

能 量 转 换

剪 报 资 料

总 66 期
6/2023.6

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. 《广东省推进能源高质量发展实施方案》印发	8
2. 首个百万千瓦新能源项目开工	10
3. 加快规划建设新型能源体系	10
4. 全球可再生能源产能创历史新高	16
5. 国家能源局组织发布《新型电力系统发展蓝皮书》	17
6. 我国首条输送“沙戈荒”新能源为主的电力通道开工	18
7. 我国非化石能源发电装机容量占比超 50%	19
8. 全球能源发展将呈现四大趋势	20
9. 国家发展改革委：优先发展新能源等新兴专业	22
10. 《世界能源投资报告 2023》发布	22
11. 全球绿色转型和电气化进展趋缓	23
12. 推动能源发展与生态环境保护一体规划	25
13. 英国多举措提速能源转型	27
14. 中国积极探索绿色发展新范式	30
15. “车网一体”微网建设潜力巨大	32
16. 国内首套 220 千伏线路四端光纤电流差动保护装置全接线运行	33
17. 2023 年十大新兴技术发布	34

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 硬碳负极材料成就储能“新秀”	35
2. 国内首套冷能发电装置并网试验成功	37
3. 2025 年我国分布式存储规模将超 210 亿	38

4. 全球首台 300 兆瓦级压缩空气储能应用人工硐室项目通过评审	39
5. 液流电池产业化进程大提速：业内预计 2030 年新型储能中的渗透率将超 30%.....	39
6. 低压介质下锂-空气充电电池设计策略	41
7. 海水可变速抽蓄机组研究成果填补国内技术空白	42
8. 创新设计使轻型太空电池效率翻番	43
9. 我国 110 兆瓦级重型燃气轮机打破国外垄断	44
10. 跨越石墨烯材料理想与现实的鸿沟	45
11. 新型催化剂实现甲烷高效转化	47
12. 我国首座电网侧独立飞轮储能调频电站开建	48
13. 科学家创制高效丙烷脱氢催化新材料	48
14. 2022 年度全国矿产资源储量统计数据发布：我国锂矿储量大幅增加	49
15. 全球绿色甲醇产业发展提速	50
16. 粤发布新型储能技术创新路线图：明确氢能储能等 8 个领域 39 个技术方向	52
17. 广州开发区构建“1+1+4+N”新型储能产业体系，最高扶持 1 亿元	53
18. 华为发布全场景智能光储新品和解决方案	56
19. 国家发改委：做好能源、重要原材料保供稳价工作	59
20. 新一代直流换流阀控制系统达到国际领先水平	59
21. 推进新能源发电配建新型储能	60
22. 推动新型储能多元化、产业化、市场化高质量发展	60
23. 新技术突破电池容量理论极限	61
24. 我国首个省级新型电力系统技术创新中心建设方案获批	61
25. 全国最大新能源配套电化学储能电站并网	62

三、碳达峰、碳中和

1. 巨大的碳库在我们脚下——真菌储存三分之一的化石燃料碳排量	63
2. 亚洲规模最大火电碳捕集项目投产	64
3. “铁肥料效应”强化北太平洋生物固碳作用.....	64
4. 多地碳达峰方案发布	65
5. 科研人员提出沙漠固碳总量评估新方案	66
6. 新型自动售货机能“吃掉”二氧化碳.....	67
7. 技术固碳 如何“变废为宝”.....	68
8. 研究发现沿海生态系统碳储存新模式变化情况	71
9. 全国碳市场首个履约周期顺利收官	71

10. 我国首个城市“双碳”模拟器发布	73
11. 小小微生物，固碳大能手	74
12. 多国积极探索低碳农业之路	76
13. 抓好减污降碳协同增效 推进高质量发展	79
四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1. 我国海上首个百万吨级二氧化碳封存工程投用	80
2. 日拟开发大型液化二氧化碳运输船	81
3. 仅需一次转化——CO ₂ 和废塑“巧变”有用物质	82
4. 开拓废弃聚酯塑料循环回收新工艺	83
5. 新研究测算我国城镇污水处理系统节水减碳潜力	83
6. 高温二氧化碳电解研究获进展	84
7. 广东实施万余项减排项目：加大氮氧化物和挥发性有机物减排力度	85
8. 我国科学家开辟废弃聚乙烯塑料循环升级新途径	86
9. 我国绿色低碳专利授权量年均增速 9.3%	87
五、太阳能	
1. 全球规模最大光伏电站开工	88
2. 芬兰大力推广绿色建筑	89
3. 光伏纳米粒子可用作量子光源	90
4. 太阳能领域投资有望超越油气	91
5. 卫星首次成功向地球传送太阳能	92
6. 新材料“吃进”低能光，“吐出”高能光，可将太阳能电池板尺寸减小百分之三十	93
7. 将确立退役风电光伏回收处理商业模式	94
8. 开启海上光伏“探照灯”——国内首个近海开放海域固定式光伏 HG34 实证项目离网运行稳定	95
9. 6 省份开展分布式光伏入网评估试点	97
10. 全球最大水光互补电站正式投产发电	97
11. 基于新原理的高性能有机发光材料研发成功	99
12. 高效有机光伏材料与器件成功制备	100
13. “分布式光伏+新能源汽车”可促进农村能源转型	101
14. 水光蓄互补联合发电助力清洁能源更高效消纳	103
15. 科学家制备出新一代无机光电关键材料	106
六、地热能	

1. 自然资源部浅层地热能重点实验室揭牌	107
2. 英国地热能开发升温	107
七、海洋能	
1. 我国首个海上二氧化碳封存示范工程投用	109
2. 我国自主研发的首台兆瓦级漂浮式波浪能发电装置在广东珠海投入试运行	110
3. 2022 年中国十大海洋科技进展揭晓	112
4. 全面推进海洋强省建设，打造海上新广东	116
八、氢能	
1. “氢”装上阵，助力航空碳中和	119
2. 氢泄漏对气候的影响超 CO2 十多倍	120
3. 我国首个氢电耦合中压直流微网投运	121
4. 固态储氢系统实现能源高密度存储	121
5. IV型储氢瓶因国标站上风口	122
6. 氢液化储运技术研发获支持	123
7. 加快实现氢能关键技术突破	126
8. 我国首次高压力多管材纯氢试验取得成功	126
九、风能	
1. 柔直技术支撑风电走向深远海	127
2. 我国海上风电无淡化海水直接电解制氢海试成功	129
3. 我国首个 13 兆瓦陆上风电机组全功率试验平台投用	130
4. 中广核巴西装机 18 万千瓦风电项目正式投产	130
5. 我国首台 12 兆瓦海上风机在阳江成功安装	131
6. 陆上风电十兆瓦时代来临	132
7. 日本研发集群式风力发电机	134
8. 国家能源局印发《风电场改造升级和退役管理办法》	135
9. 华电阳江公司风机可利用率提高至 99.5%	135
10. 国家能源局发布《关于开展海上风电施工安全专项监管工作的通知》	136
11. 全球最大单机容量风机 123 米叶片发运	137
12. 主动消除电力谐波 提升海上风电电能质量	137
13. 塔城首座“风电+储能”电站正式投运	138
14. 全球最大 20 兆瓦半直驱永磁风机下线	139
十、核能	

1. 田湾核电外送能力提升约 90 万千瓦	139
2. 核能与核技术利用小知识	140
十一、其它	
1. 低渗高吸附煤层瓦斯强化抽采技术获突破	141
2. 我国首个自营深水油田群累产原油破千万吨	142
3. 这个工程又一项鉴定“总体国际领先”	144
4. 国内最大冲击式水电机组完成国产化改造	145
5. 全球最大冲击式水轮机组开建	145
6. 我国首套国产抽蓄机组成套开关设备通过产品鉴定	146
7. 我国大型变速抽水蓄能机组研制进入工程应用阶段	147
8. 化石燃料仍主导全球能源市场	148
9. “双碳”背景下的煤炭清洁高效利用之路	150

本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

《广东省推进能源高质量发展实施方案》印发

到 2025 年新能源产业营收破万亿

南方日报 2023.6.3

日前，广东省能源局印发《广东省推进能源高质量发展实施方案》(下称《方案》)，提出到 2025 年，广东省多元安全的能源供应体系将进一步完善，非化石能源将成为能源消费增量的主体，消费比重达到约 29%；非化石能源发电装机占比达到 44%；电气化水平全国领先，电能占终端能源消费比重提升至 40%左右。此外，新能源产业营业收入和新型储能规模分别突破 1 万亿元和 300 万千瓦。

构建清洁低碳的新型能源体系

《方案》提出，到 2025 年，能源高质量发展要取得重大进展，能源安全保障能力大幅提升，能源绿色低碳转型成效显著，能源发展新模式新业态竞相迸发，关键核心技术自主创新实现突破，重点领域、关键环节改革取得实质性进展，协同配置资源能力有序顺畅，能源发展更有效率、更加公平、更可持续，更好地满足人民群众美好生活用能需要。

要全面构建安全高效清洁低碳的能源供应体系，一方面要全力确保能源供应安全；另一方面要大力发展可再生能源，规模化开发海上风电，推动海上风能资源集中连片开发利用，打造广东海上风电基地；坚持集中式和分布式并举，大力发展分布式光伏，因地制宜建设集中式光伏电站项目。在公共建筑、产业园区、基础设施、农业农村等重点领域积极推广光伏发电应用。推动新能源发电项目能并尽并，到 2025 年，全省可再生能源发电装机规模达到 7900 万千瓦。

值得注意的是，《方案》提出要积极拓展新型储能多元化应用场景，推进“新能源+储能”建设，规划引导独立储能合理布局，鼓励用户侧储能发展。完善新型储能参与电力市场机制和电网调度运行机制，建立健全储能标准规范，提升储能建设质量和运营安全水平。积极推动新型储能技术创新，促进新型储能与大数据中心、5G 基站、数字电网等新型基础设施融合应用，支持各地开展源网荷储一体化、多能互补、虚拟电厂等试点、示范。到 2025 年，储能装机容量达到 300 万千瓦。

打造万亿新能源产业集群

做大做强优势产业。海上风电方面，做大做强海上风电装备制造业，加快形成集整机制造与叶片、电机、齿轮箱、轴承等关键零部件制造，以及大型钢结构、海底电缆等加工生产

为一体的高端装备制造基地，提前布局海上风电运维基地。

不断壮大太阳能产业，支持光伏设备、逆变器、封装、浆料等企业做大做强，重点支持高效低成本晶硅太阳能电池生产和关键设备制造，推动钙钛矿及叠层电池、柔性薄膜电池、光伏组件回收利用等先进技术研发；补强电池片等核心设备短板，提升高效电池片制造设备自主生产能力，做强光伏产业链。

推进先进核能产业布局，依托惠州加速器驱动嬗变研究装置和强流重离子加速器装置、先进能源科学与技术广东省实验室、江门中微子实验站等先进科研平台，持续推进先进核能产业发展。发挥产业集聚效应，推动核技术应用产业链上下游向广东集聚，构建核能研发、设计、建设、管理和运营服务完整产业链。

培育壮大新兴产业。大力发展储能产业，建设省新型储能制造业创新中心，推进产学研用协同示范基地和规模化实证基地建设。加强新型储能电池产业化技术攻关，优化锂电池制造、关键材料、系统集成及装备制造、电池回收利用产业区域布局，提升全产业链集聚化程度，支持钠离子储能电池技术研发和产业化。创新储能项目营运模式，强化储能标准体系建设。推动压缩空气、飞轮储能等其他新型储能技术的应用突破。

聚焦氢能核心技术研发和先进设备制造，加快培育从氢气制备、储运、燃料电池电堆、关键零部件和动力系统集成的全产业链。多渠道增加氢气供给能力，适度超前建设氢气储运基础设施，利用低温氢燃料电池产业先发优势，形成广州—深圳—佛山—东莞环大湾区核心区车用燃料电池产业集群。

适应柔性直流输电技术进步和电网数字化转型发展需要，推进小微传感器、大功率电子器件等核心设备国产化，大力发展电力专用芯片、智能传感、通信与物联、智能终端、电力大数据、智能输变配工程集成等产业，壮大智能电网产业链。

首个百万千瓦新能源项目开工

中国电力报 2023.6.13

6月7日，从中国中煤能源集团有限公司了解到，中煤集团首个百万千瓦新能源项目——中煤哈密一通道80万千瓦风电+20万千瓦光伏多能互补项目于近日在新疆哈密市开工建设。该项目与“疆电外送”第一通道中煤哈密电厂及中煤红星电厂4台66万千瓦煤电机组形成多能互补示范基地。

该项目是国家发展改革委第二批沙漠、戈壁、荒漠大型风电光伏基地建设重点项目，项

项目总投资 46.96 亿元，配套新建新能源 100 万千瓦。其中风电装机 80 万千瓦，光伏装机 20 万千瓦。项目拟建设 160 台单机容量为 0.5 万千瓦的风电机组，直流侧光伏组件装机容量为 24.3 万千瓦，配套建设两座 220 千伏升压站，一座 500 千伏汇集站，年均发电量达 23.7 亿千瓦时。

该项目由中煤电力公司开发，由所属单位哈密大南湖新能源有限公司负责建设和运营管理。项目建成后对实现清洁能源替代、推动能源结构转型、改善生态环境质量，具有重要作用和深远影响。每年可节约标准煤约 72 万吨，减排二氧化碳约 189 万吨，节能环保效益显著。

中煤集团电力及新能源事业部相关负责人表示，哈密一通道项目开工建设，对中煤集团意义重大，是该公司首个开工的百万千瓦级新能源项目，是推动“存量提效、增量转型”，践行“两个联营”的重要举措，是布局建设风光火储、多能互补综合能源示范基地的关键一步。

加快规划建设新型能源体系

经济日报 2023.6.5

党的二十大报告明确提出，加快规划建设新型能源体系。在推进中国式现代化和顺应全球能源低碳转型大趋势下，新型能源体系的规划和建设要着眼长远，以建设美丽中国和实现碳达峰碳中和为目标有序推进，同时也要立足当下，客观研判有利条件和风险挑战，做好相关工作。

能源发展的最新战略安排

党的二十大报告对积极稳妥推进碳达峰碳中和作出重要部署，提出“深入推进能源革命，加强煤炭清洁高效利用，加大油气资源勘探开发和增储上产力度，加快规划建设新型能源体系，统筹水电开发和生态保护，积极安全有序发展核电，加强能源产供储销体系建设，确保能源安全”。其中，加快规划建设新型能源体系是以有力支持全面建成社会主义现代化强国为目标，统筹能源安全供应稳定和绿色低碳发展，对能源领域未来发展提出的重要战略安排。

建成新型能源体系，是我国能源转型的长远目标。新型能源体系包括新型能源系统和新机制两大部分。在碳达峰碳中和要求下，未来新型能源系统将是风能、太阳能、生物质能、地热能、核能等零碳和低碳能源为主，以传统化石能源为辅，依靠先进科技与工业体系打造的能源系统；新机制将是能够适应并支持新型能源系统发展壮大相关机制和政策体系。

建成新型能源体系，是适应全球能源体系转型的战略举措。国际能源署发布的《2021年世界能源展望》提出，2050年可再生能源比重将由2020年的12%提高到67%，核能比重由5%提高到11%，煤油气合计由79%降至23%，全球终端能源电气化率由20%上升至49%，氢能从零上升至6%。2021年美国国务院和总统办公室发布《美国长期战略：2050年实现净零温室气体排放路径》，提出到2035年率先实现电力系统碳中和。2021年欧盟提出了“能源系统融合”目标，明确未来新型低碳能源系统的特征是循环高效、高电气化率和燃料低碳化。日本在《2050年碳中和绿色增长战略》中明确，到2050年电气化率较目前水平提高一倍以上，并以可再生能源及核电为主要电源推动实现电力系统碳中和。从国际机构的判断和主要经济体面向碳中和的战略部署看，全球能源体系将朝着以可再生能源为主、多种能源并存、终端电气化率大幅提升、氢能广泛应用等方向转型。

“新”是相对现有能源体系而言的。我国目前以化石能源资源为基础的能源系统尚无法摆脱对国际油气资源的高度依赖，以煤为主的高碳特征也难以满足碳达峰碳中和要求。建设新型能源系统，既要高水平满足各种能源服务需求，又要助力我国摆脱“贫油少气”的资源禀赋劣势，提升能源保供能力，还要确保如期实现碳达峰碳中和目标。长远来看，这是我国建设社会主义现代化强国的必由之路。同时，从目前的能源系统逐步转变为新型能源系统，其动态演进过程必然面临内外部挑战，需要建立与新型能源系统运行相匹配的新机制和相关政策。

抓住当前契机加快规划建设。2022年初，国家发展改革委、国家能源局发布《“十四五”现代能源体系规划》，提出能源保障更加安全有力、能源低碳转型成效显著、能源系统效率大幅提高、创新发展能力显著增强、普遍服务水平持续提升五大目标。党的二十大报告面向我国长远发展需要，作出加快规划建设新型能源体系的战略部署。2022年底中央经济工作会议再次强调加快规划建设新型能源体系。值得注意的是，我国加快规划建设新型能源体系，与当前主要依靠“煤油气电”供应体系保障供给并不矛盾。化石能源系统能有力承担能源安全兜底保供责任，恰恰为新型能源体系发展带来难得机遇，有利于聚焦做大做强产业链，促进新能源产业快速发展。

新能源产业迎来快速发展期

经过十余年技术积累和产业培育，我国光伏、风电、新能源汽车等产业迎来快速发展期。特别是碳达峰碳中和目标提出后，风电和光伏发电每年新增装机规模超过1亿千瓦。截至2022年底，我国风电、光伏、生物质能发电装机分别达到3.65亿千瓦、3.93亿千瓦和4132万千瓦，加上4.13亿千瓦水电和5698万千瓦核电装机，非化石能源发电装机达到12.7亿千瓦，

约为全国发电装机总容量的 50%。

集中式与分布式可再生能源电源发展并驾齐驱。在集中式电源建设方面，以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地规划建设总规模约 4.5 亿千瓦。截至 2022 年底，第一批 9500 万千瓦基地项目已全部开工建设，第二批基地项目正在抓紧推进，第三批基地项目也在紧锣密鼓地组织谋划。在分布式电源建设方面，2022 年全国新增分布式光伏发电并网装机容量 5111 万千瓦，截至该年底已达 1.57 亿千瓦。

储能发展日新月异。截至 2022 年底，全国已投运新型储能项目装机规模达 870 万千瓦，同比增长 110% 以上，平均储能时长约 2.1 小时。以锂离子电池储能为主，新型储能技术多元化发展态势明显。锂离子电池新增储能规模占比达 94.2%，同时，压缩空气储能、液流电池储能技术占比分别达 3.4%、2.3%，占比增速明显加快。飞轮、重力、钠离子等多种储能技术也已进入工程化示范阶段。

新能源汽车产业快速发展。2022 年我国新能源汽车销量 688.7 万辆，同比增长 93.4%，市场渗透率达 25.6%，截至 2022 年底新能源汽车保有量突破 1300 万辆。我国已是全球最大的新能源汽车生产基地。2022 年新能源汽车产量 705.8 万辆，不但满足国内需求，出口也达到 67.9 万辆，同比增长 1.2 倍。

此外，我国也加快布局智能电网、氢能制储输用、地热、生物质综合利用等领域。

国际竞争优势凸显

光伏全产业链已具有国际竞争优势。光伏产业形成了从上游原材料采集加工、中游电池片组件制造及下游光伏电站建设运营的完善产业链，已成为可同步参与国际竞争并在产业化方面取得领先优势的产业。在多晶硅、硅片、电池片、组件制造环节均有 5 家以上企业出货量位居全球前十，已在近 20 个国家或地区建厂。光伏科技不断取得新突破，我国企业、研究机构屡次打破晶硅电池的转换效率纪录，自主研发的硅异质结电池转换效率最高达 26.81%。

风机产业达到国际先进水平。我国已建成全球最大的风电装备生产基地，产量占全球三分之二以上，建成了涵盖风电开发建设、设备制造、技术研发、检测认证、配套服务的成熟产业链。风电技术水平不断提高，基本掌握了关键核心技术，并且在适合低风速风况和恶劣环境风电机组开发方面取得突破性进展，在大容量机组开发上基本实现与世界同步。风机产品国产化程度达到 90% 以上，18 兆瓦海上风机、双转子漂浮式海上风电平台、陆上双风轮风电机组等一系列新产品研发成功，在显著提高风能利用效率的同时，也反映出我国风机产业正处于科技创新高度活跃的快速发展期。

新能源汽车产业具有先手优势。目前我国新能源汽车产量占全球的 60%，是全球最大出口国，建立了高效完备的产业链供应链体系。我国在售的新能源汽车车型超过 300 款、占全球的三分之二，本土品牌占国内电动汽车市场 81% 的份额。新能源汽车产业在电池、电控和电驱三大领域均达到世界先进水平，在自动驾驶、智能网联等领域的技术创新、模式创新具有扎实技术积累。

此外，我国积累了推动新能源快速发展的宝贵经验。在促进可再生能源发展方面，建立并完善了新能源并网和消纳的开发利用监测、并网接入备案审批、优先保障和优先调度、消纳保障等多项机制，并对分布式发电接入制定了各类办法和服务管理规则。在提高新能源并网消纳能力方面，出台了可再生能源电力消纳保障机制、并网多元保障机制、并网消纳情况和预测分析结果的定期公布机制等。电网企业则引入了优先调度和清洁调度机制对可再生能源发电量予以优先保障。在完善新能源发电市场交易方面，加快推动配售电市场机制发展，以市场手段促进新能源发展。目前全国范围内注册的售电公司约 5000 家，增量配电业务试点项目近 500 个。其中一些增量配电项目在分布式能源接入、综合能源服务、可再生能源就地消纳、定制化电力服务等方面开展了有益探索。这些政策有效促进了可再生能源的发展和消纳，2022 年上半年全国风电平均消纳利用率为 95.8%，光伏为 97.7%。

未来发展趋势性特征

我国未来的新型能源体系需具备以下趋势性特征。

一是以新能源为主体提升总体安全保障水平。风能、太阳能、生物质能、地热能、核能等新能源将成为供能主力，到 2050 年发电装机将占总装机 78%，发电量将占全国用电量 75%，新能源总量占一次能源总量比重达 51%。煤油气等化石能源及水电等非化石能源将作为重要能量补充来源和供应能力保障来源，根据自身特点在平时储备、响应尖峰负荷和应急供应保障上发挥作用。2050 年石油进口量有望降至 2 亿吨，较当前水平下降 60%；天然气进口量有望降至 1500 亿立方米左右，能源总体对外依存度降至 10% 以下，大大缓解进口安全保障压力。

二是终端用能深度清洁化。新能源的主要利用方式是转换为电，有些还可进一步转换为氢能作为燃料。为适应能源利用方式的转换，电和氢在终端能源中的比例将持续提高。2050 年我国终端电气化率需提高到 50% 以上，氢能占比需提高到 10% 以上。

三是系统形态呈现多能源网荷储协调互动。新型能源体系中，分布式发电与供热、用户侧储能、智能微电网、主动配电网、氢储能等新业态不断发展，产销者、聚合商、电热冷气一体化能源服务等新商业模式不断涌现，系统供需平衡将由依靠传统集中供能的源随荷动模

式为主向多能源网荷储协调互动转变。

四是数字化全面赋能新型能源体系建设。数字化是促进系统集成的重要技术手段，推动数字技术深度赋能源网荷储各环节，实现电、热、冷、气多网融合、多能互补、全局调度优化，可显著提升能源资源综合利用率。数字化还可将能源网络上的高价值数据转化为生产要素，培育新产业，创造更多经济价值，利用数字技术的正外部性抵消部分传统能源系统转型成本。

五是具有较强系统韧性。未来极端天气和极端事件发生的频率和强度都可能上升，这对能源系统韧性提出更高要求。在单个风电和光伏电源出力不稳定、易受天气影响的现实情况下，整个能源系统灵活调度、协调运行对保障能源供应安全将发挥越来越大作用。同时，能源系统与数字技术深度融合后，也通过建立主被动防御结合的防控体系，使系统常态化运行安全和极端情况下运行稳定得到有效保障。

六是建成把控核心、全球布局的新能源装备产业链。建设新型能源体系会减轻对化石能源资源禀赋的依赖，同时会对技术领先、链条完整的新能源装备制造业提出更高要求。从产业发展客观规律看，全球新能源产业进入快速发展阶段。构建把控核心、全球布局的装备产业链，既可服务好国内大市场，又可参与国际市场竞争，是我国能源产业未来发展的重点方向，也是最终达成能源强国目标的必由之路。

七是与时俱进调整能源发展相关机制和政策体系。适应新型能源系统的动态演进，能源市场机制、价格机制、科研机制、监管制度、行业政策、财税政策、金融支持等都需要适时调整、动态优化，既要引导新型能源体系的发展，又要为其保驾护航。

尽快发展壮大新能源系统

在推动传统能源产业做大做强、保障近期能源安全的同时，着眼长远建设新型能源体系，当务之急仍是尽快发展壮大新能源系统。“十四五”时期是建设新型能源体系的关键时期，兼顾短期挑战和长远发展，做好相关规划工作至关重要。目前来看，新能源系统仍然面临诸多挑战：如何解决大规模并网消纳，实现持续较快发展；如何建立技术领先、自主可控、全球布局的新能源装备产业链供应链，提升产业竞争力；如何积极完善政策体系，形成有利于新能源系统发展的软环境。同时，还需要做好推动传统化石能源产业稳步转型、实现有序退出的长期安排。

一是紧抓能源需求增长窗口期、着力完善基础设施，支持新能源持续较快发展。2022年我国能源消费总量突破54亿吨标准煤，距离《能源生产和消费革命战略（2016—2030）》提出的60亿吨能源消费总量控制目标还有一定空间。用好有限增量空间，支持新能源成为

增量发展的主体，亟需加快基础设施建设。例如，支持风电、光伏大基地建设，需要加强论证或加快建设外送通道；支持分布式电源发展，需要推动智能化有源配电网建设，提升局域电网的自主调度、调节能力；随着电动汽车进入快速发展阶段，亟需加快布局双向充电桩、充电网络等基础设施，探索把电动汽车作为电网调节资源的有效路径；加快氢能基础设施的研发和在部分地区开展试点；开展生物质能源收集、运输和集中处理的基础设施建设试点，探索可行的运营模式；等等。这些基础设施建设往往需要跨部门、多领域共同发力，需强化统筹协同规划。

二是努力打造技术领先、安全韧性的新能源装备产业链供应链。我国已经初步形成了相对完善的新能源装备产业链供应链，面向未来新型能源体系建设，新能源装备产业链将是支撑国家能源安全的基石。对此，仍需坚持扬长补短，特别是要布局新型材料、集成芯片、仿真设计软件等基础性、公共性技术研发，拓展产业链延伸范围，夯实产业基础。充分发挥我国新型举国体制优势，营造公平竞争的科研环境，激发各类企业、高校和科研机构的创新积极性。完善国内新能源等低碳技术标准体系，建立和完善相关认证服务体系。积极参与相关国际标准和产业规范制定，逐步提升我国在国际绿色能源发展中的话语权。推动可再生能源装备和技术、系统和服务走出去。大力推进绿色“一带一路”建设，稳步扩大绿色能源“朋友圈”，加快绿色能源和低碳技术的国际科研合作、产业合作、运营合作等，形成合作共赢的绿色低碳发展新动能。

三是以壮大新能源系统为抓手，建设新型能源系统，形成适应其发展的体制机制。加快各类能源市场改革，建立支持各类新能源快速发展的交易规则。面向市场化完善峰谷价、两部价、阶梯价等定价机制，发挥市场配置资源的决定性作用，充分挖掘能源网络互济潜力，用好需求侧的可调节资源，提升常态下的安全保障水平。推进电网、热网等行业的体制改革，在扩大市场准入的同时加强监管，完善基本用能需求的兜底保障机制。完善碳市场建设，引导能源行业循序渐进推进绿色低碳转型。

四是推进传统能源转型，为新型能源体系建设营造有利条件。我国的传统能源转型重点在煤，煤炭是我国主体能源，也是当前能源安全保障的基石。截至 2022 年，煤矿数量约 4400 座，煤炭产量约 45 亿吨，已建 10 余条铁路运煤通道，年运力达 24 亿吨。为保障电力系统安全运行，以煤电机组为主的火电装机规模达 13.3 亿千瓦。着眼长远，煤炭行业实现转型，对于其自身和煤炭富集地区的发展意义重大。由于涉及多领域、多地区，需及早统筹规划，有保有压、循序渐进地实施煤炭转型，实现煤炭全行业高质量发展。

全球可再生能源产能创历史新高

中国将占今明两年增量的 55%

科技日报 2023.6.5

国际能源署（IEA）6月1日表示，由于化石燃料价格高企和能源安全问题推动了太阳能和风能系统的部署，今年可再生能源产能将以创纪录的数字增长。

国际能源署在一份关于该行业的最新报告中表示，2023年全球可再生能源产能预计将增加440吉瓦以上。

“世界将为电力系统增加创纪录的可再生能源数量，这将超过德国和西班牙的总电力容量。”IEA执行董事法提赫·比罗尔在一份声明中说。

该机构补充说，明年全球可再生能源总产能预计将激增至4500吉瓦，相当于中国和美国的总发电量。

中国将巩固其作为该行业增长主要驱动力的地位，将占2023年和2024年全球可再生能源产能增量的55%。

IEA表示，随着欧洲各国加紧努力寻求俄罗斯天然气的替代品，对欧洲可再生能源产能增加的预测将提高40%。

该机构称，新安装的太阳能和风能容量估计在2021年至2023年期间，通过取代更昂贵的化石燃料，为欧盟电力消费者节省1000亿欧元。

太阳能新增将占今年增长的三分之二。太阳能光伏电站正在增长，而更高的电价正在推动“更具财务吸引力”的小型屋顶系统的增长。

德国、意大利和荷兰等主要欧洲市场的新政策支持也推动了增长。

IEA表示，预计风力发电将在经历了低迷的两年后，今年将同比增长70%。

国家能源局组织发布《新型电力系统发展蓝皮书》

中国电力报 2023.6.5

6月2日，由国家能源局主办，电力规划设计总院、中国能源传媒集团有限公司承办的《新型电力系统发展蓝皮书》（以下简称《蓝皮书》）发布仪式在京举行。《蓝皮书》全面阐述新型电力系统的发展理念、内涵特征，制定“三步走”发展路径，并提出构建新型电力系统的总体架构和重点任务。国家能源局党组成员、副局长余兵出席会议并致辞，国家能源局监管总监黄学农发布《蓝皮书》。

2021年3月15日，习近平总书记在中央财经委员会第九次会议上作出构建新型电力系统的重要指示，党的二十大报告强调加快规划建设新型能源体系，为新时代能源电力高质量发展提供了根本遵循，指明了前进方向。为指导电力行业科学推进新型电力系统建设，国家能源局在组织11家研究机构开展碳达峰碳中和背景下电力系统转型若干重大问题研究的基础上编制了《蓝皮书》。

余兵在《蓝皮书》发布会上表示，实现“双碳”目标，能源是主战场，电力是主力军。构建新型电力系统是建设新型能源体系的重要内容，是一项复杂而艰巨的系统工程，点多面广、时间跨度长，不同发展阶段特征差异明显，需统筹谋划路径布局，科学部署、有序推进。《蓝皮书》的发布，有助于统一行业内外对新型电力系统的认识，也标志着新型电力系统建设进入全面启动和加速推进的重要阶段。

黄学农介绍，《蓝皮书》由国家能源局统筹组织11家研究机构共同编制而成，旨在为电力行业转型发展指明战略方向，全面助力推进能源革命、构建新型能源体系、推动能源绿色发展。

《蓝皮书》明确，新型电力系统是以确保能源电力安全为基本前提，以满足经济社会高质量发展的电力需求为首要目标，以高比例新能源供给消纳体系建设为主线任务，以源网荷储多向协同、灵活互动为有力支撑，以坚强、智能、柔性电网为枢纽平台，以技术创新和体制机制创新为基础保障的新时代电力系统，是新型能源体系的重要组成部分和实现“双碳”目标的关键载体。新型电力系统具备安全高效、清洁低碳、柔性灵活、智慧融合四大重要特征，其中安全高效是基本前提，清洁低碳是核心目标，柔性灵活是重要支撑，智慧融合是基础保障，共同构建起新型电力系统的“四位一体”框架体系。

《蓝皮书》提出，按照党中央提出的新时代“两步走”战略安排，锚定“3060”战略目标，以2030年、2045年、2060年为构建新型电力系统的重要时间节点，制定新型电力系统“三步走”发展路径，即加速转型期（当前至2030年）、总体形成期（2030~2045年）、巩固完善期（2045~2060年），有计划、分步骤推进新型电力系统建设。

在总体架构与重点任务方面，《蓝皮书》提出要加强电力供应支撑体系、新能源开发利用体系、储能规模化布局应用体系、电力系统智慧化运行体系四大体系建设，强化适应新型电力系统的标准规范、核心技术与重大装备、相关政策与体制机制创新的三维基础支撑作用。

发布会上，电力规划设计总院党委书记、院长杜忠明作《蓝皮书》内容解读。

我国首条输送“沙戈荒”新能源为主的电力通道开工

科技日报 2023.6.13

6月11日，宁夏至湖南±800千伏特高压直流输电工程、汨罗抽水蓄能电站全面开工。

宁夏至湖南特高压工程是我国第一条以开发沙漠光伏大基地、输送新能源为主的特高压输电通道，途经宁夏、甘肃、陕西、重庆、湖北、湖南五省（区市），线路全长1634千米，2025年建成后每年可向湖南输送电量超360亿千瓦时。汨罗抽蓄电站新建4台30万千瓦可逆式发电机组，是国家电网在湖南建设运营的第4座抽蓄电站，将发挥保障大电网安全运行的“稳定器”“调节器”作用和支撑新能源大发展的“充电宝”作用。

湖南作为中部崛起和长江经济带发展的新担当，近年来经济社会保持快速发展，但一次能源资源相对匮乏，区外电力供给需求强烈。宁夏至湖南特高压工程建成后，在满足电力可靠供应方面将发挥重要作用。汨罗抽蓄电站建成后，国家电网在华中地区抽蓄运行总装机将突破2000万千瓦，可极大提升湖南和华中电网顶峰保供能力。

两项工程投产后，宁夏电力外送规模将超过2000万千瓦，有力促进新能源开发外送和大范围优化配置，开启“沙戈荒”能源开发利用新篇章；湖南将形成特高压直流跨区通道为直接供电保障、特高压交流骨干网架为省间互济支撑、华中抽水蓄能电站群为调整手段的能源供应格局，更好推动两地经济社会高质量发展和民生保障。

“宁电入湘”工程送的是绿色电、清洁电，其中新能源占比将超过50%，成为宁夏面向“双碳”目标、实现新能源高比例稳定输送的创新工程，以及构建新型电力系统、实现新能源大范围优化配置的示范工程。到2025年，宁夏新能源装机将突破5500万千瓦，新能源年发电量超过850亿千瓦时，每年可节约标煤2600多万吨、减排二氧化碳7000多万吨。

与此同时，与工程配套的全国首批首个国家千万千瓦级“沙戈荒”新能源基地——腾格里沙漠新能源基地也在加紧建设。4月26日，项目一期100万千瓦光伏工程顺利并网发电。到2024年底，该新能源集群规模将达到1300万千瓦，每年产出的180亿千瓦时清洁电能全部通过宁夏至湖南特高压工程送到湖南。

我国非化石能源发电装机容量占比超50%

中国能源报 2023.6.13

国家发展改革委副主任杨荫凯11日在上海表示，当前我国的非化石能源发电装机容量占比达到50.9%，历史性超过化石能源发电装机容量。

2020年，我国提出“力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”的发展目标。在11日举行的首届上海国际碳中和技术、产品与成果博览会开幕式上，杨荫凯说，近三年以来，中国的“双碳”工作取得良好开局。通过强化政策设计，我国制定了重点领域、重点行业“双碳”实施方案和支持保障措施，构建了碳达峰碳中和“1+N”政策保障体系。加快能源转型步伐，在沙漠、戈壁和荒漠地区规划建设了大型光伏风电基地，完成煤电机组节能降碳改造、灵活性改造和供热改造超4.8亿千瓦。

在一系列政策支持下，中国的绿色低碳创新充满活力，绿色低碳产业朝气蓬勃，绿色低碳发展潜力无限。杨荫凯表示，下一步国家发展改革委将协同推进降碳、减污、扩绿、增长，近期将重点抓好四方面工作。

一是加快推进能源革命，坚持“先立后破”，有序推进新旧能源转换替代；二是加快重点领域低碳转型，推动新兴技术与绿色低碳产业深度融合，严把新上项目能耗和碳排放关，引导传统行业改造升级，产品设备更新换代，推进城乡建设、交通运输等重点领域节能降碳；三是加快绿色低碳科技创新，从基础研究、技术研发和示范应用全链条支持绿色技术创新，培育经济增长绿色新动能；四是加快完善绿色低碳政策，健全支持绿色发展的财税、金融、投资、价格政策，推动能耗双控逐步转向碳排放防控。

全球能源发展将呈现四大趋势

中国能源报 2023.6.12

6月6日，《bp世界能源展望》2023中文版（以下简称《展望》）在北京发布。bp集团首席经济学家戴思攀指出：“过去一年，全球减少了部分化石能源供应，社会经济生活大受冲击。对能源短缺和易受地缘政治事件影响的担忧引发全球对能源安全日益关注，这可能促使各国和各区域努力降低依赖进口能源，转而消费更多国内生产的能源。这也将大大推动能源效率提高，减少对各类能源的需求。俄乌冲突加深全球对能源安全的关注、削弱经济增长，并改变能源供应组合。”

放眼未来，《展望》指出，全球能源发展将呈现出四大趋势：油气作用下降、可再生能源快速扩张、电气化程度提高、低碳氢使用增多。

油气受影响最大

“终端能源消费总量低于上期《展望》（2022年版）的预测。在所有情景中，2035年这一数字将下降约3.5%，2050年将下降5.5%-6%。”戴思攀指出，石油和天然气是国际交易

量最大的两类燃料，随着对能源安全重视程度加深，这两种燃料受到的影响也最大。

《展望》通过“快速转型情景”“净零情景”和“新动力情景”三种情景，探讨 2050 年前全球能源系统发展可能存在的各种路径。在“新动力情景”中，由于石油需求修正下调 5%、天然气需求下降 6%，2035 年一次能源需求水平要比 2022 年版《展望》预测的低 2%。这些影响主要集中在亚洲新兴经济体和欧盟，2021 年，欧盟、中国和印度共占全球石油进口总量的 45%左右、天然气进口总量的 50%左右。

上述三个地区对能源安全关注度提升，导致进口油气在一次能源中占比持续下降。2035 年，在“新动力情景”中，石油和天然气进口总量将比 2022 年版《展望》预测的低 10%以上。

在俄乌冲突之前，俄罗斯是世界上最大的能源出口国，冲突导致俄罗斯石油和天然气减产。在三种情景下，俄罗斯石油产量将由 2019 年的 1200 万桶/日，下降到 2035 年的 700 万桶/日-900 万桶/日。

戴思攀指出，能源短缺和能源价格上涨凸显了低碳转型有序进行的重要性，从而使得世界化石能源消费下降能够与全球化石能源供应减少遥相呼应，现有油气生产地产量的自然下降，意味着未来 30 年仍需继续对石油和天然气上游进行投资。

能源转型速度加快

对能源安全关注度的提升，加大了本地非化石能源消费量，这有助于加快能源转型。《展望》预计，可再生能源在全球一次能源中的占比将从 2019 年的 10%左右，提升至 2050 年的 35%-65%。

得益于成本竞争力不断提升，政策扶持向低碳电力和绿氢转变，风能和太阳能发电量迅速增长。《展望》预计，风能和太阳能装机容量在“快速转型情景”和“净零情景”下将增长约 15 倍，在“新动力情景”下将增长 9 倍；2035 年之前，风能和太阳能装机容量增长将主要由中国和发达国家主导，在所有三种情景下，这两者在总容量的占比将增长 30%-40%。

装机容量的增长要求大幅加快新增容量的融资和建设速度。2035 年之前，在“快速转型情景”和“净零情景”下，装机容量的平均增长率是每年 450 吉瓦-600 吉瓦，这比历史上最高增长率快 1.9 倍-2.5 倍。

电力方面，由于新兴经济体日益繁荣、全球能源系统日趋电气化，电力需求在展望期间将强劲增长。在三种情景下，到 2050 年，终端电力需求将增加 75%左右。这一增长绝大部分来自新兴经济体，因为经济增长和生活水平提高会推动电力消费快速增长。

此外，《展望》指出，能源转型将导致对关键矿物的需求显著增加。到 2040 年，在三种

情景下，电动汽车的锂用量都将增长 25 至 60 倍。2020 年，电动汽车对锂的需求占总需求量的 30%；到 2040 年，这个比重将上升到 85%-95%；镍总需求量将增加 2.5 至 4 倍。这就需要大幅增加对关键矿物开采行业的投入，并加快规划和审核周期。

碳预算消耗殆尽

《展望》提醒，尽管各国政府脱碳雄心显著增强，但自 2015 年巴黎缔约方会议以来(2020 年除外)，二氧化碳排放量逐年增加。“碳预算正在消耗殆尽，拖延采取果断行动、持续减少排放的时间段拖得越长，可能带来的社会经济成本就越高。在一些国家，政府对能源转型的支持已进一步加强，但是，脱碳面临巨大挑战意味着我们需要给予包括加快许可、批准低碳能源和基础设施在内的更多政策支持。”

随着世界向更可持续的能源系统过渡，低碳氢的使用会越来越多。《展望》认为，本世纪 30 年代和 40 年代，随着生产成本下降和碳排放政策收紧，低碳氢能在难以减排的工艺过程和活动中与现有燃料竞争，尤其是在工业和运输领域，增长速度会加快。2030 年至 2050 年间，在“快速转型情景”和“净零情景”下，低碳氢的需求将增长 10 倍。

《展望》认为，现代固体生物质能(如木屑颗粒)、生物燃料和生物甲烷同样有助于工业和运输业中难以减排的工艺过程和活动进行脱碳，其使用量将显著增加。在“快速转型情景”和“净零情景”下，传统生物能源向现代生物能源转型明显，到 2050 年，现代生物能源需求将增加一倍以上。

国家发展改革委：优先发展新能源等新兴专业

中国电力报 2023.6.15

6 月 13 日，国家发展改革委、教育部等 8 部门联合印发《职业教育产教融合赋能提升行动实施方案（2023-2025 年）》（以下简称《方案》）。《方案》提出，优先发展新能源、新材料等产业需要的一批新兴专业

行动目标

到 2025 年，国家产教融合试点城市达到 50 个左右，在全国建设培育 1 万家以上产教融合型企业

重点任务

在重点行业深度推进产教融合：在新一代信息技术、集成电路、人工智能、工业互联网、储能、智能制造、生物医药、新材料等战略性新兴产业，以及养老、托育、家政等生活服务

业等行业，深入推进产教融合，培养服务支撑产业重大需求的技能技术人才

完善职业教育专业设置，鼓励引导职业院校，优先发展先进制造、新能源、新材料、生物技术、人工智能等产业需要的一批新兴专业

引导实训基地建设方向，安排中央预算内投资时，优先考虑先进制造、新能源、新材料、生物技术、人工智能等领域以及护理、康养、托育、家政等领域的实训基地建设

丰富产教融合办学形态，推动职业院校在企业设立实习实训基地、企业在职业院校建设培育培训基地

打造产教融合新型载体：打造以产业园区为基础的市域产教融合联合体，在重点行业和领域打造行业产教融合共同体

《世界能源投资报告 2023》发布

中国电力报 2023.6.12

近日，国际能源署（IEA）发布《世界能源投资报告 2023》，《报告》显示，到 2023 年全球能源投资将达到约 2.8 万亿美元

其中，清洁能源投资预计将较 2021 年增长 24% 达到 1.7 万亿美元以上；同期化石燃料投资的增幅为 15% 达到 1.1 万亿美元

由于去年燃料价格上涨，许多化石燃料生产商创造了创纪录的利润，化石燃料投资也在增加，目前的化石燃料投资支出是 2050 年实现净零排放所需水平的两倍多，这意味着化石燃料将在 2023 年出现反弹

全球煤炭需求在 2022 年达到历史最高水平，2023 年的煤炭投资有望达到 2030 年净零情景所设想水平的近六倍

2022 年，全球油气行业在清洁电力、清洁燃料和碳捕集技术等低排放替代品上的资本支出不到其上游支出的 5%。预计 2023 年上游油气支出将增长 7%，恢复到 2019 年的水平。投资超过新冠疫情前的少数几家石油公司大多是中东地区的大型国有石油公司

在可再生能源和电动汽车的推动下，全球以太阳能为主导的低排放电力技术预计将占发电投资的近 90%，超过 90% 的增长来自发达经济体和中国

同时 IEA 预计，2023 年对太阳能（主要是光伏板）的投资将达到 3800 亿美元，而对石油勘探和开采的投资将达到 3700 亿美元

消费者也在投资更多的电气化终端用途。自 2021 年以来，全球热泵销量以每年两位数

的速度增长。电动汽车销量在 2022 年已经大幅增长，预计 2023 年将同比增长 30%

全球绿色转型和电气化进展趋缓

中国能源报 2023.6.19

6 月 5 日，国际能源署、国际可再生能源署、联合国统计司、世界银行和世界卫生组织这 5 大国际机构联合发布《跟踪可持续发展目标 7：能源进展报告》（以下简称《报告》）指出，世界尚未走上实现联合国可持续发展目标 7 的轨道，如果照此情况发展，将给全球绿色转型和电气化进程带来威胁。

偏离目标实现轨道

据了解，联合国制定了 17 个全球可持续发展目标，旨在指导 2015-2030 年全球发展工作。其中，可持续发展目标 7 是到 2030 年实现为全球所有人提供可负担、可靠、可持续的现代能源，包括普及电力和清洁烹饪、将能效提高一倍，同时大幅提高可再生能源在全球能源结构中的份额。

根据《报告》数据，全球可再生能源电力占比已经从 2019 年的 26.3% 增长到 2020 年的 28.2%，这是自 2015 年开始跟踪可持续发展目标进展以来最大单年增幅。但即便如此，仍不足以让可持续发展目标 7 得以按时实现。

5 大国际机构发出警告称：“目前的努力并不足够，世界正在偏离实现可持续发展目标 7 的轨道。”

国际能源署指出，全球能源危机预计将继续刺激可再生能源部署以及能源效率提高，但不断增加的债务和不断上涨的能源价格，正在阻碍普遍获得清洁烹饪和电力。“俄乌冲突引发的能源危机继续对全世界产生深远影响，高昂的能源价格对发展中经济体的最脆弱群体造成的打击尤其严重。”国际能源署署长法提赫·比罗尔坦言。

世界银行呼吁全球采取紧急措施，以确保最贫困和最落后的群体不会被落下。法提赫·比罗尔补充称：“尽管向清洁能源转型速度比许多人想象得要快，但为数十亿没有能源人口提供可持续、安全和负担得起的现代能源仍然任重道远。”

电气化进程放缓

值得注意的是，5 大国际机构在《报告》中指出，2010 到 2021 年期间，全球可获得电力供应的人口占比从 84% 增长至 91%，相当于超过 10 亿人在这些年间获得电力，但在 2019 到 2021 年间，这一增长趋势则略微放缓。

对此，联合国统计司司长斯特芬·施万斯特表示，过去 10 年，全球无电人口几乎减少一半，但电气化脚步却走得越来越慢。“这敦促我们必须紧急采取额外措施，进一步扩大清洁能源投资，强化相关政策支持。”

无独有偶，世界能源理事会也做出了类似预测，到 2050 年，全球仍将有约一半能源系统无法实现电气化，这将对多国净零排放目标构成威胁。世界能源理事会首席执行官安吉拉·威尔金森表示：“世界能源体系已不再符合净零目标，绿色能源转型势头放缓。”

绿色资金流向不均

《报告》同时发现，2021 年，用于支持发展清洁能源的国际公共资金当中，108 亿美元流向发展中国家，比 2010 至 2019 年间的平均水平低 35%，仅为 2017 年峰值的 40% 左右。大部分资金掌握在少数发展中国家手中，其中 19 个国家占到 80% 的资金承诺。也就是说，流向发展中国家和落后经济体的绿色资金实际上并不均衡。

对此，国际可再生能源署总干事拉卡梅拉表示：“多边金融机构亟待引导资金在全球范围内更公平地流动，从而支持可再生能源部署和相关基础设施建设。”

国际可再生能源署指出，自 2019 年以来，支持低收入、中等收入经济体清洁能源发展的国际公共资金一直在减少。为实现可持续发展目标 7，有必要对国际公共财政进行结构性改革，并确定释放新的投资机会。

地区之间存在差异

5 大国际机构调查发现，2021 年，撒哈拉以南非洲地区仍有 5.67 亿人没有用上电，占全球无法获取电力人口的 80% 以上。同时，全球还有多达 23 亿人继续使用包括木柴在内的具有污染性的燃料与方法进行烹饪，其中大部分人也生活在撒哈拉以南非洲地区。显然，全球范围内，在电力获取和清洁烹饪方面，地区之间仍然存在巨大差异。5 大国际机构认为，这应当成为行动重点，尤其需要向最不发达国家和撒哈拉以南非洲地区提供投资，以确保为实现可持续发展目标 7 取得更公平进展。

根据世界卫生组织的数据，使用具有污染性燃料和技术引发的疾病每年会夺走 320 万人的生命。

5 大国际机构预计，按照当前速度和规模发展，到 2030 年，仍将有 6.6 亿人用不上电，19 亿人没有日常清洁能源使用。

绿色转型形势严峻

综上所述，《报告》认为，全球绿色能源转型形势十分严峻。根据世界能源理事会最新调查结果，全球 64% 的经济体对世界绿色转型形势感到担忧。

“这可能是由于新冠肺炎疫情、地缘冲突等因素给能源安全带来威胁所致。”安吉拉·威尔金森表示，“面对全球经济衰退加剧，能源和经济正在维持一个微妙平衡。能源安全利益和绿色技术竞赛成为绿色转型最大障碍。”

据了解，59%的受访者认为，能源独立对确保本国气候能源安全至关重要。不过，也有84%的受访者认为，能源相互依赖是新的全球现实。

在安吉拉·威尔金森看来，推进绿色转型，应该多方合作。“有效管理、选择和权衡能源安全、可负担和可持续性之间的关系，是避免无序绿色转型和应对气候适应型能源发展的最佳途径。”

推动能源发展与生态环境保护一体规划

中国电力报 2023.6.21

党的二十大报告提出“统筹产业结构调整、污染治理、生态保护、应对气候变化，协同推进降碳、减污、扩绿、增长”，并对“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”做出重要部署。要实现这一目标，加速推进我国能源高质量发展与生态环境保护相融合是关键。这需要在构建清洁低碳、安全高效的能源体系过程中，统筹谋划能源发展与生态环境保护，协同推动能源高质量发展与生态环境高水平保护，为经济社会发展与美丽中国建设提供坚实保障。

把握好关系 推动能源行业绿色发展

构建清洁低碳安全高效的能源体系是生态环境和谐发展的基础保障。能源行业与生态环境保护密切相关，构建清洁低碳安全高效的能源体系是实现生态环境和谐发展的重要途径和关键所在。在全面构建能源体系的过程中，非化石能源占比将逐步提高，能源结构不断优化，将更加注重不同能源品种之间的协调发展，充分发挥不同种类电源的优势，从而推动各能源品种朝着绿色、清洁、高效的方向发展，在增强能源安全保供能力，实现能源高质量发展的同时，大大降低对环境的压力，促进生态环境和谐发展，为建设美丽中国提供能源保障。

生态环境和谐发展是构建清洁低碳安全高效的能源体系的内在要求。构建清洁低碳安全高效的能源体系，积极推进能源生产和消费革命，是加快生态文明体制改革，实现能源高质量发展的重要途径。只有统筹能源发展和生态环境和谐发展，才能实现美丽中国。因此，构建清洁低碳安全高效的能源体系也必然要统筹考虑生态环境和谐发展的问题，后者是前者应有之义，也是内在要求。只有在构建清洁低碳、安全高效的能源体系的过程中牢固树立新发

展理念，时刻把生态环境保护摆在应有位置，才能切实推动能源行业绿色转型发展。

强化措施 统筹能源发展与生态环境保护

加快推进能源绿色发展，积极出台支持政策。一方面，结合中央关于实现“双碳”目标相关要求，统筹考虑我国各地区能源发展实际情况，系统研究能源消费总量与结构、能源消费碳排放空间等重大问题，合理规划并制定总体行动方案。另一方面，深入研究能源领域发展特点，根据各行业发展实际需求细化落实举措，研究出台并完善能源绿色低碳转型、推动新时代新能源高质量发展、新型储能高质量发展，以及构建新型电力系统等政策措施。

加快推进能源结构优化转型，促进能源清洁高效利用。一方面，积极推动传统能源转型。严格控制钢铁、化工、水泥等主要用煤行业煤炭消费，加快推动煤电“三改联动”，促进化石能源清洁高效利用，深入推进煤炭消费减量替代，持续降低煤炭在能源消费总量中的比重。另一方面，大力发展非化石能源。坚持集中式和分布式发展并重，优化风电、光伏发电开发布局，壮大产业规模。切实推进主要流域水电站规划建设，在确保安全的前提下积极有序推进沿海核电建设，积极推进地热供暖、生物质供热、生物质天然气等可再生能源开发利用。

统筹能源发展和生态环境保护，优化区域能源发展布局。一方面，从各地区自然条件出发，全面统筹能源资源禀赋和生态环境承载能力，因地制宜，优化各区域能源发展布局。在沿海地区积极推进清洁能源基地和海上风电基地建设。在中东部地区大力发展分布式能源，同时加强天然气等清洁能源供应保障，不断提升清洁能源供给保障能力。另一方面，统筹优化电力生产和输送通道布局，着力提升存量输电通道利用效率和清洁电力占比，优先规划建设以清洁电力为主的输电通道。

综合考虑能源与生态环保协调发展，完善法规政策体系。一是加强生态环境保护相关内容的系统设计和整体统筹，注重促进清洁能源发展和系统消纳方面的制度建设。二是研究能源相关法律与生态环境保护的协调与衔接，进一步明确推广绿色开发技术、促进煤炭清洁利用，以及加强高能耗、高污染项目监管等要求。三是推动能源领域相关法律法规修改和完善，在重点突出绿色发展的重要性的同时，有效衔接落实生态环境保护 and 应对气候变化国家自主贡献目标要求。

完善机制 促进清洁能源健康稳定发展

完善传统能源与新能源优化协同运行机制。全面贯彻新发展理念，处理好发展和减排、整体和局部、短期和中长期的关系，推行更严格的能效环保标准，推动现役煤电机组完成“三改联动”，同时加快完善煤电机组最小出力技术标准，科学核定煤电机组深度调峰能力，提高系统可调节能力，拓宽新能源消纳空间。同时，加快研发新能源控制技术，提升新能源

发电基地自主调节能力，积极探索新旧能源协同控制技术，促进新旧能源一体化参与电力系统运行，提高系统电力保障供应能力。完善抽水蓄能、新型储能参与电力市场的机制，更好发挥电力市场的资源配置作用，促进清洁能源健康稳定发展。

完善清洁能源消纳长效机制。科学制定各省消纳目标，以消纳目标引导地方合理确定清洁能源规模、布局和时序，发挥源网荷储协同消纳清洁能源能力。完善有利于清洁能源消纳的市场机制和辅助服务补偿机制，丰富辅助服务参与主体，激励各类灵活性资源主动提供辅助服务。会同地方能源主管部门和相关能源企业，对能源领域问题及整改落实情况加强监管，建立跟踪指导和督促整改机制。

完善能源与生态保护规划体系和工作机制。在能源规划中综合考虑能源结构优化和生态环境保护问题，加大能源结构优化调整力度，科学制定相关的能源发展目标任务。同时，总体谋划部署，完善能源发展政策性文件的编制要求，促进能源绿色低碳转型发展与生态环境保护有机融合、切实推进两者一体规划、一体部署，形成统筹推进能源发展与生态环境保护规划计划体系和工作机制。

英国多举措提速能源转型

中国电力报 2023.6.27

英国如何促进新能源消纳

- ◆加强跨区跨国联网
- ◆引入容量市场
- ◆加强储能配置
- ◆保持大规模燃气发电
- ◆建设多类型调频市场

英国积极应对气候变化、推进能源转型，是世界上最早以法律形式明确中长期减排目标的国家之一。近年来，英国不断提高发展目标、促进能源转型进程提速，并提出加强电网建设、完善市场建设等举措促进新能源消纳。

新能源发展政策不断完善

新能源已逐渐成为英国主力电源。截至 2022 年底，英国风光发电装机容量 4342 万千瓦，约占总装机的 62.8%。2022 年，英国风光发电量 941 亿千瓦时，占比为 28.9%（风电占比 26.8%）；燃气发电量占比约 38.5%，排名第一，核电占比为 15.5%，燃煤发电量占比仅为 1.5%，而 2012 年为 43%。过去 10 年间，随着低碳电力发电量增长及煤电机组不断退役，燃煤发电量占比急剧下降。2017 年 4 月，英国迎来工业革命以来第一个 24 小时无燃煤发电日。2021 年 7 月，英国宣布 2024 年 10 月 1 日起不再使用煤电。

风电弃电率保持较低水平。2012年至2020年间，英国风电装机年均增长率达到14%。虽然随着英国风电装机及发电量的快速增长，风电弃电量持续增长，但弃电率依然维持在较低水平。弃电主要原因是北电南送能力不足。英国风电装机主要分布在苏格兰、北海等北部地区，而负荷中心主要集中在东南部地区。电网建设成本高昂带来输送瓶颈问题。当风力发电超过传输能力时，国家电网会付费用以关闭风力发电场，并付费启动负荷中心附近的替代发电机（通常是燃气发电）。

低碳发展目标不断提高。2020年12月，英国政府发布的《能源白皮书：为我们的净零未来提供动力》提出，到2030年，海上风电并网容量达到4000万千瓦；到2050年，实现100%零碳电力。2021年10月，英国政府承诺将于2035年实现100%零碳电力，比《能源白皮书》中的2050年提前了15年。2022年4月，英国发布《英国能源安全战略》提出，到2030年实现一半以上的可再生能源发电来自风力发电，海上风电并网容量达到5000万千瓦，其中500万千瓦为新漂浮式；改善电网基础设施，支持陆上风电发展，到2035年，实现光伏并网容量增长5倍。

新能源发展政策不断完善。为促进可再生能源发展，英国于2002年开始实施可再生能源义务制度，希望通过市场竞争促使可再生能源技术进步、降低成本，以及不会偏向任何一种技术。可再生能源义务是一种基于市场机制的配额政策，主要针对大型可再生能源项目。随着风光发电成本下降及电力市场的发展成熟，英国于2017年停止了可再生能源义务制度，作为其配套措施的“绿证”制度也相应取消，采取了以招标确定价格、依据市场价格灵活调整电价补贴的差价合约政策。差价合约设计的初衷是为了给低碳电力最有效的长期支持、给予投资者在收益方面更大的确定性，从而降低项目融资成本以及政策成本。

多举措促进新能源消纳

一是加强跨区跨国联网以提升新能源输送能力。英国高度重视与周边邻国电力联网以促进可再生能源消纳与实现2050年净零排放目标。英国第一条跨国联网线路：英国—法国海底电缆联网工程（200万千瓦）于1986年投运。2022年4月，英国国家电网公司发布《一个互联的未来》报告。在过去10年间，英国投资了25亿英镑加强与周边国家联网；到2024年，英国将有6条跨海电缆联网工程，容量780万千瓦，分别与法国、荷兰、比利时、丹麦、挪威等5国联网。以英国—挪威联网为例，当英国风电大发而负荷需求较低时，可通过北海联络线以140万千瓦容量向挪威送电，以水电的形式存储在挪威水库中；当英国风电出力较低而负荷需求较高时，可通过北海联络线，由挪威向英国以140万千瓦容量输送清洁电力。

二是保持大规模燃气发电以确保供电安全。2000年以来，英国传统化石能源发电装机

容量持续下降，从 7040 万千瓦下降到 2021 年的 4400 万千瓦，占比从 75.5% 下降到 42.3%，但其退役的主要是燃煤电站。燃气电站装机在 2017 年达到峰值，2018 年后虽略有下降，但依然保持了较大规模。英国电源结构中的高比例燃气发电装机，在提供电量保障的同时，也为新能源消纳提供了重要的调节支撑。

三是引入容量市场以保障各类电源发展积极性。促进可再生能源发展的同时为保证电源装机充裕和稳定，英国在 2014 年开展的新一轮电力市场改革中引入了容量市场，通过给予可靠容量以经济支付，确保在电力供应紧张的时候市场拥有充足的容量，从而保证电力供应的安全。英国的容量市场对电力供应端和需求端资源开放。具有负荷调节能力的电力用户，可以通过主动调节电力负荷，在需求侧响应电网负荷调节需求，作为容量提供商参与容量市场。英国国家电网公司是容量市场的运营主体，根据电网运行的数据，提前制定备用容量需求，并定期提前在容量市场对备用容量需求进行拍卖。

四是针对新能源建设多类型调频市场。随着新能源发电快速增长，为缓解系统的电压和频率调节压力，英国新出台了多个调频服务。英国国家电网公司于 2020 年 10 月出台快速调频服务。当电网频率出现偏离（ ± 0.5 赫兹）后，电网调度参与该项服务的机组快速响应，从而维持电网频率，响应时间为 1 秒。目前英国电力市场上能够提供快速调频服务的机组均为电池储能项目。2022 年 4 月，英国国家电网公司又推出了两项新的辅助服务：DR 服务（Dynamic Regulation）和 DM 服务（Dynamic Moderation），主要负责 0.2 赫兹以内调频服务。DR 服务响应时间为 10 秒，DM 服务响应时间为 1 秒。

五是加强储能配置增强新能源消纳能力。英国公用事业单位配置储能的大发展起始于 2017 年。2021 年和 2022 年建成投产的储能项目大多数是 5 万千瓦级别的独立项目，且 2022 年投产了首个规模为 10 万千瓦时储能项目。目前，英国在建的储能项目预计在未来 1 年半内投产，申请排队的储能项目数量达到 1319 个，容量达到 6150 万千瓦。英国政府希望通过加快储能发展，解决电网基础设施建设滞后于风电发展的问题，并在需求高峰期为国家电网提供重要支持。

中国积极探索绿色发展新范式

中国能源报 2023.6.26

新征程上，如何统筹协调经济社会转型发展的多项任务，平衡长期目标和短期挑战，成为业内关注焦点。近日，多位专家在 2023 年第二期国是论坛之“能源中国”上表示，统筹

用好技术、政策、市场等多种力量，中国有望实现产业转型，并成为绿色新发展范式的引领者。

“新三样”释放转型重大信号

能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥在论坛上指出，电动汽车、锂电池、太阳能电池在推动我国经济增长方面异军突起，是中国经济转型的重大信号。这个转型是经济新发展方向，也是生态文明新发展天地。

据了解，以电动汽车、太阳能电池和锂电池外贸“新三样”为代表的高技术、高附加值、引领绿色转型的产品，正在成为我国出口的新增长点和新优势产业。

能源转型委员会主席、英国气候变化委员会前主席、英国金融服务监管局（FSA）前主席阿代尔·特纳以线上方式参与论坛时称，中国是电动汽车推广的世界领导者，电池技术处于领先地位，太阳能光伏板生产快速扩张，在可再生能源发展中发挥着极其重要的作用。

阿代尔·特纳强调，能否实现全球温控目标很大程度上取决于每个国家的贡献，如何让各个经济体进行电气化，让电力体系“脱碳”，欧盟、美国、中国都要采取行动。“这三大经济体的行动在接下来的十年会决定我们是否还有机会实现气候领域的目标。”

邹骥进一步指出，当前芯片、大数据、人工智能、互联网、电动汽车、储能、生物技术等蓬勃发展，有望支撑中国进入生态文明的新发展阶段，正在或将形成一系列新产业。

展望发展前景，邹骥认为：“中国已经开始依托各种技术稳步行进在节能减排道路上，但是中远期还有大量的技术需要开发，需要有更高的收入水平或者物质基础去承接技术成本，同时创造新经济发展需求。”

从“资源依赖”走向“技术依赖”

“碳中和行动将会使世界经济从能源资源依赖型逐步走向能源技术依赖型。”中国工程院院士、清华大学碳中和研究院院长贺克斌表示，以资源量来看，以风光为代表的非化石能源足以支撑或远远超过全球实现碳中和所需的量。虽然每个国家都拥有一定程度的风光资源，但谁能更早、更好利用风光，取决于谁能够抢先建成支撑大规模稳定使用这种新能源的技术体系。

兴业研究公司总裁助理、学术评审委员会副主席郑仁福认为，经过长期产业培育和补贴之后，光伏行业进入发展“拐点”，发电侧平价时代来临。

如今，国家正逐步完善政策，推动新型储能快速发展。各地储能支持政策也相继出台，促进储能产业快速落地发展。在郑仁福看来，储能可像光伏一样，凭借政策扶持具有经济性，进而形成一定市场规模，形成规模之后哺育市场，推动技术进步，促进行业降本增效。

电动汽车被视为低碳经济转型的关键产业之一。中国汽车技术研究中心有限公司首席专家、中国汽车战略与政策研究中心副主任刘斌指出，在实现“双碳”目标的过程中，新能源汽车尤其是纯电动汽车将会成为新车市场和保有量的主流。“以特斯拉、比亚迪为代表的电动车已经带来汽车研发、生产制造、营销、服务等全产业以及价值链的变革，也带动产业间的融合。主要体现在纯电动汽车+低碳交通融合发展、纯电动汽车+新能源融合互促、纯电动汽车+绿色材料加速应用。”

“五碳”并举实现“双碳”目标

多位与会专家指出，可再生能源的开发和利用、绿色环保技术升级、数字经济和科技创新均为关键因素。这些将成为推动转型与增长的关键引擎，助力实现可持续发展。

红杉中国投资合伙人、红杉碳中和研究院院长李俊峰表示，能源转型解决资源限制和环境问题，还能推动经济发展、降低成本，为未来创新和发展提供无限想象空间。

针对中国如何实现碳中和目标这一问题，贺克斌提出“五碳”并举的措施：“一是资源增效减碳，即节能与能效提升；二是能源结构降碳，即中国未来的能源结构从以现在的以化石能源为主逐步走向以风、光为代表的新能源为主；三是地质空间存碳，即使到2060年实现碳中和目标、中国以非化石能源为主的时候，仍然会保持一定比例的化石能源，它们产生的碳排放将会通过碳捕集、利用和封存来解决；四是生态系统固碳，这与现在的‘山水林田湖草沙’生态建设任务是一致的；五是市场机制融碳，中国启动全国碳交易市场标志着开启从‘碳有价’走向‘碳涨价’的进程，这将成为各类技术减碳、低碳、负碳、零碳技术进入市场的关键驱动力。”

贺克斌分析称，从政策层面看，全球各类政策的制定都会对未来的投资和技术发展走向产生重要影响；从市场机制看，根据科技部分析，从对减碳减排的贡献看，已经商业化的技术占1/3，中试示范阶段占1/3，还有1/3在概念和研发阶段。“可以说，未来的技术研发和新技术逐渐进入市场，是实现‘双碳’目标最关键的因素。”

“车网一体”微网建设潜力巨大

中国能源报 2023.6.26

“微电网技术现在正逐渐进入产业推广示范阶段，众多企业都希望能够能够在微电网领域有所建树。”中国工程院院士王成山在日前举办的“节能服务企业”暨工业绿色微电网交流研讨会上指出。

王成山表示，分布式电源和电动汽车在我国迅速发展给配电系统带来诸多挑战。“未来电力系统要最大程度追求新能源发电与负荷的平衡，要想做到这一点，微电网至关重要。”

中国电力企业联合会副秘书长刘永东认为，电动汽车和充电设施当下已进入市场爆发期，下一步就是探索如何大规模推广车网互动。行业有必要探索车网互动的实现路径，使其真正推广开来。

那么什么是车网互动呢？刘永东表示：“就是新能源电池通过充放电设施跟电网之间实现能源与信息双向互动。要实现能源互动，必然有信息互动，因此，在新型电力系统建设中，最重要的资源就是灵活性资源。中电联数据显示，今年第一季度，非化石能源装机占比第一次超过化石能源装机。风电光伏装机占比越来越大，电力系统越来越要‘看天吃饭’，负荷端需要承受这种不稳定性。”

而电动汽车电池既是可控负荷，同时又可以作为分布式储能发挥“电力海绵”的作用。“电动汽车能够参与电网互动，核心原因在于车辆大部分时间是停驻。同时，车主购车也涵盖了电池成本。因此，利用经济效益或商业模式将这些闲置资源加以利用成为一个可行方案。”刘永东表示，车网互动形态多样，但首先要将当下的无序充电模式转为有序充电，在这一基础上实现有序充放电，才可能真正实现车网一体化。

特来电新能源股份有限公司董事长于德翔表示，将电动汽车作为储能设备不仅能让电池得到充分利用，还能让车主在电价低谷充电，在用电高峰放电，获得额外收入。

“关键问题是一辆电动汽车容量太小，这样的构想必须建立在规模化发展基础上。”于德翔分析，2030年，电动汽车渗透率会超过80%，如果将电动汽车用作储能设备，总容量可以达到约3亿度电。同时，处于寿命末期的电池也可以用作梯次储能，其容量能达到约1亿度电。

于德翔表示，无论是车网一体化还是充电网，都服务于微电网建设。利用企事业单位或充电站电价峰谷差，将分布式光伏、风电、储能、电动汽车充放电等技术融为一体。在大电网支撑下，形成小型交直流发电用电系统，由此让新能源发电就地消纳、就地存储、就地平衡，让新能源汽车随光而充、随风而充，实现主动式配电。“微电网容量小、数量大，能消纳大量新能源，可以成为新型电力系统的新载体。”

国内首套 220 千伏线路四端光纤电流差动保护装置全接线运行

国家电网报 2023.6.16

日前，在辽宁省朝阳市 220 千伏上台风电场、220 千伏陈杖子风电场送出线路同时 T 接在已运行的 220 千伏晶澳光伏电站的送出线路 220 千伏华八线上，标志着国内首套 220 千伏线路四端光纤电流差动保护装置实现全接线运行。

四端光纤电流差动保护装置由国网辽宁省电力有限公司牵头研制，能够支撑多个新能源场站以四端 T 接线路型式接网，可有效解决专线送出间隔资源紧张、送出工程建设周期长等问题，实现故障场站毫秒级判别隔离，避免共用同一变电间隔的正常运行场站陪停，为多场站共用变电间隔并网提供技术保障。

针对大规模新能源集中接入辽宁电网的实际，国网辽宁电力基于不同 T 接端数的通信架构设计，研制三端、四端等多端 T 接光纤电流差动保护装置，实现线路保护四端及向下兼容运行、各 T 接分支线路故障精准定位、各新能源场站在出现故障时保护有良好选择性。

目前，国网辽宁电力已在 220 千伏多端光纤电流差动保护技术创新应用方面取得成效。其中，三端光纤电流差动保护装置在铁岭、阜新、朝阳地区 12 个新能源接网工程中应用，四端光纤电流差动保护在抚顺、朝阳、葫芦岛地区 12 个新能源接网工程中应用。这些装置的投用使该公司减少建设 14 个 220 千伏变电间隔和 14 个回 220 千伏专线，为 250 万千瓦的风电、光伏电力集中送出提供安全保障。

2023 年十大新兴技术发布

中国电力报 2023.6.29

世界经济论坛 6 月 26 日发布《2023 年十大新兴技术报告》，评选出目前最有潜力、对世界产生积极影响的十大技术。这些新兴技术主要包括：柔性电池、生成式人工智能、可持续航空燃料、可持续计算等

了解技术内容

柔性电池

传统的刚性电池可能很快就会过时，因为由可以弯曲、折叠和拉伸的轻质材料制成的柔性电池即将进入市场。这种新一代电池技术预计到 2027 年将达到 2.4 亿美元的市场价值，在医疗可穿戴设备、生物医学传感器、柔性显示屏和智能手表等领域具有应用前景

生成式人工智能

生成式人工智能，这是一种新型人工智能，通过学习大规模数据集生成新的原创内容，在 2022 年底因 ChatGPT 发布而引起了公众广泛关注。生成式人工智能正在迅速发展，将在

教育和研究等多个行业引发颠覆性变革

可持续航空燃料

航空业每年产生全球 2%至 3%的碳排放。由于长途电动飞行仍无迹象可言，因此可从生物(如生物质)和非生物(如二氧化碳)来源生产的可持续航空燃料可能是短中期内减少航空业碳排放的答案

可持续计算

数据中心消耗全球电量的约 1%。如今，多种技术相互交织，使零能耗数据中心成为可能。“可持续计算”技术包括液体冷却系统、人工智能分析以及能与甲烷燃烧炉等现有能源共存的模块化数据中心

重要作用

专家认为，这些技术除了能对社会和经济带来重大利益外，还具有颠覆性、对投资者和研究人员有吸引力，并且预计能在 5 年内得到大规模应用

世界经济论坛相关负责人表示，这十大新兴技术将颠覆产业促进经济增长、改善生活并保护地球

二、热能、储能、动力工程

硬碳负极材料成就储能“新秀”

科技日报 2023.6.5

硬碳是经高温处理后不会石墨化的碳，其内部晶体排列无序、层间距大，这使得硬碳负极在同等体积下可以储存更多的电荷，提高了钠离子电池的能量密度和续航能力。在放电过程中硬碳负极的膨胀收缩更加均匀，增加了其循环稳定性、充放电性能，并延长了钠离子电池的循环使用寿命。

随着太阳能、风能等可再生能源发电量的迅速扩大，对储能电池新材料的研究也在不断深入。在第十五届深圳中国国际电池技术展览会上，有企业发布了新一代钠离子电池硬碳负极材料，其首次充放电效率可以达到 90%。

我国钠资源丰富，钠离子电池被认为是最适合规模储能的新型电池，并有望缓解因锂资源短缺以及分布不均所引发的储能发展受限等问题。与其他钠离子电池负极材料相比，硬碳材料有何优势？我国硬碳材料产业发展现状如何？距离大规模应用，还有多远的路要走？带着这些问题，科技日报记者采访了相关专家。

硬碳是钠离子电池负极材料的首选

钠离子电池主要由正极、负极、电解液、隔膜等组成，其工作原理与锂离子电池相似。钠离子电池负极材料作为电池储钠的主体，在充放电过程中，实现钠离子的嵌入或脱出，因此电池的容量与负极储存钠离子的能力呈正相关，负极材料的选择对钠离子电池的发展具有决定性作用。

中南大学教授周向阳说，从钠离子电池负极材料分类来看，大致可分为五类。一是碳基负极材料，主要包括石墨类、无定形碳、纳米碳等，其中无定形碳最有可能率先实现产业化；二是合金类负极材料，理论容量高，但电子嵌钠后体积膨胀严重，循环性能差；三是金属氧化物及硫化物基负极材料，理论容量高，但导电性差；四是嵌入型的钛基负极材料，体积变化小但容量低；五是有机类负极材料，成本低，但导电性差且易溶解于电解液。

碳基负极材料具有出色的导电性，同时制备方法灵活、成本低廉、环境友好，成为钠离子电池负极材料的首要选择。其中，无定形碳中的硬碳、软碳材料被认为是具有潜力的钠离子电池负极材料。软碳是指经高温处理后可以石墨化的碳，通常以低成本的无烟煤作为前驱体加工制造获得，但其储钠比容量低、充电速度较慢、低温性能较差。

硬碳是经高温处理后不会石墨化的碳，其内部晶体排列无序、层间距大，这使得硬碳负极在同等体积下可以储存更多的电荷，提高了电池的能量密度和续航能力。由于硬碳的孔隙结构更大，可以容纳更多钠离子，因此在放电过程中电极的膨胀收缩更加均匀，增加了硬碳负极的循环稳定性、充放电性能，并延长了钠离子电池的循环使用寿命。

周向阳说，通过对比不同种类的碳负极材料性能可以发现，硬碳是目前钠离子电池商品化应用时，负极材料的首选解决方案，有望率先实现产业化。

生物质成为制备硬碳材料的主流

“硬碳前驱体原材料来源丰富，前驱体选择和工艺技术积累是硬碳负极材料开发的关键因素。”周向阳说。

制备硬碳材料的前驱体常见的有生物质、合成聚合物和化石燃料等，不同前驱体制备的硬碳材料具有显著的性能差异，由于前驱体原料来源不同，硬碳材料成本构成也有显著差别。其中，生物质的原材料来源广泛，如椰壳、果壳、柚子皮、动植物组织等，成本相对较低，成为当前制备硬碳材料的首选。合成聚合物主要包括酚醛树脂、聚丙烯腈等化学合成材料，其电化学性能好、原料可控、产品一致性好，但成本较高。化石燃料主要包括沥青、煤焦油及相关混合物，原料来源广泛成本低，但产品容量较低，由于沥青等含有的挥发性物质较多，在生产过程中需要进行额外的废气、废水处理，因此增加了生产成本。

目前，硬碳制备工艺多路并行，不断有硬碳负极材料被开发出来。例如中国科学院山西煤炭化学研究所陈成猛研究员领衔的团队，通过化学反应把淀粉制备成硬碳负极材料，其成果发表在学术期刊《能源存储材料》上。

如何把淀粉制备成硬碳？其流程大致可分为三个步骤：首先利用玉米淀粉和马来酸酐制备成富含氧元素的酯化淀粉；然后在反应炉中输入氢气与氩气的混合气体，其与酯化淀粉进行氢气还原反应，反应产物淀粉用作最终产物的前驱体；最后用氩气作为保护气，对淀粉前驱体在 1100℃ 下进行高温碳化反应，完成硬碳材料的制备。

陈成猛团队还通过改变管式炉中的反应温度，调节反应产物前驱体中氧元素含量，实现了对硬碳微观结构的调控，证实了氧元素含量对硬碳负极材料电化学性能的影响等。

陈成猛强调，尽管团队的研究为后续进行高性能硬碳材料的开发奠定了基础，但仍然需要深入探索该材料的微观结构与电化学性质等。

此外，复旦大学夏永姚教授等将果壳类生物质材料依次浸入盐酸醇溶液、硫酸溶液中并搅拌，得到悬浮液；再将悬浮液在水中分散、过滤干燥得到前驱体。他们将前驱体在惰性气体保护下升温进行预碳化处理，冷却后球磨，得到预碳粉；又将预碳粉在惰性气体保护下升温进行高温碳化处理、冷却，得到高效的钠离子电池用生物质硬碳负极材料。

硬碳负极材料行业市场规模将持续增长

钠离子电池已成为当前国内外研究和产业化的热点。国家发改委、国家能源局等九部门印发的《“十四五”可再生能源发展规划》提出，研发储备钠离子电池、液态金属电池、固态锂离子电池、金属空气电池、锂硫电池等高能量密度储能技术。

周向阳说，目前，研究者对硬碳储钠机制提出了多种模型，但对其储钠机制尚未达成统一认识。因此，还需要进一步研究来揭示硬碳材料与电化学反应机制的构效关系，为提升硬碳性能提供理论指导与科学依据。此外，如粒径、振实密度、质量负载等硬碳材料的物理参数，对电化学性能的影响也有待进一步探讨，以协同提升材料应用于钠离子电池体系时的性能。

北京智研科信咨询有限公司发布的《2023—2029 年中国硬碳负极行业市场专项调查及投资前景分析报告》指出，随着国家对发展新能源汽车和储能装备的支持，我国硬碳负极材料行业市场规模将进一步增长。据市场预测，2025 年，我国硬碳负极材料行业市场规模将达到 86.5 亿元，硬碳负极材料行业未来 5 年内年均增速将达到 15.3%。

目前，由于国内硬碳负极材料行业发展时间较短，多数企业及研究机构仍处于技术研发和优化阶段，不过，国内各大厂商都在积极布局硬碳负极材料生产。今年 4 月，广东容钠新

能源科技有限公司宣布,年产 1 万吨硬碳负极材料前驱体生产项目在福建省永安市石墨和石墨烯产业园正式投产,其主要以植物系生物质作为原材料。宁波杉杉股份有限公司则表示,应用于钠离子电池的硬碳负极材料在国内已实现吨级销售,预计今年量产规模将达到千吨级。

中国银行研究院研究员叶银丹认为,钠离子电池在低温、安全、快充等性能指标方面的表现优于锂电子电池,虽然其能量密度、循环寿命等仍有提升空间,但考虑到材料来源丰富,仍具备较大的发展潜力。随着硬碳负极材料等钠离子电池关键技术的突破,储能需求的快速增长,钠离子电池的应用场景和规模也将得到快速发展。

国内首套冷能发电装置并网试验成功

中国电力报 2023.5.31

5月24日,由中国海洋石油集团有限公司中海石油气电集团技术研发中心参与设计建设的我国首个 LNG 冷能发电项目——上海 LNG 冷能发电装置通过性能及可靠性试验,各项指标优秀,实现了国内 LNG 冷能发电应用的重大突破,填补了国内该领域关键技术应用的空白。

据悉,该装置采用低温朗肯循环工艺系统,核心设备主要由透平膨胀发电机组、中间介质气化和丙烷循环泵组成,装机容量 0.5 万千瓦,投产后每小时可气化 205 吨 LNG,每年发出绿电约 2400 万千瓦时,可减少接收站四分之一的用电成本,年实现碳减排约 1 万吨。

利用 LNG 冷能发电是气电集团结合主业,践行低碳发展理念、探索产业多样化应用的一条新路径。此举不仅能促进 LNG 接收站绿色电力就地消纳,更有效推动了冷能发电项目的实施,有助于 LNG 冷能产业链的形成。

未来,气电集团将围绕天然气+冷能利用方向,继续深耕 LNG 冷能发电领域,同时挖掘液态空气储能等新技术,助力实现能源绿色转型,为实现碳达峰碳中和贡献更多海油力量。

2025 年我国分布式存储规模将超 210 亿

中国高新技术产业报 2023.6.5

赛迪顾问近日发布的《中国分布式存储市场研究报告(2023 年)》显示,2022 年我国分布式存储市场规模达到 104.2 亿元,预计到 2025 年有望达到 211.4 亿元。

分布式存储指基于分布式架构,通过软硬件协同,依托高效网华连接多个节点来实现存储功能的 T 产品和服务。根据场景特点和需求,2022 年我国分布式存储产品共有按存储对象、

产品形态存储介质和部署方式 4 种主要分类方式,不同产品均具有高可靠性、高效作业、高可扩展性和高质量的产业生态等优势,同时具有云原生、高性能计算(HPC)、融媒体、智能备份和分布式数据库等典型应用场景。赛迪顾问电子信息产业研究中心分析师袁钰说,从整体市场看,受数据要素价值持续释放、分布式架构场景加快普及、丰富数字治理实践等因素影响,我国分布式存储市场规模快速发展。

与此同时,《报告》显示,在 2022 年我国分布式存储市场中,我国厂商实力不断提升。其中,中科曙光在分布式存储教育科研和气象市场份额居首位 SmartX 在分布式块存储金融市场居首位,融科技的分布式文件存储产品 YRCloudFile 在 AI 智能汽车高性能计算等领域具有较强实力,行业竞争力突出。

“2023-2025 年数字中国建设进入重要时期,分布式存储的高扩展性、高效作业等优势将越发显著,市场规模持续增长。”袁钰说,未来 3 年,我国分布式存储市场呈现六大趋势:一是分布式块、文件和对象存储将在各自适用的业务场景保持快速发展;二是分布式全闪存成本有望进一步下降,其适用范围将大大扩展;三是分布式存储将在云环境下为用户提供高效存储服务;四是分布式存储将成为云原生场景中的主要存储方式;五是分布式存储将助力 AI 大模型加快落地;六是存储安全问题日益凸显,自研路线前景更广。

全球首台 300 兆瓦级压缩空气储能应用人工硐室项目通过评审

中国电力报 2023.6.7

近日,甘肃酒泉 300 兆瓦压缩空气储能电站地下工程可行性研究评审会在玉门市召开。评审组一致认为,该项目可研报告技术资料齐全、内容完整、结论可靠,满足可行性研究阶段深度要求。本次可研评审会的成功召开,标志着该项目前期工作进入实质性阶段,为地下工程建设创造了有利条件、奠定了坚实基础。

酒泉市委常委、副市长庞柒表示,本项目将有力推动酒泉市大容量压缩空气储能电站等关键技术装备研发与示范,有效填补酒泉乃至全国压缩空气储能电站项目应用人工硐室的技术空白,对于完善酒泉市产业链、建设全国新能源产业示范区具有重要引领作用,政府将全力支持、全要素保障,力争将该项目打造成全国新型储能项目标杆和典范。

中国能建数科集团党委副书记、总经理宋玉文表示,甘肃酒泉玉门压缩空气储能项目作为酒泉市系列项目的排头兵,是全世界首台 300 兆瓦级应用人工硐室技术的示范项目。数科集团将秉持“酒泉有需求、能建有优势,双方有共识、合作有共赢”的理念,与酒泉市共同

开发酒泉地区的压缩空气储能，打造酒泉西北绿色能源产业基地，推动我国新型电力系统建设。

液流电池产业化进程大提速：业内预计 2030 年新型储能中的渗透率将超 30%

中国能源报 2023.6.5

随着新型储能赛道的持续火热，液流电池正以“后补”角色入场。

近期，上海电气宣布将在合肥基地新增 1 吉瓦时钒液流电池产能，星辰新能也宣布，全钒液流吉瓦级工厂一期 300 兆瓦产线将于 8 月投产，最终总产能达到 3 吉瓦；纬景储能此前表示，江苏盐城智能制造工厂单条产线产能将提高至 1.2 吉瓦时……

今年以来，电池生产商密集宣布并推进液流电池扩产计划，以求在新型储能赛道铆足后劲，大展身手。

长时储能成刚需

目前，我国电化学储能装机容量 90% 为锂离子电池技术，储能时长通常在 2 小时左右。随着可再生能源占比大幅提高，电网调峰作用将由火电调峰电站移交给储能电站。为保证电力系统安全、稳定供电，大功率、长时储能系统渐成刚需。

“长时储能在新型电力系统中非常重要，是目前我们最大的缺口。”在日前召开的第十三届中国国际储能大会上，中国科学院院士赵天寿指出，构建以新能源为主导的新型电力系统需要不同时长、规模化、高安全的储能技术。在太阳能、风电占比较低的情况下，用火电来应对调配需求，但未来新能源占比达到 70% 以上时，必须通过长时储能来实现。

长时储能，通常是指 4 小时以上的储能技术。从建设“新能源+储能”的实际需要出发，各地储能政策导向已经出现变化。去年 12 月，内蒙古发布《关于加快推动新型储能发展的实施意见》，在全国率先提出“新建市场化并网新能源项目，配建储能规模原则上不低于新能源项目装机容量的 15%，储能时长 4 小时以上”的要求。此外，辽宁、河北、上海、新疆、西藏等省区均将配储比例及小时数进一步上调，要求储能时长达到 4 小时以上。

作为长时储能技术的“后备军”，液流电池一跃成为市场“新贵”。根据正负极、电解质溶液中活性电种类的不同，液流电池可分为锌铁液流电池、锌溴液流电池、全铁液流电池、铁铬液流电池、全钒液流电池等。其中，钒电池伴随上下游产业的发展，已率先进入商业化初期。

星辰新能市场总监周旋向表示，全钒液流电池是综合技术指标最领先、产业化落地最靠前、国家政策最鼓励的新型储能路线之一。预计到 2030 年，全钒液流电池在新型储能中渗透率将超过 30%。

综合优势凸显

天时地利，让液流电池脱颖而出。

液流电池诞生于上世纪 70 年代，2022 年，行业技术取得里程碑式进展，兆瓦级产品量产交付，首个吉瓦时级别项目集采开标，包括全球最大液流电池储能电站大连液流电池储能调峰电站一期 100 兆瓦/400 兆瓦时在内项目的成功并网，使其技术成熟度和规模化得到验证，极大提振了行业信心。

安全是液流电池的最大优势。纬景储能业务发展总监陆双双介绍，液流电池是将能量储存于水性电解液中，且能量转化不依赖于固体电极，没有燃烧、爆炸的风险，满足储能的安全需求；其次，液流电池使用寿命长，其容量和功率可以有效解耦，根据项目需求来灵活配置。相比于抽水蓄能、压缩空气等长时储能技术，液流电池建设周期短、选址灵活。“液流电池在发电侧、电网侧都有很好的表现，从毫秒级、秒级响应，到分钟级以及小时级响应，都有非常突出的表现。”

上海电气储能科技有限公司总经理杨霖霖介绍，一方面，我国钒资源储备量和钒产量均为全球第一；另一方面，我国钒电池技术引领全球，没有卡脖子的技术风险，从核心关键原料到电堆等装备技术，都能实现 100%国产化制造。

不同于锂电池锂原料对外依赖度较高，我国钒资源丰富，锌铁液流电池、锌溴液流电池也不存资源受限问题。陆双双指出，铁铬、锌溴等液流电池技术性能相差不大，主要区别在于制造可行性和商业化成本。锌、铁两种元素在全球储量丰富且价格稳定。而且，锌铁液流电池能在零下 10 摄氏度至 45 摄氏度环境温度下安全稳定运行，不受地理环境限制。

模式创新降低成本

目前，国内从事液流电池的机构主要有中国科学院大连化学物理研究所、大连融科、北京普能、上海电气、清华大学、中科院沈阳金属所、中南大学、星辰新能、纬景储能等科研院所和企业，还吸引了钛白粉龙头中核钛白等公司跨界布局。

在业内看来，从曾经的小众产品到未来的大规模应用，液流电池还需解决初始投资成本较高、商业化运行模式不明确等问题。

国网新疆电力经济技术研究院副总工程师宋新甫坦言，液流电池初始投资每千瓦在 600 0 元左右，是锂电池的 3 倍左右，其中电解液和电堆占据投资的绝大部分。

不过，液流电池电解液可以再循环使用，残值很高。“钒液流电池的电解液不会被消耗，未来可以对电解液进行融资租赁。在初装成本中，将电解液成本剥离出去，建立一种新的商业模式以降低成本。”杨霖霖指出，全钒液流电池循环次数达到2万次以上，能够支撑风光发电项目25年的稳定运行，不需要更换电芯，不需要追加投资成本。同时，钒电池装备在结束生命周期后仍有30%以上的残值。因此从全生命周期来看，全钒液流电池度电成本已低于0.2元。当然，钒电池还处于产业化初期，通过技术不断进步、提升电堆功率密度、提高电解液有效利用率、优化系统端造价以及规模化应用等手段，钒电池仍有降本空间。

低压介质下锂-空气充电电池设计策略

中国科学报 2023.6.8

英国牛津大学 Peter G.Bruce 团队报道了当前低压介质下锂-空气充电电池的缓慢和单线态氧不能解释退化的原因。相关研究成果日前发表在《自然-化学》。

尽管锂-空气可充电电池比锂离子电池提供更高的能量密度，但放电过程中形成的绝缘 Li_2O_2 阻碍了快速、高效的再充电。氧化还原介质用于促进 Li_2O_2 的氧化；然而，在低充电电压下的快速动力学对于实际应用是必要的，但是尚未实现。

研究人员研究了氧化还原介质氧化 Li_2O_2 的机理。 Li_2O_2 的外层单电子氧化为 LiO_2 是速率限制步骤，这遵循 Marcus 理论。第二步以 LiO_2 歧化为主，主要形成三重态 O_2 。与早期观点相反，单线态 O_2 的产率取决于介质的氧化还原电位，而与电解质降解无关。研究人员对机理的研究解释了为什么当前的低电压介质 ($<+3.3\text{V}$) 不能提供高倍率 (最大倍率为 $+3.74\text{V}$)，并提出了重要的介质设计策略，以提供足够高的倍率，在更接近 Li_2O_2 氧化热力学电势 ($+2.96\text{V}$) 的电势下快速充电。

海水可变速抽蓄机组研究成果填补国内技术空白

中国能源报 2023.6.12

近日，由南网储能公司牵头实施的国家重点研发计划“海水抽水蓄能电站前瞻技术研究”项目之“海水可变速抽水蓄能关键技术装备研发”科技成果通过鉴定。经鉴定，项目成果对我国海水可变速抽水蓄能关键技术装备研发提供了基础性支撑，整体技术达到国际先进水平，其中可变速抽蓄机组全景物理模拟技术、新型海水抽蓄机组防污防腐技术达到国际领先水平。这是南网储能公司在新型抽水蓄能技术研发的重大创新，对推动我国可变速抽水蓄能技术发

展具有重要意义。

该项目负责人南网储能公司总经理、党委副书记李定林表示，项目的研究成果推动可变速抽蓄机组国产化进程迈出里程碑的一步，“项目突破了可变速抽水蓄能机组成套装备研发技术瓶颈，研制了国内首套 10MW 可变速机组主机及变流器工程样机，帮助主机与变流器设备制造厂商完成关键技术论证和产品升级，为我国 300MW 级及以上可变速抽水蓄能机组研发提供了基础性支撑，有力推动了行业技术进步，具有显著的经济和社会价值”。另外，项目成果支撑的“300MW 级变速抽水蓄能机组成套设备”入选国家能源局能源领域首台套重大技术装备名单。

“十一五”以来，我国风电、光伏发电快速发展，新能源开发由陆地向海上挺进。作为海洋新兴产业的典型代表之一、全球风电发展的最新前沿，海上风电被认为是“取之不尽、用之不竭”的绿色能源。根据“十四五”规划，期间我国将规划建设山东半岛、长三角、闽南、粤东和北部湾等五大海上风电基地。随着海上新能源的快速发展，其特有的波动性与随机性将使电网的安全稳定运行面临挑战，海上新能源送出和消纳问题日益凸显。抽水蓄能作为目前最经济可靠的大容量储能方式，在海岛或海岸建设一定数量规模的海水抽水蓄能电站，不仅能利用大海这一超大容量下库，减少工程投资，而且可助力海上新能源规模化开发。

自 2017 年起，南网储能公司牵头实施国家重点研发计划“海水抽水蓄能电站前瞻技术研究”项目，对可变速抽蓄能机组设计制造及验证、海水抽水蓄能机组腐蚀污损防护、可变速机组与海上可再生能源联合运行控制等关键技术进行了深入研究，并取得一系列创新成果。

“在研究过程中，我们以珠海大万山岛为原型进行动态模拟试验，建立国际首创的波浪扰动环境下的机组性能实证平台，助力国内设备制造厂商深入研究掌握可变速机组相关设备设计、制造与试验测试全过程的核心技术并实现自主可控，带动了水泵水轮机、发电电动机、变流器等重要能源装备的产业升级。”南网储能公司储能科研院院长陈满说。

“海水可变速抽水蓄能关键技术装备研发”项目成果在促进我国海洋强国战略实施，推动行业技术进步和新型电力系统构建等方面发挥了积极作用，并具有广阔的应用前景。其中，可变速机组设计制造验证技术已应用于国内首台套国产化 300MW 级及以上大型可变速抽水蓄能机组的研发，为我国大型可变速抽水蓄能机组示范工程的建设提供强大技术支撑。项目研发的新型防污材料已应用于中科院广州能源研究所研制的“先导一号”“舟山号”波浪发电平台，涂装面积约 8000 平方米，材料施工性能优异，静态防污性能突出，为波浪能发电平台在南海发电试验提供长效防护。

创新设计使轻型太空电池效率翻番

科技日报 2023.6.13

美国宾夕法尼亚大学研究人员在最新出版的第一期《设备》杂志上提出了一种轻量级二维过渡金属二卤化物（2D TMDC）太阳能电池的新设计，这种电池通过超晶格结构得到增强，增加了对太阳能的吸收，效率从 5% 提高到 12%，非常适合于太空应用。

宾夕法尼亚大学首席作者兼《设备》杂志顾问委员会成员迪普·贾里瓦拉表示，人们正在慢慢认识到，2D TMDC 是极好的光伏材料。2D TMDC 太阳能电池的重量仅为硅或砷化镓太阳能电池的 1/100。虽然该电池效率不如硅太阳能电池，但它们的单位重量产生的电力更多，这一特性被称为“比功率”。由于其厚度只有 3—5 纳米，但吸收的太阳光却与商业太阳能电池相当。它们只有几个原子厚，这种超薄特征使其获得了“2D”的标签。

该团队认为，要想进一步提高这种电池的效率，必须正确考虑设备的激子。激子是太阳能电池吸收阳光时产生的，它们是 2D TMDC 太阳能电池高效吸收光能的关键。当激子的正负电荷分量被输送到不同的电极时，太阳能电池就会产生电能。

通过对太阳能电池建模，研究团队的新设计在实验中演示的效率相较之前翻了一番，达到 12%。

研究人员称，这种器件的独特之处在于它的超晶格结构，这意味着存在由间隔层或非半导体层隔开的交替的 2D TMDC 层，层之间的间隔允许多次反射光线。

下一步，研究人员希望在未来 4—5 年内设计出实际效率超 10% 的电池。

我国 110 兆瓦级重型燃气轮机打破国外垄断

中国能源报 2023.6.12

6 月 4 日，中国航发研制的“太行 110”重型燃气轮机在深圳通过产品验证鉴定，标志着我国拥有自主知识产权的 110 兆瓦级重型燃气轮机通过整机验证，填补国内该功率等级产品空白。

中国航发“太行 110”重型燃气轮机设计功率 110 兆瓦，具有启动迅速、综合热效率高、维护简便等优点，可使用燃油、天然气及中低热值气等多种燃料发电。据了解，与同功率火力发电机组相比，110 兆瓦级重型燃气轮机一年可减少碳排放超过 100 万吨，联合循环一小时发电量超过 15 万千瓦时，可以满足 15000 个家庭一天的用电需求。

重型燃气轮机被誉为装备制造业“皇冠上的明珠”，是能源高效转换、洁净利用、多领

域应用的核心装备，是工业强国的一个重要标志。因其极高的设计、制造、试验难度，世界上仅有少数国家具备独立自主研制能力；因其极大的经济和科技价值，也成为世界强国竞相发展的重大装备。

2019年，“太行110”重型燃气轮机被列为国家能源局首批燃气轮机创新发展示范项目，2020年改进型重型燃气轮机总装下线，2022年在中海油深圳电厂启动示范运行。目前，“太行110”重型燃气轮机已累计运行突破14000当量小时，其中单台运行时数超过7000当量小时。

按照中国航发“小核心、大协作、专业化、开放型”研制理念，“太行110”重型燃气轮机改进改型研制中，集合了国内航空、机械、石油、电力等多行业力量，取得102项国家专利，突破了重型燃气轮机设计、先进材料制备、整机制造、试验及调试等一系列关键核心技术，建立了具有自主知识产权的重型燃气轮机设计、研制、试验、调试等一批先进研究平台，培养出一支高度专业化的重型燃气轮机设计研发和制造生产人才队伍。

业内专家表示，随着我国燃气发电装机容量迅猛发展，自主研制重型燃气轮机，打破国外技术和市场垄断，对于实现“双碳”目标、保障国家能源安全、助力高质量发展具有重要战略意义。

跨越石墨烯材料理想与现实的鸿沟

中国科学报 2023.6.12

A3尺寸石墨烯薄膜、4/6英寸石墨烯单晶晶圆、蒙烯玻璃纤维布、石墨烯电暖画、石墨烯轮胎……在北京石墨烯研究院的展厅里，陈列着很多“宝贝”。

当记者准备上前触摸一块类似黑色幕布的材料时，北京石墨烯研究院有限公司（以下简称BGI）副总裁孟艳芳提醒道：“小心扎手！”

孟艳芳介绍，这是蒙烯玻璃纤维布，结合了石墨烯和玻纤材料的性能优势，升温速度极快，10秒钟可以达到数百摄氏度，具有极高的电热转换效率，已经成功应用到我国某尖端装备上。

中国科学院院士、北京石墨烯研究院院长刘忠范曾说过：“石墨烯材料理想与现实之间有一道鸿沟，需要花大气力去弥补、去跨越。”而他带领的团队是如何弥补和跨越这道鸿沟的呢？

解决风电叶片结冰难题

引起兴趣的那块“黑色幕布”，其主要成分是石墨烯玻璃纤维，又称蒙烯玻纤。今年3月14日，使用了该材料的除冰叶片样机吊装成功。

小身材、多用途。蒙烯玻纤是北京石墨烯研究院及BGI研发生产的一款长效、轻质、柔性的新型功能材料。该材料的研究始于2017年，2021年在特种领域成功获得应用，如今又在新能源领域首次落地试验。

近年来，我国陆续出台了多项政策，鼓励风力发电行业发展与技术创新。然而，如何有效解决风电叶片结冰问题，是困扰业界多年的一个难题。行业既有的解决方案存在有效期短、除冰效果不佳、能耗过大、容易招雷击等问题。

2022年6月，BGI成立蒙烯玻碳事业部，着力推进蒙烯玻纤材料的市场化，探索新的应用场景，解决行业痛点。

“我们的蒙烯玻纤材料可以解决这一难题，但说服客户使用材料很关键。”BGI总裁许莉告诉《中国科学报》，在半年多的时间里，BGI团队对材料进行了全面的性能测试和试验。

BGI团队在常州完成材料的力学性能测试，在湖南进行横向对比测试和低温环境测试，在北京完成了叶片仿真计算，在西安制作全尺寸叶片12米叶尖段并进行雷击测试，在济南进行电极加工，在河南考察电极加工设备，在河北进行复材板件制作并探索叶片铺覆工艺等。

“让客户接受新材料太不容易了！”亲身参与其中的许莉感叹道，“我们的团队针对风电客户对材料的需求不断优化，一次一次尝试、一点一点改进后，终于开发出可以交付的、让客户满意的产品。”

刘忠范告诉《中国科学报》：“蒙烯玻纤在特种领域的应用帮助我们团队在市场上树立了良好的口碑，也促成了很多新的合作。”

摸清石墨烯成果转化“堵点”

刘忠范和石墨烯最早打交道可以追溯到2008年，他带领团队踏入石墨烯领域开展基础研究工作。

在研究中，刘忠范意识到，前沿新材料研发投入大、周期长、落地难，是科技成果转化的重点难点。“成果转化不是一名教授凭一己之力就可以完成的。”

与此同时，北京市开始布局石墨烯产业，北京市科委组织石墨烯领域专家编制了《北京市石墨烯科技创新专项（2016年—2025年）》。2016年，北京市科委组建石墨烯科技创新专家委员会，聘请刘忠范为组长，成立北京石墨烯研究院被提上议事日程。2018年10月，北京石墨烯研究院正式挂牌运行，刘忠范亲任院长。

为了解国内石墨烯产业现状，刘忠范于2019年牵头启动“石墨烯产业发展战略研究调

研”，历时 5 个月，走过 14 个省份的 28 座城市，实地走访了上百家单位，行程 1.2 万多公里。“此次调研，我们基本摸清了石墨烯产业发展需求及成果转化的‘堵点’。”刘忠范说。

北京石墨烯研究院在发展过程中得到了北京市独立科技专项的支持。《中国科学报》从北京市科委、中关村管委会获悉，该专项成立于 2018 年，并在 2021 年按照“包干制”的方式进行试点，让科研人员得以持续、稳定地开展研究工作，是保障北京石墨烯研究院发展的“生命线”。

北京新材料和新能源科技发展中心副主任周航见证了北京石墨烯研究院的筹建和发展过程。他告诉《中国科学报》，北京石墨烯研究院是北京市唯一一家专项“包干制”试点单位。今年 3 月，研究院首轮“包干制”项目通过专家验收，综合绩效评价优秀。

周航介绍，“包干制”专项以成果为导向，赋予研究院更高的研究自主权、经费使用权，让研究院可自行制定优势方向，持续深耕，也让科研人员摆脱“写本子、做预算”的枷锁，专注于科技攻关，加速技术成果产出与工程化进程。

北京石墨烯研究院成立之初还同步成立了 BGI。“公司的成立将推进研究院的技术对接市场，引导技术攻关‘有的放矢’，加速成果转化与产业化。”刘忠范说。

如今，北京石墨烯研究院研发的 A3 尺寸通用石墨烯薄膜、A3 尺寸超洁净石墨烯薄膜、4 英寸石墨烯单晶晶圆、6 英寸石墨烯单晶晶圆、蒙烯玻纤等一批产品正在陆续进入市场。

许莉介绍，依托强大的技术研发能力与成果积累，公司 2022 年实现全年营收 6000 余万元，较 2021 年提升 5 倍多。

让科学家与企业家共乘一条船

在北京石墨烯研究院办公区的醒目位置，有一块展板上写着“研发代工”。这是刘忠范带领北京石墨烯研究院围绕体制机制开展的一项重要尝试。

刘忠范告诉《中国科学报》：“我们希望用‘研发代工’解决企业研究能力不足、科研机构成果转化效率低以及科技与经济‘两张皮’的难题。”

他解释说，与传统加工制造领域的代工生产不同，“研发代工”是专业研究机构给企业“打工”做研发，针对企业的需求，组建专门的研究团队，开展“定制化”的研发工作。

按照刘忠范提出的“研发代工”理念，企业把研发工作建在专业研究机构里，由专业人员负责研发中心的运行。企业负责提供稳定的研发经费支持，研发成果由双方共同持有，并优先落地到代工企业，合作双方按约定比例分享成果转化带来的收益。

如今，北京石墨烯研究院已陆续成立“神州轮胎研发代工中心”“利特纳米研发代工中心”等多个企业研发代工中心，正在加速推进石墨烯新材料与传统产业的融合。

刘忠范认为，“研发代工”模式让科学家与企业家共乘一条船，将科研人员的研究工作与企业需求紧密结合，实现利益共享，既避免了科研人员“闭门造车”、研究成果不接地气的问題，也规避了“教授办企业”存在的高风险性。

新型催化剂实现甲烷高效转化

中国科学报 2023.6.13

随着页岩气的大量开采，如何将其主要产物甲烷在温和条件下直接选择性转化为高附加值的含氧化合物引起业界广泛关注。近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员王晓东、林坚等与福州大学教授林森等合作，在单原子催化增强甲烷直接氧化研究中取得新进展。合作团队研制出一种 MOFs（金属有机骨架化合物）钌氧簇节点装配的单原子 Ru 催化剂，实现了甲烷的高效转化，可以将甲烷近 100%选择性羟基化为含氧化合物。相关成果发表于《美国化学会志》。

甲烷分子具有高度对称的正四面体结构，所含的 C-H 键难以极化，通过调变催化剂活性中心结构以实现甲烷的高效活化和定向转化被誉为催化领域的“圣杯式”课题。迄今为止，研究主要采用的金属单/双原子催化剂结合添加或合成过氧化氢氧化剂的策略，虽然能在一定程度上促进甲烷活化，但仍存在目标产物过度氧化的问題。

该工作中，研究人员基于前期发现的 UiO-66 基 MOFs 独特的几何和电子性质，开发出高性能 Ru1/UiO-66 单原子催化剂，可实现温和条件下以近 100%的选择性和 185.4h⁻¹ 的转化频率，将甲烷羟基化为含氧化合物。与纳米 Ru 催化剂及传统载体负载的 Ru 单原子相比，Ru1/UiO-66 具有更高的含氧化合物产率且无过度氧化产物二氧化碳。研究证明，单原子 Ru 与 UiO-66 的双位协同是提高甲烷羟基化活性和含氧化合物选择性的内在因素。

据介绍，该团队近年来一直致力于高效低碳烷烃选择性氧化催化剂的开发，为构筑低碳烷烃制高附加值产物的单原子催化剂提供借鉴。

我国首座电网侧独立飞轮储能调频电站开建

中国电力报 2023.6.16

近日，位于山西省长治市屯留区的鼎轮能源科技（山西）有限公司 30 兆瓦飞轮储能项目正式开工。该项目是我国首座电网侧独立飞轮储能调频电站，入选山西省政府办公厅发布的《2022 年省级重点工程项目名单》，也是山西省首批“新能源 + 储能”试点示范项目。

作为国内首个开工建设的电网侧独立调频飞轮储能电站，该站由 120 个飞轮储能单元组成 12 个飞轮储能阵列，接入山西电网。项目接受电网调度指令，进行高频次充放电，为电网提供辅助调频服务，年调频里程 300 万兆瓦。

该项目总投资 3.4 亿元，建设周期 6 个月，预计今年 12 月并网投产。项目建成后，将成为目前我国最大的独立飞轮储能电站，世界上首个单体规模最大的飞轮储能电站，能大大提升山西乃至华北电网的供电质量及供电可靠性，对新能源并网及促进华北电网的能源结构转型有重要的支撑作用，对储能参与电力辅助服务市场具有巨大的示范作用。同时，也将推动国内飞轮储能技术迈入规模化商业示范应用的新发展阶段，进一步拓展飞轮储能形式的技术与商业价值。

科学家创制高效丙烷脱氢催化新材料

中国科学报 2023.6.16

近日，华东师范大学化学与分子工程学院教授吴鹏团队在分子筛孔道限域金属催化剂高效催化丙烷脱氢领域取得重要进展。面向丙烷脱氢制丙烯这一重要工业反应对高活性、高选择性和高稳定性贵金属催化剂的实际需求，课题组创制了超大微孔硅锆沸石孔道内限域锚定铂 (Pt) 团簇催化剂，利用沸石骨架金属与 Pt 的强相互作用，实现了丙烷脱氢高选择性制丙烯反应的长周期运行。6 月 12 日，相关研究在线发表于《自然-催化》。

丙烯是化学工业中最重要的烯烃之一，用于生产多种大宗化学品。广泛用于丙烷脱氢制丙烯的 Pt 基催化剂面临着制造成本高、容易团聚烧结和高温下催化性能快速失活等问题。开发兼具理想催化活性、高选择性及耐久性的新型催化剂具有重要的学术和应用价值。

吴鹏团队开发了一种硅锆分子筛 (UTL) 型硅锆沸石孔道限域的 Pt 亚纳米团簇型金属催化剂，巧妙利用 UTL 中特殊的富锆双四元环结构诱导锚定客体 Pt，用亚纳米 Pt 团簇构建一种主客体双金属结构催化剂，极大提升了丙烷脱氢的催化性能，并具有高活性、高丙烯选择性和高耐久性。

该催化剂在 500°C 的反应温度下获得了超过 54% 的丙烷稳定转化率、99% 以上的丙烯选择性。实验中，催化剂在不同的丙烷分压、空速以及反应温度下持续稳定催化 4200 小时。为满足工业应用需要，课题组还评价了纯丙烷进料、580°C/600°C 高温条件下长时间的丙烷脱氢性能，结果表明该催化剂具有工业应用前景。

2022 年度全国矿产资源储量统计数据发布：我国锂矿储量大幅增加

中国自然资源报 2023.6.15

6月14日，自然资源部发布了2022年度全国矿产资源储量统计数据。数据显示，我国已有查明矿产资源储量的163个矿种中，近四成储量均有上升，其中锂矿储量（折氧化锂）同比增加57%。

自然资源部矿产资源保护监督司负责人介绍，油气矿产方面，2022年全国石油、天然气、页岩气剩余技术可采储量均有不同幅度增长。2022年度有3个油气田新增石油储量规模达到大型，分别为塔里木盆地的富满油田、河套盆地的巴彦油田和渤海湾海域的渤中26-6油田；有6个油气田新增天然气储量规模达到大型，分别为四川盆地的天府气田、蓬莱气田，鄂尔多斯盆地的苏里格气田、青石岭气田，塔里木盆地的顺北油田和琼东南盆地的宝岛21-1气田。

非油气矿产方面，锂、钴、镍等战略性新兴矿产储量分别同比增加57%、14.5%和3%；铜、铅、锌等大宗矿产储量分别同比增加16.7%、7.1%和4.2%；铍、锆、镓等稀有金属储量分别同比增加11.7%、7.9%和16.5%；金矿储量同比增加5.5%。非金属中，普通萤石、晶质石墨储量分别同比增加27.8%和3.5%。

锂被誉为“绿色能源金属”“白色石油”，广泛应用于储能、化工、医药、冶金、电子工业等领域。我国锂矿种类丰富，主要分布在江西、青海、四川和西藏等4省（区）。根据2022年度统计数据，我国锂矿储量大幅增加，储量增量的94.5%来自江西。江西储量超过青海和四川，跃居全国第一。

据悉，2020年5月1日，我国实施了新的矿产资源储量分类国家标准。3年来，自然资源部作出了一系列工作部署，构建了新分类标准下的统计制度，完成了矿产资源储量库新老分类数据转换，对储量库进行了全面清理，实现了“两个全覆盖”（矿种全覆盖，生产矿山、在建矿山和停产矿山的储量填报全覆盖）。同时，自然资源部通过建立常态化的统计质量监控机制，按年度对统计数据开展全面核查、重点检查和综合评估，建立问题台账，“抓源头、补缺项、遏增项”，数据及时性、全面性和准确性得到了显著提升，新分类标准下的资源储量数据框架和体系已全面形成。

全球绿色甲醇产业发展提速

中国能源报 2023.6.12

近日，埃及石油与矿业资源部宣布，与挪威达成绿色甲烷生产项目合作。为达成这一生产项目合作，双方将投入约 4.5 亿美元。该项目一旦建成，有望成为埃及、乃至整个中东地区首个绿色甲醇生产项目。

事实上，除中东地区外，欧洲、北美等地区也纷纷开启绿色甲醇生产计划，不仅针对绿色甲醇生产技术进行研发投资，而且积极探索绿色甲醇应用场景。

据了解，绿色甲醇相关项目在全球多地陆续落地。去年下半年，全球航运巨头马士基与埃及政府达成合作协议，埃及政府表示将投资 150 亿美元用于生产船用绿色清洁燃料。同年，马士基还与约旦政府签署绿色船用燃料谅解备忘录，马士基表示将推动海事领域降碳，对绿色甲醇生产进行初步技术和经济可行性研究，一旦双方完成项目建设，每年有望向市场投入 200 万吨绿色燃料。西班牙、新加坡、美国等国能源公司也都在积极筹划绿色甲醇相关项目。

种种迹象表明，全球绿色甲醇市场有望迎来快速扩张。

中东有望建成首个项目

据埃及《金字塔报》报道，埃及国有石油公司埃及亚历山大国家炼油石化公司已经与挪威可再生能源开发商斯卡泰克公司达成合作协议，计划在埃及达米埃塔港口建立一座绿色甲醇生产工厂，预计每年能够生产 4 万吨绿色甲醇。下一步，年产能可提高至 20 万吨。

根据埃及石油与矿业资源部公开发布的声明，该绿色甲醇生产项目将配套建设发电容量为 4 万千瓦的光伏电站和 12 万千瓦的风电场，再配套建设一座海水淡化厂和甲醇燃料储存站，并将配备装机容量为 60 兆瓦的绿氢产能。

埃及政府强调，该绿色甲醇生产项目将是埃及乃至中东地区“首个该类型项目”，建成后将为埃及化工行业带来新的出口机遇，助力埃及成为全球船舶绿色燃料供应方。

埃及石油与矿业资源部长塔里克·毛拉表示：“该协议是埃及石油行业与国际领先公司达成的重要合作，也是埃及在建设绿色能源项目 and 生产低排放燃料道路上取得的新进展。”

或成脱碳利器

据了解，不同于传统利用天然气生产甲醇的方式，绿色甲醇生产往往使用风光等可再生能源电力，与使用传统化石燃料制取甲醇的方式相比，全过程产生的碳排放量微乎其微。

对于埃及来说，绿色甲醇是实现绿色低碳发展中的一大措施。2022 年以来，埃及政府陆续公布了一系列能源和气候政策，大力推动能源产业绿色低碳转型。埃及政府制定的《2035

年综合可持续能源战略》显示，到 2035 年，埃及可再生能源发电量将提高到 42%。去年 5 月，埃及政府还发布了《国家气候战略 2050》，提出将降低全国碳排放量、提高可再生能源使用水平，绿氢和绿色甲醇便是受到青睐的低碳能源。

在斯卡泰克公司董事长泰拉·皮尔斯克格看来，绿色甲醇产业发展还将为埃及经济增长提供助力。“以具有竞争力的价格持续提供高质量的绿色燃料，将帮助埃及成为绿色化工产品生产和出口国，让埃及成为全球航运业绿色燃料的生产集散地。”

实际上，不仅埃及，受气候目标推动，全球范围内，绿色甲醇市场已明显升温。根据欧盟委员会发布的数据，2021 年，欧盟二氧化碳排放量中约有 3%来自于海运交通；为达成欧盟既定的气候目标，欧盟需要“加强海运交通领域对气候目标的贡献”，大力推动海运交通领域降碳，而绿色甲醇正是欧盟选中的脱碳利器。

市场潜力有待挖掘

在业界看来，虽然当前绿色甲醇生产成本仍高于传统甲醇，但在政策刺激、资金投入的推动下，绿色甲醇产量有望大幅增长。

国际可再生能源署曾预测，未来甲醇市场中可再生甲醇的供应占比将逐步提高，到 2050 年，有望达到 3.85 亿吨。

与此同时，值得注意的是，绿色甲醇下游应用场景也在不断拓展。全球绿色甲醇需求已出现增长态势，尤其对于航运业来说，绿色甲醇已成为替代化石燃料的首选。

据全球最大甲醇生产商梅塞尼斯公司预测，未来 5 年内，全球甲醇需求量将以 3%的复合增长率逐年上涨，每年将增加 1400 万吨，增量主要是可再生资源生产的绿色甲醇。另据行业研究机构 DNV 最新发布的数据，截至今年 3 月底，全球范围内已有 25 艘甲醇燃料船投入运营，81 艘新建甲醇燃料船下了订单。

粤发布新型储能技术创新路线图：明确氢能储能等 8 个领域 39 个技术方向

南方日报 2023.6.22

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。

新型储能产业市场广阔、发展潜力巨大，对促进经济社会发展全面绿色转型具有重要意义。今年3月，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。

为扎实推进新型储能技术和装备研发工作，科学谋划广东省新型储能产业技术创新发展战略，省科技厅组织相关单位深入开展新型储能技术创新路线图编制。

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。“路线图技术方向分析透彻，详细对比了产品技术现状及核心参数，逐个研判不同技术路线的产业化进程和发展优先级。”专家表示，该路线图的发布有助于支撑广东省抢占新型储能产业制高点和技术发展前沿，为制定政策法规提供科学依据，为组织技术攻关提供明确指引。

当日正式成立的广东省新型储能产业技术创新联盟，成员单位来自高等院校、科研机构、头部企业等。联盟理事长单位、广东电网公司副总经理李铭钧介绍，联盟旨在促进新型储能与能源、电力、电子、信息通信等深度融合，努力解决基础研究“最先一公里”和成果转化“最后一公里”有机衔接问题，促进创新链和产业链精准对接，加速建立系统、完备、高效的新型储能技术创新体系，推动产业迈向全球价值链高端。“联盟将重点在挖掘产业需求、开展科技服务、支撑政府工作和开展国际合作四大方面开展工作。”他说。

省科技厅负责人表示，下一步广东将继续强化新型储能核心技术攻关，加大研发投入，积极推进新型储能关键核心技术和重大装备自主可控，服务大湾区新型能源体系建设，坚定不移助力广东新型储能产业高质量发展。

广州开发区构建“1+1+4+N”新型储能产业体系，最高扶持1亿元

南方日报 2023.6.22

“双碳”背景下，新型储能产业迎来“风口”。

广州开发区二季度重大项目集中动工签约仪式上，曾经的“彩电三剑客”中，两位亲临现场，共同瞄准一个新的产业链：新型储能。

TCL创始人李东生、创维集团创始人黄宏生这对老同学同台演讲，对黄埔区、广州开发

区产业布局的战略判断，不谋而合。

当天现场，集中动工签约 166 个项目中，28 个是新型储能项目，计划总投资约 355 亿元，预计达产产值约 812 亿元；发布全国经开区首个、粤港澳大湾区首个区县级“新型储能”专项政策，拿出最高 1 亿元的真金白银扶持新型储能产业……

黄埔区、广州开发区为何以如此强的决心和力度抢滩万亿级储能蓝海？

首先来看何为新型储能，即指除抽水蓄能以外的新型储能技术，包括新型锂离子电池、液流电池、飞轮、压缩空气、氢（氨）储能、热（冷）储能等。

今年初，广东明确提出将新型储能产业打造成为“制造业当家”的战略性支柱产业，并在广州建设储能电池产业集聚区和储能控制产品及系统集成、先进装备制造集聚区。广东提出，要始终坚持实体经济为本、制造业当家，在建设更具国际竞争力的现代化产业体系上取得新突破；坚持传统产业、新兴产业、未来产业并举。

黄埔区、广州开发区乘势而上，加快布局战略性新兴产业，培育工业经济新的增长点，构建“1+1+4+N”新型储能产业体系，其背后昭示了以“制造业当家”布局储能的雄心壮志。

引进新支点：广州首个大型光伏制造业项目开工

黄埔区、广州开发区布局新型储能产业链的故事，要从引进一家具备核心竞争力的新能源龙头企业说起。

“广州开发区是广州实体经济主战场，我本人及团队十分乐见 TCL 中环广州电池项目落户广州，落户开发区。”李东生更是用行动证明了他的信心。

此次，李东生带来了 TCL 中环广州电池项目，该项目是广州首个大型光伏制造业项目，总投资约 106 亿元，计划 2024 年建成投产，预计达产产值 160 亿元，是黄埔区、广州开发区今年引进的又一个投资百亿、产值百亿“双百”重点项目。

体量大，科技含量也高。

TCL 中环广州电池项目将导入该公司研发的具有差异化技术路径的 N 型 G12 TOPCon（隧穿氧化层钝化接触电池）电池技术。N 型 TOPCon 电池是国内目前领先的光伏电池产品，具有转换效率高、弱光效应好、载流子寿命长等特点。

“新的技术使电池的转换效率能够做到行业最高标准。”李东生说。

技术的自信，源于在行业的多年摸索。TCL 中环是国内最早从事光伏产业的企业之一，也是全球最大的光伏单晶硅片出货商。2022 年，TCL 中环光伏单晶和晶片年产能超 140GW，全球综合排名第一，其 210 大尺寸硅片总体市占率已超过 80%。

TCL 中环广州电池项目在制造生产上也以智慧工厂为亮点。该项目将通过设备自动化

的深度开发与数字化技术应用，推动工业 4.0 在全生产流程的应用，实现精益化、自动化、智能化生产，打造智慧工厂、绿色工厂标杆，降低生产成本、提高生产效率与良率。

“我们希望能够充分发挥在光伏产业链‘链主’的带动作用，强链延链补链，形成绿色能源发展集聚效应，为推动全球清洁能源转型贡献光伏力量。”李东生表示，广东省、广州市发展光伏产业近期力度非常大，此次便集中落地了多个项目。

除了 TCL 中环广州电池项目，活动当天，来自储能系统、锂电池 PACK、光伏发电等领域的一系列优质项目也“组团”而来。

智光新能源与高效变流技术产业化项目二期计划总投资 20 亿元，围绕绿色能源、综合能源等领域开展高效变流技术、数字化技术、微电网关键技术研究与应用。

广晟氢能项目将打造以分布式电站、稀土固态储氢、氢能搬运服务体系为主的氢能产业基地。

每一个项目都是一个关键支点，通过补链、延链、强链，共同串联起新型储能上中下游产业链，正加快推动黄埔区、广州开发区新型储能产业链迈向中高端。

布局新热土：新型储能产业生态串珠成链

李东生和黄宏生是老同学，TCL 和创维也英雄所见略同。两家企业不约而同“下注”广州开发区，是源于对产业“朋友圈”的青睐。

“创维一直以来都非常看好黄埔区、广州开发区的发展。”黄宏生表示，早在 2007 年，创维就已落户该区，先后在科学城投资建了彩电工厂和华南总部大楼，2018 年开始又在中新广州知识城投资 40 多亿元建设创维智能产业创新基地，年产能达到 1000 万台。

黄宏生透露，创维计划加大在黄埔区、广州开发区投资力度。同时，他也表示新型储能产业将迎来非常巨大的商机和广阔的发展前景。

放眼全省，新型储能风口正热。《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。对此，黄埔区、广州开发区已经筹谋已久。

先看发展空间，如今该区已经划定 4 个新型储能专业园区。从北到南，中新广州知识城新型储能综合产业园、广州福山新型储能材料产业园、广州满山新型储能产业园、广州国际氢能产业园有序排布。这四个新型储能产业园区总占地面积超 8000 亩，为支撑性强、补链延链强链的储能项目提供土地要素保障。

各产业园区也各有侧重，比如广州福山新型储能材料产业园是围绕高端电子化学品等储能材料开展研发、中试和产业化的专业产业园，而广州满山新型储能产业园则面向中小储能

企业，为不同发展阶段的企业提供了多元选择。

再看产业环境，黄埔区、广州开发区也引进一系列新型储能产业链上中下游重点企业项目。在制造端，该区目前在建、拟建相关重点产业项目 27 个，总投资超 512 亿元，达产年产值超 700 亿元。在应用端，该区已落地 24 个新型储能电站项目，装机容量超 210 兆瓦。

就在今年 1 月，该区另一新型储能百亿级项目——孚能科技年产 30GWh 动力电池生产基地已启动。TCL 中环广州电池、孚能科技等重点项目加速落地，新型储能产业生态愈发枝繁叶茂。

“在龙头项目的带动效应下，越来越多的企业愿意到黄埔区、广州开发区发展，这里已经形成一个产业集群。”淘石金投合伙人关恒锋表示，来到这里他真正感受到什么是一站式服务，优质的营商环境让更多企业选择这里、留在这里。

在龙头企业的引领和带动下，黄埔区、广州开发区的新型储能产业集群正加速聚集，正在成为区域经济发展的全新增长极。

抢占新赛道：万亿产业竞争格局正在拉开

最近，新型储能产业正值风口，广州从市到区连续“放大招”。

从广州市成立全国首家国企和民企混合所有制的储能集团，到广州开发区出台全国经开区首个、粤港澳大湾区首个区县级“新型储能”专项政策，广州竞逐“新赛道”的力度可见一斑。

“新型储能产业市场广阔、发展潜力巨大，尤其对一个地区的经济拉动作用非常大。”中科院广州能源研究所储能技术研究室主任冯自平说，放眼全国而言，新型储能产业的竞争格局正在拉开，一批龙头企业逐渐“冒头”，广州开发区坐拥广州制造业的“半壁江山”，发力新型储能产业势在必行。

从黄埔区、广州开发区此次发布的专项扶持政策来看，有两大突出亮点：一是政策扶持力度大，单个项目最高奖励 1 亿元，其次政策扶持范围广，新型储能全产业链条和多场景应用示范均有覆盖。

政策出台对推动黄埔区、广州开发区新型储能发展、发挥储能项目作用起到关键作用。该政策从供给侧入手、在制造端发力、以硬科技为导向、以产业化为目标，全力推动新型储能产业“聚链成群”高质量发展。

今年 4 月，广东省工信厅批复同意组建全国首个省级新型储能制造业创新中心，该中心致力于核心技术攻关、建立产业链标准体系、推动技术成果转化应用，以实现储能产业商业化、规模化发展，这对于广州开发区打造具有全球竞争力的新型储能产业集群而言，无疑注

入一剂引领性的创新动能。

活动当天，签约加盟黄埔区、广州开发区能源创新平台“阵营”的南方电网数字电网集团有限公司和华为技术有限公司联手打造的能源数字产业创新中心，也为能源电力行业带来数字化解决方案，赋能能源产业链上下游企业数字化转型。

冯自平从专业技术角度建议，黄埔区、广州开发区可以从以锂电池为主战场，同时争取引进其他储能技术，形成以锂电池为龙头的百花齐放式的新型储能产业集群，推动新型储能产业实现跨越式发展。

完整的新型储能产业链，链链相扣，再加上战略科创平台的支撑、领先的扶持政策和高效的政府服务，一个层次能级日趋完备的产业生态圈在黄埔区、广州开发区渐露雏形。

这是引领未来发展的一片广阔蓝海。黄埔区区长洗银崧坦言，新型储能是广东省、广州市重点打造的新的战略性支柱产业，也是广州开发区重点布局的方向。

华为发布全场景智能光储新品和解决方案

中国能源报 2023.6.19

6月13日，在2023年德国慕尼黑国际太阳能展（Intersolar Europe 2023）期间，华为智能光伏新品发布会成功举行。华为数字能源智能光伏产品线总裁陈国光发布了智能光伏战略和全新升级的智能光伏品牌 FusionSolar，华为数字能源电站智能光伏业务总裁郑越、工商业智能光伏业务总裁钟明明、户用智能光伏业务总裁周涛分别发布了三大场景的智能光伏新品和解决方案。

三大战略发布

此次发布的智能光伏战略包括三个方面：一是聚焦 4T（Watt/Bit/Heat/Battery）技术融合，加大研发投入，持续创新技术引领，加速光伏产业发展进程。二是联合伙伴，携手共筑行业高质量标准，推动产业健康发展。三是携手全球 6 大生态伙伴，共创、共享、共赢，共同推动产业持续、高质量发展。

在电站场景，过去十年，华为通过数字技术和电力电子技术的融合创新，以智能光伏解决方案推动行业从低成本转向高价值，引领智能组串式成为全球主流；未来将通过“光储网云”融合，打造智能光储发电机，加速光伏成为主力能源。

在工商业场景，华为深耕行业，以“智”取胜，技术创新推动主动安全成为标准，让绿电走进千行百业，助力客户可持续商业运营和绿色低碳转型。面向未来十年，华为“优光储

充用云”一站式解决方案将助力每个园区/工厂实现 100%自给自足，致力于让每个企业早日实现 100%的清洁能源应用。

在户用场景，更进一步，引领未来。通过部件革新与技术升级，引领家庭用能的未来演进。通过离网状态的备电、EMMA 对家庭能源的智能调度，和未来 VPP 之间的互联互通等核心技术，最终实现以家庭为单位的用电独立与用电自由。家庭不再是孤立的个体，从社区、区域到城市，依托能量流与信息流，实现大范围内能量的交换与流动、智能的调度与管理。

此外，在构筑安全基石、行业标准牵引、联合伙伴推动产业发展等方面，华为将坚持“聚焦核心，开放生态”携手伙伴为客户提供更具竞争力的解决方案，为伙伴带来更大的发展机遇，共同推动产业高质量发展。

全面升级 FusionSolar 品牌

华为在数字能源领域已经深耕十几年，致力于融合数字技术和电力电子技术优势，打造数字化、智能化的智能光伏解决方案 FusionSolar。Fusion 代表融合，Solar 代表光伏，FusionSolar 代表了融合创新的理念。随着产业和业务的不断发展，我们进一步明确了智能光伏业务的愿景：光储融合，全面智能，加速光伏成为主力能源，让绿色电力惠及千行百业、千家万户；同时，全面升级 FusionSolar 品牌。

FusionSolar 作为全新的品牌形象，定位为光伏领域的融合创新引领者，融合数字技术和电力电子技术的创新领先能力，融合产业链能力和智慧，提供安全稳定的产品和以人为本的极致体验，携手产业伙伴共建开放共赢的产业生态，共同加速光伏成为主力能源，推动能源向绿色、普惠的可持续能源转型，让绿色电力真正惠及千行百业、千家万户。

发布三大场景新品和解决方案

郑越提出，目前光伏迅猛发展，电网稳定性面临巨大挑战，光储融合成为必然；“光伏+”多种复杂场景，也将带来更多挑战。基于以上趋势与挑战，华为发布了 FusionSolar 智能光储解决方案，以 SUN2000-330KTL 新一代 1500V 智能光伏控制器为核心，通过支持光储低压交流耦合、子阵级智能融合控制、全面领先的并网能力、光储全链路“5+4”重安全设计以及智能融合诊断，为客户带来更优度电成本（LCOE）、电网友好、安全可靠、全面数字化四大价值。

钟明明发布了工商业优光储充用云解决方案，基于优光储充用云的融合、协同、安全、智能的解决方案。从智多发电、智能用电、智高可靠、智简运维四个维度去降低客户用电成本，并通过在设备、资产、人身三层构建主动安全，整个解决方案包括：首款匹配 182/210 组件的 1300W 优化器，首个全系列实现企业级供电可靠的逆变器，首款使用智能组串式架

构的 200kWh 工商业储能，首个 720kW 模块化全液冷超充主机，以及首个融合全链路智能化的工商业智能管理系统。

周涛发布户用智能光伏解决方案 4.0, 1+4+X 一站式解决方案（1=智能能源控制器，4=智能组件&智能组件控制器、智能组串式储能、智能充电桩、智能光伏管理系统，X=全屋备电盒、EMMA、家庭用能生态等），将家庭自发自用提升至 90%+，并逐步向 100%演进，实现用电自由、智控体验、主动安全等核心价值。

安全是行业可持续发展的基石。此次发布会上，TüV 莱茵与华为联合发布《光伏安全白皮书》，认证华为智能光伏全场景解决方案全方位满足安全标准，为光储应用设立行业安全标准。

长风万里鹏正举，勇立潮头智为先。华为将持续技术创新，为全球绿色低碳转型与可持续发展做出坚实贡献。截至 2023 年 3 月底，华为智能光伏全球累计生产绿电 7700 亿度，减少碳排放 3.5 亿吨，相当于植树 4.8 亿棵。未来，华为将与客户、伙伴携手同行，加速光伏成为主力能源，让绿色电力惠及千行百业，千家万户，共同推动产业的高质量健康发展，共建绿色美好未来。

国家发改委：做好能源、重要原材料保供稳价工作

中国能源报 2023.6.19

6 月 13 日，国家发改委等部门联合发布《关于做好 2023 年降成本重点工作的通知》（以下简称《通知》）。

《通知》指出，加强重要原材料和初级产品保供稳价。做好能源、重要原材料保供稳价工作，继续对煤炭进口实施零关税政策。夯实国内资源生产保障能力，加强重要能源、矿产资源国内勘探开发和增储上产，完善矿业权出让收益征管政策。加强原材料产需对接，推动产业链上下游衔接联动。加强市场监管，强化预期引导，促进大宗商品市场平稳运行。

新一代直流换流阀控制系统达到国际领先水平

中国能源报 2023.6.19

近日，中国电机工程学会在北京组织召开“新型直流换流阀控制系统关键技术、装备研制及应用”科技成果鉴定会。会议经过质询、答疑和讨论，由中国工程院院士汤广福等专家组成的鉴定委员会一致认为，项目取得创新性成果，达到了国际领先水平。这标志着经过 4

年研制及工程应用，南网超高压公司主导研制并具有核心知识产权的新一代直流换流阀控制系统（以下简称“阀控系统”）取得重大技术突破，我国高压直流系统的自主可控水平将进一步得到巩固和提升。

据了解，随着国内外发展环境变化，阀控系统关键芯片严重依赖进口、设计未充分兼容国产芯片性能、拓扑结构制约可靠性，以及带电检修技术提升、可靠性验证及质量控制体系不完备等诸多问题突出。为解决上述问题，2018年，南网超高压公司实施前瞻性布局，联合国内阀厂家、光学器件厂家启动科研攻关，历时4年，完成该项目研发并依托±500千伏天广直流阀控改造项目成功实现工程应用。

“阀控系统是制约直流系统闭锁的关键因素，据测算，每减少一次阀控系统直流闭锁或非计划停运，该回直流系统能量可用率有望提升0.27个百分点。”南网超高压公司创新与数字化部高级经理黄志雄介绍，该项目发明阀控系统完全冗余光拓扑结构，创新集成基于垂直腔面发射激光器的阀控光发射技术、基于PIN-TO-PIN和多核并行运算技术，实现阀控系统完全冗余、国内外芯片兼容、所有板卡可以不停电在线更换等，大幅提高阀控系统的可靠性及自主可控水平，有利于提高直流输电系统能量可用率。

在鉴定会上，专家指出，近年来，随着南方电网直流输电系统一次设备直流穿墙套管、换流变分接开关等取得全面国产化及工程应用，攻破直流阀控系统作为二次设备的最后堡垒，我国高压直流系统的自主可控水平和在直流输电领域的优势地位将得到巩固和提升。

据了解，南网超高压公司已形成一系列核心知识产权，后续将在多回直流新建及老旧阀控系统改造方面提供技术输出，并为后续工程建设提供技术指引。

推进新能源发电配建新型储能

中国能源报 2023.6.19

广东省发改委、广东省能源局日前发布《广东省促进新型储能电站发展若干措施》（以下简称《措施》）。

《措施》提出，推进新能源发电配建新型储能。按照分类实施原则，2022年以后新增规划的海上风电项目以及2023年7月1日以后新增并网的集中式光伏电站和陆上集中式风电项目，按照不低于发电装机容量的10%、时长1小时配置新型储能，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；鼓励存量新能源发电项目按照上述原则配置新型储能。可采用众筹共建（集群共享）、租赁或项目自建

等方式落实储能配置，其中第一种方式由项目所在地市组织布局落实。配置新型储能电站投产时间应不晚于项目本体首次并网时间，原则上不跨地市配置。

《措施》提出，争取到 2025 年，广东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。

推动新型储能多元化、产业化、市场化高质量发展

国家电网报 2023.6.20

6 月 16 日，从国家能源局网站获悉，国家能源局综合司日前发布《关于开展新型储能试点示范工作的通知》《新型储能试点示范工作规则（试行）》，对科学有序开展新型储能试点示范工作作出安排。

《通知》提出，新型储能试点示范工作旨在认真落实《中华人民共和国经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《“十四五”新型储能发展实施方案》有关要求，加快推动新型储能多元化、产业化、市场化高质量发展，支持建设新型能源体系。本次示范工作要组织遴选一批典型应用场景下，在安全性、经济性等方面具有竞争潜力的各类新型储能技术示范项目。

《新型储能试点示范工作规则（试行）》明确，参与申报试点示范的新型储能项目是指除抽水蓄能外以输出电力为主要形式，并对外提供服务的储能项目。示范项目申报、遴选和跟踪评估应坚持政府引导、企业自愿，多元发展、重点突破，示范带动、规模发展，科学评价、注重成效的原则。申报项目应具备技术先进性、商业模式创新性、安全可靠、应用场景代表性、示范带动性等特点。

按照《新型储能试点示范工作规则（试行）》的规定，示范项目示范期限原则上为 2 年。示范项目需在发布公告之日起 1 年内投产，如遇特殊情况，经报国家能源局同意，示范期和投产日期可延长不超过 1 年。

新技术突破电池容量理论极限

科技日报 2023.6.26

给电动汽车充电通常需要 10 小时或更长时间，即使采用快速充电方式，也至少需要 30 分钟。韩国浦项科技大学最新开发的一项突破性技术，可将存储容量提高到理论极限的约 1.5 倍，从而使电动汽车能够在短短 6 分钟内充满电。研究成果作为封面论文发表在新一期

《先进功能材料》杂志上。

用于电动汽车的锂离子电池的效率取决于负极材料储存锂离子的能力。研究团队此次使用一种新的自杂化方法，设计了一种合成锰铁氧体作为负极材料的新方法，该材料以其卓越的锂离子存储容量和铁磁性能而闻名。

研究人员首先在氧化锰与铁的混合溶液中实现电置换反应，形成内部为氧化锰、外部为氧化铁的异质结构化合物，然后使用水热法制造了具有扩大表面积的纳米厚锰铁氧体片。这种方法利用了高度自旋极化的电子，显著提高了大量锂离子的存储容量，这项创新最终超出了锰铁氧体阴极材料的理论容量 50%以上。

增大负极材料的表面积有利于大量锂离子的同时运动，从而提高电池的充电速度。实验结果表明，与目前市场上电动汽车所用的容量相当的电池相比，新方法充放电仅需 6 分钟。

该研究成果对如何克服传统负极材料的电化学局限性，并通过利用电子自旋进行表面改变的合理设计来增加电池容量提供了新见解。

我国首个省级新型电力系统技术创新中心建设方案获批

科技日报 2023.6.27

6月25日，从国网青海省电力公司（以下简称国网青海电力）获悉，青海省新型电力系统技术创新中心建设方案于日前正式获得青海省科学技术厅批复，标志着我国首个省级新型电力系统技术创新中心诞生。

为全面贯彻党中央关于强化战略科技力量建设部署和青海省委、省政府对清洁能源产业高地建设的战略要求，在青海省科技厅的支持下，国网青海电力牵头，联合龙头骨干企业，以及高校、科研机构等优势科研力量，筹划组建了青海省新型电力系统技术创新中心。筹划期间，国网青海电力联合共建单位全面梳理了青海现有创新资源、基础条件及申报优势，明确中心定位和目标任务，编制建设方案，组织多轮研讨，为项目获批打下坚实基础。

青海省新型电力系统技术创新中心以关键技术研发为核心使命，依托国网青海电力和共建单位的重点实验室、工程技术中心等科研平台，重点打造多能互补与协调控制技术、输变电设备运行与检测技术、氢—电耦合与多能转换技术、综合智慧能源高效利用技术4个研发实证基地，统筹开展新型电力系统源、网、荷、储（氢）、大数据等全要素先进技术、装备、材料的科研攻关和示范验证，破解新型电力系统建设中的核心技术问题，支撑国内重大示范项目建设，打造创新成果示范样板，促进青海清洁能源产业高地建设和我国“双碳”目标推

进。

国网青海电力科技部主任俞海国表示：“建设新型电力系统迫切需要原创性、引领性科技攻关。我们将以中心建设为契机，产学研协同，建立开放、融合、共享、共赢的创新与服务平台，并在此基础上争创国家级技术创新中心。”

全国最大新能源配套电化学储能电站并网

科技日报 2023.6.27

近日，由中国三峡新能源（集团）股份有限公司投资建设的全国最大新能源配套电化学储能电站——安徽阜阳南部风光储基地项目储能系统（以下简称阜南储能系统）首期项目实现全容量并网，对提高电力系统稳定性，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，加快实现碳达峰碳中和目标具有重要意义。

阜南储能系统为国家首批、长三角首个大型风电光伏基地项目——安徽阜阳南部 120 万千瓦风光储基地项目的配套储能系统。项目分两期建设，首期规模为 300 兆瓦/600 兆瓦时，二期规模为 450 兆瓦/900 兆瓦时。

首期储能项目由 90 个 40 尺标准集装箱储能单元组成，创造性设计方舱级全氟己酮喷射+模组级可燃气体检测+模组级水消防喷淋组合消防方案，可高效预警、及时消除消防隐患，保障储能电站的安全性。同时，项目选用磷酸铁锂离子电池，采用高压液冷集成技术，可有效降低占地面积，提升电站的充放电效率和电池的循环寿命。项目建成后一次可储存约 60 万千瓦时电量，按照每天充放一次计算，每年释放电量可满足 9 万多个家庭的年用电需求。

据了解，本次并网的配套储能作为优质的灵活性调节资源，将有效提升地区新能源消纳能力，发挥电网削峰填谷功能，提升供电可靠性，助力地区构建以新能源为主体的新型电力系统。

三、碳达峰、碳中和

巨大的碳库在我们脚下——真菌储存三分之一的化石燃料碳排放量

科技日报 2023.6.7

据发表在最新一期《细胞生物学》上的研究，人类脚下庞大的地下真菌网络在全球范围内储存了超过 130 亿吨的碳，大约相当于全球每年化石燃料排放量的 36%，而这可能是实现净零排放的关键。

至少 4.5 亿年以来，菌根真菌一直在支持陆地上的生命，并在人类周围构成了巨大的地下网络——地球上每个大陆的道路、花园和房屋下方。人们普遍认为，菌根真菌可储存碳，因为真菌与几乎所有陆地植物形成共生关系，并将碳运输到土壤中，由植物转化为糖和脂肪。但直到现在，真正由真菌储存的碳到底有多少，依然是未知数。

包括英国谢菲尔德大学研究人员在内的一个科研团队发现，真菌每年储存了超过 1/3 的化石燃料排放产生的碳。团队此次对数百项研究进行了荟萃分析，结果显示，估计每年有 131.2 亿吨的二氧化碳从植物转移到真菌中，将人们脚下的土壤转化为一个巨大的碳库和世界上最有效的碳捕获储存单元。这对于各国寻求应对气候变化和实现净零排放可能至关重要。

鉴于真菌在减少碳排放方面的关键作用，科学家现在呼吁，在生物多样性和保护政策中将真菌纳入其中。此前联合国警告称，按照目前的速度，到 2050 年，90% 的土壤可能会退化，这不仅对遏制气候变化和气温上升不利，而且对农作物和植物的生产力来说都是灾难性的。

谢菲尔德大学植物土壤过程教授凯蒂·菲尔德表示，菌根真菌代表了碳建模、保护和恢复中的一个盲点。当人们破坏土壤中古老的生命维持系统时，就破坏了限制全球变暖的努力，并破坏了其赖以生存的生态系统。

团队还将进一步探索真菌在地球生态系统中的作用。

亚洲规模最大火电碳捕集项目投产

南方日报 2023.6.3

6月2日，国家能源集团公司旗下江苏泰州电厂二氧化碳捕集利用与封存项目完成满负荷试运行，试运行期间系统安全可靠，能效指标、产品品质均达到或优于设计值，标志着这一亚洲最大的火电二氧化碳捕集利用与封存项目正式投产。

江苏泰州电厂总工程师刘建东介绍，该项目二氧化碳捕集量达 50 万吨/年，为能源行业实现“双碳”目标和绿色低碳发展提供借鉴。这一项目完全由我国自主设计、制造、安装，是目前亚洲规模最大、技术含量最高的火电碳捕集项目。

刘建东说，项目建设中自主研发了新一代大容量、低能耗、长寿命吸收剂，创新应用国

内最大出力的离心式二氧化碳压缩机，创新集成新型填料、高效胺回收、智能控制等技术，具有捕集率和产品纯度高、捕集能耗和脱碳成本低、运行人员少等特点。

“铁肥料效应”强化北太平洋生物固碳作用

科技日报 2023.6.9

6月8日，基于360万年以来亚洲内陆粉尘中铁元素的变化历史，我国科研人员发现，亚洲内陆粉尘通过“铁肥料效应”，促进了北太平洋地区的生物繁盛，强化了北太平洋的生物固碳作用。相关研究成果在线发表于《国家科学院院刊》。

“河流和粉尘为海洋输送了大量营养物质，大陆粉尘携带的铁元素在风力作用下进入海洋，可以使海洋中的浮游生物增加，并消耗大量的二氧化碳，使大气中的二氧化碳浓度降低，缓解温室效应的危害。”论文第一作者兼通讯作者、中科院青藏高原所研究员咎金波说，这一过程被科学家称为粉尘的“铁肥料效应”。

研究发现，在距今约80万年前的中更新世，随着全球变冷以及北半球中高纬地区山地冰川急剧增加，青藏高原的冰川侵蚀作用显著增强，导致塔里木盆地的粉尘中的铁氧化物从赤铁矿转变为磁铁矿，同时，铁元素总含量和高生物活性的二价铁含量急剧增加。

进一步计算表明，中更新世气候转型期之后，亚洲内陆干旱区输送至北太平洋的铁元素总含量以及二价铁的数量分别增加了约70%和约120%。咎金波说，“这将极大地促进北太平洋生物繁盛，并可能改变了浮游植物种群结构，大量消耗了大气中二氧化碳，造成全球气候进一步变冷。”

咎金波表示，这项研究成果为深入理解亚洲粉尘中的铁元素输入增加、海洋生物固碳作用增强、大气二氧化碳降低、全球气候变冷这一碳循环正反馈机制提供了直接证据。

多地碳达峰方案发布

中国电力报 2023.6.5

积极稳妥推进碳达峰碳中和，是建设人与自然和谐共生的现代化的题中之义。今年以来，宁夏、河北、河南、广东、陕西、甘肃等地正式发布碳达峰实施方案及相关领域实施方案。值得注意的是，各省在结合自身绿色能源资源禀赋的基础上，纷纷确定了颇具地域特色的能源绿色低碳转型行动，促进降碳、减污、扩绿、增长协同推进

宁夏

- 重点依托沙漠、戈壁、荒漠、采煤沉陷区等建设一批百万千瓦风电光伏基地
- 利用热泵等技术积极推广浅层地热能供暖，重点在银川平原探索开展中深层地热能供暖
- 依托宁东光伏产业园建设绿氢规模化生产基地，开展可再生能源制氢耦合煤化工产业示范

河北

- 打造张家口、承德、唐山、沧州及太行山沿线等百万千瓦级光伏发电基地
- 推进张家口、承德千万千瓦级风电基地建设
- 加快推进坝上地区氢能基地列入国家氢能产业发展规划，推进河北氢燃料电池汽车推广应用示范城市群建设

河南

- 探索深化地热能开发利用，建设郑州开封、濮阳、周口4个千万平方米地热供暖规模化利用示范区
- 推进郑州、新乡、开封、焦作、安阳洛阳建设国家氢燃料电池汽车示范城市群，打造郑汴洛濮氢走廊
- 加快电力系统调节能力建设，建成投用南阳天池、洛宁大鱼沟、光山五岳鲁山花园沟等抽水蓄能电站

- 推进濮阳、商丘、信阳等“风光火储一体化”“风光水火储一体化”示范项目建设

广东

- 规模化开发海上风电，打造粤东粤西两个千万千瓦级海上风电基地
- 加快建设藏东南至粤港澳大湾区±800千伏直流等省外输电通道，积极推动后续的西北、西南等地区清洁能源开发及送奥

陕西

- 重点推进神木府谷外送、陕武直流、渭南3个大型风光发电基地项目和26个屋顶分布式光伏试点县项目建设
- 争取旬阳、黄金峡等水电站尽快建成投产，积极推进黄河北干流古贤、禹门口水利枢纽工程项目建设

甘肃

- 持续推进酒泉千万千瓦级风电基地向特大型风光电基地迈进，打造金(昌)张(掖)武(威)千万千瓦级风光电基地。全面建成通渭、环县和武威松山滩风电基地，在兰州、白银、天水、

平凉等地稳步推进分散式风电

●深入推动地热能开发利用，加快推进兰州、天水、定西、张掖、陇南等地区中深层地热能 and 浅层地热能资源勘查开发利用

科研人员提出沙漠固碳总量评估新方案

中国科学报 2023.6.5

近日，世界环境领域期刊《环境科学与技术》发表了中国科学院院士、兰州大学教授黄建平团队的题为《沙漠非生物碳固存因降水而减弱》的研究成果，并将其作为封面论文进行推介。

团队建立了同时考虑水热交互作用及土壤性质因子的沙漠流沙二氧化碳通量估算方案，深化了对沙漠固碳机制的理解，并为评估沙漠固碳总量及其对全球碳循环的贡献提供了一种新方案。

有研究表明，约占全球土地面积 1/3 的广阔沙漠生态系统可在缺乏光合作用的情况下吸收和封存二氧化碳，在促进碳中和与缓解气候变暖中发挥积极作用。

近年来，全球变暖加剧水循环，导致全球总降水量和极端降水事件逐渐增加，该现象在干旱和半干旱地区较为明显。沙漠地区的降水可影响土壤热量传递、土壤水对二氧化碳的溶解、土壤盐碱浓度、微生物数量和活性及土壤养分的运移等多个控制沙漠碳收支的关键过程。然而，学界对沙漠土壤水热如何协同影响二氧化碳收支过程缺乏深入了解，这导致沙漠生态系统在全球碳循环中的贡献和地位无法准确确定。

该研究采集了塔克拉玛干沙漠腹地强降水后沙丘不同部位形成的具有明显水分梯度的流沙样品。通过连续监测流沙样品二氧化碳通量，研究人员揭示了水热联合调控对于沙漠流沙二氧化碳通量的影响机制。通过建立的流沙二氧化碳通量经验估算方案，研究团队发现，短期内，随着全球变暖且沙漠极端降水事件的增加，塔克拉玛干沙漠流沙的非生物固碳能力和碳汇稳定性将逐渐降低。然而，随着沙漠降水的进一步增加，加入植物光合作用的沙漠碳汇过程将逐渐增强。

新型自动售货机能“吃掉”二氧化碳

参考消息 2023.6.11

自动售货机也许会成为走向脱碳社会的杀手锏。朝日饮料公司从 2023 年 6 月开始推广

“可吃掉二氧化碳的自动售货机”。其原理是，在自动售货机内嵌入吸收材料，只吸收空气中的二氧化碳。

自动售货机会因为工作时使用电力而排放二氧化碳。相关数据显示，每台自动售货机每年排放约 300 公斤的二氧化碳。随着将冷却饮料时产生的热量用于为热饮加热的热泵式“节能型自动售货机”不断普及，最近 20 年里自动售货机二氧化碳排放量减少约六成，但最近几年一直处于持平状态。

通过提高自动售货机本身的性能来降低耗电量的方法已经迎来极限。作为饮料制造商，怎么做才能进一步减少二氧化碳排放呢？在公司内部进行讨论的过程中，出现了“如果自动售货机能吸收二氧化碳的话，会很有趣”的创意。

也就是说，这是一种逆向思维，并非尽量避免排放二氧化碳，而是通过吸收二氧化碳来减少空气中的二氧化碳。如果能从空气中吸收与排放量相同的二氧化碳，那么就能通过自动售货机实现“碳中和”。

自动售货机是朝日饮料公司销售额约两成的重要销售渠道。而正如朝日饮料公司社长米女太一所说，“如果能让社会认识到这是一种环保基础设施，那么自动售货机（在环境方面）的负面印象就会转变成正面印象”。

挡在前面的拦路虎是如何吸收二氧化碳。朝日饮料公司把目光投向了自动售货机内的剩余空间。饮料取出口的背面处于完全空置状态，于是该公司设想可以在此处铺上吸收材料。

吸收材料呈粉末状，以钙类材料为基础，经过特殊加工。每台自动售货机装有约 6 公斤吸收材料，配合饮料补货，预定每月更换两次。

关于可以吸收二氧化碳的量，估计当前最高为自动售货机运行时排放二氧化碳的 20%。据称，如果换算成树龄为 56 至 60 年的杉树的年吸收量，大约相当于 20 棵树。今后将继续提高吸收能力，计划到 2030 年开发出“碳中和自动售货机”。

朝日饮料公司在全日本拥有约 26 万台自动售货机。“虽然每台售货机（的二氧化碳吸收量）很小，但如果 26 万台都装上吸收材料的话，将产生相当大的效果。”该公司共有价值创造战略部长相田幸明充满自信地表示。

就像大量树木吸收二氧化碳一样，一台台自动售货机将“吃掉”二氧化碳。据称，这样有望产生“在城市中建造森林”的效果。

首先将在 2023 年内，以日本关东和关西地区为中心，设置约 30 台这样的自动售货机。朝日饮料公司认为，在人口密度高的地方以及换气条件不太好的地方，这种自动售货机可在二氧化碳浓度高的室内发挥更好效果。将把售货机设置在不同地点，对比吸收材料的二氧化

碳吸收量和吸收速度，准备 2024 年开始正式推广。

其实，朝日饮料公司此次挑战的不仅仅是二氧化碳的吸收。让回收的二氧化碳作为资源在社会上循环才是该公司真正的目标。合作企业将把朝日饮料公司利用自动售货机收集的二氧化碳转化为工业原料。比如，该公司正在考虑与肥料制造商和建筑公司合作，把二氧化碳连同吸收材料一同掺入肥料或混凝土中。

朝日饮料公司的构想是，使用这样的原料种植蔬菜、鲜花、海藻，或将其加工成沥青或建筑材料，把“二氧化碳资源循环模式”推广到社会中去。

朝日饮料公司计划 2024 年启动这种资源循环模式，最早从 2025 年开始全面推广。但是，该模式能否作为一项业务走上正轨，取决于能在多大程度上吸引合作伙伴企业。以自动售货机为中心的“森林”可望在日本各地得到培育。

技术固碳 如何“变废为宝”

广州日报 2023.6.12

实现“双碳”目标，除了源头减排和能源替代，终端二氧化碳的回收、封存及利用(CCS/CCU S)技术同样关键。近日，我国首个海上二氧化碳封存示范工程项目正式投用，每年封存量达 30 万吨，累计将超 150 万吨。而项目本身成本不低：投资 2.57 亿元，每年需 250 万元维护费，每封存 1 吨二氧化碳需花费 500 元~1000 元。“二氧化碳的捕集技术已经十分成熟，难点是人类利用二氧化碳的能力目前还远低于捕集它的能力，如果‘CCS’（碳捕获、封存）中不加一个‘U’（利用），都封存入地底，就难以扩大规模和商业化运作。”相关人士说，如今，各类 CCUS 技术正蓬勃发展，不少已开启商业化尝试。

现在和将来，人类能把二氧化碳变成什么？这些技术会对实现碳中和产生哪些影响？

二氧化碳捕集后可大规模用于油田驱油

清华大学化学工程系副教授蒋国强常年关注各类 CCS/CCUS 技术。他说，人类主要采用的碳捕集方法是溶剂吸收法，该方法早在一百年前生产化肥时就已出现，如今人们则通过溶剂和过程优化来适应碳捕集的新要求。

二氧化碳捕集后，最早的大规模利用方式是油田驱油。蒋国强介绍，在美国休斯顿附近建设有目前世界最大的碳捕集与封存项目，每年发电厂可捕获、封存及利用 140 万吨二氧化碳，这些二氧化碳主要用于给油田驱动采油；而我国同样掌握了这项技术，2021 年国家能源集团锦界电厂 15 万吨/年二氧化碳捕集利用与封存项目正式投产，生产出的工业级液态二

氧化碳主要用于油田驱油、化工厂制备小苏打等。

业内人士介绍，二氧化碳驱油技术的应用场景主要为油田开采晚期，这时油田内剩余的石油都挤在地缝里，最初的方法是通过注水将石油往外挤，现在则是拿纯二氧化碳打入油田，将石油压出来，二氧化碳不仅成为产油工具，同时也起到封存它的效果。“虽然封存的量较可观，但这种方法缺点也比较明显，一是受地理条件限制，没有油田的地方无法开展，二是未来我们要减少化石能源的开采，三是这种方式要循环使用二氧化碳，始终存在一定的泄漏风险。”

二氧化碳“变”碳酸钙“以废治废”可广泛用于工业领域

蒋国强介绍，国内已有企业开启将二氧化碳矿化为碳酸钙等无机物、并作为工业原料销售的商业化尝试。“碳酸钙本身是大宗基础化工原料，市场需求大，现在主要靠开采石灰石来满足，但开采本身会对环境造成影响，而利用二氧化碳的矿化路线生产碳酸钙，一方面能固碳，另一方面也减少开采对环境的破坏。”

去年底，国能集团的大同发电厂上马了一套年处理 1000 吨二氧化碳的矿化设备，可将电厂尾气中的二氧化碳与富含钙元素的工业固废反应，最终形成微米级的碳酸钙超细颗粒。该技术工艺及设备的提供方原初科技（北京）有限公司首席技术官王麒：“我们的化学链矿化工艺流程前端有溶解工业固废的反应器，后端有做二氧化碳矿化的反应器，该技术的最大特点是二氧化碳不需要提高纯度，在我们的反应器里，从 5%到 100%间任何浓度的二氧化碳都可以直接反应，吸收转化率大于 90%，且只需 2 分钟就可实现。该技术在不消耗任何酸碱的情况下实现二氧化碳的高效矿化，整个过程能耗非常低，容易进行工业放大。我们的目标是将来要处理上亿吨的二氧化碳，实现大规模减碳。”王麒介绍，目前公司正与有关企业洽谈建设一套年处理规模 10 万吨二氧化碳的工业装置，已处于设计阶段。

王麒介绍，微米级超细颗粒碳酸钙可广泛用于塑料、涂料、造纸、橡胶等工业领域，市场上，这类碳酸钙颗粒可以卖到 1 吨 800 元以上。“我们的做法就是‘以废治废、变废为宝’，根据第三方机构做的评估，碳净减排率大于 50%；此外，反应所需要的能量基本都依靠电能，随着我国‘绿电’的进一步大规模普及应用，反应带来的碳排放将进一步降低。”

二氧化碳“变”混凝土盖楼、修路养护更省心

蒋国强介绍，高纯度二氧化碳的另一项商业应用是养护混凝土。原本混凝土在使用过程中需要用蒸汽进行养护，如今科学家们发现可用二氧化碳代替蒸汽完成养护过程，同时实现高效固碳，该技术在我国也已开启商业化应用。

近期，一家将二氧化碳矿化利用制混凝土的 CCUS 科技企业宣布获得新一轮数千万元

融资,该企业创始人赵超介绍,公司的技术源自浙江大学国家能源清洁利用重点实验室,2020年企业就与浙江大学合作承担了多个与CCUS技术相关的国家和地方研发项目,并建设了相关二氧化碳矿化利用技术联合研发平台。“去年,我们与中建集团合作,在他们承建的香港有机资源回收中心二期的建筑中,借助我们的固碳混凝土产品实现了全国首个在施工期内碳中和的绿色示范工程。经第三方权威机构测算,利用清捕零碳矿化技术所生产的固碳混凝土,全生命周期碳足迹较传统产品可减少87%的二氧化碳排放量。”

据悉,该企业所研发的二氧化碳捕集-矿化混凝土技术工艺能够替代混凝土生产中的传统蒸压养护工艺,采用矿化反应器进行二氧化碳和混凝土的矿化反应,由此生产的混凝土建材,强度等指标均有所提升,养护时间也比之前降低了一半以上,大大提升生产效率。“我们的混凝土原料主要来自钢渣、电石渣、粉煤灰等,通过技术工艺可以做到95%以上的二氧化碳充分吸收,不仅高效实现了碳封存,也大量消纳了工业固废。”赵超表示,他们的愿景是利用矿化技术固定与封存1亿吨二氧化碳,未来将建筑物、道路等变为碳汇资源。

二氧化碳“变”有机物合成甲醇、乙醇、碳酸酯等应用广

除了矿化为无机物,利用二氧化碳生成各类有机物也是减碳方式之一。蒋国强表示,目前科学家正通过催化转化,把二氧化碳转变成有机物。“有机物本质是碳氢化合物。以往,碳的来源是从煤炭、石油这类化石资源中来,将来,随着‘双碳’目标推进,将二氧化碳捕集后重新作为碳源去制造有机物是重要的应用方向。”

目前,工业化尝试中做得比较多的是利用二氧化碳合成甲醇。蒋国强介绍,2020年10月,位于兰州新区的全球首个千吨级二氧化碳合成甲醇示范工程项目投产,该项目主要利用中科院大连物化所李灿院士的技术,由太阳能光伏发电、电解水制氢、二氧化碳加氢合成甲醇三个基本单元构成,总占地约289亩,项目达产后可每年生产甲醇1440吨。“后续甲醇可以进一步做成多种有机物,如燃料、塑料等。”

蒋国强说,科学家还在想办法将二氧化碳还原为一氧化碳,利用二氧化碳生产出乙醇,从而做成各类大众化学品。“还有一大利用就是将二氧化碳做成碳酸酯并合成聚碳酸酯,碳酸酯是重要的电子化学品,聚碳酸酯则在汽车、电子等行业有广泛应用。”

据悉,碳酸酯是锂电池电解液的主要成分,对新能源汽车、储能、电子信息等产业发展具有不可或缺的价值。蒋国强介绍,目前由中科院过程工程研究所开发的利用离子液体催化二氧化碳合成碳酸酯的技术,已在广东惠州大亚湾投产,年产量达到10万吨级。该项目利用工业排放的二氧化碳生产电子级碳酸酯的同时,还联产聚酯级乙二醇,乙二醇是生产聚酯、合成纤维、防冻剂、医药等的基础原料。

研究发现沿海生态系统碳储存新模式变化情况

中国自然资源报 2023.6.16

美国佐治亚理工学院和耶鲁大学的研究人员在《自然·可持续性》杂志上发表文章称,恢复后的蓝蛋生态系统不仅可通过有机碳的形式吸收和储存二氧化碳,还可通过无有机碳的形式去除碳,同时可降低不断提升的海水酸度。

该文章称,在海洋中以有机碳储存的二氧化碳可以重新释放回大气中,但以无机碳形式去除二氧化碳的方法却可以达到更持久的效果。该研究提供了一种新的碳抵消形式,并有望为沿海生态系统的恢复吸引经济支持。

全国碳市场首个履约周期顺利收官

中国能源报 2023.6.5

“全国碳排放权市场（以下简称“碳市场”）第一个履约周期顺利收官后，我们调研走访发现，履约任务最重的山东省和核定应履约发电企业数量排名第二的江苏省，均取得显著降碳成绩，大排量小机组作为降碳重要力量，数量也呈下降趋势。但部分发电企业在信息披露上仍存在未披露、披露不及时和披露质量不高的情况。”环保机构组织自然田项目官员熊一璇在日前举办的《重点区域山东江苏煤电降碳调研和倡导报告》（以下简称《报告》）发布会上称。

从首个碳市场履约周期可以看出，总体配额履约率达 99.5%。与此同时，督促发电企业及时、合规、高质量地披露排放表，提高披露信息的完整性和真实性十分迫切。

青悦环保信息技术服务中心项目总监张英豪建议：“未来，生态环境部门、碳排放单位、碳核查技术服务机构应当更加关注公开信息，确保信息公开的及时性和准确性。”

披露率提升

山东、江苏是大气污染防治重点区域内的煤电装机大省，装机总量分别为 1.03 亿千瓦、7921 万千瓦，是碳排放集中地区，履约压力大。在第一个履约周期内，其煤电降碳情况成为观察全国碳市场效果的样本。

就披露率来看，山东和江苏的披露率均有提升，且两省均呈现出一定的改善趋势。“部分发电企业之所以未能按时公开信息，也是由于第一个履约周期内，企业对于公开排放表的业务能力不够熟练所致，同时也在一定程度上受到新冠疫情及网站本身存在的技术障碍影

响。”熊一璇说。

在信息披露质量方面，山东和江苏核定履约发电企业披露的低位发热量检测信息完整度均较高，问题比例低于8%。更多企业对履约工作越来越重视，乃至委托第三方编制碳排放报告。

熊一璇指出，在实践中，大企业具有完善的管理，通常会有专人负责碳排放履约相关工作，进行规范检测与月度存证。“而小企业在这方面则缺乏经费和经验，通常采用缺省值，导致其配额存在缺口。”

据了解，以山东省信发集团控股的聊城鑫源集团有限公司为例，该单位2020年排放量全国最高，然而该集团在两年间实现的碳盈余总量为1759万吨，在碳市场成为卖方。

这意味着发电行业或将长期维持大体量发电企业碳市场获益、配额缺口小发电企业买单的局面。“这一特点，决定了中小发电企业机组难有根本性改变，碳排放量难以大幅度减少，面临着长期作为买方和难以进一步节能降耗的困境。”熊一璇说。

加强有效监管

记者注意到，山东、江苏两省未完成履约的均为小机组企业。《报告》指出，山东公布的6家未完成履约企业的配额缺口共计110.55万吨，但累计处罚仅13.81万元；江苏公布的2家未完成履约企业的配额缺口共计16.57万吨，累计处罚只有5万元。

“以收盘价计，应清缴缺口配额金额与处罚金额之间，分别有430多倍和170多倍的差距。处罚力度与违法程度不匹配。”熊一璇认为，“目前，我国未清缴的平均处罚金额仅为0.105元/吨。同样的情况，在欧盟，企业将会被处以100欧元/吨的罚款。”

中华环保联合会碳普惠专委会碳减排标准组组长颜磊表示，碳市场属于政策性市场，也受经济环境影响，主要目的之一是促进重点排放单位节能减排。“它的管控主体或者第一要务，是通过奖优淘劣让那些高排放的企业真正的采取低碳措施。碳市场制度的设计，尤其是履约奖惩机制的制定，决定它能否实现上述目标。”

“除主管部门的有效监管，社会公众的参与也是有益的补充，尤其是在碳市场信息披露机制不完备的情况下，需要公众的监督以良性互动的方式，促进碳市场发展。”颜磊建议。

提高履约能力

“发电企业可以主动对机组进行节能降耗改造，管控煤炭消耗，以便在碳市场获益。中小发电企业可以通过参加培训等方式提升履约能力，消除政策信息差。”熊一璇建议。

“在燃煤电厂的优势还无法替代时，管控燃煤电厂的煤炭消耗，提升效率减少碳排放，对机组进行节能降耗改造，可以在碳市场上争取更多主动性，通过碳市场交易获利。”熊一

璇说。

某不愿具名业内人士表示，稳步推进 300MW 以下运行年限久、污染大、能耗高的大排量小机组淘汰工作十分必要，也非易事。“应该尽量改变淘汰关停的煤电机组关而不拆的局面，优化本地发电企业机组结构，减少本地发电行业二氧化碳排放。同时关注单机容量在 10MW 以下超小机组的情况，对符合淘汰条件的机组应关尽关，发挥能效较优小机组的调峰优势。”

从配套政策支持来看，碳市场目前仅有《碳排放权交易管理办法（试行）》作为最高级别的监管依据，监管效力及力度较弱。“长期来看，还需要系统法律法规及部门规章体系支撑，以便更有力度地监管重点排放单位的履约行为，提升中小发电企业履约能力。促进发电行业实现‘双碳’目标。”熊一璇建议。

我国首个城市“双碳”模拟器发布

中国科学报 2023.6.14

近日，由中国科学院大气物理研究所主办，济南市科学技术局协办的“城市碳达峰碳中和高端战略研讨会”在济南举行。会上发布了我国首个城市“双碳”模拟器，该模拟器将为城市绿色低碳高质量发展提供重要数值模拟技术平台，为政府碳排放动态调控和产业优化升级管理提供有力的科学支撑。

会上首发了“济南‘双碳’模拟器”（1.0 版），该系统主要功能包括天空地碳监测多源数据的预处理、碳源汇动态模拟反演、减污降碳协同模拟、碳达峰碳中和预测和路径优化、城市风光资源评估与模拟预测、“双碳”与气候效应以及跨界碳输送模拟和预测等功能板块。

据悉，“济南‘双碳’模拟器”基于中国科学院大气物理研究所牵头建立的地球系统数值模拟国家大科学装置和配套的地球模型系统研制而成，充分考虑了城市“双碳”功能定位和需求，对复杂系统进行了顶层构建和精细化设计。目前，“济南‘双碳’模拟器”的大气二氧化碳模拟和同化反演子模块已顺利移植到国家超级计算济南中心服务器并成功运行，开始为济南碳监测试点提供技术支持。

小小微生物，固碳大能手

科技日报 2023.6.21

“寄蜉蝣于天地，渺沧海之一粟。”相比于直径达 12742 千米的地球来说，人类的观察

尺度和手段是何其渺小？若是仅凭借人力观测，纵然终其一生，恐怕亦难以真正穷尽地球的一角。正因如此，在地球科学领域，借助信息技术、人工智能技术等先进研究手段，将地球科学与计算机科学深度结合才显得尤为重要。

不久前发布的一项研究，正是这种结合的一次生动实践。

清华大学地球系统科学系教授黄小猛、博士生陶凤与美国康奈尔大学教授骆亦其组织的国际研究团队，通过深度学科交叉，揭示了微生物碳利用效率对全球土壤有机碳储量的决定性作用。5月24日，研究论文以“微生物碳利用效率促进全球土壤碳储存”为题，在线发表于《自然》杂志。

不容忽视的“小家伙”

碳库，也就是地球上碳的储存库，可以分为大气碳库、海洋碳库、岩石圈碳库、陆地生态系统碳库等若干部分。“其中，土壤有机碳是陆地生态系统碳库最重要的组成部分之一，含碳量约为陆地植被有机碳的4倍。”论文共同通讯作者黄小猛介绍，“土壤有机碳在全球碳循环中扮演着关键角色。其对碳的储存能力是如此之强，以至于我们只要将其中的碳储存量提升千分之四，便可以抵消目前人类一年的碳排放总量。”

土壤有机碳的作用如此重要，然而它究竟是如何形成并稳定储存在土壤中的？岩石、矿物等无生命活动的事物显然不可能成为土壤有机质的来源。动物在生物圈中重量占比极低，也与有机碳储存的“首功”无缘。因此，传统的科研范式把树木、灌木、草等植物作为土壤有机碳储存过程中的最大“功臣”。

论文第一作者陶凤介绍，传统的科研范式以植物输入—有机物降解为核心，将土壤有机碳的储存分为光合作用输入碳分配、土壤呼吸等若干过程。“然而，近年来，越来越多的证据表明，依据传统范式建立的过程模型并不能完全准确地模拟土壤有机碳总量。”陶凤说，“显然，是人们忽略了一些肉眼看不见的‘小家伙’们。”

陶凤口中的“小家伙”，就是土壤微生物。尽管微生物在宏观尺度上显得好像可以忽略不计，但却是碳循环过程中不可忽视的一支“生力军”。“近年来随着科研范式的嬗变，将土壤微生物过程纳入考虑已经成为主流观点。”黄小猛说。

撬动改变的大因素

和动植物一样，渺小的土壤微生物并非不食人间烟火，它们也有新陈代谢，会经历生老病死。因此，土壤微生物既是土壤有机碳的消耗者，又是土壤有机碳的贡献者。一个问题也随之而来：土壤微生物究竟是促进了固碳，也就是贡献了更多土壤有机碳，还是导致了碳排放，也就是消耗了更多的土壤有机碳呢？“这正是我们要弄清楚的一大问题。”陶凤说。

黄小猛介绍，微生物碳利用效率（CUE）指的是微生物生物合成碳占微生物新陈代谢总碳的比例，是描述土壤微生物生理的重要参数。虽然微生物碳利用效率越高，越利于土壤微生物的生物合成，但是更多的生物合成最终是否可以转化为更高的土壤有机碳储量？在这一问题上，人们仍不清楚。

“目前存在两种结果完全相反的控制路径，高的微生物合成既可能意味着更多有机产物产生及微生物残体最终保存在土壤中，同时也可能促进微生物胞外酶的产生，后者将催化土壤有机质的降解，导致土壤碳的流失。”黄小猛说。

此次研究中，研究团队首先选定微生物碳利用效率作为变量，将描述复杂土壤碳循环的机理模型与 5 万多条土壤碳观测数据相融合，在贝叶斯框架下确定了微生物过程对土壤有机碳储存最可能的控制路径。“这一步主要是为了弄清微生物究竟是在固碳，还是在排碳。”陶凤解释道，“结果表明，微生物碳利用效率与土壤有机碳储量正相关。也就是说，微生物确实有助于推动固碳而非排碳，微生物在微观新陈代谢中对生物合成较高的碳分配比例，最终转化为宏观尺度上更高的土壤有机碳储量。”

“只做到这一步还不够，我们想要把研究拓展到更深的层次。”黄小猛表示。研究团队基于自主开发的过程驱动和数据驱动融合的深度学习建模方法（PRODA），通过人工智能技术的先进算力和矩阵化模型构建能力，将站点尺度的数据模型融合结果扩展到全球尺度，获取了涵盖微生物碳利用效率、植物碳输入、非微生物碳转移效率等 7 种机制的空间分布格局，并定量评估了它们对全球土壤有机碳储量和空间分布的相对贡献。

“对比研究和综合评估表明，相比于其他过程，微生物碳利用效率对土壤有机碳储存的影响是最为关键的，比植物碳输入等其他过程至少高出了 4 倍之多。”陶凤表示，“这次的研究表明，小小的微生物，却是撬动土壤有机碳储存的大因素！”

在研究团队看来，此次研究的结论并没有否定传统的植树造林等固碳手段对于土壤有机碳储存的重要性，而是为未来科研与环保事业指出了一条更高效的新道路。虽然如此，研究团队也坦言，在目前的技术水平下，大范围、高效率、低成本地调控微生物碳利用效率仍需要更多的理论和实践研究。

“试想一下，如果我们能采取技术手段，有效地提高全球的微生物碳利用效率，那么土壤就能存储更多的有机碳，进而让冰层消融、山林野火、反常低温等一系列由于大气二氧化碳浓度上升导致的恶性气候变化得到遏止。”黄小猛表示，“此次研究表明，未来的土壤碳循环研究应对微生物给予更多关注。”

多国积极探索低碳农业之路

人民日报 2023.6.28

随着全球气候变化日益严峻，积极推动农业绿色低碳发展成为国际社会的共同目标。作为一种环保、节能和可持续的农业生产方式，低碳农业旨在通过产业调整、技术创新、可再生能源利用等手段，减少农业生产对环境的污染和损耗，降低温室气体排放，促进农业生态环境的改善和保护。近年来，不少国家对此进行了有益探索。记者日前走进德国、以色列、巴西的农场和农业部门等进行了采访。

德国：大力发展有机农业

达勒姆庄园位于德国柏林西南部，它不仅是一处有机农场，也是一座食品文化露天博物馆。人们可以在农场商店购买这里生产的肉蛋蔬果等农产品，近距离体验“从田地到餐盘”的有机农业生产过程。此外，农场还与哥廷根大学等机构合作，开展生菜、番茄等有机农产品的研究。

有机农业被视为基于可持续发展原则的资源节约型、环境友好型农业系统，近年来德国大力推动有机农业发展。据德国联邦食品和农业部统计，截至 2020 年年底，德国共有超过 3.5 万家有机产品生产企业，在超过 170 万公顷的农业用地上进行有机农产品的耕作与经营。

减少温室气体排放是德国积极发展有机农业的一个重要原因。德国是欧盟农业生产大国，有超过 27 万家农业企业，每年生产的农产品总价值约 500 亿欧元。然而，农业领域也产生大量温室气体。据统计，德国农业领域的温室气体排放量约占该国排放总量的 8%。2021 年 6 月，德国通过修订版《气候保护法》，提出到 2030 年温室气体排放量比 1990 年减少至少 65%，其中农业领域温室气体年排放量须减少至 5600 万吨二氧化碳当量。德国农业部门认为，增加有机农业用地有助于农业领域减排。

在监管层面，有机农产品需接受欧盟有机农业立法规定的检验程序。在德国，有机农产品通常由政府部门授权的私人机构进行认证。根据法律规定，私人检验机构需对农业生产和加工企业以及进口商每年至少进行一次检查，留存被检查企业名单并在互联网上公布，供主管部门、经营者及消费者查询。有机农产品的生产商和加工商必须准确说明生产过程中使用的土地、建筑物及其他相关设施，有机农场或企业出售的所有产品信息也必须记录在册，以保证这些产品可以溯源。

在资金方面，德国从 1989 年开始通过公共资金来支持有机农业发展。当前，德国有机农业得到了来自欧盟、德国联邦及各州三个层面的公共资金支持。2015 年以来，向有机农

业转型的普通农场每公顷耕地和草地可得到 250 欧元的补贴已有的有机农场每公顷可获得 210 欧元的补贴。从 2002 年起，德国政府还推出“联邦有机农业计划”，为有机农业的相关研究及培训项目等提供资金。2021 年，该项目共提供了 3338 万欧元的补贴。

此外，德国联邦食品和农业部每年还举办有机农业竞赛，奖励各大农场在有机农业领域进行创新，为传统农场转型提供激励机制，提升民众对有机农业这一环保生产方式的认识。德国政府的目标是，到 2030 年将该国有机农业用地占比扩大到全部农业用地的 30%。

以色列：加强农业精细化管理

走进以色列特拉维夫北部的一家农场，农场工人正用电脑控制作物的灌溉水量，并将滴灌与施肥相结合。50 多岁的农场主阿米尔说，这套微灌设备由控制枢纽、管道部件和灌溉系统组成。工作人员可以根据气象条件、土壤含水量、农作物需求量等情况，使用太阳能驱动器，用塑料管道送水，适时调节水量，并对根或叶子喷洒含有肥料、药物的溶液。“得益于先进农业技术的应用，作物何时需要水分和肥料、需要多少量都由电脑来控制，既能满足作物所需，又不浪费资源。”据介绍，应用这项技术比传统灌溉节水约 90%、节能 50%，平均增产 30%。

在以色列农村采访田间地头发现，到处都采用了滴灌、微喷灌等灌溉技术，农业用水量远低于世界平均水平。同时，通过智能监测和控制，实现了农业生产用水的高效利用，提高了农作物的产量和品质。希伯来大学农业、食品与环境学院教授纳赫姆·莫什林介绍：“浇水与施肥相辅相成，通过精细化管理减少了过度施肥对土壤造成的破坏，这对低碳农业的发展起到很大推动作用。”

高效节水与施肥是以色列农业精细化管理的一个缩影。以色列水资源较为匮乏、土壤条件不利，通过精细化管理和技术创新，高效利用水、土等稀缺资源，该国走出了一条生态农业之路，向低碳农业转型。《以色列时报》的报道指出，精细化管理农业生产在提高生产效率的同时，也降低了农业生产过程中的碳排放。

精细化管理离不开技术创新。目前，以色列活跃的农业科技公司超过 440 家。以色列农业科技企业格雷斯育种公司最近发明了一项新的固氮技术，该技术利用生物固氮替代化学氮肥，可以减少对合成肥料的需求，从而降低肥料碳排放，同时还能将谷物产量提高 18%。当地农业部门认为，如果这项突破性技术被广泛采用，将对农业减碳产生积极影响。

巴西：逐步推进低碳农业计划

巴西是农业大国，向全球出口大豆、玉米、咖啡豆、蔗糖、牛肉等农畜产品。巴西拥有 3.88 亿公顷优质良田，还有 2.2 亿公顷的牧场，为农牧业发展提供了丰富的土地资源。

农牧业虽是巴西经济的支柱产业，但也是甲烷排放的主要来源，是二氧化碳排放的第二大来源。为更好应对农牧业温室气体排放带来的挑战，巴西于 2010 年出台《低碳排放农业计划》，鼓励农牧业走可持续发展之路。2010 年至 2020 年为该计划实施的第一阶段，政府通过向农牧业生产者提供长期低息贷款等方式，大力促进免耕直播种植、农作物轮作、农牧林一体化、动物粪便处置、退化草场整治、生物固氮和人工林等低碳农业技术的推广普及。

根据巴西农业部的评估数据，《低碳排放农业计划》第一阶段 6 个实施目标中有 5 个超额完成。农牧业在 2010 年至 2020 年共减少 1.7 亿吨碳排放，超出预期。如今，巴西已基本实现牧场、草地、树木和农作物按比例种植。在发展种植业的地方，鼓励秸秆还田，以增加土壤肥力；在发展养殖业的地方，大力实施动物粪便和垃圾集中处理，发展生物质能发电。

从 2022 年 9 月 1 日起，《低碳排放农业计划》第二阶段正式实施，重点推广先进灌溉系统、集约化牲畜饲养等技术，主要目标是在 2030 年前将低碳农业面积扩大到 7200 万公顷，实现农牧业减少 11 亿吨碳排放。根据该计划实施的状况，巴西农业部每两年会对相关技术推广项目和目标进行一次修订。

巴西一些环保组织和农业专家表示，巴西在低碳农业技术推广方面取得较大进步，有效促进了污染物减排，不过距离实现农业低碳转型的远景目标还有差距，未来还需加大资金等投入。

抓好减污降碳协同增效 推进高质量发展

中国环境报 2023.6.28

生态环境部等 7 部门联合印发的《减污降碳协同增效实施方案》明确了我国减污降碳协同增效工作总体部署，出台一年多以来，对我国进一步优化生态环境治理、形成减污降碳协同推进工作格局、助力建设美丽中国和实现碳达峰碳中和发挥了重要作用。

减污降碳协同增效，不仅仅是我国经济高质量发展的需要，也是环境治理向深里走，生态环境质量从源头上、根本上改善的需要。一年多来，各地纷纷出台减污降碳协同增效实施方案，明确减污降碳协同时间表、路线图。上海市到 2025 年推动一批典型协同控制试点示范项目落地应用；河北省开展城市二氧化碳达峰和空气质量达标试点示范，力争 2030 年前所有设区市实现“双达”；吉林省力争 2025 年在全省推广并建成较为完善的“碳普惠”制度。

同时，各地还开展城市、产业园区、典型企业、政策机制等多层面、多类型减污降碳协同创新，涌现出一批具有示范价值的典型做法。浙江省积极开展减污降碳协同指数研究与应

用，为减污降碳协同创新区建设提供指引和动力；重庆市不断探索减污降碳协同增效机制，完善排污许可制管理，融入碳排放信息，推进园区近零碳试点；江西省以强化绿色金融支持为突破点，助力企业减污降碳协同创新，促进经济社会绿色低碳高质量发展。

实践证明，推进减污降碳协同可以做到一石二鸟、事半功倍。当前，协同推进减污降碳成为我国新发展阶段经济社会发展全面绿色转型的必然选择，必须抓好落实，引领绿色低碳高质量发展。

要紧扣重点领域，强化源头防控。围绕工业、交通运输、城乡建设、农业农村、生态建设等领域推动减污降碳协同增效，协同实现生态改善、环境扩容与碳汇提升。加强生态环境分区管控，严格生态环境准入管理，坚决遏制“两高”项目盲目发展。通过推动能源绿色低碳转型，加快形成有利于减污降碳的产业结构、生产方式和生活方式，持续降低单位产出能源资源消耗和碳排放。

要坚持系统观念，优化环境治理。减污降碳协同增效不仅是气候变化与生态环境保护之间的环境效益的协同，也包括经济层面的协同增效。要统筹碳达峰碳中和与生态环境保护相关工作，实现环境效益、气候效益、经济效益、社会效益多赢。要同频同效同路径，同时同步同目标，推进大气、水、土壤、固体废物污染防治与温室气体协同控制，一体推进大气污染深度治理与节能降碳行动，推进污水资源化利用，加强“无废城市”建设。

要发挥创新优势，鼓励先行先试。推进减污降碳协同增效，离不开结构调整、技术创新和体制机制创新。要在国家重大战略区域、大气污染防治重点区域、重点海湾、重点城市群，加快实施减污降碳协同创新试点，鼓励各类产业园区提升资源能源节约高效利用和废物综合利用水平，支持打造“双近零”排放标杆企业。深化气候适应型城市、低碳城市建设试点，总结推广经验。

言必信，行必果。面向新征程、新目标，我们必须锚定目标，在已有成效的基础上，努力让减污降碳协同增效结出硕果。

四、生物质能、环保工程（污水）

我国海上首个百万吨级二氧化碳封存工程投用

南方日报 2023.6.2

6月1日，中国海油集团宣布，我国海上首个百万吨级二氧化碳封存工程投用，每年封存量达30万吨，总计超150万吨，相当于植树近1400万棵，这标志着我国成功掌握海上二

氧化碳捕集、处理、注入、封存和监测的全套技术和装备体系，实现了我国海上二氧化碳封存领域从无到有的重要突破，对我国实现“碳达峰、碳中和”目标具有重要意义。

当日 9 时 28 分，在距离深圳西南约 200 公里的恩平 15-1 平台上，高碳原油生产井、生产处理系统、二氧化碳压缩机及分子筛脱水橇等设备依次启动，油田开发伴生的二氧化碳被捕获、分离、加压至气液混合的超临界状态，通过一口二氧化碳回注井，以初期每小时约 9 吨的速度回注至距平台 3 公里、海底地层 800 多米的咸水层中。

据悉，恩平 15—1 平台是亚洲最大的海上原油生产平台，于 2022 年 12 月投产，作业水深约 80 米，所在油田群高峰日产原油超过 7000 吨。恩平 15—1 油田伴生气的二氧化碳含量高达 95%，若按常规模式开发，二氧化碳将随原油一起被采出地面，不仅对海上平台设施和海底管线造成腐蚀，还将增加我国二氧化碳排放量。

中国海油顺应全球能源行业低碳化发展大趋势，在恩平 15—1 油田实施二氧化碳封存示范工程，开展地质油藏、钻完井、工程一体化关键技术研究及应用，构建安全可控的二氧化碳捕集、封存技术和装备体系，攻克了海上操作空间受限、海洋高湿高盐环境、高难度浅层大位移水平井等一系列难题。“我们创新应用 7 项国内首创技术，自主研发制造出我国首套海上二氧化碳封存装置，自主设计实施了我国首口海上二氧化碳回注井，实现了二氧化碳的零排放。”中国海油恩平油田总经理万年辉介绍说。

日拟开发大型液化二氧化碳运输船

参考消息 2023.6.5

日本国内最大的造船企业今治造船将在液化二氧化碳的运输船领域与三菱重工业的子公司三菱造船展开合作。将联合开发可实现大量运输的大型船舶。

为了实现脱碳社会，回收二氧化碳并将其封存至地下的技术受到期待，但要实现这一目标，运往封存地的长途运输技术变得重要。着眼于市场扩大，日本的大型造船企业将携手确保竞争力。

由今治造船出资 51% 的日本造船已开始与三菱造船讨论联合开发液化二氧化碳运输船。计划在 2024 年内从海运企业等获得第一艘的订单，2027 年竣工。

两家企业所开发船舶的运力细节尚未确定，但预计属于拥有储罐容积达数万立方米的远洋大型船舶。船型将推进通用型设计，而非符合特定客户要求的船型，目的是打造液化二氧化碳运输船的标准。

液化二氧化碳的运输需要具有处理天然气的先进技术，船舶大型化也是课题。天然气在极低温时会变成液态的液化天然气(LNG)，容易运输。另一方面，二氧化碳在温度过低的情况下会变成固体干冰，存在堵塞管道的风险。在运输过程中，有必要持续施加压力，使二氧化碳保持液态。为了降低运输成本，可实现大量运输的大型船舶的开发不可或缺。不过，如果封存液化二氧化碳的储罐转为大型化，压力控制的难度也会随之上升，因此大型船目前尚未投入使用。目前，全球仅有数艘小型液化二氧化碳运输船，用于二氧化碳捕获与封存(CCS)的运输船尚未形成市场。

三菱造船很早就致力于开发面向 CCS 的液化二氧化碳运输船。今年 3 月，能运输 1450 立方米液化二氧化碳的小型船下水。计划 2024 年启动运输验证试验。通过与实际建造经验丰富的今治造船合作，预计更容易实现船舶大型化。

两家企业已在 LNG 运输船领域开展设计和销售合作。据称，与今治造船联合向日本造船出资的日本海事联合(JMU)今后也有可能加入液化二氧化碳运输船项目。

作为实现脱碳社会所需的重要技术，CCS 日趋受到期待。这是回收发电厂等排放的二氧化碳并封存至地下深处的技术。据推测，日本可在 11 个地点总计封存 160 亿吨，但难以实施开发的地点很多。

日本政府提出了到 2050 年每年封存约 1.2 亿至 2.4 亿吨二氧化碳的目标。运往海外的封存地等措施必不可少。

据相关机构预测，全球 CCS 的市场规模将以年均 15.1% 的速度增长，从 2022 年的 24 亿美元增至 2027 年的 49 亿美元。着眼于市场的扩大，负责液化二氧化碳运输的海运企业和作为货主的能源企业也开始行动。

日本川崎汽船参加了欧洲最大规模的“北极光” CCS 项目，将在 2024 年以后负责液化二氧化碳运输船的管理和航行。日本商船三井和关西电力也将推进以海运将液化二氧化碳运往封存候选地的调查和讨论。

要普及 CCS，企业能否确保盈利也成为课题。包括能低成本运营的大型液化二氧化碳运输船在内，相关技术开发已成为当务之急。

仅需一次转化——CO₂ 和废塑“巧变”有用物质

科技日报 2023.6.19

英国剑桥大学研究人员开发了一种太阳能反应堆，可将捕获的二氧化碳(CO₂)和塑料

废物转化为可持续燃料和其他有价值的化学产品。在测试中，CO₂ 被转化为合成气，这是可持续液体燃料的关键组成部分；塑料瓶则被转化为广泛用于化妆品行业的乙醇酸。研究成果发表在最新一期《焦耳》杂志上。

剑桥大学化学系欧文·赖斯纳领导的研究团队一直在开发可持续、净零碳燃料，他们利用光合作用原理开发的人造树叶，仅利用太阳能就能将 CO₂ 和水转化为燃料。但迄今为止，他们的太阳能驱动实验使用的是来自钢瓶的纯净、浓缩的 CO₂，要使该技术具有实际用途，还需要能够从工业过程中或直接从空气中主动捕获 CO₂。

为此团队调整了他们的太阳能驱动技术，使其直接用于工业废气或空气，仅利用太阳能，将 CO₂ 和塑料转化为燃料和化学品。

通过向含有碱性溶液的系统鼓入空气，CO₂ 有选择地被捕获，空气中存在的其他气体（例如氮气和氧气）会以气泡形式无害地释出。这一过程使研究人员能够将空气中的 CO₂ 集中在溶液中，使其更易于使用。

集成系统包含光电阴极和阳极。该系统有两个隔间：一侧是捕获的 CO₂ 溶液，被转化为简单的燃料合成气；另一侧，仅利用阳光就可以将塑料转化为有用的化学物质。

与早期技术测试不同，该团队是从工业废气或空气等现实来源中提取的 CO₂，而且让太阳能系统转化了两种有害废物——塑料和废气，将它们变成真正有用的东西。

开拓废弃聚酯塑料循环回收新工艺

中国科学报 2023.6.14

中国科学技术大学教授傅尧和副研究员邓晋团队联合荷兰乌得勒支大学教授沈莉，报道了一种通过乙酸化学解聚实现废弃 PET 塑料升级回收的方案。相关成果日前发表于《自然-通讯》。

PET 塑料为人类生活带来了极大的便利，但也面临着消耗总量大、回收困难等问题。通过目前成熟的 PET 回收方法可以实现从废弃饮料瓶到涤纶纺织品的降级回收。但由于工艺技术和生产成本的限制，目前在工业上很难实现循环回收以及升级回收。

研究人员利用乙酸对废弃 PET 塑料进行解聚。PET 在有机酸中的解聚经历了熔融-溶解-析出的过程。通过乙酸解聚方案，可直接实现从各种废弃 PET 材料到高纯度对苯二甲酸的高效回收。PET 乙酸解聚的另一个产物是具有高附加值的第三代环保型强溶剂乙二醇二乙酸酯。乙酸解聚废弃 PET 材料制备方案对生产工业常用原料对苯二甲酸和乙二醇二乙酸酯具

有很强的经济吸引力。

在此基础上，研究人员提出了“废弃 PET 乙酸解聚-聚合再生”闭环循环的技术方案，并对该过程进行了生命周期评估。结果表明，与从化石资源制备 PET 聚酯的工艺相比，该工艺中不可再生能源消耗和全球变暖潜力分别降低 70%和 40%以上，是目前所有 PET 化学回收方法中，对环境影响最低的。

研究人员介绍，该研究为实现废弃 PET 塑料和涤纶布料的闭环循环提供了一种工业化成本低、经济吸引力强、处理过程更加绿色低碳、对原料来源耐受性更加强大的新途径。

新研究测算我国城镇污水处理系统节水减碳潜力

中国科学报 2023.6.19

近日，中山大学环境科学与工程学院教授陈绍晴团队联合南京大学教授刘蓓蓓、北京师范大学教授陈彬等，系统测算了全国 300 多个地级市城镇污水处理系统的节水减碳协同优化潜力。相关研究在线发表于《自然-水》。

该研究系统分析了我国 300 多个地级市的城镇污水处理厂运行和再生水的分布式数据，搭建了可单独区分污水处理系统的多区域投入产出模型，以此量化各地城镇污水处理厂全生命周期温室气体排放。基于此，研究人员构建了“水-碳”脱钩指标 CIWSA，以即时度量缓解每单位水压力所产生的温室气体排放，通过构建各阶段低碳技术的组合政策情景，测算了未来各地温室气体排放和水压力缓解间的脱钩潜力。

研究发现，2006—2015 年间，我国城镇污水处理系统全生命周期温室气体排放增加了 17 6%。相比之下，温室气体排放强度呈现整体快速下降趋势，污水处理、再生水利用和污泥处置各阶段的排放强度分别下降了 61%、28%和 30%。华北和华东地区大多数城市的温室气体排放虽然普遍较高，但由于再生水利用量较大，这些城市的 CIWSA 值仅为华南和西南地区城市的一半。

在此基础上，如果进一步强化再生水利用，2030 年城市水压力缓解程度将在 2015 年的基础上增强一倍。在污水处理、再生水利用和污泥处置各阶段均采用低碳排放强度的现有处理技术，可实现 27%的减排，足以抵消污水处理量和再生水利用规模扩大带来的影响，预期 2030 年全国整体将实现节水和减碳的深度脱钩。

高温二氧化碳电解研究获进展

中国科学报 2023.6.20

近日，中国科学院大连化学物理研究所包信和院士、汪国雄研究员与吕厚甫博士团队在高温二氧化碳电解研究中取得新进展。团队通过电化学原位表征研究，揭示了固体氧化物电解器阴极动态重构和二氧化碳电解反应机制。相关成果发表于《国家科学评论》。

固体氧化物电解器在高温条件下利用可再生能源将二氧化碳高效电解还原为一氧化碳，是一种极具工业应用前景的负碳技术。然而，在二氧化碳电解过程中，人们对该电解器阴极催化活性位点原位动态重构及二氧化碳吸附活化机理认识仍然不足。

在该工作中，研究团队借助高温原位电化学 X 射线衍射、近环境压力 X 射线光电子能谱和原位 X 射线吸收光谱等表征方法，深入研究了 Ir 掺杂的 SFIrM 钙钛矿催化剂的动态电化学重构特性以及二氧化碳吸附活化机制。

研究发现，在二氧化碳电解过程中，SFIRm 钙钛矿阴极表面偏析溶出高分散、高密度的 IrFe 合金纳米颗粒。随着电压的施加和停止，该合金纳米颗粒表现出相应的形成和消失特征。研究阐明了在二氧化碳电解过程中，电压作为主要驱动力原位促使 IrFe 合金纳米颗粒在钙钛矿表面溶出的机制。

此外，碳酸盐物种作为二氧化碳吸附和活化反应中间体被观测到，其强度随界面的形成与消失而产生变化。并且，IrFe 合金纳米颗粒可通过短暂氧化实现再分散，进一步提高了固体氧化物电解器中二氧化碳的电解稳定性。

研究阐明了 SFIRm 钙钛矿阴极的表面重构过程和催化作用机制，有助于进一步深入研究固体氧化物电解器中二氧化碳的电解过程。

广东实施万余项减排项目：加大氮氧化物和挥发性有机物减排力度

中国环境报 2023.6.21

广东省生态环境厅日前印发了《广东省臭氧污染防治（氮氧化物和挥发性有机物协同减排）实施方案（2023—2025 年）》（以下简称《方案》）。《方案》明确，到 2025 年，广东省主要大气污染物排放总量完成国家下达目标要求，完成 600 余项固定源 NO_x 减排项目、10000 余项固定源 VOCs 减排项目及 2000 余项移动源减排项目。

《方案》明确提出，坚持突出重点、分区域、分行业、分步骤施策，以 8 月—10 月为

重点时段，以广州、深圳、珠海、佛山、惠州、东莞、中山、江门、肇庆及清远等市为广东省大气污染防治的重点城市，其他城市在省级统一指导下开展区域联防联控。

针对钢铁和水泥行业，《方案》要求，2025 年年底前，现有钢铁企业、水泥（熟料）制造企业和独立粉磨站要完成全流程超低排放改造。

对于石化与化工行业，《方案》严禁以重油深加工、原料预处理、沥青、化工项目等名义违规变相审批新上炼油项目，并提升泄漏检测与修复（LDAR）质量及信息化管理水平等。

强化移动源 NO_x 和 VOCs 协同减排，《方案》提出，开展柴油货车污染治理专项行动、燃油蒸发排放控制专项行动和非道路移动机械污染治理专项行动。其中，柴油货车污染治理专项行动要求全省完善机动车遥感监测系统，按要求上传数据到省遥感监测平台，并对遥感监测超标率 10% 以上的重点用车大户开展入户检查。2025 年年底前，柴油车遥感监测覆盖率不低于 60%。

油蒸发排放控制专项行动要求全省逐步实施定期排放检验环节汽油车燃油蒸发排放控制系统检验，重点加油站完成油气回收自动监控设施安装。2025 年年底前，年销售汽油量大于（含）2000 吨的加油站安装油气回收自动监控设施并与生态环境部门联网。

关于重点时段减排，《方案》要求，强化臭氧污染高发时段和季节减排，如合理安排大中型装修、建筑墙体涂刷、外立面改造、道路画线、沥青铺设等市政工程施工计划，尽量错开臭氧污染高发时段（10 时—18 时）和月份（8 月—10 月，应急施工除外）。

同时，针对可能出现的重污染天气，《方案》指出，完善重污染天气应急预案，2025 年年底，优化重污染天气应急预警启动标准。重点城市需综合考虑区域空气质量状况、污染特征以及经济社会发展实际，进一步优化调整启动门槛，调整重污染天气预警启动标准。

“为确保臭氧污染防治措施顺利实施、落实到位、取得实效，《方案》确定了 4 项保护措施。”广东省生态环境厅相关负责介绍，《方案》从加强组织领导、强化监测监控、强化执法监管、完善配套措施 4 个方面提出保障措施。

在执法监管方面，广东省将通过在线监测、远程执法抽查等非现场手段，加强治理设施运行情况的执法检查，利用走航监测、无人机飞检等手段，对污染源集中区域的 VOCs、NO_x、颗粒物等污染物排放水平进行巡检及排查溯源解决问题，利用卫星遥感、视频监控、无人机等先进技术开展露天焚烧全方位、全天候监控。

《方案》还明确，将加快修订完善行业、区域差异化大气污染物排放标准，充分发掘减排潜力。研究实施减排奖补政策，探索建立排污权交易机制，探索通过正向激励的方式引导和鼓励地市推进政策实施等。

我国科学家开辟废弃聚乙烯塑料循环升级新途径

云浮日报 2023.6.29

近日,中国科学技术大学曾杰教授课题组在塑料循环升级领域取得突破性进展。据了解,研究人员设计出一种“氢呼吸”策略,在无需额外添加氢气或溶剂的情况下将高密度聚乙烯塑料转化为高附加值的环状烃类,为废弃塑料的“人工碳循环”提供了新方法。

日常生活中,塑料制品随处可见,然而人们在享受塑料带来的便利的同时,也在承受着塑料污染对自然环境和人类健康的负面影响。解决“白色污染”问题,已迫在眉睫。

聚乙烯塑料是五大通用塑料之一,其稳定性很高,难以自然降解。考虑到聚乙烯和石油相似的化学结构与组成,在此项研究工作中,曾杰等人借鉴石油工业的技术,把废弃聚乙烯塑料当成一种“固体石油”,来加工制备石油基下游化学产品。

石油工业中的两个过程引起了研究人员的注意:一个是短链的汽油馏分催化重整得到更高附加值的环状烃,这个过程会产生氢气;另一个是重质油加氢裂化制备短链烃,这个过程会消耗氢气。

在这两个过程的启发下,研究人员设计出了一种“氢呼吸”策略用以降解高密度聚乙烯塑料。他们开发的分子筛负载金属钨催化剂,可以一边让塑料成环脱氢变成环状烃,“呼”出氢气,一边又让塑料“吸”入其自身释放的氢气,并裂解变成短链烃。

研究人员介绍,这一策略利用聚乙烯自身的氢原子替代外加的氢气,实现了氢元素的“自产自销”,不仅降低了成本,还得到了更高价值的环状烃产物。据了解,环状烃是一种重要的石油化学产品,可以作为合成药物、染料、树脂和纤维的原材料,用途广泛。

中国科学院院士、中国科学院化学研究所研究员韩布兴评价道:“这项研究工作将废弃聚乙烯塑料这类环境污染物用于制备石油基化学产品,为废弃塑料的‘人工碳循环’提供了新方法,为石油的部分替代提出了新思路。”

研究成果日前发表于国际权威学术期刊《自然·纳米技术》。

我国绿色低碳专利授权量年均增速 9.3%

中国电力报 2023.6.27

日前,由国家知识产权局战略规划司组织编制发布的《全球绿色低碳技术专利统计分析报告(2023)》显示,我国对全球绿色低碳技术创新起到重要带动作用,2016年至2022年间,

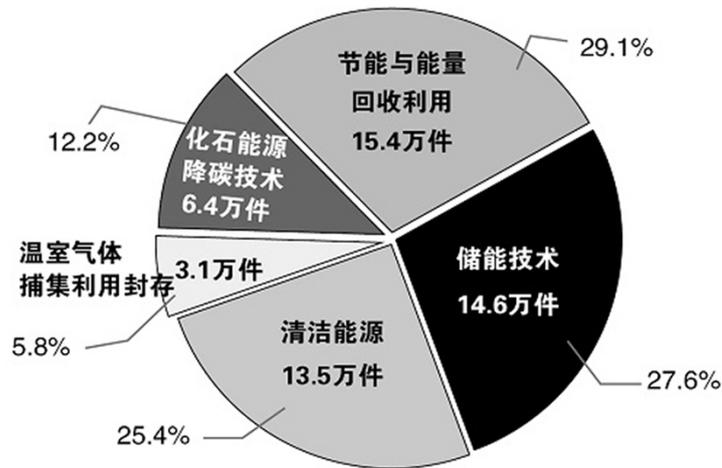
我国授权绿色低碳技术发明专利在全球总量中的占比达 36.8%

化石能源降碳技术领域专利增长主要由我国贡献

在全球其他国家和地区绿色低碳专利授权量整体呈现负增长的情况下，我国授权量保持了年均 9.3% 的增速。全球排名前 50 的专利权人中，我国占据 13 席，居于第二位。特别是在化石能源降碳技术领域，专利增长主要由我国贡献

全球绿色低碳专利布局高度集中在中美日欧韩五局，合计占全球总量的 76.7%

电化学储能成全球绿色低碳专利创新集点



从技术领域看，电化学储能专利授权量规模最大 13.1 万件、增速最快年均增长 15.3%；太阳能 5.3 万件、氢能 27 万件授权量规模在清洁能源领域中排前两位，气能增速最快年均增长 7.7%

我国长三角绿色低碳专利授权量最多

化石能源降碳技术领域，石油及天然气清洁化和煤炭清洁高效利用的授权量呈现先下降后增长态势，年均增速分别为 3.1% 和 61%

清洁能源领域中，授权量规模最大的三个技术领域依次为太阳能 1.7 万件氢能 0.9 万件、风能 0.6 万件

储能技术领域中，电化学储能规模与增速双领先，授权量 4.9 万件，年均增速 19.9%

节能与能量回收利用领域中，节电技术规模最大，授权量 4.8 万件，年均增速 11.8%

温室气体捕集利用封存领域中，二氧化碳的捕集利用封存和其它温室气体减排的授权量分别为 0.5 万件和 0.7 万件

此外，就主要创新区域而言，长三角绿色低碳专利授权量最多，京津冀次之，粤港澳大湾区排名第三

五、太阳能

全球规模最大光伏电站开工

中国电力报 2023.6.1

日前,中国电力建设集团有限公司所属成都院 EPC 建设的西藏自治区昌都芒康昂多 180 万千瓦光伏发电项目开工。该项目是国家“十四五”规划的九大清洁能源基地之一——金沙江上游清洁能源基地新能源开发的先导工程,是目前为止全球规模最大的光伏电站,计划于 2024 年 11 月 30 日实现全部容量并网发电。

金沙江上游清洁能源基地新能源项目,包括芒康昂多 180 万千瓦和贡觉拉妥 80 万千瓦两个光伏发电项目。昂多 180 万千瓦光伏项目作为目前全球在建规模最大、海拔最高、生态环保措施最完善的清洁能源发电项目,建成后年发电量约 54 亿千瓦时,每年可节省标准煤约 167 万吨,减排二氧化碳 374 万吨。

昂多项目位于西藏芒康县昂多乡、洛尼乡境内,距芒康县城直线距离约 45 千米,海拔 4200~4800 米。中国电建具有在超高海拔新能源建设领域的丰富经验,形成了核心优势和全产业链一体化建设能力,此前就成功建成了世界海拔最高风电项目西藏哲古风电场,并正在建设装机规模和海拔位居全球第二的水光互补项目柯拉电站。

芬兰大力推广绿色建筑

人民日报 2023.6.7

芬兰议会不久前批准新的《建筑法案》,将“碳减排”概念全面纳入建筑立法,计划通过引进数字化技术改善建筑质量、推广绿色建筑等,促进建筑行业可持续发展。

根据联合国环境署下辖的全球建筑建设联盟发布的《2022 年全球建筑建造业现状报告》,2021 年在欧洲地区,建筑领域能源需求占能源总需求的 40%,其中 80%来自化石燃料。另有数据显示,芬兰约 1/3 的温室气体排放来自建筑环境。芬兰政府为实现碳中和目标,近年来持续修订法律和出台措施大力推广绿色建筑。

塞罗购物中心是芬兰利用数字技术打造绿色建筑的一个范例。该中心位于芬兰首都赫尔辛基以西城市埃斯波,拥有约 170 家商铺以及配套的图书馆、音乐厅、娱乐设施等。2022 年,来此购物休闲的顾客数量就超过 2100 万人次,是北欧地区规模最大的商场之一。

走进塞罗购物中心,人们首先被大厅内繁多的绿色植物吸引。透明的顶棚让自然光透入商场内部,令视觉空间更加宽敞,也节约照明灯的使用。从建立之初,该购物中心就秉持可

持续发展理念。2003年，塞罗与德国西门子公司展开合作，打造首个建筑自动化系统。20年来，项目通过安装在商场内的供热通风、空气调节设备以及能源数据点、空气质量和温度传感器、智能照明系统，结合店铺出租率及天气数据等，帮助商场确定能源消耗及空气质量等需要改进的关键领域。例如，一旦降雪来临，室外传感器将自动触发融雪系统，将商场外部的积雪融化。这些技术在助力商场减少电力消耗的同时，也优化了购物体验。

塞罗还通过微电网、安装于其屋顶的550千瓦峰值太阳能板、约2兆瓦的电力储存容量等组成的系统，少量生产并储存电力。当电价高时，该商场可以使用其太阳能板生产的自主储存电力。从2010年到2021年，该商场的能源消耗量减少了40%，二氧化碳排放量减少了4157吨。

芬兰历史最悠久的企业之一辛布里乔夫啤酒厂，设置了到2030年实现生产过程脱碳的目标。为实现建筑能源配置优化，啤酒厂引入虚拟电厂、能源储存技术等。虚拟电厂是一套智慧能源管理系统，占地约半个足球场大小，包括一个模块化电力存储设施。这一20兆瓦的电力存储系统于2021年10月并入芬兰国家电网，于2022年3月接入啤酒厂，使该厂能够根据生产实际需要进行灵活的能源消费。

芬兰环境与气候变化部部长玛丽亚·奥希萨洛表示，芬兰十分重视节能减排，国内建筑整体上对低碳排放解决方案的需求很大。未来，芬兰政府还将出台一系列政策措施，推动打造更多更具智能化的绿色建筑。

光伏纳米粒子可用作量子光源

科技日报 2023.6.28

据最新一期《自然·光子学》杂志报道，美国麻省理工学院研究人员证明，新型光伏纳米粒子可发出单一的、相同的光子流，这可能为研发新的量子计算技术和量子隐形传态设备铺平道路。

量子计算的大多数路线使用超冷原子或单个电子的自旋作为量子比特，以构成此类设备的基础。大约20年前，一些研究人员提出使用光作为基本量子比特单位的想法。这样做的好处在于无需再使用控制量子比特的昂贵而复杂的设备，只需要普通的镜子和光学探测器。

研究人员表示，有了这些类似量子比特的光子，就可用家用线性光学系统建造一台量子计算机。因此，这些光子的准备是关键，他们最终选择了铅-盐类钙钛矿纳米颗粒。纳米颗粒形式的卤化铅钙钛矿有着极快的低温辐射速率，光发射得越快，输出就越有可能具有定义

明确的波函数，因此，快速的辐射速率使卤化铅钙钛矿纳米颗粒能够发射量子光。

为了测试它们产生的光子是否真的具有这种特性，研究人员采用了标准测试，即检测两个光子之间的洪—欧—曼德尔干涉。在没有任何辐射增强或光子结构的情况下，结果显示高达 0.56 ± 0.12 的校正可见度。这些结果证明了钙钛矿纳米晶体作为不可区分的单光子的可扩展胶体源的独特潜力。

太阳能领域投资有望超越油气

中国能源报 2023.6.5

近十年来，全球清洁能源产业快速扩张，其中，太阳能发电凭借成熟的供应链和低廉的度电成本成为当前最具竞争力的投资热点，也成为各国争相发力的重点赛道。业界估计，随着新兴经济体不断加大清洁能源投入，今年，全球太阳能领域投资有望首次超过油气，创下历史纪录。

新兴经济体集体发力

近日，印尼国有公用事业公司 PLN 发布声明称，计划寻求 7 亿美元投资在本土建设装机容量为 20 万千瓦的光伏发电站，希望以太阳能替代当前使用的柴油发电厂，降低二氧化碳排放水平。在 PLN 目前制定的企业愿景中，光伏发电将是其实现碳中和的重要手段之一。

据了解，早在 2021 年，印尼就设定“到 2060 年实现净零排放”的目标，当年 7 月，印尼向联合国提交应对气候变化的最新国家自主贡献目标；2022 年，印尼发起“公正能源转型合作伙伴关系”（JETP）项目，希望能够通过多方合作的方式吸引 200 亿美元资金，用于推动本土乃至整个东南亚地区能源转型。

路透社援引 PLN 最新发布的声明称，印尼正是希望通过 JETP 项目为光伏项目筹集资金。PLN 董事 Evy Haryadi 在声明中指出，此次光伏发电项目所取代的柴油发电总产能为 100 万千瓦，当前寻求新建的光伏发电站仅是该项目开发的第一阶段，未来将进一步利用太阳能发电项目提高柴油替代水平。

业界数据显示，目前，印尼能源供给 2/3 以上仍来自于煤炭，而到 2060 年，印尼能源供应中预计 85% 都将来自于可再生能源，核能占比预计达到 14%，这也意味着该国有巨大的可再生能源发展潜力。

实际上，印尼对太阳能产业的热情正是全球清洁能源产业扩张的缩影。国际能源署最新公布的数据显示，新兴市场和发展中国家已经成为推动全球清洁能源增长的重要力量，印度、

印尼、沙特、巴西等国家都纷纷加大对清洁能源的投入。

太阳能尤获资本青睐

从当前各大新兴经济体和发展中国家制定的清洁能源转型政策来看，太阳能成为多国电力脱碳的“首选”。以印度为例，该国提出到 2028 年完成至少 2.5 亿千瓦清洁能源新增装机招标目标，其中预计有 80%都将是太阳能发电；同时，还将鼓励投建本土光伏产业链。

中国、美国、欧盟等清洁能源发展相对成熟的经济体同样也在积极投建光伏项目。总体上看，太阳能已成为当前能源领域中最受资本青睐的清洁能源。

国际能源署数据显示，过去几年，全球包括风电、光伏、核电、水电在内的清洁能源投资都出现增长，在细分领域，太阳能投资增速最为显著。该机构预测认为，到今年末，全球太阳能领域每日获得的平均投资有望超过 10 亿美元，全年投资总额将超过 3800 亿美元，成为历史上首次超过油气上游领域投资的清洁能源。

仍存多重挑战

不过，虽然全球清洁能源，尤其是光伏领域投资表现突出，但国际能源署也提示，当前，全球清洁能源投资水平距离达成既定气候目标还有距离，新兴经济体和发展中国家的清洁能源投资增长仍面临着诸多瓶颈，如薄弱的电网基础设施、高昂的融资成本等，这些因素都可能导致可再生能源发电接入准备不足。

同时，2022 年全球风电和光伏度电成本都在近十年的下降后“逆势”上涨。2021 年初到 2022 年底期间，欧洲光伏和陆上风电度电成本分别出现 30%和 15%的上涨；同时，受制于通胀压力和供应链问题，国际风电整机制造商去年纷纷亏损，风电板块扩张尤其承压。

为进一步提高全球清洁能源投资水平，国际能源署指出，应尽快推动新兴经济体的清洁能源投资，帮助新兴经济体改善投资环境、降低投资风险，也应增加优惠资金和专门支持。

卫星首次成功向地球传送太阳能

中国科学报 2023.6.8

研究人员朝着实现一个长期梦想迈出了小而必要的一步：在太空中收集太阳能并传回地球。6月1日，实验搭建者、美国加州理工学院宣布，1月发射的一颗卫星已将微波束的能量导向太空中的目标，甚至还将一部分能量发送到地球的探测器上。“以前没有人这样做过。”欧洲空间局（ESA）太空科学家 Sanjay Vijendran 说，“他们通过展示这种能力，为这个梦想的实现增加了信心。”

长期以来，可靠性一直是太空太阳能发电面临的挑战。为了产生与典型的燃煤或核电站一样多的电力，卫星需要覆盖方圆数公里的收集区域，需要数百次发射和在轨组装。美国宇航局在 20 世纪 70 年代能源危机期间策划了一次任务，但以当时的技术，这项由航天飞机搭载卫星升空并由宇航员组装的任务将耗资 1 万亿美元。从那以后，就很少有人提及了。

如今，太空发生了变化。太阳能电池和微波光束更便宜、更高效。组装机器人将很快进入轨道，SpaceX 等公司已经大幅削减了发射成本。ESA 和英国政府最近委托有关机构进行的研究表明，大型轨道发电机很快就能以与地面核电站相当的成本发电。

加州理工学院的这项任务旨在更进一步开发轻便、廉价和灵活的部件。微波发射器是一个由 32 个平面天线组成的阵列，排列在比餐盘稍大的表面上。通过改变发送到不同天线的信号的时间，研究人员可以控制阵列的波束。他们把它对准一对微波接收器，然后随意将光束从一个接收器切换到另一个接收器，并点亮每个接收器上的 LED。

微波发射器的发射功率很小，只有 200 毫瓦，比手机摄像头的光还暗。但该团队仍然能够将微波束引向地球，并用接收器探测到它。“这是一个概念验证。”加州理工学院电气工程师 Ali Hajimiri 说，“它表明了整个系统可以做什么。”

加州理工学院的航天器还有两个计划中的实验。其中一个正在测试 32 种不同的太阳能电池，看哪一种能耐得住严酷的太空环境。第二个是一块折叠的超轻复合材料，它将展开成为一个两米宽的帆状结构。虽然帆上不会安装任何太阳能电池，但它旨在测试未来发电站所需的轻薄、灵活的大型装备。

人们对太空太阳能的兴趣似乎越来越大。ESA 今年委托有关机构进行了两项关于轨道发电站潜在结构的研究。Vijendran 说，能源供应公司已经加入了这项工作。日本京都大学团队上个月宣布，他们将与日本宇宙航空研究开发机构合作，在轨道上测试电力传输。

日本电气工程师 Naoki Shinohara 说，他很高兴听到加州理工学院取得成功的消息，“但同时我也很失望，因为日本人的目标是在 2025 年进行世界上第一个（无线电力传输）卫星实验”。

初创公司 Virtus Solis Technologies 也一直在测试电力传输，并计划在 2026 年将一个试点工厂送入轨道。该公司首席执行官 John Bucknell 表示，打算在 10 年内向客户提供商业电力。“太空太阳能利用技术是唯一一种清洁、可靠、可扩展的能源技术，是实现零碳排放的可靠途径。

新材料“吃进”低能光，“吐出”高能光，可将太阳能电池板尺寸减小百分之三十

科技日报 2023.6.14

美国得克萨斯大学奥斯汀分校研究人员领衔的团队创造了一种新型材料，可吸收低能量光并将其转化为高能量光。这种新材料由超小硅纳米粒子和有机分子组成，能有效地在其有机和无机成分之间移动电子，可用于更高效的太阳能电池板、更精确的医学成像和更好的夜视镜。研究成果发表在最新一期《自然·化学》杂志上。

复合材料由两个或多个组件组成，这些组件在组合时具有独特的特性。例如，碳纤维和树脂的复合材料可用作飞机机翼、赛车和许多运动产品的轻质材料。在新研究中，材料的设计方法采用了两种截然不同的物质——硅和有机分子，并将它们结合得足够牢固。无机和有机成分结合在一起创造出的混合材料，显示出与光的独特相互作用和全新特性，与这两种成分完全不同。

这些特性有能力将长波长光子（如红光，能很好地穿透组织、雾和液体）转化为短波长蓝色或紫外线光子。这意味着该材料可用于多种新技术，例如生物成像、基于光的 3D 打印和帮助自动驾驶汽车穿越雾气的光传感器。

采用低能量光并使其具有更高能量，还有助于提高太阳能电池的效率，因为其可捕获通常会穿过它们的近红外光。优化技术后，捕获低能量光将使太阳能电池板的尺寸减小 30%。

将确立退役风电光伏回收处理商业模式

中国能源报 2023.6.12

国家能源局近日发布的《<关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案>案例解读》第四、五章（下称《案例解读》）提出，推动退役风电机组、光伏组件回收处理技术和相关新产业链发展，实现全生命周期闭环式绿色发展。下一步，将加快政策与标准制定，尽快完善行业标准、技术规范、认证体系等，确立合理的商业模式。

2022 年 5 月，国务院办公厅转发了《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》（下称《实施方案》）。《实施方案》锚定到 2030 年，我国风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上的目标，重点针对影响新能源大规模、高比例发展的政策堵点、痛点、空白点等，提出切实可行、具备操作性的政策措施。此后，国家能源局组织编写了案例解读材料，对各政策点的背景、目的，已经出台的措施及下一步政策落实方向等进行了详细阐述。

《案例解读》称，进入“十四五”，我国风电机组、光伏组件将逐步迎来集中退役，随之面临关键部件的批量化处置问题。以光伏为例，我国是光伏组件制造和应用大国，组件产量占全球 3/4 以上，在应用方面，新增和累计装机容量均连续多年保持全球第一。截至 2021 年底，我国光伏累计装机容量已达 3.06 亿千瓦，若以每块光伏组件 300 瓦、体积 0.066 立方米、重量 19 千克计算，即使仅考虑目前我国已有的装机容量，当全部光伏电站 25 年运行期满后，废弃的光伏组件将产生约 6700 万立方米、约 2000 万吨的固体废物。

“若这部分固废得不到及时、恰当的处理，显然不利于产业的长远健康发展。对此，产业链上下游一直在积极探索，已经初步形成了一些技术路线，但由于市场规模小、回收综合利用价值低，企业的投资积极性不高，导致此类技术尚未实现产业化。此外，组件回收相关政策 and 标准也有待完善。”《案例解读》显示。

《案例解读》称，下一步，需要重点开展以下几项工作：

一是加快政策与标准制定。尽快完善行业标准、技术规范、认证体系等，确立合理的商业模式，逐步推出综合利用产品绿色认证，研究给予税收政策优惠或向产业化生产线建设提供国家预算内资金支持；

二是完善风电机组、光伏组件回收处置办法。在广泛征求生产企业、科研院所、循环利用环保机构的意见建议基础上，制定风电机组、光伏组件固废处理标准、复合材料固废处置企业主体评价准则、跨区域处置办法，有针对性地开展项目示范。同时，建立跨行业的合作交流机制，促使其他行业参与风电机组、光伏组件回收技术的应用示范，对使用再回收产品的项目和企业给予政策倾斜。对于回收再利用产品制定要求，放宽产品标准指标，限定适当的使用条件和场景供市场选择；

三是开展风电机组、光伏组件回收再利用技术研究。优化资源化回收再利用技术，重点解决回收再利用方法的技术路线、设备产业化以及后物料的规模化应用等难题。引导科研机构、高校、固废回收企业研发更高效、更环保的回收处置工艺，拓展应用场景。鼓励设备制造企业完善回收再利用体系，培育风电机组、光伏组件制造、使用、回收再利用的完整产业链；

四是强化新材料研发，实施技术改造延长风电机组、光伏组件的使用寿命。

开启海上光伏“探照灯”——国内首个近海开放海域固定式光伏

HG34 实证项目离网运行稳定

中国电力报 2023.6.13

截至6月1日，国家电投山东海阳HG34海上固定式光伏实证项目（以下简称“HG34实证项目”）离网运行已满一个月，项目运行稳定，发电数据监测良好。

HG34实证项目由国家电投山东能源、山东电力工程咨询院有限公司联合隆基绿能科技股份有限公司（以下简称“隆基绿能”）实施，是国内首个在近海开放式海域条件下进行的桩基固定式海上光伏项目。

海上光伏项目的试金石

2022年5月，山东省首批桩基固定式海上光伏项目竞争配置，正式打响全国海上光伏“第一枪”，10个项目总规模高达11.25吉瓦，广受行业关注。月余后，竞配结果正式出炉，国家电投、国家能源集团、山东能源集团等19家企业“首吃螃蟹”。其中，装机规模最大的HG34项目（270万千瓦）头号项目花落国家电力投资集团有限公司。

海上光伏在全国乃至全球规模化开发尚处于起步阶段，无行业设计标准、缺乏成熟技术方案、推进难度远远大于预期等问题是摆在投资者面前的现实难题。且海上光伏受复杂海洋环境影响，抗波浪、抗海冰、抗寒潮、抗盐雾等关键技术亟待突破。为安全和保险起见，率先开展实证项目成为破局的关键，HG34实证项目应运而生。

该项目位于烟台市海阳海域，离岸6.5千米，平均水深7米，分别建设308千瓦大模块和92.4千瓦小模块两种实证方案，通过防腐蚀、抗浪潮、抗台风、抗洋流、防浮冰等方面的探索，成为未来HG34项目的试金石，将为后期建设方案提供主要设备适用性和工程经济性等关键数据。

“本项目采用混凝土小模块与钢结构大航架两种桩基形式，期望通过两种桩基结构形式的验证，实现对桩基式海上光伏各种技术方案的验证。”山东电力工程咨询院有限公司海工事业部总经理安杰表示，“该项目采用隆基定制化Hi-MO 5光伏组件，对项目的安全可靠起到关键支持作用。”

实现“0到1”的突破

HG34实证项目如同照亮深海的一束光，在技术、施工及运维多方面实现“0到1”的突破。

在技术创新上，针对海上光伏应用场景开发定制化组件，其抗腐蚀、抗风及抗衰减能力

均为行业最高水平。值得一提的是，5月31日，隆基绿能荣获国家太阳能光伏产品质量检验检测中心（CPVT）颁发的光伏组件差异化耐候性“国品优选”——深蓝海洋环境检测证书，成为首批获得该检测证书的企业，标志着中国光伏先进产品已具备走入深海的技术水平。

在施工组织上，创新两个“一次性”，即一次性完成陆上模块结构拼接、组件及桥架安装、电缆敷设，一次性海上吊装就位。海上吊装过程一般会对组件的抗隐裂能力造成严峻挑战，而据中检集团南方测试股份有限公司出具的检测报告显示，该项目使用的光伏组件外观良好，无隐裂情况发生。在保障运维上，光伏组件下端高于平均水位7米以上，底部空间充足，可快速、高效、安全满足不同型号运维船只通航需求。隆基绿能中国地区部副总裁夏珂表示，“HG34实证项目的技术和经济指标将是海上光伏规模化、商业化发展的探照灯，对光伏下海的速度和深度具有重要参考价值。”

6 省份开展分布式光伏入网评估试点

中国电力报 2023.6.15

近日，国家能源局综合司印发《关于开展分布式光伏接入电网承载力及提升措施评估试点工作的通知》（以下简称《通知》）。《通知》明确，综合考虑近年来分布式光伏装机增速、装机规模、光伏消纳利用情况等因素，选择山东、黑龙江、河南、浙江、广东、福建6个试点省份，每个省选取5~10个试点县（市）开展试点工作。试点工作时间为期1年。

《通知》要求各试点省份能源主管部门会同电网企业按照《分布式光伏接入电网承载力及提升措施评估试点实施方案》（以下简称《实施方案》）要求，积极有序开展试点工作，按期完成年度研究评估和结果公布相关工作。

《实施方案》提出总体安排。以电网企业为主体按年度组织开展接网承载力及提升措施研究分析，组织相关试点省份电网公司以省级为单位组织编写《省级分布式光伏接入电网承载力及提升措施研究分析报告》（以下简称《分析报告》）；省级能源主管部门组织电网企业公布评估结果并做好接网工作，引导企业、居民做好分布式光伏开发建设工作；国家能源局组织第三方咨询机构开展抽查评估，对《分析报告》中涉及的省级电力系统整体影响、分布式光伏接入关键因素和提升措施的可行性进行重点评估；国家能源局组织完善评估办法，逐步完善相关政策，指导各地试点实践；地方能源主管部门应统筹推进省内各项工作，结合发布的评估结果，在规划制定、项目开发等环节积极引导分布式光伏合理布局、有序建设，促进源网协调发展。

全球最大水光互补电站正式投产发电

环球时报 2023.6.26

《环球时报》6月25日从中国电建成都勘测设计研究院（下称成都院）获悉，由该院设计采购施工总承包建设的全球规模最大、同时也是全球海拔最高的水光互补电站——柯拉光伏电站当日正式投产发电，在全球首次将水光互补电站的运行规模提升到百万千瓦级别。

据了解，柯拉光伏电站是雅砻江流域清洁能源基地“十四五”时期首个开工建设的水光互补电站，装机100万千瓦。它位于雅江县西部柯拉乡境内，海拔4000米至4600米，场址面积约1600万平方米，相当于2000个标准足球场。

水光互补电站是全球新能源发电的一种更为高效的形式。光伏发电虽然已成为获取清洁能源的新途径，但光伏发电通常白天发电效率高，到了晚上就得“休息”，遇到阴天、下雪、沙尘暴，还会出现波动性。这样的电能直接接入电网，容易出现“电压不稳”的情况，这时“水光互补”就成了有效解决方案。

柯拉项目设计总工程师吴迪介绍称，由于光伏发电具有不稳定性、波动性、间歇性，给电网安全带来一定影响。为了让它“稳定”下来，柯拉电站产生的电能并不直接进入电网，而是接入成都院设计的两河口水电站，在水电站内进行“加工”成为稳定的电能，再安全地接入电网。“当光伏发电充足时，还可以减少放水发电，将水资源储存在水库中。待到用电高峰，再将储存的水放出发电，从而增加发电量。最终实现清洁资源的高效利用。”

据了解，柯拉电站整个项目光伏板数量达200多万块，而项目中有一半光伏板铺设在跟踪式可旋转光伏支架上，它们可以像向日葵一样跟着太阳的轨迹旋转，发电效率从而提升15%。

成都院负责人张世殊表示，柯拉电站建成后，每年发出的电量可节约标准煤超60万吨、减少二氧化碳排放超160万吨，对实现“碳达峰、碳中和”目标，优化国家能源结构，助力构建“绿色低碳安全高效”的现代能源体系具有示范引领作用。

柯拉电站于2022年7月开工建设。项目经理李涛介绍称，在建设过程中，大风、暴雪、冰冻等极端天气频发，加上高寒缺氧、工期紧张，给工程建设带来严峻考验。成都院又是承担其中海拔最高、规模最大、地形最复杂的工程任务。部分区域海拔超过4600米，七八月份也时常遭受大雪侵袭。此外，昼夜温差大造成土壤反复冻融，形成“冻豆腐”一样的结构，需要在半米深的冻土层打入基础桩。为此项目联合成立攻坚队，创新开展“引孔-静压-回填”

工法，将原本疏松的“冻豆腐”夯实稳固。

据了解，作为清洁能源的创新引领者，成都院普查规划雅砻江流域水风光等能源资源超1亿千瓦，雅砻江能源基地全部建成后，将成为世界规模最大的绿色清洁可再生能源基地之一。

基于新原理的高性能有机发光材料研发成功

中国科学报 2023.6.26

有机发光二极管（OLED）是新一代信息显示技术，具有低能耗、柔性轻薄、超强感官体验等优势，可满足丰富的场景化应用，为可穿戴、车载、教育、医疗等智能终端提供了新的可能。

在国家自然科学基金重大研究计划“面向能源的光电转换材料”支持下，科学家提出了突破现有发光理论框架的新发光机制，制备出大面积柔性白光 OLED 照明器件，在国际上首次实现了晶圆级有机半导体单晶制备。

高效率 OLED 是提升能源利用效率、实现绿色低碳及实施“双碳”战略的重要助力。当前，在有机半导体发光材料体系发展中，第二代磷光材料和第三代 TADF 材料的核心技术专利均被日本、美国、德国等外国公司所掌握，关键的 OLED 发光材料及器件制备设备的国产化程度还很低。

中国科学院院士、华南理工大学教授马於光表示，应当首先探寻新发光原理、发展新研究方法，并基于此开发系列新发光材料，从源头上创新，突破国外核心专利壁垒。

科研人员突破现有光物理理论框架，利用“高能反系间窜越”的原理，实现 100%单线态激子发光的“热激子”机制，研制出拥有独立知识产权的有机发光材料新体系，为新一代低成本光材料的设计制备提供了全新路径。

基础研究促进产业发展。基于该机制的热激子蓝光材料在主要性能上优于现有产线材料，已开始在京东方、华星光电等企业开展产线上验证，并成立东莞伏安光电科技有限公司推进量产应用。

同时，他们发现一类全新的高稳定性、高发光效率自由基发光材料体系。其具有双线态特征，从而在源头上规避了暗态（T）的形成，并由此提出了“自由基双线态发光”这一全新原理。基于此类材料设计的新器件在性能上取得重大突破，是当时报道中效率最高的红光材料。

科研人员发现了激活 T 的聚集体结构及室温磷光材料，建立和发展了室温磷光的理论模型，引领了纯有机室温磷光研究方向。

此外，科研人员还提出了“H 聚集稳态三线态激子”的分子设计策略，实现纯有机分子三线态激子的高效利用，开发出单一有机晶体材料下的多彩长余辉显示，创制出首例多彩有机“夜明珠”。

白光 OLED 作为新一代固体照明光源，具有高能效、绿色环保、面光源、发光均匀、光线柔和、色温可调、低成本、大面积、可实现柔性化等优点。然而，高效率、大面积、柔性白光 OLED 照明器件集成是发展白光 OLED 照明器件面临的挑战。

对此，科学人员通过合作攻关，研制出大面积、高导电率、高透光性的银柔性透明电极，实现了纳米尺度的光学耦合调控，最终将柔性透明电极与光学器件耦合集成，获得了创纪录的高效柔性白光照明器件。

高效有机光伏材料与器件成功制备

中国科学报 2023.6.26

有机太阳能电池利用有机半导体光伏活性材料实现太阳光能向电能转化利用，是具有重要应用潜力的新型光伏技术，包含大量的基础科学与技术问题，也是国际竞争最为激烈的研究前沿之一。

其中，给体、受体光伏材料和电极界面修饰层材料是有机太阳能电池的关键材料，而如何提升光-电能量转换效率是材料研究的核心问题。

在国家自然科学基金重大研究计划“面向能源的光电转换材料”支持下，我国科学家设计合成了系列新型高效有机光伏材料，制备了高效有机太阳能电池器件。

中国科学院院士、中国科学院化学研究所研究员李永舫表示，研发新型电子受体材料以及与之匹配的新型聚合物电子给体材料，优化相应活性层形貌，从而提升器件光伏性能，是该领域的迫切需求。重大研究计划立项之初，富勒烯衍生物在有机受体光伏材料中占有支配性地位。但是，这类受体材料的光吸收性能较差、电子能级难以调控、能量损失大，这导致有机太阳能电池的能量转换效率最高只能达到 12%。

为攻克富勒烯衍生物受体存在的问题，我国科研人员于 2015 年原创开发了具有稠环给电子（D）中心单元和强吸电子（A）末端的 A-D-A 型有机小分子受体光伏材料。这类受体材料具有窄带隙、宽吸收、合适的电子能级和易加工制备等突出优点。基于这类小分子受体

和宽带隙聚合物给体材料的有机太阳能电池能量转换效率达到了 11%~14%的水平。

在此基础上，科研人员进一步合成了 A-DAD-A 结构的新型小分子受体光伏材料，尤其是以苯并噻二唑为 A 单元的受体 Y6，吸收边红移至 900 多纳米，还具有合适的电子能级、强的聚集性能、低的激子束缚能。基于 Y6 及其衍生物受体的有机太阳能电池的能量转换效率已从 2019 年报道的 15.7%迅速提升至最近的超过 19%，达到了可以向实际应用发展的水平。这类新型窄带隙有机小分子受体光伏材料得到了国际同行的普遍认可，并被广泛使用，引领和推动了有机光伏领域的发展。

此外，开发与窄带隙受体匹配的高效聚合物给体光伏材料对提升有机太阳能电池的能量转换效率十分重要。科研人员原创设计了多种基于带噻吩共轭侧链的苯并二噻吩给电子解耦给单元的 D-A 宽带隙共聚物给体光伏材料，与受体高度匹配，获得了优异的有机光伏性能。尤其值得一提的是，2018 年报道的具有简单结构的低成本聚合物给体 PTQ10，其二元有机太阳能电池的能量转换效率超过 18.5%，三元器件的能量转换效率超过 19%。

基于聚合物给体和聚合物受体的全聚合物太阳能电池具有成膜性好、柔韧性好和稳定性好的突出优点。然而，早期的全聚合物太阳能电池由于缺少高效的聚合物受体，效率较低。2017 年，科研人员提出了窄带隙小分子受体高分子化的策略，基于 A-D-A 型和 A-DAD-A 型小分子受体制备了高效聚合物受体光伏材料，尤其是基于 A-DAD-A 型小分子受体的聚合物受体光伏材料，使全聚合物太阳能电池的能量转换效率超过 18%。

“分布式光伏+新能源汽车”可促进农村能源转型

中国能源报 2023.6.26

“发展分布式光伏最大的舞台在农村，推广新能源汽车最大的需求潜力也在农村。”近日，国家电网有限公司副总工程师兼营销部主任李明在 2023（第二届）农村能源发展大会上说。据预测，未来 5 年，农村光伏至少有 1 万亿元的投资潜力。2024—2028 年，我国农村新能源汽车消费将约有 2 万亿元的空间。如何让新能源汽车成为分布式光伏就地消纳的重要力量？二者将如何融合促进我国农村能源转型呢？

优势互补形成良性互动

“截至今年 4 月底，我国累计并网分布式光伏发电 1.8 亿千瓦。”国家能源局总工程师向海平说，建议积极推动“光伏+”模式，规范推进屋顶分布式光伏开发，全面提升农村电网分布式可再生能源承载能力，从而促进分布式可再生能源就地消纳利用。同时，统筹充电

网络建设和输配电网发展,加强充电基础设施配套电网建设运营维护,服务新能源汽车下乡。

新能源发电波动性大,需要调节电源。“如果通过政策引导,让新能源汽车在‘发电高峰充电,用电高峰放电’,就可以弥补新能源发电的缺点。”李明说,新能源汽车可以作为储能单元,通过有序用电和 V2G 技术,与电网形成良性互动。

在李明看来,发展分布式光伏和推广新能源汽车是我国减排降碳的重要措施。“以 20 千瓦的户用光伏为例,年发电 2 万千瓦时,相当于节约煤 7.2 吨,减排二氧化碳 19 吨。在相同行驶里程条件下,相比燃油汽车,新能源汽车在能源消耗环节的碳排放降低 25%以上。”

“今后若将分布式光伏与新能源汽车深度融合,不仅可以降低农村生产生活的运营成本,而且可以促进农村节支增收,从而加快农业农村现代化进程。”李明称。

循序渐进“三步走”

如何建立分布式光伏和新能源汽车下乡融合发展规划?“第一阶段要以消纳为重点,推动分布式‘光伏+新能源汽车’协同发展,促进光伏就近就地消纳。”李明说,该阶段的重点任务是快速提升农村新能源汽车的保有量。“比如要统筹抓好充电基础设施建设,实现县县有站、乡乡有桩、家家能租的局面;同时,可以探索‘装光伏送汽车’‘买汽车送光伏’模式。”

在李明看来,第二阶段要把“有序”当成重点,满足农村居民绿色出行和光伏消纳需求。“此阶段要全面推广有序充电技术,引导新能源汽车主动参与分布式光伏消纳,解决光伏发电与新能源汽车充电时间错配问题,缓解大规模无序充电,进一步提升光伏就地消纳能力,持续扩大消纳规模。”

“第三阶段则以‘储能’为重点,实现光车储网一体化协同。”李明强调该阶段重点是在 V2G 技术成熟的前提下,进一步挖掘新能源汽车的储能价值,研发分布式光伏到新能源汽车再到配电网的智能互动技术,丰富应用场景,降低产品成本,创新商业模式。

规划衔接促融合

目前我国广大农村地区存在大量可再生能源,却未得到充分开发。“特别是中东部地区,存在大量零散的未利用土地,以及屋顶、棚顶等资源,可以大力推动风光分布式、分散式开发。”水电水利规划设计总院总规划师张益国说。

大会同期发布的《发展清洁能源 服务乡村振兴》倡议书中也建议,积极推进农村分布式能源发展,实现农村绿色能源就近消纳,加快推进农村分布式新能源发展,利用空白土地资源,积极推进分布式光伏开发。

“未来,首先要统筹光伏发展与电网规划建设,将电网规划与充电基础设施规划、空间

规划相衔接，增加变配电的布点，提升配网供电能力和运行的灵活性，保障充电基础设施并网运行和分布式光伏发展需求。”李明说。

在支持农村绿色能源并网消纳方面，李明说：“要支持农村分布式光伏灵活接入，自由转化和就近利用，全力支撑千家万户沐光行动，推动农村能源革命试点县建设，深化‘新能源云’‘网上国网’等线上渠道应用，引导新能源汽车主动发展。”

“在优化充电基础设施供电服务上，我们将实施充电基础设施全覆盖补空白行动，服务各类社会主题投资充电设施，加强补网存量充电基础设施升级改造和运行维护，提升农村供电基础设施在报装、结算、服务方面的高质量保障新能源汽车下乡充电需求。”李明称，“此外，我们还将加快相关制度标准体系建设，推动完善智能有序充电标准体系，实现车桩平台等各个环节标准贯通，加快修订完善现行车桩标准有序充电的相关条款，制定 V2G 标准体系光加和实施路线图，逐步构建完整的 V2G 标准体系。”

水光蓄互补联合发电助力清洁能源更高效消纳

国家电网报 2023.6.20

近年来，四川持续扩大清洁能源开发规模。国网四川省电力公司依托国家重点研发计划，在小金川流域建成投运国内首座全功率变速抽水蓄能电站和世界首个梯级水光蓄互补联合发电系统，实现了梯级小水电、光伏发电、变速抽水蓄能的互补联合运行和智能调度，提升了清洁能源电源友好并网水平和电量消纳水平。

联合国工业发展组织于近日发布《世界小水电发展报告（2022）》，由国网四川省电力公司牵头建成的四川小金川流域梯级水光蓄互补联合发电系统入选典型案例，是 12 个典型案例中唯一来自中国的案例。

2 月 25 日，国网四川电力牵头的项目创新成果“梯级水光蓄互补联合发电关键技术、装备研发及应用”通过中国电力企业联合会科技成果鉴定。项目攻克了梯级水光蓄互补联合发电世界级难题，研究成果整体达国际领先水平。该成果依托国家重点研发计划项目“分布式光伏与梯级小水电互补联合发电技术研究及应用示范”等项目形成。

2022 年 5 月，国网四川电力在小金川流域建成投运国内首座全功率变速抽水蓄能电站和世界首个梯级水光蓄互补联合发电系统，实现了梯级小水电、光伏发电、变速抽水蓄能的互补联合运行，形成了全功率变速抽水蓄能机组设计、制造、控制以及调试等成套技术，打破了国外技术垄断，对助力构建新型电力系统、支撑清洁能源高效消纳具有重要意义。

探索梯级水光蓄互补联合发电模式

四川清洁能源资源丰富，水能资源技术可开发量达 1.48 亿千瓦，居全国第二位。川西“三州一市”各流域河谷内太阳能资源丰富，但光伏发电出力具有强随机性和波动性。

国网四川电力副总工程师、“分布式光伏与梯级小水电互补联合发电技术研究及应用示范”项目负责人韩晓言介绍，小金川流域梯级水光蓄互补联合发电系统由 19.5 万千瓦梯级水电、5 万千瓦光伏发电和 0.5 万千瓦变速抽水蓄能组成，其中，变速抽水蓄能机组为全新研制，是国内首台投入工程运行的全功率变速抽水蓄能机组。

四川电力科学研究院副院长丁理杰介绍，梯级水光蓄互补联合发电一般包括三种形式的互补：一是中长期电量资源的互补，水电和光伏发电天然存在互补性，丰水期水电出力较多、光伏发电出力较少，枯水期水电出力受限、光伏发电出力较大；二是短期调度计划的互补，在日内，白天光伏大发时，利用富余电力将水从下库抽到上库储存，等晚间或用电高峰时，再从上库向下库放水发电；三是实时控制层面的互补，光伏发电出力波动可分为短时快速波动和慢速波动，慢速波动为分钟级，快速波动一般为秒级，利用梯级水电补偿光伏发电的慢速波动，变速抽水蓄能补偿光伏发电的快速波动，实现对功率波动的快速平滑抑制。多层互补能实现水电、光伏发电、抽水蓄能三种能源方式的运行最优化，提升光伏发电等新能源电源的友好并网水平。

国网四川电力于 2018 年成立大规模清洁能源送出研发团队。团队历时 4 年提出了全功率变速抽水蓄能变流器、调速、励磁、监控系统的协调控制策略，联合国电南瑞科技股份有限公司等单位研制了国内首套全功率变速抽水蓄能自动控制保护设备和系统，实现变速抽水蓄能二次关键核心技术的自主可控；提出全功率变速抽水蓄能保护配置和整定方法，适应发电、抽水、旁路等多个运行工况，实现了全功率抽水蓄能机组控制保护设备的工程应用；攻克了梯级水光蓄互补系统联合运行控制与调度技术难题，研制了世界首套梯级水光蓄互补电站联合运行分析、控制与调度系列软件。

这些创新攻克了梯级水光蓄互补联合发电系统联合运行调度控制和全功率变速抽水蓄能技术难题，有助于实现多种能源的安全、高效、协同运行，助力清洁能源消纳。

自主创新攻克难题填补技术空白

5 月 25 日清晨，阿坝州小金县春厂坝电厂内，几名技术人员围在电脑前。“5、4、3、2、1，开始！”指挥员下达了指令，一阵轰鸣声传来……他们正在进行变速抽水蓄能功率阶跃响应试验，通过灵活调节变速抽水蓄能机组出力，让它与光伏等新能源发电机组互补运行。

相较于传统的定速抽水蓄能，变速抽水蓄能具有运行效率高、响应速度快、调节范围广、

抽水功率可调等优点，可满足水光蓄互补发电要求。但国内尚无连续变速抽水蓄能机组应用的先例，机组控制和保护技术更是空白。面对挑战，国网四川电力大规模清洁能源送出研发团队联合中国水科院、哈尔滨电机厂、国电南瑞等单位研发出国内首台全功率变速恒频可逆式抽水蓄能机组，实现了系统集成的全国产业化。

“我们从极少的相关文献中查到快速变功率的控制技术，但经理论推导和详细的电磁暂态仿真分析后发现，该模式下机组存在超低频振荡风险，可能危及机组安全。”四川电科院技术专家史华勃说。

结合理论分析与电磁暂态仿真手段，团队创新提出“快速变转速控制”与“快速变功率控制”相结合的多阶段协调控制策略，实现不同工况下变流器、调速、励磁和监控系统的协同控制，可使机组最大限度兼顾安全高效稳定运行和系统快速功率响应、宽调节范围的需求，填补了国内技术空白。变速抽水蓄能技术的创新突破打破了国外技术垄断，预计可降低同类设备价格 20%以上，为国产设备制造企业带来更多发展机遇。

国内首台全功率变速抽水蓄能机组投运

在缺乏经验可循的情况下，研发团队在全功率变速抽水蓄能机组运行调试方面也创造性地开展了相关工作。

面对国内首台全功率变速抽水蓄能机组，研发团队认真研读相关的 20 余项国家和行业标准，结合机组设计制造文件，组织 50 余名技术人员历时 40 余天，编制出全国首份全功率变速抽水蓄能机组启动调试大纲和系列调试方案。“我们利用硬件在环仿真手段对机组启动调试中的每一步都进行了仿真校核，确保控制策略无误。”丁理杰介绍。

继电保护是机组安全稳定运行的关键。国内首台全功率变速抽水蓄能机组的继电保护系统如何配置、定值如何整定、调试如何开展，都是难题。“变速抽水蓄能机组保护定值整定的最大难点在于定值需适应发电、抽水、旁路、变速等多个工况下的机组运行状态。”四川电科院继电保护技术专责周文越介绍。研发团队基于大量机电暂态仿真，多次与调试机构和国网四川电力调度控制中心讨论定值合理性，经过 10 余次修改完善，最终完成了 200 余项保护定值的整定，为机组启动运行打下了坚实基础。

调试过程并非一帆风顺。调试人员先后解决了电压互感器熔丝熔断、机组振荡等问题，特别是抽水过程中导叶开启速度和转速升高速度不匹配的问题。“我们提出了分段柔性启动策略，避免一次升速过程中导叶与转速不匹配引发故障。”韩晓言介绍。

同时，国网四川电力联合国电南瑞研发了世界首套梯级水光蓄互补电站联合运行与智能调度系统。系统于 2022 年 5 月投运，能够根据周边的气象数据，预测光伏电站和水电站的

发电情况，并借助抽水蓄能机组全功率变流器的毫秒级响应能力，匹配最合适的发电配比并进行联合智能调度，实现了梯级水电、光伏发电和变速抽水蓄能的互补联合最优运行，大幅降低了光伏发电的功率波动。

预计到 2025 年，四川省风电、光伏发电装机达到 3200 万千瓦，与省内 1 亿千瓦的水电装机共同形成多个大型水风光蓄互补发电基地，电网运行方式更加复杂。研发团队将继续深耕水风光蓄多能互补领域开展技术攻关，助推大规模清洁能源消纳。

科学家制备出新一代无机光电关键材料

中国科学报 2023.6.26

新一代无机光电材料具有低成本、高性能的优势，在光伏发电及柔性显示与照明领域应用潜力巨大。在国家自然科学基金重大研究计划“面向能源的光电转换材料”支持下，科学家基于溶液法制备出新型无机光电材料，并探索新机制、新结构，实现高效、稳定、可大面积制备的光电器件。

钙钛矿是新兴的变革性光伏材料来源，避免了由湿法工艺带来的材料晶体质量低、缺陷密度大的问题。在专家们看来，获得高稳定、高效率、大面积器件是钙钛矿光伏产业化的关键。科研人员提出了新原理、新工艺、新器件结构，多次实现器件性能重大突破，使我国钙钛矿光伏在稳定性与效率方面均处于世界先进水平。

科研人员提出了钙钛矿材料的取向生长及缺陷钝化方法，实现了组分、相态、维度、生长过程、缺陷态密度以及半导体特性的调控；通过调控钙钛矿材料的半导体性质，创造了反结构钙钛矿光伏器件效率的世界纪录；基于循环“氧化还原梭”的策略，实现缺陷对的可循环修复，极大延长了铅卤钙钛矿材料及器件在工况条件下的本征稳定性。

同时，科研人员还研制出基于印刷工艺及低成本原材料的无空穴传输材料型可印刷钙钛矿太阳能电池，大大提升了钙钛矿电池的稳定性。

南京工业大学教授王建浦表示，当前发展发光二极管（LED）器件面临的挑战是厘清材料维度与性能的构效关系，制备低缺陷、高荧光产率薄膜，实现高效、稳定的发光器件。

对此，科研人员提出了材料维度调控与自发形成微结构的光场调控等研究思路，多次刷新器件性能纪录，使我国在钙钛矿 LED 领域长期领跑世界。科研人员利用添加剂自组装形成低缺陷、亚微米结构的钙钛矿薄膜，提高了器件光提取效率，刷新了钙钛矿 LED 效率的世界纪录。

此外，量子点是人类迄今发现最好的发光材料之一，基于量子点的电发光则是下一代显示技术的未来之星。针对现存的技术瓶颈难题，科研人员提出“量子点激发态合成控制”和“熵配体”模型，解决了量子点墨水稳定性难题，制备了可满足大屏显示应用需求的高稳定量子点发光二极管（QLED）原型器件。如今，量子点激发态合成控制技术成果已全面实现转化，建成了全球最大的量子点材料生产基地，总销售额超过3亿元。

六、地热能

自然资源部浅层地热能重点实验室揭牌

中国自然资源报 2023.6.16

近日，自然资源部浅层地热能重点实验室在北京揭牌。该实验室由北京市规划和自然资源委员会主管，依托北京市地质矿产勘查院建设运行，共建单位包括中国地质大学（北京）、中国地质科学院、北京市华清地热开发集团有限公司等，研究方向为浅层地热能地质学理论及方法研究、浅层地热能高效转化及应用研究、浅层地热能利用地质环境影响研究，研究内容涵盖地质、水文地质、勘探、工程地质、暖通、自动化、信息技术等多个学科。

据介绍，该实验室始建于2009年，前身为原北京市地勘局浅层地热能实验基地，2021年7月列入自然资源部重点实验室建设名单，是我国浅层地热能领域首个省部级重点实验室。2021年至今，该实验室面向国家新能源与可再生能源发展等重大需求，开展了一系列战略性、前沿性的浅层地热能应用基础研究，在资源勘查评价方法、超大型地源热泵能源系统关键技术研究等方面取得了进展。同时，人才队伍、科研能力、基础条件、开放交流、制度建设等工作水平不断提升，达到自然资源部重点实验室揭牌的各项标准。

揭牌仪式上，北京市规划和自然资源委员会相关负责人表示，将在人才激励、科研立项等方面给予实验室更多支持，努力将其打造成为自然资源领域产学研合作共建的“样板”，为我国浅层地热能科学发展和自然资源科技创新作出应有贡献。北京市地质矿产勘查院负责人表示，将从加强科技攻关、打造人才高地、争创管理运行标杆等方面加快推进实验室建设和发展。

英国地热能开发升温

中国能源报 2023.6.26

6月19日，英国37年来首个深层地热能项目“伊甸园”正式投运。该项目拥有英国目

前唯一可运行的深层地热井。

推进深层地热能开发

据了解，英国地热能资源丰富，当前，英国应用地热能热情空前高涨，包括英国国家卫生服务机构在内的政府机关和民生机构，都对地热供暖供电保持很高期待。英国国家卫生服务机构明确表示，希望为一些医院安装地热供暖系统，以实现清洁供能的同时减少碳足迹。

伊甸园项目的地热井位于地表以下近 5 公里处，主要抽取温度高达 200 摄氏度的水，为附近的温室和封闭雨林生物群落供暖。该项目部分资金来自欧洲地区发展基金和康沃尔郡议会，建造成本约为 2400 万英镑，目前系统装机为 1.4 兆瓦。

伊甸园地热公司首席执行官格斯·格兰德表示：“给雨林供暖是一件昂贵的事情，但我们使用的系统将使能源费用减少约 40%。”不过，她同时坦言，深层地热钻井难度大，成本高。“我们必须钻穿非常坚硬的花岗岩，这笔费用不菲。截至目前，伊甸园项目仍是一个示范研究项目，距离商业化还有一段距离。”

不管如何，伊甸园项目投产为英国深层地热能开发带来了更多希望。杜伦能源研究所执行主任乔恩·格鲁亚斯指出，这进一步证明了深层地热能的潜力，并为更多同类深层地热开发项目审批和落地奠定基础。

另据悉，位于康沃尔郡的联合唐斯深层地热能发电项目也进入关键开发阶段。目前，该项目已经完成两口定向深井钻探，生产井深度为 5275 米，为英国最深。联合唐斯深层地热能发电项目预计 2024 年开始发电，届时将成为英国首个综合深层地热发电和供热项目。

提高落后地区经济韧性

英国《卫报》指出，英国许多经济落后城镇都位于可再生能源潜力最大的地区，其中就包括地热能，利用这种自然资源将使英国热能供应更加多元化，并将促进英国各地区经济增长。

杜伦大学日前对英国各个地区地热能潜力进行评估和排名，调查发现，英国有 45 个最适合利用深层地热的高潜力地区，其中包括 6 个经济弹性最低的地区，发展地热能可极大提高这些地区的经济韧性。英国国会议员基兰·穆兰表示，如果希望减少未来地热能勘探和开发方面的不确定性，需要加强投资、了解英国的深层地下结构。

“经济相对落后地区与最具地热能潜力地区之间出现‘强烈重叠’，这为政府支持可再生能源技术提供了更有力支撑。”基兰·穆兰说，“与风能和太阳能不同，地热能不存在间歇性等问题，而且我们在北海油气钻井方面的专业和经验也可以应用于地热能领域。”

事实上，发展深层地热产业有助于北海能源转型，北海油气产业所涉及的与传统钻探和

地质专业相关的技术和技能可以应用到这个新行业中来。杜伦大学指出，通过适当扶持，到 2050 年，英国可能会拥有 360 座地热发电厂，每年生产 1.5 万吉瓦时电力。

英国首相苏纳克对于这份调查报告予以正面积积极评价，称这对政府大力推进深层地热能发展提供了新思路和帮助。“绿色转型能否成功，取决于我们掌握和应用的所有手段。”他强调。

绿色转型绕不开地热能

《金融时报》指出，尽管地热能成本高昂，但伊甸园项目的投产，仍然给予行业极大信心，为英国大规模应用地热能铺平道路。

早在 20 世纪 70 年代能源危机期间，英国就提出开发和应用地热能，但迄今没有针对地热能提出具体鼓励机制和政策支持。1986 年，英国首个深层地热能资源系统在南安普顿上线，但该系统目前因维修而关闭。

据悉，英国政府计划近期发布一份深层地热能政府白皮书，旨在评估英国地热潜力并提供相关政策建议。英国政府表示，地热能是一种可靠的全天候零碳能源，能够 24 小时产生基本负荷电力，如果加以利用，可以在英国能源安全和净零过渡中发挥重要作用。

基兰·穆兰指出，即使考虑商业化、物流、电网等不确定性因素，地热能也可以帮助英国减少化石燃料进口，并有望取代天然气。

英国可再生能源协会估计，英国深层地热能潜力可以满足英国 100 年全部住宅能源需求，到 2050 年创造多达 1 万个直接工作岗位和 2.5 万个间接就业机会。

不过，英国地热能发展目前有两大挑战亟待突破：一是钻井成本高，另一个是并网发电难。据了解，与冰岛不同，英国不在构造板块边界附近，这意味着热量远离地表，前期投入成本高昂。“我们很想将地热能发电潜力极大释放出来，但电网等基础设施仍然存在很多问题。”格斯·格兰德坦言。

七、海洋

我国首个海上二氧化碳封存示范工程投用

人民日报 2023.6.2

地下岩层深处，不但有珍贵的油气资源，也有二氧化碳等温室气体。在海洋油气钻探过程中，如何通过技术手段捕获伴生的二氧化碳，将其封存在海底？

6 月 1 日，距离广东深圳西南约 200 公里的恩平 15—1 原油钻采平台上，高碳原油生产

井、生产处理系统、二氧化碳压缩机等设备依次启动，将油田开发伴生的二氧化碳捕获、分离，加压至气液混合的超临界状态后，通过二氧化碳回注井，回注至距平台 3 公里、海床之下 800 多米的咸水层中，实现长期稳定封存。

这标志着我国首个海上二氧化碳封存示范工程投用，也意味着我国初步形成海上二氧化碳捕集、处理、注入、封存和监测的全套技术和装备体系，填补了海上二氧化碳封存技术空白。项目预计每年可封存二氧化碳 30 万吨，累计将超过 150 万吨，相当于植树近 1400 万棵。

二氧化碳顺利回注到海底地层，要突破哪些“关卡”？

首先要找到合适的存储位置。中国海油的专家们找到了一个状似倒扣“巨碗”的地质构造，具有自然封闭性，能够实现二氧化碳长期稳定封存。

位置选好后，就要钻一口垂直深度近 900 米、水平位移超 3000 米的大位移井，建立一条向“巨碗”输送二氧化碳的通道。如此大的水平位移，井壁摩擦力成倍提高，钻井时很容易被卡住，加上海底浅层土质松软，钻井时井眼容易垮塌和漏失钻井液。

针对这些挑战，钻井专家定制了特制钻井液，既能抵抗酸性二氧化碳腐蚀，也能支撑井壁、润滑井眼，让二氧化碳回注之路畅通无阻。不仅如此，注气管柱还加装了光纤监测装置，每隔 1 米就有 1 个监测点，数千只敏锐的“眼睛”全方位观察管柱是否存在泄漏。

我国海域沉积盆地分布广、地层厚度大、构造底层圈闭多，具备二氧化碳封存的良好地质条件，封存潜力预测达 2.58 亿吨，能够为碳达峰碳中和目标的实现提供重要支撑。

我国自主研发的首台兆瓦级漂浮式波浪能发电装置在广东珠海投入试运行

南方都市报 2023.6.19

6 月 14 日，我国自主研发的首台兆瓦级漂浮式波浪能发电装置“南鲲”号，在广东珠海投入试运行，标志着我国兆瓦级波浪能发电技术正式进入工程应用阶段。

据介绍，整个装置平面面积超过 3500 平方米，重量达到 6000 吨。每天最多可发电 2.4 万度，相当于 3500 户家庭一天的用电量，相当于为远海岛礁增加了一个大型“移动充电宝”。

目前国内外研建的波浪能发电装置容量都是百千瓦级，该装置的兆瓦级容量远超前于其它。

波浪能作为一种蕴含在海洋中的可再生能源，因其可再生性和绿色环保的优点，已成为一种亟待开发的新能源。近年来，国内外纷纷研建波浪能发电装置，但容量仅有百千瓦级。此次兆瓦级波浪能发电系统试运行，标志着我国波浪能发电技术水平又上了一个大台阶。

“庞然大物”平面面积超 3500 平方米、重超 4000 吨

去年 6 月，由南方电网广东电网公司牵头研究的兆瓦级波浪能发电平台在东莞正式开工建设，预计 2023 年 6 月完工。据中国海事局官方消息，今年 6 月 7 日，我国研造的首台深远海漂浮式兆瓦级波浪能发电装置——“南鲲”波浪能发电平台在广州和东莞海事部门共同护航下，从广州东江口水域拖航出港至珠海万山波浪能实验区域进行抛锚试验。

这台“庞然大物”是我国自主研发的兆瓦级漂浮式波浪能发电装置，它长达 27 米，平面面积超 3500 平方米、重超 4000 吨。

今年 1 月 10 日，这台兆瓦级漂浮式波浪能发电装置正式下水调试，兆瓦级波浪能发电技术也从理论研究正式迈入了工程实践的新发展阶段。“那时还是‘毛坯’房结构，正准备进行‘房屋’装修。一旦装修工作完成，就可以正式开展装置整体的集成调试工作。”南方电网电力科技股份有限公司首席技术专家刘石说。

兆瓦级漂浮式波浪能发电装置是国家重点研发计划“兆瓦级高效高可靠波浪能发电装置关键技术研究及南海岛礁示范验证”的关键成果，由南方电网广东电网有限责任公司(以下简称“广东电网”)牵头，国家海洋技术中心、中国科学院广州能源研究所、南方电网电力科技股份有限公司、哈尔滨工程大学、海南电网公司等单位共同研究。

在岛屿上，居民用电以柴油发电为主。“这样的模式会产生污染，而且不经济，因为岛上不产油，全靠运输，成本较高。”刘石说，“但事实上，岛屿附近的海洋之中，蕴含着能量巨大的波浪。”

波浪能作为一种蕴含在海洋中的可再生能源，因其可再生性和绿色环保优点，已成为一种亟待开发且具有战略意义的新能源。

攻坚挑战攻克波浪能高效俘获及转换等多项核心技术

开发波浪能并非易事。“波浪周期变化大、能流输入不稳定等因素，影响到电能的稳定输出。过去，囿于技术原因，人们只能眼睁睁地看着它消逝掉。”刘石回忆道，“近年来，国内外纷纷研建波浪能发电装置，但容量仅有百千瓦级。我们当初瞄准的是兆瓦级(1000 千瓦)容量，技术难度也随之增加。”

梁崇淦是南方电网电力科技股份有限公司项目经理，他全程参与了该项目的研发。令他印象深刻的是，项目组经过无数次反复研究，攻克了波浪能高效俘获及转换、抗台风自保护等多项关键核心技术。

为实现波浪能到电能的高效转换，项目组提出了波浪能发电协调控制技术，可根据浪况自动调节发电功率，实现电能输出的连续性和稳定性。

“作战能力”可抵抗 16 级超强台风自保护

我国南海台风多发，波浪能装置工作环境恶劣，须确保装置在恶劣海况下安全生存。“装置可抵抗 16 级超强台风，且通过抗台风自保护技术设定了避台风策略。”梁崇淦介绍，“如果浪况过于恶劣导致装置已不再适合工作时，装置会自动向内部注水，增加重量，下沉几米‘藏’起来。”

懂得“躺平”，让发电装置利用更高效

“波浪在不同的天气情况会有所不同。自研的自适应波浪发电技术，让装置懂得‘躺平’，让发电装置利用更高效。”梁崇淦解释，浪大的时候装置内部的发电机组会“火力全开”，浪小的时候视情况只开一部分。

三级能量转换将波浪能变成绿色电能

一个个技术“拦路虎”，项目组逐一解决。最终研发出的装置可利用发电平台充分“吸收”波浪，通过三级能量转换将波浪能变成绿色电能，实现对深远海岛礁的稳定供电，相当于远海岛礁增加了一个大型“移动充电宝”。当其他具备条件的海岛需要时，它也可以涉水而来，紧急供电。

“前两年，我们做了大量的基础性工作，非常枯燥，还时不时碰到难题，有时甚至产生自我怀疑的想法。但随着装置真正建造出来，从图纸变成实体，顿感努力没有白费。”梁崇淦感慨道。

“完成集成调试工作后，装置将先在广东沿海进行近海试验，最后在深远海并网运行，建设以波浪能为主体电源的新型电力系统示范岛。”广东电网相关负责人透露。当下，项目团队正撸起袖子加油干，“任重道远，还有很多工作要做”。

声音

这套装置包括半潜平台、液压系统、发电系统、控制系统以及锚泊系统。我们利用半潜平台“吸收”波浪，再通过我们自主研发的电能变换系统，从而实现从波浪能到液压能再到电能的三级能量转换。

——南方电网电力科技股份有限公司首席技术专家刘石介绍

我国海洋波浪能发电技术系统，处于国际的领先水平。这个兆瓦级波浪能发电系统研建成功，可大大提高该技术商业化运行的经济性和可行性，也必将为我国“海洋牧场”的发展提供强有力的技术支撑。

——中国工程院院士陈勇表示

2022 年中国十大海洋科技进展揭晓

中国自然资源报 2023.6.14

近日，中国海洋学会联合中国太平洋学会、中国海洋湖沼学会、中国航海学会、中国指挥与控制学会、中国大洋矿产资源研究开发协会评选出 2022 年中国十大海洋科技进展。

1. 首次从能量学角度阐释气候演变的低纬驱动

海洋是地球气候系统最大的热储库。人为释放二氧化碳所产生的过剩热量，90%以上进入了海洋。要探索海洋热含量变化机制，仅靠仪器观测记录不足，亟需长期地质记录来解答。

采用浮游有孔虫表层种和温跃层种的壳体地球化学，重建过去 36 万年以来西太平洋暖池上层（0-200 米）海洋热含量，与地球气候系统模式 CESM 瞬变数值模拟的结果一致；同时，重建的表层海水剩余氧同位素也与热含量变化一致，而与中国石笋记录的大气降雨氧同位素在岁差周期上反相位变化，说明上层海洋热含量可以通过季风/台风调控海洋和大陆之间的水汽传输和氧同位素分馏。该研究从上层海洋热含量（而非表层海水温度）的角度探索水汽转换的潜热传输，第一次从能量学角度阐释了低纬海洋过程在气候演变中的驱动作用。

研究成果于 2022 年 10 月发表在 Nature 上，被认为“揭示了低纬水热循环的轨道驱动机制，挑战了气候演变理论的传统认识”，得到国内外媒体的广泛报道，产生重要影响。

2.30 年洋流记录显示热带气旋增强

台风是世界上最严重的自然灾害之一。台风强度是目前台风预报的难点，其变化也一直是国际前沿科学问题。解决这些难点有两个挑战：一是传统的台风强度估计主要基于卫星云图，存在较大主观性。即使针对同一个台风，不同业务机构给出的强度估计也常存在较大差异；二是近 20 年的理论研究指出海洋变暖会导致台风增强，但因缺乏现场直接观测资料，一直存在争议。最新研究表明，海表面漂流浮标（drifter）观测的高精度海洋混合层流速可用于估算台风强度。通过分析 1991-2020 年期间全球大量 drifter 观测的混合层流速数据发现，最近 30 年占全球 70% 的弱台风无论在全球尺度还是海盆尺度上都存在明显增强趋势。该方法可用于全球所有台风的强度变化分析，为进一步提高台风模拟和预测精度提供了重要基础。另外，最近 30 年全球弱台风显著增强这一发现，一定程度上证实了全球气候变暖导致台风增强的理论，将有助于提高对未来台风强度变化的预估。相关研究成果以“Ocean currents show global intensification of weak tropical cyclones”为题发表于 Nature 期刊，并被 Nature 选为 News & Views 特评。

3. 全球海表油膜遥感监测

海面油膜是漂浮于海洋表面的烃类化合物薄层，来源包括海底油气藏的天然烃渗漏、船舶、油气平台/管道及陆源排放等，其中人类活动产生的油膜对海洋生态环境的影响更大，但界定不同来源的贡献仍存在很大的不确定性。研究克服全球海面油膜分布广泛、位置不定、过程短暂、形态多变等难点，利用 2014 - 2019 年 56 万余景 Sentinel-1 遥感影像，提出了半自动化海面油膜识别-提取-分类框架，首次建立了全球 10 m 分辨率海面油膜数据集，构建了迄今为止最为全面、位置明晰的海面油膜持续固定排放源清单。研究发现全球海面油膜近岸分布特征明显；首次观测到 21 条与航线高度吻合的高密度油膜带；人类活动是全球海面油膜的最主要来源，其比例远高于自然源油膜，与 1990 - 1999 年估算结果相比占比增长近一倍。以上发现改善了对海面油膜自然源与人为源贡献比例的结构性认知，为协同海洋能源开发、石油污染治理、海洋环境监管等提供了重要的数据支撑与决策依据。成果发表于 *Science* 并被遴选为亮点论文。

4. 海洋激光遥感的關鍵技术与应用

该科技进展围绕国家海洋环境立体剖面遥感测量的技术难点和发展我国海洋激光卫星的迫切需求，突破了机载蓝绿双波长海洋激光遥感技术、海洋体散射函数小角度测量技术、船载海洋激光雷达系统可调视场探测技术等三大关键技术，形成了船载海洋激光遥雷达遥感技术、机载海洋激光雷达遥感技术、星载海洋激光雷达系统指标论证、海洋激光雷达辐射传输模型和主被动海洋光学遥感融合技术等五大标志性成果，取得了多种不同体制船载海洋激光探测设备研制和综合试验、星载海洋激光雷达系统技术指标论证、基于实测水体偏振散射相函数的海洋激光辐射传输模型等三大创新点，为我国未来海洋激光卫星的探测新体制积累了经验，储备了技术。有助于提高我国海洋环境安全信息保障能力，推动我国海洋光学遥感技术的跨越式发展。

5. 海底地震仪主动源探测国际标准发布

2022 年 5 月 19 日，国际标准化组织（ISO）发布《船舶与海洋技术-海底地震仪主动源探测技术导则》，这是由我国主持制定的首项海洋地球物理调查国际标准。该标准的实施有利于促进各国海底地震仪技术性能的提高和数据格式的统一，有效促进不同国家在海底资源调查、开发、利用领域的国际合作。

长期以来，海底地震仪（OBS）广泛应用于国际地学综合研究计划的海上地球物理调查工作中，在包括深部结构研究、海洋防灾减灾、海洋声场探测等方面取得了显著效果。但海底地震仪主动源探测技术要求复杂，不同国家生产的 OBS 在仪器性能、操作流程和数据格式上各有差异，亟需规范 OBS 的设备测试和成果评估方法。依托我国自主研发的 OBS，将

水声应答、释放机制、采集模式、姿态地震计等自主创新的关键技术成果转化为国际标准，可极大地提高海底地震仪主动源探测的成果数据质量，推动海底地震调查领域的健康发展。

6. 基于无人船艇集群的近海海域海底基础调查

近海海域岛礁众多，海况复杂，传统测绘手段风险高，耗时长，成本高。2022年，相关科研人员积极探索了无人艇集群测绘作业模式，为海洋调测提供了新思路。

通过“1艘母船+5艘无人船”的集群作业，首次突破了动态协同组网、联合海洋环境参数在线估计、全局障碍物综合感知、障碍物联合感知、多级最优避障策略等技术难题，构建了适用于复杂海洋环境下的无人船集群环境感知与协同运动控制技术体系。仅用时55天，完成了超过2700平方公里海域面积测量，测线总里程高达25000公里，提升效率近5倍，总体作业成本下降30%以上，被《人民日报》称之为新时代的两万五千里“海上长征”。

此次探索为查明大湾区近海海底地形，打造广东海洋大数据“一张图”夯实数据基础；为加快构建陆海统筹国土空间开发保护新格局推动经济社会高质量发展提供坚实保障，开创了我国无人船艇海上集群作业时代的新篇章。

7. “哪吒”海空跨域无人飞行器

“哪吒”海空跨域飞行器具有新颖独特的上天入海、飞潜合一以及反复水空穿越航行能力，为海气界面观测、海事应急搜救及隐蔽侦查等应用需求提供全新的解决方案。“哪吒”具备垂直起降与悬停、水平飞行与水下滑翔多种运动模式，也是当前国内外公开发布的同类成果中下潜深度最大、负载能力最强、水下运动范围最广的一款海空跨域飞行器，攻克了多模式兼容与顺畅切换技术、俯仰姿态极限调节技术、浮姿耦合水下滑翔行为分析等关键技术。开发基于自适应动态面法和扰动观测器的鲁棒自适应控制策略，突破风浪流复杂海洋环境下快速、准确的运动模式切换与控制技术瓶颈。基于该技术的成功应用，“哪吒”成功完成首例真实海洋环境下海空跨域航行全流程试验。“哪吒”系列已获得9项国家发明专利、1项美国发明专利授权，在JFR、IEEE RAL、OE等领域内权威期刊发表多篇学术论文。“哪吒”系列海空跨域飞行器在国内外引起了强烈反响，新华社、人民日报和各大网站进行了大量的报道。

8. 北冰洋中全新世海冰融化新机制的发现

北冰洋海冰是全球气候系统中的“驱动器”和“放大器”，其变化深刻影响着全球陆地-海洋-大气-生态-社会环境等不同圈层的发展演化。该研究基于中俄合作对现今河流热能排放入海影响因素的分析，利用陆架沉积速率数据首次重建了全新世北极东西伯利亚地区河流热能排放入海演化历史，发现中全新世较高的河流热能排放对应陆架海冰融化加剧时期，并首

次提出中全新世增强的泛北极地区河流热能排放入海能显著促进北冰洋海冰融化，弥补了北冰洋海冰融化机制解释上的不足。研究表明，全新世中期相对较高的夏季太阳辐射强度导致俄罗斯泛北极地区河流入海热通量增加，从而直接融化北冰洋陆架海冰，这一过程同时也降低了海冰对太阳辐射的反射率，从而扩大夏季太阳辐射对海冰融化的影响力。该研究结果暗示，在全球变暖背景下，泛北极地区河流热量排放的增加可能加剧夏季北冰洋海冰融化，从而加速北极地区的快速气候变化。研究成果于 2022 年发表在 Nature Communications 上。

9. 中国海上首个百万吨级二氧化碳回注封存关键技术及示范

恩平 15-1 油田位于中国南海东部海域珠江口盆地，是我国南海东部首个高含二氧化碳气顶油藏；依托恩平油田群开发，开展恩平 15-1 油田二氧化碳回注封存关键技术研究及示范应用（以下简称恩平 15-1 油田 CCS）。

恩平 15-1 油田 CCS 作为中国海上首个二氧化碳封存量超百万吨级 CCS 示范工程，通过自主技术创新，集中攻关了海上二氧化碳捕集和封存地质油藏、钻完井和工程一体化联合关键技术。项目已形成一套海相沉积环境下二氧化碳封存水层优选评价、封存机理定量表征及热流固化四场耦合运移规律动态模拟及封存安全性评价模拟技术，低密度耐二氧化碳腐蚀固井及井筒实时监测技术，海上受限空间超临界二氧化碳回注工程及装置优化技术等关键成果。实现了海上二氧化碳封存关键设备的国产化，项目采用海上平台特有的模块化和成撬布置方式，应用相态控制、脉冲控制、联合振动分析等前沿技术，研制适用于海洋高温高盐环境的首套超临界大分子压缩机和首套复合材料二氧化碳分子筛脱水撬，并完成二氧化碳捕集和封存系统的海上安装调试。该项目打破了国外海上二氧化碳封存技术的垄断，有效填补了我国海上二氧化碳封存技术的空白。

10. 勘探发现我国首个深水深层大气田

2022 年 10 月 20 日，海南东南部海域琼东南盆地勘探获重大突破，发现我国首个深水深层大气田宝岛 21-1，探明地质储量超 500 亿立方米。

在海洋油气勘探领域，一般把水深超过 300 米的水域称为深水，把井深超过 3500 米的井定义为深层井。此次发现的宝岛 21-1 气田位于海南东南部海域深水区，最大作业水深超过 1500 米，完钻井深超过 5000 米，距离“深海一号”大气田约 150 公里，海洋地质条件极端复杂。随着地层的加深，地震等基础资料品质变差，储层预测、含气性分析、构造落实的难度成倍加大，钻井难度也大大提高。宝岛 21-1 的成功发现，表明我国在深水深层勘探技术上取得重要突破，对类似层系的勘探具有重要指导意义。

全面推进海洋强省建设，打造海上新广东

羊城晚报 2023.6.29

6月20日，中共广东省委十三届三次全会召开，作出了“锚定一个目标，激活三大动力，奋力实现十大新突破”的“1310”具体部署。会议要求，要全面推进海洋强省建设，在打造海上新广东上取得新突破，构建科学高效的海洋经济发展格局，做大做强做优海洋牧场、海上能源、临港工业、海洋旅游等现代海洋产业，强化涉海基础设施、海洋科技、海洋生态等支撑保障，为广东改革发展注入源源不断的“蓝色动力”。

因海而兴、因海而富，广东海洋经济总量已连续28年居全国首位。数据显示，2022年广东省海洋生产总值达1.8万亿元，同比增长5.4%。在省委全会的具体部署下，广东持续唱响“海洋牧歌”，全力推动海洋强省建设，“蓝色经济”发展驶入快车道，成为全省高质量发展的新动能。

加快建设海洋强省“蓝色经济”活力持续激发

海洋是高质量发展的战略要地。党的二十大报告中指出，发展海洋经济，保护海洋生态环境，加快建设海洋强国。

广东是海洋大省，海域面积42万平方千米，居全国第二；海岸线长4084.48公里，居全国首位。当前，广东加快把海洋资源优势转化为发展优势，海洋强省建设按下“加速键”。全省已建成重力式深水网箱近5000个，全球首个半潜式波浪能养殖旅游一体化平台“澎湖号”和桁架式养殖网箱“德海1号”“海威1号”相继投入使用；在湛江，每年金秋时节，深海网箱中的金鲳鱼将迎来丰收。作为水产大市，湛江有着“中国对虾之都”“中国金鲳鱼之都”等称号，现有深水网箱3500个，2022年水产总产量125.5万吨，总产值274.6亿元，连续20多年居全省首位；在阳江，拥有目前广东省唯一规划建设的海上风电装备制造产业基地。目前，该基地已吸引42个装备制造产业项目落户，总投资约460亿元。2022年，阳江海上风电并网装机容量达到350万千瓦，约占广东一半……

今年6月发布的《广东省海洋经济发展报告（2023）》数据显示，2022年，广东海洋生产总值名义增速高于地区生产总值名义增速1.84个百分点，海洋经济对地区经济名义增长的贡献率达20.9%。

当前，立足海洋资源禀赋，广东坚持陆海统筹、山海互济，持续深化粤港澳大湾区海洋经济合作，加快建设深圳全球海洋中心城市，以横琴、前海、南沙三大平台为重点，打造向海开放高地，推动汕头、湛江两个省域副中心城市打造重要发展极，推动形成信息化、智能

化装备技术为支撑的近浅海与深远海绿色生态协同发展的新格局，“蓝色经济”活力持续激发，奋力打造海上新广东。

建设现代化海洋牧场做大做强做优现代海洋产业

省委全会要求，做大做强做优海洋牧场、海上能源、临港工业、海洋旅游等现代海洋产业。当前，广东进一步把海洋经济发展的着力点放在实体经济与战略性新兴产业上，全产业链培育海洋牧场大产业，持续提升全省海洋产业国际竞争力。

建设现代化海洋牧场，种业是关键。近年来，随着“粤强种芯”工程加速推进，培育出金鲳鱼、花鲈、军曹鱼、石斑鱼、鮰鱼、章红鱼等一批海水优势鱼种。向海洋要资源、要粮食，广东正加快构建多元化食物供给体系，着力打造“粤海粮仓”，水产品总产量和水产养殖产量稳居全国第一。

做强种业“芯片”，打造水产种业“南繁硅谷”，广东现代海洋产业加速发展。自今年3月全省现代化海洋牧场建设推进会召开以来，广东各地正全力构建从种业、养殖、装备到精深加工的现代化海洋牧场产业全链条，聚力构建千亿级、万亿级海洋产业集群，打造全省高质量发展的“蓝色引擎”。

“广东建设海洋强省具备良好的海洋交通枢纽优势、开放区位优势 and 海洋资源优势，开发海洋经济成为广东发展的重要途径，可以发展海洋渔业、海洋旅游、海洋能源等多个领域，为广东的经济增长提供强有力的支撑。”华南农业大学经济管理学院教授谭砚文说，加快构建现代化海洋牧场建设技术体系，加大海洋科技创新投入，因地制宜加快建设海洋科学与技术国家实验室以及综合性的大型现代化海洋牧场，推进广东现代化海洋牧场建设。

强化支撑保障蓝色生态安全屏障进一步筑牢

向海图强，挺进深蓝。围绕省委全会部署，广东持续强化涉海基础设施、海洋科技、海洋生态等支撑保障，进一步筑牢蓝色生态安全屏障。

广东海洋重大科技基础设施加速建设，海洋科技创新水平稳步增强。国家海洋综合试验场（珠海）正式落户，我国首艘超深水科考钻探船在广州南沙实现主船体贯通，天然气水合物勘查开发国家工程研究中心挂牌运作……数据显示，截至2022年底，广东省建有覆盖海洋生物技术、海洋防灾减灾、海洋药物、海洋环境等领域的省级以上涉海平台145个，其中包括国家级重点实验室1个。海洋工程装备制造、海洋药物和生物制品、海洋电力、海水淡化和综合利用等海洋新兴产业发展迅猛，产业增加值210.8亿元，同比增长18.5%。

绿美广东生态建设加快推进，筑牢蓝色生态安全屏障。高标准建设深圳“国际红树林中心”，加快创建湛江雷州、湛江徐闻、惠州惠东、江门台山等4个万亩级红树林示范区……

在大力发展海洋经济的同时，广东持续推进海洋生态保护修复，持续实施自然岸线保护修复、魅力海滩打造、海堤生态化、滨海湿地恢复以及美丽海湾建设“五大工程”。截至 2022 年底，全省沿海城市已建有国际重要湿地 4 处、国家重要湿地 2 处，建设国家湿地公园 13 处，加快创建万亩级红树林示范区，打造世界级生态保护靓丽新名片。

以海上风电为代表，广东海洋清洁能源产业蓬勃发展，产业规模快速扩张。目前，阳江已形成国内规模最大、产业链最全的风电产业制造基地；国内首台深远海浮式风电装备“扶摇号”落户湛江徐闻罗斗沙海域；截至 2022 年，全省海上风电建成投产装机约 791 万千瓦，占全国海上风电总装机量的 26%，居全国第二。

谭砚文表示，通过加强海洋科技创新、完善海洋产业体系、促进海洋治理和保护，广东海洋强省建设将实现跨越式发展，为中国海洋经济发展作出更大的贡献。

八、氢能

“氢”装上阵，助力航空碳中和

人民日报 2023.6.6

今年以来，全球氢能航空领域的探索活动愈加活跃。在英国，一架 19 座的氢电力飞机实现试飞，时长约 10 分钟；美国一架 40 座的氢动力飞机完成试飞，时长约 15 分钟；前不久，中国首款四座氢燃料内燃机飞机验证机也成功首飞。法国《回声报》一篇题为《2023，氢动力飞机元年》的文章认为，全球低碳航空已处于起步阶段。

当前，全球航空业产生的二氧化碳排放量约占全球碳排放总量的 2.5%。据相关预测，未来 20 年全球旅客年增长率约为 3.7%，到本世纪中叶航空业体量将至少翻一番。为了实现 2050 年净零排放这一行业目标，航空业多条低碳技术路线正同时推进，氢动力飞机便是其中之一。

航空业碳排放主要来自化石能源燃烧，氢能被认为是化石能源的最佳替代。氢燃料不仅绿色低碳，还比现在最主要的航空燃料——航空煤油具有更高的单位重量能量密度。在提供相同能量的条件下，氢燃料重量仅相当于航空煤油的 24%。对于“为减少每一克重量而奋斗”的飞机而言，这部分减重的重要性不言而喻。

不过，氢本身虽轻，但储存氢绝非易事。

首先是存储体积大。常温标准大气压下，氢分子以密度很小的气态形式存在，同等能量下体积约是航空煤油的 2750 倍。为节省空间，通常采用 272 倍大气压对氢气进行增压储存，

还可以选择在大气压下降温至零下 253.87 摄氏度使氢分子转化为液态。从系统复杂度而言，压缩氢气方案实施起来相对简单，但需要付出更高的空间和重量代价。低温储存的液氢相对密度更大，对于未来的商用航班，液氢的方案更加现实可行。

其次是安全储存难。无论采取哪种储氢方式，对密封性的要求都比传统燃油系统更复杂。这是由于氢分子远小于航空煤油，更容易从管路缝隙中逃逸。对于液氢储存，还必须考虑恒温条件的实现问题，否则升温气化后体积膨胀的氢有可能导致燃料箱内压强骤增而直接爆炸。航天领域的液氢储存系统相对比较简单，氢氧发动机火箭都是在起飞前才加注低温液氢，且边加注边向大气中排放氢气，以避免液氢升温气化造成的燃料箱压力超过结构强度极限——火箭起飞前喷出的白雾便是由此产生。相对于数分钟的火箭发射而言，飞机飞行时间长达数小时，必须寻求更为可靠的储存方式。

现在，新型复合材料的发展为储氢环节提供了支持。相对于传统金属材料来说，相同强度的复合材料结构所需付出的重量代价更小。就液氢储存罐而言，新型复合材料可以极大地减少其重量并增加有效容积。例如，一些国家研制的碳纤维复合材料燃料罐，同等容积下比现有最先进的航天低温罐减少了 75% 的重量。

当前主流的动力技术路线通常有 3 种。其一是氢燃料电池，通过化学反应产生电能，驱动电动机产生推力。其二是氢燃料内燃机，类似于传统汽油内燃机，但燃料改为了液氢。由于相同工作容积下发生氧化还原反应的氢气流量较小，使得这两种方案功率密度较小而更适用于小型飞机。对于更大重量的民航客机，未来的选择应与现有涡扇发动机的推进方式相仿——通过点燃更大流量的氢气以驱动涡轮、产生动力，从而使发动机获得更大的功率密度。

随着制氢产业日趋成熟，氢能源飞机也有望实现快步发展。可以预见，类似乘用车从燃油向电动的技术更新，民用航空器的低碳转型也将推动行业升级换代，促进民航业基础设施改进创新，并对拉动上下游产业发展等产生重大影响。

氢泄漏对气候的影响超 CO₂ 十多倍

科技日报 2023.6.12

由挪威奥斯陆国际气候与环境研究中心（CICERO）科学家领导的一个国际科研团队在 6 月 7 日出版的《通讯地球与环境》杂志上刊发论文称，泄漏的氢气对全球变暖的影响几乎是二氧化碳（CO₂）的 12 倍。这是迄今对氢气气候影响最全面的评估，填补了相关知识的空白。

研究负责人、CICERO 资深科学家玛丽亚·桑德指出，与燃烧煤炭和含有 CO₂ 的气体会产生废气不同，燃烧氢气只会排放水蒸气和氧气。氢不是温室气体，但它在大气中的化学反应会影响甲烷、臭氧和平流层水蒸气等温室气体，因此生产、运输和使用过程中泄漏出来的氢气会加剧全球变暖。

在最新研究中，桑德等人使用了 5 种不同的大气化学模型，研究了大气甲烷、臭氧和平流层水蒸气的变化。鉴于氢会与各种生物地球化学过程相互作用，因此，新研究囊括了土壤吸收、氢气的 photochemical 产生、氢气和甲烷的寿命，以及氢气和甲烷之间的相互作用。结果表明，氢的全球变暖潜能值（GWP）为 11.6——照惯例，CO₂ 的 GWP 值为 1。

桑德指出，氢对气候的影响一直研究不足，这项研究是迄今对氢气候影响最全面的评估。此前有些基于单模式研究的论文也证实了他们的最新估算值。研究清楚地表明了减少氢气泄漏的重要性，目前科学家们正在开发监测和检测氢气泄漏的技术。氢是能源转型的核心，转向氢经济的潜在好处将取决于氢泄漏的程度，以及氢能在多大程度上取代化石燃料。

我国首个氢电耦合中压直流微网投运

中国能源报 2023.6.19

6 月 15 日，2020 年国家重点研发计划专项的配套示范工程——国内首个氢电耦合中压直流微网在浙江宁波投运。该项目实现了氢产业全链条相关设备全部国产化，氢电转换效率达到世界领先水平。

整个项目由“绿电”和“绿氢”两部分组成。“绿电”即建设了 4 兆瓦的光伏电站，“绿氢”则覆盖了制氢、储氢、加氢的氢能利用全产业链。

固态储氢系统实现能源高密度存储

科技日报 2023.6.13

6 月 12 日，由北方稀土技术团队牵头研发的固态储氢系统示范装置正式在国家稀土功能材料创新中心亮相。这一装置的产业化，将为工业用氢的高效、可靠氢气回收再利用提供“稀土方案”。

在国家稀土功能材料创新中心的示范生产线看到，全新的固态储氢系统安放在厂房一角，工作人员正在控制中心内通过电脑对设备各项数据进行监控。据介绍，这种固态储氢系统是利用稀土储氢材料的高密度氢气存储能力，通过化学反应把氢气变成金属氢化物固体，实现

高密度、低压、无泄漏、安全储存。这一装置也是我国储氢材料应用在回收利用系统的首台套设备，目前已申请专利 13 个，其中授权专利 9 个。

国家稀土功能材料创新中心储氢项目负责人、内蒙古科技大学博士赵鑫：“与气态储存相比，固态储氢系统示范装置的存储能力提升 3 倍，可以实现氢气的较大规模安全存储，同时它的氢气回收功能能够大大降低企业的用氢成本。”

氢能、储能技术是 21 世纪全球能源转型升级的重大战略需求，寻求安全、高效的储氢方法或材料，已成为各国发展氢能产业的关键。固态储氢装置就像一个大容量充电宝，可以把光伏、风电等不稳定的可再生能源高密度存储起来，既解决了风光发电波动性强、利用难的问题，也将改变目前过度依赖煤炭、石油等化石能源制氢的现状，助力实现碳达峰碳中和目标。

国家稀土功能材料创新中心总经理刘威表示，固态合金储氢是目前最安全、最经济的一种技术路线。而稀土合金材料在固态合金储氢方面有着优异的性能表现。

目前，中心已建设完成年产 10 台套固态储氢装置的示范生产线，可有效解决常温常压下储氢合金高效吸、放氢动力学及热力学的产业化技术壁垒，激发稀土储氢材料潜力，促进稀土资源综合利用，优化用氢产业结构，平衡氢气资源分布，实现产品在新能源、大型风光电领域储能装置等方面的开发应用。

IV型储氢瓶因国标站上风口

中国能源报 2023.6.12

近日，由浙江大学、国家市场监督管理总局特种设备安全监察局等单位联合起草的国家标准《车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶》发布，将于 2024 年 6 月 1 日正式实施。业内人士普遍认为，该标准的发布意味着IV型储氢瓶站上了“风口”。

“这个国家标准给予我们气瓶企业很大信心，以后知道该往哪个方向发力。”北京科泰克科技有限责任公司总监侯立功说“比如说，有一些市场化氢瓶项目，至少可以知道从哪个机构拿证。过去没有国家标准，大家都不敢盲目推进。”

从储氢上看，车载储氢技术是氢燃料电池车发展的关键，直接影响燃料电池车的续航里程和成本。据《氢能汽车蓝皮书》显示，我国IV型储氢瓶生产还处于起步阶段。有业内人士称：“IV型储氢瓶国家标准的发布和实施，能在一定程度减少我国氢燃料电池产业发展的障碍。”

据了解，储氢瓶作为氢能储存的重要容器，其内部主要由内胆、中间层、表层组成。内胆是储氢气瓶的核心部件，I、II、III型储氢瓶内胆大多为金属材料，不适合长期储存，而IV型储氢瓶内胆采用塑料等复合材料，耐渗透性和耐热性较好。

目前，IV型储氢瓶凭借优异的抗氢脆腐蚀性、更轻的质量，以及更高质量储氢密度和循环寿命，正成为燃料电池汽车行业的“新宠”。

据佛山环境与能源研究院上海事业部部长邬佳益介绍，氢瓶的碳纤维成本占比在60%以上，其发展方向是低成本、高强度碳纤维开发和提高碳纤维利用率。“IV型储氢瓶在高压等级时具有轻量化优势，且相比III型储氢瓶在材料成本方面也具备一定优势。”

从产业化进展来看，III型储氢瓶的产品技术已相当成熟，成本在可控范围。而IV型储氢瓶由于轻量化、高压、高储氢质量比和长寿命等优点，也让国内气瓶企业看到了发展机遇。

据了解，国内主要瓶企特别是传统气瓶制造企业，早已着手研发、试样、验证等准备工作。截至目前，中材科技、北京科泰克、中集、天海工业、佛吉亚斯林达、龙蟠科技、未势能源等企业均已研发出IV型储氢瓶产品。预计今后一段时间，会陆续推出部分规格产品上市。

不过，在中国节能协会氢能专业委员会常务副秘书长杨光看来，由于IV型储氢瓶成本高、成品率低等因素制约，短期之内，IV型储氢瓶在我国还是难以实现全面量产。

“目前，我国300多座加氢站，加氢车辆大都是配合35兆帕的III型储氢瓶加注系统，如果换成70兆帕的IV型瓶，加氢站肯定也要跟着改。由于IV型氢瓶的关联性很强，它一改变，管阀、整车系统等都得跟着改。”杨光说，“因此，IV型瓶在一两年内实现全面量产比较困难。”

也有业内人士表示，毕竟新标准刚出台，高压气态瓶是“特种设备”，需要通过一系列严格认证，无论从试样，还是试验周期分析预判，都需要较长时间。(张胜杰)

氢液化储运技术研发获支持

中国能源报 2023.6.19

近日，航天科技集团六院101所牵头申报的“国家能源液氢技术重点实验室”成功入选国家能源局“十四五”第一批“赛马争先”创新平台名单。“双碳”目标背景下，我国氢能发展迎来机遇期，液氢作为实现氢能高效规模应用的关键技术开始受到重视。

此前，受技术水平和成本约束，我国液氢较多用于航天领域。业内人士认为，随着氢能及燃料电池产业化步伐加快，氢能的大规模需求时代或将到来。我国液氢产业正在各方力量

加持下，加强经济性、技术性、国产化突破，为推动氢能产业大规模发展奠定基础。

规模化更具经济性

与气态氢相比，液氢具有高效可控、不易污染、品质稳定等特点，有望成为氢能实现规模化应用的重要推动力，但由于氢液化工厂投资大、耗电多，一直以来，液氢普遍被认为不具备经济性。

江苏国富氢能技术装备股份有限公司战略总监魏蔚指出，液氢具有规模效应，当规模扩大时，氢液化的能耗和单位成本将显著降低。液氢达到足够的规模后将更具经济性，而在规模偏小且没有持续用氢需求情况下，应以高压氢储运等其它技术路径过渡。

“事实上，氢液化工厂的成本由大规模固定资产投资和耗电耗能的液化成本两部分组成，随着规模的扩大，氢液化工厂的运营成本和投资成本会大幅降低。”魏蔚表示，以不同规模的液氢工厂为例，液化规模为5吨/天及以下时，液氢工厂的综合能耗将超过15千瓦时/千克；当液化规模达到10-30吨/天时，氢液化工厂的综合能耗约为9-14千瓦时/千克；当液化规模扩大至150吨/天，液化能耗可降低至6千瓦时/千克。

随着氢液化工厂规模的扩大，不仅耗电成本在逐步降低，固定投资成本也开始走低。当液氢工厂的产能规模由5吨/天扩大至50吨/天时，氢液化的总成本可降低50%。未来，产能达到50-150吨/天时，成本可进一步降至此前的40%。

中科富海低温科技有限公司氢能业务中心总经理宁永强表示，日本、美国等国家的经验已经证明，液氢的运输成本仅为高压氢气的1/8-1/10，因此液氢在氢能规模化储运方面具有明显优势，是降低氢储运成本的重要方式。

核心技术装备逐步国产化

值得关注的是，近年来，我国部分氢能企业持续加大液氢全产业链研发，从液化膨胀、液氢储运，到液氢加注和车载储氢，已完成了相应的科研实验，在全产业链装备上实现了百分百国产化。在2023世界氢能技术大会上了解到，部分企业已开始探索车载液氢技术突破与应用落地。

未势能源科技有限公司副总裁解超朋介绍，公司正以系列化重载交通工具液氢系统及核心零部件为产品核心，通过合作建设液氢工厂和液氢加氢站，推动液氢重卡和液氢船舶等氢能重载交通工具的推广和应用。

宁永强指出，目前，我国在液氢技术层面基本都有了国产替代方案，未来行业应通过技术迭代和升级提升氢液化的规模和效率，以尽快实现液氢道路运输与民用领域应用。以中科富海为例，近日，中科富海研发、制造并出口欧洲的首套具有自主知识产权的1.5吨/天氢液

化装备已在国外用户现场调试成功，标志着我国已掌握氢液化核心技术，打破了以往液氢装备被国外垄断的局面。

不过总体来看，我国液氢技术距离欧洲、美国、日本等国家和地区仍有较大差距。以美国为例，美国基于氢膨胀制冷的液氢出厂价仅为十几元人民币，10年前就已达到10万吨/年的产能量级，而现阶段我国每年液氢产能仅有百吨的量级。

从主要的液化循环装置来看，目前氢液化主要采用氢膨胀制冷循环和氢膨胀制冷循环。由于氢膨胀制冷循环的单位能耗更低，大规模氢液化装置都采用氢膨胀循环制冷工艺。但放眼全球，掌握氢膨胀循环液化技术的仅有美国空气产品公司、德国林德集团和法国液化空气集团，我国在氢膨胀制冷循环研发方面仅有航天六院101所、中科富海和国富氢能取得了部分技术成果。

“氢气是战略物资，价格昂贵，而且我国是贫氢国，加快氢膨胀制冷循环工艺的设计研究，以及氢气透平膨胀机和正仲氢转化器等相关关键设备的国产化，将是未来需要攻克的难点。”魏蔚直言，面对技术全球化和成本竞争，我国需要选择更为艰难的技术攻关道路，而非仅仅停留在现有的成果之上。

打造特色技术路径

近两年，我国已有多个氢液化项目开工建设。2022年2月，齐鲁氢能（山东）发展有限公司氢能一体化及储氢装备制造项目举行开工仪式，项目总投资约5.4亿元，将建设一期10吨/天和二期30吨/天液氢产能规模。今年3月，内蒙古举行“风光制氢一体化项目”三方签约仪式，该项目为全国首家绿氢液化项目，规划一期日产液氢10吨、二期日产液氢30吨，制氢液化投资约9亿元。

“结合我国能源资源禀赋，构建具有我国特色的绿氢液化储运方式尤为关键。”魏蔚指出，我国能源资源“西富东贫、北多南少”，而需求则是“东富西贫、南多北少”。这一逆向分布催生了大规模储运需求，因此，我国氢能的运输与电力、天然气的转运路径相似。2023年4月，我国首条“西氢东送”输氢管道示范工程被纳入《石油天然气“全国一张网”建设实施方案》，今年是“西氢东送”元年，未来新的能源转运大幕已经拉开，当氢储运达到一定规模时，将会进一步推动液氢市场应用。

此外，液氢产业的发展也离不开企业的系统推进、技术优化。“液氢发展需要企业率先进行项目示范，企业申报项目提出需求，国家才能推动相关政策的制定。”一位不愿具名的液氢领域专家表示，充分利用系统工程思维是液氢民用化、商业化应用的核心。“核心技术的积累不可能一蹴而就，需要从基础研究、材料、工艺等环节推动系统性工程进步，以及整

个系统的集成优化。”

加快实现氢能关键技术突破

中国电力报 2023.6.

6月9日，由中国能源研究会主办，中国能源研究会能源政策研究室承办的“能源政策研究沙龙”在北京成功举办。中国能源研究会理事长史玉波，中国工程院院士、中国能源研究会氢能专委会主任委员彭苏萍出席并发表重要观点。中国能源研究会副理事长兼秘书长孙正运主持。

彭苏萍以美国和日本的氢能发展历程为例，详细介绍了全球氢能发展背景，阐述了氢能发展在气候调节、能源供应等方面的重要性，进一步提出对我国未来氢能发展规划的思考，即氢能应当成为可再生能源和传统化石能源共同发展的融合器，一方面促进氢能规模化发展并发挥其储能属性，另一方面让其成为我国降碳的一种媒介材料。

史玉波在总结中指出，目前我国对于氢能发展的战略定位清晰，氢能既是清洁低碳的能源，也是能源转型的重要载体。由于氢能产业链长、技术含量高，技术创新和经济性仍是当前面临的难点，亟待进一步明确指引性技术路线图和应用场景，加快实现关键技术突破。

本期沙龙聚焦氢能产业路线图，与会专家分别围绕氢能产业发展现状与现实问题、应用场景、未来趋势、体制机制设计等问题展开充分讨论。

我国首次高压多管材纯氢试验取得成功

科技日报 2023.6.27

近日，9.45兆帕全尺寸非金属管道纯氢爆破试验日前在位于新疆哈密的国家管网集团管道断裂控制试验场成功实施。这标志着国内首次高压多管材氢气输送管道中间过程应用试验圆满完成，为我国今后实现大规模、低成本的远距离纯氢运输提供了技术支撑。

“本次试验分为充氢测试和纯氢爆破测试两个阶段，试验管材包括3种非金属管道及低钢级金属管道。”国家管网集团西部管道公司技术专家邱姝娟介绍，充氢测试通过模拟管道真实输送环境，保持6.3兆帕运行压力，经过30天测试，验证管道设备的氢气相容性、阻隔性以及连接处的密封性；爆破测试则将高阻隔柔性复合管升压至9.45兆帕，实施全尺寸纯氢气爆破，进一步验证非金属管道在纯氢高压条件下的承压性能及燃爆形态。

邱姝娟介绍，此次试验涉及的管道尺寸和试验压力均超过国内已建纯氢管道主要运行指

标 也是国内首次对非金属管道进行高压纯氢爆破试验，为管道运行安全管理的综合数据分析提供了更加全面的数据支持。

“我们将加快推进氢气、二氧化碳等多种介质储运前沿技术攻关，推动天然气管输业务与全国新能源业务融合发展，助力氢能制储输用全链条产业建设。”国家管网集团西部管道公司科技信息服务中心工艺所所长杨明表示。

九、风能

柔直技术支撑风电走向深远海

经济日报 2023.6.6

截至 2022 年

我国海上风电累计装机容量已超 3000 万千瓦居全球首位

《“十四五”可再生能源发展规划》提出

优化近海海上风电布局，开展深远海海上风电规划

预计 2030 年

我国远海风电并网规模将超过 1 亿千瓦

大力发展海上风电是我国构建新型电力系统的关键路径。随着海上风电开发向深远海迈进，如何保障电力稳定送出成为重要研究课题。

截至 5 月 22 日，由国网经济技术研究院有限公司（以下简称“国网经研院”）承担成套设计与工程调试的我国首个远海风电经直流送出项目——江苏如东海上风电柔性直流工程（以下简称“如东工程”）已安全稳定运行 513 天，实现年上网电量约 26 亿千瓦时，相当于约 105 万户家庭年用电量，为海上风电深远海大规模开发提供了关键解决方案。

《“十四五”可再生能源发展规划》提出，优化近海海上风电布局，开展深远海海上风电规划。近年来，我国海上风电装机容量持续增长，截至 2022 年累计装机容量已超 3000 万千瓦，居全球首位。受生态环境保护、交通航道占用等因素影响，近海风电资源日趋紧张，远海具备更广阔的海域资源和更庞大的风能储量，开发潜力更大。

向深远海挺进，就意味着更远的输电距离，风电大规模并网成了难题。“传统交流传输方式受电缆充电功率限制，仅适用于近海小容量风电并网，而远海大容量海上风电必须采用柔性直流并网技术。”国网经研院直流技术咨询中心主任李明说，在 2016 年以前，远海风电柔直并网技术仍被国外长期严密封锁，没有任何经验可供借鉴，自主创新是唯一出路。

为攻克该难题，国网经研院组建了远海风电并网技术攻关团队，相继攻克高压大容量远海风电“源一网一直”交互协同、直流系统构建、成套装备研发和工程设计实施等重大技术难题，完成高压大容量远海风电柔性直流系列创新，研发出具有完全自主知识产权的全套技术方案。

国网经研院如东工程项目经理赵峥介绍，“源一直一网”交互协同难，主要因为大规模海上风电孤岛柔直受端单线、长距离馈入电网，海上风电场无滤波装置，系统耦合特性复杂、谐波劣化严重。攻克该难题后，可以确保百万千瓦柔直在多故障工况下平稳穿越，同时可有效化解海上风电接入柔直系统的宽频振荡风险。

该团队根据海上柔直环境恶劣、平台空间布局紧张、运维工况复杂的特点，研发出满足高可靠性、强适海性与免维护等需求的柔性直流系统构建技术，在保证系统安全前提下，柔性直流过电压、海上设备空间比国外均降低 10%以上，大幅降低了核心设备与海上换流平台的设计制造难度和整体投资水平。

因为缺乏高压大容量直流耗能装置、海上换流阀等适海设备，工程进展受到严重影响。该团队提出了高性能、低成本的海上风电柔直核心设备设计标准和研发技术规范，支撑国内设备制造单位成功研制出世界电压等级最高的直流耗能装置、世界首套轻型化适海型±400 千伏换流阀等，直流耗能装置投切电压波动小于 3%，成本和尺寸比国外分布式装置均降低 30%，海上换流阀尺寸和重量比陆上分别降低 15%和 10%。

“这些研发成果填补了我国远海风电柔直送出领域技术空白，打破了国外在远海风电柔直并网领域的技术封锁，是我国远海风电发展的重要里程碑。”李明说。

据介绍，如东工程是世界上电压等级最高、输送容量最大的海上风电柔直工程，额定直流电压为±400 千伏，额定容量为 1100 兆瓦，在破解远海风电大规模消纳难题上取得重大技术突破，创造了 8 项世界第一，对我国大规模远海风电开发建设具有重大示范意义。国网经研院党委书记、执行董事郭铭群表示：“柔性直流具有自主构网、灵活可控等优势，可破解交流送出容量、距离受限难题，是目前百万千瓦、百公里级海上风电并网消纳的最优手段。”

预计 2030 年，我国远海风电并网规模将超过 1 亿千瓦。目前，多条远海风电柔直并网工程已进入可行论证阶段，柔直并网技术应用前景非常广阔。但随着我国海上风电从高补贴阶段进入平价上网时代，降低远海风电的开发利用成本成为首要任务，亟待研发轻型紧凑化并网设计技术。

“目前已开发出轻型化主回路设计技术，攻克了‘阻—感—容’暂态特性全局优化设计

方法与百微秒级超高速保护协同方法，提出了多路径核心设备功率密度提升技术，使海上平台的尺寸、重量相比如东均降低 40%以上，使工程的总体投资水平降低 30%以上，可实现柔直成套装备轻型化、海上平台紧凑化、工程投资低量化的整体设计目标，为大规模海上风电安全、可靠、经济送出奠定技术基础。”赵峥介绍。

业内人士表示，柔性直流输电技术因海缆线路输送容量大、损耗小，使用寿命长，输送距离基本不受限制，可有效解决海上风电场大容量、远距离输电问题，对未来我国海上风电集中连片规模化和远海大容量风电开发建设具有重要意义。

我国海上风电无淡化海水直接电解制氢海试成功

中国科学报 2023.6.6

近日，全球首个海上风电无淡化海水原位直接电解制氢原理技术装备在福建海试成功。该装备由深圳大学/四川大学谢和平院士团队与东方电气集团联合打造，在 3 级~8 级大风、0.3 米~0.9 米海浪强干扰的真实海洋环境下，连续稳定运行超过 240 小时，验证了由我国科学家原创的海水无淡化原位直接电解制氢原理与技术的可靠性。

海水制氢是一种理想的制氢方式，目前有海水直接制氢和间接制氢两条不同的技术路线。其中，间接制氢本质上是海水淡化后制氢，工艺流程复杂、成本较高；而直接制氢技术则自提出以来，半个世纪未有突破性进展。

2022 年 11 月 30 日，谢和平团队在《自然》发表研究，开创了海水原位直接电解制氢的全新原理与技术，实现了无淡化过程、无副反应、无额外能耗的规模化高效制氢，获评 2022 年中国十大科学进展新闻。

随后，东方电气集团与谢和平团队联合研制了漂浮式海上制氢平台和供电系统。本次海试是基于三套原理样机并联建立的设计值为每小时 1.2 标准立方米制氢规模的装备系统，自 2023 年 5 月 17 日至 26 日于福清市兴化湾海域对接海上风电连续稳定运行 10 天。第三方技术检测机构数据表明，本次海试制氢气规模达每小时 1.3 标准立方米，超出设计值；电解能耗为每标准立方米氢气 5 度电；运行 10 天后海水杂质离子阻隔率仍然高达 99.99%以上，与纯净水直接电解制氢效果相当，制氢纯度达到 99.9%~99.99%，稳定性良好。

按照海上风电上网电价 0.2 元/度~0.3 元/度计算，该技术成本为每公斤氢气 11.2 元~16.8 元，略高于煤制氢成本（9 元~12 元），明显低于天然气制氢成本（20 元~24 元），更为绿色、环保、可持续。未来，随着海上风电技术的发展和上网电价下降，这一成本有望继续降低。

谢和平表示，此次海试为未来实现并联式大规模海水直接制氢提供了技术验证，有望形成无淡化、无额外催化剂工程、无海水运输、无污染处理的原位海水直接电解制氢全新模式。

我国首个 13 兆瓦陆上风电机组全功率试验平台投用

科技日报 2023.6.13

12 日，从中国长江三峡集团有限公司了解到，全国首个 13 兆瓦级陆上风电机组全功率试验平台（以下简称试验平台）在三峡现代能源创新示范园完成首次测试并成功并网，标志着我国陆上风电机组研发验证正式迈入 10 兆瓦级时代。

据了解，该试验平台可为 13 兆瓦及以下的双馈、半直驱风电机组提供全功率整机试验，能够准确模拟、测试风力发电机组运行的相关参数，为陆上风电大容量机组的进一步开发奠定坚实基础。

据悉，本次投入使用的试验平台，其知识产权由三峡现代能源创新示范园首个落户企业——浙江运达风电股份有限公司自主拥有，在大型风电机组全尺寸整机试验系统建设和地面测试领域实现了多项技术突破。

三峡现代能源创新示范园位于内蒙古自治区乌兰察布市，由三峡集团牵头打造，是一座集“风光储一体化”高端装备产业集群、“源网荷储”技术研发试验基地的产学研用现代能源创新示范园。

中广核巴西装机 18 万千瓦风电项目正式投产

中国电力报 2023.6.7

5 月 30 日，中国广核集团有限公司巴西 Tanque Novo 18 万千瓦风电项目正式投产，成功将中国风机产业链引进巴西新能源市场，带动了我国产业链上下游 24 家企业共同“出海”。

Tanque Novo 风电项目是中广核在巴西第二个自主建设的绿地项目，位于风力资源丰富的巴西东北部巴伊亚州，于 2021 年 11 月 25 日开工建设，总装机容量为 18 万千瓦，项目配置 40 台风电机组，全部使用中国国产风机设备，是目前南美洲最大叶片风电机组。

据了解，该项目预计年发电量 7.2 亿千瓦时，每年可减少二氧化碳排放 65 万吨，相当于造林 1800 公顷。项目建设期间，为当地创造了超过 1000 个就业机会，有效助力巴西经济社会发展和能源转型升级。

中国广核能源国际控股有限公司副总裁（主持工作）张超群表示，中广核能源国际愿意

发挥科技、人才、管理等优势，主动服务共建“一带一路”同巴西“再工业化”战略的对接，秉承合作共赢理念，创新合作模式，为巴西能源转型、经济社会发展，中巴友好往来贡献中广核方案。

据悉，作为中广核在巴西清洁能源发电的投资平台，中广核巴西能源控股有限公司目前拥有 8 个在运风电场和 2 个在运太阳能电站，在运装机容量达 144.48 万千瓦，是巴西十大清洁能源供应商之一。多年来，该公司积极融入当地社会，在提供清洁、稳定电力的同时，通过带动产业链成长、创造就业岗位、改善贫困社区基础教育、赞助残疾人体育运动等方式，持续履行社会责任，为促进巴西经济社会发展和中巴人文交流作出了积极贡献。

我国首台 12 兆瓦海上风机在阳江成功安装

羊城晚报 2023.6.15

近日，在阳江市青洲四海上风电场，国内首台 12 兆瓦海上风电机组安装完成，该标段大风机安装任务全面进入吊装阶段。

据介绍，青洲四海上风电场安装的 12 兆瓦海上风电机组，使用的是明阳智能(SH.601615) MySE12 兆瓦半直驱海上机组，该机组针对国内广东、福建等台风海域定制化设计研发，可抵御 78.82 米/秒的超强台风。在额定风速下，该机组叶轮转动一圈可发电 25 度，单机每年可输出 4500 万度电，满足 23000 个家庭一年用电需求，减少燃煤消耗 1.5 万吨，减少二氧化碳排放 3.8 万吨，在同类机组中实现更高的发电效率。同时，MySE12 兆瓦海上机组尺寸小、重量轻，便于运输吊装，整体经济性更高。

12 兆瓦海上风电机组的成功安装，有助于提升海域利用效率，提升项目整体效应。在一个 100 万千瓦的项目中，8 兆瓦机组需要 125 台，12 兆瓦机组仅需 84 台，约减少 1/3 的机位，节约用海面积 30%以上；全场基础成本降低 24%，塔筒成本降低 27%，总体降低成本 25%以上。另外，由于机位点减少，尾流约减少 3%-4%，并且因大机组捕风效率提高，发电量整体提升 5%以上。

值得一提的是，MySE12 兆瓦半直驱海上机组所用叶片长达 111.5 米，由明阳智能自主研发设计和制造，是亚洲最长的抗台风型海上叶片，长度相当于三架 C919 客机的机身长度，主要针对海上平价项目需求而研发，适用于超 I 类风区。除了更“长”，明阳智能 111.5 米叶片还更“聪明”，这款叶片采用高性能翼型族，既保证叶片优异的气动效率，又降低叶片重量，可有效提高叶片对海上复杂环境的适应能力。

陆上风电十兆瓦时代来临

中国能源报 2023.6.5

近日，中国船舶集团海装风电股份有限公司（以下简称“中国海装”）在甘肃敦煌发布最新陆上风电 8-10.X 兆瓦平台，并同步下线 H230-10 兆瓦陆上风电机组，使得该公司成为全球首个海陆风电机组均有“10 兆瓦+”机型的风电整机商。

10 兆瓦陆上风电机组的下线，是风电“大”时代的延续。近年来，随着我国风电装机进入稳步增长期，各大风电整机商都在积极推出最新大兆瓦风电机组，陆上风电“10 兆瓦+”的时代已经来临。

大兆瓦机组挺进“沙戈荒”

近年来，国内陆上风机单机容量呈现高速增长态势。行业数据统计显示，2020 年，国内新增风电机组平均单机容量为 2.66 兆瓦，2 兆瓦及以上机型占据主流。随后，风电平价时代的到来直接推动陆上风机单机容量出现成倍增长，到 2022 年，5 至 7 兆瓦陆上风机已逐步成为新增风电装机的主流，而时至当下，10 兆瓦及以上陆上风电机组也纷纷问世，批量生产启动在即。

在下线仪式上，中国海装副总经理温剑波介绍称，此次发布的陆上 8-10.X 兆瓦平台机组叶轮直径覆盖 220 米至 230 米以上，扫风面积可达约 41000 平方米。该平台机组搭载中国海装高定多型式塔筒，具有高经济性、高可靠性、高发电量、高环境适应性等优势，较当前主流的陆上风机 6-7.X 兆瓦机型实现发电量约 20%的提升，使风场综合成本降低 2%以上，收益率提升 5%以上。

值得注意的是，陆上风电机组的迭代更新已不再局限于单机容量的增长，还出现具有针对性的场景应用特征。此次中国海装推出的 H230-10 兆瓦陆上风电机组，主要应用场景正是集中在陆上风电大基地项目，是针对“三北”中高风速区域和“沙戈荒”地区推出的重点机型。

在业界看来，国家“双碳”目标已经为中国风电产业带来前所未有的发展机遇，沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设正加速推进。去年 5 月，国家发改委、国家能源局发布《以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地规划布局方案》，提出到 2030 年，我国将规划建设风光基地总装机约 4.55 亿千瓦。

风机可靠性成为重中之重

为适应“双碳”目标下风电行业的发展需求，风电整机厂商都在积极布局规划最新产品，10兆瓦及以上的陆上风电机组已并不鲜见。虽然陆上风机市场不断推陈出新，但在中国海装研究院副院长张万军看来，国内技术创新和应用的周期却在不断缩短，在此情况下，高可靠性将是风电机组制造产业未来发展的关键所在。

张万军指出，在“沙戈荒”等地区，自然环境相对更加恶劣，风电机组运维难度也更大，而在机组大型化的情况下，一旦故障停机，风场发电量损失也可能越大，这一现状对风电机组可靠性提出更严苛的要求。

“为此，此次推出的平台产品更针对特定的高沙尘、极高温和极低温等恶劣环境做出针对性优化，具体措施包括防风沙、叶片前缘抗磨损、视频巡检等，拥有良好发电性能和环境适应性，能够实现在‘沙戈荒’地区的长期安全服役。”张万军表示，“不仅如此，为保障陆上风电机组的高可靠性、高发电量和低固定成本，中国海装采用平台化的设计方法，将叶片、轮毂、主轴等环节进行模块化处理，将多年海上风电机组的成功经验植入到陆上风机的开发当中，利用平台化为可靠性赋能，同时还针对系列化产品做了统一的规划和策划，并实施一体化设计，确保各个零部件实现最优运行。”

大兆瓦风机仍是降本利器

新机型的不断涌现，实际上还是风电行业降本的需求所致。2021年起，中国陆上风电正式进入平价时代，如何降低度电成本、推动平价上网成为风电行业需要努力攻克共同课题。在业界看来，在颠覆性技术出现前，大兆瓦、大叶轮无疑是当前最有效降低度电成本的手段。

一直以来，作为风电行业的“国家队”和平价海上风电的“破局者”，中国海装持续引领了国内大兆瓦、长叶片的发展方向。

中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩在下线仪式上指出，中国海装历经20年发展，在科技创新、成果转化方面取得突出成绩，2022年底下线的H260-18兆瓦海上风电机组创造最大风轮直径和最大单机功率世界纪录，此次下线的H230-10兆瓦陆上风电机组，让中国海装实现从2兆瓦到10兆瓦的跃升式发展。相信到“十四五”末，当10兆瓦风电机组在“沙戈荒”实现大规模、批量化应用后，将实现更低的度电成本和更高的经济价值。

同时，秦海岩进一步表示，当前我国风电产业已经进入新时代，随着机组大型化发展，风电度电成本也将不断下降，类似制氢等应用场景也将具备经济性。未来，风电、光伏等新能源将成为挖不完的“油田”和“煤矿”，将进一步带动本土产业发展，助推经济增长。

日本研发集群式风力发电机

参考消息 2023.6.14

随着海上风力发电在应对气候变化和确保能源安全的战略中的重要性不断提升,将多台风力涡轮机组合在一起的“集群式”研究不断取得进展。日本九州大学海上风力研究教育中心利用自有发电机,计划在 2028 年建成由 100 台风力涡轮机组合而成的示范机组。这是有可能推动风力发电的普及?

由于风力涡轮机的功率与受风面积成正比,因此叶片的尺寸一直在增大。如今最大的风力涡轮机高度接近 300 米。

但是,也有人指出,增加支柱强度使其能够承载重型叶片,反而导致风力涡轮机的发电成本不断上升,通过扩大叶片面积来降低发电成本的效果正在接近极限。

在大型风力发电机中,叶片的叶尖速度有时会超过每秒 100 米。此时,如果被雨滴击中,叶片就很容易损坏。风力涡轮机高速旋转产生的噪音也是一个问题。

将许多中型风力涡轮机组合在一起的集群式风力发电机组正在引起人们的关注。叶片经过精心设计,无需像大型风力涡轮机那样快速旋转就能增加输出,从而规避了高速旋转带来的风险。当风力涡轮机被并排放置时,还会产生协同效应。从理论上讲,与相同尺寸的传统风力涡轮机相比,输出功率有所增加。

九州大学及其初创企业 RIAM Wind 公司的目标是,2024 年建造一座由两台直径约为 25 米的风力涡轮机组成的示范机组。在分析相关数据后,再于 2028 年打造一座垂直和水平方向均由 10 台风力涡轮机组成的集群式机组。其高度约为 230 米,宽度约为 280 米,输出功率可达 20 兆瓦。

集群式机组拥有易于持续发电的优点。一般而言,当风力涡轮机叶片断裂时,需要关闭机组进行修复。即便进行日常检查,也得让叶片停转,发电活动就会停止。由于集群式机组中的风力涡轮机可被逐个拆除,在检查和维修时无需停转所有叶片,更容易维持发电量。

由于拥有诸多优点,海外也希望将集群式机组投入实际使用。挪威一家初创企业将打造一座由 100 多个中型风力发电机组成、高约 300 米的集群式机组。其输出功率为 75 兆瓦,是当今大型风力发电机的 5 倍。

RIAM Wind 公司开发的风力发电机因形状独特而被称为透镜风力涡轮机。虽然直径很小,输出功率却不小。风撞击护罩会产生涡流,从而在风力涡轮机后部形成低压区域。这将

吸引空气、增大风速。风速的微小差异直接影响发电机的输出功率。经实验证实，与没有护罩的情形相比，有护罩风力涡轮机的输出功率是前者的 2 至 3 倍。

国家能源局印发《风电场改造升级和退役管理办法》

中国电力报 2023.6.15

近日，国家能源局印发《风电场改造升级和退役管理办法》（以下简称《管理办法》），鼓励并网运行超过 15 年或单台机组容量小于 1.5 兆瓦的风电场开展改造升级，并网运行达到设计使用年限的风电场应当退役，经安全运行评估，符合安全运行条件可以继续运营。

《管理办法》要求，发电企业根据风电场运行情况，论证提出项目改造升级和退役方案。风电机组达到设计使用年限时，发电企业应及时开展安全性评估，经评估不符合安全运行条件的风电场，发电企业应及时拆除，并按要求恢复生态环境。

《管理办法》明确，风电场改造升级原并网容量不占用新增消纳空间，鼓励新增并网容量通过市场化方式并网。

针对风电场改造升级项目用地，《管理办法》鼓励采用节地技术和节地模式，提高土地使用效率，对不改变风电机组位置且改造后用地面积总和不大于改造前面积的改造升级项目，符合国土空间规划的，不需要重新办理用地预审与选址意见书。风电场改造升级和退役应依法履行环评、水保手续，按照国家生态环境相关的法律法规做好生态环境保护和生态恢复，不得对生态环境造成永久性破坏。

在资金补贴和电价方面，《管理办法》提出并网运行未满 20 年且累计发电量未超过全生命周期补贴电量的风电场改造升级项目，按照相关规定享受中央财政补贴资金，改造升级工期计入项目全生命周期补贴年限。风电场完成改造升级后，对并网运行满 20 年或累计补贴电量超过改造前项目全生命周期补贴电量的项目，不再享受中央财政补贴资金。风电场改造升级项目补贴电量的上网电价按改造前项目电价政策执行，其他电量的上网电价执行项目核准变更当年的电价政策。

同时，《管理办法》明确了风机循环利用和处置办法。鼓励发电企业、设备制造企业、科研机构等有关单位开展风电场废旧物资循环利用研究，建立健全风电循环利用产业链体系，培育壮大风电产业循环利用新业态。

华电阳江公司风机可利用率提高至 99.5%

中国电力报 2023.6.15

连日来，广东阳江地区气温节节攀升，连续出现强降雨、高温等极端天气。面对前有高温酷热、后有暴雨的情况，广东华电福新阳江海上风电有限公司多措并举助力迎峰度夏电力保供。

聚焦“清单化”管理，落实“船舶管理、物资储备、人员演练、风险排查、应急机制”5个到位，完善出台指挥机制、会商研判、抢险救援、灾险情报送、复盘评估、信息化共享、包保责任制等8项机制，系统化规范防汛防台风机制运行。完善缺陷管理机制，构建风机管理“1+2+3”模式，即建立“一机一档”信息库、“四不两直检查+绩效考评”两个规范、“检修流程+机组对标排名+复盘总结”三张清单，不断提高运维效率、降低发电损失。用好科技赋能，联合运营商建成广东首批近海深水区700兆赫兹的5G基站，为打造“智慧风场”、实施海上运维作业等提供通信保障。联合海事局率先推进广东首个政企联动——风场管理平台“粤水安”在华电青洲三风场应用，为“智慧风场”提供“人一港一船一环”四位一体管理。聚焦隐患治理，紧抓“小风季”窗口期，推进夏季风机体检、ACG技改等工作，有效解决了组轴密封渗油、变频器“心跳”超时等问题，风机可利用率提高至99.5%。

国家能源局发布《关于开展海上风电施工安全专项监管工作的通知》

中国电力报 2023.6.13

近日，国家能源局综合司印发《关于开展海上风电施工安全专项监管工作的通知》（国能综通安全〔2023〕72号）（以下简称《通知》），督促海上风电项目相关参建单位切实落实安全生产主体责任，提高安全管理水平，坚决防范和遏制重特大事故发生。

针对海上风电施工中出现的安全责任落实不到位、施工现场安全管控不严、应急能力建设比较薄弱等突出问题，国家能源局根据《国家能源局综合司关于印发〈2023年电力安全监管重点任务〉的通知》（国能综通安全〔2023〕4号），在全国范围内组织开展海上风电施工安全专项监管工作。在自查整改阶段，海上风电项目各参建单位依据国家安全生产法律法规和标准规范，结合本单位实际，对《海上风电施工安全专项监管事项清单》的相关内容细化，制定专项工作方案，紧紧围绕专项监管内容，深入开展自查自纠和问题整改。

《通知》要求，相关省份地方政府电力管理部门和派出机构按照《国务院安委会办公室

自然资源部交通运输部国务院国资委国家能源局关于加强海上风电项目安全风险防控工作的意见》（安委办〔2022〕9号）界定的职责范围，对海上风电项目各参建单位施工安全管理工作开展专项监管，重点核查安全生产主体责任落实、安全技术管理、现场安全管理、工程质量管控、工程工期管理、分包安全管理、涉网安全管理、应急管理8方面内容。

全球最大单机容量风机 123 米叶片发运

中国电力报 2023.6.21

6月14日，在江苏省连云港市，由金风科技自主研发的拥有100%自主知识产权的123米超长海上风电叶片整装待发，即将被运往福建平潭外海的海上风电场。此次发运的3支超长海上风电叶片，将被运往30公里外的连云港码头，截至发稿日，此次发运的3支超长海上风电叶片已通过海运送达平潭外海的海上风电场，为16兆瓦海上风电机组吊装做准备。

据悉，该16兆瓦海上风电机组由金风科技与中国长江三峡集团有限公司合作研发，拥有完全自主知识产权，是当前全球叶轮直径最大、单机容量最大、单位兆瓦重量最轻的风电机组。16兆瓦海上风电机组的单支叶片长123米，能够同时容纳300个成年人并排站在上面；机组叶轮直径达到252米，相当于6架C919客机首尾相连，扫风面积相当于7个足球场。

金风科技负责人说，此次发运的16兆瓦机组叶片的内部主梁结构首次采用碳纤维材料，重量减轻了20%，96%以上的材料实现了国产化；技术工艺上更拥有100%的自主知识产权。随着该机组的成功下线，标志着中国海上风电装备产业从无到有，为我国风电技术走向国际市场打下了坚实基础。

主动消除电力谐波 提升海上风电电能质量

国家电网报 2023.6.14

6月6日，由国网浙江省电力有限公司牵头研发设计的高压有源滤波器在华能嘉兴2号海上风电场投运。

据介绍，高压有源滤波技术是一种全新的主动滤波技术，可实时检测并网点的谐波特征，通过主动注入与谐波电流幅值相同、相位相反的电流，形成谐波消纳通道，抵消谐波的影响，达到治理谐波目的。相较于常规的无源滤波器，高压有源滤波器可滤除更大频率范围内的谐波，且不会造成谐振，适应能力更强，滤波效果更佳，更适合机理复杂的海上风电场的谐波

治理需求。

国网浙江电力组建研发团队，厘清海上风电场谐波超标机理，提出适用于海上风电场的高压有源滤波技术方案，应用“降压变+模块化级联”拓扑，提升高压有源滤波器的耐压能力和运行可靠性；提出海上风电谐波综合控制策略，攻克海上风电并网谐波放大抑制难题。该团队还研发了谐波治理半实物电磁暂态仿真系统，多方位测试了高压有源滤波器在72种复杂运行工况下的性能和适应性；搭建千安级别谐波动模试验平台，完成浙江省首次220千伏变压器谐波大电流特性试验，获得了变压器在谐波环境下的各项运行参数，优化了高压有源滤波器设计及可靠性。

经实测，高压有源滤波器投运后，华能嘉兴2号海上风电场并网线路谐波电流含量下降92%，谐波电压含有率由1.97%降低至1.31%，海上风电场电能质量明显提升。

塔城首座“风电+储能”电站正式投运

中国电力报 2023.6.26

日前，新疆塔城玛依塔斯10万千瓦保障性并网风电项目顺利送电，首座“风电+储能”电站正式并网投运。

据悉，该项目为2022年自治区保障性风电项目，位于塔城地区玛依塔斯风区，装机规模10万千瓦，配套储能1万千瓦/2万千瓦时。项目总投资5.55亿元，安装20台单机容量0.5万千瓦的风电机组，年平均上网电量可达3.2亿千瓦时，可满足21万户家庭年用电量，可节约标准煤约13万吨，减少二氧化碳排放约32万吨，减少二氧化硫排放约0.95万吨。项目的投运有利于增加塔城地区可再生能源占比，优化系统电源结构，减轻环保压力，将地区资源优势转化为经济优势，促进地方经济社会发展。该项目配套的储能电站可有效提升区域电网调峰互济协调联动能力，提高电力输出功率的稳定性。

为确保该项目顺利并网，做到电网与电源协同发展，国网塔城供电公司高度重视，精心部署。建设过程中多次组织专业技术人员对接，积极与项目业主沟通，帮助解决困难，及时掌握项目进展，全过程跟踪服务。多次深入现场查看项目建设进度，先后两次组织专业技术人员进行现场验收，并下发整改通知书，协助项目业主及时完成消缺，确保项目依法合规并网。

该项目的投运，进一步优化了塔城电网调控模式，在保障能源安全的基础上，有效促进能源绿色低碳转型。下一步公司将积极跟踪在建新能源项目进度，主动提供优质的并网服务，

确保 2023 年拟并网新能源场站按计划投运。

全球最大 20 兆瓦半直驱永磁风机下线

中国能源报 2023.6.26

近日，全球最大 20 兆瓦半直驱永磁风力发电机在中车永济电机公司山东绿色能源产业园成功下线，适配中国海装 H260 平台机组，助力海上风机大型化之路再进一步。

中国船舶重工集团海装风电股份有限公司副总经理温剑波在下线仪式上表示，中车永济电机公司与中国海装同为央企，有着相同的使命与担当，具有扎实的合作基础。回顾与中车永济电机公司携手共进的这些年，双方就大兆瓦半直驱风力发电机展开了全面深入的战略合作，针对全球海上风电机组大型化发展趋势及中国海上风力资源特点等定制化研发了一系列海上大容量电机产品，搭配中国海装成熟可靠海上风电平台，为当前海上风电市场发展贡献了央企智慧。

据了解，去年 12 月，中国海装 H260-18MW 机组成功下线，基于整机平台化设计技术，系列机型的输出功率介于 13 兆瓦-20 兆瓦之间。此次下线的 20 兆瓦海上风力发电机，可直接适配中国海装 H260 海上风电平台，平台再度升级的同时，也验证了中国海装整机平台化设计技术的前瞻性与可行性。整机平台化设计技术的宽域适配能力，突破了风电机组离散化的传统开发模式，解决了风电机组快速迭代与安全可靠之间的矛盾。(仲新源)

十、核能

田湾核电外送能力提升约 90 万千瓦

中国电力报 2023.6.7

6 月 2 日，从国网江苏省电力有限公司获悉，田湾核电送出电网加强工程于近日整体投入运行。工程投运后，田湾核电外送能力提升约 90 万千瓦，助力今夏负荷高峰期华东地区用电安全可靠。

田湾核电站地处江苏省连云港市连云区，是目前全球在运在建总装机容量最大的核电基地，在运 6 台机组总装机 660.8 万千瓦，累计安全发电超过 3700 亿千瓦时，可供超过 1 亿户家庭使用 1.5 年。

2007 年，田湾核电 1、2 号机组投入商业运行。早在 2003 年，这两台机组的配套送出线路——500 千伏田徐、田圩线已建成投运。此后的 14 年间，江苏电力在田湾核电各台新

上机组投运前，又建成了6条500千伏外送输电线路，确保田湾核电远景规划在内的共8台机组应发、尽发、满发。

据悉，田湾核电1~4号机组通过500千伏田伊、田芦、田徐、田圩共4条线路外送。由于田湾核电5、6号机组投运和江苏沿海新能源的大规模投产，导致500千伏田伊、田芦线潮流变轻。但田湾核电1~4号机组的外送功率是相对稳定的，导致剩余的500千伏田徐、田圩线路潮流变重，两条线路在今夏用电高峰期存在过载运行可能。为此，江苏电力决定开展田湾核电送出电网加强工程建设。

工程投运后，田湾核电在运6台机组应发尽发，8条送出线路的超载重载问题彻底解决，田湾核电送出华东地区将更加安全可靠。

核能与核技术利用小知识

中国环境报 2023.6.21

一、公众日常接触到的核技术利用有哪些？政府是如何保障公众安全的？

公众日常经常接触到的核技术利用项目主要是医院的放射诊断项目，如CT机、X光机，以及地铁、机场等公共场所的柜式X射线行李包安检设备(这种设备仅对乘客携带的行李进行检查，且单次剂量很低，国家监管部门已对设备用户予以豁免管理)。

我国法规要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，必须取得相应的辐射安全许可证。为了取得许可证，申请单位必须具有相应的辐射安全管理机构和人员，具备符合安全和防护标准的场所和设备，配备防护设备和监测仪器，建立健全的辐射安全管理规章制度，并接受各级生态环境部门的监督检查，以确保工作人员、公众和环境的辐射安全。

二、一旦发生核事故，政府与公众应该怎么做？

以深圳市为例，一旦大亚湾核电站或岭澳核电站发生可能影响场外的核事故，深圳市核与辐射事故应急指挥部首先根据上级部门的指示，快速协调各个政府部门组建前沿指挥部，并做好通信、交通、后勤和安全等保障。协助广东省核应急指挥部统一指挥到达深圳市的核应急力量，听从指示组织群众撤离、洗消及隐藏，做好防护并发放必须的生活物资及碘片。负责核事故相关信息的发布、通报。

公众首先要做的是尽可能获取可信的关于突发事件的信息，了解政府部门的决定、通知。应通过各种手段保持与政府的信息沟通。其次是迅速采取必要的防护措施，例如：

(1) 就近隐蔽。当判断有放射性物质释放时，切记不能迎着风，也不能顺着风跑，应

尽量往风向的侧面躲，并迅速进入就近的建筑物内隐蔽。

(2) 及时关闭通风进气设备。如门窗、空调、换气扇等设备。

(3) 采取呼吸防护，包括用湿毛巾、口罩等捂住口鼻，过滤放射性粒子。

(4) 减少裸露面积。穿戴长衣、长裤、帽子、手套和靴子等，若怀疑身体表面有放射性污染，应采用洗澡和更换衣服来减轻放射性污染。

(5) 防止食入受污染的食品或饮用水。将食品清洗后放入密封容器或冰箱，严防食用放射性食物及饮用水。

(6) 碘片的服用要根据政府的指示，只有政府在评估事故状态以后才能决定是否需要服用碘片，不能仅凭个人主观臆断或因恐惧而擅自服用。

(7) 根据政府的安排实施有组织、有序的撤离。

三、如何做好个人辐射防护？

人体受到的辐射可分为外照射和内照射。外照射是来自于体外的辐射源造成的照射。放射性物质进入人体内部而造成的照射称为内照射。日常人体受到的辐射多属于外照射，因此，辐射防护的基本原则是尽量减少或避免射线从外部对人体的照射，且照射不超过国家规定的剂量限制。外照射防护的三要素为：时间、距离、屏蔽。

由于累积剂量与受照时间成正比，因此，通过降低从事放射性工作的时间或受到放射性物质照射的时间，可以减少受照剂量。当辐射源为点源时，剂量率与距离的平方成反比，因此，控制距离是另外一种避免外照射的有效方法。在辐射防护中，可通过增加人与放射源之间的距离，来降低电离辐射的危害，如禁止靠近放射源、任何人不能用手拿放射源，必须使用工具（如长柄钳、机械手等）来操作。在实际工作中，由于条件所限，往往单靠缩短时间和增大距离并不能达到安全操作的目的，此时必须采用屏蔽防护（如穿铅衣、安装铅帘等）。其屏蔽防护的原理是，辐射通过物质时会被减弱，在人与辐射源之间增加一层足够厚的屏蔽物，可以把外照射剂量减少到允许的水平以下。

十一、其他

低渗高吸附煤层瓦斯强化抽采技术获突破

中国能源报 2023.6.12

煤层气是一种非常重要的非常规天然气。在煤炭行业，煤层气通常又被称为“瓦斯”。瓦斯会诱发煤与瓦斯突出事故和瓦斯爆炸事故。据统计，在 2002 至 2019 年间，我国煤矿瓦

斯事故死亡人数占煤矿事故全部死亡人数的 1/3。目前，我国还有 840 处高瓦斯、719 处煤与瓦斯突出煤矿。随着开采深度的不断增加，部分煤矿由低瓦斯向高突矿井演变，瓦斯事故形势会愈发严峻。

瓦斯的主要成分是甲烷，与煤炭相比，它又被认为是一种较为清洁的能源资源，各国都在加大开发利用力度。但 2022 年，天然气在我国能源消费结构中仅占 8.5%，煤炭消费占比高达 56.2%。相比之下，煤炭在美国的能源消费占比为 11%，天然气消费占比高达 32%。

可见，提高瓦斯开采利用率，无论从瓦斯灾害防控，还是瓦斯资源化利用角度看，都有重要意义。众所周知，瓦斯抽采是实现灾害防治和瓦斯资源化利用的根本措施。但我国煤层渗透率低，瓦斯吸附强、难以解吸，很多矿井的井下可解吸瓦斯比例甚至不到 10%，导致瓦斯抽采流量衰减快、抽采率低、抽采难以达标，严重制约巷道掘进及生产接替。

实际上，为提高瓦斯抽采率，我国从上世纪 50 年代起就开始探索水力冲孔、深孔松动爆破、水力割缝、水力压裂等技术，取得了一定成效，并沿用至今。不过，虽然这些技术在改善煤层透气性、增强瓦斯的运移渗流能力方面起到了一定效果，但仍然难以促进纳米级孔隙中瓦斯的解吸，特别是纳米级孔隙发育的煤层。所以，并不能彻底解决煤层瓦斯抽采率低的难题。

针对该问题，美国科学家在上世纪 90 年代提出了 CO₂ 强化瓦斯抽采的概念，并在美国圣胡安盆地成功应用，成为强化瓦斯抽采的主要技术措施。然而，CO₂ 注入煤层后，在突出煤层中会诱发突出事故，且极易造成回采过程中巷道 CO₂ 超限，所以仅限用于不可采或其它原因不能开采的煤层。由于我国煤炭消费量大，显然，CO₂ 强化瓦斯抽采技术并不适合我国国情。

中国矿业大学朱传杰教授带领的研发团队联合川煤集团，针对煤层低渗透和高吸附性导致瓦斯采收率过低的问题，从 2017 年开始，经过多年科技攻关，提出了高压气水混压强化瓦斯抽采技术。通过向煤层内循环交替注入高压水和驱替气体，可以提高煤层透气性，并促进高吸附性瓦斯的快速解吸，实现了煤层“压裂增透、驱替置换、孔隙解堵”的三重作用，探索出了解决低渗高吸附煤层瓦斯高效抽采的“中国方案”。

目前，该技术已在四川、河南、贵州等我国主要产煤区进行推广应用，取得了显著的技术效果，同时解决了煤层低渗透和高吸附难题，有效降低了瓦斯治理成本和时间。

我国首个自营深水油田群累产原油破千万吨

中国能源报 2023.6.12

近日，我国首个自营深水油田群——流花 16-2 油田群累计生产原油突破 1000 万吨。作为当前我国南海产量最高的油田群，流花 16-2 高峰年产量超过 400 万吨，所产原油可满足 400 多万辆家用汽车一年的汽油消耗，为粤港澳大湾区经济社会发展不断注入能源动力。

流花 16-2 油田群位于南海珠江口盆地海域，距深圳东南约 250 公里，包括流花 16-2、流花 20-2 和流花 21-2 三个油田。油田群平均水深 412 米，是我国海上开发水深最深的油田群，拥有亚洲规模最大的海上油气田水下生产系统，其开发技术难度和复杂性位居世界前列。

据中国海油深圳分公司流花油田总经理江俊达介绍，自 2020 年 9 月首个油田投产以来，流花 16-2 油田群产量节节攀升，当前油气日产量保持在 1.1 万吨油当量以上。油田群全部生产井正满负荷运行，保持着“5 天一船油、3 天一船气”的外输频率，今年已外输油气 70 船次。

南海夏秋季节台风频发，是海上油气田持续稳定生产的大敌。流花 16-2 油田群处于深水區，离岸远、设备复杂，当台风来袭时需组织人员撤离和设施关停，造成较大的产量损失。今年，中国海油深圳分公司进行智能化科技攻关，对流花 16-2 油田群实施自动控制系统改造，使之成为我国首个具备远程遥控生产能力的深水油田，可在台风期间维持无人化生产，保障油田稳产高产。

“我们已形成一套深水油气田产、储、销一体的生产经营管理模式。下一步，将继续加强数字化智能化技术在深水油气田的应用，为我国海洋油气产业发展提供更多的深水产量份额。”江俊达说。

作为伴生气富集的油田群，流花 16-2 面临“油气双产”的难题。中国海油深圳分公司在“海洋石油 119”储油轮上装备了国内首套自主设计建造的海上 LPG（液化石油气）回收系统。收集的伴生气既能用于油田自用发电，也可外输 LPG 产品，实现环保与经济效益的双赢。今年，流花油田现场作业团队优化 LPG 合格组分比例，最大限度降低伴生气放空损失，实现零成本增产，推动 LPG 日产量达到 550 立方米的历史新高。

海洋是生命的摇篮，也是资源的宝库。2022 年，中国海油国内原油产量同比增长 339.4 万吨，增量占比全国总增量的 60%以上，连续四年名列国内首位，天然气产量同比增长 26.8 亿立方米，为我国原油年产量时隔六年重回 2 亿吨作出重要贡献。

据了解，水深超过 300 米的深海是全球油气资源的主要接替区。近年来，随着我国首个

深水自营油田群流花 16-2 油田群全面投产，我国已在深水海域勘探开发了 12 个油气田，深水油气年产量超过 1000 万吨油当量深海油气领域正成为保障国家能源安全的重要力量。2021 年 6 月 25 日，水深超过 1500 米的“深海一号”超深水大气田投产，我国海洋油气勘探开发能力全面进入“深水时代”。同时，深海区域地质研究、油气田开发、装备建造、钻完井技术体系以及配套作业能力建设进一步加强，实现了深水油气勘探开发新突破，基本具备了深海油气勘探开发全产业链的技术和装备能力。

这个工程又一项鉴定“总体国际领先”

中国能源报 2023.6.5

5 月 29 日，中国水力发电工程学会在广东阳江组织召开了《超高水头超大容量高稳定性抽水蓄能电站机组及系统设计关键技术与应用》科技成果鉴定会。经鉴定，项目以阳江抽水蓄能电站为依托，填补了我国在 700 米水头段、400MW 级抽水蓄能机组及系统设计上的空白，为国内后续大规模建设同类机组奠定了坚实的技术基础，总体达到国际领先水平。这是继 5 月 19 日阳江抽水蓄能电站“800 米级水头抽水蓄能电站超高压钢筋混凝土压力管道建设关键技术成果鉴定整体达到国际领先水平”后的又一重大工程成果认定，标志着我国抽水蓄能机组自主设计制造水平实现新突破，极大促进国产化高水头大容量抽蓄机组及系统设计水平的提升，推动我国抽水蓄能领域关键核心技术立于国际最前沿。

该科技成果的鉴定委员会由中国工程院院士张勇传领衔，成员由来自华中科技大学、中国水力发电工程学会、中国长江三峡集团公司、西安理工大学、中国水利水电科学研究院、中国电建集团中南勘测设计研究院、中国电建集团西北勘测设计研究院、抽水蓄能标准化技术委员会、全国大型发电机标准化技术委员会的 12 位专家学者组成。鉴定会由中国水力发电工程学会副秘书长李世东主持。专家委员会听取汇报并审查了相关技术资料，经质询和讨论认为：该项目以广东阳江抽水蓄能电站 40 万千瓦 700 米级机组设备自主化为依托，经过多个专题研究与创新，形成了超高水头超大容量抽水蓄能电站机组及系统设计自主关键技术。

2011 年，项目依托阳江抽水蓄能电站工程，开展 40 万千瓦 700 米级抽水蓄能机组自主化可行性研究。研究工作提出 12 项关键技术研究子课题，明确了机组性能目标及技术路线；以稳定性、可靠性优先为原则，提出实现高稳定性的水泵水轮机能量及稳定性参数控制指标和高可靠性的发电电动机结构设计方案，经工程应用检验，机组整体性能指标总体优于国内外同类机组；提出了机组一管三机过渡过程控制指标，通过输水建筑物参数、机组参数等多

维度敏感性分析，提高了电站不同工况过渡过程的安全裕度。

据了解，项目研究成果后续将在惠州中洞抽水蓄能电站推广应用。阳蓄电站 40 万千瓦、700 米级超高水头超大容量高稳定性抽水蓄能机组及系统设计实践，将为当前国内抽水蓄能储备项目的选点布局提供新方案，为我国抽水蓄能产业未来发展提供新思路。

国内最大冲击式水电机组完成国产化改造

中国电力报 2023.6.12

6 月 7 日，国内单机容量最大的冲击式水电机组完成国产化改造，成功并网发电。这标志着中国东方电气集团有限公司自主研发的具有全产业链完全自主知识产权的国产化首台 150 兆瓦级大型冲击式转轮成功实现工程应用，开启了我国水力发电产业高质量发展的新篇章。

转轮是水电机组最核心的部件，被誉为水电机组的“心脏”。国产化首台 150 兆瓦级大型冲击式转轮应用于四川川投田湾河开发有限责任公司金窝冲击式水电机组。该转轮重约 20 吨，最大直径约 4 米，于 5 月 16 日在东方电气成功下线。

依托 150 兆瓦级大型冲击式转轮国产化项目，东方电气冲击式转轮水力开发、造型设计、软件开发、模型装置研制等实现了完全自主化，填补了多项国内技术空白，转轮结构设计、材料应用、加工工艺等关键核心制造技术取得了突破性进展，实现了我国高水头大容量冲击式水电机组关键核心技术“从无到有”的历史性突破。

东方电气将以 150 兆瓦级大型冲击式转轮工程应用为契机，深入开展学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想主题教育，按既定“三步走”计划，进一步加强联合创新，携手国内能源企业，共同推进具有世界影响力的 500 兆瓦级冲击式水电机组工程示范应用，接续开展 700~1000 兆瓦级高水头大容量冲击式水电机组研制，持续推动我国水力发电产业高质量发展，为加快建设科技强国、更好服务“双碳”目标作出新的更大贡献。

全球最大冲击式水轮机组开建

中国电力报 2023.6.13

6 月 9 日，世界首台套 50 万千瓦高水头冲击式机组科研攻坚示范项目推进大会在西藏拉萨召开，标志着承载该机组的大唐西藏扎拉水电站主体工程正式开工建设。

扎拉水电站为玉曲河流域“两库七级”开发中的第六级，利用 60 千米“几”字大拐弯

天然落差，截弯取直形成了近 700 米高的水头，具有“高水头、大容量、冲击式、深竖井”等工程技术特点，是国家研制大容量冲击式水轮发电机组的支撑项目。

中国大唐集团有限公司作为业主单位，主动服务国家发展战略，补齐能源技术装备短板，积极组织产业链上下游扎实推进项目设计、设备制造、材料工艺等方面科研攻关，开展了 11 项科研专题，着力攻克冲击式水轮机制造“卡脖子”关键技术。

立足扎拉水电项目主体开工，中国大唐会同东方电气、哈尔滨电气、国机集团、中国一重等企业，有效融合全产业链优质资源，加快推进重点技术创新攻关，确保电站按期投产发电。届时，该项目两台单机容量 50 万千瓦冲击式水轮发电机组，将成为全球单机容量最大的冲击式水轮发电机组，不但实现全产业链完全自主知识产权国产化，而且机组效率达到世界先进水平，将有效提高我国冲击式水轮发电机组整体水平，为提升我国水电开发能力、实现水电装备关键核心技术自主可控发挥重要的引领示范促进作用。

我国首套国产抽蓄机组成套开关设备通过产品鉴定

中国能源报 2023.6.19

6 月 11 日，中国机械工业联合会在广州组织召开“国产抽水蓄能机组成套开关设备”产品鉴定会。经鉴定，该产品具有自主知识产权，属首套国产化抽水蓄能机组成套开关设备，综合性能指标达到国际领先水平，同意通过产品鉴定，可以批量生产并在抽水蓄能电站推广应用。这标志着由南方电网储能股份有限公司（以下简称“南网储能”）和西安西电开关电气有限公司（以下简称“西开电气”）联合研制的国内首台国产抽水蓄能机组成套开关设备取得实质性成功，促进抽水蓄能主机设备实现高质量国产化，为持续推动我国抽水蓄能重大技术装备创新发挥示范作用。

据了解，经充分质询深入讨论，鉴定委员会认为，国产成套开关设备种类齐全、成套性强、布置灵活，具有载流能力强、机械及电气可靠性高、绝缘水平高、智能化程度高等特点，机械寿命 20000 次，100kA 开断 8 次，满足抽水蓄能机组成套开关设备的需求。

抽水蓄能机组成套开关设备是机组安全可靠运行的重要保障，也是机组各种运行工况转换的主回路元件，具有额定电流大、开断短路电流直流分量高、低频须可开断、操作频繁等技术性能，对其电气机械性能、可靠性、使用寿命的要求非常高。同时，研制开关还要满足地下厂房紧凑的安装布置条件和维护检修的空间需求，整体结构设计集成难度大。长期以来，抽水蓄能机组成套开关设备供应依靠进口，存在供货周期长、采购运维成本高、检修维护不

便等问题。

2020年3月,南网储能与西开电气联合开展抽水蓄能机组开关技术装备的科研攻关,2021年11月,完成全套开关样机研制及全部型式试验并通过项目验收,比原计划提前1年半完成研发任务;2022年4月,产品通过中国机械工业联合会组织的国家级新产品技术鉴定,综合技术水平达到国际领先水平;2022年5月,产品在广东梅州抽水蓄能电站进行了首套工程化应用;截至目前,产品已平稳运行满周年,安全操作超过1000次。

梅蓄国产抽水蓄能电站成套开关设备包括发电电动机断路器、相序转换开关、电气制动开关、启动回路开关装置、拖动开关、启动母线分段隔离开关共计6种开关设备,均安装有智能在线监测装置,可以实现对六氟化硫气体状态、机械特性、主回路温升情况、触头位置、电机状态、电寿命等信息的在线监测并进行智能化综合诊断,满足智能监测、快速响应两大核心要求,有效保障设备在现场安全可靠的运行。具有自主知识产权的梅州抽水蓄能电站成套开关设备的国产化应用,标志着我国掌握了该类设备的关键技术和研制能力,打破了国外供应商长期技术垄断的局面,补齐了抽水蓄能机组主机设备全国产化的最后一块短板。

根据《抽水蓄能中长期发展规划(2021-2035年)》,到2025年,我国抽水蓄能投产总规模6200万千瓦以上;到2030年,投产总规模1.2亿千瓦左右。本次国产抽水蓄能机组成套开关设备的成功研发和应用,有效提升了我国抽水蓄能高端装备制造业水平,满足了我国抽水蓄能电站对国产化机组开关设备的迫切需要,对保障抽水蓄能领域产业链供应链安全具有重要意义。

我国大型变速抽水蓄能机组研制进入工程应用阶段

中国能源报 2023.6.19

6月12日,我国首台300兆瓦和400兆瓦国产化变速抽水蓄能机组采购制造合同在广州集中签订,标志着我国大型变速抽水蓄能机组研制正式进入工程应用的新阶段。

变速抽水蓄能机组可以改变转子转速,灵活调节功率,让风电光伏等波动性新能源更加稳定地接入电网。随着我国风电光伏在电力系统的装机占比不断提高,变速抽水蓄能机组研制同步提速。近年来,我国变速抽水蓄能技术研发大幅提速。2022年5月,国家能源局公布年度能源领域首台(套)重大技术装备项目清单,“300兆瓦级变速抽水蓄能机组成套设备”位列75个项目之首,明确南方电网肇庆浪江抽水蓄能电站等3个工程为其依托工程。6月,中国科协发布年度10个产业技术问题,“如何研制大型可变速抽水蓄能机组”位列其中。

2022年11月、12月，300兆瓦级变速抽水蓄能机组成套设备国产化依托工程肇庆浪江抽水蓄能电站和我国首个超大容量变速抽水蓄能工程惠州中洞抽水蓄能电站相继全面开工。本次采购制造的两台变速抽水蓄能机组将分别安装于上述两座抽水蓄能电站，预计2025年12月底前全部交付完毕。

“变速抽蓄机组相比于常规定速机组主要难点在于转子的结构设计，对绕组端部固定、铁心材料选择、通风等方面都提出了更高的要求。两年来，我们组织充分的技术论证和试验研究，完成了机组技术方案与关键性能指标的制定，为机组的科学制造指明了方向。”南网储能公司基建部总经理李育林介绍。

据了解，当前肇庆浪江、惠州中洞抽水蓄能电站主体工程正加快建设，变速机组等效转子模型制造及第一轮试验工作已经完成，为我国大型变速抽水蓄能机组的顺利工程应用打下坚实基础。

化石燃料仍主导全球能源市场

参考消息 2023.6.27

周一发布的《世界能源统计评论》报告说，去年全球能源需求增长1%，而可再生能源的创纪录增长并未改变化石燃料的主导地位，后者仍占全球能源供应量的82%。

去年在俄乌冲突爆发后，能源市场陷入动荡，欧洲和亚洲的天然气和煤炭价格飙升至创纪录水平。

报告说，尽管2022年可再生能源装机容量出现有史以来最大增幅，但是石油、天然气和煤炭产品在满足大部分能源需求方面的领先地位仍然不可动摇。

能源协会是总部设在英国的全球能源行业机构。该协会会长朱丽叶·达文波特说：“尽管风力和太阳能发电部门进一步强劲增长，但是全球与能源相关的整体温室气体排放再次增加。我们仍在朝着《巴黎协定》规定的相反方向前进。”

作为行业标杆，这份能源年度报告首次由能源协会、毕马威管理咨询公司和科尔尼公司接替英国石油公司联合发布。此前，自20世纪50年代以来，该报告一直由英国石油公司编写。

科学家说，到2030年全球必须将温室气体排放从2019年的水平削减43%左右，这样才有希望实现《巴黎协定》制定的目标：将全球气温较工业化前的升幅控制在远低于2摄氏度的水平。

下面是这份有关 2022 年情况的能源报告的一些要点：

●全球基本能源需求 2022 年增长约 1%，增速低于上一年的 5.5%，但能源需求仍比 2019 年新冠疫情暴发前高约 3%。

除欧洲外，全球各地能源消费均有所增长。

可再生能源(不包含水力发电)占全球能源消费的 7.5%，约比上一年增长一个百分点。

化石燃料在全球能源消费中的占比仍然高达 82%。

全球发电量 2022 年增长 2.3%，增速低于上一年。风力和太阳能发电在总发电量中的占比达到创纪录的 12%，满足了 84%的净电力需求增长。

煤炭在总发电量中的占比仍位居第一，约为 35.4%。

●全球石油日消费量增长 290 万桶，达到 9730 万桶，增幅低于上一年。

与新冠疫情暴发前的 2019 年相比，石油消费减少 0.7%。

大部分石油需求增长源于对航空燃料和柴油相关产品的需求回升。

全球石油日产量增长 380 万桶，主要来自欧佩克成员国和美国。尼日利亚减产最多。

日炼油能力增长 53.4 万桶，主要来自非经合组织国家。

●在欧洲和亚洲能源价格创纪录的背景下，全球天然气需求 2022 年下降 3%，但仍占一次能源消费的 24%，占比略低于上一年。

去年全球天然气产量与上一年持平。

液化天然气产量增长 5%，增速与上一年差不多，其中大部分增长来自北美和亚太地区。

欧洲占液化天然气需求增长的大部分，其进口量增长 57%。亚太地区以及南美洲和中美洲的国家则削减了购买量。

日本取代中国成为世界最大液化天然气进口国。

●煤炭价格升至创纪录水平，在欧洲涨幅达 145%，在日本上涨 45%。

去年全球煤炭消费上升 0.6%，为 2014 年以来最高水平，主要受中国和印度的需求驱动。北美和欧洲的煤炭消费量下降。

全球煤炭产量比上一年增长 7%，其中大部分增长来自中国、印度和印度尼西亚。

●2022 年，可再生能源(不包含水力发电)增速略微放缓至 14%，但太阳能和风能装机容量仍创纪录地增长 266 吉瓦，其中太阳能占了大头。

中国新增的太阳能和风能装机容量最多。

全球与能源相关的排放(包括工业流程和燃烧)去年增长 0.8%，达到 393 亿吨二氧化碳当量，再创新高。

去年碳酸锂价格暴涨 335%。钴价上涨 24%。锂和钴的产量增长 21%。

“双碳”背景下的煤炭清洁高效利用之路

中国能源报 2023.6.26

在“双碳”目标背景下，我国煤炭如何在“保供”的同时实现清洁高效利用和绿色低碳化发展，是一个值得深入研究和创新实践的重大命题。

从我国国内资源情况看，煤炭是最主要的能源，且短中期内还不太可能出现可以完全替代煤炭的无碳或低碳能源。因此，要保障能源安全，应切实做好煤炭清洁高效低碳化利用，总的思路是：着力创建以绿色低碳为导向的能源开发利用新机制，确保煤炭在生产保供中实现绿色低碳转型发展，在绿色低碳转型发展中探索煤炭清洁化利用的技术路线图。明确煤炭产业的“绿色”定位，坚持煤炭清洁化供给原则，用绿色理念开采黑色煤炭，持续推进并完善绿色开采体系，加快推进绿色矿山建设，促进煤炭清洁利用和清洁转化，实现煤炭产业绿色低碳发展。

明确煤炭绿色低碳化发展新路径

煤炭行业要大力推进原煤入洗率、矿井水综合利用率、煤矸石综合处理率及井下瓦斯抽采利用，使矿区资源开发与生态环境保护协调发展，可重点从六方面开展工作：

一是抓好能源保供和绿色低碳转型。要正确处理煤炭保供与绿色低碳转型的关系，既不能为了保供而忽视绿色低碳，也不可借口绿色低碳而影响煤炭保供，要在生产保供中着力实施绿色低碳转型发展。当前，国家支持释放煤炭先进产能，充分发挥煤炭、煤电对能源绿色低碳转型的基础支撑保障作用，推进低阶煤分质分级利用试点示范。要稳妥有序推进煤电行业淘汰落后产能，全面实施煤电节能降碳、灵活性和供热改造“三改联动”工作。

二是在煤炭生产开发方面，全面推进建设安全、绿色、智能、高效“四型矿井”。“四型矿井”是当今煤矿建设的主流方向，要大力推进煤矿智能化开采新技术，提高采煤效率，以安全生产标准化矿井建设为载体，加快机械化换人、自动化减人，持续优化生产系统，提升煤矿的生产效率和经营效益。

三是在产品清洁化提升方面，做好产品清洁化和销售定单化。要顺应市场客户能源消费低碳化需求，通过在生产环节和洗选加工环节采用技术手段及管理措施，最大限度降低煤炭产品中含有的污染源及有害元素；在产品定制化方面，通过“人单合一”运营方式，寻求满足客户现实及潜在的价值需求。

四是在煤炭消费利用方面，通过深入实施煤电机组改造、研发清洁发电等技术实现节能减排。要加强煤电机组与新能源发电、天然气发电及储能整体协同，推动煤电机组向基础保障性和系统调节性电源并重转变。结合不同机组实际情况，分类施策、分企施策，加快实施在役煤电机组节能降碳改造、供热改造、灵活性改造“三改联动”，持续降低能耗和碳排放水平，提升煤电调节调峰能力。

五是在煤炭转化用途方面，推进煤炭由燃料向燃料和原料并重转变。建立中国独有的煤制油、煤制天然气、煤制烯烃等化工洁净技术体系，推动高端化工新材料精细低碳发展，聚焦高端精细低碳发展方向，做好延链、补链、强链和升链，推进煤基、氨基新材料产业链集群发展。

六是推动新能源融合集约发展。发挥新能源和可再生能源在推动能源绿色低碳转型中的引领性作用，密切跟踪新型能源行业动态，加大资本运作力度，有序实施资源整合、兼并重组、合作开发，加快构建新能源产业布局。

推行“123”煤质管理工作新方法

煤炭企业应以市场为导向，倒逼推进绿色低碳清洁化发展，围绕产品商品化实施“123”煤质管理工作方法。其中，“1”是锻造企业品牌，拓展煤炭绿色营销；“2”是加强“两厂（场）”（储煤场、洗煤厂）清洁化管理；“3”是实施“三无”（零杂物、零缺陷、零投诉）控制工程。

在锻造企业品牌、拓展煤炭绿色营销方面，要始终将质量放在第一位，牢固树立“用户是上帝、质量是生命”的观念。实施品牌经营是煤炭企业适应市场经济发展的需要，当前，煤炭行业整体缺乏品牌意识，削弱了煤炭企业的整体市场竞争力量。企业要以洗精煤为突破口，建立洗精煤产品在品种、质量上的标准，注册以产地名和煤炭特点的煤炭商标，统一绿色煤炭商标和产品标准，加强以清洁化精煤质量为核心的管理体系建设，实现煤炭从无名到有名、从一般品牌到知名品牌价值的持续提升。

在加强“两厂（场）”清洁化管理方面，选煤厂作为煤炭产品质量的调节器，储煤场作为煤炭运销的集散地，是客户直接认识、认同煤炭品牌形象和品牌价值的重要窗口。实施“两厂（场）”标准化建设，就是要从加强煤炭清洁化质量动态达标和整治薄弱环节入手，实现从完善煤炭清洁化质量基础条件向推进煤炭清洁化质量标准化建设、从煤炭质量粗放式管理向煤炭清洁化质量精细化管理的转变。

选煤厂应重点围绕产品结构优化、技改项目建设、节能减排和提高综合管理水平四项工作，加快推进标准化建设水平。要对照选煤厂考核标准，制定分阶段实施方案、推进措施和

考核细则，把煤炭清洁化生产指标纳入矿井考核指标，有效解决少数矿只重视商品煤总量，不重视精煤产量的问题。积极推进选煤厂技改项目，提高标准化建设水平。煤矿应根据煤质条件和市场变化，投入资金技改项目，加快选煤工艺装备及技术升级改造，积极推广选煤新技术、新工艺、新设备，逐步淘汰耗能高、效率低的落后工艺装备。同时，加强选煤厂装备现代化、系统自动化、管理信息化、监控数字化建设，积极向无人值守的方向发展，努力建成无尘、低噪、洁净的选煤厂。不断提高原煤入洗率，确保达到95%以上；降低水耗、油耗、电耗、介质消耗；对固、液、气、硫等污染物加强控制，确保实现达标排放。

标准化煤场建设的重点是堵漏洞。重点从基础设施建设、改进提高计量管理系统、规范提高煤炭发运能力等方面入手，实现煤场标准化建设，实现出煤不见煤的闭环式管理。要对标准化煤场建设进行统一部署和要求，明确职责，全面启动，分步实施。改进升级计量系统，提高计量工作的信息化、标准化水平。规范储装运过程清洁化管理，实行运煤车辆空车道进场、重车道出场的闭环管理，提高煤炭出厂清洁化发运水平。

在实施“三无”工程建设，提升煤炭质量和信誉方面，煤炭市场的竞争最终必将体现在产品和服务质量及价格上，质量是企业的生命、效益的前提。要全面实施“三无”工程，即产品零杂物、管理零缺陷、顾客零投诉。通过对煤流各环节的质量管理，实施管理零缺陷，保证产品零杂物，最终实现顾客零投诉。要把制度建设放在重要位置来抓，完善井下煤质管理、选煤厂质量管理等一系列质量管理办法，比如：制定实施《商品煤炭质量管理办法》《“三无”工程考核奖励办法》等。同时，加大采、掘、运、洗选各环节的技改力度和煤质硬件装备投入，提高煤质管理的技术与装备水平。

建立煤炭绿色低碳清洁化发展目标责任体系

建立煤炭绿色低碳清洁化发展目标责任体系，就是要通过工作目标设计，将煤炭绿色低碳清洁化发展的总目标，逐级分解落实到各部门和个人的分目标，明确权责利。同时，要确保分目标与总方向一致，环环相扣，相互配合，最终形成协调统一的目标责任体系，推动煤炭绿色低碳清洁化发展目标的实现。

一是分解煤炭绿色低碳清洁化发展目标。目标展开是指将总目标分解，做到横向到边、纵向到底、任务明确、责任落实。要将煤炭绿色低碳清洁化发展目标层层分解，设定公司、矿和区队目标。各个层级根据岗位职责，责任到岗，明确工作目标和工作意义，由被动接受上级命令向完成自己设定的目标转变。每个个体目标的完成，是组织完成煤炭绿色低碳清洁化发展目标的前提。

二是加强煤炭绿色低碳清洁化目标的过程管理。在实现煤炭绿色低碳清洁化目标的过程

中，难免会遇到各种困难，有时需要对目标进行适当修改，纠正偏差，从而保证目标的顺利完成。要加强对目标的过程管理，根据各自所负责的清洁化发展目标和对应的责任，强化目标导向，加强跟踪监督，实施定期通报、分析目标进度等，及时了解当前需要完成的清洁化目标与清洁化总目标的偏差，并且纠正偏差，以保证每一项煤炭绿色低碳清洁化具体项目的顺利完成，以推动煤炭绿色低碳清洁化整体目标的实现。

三是明确煤炭绿色低碳清洁化发展权责利。煤炭绿色低碳清洁化发展目标的完成需要在分解目标的同时赋予部门和员工相应的权力，同时需要明确与权力对等的责任。在将煤炭绿色低碳清洁化目标分解至各部门的过程中，通过对部门职责的梳理，明确各部门应该承担的责任。确定员工的岗位责任、各自的煤炭绿色低碳清洁化绩效目标以及相应的激励措施。

四是完善煤炭绿色低碳清洁化绩效考核与激励机制。煤炭绿色低碳清洁化绩效考核与激励是企业管理中不可或缺的重要内容，利用绩效考核制度可以提高企业煤炭绿色低碳清洁化目标管理能力，而绩效激励能够激励组织成员为实现个人煤炭绿色低碳清洁化目标和组织目标更加努力工作。通过建立有效的煤炭绿色低碳清洁化绩效考核与激励机制，推动实现煤炭绿色低碳清洁化发展目标。