

能 量 转 换

剪 报 资 料

总 69 期
9/2023.9

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

目 录

一、总论

1. 我国建成全球规模最大的电力供应系统.....6
2. 新型凝胶装置能将炎热空气转为饮用水.....6
3. 欧洲能源安全政策调整对我国的启示.....7
4. 多方合力让新能源“用的好”.....9
5. 以新能源主动支撑技术推动构建新型电力系统.....12
6. 浅析新型能源体系的四大形态.....14
7. 有效协同是能源安全稳定供应的必由之路.....18
8. 当前能源转型需要“双轮驱动”.....20
9. 综合能源利用：要开源更要节流.....23
10. 加快探索新能源安全可靠替代.....26
11. 近十年能源消费革命成就耀眼.....27
12. 推动中阿能源合作高质量发展.....30

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 水泥电池或改变世界能源结局.....32
2. 百亿级新型储能电池项目在珠海开建.....33
3. 节能提效是能源战略之要.....35
4. 世界首条 500 千伏三芯海缆耐压试验成功.....38
5. 新型量子电池可让手机永远满电.....39
6. 国内单体产能最高异质结电池片项目投产.....40
7. 新型储能市场前景辽阔.....40
8. 西北地区首个光储氢热产业一体化项目投运.....43
9. 锂电池回收有了绿色高效新技术.....43
10. 我国首个大型多技术路线锂电池储能站年内建成.....44
11. 中国新能源车不是“狼来了”.....45
12. 新型石墨烯膜高效分离盐湖中碱土金属离子.....46
13. 工信部：支持新型储能电池扩展应用.....47
14. 广东新型储能大项目纷纷落地.....48
15. 能源电力量测技术将迎来新升级.....52
16. 是水系液流电池，也是二氧化碳“捕手”.....53
17. “提取绳”技术有望破解锂量产难题.....53

18. 欧盟加码绿色转型关键原材料回收.....	55
19. 要找准储能新型电力系统中的定位.....	57
20. 国家光伏、储能实证实验平台(大庆基地)发布上半年实证数据显示.....	60
三、碳达峰、碳中和	
1. 中国推动绿色低碳转型成效显著.....	61
2. 建材行业迎来绿色低碳新阶段.....	62
3. 磁悬浮是实现“双碳”目标的重要技术支撑.....	64
4. 科技部发布《国家绿色低碳先进技术成果目录》.....	65
5. 广东绿电交易成交量累计突破 51 亿千瓦时.....	66
6. 新材料提高光合作用固碳效率.....	67
7. 海岸带蓝碳系统助力中国实现碳中和.....	68
8. 以新发展理念推进碳达峰碳中和.....	70
9. 油气行业稳步推进绿色低碳转型.....	71
四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1. 塑料无需分拣即可回收.....	74
2. 相变型二氧化碳捕集关键技术达国际领先水平.....	75
3. 3D 打印活性材料可净化污水.....	76
4. 国内首例生物质发电参与现货市场交易.....	77
5. 中国治污努力全球影响积极.....	77
6. 用好秸秆资源助力绿色农业.....	78
7. 工程改造细菌边发电边处理垃圾.....	80
8. 经处理后的生活污水将尝试“应用尽用”.....	81
9. 协同治理推动大气污染减排.....	82
10. 双亲性磁性材料高效去除水中微纳塑料.....	84
11. 异质微球成功从废水中回收有机染料.....	85
12. 用微球从废水里回收有机染料.....	86
13. 改性生物炭可大幅降低汞污染治理成本.....	87
五、太阳能	
1. 我国首个万吨级光伏绿氢示范项目投产.....	88
2. 技术创新为中国光伏产业高质量发展装上“加速器”.....	89
3. 风电光伏更“风光”带来的启示.....	90
4. 生物制造让建筑更有“生命力”.....	91
5. 人工智能可识别太阳能电池缺陷.....	93
6. 跨界融合“光伏+”加出无限可能.....	94
7. 光热发电开发模式与电价机制亟待完善.....	96
8. 中国石油首个水面光伏电站为大庆油田“清洁充电”.....	98
六、地热能	
1. 我国最深地热科学探井开钻.....	98
2. 新型地热发电技术在德投入商用.....	99
3. 全球地热领域首项行业标准发布.....	101
4. 我国地热直接利用规模多年居世界第一.....	101
5. 唤醒“沉睡”地下的干热岩能源.....	102
七、海洋能	
1. 我国海洋温差能发电海试成功.....	103

2. 海洋天然气水合物开采一比一仿真模拟技术体系初步形成	104
3. 国标《反渗透海水淡化产品水水质要求》获批	105
4. “深海一号”浮式设施实时动态孪生系统发布	105
5. 纳米流体装置利用盐度差异发电	106
6. 2022 年全国海水利用报告发布：海水淡化在沿海供水保障体系中的作用进一步增强	107
八、氢能	
1. “氢交通”应用场景未来可期	108
2. 直接电解海水制氢装置连续运行超 2000 小时	109
3. 全球首个氢交易所将落户德国	110
4. 氢能产业规模化发展仍需突破瓶颈	111
5. 全国首个城燃-氢能制储掺输分用一体化示范项目投运	113
6. 我科研人员破解电解制氢高能耗难题	114
7. 可再生能源制氢产能有望大幅跃升	115
8. 氢”装上阵——全球首台（套）满足产业化标准的氢燃料与锂电池混合动力矿用车诞生记	116
9. 氢能将代替天然气支撑新型能源体系	118
九、风能	
1. 全球最大浮式海上风电场在争议声中投运	119
2. 海上风电光伏对我国能源转型意义重大	120
3. 英国海上风电发展分析	121
4. 全球首台 16 兆瓦海上风电机日发电量创纪录	124
5. 海上风机设计创新受瞩目	125
十、核能	
1. 核电助推“双碳”目标实现	127
2. 四措并举保障我国核能高质量发展	127
十一、其它	
1. 全球最大功率智能化采煤机问世	128
2. 首套自主可控抽蓄电站励磁系统通过鉴定	128
3. 世界最大海上液化天然气接收站投产	129
4. 从黑色煤炭到绿色煤电——中国工程院院士倪维斗谈煤电转型升级	130

本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

我国建成全球规模最大的电力供应系统

人民日报 2023.9.7

9月6日，由国家能源局、江苏省人民政府和国际可再生能源署共同主办的2023年国际能源变革论坛在江苏苏州开幕。据介绍，我国已建成全球规模最大的电力供应系统和清洁发电体系，其中，水电、风电、光伏、生物质发电和在建核电规模多年位居世界第一。截至今年上半年，累计发电装机总量达到27.1亿千瓦，其中可再生能源装机达到13.22亿千瓦，历史性超过煤电，10年增长约3倍。

数据显示，10年来，我国人均发电装机由0.92千瓦提升至1.8千瓦，人均用电量由3919千瓦时增至6116千瓦时。

全方位加强能源国际合作，为稳定全球能源市场、推动绿色低碳转型发挥了应有的作用。目前，中国海外非化石能源投资已超过化石能源，相继建成一批清洁、高效、质优的绿色能源合作标志性项目。

论坛期间，举办了“中国能源革命十周年”主题展览，发起成立国际能源变革联盟，发布了“能源革命，中国在行动”主题视频、《全球清洁能源合作伙伴关系倡议》、《能源变革指数蓝皮书》报告等系列成果，为推动全球清洁能源务实合作奠定了坚实基础。据悉，本次论坛通过跨区域绿电交易机制，购买了来自河北张家口光伏发电项目的360张绿证，相当于36万千瓦时的绿色电力，实现100%绿电供应。

新型凝胶装置能将炎热空气转为饮用水

科技日报 2023.9.14

全球面临缺水问题的地区可能即将看到新的希望，科学家现在能够轻松地将热空气转化为饮用水。据发表在《美国国家科学院院刊》上的一项新研究，美国得克萨斯大学奥斯汀分校的研究人员在从稀薄的空气中创造可饮用水方面取得了重大突破，他们开发出一种分子工程水凝胶，可以仅利用阳光的能量就从大气中提取出清洁的水。

研究人员能在低至40°C的条件下从大气中取水，并使其成为可饮用水，该温度与得克

萨斯州以及世界其他地区夏季的温度相当。这意味着有朝一日，在温度很高而清洁水很少的地方，人们只需在室外放置一个设备，就可以从空气中获得水，而不需要额外的劳动。

科克雷尔工程学院沃克机械工程系和得克萨斯材料研究所材料科学教授余桂华表示，有了新型水凝胶，人们不仅能从稀薄的空气中抽水，还能释放水。这一过程快速高效、能耗低。

这项研究的一个重要特征是水凝胶能够形成被称为“微凝胶”的微粒，这些微凝胶可以提高速度和效率，使该设备更接近现实。

研究人员介绍说，通过将水凝胶转化为微米级的颗粒，我们能以超快的速度捕捉和释放水。这种新型、高效的吸水剂，可以通过每天多次循环显著提高产水量。该装置每公斤凝胶材料可以产生 3.5—7 公斤的水，具体取决于湿度条件。

下一步，研究人员计划将其研究转化为有形的、可扩展的解决方案，作为一种低成本、便携的创造清洁饮用水的方法在全球范围使用。这可能会改变埃塞俄比亚等国家人民的生活，在那里，近 60%的人缺乏基本的清洁水。他们的最终目标是让世界各地，尤其是干旱地区的人民，都能快速、稳定地获得清洁的饮用水。

欧洲能源安全政策调整对我国的启示

中国电力报 2023.9.5

能源安全是国家安全的重要组成部分，在世界格局动荡、气候风险不断升高的当下，保障国家能源安全具有重要意义。今年以来，欧洲根据其面临的能源和地缘安全新形势，不断调整能源安全政策，采取倾向于保障供应安全和稳定价格的政策。

欧洲能源安全政策调整不仅对其自身的能源供应局面产生影响，还将给全球能源格局、绿色发展等带来影响，为我国防范化解重大风险提供了启示。我国宜充分结合自身发展阶段、国情和发展目标不断完善能源发展战略，保障国家能源安全。

统筹好能源转型和安全

在极端天气、能源短缺、地缘政治等因素影响下，部分欧洲国家重启煤电、核电，脱碳进程减速，这也暴露出转型过程中能源系统韧性不足的短板，对我国能源转型节奏具有启示意义。

面对变化的、不确定性的未来，我国必须要在确保能源安全的前提下，稳妥推进能源绿色低碳转型。富煤贫油少气是我国的基本国情，以煤为主的能源结构短期内难以根本改变。

煤电在保障我国能源安全方面还将发挥基础和兜底作用，在一定时期内煤电在我国电力结构中的基础性地位仍将保持。传统能源逐步退出要建立在新能源安全可靠的替代基础上，而不能未立先破，陷入能源安全的被动局面。今后，在较长的一段时间内，我国能源需求总量还将持续增长。在“双碳”目标的约束下，要大力发展非化石能源，推动构建新型电力系统，统筹好非化石能源特别是新能源与化石能源之间的互补和优化组合。

完善能源储备与应急响应体系建设

综合欧洲各国能源政策动态和地缘局势走向不难看出，如今国际能源市场仍面临巨大的不确定性，未来难测。

“手中有粮，心中不慌”。要把能源储备体系建设摆到与勘探开发投资同等重要的位置，健全能源供应保障和储备应急体系。统筹能源绿色低碳转型和能源供应安全保障，提高适应经济社会发展以及各种极端情况的能源供应保障能力，优化能源储备设施布局，完善煤电油气供应保障协调机制。建立能源供需预警及保供应急体系，健全完善能源监测预测机制，提升形势预研预判能力，提高快速响应和能源供应快速恢复能力，化解区域性、时段性供需矛盾。加快完善能源产供储销体系，提升能源资源配置能力，加强电力和油气跨省跨区输送通道建设，增强区域间协调互济能力。建立健全煤炭储备体系，加大油气增储上产力度，重点推进地下储气库、LNG接收站等储气设施建设，提升能源供应能力弹性。

大力推进节能和提升能效

节能和提高能效是维护发展安全的重要保障。当前国际形势复杂严峻，全球能源治理体系深度调整。为应对能源危机，欧洲多国普遍采取更严格的节能措施，增强能源获取的可靠性、可负担性。我国仍处于新型工业化、新型城镇化快速发展阶段，能源消费总量还将持续刚性增长。同时也要看到，与国际先进水平相比，我国能耗强度约为世界平均水平的1.5倍、经济合作与发展组织（OECD）国家平均水平的2倍，仍然存在很大的节能潜力。特别是，“双碳”目标对节能工作提出了新要求。为此，必须着力提高能效，充分保障国家能源安全，牢牢守住高质量发展的安全底线。

要坚决遏制高耗能、高排放、低水平项目盲目发展。从发展规划、投资的审查审批等方面严把增量项目关口，深挖存量项目节能潜力，加快淘汰落后产能，推进产业结构优化升级。要深入推进重点领域和行业节能改造。支持煤电机组节能降碳改造、供热改造、灵活性改造“三改联动”。对标能效先进水平，推动钢铁、有色、石化、化工、建材等重点用能行业节能降碳改造。加快居住建筑和公共建筑节能改造，持续推动老旧供热管网等基础设施节能降碳改造。加快制修订一批能耗限额、产品设备能效等强制性国家标准，积极推广先进适用节

能技术和产品。

构建全国统一能源市场体系

欧洲国家正在积极推动能源市场竞争、提高市场透明度，以提升能源供应的可靠性和稳定性。从欧洲经验看，构建合理、高效的能源市场体系是加快能源转型进程、保障能源供应的重要措施。未来，随着体制机制壁垒破除及市场机制完善，构建公平开放、有效竞争的能源市场体系势在必行。

电力市场机制建设是能源市场体系建设的重要环节。一方面，应加快构建适应新型能源体系的市场机制，有序推动新能源参与市场交易，完善发电容量补偿机制，保障火电、抽水蓄能、新型储能等调节性资源和安全保供电源的建设运行成本合理回收。在电力市场机制建设的进程中，还应重点加大电力辅助服务市场建设力度，建立市场化的价格形成机制，修订完善有关市场交易细则，推动调频、备用等辅助服务品种市场化，以市场竞争方式降低系统整体调节成本。另一方面，应高度重视需求侧响应市场化激励机制的完善，充分发挥电价引导作用，优化调整分时电价的时段、价差和实施范围，将需求侧响应费用向不参与响应的用户疏导。同时，深入挖掘弹性负荷、用户侧储能、虚拟电厂、电动汽车等灵活调节资源，替代发电侧深度调峰等传统调节手段，有效降低调节成本。

多方合力让新能源“用的好”

中国电力报 2023.9.8

核心提要

新能源连续3年新增装机超过1亿千瓦、新能源发电量和占比持续双升、新能源利用持续保持较高水平，是2022年新能源发展的三大特点

辅助服务市场、容量市场等反映灵活资源价值的市场机制，对于未来新型储能实现商业化运营尤为重要

现阶段，新型储能实现盈利必须考虑容量价格补偿机制支持，如容量租赁、调峰容量市场建设等，同时，以竞争性方式形成电量电价。

新能源发电前景广阔，现阶段发展水平如何？面临哪些机遇和挑战？新型储能如何更好地进行商业运营？近日，由国网能源研究院有限公司主办的《中国新能源发电分析报告2023》（以下简称《分析报告》）和《基于典型场景的新型储能适用技术及运营机制》新书发布会

在北京召开。

会上，国网能源院新能源研究所发布了我国新能源以及新型储能的最新研究成果。与会专家围绕研究报告交流研讨，强调多方合力、锐意探索，为推动新能源、新型储能科学有序创新发展、推进能源电力高质量发展持续贡献智慧力量。

新能源利用率继续保持较高水平

2022年我国新能源利用率达97.3%，其中风电利用率为96.8%，光伏发电利用率为98.3%。新能源利用率自2018年以来连续5年超过95%，与德国等发达国家水平相当——这是来自《分析报告》的一组数据。

据《分析报告》主创人员、国网能源院新能源研究所高级工程师叶小宁介绍，报告重点对我国新能源发电开发建设、运行和消纳、市场化交易、经济性、产业政策等进行研究，并对新能源发电领域焦点问题开展专题分析。

叶小宁说：“新能源连续3年新增装机超过1亿千瓦、新能源发电量和占比持续双升、新能源利用持续保持较高水平，是2022年新能源发展的三大特点。”

新能源高水平发展的背后，是大范围资源优化配置能力的持续提升。

四川凉山州布拖县的清洁水电，随银线从巴蜀大地输送至江苏常熟，跨越2080千米，点亮了长江沿岸的万家灯火，装扮了华东地区的璀璨夜色。这是2022年建成的白鹤滩—江苏±800千伏特高压直流工程，是全球首个混合级联特高压直流工程，也是跨省区消纳新能源的一个缩影。

2022年，电网企业集中投产一批省内和跨省跨区输电工程，建成投运多项提升新能源消纳能力的省内重点输电工程，全年建成特高压直流输电工程2项，交流输电工程2项。截至2022年底，全国跨省跨区输电能力达到3亿千瓦。

新型电力系统建设步伐加速推进。研究选择福建、浙江、青海作为省级示范区，重点研究送受端大电网与分布式、微电网融合发展方案，以及适应新能源发展的政策和市场机制；选择西藏藏中、新疆南疆、河北张家口作为地区级示范区，重点研究送端高比例新能源电力系统构建方案，推广“新能源+储能+调相机”发展模式；在系统调节能力方面，通过推进火电灵活性改造、提高抽水蓄能利用水平、提升新型储能调度利用水平等措施，持续提升系统平衡调节能力，为新能源高比例消纳和系统安全运行提供坚实保障。

《基于典型场景的新型储能适用技术及运营机制》研究专著指出，储能是支撑新型电力系统的关键支撑技术和重要基础装备，对推动能源绿色转型、保障国家能源安全、促进能源高质量发展具有重要意义。然而，储能作为一类特殊的电源，很难像常规电源主要通过参与

电能量市场实现盈利，辅助服务市场、容量市场等反映灵活资源价值的市场机制，对于未来新型储能实现商业化运营尤为重要。

中国能源研究会双碳产业合作分会主任黄少中谈及未来新能源发展时指出：“用好包括煤电、气电、储能等灵活性调节资源，做好优化调度工作和需求侧管理，对于促进新能源消纳至关重要。下一步，行业也需要更深入研究新型储能如何更好地融入市场和实现盈利。”

电力市场为新能源发展保驾护航

“新能源快速发展、高水平发展，离不开政策、机制等全系统的合力扶持。可以说，电力市场提供了一个很好的平台，为新能源发展起到保驾护航的作用。”中国电力企业联合会原统计信息部主任薛静在发布会上表示。

2022年，电力交易机构扩大省内交易规模，推动新兴主体参与市场化交易，缩短交易周期，提高交易频次，丰富交易品种，创新开展分时段交易机制。2022年新能源市场化交易电量3858亿千瓦时，占新能源总上网电量的40.7%，新能源消纳水平进一步提升。

在总结跨区域省间富余可再生能源现货交易试点经验的基础上，2022年1月，省间电力现货市场正式启动试运行，全年交易电量占省间交易电量的2.1%，在提升全网电力供应能力、促进清洁能源消纳等方面成效显著。

以西北地区省间现货交易为例，2022年共跨区外送新能源21.3亿千瓦时，有力实现了跨区消纳。在迎峰度夏及度冬期间跨区外送44亿千瓦时，有力支持了东中部地区用电；跨区购入19.6亿千瓦时，支撑了西北在部分用电高峰新能源小发时段的电力保供。西北各省电力公司及发电企业积极参与省间现货市场，全年累计成交电量96.4亿千瓦时，其中跨区外送69.5亿千瓦时。

与现货市场同样值得关注的是，2022年，辅助服务市场基本实现全覆盖，区域辅助服务市场实现了跨省备用、调峰资源的共享互济。据不完全统计，截至2022年底，国家电网26个省区已实现辅助服务市场全覆盖，包括调峰、备用、调频等品种。区域已全部开展调峰辅助服务市场，部分区域开展备用、容量辅助服务市场。

“截至2022年底，通过源网荷储协同互动平台，京津唐电网已接入负荷侧可调节资源容量808万千瓦，包括电动汽车充电桩、电采暖、工业负荷、自备厂、新型储能等。”叶小宁介绍说，“2022年，陕西辅助服务市场火电启停调峰17台次，累计减弃新能源10.8亿千瓦时，积极参与西北区域省间调峰辅助服务市场，通过西北区域省间调峰辅助服务市场增发省内新能源2.3亿千瓦时。”

国网能源院新能源研究所高级工程师时智勇表示，目前我国现货市场还在建设试点期、

辅助服务市场机制不健全、容量市场尚未建立，新型储能完全依靠市场获得盈利难度很大。现阶段，新型储能实现盈利必须考虑容量价格补偿机制支持，如容量租赁、调峰容量市场建设等，同时，以竞争性方式形成电量电价。未来，逐步降低新型储能容量补偿占比，主要通过现货市场、辅助服务市场、容量市场等获得合理收益。

“深化电力体制改革的一个主要目的就是要建立健全电价的市场化形成机制，电力市场建设要充分发挥价格信号引导作用，更好地促进新能源发展。”薛静建议。

以新能源主动支撑技术推动构建新型电力系统

国家电网报 2023.9.12

随着新能源的快速发展，电力系统“双高”（高比例可再生能源、高比例电力电子设备）特征凸显，系统的物理基础、功能形态深刻变化，给电网安全稳定运行带来挑战。新能源场站需要具备主动支撑能力，拥有接近或高于同步电源的控制特性，支撑系统电压、频率稳定以及提供备用容量。国家电网有限公司华北分部开展新能源场站主动支撑技术研究，深入分析大规模新能源接入对电网的影响，提出了新能源主动支撑技术要求，助力新能源健康有序发展，推动加快构建新型电力系统。

大规模新能源接入影响电网安全稳定运行

近年来，新能源接入电网的规模逐年扩大。以华北电网为例，预计到今年年底新能源装机规模约 3 亿千瓦，2025 年约 4.3 亿千瓦。受新能源主动支撑能力不足、单机容量小、装机数量大等因素影响，监测和控制电力系统运行情况难度增加，给电网安全稳定运行带来挑战。

电力系统转动惯量下降，频率稳定水平降低。新能源机组呈现出弱惯性或无惯性特征，在无附加控制的情况下，新能源机组在惯量响应阶段并不具备分配系统扰动功率的能力，在一次调频阶段频率调节能力受限，电力系统频率变化速度加快、幅度增加；在有附加控制的情况下，受新能源机组运行特性制约，惯量响应及一次调频的上调空间有限。随着新能源装机接入占比增加，电网总体惯量、调频能力降低，出现故障的风险增加。

新能源机组对电力系统电压支撑能力不足，系统电压稳定水平下降。新能源场站一般由无功设备提供电压支撑，由于并网电压等级较低，难以为 500 千伏及以上主网提供有效支撑。如果电力系统故障导致新能源机组进入低电压穿越状态，新能源机组难以提供系统急需的动

态无功支撑,造成系统电压稳定水平降低,必须通过降低系统运行效率的方式保证稳定水平。

具有“双高”特征的电力系统动态特性复杂,功角稳定特性变化大。电力系统动态特性发生较大改变,系统同步稳定逐渐由新能源参与转变成主导。电网出现故障后容易产生复杂的动态交互作用,可能引起传统机组功角稳定问题、新能源机组的同步稳定问题以及系统电压稳定问题并存的复杂情况,给电网运行控制造成困难。

电力电子设备大幅增加,宽频振荡问题凸显。直流、新能源机组、无功补偿设备等通过电力电子设备接入电网,这些元件之间存在多时间尺度交互。电力系统出现振荡时,振荡频率呈现宽频带特性,宽频振荡发生的概率大幅增加,易引发电网失稳。宽频振荡的抑制、控制和阻断面临较大挑战。

电力系统连锁故障风险增加。新能源机组耐过流能力差,当电网故障引发低电压或高电压时都会引发换流器过流,易造成新能源机组脱网。新能源机组控制电压能力不及传统机组,暂态过电压问题突出,也增加了新能源机组的脱网风险,可能引发系统频率和电压问题,导致连锁故障。

新能源场站需在多方面具备主动支撑能力

随着新能源占比提高,同步电源占比下降,电力系统可用调节能力下降,急需研究新能源主动支撑技术,使新能源场站具备一定的频率和电压支撑、抑制宽频振荡等能力,以保证电力系统安全稳定运行。

新能源主动支撑技术需提高新能源场站同步稳定能力。新能源场站设备受到单一故障扰动后应具备保持同步的能力,避免因同步失稳引发脱网。例如,可采取功角稳定支撑技术,在规划设计阶段通过优化新能源接入系统方案,提升送出系统的功角稳定水平。

新能源主动支撑技术需使新能源场站具备调频、调压能力。新能源场站应具备不低于同等容量传统机组的调频、调压能力。在调频能力方面,新能源场站应具备同等容量传统机组一次调频能力、爬坡能力、惯量响应能力。例如可利用频率惯量支撑技术改造风电机组控制系统,利用转子动能实现虚拟惯量,模拟传统发电机一次调频特性,实现系统频率的调节。

接入弱电网的新能源场站需具备抑制宽频振荡的功能。新能源场站一方面要根据宽频振荡评估结果,采取新能源控制参数优化等措施,主动降低宽频振荡风险水平;另一方面要具备附加阻尼功能,通过场站内储能、静止无功发生器(SVG)等设备实现宽频振荡抑制。

新能源场站要有足够的短路容量支撑能力。新能源场站需具备送出95%电量的送出能力,同时满足多场站短路比要求。例如,可采取加装分布式调相机的方式提高新能源场站短路容量,有效提升系统强度。

新能源场站应具备故障穿越能力，更好地适应电网。光伏发电设备、储能设备、风机需具备不低于各项标准要求故障穿越能力，必要时采用零电压穿越技术，满足电力系统安全稳定要求。在系统发生严重短路故障场景下，新能源场站实现不脱网持续运行的时间要满足系统安全稳定运行要求。例如，双馈风机可采取直流侧附加泄能支路等控制技术，逐步实现零电压穿越。新能源场站内的电力电子设备应采用具有故障穿越特性的协调优化技术，统筹兼顾暂态过电压和低电压问题，使新能源的有功、无功功率控制具备电网友好型特征。

新能源主动支撑技术需提升新能源设备涉网性能。在提高新能源设备耐压能力方面，采取“新能源+调相机+避雷器”组合技术，解决瞬时过电压问题，降低电压波幅。在提高新能源设备耐流能力方面，采取加装撬棍电路（Crowbar）、斩波电路（Chopper）硬件保护的方式实现过流限制，通过对换流器进行零电压穿越改造提升换流器耐流能力。

建议将主动支撑要求纳入新能源项目前期管理

今年4月24日，国家能源局发布《关于加强新型电力系统稳定工作的指导意见（征求意见稿）》，提出“大力提升新能源主动支撑能力。推动系统友好型电站建设，逐步实现新能源在电力供应和稳定支撑方面的可靠替代；协同推进大型新能源基地、调节支撑电源和外送通道开发建设，保障外送电力的连续性和稳定性”“研发大容量断路器、大功率高性能电力电子器件、新能源主动支撑、大容量柔性直流输电等提升电力系统稳定水平的电工装备”。

结合新型电力系统建设，在新能源主动支撑技术发展方面，建议建立完备的新能源主动支撑技术要求及标准，并将相关要求及标准纳入新能源项目前期管理工作，提升新能源场站的支撑能力，提高电力系统安全稳定水平。

浅析新型能源体系的四大形态

中国能源报 2023.9.18

当前，我国经济已由高速增长向高质量发展转变，能源发展内涵也发生深刻变化，绿色低碳、质效优先成为能源发展主旋律。科学把握新型能源体系形态和发展趋势对推动能源革命、落实“双碳”目标具有重要意义。

新型电力系统是新型能源体系最为重要的组成部分

电力居于能源转换利用中心位置，新型电力系统是实现电力生产绿色化、能源消费电力化、生产和消费数字化的平台枢纽。

电力生产绿色化支撑非化石能源加速成为能源供应的主体。为有效应对气候变化、实现碳达峰碳中和目标，非化石能源将成为能源绿色低碳转型的主力军，预计到 2030 年我国非化石能源在一次能源中的消费比重将达到 25%；到 2060 年占比进一步提高至 80%以上。风、光等非化石能源能量密度低、资源分散，具有波动性和间歇性，转化为高品位的电能是其最为便捷高效的利用方式。2022 年，我国非化石能源发电量 31443 亿千瓦时，比上年增长 8.6%，占总发电量比重的 36.2%，比上年提高 1.7 个百分点，非化石能源电能转化比重超过 95%。未来随着新型电力系统的加快构建完善和非化石能源发电技术的持续进步，预计到 2030 年非化石能源发电量占比将达到 50%，到 2060 年占比进一步提高至 90%，电力生产绿色化将带动非化石能源快速发展。

能源消费电力化引领用能方式绿色变革。我国经济由高速增长向高质量发展转型，用电需求仍将保持刚性增长，尤其是在数字经济时代，大规模算力基础设施部署，推动用电需求提升。与此同时，在碳达峰碳中和指引下，电能通过生产绿色化和成本优势加速在工业、建筑、交通三大领域应用，替代散烧煤、燃油的能源消费方式，终端用能电气化水平将大幅提升。根据相关机构预测，到 2030 年我国电能占终端能源消费比重将达到 35%，到 2060 年比重将进一步提高到 70%以上。

以数字电网为核心枢纽带动能源生产和消费数字化。数字电网综合运用云大物移智链等新一代数字技术，以能源和数据为关键要素，以电力算力深度融合为技术路径，贯通源网荷储全环节，在发电侧增强新能源的“可观、可测、可控”能力，在需求侧有效聚合海量可调节资源，在电网侧搭建云边融合的调控体系，使电网具备超强感知能力、智能决策能力和快速执行能力，提升电网驾驭复杂系统的能力，支撑各种丰富的应用场景，比如新能源发电高精度预测和快速控制、电网运维广泛智能化、分布式能源智能调控、虚拟电厂、碳排放监测控制、综合能源服务等，统筹解决海量主体泛在、多维时空平衡、实时双向互动等难题，促进系统更加安全可靠、绿色高效运行。

氢能等新的二次能源系统将成为新型能源体系重要力量

氢能等新的二次能源作为能源领域的多面手，既是可再生能源规模化高效利用的重要载体，也是异质能源跨地域跨季节优化配置的联结纽带，将在能源供应安全、深度脱碳、能源互联互通中发挥重要作用。

氢能等新的二次能源是构建多元化能源供应体系的重要力量。我国能源资源呈现富煤、贫油、乏气、可再生能源丰富特征，油气对外依存度分别为 71.2%和 40.2%，供应安全及价格易受国际地缘政治等因素影响。氢能作为理想的二次清洁能源，未来将由高效低成本的可

再生能源制取为主、化石能源+二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）制取为辅。丰富的绿氢及其衍生物可替代部分油气需求，增强我国能源保供稳价能力。同时，在可再生能源富集地区部署电制氢装置，将有助于改善可再生能源出力特性、促进可再生能源消纳、提高电力系统运行安全。

氢能等新的二次能源在深度脱碳中将发挥重要作用。氢能具有零碳零污染、密度大、可储存等诸多优点，在重工业、交通运输、建筑供暖等脱碳难度大的行业发挥重要作用。在工业领域，氢能可以代替焦炭和天然气作为还原剂，消除炼铁、炼钢过程中的碳排放，也可作为化工原料，用于合成氨、甲醇、炼化、煤制油气等，生成绿色甲醇和绿氨，减少碳排放。在交通运输领域，氢能作为零碳高密度燃料将在长距离、高载重运输场景中替代重卡和客车用油，也可通过其衍生物替代来自化石能源的燃料油、航空煤油，满足海运、航空领域深度脱碳需求。在建筑领域，氢能有望通过分布式燃料电池热电联供方式满足部分清洁取暖需求。根据中国氢能联盟预计，到 2030 年我国氢能占终端能源的消费比重将达到 5%，到 2060 年比重将提高到 20%左右。

以氢能为桥梁纽带推动能源互联互通。氢能与电能具有很好的融合互补特性，电制氢装置、氢燃料电池等电氢转换设备响应速度快，可快速抑制新能源出力波动，氢储能还可满足新能源跨周、跨季等长周期调节需求，电氢融合可全面提升电力系统灵活调节能力，支撑新能源安全高效消纳。氢能与传统化石能源也具有较好兼容性，配套 CCUS 的煤制氢、天然气制氢设施可以制取清洁氢，氢气可在安全比例范围内添加到天然气管网，也可掺到燃气轮机中燃烧发电，在充分利用传统能源设施的同时降低二氧化碳排放。氢能作为零碳能源载体，可利用管道运输、长管拖车、液氢罐车等灵活多样的储运方式，助力大规模能源资源优化配置。

化石能源零碳化利用系统将在新型能源体系中持续发挥兜底保障作用

化石能源是我国统筹能源绿色低碳转型和供应安全的基础，通过创新应用清洁高效利用技术、CCUS 技术等，化石能源也能成为“零碳”能源，持续发挥作用。

化石能源在我国能源供应安全中仍发挥不可替代的作用。因此，要立足以煤为主的基本国情，推动煤炭和新能源优化组合。在新能源安全可靠替代之前，充分发挥煤炭的压舱石作用和煤电的基础性调节性作用，支撑能源保供和间歇性新能源消纳。新能源形成可靠替代之后，仍需发挥煤炭的战略资源储备和煤电的应急备用作用，守住能源安全底线。2022 年我国化石能源在一次能源中的消费比重为 82%，随着碳达峰碳中和目标的深入推进，化石能源消费比重将不断下降，预计到 2030 年化石能源消费比重将下降到 75%以下，到 2060 年

进一步降到 20%以下。

化石能源清洁高效利用是构建零碳化系统的重要支撑。建议推动提高煤炭用于清洁发电利用比例，开展煤电节能降碳改造、灵活性改造、供热改造“三改联动”，科学推动现役煤电机组延寿改造，视条件将计划关停的煤电转为应急备用电源，积极支持煤电实施掺烧生物质、碳捕集等技术改造。有序推进天然气高效利用，发展天然气热电冷联供，因地制宜建设天然气调峰电站，推动重要城市分散布局一批调峰保安气电，支持氢（氨）燃气轮机技术、燃气轮机机组大比例掺氢燃烧技术研发。2022 年，我国达到超低排放限值的煤电机组约 10.5 亿千瓦，占煤电总装机容量的比重约为 94%。

低碳零碳负碳技术的创新应用是构建零碳化系统的必然要求。CCUS 作为重要的碳减排技术，未来将在化石能源发电和工业过程中移除二氧化碳等方面发挥关键作用。根据国际能源署测算，全球若要在 2070 年实现碳中和，CCUS 将从化石能源碳排放中捕集 67 亿吨二氧化碳，贡献全球累计减排量的 15%。我国对 CCUS 技术也进行了诸多探索实践。2023 年 6 月，亚洲最大的燃煤电厂燃烧后碳捕集工程——国家能源集团泰州电厂 50 万吨/年 CCUS 示范工程投产，标志着我国大规模煤电 CCUS 技术日趋成熟，为后续开展更大规模的二氧化碳捕集利用奠定了坚实基础。

非化石能源综合利用系统是新型能源体系提质增效的重要途径

非化石能源综合利用是非化石能源发电利用的有益补充，可有效拓展非化石能源消纳途径和空间，推动非化石能源从单一的发电利用向综合利用转变，大幅提升能源利用效率，满足多样化的绿色用能需求。

可再生能源综合利用可开拓清洁能源消纳途径和空间。相比可再生能源发电，可再生能源清洁供热、可再生能源制氢、生物天然气、生物质液体燃料等非电领域目前发展相对较慢，产业规模较小。但可再生能源综合利用不存在风电、光伏发电因出力不稳定所带来的消纳难题，与依赖化石燃料燃烧的现有能源技术相比，具有较好的兼容性，可降低能源企业资产搁浅风险，同时也能作为化工行业的清洁原料替代化石原料等，发展前景广阔。根据《“十四五”可再生能源发展规划》，到 2025 年我国地热能供暖、生物质供热、生物质燃料、太阳能热利用等可再生能源非电利用规模将达到 6000 万吨标准煤以上。未来随着可再生能源制氢、生物天然气、纤维素乙醇、藻类生物燃料等可再生能源综合利用技术进步和规模化应用，可再生能源燃料和原材料将在工业、交通、建筑等领域碳减排过程中发挥更加重要的作用。

核能综合利用的应用场景多样、发展空间大。核能是我国清洁能源供应体系的重要一员，除传统发电之外，还可用于区域供暖、工业供热（冷）、核能制氢等多种应用场景。目前，

核能供暖和供汽是核能综合利用的最主要途径，国内已实现核能供暖面积 559 万平方米，有效替代燃煤取暖。供汽方面，我国正在有序推进江苏田湾核电厂工业供汽改造，项目建成后每年可为连云港石化基地节省 70 多万吨碳排放指标；核能制氢也具备广阔市场前景，核电站与氢能需求中心在空间分布上具有较好的匹配性，沿海核电制取的氢气可就近满足沿海地区工业、交通等领域脱碳需求。随着高温气冷堆、多用途小堆等新一代核能系统的建立，核能综合利用的安全性将得到更高保障，核能项目将从以往单一的供电向供暖、供汽、制氢、制冷等领域大规模发展，推动能源行业绿色低碳转型。

有效协同是能源安全稳定供应的必由之路

中国电力报 2023.9.19

随着可再生能源的大规模发展和运用，人类社会正经历以“低碳”为核心特征的能源变革。风电、光伏等可再生能源的快速发展将推动人类社会进入跨越式发展阶段。

合理煤电容量是实现低碳的基础

能源系统的减碳过程是通过能源供给和消费的电气化过程来完成的。随着电能替代不断推进，电能占终端能源消费的比重不断增加，能源系统同经济社会的耦合进一步加深，配置合理的燃煤发电容量以保证能源供给安全，成为构建安全高效、清洁低碳的能源体系的基础。

此前，欧洲国家曾在推进“低碳”过程中开展了轰轰烈烈的能源体系“去煤”运动。但受地缘政治影响，2022 年欧洲发生能源危机，电价一度涨至 1000 欧元/兆瓦时，严重影响了经济发展和社会稳定。反观我国，局部缺电等问题虽时有出现，但由于“大煤电”对能源安全的保障作用，避免了局部问题向危机乃至灾难的发展。

煤炭是世界能源供给体系中不可或缺的组成部分，包含煤炭在内的所有能源形式有效协同，是建立安全稳定能源供给的合理途径。重启煤电是欧洲各国对于激进能源政策的调整，其中的惨痛教训对我国能源规划有着重要的警示作用。从实际执行过程来看，重启煤电并未造成欧洲减碳的停滞或倒退，“低碳”同基于煤电的安全保障并非对立关系。要摒弃将化石能源同减碳对立起来的机械观点，按功能合理规划不同电源容量配置比例，促使煤电突破现有以基础负荷运行建立的求“稳”的技术体系的限制，最终实现由主体电源向调节型电源的转变。

煤电技术需要从“安全”“经济”“环保”等角度酝酿颠覆性技术突破。从“安全”来看，

煤电承担基础负荷的责任不断降低,长时间稳定运行的电力供给任务向短时灵活调节功能转变,此时煤电发电系统的可靠性要求将大大降低;从“经济”来看,运行的经济性指标发生根本性转变,保障电力系统的充分安全及备用条件下实现最低运行成本,将成为煤电技术发展的重点;从“环保”来看,电力电量降低是降低碳和污染物排放的主要手段,采用生物质等可再生燃料、煤炭深度利用的中间产物实现化石燃料的替代,将成为进一步实现低碳、环保的有效途径。

清洁电量替代是实现低碳的核心

从能源形势来看,我国水电开发已较为深入,核电等能源形式有待进一步开发利用,风电、光伏等新能源取之不尽、用之不竭,而煤炭是我国的优势资源,新能源将和煤炭共同支撑我国经济增长的安全稳定的电力电量供给。实现“低碳”的核心,在于配置能保证电力系统安全的煤电装机容量条件下,新能源对煤炭等化石能源电量的替代。

风电、光伏等新能源存在气候敏感性,充分利用新能源的电量,一方面需避免可再生能源电量浪费,另一方面要保证稳定的电力供给。建设互联电力通道,采用能量路由器等高效调度技术实现电力平衡,从而实现对新能源的最大化利用。通过主动配网、虚拟电厂等实现电力负荷侧的主动平衡,进一步优化电力平衡模式。合理配置不同形式的储能系统,在不同时间尺度实现电量供给和电力调节的补充。最后,在特殊或极端工况下由燃煤发电为系统提供电量保障和电力调节,兜底能源供给安全。

构建市场机制是实现低碳的关键

随着系统复杂程度的不断增加,以及相关技术的低成熟度,行政干预成为新型能源体系建立初期的常规手段。而过度行政干预往往导致效率降低、成本增加和技术风险增大,部分省份出现的能源供应需求脱节等情况已对当地的经济发展造成影响。应建立有效的市场机制,通过合理的价格形成有效的引导,其中,需重点考虑两个问题:

一是受风电、光伏等可再生能源的电量生产特性影响,新型能源体系应配置最大用电负荷数倍的发电容量。有研究预计,需要配置的发电容量将达到最高用电负荷的3~4倍,其中新能源占据电力装机的主要份额。新能源的电量波动和极低的电量边际成本,将推动电力供求关系和整体生产成本呈现实时动态的大幅变化。

二是电力功能需求出现变化,风电、光伏等新能源在实现电量供给的同时难以为系统带来支撑调节能力,新型能源系统中电力电量供给同系统安全保障及调节备用功能形成事实上的隔离。随着新能源装机的不断增加,系统对安全保障及调节备用需求还将进一步提高。

除上述两点因素外,还需考虑煤电运行模式改变以及潜在的适应新型电力系统的煤电技

术突破所带来的成本变化，电力价格的复杂性还会进一步提升。推动煤电与新能源联营，将大大降低构建有效电力市场机制的复杂性。

随着电气化进程的深入，能源的供应渠道将更加集中于电力系统，电力系统同人类社会经济发展形成更加紧密的耦合关系。在信息化智慧化的大背景下，不同层级不同规模的信息系统的信息流动同电力系统的能量流动相互耦合协同，构建巨型的社会物理信息系统，推动社会经济快速发展和社会经济结构优化，最终建立新型“低碳”社会。

当前能源转型需要“双轮驱动”

中国电力报 2023.9.19

落实绿色低碳发展目标，能源行业是主战场。在这个主战场上，传统能源是过去和现在的“压舱石”，非化石能源则是未来的发展方向。能源行业绿色低碳转型，注定需要统筹好安全与发展，衔接好传统与未来，只有同时发展好非化石能源和传统能源，协调处理好二者之间的关系，做到双轮驱动，建设生态文明才能步履更加坚定、步伐更可持续。

源低碳转型势头渐强

来自国家能源局三季度例行新闻发布会上的消息显示，截至今年6月末，全国可再生能源发电装机容量达到13.22亿千瓦，同比增长18.2%，历史性地超过煤电，约占我国发电总装机容量的48.8%。

“‘富煤缺油少气’这六个字，已经不能准确描述我国的能源资源禀赋了。”中国工程院院士、中国工程院原副院长杜祥琬认为，在我国，业界一谈论能源资源禀赋，首先想到的是煤炭、石油、天然气等传统能源和化石能源，而忽略了可再生能源丰富这个事实——目前，我国水电、风电、光伏、生物质发电等可再生能源发电装机规模稳居世界第一。

新能源发展的突飞猛进，从投资角度即可见一斑。以今年上半年为例，全国新能源完成投资占比接近全部能源投资的四成。

投资的增长，在促进可再生能源装机容量迅速攀升的同时，也助推可再生能源发电量迎来大幅增长。今年上半年，全国可再生能源发电量达到1.34万亿千瓦时，其中，风电光伏发电量达到7291亿千瓦时，同比增长23.5%。

杜祥琬表示，可再生能源资源丰富才是我国真正的能源资源禀赋，这也为我国顺利实现能源绿色低碳转型奠定了坚实基础。

“碳达峰碳中和的核心还是实现能源转型。”生态环境部应对气候变化司司长李高坦率地讲，我国风电光伏发展能取得今天这样的成绩，这在十年前是难以预想得到的。

进入新时代，我国能源绿色发展驶入快车道，表现为非化石能源供给力度不断加大，传统能源产业绿色低碳转型发展持续提速，基本形成了煤、油、气、电、核、新能源和可再生能源多元供应，以及传统化石能源与非化石能源双轮驱动的绿色低碳发展体系。

非化石能源突飞猛进

积极发展非化石能源，逐渐实现对化石能源的替代，是构建现代能源体系的根本途径。根据《“十四五”现代能源体系发展规划》，到2025年，非化石能源消费比重提高到20%左右，非化石能源发电量比重达到39%左右；展望2035年，非化石能源消费比重在2030年达到25%的基础上进一步大幅提高，可再生能源发电成为主体电源。所以，能源绿色低碳转型的核心要义就是在保证能源供应安全的前提下持续加大非化石能源供给。

大力发展非化石能源，我国坚持集中式和分布式并举的原则，立足能源资源与负荷呈逆向分布的特点，在西部和海上规划开发一大批可再生能源基地，在东中部负荷中心区积极发展分布式可再生能源。

杜祥琬认为，与能源的集中式、分布式发展相对应，在可再生能源占比逐渐提高的新型电力系统建设过程中，我国的东部负荷中心要努力提高能源自给率，首先要立足于“身边取”，其次才能依靠“远方来”作为补充。他表示，根据有关专家的测算，东部地区自发电比“西电东送”的成本更低。

在规划带动和绿色低碳转型发展理念驱动下，全国各地新能源投资快速增长，甘肃、新疆、山西、湖北、云南、广东等地集中式光伏项目建设提速，所完成投资额均超过100亿元。而山东、河南、浙江等地则加大分布式光伏布局建设力度，均完成投资超过120亿元。内蒙古、甘肃持续推进大型风电光伏基地项目建设，集中式风电投资增势不减，山东、广东海上风电项目集中开工建设。此外，湖北、安徽、江西等地一批生物质发电项目加快形成有效投资。

我国发展非化石能源也并不仅仅局限于风电和光伏，而是呈现多元并进态势。截至7月底，全国水电装机容量累计达到4.18亿千瓦，其中常规水电3.69亿千瓦、抽水蓄能0.49亿千瓦。全国核电装机容量累计实现0.57亿千瓦。截至6月底，全国生物质发电装机累计达到0.43亿千瓦。上半年，生物质发电量达到984亿千瓦时，同比增长10.1%。

非化石能源多元发展以及新型能源体系的加速构建，让全国能源新业态投资也呈现不断扩大之势，综合能源、新型储能、充电基础设施投资持续加大。来自国家能源局的消息显示，

青海、新疆、内蒙古源网荷储一体化和多能互补投资持续释放，浙江综合智慧能源快速发展，湖南、新疆、甘肃、重庆等一批系统独立型和新能源配套新型储能项目建成投产，广西、广东、云南、河南等地充电桩建设加快推进。

传统化石能源向绿而行

在能源绿色低碳转型道路上，实现可再生能源对于传统能源的替代尚需要一定的时间和渐进的过程。在未来一段时间内，传统能源仍然发挥着安全保供“压舱石”的作用，待非化石能源体系“立”之前，传统化石能源体系绝不能“破”，还需要传统能源挑起“大梁”。

利用“天空地”一体化生态系统对矿山开发利用和生态修复进行智慧化监管，利用封闭运输走廊输送煤炭，利用回填技术实施矿山生态修复和绿化……近年来，绿色煤矿、智慧矿山、花园式矿区等词汇不时见诸各类媒体的报道之中。

如今，走进煤炭开采现场，目光所及之处再无漫天的煤灰和蔽日的粉尘，代之以满目青翠和鸟语花香，传统能源绿色低碳转型步伐之迅捷、效果之明显令人赞叹。

近些年来，煤炭绿色开采、煤矿智能化建设和发展矿山循环经济，越来越被各家煤矿企业所推崇。内蒙古能源榆树井煤矿共计投资 1800 余万元，绿化矿区 93.24 公顷，种植各类苗木 18 万余株，实现矿区绿化覆盖率 80%以上，染绿茫茫毛乌素沙漠的同时，更造福了当地牧民百姓。国能准能黑岱沟露天煤矿采用高台阶抛掷爆破与吊斗铲倒堆工艺，每年可节约 2 万多吨标准煤，减少运输剥离物超过 1500 万立方米，资源回收率长期保持在 98%以上。贵州金元林华煤矿对洗煤排出的污水进行处理后，将与污水混合的煤粉压成煤泥销往周边电厂，“废水”则通过循环泵再次进入洗煤机重新使用，不仅化解了环境污染风险，还增加了企业经营效益。

以占比不到五成的装机容量，生产了大约六成的电量，支撑了超过七成的高峰负荷需求，当前煤电的“顶梁柱”作用仍不可撼动。进入新时代，尽管非化石能源发电已经取得长足发展，但依然无法取代煤电对于经济社会发展所发挥的支撑性作用。

然而，受资源和环境约束以及“双碳”目标驱动，如何在发挥煤电基础作用的同时，切实将其对环境和气候的影响降到最低呢？毫无疑问，对煤电机组实施节能降碳改造、灵活性改造、供热改造（三改联动）势在必行。

根据《全国煤电机组改造升级实施方案》，“十四五”期间，需要完成煤电机组节能降碳改造 3.5 亿千瓦、灵活性改造 2 亿千瓦、供热改造 5000 万千瓦的目标。

来自国家能源局的数据显示，截至 2021 年底，我国实现超低排放的煤电机组超过 10 亿千瓦、节能改造规模接近 9 亿千瓦、灵活性改造规模超过 1 亿千瓦。截至 2022 年底，全国

达到超低排放限值的煤电机组约为 10.5 亿千瓦，占煤电总装机容量的比重约为 94%。“十四五”以来，火电大省山东累计完成煤电机组“三改联动”86 台次、4230.5 万千瓦；截至目前，山西累计完成煤电机组“三改联动”4792.5 万千瓦。

多种能源协同进入日程

推动传统能源与非化石能源协同开发，也同样成为推动能源绿色转型升级的重要途径。3 月 22 日，国家能源局印发的《加快油气勘探开发与新能源融合发展行动方案（2023—2025 年）》提及，大力推广生态修复类新能源产能配套项目，支持在石漠化、荒漠化土地等油气矿区开展具有生态环境保护和修复效益的新能源项目。

此后，各地也积极推动相关工作。5 月 15 日，新疆发展改革委、新疆能源监管办、国网新疆电力有限公司联合发布《关于加快推进新能源及关联产业协同发展的通知》，鼓励驻疆油气开采企业以新能源电力替代油气资源勘探、开发、加工及储备等环节的化石能源消耗量，支持油气行业用能清洁低碳转型。

对外经济贸易大学原党委书记、中国国际碳中和经济研究院院长蒋庆哲认为，油气与新能源具有天然互补性，可以融合发展。油气企业开发利用新能源具有得天独厚的优势，不仅拥有丰富的勘探、开发、生产和运营技术经验与专业知识，还拥有完备的基础设施网络。油气企业要注重石油和天然气业务与新能源的耦合发展，实现产业间协同互促和资源高效综合利用。

立足我国基本国情和资源禀赋，推动新时代新征程能源行业绿色低碳转型发展，必须要协调好传统能源与非化石能源的发展节奏，传统化石能源在稳定供应中谋求“发展之绿”，非化石能源要在绿色低碳中助力“保供之稳”，这才是推动实现能源高质量发展的历史抉择。

综合能源利用：要开源更要节流

中国电力报 2023.9.20

“双碳”目标下，构建新型电力系统是建设新型能源体系的关键内容和重要载体。然而，新型电力系统建设无法孤立完成。

“高比例新能源接入的新型电力系统，由于新能源的间歇性、随机性、波动性特点，对电网稳定运行提出巨大挑战。因此，建设新型电力系统，应积极推进电力源网荷储一体化和多能互补发展。”国家电网有限公司副总工程师兼营销部主任李明表示。

多环节协同发挥各主体作用

“为推动构建新型能源体系，电力系统必须主动实现转变。”南方电网能源发展研究院新能源研究所所长助理蒙文川认为，一是电力系统数字化和智能化协同转型。新型能源体系由原来单一供电转向双向互动，对电力系统数字化和智能化提出更高要求。二是风光储一体化和电网建设迈入新阶段。电力系统将更加完善，电网调控能力逐步提升。三是进一步完善电力系统产业布局。伴随电力系统建设，区域电网联系更加密切，远距离、超大容量传输将成为常态，局部电网也逐步向智能化和数字化升级。四是健全新型电力系统的电力市场。新型电力系统实现双向互动，市场主导作用越来越明显，需建立健全统一电力市场，以价格为导向，完善电价，加快需求侧响应。

适时推动综合能源利用发展，减少对传统化石能源的依赖，成为确保新型电力系统安全、高效、低碳运行的优质解决方案。

梳理发现，2016~2022年，国家多份规划中早已清晰明确了综合能源利用的整体布局。

2016年12月，《能源发展“十三五”规划》提出，要实施多能互补集成优化工程。加强终端供能系统统筹规划和一体化建设。2022年3月，《“十四五”现代能源体系规划》进一步提出，要实施智慧能源示范工程。以多能互补的清洁能源基地、源网荷储一体化项目、综合能源服务、智能微网、虚拟电厂等新模式新业态为依托，开展智能调度、能效管理、负荷智能调控等智慧能源系统技术示范。

“源网荷储一体化可实现低碳能源、通信、电网调控等技术高度融合，并满足高比例新能源接入和用户多元化需求。解决电力系统过往‘源随荷动’弊端，转为‘源荷互动’，对能源进行精准调控。通过资源整合，既可提升能源的利用率，也能给国家带来可观的经济收益。”蒙文川表示。

蒙文川说，通过鼓励源网荷储一体化和多能互补发展，还可以刺激市场、技术等多方面加速发展。

中国电力技术市场协会综合智慧能源专委会会长赵风云表示，近年来，新能源成本的降低，平抑了部分新能源波动性造成的消纳成本，消纳方式更加多元。同时，电源发展呈现集中式与分布式并举态势，市场参与主体更加多元。因此，需要电力与其他能源品种耦合、与当地经济社会需求耦合，并拓展更加丰富的应用场景，从而形成多能互补、多环节协同。

谈及如何进一步推动综合能源利用，赵风云指出：“应明确对新型电力系统的认知，推动全社会达成共识，才能发挥各主体作用。”

“应从以电为平台的综合能源产业发展角度进行思考，综合能源系统应追求最高利用效

率，包括直接和间接利用。直接利用虽然效率高，但应用场景有限。间接利用，是以电为枢纽的综合能源转换平台。”国网河北省电力有限公司科技部主任杨鹏表示，通过综合能源利用场景与产业场景实践，工作人员可实现远程抄表、移动支付和远程费控，提高劳动生产率。

“综合能源利用是追求能源利用效率系统最优的新业态。我国综合能源建设有诸多具体实践，需要总结经验，以需求为导向，在不同应用场景中实现多能互补、行业融合。”自然资源保护协会清洁电力高级顾问王万兴也表达了类似的观点。

消费侧发力提高系统综合效率

“构建新型电力系统，应在能源消费侧大力发展综合能源服务，开发利用分布式可再生能源，推进工业余能的综合利用，同时加强电力负荷精细化管理，特别是空调负荷的调控，实现削峰填谷，促进电力负荷与电网互动。”李明指出。

开源更要节流。综合能源利用不仅要做好多能互补开发利用，还要提高能源系统综合效率，实现能源节能增效。

了解到，目前全国应用最为广泛的是分布式光伏发电系统，其中最为常见的方式是在城市建筑物屋顶安装光伏发电系统。此外，在农业种植、渔业养殖领域，部分地区也因地制宜建设运营了大批“光伏+农业/渔业”项目。

综合能源利用项目以其范围广、应用深，具备一定优势。南方电网能源发展研究院新能源研究所研究员李惠文说，综合能源利用项目集合供电、供水、供气等为一体，根据各方用能情况，可实现能源转移或使用，将能源利用率提到最高、效率增至最优。同时，综合能源利用项目可整合各方资源，企业可根据自身情况，结合经济、环境等进行重组，并拓展节能、规划、运维等增值业务，实现差异化用能。

在多能互补开发利用之外，大力实施电力负荷精细化管理，提高电源利用率和电网负荷率，成为能源节约的重要组成部分。

“电力是能源开发利用最重要的方式。为了进行电力节能，需要对电力负荷进行精细化管理，一方面要合理错峰填谷，实现用电经济性；另一方面要通过精细化管理，查找存在的问题和短板，不断改进和挖潜增效。”蒙文川认为。

综合来看，需求侧管理是在政府法规和政策的支持下，采取有效的激励和引导措施以及适宜的运作方式，通过发电、供电及用户等各方共同努力，提高终端用电效率，改变用电方式，在满足相同用电功能的同时减少电量消耗和电力需求，实现节约能源和保护环境。

“目前需求侧管理主要集中在电力和电量的改变上，一方面采取措施降低电网峰荷时段的电力需求或增加电网低谷时段的电力需求，以较少的新增装机容量达到系统电力供需平衡。

另一方面，采取措施节省或增加电力系统发电量，在满足同样的能源服务的同时节约社会总资源的耗费。”蒙文川进一步解释。

了解到，电网企业需求侧管理主要聚焦于提高效能、负荷管理、能源替代及余能回收等方面。在提高效能方面，电网企业通过一系列措施鼓励用户使用高效用电设备替代低效用电设备及改变不良用电习惯，在获得同样用电效果的情况下减少电量需求和电量消耗。在负荷管理方面，电网企业通过技术和经济措施激励用户调整其负荷曲线形状，有效降低电力峰荷需求或增加电力低谷需求，提高电力系统的负荷率，从而提高供电企业的生产效益和供电可靠性。在能源替代及余能回收方面，电网企业引导用户通过余能回收来发电，减少从电力系统取用电力和电量。

在电力负荷的精细化管理方面，目前南方电网公司已上线新型电力负荷管理系统，打造百万千瓦级电力负荷“资源池”，通过该负荷管理系统可实现更加科学、精准和快速的负荷调控，有效提升负荷精益化管理水平，为确保民生和重点用电需求及新型电力系统下风、光、储等大规模新能源接入与消纳提供了重要支撑。

加快探索新能源安全可靠替代

经济日报 2023.9.24

近日，电力规划设计总院发布《中国电力发展报告 2023》显示，2022 年，我国电力需求稳步增长，全社会用电量达到 8.6 万亿千瓦时，同比增长 3.6%，用电结构持续优化，保持由二产用电向三产、居民生活用电转移趋势。未来 3 年，全国电力需求仍将保持刚性增长，预计 2025 年全社会用电量将达到 9.8 万亿至 10.2 万亿千瓦时。

电力需求增长的同时，我国电力供应保障能力进一步增强。报告显示，截至 2022 年底，全国发电装机总容量达到 25.6 亿千瓦，同比增长 7.8%；全国发电量 8.7 万亿千瓦时，同比增长 3.6%；“西电东送”规模约 3.0 亿千瓦时，同比增长 4.2%。电力绿色低碳转型步伐加快。2022 年新增非化石能源发电装机容量约 1.5 亿千瓦，占总新增装机容量的 83.0%；新增非化石能源发电量约 2500 亿千瓦时，占总新增发电量的 84.0%。

电力系统灵活性持续改善。电力规划设计总院电力发展研究院副院长刘强表示，“十四五”时期的前两年，煤电“三改联动”改造规模合计超过 4.85 亿千瓦，完成规划目标的 81%。截至 2022 年底，抽水蓄能装机容量达 4579 万千瓦，新型储能累计规模约 870 万千瓦。

新能源消纳问题持续好转，全国风电、光伏利用率达到 96.8%、98.3%。未来 3 年，围绕新型电力系统建设，需要统筹优化布局常规水电、抽水蓄能、风电、太阳能发电、核电和煤电等各类电源。

“加快规划建设新型能源体系是当前能源行业的首要任务。”电力规划设计总院清洁能源研究院副院长饶建业表示，在新型能源体系中，电力系统处于中心位置，紧密连接一次能源和二次能源，能够实现多种能源间的灵活高效转换，是供给侧和消费侧的中心枢纽。未来，加快建设清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力系统，将是我国构建新型能源体系的重中之重。

报告预计，2024 年至 2025 年，全国电力供应保障压力仍然较大。极端气候显著推高电力负荷，结合当前电源、电网工程投产进度，预计 2024 年电力供需紧张地区为 14 个。

面对电力需求的刚性增长和构建新型电力系统的需要，刘强认为，新能源安全可靠替代水平亟待提升。当前，新能源大规模发展但实际运行中提供的可靠容量不超过 5%，且大多不能提供转动惯量，尚未形成可靠替代。为实现电量替代+容量替代+安全稳定替代的可靠替代要求，还需积极应用“传统技术+新型技术（风光功率预测技术、一体化控制技术、新型储能、负荷控制技术）”探索多种实现模式。

另外，全国统一电力市场体系作用不容忽视。刘强说，在新型电力系统运行特性变革、新能源高速发展、多元矛盾亟待协调、电力安全保供以及多市场有效衔接等发展需要的情况下，全国统一电力市场体系建设面临新的形势，建设全国统一电力市场体系意义重大。

电力规划设计总院副院长刘世宇表示，行业与行业之间的融合会激发更大的集成创新，激活产业的发展潜力，例如柔性直流微网、热电冷氢多能变换、智慧一体化调控等集成应用的技术创新，也将带动各个传统行业在终端用能领域的产业链优化升级。

近十年能源消费革命成就耀眼

中国能源报 2023.9.25

2014 年 6 月习近平总书记在中央财经领导小组第六次会议上提出，面对能源供需格局新变化国际能源发展新趋势,保障国家能源安全,必须推动能源生产和消费革命。为此,我国政府积极制定和推动落实能源生产和消费革命战略。

近日，在北京召开的 2023 全球能源转型高层论坛上，由国务院发展研究中心资源与环

境政策研究所编著的《中国能源革命进展报告能源消费革命(2023)》(以下简称《报告》)正式对外发布。《报告》对过去十年我国能源消费革命的实践探索及取得的进展进行梳理和总结,并立足新发展阶段,分析我国能源消费“清洁化、低碳化、分散化数字化”的转型发展路径及前景。

《报告》指出近十年来中国推进能源消费方式变革取得积极进展。能源消费增长势头明显放缓,呈现效率提升品质升级清洁低碳安全可靠的特征为力争 2030 年前实现碳达峰 2035 年基本实现社会主义现代化和美丽中国目标奠定了坚实基础。

清洁低碳高效水平得到提升

2014 年提出的能源消费革命其核心聚焦于节约优先。此后,能源消费革命的内涵不断丰富。

2016 年国家发改委国家能源局发布《能源生产和消费革命战略(2016-2030)》将能源消费革命的内涵明确为五个方面包括完善能源消费总量和强度双控制度控制能源消费总量;推动产业结构调整与能源结构优化,实现能源消费升级;坚持节能优先,健全节能标准和计量体系,全面提高能源利用效率;结合新型城镇化、农业现代化建设,同步推进电气化和信息化建设;充分调动人民群众的积极性、主动性和创造性,大力倡导合理用能的生活方式和消费模式。

2021 年中共中央国务院发布《关于完善准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》。进一步明确把节能贯穿于经济社会发展全过程和各领域。

《报告》显示近十年来,中国扎实推进能源消费向绿色低碳转变清洁低碳高效水平得到提升其一能源消费总量得到合理控制。2022 年中国能源消费总量 541 亿吨标准煤比 2012 年增加 13.9 亿吨标准煤年均增速 3.0%支撑了年均 6.2%的经济增长。2022 年全国单位 GDP 二氧化碳排放量比 2012 年下降 40.1%。其二能源消费结构逐渐优化。2022 年煤炭石油天然气非化石能源在一次能源中占比分别为 56.2%17.9%8.4%17.5%其中煤炭占比相较 2012 年下降 123 个百分点石油天然气、非化石能源占比分别提升 0.93.67.8 个百分点。全社会用电量中,清洁能源电力占比约 30%,比 2012 年增长 8.8 个百分点。其三能源利用效率稳步提升。2022 年中国单位 GDP 能耗已降至 0447 吨标准煤/万元比 2012 年下降 40%。

深入推进重点领域节能提效

能源消费革命取得的成绩背后,是近年来在各重点领域有效措施的推动。

近十年,我国有序实施燃煤电厂超低排放和节能改造,已建成全球最大的清洁煤电供应体系,燃煤发电机组大气污染物的超低排放标准高于世界主要发达国家和地区。《报告》显示,截至 2021 年,这到超低排放限值的煤电机组约 10.3 亿千瓦,占全国煤电总装机容量的 93%。

2022年全国火电机组平均供电标准煤耗301.5克/千瓦时,比2012年下降7.1%。

在石油化工领域,通过推动产业技术革新、实施燃料清洁化和原料替代、调整优化产业布局 and 结构、能效“领跑者”行动等一系列措施,有效降低行业能耗强度,综合能效不断改善。根据《报告》,近十年化工产品能效水平得到不同程度提高,轮胎、黄磷、纯碱、甲醇、电石、烧碱、原油加工行业能效水平分别提升超40%、18%、15%、13%、10%、8%和6%。

另外,炼钢、焦炭、电解铝、水泥、平板玻璃等重点高耗能产业淘汰落后产能和化解过剩产能工作扎实推进。能源回收利用水平进一步提高,余热、余压及放散气等能量回收利用取得一定成效。重点统计的钢铁企业吨钢综合能耗相较于2012年下降8.5%。

值得注意的是,多年来,中央一号文件一直高度重视农村电网改造升级农村非化石能源发展及北方地区农村散煤治理,支持农村用能结构不断优化。在相关政策推动下,“三农”能源消费转型升级,用能逐步走向多元、清洁、高效。《报告》显示,随着农村经济持续较快发展,农村能源消费总量从2012年的2.94亿吨标准煤增至2019年的3.65亿准煤。其中终端化石能源消费量、消费占比分别从2012年的15亿吨标准煤50.9%降至2019年的1.48亿吨标准煤、40.7%。沼气、太阳能、秸秆固体燃料的消费量总和稳定在3.5亿吨标准煤以上,消费占比自2015年以来基本保持在9%左右。

此外,在交通和建筑用能方面,绿色转型也深入推进,清洁化、高效化水平不断提升。

瞄准绿色低碳方向持续发力

展望未来十年,《报告》指出,中国发展进入战略机遇和风险挑战并存不确定难预料因素增多的时期,能源领域改革发展面临的技术挑战、安全风险等不少深层次矛盾躲不开、绕不过。

“中国能源消费体量大、品种多,‘富煤缺油少气’的化石能源资源禀赋使中国形成了长期以煤为主的能源体系未来如何协调好控制煤炭消费和保障能源安全的关系仍是艰巨挑战;能源利用效率整体不高、浪费问题仍较突出,能源加工转换效率较低、用能损失较大,高耗能产品综合能耗仍明显高于世界先进水平,居民生活与服务领域能源浪费现象普遍存在;创新能力不足仍是能源绿色低碳转型的主要短板,能源发展转型两难多难问题叠加演变。《报告》指出。

面对当前的挑战,未来十年我国又该如何进一步深入推进能源消费革命?

《报告》明确,节约优先、消费升级和低碳转型始终是能源消费革命的主攻方向。应加快推动产业结构、能源结构、交通运输结构调整优化,实施全面节约战略,推进各类能源资源合理高效利用,推动节约集约、绿色低碳发展;协同推进降碳、减污扩绿、增长,加速构建余

热、余冷、余压等能源的回收循环利用体系,推进工业、建筑、交通等领域绿色转型。

《报告》指出,未来十年,随着能源革命持续深入推进,能源消费增速有望逐步放缓,2030年单位 GDP 能耗强度有望比 2005 年下降 55%-60%。“新业态新模式有望蓬勃发展,数字化低碳化赋能节能减排,工业用能高效发展将走实走深;绿色用能方式赋能现代农业绿色要素有力支撑乡村振兴;交通用能清洁低碳加速发展,用能方式二元结构逐渐形成建筑绿色发展持续全面推进,建筑用能清洁低碳全域普及。绿色低碳消费理念也将深人民心,数字智能拓展节约用能空间。”

推动中阿能源合作高质量发展

中国电力报 2023.9.27

9月19日,第七届中阿能源合作大会在海南省海口市拉开帷幕。大会以“秉承高质量高标准可持续开创中阿能源合作黄金期”为主题,围绕落实首届中阿峰会和中海峰会成果,共同探讨中阿能源合作前景。

“阿拉伯国家与中国在能源领域的合作,具有广阔的前景和宝贵的机遇!”“东盟成员国可再生能源发展条件优越、发展潜力巨大。”与会中外嘉宾在大会上的精彩致辞,见证了中阿能源合作不断走向务实和深化的坚实脚步,道出对进一步深化中阿能源合作的良好期盼,也让大会的氛围愈加热烈。

中阿能源合作规模持续扩大

去年12月,首届中国—阿拉伯国家峰会成功召开,中阿领导人一致同意全力构建面向新时代的中阿命运共同体,中阿关系迈上新的台阶。

中国国家能源局局长章建华致辞指出,能源合作是中国和阿拉伯国家务实合作的重要领域,是中国同阿拉伯国家战略伙伴关系的核心内容。中阿能源资源禀赋与产业优势互补性强,合作基础良好。中阿能源企业在油气、太阳能、风能、核电、氢能等领域的合作取得长足发展,合作规模持续扩大,合作水平不断提升。

中国外交部中阿合作论坛事务大使李琛在致辞中指出,阿拉伯国家是中国最重要的能源供给方,双方以原油、石化为主轴的传统能源合作深入发展,形成了覆盖油气勘探、开采、炼化、储运全方位的产业合作。积极拓展太阳能、风能、水电等领域合作,实施一大批合作项目,带动中阿新能源领域合作不断迈上新台阶。“能源+合作”模式深入推进,推动双方

基础设施、交通物流、产业园区等各领域合作提质升级，务实合作成果丰硕。

在大会开幕式上，中国石油集团经济技术研究院执行董事余国发布的《中阿能源合作回顾与展望》报告，全面回顾和梳理了中阿能源合作的历程和成果。

报告指出，中国已成为东盟第一大贸易伙伴国，油气合作是中阿能源合作的“基本盘”，继续巩固油气合作意义重大。2022年中阿贸易额达4301亿美元，其中以油气为主的能源贸易占双边贸易总额的49.35%。

报告提出，构建能源立体合作新格局，从传统能源为主向“油气+新能源”并重迈进，从贸易投资为主向“贸易投资+市场协同”的供应链产业链合作迈进，从能源产业合作为主向“产业+金融合作”并重迈进，从能源经济合作为主向“能源经济+智力”并重的一体化合作迈进。

加快构建能源立体合作新格局

能源合作犹如一座虹桥，横跨亚洲大陆，让中阿在携手共进中擘画出未来合作的方略与蓝图。

章建华表示，中方将加快构建能源立体合作新格局，继续深化传统能源合作，拓展清洁能源合作，加强能源政策对接，完善能源合作机制，强化命运与共理念，维护全球能源安全。

埃及电力和可再生能源部副部长奥萨马·阿里·阿斯兰致辞时指出，阿拉伯国家地理位置优越、自然资源丰富，中国拥有能源开发经验与先进技术，双方致力密切和深化中阿双方合作关系，持续推进能源合作与协调，促进能源利用向清洁化和提高能源效率方向转型。当前，中国和广大阿拉伯国家面临着诸多相似的历史性机遇与挑战，需要双方更加重视培育历史性友谊，深化战略性合作，携手构建中阿共同未来迈进新的黄金期。

中国石油天然气集团有限公司总经理助理张华林在发言中指出，2022年中国石油在阿拉伯国家投资的油气项目权益产量超5200万吨油当量，占该公司海外权益总产量的一半以上。中国石油将从加强传统能源与新能源协同发展，深化能源科技、金融、智库等方面交流入手，加强合作，为开创中阿能源合作的美好未来作出新贡献。

国家电力投资集团有限公司副总经理陈海斌表示，国家电投将依托所属12个产业创新中心和25个集团级技术中心的1.6万余名科技研发人员以及下属多家设计咨询和工程承包单位，为阿方提供行业领先的清洁能源产品、技术和项目解决方案，并充分发挥规划咨询、勘察设计、投资建设、工程服务、运营维护等全产业链优势，积极参与中阿清洁能源合作中心、培训中心的建设，全面推进太阳能、风能、氢能、储能等领域的项目投资、技术创新、标准制定以及产业链协同合作，与合作伙伴一道为应对全球气候变化、促进绿色低碳转型、

维护能源安全作出贡献。

相知无远近，万里尚为邻。本次大会上的真诚交流与深入沟通，拉近了中阿时空的距离，让夏末秋初的海口，澎湃起能源合作的汹涌潮流与绿色发展的不竭力量。

在“一带一路”能源合作伙伴关系框架下，中国也将与阿拉伯国家进一步深化能源合作，推动构建面向新时代的中阿命运共同体，开创中阿关系更加辉煌灿烂的明天。

二、热能、储能、动力工程

水泥电池或改变世界能源结局

参考消息 2023.9.6

几十年来，人类一直在地球上寻找稀土来制造电池，为我们的可再生电力和电动汽车之梦提供动力。近年来，镧系元素、钪和铪等金属一直是地缘政治活动的真正主角。但最近，一项令人着迷的新发现可能彻底改变世界能源格局。这一新发现是一种超级电容器，换句话说，就是一种电池。它由水泥、炭黑和水制成，这三种原料很常见。

最新一期的美国《国家科学院学报》周刊详细介绍了这一前景广阔的装置是如何工作的。参与这项研究的研究人员阿德米尔·马希奇表示：“当你把这些材料以特定方式结合在一起时，你就得到了一种导电纳米复合材料：这就是事情变得真正有趣的时候。”

电容器是非常简单的装置。它们由浸入电解质中的两块导电板组成，中间由薄膜隔开。在电容器上施加电压时，电解质中带正电的离子积聚在带负电的板上，带负电的离子则积聚在带正电的板上。由于带电离子无法穿越薄膜，被分开的带电离子会形成电场，导致电容器充电。两块板可以长时间积聚电荷，然后在需要时快速释放。电容器可以存储的电量取决于导电板的表面积。

美国麻省理工学院开发的上述新型超级电容器的关键不仅在于使用的材料，还在于技术人员将高导电性炭黑混入混凝土混合物(水泥粉末加水)中，然后静置。当水与水泥发生作用时，水在相应结构中自然而然地形成了一个树枝状网络，碳则迁移到这些空间中，在硬化的水泥中形成线状结构。这些线状结构具有类似分形的结构：较大的分支会生出较小的分支，较小的分支则会生出更小的分支，以此类推，最终在体积相对较小的有限空间内形成非常大的表面积。然后，他们将这种材料浸入常规电解质(例如氯化钾)中，其结果是，由这种材料制成的两块电极在被绝缘层隔开，形成了一种超级电容器。

马希奇说：“随着混合物的固化，水泥中的水化反应系统地消耗了水分，而这种水化反应主要影响碳纳米颗粒，因为它们具有疏水性。炭黑则会形成一条导电线。”最重要的是，只需使用在地球上任何地方都能获得的这些廉价材料，就能轻易复制这一过程。

能源储存问题是可再生能源的致命弱点。太阳能电池板能在阳光普照时发电，但在人们急需点亮灯泡时却不能发电。因此，人们对电池和大型储能装置情有独钟。麻省理工学院研究人员提出的这一解决方案并非“万灵药”，但它可以填补居民家庭用电方面的缺口。2022年，居民家庭用电量约占西班牙全国总用电量的 25%。随着越来越多的电动汽车被纳入电网，这一数字未来无疑还会增长。

水泥因其生产过程会产生二氧化碳，通常被视为应对气候变化努力的“敌人”，但它有望在应对气候变化的斗争中发挥积极作用，可能有助于减少家庭照明和空调系统对化石燃料的需求。

麻省理工学院的研究人员表示，他们的超级电容器未来可以安装在房屋或风力涡轮机的混凝土地基中，以方便储能。

百亿级新型储能电池项目在珠海开建

南方日报 2023.9.7

珠海金湾区，埃克森新能源(珠海)储能电池项目正在忙碌建设中。“该项目计划投资 100 亿元，规划产能 18 千兆瓦时，预计最快一年内建成投产，投产后年工业总产值将达 144 亿元。”深圳埃克森新能源科技有限公司（下称“埃克森卓越储能”）联合创始人、总裁尤军充满期待。

“全球各国的能源绿色转型正在驱动储能产业快速发展，中国的储能电池产业发展引领全球。我们将在珠海布局用于电网侧、电源侧独立储能的方形电芯，以及用于户用储能的圆柱电芯两种产品，希望推动更多‘广东造’储能产品走向海外。”尤军说。

加大研发投入提升产品竞争力

“自 2021 年以来，家庭储能市场进入加速发展期，预计到 2025 年，全球家庭储能市场将达到 90 千兆瓦时，年均增长超 82%。我们认为家电化和高压化是家庭储能产品的重要趋势。”深圳埃克森新能源科技有限公司销售副总裁张朝粤说，这也是埃克森卓越储能在 2021 年成立的重要契机。

目前，埃克森卓越储能正针对集中式储能、分布式储能和工程机械及特种车辆等应用场景，研发高安全、长寿命、高一致性、低成本的储能电池产品，包括磷酸铁锂、钠离子等电池，280 安时方形磷酸铁锂电芯及全极耳大圆柱电芯将陆续量产，后续还将迭代量产钠离子电芯。

埃克森卓越储能市场团队的调查显示，在同等功率和电量条件下，消费者更加关注产品的尺寸适配性。同时，家用天然气设备的电气化转型带来家庭用电功率上升，高压化是应对高功率需求的必然选择，对现有电芯的形态、尺寸、容量的组合带来挑战。

“我们认为磷酸铁锂全极耳大圆柱是助力家储市场蓬勃发展的最佳选择。”在埃克森卓越储能的深圳总部，张朝粤展示了圆柱电芯和方形电芯两大核心产品。“这款全极耳大圆柱电芯在成本、安全、寿命、适配、能量等方面有优势。”

比如，从电池尺寸来看，埃克森卓越储能 PENTA46 系大圆柱电芯，装备线较为成熟，国产化程度较高，具备工艺优质、价格实惠双重优势；从安全方面看，圆柱电池的刚性外壳可定向排气，助力模组热防护设计，且埃克森卓越储能全极耳揉平卷芯设计能够减少发热量，安全性能更好。

“280 安时磷酸铁锂方形电芯，作为大容量储能电芯产品，充放电循环 6000 次后，容量依然能保持在标准的 80%以上，通用场景使用寿命长达 10 年以上。”他拿着另一款方形电芯介绍道，该产品主要面向集中式储能市场，应用场景有发电侧、电网侧、集中式储能电站、特种车辆（重卡换电）、船舶用储能系统等。

以储能专用方形和全极耳大圆柱为主要产品，埃克森卓越储能目前布局了珠海、大理、绵阳三大基地，规划总产能 54 千兆瓦时。在张朝粤看来，国内储能电池行业竞争激烈，唯有不断提升产品品质，才能市场中抢占一席之地。

早在公司创立初期，埃克森新能源（东莞）研究院便已成立。作为广东省科技型中小企业和东莞松山湖新材料创新园的首批入驻企业，该公司将与中科院物理所松山湖材料实验室在人才共享合作、材料研发、电池实验验证、结构性能测试、仿真研究及科研成果产业化等多个方面展开深度合作。

储能企业争相开拓海外市场

“在国内，储能作为构建新型电力系统的关键支撑，利好政策频出，加速电力储能尤其是新能源发电侧配储市场启动；在海外，受欧洲能源危机、地缘政治等因素影响，用户侧储能需求激增。”张朝粤说，立足于国内外各大头部厂商的稳定采购需求，埃克森卓越储能也将持续开拓海外客户。“海外储能产业的市场化程度较高，我们接下来将重点开拓海外市场。”

艾瑞咨询发布的《2023年中国储能行业研究报告》显示，储能海外市场的高速发展主要集中在户储和便携式储能两大领域，欧洲和美国是全球户用储能装机主力，各占据约1/4的市场。由于国内储能商业模式和经济性建立尚未成熟，海外市场已成为国产品牌提升营收毛利和品牌价值必争之地。

瞄准海外市场，埃克森卓越储能正根据不同国家和地区的需求定制不同的产品。“比如，美国、德国、荷兰、日本等国的消费者，收入相对较高，能够接受价格更高的户储产品，他们更注重产品的外观和设计，我们将推动户储产品家电化，使之成为像冰箱、洗衣机一样的必需品。”张朝粤说，对于更看重性价比的消费市场，则会开发成本更低的产品，适应不同国家的消费需求。“目前我们已经与北美、欧洲等地区的国际能源企业陆续开展合作。”

今年3月，埃克森卓越储能还与施耐德电气集团达成战略合作。未来，施耐德电气将在建设更加先进、绿色、智能的锂电池生产工厂/产业园和电池回收产业园方面为埃克森卓越储能及其联盟企业提供优势条件，双方将在新产品推广、新市场开拓、新业务拓展、联合开拓海外市场等方面通力协作。

为了适应国内外电池行业的可持续发展趋势，埃克森卓越储能十分重视打造“零碳工厂”，在工厂建设、生产运营阶段最大化地控制能源消耗，提高能源利用效率，并同步关注产品全生命周期的碳排放管理。据张朝粤介绍，其绵阳基地已获得由德国莱茵TüV大中华区和英国建筑研究院颁发的低碳运营卓越级证书，是国内首个获净零碳建筑认证的工业厂房项目。

8月15日发布的《广东省碳达峰碳中和标准体系规划与路线图（2023—2030年）》，释放了推动实施碳达峰碳中和标准化提升工程的信号。“广东的储能产业方面走在全国前列。背靠粤港澳大湾区经济圈，珠三角的新能源产业尤其是新型储能产业发展迅猛，政策支持力度大，峰谷电价价差、专业人才储备都为我们提供了很好的发展环境。”尤军看好广东新型储能发展前景。（昌道励许宁宁曾良科）

节能提效是能源战略之要

中国电力报 2023.9.4

核心提要

要在经济高质量发展的同时，控制能源消费强度和总量，实现经济发展与碳排放脱钩，

切实提高经济发展质量和效益

由“无废城市”试点走向“无废社会”，“无废”并不是没有废物，而是废弃物源头减量化和高比例资源化利用，是循环发展的典型内涵

必须坚持节约优先，将节能作为“第一能源”，以产业结构优化、技术进步来推动节能产业的快速发展

“双碳”目标的提出宣告了我国绿色低碳转型的决心和雄心，标志着工业革命以来形成的发展模式开始落幕，新的发展范式兴起，将创造人类新的现代化模式，为我国和世界带来可持续发展的绿色繁荣。

节能提效是第一能源

世界能源在转型，节能、提效是共同取向，提高能效是一个先进的能源体系追求的基本目标。

节能提效是最洁净的能源，是绿色、低碳的第一能源，是国家能源安全、环境安全和气候安全的要素，是一个社会公民素质和国家现代化程度的体现，对我们这个人口众多、人均资源短缺的国家意义尤其重要，在以化石能源为主的能源结构下，节能提效是减排的主力。

国际能源署估计，本世纪末将全球平均温升控制在 2 摄氏度内，在需减少的二氧化碳排放中，节能提效可贡献 40%。而实现我国降低能源强度和碳排放强度的目标，节能提效将同样贡献大头。

实现碳达峰的基本路径之一，是在经济高质量增长的同时进一步降低碳强度，即减少单位 GDP 所排放的二氧化碳。近年来，我国在降低能源强度方面已有不少进步。2010 年，我国能源强度是世界平均水平的 2 倍，2021 年该数字变成 1.5 倍。目前，我国单位 GDP 能耗、单位 GDP 碳排放，也就是能源强度和碳强度都偏高，实现这两个强度的逐步下降是发展的重点。

实施节约提效优先战略，坚持节约优先的基本国策，将节能作为“第一能源”。一是坚持将节能减排作为关键指标纳入现代化能源体系规划和地区发展规划。二是通过有序推进产业结构调整、转型升级和合理布局，加快压减“双高”工业产能，提升整体用能效率。三是通过节能降碳科技攻关和示范应用，推进行业用能效率提升。四是健全能源管理和节能提效法律法规，加强能效标准制定，发挥法律法规和标准对节能的约束作用。五是加强对重点用能单位的余能、余热、余冷等的回收利用，提高综合利用水平。

产业结构优化节能

要在经济高质量发展的同时，控制能源消费强度和总量，实现经济发展与碳排放脱钩，

切实提高经济发展质量和效益。

第一，严控高耗能、高排放行业产能规模提升，包括产能控制、工艺升级、能效提升、能源替代，推动“两高”行业低碳转型，推动制造业向产业链、价值链高端迈进。钢铁行业要从规模扩张转变到能源效率提高和产品质量升级，控制钢铁产出总量、消费总量。水泥行业要严控新增产能，加强产能置换监管。石化化工行业方面，化工企业搬迁入园，提升高端产品比重。有色行业要新建和置换转移产能，严禁自备火电建设。

第二，培育壮大节能环保等战略性新兴产业，加强统筹协调，进一步优化顶层设计和强化战略引领，加快完善战略性新兴产业创新体系，推动战略性新兴产业、第三产业、现代服务业高质量发展，这样既有利于节能又能够吸纳就业。

第三，优化产业空间布局，推动产业集聚发展，结合各地经济发展方式、经济结构、社会发展水平、能源资源禀赋和科学技术水平的具体情况，因地制宜进行空间上的合理布局和统筹安排。以“东数西算”工程为例，我国很多暂时不可缺少的高耗能产业，可以挪到西部地区，充分利用西部的可再生能源潜力发展这些产业。

技术进步节能

能源电力系统效率提升是节能工作的应有之义，也是带动全社会节能的有力抓手，必须通过科技创新加快能源系统的效率提升。充分利用“云、大、物、移、智、链”等新技术，建设智慧能源系统，促进能源生产和需求的有效匹配，实现横向多能互补、纵向源网荷储高效互动，提升能源总体效率。

在从资源依赖走向技术驱动的过程中，我国部分项目已获得初步成效。例如在燃煤发电领域，我国能效水平已位居世界第一。

电气化是促进能效提升和产业结构升级的重要手段。应以电能替代和发展电制原料燃料为重点，大力提升重点部门电气化水平。如钢铁行业发展电炉炼钢、氢冶金，交通行业加快发展电动汽车、氢燃料电池汽车等。

推进资源循环利用技术也是节能工作的必由之路。由“无废城市”试点走向“无废社会”，“无废”并不是没有废物，而是废弃物源头减量化和高比例资源化利用，是循环发展的典型内涵。固废减量化和资源化利用水平是国家进步和现代化水平的标志。“无废城市”建设试点，将积累发展循环经济的经验，逐步向全国推广，经长期坚持不懈地努力，最终实现“无废社会”的目标。

强化经济和产业循环发展，从资源依赖走向技术驱动。要加快传统产业升级改造和业务流程再造，实现资源的多级循环利用；回收炼钢废渣、矿渣，钢铁业从矿石开始的长流程变

为短流程，可使黑色冶金的煤炭消耗大为减少，达到节能和减排的双重效果；发展废钢、废塑料、废矿物油等循环利用技术以及高炉渣、转炉渣和赤泥等副产物的资源化利用技术、水泥窑协同处理废弃物技术等，推进工业部门跨产业融合发展，构建循环经济产业链。

数字技术对各领域节能提效同样具有加速作用。全面推动数字化绿色化协同发展，赋能各行业节能降耗提质增效，促进用能领域智能化、洁净化升级，推进数字化降碳和碳管理应用，助力企业结构优化。同时，促进生产生活方式绿色变革，包括智慧能源、智慧建筑、智慧交通、智慧制造等都需要发展数字化技术。

发展新型智慧供热。改善建筑物的护围，利用各种形式的可再生能源供热，特别是对光伏、地热、地源热泵、生物质能的利用，因地制宜发展电供热利用，替代散烧煤。

节能提效是我国的能源战略之首，提高能效是先进的能源体系追求的基本目标。我们必须坚持节约优先，将节能作为“第一能源”，以产业结构优化、技术进步推动节能产业的快速发展。立足现实、务实推进节能、提效工作；放眼未来，争占全球绿色、低碳转型发展的战略制高点。

世界首条 500 千伏三芯海缆耐压试验成功

中国电力报 2023.9.8

近期，广东阳江青洲一、二海上风电场项目海缆工程一次性通过现场耐压试验，标志着世界电压等级最高的三芯海缆成功应用。

据了解，该海缆在世界上首次采用了 500 千伏三芯海缆、全长 60 千米，工程的顺利投产对新型电力系统建设有重要意义。工程投产面临着许多亟待攻关解决的世界级难题，海缆的竣工耐压试验就是其中之一。该试验对 60 千米 500 千伏海缆的试验设备要求极高，在世界范围内为首次开展。

南方电网广东广州供电局运用自主研发的 500 千伏大容量电缆变频耐压试验装备成功解决了该海上风电并网海缆工程的竣工验收难题，保障了超高压电缆能量传输“大动脉”的健康投运，标志着中国南方电网有限责任公司已在 500 千伏电缆试验技术领域处于国际领先水平，同时，也是广州供电局通过自主创新开展重大关键共性技术攻关，构建创新管理体系建设的重要实践。

新型量子电池可让手机永远满电

参考消息 2023.9.9

一种新型储能系统的出现意味着，我们可能很快将告别为手机、电脑或电动汽车寻找充电装置并因此烦恼的日子。近年来，一些科学实验室开发的量子电池利用光子的特殊性质实现了极高速充电。现在，一组研究人员更进一步，创造了一种新系统，它不仅可以实现无线充电，还可以使量子电池免受随着时间推移而产生损耗的影响。

我们日常使用的电子设备中的电化学电池通过储存离子和电子来工作。众所周知，电池的使用范围越来越广，其效能问题可能导致前所未有的能源和交通危机。因此，研究人员和企业正在开发新技术，以使电池变得更强大、更耐用。其中一项尚未走出实验室的技术是，用光子进行能量存储，这被称为量子电池。大约 10 年前，波兰格但斯克大学的罗伯特·阿利基和比利时鲁汶大学的马克·凡内斯首次正式提出量子电池的概念。这种电池利用光子的量子特性（纠缠和叠加），使粒子与粒子产生联系，最终实现电池系统越大、充电就越快的效果。

这一特性使量子电池成为为我们的手机、笔记本电脑或电动汽车供电的完美选项，但它们仍存在缺陷，这使其在商业上还不具备可行性。这种系统很容易受到环境扰动的影响。基于一种名为“退相干”的原理，来自环境的干扰可能导致量子电池失去电荷或迅速老化。现在，中国兰州大学研究人员的一项新发现有望解决这个问题。这些研究人员没有将充电器直接与电池连接，而是尝试将充电器和电池与波导结构耦合。波导结构可形成磁场。

虽然电池和充电器之间的距离以及波导结构的电磁场可能导致充电效率低下，但研究小组的计算结果表明，其效果实际上比迄今为止使用的系统更好。他们说，电池和充电器与同一电磁场相互作用，就能实现理想的充电效果。研究人员认为，这一想法的美妙之处在于，它以积极的方式利用了“退相干”，这意味着，电池不会随着时间的推移而出现损耗。而且，由于充电器不需要直接连接到电池上，它还可以作为远距离无线充电装置使用。

不过，要让这项技术突破走出实验室，为我们的常用设备供电，还有很长的路要走。正如英国《新科学家》周刊指出的那样，研究人员的下一步工作将是，在他们的系统中添加更多设备。

国内单体产能最高异质结电池片项目投产

中国电力报 2023.9.6

8月27日，国内单体建筑面积最大、单条生产线最长、单体产能最高的异质结电池片生产项目近日在四川省眉山市丹棱县投产。该项目占地387亩，建筑面积约10.6万平方米，总投资达45亿元，建成后可实现年营业收入100亿元以上，并新增就业岗位1500多个。

“这条生产线采用的是行业最先进的第三代N型电池技术。”项目建设方技术总工汤安民表示，公司生产的异质结电池，结合了晶体硅和非晶硅薄膜技术的优点，采用低温工艺制作，制作流程少，在具有优异的光吸收和钝化效果的同时，还具有高效率、高稳定性、无LID、无PID、低温度系数低等优点。电池片正背面无色差，双面率高达95%以上，背面发电优势明显，确保其无论四季流转、气候变化，均能高功率、高效率地稳定输出。

据了解，当前电池片市场正处于P型电池技术向N型电池技术转化的阶段。汤安民介绍，经组件封装测试，应用异质结电池后，光伏电站光伏电池片的转换效率从22.3%提升到了24%，即同等占地面积的电站，年发电量约增加了7.6%。“N型电池是全球技术方向，市场空间广阔。在‘双碳’目标背景下，随着该项目投产，将为把眉山市打造成‘成眉光伏产业带’注入强劲动能。”他说。

新型储能市场发展前景辽阔

中国电力报 2023.9.4

新型储能市场投资前景分析

行业热度的提升推动产业资本加大投资力度

源网侧储能具备良好的成长性

工商业储能是最具商业投资价值的细分市场

应注重优质项目的选择并关注市场变化等情况

《“十四五”新型储能发展实施方案》指出，新型储能是构建新型电力系统的重要技术和基础装备，是实现碳达峰碳中和目标的重要支撑，也是催生国内能源新业态、抢占国际战略新高地的重要领域。今年上半年，全国风电、光伏发电新增并网装机达1.01亿千瓦。要在保障电力安全的前提下，消纳占比迅速提高的风光发电量，亟须加强电力系统灵活性调节

能力，这为储能快速发展创造了良好机遇。

储能行业整体高速增长确定、未来想象空间加大且前景愈发清晰，吸引企业加速布局、资本踊跃加入。行业规模释放为产业链相关企业带来机遇，预计源网侧储能与工商业储能板块是今年投资的核心。

产业资本加大投资力度

新型储能特性与传统的储能技术形成优势互补，得到了更广泛的认可，行业热度的提升推动产业资本加大投资力度，能源企业、社会资本等各种投资主体对新型储能的投资热情高涨，加快了新型储能项目建设和落地进度。

据业内相关统计分析，2023年上半年，国内储能产业链共有97家初创企业完成了融资，总金额近200亿元，广泛覆盖了储能系统集成、储能变流器（PCS）、锂电池和钠电池电芯及关键原材料、电池回收等储能产业链的各个主要环节。从融资轮次来看，超六成的项目处在天使/种子轮、Pre-A轮和A轮。已完成融资的企业，其所处阶段大多趋向早期，特别是电池技术及其关键材料领域。随着产业发展加速、产品开发和量产周期缩短，这种“投早投小”的投资策略在储能领域已愈发明显。中后期项目由于企业成熟度高、成长通道较为明确清晰，因而估值高、投资竞争较为激烈。与之相比，机构会选择挖掘那些尚处于早期且估值相对合理的企业进行布局，在项目研发早期及时介入，等到项目量产或者得到市场检验后，企业的估值和投资回报往往会快速增长。

源网侧储能具备良好成长性

源网侧储能，也就是通常所说的大储，考虑到国内新能源装机增长、配储比例与时长增加等因素，市场蓬勃发展，有望实现高速发展，其中独立储能以配储需求为主，或将成为引领国内大储装机增长的主要驱动力。

近期国内招标中标量持续增长，显现行业的景气趋势。储能商业模式因地制宜，重点区域独立储能理论上已具备经济性，但在实践中，市场对其盈利能力存在一定疑问，未来独立储能商业模式在各地逐一落地，将进一步刺激装机增速提升。2023年上半年实现储能项目并网的开发商超65家，其中并网项目规模超200兆瓦时的开发商共31家。并网规模排名前十位的开发商全部为央企。其中，国家电力投资集团有限公司的储能项目并网规模遥遥领先，涉及了独立式储能、可再生能源储能、用户侧储能等多个领域，项目遍布山东、宁夏、湖南、新疆、内蒙古等9个地区。民企开发商也在2023年上半年大举推进独立式储能项目的开发建设，实现独立式储能项目投运的企业包括协合新能源集团有限公司、华自科技股份有限公司等企业。

国内大储市场机遇良好，重点环节参与者值得关注。其中，储能电池和 PCS 是产业链价值最高的两个环节，分别占系统成本的 60%和 15%；储能安全环节、温控和消防环节分别约占系统成本的 2%~5%，板块价值量有望进一步提升。具体而言，电池环节的国内企业竞争力强，有望充分受益于国内和全球大储市场加速发展，随着独立储能的逐步推广，具备技术和产品性能优势的企业有望获得长足竞争力。PCS 环节主要参与者为光伏逆变器厂商，凭借在自身赛道的多年积累，大部分厂商向下布局系统集成环节，在大储集成赛道形成一定壁垒。目前，系统集成环节参与者众多，包括专业集成商、大功率 PCS 厂商、老牌电力设备厂商等。其中，拥有项目经验、PCS 等核心部件自研能力的企业具备优良的竞争优势。储能温控环节包括精密温控、工业温控和汽车温控等企业，技术较为成熟。随着储能温控需求增长，加上液冷方案渗透率提升，相关企业有望迎来新的业绩增量。储能消防环节涉及安全问题，在储能系统中的价值量有望增加。新国标《电化学储能电站安全规程》于 2023 年 7 月 1 日开始实施，有望推动 Pack 级保护的消防方案占比进一步提升。

工商业储能最具商业投资价值

我国用户侧储能市场容量巨大，规模以上工业企业、工业园区等数量众多，加之酒店、商城、宾馆等各色商业形态都有很大的储能需求。在政策支持下，国内峰谷电价差拉大，成本持续下行叠加电力交易收益提升，推动工商业侧的储能需求释放，工商业侧储能被视为最具商业投资价值的细分市场。在国内用户侧储能市场上，参与企业众多但竞争格局尚未完全打开。在户用储能赛道上，目前还有很多产品通过贴牌的形式流通上市。纵观国内，派能科技、比亚迪、华为三家自主品牌在全球市场具有一定的话语权，也有许多光伏企业陆续进军户用储能领域，纷纷推出户用储能产品。在工商业储能赛道上，各企业的竞争壁垒尚不明显。除了一些头部企业外，大到能源电力央企、小到园区企业都开始进军工商业储能市场。此外，还涌现出许多中游的集成商和地方企业。但 2022 年以来新进工商业储能企业大部分还处于团队组建、产品设计和品牌宣传等阶段，尚未真正将产品推入市场。

就企业竞争力而言，从设备成本构成方面来看，电芯占比最高。目前电芯市场已经形成格局，宁德时代、比亚迪、海辰储能是第一梯队。从系统的角度来看，除电芯以外的储能系统的技术进步和成本下降，将是储能系统竞争力的重要体现。从这个角度看，奇点能源、阳光电源等集成商将更具竞争力。整体而言，行业尚处发展初期，各公司处于探索阶段，未来新进企业可以通过融资、产品差异化开发、拓宽销售渠道和提升品牌形象等方式实现弯道超车。

需甄别优质储能赛道和标的

储能板块是继光伏、锂电、海上风电之后，新能源中又一个具备投资潜力的板块。在储能商业化浪潮的推动下，资本撬动先进技术企业快速成长和产能扩张。在此过程中，储能下游细分应用场景和产品路线多、上游产业链环节多、行业格局尚未固化等因素为初创企业快速切入细分领域并占领市场创造了条件。但进入储能的企业越来越多，部分企业乘着储能风口涌现，也可能在行业激烈竞争中迅速淘汰。投资者在参与储能市场时应注重优质项目的选择，同时关注技术创新和市场变化，以把握机遇并取得长期回报。

西北地区首个光储氢热产业一体化项目投运

中国能源报 2023.9.18

9月13日，西北地区首个光储氢热产业一体化项目——甘肃张掖光储氢热综合应用示范项目全套设备联合调试圆满完成，顺利产出99.999%高纯度氢气，实现投运目标。

该项目建设制氢加氢一体站，采用电解水制氢技术，通过气液分离、PSA提纯、压缩增加等工艺，每年将约1000万度电就地转化为高纯氢气180吨。自去年8月开工以来，项目施工单位陆续克服施工技术复杂、冬季低温等不利因素。

据悉，该项目全面建成将进一步推进甘肃张掖地区新能源发展进程，拓宽氢能在交通、设备制造、供能、氢能化工等领域的推广应用范围，更好地服务国家能源安全新战略。

锂电池回收有了绿色高效新技术

中国科学报 2023.9.13

中国科学院北京纳米能源与系统研究所王中林院士、唐伟研究员团队将材料接触起电这一物理现象与催化学科交叉融合，提出接触电致催化新机制，并开发了一种绿色、经济、高效的锂电池回收技术。近日，相关论文发表于《自然-能源》。

预计到2030年，全球废弃锂离子电池将达到200万吨/年，如果不能妥善处理，将带来严重的环境问题，对公众健康构成极大威胁。目前，锂电池回收方法主要有火法回收法、湿法回收法和直接回收法，这些方法都存在一定弊端。因此，有必要开发一种高效、经济、绿色的回收方法，以满足废弃锂离子电池指数级增长的需求。

唐伟告诉《中国科学报》：“我们提出接触电致催化回收锂电池的新机制，该方法以日常

生活中常见的沙子的主要成分二氧化硅作为催化剂，以机械能为驱动，利用其与水接触起电产生的电子转移诱导产生超氧自由基、过氧化氢等活性物质，还原电极粉末中高价态的金属，从而实现锂、镍、锰、钴等金属的有效浸出。”

实验表明，在 90 摄氏度、超声 6 小时的条件下，钴酸锂电池中锂的浸出率达到 100%、钴的浸出率达 92.19%。对于三元锂电池，在 70 摄氏度、6 小时的条件下，锂、镍、锰、钴的浸出效率分别为 94.56%、96.62%、96.54%和 98.39%。

“二氧化硅无须任何化学修饰，作为介电粉末催化剂成本低廉，符合大规模商业应用需求，而且只需通过简单的离心分离就可实现回收、循环利用，从而降低成本。”唐伟说。

我国首个大型多技术路线锂电池储能站年内建成

中国能源报 2023.9.8

8 月 27 日，骄阳似火，位于佛山市南海区狮山镇的电网侧独立电池储能项目施工现场呈现出一片如火如荼的繁忙景象。第 45 台电池舱在 650 吨汽车起重机的吊装下精准落位，180 名建设者头顶烈日在多个作业面加紧施工，一台台装载重型设备的平板运输车正有序进入工地……该项目施工的实时进度已近 60%，目前正为全面投产加速冲刺。

这座外观看似与其他新型储能电站无异的新型储能项目，是我国首个大型多技术路线锂电池储能站，也是粤港澳大湾区首个超百兆瓦的电池储能项目。电站装机规模达到 300 兆瓦/600 兆瓦时，占地面积 58 亩，将安装 156 台磷酸铁锂电池舱、88 台变流升压一体机，每天最多可放电 120 万度，能够满足大湾区约 20 万户家庭的用电需求。

随着我国风电、光伏等间歇性、波动性清洁能源大规模、高比例接入电网，新型储能同步进入规模化发展的快车道。今年 1-6 月，新投运装机规模约 863 万千瓦/1772 万千瓦时，相当于此前历年累计装机规模总和。其中，锂离子电池由于具备能量密度高、使用寿命长、安全环保等优点，在新型储能装机中的占比高达 90%以上，处于绝对主导地位。

电芯性能、热管理、结构连接是直接影响锂电池储能运行性能的三大技术要素。“我们把各要素领域的不同技术手段进行有机组合，形成 9 条差异化的锂电池储能技术路线，各路线装机规模从 5 兆瓦到 75 兆瓦不等。这相当于把 9 座不同技术特点的中型规模储能电站聚合到一起，形成一个技术性能对比的‘大擂台’。”南网储能公司科技公司佛山南海项目经理吴斌介绍。

据了解，该项目业主方南网储能公司在我国新型储能发展领域具备突出的先行优势。早在 2011 年，该公司便建成投运了我国首个兆瓦级锂电池储能站——深圳宝清电池储能站。今年 1 月，该公司研发的我国首个高压移动式储能电站在河北保定投入运行；今年 3 月，世界首个浸没式液冷储能电站在梅州宝湖投入使用。“基于国内锂电池储能技术的快速成熟发展和自身在发展新型储能的成功经验，我们敢于在这么大规模的新型储能电站同时运用多种技术路线。”南网储能公司科技公司董事长汪志强表示。

据了解，该电站预计今年年底前全面投产发电，每年可为粤港澳大湾区负荷中心输电 4.3 亿千瓦时，减排二氧化碳约 30 万吨。电站运行情况的成套指标评价，将为我国新型储能的技术应用和产业发展提供重要实证经验和价值参考。

中国新能源车不是“狼来了”

环球时报 2023.9.11

国际几大顶级车展几乎都是在汽车大国举办，向来有国际汽车产业晴雨表之称。最近举办的德国慕尼黑车展是全球汽车行业备受关注的展会之一。这届车展中国汽车展商得到了大量的关注，这缘起于中国电动汽车的强势崛起以及日益提高的国内外市场占有率。

目前中国车企在电动汽车的国际竞争中表现亮眼，这必然会对原有的国际产业格局形成一定冲击，也会让一些老牌国际汽车巨头感受到压力。对于中国车企的表现，有人喊出“狼来了”作为行业警示，也有人认为“如果没有中国车企的高调亮相，慕尼黑车展大概率会沦为区域车展”。我们有必要拨开云雾，还行业一个本来面目。

自从 1984 年第一个中外合资汽车企业诞生开始，我国从一个汽车产业落后、低效、低产的国家发展成为全球第一大汽车生产国和消费国，其间一批自主品牌车企从幼苗长成了参天大树。刚开始中国车企在国际几大车展亮相往往浅尝辄止，有始无终，因为燃油汽车时代中国车企是最后进入的玩家、模仿追随者，很难有赶超老牌国际车企的机会和可能性。但在我国新能源汽车产业政策的大力助推下，中国车企群聚发力新能源汽车，新赛道抢跑，一路领先。

这是现实版汽车行业的龟兔赛跑吗？老牌国际车企真是廉颇老矣？老牌车企看似止步于舒适区，但如果我们进一步了解背后逻辑，就能发现这场竞赛后半场可能还会有激烈的好戏连台。

首先，世界几大汽车强国的燃油汽车产业存量很大，很多西方车企试图实现燃油车销量最大化；其次，主要发达国家即便对电动车给出较大的财政扶持，也很难在短时间内改变消费者的选择习惯，不太可能一夜之间拉升电动车的销量。很多西方车企是按部就班依照欧盟确定的十几年后“禁燃”的时间表来缓慢调整他们电动化的节奏。按西方资本市场的逻辑，若操之过急，产业换道投资过大，市场发育缓慢，车企可能会背不起巨额亏损的包袱，故他们宁可学龟也不愿学兔。

中国既是全球第一大汽车市场，也是全球第一大新能源车市场，同时也是多家西方车企的主要市场。各行各业都会面临新技术和后起之秀的挑战，汽车行业也不例外。面对中国汽车行业的发展，未来一段时间内，不排除有些国家可能会针对国际竞争态势推出一些保护自身产业和企业的法规和政策以抵御外来冲击，给本国产业留出足够的缓冲时间。对此，中国电动汽车企业肯定要提前做好充分的思想准备。第一波抵御中国车企“入侵”的系列政策强度可能会最大，之后可能会随着竞争态势走弱而逐步递减，最后达到一种动态平衡。中国车企务必稳住心态，正像当初欧美车企开拓中国市场时也是穷尽所能、步步为营。

西方车企有成熟的行业经验和技術，当下不妨把中国汽车行业的发展视作有益的鞭策，尽早走出舒适区。

打压和保护的心态是不健康的，我们需要形成良性的竞争环境，构建合理的贸易框架。行业的发展依赖于每一个参与者的努力和贡献，中西方汽车行业想必都乐见一个更多元、更高科技、更生态友好的发展未来。在一个健康有序的市场里，中西车企发展遵循的不是你死我忙的丛林法则，而是依托于科技的进步，为市场需求做增量，给消费者提供更多更好的选择。

新型石墨烯膜高效分离盐湖中碱土金属离子

中国科学报 2023.9.6

兰州大学稀有同位素前沿科学中心教授陈熙萌、研究员李湛团队，通过研究氧化石墨烯纳米片在涡旋剪切力场中的结构组成的动态变化过程，发展出一种超级简单的涡旋力场拉伸堆积成膜策略，制备出高选择性、低能耗的超平层间结构的涡旋氧化石墨烯膜，实现了实验室阶段盐湖中锂、钾、镁等离子的高选择性高效分离。相关研究成果近日发表于《纳米快报》。

我国是盐湖资源大国。盐湖中蕴含着大量当今技术领域所需的关键元素，如钾、锂、镁

等。传统的膜分离技术很难用于盐湖卤水中碱土金属离子的选择性分离，因此有必要发展一类更为简单、高效、经济环保的膜分离技术，促进我国盐湖卤水资源高质化利用。

涡旋结构在宇宙中非常常见，其中最为神奇的是涡旋力场对其周围物质结构与运动规律的影响。研究人员通过简单的机械搅拌，对氧化石墨烯溶液施加涡流力场，制备出层间结构可调的超平涡旋氧化石墨烯膜，并使用该膜实现了盐湖卤水中单价离子与二价镁离子的高选择性筛分。

研究发现，氧化石墨烯纳米片在涡旋剪切力场中，其边缘位置受到不同大小和方向剪切力的拉扯。该作用不但消除了石墨烯表面存在的大量褶皱，而且促使表面褶皱间脂基水解，变成羧基和羟基，进而大幅提高石墨烯表面的含氧量。拉平的氧化石墨烯片在涡旋力场的作用下，最终形成一种具有彩色牛顿干涉环的超平氧化石墨烯膜。

该膜应用于真实盐湖水的离子分离中，对真实盐湖水中的锂离子/镁离子、钠离子/镁离子和钾离子/镁离子表现出优异的碱金属与碱土金属离子筛分效果，具有较好的工业应用前景。

工信部：支持新型储能电池扩展应用

中国电力报 2023.9.8

新型储能作为电子信息制造业的新兴领域，是现代化产业体系的重要组成部分，是加快制造强国建设推动新能源高效开发利用的基础环节

9月5日工业和信息化部举行工业稳增长系列主题新闻发布会。工信部电子信息司副司长杨旭东表示，今年以来，相关产业持续向好态势推动新型储能产业加快发展步伐

我国新型储能产业迎来快速发展期

2022年新型储能新增装机730万千瓦，同比增长200%，20余个百兆瓦级项目实现并网运行，是2021年的5倍。其中锂电池储能占总新增装机的97%，储能型电池产量突破1亿千瓦时

半固态锂电池、350安时以上大容量锂电池、钠离子电池等加必快量产步伐，先进储能电池产品循环寿命突破12000次。高压级联集成技术模块化储能电柜集成技术、液冷储能解决方案等纷纷发布，有力支撑新型储能规模化应用

上半年光伏多晶硅、硅片、电池、组件产量同比增长均超过65%，光伏产品出口额达289

亿美元;全国锂电池产量超过 4 亿千瓦时,同比增长超过 43%, 其中储能型锂电池超过 7500 万千瓦时

促进新型储能产业高质量发展

工信部重点做好四方面工作

一是加强统筹布局。深入落实《关于推动能源电子产业发展的%指导意见》,推动太阳能光伏、新型储能产品、重点终端应用、关键信息技术(光储端信)融合发展,加强新型储能产业发展统筹规划,从供给侧和制造端提升产业水平

二是推动技术创新。持续实施《锂离子电池行业规范条件》引导产业有序发展,提升先进产品供给能力,统筹资源支持新型储能产品、光储融合项目等攻关突破,推动锂电池、钠离子电池、氢燃料电池、液流电池、超级电容器等新型电池产业高质量发展

三是提升产业韧性。持续实施《关于做好锂离子电池产业链供应链协同稳定发展工作的通知》等政策,推动上下游供需对接,支持新型储能电池拓展应用,提升产业链供应链韧性

四是加强安全保障。加快《电能存储系统用锂蓄电池和电池组安全要求》等标准制修订,持续落实《电化学储能电站安全风险隐患专项整治工作方案》,会同相关部门将锂电池有关强标检测纳入全国质量督察考核内容,促进产品质量提升。

广东新型储能大项目纷纷落地

南方日报 2023.9.13

位于佛山市南海区狮山镇的电网侧独立电池储能项目工地上近日一派如火如荼的繁忙景象,该项目将于今年内实现全面投产;在大亚湾新兴产业园,储能驿站光储充一体化项目正在建设中,工人忙着组装储能电池,这样的新型储能应用场景,在大亚湾相继落地;珠海富山工业城,新型储能项目纬景储能科技有限公司“超 G 工厂”已经竣工……

今年广东提出要将新型储能打造为制造业当家支柱产业以来,各地一批大项目纷纷落地,新型储能正奔跑在下一站万亿级产业的路上。

广东产能和产品具备全球竞争力

广东省工信厅指出,广东是国内储能电池产业发展最早、产业覆盖最全、最成熟的地区,覆盖了储能电池全产业链,我省新型储能产能和产品竞争力在全球处于第一梯队。

今年以来,广东支持储能产业发展的政策文件密集出台。3月15日和4月3日广东省

政府办公厅、广东省制造强省建设领导小组办公室先后印发《推动新型储能产业高质量发展的指导意见》（粤府办〔2023〕4号）、《关于加快推动新型储能产品高质量发展的若干措施》（粤制造强省〔2023〕24号），分别明确了发展目标、产业布局、技术和产品重点等。5月3日，广东省工业和信息化厅发布《关于开展省级促进经济高质量发展专项资金（新一代信息技术和产业发展）支持电子信息产业方向项目入库的通知》，给新型储能产业化单个项目不超过1000万元的专项资金支持。其中，《广东省推动新型储能产业高质量发展的指导意见》提出到2027年，全省新型储能产业营业收入达到1万亿元，装机规模达到400万千瓦，打造成广东省“制造业当家”新的战略性支柱产业。

“从产业基础来看，广东省储能电池产业基础较好，覆盖了储能电池材料制备、电芯和电池封装、储能变流器、储能系统集成和电池回收利用全产业链，拥有一批龙头企业，新型储能产业处于全国领先地位，具备全球竞争力。2022年，广东省新型储能产业营业收入约1500亿元，装机规模达到71万千瓦。”中国能建广东省电力设计研究院能源咨询规划院能源咨询部部长文婷表示。

文婷介绍，目前，广东在电化学储能、机械储能、电磁储能等不同技术路线都已经有了相关布局，特别是在锂离子电化学储能技术路线上发展极具优势，拥有多个国家级、省级的储能领域科技创新平台。

“从广东重点城市来看，广州主要布局储能电池、储能控制产品及系统集成、先进装备制造等产业；深圳重点布局储能电池、锂电硅碳负极材料、储能控制产品及系统集成、先进装备制造等；珠海布局储能电池、锂电隔膜、电解液等；东莞布局储能电池、锂电硅碳负极材料、锂电隔膜、储能控制产品及系统集成、先进装备制造等产业。龙头企业主要有比亚迪、亿纬锂能、欣旺达、鹏辉能源、璞泰来、贝特瑞等。在科创水平上，广东在积极布局发展钠离子电池、液流电池、氢能储能等技术路线，开展南方区域新型储能科研示范基地建设，在基础研究、装备开发与示范电站的建设上起到了引领的作用。”南网储能公司储能科研院新型储能技术研究所所长彭鹏介绍。

8月1日，江门印发《推动新型储能产业高质量发展实施方案》；7月13日，惠州举办新型储能产业发展推进会；7月5日，广州市政府召开常务会议，研究部署推动新型储能产业高质量发展等工作……

随着新能源的井喷式发展，立足广东产业基础，各地市和企业在新储能赛道上热情高涨。列入《广东省2023年重点建设前期预备项目计划表》的新型储能项目已有795万千瓦，大部分都是百兆瓦以上规模较大的项目，加上未纳入其中但已向地方政府备案的项目，

潜在的新型储能项目规模将远超规划目标。

储能将成新增新能源发电项目标配

在揭阳市惠来县海湾石风电场，白色风机迎风转动，风机脚下的电场运行区内，风电场配备的储能示范项目处于平稳运行当中。

广东能源集团海湾石风电场储能项目是省内首个新能源侧配储能示范项目，于去年 11 月接入风电场，实现了平稳运行，有效解决了风电场站弃风问题，同时实现了削峰填谷、平滑风电场出力、提高功率预测指标，提高电网稳定性、电能质量以及抑制电力系统低频振荡，并形成了推广示范能力。

“海湾石风电场场景刚好与储能系统的特性是相互契合的。”广东能源集团科学技术研究院有限公司新业态工程师张翔宇表示，针对惠来海湾石风电场的实际运行情况，该项目配置储能系统为 1 兆瓦/1 兆瓦时集装箱式储能系统，采用 35 千伏接入到风电场的集电线路，接收和响应风电场的风储控制系统的充放电指令，可提高新能源消纳、平抑间歇性能源输出，提高经济收益。

这是广东省内首个新能源侧储能示范应用项目，在可再生能源系统中，风力和太阳能等能源的波动性很大，这对电网的稳定性和能源供需平衡提出了很高的要求。因此，新型储能被视为解决问题的关键之一。根据中关村储能产业技术联盟预测，未来 5 年国内年度新增新型储能装机呈平稳上升趋势，预计 2027 年新型储能累计规模将达到 97.0-138.4GW，年平均新增新型储能装机为 16.8-25.1GW。国际市场方面，根据彭博新能源财经（BNEF）和国际能源署（IEA）预测，2030 年前全球新型储能装机将保持 30%-40%的年复合增长率，预计到 2030 年，全球新型储能装机总规模将达到 358-585GW，全球储能投资总规模将达到 2000 亿美元至 3260 亿美元。

“储能产业火爆的原因有三：一是新能源产业的大发展，需要相当数量的储能与之配套。风光电作为新能源的主体，具有发电随机性大，难以预测的缺点，如果随机上网，可能造成电网的不稳定，影响用电质量。因此需要相应的储能设施与之配套，当发的电电网不需要时就暂时储存起来，等到需要时候再释放，这就保证了电网的平稳。二是电网的稳定也需要一定的储能与之配套。锂电池储电，对电网调节的需求反应快，与相对反应较慢的抽水蓄能形成互补。三是用户侧储能也有一定市场。2021 年煤电紧张，促使不少工商企业建立自己的储能设施，以应不时之需。”省政府参事、省政协原副秘书长杜重年指出。

在未来，储能将成为新增新能源发电项目标配。今年 6 月，《广东省促进新型储能电站发展若干措施》印发，明确新增的海上风电项目、集中式光伏电站、陆上集中式风电项目需

按照不低于发电装机容量的 10%、时长 1 小时配置新型储能，也就意味着，储能将成为未来新增新能源发电项目的标配。后续根据电力系统相关安全稳定标准要求、新能源实际并网规模等情况，调整新型储能配置容量。争取到 2025 年，全省新能源发电项目配建新型储能电站规模 100 万千瓦以上，到 2027 年达到 200 万千瓦以上，“十五五”期末达到 300 万千瓦以上。

“除此之外还可以创造新的需求。比如在 5G 基站上安装储能设施，此外也要积极开拓国际市场，这方面也有相当的容量。”杜重年表示。

新型储能技术创新路线图发布

近日，梅州宝湖储能站正式启用两台智能巡检机器人开展全站巡检，进一步提升储能站数字化和智能化水平，优化电化学储能电站运维模式。

今年 3 月投产的梅州宝湖储能站是全球首个全浸没式液冷储能电站。“全浸没式液冷技术是将储能电池完全浸没在绝缘冷却液中，使电芯与冷却液直接接触，利用冷却液吸收、传导热量。这就像人们将手放入水中一样。”南网储能公司下属的南网储能科技公司董事长汪志强介绍，在该电站应用的适用于全浸没式液冷电池储能系统，能够有效抑制电池运行过程中出现的热失控现象，解决了电池安全运行的技术难题，提升了储能电站运行的安全性。

一座新型储能电站，对储能电池、电子元器件、系统集成、新能源电池循环利用、新能源充电桩等新型储能上下游产业的带动毋庸置疑。最近，南网储能公司相继与惠州市政府、梅州市政府携手，开展储能产业发展规划、产业园区规划研究，建立储能产业联合招商机制，强化储能产业政策支持，适时设立产业研发中心，推动新型储能领域技术研发、成果转化和科技人才引进，打造省级新型储能研发机构，为所在地市发展新型储能产业提供技术和人才支撑。

作为广东新型储能龙头企业，广州鹏辉能源科技股份有限公司则已在着手布局更新的钠离子电池市场，“我们从 2019 年起进行钠离子电池技术研究，2021 年在层状氧化物和聚阴离子体系获得重大研究成果。2022 年产品小批量试产，并有动力汽车装配测试。今年 7 月 14 日，公司与青岛北岸控股集团签订 5MW/10MWh 钠离子储能电站示范项目合作协议，首次实现了钠离子电芯在北方储能电站的大规模应用。”鹏辉能源储能与动力电池研究院助理院长王康介绍，这标志着鹏辉能源钠离子电芯正式导入市场，进入规模化商业应用阶段。

6 月 21 日，《广东省新型储能技术创新路线图》在广州发布，从电化学储能、氢储能等 8 个领域 39 个技术方向，提出新型储能技术创新愿景与技术攻关重点问题清单。当日，由南方电网公司发起组建、45 家行业领军单位组成的广东省新型储能产业技术创新联盟正式

成立。路线图从概念内涵、产业资源、技术路线和政策布局 4 个方面，对新型储能产业技术发展状况进行梳理，对 8 个领域的 39 个技术方向进行了综合分析和研判，提出了技术创新愿景与技术攻关重点问题清单。

今年 3 月，广东省人民政府办公厅印发《广东省推动新型储能产业高质量发展的指导意见》，提出要实现新型储能产业链关键材料、核心技术和装备自主可控水平大幅提升，产业创新力和综合竞争力大幅提升。

“作为典型的受端市场，广东在配网侧和用户侧储能的需求特征明显。”安永大中华区能源与资源行业业务合伙人鲁欣指出，另外，广东省在电力交易市场改革和用户侧分布式应用方面也走在全国前列，在激发新型储能参与辅助市场交易、探索需求响应型虚拟电厂市场化应用等方面可以进一步发挥引领作用，不断培育和开发新型储能用户侧需求，以需求带动上游制造业发展，如此才能建立起健康的和可持续的新型储能生态系统。

能源电力量测技术将迎来新升级

中国能源报 2023.9.18

近日，由中国电科院牵头申报的“隧穿磁阻电流传感误差机理及其转变特性强化方法研究”项目立项，相关成果将促进电流量测技术升级。

电流传感器位于电力系统的计量关口及关键位置，对流经的电流信号进行监测，为电网的有效控制、可靠保护和准确计量提供基础数据支撑，为高质量供电和高效率办电保驾护航。随着高比例新能源的接入及大规模电力电子装备的应用，电力系统的电流信号在基波外叠加了直流以及数千赫兹的高频分量，具有宽频域、强随机、快时变等动态特征。当下，主流电流传感器在直流测量能力、测量准确度、可靠性、国产化程度、线性范围等方面存在不足。中国电科院计量所余佶成研究团队经调研和测试，发现有一种被称为隧穿磁阻（TMR）的基于量子隧穿效应的新型磁敏元件，具备灵敏度高、频带宽、响应速度快等特性，在复杂电流测量领域具有极大应用潜力，适合用来开发满足新型电力系统电流测量需求的传感器。

据了解，该项目得到国家自然科学基金青年科学基金资助，研究团队正结合电网的复杂现场应用环境，深入研究 TMR 电流传感器信号传递机理和时频特征，力求尽早研发出具有自主知识产权的宽动态高准确度 TMR 电流传感器，推动现有电流量测技术升级和国产化替代。

是水系液流电池，也是二氧化碳“捕手”

中国科学报 2023.9.20

近日，西湖大学研究员王盼团队与美国哈佛大学博士 Michael J. Aziz 团队、中国科学院大学杭州高等研究院博士季云龙团队合作，开发了一类基于吩嗪衍生物的水溶性有机储能小分子，并提出了在水系有机液流电池充放电过程中实现电化学碳捕获一体化的方法，即基于一种新合成的小分子，开发了能够捕获与释放二氧化碳的水系液流电池。相关研究成果近日发表于《自然-能源》。

在前期研究工作中，他们发现吩嗪类有机小分子在充放电过程中，由于其独特的质子耦合氧化还原特性，会在水溶液中引起“pH 摇摆”现象。于是想到利用这一现象，借助液流电池系统充当“碳捕手”。

他们根据不同功能及应用场景，开发了一系列吩嗪“家族”新成员。其中，1, 8-ESP 与 1, 6-AFP 共享同样的“骨架”（母核），但嫁接着不一样的“肢体”（官能团）；上一代小分子所使用的是氨基酸，而这一代，团队换为了磺酸根。于是，“老骨架”抽出新芽，迸发了新生命：它既能实现水系液流电池的储能功用，也能捕获与释放二氧化碳。

研究人员测试了 1, 8-ESP 的水系液流电池的性能，发现这个小分子及其发展而来的电池，具有“从酸到碱”都适宜的高水溶性、较好的二氧化碳捕获表现、较高的稳定性、良好的抗氧化性、较低的能量成本。

在实际运行过程中，以 1, 8-ESP 为活性物质的电池体系，既可作为二氧化碳捕集系统，也可同时进行能量存储。据悉，该系统能够根据市场与实际需求，对储能与碳捕获进行及时调整与响应，以获得最大经济效益。

“提取绳”技术有望破解锂量产难题

中国能源报 2023.9.25

锂作为电池重要原材料之一，目前大部分都是采取从锂盐湖中提取的工艺，整个过程繁琐且耗时长，同时还需要大量土地和空间，带来巨大环境成本。针对这个资源密集、高成本过程，美国普林斯顿大学一个科研团队日前研发出一种新的基于绳子的锂提取技术，不仅颠

覆了传统工艺，甚至还可以通过更环保的方式低价量产锂。

无需化学品且省水

普林斯顿大学安德林格能源与环境中心土木与环境工程教授、研究小组负责人 JasonRen 领导的团队在学术期刊《自然-水》发表研究报告指出，新技术核心是一组扭曲成绳的多孔纤维，具有亲水核心和疏水表面，将其末端浸泡在盐水溶液中，水沿着绳子通过毛细管向上移动，整个过程与树木从根部吸收水到叶子的过程相同。随着绳子表面水继续蒸发，盐浓度越来越高，最终形成氯化钠和氯化锂晶体。

JasonRen 表示，由于物理性质不同，锂和钠会在绳子的不同位置结晶。钠盐溶解度较低，在绳子下端结晶，而高溶解度的锂盐则在绳子顶部附近结晶。由于两者的自然分离，可以单独收集锂和钠，此前通常需要额外的化学品进行分离。

“整个过程就像将一个蒸发池挂在一根绳子上。”研究合著者、安德林格能源与环境中心博士后 SeanZheng 说，“可以在显著减少空间足迹的情况下获取锂，还可以对过程进行更精确控制。”

JasonRen 团队的目标是通过蒸发和毛细管现象的基本过程来浓缩、分离和获取锂，他们通过构建 100 根“提取绳”阵列来展示技术的潜在可扩展性。与传统蒸发方法相比，该技术可以节省大量水资源，操作方便的同时还能减少更多碳足迹。

“未来通过进一步改进还能实现广泛规模化应用，成为应对关键能源挑战的环保解决方案。” JasonRen 强调。

节省场地面积并减少时间

据了解，目前，全球大部分锂是从位于盐滩的盐水储层中提取，这种生产方法通常需要数百平方公里土地，并需要数月甚至数年时间才能生产出可用于电池的锂。

全球范围内，只有少数几个具有足够高初始锂浓度、丰富可用土地、干旱气候的地区，可以商业化生产锂。比如，美国只有一个活跃的锂盐水提取地，位于内华达州，占地面积超过 18.13 平方公里。

另外，传统盐水提取需要从盐滩、咸湖或地下含水层建造一系列巨大蒸发池来浓缩锂，这个过程可能需要几个月到几年。相比之下，“提取绳”技术更紧凑，可以缩减生产所需面积和时间，实现更小成本、更快速生产。值得一提的是，新技术还可以解锁那些以前被认为太少、太稀、不值得商业化开发的锂资源，如废弃油气井、地热盐水等。

此外，“提取绳”技术还可以在更潮湿的环境中运用，蒸发速度甚至不降反增。JasonRen 团队已经开始讨论利用该技术从海水中提取锂的前景。

《自然-水》基于目前的研究估计，采用“提取绳”技术可以减少土地使用面积 90%以上，蒸发过程可以加速 20 倍以上，与传统蒸发池相比，可以用不到一个月的时间获得锂。

“随着技术不断创新和成熟，规模化提取锂不再是梦想。这为清洁产锂提供了新思路。”JasonRen 说。

为锂商业量产开辟新途径

路孚特指出，目前全球正常投产的锂矿仅有 101 座，有数百座锂矿还在勘探中。根据国际能源署数据，2010-2019 年间开发锂矿，从启动到投产平均耗时超过 16 年。也就是说，锂商业化量产目前在全球范围内仍然是一个艰巨的任务。

据悉，JasonRen 团队已经围绕“提取绳”技术成立了初创公司，目标是推进该技术的商业化应用。JasonRen 团队同时还在开发第二代“提取绳”技术，以实现更高效率、更高产量和更好的结晶过程控制。

“我们的方法便宜、容易操作，而且只需要很少能源，是一种环保的解决方案。”JasonRen 说，“随着实现商业化并最终走向量产，可以为环保且规模化提取锂开辟新途径，破解锂短缺困局。”

德意志银行锂和清洁技术研究主管科琳·布兰查德表示：“我们相信，锂时常会出现短缺。供应会持续增长，但需求却将以更快速度增长。”德意志银行预计，到 2025 年底，碳酸锂将出现约 4 万吨-6 万吨的缺口，到 2030 年底缺口将扩大至 76.8 万吨。惠誉解决方案则预计，全球最早将在 2025 年面临锂短缺问题。

根据麦肯锡数据，2021 年，锂总需求量为 50 万吨碳酸锂当量，预计到 2030 年将增长至 200 万吨-300 万吨。另外，2015 年只有不到 30%的锂需求来自电池，随着电动汽车和储能技术加速普及，到 2030 年电池将占到锂需求的 95%。在全球绿色转型大背景下，锂供不应求将比预期中更早到来，尽快破解量产难题无疑是当务之急。

欧盟加码绿色转型关键原材料回收

中国能源报 2023.9.25

近日，欧洲议会工业委员会宣布，将提高现有规定中关键金属原材料回收比例、推动废物回收利用更大规模发展，以确保欧盟拥有未来绿色转型所需的锂、镍和钴等关键原材料。不过，业界发出警告称，欧洲原材料回收产业基础相对薄弱，应进一步提供资金支持，加速

原材料回收领域健康发展。

拟大幅提高回收比例

今年3月，欧盟委员会公布《关键原材料法案》，旨在帮助欧盟摆脱绿色转型关键原材料的进口依赖，实现既定气候目标和零碳工业目标。为此，欧盟提出“到2030年将满足所需矿物10%开采自本土资源、废物回收比例达15%以上、每年战略原材料加工处理比例达40%以上”的目标。不仅如此，根据不同领域，欧盟对关键原材料进行了分类，广泛应用于可再生能源、数字化转型等重点领域的原材料被划作“战略原材料”，这其中包括铜、电池级镍、电池级锂、钴等金属。

9月初，欧洲议会工业委员会就该法案进行了讨论，并对欧盟关键原材料自给自足水平提出更高要求。该委员会指出，要确保废物回收全产业链安全，欧盟应进一步加强废物管理，提高废弃物回收比例。9月7日，欧洲议会工业委员会进行投票，以53票支持、1票反对、5票弃权通过了最新法案，表示将本土精炼加工产能目标从此前提出的40%提升到50%，同时将含有“战略原材料”的废物回收水平提高到45%以上。

另据路透社报道，欧盟各机构也在讨论简化审批流程、加强原材料进口多元化、提高原材料处理可持续标准等议题。欧洲议会还提出，将加强国际合作，对于重点“战略项目”欧盟应加快审批流程并提供更多融资渠道。

欧洲议会绿党发言人亨里克·哈恩指出：“欧洲需要稳定的关键原材料供应，锂、稀土金属等原材料对于光伏板、风机、电动汽车、芯片等领域不可或缺，对欧洲绿色和数字化未来更是至关重要。”为此，他希望欧盟提高现有回收标准，改变回收方式，确保所有含有战略原材料的废物都能够妥善回收。

原材料回收布局加快

根据规划，欧盟《关键原材料法案》在欧洲议会全体会议获得通过后，将进入欧盟成员国和欧盟委员会的谈判进程，随后才能获得最终批准。

欧洲议会首席议员尼古拉·比尔表示：“工业委员会向外界发出强烈信号，为欧洲供应安全提供了清晰蓝图。”

随着政策方向明确，欧盟本土针对锂、钴等关键金属原材料的回收项目数量快速增长。今年5月，矿业巨头嘉能可公布了在意大利建设电池回收工厂的计划，提出把撒丁岛上一座老旧铅加工厂改造成电池回收厂，推动钴、锂、镍等关键原材料回收。一旦建成，该项目每年有望回收5万至7万吨电池，成为全欧洲最大的电池回收工厂。嘉能可首席执行官加里·纳格尔认为，在各国严加控制温室气体排放的情况下，全球电动汽车制造商正在加速生

产，电池回收业务预计将“指数级”增长。去年一年，电池回收业务为该公司贡献了超过 2 亿美元营收。尤其在欧洲，汽车工业面临愈加严格的减排目标，回收钴、锂等电池金属将有效降低欧洲国家对外依赖水平。

不仅如此，8 月底，欧洲动力电池生产商 Northvolt 与英国电池回收企业 EMR 公司合作建设的电池回收工厂在德国汉堡投用，每年回收产能预计在 1 万吨左右，该回收项目也是汉堡首个动力电池回收厂。EMR 公司表示，动力电池回收是全新的矿物获取方式，与传统开矿相比明显更具经济性和环保性。

仍难满足发展需求

不过，尽管欧盟《关键原材料法案》的实施一定程度上激活了市场，多家企业及行业机构却指出，从关键原材料开采、生产到回收处理，欧盟还需要更多强有力的财政措施刺激该领域投资增长，政策措施如果有所缺失很可能导致融资成本高企不下，该行业也就无法如期发展。

欧洲行业机构“交通与环境”汽车和电动汽车供应链高级主管茱莉亚·波里斯卡诺娃表示，欧洲要在本土进行原材料精炼加工并确保其可持续性，还需要开发当前不具备的技术能力。目前，欧盟创新基金大多用于支持清洁技术发展，例如欧盟近期刚公布了针对绿氢的资金支持，但随着《关键原材料法案》通过，电池乃至关键原材料领域也需要类似的支持措施，欧盟需要尽快释放资金为此提供支持。

欧洲媒体“欧洲动态”援引欧洲政界人士的话称：“资金缺口很可能是欧盟关键矿产自主的严重风险所在，来自不可靠伙伴的私人投资很可能渗透到欧盟基础设施和供应链中，欧盟应针对此类风险作出政策修正。”

要找准储能新型电力系统中的定位

中国能源报 2023.9.25

“当前，在能源转型和构建新型电力系统的大背景下，储能已经成为在全球各国都非常活跃的一个领域。构建新型电力系统、实现能源转型，储能在其中究竟是什么定位？应该往哪个方向发展？按照现在这个状态，大家千军万马、浩浩荡荡地都在做储能到底行不行？风险在哪里？”在近日于北京昌平举办的“2023 全球能源转型高层论坛—储能产学研融合发展分论坛”上，中国工程院院士、华北电力大学教授刘吉臻这样发问。

在刘吉臻看来，当前需要对储能有清醒认识。储能并不是万能的。在构建清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力系统过程中，储能要发挥作用，首先要把定位搞清楚。

新型储能暂未发挥显著作用

当前，全球储能产业处于快速增长期。数据显示，截至 2022 年底，全球已投运电力储能项目规模近 2.4 亿千瓦，同比增长 15%。2022 年新增规模超 3000 万千瓦。其中，中国、欧洲和美国新增规模占比分别为 36%、26%、24%，三者合计占全球新增市场的 86%。

其中，电化学储能是增长主体。2022 年底，全球电化学储能累计装机近 4500 万千瓦，年均增长率达 80%，锂离子电池仍占主导地位。

具体到我国，截至 2022 年底，全国新型储能装机规模约 870 万千瓦，平均储能时长 2.1 小时。已投运新型储能项目中，锂离子电池占比约 94.5%、铅酸（碳）电池占比约 1.7%、液流电池占比约 1.6%，压缩空气储能发展提速，占比约 2%。

在刘吉臻看来，与全球电力 80 亿千瓦的总装机相比，当前新型储能装机数量仍相对较小。“这个数字看起来好像很大，但其实还处于萌芽状态，尤其是在电力系统中，在大规模新能源消纳过程中，新型储能基本没有发挥出显著作用，只相当于用几个矿泉水桶来储存长江水。”

“将来储能能起到多大作用暂且不说，这些储能装在哪里呢？”刘吉臻说，“装在电源侧，如果弃电弃掉了 2 毛钱，储起来需要 1 块钱，那还储它干什么？装在电网侧，我考察了不下 5 个这样的储能调峰电站，让他们把这几个月运行数据调出来，他们却调不出来，有的更尴尬，基本没有真正用上，而实际上，用的话也解决不了大问题。”

“风光配储”并不是最优路径

在刘吉臻看来：“让储能走在正确的道路上并发挥应有的作用，就像下一盘象棋，不是不喜欢‘车、马、炮’，而是如何很好地调遣它们，把这盘棋赢了，这才是我们所需要的。储能是篇大文章，有很好的前景。如果能攻克其中的种种难题，那距离实现能源转型、‘双碳’目标就非常近了。”

刘吉臻指出，从近期、中期、远期来看，一定要把储能的定位搞清楚。

“首先，希望储能促进新能源大规模开发和消纳。”刘吉臻表示，一方面促进新能源本地消纳，在新能源富集地区通过建设系统友好型新能源电站、新能源场站配储能、共享储能等形式，平滑输出功率、减少新能源弃电、保障新能源高效消纳利用。另一方面，支撑大规模新能源外送，对“沙戈荒”大型新能源基地，提升外送通道利用率和通道可再生能源电量

占比。

“以‘沙戈荒’大型新能源基地为例，现在是新能源配火电、配抽蓄，必要的电化学储能配比还是需要的，但首先要搞清楚配多少、怎么用。”刘吉臻说，在电网侧，希望储能能够支撑电网安全稳定运行，支撑电力保供、提升系统调节能力、应急备用、延缓输配电设备投资、提高电网运行稳定水平。在负荷侧，则希望储能能够保障用户灵活高效用电。

刘吉臻表示：“现在从世界范围来看，在两类场景用得比较多。一类是在用户侧，以美国为例，其市场电价有时相差十倍甚至百倍，在极端高电价下，有些用户就会用储能电站的电，便宜、有回报，能够做到商业化。另一类是分布式屋顶光伏，配备储能后可形成一个相对稳定的供电系统。目前，储能在需求侧的应用要远远好于网侧和源侧。‘风光配储’这个路径肯定不是最优路径。”

核心是安全性和经济性

据介绍，当前新型储能技术路线多样，其中已规模化应用的技术包括锂离子电池储能、液流电池储能、压缩空气储能，处于试点示范阶段的技术包括钠离子电池储能、抽汽蓄能、压缩二氧化碳储能、重力储能、氢（氨）储能、飞轮储能等，此外还有固态电池储能、金属空气电池储能、热泵储能等技术处于研发攻关阶段。

刘吉臻指出：“对于新型储能的技术需求，主要根据应用场景、储能规模、储能时长以及应用地区的不同来选择。”比如，从应用场景来看，如果用于新能源大规模开发，要考虑功率和能量的多样化路线；如果用于电力保供，要考虑转动惯量支撑和响应速度；如果用于应急备用，要考虑占地面积、安全性及能量密度；如果用在偏远地区等电网末端区域，则要考虑经济性和保供。从储能规模来看，在10—100兆瓦等级中，锂离子电池是最主要的技术路线，压缩空气储能将成为新型储能的主要技术路线之一。100兆瓦以上，锂离子电池探索吉瓦时级应用，压缩空气储能建成单机300兆瓦，全钒液流电池建成百兆瓦级。另外，不同的储能时长需求和应用地区，适用的技术路线也不同。

“我们要对新型储能技术进行工程示范，实践出真知，只有在工程示范的过程中，才有可能发现问题、解决问题，而不是凭空坐而论道。在这一过程中，我们要始终坚持产学研用一体化，一定要把通过技术攻关解决重大难题放在首位，核心还是要围绕低成本、高安全和规模化方向补齐现有技术短板。”刘吉臻表示。

“在新型电力系统中，储能有两个问题需要考虑，第一个是放在哪里，第二个是种类的选择。解决这两个问题，核心要素有两条，一是安全性，二是经济性。把这两点抓住，我们的工作就有成效，就会实现‘清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能’的新

型电力系统建设目标。”刘吉臻说。

国家光伏、储能实证实验平台(大庆基地)发布上半年实证数据 显示

中国能源报 2023.9.25

9月17日，国家光伏、储能实证实验平台（大庆基地）（以下简称“平台”）发布2023年上半年数据成果。立足于气象环境实测成果、组件实证成果、逆变器实证成果、支架实证成果、储能产品实证成果、光伏系统实验成果、储能系统实验成果七个方面的实证实验数据，对比2023年上半年与去年同期的数据，平台重点得出了设备衰减产生的效能差异性及其服役时间增加凸显设备可靠性等多项结论。

气象数据显示，2023年，平台各月累计辐照量均较去年同期有所降低。同时，由于雪地未完全覆盖，背面辐照较去年同期相比降低达20%—30%。温度方面，从分布情况看，2023年环境温度在25摄氏度以下运行时长占比为91.83%，2022年占比为91.28%。

组件发电特性方面，根据实证数据，2023年与去年同期对比不同技术类型组件发电量规律一致。2023年，TOPCon、IBC分别较PERC高1.2%、0.75%，2022年，TOPCon、IBC分别较PERC高0.97%、0.39%；N型组件随着运行年限增加，发电量优势突出。

逆变器方面，实证数据显示，在发电性能上，2023年与去年同期对比不同技术类型逆变器发电量规律保持一致，同比发电量差异在0.5%以内；集散式逆变器2023年策略优化后发电量较组串式逆变器低1.14%。在逆变器效率上，不同技术路线逆变器逆变效率达到厂家承诺值，均在98%以上；国产IGBT元器件逆变器经过一年多户外实际工况条件下运行，与进口IGBT元器件逆变器效率相差在0.1%以内，且没有故障。在负载率上，高纬度地区不同技术逆变器在0-30%负载区间平均运行时长占比在45.8%左右；不同技术逆变器在30%负载下实测效率较实验室效率低，特别是在5%负载下实测效率与实验室效率相比低9.59%左右；理论计算0-30%负载区间效率增加1%，累计发电增益为1.03%。

支架方面，2023年与2022年不同类型支架发电量趋势基本一致，跟踪支架整体发电量较高，其中2023年双轴支架、垂直单轴支架、斜单轴支架（25°倾角）、分别较固定支架单位兆瓦发电量高30.38%、22.22%、21.21%。同时，受背面应用场景影响，与2022年同期相比，不同类型支架背面辐照占比下降；跟踪支架受地面应用场景影响较大，1月份与2022

年同期对比，跟踪支架差异 12%左右，固定支架差异 4%左右。

就光伏系统的整体运行而言，实证数据总结出了发电最高的三种典型方案，分别为“双轴+组串式逆变器+双面组件”“平单轴+组串式逆变器+双面组件”“斜单轴+组串式逆变器+双面组件”。

储能装置方面，在系统效率上，经过一年多户外实际工况条件下实证，锂电池实测电池效率均在 94%以上，液流电池实测效率为 76.32%，功率型储能电池效率均超过 94%，实测值均能达到厂家承诺值。在可靠性上，储能电芯温差基本在 10.5 摄氏度以内，电压差在 0.5V 以内，与去年同期对比差异基本一致，基本满足要求。但 2023 年上半年全钒液流储能电池堆发生漏液。

就光储系统实验数据而言，在利用小时数上，5 兆瓦光储系统设计多年平均利用小时数为 3000 小时，2023 年上半年实测利用小时数为 1722.2 小时；10 兆瓦光储系统设计多年平均利用小时数为 2500 小时，2023 年上半年实测利用小时数为 1409.6 小时。

三、碳达峰、碳中和

中国推动绿色低碳转型成效显著

中国能源报 2023.9.8

当前全球气候危机日趋严峻紧迫，应对全球气候变化关乎全人类的生存发展和子孙后代福祉。世界气象组织发布的最新报告指出，全球气温可能在未来 5 年内达到历史新高。气候危机不仅带来人员生命和经济财产损失，威胁能源、粮食以及水资源安全，也进一步加剧了南北国家发展的不平衡。应对气候变化是全人类的共同使命和责任，只有各尽所能、共同合作，加速绿色低碳转型创新，人类才有未来，地球才有希望。

中国积极探索绿色低碳转型创新之路，根据自身的国情和能力承担国际义务，为《巴黎协定》的达成签署、生效实施作出了历史性贡献。中国出台的一系列规划和政策，以及采取的一系列有力举措和行动，在推动能源转型、节能和提高能效、发展可再生能源、推进产业优化升级、推动交通运输和城乡建设绿色低碳发展、大力发展循环经济、巩固提升生态系统碳汇能力等方面取得了显著成效。

近 10 年来，中国以年均 3%的能源消费增速支撑了平均 6.5%的经济增长；中国新能源装机占全球的 1/3 以上，用于可再生能源的累计投资居全球第一，是世界风电、光伏和电池

设备的主要供应国；新能源汽车保有量占全球的一半以上。

推进实践“双碳”目标是一项广泛而深刻的经济社会系统性变革。山东省是中国北方的经济大省，也是能源转型、产业升级、创新发展的重镇，近年来，在应对气候变化和积极推进“双碳”方面开展了积极的探索，形成了很多最佳实践。2022年，国务院印发的《关于支持山东深化新旧动能转换推动绿色低碳高质量发展的意见》赋予山东绿色低碳发展先行区的重任。烟台市作为山东新旧动能转换综合试验区“三核”城市之一，近年来在推动绿色低碳高质量发展，探索实践“双碳”目标道路上走出了自己的特色，并走在前列。烟台市智能低碳城市建设取得积极进展，形成了一批典型示范；正在打造的长岛国际零碳岛为全国乃至全球有人岛的零碳、负碳发展提供了解决方案。

2023 碳达峰碳中和会议的召开恰逢其时，为应对气候变化、实现碳达峰碳中和目标、推动绿色低碳高质量发展提供了沟通、交流的重要平台。希望大家积极建言，充分探讨绿色低碳转型背景下的发展新方向、新思路、新业态，探索绿色低碳高质量发展的山东路径。

建材行业迎来绿色低碳新阶段

中国能源报 2023.9.8

工信部等八部门近日联合印发《建材行业稳增长工作方案》（以下简称《方案》），提出2023-2024年，建材行业保持平稳增长，绿色建材等规上企业营业收入年均增长10%以上，水泥、玻璃、陶瓷行业能效标杆水平以上产能占比超过15%，产业高端化智能化绿色化水平不断提升。多位专家表示，随着我国建筑总量的持续增长，绿色建材将迎来绿色低碳发展新机遇。

市场需求高速增长

《中国建筑能耗与碳排放研究报告（2022）》显示，建材生产阶段能耗占全国能源消费总量的比重为22.3%，碳排放占全国碳排放的比重为28.2%。

作为建筑最重要的“零件”，建筑材料决定建筑的节能程度。通过获证企业生产情况的抽样测算，绿色建材产品的生产和应用具有显著的减碳效应。以2021年为例，生产节能环节减碳量最大为1654万吨，低碳原料选用可实现间接减碳74.7万吨，此外，绿色建材应用带来了46万吨/年的应用减碳量。

今年1-7月，我国建材行业总体呈现增速减缓态势，但绿色建材细分领域仍保持高速增长

长，营业收入超过 1200 亿元，同比增长 20%以上。

工业和信息化部原材料工业司副司长邢涛表示，随着发展方式转变，需求结构升级，建材行业已进入以绿色低碳为主要特征的新发展阶段，水泥等传统建材产品需求量稳中缓降，绿色建材等新兴建材产业加快发展。

“由于改善性住房需求旺盛，使得建筑领域总碳排放量在今后 10 年内仍呈增长态势。若现行政策不变，建筑行业碳排放量很有可能在 2038 年才达到峰值。”中国建筑科学研究院有限公司认证中心绿色产品部副主任张晓然说。

中国工程院院士、中国建材集团首席科学家彭寿介绍，当前我国存量建筑中具有绿色建筑认证的占比仅 1%，2022 年城镇新建绿色建筑占新建建筑的比例达到 90%左右。“总体来看，新建建筑与存量建筑改造两个重点需求，将对未来绿色建材行业形成强有力的拉动。‘十四五’末，绿色建材市场需求将达到万亿以上。”

探索下乡新模式

《方案》要求，要深化开展绿色建材下乡活动，鼓励各地积极探索绿色建材产业下乡新模式，推动下乡活动向纵深发展。“自绿色建材下乡活动开展以来，我们先后批复了浙江、山东等 12 个试点地区，支持试点地区开展一系列不同形式的线上线下活动，并鼓励电商平台设立绿色建材产品专区。”邢涛说。

了解到，河南省三门峡市已打造陕州区绿色建材园区、渑池县绿色建材园区等特征明显、产业结构特色鲜明的产业园区，力争 2025 年前建成绿色建材基地。其中，锦荣水泥围绕现有熟料生产线进行集节能、减碳、增效于一体的技术改造，投入使用后，每年可节煤 8905 吨、节电 946 千瓦时，折合标煤 7524 吨，减排二氧化碳 18810 吨，年生产水泥 480 万吨，实现经济和社会效益双丰收。

值得注意的是，绿色建材目前也存在产品覆盖面不够广、绿色建材价格偏高、市场管理不够规范等问题。

“尤其在农村，建材市场普遍存在产品种类庞杂、质量参差不齐、高品质建材应用少等问题，不良供给对市场扩容造成了一定的负面影响。”张晓然说，这就要深入实施绿色建材“三品”（增品种、提品质、创品牌）行动，加快农村人居环境领域绿色产品研发，开发出更多适合农村地区需求的“百姓用得起、使用效果好”的产品。

在彭寿看来，开展建材下乡活动要从供应端、需求端、政策端“三端发力”。“首先要提升供应端质量，一方面通过产品创新，完善绿色建材产品体系，另一方面通过技术创新，提升规模效益和生产效率，实现降本增效。”彭寿说。他建议开展 BIPV、装配式建筑等绿色场

景应用普及，鼓励乡村开展新型应用场景示范项目申报。他认为政策加持可以为绿色建材下乡“保驾护航”。“比如，通过创新绿色采购、绿色金融、绿色保险等形式，形成对绿色建材、绿色应用的系统支持方案。”

亟需政策激励

《方案》明确表示，组织开展绿色建材应用试点示范，引导骨干建筑企业加大绿色建材应用范围和采购力度，促进绿色建材与绿色建筑协同发展，提升新建建筑与既有建筑改造中使用绿色建材比例。“这其中，关键要解决‘有没有’‘用不用’‘好不好’的问题。”彭寿说。他认为，要畅通绿色建材供应商与下游建筑商供需渠道，构建全国绿色建材数据库。比如，通过发布绿色建材产品信息，实现上下游企业的精准识别和供需对接。另外，要引导建材企业加快自身产品的迭代升级。

彭寿建议，可以通过首批次应用补贴等专项支持方式，鼓励建筑企业加大对绿色建材的采购与示范应用。

对此，张晓然也建议，可以尝试丰富的金融财政政策，在现有资源综合利用的税收基础上，研究建立绿色建材税收、补贴、信贷等政策。“鼓励健全完善绿色建材产品认证技术体系，从而提升绿色建材品质和服务质量，扩大绿色建材品牌影响力，以增强大家对绿色建材产品的认可度和使用的信心。”

此外，彭寿认为，一方面严格绿色建材产品标准，全面提高绿色建材质量；另一方面，编制试点项目示范指南，建立健全绿色建筑设计、建设、运行、拆除标准体系，融入可量化的绿色建材应用指标，通过建好标准体系、实现用好绿色建材。

磁悬浮是实现“双碳”目标的重要技术支撑

中国能源报 2023.9.8

我国 83%的碳排放来自于工业，而工业中 50%的碳排放又来自于旋转机械。磁悬浮能使旋转机械节能约 30%，是实现“双碳”目标的重要技术支撑。

旋转机械都要有轴承支撑，旋转造成磨损，进而造成精度流失、能量损耗。而磁悬浮作为一种颠覆性技术，可以解决这一痛点。其最大优势除节能外还有降噪，可使运转声音从 100 多分贝降低至 80 分贝，同时因器械间无接触，也就没有磨损，所以磁悬浮设备还有长寿命的特点。

目前，适用于这一原理的装备可以分为 18 类，包括鼓风机、制冷机、空压机等，这将带来一个万亿级的新产业，而现在已实现突破的有 6 类。从全球角度看，我国进行了 10 年跟跑，目前已在部分领域处于和其他国家并跑的状态，也有部分装备位于领跑位置。

使用磁悬浮技术的装备如何体现节能、降噪、长寿命的特点呢？以鼓风机为例，一台采用自主磁悬浮技术的设备每年可节省电费 20-30 万元，而国外一台进口设备往往上百万元。若更换一台鼓风机，一年节省的电费足以回本，同时设备还有 20 年的长寿命。我国曾在十几年间进口 1000 台左右的鼓风机，但现在一年就能自主生产 1000 台，从而实现了进口替代。此外，我国也在磁悬浮真空泵率先取得突破，已走在世界前列。这一技术被用于造纸业，用一台 600 千瓦的设备替代原有 900 千瓦的设备，一年可节电 340 万千瓦时，相当于节省煤炭 1000 吨。

磁悬浮产业的形成也是中国制造业突破国外封锁的核心技术后开发新装备，并在有关领域居于世界前列的一个典型。虽然现在压缩机和飞轮储能还处于跟跑阶段，但目前相关设备已有装机 24 万千瓦，一年总节省电量达到 30 亿千瓦时，减排二氧化碳 173 万吨，已形成上万台的生产能力。

磁悬浮产业发展对我国绿色低碳高质量发展具有重要意义。山东省委、省政府也将磁悬浮产业列入山东省未来四个产业之列，作为山东省新旧动能转换的重要支撑。同时，磁悬浮、轴悬浮也被列入中国工程院战略研究与咨询的重点项目，14 位院士一致认为磁悬浮是一项革命性、颠覆性技术，将对我国“双碳”目标的实现和未来发展格局产生深远影响。

科技部发布《国家绿色低碳先进技术成果目录》

国家电网报 2023.9.

9 月 12 日，科技部网站发布公告，发布《国家绿色低碳先进技术成果目录》。为了更好地推动科技成果转化和产业化应用，落实《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》，加速绿色低碳技术升级，科技部组织编制了《国家绿色低碳先进技术成果目录》，供各类工业企业、财政投资或产业技术资金、各类绿色低碳领域的公益、私募基金及风险投资机构等用户在进行节能减排技术升级和改造时参考。

《国家绿色低碳先进技术成果目录》包括六个领域共 85 项技术成果。其中，水污染治理领域技术成果 18 项，涉及城镇生活污水高效处理及资源化、城镇污水处理厂精细化运行、

农村生活污水处理、工业废水处理、水环境综合整治等；大气污染治理领域技术成果 15 项，涉及工业烟气除尘脱硫脱硝及多污染物协同控制、重点行业挥发性有机物（VOCs）污染防治及回收、移动源污染控制等。

在固体废物处理处置及资源化领域，有技术成果 23 项，涉及有机固体废物、生活垃圾、危险废物、大宗工业固体废物、电子废物的处理处置及资源化等；土壤和生态修复领域技术成果 10 项，涉及污染地块、工矿用地的土壤修复及脆弱环境生态修复等；在环境监测与监控领域，有技术成果 6 项，涉及生态环境质量、污染源和环境应急监测与监控等；在节能减排与低碳领域，有技术成果 13 项，涉及用能设备节能降碳、工艺改造节能减排、余热余压节能低碳、煤炭高效清洁利用等。

广东绿电交易成交量累计突破 51 亿千瓦时

人民日报 2023.9.13

截至 7 月底，广东今年绿电交易成交量近 36 亿千瓦时，约为横琴粤澳深度合作区上半年全社会用电量的 9 倍；按三口之家一年用电量 3000 千瓦时测算，约为 120 万户家庭一年的用电量。目前，广东绿电交易成交量累计突破 51 亿千瓦时，相当于节约标准煤约 184 万吨，减少二氧化碳排放量逾 400 万吨。

2021 年 9 月，南方区域绿电交易试点正式启动。作为绿电交易试点地，广东参与绿电交易的经营主体从最初的 10 多家增加到今年的 200 余家，涉及金属制造、水泥建材、能源化工、餐饮、生物医疗等多个行业。

从 2021 年开始，位于广州经济技术开发区的吉百利糖果（广州）公司持续参与绿电交易。目前，绿色用电已占企业实际用电量的 80%，明年计划实现 100%。

数据显示，以出口贸易为主的企业购买绿电的积极性更高。位于东莞的万裕三信电子公司，年营业额达 18 亿元，其中出口业务占 40%。“我们调查发现，海外客户很看重企业的绿电用电量。”公司相关负责人庞天国介绍，“绿电用电量已成为企业出口的加分项。”今年年初，万裕三信开始持续参与绿电交易，目前绿电占企业实际用电量的 10%。

作为能源央企，南方电网广东电网公司也在积极参与绿电消费。今年 7 月，南方电网广东珠海横琴供电局线路工区用上了绿电。“我们这座大楼 80%的用能需求将通过外购绿电的形式来满足，确保总减碳量大于建筑运行用能的碳排量，实现全零碳能源应用。”零碳建筑

项目技术负责人李建标表示，“相比其他同规模建筑，预计每年可减少碳排放量近 900 吨。”

据统计，今年上半年，广东绿电交易量相比 2021 年全年增长约 120 倍。“参与 2022 年广东绿电交易的电力用户中，约四成用户的绿电消费在 500 万千瓦时，超两成用户在 1000 万千瓦时以上。”南方电网广东电力交易中心发展研究部专责陈青介绍，这表明用电企业购买绿电更加积极，社会各界的绿电消费意识进一步增强，绿电交易市场规模快速扩大。

绿电交易助力发用电主体在推动实现“双碳”目标的道路上合作共赢。一方面，电力用户通过市场方式购买绿电，获得绿证等环境权益，提升了产品的国际竞争力。另一方面，发电企业在电量交易基础上，通过环境溢价的方式获得附加收益，促进新能源产业持续健康发展。截至今年 7 月，广东有 42 家售电企业和 61 家发电企业参与绿电交易，为发电企业增加收益共计约 3 亿元。

据了解，下一步，广东电网将加快推进绿电绿证发展，抓好省级绿电绿证服务平台建设，全力服务广东经济社会发展，力争全年服务出口型企业不少于 280 家，通过绿电认证支撑出口产品产值不低于 30 亿元。

新材料提高光合作用固碳效率

中国科学报 2023.9.14

近日，中国科学院大连化学物理研究所李灿院士、王旺银副研究员等在提高微藻光合作用固碳效率方面取得新进展。团队发现，利用金属有机框架材料（MOFs）直接空气捕集二氧化碳与生物碳浓缩耦合机制，强化了从环境到细胞的二氧化碳传质，使微藻光合作用固碳效率由 5.1% 提高至 9.8%。相关成果发表于《自然-通讯》。

李灿团队前期通过添加胞外人工电子梭，提高了光吸收饱和点，解除了光抑制，并在光合细胞内引入纳米金，研究了暗反应固碳酶催化的限制因素。而目前，在大气水平二氧化碳浓度下，如何捕集浓缩二氧化碳并将其高效传输至 Rubisco 酶，提高固碳反应动力学，仍然是植物光合作用研究领域极具挑战性的课题。

本工作中，研究人员提出了化学与生物杂合的策略，在光合微藻表面自组装多孔材料 MOFs，实现了二氧化碳的直接空气捕集与生物转化。研究发现，MOF 材料通过静电作用在小球藻表面自组装，将空气中的二氧化碳捕获并富集于微藻细胞，使微藻光合放氧速率对二氧化碳的亲合力提高了 82%。

团队通过酶动力学实验发现，小球藻分泌的胞外碳酸酐酶可将 MOFs 捕集的二氧化碳水合为碳酸氢根，生物膜上的转运蛋白再将碳酸氢根运输到叶绿体中的蛋白核内，从而提升了小球藻 Rubisco 酶周围的二氧化碳浓度。该效应诱导固碳关键酶 Rubisco 的表达量提高，加快了小球藻光合固碳速率。而 MOFs 捕集二氧化碳的功能使得微藻细胞在强化暗反应的同时，缓解了光反应在光胁迫下遭受的抑制。光能到生物质的表观转化效率从 5.1% 提高至 9.8%。

研究人员表示，该策略是人工方法改进自然光合作用的一个新尝试。

海岸带蓝碳系统助力中国实现碳中和

中国科学报 2023.9.6

近日，中国科学院华南植物园小良热带海岸带生态系统定位研究站站长王法明研究员联合国内外海岸带碳汇研究领域科学家，探讨了中国海岸带蓝碳生态系统如何为减缓气候变化作出贡献。相关述评文章在线发表于《创新》。

“为了达到《巴黎协定》的目标，2020 年，中国政府承诺在 2060 年之前实现碳中和。除了大规模减排脱碳，还需通过自然生态系统增加碳汇，以实现二氧化碳净零排放的总目标。”论文第一作者王法明对《中国科学报》表示。

我国碳储量高达 118 Tg

文章指出，海岸带蓝碳生态系统包括红树林、盐沼和海草床等，具有高效的二氧化碳吸存能力，因此保护和恢复这些生态系统成为重要的“基于自然的解决方案”。

从全国范围看，中国的海岸带蓝碳生态系统总面积为 144 万公顷，碳储量高达 118Tg。其中，红树林总碳储量约 6.9Tg；海草床生态系统总碳储量约 1.4Tg，远低于总碳储量约 25Tg 的盐沼湿地。此外，我国未被植被覆盖的滨海滩涂面积广大，总碳储量高达 27~85Tg。

除了碳储量，这些海岸带蓝碳生态系统的碳埋藏能力也值得关注。中国红树林总碳埋藏量约为 0.05Tg/yr，海草床总碳埋藏量为 0.01~0.02Tg/yr，盐沼湿地总碳埋藏量为 0.50Tg/yr；我国无植被覆盖的滨海滩涂总碳埋藏量为 0.28~1.5Tg/yr。

“海岸带蓝碳系统通常具有非常低的甲烷排放量，但在某些特殊情境下，如低盐度下，也能排放一定量的甲烷。中国红树林总甲烷排放量为 0.01Tg/yr，还需要进一步计算中国其他海岸带生态系统，尤其是盐沼和滨海滩涂的甲烷排放量。”王法明表示。

当前，人类活动导致大量海岸带蓝碳生态系统丧失。在 20 世纪，全球海岸带湿地由于人类活动减少了 25%~50%。自 1950 年以来，中国红树林总面积减少了一半。2021 年，我国计划在未来 10 年将红树林恢复到 48650 公顷，有望每年进一步吸收 0.1Tg 碳。

文章通讯作者之一、中国科学院华南植物园研究员任海指出，自 1950 年以来，中国盐沼湿地面积损失较大，目前在国家层面还没有系统的恢复措施和计划。同时，我国每年有超过 2.3 万公顷的滩涂湿地被开垦用于水产养殖、农业、盐田和城市扩建，而海草床每年损失的面积也有几百至上千公顷。

文章估算了中国红树林和盐沼的横向碳通量，分别为 0.2Tg/yr 和 0.9Tg/yr。除了碳汇功能，这些海岸带蓝碳生态系统还具有重要的生态功能，为社会带来诸多益处，如提供栖息地、调节和稳定气候、净化水质、保护水源、防洪、丰富生物多样性和提高土地生产力等。

助力我国蓝碳发展

文章指出，过去 70 年来，中国海岸带蓝碳生态系统总面积大幅减少导致功能明显下降，保护我国现存的海岸带蓝碳系统可以避免每年 0.47~1.79Tg 的碳排放，这是实现碳中和最具成本效益的“基于自然的解决方案”。

“然而大部分海岸带湿地的生态恢复都以增加湿地面积为目标，忽视了生态质量的提高和生态功能恢复。相对于红树林，中国有更大面积的盐沼和滩涂湿地，如何保护和恢复这些海岸带湿地对于提升海岸带生态系统功能至关重要。”王法明说。

文章指出，我国海岸带滩涂目前正面临互花米草入侵的威胁。尽管这会提升泥滩滩涂碳汇功能、增加蓝碳储量，但也导致其他生态系统功能发生改变，如底栖生物多样性和鸟类多样性变化。因此，需要进一步评估互花米草入侵后的综合生态效应。

除了保护和恢复外，一些增强海岸带蓝碳系统碳汇功能并减少碳排放的管理实践和技术也有助于碳中和目标的实现。然而，大多数研究都集中在陆地生态系统，很少有关于滨海湿地增汇减排技术的研究。

“中国海岸带蓝碳系统以盐沼为主导，红树林和海草床面积较小，而无植被覆盖的滨海滩涂面积广大。”王法明表示，保护和恢复这些海岸带蓝碳系统以及通过管理措施和技术挖掘其碳储存潜力，成为应对气候变化的一种“基于自然的解决方案”。

文章综合了几种有潜力提高滨海湿地蓝碳功能的管理措施和技术，包括施肥措施、生物炭施加、铁添加等。但其中一些技术措施会对环境造成负面影响，因此这些管理措施和技术需要在增强蓝碳碳汇功能和保护自然生态系统之间取得平衡。

“尽管需要克服一些障碍，但保护和恢复中国海岸带蓝碳系统是我国实现碳中和目标的

一种经济有效的途径。”王法明表示，“积极采用‘基于自然的解决方案’对抗气候变化，可为未来的可持续发展奠定基础。”

以新发展理念推进碳达峰碳中和

经济日报 2023.9.16

党的二十大报告提出，“积极稳妥推进碳达峰碳中和”。中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化。实现“双碳”目标不仅是站在人与自然和谐共生的高度谋划发展的必然要求，也是推进中国式现代化的重要内容。只有牢牢把握中国式现代化的目标要求和重点任务，才能正确认识“双碳”目标下广泛而深刻的经济社会系统性变革并有效推动相关实践，进而更好助力推进中国式现代化。

中国式现代化既有现代化的共同特征，更有基于自己国情的中国特色，这也决定了“双碳”目标具有时间紧任务重等特点。在中国式现代化进程中推进“双碳”工作，必须深入贯彻新发展理念，把“双碳”工作纳入生态文明建设整体布局和社会经济发展全局，以“双碳”行动促进经济社会发展全面绿色低碳转型。

第一，创新是实现“双碳”目标的关键路径。“双碳”目标的实现没有现成的经验可循，不仅需要摆脱传统工业文明发展惯性，也需要绿色技术革命。推进“双碳”工作，必须立足国情进行不懈探索和开拓创新，才能为应对全球气候变化问题作出突出贡献。中国作为世界上最大的社会主义国家，在促进人与自然和谐共生方面具备制度优势。中国式现代化不走发达国家历史上先污染后治理的老路，而是要走人与自然和谐共生的新路。我们必须坚持以习近平生态文明思想为指导，瞄准既定目标积极稳妥推进碳达峰碳中和，坚持先立后破，扎实推进能源绿色低碳转型，在新赛道上跑出好成绩。

第二，协调是实现“双碳”目标的重要内容。中国式现代化是物质文明和精神文明相协调的现代化，注重发展的整体效能。物质富足、精神富有是社会主义现代化的根本要求。实现“双碳”目标，不仅需要通过新能源技术进步和提高能源效率夯实物质技术基础，也需要在全社会努力形成全民崇尚节约的浓厚氛围和广泛培育绿色低碳的生活方式。我们要通过把绿色低碳发展纳入国民教育体系、开展绿色低碳社会行动示范创建等途径，提升全社会绿色低碳意识，增强降碳减排内生动力，加快建设美丽中国。

第三，绿色是实现“双碳”目标的美好愿景。中国作为一个有着 14 亿多人口的发展中

大国，要整体迈入现代化，必须坚定不移走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路。绿色发展，就其要义来讲，是要解决好人与自然和谐共生问题。绿色是生命的象征、大自然的底色，更是美好生活的基础、人民群众的期盼。推进“双碳”工作，是满足人民群众日益增长的优美生态环境需要、促进人与自然和谐共生的迫切需要。要加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系，协同推进降碳、减污、扩绿、增长，让高质量发展的绿色成色更足。

第四，开放是实现“双碳”目标的时代机遇。目前，绿色低碳已成为全球共识。中国的“双碳”目标从提出伊始，就不仅仅是一项独善其身、仅限于国内的发展要求，而且是中国主动履行减排责任、积极参与全球气候治理、寻求绿色发展国际合作的重要举措，是推动构建人类命运共同体的中国行动。中国在加大开放力度的同时，积极推动构建开放型世界经济，呼吁各国努力维护多边主义，消除绿色贸易壁垒，加强国际合作，分享先进经验，为全球零碳转型提供良好环境。

第五，共享是实现“双碳”目标的必然要求。推进“双碳”工作有利于促进共同富裕。积极稳妥推进碳达峰碳中和，兼顾不同地区、不同群体，兼顾效率与公平，部署配套政策，坚持稳中求进，逐步实现。推进“双碳”工作不仅可以减缓气候变化，还有利于发展经济、保护生态、改善民生。从能耗双控转向碳排放双控，将会促进清洁能源富集的西部欠发达地区快速发展，共享“双碳”工作带来的发展机遇。

油气行业稳步推进绿色低碳转型

中国能源报 2023.9.25

“能源绿色低碳转型已成为全球能源发展的重要议题和普遍共识，油气作为化石能源涉及能源供应安全的核心问题，必须统筹供应安全与绿色发展，通盘谋划，协同推进低碳转型与能源安全保障。”在近日于江苏苏州举办的2023年国际能源变革论坛—油气产业转型发展分论坛上，国家能源局副局长任京东指出：“当前，中国正积极推动加大油气资源勘探开发和增储上产力度，同时，高度重视油气产业绿色低碳转型发展，正大力推进碳捕集利用与封存（CCUS）、油气勘探开发用能绿色替代等新能源融合发展技术，并取得了显著的进展。”

多位与会专家表示，石油和天然气是经济高质量发展的重要基石，同时也肩负着能源安全保障、绿色低碳转型发展的重要使命。油气行业应成为全球绿色低碳发展的重要推动者和引领者，为全球能源转型探索新的解决方案。

转型外部压力加大

据介绍，当前世界 GDP 的 85% 还是靠化石能源在驱动，油气在能源中的份额占比超过 50%。根据国际能源署（IEA）的数据，2020 年全球能源相关的二氧化碳排放量约 400 亿吨，其中油气生产和加工过程中的二氧化碳排放量约 151 亿吨。油气行业作为支撑经济的重要基础，其绿色低碳转型战略备受瞩目。

中国石油集团国家高端智库研究中心在会议同期发布的《油气企业绿色低碳转型报告》（以下简称《报告》）指出，当前主要国家实施碳交易体系、碳关税，定期增加碳税或成为常态。资源国碳减排压力将从上游生产扩大到全生命周期，气候保护纳入法律程序，欧盟地区推行“欧洲绿色新政”；碳排放管控在企业 ESG 评级中所占权重不断提高，对油气企业构成全方位转型压力，油气行业气候责任表现所受关注度日益提高。

“国际能源公司正积极适应新的变化，加快业务布局，发展方向更加聚焦。一是更加聚焦大规模、低成本的油气资源，随着技术进步，非常规技术资源的开发实现常规化和规模化。二是更加聚焦大规模的碳捕集和存储工艺，致力于生产更加低碳清洁的能源产品。三是更加聚焦务实的油气转型发展。在推动绿色低碳转型的同时，重视能源安全和化石能源的兜底保障作用。”中国石油集团国家高端智库研究中心主任张华林表示。

探索多种转型技术路径

在不断加大的转型压力下，国际主要油气企业加速向综合性能源公司转型，积极应对能源挑战，制订绿色低碳发展的路线图，探索多种转型技术路线。

多位与会专家指出，CCUS 是化石能源实现碳达峰碳中和的兜底保障技术，在“双碳”进程中具有不可替代的重要作用。

“过去 5 年，几乎整个油气行业主要的石油公司都把 CCUS 作为自身转型的抓手，引领 CCUS 技术的发展。”全球碳捕集与封存研究院中国代表处首席代表杨晓亮表示。

数据显示，截至 2022 年 9 月，全球共有 196 个碳捕集与封存（CCS）设施，其中 30 个处于商业运营阶段，11 个处于在建阶段，153 个处于高级开发阶段，2 个处于暂停状态。处于不同发展阶段的商业 CCS 项目的二氧化碳总捕集能力达到了每年 2.44 亿吨，比 2021 年的 1.69 亿吨同比增加 44%。

《报告》认为，CCUS 具有实现累计千亿吨级减排效应的潜力。根据不同的情景分析，预计到 2030 年，CCUS 技术在全球范围内的平均减排量为 4.9 亿吨二氧化碳/年。到 2050 年，则预计 CCUS 技术的减排量将达到 27.9 亿—76 亿吨二氧化碳/年，平均为 46.6 亿吨二氧化碳/年。IEA 可持续发展情景的目标是在 2070 年全球实现净零排放，其中 CCUS 是第四大技

术，占累计减排量的15%，预测2050年在可持续发展情景下CCUS将贡献约60亿吨/年的减排量。

CCUS之外，《报告》还指出，绿氨有望成为真正的可持续燃料。氨的能源属性和储能属性使其在动力燃料、清洁电力等新市场方面具有极大的发展潜力，掺氨燃烧已在煤电行业成功验证，对于难减排的石油石化行业也是重要的选项。在全球减碳大趋势下，氢能相关应用规模将不断扩大，氨的市场需求将进一步增长。与此同时，CO₂制绿色甲醇市场增长潜力巨大，是实现二氧化碳规模化资源化利用的重要途径，CO₂制绿色芳烃有望成为新的高端化学品生产路线。

应统筹低碳转型与能源安全

值得注意的是，多位与会专家表示，当前世界能源需求持续增长，在较长一段时期内，油气的主体能源地位将保持不变，因此统筹低碳转型与能源安全至关重要。

《报告》指出，在碳中和情景下，世界一次能源消费量预计由目前的142亿吨标油增长至到2035年的158亿吨标油。石油和天然气占一次能源消费比例长期维持在60%左右，2035年油气占比预计仍超过45%。

“石油公司绿色转型是一个复杂渐进的过程。当前石油公司聚焦低碳发展，不断强化脱碳目标，重点关注CCUS、绿氢、可再生能源和电气化等净零排放领域，需要加强国际战略合作，共同寻求油气合作新机遇。”中国石油集团经济技术研究院执行董事余国表示。

bP集团高级副总裁、中国区总裁杨士旭指出：“近年来，全球能源政策主要关注如何实现能源系统脱碳，但是也不能忘记能源转型进程中的另外两个关键因素，也就是安全性和可负担性。任何成功和持久的能源转型都要考虑能源的三重挑战，即如何向世界提供安全的、可负担的和更低碳的能源。”

“不管油气需求下降的速度如何，都需要继续增加上游油气的投资。基于现有油气产地产量的自然下降，中短期内如果不追加上游投资，油气需求增长将超过供给的增长。转型中的能源系统非常脆弱，相对较小的能源供应扰动都将导致经济和社会成本显著增加。所以，我们既要以符合《巴黎协定》目标的速度，加速推进能源转型，也需要持续投资能源安全，确保能源转型有序进行。”杨士旭说。

四、生物质能、环保工程（污水）

塑料无需分拣即可回收

参考消息 2023.9.6

日本荏原制作所的一项新技术将于 2030 年投入实用。该技术可将塑料从垃圾中自动分离出来，人们无需再对垃圾进行细致分类就可实现塑料的回收利用。这可能给相关行业带来改变。

现阶段，人们多以焚烧方式处理混有塑料的垃圾。如果想对塑料进行回收利用，需将其与生活垃圾等进行分类。用聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)制作的饮料瓶经常被分类回收，但如果污损严重，也无法回收。

有了荏原制作所开发的新技术，可将垃圾直接扔进焚烧炉。炉子内部铺有沙子，垃圾会同从外部鼓入的空气和蒸汽混合。经 400 至 950 摄氏度的高温处理，垃圾会分解成分子，发生气化。

通过控制炉内温度，可以分离出乙烯、丙烯等基础化学品，这些可用于制造汽车、家电等产品。

荏原制作所将与化学品制造商开展合作，努力提高技术水平，争取让可提取化学品占垃圾投入量的比例达到 30%至 40%。

2022 年 4 月实施的《塑料资源循环促进法》规定，地方政府应努力推进衣架等塑料垃圾的分类回收。荏原制作所的新技术可以将可燃垃圾和资源垃圾一同回收，进而减少在特定日期回收某种垃圾的麻烦，为地方降低运营成本。

但是，尽管《塑料资源循环促进法》已实施一年，效果却还比较有限。许多地方面临费用和人手问题。回收方法的普及和民间企业在技术层面的努力都很关键。

“此前算作可燃垃圾的衣架等都可以回收。”自 2022 年 10 月起，爱知县丰明市开始对此前属于可燃垃圾的塑料进行回收。

2022 年 10 月至 2023 年 2 月，塑料垃圾回收量同比增长 6.2%。相关负责人称效果十分明显：“可燃垃圾的量在切实减少。”

受《塑料资源循环促进法》影响，自 2023 年 4 月起，仙台市、京都市、长野县松本市、埼玉县入间市开始对塑料制品进行回收。在东京 23 个区中，涩谷区、北区、大田区 2022 年度也行动起来。

但是，不少地方还面临困难。

环境省开展的调查显示，在做出回答的 1455 个地方中，表示将在《塑料资源循环促进

法》实施 5 年内对塑料进行回收利用的地方有 85 个，加上在该法实施前就已开展此项工作的 31 个地方，仍不足整体的 10%。

这背后是费用和人手问题。关东某地区一名容器包装回收项目的负责人表示，如果开始对塑料制品进行回收，塑料垃圾规模会大增，垃圾处理厂将无法进行分类处理，而改善设施又要花费大量资金。

许多地方正面临人口减少带来的税收下降问题，有的地方甚至打算放弃回收此前一直在回收的塑料包装。2022 年 4 月，北海道室兰市开始对垃圾进行统一焚烧处理。相关负责人称，尽管知道要环保，但人口减少导致税收下降，不得不削减成本。

还有一些地方选择统一焚烧垃圾的理由是，附近缺少垃圾回收设施。专家认为，国家需要做出相应努力，例如派遣专家帮助地方制订垃圾回收计划，不能将垃圾回收的任务全部扔给地方。此外，企业也需要开发为垃圾分类提供便利的产品，建立独自回收垃圾的机制。这些民间力量也是不可或缺的。

相变型二氧化碳捕集关键技术达国际领先水平

中国电力报 2023.9.4

8 月 29 日，由华能清能院自主研发的“相变型二氧化碳捕集关键技术”顺利通过中国电机工程学会科学技术成果鉴定，鉴定委员会一致认为项目研发的相变型二氧化碳捕集关键技术工程中首次成功应用，主要技术指标达到国际领先水平，具有良好的推广应用前景。

相变型二氧化碳捕集技术作为新一代碳捕集技术，可大幅降低再生热耗和捕集成本，对于推动二氧化碳捕集利用与封存技术（CCUS）大规模应用具有重要意义。该项目发明了能够实现自驱动萃取浓缩的低能耗相变型二氧化碳吸收剂，实现了二氧化碳在富液中的再分配和浓缩富集，有效降低了二氧化碳捕集再生过程的热耗。研制了连续动态稳定分层的高效分相澄清器和过程强化技术，提升了富液分相速度和分相效果；开发了相变型二氧化碳捕集工艺和控制系统，掌握了捕集装置长周期运行过程中设备腐蚀、结垢和吸收剂劣化规律，研发出防腐除垢和溶剂净化技术。

CCUS 是我国实现碳中和目标、保障国家能源安全不可或缺的战略技术。碳捕集的能耗与成本占 CCUS 全链条的 70% 以上，是影响整个产业链系统性和经济性的关键问题，二氧化碳吸收剂是降低碳捕集成本的关键核心。华能清能院研发的相变型二氧化碳捕集吸收剂及其

工艺，对 CCUS 产业发展具有重要价值。未来，该院将继续加强在 CCUS 领域的技术研发，积极开展国内外合作，共同推动 CCUS 产业发展，为实现碳中和目标和能源绿色转型作出积极贡献。

3D 打印活性材料可净化污水

科技日报 2023.9.7

近日，美国加州大学圣迭戈分校研究人员开发了一种 3D 打印的新型生物工程材料，可提供可持续和环保的解决方案来清除水中的污染物。相关论文发表在最新一期《自然·通讯》杂志上。

这种去污材料由一种以海藻为基础的聚合物和细菌组合而成，这些细菌经过基因工程改造，可产生一种酶，能将各种有机污染物转化为良性分子。这些细菌还可在茶碱分子存在的情况下“自毁”，茶碱通常存在于茶和巧克力中，这提供了一种在“完成任务”后清除细菌的方法。

研究共同负责人、加州大学圣迭戈分校纳米工程教授乔恩·波科尔斯基表示，研究的创新之处在于，将聚合物材料与生物系统配对，创造出一种活性材料，这种材料可发挥功能，并对刺激作出反应，而普通合成材料无法做到这一点。

研究人员使用了藻酸盐，将其水合制成凝胶，然后与一种名为蓝藻的水生光合细菌混合。研究人员利用 3D 打印机对混合物进行打印。在测试了材料的各种 3D 打印几何形状后，研究人员发现，格子状结构是保持细菌存活的最佳结构。所选形状具有较高的表面积与体积比，这使得大部分蓝藻能靠近材料表面以获取营养、空气和光线。

基因工程改造的蓝藻不断产生一种名为漆酶的去污酶。研究表明，漆酶可用于中和来自双酚 A、抗生素和染料中的多种有机污染物。

研究人员证明，新材料可用于净化靛红染料，这种染料广泛用于纺织行业中对牛仔布料的染色过程。在测试中，新材料能使含有染料的水溶液脱色。

研究人员还开发了在污染物清除后消除蓝藻的方法。他们对细菌进行基因改造，使其对茶碱分子产生反应。这种分子触发细菌产生一种蛋白质以破坏它们的细胞，如同一个“自毁装置”。这种方式可减少人们对转基因细菌长期存在于环境中的担忧。

国内首例生物质发电参与现货市场交易

中国电力报 2023.9.7

9月1日,国家电投国能生物旗下3台生物质发电机组在山东电力交易中心完成首单现货交易,开创了生物质发电参与现货市场的先河。

据悉,国能生物在国家电投营销中心指导和山东能源公司支持下,先后向山东省发展改革委、山东省能源局、山东能源监管办,山东电力调度中心、山东电力交易中心等相关部门做了专题汇报和多轮次磋商交流,取得市场准入资格,于9月1日正式进入山东省电力现货市场。

本次在山东电力交易中心顺利完成现货交易出清的机组是国能生物山东临沂、宁阳、惠民3台生物质发电机组,当日出清溢价收益近10万元。

国能生物负责人说,生物质发电参与现货市场交易,不仅顺应了电力体制改革形势变化,还助推了全国统一电力市场体系建设,有利于促进清洁能源转型和“双碳”目标实现,促进产业市场化转型,引导产业健康可持续发展。下一步,国能生物将在总结试点项目交易经验的基础上,推动在鲁7台机组全面参与电力市场。

中国治污努力全球影响积极

参考消息 2023.9.11

美国科学家研究了1998年至2019年全球空气中PM2.5颗粒物的数据,发现自2011年以来,其全球平均浓度一直在稳步下降。这与中国采取的减少有害物排放的措施有关,也与其他地区工业污染下降有关。这项研究的论文发表在英国《自然-通讯》杂志上。论文作者指出,空气中的PM2.5颗粒物对人体有害。PM2.5污染的主要来源是化石燃料和木材的燃烧,世界上一些国家正在采取措施减少排放到大气中的有害颗粒物。

论文作者之一、华盛顿大学(圣路易斯)教授兰德尔·马丁表示:“PM2.5作为人类健康主要风险因素的重要性促使研究人员研究(这些颗粒物在空气中浓度)的长期变化。我们决定分析关于PM2.5的卫星数据以了解这些颗粒物对公众影响的全球性和区域性变化。”

研究人员设计了一种方法可以确定微小悬浮颗粒物的地区“起源”及其对当地人口的影响。总体分析显示按人口权重计算的PM2.5浓度自1998年开始增加,2011年达到峰值之

后开始稳步下降直到 2019 年。科学家们发现,在 2011 年之前,亚洲非洲和南美洲的污染增加幅度最大。但随后,这一指数在世界上多数地区开始下降,欧洲亚太地区俄罗斯等地的排放量都有所下降,中国尤为明显。

论文第一作者、华盛顿大学(圣路易斯)大气成分分析小组专家李驰(音)说,中国严格的空气质量控制措施已被证明是这些全球积极变化的主要原因。“根据我们的计算,全球平均悬浮颗粒物暴露量减少的 90%以上来自中国。这一结果是惊人的可以归因于中国在减排方面的努力,这对全球近五分之一的人口产生了积极影响。”他说。

这些变化的积极影响是居民总体健康状况有所改善。

用好秸秆资源助力绿色农业

人民日报 2023.9.12

农业农村部办公厅印发的《关于做好 2023 年农作物秸秆综合利用工作的通知》提出,2023 年,建设 400 个左右重点县、1600 个秸秆综合利用展示基地,全国秸秆综合利用率保持在 86%以上。目前我国各地农作物秸秆综合利用情况如何?秸秆还田有哪些生态效益?如何挖掘秸秆离田利用的资源价值?

秸秆科学还田,提升耕地质量

秋日的北大荒,风吹稻浪。北大荒农业股份有限公司二九一分公司第四管理区种植户乔春走在水稻田里,欣慰地说:“近些年秸秆全量还田,黑土地地力提升,养分含量高、透气性好,庄稼的长势就是最好的说明。”

秸秆还田不是一件容易事。二九一分公司的耕地多数是黏重的草甸土,地湿时无法翻耕,旋耕后秸秆在表层分布,灌泡田水容易漂稻茬。经过探索,技术人员找到了整地办法——春天泡田水上到土块的一半左右时,就开始搅浆。把秸秆混进泥土中,不再漂稻茬,还节省了水资源,就这样,公司 38 万亩水田真正实现全量秸秆还田。

如今,乔春所在的第四管理区 3.5 万亩水稻种植坚持秸秆全量还田 7 年后,土壤有机质增加 0.3%,作物产量和品质都有所提高。

一大早,湖北省宜昌市夷陵区东山村村民李廷成来到玉米地劳作。早玉米已经收完,旋耕机把粉碎的玉米秸秆撒进田地里深翻,秸秆没有离田就做了肥料。“秸秆还田后,田地生态环境得到改善。”李廷成说。

近年来，夷陵区探索适宜丘陵、山区的秸秆还田模式，大力推广覆盖还田、堆沤还田、腐熟处理还田等技术，促进秸秆直接还田，提高耕地肥力。

国家绿肥产业技术体系岗位科学家、中国农科院作物科学研究所研究员张卫建说，秸秆还田是农业废弃物资源化综合利用的主要措施，是提升农田土壤肥力的主要途径，是有机肥替代化肥减量增效的重要手段，在保障我国粮食安全中起着不可替代的重要作用。

近年来，各地因地制宜推行秸秆翻埋还田、碎混还田、覆盖还田等科学还田措施，有效提升了还田效果。全国年秸秆还田量为4亿吨，有效培肥土壤、提升地力。

促进种养循环，推动秸秆利用

“农作物秸秆上连种植业，下连养殖业，是种养结合、生态循环的关键纽带。”国家油菜产业技术体系岗位科学家、农业农村部农业生态与资源环境保护总站正高级农艺师徐志宇说，秸秆是草食动物不可或缺的“五谷杂粮”，推进秸秆青黄贮、膨化、压块等饲料化高效利用，可有效扩大草食动物饲料来源，促进秸秆利用向产业链、价值链更高层次迈进。

走进江西省赣州市赣县区三溪乡下浓村湖羊养殖基地，饲养员陈九沅开着撒料车，将混有秸秆、玉米粒等的草料撒入羊槽。

据了解，赣州市每年大约生产3万吨草料，可以供应8000只羊一年的草料。然而，赣州市年末肉羊存栏量10万只左右，种植的牧草远不够消耗量。为了解决牧草不足难题，赣州绿林湾农牧有限公司董事长李开嵘找到了一条新路：“我们这里盛产水稻、玉米和甜叶菊等，如果就地回收利用农作物秸秆，就有望解决牧草不足问题。”目前基地一年大约消耗花生秧800吨、玉米秸秆6000吨。秸秆变成饲料，大大提升了利用率。

徐志宇介绍，秸秆饲料化已成为重要的秸秆农用方式，在弥补优质饲草缺口、保障畜产品供给、推动种植业和养殖业高效结合等方面发挥了重要作用。同时，秸秆通过牛羊消化后过腹还田还能能为土壤提供优质的有机肥，将部分有机质重新归还土壤，提升耕地质量。

多方共赢，串起绿色产业链

位于广西壮族自治区崇左市江州区经济产业园的华绿生物公司金针菇工厂生产车间里，一个个装满菌种的白色瓶子被运送到采摘车间生长培养。公司负责人宋菊华介绍，当地有生产蘑菇所用的甘蔗叶、蔗渣等丰富的原料，区位优势得天独厚。

江州区全年糖料蔗种植面积保持在115万亩左右，每年产生蔗叶55万吨。去年，新和镇9个行政村合股成立村集体公司，与广西崇左得力新能源公司合作签订蔗叶收购订单合同，回收的蔗叶用于发电。

河南省南阳市桐柏县付楼村豫岗生物能源有限公司宽敞的厂房内，3条生产线同时开足

马力运行，成捆的小麦秸秆在自动流水线上通过粉碎、烘干、混合、压制成型、冷却等流程，不到 10 分钟，秸秆就被转换为生物质颗粒。该公司总经理刘征介绍：“这就是以小麦秆、玉米秆等为原材料加工而成的生物质颗粒，是一种清洁环保、发热量高、干净且无污染的新型清洁能源。”

目前，以秸秆为原料的成型燃料、沼气工程、热解气化等生物质能行业有序发展。农业农村部秸秆综合利用专家指导组组长、中国农科院环发所研究员赵立欣说，目前全国秸秆综合利用成为我国农业生态环境保护和农业绿色发展的突出亮点。推动秸秆高效高值利用，下一步还要完善收储体系、延伸产业链条，探索可复制、可推广、可持续的秸秆全产业链高值化利用路径。

工程改造细菌边发电边处理垃圾

科技日报 2023.9.11

在最新一期《焦耳》杂志上，瑞士洛桑联邦理工学院（EPFL）研究团队报告了生物电子学方面的一项突破性成就，其提高了常见的大肠杆菌的发电能力。论文概述了一种新方法，可彻底改变废物管理和能源生产。

大肠杆菌是生物学研究的主要内容，科学家已经通过细胞外电子转移（EET）过程来使这种细菌发电。EPFL 研究人员对大肠杆菌进行了改造，使其增强了 EET 能力，进而成为高效的“电子微生物”。与之前需要特定化学物质才能发电的方法不同，经过生物工程改造的大肠杆菌可在代谢各种有机底物的同时发电。

这项研究的关键创新之一是在大肠杆菌中创建了一个完整的 EET 途径，这是前所未有的突破。通过整合奥奈达希瓦氏菌，研究人员成功地构建了一条跨越细胞内外膜的优化路径。与传统策略相比，这一新途径的电流产生量增加了 3 倍。

经过改造的大肠杆菌在各种环境中都表现出了非凡的性能，包括从啤酒厂收集的废水。在其他可发电微生物的生命岌岌可危时，改良后的大肠杆菌仍然生机盎然，这展示了其在大规模废物处理和能源生产方面的潜力。

研究人员表示，他们能够利用“生物工程电动细菌”一边发电，一边处理有机垃圾，可谓“一石二鸟”。

经过改造的大肠杆菌可用于微生物燃料电池、电合成和生物传感等。此外，大肠杆菌的

遗传可塑性意味着它可被“量身定做”，以适应特定的环境和原料，成为可持续技术开发的多功能工具。

经处理后的生活污水将尝试“应用尽用”

羊城晚报 2023.9.12

11日，广州市水务局在官网公布了已向全市各有关职能部门印发的《广州市污水系统总体规划（2021—2035年）》（以下简称“总体规划”）。根据“总体规划”内容，广州未来一段时间不仅要实现更多生活污水“应收尽收”，经处理后的生活污水还应当“应用尽用”以达到节约用水的目的。

至2025年污水再生利用率达到30%

根据“总体规划”，广州计划至2025年，城镇污水处理率达到98%；城市生活污水集中收集率稳步提升，达到国家、省考核要求；污水处理厂进水生化需氧量浓度达到110毫克/升。

至2035年，城镇污水处理率达到99%；城市生活污水集中收集率达到90%以上；污水处理厂进水生化需氧量浓度达到110毫克/升以上。通过上述方式，广州生活污水进一步实现“应收尽收”。

随着生活污水处理技术的提升和节约用水理念深入人心，近年来广州已通过多种方式回用经处理后的生活污水。根据“总体规划”，广州至2025年污水再生利用率达到30%；至2035年污水再生利用率达到国家、省考核要求。通过上述规划，广州经处理后的生活污水也将尝试“应用尽用”。

规划建设再生水处理设施提升回用率

“总体规划”还在如何提高处理水的回用上作出规划：在规划净水厂（污水处理厂）时应充分考虑污水深度处理工艺，预留提标改造空间；再生水主干管建设应结合城市供水管网、排水管网现状及规划进行设计。远期到2035年广州污水处理厂按1374万立方米/吨规模控制用地预控，全市污水处理厂污水再生利用主要以河涌生态补水为主，厂区生产回用、绿化回用为辅，鼓励各区因地制宜推动工业生产、园林绿化、道路清洗、车辆冲洗和建筑施工等领域的污水再生利用，根据污水资源化利用的方式进一步规划新增再生水处理设施的用地，配建加压泵站及输送管网。

协同治理推动大气污染减排

中国能源报 2023.9.11

“随着‘大气十条’等政策的实施，我国主要大气污染物排放量迅速下降。全国一次PM2.5、SO₂、NO_x排放量已分别于2006年、2006年和2012年达到峰值，2020年排放量相较峰值分别下降53%、77%和32%。但VOCs的减排是过去大气污染防治的薄弱环节，排放量长期居高难下，2018年以来VOCs排放量首次出现拐点，但下降幅度较小。”在近日举行的2023年北京国际大都市清洁空气与气候行动论坛——VOCs监测、评价与治理分论坛上，中国环境科学研究院研究员胡京南指出。

作为2023年中国国际服务贸易交易会环境服务领域的重要活动之一，本次论坛以“创新引领降碳减污”为主题，探讨大气污染治理和应对气候变化的管理机制和治理技术创新。多位与会专家指出，未来要进一步推动PM2.5和臭氧协同治理、温室气体和大气污染物协同治理、本地和区域协同治理。

防控成效初显

生态环境部通报的2022年全国环境空气质量状况显示，2022年，全国339个地级及以上城市平均空气质量优良天数比例为86.5%，同比下降1.0个百分点；PM2.5平均浓度为29微克/立方米，同比下降3.3%；SO₂平均浓度为9微克/立方米，同比持平；NO₂平均浓度为21微克/立方米，同比下降8.7%。

以京津冀地区较为突出的臭氧污染为例，在胡京南看来，近年来京津冀及周边地区臭氧污染防控成效已初步显现。“从区域层面看，当气候条件有利时，臭氧浓度降幅超过气象条件影响；当气象条件不利时，臭氧浓度增幅较气象转差程度偏小。针对每年臭氧污染突出的6月，综合污染排放、气象条件和环境监测数据分析显示，2023年6月较2019年同期，前体物减排对区域臭氧污染改善的贡献可达五成；基于统计模型评估，京津冀及周边地区6月气象标准化后的臭氧浓度在2019—2023年期间呈降低态势。”

VOCs是挥发性有机物。据了解，当前我国大气污染防治的重点在PM2.5和臭氧污染的协同控制上，对PM2.5和臭氧的主要前体物NO_x和VOCs的防控至关重要。

“NO_x和VOCs等前体物减排，减缓了不利气象条件下的污染累积，降低了臭氧污染峰值。”胡京南表示，“2019—2023年上半年，京津冀及周边地区NO_x排放减少了20%，主

要来自产业结构调整、重点行业超低排放改造，以及老旧机动车淘汰等；区域人为源 VOCs 排放减少了 11%，主要来自工业治理、产业结构升级和老旧机动车淘汰，低 VOCs 原辅材料替代等。前体物排放的削减使臭氧污染累积速率下降，实现削峰。”

仍是薄弱环节

自 2010 年国家 9 部委首次将 VOCs 列为重点控制污染物以来，我国对 VOCs 的治理一直在不断探索。多位与会人士指出，近年来我国 VOCs 治理取得了较大的成效，但排放量的下降速度相对较慢，目前仍是大气污染治理的薄弱环节。

据了解，制造业是 VOCs 的主要排放行业，其中溶剂使用源贡献最大，其次为石化化工行业。交通运输、仓储和邮政业为对 VOCs 贡献第二大的行业，其中汽油车排放贡献占比最大。

“近年来溶剂使用需求增加，但控制措施相对有限，导致甲苯、二甲苯等芳香烃排放依然处于高位。由于民用生物燃料的使用和汽车尾气减少，乙烯、乙炔排放量下降。”胡京南指出，“当前 VOCs 排放控制仍存在诸多问题，比如工业涂装和包装印刷行业源头替代料较低，治理设施简易低效，石化化工行业废气收集效率不足、末端治理设施运行效果差、企业管理不规范、工艺废气直排等。”

在清华大学环境学院教授王书肖看来：“我们在 VOCs 治理方面，取得了非常大的成效，形成涵盖主要行业的 VOCs 排放标准体系，这使得颗粒态、低挥发性的有机物排放量下降了大概 50%左右。但是对中等挥发性有机物排放的关注度不够，需要进一步探索。”

王书肖进一步指出：“在碳中和目标下，能源结构加速调整，涉及到燃烧源的 VOCs 排放会得到显著控制，但这个措施并不能减少所有 VOCs 的排放。我们的研究表明，通过能源结构调整大概可以降低 40%—50%左右的 VOCs 排放，但是对于溶剂使用等源的 VOCs 减排效果非常有限，今后需要加强监测和控制。”

推动协同治理减排

针对当前我国大气污染治理现状，如何进一步深入减排，推动城市空气质量进一步提高？

胡京南指出：“从总体策略上看，一是强化季节性调控，强化季节性调控，切实落实国家和各省市管控措施，加大 NO_x 和 VOCs 减排力度；二是加强区域联动，臭氧污染的区域性特征较 PM_{2.5} 更为明显，本地减排对削减区域污染水平效果有限，需要进一步加强区域联防联控，推动区域协同治理，削减区域臭氧污染浓度峰值。”

针对人为源 VOCs 的治理，胡京南建议突出活性物种排放控制，强化排放源治理监督。

“工业涂装、建筑涂料等溶剂使用行业是芳香烃和含氧有机物的重要排放源，下一步应持续

提升低原辅材料源头替代率、治理设施收集率、投运率、去除率，推进简易低效治理设施升级改造。石化化工等行业是烯烃和芳香烃的重要排放源，应重点强化废气达标排放监管，安装适配于工艺过程的治理设施。”

在能源基金会环境管理项目主任刘欣看来，深度低碳能源转型是实现协同目标的关键。“通过实施温室气体与大气污染物协同减排，在 2030 年实现碳达峰的基础上，使全国主要大气污染物排放量较当前水平下降至少 1/3，推动全国 PM2.5 年均浓度和臭氧浓度年评价价值分别下降至 25 微克/立方米和 130 微克/立方米左右，全国空气质量达标城市比例提升至 80% 以上。到 2060 年全国实现碳中和时，PM2.5 年均浓度和臭氧浓度年评价价值有望降至 10 微克/立方米和 100 微克/立方米。”

双亲性磁性材料高效去除水中微纳塑料

科技日报 2023.9.26

从河流到湖泊，从大江到海洋，有着“白色污染”之称的塑料垃圾，对人们的生活环境造成了严重污染。而微纳尺度的塑料作为一种新兴污染物，更是对环境和人体健康具有潜在危害。

面对这些潜在威胁，开发高效去除水环境中微纳塑料的技术迫在眉睫。日前，广西科学院生态环境研究所环境新型污染物综合治理与生态修复创新团队李婉赫研究实习员、黄慨研究员、王俊教授等开发了一种新型磁性材料，可对水环境中的微纳塑料进行快速去除，该项研究成果近日发表在国际期刊《整体环境科学》上。

新型磁性材料同时具有亲水和疏水特性

“微纳塑料在水环境中广泛分布已是不争的事实，它会对人类健康构成潜在威胁。”王俊表示，由于微纳塑料体积小，很容易被水生生物吸收，最终进入食物链从而对人类产生危害。

“塑料颗粒纳米化后，其在水体中的分散作用更强，疏水性变弱，常规的吸附材料难以在水体中有效地吸附纳米级塑料颗粒。”黄慨表示，为此，团队设计并研制了一种同时具有亲水和疏水特性的双亲性磁性材料，该材料既能在水体自由分散又能寻找并吸附微纳塑料微粒，从而达到高效去除水中微纳塑料的效果，实现生态环境修复的目标。

李婉赫介绍，双亲性磁性材料是一种具有化学不对称性的磁性粒子，其表面具有两种或

两种以上性质相反的化合物。这种不对称性赋予了粒子独特的特性，使材料同时具备亲水和疏水，极性和非极性等特点。

“团队开发的这种新型双亲性磁性材料，是以磁性微球为原料，通过皮克林乳液定向控制和磷酸基高分子定向表面修饰，得到的一种单侧花状结构的双亲性磁性粒子。这种粒子具有适宜的表面结构与特性，粒子亲水侧具有的亲水性有利于粒子在水环境中分散，充分与其他粒子接触，疏水侧则表现出较强的吸附带负电荷塑料粒子的能力。在磁场中，这种双亲性磁性材料能够实现微纳塑料的吸附，从而完成对水环境中微米级和纳米级塑料微粒的分离。”李婉赫说。

未来或能广泛应用于水环境治理

李婉赫表示，这种新型双亲性磁性材料对低浓度高度纳米化的微纳塑料具有更显著的吸附能力。目前从吸附动力学和热力学研究上看，它对聚苯乙烯（PS）微粒的吸附速率为每分钟 0.759，每克能吸附 2.72 克聚苯乙烯微粒。而它对聚乙烯（PE）微粒的吸附速率为每分钟 0.539，每克能吸附 2.42 克聚乙烯微粒。这些吸附能力数据比非双亲性吸附材料都要高，因此它在处理聚苯乙烯和聚乙烯两种微纳塑料方面具有更强的竞争优势。

作为团队的最新研究成果，该材料在许多领域具有实用价值。“它不仅应用于水环境中微纳塑料颗粒的吸附治理，未来也能应用于水环境中抗生素和其他永久性有机污染物的吸附治理，团队正在逐步对相关应用领域开展研究工作。”黄慨说。

黄慨表示，未来，团队将会设计强化吸附材料的亲水侧作用，同时完善双亲性磁性材料对不同目标物的吸附选择性与吸附能力，掌握更丰富的吸附数据，构建各类型塑料微粒的吸附数据库。同时团队还将与自来水厂合作，设计去除微纳塑料微粒的集成装置模块，为今后大规模工程化应用研究提供基础数据。

异质微球成功从废水中回收有机染料

中国科学报 2023.9.25

中国科学院理化技术研究所仿生材料与界面科学重点实验室研究人员提出了一种全新的表面异质纳米结构化颗粒全分散策略，制备出全分散的亲水-疏水异质微球。这些微球在水、乙醇、辛烷等一系列溶剂中展现出全分散的优异性能，成功从废水中回收有机染料。该微球材料在环境污染物处理、资源回收利用、海洋资源富集提取、生物分子检测等复杂样品

的分离分析领域具有广泛应用前景。相关研究成果近日发表于《自然-通讯》。

论文通讯作者、中国科学院理化技术研究所研究员王树涛介绍，在回收有机染料的过程中，只需加入有机溶剂，无须加入含有无机酸、碱或盐的洗脱液。有机溶剂很容易通过简单的蒸馏从染料中去除，避免了去除无机酸、碱和盐的复杂步骤。

有机染料是一种常用的色彩添加剂。有数据表明，全球有机染料的产量达到 70 万吨/年，其中 10%~15%被排放到工业和家庭废水中，已成为水污染的重要源头，对生态环境和公众健康构成威胁。

王树涛团队提出了乳液界面聚合合成异质结构微球的新方法。他们发展了多种乳液界面聚合合成方法，制备出一系列具有不同尺寸、化学组成、孔隙、表面纳米结构的异质微球，实现了复杂生物流体中痕量糖肽的分离、相近尺寸蛋白的分离、病毒核酸的分离、癌症病人外周血中痕量循环肿瘤细胞的分离、水中痕量微油滴的分离等，构建了色谱柱、微分离柱、微流控、纸色谱等分离器件。

论文第一作者、中国科学院理化技术研究所研究员宋永杨介绍，此次研发的亲水-疏水异质微球表面具有交替的亲水、疏水成分，这种结构既有利于水等极性溶剂的铺展，又有利于乙醇等中等极性溶剂、辛烷等低极性溶剂的铺展。此外，在亲水区，带电基团很容易被引入，这些基团能为颗粒间提供静电排斥作用，从而在不同溶剂中实现良好的分散。

正是利用这种独特的全分散性，该团队发展出从含有机染料的废水中分离回收染料的策略。染料在水中被吸附到微球上，通过过滤得到净化的水与吸附了染料的微球，再将这些微球分散到有机溶剂中实现染料的脱附，通过过滤得到溶解了染料的有机溶剂，染料通过蒸馏被回收，同时微球被循环利用。

用微球从废水里回收有机染料

科技日报 2023.9.26

基于多年的积累，近期中国科学院理化技术研究所研究人员在分离微球材料上取得重要突破，研制出全分散的亲水-疏水异质微球。

这种微球在多种溶剂中都可以分散开来，发挥吸附或脱附作用，并实现从废水中回收有机染料。相关研究成果在线发表于《自然·通讯》杂志。

有机染料是一种常用的色彩添加剂，在工业、科研和日常生活中有着广泛应用。统计数

据表明，全球有机染料的产量达 70 万吨/年，其中 10%—15%被排放到工业和家庭废水中，已成为水污染的重要源头，对生态环境和公众健康构成威胁。

“现有的染料废水处理方法，如混凝—絮凝法、生物降解法，可以去除废水中的大部分有机染料。然而，这些方法却存在染料去除不彻底、适用染料种类有限、产生的淤泥容易造成二次污染等问题。”论文通讯作者、理化所研究员王树涛介绍。

“我们研制的全分散亲水—疏水异质微球，在多种溶剂中都可以分散开来，不会团聚在一起，能够很好地发挥作用。比如，它可以先在水里吸附染料，然后在油里脱附染料，这样就能把染料从废水中回收。但是，其吸附、脱附的前提是，既要在水里能分散，又要在油里能分散，所以这个全分散性能至关重要。”论文第一作者、理化所研究员宋永杨解释。

在王树涛看来，亲水—疏水异质微球是一种很有前景的回收有机染料的新材料。“在回收有机染料的过程中，只需加入有机溶剂即可，无需加入含有无机酸、碱或盐的洗脱液。加入的有机溶剂很容易通过简单的蒸馏从染料中去除，从而避免了去除无机酸、碱和盐的复杂步骤。”王树涛说，这类材料在环境污染物处理、资源回收利用、海洋资源富集提取、生物分子检测等复杂样品的分离分析领域具有广泛的应用前景。

改性生物炭可大幅降低汞污染治理成本

科技日报 2023.9.21

近日，中国科学院东北地理与农业生态研究所科研人员制备出一种改性生物炭，大幅降低了废水中汞污染的治理成本。相关研究论文发表在工程技术领域期刊《燃料》上。

汞作为一种全球性污染物，可引发水俣病等问题，长期以来被国内外科学家关注。作为环境友好型材料，生物炭可高效净化水体中的汞污染，但由于制备成本较高，极大地限制了其在环境治理中的大规模应用。因此，亟待开展技术经济评估以量化生物炭净化汞污染的成本，指导并推动生物炭从实验室走向市场。

东北地理与农业生态研究所湿地生物与环境学科组研究人员利用工业副产品硫化钠与木材加工副产品松木末，制备改性生物炭，并从有效性、安全性、经济性三方面系统评估了改性生物炭净化废水中汞污染的效果，为推动生物炭工业化生产和规模化应用提供了基础数据和指导。

研究表明，在 300℃ 条件下制备的硫化钠改性生物炭（SBC300）具有极高的汞去

除能力，对模拟废水中汞的去除率高达 96.4%，对实际废水中汞的去除率高达 70.2%。通过吸附—解吸实验、动力学实验及相关光谱表征，科研人员发现，改性生物炭中大量的含硫基团可与汞有效结合形成硫化汞沉淀，在净化汞污染时不仅效率高、速度快，还具有极高的环境稳定性。

科研人员通过综合考察改性生物炭制备过程中能源与原材料消耗、生物炭产率、汞污染去除率及稳定性等多方面因素，系统评估后发现，利用 SBC300 从废水中去除 1 克汞的成本仅为 1.74 美元（约为 12.7 元），与未改性生物炭相比，汞污染治理成本降低了 24.7%。

五、太阳能

我国首个万吨级光伏绿氢示范项目投产

中国电力报 2023.9.1

8 月 30 日，中国石油化工集团有限公司宣布，我国规模最大的光伏发电直接制绿氢项目——新疆库车绿氢示范项目全面建成投产。随着配套的光伏电站全部建成、实现全容量并网，该项目可以满足生产绿氢，每年生产的 2 万吨绿氢全部就近供应中国石化塔河炼化公司，用于替代炼油加工中使用的天然气制氢，实现现代油品加工与绿氢耦合低碳发展，标志着我国绿氢规模化工业应用实现零的突破。

该项目是国内首次规模化利用光伏发电直接制绿氢的项目，利用新疆地区丰富的太阳能资源发电直接制绿氢，电解水制氢能力 2 万吨/年、储氢能力 21 万标准立方米、输氢能力每小时 2.8 万标准立方米。今年 6 月 30 日，项目已成功贯通绿氢生产、输送、利用全流程，部分制氢车间顺利投产产氢。

该项目生产的绿氢将替代塔河炼化的天然气制氢、作为原料进行加氢反应，最终进入油品中，实现炼油产品绿色化。项目每年可减少二氧化碳排放 48.5 万吨，是绿氢炼化首次实现规模应用，对炼化企业大规模利用绿氢实现碳减排具有重大示范效应。

作为我国首个规模化绿电制绿氢项目，该项目建设中面临着工艺技术新、规模大、无成熟工程案例可借鉴等难点。中国石化通过联合攻关、揭榜挂帅等形式，突破性地解决了新能源波动电力场景下柔性制氢、并向下游炼化企业连续稳定供应的难题。其中，面对可再生波动电源制氢的技术难题，中国石化通过自主开发绿电制氢配置优化软件，将电控设备与制氢设备同步响应匹配，实现了“荷随源动”，大幅提升对波动的适应性。此外，项目先后完成

了万吨级电解水制氢工艺与工程成套技术、绿氢储运运输工艺技术等创新成果，均实现了工业应用，项目已申报专利及专有技术 10 余项。

据了解，该项目所用的光伏组件、电解槽、储氢罐、输氢管线等重大设备及核心材料全部实现国产化，有效促进了我国氢能装备企业发展。

技术创新为中国光伏产业高质量发展装上“加速器”

国家电网报 2023.9.12

在稳步推进实现“双碳”目标的背景下，中国光伏产业正通过技术创新塑造高质量发展新优势。

数据显示，上半年中国光伏产业链主要环节产量均实现高速增长，多晶硅、硅片、电池、组件产量再创新高，同比增长均超过 65%。

从转换效率更高的电池到更稳定的电网技术，不断涌现的技术创新成果成为中国光伏全产业链从产能引领迈向技术引领的“加速器”。

通威太阳能（成都）有限公司生产的异质结（HJT）光伏电池组件不久前经第三方机构认证，实现了功率提升的技术突破。该公司先进技术部副部长孟夏杰说，与传统电池组件相比，HJT 电池组件具有更耐高温、可双面发电等优势。“现在全行业都在向追求更高的组件功率努力。高功率组件应用于地面集中式电站场景下可以节省更多的度电成本。”孟夏杰说。

目前，提升电池转换效率被认为是光伏行业持续技术突破的关键一环，电池领域呈现多技术路线创新发展态势。

为了应对光伏等新能源的高比例接入对电力系统稳定运行带来的挑战，总部位于安徽合肥的新能源设备制造企业阳光电源股份有限公司研发出应用于光伏储能系统的“干细胞电网技术”。

阳光电源相关技术负责人表示，像干细胞帮助人体组织修复和造血一样，这项技术可以使储能系统通过灵活参与电网调峰、调频来提高能源使用效率，并且在电压故障和发电脱网等特殊情况下快速响应，减少电压波动和恢复供电，助力电网稳定运行。

国家能源局最新数据显示，截至 6 月底，中国光伏发电装机容量 4.7 亿千瓦，连续 8 年位居全球第一。

工业和信息化部等部委联合印发的《智能光伏产业创新发展行动计划（2021～2025 年）》

指出，到 2025 年，光伏行业智能化水平显著提升，产业技术创新取得突破。

国际能源署去年 7 月发布相关报告指出，世界前十名光伏设备制造商均在中国。考虑到正在建设和规划的制造工厂，预计中国在太阳能光伏制造领域的主导地位将继续保持，甚至进一步提升。

风电光伏更“风光”带来的启示

人民日报 2023.9.13

坚持把创新作为新能源发展的根本动力，努力实现技术持续进步、效率持续提高、成本持续下降，定能为构建绿色低碳循环经济体系提供有力支撑

今年上半年，光伏主要制造环节产量同比增长均在 60%以上；前 7 月，风电光伏发电新增装机超 1.2 亿千瓦，占全部新增发电装机的比重超 70%，光伏发电工程完成投资同比增长 108.7%……随着绿色低碳转型持续深入，以风电光伏等为代表的新能源正成为当前产业发展的一大亮点。

风电光伏更“风光”，离不开我国积极稳妥推进碳达峰碳中和、积极参与应对气候变化全球治理的大背景。在全国碳排放中，能源活动碳排放占八成以上，风电光伏等新能源是实现“双碳”目标的关键力量。在沙漠、戈壁、荒漠地区加快规划建设大型风电光伏基地项目，优化新能源项目接网流程，加大绿色债券、绿色信贷对新能源项目的支持力度……一系列政策措施相继实施，为新能源快速发展提供了动力。

政策环境有利，自身创新同样给力。近年来，我国新能源行业加快关键核心技术和装备攻关，降本增效不断取得新进展。近 10 年来，风电大功率齿轮箱、百米级叶片等关键部件持续突破，光伏量产单晶电池转化效率多次刷新世界纪录；风电项目单位千瓦造价从 8000 元降至 4000 元左右，光伏发电项目单位千瓦造价从 1.2 万元降至 4000 元左右，不少项目度电成本与煤电相当甚至更低。国家能源局数据显示，我国生产的光伏组件、风力发电机、齿轮箱等关键零部件，已占全球市场份额七成左右，全球新能源产业重心进一步向中国转移。

符合绿色低碳发展大方向，技术水平和经济性又大幅提升，让新能源在市场竞争中赢得主动。同时也要看到，新能源要实现更大规模发展，除了锻造风电、光伏的优势长板，还要补齐短板，强化储能、氢能等前沿科技攻关。当前，低成本、大容量、长时间、跨季节调节的储能技术还有待突破；氢能产业仍处于发展初期，制氢、储氢、运氢及应用尚未形成高效

完备的产业链，部分技术装备与国际一流水平还有差距。面向未来，惟有统筹推进锻长板和补短板，才能更好推动新能源高质量发展。

最为关键的还是增强产业自主创新能力，向着更高效率、更低成本方向努力。《“十四五”现代能源体系规划》提出：开展新型储能关键技术集中攻关，加快实现储能核心技术自主化，推动储能成本持续下降和规模化应用；适度超前部署一批氢能项目，力争氢能全产业链关键技术取得突破，推动氢能技术发展和示范应用。这些举措，都有助于持续增强新能源产业竞争力。

全球首台 16 兆瓦海上风电机组完成吊装，深远海风电施工能力实现重要突破；中国石化新疆库车绿氢示范项目建成投产，实现我国绿氢工业化规模应用零的突破；超级电容储能、固态电池储能、钛酸锂电池储能等新技术投入工程示范应用，呈现多元化快速发展态势……眼下，无论是锻长板还是补短板，都有不少好消息。应当看到，我国能源市场空间大、工程实践机会多，坚持把创新作为新能源发展的根本动力，努力实现技术持续进步、效率持续提高、成本持续下降，定能为构建绿色低碳循环经济体系提供有力支撑。

生物制造让建筑更有“生命力”

科技日报 2023.9.12

近年来，3D 打印、绿色屋顶、太阳能电池板、地热供暖和制冷系统，以及可持续材料的使用，大大减少了建筑对环境的负面影响，提高了能源利用效率。而生物制造，则有望成为可持续建筑技术领域的“后起之秀”。

生物制造涉及利用经过基因改造的微生物生产拥有先进性能的产品。与建筑技术中使用的传统方法相比，这种创新工艺可以带来更可持续的建材，更有效地维护建筑安全。美国《福布斯》网站在 8 日的报道中，向人们介绍了生物制造技术的新风潮，这种技术有望赋予建筑物更持久的“生命力”。

混凝土能自我修复

大部分建筑物是由钢筋混凝土建造而成。混凝土是一种复合材料，由细骨料和粗骨料与随时间硬化（固化）的水泥浆黏合在一起形成。随着时间的推移，混凝土会变得容易破裂，这不仅影响其美观，还会危及其强度。而混凝土也是有寿命的，日积月累，混凝土内部会产生复杂的应力作用，撕裂其内部结构，产生裂缝。

材料科学最近取得了一些进展，有望带来能自行修复的混凝土，对建筑行业来说，这不啻为一个“福音”。在自修复混凝土中，微生物受到营养物质的刺激，会促进自身的生长和代谢活动。这些生物体产生的酶催化反应，最终会形成能愈合裂缝的物质。

例如，荷兰代尔夫特理工大学教授亨德里克·容克斯发现了一种杆菌——芽孢杆菌。这种杆菌可以在石灰石内生存，也就是说具备生活在混凝土中的能力，并且可以产生孢子。孢子在水分充足时休眠，一旦混凝土出现了裂缝，接触到空气和水，孢子就会激活，随即开始生长，生成大量的菌丝进行裂缝填补。这种生物混凝土能在大约3周时间内愈合最多0.5毫米宽的裂缝，大大延长了建筑物的使用寿命。

目前这项技术已经研发出3种产品：自愈混凝土、修补水泥砂浆和修复液。这项技术可以用于建造军用和民用机场的跑道，这些跑道会随着时间的推移而磨损。

美国伍斯特理工学院的研究人员则在红细胞中发现了一种酶，该酶与二氧化碳反应可以产生碳酸钙晶体，让混凝土自我修复。在他们的实验中，经过一天之后，3毫米的裂缝和1.5毫米的小洞都复原如初。

研究指出，未来如果这种微生物修复技术能够成功应用于桥梁、隧道和道路建设等工程领域，每年有望节省数十亿美元的维修费用。而且这种自修复生物材料对混凝土结构修复而言，也具有划时代的意义。

硅藻可用于水泥制造

水泥广泛应用于各种建筑内。当干燥的成分与水反应时，水泥就会变成黏合剂，保护硬化材料免受化学侵蚀。但水泥行业也是二氧化碳排放大户，水泥制造商通过碳捕获和封存技术来减少二氧化碳排放，提高能源效率和建筑寿命。

生物制造可用于为水泥开发添加剂。例如，将硅藻用于建筑中，以增强水泥的力学和流变特性。硅藻是最早在地球上出现的一种单细胞藻类生物，生存在海水或湖水中，形体极为微小，常常以惊人的速度生长繁殖。硅藻具有多孔二氧化硅细胞壁，可用于水泥内以提高材料的强度。

此外，科学家还可以对硅藻进行基因改造，创造出其他有价值的产品。不过，生物制造技术在将硅藻用于水泥产业时，还需要克服成本问题。

利用生物为建筑“把脉”

结构健康监测技术是近年来新兴的一种对建筑物或构筑物进行常规“体检”和“健康”监测的重要手段，主要方法就是利用智能传感仪器，例如应变传感器、裂纹检测器、振动和测压计等，对建筑物或构筑物结构进行实时监测、动态管理和趋势研判。

微生物可以动态地感知和响应不同的环境条件，科学家指出，对生物进行基因改造，可以让其“变身”为生物传感器，报告建筑物的特定情况。这为结构健康监测提供了新思路。

美国特拉华大学在混凝土内发现了一些细菌，包括弓形杆菌属、杂色纯洁杆菌、嗜碱盐球菌等，这些细菌似乎都跟降解反应有关。研究团队指出，假设能够监测诸如建筑物和桥梁等混凝土结构中的这些细菌，那么有朝一日可能会将其用作倒塌风险的早期预警系统。

此外，借助生物制造技术，还可以定制微生物，利用合成生物学精确调整建筑工程的材料等。不过，目前将合成微生物引入建筑工地还面临技术挑战。

人工智能可识别太阳能电池缺陷

参考消息 2023.9.23

俄罗斯科学家开发出一种机器学习系统，能够识别太阳能电池结构单元的缺陷。

该人工智能(AI)技术还能够识别生产流程中最有可能导致缺陷的错误。人工智能研究所新闻处 19 日通报称，该软件包已经在实际生产中进行测试。通报说：“团队共同努力的结果是，在新切博克萨尔斯克赫韦尔工厂的实际生产中，成功地对该系统进行了工业测试。当在分拣阶段检测到两个或多个图像，其中存在具有相似定位的同类缺陷时，该系统就会实时告知工厂生产线设备中最可能与所发现缺陷有关的节点。”

该算法由人工智能研究所新材料设计组组长谢苗·布琼尼领导的研究团队与索尔 IT 技术公司及专门生产光电元件的赫韦尔公司的专家共同研制。

通报指出，太阳能电池板制造商在制造新型太阳能电池时经常会出现有缺陷产品，这些缺陷产生于技术链的不同阶段，并导致电池板的效率大大降低。工厂可以使用特殊相机拍摄的图像来识别缺陷，这些相机可以跟踪太阳能电池在电场或电流作用下发出的光芒。

研究人员准备了一个包含 6.8 万张图像的数据库，并用它来训练他们开发的网络。首批测试表明，该算法能够识别缺陷及其可能来源，准确率约为 90%至 95%。

通报援引布琼尼的话说：“目前，我们正在进行额外的大规模数据标记，以提高缺陷定位的准确性。如果第二阶段测试成功，我们计划将软件投入工业试运行。”

跨界融合“光伏+”加出无限可能

中国高新技术产业导报 2023.9.11

“光伏+防沙治沙”为荒漠化生态治理探索新路径；“光伏+高速公路”助力零碳高速建设；“光伏+车棚”让出行变得更绿色……当前，我国光伏发电已经进入大规模、高比例、市场化、高质量发展阶段，“光伏+”迎来巨大的发展机遇，应用模式呈现多样化，新业态不断涌现。未来，随着光伏技术的不断发展和创新，光伏+多场景综合开发模式将进一步拓展开发空间。

沙漠涌动“蓝色海洋”

在内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗库布其沙漠腹地，一幅蔚为壮观的“骏马图”跃然于黄沙之上，这是国家电投内蒙古公司用 19.6 万块光伏板拼成的巨型骏马图光伏电站，蓝色光伏板随着绵延的库布其沙漠起伏，如阵阵波涛，在漫漫沙海中涌动成“光伏海洋”。

板上发电、板间种植、板下修复。骏马图光伏电站秉承“生态优先、绿色发展”的理念，将光伏与治沙结合，变沙害为沙利，在开发清洁能源的同时进行沙漠治理和生态修复，实现生态效益与经济效益双赢。据介绍，该光伏电站是内蒙古自治区唯一的 100 万千瓦光伏发电应用领跑基地，可实现年发绿电约 20 亿千瓦时，相当于节约标煤 68 万吨，减排二氧化碳 165 万吨。在实现清洁能源利用的同时，光伏基地还治理库布其沙漠 6 万亩。与此同步实施的还有生态林地建设 2.3 万亩，其中防护林 3000 亩、沙障 1.75 万亩，套种红枣等经济林 1.2 万亩，黄芩、黄芪等中草药 5000 亩。

在水电水利规划设计总院党委委员、总规划师张益国看来，近年来，为推动实现碳达峰、碳中和的目标，借助光伏+沙漠生态治理的综合开发利用模式组织建设的沙戈荒新能源基地，有效实现了“零碳电力”和“绿水青山”携手并进的综合发展效果。

中国三峡新能源（集团）股份有限公司副总工程师闫俊义说，光伏+生态治理融合发展，不仅以新能源开发推进化石燃料替代，而且通过生态修复、植被恢复等工程，实现生态与能源双赢。

“光伏+”模式不断涌现

除了“光伏+防沙治沙”应用模式外，近年来，光伏行业不断探索光伏应用新模式，光伏+农业、光伏+车棚、光伏+高速公路等“光伏+”模式正在逐步成型，并将迎来快速增长。

张益国说，当前，全国范围内因地制宜的农（牧）光互补、林光互补、渔光互补等复合开发模式全面推进，光伏+5G 基站、大数据中心等信息产业应用场景不断扩展，光伏+新能

源汽车充电桩、铁路沿线设施、高速公路服务区及沿线等交通领域开发模式持续突破。

“‘光伏+’将经济、社会和环境三效益统一融合，构建协同共赢的发展格局。”浙江正泰新能源开发有限公司战略发展中心副总经理王荃说，正泰新能源积极推进多场景融合创新，打造了光伏+海渔、光伏+农业、光伏+林业等诸多新模式。

据了解，在“光伏+”的实践中，海宁正泰工业园区智慧用能应用场景是一个典型案例。该项目针对工厂停车需求，结合分布式光伏电站，构建了包含电动汽车光储充在内的微电网系统；针对工厂冷热需求，结合分布式燃气发电，构建了含燃气内燃机溴化锂机组在内的冷热电联供系统。同时响应国家节能减排政策，通过综合能源管理云平台，实现绿色低碳的清洁能源供给。

闫俊义表示，“双碳”目标下，光伏发电与各种业态跨界融合愈发显著，“光伏+”模式已经迎来蓬勃发展新时代。

仍需促光伏跨界融合

虽然“光伏+”应用模式近年来蓬勃发展，但业内人士认为，未来仍需持续推动光伏跨界融合发展，创新多场景下“光伏+”综合开发模式，进一步拓展产业发展新空间。

“未来，‘光伏+’将涌现更多创新形式。”王荃介绍了最新的“混合型太阳能天窗技术”，该技术兼顾高效和透光，实现了停车情况下智能通风换气功能，以及远程监控、电池充电、降低低压功耗等功能，提出了太阳能自循环生态座舱和智慧座舱的概念。此外，海上光伏是将成熟的光伏发电技术应用在海洋滩涂地区的光伏项目，经过正泰近年来在浙江近1GW海上光伏的开发建设和运营论证，发展海洋光伏是未来光伏应用的新空间。

“光伏与土地复合、环境修复、多能互补、基础设施等领域的跨界融合，正在驱动着场景变革。”隆基绿能科技股份有限公司中国地区部总裁刘玉玺认为，随着光伏+绿色建筑、光伏+绿色交通、光伏+绿色工业、光伏+绿色生活等众多模式不断涌现，“光伏+N”将领跑“零碳未来”。

“随着技术进步，光伏与不同行业融合趋势将愈发凸显。”闫俊义表示，未来，“光伏+”成熟模式将进一步加速部署，光伏制氢、光伏建筑一体化、光储直流供用电等创新模式将逐步成熟，形成无处不在的“光伏+”应用格局。

光热发电开发模式与电价机制亟待完善

中国电力报 2023.9.14

核心提要

对于光热发电这样的灵活调节电源，由系统调度直接调用，才能更好地发挥调节作用

光热发电具有长时储能和灵活调节的技术优势，但其发电量和灵活调节能力与光热发电机组的系统配置密切相关，系统配置还与机组的经济性紧密相连

电源上网电价形成机制的市场化改革已刻不容缓

今年3月，国家能源局《关于推动光热发电规模化发展有关事项的通知》下发，标志着我国光热发电进入规模化发展新阶段。文件明确，力争“十四五”期间，全国光热发电每年新增开工规模达到300万千瓦左右。发展目标要真正落实，需要对项目开发模式和上网电价传导机制进行深入研究和探讨。

当前开发模式不利于光热发展

随着我国风电和光伏发电的装机比重不断提高，电力系统对储能和调峰的需求愈加迫切。2021年2月，国家发展改革委、国家能源局联合印发《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》。随后，国家能源局发布的《关于报送“十四五”电力源网荷储一体化和多能互补工作方案的通知》明确，充分发挥流域梯级水电站、具有较强调节性能水电站、储热型光热电站、储能设施的调节能力，汇集新能源电力，积极推动风光储一体化。

在上述政策出台后，具有光热发电资源的省份将光热发电与光伏或风电打捆，采用多能互补一体化项目建设模式，通过风电和光伏发电的利润空间来弥补光热发电的亏损。在缺乏光热发电上网电价传导机制的情况下，这样的开发模式对缓解光热发电产业链生存危机产生了积极作用。目前采用多能互补一体化建设模式，已开工建设或已列入地方开工计划的光热发电项目超过30个，总装机容量超过300万千瓦。

2022年3月，国家发展改革委、国家能源局联合发布的《“十四五”现代能源体系规划》明确，“因地制宜建设天然气调峰电站和发展储热型太阳能热发电，推动气电、太阳能热发电与风电、光伏发电融合发展、联合运行”。

目前国内开展的新能源基地建设模式，基本上沿用了多能互补一体化项目的模式，将新能源基地分解为若干个多能互补一体化建设项目。一体化项目中的光伏、风电与储能和光热发电的容量配比，根据目前上网电价、按照满足投资方的最低收益要求确定。因此，并没有以输出电力的优良品质为目标开展深入系统研究，致使新能源基地输出的电力品质无法得到

保证。

在多能互补一体化项目中，光热发电按照当地燃煤发电的基准电价上网是亏损的，投资方为了达到合理的投资收益，只能大幅削减光热发电投资。聚光集热系统的容量大幅度缩减，导致光热发电机组的发电量和灵活调节功能大打折扣，丧失了长时储能的技术优势。

此外，在新能源基地的运行调度方面，对于光热发电这样的灵活调节电源，由系统调度直接调用，才能更好地发挥调节作用，保障新能源基地整体外送电力的质量。

优化光热发电项目开发模式

新能源基地与零散的新能源发电项目不同，其装机规模超过千万千瓦，并且要立足自身解决调峰问题，不占用系统中原有的调节资源。光热发电具有长时储能和灵活调节的技术优势，但其发电量和灵活调节能力与光热发电机组的系统配置密切相关，系统配置还与机组的经济性紧密相连。因此，要使光热发电机组在新能源基地中发挥应有作用，电网公司和咨询机构要根据电源结构和电力输出要求开展系统研究，根据系统的需要确定光热发电机组的功能定位。光热发电项目投资商要根据系统对光热发电项目的技术要求，研究确定机组的系统配置。由于光热发电系统存在不同的技术路线，即使同样的机组功能，系统配置也有所不同，在经济性方面也存在差异。因此，通过公开竞价招标方式选择开发商并确定上网电价，对降低光热发电项目上网电价、促进光热发电技术进步、营造市场公平竞争环境大有益处。

完善光热发电成本传导机制

光热发电项目的上网电价可根据所有投标项目的平均上网电价确定，低于平均电价的项目中标。若光热发电装机容量尚有缺额，则可以进行第二轮招标。第二轮招标则以第一轮招标确定的上网电价为条件，通过综合打分确定电源开发商，这样可以使新能源基地的光热发电项目执行相同的上网电价。

长期以来，我国确定各种电源的上网电价，采用的方法是按照一定的边界条件，锁定行业基准投资收益，测算电源的上网电价，并由政府主管部门发文明确，全国遵照执行。这一方式对保证投资方收益、吸引电力项目投资发挥了重要作用。然而，我国已全面进入市场经济并处于能源转型时期，这一方式已经不能适应社会和经济发展的需求。首先，上网电价测算的边界条件不断变化，政府确定的电源上网电价不能及时调整。第二，这样确定的上网电价并没有通过市场竞争，不利于电力系统降低购电成本。第三，这样确定的上网电价没有体现供求关系，不利于电力系统降低调峰成本。在管理机制方面，对于已经不能适应生产力发展的传统管理机制，则需要“破立并举”。

已有研究成果表明，要实现碳中和目标，用电成本必定要提高，其他国家的现实情况也

印证了这一点。电力用户承担能源转型引发的用电成本增加，引发商品成本和居民生活成本增加，这是真实反映电力价值的结果。与此同时，用电价格的增长也会刺激电力用户研发或应用节能技术，降低社会的能源消耗。因此，能源转型引发的电力成本增加，由电力用户承担是必然途径。地方政府也可以根据财政收支情况，对需要扶持的产业和经济困难的电力用户进行电价补贴。

综上所述，电源上网电价形成机制的市场化改革已刻不容缓。目前，部分省份已经出台了峰谷分时销售电价政策，这充分体现了市场经济环境下，价格反映供求关系并对其进行调控的功能，但仍需将这一模式向发电上网侧传导。

以新能源基地建设为契机，率先在新能源基地的电源端进行上网电价形成机制市场化改革试点，可以积累经验，为日后在全国推广起到示范作用。

中国石油首个水面光伏电站为大庆油田“清洁充电”

云浮日报 2023.9.21

中国石油首个水面光伏项目——大庆油田星火水面光伏电站是积极响应国家“双碳”战略目标、贯彻落实中国石油“清洁替代、战略接替、绿色转型”总体部署、打造“大庆油田绿色低碳可持续发展示范基地”的先导示范工程。该电站装机规模 18.73 兆瓦，年平均发电量折合火力发电标准煤 8400 吨，可减少二氧化碳排放量 2.2 万吨。去年 6 月 30 日并网发电以来，电站运行平稳，各项指标参数均达到设计要求，截至今年 8 月末，已累计发电 3300 万千瓦时，全部由油田负荷自行消纳，为油田“清洁充电”。

六、地热能

我国最深地热科学探井开钻

科技日报 2023.9.7

近日，中国石化首口地热科学探井福深热 1 井在海口开钻。该科学探井是我国第一口 5000 米深度的深层高温地热探井，有助于探明海口及周边地区地热资源形成机理和资源潜力，引领我国中深层地热资源勘探开发技术走向世界前列。

据介绍,地热能是赋存于地球内部岩体、流体和岩浆体中且能被人类开发和利用的热能,是一种储量丰富、分布较广、稳定可靠的可再生能源。地热资源分为三类:浅层地热资源、水热型地热资源和干热岩型地热资源。我国是地热资源相对丰富的国家,但目前地热资源开发利用多以浅层和水热型地热为主,干热岩资源开发尚处于探索阶段。

干热岩一般指温度大于 180 摄氏度、埋在地下数千米处、内部不含或仅含少量流体的高温岩石。中国地质调查局数据显示,中国陆区地下 3—10 千米范围内干热岩型地热资源量折合标准煤 856 亿吨。根据国际干热岩行业惯例,以其 2%作为可开采资源量计算,约为 2022 年我国全年能源消费量的 3200 倍,具有广阔开发应用前景。

据介绍,福深热 1 井设计钻遇干热岩型地热资源,由中国石化石油勘探开发研究院牵头承担。针对福深热 1 井目的层温度高、钻遇水层多等问题,攻关团队采用“双驱钻井+高压喷射”等技术,并做好相关工作保证绿色钻进。福深热 1 井实施后,将依据第一手岩心和测录井等资料,验证深层地热探测评价关键技术,助力干热岩地热资源规模化开发。

据悉,2023 年世界地热大会将于 9 月 15 日—17 日在北京举办,这是中国首次承办世界地热大会。本届地热大会由国家地热能中心主办、中国石化承办。

新型地热发电技术在德投入商用

参考消息 2023.9.1

日本中部电力公司出资建立的加拿大一家初创企业将在德国进行新型地热发电。这种方式不像通常那样使用地下蓄积的蒸汽和热水,而是采用从地上注入发电用水的方式。这是该技术在全球首次投入商用。鉴于在德国的这一动向,中部电力打算在尚未充分利用丰富地热资源的日本予以推广。

在德国南部城市慕尼黑郊外的一处森林里,耸立着一台高近 100 米的巨型挖掘机。这里就是加拿大初创公司 Eavor 于 7 月动工的地热发电站建设现场。

2024 年 10 月,4 座发电站中的 1 座将开始运行,到 2026 年 8 月,所有发电站将全面运行。如果将地热直接用作取暖用热源,还可以提供给 20 万户家庭。

一般的地热发电方式是在地面呈垂直方向进行挖掘,抽取出地下蓄积的蒸汽和热水加以利用。运转涡轮机可以用以进行发电,或者可以作为热能用于取暖。从商业化调查到开工需要 15 年左右的时间,项目成功率只有不到 30%。因为事先无法知道地下蒸汽的准确储量和

温度。

Eavor 也首先从垂直方向挖掘 5 至 7 公里。然后在此基础上，在地下呈水平方向凿开一个直径 20 厘米的洞，形成水流通道的“闭环循环”（长约 3 公里）。

该公司会凿建 24 个“闭环循环”，从地面将水注入其中进行循环，再利用地热加热成蒸汽或热水，然后提取到地面上来。这样一来，即使事前不了解地下的详细情况，也能稳定地发电。

该发电站计划原本由德国一家地热发电公司提出，并于 2004 年得到批准。但是，由于挖掘后发现蒸汽不足，2019 年便放弃了该项目。拥有自主技术的 Eavor 承接了这一项目。

项目总工程费用为数亿欧元，其中有 9160 万欧元获得了欧盟的补贴。因为是继承项目，所以可以压缩商业化调查和环境影响评估等成本，据 Eavor 方面介绍，“全面启动后，马上就能获利”。

德国可再生能源占总发电容量的 46%，大部分是容易受气候影响的风力发电和太阳能发电。由于来自俄罗斯的天然气和石油供应减少，火力发电站的运转率也在下降，此外在今年 4 月，德国全面停止了核电站运转。

不受气候影响的稳定地热发电被寄予厚望。德国政府计划到 2030 年将地热发电站数量提升至现在的 2.5 倍——即 100 个——并决定对每个发电站给予高达 200 万欧元的补贴。24 日，到访 Eavor 建设现场的德国总理朔尔茨表示：“地热将成为生活中不可缺少的能源。”

德国地热发电的兴起有可能给日本带来改变。持有 Eavor 近 10% 股份的中部电力计划在日本开展这项业务。

据悉日本拥有 2300 多万千瓦的地热资源量，是继美国和印度尼西亚之后世界第三个“地热大国”。但是，日本地热发电容量约为 60 万千瓦，只有 2.6% 的地热资源得到利用。与 12.6% 地热资源得到利用的美国等国相比，差距明显。

地热开发进展缓慢的原因之一是，80% 的地热资源分布在山区或国家划定的公园内。日本环境省在 2021 年放宽了规定：即使自然资源属于公园的一部分，也可以加以开发。但是，担心会对周围温泉和生态系统造成影响的当地人对此表示强烈反对。

中部电力的董事佐藤裕纪说：“如果使用 Eavor 的技术，在日本也同样可以重新开展之前中断的计划。因为不抽取热水，对环境的负荷小。即便在放宽限制的平原地区，也可以获得充分的地热能源。”以日本为例，预计挖掘深度会比德国浅 2 公里左右。

Eavor 正在世界 20 多个国家推进发电量相当于 10 座核电站的地热发电项目。然而，眼下主要以德国等非火山国家为中心，像日本这样的火山国能否维持闭环循环的耐久性和功能

性还是未知数。只要突破技术和安全方面的障碍，就有可能打破阻拦日本地热发电普及的障碍。

全球地热领域首项行业标准发布

中国科学报 2023.9.20

9月17日，在2023年世界地热大会上，国际地热协会面向全球首次正式发布《中国地热供暖推荐做法》行业标准。这是全球地热领域发布的第一项行业标准，对推动全球地热行业的标准化、规范化发展具有重要意义，并将助力全球绿色低碳转型发展。

该项标准由能源行业地热能专业标准化技术委员会牵头，中国石化、中国石油、北京地质矿产勘查院、天津地热勘查开发设计院、清华大学、中国石油大学、中国地质大学等单位共同研究制定。

《中国地热供暖推荐做法》以中国地热供暖实践为参照，基于地热能全生命周期可持续开发利用模型制定，给出了中低温水热型地热供暖的推荐做法，包括地热资源评价、热负荷计算、开采方案设计、钻完井工程、供热工程、监测与控制等6部分内容，为全球地热地暖产业提供了完善的技术标准参照。

此前，该项标准已在雄县地热供暖项目、曹妃甸供暖项目、高阳地热供暖项目等进行了实施和验证，证明其对于地热能产业的评价、设计、建设和规范化运营发挥着规范和引领作用，能够保障地热能供暖项目的可持续开发和利用。

据了解，过去5年，在能源行业地热能专业标准化技术委员会的推动下，我国地热领域先后研究制定了52项能源行业标准。

我国地热直接利用规模多年居世界第一

人民日报 2023.9.17

2023年世界地热大会于9月15日在北京开幕。记者从会上获悉：我国地热直接利用规模多年稳居世界第一。到2021年底，我国地热供暖（制冷）能力达到13.3亿平方米；2020年，我国地热直接利用装机规模在全球占比达37.7%。未来几年，我国北方地区地热清洁供暖、长江中下游地区地热供暖（制冷）、青藏高原及其周边地热发电将是产业发展热点。

据介绍，地热开发利用主要可以分为直接利用和地热发电两个方面，直接利用指的是温泉、农业养殖等非发电端的利用。我国地热资源丰富，资源量约占全球地热资源的 1/6，开发利用潜力巨大。

大会还同步发布了《世界地热发电进展》和《世界地热供暖制冷进展》报告。根据报告，全球地热发电总装机容量已经从 1980 年的 2110 兆瓦增长到如今的 16260 兆瓦。截至 2022 年底，全球供热和制冷热能装机容量比 2020 年增长了 60%。

唤醒“沉睡”地下的干热岩能源

甘肃自然资源报 2023.9.22

近日，中国工程院院士钱七虎在刊发的《我国地下空间利用还有多大空间》文章中，谈到“如何利用地下空间解决城市环境问题”时认为，可用地热来彻底解决我国东北、华北地区由于冬季要取暖、燃煤引起的雾霾问题，其中利用地热的第二种形式是建设干热岩发电站。

干热岩是什么

钱七虎所说的“热干岩”，又叫“干热岩”，一般是指温度高于 180℃、埋深地下 3 千米—10 千米，内部不存在水或仅有少量地下水的高温岩体，通俗地说就是高温的石头。

我们脚下的地球内部蕴含着巨大的能量——地热能，通过断层以蒸汽、水或干热岩为载体传导至地表。按照成因和产出条件，地表浅层的地热以干热型和水热型两种形式存在。干热岩和岩浆属于干热型地热，它比水热型热能埋藏得更深。

干热岩蕴藏量有多大

在地下达到一定的深度后，干热岩无处不在，资源潜力巨大。按照地热学的基本规律，越靠近地球深部温度越高，地表往下每 1000 米平均大约增温 30℃。世界上迄今利用的地热能为距地表 10 千米以内的热能，已探明的地热资源相当于全球煤的经济可采储量 4950 亿吨所含热量的 7 万多倍，或相当于全球所有石油、天然气和煤炭所蕴藏能量的 30 倍，其中干热岩资源，占已探明地热资源的 30% 左右。从现阶段看，由于技术和手段等限制，能被人类发现及开发利用的干热岩资源，主要集中在埋深较浅、温度较高、有开发经济价值的地下热岩体，距地表 4 千米—6 千米、温度为 200℃ 的干热岩。

我国的干热岩地热资源潜力巨大，大陆地区 3 千米—10 千米深处的干热岩资源量相当于 856 亿吨标准煤，占世界资源量的六分之一左右，若能开采出 2%，就相当于我国 2015

年全国一次性能耗总量的 4400 倍，能够用上 3000 多年。

如何开发利用干热岩

干热岩被认为是极具战略潜力的清洁、可再生的新型能源，因为资源量大、潜力大、安全环保、利用率高、成本低，越来越受到各国的关注。

干热岩的开发利用，几乎不产生氮硫氧化物等污染物，如能实现技术突破，规模化开发利用，将有效降低温室效应和酸雨对环境的影响。利用干热岩发电的成本仅为风力发电的一半，只有太阳能发电的十分之一，特别是干热岩与风能、太阳能等能源相比，不受季节、气候、昼夜等外界因素干扰，稳定高效。

干热岩如何开发利用？简单来说，就是先在地下有干热岩资源分布的地面打一口井，随后将水用高压打入地下，水吸收热量后转化成高压水蒸气，然后从另外一口井将这些水蒸气收集起来加以利用。

干热岩与传统的热电站发电的区别，主要是采热方式不同，水能重新循环，反复利用，且对环境没有影响。在采用先进的钻井和人工热储水库技术条件下，干热岩地热发电比传统火力、水力发电更具有电价竞争力。

干热岩是冬季供暖的良好热源，用来进行集中供暖是比较合适的选择，目前干热岩供热技术已成功进行商业应用。

干热岩也可以辅助采油，通过向干热岩中注水形成高温蒸汽或热水后，再由地面采出，用来加热油层，从而提高稠油的流动能力，大幅度提高稠油的开采利用，降低稠油开采成本。

干热岩研发属于前瞻性技术，目前国际社会对干热岩的勘查开发尚处于探索阶段。在不久的将来，这种无处不在的“沉睡”能源，一定会被大量利用并造福人类。

七、海洋

我国海洋温差能发电海试成功

中国科学报 2023.9.13

近日，由中国地质调查局广州海洋地质调查局牵头研发的 20kW 海洋漂浮式温差能发电装置搭载“海洋地质二号”船在我国南海成功完成海试，返回广州南沙。这是我国首次在实际海况条件下实现了温差能发电的原理性验证和工程化运行，标志着我国海洋温差能开发利用从陆地试验向海上工程化应用迈出了关键一步。

据悉,该装置国产化率达到100%,且整机体积只有常规同等规模温差能发电设备的1/3,成本低、机动灵活性强。

今年8月,该装置在我国南海水深1900米处海域开展了首次海上试验,试验发电总时长4小时47分钟,最大发电功率16.4kW,有效发电利用率达到了17.7%。发电试验后,项目组还利用搭建的海试系统,开展了不同排量下的冷、热源循环压力和温度的对比试验,收集了丰富的测试数据。

海洋天然气水合物开采一比一仿真模拟技术体系初步形成

中国自然资源报 2023.9.11

近日,由中国地质调查局青岛海洋地质研究所的自然资源部天然气水合物重点实验室研究团队申报的“天然气水合物试采模拟装置及方法”等6件发明专利获得国家授权。该团队自2017年启动全尺寸海洋天然气水合物开采仿真模拟技术攻关以来,已建成涵盖砾石充填、举升携砂、泵效评估、流动保障等功能于一体的仿真实验井,共获批国家发明专利12件,初步形成了海洋天然气水合物开采仿真模拟技术专利集群,构建了核心专利与卫星专利构成的“1+N”技术体系,可为后续重大工程实施提供重要技术支撑。

据介绍,传统天然气水合物室内研究存在尺度小、边界效应明显、功能单一等弱点,导致研究结果与工程实际误差较大。全尺寸仿真实验将工程实际条件“搬进”实验室,能够更加贴切地模拟实际工程复杂条件。天然气水合物开采过程全尺寸仿真模拟是沟通室内基础研究与工程实际需求的桥梁,将室内基础研究结果推向工程应用的最有效手段。

6项国家发明专利中,“天然气水合物试采模拟装置及方法”是水合物开采仿真模拟技术核心专利,该专利公布了实现海洋天然气水合物试采全尺寸(1:1)仿真模拟的基本技术思路、技术装备、测试回路流程。

“水合物开采井管内砾石充填仿真系统及方法”提出了综合利用井底定点压力监测井下声波成像灰度值和均一度综合评价砾石充填质量的方法,建立了在全尺寸条件下实现水合物开采井管内砾石充填仿真模拟的回路流程和模拟方法。

“水合物开采过程中砂对离心泵磨损的测试系统及方法”通过建立量下模拟井筒,向井筒注入一定量的砂和水,模拟水合物开采过程中井筒中水、砂两相混合流体状态,进而在水合物开采井筒条件下,测试不同砂粒至、不同砂浓度和不同流量情况下,砂对离心泵叶轮和

导壳的磨损程度。“裂隙型天然气水合物动态监测装置及其方法”主要针对裂隙型天然气水合物生成、分解过程模拟实时快速测量难题,给出了基于层析成像结果判断裂隙型水合物储层中水合物团簇分布的算法,可为裂隙型天然气水合物储层响应特征的表征提供重要技术手段。

“筛网中水合物生成堵塞规律可视化评价系统及方法”是一种能够在不同的降温模式气液比条件下,实时动态监测控砂筛网中水合物二次生成堵塞的三维图版的系统和方法,旨在为天然气水合物开采并不同井身结构条件下,井底筛网控砂附加表皮系数计算及精准降压控温方案的制定提供基础数据。

“应用于水合物研究的气—水—砂三相人工举升模拟实验系统”通过建立模拟海域天然气水合物试采井下人工举升、井筒携砂测试回路,能够模拟电潜泵的举升过程,并对举升至地面的三相流体进行测量、分离,以经济高效的方法获得电潜泵举升不同比例水合物藏产出物时的工况数据。

国标《反渗透海水淡化产品水水质要求》获批

中国自然资源 2023.9.18

自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所负责起草的推荐性国家标准《反渗透海水淡化产品水水质要求》获国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会批准,于9月7日发布。该标准将于2024年4月1日正式实施。

该标准是海水淡化领域发布的一项重要基础性标准。标准在归纳国内外工程经验的基础上,借鉴了国际组织和有关国家的海水淡化产品水水质标准,通过综合衡量各方面要素,制定提出较为完善的反渗透海水淡化产品水水质相关要求,规定了反渗透海水淡化产品水水质检验指标、检验频率和检验方法,为反渗透海水淡化产品水的合理安全使用提供了技术支撑。

据悉,该标准的发布实施对推动反渗透海水淡化产品水进入市政供水管网具有指导意义,将为政府相关职能部门将反渗透海水淡化产品水纳入多水源统一供水提供技术保障。

“深海一号”浮式设施实时动态孪生系统发布

中国自然资源报 2023.9.18

近日，中海油研究总院有限责任公司目前正式对外发布了自主开发的“深海一号”能源站浮式设施实时动态孪生系统。

据悉，浮式设施是海洋资源开发的核心装备，具有高技术、高投入、高风险、高附加值等特点。近年来，我国规划实施了多项海洋浮式设施现场监测与智能化研究任务，具备了坚实的监测技术储备。但在设计反馈、运维控制方面，我国的浮式设施监测评估系统距离通过智能化技术指导设计生产还有较大差距，目前仍面临机理不明确、预警评估机理不完善、决策支持能力不足、智能化与设计难以有效协同等挑战。

为解决这一难题，近年来，中海油研究总院面向海洋油气开发全产业链，逐步完成了海洋资源开发“数据端”建设。2020年以来，中海油研究总院针对浮式设施在役安全保障和设计反馈的核心机理开展攻关，依托“深海一号”能源站开发了我国首个基于机理模型的浮式设施实时动态孪生系统。该系统涵盖了监测数据可视化再现及预警、实时动态机理模型孪生、作业决策智能辅助、在役设施全状态评估等系列化智能技术。各项智能化技术于7月19日完成技术鉴定，均达到世界先进水平。

据中海油研究总院项目总负责人米立军介绍，数字孪生技术的推广应用，相当于为海上浮式设施构建“现场专家团”，结合海洋油气开发的作业需求，完整分析浮式设施的在役健康状态，并为现场作业提供专业化的决策辅助。下一步，中海油研究总院将在“深海一号”能源站浮式设施实时动态孪生系统开发的基础上，进一步夯实智能化技术现场指导能力，吸纳各类新兴智能化技术，将实时动态孪生系统推广应用到各类海洋开发设施的在役安全保障和设计优化过程中，逐步建立海洋工程智能化技术闭环，扎实推进海洋工程数字化智能化转型。

纳米流体装置利用盐度差异发电

科技日报 2023.9.26

全球海岸线上有一种尚未开发的能源，这种能源来自海水和淡水之间的盐度差异。现在，一种新的纳米设备可利用这种差异来发电。美国伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校的研究人员设计了一种纳米流体设备，能够将离子流转化为可用电能。相关研究在线发表于新一期《纳米能源》杂志上。

新设备可用于从海水与淡水边界的自然离子流中提取能量。当两个盐度不同的水体相遇

时（如河流流入海洋的地方），盐分子会从较高浓度流向较低浓度，这些流动的能量可被收集，因为它们由溶解的盐形成的带电粒子——离子组成。

研究团队设计了一种纳米级的半导体设备，它利用了设备中流动的离子和电荷之间的“库仑阻力”现象。当离子流过设备中的狭窄通道时，电力导致设备的电荷从一侧移到另一侧，从而产生电压和电流。

模拟发现了两个令人惊讶的行为。首先，他们预计库仑阻力主要是通过相反电荷之间的吸引力发生的，但模拟表明，如果电荷之间是排斥的，该装置同样能很好地工作。带正电荷的离子和带负电荷的离子都会产生阻力。

另外，研究人员还发现了一种放大效应。由于移动的离子与设备电荷相比质量很大，离子给电荷提供了大量的动量，放大了潜在的电流。这些效应与特定的通道配置以及材料的选择无关，只要通道直径足够窄，以确保离子和电荷之间接近即可。

研究人员正在研究如何将设备阵列扩展到实际发电应用中。他们相信，设备阵列的功率密度可达到或超过太阳能电池，设备阵列在生物医学传感和纳米流体学等其他领域也将具有更大的潜在应用。

2022 年全国海水利用报告发布：海水淡化在沿海供水保障体系中的作用进一步增强

中国自然资源报 2023.9.27

近日，自然资源部海洋战略规划与经济司发布《2022 年全国海水利用报告》。

报告显示，2022 年全国现有海水淡化工程 150 个，工程规模 2357048 吨/日，比 2021 年增加了 500615 吨/日，为我国迄今为止新增海水淡化工程规模最大的一年。全国海水淡化工程分布在辽宁、天津、河北、山东、江苏、浙江、福建、广东、广西、海南 10 个沿海省（区）市。海水淡化水的主要用途以工业用水和生活用水为主。

报告显示，沿海电力、钢铁、石化等行业海水冷却用水量略有减少。2022 年海水冷却用水量 1770.47 亿吨，比 2021 年减少了 4.6 亿吨，辽宁、山东、江苏、浙江、福建、广东年海水冷却用水量超过百亿吨。

2022 年，国家发展和改革委员会、自然资源部、生态环境部、水利部、工业和信息化部等部门协调推进海水淡化规模化利用和产业高质量发展，海水淡化作为重要内容被纳入

《关于加快推进城镇环境基础设施建设的指导意见》《关于推进用水权改革的指导意见》《工业水效提升行动计划》《鼓励外商投资产业目录（2022年版）》中。天津、山东、海南、青岛等沿海省市结合实际，研究出台了促进海水淡化产业发展的地方性法规、实施方案、奖补政策，鼓励促进当地海水淡化产业发展，海水淡化在沿海供水保障体系中的作用进一步增强。

八、氢能

“氢交通”应用场景未来可期

经济日报 2023.9.2

8月31日，波士顿咨询（BCG）联合中国科学院院士、国际氢能与燃料电池协会理事长欧阳明高团队共同发布氢能产业研究报告《中国氢能产业展望》。

报告指出，从全球范围看，建立真正可持续、零排放的新能源体系势在必行。在此背景下，氢能被赋予重要使命与意义，氢能产业发展备受关注。

波士顿咨询公司董事总经理、全球合伙人於晨表示，在能源转型过程中，氢能因零排放、高热值等诸多优势，在过去几十年获得市场广泛关注。中国在实现“双碳”目标的征程中，正不断为氢能产业发展创造良好环境。

波士顿咨询公司董事总经理、全球合伙人王海旭表示，全球正处于能源结构转型进程中。中国是制氢大国和用氢大国，一年产氢量占全球总需求的三分之一左右。目前，中国已经出台氢能发展中长期规划，对产业发展支持力度很大。

报告认为，氢交通、氢储能、氢工业正成为氢的三大应用场景。氢交通作为新兴应用领域，可能会率先实现大规模普及和推广。一旦燃料电池交通应用场景的经济成本具备市场竞争力，燃料电池汽车将成为短中期内氢能需求的增长引擎，并以“下游拉动上游”的形式推动包括制氢、储氢、运氢、加氢、用氢等在内的整条产业链发展。燃料电池汽车的最大潜力在于长途重载商用车领域。与纯电动重卡相比，燃料电池重卡的补能时间更短、重量更轻且能量密度更高。随着氢燃料价格的下降和燃料电池系统成本的优化，预计燃料电池汽车的总体拥有成本（TCO）将显著改善。

据了解，氢作为清洁能源载体，可以成为储能介质；作为工业原料，则可广泛应用于合成氨、甲醇、工业还原体等领域。未来，这些领域将逐步实现绿色转型，也即俗称的“绿氢替代灰氢”。根据研究，现有相关基础设施能够有效促进绿氢在工业领域的应用和落地。不过，要

实现对灰氢的大规模替代，绿氢需要提高成本竞争力，在降低电解槽成本、降低可再生能源电价、优化电耗水平以及推动碳税落地等方面加大探索力度。

欧阳明高院士团队成员、清华大学长聘教授杨福源表示，氢能产业链的发展需要长期的技术创新与突破，以解决全行业面临的技术成本高、能量转化效率存在瓶颈、安全性管理缺乏体系、数字化水平低等问题。持续的技术迭代以及跨行业的技术创新，正在为氢能产业注入动力。比如，制氢领域近年来就持续受到市场和资本的关注。尽管碱性电解水制氢技术被认为是相对成熟的技术，但仍需要产业参与者面向全新的绿氢场景，进行系统性技术创新，以场景落地推动产业链发展，进而真正推动氢能产业发展。

直接电解海水制氢装置连续运行超 2000 小时

中国科学报 2023.9.11

近日，由中国科学院大连化学物理研究所研究员王二东团队研发的 1Nm³/h 直接电解海水制氢装置，连续稳定运行超 2000 小时，电解槽平均直流电耗 4.04kWh/Nm³H₂，实现了标方氢每小时级直接电解海水制氢装置长时间稳定运行。

利用可再生能源电解水制氢是最具前景的氢气生产途径之一，可避免海水淡化、纯化等过程，尤其适用于深远海风电就地消纳，可大幅降低海上风电输变电成本。目前，由于海水中含有复杂的离子成分，电解制氢过程会发生氯析出、氯腐蚀、固体沉积等副反应，严重影响直接电解海水制氢的性能与可靠性。

研究团队实现了直接电解海水制氢从基础研究探索、关键材料研究到系统设计集成全链条研发。他们先后攻克了催化剂、电极反应过程、电极设计、电解液调节等系列关键科学技术问题，突破了高选择性耐氯析氧电极设计与制备技术、抗钙镁离子沉积析氢电极设计与制备技术、新型高效直接电解海水制氢电解槽设计与制造技术、智能全自动电解液浓度控制技术等系列关键技术，并且累计申请电解海水制氢相关专利 17 件，初步形成了电解海水制氢技术自主知识产权体系。

团队设计集成的 1Nm³/h 直接电解海水制氢装置，采用大连海域自然海水为原料水，已完成 2000 小时连续稳定运行，平均小时电压 1.69V，平均直流电耗 4.04kWh/Nm³H₂，氧气中氯气含量低于 20ppb。此外，团队持续开发直接电解海水制氢技术，已成功开发新一代电解海水制氢电极与电解槽设计技术，在相同电解电压下，电解槽电流密度提高 1 倍以上。

全球首个氢交易所将落户德国

参考消息 2023.9.18

世界各国正在采取行动，推动氢能普及。德国计划在 2024 年开设全球首个氢交易所，日本正在研究由政府支付部分生产成本的机制。氢燃烧时不会排放温室气体，因而作为一种脱碳能源备受期待，但其生产成本居高不下。氢交易所的开设有望增加交易量、拉低价格，带动氢能源普及。

德国的氢交易市场将由钢铁巨头安赛乐米塔尔公司、金融巨头巴黎银行等 50 多家欧洲企业组成的 Hintco 负责运营。运营系统将由欧洲能源交易所(EEX)提供。

市场交易的普及有望促进企业间的竞争，以及压低氢能源的成本。EEX 根据德国国内氢的相对交易计算出的价格为每兆瓦时 234 欧元，而欧洲内部的天然气指标价格仅为每兆瓦时 30 欧元。国际能源署的数据显示，截至 2021 年，在全球总发电量中，氢的占比为零。

但是，供给和需求中的任何一方发生巨变，都很容易导致价格巨变。未来氢能源价格也存在突然飙升的风险。

在氢交易所中，卖出价与买入价之间的差额将由德国政府支付，这是为了吸引更多用户。

EEX 首席执行官彼得·赖茨表示：“这是由市场给氢能定价的第一步，我们希望通过活跃交易来实现成本下降和氢能普及。”

其他国家也在为加速推进氢能交易而努力。

在英国，从 2022 年开始，生产者出售氢的价格与发电用液化天然气价格的差额将由政府支付。日本也在研究向氢生产者支付氢价与现有能源价格差额的援助手段。

氢的重要性正在上升。国际能源署的计算结果显示，要想在 2050 年实现温室气体净零排放的目标，在全球电力和取暖用能源中，氢和氨的占比必须从目前的零上升至 3%。

根据德勤公司的数据，生产过程中不产生二氧化碳的“绿氢”的市场规模将在 2030 年达到 6400 亿美元，2050 年进一步扩大至 1.4 万亿美元。该公司负责德国、瑞士和奥地利地区的市场管理合伙人伯恩哈德·洛伦茨指出：“随着时间的推移，使用范围扩大形成的规模经济和政府支援将最终实现收支平衡。”

氢能产业规模化发展仍需突破瓶颈

中国电力报 2023.9.12

核心提要

近年来，我国碱性电解水制氢技术路线已相对成熟，设备基本实现国产化，在国内得到大规模应用

与国际先进水平相比，我国自主产品在储氢密度和安全性等性能参数方面存在一定差距。加氢站的建设布局对于氢燃料电池行业乃至我国新能源车行业的整体发展都会产生较大影响

近年来，氢能在全球能源转型中发挥着越来越重要的作用。我国氢能产业发展积累了丰富的供给经验和产业基础，但氢能产业仍处于发展初期，支撑产业发展的基础性制度不够完善，产业发展有待进一步提升。

制备：降低工艺成本迈向“清洁化”

在能源绿色低碳转型的大背景下，推动制氢流程从化石能源制氢、工业副产氢向电解水制氢转变，将是行业发展必然。如何降低电解水制氢工艺的生产成本，使其价格具有市场竞争力，成为绿氢规模化进程提速的关键。

从工艺本身来看，电解水制氢的成本水平主要取决于固定资产投资、电费和固定生产、运维四个方面。其中，电费占到总成本的60%~70%。如果想要电解水制氢在开放市场与化石能源制氢竞争，其上游电价每千瓦时至少需降到0.05元，短期内还很难实现。在此情况下，提升电解水技术水平成为降低生产成本的唯一路径。

我国电解水制氢系统由电解槽、电力转换模块、水循环系统、氢气处理系统等部分组成。电解槽是电解水制氢工艺的核心设备，其成本占到总成本的四到五成。

我国碱性电解水制氢技术路线已相对成熟，设备基本实现国产化，得到大规模应用。如能通过增加电流密度、降低隔膜厚度等方式延长设备使用寿命，还可进一步降低成本。质子交换膜电解槽技术正处于技术攻坚阶段，虽已在小范围内投入使用，但由于质子交换膜、铂电极催化剂等关键组件尚未实现国产化，质子交换膜电解槽的制造成本为相同规模碱性电解槽的3~5倍，还需通过技术研发及更多的项目验证来推动成本加速下行。据统计，在地区相关政策的支持下，近年来，新建绿氢项目中选择质子交换膜电解槽技术路线的项目占比正在持续提升。

储运：关键设备国产化率待提升

氢气的储存、运输，是整个产业链难度最大的环节。如何提升氢能储运的安全性及效率，并持续降低成本，是当前我国氢能产业发展亟待突破的技术瓶颈。

氢能储存主要分为高压气态、低温液态、固态和有机氢化物四种方式。当前阶段，我国储存氢能以高压气态和低温液态为主，后两种方式尚处于研发试验阶段。

高压气态储氢主要通过压缩机将高压氢气储存在储氢瓶或储氢罐中，容器结构简单、充放氢速度快，是最为常见、技术成熟度最高的储氢方式。得益于持续的技术研发和产品更新迭代，我国用于制造高压储氢瓶的关键原材料——碳纤维，进口占比已从 2015 年的超过 80% 下降到 2020 年的 60% 左右。伴随碳纤维生产工艺的进一步完善以及规模效应的逐渐显现，碳纤维国产化进程有望持续加快，带动高压气态储氢成本进一步下降。

目前，全球车载储氢瓶主要可分为 35 兆帕和 70 兆帕两个等级。我国自主生产的高压储氢气瓶主要集中在 35 兆帕及以下压强等级，仅有少数企业具备质量更轻、工作压力更大、储量更大的 70 兆帕储氢罐的生产能力，而海外部分地区已能够实现 70 兆帕高压储运。与国际先进水平相比，我国自主产品在储氢密度和安全性等性能参数方面存在一定差距。

低温液态储氢是将氢气深度冷冻至零下 252.72 摄氏度变为液体，再通过 0.6 兆帕的专用低温绝热槽罐进行运输，其密度相当于气态氢的 800 多倍。当前，我国透平膨胀机、液氢泵液等液氢关键设备大部分还需依赖进口，导致整体成本偏高，基本只能用于军工及航天领域，无法启动规模化应用。

国际能源署数据显示，当运输距离达到 500 千米时，高压气态运输配送成本将上升 5 倍以上，接近每千克 2 美元；同样距离下，液氢的配送成本每千克仅增加约 0.3 美元，展现了更高的经济性。因此，从长期看，伴随液氢技术研发能力进一步提升、生产规模不断扩大，在逐渐实现规模化应用后，液氢储运将更具市场优势。

氢气储运环节的技术研发将主要集中在两个方面。一是在储存容器方面，需加快关键材料研发，不仅要尽快提升 70 兆瓦储氢罐的国产化水平，还要进一步研发储氢密度更高、重量更轻的更大型储罐，为氢能规模化发展提前打好基础。二是持续开展储氢路线的探索，推动液氢、固态储氢等现有路线尽快实现规模化应用，并继续探索能够实现更高密度、更高放氢效率的储氢方法。

加氢：建设布局与汽车行业发展相连

作为氢气供应链的终端，加氢站是连接制氢端与用氢端的重要桥梁，其建设布局与氢燃料电池汽车行业发展紧密相连。

根据不同的氢气来源，加氢站可分为站内制氢和外供氢两种类型。外供氢加氢站又可分

为高压氢气压缩站、外供液氢加氢站和复产氢源站。尽管液氢加氢站的建设成本更低、存储量更大、占地面积更小，但建设难度也相应提升，因此目前我国加氢站仍以高压加氢站为主。

高压加氢站主要由压缩、储存、加注、控制等工序组成。其中，压缩机、储氢系统、加氢机是最重要的三个核心设备，其性能和参数决定了加氢站的整体加注能力和储氢能力，当前进口依赖度较高，也是我国技术研发的重点领域。

作为高压加氢站的核心设备之一，压缩机主要用于卸装拖车内的氢气并加压至储氢目标压强，在密封性、承压力方面具有较高要求。目前，国内压缩机可分为隔膜式压缩机、液驱式压缩机两个类型，市场占比分别约为 70%、30%。经过多年发展，国内企业在隔膜式压缩机领域已形成规模化生产能力，市场份额 2022 年已超过 30%，技术成熟度较高，达到全球领先水平。

由于关键设备仍需依赖于海外进口，我国高压氢气加氢站的造价成本偏高，一般要达到千万元，远高于传统加油站。为提升加氢站的经济性，并缓解地区供氢紧张及氢价过高等问题带来的运营压力，近年来油氢合建站、油氢气电合建站等综合能源站在我国新建站中的比例持续提升，其中油氢合建站在我国 2021、2022 年度新建站中的占比分别接近 50%、60%。未来，伴随核心设备国产化率和关键技术研发能力持续提升，以及加氢站规模化发展带来的成本下降，国内高压加氢站造价成本还有较大下行空间。

截至 2022 年底，我国已建设加氢站超 300 座，处于全球领先水平。除西藏没有建设加氢站，我国其余省级行政区均已建设或发布加氢站建设计划。尤其是示范应用政策发布后，市场情绪高涨，驱动加氢站建设不断加快。从地区分布看，广东省运营加氢站超 50 座，远超其他地区。

作为氢燃料电池汽车的“加油站”，加氢站的建设布局对于氢燃料电池行业乃至我国新能源车行业的整体发展都会产生较大影响。目前，我国加氢站的高造价和长投资回报周期一定程度上阻滞行业发展，需要国家相关部门在政策、财政、技术研发等方面持续给予更多支持。

全国首个城燃-氢能制储掺输分用一体化示范项目投运

中国能源报 2023.9.8

9 月 12 日，全国首个城燃-氢能制储掺输分用一体化示范项目在浙能集团所辖平湖市天

然气公司门站建成投运。该项目的建成将扩大掺氢降碳、掺氢储能等可再生能源应用场景和终端市场规模，对于“双碳”目标下调整地区能源结构与产业结构、助力浙江打造“新型能源体系建设先行省”意义重大。

天然气与氢能融合发展是实现能源深度脱碳的重要选择。该项目的顺利投运，明确了利用在役城燃设施耦合发展氢能和天然气产业的“浙能路径”，探索出技术和经济上可行、具备规模化推广应用的“浙能样本”。

该项目涵盖绿电制氢、管道储氢、天然气掺氢、管道混输、含氢天然气分离以及掺氢天然气燃烧利用等全产业链，设计天然气掺氢比例 30%。天然气掺氢技术不仅能够大规模储存氢能，还能降低天然气利用过程中的碳排放强度，和新建纯氢管道相比，利用现有基础设施可大幅降低投资成本。

根据中国城市燃气协会 2023 年 3 月发布的研究报告，发展天然气掺氢技术能够带动氢能全产业链的科技创新，将提升国家能源领域高端装备制造技术水平，推动能源绿色低碳转型，预计 2030 年通过天然气管道掺氢可具备消纳绿氢 150 万吨的能力，天然气管道掺氢储能规模达到抽水蓄能的 1/5，全产业链年产值将达到 500 亿元。

我科研人员破解电解制氢高能耗难题

科技日报 2023.9.26

近日，紫金矿业新能源新材料科技（长沙）有限公司刘瑛博士团队联合华南理工大学陈宇教授团队，研发了一种含铯元素的新材料，该材料可使固体氧化物电解水制氢的产氢速率较传统电解水制氢得到较大提升，有望为高效低能耗制氢提供新路径。这一成果日前发表在《美国化学学会能源快报》上。

我国目前多采用化石能源制氢，电解水制氢因电能消耗高、制氢成本高等原因，使用占比仅为 1%。降低电解水制氢成本，是实现能源零碳转型的关键。

刘瑛介绍，铷、铯具有很强的化学活性和优异的光电特性，有望应用于电解水制氢。项目团队经反复比对，合成了一种铯掺杂新电极材料，其表现出极高的电化学反应活性，使得电解过程在中低温环境下运行成为可能，极大提高了电解制氢的电化学性能和稳定性。

“传统电解制氢技术采用的碱性和质子膜电解池，普遍的电流密度为 0.5—1.5 安培/平方厘米。此次试验成果将电流密度提升到了 2.85 安培/平方厘米，有望显著降低电解池材料

的消耗和生产成本，延长使用寿命，为加快氢能高效制取提供极大助力。”刘瑛说。后续，团队还将研究铷元素在电解水制氢中的试验情况，以及铷、铯在钙钛矿太阳能电池中的应用情况。

可再生能源制氢产能有望大幅跃升

经济日报 2023.9.26

新近发布的《中国氢能源及燃料电池产业发展报告》显示，今年可再生能源制氢示范项目将持续释放，产能有望达 15 万吨。

报告显示，截至 2022 年底，我国已规划超过 300 个可再生能源制氢项目，建成运营项目 36 个，累计可再生能源制氢年产能约 5.6 万吨。其中，2022 年我国新增建成运营可再生能源项目 23 个，新增年产能约 3.3 万吨，同比增长超过 140%。

报告预计，今年氢能产业将迎来技术创新，电解槽产品将快速迭代，每小时 1000 标方以上碱性电解槽和兆瓦级质子交换膜电解槽将成为主流，自主化千瓦级固体氧化物电解槽将投入市场。在氢气生产成本下降和需求驱动下，管网和液氢等规模化储运环节核心技术加速突破，百公里以下纯氢和掺氢管道建设加速。重载车用燃料电池系统主流产品功率将超过 240 千瓦，基本可覆盖全场景应用需求，由此带动产品售价下降近 20%。

据了解，今年环渤海、大湾区和长三角等燃料电池汽车示范城市群依托氢能及燃料电池装备产业集聚、氢能消费中心和政策创新优势，将在氢能技术创新和新型应用场景继续保持全国领先。示范城市群氢燃料电池汽车保有量有望突破万辆，建成运营加氢站超过 230 座。西北、华北等地将继续推进可再生氢基地建设，以内蒙古、宁夏、甘肃等为代表的可再生能源资源富集区则将继续推动大型风光氢储一体化、源网荷储一体化项目落地。

报告显示，中国氢能产业装备自主化发展迅速，但在氢液化、储氢容器、燃料电池等关键技术和零部件方面仍存在一定短板。质子交换膜、膜电极、贵金属催化剂等原材料受制于制备工艺复杂、技术难度高以及资源稀缺等因素，自主化产品面临产能规模不足，产品性能亟待提升的问题。加氢枪套管材料、氢密封材料、低温金属材料等多种基础原材料和制造工艺处于技术引进和研发阶段。为此，加强以大项目建设带动科技创新和新技术推广，通过企业协同合作，集中力量突破氢能产业链技术和装备瓶颈，是中国氢能发展面临的新挑战。

此外，从整体氢氨醇产业发展形势看，部分地方项目重复建设苗头显现，项目规划数量

多、雷同多，耦合性不足。可再生氢氨较传统产品生产和应用成本高，下游消费市场积极性和竞争力较低，导致规划项目实际建设进展缓慢，产业化发展质量有待提升。

同时，当前氢能装备市场产品性能参差不齐，缺乏第三方准确、公正的检测评价体系。行业层面对技术路线等也缺乏统计分析，研发相对滞后于市场需求。专家表示，随着质子交换膜电解水制氢、固体氧化物电解水制氢等多种制氢技术路线的示范应用，制氢技术要求及条件、能效等方面的标准将逐步完善。天然气掺氢、液氢储运等场景技术标准有望加快规范。氢能的市场化提速也将推动氢质量和氢检测认证等公共服务和氢安全方面的标准制定，预计氢能产业链关键技术规范和装备检测认证技术规范也将加快出台。

“氢”装上阵——全球首台（套）满足产业化标准的氢燃料与 锂电池混合动力矿用车诞生记

科技日报 2023.9.22

9月21日，国家电投集团内蒙古公司南露天煤矿（以下简称“南露天煤矿”），一辆大型蓝色矿用车正在接受测试。这辆标注着“NTH150”代码的“巨无霸”，就是即将交付使用的新型氢燃料与锂电池混合动力矿用车（以下简称“氢燃料矿用车”）。

站在两人多高的矿用车轮胎旁，内蒙古北方重型汽车股份有限公司（以下简称“北方股份”）氢燃料矿用车项目负责人、“NTH150”总设计师郭元元说：“这是全球首台（套）满足质量、安全、环境和服务等产业化标准的氢燃料矿用车。”

“蒙东到蒙西”，合作解难题

南露天煤矿地处内蒙古通辽霍林郭勒市，位于北纬45度附近。冬天的霍林郭勒，气温可以低至零下30摄氏度。

这样的低温，使燃油车面临巨大挑战。司机们在油箱中加入防冻剂，有时还得安装燃油加热器，才能让车辆启动并正常运转。而对依靠电池的新能源车来说，低温导致的极速掉电更是待解难题。

因为单纯依靠资源开发，霍林郭勒市曾经出现了许多生态环境隐患。2018年，中央生态环保督察给霍林郭勒市生态环境敲响警钟。随后，霍林郭勒市下决心大力整改矿山生态环境。

作为我国第一个自行设计施工的千万吨级大型露天煤矿，南露天煤矿此前就一直着力打

造“绿色矿山”。在霍林郭勒市的转型重任面前，南露天煤矿又率先挑起了担子。

矿山要减排，就得在矿用车这个碳排放大户上“动刀”。矿用车油耗高、排放密度大，一台载重 136 吨级矿用车，年排放二氧化碳 1800 余吨，排放量约等于 600 辆乘用车。

“既能满足大载重运输需求，又具备长续航能力，还要使用清洁能源。”郭元元说，“在这种情况下，混合动力矿用车就成为一种合理选择。”

但当地的低温条件，给清洁能源应用带来严重困扰——如果没有对抗严寒的技术创新，混合动力矿用车同样无法在矿山中跑起来。

“技术缺口急需填补的消息，从蒙东传到了蒙西。”郭元元回忆说。

2022 年 3 月，北方股份与南露天煤矿签署合作协议，双方决定共同开发百吨级氢燃料矿用车，并计划在南露天煤矿建立包含氢燃料矿用车、氢气储运、氢加注等在内的综合应用示范场景。

“否定再否定，优化再优化”

刚接到任务，有着多年车辆设计经验的郭元元就感受到了压力。

“拿空气过滤方案这一点来说，我们就做了大量试验工作。此前，氢燃料矿用车的设计、应用都是一片空白，没有现成的经验可参考。”郭元元说，研发团队为此设计了一种“物理+化学”的双重过滤系统，来应对矿山粉尘和硫化物的挑战。

“复杂的管线排布是研发人员的心血结晶。”指着矿用车底部紧密有序的管线，氢燃料矿用车电气系统负责人刘强说。

“作为一款氢燃料矿用车，其管线主要有氢气管路、高压电缆、低压线束、液压管路、冷却管路等，管路数量是传统燃油车的两倍。”刘强说，“如何在兼顾安全和方便维护的前提下，在有限的车辆空间内合理排布所有管线，是一项极富挑战的工作。”

经过反复研判，研发人员提出了氢电隔离、分层布置的总体方向，即氢气管路和电缆隔离布置，保证安全。高压电缆、低压线束、液压及冷却管路分层布置，电缆在上、管路在下，避免因油液泄漏导致电气短路。为实现合理的结构布置，研发团队尝试了数十版方案。

“研发过程就是否定再否定，优化再优化。长时间盯着计算机屏幕上密密麻麻的管线排布图，眼睛每天都酸疼干涩。我们也找到过几版‘尚可’的方案，但只要发现安全性还有提升余地，或是排布方式还有优化空间，我们就会继续钻研、继续打磨……”刘强回忆道。

2022 年 9 月，项目启动 6 个月后，研发团队完成了动力计算与匹配、高压架构、关键零部件、三维工程图、工艺等各个环节的设计。

“冰火两重天”，闯过电池关

如果说电气系统是矿用车的“血管”，那么电池就是矿用车的“心脏”。对电池技术的攻关，是研发的重中之重。

宋黎明是项目动力系统负责人，面对电池这块“最难啃的骨头”，他和同事尝试了多种方案。

电池分为燃料电池和动力电池两部分。经过反复研究，宋黎明注意到，两部分电池对环境的要求并不相同：燃料电池可以耐受接近 100 摄氏度的工作温度；动力电池的工作温度则需要控制在 0 摄氏度到 30 摄氏度的区间内，不能过高也不宜过低。

“我们必须打造出‘冰火两重天’的运行环境。”宋黎明说，“两部分电池的运行温度不一样，散热需求不一样，又要放在同一个系统里。我们想到，水是热量传导的良好媒介，既可以用来冷却，也可以用来加热，如果能利用水的这一特性，让它循环流动起来，‘冰火两重天’或许就可以实现了。”

说起来容易做起来难。

要精确控制水温，水和热管理系统乃至全车其他系统需要配合运作，而这离不开一次次模拟和实验。宋黎明笑着回忆，研发过程中为了让自己时刻保持清醒，他常常要用冷水洗脸“降温”。

最终，研发团队选定了一种“水热+水冷”的分布式热管理系统。在大功率加热器辅助下，电池终于能在严寒条件下顺利启动、平稳续航了。

“今年 6 月，习近平总书记在内蒙古考察期间强调，坚持绿色发展是必由之路。推动传统能源产业转型升级，大力发展绿色能源，做大做强国家重要能源基地，是内蒙古发展的重中之重。”郭元元说，“这辆氢燃料矿用车从传统能源‘开’向了绿色能源，为内蒙古能源产业增添了一抹绿色底色。未来我们还希望它驶出国门，让中国技术向世界更高纬度挺进！”

氢能将代替天然气支撑新型能源体系

中国能源报 2023.9.25

推动能源革命、实现“双碳”目标，应上升到新型能源体系建设的高度。新型能源体系包含新型电力系统，是现代能源体系的升级版，代表对能源变革更趋理性的认识。新型能源体系将超越新型电力系统在整个能源体系中解决支撑可再生能源发展的灵活性问题，包括各种储能技术，如储气、储氢等，以及原料和燃料之间的切换。此前的能源变革都要降成本，

但这次能源变革不一定能降成本，因为此次能源变革的目标是应对气候变化，绿色转型是要付出代价的。在新型能源体系中，煤炭的作用是“兜底”、天然气的作用是“支撑”，未来氢能或将代替天然气支撑新型能源体系。但国内天然气产量必须大幅增加，天然气才能发挥应有的作用。国内天然气增储上产有充足的资源基础，需要放开国产气价格，加强技术攻关。

九、风能

全球最大浮式海上风电场在争议声中投运

中国能源报 2023.9.8

8月24日，全球最大浮式海上风电场 HywindTampen 在挪威西海岸正式投产运营。值得关注的是，HywindTampen 是世界上第一个为海上油气平台供能的浮式风电场，这直接把主要投建方和运营方挪威推上了风口浪尖，业界批评其利用清洁电力供能化石能源开采的做法与全球气候行动和绿色转型潮流背道而驰。

为5个油气平台提供电力

据路透社报道，HywindTampen 浮式海上风电场由挪威国家能源公司（Equinor）牵头投建，其他合作方包括奥地利石油天然气集团(OMV)、意大利埃尼集团(Eni)子公司 VaarEnergi 等。该风电场拥有11台涡轮机，总装机量为88兆瓦，距离挪威西海岸约140公里，水深260至300米，去年11月首次发电，今年8月初开始满负荷运营。

Equinor 表示，HywindTampen 可以满足挪威北海两个油气田共5个平台每年35%的电力需求，相当于每年减少20万吨二氧化碳排放量，约等于挪威去年二氧化碳排放总量的0.4%。

美国 CNBC 新闻网报道称，受原材料供应延迟、工程质量、通货膨胀等因素影响，2020年，HywindTampen 成本从最初预估的52亿挪威克朗（约合4.91亿美元）上升至74亿挪威克朗，该公司也因此获得近29亿挪威克朗（约合2.73亿美元）的财政补贴。

挪威加紧开发浮式海上风电

HywindTampen 正式投运标志着挪威正加速推进浮式海上风电技术开发。据了解，挪威布局 HywindTampen 项目总共花了5年时间。Equinor 在英国苏格兰投建的全球首座浮式海上风电场 Hywind 于2017年10月投入使用，这座风电场拥有5台涡轮机，装机容量为30兆瓦。

由于浮式海上风电场通常位于远海，建设期间需要租用巨型起重机船，这类船租赁费用

很高，再加上日常运营维护费用，使整个项目的开发成本几乎是传统近海风电场的两倍。

据合众国际社报道，挪威计划到 2030 年将可再生能源装机容量增加到 12 至 16 吉瓦，到 2040 年实现 30 吉瓦海上风电装机容量，这意味着接下来还要打造更多类似 HywindTampen 这样的大型海上风电项目。

Equinor 挪威可再生能源业务主管西丽·金德姆表示：“HywindTampen 投运证明我们可以在北海规划、建造和调试更大型浮式海上风电场。我们将充分吸取这次项目的经验和教训，扩大规模、降低成本、提高效率，投建更多此类项目。”

据悉，挪威将在今年秋季对其首批商业风电场项目进行招标，其中包括 3 个浮式海上风电场。

绿电供能油气开采招指责

不过，HywindTampen 项目利用清洁电力为化石能源开采提供动力引发了极大争议。一些人认为，这是清洁能源技术的又一次进步，但更多人则指责挪威利用清洁电力为油气生产提供动力，削弱了绿色转型的意义。

挪威首相约纳斯·加尔·斯特勒表示，突然停止油气开采不是完全适用于挪威能源转型的解决方案。“事实上，在能源转型过渡阶段，我们仍需要石油和天然气，这是确保能源安全的关键，我们的目标是尽可能减少碳足迹。”

据了解，Equinor 致力于到 2050 年成为“净零排放公司”，但其坚称即使到 2050 年，仍然需要石油和天然气。因此，Equinor 拟通过碳补偿等方式中和剩余排放量。

根据绿色和平组织最新调查，风能等可再生能源在 Equinor 业务组合中的占比很小，低碳支出在其总支出预算中占比不足 3%。挪威约 70% 的石油和天然气产量来自 Equinor，去年，该公司利润同比猛增 134%，而可再生能源仅占该公司去年能源总产量的 0.13%。

海上风电光伏对我国能源转型意义重大

中国能源报 2023.9.8

中科院战略院对我国碳中和情景下的 67 项情景分析进行综合研究发现，到 2060 年，我国风电装机容量需超过 3000 吉瓦，光伏装机容量需超过 2200 吉瓦。其中，海上风电和光伏需在其中占较大比例。由于海上风电和光伏具有产业链较长、距离负荷中心较近、科技创新程度较高等优势，所以在我国能源转型与能源安全、经济结构升级、加速技术创新、发展海

洋经济和电力消纳等方面具有重大意义。

我国海上风能资源非常丰富，离岸 200 公里范围内，近海和远海技术开发潜力达 22.5 亿千瓦。但海上光伏仍待突破关键技术和共性技术瓶颈。

我国“十四五”期间海上风电和光伏开发将仍以近海为主，“十五五”期间将走向深远海。我国海上风电项目的单位建设成本将快速下降，预计在“十四五”末期，有望在地方补贴到期后支撑平价上网。相比之下，海上光伏的单位建设成本将仍高于地面集中式光伏，暂不具备平价上网条件。

我国海上风电与光伏发展的四大战略应包括：海上清洁能源与陆上风、光、核、热、储资源进行综合调度的多能互补战略；通过特高压通道建设，将大区域尺度的海上清洁能源基地与用电负荷中心进行连通的多区互联战略；通过充分发挥政府、企业、社会资源优势的多方共建战略；通过推动海上风能和光伏在世界各国，尤其是“一带一路”沿线国家快速发展的多元共赢战略。

未来，建议海上风电与光伏发展保持战略定力，加强国家层面宏观统筹和产业发展整体规划；加大技术创新，推动海上新能源成本快速下降；加强模式创新，优化建设模式和市场机制；夯实基础能力，完善标准体系和配套支撑条件；加强国际交流合作，提升我国海上新能源的全球竞争力。

英国海上风电发展分析

中国电力报 2023.9.8

一直以来，英国都被认为是海上风电领域的领军者。然而，近几年的发展趋势却显露出让人担忧的迹象。英国《每日电讯报》8月29日在“中国取代欧洲，成为世界头号海上风电供应者”文章中指出，英国作为头号海上风电建设者的桂冠输给了中国。

成为清洁风电出口国是英国雄心勃勃的计划，但当前面临着各种挑战和困扰。

海上风电产业发展面临阻碍

一是政策和法规的不稳定性。过去几年，英国政府频繁改变海上风电政策和法规。政策和法规的不稳定性影响了投资者的信心和决策。首先，给项目规划带来挑战。在制定长期发展计划和投资决策时，投资者需要可靠的政策支持和预测性的法规环境。频繁的政策变动和法规调整使得项目规划变得不确定，难以做出准确的决策和投资计划。其次，给融资环节带

来不确定性。金融机构和投资者在考虑向海上风电项目提供融资时，需要评估政府的支持政策和法律框架。政策和法规频繁变动，对投资回报和风险评估造成不确定性，增加了项目的成本和风险。此外，可能使一些潜在的投资者望而却步。他们可能不愿意承担政策和法规变动带来的不确定性和风险，选择将投资资金转向更稳定的市场或行业。

二是高昂的项目成本。尽管英国在海上风电技术和经验方面具有优势，但其海上风电项目的成本仍居高不下，影响了项目投资回报率。首先，涡轮机、塔筒、海底电缆等关键部件的价格相对较高，制造、运输和安装都需要投入大量的人力等资源，导致成本上升。其次，施工成本较高。海上施工涉及复杂的物流、安全措施和人员培训等因素，需要投入大量的船只、起重设备和人力资源进行安装和维护，进一步增加了项目成本。此外，环境因素也会增加其成本。海上环境恶劣，风暴、波浪和盐雾等因素对设备和设施的耐久性等提出了更高的要求，需要采取额外的防护和维护措施，进一步增加了成本。

三是供应链和人力资源问题。首先，供应链发展相对滞后。特别是涡轮机制造和组装等关键环节的供应链尚未完善。目前，英国涡轮机等关键设备和部件依赖进口。延迟交付和供应链中断可能会对项目进展产生不利影响，导致项目滞后和延误。其次，在人力资源方面也面临挑战，特别是缺乏相关专业技术人才。海上风电项目涉及多个领域的专业知识，包括工程设计、施工管理、运行维护等。然而，英国目前专业技术人才紧缺，限制了项目进展和产业发展。

四是环境保护和社会影响的抵触。英国海上风电项目往往位于海域或港口附近。建设和运营阶段可能对渔业资源、海洋生态环境和当地社区居民的生活产生影响，引发环保组织和当地居民的担忧和抵制。一方面，渔业是当地很多社区的重要经济支柱，项目的建设和运营可能导致渔业资源减少或迁移，对渔民的收入和生计产生不利影响。海上风电项目的设施和操作对海洋生态环境造成一定干扰，例如鱼类、鸟类迁徙。另一方面，海上风电项目往往需要大规模建设基础设施，导致土地利用变化，对当地社区的景观和环境产生影响，引发居民不满和抵制。

五是技术挑战和不稳定的电网连接。首先，海上风电项目需要克服恶劣的海上环境条件。海洋波浪、风暴等不可预测的自然因素对风机的可靠性和稳定运行提出挑战。高风速和大浪冲击可能导致设备损坏或停机，从而降低了技术可靠性和发电效率。其次，项目的电网连接和输电能力也面临困难和瓶颈。由于海上风电场通常位于离岸远处的海域，需要长距离输电至陆地电网。海上输电线路的建设和维护成本较高，且技术复杂度较大。在电网连接方面，由于海上风电发展较快，电网扩建和升级的速度未能跟上，导致一些电网连接的不稳定性问

题，例如输电容量不足或电网故障等。这些技术挑战和不稳定的电网连接对海上风电项目的运营和可靠性产生了影响，增加了运营风险和成本。

对我国风电发展的启示

一是建立多元化供应链。过度依赖进口关键设备和部件会增加供应链的不稳定性和风险。英国海上风电计划受挫的一个关键原因是其对于涡轮机等关键设备的依赖。我国风电产业可以通过培养本土的涡轮机制造能力和关键部件供应商来降低对进口的依赖，确保产业稳定发展。

二是加强技术创新。英国海上风电计划受挫部分原因是技术挑战。我国作为全球最大的风电市场之一，可以在技术创新方面继续加大投入。通过研发和采用新技术，提高风机的可靠性和适应性，进一步增强风电产业竞争力，并降低风电项目运营风险。此外，我国还可以加强国际合作，共享技术，加速技术进步。

三是改善电网连接稳定性。我国海上风电发展要注重电网建设和通信技术的发展，确保电网连接的稳定性和可靠性。这对于风电场的正常运营和发电效率提升至关重要。同时，积极推进智能电网技术的应用，确保海上风电和陆地电网之间的稳定互联。

四是注重持续投资和市场发展。英国海上风电计划受挫与投资和市场发展不足有关。我国在风电领域已经取得了显著成就，但仍需要持续的投资和市场发展推动风电产业进一步发展。政府要继续提供稳定的政策支持，鼓励投资者参与风电项目。此外，各级政府可以建立更加开放和竞争的市场机制，促进风电发电价格的合理形成，提高风电产业的市场竞争力。

五是关注环境保护和可持续发展。英国海上风电计划受挫也反映了环境保护和可持续发展的重要性。我国可以将环境保护和可持续发展纳入风电发展规划和决策，制定并执行严格的环境标准，加强对风电项目环境影响评估和监管，确保风电可持续利用，并获得更广泛的社会支持。

六是做好法律法规和政策支持。英国海上风电计划的困境部分受政策和法规不确定性影响。因此，要重视政策和法规的稳定性和连续性，制定明确的政策支持，提供长期的投资和运营环境稳定性，鼓励投资者参与风电项目。

七是建立合作伙伴关系。建立国内外合作伙伴关系对风电项目的成功至关重要。我国要寻求与技术供应商、投资者、银行和国际合作伙伴等各方合作，共同承担风电项目的风险和回报，分享技术和资金，提高项目的成功率。

八是加强持续监管和安全控制。英国海上风电项目面临的安全问题，给我国风电发展提供了一个重要的启示。要建立完善的监管体系，加强对风电项目的监督管理，确保安全运营

和维护标准的遵守。同时，还要加强安全意识和培训，提高从业人员的技能水平，减少事故和风险。

九是注重社会参与和沟通。英国海上风电计划受挫也与公众的担忧和反对意见有关。我国风电行业需要学会与地方社区和利益相关者进行有效沟通和合作。通过透明的信息披露和广泛的参与机制，减轻公众担忧，增加社会支持，促进风电项目顺利实施。

十是做好持久的长远规划。要制定持久的长远规划和战略，以确保风电行业可持续发展。这包括在能源政策中明确风电发展目标，制定长期的规划，合理布局风电项目，优化资源配置，提高风电发电效率和可持续性。

全球首台 16 兆瓦海上风电机日发电量创纪录

中国电力报 2023.9.8

9月1日，受今年第11号台风“海葵”的影响，中国长江三峡集团有限公司福建区域海上风电场的最大风速达23.56米/秒，安装在平潭外海风电场的全球首台16兆瓦超大容量海上风电机组，实现24小时满功率运行，单日发电量达38.41万千瓦时，相当于近17万人一天的生活用电量，创全球风电单机单日发电量新纪录。

16兆瓦海上风电机组风机是目前全球范围内已投产的单机容量最大、叶轮直径最大、单位兆瓦重量最轻的海上风电机组。今年6月28日完成全部吊装任务，7月19日实现并网发电。期间，已成功应对了“卡努”“杜苏芮”等台风考验，机组监测各项振动数据及指标平稳。

对于超大叶轮机组来说，台风过境会引起机组极限载荷在短时间内迅速增大，极易对机组的大部件造成破坏性损伤。16兆瓦海上风电机组的超长叶片已进行了强度、形状、受力3方面的抗台风定制设计。叶片主梁采用碳纤维材料，强度为钢的10倍，在增加叶片强度的基础上却使重量减轻20%；叶片采用后掠设计，以更为纤细的叶片形状降低其所承受风载，合理利用超长柔性叶片的弯扭耦合效应，台风来临时可以实现被动卸载。同时，机组智能控制系统可保证叶片始终处于最小受力角度，避免叶片发生涡激振动，使其迎战高风速也无所畏惧。

9月3日，台风“海葵”在我国台湾岛东南部沿海登陆，风电场项目人员与运维单位协调，开展抗台风功能测试，为机组安全、稳定应对极端天气奠定良好基础，同时积极用好风

力资源，针对不同风力强度科学调整运行方式，实现合理利用、应发尽发。

海上风机设计创新受瞩目

中国能源报 2023.9.25

随着全球海上风电市场日益火热，海上风机不仅在单机容量上频频刷新纪录，机型样式同样新品不断，单叶片、双叶片、双头甚至“叠式”等非传统机型正逐步进入市场。

单叶片浮式风机获投资

近日，荷兰风电技术开发商 TouchWind 公司宣布，获得日本三井株式会社投资，双方将进一步加强新型浮式海上风电技术研发合作。值得注意的是，TouchWind 公司是市场少有的一体式转子单叶片浮式海上风机研发企业。

据 TouchWind 公司消息，该公司将与三井株式会社共同研发单叶片浮式海上风机，随着新资金注入，将有机会扩大一体式转子单叶片浮式海上风机的现场测试规模，同时对潜在的尾流效应进行研究。

根据公开资料，TouchWind 公司研发的一体式单叶片浮式海上风机仅有一片风机叶片，以轻微向上的角度安装在桅杆上，在风速较低时，桅杆处于倾斜状态，且有一个浮标为其保持平衡，随着风速增加，单叶片能够直立起来开始旋转发电，浮标可用作压舱物确保叶片不被大风吹走。

TouchWind 公司公布的运行数据显示，目前，市场上主流的风电机组通常有 3 片叶片，风机零部件组成相对复杂，出现故障的概率相对更高，并且在风速超过 25 米/秒后就可能停止运行，而这款单叶片风机为一体式设计，安装简洁方便，还能自动调整自身位置，可适应的最高风速能够达到 70 米/秒以上，尤其适合深海海上风电开发。

三井株式会社风力发电项目部总经理杉山雅幸表示：“这一独特设计能够保证风机在强风下高效运转，在降低风机重量的同时，还能有效提高发电效率。双方合作将有机会带来高效和有竞争力的浮式海上风电项目。”

非传统样式层出不穷

除了具备潜在的发电优势，Touchwind 公司创始人兼首席执行官莱克斯·科力普还表示，与传统风机相比，由于叶片以及零部件用量更少，同等条件下单叶片风机成本可降低 30% 左右。

据莱克斯·科力普介绍，目前，该公司已经在荷兰水域内安装了一个直径为6米的单叶片风机，计划近期开始现场测试，随后将进一步扩大测试范围，还将与合作伙伴共同探索海上项目安装和维护情况，推动该产品尽快投入市场。

实际上，单叶片风机的研发只是风电行业内机型创新的一个代表，过去数年间，除了叶片数量有创新设计外，还出现了“双头”风机、“叠式”风机等颠覆性风机样式。早在2016年，欧洲风电设备商维斯塔斯就曾推出过安装四个风轮的风机设计，该设计包含12只叶片，据称能大幅提高风能利用率。

创新研发进度更为显著的还有双叶片风机。欧洲风机研发企业 Seawind 公司在过去数年推出了多款双叶片风机机型，目前已分别在欧洲陆上和海上开启了现场试验。根据 Seawind 公司计划，该公司将在2024年试验功率为6.2兆瓦的浮式海上风机，如果顺利推进，一年后该款机型就能够得到设计认证，随后可推向市场。

有望缓解产业链瓶颈

在业界看来，风机样式推陈出新提速且获得诸多关注，除了提高风能利用效率的诉求外，更体现出风电全产业链对供应瓶颈的“焦虑”。

TouchWind 公司指出，传统海上风机安装成本相对较高，其中，风机支撑结构、安装和基础施工成本占到海上风电成本的37%左右，相对简易的单叶片风机有利于降低这一环节的开支。据悉，该公司还将利用3D打印技术、以环保型材料生产风机所用的锚，提升海上风机的环保性能。

Seawind 公司首席执行官迪米特里奥斯·穆杜里则表示，过去几年，全球风电机组单机容量快速增长，从2021年的9-12兆瓦增长到如今的18兆瓦以上，但风机叶片也是当前风电行业供应链瓶颈最为明显的环节之一。

“一直以来，风电行业都饱受原材料成本高昂、大宗商品价格波动带来的巨大困扰。业界普遍希望能够研发出替代方案，更加关注非稀土材料的使用，找到高成本海上风电安装船的替代方案，还希望风机制造成本能变得更低，从而推动风电价格变得更低。”迪米特里奥斯·穆杜里表示。

十、核能

核电助推“双碳”目标实现

中国能源报 2023.9.8

核能发电具有四方面的优势：

第一，核能能量密集度很高，同时所有能源中，核能碳排放量最低。

第二，核电是可调度电源，将作为风电和光电的重要支撑和补充。

第三，中国核电实现从“跟跑”到“并跑”，全面掌握三代核电技术。三代核电首批、首台核电机组均在国内建成。“华龙一号”研发设计过程中进行诸多自主技术创新，与国际同等水平，甚至优于国际水平。

第四，我国核电装备自主化和国产化能力进一步提升，主要核电堆型设备国产化率达到90%以上。总体来看，积极安全有序发展核电，将助力“双碳”目标实现。

不过，我国核电装机距预期目标仍有较大差距。有咨询部门测算，2035年我国核电装机容量将达到1.5亿千瓦以上，可见未来仍有很大的发展空间。

另外，中国核电想从“并跑”走到“领跑”，还要加大科研创新力度。一方面，燃料的进一步开发将提升核电安全水平；另一方面，数字化技术的应用也有利于今后核电站设计、运行操作的进一步优化。长远来看，核电的快速发展，将对我国碳减排产生积极作用。

四措并举保障我国核能高质量发展

中国能源报 2023.9.8

如期实现碳达峰碳中和，是党中央作出的重大战略决策。核能具有能量密度大、基荷电力稳定等特点，在应对“更多电力需求”和“更低碳排放”双重挑战方面，具有独特优势。长期以来，国家原子能机构作为中国政府核工业主管部门，发挥行业管理优势，大力推动核燃料循环产业提质增效，积极助力“双碳”战略实施，为我国核能积极安全有序发展提供有力保障。

进一步保障我国核能高质量发展，一要加强顶层设计，完善核领域法律法规体系，强化核工业行业管理，为推动核能事业良性发展提供法律保障。二要多措并举，保障铀资源和核燃料供应，为核能高质量发展提供可靠的物质保障。三要统筹谋划，加强放射性废物管理，满足当前和未来我国核能健康可持续发展的需要。四要常备不懈，始终坚持安全与发展并重

的发展理念，确保安全万无一失。

十一、其他

全球最大功率智能化采煤机问世

中国电力报 2023.9.6

日前，全球最大功率、超大采高智能化高端采煤机在中国煤科上海研究院问世。这是继2019年推出全球超大采高、超大功率智能化系列采煤机后，该公司第二次登顶全球采煤机装机功率和开采高度最高峰，将世界采掘机械发展推上新高度。

据了解，该系列采煤机型号为MG1250/3430-WD，针对7米至10米厚与特厚煤层开发，截割功率1250千瓦，牵引功率250千瓦，装机功率3430千瓦，最大采高10米，为实现超大采高采煤工作面安全、高效、智能开采提供了技术支撑。该系列采煤机集智能感知、智能控制、智能诊断与智能通信于一体，可以更好地满足综采工作面智能化、少人化建设需求。

“MG1250/3430-WD系列采煤机凝聚了中国煤科上海研究院多项先进技术成果。”该项目技术负责人介绍，研究团队攻克了大型采煤机低重心机身结构布置技术，创新设计了摇臂双向主动润滑、三重冷却系统，发明了机身连接状态智能监测系统和内嵌式智能注脂系统，开发了5G+冗余通信网络的高可靠、低时延远程控制技术，研发了多源数据融合的采煤机规划截割系统，构建了基于温度、振动、油质、磨粒等多物理量的故障预诊断与决策模型，实现了采煤机在线监测与远程运维。

MG1250/3430-WD系列采煤机有效解决了采用传统工艺时采煤工作面资源回收率低的问题，能够满足煤矿高效开采需求。“该系列采煤机的成功研制和应用，进一步推动了我国煤炭绿色、安全、节能、高效开采，对于保障国家能源开发自主可控具有重要意义。”该项目技术负责人表示。

首套自主可控抽水蓄电站励磁系统通过鉴定

中国电力报 2023.9.8

9月2日，《自主可控的抽水蓄能电站励磁系统研制及应用》科技成果鉴定会在广州召

开，对南网储能公司组织研发的我国首套自主可控抽水蓄能电站励磁系统进行专业鉴定。经鉴定，该项目的核心技术达到了国际领先水平，标志着我国在抽水蓄能机组关键设备技术的全面自主可控上取得了实质性突破，推动抽水蓄能行业电力装备的智能化升级。

本次鉴定自主可控抽水蓄能电站励磁系统，是抽水蓄能机组关键控制保护系统的重要组成部分，相当于控制机组的“手”。此前，国内抽水蓄能电厂在运励磁系统的主要元器件均为进口设备，核心软硬件仍长期依赖进口，无法实现自主可控，不仅在技术方面受制于人，还面临较大的安全运行风险。

2022年，南网储能检修试验分公司牵头组建技术攻关团队，针对励磁调节器所使用的芯片和操作系统、励磁主回路核心元器件等关键技术“卡脖子”的不利局面，先行先试研究了全国首套国产芯片调节器及自主可控元器件的抽水蓄能励磁系统。该套励磁系统采用多项创新技术实现了“芯片级”自主可控和关键元器件的自主可控，于2023年1月成功应用于广州抽水蓄能电站7号机组。截至8月下旬，该套设备已连续运行7个多月，工况启动次数达600余次，成功率100%，运行安全稳定，整体调节性能优良，完全满足抽蓄机组各种运行工况要求。

该产品的成功研制和应用，给我国励磁系统国产化研究应用提供了重要实践支撑，提高了我国抽水蓄能产业链竞争力，为推进我国抽水蓄能控制保护设备全面实现高水平的技术自立自强打下了坚实基础。

世界最大海上液化天然气接收站投产

中国电力报 2023.9.27

9月21日，全球最大的浮式储存再气化装置船“紫荆精神号”于香港投运，标志着香港海上液化天然气接收站正式投产。

这是香港首个海上液化天然气接收站，也是世界最大的海上液化天然气接收站，由香港青山发电有限公司和香港电灯有限公司共同投资建设。作为接收站的核心部分，“紫荆精神号”天然气储存容量达26.3万立方米，在满库容的情况下，发电量可满足150万户香港家庭连续2个月的用电需求，相当于减少二氧化碳排放超573万吨。

当前，香港使用的天然气由3条海底管道从内地输送至港，天然气发电占比已升至约50%，未来香港还将增加天然气发电比例以实现持续减排目标。

项目投产后，香港将增添天然气供给新渠道，可从全球的液化天然气市场获取更具价格优势的天然气，提升香港供电安全和可靠性，为香港经济发展提供坚强能源保障，助力香港长期繁荣稳定。

从黑色煤炭到绿色煤电——中国工程院院士倪维斗谈煤电转型升级

中国电力报 2023.9.27

在“双碳”目标及高质量发展的背景下，大力发展新能源是实现低碳转型的必然要求，是实现经济安全可持续发展的国家战略。

9月16日，在优清商学院举办的研讨班开班仪式上，中国工程院院士、清华大学能源与动力工程系教授倪维斗表示，在“双碳”目标下，煤电如何实现低碳发展是最大的挑战，风能和太阳能发电无法适应“源随荷动”的基本要求，均不具备调峰调频、无功补偿的能力，不可能完全取代煤电实现碳中和。风能和太阳能发电最大的问题是间歇性和不稳定性，大容量的风光电源必须有容量的可调节电源，如火电和其他储能技术，因此当前要不断探索风光发电与煤电协调健康发展机制。

升级改造进一步提高煤电净效率

大型煤电在我国电力生产中的基础支撑作用难以替代。据国家统计局数据，2022年末全国发电装机容量25.6亿千瓦，其中火电装机容量13.3亿千瓦。并网风电装机容量3.7亿千瓦，并网太阳能发电装机容量3.9亿千瓦。2022年，我国非化石能源发电装机占总装机容量的49.6%。煤电占总装机容量的43.8%。倪维斗表示，我国已建成的大容量超超临界参数和亚临界参数机组的总容量有8.91亿千瓦，这些机组及其配套设施、输配电系统的资产总量高达10万亿元，已成为火电的主力机组，通过引进、消化和创新，现在具有我国独创技术的超超临界参数和改造的亚临界参数煤电机组的供电效率和超低排放水平均处于世界领先地位。

倪维斗认为，如果以全新的生产、储能和不稳定的风光发电系统来代替上述煤电系统的电量生产能力，其投资和运行成本的高企可想而知。先进煤电具有基本清洁、高效、可靠的特征，应重视建设先进煤电及改造现有机组（低碳），发展煤与生物质燃料混烧（低碳），通过升级改造提升煤电净效率，耦合混烧生物质减少二氧化碳排放，采用CCUS最终实现煤

电的净零排放。

亚临界机组改造挖掘调峰潜力

在我国煤电中占据较大比重的亚临界机组是倪维斗十分关注的领域。他认为，若在我国现役 3.5 亿千瓦亚临界机组中全面推广大幅提效综合升级改造技术，按照供电煤耗降低 30 克/千瓦时保守计算，年利用小时数 4500 小时测算，年节约将超过 4700 万吨标准煤，减排二氧化碳超 1.27 亿吨，大气污染物排放也将大幅降低。

除了节能减排的直接效益，倪维斗也很看重亚临界机组改造的调峰潜力。他指出，若亚临界机组整体提升 20% 的深度调峰性能，则可以腾出 7000 万千瓦调峰容量，增加 3.5 亿千瓦风光类新能源的消纳能力，大幅提升风光类新能源和煤电的兼容性，保障电网安全。

在倪维斗看来，高温亚临界综合升级改造可应用在超临界机组，平均煤耗下降值大于 30 克/千瓦时，也可应用于 13.5 万千瓦以下的热电联供小机组，煤耗可降低 60~100 克/千瓦时。若能全面推广，可有效降低未来煤电机组的煤耗水平，同时有力支撑电网对风光新能源的消纳，创造巨大的减碳空间和经济效益。

耦合发展推动煤电零碳化转型

据倪维斗介绍，生物质能作为火电燃料，总量巨大，目前国内生物质资源可转换为能源的潜力约为 5 亿吨标准煤。如加以发展，今后可超过 10 亿吨标准煤。

倪维斗提出了一系列关于建立基于生物质新型生态能源系统的建议，其中一条是“要通过技术创新，大力发展超级能源生物质燃料”，超级芦竹就是近年来关于超级能源生物质燃料的一项重大突破。大力发展和推动生物质燃料产业，大规模开发和推广利用广大的边际土地种植高产速生的能源植物如超级芦竹等，解决生物质燃料的大规模生产和可靠替代及可靠供应问题。他还提出，可以借鉴国外大型燃煤机组进行生物质耦合混烧直至 100% 生物质燃料替换技术。

“我国煤炭转型一定要建立在新能源可靠替代的基础上，也就是应先立后破，大力发展生物质发电取代煤电，最终实现煤电的零碳化转型，因此现有煤电升级改造（低碳）+生物质混烧（零碳）+碳捕集、利用和封存（负碳）的技术路径，就是我国煤电低碳转型之路。最终与风光一起，形成确保我国能源安全的低碳发电系统，从而确保我国在 2060 年前实现碳中和目标。另外，也需制定强有力的推动煤电耦合生物质发电的能源政策。”倪维斗如是说。