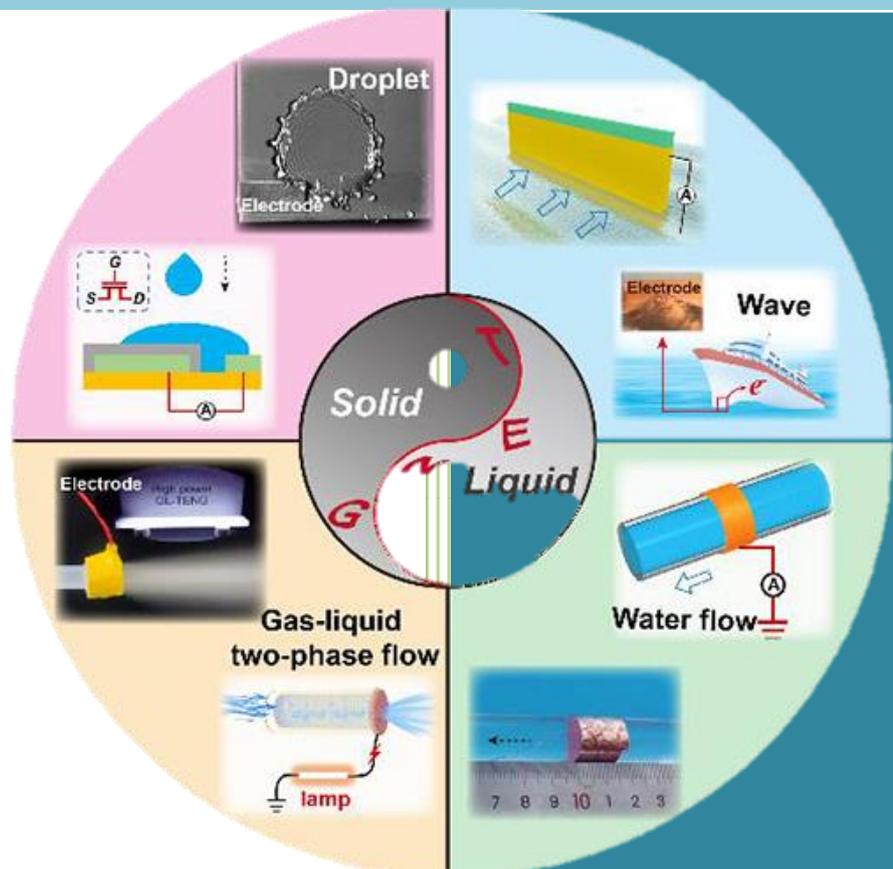


2023

先进材料动态信息【03】

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8月18日

目 录

◆ 深度分析

从战略性新兴产业到未来产业：新方向、新问题、新思路1

加强基础研究 夯实科技自立自强根基4

◆ 国际观察

美 NASA 成立 3D 打印研究所7

欧盟提出《关键原材料法案》提案7

OECD 发布绿色转型关键原材料报告8

英研究所发布氢和电池技术分析报告10

◆ 项目资助

美 DOE 投资加强固态和液流电池制造能力13

美 NSF 发布技术研发投资路线图信息请求13

加拿大投资 14 亿加元推动高校先进材料等战略研究14

英印开展可持续材料与制造等领域研究创新合作15

◆ 研究进展

星际环境中关键成分环氧乙烯实现首次实验室合成17

用于智能基础设施系统的自感知超材料混凝土17

重新设计可生物降解塑料 PHA18

利用计算模型设计“超稳定”MOF 材料19

首个可变形纳米级电子设备19

美 NASA 采用 3D 打印工艺制造出新型高温合金 20

◆ **政策速览**

近期政策速览 (2022 年 9 月-12 月) 21

兰州化物所最新高被引论文列表 (2023 年 7 月更新) 25

从战略性新兴产业到未来产业：新方向、新问题、新思路¹

《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》（以下简称《“十四五”规划和 2035 年远景纲要》）指出，要“着眼于抢占未来产业发展先机，培育先导性和支柱性产业，推动战略性新兴产业融合化、集群化、生态化发展”。围绕我国《“十四五”规划和 2035 远景目标》提出的“前瞻谋划未来产业”这一主题，中国科学院科技战略咨询研究院作为中国科学院建设国家高端智库的综合集成平台，自 2019 年起先后承担了“十四五”战略性新兴产业和未来产业发展战略、思路和规划研究，形成图书《构建现代产业体系：从战略性新兴产业到未来产业》。本文在此基础上，凝练形成新阶段、新形势下我国发展战略性新兴产业和未来产业的新方向、新问题和新思路，以期能为推进战略性新兴产业、未来产业发展提供参考借鉴。

1 从战略性新兴产业到未来产业发展的新方向

2008 年全球经济危机后，世界各国大力发展新兴产业，以抢占未来产业发展制高点，提升国际竞争力。我国自 2009 年启动并确定七大战略性新兴产业以来，一直将其置于经济社会发展的突出位置，通过五年规划持续推动发展，并于 2016 年在七大战略性新兴产业基础上新增数字创意产业。战略性新兴产业增加值占国内生产总值（GDP）比重由“十二五”初期的不足 5% 快速增长到“十三五”末的近 15%，5G 通信、新能源汽车等在国际市场初步具备竞争力，有效支撑了我国新旧动能接续转换，成为深化供给侧结构性改革、完善现代产业体系建设、落实创新型国家建设的有力抓手。

当前，以新一代信息技术、人工智能、新能源、新材料、新生物技术为主要突破口的新技术革命，将从蓄势待发进入群体迸发的关键时期，酝酿全球创新格局重大调整，并引发新一轮工业革命，推动形成主导和引领全球前沿的未来产业。

《“十四五”规划和 2035 年远景纲要》将类脑智能、量子信息、基因技术、未来

¹ 潘教峰, 王晓明, 薛俊波, 等. 从战略性新兴产业到未来产业: 新方向、新问题、新思路[J]. 中国科学院院刊, 2023, 38(3):407-413. DOI: [10.16418/j.issn.1000-3045.20230215002](https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20230215002).

Jiaofeng PAN, Xiaoming WANG, Junbo XUE, et al. From Strategic Emerging Industries to Future Industries: New Directions, New Problems and New Ideas[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(3):407-413. DOI: [10.16418/j.issn.1000-3045.20230215002](https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20230215002).

网络、深海空天开发、氢能与储能等重大方向列入未来产业，指明了未来产业的发展重点和方向。未来，需要在充分考虑国家发展战略需求及未来产业前瞻性和不确定性的基础上，统筹布局，把握未来产业发展方向。

未来网络方向。未来，互联网将与工业控制、汽车自动驾驶、能源互联网等实体经济，以及与云计算、人工智能等新一代信息技术深度融合，全力支撑我国数字经济的发展，助力工业互联网、能源互联网、算力互联网、卫星互联网、车联网等未来产业。

深海空天开发方向。未来，深海空天开发将聚焦空天信息及装备、深海工程装备、深海资源开发与生态保护等细分方向。

氢能与储能方向。氢能与储能主要是面向未来能源与绿色低碳转型的清洁氢能、新型储能和下一代清洁能源，是构建新型电力系统的重要组成部分，也是未来国家能源体系的重要组成部分，将成为全球能源转型发展的重要载体之一。作为清洁、高效和安全的二次能源，氢气在未来交通、工业、建筑等领域发挥了重大作用，正成为全球能源技术革命和转型发展的重大战略方向。未来，氢气的发展将聚焦绿氢制备与储运、新型储能、清洁能源开发利用等细分方向。

2 从战略性新兴产业到未来产业发展的新问题

新阶段，战略性新兴产业到未来产业的发展也面临着新的国际环境和国内形势。国际竞争不断加剧，逆全球化趋势愈演愈烈，“断链”“脱钩”威胁不断增大。

2.1 原始创新能力不足，成果转化渠道不畅

当前，我国前沿产业技术创新已经进入无人区，部分领域和发达国家处于同一起跑线。目前我国关键核心技术和世界先进水平相比还有一定差距，亟待突破“瓶颈”。一个重要原因是基础研究投入不足，科研成果转化率不高。2022年，我国研发经费投入超过3万亿元，占GDP的比重为2.55%。基础研究占研发经费支出比例也稳步上升，2022年我国的基础研究投入已经达到了1951亿元，占全社会研发投入的6.32%，经费投入规模及占比呈现持续上升态势，但与发达国家普遍15%以上的水平相比差距仍然较大。另外，我国企业对基础研究投入的贡献度非常低，仅占1%左右。

另外，我国科技成果转化率低的问题没有得到根本性改善，科技成果与市场对接难，转化渠道不通畅，难以形成以高质量自主创新引领战略性新兴产业和

未来产业发展的格局。

2.2 要素市场尚不完善，产业布局分工有待优化

战略性新兴产业和未来产业发展的新方向和新领域所需要的人才短缺相对严重。要素市场尚未形成有效的调节、引导和激励机制。人才、资本和技术等创新要素缺乏有效的配置和组织。全国尚未形成有效的产业分工和产业空间布局，产业分工和空间布局存在一定的趋同现象，与地区的产业优势存在一定偏差。

2.3 领域监管模式亟待创新，国内外市场开放有待扩大

对新方向和新领域监管的科学性、合理性有待提升。当前，对于可能存在的安全风险缺少体系化评估，往往采用一刀切的禁入方式，一定程度上限制了未来产业的发展。

对外开放有待继续扩大。在人工智能、生物技术等未来产业的新方向和新领域，需要通过扩大开放吸引国际人才，吸收国外先进技术和创新模式，提高我国的自主创新能力。

对内开放有待深入落实。在数字经济应用等新领域，民营经济有更高的创新活力和创新动力。当前对民营经济进入市场还存在一些体制性、政策性障碍。

3 从战略性新兴产业到未来产业发展的新思路

3.1 大力提高研发投入支持力度，提升成果转化率，增强原始创新能力

大力提高研发投入。鼓励地方财政通过税收减免、政策倾斜等措施，吸纳更多社会资本投入研发活动，加大对基础研究支持。从整体上提升基础研究的支持力度，增强原始创新能力。

加大成果转化支持力度。通过严格知识产权保护制度、完善科技金融体系、加快人才评价改革、加大第三方科技成果转化服务主体支持力度、提高企业创新主体地位、创新成果转化方式等措施，切实提高科技成果转化率。

持续推进体制机制创新。在保证网络信息等总体安全的前提下，对新领域实施敏捷治理，提升创新活力，拓展创新空间，扩大产业应用领域。

3.2 促进要素聚集，增强聚集效应，优化产业布局

完善创新要素引进流动机制。建立与战略性新兴产业和未来产业发展相适应的人才支撑体系。完善人才、资本、技术等创新要素的组织体系，发挥市场配置资源的核心作用，加快成果的转化、熟化（产业化）。

优化产业分工和空间布局。各地未来产业的规划和发展，要与国家的整体战略和规划结合，并保持内在一致性。通过未来产业的梯度转移和区域产业的再分工，形成国内传统产业、战略性新兴产业和未来产业发展的雁形阵列。

3.3 不断创新领域管制模式，持续扩大对内对外开放

正确处理创新与监管的关系。创新催生了产业的新方向和新领域。对于新领域，相关政府部门应该采取有底线的管制，为整体安全提供技术支撑，而非简单的一刀切。

持续扩大对外开放。在未来产业相关的新领域和新方向，充分认识发达国家的优势，将自主创新和对外开放有机结合。

不断扩大对内开放。进一步扩大对内开放，即扩大对民营经济的开放。在数字经济、互联网等产业，逐步放松管制，鼓励民营经济创新。

加强基础研究 夯实科技自立自强根基²

中共中央政治局2023年2月21日下午就加强基础研究进行第三次集体学习，中共中央总书记习近平在主持学习时强调，加强基础研究，是实现高水平科技自立自强的迫切要求，是建设世界科技强国的必由之路。这些年，基础研究在国家投入当中所占的份额稳定提升。2022年，基础研究占研发投入的比例已经上升到6.32%，达到近2000亿元，相信今后比例会更高。因此，既要强调加强打牢基础研究这个根基，同时也要关注如何发挥好其源头活水作用。

1 基础研究与战略性基础研究

基础研究发展有2个驱动力：知识体系内在的矛盾与规律驱动，更多体现科学家的好奇心与自由探索；外部强烈的需求驱动，更多受到目标导向与应用牵引。

基础研究需要一个包容的科技创新生态。当一个偶然的发现可以得到不同领域科学家的包容，能够有战略科学家布局的交叉学科支持，同时有小课题性质的基金支持，才能研究下去，甚至发展起来。2000年的时候特别提倡交叉融合，把物理学、生命科学、化学都放到一起讨论，正是由于良好的科技创新生态，纳

² 张先恩, 汪卫华, 阎锡蕴, 等. 加强基础研究 夯实科技自立自强根基[J]. 中国科学院院刊, 2023, 38(5):755-758. DOI: [10.16418/j.issn.1000-3045.20230512001](https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20230512001).
Strengthen Basic Research and Consolidate Foundation for Self-reliance and Self-improvement in Science and Technology[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(5):755-758. DOI: [10.16418/j.issn.1000-3045.20230512001](https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20230512001).

米材料遇上了酶，发现了纳米材料具有如酶一样的催化功能。因此，除了基础研究本身，任何创新所处环境的生态也十分重要。

基础研究是发明创造的源泉，生产应用也给基础研究提出实际问题。一方面，基础研究告诉一种可能性，如果没有基础研究的成果，就没有思想源泉去发明创造。另一方面，基础研究与生产应用是密切联系的，应用基础研究题目常常来源于生产应用甚至生活实际。例如，松山湖材料实验室之所以能够在短短5年的时间里快速建成，并且已产出很多功效和效益，得益于松山湖材料实验室的建设者。其中包括：中国科学院物理研究所长期的自有基础研究探索积累，能够使其较快地通过一些机制利用东莞比较好的产业环境；同时当地政府的大力支持，使其可以快速转化。因此，基础研究与生产应用组成的是一个闭环。

基础研究在中国近40多年改革开放以来，经历了有限支持、稳定支持、到现在的强化支持共3个阶段。战略性基础研究主要是指目标明确、意义重大、周期较长的基础研究，且组织模式和资源配置模式都不同于分散的自由探索研究；属于目标导向与应用牵引需求驱动；是有组织的基础研究中的一类，属于强组织型。

2 有组织的基础研究对于突破关键核心技术的重要意义

基础研究可以多种范式、形式并存，对不同的学科和领域应该采取合适的方式。当前基础研究出现一个新的趋势，即有组织的程度越来越高，实际上就是从选题、研究过程、资源配置、政策保障等方面来体现组织化程度，并在不同环节有不同组织，以提高研发效率。重大科学问题是一个复杂且巨大的系统问题，单打独斗很难完成。因此，提出基础研究有组织是必要的；同时，在有组织、有规模、建制化地完成一些重大的科学问题研究的过程中，还会自然地迸发出很多其他意外的颠覆性发现。

有组织的基础研究主要定位在科学和应用目标明确的、有主要问题解决方向的研究内容。这类研究属于典型的战略性基础研究。

有组织的基础研究可以有一定的机构性。例如，有些领域的发展恰好非常适合某一个从事这方面研究的机构，那么可以凝练出几个重要的方向，整个研究机构人员围绕这些方向来组织实施。松山湖材料实验室就是这类型典型的新型研发机构，非常适合实行有组织的基础研究。

有组织的基础研究必须保证资源配置。有组织的基础研究主要定位在科学和应用目标明确的研究方向，相应的资源配置至关重要。例如，1945年，美国科学家布什发表了报告《科学—无尽的前沿》就提出基础研究的模式和范式变革，促进了美国建立基金会，由政府支持资助重大科学问题相关的基础研究，并设立预算制的科研机构以保证资源配置，使美国在尖端科技领域长期保持领先地位。

3 构建以基础研究为根基的创新驱动

目前，我国基础研究经费几乎都是政府提供的支持，这和发达国家的情况不太一样。我们通过归一化分析建立了全球主要经济体企业创新版图：在企业的创新活力、社会的创新能力、专利的申请500强这3个方面，中国除了与美国有一定的差距之外，与经济合作与发展组织（OECD）的平均水平在一个层面上。但对比基础研究的投入，中国企业的差距就非常大了。如今，我国企业中已有相当一批走到行业前面；今后，产业要继续做大、做强，则必须拥有全球化视野，基础研究一定要跟上。从研究数据看，国外企业投入在基础研究的力度和发表科学论文方面都有不错的表现，这说明基础研究和原始创新对于行业发展的重要性。其实企业作为生产应用的一线，既是问题的提出者，也是基础研究成果的最后转化者。企业投入基础研究，对于提升行业（全球）竞争力、解决全社会基础研究经费的不足、促进产学研和问题导向研究，都意义重大。中国科技要真正自立自强，这是不可忽视的环节。

松山湖材料实验室就是一个很好的创新模式。在基础研究上，松山湖材料实验室是一个平台，政府有投入很好的硬件，也有一批非常优秀的科技人才，同时还有工程师队伍。在秉承开放的前提下，与企业合作，获取企业之中的很多创新和活力；与来自不同领域的人，如科学家、工程师、企业家，都在这里进行思维的碰撞，也是一种非常好的立足于基础研究的创新模式。

创新体系的构建需要政府从政策制定方面、企业从应用牵引和加强投入方面、市场从目标导向方面等的多元主体共同发挥作用，从而建成一个以基础研究为根基的高效创新体系。

美 NASA 成立 3D 打印研究所³

3月16日,美国国家航空航天局(NASA)成立了两家新的空间技术研究所,其中一家是“基于模型的增材制造鉴定与认证研究所”(Institute for Model-Based Qualification & Certification of Additive Manufacturing, IMQCAM)。未来五年,该研究所将获得1500万美元的资助,由卡内基梅隆大学和约翰斯·霍普金斯大学共同领衔。该所将为用于航空航天领域的增材制造零件开发数字孪生模型以及评估,并对新材料进行建模,进而提高对使用先进制造技术制造的金属零件的理解,并帮助实现快速认证。

该研究所将通过投资早期技术,并利用来自大学、行业和非营利组织的多学科专业知识,来增强未来的航空航天能力,实现增材制造金属零件的快速认证。增材制造金属零件的有效认证和使用需要对其特性进行高精度的预测,但该类型零件的内部结构与通过其他任何方法生产的零件都有很大不同。利用数字孪生模型将助力工程师能够了解零件的功能和局限性,例如零件在断裂前能承受多大的压力等。此类模型将根据零件加工过程数据,对零件属性进行预测,这对于验证零件的可用性至关重要。

欧盟提出《关键原材料法案》提案

3月16日,欧盟委员会提出一项名为《关键原材料法案》的提案,为欧洲制定本土生产、加工和回收稀土、锂、镁等关键原材料的目标。该法案旨在摆脱未来发展碳中和、数字经济等所需战略原材料对第三方国家的依赖,使欧盟关键原材料供应链多样化并增强其韧性。该提案将由欧洲议会和欧洲理事会进行讨论,达成一致后方可生效。

(1) 欧盟内部举措:除了更新的关键原材料清单外,该法案还确定了一份战略原材料清单,这些材料对欧洲的绿色和数字发展以及国防和太空应用的重要技术至关重要,同时在未来面临潜在的供应风险。该法案提议将关键原材料清单

³ 先进制造与新材料动态监测快报,2023年第07期,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。

和战略原材料清单纳入欧盟法律。要求到 2030 年，欧盟关键原材料的本土加工比例至少达到 40%，战略原材料的开采提取占比提升到 10%，并提出了 15% 的回收目标，以确保在任何相关的加工阶段，各战略原材料对单一第三国的依赖程度不超过 65%。

该法案将简化欧盟关键原物料项目的许可程序。针对选定的战略项目，其许可时限变得更短（开采许可证为 24 个月，加工和回收许可证为 12 个月）。欧盟成员国还必须制定勘探地质资源的国家方案。此外，该法案还提出将对关键原材料供应链进行监测，并协调成员国之间的战略原材料库存。欧盟委员会将加强对关键原材料突破性技术的部署，并建立一个关于关键原材料的大规模技能伙伴关系和原材料学院。

此外，该法案将通过提高关键原材料的循环性和可持续性来保护环境。欧盟成员国将采取和实施国家措施，以改善富含关键原材料的废物的收集，并确保将其回收为二次关键原材料。并且调查当前采矿废物和历史采矿废物回收关键原材料的潜力。针对含有永磁体的产品，需提供有关可回收性和可回收含量的信息。

(2) 国际参与举措：由于欧盟在关键原材料供应方面无法自给自足，其大部分消费将继续依赖进口。欧盟需要加强与可靠合作伙伴的全球接触，特别是，在其全球门户战略的框架内与新兴市场和发展中经济体建立互利的伙伴关系。欧盟将强化贸易行动，与其他国家合作建立关键原材料俱乐部，加强世界贸易组织（WTO）机制，以扩大其可持续投资便利化协定和自由贸易协定网络，并加大执法力度，打击不公平贸易行为。并将进一步发展战略伙伴关系，通过创造价值链，以可持续的方式促进合作伙伴国的经济发展，同时促进欧盟价值链的发展。

OECD 发布绿色转型关键原材料报告⁴

大幅提高一些原材料的生产和国际贸易对于实现二氧化碳净零排放，以及将全球经济从化石燃料主导转变为可再生能源技术主导的经济至关重要。4 月 11 日，经济合作与发展组织（OECD）发布《绿色转型关键原材料：生产、国际贸易和出口限制》（*Raw materials critical for the green transition Production, international trade and export restrictions*）报告，首次全面评估了 OECD 2009-2020

⁴ 先进制造与新材料动态监测快报，2023 年第 08 期，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。

年《工业原材料出口限制清单》中关于关键原材料的生产、国际贸易和出口限制的数据，揭示了出口限制对绿色技术关键原材料的影响，并讨论了该领域进一步工作的可能方向。该报告强调，各国需要显著扩大关键原材料的生产和国际贸易规模，以满足绿色转型的预期需求并实现全球二氧化碳净零排放目标。关键原材料是指在绿色转型技术中被大量使用的原材料，绿色转型技术包括锂离子电池、燃料电池、风能、电力牵引电机、光伏等。下表为绿色转型技术的关键原材料清单，×代表关键原材料在绿色转型技术中有大量应用，技术数量是指关键原材料应用到上述绿色转型技术中的统计数量。

(1) 关键原材料生产和国际贸易方面

过去十年中，锂、稀土元素、铬、砷、钴、钛、硒和镁的产量增长率最高，从 33%（镁）到 208%（锂）不等，但绿色转型对关键原材料的需求增长是 4-6 倍。还有一些关键原材料的全球产量有所下降，如铅、天然石墨、锌、锡、贵金属矿石和精矿。全球关键原材料贸易额的增长速度一直快于整体商品贸易的增长速度，锂贸易额在所有关键原材料中增长率最大为 438%，另外，锰、天然石墨、钴、钛、铅、砷、锌和稀土元素的增长率都高于所有关键原材料的平均值。关键原材料的全球生产在生产国变得更加集中，且集中在少数几个生产国，表明关键原材料供应链的上游部分面临着中断的风险。虽然关键原材料的进出口越来越集中，但关键原材料贸易仍然比较多样化，表明关键原材料的进出口流动受到干扰而严重破坏全球绿色转型的可能性有限。尽管如此，在一些特定的情况下，出口和进口的集中程度是很高的，特别是锂、硼酸盐、钴、胶体贵金属、锰和镁关键原材料供应链的上游部分（矿石和矿物）。一些重要的原材料，如砷、汞、铈、金、银、铂、铀、钷、钇、钆、铈、钕和稀土元素的废料和废品，全球进口比出口更集中，表明买方有很大的市场权力。虽然关键原材料贸易的全球集中度总体看来并不高，但一些国家依赖于少数伙伴的供应。OECD 国家的关键原材料依赖性集中在对非 OECD 国家的供应方面，中国、俄罗斯、巴西、南非和印度占了所有此类依赖性的一半。

(2) 关键原材料出口限制方面

过去十年中，全球关键原材料出口限制的发生率增加了五倍多，一些国家大大加强了该措施的使用。全球约 10% 的关键原材料出口价值至少面临一项出口限

制措施。出口限制既有经济因素也有非经济因素。全球进口的高度集中和对不同金属的废物和废料出口限制的显著增加，在某些情况下可能反映了环境问题，但也希望利用循环经济的潜力作为特定金属和矿物的供应来源。从全球角度来看，一定程度上影响了回收技术的部署。对矿石和矿物的限制（关键原材料供应链上游）比关键原材料供应链其他环节的限制增长更快。这与它们的生产、进口和出口的较高水平和相对较快的增长有关，并与通过限制上游产品的出口来支持国内下游产业的逻辑大致相符。尽管出口限制的使用明显增加，但出口限制在全球发生率最高的产品的排名仍然相对稳定。这可能表明，出口限制的使用不仅仅是由微观经济或商业考虑驱动，也是由国家因素（如需要出口税来提高政府收入或作为产业政策一部分的税收或限制）或事实上的非经济因素驱动。中国、印度、阿根廷、俄罗斯、越南和哈萨克斯坦在 2009-2020 年间对关键原材料实施的新出口限制最多，并且在 OECD 国家中的进口依存度占比最高。出口税是全球出口限制总量增加的最大贡献者，并在 2020 年成为最经常使用的限制类型。目前的研究表明，出口限制可能在关键原材料的国际市场上发挥着重要的作用，影响着这些材料的供应和价格。OECD 国家越来越多地受到对关键原材料使用出口限制的风险。

英研究所发布氢和电池技术分析报告

4 月，英国法拉第研究所发布题为《氢能与电池在英国 2050 实现净零排放中的作用》（*The Role of Hydrogen and Batteries in Delivering Net Zero in the UK by 2050*）的技术分析报告。该报告分析了到 2050 年氢能和电池技术将如何在英国的不同部门使用，包括运输、制造、建筑环境和电力部门。随着英国向低碳未来过渡，以解决气候变化和能源安全的关键问题，预计两者都将发挥越来越重要的作用。

一、2050 年氢和电池在英国实现净零排放方面的作用

(1) 电池和氢能技术：对英国到 2050 年实现净零排放至关重要。最大限度地利用可再生能源，为社会提供可持续、可靠和负担得起的能源。具有明显的特点和优势，在很大程度上应被视为互补而非竞争技术。

(2) 电池系统供能预测：电池技术的主要用途集中在道路运输上，到 2050

年，占乘用车和商用车所有电池使用量的 88%。其他重要部门包括发电和电网部门（用于固定存储和负载平衡）以及航空。预计到 2050 年，电池系统提供能源将达到 130 TWh/年。

（3）氢和氢衍生燃料市场预测：氢能的使用分布在多个部门，到 2050 年航空、海事和制造业占有氢能使用的 79%。氢经济目前不如电池经济发展得好，从 2030 年起变得越来越重要，到 2050 年氢能利用将达到 105 TWh/年。

二、电池技术主导道路运输，而航空业从 2040 年开始接受氢能

（1）不同行业电池和氢能系统的能源使用：电池技术在道路运输和电力行业尤为重要，电池技术已经在 20 世纪 20 年代部署。氢能技术将主导制造业和建筑环境部门，同时通过生产氢衍生燃料在航空和海洋部门保持重要地位。然而，预计要到 2030 年以后才能进行大规模部署。

（2）按发动机类型划分的英国道路车辆数量：电池技术将主导道路运输，预计到 2050 年将有 4000 多万辆电池电动汽车上路。电池相对于氢能的优势包括更高的能效、更低的成本和更方便部署的充电基础设施。然而，氢动力重型货车可能适用于高航程/高有效载荷应用。

（3）能源运营商对英国航空能源的需求：与其他行业相比，低碳航空的发展方向具有更高的不确定性。可能会使用多种不同的技术，包括氢能、电池、生物燃料和合成航空燃料。电池将专注于 eVTOL（电动垂直起降）和短途飞行，2050 年 30% 的人员出行将由电池电动飞机完成。氢能将被直接使用（2050 年占能源需求的 7%）或用于生产中/长途飞行的燃料（2050 年为能源需求的 19%）。然而，必须降低合成航空燃料的生产成本，以取代煤油。

三、电池和氢能在海事、铁路和建筑环境领域应用需求

（1）能源运输公司对英国海上能源的需求：短距离使用电池供电的船只被认为是可行的。到 2050 年，这是一个占能源需求 2.5% 的小市场。到 2050 年，海运中的氢能使用预计将限于替代燃料（如氨、电子燃料）的生产，占能源需求的 50%。

（2）英国铁路能源的需求：铁路的直接电气化可以相对容易地实现，并将在 2050 年继续扩大。在线路难以通电的地方，铁路将需要氢能和电池解决方案。预计所使用的技术将受到特定路线要求和当地基础设施的驱动。到 2050 年，直

接铁路线电气化将占能源需求的 89%。

(3) 英国建筑环境的能源需求：建筑环境是指住宅和商业建筑中的能源使用。低碳氢能可以在难以减少的能源脱碳方面发挥关键作用，如建筑环境中的供暖等。燃料转向低碳氢能是减少家庭供暖排放的一种选择，目前家庭供暖约占英国温室气体排放的 14%。

四、氢能在制造业中发挥着关键作用，而电池为电网提供存储和灵活性

(1) 英国制造业运营商的能源需求：工业过程的电气化转变有望在不广泛使用电池的情况下实现。由于高能耗需求，需要高温的工业过程无法电气化。到 2050 年，制造业直接使用氢能将占能源需求的 11%，取代钢铁行业的煤炭和天然气。

(2) 不同存储技术的储能能力：在电力行业，电池和氢能之间的重叠预计相对有限，因为这两种技术相互补充。电池将在短期储能需求中占据主导地位。到 2050 年，车联网技术有可能提供 445 GWh 的存储容量。氢能将用于在更长的季节性时期内平衡需求。

美 DOE 投资加强固态和液流电池制造能力

2023 年 4 月 13 日，美国能源部（DOE）发布了价值 1600 万美元的国家实验室项目征集，要求提出加强美国国内固态和液流电池制造能力的建议，并强化国家实验室与行业合作伙伴之间的合作，加快从创新到电池制造的商业化，以加强两种电池的美国国内生产能力，帮助美国实现电网、工业和交通等行业的脱碳，从而到 2035 年实现无碳电力，到 2050 年实现净零排放。该此次征集主要包括以下两个主题。

（1）发展固态电池制造能力

该主题寻求解决美国国内大规模固态电池生产关键障碍的建议。DOE 将为每个项目分担 20% 的成本，并提供 400 万美元资金。DOE 专注于以下研究和开发领域：①将基础固态电解质研发转化为大规格/大批量制造研发；②加强大尺寸电池中固态电池的精密加工和制造；③固态电池可扩展性的验证和确认。

（2）发展液流电池制造能力

该主题寻求解决美国液流电池生产的技术和制造挑战的建议，包括优化液流蓄电池的商业、工业和公用事业应用。DOE 将为每个项目分担 50% 的成本，并提供 200-400 万美元资金。DOE 专注于以下研发制造领域：①制造新的（或改良后的）电池/反应器架构和配置；②制定制造/工艺标准。

美 NSF 发布技术研发投资路线图信息请求⁵

2023 年 4 月 28 日，美国国家科学基金会（NSF）公开发布信息请求，号召工业界、学术界、非营利组织、政府、风险投资和其他部门为技术、创新和伙伴关系学部（TIP）制定路线图提供信息。

《芯片与科学法案》授权 NSF 成立 TIP，目的有以下三点：①支持应用导向的转化研究，加快联邦资助研究成果的开发和使用；②加快关键技术的开发以强化美国竞争力；③在关键技术重点领域培养美国国内劳动力。TIP 应重点关注人工智能、机器学习、自主性；高性能计算、半导体以及先进的计算机硬件和软件；

⁵先进制造与新材料动态监测快报，2023 年第 09 期，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。

量子信息科学与技术；机器人、自动化和先进制造；预防或减轻自然灾害和人为灾害；先进通信技术和沉浸式技术；生物技术、医学技术、基因组学和合成生物学；数据存储、数据管理、分布式账本技术和网络安全；先进的能源和工业效率技术；先进的材料科学等十大关键技术重点领域以提高美国的竞争力，并通过 TIP 支持的研究应对相关社会、国家和地缘战略挑战，包括美国国家安全、美国制造业和工业生产力、美国劳动力发展和技能差距、气候变化和环境可持续性、社会不公平性等。

本次发布的信息请求包含六部分内容：①上述十大技术领域在提高或保持美国竞争力方面的优先级别；②哪些技术或主题非常适合 TIP 支持的应用导向转化研究，什么投资方法或融资工具更加有效；③哪些技术将具有最大的劳动力需求，如何构建 TIP 计划以满足日益增长的劳动力需求；④每个关键技术重点领域将如何影响社会、国家和地缘战略挑战，哪些技术应该获得投资优先权；⑤是否有应在短期内优先进行 TIP 投资，但未列入上述清单的技术领域；⑥与制定 TIP 路线图相关的其他主题等。

加拿大投资 14 亿加元推动高校先进材料等战略研究

2023 年 4 月 28 日，为确保加拿大在研究、创新和创造财富方面保持领先地位，创新、科学和工业部宣布投资 14 亿加元，通过加拿大第一研究卓越基金（CFREF）支持战略领域的 11 项大规模研究计划，涉及以下领域 8。

（1）材料制造与信息领域

多伦多大学加速联盟（Acceleration Consortium）：分子和材料发现自动化实验室（受资助额度 1.99 亿加元，下同）；蒙特利尔大学 R3AI：稳健、推理、负责任的人工智能范式转变及应用（1.24 亿）。

（2）能源与环境领域

纽芬兰纪念大学 Qanittaq 清洁北极航运计划（9100 万）；达尔豪斯大学“转变气候行动”：解决缺失的海洋问题（1.54 亿）；维多利亚大学加速社区能源转型（8300 万）；康考迪亚大学“电气化社会”：实现脱碳的韧性社区（1.23 亿）。

（3）社会与健康领域

约克大学“互联思想”（Connected Minds）：健康、公正社会的神经和机器系

统（1.05 亿）；渥太华大学脑-心互联组（1.09 亿）；麦吉尔大学 DNA 到 RNA：基于基因组的 RNA 治疗包容性方法（1.65 亿）；卡尔加里大学“每个孩子”：变革性的儿童健康研究倡议（1.25 亿）；多伦多城市大学 21 世纪中期的移民融合：弥合分歧（9800 万）。

其中，多伦多大学领衔的大规模研究计划 9 将支持加速联盟在自动化实验室方面的工作，该实验室结合了人工智能、机器人技术和先进计算，旨在将先进材料推向市场的时间和成本从平均 20 年和 1 亿加元减少到 1 年和 100 万加元，应用领域包括药物、可生物降解塑料、低碳水泥、可再生能源等产品。例如，Hattrick-Simpers 团队的“Sputtertron”新设备不仅能够通过溅射化学沉积工艺制造新合金，而且还能够自主表征和分析新合金的电子特性；Yu Zou 教授领导的金属增材制造实验室专注于金属 3D 打印航空航天发动机部件、汽车生产工具部件、核反应堆关键部件、关节植入物等；Gisele Azimi 教授领导的战略材料工程实验室从废锂离子电池中开采有价值的金属；David Sinton 教授开发先进的电催化剂用于碳捕获与回收。该资助还将帮助加速联盟快速创建高质量的数据集，以更好地训练人工智能模型并实时验证模型的预测，大大加速分子和材料的发现和开发。

英印开展可持续材料与制造等领域研究创新合作

2023 年 4 月 26 日，在伦敦举行的英国-印度科学与创新理事会（SIC）会议上，英国研究与创新署（UKRI）推出 1600 多万英镑的新投资，印度政府部门予以等额匹配，联合开展以下研究项目 10。

项目 1：工业合作研发

英国创新机构（Innovate UK）与印度科技部（DST）合作项目。Innovate UK 提供 500 万英镑资助，印度 DST 提供配套资金，在可持续材料与制造、电力电子、机器和驱动领域开展工业合作研发活动，加快创新工业解决方案的开发和商业化。

项目 2：解决养殖动物的疾病和健康问题

生物技术和生物科学研究理事会（BBSRC）与印度生物技术部（DBT）合作项目。BBSRC 提供 500 万英镑资助，印度 DBT 提供配套资金。该项目的目的是推进对宿主与病原体相互作用的机理理解，并解决兽用抗菌剂的抗药性问题

(包括细菌、寄生虫和病毒病原体), 以改善动物健康。

项目 3: 地球灾害研究

自然环境研究理事会 (NERC) 和印度地球科学部合作项目。NERC 提供 300 万英镑资助, 印度地球科学部提供配套资金。该项目旨在支持地震、山体滑坡等地质灾害基础研究, 构建抵御地质灾害的能力。

项目 4: 技术和技能合作计划

科技设施理事会 (STFC) 和印度原子能部 (DAE) 合作项目。英国提供 330 万英镑的资助, 印度政府提供配套资金。该项目的目的是发展人工智能、机器学习、生物成像和加速器开发等领域的技能、技术和知识, 以改善和加强在英国和印度的大型科学基础设施开展科学研究。

星际环境中关键成分环氧乙烯实现首次实验室合成

美国夏威夷大学玛诺分校、佛罗里达国际大学和德国波鸿鲁尔大学组成的联合研究团队首次在实验室制备出以往被认为“不可能合成”的反芳香性杂环化合物：环氧乙烯（oxirene）。这也是星际环境中的一类关键活性成分，被认为是有机瞬变中最神秘的分子之一。

研究人员对极低温的冰进行处理，并利用转移到冰基质上的共振能量，通过模拟深空分子云和恒星形成区域的实验室条件，制备出环氧乙烯，并利用质谱工具进行了观测。该研究将助力进一步理解该物质的化学键和稳定性，并为在极端环境合成类似分子提供了新的思路。

上述研究工作发表在 *Science Advances*（10 Mar 2023, Vol 9, Issue 10, 文章标题：Gas-phase detection of oxirene）。

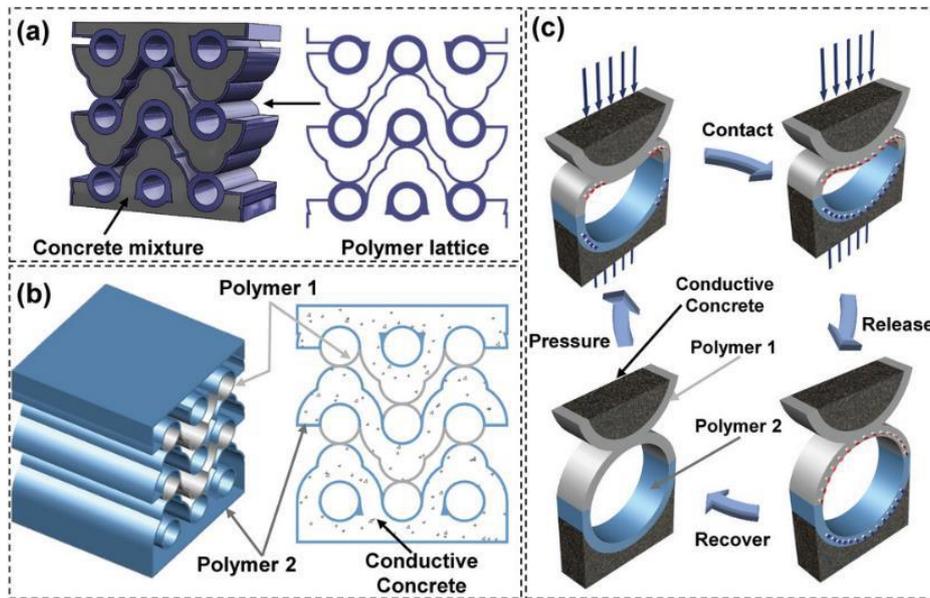
用于智能基础设施系统的自感知超材料混凝土

混凝土是建筑行业最常用的材料，创造具有先进功能和机械可调性的多功能混凝土材料对于智能民用基础设施系统至关重要。美国匹兹堡大学 Amir Alavi 助理教授提出“集成纳米发电机的机械超材料混凝土”（nanogenerator-integrated mechanical metamaterial concrete）概念，设计了具有能量收集和传感功能的轻质和机械可调谐的混凝土系统。

超材料混凝土系统由嵌入导电水泥基体中的增强辅助聚合物晶格组成，复合材料结构在机械触发时诱导层之间的接触带电。用石墨粉增强的导电水泥作为电极，同时提供理想的机械性能。实验表明，超材料混凝土系统在循环负载下，可实现高达 15% 的可压缩性，产生 330 μ W 的功率。

超材料混凝土系统还能够发电，足以为路边传感器供电，产生的电信号也可用于监测混凝土结构内部的损坏或监测地震，减少对建筑物的影响。这种智能结构甚至可以为嵌入道路内的芯片供电，帮助自动驾驶汽车在 GPS 信号太弱或激

光雷达无法正常工作时在高速公路上导航。超材料混凝土范式有可能使智能民用基础设施系统的设计具有广泛的先进功能，实现更经济环保的目标。



图多功能超材料混凝土

(a) 超材料混凝土示意图；(b) 嵌入导电层和非导电层集成纳米发电机的超材料混凝土基体组成；(c) 集成纳米发电机的超材料混凝土单元的工作机制

上述研究工作发表在 *Advanced Materials* (文章标题: Multifunctional Nanogenerator-Integrated Metamaterial Concrete Systems for Smart Civil Infrastructure)。

重新设计可生物降解塑料 PHA

聚羟基脂肪酸酯 (PHA) 是一类由活微生物自然产生的聚合物，或由生物可再生原料合成的聚合物，在环境中可生物降解，被称为“梦幻”塑料。但半结晶 PHA 的应用和商业化长期面临着三项挑战：缺乏熔融加工性、机械脆性和不易回收性。

美国科罗拉多州立大学 Eugene Chen 领导研究团队创建了一种合成 PHA 平台，解决了这些挑战。研究人员重新设计 PHA，对塑料的结构进行了根本性的改变，用更强大的甲基取代了负责热降解的反应性氢原子，极大地提高了 PHA 的热稳定性，从而使塑料可以在熔融加工中不发生分解。新设计的 PHA 在机械

上非常坚韧，甚至超过了两种最常见的商品塑料（高密度聚乙烯和异构丙烯）。新 PHA 可以通过简单的催化剂和加热，以化学方式回收其构成分子，即单体，对于实现循环塑料经济至关重要。

上述研究工作发表在 *Science* (6 Apr 2023, Vol 380, Issue 6640, pp. 64-69) 文章标题：Chemically circular, mechanically tough, and melt-processable polyhydroxyalkanoates。

利用计算模型设计“超稳定”MOF 材料

金属有机框架 (MOF) 材料具有刚性笼状结构，可用于气体存储、药物输运等。通过改变材料中的构建模块或排列方式，可以设计出具有各种用途的 MOF 材料。然而，并非所有的 MOF 结构都足够稳定。为此，美国麻省理工学院 Heather Kulik 副教授率领的研究团队开发出一种计算方法，预测了约 1 万种可能的“超稳定”MOF 结构，有望用于将甲烷转化为甲醇等。

研究人员基于分子结构训练计算模型，进而预测热稳定性和活化稳定性这两个物性特征。在该研究中，研究团队识别了大约 500 个具有高稳定性的 MOF，并将其分解为 120 个次级构筑单元和 16 个桥联配体；通过重新组合，生成了约 5 万个新的 MOF 结构；再利用计算模型进行稳定性预测，确定了 1 万种具有“超稳定”特性的 MOF 材料。研究发现，含有钐的分子或含有钴的卟啉是稳定性较好的构筑单元结构。研究人员还创建了相关 MOF 材料的数据库。

上述研究工作发表在 *Matter* (文章标题：A database of ultrastable MOFs reassembled from stable fragments with machine learning models)。

首个可变形纳米级电子设备

美国加州大学尔湾分校 Javier Sanchez-Yamagishi 助理教授率领的研究团队研制出一种新型纳米设备，尽管是固态形式，但能够“变身”成多种不同形状和大小，有望变革电子设备的性质，以及原子级量子材料的研究方式。

研究人员利用金纳米线可以在范德华材料表面低摩擦滑动的特性，将单原子

厚度的石墨烯附着在金纳米线上,通过快速移动,使得设备能改变其尺寸和形状,重新配置成各种模样。

上述研究工作发表在 *Science Advances*⁶ (文章标题: Mechanically reconfigurable van der Waals devices via low-friction gold sliding)。

美 NASA 采用 3D 打印工艺制造出新型高温合金

美国国家航空航天局 (NASA) 和俄亥俄州立大学合作利用 3D 打印工艺将金属合金与陶瓷颗粒结合,制造出迄今为止最耐用的高温合金,可显著提高飞行器部件的强度和韧性。

研究人员采用计算机建模合金设计方法和激光增材制造工艺,在镍钴铬金属合金粉末中均匀掺入纳米级氧化钇颗粒,从而形成一种新型氧化物弥散强化合金 GRX-810,无需采用机械或原位合金化等资源密集型工艺,可大幅提高制备效率,降低制备成本。

研究人员在 1093 °C 下对新型合金进行了拉伸和蠕变试验,结果显示新型合金的抗拉强度接近 130 MPa,在 20 MPa 应力下蠕变断裂时间持续了 6500 小时,31 MPa 应力下持续时间接近 2500 小时。与现今最先进的增材制造镍基合金相比,抗拉强度提高了 2 倍,抗氧化性提高了 2 倍,蠕变性能提高了 1000 倍。该新型合金材料可用于制造极端环境下更耐用、更坚固的零部件,如飞机和火箭发动机等,在航空航天领域具有广泛的应用前景。

上述研究工作发表在 *Nature*⁷ (文章标题: A 3D printable alloy designed for extreme environments)

⁶ *Science Advances*, 7 Apr 2023, Vol 9, Issue 14, DOI: [10.1126/sciadv.adf9558](https://doi.org/10.1126/sciadv.adf9558)

⁷ Smith, T.M., Kantzos, C.A., Zarkevich, N.A. *et al.* A 3D printable alloy designed for extreme environments. *Nature* **617**, 513–518 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05893-0>

近期政策速览（2022年9月-12月）

9月4日，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于新时代进一步加强科学技术普及工作的意见》。该意见提出，到2025年，科普服务创新发展的作用显著提升，科学普及与科技创新同等重要的制度安排基本形成，科普工作和科学素质建设体系优化完善，全社会共同参与的大科普格局加快形成，科普公共服务覆盖率和科研人员科普参与率显著提高，公民具备科学素质比例超过15%，全社会热爱科学、崇尚创新的氛围更加浓厚。到2035年，公民具备科学素质比例达到25%，科普服务高质量发展能效显著，科学文化软实力显著增强，为世界科技强国建设提供有力支撑。

（来源：科学技术部）

9月13日，国务院学位委员会、教育部印发通知，发布《研究生教育学科专业目录（2022年）》和《研究生教育学科专业目录管理办法》。该通知提出，新版目录自2023年起实施。现有博士、硕士学位授权点需按照新版目录开展对应调整的，具体调整办法另行通知。根据博士、硕士学位授权点对应调整结果，2023年下半年启动的新一轮研究生招生、培养工作按新版目录进行。在校生及2022年启动招生、2023年9月入学学生的培养仍按原学科专业执行。

（来源：教育部）

9月14日，科学技术部、中央宣传部、最高人民法院等22部门印发《科研失信行为调查处理规则》。该规则明确，科研失信行为是指在科学研究及相关活动中发生的违反科学研究行为准则与规范的行为，包括8个方面的内容：①抄袭剽窃、侵占他人研究成果或项目申请书；②编造研究过程、伪造研究成果，买卖实验研究数据，伪造、篡改实验研究数据、图表、结论、检测报告或用户使用报告等；③买卖、代写、代投论文或项目申报验收材料等，虚构同行评议专家及评议意见；④以故意提供虚假信息等弄虚作假的方式或采取请托、贿赂、利益交换等不正当手段获得科研活动审批，获取科技计划（专项、基金等）项目、科研经费、奖励、荣誉、职务职称等；⑤以弄虚作假方式获得科技伦理审查批准，或伪

造、篡改科技伦理审查批准文件等；⑥无实质学术贡献署名等违反论文、奖励、专利等署名规范的行为；⑦重复发表，引用与论文内容无关的文献，要求作者非必要地引用特定文献等违反学术出版规范的行为；⑧其他科研失信行为。

（来源：科学技术部）

9月28日，《工业和信息化部等五部委关于加快内河船舶绿色智能发展的实施意见》发布。该意见提出，到2025年，液化天然气（LNG）、电池、甲醇、氢燃料等绿色动力关键技术取得突破，船舶装备智能技术水平明显提升，内河船舶绿色智能标准规范体系基本形成。培育一批有影响力的绿色智能内河船舶设计、建造、配套和运营企业，打造一批满足不同场景需求的标准化、系列化船型，实现在长江、西江、京杭运河以及闽江等有代表性地区的示范应用，形成可复制、可推广的经验，初步构建良性可持续发展的产业生态。内河船舶绿色化、智能化、标准化发展取得显著成效，建立较为完善的产业链供应链。到2030年，内河船舶绿色智能技术全面推广应用，配套基础设施、运营管理、商业模式等产业生态更加完善，标准化、系列化绿色智能船型实现批量建造，产业链供应链水平大幅提升，初步建立内河船舶现代产业体系。

（来源：工业和信息化部）

10月7日，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于加强新时代高技能人才队伍建设的意见》。该意见提出，到“十四五”时期末，高技能人才制度政策更加健全、培养体系更加完善、岗位使用更加合理、评价机制更加科学、激励保障更加有力，尊重技能尊重劳动的社会氛围更加浓厚，技能人才规模不断壮大、素质稳步提升、结构持续优化、收入稳定增加，技能人才占就业人员的比例达到30%以上，高技能人才占技能人才的比例达到1/3，东部省份高技能人才占技能人才的比例达到35%。力争到2035年，技能人才规模持续壮大、素质大幅提高，高技能人才数量、结构与基本实现社会主义现代化的要求相适应。

（来源：中国政府网）

11月2日，科学技术部、生态环境部、住房和城乡建设部等5部门印发《“十四五”生态环境领域科技创新专项规划》。该规划提出，以改善生态环境质量、防范生态环境风险为重点目标，深化生态环境健康、化学品安全、全球气候变化等重大生态环境问题的基础研究；研发环境污染防治、生态保护与修复、固废减量

与资源化利用、生态环境监测预警与风险控制等关键核心技术，形成高端新技术、新材料、新装备，引领环保产业跨越式发展和国际竞争力提升；完善适合生态环境学科、产业特点的科技创新模式，构建面向现实与未来、适应不同区域特点、满足多主体需求的生态环境科技创新体系。

（来源：科学技术部）

11月9日，科学技术部、教育部、工业和信息化部等8部门印发《关于开展科技人才评价改革试点的工作方案》。该方案以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面落实党的十九大和十九届历次全会精神，认真贯彻落实习近平总书记关于做好新时代人才工作的重要思想和关于科技创新的重要论述，聚焦“四个面向”，围绕国家科技任务用好用活人才，创新科技人才评价机制，以激发科技人才创新活力为目标，以“评什么、谁来评、怎么评、怎么用”为着力点，以“破四唯”和“立新标”为突破口，以深化改革和政策协同为保障，按照创新活动类型构建以创新价值、能力、贡献为导向的科技人才评价体系，引导各类科技人才人尽其才、才尽其用、用有所成，为实现高水平科技自立自强和建设世界科技强国提供有力人才支撑。

（来源：科学技术部）

11月9日，科学技术部印发《“十四五”国家高新技术产业开发区发展规划》。该规划提出，到2025年，国家高新区、自创区布局更加优化，自主创新能力显著提升，体制机制持续优化，创新创业环境明显改善，高新技术产业体系基本形成，高新技术成果产出、转化和产业化机制更加完善，攻克一批支撑产业和区域发展的关键核心技术，研制一批兼具原创性和先进性的高水平标准，形成一批自主可控、国际领先的产品，涌现一批具有国际竞争力的创新型企业 and 产业集群，对产业链供应链安全的保障作用明显增强，绿色低碳和智能化转型成效显著，中关村建设世界领先科技园区取得重要进展，建成若干具有世界影响力的高科技园区和一批创新型科技园区、创新型特色园区，对国家重大战略的全方位支撑引领作用进一步增强。

（来源：科学技术部）

11月10日，工业和信息化部、国家发展和改革委员会、生态环境部印发《有色金属行业碳达峰实施方案》。该方案提出，“十四五”期间，有色金属产业结构、

用能结构明显优化，低碳工艺研发应用取得重要进展，重点品种单位产品能耗、碳排放强度进一步降低，再生金属供应占比达到 24% 以上。“十五五”期间，有色金属行业用能结构大幅改善，电解铝使用可再生能源比例达到 30% 以上，绿色低碳、循环发展的产业体系基本建立。确保 2030 年前有色金属行业实现碳达峰。

（来源：工业和信息化部）

12 月 12 日，工业和信息化部、国家发展和改革委员会、住房和城乡建设部、水利部印发《四部委关于深入推进黄河流域工业绿色发展的指导意见》。该意见提出，到 2025 年，黄河流域工业绿色发展水平明显提升，产业结构和布局更加合理，城镇人口密集区危险化学品生产企业搬迁改造全面完成，传统制造业能耗、水耗、碳排放强度显著下降，工业废水循环利用、固体废物综合利用、清洁生产水平和产业数字化水平进一步提高，绿色低碳技术装备广泛应用，绿色制造水平全面提升。

（来源：工业和信息化部）

兰州化物所最新高被引论文列表 (来源 WOS , 一作单位 , 2023 年 7 月更新)

Num.	Author Full Names	Article Title	Source Title	Type	通讯作者	Times Cited	Publication Year
1	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	579	2013
2	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	614	2013
3	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	420	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	261	2013
5	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	366	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	511	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	589	2014
8	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	362	2015

9	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	184	2015
10	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	357	2015
11	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	228	2015
12	Yang, Lei; Huang, Hanmin	Transition-Metal-Catalyzed Direct Addition of Unactivated C-H Bonds to Polar Unsaturated Bonds	CHEMICAL REVIEWS	Review	黄汉民	628	2015
13	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	676	2015
14	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	386	2015
15	Wang, Quanjun; Su, Yijin; Li, Lixin; Huang, Hanmin	Transition-metal catalysed C-N bond activation	CHEMICAL SOCIETY REVIEWS	Review	黄汉民	350	2016
16	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	243	2016
17	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	250	2018
18	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	326	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	ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL	Article	毕迎普	471	2018

		Oxidation	EDITION				
20	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	244	2018
21	Zhu, Shengyu; Cheng, Jun; Qiao, Zhuhui; Yang, Jun	High temperature solid-lubricating materials: A review	TRIBOLOGY INTERNATIONAL	Review	杨军	208	2019
22	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	177	2019
23	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	222	2019
24	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	阎兴斌	269	2019
25	Ning, Xiaofeng; Lu, Gongxuan	Photocorrosion inhibition of CdS-based catalysts for photocatalytic overall water splitting	NANOSCALE	Review	吕功煊	195	2020
26	Cai, Meirong; Yu, Qiangliang; Liu, Weimin; Zhou, Feng	Ionic liquid lubricants: when chemistry meets tribology	CHEMICAL SOCIETY REVIEWS	Review	刘维民 周峰	157	2020
27	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	204	2020
28	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	101	2021

29	Liu, Jianfei; Li, Yunchun; Pu, Qiaosheng; Qiu, Hongdeng; Di, Duolong; Cao, Youlong	A polysaccharide from Lycium barbarum L.: Structure and protective effects against oxidative stress and high-glucose-induced apoptosis in ARPE-19 cells	INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGICAL MACROMOLECULES	Article	Cao, YL	22	2022
30	Li, Wen-Duo; Wu, Yang; Li, Shi-Jun; Jiang, Yi-Qian; Li, Yan-Lin; Lan, Yu; Xia, Ji-Bao	Boryl Radical Activation of Benzylic C-OH Bond: Cross-Electrophile Coupling of Free Alcohols and CO(2)via Photoredox Catalysis	JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	Article	夏纪宝	24	2022
31	Xu, Jing; Wang, Xiaoyue; Zhang, Xinrui; Zhang, Yaoming; Yang, Zenghui; Li, Song; Tao, Liming; Wang, Qihua; Wang, Tingmei	Room-temperature self-healing supramolecular polyurethanes based on the synergistic strengthening of biomimetic hierarchical hydrogen-bonding interactions and coordination bonds	CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	Article	张新瑞	20	2023
32	Li, Hui; Wang, Xiaoping; Shi, Chengxiang; Zhao, Liang; Li, Zuguan; Qiu, Hongdeng	Chiral phenethylamine synergistic tricarboxylic acid modified ,B-cyclodextrin immobilized on porous silica for enantioseparation	CHINESE CHEMICAL LETTERS	Article	邱洪灯	7	2023
33	Gao, Qian; Xu, Senmiao	Site- and Stereoselective C(sp ³)-H Borylation of Strained (Hetero)Cycloalkanols Enabled by Iridium Catalysis	ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION	Article	徐森苗	5	2023