需设岗、公开招聘、严格考核、待遇与绩效挂钩的管理办法。明确规定主体研究团队、外籍研究人员、流动研究人员以及技术支撑与管理服务人员的责任和义务，建立并实施常规化的教授会制度，一方面交流各个方向与课题的进展与学科发展动态，负责自主研究课题、访问学者及博士后的遴选、立项、评审与考核等，从而使得自主研究课题的设立与执行，以及流动科研队伍的建设能够取得预期的成效和作用。按国际通行的评估方法，对学术带头人进行考核，并制定相应的综合评价和退出机制。采取周期性和不定期的考核方式，对聘任人员实行按聘期岗位任务考核。

中心目标明确、定位准确，研究方向特色鲜明，与国内外多个著名高校和研究所建立了长期稳定的科研合作关系，并与国内外著名公司企业签署了一些低维碳材料科学与工程应用的国际合作项目，取得了一批具有国际先进水平的创新性研究成果，发表了多篇高水平的论文，提高我国在低维碳材料领域的国际地位和声誉。建立“公开、平等、竞争、择优”的用人原则，实行按需设岗、公开招聘、严格考核、待遇与绩效挂钩的管理办法，凝聚和稳定了一批以低维碳材料为主要研究方向的高水平研究队伍，具有参与国际竞争和承担国家级重大科研项目的雄厚实力。中心倡导学术为先的管理机制，在保证中心整体研究方向和发展战略统一的前提下，培养各研究部门课题研究的积极性和自主性，鼓励部门之间、学校内外研究机构之间的学术交流与创新活动，设置开放研究课题。鼓励主体研究团队和优秀研究人员与国际一流学术团队开展实质性的长期国际合作研究，共同申请国际、国家级课题。特别鼓励研究团队和成员积极组织日常的学术交流活动，包括系列讲座、报告会、邀请国内学者和国外学者来中心讲学、中心固定人员外出在国内和国外讲学、以及组内和组间的学术交流活动。

## 5. 依托单位支持

北京大学积极支持中心发展，校领导积极为产学研项目的实施搭建各类平台，并从资金上加强仪器设备的更新换代，帮助青年研究人员简历自己有特色的研究体系，尽快做出有特色的研究成果。2014年中心的仪器平台新购入大型仪器超高真空低温扫描隧道显微镜一台，价值189.84万元，购入扫描近场拉曼光谱仪一台，价值150.53万，并自主研制了一套原值69万元的光电测量联用系统。2015年中心新购一台

原子力显微镜，价值120余万元。三年中心的研发投入约2000万元。通过购置新的仪器设备和常规的仪器运行维护，弥补了中心在尖端电子测量技术的不足，积极提升了中心的研发能力和成效水平。

### 三、工程技术研究中心自评表

评价内容		自评分
发展规划与目标完成 (10分)	认定时规划目标完成情况	10
	未来三年发展规划	
技术水平与成果转化 (45分)	定位与研究方向情况	40
	技术成果水平	
	成果转化与市场结合能力	
	技术创新贡献度	
队伍建设与人才培养 (25分)	工程中心主任与工程技术带头人作用	25
	队伍结构与创新团队建设	
	青年骨干人才培养	
开放交流与运行管理 (20分)	技术委员会作用	20
	开放交流	
	协同创新	
	运行管理与机制创新	
	依托单位支持	
总评		95

#### 四、依托单位内部公示情况

2016. 11. 4, 北京大学科研部公示

依托单位（盖章）：

年 月 日

## 五、技术委员会意见

技术委员会主任（签字）（盖章）：

年 月 日

## 六、依托单位意见

依托单位（盖章）：

年 月 日



## 七、附件目录

序号	附件名称
1	技术成果情况明细表
2	队伍建设情况明细表
3	技术委员会召开情况表
4	开放交流情况明细表
5	绩效报告公示照片

## 附件1、技术成果情况明细表

### 1、科技计划项目

①承担国家科技计划项目（仅限科技部项目）、国家自然科学基金委员会项目（课题）

序号	项目（课题）名称	主持人	年度	财政经费（万元）	项目类型	项目类别
1	狄拉克材料的光热电转换与新概念器件	刘忠范	2013	670.0	国家科技重大专项	B
2	二维原子晶体界面科学与器件基础	彭海琳	2014	500.0	国家科技重大专项	B
3	一维半导体材料的高效光电转换与器件	徐东升	2013	188.0	973计划	B
4	分子纳米磁体的设计、合成、可控组装与器件基础	施祖进	2013	68.0	973计划	B
5	二维原子晶体新材料探索及其新特性、新效应研究	张艳锋	2013	470.0	国家自然科学基金委	B
6	纳米材料化学与器件	彭海琳	2013	100.0	国家自然科学基金委	B
7	二维材料在原子尺度的可控生长、精确表征和物性研究	张艳锋	2013	100.0	国家自然科学基金委	B
8	平整基底上的拉满信号增强技术及其应用	张锦	2013	300.0	国家自然科学基金委	B

9	碳纳米管异质结构的控制制备及其在光电转换器件中的应用	张锦	2013	80.0	国家自然科学基金委	B
10	分子器件的界面科学问题	郭雪峰	2013	200.0	国家自然科学基金委	B
11	表面等离子体共振增强的新型高效太阳能电池	郭雪峰	2014	91.0	国家自然科学基金委	B
12	分子开关器件的设计、构筑和性能研究	郭雪峰	2014	84.0	国家自然科学基金委	B
13	平整基底上的拉满信号增强技术及其应用	张锦	2013	300.0	国家自然科学基金委	B
14	碳纳米管异质结构的控制制备及其在光电转换器件中的应用	张锦	2013	80.0	国家自然科学基金委	B
15	石墨烯的控制生长及其导电薄膜器件	谢芹	2014	25.5	国家自然科学基金委	B
16	新型复合纳米结构及器件用于细胞膜电位检测	段小洁	2014	85.0	国家自然科学基金委	B
17	金属纳米结构的表面等离子激元光学力研究	童廉明	2013	89.0	国家自然科学基金委	B
18	贵金属催化剂替代	马丁	2013	100.0	国家自然科学基金委	B
	石墨烯迁移率的理				国家自然科学基金	

19	论计算	刘志荣	2014	20.0	委	B
20	基于金纳米花的表面增强拉曼生物成像新技术研究	李琦	2014	15.0	国家自然科学基金委	B
21	二维原子晶体材料光电效应及紫外探测器件探索	刘忠范	2015	380.0	国家自然科学基金委	B
22	石墨烯的定域化学修饰研究	谢芹	2015	25.0	国家自然科学基金委	B
23	单原子层过渡金属(VIB族)硫属化合物的可控制备和光电特性研究	张艳锋	2015	80.0	国家自然科学基金委	B
24	纳米级生物电信号检测电极的发展及应用	段小洁	2015	100.0	国家自然科学基金委	B
25	单原子层2D材料的杂化界面控制与新功能化	刘忠范	2015	287.0	国家自然科学基金委	B
26	低维材料结构和物理	刘开辉	2015	150.0	国家自然科学基金委	B
27	纳米材料与纳米器件	彭海琳	2015	400.0	国家自然科学基金委	B
28	基于各向异性二维原子晶体材料的表面增强拉曼散射机理研究	童廉明	2015	81.6	国家自然科学基金委	B
29	原位液体池电镜技术研究锂电池电化学反应的动力学过程	高鹏	2015	24.0	国家自然科学基金委	B

程					
---	--	--	--	--	--

备注：

- (1) 项目类型指：863计划、973计划、国家科技重大专项、国家自然科学基金等。
- (2) 项目类别有A、B两类，A是指工程中心牵头主持的课题，B是指工程中心参与的课题。
- (3) 如承担国家科技计划项目子课题，可填写子课题名称，任务书约定的财政经费，类别为A。
- (4) 跨年度项目以立项年度为统计依据，财政经费以任务书中约定的经费为统计依据，不能重复计算。例：某项目2013年立项，财政经费300万，但在2014年下拨。该项目统计时纳入2013年，财政经费300万元。

②承担省部级科技计划项目（课题）

序号	项目（课题）名称	主持人	年度	财政经费（万元）	项目类型	项目类别
1	项目名称：纳米科技产业园建设 课题名称：石墨烯宽光谱高敏光电器件研制	彭海琳	2013	291.1	北京市科技计划	A
2	纳米科学与技术	刘忠范	2013	120.0	北京市重点学科	B
3	纳米化学前沿论坛-2014	刘忠范	2014	8.0	北京市自然科学基金委	B
4	单壁碳纳米管与石英基底相互作用的光谱和理论研究	杨娟	2013	5.0	北京高等学校青年英才计划	B
5	纳米生物学工程	段小洁	2013	200.0	中共中央组织部青年千人计划	B
6	狄拉克材料的可控生长与新概念光电器件研究	刘忠范	2013	40.0	教育部优先发展领域	B
7	原位透射电镜、纳米光学系统开发	刘开辉	2014	300.0	中共中央组织部青年千人计划	B
8	准二维原子晶体的生长机制、结构控制与功能器件研究	彭海琳	2013	240.0	中组部青年拔尖人才	B
9	高品质石墨烯规模化制备与应用关键技术	刘忠范	2014	50.0	北京市科技项目	A

10	碳基集成电路用碳纳米管材料规模化制备技术研究	张锦	2014	225.0	北京市科委项目	B
11	碳材料	刘忠范	2014	120.0000	院士局	B
12	万人计划启动经费	刘忠范	2014	100.0	中组部万人计划项目	B
13	10英寸超极石墨烯玻璃复合材料制备技术研究	刘忠范	2015	495.5	北京市科技项目	A
14	大面积单晶石墨烯薄膜快速制备技术研究	彭海琳	2015	200.0000	北京市科技项目	A
15	球差校正和原位探测的电子显微镜技术在低维功能材料方面的应用	高鹏	2015	200.0000	中组部万人计划项目	B

备注：

- (1) 项目类型指：教育部创新团队发展计划、北京市科技计划项目等。
- (2) 项目类别有A、B两类，A是指工程中心牵头主持的课题，B是指工程中心参与的课题。
- (3) 如承担国家科技计划项目子课题，可填写子课题名称，任务书约定的财政经费，类别为A。
- (4) 跨年度项目以立项年度为统计依据，财政经费以任务书中约定的经费为统计依据，不能重复计算。例：某项目2013年立项，财政经费300万，但在2014年下拨。该项目统计时纳入2013年，财政经费300万元。

2、研究论文（无工程中心署名的不予填写）、专著

①研究论文（无工程中心署名的不予填写）

序号	论文题目	作者	发表年度	刊物名称	国内/国际	SCI影响因子
1	Temperature-triggered chemical switching growth of in-plane and vertically stacked graphene-boron nitride heterostructures	T Gao, XJ Song, H W Du, YF Nie, YB Chen, QQ Ji, JY Sun, YL Yang, YF Zhang*, ZF Liu*	2015	Nature Commun.	国际	11.3
2	Roll-to-Roll Encapsulation of Metal Nanowires between Graphene and Plastic Substrate for High-Performance Flexible Transparent Electrodes	B Deng, PC Hsu, GC Chen, BN Chandrasekar, L Liao, ZW Ayitimuda, JX Wu, YF Guo, L Lin, Y Zhou, M Aisijiang, Q Xie, Y Cui*, ZF Liu*, HL Peng*	2015	Nano Letters	国际	13.8
3	van Hove Singularity Enhanced Photochemical Reactivity of Twisted Bilayer Graphene	L Liao, HL Peng, JB Yin, A.L. Koh, YL Chen, Q Xie, HL Peng*, and ZF Liu*	2015	Nano Letters	国际	13.8
4	Direct CVD-derived graphene glasses	JY Sun, YB Chen, M Priyadarshi, Z Chen, A Bachmatiuk, ZY Zou, ZL Chen, XJ Song, YF Gao	2015	Nano Letters	国际	13.8



	s targeting wide ranged applications	, M Rüttmeli, YF Zhang* & ZF Liu*				
5	Synthesis of Graphdiyne Nanowalls using Acetylenic Coupling Reaction	JY Zhou, X Gao, R Liu, ZQ Xie, J Yang, SQ Zhang, GM Zhang, HB Liu, YL Li, J Zhang*, ZF Liu*	2015	J. Am. Chem. Soc.	国际	13.0
6	Diameter-Specific Growth of Semiconducting SWNT Arrays Using Uniform Mo <sub>2</sub> C Solid Catalyst	SC Zhang, L M Tong, Y Hu, L X Kang, J Zhang*	2015	J. Am. Chem. Soc.	国际	13.0
7	Roll-to-Roll Green Transfer of CVD Graphene onto Plastic for Transparent and Flexible Triboelectric Nanogenerator.	BN Chandrashekar#, B Deng#, A S Smitha, YB Chen, CW Tan, HX Zhang, HL Peng*, ZF Liu*	2015	Adv. Mater.	国际	19.0
8	Growing uniform graphene disks and films on molten glass for heating devices and cell culture	YB Chen, JY Sun, JF Gao, F Du, Q Han, YF Nie, ZL Chen, A Bachmatiuk, M Kr. Priyadarshi, DL Ma, XJ Song, XS Wu, CY Xiong, M H Rüttmeli, F Ding, YF Zhang* and ZF Liu*	2015	Adv. Mater.	国际	19.0
	Large-area growth	LX Kang, Y Hu, H				

9	of ultra-high-density single-walled carbon nanotube arrays on sapphire surface	Zhong, J Si, S C Zhang, Q C Zhao, JJ Lin, Q W Li*, Z Y Zhang, L M Peng, J Zhang*	2015	Nano Res.	国际	8.9
10	Chemistry makes graphene beyond graphene	L Liao, HL Peng*, ZF Liu*	2014	J. Am. Chem. Soc.	国际	13.0

备注：只需列举10篇水平高、影响力大的学术论文。

②专著

序号	专著名称	作者	出版年度
----	------	----	------

3、专利、动/植物新品种、新药证书、临床批件、数据库等

序号	名称	编号	申请/授权	获得年度	国内/国际	类型	PCT申请
1	拓扑绝缘体柔性透明导电材料及其制备方面与应用	201310349245	申请	2013	国内	发明专利	否
2	一种多组分超分子水凝胶及其制备方法	201310169948	申请	2013	国内	发明专利	否
3	多组分超分子水凝胶在作为应急响应材料和自愈合材料中的应用	201310169160	申请	2013	国内	发明专利	否
4	多组分超分子水凝胶在作为粘结剂中的应用	201310168442	申请	2013	国内	发明专利	否
5	一种柔性的表面增强拉曼光谱基底及其制备方法	201310170025	申请	2013	国内	发明专利	否
6	一种基于选择性隧穿原理的太阳能电池及其制备方法	2013104124314	申请	2013	国内	发明专利	否
7	一种抗体修饰的一维纳米材料晶体管器件及其制备方法	2013104124672	申请	2013	国内	发明专利	否
	利用生物矿化材						

8	料宏量制备高质量石墨烯的方法	201410573383	申请	2014	国内	发明专利	否
9	超级石墨烯玻璃及其制备方法与应用	201410725872	申请	2014	国内	发明专利	否
10	超级石墨烯玻璃的应用	201410725858	申请	2014	国内	发明专利	否
11	共轭微孔高分子气凝胶及其制备方法与应用	201410468669	申请	2014	国内	发明专利	否
12	一种超高密度单壁碳纳米管水平阵列及其可控制备方法	201410594881	申请	2014	国内	发明专利	否
13	单壁碳纳米管水平阵列及其制备方法与应用	201410594883	申请	2014	国内	发明专利	否
14	一种高密度半导体性单壁碳纳米管水平阵列及其制备方法	201410594399	申请	2014	国内	发明专利	否
15	一种二维半导体合金、其制备方法及应用	201410141591	申请	2014	国内	发明专利	否
16	一种超高密度单壁碳纳米管水平阵列及其可控制备方法	PCT/CN2014/001040	申请	2014	国际	发明专利	是
17	掺杂碳纳米管气凝胶及其制备方法与应用	ZL 201410655253.2	申请	2014	国内	发明专利	否

18	一种基于表面等离子体增强原理的太阳能电池及其制备方法	2014101262800	申请	2014	国内	发明专利	否
19	一种利用纤维素生产山梨醇和异山梨醇的方法	201410291011X	申请	2014	国内	发明专利	否
20	硫化铜薄膜的电化学制备方法	2014102801659	申请	2014	国内	发明专利	否
21	一种无定形层包覆的TiO <sub>2</sub> 纳米管的制备方法及其用途		申请	2014	国内	发明专利	否
22	一种大单晶石墨烯及其制备方法	201510063498	申请	2015	国内	发明专利	否
23	一种大单晶石墨烯及其制备方法	201510064068	申请	2015	国内	发明专利	否
24	一种石墨烯和金属纳米线复合透明导电塑料薄膜及其制备方法与应用	201510069588	申请	2015	国内	发明专利	否
25	二维硫族晶体的印刷式定点生长方法	201510072662	申请	2015	国内	发明专利	否
26	一种基于扭转双层石墨烯的光电探测器及其制备方法	201510078677	申请	2015	国内	发明专利	否
	一种制备厘米尺						

27	度下均匀单层硫化钼的方法	201510206100	申请	2015	国内	发明专利	否
28	拓扑绝缘体/石墨烯复合柔性透明导电薄膜及其制备方法	201510309560.X	申请	2015	国内	发明专利	否
29	一种氧化物衬底辅助的快速制备大尺寸单晶石墨烯的方法	CN201510561590.X	申请	2015	国内	发明专利	否
30	一种CVD石墨烯向塑料基底转移的方法及装置	201510837048	申请	2015	国内	发明专利	否
31	石墨烯单晶及其快速生长方法	201510931329	申请	2015	国内	发明专利	否
32	一种分离金属型和半导体型单壁碳纳米管阵列的方法	ZL 2011 1 0041 452.0	授权	2013	国内	发明专利	否
33	一种制备单层石墨烯的方法	ZL 2011 1 0096 201.2	授权	2013	国内	发明专利	否
34	一种选择氧化甲醇合成甲酸甲酯的催化剂及其制备方法	ZL2010102387665	授权	2013	国内	发明专利	否
35	一种多组分超分子水凝胶及其制备方法	ZL 20131016994 8.5	授权	2014	国内	发明专利	否
36	多组分超分子水凝胶在作为应激响应材料和自愈	ZL 20131016916 0.4	授权	2014	国内	发明专利	否

	合材料中的应用						
37	一种具有手性选择性取向的单壁碳纳米管阵列及其手性结构进行表征的方法	ZL 20131001152 6.5	授权	2014	国内	发明专利	否
38	多组分超分子水凝胶在作为粘结剂中的应用	ZL 20131016844 1.8	授权	2014	国内	发明专利	否
39	一种制备己糖醇或羟基丙酮的方法	ZL201210041343 3	授权	2014	国内	发明专利	否
40	半导体性单壁碳纳米管的制备方法	ZL201210443891 9	授权	2014	国内	发明专利	否
41	一种缩醛的制备方法	ZL201210236725 1	授权	2014	国内	发明专利	否
42	一种2,5-呋喃二甲醛的制备方法	CN102731448A	授权	2014	国内	发明专利	否
43	掺杂碳纳米管气凝胶及其制备方法与应用	ZL 20141065525 3.2	授权	2014	国内	发明专利	否
44	一种单晶石墨烯pn结及其制备方法	ZL 20121045058 2.4	授权	2015	国内	发明专利	否
45	一种实现单层石墨烯双面非对称修饰的方法	ZL 20121034815 2.1	授权	2015	国内	发明专利	否
46	一种柔性的表面增强拉曼光谱基	ZL201310170024	授权	2015	国内	发明专利	否



备注:

- (1) 国内外内容相同的不得重复统计。
- (2) 类型: 分为专利(仅包括发明专利)、新药证书、数据库、动/植物新品种、临床批件等。
- (3) PCT为Patent Cooperation Treaty(专利合作协定)的简写,是专利领域的一项国际合作条约,即在一个专利局(受理局)提出的一件专利申请(国际申请),申请人在其申请中(指定)的每一个PCT成员国都有效,从而避免了在几个国家申请专利,在每一个国家都要重复申请和审查。
- (4) PCT申请填写是、否即可。

#### 4、制（修）订技术标准

序号	名称	编号	类型	类别
----	----	----	----	----

备注：

(1) 类型分别为国际标准、国家标准、行业标准、地方标准四类。

(2) 类别有A、B两类，A是指重点实验室牵头制（修）订的技术标准，B是指重点实验室参与制（修）订的技术标准。

## 5、获奖成果

序号	项目名称	奖项名称	奖项等级	奖项类别	评奖单位	主要完成人	主要完成人排名	获奖年度
1	催化选择一步氢解和近临界水条件下水解耦合加氢转化纤维素的绿色新途径	首届“闵恩泽能源化工奖”——杰出贡献奖	无	行业协会	“闵恩泽能源化工奖”委员会	刘海超	刘海超	2013

备注：

- (1) 奖项名称指国家自然科学奖、北京市科学技术奖等。
- (2) 奖项等级指特等、一等、二等、三等四类。
- (3) 奖项类别指国家级、省部级、行业协会三类。其中国家级仅限“国家最高科学技术奖、国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖和国际科学技术合作奖”5类。
- (4) 评奖单位指科技部、教育部、北京市科委等单位。

## 6、技术创新的贡献度

### ①新技术、新产品

序号	新技术、新产品名称	产业化地点	直接经济效益（万元）	技术水平
----	-----------	-------	------------	------

备注：

- (1) 新技术\新产品需要有《国家战略性创新产品证书》、《中关村国家自主创新示范区新技术新产品（服务）证书》等证明文件。
- (2) 技术水平：国际领先、国际先进、国内领先、国内先进等。
- (3) 同一新技术、新产品只统计一次。

② 技术合同

序号	技术合同名称	主持人	委托单位	委托省份	年度	技术合同类型	合同额（万元）
1	甲烷活化的催化材料和反应工程	马丁	中国石油化工股份有限公司	北京	2014	技术开发	80.0

备注：技术合同类型指技术服务、技术咨询、技术开发和技术转让四类。

③成果转化

序号	成果名称	产业化地点	直接经济效益（万元）	转化形式
----	------	-------	------------	------

备注：

- (1) 成果转化是指由工程中心专职人员为主完成的某项技术成果的转化。
- (2) 转化形式没有固定要求，如实填写即可。
- (3) 同一技术成果只统计一次。

附件2 队伍建设情况明细表

1、专职人员

序号	姓名	性别	出生日期	职称	工程中心 职务	所学专业	最后学位	学术兼职	高端人才情况	
									人才类型	获得时间
1	刘忠范	男	1962-10-30	正高	工程中心 主任	物理化学	博士	中国化学 会常务理 事、纳米 化学专业 委员会主 任、物理 化学学报 主编、化 学学报副 主编、科 学通报副 主编APL M aterials 副主编、 Adv. Mate r.、Small 、Nano Re s.、Natur al Scienc e Review 、ChemNan oMat、NPG Asia Mate rials、J. Photochem .and Phot	院士 享受 国务院特 殊津贴专 家 万人计 划 长江学 者 国家杰 出青年科 学基金获 得者 博士 生导师	2011-12 2 011-12 20 13-10 199 9-10 1994 -7 1994-7

								obiol. C. Photochem. Rev. 等国际期刊编委或顾问编委		
2	张锦	男	1969-12-26	正高	工程中心副主任	物理化学	博士	现任《化学学报》和《光散射学报》编委以及Carbon杂志的Editor	长江学者 国家杰出青年科学基金获得者 博士生导师	2012-10 2007-7 2006-6
3	李彦	女	1967-02-01	正高	技术带头人	无机化学	博士	2014.7—Advisory Board, Nano Research 2013.12—Advisory Board, ACS Nano 2013.6—Associate Editor, Journal of Materials Chemistry A 2013.6—Steering Committee of Carbon Nanotube Conferences 2008—	长江学者 国家杰出青年科学基金获得者 博士生导师	2012-10 2011-7 2002-8



								《科学通报》编委		
4	施祖进	男	1964-09-28	正高	技术带头人	无机化学	博士		博士生导师	2007-2
5	徐东升	男	1968-04-20	正高	技术带头人	物理化学	博士	中国化学会物理化学专业委员会秘书长 中国化学会纳米化学专业委员会委员 中国兵工学会咨询专家 科技部-总装国民核生化灾害防护国家重点实验室学术委员会委员 光电对抗国防科技重点实验室客座研究员	长江学者 国家杰出青年科学基金获得者 博士生导师	2014-10 2005-8 2000-6
								中国化学会催化化学专业委员会和绿色化学专业委员会以及中国化工学会		

6	刘海超	男	1968-01-26	正高	技术带头人	物理化学	博士	离子液体专业委员会委员 《催化学报》副主编、Scientific Reports、Journal of Energy Chemistry、《化学学报》和《燃料化学学报》编委	长江学者 国家杰出青年科学基金获得者 博士生导师	2013-10 2008-8 2003-12
7	郭雪峰	男	1975-02-13	正高	技术带头人	物理化学	博士		国家杰出青年科学基金获得者 博士生导师	2012-8 2008-1
8	张艳锋	女	1976-12-01	正高	技术带头人	材料物理	博士		国家优秀青年科学基金获得者 博士生导师	2012-9 2010-4
9	马丁	男	1974-07-01	正高	技术带头人	物理化学	博士	Catalysis Science & Technology副主编	国家优秀青年科学基金获得者 博士生导师	2012-9 2009-3
10	段小洁	女	1980-02-07	正高	技术带头人	物理化学	博士		国家优秀青年科学基金获得	2014-9 2013-9 2012

									者 博士生导师 其他	-6
11	彭海琳	男	1978-09-08	正高	技术带头人	物理化学	博士		国家杰出青年科学基金获得者 国家优秀青年科学基金获得者 博士生导师	2015-8 2012-9 2009-6
12	刘开辉	男	1982-03-24	正高	技术带头人	凝聚态物理	博士		国家优秀青年科学基金获得者 博士生导师 其他	2015-9 2014-3 2012-9
13	高鹏	男	1988-9-18	正高	技术带头人	凝聚态物理	博士		博士生导师 其他	2015-7 9
14	童廉明	男	1981-06-01	副高	技术带头人	物理化学	博士			
15	刘志荣	男	1973-11-24	正高	技术带头人	物理化学	博士		博士生导师	2007-7
16	吴忠云	男	1968-07-28	副高	其他	物理化学	博士			
17	李经建	女	1953-07-27	副高	其他	物理化学	博士			
18	王银川	女	1963-02-10	副高	其他	物理化学	硕士			
19	杨娟	女	1981-07-04	副高	技术带头人	无机化学	博士		博士生导师	2010-6
			1978-04-3		工程中心					

20	谢芹	女	0	中级	联系人	物理化学	博士			
21	马骏	女	1968-06-24	中级	其他	物理化学	博士			
22	李琦	男	1979-02-17	中级	其他	物理化学	博士			
23	时征	女	1982-07-16	中级	其他	管理	硕士			
24	关倩	女	1983-05-11	其他	其他	细胞生物学	硕士			
25	严中芳	女	1983-08-30	其他	其他	计算机及应用	学士			
26	杨明媚	女	1981-02-09	其他	其他	物理化学	博士			

备注：

- (1) 专职人员：指经过核定的属于实验室编制的人员。
- (2) 职称只限填写正高、副高、中级、其它四类。
- (3) 工程中心职务：工程中心主任、工程中心副主任、技术带头人、工程中心联系人、其他。
- (4) 学术兼职：标明兼职机构团体名称、任职情况、任职时间等。
- (5) 高端人才情况：是否院士、享受国务院特殊津贴专家、博士生导师、万人计划、千人计划、国家杰出青年科学基金获得者、国家优秀青年科学基金获得者、长江学者、百人计划、科技北京领军人才、海聚工程人才、高聚工程人才、市科技新星等。

2、人才引进

序号	类型	2013		2014		2015	
		姓名	数量	姓名	数量	姓名	数量
1	千人计划	段小洁	1	刘开辉	1	高鹏	1
2	海聚工程						
3	副研究员					童廉明	1

### 3、人才培养

序号	类型	2013		2014		2015	
		姓名	数量	姓名	数量	姓名	数量
1	科技北京 领军人才						
2	科技新星						
3	职称晋升				1		1

4、对外开展工程人员培训

序号	培训时间	培训地点	参加培训人员数量	培训主题
----	------	------	----------	------

### 附件3 技术委员会召开情况表

#### 1、技术委员会名单

序号	姓名	单位	职称	研究方向	技术委员会职务
1	王恩哥	北京大学	正高	凝聚态物理	主任
2	王琛	国家纳米科学中心	正高	纳米材料	副主任
3	解思深	中国科学院物理所	正高	碳纳米材料	委员
4	范守善	清华大学	正高	碳纳米材料	委员
5	包信和	中科院大连化物所	正高	纳米催化	委员
6	薛其坤	清华大学	正高	凝聚态物理	委员
7	高鸿钧	中科院物理所	正高	凝聚态物理	委员
8	刘忠范	北京大学	正高	物理化学	委员
9	张跃	北京科技大学	正高	材料科学	委员
10	彭练矛	北京大学	正高	物理电子学	委员
11	成会明	中科院金属研究所	正高	材料科学与工程	委员



12	魏飞	清华大学	正高	化学工程	委员
13	陈永胜	南开大学	正高	材料学	委员
14	吴凯	北京大学	正高	物理化学	委员
15	张锦	北京大学	正高	物理化学	委员

备注：技术委员会职务指主任、副主任和委员三类。

## 2、技术委员会召开情况

序号	时间	地点	技术委员会出席名单	技术委员会主要建议
1	2013-6-7	北大化学院A205	王恩哥院士、范守善院士、包信和院士、成会明研究员、德克萨斯州大学Ruoff教授、日本名城大学Sumio Iijima教授、韩国成均馆大学Young Hee Lee教授、陈永胜教授、张锦教授、郭雪峰研究员、李彦教授、刘海超教授、马丁特聘研究员、张艳锋特聘研究员、彭海琳副教授、谢芹、李敏杰、时征	5、 引进人才计划 会议决定引进人才必须为碳材料研究工作的佼佼者。会议决定充分利用参加学术会议等各种机会，进行招聘工作实施，如本年度的MRS会议、法国会议等，解决我们与人才之间的对接难问题。
2	2014-8-5	北京大学化学院A205	王恩哥院士、王琛研究员、范守善院士、薛其坤院士、包信和院士、高鸿钧院士、刘忠范院士、彭练矛教授、吴凯教授、张锦教授	科学研究以应用为导向，紧贴行业技术要求；凝练科学思路和研究课题，突出特色；加强创新人才培养与高水平科研队伍建设；打造先进材料表征与尖端测量技术平台
3	2015-6-6	北京大学化学院A205	王恩哥院士、范守善院士、包信河源市、薛其坤院士、成会明院士、王琛研究员、彭练矛教授、吴凯教授、张锦教授、陈永胜教授、魏飞教授	科学研究应以应用为导向，紧贴行业技术要求，推动低维碳材料的产业化进程；与企业合作建立联合实验室和攻关团队；加强创新人才的培养和专业技术人员的栽培；打造高端技术测量平台

附件4 开放交流情况明细表

1、开放课题

序号	开放课题名称	负责人	职称	工作单位	起止时间	总经费（万元）
----	--------	-----	----	------	------	---------

## 2、访问学者

序号	姓名	国别	单位	访问时间与成效
1	李娟	中国	新疆大学	2013.1-6, 推动了碳纳米管高密度阵列新方法的探索
2	熊燕	中国	重庆大学	2014.9-2015.7, 加强了石墨炔新材料的合成
3	王宁	中国	北京航空航天大学	2014.9-2015.7, 推动了石墨烯薄膜大规模的制备
4	杨震宇	中国	南昌大学	2015.9-2016.7, 促进了石墨烯薄膜的应用探索
5	吴明铂	中国	中国石油大学(华东)	2015.9-2016.7, 开发从重油中制备石墨烯的新方法
6	何伟东	中国	成都电子科技大学	2015.9-2016.7, 开发石墨烯薄膜在电子科技领域的应用
7	关宝璐	中国	北京工业大学	2015.9-2016.7, 探索石墨烯在电池方面的应用

### 3、向社会开放

序号	开放时间	开放方式与成效
1	2013-2015	接纳初中生、高中生、兄弟院所的实验室参观，样品测试与仪器使用培训，加强与地方高校教师的学术交流。

4、学术会议交流：（仅限主/承办会议，参与性会议不予填写）

序号	学术会议名称	会议类别	时间	地点	主要议题/内容
1	Frontiers of Nanochemistry-2013	国际会议	2013-6-5	北京大学化学学院A204	纳米化学前沿论坛” (Frontiers of Nanochemistry)是由北京大学纳米化学研究中心主办的高端国际学术研讨会，旨在汇聚全球范围纳米化学领域的顶尖科学家和知名学者，讨论和交流纳米化学领域的最新研究成果和发展趋势。
2	二维晶体材料化学国际研讨会	国际会议	2014-8-5	北京大学英杰交流中心	二维原子晶体化学
3	第七届中美10+10化学生物学及材料研讨会	国际会议	2014-8-5	北京大学李兆基教学楼	化学生物学及材料
4	Frontiers of Nanochemistry-2015	国际会议	2015-6-5	北京大学英杰交流中心	纳米化学前沿论坛” (Frontiers of Nanochemistry)是由北京大学纳米化学研究中心主办的高端国际学术研讨会，旨在汇聚全球范围纳米化学领域的顶尖科学家和知名学者，讨论和交流纳米化学领域的最新研究成果和发展趋势。

备注：会议类别指国际会议和国内会议。

5、在国际会议做特邀报告

序号	学术会议名称	时间	地点	特邀报告主讲人	报告主题
1	UK-China Forum on “Carbon and Surface-Functionalised Nanostructures”	2013年3月24日	London, England	张锦	Chirality Controlled Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes on Surface
2	The Bilateral UC Davis/Peking University Workshop	2013年3月4日	California, United State	郭雪峰	Interface Effects in Molecular Devices: From Concept to Functions
3	The International Workshop on Molecular Nanoelectronics and the 7th China-Denmark Bilateral Forum on Self-assembled Molecular Electronic Nanosystems	2013年4月15日	Huangshan, China	张锦	Lattice-directed growth of single-walled carbon nanotubes on surface: from orientation to chirality control
4	The Third China-Korea Workshop on Energy Science	2013年5月6日	张家界	张锦	Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes with Controlled Structure on Surface
5	2nd Singapore-China Bilateral Symposium on Carbon-based Nanomaterials for Energy	2013年5月18日	新加坡	刘忠范	Designed synthesis and photoelectric conversion of graphene
6	Frontiers of Nanochemistry-2013	2013年6月5日	北京	彭海琳	Controllable Synthesis of High-quality Topological Insulator Quasi-2D Nanostructures

7	International Symposium on Optoelectronics, Materials, and Energy (iSOME 2013)	2013年6月11日	南京	张锦	Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes with Controlled Structure on Surface
8	The Fourteenth International Conference on the Science and Application of Nanotubes Conference	2013年6月24日	Finland	张锦	Lattice-directed growth of single-walled carbon nanotubes on surface: from orientation to chirality control
9	The Collaborative Conference on 3D & Materials Research (CCMR-2013)	2013年6月24日	Korea	郭雪峰	Molecular Electronic Devices Using Carbon Nanomaterials-based Electrodes
10	第八届中美华人纳米论坛会议	2013年6月29日	杭州	彭海琳	Controlled Growth and Optoelectronic Properties of Dirac Materials
11	International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT-2013)	2013年6月30日	新加坡	郭雪峰	Materials for Advanced Technologies
12	The 15th Asian Chemical Congress	2013年8月19日	新加坡	刘忠范	Controlled Growth of Graphene and Its 2D Hybrids: Attraction, Reality and Future
13	The 4th PKU-CU Bilateral Nanotechnology Symposium	2013年9月2日	北京	张锦	Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes
14	International Conference on Nanoscience & Technology, China 2013	2013年9月5日	北京	彭海琳	Controlled synthesis and optoelectronic properties of functional



	3 ( ChinaNANO 2013 )				1 two-dimensional crystals
15	The 5th International Conference on Recent Progress in Graphene Research	2013年9月9日	Japan	刘忠范	Recent Progress in Graphene Research
16	The 19th China-Japan Bilateral Symposium on Intelligent Electro photonic Materials and Molecular Electronics (SIEMME' 19)	2013年9月13日	北京	郭雪峰	Intelligent Electro photonic Materials and Molecular Electronics
17	International Symposium on Nanostructures and Their Applications in Renewable Energy	2013年10月24日	北京	刘海超	Nanostructures and Their Applications in Renewable Energy
18	World Congress on Engineering and Technology (CET2013)	2013年10月25日	Sanya	郭雪峰	Interface Effects in Molecular Devices: From Concept to Functions
19	The 4th A3 Symposium of Emerging Materials	2013年11月11日	Korea	彭海琳	Controlled Growth and Optoelectronic Properties of 2D layered crystals
20	The 12th International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials	2013年12月8日	Auckland, New Zealand	郭雪峰	Polymers and Advanced Materials
21	14th ISEAC	2013年8月17日	长春	刘忠范	电化学
	第四届中泰纳米科技研				

22	讨会	2013年9月3日	北京	刘忠范	纳米科技
23	The Materials Research Society Spring Meeting (2014)	2014. 4. 21	美国	刘忠范	Graphene and Its 2D Hybrids: From Designed CVD Growth to Photochemical Engineering
24	Graphene-2014	2014. 5. 6	法国	刘忠范	CVD Growth of Graphene and Its 2D Hybrids: Attraction, Reality and Future
25	2nd Sino-European Meeting on Graphene Research	2014. 5. 11	西班牙	刘忠范	Controlled CVD Growth of Graphene and Its 2D Hybrids for Electronic Applications
26	Kavli Futures Symposium: Nanomaterials Science in Asian Perspective	2014. 6. 19	韩国	刘忠范	Graphene and Beyond: Attraction, Reality and Future
27	The Inorganic and Nanomaterials Forum (INF 2014)	2014. 7. 25	新加坡	刘忠范	CVD Growth of Graphene and Its 2D Hybrids
28	The 5th Australis-China Conference on Science, Technology and Education	2014. 7. 20	澳大利亚	刘忠范	Graphene and Its 2D Hybrids: Attraction, Reality and Future
29	The 6th International Conference on Recent Progress on Graphene Research	2014. 9. 21	台湾	刘忠范	Graphene and Its 2D Hybrids: From Controlled CVD Growth to Band Structure Engineering
30	Asian Conference of Nanoscience and Nanotechnology 2014 (AsiaNA)	2014. 9. 26	韩国	刘忠范	Graphene and Its 2D Hybrids: Attraction, R

	N02014)				Reality and Future
31	The Materials Research Society Fall Meeting (2014)	2014. 12. 1	美国	刘忠范	CVD Growth of Graphene and Its 2D Hybrids
32	第七届中美10+10化学生物学及材料研讨会	2014. 8. 5	北京	郭雪峰	Carbon-Molecule Junctions: A Reliable Platform for Molecular Electronics
33	IC_ME_D_2014	2014. 5. 15	韩国	郭雪峰	Carbon-Molecule Junctions: A Reliable Platform for Molecular Electronics
34	2014日本化学春季年会	2014. 3	日本	郭雪峰	Interface Effects in Molecular Devices: From Concept to Function
35	Asian Conference of Nanoscience and Nanotechnology 2014 (AsiaNA N02014)	2014. 9. 26	韩国	郭雪峰	Carbon-Molecule Junctions: A Reliable Platform for Molecular Electronics
36	Biophysical Society Thematic Meeting "Disorder motifs and domains in cell control"	2014. 10. 11	爱尔兰	刘志荣	Interaction specificity of intrinsically disordered proteins
37	NT14 conference	2014. 6. 1	美国	杨娟	Radial Deformation of Single-Walled Carbon Nanotubes on Quartz Substrates and the Resultant Anomalous Diameter-Dependent Reaction Selectivity

38	China-Italy bilateral workshop on graphene	2014. 9. 20	大连	张艳锋	Microscopic structures and electronic properties of graphene and h-BN-graphene Heterostructures
39	第二十届光电智能材料及分子电子学中日双边国际学术会议	2014. 9. 21	成都	张艳锋	Growth and atomic-scale characterization of graphene and graphene-h-BN hybrid on metal substrates
40	The 5th Australia-China Symposium for Materials Science	2014. 7. 20	澳大利亚	张锦	Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes on Surface with Controlled Structures
41	Carbon 2014	2014. 6. 1	韩国	张锦	CVD Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes with Controlled Structures for Nanodevice Applications
42	2nd Sino-European Meeting on Graphene Research	2014. 5. 12	西班牙	张锦	Graphene: A Platform for Surface Enhanced Raman Spectroscopy
43	97th Canadian Chemistry Conference and Exhibition	2014. 6. 1	加拿大	张锦	Graphene Enhanced Raman Spectroscopy
44	2014 MRS Spring Meeting	2014. 4. 21	美国	段小洁	Ultra-small Intracellular Bioelectronic Probes for Live-cell Action Potential Recording
	Asian Conference of Nanoscience and Nanotechnology				Two-dimensional Crystals: Controlled Synthesis

45	chnology 2014 (AsiaNA N02014)	2014. 9. 26	韩国	彭海琳	esis and Optoelectronic Devices
46	中新青年化学家双边论坛	2014. 8. 4	北京	彭海琳	Two-dimensional Dirac Materials and Their Optoelectronic Devices
47	International symposium on Materials Chemistry of Two-Dimensional Crystals	2014. 8. 5	北京	彭海琳	Functional Two-dimensional Crystals: Controlled Synthesis and Optoelectronic Devices
48	1st International workshop on Engineering and Applications of Nanocarbon Materials	2015. 2. 1	Jinan	张锦	Growth of High-Density Horizontally Aligned SWNT Arrays using Trojan Catalysts
49	MRS-SPRING	2015. 4. 6	San Francisco	刘忠范	Graphene and Beyond: A Road to Controlled Growth
50	7th Workshop on Nucleation and Growth of Single Wall Carbon Nanotubes	2015. 4. 10	Houston	张锦	Growth of High-Density Horizontally Aligned SWNT Arrays using Trojan Catalysts
51	3rd International Conference on Advanced Applied Raman Spectroscopy (Raman Fest 2015)	2015. 5. 6	Xiamen	张锦	Lighting up the Raman Signal of Molecules in the Vicinity of Graphene Related Materials
52	10th Sino-US Nano Forum	2015. 6. 26	Wuhan	刘忠范	CVD Growth of High-Quality Graphene on Insulators
53	The 16th International Conference on the Science and Applicatio	2015. 6. 28	Nagoya	张锦	Growth of High-Density Horizontally Aligned SWNT Arrays using T

	n of Nanotubes (NT15 )				rojan Catalysts
54	2015 PKU-UTokyo Summer Camp	2015. 7. 20	Tokyo	刘忠范	Controlling synthesis of 2-D nanocarbons: From graphene to graphdiyne
55	The 6th International Conference on Nanoscience and Technology (ChinaNANO 2015)	2015. 9. 3	Beijing	刘忠范	Growing Graphene on Insulating Substrates
56	The 49th Fullerenes-Nanotubes Graphene General symposium	2015. 9. 6	Fukuoka	刘忠范	Graphene and beyond: Attraction, Reality and Future
57	The Second Multifunctional Nanomaterials Forum Between Sungkyunkwan University and Peking University	2015. 9. 9	Sungkyunkwan University	刘忠范	Growing Graphene on Insulating Substrates
58	The Second Multifunctional Nanomaterials Forum Between Sungkyunkwan University and Peking University	2015. 9. 9	Sungkyunkwan University	张锦	CVD Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes with Controlled Structures for Nanodevice Applications
59	The 21st Photoelectric Intelligent Materials and Molecular Electronics China-Japan Bilateral International Academic Conferences (SIEMME' 21)	2015. 9. 10	Xiamen	刘忠范	Graphene and beyond: Attraction, Reality and Future
60	CSMNT2015	2015. 10. 12	Shanghai	刘忠范	Graphene and beyond: Attraction, Reality and Future

					nd Future
61	International Symposium on Clusters and Nanostructures (ISCAN)	2015. 10. 25	Virginia	刘忠范	Graphene and beyond: Attraction, Reality and Future
62	2nd Asian-European Symposium on Organic Optoelectronics	2015. 10. 26	Edinburgh	张锦	CVD Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes with Controlled Structures for Nanodevice Applications
63	2015 International Graphene Innovation Conference (GRAPCHINA 2015),	2015. 10. 28	Qingdao	刘忠范	Graphene and beyond: Attraction, Reality and Future
64	6th International Collaborative and Cooperative Chemistry Symposium	2015. 11. 16	Seoul	张锦	CVD Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes with Controlled Structures for Nanodevice Applications

附件5、绩效报告公示照片