

 中国科学院文献情报中心

# 先进制造与新材料 动态监测快报

2021年 第21期

总第379期

## 重点推荐

英推动净零战略

欧委会开放绿色数字化生产、产业韧性提升项目

超导体实现分段费米面

## 目 录

### 战略规划

美 DoD 计划对陆军有机工业基地进行现代化和更新 ..... 1

### 项目资助

美 DOE 公布低成本、高导电性能材料奖项获奖名单 ..... 2

英 900 亿英镑推动净零战略 ..... 2

德推动燃料电池规模化生产 ..... 3

欧委会开放绿色数字化生产项目 ..... 4

欧委会开放产业韧性提升项目 ..... 4

英推动海洋自主机器人发展 ..... 5

### 研究进展

超导体实现分段费米面 ..... 6

低温锻造超高强度和延展性的纳米孪晶钛 ..... 7

同步辐射 X 射线技术有助于增材制造耐腐蚀钢 ..... 8

新型智能材料可在几分钟内实现冷热转换 ..... 9

可以变形成任何形状的材料 ..... 10

### 美 DoD 计划对陆军有机工业基地进行现代化和更新

10 月 28 日，美国国防部（DoD）宣称，将制定新计划对国防部“有机工业基地”（Organic Industrial Base, OIB）进行现代化和更新，以便继续为美国作战人员服务。

目前，美国陆军 OIB 是美国国防工业基地的关键组成部分，它们由资源提供者、采购和维护计划人员，以及制造和维护执行人员组成，例如仓库、兵工厂、弹药厂等，负责制造和更新陆军装备，这些工业能力对陆军来说是“有机”的，因此被称为有机工业基地。OIB 的存在是为了保持美国整个陆军部队的单位处于准备就绪状态，并使陆军有能力为突发事件提供支援<sup>1</sup>。不过目前 OIB 正面临众多挑战，包括新冠疫情的持续影响、基础设施老化、劳动力发展和人员留存问题、供应链不稳定，以及维持新旧系统需求的平衡等。

目前，国防部正计划采取措施解决上述挑战，部分工作包括采取措施保护劳工的同时满足生产需求、开展 2.41 亿美元投资用于技术维护，以及开展供应链风险评估等。总体而言，国防部重建和加强 OIB 的战略包括了四大领域，分别是振兴 OIB 基础设施、改进 OIB 设备现代化、发展和支持 OIB 员工队伍，以及持续评估与报告等。此外，国防部还发布了新政策以整合新的技术能力，例如基于状态的维护技术、增材制造技术、间歇性故障检测技术和机器人技术等。

姜山 编译自[2021-10-28]

*DOD Metrics-Based Goals Will Strengthen Organic Industrial Base, Official Says*

<https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/2826379/dod-metrics-based-goals-will-strengthen-organic-industrial-base-official-says/>

---

<sup>1</sup> <https://www.tacom.army.mil/oib>

### 美 DOE 公布低成本、高导电性能材料奖项获奖名单

10月8日，美国能源部（DOE）能源效率和可再生能源办公室公布了“突破性低成本导电性能增强材料奖”第一阶段获奖名单，这些获奖者将分享450万美元奖金。下一阶段将对这些新材料进行应用测试。

这些获奖团队竞相设计和制造了基于**碳纳米管**、**石墨烯**以及**新型创新材料**的导电增强材料，导电性能至少提升10%，可升级和扩展美国老化的电力和交通基础设施，有助于降低成本和改善电网性能，并应对极端天气事件。

**碳纳米管**方面，莱斯大学和 DexMat 公司组成的清洁碳导体团队通过改善纤维质量、排列、堆积密度和电化学掺杂碳纳米管等方法增强了导电性能；由蒙大拿地区高校师生组成的 59701 纳米创新团队设计了新型高导电性碳纳米管复合电缆，由二氧化碳和少量金属（如当地出产的铜）制成的碳纳米管制成；SuperWire 公司提出了碳纳米管电缆的制造新策略制造了轻质、高强度、碳纳米管-金属编织的复合电缆。

**石墨烯**方面，NAECO 公司采用加入纳米添加剂的方法提高合金导电性能，即首先将铜与微量添加剂混合，然后通过固相处理将其与石墨烯结合；理海大学与 Metalkaft 技术公司合作采用固相处理技术，用少量市售低缺陷晶体石墨烯制造了铜-石墨烯超级导线；VT 材料公司采用铝（可来自回收电线）、石墨烯和其他纳米添加剂制成了导电性能增强的架空电线；通用电气以铜、石墨粉、炭黑或纳米结构碳材料为原料，使用电子束熔融技术制造了纳米碳-金属复合材料。

**新材料**方面，得克萨斯大学奥斯汀分校开发了碳纤维与过渡金属氯化物的交替层材料制造的高导电性碳纤维，其导电性与碳纳米管相当；休斯敦大学开发了新型稀土高温超导体，其制造成本仅为铜的一半，可采用液氮等冷却剂冷却；来自马萨诸塞州的 NanoAL Lightning 团队使用传统制造设备和特殊纳米工艺制造了超高强度/高导电性能铝合金，以取代架空电力线路中的钢芯。

黄健 编译自[2021-10-08]

*CABLE Conductor Manufacturing Prize Announces Stage 1 Winners*

<https://www.nrel.gov/news/program/2021/cable-prize-stage-1-winners.html>

### 英 900 亿英镑推动净零战略

10月19日，英国政府在绿色工业革命十点计划的基础上推出了更全面的战略规划——净零战略，以支持英国向清洁能源和绿色技术转型。该战略将使英国在2030年获得44万个高薪就业岗位，并在2050年实现净零排放道路上释放900亿英镑的投资。具体措施包括：

向总额高达 10 亿英镑的汽车及供应链电气化投资组合额外增加 3.5 亿英镑，另新增 6.2 亿英镑用于特定电动车资助和基础设施投资。

投资 1.8 亿英镑推动可持续航空燃料（SAF）商业化。该燃料由生活垃圾、工业废气等制成，在生命周期内的碳排放量比传统航空燃料少 70% 以上。

投资 1.4 亿英镑推动工业碳捕获和工业制氢，缩小工业用天然气与氢能之间的成本差距，并投资 10 亿英镑打造两大碳捕获集群，使英国处于该项技术的国际前沿并振兴北海沿岸工业。

新增 5 亿英镑用于绿色技术创新项目，使净零研究和创新的总资助额至少达到 15 亿英镑，支持最具开创性的想法和技术，推动英国家庭、工业、土地和电力脱碳。

投资 39 亿英镑资金推动供热和建筑脱碳，包括 4.5 亿英镑的 3 年期锅炉升级计划，使建筑更温暖、供热成本更低、运行更清洁。

向自然与气候基金投资 1.24 亿英镑，到 2050 年恢复约 28 万公顷泥炭土，并且每年至少种植 30000 公顷林地。

向未来核授权基金（Future Nuclear Enabling Fund）提供 1.2 亿英镑用于发展核能项目，帮助英国提前 15 年实现电力系统脱碳。

黄 健 编译自[2021-10-19]

*UK's path to net zero set out in landmark strategy*

<https://www.gov.uk/government/news/uks-path-to-net-zero-set-out-in-landmark-strategy>

## 德推动燃料电池规模化生产

制造燃料电池时，高效循环次数和绝对精度是至关重要的。总体目标是降低制造成本，使得技术的使用更具成本效益。这只能通过规模效应来实现，需要有相应高产能的全自动制造工厂。当前，尚未有这种工厂。同时，零部件的配置也需进一步优化，以形成适合自动化的设计。

德国弗劳恩霍夫协会制造工程与自动化研究所（Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation, IPA）会同行业联盟合作开发用于燃料电池堆自动高速组装的机器人单元，为这种无排放技术的工业化大规模生产奠定基础。

该研究是 H2FsatCell 项目的一部分，目标是到 2023 年开发出一种机器人单元，可以在几秒钟的时间内以绝对精度组装单层燃料电池。这意味着，由 400 块燃料电池构成的单个电池组将在大约 13 分钟内完成。项目负责人之一的 Friedrich-Wilhelm Speckmann 介绍说，这将降低燃料电池价格，并在移动重型应用领域拥有竞争优势。

万 勇 编译自[2021-10-18]

*Mass production of fuel cells becomes a reality*

[https://www.ipa.fraunhofer.de/en/press-media/press\\_releases/mass-production-of-fuel-cell-becomes-a-reality.html](https://www.ipa.fraunhofer.de/en/press-media/press_releases/mass-production-of-fuel-cell-becomes-a-reality.html)

## 欧委会开放绿色数字化生产项目

10月12日，欧盟委员会在欧洲地平线新框架计划下的“气候中立、循环及数字化生产2022”主题下开放了13个研究项目，分布于流程工业研究创新（Processes4Planet）、欧洲制造（Made in Europe）、钢铁清洁生产等三大伙伴关系计划下，总投资3.35亿欧元。

### （1）流程工业研究创新伙伴关系计划

包含：城市环境中固体废物的循环流动、将CO/CO<sub>2</sub>专化为具有价值的产品、化学品和材料生产的新电化学转化路线、氢在工业应用中替代矿物燃料等4个项目。

### （2）欧洲制造伙伴关系计划

包含：支持循环经济工程的数字工具、快速可重构生产流程链、具有复杂功能表面的产品、卓越的分布式控制和模块化制造、全生产线中的智能工件处理、中小企业制造业可持续发展的ICT创新等6个项目。

### （3）钢铁清洁生产合作伙伴关系计划

开放的项目包括洁净钢生产的原材料准备、钢铁生产中的模块化和混合加热技术等3个项目。

此外还包含一个建筑物数字日志演示创新活动项目。

黄健 编译自[2021-10-12]

*New Horizon Europe calls under Cluster 4 – Destinations 'Resilient Industry' and 'Green and digitised production' – are now open*

[https://hadea.ec.europa.eu/news/new-horizon-europe-calls-under-cluster-4-destinations-resilient-industry-and-green-and\\_en](https://hadea.ec.europa.eu/news/new-horizon-europe-calls-under-cluster-4-destinations-resilient-industry-and-green-and_en)

## 欧委会开放产业韧性提升项目

10月12日，欧盟委员会在欧洲地平线新框架计划下的“数字化、资源高效、充满韧性的产业2022”主题下开放了22个研究项目，分别属于研究与创新活动（RIA）、创新活动（IA）、协调与支撑活动（CSA）以及预商用采购活动（PCP）等四种类型。

### （1）研究与创新活动

包括：支持欧盟向气候中性过渡的采矿全生命周期地球观测技术、用于跟踪复杂供应链中原材料流动的技术解决方案、用于节能结构的先进轻质材料、功能性多材料成分和结构、先进（纳米）电子元件和系统的创新材料、通过数字化实现循环和低排放价值链、深海勘探和未来开发活动监测和监督系统、绿色安全的有机及复合涂料、超级电容器储能新材料、高级材料建模与表征、医疗卫生领域的智能多功能生物材料等11个项目。

### （2）创新活动

包括：可持续的未来矿山、原材料加工过程中矿物和金属副产品高效利用及回收的创新解决方案、面向小规模采掘企业的数字平台、利用先进材料进行建筑和翻新、气候中性和循环创新材料技术开放式创新试验台、高性能气体分离薄膜、通过数字化优化工业系统和生产线等 7 个项目。

### （3）协调与支撑活动

包括：精简环境保护区内采掘业的跨部门政策框架、支持中小企业向可持续发展的创新转型、数字技术标准化等 3 个项目。

### （4）预商用采购活动

包括通过预商用采购促进绿色经济复苏和战略数字技术的开放式战略自主一个项目。

黄 健 编译自[2021-10-12]

*New Horizon Europe calls under Cluster 4 – Destinations 'Resilient Industry' and 'Green and digitised production' – are now open*

[https://hadea.ec.europa.eu/news/new-horizon-europe-calls-under-cluster-4-destinations-resilient-industry-and-green-and\\_en](https://hadea.ec.europa.eu/news/new-horizon-europe-calls-under-cluster-4-destinations-resilient-industry-and-green-and_en)

## 英推动海洋自主机器人发展

英国研究与创新署公布了“安全世界机器人”竞赛获奖名单，共三名获奖者将分享来自工业战略挑战基金的 450 万英镑资助，开发能量收集和低功耗人工智能(AI)计算、海洋自主机器人、水下地图（类似谷歌地图）等技术，使用人工智能更高效、更经济地收集数据、维护风电场和绘制海底地图，为近海能源、水产养殖、深海矿产勘探、海防提供支撑。

（1）海底增强自主测绘（无缝）项目 旨在创建类似谷歌地图的水下地图，该地图将提供比 GPS 更精确的定位数据，使水下机器人能够自我定位和安全导航。这将支持水下机器人和自主系统的进步，以支持海上风能行业的未来增长。

（2）连续数据收集项目 将使用自主海底机器人持续收集和分析数据，而无需昂贵、高维护、高能耗的基础设施。这将降低利用可再生和不可再生海上资源的成本和环境影响。该项目还可能进一步应用于海上安全行动，包括海上监视。

（3）自适应海洋机器人（SoAR）项目 将提供人工智能驱动的具有自适应任务规划能力的自主水下机器人（AUV）和无人驾驶水上机器人，这将为海上风电运营商提供经济高效的方式以观察环境、应对突发事件以及监控平台结构。

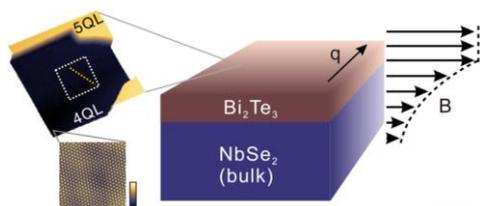
黄 健 编译自[2021-10-20]

*Robotics contest winners help improve UK offshore sustainability*

<https://www.ukri.org/news/robotics-contest-winners-help-improve-uk-offshore-sustainability/>

### 超导体实现分段费米面

早在 1965 年，美国马里兰大学物理学家 Peter Fulde 从理论上预言超导体中如果库珀对的动量足够大就可以在超导能隙中产生准粒子，从而出现一种特殊的分段费米面<sup>2</sup>。但由于普通超导体库珀对动量足够大时，产生准粒子的同时，库珀对也会破裂而失去超导，因此要观察到这个分段费米面，在实验上是非常困难的。这个预言尽管过去了 50 多年，但一直没有被实验证实。



$\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{NbSe}_2$  超导异质结示意图，左上为  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  薄膜形貌图，左下为  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  薄膜原子分辨图

上海交通大学郑浩、贾金锋教授和麻省理工学院 Liang Fu 教授率领的研究团队利用低温强磁场扫描隧道显微镜在  $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{NbSe}_2$  体系中，成功产生并探测到由库珀对动量导致分段费米面。

研究团队使用分子束外延技术在超导体  $\text{NbSe}_2$  表面精确地生长了 4 层厚度的拓扑绝缘体  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  薄膜。在这个体系中，由于  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  表面态的费米速度很大，因此，当  $\text{NbSe}_2$  超导体中库珀对动量还很小时， $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  表面态中库珀对动量已经很大（参见左图）。这样，就可以用一个很小的水平磁场在  $\text{NbSe}_2$  表面上产生一个较小的超导电流，但这时  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  表面态中库珀对动量已经足够产生准粒子，并导致分段费米面的出现，巧妙地解决了实验中的困难。研究人员使用的扫描隧道显微镜配备了稀释制冷机和三维矢量强磁场，随着磁场增大，库珀对动量也在提高，超导能隙内准粒子越来越多，预示着超导体中分段费米面逐渐产生。

研究人员通过准粒子干涉（quasiparticle interference, QPI）技术在实空间探测到了驻波，通过傅里叶变换证实了在零能上费米面的产生。值得注意的是，该费米面是由非超导  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  费米面的一部分组成，而且其形状和取向可以由外加磁场的强度和方向决定，完全符合理论预言的超导体分段费米面的特征。

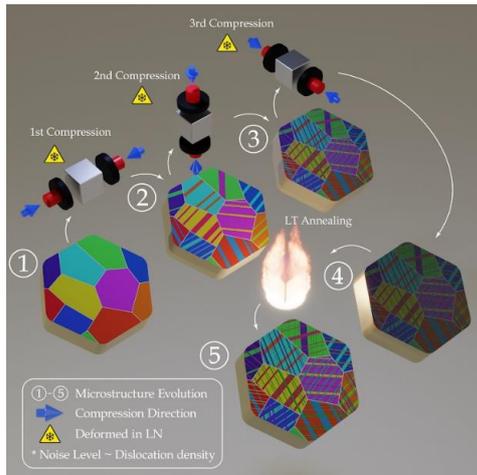
研究团队创新性地利用拓扑绝缘体/超导体异质结的特殊性解决了实验中的困难，首次在实验上观察到了 50 多年前理论预言的分段费米面，并发现可以用磁场方向和大小来调节这个费米面的形状和大小，还能调控拓扑性，构建新的拓扑超导材料，开辟了调控物态的新方法。

相关研究工作发表在 *Science*（文章标题：Discovery of segmented Fermi surface induced by Cooper pair momentum）。

（王 轩 综合）

<sup>2</sup> Peter Fulde. Tunneling Density of States for a Superconductor Carrying a Current. *Physical Review*. 1965, 137 (3A): A783

## 低温锻造超高强度和延展性的纳米孪晶钛



高纯钛中生成纳米孪晶结构的低温锻造过程示意图

钛的强度高、质量轻，在所有结构性金属中拥有最高的强度和重量比。在加工钛时保持强度和延展性的良好平衡不仅具有挑战性，而且十分昂贵。美国能源部劳伦斯伯克利国家实验室的研究团队发现可以使用一种低温锻造技术，在超低温下操纵纳米大小的纯钛，制备出超强的纳米孪晶钛，仍然保持良好的延展性。

金属材料的强度通常与内部晶粒的大小相关，越小越好，但高强度和延展性通常是相互排斥的。为了制造纳米孪晶钛，该研究团队使用了低温锻造这种技术，在超低温下操纵金属

结构。该技术首先将一个非常纯净（超过 99.95%）的钛立方体放入零下 321 华氏度的液氮中。当立方体被浸没时，对立方体的每个轴施加压力。在这些条件下，材料的结构开始形成纳米孪晶边界。当立方体被加热到 750 华氏度时可以去除在孪晶界之间形成的任何结构缺陷。

研究人员使用电子反向散射衍射（EBSD）的电子显微镜技术来成像具有纳米孪晶结构的纯钛结构。研究发现纳米孪晶钛具有更好的成型性，因为它既能形成新的纳米孪晶边界，又能去除以前形成的边界，这两种都有助于变形。研究人员在高达 1112 华氏度的极端温度下测试了这种材料，发现它保持了其结构和特性，证明了这种材料的多功能性。

纳米孪晶结构的大小和数量可以改变金属的特性。研究人员发现，在室温下，纳米孪晶使金属的强度增加了一倍，延展性增加了 30%。在超低温条件下，这种改善甚至更为显著，纳米孪晶钛在断裂之前能够增加一倍的长度。

纳米孪晶钛在相对较高的温度下也能保持其优良的特性，表明这些特性不仅能在多种温度条件下存在，而且能在外层空间的极度寒冷和喷气发动机的高热附近持续存在。使用低温锻造技术制造纳米钛，具有潜在的成本效益，可扩展到商业生产，并能生产出易于回收的产品。

相关研究工作发表在 *Science*（文章标题：Cryoforged nanotwinned titanium with ultrahigh strength and ductility）。

冯瑞华 编译自[2021-10-20]

*Stronger, Lighter, Better: Nanotwinned Titanium Forges Path to Sustainable Manufacturing*

<https://newscenter.lbl.gov/2021/10/20/nanotwinned-titanium-sustainable/>

## 同步辐射 X 射线技术有助于增材制造耐腐蚀钢

美国石溪大学 Jason Trelewicz 副教授率领的研究团队研究揭示了激光增材制造 316L 不锈钢（一种广泛用于海军应用的耐腐蚀金属）的腐蚀行为与底层材料结构之间的联系。

研究团队使用多模态同步辐射 X 射线技术，发现了打印参数与材料中的缺陷状态之间的新联系。这使研究人员能够为工程设计一种更好的抗腐蚀打印合金路径。研究的主要重点是在微观结构缺陷的背景下了解激光加工业制造的 316L 不锈钢的腐蚀行为，这些缺陷是由于这种 3D 打印工艺固有的快速凝固速度而形成的。研究发现，虽然 3D 打印 316L 合金均匀的表面腐蚀与传统 316L 合金相似，但打印材料表现出对点蚀的敏感性增加，特别同步辐射测量中发现的缺陷密度最大的样品。

这项研究结果使未来通过在纳米尺度上修复缺陷从而生产出高度耐腐蚀的不锈钢成为可能。该研究还表明，多模式同步辐射技术正在成为建立打印过程、材料的基本结构及其实现的性能之间的关联的重要工具。

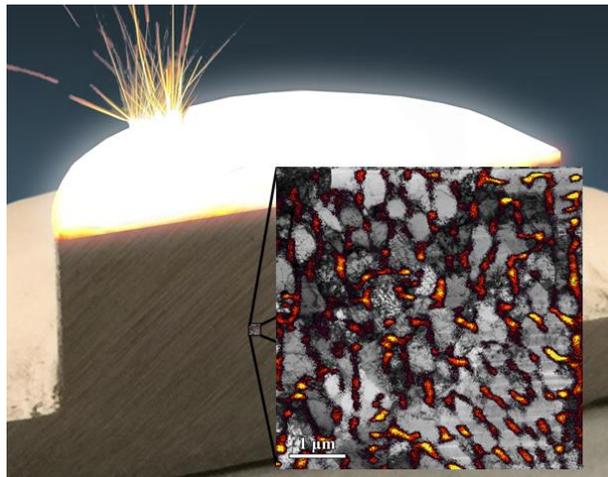


图 激光增材制造 316L 不锈钢的透射电子显微照片和 X 射线荧光图

相关研究工作发表在 *Additive Manufacturing*（文章标题：Dislocation microstructure and its influence on corrosion behavior in laser additively manufactured 316L stainless steel）。

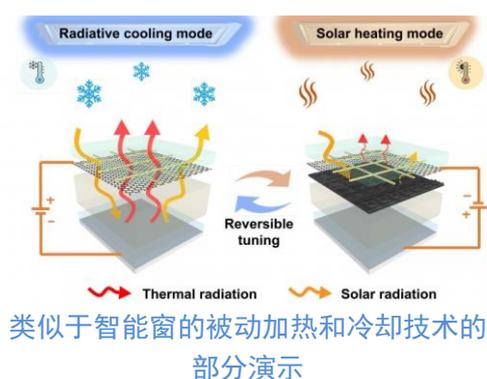
赵素娟 编译自[2021-10-26]

*Additively Manufacturing a Better Steel: The Key Could be in Synchrotron X-ray Techniques*

<https://news.stonybrook.edu/newsroom/additively-manufacturing-a-better-steel-the-key-could-be-in-synchrotron-x-ray-techniques/>

## 新型智能材料可在几分钟内实现冷热转换

由电致变色玻璃制成的智能窗是一种相对较新的技术，它利用电致变色反应将玻璃从透明变为不透明，并在眨眼之间使其恢复到原来的状态。虽然有许多方法可以产生这种现象，但都需要将一种电反应材料夹在两层薄薄的电极之间，并在它们之间传递电流。这一技术对于可见光来说很难实现，在考虑到中红外光（辐射热）时更加困难。



美国杜克大学 Po-Chun Hsu 助理教授率领的研究团队开发出一种类似于智能窗的技术，只要按一下开关，就能在收集阳光热量和让物体冷却之间切换。这种方法可减少暖通空调消耗的能源，仅在美国就有可能减少近 20% 的能源使用。

研究人员创建了可以在太阳能加热和辐射冷却之间切换的电致变色装置，其电致变色调谐方法没有任何移动部件，而且可以连续调谐。这是一种薄型装置，它在被动加热和冷却模式之间切换时，可以与两种光谱相互作用。在加热模式下，该装置变暗以吸收太阳光并阻止中红外光的泄漏。在冷却模式下，变暗的窗状层被清除，同时露出一面反射阳光的镜子，让来自装置后面的中红外光消散。由于镜子对可见光不透明，该装置不会取代家庭或办公室的窗户。

设计这样一个装置需要克服两个主要挑战。第一个挑战是创建能够导电并对可见光和热辐射透明的电极层，研究人员在石墨烯顶部添加一个薄薄的黄金网格，在一定程度上降低了石墨烯允许光线不受阻碍地通过的能力。第二个挑战是设计一种可以在两个电极层之间，在吸收光和热或允许它们通过之间来回切换的材料，研究人员通过利用等离子体现象实现了这一点。

未来该技术可能会有很多应用。它可以应用于外墙或屋顶，在消耗很少能源的情况下帮助建筑供暖和制冷，也可为建筑围护结构提供使用可再生资源进行供暖和制冷的动态能力，还可以减少建筑材料的碳排放。

相关研究工作发表在 *American Chemical Society Energy Letters* (文章标题: Ultra-Wideband Transparent Conductive Electrode for Electrochromic Synergistic Solar and Radiative Heat Management)。

赵素娟 编译自[2021-10-28]

*Smart Material Switches Between Heating and Cooling in Minutes*

<https://pratt.duke.edu/about/news/smart-material-switches-between-heating-and-cooling-minutes>

## 可以变形成任何形状的材料

现有的变形材料和结构只能在少数几种稳定的构型之间转换。设计可变形材料的最大挑战之一是平衡顺应性和刚性。顺应性能使材料变换成新的形状，但如果顺应性太强，则无法稳定保持材料的形状；刚性有助于将材料在合适的位置固定，但如果刚性太强，就会导致材料不能呈现新的形状。

美国哈佛大学 L Mahadevan 教授率领的研究团队开发出一种可以变形成任何可能形状的材料，其结构允许对几何和力学进行独立控制，这样的特点为可用于各种应用领域的新型多功能材料铺平了道路。

该团队采用中性稳定的晶胞来创建变形结构材料，这些晶胞的刚性组件由一个支柱和一个杠杆构成，弹性组件由两个可拉伸的弹簧构成。一般来说，中性稳定系统由刚性组件和弹性组件共同组合而成。这种组合能够平衡晶胞的能量，使每个晶胞都中性稳定，这意味着它们可以在无数个位置或方向之间转换，并且在任何一个位置或方向上都保持稳定。这些单个晶胞的几何形状可以通过改变其整体尺寸以及它的支柱的长度而改变；而它的弹性响应则可以通过改变其弹簧结构的刚性或支柱的长度和连接而改变。因此，有了这些中性稳定晶胞，不论是在单个晶胞还是在集体晶胞的层面上，都可以将材料的几何形状与力学响应这两个性质分离开来。

研究人员将这种材料称为“全能形态材料”（totimorphic materials），因为它们能够变形成任何稳定的形状。通过将这些晶胞组合连接在一起，研究人员成功地从单个全能形态晶胞中构建出了二维和三维结构。通过数学建模和真实的模拟演示，研究团队展示了这种材料的形态转换能力，一片全能形态晶胞可以向上弯曲、扭曲成螺旋状、变形成两种不同形状，甚至可以承受重量。这表明，这些晶胞可以被组装成具有不同力学响应的任何形状结构。

由于这些材料是以其几何形状为基础的，因此它们的变形响应可以在多个尺度上得到控制。比如可以按比例缩小，用于机器人或生物技术传感器上；也可以按比例放大，应用于建筑等领域。

相关研究工作发表在 *Proceedings of the National Academy of Sciences*（文章标题：Totimorphic assemblies from neutrally stable units）。

赵素娟 编译自[2021-10-21]

*Shape-shifting materials with infinite possibilities*

<https://www.seas.harvard.edu/news/2021/10/shape-shifting-materials-infinite-possibilities>

# 中国科学院武汉文献情报中心 先进制造与新材料情报研究

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
<b>战略 规划 研究</b>	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
<b>领域 态势 分析</b>	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》）
<b>科学 计量 研究</b>	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