

石墨烯需在制备与应用领域持续突破

热点透视

rediantoushi

在日前举办的第二十五届中国国际高新技术成果交易会上，全球首个产业化应用的二维石墨烯材料亮相。石墨烯被认为是“会改变世界的材料”。它是目前世界上已知最薄、最坚硬、导电性和导热性最好的材料。

对于石墨烯材料来说，2010 年是一个重要的年份。这一年，诺贝尔物理学奖授予了物理学家安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫，表彰他们“有关二维材料石墨烯的开创性实验”，石墨烯材料也因此进入公众视野。这种既透明轻薄同时又具有超强韧度的二维材料，已经成为当下材料科学领域的“明星”。

用胶带“撕出”的诺贝尔奖

石墨烯是一种二维材料，从结构上来说，它是由碳原子以六元环组而成的二维平面。它是碳的一种新型二维纳米结构形式，衍生于石墨。在显微镜下观察石墨截面可以发现，石墨片层是由石墨层紧密堆叠构成的。因此，石墨烯可以被看作是一种石墨薄层，1 毫米的石墨片层有大约 300 万层石墨烯。如果把石墨比作一本书，石墨烯就是其中的一项，只不过这一页的厚度仅有 0.335 纳米，是普通纸张的三十万分之一。石墨烯还是目前可见的透明度最高的材料。玻璃通常作为透明材料使用。最透明的玻璃透光率为 87%，而石墨烯薄膜透光率达到 97.7%，肉眼看去几乎是透明的。

早在 19 世纪中叶，科学家就发现了石墨特殊的层状结构。铅笔在纸上轻轻划过，留下的印记就是数层石墨烯。然而，科学界长期认为由于石墨烯自身的热力学不稳定性，其不可能在常温常压的条件下稳定存在。也就是说，石墨烯只存在于理论中，不是能实际存在的物质材料。

这种成见统治了材料科学和凝聚态物理学领域 100 多年，直至 21 世纪初被海姆和康斯坦丁戏剧性的发现所打破。据北京创新爱尚科技股份有限公司穿戴项目负责人王玉倩介绍，两位英国科学家使用胶带将石墨层从石墨中剥离出来，然后用显微镜观察到了这种单层的碳原子结构，证实了石墨烯的存在。他们用胶带剥离法成

功分离出石墨烯的做法，是石墨烯研究的重要突破。

石墨烯的发现开启了二维材料世界的大门。时至今日，已经有 700 多种稳定存在的二维材料得到实验或理论论证。

提高制备技术以满足多元需求

大批量、低成本生产高质量的石墨烯材料，是其实现产业化应用的前提。但显然“用胶带撕下来”的剥离法并不适用于石墨烯材料规模化制备与生产。

目前，石墨烯的制备主要包括“自上而下”法和“自下而上”法两种工艺。所谓的“自上而下”法，指的是以石墨为起点，从石墨中层层剥离，得到二维的微观石墨烯，是一个“由多到一”的过程；而“自下而上”法是指从含碳化合物开始，利用高能量破坏掉化合物的化学键，使其中一个个的碳原子从中脱离出来后规则地聚集，生长成为石墨烯，是一个“由零到一”的过程。前者主要包括液相剥离法、氧化还原法、机械剥离法，后者则主要包括化学气相沉积法、碳化硅晶体外延生长法。

中国科学院院士、北京大学教授刘忠范介绍，石墨烯材料有 3 种不同的形态：粉体、薄膜、纤维。材料形态不同，用途也不一样。2010 年至今，石墨烯材料的应用都是以粉体材料为主，用作电热产品、导电添加剂、防腐涂料等。未来 10 年值得期待的是一维石墨烯纤维材料，它有望用作散热膜、功能纤维、结构增强纤维，甚至超级导线等。

王玉倩介绍，石墨烯具有优异的导电性，可以用于制造加热垫、加热片等加热元件，可以应用于多个领域，包括智能服装穿戴、清洁建筑供暖、汽车及轨道交通等行业。在 2022 年北京冬奥会上，从发热座椅到工作人员、运动员的保暖服装，都应用了石墨烯发热材料和石墨烯柔性织物。这些材料和织物表现出优异性能。

刘忠范表示，再过 10 年左右，石墨烯薄膜材料或将成为主流应用材料，用其制备的水氧阻隔膜、分离膜、缓冲层、透明电极、触控屏、射频器件等，将逐渐从实验室走向产业化。因此从材料的形态上讲，从粉体材料到纤维材料，再到薄膜和晶圆材料，或许可以被视为石墨烯材料可预见的发展历程。

同时，石墨烯材料产业还面临着一系列



在辽宁省沈阳市浑南科技城的烯材高性能石墨烯薄膜产业化基地，工作人员正在生产线上工作。 ■ 受访单位供图

列技术挑战。王玉倩举例道，目前石墨烯大规模生产成本仍然较高，需要寻找更加经济高效的方法；石墨烯的制备需要更好地控制其结构和性能，以满足不同应用的需求；石墨烯的生产和处理过程中可能会产生环境污染和废弃物处理问题，需要研究环保的生产方法。尽管石墨烯具有许多优异的特性，但如何在实际应用中利用好这些特性还需要更多的研究和探索。

为产业寻求“杀手级应用”

我国是世界第二大石墨资源国，已探明的石墨资源储量为 2.6 亿吨，石墨基础储量约占全世界总储量的 33%，具有良好的产业发展基础。

2015 年，工业和信息化部、国家发展改革委、科技部等三部委联合发布的《关于加快石墨烯产业创新发展的若干意见》，成为我国石墨烯领域首个国家层面的纲领性文件。近年来，一系列石墨烯材料产业的相关扶持政策陆续出炉。今年 8 月，工业和信息化部、国务院国资委印发《前沿材料产业化重点发展指导目录（第一批）》，石墨烯名列其中。

无论是石墨烯材料的基础研究还是产业化，中国都已走在世界前列。经过近 10

年的发展，国内石墨烯材料市场中，部分下游应用领域取得突破，如石墨烯导电剂已在新能源汽车市场得到广泛应用。

随着国家“煤改电”等清洁能源政策的推动，全国已有几十个城市出台了扶持政策，使石墨烯电加热行业进入高速发展期。此外，石墨烯防腐涂料、石墨烯改性纺织品、石墨烯改性合金材料等应用也在不断发展成熟，中国成为石墨烯材料市场下游应用开发力度最大的国家。

同时值得注意的是，欧美石墨烯材料市场的下游应用多为光电器件、传感器等高精度仪器。这些仪器对石墨烯材料的要求高，因此常采用“自下而上”法制备石墨烯材料。而我国市场上的石墨烯材料大部分采用“自上而下”法，通过氧化还原反应制备，虽然成本低、产量大，但由于质量尚有待提高，因此难以在集成电路等高精度产品中应用。

“我们起个大早，赶了个晚集。”刘忠范说，这也是他一直呼吁要寻找石墨烯“杀手级应用”的原因。在他看来，“杀手级应用”是建立在日趋完美的高性能石墨烯材料基础上的。“我们需要原创性的基础研究，也需要精益求精的研发和持续不断的投入。”刘忠范认为。

崔爽

科技创新引领新能源汽车产业绿色发展

近年来，汽车快速迭代，新能源汽车迎来黄金发展期。

“我国保持了新能源汽车高速增长的态势，今年前三季度，销售量达 627.8 万辆，同比增长 37.5%，市场渗透率达 29.8%。目前全球新能源汽车销售累计 3770 多万辆，我国约为 2250 万辆。”近日，第十三届全国政协副主席、中国科学技术协会主席万钢在第五届世界新能源汽车大会上如是说。

20 余年风雨兼程，我国走出了一条以科技创新引领新能源汽车发展的成功之路。但也要看到，我国新能源汽车产业面临一些问题和挑战。未来，新能源汽车应当如何发展，才能实现绿色低碳转型？

市场持续扩大，生态全面重塑

2001 年，我国设立电动汽车重大科技专项，专家组创造性地提出了“三纵三横”的总体研发布局，成为我国新能源汽车的“四梁八柱”。

“在新能源汽车发展过程中，我们充分发挥新型举国体制作用，‘政、产、学、研’形成合力，推动我国新能源汽车从无到有，以十年磨一剑的执着和坚持，持之以恒开展关键核心技术攻关。”科学技术部党组成员、副部长陈家昌表示。

经过多年坚持不懈的努力，中国新能源汽车产业发展取得积极成效，创新活力

澎湃强劲，技术水平有效提升，市场规模持续扩大。

“2023 年产销量接近千万量级，培育形成了全球最大的新能源汽车消费市场，建成了高效协同的产业体系，为全球汽车产业电动化转型注入了强大动能。”工业和信息化部党组成员、副部长辛国斌表示。

在辛国斌看来，新能源汽车融汇人工智能、互联网、大数据等多种变革性技术，产业链、价值链持续向交通、能源、信息通信等领域拓展，当前产业生态正在全面重塑。加快构建汽车产业新型生态，既是产业技术变革的内在需求，也是产业未来发展的动力源泉。

继续科研攻关，形成竞争优势

这些年，我国新能源汽车高水平的科技创新令人瞩目，但要想走得更远，形成国际竞争优势，还需突破一些关键技术。

万钢指出，新的“三横”，组成了未来新能源汽车发展的共性关键技术。一是高效、安全的车用动力电池体系；二是新一代新能源汽车底盘架构；三是车、能、路、云融合的智能驾驶系统。

“需要研究开发动力系统、驱动系统、主动悬架和底盘一体化集成的新型电力电子架构，使整个动力系统的紧凑度和集成度得到提高。在零部件和总成发展方面，要实现

线控制动、线控转向、主动悬架等关键部件技术创新。”万钢强调，还有一个很重要的任务，就是加快智能网联化的操作系统研发。

智能化驾驶需要攻克的一个难点是，如何把驾驶员基于交通规则的经验赋予汽车。“目前，我们正在探索基于生成式人工智能（AIGC）的车、路、云协同驾驶方案，也就是通过通用智能和专用智能的结合，通过知识引导和数据驱动的并重，通过云端智能和车端智能的协同，逐步实现走向端到端的一体化。”万钢介绍说。

陈家昌强调，随着全球新能源汽车进入高速发展的新时期，我们必须坚持成功经验，进一步加强关键技术攻关，加强国际科技合作，持之以恒加强基础研究，夯实产业未来的发展基础，进一步拓展新能源汽车产业的发展空间，为全球绿色低碳发展提供科技支撑。

协同应对挑战，实现绿色低碳

我国汽车产业积极推进“双碳”关键问题的研究，围绕汽车产业碳排放评估边界和方法、碳减排目标及实现路径、低碳发展政策保障措施等关键问题，多部门开展了广泛深入的研究研讨，形成了汽车产业面向绿色低碳转型的发展共识，并编制完成了《汽车产业绿色低碳发展路线图 1.0》。

中国工程院院士、中国汽车工程学会

名誉理事长李骏认为，未来汽车产品的绿色低碳发展要重视两大方面：一是要推进以内燃机为核心的传统能源动力系统向低碳化、零碳化转型；二是持续扩大新能源汽车市场规模，降低电动汽车百公里电耗，进一步推动电动化高质量发展。

2022 年 3 月，《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》发布，明确氢能是未来国家能源体系的重要组成部分，是实现绿色低碳转型的重要载体。

在万钢看来，氢能产业目前的难点还是在氢能运输上。输氢费用仍然是一项重要的成本。

万钢强调，要以建设燃料电池汽车示范运行城市群为契机，着力推动氢能和燃料电池汽车的核心技术创新，连通“氢能高速”，推动跨区域规模运营。同时，要合理布局和建设氢能设施，构建“氢能走廊”，形成综合性、规模化的氢能交通重大示范工程。推动汽车产业绿色低碳发展是一项艰巨性、复杂性、长期性并存的系统工程。

“面对气候变化给人类生存发展带来的重大挑战，我们需要进一步坚定不移地推动新能源汽车的高水平科技创新，不断深化各方面的务实合作，为进一步加快新能源汽车全面市场化发展进程、支撑全球碳中和目标如期实现贡献更大的力量。”陈家昌说。

张晴丹

创新杂谈

chuangxinzaotan

年终岁尾，中国外贸顶住压力，尤其是来自海外多重重压，持续回稳向好，这一成绩实属不易。这得益于电动载人汽车、太阳能电池、锂电池为代表的“新三样”等新兴产业的快速增长，最根本的还是中国坚持创新驱动发展，是中国不断涌现的发展新动能所造就的新优势。

世界知识产权组织发布的《2023 年全球创新指数》显示，中国排名第 12 位，其中 6 个指标排名世界第一；中国拥有 24 个全球顶级科技集群，在全球顶级科技集群排名中首次跃居世界第一……多项数据都表明，迈入创新型国家行列的中国，科技创新能力正在持续提升。

当今世界，经济发展正从过去依赖资源和传统产业的增长模式，向更加创新、智能、可持续和服务导向的模式过渡。在世界经济新旧动能转换的关键期，部分国家热衷于搞“脱钩断链”，筑“小院高墙”，使世界经济和贸易环境更加复杂严峻。坚持创新驱动发展，加快转变经济发展方式，是新形势下中国应对发展环境变化、实现经济高质量发展的必然选择。

前不久举行的中央经济工作会议，将“以科技创新引领现代化产业体系建设”列为九项重点任务之首，提出要以科技创新推动产业创新，特别是以颠覆性技术和前沿技术催生新产业、新模式、新动能，发展新质生产力，凸显创新是高质量发展的第一动力。中国深入实施创新驱动发展战略，大力推进关键核心技术攻关，大力务实创新基础，大力促进新产业新业态发展，大力建设具有全球竞争力的开放创新生态，以增量创新代替存量博弈，驱动中国经济向上向好的同时，为世界经济开辟新空间，注入新动力。

中国科技创新成果不断转化，为经济高质量发展增添新动能。以新一代信息技术、生物技术、高端装备、绿色环保等为代表的战略性新兴产业在中国发展迅速，云计算、大数据、区块链、人工智能等数字技术与传统产业深度融合，新产业、新业态、新模式等“三新”经济蓬勃发展成为经济发展的重要引擎。2022 年，“三新”经济增加值超 21 万亿元人民币，相当于 GDP 的比重为 17.36%，比 2015 年提高 2.6 个百分点。锂电池、光伏、新能源汽车等“新三样”出口比重大幅上升，高技术、高附加值、引领绿色转型的产品成为出口新增长点。智库机构布鲁塞尔欧洲与全球经济研究所发现，在与大多数经济体的贸易中，中国的出口国内附加值显著增长，表明中国已经向全球价值链上游移动，不少科研成果已进入商业转化阶段。

中国科技创新催生众多新业态，开辟出增量发展新空间。在数字经济领域，中国在数字支付、电子商务、物联网、人工智能等领域的创新有力推动全球数字经济发展。美国麦肯锡咨询公司报告认为，作为应用数字技术的先行者，中国正在改写全球数字化格局，并为远在海外的创业公司提供支持和启迪，极有可能对全球经济产生重大影响。在绿色经济领域，中国在风能、太阳能开发利用和新能源汽车等领域的创新极大推动了全球能源结构的绿色转型。比亚迪近日宣布将在匈牙利赛格德市建设新能源汽车整车生产基地，预计为当地创造数千个就业岗位。肯尼亚智库非洲政策研究所高级分析师刘易斯·恩迪舒认为，中国借助技术和规模优势，探索出一条高效、清洁的发展路径，在全球能源系统转型进程中发挥关键作用，树立了全球标杆。

中国对外共享科技创新资源，为世界带来更多发展新机遇。中国与 160 多个国家和地区建立科技合作关系，签订了 116 个政府间科技合作协定，在“一带一路”共建国家建成 20 多个农业技术示范中心和 70 多个海外产业园，建立 10 个海外科教合作中心，建设 9 个跨国技术转移中心。作为中国共享科技成果的典型案例，雅万高铁的开通运营，标志着中国高铁全系统、全要素、全产业链走出国门，中国技术、中国标准惠及印尼民众。与此同时，越来越多外资外企看好中国创新资源和环境，纷纷加大在华研发投入。2023 年，德国西门子公司新增固定资产投资 11 亿元人民币，在成都建设西门子工业自动化产品中国智造基地；大众汽车集团在合肥建设德国总部以外最大的研发中心，聚焦智能网联汽车的研发。

作为创新大国，中国坚持创新驱动发展战略，高质量发展内生动力不断增强。作为推动全球科技创新和产业变革的关键力量，中国在全球创新版图中国留下了鲜明印记，为全球经济增长培育新动能开辟新空间。在国际格局变乱交织的当下，中国是持续推动世界经济前行的关键力量，为世界注入更多稳定性和确定性。

身先士卒扎根一线 精益求精突破自我

（上接 A1 版）郗国伟说：“我当时考虑的是将它运行的过程中，板坯落到辊道上之前，辊道停止运行，加了个很简单的设备，一是节省了电能，二是降低了辊道的磨损，延长了使用寿命，极大地减少了设备维护成本，达到了节约能耗、降本增效的生产理念。”

任职以来，郗国伟根据生产需要和管理需要向公司提报提案累计达到 100 多项，专案 10 多项，专项技改 10 余项，为公司节约费用 600 多万元。从事厂务管理工作之后，郗国伟通过完善制度强化安全，共修订制度 20 多项，专业培训 1000 多次，安全检查行走路程累计近一万多公里。

“我给自己要定一个目标，不断突破我自己，现阶段我要保证我们的人员、质量提升，保证我们的团队建设有一个新的突破。也要继续加大科研投入，研发新产品，提高市场竞争力，让建龙成为客户最信赖的品牌！”谈起下一步规划，郗国伟对未来充满信心。

新一代快装式平台细纱机技能效果达 35%以上

（上接 A1 版）JWF1576 型快装式平台细纱机的技术亮点有：稳定的经纬牵伸系统，采用由经纬摇架、经纬超高精度无机械波罗拉、经纬精品上罗拉、台阶式下肖组成的经纬牵伸系统，有效控制纤维的稳定运行，实现高速、高品质纱线稳定生产；高速纺纱，采用高精度中墙板及销孔定位技术，机架稳定可靠，配置经纬超越 68 系列高速锭子，实现高速稳定纺纱，最高纺纱速度可达 25000 转/分；高效运转，采用快速落纱技术，集落停车时间缩至 2.5 分钟，以 Ne40 棉纱为例，一万纱锭每年可增加产量约 6000 公斤；高拓展性，具有灵活的纺纱形式，可生产包芯纱、竹节纱、紧密纺、赛络紧密纺等。

经纬智能公司以“高速高效、自动化、智能化、清洁节能、免维护”为方向研发新品，降低设备整体能耗，推出的 JWF1576 型平台细纱机实现长车工艺吸棉能耗降低 30% 以上；以客户为中心”积极打造绿色智慧纺纱车间，助力客户提高纺纱生产效率，减少万锭用工；保持“花园式工厂”美称，优化生产环境，坚持绿色制造，将节能环保贯彻到整个生产过程，严格监管生产排放物和能源消耗，投入近两千万更新节能环保设备和煤改电采暖设施，优化生产工艺节能减排。经纬智能公司树立“消除每一点浪费都在创造价值”的思想，开展全员消除浪费行动，发出“低碳生活、绿建未来”倡议，营造“全员节约、积少成多”的浓厚氛围。

史俊斌

研究人员将杜仲胶提取纯度提高到 99.0%以上

我国橡胶资源短缺难题有望解决

杜仲是我国特有的植物，全世界 95% 以上的杜仲资源都在中国。“杜仲胶不怕酸碱腐蚀、不易变形、防水、防扎、防辐射。加入 3%~5% 的杜仲胶，可以增加轮胎的耐扎性，延长轮胎使用寿命。”西北农林科技大学朱铭强教授说。

近日，朱铭强团队在杜仲胶功能材料开发研究上取得新突破。研究团队成功将杜仲胶提取纯度提高到 99.0% 以上，攻克了杜仲胶高效提取和提纯这一科学难题，并测算出杜仲胶与丁腈橡胶、天然橡胶良好相容的条件值，为我国高端橡胶产业发展带来福音。相关成果日前分别发表在《国际

生物大分子》和《工业作物和产品》上。

我国是世界最大的橡胶消费国，但橡胶的主要原料三叶橡胶是热带植物，在我国适生区域很窄，仅能在海南岛和西双版纳等地栽培。据不完全统计，2022 年我国天然橡胶产量为 81.84 万吨，表观需求量为 343.03 万吨，进口依存度连续 10 多年超过 75%。

打破我国天然橡胶资源自给率低这个瓶颈的希望寄托在了杜仲胶上。杜仲胶独有的橡胶—塑料二重性，使其在功能材料和工程材料领域的应用前景日益凸显。但杜仲胶提取和提纯技术落后，成为制约我

国杜仲胶产能的关键问题之一。“传统的化学提取法成本高、效率低、纯度差，溶剂还污染环境。生物提胶法也存在发酵条件不易控制、发酵后的胶体不易提纯等缺陷。”朱铭强说。

为攻克杜仲胶提纯难关，在朱铭强的带领下，研究团队首次提出了利用绿色低碳溶剂耦合生物法，清洁提取杜仲胶的新途径——乳酸—氯化锌溶剂体系。与机械粉碎、碱处理等杜仲胶传统提取方法相比，新方法的杜仲胶提取效率大幅提升，杜仲胶产率、纯度分别达到 91.0% 和 99.0% 以上。