

能量转换

总 74 期

剪 报 资 料

2/2024.2

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开发与应用重点实验室

目 录

一、总论

1. 推动新能源产业与数字化技术融合发展..... 4
2. 我国将持续加快专利转化和产业化..... 7
3. 两项新能源关键技术达国际先进水平..... 7
4. 加快能源数字化智能化发展..... 8
5. 促进退役风电、光伏设备循环利用！国务院办公厅关于加快构建废弃物循环利用体系的意见印发..... 9

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 新型高强高导耐热铝合金材料制备成功..... 14
2. 新型固体材料能快速传导锂离子..... 15
3. 全球海拔最高大型抽蓄电站开工建设，单日存储电量可满足 200 万户家庭一天用电需求..... 16
4. 粤港澳大湾区抽水蓄能年发电量首次突破 100 亿千瓦时..... 17
5. 中国科学院电工研究所等突破国产储能电容器薄膜性能瓶颈..... 20
6. 我国科学家研发出室温下可充钙-氧电池..... 21

三、碳达峰、碳中和

1. 绿色低碳电力电缆装备开发取得新进展..... 21
2. 我国碳封存地质潜力待深挖..... 22

3. 《工业领域碳达峰碳中和标准体系建设指南》印发.....	24
4. 将二氧化碳变成燃料？中国与新西兰科学家合作研究有新成果.....	25
5. 工业和信息化部：到 2025 年初步建立工业领域碳达峰碳中和标准体系.....	26

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

1. 新型蛭石纳米材料通道膜 实现工业废水渗透能高效回收.....	26
2. 研究团队找到废弃塑料生物降解新方法.....	27
3. 首次人体受控临床试验证实——石墨烯纳米材料可安全开发.....	28
4. 利用废旧电池可将二氧化碳转换为甲酸.....	29
5. 从铝土矿废渣中提取铁实现废物利用.....	30
6. 生物质光催化转化制备合成气再获新进展.....	30
7. 日企利用废木材生产航空燃料.....	31

五、太阳能

1. 迄今最高能效量子点太阳能电池面世.....	32
2. 中国石油塔里木油田新光伏发电项目并网发电.....	33
3. 国内在建单机规模最大塔式光热项目加速推进.....	33
4. 《中国太阳能热发电行业蓝皮书 2023》发布.....	34
5. 半球形光伏电池大幅提高能效 有望为可再生能源技术开辟新应用领域.....	35
6. 新型钝化剂可提升钙钛矿电池稳定性.....	36
7. 新型铜铟镓硒太阳能电池能效创纪录.....	37
8. 21.4%！蓝光钙钛矿发光二极管效率再刷新.....	38
9. 人工树叶高效实现太阳能到化学能的转化.....	39
10. 比 A4 纸还薄！《Nature》刊发隆基绿能晶硅异质结太阳能电池最新成果.....	40

六、氢能

1. “金氢”：清洁燃料新宝藏.....	41
2. 氢内燃飞机促航空业低碳转型.....	42
3. 无膜水电解 绿氢生产更便宜.....	44
4. 海水制氢新策略变废塑料为宝.....	45
5. 全国首个生活垃圾制氢项目开工.....	45

七、风能

1. 世界最高海拔风电场累计发电突破 2 亿千瓦时.....	46
--------------------------------	----

2. 拥有全球最长 126 米叶片海上风电机组有哪些黑科技?	46
3. 首艘低碳浮式海上风电安装船.....	48
八、核能	
1. 外媒：欧洲核聚变实验取得重大突破.....	49
九、其它	
1. 试验证明我国深部砂岩咸水层可封存二氧化碳.....	51
2. 我首套自主研发海底注水树投用.....	52
3. 纯度超 99.999%！我国氦气提取领域取得重要技术进展	52
4. 我国海上首个热采平台日产原油突破 1000 立方米.....	53
5. 我国首个油气储运人工智能大模型 WisGPT 发布.....	54

本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

推动新能源产业与数字化技术融合发展

中国环境报 03月07日

中共中央政治局日前就新能源技术与我国能源安全进行第十二次集体学习（以下简称集体学习）。习近平总书记在主持集体学习时强调，我们要顺势而为、乘势而上，以更大力度推动我国新能源高质量发展，为中国式现代化建设提供安全可靠的能源保障，为共建清洁美丽的世界作出更大贡献。

习近平总书记指出，要适应能源转型需要，进一步建设好新能源基础设施网络，推进电网基础设施智能化改造和智能微电网建设，提高电网对清洁能源的接纳、配置和调控能力。加快构建充电基础设施网络体系，支撑新能源汽车快速发展。

今年全国两会也有多位代表、委员建言献策，提出推动新能源产业发展，加快新型电力系统建设。

新能源交通基础设施配置呼唤数字化

从煤炭、石油、天然气等传统能源的燃烧，转变为太阳能、风能、生物质能、核聚变能等新能源的利用……污染物减排已成为我国能源转型的重要关注点。其中，利用新能源发电成为重要环节之一。

新型电力系统是新型能源体系的重要组成和实现“双碳”目标的关键载体，抓住了电能利用，也就抓住了新能源迈向清洁低碳的“牛鼻子”，而如何让电能使用更高效、让资源配置更精准，也成为新能源助力污染减排的下一个议题。

与群众生活息息相关的交通出行成为讨论的焦点。“今年春节返乡途中在高速公路服务区充了两次电，但因为排队使用充电桩的车主太多，旅程被迫延长了4小时。”在北京工作的新能源车主羊先生回忆。

机动车行驶带来大量一氧化碳、氮氧化物等大气污染物的排放，而以电能为驱动的新能源车缓解了尾气排放导致的污染。但随着新能源汽车保有量的迅速提升，加速布局新能源汽车配套基础设施的紧迫性进一步凸显。

数据显示，截至2024年1月，全国充电基础设施累计数量为886.1万台。不久前，交通运输部印发《关于加快推进2024年公路服务区充电基础设施建设工作通知》，明确今

年全国计划新增公路服务区充电桩 3000 个、充电停车位 5000 个，以持续提升公路沿线充电服务保障能力。

一方面是加快基础设施建设，另一方面是提升新能源基础设施运营服务水平。“为什么不能推出一种类似餐厅取号的充电桩排队叫号服务，给车主发一个动态验证码，这样既有了先来后到的规矩，也能合理配置资源。”社交平台上，有网友提出自己的看法。

事实上，这样的设想正在成为现实。据悉，目前，四川、湖南等地已推出了充电桩数字化平台，覆盖全国充电桩的平台也正在探索中。

能链智电创始人、CEO 王阳在接受媒体采访时表示，目前，充电设施网络存在布局不完善、服务不均衡等问题，需要通过数字化、智能化手段，完成对于车机及能源消费的数字化匹配和精准导流。在强化“一键找桩”推广、普及“一键加油”服务的基础上，政府和相关部门应加大对交通能源数字化的支持力度。

数字化技术为新能源产业高质量发展注入新动能

不仅仅是交通，在新能源电力的各项产业形态中，数字化技术都扮演着越来越重要的角色。日前，全国政协委员阮前途在《关于新形势下推进新型电力系统高质量发展的提案》中建议，支持打造数智化坚强电网。

“打造数智化坚强电网是‘双碳’目标下推动新型电力系统建设的必由之路。建议科学制定数智化坚强电网建设行动方案，并纳入各省能源规划和信息化规划，做好能源电力基础设施和信息基础设施的统筹建设，推进大电网、配电网、微电网等多种形态有机衔接。”阮前途在提案中表示。

数字化技术的引入将为新能源产业的高质量发展注入哪些新动能？

中国信息协会常务理事、国研新经济研究院创始院长朱克力表示，这将给新能源产业带来诸多变革。“比如，数字化技术可以实时收集和分析能源系统的运行数据，包括能源的生成、分配和使用情况。企业可以据此精确了解能源的使用效率，发现能源浪费的环节，并采取相应的优化措施。这不仅可以提高能源利用效率，而且可以降低碳排放量。”

目前，已有一些突出的案例展示了数字技术与新能源产业的成功融合。

“国内一些电力公司利用大数据和人工智能技术预测风能和太阳能的产量，从而优化电网的运行；有企业则将物联网技术应用于新能源设备的预测性维护，在设备出现故障前进行预警和维护，避免设备故障导致的污染物排放量增加。”中国数实融合 50 人论坛智库专家洪勇绍。

在江苏省盐城市大丰海域，离岸约 67 公里处，32 台金风科技 GW184—6.45MW 智能海上风电机组徐徐转动。盐城国能大丰 H5#风电场正源源不断地将风能转化为清洁电力。在刚刚过去的 2 月，这座风电场就实现单月发电量 8118 万千瓦时。无污染、零排放，海上风电已经成为这座城市的一块绿色招牌。

“我们将先进的激光测风传感技术和智能风机控制技术相结合，为机组提供智慧的‘大脑’，可以精准地提前感知机组来流风速、风向与湍流强度等流场信息及其变化，大幅降低机组载荷，有效优化发电量，提升机组的稳定性和适应能力，从而更加高效且安全地输出绿色电力。”金风科技股份有限公司子公司江苏慧风副总经理田徐平。

二者融合尚需进一步加强合作与协调

以风电、光伏等为代表的新能源产业，正在依托技术创新，改变依赖化石能源资源的传统发展方式。

“上述成功的实践都需建立在统一的技术标准和行业规范上，否则就会出现‘互不兼容’的局面。”朱克力表示，推动能源产业与数字技术融合发展，难点在于加强两者在技术研发和标准制定等方面的合作与协调，包括建立跨界合作平台、资源、技术和知识共享等多个方面。

阮前途在提案中建议，要完善新型电力系统技术标准，明确新型配电网设计标准和技术导则，推动智能配网标准化发展。聚焦“清洁低碳”“安全稳定”“效率效益”三个维度，构建新型电力系统建设评价体系，指导各地有序推进新型电力系统建设。

“建议加快新型电力系统省级示范区建设，加大省级层面统筹协调力度。支持有条件的省份将新型电力系统建设上升为省级战略，成立省领导牵头的领导小组，细化明确相关成员部门、单位工作职责和任务，加快形成政府引导、市场主导、全社会共同参与的工作格局。”阮前途表示。

此外，他建议应健全可持续发展的市场机制，统筹衔接一、二次能源价格政策，研究建立能源转型成本合理疏导机制，加快提升新能源在电力市场的参与度；完善适应新型主体互动需要的市场机制，针对储能、电动汽车、虚拟电厂、负荷聚合商、数据中心等新型主体，结合其物理特性和经济特性，持续完善市场准入、市场品种和交易组织，激励主体参与系统调节。同时，完善绿色电力供给消费体系，加快推动绿证核发全覆盖、绿色消费核算与认证、电力市场与碳市场协同运行等工作，持续扩大绿电交易规模，充分反映新能源绿色环境价值。

“值得注意的是，随着数据安全和隐私保护问题日益突出，新能源产业在与数字技术融合的同时，同样需要加强数据安全管理和隐私保护措施。”中关村物联网产业联盟副秘书长、专精特新企业高质量发展促进工程执行主任袁帅表示。

我国将持续加快专利转化和产业化

中国科学报 02月07日

为做好高校和科研机构存量专利盘活工作，持续做优专利增量，加快专利转化和产业化，国家知识产权局等八部门日前联合印发方案。

这份《高校和科研机构存量专利盘活工作方案》提出，力争2024年底前，实现全国高校和科研机构未转化有效专利盘点全覆盖，2025年底前，加速转化一批高价值专利，加快建立以产业需求为导向的专利创造和运用机制，推动高校和科研机构专利产业化率和实施率明显提高，努力促进高校和科研机构专利向现实生产力转化。

为此，方案要求从盘活存量和做优增量两方面发力，在与企业有效对接的基础上引导高校和科研机构形成更多符合产业需要的高价值专利。

方案还提出了相关具体任务，如要求国家专利导航综合服务平台根据高校和科研机构现行有效的存量专利，构建存量专利基础库。

两项新能源关键技术达国际先进水平

中国科学报 02月07日

由中国科学院青岛生物能源与过程研究所（以下简称青岛能源所）先进储能材料与技术研究组自主完成的两项新能源产业关键技术——高性能碳基锂离子电容器关键技术、无机硫化物全固态电池关键技术，近日通过由中国化工学会组织的成果评价。评价委员会一致认为，这两项技术均整体达到国际先进水平。

对于高性能碳基锂离子电容器关键技术，评价意见认为，研究组创制了新型集流体加工方式，开发了新型涂布模式，具备高度创新性，打破国外技术垄断，实现了电极国产化制造。项目首创常温电化学负极预嵌锂技术，可降低能耗及成本，所生产的锂电容低温性能、倍率性能优异，单体循环寿命突破50万次，容量保持率为80%，产品寿命指标

优于国际同类产品。

对于无机硫化物全固态电池关键技术，评价意见认为，研究组自主开发了高性能硫化物固体电解质制备技术、电极包覆及连续涂布技术等多项新技术，开发出具备优异倍率、循环和低温性能的全固态软包电池，循环 4000 次，容量保持率为 80%。

加快能源数字化智能化发展

人民日报 02 月 02 日

【现象】煤炭企业建立算法模型，提高精煤回收率；新一代电网调度技术能实现潜在风险预警，并自动生成故障处置预案……随着算力水平提升，人工智能、物联网、区块链等数字技术在能源领域的创新应用加快，行业整体能效、安全生产水平不断提升。

【点评】

当前，能源行业面临保障安全可靠供应、加快清洁低碳转型、助力实现“双碳”目标等重大战略任务。加快推进能源数字化智能化发展，是必然选择。

构筑能源系统各环节数字化智能化创新应用体系，培育新模式新业态，都需要更强的算力支撑。比如，随着电力需求持续增长、尖峰负荷特征日益凸显，电力系统安全稳定运行面临新的挑战。以电力算力深度融合为技术路径的智能电网，可以实现源网荷互动、多能协同互补及用能需求智能调控。一些地方建设“虚拟电厂”，将分布式电源、电力用户、储能、电动汽车等碎片化资源聚合，进行协调优化，既提高电网运行灵活性，也保障系统稳定性。在一些省份，这些碎片化资源可以在 30 秒内完成调度，响应能力基本接近实体电厂。在全球能源格局发生深刻变革的当下，加快建设能源算力应用中心，更好支撑能源智能生产调度体系，才能保障能源安全可靠供应。

能源是推进碳达峰碳中和的主战场。在推动能源绿色低碳转型方面，数字化智能化技术也扮演着越来越重要的角色。深挖数据资源“富矿”，可实现碳排放计量、绿电交易等多样化增值服务。在浙江，电网企业打造的“电能碳一张图”数字化应用，实现了从电厂到用户层层追踪碳排放，为电力降碳的测算分析、决策优化等提供支持。一些地方利用数字技术，推进综合能源服务与新型智慧城市、智慧园区、智能楼宇等用能场景深度耦合，提升了服务的绿色低碳效益。合理配置优质算力资源，推动数字化智能化技术在能源行业全链条和各环节的应用，不仅能加快能源绿色低碳转型，还有助于形成新的经济增长点。

数字经济时代，能源和算力正形成相互支撑、协同发展的新态势。随着数字经济快速发展，算力产业将消耗更多能源。发展壮大算力产业，要与清洁能源协同布局。在新能源丰富的地方，部署相应的算力基础设施，既可解决新能源消纳问题，也能推动算力产业绿色发展，进一步厚植绿色发展底色。

能源是经济社会发展的基础支撑，能源产业与数字技术融合发展是新时代推动我国能源产业基础高级化、产业链现代化的重要引擎。坚持市场需求导向，持续优化算力资源布局，加快推动数字技术与能源产业发展深度融合，就能做好能源数字化智能化发展这篇大文章，为经济社会高质量发展提供更有力的支撑。

促进退役风电、光伏设备循环利用！国务院办公厅关于加快构建废弃物循环利用体系的意见印发

国际能源网 02月14日

2月9日，国务院办公厅发布关于加快构建废弃物循环利用体系的意见。文件提出，促进退役风电、光伏设备循环利用，建立健全风电和光伏发电企业退役设备处理责任机制。推进数据中心、通信基站等新型基础设施领域废弃物循环利用。研究修订《废弃电器电子产品处理目录》，加强新型电器电子废弃物管理，完善废弃电器电子产品处理资格许可等环境管理配套政策。

原文如下：

国务院办公厅关于加快构建废弃物循环利用体系的意见

国办发〔2024〕7号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

构建废弃物循环利用体系是实施全面节约战略、保障国家资源安全、积极稳妥推进碳达峰碳中和、加快发展方式绿色转型的重要举措。为加快构建废弃物循环利用体系，经国务院同意，现提出如下意见。

一、总体要求

加快构建废弃物循环利用体系，要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的二十大精神，全面贯彻习近平生态文明思想，完整、准确、全面贯彻新发展理念，加快构建新发展格局，着力推动高质量发展，遵循减量化、再利用、资源化的循环经

济理念，以提高资源利用效率为目标，以废弃物精细管理、有效回收、高效利用为路径，覆盖生产生活各领域，发展资源循环利用产业，健全激励约束机制，加快构建覆盖全面、运转高效、规范有序的废弃物循环利用体系，为高质量发展厚植绿色低碳根基，助力全面建设美丽中国。

——系统谋划、协同推进。立足我国新型工业化和城镇化进程，系统推进各领域废弃物循环利用工作，着力提升废弃物循环利用各环节能力水平。加强废弃物循环利用政策协同、部门协同、区域协同、产业协同，强化政策机制配套衔接。

——分类施策、精准发力。根据各类废弃物来源、规模、资源价值、利用方式、生态环境影响等特性，分类明确废弃物循环利用主体责任和技术路径，因地制宜布局资源循环利用产业，提高废弃物循环利用体系运转效率。

——创新驱动、提质增效。发挥创新引领作用，加强废弃物循环利用科技创新、模式创新和机制创新，不断开辟新领域、塑造新动能，拓展废弃物循环利用方式，丰富废弃物循环利用品类，提升废弃物循环利用价值。

——政府引导、市场主导。充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，更好发挥政府作用，建立有利于废弃物循环利用的政策体系和激励约束机制，激发各类经营主体活力，引导全民参与，增强废弃物循环利用的内生动力。

到 2025 年，初步建成覆盖各领域、各环节的废弃物循环利用体系，主要废弃物循环利用取得积极进展。尾矿、粉煤灰、煤矸石、冶炼渣、工业副产石膏、建筑垃圾、秸秆等大宗固体废弃物年利用量达到 40 亿吨，新增大宗固体废弃物综合利用率达到 60%。废钢铁、废铜、废铝、废铅、废锌、废纸、废塑料、废橡胶、废玻璃等主要再生资源年利用量达到 4.5 亿吨。资源循环利用产业年产值达到 5 万亿元。

到 2030 年，建成覆盖全面、运转高效、规范有序的废弃物循环利用体系，各类废弃物资源价值得到充分挖掘，再生材料在原材料供给中的占比进一步提升，资源循环利用产业规模、质量显著提高，废弃物循环利用水平总体居于世界前列。

二、推进废弃物精细管理和有效回收

（一）加强工业废弃物精细管理。压实废弃物产生单位主体责任，完善一般工业固体废弃物管理台账制度。推进工业固体废弃物分类收集、分类贮存，防范混堆混排，为资源循环利用预留条件。全面摸底排查历史遗留固体废弃物堆存场，实施分级分类整改，督促贮存量大的企业加强资源循环利用。完善工业废水收集处理设施。鼓励废弃物产生单位与利用单位开展点对点定向合作。

（二）完善农业废弃物收集体系。建立健全畜禽粪污收集处理利用体系，因地制宜建设畜禽粪污集中收集处理、沼渣沼液贮存利用等配套设施。健全秸秆收储运体系，引导秸秆产出大户就地收贮，培育收储运第三方服务主体。指导地方加强农膜、农药与化肥包装、农机具、渔网等废旧农用物资回收。积极发挥供销合作系统回收网络作用。

（三）推进社会源废弃物分类回收。持续推进生活垃圾分类工作。完善废旧家电、电子产品等各类废旧物资回收网络。进一步提升废旧物资回收环节预处理能力。推动生活垃圾分类网点与废旧物资回收网点“两网融合”。因地制宜健全农村废旧物资回收网络。修订建筑垃圾管理规定，完善建筑垃圾管理体系。鼓励公共机构在废旧物资分类回收中发挥示范带头作用。支持“互联网+回收”模式发展。推动有条件的生产、销售企业开展废旧产品逆向物流回收。深入实施家电、电子产品等领域生产者回收目标责任制行动。加强城市园林绿化垃圾回收利用。加快城镇生活污水收集管网建设。

三、提高废弃物资源化和再利用水平

（四）强化大宗固体废弃物综合利用。进一步拓宽大宗固体废弃物综合利用渠道，在符合环境质量标准和要求前提下，加强综合利用产品在建筑领域推广应用，畅通井下充填、生态修复、路基材料等利用消纳渠道，促进尾矿、冶炼渣中有色组分高效提取和清洁利用。加大复杂难用工业固体废弃物规模化利用技术装备研发力度。持续推进秸秆综合利用工作。

（五）加强再生资源高效利用。鼓励废钢铁、废有色金属、废纸、废塑料等再生资源精深加工产业链合理延伸。支持现有再生资源加工利用项目绿色化、机械化、智能化提质改造。鼓励企业和科研机构加强技术装备研发，支持先进技术推广应用。加快推进污水资源化利用，结合现有污水处理设施提标升级、扩能改造，系统规划建设污水再生利用设施，因地制宜实施区域再生水循环利用工程。

（六）引导二手商品交易便利化、规范化。鼓励“互联网+二手”模式发展。支持有条件的地区建设集中规范的二手商品交易市场。完善旧货交易管理制度，研究制定网络旧货交易管理办法，健全旧货评估鉴定行业人才培养和管理机制。出台二手商品交易企业交易平台、手机等电子产品时信息清除方法相关规范，保障旧货交易时出售者信息安全。研究解决旧货转售、翻新等服务或相关商品涉及的知识产权问题。支持符合质量等相关要求的二手车出口。

（七）促进废旧装备再制造。推进汽车零部件、工程机械、机床、文化办公设备等传统领域再制造产业发展，探索在盾构机、航空发动机、工业机器人等新领域有序开展高端

装备再制造。推广应用无损检测、增材制造、柔性加工等再制造共性关键技术。在履行告知消费者义务并征得消费者同意的前提下，鼓励汽车零部件再制造产品在售后维修等领域应用。

（八）推进废弃物资源化利用。加快城镇生活垃圾处理设施建设，补齐县级地区生活垃圾焚烧处理能力短板。有序推进厨余垃圾处理设施建设，提升废弃油脂等厨余垃圾资源化、资源化利用水平。因地制宜推进农林生物质资源化开发利用，稳步推进生物质能多元化开发利用。在符合相关法律法规、环境和安全标准，且技术可行、环境风险可控的前提下，有序推进生活垃圾焚烧处理设施协同处置部分固体废弃物。

（九）推广资源循环型生产模式。推进企业内、园区内、产业间能源梯级利用、水资源循环利用、固体废弃物综合利用，加强工业余压余热和废气废液资源化利用。研究制定制造业循环经济发展指南。加强重点行业企业清洁生产审核和结果应用。深入推进绿色矿山建设。推进重点行业生产过程中废气回收和资源化利用。支持二氧化碳资源化利用及固碳技术模式探索应用。深入实施园区循环化改造。积极推进生态工业园区建设。推广种养结合、农牧结合等循环型农业生产模式。

四、加强重点废弃物循环利用

（十）加强废旧动力电池循环利用。加强新能源汽车动力电池溯源管理。组织开展生产者回收目标责任制行动。建立健全动力电池生态设计、碳足迹核算等标准体系，积极参与制定动力电池循环利用国际标准，推动标准规范国际合作互认。大力推动动力电池梯次利用产品质量认证，研究制定废旧动力电池回收拆解企业技术规范。开展清理废旧动力电池“作坊式回收”联合专项检查行动。研究旧动力电池进口管理政策。

（十一）加强低值可回收物循环利用。指导地方完善低值可回收物目录，在生活垃圾分类中不断提高废玻璃、低值废塑料等低值可回收物分类准确率。支持各地将低值可回收物回收利用工作纳入政府购买服务范围。鼓励各地探索采取特许经营等方式推进低值可回收物回收利用。鼓励有条件的地方实行低值可回收物再生利用补贴政策。

（十二）探索新型废弃物循环利用路径。促进退役风电、光伏设备循环利用，建立健全风电和光伏发电企业退役设备处理责任机制。推进数据中心、通信基站等新型基础设施领域废弃物循环利用。研究修订《废弃电器电子产品处理目录》，加强新型电器电子产品废弃物管理，完善废弃电器电子产品处理资格许可等环境管理配套政策。

五、培育壮大资源循环利用产业

（十三）推动产业集聚化发展。开展“城市矿产”示范基地升级行动，支持大宗固体废弃物综合利用示范基地、工业资源综合利用基地等产业集聚区发展，深入推进废旧物资循环利用体系重点城市建设。落实主体功能区战略，结合生态环境分区管控要求，引导各地根据本地区资源禀赋、产业结构、废弃物特点等情况，优化资源循环利用产业布局。

（十四）培育行业骨干企业。分领域、分区域培育一批技术装备先进、管理运营规范、创新能力突出、引领带动力强的行业骨干企业。鼓励重点城市群、都市圈建立健全区域废弃物协同利用机制，支持布局建设一批区域性废弃物循环利用重点项目。支持国内资源循环利用企业“走出去”，为建设绿色丝绸之路作出积极贡献。引导国有企业在废弃物循环利用工作中发挥骨干和表率作用。

（十五）引导行业规范发展。对废弃电器电子产品、报废机动车、废塑料、废钢铁、废有色金属等再生资源加工利用企业实施规范管理。强化固体废弃物污染防治信息化监管，推进固体废弃物全过程监控和信息化追溯。强化废弃物循环利用企业监督管理，确保稳定达标排放。依法查处非法回收拆解报废机动车、废弃电器电子产品等行为。加强再生资源回收行业管理。依法打击再生资源回收、二手商品交易中的违法违规行为。

六、完善政策机制

（十六）完善支持政策。充分利用现有资金渠道加强对废弃物循环利用重点项目建设的支持。落实落细资源综合利用增值税和企业所得税优惠政策。细化贮存或处置固体废弃物的环境保护有关标准要求，综合考虑固体废弃物的环境危害程度、环境保护标准、税收征管工作基础等因素，完善固体废物环境保护税的政策执行口径，加大征管力度，引导工业固体废物优先循环利用。有序推行生活垃圾分类计价、计量收费。推广应用绿色信贷、绿色债券、绿色信托等绿色金融工具，引导金融机构按照市场化法治化原则加大对废弃物循环利用项目的支持力度。

（十七）完善用地保障机制。各地要统筹区域内社会源废弃物分类收集、中转贮存等回收设施建设，将其纳入公共基础设施用地范围，保障合理用地需求。鼓励城市人民政府完善资源循环利用项目用地保障机制，在规划中留出一定空间用于保障资源循环利用项目。

（十八）完善科技创新机制。开展资源循环利用先进技术示范工程，动态更新国家工业资源综合利用先进适用工艺技术设备目录。鼓励各地组织废弃物循环利用技术推广对接、交流培训，推动技术成果产业化应用。将废弃物循环利用关键工艺技术装备研发纳入国家重点研发计划相关重点专项支持范围。支持企业与高校、科研院所开展产学研合作。

（十九）完善再生材料推广应用机制。完善再生材料标准体系。研究建立再生材料认证制度，推动国际合作互认。开展重点再生材料碳足迹核算标准与方法研究。建立政府绿色采购需求标准，将更多符合条件的再生材料和产品纳入政府绿色采购范围。结合落实生产者责任延伸制度，开展再生材料应用升级行动，引导汽车、电器电子产品等生产企业提高再生材料使用比例。鼓励企业将再生材料应用情况纳入企业履行社会责任范围。

七、加强组织实施

（二十）加强组织领导。坚持加强党的全面领导和党中央集中统一领导，把党的领导贯彻到加快发展方式绿色转型的各领域全过程，切实加快构建废弃物循环利用体系。各地区各有关部门要完善工作机制，细化目标任务，确保各项政策举措、重点任务落地见效。国家发展改革委要强化统筹协调，及时评估本意见实施情况，会同有关部门以废旧物资循环利用体系建设重点城市、已开展生活垃圾分类工作的城市、“无废城市”为主体，探索开展城市资源循环利用成效评价，加强支持引导。重大事项及时请示报告。

（二十一）抓好宣传引导。将循环经济知识理念纳入有关教育培训体系。在全国生态日、全国节能宣传周、全国低碳日、环境日等重要时间节点，开展形式多样的宣传教育活动，大力宣传废弃物循环利用的重要意义、相关政策措施。及时总结推广先进经验和典型做法。

（二十二）强化国际合作。积极参与国际循环经济领域议题设置，加强在联合国、世界贸易组织等框架和多边机制中的国际合作。与更多重点国家和地区建立循环经济领域双边合作机制，以政策对话、经贸合作、经验分享、能力建设等形式深化双边合作。

二、热能、储能、动力工程、节能

新型高强高导耐热铝合金材料制备成功

科技日报 02月19日

近日，昆明理工大学研究团队与北京航空航天大学合作，在高强高导耐热铝合金方面取得重要进展，制备出强度、导电率及耐热性良好匹配的铝—锆—钽合金导线，在绿色铝、钛产业和先进制造业方面实现了新突破。

高强高导耐热铝合金是架空输电线路电缆用关键基础材料。研究表明，实现铝—锆—钪合金强度、导电率和耐热性能的协同提升，将具有广阔的应用前景。而阐明加工路径对合金微观组织和性能的影响，对于提高合金性能至关重要。

昆明理工大学黎振华团队与北京航空航天大学马朝利、肖文龙团队开展合作研究，获得了加工路径的各工艺环节对铝—锆—钪合金组织、强度和导电率影响的定量关系。结果表明，通过快速凝固—热变形—时效—冷拔路径，充分利用细晶强化、析出强化、位错强化和热变形过程中钪原子的动态析出，可获得高强高导耐热铝—锆—钪合金导线。

不久前，研究团队在云南铝业泽鑫公司和昆明电缆股份有限公司开展中试。他们成功制备出数万米高强高导耐热铝合金导线，并通过了第三方权威检测。其导电率达 61.1%，抗拉强度为 161 兆帕，延伸率为 5.6%，280℃保温 1 小时后强度保持率达 96%。结合该导线制备出的成品电缆，为进一步提升我国绿色铝产业深加工能力提供了支撑。相关成果发表在学术期刊《材料科学与技术》上。

新型固体材料能快速传导锂离子

科技日报 02 月 21 日

英国利物浦大学科学家发现了一种能快速传导锂离子的固体材料。这种新型电解质有望用于研制可持续电池。相关论文发表在新一期《科学》杂志上。

研究团队使用协同计算和人工智能（AI）等变革性的方法，设计并在实验室中合成出这一新材料。随后，他们确定了新材料的结构，并将其置于电池内，展示了其性能。

电解液是锂离子电池的“血液”，在电池正负极之间起到传导离子的作用，是锂离子电池获得高电压、高比能的关键。但目前液体电解质是锂离子电池在安全性和能量密度上限方面出现短板的最核心因素。而最新电解质材料由无毒的稀土元素组成，拥有足够高的锂离子电导率，可取代液体电解质，从而提高锂离子电池的安全性和能量密度。

研究团队表示，由于新材料结构特殊，它能以不同于液体电解质的方式工作。利物浦大学化学系马特·罗塞因斯基教授称，新材料性能比那些只能为离子提供狭窄空间的固体更优异，其结构改变了以前对高性能固态电解质的理解。

研究团队强调，很多科学家正在使用 AI 工具搜寻新材料，AI 正在改变材料研发的范式。由于 AI 工具独立工作，因此会以各种方式重新创建它们所训练的内容，生成的新材料可能与已知材料非常相似。

在最新研究中，他们借助 AI 工具寻找能将不同材料区分出来的成分和结构差异，并评估这些差异对材料性能的影响。这一颠覆性设计方法为发现更多高性能固体材料提供了新途径。

全球海拔最高大型抽蓄电站开工建设，单日存储电量可满足 200 万户家庭一天用电需求

科技日报 02 月 26 日

近日，全球海拔最高的大型抽水蓄能电站、雅砻江流域水风光一体化基地又一重大项目——道孚抽水蓄能电站于日前开工建设。

道孚抽水蓄能电站位于四川省甘孜藏族自治州道孚县，场址海拔 4300 米，总装机容量 210 万千瓦，设计年发电量 29.94 亿千瓦时。它是四川省装机规模最大的抽水蓄能项目，也是全球海拔最高的大型抽水蓄能电站，被称为“巨型充电宝”。电站安装 6 台 35 万千瓦的可逆式机组，主要由上水库、下水库、输水系统、地下厂房系统及地面开关站等组成。

雅砻江流域水电开发有限公司副总经理张鹏介绍，抽水蓄能是目前最常用的大规模储能技术，主要用于电力系统调峰填谷、调频调相和紧急事故备用等领域，具有技术成熟、效率高、容量大、储能时间长等优点。

张鹏说，在用电低谷时段，电站可利用风光等新能源发出的多余电能将下水库的水抽到上水库，相当于给“充电宝”充电。此时电站是电能用户端。在用电高峰时段，电站再将水从上水库放至下水库，把水的势能转化为电能，满足高峰时段电力需求，相当于让“充电宝”放电。此时的蓄能电站则是发电厂。

“作为‘巨型充电宝’，道孚抽水蓄能电站一天可存储电量 1260 万千瓦时，能满足 200 万户家庭一天的用电需求。”张鹏说，“道孚抽水蓄能电站对于区域内电力系统供需平衡、电力系统频率和电压稳定、电能品质提升有着显著作用。”

据悉，道孚抽水蓄能电站周边光伏资源丰富，规模超 2000 万千瓦。装机 210 万千瓦的道孚抽水蓄能电站与周边光伏发电互补，可将 600 万千瓦左右随机波动的光伏发电调整为平滑、稳定的优质电源，产生“1+1>2”的效益。

据介绍，拥有道孚抽水蓄能电站这一标志性项目的雅砻江流域水风光一体化基地是我国规划建设的大型清洁能源示范基地之一。目前，基地已投产水电和新能源装机近 2100 万千瓦。本阶段规划的 7800 万千瓦装机容量计划 2035 年全面建成。届时，雅砻江流域水风光一体化基地将成为世界最大的绿色清洁可再生能源示范基地。

张鹏说，实施流域水风光一体化开发，有利于实现水风光多能互补发展，提高流域资源开发利用效率，是推进可再生能源高质量发展的重要举措。建设雅砻江流域水风光一体化基地，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建设提供示范和借鉴。

粤港澳大湾区抽水蓄能年发电量首次突破 100 亿千瓦时

中国能源报 02 月 05 日

2023 年，在全国电力负荷屡创新高和新能源装机占比持续增大的形势下，抽水蓄能作为目前技术最成熟、经济性最优、最具大规模开发条件的电力系统绿色低碳清洁灵活调节电源，在能源电力供应中的保障作用愈发凸显。

2023 年，粤港澳大湾区 6 座抽水蓄能电站的 31 台机组启动超过 3 万次，较 2022 年增长 13.81%，发电量 112.61 亿千瓦时，首次突破 100 亿千瓦时，较 2022 年增长 27.36%，相当于 514 万居民用户一年的用电量。

■ 运行控制提效

迅速响应电力系统的调度需求

走进南网储能公司番禺生产基地的集控中心大厅，巨大电子屏映入眼帘，显示画面星罗棋布，数据表图整齐排列。2023 年 7 月，在历经 1500 余张控制画面开发、近 14 万个数据测点配置、3100 余个实时监视信号采集、长达近 8 个月试运行后，这里作为我国首个抽水蓄能多厂站集控中心正式投运。

基于成熟的物联网技术，该集控中心具备设备信息敏捷辨识、设备操作便捷防误、值班职责机器替代等多项数字化功能。“集控中心实现对粤港澳大湾区全部抽水蓄能机组的

远程集中控制，控制效率为传统模式的2到3倍。”南网储能运行公司集控中心总经理向鸣介绍。

目前，粤港澳大湾区抽水蓄能装机规模达到968万千瓦，接近全国抽水蓄能装机总量的1/5。为保证抽水蓄能机组“开得起、调得出、停得下”，一项项技术和管理举措先后在南网储能公司落地见效。

“黑启动”是抽水蓄能电站六大功能之一，通过抽水蓄能机组自启动、输电线路充电、启动其他发电机组、并网恢复发电能力等环节，可以在极端条件下快速给系统注入电力，迅速恢复电网。2023年2月至11月，粤港澳大湾区抽水蓄能电站的8次“黑启动”试验先后完成，顺利实现了年度试验目标。其中，梅州、广州、阳江3座抽水蓄能电站首次开展了带500千伏线路运行“黑启动”试验，更真实地模拟了电网“全黑”的启动条件。

管理模式上，2023年7月起，南网储能公司实现了粤港澳大湾区六座抽蓄电站的“7×24小时”全面应急值班管理，由运行人员直接承担全部日常应急与常规故障处理，应急效率大幅提升。2023年7月26日，在6座抽水蓄能电站的有力支撑下，南方五省区抽水蓄能日发电量首次突破5000万度。

■ 关键技术可控

有力提高产业链供应链安全性

针对产业链的痛点、卡点、堵点，集成各类创新资源，开展关键核心技术攻关，凸显了创新对产业链发展的有效支撑。

2022年5月，梅州、阳江两座抽水蓄能电站全面投产发电。在2023年首个“完整运行年”里，两座抽水蓄能电站均收获了关键技术可控的优异“成绩单”。

抽水蓄能机组成套开关是电站的关键机电设备之一，技术性能和可靠性要求高，设计制造难度大，此前一直被国外极少数公司垄断，被称为我国抽水蓄能机组主机设备的“最后一块短板”。

2023年6月10至11日，我国电气领域的30余位专家学者从全国各地奔赴粤港澳大湾区，参加由中国机械工业联合会组织的“国产抽水蓄能机组成套开关设备”产品鉴定会，实地考察安装在梅州抽水蓄能电站4号机组的首套开关运行情况。经过严格评审，委员专家们给出了“综合性能指标达到国际领先水平，可以批量生产并在抽水蓄能电站推广应用”的鉴定意见。这标志着由产业链业主方南网储能公司和供货商西开电气联合开展的科技攻关取得实质性成功。

高水头、大容量是世界抽水蓄能机组发展的主要方向，能够有效降低工程造价，提高电站综合效益。阳江抽水蓄能电站是我国超高水头超大容量抽水蓄能机组设计制造自主化的重点依托工程，也是国内在运单机容量最大的抽水蓄能电站。

2023年5至7月，在电站投运满周年之际，一系列成果鉴定会密集召开。经鉴定，该电站机组研制、系统设计、水道建设三项关键技术均达到国际领先水平，表明我国在超高水头超大容量抽水蓄能工程领域实现了高水平的科技自立自强。

同样是攻克“卡脖子”难题，截至2023年12月底，南网储能公司自主研发的我国首套抽水蓄能成套核心控制系统安全启动超过2400次、累计运行时长超过21600小时。

抽水蓄能核心控制系统由计算机监控、调速、励磁、继电保护等四大系统组成，被喻为抽水蓄能电站的“大脑”。以前，这套系统的关键部件依赖进口，核心功能优化存在“盲区”。2021年2月起，南方电网选取广州、惠州两座抽水蓄能电站为平台，同时开展四大系统的“元件级”国产化设备研制工作。近三年来，研发团队先后完成了元件比选适配、技术功能研发、控制逻辑优化、调试试验等工作。整套系统关键技术达到国际领先水平，算法高效、功能完备，完成四大系统的“元件级”国产化替代工作，实现重大技术创新40项，21项技术填补国内空白。

■ 数据分析赋能

大力推进人工巡检的机器替代

当前，以大数据、云计算、人工智能等技术为主导的新质生产力正在抽水蓄能领域加快形成。

2023年4月，我国首个抽水蓄能人工智能数据分析平台在粤港澳大湾区上线运行。南网储能修试公司自动化检修部总经理杨铭轩表示：“借助大数据分析平台，我们能够足不出户地掌握设备健康状况，实现90%人工巡检的机器替代，科学减少机组停电检修时间，每年可创造经济效益约1760万元。”

平台上线运行后，南网储能公司深化人工智能应用的步伐未曾放慢。数据质量持续提升，将原本达到的“秒级”数据在线分析提升到“毫秒级”；算法中台全面重构，利用机器学习算法智能自动更新数据评价规则；新增多类组态运算算子，结合量测模型服务实现算法批量布置；利用机器学习算法训练温度趋势、同期时间等场景模型，形成全业态智能分析能力；业数持续深度融合，基于算法体系实现数据自动巡检、设备状态报告自动生成、缺陷隐患自动分析预判……2023年，南网储能公司累计提前预判设备缺陷隐患50余起。

两库之水奔涌，机组飞速转动，水花流动点亮南粤大地万家灯火。这样的故事正在不停书写。“十四五”期间，粤港澳大湾区预计新增 4000 万千瓦风光新能源并网，抽水蓄能电站将继续助力新能源电力稳定消纳。

中国科学院电工研究所等突破国产储能电容器薄膜性能瓶颈

中国科学报 02 月 07 日

中国科学院电工研究所研究员邵涛团队与合作者突破了国产储能电容器薄膜性能瓶颈。相关研究成果近日发表于《先进材料》。

薄膜电容器是特高压直流输电、柔性直流输电、电磁能装备的核心储能器件。双向拉伸聚丙烯（BOPP）作为薄膜电容器的关键材料，具有击穿电场高、常温损耗低等优势，但高温下 BOPP 击穿电场严重下降、损耗急剧增加，成为限制薄膜电容器性能的瓶颈。现有研究大多通过无机掺杂、表面喷涂、沉积、接枝等方法提升 BOPP 介电性能，但这些方法需攻克从实验室到工业应用的难题。

该研究采用气体放电等离子体高效产生 KrCl（222 纳米）和 Xe₂（172 纳米）准分子深紫外光，具有光子能量高、环境友好等优势，在常压空气中直接辐照改性 BOPP。作为一种“软”改性方法，可无损实现 BOPP 断键、重构，裂解氧分子、产生氧原子，形成热稳定性更好的 C-O 键，且避免引入新的界面问题。改性后的 BOPP 击穿电场常温下提升 17%、120℃下提升 52%，常温下效率大于 95%放电密度由 4 兆焦每立方米提升到 7.5 兆焦每立方米。该方法还可以拓展到其他高温介质薄膜，具有良好的通用性。

为了揭示改性内在机理，研究人员建立了分辨率达 0.5 微米的激光诱导压力波空间电荷测量方法，原位获得了改性前后 BOPP 原样品的空间电荷分布。

该研究全链条深度融合放电等离子体产生与材料改性应用，处理过程不涉及任何化学试剂、不产生高污染副产物，具有一步、通量大、能耗低等优势，对突破国产储能电容器薄膜性能瓶颈具有重要意义。

我国科学家研发出室温下可充钙-氧电池

新华社 02月15日

近日，复旦大学科研人员创建出一种新型钙-氧电池，可在室温条件下充放电，稳定运行 700 次循环，展现出高安全性、较低成本等优势，并为可穿戴电池织物的发展提供了新思路。相关成果已在线发表于《自然》主刊。

科研人员表示，最新创建出的钙-氧电池主要由金属钙负极、碳纳米管空气正极和有机电解质三个部分组成。电池设计不仅优化了性能和成本，也兼顾了环境的可持续性与在柔性电子设备中的应用要求。其中，金属钙负极成本较低，且具有较高理论容量，同时可进一步将金属钙负载到柔性基底上，得到柔性的金属钙负极，为实现柔性钙-氧电池奠定了基础；新型电解质在室温下表现出高离子导率，展示了稳定的电化学特性，显著提升了电池整体安全性。

据介绍，这种电池可支持室温条件下长达 700 次的充放电循环。团队还在此基础上成功构建出同时具有高柔性和高安全性的钙-氧电池，可用于制备下一代可穿戴电池织物。

三、碳达峰、碳中和

绿色低碳电力电缆装备开发取得新进展

科技日报 02月27日

日前，中国电力科学研究院联合国内石化企业、电缆厂和高校等上下游单位，采用“问题导向、产学研用联合、跨学科协同”的创新模式，全面开展聚丙烯电缆料性能提升、电缆制造和评价方法研究。历时 5 年，研究团队取得了一系列具有自主知识产权的创新成果。

据了解，“双碳”目标下，电力电缆装备的绿色低碳发展成为必然趋势。传统交联聚乙烯绝缘电力电缆工艺复杂、制造能耗高、退役后绝缘难以回收利用。聚丙烯电力绝缘电缆成为替代传统热固性绝缘电力电缆的重要方向。但普通聚丙烯机械模量高、韧性差，如何实现电气—机械性能的协同调控和多维评价是开发聚丙烯绝缘电力电缆的关键问题。

研究团队研发了原位聚合聚丙烯绝缘料和半导体屏蔽料，形成了 20 万吨/年的连续稳定生产能力，并具备长周期一体化稳定制备水平；开发了中压聚丙烯绝缘电力电缆制造装备及工艺，突破了聚丙烯绝缘均匀定型难题，实现了可剥离屏蔽中压电缆设计和稳定制造；提出了电缆料性能评价指标和电力电缆可靠性试验方法，建立了从聚丙烯电缆料到电缆的标准化体系。经测算，新型电力电缆较传统电力电缆的制造成本降低 17%，生产能耗降低 45%。

在国家电网公司设备部的统筹下，中国电力科学研究院牵头制定了标准化聚丙烯绝缘电力电缆设计、技术规范、入网检测要求，能够支撑 35 千伏及以下电力电缆工程批量化推广和稳定运行。2023 年 5 月，团队的项目技术成果“聚丙烯绝缘材料原位聚合与电力电缆制造关键技术”通过中国电力企业联合会鉴定。

我国碳封存地质潜力待深挖

中国能源报 02 月 26 日

在“双碳”目标背景下，碳封存作为一项重要的兜底技术被寄予厚望。中国地质调查局近日透露，为服务“双碳”目标实现，我国积极推进碳封存地质调查及相关技术试验，持续深化碳封存机理、选址、监测等技术研究，并取得一系列新进展。目前，渤海、南黄海等重点海域碳封存选区评价已完成，江西、山西正探索开展沉积盆地咸水层碳储存潜力评价与碳封存试验等。

据了解，相较于欧美发达国家，我国二氧化碳地质封存相关工作起步较晚，目前仍处于探索阶段。多位业内专家指出，我国碳封存地质潜力巨大，但还面临市场机制缺失、政策激励不足等挑战，当前需进一步加强产学研合作，加快技术创新，加速推进碳封存地质工作多出成果。

● 地质封存可选方式多

二氧化碳地质封存，即通过工程技术手段将捕集的二氧化碳直接注入深部地质储层中，实现与大气的长期隔绝，是规模化减少碳排放的重要支撑技术，对促进化石能源低碳利用、保障国家能源安全具有重要意义。

据了解，根据地质体和地层差异，地质封存主要可分为咸水层封存、油气藏封存和深部煤层封存。根据初步调查结果，我国具有较好的二氧化碳地质封存条件和潜力。科技部

下属中国 21 世纪议程管理中心等 2023 年 7 月发布的《中国二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）年度报告（2023）》指出，中国理论二氧化碳地质封存容量为 1.21 万亿—4.13 万亿吨，其中深部咸水层的封存容量为 0.16 万亿—2.42 万亿吨，主要分布在塔里木盆地、渤海湾盆地、珠江口盆地等大中型沉积盆地。

中国矿业大学碳中和研究院院长桑树勋指出：“整体看，几种主要的地质封存方式中，咸水层的封存潜力最大，可以满足更大规模的碳封存；油气藏封存的工程实践最多、经济性最好，并已初步实现商业化，目前国内项目最大规模已达到 100 万吨/年；深部煤层封存国内也已实施多个工程示范项目，不过目前注入规模比油气藏封存小得多，单体项目二氧化碳注入量不超过 5000 吨，但其安全性最高，同时源汇匹配条件和经济性好，具有开展大规模地质封存的前景。还有其他一些方式，我国仍处在实验室探索阶段，比如玄武岩体封存。”

● 理论和技术创新不够

“双碳”目标背景下，我国二氧化碳地质封存相关工作近年加速推进，各大能源企业积极开展相关工程实践和探索，取得显著成果。

早在 2011 年，原神华集团就牵头实施了我国首个二氧化碳咸水层地质封存试验。此后，我国多个油田相继建成二氧化碳地质封存项目。2022 年，我国首个百万吨级 CCUS 项目——齐鲁石化—胜利油田百万吨级 CCUS 项目建成投产。该项目将捕集的二氧化碳注入胜利油田油井中，大幅提高石油采收率，同时二氧化碳通过置换油气、溶解与矿化作用实现地下封存。

2023 年 6 月，我国在南海的恩平 15-1 油田实施了第一例海洋碳封存项目，将捕集到的二氧化碳直接注入 800 米以下的海底咸水层，标志着我国初步形成海上二氧化碳注入、封存和监测的全套钻完井技术和装备体系。

不过，整体来看，当前我国碳封存技术仍处在工程示范阶段。中国石油天然气股份有限公司规划总院周新媛等撰文指出，从地区分布看，国外碳封存项目多且运行时间更长、经验更丰富、涉及的封存类型更广泛。而中国的碳封存项目还处于起步探索阶段，与国际先进水平相比存在较大差距，尤其是相关的理论、注入监测等核心技术及大规模封存工程经验等方面。

“当前，我国碳封存仍需重点解决有效性、安全性和经济性三方面问题。首先，如何能够寻找适宜的地质封存‘库’并实现更大规模的二氧化碳有效注入、稳定封存和高效驱替油气；其次，二氧化碳注入地层后，可能存在泄漏，或改变地层稳定性诱发地表变形、

断层活化等地质灾害的风险，如何实现安全封存并实现有效的监测预警；第三，降低项目成本，提高项目经济性，提供支撑项目商业化发展的动力，离不开技术创新、碳市场和政策支持。”桑树勋。

● 持续加强产学研合作

在桑树勋看来，破解碳封存发展瓶颈，需从技术和市场等方面着手。“第一，需要加快构建创新体系，进一步加快布局碳封存领域全国重点实验室和国家技术创新中心，加大对相关创新平台的建设投入，同时加快创新人才培养。另外，需要产业部门、企业、高校、研究机构等做好协同创新工作，不断优化创新机制，并加强高质量国际合作。”

“市场方面，目前我国已正式启动 CCER，并开始将自主减排量纳入碳市场交易。但是，如何使碳市场、碳金融给予二氧化碳地质封存更大资金支持，也非常关键，需要相关部门加快这方面政策的出台和落地。当然，还需要国家相关激励政策支持，现在有些非常规资源开发利用产业发展早期有相关补贴政策且成效显著，推动大规模碳封存应该需要类似政策的引导。”桑树勋建议。

广东省环境科学研究院高级工程师邓一荣等建议，应尽快完善碳封存政策支持与标准规范体系，推动碳封存商业化步伐，将 CCUS 纳入产业和技术发展目录，适时推动相关企业事业单位的税收优惠和补贴激励政策，从而降低封存成本。另外，充分考虑碳中和目标下的产业格局，研判电力、钢铁等重点排放行业排放路径，强化碳捕集与封存等关键技术研究，将碳封存技术纳入能源、矿业的绿色发展技术支撑体系以及战略性新兴产业序列。

《工业领域碳达峰碳中和标准体系建设指南》印发

科技日报 02 月 29 日

工业和信息化部近日印发《工业领域碳达峰碳中和标准体系建设指南》（以下简称《指南》），提出到 2025 年，初步建立工业领域碳达峰碳中和标准体系，制定 200 项以上碳达峰急需标准，重点制定基础通用、温室气体核算、低碳技术与装备等领域标准，为工业领域开展碳评估、降低碳排放等提供技术支撑。到 2030 年，形成较为完善的工业领域碳达峰碳中和标准体系，加快制定协同降碳、碳排放管理、低碳评价类标准，实现重点行业重点领域标准全覆盖，支撑工业领域碳排放全面达峰，标准化工作重点逐步向碳中和目标转变。

工业领域是实现我国碳达峰目标的重点对象。《指南》提出了工业领域碳达峰碳中和标准体系框架，规划了重点标准的研制方向。具体包括基础通用、核算与核查、技术与装备、监测、管理与评价等五大类标准；碳达峰碳中和标准制定重点领域，包括基础通用标准、核算与核查标准、技术与装备标准、监测标准、管理与评价标准。

《指南》提出，鼓励工业领域的低碳技术创新和管理创新，推动将低碳新技术新工艺融入相关标准，加快低碳创新技术的推广应用。围绕 5G、工业互联网、人工智能等新一代信息技术在工业低碳领域的应用创新，加快相关标准研制，以数字化、智能化赋能绿色化，培育壮大低碳发展新动能。

《指南》要求，加强相关标准化技术组织建设，强化产业链上中下游标准之间的有效衔接，国家标准、行业标准和团体标准之间的协调配套。引导行业内的龙头企业、科研院所、社会团体、检测认证机构、行业低碳标准化技术组织、地方工业和信息化主管部门等积极参与标准化工作，鼓励企业制定严于国家标准和行业标准的企标，推动企业加快实现低碳转型。

将二氧化碳变成燃料？中国与新西兰科学家合作研究有新成果

中国新闻网 02月28日

将令人头疼的温室气体二氧化碳转化为燃料，并可商业化生产实现盈利，还是空想吗？在中国和新西兰科学家的合作努力下，这样的想法将很快得到实现。

据新西兰“乡音”网报道，中国和新西兰科学家正合作开发一种将二氧化碳转化为有用化学物质的系统。“这个领域有很大的可能改变我们的社会，”奥克兰大学计算化学家王子运(Ziyun Wang)博士说。

王子运是来自奥克兰大学和中国武汉华中科技大学的科学家团队中的一员，他们开发的这种二氧化碳转化系统是世界上首个可连续运行超 5000 小时而不会出现故障，且可以实现商业化运作的系统。

据悉，科研团队将用电来改变二氧化碳的性质，然后加入氢，产生甲酸，这便转化为能源，为汽车等产品提供燃料。科研人员称，新工艺中使用的电解质可以直接从废铅电池中获取——这一点很重要，因为许多电动汽车都使用它们。“我们找

到了最实惠的来源，基本上是免费的，甚至有人会专门付钱让你把这些东西清理掉。”

据悉，这项技术在新西兰尤其有用，因为新西兰依赖进口精炼燃料，供应很容易因各种原因而中断。

工业和信息化部：到 2025 年初步建立工业领域碳达峰碳中和标准体系

工业和信息化部 02 月 22 日

2 月 21 日，工业和信息化部印发《工业领域碳达峰碳中和标准体系建设指南》。通知提出，到 2025 年，初步建立工业领域碳达峰碳中和标准体系，制定 200 项以上碳达峰急需标准，重点制定基础通用、温室气体核算、低碳技术与装备等领域标准，为工业领域开展碳评估、降低碳排放等提供技术支撑。到 2030 年，形成较为完善的工业领域碳达峰碳中和标准体系，加快制定协同降碳、碳排放管理、低碳评价类标准，实现重点行业重点领域标准全覆盖，支撑工业领域碳排放全面达峰，标准化工作重点逐步向碳中和目标转变。

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

新型蛭石纳米材料通道膜 实现工业废水渗透能高效回收

科技日报 02 月 01 日

近期，西安建筑科技大学环境与市政工程学院、陕西省膜分离技术研究院团队开发的基于二维蛭石纳米材料的异质纳米通道膜，实现在高盐卤水、工业废水等实际水质条件下高效稳定的渗透能回收。相关论文成果发表在《自然·通讯》上。

近年来，蕴藏于海水、卤水和高盐工业废水等自然与工业资源中的“蓝色能源”——渗透能，因其储量大、可再生等特点，受到了研究者的广泛关注。浓度比重不同的水之间会产生渗透现象。渗透时对作为隔膜的半透膜产生的压力被称为渗透压力，由渗透压力产生的能量被称为渗透能。而具有离子分离特性的功能薄膜是渗透能回收的关键。

但在渗透能的实际回收过程中，水体的高盐浓度往往会导致分离膜的离子选择性和扩散性大幅下降，从而严重制约了相关技术的应用与推广。

西安建筑科技大学王磊教授团队长期专注于离子分离领域的基础研究以及海水、盐湖、工业废水中资源与能量回收的应用研究。该团队在膜分离技术领域围绕环境废弃物有价资源回收、离子精准分离、盐差能回收和分离膜污染防控等方面开展了大量基础研究工作。该团队开发的基于二维蛭石纳米材料的异质纳米通道膜，具有独特的结构，实现了离子在膜内“初步富集+二次分离”的选择性传输行为。得益于此，即使在高浓度盐度为 5M（盐度梯度为 500 倍）的极端条件下，蛭石纳米通道膜仍表现出高效稳定的渗透能回收性能，输出功率密度可达 33.76 瓦每平方米。

王磊介绍，为了进一步证明该体系在实际高盐环境渗透能收集场景中的应用性能，团队选用多种青海当地的实际盐湖卤水进行了验证，并获得了最高 25.9 瓦每平方米的功率密度。这展现出该团队研发的异质纳米通道膜在实际高盐卤水、工业废水中收集渗透能的潜力，对于可持续能源的发展具有重要意义。

研究团队找到废弃塑料生物降解新方法

科技日报 02 月 07 日

日前，江南大学吴敬教授团队在废弃聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）生物降解领域取得进展。研究团队设计开发了具有自主知识产权的“菌—酶”协同系统，可实现 PET 废弃塑料 100%降解。相关研究成果日前发表于国际期刊《国际生物大分子杂志》。

小到吸管、大到汽车，塑料制品已融入人类生活的方方面面。其中，PET 是人们日常生活中最常接触到的一种塑料。目前，物理法熔融再生是实现废弃 PET 回收利用的主要手段，但由于回用过程中原料批次波动大、稳定性差等问题，导致熔体的品质不理想。同时，化学法则是通过醇解、氨解等方法将废弃 PET 进行降解，但降解过程条件苛刻，需对原料含水量有着严格的控制。

针对上述问题，吴敬团队经过长期科研积累，提出“菌酶协同增效”的理念，在酶法降解过程中引入特异性微生物，构建出新型“菌—酶”协同系统，可实现废弃 PET 完全降解与再利用，杜绝微塑料、微颗粒的产生。

“生物降解技术具有能耗低、环境友好等优点，逐渐成为处理 PET 污染最安全、彻底的方法。在此基础上，回收的单体可作为原料再聚合，创制出生物基塑料制品，加速石油基塑料制品的迭代更新。”吴敬表示。

首次人体受控临床试验证实——石墨烯纳米材料可安全开发

科技日报 02月19日

英国研究人员公布了一项重要的发现：首次人体严格受控暴露临床试验显示，吸入特定类型的石墨烯不会对肺或心血管功能产生短期不良影响。这意味着石墨烯这种纳米材料可以安全地进一步开发，而不会对人类健康造成重大风险。相关论文发表在16日《自然·纳米材料》杂志上。

石墨烯在2004年首次被分离出来，具有超薄、超强、超柔韧等特性，被誉为“神奇”材料。其可能应用于电子产品、手机屏幕、服装、油漆和水净化等领域。此外，科学家还在积极探索石墨烯在针对癌症和其他疾病的靶向治疗方面所能发挥的作用，例如将其制成可植入设备和传感器。然而，在医疗应用之前，所有纳米材料都需要测试是否有任何潜在的不利影响。

此次人体试验使用了超纯氧化石墨烯纳米薄片（一种与水相融的材料）。来自爱丁堡大学和曼彻斯特大学的研究人员招募了14名志愿者，这些人在严格控制的暴露和临床监测条件下参与了这项研究。志愿者在专门设计的移动实验室中骑车时，戴着口罩呼吸了超纯氧化石墨烯2个小时，并在暴露前和暴露后每隔两小时测量一次肺功能、血压、凝血和血液中炎症水平。几周后，志愿者返回诊所，反复受控地暴露在不同质量的氧化石墨烯或清洁空气中进行比较。

结果表明，吸入超纯氧化石墨烯对肺功能、血压或大多数其他生物参数没有不良影响。研究人员注意到，有轻微的迹象表明，吸入这种物质可能会影响血液凝块的方式，但这种影响非常小。不过，仍需进一步调查以确定更高剂量和长时间接触石墨烯的潜在影响。

研究人员表示，石墨烯等纳米材料前景看好，但必须确保以安全的方式制造，才能在生活中更广泛地应用。通过在人类志愿者身上探索这种独特材料的安全性，在理解石墨烯

如何影响人体方面迈出了一大步。这一发现可能为新型设备、治疗手段和监测技术的开发打开大门。

利用废旧电池可将二氧化碳转换为甲酸

科技日报 02月20日

近日，中国科学技术大学国家同步辐射实验室教授姚涛团队与华中科技大学教授夏宝玉团队、新西兰奥克兰大学博士王子运合作，综合利用多种同步辐射原位技术，在质子交换膜二氧化碳转换机制的研究中取得重要进展。相关研究成果发表于《自然》杂志。

开发各种碳中和技术，对于解决能源与环境问题具有重要意义。基于质子交换膜技术的电催化二氧化碳转化，可生产高附加值化学品和燃料，并可以大电流、长时间稳定工作，是较有前景的实现工业化碳转换的方式之一。利用同步辐射大科学装置的多种先进表征技术研究催化剂在服役状态下的结构演变和反应机理，对于开发酸稳定的碳转换催化剂和膜电极系统具有重要的科学意义和应用价值。

研究人员使用废旧铅酸电池制备出了再生铅催化剂，并利用再生铅催化剂在宽 pH 范围内取得了较高的电催化二氧化碳转化活性。这种方法在 2.2 伏特电压下、连续工作 5200 小时的条件下产生甲酸的法拉第效率超过 93%，电流密度达到 600 毫安/平方厘米。

为了厘清再生铅催化剂在电催化二氧化碳转化反应中的真实活性结构，研究人员发展并自研了适用 X 射线吸收谱的膜电极电催化二氧化碳转化原位装置，并分别在合肥光源软 X 射线磁性圆二色线站和北京光源 XAFS 线站开展了离线和原位表征。利用原位 X 射线吸收谱技术，研究人员发现再生铅催化剂在电催化二氧化碳转化的还原电位下发生了动态结构演变，金属态铅与碳酸铅在还原电位下一定比例的共存是最终产生甲酸高选择性和活性的关键因素。

研究人员进一步基于合肥光源原位红外谱学技术和自研原位红外装置，采用碳 13 同位素标记的二氧化碳开展了电催化二氧化碳转化的原位红外研究，发现碳酸铅表面的气态二氧化碳会首先经过表面活化过程进入碳酸铅晶格，再由晶格中的碳转换成最终的甲酸产物。研究人员结合理论计算揭示了再生铅催化剂的固相动态转变诱导晶格碳活化和二氧化碳转化机理。

姚涛表示，这项研究成果可利用回收的废旧电池把二氧化碳转化为具有高经济价值的甲酸，对碳中和具有重要应用价值。

从铝土矿废渣中提取铁实现废物利用

中国科学报 02月06日

德国马克斯·普朗克铁研究所等机构的科研团队发现了一种简单的化学工艺，能从铝土矿废渣中提取有用的金属——铁，并将剩余部分转化为可用于制造混凝土的物质。如果这种工艺能够扩大规模并具有成本效益，就能将废渣转化为气候友好型钢材。相关成果近日发表于《自然》。

从铝土矿中提取氧化铝会产生大量固体废物，后者因富含氧化铁而呈现红色，又被称为“赤泥”。在这项研究中，研究团队采用氢离子还原的方法处理赤泥。

研究人员使用电弧炉熔化赤泥，同时将其暴露在电离氢原子的等离子体中。在将15克赤泥熔化约10分钟后，他们发现了珍珠大小、近乎纯铁的球体。研究人员对球体和其他反应产物进行切片分析，发现从赤泥中回收铁的效率非常高，且理论上还可以提取其他更稀有的元素。另一个优势是，剩下的物质pH值接近中性，而不需要额外处理降低碱度，这使得将其用于建筑材料的成本大大降低。

这种方法的主要优势在于，进入熔炉的赤泥和铁都不需要经过焙烧等处理，可以节省大量能源；如果采用可再生能源为电弧炉提供动力，整个过程将更加低碳环保。科学家目前正在进行试点规模的研究，以评估开发赤泥的经济可行性，以及控制处理过程中的烟尘。

生物质光催化转化制备合成气再获新进展

中国科学报 02月01日

近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员王峰团队与大连理工大学研究员王敏团队合作，受邀撰写了生物质光催化转化制备合成气的综述文章，系统总结了近年来光催化生物质同时转化为氢气和可再生碳基化学品的研究进展，并从科学、技术和经济等方面展望了这一新型技术将面临的挑战。相关文章发表在《焦耳》上。

氢气是一种可以有效减少全球碳排放的清洁能源。以可再生生物质为原料实现绿色 H₂ 的可持续生产，受到了学术界和各国政府的广泛关注。太阳能驱动的光催化技术逐渐被认为是一种高效可行的生物质制氢技术，但该过程中生物质中的碳往往被深度降解为二氧化碳。人类社会不仅需要清洁能源，还需要各类碳基化学品与燃料，将生物质通过光催化技术同时转化为氢气与可再生碳基化学品是一种更为可持续的方式。

该综述聚焦于光催化生物质转化为氢气和高附加值碳基化学品（H₂+C_x）方向的最新进展，基于光催化 C-H 键活化与 C-C 键裂解/形成等过程，详细总结了生物质光催化转化为高附加值化学品耦合氢气生产的整个框架，全面分析了生物质彻底重整为一氧化碳、选择性脱氢氧化为醛、脱氢偶联形成二聚体并同时生产氢气的路线。

此外，该综述还进一步讨论和总结了这些碳基化学品产物的产率和选择性的调控机制。

日企利用废木材生产航空燃料

参考消息 02月23日

据《日本经济新闻》2月20日报道，日本联合公司利用建筑木材废料生产乙醇，乙醇是可持续航空燃料(SAF)的原料。联合公司将投入约200亿日元(约合1.3亿美元)引进设备，计划自2027年开始量产。

SAF有利于应对地球变暖问题，但与美欧相比，日本在构建SAF供应链方面进展迟缓。在这一背景下，联合公司将有效利用废木材回收技术，完善国内供应机制。

根据日本国土交通省计划，到2030年，在国内航空公司使用的航空燃料中，SAF所占比例将达到10%。除废弃食用油外，对玉米等植物乙醇的有效利用也备受期待，但在供应量方面存在难题。

按SAF换算，联合公司的产量占不到2030年日本国内需求量的1%。使用建筑废料批量生产乙醇的情况较为少见，或将为维护供应网稳定作出贡献。

联合公司将通过位于静冈县富士市的子公司大兴制纸开展业务，大兴制纸负责制造包装用纸和回收利用废弃物。大兴制纸工厂将安装生产乙醇所需的糖化、发酵和蒸馏设备等。2027年利用建筑废料生产乙醇的年产量将达2000万升，产品将提供给制造SAF的石油销售商。

与以植物为原料生产的乙醇相比，以废木材为原料制造的乙醇生产成本更高，但如果今后供应量扩大，竞争力也将有所提高。

据称，与传统由石油制成的航空燃料相比，SAF可以使飞机的二氧化碳排放量减少七至九成。

以玉米等植物为原料生产乙醇，可能影响粮食安全。日本在玉米等方面依赖进口，确保稳定供应也是课题。在废弃食用油供应方面，也难以构建从餐饮店回收废弃食用油的网络。

五、太阳能

迄今最高能效量子点太阳能电池面世

科技日报 02月01日

韩国蔚山科学技术院科学家借助新配体交换技术，合成出基于有机阳离子的钙钛矿量子点（PQD），开发出迄今能效最高的量子点太阳能电池。这种新型太阳能电池即使储能两年多，效率仍不变，表现出非凡的稳定性。相关论文发表于最新一期《自然·能源》杂志。

量子点是半导体纳米晶体，尺寸从几纳米到几十纳米不等。科学家可根据颗粒大小控制其光电性能。PQD具有卓越的光电特性，只需简单喷涂或使用溶剂，无需在衬底上生长，制造过程简单且高效，因此引发极大关注。

但用量子点制造太阳能电池需要借助一种配体交换技术，以减少量子点之间的距离。配体交换是一种将大分子（如配体受体）结合到量子点表面的过程。在这方面，PQD面临极大挑战，包括在替代过程中，其晶体和表面会出现缺陷等。因此，目前PQD太阳能电池的最高效率为16%。

在最新研究中，团队采用了基于烷基碘化铵的配体交换策略，用具有良好太阳能利用率的有机PQD替代配体，制造出具有缺陷可控的量子点光活性层。在此基础上开发的量子点太阳能电池能效高达18.1%。美国国家可再生能源实验室认定其为迄今已知能效最高的量子点太阳能电池。即使储能两年多，这种新型电池的性能也保持不变，具有非凡的稳定性。

研究团队指出，以前对量子点太阳能电池的研究主要采用无机 PQD。最新研究解决了与有机 PQD 相关的问题，未来有望催生更多量子点太阳能电池新产品。

中国石油塔里木油田新光伏发电项目并网发电

科技日报 02 月 06 日

中国石油塔里木油田在新疆喀什地区建设的伽师 60 万千瓦光伏发电项目于日前一次并网成功，再次刷新中国石油单体规模最大光伏项目的纪录。塔里木油田总光伏装机规模由现有的 70 万千瓦，一跃攀升至 130 万千瓦，标志着油田正式晋级新能源“百万”梯队。

该项目是中国石油新能源业务发展的重点工程，也是新疆维吾尔自治区“在南疆建设千万千瓦级清洁能源基地”布局的重要组成部分。项目于 2023 年 5 月开工，总占地面积超两万亩。项目新建的 220 千伏升压汇集站，是塔里木油田已建 40 余座变电所中电压等级最高、输送容量最大的一座。

据测算，项目年发电能力可达 10.4 亿千瓦时，相当于替代标煤 31.2 万吨，年减排二氧化碳 81.2 万吨。

“这个项目是加强油地合作、深化融合发展取得的又一重要成果。”塔里木油田新能源事业部副经理崔巍说，“项目不仅加快了油田绿色低碳转型发展步伐，推动了新能源大规模、高比例、市场化发展，也有利于改善当地电力结构、推动当地战略性新兴产业发展，具有显著的经济效益、社会效益和环境效益。”

近年来，塔里木油田先后在巴州、喀什两地建成总装机规模达 130 万千瓦光伏发电项目，获批 200 万千瓦光伏指标。据悉，下一步，塔里木油田将立足盆地资源禀赋，加快建成 200 万千瓦重点项目，加快环塔里木千万千瓦“沙戈荒”新能源基地建设，全力增加能源供给总当量。

国内在建单机规模最大塔式光热项目加速推进

科技日报 02 月 06 日

甘肃省阿克塞哈萨克族自治县汇东新能源“光热+光伏”试点项目（以下简称阿克塞汇东新能源项目）11960面定日镜近日全部安装完成。这标志着这个国内在建单机规模最大的塔式光热项目进入下一阶段。

阿克塞汇东新能源项目是国内首批“光热+光伏”试点项目。项目由中国能建华东电力设计院自主开发，总装机容量750兆瓦，包括110兆瓦光热发电和640兆瓦光伏发电。

中国能源建设集团华东电力设计院副总工程师林磊介绍，在项目开发过程中，设计院结合阿克塞的资源禀赋，提出“光热+光伏”智能耦合发电的商业模式，缓解了纯光伏发电的波动性和间歇性，充分发挥了光热发电并网友好、快速调节、储热连续、发电稳定的优点。同时，项目以光伏发电的收益补贴光热发电的高成本，可实现“光热+光伏”电站整体平价上网。

中国能建华东电力设计院党委委员、副总经理、总工程师叶勇健说，项目建成后，年发电量将达到17亿千瓦时，每年可节约标煤50.7万吨，减排二氧化碳147万吨，相当于植树造林近120万亩。项目对加快构建当地新能源增长极、助推地方经济高质量发展具有积极意义。

《中国太阳能热发电行业蓝皮书 2023》发布

科技日报 02月06日

随着我国新型能源体系、新型电力系统加快建设，兼具调峰电源和储能双重功能的太阳能热发电行业迎来了发展新机遇。《中国太阳能热发电行业蓝皮书 2023》（以下简称《蓝皮书》）于近日发布。《蓝皮书》数据显示，截至2023年底，我国兆瓦级以上光热发电（光伏发电和太阳能热发电的合称）机组累计装机容量588兆瓦，在全球太阳能热发电累计装机容量中占比7.8%。

据悉，《蓝皮书》由国家太阳能光热产业技术创新战略联盟和中国可再生能源学会太阳能热发电专业委员会联合编写。

中国科学院院士、国家太阳能光热产业技术创新战略联盟专家委员会主任委员何雅玲说，太阳能热发电前端采用聚光吸热装置，后端采用同步发电机组，并配置二元硝酸熔盐等储热系统，可连续稳定发电。不仅如此，太阳能热发电还是一种电网友好型电源，具备在部分区域成为调峰和基础性电源的潜力。

《蓝皮书》不仅对我国现阶段太阳能热发电行业发展情况进行了全面梳理，还通过广泛调研，分析了行业发展面临的挑战，并有针对性地提出了建议。

《蓝皮书》显示，目前我国共有 11 座光热电站并网发电。其中，最大、最小装机规模分别为 100 兆瓦、10 兆瓦。根据聚光形式的不同，在我国并网的光热电站中，熔盐塔式电站占比约 64.9%，导热油槽式电站占比约 26.3%，熔盐线性菲涅尔式电站占比约 8.8%。截至 2023 年 12 月 31 日，我国在建和拟建（列入政府名单）光热发电项目约 43 个，预计最晚将于 2025 年完成建设。

《蓝皮书》分享了国家太阳能光热产业技术创新战略联盟《熔盐储能光热发电与光伏+其他新型储能系统技术经济性对比》共性技术课题研究成果。研究成果表明，光热发电正处于规模化发展和技术快速进步阶段。随着成本的降低和发电效率的提高，熔盐储能光热发电度电成本有望进一步下降。预计到 2025 年，塔式光热电站度电成本有望下降至 0.61 元，2027 年有望降低至约 0.53 元。槽式光热发电技术依托“大槽集热+导热油传热+熔盐储热”的技术方案，度电成本有望下降至约 0.61 元；通过“超大槽集热+熔盐传热及储热”技术方案，槽式电站装机容量有望扩大至 2×300 兆瓦或更大规模，度电成本 2030 年前有望降至 0.4—0.5 元。2025 年，线菲式光热发电技术单机规模 300 兆瓦以上电站的度电成本有望降至 0.6 元以内，项目经济性将显著提高。

《蓝皮书》建议，相关部门应不断总结现有商业化光热电站经验，鼓励技术创新，推动成本降低。同时，开展光热发电前沿技术示范，持续推进基础研究，推进以太阳能为主的多能互补低碳发电技术示范，对多种新型储能发电项目进行集中示范。

半球形光伏电池大幅提高能效 有望为可再生能源技术开辟新应用领域

科技日报 02 月 19 日

土耳其阿卜杜拉·居尔大学研究人员开创性地重新设计了有机光伏电池的结构，赋予其半球形的外壳，旨在最大限度地提高光吸收和角度覆盖率。这种创新设计有望为可再生能源技术开辟新的前景，相关论文发表在最新一期《能源光子学报》上。

在追求可持续能源解决方案的过程中，寻求更高效的太阳能电池至关重要。有机光伏电池因其灵活性和成本效益而成为传统硅基电池的潜力替代品。然而，优化其性能仍然是一个重大挑战。

在这项研究中，研究人员探测了电池半球形壳活性层内的吸收光谱，通过一种称为三维有限元分析（FEA）的计算技术，详细研究了光如何与电池的结构和材料相互作用。FEA 可将结构划分为更小、更易于管理的部分（称为有限元），以此解决复杂的工程问题。它可模拟和分析整个结构在各种条件下的行为，例如不同的光波长和入射角。

此次研究的有限元分析结果非常出色。当受到横向电（TE）偏振光的影响时，与扁平结构器件相比，半球形壳结构的光吸收显著增加了 66%。同样，对于横向磁（TM）偏振光，光吸收显著增加了 36%。

与先前报道的半圆柱壳设计相比，半球形壳结构也成为明显的“领跑者”。它拥有 TE 偏振的光吸收显著增加 13%，TM 偏振的光吸收显著增加 21%。

此外，半球形壳结构还具有更广阔的角度覆盖范围，这对于可穿戴电子设备等需要灵活光捕获的应用特别有利。

研究人员表示，随着吸收和全向特性的改善，半球形壳活性层将助力有机太阳能电池的多种应用领域。这种新形状标志着有机太阳能电池设计的重大飞跃，让可再生能源的未来前景更光明。

新型钝化剂可提升钙钛矿电池稳定性

科技日报 02 月 27 日

西湖大学工学院王睿实验室发现，利用强 π 共轭型路易斯碱钝化剂，重度钝化钙钛矿电池表面，有助于钙钛矿电池器件的长久稳定运行。相关研究成果近日在线发表于《焦耳》期刊。

王睿介绍，完整的钙钛矿分子拥有八面体晶格结构。但在制备钙钛矿电池过程中，钙钛矿分子经常发生离子的缺失，这种情况被称为缺陷。目前克服缺陷的方法是钝化，即利用钝化剂把缺失的部位补上，或让缺失更难形成。

事实上，钙钛矿电池表面的缺陷数量，会随着电池运行时间的延长逐渐增加。比如，将钙钛矿电池放在太阳光下照射，某些离子可能会产生迁移。

“目前，钝化剂浓度通常针对新制备的钙钛矿电池器件而设计。为了尽可能不损伤电池，钝化剂浓度通常很低。但初始低浓度的钝化剂无法持续钝化越来越多的新缺陷。”王睿说，原则上，如果起初使用高浓度钝化剂，或许可以对新缺陷进行钝化。但这一方法至今尚未成功，因为高浓度钝化剂容易对器件性能产生负面影响。

针对钙钛矿电池制备过程中这一关键问题，王睿实验室提出新的解决方案。研究团队在使用一系列分子作为电池钝化剂的测试实验中，发现电池对其中一类分子的浓度“不敏感”：具有最强 π 共轭的三联吡啶分子。

他们将这类分子作为钝化剂，并把分子的浓度提高到常规浓度的20倍。利用理论计算模拟、掠入射X射线衍射等验证手段，研究团队发现，即使在高浓度情况下，这类分子也可以有序堆砌在钙钛矿电池表面，对钙钛矿分子的晶格破坏小，且其堆砌的方向，有利于界面电荷的提取和传输。

“三联吡啶分子这种独特的特性，能在不降低电池器件性能的情况下，对钙钛矿电池进行高浓度钝化，从而大大提高钝化效果的耐久性。”王睿介绍。

实验数据显示，经过三联吡啶分子钝化的钙钛矿电池表面器件，光电转换效率高达25.24%，在太阳光照下运行2664小时后仍保持90%的初始效率，具备出色的器件稳定性。

新型铜铟镓硒太阳能电池能效创纪录

科技日报 02月29日

瑞典乌普萨拉大学和第一太阳能欧洲技术中心科学家携手，研制出一款新型铜铟镓硒（CIGS）太阳能电池，其能源转换效率高达23.64%，创下同类太阳能电池能效新纪录。相关论文发表于最新一期《自然·能源》杂志。

国际能源署数据显示，太阳能电池的部署量在全球范围内迅速增长，2022年太阳能发电量占全球电力超过6%。晶硅是太阳能电池中使用最广泛的材料，目前由晶硅制成太阳能电池最多可将逾22%的阳光转化为电力，这种太阳能电池成本低廉且性能比较稳定。

研究人员希望以合理的生产成本获得30%以上的光电转换效率，由此开始关注CIGS等更高效的串联太阳能电池。但串联太阳能电池成本太高，迄今无法大规模生产和部署。

最新研制出的 CIGS 太阳能电池包含一块玻璃板，玻璃板上覆盖了几个不同的层，每个层都具有特定功能。吸收阳光的材料由铜、镉、镓和硒化物组成，并添加了银和钠。材料被置于太阳能电池内，位于金属钼和透明的玻璃板之间。为使太阳能电池在分离电子方面尽可能高效，研究团队用氟化铷处理了 CIGS 层。研究人员表示，钠和铷这两种碱金属之间的平衡，以及 CIGS 层的组成是提高转换效率的关键。

CIGS 太阳能电池能效此前的世界纪录是 23.35%，由日本 Solar Frontier 公司创造，再之前是德国巴登符腾堡太阳能和氢能源研究中心创下的纪录 22.9%。

21.4%！蓝光钙钛矿发光二极管效率再刷新

中国科学报 02 月 06 日

中国科学技术大学教授崔林松课题组与英国剑桥大学教授 Samuel D. Stranks 团队合作，研制出高效、稳定的蓝光钙钛矿发光二极管。器件峰值外部量子效率首次突破 20%，达到 21.4%，创下目前蓝光钙钛矿发光二极管效率的最高纪录。同时，器件的稳定性也提升了近 30 倍。近日，相关研究成果发表于《自然-光子学》。

目前蓝光钙钛矿发光二极管的性能远落后于红光和绿光钙钛矿发光二极管，严重制约钙钛矿发光二极管技术在超高清全彩显示领域的实际应用。“蓝光钙钛矿发光二极管不仅能够提供照明、显示必需的蓝光，还可以通过能量转移获得红光和绿光。”崔林松表示，如何制备高效、稳定的蓝光钙钛矿发光二极管一直是该领域的关键技术瓶颈，也是制约其商业化应用的一大难题。

研究团队设计开发了一种具有共振电子态的多功能有机离子稳定剂双（三苯基正磷基）氯化铵，精准调控钙钛矿相组成和分布，抑制了钙钛矿中的非辐射复合通道和离子迁移现象，从而大幅提升了蓝光钙钛矿发光二极管的效率和稳定性。双（三苯基正磷基）氯化铵通过氢键与钙钛矿中的组分相互作用，有效抑制了蓝光钙钛矿体系中低维相的形成，并有利于转变为高发光效率的高维相，从而减少了低维相中不完全的能量转移和非辐射复合带来的能量损失。此外，双（三苯基正磷基）氯化铵分子通过与钙钛矿中的组分发生配位作用和静电作用，成功实现了对钙钛矿薄膜中缺陷态的钝化和对离子迁移的抑制，显著提升了钙钛矿薄膜的发光效率和光谱稳定性。基于此，研究人员成功研制出高效、稳定的蓝光钙钛矿发光二极管。

对于该工作，审稿人评价说：“这一创新成果为蓝光钙钛矿发光二极管性能的进一步提高开辟了新道路，标志着在钙钛矿发光二极管技术领域取得了令人瞩目的进展。”

人工树叶高效实现太阳能到化学能的转化

中国科学报 02月28日

近日，中国科学院金属研究所研究员刘岗团队与国内外多个研究团队合作，研制出新型仿生人工光合成膜，又称人工树叶，可实现太阳能到化学能的转化。相关研究成果近日发表于《自然-通讯》。

自然界的植物光合作用可实现太阳能到化学能的转化，而植物叶子中起光合作用的光系统以镶嵌形式存在于叶绿体的类囊体膜中。这一特征是自然光合作用能有效运行的重要结构基础。

受此启发，刘岗团队以熔融的低温液态金属为导电集流体和黏结剂在选定基体上规模化成膜，结合辊压技术进行半导体颗粒的嵌入集成，实现了半导体颗粒的规模化植入。半导体颗粒镶嵌在液态金属导电集流体薄膜中形成三维立体的强接触界面，其结构犹如铺满鹅卵石的路，不仅具有优异的结构稳定性，还具有突出的光生电荷收集能力。

研究人员以钒酸铋为例介绍，嵌入式钒酸铋颗粒的光电极活性比传统的非嵌入式钒酸铋光电极高两倍，前者连续工作 120 小时几乎无活性衰减。光电极从 1 平方厘米放大至 64 平方厘米后，单位面积的光电流密度仍可保持约 70%，远优于目前报道的大面积钒酸铋光电极的活性保持率。同时嵌入产氧和产氢光催化材料，可实现光催化分解水制氢薄膜面板的规模化制备，在可见光照射下，其活性是传统非嵌入式金薄膜支撑光催化材料膜的近 3 倍，可持续工作上百小时无衰减。

此外，该技术还具有普适性好和原材料易回收等优势。利用商业化半导体颗粒可实现不同半导体光活性薄膜在不同基体上的规模化制备，所获得的颗粒嵌入式薄膜的活性均显著优于对照的非嵌入式样品。在柔性基体上集成的薄膜在大曲率弯折 10 万次后，仍可保持 95% 以上的初始活性。利用简单的水超声处理，即可将半导体颗粒、低温液态金属以及基体进行分离回收，实现再利用，且回收再集成获得的人工光合成薄膜表现出与原始薄膜近乎相同的活性。

比 A4 纸还薄！《Nature》刊发隆基绿能晶硅异质结太阳能电池最新成果

中国能源网 02 月 22 日

近日，隆基绿能与江苏科技大学、澳大利亚科廷大学三方合作，在国际上首次制造出高柔韧性、高功率重量比的晶硅异质结太阳能电池，相关研究成果以“Flexible silicon solar cells with high power-to-weight ratios”为题发表在国际期刊《Nature》（自然）上。

晶硅太阳能电池是目前最为成熟、应用最广的光伏发电技术，是全球大部分地区最具成本效益的发电选择。虽然晶硅太阳能电池目前占太阳能电池市场的 95% 以上，但难以应用于海面漂浮式光伏、曲面屋顶、卫星、航天器和无人机等对材料重量或柔韧性要求较高的场景，需要进一步减轻太阳能电池的重量、提升电池柔性。

因此，将硅片的厚度减小到比典型的晶硅太阳能电池薄得多的厚度，从而将薄膜太阳能电池的优势融入到晶硅太阳能电池中，是许多研究的重点。此外，几十年来，所有研究的薄型晶硅太阳能电池（55-130 微米）的功率转换效率（PCE）一直保持在 23.27%-24.70% 的范围内，大面积的晶硅太阳能电池光电转换效率难以突破 26%。

在此次研究中，三方团队合作开发出了表界面钝化、掺杂接触生长等新工艺。测试结果表明，厚度在 57 微米至 125 微米的 5 种产品，均取得 26% 以上的转换效率，最高达 26.81%。其中，57 微米厚的这款电池，其电池功率重量比为 1.9 瓦/克，曲率半径 19 毫米，功率重量比是市面现有产品的 2-3 倍。相关数据获权威检测机构德国哈梅林太阳能研究所认证。

该研究结果展示了晶硅太阳能电池成为一类具有显著柔性和可塑性的薄膜太阳能电池的潜力，这些电池可以经历各种变形，如弯曲和卷曲。相比之下，传统的晶硅太阳能电池（ ≥ 150 微米），产生相对较小的失真。

《Nature》（自然）是全球首屈一指的科学杂志之一，也是全球引用量最高的多学科期刊，杂志已连续多年在 multidisciplinary 领域影响因子排名第一，诸多最重要、最前沿的研究结果都是以短讯形式发表在该杂志上。

六、氢能

“金氢”：清洁燃料新宝藏

科技日报 02月06日

驶出马斯喀特，阿曼首都的白色建筑被哈加尔山脉前面的一片开阔的沙漠所取代。沙漠中，有一处宁静的泉水，周围环绕着金色的草丛和枣椰树。泉水冒出一串气泡，而这正是一群地球物理学家要寻找的“宝藏”。

据英国《新科学家》网站报道，世界各地的勘探者正在争先恐后地探寻“金氢”（天然氢）的储量。阿曼的山脉是全球范围内寻找这种新的、具有潜在变革性的燃料的最前线。“金氢”是一种天然存在的气体燃料，无色无味且环保，燃烧时除了水之外什么也不会产生。

寻找天然氢源的热潮于去年12月14日被《科学》杂志列为2023年度十大科学突破之一。氢动力经济的梦想已存在了几十年。使用这种形式的氢将极大加快世界向净零排放过渡。然而，全球每年生产的氢气几乎都是通过天然气与水蒸气反应制取的，这一过程会释放大量二氧化碳。虽然有更清洁的方式来制造氢气，但这些方法目前在行业中只占很小的份额。

地球或蕴藏数万亿吨“金氢”

“金氢”能源的发现可追溯到马里共和国的布拉克布古镇。2012年，该古镇附近的一口水井被发现含有大量氢气。经验证，这里的地底深层正源源不断地产生氢气。这种氢气被赋予多种名称：白氢、天然氢和金氢，但最正规的名称是地质氢。自那次发现以来，科学家们在法国、西班牙和澳大利亚对地下储氢层进行了大量勘探。2022年，美国地质调查局研究人员修正了对地下氢储量的估计。其模型显示，地下可能有数万亿吨“金氢”，远远超出此前猜测。只要能回收其中的一小部分，就足以满足人类几个世纪的氢需求。

但另一方面，人们也对所谓的“金氢热”持谨慎态度。地球上真正含有多少氢，以及有多少氢可提取出来，目前尚无定论。“金氢”是如何产生的也不清楚。研究人员认为，至少有一部分是在地球形成过程中从地幔逐渐渗入地壳的；另一些可能是放射性岩石将水分解成氧气和氢气而产生的；还有可能是蛇纹石化过程，即地下水与岩石中富含铁的矿物（如橄榄石）发生反应，生成氧化铁和氢气。

寻找“金氢”方法不断涌现

大多数“金氢猎人”都将蛇纹石化过程作为他们的目标。例如，总部位于美国丹佛的“天然氢能源”公司正在堪萨斯州寻找“金氢”。该公司试图发掘覆盖着不透水层的富铁

岩石区域，认为这样珍贵的燃料可能会被密封在地下并堆积起来。美国氢能源初创公司 Koloma 和澳大利亚投资公司 HyTerra 也在用同样的方式寻找“金氢”。在阿曼，由于该地区独特的构造历史，这种富含铁的地质更多见。

当然，还有另一种方法来确定适合提取氢的区域。去年 12 月，在美国地球物理联盟会议上，有一场会议专门讨论了如何利用机器学习识别卫星图像中的裸土环（有时被称为“仙女圈”）。研究人员表示，已经在 50 多个这样的圆环形的土壤中测到了氢气，但氢气与这些神秘地形的关系尚不清楚。

这一发现令人兴奋。不过，“金氢”作为一种燃料仍有不足之处，尤其是在长距离运输方面。首先，这种气体具有可燃性；其次，氢气体积庞大，需要将其压缩或转化为其他化学物质（如液氢）后才能方便运输。

刺激地层生产“金氢”更快捷

美国能源部（DoE）准备投入 2000 万美元，刺激地质层可靠地生产天然氢。DoE 计划负责人道格·威克斯表示，其想法是探索加速蛇纹石化过程的方法，从而从地下产生氢气。凭借人们熟知的地质学知识、富含铁的橄榄岩以及氢从地下冒出的明确证据，哈加尔山脉是检验这一想法的理想之地。今年晚些时候，研究人员将在这里钻探世界上第一口刺激氢井。

研究人员将尝试一种新策略来打碎地下深处的岩石，以增加注入水的表面积。这种方法由美国绿色能源公司 Eden GeoPower 开发，类似于天然气井水力压裂法，但使用的是电力而不是水。据该公司介绍，在埋入地下的电极之间输送高压电流，可加热岩石中的微小孔隙，使它们膨胀。

外部研究人员表示，将此类井的产氢率提高 1 万倍的目标是可行的，但不能保证一定成功。此外，该方法还存在一些环境风险。例如，目前还不清楚该项目需要多少水资源，还须防范注水引发小地震的风险。

如果一切顺利，阿曼这个以石油和天然气闻名的国家可能会因为“金氢”而成为绿色能源大国。

氢内燃飞机促航空业低碳转型

起飞速度 60 节、空中飞行 80 节、下滑 75 节、飞行高度 200 米……起飞、飞行、降落、停靠，一气呵成。1 月 29 日 10 时 18 分，由沈阳航空航天大学名誉校长、辽宁通用航空研究院首席科学家、中国工程院院士杨凤田主持研制的 world 首款四座氢内燃飞机 RX4HE 原型机在沈阳市法库财湖机场成功首飞。

RX4HE 原型机是我国第一款以氢内燃机为动力的新能源飞机。本次首飞飞机的主要核心部件初步实现国产化，发动机功率经台架测试达到 120 千瓦。“作为我国第一款氢能飞机，从飞行情况来看，飞机性能良好，发动机工作正常，动力满足性能要求。”辽宁通用航空研究院四座氢内燃飞机首席试飞员徐孝本说。

该机型的验证机于 2023 年 3 月在沈阳某机场完成验证试飞，是我国自主研发的第一架以氢内燃机为动力的通航飞机。该验证机搭载了由中国第一汽车集团有限公司基于“红旗”汽油机研发的国内首款 2.0L 零排放增压直喷氢燃料内燃机，功率为 80 千瓦。

验证机首飞完成后，杨凤田院士团队结合未来应用场景不断推动技术完善，成立了由沈阳航空航天大学、辽宁通用航空研究院、中国第一汽车集团有限公司研发总院、北京锐翔氢能飞行器科技研究院有限公司等单位组成的协同攻关团队，以及以沈阳航空航天大学原校长孙小平为首席专家，北京理工大学孙柏刚教授、中国第一汽车集团有限公司技术总监李金成为发动机首席专家的技术团队。协同攻关团队和技术团队进一步提升发动机功率，以达到在通航机场的正常运行要求。

从首飞 80 千瓦验证机到 120 千瓦原型机，徐孝本体验到氢动力带来的变化：“第一次离地肯定有很多潜在的不确定性，但在这次的整个飞行过程中，RX4HE 原型机没有任何异常现象，氢能发动机启动和使用都很顺畅。尤其是原型机，动力十足、震动小、操作丝滑不卡顿，是一款性能非常优异的飞机。期待未来动力系统提升至 140 千瓦，飞机表现得更为优异。”

氢在使用过程中极易出现安全隐患，解决氢气泄漏是研制过程中的主要技术难题。RX4HE 四座氢内燃机飞机型号副总师黄榕介绍，RX4HE 飞机采用了高压储氢。为解决氢气泄漏问题，研发人员根据 RX4HE 飞机结构以及氢气特点，在飞机顶部开设排氢口，以防止氢气在泄漏时产生堆积。同时，研究团队根据实际环境条件选择相匹配的零件，并通过环境试验测试气密性以优化方案设计，从而解决高压储氢瓶、管理阀门等密封失效，进而降低氢泄漏概率。

氢燃料内燃机飞机是以氢燃料作为推进能源的飞机，其碳排放量接近为零。随着人们对清洁能源的重视以及航空领域碳排放要求的提高，氢燃料飞机的研发与应用备受关注。

氢能飞机的研制与运营，将推动氢能航空全产业链发展和低空经济发展，有望在我国绿色航空领域形成新质生产力。据悉，该飞机计划于今年4月整机赴德国参加2024 AERO 航展，并进行地面带螺旋桨运行演示。

近年来，辽宁省委省政府提出了“航空强省”发展战略。为落实“航空强省”发展战略，辽宁通用航空研究院成功研制了“锐翔”系列双座电动飞机，成为全球第一款取得适航证的新能源飞机。经过13年的艰苦攻关，“锐翔”系列电动飞机已形成双座、四座，陆上、水上，有人、无人，电动力、氢动力、混合动力等完整的新能源飞机谱系。新能源飞机型号研制处于全球领跑地位，为培育打造氢能飞机应用场景、推进我国氢能航空和低空经济发展奠定坚实的基础。

无膜水电解 绿氢生产更便宜

中国科学报 02月07日

为摆脱对化石燃料的依赖，人类需要以更经济高效的方式生产清洁燃料，利用可再生电力从水中分解出绿氢就是其中之一。近日，《自然-材料》报道了一种新方法，可以使水分解装置不必再使用昂贵的离子膜，而是在完全独立的新型电解槽中就可以低成本生产氢气和氧气。

作为一种基于实验室的概念验证，虽然新设计的装置离大规模工业运行还差得远，但一旦取得成功，将使炼钢和化肥生产等重工业减少对石油、煤炭和天然气的依赖。

“这是个创新的概念。”未参与这项研究的美国俄勒冈大学化学家 Shannon Boettcher 认为，新装置可以在可变电量的情况下高效工作，这一优势可以使其更容易与风电场等提供的间歇性电力配对。

电解槽这种水分解装置依赖于两个电极之间的离子交换膜工作。它允许氢氧根离子从阴极传播到阳极，同时防止氢气和氧气混合而发生爆炸。

论文通讯作者、以色列理工学院材料科学家 Avner Rothschild 介绍，绿氢的成本主要来自电解槽，而离子膜是电解槽最昂贵的部件之一。他认为，可以通过在空间或时间上“解耦”电解，并分离析氧和析氢的过程，来摆脱对离子膜的依赖。

研究人员设计的解耦电解槽，改变了液体电解质溴化钠的分子，在阳极发生析氢反应时，电解质中的溴离子转化为溴酸盐。含有溴酸盐的电解质被泵入容纳有催化剂的第二个

腔室，在室温下分解为溴化物和氧气，从而得以高速连续生产氢气。

尽管新装置效率不如经典碱性电解槽高，但 Rothschild 认为：“我们可以在没有离子膜的情况下保持氢气和氧气的分离，这将大规模降低氢气生产成本。”他认为，在取消电解槽离子膜方面取得的任何成功，都有助于实现工业脱碳。

海水制氢新策略变废塑料为宝

中国科学报 02 月 28 日

中国科学院理化技术研究所研究员陈勇团队提出了一种海水制氢的新策略，利用电化学重整废弃的聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）塑料，从海水中提取氢气。该研究为废弃塑料和海洋资源利用以及绿色氢能生产提供了新思路，有望为解决全球能源危机和环境污染问题作出贡献。相关研究成果近日发表于《先进能源材料》。

氢气具有热值高、清洁和可再生等优点，被誉为 21 世纪解决能源危机的“终极能源”，其生产受到广泛关注。相较于以化石能源为基础的传统制氢方式，海水电解是一种不消耗淡水资源的制氢方法，被视为通向“绿氢经济”的最佳途径之一。然而，海水电解制氢的高成本和海水腐蚀带来的催化剂失活等问题制约着该方向的发展。

研究团队设计出一种名为“钨-四氧化二钴铜”的复合电催化剂，成功破解了解水制氢降本增效的难题。这种催化剂不仅可以高选择性地将废弃 PET 塑料转化为高附加值的乙醇酸，还能有效提升海水制氢效率并降低成本。

研究团队发现，增强催化剂表面的氢氧根离子物种吸附，不仅可以提高催化剂活性，还能在催化剂表面形成阴离子层，有效排斥海水中的氯离子，从而提高催化剂的稳定性。在模拟海水环境中，该体系在 1.6 安培的电流下，稳定运行时长超 100 小时，显示出较高的实用性和稳定性。

全国首个生活垃圾制氢项目开工

能源界 02 月 27 日

2 月 25 日，广东省佛山市南海区垃圾资源化项目在狮山镇开工，这是南海首个“新环保+绿色能源”的新模式项目，也是全国首个生活垃圾制氢项目。

该项目位于南海仙溪地块 A 的北侧，紧邻南海固废处理环保产业园，由中鹏未来(广东南海)科技有限公司负责建设，预计在 2024 年 12 月完工，整个建设周期为 12 个月。项目采用一种创新的生活垃圾处理技术——碳化与气化制氢工艺，能够直接处理城市生活垃圾，无需进行传统的预分拣处理。

据了解，项目总投资约 5.87 亿元，占地面积约为 87 亩，日处理能力达到 500 吨生活垃圾，预计年产氢气 7300 万 Nm³，以及副产物液体二氧化碳 8 万吨和硫磺 0.01333 万吨。此外，通过采用碳捕捉技术(CCUS)，项目有望每天减少 385 吨的碳排放，年减排二氧化碳总量达到 14 万吨，这相当于种植了 778 万棵树木，为环保事业做出了重要贡献。

七、风能

世界最高海拔风电场累计发电突破 2 亿千瓦时

中国能源报 02 月 26 日

近日，世界最高海拔风电场——三峡西藏措美哲古风电场累计发电量突破 2 亿千瓦时，可满足周边约 14 万个家庭 1 年的用电量，相当于节约标准煤约 6 万吨，减排二氧化碳约 16 万吨。

2023 年，措美哲古风电场风电机组设备利用率达到 99.6%，同比增长 6%。其中，一期 22 兆瓦风电项目全年利用小时数创造超高海拔风电运行新纪录。图为措美哲古风电场。

拥有全球最长 126 米叶片海上风电机组有哪些黑科技？

中国发展网 02 月 01 日

伴随着猎猎作响的海风，由东方风电研制，18 兆瓦直驱海上风电机组矗立在海平面上。该机组不仅突破重重科技壁垒，还是目前已下线的全球单机容量最大、叶轮直径最大的直驱海上风电机组，单叶片长度就可达 42 层高楼，甚至能够在 80 米每秒的狂风中屹立不倒，堪称“庞然大物”。近日，东方风电的技术人员带着机组的核心技术亮相天府科技云服务大会。

据介绍，如此一个“庞然大物”，每一个部件与技术上都做到了完全自主知识产权。其中最关键技术的创新与突破有哪些？

新式结构助力高效发电

东方风电技术人员周超介绍，在机组的内部结构上，东电的研发部分实现了很多突破。第一个突破便是打破了此前风电机组的“惯例”，做到了变压器与变流器的上置，将变压变流器的位置由塔基变为机组的上半部分。这一创新将大大减少机组的调试速度，变相优化了产品的性能。

第二个突破是采用了超高功率的发电机。“我们能做到在发电功率相同的情况下，比同行所有的发电机质量更轻，这代表着安全指数与经济效益的双重提升。”周超称，该发电机的材料利用率与经济性同样做到了技术上的领先。

42层楼高叶片“高空亮翅”

“最令人称道的突破其实是叶片。”周超称，该海上风电机组的叶片被业内称为“超长柔性叶片”，流线型叶片的长度不仅做到了全球最长的126米，单单叶片就与42层楼的高度比肩。其形状与材料也均在相应领域有了突破。

它的“柔性”体现在哪里呢？周超称，技术部门通过软件迭代，成功地设计出了高流线型叶片，能够最大程度上减少空气阻力对发电效率的影响。而弯扭耦合自适应降载技术更是确保了机组的安全性与稳定性。

除此之外最引人关注的就是叶片所用的“特殊”材料，“与同类型竞品相比，在材料选用上我们能做到完全领先。”甄红亮表示，该叶片在传统的玻璃纤维叶片上更进一步，在主梁帽等关键位置采用了目前稳定性更好，被称为“新型材料之王”的碳纤维结构。碳纤维拥有更高的强度和模量，其主要应用于航空航天、高级轿车、高级文体用具等领域。从强度和重量上来说，碳纤维是制造叶片的最佳材料，但是其受限之处一直在于高昂的成本。“这次在设计上我们有的放矢，在最主要的承载结构上运用了碳纤维材料，而在次要结构上继续运用国际上非常成熟的玻璃纤维，达到了叶片强度与经济成本上的平衡。”

风力发电减少碳排放

在2023年6月发布的《新型电力系统发展蓝皮书》中，我国风力发电的装机规模已经达到3.9亿千瓦，占我国发电总装机的14%，同比增长13.7%。“我国近海和深远海150米高度、离岸200公里以内且水深小于100米的海上风能资源技术可开发量为27.8亿千瓦，目前海上风机累计装机仅为3000多万千瓦，利用率不足1.1%，未来开发潜力巨大。这为风电进一步发展提供了广阔的发展空间。”甄红亮强调。机组满发时，每转一圈即可发出

38 度电，按照理想状态，单台机组每年就可以输出 7200 万度清洁电能，可满足 4 万户普通家庭一年的生活用电，可节约标准煤 2 万余吨、减少二氧化碳排放 5.5 万余吨。

庞大机组也能“远航”

谈到项目组未来可能的技术进步，甄红亮表示，把机组“移栽”到离海岸线更远的深海技术已经开始研发，不久将成熟。

“目前我们的发电机组都是在近海，通过基础与大陆架相连。当水深超过 100 米后，传统固定基础的成本急剧提高，导致经济性较差，而漂浮式依靠系泊系统与海床连接，水深增加带来的边际成本增幅较小，更具边际成本优势。因此，海上风电的发展正呈现出由浅海到深海、由固定式到漂浮式的变化趋势。”甄红亮称。

可是，在波涛汹涌的深海，充斥着大风、湍流、高浪、急流等复杂、恶劣的外部环境，这样的庞然大物该如何“驻足”呢？对此，甄红亮也给出了答案。他表示，目前漂浮式基础借鉴了海上油气平台的技术，“可以理解成抛锚的大型轮船。”

首艘低碳浮式海上风电安装船

国际能源网 02 月 16 日

国际能源网获悉，英国政府已向由 Morek Engineering 牵头的联合体提供资金，用于为浮式海上风电市场设计一种新型低碳安装船。该联合体包括 Morek Engineering、Solis Marine Engineering、Tope Ocean、First Marine Solutions 和 Celtic Sea Power。

据 Morek Engineering 称，船舶设计大纲将于 2025 年初提交船级社，以获得原则性批准。

“这将是一艘一流的低碳船舶，专为满足浮式海上风电场系泊和基础的复杂安装要求而设计。该项目旨在使新兴浮式风电行业的详细要求与英国海事脱碳议程的目标保持一致。”Morek Engineering 总经理 Bob Colclough 说。

随着海上风电开发转向使用浮式基础，解锁更深的海域以及利用离岸更远的强风，这将涉及系泊浮式基础，以支持世界上最大的海上风机。

Bob Colclough 表示：“目前海上服务船队的容量和能力有限，为了实现英国政府和世界其他国家政府提出的净零目标，海上风电安装市场必须达到海上行业前所未有的批量生产水平。漂浮式海上风电需要一种具有成本效益的解决方案，以提供大型系泊和浮式基础

系统的系列安装，同时最大限度地减少下一代风电场建设和维护过程中的碳排放。我们将开发下一代海上风电施工船，迎接挑战。”

据悉，该联合体通过英国政府的第四轮清洁海事示范竞赛（CMD4）赢得了资金。该竞赛由英国交通部（DfT）资助，英国创新署（Innovate UK）负责实施。CMD4 是英国航运减排办公室（UK SHORE）计划的一部分，该计划耗资 2.06 亿英镑，重点开发英国国内航运业脱碳所需的技术。

Tope Ocean 董事总经理 Ian Godfrey 表示：“我们将针对新兴的全球浮式海上风电行业对新型低碳安装船的要求进行详细的可行性研究。这艘新船将设计用于在未来低碳和零碳燃料系统的限制内执行复杂的高能安装任务。它将为与漂浮式海上风电的建设和维护以及更广泛的海洋运输领域相关的环保性能设定新的标准。”

Bob Colclough 称，新船将有助于加速全球漂浮式海上风电市场的增长，提供低碳安装和维护服务。

八、核能

外媒：欧洲核聚变实验取得重大突破

参考消息网 02 月 10 日

据英国《金融时报》网站 2 月 8 日报道，欧洲科学家创造了核聚变产生能量的纪录，这是利用为太阳提供能量的反应来发电的数十年努力取得进展的又一迹象。

报道称，位于牛津郊外的欧洲联合核聚变实验装置(JET)的研究人员通过持续五秒的核聚变反应产生了 69 兆焦耳的能量，足以煮沸大约 70 个水壶，超过了他们在 2021 年创下的 59 兆焦耳的纪录。

这个最新成果是去年 12 月在 JET 展开的最后一组实验中取得的，JET 将于今年退役。

但科学家们距离令核聚变发电具有商业可行性，还有很长的路要走。去年 12 月 JET 进行的核聚变反应实验耗费的电力远远超过该反应所产生的电力。要想建造发电厂，科学家和工程人员还必须弄清楚如何让核聚变反应持续更长的时间。

JET 是欧盟成员国、瑞士、英国和乌克兰的合作项目，自 1983 年投入运行以来，一直是全世界最大、功能最强的“托卡马克”机器，并且在 1997 年创下了首个能量输出纪录。

托卡马克的设计由苏联科学家在 20 世纪 50 年代首创，利用强大的磁铁将两种氢同位素——氘和氚——组成的等离子体加热到比太阳还高的温度，从而使原子核融合并且释放能量。

英国核与网络大臣安德鲁·鲍伊说：“自 1983 年以来，该计划取得了突破性进展，而 JET 的最终核聚变实验是一次恰当的‘告别演出’。”

几十年来，等离子体物理学家一直认为，核聚变反应总有一天会提供一种安全且可能取之不尽的低碳能源。

核电站利用核裂变反应发电。核裂变即原子分裂的过程。核聚变与它不同，不会产生长期存在的放射性废物。上述同位素可以大量获取，一小杯燃料就有可能为一所房屋提供数百年的电力。

专家们对 8 日宣布的这一消息表示欢迎，认为这是核聚变研究取得进展的进一步迹象。

负责英国核聚变计划的英国原子能管理局首席执行官伊恩·查普曼爵士说：“JET 以当前的设施尽可能接近发电厂的条件运行，它的影响将在所有未来的发电厂中普遍存在。它在使我们更接近安全和可持续的未来方面发挥着关键作用。”

另据德国新闻电视频道网站 2 月 8 日报道，位于英国的 JET 创造了产出能量的世界纪录。德国马克斯·普朗克等离子体物理研究所宣布，JET 利用 0.2 毫克核燃料产生了 69 兆焦耳的能量。这是迄今人类从核聚变实验中获得的最高能量值。参与该项目的马克斯·普朗克等离子体物理研究所写道：“产生等量的能量约需褐煤 2 千克——也就是核燃料质量的大约 1000 万倍。”

但马克斯·普朗克等离子体物理研究所也表示，尽管创造了新纪录，但 JET 还是未能实现能量正输出——即整体的能量消耗仍然大于产出。据称，JET 与目前世界上其他磁约束核聚变装置一样，都不可能实现能量正输出。马克斯·普朗克等离子体物理研究所称：“这些核聚变装置必须超过一定体积才能实现能量正输出。”

核聚变的原理很简单：就像在太阳中一样，氢原子在高温下聚变成氦。太阳释放的能量为地球提供光和热。核聚变发电站也将提供能量。核聚变发电站不会像以核裂变原理发电的核电站那样发生严重事故。这是因为，一旦核聚变装置出现故障，温度就会下降，反应就会停止。

除了德国和英国之外，还有许多欧洲国家参与了 JET 的相关工作。该装置旨在为核聚变发电站的建设提供基础知识。专家们预计，核聚变发电站在几十年后才会出现。

九、其它

试验证明我国深部砂岩咸水层可封存二氧化碳

科技日报 02月01日

近日，黑龙江省生态地质调查研究院教授级高工马永法研究团队负责实施的松辽盆地林甸地区深部咸水层 CO₂ 地质封存项目取得阶段性进展：该院首次开展深部砂岩咸水层 CO₂—水混合溶解注入试验，证明深部咸水层 CO₂ 地质封存可注入性良好，单井注入流量超 24.3 立方米/小时。

当前，在无法完全放弃化石能源背景下，碳捕集利用与封存技术作为碳中和技术不可或缺的部分，被认为是实现《巴黎协定》温控目标和我国碳中和目标的关键手段和托底保障。

为强化科技创新在减碳控碳中的支撑引领作用，黑龙江省地质矿产局组织开展松辽盆地林甸地区深部咸水层 CO₂ 地质封存潜力和先导注入试验研究项目，黑龙江省生态地质调查研究院负责实施。

经过长时间探索研究，马永法团队构建了松辽盆地林甸地区深部砂岩咸水层 CO₂ 地质封存适宜性评价体系并开展评价工作，在国内首次利用地热井资料评价了松辽盆地林甸地区深部砂岩咸水层 CO₂ 地质封存潜力：其理论封存量为 478.91 亿吨，有效封存量为 11.49 亿吨，其二级构造单元均较适宜开展 CO₂ 封存。

此前，冰岛首次开展了玄武岩 CO₂—水混合溶解注入封存试验。监测表明，混合溶解注入可大大加速 CO₂、水与储层岩石反应生成矿物的时间，保证 CO₂ 更安全地封存于地下。基于此，马永法团队搭建现场注入平台，率先探索在深部砂岩咸水层开展 CO₂—水混合溶解注入试验。

“随着深部咸水层 CO₂ 地质封存技术的日趋成熟，可将深部咸水层变为封存 CO₂ 的地质储库。”马永法说，这些地质储库具有稳定的地质特征和封存能力，能安全地长期储存 CO₂，减少排放和环境污染。

我首套自主研发海底注水树投用

科技日报 02月07日

近日，我国首套自主研发的海底注水树在湛江海域投用。此次投用标志着我国海洋石油工业在提高老油田采收率上迈出新的步伐，对推动我国海洋石油工业高质量发展具有重要意义。

注水树是油田水下生产系统的核心设备之一，它连接地层深处的油层和平台水下注水管道装置，通过最大压力约 17 兆帕的过滤海水驱油，可以有效提升老油田产量。此次投用的海底注水树长 3.5 米、宽 3.2 米、高 3 米，整体重量近 22 吨。

据介绍，目前全球仅有少数几家公司掌握海底注水树的设计制造。此次研发的海底注水树具备轻量化、低成本的特点，相比国外同类型产品，重量降低 40%，成本降低 60%，能够普遍适用于浅水海域。在涠洲油田投用的首套海底注水树，预计可增产原油 5 万吨。

据统计，全球海域的产油气田中，处于一次采油阶段的仅有 27%，处于二次采油阶段的高达 67%。特别是分布于浅海海域的在产油气田，多数是开采历史已久的老油气田，注水开发是提高原油采收率、实现油田高产稳产的重要举措之一。注水树就像是“注射器”，把能量注射到地层的“毛细血管”中，驱动油气向指定位置流动，增加油气采收率。

这次投用的注水树创新设计了液压对接衬套，解决了立式注水树与油管挂定向对接等难题。同时，配合研发了大直径隔水高压立管，该设备解决了自升式平台安装水下井口“水土不服”的问题，有效提高作业效率。

纯度超 99.999%！我国氦气提取领域取得重要技术进展

中国能源报 02月26日

近日，由中国有研集团有研工程技术研究院有限公司自主研发的氢氦分离提纯装置成功应用于山西吕梁的天然气闪蒸气（BOG）提氦一期项目，经历长时间、低温环境运行考核，成功产出 99.999% 以上纯度的高纯氦气。这标志着国内氦气提取领域获得重要技术进展。

作为用氦大国，我国对氦气的需求量居全球第二，特别是航空航天、电子工业、生物医疗等领域。新研发的氢氦分离装置可方便集成于多种 BOG 提氦系统中，可在常温环境中实现氦气的粗分、精制和提纯，氦气产出气纯度可达到 99.999% 以上，同时可获得纯度高于 99.999% 的氢气产品。该技术实现了天然气资源的最大化应用，为氦气资源获取提供了新途径，对于提升我国氦资源的利用率、降低氦气对外依存度、保障我国用氦安全具有重要意义。

我国海上首个热采平台日产原油突破 1000 立方米

中国能源报 02 月 26 日

2 月 19 日，中国海油天津分公司发布消息称，我国海上首个热采吞吐先导试验平台——秦皇岛 32-6 作业公司南堡 35-2 油田 WHPB 平台日产原油突破 1000 立方米，创开发建设 19 年来最高水平，为我国最大原油生产基地渤海油田推动海上稠油热采规模化开发作出重要实践。

当前，中国海油正大力实施国内油气增储上产“七年行动计划”，南堡 35-2 油田 WHPB 平台作为我国海上稠油热采的“先锋官”，始终以保障国家能源安全、争做稠油热采“标杆”为己任。

自 2008 年开辟多元热流体吞吐试验区以来，南堡 35-2 油田生产科研一线人员历经 10 余年探索实践，狠抓精细管理，逐步形成“5+3 动态会诊法”，将稠油采收率提高了 10 个百分点。

进入“十四五”以后，该平台持续开展分区块的差异化调整，因地制宜、分块施策，通过油藏优化注采调整、注水单元流场调控、扩大热采新技术矿场试验、低产低效井综合治理等手段，打出一套“常规水驱+弱凝胶驱+过热蒸汽驱+蒸汽吞吐+天然能量开发”的组合拳，实现原油日产一路稳中有升，创造了新一轮油气产量增长高峰期。

2024 年是渤海油田上产 4000 万吨的关键一年，南堡 35-2 油田科研生产一线人员以稳住冷采基础、强化热采攻关、突破措施瓶颈为主要方向，通过早研究、早计划、早部署，年初即展开冲刺。其中，优化生产制度、保障生产时率、深挖增产措施、强化调整井管

理、攻关过热蒸汽驱汽窜治理、弱凝胶驱稳油控水、三类井新工艺试验等一系列措施的成功应用，推动原油产量持续走高。

据中国海油天津分公司秦皇岛 32-6 作业公司总经理赵德喜介绍，下一步，该公司将继续扛起海上稠油开发科技创新、管理创新、制度创新的大旗，不断深化油藏精细管理和先进技术应用，用实际行动为我国海上稠油热采高质量开发提供坚实保障。

我国首个油气储运人工智能大模型 WisGPT 发布

中国能源新闻网 02 月 29 日

近日，中国石油管道局设计院(以下简称“管道局设计院”)与百度的合资公司中油易度智慧科技有限公司发布了我国首个油气储运领域人工智能大模型 WisGPT，标志着人工智能技术在油气储运领域应用取得显著进展，将为行业发展带来全新的机遇和变革。

近年来，管道局设计院积极响应国家号召，运用数字信息技术自主研发了 WIS 系列数字孪生体平台，领跑油气储运行业数字化智能化发展。作为国家首批“科改示范企业”，2023 年 4 月底，管道局设计院牵手百度，组建了中油易度智慧科技有限公司，深耕油气储运数字化、网络化、智能化建设，其智慧产品与解决方案，已在我国油气勘探开发、管道运输、炼化等多个能源细分领域应用。

管道局设计院作为具有深厚油气储运行业背景的单位，以百度文心大模型为底座，结合油气储运行业知识、数据及应用特点，运用专业知识语料，开发了首个内容可信、数据可靠、成本可控的油气储运领域人工智能大模型 WisGPT。

WisGPT 具备丰富的油气储运专业知识，并能够不断更新和扩充，可以通过文字、语音、图像和视频等多种形式实现人机交互，为企业管理以及油气储运工程勘察、设计、审查、施工、监理等提供专业知识支持。同时，WisGPT 还具有客户化实施模式，可充分满足油气储运企业的数据保密性要求。

“未来，随着持续的模型迭代，我们将面向企业实际需求，开发更多场景化应用，专注于支撑企业业务的‘最后一公里’，完善优化 WisGPT，打造‘WisGPT+’系列应用功能，为企业提供安全生产、经营管理、数据分析、图表智能生成等服

务，并逐步向整个能源领域拓展。”管道局设计院总经理、中油易度董事长王学军说，“这一创新解决方案将引领行业变革，为企业创造更多价值。”