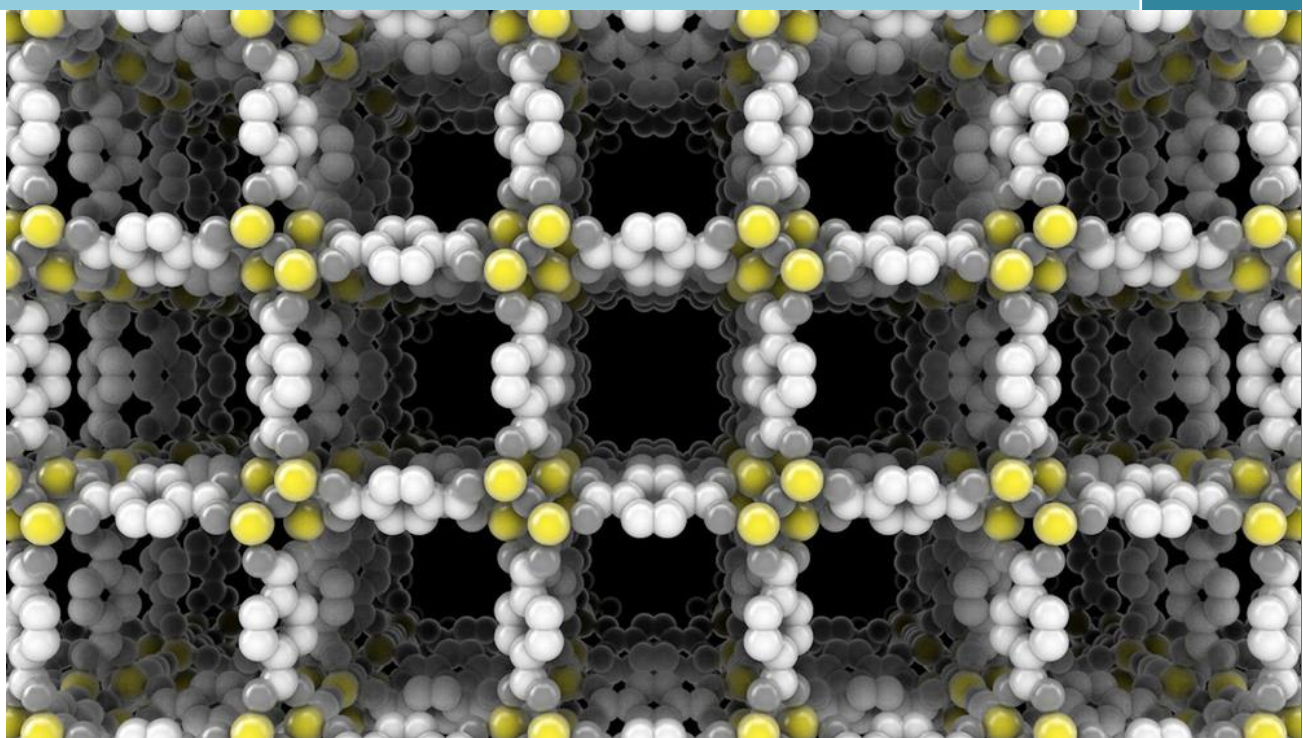


2023

先进材料动态信息【04】

ADVANCED MATERIALS NEWSLETTER



中国科学院兰州化学物理研究所
科研与规划处

2023年11月3日

目 录

◆ 深度分析

我国未来产业科技发展战略选择	1
----------------------	---

◆ 国际观察

欧 AMI 2030 和石墨烯旗舰计划呼吁建立 2D 材料伙伴关系	8
---	---

日发布《2023 制造业白皮书》	8
------------------------	---

2023 年高端制造十大科学问题发布	9
--------------------------	---

美 NSF 投资研究中心加速材料科学研究	10
----------------------------	----

◆ 项目资助

英加两国启动联合生物制造计划	12
----------------------	----

美 DOE 资助电池回收技术	12
----------------------	----

英资助中小型电池开发商开展电池技术规模化研发	13
------------------------------	----

◆ 研究动态

单原子催化新材料	14
----------------	----

二维材料内首次探测到自旋结构	14
----------------------	----

利用液态金属实现高熵合金的原子制造	15
-------------------------	----

碳纳米管超润滑涂层可将摩擦力降至 1%	15
---------------------------	----

弱连接键可增强聚合物抗撕裂性	16
----------------------	----

新型 3D 打印工艺无需高温烧结制备纳米级光学玻璃	17
---------------------------------	----

◆ 政策速览

科技政策速览 (2023 年 6-10 月)	18
兰州化物所最新高被引论文列表	21

我国未来产业科技发展战略选择¹

全球产业竞争格局加速重塑，产业布局愈加前瞻，促使依托前沿科技突破谋划未来产业发展成为打造国家竞争新优势的关键。当前新一轮科技革命和产业变革呈现出多领域、跨学科、群体性突破态势，信息、生物等领域科技密集突破，为未来产业发展奠定了坚实的科技基础。美国、德国、日本、韩国等国家抓紧推动未来产业科技发展，将发展新兴技术作为培育未来产业、抢占未来发展制高点的重要抓手，积极谋划未来产业科技发展路径。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出“前瞻谋划未来产业”，将类脑智能、量子信息、基因技术、未来网络、深海空天开发、氢能与储能等前沿科技和产业变革领域作为未来产业发展的重点领域，这为未来产业科技发展指明了方向。与传统产业科技相比，未来产业科技发展的不确定性更高，有着更高的科技门槛和壁垒，更加依靠前沿科技的突破，这使得推动未来产业科技发展的路线图更加复杂。

1 未来产业科技发展动力与方向

1.1 未来产业科技发展动力

(1) 前沿科技突破推动未来产业科技发展。未来产业科技供给的主要来源之一是前沿科技突破，尤其是颠覆性前沿技术的突破。当前新材料、新能源、新一代人工智能、生物技术等一系列技术突破正在改变现有的产业格局和竞争模式。

(2) 未来场景需求拉动未来产业科技发展。经济社会的智能化、健康化、绿色化发展趋势深入进行，强大的市场需求必然将进一步推动未来产业科技突破。我国为了实现人工智能新技术迭代升级和产业快速增长，科学技术部等六部门印发了《关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见》，意在通过强化场景创新来推动人工智能技术的发展及高水平应用。

¹陈凯华, 冯卓, 康瑾, 等. 我国未来产业科技发展战略选择[J]. 中国科学院院刊, 2023,38(10):1459-1467. DOI: [10.16418/j.issn.1000-3045.20230601001](https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20230601001). CSTR: [32128.14.CASbulletin.20230601001](https://cstr.cn/32128.14.CASbulletin.20230601001). CHEN Kaihua, FENG Zhuo, KANG Jin, et al. Strategy choices of science and technology development of China's industries of future[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023,38(10):1459-1467. DOI: [10.16418/j.issn.1000-3045.20230601001](https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20230601001). CSTR: [32128.14.CASbulletin.20230601001](https://cstr.cn/32128.14.CASbulletin.20230601001).

(3) 政策支持保障推动未来产业科技发展。由于未来产业科技发展的不确定性和风险性高，科技投入、科技主体、科技转化、科技条件等科技政策将深刻影响科技发展的速度和方向，财税、金融、投资、贸易等经济政策也显著影响未来产业科技发展的前景，政策保障对未来产业的科技发展至关重要。为加快未来产业科技发展，各国政府加以财政补贴、投资规划等手段引导，在充分发挥财政政策和货币政策工具作用的基础上进一步推出未来产业科技发展的创新政策与产业政策。

1.2 未来产业科技发展方向

(1) 未来产业科技发展方向取决于新兴和重大前沿科技的突破，数字化和智能化特点明显，呈现出多点群发特征。前沿科技突破越来越需要依托知识的交叉融合，新一轮科技革命呈现多学科、多领域知识不断交叉融合的特征和多点群发性突破的态势；同时，一些边缘科技的突破也有可能对未来科技体系产生重大影响，进而带来科技革命和产业变革，引领未来产业科技发展方向。日本第 11 次技术预见结果显示，大数据系统、机器人技术、人工智能等都是未来发展的重要科技领域。

(2) 未来产业科技发展方向取决于经济社会发展的重大科技需求，健康化与绿色化特点明显，突出科技发展社会属性。联合国可持续发展目标指出在发展科技的同时关注人类社会可持续是全世界的共同目标，科技发展的绿色化必然成为未来产业科技发展的重要趋势，清洁交通技术、绿色氢能等也成为未来产业科技重点攻关方向。

2 未来产业科技发展与管理需求

2.1 发展未来产业科技需要加强科技宏观布局，做好顶层设计和战略谋划

前沿科技突破和未来产业发展需求的双重不确定性导致推动未来产业科技发展需要加强战略引导。加强关键技术发展方向的前瞻性预判，在推动技术成熟、技术产业化、产品市场化的过程中细化出更多新技术以满足市场需求对壮大未来产业是非常有必要的，迫切需要国家做好顶层设计和战略谋划，加强对未来产业科技发展的政策引导。

2.2 发展未来产业科技需要加强前沿科技攻关，支撑各类场景应用

未来产业科技对各行业、各领域具有较强的渗透性和牵引性；其通过推动科

技经济社会发展范式的变革，支撑各行业、各领域场景发展，系统性满足经济社会发展变迁的需要，因此具有较高的科技门槛和壁垒，需要系统攻关。推动未来产业科技发展一定要前围绕重点领域加强科技攻关。

2.3 发展未来产业科技需要加大创新资源供给，优化创新要素配置

未来产业发展的复杂性使得整合创新资源的复杂比率提高，对创新要素的供给、配置和使用等提出了更高要求。此外，未来产业回报周期通常比较长，发展未来产业应给予早期引导与支持，需要根据其不同发展阶段优化创新资源配置方式，高效循环未来产业发展的各类创新要素资源。

2.4 发展未来产业科技需要完善科技创新体系，构建新型创新生态

产业创新生态的培育是促进未来产业发展和科技突破的必要条件。推动未来产业科技发展一定要调动企业家、科学家、风险投资家协同互动的积极性，构建有利于科技攻关的开放创新生态。

3 典型国家的未来产业科技发展布局

为把握未来产业科技发展机遇，美国、日本、欧盟等国家和地区纷纷加强对人工智能、量子技术、能源技术、生命医药等关键前沿领域的布局，制定了一系列战略规划与发展计划，推动战略、科技、产业、政策“四位一体”发展。

3.1 加强未来产业科技发展宏观布局

主要国家纷纷把握未来产业科技方向和发展机遇，在激烈的国家科技竞争中寻求合作，保障国家未来科技安全。① 制定前瞻性的战略规划，系统性搭建未来产业科技发展框架。美国 2020 年发布《未来产业法案》，旨在促进美国在未来半导体包括人工智能、先进制造、量子计算和下一代无线网络等新技术领域的领导地位。② 推动国际未来产业科技合作，保障国家未来产业发展安全。2022 年 10 月，欧洲量子互联网联盟启动了为期 7 年的计划，拟在整个欧洲范围内构建量子互联网生态系统，推动量子科技协同研发；日美将加强在网络、航天等方面的合作。

3.2 聚焦未来产业前沿科技发展趋势

主要国家主动识别未来产业发展趋势，力求抢占科技制高点，开辟未来产业科技发展新赛道。① 聚焦智能化趋势，加强数字技术攻关。② 聚焦绿色化趋势，加强新能源技术攻关。③ 聚焦健康化趋势，加强生物技术攻关。

3.3 加大未来产业科技创新资源投入

主要国家加大未来产业科技创新研发供给，从资金、人才等方面支持未来产业科技发展。① 加强政府资金投入，增加未来产业科技研发经费。美国《未来产业法案》提出 2025 财年前向未来产业投资增加至每年 100 亿美元的目标；德国设立 100 亿欧元的“未来技术投资资金”，为初创企业提供融资。② 扩大专业人才供给，增强未来产业发展动能。2020 年 9 月，欧盟发布《数字教育行动计划（2021—2027 年）》，指出人们需要拥有最新的高级数字技能，以支持社会、公共服务及经济各方面的数字和绿色双重转型。

3.4 搭建未来产业新型科技创新体系

主要国家加大未来产业创新主体建设，强化创新主体协同发展，积极构建开放型未来产业科技发展生态。① 加强创新主体建设，健全未来产业科技研发平台。② 推动创新主体协同发展，打造开放型未来产业科技发展生态。德国建立了以德国科学联席会（GWK）为纽带的未来研究战略体系，鼓励政府、社会、科研机构等多元主体协同推进创新发展。

4 我国未来产业科技发展现状与挑战

4.1 未来产业科技宏观布局亟待完善

我国大力推进未来产业的发展，但是我国未来产业科技发展始终缺乏系统性布局，构建有主有次、分类探索的未来产业科技发展央地协同、部门协同、组织协同机制存在一定挑战。① 从央地协同来看，“十四五”以来，我国各地方政府未来产业科技发展战略布局存在交叉重复。② 从部门协同来看，推动未来产业发展是一项系统工程，工业和信息化部、科学技术部、教育部已经开展了一些试点建设，但整体上我国科技政策、教育政策、产业政策、财税政策、金融政策等还未能从促进未来产业科技突破、转移与应用全链条角度进行布局，部门协同效率有待提升。③ 从组织协同来看，国家实验室、全国重点实验室、国家制造业创新中心、国家产业创新中心、国家工程研究中心等创新平台协同推进未来产业科技发展的作用尚未凸显。

4.2 未来产业关键前沿科技存在短板

当前，我国未来产业科技攻关能力不断提升，但在信息、能源、生物等未来产业重点领域部分技术仍然面临“卡脖子”问题。《中华人民共和国国民经济和社

会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》中提出的类脑智能、量子信息、基因技术、未来网络、深海空天开发、氢能与储能等未来产业重点科技领域的基础研究和前沿关键技术自主可控水平不高。国家产业基础专家委员会编制的《产业基础创新发展目录（2021 年版）》列出了 1047 项需要大力发展的产业基础产品和技术，这些基础零部件和元器件、基础材料等方面的短板问题严重制约了前沿科技突破，实现未来产业科技发展关键技术自主可控存在较大困难。

4.3 未来产业科技要素供给有待提升

国家创新驱动发展战略的深入实施为未来产业科技发展提供了广阔的空间，但未来产业科技要素供给能力仍显不足，有效拓宽要素投入渠道，扩大要素投入规模存在困难。^①从人才供给来看，我国未来产业科技人才面临较大缺口。^②从资金供给来看，金融机构对未来产业科技培育的市场识别和技术预见不足，导致部分潜力大、价值高的未来技术面临融资约束，创新主体进行科技研发的动力更弱；同时，我国针对未来产业发展的金融制度还处在探索期，短时间内构建完善的融资方式和金融服务模式存在一定困难。

4.4 未来产业科技发展生态有待健全

我国在一些未来产业潜在领域的科技发展生态仍然不健全，部分领域生态体系建设遭受国际围堵，从而严重掣肘我国未来产业科技突破。^①从国内来看，我国虽然拥有庞大的消费市场和齐全的产业门类，但未来产业的基础设施、技术标准、检测认证和监管体系不健全，缺少统一战略规划和顶层设计，“政产学研金服用”协同的创新生态尚未形成。^②从国际来看，全球产业、科技竞争趋于激烈，发达国家凭借其先发优势，在部分科技领域已经占据了有利地位并构建产业联盟。

5 我国未来产业科技发展战略优化

5.1 加强未来产业科技发展的宏观布局

(1) 大力开展未来产业科技预判。结合未来产业科技发展趋势和经济社会发展重大需求定期开展战略预判，遴选我国未来产业科技发展重点方向；组建国家未来产业科技发展战略咨询委员会，统筹谋划未来产业科技发展方向，引导科技资源配置。

(2) 构建未来产业科技研发体系。坚持未来产业科技发展全链条布局，充

分发挥中央科技委员会的统筹协调作用，围绕未来产业重点科技领域，从基础研究、应用研究、开发试验等全链条部署未来产业科技发展项目，调动国家实验室、国家科研机构、高水平研究型大学和科技领军企业开展未来产业科技攻关。

(3) 打造未来产业协同创新体系。综合考虑国家战略需求及地方资源特色和发展优势，构建央地、部门联动的未来产业科技创新体系，推动创新主体开展科技联合攻关。

5.2 强化未来产业科技发展的场景驱动

(1) 培育未来产业科技应用场景。关注智能化、健康化、绿色化等未来生产生活趋势，围绕经济社会发展的重大需求，发布未来产业科技场景目录。

(2) 支持未来产业科技场景共建共享。鼓励企业、行业协会、政府等社会主体共同参与场景挖掘和培育，支持建设未来产业前沿科技展示中心，展示未来产业科技场景。

(3) 推动未来产业科技场景应用。依托产业链龙头企业，建设未来产业大脑，促进未来产业科技在产业链上下游、大中小企业的應用；支持建设未来科技的标杆示范项目，推动未来产业科技场景大规模应用。

5.3 扩大未来产业科技发展的要素供给

(1) 打造未来产业科技创新平台。支持建设新型研发机构，技术创新联合体等，在重点区域重点领域建设一批未来技术学院、未来产业创新中心、未来产业实验室，打造未来产业科技策源地。

(2) 加强未来产业科技人才培养。围绕未来产业重要科技方向，优化高校学科专业体系，推动新工科、新医科、新农科建设，鼓励通过“校企合作”“产教融合”“产研融合”等方式培养未来产业科技人才。

(3) 加大未来产业科技资金支持。使用财政资金稳定支持未来产业重点领域科技，优化完善未来产业科技金融制度，吸引外资、金融机构资金等支撑未来产业科技发展。

(4) 布局建设重大科技基础设施。围绕未来重点科技领域建设一批重大科技基础设施，加快推动原始创新突破。

5.4 构建未来产业科技发展的创新生态

(1) 完善未来产业科技多元治理。发挥政府、高校、科研院所、企业、投

资机构等多元主体在技术创新、产品研发及人才培育的分工协作与优势互补的特点，助力形成“基础研究+技术攻关+成果产业化+科技金融”的未来产业培育链，支持多元主体共同参与的未來产业科技治理。

(2) 健全未来产业科技转化生态体系。支持组建未来产业科技发展联盟，支持企业、科研院所联合建设中试基地和验证平台；完善产业金融、科技咨询、科技培训等服务体系建设，健全科技研发、成果转化、中试和量产应用全过程的未来产业科技转化链条。

(3) 加强未来产业国际科技合作。依托北京、上海、粤港澳大湾区等国际科技创新中心，加强与“一带一路”沿线国家、《区域全面经济伙伴关系协定》(RCEP) 成员国家、金砖国家之间的国际科技合作；支持围绕未来产业重点科技领域设立国际科技组织，搭建未来产业国际科技交流平台。

欧 AMI 2030 和石墨烯旗舰计划呼吁建立 2D 材料伙伴关系

6 月 12 日，欧洲“先进材料倡议 2030”（AMI 2030）和以石墨烯旗舰计划（Graphene Flagship）为基础的“二维材料倡议”（2D Materials Initiative）共同呼吁，在包括 2D 材料在内的先进材料领域建立欧洲伙伴关系，以寻求在这些领域的公共机构和私人利益相关方（工业、研究组织、学术界等）之间建立长期合作关系。这项举措将更有效地应对欧洲在先进材料方面面临的主要挑战，并在实现欧盟自主、创新领导力和产业竞争力的目标以及实现绿色和数字化转型方面发挥更大的影响力²。

两项倡议的联合将为整个欧洲先进材料生态系统带来多方面的好处。石墨烯旗舰计划持续将低技术成熟度（TRL）研究中的材料推向市场，而 AMI 2030 则为大型行业利益相关方带来了更广泛的先进材料视角，并与他们建立了牢固的联系，重点关注中端 TRL 及以上。此外，两者的科学积累和相关部门的合作都将有利于 2D 材料的发展。石墨烯旗舰计划的 2D-EPL 项目还将为学术界、中小企业和企业提供各个阶段的原型服务（prototyping services）。

日发布《2023 制造业白皮书》

6 月 2 日，日本发布由经济产业省、厚生劳动省和文部科学省共同编写的《2023 制造业白皮书》。

白皮书指出，由于新冠疫情、俄乌冲突等导致国际局势不稳定，使得供应链中断的风险增加。同时，全球脱碳发展趋势日益显著，欧美加大了对电力等行业部门的脱碳资助力度，并着手制定新的市场规则。日本自 2022 年起，通过绿色化转型（GX）相关会议，出台了今后 10 年的方针举措。白皮书数据显示，90% 的大公司和 5% 的中小企业已经开始对制造业进行脱碳资本投资。此外，在数字化转型（DX）方面，制造业自身的商业模式正在发生变化，例如在制造现场越来越多地使用数字技术和数据，企业也在不断增加赚取利润的手段。

² 先进制造与新材料动态监测快报，2023（12），中国科学院武汉文献情报中心。

2023 年高端制造十大科学问题发布

6月27日上午，由中国科学院和北京市联合举办的第五届雁栖湖会议举行“2023年高端制造前沿十大科学问题”发布会。大会主席丁汉院士和雒建斌院士，与来自中国、德国、俄罗斯、英国、西班牙、加拿大、日本、新加坡等国家的学者共同向全球发布了会议凝练的十大科学问题³。这些问题如下表所列。

科学问题	科学问题英文版
1 如何实现原子级可控制造？	How to achieve controllable manufacturing at the atomic scale?
2 机器人化制造如何影响未来制造范式？	How does robotized manufacturing impact the future manufacturing paradigm?
3 高能束增材制造如何实现精准控形控性？	How to control precisely geometry and performance in high-energy-beam additive manufacturing?
4 如何基于任意元素与结构创制新物质？	How to generate new matter and materials based on arbitrary elements and structures?
5 如何实现机器人人类技能作业？	How to realize human-like skills in robotic operations?
6 极端光场制造中载能粒子的时空演化机制及效应是什么？	What are the mechanisms and effects of energy-carrier spatio-temporal evolution during extreme-light-field manufacturing?
7 如何实现异质异构跨尺度制造？	How to achieve heterogeneous cross-scale manufacturing?
8 如何实现性能驱动的高附加值制造？	How to achieve performance-driven high-value added manufacturing?
9 如何实现高效高性能多尺度激光制造？	How to realize simultaneously high efficiency and high performance in multi-scale laser manufacturing?
10 如何实现面向未来制造的机器人系统？	How to realize future manufacturing robot systems?

这十大科学问题围绕激光制造、微纳制造、机器人化智能制造三个方向，从100余个覆盖不同领域的候选问题中研讨凝练形成，并面向全球公开发布，以激励更多的科学家对新的科学问题发起挑战，进一步推进高端制造相关科学领域的发展和进步。

³ 先进制造与新材料动态监测快报，2023（13），中国科学院武汉文献情报中心。

美 NSF 投资研究中心加速材料科学研究

美国国家科学基金会（NSF）拟向 9 个材料研究科学与工程中心投资 1.62 亿美元以推动先进材料的开发³。NSF 目前总共支持了 20 个中心，并通过最新的项目扩大了这些中心的投资组合，在半导体、生物技术、可持续能源和储存等多个领域开展更广泛的研究项目。2023 年资助的 9 个中心及其研究方向如下：

(1) 伊利诺伊材料研究科学与工程中心

▶利用材料中的应变来控制电子的运动，并在量子材料以及能源生产和存储等方面实现新的信息存储和处理模型；

▶开发具有光控离子传导的材料，并探究在新型电化学制造、能源和信息技术中的应用。

(2) 得克萨斯大学材料动力学与控制中心

▶开发新型生物软材料，可以主动控制其结构和功能，用于合成细胞和自适应热涂层等领域；

▶开发具有新型结构的原子级薄材料，可用于微电子和量子信息处理等。

(3) 华盛顿大学分子工程材料中心

▶研究开发能够通过光调节单个电子磁性的材料，用于量子信息处理和传感；

▶开发“弹性量子物质”材料，通过应变力产生并影响量子尺度效应。

(4) 西北大学材料研究科学与工程中心

▶创制可编程执行自导向功能的仿生材料，例如可自修复和形变；

▶研制可传导电子和离子，模仿大脑神经元能力的材料。

(5) 宾夕法尼亚大学物质结构研究实验室

▶开发能够适应周围环境和外部触发器的新材料，潜在应用范围包括能够偏转能量的柔性材料，制造执行复杂任务的软体机器人等；

▶开发类组织合成生物材料，控制细胞内关键分子释放（类似药物输送）。

(6) 加州大学圣巴巴拉分校材料研究实验室

▶开发新的化学品和加工方法，实现可持续聚合物的无溶剂制造，并提高可回收性；

▶模拟生命系统的自适应生物材料，应用于软性植入物和触觉系统（即利用

触摸和运动进行控制的系统)。

(7) 威斯康星材料研究科学与工程中心

- ▶开发新型玻璃材料，包括柔性金属玻璃和薄的有机半导体玻璃等；
- ▶开发基于晶体的薄膜材料，具有超快磁开关特性，推进信息处理、高速数据存储和量子计算等领域发展。

(8) 田纳西大学先进材料与制造中心

- ▶通过人工智能加速对量子材料和系统的理解、设计和控制，在能量采集、低功耗电子、量子计算和新型传感应用材料等方面取得潜在进展；
- ▶开发能够承受核聚变和高超音速防御系统所需的极端温度及压力的材料。

(9) 密歇根材料创新中心

- ▶专注开发具有定制纳米结构的新型层状材料，助力量子信息处理实现量子态；
- ▶开发能自修复的可回收聚合物材料，在增材制造和对材料性能进行按需改性方面具有潜在应用。

英加两国启动联合生物制造计划

6月8日，英国和加拿大达成协议，将在量子科学、气候变化和生物制造方面进行更深入的合作，以提高劳动力技能并促进增长。同日，英国和加拿大签署了《生物制造合作备忘录》，将启动联合生物制造计划，该计划将分别得到英国和加拿大政府 1000 万英镑资助，旨在发展英国和加拿大的生物制造业，确保两国为未来的流行病做好充分准备⁴。

生物制造合作目标是通过汇集加拿大和英国的互补优势来推动经济增长，以支持该领域的企业增长，为两国带来经济增长，并创造高技能就业机会。合作重点包括建立生物制造的人才管道、提供未来行业发展所需的熟练劳动力、资助英国和加拿大的企业和研究组织共同开发未来产品和服务的联合项目、与投资者建立更大的联系和共享知识以支持相关企业快速增长和扩大规模等。

除了《生物制造合作备忘录》，英国和加拿大还达成一系列合作意向，包括加拿大成为英国 1.19 亿英镑国际科学伙伴基金（ISPF）的合作伙伴、量子合作意向声明、英国创新机构-加拿大蛋白质工业公司合作推动植物性食品创新等。

美 DOE 资助电池回收技术

6月12日，美国能源部（DOE）宣布将出资 1.92 亿美元，用于资助从消费产品中回收电池，启动先进电池研发联盟，并继续颁发始于 2019 年的“锂离子电池回收奖”⁴。

（1）电子产品电池回收、再加工和电池收集

投入 1.25 亿美元，包括以下主题：①制定并组织教育宣传等活动，以促进消费者参与；②改进电池回收经济性，如通过改进报废电池收集、运输、保存、拆解相关工艺以降低成本；③制定计划，协助各州和地方政府部门建立或加强电池收集、回收和再处理；④与零售商建立和/或实施电池收集计划等。

（2）先进电池研究联盟

投入 6000 万美元，通过支持新型电池研发，进一步发展美国国内电池供应

⁴先进制造与新材料动态监测快报，2023（12），中国科学院武汉文献情报中心。

链和回收能力，满足未来电动汽车大规模商业化的关键电池需求。包括设计、开发、建造和测试性能更优（耐低温、快速充电、耐用）的电动汽车电池技术，并开发除锂电池以外的电池技术，还将开发具成本效益的回收工艺。

（3）锂离子电池回收奖

投入 740 万美元，支持企业开发和示范锂离子电池回收技术。该奖项重点资助废旧锂离子电池收集、分类、存储和运输等技术，旨在实现回收 90% 的废旧锂离子电池。前期已经进行了三个阶段资助，持续支持锂离子电池回收技术的概念开发、原型制造和试点验证。此次启动了“突破”项目资助和第四阶段资助，前者激励新的技术方案申请，后者将挑选第三阶段获资助企业进行影响力示范，即通过锂离子电池回收技术示范来验证其可能产生的影响，推进锂离子电池回收技术向商业化发展。

英资助中小型电池开发商开展电池技术规模化研发

英国研究与创新署（UKRI）通过法拉第电池挑战赛（Faraday Battery Challenge, FBC）向以下三家中小型企业电池开发商资助了 100 万英镑，支持开展电池技术规模化的研发。

（1）Addionics

将利用其自行开发的 3D 集电器制造技术，该技术能够显著改进电池性能。通过采用 3D 集电器材料进行完整的电池开发，包括混合、涂层、压延和分切，直至电池组装、化成和老化。

（2）AMTE

动力电池商业化项目将支持其提高产量，扩大超高功率（ultra high power, UHP）软包电池的规模。UHP 电池是一种在未来市场上领先的镍钴铝酸锂（NCA）化学软包电池，能够以 40 放电倍率连续放电或 100 放电倍率脉冲放电，能量密度为 150 瓦时/千克。

（3）Nyobolt

将超高速充电、高功率电池技术商业化，适用于从电动工具到汽车等各种应用，目前正在扩大生产以满足客户需求。该项目将优化该企业电极材料的质量，并加快吉瓦时规模的电池制造速度。

单原子催化新材料

纳米级催化材料由于其独特的特性,在水处理领域引起了广泛的关注。然而,通常用于催化剂的材料可能非常昂贵。例如,目前每盎司价格约为 2000 美元的钯 (Pd) 经常被用于催化剂。在纳米级形式中,50 纳米的钯覆盖约 250 平方米的面积约需 37 美元,其 2% 以上的原子暴露在表面。相比之下,在单原子形式下,只需 17 美分的钯就可以覆盖 1070 倍的区域,并且其 100% 的原子暴露在表面。耶鲁大学 Jaehong Kim 教授领导的研究团队开发出由一小簇原子组成的催化剂,有望极大降低水处理催化剂的成本并提升其效率。

研究人员在掺杂的石墨烯载体上合成了一组 Pd_n,并通过改变其配位环境来提升其性能,从而得到新的材料——Pd_n/X-graphene。结果显示,这种材料在选择性还原催化方面(如溴酸盐还原、溴化有机氢化和水相 CO₂ 还原)表现出优异的性能,可以通过降低速率限制步骤的活化能。由于这种材料设计相对较新,研究人员仍在寻找控制这些结构特性并优化其性能的最佳方法。

上述研究工作发表在 *PNAS*(文章标题:Enhancing the activity of Pd ensembles on graphene by manipulating coordination environment⁵)。

二维材料内首次探测到自旋结构

美国布朗大学 Jia Li 和桑迪亚国家实验室 Andrew Mounce 率领的研究团队首次在二维材料内观测到自旋结构,为直接研究电子在二维材料内的自旋特性奠定了基础,并催生相关计算与通信产品。

研究人员没有直接检测电子的磁化强度,而是测量了转角双层石墨烯电子电阻的细微变化,这些变化是由辐射引起的磁化强度变化而引起的。电流的这些微小变化可使得研究人员检测出电子是否吸收了微波辐射产生的光子。借助该方法,研究团队首次观测到了自旋电子与微波辐射光子之间的相互作用。

⁵ <https://doi.org/10.1073/pnas.2216879120>

上述研究工作发表在 *Nature Physics* (文章标题: Dirac revivals drive a resonance response in twisted bilayer graphene)。

利用液态金属实现高熵合金的原子制造

高熵合金是将五种或五种以上金属元素以无序固溶的方式进行“原子制造”得到的产物,具有传统合金所不具备的特殊性能,高熵合金纳米颗粒因各种巨大潜在应用而受到广泛关注。但高熵合金纳米颗粒的合成方法需要极高的温度(约2000K),然后再进行超快速降温处理,合成条件苛刻。因此,温和条件下实现多体系高熵合金的原子制造仍然是亟待解决的难题。

武汉大学付磊教授领导的研究团队长期致力于物质科学领域的原子制造研究,发展了液态金属反应体系,实现了多类材料的原子制造。研究团队以“混合焓”为切入点,降低反应吉布斯自由能变,采用兼具负混合焓特性和流动性的液态金属,实现了温和条件下各类高熵合金体系的原子制造。液态金属(如镓)与大多数金属间亲和性好,混合焓为负值;且流动性良好,可加速传质,促进元素的均匀分散和合金化反应的进行。由此,在液态金属反应体系中,可在温和条件下实现高熵合金的多组元原子混溶,极大拓展了高熵合金的组分选择空间,有望促进其在更多关键领域的应用。

上述研究工作发表在 *Nature* (文章标题: Liquid metal for high-entropy alloy nanoparticles synthesis⁶)。

碳纳米管超润滑涂层可将摩擦力降至 1%

美国橡树岭国家实验室 Jun Qu 团队开发出新涂层,可以将钢摩擦的摩擦力降低到现有水平的 1%。新型涂层可以助力推动美国经济,美国经济每年因摩擦和磨损损失超过 1 万亿美元,相当于国民生产总值的 5%。

该新型涂层材料由碳纳米管组成,摩擦系数小于 0.01,赋予滑动部件超润滑

⁶ Cao, G., Liang, J., Guo, Z. *et al.* Liquid metal for high-entropy alloy nanoparticles synthesis. *Nature* **619**, 73–77 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06082-9>.

性。相比之下，干燥金属或润滑金属相互滑动时，摩擦系数约为 0.5 和 0.1。多壁碳纳米管包覆在钢表面，抵抗腐蚀性水分，并起到润滑剂储存器的作用。当它们第一次沉积时，垂直排列的碳纳米管像草叶一样立在表面上。当钢部件相互滑动时，它们实际上是在“割草”。每个叶片都是中空的，但由多层石墨烯制成。过程中断裂碳纳米管碎片重新沉积在接触表面上，形成富含石墨烯的摩擦膜，将摩擦力降低到几乎为零。

ORNL 的研究人员使用摩擦计进行摩擦测试，结果表明碳纳米管在有油润滑情况下能保持超润滑性超过 50 万次循环。下一步，橡树岭国家实验室希望与产业界合作，向美国能源部撰写一份联合提案，以测试、成熟和许可该技术。

上述研究工作发表在 *Materials Today Nano* (文章标题: Macroscale superlubricity by a sacrificial carbon nanotube coating⁷)。

弱连接键可增强聚合物抗撕裂性

美国麻省理工学院和杜克大学的联合研究团队发现，在聚丙烯酸酯弹性体聚合物网络中加入弱键交联剂，可以将材料的抗撕裂性能提高 10 倍。这种橡胶状聚合物通常用于汽车零部件，也经常用作 3D 打印物体的“墨水”。研究人员正在探索将这种方法扩展到橡胶轮胎等其他类型材料的可能性。

聚丙烯酸酯弹性体是由丙烯酸酯链通过连接分子连接而成的聚合物网络。这些构建块可以以不同的方式连接在一起，创造出具有不同特性的材料。研究人员使用弱键交联剂将丙烯酸酯构建块连接在一起，其聚合物链在随机位置与其他链交联，而不是在两末端连接。实验结果显示，该材料对撕裂的抵抗力大大增强。加入较弱交联剂的聚丙烯酸酯比加入较强交联剂制成的聚丙烯酸酯更难撕裂 9-10 倍。即使当弱交联剂只占材料总体成分的约 2% 时，也能达到这种效果。研究认为，这是因为弱键随机地分布在材料中强键的链路之间，而不是作为链路末端的一部分。当这种材料被拉伸到断裂点时，任何在材料中传播的裂缝都会试图避开较强的键而通过较弱的键。

⁷ Chanaka Kumara, Michael J. Lance, Jun Qu, Macroscale superlubricity by a sacrificial carbon nanotube coating, *Materials Today Nano*, Volume 21, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.mtnano.2022.100297>.

上述研究工作发表在 *Science* (文章标题: Facile mechanochemical cycloreversion of polymer cross-linkers enhances tear resistance⁸)。

新型 3D 打印工艺无需高温烧结制备纳米级光学玻璃

打印纳米级石英玻璃结构普遍基于传统的烧结法,所需温度均高于 1100 °C,这使其难以直接沉积到半导体芯片上。英国卡尔斯鲁厄理工学院 Jens Bauer 率领的研究团队开发出一种 3D 打印新工艺,无需烧结可以在更低的温度下生产出高分辨率和优异机械性能的透明石英玻璃。

研究人员使用有机-无机杂化聚合物树脂作为原料。这种树脂由多面体低聚倍半硅氧烷 (polyhedral oligomeric silsesquioxane, POSS) 分子组成。通过双光子聚合 3D 打印技术将材料交联形成 3D 纳米结构后,在空气中加热至 650 °C 以去除有机成分。同时,无机 POSS 聚结并形成连续的石英玻璃微结构或纳米结构。

上述研究工作发表在 *Science* (文章标题: A sinterless, low-temperature route to 3D print nanoscale optical-grade glass⁹)。

⁸ Shu Wang *et al.*, Facile mechanochemical cycloreversion of polymer cross-linkers enhances tear resistance. *Science***380**, 1248-1252(2023). DOI:[10.1126/science.adg3229](https://doi.org/10.1126/science.adg3229)

⁹ J. Bauer *et al.*, A sinterless, low-temperature route to 3D print nanoscale optical-grade glass. *Science***380**, 960-966(2023). DOI:[10.1126/science.abq3037](https://doi.org/10.1126/science.abq3037)

科技政策速览（2023年6-10月）

▶7月21日，国务院知识产权战略实施工作部际联席会议办公室印发《2023年知识产权强国建设纲要和“十四五”规划实施推进计划》，明确了七方面139项重点任务和措施。在完善知识产权制度方面，《推进计划》要求完善知识产权法律法规规章、改革完善知识产权重大政策、完善新兴领域和特定领域知识产权规则，具体提出推动相关法律法规修改，实施一流专利商标审查机构建设工程，加快数据知识产权保护规则构建等措施。在强化知识产权保护方面，《推进计划》要求加强知识产权司法保护、强化知识产权行政保护、健全知识产权协同保护格局，具体提出推进深化国家层面知识产权案件上诉审理机制改革，强化商标专利执法专业指导，高标准建设国家知识产权保护示范区等措施。在完善知识产权市场运行机制方面，《推进计划》要求提高知识产权创造质量、加强知识产权综合运用、促进知识产权市场化运营，具体提出改革完善知识产权考核评价机制，大力培育和发展专利密集型产业，深入实施专利转化专项计划等措施。在提高知识产权公共服务水平方面，《推进计划》要求加强公共服务供给、提高公共服务效能，具体提出推动更多知识产权数据实现开放共享，持续加强知识产权公共服务机构分级分类管理等。

（来源：国家知识产权局）

▶8月27日，中共中央办公厅、国务院办公厅近日印发了《关于进一步加强青年科技人才培养和使用的若干措施》（简称《若干措施》）。《若干措施》明确，支持青年科技人才在国家重大科技任务中“挑大梁”、“当主角”。国家重大科技任务、关键核心技术攻关和应急科技攻关大胆使用青年科技人才，40岁以下青年科技人才担任项目（课题）负责人和骨干的比例原则上不低于50%。鼓励青年科技人才跨学科、跨领域组建团队承担颠覆性技术创新任务，不纳入申请和承担国家科技计划项目的限项统计范围。稳步提高国家自然科学基金对青年科技人才的资助规模。深入实施国家重点研发计划青年科学家项目，负责人申报年龄可放宽到40岁，不设职称、学历限制，探索实行滚动支持机制，经费使用可实行包干

制。国家科技创新基地要大力培养使用青年科技人才，要加大基本科研业务费对职业早期青年科技人才稳定支持力度，要减轻青年科技人才非科研负担，要加大力度支持青年科技人才开展国际科技交流合作，要加大青年科技人才生活服务保障力度。

（来源：科学技术部）

►9月7日，科技部会同教育部、工业和信息化部、国家卫生健康委等十部门联合印发《科技伦理审查办法（试行）》（简称《审查办法》）。《审查办法》从健全体系、规范程序、严格标准、加强监管等方面提出了一系列措施、作出了相关规定。一是划定了科技伦理审查的主要范围，提出要坚持促进创新与防范风险相统一，客观评估、审慎对待不确定性和技术应用风险。科技伦理审查要重点针对可能影响人的合法权益和动物福利以及对生命健康、生态环境、公共秩序、可持续发展等带来伦理风险的科技活动。二是明确了科技伦理审查的责任主体、科技伦理（审查）委员会的设立标准和组织运行机制，并对委员会的制度建设、监督管理等提出具体要求。三是明确了科技伦理审查的基本程序，确定了伦理审查内容和审查标准，明确了需要开展伦理审查复核的科技活动清单内容及调整更新机制。四是明确了各相关部门、地方和各类创新主体的监督管理职责，建立了科技伦理（审查）委员会和科技伦理高风险科技活动登记制度，对科技伦理违规行为及调查处理分工等作出规定。

（来源：科学技术部）

►10月1日，工业和信息化部等四部门关于印发《绿色航空制造业发展纲要（2023-2035年）》的通知推动绿色航空制造业高质量发展。《纲要》提出，坚持市场主导、政府引导，创新引领、融合发展，统筹布局、系统推进的原则，到2025年，国产民用飞机节能、减排、降噪性能进一步提高，航空绿色制造水平全面提升，绿色航空产业发展取得阶段性成果，安全有效的保障体系基本建成。使用可持续航空燃料的国产民用飞机实现示范应用，电动通航飞机投入商业应用，电动垂直起降航空器实现试点运行，氢能源飞机关键技术完成可行性验证，绿色航空基础设施不断夯实，形成一批标准规范和技术公共服务平台，有效支撑绿色航空生产体系、运营体系建设。《纲要》明确，坚持多技术路线并举，积极探索

绿色航空新领域新赛道。按照技术成熟度，稳步推进技术攻关，“十四五”期间，小型航空器以电动为主攻方向，干支线等中大型飞机坚持新型气动布局、可持续航空燃料和混合动力等多种路线并存；同时，积极探索氢能源、液化天然气等技术路线，前瞻布局未来产业。

（来源：工业和信息化部）

▶10月17日，国务院办公厅关于印发《专利转化运用专项行动方案（2023—2025年）》的通知。一是突出专利产业化导向和服务实体经济。把专利转化运用的着力点和落脚点放在服务实体经济上，通过梳理盘活高校和科研机构存量专利、培育推广专利密集型产品等举措，促进专利产业化，助力经济高质量发展。二是突出专利制度供给和技术供给的双重作用。要促进专利链与创新链产业链资金链人才链深度融合，全面启动实施专利开放许可制度，对财政资助科研项目形成的专利五年没有实施且无正当理由的，可由国家无偿实施，促进专利转化，为产业创新发展提供有力支撑。三是突出发挥新型举国体制优势和超大规模市场优势。要推进重点产业知识产权强链增效，培育高价值专利组合，建设运行重点产业专利池，激发各类主体创新活力和转化动力。同时，有效发挥我国超大规模市场优势，为新技术应用和新业态发展提供丰沃土壤，面向未来产业等前沿技术领域鼓励探索专利开源，扩大专利产业化的规模和效益。四是突出统筹兼顾和分类施策。统筹协调专利创造和运用、创新投入和产出、产业发展和安全等三个方面重大关系，强化部门协作和央地协同，在盘活存量专利、培育中小企业、激发内生动力、构建服务生态等方面，提出一系列有针对性的措施，努力提升专利综合运用效益。五是突出目标导向和效益导向。注重工作成果可检验可评价可感知，建立专利实施、转让、许可、质押、进出口等各类数据监测机制，以实际数据来检验专项行动方案的实施成效。

（来源：中国政府网）

兰州化物所最新高被引论文列表 (一作单位 , 2023 年 9 月更新)

Num.	Author Full Names	Article Title	Source Title	Document Type	Corresponding Author	Times Cited	Publication Year
1	Liu, Qiao; Jin, Jutao; Zhang, Junyan	NiCO ₂ S ₄ @graphene as a Bifunctional Electrocatalyst for Oxygen Reduction and Evolution Reactions	ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES	Article	张俊彦	618	2013
2	Liu, Qiao; Zhang, Junyan	Graphene Supported Co-g-C ₃ N ₄ as a Novel Metal-Macrocyclic Electrocatalyst for the Oxygen Reduction Reaction in Fuel Cells	LANGMUIR	Article	张俊彦	370	2013
3	Liu, Wen-Wen; Feng, Ya-Qiang; Yan, Xing-Bin; Chen, Jiang-Tao; Xue, Qun-Ji	Superior Micro-Supercapacitors Based on Graphene Quantum Dots	ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS	Article	Liu, WW	592	2013
4	Liu, Wenwen; Yan, Xingbin; Chen, Jiangtao; Feng, Yaqiang; Xue, Qunji	Novel and high-performance asymmetric micro-supercapacitors based on graphene quantum dots and polyaniline nanofibers	NANOSCALE	Article	阎兴斌	263	2013
5	Peng, Chao; Yan, Xing-bin; Wang, Ru-tao; Lang, Jun-wei; Ou, Yu-jing; Xue, Qun-ji	Promising activated carbons derived from waste tea-leaves and their application in high performance supercapacitors electrodes	ELECTROCHIMICA ACTA	Article	阎兴斌	424	2013
6	Zhou, Xiaoyan; Zhang, Zhaozhu; Xu, Xianghui; Guo, Fang; Zhu, Xiaotao; Men, Xuehu; Ge, Bo	Robust and Durable Superhydrophobic Cotton Fabrics for Oil/Water Separation	ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES	Article	张招柱	512	2013
7	Fan, Zengjie; Liu, Bin; Wang, Jinqing; Zhang, Songying; Lin, Qianqian; Gong, Peiwei; Ma, Limin; Yang, Shengrong	A Novel Wound Dressing Based on Ag/Graphene Polymer Hydrogel: Effectively Kill Bacteria and Accelerate Wound Healing	ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS	Article	Fan , ZJ	604	2014

8	Du, Xiaorui; Zou, Guojun; Wang, Zhonghao; Wang, Xiaolai	A scalable chemical route to soluble acidified graphitic carbon nitride: an ideal precursor for isolated ultrathin g-C ₃ N ₄ nanosheets	NANOSCALE	Article	邹国军	226	2015
9	Lin, Peng; Ma, Shuanhong; Wang, Xiaolong; Zhou, Feng	Molecularly Engineered Dual-Crosslinked Hydrogel with Ultrahigh Mechanical Strength, Toughness, and Good Self-Recovery	ADVANCED MATERIALS	Article	王晓龙	692	2015
10	Wang, Rutao; Lang, Junwei; Zhang, Peng; Lin, Zongyuan; Yan, Xingbin	Fast and Large Lithium Storage in 3D Porous VN Nanowires-Graphene Composite as a Superior Anode Toward High-Performance Hybrid Supercapacitors	ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS	Article	Wang, RT	368	2015
11	Wang, Wenbo; Tian, Guangyan; Zhang, Zhifang; Wang, Aiqin	A simple hydrothermal approach to modify palygorskite for high-efficient adsorption of Methylene blue and Cu(II) ions	CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	Article	王爱勤	185	2015
12	Wen, Ping; Gong, Peiwei; Sun, Jinfeng; Wang, Jinqing; Yang, Shengrong	Design and synthesis of Ni-MOF/CNT composites and rGO/carbon nitride composites for an asymmetric supercapacitor with high energy and power density	JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A	Article	王金清	390	2015
13	Wu, Lei; Li, Lingxiao; Li, Bucheng; Zhang, Junping; Wang, Aiqin	Magnetic, Durable, and Superhydrophobic Polyurethane@Fe ₃ O ₄ @SiO ₂ @Fluoropolymer Sponges for Selective Oil Absorption and Oil/Water Separation	ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES	Article	张俊平	360	2015
14	Yang, Lei; Huang, Hanmin	Transition-Metal-Catalyzed Direct Addition of Unactivated C-H Bonds to Polar Unsaturated Bonds	CHEMICAL REVIEWS	Review	黄汉民	636	2015
15	Li, Zhen; Kong, Chao; Lu, Gongxuan	Visible Photocatalytic Water Splitting and Photocatalytic Two-Electron Oxygen Formation over Cu- and Fe-Doped g-C ₃ N ₄	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	Article	吕功煊	246	2016
16	Wang, Quanjun; Su, Yijin; Li, Lixin; Huang, Hanmin	Transition-metal catalysed C-N bond activation	CHEMICAL SOCIETY REVIEWS	Review	黄汉民	355	2016

17	Dou, Qingyun; Lei, Shulai; Wang, Da-Wei; Zhang, Qingnuan; Xiao, Dewei; Guo, Hongwei; Wang, Aiping; Yang, Hui; Li, Yongle; Shi, Siqi; Yan, Xingbin	Safe and high-rate supercapacitors based on an acetonitrile/water in salt hybrid electrolyte	ENERGY & ENVIRONMENTAL SCIENCE	Article	阎兴斌	258	2018
18	Liu, Dong-Mei; Chen, Juan; Shi, Yan-Ping	Advances on methods and easy separated support materials for enzymes immobilization	TRAC-TRENDS IN ANALYTICAL CHEMISTRY	Review	陈娟, 师彦平	259	2018
19	Zhang, Beibei; Wang, Lei; Zhang, Yajun; Ding, Yong; Bi, Yingpu	Ultrathin FeOOH Nanolayers with Abundant Oxygen Vacancies on BiVO ₄ Photoanodes for Efficient Water Oxidation	ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION	Article	毕迎普	492	2018
20	Zhen, Wenlong; Ning, Xiaofeng; Yang, Baojun; Wu, Yuqi; Li, Zhen; Lu, Gongxuan	The enhancement of CdS photocatalytic activity for water splitting via anti-photocorrosion by coating Ni ₂ P shell and removing nascent formed oxygen with artificial gill	APPLIED CATALYSIS B-ENVIRONMENTAL	Article	吴玉琪, 吕功煊	340	2018
21	Bu, Xudong; Su, Lijun; Dou, Qingyun; Lei, Shulai; Yan, Xingbin	A low-cost water-in-salt electrolyte for a 2.3 V high-rate carbon-based supercapacitor	JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A	Article	阎兴斌	232	2019
22	Chen, Jiangtao; Yang, Bingjun; Hou, Hongjun; Li, Hongxia; Liu, Li; Zhang, Li; Yan, Xingbin	Disordered, Large Interlayer Spacing, and Oxygen-Rich Carbon Nanosheets for Potassium Ion Hybrid Capacitor	ADVANCED ENERGY MATERIALS	Article	闫兴斌	275	2019
23	Liu, Bao; Sun, Yinglun; Liu, Lingyang; Chen, Jiangtao; Yang, Bingjun; Xu, Shan; Yan, Xingbin	Recent advances in understanding Li-CO ₂ electrochemistry	ENERGY & ENVIRONMENTAL SCIENCE	Review	许珊, 阎兴斌	181	2019
24	Zhu, Shengyu; Cheng, Jun; Qiao, Zhuhui; Yang, Jun	High temperature solid-lubricating materials: A review	TRIBOLOGY INTERNATIONAL	Review	杨军	224	2019
25	Cai, Meirong; Yu, Qiangliang; Liu, Weimin; Zhou, Feng	Ionic liquid lubricants: when chemistry meets tribology	CHEMICAL SOCIETY REVIEWS	Review	刘维民, 周峰	169	2020

26	Ning, Xiaofeng; Lu, Gongxuan	Photocorrosion inhibition of CdS-based catalysts for photocatalytic overall water splitting	NANOSCALE	Review	吕功煊	212	2020
27	Wei, Jinfei; Li, Bucheng; Jing, Lingyun; Tian, Ning; Zhao, Xia; Zhang, Junping	Efficient protection of Mg alloy enabled by combination of a conventional anti-corrosion coating and a superamphiphobic coating	CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	Article	张俊平	103	2020
28	Zhang, Linwen; Long, Ran; Zhang, Yaoming; Duan, Delong; Xiong, Yujie; Zhang, Yajun; Bi, Yingpu	Direct Observation of Dynamic Bond Evolution in Single-Atom Pt/C ₃ N ₄ Catalysts	ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION	Article	毕迎普	218	2020
29	Li, Lingxiao; Zhang, Junping	Highly salt-resistant and all-weather solar-driven interfacial evaporators with photothermal and electrothermal effects based on Janus graphene@silicone sponges	NANO ENERGY	Article	张俊平	108	2021
30	Liu, Ce; Li, Teng; Dai, Xingchao; Zhao, Jian; He, Dongcheng; Li, Guomin; Wang, Bin; Cui, Xinjiang	Catalytic Activity Enhancement on Alcohol Dehydrogenation via Directing Reaction Pathways from Single- to Double-Atom Catalysis	JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	Article	崔新江	40	2022
31	Xue, Yun; Zhao, Xiaoqin; An, Yulong; Wang, Yijing; Gao, Meizhen; Zhou, Huidi; Chen, Jianmin	High-entropy (La _{0.2} Nd _{0.2} Sm _{0.2} Eu _{0.2} Gd _{0.2}) ₂ Ce ₂ O ₇ : A potential thermal barrier material with improved thermo-physical properties	JOURNAL OF ADVANCED CERAMICS	Article	安宇龙	44	2022
32	Yang, Fangfang; Wang, Aiqin	Recent researches on antimicrobial nanocomposite and hybrid materials based on sepiolite and palygorskite	APPLIED CLAY SCIENCE	Review	王爱勤	20	2022
33	Li, Hui; Wang, Xiaoping; Shi, Chengxiang; Zhao, Liang; Li, Zuguan; Qiu, Hongdeng	Chiral phenethylamine synergistic tricarboxylic acid modified β -cyclodextrin immobilized on porous silica for enantioseparation	CHINESE CHEMICAL LETTERS	Article	邱洪灯	10	2023