



先进制造与新材料动态监测快报

2021年 第2期

总第360期

重点推荐

美 DOE 设立矿产可持续发展部门

美 DOE 助力制造业创新发展

美 NSF 发布新版材料设计研究计划

美 GAO 评估国防部关键技术保护措施

雪崩纳米材料首次面世

目 录

战略规划

美 DOE 设立矿产可持续发展部门1

项目资助

美 DOE 助力制造业创新发展2

美 NSF 发布新版材料设计研究计划4

美国防部推动 5G 技术发展5

英发起基础行业新竞赛项目5

行业动态

美 GAO 评估国防部关键技术保护措施6

研究进展

雪崩纳米材料首次面世7

玻璃新状态：液体玻璃7

德压电微机电系统创成式制造项目取得突破8

机器学习让材料技术设计周期缩短一年9

世界首台高温超导高速磁浮工程化样车启用9

美 DOE 设立矿产可持续发展部门

1月15日，美国能源部（DOE）宣布将在化石能源办公室下设立矿产可持续发展部门（Division of Minerals Sustainability），在全产业范围内促进环境、经济和地缘政治等意义上的关键矿产可持续性供应链。该部门将专注于整个关键矿产供应链的技术开发和部署，促进各联邦机构之间以及全球范围内的合作，以解决能源、商业和国防等领域关键矿物可持续性问题。

该部门具体职责是从矿物原料中提取、加工、使用和处置关键矿物和稀土，为能源部研究、开发、示范和应用工程工作提供必要的监督、管理和指导，包括：评估和预测区域资源潜力并促进技术发展（如无人机、动态模拟、实时传感和分析以及微钻技术等）；资源提取和选矿，以回收目前无法回收的矿物；从废弃矿山残渣中提取并修复现场，最大程度地保护环境；通过萃取冶金、还原和合金化等方式进行矿物加工，最大程度提高矿物原料产量，促进美国工业、能源和其他部门的发展；萃取冶金、还原和合金化所需的技术验证示范，以实现商业化生产，同时最大程度地减少土地扰动并保护环境等。

黄健 编译自[2021-01-15]

Department of Energy Launches Minerals Sustainability Division to Enable the Ongoing Transformation of the U.S. Energy System and Help Secure a U.S. Critical Minerals Supply Chain
<https://www.energy.gov/articles/department-energy-launches-minerals-sustainability-division-enable-ongoing-transformation>

美 DOE 助力制造业创新发展

美国能源部（DOE）能源效率与可再生能源办公室宣布，拟向 23 个州的 46 个项目提供约 1.236 亿美元的资助，以及 4470 万美元的成本分摊，以激励美国制造业的技术创新，提高能源密集型工艺过程的能效，并助力在美国生产尖端产品。这项项目共涉及以下三个方向。

(1) 先进制造工艺的效率提升

共有 27 个项目将获得 6940 万美元的资助。这些项目专注于下一代制造工艺，提升能源密集型和能源依赖型行业的能效，包括炼钢、烘干、机器学习、增材制造和陶瓷基复合材料生产等。

子方向	研究内容
1 创新型钢铁制造工艺	<ul style="list-style-type: none"> ● 高效固态废热回收； ● 通过设计钢中铜含量，使得废料回收最大化； ● 矿渣、污泥和粉尘再利用，重金属捕集和纳米碳酸钙生产，并作为助熔剂； ● 智能动态 EAF 咨询系统；铁矿石球团化学；耐火材料设计与安装； ● 虚拟高炉集成等
2 干燥过程效率提高	<ul style="list-style-type: none"> ● 先进多相成型技术； ● 减少石膏板干燥的能耗； ● 常规工艺中集成射频与超声技术等
3 通过机器学习提高大型、高速飞机结构件的制造效率	<ul style="list-style-type: none"> ● 快速大型高速飞机结构件制造的概率机器学习； ● 过程监控以减少电子束直接能量沉积无损检测的成本； ● 多源机器学习与热塑增强飞机结构件制造； ● 通过人工智能和机器学习推动复合材料结构件制造的自动无损检测等
4 增材制造用于风机叶片生产	<ul style="list-style-type: none"> ● 用于新型内部风叶结构的纤维增强复合材料的增材制造； ● 动叶片和复合材料组件的增材与模块化制造； ● 风叶核心结构的增材制造，实现热焊接； ● 利用大规模连续纤维增材制造实现风叶尖的现场高通量制造； ● 风力涡轮机叶片的增材制造； ● 利用世界最大 3D 打印机打印大型模块化风机叶片； ● 基于机器人的乐高型风叶模块化模具的增材制造等
5 降低高温用陶瓷基复合材料的生产成本	<ul style="list-style-type: none"> ● 自动化生产； ● 用于低成本陶瓷基复合材料的国产 SiC 纤维的连续可规模化工艺； ● 基于 SiC 的陶瓷基复合材料的光聚合增材制造； ● 连续纤维增材制造； ● 连续纤维 SiC 陶瓷复合材料制造等

(2) 化工生产效率的提高

共有 8 个项目将获得 2500 万美元的资助，侧重于模块化、混合或催化过程，以

减少化工生产中的能源消耗。中标项目将探索创新型的技术、工具、方法和数据分析，包括那些使各种能源驱动模块化和分布式系统成为可能的技术。

子方向	研究内容
1 先进化工生产研发	<ul style="list-style-type: none"> ●用于中等温度和压力下，一步法合成氨的紧凑型催化膜反应器； ●ALD 用于催化剂活性节点设计； ●用于乙烯生产的 CO₂ 电解槽的设计与制造； ●使用定向射频感应加热进行乙烯的热催化生产； ●通过动力学和热力学控制来设计甲烷的脱氢芳构化； ●低碳烃的氨氧化； ●用于乙烯生产的 CO₂ 和天然气提炼等
2 利用数据分析的动态催化剂科学	<ul style="list-style-type: none"> ●催化剂活性降低与再生的评估：通过瞬态测量和数据驱动的多尺度模型

(3) 互联、灵活且高效的制造业装置、产品和能源系统

共有 11 个项目将获得 2910 万美元的资助，用于支持制造业在国家能源计划中发挥作用，包括将低浓度的碳捕集整合到工业流程中，以及通过与灵活的热电联产系统和可再生能源发电功能相连接，使得区域能源系统在稳定电网方面发挥积极作用。

子方向	研究内容
1 将碳捕集和利用整合到工业流程中	<ul style="list-style-type: none"> ●开发超高容量碳捕集材料的低成本制造工艺； ●将碳捕集、利用和封存整合到造纸厂中； ●规模化整合 CO₂ 捕集和电催化转化为有机液体； ●减排吸附剂； ●无焰氧化制氢的脱碳； ●用于水泥烟气的贫水溶剂 CO₂ 捕集系统； ●利用木质纤维素和 CO₂ 制备性能优越的化学品与材料； ●在固态合成火山灰生产中直接利用 CO₂ 的创新工艺； ●模块化反应器，用于在各种工业过程中捕集 CO₂ 并电转化为增值化学品等
2 带有可再生燃料市政发电站的区域能源系统的热电联产示范	<ul style="list-style-type: none"> ●天然气/氢气热电联产系统； ●与电网互连的兆瓦级多源热回收系统等

万 勇 编译自[2021-01-13]

Energy Department Announces Approximately \$123.6 Million in Funding for 46 Projects to Bolster Domestic Manufacturing through Innovation

<https://www.energy.gov/eere/articles/energy-department-announces-approximately-1236-million-funding-46-projects-bolster>

美 NSF 发布新版材料设计研究计划

“通过材料设计以变革我们的未来”（*Designing Materials to Revolutionize and Engineer our Future*, DMREF）是美国国家科学基金会（NSF）参与“材料基因组计划”的主要行动计划。1 月份，NSF 发布了该计划的 2021 版方案，将与 NSF 的数学与物理学学部、工程学部、计算机与信息科学及工程学部等，以及空军研究实验室等联邦机构开展跨领域、跨机构的合作。预计将资助 25 个研究项目，总经费为 4000 万美元（单个项目 120 万~180 万美元）。

与“材料基因组计划”相一致，DMREF 强调了以下四大目标：①领衔开展材料科学与工程研究的文化转变，鼓励和推动综合型大团队的方法；②整合实验、计算、数据密集/驱动的方法及理论，并为材料科学与工程界配备先进的工具和技术；③使数据可查找、可获取、可互操作、可重复使用；④建立一支接受过学术或行业职业培训的、世界一流的材料科学与工程人才队伍。

DMREF 将通过构建相关基础知识基地，支持可显著加速材料发现与开发的各类活动，这些基础知识是设计和开发具有期望特性或功能的材料所需的。为此，可能涉及以下方面的整合：①通过测试方法来推进材料设计的策略；②理论、建模和仿真，以预测行为或协助分析多维数据输入；③通过合成、生长、加工、表征和/或设备演示进行验证。

DMREF 将推动新工具、新基础架构的开发，以及计算、数据分析、人工智能、实验和理论的集成。包括：新的数据分析工具和统计算法；利用新设备功能对材料特性进行高级模拟；利用机器学习、人工智能、数据挖掘和稀疏近似等进行预测建模；可访问、可扩展和可持续的数据基础架构；开发、维护和推广用于下一代材料设计的可靠、可互操作且可重复使用的软件；用于管理大型、复杂、异构、分布式数据的新协作功能，从而支持材料设计、合成和纵向研究。DMREF 项目应在适当和可能的地方利用现有的网络基础设施，并提供全面数据管理计划，以确保透明、数据共享和开放源代码软件。DMREF 项目还将考虑推广新材料的可行性，与新材料加工和制造相关的科学问题，以及振兴美国制造、促进国家繁荣和培养熟练人才所需的基础研究等。

万 勇 编译自[2021-01]

Designing Materials to Revolutionize and Engineer our Future (DMREF)

<https://www.nsf.gov/pubs/2021/nsf21522/nsf21522.htm?org=NSF>

美国国防部推动 5G 技术发展

2020 年 12 月 16 日，美国国防部宣布授予美国国家频谱联盟（National Spectrum Consortium, NSC）为期五年价值 25 亿美元的其他交易授权合同，以提高频谱利用率，推进微电子器件和升级通信基础设施以打造安全、韧性网络。

这项名为“频谱发展”（Spectrum Forward）的合同目标是促进美国技术和工业基地与美国政府之间的合作，推动机器学习、自动导航以及下一代无线电接入网络等依赖电磁频谱的新技术交叉，涉及技术领域包括 3D 波束成形、波形分集、多功能射频、认知频谱共享、机器学习、认知传感、虚拟现实、混合现实、智能技术、数字孪生和 5G 通信等。

NSC 成立于 2015 年，总投资为 5 年 12.5 亿美元，任务是促进政府、工业界和学术界之间的合作，识别、开发和展示必要的技术以扩大军用和商业领域第五代及以后通信技术的电磁频谱访问和使用。过去两年，该联盟一直是五角大楼 5G 技术原型设计活动的主要执行者。NSC 已在 2020 年 10 月获得 6 亿美元的 5G 原型资助，国防部已要求在 2021 财年为 5G 原型开发再资助 5 亿美元，以推动 5G 技术在动态频谱共享技术、智能仓库原型、虚拟现实培训以及命令与控制系统等领域的应用。

黄健 编译自[2020-12-16]

*National Spectrum Consortium Wins \$2.5 Billion Spectrum Forward Other Transaction Agreement
from the US Department of Defense*

<https://www.nationalspectrumconsortium.org/wp-content/uploads/2020/12/National-Spectrum-Consortium-Spectrum-Forward-Final.pdf>

英发起基础行业新竞赛项目

英国研究与创新署（UKRI）正在寻找方法，以帮助改善制造基础材料的工业流程。企业和研究机构应邀为每个项目申请 100 万~200 万英镑的资助，以寻求最佳构想，帮助改变英国的基础产业。目的是找到更有效的方法来制造基础材料，如玻璃、金属、水泥等。获得资助的项目将提高相关行业或供应商的生产力和竞争力，并有望解决该行业面临的主要挑战。这些挑战包括：热回收利用，传感器、控制与数字化，废物利用与共生，能源或资源效率改进（包括商业模式、工艺、产品、供应链）等。这项竞赛项目是“基础产业转型”挑战赛的一部分，该挑战赛已投资高达 6600 万英镑，来自私营部门的匹配投资达 8300 万英镑。这些项目将研究减少浪费和能源使用的新方法，以及新的研究设施，以加速清洁技术的发展。

冯瑞华 编译自[2021-01-04]

New competition launches to transform foundation industries

<https://www.ukri.org/news/new-competition-launches-to-transform-foundation-industries/>

美 GAO 评估国防部关键技术保护措施

1月12日，美国政府问责办公室（GAO）向美国国会递交了《国防部应完成关键技术清单的沟通、评估和监督保护工作计划》（*DOD Critical Technologies: Plans for Communicating, Assessing, and Overseeing Protection Efforts Should Be Completed*）报告，在分析国防部关键采购计划和技术文档并与相关联邦机构高级官员访谈的基础上，提出国防部在关键技术保护上存在如下问题：国防部关键技术列表方面的内部及与外部沟通机制不明确、保护措施量化评估指标不确定、由谁来审查未来保护行动等。美国国防部制定了诸如人工智能和生物技术等的关键技术保护流程（下图），并于2020年2月着手实施，预计在2021年9月前完成所有流程。



报告考察了国防部为鉴定和保护关键技术所做的努力，以及这些努力为政府保护活动提供的信息。报告提出三点建议：国防部长应与专责副部长以及关键技术保护工作组一起，①确定将未来关键采购计划和技术清单正式传达给所有相关国防部组织和联邦机构的程序；②鉴定、制定和定期审查保护活动量化评估指标并针对国防部的保护举措进行评估；③最终确定国防部将在2020年之后监督保护工作的决定。

美国联邦政府每年花费数十亿美元开发和获取先进技术。它允许将其中部分技术出售和转让给盟国，以促进美国国家安全、外交政策和经济利益。美国认为，这些技术可能成为竞争对手的目标。《2019 财政年度约翰·麦凯恩国防授权法案》要求国防部长制定和维护采购项目、技术、制造能力和研究领域清单。

黄健 编译自[2021-01-12]

DOD Critical Technologies: Plans for Communicating, Assessing, and Overseeing Protection Efforts Should Be Completed

<https://www.gao.gov/products/GAO-21-158#summary>

雪崩纳米材料首次面世

美国哥伦比亚大学、劳伦斯伯克利国家实验室、波兰科学院和韩国化学技术研究所等组成的联合研究团队首次在室温下，在单一纳米结构中实现了光子雪崩（photon avalanches）效应，并展示了在生物透明度最高的近红外光谱窗口的超分辨率成像中的应用。

在光学器件中，光子雪崩是晶体中单个光子的吸收导致多个光子发射的过程，其被用于专门的激光器中，光子吸收引发一系列光学事件的连锁反应，最终导致高效的激光发射。光子雪崩的极端非线性可以广泛地影响许多技术，如高效上转换激光器、光电子和光学传感器，以及夜视设备等。一直以来，由于镧（Ln）基材料具有独特的光学特性，使得光子雪崩能够在相对较长的时间内存储光能，因此光子雪崩几乎只在 Ln 基材料中进行研究。然而，在这种材料中实现光子雪崩非常困难——它需要许多 Ln 系离子之间的协同作用，同时还需要调节损失途径，因此仅限于大块材料和聚集物，而且通常是要在低温下。

该研究通过实施一些关键的纳米颗粒设计创新，如选择 Ln 族元素的含量和种类，成功合成了新型的 20 nm 的晶体，并能展示光子雪崩及其极端非线性。研究显示，这些雪崩纳米颗粒的非线性光学响应为入射光强度的 26 次幂，即入射光的 10% 变化能导致发射光 1000% 的变化。这种非线性远远超过了以前报道的 Ln 系纳米晶体的响应。由此，仅使用简单的扫描共聚焦显微镜即可实现 70 nm 以下的空间分辨率的光子雪崩单束超分辨率成像，且无需任何计算分析。与现有的超分辨率技术和计算方法相结合，雪崩纳米颗粒成像分辨率更高，且激发强度比其他探针低约 100 倍。

相关研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Giant nonlinear optical responses from photon-avalanching nanoparticles）。

（快报 综合）

玻璃新状态：液体玻璃

德国康斯坦茨大学 Andreas Zumbusch 和 Matthias Fuchs 两位教授率领的研究团队发现了一种新的物质状态：液体玻璃（liquid glass），它有着一些不寻常的特性。

通常情况下，当一种物质从液体变为固体时，原先自由流动的原子会排列成刚性晶体，但玻璃的情况并非如此：它的原子则是在无序状态下“冻结”的。至少通常情况都是这样的。在这项新研究中，研究人员在椭圆形胶体悬浮液模型系统中发现了玻璃的一种新形式，其中的原子表现出一种复杂的行为，这是以前在大块玻璃

中从未见过的。本质上来说，即原子可以移动但不能旋转。

胶体悬浮液是包含有固体颗粒的混合物或流体，其尺寸一般为微米级或更大，大于原子和分子，适合通过光学显微镜进行观察研究。通常情况下，大多数涉及胶体悬浮液的实验都依赖于球形胶体。然而，非球形颗粒也是非常常见的。

研究人员通过高分子化学方法，制备得到微小塑料颗粒，将其拉伸并冷却，形成椭圆形，然后置于特定溶剂中。由于与球形颗粒不同的是，这些椭圆形颗粒具有定向性，可让研究人员知道它们指向的是哪个方向。研究人员测试了流体中不同浓度的粒子、追踪它们移动和旋转能力。研究结果显示，在浓度较高的情况下，这些粒子会阻止彼此旋转，但它们仍可以移动，并形成液态玻璃状态。该研究还为临界波动和玻璃阻滞之间的相互作用提供了证据，这是科学界一直在研究的一个问题。

相关研究工作发表在 *PNAS*（文章标题：*Observation of liquid glass in suspensions of ellipsoidal colloids*）。

万 勇 编译自[2021-01-05]

Neither liquid nor solid

<https://www.uni-konstanz.de/en/university/news-and-media/current-announcements/news-in-detail/weder-fluessig-noch-fest/>

德压电微机电系统创成式制造项目取得突破

德国弗劳恩霍夫激光技术研究所、硅技术研究所和亚琛工业大学联合开发出一种将数字喷墨打印技术与激光晶化技术相结合的制造工艺，并完成了微型扬声器的演示制造。

研究人员首先将特殊涂料涂敷于硅晶片基板上，然后采用激光进行照射，在局部温度超过 700℃ 且保持温度波动在 $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内的条件下，结晶形成 20~30 nm 厚的压电陶瓷晶体，之后将多个压电陶瓷薄层与导电陶瓷电极逐层堆叠形成微型扬声器。通过向电极施加交流电压，可使压电陶瓷薄层快速变形，从而产生振动发声。这种制造工艺无需掩模等辅助工具即可制造薄膜电子设备，具有制造系统投资少、设计变更灵活、小规模生产成本低等优势。下一步，研究人员计划拓展该工艺使用的基板类型，并进一步简化工艺。

徐 可 编译自[2021-01-07]

Printed miniature loudspeaker listening into the future

<https://www.ilt.fraunhofer.de/en/press/press-releases/2021/1-7-generator-microactuator.html>

机器学习让材料技术设计周期缩短一年

美国桑迪亚国家实验室开发出一种机器学习算法，能够帮助材料科学家进行模拟与仿真，完成繁琐的材料科学计算，其速度比普通方法快了 4 万倍，使材料技术设计周期缩短近一年。

研究人员使用机器学习来加速计算机模拟，预测改变设计或制造过程（如调整合金中的金属量）将如何影响材料。当前一个项目需要数千个模拟，可能需要数周、数月甚至数年的时间才能完成运行。研究人员在 12 分钟的时间内对具有 128 个处理核心的高性能计算集群进行单独模拟仿真。但通过机器学习，相同的计算量使用 36 个内核的情况下仅花费了 60 毫秒，相当于同等计算机上的速度提高了 4.2 万倍。新算法得出的答案与标准模拟结果相差 5%，这是非常准确的预测。机器学习框架可实现与高保真模型基本相同的精度，但计算成本却很低。

研究人员利用新算法研究了用于下一代显示器和屏幕的超薄光学技术，被证明具有广泛的实用价值，因为模拟研究体现了材料微观结构随时间的变化或演变。结果证明了首次使用机器学习来以相对较大的微观尺度加速材料的仿真。例如，科学家现在可以快速模拟微小的熔融金属小滴在冷却和凝固时将如何凝结在一起，蛋白质的形成许多其他自然现象。

该研究不仅促进光学、航空航天、能量存储和潜在医学等新技术创造的加速，还可以节省实验室的计算成本。

相关研究工作发表在 *npj Computational Materials* (文章标题: Accelerating phase-field-based microstructure evolution predictions via surrogate models trained by machine learning methods)。

冯瑞华 编译自[2021-01-05]

Advanced materials in a snap

https://share-ng.sandia.gov/news/resources/news_releases/advancing_materials/

世界首台高温超导高速磁浮工程化样车启用



高温超导高速磁浮工程化样车

1 月 13 日，采用西南交通大学原创技术的世界首条高温超导高速磁浮工程化样车及试验线在四川成都正式启用。这标志着我国高温超导高速磁浮工程化研究实现从无到有的突破，具备了工程化试验示范条件。

此次启用的高温超导高速磁浮工程化样车采用全碳纤维轻量化车体、低阻力头型等新技术和新工艺，设计时速 620 千米，有望创造陆地交通速度新纪录。下一步计划结

合未来真空管道技术，开发填补陆地交通和航空交通速度空白的综合交通系统，为远期向时速 1000 千米以上速度值的突破奠定基础。

在节能方面，高温超导磁浮列车悬浮和导向不需要主动控制、不需要车载电源，系统相对简单。悬浮和导向只需用廉价的液氮（77 K）冷却，空气中有 78% 是氮气。

在速度方面，高温超导磁悬浮列车的悬浮高度（10~30 mm）可根据需要设计，可用于从静止至低、中、高速和超高速运行。与其它磁悬浮技术比较，更适合真空管道交通运输（大于 1000 km/h）。

（科技日报、封面新闻）

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
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