

能量转换

总 81 期

剪报资料

9/2024.9-10

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
1. 以科技创新铺就能源转型新路.....	1
2. 以复杂系统方法深化能源风险研究.....	2
3. 加快打造我国化工新材料产业新高地.....	5
4. 推动可再生能源智能化电气化创新.....	8
5. 能源法草案二审稿：进一步促进能源绿色低碳转型.....	9
6. 《数字化绿色化协同转型发展实施指南》发布.....	11
7. 国家统计局：8月规上工业太阳能发电增长21.7%.....	12
二、热能、储能、动力工程、节能	14
1. 我国抽水蓄能装机容量居世界首位.....	14
2. 新材料提升全固态锂硫电池能量密度.....	15
3. 无质量储能技术新进展——多功能碳纤维结构电池研制成功.....	15
4. 新固态电池或将电动车续航增加80%.....	16
5. “三道防线”保障储能行业行稳致远.....	17
6. 液流电池是理想长时储能技术.....	19
7. 科学家开发出新型水系有机液流电池.....	20
8. 软质电活性材料像电池一样储能.....	21
9. 我国首座电网侧飞轮储能调频电站并网发电.....	22
10. 全国首个火电机组调峰调频模块化熔盐储能项目，成功商运！.....	23

三、碳达峰、碳中和	23
1. 落实碳排放双控政策 加快推进碳足迹管理.....	23
2. 《2024 全球碳中和年度进展报告》发布.....	26
四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	28
1. 生物衍生风力涡轮机叶片制成.....	28
2. 新型甲酸氧化还原燃料电池让旧电解液“变废为宝”.....	28
3. 废水能转化为可持续航空燃料.....	29
4. 复合光催化剂可高效去除水中残留抗生素.....	30
五、太阳能	31
1. 分布式光伏发电在轨道领域应用有新突破.....	31
2. 图案化“人工树叶”实现定制太阳能分解水制氢.....	31
3. 南方科技大学研制高效稳定的反式钙钛矿太阳能电池.....	32
4. 钙钛矿太阳能电池独特降解机制获揭示.....	33
5. 新型器件结构大幅提升钙钛矿太阳能电池效率.....	34
6. 我研究团队开发出太阳能提锂新技术.....	35
7. 新型海水淡化系统可充分利用太阳能.....	36
8. 我团队刷新全钙钛矿叠层太阳能电池光电转换效率世界纪录.....	37
9. 钙钛矿太阳能电池实现高温工况下稳定运行.....	38
10. 光伏钙钛矿技术发展提速.....	39
11. 欧开发下一代纳米线太阳能电池.....	41
六、地热能	42
1. 美批准全球最大地热项目.....	42
七、氢能	42
1. 数字化为氢能技术发展开辟新空间.....	42
2. 光储氢协同发展促绿电消纳.....	43
3. 250 千瓦级海水制氢联产淡水装置成功开车.....	45
4. 新方法大幅提升产氢性能.....	46
5. 我科研团队提出解耦式海水直接电解制氢新策略.....	47
八、风能	47
1. 风电稳定并网为新型电力系统护航.....	47

2. 风电设备换新直面资金和技术挑战.....	48
九、其它	51
1. 渤海首个千亿方大气田累产天然气超 10 亿立方米.....	51
2. 华北再添千万吨级液化天然气接收站.....	52
3. 华南最大天然气储运基地建成.....	52

一、总论

以科技创新铺就能源转型新路

科技日报 09月12日

“在确保国家能源需求和能源安全的前提下，我们要抓紧布局、研发新能源技术，走出一条传统能源向新型能源有序接替、稳妥推进、跨越转型的新路子。”在2024年太原能源低碳发展论坛上，中国石油和化学工业联合会第四届理事会会长李寿生说。

9月10日—11日，2024年太原能源低碳发展论坛在山西举行。本届论坛由外交部、国家发展改革委、国家能源局和山西省人民政府共同主办，主题为“发展能源新质生产力 共建清洁美丽世界”。

党的十八大以来，习近平总书记围绕国家能源安全发表一系列重要论述，创造性地提出“四个革命、一个合作”能源安全新战略，指引我国走出了一条符合国情、顺应全球发展大势、适应时代要求的能源转型之路。本届论坛紧扣“四个革命、一个合作”能源安全新战略提出十年来和国家在山西开展能源革命综合改革试点五年来的成就，举办圆桌对话会议、“智汇山西”院士专家论坛、能源革命成果展等活动。其间，来自世界能源领域的官员、学者和企业负责人，深入交流能源发展思路、探讨行业前沿技术、分享能源转型经验，持续深化能源转型和绿色发展等领域务实合作，共同推动全球能源绿色低碳发展。

推动能源绿色低碳发展，科技创新是核心要素。中国工程院院士谢克昌、中国宝武集团首席研究员张永杰等建议，要加强能源领域科技创新平台建设，鼓励和支持可再生能源技术的研发与应用，聚焦煤基资源高端转化、氢能开发利用，加大对能源存储技术和智能电网等新兴领域研发，以提高能源利用效率和系统稳定性；要加强能源企业与科研院所、机构的广泛合作，以能源产业关键技术为突破口。法国道达尔能源亚太区研发副总裁徐忠华认为，除了技术创新，还包括商业模式的创新、政策创新等，要在满足能源安全的前提下，为经济社会发展提供低碳环保安全可靠的能源产品和解决方案。

李寿生认为，在新能源技术创新中有五大前沿技术，分别是利用太阳能分解水制氢技术、甲烷氧化偶联和无氧偶联制乙烯技术、原油直接裂解生产化学品技术、可燃冰开采利用技术、

二氧化碳资源化利用技术。李寿生说：“这五大前沿技术的突破有可能直接改变新能源变革的时间、进度和结构。”

论坛上，与会人士分享了人工智能如何赋能能源发展。中国科学院上海高等研究院原院长封松林说，人工智能也可以应用在能源领域各环节，如智能电网管理、能源消耗预测、能源勘探和开采、故障检测和预测性维护，以及能源交易和 market 分析、环境影响评估、提高能源效率、碳足迹分布和减排策略、电池和储能技术优化等。英利能源发展有限公司董事长尹绪龙介绍：“光伏企业除了在电池技术方面下功夫，更应秉承系统观念，从全生态全周期全链条的维度，通过多种智能化手段，为电力市场提供更具经济性、更高质量的绿色电能。”

能源领域节能减排也是论坛关注的话题。“能源活动是我国温室气体的主要排放源，约占我国碳排放的 80% 以上，实现‘双碳’目标需要促使能源结构逐步由高碳向低碳甚至无碳转变。”中国科学院院士、清华大学副校长姜培学表示。中国工程院院士康红普说，要依据资源特点、开发方法、管理方式等，实现煤炭与共伴生能源资源一体化绿色开发。中国工程院院士唐立新建议，通过数据解析与优化（DOA）深度融合的系统建模，可推动高能耗企业、重污染企业实现系统节能和减排。

以复杂系统方法深化能源风险研究

中国能源报 09 月 02 日

近年来，随着全球能源转型的深入推进和国际能源地缘政治格局的剧烈变化，能源安全保供风险再度成为政策界、智库界、学术界的重要论题。国际能源署相关负责人多次表示，国际社会正遭遇真正意义上的“能源危机”。我国是全球最大的能源生产、消费国和油气进口国，就国民经济的有序运行和国际影响力的稳步扩大而言，能源安全保供风险有着“牵一发而动全身”的重大意义。面对更加复杂多变的形势，深化能源风险研究尤其需要转换思维，细处入手，着眼大局，洞察大势，以系统方法寻求最优解。

对能源风险展开可靠研究的基础是扎实高效的能源情报体系，这是风险研究的细处。能源情报是基于海量能源数据、信息、动态的科学系统分析，是感知态势、分析本质、把握趋势的前提和基础。能源情报工作的直接目的，是确保在能源风险研究中始终做到“知己知彼”——这也是一切风险研究的基本要求。“己”从广义上讲，囊括了一切必须的内部信息；与之对应，“彼”则指代与“己”有关的一切外部信息。当前获取能源情报的方法很多，鉴于

能源行业高度市场化透明化的发展事实，最有效的方法有两种，一是依靠现代信息技术实现开源获取，二是依靠人力资源实地走访调研。对高质量的研究而言，二者缺一不可、相辅相成。除此之外，在“己”“彼”之间，还有一个在某些情势中更具决定性，但往往被忽略的因素，即“关联场域”。大量内外部信息或因素，只有聚合在这个“关联场域”中，才会涌现出仅仅单纯叠加和堆累各类信息所不可能有的新变化。简单理解，“关联场域”近似于“时代特征”“体系结构”等。

举例而言，2022年俄乌冲突爆发后，全球主要产油国的总量未有根本性变化，主要油气进口国的需求也没有重大变化，但国际油气价格在短短数月之内迅速飙升且高位震荡。从欧洲到北美，再到亚太地区，能源供应紧张乃至局部能源危机此起彼伏。其根本原因不在于全球能源供需两侧的总量变动，而在于国际政治的地缘权力结构突变，政治博弈的复杂性影响了能源贸易，国际能源贸易体系因此被严重扭曲并不断重塑。对“关联场域”的准确把握，需要研究者有更为宏阔的跨学科知识素养，有先进的人文社会科学理论做指导，有更为敏锐的社会洞察力和政治辨别力，而不能仅仅满足于能源行业知识本身。

在体系性大变动的背景下，分析能源风险应自觉跳出能源专业之一域一隅，着眼于经济社会发展转型的大局、大势，以系统思维和复杂系统方法进行全面深刻的探究。总体而言，风险研究有“还原论”和“系统论”两种方法，各有千秋、难分伯仲。穷尽可能的风险因素，对其“解剖麻雀”、逐一分解，分别提出防范和化解的思路建议，这是“还原论”。在体系总体稳健、大体沿着预定轨道有序运行时，还原论对分析和预见风险有事半功倍之效。但在“百年未有之大变局”下，不确定性、不稳定性显著上升，只注重“还原论”方法很可能导致分析结果“只见树木、不见森林”，只看到相对狭隘的能源专业领域内的非常态因素，并依据惯性思维将其含糊地界定为“风险”乃至“危机”，而无视或忽略更广阔系统的大转型所酝酿的新变化。但很可能恰恰是这些变化，酝酿、催生了能源非常态因素，甚至在未来的某个阶段推动它们发展壮大，跃升为能源领域的主流和常态。原本行之有效的“还原论”方法，面对新的体系性变动，反而可能导致对潜在风险的重大误判，甚至成为新发展的阻碍。19世纪中后期，以电力技术创新为代表的第二次科技革命方兴未艾，而英国以煤炭为主的能源行业尽管保有第一次工业革命以来的产业优势和技术领军地位，但身处新的社会巨变中，不仅未能把握行业转型的脉动，反而以“电弧灯会威胁民众健康”为由，游说政府支持煤油灯、限制电力电灯发展，直接导致英国丧失其科技革命领先者地位，埋下衰败的种子。这是风险预见中只见一隅、不见大势的典型教训。

以复杂系统方法深化能源风险研究，核心要义是“综合指导下的分析、分析基础上的综合”。一是研究构建潜在的风险场景，枚举、倒推触发该场景的各类风险要素及其发展阈值。二是探究各类风险要素之间相互影响、级联传导的机理。在一些重大场景中，很多风险因素孤立地看，都仍处于可控区间，但系统总体却表现为危机或者濒临危机的状态，其症结就在于这些阈值可控的要素相互作用，扩散、放大了系统风险的程度，出现了“ $1+1>2$ ”的效果。而在另外一些场景中，可能若干风险因素已经濒临或者超出阈值，但系统总体却依然稳定有序，“消化”了单项风险冲击，呈现出“ $1+1<2$ ”的后果。因此，深入的风险研究必须重视各类要素之间的级联传导机理，避免简单线性思维，警惕“分解谬误”和“合成谬误”。三是要高度重视系统中多重风险要素相互催化、相互作用而衍生出的新“后果”。其对现有系统的冲击可能超过任何已经存在的单项风险。换言之，在经济社会这一开放的复杂巨系统中，“风险”也大致遵循“涌现”规律，一旦超过某个临界点，系统性风险就会超出人力所能控制的范畴，而按照其固有逻辑持续演进，直到风险出清，达成新的均衡。

例如，20世纪60年代末70年代初，美元贬值压力持续上升，布雷顿森林体系瓦解在即。为预防美元贬值给国内能源市场造成重大冲击，美国联邦政府逐渐放弃与稳定美元价值相配套的石油进口限制，于1972年开始猛增进口原油。然而，长期管制政策下的美国国内石油生产商并未培育起足以与中东廉价原油有效竞争的核心能力，多数企业破产重组，行业发展持续动荡。当此之际，1973年，阿拉伯产油国通过全面削减石油出口和有选择地出口禁运，迫使以美国为首的西方国家减少对以色列的支持，此举导致国际油价在极短时间内提高了3倍。主要石油进口国为此额外支付超过650亿美元——占当时资本主义世界生产总值的1.5%。美元危机、行业震荡和地缘冲突等多重因素叠加，导致整个资本主义世界爆发二战后最大规模的经济危机，进入“滞胀”阶段。从整个20世纪70年代后半期至80年代初期，美日欧等社会生产总利润率持续下降，通货膨胀率震荡上行，失业率居高不下。尽管各类应对措施层出不穷，但收效甚微。直到20世纪80年代美国、英国实施新的以放松管制为特征的经济自由化改革，加之中国实施改革开放，为世界生产体系带来新的巨型增量市场，资本主义世界才逐步走出危机泥潭。

深化风险研究是为了应对风险。应对之道，无外乎“堵”“疏”二途。“堵”是严控，“疏”是化解。无论采用哪一种方法，都应着眼于系统全局寻求最优解。针对风险因素，一般的思维是“堵”。特别是在本位主义和部门利益比较突出的问题上，对“风险”倾向采取严防死守的态度几乎具有天然正当性。固然，对至关重要的原则性、底线性问题，“堵”是必需的，

非如此就可能引发“功亏一篑”的系统性溃败。但对于更多的不那么紧要的、具有一定风险属性的问题，特别是在系统转型进程中涌现出来的众多以固有立场、传统思维看来可能具有风险倾向的新现象、新事物、新变化，实际上“疏”反而是一种更可持续的处理方略。从长远和全局看，“堵”或许会收获一时一地的成功，但因为缺乏弹性、刚则易折，终究会被“雨打风吹去”。而“疏”则需要利益相关方进行充分的对话妥协、求同存异，需要决策者、参与者拥有更高层次的大智慧。在面对重大风险乃至危机时是否能够有效采取“疏”之道，考验的是整个系统的底线生存能力。

此外，就系统涌现性原理而言，并非所有的“风险”都能及时有效得到管控。对此，正反两方面的历史案例显示，科学的处理原则是秉持更为开明开放的立场和心态。一方面着眼未来，立足大势，改革旧有的不合生产力发展要求的上层建筑，把形似风险或危机的各种端倪、迹象、趋势，培育、扶持、壮大为新的方向或经过规范调整后可以共存的合理事实。“发展中的问题，终究要在发展中才能得到解决”。另一方面删繁就简，增强系统韧性和弹性，夯实应对剧烈震荡的底线能力。不管那些不可控的风险如何冲击，大体能够维持“敌人围困万千重，我自岿然不动”的状态。

加快打造我国化工新材料产业新高地

中国能源报 09月02日

在全球能源转型背景下，化工新材料成为石化产业转型升级和高质量发展的重要抓手，迎来前所未有的发展机遇。

“化工新材料因其性能优异，又是高端制造和战略性新兴产业重要的配套材料，已成为全行业中市场需求增长最快的领域之一，是支撑我国经济高质量发展的重要引擎，也是创新的重点领域和国际竞争的焦点。”中国石油和化学工业联合会副会长傅向升在日前召开的2024中国（安庆）化工新材料产业大会上指出。

在业内看来，当前随着我国石化产业的不断壮大，化工新材料产业发展也不断迈向新阶段，但部分产品存在明显供应短板，亟需聚焦高端化工新材料，加强技术攻关，加快打造我国化工新材料产业新高地。

■自给率不断提高

自上世纪八十年代以来，化工新材料的创新与发展成为公认的石化产业技术水平代表，

是跨国公司创新与转型发展的重点，欧美等发达国家均把化工新材料的创新与发展作为国家战略。

“很多跨国公司都通过化工新材料的创新实现转型。”傅向升指出。

我国对化工新材料的发展高度重视。2010年，我国跃居世界第二石化大国和第一化工大国。近年来，成品油消费市场增速开始趋缓，柴油市场呈现饱和状态，行业结构性矛盾再次凸显。“‘减油增化’‘减油增特’，少产成品油、多产化学品和高性能材料成为国内石化企业转型的重点趋势。”傅向升表示。

据了解，化工新材料是指在化学工业领域新出现的或正在发展中的具备优异性能和功能的先进材料，具有高技术含量、高价值、知识密集和技术密集的新型材料，包括高性能树脂、高性能合成橡胶、高性能纤维、高性能膜材料、电子化学品等。

“在国家政策引领和全行业共同努力下，我国化工新材料产业自‘十二五’开始迎来较快发展，近年来产业发展质量不断提升，自给率逐步提高，从2017年的64.2%增至2023年的82.7%。预计未来几年，我国化工新材料需求量年均增长率将超过8%，到2030年，我国化工新材料产业自给率将达到90%以上。”中国石油和化学工业联合会化工园区工作委员会秘书长杨挺指出。

■ 仍存供应短板

尽管近年来我国化工新材料产业持续快速发展，但在高端技术创新、产品结构等方面仍有较大提升空间。

傅向升表示：“受多重因素影响，特别是技术制约，我国化工新材料产业一直是石化产业的短板，也是导致我国石化产业‘大而不强’的重要原因。”

统计数据显示，2023年我国化工新材料主要类别中，高端聚烯烃塑料产量850万吨，国内表观消费量1500万吨，产品自给率56.7%；电子化学品产量80万吨，表观消费量120万吨，产品自给率66.7%；高性能纤维产量11万吨，表观消费量15万吨，产品自给率73.3%；高性能橡胶产量580万吨，表观消费量680万吨，产品自给率85.3%。仅聚氨酯、氟硅材料、锂电池材料能够实现100%自给。以光伏胶膜为例，2023年我国消耗光伏胶膜约35.8亿平方米，2025年预计将达45亿—50亿平方米，常见的POE、EVA胶膜中，目前我国POE树脂几乎全部依赖进口。

在杨挺看来，我国化工新材料产业存在整体保障能力不足、供应短板明显的突出问题。“一是国内供应绝对短缺的产品，产能、产量均严重不足，主要原因在于生产技术门槛高，而我

国尚未掌握核心关键技术。二是规划产能较大但实际产量不足产品，现有生产技术水平低，只能生产中低端牌号或产品质量无法满足需求，或产品价格高、竞争力不强。三是化工新材料应用技术薄弱，对材料改性重视不够，市场推广受限；部分应用领域的认证准入门槛高、时间长，国内生产企业起步较晚。四是材料本身的合成工艺较成熟，但关键原料供应不足，存在短缺隐患。五是用于国防航天等特定用途的新材料，目前用量小，不具备经济生产规模推向民用后具有想象空间，但产品成本高，开发与推广投入大、风险高。六是替代型产品，包括原料路线替代和材料体系替代，市场前景预期良好，但实际推广困难大，国内市场渗透率低。”

■以创新抢占技术制高点

在多位专家看来，碳达峰碳中和目标给新能源产业带来重大历史机遇的同时，也为化工新材料带来巨大发展空间。

“我国是全球最大的新能源生产国，生产的光伏组件、风力发电机、齿轮箱等关键零部件占全球市场份额的70%，带动不饱和树脂、环氧树脂、碳纤维、EVA、丁腈橡胶、湿电子化学品等相关化工新材料快速发展。”杨挺表示。

傅向升强调，未来化工新材料发展关键在创新，应突出“四个聚焦”。“一是聚焦国家重大战略需求和重点工程，集中力量进行关键技术攻关，巩固、升级产品的稳定性；二是聚焦需求量大、应用面广、有较好技术基础的重点化工新材料产品，攻克‘卡脖子’难题，提升高端产品的自给率；三是聚焦前瞻性技术研发，加强关键共性技术、前沿引领技术等创新；四是聚焦化工新材料行业的集聚化发展，以化工园区为载体，引导推动企业集聚发展，不断延链、补链、强链、建链。”

在杨挺看来，未来我国化工新材料重点发展方向可以概括为“补、优、用、超”。“‘补’是指面向国家重大战略需求补短板、强弱项。围绕电子信息、新能源、汽车、轨道交通、节能环保、医疗健康等产业需求，突破一批关键化工新材料和配套原材料供应瓶颈，增强自主保障能力。‘优’是指面向终端消费需求，提升现有材料性能。基于现有产品进行技术升级迭代，推进一批消费规模大、有较好技术基础的化工新材料产品提升档次，实现高端化、差异化、系列化和低成本供应。‘用’是指面向经济主战场，贯通全产业链。强化化工新材料与下游产业的连通，加强改性产品推广，推进设计电子化学品、汽车轻量化、新能源装备、绿色建筑等领域实现贯通全产业链需求导向的产学研用发展模式。‘超’是指超前布局，积累前沿技术。面向科技前沿聚焦3D打印、超导、仿生材料和新型显示材料、极端环境材料

和材料基因工程等领域，为未来竞争积累优势。”

推动可再生能源智能化电气化创新

中国能源报 09月16日

如果要实现净零排放和脱碳化目标，可再生能源势必需要在电力产业中发挥主要作用。这意味着，未来将是电气化的未来，电力将来自可再生能源。

当前，全球电力需求为 220100 亿千瓦时，到 2050 年预计将增长到 700500 亿千瓦时，是现在的 3 倍多。到 2050 年，仅生产绿氢所消耗电力就将达到 200100 亿千瓦时。目前全球电力总消耗量差不多是 2050 年生产绿氢的电力消耗量，这是电力部门面临的巨大挑战和机遇。

为实现可再生能源电力倍增，国际可再生能源署提出三个策略：一是使用可再生能源为基础的电力，为交通运输工业和建筑等行业提供能源。二是在电力供给侧，确保电力系统具备高度灵活性，以应对电力需求飞速增长，并为新的负荷创造灵活性。三是探索智能电气化，实现能源转型。

成本最小化使电力价格能够惠及全球人民。根据国际可再生能源署预测，从现在到 2050 年，每年用于能源转型的投资需求高达 4.4 万亿美元。基于此，每年有 1 万亿美元将投资于电气化和基础设施，电气化相关的基础设施包括电网、电动汽车、热泵等。

如果不使用智能电气化方式，而是对电动汽车、热泵、电锅炉电气化不加以控制地发展，则将需要额外投资投入到电网、电缆、系统加固、变压器开关基础设施中，导致原本每年 1 万亿美元的投资可能会增加 3—5 倍，也就是每年新增投资 3 万亿—5 万亿美元。由此看来，必须以智能化方式实现可持续化转型。

对于交通运输部门的电力使用，乘用车、电动公交车和电动卡车毫无疑问将带来电力需求系统性增长。电力在交通运输领域的使用占比应从现在的 1% 左右增加到 2050 年的 52% 以上。这意味着，全世界需要至少有 20 亿辆电动车行驶在世界各地，因此需要部署电力系统来智能化充电。

我们有技术上的创新，包括市场设计监管创新、系统规划运行创新和商业模式创新，要把所有这些创新结合在一起才能为汽车实现智能充电。智能充电不仅包括汽车从电网中获取单向充电，也需要配电系统运营商进行智能控制，需要确保基础设施标准化、可操作性、充

电站建设能够按时完成。同时，城市规划部门、地方政府等需要通力合作，建立起完整的生态系统，使得电动汽车能够尽可能实现智能化充电。

能源法草案二审稿：进一步促进能源绿色低碳转型

中国能源报 09月23日

能源法草案日前提请全国人大常委会会议二次审议。草案二审稿进一步促进能源绿色低碳转型，增加了规定风能、太阳能、生物质能、地热能、海洋能、氢能等可再生能源开发利用的相关内容。

作为能源领域基础性、统领性法律，能源法将如何护航我国能源绿色发展？又将给行业带来哪些新机遇？如何正确理解草案二审稿中表述的“合理开发”“积极有序”？《中国能源报》记者就此采访了多位业内专家。

■支持优先开发可再生能源

“此次增加的内容是按照市场化成熟程度，分别以法律形式将各类可再生能源进行具体规范，在规范内容的颗粒度方面更加细化，对不同发展阶段的可再生能源的开发利用模式给予更具针对性的指导。”中国能源研究会可再生能源专业委员会执行秘书长李丹说。

中国新能源电力投融资联盟秘书长彭澎表示，草案二审稿大幅增加可再生能源的内容，从法律地位上保障了可再生能源的长远发展。

李丹认为，能源法将我国能源发展以法律形式完整、有约束力、有指导性地展示出来，体现了高质量发展、绿色低碳的发展理念，以碳达峰碳中和为目标，确定可再生能源优先的开发利用秩序。

■因地制宜发展生物质能

草案二审稿明确规定，国家鼓励合理开发利用生物质能，因地制宜发展生物质发电、生物质能清洁供暖和生物天然气。国家促进海洋能规模化开发利用，因地制宜发展地热能。

“生物质如果能源化利用，可实现二氧化碳的零排放。若资源化利用，可以减少农林废弃物的焚烧，减少污染物排放，改善空气质量。”中国农村能源行业协会副秘书长魏麒元说。

在魏麒元看来，草案二审稿的出台将给生物质行业带来诸多新机遇。“国家层面的政策支持将促进生物质能技术的研发和创新，包括生物质发电、生物天然气、生物质清洁供热、

生物液体燃料等领域的技术进步，推动产业向高产值、多元化发展。同时，还将带动上下游链条持续完善，形成完整的产业生态。”

如何做到“合理开发”生物质能？中国能源研究会可再生能源专业委员会副秘书长王卫权认为，要因地制宜用生物质能发电、清洁采暖或生产生物天然气，这样才能实现可持续发展。“只有选择适合当地的模式，才能真正助力能源转型和乡村振兴。”

在技术和市场选择上，魏麒元举例称，南方温暖湿润地区更适合使用水解酸化等技术，北方寒冷地区则需要采用干法连续式厌氧消化技术或中温厌氧发酵产沼气并提纯生物天然气，工业集中地区适宜推广生物质能供热，交通繁忙地区适合发展生物天然气作为交通燃料。

“市场对于生物质能源的需求将不断增加，尤其在清洁取暖、供热及难以电气化的脱碳领域，先进生物燃料的市场需求巨大。”魏麒元说。

■拓展氢能应用场景

“氢能纳入能源法，既是与时俱进的体现，也是回应社会的强烈关切。”中国国际经济交流中心能源与绿色低碳发展部部长景春梅说，这意味着未来氢像油、电、煤、气一样，制储输用各环节都将纳入国家能源管理制度框架。

事实上，任何新兴产业都有7—10年的导入期，一步步从技术迭代到降低成本，再到基础设施建设和应用场景拓展，乃至产业规模化应用。当前，我国氢能产业正处于导入期，全周期产业布局存在不平衡问题。

对此，鹭岛氢能（厦门）科技有限公司董事长陶华冰坦言：“最近几年，各地的绿氢项目存在制而不用问题，难以产生实际经济效益，消纳绿氢成为挑战。”

“有的地方规划做得不切实际，甚至比国家规划还要大，而实际落地的项目却很少。”景春梅说，例如有的绿氢产能和产量之间存在十倍差距。

《中国能源报》记者注意到，草案二审稿明确指出，国家积极有序推进氢能开发利用，促进氢能产业高质量发展。

在李丹看来，一方面，需要积极解决现有发展问题；另一方面，不宜操之过急，要根据能源发展策略和未来氢能的定位，在发展过程中不断修正目标，科学规范地引导产业发展。

“氢能可以提高电力系统灵活调节能力，促进大基地新能源电力集中外送。同时，作为清洁化工原料和还原剂，其以‘风光氢储’一体化、‘绿电—绿氢—绿氨’一体化等方式，促进煤化工、石油化工及相关应用产业深度脱碳，并为新能源就地消纳提供解决方案。”景

春梅说，“能发挥这样的作用的能源品种并不多，所以要想办法找到氢能合适的应用场景，进一步做好氢能的供需衔接。”

《数字化绿色化协同转型发展实施指南》发布

科技日报 10月22日

10月18日，记者从中央网信办获悉，中央网信办秘书局、国家发展改革委办公厅、工业和信息化部办公厅等近日联合印发《数字化绿色化协同转型发展实施指南》（以下简称《指南》），指导各地区、各行业深入推进双化协同工作。

数字化和绿色化日益成为全球经济社会转型发展的重要趋势。近年来，各地积极探索双化协同模式，初步形成一批可复制可推广的应用场景和典型案例。但整体来看，各地双化协同仍处于持续探索阶段，面临管理机制不完善、技术体系不健全、标准规范不统一、双化协同程度不高等挑战。《指南》从创新引领、协同推进、开放合作、务求实效四个方面，为各类主体提供指引和参考。

《指南》指明双化协同两大发力方向：一是要加快数字产业绿色低碳发展，推动数据中心、通信基站、电子信息产品等关键领域绿色化转型；二是要发挥数字科技企业创新作用，促进电力、采矿、冶金、石化、交通、建筑、城市、农业、生态等9个重点领域绿色化转型。

例如，在电力领域，《指南》要求，各地方政府和相关部门要强化本地区统筹部署，发挥行业协会的引领作用，积极支持和促进电力供应低碳转型，提升电力系统调节能力，加快电力消费环节节能提效，以数字化手段实现电力行业供给、输送、消费等重点环节的绿色化升级。

在采矿领域，《指南》提出，要鼓励行业企业综合利用数字孪生、人工智能等数字技术，全面加强开采过程绿色化智慧控制，矿石绿色精益生产加工，绿色供应链建设，实现采矿行业全流程绿色化转型升级，助力矿产资源开发与生态环境保护协调发展。

在冶金领域，《指南》要求，各地方政府和相关部门要明确冶金行业双化协同实施路径，联合行业协会等机构，进一步通过强化生产过程数字技术融合应用，提升冶金环保治理和能耗监测水平，全面提升产业链数字化绿色化协同水平，实现全过程绿色化转型。

国家统计局：8月规上工业太阳能发电增长21.7%

国家统计局 09月18日、

9月14日，国家统计局发布《2024年8月份能源生产情况》。

规上工业电力生产加快。8月份，规上工业发电量9074亿千瓦时，同比增长5.8%，增速比7月份加快3.3个百分点；规上工业日均发电292.7亿千瓦时。1—8月份，规上工业发电量62379亿千瓦时，同比增长5.1%。

分品种看，8月份，规上工业火电由降转增，水电增速回落，核电、风电、太阳能发电增速加快。其中，规上工业火电同比增长3.7%，7月份为下降4.9%；规上工业水电增长10.7%，增速比7月份回落25.5个百分点；规上工业核电增长4.9%，增速比7月份加快0.6个百分点；规上工业风电增长6.6%，增速比7月份加快5.7个百分点；规上工业太阳能发电增长21.7%，增速比7月份加快5.3个百分点。

具体如下：

2024年8月份能源生产情况：8月份，规模以上工业（以下简称规上工业）原煤、原油、天然气、电力生产平稳增长。

一、原煤、原油和天然气生产及相关情况

原煤生产平稳增长。8月份，规上工业原煤产量4.0亿吨，同比增长2.8%，增速与7月份持平；日均产量1279.2万吨。进口煤炭4584万吨，同比增长3.4%。1—8月份，规上工业原煤产量30.5亿吨，同比下降0.3%。进口煤炭3.4亿吨，同比增长11.8%。

原油生产稳定增长。8月份，规上工业原油产量1783万吨，同比增长2.1%；日均产量57.5万吨。进口原油4910万吨，同比下降7.0%。1—8月份，规上工业原油产量14279万吨，同比增长2.1%。进口原油36691万吨，同比下降3.1%。原油加工有所下降。8月份，规上工业原油加工量5907万吨，同比下降6.2%；日均加工190.5万吨。1—8月份，规上工业原油加工量47253万吨，同比下降1.2%。

天然气生产加快。8月份，规上工业天然气产量200亿立方米，同比增长9.4%，增速比7月份加快1.5个百分点；日均产量6.5亿立方米。进口天然气1176万吨，同比增长9.1%。1—8月份，规上工业天然气产量1637亿立方米，同比增长6.6%。进口天然气8713万吨，同比增长12.3%。

二、电力生产情况

规上工业电力生产加快。8月份，规上工业发电量9074亿千瓦时，同比增长5.8%，增

速比7月份加快3.3个百分点；规上工业日均发电292.7亿千瓦时。1—8月份，规上工业发电量62379亿千瓦时，同比增长5.1%。分品种看，8月份，规上工业火电由降转增，水电增速回落，核电、风电、太阳能发电增速加快。其中，规上工业火电同比增长3.7%，7月份为下降4.9%；规上工业水电增长10.7%，增速比7月份回落25.5个百分点；规上工业核电增长4.9%，增速比7月份加快0.6个百分点；规上工业风电增长6.6%，增速比7月份加快5.7个百分点；规上工业太阳能发电增长21.7%，增速比7月份加快5.3个百分点。

2024年8月份规模以上工业增加值增长4.5%

8月份，规模以上工业增加值同比实际增长4.5%（增加值增速均为扣除价格因素的实际增长率）。从环比看，8月份，规模以上工业增加值比上月增长0.32%。1—8月份，规模以上工业增加值同比增长5.8%。

分三大门类看，8月份，采矿业增加值同比增长3.7%，制造业增长4.3%，电力、热力、燃气及水生产和供应业增长6.8%。分经济类型看，8月份，国有控股企业增加值同比增长3.6%；股份制企业增长5.0%，外商及港澳台投资企业增长2.8%；私营企业增长4.5%。分行业看，8月份，41个大类行业中有32个行业增加值保持同比增长。其中，煤炭开采和洗选业增长3.3%，石油和天然气开采业增长4.0%，农副食品加工业下降0.1%，酒、饮料和精制茶制造业增长5.2%，纺织业增长4.4%，化学原料和化学制品制造业增长5.9%，非金属矿物制品业下降5.5%，黑色金属冶炼和压延加工业下降2.1%，有色金属冶炼和压延加工业增长6.6%，通用设备制造业增长2.2%，专用设备制造业增长2.9%，汽车制造业增长4.5%，铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业增长12.0%，电气机械和器材制造业增长2.6%，计算机、通信和其他电子设备制造业增长11.3%，电力、热力生产和供应业增长6.9%。

分产品看，8月份，规模以上工业619种产品中有339种产品产量同比增长。其中，钢材11090万吨，同比下降6.5%；水泥15763万吨，下降11.9%；十种有色金属662万吨，增长4.0%；乙烯274万吨，下降1.5%；汽车251.1万辆，下降2.3%，其中新能源汽车110.5万辆，增长30.5%；发电量9074亿千瓦时，增长5.8%；原油加工量5907万吨，下降6.2%。

8月份，规模以上工业企业产品销售率为96.6%，同比下降0.8个百分点；规模以上工业企业实现出口交货值12994亿元，同比名义增长6.4%。

二、热能、储能、动力工程、节能

我国抽水蓄能装机容量居世界首位

科技日报 09 月 10 日

日前发布的《抽水蓄能产业发展报告 2023 年度》（以下简称《报告》）显示，截至 2023 年底，我国抽水蓄能投产总装机容量达 5094 万千瓦，居世界首位。

《报告》由水电水利规划设计总院联合中国水力发电工程学会抽水蓄能行业分会等单位共同编写。水电水利规划设计总院副院长、中国水力发电工程学会抽水蓄能行业分会副理事长赵增海介绍，2023 年度全国新核准抽水蓄能电站 49 座，核准规模 6342.5 万千瓦，新投产抽水蓄能电站装机容量 515 万千瓦。

从抽水蓄能相关技术发展情况看，《报告》显示，抽水蓄能交流励磁变速机组自主研发取得突破，机组设备标准化设计制造初步形成，数字化、智能化技术逐步探索应用，中低水头段水泵水轮机水力研发取得进展。

《报告》预计，2024 年我国抽水蓄能装机规模将保持稳步增长，全年投产规模在 600 万千瓦左右。到今年底，我国抽水蓄能总装机规模预计达 5700 万千瓦。

“抽水蓄能是当前技术成熟、经济性优、可大规模开发的电力系统清洁低碳灵活调节电源。在‘双碳’目标引领下，过去一年，抽水蓄能在发展规模、调度运行管理水平、工程建设技术、发展新模式等方面取得新成效，高质量发展的底色更加鲜明。”国家能源局新能源和可再生能源司副司长潘慧敏说，抽水蓄能发展正处于重要战略机遇期。

“新形势下推动抽水蓄能高质量发展需要从高质量规划、建设、运营三方面下功夫。”水电水利规划设计总院院长李昇认为，做好高质量规划，应着眼推进抽水蓄能需求论证研究、站点资源调查，统筹优化布局；推进项目高质量建设，要重视电站勘测设计质量，依法依规做好项目核准开工管理，加强科技创新和工程安全质量；开展高质量运营，应重点做好电价机制研究和调度运行管理，在保持价格政策平稳基础上做好市场化衔接，保障行业平稳有序发展。

潘慧敏表示，下一步，国家能源局将遵循“国家定规模、地方定项目”的基本原则，持续强化规划引领，加强行业监测监管，坚定不移推进抽水蓄能高质量发展。

新材料提升全固态锂硫电池能量密度

科技日报 09 月 11 日

9 月 9 日，记者从中国科学院青岛生物能源与过程研究所获悉，该所研究员武建飞带领的先进储能材料与技术研究组，研发出用于全固态锂硫电池的新型硫化锂正极材料，能量密度超 600 瓦时每千克。与目前已商业化的锂离子电池相比，其能量密度高出 1 倍有余，且成本更低，为开发高能量密度的全固态电池提供了新方法和思路。相关论文发表于国际期刊《Small》。

硫化物全固态电池具有高能量密度、快速充放电、低温性能优异以及高安全性、长寿命等优点。然而，硫化物全固态电池正极材料的研究长期以来存在挑战。例如，硫化锂正极导电性差，这直接影响电池充放电速度和能量输出。

研究团队利用铜离子、碘离子共掺杂策略，有效提高硫化锂正极的导电性及反应活性。测试结果表明，同常规硫化锂正极相比，共掺杂硫化锂正极的锂离子扩散系数提高 5 个数量级，电子电导率提高 2 个数量级，从本征上解决了硫化锂正极导电性差的问题。

这一策略显著提高了电池的容量、倍率及循环性能。研究表明，在室温条件下，经过改性的硫化锂正极在低倍率下放电容量是原始材料的 6.65 倍。即使在高倍率下充放电，电池仍能保持较高容量，显示出优异循环稳定性。

武建飞介绍，该硫化锂正极材料显示出每克 1165.23 毫安时的高比容量，接近理论值每克 1167 毫安时。在常温下循环 6200 次后，其容量仍可保持 84.4%。搭配商业化的硅碳负极组装全电池后，常温下循环 400 次放电，电池比容量仍能保持在初始容量的 97% 以上。

无质量储能技术新进展——多功能碳纤维结构电池研制成功

科技日报 09 月 12 日

当汽车、飞机、舰船或计算机采用一种既能作为电池又能作为承重结构的材料制造时，其重量和能源消耗将大大降低。据 10 日发表在最新一期《先进材料》杂志上的论文，瑞典查尔姆斯理工大学研究团队在“无质量储能”研究方面取得进展，开发出一种多功能碳纤维

结构电池。这种电池可以将笔记本电脑的重量减半，使手机像信用卡一样薄，或者将电动汽车单次充电的续航里程提高 70%。

查尔姆斯理工大学研究员里卡·乔杜里表示，他们研发出的这种结构电池由碳纤维复合材料制成，其刚度与铝相当，且能量密度足以商业化应用。结构电池是一种既能储存能量又能承载负荷的材料。让电池材料成为产品实际构造的一部分，意味着在电动汽车、无人机、手持工具、笔记本电脑和手机等产品上可以实现更小的重量。

2018 年，该团队首次证明，刚性和硬度都很高的碳纤维可通过化学方式储存电能，作为锂离子电池电极。这项研究引起广泛关注，也被《物理世界》杂志评为当年十大突破性成果之一。

此后，研究团队进一步发展了其概念，提高了电池刚度和能量密度，在 2021 年将电池的能量密度提高到每千克 24 瓦时（Wh/kg），相当于同类锂离子电池容量的 20%左右。而此次，他们将能量密度提升至 30Wh/kg。尽管这仍然低于当前常用电池，但效果却大不相同。当电池成为结构的一部分，并且可以由轻质材料制成，整车重量就能大大降低。这样一来，电动汽车所需的能量就会大大减少。

研究人员对电动汽车进行了计算，结果显示，如果配备新的结构电池，续航里程将比现在增加多达 70%。结构电池单元的刚度也显著提高，以吉帕（GPa）为单位的弹性模量从 25 增加到了 70。这意味着该材料可以像铝一样承载负荷，但重量更轻。

研究人员表示，从多功能性角度来看，新电池的性能优于上一代电池两倍，是世界上迄今为止最好的电池。然而，在电池单元从小规模实验室制造走向大规模生产、应用于科技产品或车辆之前，还需进行大量工程工作。

新固态电池或将电动车续航增加 80%

科技日报 09 月 21 日

据美国趣味工程网站近日报道，美国初创电池公司 Factorial 携手梅赛德斯—奔驰公司，共同研制出一款新型全固态电池 Solstice，能量密度高达 450 瓦时/千克，有望将电动汽车续航里程提升 80%，同时显著减轻车辆重量。这一成果有望引领下一代电动汽车在安全性、性能和可持续性方面的变革。

Solstice 电池拥有基于硫化物的全固态电解质系统，摒弃了易燃且易挥发的液体电解质。这一创新不仅解决了液体电解质带来的安全性问题，也使电池能在超过 90℃ 的高温下保持稳定。这种更安全的设计降低了电池对大型冷却系统的需求，有助于降低车辆的整体成本。

新电池拥有高达 450 瓦时/千克的“突破性能量密度”。相比之下，特斯拉 Model Y 上安装的镍钴锰电池能量密度约为 272—296 瓦时/千克。能量密度越高，意味着更小更轻的电池组即可提供更多电力。

能量密度也是决定电动汽车续航里程和性能的关键因素。Factorial 公司表示，新电池有望将电动汽车的续航里程延长 80%。此外，Solstice 还采用新型干法涂层工艺，舍弃了传统阴极生产过程中常用的危险溶剂。

这款全固态电池将于 2030 年前投产，为电动汽车和消费电子行业客户提供更优选择。

“三道防线”保障储能行业行稳致远

科技日报 09 月 23 日

近年来，在“双碳”目标引领下，我国储能产业步入发展快车道，在建及投运的储能装机规模保持高速增长态势。根据 CNESA DataLink 全球储能数据库的不完全统计，截至 2024 年 6 月底，我国新型储能累计装机首次超过百吉瓦时。

储能产业蓬勃发展的同时，储能安全问题日益成为人们关注的焦点。近日，在第四届国际储能安全研讨会上，专家学者围绕储能安全话题进行交流，共同探讨保障储能安全的创新路径。

事关能源系统稳定运行

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。国家能源局组织有关单位编制的《新型电力系统发展蓝皮书》提到，新型电力系统以高比例新能源供给消纳体系建设为主线任务，以源网荷储多向协同、灵活互动为坚强支撑。

储能技术是构建新型电力系统的重要一环。研讨会上，中国科学技术大学教授孙金华介绍，太阳能、风能等新能源最大的特性是间歇性、随机性、波动性。这些特性增加了电力系统调节难度，制约新能源高效利用。储能技术则通过发挥调节作用，提升新能源可调可控能力，满足系统电力供应保障和大规模新能源消纳需求。这有利于提升电力系统安全稳定运行水平，推动新能源成为发电量增量主体。

我国高度重视储能技术发展。今年7月，国家发展改革委等部门联合印发的《加快构建新型电力系统行动方案（2024—2027年）》提出，围绕不同应用场景对爬坡速率、容量、长时间尺度调节及经济性、安全性的需求，探索建设一批液流电池、飞轮、压缩空气储能、重力储能、二氧化碳储能、液态空气储能、钠离子电池、铅炭电池等多种技术路线的储能电站。

“作为推动能源转型、实现绿色低碳目标的重要技术，储能的安全性与可靠性直接关系到能源系统的稳定运行和可持续发展。”中国能源研究会副理事长兼秘书长孙正运说，储能设施的安全稳定运行，不仅关系能源系统整体安全，更直接影响人民群众生命财产安全。

敲响电站安全管理警钟

从技术角度看，我国电力储能项目大多采用磷酸铁锂电池。孙金华认为，正常情况下，储能电池的安全有保障，单体电池的失效概率已经非常低，热失控风险也较低。

但是，这并不代表绝对安全。孙金华解释，以锂离子电池为例，它由正极材料、负极材料、电解液、电解质及隔膜等组成。电解液和隔膜材料都是有机可燃剂，它们不仅可能与空气中的氧气发生接触，而且在高温条件下，电池内部的金属氧化物会发生分解，进一步释放出氧气。此外，电池材料的分解以及材料间的相互作用会产生热量。因此，对锂离子电池存在的安全隐患要提高警惕。

“大型储能电站由几万或十几万个储能电池通过串并联方式组成。电池组成系统后，电池自身热失控累积概率会增加。”孙金华说，此外，储能电站还存在电气故障等隐患。这些因素导致储能电站发生火灾的风险上升。

与会专家学者普遍认为，随着储能产业规模化发展步伐加快，储能的安全建设和运行压力日益加大。一方面，储能系统复杂性增加，对安全管理提出新要求；另一方面，随着储能规模的扩大和应用场景的拓展，新安全风险也相应增长。近年来，世界多地发生的电化学储能电站火灾事故给储能行业敲响警钟。

孙金华介绍，据公开报道，从2022年1月到2023年9月，全球7000余座储能电站发生火灾46起。从2017年8月到2019年5月，韩国1000余座电化学储能电站发生火灾23起；从2023年1月到9月，美国共发生6起储能电站火灾。“安全已成为制约电化学储能行业发展的瓶颈之一。”孙金华说。

加强预警监测技术研发

安全有序是储能产业行稳致远的基石。近年来，我国不断加强储能电站安全监督管理。国家能源局发布《关于加强发电侧电网侧电化学储能电站安全运行风险监测的通知》等文件，对新型储能规划设计、施工验收等全过程提出安全管理要求。国家市场监督管理总局批准发布《电化学储能电站安全规程》等储能安全相关国家标准。

在孙金华看来，保障储能电站安全，要筑牢“三道防线”。

本体安全是第一道防线。“应从电池材料、全电池体系设计及工艺等方面提升电池安全性，降低事故发生概率。”孙金华说。

过程安全是第二道防线。“电池组成系统后，要进行故障隐患的极早期预测、预警和处置，将事故扼杀在萌芽状态。”孙金华说，目前学界已有相关技术创新成果，如光纤原位检测技术等。

消防安全是第三道防线。“如果第一道和第二道防线都被突破了，就务必要确保在着火瞬间能监测到火情并报警，与消防部门联动，及时扑灭火灾，做到‘小火不成大灾’。”孙金华说。

他还提醒，电化学储能电池引发的火灾和建筑火灾、工业火灾特性完全不同，用于建筑火灾的探测报警及灭火技术未必适用于储能系统，必须要发展基于储能系统火灾特性的安全防控技术，如多参数融合的热失控预警和火灾报警技术、高效灭火抗复燃技术等。

记者在研讨会上了解到，近年来，多个机构在储能电站消防安全技术研究方面已取得成效。例如，应急管理部天津消防研究所组建了独具特色的锂电池火灾调查团队、锂电池火灾抑制研究团队、储能火灾安全分级与评价研究团队、储能灭火装置有效性研究团队等。

液流电池是理想长时储能技术

中国能源报 09月16日

目前我国能源结构中太阳能和风能占比约5%，想要真正实现碳中和目标，太阳能和风能占比需超60%。整体而言，挑战很大。太阳能、风能具有间歇性、不稳定、不可控等特点，需要储能技术作为支撑。

长时储能是储能技术的重要发展方向，其在发电侧、电网侧以及用户侧均可发挥重要作用。在电源侧，当前政策要求，可再生能源并网需配置2—4小时储能，但随着风光电占比达到一定高度，特别是成为电力系统主导电源时，为了避免供电中断，理想储能时长应覆盖

风光间歇周期——超过 10 小时，以保证电力安全供应；在电网侧，为风光电外送，我国已建成多条跨区域输电通道，但因发电侧功率波动、供需不匹配等原因，跨区域输电功率存在低谷期（大于 6 小时），需要储能时长超过低谷期的技术，以削峰填谷，提高电网利用率及输电能力；在用户侧，长时储能的主要作用是降低用电成本，工商业低谷与峰段时长通常超过 6 小时，工商业用户为降低用电成本需要配置超过 6 小时的储能项目。

理想储能技术应满足三大要求：安全可靠、经济可行、资源可及。安全是储能系统最基本的要求，经济可行才能让储能技术被社会接受。

流体电池储能体系，如燃料电池、液流电池等，能量载体可流动，能量与功率解耦，具有储能时长灵活、扩容容易且选址方便特点，是理想的长时储能技术。

作为流体电池的一种，液流电池水系电解液具有本征安全，时长与规模配置灵活等优势，适用于电源侧、电网侧、用户侧，也可布置在建筑内。过去十几年，我国液流电池产业发展迅速，其中全钒液流电池市场成熟度最高，但也面临着成本瓶颈。行业一直致力于提高电流密度和电解液利用率，我们通过电化学和工程热物理两个学科交叉的方法，使关键部件以及系统设计有所突破，新型液流电池电堆额定电流密度达 400mA/cm²，有效降低全生命周期度电成本。

科学家开发出新型水系有机液流电池

中国科学报 09 月 03 日

中国科学院大连化学物理研究所研究员李先锋、张长昆团队联合长春应用化学研究所研究员李胜海，提出了原位电化学氧化合成方法，制备出耐氧性的萘衍生物，其在液流电池中作为正极活性分子展现出良好的稳定性。研究发现，在正极电解液连续鼓入空气的条件下，水系有机液流电池仍能够稳定循环 600 圈（超过 20 天）以上，证明了萘衍生物正极活性分子具有优异的空气稳定性。基于此，团队实现了千克级分子制备，并成功将其应用于电堆测试。相关成果近日发表于《自然-可持续》。

液流电池有机活性分子的稳定性和成本是重要评价标准。目前，有机活性分子面临水溶性相对较低、稳定性差、合成成本高等问题。尤其在非惰性气体保护下，有机活性分子的结构稳定性和电池的循环稳定性受到巨大挑战。

为了合成低成本、高稳定性的有机活性分子，李先锋和张长昆团队以大宗性化学品羟基

萘作为底物，采用化学合成和电化学合成相结合的策略，制备出多取代基修饰的萘醌活性分子。该方法简单高效，无须复杂的分离纯化过程，在简化合成步骤的同时降低了成本。

此外，研究团队通过原位核磁共振和离线液质联用等谱学方法，分析了不同结构衍生物的电化学反应机理。结果表明，在电化学氧化阶段，萘衍生物羟基对位侧的苄胺官能团离去，与水反应氧化生成萘醌，并进一步与水加成生成多取代的萘醌活性分子。理论计算和实验结果表明，二甲胺官能团在提高萘醌分子溶解性的同时对分子活性中心起到保护作用，从而增强了高浓度电解液的稳定性。

研究团队进一步采用一体化装置将萘活性分子的合成过程放大，单次可制备 5 千克萘衍生物分子，并进行了电堆稳定性测试。

该研究有望为低成本、高稳定液流电池活性分子的结构设计及合成方法优化提供新思路，有助于推动水系有机液流电池的规模化和实用化。

软质电活性材料像电池一样储能

科技日报 10 月 11 日

据 10 月 9 日发表在《自然》杂志上的一篇文章称，美国西北大学材料科学家利用肽和塑料中大分子的片段，开发出一种由微小、灵活的纳米级丝带组成的材料。这种柔软、可持续的电活性材料有望为医疗、可穿戴和人机界面设备提供新的应用可能性。

这种材料可以像电池一样充电，用于储存能量或记录数字信息。它还具有高效节能、生物相容性好以及由可持续材料制成等优点，有望催生出新型超轻电子设备，同时减少电子产品的制造和处置对环境的影响。

新材料的秘密在于肽两亲分子。这些分子包含肽和脂质片段，当置于水中时，其脂质片段会驱动分子自组装。

研究人员用聚偏氟乙烯（PVDF）塑料的微型分子片段替换了脂质尾部，但保留了包含氨基酸序列的肽片段。PVDF 常用于音频和声呐技术，是一种具有特殊电性能的塑料。它在受压或挤压时可以产生电信号，这种特性被称为压电性。同时，它也是一种铁电材料，具有极性结构，可以通过外部电压使极性旋转 180 度。

研究人员表示，包括 PVDF 在内的所有塑料都含有聚合物，这些巨型分子通常由数千个化学结构单元组成。他们精确合成了仅包含 3 到 7 个偏二氟乙烯单元的微型聚合物。有趣

的是，具有 4、5 或 6 个单元的微型片段受到自然界中蛋白质中存在的 β -折叠结构的支配，会组织成稳定的铁电相。

这种新材料不仅具有与 PVDF 相同的铁电性和压电性，而且其电活性稳定，能够使用极低的外部电压切换极性。

经过进一步开发，这种新型软材料可用于低功耗、节能的微型存储芯片、传感器和储能单元。还可以将其集成到编织纤维中，制造出智能织物或类似贴纸的医疗植入物。在可穿戴设备中，电子设备通常通过腕带笨拙地固定在人体上，有了这种新材料，腕带本身就具备了电子功能。

我国首座电网侧飞轮储能调频电站并网发电

科技日报 10 月 29 日

10 月 26 日，记者从中国能源建设集团山西电力建设有限公司（以下简称“山西电建”）获悉，由中国能建中电工程山西院总承包、山西电建参建的我国首座电网侧飞轮储能调频电站——鼎轮能源 30 兆瓦飞轮储能项目不久前成功并网发电。

该项目主要建设 30 兆瓦飞轮储能调频电站及附属配套工程，由 12 套飞轮储能调频单元组成。每套单元包括 10 台高速磁悬浮飞轮，相关辅助、驱动与控制系统以及升压变流一体机预制舱。

据了解，飞轮储能技术具有快速连续充放电、功率精准调节、全生命周期费用低、无污染、设备安全可靠等优势。该项目通过实时调控有功出力参与电网调频，可有效解决区域电网内有功不平衡问题，为新型电力系统提供快速调节资源，保障电力系统频率稳定。此外，项目采用的高速磁悬浮飞轮技术，能够在真空、低摩擦环境中高效运行，极大提高储能效率和系统稳定性。

为提高系统稳定性和安全性，山西电建创新采用尺寸精度准确、不易变形的定型化钢模板，并在砼浇筑过程中解决了模板移位、上浮、变形飞轮井基础底异形等施工问题，成型的底座模板与飞轮井模板完美契合，实现重复周转使用，减少材料用量，确保混凝土的保温性。

项目投运后，将成为我国最大独立飞轮储能电站、世界单体规模最大飞轮储能电站，极大提升山西乃至华北电网供电可靠性，对促进华北区域能源结构转型有重要支撑作用，对储能参与电力辅助服务市场有积极示范作用。

全国首个火电机组调峰调频模块化熔盐储能项目，成功商运！

能源界 09月23日

9月20日，由中国华能集团有限公司自主研发的全国首个火电机组调峰调频模块化熔盐储能项目在华能山东分公司德州电厂成功商运，标志着我国在耦合大规模储能、提升火电机组运行灵活性方面实现了新突破。

该示范项目建设12个储热单元，总储热量为18万千瓦时，运行可选择直供汽和最大调峰运行两种模式，具备5万千瓦×4小时的调峰能力。

什么是熔盐储能系统？

熔盐储能系统被称为提升火力发电机组运行灵活性的“最后一公里”，通过热储能方式，大幅提升火电机组调峰、顶峰、调频、供热的运行性能。但长期以来，规模化熔盐储热技术主要在光热发电系统中使用，存在“投资高、占地大、能效低、运行方式与火电机组不匹配”等问题。为此，华能德州电厂联合西安热工院研制出高效模块式熔盐储能装置及耦合火电机组调峰、调频、供汽系统集成技术，使规模化熔盐储能技术全面适配火电机组，并且具有“高集成、易安装、可扩展、低能耗、占地小、投资低”等特点，助力火电机组运行灵活性全面提升。

三、碳达峰、碳中和

落实碳排放双控政策 加快推进碳足迹管理

中国环境报 09月18日

国务院办公厅日前印发《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》（以下简称《工作方案》），要求“将碳排放指标及相关要求纳入国家规划，建立健全地方碳考核、行业碳管控、企业碳管理、项目碳评价、产品碳足迹等政策制度和管理机制”，并将“加快建立产品碳足迹管理体系”作为一项任务单独列出。这说明碳足迹管理是建立能耗双控向碳排放双控全面

转型新机制的重要抓手，是加快构建碳排放总量和强度双控（以下简称碳排放双控）制度体系的重要部分，对积极稳妥推进碳达峰碳中和、加快发展方式绿色低碳转型具有重要意义和作用。

开展产品碳足迹管理是构建碳排放双控制度的重要组成部分

产品碳足迹是产品层面推动碳排放双控的重要载体，是碳排放双控制度国家、地方、行业、企业、项目、产品 6 个方面中的重要一部分。构建产品碳足迹管理体系在《工作方案》目标和任务中均单独列出，是对此前 15 部门联合印发的《关于建立碳足迹管理体系的实施方案》从更高层级的推动，体现了产品碳足迹管理体系在碳排放双控制度体系中的重要地位。在目标方面，《工作方案》分 3 个阶段提出各项工作任务目标，每个阶段均涉及产品碳足迹管理的内容。《工作方案》明确，到 2025 年，一批产品碳足迹标准出台实施，国家温室气体排放因子数据库基本建成并定期更新，“十五五”时期构建符合中国国情的产品碳足迹管理体系和产品碳标识认证制度；碳达峰后，健全产品碳足迹管理体系，推行产品碳标识认证制度。上述任务目标的确立，体现了产品碳足迹管理体系是碳排放双控制度体系不可或缺的组成部分。

在任务方面，“加快建立产品碳足迹管理体系”在《工作方案》中作为单独一项任务被提出，从核算规则标准、数据库建设以及产品碳标识认证制度三个方面提出了工作要求。在核算规则标准方面，《工作方案》提出了制定发布产品碳足迹核算通则标准和重点产品碳足迹核算标准，重点产品涵盖了基础能源、大宗商品和重点外贸产品等；在数据库建设方面，《工作方案》从全国重点行业、细分领域等方面对数据库建设提出了相关要求；在产品碳标识认证制度方面，《工作方案》对制定管理办法、碳标识标准以及先行先试提出了具体要求。开展产品碳足迹管理对于碳排放双控具有重要意义。

产品碳足迹是以二氧化碳当量为单位表示的产品系统全生命周期温室气体排放量和清除量之和，反映了特定产品系统边界内全链条的碳排放情况。以碳足迹为抓手，用产品贯通生产端和消费端，推动全链条、全生命周期降碳，对于推动碳排放双控工作具有重要意义。开展产品碳足迹管理是推动生产端降碳的有力抓手。通过开展产品碳足迹管理能够帮助企业摸清“碳家底”，找到降碳的着力点，并在产业链的传递和带动作用，推动上下游企业降碳，有助于从产品生命周期和供应链角度带动全行业、全链条碳减排。比如，宁德时代基于产品碳足迹情况，提出分段式降碳理论，指导低碳原材料和技术使用，优化全供应链生产方式，实现 2022 年单位产品碳足迹同比下降 8.5%。

开展产品碳足迹管理是推动低碳消费的有效途径。通过将碳足迹核算结果以碳标识等形式对消费者进行展示，能够提升绿色低碳品牌价值，增强企业产品竞争力。2018年的一项调查研究表明，消费者愿意为有碳标签的产品多支付20%的费用，2020年英国碳信托公司开展的调查发现，64%的受访者表示更倾向于购买碳足迹更低的产品。

开展产品碳足迹管理是推动实现“双碳”目标的有力保障。产品既是生产的结果又是消费的开始，以产品碳足迹为抓手，一方面能够推动生产商提供更多生产低碳、使用低碳的优质产品，另一方面也能培育消费者绿色低碳消费习惯，实现从生产端和消费端同时发力，推动形成“由点到链再到网”的全社会减碳模式，有助于“双碳”目标的推进和落实。

以产品碳足迹为抓手夯实碳排放双控工作基础

产品碳足迹管理起步相对较晚，但进展较快，以产品碳足迹为抓手推动碳排放双控已有一定工作基础。

产品碳足迹管理在顶层设计中已有统筹部署。《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》提出，制定重点行业和产品温室气体排放标准，完善低碳产品标准标识制度。《2030年前碳达峰行动方案》要求，探索建立重点产品全生命周期碳足迹标准。《中共中央 国务院关于全面推进美丽中国建设的意见》提出，构建绿色低碳产品标准、认证、标识体系。《中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定》明确提出，构建产品碳足迹管理体系。这一系列政策文件的出台，从顶层设计层面对抓好产品碳足迹管理工作做出了系统部署。

产品碳足迹管理在政策文件中已有细化任务安排。国家发展改革委、国家统计局、生态环境部联合印发的《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》进一步明确“由生态环境部会同行业主管部门研究制定重点行业产品的原材料、半成品和成品的碳排放核算方法”。生态环境部等15部门联合印发的《关于建立碳足迹管理体系的实施方案》，明确碳足迹管理工作目标和实现路径，强化任务分工和政策协同，从夯实制度基础、构建工作格局、推动国际互信、加强能力建设四个方面提出22项重点任务，制定了碳足迹管理体系建设的“任务书”和“施工图”。国家发展改革委、国家市场监管总局、生态环境部印发的《关于进一步强化碳达峰碳中和标准计量体系建设行动方案（2024—2025年）》提出，加强产品碳足迹碳标识标准建设。此次印发的《工作方案》也从核算规则制定、数据库建设、碳标识认证制度建立等方面对产品碳足迹工作进行了具体安排。总体来看，产品碳足迹管理任务得到了进一步细化安排，相关工作重点也得到了明确和凸显。

产品碳足迹管理已初步开展有益探索。各地、各行业根据已有基础和需求，在碳足迹管理领域开展积极尝试和有益探索，如山东已启动建设碳足迹核算评价体系、方法学核算体系，深圳推动构建大湾区碳足迹标识认证体系，相关协会推动制定了重点产品碳足迹团体标准，相关企业和第三方认证机构根据需求，在包括III型环境标志认证等体系下开展全生命周期碳足迹核算工作等。

落实碳排放双控政策，积极推动产品碳足迹管理各项任务落实落地落细

《工作方案》从碳排放双控制度构建高度对产品碳足迹管理提出了明确任务要求，下一步各地各部门应按照相关任务要求，积极推动产品碳足迹管理各项任务落实落细，加快推进发展方式绿色低碳转型，助力碳达峰碳中和。

一是健全规则标准，让碳足迹管理有章可循。以近日发布的《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》为基础，围绕基础能源、大宗原材料和有迫切需求的重点外贸产品以及交通等重点领域研制碳足迹核算标准，统一相关产品碳足迹核算边界、核算方法等，强化核算标准体系建设，系统构建我国产品碳足迹标准体系。

二是加强数据库建设，让碳足迹管理有数可用。依托国家温室气体排放因子数据库，加快推进国家产品碳足迹因子数据库建设，先行研究发布电力等基础能源，铝、钢铁等原材料、半成品以及交通运输等重点领域碳足迹因子，同时积极协调各方共建产品碳足迹因子数据库，形成政府指导、市场主导的产品碳足迹因子数据库常态化更新机制，为产品碳足迹核算工作提供数据基础。

三是强化制度供给，让碳足迹管理协同增效。加快推进产品碳标识认证制度、产品碳足迹分级管理制度、碳足迹信息披露制度建设，为碳足迹管理提供制度供给，进一步强化政策支持与协同，促进产品碳足迹与碳排放权交易、温室气体自愿减排交易、环境影响评价等机制的有机衔接，协同推进碳减排。

《2024 全球碳中和年度进展报告》发布

科技日报 10月18日

10月17日，《2024 全球碳中和年度进展报告》（以下简称“报告”）在北京发布。“全球碳中和行动已经从目标设置迈向执行阶段。”清华大学环境学院党委书记、清华大学碳中和研究院减污降碳协同增效研究中心主任王灿在发布会上表示，截至今年5月，全球已有151

个国家提出碳中和目标，其中 120 个国家以法律或政策文件形式确立了目标的法律地位，86 个国家提出了详细的碳中和路线图。

据介绍，为系统盘点全球碳中和行动进展，清华大学碳中和研究院、环境学院联合清华大学地球系统科学系、中国石油大学（北京）等高校和机构研究人员，共同编写了报告。

“低碳技术创新和应用是全球面临的共同挑战。”中国工程院院士杜祥琬说，为保障“双碳”目标实现，必须充分发挥科技创新的支撑和引领作用，加快在能源、工业、交通等主要领域的关键技术攻关，健全绿色低碳的科技创新体系，加大对可再生能源、绿色氢能及 CCUS（碳捕获、利用与封存）等新型技术的研究和应用，推进产学研融合和低碳技术落地转化，推动各类产业绿色转型。

杜祥琬说，在推进碳中和的过程中，中国的努力不仅关乎自身发展，也将对全球气候治理和碳中和进程产生深远影响。比如，中国的可再生能源产业在全球范围内占据重要地位，风能、太阳能及储能技术开发和应用，不仅能满足国内需要，也为全球绿色低碳转型提供了重要的技术支持。

报告显示，截至 2023 年末，全球可再生能源装机容量已达 3870 吉瓦，占全球电力总装机的 43% 左右。中国占全球可再生能源总装机容量的 40%、占全球电动汽车保有量和绿氢产能的 50%—65%。

中国工程院院士王金南表示，报告有助于理解各国在实现碳中和目标过程中面临的挑战和机遇，“可以帮助我们走出具有中国特色、符合中国国情的碳中和道路”。

“不同于诸多发达国家先解决环境污染再应对气候变化的路径，中国强调要把减污降碳协同增效作为促进经济发展、全面绿色转型的主抓手。”王金南说，减污与降碳协同推进的依据，在于环境污染物与温室气体排放具有高度“同根同源同过程”的特点。因此，通过在政策层面上打破传统的单一治理思维，能更好地实现环境质量综合提升和碳排放的有效降低。

近年来，我国通过实施工业提标改造、能源清洁化等措施，减污降碳成效显著。数据显示，2013—2023 年期间，我国 GDP 总量增长 78%、能源消费量增加 37%，同时，实现全国 PM2.5（细颗粒物）年均浓度下降 54%、重度及以上的污染天数减少了 82%。

中国工程院院士、清华大学碳中和研究院院长贺克斌教授说，推进碳中和将带来产业重构和广泛的社会影响，希望通过报告发布，为各方推动碳中和，弥合目标和行动之间的差距提供帮助。

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

生物衍生风力涡轮机叶片制成

中国能源报 09 月 09 日

近日，美国能源部国家可再生能源实验室表示，其研究人员找到了一条制造生物衍生风力涡轮机叶片的可行途径，这种叶片可通过化学方式回收，其部件也可重新利用，从而结束了旧叶片在使用寿命结束后被填埋的命运。研究结果发表在新一期《科学》杂志上。

据了解，这种新树脂风机叶片采用源自生物可衍生资源材料制成，其性能与目前热固性树脂叶片的行业标准相当，优于某些可回收利用的热塑性树脂。

研究人员建造了一个 9 米长的风机叶片原型，以展示他们开发的生物质衍生树脂 PECAN 的实用性。PECAN 的制造工艺与当前方法相吻合。

据了解，在现有技术下，风力叶片的一般使用寿命约为 20 年，之后会通过机械方式回收，例如粉碎后用作混凝土填料。而 PECAN 标志着材料学上的一次飞跃，因为它能够使用温和的化学工艺进行回收。这一工艺可使巨大的风机叶片组件反复使用。化学过程可在 6 个小时内彻底分解原型叶片。由 PECAN 树脂制成的复合材料能很好保持形状，并顺利通过了加速耐候性测试，且其固化周期与现有固化周期相当。

美国能源部通过其麾下多家机构对这一项目进行资助。其中一部分资金将促进研究人员进一步制造出更大的风机叶片，并探索更先进的生物衍生配方。

新型甲酸氧化还原燃料电池让旧电解液“变废为宝”

中国科学报 09 月 25 日

中国科学院院士、南方科技大学讲席教授赵天寿，副教授魏磊、曾林团队研制出了一种新型高性能全液体甲酸氧化还原燃料电池（LFARFC）。该研究突破了传统燃料电池的限制，将价态发生偏移的液流电池电解液用作燃料电池阳极反应物，取代了传统的氧还原反应（ORR）电极，不仅能高效产生电能，还可以对液流电池的电解液进行重整，从而恢复液流电池容量，让废弃电解液“变废为宝”。相关研究成果近日发表于《能源与环境科学》。

在 LFARFC 中，研究人员采用含有氧化还原活性物质的电解液作为燃料电池的阴极活

性物质，取代了传统的 ORR 电极，解决了甲酸燃料电池中混合电势和阴极电动力学效率低下的问题。

为了提升输出功率密度，研究人员使用铋修饰的铂碳电催化剂，提升了甲酸的氧化反应效率，并显著增强了一氧化碳耐受性。在此基础上，LFARFC 在多个关键性能指标上表现优异，开路电压达到 1.23 伏、峰值功率密度为每平方厘米 281.5 毫瓦，分别比传统甲酸燃料电池提升了 55.7%和 235.1%。

研究人员探讨了 LFARFC 在恢复液流电池容量中的实际应用。通过与钒氧化还原液流电池结合，在 100 圈循环测试后，钒氧化还原液流电池的容量由于自放电等因素有所衰减，但通过 LFARFC 进行再充电处理，电池容量能够恢复到初始最高水平的 97.6%。在多次长循环后，利用 LFARFC 均能实现容量恢复效果。这一结果证明了 LFARFC 可以有效延长液流电池循环寿命。

该研究为高效能源存储与转换系统的设计提供了新思路，通过将燃料电池阳极和液流电池活性物质结合，成功解决了甲酸燃料电池中的一些固有问题，还为液流电池的容量恢复提供了有效技术支撑，展现了这种双系统设计在未来大规模、长时储能系统中的广泛应用前景。

废水能转化为可持续航空燃料

科技日报 10 月 17 日

美国阿贡国家实验室科学家开发出一种名为“甲烷捕集厌氧消化”（MAAD）的新技术，能将高浓度有机废水转化为可持续航空燃料（SAF），未来有望将航空业的温室气体排放量大幅削减 70%。相关论文发表于最新一期美国化学会期刊《可持续化学与工程》杂志。

在最新研究中，研究团队以啤酒厂和奶牛场的富碳废水作为原料，借助其开发的 MAAD 技术，不仅将有机碳从这些高浓度废物流中去除，还为航空业制造出了低碳可持续燃料。

厌氧消化是一种将生物质转化为甲烷，再转化为生物燃料的成熟技术。MAAD 技术专注于生产挥发性脂肪酸（如丁酸，这些脂肪酸可以升级为 SAF）和乳酸。团队还开发出一种电化学分离方法，来提高 MAAD 的效率，从而提高了脂肪酸的浓度和产量，并降低了生产成本和毒性。

团队模拟了 3 种可能的从废水到 SAF 的转化路径，并将其与化石燃料生产的传统喷气燃料进行比较。结果显示，与传统喷气燃料生产过程相比，这种废水—SAF 途径显著减少

了碳排放。

复合光催化剂可高效去除水中残留抗生素

科技日报 10月29日

近日，西安建筑科技大学交叉创新研究院教授石辉团队以活化生物炭为载体，通过水热反应联合化学共沉淀法，研发出新型复合光催化剂。该催化剂对水中高浓度诺氟沙星表现出高效去除效果。相关论文发表于《自然》旗下期刊《npj 清洁水》。

近年来，抗生素作为新兴污染物引发全球学者关注。诺氟沙星是目前最常用的喹诺酮类抗生素药物。由于其无法被人体完全代谢，因此易残留在多种水体中。光催化是目前降解此类污染物最有效的技术之一，但传统光催化剂存在光生载流子快速重组的现象，限制了该技术的推广应用。

为解决这一难题，石辉团队构建了本质上含有纳米银颗粒的硫化银、磷酸银、活化生物炭三元复合光催化剂，在光照120分钟时对高浓度（每升50毫克）诺氟沙星的去除率超过90.42%，降解速率常数为0.0175每分钟，总有机碳去除率达69.67%。在光照60分钟时即可完全去除常见浓度（每升10毫克）的诺氟沙星。

“新型复合光催化剂具有可重复利用性、光稳定性和在复杂环境下的抗干扰性。”论文第一作者兼通讯作者、西安建筑科技大学教师王彤彤介绍，该复合光催化剂具有Z-scheme型光生载流子转移模式。他们的研究采用氮硫共掺杂方式丰富了复合光催化剂的元素组成、表面官能团和缺陷，同时也活化了介孔结构。

“我们还发现了尚未见报道的某个新降解中间体。”王彤彤介绍，该降解中间体是喹诺酮类抗生素共有的官能团，在这类抗生素的降解过程中起到承上启下的关键作用。

石辉说，该研究揭示了非金属元素氮硫共掺杂协同增强磷酸银的光催化作用机制，提供了喹诺酮类抗生素降解过程及新降解中间体的关键数据，有助于推动低成本光催化技术的高效应用。

五、太阳能

分布式光伏发电在轨道领域应用有新突破

科技日报 09月23日

近日，随着滁宁城际铁路光伏电闸合拢，全国首个城际轨道分布式光伏发电项目在安徽省滁州市来安县汭河镇并网发电，标志着我国分布式光伏发电在轨道领域应用取得突破。

分布式光伏布点较为分散，各并网电站发电量较小，接入电网面临电压波动、谐波干扰等技术难题。苏州阿特斯新能源发展股份有限公司技术团队和国网安徽省电力有限公司来安县供电公司密切合作，最终通过安装电能质量监测设备、采用先进的逆变器技术等手段攻克难题。

并网后，项目年发电量可达5万兆瓦时，每年节约运营成本约312万元，降低碳排放约4.98万吨。国网安徽省电力有限公司来安县供电公司将持续为项目提供后续运行维护指导，协助用户处理并网运行过程中出现的问题，并定期对分布式光伏设备进行巡视和评估，确保项目稳定运行。

据了解，该项目总投资1471万元，装机容量规模约3955.05千瓦，覆盖滁州至南京城际铁路（滁州段）的8个车站、1个控制中心和车辆段。

图案化“人工树叶”实现定制太阳能分解水制氢

中国科学报 10月09日

中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家研究中心研究员刘岗团队与国内外研究团队合作，发展出仿生图案化半导体光催化材料面板，实现可见光驱动下水的自发裂解产生化学计量比的氢气和氧气。近日，相关研究成果发表于《美国化学会志》。

据了解，太阳能光催化分解水制取绿氢技术在助力实现“双碳”战略目标方面具有较大潜力。该技术主要利用太阳光谱中的紫外和可见光驱动半导体光催化材料，以满足水分解所需的能量要求。其中，发展高效的半导体光催化材料是该技术走向应用的关键。

近半个世纪的研究显示，半导体光催化材料对在太阳光谱中占比不足5%的紫外光的利用效率已近100%，而对在太阳光谱中占比达45%的可见光的利用效率却很低。究其原因

可见光能量较低，激发窄带隙半导体产生的光生电子与空穴诱发水分解反应的驱动力不足。因此，实现高效可见光催化分解水，是太阳能光催化分解水制氢领域的研究制高点。

研究还发现，自然界中植物叶子可以高效利用可见光进行光合作用，是因为叶子中进行光合作用的类囊体膜中，间隔有序分布着两种吸收可见光的光合成色素，二者通过电荷传递蛋白实现串接，受可见光激发产生的光生电荷按照 Z 型路径传递，实现能量叠加驱动可见光下的高效光合成反应。

刘岗团队的研究人员受此启发，结合微纳集成工艺，在氟掺杂氧化锡（FTO）透明导电玻璃上创制了“人工树叶”，即图案化的新型仿生光催化材料面板，获得 Cu₂O（产氢光催化材料）与 BiVO₄（产氧光催化材料）两种半导体间隔交替分布的条带图案。通过匹配半导体与导电基体间的功函数，形成欧姆接触促进二者间通过导电基体进行 Z 型电荷转移，有效抑制光生电子与空穴的发光复合，延长光生电荷的平均寿命，并实现光生电子与空穴的空间有序分离，即分别在产氢和产氧光催化材料条带上有序富集。由此，可见光照射下有序富集的光生电子与空穴可自发裂解水，产生化学计量比的氢气和氧气。

据悉，该图案化光催化材料面板技术方案通用性高、易模块化组装。其与低成本微电子集成工艺无缝衔接，可显著降低规模化应用门槛。

南方科技大学研制高效稳定的反式钙钛矿太阳能电池

中国科学报 10 月 09 日

南方科技大学助理教授丘龙斌团队在反式钙钛矿太阳能电池研究中取得重要进展。相关研究成果近日发表于《能源与环境科学》。

反式钙钛矿太阳能电池已在单结电池中实现了超过 26% 的光电转换效率。两步连续沉积工艺是其制备方法之一，具有易于控制钙钛矿的结晶速度、克服溶剂不相容性和重复性良好等优势。

然而，在反式结构钙钛矿太阳能电池制备过程中，采用两步连续沉积工艺制备的效率远低于一步沉积工艺。这是因为碘化铅与有机盐之间的不完全反应，导致多种杂质相的生成，严重影响了器件的光伏性能。

为此，研究人员提出了一种离子交换策略，以调控钙钛矿的成膜过程。这种策略可以促进有机盐向蒸镀碘化铅底部扩散，充分反应后有利于得到高质量的纯相钙钛矿薄膜。通过离

子交换策略，基于蒸镀-旋涂工艺制备的反式钙钛矿太阳能电池实现了 24.43% 的光电转换效率，基于蒸镀-刮涂工艺制备的器件则实现了 22.22% 的光电转换效率。相应电池在储存 3672 小时和运行 682 小时后分别保持了 98% 和 95% 的初始效率，表现出优异的稳定性和使用寿命，为使用蒸镀-溶液工艺制备高纯相钙钛矿薄膜提供了新思路。

研究人员通过离子交换策略促进有机盐和蒸镀碘化铅充分反应，成功制备了可共形的纯相均质钙钛矿薄膜，最终研发出高效稳定的反式钙钛矿太阳能电池。该研究为大面积钙钛矿太阳能电池、绒面硅-钙钛矿太阳能叠层电池和柔性钙钛矿太阳能电池的未来发展和实际应用提供了理论和实验指导。

钙钛矿太阳能电池独特降解机制获揭示

中国科学报 10 月 22 日

苏州大学材料与化学化工学部教授李耀文团队及其合作者，揭示了钙钛矿太阳能电池在昼夜循环工作模式下独特的降解机制，并强调了稳定晶格以延长电池实际工作寿命的必要性。近日，相关研究成果发表于《自然》。

在这项研究中，研究人员将基于苯基氯化硒制备的钙钛矿太阳能电池认证效率提高到 26.32%。同时，在昼夜循环模式下，器件的 T80 寿命延长了 10 倍。T80 寿命即器件效率衰减至初始效率 80% 所需的时间。

金属卤化物钙钛矿作为一种新兴的半导体材料在光伏领域得到了快速发展，已报道的光电转换效率与单晶硅太阳能电池基本持平，但受软晶格本征属性影响，提升其稳定性成为能否商业化的关键科学问题。

目前，关于钙钛矿太阳能电池稳定性的评估多采用 ISOS 协议，通常只涉及一个或两个特定环境变量。然而，在实际应用中，钙钛矿太阳能电池历经昼夜循环，该模式涉及多种外界环境变化，如周期性的光照、温度波动等，使得钙钛矿的降解过程更加复杂。迄今为止，相关机制尚不清楚。

李耀文告诉《中国科学报》，团队首先研究了钙钛矿太阳能电池在连续光照和昼夜循环工作模式下的降解行为，发现电池在昼夜循环模式下性能衰减更为迅速。通过对软晶格钙钛矿的原位演变分析和载流子动力学研究，团队发现循环模式下的温度波动会诱导钙钛矿晶格膨胀收缩，从而产生周期性的晶格应力变化。在连续光照模式下，晶格则呈现应力逐渐释放

的状态。相比较而言，应力的周期性变化会产生更多深能级缺陷，这些缺陷在暗态下不能“自修复”。此外，积累的深能级缺陷加速了钙钛矿的离子迁移，是昼夜循环模式下电池性能快速衰减的主要原因。

“基于上述研究，我们设计合成了一系列配体材料消除晶格应力变化、稳定钙钛矿晶格。其中，苯基氯化硒展现了独特的作用。”李耀文解释说，苯基氯化硒在热退火过程中和有机阳离子盐反应形成易挥发物质，优化了钙钛矿的晶体生长动力学，获得了对称性更高、室温稳定的钙钛矿晶格。此外，苯基氯化硒和碘化铅反应生成含硒铅酸盐并锚定在晶界处，进一步抑制了光、热诱导的晶格膨胀收缩，消除了晶格应力变化。最终，基于其他 ISOS 协议测试的器件稳定性均得到大幅提升。

该研究还指出，针对具有软晶格特性的钙钛矿太阳能电池在实际应用中建立寿命评估方法，将加速其商业化进程。

新型器件结构大幅提升钙钛矿太阳能电池效率

中国科学报 10月22日

近日，香港城市大学（以下简称港城大）成功研发出新型器件结构，可大幅提升钙钛矿太阳能电池的稳定性和效率，并简化生产工序、降低成本。相关研究发表于《科学》。

“这项技术使生产钙钛矿太阳能电池的过程变得更容易且成本更低，同时延长了电池的使用寿命，进一步推动太阳能技术发展。”港城大化学系教授朱宗龙说。

钙钛矿可以将阳光高效转化为电能，并在多个领域展现出巨大应用潜力。为研发出一种更长寿、转化效率更高的新型太阳能电池，研究团队开发出两项新技术。一是将电池结构原有的空穴选择层与钙钛矿层合二为一，精简了生产程序；二是电子传输层改用耐热性极佳的无机物质二氧化锡，代替了传统的富勒烯及浴铜灵等有机物质，大大提升器件运作的稳定性。

在港城大从事博士后研究工作的高丹鹏表示，研究提出的器件结构是当前钙钛矿太阳能电池中最简单的设计，对推动这类电池的产业化有极大优势。团队提出的创新技术无需惯用的有机物质传输层，不仅能有效降低生产过程的物料成本，还可大幅简化生产步骤。

研究显示，团队在改善二氧化锡层的氧空位缺陷后，器件的能源转化效率已超 25%。同时，器件在严格测试状态下连续运作 2000 小时仍能维持超 95%的效率。这一表现超越了传统钙钛矿太阳能电池，并符合业界所定的关于器件寿命的多个基准。

“我们研发的技术有可能在 5 年内应用于太阳能发电系统。”朱宗龙表示，这项关于太阳能电池的研究将对全球能源市场造成深远影响，并有助于加快市场向可再生能源转型。下一步，团队将专注于研究如何将这种创新结构应用于更大的钙钛矿太阳能模组，进一步提升相关技术的效率和可扩展性。

我研究团队开发出太阳能提锂新技术

科技日报 10 月 09 日

近日，南京大学教授朱嘉、中国科学院院士陈骏等学者开发了一种界面光热盐湖提锂装置，该装置能高效利用太阳能，以高选择性、低能耗、低碳排放的方式从盐湖水中提取锂。相关论文近日发表于国际期刊《科学》。

作为全球能源转型中的战略性关键金属，锂广泛应用于电动汽车电池和可再生能源储能系统。盐湖型锂矿是全球锂资源的重要来源，但由于复杂盐湖化学条件和极高环境保护要求，难以大规模开采利用，这成为我国锂矿开采的难题。

论文共同第一作者、南京大学特任副研究员宋琰介绍，青藏高原拥有极其丰富的盐湖资源，蕴藏着巨大锂储量，发展绿色、环保、可持续的盐湖提锂新技术，具有重要经济价值和战略意义。

经过多年摸索后，团队注意到自然界中盐生植物高效提取特定物质的能力。在盐碱环境下，盐土植物能通过蒸腾作用，选择性地吸收盐分和水分。宋琰说，这种“选择性吸收—储存—释放”机制，使盐生植物能在极端盐碱环境中维持正常的新陈代谢和生长。这为开发高效、可持续的盐湖锂资源提取技术提供了重要仿生学启示。

受此启发，研究团队开发了界面光热盐湖提锂装置。“装置直接漂浮在水面上，可以把它理解为一棵树。”宋琰介绍，最上层的蒸发器由氧化铝材料制成，相当于“树叶”；位于“树叶”下方的是储存层，采用亲水性好、硬度高且孔隙率高的氧化硅材料制成，能为装置提供支撑并储存丰富锂盐；与水面直接接触的纳滤膜相当于“树根”，其孔径细微，能允许锂离子穿透进入储存层，同时阻止一些大离子进入装置内，从而实现锂的富集。

据介绍，这种装置通过吸收太阳光产生热能，再利用热能驱动蒸腾作用，在装置内产生压强。当盐湖水流经纳滤膜时，这一压力促使水分子和锂离子穿透膜层，而将其他物质有效分离，从而实现对锂的高效提取。

宋琰说，研究团队还基于该装置搭建了界面光热盐湖提锂平台，测试了在盐湖卤水中的提锂效果。结果显示，该平台能高效地从稀释的盐湖卤水中提取锂，并在运行 528 小时后仍保持稳定性能。

据介绍，这项关键技术的研发，有望推动我国高原盐湖锂产业绿色高质量发展，保障战略性关键金属锂的安全供给。

新型海水淡化系统可充分利用太阳能

科技日报 10 月 11 日

据最新一期《自然·水》杂志发表的论文，美国麻省理工学院工程师开发了一种新型海水淡化系统。该系统能够根据太阳光照的变化自动调节脱盐速度。

这种创新的海水淡化装置能够与太阳能变化同步工作。随着一天中阳光强度的增加，系统会相应地加快脱盐过程，并且能够即时适应阳光强度的任何突然波动。例如，在云层遮挡时，系统会减慢脱盐速率；而在天空放晴时，则会加速这一过程。

该系统对阳光变化具有高度敏感的响应能力，能够最大限度地利用太阳能资源。即使全天的光照条件多变，系统仍能稳定地产出大量的清洁饮用水。与传统的太阳能驱动海水淡化方案相比，这项新技术不需要额外配备电池来存储能量，也不依赖于电网等辅助电源的支持。

研究团队在美国新墨西哥州的一个地下水井社区进行了为期六个月的实际测试，涵盖了多种天气状况及水质条件。尽管面临着天气和可用阳光的巨大变动，该系统依然表现出色，平均利用了超过 94% 由太阳能板产生的电能，每天可提供高达 5000 升的净化水。

为了消除对外部储能设备的需求，工程师将系统的响应时间缩短到了几分之一秒内。这意味着，新系统每秒钟可以更新 3 至 5 次脱盐率。这样的快速响应机制使得系统能够在无需外部能源补充的情况下，高效应对日照条件的波动。

实现这一灵活脱盐方法的核心在于采用了“流量指令电流控制”技术。当太阳能板产生的电量超出当前需求时，控制器会自动指示系统加大泵送力度，从而推动更多的水流经电渗析单元。同时，通过增大输送给电渗析堆的电流，系统能够从流速更快的水中更有效地去除盐分。

我团队刷新全钙钛矿叠层太阳能电池光电转换效率世界纪录

科技日报 10月17日

近日，南京大学谭海仁教授团队、仁烁光能（苏州）有限公司制备的 1.05 平方厘米全钙钛矿叠层太阳能电池稳态光电转换效率达 28.2%，刷新了该尺度全钙钛矿叠层太阳能电池的世界纪录，相关结果已被收录到国际权威的《太阳能电池效率表》。研究成果 14 日发表于国际学术期刊《自然》。

近年来，谭海仁团队在制备 0.05 平方厘米小面积全钙钛矿叠层太阳能电池中接连取得突破，其光电转换效率最高已达 30.1%。然而，1 平方厘米以上的大面积全钙钛矿叠层太阳能电池的光电转换效率仍制约着钙钛矿叠层电池的产业化进程。

“电池功能层成膜的不均匀，是限制大面积全钙钛矿叠层太阳能电池性能提升的重要因素。”论文共同第一作者、南京大学 2019 级直博生王玉瑞告诉科技日报记者。

对此，研究团队在钙钛矿与电子传输层之间引入了 4-氟苯乙胺氯和 4-三氟甲基苯胺氯。“研究发现，4-氟苯乙胺氯处理后的钙钛矿，表面的均匀性得到了显著提升，而 4-三氟甲基苯胺氯则可以有效增强器件的电流。”论文的共同通讯作者谭海仁表示，鉴于这些特性，团队使用混合两种分子的后处理溶液，开发了一种定制的二维钙钛矿插入层，优化钙钛矿器件在电子传输层界面处的均匀性及性能。

研究团队进一步分析了该插入层的结构特性与作用机制，发现 4-三氟甲基苯胺氯的引入，影响了 4-氟苯乙胺氯生成二维钙钛矿的过程，并导致二维钙钛矿周期性的减弱。相较于其他器件，插入这种二维钙钛矿的大面积宽带隙单结器件的光电转换效率平均效率由 17.5%提升至 18.7%。

“我们将优化后的宽带隙钙钛矿用于制备全钙钛矿叠层太阳能电池，其光电转换效率与当前最佳的小面积全钙钛矿叠层太阳能电池的数值相当，意味着在面积扩大时没有发生明显的电流损失。”王玉瑞说。

经国际权威机构 JET 第三方认证，该团队制备的大面积全钙钛矿叠层太阳能电池的稳态光电转换效率高达 28.2%。

“28.2%是目前该尺寸下全钙钛矿叠层太阳能电池的最高转换效率，该研究解决了叠层电池面积放大制备过程中效率下降的关键技术难题，这将推动全钙钛矿叠层太阳能电池的产

业化进程。”谭海仁表示。

钙钛矿太阳能电池实现高温工况下稳定运行

科技日报 10月22日

近日，南开大学化学学院教授袁明鉴课题组与加拿大多伦多大学教授爱德华·萨金特课题组联合，在钙钛矿太阳能电池领域取得重大技术突破。相关研究成果发表于国际学术期刊《自然》。

研究团队针对钙钛矿太阳能电池在高温工况条件下稳定性不足这一领域难题进行深入研究，首次揭示了合金钙钛矿薄膜内部复杂的化学组分偏析问题。基于此，研究团队发展了一种全新的原位结晶动力学调控策略，成功制备出了兼具高效率与高工况稳定性的钙钛矿太阳能电池器件。

研究显示，目前高性能钙钛矿太阳能电池在制备过程中往往需要依赖氯化甲胺添加剂来稳定物相并调控结晶。然而，这种添加剂在高温条件下极易分解，引发钙钛矿薄膜化学组分失衡，进而显著降低电池在高温工况下的运行稳定性，成为制约高性能钙钛矿光伏商业化进程的主要障碍。

FACsPbI₃ 合金钙钛矿具有高相态与化学稳定性，理论上无需依赖氯化甲胺添加剂，是实现制备高性能高稳定钙钛矿太阳能电池最有希望的候选材料。

“然而，传统方法制备的 FACsPbI₃ 钙钛矿太阳能电池在实际应用中，性能与工况稳定性远低于理论预期。”南开大学化学学院教授袁明鉴认为，深挖钙钛矿光伏材料本征结构稳定性，理解 FACsPbI₃ 合金钙钛矿太阳能电池器件失效机制，实现高效高温工况稳定的钙钛矿太阳能电池器件可控构筑，成为推动钙钛矿光伏技术进一步发展的迫切需求。

袁明鉴教授课题组长期致力于高性能钙钛矿半导体光电材料与器件研究。在持续探索新型高稳定钙钛矿材料体系过程中，课题组利用同步辐射光源等大科学装置，在前期开展了大量的时间空间分辨原位表征实验，系统探究了 FACsPbI₃ 合金钙钛矿的结晶动力学行为。

基于以上研究，团队首次揭示了在 FACsPbI₃ 合金钙钛矿中，由于时空差异性结晶行为导致的组分纵向梯度偏析问题，并指出该问题是导致 FACsPbI₃ 钙钛矿太阳能电池器件性能低和高温工况稳定性不足的关键因素。

在此基础上，课题组与合作单位开展了深入的理论模拟研究，阐明了该空间组分异质性

的根本成因。随后，通过理性筛选配体化学结构，结合多维度原位结晶动力学研究，研究团队首次提出了具有普适性的结晶路径调控转换策略，最终实现了高质量无甲胺 FACsPbI₃ 钙钛矿薄膜可控制备，彻底解决了 FACsPbI₃ 钙钛矿薄膜的空间组分异质性问题。

“利用该策略制备的 FACsPbI₃ 钙钛矿太阳能电池器件，展现出了世界一流的能量转换效率与高温工况稳定性。”袁明鉴介绍，经过福建国家光伏产业计量中心和中国科学院上海微系统与信息技术研究所的权威认证，该器件的稳态能量转换效率达到了目前正式钙钛矿太阳能电池的最高水平。

据了解，该项研究立足化学基础学科，结合了先进的理论模拟分析技术，融合了凝聚态物理与半导体器件等多学科交叉研究手段，成功实现了对钙钛矿半导体材料本征结构特性及构效关系的进一步深入理解。此外，该研究还发展了高质量钙钛矿薄膜关键光伏材料可控制备新原理和新方法，为新一代钙钛矿光伏电池技术发展赋能。

光伏钙钛矿技术发展提速

中国能源报 10月28日

光伏钙钛矿技术发展近期捷报频传。日前，中国科学院化学研究所表示，该所李永舫院士、孟磊研究员团队与国际合作者成功研制了新型钙钛矿——有机叠层太阳能电池，实现26.4%的光电转化效率（经第三方认证25.7%），为迄今此类叠层太阳能电池最高效率。南开大学、香港城市大学也发布了有关钙钛矿技术的最新研究成果。

中国光伏行业协会名誉理事长王勃华表示，增强核心竞争力，坚持创新驱动降本增效，是未来光伏产业发展的关键所在。随着技术不断成熟与政策持续引导，异质结与钙钛矿太阳能电池技术将在不久的将来迎来突破式增长，为全球能源结构转型贡献重要力量。

■■ 转换效率跃升

钙钛矿叠层电池被认为是光伏下一代技术。中泰证券指出，晶硅电池是光伏中最主流的路线，被广泛应用于新能源发电领域。晶硅路线最高效率从2016年突破26.3%以后，花费7年时间提升到27.1%，提效放缓。晶硅电池理论极限效率为29.4%。钙钛矿晶硅叠层电池效率上限达44%，自有效率记录以来，7年时间内效率从23.6%提升到33.9%。钙钛矿晶硅叠层电池效率距其理论极限还有10.1%，提效空间巨大。

在研究机构看来，光伏发展一向以降本增效为目标，晶硅路线提效缓慢、再提效难度高，

钙钛矿晶硅叠层路线提效快、上限高，是晶硅的下阶段路线。上海交通大学太阳能研究所所长沈文忠也提出相同的观点：“钙钛矿叠层电池是未来光伏电池量产效率突破 30%的重要路径。”

随着钙钛矿技术和传统光伏技术路线差异化表现愈发明显，钙钛矿技术更受市场青睐。中泰机械首席分析师王可表示，去年，光伏交易型开放式指数基金在二级市场光伏行情回调情况下，钙钛矿标的仍实现持续密集融资，且估值较高。钙钛矿行业有机会成为整个光伏行情的催化剂。

■ ■ 企业密集布局

资本加速入局，设备、辅材、制造环节均实现大踏步发展，推动钙钛矿产业化进程。光伏设备企业京山轻机目前提供中试级钙钛矿及整体解决方案，并提供吉瓦级钙钛矿量产装备输出与技术支持。今年上半年，该公司完成了钙钛矿单结及叠层太阳能电池整线设备项目交付，验收了公司首条钙钛矿叠层电池整线设备。以协鑫科技为代表的光伏制造企业已经开启吉瓦级产线招标，即将迈入产量阶段。另外，钙钛矿相关辅材产线实现投产，可供应吉瓦级别电池。

在业内人士看来，随着钙钛矿叠层电池需求显现，诸多设备厂近两年持续进行叠层电池布局，目前已经具备提供叠层研发线、中试线整线能力。设备配套是叠层路线能快速发展的必要前提。

中泰证券统计，目前，行业平米级组件效率达到 19%以上，比去年提升 3%。从行业格局来看，第一梯队的钙钛矿头部企业陆续经过长时间中试线，今年会有部分产线投产，侧重点在产品提效和增强稳定性。第二梯队的企业开始陆续进行百兆瓦中试，侧重点在产线调试。第三梯队大多为新融资的创业公司，处于技术积累和技术放大阶段，优先突破效率纪录。

■ ■ 期待工艺升级

钙钛矿技术要实现大规模产业化、商业化发展，还要过成本关。业界将溶液印刷制造工艺视为未来钙钛矿技术路线的升级迭代方向。

中国科学院化学研究所最新研究结果显示，钙钛矿太阳能电池和有机太阳能电池为代表的新一代可溶液印刷制造的太阳能电池具有易制备、重量轻以及可制备成柔性器件等优点，与当前大规模商业化应用的晶硅太阳能电池应用领域互补。

光晶能源董事长黄福志说：“与真空镀膜工艺相比，钙钛矿电池要用溶液印刷的方法制备，这样不仅可以材料一层层叠加，制备出精确控制的薄膜器件，同时可大幅降低生产成

本。”

中泰证券预计，产能方面，今年至少会有两条量产线子线落地，产业化路径清晰；多家叠层电池迈入中试，晶硅厂商密集布局；效率方面，今年单节电池平米级组件效率将达 20% 以上，四端叠层平米级组件效率达 26% 以上。单节电池实验室效率有望突破 27%，叠层电池实验室效率有望突破 35%。

黄福志表示，在“双碳”目标下，光伏行业潜力巨大，钙钛矿技术是未来促进产业发展的重要角色之一。在市场和技术驱动下，钙钛矿技术将实现大规模产业化、商业化。

欧开发下一代纳米线太阳能电池

科技日报 10 月 14 日

据美国趣味工程网站 10 月 11 日报道，一个名为“ZEUS”的欧洲科研项目近日获得 400 万欧元资助，旨在未来 4 年内，开发出下一代纳米线太阳能电池。这种电池有望为低地球轨道通信卫星提供稳定的能源支持。

该项目由来自西班牙马拉加大学、瓦伦西亚理工大学以及德国弗劳恩霍夫太阳能系统研究所的科学家联合发起。他们计划使用极薄的针状纳米线结构研制太阳能电池。这种纳米线的直径仅为 200 纳米，大约是人头发丝直径的千分之一，但它们却具有惊人的吸收太阳光能力。

目前用于太空领域的纳米线太阳能电池的光电转换效率约为 15%。为进一步提升转换效率，ZEUS 项目团队致力于研制出“三结纳米线电池”。这些电池采用 III—V 族半导体材料构建而成，有望实现高达 47% 的理论效率。届时，纳米线太阳能电池将在太空中更有效地产生电能，为卫星的运行提供可靠的动力保障。

科学家表示，这种纳米线因其极小的尺寸和特定的排列结构，展现出极佳的抗辐射性和高光吸收能力，能在天基太阳能电池领域大显身手。此外，ZEUS 项目还将探索使用轻质柔韧材料作为太阳能电池的基础，以期制造出大型可部署的光伏电池板。

六、地热能

美批准全球最大地热项目

科技日报 10月22日

据美国趣味工程网站19日报道，美国土地管理局已正式批准位于犹他州比弗县的费尔沃海角地热发电项目。该项目是目前已知全球最大的地热项目，预计可产出高达2吉瓦的清洁能源，足以满足200万户家庭的用电需求。

美国内政部称，这一举措标志着美国在公共土地上开发地热能方面取得重大进展。作为一种丰富的清洁能源，地热能潜力巨大，有助于美国在2035年实现电力行业无碳排放的目标。如果完全开发，费尔沃海角项目将占地约3830亩，其中约898亩为公共土地。

与传统地热系统依靠自然产生的地下热水来发电不同，费尔沃海角项目是一个增强型地热系统（EGS）。该系统通过向地下岩层注水，然后提取热水来发电。在EGS中，专业团队会在严格控制的条件下，将水注入地下深处，在岩层中创造出新裂缝的同时扩大原有裂缝，从而提高水的渗透率。如此一来，水就能在裂缝更大的热岩中循环，被更多热岩加热。随后，操作人员将热水泵送至地表，为电网发电。EGS技术可促进传统热液区以外的地热开发。

截至目前，美国已有51家发电厂在公共土地上利用地热能发电。随着费尔沃海角项目获批，美国土地管理局已批准了在公共土地上建设近32吉瓦的清洁能源项目。

七、氢能

数字化为氢能技术发展开辟新空间

科技日报 09月23日

文章：《数字化转型赋能氢能技术创新——来自中国A股上市企业的经验证据》

期刊：中国石油大学学报（社会科学版），2024年第4期

作者：张鸿雁、刘若琳、周鹏、任娜娜

评荐：陈凯华（中国科学院科技战略咨询研究院研究员、中国科学院大学公共政策与管理学院教授）

数字化与能源产业的融合不仅推动了传统能源的高效利用，也为新能源发展提供了广阔的空间。近年来，在数字技术的推动下，氢能行业呈现出新的发展趋势。众多学者围绕氢能企业创新、行业脱碳战略、生产情景预测以及数字技术应用等方面开展了研究，但对于数字化转型在氢能技术创新发展过程中关键作用等的针对性研究仍较缺乏。

该文基于专利申请数据，综合采用专利分析法和主题分析模型，探讨数字化与氢能技术的融合发展态势，并结合上市企业专利数据，深入探讨企业数字化转型对氢能技术创新的影响。同时，从人工智能、区块链、云计算、大数据等不同数字化技术，以及发明专利、实用新型专利 2 类不同的氢能技术入手，分别验证了数字化转型对氢能技术创新的影响。

研究表明，数字化技术与氢能技术呈现显著融合趋势，企业的数字化转型战略有助于推动其在氢能技术方面的创新产出。通过比较不同类型技术之间的差异化作用，发现区块链等数字化技术对氢能技术创新的积极作用较为明显，尤其是对实用新型技术创新产出的促进作用更为显著。在管理效率较低、研发人员数量更多的企业以及非国有企业中，数字化转型对氢能技术创新表现出更积极的促进作用。

该文认为，政策制定者、企业以及学术界均应采取积极措施来推动氢能领域的数字化发展。首先，政府的角色不可或缺，有效的政策支持，如财税优惠政策和专项基金的设立，可以鼓励企业在数字化方面投资，促进数字化技术与氢能技术的深度融合。其次，企业本身也需采取战略行动，在加强内部管理和数字化转型的同时，通过跨部门协作和数据驱动决策来提高数字化转型的积极性，如以建立内部创新平台或孵化器的方式，鼓励员工在数字化与氢能技术融合领域的创新尝试，推动企业竞争力提升。此外，跨学科的合作也有助于推动数字化氢能领域技术的发展，特别是在二者融合的关键应用范围内，如在交通和建筑业等领域，深入的学术研究能够提供新的视角和解决方案。

该文研究结果不仅有助于了解氢能技术当前的发展趋势和面临的挑战，也为推动氢能技术与数字化转型的深度融合提供了理论支撑。

光储氢协同发展促绿电消纳

中国能源报 09 月 16 日

日前，TÜV 莱茵发布《氢能及燃料电池全产业链白皮书》指出，在全球气候变化加剧与能源转型日益迫切的背景下，氢能这一清洁高效且可再生的能源载体，正逐步成为引领未

来能源变革的重要力量，为全球实现碳中和目标提供了新的路径。预计到 2030 年，中国氢能年产量将达 5300 万吨，位居世界第一。

随着全球对清洁能源需求的日益增长和氢能技术的不断进步，氢能产业步入快速发展的新阶段。电解水制氢技术的迭代日新月异，尤其是基于可再生能源的绿氢技术，正逐渐成为产业关注的焦点。中国能源研究会常务理事李俊峰认为，未来，光储氢扮演的角色将越来越重要，将支撑我国实现碳达峰碳中和目标。

■ 氢是重要储能方式

TÜV 莱茵全球电力电子产品服务副总裁兼大中华区太阳能与商业产品服务总经理李卫春表示，绿氢制备通过太阳能和风能等可再生能源提供的电力进行电解水过程，不仅能大幅减少碳排放，还为未来能源系统提供更清洁的解决方案。

李卫春认为：“光储氢的发展不是割裂的。氢支撑了光伏和储能产业的进步。近年来，光伏发电装机规模不断扩大，规模化、商业化发展愈发成熟，给储能和氢能产业创造了新的应用空间，带动了储能和氢能需求的快速增长。”

TÜV 莱茵大中华区产品服务事业群副总裁夏波指出，新型能源体系下，光伏等可再生能源电力会有多种使用途径，制氢是其中的一种。“实际上，氢能是能源的存储介质，和电化学储能殊途同归，是一种重要的储能方式。能源转型给可再生能源和氢能产业发展提供了前所未有的机遇。”

中国产业发展促进会氢能分会提出，随着可再生能源装机规模不断扩大，调峰调频、长时储能成为必需，氢能有望成为未来新型电力系统的关键能源形式。同时，氢能产业的发展将助推新能源产业创新和技术突破。

■ 多元消纳不可或缺

在业内人士看来，光储氢协同发展对提高新能源利用率将起到积极作用。

随着大型风电光伏基地加速建设，我国可再生能源高速发展。行业内有测算显示，若以目前在建、核准、批复新能源总规模计算，2025 年可再生能源利用率可能下降，面临挑战。而当储能规模在新能源装机中的渗透率超过 30%，新能源利用率增长将明显放缓。

值得注意的是，虽然新型储能是构建新型电力系统的重要技术和基础装备，可以支撑电网，促进新能源消纳，提高系统调节能力，提升电力安全保障水平，但随着储能规模持续增长，可利用电量或逐渐减少，新能源利用率可能出现增长率逐渐下降的情况。因此，发展“光储氢”协同的多元消纳方式不可或缺。

“现阶段，碱性电解槽更适合中国发展情况。中国新能源发展规模大，电解制氢体量大，且需要储氢，碱性电解槽能满足需求，是非常好的选择。”李卫春说，“从技术角度看，技术路线呈现多元化发展趋势，具备了发展潜质。未来，产业内企业需要考虑的更多是性价比问题，寻找最能提质增效的技术方向。”

■ 光伏企业积极布局

随着需求显现，氢能产业进入快速发展通道。李卫春说：“在碳达峰碳中和目标下，清洁能源发电成本快速下降。光伏电力经济性和竞争力开始显现，为绿氢生产创造了条件。同时，中国频频发布相关政策文件引导、支持氢能产业发展，多个示范区和工业园区项目落地。据不完全统计，截至今年初，中国已有 76 个氢能产业园区项目落地。”

《氢能及燃料电池全产业链白皮书》指出，预计到 2060 年，中国氢产量可达 1 亿吨，创造规模高达 5 万亿元级别的巨大市场。

不过，有色金属分析平台 SMM 分析称，氢能市场尚处于发展阶段，与成熟的光伏行业相比，氢能参与者较为分散。随着光伏与氢能的耦合关系，一些头部光伏企业开始进入氢能市场。

李卫春认为：“如今氢能产业发展尚处于初期阶段，在供应链、应用等方面面临一定挑战，需要全产业共同努力。作为第三方专业机构，我们也希望在这个过程中通过标准制定和技术方案落地支撑企业发展，规避潜在风险。”

夏波表示，越来越多的企业积极投资氢能，未来技术和产业将不断推陈出新，氢能产业发展预期积极向好。

250 千瓦级海水制氢联产淡水装置成功开车

中国科学报 09 月 20 日

近日，由中国科学院大连化学物理研究所研究员邓德会和副研究员刘艳廷团队自主开发的 250 千瓦级海水制氢联产淡水装置完成建设并成功开车，为海水制氢联产淡水新技术的进一步工业化应用提供基础科学和工程技术支撑。

基于可再生能源的电解水制氢是实现绿色氢能经济的重要途径。由于淡水资源紧缺，海水制氢是未来氢能产业重点发展方向，海水制氢目前已成为全球研究的热点。然而，复杂的海水成分导致海水制氢面临诸多难题与挑战，如催化剂性能差、膜堵塞、设备寿命短等，亟

须开发以海水为原料的氢气制备新技术与新设备。

2023年10月，邓德会团队以电解水产生的低品位废热为海水低温蒸馏制淡水的热源，创建了废热回收与利用系统，将碱性电解水制氢与海水低温淡化技术进行耦合集成，创新性地开发出海水制氢联产淡水新技术，并建成了基于钨甲催化剂的25千瓦级装置，实现以海水为原料制备出高纯氢气并联产淡水和高附加值浓海水。2023年12月，该成果通过石化联合会组织的科技成果评价，被认为达到国际领先水平。

为加快该技术的产业化应用，团队在前期工作的基础上，进一步优化了工艺过程和智能控制系统，并完成了系统放大效应考察，于今年8月底建成了250千瓦级海水制氢联产淡水装置并成功开车。目前装置运行平稳，海水处理量600吨/年，氢气产能40万标方/年，氢气纯度 $\geq 99.999\%$ ，产生的淡水在满足自身电解需求的基础上，额外联产淡水120吨/年，淡水盐度 $\leq 40\text{ppm}$ ，副产高附加值浓海水150吨/年。

新方法大幅提升产氢性能

中国科学报 10月28日

大连海事大学教授宗旭团队在太阳能制氢研究方面取得进展，通过硫化铅（PbS）和非晶钼硫化物（MoS_x）助催化剂的协同功能化调控，使得各类代表性的金属卤化物钙钛矿（MHPs）的产氢性能均获得大幅提升。近日，相关成果发表于《德国应用化学》。

使用氢气等清洁能源替代传统化石燃料，是实现船舶航运业绿色发展的理想途径。宗旭团队致力于以太阳能为代表的可再生能源制氢研究，通过发展高性能太阳能制氢材料及其优化策略实现高效太阳能制氢反应。

MHPs具有优异的光电物理性质，是理想的太阳能制氢载体。但是，MHPs表面存在大量缺陷，并且缺乏有效的析氢反应活性位点，严重限制了太阳能到化学能的转换效率。

针对上述挑战，该工作提出了一种双功能化策略，即利用含钼硫分子的助催化剂前体对MHPs进行表面修饰。得益于铅和硫之间的强烈化学键合作用以及分子助催化剂前体在沉积溶液中的优异分散，PbS和非晶态MoS_x助催化剂可均匀且紧密地修饰于MHPs表面。研究表明，PbS助催化剂可以有效钝化MHPs表面的铅相关缺陷，从而减缓电荷复合并显著提高电荷转移效率。非晶态MoS_x助催化剂进一步促进提取MHPs中产生的光生电子并促进产氢催化反应。

因此，通过 PbS 和 MoS_x 助催化剂的协同功能化调控，各类代表性的 MHPs 的产氢性能均获得大幅提升。其中，在 FAPbBr_{3-x}I_x 上实现了约 4.63% 的太阳能到化学能的转换效率，是在 MHPs 体系中获得最高效率之一。

我科研团队提出解耦式海水直接电解制氢新策略

科技日报 10 月 16 日

近日，中国工程院院士、深圳大学教授谢和平团队就海水中的氯离子引发副反应和电极腐蚀现象，提出一种新的解耦式海水直接电解制氢策略，将有助于丰富和进一步构建破解海水复杂成分影响的海水电解制氢理论体系和技术框架。相关研究成果于当日发表在《自然·通讯》上。

海洋是地球上最大的“氢矿”。海水电解制氢是未来能源体系重要发展路径。传统海水间接制氢技术先淡化后制氢，依赖复杂的海水淡化工艺和设备，占用面积大、投资成本和工程难度高。

据悉，该研究针对海水制氢中最棘手的氯离子干扰难题，引入氧化还原介导的解耦策略，利用兼具热力学和动力学优势的阳极反应，巧妙规避了传统电解水制氢过程中析氧反应与氯离子反应的直接竞争，大幅降低了电化学腐蚀。

同时，该研究探明了电解系统阴极析氢反应与阳极亚铁氰酸根氧化反应的高效性，厘清了解耦体系下氧气自发稳定产出的反应机理，实现全新系统在真实海水环境下 250 小时长时间稳定运行。其进一步拓宽了谢和平院士团队海水无淡化原位直接电解制氢全新原理技术体系，将为海水直接电解制氢的产业化发展提供理论指导。

八、风能

风电稳定并网为新型电力系统护航

科技日报 09 月 23 日

文章：《风电并网系统次同步等幅振荡机理与特性分析》

期刊：华中科技大学学报（自然科学版），2024 年第 7 期

作者：王玉鹏、严干贵、杨成、岳霖

评荐：胡家兵（华中科技大学电气与电子工程学院院长、教授）

我国是全球风资源最丰富的国家之一，风电开发潜力巨大。近年来，我国风电装机规模已连续位居全球首位。《“十四五”可再生能源发展规划》指出，我国风电技术持续进步、竞争力不断提升，正处于平价上网的历史性拐点。与此同时，我国可再生能源发展面临既要大规模开发、又要高水平消纳、更要保障电力安全可靠供应等多重挑战。

随着我国风能的规模化开发利用，高比例的风电接入容易引发次同步振荡问题。次同步振荡是电力系统中的一种独特振荡现象，其频率通常与系统频率有明显的差异，可能会引起电力系统的不稳定，造成设备损坏、停电等后果。这一问题已经危及电力系统的安全稳定运行，并可能影响国家能源战略的实施进程。

根据录波器记录的故障及异常变化数据分析，现实中风电并网系统功率振荡并不会持续发散，而是会最终形成持续等幅振荡。在这一过程中，风电变流器控制结构中的限幅等环节，对振荡特性的演变起到了关键作用。但是，目前对于风电并网系统次同步等幅振荡的形成机理尚不明晰，关于限幅环节对振荡特性影响方面的研究也还不够充分。

为此，该文以我国西北某实际风电场接入弱电网场景为例，分析了限幅环节对次同步振荡特性影响，提出了考虑限幅环节动作直流电压环控制失效的风机降阶模型的表征方法，揭示了发散振荡和衰减振荡周期切换的直驱风电并网系统发生次同步等幅振荡原理。同时，该文认为交流电网强度、机组运行工况、控制器参数等因素对风电并网次同步等幅振荡特性有重要影响。三者的参数下降，将会削弱系统稳定性。

该文的创新见解，在国内风电并网相关问题研究中具有先进性，也为提升新型电力系统安全性稳定性提供了有益参考。

风电设备换新直面资金和技术挑战

中国能源报 10月14日

能源领域大规模设备更新颇受关注。国家发改委和国家能源局8月底印发《能源重点领域大规模设备更新实施方案》，国家发改委近期召开三场“两新”政策落地发布会，一系列动作旨在促进风电、光伏等新能源领域更新换代。

目前风电行业更新换代情况如何？面临哪些挑战？如何解决风电设备换新中遇到的难

题？《中国能源报》记者围绕风电设备换新面临的实际问题展开了采访。

■■ 与“以大换小”政策一脉相承

目前，中国的风电设备更新换代情况主要围绕以下几个方面：一是风力发电机组的单机容量逐渐增大，从早期的 1.5 兆瓦、2 兆瓦机组，到现在主流的 3 兆瓦以上机组，此外，更大容量的海上风力发电机组正在被开发和应用；二是风力发电机组的发电效率显著提高，新型机组在低速启动、高速稳定、发电效率等方面都有较大提升；三是风电设备趋向智能化，集成了更多的传感器和智能控制系统，可以实现远程监控、故障预测、性能优化等功能；四是风电设备的运维服务不断升级，通过采用无人机巡检、大数据分析等技术，提高了风电场的运维效率和安全性；五是随着风电设备的使用寿命到期，一些老旧机组开始退役，被新型、高效机组所替代。

业内认为，今年“两新”政策和几年前提出的风电“以大代小”政策在实施过程中可能有交叉或互补。例如，在实施“以大代小”政策的过程中，也涉及采用新技术的设备更新。而“两新”政策的实施，也可能促进单机容量的增加。“两者都是中国风电行业政策体系的重要组成部分，共同推动风电行业健康发展。”阳光风能相关负责人对《中国能源报》记者表示。

金开新能党委书记、董事、总经理尤明杨接受《中国能源报》记者采访时也表示，“两新”政策涉及范围更广，资金力度更大。从国家发改委密集召开三次发布会可以看出国家对设备换新的重视。“以大代小”政策和“两新”政策在促进设备更新和提升能效方面一脉相承。“两新”政策通过提供财政资金支持 and 激励措施，鼓励企业进行设备更新，这包括了风电行业内的设备更新。而“以大代小”政策是设备更新在风电领域的具体实施，符合“两新”政策中提倡的节能降碳改造方向，有助于推动风电行业绿色转型和高质量发展。

“风电设备换新拥有‘等容改造’和‘增容改造’两种方式。目前部分省份已有项目实施，相关审批流程已相对成熟，使用原有项目相关手续进行重新申报、重新完成项目备案等，与新建项目相比，节省了压覆矿、土地审批等手续。”尤明杨表示，设备改造方面，根据项目实际情况，需要进行升压站改造、集电线路改造、新建升压站等。

■■ 资金和技术是主要挑战

谈及风电设备换新过程中企业遇到哪些难题，受访业内人士一致认为，资金和技术是风电行业设备换新面临的主要挑战。

众所周知，风电设备换新需要大量资金投入，能源行业是一个投资回收期较长的行业，

在进行设备更新换代过程中难免会进行大量的设备资金、建设资金投入。目前，风电设备更新换代视项目情况，需要电网侧同步进行技改提升。电网在进行规划期间需同步考虑后期接入问题，并提前进行规划。

阳光风能相关人士认为，在实际风电换新过程中，新型风电机组采用了许多新技术，企业需要确保现有技术人员能够适应这些技术，或者投入额外的培训成本。此外，新型风电机组并网可能遇到技术难题，需要与电网公司协调，确保新设备顺利并网运行。新型风电机组可能需要不同的运维策略和工具，企业需要建立相应的运维体系。

在尤明杨看来，一是加快推动各地出台具体实施方案，保障风电机组更新换代有具体的执行流程，确保风电企业依法承担退役设备处理责任，不非法处置退役设备，并完善报废管理制度，提升报废资产处置效率；二是培育淘汰设备回收企业，鼓励第三方企业开展淘汰设备回收工作，结合各地风电设备生产和退役情况，指导支持部分重点区域建设退役新能源设备循环利用产业集聚区，并支持中央企业发挥示范引领作用；三是加大淘汰风机设备利用技术研发工作，将退役风电设备循环利用技术研发纳入国家重点研发计划，开发设备残余寿命评估技术，推动设备及关键部件延续利用和梯次利用。

■ ■ 加强技术研发和创新

如何解决上述难题？除了国家层面给予的政策支持外，企业需要持续加大研发投入，与风电上下游企业及高校组织开展联合研究，针对目前市场上的主流机型制定更加高效、可靠的风电产品解决方案，提高换新效率。

促进风电机组高质量更新换代，受访的业内人士一致认为，一是要加强技术研发和创新，持续投入研发，推动风电机组技术创新，包括提高效率、降低成本、增强可靠性和延长使用寿命等方面，确保新型风电机组能够顺利并网运行；二是优化供应链管理，确保新型风电机组的部件供应稳定，减少因供应链问题导致的延误；三是通过培训和教育，提高现有员工对新技术的适应能力，同时吸引高端技术人才加入风电行业；四是制定和更新风电机组的技术标准和规范，引导行业健康发展；五是鼓励不同地区之间的协同合作，共享资源和技术，共同推动风电行业的更新换代。

上述阳光风能相关负责人建议：“在风电旧设备处理方面，与整机商达成一致，配合开展设备拆除、回收和再利用；在运维方面，组织开展运维人员职业素质培训，提升运维技能，以适应不断增长的运维挑战。”

九、其它

渤海首个千亿方大气田累产天然气超 10 亿立方米

科技日报 09 月 10 日

中国海油日前发布消息，我国渤海首个千亿方大气田——渤中 19-6 气田累计生产天然气超 10 亿立方米，有力保障了京津冀及环渤海地区的用气需求。

渤中 19-6 气田位于渤海中部海域，区域平均水深约 20 米，已探明天然气地质储量超 2000 亿立方米、探明石油地质储量超 2 亿立方米，是我国东部第一个大型、整装千亿方大气田。气田按照“整体部署、分期开发、试验先行”的方案开发，试验区 and 一期开发项目分别于 2020 年 10 月、2023 年 11 月投产。目前，气田建成海上油气平台 6 座，高峰日产天然气达到 240 万立方米。

渤中 19-6 气田具有埋藏深、储层薄、裂缝小的特点。气田目前已成功钻探两口超深井，地层温度超 180 摄氏度，井底压力达 56 兆帕，油气储存在只有 0.01 至 0.1 毫米宽的裂缝中，相当于从“头发丝”中抽取油气，对勘探开发技术要求极高。面对钻采难题，油田人员提出“褶皱—断裂—充填”三控优势储层模式规律及预测方法，自主研制抗高温高润滑钻井液，成功破解井下温度高、井内压力系统复杂、井下工具易失效等技术难题，为深层油气藏开发提供解决方案。

渤中 19-6 气田属于高含凝析油的凝析气藏。在开发过程中，随着地层压力逐渐降低，凝析油会在地下提前析出，导致天然气流动“管道”被堵塞。一旦被堵，天然气就无法到达地面，导致气田油气产量急剧下降。为解决这个难题，渤中 19-6 气田建设了一座国内增压能力最大的海上循环注气平台，其搭载的 4 台高压注气压缩机出口压力可达 50 兆帕。它能有效补充地下能量，维持天然气顺畅流动，减少反凝析现象导致的凝析油损失，从而确保气田高效稳定生产。

中国海油天津分公司副总经理张春生说，现阶段，渤中 19-6 气田的开发已进入油气上产关键时期。随着项目建设稳步推进，科研人员对渤中 19-6 气田储层分布规律和油藏地质特征的认识将进一步加深。这对后续气田的安全高效开发具有重要实践意义，将有力推动渤海海域超深层领域大型油气资源规模性开发。

华北再添千万吨级液化天然气接收站

科技日报 09 月 23 日

日前,国家天然气基础设施互联互通重点工程——国家管网集团天津液化天然气(LNG)接收站二期项目正式投产。投产后,该接收站正式迈入千万吨级 LNG 接收站行列,将极大增强华北及周边区域天然气供应和应急调峰能力。

作为国家“产供储销”体系建设的重要民生工程 and 能源保供项目,天津 LNG 二期项目于 2020 年 4 月开工,先后建成投用 6 座 22 万立方米储罐及配套外输设施。“此次 3 座 LNG 储罐及配套设施投产后,天津 LNG 接收站总供气能力将达到 1200 万吨/年,总储气能力将达到近 10 亿立方米,气化外输能力达到 7000 万立方米/天,成为国内单日气化能力最强的 LNG 接收站。”国家管网集团液化天然气接收站管理公司副总经理仇山珊介绍,这将有利于天津 LNG 接收站进一步发挥应急调峰作用,保障采暖季的天然气供应需求。

据介绍,项目首次批量使用国产大尺寸低温阀门、高压泵等关键设备,在节约成本的同时缩短了建设周期。项目在设计、施工、调试等各阶段利用三维建模和数据互通,实现全生命周期数字化交付管理,提升本质安全水平。

投产期间,天津 LNG 接收站综合考虑船期与外输管线大流量升压时间,合理安排储罐预冷时间,最大程度回收预冷储罐产生的蒸发气体,实现“零放空”,预计减排天然气约 390 万立方米。

天津是我国北方重要的液化天然气枢纽城市,区域液化天然气调配中心、储备中心作用十分突出。“作为华北地区最大的液态外输基地和千万吨级 LNG 接收站,天津 LNG 接收站将成为京津冀地区天然气保供的重要能源储备和调峰基地,为构建清洁低碳高效能源体系、推进京津冀协同发展和增进民生福祉作出新贡献。”仇山珊说。

华南最大天然气储运基地建成

科技日报 09 月 23 日

近日,全球单罐容量最大的液化天然气储罐群——中国海油金湾“绿能港”二期项目建造完工。这标志华南地区规模最大的天然气储运基地全面建成,将大幅提升粤港澳大湾区和华南地区的天然气供应保障能力。

中国海油金湾“绿能港”项目位于广东省珠海市金湾区，包括已经投产的一期3座16万立方米液化天然气储罐和二期5座27万立方米液化天然气储罐，总罐容达183万立方米。二期项目被列为国家石油天然气基础设施重点工程，投产后中国海油金湾“绿能港”液化天然气总处理能力可达700万吨/年，折合气态天然气约100亿立方米，可满足3000万户居民一年的用气需求，约可发电500亿千瓦时。

储罐是液化天然气产业链的核心装备，设计建造工艺十分复杂，不但造价高昂，而且对安全性要求极高，是能源领域的尖端技术之一，国际上仅有少数国家掌握该项技术。5座27万立方米液化天然气储罐，是粤港澳大湾区首次建设的超大型液化天然气储罐群，全部采用中国海油自主技术设计建造。27万立方米液化天然气储罐单罐高65.7米，相当于国家体育场“鸟巢”的高度；直径近百米，内部可同时叠放3架中国商飞C919客机；罐容相当于614个标准游泳池大小，可存储1.69亿立方米天然气。储罐设计寿命达50年，可抵御超强地震。

据介绍，为加快推进天然气产供储销体系建设，充分利用宝贵的岸线和土地资源，中国海油金湾“绿能港”二期项目在一期项目原址上扩容建设。为突破储罐罐容限制，提升储罐在多重极端工况下的安全性和稳定性，该项目成功解决结构稳定性分析、减隔震设计等技术难题。据中国海油金湾“绿能港”二期项目技术总监黄欢介绍，每座储罐底部定制化设置了400多个隔震橡胶支座，形成隔震层。

中国海油技术团队还自主研发了变刚度协调设计群桩基础技术，有效降低局部破坏和失稳概率，使桩基荷载平均差值减小83%。该团队创新研发的高瘦型液化天然气储罐设计方案，填补了超长环形预应力混凝土结构设计等技术空白，使我国超大型液化天然气储罐设计建造技术达到国际领先水平。