

能 量 转 换

剪 报 资 料

总 71 期
11/2023. 11

中国科学院广州能源研究所 广东省新能源生产力促进中心
中国科学院可再生能源重点实验室 中国科学院天然气水合物重点实验室
广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室

目 录

一、总论

1. 中俄油气合作再进一步5
2. 能源行业再添 6 项突破性科技成果.....6
3. 推动重要能源和矿产资源增储上产.....9
4. 水风光一体化成为新发展方向.....13
5. 十大前沿纳米科技难题发布.....15
6. 中国科学院院士欧阳明高谈动力电池：到 2030 年将有一次全方位技术革新16
7. 石油基炭材料将带动形成千亿级新兴产业链.....17
8. 中国 5 个领域研究前沿热度指数排名世界第一19
9. 超材料技术已在多领域产生颠覆性效应.....21
10. 截至 10 月底，太阳能发电累计装机容量同比增长 47%.....22
11. 人工智能辅助科研要从可用走向可信.....23

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 科学家揭示锌电沉积过程浓度调节机理.....26
2. 百千瓦级自由活塞热声斯特林发电样机成功研制.....27
3. 日本推动无钴高密度锂电池实用化.....28
4. 研究人员利用鸡毛制取燃料电池膜.....29
5. 水润膜代替化学涂层，新型“煮饭神器”诞生29
6. 氧气电池质-电耦合机理揭示.....30
7. 我国科学家实现水-气跨介质高效通信31

8. 回收旧衣服 做成电解质	32
9. 首套百兆瓦级压缩空气储能项目主体工程启动	33
10. 超导材料取得实验与理论双突破	34
11. 世界首例隔水幕墙治理水库低温水工程成效显著	37
12. 效率和性能成电池技术重点研发方向	37
13. 三元陶瓷提升国产高铁闸片抗高温性能	39
14. 研发新型复合膜助力盐湖提锂	40
15. 我国成功研发玻璃固化焦耳炉关键炉衬材料	40
16. 发挥产业链和技术优势 广州抢占新型储能产业创新高地	41
17. 液态金属：打开传统技术的变革大门	43
18. 锂离子电池技术实现新突破 工作温度可低至零下 70 摄氏度	46
19. 新型储能今年有望新增装机 20 吉瓦	47
三、碳达峰、碳中和	
1. 升温 1.5°C 窗口期或将在 2030 年前结束	49
2. 欧盟拟对进口能源实施甲烷限排标准	50
3. 国家发展改革委印发《国家碳达峰试点建设方案》	52
4. 英国开发可进行碳捕获的新生物涂料	52
5. 甲烷控排新政倒逼低浓度瓦斯利用提速	53
6. 蓝碳增汇可弥补土地利用造成的碳损失	55
7. 五部门联合发文 加快建立产品碳足迹管理体系	56
四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1. 科研团队开发有效抑制蓝藻生长新材料	57
2. 科学家提出“变废为宝”新路径	58
3. 新型循环流化床锅炉提升煤炭清洁利用水平	58
4. 电子学和生物学整合的新方式——直接响应环境的混合生物晶体管问世	59
5. 研究实现二氧化碳还原 C-C 偶联制乙醇	60
6. 减少固体废物可减缓气候变暖	61
7. 颠覆性技术引领上海生物医药产业新跨越	61
五、太阳能	
1. 钙钛矿电池光电转换效率达 26.1%	63

2. 新型可变惯量装置为光伏发电装上“频率稳定器”	64
3. 全新宽带隙汞基红外非线性光学材料问世	65
4. 漂浮太阳能装置同时产生清洁水和氢	65
5. 让太阳能板“居尘不染尘”	66
六、地热能	
1. 地热产业高质量发展需各方协同发力	69
2. 地热分布式高效利用技术：推动京津冀地热资源三级利用	72
七、海洋能	
1. 多元化高效开发利用海洋新能源	74
2. 减少海洋塑料污染亟需全球行动	77
3. 5826 米！我国自研海底地震仪创作业水深新纪录	78
4. 他们用大科学装置为海底地层“拍 CT”	78
5. 广州海洋地质调查局成立天然气水合物与碳封存核磁共振技术示范基地	81
6. 海洋发展稳中提质 韧性与活力持续彰显	82
7. 全国最大海缆施工船正式下水 堪比“轻型航母”	83
8. 自然资源部推进海域立体分层设权	84
9. 世界深海活动进展报告首发	85
八、氢能	
1. 氢能装备检测技术能力迎突破期	86
2. 法国发现全球最大白氢矿 澳大利亚试钻首口白氢井	88
3. 国际首套 1300 标方/时电解水制氢系统投运	90
4. 首个产业标准体系建设指南发布 推动氢能全产业链标准化发展	91
5. 我国氢能发展有关政策梳理	93
九、风能	
1. 全球海上风电发展报告发布	96
2. 我国风电真正走进“无人区”	97
3. 全球最大海上风电场开始发电	99
4. 广东汕头：加快打造海上风电创新策源地	99
十、核能	
1. 全球最大核聚变反应堆成功点火	101
2. 我国核聚变研发多点开花	102

十一、其它

1. 我国发现首个千亿方深煤层气田.....	103
2. 全球锂矿资源放量增长	104
3. 《光子时代：光子产业发展白皮书》显示.....	106
4. 研究揭示月球玻璃为何具有超凡抗老化效应.....	108
5. 国内首次掺氢天然气管道燃爆试验成功.....	108
6. 国内首套深水钢悬链线立管全自动焊焊接设备完成海试.....	109
7. 用废水合成半导体材料—细菌杂合体实现	111
8. 我国将梳理盘活高校和科研机构存量专利.....	112
9. 新发现的铌包头矿有哪些大用途.....	113
10. 广东出台“通用人工智能产业发展实施意见”，力争到二〇二五年实现智能算力规模全 国第一	115
11. 应对气候变化出奇招 “冷却玻璃”可将热量释放到太空.....	116
12. 我国海上首个超高温超高压气田生产平台安装就位	117
13. 我国首个页岩气立体开发行业标准发布.....	118
14. 中国科学院金属研究所等制备出超塑性钛合金.....	118
15. 系列创新将深部煤层气储量变产量.....	119
16. 制备用于柔性传感器的新型水凝胶材料.....	120
17. 下一代芯片用什么半导体材料.....	121
18. 2024 年 AI 领域五大趋势	124
19. 新材料根据温度变化执行不同任务.....	126
20. 中国科学院院士高德利：油气勘探开发离不开定向钻井技术	126

本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

中俄油气合作再进一步

中国能源报 2023.10.30

数据显示，今年 1-8 月，中国和俄罗斯能源贸易额达 561.9 亿美元，同比增加 6.2%。在中俄能源合作中，油气合作是重中之重。2022 年，俄罗斯居中国第三大天然气进口来源国和第二大原油进口来源国。

合作不断深入

在日前举办的第五届中俄能源商务论坛上，与会代表一致认为，未来，中俄能源合作将有力推动中俄贸易循环。俄罗斯联邦总统能源发展战略和生态安全委员会执行秘书长、俄油（Rosneft）总裁谢钦宣读俄罗斯总统普京贺信和致辞称，中俄新时代全面战略协作伙伴关系已达到前所未有的高度，并将继续蓬勃发展。

当前，在中俄关系中，能源合作正变得更加积极和多层面。其中，石油和天然气领域以及和平利用核能领域的重大双边项目正在持续实施。与此同时，两国正在进行旨在提高原材料开采、加工和运输效率以及确保环境安全的联合技术创新研发。

谢钦表示，能源领域及相关产业直接投资将成为俄中合作新的里程碑。在当前环境下，新机遇大门已经敞开，两国正在现代化、加强国家安全和实现技术自给自足的道路上稳步前行。

“俄罗斯和中国在各个领域的合作正在加强。”谢钦称，“过去 5 年，两国间贸易额已增长至 6600 亿美元。俄罗斯对华出口 75% 以上是能源。今年前 8 个月的数据显示，俄罗斯已成为中国主要石油供应国，向中国提供了超过 7500 万吨石油，比去年同期增加 25%。今年，俄罗斯对华天然气出口量也有望超过 300 亿立方米。”

值得一提的是，谢钦再次重申继续扩大在双边以及与第三国结算中使用人民币和卢布的重要性。“我相信，这种合作的潜力将使贸易额成倍增长。”

据俄罗斯卫星通讯社报道，中俄两国公司在第五届中俄能源商务论坛期间共签署约 20 项协议，参加论坛的公司占两国贸易额的 45%。

油气供应增长

据悉，俄油和俄气（Gazprom）分别与中国石油签署了新的协议。其中，俄油与中国石油在论坛期间签署了教育和培训合作协议。俄气则于 10 月 19 日宣布与中国石油签署《东线

天然气购销协议附加协议》，进一步增加对华供气量。俄气表示，将在今年年底前进一步增加对华天然气供应量，这标志着双方在能源领域合作进一步深化。

俄气总裁阿列克谢·米勒表示，俄气会定期增加对中国的天然气供应。“每天通过‘西伯利亚力量’输气管道的申请已超过合同规定的数量。今年，这个数量将达到6亿立方米。”他称。

据了解，目前，中俄两国只有一条陆地天然气管道——“西伯利亚力量1号”，即中俄东线天然气管道。该项目于2014年签约动工，2019年底投产通气，目前已向中国累计输送超过300亿立方米天然气。与此同时，中俄间第二条陆地天然气管道“西伯利亚力量2号”也在加紧筹备当中。俄媒此前曾预计，该项目将于2024年开工，预计2030年完工。

根据俄气的计划，与中国连接的天然气管道还包括“西部线路”，该线路将建设“西伯利亚力量2号”管道的延续线路，年输气量将达500亿立方米。

能源保障“加码”

中国与俄罗斯的能源合作不断深入，不仅将进一步加深中俄两国的经济合作，也是中国能源安全战略的重要组成部分。

中国海油集团能源经济研究院院长王震表示，中短期内，我国油气供应仍然需要进口。根据《中国海油2060能源展望》报告预测，2040年前，我国原油进口仍然维持在2亿吨/年以上，天然气仍然在1800亿立方米/年以上。未来，能源合作将是中俄贸易的重要组成部分，也是平衡中俄双边贸易的关键。

业内人士建议，未来，两国应顺应形势变化和时代要求，在更大范围、更深层次、更广领域加强能源合作。在现有基础上，不断探索新的合作模式和路径，深化传统能源全产业链上中下游合作，共同应对能源转型面临的能源结构性短缺和成本上涨等问题，积极挖掘绿色低碳合作潜力，引领全球能源绿色低碳转型。

能源行业再添6项突破性科技成果

中国电力报 2023.11.3

10月29日，由中国电力企业联合会（简称“中电联”）、中国产学研合作促进会（简称“产学研促进会”）主办，中国电力国际发展有限公司（简称“中国电力”）承办的科技创新成果发布会在北京举办。

会上，中国电力 6 项科技创新成果闪亮登场，展现新兴产业集群发展的新态势，全面开启打造科技创新引领型的世界一流绿色低碳能源供应商新篇章。

“与传统的化石能源相比，新能源主要依靠技术创新来推动进步。中国电力举办创新成果发布会，既是面向社会公众和股东，对创新进展的一次集中汇报，也是邀请各行各业，携手共建新型能源体系的一份邀请函。”全国政协常委、人口资源环境委员会副主任，国家电投党组书记、董事长钱智民表示。

数“智”化赋能零碳未来

国家电投新能源总工程师，中国电力党委书记、董事局主席，中国产学研微能源网协同创新平台常务副主席贺徙认为，能源安全始终是广泛的全局性、战略性问题，关系到人类赖以生存、生产、生活方式的改变。他表示，中国电力把科技创新融刻到企业基因之中，淬炼了一系列构建新型电力系统、服务保障能源安全的“金刚钻”。

中国电力总裁、党委副书记高平对记者表示，中国电力两年前在战略发布会上制定的目标，是到 2023 年底清洁能源装机占比超过 70%，通过资本运作及自身发展，预计今年年底将超过 75%，超额完成这一目标。高平介绍道，2021 年新战略发布以来，中国电力大力实施清洁低碳能源和绿能新兴产业“双轮驱动”。一方面，聚焦清洁能源大基地建设，着力推进光伏、风电、水电、地热能、生物质能等清洁低碳能源可持续快速发展。同时，在创新驱动发展方面，闯出了一条创新之路，积极培育储能、绿电交通、彩色光伏、新能源+农业现代化、综合智慧能源、地热能等绿能新兴产业，协同产业链上下游整体发力，新兴产业集群已初步成型。当前，中国电力正以“建设科技创新引领型的世界一流绿色低碳能源供应商”作为自己的目标定位。

在发展道路上，中国电力抢抓了新型电力系统中储能这个“牛鼻子”，在 2021 年 7 月，打造了专业化储能平台新源智储，目前，该公司出货量已经进入了全国前三，成为央企中储能行业的主力部队。“新源智储不仅是一个简单的集成应用平台，它还兼顾了电化学储能的上下游，产品序列也从大储能行业面向例如工商业储能、户用储能行业拓展，整条产品线非常齐全。”中国电力党委委员、副总裁王冬容说道。

此次发布会上，新源智储发布了《数字孪生储能大集控智慧运营平台》科技创新成果，这一创新成果将开辟储能行业无人化运行新时代，首创储能电站的全设备全生命周期统一建模、储能电站海量特征数据跨网安全穿透、储能电站基于 AI 大数据运算的数字孪生仿真、储能电站全场景主动安全预警与评估体系，以数“智”化赋能新型储能产业发展，助力加快新型电力系统构建。

电化学储能电站存在的安全问题始终是业内关注的焦点，中国电力加速深耕储能本质安全技术创新和产业落地，成立了专注于新能源本质安全材料研发和生产的科创型企业——新源清材，并在本次会上发布了《电化学储能站专用灭火剂和高安全浸没式冷却液》科技创新成果。该成果能够快速阻断储能电站燃烧，有效做好电芯热管理，为储能电站电池提供全方位全时守护，助力实现电芯本质安全。

独创技术助力实现“双碳”目标

“目前启源平台在管车辆运行里程超过 8.5 亿公里，已推动车辆碳减排超过 100 万吨，替代燃油进口约 4 亿升。未来，带动交通领域全面电能替代，并结合以新能源为主体的新型电力系统建设，将有望降低全社会 6% 的碳排放。”王冬容介绍道。这是中国电力旗下专注于绿电交通业务的交通电动化及数字化运营公司启源芯动力，“让交通更绿色，让生活更美好”的企业使命。

此次发布会上，启源芯动力发布了《交通与能源融合关键技术及解决方案》科技创新成果，打造车储共用标准化电池系统“能量魔方”及技术解决方案，兼容市场 95% 以上换电站，跨 92 家品牌车辆共享互换，覆盖市场 85% 以上换电重卡车型，可实现电池集群管理、全生命周期监测，车网、站网互动，充换电机制优化，进一步打造交能融合共同体。

“我们大力推进光储直柔、光储充、交能融合等构成虚拟电厂的重要元素，全力做好底层搭建，打好虚拟电厂基层设计，在时机合适时迅速聚合，构建出完善的虚拟电厂。”王冬容表示。

为进一步提高供电可靠性、消纳新能源、提升用电能效，中国电力旗下专注于低压直流配电的公司新源国臣，在会上发布了《光储直柔新型配电系统》科技创新成果，解决了传统分布式光伏在电网稳定、电能质量、线损、扩容、弃光等方面存在的系列问题，实现了分布式光伏的可观、可测、可控、可调和不同台区变压器间的功率互济，提高配电资产利用率和供电可靠性，在交通、建筑、工业、城乡等不同领域，打造能源供应新范式，促进社会经济结构转型升级，给生产生活用能方式带来根本性改变，赋能零碳未来。

光伏并非黑即蓝，中国电力面向“新能源+绿色建筑”打造的光伏彩色喷涂与绿色新型建材的高科技公司——新源劲吾，在会上发布了《全彩光伏功能材料产品的创新与应用》科技创新成果，其独创的全彩微图层技术（CMT 技术），运用彩色化加工制作各类光伏组件，可实现不同应用场景的量身定制，形成全彩碲化镉薄膜组件、全彩晶硅组件、全彩轻质柔性组件等系列产品，为建筑光伏一体化、环境光伏一体化以及退役库存光伏再利用，提供全彩新选择。“中国电力的全彩光伏技术，可以将退役光伏组件进行回收，每回收一块 1.7 平方

米的光伏板，就相当于种了9棵树，这对‘双碳’目标的实现是非常大的贡献。”王冬容说。

针对电力行业“高危险、高污染、高难度”的人工作业场景，中国电力旗下中电昱创以AI助推能源智慧化安全运维，在全国首发智能化高压柜巡操、电解槽底强磁高温环境巡检、智能水下作业勘探、超低温输煤栈桥巡检、垃圾库智能调度控制等五个机器人综合解决方案，深入挖掘数据价值，让作业更精准、更高效、更安全，通过AI赋能传统生产方式转型升级。

推动重要能源和矿产资源增储上产

经济日报 2023.11.8

2022年10月2日，习近平总书记给山东省地矿局第六地质大队全体地质工作者回信指出，矿产资源是经济社会发展的重要物质基础，矿产资源勘查开发事关国计民生和国家安全，要求积极践行绿色发展理念，加大勘查力度，加强科技攻关，在新一轮找矿突破战略行动中发挥更大作用。党的二十大报告明确提出，加强重点领域安全能力建设，确保粮食、能源资源、重要产业链供应链安全。新征程上全面建设社会主义现代化国家，必须深入学习贯彻习近平总书记关于保障国家能源资源安全的重要论述和重要指示批示精神，统筹发展和安全，实施新一轮找矿突破战略行动，推动重要能源和矿产资源增储上产，为中国式现代化提供强有力的支撑。

重要能源和矿产资源要增储上产

能源资源安全是关系国家经济社会发展的全局性、战略性问题，对国家繁荣发展、人民生活改善、社会长治久安至关重要。从已实现现代化国家的发展历程来看，经济社会发展对矿产资源存在极强的依赖性。产业结构变化、科学技术进步，虽然改变了矿产资源的消费结构，降低了单位产值中矿产资源的消费量，但对矿产资源的依赖性没有根本改变，矿产资源在国民经济中仍然处于基础性、支撑性地位。

建设现代化产业体系要求强化重要能源和矿产资源的基石作用。当前，我国已迈上全面建设社会主义现代化国家新征程，必须把发展经济的着力点放在实体经济上，把建设现代化产业体系作为经济现代化的重要任务。能源和矿产作为重要的初级产品，是经济社会发展的基础性产品，是构建现代化产业体系的关键支撑。我国是全球矿产资源第一消费大国，也是全球矿产资源第一生产大国和贸易大国，2035年前，我国战略性矿产需求总体呈上升趋势，将面临消费数量和种类双增长的态势。必须加强战略性矿产资源的调查勘查和开发利用，建

立安全可靠的勘探、开发、储备体系，提升能源矿产资源供给体系对国内需求的适配性，满足高质量发展对矿产资源的巨大需求。

加快构建新发展格局要求提高重要能源和矿产资源的自主保障能力。当前，逆全球化思潮抬头，单边主义、保护主义明显上升，局部冲突频发，世界进入新的动荡变革期。加快构建新发展格局，是以习近平同志为核心的党中央立足实现第二个百年奋斗目标、统筹发展和安全作出的战略决策，是把握我国未来发展主动权的战略部署。构建新发展格局的前提是确保极限情况下国内大循环的稳定畅通，这就要求必须确保国防、民生等基本需求的矿产资源的有效供给。近年来，我国石油、铁等战略性矿产资源外采度居高不下，国际供应风险急速攀升。随着战略性新兴产业快速发展及碳达峰、碳中和稳步推进，战略性矿产需求将发生结构性变化，铁、锰、铝等消费量将保持高位运行，锂、钴、镍等清洁能源和新兴产业所需矿产的需求将持续快速增长。面对国内外环境发生的深刻变化，必须强化底线思维、极限思维，明确重要战略性矿产资源国内生产自给的战略底线，加强国家战略物资储备制度建设，努力将重要能源和矿产资源保障放在自己力量的基点上，做到“手中有矿、心中不慌”。

保障能源资源安全和重要产业链供应链稳定要求加快推进新一轮找矿突破战略行动。习近平总书记强调，中国作为制造业大国，要发展实体经济，能源的饭碗必须端在自己手里；要增强产业韧性和抗冲击能力。近年来，全球产业分工深度调整，出现内向化收缩、本土化转移和区域化集聚等新的发展动向，各国对产业链供应链主导权的争夺日益激烈。矿产资源的勘查开发，处于产业链的最上游，是保障重要产业链供应链稳定的关键环节。各国对矿产资源供应的关注日益从经济性转向安全性。与此同时，当前，我国部分战略性矿产国内勘查投入不足，新增资源量增速放缓。加快实施新一轮找矿突破战略行动，努力强化我国能源资源安全和重要产业链供应链韧性，有效应对来自国内国际偶然因素、突发事件和不利影响等带来的冲击，是十分紧迫的任务。

扎实推进新一轮找矿突破战略行动

习近平总书记给山东省地矿局第六地质大队全体地质工作者的重要回信，明确了地质找矿工作的根本遵循，发出了新一轮找矿突破战略行动的动员令。各地各部门认真学习贯彻习近平总书记重要回信精神，贯彻落实党中央、国务院决策部署，新一轮找矿突破战略行动实现“开门红”，取得阶段性成果。全国矿产勘查投资连续两年实现正增长，2022年油气矿产和非油气矿产勘查投入分别同比增长3.1%、15.6%；油气企业在塔里木、鄂尔多斯、四川、渤海湾等盆地，新发现8个亿吨级油田和11个千亿方级气田；各地新发现157处大中型矿产地，圈定找矿远景区112个，提交可供商业勘查找矿靶区102个；山东金矿、江西钨矿和

锂矿、贵州锰矿、甘肃晶质石墨矿、新疆铁矿、四川和内蒙古锂矿、河南煤层气等取得找矿重大进展，新增一批资源量。

新一轮找矿突破战略行动跨越“十四五”“十五五”“十六五”三个五年规划期，与基本实现社会主义现代化战略布局基本同步，时间跨度较长、战略意义突出。实施新一轮找矿突破战略行动，要充分尊重地质规律，发挥我国制度优势和市场优势，突出科技和人才的力量，坚持远近结合、分类施策，聚焦基础调查区、重点调查区、重点勘查区、重要矿山深部“四区”，滚动式推动增储上产。

深入开展基础地质调查。基础地质调查是不断提高对资源国情认知水平、实现找矿突破的先行性工作。要着重在基础调查区和重点调查区开展相关工作，其中，基础调查区主要通过区域地质调查、矿产地质调查和有关技术方法应用，提高调查程度，提升地质认识水平，提交找矿远景区、找矿靶区和油气有利区。重点调查区主要通过对区内已有矿床、矿（化）点、蚀变和物化探异常等信息反映有较大找矿潜力的地区，开展必要的物化探和钻探验证，提交探矿权出让区块建议。

加快实施战略性矿产勘查。新一轮找矿突破战略行动，要坚持急用先行，突出紧缺战略性矿产，着重在重点勘查区和重要矿山深部开展勘查工作，其中，在重点勘查区，主要是优选资源潜力大的已设探矿权集中区，通过加大勘查力度，实现找矿新突破，提交一批资源量和油气探明地质储量。在重要矿山，主要是优选深部具有较好资源潜力的已设采矿权区，通过攻深找盲，探获新增资源储量，稳定和扩大矿山产能。

加强矿产资源开发利用。近年来，我国矿产资源开采冶炼、加工制造、材料生产的产业规模快速增长，有力支撑了我国工业化、城镇化发展及制造业庞大的原料需求。要开展战略性矿产资源开发水平调查评价，动态掌握资源利用情况。加大矿业权投放力度，支持民营企业投资战略性矿产开发利用。支持符合条件的共伴生矿、低品位矿和尾矿综合利用，引导企业提升开采回采率、选矿回收率、综合利用率，实现优矿用好、呆矿用活、劣矿用足。

强化科技创新引领和支撑。我国矿产勘查已从浅部转向深部，从低山区转到中高山—深切割区，找矿难度不断增大。要瞄准国际国内学科发展前沿和新的生长点，开展地球深部结构与组成探测、成矿（藏）规律与找矿预测、重要含油气盆地和重点成矿区带战略选区等科学问题研究，推动形成更多符合我国地质特点的成矿理论、找矿理论，攻克一批重大核心共性的勘查开发技术。推动高精尖勘探开发装备国产化，研发大深度、高精度、快速立体矿产资源探测装备。加强地质科技人才培养，鼓励青年科技人才开展原始创新、技术攻关、成果转化。

着力繁荣矿业市场

矿业项目普遍周期长、投资大、风险高，对政策供给的科学性、系统性、稳定性依赖较大。作为矿产资源管理的职能部门，近年来，我们立足部门职责，既尊重市场规律，使市场在资源配置中起决定性作用，又考虑矿产资源勘查开发事关国计民生和国家安全这个特殊实际，更好发挥政府作用，注重从挖掘潜力、激活动力、夯实支撑、强化保障等多方面，加强政策供给，努力为繁荣矿业市场提供支撑。

完善矿产资源勘查开采管理政策。适应我国共伴生矿多的资源特点，加快综合勘查开发步伐，除特殊情形外，探矿权人开展综合勘查，无需办理勘查矿种变更（增列）登记，可以按照实际探明的矿产储量申请采矿权；鼓励和督促矿业权人加大勘查实物工作量和加快勘查进度，尽快达到转采勘查工作程度要求，及时转为采矿权开发投产。实施生态保护红线内地质调查与矿产资源勘查开采差别化管理政策，已依法设立和新立铬、铜、镍、锂、钴、锆、钾盐、（中）重稀土矿等战略性矿产探矿权开展勘查活动，可办理探矿权登记，因国家战略需要开展开采活动的，可办理采矿权登记。支持生产矿山开展深部和周边“就矿找矿”，采矿权人在矿区范围深部、上部开展勘查工作，无须办理探矿权新立登记。

加强矿业权出让转让市场建设。我国矿业权市场经历了较长时期的低迷，必须采取有效措施，促进其健康有序发展。在矿业权出让方面，健全便企惠企服务机制，从优化出让计划、推进“净矿”出让、完善市场配置、改革征收方式等方面全链条优化和改进；加强矿业权出让前期准备工作，优化矿业权出让流程，提高服务效率；完善竞价规则，探索竞争价格熔断机制，使交易价格保持在合理区间，引导资金更多用于战略性矿产勘查开发；将矿业权出让收益征收方式由取得矿业权时一次性确定，改为主要在矿山生产时按销售收入逐年征收，切实减轻企业负担。在矿业权转让方面，打破制度性障碍，鼓励矿业权规范有序流转，让更多有技术、有能力、有意愿的经营主体获得矿业权，如放宽探矿权转让限制，以招拍挂方式取得的探矿权转让，不受持有探矿权满2年的限制；将协议出让取得的矿业权转让限制年限由10年调整为5年。

拓宽找矿资金投入渠道。市场经济体制下的地质找矿，允许和鼓励勘查投资主体多元化，引导和吸引更多资金进入地质找矿领域。一方面，发挥财政资金的示范引导作用，大幅增加找矿投入，将其重点用于基础性、公益性、战略性地质调查，开展区块优选调查评价工作，为出让探矿权提供区块建议；另一方面，完善社会资本进入矿产资源勘查开发的政策机制，支持符合条件的从事矿产勘查开发的企业上市融资，推广使用矿业权竞争出让履约保证金或保函。

实施新一轮找矿突破战略行动，是党中央作出的重大决策部署，关乎端牢能源饭碗，有助于保障国家安全，使命十分光荣、任务非常艰巨。我们将以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面落实党中央、国务院决策部署，强化国家立场、立足部门职责，不断加大政策供给力度、持续助力繁荣矿业市场，推动全社会更好地投身新一轮找矿突破战略行动、促进重要能源和矿产资源增储上产，努力为强国建设、民族复兴贡献力量！

水风光一体化成为新发展方向

中国高新技术产业导报 2023.11.6

10月30日，在国家能源局举行的新闻发布会上，国家能源局新能源和可再生能源司副司长王大鹏表示，随着新能源发电的持续快速发展，水风光一体化模式正在成为新的发展方向。

水风光一体化有什么优势？如何推进水风光一体化建设？业内专家表示，水风光一体化建设，可以提升能源的综合利用效率，增强可再生能源保供能力，因此需要加强政策引领、统一规划，以便更好地支撑水风光一体化运行实践，助力“双碳”目标的实现。

水风光一体化开发探新路

沿雅砻江一路溯流而上，两河口水电站、柯拉一期光伏电站、腊巴山风电站……水电、风电、光伏在这里“打捆”送出。这里就是雅砻江水风光一体化基地。

雅砻江水风光一体化基地总规模超1亿千瓦，其中水电约3000万千瓦，风电、光伏发电超6000万千瓦，抽水蓄能发电超1000万千瓦。目前，雅砻江流域绿色清洁能源已投产装机超2000万千瓦，每年贡献清洁电力近1000亿千瓦时。

值得一提的是，今年9月12日，雅砻江流域水电开发有限公司与华为在雅砻江公司成都总部挂牌成立联合创新中心，这是我国首个基于流域水风光一体化基地建设的联合创新研究中心。该联创中心将进一步推动解决全球最大水风光一体化示范基地智能建设、智能运营等复杂关键技术，推动降低项目全生命周期成本，实现水风光资源综合效益最大化，促进能源产业数字化、智能化升级，并向全球提供可借鉴、可复制、可推广的经验。

“雅砻江水风光一体化开发建设，是探索新时期流域水风光一体化新模式新机制的创新性工作，可以为我国其他流域水风光一体化基地建设提供示范和借鉴。”王大鹏表示，雅砻江水风光一体化基地建成后对增加四川清洁能源供应、增强四川电力保供能力具有十分重要

的意义，对四川作为国家重要水电基地更好保障全国电力供应、服务国家能源战略具有十分重要的作用。

中国水力发电工程学会副秘书长李世东介绍说，国家能源局从2020年开始组织开展全国主要流域水风光一体化开发建设研究，2021年印发了《关于开展全国主要流域可再生能源一体化规划研究工作有关事项的通知》。今年印发的《雅砻江流域水风光一体化基地规划》，有利于加快推进示范基地建设，为探索水风光一体化开发新路。

新能源消纳有新解法

近年来,我国能源产业绿色低碳转型成效显著,以风电、光伏为代表的新能源取得了举世瞩目的成绩。国家能源局发布的最新数据显示,2023年前三季度,我国新能源装机规模不断实现新突破,全国风电新增装机容量3348万千瓦,光伏新增装机1.2894亿千瓦,同比增长145%。与此同时,我国可再生能源发电量稳步提升,风电、光伏发电量达1.07万亿千瓦时,同比增长22.3%。

“这组数据可以看出新能源在能源保供中的作用越来越明显。”在李世东看来,新型能源体系最为突出的特点就是构建新能源为主的新型电力系统,为支撑新能源发展和新型电力系统的安全稳定运行,水电肩负着新发展、新定位的艰巨重任,其中水风光一体化开发将成为未来水电和新能源共同发展的新主题。

“推进水风光一体化建设,是新能源高质量发展的重要路径。”国海证券分析师杨阳表示,水风光一体化兼具可行性与经济性,有效助力新能源消纳,提升能源综合利用率。“风电、光伏发电具有随机性、间歇性和波动性,而水电通过优化调度和水电机组快速灵活调节,可将随机波动的风电、光伏发电调整为平滑、稳定的优质电源,有效破解风能、太阳能开发难题,起到调峰和改善风光消纳的作用。”

仍需加强政策引导

目前,水风光一体化建设尚处于探索阶段,仍面临着诸多问题,比如不同能源系统之间的运营相对独立,协调性有待加强;相关项目投资经济性存在不确定性,成本回收机制有待进一步完善等。

中国新能源电力投融资联盟秘书长彭澎表示,水风光一体化发展涉及能源种类较多,对能源相互协同度要求较高,而现行各种能源价格政策衔接不顺,难免会影响项目示范效果。“目前水风光一体化示范项目市场机制尚不完善,未来应进一步明确项目利益共享机制。”

李世东建议,要更加开放性和全局性地制定调整修订规划,特别是要采取切实可行和符合市场规律的措施,进一步推动新能源资源开发,并以大力发展新能源为核心,解决新能源

建设和消纳过程中的问题，围绕发展新能源的产业链，通过常规水电，对新能源进行储能调节，加大对外送电等措施，对新能源在消纳上进行调节，从而真正做到水风光一体化协同发展。

业内专家表示，水风光一体化建设不仅需要政策层面的引领，也需要地方和电网公司分别在风光资源获取、水风光一体化调度管理方面给予支持，以便更好地支撑水风光一体化运行实践，探索可复制的一体化运行模式，全面发挥不同清洁能源的协同作用。

十大前沿纳米科技难题发布

中国科学报 2023.11.24

11月24日，国家纳米科学中心携手《科学》杂志，面向全球发布“十大前沿纳米科技难题”。这些前沿纳米科技难题涵盖了纳米理论、纳米安全性、纳米催化、纳米生物、纳米医药、原子精准制造等从基础理论到前沿应用的广阔领域，旨在为全球纳米领域的科学研究提供指引，为探索纳米科技的知识边界、挖掘纳米科技潜能带来新的启迪。

2022年，“纳米科学与工程”被国务院学位委员会和教育部列为一级学科，人才培养体系和职业教育体系更加完善。当前，纳米科技已成为集交叉性、引领性和支撑性为一体的前沿研究领域。

为深入研究和分析目前纳米科技发展面临的关键问题，国内外纳米科技的发展现状及其在学科支撑、科技进步、社会发展和人类生活改善等方面产生的影响，进一步推动纳米科技的发展，今年4月底，国家纳米科学中心联合《科学》杂志开启了前沿纳米科技难题的全球征集工作。该工作得到了来自中国、美国、加拿大、德国、澳大利亚、新加坡、韩国等20多个国家和地区从事纳米科技研究的知名科学家和青年学者的积极反馈与响应，经过收集、筛选与凝练形成了十大前沿纳米科技难题。

十大前沿纳米科技难题包括：1.是否可以构建涵盖量子 and 宏观物理特性的纳米理论，进而可靠地预测材料在纳米尺度的特性；2.纳米材料的安全性与哪些特性有关，在不同的环境中如何实现对其安全性的有效调节；3.纳米科学如何助力生物学发展；4.纳米技术将为医疗技术带来怎样的变革；5.如何借助可视化技术研究纳米材料的表面和界面；6.纳米技术如何影响不同类型催化剂的制备；7.如何实现原子精度制造的大尺寸化；8.纳米技术将如何提升算力进而助推光电器件的发展；9.纳米技术会对电子行业发展产生哪些影响，未来电子器件

的能耗极限在哪里；10. 纳米技术如何助力全球可持续发展。

本次发布的十大前沿纳米科技难题对进一步激发纳米科技工作者的好奇心和自由探索热情，引领未来纳米科技创新发展新趋势，集中力量攻克纳米科技难题，推动人类进步与社会可持续发展具有重要意义。

中国科学院院士欧阳明高谈动力电池：到 2030 年将有一次全方位技术革新

中国能源报 2023.11.20

在能源转型的大背景下，我国新能源汽车发展势头强劲。工信部数据显示，今年前三季度，我国新能源汽车产销量分别完成 631.3 万辆和 627.8 万辆，同比分别增长 33.7%、37.5%。新能源汽车新车销量占汽车新车总销量的 29.8%，产销规模进一步扩大。

作为新能源汽车的核心部件，动力电池的安全问题至关重要。在近日举办的新能源科学与交通电动化国际论坛上，中国科学院院士、清华大学教授欧阳明高指出，高比能、高安全性是动力电池未来发展方向。从最开始的锂电池动力化转型，到现在的电池技术数字化、智能化转型，安全性都是首要解决的问题。

在欧阳明高看来，电池技术的创新周期大约是 30 年。自 2000 年起，锂离子电池开始在动力方面应用，预计到 2030 年将会有一次全方位的技术革新。

“2000 年开始的第一个十年，主要是在解决锂离子电池动力化的安全问题，现在也还在继续解决。2010 年起的第二个十年，随着动力电池产业规模不断增大，提质增效需求推动了动力电池全产业链的技术革新、数字化转型。第三个十年，也是现在正在发生的，电池超高比能量的需求催生新材料的换代，也就是以固态电解质研发为核心的全固态电池技术。”欧阳明高表示。

据欧阳明高介绍，电池安全问题的本质是电池热失控，主要由过充、过放等诱因导致电池内部温度上升，超过正常电化学反应过程释放的热量，导致发生放热的副反应，加速电池温度上升，当温度达到临界点就会发生热失控。“热失控在整个电池系统内蔓延，就像引燃一个鞭炮一样，导致最后的电池燃烧事故。”欧阳明高说。

“为应对这个过程，我们建立了电池安全技术体系。推出了电池行业首个 AI 大模型，使电池安全预警的准确度提高了一个数量级，建立了电池热蔓延的测试和仿真，以及热管理

设计的全套技术，保障了中国新能源汽车大规模推广时的安全水平始终不低于燃油汽车，平均事故概率低于 0.5/10000。这一技术解决了用户的安全焦虑，这也是最重要的一个焦虑。”欧阳明高表示。

据介绍，电池安全技术体系主要包括三个方面：一是被动安全的安全电池，针对热失控蔓延进行防控设计和系统开发；二是主动安全的智能电池，针对各种诱因进行安全预警和主动调控；三是本质安全的固态电池，通过提高电池材料的热稳定性，来防止热失控的发生。

以能够实现主动安全的智能电池开发为例，欧阳明高介绍，电池热失控诱因就像人的癌症一样，比如肺癌的结节，刚开始是不明显的，但是慢慢会长大。“怎么来复现这个过程呢？我们采用了缺陷植入，有目的地将焊渣等收集起来植入到电池里，这样就可以观察热失控的早期、中期、晚期、末期是如何演变的。通过这种复现重构热失控过程，就可以找到预警的方法。”欧阳明高说，预警之外，智能电池还要具备主动调控和智能化功能，在此基础上，进行全生命周期的智能设计、智能制造、智能管理、智能回收。

在欧阳明高看来，动力电池的最终目标，是要做到本质安全，这要通过全固态电池的开发来实现。首先是解决正极材料、负极材料、电解质的问题，通过使用高安全隔膜、增加阻燃剂等方式提高本质安全。“我们通过结构调控实现了 Ni90 高镍正极跟硫化物复合电极下容量达到 235 mAh/g，在 5C 充放电倍率下的循环超过 5000 圈。我们制备的硫化物全固态电池体系下的硅材料比容量超过了 2400mAh/g，首次库伦效率超过了 86%，现在已经开始了千吨级的产业化。另外，我们也研发了 Ah 级的全固态电池，目前可以做到电池容量 15Ah，能量密度达到 350Wh/kg，热箱耐受温度 200℃，工作区间-20℃—120℃，预计到 2025 年能量密度能到 500Wh/kg。”欧阳明高介绍。

“目前安全电池已经做到了产业化，为动力电池和储能电池提供了新方法。我们正在开发下一代智能电池，将安全技术、智能技术全部结合起来，预计在 2025 年左右产业化。全固态电池也在研发之中，预计在 2027 年—2030 年间可以规模产业化。”欧阳明高表示。

石油基炭材料将带动形成千亿级新兴产业链

科技日报 2023.11.28

日前，中国科协发布 2023 年十大产业技术问题，“石油基炭材料高端化技术如何发展”在列。作为一类由石油衍生而来的高价值材料，石油基炭材料在能源、环保、化工等领域具

有广泛的应用前景。

“未来，随着技术的进步和应用领域的拓展，石油基炭材料将发挥更加重要的作用。”中国石油大学（华东）化学化工学院教授刘东接受科技日报记者采访时表示，实现石油基炭材料高端化需要高校院所和企业持续不断地探索与创新，推动科技成果转化，从原料精制、生产工艺、产品质量等方面入手，打通高端石油基炭材料的生产流程。

应用前景广阔但大规模生产仍面临挑战

石油基炭材料是一类由石油或石油衍生物制备的炭材料，具有易石墨化、高结晶度、高热稳定性和优异的导电性等特点。这些独特的物理化学性质，使其在诸多领域展现出巨大的应用价值。

如何利用石油重质组分的高碳氢比特性来制备石油基炭材料，是目前该类材料研究的热点。刘东告诉记者，利用热转化或催化转化等工艺，可以将石油原料中的烃类和非烃类化合物转化为高碳含量且具有特定功能或结构特性的固体材料。他表示，石油基炭材料的特性使其在航空航天、新能源、电动汽车、信息电子、轨道交通、机械装备、冶金化工等多个领域和产业中得到广泛应用。

“石油基炭材料具有高导热导电性和出色的力学性能，是优异的结构与功能一体化材料。这是其他材料无法媲美的。”刘东介绍。

随着科技的发展和需求的增加，石油基炭材料在各个领域的应用前景将更加广阔。在冶金和储能领域，石油基炭材料已广泛用于制备超高功率石墨电极和高性能锂离子电池的负极材料；在核工业领域，石油基炭材料可以制备用于核反应堆的各向同性石墨。

石油基炭材料还可制备沥青基炭纤维和复合材料。沥青基炭纤维具有出色的轻量高模性能、导电导热性能、抗疲劳和耐腐蚀性能，已经广泛应用于航空航天、车体制造等领域，石油基炭材料也常用作先进碳/碳复合材料的增强体，提高复合材料的强度和硬度等性能。

石油基炭材料正成为全球争相研究和开发的热点。然而，如何提高其性能、降低制备成本并实现可持续生产，是当前科研人员和有关企业等面临的主要挑战。刘东解释说，石油基炭材料的研发、生产需要大量专用设备投入，设备不断更新就会出现高折旧率及相应维护费用。另外，石油基炭材料的研发和商业化应用的不确定性比较高，研发和商业化的开销也较大。且石油基炭材料进入市场之前，需经过理论层面的突破及应用层面的反复验证。即使通过理论实验或示范生产阶段，仍可能因设备、工艺等因素的限制无法进入大规模生产阶段。

高端化技术发展需促产学研用深度融合

近年来，中国已经成为世界上最大的石油基炭材料生产国之一，相关企业已经超过千家，

并在常州、无锡、青岛和深圳等地形成了产业集群。历经多年艰苦攻关，我国在石油基炭材料的研究和应用方面不断涌现出令人瞩目的创新成果。

比如在高功率和超高功率石墨电极材料方面，我国相关企业已经相继建成并投产了年产超过 10 万吨的高品质针状焦生产线，针状焦关键性能指标热膨胀系数达到了国外同类产品水平，满足了我国高功率和超高功率石墨电极的基本需求；在高性能石油基炭纤维方面，近几年我国实现了强度大于 2.0 吉帕、模量大于 600 吉帕以及导热率大于 800 瓦/米·度的高性能碳纤维国产化，在一定程度上解决了高性能碳纤维的自主保障问题，使我国成为继日本、美国之后第三个掌握高性能石油基炭纤维技术全流程核心技术的国家。

石油基炭材料高端化技术的发展，将有效解决一些当前的能源和环境问题。刘东表示，其首先会直接影响处于上游的炼化产业。“石油基炭材料的高端化，不仅可推动石油实现由燃料属性向材料属性的转变，促进炼化产品结构优化，推进炼油‘油转特’转型升级，还可以将碳原子固化在炭材料中，实现源头减排。”刘东说。

此外，下游的新兴炭材料产业也将受到影响。随着高端石油基炭材料的精细化发展，其种类和数量逐渐丰富、性能水平也将不断提升，可满足新能源、航空航天、冶金等领域的不同应用，从而带动整个产业链的发展。“可以说，未来石油基炭材料将带动形成千亿级的新兴产业链。”刘东表示。

实现石油基炭材料高端化技术的发展是一项长期且艰巨的任务。刘东认为，应以绿色低碳发展为总体原则，基于我国石油基炭材料上游产业基础和下游需求制定技术开发和产业发展规划，组织相关高校院所与企业协同攻关。

“科研人员和企业应持续不断地探索和创新，促进产学研用深度融合，弥补石化企业产业链短板。同时要与下游应用企业紧密联合，推动科技成果转化。”刘东表示，在这个过程中，科研人员和企业要进一步研究和改进炭化工艺，从而提高材料的导电性和机械性能等。

石油基炭材料产业的进步，也离不开政策护航。刘东建议，要健全知识产权保护制度，制定严格的产品标准和质量控制体系，进一步推动石油基炭材料高端化技术的发展和材料的广泛应用。

中国 5 个领域研究前沿热度指数排名世界第一

11月28日，由中国科学院科技战略咨询研究院（以下简称“战略咨询院”）、中国科学院文献情报中心与科睿唯安联合举办的2023研究前沿发布暨研讨会在北京举行。会议发布了《2023研究前沿》报告和《2023研究前沿热度指数》报告。

报告显示，综合11大学科领域整体表现，美国继续以强劲优势领先，在超过一半的研究前沿上排名第一；中国稳居第二，在约1/4的研究前沿上排名第一；英国、德国、法国保持前五。

《2023研究前沿》以ESI数据库中的12922个研究前沿为基础，遴选展示了2023年在农业科学、植物学和动物学，生态与环境科学，地球科学，临床医学，生物科学，化学与材料科学，物理学，天文学与天体物理学，数学，信息科学，经济学、心理学及其他社会科学等11个高度聚合的学科领域中较为活跃或发展迅速的110个热点前沿和18个新兴前沿，较为客观地反映了相关学科的发展趋势。

“总体来看，这11大科学领域对重大科学问题的研究不断深入，前沿技术不断涌现，应用试验持续拓展，主题方向涉猎广泛，学科交叉融合汇聚、理论应用互相促进的特点表现突出。”战略咨询院科技战略情报研究所学术所长杨帆研究员在发布报告时说。

《2023研究前沿热度指数》在《2023研究前沿》基础上，评估了中国、美国、英国、德国、法国和日本等国家和地区在上述研究前沿中的表现。

在11大学科领域的110个热点前沿和18个新兴前沿中，美国研究前沿热度指数排名第一的前沿数为69个，占全部128个前沿的53.91%，中国排名第一的前沿数为31个，占全部128个前沿的24.22%，英国8个前沿排名第一，德国7个前沿排名第一。

“中国5个领域研究前沿热度指数得分排名世界第一，美国6个领域研究前沿热度指数得分排名世界第一。”杨帆说，中国相对于美国，在化学与材料科学领域优势突出，生态环境、农业科学、社会科学有望形成新高地，信息科学、物理、数学竞争激烈，地球科学、生物科学差距拉大，临床医学、天文学与天体物理学相差最大。

今年是《研究前沿》系列年度报告发布的第十年。“从2014年开始，中国科学院战略情报研究团队与科睿唯安公司合作，面向全球发布《研究前沿》系列年度研究报告。经过十年潜心打磨，报告研究方法持续优化，核心内容不断丰富，获得科技界、各级政府部门、主流媒体和社会大众的广泛关注。”战略咨询院院长潘教峰说。

十年来，研究团队结合报告内容并引入专家智慧，从宏观视角和中长期维度对报告内容进行全面解构和综合分析，力图突破静态的、单一学科、单项技术和成果评价维度的限制，从整体上前瞻把握世界科技发展的主要趋势。

潘教峰表示，从十年的时间尺度上来看，这些前沿方向因应新一轮科技革命和产业变革的大趋势，客观呈现了科学发展的清晰脉动和连续图谱，突出反映了科学研究中最受关注的科技突破和科学发展的最新趋势和特征。

超材料技术已在多领域产生颠覆性效应

科技日报 2023.11.28

日前，中国科学院院士褚君浩现场展示利用特殊材料实现“隐身术”的一则视频火了。“未来，随着‘隐身’技术和超材料的逐渐成熟，科幻作品里的隐身畅想将逐渐走向现实。”视频中，褚君浩表示，“相信未来还会有更多‘隐身’装备改变我们的生活。”

褚君浩所提到的超材料，目前已应用到电磁、声学、力学、热学和量子等领域。超材料的概念起源于20世纪60年代，但直到21世纪初才被人们真正关注。所谓超材料，指的是一种通过人工微结构在亚波长尺度内精确调控物理场的复合材料。科研人员通过对微观结构的精确设计和控制，可使超材料形成全新的功能结构。

随着超材料技术的飞速发展，研究人员已将其应用于各种先进装备，由此衍生出的相关技术也已在多个领域产生了颠覆性效应。“在过去的20年时间里，前一阶段是在做基础研究，后一阶段是整个行业‘集中火力’，推动超材料从实验室进入到工程化阶段。”光启技术股份有限公司（以下简称光启技术）董事长刘若鹏认为，经过近10多年的发展，超材料技术已经成为新型装备研发和制造领域不可或缺的主流技术。如在航空航天装备领域，超材料可以用来制造轻质、高强度的航天器材料，提高太空探测器和卫星的性能。在医疗领域，可以利用超材料的声学特性，实现更高分辨率的医学影像。

“如今超材料出现了三个新变化。一是超材料应用面和功能性不断增强，从最初的边缘技术或者新兴技术变成了当前的主流技术；二是超材料技术实现了从第三代到第四代的更新迭代，并开始进入到大规模应用环节；三是超材料的应用量呈现数量级变化。”刘若鹏说。

日前，工信部、国务院国资委联合发布了第一批前沿材料产业化重点发展指导目录，超材料被列入该目录中。“这几年我们最主要的工作是努力实现超材料第四代技术产品的规模化量产。”刘若鹏介绍，第四代超材料技术颠覆了以往的技术认知。目前第四代超材料技术已取得重大突破，进入到应用阶段。预计今年底或明年初交付的一些产品，将会应用到第四代超材料技术。

近年来，我国新材料产业发展迅速，产业规模不断壮大。然而，由于前沿材料生产的技术门槛高、研发周期长，因此其在应用方面还有待进一步挖掘。“客观来看，超材料行业的发展空间非常大，它的发展将会影响到更多的行业。但如果要继续深入研究超材料，还需要对之有比较清晰的界定和定义。在一个学科发展越发繁荣的时期，就越需要冷静和谨慎。”刘若鹏强调，任何一个新技术从实验室走向产业化都有共同规律，要尊重其共性和规律。

截至 10 月底，太阳能发电累计装机容量同比增长 47%

人民日报 2023.11.30

青藏高原，全球海拔最高的光伏项目——华电西藏才朋光伏项目全力冲刺投产目标，预计每年可发出 9000 万千瓦时清洁电能，进一步缓解当地冬春枯水期的用电紧张情况；东南沿海，全球首个漂浮式风渔融合项目“国能共享号”平台完成全部工程安装，漂浮式风机和养殖网箱相结合，发电养鱼两不误……

国家能源局近日发布数据显示，截至 10 月底，全国累计发电装机容量约 28.1 亿千瓦，同比增长 12.6%。其中，太阳能发电装机容量约 5.4 亿千瓦，同比增长 47%；风电装机容量约 4.04 亿千瓦，同比增长 15.6%。

1 至 10 月，全国主要发电企业电源工程完成投资 6621 亿元，其中太阳能发电 2694 亿元，同比增长 71.2%；风电 1717 亿元，同比增长 42.5%。“风电、光伏等新能源呈现发展速度快、运行质量好、利用水平高、产业竞争力强的良好态势。”国家能源局新能源和可再生能源司司长李创军表示。

——集中式和分布式开发并举，助力新能源“供得上”。

宁夏腾格里沙漠新能源基地，二期 200 万千瓦光伏项目加紧施工，“建成并网后预计每年可提供清洁电能超 39 亿千瓦时。”国家能源集团龙源电力宁夏公司工程建设部主任常占丁介绍。

集中式开发“大而强”，分布式开发“小而美”。浙江温州泰顺县溪东村村民蔡家规的屋顶上，45 块光伏板整齐排列，“除了家里自用，多余的电还能卖给电网公司。”蔡家规说。温州有 5 个县列入整县屋顶分布式光伏开发试点，今年户用光伏申请新装的装机量同比增长超 300%。

截至 9 月底，全国户用分布式光伏累计装机容量突破 1 亿千瓦。目前农村地区户用分布

式光伏累计安装户数超 500 万户，带动有效投资超 5000 亿元。

——电网工程配套建设有序推进，保障新能源“送得出”。

11 月，金沙江上游—湖北特高压工程首个线路标段在四川甘孜完成基础施工。这一首个进入川藏高原腹地的特高压直流工程，建成后预计每年可向华中地区输送清洁电能近 400 亿千瓦时。

今年以来，张北—胜利、宁夏—湖南、哈密—重庆等新开工特高压交/直流工程加快形成有效投资。1 至 10 月，全国电网工程完成投资 3731 亿元，同比增长 6.3%。

——储能和调峰能力加快提升，推动新能源“用得好”。

在广东，梅州抽水蓄能电站二期工程已进入机电设备安装阶段。“抽水蓄能、新型储能等技术，有助于将波动的新能源转化为稳定电力供应。”南方电网梅蓄二期项目部副总经理詹才锋说。

截至 9 月底，全国抽水蓄能装机规模达到 5000 万千瓦。此外，今年以来，新型储能装机规模持续扩大，锂电池、压缩空气、液流电池等多种技术项目增长迅速。

人工智能辅助科研要从可用走向可信

科技日报 2023.12.4

对于科研工作者来说，检索、阅读文献是一项费时费力的工作。在大模型发展如火如荼的今天，以其为代表的人工智能正渗透进人们工作生活的各个角落，科研领域也不例外。

日前，阿里巴巴发布了基于 Transformer 架构自主研发的千亿参数级夸克大模型。据介绍，该大模型可用于科研资料收集、文献快速阅读与翻译、创作润色等场景。

不仅是阿里巴巴，科大讯飞股份有限公司（以下简称科大讯飞）、腾讯等企业，也都推出了用于辅助科研的大模型产品。这一系列产品的问世，正悄然改变着科研工作者的工作方式。

大模型已进入科研领域

今年初，ChatGPT 的走红掀起了语言大模型热潮。人们可以随心所欲地提出问题，大模型总会给出答案。这股风很快也吹到了科研领域。ChatGPT 发布后不久，一款名为 txyz.ai 的应用插件在科研圈中受到追捧。

这是一款借助 ChatGPT 的强大理解能力，专门用来阅读科研文献的插件。用户可以直

接将论文全文上传至该应用，并提出相应解读要求，它便能够以最快速度对用户提出的问题予以回答。

即使没有下载论文全文也没关系，txyz.ai 支持对论文预印本网站进行检索。用户可以只提供一个论文 ID 序号，txyz.ai 就会自动检索、学习该论文，并根据用户需求给出回答。不仅如此，用户还能以聊天的方式与其进行对话，就论文中的内容提出各种问题。

视频网站哔哩哔哩知名科普博主严伯钧是 txyz.ai 的忠实用户，他时常在各类科普视频中使用 txyz.ai 来协助解读论文。在他看来，txyz.ai 给出的论文解读准确率已经非常高，具备很强的实际应用价值，可以帮助科研工作者更加高效地检索、阅读文献。

“txyz.ai 无法解读的情况当然也会有。”严伯钧表示，以他的使用经验来看，向 txyz.ai 提出的问题必须是一个能被回答的“有效问题”，“如果问题问得太细、太深，或者过于刁钻古怪，那么它就会直接告诉你，无法回答”。

但必须承认的是，在大模型迅猛发展并逐渐进入千行百业的今天，专门针对科研领域的大模型产品仍然不算多，且大多数是试验性质的产品。

不久前，科大讯飞在发布最新版本的讯飞星火认知大模型 V3.0 时，也一口气发布了 12 个面向行业的专用大模型。其中便有联合中国科学院文献情报中心共同研发的、面向科研工作者的科技文献大模型，以及基于该大模型的应用产品——星火科研助手。这也是国内为数不多的专门为科研工作推出的大模型产品。目前，星火科研助手有成果调研、论文研读、学术写作三大功能。

浙江大学第一附属医院图书馆工作人员以“大语言模型”为关键词对星火科研助手进行了试用。在“成果调研”板块，星火科研助手在检索到的 1251314 篇文献中遴选了 167 篇文章进行分析，给出了关于大语言模型的概述。其还可以进一步从遴选的 167 篇文章中勾选最多 30 篇文章，据此生成综述。

星火科研助手的论文研读功能则采用当前大语言模型通用的问答模式，可默认生成论文摘要、方法、结论等主要信息；用户也可以就自己关心的论文内容进行提问，科研助手会根据文章内容进行回答。其学术写作功能则主要聚焦科研文章的翻译与润色，目前支持中英文互译，也可以对研究人员撰写的英文文章进行润色。

须保证内容真实且专业

由于技术原因，大模型有时会出现编造信息、“一本正经地胡说八道”的现象。这种现象在业内被称为 AI 幻觉。生活中，人们在和大模型聊天时，如果出现了 AI 幻觉，人们可能会一笑了之；但若 AI 幻觉出现在追求严谨精确的科研领域，后果可能就会很严重。

科大讯飞北京研究院执行院长、科技文献大模型研发负责人伍大勇表示，研发科技文献大模型，核心难点就在于保证其内容的可信性和专业性。“一方面，这要依靠高质量的论文数据；另一方面，在模型预训练和监督微调方面也需要下功夫。”伍大勇说。

他介绍，科大讯飞通过与中国科学院文献情报中心合作，在合规的情况下获取了丰富的科技文献数据，并对数据进行了去重、去噪等处理，以提升数据质量。“星火科研助手采用中国科学院文献情报中心提供的论文接口来进行论文检索。此外，我们还使用了基于论文知识库的检索增强和知识增强策略。这些都使大模型生成的结果有据可依。”伍大勇表示，这些措施从技术上保证了星火科研助手回答结果的准确性，也尽量避免大模型出现 AI 幻觉。

同时，伍大勇表示，针对科技文献服务的各个场景，星火科研助手研发团队还邀请专业团队，对大模型训练数据进行监督微调，以提升星火科研助手在科技文献服务上的性能表现。“例如在成果调研和论文研读功能上，我们采用大模型结合知识图谱和知识库的策略，以保证产品输出的内容有据可依。在学术写作上，我们针对学术翻译和学术英语润色专门进行了大模型监督微调，以达到比通用翻译和校对产品更强的专业性。”伍大勇说。

或能激发科研工作者更多灵感

虽然目前尚未有太多人工智能产品被应用于科研领域，但已有学者对人工智能进军科研提出了反对意见，认为这会让科研工作者变得懒惰。在严伯钧看来，科研工作者在应该“懒惰”的地方“懒惰”，反而可以节省出更多时间用在更有价值的工作上。

阅读文献前首先要进行文献检索。为此，科研工作者往往需要搜寻大量文献，在此基础上对部分感兴趣的文献进行粗读，以进一步判断哪些是自己真正需要的文献。这是实打实的“体力活”。严伯钧认为，在这种情况下，借助人工智能工具帮助科研工作者跳过检索、粗读的过程，以更高效的方式直接找到需要的文献，可大幅提升科研工作者的文献阅读效率。

虽然可以借助大模型等工具来检索阅读文献，但严伯钧也不否认读原文的价值。“原文当然要读，但并不一定是每篇都要读。更加精准地定位到需要的文献后再进行精读，是更加高效的方式。”

伍大勇同样表示，研发星火科研助手的初衷在于帮助用户快速了解论文核心内容，提高论文研读效率，让科研工作者能够把更多精力花在更为重要的实验验证等工作上。“辅助提升科研效率是科技文献大模型的关键和目标，但科研工作所需要的灵感、思路、逻辑推理、实验验证、创新与探索等仍离不开科研工作者发挥主观能动性。”

事实上，除了能够辅助阅读文献，人工智能已经在多个科学研究领域带来实际成果。例如在预测蛋白质结构方面，人工智能产生的成果已经远超人类过去工作的总和。严伯钧认为，

这种需要大量计算、反复试错的工作，正是人工智能的强项，人类应与其形成合理分工，拥抱新技术。

谈及未来人工智能可能给科研工作带来的改变，严伯钧认为，目前的文献阅读、翻译润色等功能，可能只发挥了人工智能在科研工作领域潜力的 1%。在他看来，当下科研发展正呈现出细分化的趋势，一位学者往往只深耕于某一科研领域，而人工智能的跨界思维模式未来或能给科研工作带来一些改变。“或许人工智能可给科研工作者带来更多跨领域、交叉学科的原发性启发，激发科研工作者更多想象力。”

二、热能、储能、动力工程、节能

科学家揭示锌电沉积过程浓度调节机理

中国科学报 2023.10.27

中国科学技术大学工程科学学院特任教授谈鹏团队揭示了锌电沉积过程中的浓度调节机理，为下一代水系锌基电池的锌均匀沉积提供了调控策略。10月23日，相关成果在线发表于美国《国家科学院院刊》。

水系锌基电池由于具有高能量密度、高安全性和低成本优势，在下一代大规模储能中表现出巨大的潜力，但锌电极的枝晶生长严重制约了其商业化进程。为实现均匀且高度可逆的锌沉积，文献中报道了许多策略。事实上，锌沉积是一个从液相到固相的晶体析出过程，这与电解质中的离子浓度密切相关。然而，锌电沉积过程中的离子输运动力学作用机理仍缺乏系统深入的研究。

研究团队通过电化学测试、形态表征和多尺度模拟，揭示锌电沉积过程中热力学和动力学的竞争关系，阐明浓度变化导致的形貌演变过程，并通过弛豫方式验证浓度调节电沉积形貌的有效性和重要性。

研究发现，基于单晶铜基体，初期的锌晶体生长是受热力学控制的外延生长；随着电沉积的进行，电极电解液界面的离子浓度迅速降低，导致浓差过电位急剧上升，从而超越热力学影响，转变为动力学控制。锌沉积是由多个二维片组成的层状结构，不同层数的二维片导致局部区域形成凸起和凹陷，而高度差的存在导致锌电沉积过程中不同位置接触的离子浓度差异较大，进而导致界面生长速率的差异加大，加剧电沉积形态的高度差，最终导致形态演变。

研究还发现，弛豫时间与动力学的电流密度、电池结构的电极间距均呈正相关，并且对电极距离更敏感，这是因为在长距离运输中缓慢的扩散速率更为明显。

该研究揭示了锌电沉积过程中的离子浓度作用机理，为发生相变的金属基电池均匀沉积提供了重要指导。

百千瓦级自由活塞热声斯特林发电样机成功研制

科技日报 2023.11.3

近日，中国科学院理化技术研究所成功研制国际首套百千瓦级自由活塞热声斯特林发电样机。专家组现场测试结果显示，在热源温度为 530 摄氏度时，发电样机实测最大发电功率达 102 千瓦。

自由活塞热声斯特林发电技术是一种新型热发电技术。基于该技术研制的发电机，主要由自由活塞热声发动机和直线电机两部分组成。发动机主要组成部件为加热器、热声换能器（传统称回热器）、冷却器等，直线电机主要组成部分为动力活塞、永磁体、线圈等。

外部热源通过加热器向发动机输入热量，提高加热器的温度；外部冷源则从冷却器带走热量，使之维持在较低的温度。“当加热器和冷却器之间的温差达到一定值、热声换能器内部形成一定的温度梯度时，发动机内部的气体就会产生自激声振荡，也就是气体往复运动，将热能转化为声波形式的机械能。”中国科学院理化所研究员罗二仓说，发动机产生的声波又会推动直线电机的动力活塞往复运动，带动永磁体改变线圈中的磁通量，感应出交流电，从而完成机械能到电能的转化。

不同于汽轮机、燃气轮机和内燃机等传统的热机动力系统，该类型发电机中的热声斯特林发动机没有压缩机、膨胀机等机械运动部件。“它主要是利用声波压力的交替升高和降低实现气体的压缩和膨胀，同时通过气体的往复运动与处于不同位置的高、低温换热器壁面进行换热，完成能量转化。”中国科学院理化所研究员胡剑英告诉记者。

罗二仓表示，自由活塞热声斯特林发电机优点突出。“一是系统简单，机械运动部件少，可靠性高；二是理论振动小、噪声低；三是理论效率高；四是热源适应性好，可以利用太阳能、余热、生物质能等各种不同形式的热源。”罗二仓说。

然而，由于自由活塞热声斯特林发电技术存在复杂的热动力学问题，且涉及多项高难度加工及制备技术，单机最大功率一直难以获得进一步的突破。同时，较小的单机功率也极大

地制约了该技术的推广应用。

在中国科学院先导项目支持下，理化所研究团队创建了先进的热声分析和设计理论，阐明了热声转换、声场调节、声电匹配等机理问题，突破了高功率交变换热、高精度气体间隙密封、气浮支撑多项关键技术，研制成功了国际首套百千瓦级自由活塞热声斯特林发电系统。

胡剑英表示，自由活塞热声斯特林发电机功率的突破极大地拓展了其应用领域，使之成为太阳能热发电、生物质发电以及分布式能源领域具有广泛应用前景的新一代能源动力转换技术。

日本推动无钴高密度锂电池实用化

中国电力报 2023.10.27

日本东京大学近日发表新闻公报说，其研究人员在实验中通过优化电解液设计同时抑制电池电解液和电极引发的副反应，在不使用钴的情况下，成功令高能量密度的锂离子电池实现稳定充放电约 1000 次。

据东京大学研究生院 20 日发布的新闻公报，钴是提高锂离子电池正极稳定性和功能性的重要材料，但钴是一种稀有金属，不仅价格高，还存在环境污染风险较高等不确定性因素。因此研究人员长期以来都致力于找到能降低甚至去除锂离子电池中钴需求的方法。

目前研究人员开发的新材料里面，镍锰酸锂是较有前景的锂离子电池正极材料，与钴酸锂正极材料相比，其输出电压高、成本低、环境友好。

公报说，该院工学系教授山田淳夫等人研发了一种新的电解液，使镍锰酸锂电池正负极的反应电位都处于不超过电解液电位窗上限的范围内。同时使负极表面形成来自锂盐的坚固保护膜，克服了硅氧化物负极伴随充放电的大幅体积变化导致的电极表面保护膜剥离、负极龟裂等问题。

公报称，新设计还有效抑制了电解液和电极引发的副反应，使这种不使用钴的锂离子电池能量密度达到原先的 1.6 倍。在实验中，这种电池在实用水平成功实现稳定工作，即稳定充放电约 1000 次，与初期容量相比达到 80% 的容量比率。

新方案同时消除了锂离子电池工作电压的限制，拓展了今后蓄电池开发的方向。

本次成果已发表在新一期的《自然·可持续发展》杂志上。

研究人员利用鸡毛制取燃料电池膜

中国电力报 2023.11.2

瑞士和新加坡研究人员日前在新一期《美国化学学会·应用材料与界面》杂志上报告，他们开发出一种利用废鸡毛生产燃料电池膜的新方法，即从鸡毛中提取角蛋白，转化为超细纤维，再进一步加工成膜。

质子交换膜燃料电池由于具备快速启动、高效率及适用于移动设备等特点，被广泛应用于汽车领域。质子交换膜是这类燃料电池的核心组成部件。然而，生产这些燃料电池膜的传统方法既昂贵又污染环境。

在新研究中，瑞士苏黎世联邦理工学院和新加坡南洋理工大学研究人员采用快速、经济的方法从鸡毛中分离出角蛋白，再将角蛋白转化为一种称为淀粉样蛋白纤维的超细纤维，再进一步加工成膜。这种“废物利用”不仅减少了家禽业中鸡毛废料燃烧产生的二氧化碳，也使燃料电池生产成本大幅降低、过程更加环保。

研究人员将实验室制成的膜组装到氢燃料电池中，发现这种膜具有良好的质子导电性。这种新型的膜不仅可以用于燃料电池，还可以用于电解水制氢以及场效应晶体管中。他们下一步将研究角蛋白膜的稳定性和耐用性并对其进行改进。

水润膜代替化学涂层，新型“煮饭神器”诞生

科技日报 2023.11.8

用两个不同类型的电饭煲煮米饭，待煮好后倒扣，一个电饭煲内胆中的米饭粘锅现象严重，而另一个内胆中的成熟米粒几乎没有残留。这是近日科技日报记者看到的神奇一幕。

据了解，后者运用了我国独创的“0涂层且不粘”技术，并将风冷精准控温技术运用其中，让电饭煲同时拥有升温“油门”和降温“刹车”功能，实现了精准控制温度变化。

该技术由九阳科技有限公司（以下简称九阳）完成。据了解，该企业是中国载人航天“太空厨房”研制单位，他们或主导或参与研发了四套技术进入“天宫”，为宇航员提供生活保障。

这4套技术分别是热风加热装置、饮水分配器、“太空豆浆”、智能物联控制App。在“天宫”里，热风加热装置用来加热航天食品及制作酸奶，饮水分配器用来滤除含银原水并

定量供应航天员饮用水，智能 App 用来控制空间站所有厨房产品，而“太空豆浆”可在太空环境下冲饮。

九阳研发工程师王源向科技日报记者介绍，普通电饭煲的内胆非常脆弱，大部分由“铝制内胆+化学涂层”构成，不能用尖锐的钢丝球去刷洗，否则会破坏内胆涂层。涂层一旦破坏，蒸米饭时容易粘锅，而且还将产生丙烯酰胺等致癌物。不过，在现实生活中，很多人习惯“大而化之”，经年累月之后，电饭煲内胆涂层出现刮花、脱落的现象。

如何破解上述痛点？

经过 5 年多研发，九阳推出了 0 涂层电饭煲，其内胆的内表面经第三方检测机构——浙江省冶金产品质量检验站有限公司检验显示为“内胆表面未见涂层”。

据介绍，该技术通过风冷精准控温太空技术快速冷却内胆，让内胆形成一层厚度均匀的水润膜，这层水润膜代替了化学涂层，在米饭和内胆间形成一道天然的保护膜。同时，其自主研发的点阵微坑水润膜技术能让水润膜附着的时间更久，在内胆壁上点阵排列了 20 万个微坑，这些微坑使水润膜面积增加 37.4%，同时让米饭与内胆壁接触面积减少了 35%，从而实现不粘效果。

据悉，借助上述技术优势，九阳牵头制定了《0 涂层内胆电饭煲》团体标准，与中国家用电器研究院推出“0 涂层电饭煲”认证，这也是国内第一家获得 0 涂层电饭煲产品认证的企业。上述技术已经获得多项国家发明专利，也获得了 0 涂层电饭煲专利培育项目大奖、中国家电创新奖等多项技术奖项。

氧气电池质—电耦合机理揭示

科技日报 2023.11.9

近日，中国科学技术大学工程科学学院特任教授谈鹏团队首次揭示了锂氧气电池多孔电极中伴随微观结构变化的电化学与传质耦合机理，将为新一代电极设计提供指导。研究成果日前以论文形式发表在《先进能源材料》上。

锂氧气电池因极高的理论能量密度而具有极大的发展潜力。过氧化锂作为固体放电产物，一方面堵塞电极孔隙，阻碍低浓度氧气在多孔电极中扩散；另一方面，钝化电极表面，造成电子转移受阻。然而，明确电池失效的根本原因仍具有挑战性。受限于表征技术和均质模型，目前对于多孔电极内部电化学和传质耦合机理还缺乏定量认识。

为排除孔连通和分布不均匀性造成的干扰，研究团队设计并构建了一种传输通道阵列排布且定向可控的多孔电极，允许活性物定向传输。因此，通道单元的活性物质传输路径、通量，电化学反应界面和产物储存空间都可以定量。针对通道单元，团队还构建了非均质的三维瞬态模型，以反映整个电极中电势场和浓度场的时空分布细节。

联合实验和仿真结果表明，多孔电极的传输通道尺寸达到临界值时，将影响锂氧气电池的工作机制。此外，该项工作研究首次定量分析了超氧根的分布和扩散特性。在过氧化锂膜未沉积到极限厚度时，超氧根遵循氧气分布特点，从氧气侧扩散到隔膜侧。当氧气侧的过氧化锂率先达到极限厚度时，超氧根浓度分布和扩散方向发生逆转，由低氧区向高氧区扩散。

研究人员表示，经过实验验证，相关结论对于无序孔电极具有普适性和启发性意义。

我国科学家实现水—气跨介质高效通信

科技日报 2023.11.9

近日，中国科学院声学研究所（以下简称“声学所”）研究人员利用超材料，成功实现水—气跨介质高效通信。相关研究成果发表于应用物理学著名期刊《应用物理快报》，并被美国物理学联合会《科学之光》周刊报道。

随着人类对海洋世界的探索与开发逐渐深入，实现水气间跨介质通信变得十分重要。声波在水和空气中都能够远距离传播，因此被认为是实现水—气跨介质通信的最可行载体。

然而，由于声波在水和空气之中传播的难易程度存在巨大差异，当声波直接入射到水—气界面时，仅有 0.1% 的声能量可以透过界面传播，这给基于声波的水—气通信带来了巨大挑战。同时，以往针对水—气传输的研究多集中在基于共振的窄带声音传输方向，这极大地限制了通信的容量和效率。

为实现基于声波的高效水—气跨介质通信，声学所杨军团队首次将空气中的超材料和水中的空心构型声学超材料结合，设计出宽频水—气阻抗匹配层，通过仿真和实验验证了匹配层在宽频范围内的声能量透射增强效果，进而实现了基于声波的水—气跨介质高效通信。

“在这项研究中，我们首先调节匹配层中的声速和厚度，将每一层的声学参数调节到一个可实现的范围，并利用空气中的超材料和水中的空心构型超材料，构建出指数分布的水—气梯度阻抗匹配层。”杨军解释道。

更重要的是，研究团队还制作出匹配层样品，在水槽中分别测试了有无匹配层下的声能

量透射效果。测试结果表明，在 880—1760 赫兹，匹配层的声能量透射增强效果平均达 16.7 分贝。研究团队进一步将声学所的所徽图案编码在匹配层的透射频带内，在 13 个通道并行传输，传输准确率达到了 99.95%，实现了水和空气间的高容量精确通信。

杨军表示，该成果在海洋勘探、海洋生物成像等领域具有广阔的应用前景。

回收旧衣服 做成电解质

科技日报 2023.11.10

近期，浙江理工大学胡毅教授团队与美国特拉华大学付堃教授团队合作，以废弃腈纶纱线（含染色腈纶）为原材料，构建出 3D 纤维网络增强的腈纶基陶瓷复合纳米纤维固体电解质，为废弃纺织纤维的回收利用提供了新思路，同时也为开发适用于柔性可穿戴电子领域的高性能固体电解质提供了一种低成本、可行的解决方案。相关成果日前发表于国际学术期刊《ACS 应用材料与界面》。

腈纶是由聚丙烯腈的丙烯腈共聚物制成的合成纤维。聚丙烯腈的聚合物链中的腈基，是具有高电化学稳定性的典型强吸电子基团，这使得聚丙烯腈聚合物成为制备固态电解质的理想候选材料。

胡毅介绍，腈纶在储能器件中的应用具有可行性，服用腈纶与聚丙烯腈主要成分相同，成本也相对较低。若将废弃服用腈纶替代聚丙烯腈聚合物作为原料应用于储能领域，将实现废弃纺织品的绿色低碳高值化利用。

此次研究中，科研人员对回收得到的废旧腈纶纱（含染色腈纶）进行简单的清洗和干燥处理后，再用洁净的腈纶纱制备出腈纶溶液，继而将锂镧钽锆氧（LLZTO）陶瓷纳米粒子分散在腈纶溶液中，制备腈纶基陶瓷复合静电纺丝前驱体溶液。“电纺已经实现产业化，因此我们选择用电纺技术，获得 3D 结构的 LLZTO/腈纶纳米纤维网络，作为复合固态电解质的填充框架。”胡毅介绍，通过简单的液相组装，科研人员就可将聚合物溶液（PEO-LiTFSI 溶液）渗透到复合纤维网络中，得到 LLZTO/腈纶复合固态电解质。

科研人员将整个制备过程比作钢筋混凝土的建造过程，在这个制备过程中，腈纶起到了钢筋框架的作用，而聚合物则渗透到复合纤维网络中，相当于混凝土和钢筋框架浇筑成一体。这样制备出的增强型复合固态电解质具有更好的热稳定性、机械性能和电化学稳定性。

近年来，固态电解质的研究成为一项热点。与电解液相比，其在锂离子电导率、提高电

化学稳定性等方面均有提升。

此次实验显示，LLZTO/腈纶复合固态电解质表现出较高的离子电导率。由此制成的软包电池可在动态弯曲下稳定工作，而且在极端条件下，能够保持安全稳定运行并可为 LED 灯持续稳定供电。

胡毅介绍，LLZTO 是一种氧化物陶瓷固体电解质，其纳米颗粒均匀分散在连续的 LLZTO/腈纶复合纳米纤维中。这种结构不仅避免了 LLZTO 颗粒的团聚，而且能够形成连续的离子传输路径，还有利于导电聚合物溶液渗透到复合纤维框架中，以形成连续的陶瓷/聚合物界面，最终实现锂金属电池的稳定循环。

胡毅说，演示实验证明了 LLZTO/腈纶复合固态电解质在全固态锂金属电池中具备超高安全性，并有望作为柔性储能器件应用到可穿戴电子产品当中。

“传统平面固态电解质制备工艺繁琐，而此次研究的 3D 结构固态电解质制备过程较为简单。我们其实是用染整（即印染）的思维去做能源储件。”胡毅介绍，制备过程中所用的 LLZTO 陶瓷纳米颗粒为团队自主研发，价格较低，因此整个制备过程成本相对较低。未来，该研究将有望应用于更多领域。

首套百兆瓦级压缩空气储能项目主体工程启动

科技日报 2023.11.20

11 月 19 日，大唐中宁 100 兆瓦/400 兆瓦时压缩空气储能绿色低碳技术攻关项目主体工程建设的于日前全面启动。该项目配套国际首套全人工地下储气库的 100 兆瓦压缩空气储能系统，将扩展压缩空气储能新技术、新材料、新工艺的应用，为我国能源绿色低碳转型发展和新型电力系统建设提供了新路径。

大唐中宁 100 兆瓦/400 兆瓦时压缩空气储能绿色低碳技术攻关项目位于宁夏回族自治区中卫市中宁县，具有储能时间长、容量大、单位成本低、安全环保、推广价值高等优势。聚焦地下储气库技术的开发应用，中国大唐集团有限公司攻克了选址受限、成本高昂、效率偏低等一系列技术难题。

该项目采用环形地下硐室，设计总储气方量达 10 万立方米，埋深地下 150 米且储存介质仅为空气。通过新能源发电压缩空气，该项目可摆脱对化石燃料的依赖，不仅对环境友好，且有助于实现零碳排放和本质安全。

据了解，该项目的压缩空气储能系统效率达 70.4%，在同类型在建压缩空气储能项目中处于国际领先水平。中国大唐集团有限公司联合中国科学院工程热物理研究所、中国科学院武汉岩土力学研究所等国内一流科研机构，针对宁夏地区软岩地质条件下地层相对稳定的特点，开展全人工地下储气库技术攻关与应用，创新采用复合柔性密封层设计，通过高效的压缩和膨胀、储热和放热，实现能量的高效存储和利用，形成适用于我国大部分地质条件的压缩空气储能人工地下储气成套技术体系。该体系的形成，对加速推动压缩空气储能技术产业化进程，有效支撑能源革命和新型电力系统的构建，具有重要意义。

记者了解到，该项目建成后，预计年发电量 1.188 亿度，可满足近 10 万个普通家庭一年的用电量，创造税收约 4500 万元。

超导材料取得实验与理论双突破

中国科学报 2023.11.15

超导材料是物理学的热门领域，因其重要的应用价值，5 次诺贝尔奖与它有关。

此前，中山大学物理学院教授王猛团队首次发现液氮温区镍氧化物超导体 $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ 。该成果在《自然》发表后，便引发了新一轮高温超导研究热潮。

而中山大学物理学院的另一位教授姚道新，则率先开始破译镍氧化物的超导机理。

不久前，姚道新团队在国际上首次提出双层镍氧超导体的多轨道模型，并分析了其电磁性质。发表于《物理评论快报》的这项成果，对于理解新型镍基超导体的微观图像和超导机理起到重要作用。

“发现液氮温区镍基超导体，中国科学家占据第一，理论研究我们也不能落后，不然就对不起这样的机遇。”姚道新对《中国科学报》说。

发现镍基超导体之后

穿过中山大学广州校区南校园东南区的一片竹林，就到了洗为坚堂。40 年前，在杨振宁先生的亲自推动下，中山大学高等学术研究中心在此落户。这里也被寄予了促进基础学科研究的厚望。

姚道新的办公室就在洗为坚堂二楼。窗外，随风微动的竹叶透过窗户映在姚道新满是书籍和获奖证书的书架上。他们团队很多新型镍基高温超导体理论研究的重要工作，就是在这间办公室里完成的。

今年初，王猛团队对花了两年时间生长出来的 $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ 单晶材料进行了实验研究，惊喜地发现其不仅超导，而且超导温度达到了液氮温区。

这个重磅发现最终在《自然》发表。姚道新则深度参与其中，撰写完成了论文的理论部分，分析了高温超导的可能因素。但对于由此引发的一个全新研究领域来说，这还远远不够。

“镍基超导体的发现，不仅意味着中国科学家独立发现了继铜氧化物之后的第二种全新的高温超导体系，更在于通过比较研究，有可能推动科学家揭示高温超导机理，设计新的更多更容易应用的高温超导材料，进而实现更加广泛的应用。”王猛说。

因此，对于这一新型超导体，理解该材料体系的超导机理及其独特的物理机制显得尤为重要。“第一篇基础性的理论研究论文最好形成量化的物理模型，能够准确描述该类超导体的微观结构、电子能带性质及电学磁学性质，成为连接实验发现和后续理论的桥梁，同时有利于指导后续实验的开展。”姚道新说。

提出镍基超导体的多轨道模型

两点睡、七点起，这是姚道新今年上半年的常态。在最后冲刺的一周里，他直接住在了办公室。

4月的一天，在去福州参加学术会议的飞机上，姚道新用随身携带的纸笔写下了理论模型框架，并发给了团队。

“这个模型相当于指明了出发点到目的地之间的一条路，是最根本的部分。有了这个模型，我们的方向就明朗了。”姚道新团队成员胡训武博士说。

然而，数据的处理和模型的建立仍需要大量工作。“回想当时的感觉，一是兴奋，能参与这么重要的研究可遇不可求；二是急迫，搞科研讲究时效性，同一项工作，晚了就会失去先机，错过了。”另一位团队成员罗志辉博士说。

为此，姚道新联手中山大学副教授吴为，全力以赴致力于理论模型的研究。

姚道新团队利用密度泛函理论对高压相的双层镍基超导体进行了系统性计算，建立了一个双层两轨道模型，准确反映了费米面和电子能带，表明了层间的强关联特性，分析了镍基氧化物超导配对的关键因素。

在此基础上，姚道新团队又进一步考虑了氧轨道的贡献，并提出一个高能的两轨道模型。该模型有助于分析镍的超交换过程和氧的掺杂效应。

这篇论文正式发表之前于今年5月在预印本文库 arXiv 上公布。随后美国、中国、德国、瑞士、俄罗斯、日本等国家的科研团队都跟进了镍氧超导体的理论和实验研究，而几乎所有的研究都引用了姚道新团队的成果。

这意味着，镍基超导体实验和理论研究的第一篇论文，均出自中国科学家之手。

“当时压力非常大，每天都上平台看一下理论研究进展。我担心的不仅是被别国的科学家抢先，更担心对方的论文做得非常粗糙还抢了先，让我们的研究陷入被动。”姚道新说。

从跟跑到领跑

今年8月，在宁夏大学召开的中国物理学会秋季学术会议上，大会特别新增“镍基超导体”的专场报告会，并邀请王猛和姚道新作报告。当时台下座无虚席，反响热烈。

姚道新团队的成果在《物理评论快报》正式刊登，标志着继全球率先发现新型双层镍氧化物超导体后，中国科学家又在其机理研究上取得领先成果。

超导材料具备绝对零电阻、完全抗磁性和宏观量子隧穿效应的特殊性质，具有重要的科学和应用价值，是国际上重要的科学前沿。

“我进入超导研究领域已经30年了，亲身经历了中国科学家从跟跑到并跑，再到领跑的过程。”姚道新说，“我一开始是研究铜基超导的，它就像一个已经挖了10多年的矿，突破会很艰难。而镍基超导就像是我們新发现的矿，有许多新的东西可以挖掘。”

在姚道新看来，有志者事竟成，很多事情在于坚持。“有过去几十年的积累，才能在机遇出现的时候抓住机会。”

此时，中国的研究条件也有了很大改善，中山大学高等学术研究中心、物理学院公共科研平台和中子科学平台，以及广东省磁电物性分析与器件重点实验室、光电材料与技术国家重点实验室、中山大学国家超级计算广州中心都提供了很好的支持。

“提出镍基超导体的多轨道模型还只是起点。”姚道新介绍，在此基础上，他们进一步研究了新型镍基超导体的超导配对特性，得到了和实验可比拟的超导转变温度 $T_c \approx 80K$ ，并给出了掺杂下的超导相图。吴为等人则利用团簇动力学平均场理论，研究了镍基超导体的超交换相互作用和电荷转移机制。

近期，中国科学院物理研究所研究员周兴江团队和姚道新、王猛团队合作，通过高精度的角分辨光电子能谱实验研究了新型镍基超导体的电子能带和费米面，得到了和姚道新团队论文相一致的结果，并发现了跟电子轨道有关的强关联效应，目前处于国际刊物审稿阶段。

“包括我们在内，国内外的研究团队仍然陆续有新的发现和突破。我们对镍基超导理论体系的理解也更加系统了。”姚道新说。

世界首例隔水幕墙治理水库低温水工程成效显著

中国科学报 2023.11.20

11月17日，记者从中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司（以下简称中南院）获悉，世界首例采用隔水幕墙治理低温水工程的首年水温监测结果显示，升温期出库水温较往年同期提升了2.3摄氏度至4.5摄氏度，治理已蓄水水库低温水成效显著。该工程由中南院设计并总承包完成。

水库下泄水温低于天然水温，可能对下游河流水质、生态平衡以及库区水的利用等方面产生影响。为解决这一问题，使鱼类在产卵期具备适宜的水温条件，2012年，中南院和水利水电规划设计总院提出隔水幕墙治理已蓄水水库低温水理念。

历经11年的不断探索，中南院在位于沅水上游的三板溪水电站创新性地设计了柔性隔水幕墙方案。

相较于传统的低温水治理措施，隔水幕墙工程技术不仅填补了已蓄水水库低温水治理技术空白，还具有调度便捷、没有电量损失等优点，展现出显著的经济、社会、生态效益，具有广阔的应用前景。

效率和性能成电池技术重点研发方向

中国能源报 2023.11.20

近期，三项围绕电池技术的研究出炉，分别针对锂-二氧化碳电池、双离子电池和固态电池，研究方向不约而同集中在效率、成本、耐用性、导电性等方面。全球范围内，随着可再生能源、电动汽车、储能等行业迅猛发展，电池技术也不断迭代更新，寻求技术突破和创新已成为电池科研领域关注的重点。

新平台提升锂-二氧化碳电池效率

集储能、放电、减碳等优势于一身的锂-二氧化碳电池技术，目前受到能源科技领域广泛关注。英国萨里大学、帝国理工学院与北京大学日前共同研发了一个新型电化学测试平台，能够找到更高效的催化剂，进而提升锂-二氧化碳电池效率，比传统制造这些材料的方法更具成本效益、效率和可控性。

据了解，锂-二氧化碳电池是锂-空气电池的一种，既是新型电池，也是一种新型能源存

储技术。英国学术期刊《能源与环境科学》指出，锂-二氧化碳电池的电池能量密度是传统锂离子电池的 7 倍以上，还能够在输出电能的同时固碳。

英国帝国理工学院副教授、英国国家物理实验室资深科学家、研究通讯作者赵云龙表示“通过在平台上测试和筛选，我们发现，铂纳米粒子作为催化剂时，电池具有明显的最小极化表现、最高的可逆性以及新的反应路径，展示出了优越的性能。”

据了解，该平台的引入不仅能扩大对高性能锂-二氧化碳电池发展的理解和认知，而且还能够促进其他基于催化剂的能源转化和储存体系的发展，如金属空气电池、电催化、燃料电池、光电化学电池等。

新粘合剂解决双离子电池耐用性

韩国浦项理工大学一个联合研究团队则研究开发出了一种新型聚合材料，这种材料具有极强的粘合能力和机械加工性能，极大解决了双离子电池的耐用性问题。

双离子电池同时利用锂离子和反阴离子，提供类似于传统电池的高能量密度，这使得其能够储存大量能量。然而，由于阴离子较大，导致石墨阳极材料在充放电过程中膨胀和收缩，从而使得电池耐用性下降。

浦项理工大学研究小组引入了一种新的聚合物粘合剂，包括叠氮化物基团和丙烯酸酯基团。叠氮化物基团通过紫外光促进的化学反应与石墨形成牢固共价键，确保石墨在膨胀和收缩过程中的结构完整性。与此同时，丙烯酸酯基团促进石墨和粘结剂之间的重新连接。

研究小组负责人朴秀珍表示，双离子电池不仅具有成本效益，还可以利用丰富的石墨资源。实验结果表明，配备这种新的聚合物粘合剂的双离子电池，即使在经历了超过 3500 次充电循环后仍能保持出色性能，而且还能实现快速充电，仅需 2 分钟即可恢复约 88% 的原始容量。

国际期刊《先进材料》指出，除了电池，这种新型聚合材料还可以广泛应用于柔性电路、显示屏、能量存储等领域。

新设计改善固态电池电导率

韩国基础科学研究所纳米粒子研究中心在下一代固态电池领域取得重大突破。该中心一个研究团队设计了一种新型氯化物固体电解质结构，通过在氯化物电解质中改变金属离子分布，创造了具有更高离子电导率、更廉价的氯化物固体电解质，极大改善了固态电池的电导率。

美国学术期刊《科学》指出，新设计将为各种氯基固体电解质的发展铺平道路，并进一步推动固态电池的商业化，有望提高储能的可负担性和安全性。

一直以来，商用电池面临的重大问题之一就是液体电解质火灾风险高，因此固态电池成为主要研究方向之一。但此前研发的高离子电导率的硫化物和氧化物电解质，受制于元素短缺问题，使得固态电池大规模量产成为难题。

韩国基础科学研究所纳米粒子研究中心的研究团队，通过引入设计电解质的策略，最终成功开发出了具有高离子电导率的固体电解质——基于锆的锂金属氯化物，此类固态电池比采用稀土金属的电池便宜得多。该研究通讯作者 Kisuk Kang 表示，这个电解质的研发成功，有望推动固态电池大规模应用加速落地。

三元陶瓷提升国产高铁闸片抗高温性能

科技日报 2023.11.21

近日，哈尔滨新干线轨道交通科技有限公司承担的黑龙江省 2018 年度重大科技成果转化项目“年产 2 万片高寒地区用动车组制动闸片生产线的开发与建设”近日通过验收。该成果拥有多项自主知识产权，总体技术达到国际先进水平，部分技术成果达到国际领先。

据介绍，时速 380 公里的高铁在刹车时，闸片摩擦产生的热量高达 700 度，导致铜制闸片软化，摩擦系数降低，磨损增大。为克服闸片在高温下热衰退现象，研发团队在铜制材料中加入了自主研发 20 余年的三元陶瓷，成功为金属级材料增强增韧，大大提高了闸片的抗高温热衰退性能，攻克了高铁九大核心技术之一的“高铁制动技术”，突破了 300 公里以上时速高铁闸片高温热衰退技术难题。

研发团队在国际上首次将三元陶瓷成功应用于高铁闸片，开创了三元陶瓷粉体应用的先河，且闸片综合性能处于国际领先水平，使国内高铁闸片不再受制于国外垄断。同时，闸片材料及整体结构设计上的改变，解决了闸片在高寒风雪及风沙环境下的制动“卡制”问题。

三元陶瓷为该项目的关键核心技术。市面上的三元陶瓷价格高昂，不适合工业使用，而该团队研发的三元陶瓷生产技术，将三元陶瓷成本由数千元降低到百元。团队研发的三元陶瓷对金属复合材料增强增韧技术还成功应用于直升机防护装甲，在保证原材料硬度前提下增强其韧性，使其防护性能大幅提高，目前已运用于某型号装备。同时，该团队还研制出国内首台 1:1 高铁闸片测试系统，解决了闸片测试设备少、费用高等难题，满足了研制和生产检测急需。

据悉，该项目目前已取得国家铁总 CRH380 型号高铁闸片“试用证”，获得 15 项国家

发明、实用新型专利，将建设年产 4 万片高铁闸片生产线。

研发新型复合膜助力盐湖提锂

中国科学报 2023.11.20

兰州大学教育部稀有同位素前沿科学中心教授陈熙萌、研究员李湛团队在盐湖卤水战略元素膜分离研究领域取得系列进展，他们成功研发新型二维异质结复合膜，为先进膜材料的构建和卤水战略元素的分离提供了坚实的理论与技术支持。相关研究近日以封面文章形式发表于《美国化学会志-金》。

传统盐湖提锂技术存在二次污染、成本高、回收率低、选择性差等问题。氧化石墨烯膜作为一种新兴的二维膜分离材料，其可控的层间结构与超高的水通量，在海水淡化、污水处理以及分离分析领域具有广阔应用前景。然而，容易肿胀、变形、失效的二维层间通道，限制了其在真实环境中多离子的选择性、快速、高效分离。

为此，研究团队成功设计出一种全新结构的二维异质结复合膜。该膜利用膜层间的限域传输过程，成功实现了在真实盐湖环境中对锂及相关战略元素的分离提取。

研究团队在氧化石墨烯膜的二维夹层中通过单离子诱导合成策略，原位限域合成出二维金属有机框架材料和二维海藻酸钠纳米带，进而构建出一种全新结构的二维三元异质结膜。该类二维异质结通道可允许小尺寸水合离子快速通过，同时阻止了较大尺寸水合离子在二维膜层间的快速传输，进而实现了混合体系中多离子之间的超高选择性尺寸筛分，锂钾、钠钾以及锂镁分离因子分别达到 20.9、31.2 和 9.5，具有较广的工业化应用前景。

研究人员认为，该技术实现了二维膜材料对于复杂体系中多离子的筛分，并阐明了多种离子在二维层间的尺寸限域筛分机理，不但为先进二维膜材料的设计与构筑提供了新思路，也为复杂体系中相似物质之间的高效分离提取提供了一种新技术，同时为盐湖卤水中锂离子的分离提取开辟了一条新路线。

我国成功研发玻璃固化焦耳炉关键炉衬材料

科技日报 2023.11.28

近日，中国建筑材料科学研究总院有限公司所属瑞泰科技股份有限公司（以下简称瑞泰

科技)成功自主研发玻璃固化焦耳炉用高性能熔铸耐火材料。这是我国首次攻克核废料高放废液玻璃固化焦耳炉炉衬材料关键技术和工艺,对推动我国核能源工业的安全和可持续发展具有重大意义。

放射性废物处理是核能安全利用的最后一环,也是核工业实现闭式循环的关键一环。目前国际上最先进的废液处理方式是在 1100℃或更高温度下,将放射性废液和玻璃原料进行混合熔解,冷却后形成玻璃体。玻璃体浸出率低、强度高,能够有效包容放射性物质并形成稳定形态。焦耳炉是高放废液玻璃固化工程技术的核心工程设备,其内衬的熔铸耐火材料的制造一直是玻璃固化技术国产化的技术壁垒,严重制约我国核废料处理工程技术进步。

据悉,瑞泰科技此次研发的熔铸耐火材料熔铸锆铬刚玉产品以铝—铬固溶体为主晶相,具有良好的化学稳定性和优异的抗硼硅酸盐玻璃液侵蚀性能。产品具有完全自主知识产权,将为我国核废料处理工程技术进步提供重要材料支撑。

发挥产业链和技术优势 广州抢占新型储能产业创新高地

科技日报 2023.11.27

新型储能是新能源产业的重要环节,也是广州实施“制造业立市”战略的关键产业。

今年 8 月,广州出台《关于推动新型储能产业高质量发展的实施意见》(以下简称《实施意见》),提出到 2027 年,广州将力争全市新型储能产业营业收入超过 1000 亿元。11 月 23 日,记者从广州市科技局了解到,为着力构建具有广州特色的新型储能产业体系,广州市科技局锚定“科学发现、技术发明、产业发展、人才支撑、生态优化”全链条,强化技术、资金、人才、金融等要素支撑,全力支持重点项目示范建设,为新型储能产业发展创造了良好环境。

建平台推动关键核心技术研发

目前,我国新型储能应用以锂离子电池储能为主,而广州在锂离子电池技术创新方面处于第一梯队。

10 月 30 日,全球首家超快充动力电池专业工厂在广州巨湾技研有限公司南沙总部基地建成投产。该公司自主研发的一款锂离子电池,从 0 充电到 80%电量,所需时间不超过 8 分钟。

事实上,包括锂离子电池在内的新型储能产品由商业化初期步入规模化发展阶段,离不

开新型储能关键核心技术取得突破。

近年来，广州持续优化关键核心技术攻关体制机制，支持广州市新型储能科研力量承担国家、省、市储能相关科技项目 45 项，获得财政经费支持 7.6 亿元。目前建有国家级、省级各类储能创新平台 41 个，涵盖锂离子电池技术等领域，逐步构建集基础研究与应用基础研究、技术创新、成果转化于一体的全链条创新平台体系。

“广州将强化锂离子电池领域技术优势，努力攻克氢能等关键技术，前瞻布局新型电池技术等领域，推进新型储能产业关键核心技术和装备自主可控。”不久前，在广州市新闻办召开的发布会上，广州市科技局副局长孙翔表示，下一步广州将依托粤港澳大湾区国家技术创新中心筹建新能源储能、数字电网两个直属创新平台，支持其已运营的综合成果转化平台部署一批高质量产业化项目。

三管齐下护航新产业发展

5 年前，叶思宇加入鸿基创能科技（广州）有限公司（以下简称鸿基创能），担任副董事长兼首席技术官。在他的带领下，鸿基创能解决了国内燃料电池膜电极“卡脖子”问题，成为国内首家实现氢燃料电池膜电极大规模产业化的企业。

值得一提的是，叶思宇是广州市黄埔区、广州开发区所引进的高端人才。黄埔区、广州开发区近年来通过加快引进氢能高端人才团队、突破关键技术研发和重点产品示范应用，成为广州市乃至粤港澳大湾区氢能产业发展基础条件最好、配套环境最优、产业链最为完善的区域之一。广州依托“广聚人才”人才工程，大力培育引进储能产业人才，目前拥有该领域的院士人才 6 人。同时，广州加大力度引进高层次人才，搭建氢能企业与高校实验室团队的合作桥梁，集聚了 100 多位氢能专业人才。

广州引导产业资本加大资金投入力度，高效打造新型储能产业集群。广州产业投资母基金将重点投资新能源等重要产业领域，引入一批重大产业项目，逐步构建形成超 6000 亿元的产业基金集群。广州市科创母基金已在储能产业投资布局了近 20 个项目。

新产业的发展，少不了政策的保驾护航。广州出台的《实施意见》提出打造新型储能技术创新高地、强化关键核心技术攻关，列出了一系列重点支持的技术路径，如加强氢能等领域前沿技术的创新突破。此外，《实施意见》在广州市重点研发计划、首台（套）重大技术装备示范、标准体系建设等方面明确了支持方向，引导政府部门、企业、高校、科研院所、金融机构等各类主体广泛参与。

建立企业全生命周期支持体系

围绕新型储能产业“强链、补链、延链”环节，广州引进建设一批重大项目，围绕中游

（储能电池、储能系统集成）和下游（新型储能电站）领域布局，项目主要分布在黄埔区、南沙区、花都区、白云区、番禺区等5区。目前，广州市储能制造端已建成及待建项目共10个，总投资574.32亿元，达产后产值超千亿元。

广州构建起科技企业全生命周期发展支持体系，强化企业科技创新主体地位，支持企业在产业链跃迁中“挑大梁”，推动产业向中高端攀升。

在粤港澳大湾区，位于“氢能之都”佛山南海，我国首个大型多技术路线锂电池储能工程建设正在加速冲刺，将于年内全面并网发电。“该工程通过对新型储能电芯性能等领域的各技术方式有机组合，形成9条差异化的储能技术路线，将为我国新型储能产业技术的多样化发展搭建性能对比的实证平台。”南方电网调峰调频（广东）储能科技有限公司董事长汪志强说。

为增强供电保障能力，广州在电网薄弱区域开展电网侧储能。广州依托南方电网、华南理工大学等开展智能电网关键技术的研究，并在广州中新知识城、南沙明珠产业园开展智能电网、智能微网的应用。

广州智光电气股份有限公司、广州市儒兴科技股份有限公司等一批企业在特高压、燃料电池膜电极、高压储能、光伏电池浆料等领域掌握了全球领先技术。

新型储能产业正处于发展的战略机遇期。据透露，广州将加快健全以企业需求为导向的创新项目资助机制，支持储能领军企业牵头组建创新联合体。引导一批储能重点企业围绕储能电池、储能系统集成等关键环节布局，发挥广汽埃安等新能源汽车行业领军企业“头雁效应”集聚相关锂电池材料、电池制造企业，营造上下游协同共生的产业链创新生态。

液态金属：打开传统技术的变革大门

科技日报 2023.11.28

近日，清华大学与中国科学院理化技术研究所的联合研究小组首次创制出一种水相液态金属物质，展示了一系列独特的类生物组织与器官的节律行为，为人工生物组织的创制提供了全新的物质基础。相关成果发表在《物质》杂志上。

在由工信部和国务院国资委联合发布的第一批前沿材料产业化重点发展指导目录中，液态金属位列其中。“随着室温液态金属的一系列革命性应用，这类以往只被零星研究或只在特殊领域引发关注的材料逐渐进入公众视野。液态金属促成了若干新科学发现，也打开了传

统技术的变革大门。”文章通讯作者、清华大学教授、中国科学院理化技术研究所研究员刘静表示。

集两种截然不同的性质于一身

“金属是地球上最丰富也是最重要的材料之一。在元素周期表中，118个元素中超过90个是金属元素。大部分金属具有较高的熔点，在室温下呈固态。但在元素周期表中，还存在着一类特殊的金属，它们的熔点比较低，如铷(Rb)、铯(Cs)、钫(Fr)、汞(Hg)和镓(Ga)，这类熔点在室温附近的金属或合金材料被称为室温液态金属。”中国科学院宁波材料技术与工程研究所研究员李润伟对科技日报记者解释，铷、铯、钫的放射性和高化学活泼性以及汞的易挥发性和高毒性，限制了它们在实际生活中的应用。镓基/铋基/锑基/锡基金属及其合金等，是目前研究和应用最为普遍的液态金属材料。

李润伟表示，液态金属在室温下既展现出像水一样的可变形、可重构的流体特性，同时又表现出高导电、导热性能的金属特性，是一类物理化学性质十分新奇的新型功能材料，在基础科学研究和前沿技术开发中都拥有极为丰富的探索空间。他进一步解释，以镓为例，其具有极宽液相区(熔点 29.76℃、沸点 2403℃)、极低饱和蒸气压、无毒以及较好生物相容性等特点。

此外液态金属有巨大的表面张力，例如镓基液态金属的表面张力约为水的10倍，巨大的表面张力使液态金属倾向于缩成球形液滴。镓基液态金属的另外一个重要属性是极易氧化并形成纳米级氧化物表皮，表面氧化层“皮肤”一旦形成，其表面张力会大幅降低，而氧化层一旦被去掉，高表面张力又会立刻恢复。通过电或化学的手段，调节液滴表面张力，可以实现液滴大尺度变形、定向运动、渗透等。此外氧化层“皮肤”赋予镓基液态金属流体性质的同时，还赋予其一定的机械性能，并使其润湿和黏附行为发生改变，为实现液态金属电子器件的图案化创造了条件。

带动新技术应用体系构建

如今，液态金属正带动新一代信息技术、新能源、先进制造、生物医学等领域的创新发展。中国科学院理化技术研究所液态金属中心主任邓中山介绍，2002年，中国团队首次提出将低熔点金属，特别是镓基液态金属流体用于芯片冷却，从此开启了这类高安全性室温液态金属的基础与应用研究。此后，我国又相继开创了液态金属在功能材料、热控与能源、印刷电子与3D打印、生物医学、可变形机器等多个领域的研究，系统建立了相应方向的理论与应用技术体系，创建了全新的液态金属工业，并推动其发展，使液态金属从最初的冷门领域发展成备受瞩目的重大科技前沿。

据邓中山介绍，液态金属作为同时兼具流动性、高导热性、高体积相变潜热的材料，为先进散热技术带来了颠覆性变革。例如，液态金属通过浸润性改性后制备的热界面材料，其热阻远低于现有硅脂基热界面材料；将液态金属作为流体散热介质，其换热系数远高于现有液冷技术能达到的换热系数；将液态金属(低熔点合金)作为相变热控材料，其具有传热迅速、单位体积相变潜热大、相变材料内温度梯度小、相变前后体积变化小等显著优势。

“由于兼具各种综合优势，液态金属有望成为理想的超高功率密度散热材料，并带动构建崭新的技术应用体系。”邓中山评价。

同时，由于液态金属是一种液体导电材料，因此可以利用印刷(涂布)工艺将其制造为柔性化、薄膜轻质化、表面共形化电子线路及器件，并有望与规模化生产方式相结合。液态金属还可与其他材料结合应用在“刚柔相济”的机器人上，构建全新概念的先进机器人技术。

产业转化进入快速发展阶段

“当前，世界科技正处于革命性变革的新阶段，液态金属堪称催生突破性发现和技术变革的‘科技航母’。”刘静介绍。

李润伟表示，凭借新奇的特性，液态金属在众多领域展现出广泛的应用前景，成为具有重大工业应用价值和国家战略意义的新材料。虽然早在2000年以前，美国和日本就开始了液态金属的研究，但研究主要集中于汞、钠钾合金类材料，旨在解决特殊领域如核反应堆散热等问题。

液态金属同时也是我国资源禀赋比较突出的材料。如镓基合金、铋基合金等的研究和大规模应用都发端于中国，自本世纪初开始，该材料的应用已陆续推进到我国热控能源、电子制造、生物医药、柔性机器人、化学化工、机械加工等几乎所有的工业领域。“目前我国在液态金属及其器件应用方面已经形成了较为完备的布局，建立了完善的基础研究、应用研发和产业推广体系。”李润伟说。

邓中山表示，近年来，我国在液态金属产业化方面进入快速发展阶段，居国际领先水平，已孵化出一系列在世界上处于领先地位或填补空白的液态金属高新技术企业。

李润伟同样提到，随着云南液态金属谷产业集群的建立，以及北京梦之墨、宁波韧和科技等企业的涌现，我国液态金属在工业化验证、国家标准建立、弹性传感器等领域已经形成特色。这些企业和研究机构的努力，使液态金属在工业化和商业化应用方面取得了重要的进展，为我国在液态金属应用领域的发展注入了新的动力。

锂离子电池技术实现新突破 工作温度可低至零下 70 摄氏度

中国能源报 2023.11.27

如何提高锂离子电池的温度适应性能，一直是行业研究的热点和难点。近日，在第 25 届中国国际高新技术成果交易会上，一款由中国科学院深圳先进技术研究院（以下简称“深圳先进院”）最新研发的新型锂离子电池，可经受“冰火两重天”考验，引发业内关注。

深圳先进院副研究员张帆向《中国能源报》记者介绍，团队历时 10 年研发，现已量产出我国首款宽温域、低成本、长寿命的电芯产品——新型铝基锂离子电池，其最低工作温度可达零下 70 摄氏度，最高工作温度可达零上 80 摄氏度。

据了解，受材料限制，传统锂离子电池的充电工作温度在 0 摄氏度至 45 摄氏度、放电工作温度在零下 20 摄氏度至零上 60 摄氏度。在低温环境中，传统锂离子电池会出现容量衰减、循环寿命缩短、充电困难等问题。而我国幅员辽阔，气温随地域和季节变化较大，传统锂离子电池使用范围容易受到限制。

“与市场上低温承受下限在零下 20 摄氏度左右的电池相比，新型电池工作温度范围更广、低温性能更好、成本更低。”张帆表示，“新型铝基锂离子电池既抗冻又耐热，产品高低温性能、循环寿命、安全性能等各项指标均已通过第三方权威机构检测，并于今年 5 月实现量产。”

新型锂离子电池究竟“新”在何处？据张帆介绍，主要是在负极材料和电解液方面做文章。传统锂电池负极通常采用石墨类材料，具有循环稳定性好、低成本优势，但同时存在比容量低、扩散速度较慢的缺点。基于此，深圳先进院研发出一种新型铝基复合负极材料，通过与商用锂电池正极材料匹配，针对不同应用场景研发相应电解液体系，成功开发出新型铝基-磷酸铁锂电芯、铝基-锰酸锂电芯、铝基-钴酸锂电芯和铝基-三元电芯等超宽温域电池产品。

张帆指出，新型铝基锂离子电池还具有低温充电、长续航、快充等优势。在低温充电性能上，新型铝基电池产品实现了零下 30 摄氏度低温正常充电；在续航性能上，得益于铝基负极材料高理论容量，电池能量密度较传统锂离子电池提升 13%-25%，能做到长续航。此外，由于铝基复合负极优异的导电性能，产品还能实现 20 分钟充满电，为半小时充电需求提供了解决方案。

在价格方面，与目前主流的锂离子电池相比，新型铝基锂离子电池价格高 5%-10%。但对比目前市场上其他低温电池产品，基于材料选择，新型铝基锂离子电池成本则可以降低 10%-30%。

“安全方面，传统锂离子电池在过充或低温条件下容易产生锂枝晶，可能刺穿隔膜，带来电池短路等隐患。而新型铝基负极在过充或低温条件下能有效缓解锂枝晶的产生，提高安全性。”张帆说。

不过，虽然新型铝基锂离子电池理论优势明显，但其应用还有待市场验证。

“新型铝基锂离子电池容量还有进一步提升空间。电池容量提升会导致铝出现膨胀粉化问题，稳定性会有所下降。”有业内人士指出，如何平衡容量和循环寿命的关系，是下一代新型铝基锂离子电池研发攻关的重点工作。

针对适用场景，张帆表示，新型铝基锂离子电池可以应用于光伏储能、家庭储能、通讯基站储能、轨道交通、航天航空、极地科考等领域，尤其在高寒地区等细分市场独具优势。

张帆指出，新型铝基锂离子电池已实现储能、动力等多个应用领域的规模化量产，并在我国东北等地的分布式储能领域开展应用示范。但他同时坦言，整体来看，新型铝基锂离子电池还处于市场推广阶段。“目前在四川广元市已启动超宽温域电芯和模组制造基地项目，一期产能 0.2GWh，预计明年正式投产，二期产能 2GWh，以快速推动新型铝基锂离子电池产品的应用推广。”

新型储能今年有望新增装机 20 吉瓦

中国能源报 2023.11.27

“今年前三季度，我国新型储能项目新增投运装机规模达 12.3 吉瓦/25.5 吉瓦时，新增规划、在建新型储能项目规模 102.8 吉瓦/240.8 吉瓦时。如果四季度能完成 10%，年内装机规模将达到 49.6 吉瓦时，是去年装机水平的三倍。”在近日召开的 2023 中国能源研究会年会储能专题论坛上，中关村储能产业技术联盟理事长陈海生指出，我国储能正在经历从商业化发展初期到规模化发展的转变，预计今年新型储能新增装机量将达 15 吉瓦-20 吉瓦，超过过去 10 年的总和。

近年来，我国储能产业快速发展，产业链日益成熟，其中，电池制造产能占全球 75%，正极和电解液产量占全球 90%，主导全球电池供应链的趋势愈发明显。据不完全统计，今

年以来，有 420 余项储能相关政策发布，市场主体地位进一步明确，市场机制、价格机制和运行机制逐步改善。

储能成本也实现快速下降。陈海生介绍，今年前三季度，储能系统招标规模为 15.7 吉瓦/57.4 吉瓦时，是去年全年系统采购量的 2.8 倍。储能系统中标规模合计 9.1 吉瓦/38.7 吉瓦时，远超去年全年水平。EPC 和储能系统中标均价一直呈下行态势，储能系统 9 月中标均价同比下降 35%，较年初下降 34%，最低中标价格跌破 900 元/千瓦时。储能电芯出现低于 0.5 元/千瓦时报价，0.5C 储能系统出现低于 0.7 元/瓦时报价。

陈海生进一步指出，非锂储能技术应用也逐渐增多。首个飞轮火储调频项目、首个飞轮+锂电混储调频项目、用户侧单体最大铅碳电池项目相继投入运行。300 兆瓦功率等级压缩空气储能加速布局，多类液流电池细分技术路线以及百兆瓦级钠电项目纳入省级示范项目清单。

“当前，新型储能技术路线多达数十种。”国网能源研究院原院长张运洲介绍，“‘十四五’期间，多种技术路线将继续并存，锂离子储能发展领先，全钒液流、压缩空气等多类型储能处于试验示范验证期。‘十五五’及中远期，适用于电力系统的储能技术路线将逐步明朗。”

在张运洲看来，新型电力系统各个应用环节对储能装置的放电时间和功率等级要求不同，只有多种储能技术组合，才能满足不同系统运行工况的技术需要。储能应与新能源、火电、水电、核电以及需求响应资源协调运行，保持系统实时调节平衡。他认为，电化学储能成本还存有较大下降空间，“十五五”期间将逐步接近抽水蓄能价格水平。在当前条件下，抽水蓄能技术经济性更好，中远期，以锂电池为代表的新型储能将在高安全、长寿命、低成本等技术难点上迭代突破，叠加应用场景丰富，将呈现出与抽蓄电站优势互补、并行发展的态势。

未来在以“沙戈荒”为重点的风光大基地开发过程中，储能将发挥重要的保供和消纳作用。张运洲指出：“无配套储能情况下，新能源利用率仅为 82%，若配套 200 万千瓦、350 万千瓦储能后，新能源利用率可分别提升至 92%、95%。不过，通过配储来提高新能源利用率目前仍然缺乏经济性。”

张运洲强调，要围绕新型电力系统发展全局思考储能价值，深入探索新型储能与各类资源协调发展路径，按照稳中求进的思路推动新型储能高质量、规模化发展。

三、碳达峰、碳中和

升温 1.5°C 窗口期或将在 2030 年前结束

科技日报 2023.11.1

伦敦帝国理工学院研究人员领导的一项研究表明，如果不迅速减少二氧化碳排放，到 2030 年，全球气温上升 1.5°C 的可能性有 50%。这项 30 日发表在《自然·气候变化》上的研究，是对全球碳预算的最新、最全面的分析。碳预算是指在将全球变暖限制在一定温度以下的情况下，估计可排放的二氧化碳的数量。

《巴黎协定》旨在将全球气温升高限制在较工业化前水平显著低于 2°C 的范围内，并努力将其限制在 1.5°C 以内。剩余碳预算通常用于评估这些目标的全球进展。

新研究估计，将升温限制在 1.5°C 的可能性为 50%，全球碳预算中只剩下不到 2500 亿吨二氧化碳。

研究人员警告说，如果二氧化碳排放量保持在 2022 年的每年约 400 亿吨的水平，碳预算将在 2029 年左右耗尽，全球气温将比工业化前水平升高 1.5°C。

这一发现意味着预算比之前计算的要少，并且自 2020 年以来大约减少了一半，原因是全球温室气体排放量持续增加（主要是由化石燃料燃烧造成）以及对气溶胶冷却效果估计的重新改进。

研究还发现，将气温升高限制在 2°C 的概率为 50% 的碳预算约为 12000 亿吨，这意味着如果二氧化碳排放量继续保持目前水平，2°C 的预算将在 2046 年耗尽。

由于其他因素的影响，包括二氧化碳以外的气体导致的变暖以及模型中未考虑的排放的持续影响，计算剩余碳预算存在很大的不确定性。

与 6 月发布的其他近期估计相比，这项新研究使用了更新的数据集和改进的气候模型，描述了这些不确定性并增加了对剩余碳预算估计的信心。

但根据该研究的建模结果，在实现净零排放之前的几年里，气候系统各部分的反应方式仍然存在很大的不确定性。

由于冰融化、甲烷释放和海洋环流变化等影响，气候可能会继续变暖。然而，碳汇（例如植被生长的增加）也可能吸收大量二氧化碳，导致在实现净零排放之前全球气温下降。

欧盟拟对进口能源实施甲烷限排标准

中国能源报 2023.11.6

欧盟首个甲烷限排法规近日进入最后立法阶段。其中，关于设定甲烷排放强度进口标准的事宜终于提上日程，此举旨在最大程度降低进口能源的甲烷足迹。综合外媒消息，欧盟委员会提议从 2030 年起，对进口能源和燃料的甲烷排放强度实施测量、监管和限制，旨在迫使主要油气供应国、化石燃料生产商进一步减少甲烷排放和泄漏。

甲烷作为天然气的主要成分，可以作为高效燃料用于建筑供暖，但也是仅次于二氧化碳的强效温室气体。根据提案，欧盟将要求外国天然气供应商控制油气基础设施产生的甲烷排放，并基于供应安全的考量，对不遵守规定的企业实施惩罚。提案扩大了适用范围，最初主要关注欧洲油气生产商，这次纳入了占欧盟天然气供应 80%的进口天然气。

寻求降低进口能源甲烷排放

根据提案，欧盟首先将在 2026 年前建立一个甲烷透明度数据库或甲烷监测工具，以确保进口能源的甲烷排放量公开透明，为能源出口国如何测量和控制甲烷排放提供依据。其次，欧盟有义务追踪进口能源的甲烷排放量，并寻求到 2028 年确定甲烷强度计算方法。届时，能源出口国有义务证明自己采取了与欧盟同等的限排措施，如果出现违规行为将被惩罚，具体方法有待进一步讨论。

欧盟委员会承诺，将努力解决进口能源的甲烷排放问题，通过逐步实施相关规定，2030 年前使进口能源和燃料达到“一定水平的甲烷强度表现”。

与生产相关的甲烷排放量因可用技术、维护、泄漏检测和维修等因素而异，这些排放量与油气总产量之间的比率被称为甲烷强度，单位油气甲烷排放量越大，甲烷强度就越大。

路透社指出，目前，欧盟成员国正围绕该提案进行讨论和谈判，以决定是否对相关进口产品进行限制、如何限制或罚款等。

事实上，欧盟内部在是否对进口产品甲烷排放进行监管问题上一直意见不一，但在处理自身甲烷排放问题方面颇为积极。2020 年 11 月，欧盟公布首个限制甲烷排放的纲要性政策《欧盟甲烷战略》，将能源、农业和废弃物处理列为甲烷减排的重点对象，尤其侧重能源领域甲烷排放和泄漏问题。

今年 5 月，欧洲议会投票通过关于减少能源领域甲烷排放的法规，明确规定欧盟能源领域 2030 年甲烷排放量较 2020 年减少 58%，石油、天然气、煤炭和生物甲烷等行业的甲烷直接排放都被纳入管控。

将极大震动油气行业

作为全球最大油气进口地区，欧盟正努力推进甲烷限排法规落地，以最大程度减少自身油气生产带来的甲烷排放。然而，考虑到欧盟 90% 的天然气和 97% 的石油依赖进口，实施进口能源甲烷限排标准无疑将给全球油气行业带来震动。

路透社指出，过去两年，欧洲天然气供应来源发生重大变化，来自俄罗斯的天然气供应已经被切断，美国、阿尔及利亚、挪威等开始成为欧盟主要天然气供应国。鉴于挪威化石燃料生产的甲烷排放强度较低，欧盟对进口能源实施甲烷排放限制的举措，将主要影响美国等甲烷排放量较高的国家。

美国环保组织清洁空气工作组指出，欧盟对进口能源实施甲烷排放限制，将给其 20 个“贸易密友”带来影响，美国首当其冲。

欧盟议会负责进口能源甲烷排放限制法案的首席谈判代表、德国议员尤塔·保卢斯表示，推动该法案落地刻不容缓。

根据舆观调查最新调研，90% 的欧洲受访者呼吁对油气出口国制定进口产品排放规则，尽管这些措施可能会增加家庭能源成本，但仍有 67% 的受访者予以强烈支持。

正式实施艰难但减排效益大

欧洲新闻网汇编数据显示，欧盟天然气进口量约占全球天然气产量 51% 以上，其中绝大部分产生的甲烷排放都发生在欧盟之外，因此，限制进口天然气产生的甲烷排放，可能对全球甲烷排放产生重大影响。

清洁空气工作组表示，如果欧盟进口能源甲烷限排标准基于“每 100 万吨石油当量油气产量的甲烷排放量为 1700 吨”的假设，从能源安全角度，可以在石油和天然气进口环节，帮助欧盟减少 900 亿立方米天然气损耗，这几乎相当于欧盟最大天然气消费国德国全年消费量。从经济效益角度，节省的天然气将为出口国节省 540 亿欧元，为欧盟内部石油和天然气生产国节省 10 亿欧元。

基于上述假设，欧盟一旦正式对进口能源甲烷排放强度实施限制，有望使全球油气行业甲烷排放量减少 30% 以上。目前，油气行业甲烷排放量占全球人为甲烷排放量的 7%。

“考虑到气候危机和能源安全，欧盟不能忽视这一标准的设定和衡量。”清洁空气工作组欧盟政府事务主任 Alessia Virone 表示。清洁空气工作组甲烷污染预防全球总监 Jonathan Banks 则认为，限制甲烷排放的法规虽然实施起来并不容易，但将带来巨大减排效益。

有研究指出，20 年时间里，甲烷导致的温室效应是二氧化碳的 80 倍。如果世界要将全球气温上升幅度控制在 1.5 摄氏度以内，并避免最具破坏性的影响，2030 年前需要迅速减少

甲烷排放。

国家发展改革委印发《国家碳达峰试点建设方案》

中国电力报 2023.11.9

近日，国家发展改革委印发了《国家碳达峰试点建设方案》（以下简称《方案》）。根据《方案》，首批城市和园区碳达峰试点共 35 个，将在 15 个省区开展。

中共中央、国务院印发的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》提出，要组织开展碳达峰碳中和先行示范，探索有效模式和有益经验。国务院印发的《2030 年前碳达峰行动方案》明确，要加大中央对地方推进碳达峰的支持力度，选择 100 个具有典型代表性的城市和园区开展碳达峰试点建设，为全国提供可操作、可复制、可推广的经验做法。目前，虽然我国 31 个省、自治区、直辖市都制定了本地区的碳达峰实施方案，但在城市和园区层面还有不少需要进一步细化和探索的工作，在这样的背景下，《方案》应运而生。

《方案》提出了“坚持积极稳妥、坚持因地制宜、坚持改革创新、坚持安全降碳”4 条工作原则，以及 2025 年、2030 年的主要目标。到 2025 年，试点范围内有利于绿色低碳发展的政策机制基本构建，一批可操作、可复制、可推广的创新举措和改革经验初步形成，不同资源禀赋、不同发展基础、不同产业结构的城市和园区碳达峰路径基本清晰。到 2030 年，试点城市和园区重点任务、重大工程、重要改革如期完成，有利于绿色低碳发展的政策机制全面建立，有关创新举措和改革经验带动作用明显，对全国实现碳达峰目标发挥重要支撑作用。

英国开发可进行碳捕获的新生物涂料

中国科学报 2023.11.24

英国萨里大学科研团队在沙漠中发现一种能够捕获二氧化碳的极端微生物，可作为生物涂料用于开发极端环境下的生物传感器。该涂料将该活细菌包裹在层内，可通过光合作用产生氧气捕获二氧化碳，且该细菌生存需要很少的水，可用于开发极度干旱条件下的生物反应器和传感器。

研究者将3种蓝细菌固定在坚硬的生物涂层中，这种涂层由水中的聚合物胶体沉积而成，生物涂层在加热至 37° C 时形成，并在重新水化前完全干燥。该研究主要比较生物涂层中三种蓝藻的活力和氧进化情况。三磷酸腺苷检测结果显示，*Synechococcus* sp. PCC 7002 在干燥后即无法在生物涂层内存活；*Synechocystis* sp. PCC 6803 消耗氧气长达 5 天，但无法进行光合作用，表现为缺乏氧气进化；*Chroococcidiopsis cubana* PCC 7433 存活了下来，并在生物涂层内进行光合作用和碳捕获，氧气进化的特定速率高达每天 0.4 克氧气/克生物质，对溶解氧进行了为期一个月的连续测量，结果显示其活性没有下降的迹象。

该研究有助于利用极端微生物开发创新、环保和可持续的生物材料，能够减少水密集型生物反应器工艺中的用水量，也是干旱、高水平紫外线辐射暴露、星球殖民等极端环境的潜在候选者。

甲烷控排新政倒逼低浓度瓦斯利用提速

中国能源报 2023.11.20

能源行业是我国最大的甲烷排放源，排放量占比约为 46%。由于我国煤炭资源储量丰富，在全国甲烷排放量中，煤矿排放占比高达 35%以上，因而，煤层气（瓦斯）的开发和利用将成为我国甲烷排放控制的重点工作之一。

“甲烷减排非一日之功，需要根据排放源类型、技术与政策成熟度分步骤有序推进。从排放源类型看，我国煤炭产业在能源系统中起到支柱作用，甲烷排放占比高，同时煤层气利用与清除技术成熟、标准体系较为完备，具备先行减排的技术与政策可行性。”对于近日发布的《甲烷排放控制行动方案》（以下简称《行动方案》）提出的强化甲烷综合利用，多位业内人士对《中国能源报》记者表达了上述观点。

煤矿是甲烷排放“大户”

煤矿甲烷是我国主要的甲烷排放源类型之一，而我国也是世界煤矿甲烷排放量最大的国家。煤矿甲烷的有效排放管控与高效开发利用兼具温室气体减排、能源气体开发利用和灾害气体防治三重意义。

《行动方案》指出，强化甲烷综合利用，要促进油气田放空甲烷排放管控，鼓励企业因地制宜开展伴生气与放空气回收利用，不能回收或难以回收的，应经燃烧后放空。鼓励引导煤炭企业加大煤矿瓦斯抽采利用。到 2025 年，煤矿瓦斯年利用量达到 60 亿立方米；到 2030

年，油田伴生气集气率达到国际先进水平。

此前，在煤炭开采过程中，煤层气都会被提前排放到空气中。随着能源转型的推进、“双碳”目标的提出，以及安全生产要求的提升，煤层气的开发利用取得一定成效。

2022年，我国煤层气产量累计达115.5亿立方米，比上年增加10.8亿立方米，产量累计同比增长9.9%，月均产量为9.6亿立方米。和君咨询业务合伙人王高歌表示，煤层气的开发利用不仅有利于降低甲烷排放量，还有助于解决煤矿的安全生产问题。

信达证券研究开发中心能源行业首席分析师左前明认为，“在国家层面高度重视甲烷减排的背景下，煤层气开发利用的重要性愈发凸显，鼓励引导煤矿瓦斯抽采利用的具体政策有望进一步完善，为煤层气行业注入活力，我国煤层气的开发利用有望提速。”

低浓度瓦斯利用难度大

煤矿瓦斯抽采利用、煤层气勘探开发利用、关闭/废弃矿井瓦斯抽采利用、低浓度与乏风瓦斯利用都是我国煤矿甲烷排放管控的关键技术路径。

据有关部门统计数据，甲烷浓度低于0.75%的煤矿风排瓦斯，所含甲烷约占我国煤矿瓦斯甲烷总量的81%，其每年的排放量相当于西气东输1年的输气量，产生的温室气体效应约为2亿吨二氧化碳当量。

“这主要是因为国家相关标准只要求对甲烷浓度在30%以上的瓦斯加以利用，其余浓度瓦斯多半被排放。随着煤矿瓦斯抽采强度不断加大，空气进入抽采系统的概率提高，采出的低浓度瓦斯占比不断增加，导致煤层气利用难度增加。”某不愿具名的煤层气从业人士表示。

其实，早在2008年，我国就出台了《煤层气(煤矿瓦斯)排放标准(暂行)》，禁止 $\geq 30\%$ 的高浓度瓦斯排放。2020年，生态环境部等三部门联合发布的《关于进一步加强煤炭资源开发环境影响评价管理的通知》进一步加强了对甲烷排放利用的要求和约束。目前，高浓度瓦斯已有较多方面的应用，而体积分数在1%以下的低浓度瓦斯利用难度大，却又占比较高，无法被现有技术标准约束。

与此同时，伴随煤矿开采，必然会产生大量采空区，其中蕴含大量煤层气。“废弃关停矿井的煤层气若不加以利用，会通过采煤形成的各种裂隙向地面逸散，不但会产生甲烷等温室气体，也会带来严重的安全隐患。”上述煤层气从业人士说。

“目前，我国废弃关停矿井瓦斯抽采利用总体处于起步阶段，相关政策、技术都亟待加强。加大废弃煤矿低浓度瓦斯资源的有效再利用，不仅可以有效防止环境污染，还可以解决煤矿关停后遗留的安全隐患。”上述煤层气从业人士说。

将培养一批瓦斯排放监测企业

多位业内人士指出，我国低成本煤矿瓦斯抽采利用减排潜力巨大，成本小于 150 元/吨的减排和利用技术可实现甲烷减排 1500 万吨。形成复杂地质条件下的煤层气勘探开发理论基础、建立与煤层气地质条件相适应的适配性开发技术，是实现我国煤层气高效勘探开发和后期煤炭开采中减排甲烷的关键所在。废弃矿井瓦斯高效抽采与利用技术突破是实现废弃矿井甲烷减排与资源化利用的关键。

国家气候战略中心主任徐华清在解读《行动方案》时指出，虽然我国于 2000 年之后陆续发布了煤矿瓦斯排放限值、城镇污水处理厂污染物排放、生活垃圾填埋场污染控制和生活垃圾卫生填埋规范等标准，分别对甲烷排放控制提出相关量化要求，但受高精度监测技术和设备缺乏、专业技术人员不足等因素制约，上述标准的执行和落实力度尚待进一步加强。

“未来，甲烷排放控制监管将不断强化，通过强化相关法规及标准等，实现甲烷排放的依法严管。在政策推动下，也将培养一批瓦斯排放监测企业。”上述煤层气从业人士说，“这其实是一个巨大的产业链，全国油气、煤矿、化工等领域优势企业可投资共建产学研一体化产业链，形成良性循环发展模式。”

左前明指出，《行动方案》是方向性、引领性的指导文件，未来还需要配套和细化的支持文件出台，实现有效落地。

蓝碳增汇可弥补土地利用造成的碳损失

中国科学报 2023.11.29

中国科学院华南植物园海岸带生态系统过程与环境健康研究组发现，植物入侵产生的蓝碳增汇可弥补因土地利用造成的碳损失。近日，相关成果在线发表于《碳研究》。

论文第一作者、中国科学院华南植物园博士研究生周金戈表示，盐沼湿地作为典型的滨海蓝碳生态系统，是全球蓝碳碳汇的主要贡献者之一。然而，近几十年来，由于植物入侵和土地利用的改变，我国盐沼湿地的景观分布格局发生了巨大变化。

为了探究在双重因子的驱动下，盐沼湿地过去几十年里景观格局及其碳汇功能的变化，研究人员以盐城滨海湿地为研究对象，综合运用遥感分类与数据整合的方法，研究了 1982 年至 2021 年间，植物入侵和人类围垦在时空尺度上对盐城盐沼湿地蓝碳碳汇功能的影响。

研究发现，过去 40 年来，外来植物互花米草的入侵大大增加了盐城区域的蓝碳储量，

这主要与互花米草在光滩上的扩张及其所具有的高效固碳能力有关。从土地利用转移矩阵来看，互花米草较少直接入侵本土植物覆盖的盐沼湿地，而是通过在光滩的定植和扩张减少海水的盐分输入，从而改变了本土植物的种间竞争。

碳汇核算表明，过去 40 年间，盐沼湿地的总面积减少了 43.09 平方千米，但由互花米草入侵带来的蓝碳增汇超过了土地围垦和盐地碱蓬湿地丧失造成的碳损失。

该研究表明，滨海蓝碳的碳汇功能很大程度上受盐沼植被覆盖的调控，而向海侧的互花米草入侵光滩有利于盐沼湿地的碳固存。类似的生物入侵与植被演替过程可能适用于世界其他地区，对蓝碳碳汇研究和盐沼时空变化具有重要的研究意义。

五部门联合发文 加快建立产品碳足迹管理体系

中国建设报 2023.11.24

近日，国家发展改革委、住房城乡建设部、交通运输部等 5 部门联合印发《关于加快建立产品碳足迹管理体系的意见》，对产品碳足迹管理各项重点任务作出系统部署，提出制定产品碳足迹核算规则标准、加强碳足迹背景数据库建设、建立产品碳标识认证制度等工作举措。

意见提出，推动建立符合国情实际的产品碳足迹管理体系，完善重点产品碳足迹核算方法规则和标准体系，建立产品碳足迹背景数据库，推进产品碳标识认证制度建设，拓展和丰富应用场景，发挥产品碳足迹管理体系对生产生活方式绿色低碳转型的促进作用。到 2025 年，国家层面出台 50 个左右重点产品碳足迹核算规则 and 标准，一批重点行业碳足迹背景数据库初步建成，国家产品碳标识认证制度基本建立；2030 年，国家层面出台 200 个左右重点产品碳足迹核算规则 and 标准，国家产品碳标识认证制度全面建立，产品碳足迹管理体系为经济社会发展全面绿色转型提供有力保障。

在重点任务方面，住房城乡建设部、农业农村部等行业主管部门组织有关行业协会、龙头企业、科研院所等，按照团体标准先行先试、逐步转化为行业标准或国家标准的原则，研究制定重点产品碳足迹核算规则标准，条件成熟的可直接制定国家标准或行业标准。由行业主管部门会同发展改革、市场监管等部门发布规则标准采信清单，为企业、机构提供统一规范的规则标准。

在制定产品碳足迹核算规则 and 标准、建立相关背景数据库的基础上，国家层面建立统一

规范的产品碳标识认证制度，通过明确标注产品碳足迹量化信息，引导企业节能降碳。住房城乡建设部、交通运输部等部门研究制定产品碳标识认证管理办法，明确适用范围、标识式样、认证流程、管理要求等，有序规范和引导各地区各层级探索开展产品碳足迹管理相关工作。鼓励企业按照市场化原则自愿开展产品碳标识认证，引导其在产品或包装物、广告等位置标注和使用碳标识。

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

科研团队开发有效抑制蓝藻生长新材料

科技日报 2023.11.3

11月1日，记者从江南大学了解到，该校饶义剑教授团队经过对尾孢菌素抑制太湖蓝藻生长的持续深入研究，通过仿生设计开发了一种更加高效的抑藻材料。该方法为解决淡水湖水华问题，尤其是太湖的蓝藻爆发问题提供了新的思路，具有重要的借鉴价值。相关研究成果日前发表于环境领域顶级国际期刊《Journal of Hazardous Materials》（《危险材料杂志》）。

近年来，随着经济的快速发展与人们生活水平的不断提高，富含氮、磷污水的大量排放，水体中的藻类迅速繁殖，从而引发蓝藻水华，破坏水体生态系统。长期以来，我国太湖、巢湖和滇池等淡水湖深受蓝藻水华的影响，每年都花费高额治理费用。

“尽管我们开发的第一代天然抑藻剂尾孢菌素展现了不错的抑藻效果，但是科学研究不能满足于现状，需要持续创新，不断改进开发更加有效治理蓝藻危害的方法。”饶义剑说，团队经过大量文献的调研，长时间的设计与思考，利用仿生策略成功地制备了一种新型的具有絮凝和光敏活性的双功能抑藻剂，可以利用太阳光高效快速抑制铜绿微囊藻和太湖蓝藻生长，具有絮凝和光敏活性两种抑藻机制，可以通过絮凝快速地将蓝藻聚集起来，然后利用其光敏活性有效地抑制蓝藻生长，从而实现快速高效的除藻。通过电子显微镜还可以观察到该双功能抑藻剂在光照条件下破坏藻的细胞壁、细胞膜，以及抗氧化系统和光合系统，从而最终抑制有害藻的生长。

值得一提的是，该方法在抑制蓝藻的过程中，还对蓝藻自身产生的毒素（铜绿微囊藻毒素）和异味物质 β -环柠檬醛具有降解活性，展现了该复合材料良好的降解多功能性。实际应用中，在室外太阳光的照射下，仅需7.5小时该双功能抑藻剂即可有效抑制实际太湖蓝藻的生长，使太湖蓝藻的绿色明显消退，抑藻率高达95%，进一步证明了该方法的实用价值。

科学家提出“变废为宝”新路径

中国科学报 2023.10.30

中国科学院深圳先进技术研究院合成生物学研究所副研究员高翔与哈尔滨工业大学(深圳)教授路璐团队合作,提出了一种低成本、环境友好、可持续的光能驱动化学品合成新方法——利用多种废水污染物,可持续生产半导体材料-生物杂合体并原位应用于光能驱动化学品合成。近日,相关成果发表于《自然-可持续发展》。

通过合成生物学方法改造的微生物细胞工厂,可直接利用废弃塑料、餐厨垃圾和二氧化碳等作为原料。高效吸收光能的半导体与细胞工厂结合产生的半导体材料-生物杂合体,可直接利用光能为细胞工厂提供还原力,生产的化学品具有更高的碳转化率,但目前缺乏低成本、环境友好型的方法规模化合成杂合体。

废水中普遍存在的金属离子、硫酸盐和有机物等污染物,可直接或间接为半导体材料-细菌杂合体的生产提供原料,降低规模化生产杂合体的成本。“但废水中的污染物组成成分复杂,且多数具有生物毒性,有机物种类繁多,通常含有较高的盐浓度,为污染物资源化利用带来了诸多挑战。”论文共同通讯作者高翔说。

为此,合作团队设计和改造了一种海洋微生物——需钠弧菌,它含有类似电活性微生物的膜电子传递通道,有利于半导体材料光生电子进入细胞,是利用废水生产杂合体的理想底盘细胞。利用改造后的工程菌,研究团队以废水中常见的糖、醇和酸等有机污染物、硫酸盐和金属离子作为原料,成功实现半导体材料-细菌杂合体的合成。

路璐介绍,与传统的石油基和糖基生物发酵化学品相比,研究团队建立的污染物基杂合体光驱生物制造路线排放温室气体更少、产物生产成本更低,利用光能实现了污染物的高效资源化利用。

新型循环流化床锅炉提升煤炭清洁利用水平

科技日报 2023.11.29

11月24日,由哈电集团哈尔滨锅炉厂有限责任公司(以下简称哈电集团锅炉公司)承担的黑龙江省重大科技成果转化项目“600MW等级超(超)临界循环流化床锅炉研究及应

用”通过了黑龙江省科学技术厅组织的专家验收。专家组一致认为，哈电集团锅炉公司研制的 600MW 等级超（超）临界循环流化床锅炉技术在节约煤炭消耗、减少污染物排放等方面效果十分显著，将有效助力所在地区环境改善、绿色低碳和经济发展。

循环流化床锅炉设备是我国煤炭高效清洁利用的核心装备之一，具有煤种适应性广、燃烧稳定、燃烧效率高、负荷调节范围大等技术优势，且易于脱硫、脱硝，环保性能好，能实现灰、渣的综合利用。它在我国得到了快速发展和广泛应用，成为我国燃煤发电领域的重要组成部分。随着国家“双碳”目标的提出，开发高参数、大容量、低能耗的循环流化床锅炉是我国新时期能源领域的发展方向。

哈电集团锅炉公司首次将循环流化床锅炉的容量提高到 660MW，锅炉主蒸汽压力达到 29.3 兆帕的超超临界等级，锅炉主蒸汽温度为 605 摄氏度，再热蒸汽温度为 623 摄氏度。技术团队先后攻克了超超临界循环流化床锅炉水动力特性、热偏差控制、超低排放、超低能耗等多项关键核心技术。清华大学作为本项目子课题承担单位协助制定了数项技术优化措施，最终产品在陕西彬长电厂进行工程示范。

据悉，该项目锅炉本体设备及关键部件全部实现国产化，具备完全自主知识产权，是目前世界单机容量最大、参数最高的循环流化床锅炉，代表了世界循环流化床锅炉技术的最高水平。该项目的实施，将进一步提升我国煤炭清洁高效综合利用水平，有效巩固我国在循环流化床锅炉发电技术领域的世界领先地位。

电子学和生物学整合的新方式——直接响应环境的混合生物晶体管问世

科技日报 2023.11.30

你的手机微处理器芯片中，其实装有超过 150 亿个微型晶体管。晶体管由硅、金和铜等金属以及绝缘体制成，它们共同吸收电流并将其转换为 1 和 0，以传输和存储信息。晶体管材料是无机的，基本上来自岩石和金属，但现在美国塔夫茨大学研究团队在制造晶体管时首次用生物丝取代了绝缘材料。研究成果发表在新一期《先进材料》上。

丝素蛋白（丝纤维的结构蛋白）可精确沉积在材料表面上，并可轻松地用其他化学和生物分子进行修饰以改变其特性。以这种方式功能化的丝绸，可检测身体或环境中的多种成分。

该团队首次演示的原型设备，是一种使用混合晶体管制作的高灵敏度且超快的呼吸传感

器，用于检测湿度的变化。对丝层的进一步修改，可使设备能检测一些心血管和肺部疾病以及睡眠呼吸暂停，或者检测呼吸中的二氧化碳水平以及其他气体和分子，从而提供诊断信息；与血浆一起使用，设备还可提供有关氧合度和葡萄糖水平、循环抗体等的信息。

在生物混合晶体管中，丝层用作绝缘体，当它吸收水分时，它就像凝胶一样可以传输其中包含的任何离子（带电分子）。栅极通过重新排列丝凝胶中的离子来触发导通状态。通过改变丝中的离子成分，晶体管的操作会发生变化，从而允许它被 0 到 1 之间的任何门值触发。

团队表示，这一研究开辟了一种电子学和生物学整合的新方式，未来或有许多重要应用。

研究实现二氧化碳还原 C-C 偶联制乙醇

中国科学报 2023.11.6

中国科学院大连化学物理研究所研究员黄延强和张涛院士团队，与香港城市大学教授刘彬、清华大学教授李隽合作，在单原子催化研究领域取得新进展——实现了二氧化碳电还原 C-C 偶联高选择性制乙醇。近日，相关成果发表于《自然-能源》。

利用可再生电力构筑二氧化碳高效碳循环，是实现“双碳”目标的重要手段之一。相比于一氧化碳、甲烷、甲醇等 C1 产物，直接二氧化碳催化还原 C-C 偶联高选择制乙醇不仅是一项科学挑战，还具有重要应用价值。单原子催化剂因其孤立活性位点所具有的对反应中间物的吸附特性，拥有独特的催化性质，且在烯烃氢甲酰化、乙醇合成等重要 C-C 偶联反应过程中表现出优异的催化性能。

该工作中，研究人员开发了由 SnS₂ 纳米片和单原子 Sn 组成的级联催化剂，通过二氧化碳在 SnS₂ 纳米片上还原生成甲酸中间体，并在单原子 Sn 位点上生成碳酸氢盐中间体并原位 C-C 偶联生成乙醇。研究表明，在 -0.6 至 -1.1VRHE 的宽电位范围内，乙醇的选择性可超过 70%；同时结合同位素标记实验和密度泛函理论研究，阐明了单原子 Sn 活性中心上二氧化碳还原 C-C 偶联的机制。

该工作发展了一种基于级联催化剂的 CO₂RR 高选择性 C-C 偶联的新策略，进一步体现了单原子催化过程在产物选择性调控方面的优势及其在 C-C 偶联反应中的潜力。

减少固体废物可减缓气候变暖

中国科学报 2023.11.27

近日,《科学》以封面论文形式刊发了厦门大学马来西亚分校能源与化工学院副教授温国绅团队的最新研究成果。该成果通过改善全球固体废物管理,探索减缓气候变暖的新途径。

该团队收集了城市固体废物产生量最高的 43 个国家和地区的数据进行建模,模拟了 2020 年至 2050 年的温室气体排放,并对这些国家和地区实现气候目标的可能性进行了评估。研究发现,在常规管理路径下,2020 年至 2050 年,城市固体废物将排放 320 亿~350 亿吨二氧化碳当量的温室气体,超过了《巴黎协定》规定的 1.5°C 或 2.0°C 的升温限制下的 110 亿~270 亿吨二氧化碳当量的排放预算。根据当前的政策执行情况,到 2100 年,地表气温将上升约 2.6°C。

团队对如何管理全球固体废物甲烷排放以缓解全球变暖的问题进行了探讨。研究指出,现有技术可以避免固体废物行业近 90% 的甲烷排放。因此,各国固体废物管理部门可以重点通过升级废物处理流程,以及倡导转变饮食、消费等行为模式来减少排放。

现有的固体废物处理途径包括填埋、回收、焚烧、堆肥和转化为沼气。团队评估了低、中、高收入国家和地区 4 种减缓变暖途径,包括厌氧消化有机废物并利用其产生的生物甲烷、减半废物产生、堆肥有机废物以及改建填埋场添加沼气捕获系统。

研究发现,每种途径对实现该行业升温限制目标都有积极贡献,但它们都不能实现《巴黎协定》规定的 1.5°C 的升温限制目标。因此,必须系统实施多种解决方案。高收入国家和地区产生大量来自加工和包装商品的固体废物,应专注于减半废物产生。而中低收入国家和地区所产生的固体废物中有机物含量较高,应专注于厌氧消化。

此外,研究还表明,最小化温室气体排放的关键杠杆,是减少城市固体废物的体积并实行有机废物的可持续管理。团队为此提出三类政策性建议:一是加强直接监管,制定并严格执行相关法律;二是使用经济手段,实施激励或惩罚举措;三是运用社会工具,加强利益相关者之间的沟通。

颠覆性技术引领上海生物医药产业新跨越

科技日报 2023.12.4

如果将 AI 应用于新药研发，从靶点发现到临床候选化合物的确定，研发时间与经费投入将大大减少，生物医药产业格局可能骤然发生巨变。颠覆性技术如此残酷而新奇，却是上海引领生产力实现新跨越的“战略必争”领域。

近日，上海重磅发布生物医药产业三大行动方案，推动合成生物、基因治疗、医疗机器人三大前沿赛道发展，找好动力源、下好先手棋、释放新动能、培育“核爆点”。在一批企业戮力前行下，三大前沿赛道正在加速形成新质生产力，展现上海科创力量。

源头创新驱动强势崛起

“在过去 10 年里，我们一直在专攻新型基因编辑工具的开发。因为我们需要突破壁垒。”辉大基因联合创始人、总裁兼大中华区总经理姚璇说。

当前，基因编辑的核心仍是获得 2020 年诺贝尔化学奖、被称为“基因魔剪”的第三代基因编辑技术——CRISPR-Cas9。全球 90% 以上的生物学实验室都在使用该技术，而其底层专利仍掌握在欧美国家手中。

“这些新兴编辑系统非常前沿，做成产品的过程具有挑战性，国际上都没有太多可参考的经验或成熟路径。”姚璇表示。目前，辉大基因拥有的多种全新靶向 DNA 和 RNA 基因编辑技术，已拿到了中国和美国的专利授权。“我们不仅有 RNA 编辑技术，还有 DNA 编辑技术的储备。这为中国未来基因编辑技术产品落地和商业化推广解决了知识产权瓶颈问题。”

细胞基因治疗无疑是推动中国生物医药产业飞速发展的革新性方法之一。但是，不同于细胞治疗已有产品在国内获批上市，基因治疗领域亟须一款国内自主研发的获批产品，给后来者一定信心。

“天泽云泰选择了‘技术成熟一个就转化一个’的商业化路径，致力于将完全创新的生物技术、颠覆性想法转换成可借鉴的成药经验。”天泽云泰首席执行官兼联合创始人赵小平说。天泽云泰成立两年就实现了两款在研产品临床获批，尤其是结晶样视网膜色素变性（BCD）适应症的产品 VGR-R01 独具典型性，其为全球首个针对结晶样视网膜色素变性研发的基因治疗产品，迄今已经完成了 I 期、II 期临床试验入组。

绘就健康赛道“产业图景”

作为新质生产力，合成生物技术在产品层要面对经过长期技术衍化形成的成熟生产体系。而在商业化阶段，如何从“量产”中来，到“市场”中去，考验着企业自身产业化能力，以及对选品未来市场规模的洞察力。

氨基酸分子式、蛋白质结构图……在昌进生物的一间会议室里，四面墙壁上点缀着由生物科技元素构成的涂鸦。透过一面玻璃墙，可以看到微生物实验室的瓶瓶罐罐。以昌进生物

为代表的企业，正抢占食品合成生物学和微生物蛋白领域研究的多个制高点，掀起食品行业的“巨浪”。

昌进生物首席执行官骆滨认为，如果将含有丰富微生物蛋白的产品和利用合成生物技术合成的营养蛋白统称为“元蛋白”，这类产品有望成为日常奶制品、肉制品的重要替代和补充。昌进生物利用合成生物学技术，成功合成了牛、羊、熊猫、鲸鱼、海豚、猫、狗等哺乳动物的乳清蛋白。这一全新的制造方式改变了蛋白的产生方式，在提高转化效率的同时，还降低了对自然环境的依赖。

短短几年，沪上一众医疗机器人新锐研发载体正逐步打开从技术创新到商业转化的新局面。目前国际领先的心血管手术器械，尺度能做到1—2毫米，且只有单一的器械功能。但上海交通大学医疗机器人研究院已牵头研发“纤微机器人”，目标直径1毫米以内。在如此小的尺度内，要集成驱动、传感、影像等功能，且能在人体狭小腔道内“行走”、弯曲、感知，采集自身形态，还要能获取与人体组织的交互力信息，材质还需确保磁共振下的兼容，难度可想而知。上海交通大学医疗机器人研究院副教授高安柱透露，目前“纤微机器人”在磁共振兼容脑电极方向已开发了原理样机，并开展了初步动物实验，有望在接下来的3年发展期内涌现阶段性成果。

未来健康是世界性课题，也是一条中国与全球几乎并驾齐驱的新赛道。相关头部企业纷纷在上海布局落地、加速奔跑，形成活跃的创新生态，为探索新质生产力提供了不同的发展路径。

五、太阳能

钙钛矿电池光电转换效率达 26.1%

科技日报 2023.11.3

近日，中国科学院合肥物质科学研究院固体物理研究所潘旭研究员和田兴友研究员团队与国内外科研工作者合作，首次发现钙钛矿阳离子面外分布不均匀是影响电池性能的主要原因，并通过设计添加剂均匀化钙钛矿薄膜相分布，获得了 26.1% 的光电转换效率（PCE）。11月2日，相关成果在线发表于《自然》杂志。

近年来，钙钛矿电池效率的提升速度明显放缓，相关研究遇到了“瓶颈”。深入研究阳离子面外方向分布，不但有助于理解钙钛矿体相载流子动力学过程，更有望推动钙钛矿太阳

电池效率的进一步提升。但是钙钛矿体相的不同阳离子组分分布以及影响电池稳定性和效率损失的原因目前尚不清楚。

研究团队对钙钛矿薄膜晶相分布进行了深度剖析，通过掠入射 X 射线衍射与薄膜截面的透射电镜分析，证明了在薄膜底部存在面间距较小的晶相，并且在薄膜底部显示出与富 Cs 钙钛矿相关的特征信号。这些实验充分说明，阳离子面外方向的梯度不均匀分布。这也是首次可视化验证了钙钛矿薄膜的阳离子组分在面外不均匀分布。

研究团队进一步分析了这种梯度不均匀分布的原因，发现不同阳离子在结晶及相转变过程中的速率差过大是导致组分不均匀的主要原因。进而，团队设计制备出均匀化的钙钛矿薄膜。这种阳离子组分均匀分布的钙钛矿薄膜极大程度上提升了载流子寿命及扩散长度，加强了载流子界面抽取。利用上述策略制备的反式钙钛矿太阳能电池获得了 26.1% 的最高效率，认证效率为 25.8%。此外，经 2500 小时最大功率电追踪后仍保持了可靠运行稳定性。

该研究成果在获得优异电池性能的同时，开辟了提升电池器件稳定性的新途径，有望打破钙钛矿太阳能电池的效率瓶颈，为进一步提升高效、稳定的钙钛矿太阳能电池提供了明确的方向。

新型可变惯量装置为光伏发电装上“频率稳定器”

科技日报 2023.11.20

“惯量模拟设备开关闭合，通信和交流并网信号正常。”记者 11 月 19 日获悉，国内首套 100 千瓦光伏发电可变惯量装置近日在河北电力科技园一次并网成功，标志着由国网河北省电力有限公司电力科学研究院（以下简称国网河北电科院）联合天津大学共同研制的新型光伏发电可变惯量控制装置进入应用阶段。

近年来，河北省光伏、风力发电等新能源发展加速。河北电力最新调度数据显示，截至 9 月底，河北南部电网仅光伏发电装机容量就已达 2700 万千瓦，占总装机容量的 44%。高比例新能源接入电网，随之带来了电力系统惯量和抗扰动水平不断下降等问题。

针对该问题，国网河北电科院在电力电子化设备并网系统惯量支撑和模拟控制技术上找到了新突破方向。自 2022 年以来，该院科研团队联合天津大学等高校，首创可变惯量时间常数的模拟算法，并配套研发国内首套光伏发电可变惯量模拟装置。

该装置采用一对串联的超级电容模组作为能量来源，能够通过实时追踪电网频率变化率

和偏移量改变惯性时间常数，具备了可变惯量调节的控制特性。经第三方机构测试，该装置可模拟的惯性时间常数变化范围在 3—12 秒，惯量响应时间在 0.3 秒以内，关键参数达到国际领先水平。研发人员利用河北省能源互联网仿真建模与控制重点实验室大量的半实物进行仿真验证和优化选型设计，最终完成了适用光伏电站的可变惯量装置的样机研制和示范应用。

据介绍，相较于传统的固定参数虚拟惯量模拟技术，此次研发的可变惯量模拟装置能够更加有效地平抑系统频率波动，大大缩短电网故障后频率恢复时间，为含高比例新能源电力系统惯量提升和频率稳定提供了新的技术方案。

全新宽带隙汞基红外非线性光学材料问世

科技日报 2023.11.10

近日，中国科学院新疆理化技术研究所晶体材料研究中心设计合成出一例目前带隙最宽的汞基红外非线性光学材料，该材料为后续设计宽带隙汞基类金刚石结构材料提供了一个新的思路。相关研究成果日前发表在《Small》上。

非线性光学晶体是全固态激光器的核心器件。汞基硫属化合物有利于产生大的非线性光学响应，是开发高性能红外非线性光学材料的优选体系之一。但该体系化合物普遍存在带隙小的缺点，阻碍了其在激光领域的应用。

此次新研发的材料，是研究人员在前期研究的基础上，通过优选结构基因结合晶体结构预测与实验合成的。据介绍，该材料综合性能优异，具有大倍频响应、宽带隙、高激光损伤阈值，有望实现高效、高功率中远红外激光的输出，可用于红外激光测距、遥感通讯等领域。下一步，科研人员还计划在材料制备方面，突破晶体的生长工艺，获得大尺寸非线性光学晶体。

漂浮太阳能装置同时产生清洁水和氢

科技日报 2023.11.16

英国剑桥大学团队开发了一种漂浮的太阳能装置，可在世界任何地方将受污染的水转化为清洁的氢燃料和纯净水。该装置可在资源有限或离网环境中发挥作用，因为它可与任何开放水源配合使用，并且不需要任何外部电源。研究结果发表在新一期《自然·水》杂志上。

该装置的灵感来自光合作用。研究人员表示，太阳能驱动的水分解，即水分子被分解为氢气和氧气，需要从完全纯净的水开始，因为任何污染物都会损害催化剂或导致不必要的化学副反应。但在偏远或发展中地区，清洁水相对稀缺，而且水净化所需的基础设施也不容易获得，水分解极其困难。如果能使用受污染的水展开工作，则可同时解决两个问题：它可分解水来制造清洁燃料，同时制造出清洁的饮用水。

研究人员将光催化剂沉积在纳米结构的碳网上，该碳网是光和热的良好吸收体，光催化剂用来产生水蒸气。多孔碳网经过防水处理，既可帮助光催化剂漂浮，又可使其远离下面的水，这样污染物就不会干扰其功能。

团队在浮动装置顶部使用了紫外线吸收层，通过水分解生产氢气。太阳光谱中的其余光传输到设备底部，使水蒸发。

研究人员称，他们模仿了植物叶子的蒸腾过程，通过这一方式可更好地利用光获得蒸汽来生产氢气。新装置对污染物的耐受性非常好，而且浮动设计允许基材在非常浑浊或泥泞的水中工作。

让太阳能板“居尘不染尘”

中国科学报 2023.11.22

过去十几年，香港理工大学机械工程系教授王钻开一直在思索一个问题——如何让物体表面实现自清洁功能。例如我国西部的太阳能板蒙尘后性能会大打折扣，而当地缺水又给清洁工作增加了难度。如果太阳能板能自己变干净，那该多好。

有趣的是，受蜜蜂的启发，王钻开终于将这个想法落地了。王钻开团队与中山大学先进制造学院副教授吴嘉宁合作，构建出一款弹性仿生刚度梯度弹射器，并开发出仿生机器人，能与太阳能板相结合形成自清洁系统。

近日，相关研究论文发表于《自然-纳米技术》。

一把神奇的“梳子”

对大自然有着细腻观察力的王钻开，在小蜜蜂身上捕捉到一个神奇的现象。

很多昆虫的前肢上都有一把“梳子”，例如蚂蚁用“梳子”清洁完触角后，会使用口器对“梳子”进行清洁，以便下一次使用，而蜜蜂却很少有清洁“梳子”的行为。蜜蜂在无数花朵上停留采集花蜜和花粉，虽然经常用这把“梳子”清洁触角，但不用清理“梳子”便可

立马飞向下一朵花继续工作。

“我们怀疑蜜蜂有自清洁的本领。”论文通讯作者王钻开对《中国科学报》说。但蜜蜂太小了，仅靠肉眼观察很难窥其真谛。于是，他们进一步做微观表征，用高速摄像机拍下蜜蜂清洁触角的过程，结果发现蜜蜂前肢上的“梳子”刷完触角后，粘在上面的颗粒会瞬间被弹出去。

“这一切发生在几毫秒之内，颗粒是以很高的加速度弹出去的，因此我们猜测蜜蜂的自清洁能力是利用了一种弹射机制，而非重力作用下的自由落体运动。”论文第一作者、香港城市大学机械工程系博士张威在接受采访时说。

研究人员进一步揭示其机理发现，“梳子”由很多梳毛组成，每根梳毛长约38微米，上面有跨越近两个数量级的刚度梯度，其尖端是软的，但到根部逐渐变硬。当刷触角时，“梳子”弯曲变形储存弹性能量，那些精妙的刚度梯度结构可增大弹性能量的储存，加速弹性能的释放，缩短能量“爆发”的时间，产生并输出更大的惯性力，以克服黏附力，将花粉和灰尘颗粒飞速弹出去。

破解弹射机制后，王钻开团队要做的就是设计如此精妙的微观结构在宏观层面上实现。而要提高清洁效率，就需要设计类似的刚度梯度。这一点十分困难。

一般的材料都是同质的，研究团队尝试了多种方法，经历了多次失败后才让材料最终实现了渐变，并制造出仿生刚度梯度弹射器，其杨氏模量从尖端的2兆帕逐渐增加到根部的150兆帕，能真正实现“居尘不染尘”。

在此基础上，他们还开发出自清洁机器人。很多户外大型基础设施都受灰尘的困扰，维护所需成本颇高，如果能在这些设施上布置自清洁机器人，便可一劳永逸。比如在太阳能板上安装自清洁机器人后，既省成本，还可长期维持表面清洁，保障稳定的电能供应。

这样的设计思路也为生物材料、功率调制以及能量转换等领域的研究提供了重要参考。

一滴水逆转科研生涯

王钻开已连续两年入选科睿唯安全球高被引科学家。而在十几年前，导师曾对他说：“你不适合读博，也不适合做科研。”

2003年，本可以在国内硕博连读的他，选择出国深造，拿到了美国波士顿大学的录取通知书。

当时，王钻开觉得，微电子代表着先进科学的方向，是时髦专业，也好找工作。于是在第一学期，他选的都是射频电路、集成电路等和所在机械系不太相关的课程。由于英语听力存在短板，再加上此前从未接触过这些课程内容，王钻开几次考试成绩都不理想。

因为学习达不到要求，导师让他换课题组，相当于被“开除”了。很快，王钴开转到一位新入职的年轻老师组里，成为其第一名博士生。但新导师安排的课题是用纳米压痕测量水凝胶的力学性能，这让好不容易从机械转到微电子的王钴开大失动力。于是，眼高手低的他自作主张做起了别的课题，由于实验能力太差，几乎毫无进展。

实验室简陋、设备不齐全，这让曾在国家重点实验室工作过的王钴开有了很大的心理落差，产生了消极怠工的情绪。不久后，王钴开又被新导师“扫地出门”。

但他心有不甘，又给多国高校发出上百封申请信，最终申请到美国伦斯勒理工学院教授 Nikhil Koratkar 2004 年秋季的博士。

一年半换了 3 个实验室，经历一连串打击的王钴开变得敏感，很害怕再次被“开除”。在高压的笼罩下，王钴开各方面都表现不佳，课题也止步不前，这又让导师产生了撵人的想法。

眼看着刚刚打开的窗户又要关闭，王钴开提醒自己一定不要再错过机会。

一次偶然的的机会，王钴开从本校材料系获得了一些碳纳米管样品。他本能地将一滴水放在碳纳米管表面，小水珠呈现出荷叶上的球状，格外晶莹剔透。这种现象叫荷叶效应，虽然已有人在该领域做出开创性研究，但对王钴开来说却是第一次接触到。

“我在液滴上加了两伏电压，液滴完全铺开并浸润到碳纳米管里面。当我把反向电压加到 100 伏时，液滴却没有任何变化。我立即把这一现象告诉了导师，他兴奋极了，甚至认为这个发现可以发《自然》。”王钴开说。

一滴水让王钴开的科研生涯发生了逆转，他重拾信心和动力，全身心扑在科研上，最终这项研究发表在《纳米快报》上，并获得了“全美杰出材料研究生银奖”和“国家优秀自费留学生奖”，甚至还被诺贝尔奖得主 K. S. Novoselov 在其《自然》论文中引用。

一个相对“冷门”领域的回暖

博士顺利毕业后，王钴开并未留在美国发展，而是选择回国。

2009 年底，王钴开入职香港城市大学，拿到 20 万元港币的启动经费，当时他的实验室不足 10 平方米。“辗转美国 3 个实验室的经历，让我明白，科研并不仅仅是拼设备，更多的是思想的竞赛，用最少的钱产出更多的新知识、新思想、新体系。”王钴开说。

对科研的重新认知也让他不再抵触老本行。机械工程已有 200 多年历史，是一个相对“冷门”的学科，这个领域几乎与顶级学术期刊绝缘。王钴开说：“做‘冷门’研究，难度系数更大。但‘风浪越大，鱼越贵’，我很想把这样一个相对‘冷门’的领域复活。”

这些年，王钴开真的把这门古老的学科做出了新花样。

2014年，他发现一滴水能呈饼状从表面弹起，并揭示了液体和固体相互接触最短时间的极限，这一研究成果入选吉尼斯世界纪录，也被《自然-物理学》评为过去15年15篇代表论文之一。

2020年，他发现一滴水可以发电，一滴雨水的动能可点亮100个小LED灯，这项研究发表在《自然》。这一年，他获得了“科学探索奖”。

2022年，他加入了香港理工大学。

如今，王钻开在《自然》《科学》等期刊发表论文200余篇，被引1.9万多次。在被大家“吐槽”为“天坑”之一的机械工程专业，王钻开用实际行动和杰出成绩扭转了“口碑”，让其魅力和前景被更多人看到，“冷门”逐渐转变为“热门”。

六、地热能

地热产业高质量发展需各方协同发力

中国科学报 2023.11.29

目前，北方地区已进入供暖季。在北方地区冬季清洁供暖推广中，地热能供暖扮演了重要角色，民众正在乐享“绿色暖冬”。

近年来，我国大力发展供暖、制冷等地热直接利用方式，产业规模发展迅速。西部首个地热供暖“无烟城”——陕西咸阳武功县，建成地热供暖能力已达920万平方米。咸阳市区地热集中供暖面积占市区总供暖面积的近三成。北京大兴国际机场地源热泵系统作为“绿色机场”的重要组成部分，为大兴机场257万平方米的建筑提供冷、热能源。

当前，地热资源亟待纳入城乡用能总体规划，由相关政府和部门制定可操作的实施方案，并结合当地资源品质和用能需求，从供暖、制冷、发电、工农业综合利用、旅游康养、储能等多方面促进地热规模化开发。这对于实现清洁取暖、优化能源结构、发展低碳经济等具有重要意义。

地热资源“富甲一方”

我国地热资源丰富，资源量约占全球地热资源的1/6，在青藏高原、东南沿海、华北平原、辽东半岛等地区广泛分布，是亟待开发的巨大“地下宝藏”。

地热资源按照埋藏深度由浅至深可分为浅层地热资源、中深层水热型地热资源和干热岩型地热资源。2015年，中国地质调查局对这些资源潜力进行过较系统的评价。

浅层地热资源利用条件好的适宜区主要分布在东北地区南部、华北地区、江淮流域、四川盆地。全国 336 个地级以上城市浅层地热能年可开采资源量折合标准煤 7 亿吨，可实现制冷面积 320 亿平方米。

中深层水热型地热资源主要分布在华北、松辽、苏北、江汉等平原和盆地，以及东南沿海、胶东和辽东半岛等山地丘陵地区。我国 4000 米以浅的中深层地热资源量折合标准煤 1.25 万亿吨，年可采资源量折合标准煤 18.7 亿吨。

干热岩型地热资源在我国分布广泛，现有技术经济条件下，青藏高原、东南沿海、松辽平原和华北平原被视为潜力区。我国埋深在 3 千米到 10 千米范围内干热岩资源量折合标准煤 856 万亿吨，其中，埋深 5.5 千米以浅约 106 万亿吨。

目前，地热能开发利用正在从浅层、中深层向深层、干热岩拓进。随着理论与技术的进步，未来将打造形成深层地热，尤其是干热岩资源的规模化经济开发技术体系，支撑我国地热产业高质量可持续发展。

地热开发大有可为

深入推进能源革命进程，地热产业的高质量发展是必然趋势，也是必然选择。不同类型、不同温度的地热资源有不同的应用场景。

200 米以浅的浅层地热主要用于建筑供暖、制冷；200 米到 3 千米的中深层水热型地热资源以 40℃到 90℃低温为主，主要用于建筑供暖、农业种植养殖、洗浴等；3 千米以深的水热型地热资源以 90℃以上中高温为主，可用于工业供热、建筑供暖和制冷，还可以梯级利用；干热岩型地热资源主要发育在 3 千米以深，以 150℃以上高温为主，与中高温水热型地热资源用途一致。浅层地热、中深层水热型地热供暖、制冷是目前地热能直接利用的主要方式，占直接利用能力的 92.16%。

我国浅层地热供暖、制冷面积约 8.1 亿平方米，浅层地热供暖、制冷已基本形成完善的技术体系，进入规模化应用阶段。中深层地热供暖面积累计达到 5.82 亿平方米，在北方清洁供暖和大气污染防治中发挥了重要作用。河北、河南、山东、天津、陕西、山西等地依托丰富的地热资源，逐渐发展成为水热型地热供暖的主要区域，占全国 70%以上。

现在的地热能开发利用与过去相比，系统更大、更复杂、投资更多；能源利用区域性、融合性更强；推广范围更大，资源条件差异性更大；创新性、技术性、管理模式要求更高；客户对能源品质需求更精细化，这对我们将基础性工作做扎实、做牢固提出了更高要求。

地热技术位于国际前列

我国浅层地热能和中深层水热型地热能开发利用已形成了比较完备的技术体系，技术

水平位于国际前列，有力支撑了我国地热能直接利用规模居于世界首位。

以中深层水热型地热开发为例，较完善的热储描述技术实现了热储的精细刻画。应用电成像测井技术和低成本碳酸盐岩非均质性识别评价技术，可以判断裂缝密度、强度、方位等，建立不同层段的裂缝模型。

地热开发具有周期性、大流量和以灌定采的技术特点。要想稳定高效地开发地热能需要考虑热量的传递、水的流动规律及其与传热之间的关系，以热储三维地质模型为基础开展数值模拟，形成采灌均衡的地热开发部署优化方法与调控技术，确保地热田科学可持续开发。目前，陕西咸阳地热田已连续稳定开发 25 年，河北雄县牛驼镇地热田已连续稳定开发 14 年。

此外，我国还创新了“取热不耗水”工程技术，实现安全低成本开发，其关键技术包括丛式井井网部署、开采井防砂完井、尾水处理、回灌井防堵解堵等。

现有技术还不足以支撑中国地热产业实现高质量可持续发展，特别是深层、干热岩开发利用面临新的技术挑战。因此，国家层面设立多个研究项目，企业、科研院所和大学也纷纷设立相关研究课题，开展深层地热能和干热岩勘探开发技术攻关，助力中国深层地热能和干热岩资源利用从实验室走向现场、走向工业化。

多措并举推动产业发展

当前，地热产业高质量发展还面临资源家底不清、经济开发难度大、基础研究和勘探开发投入仍显不足等问题。笔者建议，首先，要进一步加大地热产业可持续全方位政策支持。如国家、各级政府及相关职能部门进一步加大地热矿权设置和管理、财政补贴或税费减免等政策的支持力度，让地热行业“有策可依”、让政策“落到实处”。

其次，要持续投入人力物力。国家和地方政府、企业等多个层面需共同发力，加大地热基础性、公益性勘查投入，引入商业性地热勘查，调动社会各界投入地热资源勘查的积极性，建立地热勘查资料共享制度，尽早摸清资源家底；强化基础研究，攻克关键技术，向资源品质更高、应用范围更广的深层地热领域进军，超前布局干热岩理论研究及工程技术攻关，推进“地热+油田余热+风光+氢能+储能”等多能互补模式应用。同时，加大地热人才培养和国家级平台建设，全国一盘棋，形成地热基础研究和勘探开发工程实践合力。

最后，要将地热开发融入城乡规划，推动产业发展。做好地热利用规划与城乡基础设施规划、矿产资源规划、生态环境保护、地下水利用保护规划等相关专项规划的衔接，从供暖、制冷、发电、工农业综合利用、旅游康养等方面入手统筹整体方案，促进地热产业规模化、效益化发展。

地热分布式高效利用技术：推动京津冀地热资源三级利用

中国自然资源报网 2023.11.6

中国地质科学院水文地质环境地质研究所与河北省沧州陆特新能源科技有限公司，于2020年6月合作开展地热资源分布式高效利用关键技术与梯级利用示范研究，使分布式能源站技术集成度达到51%，截至目前已实现280千瓦地热发电、13.2万平方米建筑物供暖和设施农业三级综合利用，形成京津冀深部碳酸盐岩热储高效利用新模式。

成果：填补30°C~45°C地热水热能高品位利用技术空白

近年来，全球地热直接利用呈现出良好发展态势，随着地热产业技术的发展，地热梯级利用和分布式高效利用成为地热资源可持续发展的核心要求。但地热利用流程中长期存在30°C~45°C地热水热能高品位利用的技术空白。这是因为经过地热发电或板式换热，地热水降温至45°C后通常用热泵换热，而热泵的离心机组源侧进口水温度超过30°C后会造成压缩机内部润滑油寿命降低，增大维护成本，从而导致地热资源利用率低。

为了完善梯级利用技术体系，中国地质科学院水文地质环境地质研究所与沧州陆特新能源科技有限公司合作，实施了河北省重点研发计划项目“地热资源分布式高效利用关键技术与梯级利用示范研究”。该项目自2020年正式启动，主要依托自然资源部地热与干热岩勘查开发技术创新中心、深部地热科学与探测实验室和京津冀地热资源梯级综合开发利用科研基地（献县），聚焦地热分布式高效利用和梯级利用的技术缺陷，开展了气悬浮离心机热泵、分布式能源站、地热发电—多级供暖等关键技术与装备研发。

项目组攻克气悬浮离心热泵高转速轴承系统结构热变形等难题，基于传热学、流体动力学、结构动力学等理论，应用CFD（计算流体动力学）仿真建模和实验等手段，开展了高转速气悬浮静压电主轴系统多物理场作用下主轴稳定性研究，研发超高精度静压气浮轴承、气体动力学多点设计、超低密封泄漏等关键技术，设计了压缩机冷凝与供气系统一体化工艺，研制了气悬浮离心机热泵和装配式能源站产品；集成地热发电、供暖、制冷等技术，开展梯级利用示范，为地热分布式高效利用提供科学理论、先进技术装备和成熟标准。

其中，围绕热泵应用特点，结合理论研究，优化气悬浮离心压缩机动力学整体布局结构设计，项目组重点对离心压缩机的主轴冷凝系统、供气系统结构以及电机与轴承布局等进行优化改良，优选供气工质，研发超高精度静压气浮轴承技术、气体动力学多点设计技术，以及超低密封泄漏及冷凝与压缩机供气一体化工艺。其开发的气悬浮热泵机组的能效分析得出，在蒸发温度为24°C、冷凝温度44°C的情况下，机组整体的效率最高，能效比（COP）可以

达到 10.81，比传统热泵机组能效提高了 21%。

应用：推进地热发电—供暖—设施农业三级利用，地热能综合利用率达到 81.8%

京津冀地区地热资源丰富，开发利用潜力巨大，碳酸盐岩热储是地热资源开发利用的主要热储层，水热型地热资源量为 4.05×10^{18} 千焦，折合标准煤 3.43 亿吨。

围绕京津冀地区中低温地热资源特点及不同用户需求（电、热、冷），依托由中国地质科学院水文地质环境地质研究所、河北省煤田地质局水文地质队、浙江陆特能源科技股份有限公司共同建设的京津冀地热资源梯级综合利用（献县）科研基地，项目组在 2020 年 6 月~2023 年 6 月开展了热泵应用功热转换的传热过程研究。通过搭建地热利用系统的典型流程，应用分布式高效利用技术，项目组进行了地热梯级利用工程示范，并在示范研究过程中全程开展信息监测、系统性能优劣的评价、经济风险分析。

相关示范研究形成了京津冀深部碳酸盐岩热储高效利用新模式。其中，京津冀地热资源梯级综合利用科研基地（献县）作为重点应用示范研究，截止目前完成地热发电—供暖—设施农业三级利用示范，实现地热发电装机容量 280 千瓦、供暖 13.2 万平方米、农业大棚 3000 平方米，还有 15 万平方米供暖潜力，形成献县地热开发新模式。

示范研究成果显示出气悬浮离心热泵机组在高效开发地热能供暖上极大的节能减排社会效益。相关研究结果显示，分布式能源站技术集成度达到 51%。京津冀地热资源梯级综合利用科研基地地热发电—供暖梯级利用年可节约 4019 吨标煤，减排二氧化碳 9588 吨、二氧化硫 301 吨。如果一个 10 万平方米的中深层地热供暖工程中用气悬浮离心热泵机组替换原有常规螺杆式热泵后，可以节省约 20% 的运行能耗费。

基于有机朗肯循环（ORC）发电技术、板式换热技术、气悬浮离心热泵技术，项目组还开展了装配式能源站技术集成研究，地热三级利用地热能综合利用率达到 81.8%，比世界地热能利用系数 70% 高了 11.8 个百分点。相关成果对雄安新区地热资源勘查开发起到了重要参考作用，对京津冀地区乃至全国类似地热地质地区地热勘查开发具有借鉴意义。

七、海洋能

多元化高效开发利用海洋新能源

中国电力报 2023.10.27

《新型电力系统发展蓝皮书》提出，“推动新能源集中与分布并举、陆上与海上并举、

就地利用与远距离外送并举，构建新能源多元化开发利用新格局。”

我国海洋国土面积为 300 万平方千米，占全部国土面积的四分之一。海洋可再生能源资源开发总量超过 35 亿千瓦，其中风能资源开发总量为 30 亿千瓦，占比超过 85%。建设海洋能源高效开发利用体系将充分利用足量可再生能源，大力推动我国能源转型。

深远海风电开发成为海洋新能源开发利用的重要方向

海洋新能源广义上是指海洋所蕴藏的可再生自然能源，主要包括风能、太阳能、潮汐能、波浪能、潮流能以及海水温差能、盐差能。

国家海洋技术中心数据显示，我国海洋可再生能源虽并行发展，但海上风能无论是从可开发量还是总装机规模都遥遥领先。其中，风能可开发总量超过 30 亿千瓦，是其余能种总和的 6 倍。海上风电总装机容量已超 3000 万千瓦，最大装机功率突破 16 兆瓦，而相对具有发展潜力的潮汐能与潮流能目前总装机规模分别仅为 4100 千瓦和 1000 千瓦，海水温差能、盐差能利用尚处于实验阶段。

因此，海上风电将是未来海洋新能源利用体系中的主力。

尽管国内近海浅水风电装机容量已处于国际领先地位，但是考虑到航道、渔场以及娱乐占地等因素，近海空间重叠区域多，风能资源利用日趋饱和。而深远海风电场具有不占地、不抢占资源的优势，且蕴藏更丰富的海风资源，可开发量超过 2.9 万千瓦，是近海风能资源总量的 3 倍之多。《“十四五”可再生能源发展规划》强调，要推动深远海海上风电技术创新和示范应用。未来深远海风电开发是国内海洋新能源开发的重要方向。

立足本土研发适合我国海域的深远海技术

国内海洋资源规模化开发始于 20 世纪 80 年代，开发资源类型以油气为主。2010 年以来，随着近海浅水风电场的建设，风能资源的开发量逐渐提升，但是受开发技术及经济性限制，采用固定式风电基础开发风能资源水深受限。

深水油气浮式装置设计包括油气开发上部组块、电力系统、浮体、系泊、海上安装、动态电缆、运维等内容，与漂浮式风电的设计内容达到 70% 以上的重合，仅有风力发电机组部分存在差异。

未来海洋资源的开发必然走向深远海，而深远海资源尤其是风能资源的开发，必须依托海上现有深水装置设计及运营能力，将传统深水油气浮式装置设计技术与风机机组设计技术进行有机结合，形成适用于我国海域的抗台风漂浮式风电基础技术。

目前，国内企业开展了多个漂浮式风电项目的研究与示范，陆续投产了“三峡引领号”“海装扶摇号”“海油观澜号”漂浮式风电，正在建造“风光渔”一体漂浮式风机“国能共

享号”。

上述3个已投产的漂浮式风电基础项目，从每兆瓦钢材量来看，“三峡引领号”1029吨、“海装扶摇号”760吨、“海油观澜号”531吨，钢材重量逐步降低，且应用水深也由30米提升到120米。可见，在技术性能与经济指标方面，“海油观澜号”有较大的优势。它也是目前国内首个传统深水油气浮式装置的设计与风机机组设计有机结合的产物。“海油观澜号”投产后，经历多次台风仍保持良好的工作状态，证明了设计方案的安全性。但是，目前国内漂浮式风电基础整体投资偏高，尚未达到商业化门槛。

我国风速、流速高，台风频发；国内风能资源平均风速9~10米/秒，而欧洲能达到11米/秒以上；港口航道水深低，国内建造总装条件受制约；关键产品无法实现国产化替代；国内上网电价低，仅为欧洲国家的四分之一。独特的环境条件、码头、产业链和电价情况，决定了我们必须探索更加适合我国技术发展的本土化路线。

针对风机大功率变化趋势以及目前较高的漂浮式风电造价，国内企业正在开展大功率漂浮式风电基础的研制。中国海油在“海油观澜号”基础上，面向100米水深以上的南海海域，开展2型15兆瓦漂浮式风电基础的研发——半潜式风电基础与张力腿风电基础，其中半潜式风电基础预计2025年完成并网发电，张力腿风电基础也预计在“十五五”期间开展示范应用。

系泊系统、锚等关键产品也占据了重要的投资比例。基于目前漂浮式风电锚基础、海底张紧器、新型纤维缆等关键产品依赖国外进口的现状，中国海油等国内企业正在开展相关产品国产化的研究，以实现漂浮式风电基础的进一步降本。

探索海上风电与油气田区域电力系统互补供电

国家能源局发布的《加快油气勘探开发与新能源融合发展行动方案（2023~2025年）》指出，“海上风电开发为油气平台提供绿色电力，替代分散式燃气或燃油发电，提高能源使用效率、降低碳排放，形成海上风电与油气田区域电力系统互补供电模式。”

根据该方案，中国海油结合海上油气田开发需求，布局海上风电为油气田供电工程。“海油观澜号”7.25兆瓦漂浮式风电在南海西部就位，电力并入海南文昌油田群电网。投产后，年平均发电量可达2200万千瓦时。通过油田能源管理系统、风机监控系统以及风功率预测系统之间的相互配合，油田群的4个燃料电站与风电平台融合为一体，确保了油田风电微电网的安全稳定，实现了深远海风电能源的就地消纳。

受风能变化快、风力发电不稳定的限制，目前国内油气田微电网可接入的渗透率仅在30%~40%之间。风电制氢是针对风电波动和间歇性问题很好的解决方案。在风电发电量大

的时候，将多余的电能用于制氢，提高风电的利用率；在风电发电量小的时候，氢再次转化为电力。中国海油已有 2 条长距离大管径的天然气上岸管网，未来实现规模化风电制氢后，还可以借由已有管道输往陆上，用于陆上工业及民生的电气需求。

国内其他企业也在开展多种能源利用的探索。国家能源集团龙源浙江温岭潮光互补型智能光伏电站实现全容量并网发电；中国科学院广州能源研究所主持研发的半潜式波浪能养殖旅游平台“澎湖号”成功下海；中国地质调查局广州海洋地质调查局牵头研发的 20 千瓦海洋漂浮式温差能发电装置在南海成功完成海试。未来可结合国内其他能源利用技术，共同纳入海上油气产业的融合发展中。

未来海洋新能源开发利用体系发展三大趋势

一是形成海上油气装备多能互补的新型消纳模式。当前，国内已经实现海洋风能与油气设施的融合发展，未来随着制氢、波浪能等发电技术的商业化发展，配合储能技术，融合各类能源开发的通用性和差异性技术，还可在资源富集海域逐步构建以风能为主，光伏、波浪能、制氢等多个海洋可再生能源为辅的海上新型电力体系，从而构建更加稳定、甚至 100% 清洁能源替代的服务于海上油气生产的多能互补和源网荷储新型电力系统。

二是深远海漂浮式风电实现规模化发展。我国东南沿海经济发达省份用电需求量大，海上风电往陆上送电 100 千米~200 千米即可完成输送路径，与西部输电几千千米相比，深远海风电在输送距离上具有独特优势。加上资源禀赋较好，广东与浙江附近的深远海风电有望得到优先开发。其中，中国海油依托南海海域已建的大量油气设施及研发示范的大兆瓦漂浮式风电船型，具备可直接在邻近深水海域应用、持续优化和降本的深远海风场开发技术优势。

陆地电力企业将采用从浅水到深水的海上发电路径；海洋石油企业配合柔性直流输电技术的研发，则采用由深水向浅水、由浅水向陆上的发电路径。两种路径未来将同时存在，利用深远海风电给陆地供电。

三是海洋新能源实现运维管理智能化。海洋能源开发装置和设备往往远离陆地，其运维难度、成本和风险等级显著提高。应对新能源低成本运维以及无人化运维要求，海洋新能源领域将出现规模化智能化运维厂家，利用深度学习、数字孪生、元宇宙等技术开发智能运维系统，借助智能化手段全面提升海洋能源开发设施的感知、协同、作业决策及自主优化能力，实现对海洋能源的自主获取、自主调配和自主监督，进一步提高整体协同效率。

减少海洋塑料污染亟需全球行动

中国信息报 2023.11.1

近年来，海洋塑料污染问题愈发严重。减少海洋塑料污染迫在眉睫，亟需全球行动。

塑料在带来诸多便利的同时，也对生态环境和人类健康构成挑战。目前，人类每年生产约 4.3 亿吨塑料，其中 2/3 很快就变成了废物。

研究显示，大量塑料垃圾污染湖泊、河流和海洋。若不采取有效行动，到 2040 年，预计每年将有 2300 万至 3700 万吨塑料垃圾进入水生生态系统，相当于全球每一米海岸线将有 50 公斤塑料垃圾。

联合国环境规划署 2021 年发布的报告《从污染到解决：全球海洋垃圾和塑料污染评估》指出，塑料在海洋垃圾中占比最大、有害度最高且持续最久，至少占海洋垃圾总量的 85%；目前海洋中的塑料垃圾估计有 7500 万吨至 1.99 亿吨，无论是海底沉积物中还是海滩上均可见其身影；塑料污染正成为地球化石记录的一部分，“人类世”的一个特征，甚至有一种新的海洋微生物栖息地被命名为“塑料圈”。

塑料垃圾主要通过陆地、河流、大气等途径直接或间接进入海洋，会对海洋生物和生态系统产生不利影响。它们可能通过缠绕、窒息、遮挡光线、释放有毒物质等方式，对鲸、海豹、海龟、鸟类、鱼类、浮游生物和珊瑚等产生致命影响。此外，塑料垃圾对海洋生态系统的影响还可能改变气候。这些都可能进一步对人类健康与福祉构成威胁。

联合国环境规划署的报告显示，1950 年后的全球塑料累计产量预计将从 2017 年的 92 亿吨增长到 2050 年的 340 亿吨，因此迫切需要控制塑料生产，减少塑料垃圾进入海洋，加强塑料垃圾回收，即在塑料垃圾的产生、处置、管理等方面采取广泛行动，具体措施包括逐步淘汰不必要的塑料制品、动用税收等财政手段、推行押金退还制度、鼓励绿色化学创新、改变消费者态度等。

报告指出，解决海洋塑料污染问题需要全球共同行动，由政策制定者、企业、民众等多方参与。目前，多国呼吁就应对海洋塑料污染等制定一份具有法律约束力的国际文书。

联合国秘书长海洋事务特使彼得·汤姆森去年在肯尼亚举行的第五届联合国环境大会续会上表示，治理海洋塑料污染迫在眉睫，国际社会应携手解决海洋污染问题。

汤姆森说，海洋中的塑料难以计数，对海洋生态系统造成严重威胁，没有一个国家能从海洋污染中独善其身。保护海洋人人有责，国际社会应“制定解决方案，开启全球海洋行动新篇章”。

5826 米！我国自研海底地震仪创作业水深新纪录

中国自然资源报 2023.11.7

近日，中国地质调查局广州海洋地质调查局“海洋地质十二号”船在西太平洋海域圆满完成首次海底地震采集作业任务，海底地震仪（OBS）最大投放水深 5826 米，创下中国地质调查局海底地震作业全新水深纪录。

投放海底地震仪本次任务是广州海洋局自主研发的超深水 OBS 的首次应用，投放 OBS 共 28 台站，成功回收 27 台站，采集站位 27 个，测线长度达 411 千米，获得了大规模、大范围、大深度的高质量数据，为西太平洋地球多圈层相互作用研究提供了技术支撑。据介绍，该局自研团队创新大深度耐压密封技术实现了 OBS 深海耐压密封性能提升至 6000 米级作业水深。在 OBS 回收阶段，团队基于北斗卫星定位技术，设计了一套实时定位装置，可大幅提高 OBS 的回收速度和回收率。

他们用大科学装置为海底地层“拍 CT”

中国科学报 2023.11.6

近日，中国海洋石油集团有限公司（以下简称中国海油）发布消息称，“海洋石油 720”深水物探船搭载我国自研的海洋拖缆地震勘探采集装备“海经”系统，首次完成超深水海域地震勘探作业，并发布了我国首张超深水三维地质勘探图，使我国成为全球第三个拥有全套海洋地震勘探拖缆采集装备的国家。

而上述成果背后离不开一家成立不满两年的初创公司——合肥中科采象科技有限公司（以下简称中科采象），他们为“海经”系统提供了技术支持。

不久前，《中国科学报》记者来到中科采象的“新家”——合肥中安创谷科技园主楼的 38 层，这里本是园区自留的办公地点。

“我们刚从中国科学技术大学先进技术研究院搬到这儿不久，能找到这么好的办公区得感谢合肥市高新区科技局的帮助和中安创谷科技园园区的支持。”中科采象总经理张可立说。

一家看似名不见经传的初创公司凭什么能参与深海油气勘探关键核心技术装备的研制？这家公司又是如何获得当地政府创业扶持的？

“上天、入地、下海”

海洋地震勘探采集装备研制需要多学科融合，行业门槛高、技术难度大。全球各大物理勘探服务公司纷纷投入巨额资金，开展海洋地震勘探采集相关核心装备的研发制造，且不对外售卖核心技术，从而确保其在行业发展的优势。

“在海洋地震采集装备研制领域，我们毫无经验可以借鉴，必须探索一条全新的自主化发展之路。”张可立介绍道，中科采象获得参与研发资格还得从公司早年的技术积累说起。

2005年4月，中国科学院高能物理研究所与中国科学技术大学近代物理系共同创办了核探测技术与核电子学联合实验室。2013年11月，核探测技术与核电子学联合实验室通过了建设验收，获批核探测与核电子学国家重点实验室。

“核电子学技术可以应用于‘上天、入地、下海’，无所不能。”张可立举例说，“‘上天’我们有‘悟空号’暗物质粒子探测卫星，‘入地’我们可以为四川锦屏山地下2400千米的实验室提供先进探测器，‘下海’的应用包括深海原位探测、深水油气地震勘探装备等。”

中科采象的核心成员均来自核探测与核电子学国家重点实验室，先后参与了北京谱仪BESIII重大升级改造、中国散裂中子源反角白光中子实验装置建设、深海原位科学实验站建设等，其间积累的技术为行业应用做了充分的准备。

为了开展自主化海洋地震采集装备的研制，打破技术限制和价格垄断，在国家“863”计划和中国海油的长期持续资助下，核探测与核电子学国家重点实验室科研团队将大科学装置的高能物理实验信号采集、时间测量和系统同步等技术，应用于解决国家海洋油气勘探的关键难题，打造了国内首台海洋物探设备样机。

以“海经”为例，其固体拖缆采集系统由中科采象创始人、中国科学技术大学副教授曹平带领科研团队联合中海油田服务有限公司自主研发。该装备突破了进口设备12.5米通道间距精度的限制，能对数公里深的海底地质层进行精确三维成像。

赋权改革试点的产物

在科技成果转化和产业化的道路上，核探测与核电子学国家重点实验室一直在探索中前行。

2017年，核探测与核电子学国家重点实验室在中国科学技术大学先进技术研究院成立先进测量仪器应用工程技术中心。

张可立介绍，先进测量仪器应用工程技术中心组建了由科学家群体牵头的专业化、专门化研发团队，成功解决了数据采集装备批量生产和质量评测等工程工艺难题，形成了多达数百个关键工艺节点的制造流程体系，打通了传统校企合作的“堵点”，为产业链凝聚了队伍、

留住了人才。

“先进测量仪器应用工程技术中心成立后，研发团队研制出我国首台全新一代高精度深水油气地震勘探数据采集核心装备——海亮 II 型固体拖缆采集装备。”张可立介绍，该装备最大作业深度达 100 米，可实现深拖、斜缆宽频等特殊作业模式，性能稳定，采集成像效果优异，将我国海洋物探采集装备技术提升至国际先进水平。

2019 年，上述油气装备成果入选合肥综合性国家科学中心重大科技成果和中国科学院 70 周年院庆创新成果展。2020 年，列装在 6 缆物探船上的“海亮”系统首次在渤海高密度作业的商业应用中取得成功。

在应用领域小试牛刀后，科研团队迎来了科技成果转化的利好消息。2020 年，科技部等 9 部门联合印发《赋予科研人员职务科技成果所有权或长期使用权试点实施方案》，中国科学技术大学成为全国试点单位之一。

张可立记得赋权改革试点公布不久，中国科学技术大学就提出了“赋权+转让+约定收益”创新模式，学校将职务科技成果所有权赋予科研团队，团队以作价入股方式成立转化公司，学校以科技成果的 20%与科研团队约定收益，而不持有转化公司股权，实现了成果转化从“分粮”到“分田”的重大突破。

在此政策背景下，曹平带领团队成立了中科采象。今年 3 月，中科采象作为唯一一家企业代表，受邀参加科技部召开的赋予科研人员职务科技成果所有权或长期使用权试点工作推进会议。

“赋权改革大大加快了科技成果转化进程和高端装备的产业化进程，促进大科学装置‘沿途下蛋’，即将装置在建设、运行过程中衍生的技术，及时转移转化。”张可立说。

为海底地层做扫描

“海上的石油勘探首先需要物探船用地震勘探的方法扫描整个地质层构造。”张可立告诉《中国科学报》，高精度深水油气地震勘探数据采集装备如同一台巨大的 CT 机（计算机 X 射线断层摄影机），扫描海底地质构造，从而获得油气藏的位置与形态。

中科采象技术团队在数据采集系统架构、超大范围时钟精确同步、高性能数据采集和长距离传输、大容量数据实时读出等方面做了系统性研究，形成一套完整的大型海洋油气勘探装备关键核心模块的研制体系。

张可立告诉记者，2022 年，中科采象参与完成了亚洲最大 12 缆物探船“海洋石油 720”的大型深水油气地震勘探采集装备列装，意味着国产装备成功替代进口装备。今年 7 月，我国自主研发的海底地震勘探采集装备“海脉”在渤海海域投入使用，该装备由中科采象和中

海油田服务有限公司联合研发。

“‘海脉’装载的海底地震勘探采集装备能够捕捉到万米地层的地震波信号，该信号相当于蚊子声 1/150 大小，据此可以描绘出高清油气藏数据信息。这标志着我国在高端海洋油气勘探技术上迈出关键一步。”张可立说。

目前，中科采象已参与完成包括万吨级国产物探船在内的多艘大型物探船的列装，使之全面进入产业化进程，解决了长期制约我国海洋油气物探的关键技术难题，使我国摆脱了海洋物探高端装备长期依靠进口的局面。

除了在中科采象在高端海洋油气地震勘探装备方面的应用，中科采象的模块化技术与仪器也在更多的领域与行业形成拓展应用。

张可立告诉记者，中科采象在模块化仪器方面已形成信号处理系列产品、授时及同步触发系列产品、通用化数据读出主机等，并依据开源模块化仪器技术，研发了超高速多通道数字化仪、时间测量仪等高端仪器。

广州海洋地质调查局成立天然气水合物与碳封存核磁共振 技术示范基地

中国自然资源报 2023.11.23

为深入推进“产学研用”科技合作，加快提升科技创新能力，更好地利用广州海洋地质调查局引进的大型低场核磁共振系统，天然气水合物勘查开发国家工程研究中心（以下简称“国家工程研究中心”）联合苏州纽迈分析仪器股份有限公司（以下简称“苏州纽迈”）共同成立“天然气水合物与碳封存核磁共振技术示范基地”（以下简称“示范基地”）。近日，示范基地揭牌仪式暨核磁共振系统培训启动仪式在广州海洋地质调查局南沙科研基地举行。

示范基地旨在创建科研单位与企业的合作平台，联合攻关突破核心关键技术，促进产学研深度融合，丰富国家工程研究中心创新人才培养模式。参与合作研究单位还包括中国科学院广州能源研究所、华南理工大学、中国科学院广州地球化学研究所、北京大学、清华大学深圳研究生院和东北石油大学等科研机构。目前，示范基地的核磁共振系统磁场强度为 $0.3 \pm 0.05\text{T}$ ，射频输出功率 $>300\text{W}$ ，CPMG 最大回波个数 18000；同时加配了可变温高压驱替系统、原位成像系统、选层梯度扫描模块、T1-T2 二维核磁模块、超临界二氧化碳模块等功能，可在不同温压条件下开展储层孔隙度、孔径分布、含水率、渗吸能力及渗透率等测试分

析和水合物合成分解模拟实验，可为天然气水合物、非常规油气、碳封存等领域储层演化研究提供有力的技术支撑。为充分发挥示范基地功能，支撑核磁技术创新发展，该系统已面向社会开放使用。

海洋发展稳中提质 韧性与活力持续彰显

中国自然资源报 2023.11.14

11月9日，中国海洋发展研究会和国家海洋信息中心在厦门国际海洋周开幕式上联合发布了《2023中国海洋发展指数报告》。《报告》显示，2022年中国海洋发展指数为120.6，比上年增长2.5%，海洋发展稳中提质。

2022年中国海洋发展呈现以下特点：

一是海洋经济发展与民生改善同频共振。2022年经济民生指数为123.9，比上年增长3.8%。2022年，海洋生产总值9.5万亿元，比上年增长1.9%，海洋经济增长显示了较强的韧性。海洋新兴产业增加值比上年增长7.9%，产业结构不断优化。海洋渔民人均纯收入达3.2万元，社会民生保障能力持续增强。

二是科技创新能力持续增强。2022年科技创新指数为124.2，比上年增长2.0%。2022年，重点监测的海洋科研机构人均研发投入有所下降，比上年下降近10万元，但人才队伍规模逐渐壮大，研发人员比上年增长7.0%。海洋科技创新成果不断涌现，每万名海洋研发人员发表海洋科技论文数和专利授权数分别比上年增长2.0%和2.8%。

三是生态环境状况稳中趋好。2022年生态环境指数为115.0，比上年增长0.8%。2022年，近岸海域水质优良（一、二类）比例比上年提高0.6个百分点，海洋环境状况持续向好。中央财政安排海洋生态保护修复资金40亿元，完成整治修复海岸线60公里、滨海湿地2640公顷，营造和修复红树林519公顷，海洋生态保护修复取得积极成效。

四是资源开发利用能力明显提高。2022年资源利用指数为122.0，比上年增长4.0%。2022年，用海用岛审批程序不断优化，批准用海面积19万公顷，海洋空间资源保障有力。海上风电发电量比上年增长116.2%，海洋能源开发利用能力显著增强。海水淡化日产能力比上年增加50万吨，海水利用能力稳步提高。

五是高水平开放不断拓展。2022年对外开放指数为121.8，比上年增长3.0%。2022年，沿海港口积极开辟外贸新航线，国际航线集装箱吞吐量比上年增长5.0%，航运发展助力外

贸稳定增长。沿海地区实际使用外资创历史新高，达 1484 亿美元，国际贸易投资实现新突破。

六是海洋管理水平进一步提升。2022 年综合管理指数为 114.0，比上年增长 0.7%。2022 年，共发布海洋灾害预警 239 次，海洋灾害直接经济损失和死亡失踪人数分别比上年下降 21.5%和 67.9%，海洋观测站点数比上年增加 46 个，海洋管理服务能力进一步加强。与其他国家和地区签订的海洋领域现行有效协议 42 个，涉海国际合作与交流日益深入。

中国海洋发展指数是对一定时期我国海洋领域经济民生、科技创新、生态环境、资源利用、对外开放、综合管理等六个方面发展水平的量化评估，旨在综合评估我国海洋发展水平，助力海洋管理，引导社会预期。该指数以 2015 年为基期，基期指数设定为 100，包括 6 个一级指标、14 个二级指标和 38 个三级指标。

全国最大海缆施工船正式下水 堪比“轻型航母”

中国能源报 2023.11.20

11 月 9 日，全国首个国家海洋输电技术品牌“国蛟一号”再添重器，由国家电网自主研发的全国最大海缆施工船“启帆 19 号”正式下水。

据了解，该船排水量 2.4 万吨，相当于一艘轻型航空母舰，载缆量达 1 万吨，可装载 75 公里三芯交流 220 千伏海缆、130 公里单芯直流 300 千伏海缆或 2000 公里通讯光缆，具备深远海海缆敷设与检修作业能力，有效提升我国海洋输电装备和技术水平。

该船海缆埋设深度为全球最深，装配国内最先进的拖曳式水喷埋设犁，最大埋深达 4.5 米，更好保护海缆不受锚损。

该船定位作业能力全球最强，且海缆敷设精度全国最高。以往，海缆敷设需借助导缆笼将海缆敷设入水，水深超 40 米后，因海缆自重过大，导缆笼易对海缆造成磨损。国家电网自主研发全国首套悬链式敷设系统，利用全球最先进动态定位技术，可抵抗 9 级风力袭击和 4 节流海水冲击，确保海缆恒张力、恒速度敷设，敷设精度达 0.5 米。

此外，该船在国内首次采用电力推进技术，专设配电站，将柴油发电机产生的电能转换成直流电能，优化调配电力资源，柴油发电机燃油效率提升 25%，碳排放量减少 20%，还于国内首次采用纵向敷缆方式，施工作业范围拓展 40%，并可加装直升机起降平台，为远洋海域海缆敷设提供作业条件。

“启帆 19 号”的启用，将满足我国及东南亚地区深远海动力电缆和通信光缆敷设需求，助力绿色低碳转型。

自然资源部推进海域立体分层设权

中国自然资源报 2023.11.21

11 月 20 日，自然资源部在京举行例行新闻发布会。会上发布了《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（以下简称《通知》），并介绍了有关情况。

发布会介绍，海域空间范围包括内水、领海的水面、水体、海床和底土。现行的海域管理制度体系主要是基于海域“平面”进行管理，同一海域空间范围内仅设置一个海域使用权，海域空间资源的立体性和多功能性未得到有效发挥，部分区域的空间资源浪费较为严重。为充分发挥海域资源效益，缓解行业用海矛盾，逐步完善海域资源资产产权制度，有必要尽快探索开展海域立体分层设权。

《通知》在总结已有实践的基础上，对海域立体分层设权工作中涉及的国土空间规划、海域使用论证、用海审批、不动产登记、海域使用金征收等方面予以指导和规范。一是加强国土空间规划对立体分层设权用海的引导和约束；二是加强立体分层设权项目用海海域使用论证；三是规范立体分层设权项目用海审批和不动产登记；四是规范立体分层设权项目用海海域使用金征收。

就准确把握海域立体分层设权工作，《通知》明确了坚持依法依规、稳妥有序，坚持节约集约、生态优先，坚持分类管理、科学兼容的总体要求。

《通知》的印发，是深化海域物权制度建设的一次有益探索，将推动海域管理模式从平面向立体、从二维向三维转变，对于促进海域资源节约集约利用和有效保护、推动海洋经济高质量发展、加强海洋生态文明建设具有重要意义。

世界深海活动进展报告首发

中国自然资源报 2023.11.29

11 月 24 日，在广东深圳召开的中国大洋矿产资源研究开发协会 2023 年年会上，受中国大洋事务管理局的委托，国家海洋信息中心主任石绥祥发布了《世界深海活动进展报告

（2023）》（简称《报告》），这是该报告首次正式发布。

《报告》由中国大洋矿产资源研究开发协会和国家海洋信息中心共同编写，聚焦 2022 年度世界主要国家、国际组织、非政府组织及科研机构在深海领域的重点活动和发展动态，旨在为社会各界认识深海、经略深海提供信息支持。

《报告》指出，随着全球人口的持续增加以及陆地资源的日渐枯竭，深海大洋已成为世界各国获取资源、拓展空间、谋求发展的新高地。在科技进步时代大潮推动下，全球范围内深海治理与开发保护步伐明显加快，深海认知与经略水平显著提高。

深海治理规则谈判稳中有进。围绕公海和国际海底区域（“区域”）开发保护的国际治理规则加速形成，“区域”深海采矿规章谈判进入关键期，“国家管辖范围以外区域海洋生物多样性（BBNJ）养护和可持续利用协定”谈判取得突破性进展，2023 年各国终于就协定案文达成一致，中国也在今年正式签署了这一协定。

深海科学技术持续取得突破。深海基础理论和技术领域的空白不断被填补，围绕深海温度变化、洋流流速变化等深海对气候变化的响应机制得到揭示，极端压力下深海生物生存机制及生态功能得到更多阐释，美国、英国、日本等国家持续加强深海观测调查及通信装备技术发展，带动了深海技术革新。

深海观测调查与认知持续深化。人类对深海的探索向更大范围、更深层次、更高精度拓展，大西洋岩芯采集最深纪录被打破，南大洋最详细的海底地图发布，“海床 2030”项目全球海底地形图绘制完成率已达 23.4%，深海热液区、新地物、新物种接连发现，深海以更清晰的面貌逐渐展现在人类面前。

深海基础设施建设活动越发活跃。全球海底电缆和油气设施逐步建链成网，截至 2022 年，全球有 480 多条海底电缆系统和 1300 多个登陆点已经建成或正在建设中。海洋油气平台向低碳、浮式、多能互补等模式发展，海底油气管道建设里程不断增加。与此同时，深海基础设施的安全问题也日益引起国际重视。

深海资源开发利用逐步深化。有研究机构预计，到 2030 年全球深水油气产量将增加 60% 以上，其中超深水油气产量增长最快。日本、加拿大等推进海底矿产试采，但暂停深海采矿活动的呼声也越来越高。另外，深海生物基因逐步破解，人类对生命过程的了解更加清晰。

深海大洋生态环境保护备受关注。深海环境问题尤其是塑料污染问题突显，多处深海区域发现塑料垃圾。到 2030 年至少保护 30% 的陆地、淡水和海洋的目标得到多方承认，欧盟、法国、英国等出台举措保护更大面积的海洋。同时，基于海洋应对气候变化的解决方案深入人心，多国启动海底二氧化碳封存，深海不同区域和介质的碳封存潜力逐步得到释放。

深海国际合作广泛开展。越来越多的国家认识到深海的资源潜力和环境服务价值，各国间聚焦深海科学研究、知识交流、人才培养等的合作不断拓展和深化，国际海底管理局加紧与世界主要国家、国际组织、非政府组织深化双边合作。另外，多个国际合作计划顺利推进，“海洋科学十年”项目持续拓展，深海基因组、生物监测等多个项目获批实施。

八、氢能

氢能装备检测技术能力迎突破期

中国能源报 2023.11.20

11月16日，国家绿氢装备产业计量测试中心在石家庄成立。该中心专门从事绿氢装备研发设计、生产制造和运营维护全过程关键参数计量测试等技术与设备研发，为氢能产业提供全产业链、全生命周期的计量测试服务。

随着氢能及燃料电池汽车产业快速发展，氢能装备检验检测服务需求不断增加。业内人士认为，目前，国内氢能检测机构和氢能测试设备企业持续增多，我国氢能检测体系正不断完善，与此同时，需进一步统一氢能装备性能检测和试验方法，并进一步加强氢能测试设备技术的研发投入。

入局企业机构持续增多

根据新兴产业研究和顾问公司势银测算，综合考虑宏观形势、国家政策、地方规划等多种因素，到2025年，我国燃料电池汽车保有量有望超过7万辆，相关测试设备市场规模预计将超20亿元。

市场向好背景下，近年来，国内燃料电池测试设备的生产企业及检测中心不断增多。总体来看，在国内测试设备市场中已经有锐格新能源、科威尔、氢导智能、群翌能源、大连景源等多家企业，能够满足大功率燃料电池产品及部分电解水制氢装备的测试。

同时，已经建成的氢能检测中心，如航天101所、北京低碳院、长城氢能检测中心、天津机动车检测中心、上海机动车检验中心、重庆中汽研氢能中心、中汽研襄阳达安机动车检验中心等，检测内容基本实现对整个产业链的覆盖。

“氢能产业链非常长，在储运加环节，氢能装备测试更关注的是非金属材料、氢气兼容性、整个压力容器、储运安全等。在制氢端主要涉及电解槽，用氢端主要涉及燃料电池，测试过程比较复杂，涉及到温度、压力、电化学，电力电子等非常专业的技术。”科威尔氢能

事业部副总经理阚宏伟对记者表示，目前，国内主要测试设备企业主要布局燃料电池和电解槽测试领域。“2017年，科威尔开始进入燃料电池测试领域，我们看到绿氢产业巨大发展前景，并着手开始电解水制氢测试设备的布局。”

精细化与准确性得到加强

在政策、市场需求等多重因素推动下，国内燃料电池系统以及电解槽正向大功率快速迭代升级，这也对生产测试设备提出了新需求。

“通过布局氢能装备测试业务，我们发现，近几年燃料电池产品迭代速度非常快，一些核心关键材料其实已经可以实现国产化，燃料电池系统的性能指标状态也和国外差异不大。”阚宏伟指出，对测试设备企业、机构来说，面对测试对象的不断迭代，需要重新思考规划产线和测试设备解决方案。

值得关注的是，目前已经有不少测试设备企业针对大功率燃料电池及大功率高压电解槽推出了新测试设备。以科威尔为例，阚宏伟介绍，为应对大功率燃料电池检测需要，科威尔推出 EIS 大功率诊断设备、400kW 电堆测试台架等成套检测设备，EIS 大功率交流阻抗弥补了电化学工作站在百千瓦级别以上电堆和电解槽交流阻抗测试盲区，具有定频模式和扫频模式，可满足当前大功率电堆高电流条件下的阻抗测试需求。

此外，相关氢能检测机构也针对氢能产业各环节检测现状不断填补检测市场空白。今年9月，大连氢能检测中心完成一期建设，启用后将成为国内第一个能够完全测试基于新国家标准 GB/T42612《车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶》和 GB/T42536-2023《车用高压出氢气瓶组合阀门》的全部产品范围的机构。同时，该中心也是国内首个具备大于标准容积范围的高容积氢气瓶涉氢试验能力的型式试验机构。

仍需加大研发投入

不过，市场加速发展背后也有隐忧。记者了解到，由于氢能尚属新兴产业，氢能测试设备企业中很多为新注册企业，产品构成单一、设备实际运行时间短、专业技术人才短缺。同时，进入测试赛道的企业中也有不少由锂电测试、光伏测试等跨界到燃料电池电堆测试，高校、科研院所也会临时搭建测试台架。总体来看，国内长期专注于氢能测试设备的研发及生产企业数量不够多。

TüV 南德北亚区氢能业务负责人兼大中华区工业服务部总监 SimonLemin 建议，检测认证机构应以客户需求为导向，加强技术创新，因地制宜；同时，加强与科研机构、企业的合作，并为企业和机构搭建国内外技术支持与经验交流平台。

此外，技术标准体系不完善、涉氢检测标准不统一，也成为产业发展的阻碍。“对于燃

料电池的检测标准，目前已趋于完善，只是有些标准需要不断更新迭代，比如，在低温冷启动方面，现有的推荐标准已经不太适合当前使用要求，需要尽快更新。” 阚宏伟指出，在电解水制氢领域，公认的权威的标准仍然缺失，希望未来相关科研机构、检测机构能够联合行业测试设备企业共同制定行业标准，推动产业进步。

群翌能源副总经理吴振利对记者表示，随着行业迭代发展，检测需求也不断变化，企业应与第三方检测中心合作努力推进标准建设。

业内人士进一步指出，在燃料电池测试设备领域，国内大功率测试设备研发目前还有较多难点，如相对于小功率测试台架，大功率燃料电池测试设备要应对更为复杂的气路设计、对湿度以及响应时间有更高的要求，这些都需要相关企业投入更多的资源和资金进一步加速研发。

法国发现全球最大白氢矿 澳大利亚试钻首口白氢井

中国能源报 2023.11.20

近期，法国北部一座老煤矿矿床下发现拥有丰沛氢气，这种自然产生或存在于地壳中的“天然氢”也被称为白氢，法国的发现为世界上目前已知储量最大白氢矿，不仅在科学界备受瞩目，在能源领域同样引发热议。从理论上讲，白氢是天然的可再生能源，所含能量是石油的3倍，可以通过化学反应在地下不断自然产生，这意味着其能够源源不断地被开采。白氢开采和生产一旦实现商业化，不仅可以代替基于化石燃料生产的灰氢，甚至能令基于可再生能源电解水生产的绿氢黯然失色。全球范围内，围绕白氢勘探和生产的试验项目越来越多。业界普遍认为，这个最干净且相对具有成本效益的可再生氢，有望重塑能源格局并掀起新一轮绿色革命。

氢气浓度随探测深度增加

法国洛林大学和法国国家科学研究中心的一个科学团队在法国东北部寻找甲烷时，无意间在洛林矿盆地下发现了高浓度氢气，随着探测深度增加，氢气浓度也逐渐升高。

领导团队的菲利普·德·多纳托和雅克·皮罗农表示，当探测深度达到1093米，氢气浓度为15%；探测深度达到1250米时，氢气浓度增加到20%。根据计算，探测深度达到3000米时，氢气浓度可能增加到98%。

法国国家科学研究中心发布研究报告指出，洛林矿盆地发现的白氢矿，经测算，含氢量

在 600 万吨到 2.5 亿吨之间，是目前全球发现的最大白氢矿床。

菲利普·德·多纳托表示：“白氢是纯氢或接近纯氢，无需处理且燃烧过程中不产生温室气体。这一发现将是世界向清洁、气候友好型能源过渡迈出的一大步。”

不过，雅克·皮罗农提醒，现在谈利用白氢为时过早。首先，需要证明在目前探测器所能到达的最深处，氢气浓度是否仍然持续增加；此外，如何有效利用这种资源并找到可行的商业模式也是需要思考的问题。

资金和技术是新挑战

美国地质调查局地球化学家杰弗里·埃利斯估计，地球表面下可能蕴藏着数百亿吨白氢，可以满足全球数百年能源需求。“我们有望迎来新一轮能源革命。”

“不过，（数百亿吨）分布较散、位置不好，短期内实现经济生产有点难。”杰弗里·埃利说，“但只要能完成 1% 的开发，就能在 200 年时间里实现 5 亿吨氢气产量。”

事实上，世界各地都发现了白氢矿，包括美国、俄罗斯、澳大利亚、阿曼、马里等。其中，马里是目前世界上唯一一个正在开采白氢的国家，开采井位于首都巴马科西北约 60 公里处，1987 年在钻井取水时偶然发现。据悉，目前，这口井已经喷涌了 11 年氢气，为附近村庄提供无碳电力。

美国有线电视新闻网报道称，根据马里井估算，白氢生产成本约为每千克 1 美元，而绿氢生产成本约为每千克 6 美元。不过，如果大量矿藏需要更深钻探，白氢开发成本可能会上升。

“白氢非常有前途。”法国波城大学科学研究员、白氢专家伊莎贝尔·莫雷蒂表示，“现在的问题不是储量，而是资金和技术。”

英国《独立报》援引投行数据称，预计到 2030 年，白氢产业价值将达到 750 亿美元。尽管目前开发仍处起步阶段，还需要对商业开采以及环境影响进行评估，但白氢仍可能颠覆清洁能源行业，成为钢铁、航空、海运等难脱碳领域的“解药”。

开采白氢的竞争已开始

一直以来，业内对自然界是否具备足够进行商业化勘探和开发的白氢储量持怀疑态度，但随着越来越多储量被发现，白氢商业开采已提上日程，一场新竞争悄然拉开帷幕。

10 月，澳大利亚初创公司 Gold Hydrogen 在南澳约克半岛拉姆齐项目试钻了第一口白氢井。早在 20 世纪 20 年代，约克半岛就发现一块拥有含 80% 氢的矿藏地。该公司总经理尼尔·麦克唐纳表示，还有更多测试和钻探工作要做，初步预计 2024 年底可开始早期生产。

今年 2 月，美国两家天然氢公司 HyTerra 和 NH2E 在内布拉斯加州开发一口专门测试白

氢的井，将通过压裂将白氢释放出来。

美国初创企业 Koloma 则于近期获得 9100 万美元投资，准备在美国中西部开采白氢，但对于具体钻探地点和商业化目标仍守口如瓶。美国 Natural Hydrogen Energy 公司于 2019 年在内布拉斯加州完成一个勘探井，目前计划开发新井，该公司透露，已经非常接近第一个白氢商业项目投运。

英国 Getech 公司几十年来一直在帮助化石燃料公司分析原油和甲烷储量的地质数据，目前决定调整软件技术来寻找储存在地壳中的白氢。Getech 董事长理查德·班尼特表示：“白氢有望成为主要清洁能源。未来一段时间，勘探企业将愈发热衷利用专业知识和技术设备来勘测白氢‘最佳位置’。”

国际首套 1300 标方/时电解水制氢系统投运

中国电力报 2023.11.15

11 月 8 日，中国华能集团有限公司牵头研制的国际首套 1300 标准立方米/时碱性电解水制氢系统在华能四川彭州制氢站顺利满负荷产氢，标志着国际上商业示范的单体产氢量最大的碱性电解槽成功投运，对推动我国绿氢产业技术发展具有重要意义。

该制氢系统由华能四川公司与华能清能院合作研制。其核心设备 1300 标准立方米/小时高电流密度压力型碱水电解槽，突破了大尺度高性能析氢和析氧电极制备、电极板流场结构创新等关键技术，解决了大型电解槽装配工程技术难题，多项关键性能指标达到国际领先水平。

碱性电解水制氢是指在碱性电解质环境下进行电解水制取氢气的过程，具有技术成熟、成本相对较低等优势，已成为目前我国电解制氢领域最重要的技术路线。

首个产业标准体系建设指南发布 推动氢能全产业链标准化发展

人民日报 2023.11.24

氢能是一种来源丰富、绿色低碳、应用广泛的二次能源，对于构建清洁低碳安全高效的

能源体系，其开发利用具有重要意义。国家能源局科技司有关负责人介绍，目前，我国已初步掌握氢能制备、储存、运输、加注等主要技术和生产工艺；制备方面，2022年我国氢气年产量超3500万吨，是世界最大制氢国。但总体看，氢能产业仍处于发展初期，发展路径还需进一步探索。

国家标准委、国家能源局等六部门联合印发《氢能产业标准体系建设指南（2023版）》（以下简称《指南》），系统构建氢能制储输用全产业链标准体系。首个国家层面氢能全产业链标准体系建设指南将如何带动氢能产业发展？记者采访了相关部门负责人和专家。

氢能示范应用在交通领域有序推进，在工业、建筑、储能等领域积极拓展

氢能将如何走进生产生活？记者前往北京大兴国际氢能示范区一探究竟：展示厅里，加氢站模型、氢燃料发动机、氢能自行车、氢能摩托车、氢能叉车……高科技产品琳琅满目。

北京大兴区氢能工作专班副主任孙静介绍，示范区初步构建涵盖制储输用各环节的氢能产业链，在交通、建筑和制储能三大领域开发应用场景。

国家能源局科技司有关负责人介绍，目前，氢能示范应用在交通领域有序推进，在工业、建筑、储能等领域积极拓展。中国氢能联盟发布的报告显示：2022年，中国氢燃料电池汽车销售量新增3367辆，保有量达12682辆，同比增长约36%；建成加氢站358座，同比增长超40%。

“十四五”以来，我国氢能产业快速发展，相关政策体系随之建立健全。《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》明确统筹推进氢能“制储输用”全链条发展；《“十四五”现代能源体系规划》对氢能技术创新、示范应用等进行部署；《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》（以下简称《规划》）对当前和未来一段时间氢能产业发展作出了系统部署。

全国氢能标准化技术委员会秘书长鲍威说：“我国目前发布的氢能产业相关国家标准超过100项，行业标准、地方标准、团体标准及企业标准等也在快速推进。”国家标准委相关负责人介绍，《指南》对于发挥标准对氢能产业发展的基础性、战略性、引领性作用，促进氢能产业高质量发展具有重要意义。

提高产品技术门槛，降低产业链各环节衔接成本，促进产业高质量发展

《指南》如何发挥对产业发展的规范和引领作用？国家标准委相关负责人认为，这体现在三大协同作用：

注重产业链上下游标准的协同。《指南》重点面向低碳氢生产、高效氢储运、可靠氢加注、多元化氢能应用，系统构建了氢能产业标准体系框架，涵盖了111项现行国家标准和行

业标准，28项正在制定和19项计划制定的国家标准和行业标准。

注重创新技术与标准的协同。《指南》重点关注氢能制储输用各环节的关键核心技术、产品，协同推进技术创新、标准研制、产业发展，以标准促进技术创新成果转化。充分调动产学研用各方的积极性，加快制定一批氢安全、输氢管道、加氢站设备、燃料电池系统及其零部件、燃料电池汽车等方面的标准。

注重国内国际标准的协同。在开展国内标准研制的同时，《指南》强调积极提升氢能国际标准化水平，提高企业、研究机构、高等院校的国际标准化能力，鼓励参与氢能国际标准化工作，将我国氢能领域先进技术和应用经验转化成国际标准。

“《指南》的发布，有助于提高氢能产品技术门槛，降低产业链各环节的衔接成本，从而促进氢能产业高质量发展。”隆基氢能总裁、中国能源研究会氢能专业委员会委员马军认为，产业化初期，一些环节技术和产品还不成熟，各类示范和应用项目开始启动，标准统一将增强行业可持续发展和规模化生产的动力。

氢能开发利用不断提速，标准化进程与科技创新协同发展

近年来，氢能开发利用不断提速。今年，在内蒙古鄂尔多斯，全球最大绿氢耦合煤化工项目开工，可实现年制绿氢3万吨、绿氧24万吨；在新疆库车，我国规模最大的光伏发电直接制绿氢项目全面建成投产，每年可生产2万吨绿氢，将全部就近供应炼化企业……马军认为，标准化进程与科技创新协同发展，对于新技术推广和项目技术路线的选择，更具引领和指导作用。

国家标准委相关负责人介绍，我国氢能产业总体尚处于示范应用和商业模式探索阶段，为促进产业高质量发展，还要深度参与国际标准化工作，逐步提高我国氢能国际标准化影响力。

根据《指南》相关要求，鲍威表示：“一方面，我们将对标国际先进水平，引进转化先进适用的国际标准，带动国内氢能领域技术提升；另一方面，主动提出国际标准提案，积极牵头或参与国际标准起草，培养一批懂标准懂技术专业国际标准化人才，及时将我国先进技术和示范应用经验转化成国际标准。”

在生产方面，国家能源局科技司有关负责人介绍，我国氢气产量目前主要以化石能源制氢为主，绿氢制备还面临生产成本偏高、专用基础设施不足、能量损失较大等问题，与大规模商业化推广还有距离；氢能产业链配套设施尚不成熟，应用成本较高。

《规划》提出，结合资源禀赋特点和产业布局，因地制宜选择制氢技术路线：在焦化、氯碱、丙烷脱氢等行业集聚地区，优先利用工业副产氢，鼓励就近消纳；在风光水电资源丰

富地区，开展可再生能源制氢示范，逐步扩大示范规模，探索季节性储能和电网调峰……

根据《规划》，到 2025 年，可再生能源制氢量达到 10 万吨至 20 万吨每年，成为新增氢能消费的重要组成部分。国家能源局科技司有关负责人表示，下一步，要强化规划引导作用，推动地方结合自身基础条件理性布局氢能产业，实现产业健康有序和集聚发展；围绕氢能商业模式、价格机制、市场机制等全产业链技术发展和解决方案等，开展课题研究和现场调研。

我国氢能发展有关政策梳理

中国电力报 2023.11.22

2020 年 9 月 16 日

财政部工业和信息化部、科学技术部、国家发展改革委、国家能源局印发《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》

完善燃料电池汽车和氢能相关技术指标、测试标准。为燃料电池汽车示范应用提供经济、安全稳定的氢源保障，探索发展绿氢，有效降低车用氢能成本。建立氢能及燃料电池核心技术研发、加氢站建设运营、燃料电池汽车示范应用等方面较完善的支持政策体系。要明确氢的能源定位，建立健全安全标准及监管模式，确保生产、运输、加注、使用安全，明确牵头部门，出台加氢站建设审批管理办法

2021 年 9 月 22 日

中共中央、国务院印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》

统筹推进氢能“制储输用”全链条发展，推动加氢站建设，推进可再生能源制氢等低碳前沿技术攻关，加强氢能生产、储存、应用关键技术研发、示范和规模化应用

2021 年 10 月 26 日

国务院印发《2030 年前碳达峰行动方案的通知》

加快氢能技术研发和示范应用，探索在工业、交通运输、建筑等领域规模化应用

2021 年 11 月 29 日

国家能源局、科学技术部印发《“十四五”能源领域科技创新规划》

攻克高效氢气制备、储运、加注和燃料电池关键技术，推动氢能与可再生能源融合发展

2021 年 11 月 30 日

国家发展改革委、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局印发《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求 推动数据中心和5G等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》

结合储能、氢能等新技术，提升可再生能源在数据中心能源供应中的比重

2022年1月30日

国家发展改革委、国家能源局印发《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》

推行大容量电气化公共交通和电动、氢能、先进生物液体燃料、天然气等清洁能源交通工具，完善充换电、加氢、加气(LNG)站点布局及服务设施，降低交通运输领域清洁能源用能成本。探索输气管道掺氢输送、纯氢管道输送、液氢运输等高效输氢方式。鼓励传统加油站、加气站建设油气电氢一体化综合交通能源服务站，探索建立氢能产供储销体系。持续支持可再生能源、电力、核电、氢能等清洁低碳能源相关技术人才合作培养

2022年3月16日

国家发展改革委、外交部、生态环境部、商务部发布《关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见》

深化能源技术装备领域合作，重点围绕高效低成本可再生能源发电、先进核电、智能电网、氢能、储能、二氧化碳捕集利用与封存等开展联合研究及交流培训

2022年3月17日

国家能源局印发《2022年能源工作指导意见》

因地制宜开展可再生能源制氢示范，探索氢能技术发展路线和商业化应用路径

2022年3月23日

国家发展改革委、国家能源局印发《氢能产业发展中长期规划(2021-2035年)》

部署了推动氢能产业高质量发展的重要举措，包括系统构建氢能产业创新体系、统筹建设氢能基础设施、有序推进氢能多元化应用、建立健全氢能政策和制度保障体系

2022年6月30日

住房和城乡建设部、国家发展改革委印发《城乡建设领域碳达峰实施方案》

根据既有能源基础设施和经济承受能力，因地制宜探索氢燃料电池分布式热电联供

2022年7月7日

工业和信息化部、国家发展改革委、生态环境部印发《工业领域碳达峰实施方案》

推进氢能“制储输运销用”全链条发展

2022年8月18日

科学技术部、国家发展改革委、工业和信息化部、生态环境部、住房和城乡建设部、交通运输部、中国科学院、中国工程院、国家能源局印发《科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2022-2030年)》

研发可再生能源高效低成本制氢技术、大规模物理储氢和化学储氢技术、大规模及长距离管道输氢技术、氢能安全技术等；探索研发新型制氢和储氢技术

2022年8月24日

工业和信息化部、财政部、商务部、国务院国资委、国家市场监督管理总局印发《加快电力装备绿色低碳创新发展行动计划》

装备体系绿色升级行动——着力攻克可再生能源制氢等技术装备，加快制氢、氢燃料电池电堆等技术装备研发应用，加强氢燃料电池关键零部件、长距离管道输氢技术攻关；技术基础支撑保障行动——完善新型储能、氢能等全产业链标准体系。开展制氢关键装备及技术应用，推进不同场景下的可再生能源-氢能综合能源系统应用，推动长距离管道输氢与终端装备应用

2023年3月28日

国家能源局印发《加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》

提升氢能基础设施智能调控和安全预警水平，探索氢能跨能源网络协同优化潜力，推动氢电融合发展

2023年4月6日

国家能源局印发《2023年能源工作指导意见》

积极推动氢能应用试点示范，探索氢能产业发展的多种路径和可推广的经验。加快攻关新型储能关键技术和绿氢制储运用技术，推动储能、氢能规模化应用

2023年7月19日

国家标准化管理委员会、国家发展改革委、工业和信息化部、生态环境部、应急管理部、国家能源局印发《氢能产业标准体系建设指南(2023版)》

明确了近三年国内国际氢能标准化工作重点任务，系统构建了氢能制、储、输、用全产业链标准体系，涵盖基础与安全、氢制备、氢储存和输运、氢加注、氢能应用五个子体系。

九、风能

全球海上风电发展报告发布

中国电力报 2023.10.27

全球风能理事会(GWEC)发布的《2023 年全球海上风电报告》显示，2022 年全球海上风电新增装机 880 万千瓦，累计装机 6430 万千瓦，遍布三大洲 19 个国家，中国新增、累计装机均位居全球第一。

2022 年是全球海上风电安装历史上第二高的年份，仅次于 2021 年。

2022 年全球海上风电新增装机：欧洲 28%，亚太地区 72%

全球海上风电累计装机占比区域分布

47.1%欧洲；0.1%北美洲；52.9%亚太地区

全球海上风电累计装机排名前五的国家依次为：中国、英国、德国、荷兰、丹麦，总占比高达 91%。(截至 2022 年底)

9%其它；3.6%丹麦；4.4%荷兰；12.5%德国；48.9%中国；21.6%英国

2023 年全球海上风电供应链高度集中,主要分布在亚太地区和欧洲地区。

除中国外的市场：2023 年整机产能预计 1140 万千瓦，2024 年产能预计 1520 万千瓦。

中国市场：2023 年产能为 1600 万千瓦，中国本土整机商占比 94%，非本土占比 6%。

未来十年(2023 年~2032 年)预测，逐年递增

◆海上风电装机容量将超过 3.8 亿千瓦。

到 2032 年底，海上风电总装机容量将达到 4.47 亿千瓦。

◆预计 2032 年全球海上风电新增装机将达到 6020 万千瓦。新增装机中近一半的增长预计将来自亚太地区，其次是欧洲、北美和拉丁美洲及加勒比海地区。

◆亚太地区新建的海上风电每年可减少约 6.5 亿吨二氧化碳。同时，新的装机还将为亚太地区创造新的绿色产业以及成千上万个新就业岗位。

◆2023~2027 年的新增海上风电装机容量仅占预计新增容量的三分之一，部分原因是充满挑战的市场条件，在短期内阻碍了欧洲和美国的海外海上风电开发。

◆到 2026 年，除中国外，世界其他地区都将面临潜在的瓶颈。而要解决这些瓶颈问题，需要进一步的投资和全球合作。

我国风电真正走进“无人区”

中国高新技术产业导报 2023.10.30

在“双碳”目标指引下，我国风电产业近年来规模增长平稳，技术创新持续突破，产业业态不断完善。同时，风电行业当前仍面临着“成长的烦恼”：项目投资收益率逐步走低，关键技术和设备瓶颈有待突破等。

近日，在北京举行的 2023 北京国际风能大会暨展览会（CWP2023）上，国家能源局新能源和可再生能源司副司长王大鹏表示，风电行业要锚定“双碳”目标，进一步通过技术和模式创新，不断提高经济性，推进风电高质量跃升发展。

全产业链优势显著

在发展风电的道路上，我国从未停歇，产业装机规模持续增长。数据显示，今年 1-8 月，全国风电新增并网装机 2892 万千瓦，其中陆上风电 2765 万千瓦，海上风电 127 万千瓦。截至今年 8 月底，全国风电累计并网装机达到 3.95 亿千瓦。

中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩表示，近年来，全球每年新增风电装机有 40%-50%是在我国，基于此规模需求，我国才拥有了完整的风电供应链、产业链。

CWP2023 公布的数据显示，作为全球最大风电市场及最大风电装备制造基地，我国风电零部件及整机产量占据全球 60%以上市场份额，关键零部件的产量占到全球市场的 70%。据统计，2022 年在全球新增装机排名前十的整机制造企业中有 6 家来自于我国，合计约占全球风电新增装机容量的 56.4%。

王大鹏说，目前，我国风电产业已实现技术研发、开发建设、设备供应、检测认证、配套服务等方面全覆盖，一条高度专业化、国际化的产业链已经成型。

金风科技股份有限公司总裁曹志刚认为，在我国风电过去数十年的发展中，产业链供应链起到了坚实的支撑作用，推动着科技创新、技术进步，为开发商、投资者提供了可靠的产品保障，促使风电成本大幅下降，使之成为绿色、可负担的能源。到 2030 年甚至更长一段时间内，全球风电将会保持高速增长，核心支撑力量依然是产业链供应链。

技术创新加速升级

得益于政策推动和行业共同努力，近年来，我国风电行业产品和技术创新步伐明显加快，大兆瓦机型推陈出新，智能化水平加速提升，度电成本稳步下降，技术创新正为风电行业快速发展插上腾飞翅膀。

在远景集团高级副总裁田庆军看来，不论是技术创新、产品形态还是商业模式，可以参

考借鉴的经验已越来越少，我国风电真正走进“无人区”。

“风电技术研发有序推进。”王大鹏表示，当前，我国风电不仅具备大兆瓦级风电整机自主研发能力，而且形成了完整的风电装备产业制造链，制造企业的整体实力与竞争力大幅提升，在大容量机组研发、长叶片、高塔架应用等方面处于国际领先水平，新技术应用不断涌现，以激光雷达为代表的新型传感技术、以大数据分析为基础的智能技术，使得风电整体管理变得更加高效。

金风科技产品与解决方案中心总经理赵祥说，风电行业新机型年发布数量从2020年的90个，到去年已增至223个，创新产品规模逐年增加的背后，是科技创新带来的内生动力，以及行业需求多样化、规模化开发带来的外部需求不断增加。

据悉，在CWP2023现场，多家风电企业发布新品。比如，东方电气风电股份有限公司发布18MW直驱海上风电机组、18MW半直驱海上风电机组、10MW+陆上风电机组三款新产品，三一重能重磅发布全球陆上最大的15MW风电机组及13/16MW海上风电机组，阳智能发布全球最大的海上机型MySE22 MW海上机组。

王大鹏表示，风电技术不断取得新突破，机组大型化趋势明显，进一步提升风电的发展质量。

加快全球产业链建设

受补贴退坡政策等因素影响，近两年国内风电整体发展不及预期，整机商价格战激烈，企业业绩承压明显。

“风机价格战已经持续两年多了，陆上风机单位价格从近4000元/千瓦降到1500元/千瓦左右，海上风机单位价格从7000元/千瓦左右降到3500元/千瓦左右，虽然风电成本不断下行，但近年来风机单位价格下降速度之快却是空前的。”田庆军表示，企业以低价换取市场份额的做法不可取。

田庆军说：“要在保证质量安全的前提下进一步降本，全自研成为关键。核心部件自研可以突破行业固有限制，实现新产品的快速推陈出新。”

同时，维护风电供应链健康安全，是风电行业一直追求的目标。王大鹏表示，风电是一个高度国际化的新兴产业，要在全球范围内构筑安全稳定、畅通高效、开放包容、互利共赢的风电产业链供应链体系，才能最大程度提升风电行业技术实力和应用规模，

在CWP2023期间，100多家中外风电企业代表与多个行业组织共同签署并发布《全球风电产业链供应链安全宣言》，加快全球风电产业链供应链建设，进一步增强供应能力，为建设零碳世界提供关键支撑。

全球最大海上风电场开始发电

中国科学报 2023.11.1

近日，全球最大海上风电场——Dogger Bank 的首台风力发电机已开始发电，并向英国电网输送电力。这标志着该风电场首次成功发电。

Dogger Bank 位于英国东北部的北海海域，距离英格兰东北海岸约 130 公里处。该风电场预计安装 277 台风力发电机，将在 2026 年全面运行，届时将为 600 多万户英国家庭供电。

近日开始发电的首台风力发电机是美国通用电气公司（GE）研制的 Haliade-X 发电机。该风机高达 260 米，产生的电力通过高压直流（HVDC）输电系统传输到英国国家电网。这是英国风电场首次使用 HVDC 技术。

这些高大的风力发电机由 Jan De Nul 集团的自升式风电安装船“Voltaire”号安装完成。“Voltaire”号是世界上最大的自升式安装船，当它用四条“腿”站在海底时，比埃菲尔铁塔还要高。

据悉，Dogger Bank 分四期建设。目前，风电场一期工程——Dogger Bank A 已完成所有基础施工并顺利发电，二、三期工程——Dogger Bank B 和 C 已经开始施工准备。而四期工程 Dogger Bank D 于近期提出，尚在计划中。

在清洁能源建设方面，由于开发商称发电价格过低，最近英国政府的清洁能源项目招标没有给予海上风电场任何新的合同。与此同时，英国首相苏纳克也宣布，计划削弱并推迟英国净零排放计划。尽管英国是第一个制定具有法律约束力碳预算的国家，在其化石燃料行业萎缩的情况下，政府仍在发放新的北海石油和天然气开采许可证。（徐锐）

广东汕头：加快打造海上风电创新策源地

科技日报 2023.12.1

11 月 30 日，汕头国际风电技术创新大会在广东省汕头市举行。近 20 个国家和地区的政府官员、国际组织代表、外交使节、院士专家齐聚一堂，共同探讨当前全球海上风电发展的技术新路径，以更好地支撑国际社会应对气候变化、实现能源转型。

“面向碳中和目标，我们正面临一场史无前例的由化石能源走向新能源的能源绿色转

型。”中国工程院院士黄震指出，能源转型将呈现新能源从补充能源走向主体能源等五大趋势。“未来会走向基于技术创新的新能源开发利用，虽然所有的国家和地区资源利用量有所不同，但是大家都有风、光，利用技术把太阳能、光和风转换成新能源的电力是未来的重要发展方向”。

“过去 10 年，我国海上风电蓬勃发展，技术创新起到了重大作用。”中国科学院广州能源研究所海洋能研究室主任盛松伟同样强调了技术创新的重要性。

以汕头为例，汕头是一座向海而生的城市，海上风能资源丰富优越，基础设施配套日臻完善，具备开发 6000 万千瓦海上风电的巨大潜力。近年来，汕头前瞻性布局技术创新中心，重点建设全球最大的 40 兆瓦级风电机组电气及动力学六自由度实验平台。

论坛上，该实验平台正式亮相，这将是世界上规模最大、最先进的风电机组六自由度测试平台。该实验平台可为超大容量的风电机组提供贴近实际工况的实验环境，全面评估和检验风电机组的性能和可靠性。建成后，将为汕头乃至全国的风电机组的研发设计、生产制造提供强有力的技术支持。

科技创新不仅为汕头乃至我国的风电产业注入源源不断的新动能，也吸引着越来越多的国际眼光。“中国海上风电发展非常迅速，让人感到非常震撼。”荷兰王国驻广州副总领事唐孟珂特别提到 40 兆瓦级风电机组电气及动力学六自由度实验平台，“这将为世界的风电测试提供技术支持”。

“在过去，中国风电发展取得了令人瞩目的成就，装机占全球的四成，制造了全球 70% 左右的风电部件和整机；通过持续创新，使技术实现从跟随到引领的转变，为全球应对气候变化、推进能源转型作出了重大贡献。”中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长、世界风能协会副主席秦海岩说。

未来我国海上风电产业应如何发展？“我国海上风电在技术创新方面应坚持走融合发展之路。融合发展指的是同一片海域内使用共同的技术平台、电力系统、锚泊系统，共同开发海上风电、波浪能、海上光伏等海上新型可再生能源，以风电带动其他可再生能源的发展。”盛松伟建议，开发风电的同时，可依托技术创新开发海洋牧场，这样既可从海上塑造绿色电力，也能获得优质海产品。

在中国科学院院士李灿看来，海上风电行业的发展前景光明，但也面临诸多困难，如海上风电怎样将生产的电力输送到陆地上。他建议，绿色氢能与液态阳光甲醇不失为一种解决海上风电能源的储存和运输问题的良好方法。

“产业集群化发展，加大技术创新，走向国际。”秦海岩强调，建设垂直一体化的产业

集群是最佳路径。“这就是为什么我们要在汕头打造国际风电创新港，目的是建设一个世界级风电产业集群，打造国家风电产业根据地和国际风电创新策源地。”他说。

据介绍，随着“四个一体化”海上风电装备制造产业园即将竣工，40兆瓦级风电机组电气及动力学六自由度实验平台、海上风电培训中心、集中送出工程、海上风电母港等项目陆续开工建设，汕头国际风电创新港的雏形已经形成。

汕头市委书记温湛滨表示，汕头将进一步发挥优势，大力培育海上风电生态体系，高质量建设国际风电创新港，打造成为服务全国、辐射东南亚、面向全世界的国际海上风电产业根据地和创新策源地。

十、核能

全球最大核聚变反应堆成功点火

中国科学报 2023.11.2

近日，全球最新、规模最大的核聚变反应堆 JT-60SA 成功点火，成为实用型核聚变能源漫长发展进程中的一个里程碑。

据《科学》报道，JT-60SA 是一个由日本和欧盟共同合作建造运行的超导托卡马克装置，位于茨城县日本原子能研究开发机构（JAEA）内。

在国际热核聚变实验堆（ITER）运行前，JT-60SA 是世界上最大的热核聚变实验装置。它的一个目标是为 ITER 探索核聚变反应的最佳条件和参数，测试相关技术和操作要点。

日本的 JT-60SA 和其他托卡马克装置一样，有着“甜甜圈”形的真空管道，外部缠绕着可产生磁场的超导线圈，腔体内部是炽热的电离气体云或等离子体，诱导氢原子核融合并释放能量。这台四层楼高的装置可将等离子体加热到 2 亿摄氏度并维持约 100 秒。

ITER 计划的欧洲执行机构——欧洲聚变能组织（F4E）和日本量子科学技术研究所（QST）合作开发了 JT-60SA。F4E 项目主管 Sam Davis 表示，JT-60SA 的成功点火“向世界证明了该装置实现了基本功能”。

QST JT-60SA 项目负责人 Hiroshi Shirai 表示，JT-60SA 目前维持的运行时间，还不足以支撑有意义的物理实验。

与许多聚变项目一样，JT-60SA 也经历了延误，其时间表延长到 15 年以上。按照最初计划，JT-60SA 应在 2016 年上线。但重新设计、采购问题以及 2011 年的大地震都对 JT-60SA

的上线产生了影响。此外，在 2021 年 3 月的一次测试中，JT-60SA 的一个超导磁线圈的供电电缆发生短路。由于关键接头的绝缘性不足，这次短路损坏了电气连接，并导致氦气泄漏，降低了冷却系统性能。为了安全起见，JT-60SA 团队重新设计了 100 多个电气连接绝缘层，而这项工作耗时两年半。

不过，这次事故也提醒了 ITER 的工程师们。他们计划对 ITER 的线圈进行更仔细的检查和测试。

据悉，到 2050 年，日本希望建造一座示范发电厂——DEMO，它将成为 JT-60SA 和 ITER 未来商业化运行的基础。

我国核聚变研发多点开花

中国能源报 2023.11.20

国际热核聚变实验堆（ITER）计划被誉为全球最大的“人造太阳”，是多国合作的重要核聚变科研项目。日前，由东方电气集团承制的 ITER18 套极向场线圈 PFCS 3-4 悬挂梁在广州交付，将运往 ITER 法国现场，标志着由中国独立承担制造的磁体支撑系统全面交付。

据 ITER 计划副总干事罗德隆透露，目前 ITER 第一等离子体建设进度已完成超 78%，七方采购已完成 85%。

聚变因燃料资源丰富、固有安全性好、释放能量大、污染物极少等优势，被公认为是最终解决能源问题的选项。《中国能源报》记者近日在核能行业论坛上了解到，作为最早参与 ITER 计划的国家之一，我国为该计划实施作出了重要贡献，目前已建成中国环流二号、三号，东方超环（以下简称“EAST”）等核聚变科研装置，为掌握聚变核心技术奠定坚实的创新基础。

中国国际核聚变能源计划执行中心专家表示，2008 年至今，我国国家磁约束核聚变能发展研究专项共部署 220 个项目，总计安排经费约 60 亿元，取得多项国际和国内第一的研究成果，使我国在核聚变领域处于与国际同等甚至某些方面领先的地位。

2020 年 12 月，中国环流器二号 M 装置建成并实现首次放电，标志着我国自主掌握大型先进磁约束核聚变实验装置的设计、建造、运行技术，并为深度参与 ITER 计划及未来自主设计建造聚变堆提供重要技术支撑。2021 年 12 月，东方超环装置实现 1056 秒的长脉冲等离子体运行，在长脉冲高参数运行方面取得新突破。2022 年 10 月，HL-3 装置等离子体

电流突破 115 万安培，标志着我国核聚变研发向聚变“点火”迈进重要一步。2023 年 4 月，EAST 装置获得 403 秒稳态高约束等离子体，创造该参数下运行时间新的纪录。2023 年 8 月，HL-3 首次实现 100 万安培等离子体电流高约束模运行，再次刷新中国磁约束聚变装置运行纪录，标志我国掌握可控核聚变高约束先进控制技术。

基于国内和国际项目的实验和建设，2018 年 1 月 3 日，国家发改委宣布聚变堆主机关键系统综合研究设施在合肥集中建设，旨在为下一代聚变堆的超导磁体和偏滤器系统提供研究和环境，保障我国聚变堆核心技术发展的先进性、安全性和可靠性，加快聚变能实际应用进程。

“为实现未来聚变堆关键系统和部件的国产化，聚变堆主机关键系统综合研究设施瞄准聚变堆主机关键系统设计和研制，建成国际参数最高、功能最完备的综合性研究平台，预计在 2025 年底全面建成。”中国科学院等离子体物理研究所所长宋云涛说。

此外，新奥集团自主设计建成国内首座中等规模球形环物理实验装置“玄龙-50”，并于 2022 年启动整体参数国际领先的球形环新装置新奥“和龙”建设。该公司认为，当前融合人工智能已成为加速聚变研发、实现数智“球形环+氢硼”聚变商业化的必要手段。据了解，新奥聚变研究的下一代球形环装置“和龙-2”的物理设计也已全面开展，将成为攻关和验证球形环氢硼聚变路线可行性的关键装置。

十一、其他

我国发现首个千亿方深煤层气田

中国高新技术产业导报 2023.10.30

10 月 23 日，中国海油发布消息，在鄂尔多斯盆地东缘 2000 米地层发现我国首个千亿立方米深煤层气田——神府深煤层大气田，探明地质储量超 1100 亿立方米。

神府深煤层大气田位于陕西省榆林市，地处鄂尔多斯盆地东缘，煤层主要埋深 2000 米左右，单层厚度在 6.2 米至 23.3 米之间，吨煤平均含气量达 15 立方米。目前中国海油在该区域共部署了超 100 口探井，单井最高日产量达 2.6 万立方米。

煤层气是指储存在煤层中的天然气。业内通常将埋深超过 1500 米的煤层气称为深部煤层气。我国煤层气资源丰富，据了解，埋深在 2000 米以内的煤层气资源量超过 30 万亿立方米，其中，深部煤层气资源量约占 1/3。

随着埋藏深度增加，地层温度、压力和应力等会大幅增加，煤层气的成藏机制及富集规律更为复杂，勘探开发难度不断加大。一直以来，我国煤层气勘探开发大多集中在埋深小于1000米的浅煤层。由于缺乏配套的工艺技术，超过1500米的深煤层长期以来被视为勘探禁区。

“我们通过加强深部煤层气成藏机理研究，创新提出致密气与煤层气‘互补式’‘立体式’勘探理念，加强储层改造和排采工艺研究，利用已钻致密气低效井开展深部煤层气试验，实现‘老井新用’，不仅大幅降低了作业成本，更有效地加快了深煤层的勘探进程。”中国海油中联公司副总经理朱光辉说。

针对深部煤层气增产难题，中国海油在常规煤层气勘探开发基础上，运用超大规模压裂技术，不断优化压裂与排采工艺，总结形成适用于神府区块的深煤层开发技术体系，仅用一年半时间，成功发现了地质储量超千亿方的深煤层气田。

中国海油勘探副总师徐长贵介绍说，神府深煤层大气田的发现展示了鄂尔多斯盆地东缘深部煤层气藏勘探开发的广阔前景，对我国类似盆地资源勘探和非常规油气增储上产具有重要指导意义。

据悉，神府深煤层大气田是中国海油继山西临兴气田后发现的第二个千亿方大气田。近年来，中国海油在陆上非常规油气领域努力寻找战略接替资源，大力推进地质工程一体化和勘探开发一体化，加大关键核心技术攻关，持续深化地质气藏认识、优化配产方案，高效推动非常规油气增储上产。

中国海油首席执行官周心怀表示，该发现为中国海油建设陆上万亿方大气区打下坚实基础，中国海油将秉承“海陆并进、向气倾斜”的战略部署，持续加大陆上非常规天然气勘探开发力度，推动非常规天然气储产量不断实现新突破。

全球锂矿资源放量增长

中国能源报 2023.10.30

近年来，被称为“白色石油”的锂资源开发持续火热，除传统锂矿产地外，北美、非洲，以及南亚都成为锂资源开发最新热土。业界普遍估计，全球锂资源供应量有望持续增长，足以满足不断高涨的行业需求。

火山锂矿或含千万吨锂

根据美国《科学》杂志子刊《科学进展》发表的最新研究文章，美国发现了一个可能是全球最大的锂矿床。《科学进展》公布的数据显示，此次发现的锂矿位于美国俄勒冈州东南部地区麦克德米特火山口，粗略估计，这里很可能蕴藏着大约 2000 万吨至 4000 万吨锂盐资源，最高储量甚至可达 1.2 亿吨。按照当前碳酸锂 3 万美元/吨的价格测算，该锂矿资源总价值有望超过万亿美元。

此前有研究显示，全球锂资源储量丰富，主要存在于伟晶岩、灰岩脉和盐湖资源之中，火山沉积处的锂资源分布相对少见。此次发现的火山锂矿沉积土深度较浅，锂含量也相对较高。业界普遍认为，该锂矿床开发相对容易。

据了解，目前，全球最大锂矿资源储藏地为玻利维亚盐滩，其储量估计能达到 2300 万吨。而随着麦克德米特火山口锂矿资源勘探的进一步深入，《科学进展》公布的研究认为，该锂矿有可能成为最新的全球最大单体锂矿床。

实际上，多年前，研究人员就在麦克德米特火山口附近发现了锂矿资源，随着该地区已获知锂矿储量不断扩大，市场对该地区也愈加关注。其中，美国锂矿生产公司 Lithium Americas 已在当地启动锂矿开采生产计划，预计今年底项目将正式投产。

“不论是在价格、供应安全还是地缘政治上，这一发现都可能改变全球锂供需状态。”鲁汶大学地质学家 Anouk Borst 表示。

多地发现全新锂矿资源

随着全球绿色低碳转型及电动汽车产业发展，锂矿需求水涨船高，短期供需错配甚至引发锂价剧烈波动。为保障上游矿产资源供应安全，近年来，全球多国都加入了“淘锂”热潮。当前，全球锂矿生产主要来自澳大利亚、智利、阿根廷等国，而非洲、亚洲、北美等地区同样拥有庞大的锂资源储量。

今年上半年，加拿大魁北克省快速审批了多个锂矿开发项目，并提出将大幅提高加拿大锂产量。公开消息显示，今年 8 月，锂矿公司阿尔肯在加拿大魁北克省的詹姆士湾锂矿资源量同比增长 173%，而詹姆士湾锂矿每年锂辉石精矿产能可达 33 万吨。

除北美外，非洲同样是锂矿开发热土。资料显示，加纳、津巴布韦、纳米比亚等国均新发现大规模锂矿资源。“过去几年，我们看到大量投资进入矿产资源开发领域，要挖掘采矿业的全部潜力，意味着我们将进一步向价值链上游移动。”津巴布韦劳动和经济发展研究所发展经济学家普罗斯普·奇坦巴拉表示。

今年 8 月，印度议会也通过一项法律，首次允许政府向私营机构拍卖新发现的锂矿资源，以增加电动汽车电池关键原材料供应。印度政府声明称，此举有望大幅增加锂矿开采规模，

满足该国日益增长的需求。

锂盐供给进入放量期

在各国积极开发新资源背景下，业界普遍认为，全球锂盐供应预计将持续增长，短期内有望补足供应缺口。

行业研究机构集邦咨询在一份报告中指出，2022年，全球锂产量约为86万吨碳酸锂当量，而随着需求不断扩大，全球锂资源开发也日渐活跃。数据显示，2022年，全球锂矿投产项目已达40多个，预计2025年后全球锂矿投产项目将超过100个。

据澳大利亚工业、科学、能源和资源部预测，全球锂矿产量将持续攀升，到2025年，锂供应量将增长到147.2万吨碳酸锂当量，对于全球锂价将起到稳定作用。该机构认为，今年全球锂价虽可能出现波动，但2024年到2025年期间，锂矿供应量预计能够补上缺口，锂价也有望下降。

不仅如此，集邦咨询报告还指出，各国主要锂生产商除积极发掘新资源外，更是在现有锂矿床逐步扩产。以美国雅宝公司为例，该公司近期收购了澳大利亚电池矿物供货商Liontown，后者旗下的主要锂矿床Kathleen Valley将在2024年实现生产，随后将扩建至年产70万吨锂辉石精矿。另外，智利锂矿巨头SQM、天齐锂业、赣锋锂业、盛新锂能等主流锂生产商也在积极扩大碳酸锂和氢氧化锂等锂盐产能。

《光子时代：光子产业发展白皮书》显示

我国迎来光电半导体“换道超车”新机遇

科技日报 2023.11.6

“新质生产力是科技创新驱动发展以及中国未来高质量发展的新方向。”日前，在主题为“硬科技·新质生产力”的2023全球硬科技创新大会上，硬科技概念提出者、中科创星联合创始人米磊说。

米磊表示，“新”是新的生产力，“质”则是高质量的生产力，新质生产力就是要创造新的技术、新的产品、新的模式，实际上通过硬科技就能够推动技术、产品的创新。硬科技做好了，就能够推动中国新质生产力的不断涌现。

米磊认为，光子产业是未来最具先导性、战略性和基础性的一个产业，它是硬科技产业的基础和基石，如果把光子产业发展起来，可带动下游硬科技各领域产业高速发展。

当天，在 2023 全球硬科技创新大会平行论坛——光子产业暨硬科技成果转化论坛上，由中国科学院西安分院、陕西省科学院等指导和支持的国内首份光子产业白皮书——《光子时代：光子产业发展白皮书》（以下简称《白皮书》）正式发布。

《白皮书》指出，作为第四次科技革命的“基础设施”，信息光子、能量光子、生物光子、空间光子和光子智能五大领域，正孕育着一批具备引爆重大产业变革前景的光子技术。

随着人工智能、航空航天、智能制造、新能源、生命科学的蓬勃发展，光子产业的发展也逐渐进入快速增长期。截至 2020 年，全球有四分之一的国家参与光子产业链分工，共有 4842 家企业研发、生产和销售光子核心器件和产品，其中，中国（1804 家）和美国（946 家）企业合计占据了一半以上的市场份额。2021 年全球光子产品年收入已经超过 2.1 万亿美元，而每年的光子产品和服务的估值则高达 7 万亿—10 万亿美元左右，约占全球世界经济总量的 11% 左右。随着“消费电子”过渡到“消费光子”，光子产业已成为全球发展最快的未来产业之一。

《白皮书》显示，世界各主要国家均在光子技术和产业的发展中竞相追逐。美国提出加大对美国集成光子制造研究所（AIM Photonics）的投资；欧盟将光子技术纳入“地平线 2020”“（ECSEL JU）年度战略计划”等国家战略；日韩则加大对光子技术的研发和支持，以保持其行业领先的地位。

目前，我国光子产业发展水平与世界处于并跑阶段，在光子基础理论研究和技术发展方面具有一定的优势，中国拥有世界规模最大的从业人数，光子产业在 2012—2020 年的复合增长率已经接近 23%，光子产品全球份额也从 2005 年的 10% 提升到 2019 年的 30%。

尽管光子产业对于我国建设科技强国的未来价值已初显端倪，但面临的挑战也不可忽视。针对我国光子产业发展现状和产业发展各环节存在的问题，《白皮书》提出了相应的对策与建议——制定光子技术与光产业发展中长期规划与战略；构建光子产业生态体系，提升产业链现代化水平；建设国家级关键共性技术平台，突破共性技术；建设世界一流光子学研发机构，攻关前沿技术；完善光子产业配套功能，提升企业核心竞争力。

光子技术产业革命是我国在光电半导体领域 60 年一遇的“换道超车”重要机遇。米磊说：“对我国而言，既要在电子芯片领域尽快补短板，也要尽早在光子芯片等新赛道布局发力，双管齐下，抓住新一轮科技革命和产业变革的机遇，未来才有望实现‘非对称赶超’。”

研究揭示月球玻璃为何具有超凡抗老化效应

中国科学报 2023.11.15

近日，松山湖材料实验室联合中国科学院物理研究所、航天五院钱学森空间技术实验室和南京大学，系统研究了月球玻璃地质时间尺度的老化效应和抗老化机制。相关成果发表于《科学进展》。

月球玻璃是月球风化层的常见成分，主要来源于陨石撞击。它们经历了极长时间（数百万年至数十亿年）的老化，依然保存着完好的玻璃结构。对月球玻璃展开研究，可为未来月球和星际探索的材料选择、成分设计和性能调控提供指导。

研究人员克服嫦娥五号月壤试样玻璃含量较少、玻璃颗粒非常细小、难以还原初始态比照样品等一系列困难，通过精细的聚焦离子束微纳制样及纳米压痕力学测试，结合高分辨球差透射电镜表征，系统研究了嫦娥五号月球玻璃的地质时间老化效应。

研究表明，月球玻璃的长期老化效应非常显著。月球玻璃杨氏模量的大幅升高是由于老化引起了玻璃试样的体积收缩和成分均匀化，其中体积收缩为主要原因。

研究人员证明，这些月球玻璃老化前后塑性变形方式发生了转变，使其硬度变化不大。他们发现，月球玻璃呈现出超凡抗老化效应主要归因于其在特殊的月球环境下自然选择的复杂成分（高熵效应）可大幅提升淬火玻璃的能量状态和结构非均匀性，从而极大延长玻璃的寿命。

研究发现，通过多组分混合、熵调控和适当微量元素的掺入，可以有效增强玻璃抵抗老化的能力。

国内首次掺氢天然气管道燃爆试验成功

科技日报 2023.11.14

近日，国家管网集团组织开展的国内首次掺氢天然气管道泄放喷射火试验与封闭空间泄漏燃爆试验日前成功实施，填补了我国长输天然气管道掺氢泄放燃爆验证试验的空白，为实现天然气长输管道掺氢输送技术自主可控奠定了重要基础。

据介绍，天然气管道掺氢输送是将氢气与天然气进行不同比例混合后，利用现有天然气管网进行输送。掺氢天然气可被直接利用，能够改善天然气品质；也可以将氢和天然气分离

后单独使用，实现氢的低成本远距离输送，对促进能源行业节能降碳、绿色发展具有重要意义。

本次试验是我国最大尺度的管道掺氢天然气燃爆工业验证试验。试验选用 X65 钢级、323.9 毫米管径管道，放空立管高度为 5 米，试验压力高达 12 兆帕，最大掺氢比例为 30%，模拟的封闭空间结构参照输气管道阀室建设。

“试验通过获取全尺度喷射火热辐射强度、封闭空间燃爆压力、火焰温度及长度等参数，揭示掺氢天然气火焰传播与燃爆机理，确定管道输送最佳掺氢比例，为建立掺氢天然气管道安全标准体系提供数据支撑。”国家管网集团研究总院新能源储运研究中心高级工程师彭世垚说。

记者了解到，掺氢天然气管道的安全性一直是该技术领域探索和研究的重点。因氢气自身特性，掺氢管道一旦发生泄漏，高温高压破坏性巨大。

“长距离、大口径、高钢级和高压力管道输送是未来氢能源供应的发展趋势。我们通过这次试验，制定工业验证实验方案，提高掺氢燃爆特性的模型精度，为我国掺氢天然气管道输送和运行风险防控提供技术支撑。”参与试验的中国石油大学（华东）教授李玉星表示。

此次试验由国家管网集团联合北京理工大学、中国石油大学（华东）等科研团队共同开展。

国内首套深水钢悬链线立管全自动焊焊接设备完成海试

科技日报 2023.11.8

近日，海洋石油工程股份有限公司深水油气田开发的“咽喉”设备——深水钢悬链线立管（SCR）的制造技术有了重大突破。由海油工程牵头研发的首套国产 SCR 全自动焊焊接设备完成海试，具备工程项目应用条件，标志着我国自主掌握了 SCR 全自动焊焊接设备制造及施工技术，对实现高水平科技自立自强、保障国家能源安全具有重要意义。

连接海上生产平台和海底油气的关键设备

深水立管一端连接浮式生产平台，一端连接水下设备，是海底油气从水下输送到浮式生产平台的关键通道。

SCR 是深水立管的一种形式，一般用于水深 1500 米以上的深水油气田。SCR 的适配性非常强，目前已被成功应用于张力腿平台、半潜平台、浮式生产系统和浮式生产储运系统，

适用现有任何浮式结构，水深已超过 3000 米。

“SCR 取代了传统的柔性立管和顶张力立管，成为深水开发的首选立管形式，目前被认为是降低深水立管系统成本的有效解决方案。”海油工程设计院总工程师李怀亮对科技日报记者说。

不过 SCR 在制造的过程中难度极大。它由一条条特制钢管焊接而成，矗立于复杂多变的深海中，需要在涌浪等极端海况持续冲击下安全工作 20 年甚至更长时间，对焊接技术要求极为严苛。

“全自动焊接具有焊接效率高、焊接质量好等诸多优势，成为 SCR 焊接装备技术攻关的前沿方向。”海油工程设计院焊接实验室经理李黎霞介绍说，但一直以来，国际上 SCR 全自动焊焊接装备和焊接技术都掌握在少数国际公司手中，制约了我国 SCR 高效铺设装备技术自主化发展步伐。

特质钢管和焊接设备缺一不可

为了更加准确、全面了解当前国际上 SCR 铺设技术情况，海油工程的科研团队收集了国内外 20 余个项目资料，整理了百余份焊接工艺，组织科研力量进行分析论证。同时，基于大量的国外公司施工经验和焊接数据，于 2022 年初进行了前期的全自动焊方案设计和工艺优选，同时还组织团队进行硬件设备系统研发、功能集成调试等工作。

“SCR 的焊接难度非常大，首先就需要一副好‘骨架’——特质的钢管。”李黎霞说。

由于钢悬链线立管由很多段标准长度的钢管焊接形成，它集海底管线与立管于一身，上端通过柔性接头自由悬挂在平台外侧，立管在重力作用下自由垂放在海底呈悬链线状，下端与海底生产系统相连，无需海底应力接头或柔性接头的连接，大大降低了水下施工难度和施工量。

与柔性立管、顶部张力立管相比，钢悬链线立管结构形式简单、成本低，无须顶张力补偿，对浮体的漂移运动和升沉运动的适应能力强，适用于高温高压的环境。

此外，SCR 还需要技艺高超的“接骨师”——SCR 焊接设备。

“由于深海浮式结构在风、浪、流作用下将产生较大漂移运动，管道反复折弯，使得 SCR 立管系统在服役期间，承受了巨大极限载荷与平台运动及涡机振动所产生的交变荷载。”项目负责人孙有辉指出，同时焊缝区域存在的几何突变容易形成应力集中，致使其焊缝容易产生严重的断裂危险和疲劳失效的问题，这对 SCR 来说是致命的。“因此对焊缝的性能和焊接的技术提出了极高的要求。”孙有辉说。

为解决这些难题，中国海油联合国内设备厂家，启动 SCR 全自动焊焊接设备研制工作。

组织专家深入研究硬件结构和配套系统，成功完成模型构建、软件编程等工作。

在设备样机功能集成调试、现场试焊阶段，项目团队反复研究，持续摸索，打破陆地管线焊接设备研制惯性思维，优化焊接工艺，通过拉、弯、冲、硬度、断裂韧性试等十一类多达上百次试验，不断优化焊接参数，使设备性能和焊接质量达到国际行业标准，为海上测试奠定了坚实基础。

与此同时，项目历时两年，科研团队相继完成焊接数据库开发、环焊缝性能评价等工作，初步形成了整套 SCR 焊接技术能力。

“由于海上高温，湿度大，盐度大，对设备提出了耐高温、耐盐污水腐蚀的要求。”孙有辉介绍，为保证设备的可靠性，2023年9月11日，“海洋石油201”船搭载我国自主研发制造的 SCR 自动焊焊接设备进行海上试验，20天内完成50道焊缝的焊接与检测，合格率达到100%。

目前，该 SCR 自动焊焊接设备已具备工程项目应用条件，标志着中国海油完全自主掌握了基于国产化管材和国产设备的 SCR 焊接工艺和检验技术，完全具备了自主进行 SCR 铺设的技术能力。

用废水合成半导体材料—细菌杂合体实现

科技日报 2023.11.14

近日，中国科学院深圳先进技术研究院合成生物学研究所高翔副研究员团队与哈尔滨工业大学（深圳）路璐教授团队合作，利用工业废水规模化合成半导体材料—细菌杂合体，实现光能驱动污染物到化学品的高值转化，创建了一条污染物基光驱生物制造路线，为化学品的可持续生产提供了新的方向。相关研究成果发表在《自然·可持续发展》上。

研究团队共同调研发现，金属离子、硫酸盐和有机物等污染物在废水中普遍存在且含量丰富，可直接或间接为半导体材料—细菌杂合体的生产提供原料，同时该杂合体在废水中能够直接利用光能驱动有机污染物转化为化学品。但废水中的污染物组成成分复杂，且多数具有生物毒性，有机物种类繁多，通常含有较高的盐浓度，因此实现污染物资源化利用极具挑战。

基于此，研究团队选择了一种名为“需钠弧菌”的海洋微生物作为理想底盘细胞，并将其设计和改造为工程菌，成功生产出硫化镉—细菌杂合体、硫化铅—细菌杂合体、硫化汞—

细菌杂合体等。上述杂合体可直接利用光能驱动微生物胞内还原力高效再生，与非杂合体（单纯微生物体系）相比，其合成化学品的产量和碳转化率更高。

与此同时，与传统的石油基和糖基生物发酵化学品相比，本项目建立的污染物基杂合体光驱生物制造路线，温室气体排放和产物生产成本更低，且可利用光能实现污染物高效资源化利用。

该研究实现了协同利用多种废水污染物可持续生产半导体材料—生物杂合体系，并原位应用于光能驱动化学品合成，证实该体系具有规模化放大生产的潜力，为实现清洁生产、降低碳排放、提高资源利用率以及推动循环经济发展提供了新的可能性。

我国将梳理盘活高校和科研机构存量专利

中国科学报 2023.10.30

国家知识产权局局长申长雨在近日举行的国务院政策例行吹风会上说，我国将梳理盘活高校和科研机构存量专利，促进专利产业化，助力经济高质量发展。

“高校和科研机构是国家战略科技力量和国家创新体系的重要组成部分。”申长雨说，近年来，我国不断完善制度机制，多措并举促进高校和科研机构专利转化运用，2022年，全国高校和科研机构向中小企业转让、许可专利达2.9万次，比2020年增长60.2%。

国务院办公厅日前印发的《专利转化运用专项行动方案（2023—2025年）》提出，到2025年，“推动一批高价值专利实现产业化”“高校和科研机构专利产业化率明显提高”。

申长雨表示，下一步，国家知识产权局将动员全国高校和科研机构筛选具有潜在市场价值的专利，力争在2025年底前实现对高校和科研机构未转化有效专利全覆盖。与此同时，将筛选出的专利按照产业细分领域向企业匹配推送，由企业评价专利产业化前景，并反馈专利技术改进需求和产学研合作意向。

国家知识产权局还将促进各方协同，针对高校和科研机构的高价值专利，匹配政策、服务等优质资源，推动高效精准对接，促进专利高效转化。

新发现的铌包头矿有哪些大用途

科技日报 2023.11.10

日前，由中核地质科技有限公司（核工业北京地质研究院）（以下简称中核地质科技）团队研究发现的**新矿物铌包头矿**，获得国际矿物学协会新矿物、命名及分类委员会的正式批准。铌包头矿发现于内蒙古包头市白云鄂博矿床，也是在该矿床发现的第17个新矿物。

截至目前，中国已发现嫦娥石、冕宁铀矿、栎锂云母等180多种新矿物。业内人士介绍，铌包头矿的发现解决了国际矿物学界争论已久的包头矿电价平衡问题。同时，具有富铌特征的铌包头矿为铌的富集成矿机理提供了新的研究视角，为铌等战略性关键金属的开发提供了新方向。此外，铌包头矿中五氧化二铌（ Nb_2O_5 ）含量约为26%，其有望用来提取铌元素。

铌是金属材料中的“贵族”

“铌是重要的钢铁合金添加剂，钢材中只需加入0.03%到0.05%的铌，便可使钢的屈服强度提高30%以上。这是铌应用最广泛的领域。”中核地质科技正高级工程师葛祥坤向科技日报记者介绍说。

铌元素发现于19世纪初，研究表明，铌在地壳中的含量为0.002%，在地壳中的自然储量为520万吨，可开采储量440万吨，主要矿物有铌铁矿、烧绿石和黑稀金矿、褐钇铌矿、钽铁矿、钛铌钙铈矿。金属铌呈灰色，化学性质稳定，在空气中不发生氧化，还具有难溶解、耐高温、强度大等特点，用途广泛。

铌在自然界中不以纯态出现，而是和其他元素结合形成矿物。葛祥坤告诉记者：“不论从储量、提取难度，还是从性能、用途上看，铌都是金属材料中贵族般的存在。凭借强大的功能，铌和稀土元素一样，在国际社会上都被归为关键金属。”

资料显示，目前，全球的铌矿资源高度集中，主要集中在巴西和加拿大，其中巴西的储量占据了全世界总储量的约80%。当前，我国铌矿石主要从巴西进口。因此，这次我国在白云鄂博矿床发现新的铌矿物，对于该矿床铌资源的开发具有重要的意义。

在诸多领域地位不可替代

葛祥坤说：“铌是一种应用领域极为广泛的元素，它在钢铁、超导、医疗、电子、化学、特种合金以及尖端技术等方面都具有不可替代的地位。”

铌的耐酸性能好，可用于热交换器、冷凝器、过滤器、搅拌器等。铌还具有良好的抗生理腐蚀性和生物相容性，不会与人体体液发生作用，并且几乎不会损伤机体组织，因而常用于制造接骨板、颅骨板骨螺钉、种植牙根、外科手术用具等。

由于具备卓越的延展性，铌的某些化合物和合金被广泛应用于制造各种工业超导体，在铌合金导线中可以形成几乎毫无阻力的强大电流，从而产生超强磁场。航空航天工业也是高纯度铌的应用领域之一，火箭飞船的发动机以及耐热部件等都会用到铌合金，这主要是利用

了其良好的热强性能，抗热性能和加工性能。

葛祥坤介绍，铌作为铁基、镍基和锆基超级合金的添加剂，可提高合金的强度性能。铌在核工业中适于用作反应堆的结构材料和核燃料的包套材料。铌钛、铌锆合金及铌锡、铌铝锆等化合物超导材料，除用作输电、发电、制造超导磁体、控制核聚变外，还可用于宇宙飞行器中的导航装置、高速潜水船只的电磁推进设备以及超导高速列车等。

碳化铌可以单独使用或与碳化钨、碳化钼配合使用，用于热锻模、切削工具、喷气发动机涡轮叶片、阀门、尾裙及火箭喷嘴涂层。铌合金钢强度高、韧性好、抗冷淬，广泛用于输油管道。

发现铌矿是“从0到1”的突破

如果说每个人是人类社会的“细胞”，那么，矿物就是组成地球的“细胞”。矿物学是地球科学领域中最古老的学科之一，矿物的分类命名更是矿物学研究的基础性工作，新矿物的发现与研究是矿物学研究中不可或缺的一个重要基础领域。新矿物的发现是“从0到1”的原创性研究成果，是小到一个区域、大到一个国家矿物学研究水平软实力与硬实力的重要体现。

铌包头矿的发现历程较为曲折。研究团队早在2012年通过到白云鄂博矿床的一次参观考察中采取了样品，当时没有发现异常现象。直到2022年，研究团队又对该样品重新进行了测试，发现一种矿物类似于20世纪60年代在白云鄂博发现的矿物，都含有钽、钛、铌、铁、硅以及氯等元素，但是这个矿物里铌的含量比传统的包头矿高得多。

根据国际矿物学协会新矿物、命名及分类委员会的规定，确定了化学成分，另一个重要的工作就是要测定并解析晶体结构。常规的晶体结构测定需要挑选一颗纯净的100微米左右的单晶体。“我们利用聚焦离子束扫描电镜的微区原位样品加工技术，提取了一个比较理想的单晶体，进而采集了晶体结构数据并完成了晶体结构解析。所有技术难点均被攻克后，我们于今年提交了新的申报书，并顺利通过审查，进入国际专家投票环节，最终收到了新矿物批准证书。至此，这个新矿物终于尘埃落定。”中核地质科技正高级工程师范光告诉记者。

广东出台“通用人工智能产业发展实施意见”，力争到二〇二五年实现智能算力规模全国第一

“到 2025 年，广东有望实现智能算力规模全国第一、全球领先，力争打造成为国家通用人工智能产业创新引领地。”11 月 13 日，在广东省人民政府新闻办公室举行的“高质量发展看广东”系列主题新闻发布会上，广东省科技厅厅长王月琴透露，广东将通过大模型关键技术、前沿级共性关键技术、安全可信技术攻关，形成突破性原创性成果和行业应用，推动广东通用人工智能产业发展。

当天，《广东省加快建设通用人工智能产业创新引领地的实施意见》（以下简称《实施意见》）正式发布，提出了“打造通用人工智能算力生态”等 22 条意见。

推动实现国内算力自主可控

人工智能是新一轮科技革命和产业变革的重要驱动力量。ChatGPT 推出以来，以大模型、生成式 AI 为代表的通用人工智能技术在全球掀起浪潮。

广东高度重视通用人工智能发展工作，此次由广东省科技厅会同广东省发展改革委、广东省工业和信息化厅、广东省政务服务数据管理局等部门，以及广州、深圳等重点地市共同研究制定了《实施意见》。

《实施意见》提出，到 2025 年，广东实现智能算力规模全国第一、全球领先，全省人工智能核心产业规模突破 3000 亿元，企业数量超 2000 家，力争打造成为国家通用人工智能产业创新引领地，构建全国智能算力枢纽中心、粤港澳大湾区数据特区、场景应用全国示范高地，形成“算力互联、算法开源、数据融合、应用涌现”的良好发展格局。

为何提出打造成为国家通用人工智能产业创新引领地？“广东具备发展通用人工智能的坚实的产业基础和丰富的科技创新资源。目前广东已逐步构建起人工智能全产业链，初步形成以广州、深圳为主引擎、珠三角地区为核心、粤东西北协同联动的区域发展格局。”王月琴表示。

今年以来，广州已先后在城市交通、自动驾驶、生命健康等领域发布了 9 个行业大模型。“我们围绕先进制造、车辆交通、健康医疗、城市治理‘造车健城’4 条优势赛道，部署人工智能应用场景示范等专项，在人机协同等领域掌握了多项核心技术。”广州市科技局副局长孙翔说。

算力是人工智能的基础。广东目前拥有鹏城实验室、韶关数据中心集群等重大算力设施平台。以此为基础，广东将进一步夯实自主算力底座基础，推动实现国内算力自主可控，强化在全国智算中心、超算中心、数据中心等大型异构算力资源互联互通、协同调度与高效计算等方面的核心作用，支撑“东数西算”“中国算力网”等国家重要任务。

提出“数据特区”建设

为进一步突出粤港澳协同发展特色，《实施意见》充分利用港澳制度和资源优势，发挥珠海横琴，深圳前海、河套，广州南沙等地区的桥头堡、试验台的作用，率先提出“数据特区”建设，力争在大湾区内建立数据流通规则体系、完善运营机制等方面形成工作探索。

强化通用人工智能技术创新能力是《实施意见》提出的关键内容之一。“近年来，我们一方面加强基础研究，补强战略性前瞻性短板；另一方面布局重大专项，锻造技术长板。同时积极推动通用人工智能技术与广东省千行百业加速融合，如盘古、混元等通用大模型，已在气象、医疗、办公等领域实现应用。”广东省科技厅副厅长杨军表示，当前，广东正积极布局“新一代人工智能”重大专项旗舰项目，拟在智能算力基础底座等战略方向开展技术攻关。未来将不断优化通用人工智能创新发展环境，充分发挥港澳协同优势，在若干重要领域形成竞争优势。

广东还提出构建通用人工智能算力枢纽中心，通过研发自主算力芯片及工具链，构建完善的自主可控人工智能软硬件生态。同时还提出打造通用人工智能产业集聚区，形成区域联动、企业梯次培育、终端产品涌现、应用场景多元的良好产业发展态势。

《实施意见》明确了产业规模和企业数量的目标、定位，并提出通过强化科技金融支撑作用，为广东通用人工智能发展营造良好生态。

“目前，广东是国内人工智能领域政策制定较为完备的省份。《实施意见》的制定，将进一步丰富和完善广东在人工智能政策层面的体系化布局。”王月琴表示。

应对气候变化出奇招 “冷却玻璃”可将热量释放到太空

科技日报 2023.11.19

据11月16日发表在《科学》杂志上的一篇文章介绍，美国马里兰大学材料科学与工程系教授胡良兵领导的研究小组开发出一种微孔玻璃涂层新技术，可在中午时分将涂层下的材料温度降低3.5℃，并可能减少公寓楼10%的年碳排放量。

新涂层有两种作用：首先，它反射高达99%的太阳辐射，阻止建筑物吸收热量；其次，它以长波红外辐射的形式向冰冷的宇宙中释放热量，那里的温度通常在-270℃左右。

在一种被称为“辐射冷却”的现象中，太空有效地充当了建筑物的散热器。团队利用新的冷却玻璃设计以及“大气透明窗”（电磁波谱的一部分，穿过大气层而不提高其温度），将大量热量释放到远处无限寒冷的天空中，这使地球能够自行冷却，特别是在晴朗的夜晚效果

尤其显著。

与之前的冷却涂层不同，此次新型玻璃具有环境稳定性，能够耐受水、紫外线辐射、污垢，甚至能够承受高达 1000℃ 的温度。该玻璃可应用于瓷砖、砖块和金属等各种表面，具有高度可扩展性和广泛使用性。

研究团队使用细磨玻璃颗粒作为黏合剂，从而避免使用聚合物，增强了其在户外的长期耐用性。他们选择的粒径，可以最大限度地发射红外热量，同时反射阳光。

胡良兵表示，这种“冷却玻璃”不仅仅是一种新材料，它还是解决气候变化的关键部分。通过减少空调的使用，人们朝着降低能源使用和减少碳排放、碳足迹迈出了一大步。

该团队目前正专注于“冷却玻璃”的进一步测试和实际应用。他们对其商业化前景持乐观态度，并创建了一家初创公司来扩大规模并使其商业化。

我国海上首个超高温超高压气田生产平台安装就位

中国电力报 2023.11.9

11月3日，中国海洋石油集团有限公司发布消息，随着重量超过1900吨的平台上部组块在导管架上稳稳落下，我国海上首个超高温超高压气田生产平台——乐东10-1气田生产平台完成海上安装，投产后，高峰年产量近6亿立方米。

乐东10-1气田开发项目位于海南岛南部莺歌海盆地，距离海南省三亚市约113公里，作业平均水深约90米，于2015年首次发现。该气田储层温度高达214摄氏度，地层压力达94兆帕，达到超高温超高压气田标准，为国内海上首例。

此次安装的平台由海面上的生产装置和水下的导管架两部分构成，总重量达9200吨。据中国海油乐东10-1气田开发项目现场首席工程师喻发令介绍，乐东10-1气田新建平台安装受海上恶劣天气和海底潮流影响很大，且导管架重量和高度均接近起重船作业能力极限。中国海油项目团队研究制定五级施工计划，优化施工工艺，采用船舶顶流作业模式克服海流影响，在75小时的极限作业窗口完成导管架坐底就位；同时通过实时精细控制船舶动态，实现上部组块和导管架的精准合龙。

我国首个页岩气立体开发行业标准发布

中国科学报 2023.11.15

近日，由中国石化江汉油田牵头制定的《页岩气开发调整方案编制技术要求》行业标准获国家能源局批准发布，并将于 2024 年 4 月 11 日实施。该标准是我国首个针对页岩气立体开发的行业标准，将有效助力我国实现页岩气的持续高效开发，保障国家能源安全。

该标准主要由 10 个部分构成，其中重点内容为开发调整方案编制，包括气藏概况、气藏地质特征、气藏工程调整方案等内容。在编撰过程中，主要参考我国首个百亿方页岩气田——涪陵页岩气田的立体开发经验，以及长宁-威远等不同地质开发条件的页岩气田的开发调整经验。

为持续推动页岩气高效开发，涪陵气田率先探索页岩气立体开发调整技术，有效提升页岩气开发的储量动用率、采收率和收益率。2021 年 8 月，中国石化江汉油田牵头，集结中国石化、中国石油、中国海油等多家专业单位科研力量，正式启动标准立项工作，历时两年，最终形成了一套科学规范、具有较强操作性和推广性的页岩气立体开发调整行业规范和流程，将有效指导页岩气藏持续高效开发。

中国科学院金属研究所等制备出超塑性钛合金

中国科学报 2023.11.29

中国科学院金属研究所研究员杨柯、任玲团队与澳大利亚皇家墨尔本理工大学教授邱冬团队合作，在前期开发的高性能双相核壳纳米结构 Ti6Al4V5Cu 合金基础之上，设计并制备了具有多相纳米网状结构的新型钛合金。日前，相关研究成果在线发表于《国际塑性》。

据了解，超塑性成型技术有望解决复杂构件的成型问题，在航空航天等重要领域应用前景广阔。然而，目前多数金属超塑性成型的温度较高且应变速率极为缓慢，不仅增加了超塑性成型的能耗与时间，还使成型后的材料表面发生严重氧化，制约了该技术的广泛应用。

研究团队研制的新型钛合金利用基体中的纳米 β 网，促进微纳米晶 α 晶粒间的滑移与倾转，并利用沿 α/β 相界钉扎的纳米 Ti2Cu 相提高该纳米网状结构的稳定性，全面提升材料的超塑性变形能力。这一组织设计使材料的超塑性变形温度较 Ti6Al4V 合金下降了约 250°C，在 750°C 和应变速率高达 1s⁻¹ 的条件下，可以获得超过 900% 的延伸率，意味着该材料超塑

性变形的应变速率较现有材料提高了 2~4 个数量级。

研究人员表示,经过超塑性变形后,多相纳米网状结构的新型钛合金组织不会粗化长大,解决了材料超塑性变形能力与组织热稳定性之间的固有矛盾,对推动超塑性成型技术的发展具有重要意义。

系列创新将深部煤层气储量变产量

科技日报 2023.11.20

中国海洋石油集团有限公司(以下简称中国海油)近日发布消息,在鄂尔多斯盆地东缘 2000 米地层发现我国首个千亿方深煤层气田——神府深煤层大气田,探明地质储量超 1100 亿立方米。该气田位于陕西省榆林市,煤层主要埋深 2000 米左右,单层厚度在 6.2 米至 23.3 米之间,吨煤平均含气量达 15 立方米。

煤层气是指储存在煤层中的天然气,俗称“瓦斯”。业内通常将埋深超过 1500 米的煤层气称为深部煤层气。据统计,我国埋深在 2000 米以内的煤层气资源量超过 30 万亿立方米,其中,深部煤层气资源量约占 1/3。

随着煤层气埋深的增加,地层温度、压力和应力等指标都会大幅增加,加之煤层气复杂的成藏机制及富集规律,勘探开发深部煤层气难度很大。一直以来,我国煤层气勘探开发大多集中在埋深小于 1000 米的浅煤层。由于缺乏配套的工艺技术,超过 1500 米的深部煤层长期以来都被视为勘探禁区。

中国海油中联煤层气有限责任公司(以下简称中国海油中联公司)副总经理朱光辉介绍,中国海油通过加强深部煤层气成藏机理研究,创新提出致密气与煤层气“互补式”“立体式”勘探理念,并加强储层改造和排采工艺研究。这不仅大幅降低了作业成本,更有效地加快了深煤层的勘探进程。

具体来说,在勘探方面,中国海油“一井两用”,即通过新钻探井同时对致密气、煤层气目的层进行取样,落实含气性;同时,利用致密气低产低效井开展深部煤层气试验,实现“老井新用”,有效盘活低效资产,形成了致密气与煤层气“双气合采”新理念。

在开发方面,中国海油从选井入手,构建深煤层甜点区评价指标体系;在深煤层储层改造上,重构压裂思路,由中浅煤层压裂技术转向应用页岩气压裂技术,采用超大规模压裂技术进行作业,同时持续优化压裂施工参数及压裂工艺,总结形成了适用于神府区块深煤层开

发的技术体系。此外，通过跨专业、跨区域协同作战，实现“勘探—开发—生产—销售”全系统联动，打造全业务链条协同工作模式，成功把储量变成了产量。

“神府深煤层大气田的发现显示出鄂尔多斯盆地东缘深部煤层气藏勘探开发的广阔前景，对我国类似盆地资源勘探和非常规油气增储上产具有重要指导意义。”中国海油勘探副总师徐长贵表示。

中国地质大学（北京）教授唐书恒介绍道，面对巨大的资源潜力，我国持续加大深部煤层气勘探开发力度，此次发现神府千亿方深煤层气田就是一个重大突破。通过前期开发致密气，后期开发深部煤层气，可在实现产层转换的同时有效降低开发成本。此外，一系列创新技术的采用，为未来煤层气行业高效勘探开发深部煤层打下基础，对保障国家能源安全具有重要意义。

薄煤层勘探开发难题亦被攻克

经过近 40 年的艰难探索与发展，我国煤层气勘探开发理论与技术取得明显进展。近年来，除了深部煤层气勘探开发难题，薄煤层勘探开发难题也已被攻克。

薄煤层一般指地下开采厚度小于 1.3 米的煤层。有统计数据显示，我国薄煤层的可采储量约占全部煤层可采储量的 20%。中国海油中联公司副总工程师米洪刚表示，与主力煤层相比，薄煤层如同“千层饼”，含气量差异大、资源丰度相对差，长期被视为煤层气开发中的“边际资源”。但是经过多年开发，我国主力煤层产气量递减严重，因此为实现产能接替发力，加快薄煤层开发意义重大。

为提高煤层气勘探开发利用率，中国海油中联煤层气有限责任公司通过加强技术攻关，形成了薄煤层识别、复杂井网部署优化、大跨度多层级压裂、双压双控排采等一系列技术创新，构建了薄煤层气立体勘探开发技术体系，成功建成我国首个薄煤层气大规模开发项目，目前累计建井超过 200 口，单井日产最高达 14000 立方米。

制备用于柔性传感器的新型水凝胶材料

中国科学报 2023.11.27

安徽理工大学材料科学与工程学院讲师张晓勇团队通过构建“网状支架”，制备了一种网格密度原位可调的聚合物网络结构，并证明这种材料可有效限制聚 N-异丙基丙烯酰胺（PNIPAM）水凝胶相变过程中的体积变化。相关成果近日发表于《材料视野》。

近年来，基于 PNIPAM 柔性电子器件的连续温度监测得到了快速发展，克服了传统刚性材料的缺点。然而，相变引起的体积变化和黏附性差仍然是限制其应用的主要原因。

该研究中，张晓勇等提出了一种压敏胶-“网状支架”基（PSAs-MPT）水凝胶策略，以抑制 PNIPAM 水凝胶相变引起的体积变化，进一步实现原位可调的机械性能和优异的黏合性能。“网状支架”的可逆网格密度可调节水凝胶分子链的聚集状态，从而将杨氏模量从 6.7 千帕调整为 45.3 千帕。由于具有恒定的体积温度响应性，PSAs-MPT 水凝胶在不同的温度场景下都能进行稳定的温度监测。此外，PSAs-MPT 水凝胶可作为可穿戴的生物运动传感器，高灵敏度监测身体运动。它还可以组装成一个电子设备，通过摩斯电码传输信息和识别手语。

审稿人认为，作者提出并实施了“网状支架”策略，成功合成了一种具有机械性能和网格密度可调的水凝胶材料，实现了原位可调的机械性能和卓越的黏合性能。该工作不仅在材料设计和合成方面有所突破，而且通过对 PNIPAM 水凝胶相变过程的研究，证明了这种材料在限制相变过程中体积变化方面的优越性。这一创新性的构建方法为功能水凝胶的性能调控提供了新的思路和可能性。

下一代芯片用什么半导体材料

环球时报 2023.11.23

伴随着新能源、5G、人工智能等新技术的爆发式发展，全球对基于高质量半导体材料的芯片需求猛增。而美国近年来试图在半导体芯片领域对中国“卡脖子”，更让中国民众对半导体产业的关注度空前高涨。近日，华为公司与哈尔滨工业大学联合申请的“一种基于硅和金刚石的三维集成芯片的混合键合方法”专利公布，引发了科技界的广泛关注。事实上，在新一代半导体材料领域，各国也都在纷纷发力。

金刚石半导体优势有多大

专利材料显示，华为公司与哈尔滨工业大学联合申请的这项发明专利实现了以 Cu/SiO₂ 混合键合为基础的硅/金刚石三维异质集成。外界分析称，这一技术的突破之处在于，它成功地将硅和金刚石这两种性质迥异的材料结合在一起，开创了芯片制造领域的新思路。新兴技术的不断发展，对芯片性能的要求越来越高，传统的硅基芯片虽然在一定程度上满足了这些需求，但在某些特定领域如高功率、高温等环境下仍存在一定的局限性。而金刚石作为具有优异热学、电学和力学性能的材料，被认为是下一代芯片的理想选择之一。

在金刚石薄膜上制造的半导体器件

对于金刚石半导体寄予厚望的还有日本。《日本经济新闻》网站称，日本初创企业 OOKUMA 公司计划将被称为“终极半导体”的金刚石半导体推向实用化，最早将在 2026 年度投产。报道称，日本佐贺大学的研究表明，与现在主流的硅基半导体相比，金刚石半导体可在 5 倍的高温和 33 倍的高电压下工作。性能也比常见的第三代半导体——碳化硅和氮化镓出色。这种特性让它有望用于更高电压环境下的纯电动汽车、高速通信及卫星通信等领域。

报道称，OOKUMA 公司生产的金刚石半导体器件将首先用于福岛第一核电站的核废料处理。为查看和清理福岛第一核电站堆芯熔毁后留下的熔融燃料，只有耐受极高辐射强度的机器人才能胜任。但普通半导体器件在这种极端环境下的寿命非常短，而 OOKUMA 公司发现，金刚石半导体器件在 450 摄氏度的高温和辐射强度极高的恶劣环境下也能正常工作。此外，为保护半导体器件免受强辐射和高温环境的影响，原本需要用沉重的铅包裹机器人的核心部分，并配备专门的冷却装置，而配备金刚石半导体后，就可以省去这些装置，从而减轻机器人重量，提高工作效率。OOKUMA 公司计划以处理核电站废堆为契机量产金刚石半导体。为力争应用于卫星通信，该公司与三菱电机等启动了联合研究。年内还将与日本厂商推进用于纯电动汽车器件的开发。

第三代半导体材料高速发展

金刚石半导体是如今备受关注的第三代半导体材料之一。西北工业大学深圳研究院博士后李颖锐对《环球时报》记者介绍说，半导体是一系列常温下导电性能介于导体与绝缘体之间的材料的总称，常见的半导体材料有硅、锗、砷化镓等。半导体的导电性具有可控性，可以通过添加杂质（掺杂）或改变温度来调整其导电性能。运用半导体材料的特点，能够制作出通过一个端口的电压或电流控制另一个端口电压或电流的半导体器件——晶体管。将晶体管与电阻、电容以及其他无源器件的元件相互连接，就形成了一个集成电路。而芯片的本质是在半导体衬底上（也称作“晶圆”）制作能够实现一系列特定功能的集成电路。

据介绍，第一代半导体材料是指硅、锗为代表的元素半导体材料，应用极为普遍，目前 90% 以上的半导体产品是用硅基材料制作的；第二代半导体材料是以砷化镓、磷化铟为代表的化合物材料。李颖锐认为，从材料的角度说，未来发展方向必然是宽禁带半导体。禁带宽度是半导体的一个重要特征参量，其大小主要决定于半导体的能带结构，即与晶体结构和原子的结合性质等有关。禁带宽度决定了半导体在不同温度和电场下的导电性能，宽禁带半导体能够在更高的温度、电压和频率下运行，从而降低损耗、提高效率，这一优势对于新能源

汽车和 5G 通信、航天航空和军事系统等领域尤其重要，也可以应用于更复杂的环境。宽禁带半导体一般被称作第三代半导体，主要包括碳化硅、氮化镓、氧化锌、金刚石、氮化铝等，优点是禁带宽度大 ($>2.2\text{eV}$)、击穿电场高、热导率高、抗辐射能力强、发光效率高、频率高，可用于高温、高频、抗辐射及大功率器件，也是目前各国大力发展的新型半导体器件。

氮化镓晶圆

例如已开始广泛应用的碳化硅半导体器件，相比第一代和第二代半导体材料，具有良好的耐热性、耐压性和极低的导通能量损耗，是制造高压功率器件与高功率射频器件的理想材料。而另一种开始大规模普及的氮化镓材料，可以显著增强半导体的性能和设计。与其他材料相比，它可以在更高的频率下以更高的效率支持更高的增益。氮化镓具备出色的热性能以及更高的击穿电压，这使得设计和制造体积更小、更薄，又不会影响功耗、可靠性或安全性的半导体材料成为可能。在万物互联的 5G 物联网时代，这是不容忽视的优势。

新兴材料日益获得关注

除了第三代半导体材料外，还有更多新兴材料也日益获得关注。2023 年的诺贝尔化学奖被授予“发现和合成量子点”的三名科学家。所谓量子点是一类微小颗粒或纳米晶体，即直径在 2-10 纳米之间的半导体材料，是导带电子、价带空穴及激子在三个空间维度上束缚住的半导体纳米结构。除了在显示和照明领域的应用外，诺贝尔化学奖委员会称，未来量子点还有望在量子计算、柔性电子产品、微小传感器、更薄的太阳能电池等领域做出贡献。

此外，石墨烯等二维材料在半导体领域的应用也受到广泛研究。石墨烯是一个由单层碳原子组成的二维材料，它具有出色的电子迁移率和热导率。这种材料的独特性质为未来的电子设备提供了新的可能性，如超快速的传输器件和高度集成的传感器。

下一代芯片需要半导体材料的突破式发展。

除了材料外，通过其他方面的技术突破，也有望进一步推动半导体技术的进步。李颖锐研究团队近期推出了新一代半导体光子计数成像系统，打破了国外的技术封锁，空间分辨率由毫米级提升到微米级，实现了真正意义的彩色成像。这背后主要依托于团队对影响光子计数应用的三大技术进行了突破，其中包含晶体材料、ASIC 专用读出芯片、多能谱成像算法，在晶体解决方案领域达到了国际上的先进水平。

面临摩尔定律增速放缓等难题，清华大学自动化系戴琼海院士团队近日提出了一种“挣脱”摩尔定律的全新计算架构：光电模拟芯片。视觉任务中实测，其算力达到目前高性能商用芯片的 3000 余倍。研究团队在接受《环球时报》记者采访时介绍称，全新的计算框架从最本质的物理原理出发，结合了基于电磁波空间传播的光计算，与基于基尔霍夫定律的纯模

拟电子计算，“挣脱”传统芯片架构中数据转换速度、精度与功耗相互制约的物理瓶颈，在一枚芯片上突破了大规模计算单元集成、高效非线性、高速光电接口三个难题。

2024 年 AI 领域五大趋势

科技日报 2023.11.23

去年 11 月，ChatGPT 横空出世。自此，AI 更加丝滑地与人们的日常生活无缝衔接，不仅推动行业迈向未来，也促使监管规定发生了变化。

人工智能（AI）的未来将是什么模样？美国《福布斯》双周刊网站在近日的报道中，列出了 2024 年 AI 领域发展的五大趋势，这些趋势有望赋予世界崭新的面貌。

生成式 AI 开辟新天地

生成式 AI 将超越简单的聊天机器人和恶搞视频的范畴。AI 系统将能撰写复杂的叙事文章，编排交响乐，并有可能与人合著畅销书。该领域一个关键性的创新是多模态生成式 AI，此类系统能处理文本、声音、旋律和视觉信号等各种输入信息，并将其融合起来进行综合理解。

想象一下，AI 一听到描述性语音，就能迅速起草一篇内容丰富而全面的文章，画出一幅画，为其配上合适的背景音乐，并能用多种口音和语言讲述出来。这种多功能融合有望丰富艺术作品的内容和层次，并给受众带来多种感官体验。人类技术结晶与 AI 杰作之间的界限将变得更加模糊。

2024 年，随着多模态技术的不断发展，AI 模型将迎接更加复杂多样化的交互场景，有望在智能家居、智慧城市、医疗诊断、自动驾驶等领域打开全新的应用空间。

AI 成人类“左膀右臂”

随着技术的不断发展，AI 不再仅仅是一种工具，而是人类的“左膀右臂”。外科医生可在 AI 诊断结果的辅助下进行手术；律师在庭审过程中可得到 AI 提供的参考案例；软件开发人员可在写代码时得到 AI 的同步帮助。

此外，随着远程办公和在线教育激增，AI 将彻底改变课程设计并优化虚拟团队动态。2024 年，人们将迈入人类与 AI 协同发挥作用的年代，这将大大提高生产力和生产水平。

AI 道德更受关注

AI 在日常生活中的参与度不断上升，导致一系列道德问题。如何保障 AI 健康、可持续、

负责任地发展，成为当今社会面临的重大挑战。

由于 AI 越来越多地为决策过程提供信息，因此它们的运作方式必须极度透明和公平。目前面临的挑战不仅在于设计出公平的算法，还必须制定严格的标准，确保这些系统和它们的设计者能对自己的行为负责。

此外，如何保证 AI 技术的普惠性和包容性？如何促进 AI 技术的公平公正和非歧视性？这些都是值得人们深思的问题。

随着 2024 年的到来，专家预计，人们将对 AI 道德教育产生兴趣，也将把 AI 研发领域的道德考量置于优先位置。

为 AI 立法

AI 前所未有的发展态势和在各个领域的长驱直入，不仅令科技爱好者痴迷，也引发全球决策者的密切关注。

随着 2024 年的临近，包括欧美在内的主要经济体都在设法制定比较全面的 AI 政策。例如，欧洲议会打算在今年年底前，或最迟在 2024 年 6 月就欧盟的《AI 法案》文本达成协议。10 月 30 日，美国总统拜登签署了美国首份关于 AI 的行政命令。美国参议院多数党领袖舒默希望在几个月内准备好 AI 立法。

这些政策旨在实现 3 个目标：推动技术突破，吸引全球投资，同时保护民众不受 AI “野蛮生长” 的影响。行业内部的讨论表明，全球就制定 AI 基准和规范展开合作可能很快就会实现。

量子计算为 AI 插上翅膀

量子计算它已经来到 AI 研究的前沿。无论是新兴初创企业，还是老牌科技巨头都已将大量资源用于开发量子解决方案。

进入 2024 年，人们将看到量子计算和 AI 强强携手衍生出的量子 AI 的崛起。量子 AI 利用量子计算机的特殊性质，如量子叠加和量子纠缠，来加速机器学习和优化算法，从而实现更高效、更准确的 AI 应用。其也将成为未来 AI 领域的重要发展方向。

新材料根据温度变化执行不同任务

科技日报 2023.11.30

美国伊利诺伊大学厄巴纳—香槟分校和休斯顿大学科学家在最新一期《科学进展》杂志

发表论文称，他们开发出了一种新型复合材料，可根据温度变化改变行为，执行特定任务，这种材料有望成为下一代能与环境互动的自主机器人的一部分。

研究人员利用计算机算法、两种不同的聚合物、3D 打印以及材料逆向工程技术等，研制出了这种新材料。实验结果显示，该材料会随着温度变化而膨胀或收缩。

要想研制出一种能根据环境以特定方式作出反应的新材料或设备，单凭人类直觉进行概念化极具挑战性，因为可能性太多了。因此，研究人员决定利用计算机算法，帮助确定材料特性和几何形状的最佳组合。

该团队首先借助计算机建模，对一种双聚合物复合材料进行了概念化模拟，该复合材料可以根据用户输入或自主传感在不同温度下表现出不同行为：在低温下表现得像软橡胶；在高温下表现得像硬塑料。

随后，研究人员制造出这种复合材料并测试了其对温度变化的反应能力，以执行一项简单的任务：打开 LED 灯。测试结果表明，这种具有智能温度传感能力的材料在机器人领域可能非常有用。例如，如果机器人的承载能力需要随温度变化而改变，材料就会“知道”并调整其行为，以停止或执行不同任务。

新研究的下一个目标是使用这项技术为材料的程序化或自主行为增加另一层次的复杂性，如感知来自另一个物体的撞击的能力，这对机器人材料应对现场的各种危险以及突发情况至关重要。

中国科学院院士高德利：油气勘探开发离不开定向钻井技术

科技日报 2023.11.30

10月下旬，第二十二届全国探矿工程（岩土钻掘工程）学术交流年会在山东威海举行。中国科学院院士高德利作了题为“超深钻采工程技术与装备创新发展”的主旨报告。此前，他在“科学与中国”20周年大会暨“千名院士·千场科普”行动启动仪式上作了题为“定向钻井与油气田高效绿色开发”的科普报告，介绍了油气钻采工程领域定向钻井技术及其在油气田高效绿色开发工程中的成功应用。在报告中，他表示：“能源很重要。可以说，当今社会如果没有能源，则几乎一切都要停摆。”

近日，科技日报记者专访了高德利，听他讲述科学家克服“入地无门”难题，巧用计“定向钻进”的故事。

定向钻井技术助力油气高效绿色发展

记者: 您在前不久的“千名院士·千场科普”首场报告会上作了关于定向钻井技术的科普报告。定向钻井技术是什么, 具有哪些特点?

高德利: 所谓定向钻井, 就是控制钻头按照设计轨道或地质导向破岩钻进, 力求安全高效钻达地下的预定目标, 是现代油气田高效绿色开发不可或缺的主体技术之一。

最初人们只能打简单的直井, 后来随着钻井技术的发展, 按照预定轨道钻进的定向钻井技术应运而生。通过定向钻井, 可以基于同一个作业平台有效扩大油气田的开发控制半径及泄流面积。这既有利于提高油气田的综合开发效益及最终采收率, 也有利于降本增效、保护环境、节约作业场地等。

实际上, 定向钻井技术应用很广。除油气开采外, 这一技术还在资源环境和工程建设中具有广泛的用途。比如城市建设中的非开挖工程就需要使用定向钻井技术, 盾构机或挖掘子在隧道工程中的作业也类似于定向钻井。

定向钻井具有实时测控难的技术特点。通过定向钻井形成的三维井眼轨迹深入地层之中, 看不见、摸不着。地下工况往往很复杂, 定向钻井不仅要在漆黑一团的地质环境中作业, 而且还会在钻进过程中遇到不少阻碍。另外, 定向钻井是在钻头破碎岩石的过程中控制钻进方向并形成三维井眼轨迹的, 其控制难度很大。

定向钻井的另一个特点是通过随钻测量来确定其钻进方向。由于定向钻井需要在地层中定向钻进, 因此相比于在地面和空中作业, 定向钻井工程信息化难度要大得多。这背后的原因很简单——电磁波在地面和空中的传播效果都很好, 而一旦进入地层就不灵了, 地层强大的传播阻力会使电磁波很快衰减成微弱信号。直到现在, 这仍然是困扰随钻测量数据无线传输的重大瓶颈技术问题, 也导致定向钻井在随钻测控方面遇到不少难以回避的困难。

记者: 为什么一定要发展定向钻井技术, 它在促进油气田高效绿色开发方面是怎样发挥作用的?

高德利: 以往的直井控制的油气储层面积很小, 够不着远处的油气。而使用定向钻井技术可以建设复杂结构井与丛式井。其中, 丛式水平井就像树丛一样, 通过一个平台布设多口水平井。这样可使一个平台控制的地下储层面积更大, 从而有利于降本增效、保护环境、节约作业场地等。

如果待开采的油气藏位于生态保护区或其他特殊区域内, 还可以采用大位移定向钻井技术, 做到保护与开采两不误。例如, 在滩海、湖泊、山区等复杂区域, 可以发挥大位移定向钻井的独特作用, 有效实现“水域油气陆地开采”、山区页岩气高效绿色开发等目标。定向

钻井技术还成功地应用于地热、盐矿、碱矿及其他相关矿产资源的高效绿色开发工程。

记者: 当前国际定向钻井技术发展到了什么阶段, 我国定向钻井技术在这一领域处于什么水平?

高德利: 井眼轨迹控制作为定向钻井控制技术的核心内容, 已经历了 4 次技术迭代与升级。

第一代定向控制技术利用一些特殊的工具和技术措施来控制井眼轨迹, 主要方法是通过改变钻具组合或使用造斜器来改变工具轴线与井眼轴线的偏离程度。这种方式只能实现简单的定向控制, 井斜方位控制能力不足。第二代定向控制技术以涡轮钻具、螺杆钻具、测斜仪等工具为代表。第三代定向控制是以随钻测量工具和井下带弯接头动力钻具或弯外壳螺杆钻具为代表, 定向钻井轨迹测量精度大幅度提高, 并且实现了随钻定向控制。目前, 第三代技术是定向井、水平井及丛式井定向钻井轨迹控制的主流技术。

第四代定向控制技术工具的典型代表是旋转导向钻井系统。这是一种可以在钻柱旋转时实时控制井眼轨迹的导向钻井系统, 类似于航空航天领域的导弹制导系统, 可以自动控制钻头, 使其在地下油气储层中穿行。与常规定向控制工具相比, 旋转导向钻井系统在轨迹控制精度、钻井时效、井身质量等方面具有明显优势, 是现代定向钻井技术的发展方向。

国外也很重视这一技术, 美国的斯伦贝谢、贝克休斯、哈里伯顿等著名技术服务公司的相关产品代表了这一技术领域的国际领先水平。我国在这一技术领域起步较晚, 从 20 世纪 80 年代开始跟踪研究, 在“十二五”期间取得了长足进步, 目前国内多家单位已成功研制了旋转导向钻井系统。

当然, 无论是国内还是国外, 在提高定向钻井技术水平上仍存在一些瓶颈问题, 比如随钻测量仪器的测量精度、耐高温高压能力等技术指标仍需进一步提高。

21 世纪能源科技应朝向绿色与智能

记者: 促进油气资源高效绿色开发, 您还关注到了哪些技术路径? 这些路径有什么应用前景?

高德利: 除了定向钻井技术, 碳的捕集、利用与封存 (CCUS) 技术在石油行业也非常有发展前景。无论是人类排放的二氧化碳, 还是开采油气过程中伴生的二氧化碳, 都可以利用 CCUS 技术加以适当处理。

一方面, 我国油气田里存在很多枯竭的油气藏, 可以作为储存二氧化碳的空间。另一方面, 将二氧化碳注入油气层中, 可以起到驱油气的作用, 有利于提高油气采收率。另外, CCUS 技术还可以用于捕集煤电厂等排放大户排放的二氧化碳, 以尽可能避免造成大气污染。

记者：1997年，您曾主编出版《面向二十一世纪的能源科技》报告文集。26年过去了，您认为未来包括油气勘探开发在内的能源科技将呈现怎样的发展趋势？

高德利：我们在1997年的中国科协第21次“青年科学家论坛”上就已经提出，面向21世纪的能源科技需要绿色与智能发展，要将“健康、安全、环境”的目标作为重要内容加以认真考虑，也提出了研发地下钻掘机器人的设想。

我国目前还处于煤炭时代，煤炭在能源中的占比最高，达50%以上。从全世界范围看，天然气发展很快，可能会成为新“老大”。实际上，我希望我国能源发展能够直接跨入气态能源时代。气态能源包括常规和非常规天然气、地下煤制气、氢气等。其中，将煤炭在地下原位转化为低碳清洁的气态能源，可以有效减少二氧化碳排放。其主要原因是：一方面在于煤层气资源量大但目前产量仍比较低，未来具有较大的增长空间和发展潜力；另一方面是通过煤炭地下气化，可以把煤渣等污染物留在地下，实现煤炭有效清洁利用。总之，我认为发展气态能源是我国能源低碳绿色转型的重大战略举措之一。

能源领域越来越需要协同创新

记者：一路走来，在成为科学家的道路上您面临过哪些挑战和机遇？

高德利：我们这一代比较特殊。1975年高中毕业后，我在农村过了3年，这期间当过兽医助理，在果园工作过，搞过建筑，后来还当了一年半的中学老师。1977年恢复高考，我们有了考大学的机会。那时候复习时间很少，幸好我当时是中学老师，有学习的有利条件，就考上了华东石油学院，也就是今天的中国石油大学。

那时候，“科学的春天”来了。1978年，介绍陈景润故事的《哥德巴赫猜想》发表了，全国科学大会也召开了。当时，我们大学生没有别的想法，都聚精会神地学习。在露天广场里看电影也忘不了学习。电影开始前，很多人在昏暗的灯光下学英语、解数学题等，争分夺秒地刻苦学习。当年，尽管住得很差，校园设施也很差，但师资还比较好，尤其是大家的学习劲头特别大。

我起初报的志愿是基础类专业，被调剂到了华东石油学院的石油开发系工程专业。一开始，我觉得这不是我喜欢的专业。但我的性格是不管学什么，都不愿意示弱，所以学习很努力，成绩也挺好。大学毕业后，学校要留我当老师，但我周围好多同学都在备考研究生，对我触动很大。因此尽管当时剩下的备考时间不多，强烈的自尊心还是迫使我报考了研究生。我本来报的是本校，最后机缘巧合之下，到西南石油学院（现西南石油大学）的力学教研室学了我喜欢的数理类专业。

1984年9月我通过了硕士学位论文答辩，10月离开西南石油学院。因为我是在有充足

阳光的华北平原长大的，难以适应四川的气候，所以我回到华东石油学院开发系任教，并在1987年考取该校刘希圣教授的博士研究生，成为本校油气工程学科首批2名博士生之一。1990年，我被录取为清华大学工程力学系博士后，1992年完成博士后研究并被晋升为清华大学固体力学副教授，之后又入职石油大学（北京），也就是今天的中国石油大学（北京）。从此，我好像“掉到井眼里再也出不来了”。我专心致志地从事油气工程领域的教学和科研工作，并担任学科负责人，积极带领本学科创优争先，使其成为国家“双一流”重点学科，从而备受国内外关注。

记者：油气勘探开发的新趋势给人才培养提出了哪些新要求？

高德利：在“双碳”目标下，油气勘探开发的新趋势给人才培养提出了更高的要求。从人类“入地、下海”的高度来看，将来油气勘探的范围和难度都会增大，对专业人才的要求也会越来越高。

从事油气工程这一行，首先肯定要在钻探、开采、储运等方面具备扎实的基础知识。此外，这些专业人才还需要具有多学科交叉背景。过去，煤炭、石油、天然气、冶金等领域往往各自“画个圈”谋发展，以后越来越需要跨行业交叉融合，共谋发展，以达到互利共赢的目标。面对低碳绿色发展的大趋势，能源领域越来越需要协同创新。比如，可以将油气领域的相关技术应用到煤炭领域，将一两千米以下的煤炭转化成煤制气、煤制油甚至煤发电进行开发利用，以确保绿色与安全高效生产。同时，建立“地下井工厂”也需要定向钻井等钻采技术作为必要支撑。

总之，新趋势下，我们需要更有能力的有志青年来参与油气勘探开发。当前，油气领域发生了很多变化。现在，我们必须改变思路，越是这种艰苦但又不可或缺的行业，越需要有志青年来推动发展，需要高水平人才和科技创新的支撑。来这个领域学习、成才、工作、贡献，实际上是很有意思的人生之旅。