

## 基础无机化学实验课程思政的探索与实践 ——以氧化型石墨烯制备实验为例

徐玲<sup>1</sup>, 魏恒伟<sup>2</sup>, 魏灵灵<sup>1</sup>, 马艺<sup>1</sup>, 王晓明<sup>1</sup>, 焦桓<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 陕西师范大学化学化工学院, 西安 710119

<sup>2</sup> 陕西师范大学基础实验教学中心, 西安 710062

**摘要:** 在中国高等教育剧烈变革的时代, 作为化学专业及相关专业大学一年级学生入校后开设的第一门实验课, 在无机化学实验课的教学过程中对学生进行全方位的培养, 注重教学思政, 对于提升实验操作技能、夯实学生基础理论知识、激发学生爱国情怀、认识科学发展客观规律以及开拓思维创新等方面有着至关重要的作用。本文以氧化型石墨烯制备实验为例, 探讨了如何在实验教学中引入思政元素, 使学生在提高科学研究能力的同时, 充分认识科学研究在强国中的重要性, 培养学生科技报国的理念。

**关键词:** 无机化学实验; 氧化型石墨烯; 课程思政; 教学设计

**中图分类号:** G64; O6

## Exploration and Practice of Course Ideology and Politics Education in Basic Inorganic Chemistry Laboratory: Taking Preparation of Graphene Oxide as an Example

Ling Xu<sup>1</sup>, Hengwei Wei<sup>2</sup>, Lingling Wei<sup>1</sup>, Yi Ma<sup>1</sup>, Xiaoming Wang<sup>1</sup>, Huan Jiao<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> School of Chemistry & Chemical Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China.

<sup>2</sup> Basic Experimental Teaching Center, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China.

**Abstract:** In the era of sharp reformation in China's higher education, inorganic chemistry laboratory course is the first laboratory course for freshmen whose majors are chemistry or related disciplines. The freshmen are omnidirectionally cultivated, including ideology and politics, in inorganic chemistry laboratory course, which plays a key role in improving lab skills, consolidating basic theoretical knowledge, stimulating students' patriotic feelings, understanding scientific laws, and developing thinking innovation. Our work took the preparation of graphene oxide as an example to discuss how to introduce ideology and politics into the laboratory teaching. Thus, it will improve the undergraduates' scientific research ability, and meanwhile make them realize the importance of scientific research in strengthening our country, therefore to cultivate their idea of serving the country with science and technology.

**Key Words:** Inorganic chemistry laboratory; Oxidized graphene; Course ideology and politics; Teaching design

习近平总书记 2016 年在全国高校思想政治工作会议上的讲话中指出, 高等学校要坚持把立德树人作为中心环节, 把思想政治工作贯穿教育教学全过程, 实现全程育人、全方位育人, 努力开创

收稿: 2019-12-11; 录用: 2019-12-16; 网络发表: 2020-02-21

\*通讯作者, Email: jiaohuan@snnu.edu.cn

基金资助: 陕西师范大学 2019 年度校级课堂教学模式创新研究项目(19KT-JG09); 陕西师范大学教育教学改革研究项目(GERP-19-42)

我国高等教育事业发展新局面<sup>[1]</sup>。本科教育是高等教育强国建设、提高和保证高等教育质量的立本强基工程，为本科生提供一流的学习环境和条件是建设一流本科的基本保障<sup>[2]</sup>。打破长期以来思想政治教育与专业教育相互隔绝的“孤岛效应”，将立德树人贯彻到高校课堂教学的全过程、全方位、全员之中，推动思政课程与课程思政协同前行、相得益彰，构筑育人大格局，是新时代中国高校面临的重要任务之一。在化学专业学生的培养过程中，实验课具有举足轻重的作用，能否充分利用实验课教学环节，将课程思政融于实验课教学是化学专业课程教学成败的关键因素之一。

无机化学实验作为化学专业以及相关专业的大学一年级开设的基础实验课程，肩负着强化学生对无机化学基础知识的理解，训练学生基本科研技能，养成科学思维方式的任務，教学内容既要保持基本的单元，如实验操作训练、元素性质实验，又要适度增添当前科学研究的前沿和热点内容。因而如何在实验教学中融入思政元素，进行思政教学改革，并始终贯穿于教学的整个过程<sup>[3-6]</sup>，是值得尝试和努力的教学改革方向之一。在此背景下陕西师范大学化学化工学院无机化学实验课经过调研和论证，开设了与科学研究前沿相结合的系列制备实验，例如氧化型石墨烯制备实验<sup>[7,8]</sup>。通过设计和实施此类实验，实现学生思维方式从广度思维延伸至深度思维(图 1)。

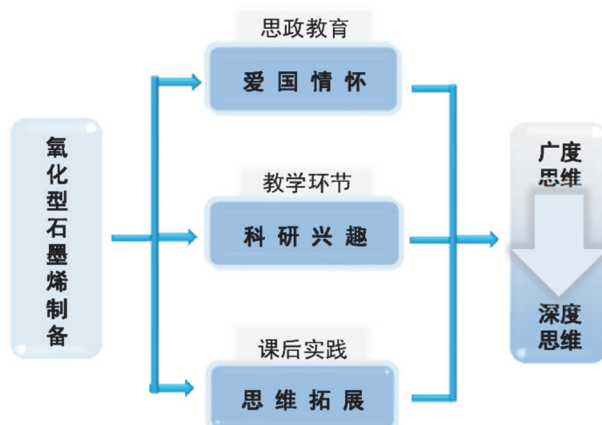


图 1 氧化型石墨烯制备实验教学设计框架图

理想状态下石墨烯是一层碳原子构成的薄片，是石墨的单层结构，被证实是有史以来强度最大的材料，透光性、优良的导电性能使其在材料学、计算机、医学等领域得到广泛的应用<sup>[9,10]</sup>。氧化型石墨烯(graphene oxide, GO)是通过氧化石墨得到的亲水层状材料，随着含氧官能团的增多使其性质比石墨烯更加活泼。本文以氧化型石墨烯的制备实验为例，设计了可行的实验环节，使学生在了解学术前沿的基础上，尝试实验教学中贯穿思政理念，引导学生树立正确的世界观、人生观和价值观，坚定中国特色社会主义道路自信、理论自信、制度自信和文化自信，增强使命担当，充分认识科学研究在强国中的重要性，理解科学研究在曲折中前进的基本属性。

## 1 实验原理及步骤

### 1.1 实验原理

石墨具有典型的层状结构，尽管理论上单层结构难以稳定存在，但研究表明可以通过强氧化剂将石墨边缘氧化，破坏片层间的作用力，在石墨层间生成氧化基团，从而在层间可以实现单层或多层剥离<sup>[11]</sup>。本制备实验中，加入强氧化剂浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaNO}_3$  和  $\text{KMnO}_4$ ，通过控制反应温度以达到剥离、氧化的目的。反应过程可分为低温反应、中温反应和高温反应三个阶段：低温反应在  $20\text{ }^\circ\text{C}$  以下进行，石墨被强氧化剂浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaNO}_3$  和  $\text{KMnO}_4$  吸附氧化后，产生羟基、环氧基等氧化基团，使石墨层与层间的间距变大。中温反应在  $32\text{--}40\text{ }^\circ\text{C}$  进行，石墨被深度氧化，实现单层石墨烯的

剥离。高温反应温度保持在 70–80 °C，随着大量去离子水的加入，浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  大量发热，彻底破坏片层中的残留作用力，完全实现氧化型石墨烯的片层剥离。加入  $\text{H}_2\text{O}_2$  还原过量的氧化剂  $\text{KMnO}_4$ ，结束整个反应过程(图 2)。

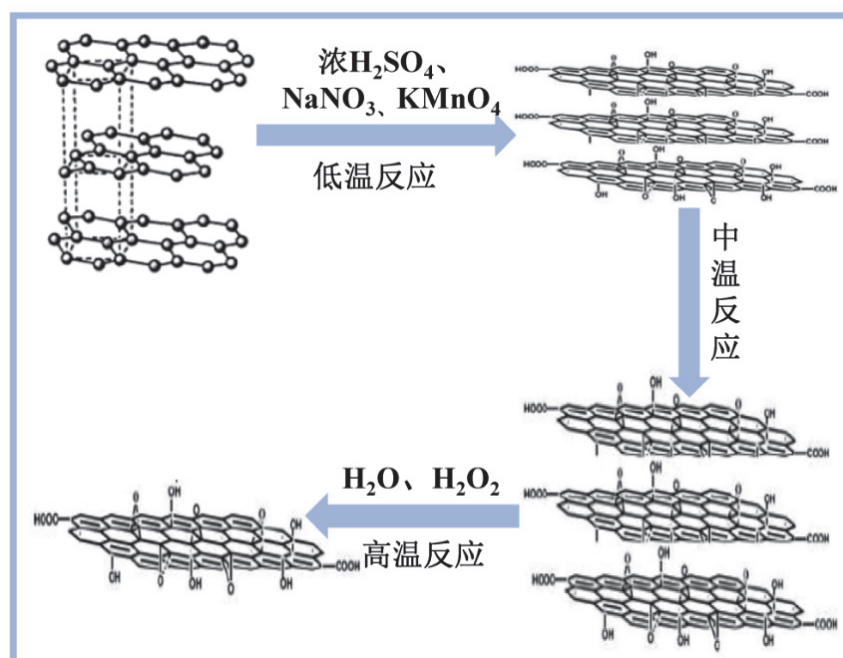


图 2 反应流程图

## 1.2 实验步骤

### 1.2.1 剥离及氧化

本实验须在通风厨中进行。(1) 低温反应：在冰水浴中放入洗净烘干的 100 mL 烧杯，向其中加入 6 mL 浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，待其温度低于 4 °C 时，一边搅拌，一边加入 0.25 g 石墨粉和 0.13 g  $\text{NaNO}_3$ 。然后缓慢加入 0.75 g  $\text{KMnO}_4$ ，注意调整加入  $\text{KMnO}_4$  速率，以控制混合溶液温度不超过 20 °C。加完  $\text{KMnO}_4$  后，将混合溶液在磁力搅拌器上继续反应 60 min。(2) 中温反应：将冰水浴换成温度范围为 32–40 °C 的温水浴，在磁力搅拌器搅拌下，反应 30 min。(3) 高温反应：在上述溶液的烧杯中，缓慢滴加 30 mL 去离子水，注意控制滴加速率，防止反应过于剧烈、溶液溅出，保持反应温度在 70–80 °C 范围，缓慢滴加 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  约 2 mL，此步反应时间约为 20 min。

### 1.2.2 分离

反应完成后，使用高速离心机分离未剥离的石墨和氧化型石墨烯混合物，并用去离子水进行洗涤。(1) 第一步分离：利用石墨和石墨烯密度的差异(石墨密度为  $2.25 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，石墨烯密度为  $1.06 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )进行分离。将溶液转移到 50 mL 离心试管中，在转速设定为  $1500 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  的离心机离心分离约 2 min。分离结束后，石墨在离心试管下部，氧化型石墨烯分散在离心试管上部的液相中，用倾析法将石墨和氧化型石墨烯分离。(2) 第二步分离：将分离后含有氧化型石墨烯的液体进一步进行离心分离。将装有氧化型石墨烯液体的离心试管置于转速设定为  $10000 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  的离心机中离心 1 min 后，氧化型石墨烯沉降在离心试管底部，用倾析法倒掉上层清液，并反复用去离子水洗涤氧化型石墨烯至无  $\text{SO}_4^{2-}$ 。可用  $\text{BaCl}_2$  溶液检验  $\text{SO}_4^{2-}$  是否存在，至清洗干净为止。

## 2 实验教学改进

### 2.1 思政环节

1) 学习石墨烯发展史，激发学生的爱国情怀。

2004 年，英国曼彻斯特大学物理学家安德烈盖姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫用胶带粘贴的方法，制备出稳定的石墨烯，推翻了经典的“热力学涨落不允许二维晶体在有限温度下自由存在”的理论，震撼了整个物理界，引发了石墨烯的研究热潮。由于安德烈盖姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫在石墨烯材料方面的重大贡献，获得了 2010 年诺贝尔物理学奖(图 3)。



图 3 安德烈盖姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫(左)和胶带粘贴法(右)

为了更好地使用具有非凡性能的石墨烯材料，世界各国科学家在石墨烯的制备和应用方面都进行了大量尝试，并取得了非凡的成果。目前石墨烯的制备方法主要有机械剥离法、氧化还原法、碳化硅外延生长法、化学气相沉积法等。我国科学家在该领域的研究工作也取得了引人注目的成果，具有了一定的国际影响力，比如：采用剥离—再嵌入—扩张的方法成功制备了高质量的石墨烯<sup>[12]</sup>；通过计算预测，石墨烯的理想强度可以达到 110–121 GPa，是目前人类已知的最为牢固的材料<sup>[13]</sup>；发明了以图案化的金属层作为催化剂，制备图案化石墨烯的方法<sup>[14]</sup>；利用自制的远程电感耦合等离子体系统，实现了石墨烯的各向异性刻蚀技术<sup>[15]</sup>；开发了以商品化碳化硅颗粒为原料规模制备高品质无支持石墨烯材料的新途径；通过对原料碳化硅粒子、裂解温度、速率以及气氛的控制，实现了对石墨烯结构和尺寸的调控<sup>[16]</sup>；制备了密度仅为空气密度 1/6 的超轻气凝胶“全碳气凝胶”的固态材料，刷新了目前世界上最轻材料的纪录<sup>[17,18]</sup>；启动了我国首条全自动产石墨烯太阳能光电子器件生产线<sup>[19]</sup>。

要求学生实验前充分预习石墨烯的发展历程，带领学生学习氧化型石墨烯，特别是我国对此材料的发展历程，了解我国在世界新材料、新技术发展中所发挥的重要作用，体会中国现代科技的迅速发展对社会进步的作用，增强民族自豪感、荣誉感，增强民族自信。对比百年来中国科技水平及其对世界科技的影响力，深切体会社会主义制度的优越性。

2) 科学研究的道路是曲折而迂回的，长期坚持不懈是取得成功的必由之路。

任何科学技术的进步都经历了曲折和苦难，石墨烯的发展也不例外。1947 年，菲利普·华莱士开始研究石墨烯的电子结构<sup>[20]</sup>，由于二维碳晶体热力学的不稳定性，此前学术界一直认为石墨烯是假设性的结构，无法单独稳定存在。尽管众多研究机构和科学研究人员长期坚持此方面的探索，但绝大多数都没有取得进展。直到 2004 年，首例二维材料石墨烯在实验室中被制备出来。以上事实充分说明科学研究的道路是曲折的，需要长期的坚持努力。在石墨烯发展史的基础上(图 4)，要求学生查找其他科学研究的例子，说明科学研究的突破性进展都是长期坚持不懈的结果。

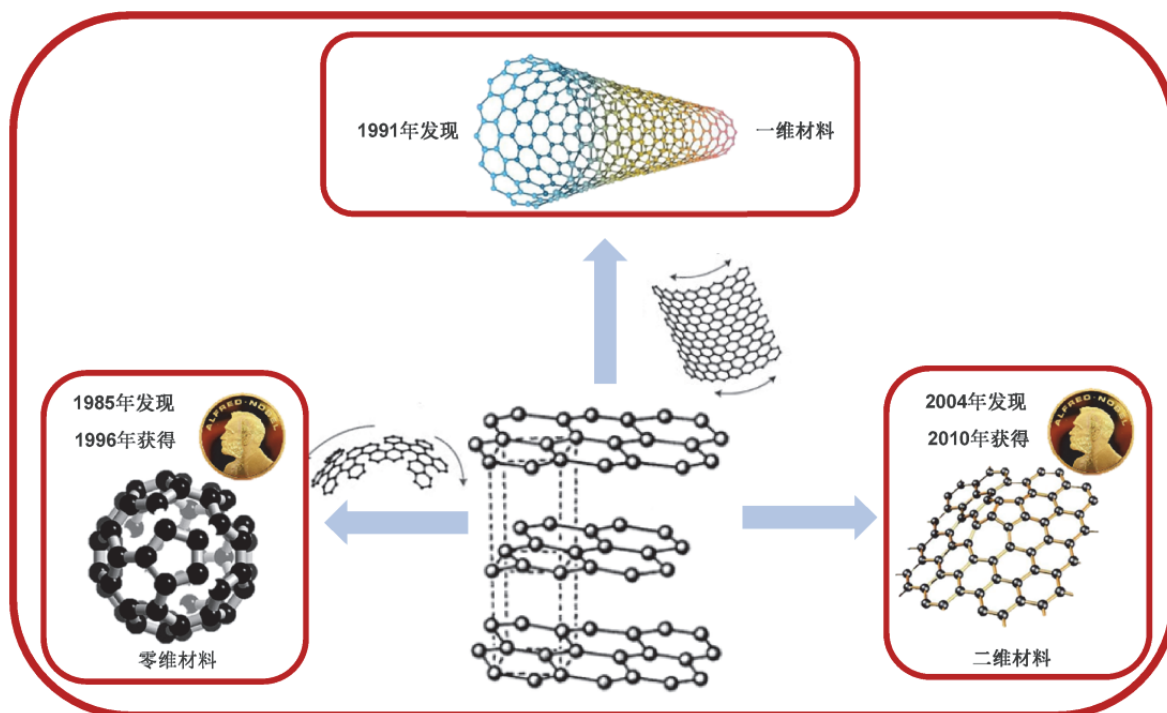


图4 新型碳材料的种类和发现时间

### 3) 科学发现是必然中的偶然。

石墨烯近 60 年的曲折发展历程启示学生们应该注重基础课学习。诺贝尔奖授予了通过胶带粘贴方法制备出石墨烯的安德烈盖姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫，似乎传递了一个信息——科学研究很简单。真的如此吗？研究人员之所以能够坚持用如此基础的机械方法对石墨进行剥离，是源于对其结构的深入理解和准确把握，石墨烯材料的稳定性是通过在其表面形成褶皱或吸附其他分子得以保持。因此任何科学成果的取得，都离不开敦实的基础专业知识的积累。而简单的实验胶带粘贴过程则说明基本的实验技能是完成高难度实验的必备条件。由此引导学生重视基础专业知识的学习和实验技能的培养。

## 2.2 教学设计

通过对制备过程低温和中温反应时间的探讨，拓展学生的科学研究思维。本制备实验中，低温反应的目的是使石墨层与层的间距变大，保证插层充分，有利于中温的氧化反应和剥离的充分进行。因而低温反应是否充分，直接决定着中温氧化反应的效果。中温反应的目的是使石墨深度氧化完全，因此中温反应决定着氧化型石墨烯的产量。为了加强对比，该教学过程中，将 21 名学生分为三组，控制低温和中温反应时间，对比 3 组实验结果，组织学生讨论反应时间对于实验结果的影响，进而提升学生的实验兴趣，引导学生大胆设想，并进一步设计实验方案予以验证。3 组实验反应时间分别为：1) 原始反应时间：低温反应 60 min，中温反应 30 min；2) 低温反应时间延长到 90 min，中温反应保持 30 min；3) 低温反应保持 60 min，中温反应时间延长到 60 min。

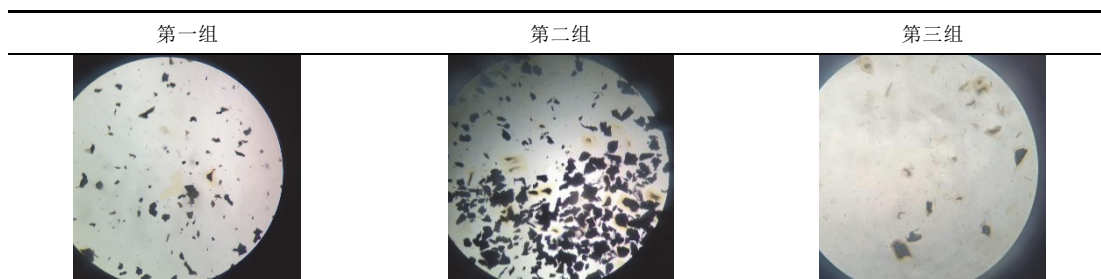
## 2.3 教学实践

### 1) 教学效果：超声分散氧化型石墨烯并利用光学显微镜观察石墨烯形态。

分别取所制备三组氧化型石墨烯的少量样品于 3 个 50 mL 烧杯中，加入约 30 mL 去离子水，超声分散 20 min。分别取一滴分散好的氧化型石墨烯溶液滴于三个载玻片上，烘干，用光学显微镜观察三个氧化型石墨烯样品(表 1)的形态，根据样品呈现的颜色和透光性确定所制备氧化型石墨烯的品质。若样品呈淡黄色、透光性好，则说明制备的氧化型石墨烯纯度高。因此，在本文的实验条件下，

比较不同反应时间对石墨烯纯度和产率的影响,发现当低温反应时间为 90 min、中温反应时间为 30 min 时,所获得的氧化型石墨烯的纯度和产率都较高。

表 1 不同反应条件下所获得 3 组氧化型石墨烯样品的照片



氧化型石墨烯实验内容能够让学生了解石墨烯的结构、制备方法等,与无机化学课堂教学内容很好地配合,但考虑学生的专业基础知识,实验中未涉及大型仪器,因而此实验效果的差异性仅能让学生通过光学显微镜进行观察。此外在氧化型石墨烯的制备中,除反应时间外,氧化剂用量、实验温度、离心分离速度及超声条件等都会影响氧化型石墨烯的纯度和产率,尽管实验内容没有要求,课程教学仍然要求学生通过查阅文献提出改进实验方案的思路,培养学生科学研究的兴趣,开拓学生科学研究创新性思维能力。

2) 实验思维拓展:课余带领学生参观校内外专业的石墨烯制备及应用的实验室,让学生了解石墨烯的制备方法,以及实际应用的过程与基础实验课内容的差异,比如制备方法有化学气相沉积法、碳化硅外延生长法等,表征方法包括扫描电子显微镜、透射电子显微镜、扫描隧道电子显微镜等。组织讨论石墨烯用途与其结构间的关系,进一步延伸到其他材料体系,帮助学生掌握科学的推理思维方法。

3) 专业视野拓展:课后要求以小组为单位,查阅 10 篇国内外关于石墨烯以及相关二维材料的文献,特别强调国内的研究状况,一周后提交 2000 字左右的书面文献综述,以增强学生对于国家进步的自豪感和民族认同感。

### 3 结语

无机化学实验作为化学及相关专业学生进入大学后的第一门必修实验课,对于培养学生科学研究的探索精神,树立国家科学研究迅猛发展的自豪感,强化民族自信具有非常重要的作用。在教学过程中,结合实验方案以及具体操作,引导学生了解国内外研究现状,激发学生的爱国情怀、科研自信、勤于思考、勇于探索的精神,使学生深刻体会到中国科学家在石墨烯发展中的重要贡献和全球性科技竞争的普遍性,进而达到实验课与专业基础课、思政教育相结合的全方位教学,促进学生综合素质的全面提升。

### 参 考 文 献

- [1] 习近平. 全国高校思想政治工作会议上的讲话. 新华网. [2016-12-08]. [http://www.xinhuanet.com/politics/2016-12/08/c\\_1120083340.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2016-12/08/c_1120083340.htm)
- [2] 教育部高等教育教学评估中心. 人民网. 我们离一流本科还有多远?《中国本科教育质量报告》解读. [2017-10-16]. <http://edu.people.com.cn/n1/2017/1016/c367001-29588492.html>
- [3] 韩国志, 刘睿, 关建宁. 大学化学, 2019, 34 (11), 56.
- [4] 王朝霞, 罗千福, 徐首红. 大学化学, 2019, 34 (11), 45.
- [5] 解从霞, 李光九, 耿延玲, 王小燕. 大学化学, 2019, 34 (11), 38.

- [6] 王旭珍, 王新平, 王新葵, 田福平, 田东旭, 陈冰冰. 大学化学, **2019**, 34 (11), 77.
- [7] 刘志宏. 无机化学实验. 北京: 高等教育出版社, 2016: 146–148.
- [8] 中国科学技术大学无机化学实验课程组. 无机化学实验. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2012: 204–207.
- [9] 张文毓. 新材料产业, **2011**, No. 7, 57.
- [10] 黄毅, 陈永胜. 中国科学: 化学, **2009**, No. 9, 887.
- [11] 任小孟, 王源升, 何特. 材料工程, **2013**, No. 1, 1.
- [12] 代波, 邵晓萍. 材料导报, **2010**, No. 3, 17.
- [13] 张文毓, 全识俊. 传感器世界, **2011**, No. 5, 6.
- [14] Di, C. A.; Wei, D. C.; Yu, G.; Guo, Y. L.; Zhu, D. B. *Adv. Mater.* **2008**, 20, 3289.
- [15] Yang, R.; Zhang, L. C.; Wang, Y.; Shi, Z. W.; Shi, D. X.; Gao, H. J.; Wang, E. B.; Zhang, G. *Adv. Mater.* **2010**, 22, 4014.
- [16] 蔡子田. 科技风, **2019**, No. 6, 160.
- [17] Sun, H. Y.; Xu, Z.; Gao, C. *Adv. Mater.* **2013**, 25, 2554.
- [18] Guo, F.; Jiang, Y. Q.; Xu, Z.; Xiao, Y. H.; Fang, B.; Liu, Y. J.; Gao, W. W.; Zhao, P.; Wang, H. T.; Gao, C. *Nat. Commun.* **2018**, 9, 881.
- [19] 我国首条全自动量产石墨烯 OPV 生产线面世. 人民网. [2018-04-02]. <http://energy.people.com.cn/n1/2018/0402/c71661-29902096.html>
- [20] 朱宏伟, 徐志平, 谢丹. 石墨烯——结构、制备方法与性能表征. 北京: 清华大学出版社, 2011: 8.