

---

# 搞产品研发的“被逼”做原材料，还全球撒英雄帖

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31924.html>

*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

## 搞产品研发的“被逼”做原材料，还全球撒英雄帖

对于中北大学材料科学与工程学院教授孙友谊而言，科研的路上没有什么“不可以”。

为了得到足量高品质石墨烯，做了14年下游产品研发的孙友谊可以亲自上阵，从头开始制备原材料；为了达到中试级别的量产，他可以自己动手攒生产设备，被“炸”得灰头土脸也无所谓；为了搞清楚自己这套方法背后的分子机制，他可以全球广撒“英雄帖”，寻找合作伙伴。

干这些事，孙友谊没想过失败，最后他干成了。他带领团队研制出一种低成本、绿色环保、高产率、高品质石墨烯宏量制备方法。近日，这一成果被《自然—通讯》在线发表。对于中北大学这所中部高校来说，这是第二次体验以第一单位在《自然》子刊上发论文的欢喜。

## 结缘石墨烯

孙友谊与石墨烯的结缘，可以追溯至14年前。

2010年，诺贝尔物理学奖授予了两位英国曼彻斯特大学的科学家，以表彰他们在石墨烯材料方面的卓越研究。这个由单层碳原子构成的二维材料，因为其独特的物理和化学性能，被誉为世界21世纪最伟大的材料之一。

2011年孙友谊正在北京大学做博士后。一位西班牙材料学家和孙友谊的博士后指导导师都提到，石墨烯研究将在科学界“粉墨登场”，备受瞩目，未来还将在产业界大有作为。当时国内科研界跃跃欲试，纷纷投身石墨烯领域研究。

在指导老师的支持下，孙友谊的科研生涯从此与石墨烯结缘。

14年来，孙友谊主要从事石墨烯的产业化研究。石墨烯也确实从象牙塔的实验室里“火”到了各路人马，成为人们生活里的“黑科技”用品。然而，孙友谊要研发的是新技术领域中应用的更前沿的产品，在从实验室迈向产业化的道路上他不断“遇冷”。

“制备是石墨烯产业化应用中难啃的‘硬骨头’之一。”孙友谊说。

他是在实际的产业链条中发现这一问题的。他研究聚焦于功能复合材料，石墨烯是其研究体系中的重要原材料之一。2014年，他发现，国内能实现石墨烯批量化生产的企业寥寥无几，产品品质达标的更是凤毛麟角。从市场上购得的石墨烯，无论是在材料稳定性还是品质上，都无法满足他

---

们的实验要求。

当时的制备方法要么成本过高，要么稳定性不足。传统化学方法通过强酸和强氧化试剂制得氧化石墨，再利用超声波剥离得到氧化石墨烯，但此法污染大、工艺复杂、周期长，批次生产稳定性也差；物理方法则依靠机械外力制备石墨烯，存在转化率低、生产效率不足等问题。

孙友谊说，企业生产的商用石墨烯品质难以满足实验室和应用场景的需求，而一些实验室制备的石墨烯虽然满足开发新产品的需求，但产量极为有限，一次只能得到几克石墨烯，远无法满足未来市场的大规模需求。

没有稳定的优质原料供应，石墨烯的产业化应用就是空中楼阁。

面对这一困境，孙友谊决定自己动手，开发石墨烯制备的新方法。

“折腾”出来的新方法

从应用角度出发，石墨烯的制备面临着一个“平衡”的难题。

除了石墨烯本身的品质，生产制备还需要考虑工艺的可操作性、价格成本因素，以及方法是否环保等问题。现有的制备方法难以解决石墨烯各方面因素的平衡问题。

这意味着孙友谊团队不得不探索一种全新的制备方法，但这一过程既缺乏直接的理论指导，也缺少可复制的实验流程和相应的设备仪器。

不过，孙友谊和他的团队没少“折腾”。起初，论文作者、他的学生申路严脑洞大开，尝试借鉴制作可乐的方法来制备石墨烯——利用大量气泡来一点点分离石墨烯。

孙友谊很兴奋，这种方法很新颖，也确实从气泡中分离出了一些物质。但他们最终发现，使用这个方法分离出来的并不是石墨烯，而是类似的石墨物质。

虽然并未完全成功，但“可乐法”为团队后续的实验方向提供了新思路，也让他们有了成功的信心。受此启发，孙友谊团队共同研制出一种气泡辅助—机械液相剥离法的制备方法。他们把胶体的化学体积排斥作用与二维纳米材料的剥离方法巧妙结合起来，弥补了传统机械方法和化学方法的不足。

新方法有了，为了达到量产的目标，还缺少与之匹配的制备设备。

市面上买不到现成的设备，孙友谊团队只能自己动手造。起初，他们自行设计的装置在设备控制和实验剂量把控上难度较大，装置的可控性也不理想。新设备第一次试验，孙友谊没指望能一次成功，却也没料到在实验中，大量气体夹带着黑色粉体凝胶猛地从排压孔喷涌而出，弄得他和学生们满身都是，一个个“灰头土脸”。

“虽然学生们一点怨言也没有，可我还是有点担心，虽然这些粉末胶体没有危险性，但实验安全不容小觑。”从此后，每次进行设备实验，孙友谊都要求自己必须到现场。经过一次次调试，这种蓬头垢面的情况终于杜绝了。团队最终探索出了完整的制备流程，不仅产率较高（>94%），产量已达到吨级（年产能），接近于工业化量产水平，且兼具低成本、绿色环保和高品质等特点

---

发“英雄帖”全球寻找合作伙伴

实验成功后，孙友谊又迎来了新的挑战。

在论文作者、墨尔本大学教授李丹的启发下，他意识到，想让实验结果成为一项严谨的科研成果，还需补充详细的机理阐释和有利的证明。

然而，实验中的一些结果很难仅用实验现象来解释和论证：“在实验过程中，浓硫酸和碳酸氢钠没有发生反应。但从理论角度来说，这一过程是应该发生应的。如果相关原理解释不清楚，我们的制备方法就难以在科研界获得认可。”

同时，实验的微观机理也需要计算机技术的辅助证明。但计算实验是孙友谊团队不太擅长的领域。

为了攻克这一难题，孙友谊想尽了各种办法。他先向国内相关领域的专家一一求助，但收获甚微。

孙友谊与相关领域的国际专家联络并不多，无奈之下，他只能采用一种“笨办法”：在Web of Science等全球科研网站上，一一搜索相关研究，一篇篇浏览，寻找可以借鉴的思路和相关学者的联系方式，再逐一发送邮件咨询。

十几封邮件石沉大海之后，孙友谊终于盼来了好消息。韩国东亚大学教授Heon Sang Lee愿意参与这项研究。几封邮件往来后，双方确定了合作关系。

在Lee的帮助下，他们完成了该制备方法的计算机模拟展示，揭示了其原理和机制，为翻越石墨烯绿色量产制备这座“大山”奠定了基础。

“石墨烯的产业化面临着制备、分散和应用‘三座大山’。”孙友谊希望自己的研究可以抛砖引玉，推动学术界以产业问题为导向，开展更多相关研究。石墨烯的产业化道路还很长，啃下制备这个“硬骨头”只是第一步，他还会继续努力翻越石墨烯产业化过程中的“三座大山”。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-024-55131-y>

作者：李晨,李蓉 来源：中国科学报

更多科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

---

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发