

新材料监测快报

MATERIALS NEWSLETTER

2024. 03

本期要目

- 美 DoD 启动分布式生物工业制造投资计划
- 英启动稀土循环关键材料供应链计划
- 韩公布第四个智能机器人基本计划
- 英 DSTL 建立国防材料卓越中心
- 东丽超高分子量聚乙烯薄膜强度媲美不锈钢
- 首次合成出二维重费米子材料
- 人造肌肉装置可产生比其重量大 34 倍的力

中国新材料产业技术创新平台

目 录

战略规划

美 DoD 启动分布式生物工业制造投资计划	1
英启动稀土循环关键材料供应链计划	1
韩公布第四个智能机器人基本计划	2
英 DSTL 建立国防材料卓越中心	3

项目资助

美 DOE 投资 1.31 亿美元推动电池供应链和电动汽车创新	4
美 DOE 推进下一代电池的国内制造	4

研究进展

东丽超高分子量聚乙烯薄膜强度媲美不锈钢	5
首次合成出二维重费米子材料	6
专用于机器人作业的人工智能技术	6
自主合成机器人利用人工智能加速化学发现	7
台式实验可快速识别极耐冲击的超材料	8
比纸张降解速度更快的生物塑料吸管	8
量子材料建模新算法推动量子计算商用	9
3D 打印水凝胶电子皮肤	10
新型环保导电油墨制造方法	11
人造肌肉装置可产生比其重量大 34 倍的力	12

战略规划

美 DoD 启动分布式生物工业制造投资计划

生物制造可在需要的地方和时间生产所需的材料，包括燃料、化学品、食品和医疗用品等，对美国军队有着重大影响。为了强化美国国防工业基础韧性并确保其供应链安全，美国国防部（DoD）公布了“分布式生物工业制造投资计划”（Distributed Bioindustrial Manufacturing Investment Program, DBMIP）的白皮书请求，以探索军用级的、基于生物的解决方案¹。

该计划将通过国防工业基地联盟（Defense Industrial Base Consortium, DIBC）其他交易协议（Other Transaction Agreement, OTA）执行投资，加强 DoD 与小型、非传统和大型企业合作，旨在强化美国国防工业基础和国内供应链，并维持美国在生物技术领域的全球领先地位。DoD 预计将于 2024 年 5 月遴选大约 30 项项目提案，每项提案将获得高达 200 万美元的资助。每项提案将详细说明申请者如何建设美国生物工业制造生产设施。

英启动稀土循环关键材料供应链计划

1 月 15 日，为发展更具韧性的英国稀土供应链，英国创新机构（Innovate UK）投资 400 万英镑启动了稀土循环关键材料供应链（CLIMATES）计划。该计划分为两个子计划，子计划一专注于早期可行性研究，将促进行业在工艺、技术或服务方面采用新的创新；子计划二专注于技术相对成熟的产业化项目，加速创新工艺、技术和服务的工

¹ DOD Launches Distributed Bioindustrial Manufacturing Program to Bolster Domestic Supply Chains.
<https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3662704/dod-launches-distributed-bioindustrial-manufacturing-program-to-bolster-domesti/>

业化和商业化^{2,3}。

在产业链上游将开发包括选矿在内的可持续采矿工艺，新的、可持续的稀土氧化物初级加工路线并提高加工效率或生产力，以及处理放射性副产品的流程工艺等。在产业链中下游将开发新型、可持续的稀土合金和磁体生产路线，整合初级和次级工艺材料的可持续路线，提高高性能磁体性能，提高下游稀土元素产品制造效率或生产力（如减少废料）。

推动产业绿色化发展方面，将开发用于收集、鉴定、分离或拆卸含稀土最终报废产品的工艺和服务，新的稀土元素加工回收技术路线，含稀土元素产品的回收设计，材料来源的创新解决方案，包括生命周期评估（LCA）、嵌入碳、放射性、环境/社会 and 治理（ESG）解决方案等可持续发展模型等。替代材料方面，将推动新型高性能磁体材料的研制，研究高性能磁体的替代材料。

韩公布第四个智能机器人基本计划

1 月 16 日，韩国产业通商资源部（MOTIE）在机器人产业政策审议委员会会议上公布了第四个智能机器人基本计划（2024-2028 年），力图扩大投资，创造新的海外机会，使韩国机器人产业成为新的增长动力，同时获得符合世界标准的技术竞争力⁴。

首先，韩国将建立强大的技术保障体系，到 2030 年将机器人核心零部件的国产化率提高到 80%。韩国机器人采购公司将更多地参与这一国产替代过程，以实现核心技术的快速商业化。为机器人行业培养超过 1.5 万名人才，启动机器人融合课程和产学联合项目，并由专业研究生院牵头培养专家。

² CLIMATES: Supply chain innovations for rare earths, strand 1.

<https://apply-for-innovation-funding.service.gov.uk/competition/1839/overview/9aef88a6-a4ba-403b-817e-eb1e20df43a6#scope>

³ CLIMATES: Supply chain innovations for rare earths, strand 2.

<https://apply-for-innovation-funding.service.gov.uk/competition/1840/overview/8c3917ac-a37c-4129-bc94-7fcb7c00d40c#summary>

⁴ Blueprint for robot industry development 2024-2028 is out.

<http://english.motie.go.kr/eng/article/EATCLdfa319ada/1644/view?pageIndex=3&bbsCdN=2>

其次，到 2030 年韩国政府将推动部署 100 万台先进机器人，以及 51 项激活先进机器人部署的法规。此外，为了推动韩国机器人进入海外市场，韩国政府将扩大政府间合作渠道，在推广、网络和海外认证方面提供强有力的支持。

最后，建立机器人友好型基础设施。将为机器人的合理开发和利用制定道德指南，并将投入约 2000 亿韩元用于建设国家机器人试验场，以进行稳定性和可靠性测试，从而迅速实现商业化。

英 DSTL 建立国防材料卓越中心

英国国防科学技术实验室（Dstl）投资 4250 万英镑，与工业界和学术界构建合作伙伴关系，并建立国防材料卓越中心（Defence Materials Centre of Excellence, DMEx），旨在加速极端物理环境下国防材料技术的进步⁵。

该中心将由亨利·罗伊斯研究所以及来自学术界、工业界和弹射中心网络（Catapult Network）的 23 个合作伙伴共同领导，并于今年晚些时候正式开放。该中心将开展新材料的研究、创造和原型设计，以适应极端恶劣条件，如 1000 °C 高温、极地到热带的环境变化、高冲击振动、爆破和极端水深等。

⁵ DSTL Launch £42.5m Advanced Materials Centre of Excellence.
<https://www.royce.ac.uk/news/dstl-centre-of-excellence/>

项目资助

美 DOE 投资 1.31 亿美元推动电池供应链和电动汽车创新

1 月 18 日，美国能源部（DOE）宣布将提供超过 1.31 亿美元，推进电动汽车电池和充电系统研发项目，并为美国先进电池研发联盟公司（USABC）提供资金，以解决下一阶段大规模电动汽车商业化的关键优先事项⁶。这项投资旨在开发创新解决方案，确保国内电池供应链安全，助力交通部门电气化，是实现清洁能源未来的关键步骤。

DOE 总共向 27 个项目提供 7100 万美元，主要研究方向包括：①开发长寿命、高能量密度锂硫电池，使用廉价、丰富的材料降低电动汽车电池的成本；②开发和演示系统级方法来提高公共交通的效率和便利性，以实现公平（equitable）的交通出行；③研究和演示创新的电动汽车充电系统，包括双向充电，推进车载电动汽车充电系统的发展；④开发可持续的轻质材料，包括门板和电池外壳，增加电动汽车的行驶里程等。

同时，DOE 将向 USABC 资助 6000 万美元，用于解决下一阶段大规模电动汽车商业化的关键优先事项。该联盟将专注于研发性能优越的电动汽车电池；使用地球上丰富且美国国内可用的电池材料开发电动汽车电池；轻型、中型和重型车辆电池；以及更具成本效益的电池回收工艺等。

美 DOE 推进下一代电池的国内制造

美国能源部（DOE）先进材料与制造技术办公室（AMMTO）发布了一项 1570 万美元的资助机会公告，以提高钠离子电池、液流电池和纳米层薄膜的制造能力和可扩展性。同时，将整合智能制造技术，以提高

⁶ U.S. Department of Energy Announces \$131 Million to Boost America's Battery Supply Chain and Supercharge Electric Vehicle Innovation.
<https://www.energy.gov/articles/us-department-energy-announces-131-million-boost-americas-battery-supply-chain-and>

生产率，降低美国国内电池生产的成本和能源成本⁷。资助机会会有以下两个主题。

（1）下一代电池制造平台

包括：电池的工艺与设备；液流电池的可制造性流程与设计；可扩展的储能纳米层膜制造等。

（2）电池生产的智能制造平台

将加工和制造数据与计算学习技术（如人工智能、机器学习）相结合，实现自动化的电池制造操作。通过开发具有普适性的智能制造平台，增强电池制造的核心要素，如可制造性、可扩展性和可重复性等。

研究进展

东丽超高分子量聚乙烯薄膜强度媲美不锈钢

1 月 23 日，日本东丽工业株式会社宣布，利用超高分子量聚乙烯（UHMWPE）制造出几乎和不锈钢一样坚固的新型薄膜⁸。

东丽通过挤压和双轴拉伸技术克服了高分子长链加工性差的缺陷，制备得到的薄膜具有高度定向的 UHMWPE 分子链纳米结构。该薄膜抗拉强度达 1200 MPa，是普通工业应用 PET 薄膜的两倍以上，与芳纶薄膜相当；最大面内热导率为 18 W/m·K，比 PET 薄膜高 10 倍以上。此外，该薄膜还具有高耐化学性、低吸湿性、低介电常数以及与含氟聚合物相当的其他特性。

⁷ DOE Announces Funding Opportunity to Advance Domestic Manufacturing of Next Generation Batteries.

<https://www.energy.gov/eere/ammto/articles/doe-announces-funding-opportunity-advance-domestic-manufacturing-next>

⁸ Toray Creates Ultra-High Tensile Strength Film Comparable to Stainless Steel.

<https://www.toray.com/global/news/article.html?contentId=bt20yrit>

首次合成出二维重费米子材料

几十年来，研究人员一直在探索重费米子材料，但其形状都是大块的三维晶体。美国哥伦比亚大学 Xavier Roy 团队合成出第一个二维重费米子材料，为探索基础物理和独特的量子相奠定了新的基础^{9,10}。

该新材料是由铈（Ce）、硅（Si）和碘（I）组成的层状金属间化合物晶体：CeSiI，具有比普通电子更重的电子。这是由于电子与磁自旋缠绕在一起，减缓了电子速度，从而增加了电子的有效质量。CeSiI 是一种范德华晶体，可剥离成只有几个原子厚的薄层。这使得它比块状晶体更容易操纵，也更容易与其他材料结合。此外，CeSiI 还具有二维材料的潜在量子性质。通过完善无空气合成技术，研究人员还在替换晶体中的原子，如将 Si 替换为 Al 或 Ga，创制出新的重费米子材料。

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Two-dimensional heavy fermions in the van der Waals metal CeSiI）。

专用于机器人作业的人工智能技术

长期以来，机器人在非结构化环境下的自主识别与学习是难点，如何让机器人走出实验室，面对不同环境，不再需要前往现场长时间学习与调试，是研发人员一直努力的事情。

韩国机械材料研究所 Chang-hyun Kim 团队首次开发出用于机器人作业的 AI 技术，使机器人灵活适应不同制造过程，可用于汽车和机械零部件的制造以及组装、生产等多种过程，为制造现场的智能化做出贡献。利用该技术，可通过语音或文本自动生成任务序列和动作，通过虚拟空间中的预学习来选择站点的最佳工作点。同时，该技术还能助力最大限度地减少工作流程，并自动检测物体并避免碰撞。这项新技术有助

⁹ Xavier Roy Synthesizes New Materials and Works With Other Scientists to Explore Them.
<https://news.columbia.edu/news/xavier-roy-synthesizes-new-materials-and-works-other-scientists-explore-them>

¹⁰ Columbia Chemists Create the First 2D Heavy Fermion.
<https://quantum.columbia.edu/news/columbia-chemists-create-first-2d-heavy-fermion>

于应对未来制造现场可能发生的各种情况，目前正应用于电动汽车零部件的制造过程，未来将按计划逐步扩大其应用范围¹¹。

自主合成机器人利用人工智能加速化学发现

荷兰阿姆斯特丹大学 Timothy Noël 教授团队开发出一种自主化学合成机器人 RoboChem，该机器人集成了 AI 驱动的机器学习单元¹²。

研究团队的专长是流动化学，这是进行化学实验的一种新方法。小巧且灵活的管线系统取代了烧杯、烧瓶和其他传统的化学工具。在 RoboChem 中，机器人针头仔细地收集起始材料，并将其混合在一起，体积刚好超过半毫升；经由管线系统流向反应器，通过激活反应混合物中的光催化剂，LED 光可触发分子转化；再通过自动核磁共振波谱仪来识别转化的分子。数据实时反馈到控制 RoboChem 的计算机，利用机器学习算法来自主确定要执行哪些反应，以最佳结果为目标，并不断完善对化学的理解。

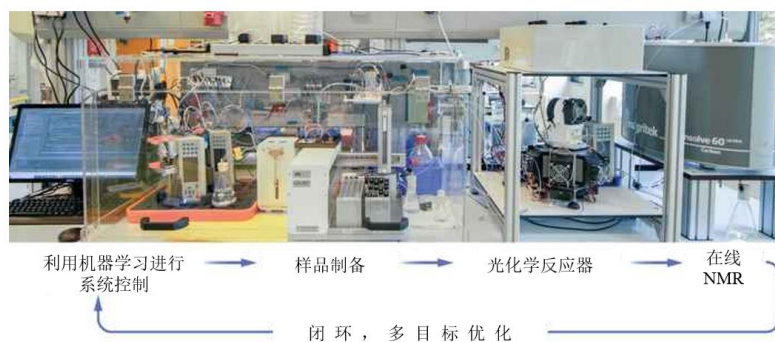


图 RoboChem 系统及其主要部件

上述研究工作发表在 *Science* (文章标题: Automated self-optimization, intensification, and scale-up of photocatalysis in flow)。

¹¹ AI and robots will play an active role at manufacturing sites.

<https://www.kimm.re.kr/eng/sub011001/view/id/857>

¹² Autonomous synthesis robot uses AI to speed up chemical discovery.

<https://www.uva.nl/en/shared-content/subsites/van-t-hoff-institute-for-molecular-sciences/en/news/2024/01/autonomous-synthesis-robot-uses-ai-to-speed-up-chemical-discovery.html>

台式实验可快速识别极耐冲击的超材料

美国麻省理工学院 Carlos M. Portela 教授带领的研究团队报告了一种快速测试超材料结构及其抗超音速冲击的新方法，并确定了一些优选结构。与完全固体的非结构材料相比，特定结构的超材料能够承受更强的超音速撞击¹³。

研究人员将微小的印刷超材料晶格悬浮在微观支撑结构之间，然后以超音速向材料发射更小的粒子，并利用高速摄像机以纳秒级的精度捕捉每次撞击及撞击后的图像。研究发现，特定的结构很重要，有些结构比其他结构更能适应冲击。比如，一个复杂的、蜂窝状的支柱和横梁结构可以比同样材料的固体板更好地承受超音速撞击。在微观层面观察到的结果还可以扩展到相应的宏观尺度，以预测跨长度尺度的新材料结构如何在现实世界中承受冲击。未来研究人员将进一步探索优质的抗冲击结构，用于航天器、车辆、头盔以及任何需要轻质和保护的事物的涂层或面板。

上述研究工作发表在 *PNAS*（文章标题：Decoupling particle-impact dissipation mechanisms in 3D architected materials）。

比纸张降解速度更快的生物塑料吸管

美国伍兹霍尔海洋研究所 Bryan D. James 教授率领的研究团队测量了沿海海洋中商业饮用吸管的寿命，并开发了一种生物塑料吸管原型，其降解速度甚至比纸张更快¹⁴。

因为原料和制造过程不同，塑料在海洋中的寿命也不尽相同。多年来，科学家们一直在努力量化各种塑料制品的环境寿命，以了解哪些塑料在海洋中的寿命最短和最长。研究团队专注于饮用吸管这一最普遍的

¹³ Benchtop test quickly identifies extremely impact-resistant materials.

<https://news.mit.edu/2024/benchtop-test-identifies-extremely-impact-resistant-materials-0129>

¹⁴ Some Plastic Straws Degrade Quicker Than Others, New Study Shows.

<https://www.whoi.edu/press-room/news-release/some-plastic-straws-degrade-quicker-than-others-new-study-shows/>

海滩塑料垃圾之一，在重现自然海洋环境的大型水箱中测试了不同的饮用吸管产品。研究发现，PLA 和 PP 吸管在 16 周内没有明显的降解迹象，而由二乙酸纤维素（CDA）、聚羟基链烷酸酯（PHA）和纸张制成的吸管在 16 周内降解了高达 50%，这些吸管都有有助于材料分解的独特的微生物群。通过与生物塑料制造公司伊士曼合作，团队进一步开发出由泡沫 CDA 制成的原型吸管，该吸管比 CDA 固体降解得更快，意味着改变吸管的表面积可以进一步加速降解过程。

上述研究工作发表在 *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*（文章标题: Strategies to Reduce the Environmental Lifetimes of Drinking Straws in the Coastal Ocean）。

量子材料建模新算法推动量子计算商用

与需要数百万个量子比特的应用领域相比，新材料和药物的材料建模只需要几千个量子比特，因此成为量子计算最有前途的短期商业应用领域之一。目前这一领域的进展主要来自两个方面，一是持续改进量子计算硬件功能，二是创造和开发更好的算法，用更少的量子位或门深度来执行所需的计算。量子计算软件公司 Phasecraft 的 Brian Flynn 等率领的研究团队开发出一种更有效的量子材料建模算法，并发布了一个材料建模量子复杂性数据库¹⁵。

新算法将时间动态模拟的 Trotter 层的栅极深度减少了大约 5-6 个数量级。新软件既可以支持变分量子特征解算器（VQE）来近似逼近哈密顿变分解析的基态，也可以支持时间动态模拟（TDS）算法。目前，Phasecraft 已经利用该算法创建了一个涵盖电池、传感器、晶体管、光伏等众多应用领域的材料建模复杂性数据库，比较了利用更传统的基线方

¹⁵ Phasecraft Develops a More Efficient Quantum Materials Modeling Algorithm and Publishes a Materials Modeling Quantum Complexity Database.
<https://quantumcomputingreport.com/phasecraft-develops-a-more-efficient-quantum-materials-modeling-algorithm-and-publishes-a-materials-modeling-quantum-complexity-database/>

法和新方法模拟 46 种不同材料所需的量子比特和门级数量。数据表明，两种方法所需的量子比特数大致相同，但所需的门级数却有 5-6 个数量级的改善。

上述研究工作发表在 *Nature Communications*（文章标题：Towards near-term quantum simulation of materials）。

3D 打印水凝胶电子皮肤

电子皮肤可模仿人类皮肤的柔韧性和伸展性，并具有传感功能，在机器人、可穿戴技术和医疗保健领域具有很大的应用潜力。美国得克萨斯农工大学利用一类具有可调电子和热生物传感能力的新型纳米工程水凝胶，制造出了 3D 打印电子皮肤，它可以像人类皮肤一样弯曲、伸展和感知¹⁶。

水凝胶能够在电子皮肤创建过程中在剪切应力作用下降低粘度，更容易处理和操作，从而构建复杂的 2D 和 3D 电子结构。利用一种真菌多糖的三重交联技术实现皮肤弹性，富含缺陷的 2D 二硫化钼纳米组件确保高导电性，加入聚多巴胺纳米粒子增强对湿组织的粘附性。这种水凝胶具有出色的柔韧性、伸展性、粘附性、成型性和导电性。该电子皮肤能精确检测应变、压力和温度的动态变化，可用于人体运动追踪器、语音识别平台、柔性触摸板和温度计。该技术代表了柔性可穿戴皮肤领域的一项突破，并为未来的机器人技术和人机界面带来变革潜力。

上述研究工作发表在 *Advanced Functional Materials*（文章标题：3D Printed Electronic Skin for Strain, Pressure and Temperature Sensing）。

¹⁶ 3D Printed Electronic Skin Provides Promise For Human-Machine Interaction.
<https://today.tamu.edu/2024/01/26/3d-printed-electronic-skin-provides-promise-for-human-machine-interaction/>

新型环保导电油墨制造方法

水性导电油墨对于有机电子设备的可持续制造和广泛采用至关重要。瑞典林雪平大学开发出一种新型更环保的导电油墨制造方法，新油墨不仅具有可持续性，还具有高度导电性，可用于太阳能电池、人工神经元和软传感器等有机电子产品¹⁷。

研究引入了一种利用水等良性溶剂加工共轭聚合物的新方法，称之为基态电子转移方法，这种方法使大分子电荷转移盐具有比原始聚合物高 10000 倍的电导率、低功函数和出色的热/溶剂稳定性，不仅可以解决使用有害化学品的问题，还能促进材料特性和设备性能的改善。当研究人员将新型导电油墨作为有机太阳能电池的传输层进行测试时，发现油墨的稳定性和效率都高于传统材料。研究人员还测试了用新型油墨制造电化学晶体管和人工神经元的情况，结果表明其工作频率与生物神经元相似。

通过利用水等绿色和可持续溶剂加工有机半导体，可以大规模生产对环境影响最小的电子设备。这些成果会对有机电子学领域产生变革性影响，为未来的可持续技术铺平道路。

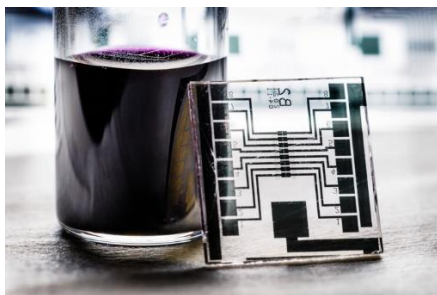


图 基于水等绿色溶剂的导电油墨

上述研究工作发表在 *Nature Communications*（文章标题：Ground-state electron transfer in all-polymer donor:acceptor blends enables aqueous processing of water-insoluble conjugated polymers）

¹⁷ New sustainable method for creating organic semiconductors.
<https://liu.se/en/news-item/miljovanligare-metod-for-att-skapa-organiska-halvledare>

人造肌肉装置可产生比其重量大 34 倍的力

韩国科学技术院（KAIST）开发了一种使用离子聚合物人造肌肉的流体开关，该开关可在超低电压下运行，可在狭窄的空间中使用，并产生比其重量大 34 倍的力¹⁸。

离子聚合物人造肌肉由金属电极和离子聚合物组成，在通电后会产生力和运动。电子共轭的多磺化共价有机框架（pS-COF）材料用作人造肌肉电极主体，接近零的电压（ ~ 0.01 V）下表现出显著的弯曲挠度和强大阻挡力。人造肌肉流体开关控制流体流动，使流体沿特定方向流动以引发各种运动。此外，人造肌肉像头发丝一样薄，厚度为 $180\text{ }\mu\text{m}$ 。在超低功耗下运行的电化学软流体开关可以有望应用于在软机器人、软电子和基于流体控制的微流体领域。

人造肌肉模仿人类肌肉，与传统电机相比可提供灵活自然的运动，使其成为软机器人、医疗设备和可穿戴设备中使用的基本元件之一，也为医疗机器人的发展奠定基础。

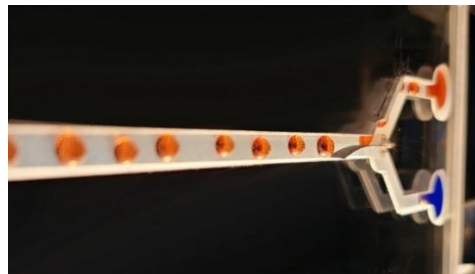


图 超低电压下使用软流体开关分离液滴

上述研究工作发表在 *Science Advances*（文章标题：Polysulfonated covalent organic framework as active electrode host for mobile cation guests in electrochemical soft actuator）。

¹⁸ KAIST develops an artificial muscle device that produces force 34 times its weight.
https://news.kaist.ac.kr/newsen/html/news/?mode=V&mng_no=34250&skey=category&sval=research&list_s_date=&list_e_date=&GotoPage=1