

先进制造与新材料 动态监测快报

2021年 第24期

总第382期

重点推荐

美 DOE 支持中小企业制造业创新

美 DOE 推动制造业高性能计算项目

美 GAO 发布深海采矿科学技术分析报告

《2021 研究前沿》中的材料研究

目 录

战略规划

美商务部成立微电子行业咨询委员会 1

项目资助

美 DOE 支持中小企业制造业创新 1
美 DOE 推动制造业高性能计算项目 3

行业观察

美 GAO 发布深海采矿科学技术分析报告 3

研究进展

《2021 研究前沿》中的材料研究 5
双层石墨烯具有量子反常霍尔效应 6
聚合物接枝纳米颗粒提高复合材料韧性 6
全新人工肌肉提升微型飞行机器人性能 7

战略规划

美商务部成立微电子行业咨询委员会

根据 2021 财年《国防授权法案》的要求，美国商务部与国防部、能源部和国土安全部协商建立一个高层级的微电子行业咨询委员会（Industrial Advisory Committee, IAC）。该委员会将就以下方面提出建议：

- （1）美国微电子产业的科技需求；
- （2）美国国家科学技术委员会微电子领导小组委员会制定的战略在保持美国在微电子制造领域领导地位方面发挥的作用；
- （3）对根据《国防授权法案》授权的微电子研发计划和活动开展评估；
- （4）国家标准与技术研究院新公私合作伙伴关系在支持美国微电子研究、开发和制造方面的发展方向。

微电子行业咨询委员会将由来自行业、联邦实验室和学术机构等的各种规模组织的专家领导者组成，这些专家将提供有关微电子研究、开发、制造和政策等方面的建议。

姜山 编译自[2021-12-01]

Department of Commerce Establishes Industrial Advisory Committee for Microelectronics

<https://www.nist.gov/news-events/news/2021/12/department-commerce-establishes-industrial-advisory-committee>

项目资助

美 DOE 支持中小企业制造业创新

12 月 13 日，美国能源部（DOE）为 2022 财年的小企业创新研究计划和小企业技术转移计划（SBIR/STTR）第一阶段计划发放了 5400 万美元资助，为美国中小型企业提供了开展高风险、创新研究和技术开发的机会，以加快美国向清洁能源经济的过渡。本次资助将聚焦于以下主题。

主题	重点领域
先进制造业	工业热泵 (Industrial Heat Pumps, IHP): 将中低温热源产生的热能用于高温应用
	高工作温度存储 (High Operating Temperature Storage, HOTS): 可从高温行业 (如钢铁、玻璃和水泥制造业) 中提取和存储余热用于中低温应用, 如过程加热、发电或社区供暖
	高压功率电子设备封装: 支持物理封装解决方案、内置监控功能、延长模块寿命, 以及为可再生能源发电和高压电动汽车充电站等应用高效处理和调节电力的电力转换模块
	制造业中用于传感和通信的模拟半导体器件: 用于改进制造业传感器系统和/或无线通信系统的模拟半导体器件或利用此类元件的系统。这些传感器系统可以优化流程, 提高效率, 并更有效地监控整个制造业的排放
	可控环境农业的低成本技术: 通过工程创新和集成战略优化和提高美国对先进可控环境农业 (controlled environment agriculture, CEA), 或使用高效电气照明、HVAC、楼宇控制和自动化种植植物的室内设施
关键材料可持续来源多样化	在国内生产关键矿物和材料副产品和其他增值材料 提高环境和材料管理能力的先进采矿技术
电缆特性和制造建模	增强金属的导电性
	增强非金属材料的导热性
公正公平的能源转型解决方案	为当前和未来的能源挑战和需求制定公平和包容的创新技术解决方案
热能储存	简化的热能储存规模调整 and 选择工具
	用于管理和控制热能储存的高级建筑控制
	暖通空调和制冷工程系统中的集成热能储存
水下湿式耦合连接器技术	开发海洋能源和海上风能相关商用湿式耦合连接器

黄健 编译自[2021-12-15]

Department of Energy Releases New Funding Opportunity to Support Small Business Manufacturing Innovation

<https://www.energy.gov/eere/amo/articles/department-energy-releases-new-funding-opportunity-support-small-business>

美 DOE 推动制造业高性能计算项目

12月9日，美国能源部（DOE）宣布将在制造业高性能计算项目（HPC4Mfg）框架下向八家企业投资230万美元，资助其利用美国国家实验室的高性能计算资源，帮助制造商简化流程，提高生产率，降低碳足迹。HPC4Mfg是能源创新高性能计算（HPC4EI）计划的子项目，该项目由劳伦斯利弗莫尔国家实验室管理。

本批次八个项目包括：利用高性能计算优化数据中心余热回收用感应流发电设备；采用新型氩气动力循环的清洁、可调度且价格合理的热电联产；基于人工智能的节能炼钢夹杂物分析；从稀释源中吸附祛除二氧化碳；通过集成磁性器件的仿真模拟以提高集成电路能量效率；碳纤维表面氧化工艺能效的多物理模型；加工工艺对纳米多晶7075铝合金沉淀动力学的影响；晶圆级金刚石导热片的高性能计算热模拟等。

黄健 编译自[2021-12-09]

Energy Department Awards \$2.3 Million to Eight Projects Focused on Improving Energy Efficiency and Performance Across Manufacturing Sector Using High Performance Computing

<https://www.energy.gov/eere/amo/articles/energy-department-awards-23-million-eight-projects-focus-d-improving-energy>

行业观察

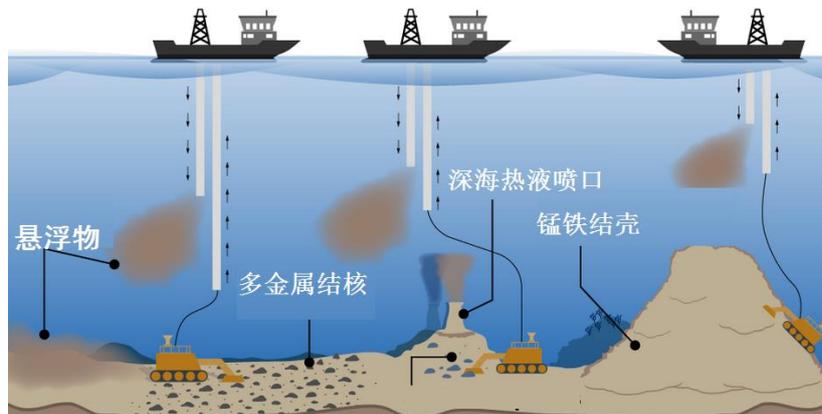
美 GAO 发布深海采矿科学技术分析报告

12月15日，美国政府问责办公室（GAO）发布了题为《深海采矿》（*Deep-Sea Mining*）的科学技术分析报告，分析了目前深海采矿的技术进展情况以及可能给海洋生态带来的问题，并引出了相关的政策思考。

深海采矿是探索深海海底并回收钴和锰以及金、镍和稀土元素等矿物的过程。海洋矿物大部分分布于三种类型海底矿床：多金属结核，也称为锰结核，位于海底；热液喷口周围的硫化物矿床；富含钴和锰的锰铁结壳，分布在山脊和海山两侧。这些矿源含有多种关键矿物在美国经济中扮演着重要角色，是交通、国防、航空航天、电子、能源、建筑和医疗等行业的关键物质基础。根据2019年美国商务部的报告，美国需要降低严重依赖外国政府控制下的关键矿产资源风险。目前，此类来源主要来自中国、俄罗斯和刚果民主共和国等。开采深海矿物可以为重要矿物提供新的来

源。此外，深海采矿技术的进步可能会减少对陆地采矿的需求，从而减少陆地采矿带来的如砷、汞和铅等对环境的影响。

私营公司已经开发了多种用于勘探和开采的技术和系统，以将提取的材料运送到船舶或地面采矿平台。例如，水下无人潜航器可用于确定主要提取地点并从海底采集样本。还有公司利用液压泵和软管系统将海底资源抽取到水面船只或平台。还有公司通过钻探提取热液喷口或海底山脊斜坡周围的硫化物矿床，并通过液压泵和软管系统中将碎片运输到表面（见下图）。海底成像、预测矿田位置的软件以及无人潜航器等方面的技术进步使人们有可能对广阔的海底区域进行勘探和取样。多家公司正在设计和测试回收材料的技术，最深处深达 21000 英尺（约合 6400 米）。但迄今为止，还没有深海商业采矿作业，尽管有几家公司正在这方面取得进展。例如，一家加拿大公司正在改装一艘超深海钻井船，作为第一艘海底采矿船预计在 2022 年年中开始一个采矿试验项目。



然而，研究人员并不完全了解深海采矿可能带来的后果，包括但不限于释放含有有毒重金属的沉积物并影响当地海洋生态系统，这种影响还可能通过洋流扩散到其他地区。具体而言，提取过程会在海床或上方水中形成沉积云。这些可能含有有毒重金属，并会扩散很远，最终会沉降回海底。干扰海床可能破坏栖息地，对海洋生物的影响未知。研究人员正在研究这些效应和其他效应，例如 2020 年 8 月，100 多名美国和国际研究人员共同研究了太平洋多金属结核开采的潜在环境影响。

面对关键矿产需求的增加以及深海采矿的未知长期环境影响，决策者面临的关键问题包括：如何推动深海采矿作为陆基关键矿产资源（特别是外国控制下的矿产资源）的替代品？美国在批准《联合国海洋法公约》时有哪些权衡？需要进行哪些研究来了解深海采矿的环境影响以及减轻这些影响的方法，谁应该进行这项研究？等等。

黄健 编译自[2021-12-15]

Science & Tech Spotlight: Deep-Sea Mining

<https://www.gao.gov/products/gao-22-105507>

《2021 研究前沿》中的材料研究

12月8日,中国科学院科技战略咨询研究院、文献情报中心与科睿唯安联合发布《2021 研究前沿》和《2021 研究前沿热度指数》。报告显示,在“化学与材料科学”领域,中国的研究前沿热度指数得分为24.80分,约是排在第二位的美国(7.01分)的3.5倍,具有明显的比较优势。美国与中国相比得分相差较多,但仍远远超过排在第三至五位的英国、德国和澳大利亚等其他国家。

具体到材料科学领域的6个研究前沿,中国在4个热点前沿(电磁波吸收材料、无铅储能陶瓷、基于水凝胶的应变传感器、钙钛矿铁电材料)和1个新兴前沿(聚酰胺纳米膜用于海水淡化)的热度指数排名第一,另一个新兴前沿(新型塑料 Vitrimers 的制备和性质研究)排在第四。

Vitrimers 由法国学者在2011年首次提出,其分子链之间的化学键处于动态平衡,使得既具有一定的机械强度,又能在温度变化时实现可塑加工。法国国家科研中心是国外的主要研究机构之一,国内清华大学、中科院宁波材料所、长春应化所等开展了相关研究。

电磁波吸收材料 曾是2016年的新兴前沿,2021年重点关注复杂结构复合物的吸收性能。我国开展相关基础研究的高校主要有哈工大、大连理工、北京理工、北航、北京化工、西北工大等。

无铅储能陶瓷 连续两年是热点前沿,是在当前整个能源大背景下学科研究方向的“再发掘”。就目前而言,无铅储能陶瓷仍为较为小众的方向,大部分研究人员来自传统的电子陶瓷类研究机构。国内中国矿大、西南大学、西安交大、清华大学、中科院上海硅酸盐所等有相关研究。

钙钛矿材料 是近年来的热点,2021年重点关注其铁电性质。在包括钙钛矿在内的分子铁电材料的功能性设计与可控合成方面,我国科学家正逐步取得世界领先地位。东南大学“世界首例无金属钙钛矿铁电体”曾入选2018年度“中国高校十大科技进展”。中科院物理所、福建物构所在该领域也具有相当的研究积累。

海水淡化膜 美国麻省理工学院、耶鲁大学、康涅狄格大学、加州大学等相关研究较为活跃。在产品方面,来自美国、日本的反渗透膜以通量大、寿命长、脱盐率高等优势,占有绝大部分市场份额。我国超滤膜、微滤膜和压力膜壳已出口国外并具备一定的竞争力,但缺乏海水淡化核心技术和拳头产品,产业链高端环节薄弱,尤其是在反渗透膜、能量回收装置、高压泵等方面与国外存在差距。

(综合)

双层石墨烯具有量子反常霍尔效应

美国得克萨斯大学达拉斯分校 Fan Zhang 和 Thomas Weitz 研究团队首次在双层石墨烯中发现了量子反常霍尔效应，而这种罕见的物理现象之前仅在结构比石墨烯更复杂的材料中观察到。量子霍尔效应是一种宏观现象，其中材料中的横向电阻逐步变化，在低温强磁场下的二维电子系统中被观察到。然而，量子反常霍尔效应不同于量子霍尔效应，它不依赖于强磁场而由材料本身的自发磁化产生。

早前研究团队就在理论工作中预测，两层石墨烯应该有五个状态族，它们相互竞争成为基态（量子系统中的最低能量状态）。过去已经观察到四个，量子反常霍尔效应是第五个，也是最难观察到的。研究人员在双层石墨烯中发现了八种不同的基态，它们在第五族中表现出量子反常霍尔效应。通过施加小的外部电场和磁场并控制电荷载流子的符号，研究团队能够改变双层石墨烯的状态。三种量子现象铁磁性、铁电性和零场量子霍尔效应——可以在双层石墨烯中共存甚至合作。

精确控制双层石墨烯电子特性的能力使其成为下一代量子信息应用的潜在材料。将量子反常霍尔效应、铁磁性和铁电性同时结合在一种具有非常简单结构的材料中是一项前所未有的成就。

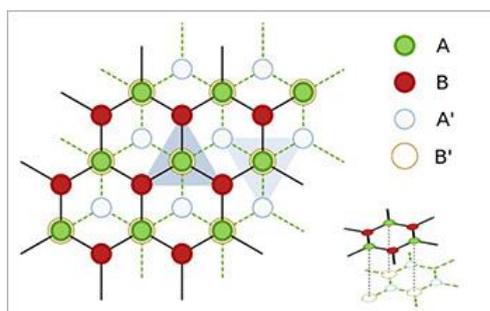


图 双层石墨烯具有量子反常霍尔效应

相关研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Quantum anomalous Hall octet driven by orbital magnetism in bilayer graphene）。

冯瑞华 编译自[2021-12-06]

Physicists reveal rare phenomenon in simple material for the first time

https://www.nsf.gov/discoveries/disc_summ.jsp?cntn_id=304040&org=DMR&from=news

聚合物接枝纳米颗粒提高复合材料韧性

美国国家标准与技术研究院（NIST）和哥伦比亚工程学院的研究团队发现了一种提高材料韧性的新方法，这种方法可以制造出更坚固的防弹衣、防弹玻璃和其他防弹设备。

研究团队制备的纳米级陶瓷薄膜由二氧化硅纳米粒子的微小玻璃球制成，每个

球都涂覆有聚甲基丙烯酸酯（PMA）的聚合物链。为了制备聚合物接枝纳米颗粒（polymer-grafted nanoparticle, PGN），在纳米颗粒的曲面上生长了 PMA 链，使每条链的一端固定。PGN 上的较短或较低分子量的链受到相邻链的限制。但是，从球形纳米粒子向外散开的更高分子量的聚合物有更多的移动空间，直到它们与其他链纠缠在一起。在这两个长度之间，有一个中间分子质量，聚合物可以自由移动，但也不足以打结。研究人员使用“激光诱导弹丸冲击测试”（Laser-Induced Projectile Impact Testing, LIPIT）技术对不同分子量的 PGN 复合薄膜进行撞击，发现 PGN 复合薄膜通常比单独的 PMA 更坚韧，中等分子质量产生的薄膜最坚韧。PGN 复合薄膜表现出最高抗冲击性的分子质量，接枝的 PMA 链表现出最高的流动性和能量耗散。研究结果显示，固定在颗粒曲面上的聚合物长度存在一个最佳点，可以提高材料的韧性。

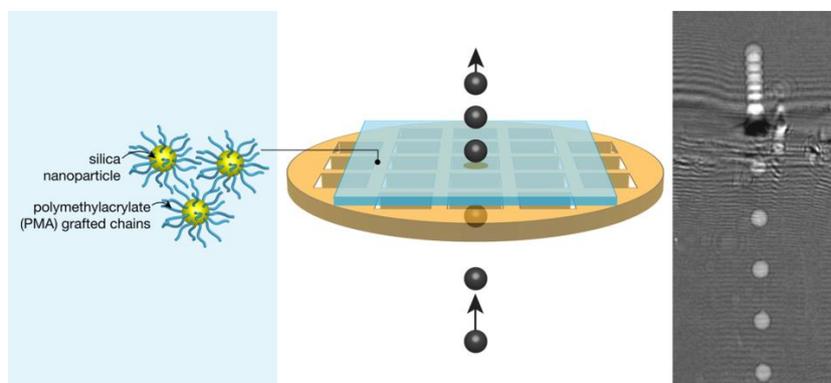


图 激光诱导弹丸冲击测试聚合物接枝二氧化硅纳米粒子薄膜韧性

相关研究工作发表在 *Soft Matter*（文章标题：Controlling toughness of polymer-grafted nanoparticle composites for impact mitigation）。

冯瑞华 编译自[2021-12-13]

With Fuzzy Nanoparticles, Researchers Reveal a Way to Design Tougher Ballistic Materials

<https://www.nist.gov/news-events/news/2021/12/fuzzy-nanoparticles-researchers-reveal-way-design-to>

ougher-ballistic

全新人工肌肉提升微型飞行机器人性能

麻省理工学院研究人员研制的微型无人机能够以昆虫般的敏捷和弹性四处飞行，最终可以执行一些特定任务。驱动这些微型机器人的软性致动器非常耐用，但它们需要比类似尺寸的刚性致动器高得多的电压。轻量级的机器人无法携带必要的电力电子设备，无法让它们自行飞行。

研究人员开创了一种新的人工肌肉制造技术，能够为空中微型机器人生产低电压、高功率密度、高耐久性的软驱动器。其工作电压比目前的版本低 75%，同时携

带的有效载荷多 80%，这些软驱动器就像人工肌肉一样，可以快速地扇动机器人的机翼。这种新的制造技术可以生产出缺陷更少的人造肌肉，从而大大延长了部件的使用寿命并提高了机器人的性能和有效载荷。

长方形微型机器人重量不到一美分硬币的 1/4，有四组机翼，每组机翼都由一个软驱动器驱动。这些软驱动器由夹在两个非常薄的电极之间的弹性体层制成，然后卷成一个柔软的圆柱体。当向致动器施加电压时，电极会挤压弹性体，并且该机械应变用于拍动机翼。致动器的表面积越大，所需的电压就越少。因此，团队通过在尽可能多的超薄弹性体和电极层之间交替来构建这些人造肌肉。研究人员首次制造出一个有 20 层的致动器，每层的厚度为 10 μm ，并对 20 层人造肌肉后、6 层版本和最先进的刚性驱动器进行测试。在升空实验中，20 层致动器使机器人的升重比达到 3.7:1，因此它可以携带几乎是其重量三倍的物品，悬停时比其他任何机器人都更稳定地保持其位置，20 层驱动器在驱动超过 200 万次后仍能平稳运行，远超其他驱动器的寿命。研究人员希望将厚度减少到仅 1 μm ，这将为昆虫大小的机器人的许多应用打开大门。



图 人造肌肉驱动的微型飞行机器人

冯瑞华 编译自[2021-12-16]

Giving bug-like bots a boost

<https://news.mit.edu/2021/micro-robots-artificial-muscles-1216>

跟踪和研究本领域国际重大的科技战略与规划、科技计划与预算、研发热点与应用动态以及重要科研评估等；围绕材料、制造、化工等领域的前沿科技问题及热点方向进行态势调研分析；开展本领域知识资源组织体系研究，构建重要情报资源组织加工服务平台等。我们竭诚为院内外机构提供具有参考价值的情报信息服务。

研究内容		代表产品
战略规划研究	开展科技政策与科研管理、发展战略与规划研究等相关服务，为科技决策机构和管理部门提供信息支撑。	宁波新材料科技城产业发展战略规划（中国工程院咨询项目） 中国科学院稀土政策与规划战略研究 国家能源材料发展指南（国家能源局项目） 发达国家/地区重大研究计划调研
领域态势分析	开展材料、制造、化工等领域或专题的发展动态调研与跟踪、发展趋势研究和分析，提供情报支撑。	稀土功能材料 微机电系统 微纳制造 高性能碳纤维 高性能钢铁 计算材料与工程 仿生机器人 海洋涂料 二维半导体材料 石墨烯防腐涂料 轴承钢 人机协作机器人等 国际发展态势分析 （与其他工作集结公开出版历年《国际科学技术前沿报告》）
科学计量研究	开展材料、制造、化工等领域专利、文献等的计量研究，分析相关行业的现状及发展趋势，为部门决策与企业发展提供参考。	服务机器人专利分析 石墨烯知识产权态势分析 临时键合材料专利分析 超导材料专利分析报告

地 址：湖北省武汉市武昌区小洪山西 25 号（430071）

联系人：黄健 万勇

电 话：027-8719 9180

传 真：027-8719 9202