

能 量 转 换

剪 报 资 料

总 61 期
1/2023. 1

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. 2022 “水火核” 重大新闻	5
2. 能源行业 2022 十大新闻	7
3. 2022 国际能源十大新闻	9
4. 别让能源绿洲成为海市蜃楼	12
5. 多能并举统筹发力能源饭碗端得牢	14
6. 中国石化发布《中国能源展望 2060》报告	17
7. 深化能源资源重大战略研究 保障自然资源事业高质量发展	18
8. “一带一路” 新能源合作取得新突破	20
9. 世界主要经济体发力能源科技创新	21
10. 以新气象新作为推动能源高质量发展	23
11. 能源工程全生命周期向绿前行	24
12. 关于新能源大规模基地化开发利用的思考	27
13. 推动知识产权服务业高质量发展	29
14. 能源保供能力稳步提升 能源消费结构持续优化	30
15. 农村清洁能源使用向精准高效迈进	31
16. 让科技激励更好激发创新活力	31
17. 加速新旧动能互换 推动产业生态化绿色转型	32
18. 绿色发展支撑中国与世界未来	34
19. 工业和信息化科技成果评价方案印发	36
20. 洞见 2023：百度发布十大科技趋势预测	37
21. 清洁能源制造业 2030 年整体价值或超目前 3 倍	40
22. 世界未来能源峰会聚焦绿色发展	42

23. 低碳转型和保障能源安全并行不悖·····	43
--------------------------	----

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 储能发展为新型电力系统建设提供重要支撑·····	45
2. 长时储能成行业新风口·····	47
3. 这个理论计算结果有助高效环保合成氨·····	48
4. 氟离子电池距离应用有多远·····	50
5. 30kW 级锌溴液流电池电堆集成成功·····	51
6. 发展绿色建筑 助力节能减排·····	52
7. 开建区域首个超百兆瓦电池储能项目·····	53
8. 双层电极高性能锂离子电池面世·····	54
9. 全时段供应绿色电能青海打造新型村级电力系统·····	54
10. 研究制备用于可穿戴织物的柔韧储热相变无纺布·····	55
11. “长时储能”助力绿色未来·····	56
12. 高温热冲击可数秒合成锂电池正极材料·····	57
13. 中国电科院研发电力系统自动负荷建模系统·····	57
14. 微型 3D 材料可提高燃料电池效率·····	58
15. 政策与市场驱动 储能市场未来可期·····	59
16. 储能是构建新型电力系统的必要环节·····	60

三、碳达峰、碳中和

1. 抓好节能增效 推动“双碳”目标实现·····	63
2. 实现零碳的重要探索·····	66
3. 十部门：推进绿色低碳循环发展·····	67
4. 为城市低碳发展贡献中国样本·····	68
5. 发展低碳 增添绿色·····	69
6. 减污降碳科技助力无废城市加快创建·····	73
7. 二氧化碳电解技术助力碳中和·····	75
8. 强化问题导向 稳妥推进碳达峰碳中和·····	76
9. 以氨气作燃料，陶瓷烧制迈向零碳排放·····	78
10. 新型人工碳晶体诞生记·····	79
11. 从四个维度理解减污降碳协同增效·····	82
12. 六部门：推动能源电子产业发展·····	84
13. 绿色技术助冰岛快速走向碳中和·····	85
14. 中国海域二氧化碳地质封存潜力达 2.58 亿吨·····	86

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

1. 温室气体与大气污染物协同治理见成效	87
2. CCUS 技术方兴未艾	88
3. 我科研人员在二氧化碳还原领域取得新突破	89
4. 专家估算：中国或提前实现可再生能源目标	90
5. 工业废水高效循环利用成效显著	91
6. 推进生物质能多元化开发	93
7. 中国科学院五个资源环境研究报告关注了哪些焦点？	99
8. 生物治理技术：用自然之法对付污染	102
9. 设计自驱动微机器人实现微纳塑料去除	104
10. 三维超大孔二氧化硅沸石制成	105
11. 废塑料化学回收为何成研发重点？	106
12. 塑料产业发展能否“化白为绿”	108
13. 变废为粮！将玉米秸秆高效合成淀粉和蛋白	110

五、太阳能

1. 甘肃首座 330 千伏治沙光伏电站顺利投产	112
2. 研究发现临近空间 钙钛矿太阳能电池演化规律	113
3. 用含双氧还原中心的整体光合作用制备过氧化氢	113
4. 我国首台高能同步辐射光源增强口器全线贯通	114
5. 光伏电池组件企业 ESG 披露率大增	115

六、地热

1. 全国首个油气开采伴生地热发电项目成功投运	117
2. 山东沾化义和地热田资源调查项目初战告捷	117

七、海洋

1. 科学家提出获取无限淡水新构想	118
2. 用于制氢的膜基海水电解槽	119
3. 2022 全球海洋环境变化研究报告发布	119
4. 波浪“潮涌”变绿电	120
5. 海洋能源将成能源转型关键增量	121
6. 自然资源部：制定支持新能源发展用地用海政策	124
7. 我国海域二氧化碳地质封存潜力巨大	125

八、氢能

1. 我国单套最大 PEM 电解水制氢装置成功投产	125
---------------------------------	-----

2. 粤港澳大湾区“氢陶都——绿色搬运体系”开建	126
3. 印度推激进绿氢计划	126
4. 氢技术创新转向低排放欧盟和日本专利领先	127
5. 氢能储能和智能是新型电力系统的基石	128
九、风能	
1. 更深远更融合，海上风能开发正当时	130
2. 我国首座深远海浮式风电平台完成浮体总装	132
3. 渤中 90 万千瓦海上风电场全容量并网发电	133
4. 全球最大“沙戈荒”风电光伏基地开建	134
5. 中国海装引领海上风电步入更“大”时代	135
6. 应从全生命周期看风电的绿色价值	137
7. 仙人岛热电厂大石桥风电项目首台机组并网发电	138
8. 向海争风 完善海上风电产业链	139
十、核能	
1. 欧洲探索用核废料为航天器提供动力	141
2. 国际热核聚变实验堆计划延期	142
3. 我国“人造太阳”发现新的高能量约束模式	142
4. 中广核国内新能源在运装机超 3500 万千瓦	143
5. 我国唯一重水堆核电站累计发电超 2231 亿千瓦时	144
十一、其它	
1. 全球最大混合式抽水蓄能项目开工建设	144
2. 青海新增钾锂盐资源量 6600 万吨	146
3. 为中国式现代化提供能源资源保障	147
4. 斜井硬岩隧道掘进机首次应用于国内抽水蓄能电站建设	148
5. 新疆煤炭化学基础数据库建设获阶段性成果	149
6. 中国石油建成首个燃气无泄漏示范区	149
7. 中国石化在四川盆地钻获高产油气井	150
8. 全国首口氦气勘查示范井“渭氦 1 井”顺利开钻	150
9. 大数据 + 超算，“算”出未来新材料	151

本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

2022 “水火核” 重大新闻

中国能源报 2023.1.2

去年我国煤电改造升级超 2.2 亿千瓦

国家能源局 2022 年 4 月 25 日称，2022 年我国要大力推动煤电节能降碳改造、灵活性改造、供热改造“三改联动”，改造升级规模超 2.2 亿千瓦，促进煤电清洁低碳发展。2022 年 4 月 26 日，国内首个百万千瓦煤电机组节能减排升级与改造示范项目——福建罗源湾电厂 2 号机组投入商运。

煤电“三改联动”是推进煤炭清洁高效利用的重要抓手，也是煤电实现高质量、可持续发展的的重要途径。“十四五”期间，我国将逐步调整煤电功能定位，更多发挥其电力系统安全保障支撑能力、调节能力。“三改联动”高效实施，关乎煤电转型，更关乎新型电力系统构建质量和“双碳”目标实现。

国内最大煤电 CCUS 示范工程开建

2022 年 3 月 25 日，国内最大煤电 CCUS（碳捕集利用与封存）示范工程——50 万吨/年二氧化碳捕集与资源化能源化利用技术研究及示范项目在国家能源集团江苏泰州电厂开始基建。

CCUS 是目前实现化石能源低碳化利用的唯一技术选择，是碳中和目标下保持电力系统灵活性的主要技术手段，也是降低以煤电为代表的火电项目碳排放的最重要方式。该示范项目是国家发改委关键技术攻关项目，对我国煤电清洁高效发展具有重要的示范意义。

抽水蓄能项目集中投产新建

2022 年，吉林敦化、黑龙江荒沟、河北丰宁等在建抽水蓄能电站部分机组投产发电，投产规模约 900 万千瓦。截至 2022 年底，我国抽水蓄能电站总装机达到 4500 万千瓦左右，核准规模将超 5000 万千瓦。另外，包括装机规模全国第二、华东第一的协鑫浙江建德抽水蓄能电站、广东惠州中洞抽水蓄能电站以及世界最大的混合式抽水蓄能项目——雅砻江两河口混合式抽水蓄能电站在内的多个抽水蓄能项目陆续开工。

抽水蓄能电站是目前技术最成熟、经济性最优、最具大规模开发条件的电力系统绿色低碳清洁灵活调节电源。国家发改委、国家能源局 2022 年 4 月部署加快“十四五”时期抽水蓄能开发建设，原则是能核尽核、能开尽开。在规模化核准、开建和投产节奏下，抽水蓄能产业发展按下了“快进键”。

我国在运燃机实现 30% 掺氢燃烧改造运行

2022 年 9 月 29 日，国家电投荆门绿动能源有限公司在运燃机成功实现 30% 掺氢燃烧改造和运行，这是继 2021 年成功实现 15% 掺氢运行后的又一重大技术突破。

此次改造是我国首次在重型燃机商业机组上实施高比例掺氢燃烧改造试验和科研攻关，

也是全球范围内首个在天然气联合循环、热电联供商业机组中进行高比例掺氢燃烧的示范项目，标志着我国已掌握一套完整的燃气轮机电站掺氢改造工程设计方案，为加速国内自主氢燃机开发和运行积累了宝贵经验。

华龙一号首批国内外4台机组全面建成投产

2022年3月25日、4月18日，我国自主三代核电华龙一号国内外首批4台机组先后全面建成投产。

自主三代核电技术国内外示范工程全面建成，是我国核电发展取得的重大成就，标志着我国核电技术水平和综合实力跻身世界第一方阵，有力支撑了由核电大国向核电强国的跨越。

雅砻江两河口水电站6台机组全部投产

2022年3月18日，我国海拔最高的百万千瓦级水电站——雅砻江两河口水电站6台机组全部投产发电，将实现雅砻江流域水风光清洁能源协同开发和优势互补。

雅砻江流域水风光互补绿色清洁可再生能源示范基地是世界最大的绿色清洁能源基地之一，两河口水电站是该基地的重要组成部分，也是川渝1000千伏高压交流输电工程的支撑电源，对缓解四川电网“丰余枯缺”矛盾、促进长江经济带高质量发展和成渝地区双城经济圈建设具有重要意义。

今年我国核准10台核电机组

2022年9月13日召开的国务院常务会议核准福建漳州二期和广东廉江一期核电项目。加之2022年4月核准的浙江三门、山东海阳、广东陆丰3个核电项目，2022年共核准5个核电项目，合计10台核电机组，为过去十多年最多的一年。

核电能量密度大、清洁、低碳的优势在“双碳”目标下正在进一步凸显。在国家层面多次提出“积极安全有序发展核电”的要求下，我国过去4年核准机组超21台，产业稳步复苏。2022年自主三代核电项目规模化、批量化核准、开建，后续将发挥核电在清洁低碳、拉动投资方面的潜力，助力能源保供和电力系统绿色转型。

白鹤滩水电站全部机组投产发电

2022年12月20日，金沙江下游白鹤滩水电站9号机组投产发电，标志着在建规模全球最大、单机容量世界第一、装机规模全球第二大的白鹤滩水电站机组全部投产，也标志着金沙江下游水电基地全面建成。

白鹤滩水电站机组全部投产，意味着世界最大清洁能源走廊全面建成，6座巨型电站联合调度、协同运行，可缓解华中、华东地区及川滇粤等省份的用电紧张局面，为西电东送和电网安全稳定运行发挥支撑作用。

核能多元化供热南北开花

2022年11月1日，东北首个核能供暖项目——辽宁红沿河核电站核能供暖示范项目正式投运供热。去年12月15日，我国首个工业领域核能供热项目——浙江海盐核能工业供热

示范项目建成投用。

从发电到供热，从居民供热到工业供热，核能综合利用实践越走越宽、越走越新，不仅为核能的未来开辟了新路径，更为城市低碳转型提供了更多绿色选择。

我国可控核聚变装置运行新纪录诞生

2022年10月19日，中国新一代“人造太阳”科学研究获突破性进展，HL-2M等离子体电流突破100万安培，创造了我国可控核聚变装置运行新纪录。

此次突破标志着我国核聚变研发跻身国际第一方阵，技术水平居国际前列，对我国未来深度参与国际热核聚变堆实验及自主设计运行聚变堆具有重要意义。

全球首座四代高温气冷堆核电站实现双堆初始满功率

2022年12月9日，华能石岛湾高温气冷堆示范工程反应堆达到初始满功率，实现了“两堆带一机”模式下的稳定运行，为工程投运奠定了基础。

石岛湾高温气冷堆示范工程是全球首座具有第四代核电技术主要特征的球床模块式高温气冷堆核电站、是我国具有自主知识产权的第四代核电项目、是我国核电技术自主创新的重大依托性、标志性项目，其向商运冲刺的“最后一公里”至关重要。（朱学蕊 苏南 卢奇秀 杨晓冉/整理）

能源行业 2022 十大新闻

中国能源报 2023.1

●习近平总书记指出“不能把手里吃饭的家伙先扔了”为能源结构调整指明方向和方法

2022年3月5日下午，习近平总书记参加他所在的十三届全国人大五次会议内蒙古代表团审议时谆谆叮嘱，殷殷重托：“绿色转型是一个过程，不是一蹴而就的事情。要先立后破，而不能未立先破。富煤贫油少气是我国的国情，以煤为主的能源结构短期内难以根本改变。实现‘双碳’目标，必须立足国情，坚持稳中求进、逐步实现，不能脱离实际、急于求成，搞运动式‘降碳’、踩‘急刹车’。不能把手里吃饭的家伙先扔了，结果新的吃饭家伙还没拿到手，这不行。既要有一个绿色清洁的环境，也要保证我们的生产生活正常进行。”

●2022 北京冬奥会首次实现冬奥场馆全部绿电供应

2022年北京冬奥会期间，三大赛区所有场馆历史性地首次实现全部绿色电能供应。河北张家口的光伏发电和风力发电通过张北柔性直流电网工程输入北京电网，通过针对北京冬奥会的跨区域绿电交易机制，为冬奥场馆的“绿电”运行提供保障。

2022年北京冬奥所有场馆历史性地首次实现全部绿色电能供应，彰显了中国政府大力发展清洁能源产业的信心和态度。

●世界最大清洁能源走廊全面建成

2022年12月20日，在建规模世界第一、装机规模全球第二的金沙江白鹤滩水电站16台百万千瓦机组全部投产发电，标志着我国在长江之上全面建成世界最大清洁能源走廊。

长江干流建设运营的6座巨型梯级水电站（乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝、三峡、葛洲坝）共安装110台水电机组，总装机容量达7169.5万千瓦，年均发电量达3000亿千瓦时，形成跨越1800公里的世界最大清洁能源走廊，对保障长江流域防洪、发电、航运、水资源利用和生态安全具有十分重要的意义。从万里长江第一坝——葛洲坝工程开工建设，到兴建世界最大水利枢纽工程——三峡工程，再到白鹤滩水电站全面投产发电，世界最大清洁能源走廊的建设跨越半个世纪。

● 电力市场建设提速

2022年1月，国家发改委印发《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》，明确提出2025年、2030年电力市场建设目标，标志着我国电力市场化迈出重要一步。

2022年3月，国家发改委、国家能源局发布《关于加快推进电力现货市场建设工作的通知》，明确2022年现货市场建设推进节奏，提出加快推动电力资源与负荷加快进入现货市场。2022年11月，国家能源局首次出台电力现货市场规则性文件《电力现货市场基本规则（征求意见稿）》和《电力现货市场监管办法（征求意见稿）》。

在加快建设全国统一电力市场体系的背景下，电力现货市场作为其中的有机组成部分，发挥着至关重要的作用。

● 全国碳市场累计成交额突破百亿元大关

2022年12月22日，全国碳排放权交易市场累计成交额突破100亿元大关。

全国碳市场于2021年7月16日正式启动，首批纳入发电行业重点排放单位超过2000家，是全球规模最大的碳市场。全国碳市场正式上线以来，碳排放配额累计成交量达2.23亿吨，累计成交额达101.21亿元。

● 光伏、风电成我国第三、第四大装机电源

截至2022年10月底，全国累计发电装机容量约25亿千瓦，同比增长8.3%。其中，太阳能发电装机容量约3.6亿千瓦，同比增长29.2%；风电装机容量约3.5亿千瓦，同比增长16.6%。仅次于火电和水电，太阳能发电和风电成为我国第三、第四大装机电源。

可再生能源装机规模稳步扩大，可再生能源产业发展愈发成熟，可再生能源发电成本不断降低促使风电、光伏登上了新的历史舞台。

● “三改联动” 助推我国煤电升级

国家能源局2022年4月25日称，2022年我国将大力推动煤电节能降碳改造、灵活性改造、供热改造“三改联动”，改造升级规模超2.2亿千瓦，促进煤电清洁低碳发展。2022年4月26日，国内首个百万千瓦煤电机组节能减排升级与改造示范项目——福建罗源湾电厂2号机组投入商运。

“十四五”期间，我国将逐步调整煤电功能定位，更多发挥其电力系统安全保障支撑能

力、调节能力。“三改联动”高效实施，关乎煤电转型，更关乎新型电力系统构建质量和“双碳”目标实现。

●我国核准 10 台核电机组

2022 年 9 月 13 日召开的开国务院常务会议核准福建漳州二期和广东廉江一期核电项目。加上 2022 年 4 月核准的浙江三门、山东海阳、广东陆丰 3 个核电项目，2022 年共核准 5 个核电项目，合计 10 台核电机组，为过去十多年最多的一年。

2022 年自主三代核电项目规模化、批量化核准、开建，后续将发挥核电在清洁低碳、拉动投资方面的潜力，助力能源保供和电力系统绿色转型。

●俄乌冲突引爆欧洲能源危机

2022 年 2 月，俄乌冲突爆发，俄罗斯对欧能源供应受到巨大影响，导致欧洲此前就存在的能源危机愈演愈烈，天然气、电力价格节节攀升，能源安全遭遇巨大挑战。

俄罗斯出口至欧洲的能源越来越少，欧洲能源供给缺口越来越大、物价越来越高，经济指标不断恶化。欧洲能源危机的演变可能最终会加剧欧盟内部分歧，长远来看更会增加对欧洲财政机制、地缘政治乃至能源转型的负面影响。

●中国和沙特加强能源合作

2022 年 12 月 7 - 9 日，习近平主席对沙特进行国事访问，跟萨勒曼国王签署了《中华人民共和国和沙特阿拉伯王国全面战略伙伴关系协议》。

双方强调，加强能源合作是两国重要战略伙伴关系的体现；中方欢迎沙特作为中国原油的主要可靠来源国；双方一致同意共同探索石化领域的投资机遇，加强在电力、光伏、风能等可再生能源来源及相关项目开发、碳氢化合物的创新利用、能效、能源产品及相关产业链本土化等领域和项目上的合作，加强在和平利用核能领域的合作，以及在能源产业创新等现代技术开发领域的合作。双方强调应深化共建“一带一路”倡议项下共同合作，欢迎沙方相关机构加入“一带一路”能源和投资伙伴关系，加强沙特作为中国企业生产和出口能源产品的区域核心地位，对地区国家以及欧洲和非洲能源产品消费国的能源项目进行共同投资，从而推动沙特本土产业发展，并通过中方在沙特的相关投资实现中国石化产业的自给自足。

2022 国际能源十大新闻

中国能源报 2023.1.2

俄乌冲突引爆欧洲能源危机

2022 年 2 月末，作为欧洲最主要能源来源地的俄罗斯与乌克兰之间爆发冲突，导致欧洲此前就广泛存在的能源危机愈演愈烈，天然气、电力价格节节攀升，能源安全遭遇巨大挑战。

欧盟能源总署数据显示，2021 年欧盟进口的能源中，来自俄罗斯的天然气和煤炭占比

分别高达 45% 和 46%，原油占比为 27%。已经“脱欧”的英国，也有 36% 左右的煤炭进口自俄罗斯。

即便如此，欧洲仍然对俄煤炭、原油、天然气等能源实施了大规模制裁，导致俄出口至欧洲的能源越来越少，欧洲能源供给缺口越来越大、物价越来越高，经济指标不断恶化。欧洲能源危机的演变可能最终会加重欧盟内部分歧，长远来看更会增加对欧洲财政机制、地缘政治乃至能源转型的负面影响。（王林/整理）

油气市场“过山车”般起伏

俄乌冲突的直接后果之一就是导致 2022 年油气市场犹如坐上了“过山车”，全年跌宕起伏。

天然气市场方面，俄管道天然气的“消失”迫使欧洲国家在全球疯抢液化天然气（LNG），日本、韩国等 LNG 进口大国也加快囤气，LNG 市场一时供不应求。

石油市场方面，国际油价从 2021 年 12 月到 2022 年 3 月初大幅攀升至 2008 年以来的高点；2022 年 6 月中旬又迎来一波震荡下跌；到 11 月下旬，整体跌至俄乌冲突爆发前的水平。

沙特和俄罗斯引领的“欧佩克+”减产联盟，在 2022 年 6 月的减产例会上做出了两年来首次额外增产的决定。同时，美国宣布释放战略石油储备，并与其他经合组织成员达成释放原油储备的协议，这促使油价在 2022 年第二季度整体高位盘整，并在之后开始企稳。

2022 年 9 月最后一周，布伦特原油价格一度跌破 85 美元/桶，创年初以来新低；美国 WTI 价格则失守 80 美元/桶。

2022 年 12 月，“欧佩克+”做出维持现有减产政策的决定，加之西方对俄原油海运出口禁令正式生效，市场对于原油供给侧收紧的担忧进一步加强。（王林/整理）

俄罗斯就“能源封锁”反制西方

从 8 月禁止俄罗斯煤炭进口，到 12 月限制俄罗斯原油售价，以美欧为首的西方国家 2022 年全面封锁俄罗斯能源产品。而俄罗斯也于年末出台了一系列反制措施。2022 年 12 月 27 日，俄总统普京签署总统令，2023 年 2 月 1 日至 7 月 1 日停止向参与价格限制的国家出售原油，对汽油和柴油等精炼油品则将实施单独禁令。

围绕能源展开的博弈，俄罗斯底气十足。俄罗斯是全球第三大产油国和最大石油产品出口国、第二大天然气生产国和最大天然气出口国，同时还是全球第三大煤炭出口国。欧洲在能源领域对俄罗斯的依赖度非常高，这也是其摒弃俄油气煤之后陷入严重能源危机的主因。（王林/整理）

全球煤炭消费和燃煤发电创新高

国际能源署（IEA）年末发布的年度煤炭市场数据称，2022 年，全球煤炭总体需求将同比增长 1.2%，首次超过 80 亿吨，刷新历史最高纪录。同时，受天然气供应紧缺、绿电出力波动等因素影响，全球燃煤发电量预计增长 2%，其中，欧盟和印度煤炭消费涨幅最为明

显。

近年来，欧美多国煤炭消费量呈现下降态势，但 2022 年煤炭消费重返巅峰意味着，煤炭作为传统化石能源在能源供应体系中实际上仍占据重要地位，各国应如何同时实现能源转型与供应安全还有待考量。（李丽旻/整理）

供应链吃紧推高全球能源转型成本

2022 年内，全球遭遇供应链吃紧挑战，零部件工厂产能中断、海运贸易延误、用能成本高企导致多国风电、光伏装机不及预期。同时，钢铁、锂、钴、铜等重要原材料价格接连上涨。欧盟国家工业用能成本更是一再走高，进而推高清洁能源项目开发以及电动汽车生产成本，部分电动汽车生产厂商甚至一改多年降价趋势“逆势”涨价。

多重危机叠加下，全球各行业的供应链在 2022 年均受到了一定程度的冲击，以风光为代表的清洁能源也未能幸免。能源供应链危机是否能够解决将成为全球能源转型能否顺利推进的一大重要决定因素。（李丽旻/整理）

氢能大型项目投资规模刷新历史纪录

2022 年 9 月，氢能委员会联合咨询机构麦肯锡在《氢洞察 2022》报告中提出，目前，全球范围内总计有 680 个大型氢能项目，较 2021 年 11 月高出至少 50%，总投资规模高达 2400 亿美元，不仅增速喜人，更是刷新了历史最高纪录。

氢能被视作实现碳中和的主要路径之一，同时也将是未来能源系统的重要部分，2022 年氢能项目投资的大爆发意味着全球各界已形成合力，氢能项目正加速落地，氢能全产业链即将迎来高速发展期。（李丽旻/整理）

“北溪”天然气管道发生泄漏

2022 年 9 月底，俄罗斯向欧洲输送天然气的两条“北溪”管道出现泄漏，位于瑞典和丹麦附近海域的管道区段出现 4 处泄漏点。瑞典测量站当时在“北溪-1”和“北溪-2”发生泄漏的海域探测到两次强烈的水下爆炸，各方均认为管道遭到了“蓄意破坏”。

“北溪”天然气管道是连接俄罗斯和德国的重要天然气管线，其中“北溪-1”管道于 2011 年建成，每年输气量占到俄罗斯对欧出口天然气的四成左右。对于“北溪”天然气管道的泄漏，美欧俄各执一词，俄罗斯与欧美国家间的能源博弈也因此升级。（李丽旻/整理）

COP27 有所突破未来可期

2022 年 11 月 20 日，《联合国气候变化框架公约》第二十七次缔约方大会（COP27）在推迟了一天多后终于闭幕。虽然本次会议仍然遗留了许多问题悬而未决，但是，与会各国终于同意将建立一个损失损害基金，并在 2023 年的气候大会结束前，对基金运转的细节问题做出安排。正如一位与会人士的描述，这是“完成了以往任何一届气候大会都没能做到的事”。

联合国秘书长古特雷斯称赞这项突破是“向正义迈出了重要一步”。尽管 COP27 的结果并不完美，但是各方对未来的期待仍充满乐观。气候大会为全球提供了一个发现问题、讨论

改革路径的空间。近年来，应对气候变化在各国外交和政治议程上的重要性持续上升，气候会场上的关切也越来越多地与许多外交大场合上的议程形成了互动。（李慧/整理）

核聚变技术取得里程碑式成就

2022年12月13日，美国能源部宣布，由美国政府资助的加州劳伦斯·利弗莫尔国家实验室，首次成功在核聚变反应中实现“净能量增益”，即聚变反应产生的能量大于促发该反应的辐射能量。鉴于全球科学家一直希望以核聚变技术打造出“人造太阳”，获得大量洁净能源，美能源部长将这一突破称为“里程碑式的成就”，预计其将能帮助人类在实现零碳排放的进程中迈出关键一步。

不过，虽然此次突破从科技角度而言的确是不小的成绩，但是，一方面，美国研究此项技术真正的意图在于研究核武器相关的物理问题；另一方面，这一技术距离真正意义上的实用化核聚变，还有很长的路要走。加州劳伦斯·利弗莫尔国家实验室主任表示，如果想将这一成果商业化，核聚变技术仍有“重大障碍”需要克服，可能还需要几十年的努力和投资。与此同时，工程师也还没有开发出能够以经济实惠的方式将这种反应转化为电力，并实际应用到电网中的机制，短期内，这一突破还无法转化为解决人类能源危机的实际力量。（李慧/整理）

全球首个碳关税制度问世

2022年12月18日，欧洲议会和欧盟成员国达成一致，将全面改革欧盟碳市场，包括推出颇具争议的碳关税。根据改革规划，欧盟将从2026年正式起征碳关税，2023年10月至2025年12月底之间进行试运行，届时将强制对外国进口商征收碳排放成本，行业涉及铝、钢铁、水泥、肥料、电力等多个关键领域。

虽然欧盟强调碳关税旨在提高全球环境标准并保护欧盟产业，但多国仍然指责其大搞保护主义贸易，利用碳关税变相惩罚进口商和外资企业，同时也将欧洲自己的企业和行业置于风险之中。在全球贸易紧张局势日渐升级的当下，欧盟碳关税如果推行不当，不仅将进一步加剧欧洲部分国家的能源短缺情况，甚至还将带来难以想象的动荡，同时可能进一步加剧全球贸易争端。（王林/整理）

别让能源绿洲成为海市蜃楼

经济日报 2023.1.5

曾经的不毛之地，变成了新能源发展的沃土。近日，由三峡集团牵头建设的库布其沙漠鄂尔多斯中北部新能源基地项目开工建设。该项目是在沙漠、戈壁、荒漠地区开发建设的全球最大规模风电光伏基地项目，也是我国首个开工建设的千万千瓦级新能源大基地项目。从种草种树再到“种”新能源，我国为能源绿色低碳转型和沙漠治理提供了一个全球样本。

走，去沙漠里“种”新能源。如今以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设，已成为我国新能源发展的重中之重。2021年10月12日举行的《生物多样性公约》

第十五次缔约方大会领导人峰会上，我国正式提出将在沙漠、戈壁、荒漠地区加快规划建设大型风电光伏基地项目。《“十四五”可再生能源发展规划》明确，大力推进风电和光伏发电基地化开发。其中，以“沙戈荒”地区为重点的大型风电光伏基地总规模达到4.55亿千瓦，相当于20座三峡水电站的装机容量。

植被稀疏、人烟稀少、沙土飞扬、气候恶劣，沙漠通常被人们称为“死亡之海”，怎么突然成了新能源的福地？“沙戈荒”地区虽然给人类生存带来了挑战，却是实实在在的能源绿洲。我国“沙戈荒”地区占全国陆地总面积的13%，该类地区风能、太阳能资源丰富，拥有大片生态红线区以外的未利用土地，国土空间资源丰富。据测算，如果我国荒漠化面积的1%用于新能源发电，其装机容量将超过目前我国发电总装机容量；集中连片规模化的新能源开发也有利于发挥规模效益，进一步降低项目的单位开发建设成本。

除了提供源源不断的清洁电力，在“沙戈荒”地区大力发展新能源还有很强的正外部性。一方面，可改善沙漠生态环境。光伏板可以遮蔽阳光，减少地表水蒸发，显著降低风速，这些可帮助地表植被恢复，新生植被反过来促进地表固沙保水。现有实践表明，在开发新能源的同时，探索开展风电光伏治沙、防风、固草、生态系统保护和修复，有利于改善当地生态环境和人居环境。

另一方面，可带动产业发展，助力乡村振兴。能源是工业的粮食，大基地项目可结合当地资源精准定位，优选产业发展方向，构建新能源发电、生态修复、帮扶利民、生态旅游、荒漠治理等多位一体的循环发展模式，拉动经济创造就业。

由于“沙戈荒”地区地理位置、生态环境的独特性，规模化开发新能源遭遇了不小挑战。挑战一，项目开发成本显著上升。“沙戈荒”地区建设条件复杂，对相关设备的性能和安全性提出更高要求，光伏系统成本增加10%以上。项目运行期间需要实施高频次的光伏组件清洗工作，运维检修难度较大，进一步增加了项目建设和运维成本。

挑战二，并网消纳条件亟需落实。“沙戈荒”项目场址远离大型城市负荷中心，造成了供电地区与用电负荷中心之间的错位，由于新能源外送通道、调峰资源有限、配套电网规划建设滞后，影响了项目顺利推进。此外，新能源项目用地涉及面广，手续繁杂、用时较长、办理难度大。

挑战三，新能源开发企业生态治理经验欠缺。我国“沙戈荒”生态问题长期存在，原因复杂，治理难度较大。开展生态治理是一项长期、综合性的系统工程，不仅需要充足的资金保障，更需要专业化的治理技术和丰富的治理经验。国内新能源开发企业在新能源项目规模化开发建设方面具有经验优势，但生态治理经验相对缺乏，尤其在核心技术方面尚需积累和突破。

“沙戈荒”大基地项目功在当代、利在千秋，唯有克服以上困难，才能避免能源绿洲的宏大愿景沦为海市蜃楼。面对“沙戈荒”复杂的生态环境与建设条件，应加快推动适应复杂环境的更先进、更高效、更经济的设备研发和改进，有效降低项目整体建设成本，提高安

全耐用性。改变传统运维模式，实现自动集中式电站运维管理模式，推动降本增效。研究差异化开发治理方案，根据不同地区不同生态特点，总结板下、板间经济与生态治理融合发展模式，在保障新能源项目经济效益的同时，实现地质环境稳定、土地复垦利用、生态功能改善等目标。

针对消纳难题，应加快布局和建设跨省跨区输电通道，有效增加电力系统灵活性措施，保证项目消纳水平。完善政策机制，适当降低大基地项目跨省区通道输电价格，激发中东部地区绿色电力消费需求，提升大基地项目落地电价在受端区域的市场竞争力。针对用地问题，可建立差异化的大基地开发审批机制，进一步明确复合用地政策及未利用土地政策，为大基地项目开发提供绿色通道。（王轶辰）

多能并举统筹发力能源饭碗端得牢

中国能源报 2023.1.2

回首2022年，面对重重挑战，以“水火核”为代表的传统能源价值格外突显，“风光”新能源发展稳步向前，“先立后破”的能源转型路径逐渐明晰。其中，煤电投资回暖，“三改联动”按下“快进键”，发挥出保障电力安全稳定供应的压舱石作用；包括大型常规水电项目和抽水蓄能项目在内的水电项目建设、投产大提速，产业发展欣欣向荣；核电在确保安全的前提下稳步复苏，迎来十余年核准项目和新建项目最多的一年；新能源政策红利持续释放，可再生能源在全国新增发电装机中占比近八成。

面向2023年，在我国加快建设清洁低碳、安全高效的能源体系的背景下，“水火核”兜底保供和系统调节作用无可替代；在推进“双碳”战略的进程中，持续扩大清洁供给，新能源前景无限。

火电：投资回暖 清洁转型提速

2022年，受燃料供应、极端气温等多重因素交织叠加影响，部分省区出现电力能源紧缺，甚至拉闸限电的情况，重新引发市场对煤电重要性的认识。国家能源政策明确“先立后破”，强调能源安全与有序替代。煤电投资出现回暖，煤电建设重新提速。

北大能源研究院近日发布的《加速推动中国典型五省的煤电转型和优化发展》报告显示，2022年1—11月，国内新核准煤电项目装机总量达6524万千瓦，是2021年核准总量的3倍。其中，第三季度核准装机量最高，达2414万千瓦。

以占比不到五成的装机，贡献了约六成的电量，支撑了超七成的高峰负荷需求——以煤为主的基本国情，决定了煤电在相当长时期内仍将担当能源电力保供的主力。2022年8月，电规总院发布的《未来三年电力供需形势分析》提出，在保证安全的前提下，加快推进煤电建设，保障未来三年1.4亿千瓦煤电按期投产。业内人士认为，在当前极端天气频发、电力供应紧张情况明显增多的背景下，电力安全稳定供应难度增大，煤电审批规模有望在上述目标基础上进一步增大。

煤电既要兜底保供，又要不断提升清洁高效发展水平。“双碳”目标下，我国提出大力推动煤电节能降碳改造、灵活性改造、供热改造“三改联动”。根据相关规划，“十四五”期间煤电节能降碳改造规模不低于3.5亿千瓦、供热改造规模力争达到5000万千瓦、灵活性改造完成2亿千瓦。但从具体落实情况来看，2022年煤电企业仍未走出高煤价阴霾，“三改联动”投资能力不足。

展望2023年，保障供应、转型发展仍是煤电行业主基调。中金研究报告预计，国内煤炭供需维持紧平衡，阶段性紧张的可能性仍然存在，煤价中枢或略回落，但仍将处于高位。在新型电力系统中，煤电将由提供基荷电量向提供系统调节能力和安全保障的角色转变，要充分发挥存量资产价值，提升新功能，拓展新模式，以高效超超临界技术和更低的污染排放技术为主攻方向，走出一条清洁高效转型发展之路。

水电：建设提速 开启多能互补新模式

在“双碳”目标下，基于技术成熟、运行灵活、清洁低碳，水电项目建设、投产大提速，行业呈现出欣欣向荣的发展态势。

回顾2022年，水电行业建设热火朝天，硕果累累：装机规模全球第二大水电站——金沙江白鹤滩水电站水轮发电机组全部投产发电，我国在长江之上全面建成世界最大清洁能源走廊；西藏首个百万千瓦级水电站——苏洼龙水电站正式投产发电；我国第一高土石坝水电站、海拔最高的百万千瓦级水电站——雅砻江两河口水电站正式投入商业运行；乌东德水电站枢纽工程也通过竣工安全鉴定……

不仅水电建设提速，地方和央企也致力于推动水电与风电、太阳能发电协同互补，打造“风光水”清洁能源基地。2022年，全球最大的水光互补电站、雅砻江两河口水电站水光互补一期项目——柯拉光伏电站正式开工建设。金沙江上游大型水光互补能源基地、开都河流域“水光储蓄一体化”大型清洁能源基地均现雏形。澜沧江上游、黄河上游等区域清洁能源基地也已纳入规划。

常规水电之外，抽水蓄能也迎来高速发展。根据相关规划，到2025年，我国抽水蓄能投产总规模较“十三五”翻一番，达到6200万千瓦以上；到2030年，达到1.2亿千瓦左右。仅2022年，全国核准抽水蓄能项目52个，装机量6400万千瓦，涉及19个省。“十四五”期间，我国还将核准抽水蓄能项目219个，总投资1.6万亿元。据了解，目前绝大部分项目已经完成预可研工作，具备核准条件。

“与发达国家的水电开发程度相比，我国水电至少还有一倍以上的增长空间。”中国水力发电工程学会咨询专家张博庭进一步指出，“十四五”时期，我国水电行业将迎来发展拐点，即从大规模建设转向流域治理，更好地服务于防洪、供水、生态等，实现水资源的高效综合利用。

核电：稳步复苏 综合利用渐入佳境

继2008年核准14台机组后，中国核电迎来核准机组数量和新建机组最多的一年。2022

年，我国有 5 个新项目、总计 10 台核电新机组获得核准。其中，华龙一号和 CAP1000 实现批量化项目核准和开建，包括三门核电二期、海阳核电二期、廉江核电一期、陆丰核电 5、6 号机组、漳州核电二期均是采用三代核电技术。

核能综合利用将为我国能源体系的清洁低碳转型提供重要驱动力，并且已进入多地实践、多元化利用的加速期。在山东海阳、浙江海盐一北一南两个核能供暖项目已投产的基础上，2022 年 11 月，东北地区首个核能供暖项目——辽宁红沿河核能供暖示范项目正式投运供热，规划供暖面积 24.24 万平方米，最大供热负荷为 12.77 兆瓦，每年将减少标煤消耗 5726 吨，减排二氧化碳 1.41 万吨，惠及当地近 2 万居民。

核能科技创新方面也取得突破性进展。代表我国核电技术水平和综合实力的华龙一号示范工程全面投产，有力支撑了我国由核电大国向核电强国的跨越；新一代“人造太阳”（HL-2M）等离子体电流突破 100 万安培，创造了我国可控核聚变装置运行新纪录；高温气冷堆示范工程实现初始满功率运行，向商运冲刺“最后一公里”；国家核设施退役治理领域规划建设的重大科技攻关平台——中国北山地下实验室主体工程建设的首个重大设备、全球首台大坡度螺旋隧道硬岩掘进机研制完成，为高质量建成世界一流地下实验室提供了技术装备解决方案……

中国核能行业协会发布的数据显示，截至 2022 年 10 月，我国商运核电机组共 53 台，总装机 5559.47 万千瓦，机组数量及装机容量均列世界第三；已核准及在建核电机组共 23 台，总装机约 2539 万千瓦，居世界第一。“十四五”期间，我国将进一步加快扩大装机规模，保持每年 6—8 台核电机组的核准开工节奏，包括国和一号示范工程和高温气冷堆示范工程在内重大项目预计从 2023 年开始有序建成投运。

“到 2035 年，核能发电量在我国电力结构中的占比有望达到 10% 左右；到 2060 年，核能发电量占比进一步提升至 20% 左右。”中国核能行业协会副理事长张廷克进一步指出，通过开展综合利用，核能还将在供热、制冷、工业用汽、制氢、海水淡化等领域发挥重要作用，为经济社会低碳转型提供更加多元的解决方案。

油气：挖潜增产 创新提效保需求

党的十八大以来，我国油气总产量在十年间增产超过 23%，全国天然气管网规模达到 11.6 万千米，海洋石油勘探开发能力实现从 300 米深水向 1500 米超深水的历史性跨越……

深层挖潜油气产量增至 3.65 亿吨油当量。在油气开发方面，我国抓住老油田硬稳定、新阵地快建产两条主线，大庆、胜利等东部油田产量总体稳定，继续创造老油田开发新纪录。“川渝气大庆”千亿立方米产能基地建设顺利推动，助推国内天然气持续快速上产。非常规油气成为我国油气勘探开发的重要组成，已实现页岩油开发快速推进、页岩气继续大幅增产的良好局面。CG STEER 旋转地质导向钻井系统等先进技术成功研制，实现了我国非常规油气“卡脖子”技术装备国产化和工业化应用的突破。以渤海油田为代表的新阵地加快上产，成为我国石油工业由陆地加快向海洋发展的重要标志。

集约输送管网具备尖峰保供能力。作为油气产业链承上启下的重要环节，管网肩负着资源传输的重要任务。油气行业持续加快管道和互联互通重大工程建设步伐，管网“血脉”愈加畅通，“全国一张网”布局日趋完善。油气行业做好跨境基础设施联通工作，促进国际间能源合作，在更广阔范围内调配资源。我国已逐步建成并持续巩固西北、东北、西南及海上四大油气进口通道，不断完善稳定多元的能源进口体系，进口来源涵盖全球各主要油气资源国和出口国。

新能源：蹄疾步稳 装机消纳持续向好

回顾 2022 年，新能源领域政策红利持续释放，装机规模和发电量稳步扩大。

2022 年前三季度，我国可再生能源新增装机 9036 万千瓦，占全国新增发电装机的 78.8%。其中，风电新增 1924 万千瓦、光伏发电新增 5260 万千瓦、生物质发电新增 262 万千瓦，分别占全国新增装机的 16.8%、45.8% 和 2.3%。截至 2022 年 9 月底，我国风电累计装机达到 3.48 亿千瓦、光伏发电装机 3.58 亿千瓦。与此同时，可再生能源持续保持高利用率水平。2022 年前三季度，全国风电平均利用率达 96.5%，光伏发电平均利用率达 98.2%。

2022 年，我国积极推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地规划布局，目前第一批 9500 万千瓦基地项目已全部开工建设，第二批项目清单已经印发并正在抓紧推进前期工作，第三批基地项目正处于组织谋划之中。狠抓“大基地”的同时，整县屋顶分布式光伏开发试点稳步推行，海上风电基地建设如火如荼。储能产业布局加快，各种新技术、新应用场景不断涌现，氢能“能源属性”定位明晰，在北京冬奥会期间开展了全球最大规模的一次集中示范运行……

绿色发展，动能澎湃。大力发展可再生能源，确保到 2025 年非化石能源消费比重达到 20% 左右、到 2030 年达到 25% 左右，各地持续推动能源结构调整，加快打造新能源发展高地。

中国光伏行业协会名誉理事长王勃华透露，截至目前，我国已有 30 个省市区明确了“十四五”期间的风光装机规划。根据目前的公开信息显示，其中 26 个省市区光伏新增装机规模将超 4.06 亿千瓦，这意味着未来 4 年将新增 3.55 亿千瓦。

国家发改委能源研究所可再生能源发展中心副主任陶冶表示，面向 2023 年乃至未来更长一段时间，要增强能源供应能力，就要统筹推动非化石能源发展和化石能源清洁利用。加快实施可再生能源替代行动，持续扩大清洁能源供给，同时发挥好煤炭、煤电在推动能源绿色低碳发展中的支撑作用，根据发展需要合理建设支撑性、调节性的先进煤电。（卢奇秀 苏南 杨晓冉 姚金楠）

中国石化发布《中国能源展望 2060》报告

中国电力报 2023.1.4

本报讯（记者 曲艺）2022 年 12 月 28 日，中国石油化工集团有限公司经济技术研究院

发布《中国能源展望 2060》报告（以下简称《报告》）。

《报告》指出，中国能源转型在协调发展情景下，煤炭消费预计将在 2024 年左右达到峰值，占比降至 50%。发电耗煤在 2025 年前后达峰，石化化工煤耗在 2030 年前后达峰。报告称，2025~2030 年是下降平台期，煤炭消费量开始波动下行，预计到 2030 年降至约 38.7 亿吨，占比降至 46%。

《报告》指出，天然气发展将经历稳健增长期、碳达峰发力期、稳步达峰期和平稳下降期。预计 2025 年，天然气需求量 4300 亿立方米，年均增长 5%；2030 年，天然气需求量 5190 亿立方米，年均增长 4%；2040 年，天然气需求量 6155 亿立方米，年均增长 1.7%，天然气消费达峰，2040 年以后天然气被电和氢能替代。

《报告》认为，随着光伏发电各项技术进步、系统效率提升、成本降低、电网消纳能力提升，光伏将经历加速部署阶段和全面发展阶段。2040 年左右，成为第一大电源。

据悉，中国石化经研院将中国能源平衡三角演进趋势及能源转型发展路径选择分为安全挑战情景、协调发展情景和绿色紧迫情景。上述预测是在协调发展情景下作出的，指中国安全风险整体可控、经济社会协调转型、低碳发展稳步推进。

深化能源资源重大战略研究 保障自然资源事业高质量发展

中国自然资源报 2023.1.4

党的二十大报告提出，“立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰行动”“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”“加强能源产供储销体系建设，确保能源安全”，这些要求为我国能源资源高质量发展提供了根本遵循。能源资源安全是关系国家经济社会发展的全局性、战略性问题。近年来，全球能源版图深刻变革，不稳定、不确定性因素明显增加，国内能源需求总量维持高位，能源供给约束日益加剧。立足新时代，踏上新征程，自然资源部油气资源战略研究中心将以党的二十大精神为指引，牢牢把握高质量发展主题，围绕能源安全保障重大问题研究、矿产资源管理制度创新研究、矿政管理基础支撑研究等重大任务，推动政策研究从跟踪型向前瞻性、战略性转变，矿政管理支撑从分散向全链条支撑转变，服务保障自然资源事业改革发展。

全面推进“十四五”全国油气资源评价，支撑服务新一轮找矿突破战略行动

习近平总书记指出，“中国作为制造业大国，要发展实体经济，能源的饭碗必须端在自己手里”，党的二十大报告指出“加强重点领域安全能力建设，确保粮食、能源资源、重要产业链供应链安全”。全球能源体系发生深刻变革，能源地缘博弈等风险不断加剧，必须坚持底线思维、问题导向，把防范化解风险挑战摆在突出位置，系统提升国内能源资源安全水平，才能更好保障经济社会发展所需的能源资源持续有效供给。

深化油气资源供给保障战略研究，系统分析我国能源资源供给需求、资源潜力、勘探发

现、产量增长等基本问题，总结提升油气资源储量国情调查成果，开展我国油气供给与需求预测，分析我国油气资源自主保障存在的主要问题和风险，提出油气资源供应链弹性韧性、原油天然气稳产增产、深海深层和非常规油气资源利用鼓励政策。开展“十四五”全国油气资源地质、经济、生态“三位一体”评价，建立新标准下油气资源评价方法参数体系，加强油气资源量—储量—产量关系研究，分析资源的探明趋势和开发利用前景，综合评价矿业权空白区油气资源潜力，开展区块优选，支撑油气矿业权竞争性出让。开展油气资源国际合作研究，跟踪世界主要产油国油气资源勘探开发进展，推进国内外油气动态监测与安全预警，加大多元化资源供给安全性分析，开展全球油气资源储量、投资环境、国别政策、油气田项目等数据库建设，为油气企业“走出去”提供政策服务。

深化绿色低碳高质量发展研究，推进能源资源保护利用

党的二十大报告指出：“推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。加快推动产业结构、能源结构、交通运输结构等调整优化。实施全面节约战略，推进各类资源节约集约利用。”我国经济社会发展对传统能源需求仍将刚性增长，积极稳妥推进碳达峰、碳中和对能源清洁低碳转型提出了更高要求，必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，站在人与自然和谐共生的高度谋划发展。

深化能源资源绿色低碳发展研究，聚焦碳达峰、碳中和目标要求，分析我国能源转型战略及路径，开展油气资源绿色勘查、绿色矿山建设、节约集约用地、土地复垦和生态修复研究。开展油气资源合理开发利用研究，研究制定石油、天然气、油页岩的“三率”指标标准，开展油气等资源先进开采技术开发应用研究，评估企业开采活动中对资源的利用情况，促进矿产资源合理开发利用。

深化矿产资源管理制度改革研究，提高矿政管理全链条支撑能力和水平

党的二十大报告指出：“构建全国统一大市场，深化要素市场化改革，建设高标准市场体系。完善产权保护、市场准入、公平竞争、社会信用等市场经济基础制度，优化营商环境。”贯彻落实党中央对矿产资源管理的总体要求，做好自然资源要素保障，要深入推进矿产资源要素市场化改革、矿产资源管理制度改革等重大课题研究。

开展矿产资源资产产权和要素市场化配置研究，深化油气探采合一制度，明确采矿权抵押权能，完善探矿权、采矿权与土地、海域使用权衔接机制。深化矿产资源税费金制度基本理论、内在逻辑、经济关系、法律关系研究，完善矿产资源权益金制度改革研究。开展油气资源规划、矿产资源储量管理、矿业权管理、勘查开采监管等专题研究，推进相关文件的立改废工作。开展矿山储量动态管理、压覆矿产资源审批管理、油气资源储量调查、矿业权“净矿”出让制度、区块竞争出让制度研究，完善勘查区块退出机制，构建监管与服务相结合的矿产资源勘查开采监督管理新模式。优化人才、技术、数据和成果支撑方式，提升矿政管理全链条业务支撑能力。围绕战略规划、勘探开发、保护和合理利用、生态修复等核心业务，推进矿产资源管理科学化精细化。开展矿业权出让项目库建设，提出油气区块出让建

议，完善服务指南、申请要件、办理流程和审批规则，支撑矿业权登记初审工作。开展油气探明储量评审备案和相关技术标准的制定工作，开展石油、天然气、页岩气、放射性矿产储量统计质量监控，逐步实现矿产资源储量精细化管理。完善《矿业权人勘查开采信息公示办法（试行）》，制定实地核查技术要求，创新督查方式手段，构建以信用约束为核心的监督管理方式。

蓝图已绘就，奋进正当时。我们要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入学习贯彻党的二十大精神，以保障能源资源安全供应、深化矿产资源管理改革研究为己任，统筹油气战略研究、矿政管理支撑、内部制度建设，加强前瞻性思考、全局性谋划、战略性布局、整体性推进，打通业务链条、转变支撑方式，以高水平油气资源战略研究成果服务支撑自然资源事业高质量发展。（苏迅）

“一带一路” 新能源合作取得新突破

中国电力报 2023.1.6

本报讯（樊春锋 赵子焕）2022年12月28日，哈萨克斯坦时间10时58分，国家电投哈萨克斯坦阿克莫拉州一期15万千瓦风电项目控制室响起了热烈的掌声，30台风机全容量并网一次成功，刷新了中亚最大在运风电项目装机容量纪录，标志着中哈高质量共建“一带一路”在可再生能源领域实现了新突破。

阿克莫拉州风电项目位于哈萨克斯坦北部阿克莫拉州地区，距哈萨克斯坦首都阿斯塔纳约50千米。该项目被列入《中哈产能与投资合作重点项目清单》，由中国电力国际有限公司（以下简称“中电国际”）出资收购，于2022年12月14日完成股权交割，中国电力国际发展有限公司（以下简称“中国电力”）受托建设、运营管理。该项目分两期规划建设，总设计容量20.5万千瓦。此次全容量并网的一期项目包括Borey10万千瓦、EnergoTrust 5万千瓦两个子项目。二期项目容量为5.5万千瓦。项目采用中国风机制造商生产的单机5万千瓦大容量、新技术机型，在总容量和单机容量方面均为中亚在运风电项目之最。

中国电力在项目建设过程中，充分吸收了札纳塔斯风电项目的良好建设经验并实践升华，实现了中国技术、中国方案、中国设备“走出去”，在哈绿色能源产业落地升级，同时通过智能化设计、高效施工建设和完善的供应链保障等，建设周期仅用了262天，刷新了哈萨克斯坦大型风电项目建设的速度纪录。同时，中国电力高度重视生态环保要求，在绿色高效发电、生态环境保护等方面形成诸多创新示范。

阿克莫拉州一期15万千瓦风电项目全容量并网后，每年将给当地带来约6亿千瓦时的清洁电力，可满足当地34万家庭生活需求，进一步缓解哈萨克斯坦电力紧缺现状，每年可节约标准煤19万吨，减排二氧化碳48万吨、二氧化硫1767吨、氮氧化物1601吨、烟尘552吨，为哈萨克斯坦能源结构“去碳化”，早日实现“双碳”目标贡献力量。

该项目于2022年4月10日开工建设，札纳塔斯风电公司作为前方管理团队，充分践行

国家电投“绿色、创新、融合，真信、真干、真成”的核心价值观，提前介入、统筹安排、明确分工，严格执行质量标准，落实各项安全责任，将重点难点工作列出“攻坚清单”并逐项销号，明确每个阶段的施工组织重点环节和实际要求，克服了超预期因素以及严峻的外部风险挑战，攻克了当地电网部门图纸设计审批流程复杂、恶劣气候条件下施工等难题，高效优质完成基础施工、风机吊装等各项节点性工作，实现当年开工、当年投产的任务目标。

近年来，共建“一带一路”倡议与哈萨克斯坦“光明之路”新经济政策深度对接，哈萨克斯坦丰富的风能资源和中国成熟的风电技术促使两国在绿色能源领域开展了紧密合作。国家电投所属中国电力、中电国际把握机遇，在哈大力发展可再生能源，初步形成了南有札纳塔斯风电、北有阿克莫拉州风电的新局面，目前在运在建及待交割容量达54.6万千瓦。

未来，中国电力将以新项目为起点，由点及面布局哈萨克斯坦乃至整个中亚地区的清洁能源产业发展，推动国家电投“2035一流战略”落地，为“一带一路”沿线国家基础设施建设提供新示范。

世界主要经济体发力能源科技创新

中国电力报 2023.1.6

当前，世界各主要经济体均将科技创新视为推动能源转型的重要突破口，积极制定各种政策措施抢占发展制高点。

美国：更加注重清洁能源发展，支持低碳制造研究

2022年8月，美国发布有史以来最大规模针对气候能源领域的投资计划——《通胀削减法案》。该法案内容涵盖医疗、气候和税改等多个方面，预计将带来7400亿美元的财政收入，以及4330亿美元的支出。其中，有3690亿美元支出计划用于遏制气候变化和促进清洁能源使用，重点覆盖清洁能源制造业，包括鼓励购买电动汽车和氢燃料电池汽车以及部署充电站等。

除了上述提到的《通胀削减法案》对清洁能源技术发展形成支撑以外，2022年以来美国能源部（DOE）还实施了一系列创新举措，支持清洁能源技术和低碳制造研究，主要包括为54所大学和11个国家实验室投入超过5.4亿美元、加速推进地热能、海上风能和工业供热领域的清洁转型等方面。需要特别指出的是，DOE2022年9月发布的《脱碳工业路线图》确定了减少美国工业部门排放的4个关键途径及其研发和示范需求，针对5个碳密集型重点行业提出了到2050年实现净零排放的关键要点以及研发和示范行动计划。同日，DOE还宣布了一项1.04亿美元的融资资助，用于推进工业脱碳技术的发展。通过土地利用生态系统管理、CCUS等关键技术攻关，到2050年美国5个重点行业的碳排放可减少87%。

此外，美国还将氢能和储能作为先进技术进行战略投资。在氢能方面，DOE的目标是到2030年将清洁氢的产能增加到1000万吨/年，到2040年增加到2000万吨/年，到2050年增加到3000万吨/年。为推动清洁氢能技术开发与部署，DOE提供了4000万美元资金支

持，用于推进实施“氢能攻关”和“H₂@Scale”计划，以期实现在10年内将清洁氢成本降低到1美元/千克。其研发方向包括开发利用太阳能合成绿色燃料的技术、改进氢排放检测和监测的技术、开发更高密度和更低压力的氢存储技术、降低应用于中重型运输车辆氢燃料电池的成本并提高其耐久性等。

在储能方面，美国支持新一代储能技术的开发、商业化和应用，以维持美国在储能领域的全球领导地位。如，DOE致力于开发“太阳能+储能”一体化技术，提高应对极端天气事件的抵御能力；DOE和西北太平洋国家实验室启动国家电网储能研发平台，开发下一代储能材料、器件和原型系统，并计划在电网运行环境下进行独立测试和验证；美国能源部先进能源研究计划署（ARPA-E）开发新型的筒管式架构锂电池，该设计将增加电极材料的厚度，使其存储的能量超过目前研究的同等尺寸下储存的能量，降低每千瓦时能源存储的总成本；资助7500万美元启动建设国家电网储能研发平台（GSL），该平台将在2023年投入试运行，并计划于2025年开始正式运行。

为实现电力系统中100%电力来自可再生能源，美国注重太阳能、风能、地热能等清洁能源技术的研发和应用。如，美国宣布资助2600万美元用于太阳能和风电可靠性示范；资助4400万美元用于推动本国地热能研究，促进增强型地热系统（EGS）开发测试技术创新。

欧盟：全面提升可再生能源发展速度，进一步加大风电等领域投资

欧盟委员会于2022年5月18日发布《欧洲廉价、安全、可持续能源联合行动方案》，将2030年欧盟能源效率提升目标从9%上调至13%，将可再生能源消费占比目标从之前设定的40%提高到45%，相关资金将动用欧盟复苏和恢复基金（RRF）和通过欧盟碳排放交易体系来筹措，用于支持可再生能源发展、提高能效以及进口LNG等。为实现2030年摆脱对俄罗斯的能源进口依赖，欧盟还将额外投资3000亿欧元。

除了欧盟层面的部署，欧洲国家也在纷纷加速布局风电、氢能等新能源项目。2022年以来，欧洲多个国家押注海上风电，产业发展迎来新的机遇。2022年8月，波罗的海周边八国的国家元首或政府首脑及欧盟领导人在丹麦首相官邸马林堡召开波罗的海能源峰会并签署“马林堡宣言”，同意加强能源安全和海上风电合作，计划在2030年将波罗的海地区海上风电装机容量从目前的280万千瓦提高至1960万千瓦。届时，北欧的海上风力发电量将增加6倍。氢能成为欧盟确保能源安全的重要选项。2022年2月，欧盟清洁氢合作伙伴关系“清洁氢能联合行动计划”发布《2021~2027年氢能战略研究与创新议程》，提出到2027年氢能研发重点领域和优先事项。欧盟在“地平线欧洲”框架下投入10亿欧元用于资助氢能研发示范，明确了6个氢能研发重点领域和优先事项，包括可再生能源制氢、氢能存储和分配、氢能终端应用以及氢谷示范项目等。2022年9月，欧盟委员会批准一项国家援助项目，以支持氢价值链中的研究、创新、首次工业部署和相关基础设施建设等。

此外，欧盟还对《欧盟天然气法规》与《欧盟天然气指令》进行修订。重新修订的

《欧盟天然气法规》将可再生天然气和氢气作为未来天然气市场关键组成部分；完善和扩展天然气市场现有第三方准入、输电和配电系统运营商拆分及独立监管机构原则，为欧盟跨境氢气网络建设制定全面法律框架。

英国：着重部署低碳能源，优先发展温室气体去除和颠覆性技术

英国高度重视其最具优势的低碳技术研发，在海上风电、氢能、先进模块化反应堆、储能与灵活性、生物质能、工业燃料转换、先进 CCUS、直接空气捕集、温室气体去除和颠覆性技术等重点技术领域部署了系列研究行动。

英国《绿色工业革命十点计划》从海上风电、氢能、核能、零排放汽车、绿色公共交通、零排放喷气式飞机和绿色航运、绿色建筑、CCUS、自然保护、绿色金融与创新等 10 个方面部署了英国加速实现温室气体净零排放的整体路径，同时利用温室气体去除技术减少剩余排放，支持英国向清洁能源和绿色技术转型，逐步实现英国净零排放目标。2022 年 8 月，英国商业、能源和工业战略部宣布投入 5440 万英镑开发温室气体去除创新技术，资助 15 个项目以开发从大气中去除温室气体的创新技术，重点关注 4 个技术领域：直接空气碳捕集与封存、生物能源结合碳捕集和封存、生物炭、海洋碳去除。

此外，英国政府于 2022 年 4 月推出的新版《英国能源安全战略》，为其核能、海上风电、氢能等清洁能源技术发展提供了重要支撑。根据该能源战略，英国核能发电装机容量到 2050 年将从现在的 700 万千瓦增加到 2400 万千瓦，满足英国四分之一的电力需求。在核能发展方面，英国计划从 2023 年起到 2030 年间每年批准建设一座、总计 8 座核反应堆，包括大型和小型模块化反应堆；启动其 1.2 亿英镑的“未来核能扶持基金”支持核能的发展。此外，为推动核能开发，英国政府将设立名为“大英核能”的新机构。

根据该能源战略，海上风电装机容量到 2030 年将从此前的目标 4000 万千瓦提高到 5000 万千瓦，其中 500 万千瓦以上来自浮式风电场。为实现上述目标，英国政府计划为海上风电建立“一条符合质量标准的快速审批途径”，将新的海上风电场的审批时间从 4 年缩短至 1 年。

除核能、海上风电，英国发布的《英国能源安全战略》还包括氢能生产等领域。英国计划到 2030 年将其氢气产量翻一番，氢能发电装机容量达到 1000 万千瓦，其中至少一半来自电解制氢。英国研究与创新署还宣布投入 4400 万英镑支持 28 个项目，包括 23 个涉及低碳制氢、零碳制氢、氢气储运、净零氢能供应解决方案等领域的可行性研究项目，以及 5 个创新氢能供应技术的示范项目。（邱丽静）

——三论深入贯彻落实 2023 年全国能源工作会议精神

以新气象新作为推动能源高质量发展

中国电力报 2023.1.6

2023 年是全面贯彻落实党的二十大精神开局之年，做好能源工作意义重大。重要时

期要把准重点任务，既要科学筹划，更要扎实落实。能源行业必须真抓实干、奋勇前进，以新气象新作为推动能源高质量发展取得新成效。

2023年全国能源工作会议对能源工作提出总要求，部署安排了8项重点工作任务，强调要深入学习宣传贯彻党的二十大精神，全力提升能源生产供应保障能力，着力调整优化能源结构，着力加快科技自立自强，着力深化重点领域改革，着力加强能源监管，着力加强能源国际合作，着力以高质量党建引领能源高质量发展。8项任务纲举目张，为新一年能源工作明确了路径。

以新气象新作为推动能源高质量发展取得新成效，就要不断强化能源行业的政治担当。2023年是疫情防控政策优化调整后的第一年，也是能源发展面临困难挑战较多的一年。能源行业要坚持学思用贯通、知信行统一，切实把思想统一到党的二十大精神上来，把力量凝聚到党的二十大确定的各项任务上来。要全面准确领会党的二十大精神，深入理解理论内涵，精准把握实践外延。要积极谋划出台重大政策，系统研究保障能源安全的实施方案、责任机制等重大问题。要统筹推进“十四五”规划实施，落实国家区域重大战略，谋划安排补短板、强基础、利长远工程项目。

以新气象新作为推动能源高质量发展取得新成效，就要清醒认识能源行业的职责使命。要增强保障能源安全的能力，要更好统筹发展和安全。要以“双碳”目标为牵引，立足以煤为主的能源资源禀赋，着力增强能源供应链的安全性稳定性，全面增强煤炭安全增产保供的能力和韧性，推动油气增产增供，进一步提升跨省跨区电网错峰支援和余缺互济能力。要坚持先立后破、通盘谋划，大力提升非化石能源比重，持续扩大清洁低碳能源供应，加强风电太阳能发电建设，统筹水电开发和生态保护，积极安全有序发展核电，加强民生用能工程建设。

以新气象新作为推动能源高质量发展取得新成效，就要持续促进能源行业改革创新。改革是关键一招、科技是第一生产力。要深入落实改革举措，持续释放改革红利，加快全国统一电力市场体系建设，扎实推进能源监管和能源法治建设。要深入实施创新驱动发展战略，持续提升自主创新能力和重大装备国产化水平，加强补短板锻长板，加强试点示范应用，推进重大创新平台建设。要围绕保障开放条件下的能源安全，全面推进互利共赢务实合作。

一分部署，九分落实。2023年能源工作方向已定，全国能源行业要把思想和行动统一到党的二十大精神和能源主管部门对能源工作的决策部署上来，提高政治站位、压实工作责任，努力开创能源高质量发展新局面，为全面建设社会主义现代化国家、全面推进中华民族伟大复兴作出新的更大贡献。

能源工程全生命周期向绿前行

中国能源报 2023.1.9

金沙江畔，白鹤滩水电站16台百万千瓦水轮发电机组全部投产发电，清洁绿电7毫秒

即可“闪送”华东；

沙漠戈壁，第一批大型风电光伏基地项目陆续并网，第二批建设紧随其后，助力新能源再获大发展；

百米矿井之下、广阔油田之上，煤炭、油气资源开发有力有序，稳供应、强保障，清洁利用水平大幅提高……

重大工程造福人类，彰显国之力量。刚刚过去的 2022 年，能源领域工程项目结硕果、捷报频传，高品质建设、高水平运营成为加快推进产业高质量发展的生动注脚。值得一提的是，在带来清洁能源的同时，这些工程也更加注重自身的绿色发展。从核心生产环节，到前端规划建设，再到后端治理修复，绿色日益成为鲜明的行业底色，推动能源领域含金量与含绿量齐升。

生产运营与环境保护同步发力

煤炭开采难免扰动环境，这是发达国家也绕不开的难题。能否将影响降至更低？有着 60 多年开采历史的淮北矿业集团一直在绞尽脑汁地思考这个问题。

截至去年，该集团在 40 处村庄和大型地面建（构）筑物实现了不搬迁采煤。临涣矿等 9 对矿井、36 个工作面，共计采出压覆煤炭资源 1600 万吨，同时无害化处置粉煤灰 370 万吨，保护基本农田和一般耕地 21604 亩。淮北矿业集团通防地测部测量资源室主任张燕海介绍道：“得益于集团大力推行的覆岩离层隔离注浆新技术，合理控制地面沉降，才保住了地面村庄和基本农田免受破坏。”

缘煤而生、向绿而行，淮北矿业已有 9 对矿井入选国家级绿色矿山。背后则是环保治理工程的稳步推进。淮北矿业集团资源环保部副部长刘国正举例说，去年，通过环委会联合督察、无人机“飞鉴”等形式，强化内部监督检查力度，对环保管理不力、问题较多的单位挂红、黄牌 12 次，“必须确保既定序时任务和重点工程落实落地。”

实践证明，在做大“金山银山”的同时，“绿水青山”也能建得更好。地处甘肃庆阳的长庆油田，属于典型的黄土高原沟壑区，生态环境脆弱。如今，这里却蹚出了一条生产与治理两不误的绿色低碳良性循环发展之路。去年一年，仅在长庆油田陇东油区就安装了 230 余套环保设备，完成 633 个井场 1410 口井的配套、使用，治理历史井站污染土壤 13.4 万立方米，真正做到了“原油不落地、废气不上天、废水全利用”。

类似的案例还有很多。作为青藏高原唯一的综合能源基地，青海油田生产主战场分布在柴达木盆地高寒缺氧的荒漠戈壁。秉持“油气开发进展到哪里，绿色就延伸到哪里”的理念，“开发 - 环保 - 减排”新模式应运而生。相关项目负责人告诉记者：“比如我们按照含油率高低利用微生物、土壤原位修复技术等方式处置油泥砂，没有条件就创造条件自己干，按期完成了油泥砂清零任务。”

绿色理念贯穿工程全生命周期

除了核心生产环节，绿色理念越来越向能源工程的全生命周期渗透。从工程规划、设

计、建设到后期收尾，含绿量源源不断，贯穿始终。

由国网青海电力青海送变电工程有限公司承建的白鹤滩 - 浙江 ±800 千伏特高压直流输电线路工程（川3标），沿线森林植被覆盖率高，其中还有国家二级保护植物润楠。为了给植被“让路”，项目施工一度全部暂停，在当地主管部门的监督下，有效移栽润楠及各类珍贵树种 280 棵，并通过挂牌跟踪、后期维护等方式持续保护。项目经理严得录感慨地说：“先移栽、再施工，切实保护了沿线植被。四川宜宾这个地方，植被覆盖率高，施工前首先要做好环境保护。按要求，我们必须做到无施工弃土、弃渣，施工场地和临时占地非但不能破坏生态，还得保持线路走廊内原有生态环境。”

保护环境，更要优化环境。在以沙漠、戈壁、荒漠为重点的光伏大基地建设过程中，该理念得到生动诠释。与传统集中式大型地面电站不同，这些光伏基地不仅将加速新能源产业发展，还可起到生态修复等多重作用。

内蒙古蒙西基地库布其 200 万千瓦光伏治沙项目，是目前全国单体规模最大的光伏治沙项目。项目所在的库布其沙漠，正在由内蒙古乃至全国荒漠化和水土流失最严重的地区之一，逐步实现沙漠变绿洲、绿洲产绿电、黄沙变黄金。工程牵头单位中国三峡新能源（集团）股份有限公司副总经理刘姿表示，项目采用“板上发电、板下种植、板间养殖、治沙改土、带动乡村振兴”五位一体循环产业发展模式，建成后预计治理沙漠 10 万亩，将有效构筑北方重要生态安全屏障和黄河流域生态屏障，综合提升碳中和贡献水平。

不止是建电站。“我们还要通过一批重点工程，充分利用多能互补、光伏治沙、碳中和示范等创新模式，打造电网友好型清洁能源项目，实现经济效益与生态效益、减碳效益并重。”刘姿称。

一体谋划、部署、推进及考核

一系列新思路、新技术、新方法被应用到绿色能源工程建设中来。统筹眼前与长远，更多构想正日渐变成现实。

例如，在集中式光伏之外，分布式光伏也正在探索更加绿色的开发模式，农光互补、渔光互补等“光伏+”项目层出不穷。“我们参与建设了江苏泰州的渔光互补项目，在渔场架设分布式光伏电站，养殖者可以利用光伏组件产生的电力为养殖场供电。项目在创造绿色电力的同时，还能有效遮挡太阳光线、降低水温，为水里的生物提供恒温环境，从而提升鱼虾幼苗成活率，带动养殖业的经济回报。”晋能清洁能源科技有限公司总经理杨立友举例。

“当前，建设环境友好电网已有一整套行之有效的规范与做法，能够尽可能减少对生态环境的影响。下一步，还需加强薄弱环节管理。”在厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强看来，建设环境友好型绿色电网主要涉及两个方面：一是电网建设过程中的保护环境，二是与电源结构有关。“如果是输送风、光等清洁电力，那么电网肯定是绿色的。随着电源结构不断清洁化，电网自身也将更加绿色。”

传统能源领域亦要持续提升含绿量。中国煤炭学会土地复垦与生态修复专业委员会副主

任李树志强调，我们不仅要关注煤炭资源的绿色生产、清洁利用，也要重视煤矿闭坑后的生态修复及可持续发展。“矿山生态修复，还可以有效增强土壤碳储存和植物固碳能力。比如，将达到生产年限的废弃地复垦再利用，整治成林草地、湿地等，可增加植被覆盖率，实现碳源向碳汇转换；对采煤留下的矸石山进行深度治理和综合利用，不仅直接减少碳排放、降低环境污染，而且还避免了土地资源浪费。对此，需从生态系统整体性出发，注重综合治理、系统治理、源头治理，加快构建一体谋划、一体部署、一体推进、一体考核的机制。”（朱妍 王林 董梓童 杨梓）

关于新能源大规模基地化开发利用的思考

中国电力报 2023.1.11

近年来，我国新能源发展成效显著，装机规模稳居全球首位，发电量占比稳步提升，成本快速下降。“双碳”背景下，以光伏、风电为主的新能源实现爆发式增长。国家发展改革委、国家能源局发布的《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》明确，计划以库布齐、乌兰布和、腾格里、巴丹吉林沙漠为重点，以其他沙漠和戈壁地区为补充，综合考虑采煤沉陷区，规划建设大型风电光伏基地。到2030年，规划建设风光基地总装机约4.55亿千瓦。其中库布齐、乌兰布和、腾格里、巴丹吉林沙漠基地规划装机2.84亿千瓦，采煤沉陷区规划装机0.37亿千瓦，其他沙漠和戈壁地区规划装机1.34亿千瓦。目前，在已有成果基础上，新能源基地集群建设仍在有条不紊推进。

开发存在空间和时间维度制约

一是电力电量空间维度平衡挑战大。

电力空间平衡的挑战和需求大，需解决能源负荷失衡、输电通道和电网安全稳定支撑强度等问题。

从能源分布情况来看，我国能源所在地区与电力消费负荷地区基本呈逆向分布：76%的煤炭、80%的风能、90%太阳能资源分布在西部、北部地区，80%的水能分布在西南部地区，但70%以上的电量消耗集中在东部、中部地区。从风能、太阳能、水能丰富的西部、北部、西南部地区输送到能源消耗量大的东部、中部地区，输送距离约1000~4000千米。

从输电通道资源情况来看，目前已存在多个密集输电通道，而后续输电通道建设可能增加现有密集输电通道规模，或产生新的密集输电通道，多回通道同时故障概率增加。同时，跨区输电通道资源紧张，与地方规划、环境保护等因素的矛盾愈发明显，前期工作协调难度大。此外，大型风光基地输电通道的起点主要位于沙漠、戈壁和荒漠，具有高海拔、重冰区、极低温等特点，施工难度大、建设成本高、运维条件差。

从电网特性和运行机理来看，随着大型风光基地开发外送，分布式新能源、海上风电并举发展，以及电力系统中大规模直流接入，电力系统“双高”特征愈发显著，交直流耦合日趋紧密。在此趋势下，直流故障易引发系统内大范围的电压、频率失衡，电力系统动态调

节能力将逐渐吃紧，电网“强直弱交”、支撑电源“空心化”的问题难以避免。

二是电力电量时间维度平衡难度大。

新能源出力受天气因素影响，具有波动性大、波动持续时间长、季节性差异大等特点。风力发电主要集中在春冬两季（约占60%），光伏发电主要集中在夏秋两季（约占60%）；大小风年的风电利用小时数相差超过20%，光伏利用小时数相差约10%。长时间尺度的平衡难度大、保供压力大。例如，2021年东北电网全网新能源最小出力同时率仅1%左右，且持续数小时；2018年新疆风电大波动最长持续时间超过2天，风电低于装机容量20%的低出力最长持续时间超过8天。

据中国电力科学研究院预测，2030年全国新能源出力占系统总负荷的比重为5%~51%，2060年新能源出力占系统总负荷的比重为16%~142%。新能源出力波动性大，使电力供应紧张和弃风弃光问题同时存在。新能源低出力时段，电力系统需要高可靠出力电源实现电力平衡；新能源高出力时段则给电力系统消纳安全和储能技术带来巨大挑战。

协调直流与交流输电系统发展

新能源大规模基地化开发利用，离不开稳定安全可靠的特高压输变电线路。特高压直流输电是点对点传输模式，具有输送功率大、距离长、可以实现异步输电的优势。特高压交流是同步电网，具有瞬时调剂的能力，以及输电和构建网络的双重属性，对于电力的接入、传输和消纳十分灵活。特高压交直流具备的优势在承担电力远距离输送方面具有不可替代的作用，可以解决新能源发电端和用户端的空间错配问题。

长期以来，我国特高压电网普遍存在“强直弱交”的问题，特高压交流网架难以支撑特高压直流通道满功率送电，即特高压直流功率受到扰动时，其激发出的超出既定设防标准或设防能力的强扰动无法由交流网架承受，进一步导致连锁故障发生，致使全局性安全水平明显下降。

构建合理的电网网架是电力系统安全稳定运行的基础。面向“强直弱交”型混联电网，协调直流与交流输电系统发展，提升电网安全稳定水平，涉及以下两个方面：

一方面是增强交流的冲击承载能力。一是优化交流一次主干网架，适应直流有功强冲击。加强送端与主网的电气联系，提高网架汇集能力，解决好受端电压支撑和潮流疏散等问题。二是加强动态电压支撑能力，适应直流强无功冲击。有效为直流换流站提供充裕的动态无功，支撑交流电压快速恢复，需充分利用已建的常规发电机组，优化布点新建的调相机以及增建的SVG等无功补偿装置。三是改善源网控制及其协调控制能力。优化机组调节控制系统，通过能够等效常规同步发电机运行特征的同步发电机技术，使风电、光伏发电设备更加智能化，具备频率自适应能力，提供电网暂态稳定支撑能力，让新能源由“我行我素”的“自转”变为“协调统一”的“公转”，实现清洁能源友好并网。四是增强风电、光伏发电设备的扰动耐受能力，提升新能源涉网性能。挖掘新能源场站自身动态有功、无功调节能力，参与系统调频调压，防范由于新能源大规模脱网引发连锁反应的风险。

另一方面是减少直流冲击发生的概率。一是开展系统研究，优化直流落点和接入系统方式，实现直通合理分组，避免直流送、受端发生故障时互相影响扩大故障范围。二是通过优化控制策略、使用先进设备，降低直流逆变器换相失败的发生概率。

国家规划中以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地多处于西部、北部地区，其中大部分位于库布齐、乌兰布和、腾格里、巴丹吉林四大沙漠。从地域上看，四大沙漠基本位于华北地区西部及西北地区东部，处于大电网的末端、薄弱区域，既缺乏负荷本地消纳，又没有既有的电网加以支撑外送。但该区域属于华北同步电网，在华北特高压电网延伸覆盖范围之内，具有依托华北特高压电网送出的先天优势。可以利用近区煤电提供一定的支撑，将华北特高压主网架向该区域延伸。

从源头规划建设“强交强直”的特高压格局，交流网架用于汇集输送自用新能源、向华北电网京津冀鲁地区送电、发挥直流故障时的潮流转移的作用，兼顾促进调峰资源的互济，提高新能源消纳水平；特高压直流通道以此为依托，向华北以外的地区实现跨区送电。依托大电网，实现以四大沙漠为主的新能源大基地的消纳与送出。（唐健）

17 个部门联合发布《意见》

推动知识产权服务业高质量发展

中国高新技术产业导报 2023.1.16

本报讯 2023 年 1 月 11 日，国家知识产权局等 17 个部门联合发布《关于加快推动知识产权服务业高质量发展的意见》。

《意见》提出，支持京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝地区双城经济圈等区域打造知识产权国际服务高地；支持在国家自主创新示范区、自贸试验区、国家制造业高质量发展试验区、服务贸易创新发展试点地区、国家服务业扩大开放综合试点示范地区开展知识产权服务业改革开放试点。

《意见》提出，到 2030 年，从事知识产权服务的规模以上机构超过 2000 家，行业营业收入突破 5000 亿元，知识产权服务业从业人员达到 150 万人，执业专利代理师超过 5 万人，诉讼型人才超过 8000 人，建设一批融入产业、服务创新、辐射全国的知识产权服务业集聚发展示范区。

《意见》明确，引导知识产权服务业聚焦先进制造业等重点领域，面向产业链、创新链开展知识产权专业服务，鼓励知识产权服务资源向先进制造业集群汇聚，促进专利与标准融合创新，推动优质知识产权服务品牌和先进制造业品牌强强联合，助力关键核心技术攻关和知识产权布局突破。

在引导知识产权服务业支持企事业单位创新发展方面，《意见》提出，鼓励知识产权服务机构深度挖掘专精特新中小企业需求，帮助企业开展高价值专利布局、商标品牌培育、版权成果转化、知识产权风险防范等。推动知识产权服务机构深度参与高校院所创新全过程，

主动服务国家战略科技力量，发挥产学研用协同创新效应，着力突破制约产业发展的关键核心技术和共性技术。

此外，《意见》还提出，聚焦战略前沿领域，构建多元化应用场景，发展全链条知识产权服务，集成知识产权服务功能，为创新主体提供集成化知识产权解决方案。（赵晓）

能源保供能力稳步提升 能源消费结构持续优化

中国信息报 2023.1.20

2022年，面对复杂严峻的国内外形势，能源领域深入贯彻落实党中央、国务院决策部署，以保障能源安全稳定供应为首要任务，立足国情，着力增强国内能源生产保障能力，充分发挥煤炭主体能源作用，不断提升油气勘探开发力度，大力发展多元清洁供电体系，有力保障了经济社会稳定发展和持续增长的民生用能需求。随着能源绿色低碳转型持续推进，非化石能源消费比重显著提高。

一、能源生产稳步增长

2022年，规模以上工业煤油气电等主要能源产品生产均保持增长，能源供应保障能力稳步提升。

原煤生产较快增长，产量创历史新高。煤炭生产企业在确保安全的前提下有序释放先进产能，圆满完成保供增供任务。2022年，规模以上工业原煤产量45.0亿吨，创历史新高；比上年增长9.0%，增速比上年加快4.3个百分点。

原油产量继续回升，天然气持续增产。油气生产企业持续加强勘探开发和增储上产，提升油气自给能力。2022年，规模以上工业原油产量20467万吨，比上年增长2.9%，2016年以来首次回升至2亿吨以上；天然气产量2178亿立方米，比上年增长6.4%，连续6年增产超100亿立方米。

电力生产平稳有序，清洁能源发电占比提高。电力生产企业切实履行发电保供责任，全力保障用电需求。2022年，规模以上工业发电量8.4万亿千瓦时，比上年增长2.2%。其中，火电增长0.9%；水电、核电、风电和太阳能发电等清洁能源发电增长5.3%，占全部发电量比重比上年提高0.9个百分点。

二、能源进口有所下降

根据海关总署快讯数据，2022年进口煤炭2.9亿吨，比上年下降9.2%；进口原油50828万吨，比上年下降0.9%；进口天然气10925万吨，比上年下降9.9%。

三、能源消费结构持续优化

初步测算，2022年能源消费总量比上年增长2.9%。非化石能源消费占能源消费总量比重较上年提高0.8个百分点，煤炭比重提高0.2个百分点，石油比重下降0.6个百分点，天然气比重下降0.4个百分点。

农村清洁能源使用向精准高效迈进

科技日报 2023.1.31

新华社讯（记者程楠）晌午日头正好，52岁的魏万荣关掉家中的采暖阀门，坐在客厅的落地窗边，享受日光浴。

魏万荣家住甘肃省兰州市皋兰县什川镇上车村。从2021年冬季开始，装上空气源热泵的魏万荣家，就和燃煤炉子“说再见”了。

截至今年春节，什川镇的5000多户居民中，有约三分之一安装了太阳能、空气源热泵等多种清洁取暖设备。这不仅降低了冬季取暖安全隐患，而且减少了碳排放。

魏万荣介绍，2021年冬季以前，每年采暖需要消耗近8吨煤炭，至少要花费8000多元。“如今，一个采暖季用电取暖，费用4000多元，既环保又省钱。”他说。

近年来，我国农村清洁供暖稳步推进。为了鼓励居民用电取暖和节能减排，按照相关部门要求，国网皋兰县供电公司推出的每日谷段电价远低于日常用电价格，而且每日可达10小时。

魏万荣不时掏出手机，滑动页面。“这是远程操控，我点一点手机应用，不仅能打开、关闭采暖阀门，而且还可以关注平谷电价。平电价时，我少开一会儿暖气；谷电价时，我多开一会儿取暖，这样更节省。”他说。

这两年，皋兰县有关部门持续向农村地区推广太阳能等清洁取暖方式。皋兰县供电公司定期向广大用户宣传平谷电价用电政策、用电安全和清洁能源用电等常识。

“公司职工会定期上门，帮助用户检修安装清洁采暖设备。全县使用清洁能源的农村用户数量持续增加。”皋兰县供电公司党总支书记韦渊说。

“根据平谷电价调节，我在手机上控制家里的采暖时段。这确实方便、环保、节约。”60岁的上车村居民陶启伟说，他家不仅从今年开始用电取暖，还实现了“全电厨房”的目标——饮水机、抽油烟机、电磁炉、电冰箱等家电一应俱全。

甘肃省农村能源资源服务总站介绍，目前，甘肃正在加快推进农村清洁能源综合利用工作，多地农村利用现有规模化生物天然气工程，配套建设规模畜禽粪污、秸秆的收储运体系，开展沼气净化提纯高值利用、沼肥特色农产品种植。

“农村清洁能源使用正向精准高效方向发展，能更好满足居民的多样化供热需求。”韦渊说。

让科技激励更好激发创新活力

科技日报 2023.1.16

近期，中办、国办印发《关于完善科技激励机制的意见》（以下简称《意见》）。这是中央层面首次针对科技激励工作作出专项部署，对营造有利于原创成果不断涌现的创新生

态、提升创新效能、助力实施创新驱动发展战略和人才强国战略具有重要意义。

科技激励是激发科技人员创新活力、推动高水平科技自立自强、支撑世界科技强国建设的重要动力来源，党中央、国务院始终高度重视科技激励，把科技激励机制作为抓好科技工作的基础性、常态性、根本性制度设计。在新一轮深化科技体制改革过程中，我国科技激励机制建设得到显著加强，取得明显成效。同时，我国科技激励仍存在国家使命导向激励不足、一线科技人员和团队的获得感不强、科研稳定支持不足、青年科技人员成长环境保障不足等短板，一些激励政策在具体落实过程中还存在变形、走样等现象。新形势下，为加快实现科技自立自强、支撑构建新发展格局，必须深化改革，进一步完善科技激励机制，激发科技人员创新活力、释放发展潜力。

科技激励机制本质是目标向下对人才的价值引领和有效激励，目的是促进人才实现个人价值与组织目标相一致。我国拥有数量庞大的科研人员队伍，科技人力资源总量和研发人员总数已连续多年位居世界首位。当前，我们迫切需要以有效激励引导科技人才将个人理想自觉融入国家发展伟业，增强服务“国之大者”的使命感，坚持“四个面向”，聚焦事关国家安全和长远发展关键领域，挑战“卡脖子”难题，勇闯创新无人区，甘坐科研冷板凳，敢啃科研硬骨头，努力作出历史性、时代性科技贡献。

科技激励是个系统工程，完善科技激励机制也不是一蹴而就的事，做好文件扎实落地需要多部门、多层次、多方式协同联动。要把贯彻落实《意见》与党中央、国务院关于实施科技体制改革、推动科技政策扎实落地的相关要求部署统筹谋划、协同推进。《意见》给出了一些硬指标，如“保证专职科研人员工作时间不少于4/5用于科研”等，但更多内容是给出原则和方向。各地、各用人主体要吃透文件精神，紧扣有利于激发人才创新活力这一核心，发挥主观能动性，敢于在政策框架内创新实践，探索出台符合本单位发展特点的科技人才激励机制，将激励制度改革落到实处，让科技人才的自我效能感和归属感得到最大程度的满足。

科技激励释放潜力，创新活力促进发展。以科技激励为抓手，引导广大科技人才各展其能、各尽其才，心往一处想、劲往一处使，必将为加快建设世界科技强国汇聚蓬勃动能，书写高水平科技自立自强新篇章。

加速新旧动能转换 推动产业生态化绿色转型

南方日报 2023.1.14

1月12日凌晨5点，随着7号风机基础钢管桩嵌入海底，华能汕头勒门（二）海上风电场项目完成首桩施工，粤东海域在建单体容量最大风电场拉开施工序幕。沿海岸线向西直抵湛江，特呈岛红树林宛如“绿色明珠”生长繁盛。

如今，广东海上风电、光伏等绿色能源项目加速落地，碳汇交易逐步扩大。《中共广东省委关于深入推进绿美广东生态建设的决定》提出了围绕结构优化抓“双碳”的具体要求。

按照省政府工作报告关于“突出绿美广东引领，提高生态文明建设水平”的相关部署，我省将加快发展方式绿色转型，积极稳妥推进碳达峰碳中和。

怎样围绕结构优化抓“双碳”？多位代表委员建议，广东可以通过发展方式绿色转型，加大对“双碳”领域科研的支持力度，同时探索生态碳汇交易，深入推进绿美广东生态建设，打造美丽中国的广东样板。

发展绿色能源满足结构优化转型迫切需求

“在我看来，绿美广东就是清洁美丽的广东，实现人与自然和谐共生。”省人大代表，汕头大学党委常委、副校长刘文华认为，发展方式和生活方式的绿色转型，是绿美广东的两个重要抓手。

“发展方式的绿色转型，就是要放弃粗放的发展方式，通过创新和技术提升效率效能。”刘文华进一步解释，生活方式的转型，则是通过城市的布局规划、公共交通等方面体现，“如果把城市的管理规划做好，把管理效率运行的效能提升10%—20%，可以想象能减少多少碳排放”。

省政府工作报告提到，发展海上风电、抽水蓄能等新能源和清洁能源，加快储能电池项目落地建设，大力发展新型储能产业。

省人大代表、上海电气风电广东有限公司总经理王全景对此深有体会。“发展海上风电等新能源是广东能源结构优化转型的迫切需求。”他建议，广东应着力推进新能源领域重点企业积极承担科研项目，着力攻克关键核心技术“卡脖子”问题，提升广东省海上风电综合竞争力，努力形成一批有自主知识产权的新能源领域核心技术，促进产业可持续发展。

对广东绿色能源产业的发展，王全景充满期待：“广东的经济实力、市场需求为海上风电、绿色能源发展提供了坚实基础。推动现代化产业体系和新型能源体系迈向更高台阶，将为广东实现‘双碳’目标、推进绿美广东生态建设提供助力。”

省政协委员，广东省环境科学研究院生态文明与绿色发展研究所所长、研究员张修玉也建议，广东应该坚持产业生态化绿色转型，加快新旧动能转换，加快北部生态发展区传统产业的转型升级，限制、淘汰高污染高耗能高排放产业。

科研创新抢先布局加速“弯道超车”

现代化产业体系的构建和新能源产业的发展，离不开科研创新提供动力。

“广东作为制造业大省，应抓住光伏产业技术更新换代的时机，加强高效率的晶体硅和钙钛矿太阳能电池等技术研发，建设光伏产业集群，完善产业链。”省政协委员、暨南大学新能源技术研究院院长麦耀华从事新能源研究已有20多年，他指出，广东拥有钙钛矿上游所需装备和原材料的配套厂家，还有暨南大学、华南理工大学和中山大学等高校技术团队支持。麦耀华认为，如果能在产业布局中抢占先机，不仅可以带动产业上下游的企业发展，把我省打造成光伏强省，也能加快实现“双碳”目标。

江门双碳实验室研究发现，增施二氧化碳可以让水稻、红薯、火龙果等农作物有效增

产。最近，实验室正与台山电厂合作。“我们采用智能化控制手段，在烟囱的净化处理环节将二氧化碳投入到电厂附近的农田。这样做既增加了农业的产能，又达到了固碳的目的，第一期实验效果很不错！”省政协委员、江门双碳实验室常务副主任徐明介绍道。

在江门的实践经验让徐明深刻感受到，深入推进绿美广东生态建设、实施“双碳”战略，对我省农村地区而言是更大的机遇。“我国近80%的碳排放源于城市。在农村大力发展分布式新能源体系，完善生态碳汇交易机制，也许在未来，农村地区就能够通过向发达地区出售碳汇的方式，让绿水青山变成金山银山。这对解决广东城乡区域发展不平衡的难题也具有重要意义。”他建议，我省可以进一步完善碳交易市场及相关政策，推动农村碳汇经济发展，加快高效生态循环农业发展。

用好资源禀赋搭建完善生态碳汇交易体系

早在2012年，广东省政府就批准成立了广州碳排放权交易所，这也是我省唯一代表广东参加全国碳交易试点的平台，目前为广州交易集团子公司。

省人大代表，广州交易集团有限公司党委书记、董事长罗俊获指出，我国碳排放权交易仍存在试点碳市场体量普遍较小且发展程度不一致、碳市场参与主体单一等问题，碳市场的整体活跃度还有待提升。

“广东碳市场是目前全国体量和交易规模最大的试点碳市场，我认为可以从深化有偿分配机制、拓宽交易主体范围、创新碳金融产品等方面发力。”罗俊获说。

近年来，广东在生态碳汇价值实现方面的探索频频，当下提出要深入推进绿美广东生态建设，更使生态碳汇的受关注度不断提升。

罗俊获认为，生态碳汇的价值离不开完善的管理机制和技术支撑。“结合多样化的自然资源禀赋，广东可以全面深入推动陆地和海洋的生态碳汇交易。”罗俊获建议，通过推动湿地、城市绿地、红树林、海草床等不同生态系统领域的碳汇核算方法研究和项目开发，搭建与碳市场、碳普惠制相辅相成的生态系统碳汇交易体系，纳入政府部门、企业、非政府组织等多元化参与主体，有效扩展生态碳汇交易渠道和消纳空间，为提升生态系统碳汇增量、助推“双碳”目标和绿美广东生态建设贡献市场化力量。（黄叙浩 李秀婷 余丹 李鹏程 唐柳雯 曾艳春）

绿色发展支撑中国与世界未来

环球时报 2023.1.20

走过疫情起伏的三年，进入2023年的世界仍然面临地缘政治冲突、经济衰退、能源危机、粮食危机、气候变化、环境污染、生物多样性丧失等多重挑战，该怎样应对挑战，选择什么样的道路才能走向未来，是困扰全球的重大问题。世界很多机构、智库近期纷纷发表报告对未来进行预测。19日，中国国务院新闻办公室发布《新时代的中国绿色发展》白皮书（以下简称《白皮书》），全面介绍新时代中国绿色发展理念、实践与成效。

达沃斯世界经济论坛（WEF）近日发布的《全球风险报告 2023》称，两年内人类面对的前 10 位风险中有 5 个是气候环境问题。中国的绿色发展理念是在对人类现代化历史及当前存在问题进行充分透视的基础上提出的。此外，坚持绿色发展也是以人民为中心的发展思想的体现。正如《白皮书》所阐述的，“中国顺应人民日益增长的优美生态环境需要”，“让人民在优美生态环境中有更多的获得感、幸福感、安全感”。

《白皮书》发布的另一个重要作用是向世界阐述走绿色发展道路的可行性。过去人们有一个疑惑：搞绿色发展，不搞“GDP 崇拜”，会不会影响经济发展？《白皮书》给出的数据清晰地表明，即便是像中国这样的发展中大国，也可以做到让经济发展与资源能源消耗逐渐脱离。2012 年以来，中国以年均 3% 的能源消费增速支撑了年均 6.6% 的经济增长。2021 年万元国内生产总值能耗较 2012 年下降 26.4%。

从《白皮书》中我们还可以看到一条重要经验，推动绿色发展要坚持系统观念统筹推进。绿色发展不仅仅是一个行业、一个地区的工作，也不仅仅是一项经济工作。从更高的角度看，绿色发展是对生产方式、生活方式、思维方式和价值观念的全方位、革命性变革。中国在推进绿色发展过程中，把系统观念贯穿到经济社会发展和生态环境保护全过程，均衡处理发展和保护、全局和局部、当前和长远等一系列关系。通过统筹产业结构调整、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，形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式，促进经济社会发展全面绿色转型。

绿色发展是对原来粗放式发展的超越。推动绿色发展，就是要促使经济社会变革。推进绿色发展，体制机制是关键。中国在推进绿色发展过程中，着力构建产权清晰、多元参与、激励约束并重、系统完整的生态文明制度体系，为经济发展绿色化、低碳化提供了有力的体制机制和政策保障。生态环境部负责人在《白皮书》发布会上介绍，过去 10 年是中国生态环境立法力度最大、监管执法尺度最严、法律制度实施效果最显著的 10 年。生态文明写入宪法，生态环保领域现行有效的法律达到 30 多部，生态环保领域法律法规体系基本形成。此外，中国逐步建立完善政府有力主导、企业积极参与、市场有效调节的体制机制，更好激发全社会参与绿色发展的积极性。并且，中国建立完善推进绿色发展的目标评价考核制度，严格落实企业主体责任和政府监管责任。可以看到，推进绿色发展的过程，也是完善生态文明制度体系，加快提升生态环境领域治理体系和治理能力现代化水平的过程。

促进绿色发展、建设生态文明是全人类的共同事业。《白皮书》用大量事实证实：中国始终是全球生态文明建设的重要参与者、贡献者和引领者。在发展新能源方面，截至 2021 年底，中国可再生能源发电装机突破 10 亿千瓦，占总发电装机容量的 44.8%，其中水电、风电、光伏发电装机均超 3 亿千瓦，均居世界第一。在电动汽车发展方面，截至 2021 年底，中国新能源汽车保有量达到 784 万辆，占全球保有量的一半左右。这些数字不仅说明中国在关系到全球向低碳绿色转型最关键的可再生能源和电动汽车方面处于世界领先地位，更为重要的是这些进展不但使中国走绿色发展道路成为现实，也使世界向碳中和转型成为可能。正

像国际能源署（IEA）等机构指出的，人类之所以能够迈向净零排放的目标，是因为过去10年太阳能光伏、风力发电成本降低近90%，电动汽车技术成熟而能够大面积市场化。这些奠定了人类未来的技术和产业进步，是因为中国在绿色发展过程中作出了特别贡献！

此外，无论是应对气候变化《巴黎协定》，还是“昆明—蒙特利尔全球生物多样性框架”，在推动全球合作，共同应对人类的气候、生物多样性丧失的挑战上，中国的作用有目共睹。《白皮书》还指出，中国始终致力于推进共建“一带一路”绿色发展，让绿色切实成为共建“一带一路”的底色。同时，中国还广泛开展绿色发展双多边国际合作，为推动全球可持续发展作出重要贡献。

总之，刚刚发布的《白皮书》表明，中国式现代化道路是人与自然和谐共生的绿色可持续发展之路。中国愿与国际社会一道，同走绿色发展之路，共建新的生态文明。

工业和信息化科技成果评价方案印发

中国高新技术产业导报 2023.1.16

本报讯（记者 李洋）近日，工业和信息化部办公厅印发《关于完善工业和信息化领域科技成果评价机制的实施方案（试行）》，明确到2027年，形成一套工业和信息化领域的科技成果评价规范，培育遴选一批水平高、能力强、信誉好的科技成果评价和转移转化机构，健全工业和信息化领域科技成果项目库，形成一套推广应用模式，评价或转化一批高质量科技成果。

工业和信息化部科技司相关负责人解读该方案时表示，《实施方案（试行）》主要围绕工信领域“评什么”“怎么评”“谁来评”“怎么用”提出三大重点任务、11项子任务。

一是全面准确评价。包括破“四唯”立“五元”、分类分阶段评价、推进重点项目评价、创新评价方式方法4项子任务，重点回答“评什么”“怎么评”的问题。《实施方案（试行）》提出，全面准确评价科技成果的科学、技术、经济、社会、文化等“五元”价值。鼓励全国性行业协会、学会、研究会、专业化评估机构等，制定体现行业特性的差异化评价指标和评价规范，针对科技成果在研发、工程化、产业化和商业化等不同阶段的特点，分类别分阶段开展评价。建立健全重大项目知识产权全流程管理制度，加强知识产权保护，完善知识产权转移转化机制，规范知识产权交易，促进知识产权价值实现。运用技术成熟度、制造成熟度等评价方法，开发智能化评价工具，提高评价质量和效率。探索“揭榜挂帅”“以赛代评”、概念验证、技术预测、知识产权评估和扶优式评审等评价方式。

二是健全评价体系。包括优化评价机构、强化专家队伍建设、构建多方评价体系、完善评价制度规范、加强公共服务5项子任务。重点回答“谁来评”的问题。《实施方案（试行）》提出，组建高水平的评价专家队伍。推动评价机构建立评价专家库并定期动态调整，确保“有进有出”“优进劣出”，规范专家评价行为，完善评价专家的廉政风险防控机制和责任追究制度。同时，构建用户、市场和第三方专业机构评价为主，权威专家参与，创新主

体“自我声明”，政府引导监督相结合的多方评价体系，发挥行业组织和专业机构作用，支持其作为独立第三方开展市场化评价，引导企业家、天使投资人、创业投资机构、专业化技术转移机构等各类市场主体提早介入研发活动，对科技成果潜在经济价值、市场估值、发展前景等进行商业化评价。

三是加速成果产业化。包括用好评价结果、促进产学研结合 2 项子任务。重点回答“怎么用”的问题。《实施方案（试行）》提出，发挥好科技成果评价在技术交易、科技奖励、产业化推广等方面的作用，加强科技成果评价与项目、基地、人才等评价的有机结合，在制定和实施产业政策时，如制造业领航企业、制造业单项冠军企业、专精特新“小巨人”评选，以及首台（套）重大技术装备、首批次新材料、首版次关键软件评定等，适度采信评价结论。支持行业组织和专业机构、被评价方等在工作中科学合理运用评价结果。同时，完善成果评价与金融机构、投资公司的联动机制，通过高质量的成果评价，引导金融机构有效支持创新型企业。充分用好国家产融合作平台，在企业“硬科技”属性评价、“科技产业金融一体化”专项目录遴选、企业上市推荐等工作中，将评价结论作为参考。支持地方、企业与高校加强合作，强化供需对接机制，围绕产业发展、企业需求建立联合式、订单式技术研发新模式，提升科技成果转化成效。

洞见 2023：百度发布十大科技趋势预测

中国科学报 2023.1.6

1月5日，百度研究院2023年科技趋势预测如约而至。连续4年发布，百度研究院看到了什么？

“我们欣喜地看到，‘技术向实’正在发生。”百度首席技术官、百度研究院院长王海峰在序言中写道。驱动科技和产业变革的核心技术往往具有很强的通用性，而当其具备了标准化、自动化和模块化的工业大生产特征后，作为基础设施的价值会变得越来越“实”。

他认为，在“向实”的过程中，技术的应用门槛不断降低、应用效果不断增强，最终支撑起产业升级并促进社会进步。

看到人工智能（AI）技术在各领域“大显身手”的价值空间，中国工程院外籍院士、清华大学智能产业研究院院长张亚勤对该科技趋势预测写下了这样的荐语：“AI正在成为交叉学科与跨领域研究中技术发展的通用变量，‘+AI’已成为最令人激动的研究方向之一。”

沿着“AI向实”的脉络，百度研究院给出了2023年十大科技趋势预测。

趋势一：大模型生态

行业大模型生态初现。

在AI大模型持续火了几年后，各方始终关注着它的进化态势。

百度研究院认为，依托深度学习平台，大模型技术的效能不断提升，已经具备了很强的通用性、泛化性和可解释性，能够解决AI碎片化难题，降低AI开发与应用的门槛。

接下来呢？百度研究院提出，大模型技术正深入到行业需求之中。尤其在航天、金融、能源等领域，“行业大模型”开始浮现，且以 AI 基础设施之姿，推进“AI + 行业”的应用创新。

百度研究院预测，2023 年行业大模型将覆盖更多领域，并逐渐形成生态。自此，“普惠 AI”将不再是一个口号，而是将真正服务千行百业的智能化升级。

趋势二：数实融合

AI 新型基础设施建设需求增长。

疫后复苏的 2023 年，数字经济一马当先。百度研究院认为，数字经济的高质量发展，绕不开“数实融合”。

一方面，智算中心、深度学习平台和大模型等 AI 新型基础设施加快推动 AI 技术落地，满足以制造业为主的实体经济转型需求；另一方面，我国庞大的制造业规模、丰富的应用场景和海量的数据资源，非常有利于 AI 模型的迭代进化、技术与场景的融合，将催生出具有产业通用性的新产品、新业态。

他们预测，AI 新型基础设施建设，短期将成为各地政府发展数字经济的重要抓手之一；中长期则将促进数字技术和实体经济深度融合。

趋势三：虚实共生

虚拟现实技术和产业发展呈现出加快态势。

中国工程院院士、虚拟现实产业联盟名誉理事长赵沁平在为该预测撰写的推荐词时提到，经过几年的波浪式、螺旋式发展，虚拟现实产业日趋成熟理性，正处于一个新的发展窗口期。

“百度研究院在 2023 年的科技趋势预测中，将虚实共生列为一大重点方向，给出了虚拟现实技术和产业发展加快的信号。”赵沁平在推荐词中提到，随着虚拟现实应用的扩展和深化，特别是 Web3.0 提出一系列新的需求，虚拟现实正进入 2.0 阶段。

业界预期，虚拟世界与物理世界的关系将从紧密连接进阶到彼此交互、融合和共生。百度研究院预计，2023 年，得益于众多关键数字技术的突破，这一趋势将会加快。同时，随着 AIGC、5G 等技术轮番“上场”，一个全面、丰富的元宇宙业态有望加速成型。

趋势四：自动驾驶

自动驾驶技术推动智能汽车产业“扬帆远航”。

2022 年，自动驾驶赛道围绕“融资”与“量产”两个关键词，经历了“冰与火”。

2023 年，自动驾驶逐步进入城市场景，面临的技术难题依然很多：感知复杂环境、处理海量数据等的难度大大增加。传统小模型无法满足高级别自动驾驶的要求，业界开始通过引入大模型技术，进一步增强自动驾驶的感知泛化能力，适应更多出行场景。

自动驾驶能在 2023 年进一步突破吗？百度持乐观态度。他们预计，2023 年，中国主要城市自动驾驶商业化落地将呈现“运营范围、车队规模双增长”的趋势，拥有自动驾驶技

术的智能汽车的市场渗透率也将有新突破，智能汽车产业将从此前的“试水试航”走向“扬帆远航”。

趋势五：更多机器人

行业应用机器人落地加速。

伴随全球老龄化加剧，未来各行业将面临劳动力严重短缺的问题。早在数年前，不少国家就积极发展自动化技术，以摆脱劳动力短缺的困境。

百度研究院预测，2023年，人们将看到更多智能行业应用机器人穿行在人类工作地点的场景。

“AI加持的各类机器人，将在实时感知、智能决策、优化控制等方面获得更大提升，越来越多应用于施工、开采、救灾等需要大量人力的工作场景。”百度研究院大胆提出，人形机器人产品也将会在生活中涌现，并承担简单的搬运、扫除、护理工作。

趋势六：科学计算

AI技术成为重要科研辅助力量。

2022年，AI for Science分外引人注目——AlphaFold等模型让人们看到，AI技术能对科学计算产生巨大影响，正在改变许多学科的研究范式。

百度研究院认为，通过引入AI技术，研究者们开发了科学计算工具，以解决传统科学计算过于复杂而难以求解的问题；未来，会出现更多功能强大的科学计算工具，推动AI技术成为重要的科研辅助工具，并在基础科学及药物研发等领域体现出独特价值。

王海峰提出，以AI for Science为代表的跨领域融合创新，正从理念设想转化为实际价值，并发展出完善的工具体系，这将进一步推动科研范式的变革和新兴产业的发展。

趋势七：量子计算

量子计算产业化进程加速。

过去一年，量子计算技术已在软硬件、应用和网络等关键技术方向实现新一轮突破。

2022年8月，百度发布超导量子计算机“乾始”和全平台量子软硬一体解决方案“量羲”。用户只需下载一个APP，就可以体验量子计算。

百度研究院预计，随着量子计算硬件性能与量子算法的不断提升，量子软硬一体化方案的价值与需求将会更加凸显。

百度研究院认为，2023年，多种技术路线的量子芯片性能指标将持续提升；更易用的量子计算平台也将提供更丰富的服务；同时，更多具备实际应用价值的量子算法也将诞生。

趋势八：隐私计算

隐私计算平台期待互联互通。

作为平衡数据利用与安全的重要途径，隐私计算的重要性与日俱增。放眼金融、通信、医疗、互联网等领域，越来越多的机构开始自建隐私计算平台。

百度研究院认为，隐私计算技术已进入快速发展阶段，且应用场景不断拓展和深化。下

一步，推进各家隐私计算平台的互联互通将成为行业新趋势。

“在此背景下，纵横交织的可信数据流通网络将初步呈现。”百度研究院指出，未来几年，隐私计算平台会在多个行业成为支撑数据安全治理和数据要素市场化发展的重要基石，并在其上塑造兼顾价值创造和安全可信的数据产业。

趋势九：科技伦理研究

可信可控的 AI 技术能力将成企业竞争新优势。

AI 等技术的快速发展，带来了新的社会伦理问题与风险，引起了世界各国的关注。

去年，我国出台《关于加强科技伦理治理的意见》、向联合国提交《中国关于加强人工智能伦理治理的立场文件》，积极倡导“以人为本、智能向善”，确保 AI 安全、可靠、可控。

由此，百度研究院预测，在高度智能化和数字化的未来社会，具备可信可控的 AI 技术能力将成为企业新的竞争优势。

“人们在关注 AI 技术和应用发展的同时，也必须关注科技伦理研究，让 AI 发展成为更负责任的技术。”张亚勤提出，坚持以人为本、了解滥用技术可能造成的后果，这样才能避免潜在的安全风险。

趋势十：科技可持续发展

侧重绿色低碳和可持续发展能力的新技术“优先”。

在可持续发展理念的影响下，促进节能减排和降本增效已成为新技术的重要演进方向。

例如，边缘计算兼顾计算实时性和弹性，能减少并节约巨大的数据传输和能源成本；先进计算则从计算理论、架构、系统等多个层面降本增效。

百度研究院预测，未来会有更多侧重绿色低碳和可持续发展能力的新技术突破，这类技术将“优先”被接纳，其落地应用有望缓解环保、健康、能源和材料等问题。

“科学家做研究需要理解技术本身的意义，将道德和价值置于技术之上，秉承技术的发明是为整个人类服务的宗旨。”张亚勤表示，百度研究院的报告中预见性地提出“科技伦理”和“可持续发展”的趋势方向，“体现了作为科技企业的责任和担当”。（赵广立）

国际能源署：

清洁能源制造业 2030 年整体价值或超目前 3 倍

中国能源报 2023.1.30

国际能源署（IEA）日前发布《2023 年能源技术展望》称，全球能源领域正处在一个“由清洁能源技术引领的新工业时代的曙光期”，如果各国可以全面履行减排目标和气候承诺，到 2030 年，清洁能源制造业的整体价值将超过目前水平的 3 倍，同时还能创造数百万个就业岗位。IEA 署长法提赫·比罗尔强调：“没有一个国家是能源孤岛，国际合作非常重要，如果各国不共同努力，能源转型将变得愈发昂贵、进程也将更加缓慢。”

●● “绿色制造” 市值将增长两倍

能源安全是可再生能源行业迅猛发展的一大驱动力，加快部署相关技术和设备制造已势不可挡。比罗尔表示：“清洁能源投资的主要驱动力是能源安全。随着对清洁能源投资的逐渐增加，我们将看到电动汽车、太阳能、氢能、核能等将缓慢但肯定地取代化石燃料。”

IEA 预计，到 2030 年，包括太阳能电池板、风力涡轮机、电动汽车电池、热泵和电解槽制氢设备在内的关键量产技术的全球市场价值有望增长两倍，达到每年约 6500 亿美元。与此同时，与清洁能源制造业相关的工作岗位将增加一倍多，达到近 1400 万个。

根据 IEA 的统计数数据，尽管当前全球化石燃料仍占一次能源结构的 80%，但 2022 年，全球清洁能源领域投资额达 1.4 万亿美元，同比增长 10%，占能源部门投资总增长的 70%。

同时，基于 2050 年实现净零排放的预期，IEA 预计，到 2030 年，全球电动汽车产量将增长 6 倍，可再生能源发电量的占比将从当前的 30% 增至 60% 以上，电力需求占最终消费总量的比重将从当前的 20% 增至 30%。

伴随电动汽车销量的强劲增长，交通运输领域与能效相关的投资也在不断增加。IEA 指出，2022 年，全球交通领域与能效相关的投资达到 2200 亿美元，其中电气化投资超过 900 亿美元，同比增长 67%。此外，在混合动力汽车等更加高效车辆的推动下，交通运输部门在传统能效方面的投资也表现强劲，投资额达 1280 亿美元。

●●全球氢专利数量增势显著

另据欧洲专利局和 IEA 联合发布的最新氢技术相关专利研究报告指出，氢技术创新正转向电解槽等低排放解决方案，而作为氢终端应用的创新重点，汽车行业的氢专利申请也在持续增长。在氢专利申请方面，目前，欧盟和日本处于领先地位，中国、韩国增长态势明显。

据悉，上述统计的专利数据涵盖从氢气供应到储存、分配和转化以及终端应用的全部技术。2011 年至 2020 年间，欧盟和日本的氢专利申请分别占同期所有专利申请的 28% 和 24%，欧洲领先的国家是德国，在全球占比 11%、法国紧随其后，占比 6%，荷兰位居欧洲第三，占比 3%。

美国氢相关专利占比 20%，但整体呈下降趋势。韩国、中国氢技术相关专利分别占比 7% 和 4%，整体呈现快速上升趋势，年均增长率分别为 12.2% 和 15.2%。比罗尔表示：“氢气可以在清洁能源转型中发挥重要作用。比如，在长途运输和化肥生产等清洁替代品很少的行业替代化石燃料。”

氢技术专利申请排名显示，欧洲化学工业在电解、燃料电池等领域的技术创新热情高涨。2011 年至 2020 年间，对氢企业的 100 亿美元风险投资中，有一半以上流向了拥有专利的初创企业。

●● “绿色供应链” 多样化很重要

IEA 指出，全球应受益于更多样化的清洁技术供应链。截至目前，包括技术制造和材料制造两方面的“绿色供应链”都面临着高度集中化的问题。技术制造方面，风力、电池、电解槽、太阳能电池板和热泵等大规模技术，70%以上产能均被前3大生产国所占据。

材料制造方面，全球关键矿物的制造也具有极高的地理集中度。开采方面，刚果（金）的钴产量占全球70%以上，澳大利亚、智利和中国共同拥有全球90%以上的锂产量，印度尼西亚占据40%的镍产量。

基于此，比罗尔敦促加速供应链多元化，强调过度依赖一个贸易来源可能会导致供应中断。

IEA 的报告指出，评估和培育本土的竞争优势应是各国制定工业产业战略的核心支柱，能源成本则是工业竞争力的关键。未来，各国在制定工业战略时，应主要考虑对供应链中的哪些环节进行国内专业化、和哪些区域建立战略伙伴关系，或是否直接在第三国进行投资等。

不过，实现供应链多样化仍面临挑战。一方面，建立新的供应链和扩大现有供应链需要很长的筹备时间，亟需政策干预；同时，部分国家和地区还可能出现劳动力不足和技能短缺的问题。另一方面，建设用于运输、传输、分配或储存的清洁能源基础设施可能需要10年甚至更长周期，这将直接导致交付周期不得不延长。（王林）

世界未来能源峰会聚焦绿色发展

经济日报 2023.1.30

近日，第十五届世界未来能源峰会在阿联酋首都阿布扎比举行。来自全球传统能源、新能源及可持续发展领域的专家学者、政商界人士齐聚一堂，就发展清洁能源、推广循环经济、应对气候变化、实现可持续发展等议题展开深入研讨。

作为阿布扎比可持续发展周的核心组成部分，世界未来能源峰会分别就能源、水、生态废物、太阳能、智慧城市、气候和环境等可持续发展的重点领域有针对性地举办了6个主题展览及5个专业论坛，包括中核集团、华为、晶科、阳光电源、天合光能、特变电工在内的30余家中国企业参展。

在峰会开幕式上，阿联酋工业与先进技术部部长、第28届联合国气候变化大会（COP28）主席苏尔坦·贾比尔致辞表示，阿联酋正积极筹备年底在迪拜世博园举行的COP28大会。应对全球气候变化、推动清洁能源发展不仅需要各国通力合作，制定切实可行的路线计划，更需要务实行动。本届世界未来能源峰会推出的一系列新举措、新项目展现了阿联酋脚踏实地加快实现能源转型的决心。未来30年，阿联酋将在清洁和可再生能源领域投资6000亿迪拉姆（约合1644亿美元），目标是到2050年实现碳净零排放。

开幕式上还颁发了第十四届扎耶德可持续奖，本届扎耶德可持续奖共分为5个类别，分别为卫生、粮食、能源、水和全球高中项目，最终有10个机构获此殊荣。扎耶德可持续奖

创立于2009年，被誉为可再生能源领域的“奥斯卡”奖。

本届峰会推出了绿色氢创新中心。该中心旨在展示氢能领域的最新解决方案，加大绿色氢能在区域和全球能源转型中的作用，推动氢能全产业链的创新和技术升级，其中包括电解和转换技术、运输解决方案、零排放流动性、工业生产过程中的脱碳、大规模存储、碳捕获、废物制氢和氢制氨转换技术等。此外，由阿布扎比废物管理中心主办的生态废物论坛就海湾地区的可持续废物处理进行了深入研讨，这将帮助中东和非洲国家应对废物持续增加的危机。据测算，到2050年，中东和非洲国家的废物将翻一番，达到每年2.55亿吨。当前，海湾地区每年产生的废物达到1.05亿吨至1.3亿吨，主要来自城市固体垃圾、建筑垃圾以及农业生产。未来20年，海湾国家需要投资600亿美元至850亿美元用以处理塑料、混凝土、金属和生物废物。

为发展绿色经济，作为峰会主办方的阿布扎比清洁能源公司马斯达尔（Masdar）计划于年内发行绿色债券。届时，来自全球各地的投资者都将可以加入阿联酋的这一绿色经济推广计划。数据显示，2016年至2020年，中东地区的绿色债券发行增长了38%。马斯达尔首席执行官穆罕默德·拉玛希表示，为了到2030年实现应对气候变化的目标，全球每年需要5.7万亿美元的投资，这意味着国际融资对加速绿色经济发展至关重要。当前，马斯达尔在全球超过40个国家和地区开发清洁能源项目，总投资超过300亿美元。根据最新发布的报告，随着各国政府和银行参与力度的加大，海湾各国可持续发展领域的绿色债券和伊斯兰债券市场在2022年创下了纪录，发行总额达到85亿美元，远远超过2021年的6.05亿美元。2022年11月份，阿联酋资产规模最大的伊斯兰金融机构迪拜伊斯兰银行通过首次发行可持续伊斯兰债券筹集了7.5亿美元。

世界未来能源峰会创立于2008年，是阿联酋“马斯达尔倡议”的重要内容，该倡议旨在加速可持续发展，推动经济、社会和环境的和谐进步。峰会每年举办一次，已成为全球可再生能源、清洁能源领域规模最大、最具影响力的展会之一。主办方马斯达尔公司于2006年由阿布扎比主权基金穆巴达拉创立，当前已成为阿联酋发展清洁能源的核心力量，同时也帮助其他国家开发清洁能源项目。（王俊鹏）

低碳转型和保障能源安全并行不悖

中国工程院院士杜祥琬谈可再生能源发展

中国电力报 2023.1.9

“低碳转型和保障能源安全并行不悖。可再生能源比例增高，我国能源的安全性和独立性会更好。”在日前由中国机电产品进出口商会等单位主办的“清洁能源多一小时”活动启动仪式暨清洁能源发展论坛上，中国工程院院士、原副院长，国家能源咨询专家委员会副主任杜祥琬表示。

发展高比例可再生能源资源基础丰厚

杜祥琬认为，展望未来的能源发展，首先要重新认识我国的能源资源禀赋。“知道要‘立’什么，才有的可立，也有的可破。”杜祥琬说，丰富的可再生能源资源是我国资源禀赋的重要组成部分，发展高比例可再生能源的资源基础是丰厚的。“目前为止，我国已经开发的可再生能源不到技术可开发资源量的十分之一，所以必须对能源资源禀赋有一个正确认识。”

“随着技术的进步，风光发电成本已经下降，经济性大增。”杜祥琬表示，风电和光电的成本为10年前的十分之一左右，这一因素也是得以发展风光的前提。

“风光具有间歇性，确实存在‘靠天吃饭’的问题。”杜祥琬坦言。电力需要供需平衡，那该如何做到源跟荷平衡？“这需要电网智能化，风、光、各种储能等灵活性资源相结合，还可以跟煤电调峰相结合。从理论上讲，结合适宜是可以实现高质量发电的。”杜祥琬建议，在源网荷储协同发展方面多加实践，以实现风和光的高价值利用。

杜祥琬表示，未来在多能互补的条件下，可以通过电力交易市场来解决调峰的问题。“比如，德国有一个地区光电占比较高，有一天预报了日全食，那么日全食的一段时间没有太阳光，就需要有一定的备用电源，用户可以根据大数据提供的各类电源的出力情况预测来选择电源。这就需要将数字化发展起来，让数字化进入百姓家。如果我们能够做到这一点，就可以充分利用储能了。”

“再者，风、光伏发电企业在初期建设的时候就要考虑通过自建或者购买调峰能力实现高质量的出力。虽然风和光本身有一定的间歇性，但是通过自建或者购买调峰能力，能够调峰调得好，这样就可以实现高质量的出力、高质量的发电。”

因地制宜实现东西部可再生能源创新发展

会上，杜祥琬对我国东部和西部的风光创新发展提出建议。

我国中东部属于沿海发达地区，也是能源电力的主要负荷区。杜祥琬认为中东部能源电力的发展思路，应该采取“身边取”与“远方来”相结合的方式。

“首先是‘身边取’，实在不够再与‘远方来’相结合。中国东部有相当高比例的自给能力，可以成为能源的产消者。所谓产消者，就是不仅使用能源、消费能源，而且自己能够生产能源。”杜祥琬介绍，现在国内有几个能源产消者的试点，比如河南兰考，自身生产的电量已经多于其需要的电量，“这就证明了中东部有丰富的太阳能、风能、生物质能等资源，这些发展起来是可以提高能源的自给能力的。”

“其次，中东部能源发展还要注重集中式与分布式相结合。”杜祥琬表示，提高分布式的比例非常重要。可再生能源的特性就是分布广泛，所以要以分布式为主，再加上必要的集中式。“现在产能建筑、产能社区、微网等概念较为火热，用户的家庭、车棚，甚至公路、桥梁都可以应用BIPV（光伏建筑一体化）的思路。全国可用的建筑面积大概有200亿平方米，这样就可以装20亿千瓦的光伏发电，这是一个非常重要的、很有潜力的分布式光伏发展前景。”

我国西部地区风光资源丰富，大型清洁能源基地建设如火如荼。杜祥琬认为，西部资源密集，较为适合发展集中式，同时根据东部的用能需要进行东送。“比如青海到河南的青豫线，就是我国第一条清洁能源外送特高压通道。”

杜祥琬认为，西部发展风光水电，首先要用在发展西部自身的经济和产业上。应该利用一些高耗能产业就地消纳西部的太阳能和风能。“我们应该利用西部的太阳能和风能等丰富资源，把西部的产业经济带动起来。”（莫非）

二、热能、储能、动力工程

储能发展为新型电力系统建设提供重要支撑

中国电力报 2023.1.1

为推动支撑新型电力系统建设的关键技术的发展，2022年10月31日，中国能源研究会能源政策研究中心与自然资源保护协会（NRDC）在京共同推出“新型电力系统沙龙”活动，聚焦储能发展面临的挑战和发展路径。

抽水蓄能建设进入蓬勃发展时代

中国能源研究会能源政策研究中心主任林卫斌预计，风光新能源发电量占比到2030年将超过20%、2040年达到35%左右。要实现从现在的12%到超过20%、35%，甚至将来在碳中和情景下达到60%左右的比重，储能的发展是重要支撑。

2022年3月发布的《“十四五”现代能源体系规划》提出，要加快推进抽水蓄能电站建设，实施全国新一轮抽水蓄能中长期发展规划，推动已纳入规划、条件成熟的大型抽水蓄能电站开工建设。

业内人士介绍，抽水蓄能在新型电力系统中可以保证电力系统安全稳定运行水平，提高供电质量；配合清洁能源的快速发展，提高消纳水平；适应能源互联互通需求，提高电力系统灵活性；配合各类机组运行，实现电力系统节能减排；保障特高压输电线路安全，是智能电网的有机组成部分；配合核电大规模发展，减少系统调峰调频压力，提高核电站的运行效益和安全性。

数据显示，近年来，抽水蓄能电站核准容量呈指数增长，由2020年总核准容量4773万千瓦增长至2022年10月总核准容量的9283万千瓦，不到两年时间核准容量几乎实现翻倍。

截至2022年10月21日，“十四五”期间已核准抽水蓄能电站共计35个项目，装机规模合计为4509.8万千瓦，项目投资金额合计约为3451亿元。其中，2021年核准电站11个，装机规模合计1380万千瓦，投资金额约898亿元，各电站装机容量保持在100千瓦以上。

抽水蓄能的多元化发展也应得到重视。与会专家指出，应加强中小型抽水蓄能的开发、因地制宜开发混合式抽水蓄能以及探索海水抽水蓄能的开发和应用等方面的工作。

新型储能规模发展初现雏形

“随着可再生能源渗透率的快速提升，需要进一步增加灵活性资源以满足系统稳定性需

求，无论是抽水蓄能还是新型储能等，都是重要的系统灵活性资源。”中关村储能产业技术联盟副秘书长李臻表示。

相较于抽水蓄能，近年来新型储能以响应快、配置灵活、建设周期短等优势在新型电力系统中发挥着重要的作用。据中关村储能产业技术联盟全球储能数据库统计，截至2021年，新型储能市场累计规模达到573万千瓦，新增规模突破200万千瓦，同比增长74.5%。

“电力系统的电源侧和需求侧发生的变化，对储能的发展提出要求。电源侧接入大量靠天吃饭的风、光伏发电资源，以及需求侧终端部门的电能替代，极大地改变了负荷曲线。”北京智中能源互联网研究院副院长白建华表示，需要综合考虑电力需求总量、特性、区域分布等特点，对负荷曲线进行适应性的调整和分析，从而确定所需要的储能规模。

2021年7月，国家发展改革委、国家能源局印发的《关于加快推动新型储能发展的指导意见》明确发展目标，到2025年，实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变，装机规模达3000万千瓦以上。

李臻表示，“十四五”时期，新型储能的顶层规划、项目管理、并网管理、安全监管、市场机制等，从国家到地方针对新型储能的政策都在快速部署和完善。全国已有多个省份发布了新型储能规划，“十四五”期间各地规划储能装机已超过了7300万千瓦。

业内专家认为，要立足我国能源资源禀赋来发展储能。在储能发展路径当中，电动车储能集群和生物质垃圾储能与发电将优先得到发展。

新型储能规模发展仍有难题待解

尽管储能发展前景光明，但当前储能大规模发展的商业逻辑仍不清晰。

“目前新型储能在国内还没有一个稳定的商业模式，无论是可再生能源配置储能还是新型储能参与辅助服务市场等，受政策影响非常大，盈利比较困难。”李臻表示，从商业模式来讲，结合可再生能源配储政策，以及各地辅助服务政策，目前我国共享储能可以作为独立主体参与市场，可通过容量租赁费、现货能量套利、参与辅助服务市场多个渠道获得收益，可以接受电网统一调用，提升系统的利用效率，降低新能源场站配储的初始投资。2019年，青海、湖南、山东等地依据不同的需求，已陆续开始建立相应的共享储能的商业模式，但是普遍还没有形成较好的盈利性。

“在辅助服务市场政策较好的地区，储能参与调频的收益较为可观，随着新版‘两个细则’的推动，按效果付费的改革思路正在各区域推进，新型储能参与的市场品种正逐步增加。”李臻建议，目前新型储能参与辅助服务市场非常依赖政策的稳定 and 市场价格机制，在成熟的电力市场中，新型储能可以通过参与现货市场、辅助服务市场、中长期市场、容量市场，通过参与不同的交易品种，更好发挥其容量价值和电量价值，获得多重价格收益，形成可持续发展的商业模式。

“储能的健康发展需要合理的市场机制与可行的商业模式。”自然资源保护协会(NRDC)清洁电力高级顾问王万兴认为，储能是满足新型电力系统灵活性需求的重要组成

部分，为支持储能的健康有序发展，需要充分发挥政府和市场的作用。

此外，成本疏导问题也引发业内关注。与会专家认为，无论是通过可再生能源进行成本疏导，还是传导给用户，目前还没有很好的成本疏导途径，但电力市场还是要回归到市场，储能合理收益仍然要通过电力市场回收，归根结底还是要和电力市场深化改革相结合。

万里智库高级研究员王自强表示，从资本市场看，必须利用市场手段来发展储能，尤其是新型储能，要产生经济效益。在发展过程中，要重点关注两个问题：其一，为配合新能源发展，需要因地制宜配套储能，避免盲目上马新基建，造成不必要的浪费。其二，避免对储能技术的过度保护，需要通过市场化手段，提升储能技术的市场竞争力。（余璇 白宇）

长时储能成行业新风口

液流电池、压缩空气等市场空前火热

中国能源报 2023.1.2

近日，获得了比尔·盖茨、杰夫·贝索斯等知名企业家注资的美国长时储能公司 Form Energy 宣布建厂，计划投资 7.6 亿美元在美西弗吉尼亚州建设首座铁空气储能系统生产工厂。铁空气储能系统的大规模投建意味着该项储能技术正逐步走向成熟，跨过了规模化生产的门槛。

实际上，除了铁空气储能系统外，近年来，全钒液流电池、压缩空气储能、熔盐储热等新兴长时储能技术同样获得了大量关注，长时储能已成为储能领域的新风口。

风光装机大增推高需求

区别于快速充放电系统，可以实现持续高于 4 小时或者数天甚至数月的充放电循环的储能系统，通常都统称为长时储能，其中包括压缩空气储能、熔盐储热、液流电池储能、重力储能等新兴储能系统。

据 Form Energy 公司消息，该公司研发的铁空气储能系统充放电循环时长可达 100 小时，远超目前充放电时间在 4 小时左右的以锂离子电池为基础的电化学储能系统。

近年来，全球电力供应系统中风电、光伏等可再生能源装机占比不断提升。同时，为达成既定的气候目标，可再生能源装机占比在未来数十年更将持续增长，风光发电出力的波动性已然成为当前电力系统面临的重大挑战。以欧洲为例，2022 年下半年，风速的波动导致德国等高比例接入风电的国家电网产出不稳，成为推高欧盟电价的关键因素。

在业界看来，长时储能系统将是储存多余电力，保障可再生能源消纳和实现电网稳定的重要方案。市场研究机构伍德麦肯兹在日前发布的报告中指出，充放电循环时长在 8 小时到 100 小时之间的长时储能技术，将是改善高比例可再生能源电网稳定性的一大关键。

市场投资规模空前

截至目前，欧美多国都表示，将为新兴的长时储能技术提供资金和政策支持。2022 年 11 月，美国能源部宣布，将为长时储能项目提供至少 3.5 亿美元的资金支持，充放电循环

时长在 10 小时以上的零碳且低成本的长时储能技术都有望获得资助。欧盟委员会也在近期发布声明称，将为 78 个具有潜力的初创公司提供高达 4.7 亿欧元的资金支持，最终名单就包括了以二氧化碳为基础的长时储能初创公司。美国能源部长詹妮弗·格兰霍姆曾表示，推进储能技术是风光发电全天候可用的关键，美国能源部将采取措施延长储能技术的持续时间，降低发电成本。

值得注意的是，我国长时储能市场规模同样在快速增长，以压缩空气储能、液流储能技术为基础的储能电站规模均已达到了百兆瓦级别。2022 年 10 月，国家能源局批准建设的首个国家大型化学储能示范项目——液流电池储能调峰电站在大连市正式并网发电。这一项目创下了全球功率最大、容量最大液流电池储能系统纪录，同时也标志着液流电池技术步入产业化发展阶段。

各国政府的高度关注和百花齐放的技术路线让长时储能市场空前火热。伍德麦肯兹指出，全球范围内，在建或已投运的长时储能项目价值已超过 300 亿美元。2019 年至今，全球长时储能项目已经吸引了 580 亿美元的投资。这些项目如果全部投建完成，全球长时储能装机总量预计将新增 5700 万千瓦，相当于 2022 年全球长时储能总装机的 3 倍左右。

商业化仍有待时日

不过，虽然市场火热，但业界普遍认为，大部分长时储能技术本身尚不成熟，存在着商业模式不明朗、融资困难等多重挑战，储能系统开发商想要扩大规模并实现盈利可能还需要时日。

伍德麦肯兹分析指出，虽然市场上已经涌现出多种长时储能技术，但这些技术远不能满足电网所需。长时储能的市场需求仍面临着其他新兴低碳技术的竞争，包括小型模块化核反应堆技术、绿氢发电技术等。该机构认为，时至今日，抽水蓄能是唯一能够大规模开发的长时储能技术，2030 年前抽水蓄能技术可能仍将占据长时储能市场的主导地位。

光大证券则认为，抽水蓄能技术虽最为成熟、平准化度电成本最低，但仍存在设备选址受限、项目开发周期较长的短板。该机构指出，在无资源约束的情况下，平准化度电成本将是衡量各种长时储能技术优劣的最重要指标，但考虑到储能技术特点和应用场景的不同，最终，长时储能市场将呈现百舸争流的格局。

在业界看来，全球范围内长时储能需求广阔，要加快长时储能技术的商业化进程，不仅需要政府政策支持，储能系统开发商也应不断降低生产建设成本，实现新兴技术的规模化应用。

工业合成氨每年导致 3 亿吨碳排放，消耗全球 2% 能源

这个理论计算结果有助高效环保合成氨

科技日报 2023.1.3

此次研究融合了化学、物理学与材料科学中的许多经典原理、反应与理论，为重新审视铁磁材料的顺磁相在多相催化中的催化性能开辟了一条新的途径，或将为设计性能优异的催

化剂提供理论参考。

——王涛 西湖大学教授

氨作为一种无机化合物，在农业、工业等多个领域有着广泛的应用。如何高效、环保地合成氨，助力相关行业的发展，是人们广泛关注的问题。

近日，西湖大学人工光合作用与太阳能燃料中心在合成氨催化机理研究方面取得了新进展。在此次研究中，研究团队通过理论计算，揭示了铁磁—顺磁相变对铁磁金属催化性能的影响机制，并提出了进一步优化合成氨活性的理论新策略，为未来设计性能优异的催化剂提供了重要参考。研究成果近日发表在《美国化学会志》期刊上。

立足改进金属催化剂提升反应效率

“合成氨对于人类的生产生活意义重大。氨既是农业中生产化肥的重要原料，也是工业中制备精细化学品的关键氮源，更是一种理想的无碳燃料和氢气载体。”此次研究的课题负责人、西湖大学教授王涛对记者表示。

目前，工业界常用的大规模合成氨的传统方法是哈伯法，也称哈伯—博施法。哈伯法是一种通过让氮气和氢气在金属催化剂的作用下进行反应，以合成氨的方法。然而，目前工业界使用哈伯法进行大规模合成氨，每年不仅间接导致了约3亿吨的二氧化碳排放，还消耗了全球约2%的能源。

要降低合成氨的碳排放和成本，提高反应效率是最为重要的途径之一。此次研究中，研究团队将目光投向了改进合成氨过程中要用到的金属催化剂本身。

王涛介绍，在催化剂领域，催化速度只能达到萨巴蒂尔原理所允许的限度。萨巴蒂尔原理定义了理想催化剂的标准，即催化剂与反应物种的作用力要恰到好处，催化剂与反应物种的作用力既不能太强，也不能太弱。具体来说，假如催化剂与反应物种的作用力太强，反应的产物将难以脱附；若催化剂与反应物种的作用力太弱，反应物则将无法被催化剂有效活化。催化剂与反应物种的作用力无论是太强还是太弱，都会降低催化速度。

揭示铁磁—顺磁相变对催化性能影响机制

在此次研究的一次理论计算中，研究团队发现，原本具有磁性的金属在合金化后，出现了磁性消失的现象。这意味着，部分金属存在铁磁—顺磁相变的情况。

“磁性变化作为一种电子交换—关联作用，体现为体系电子结构的变化。由于催化剂的电子结构决定了催化剂与反应物的吸附强度，磁性变化可以在一定程度上影响整体反应的活性。”王涛表示。

研究团队发现，在保持反应条件不变的前提下，使用顺磁性钴和镍作为催化剂的氨合成，反应效率比铁磁性状态下要高出100倍—10000倍，效率得到了极大的提高；使用顺磁性的钴代替钨作为催化剂，则有可能在催化剂成本降低400倍的基础上，使反应活性提升10倍，反应活性得到了很大的增强。研究表明，铁磁—顺磁相变对铁磁金属的催化性能存在较为重大的影响。

“此次研究融合了化学、物理学与材料科学中许多经典原理、反应与理论，为重新审视铁磁材料的顺磁相在多相催化中的催化性能开辟了一条新的途径，或将为设计性能优异的催化剂提供理论参考。”王涛说。（刘园园）

氟离子电池距离应用有多远

中国科学报 2023.1.1

据新华社电 作为“下一代电池”的潜在竞争者，氟离子电池研发日益受到关注。日本丰田和本田公司、德国亥姆霍兹-乌尔姆研究所、美国航天局喷气推进实验室等机构和中国一些高校已启动相关研究。

专家认为，氟离子电池研发目前仍处于“极其初级的阶段”，进入应用还需要攻克许多难题。但氟离子电池潜力大，未来有可能取代锂离子电池成为主流蓄电池，尤其是室温全固态氟离子电池，一旦技术成熟很可能全面取代锂离子电池。

在“下一代电池”的诸多方向中，氟离子电池因近年来取得一系列研究突破而备受关注。其工作原理类似于目前广泛应用的锂离子电池，即利用氟离子在正负极之间穿梭进行储能。专家认为，相比于锂离子电池，氟离子电池在能量密度、安全性、原料供应和成本四个方面有显著优势。

追求更高能量密度是可充放电电池研发的重要目标，因为这意味着更强的蓄电能力。文献资料显示，全固态氟离子电池的理论能量密度可接近每升 5000 瓦时，是锂离子电池理论极限的 8 倍。

中国科学技术大学材料科学与工程系教授马骋日前接受新华社记者采访时介绍，氟离子电池使用氟化铜、氟化钙等化合物作为电极材料，其特定质量的电极活性物质可提供电荷数量是锂离子电池的若干倍，因此能量密度远超过锂离子电池。

在安全性方面，锂枝晶生长是影响锂离子电池安全性的主要原因之一，而氟离子极难被氧化成氟单质，可以避免类似于锂枝晶生长的问题。

在原料方面，氟元素地壳丰度远高于锂元素，目前全球氟的年产量要比锂高出约两个数量级。此外，开采锂矿需要大量水，相比之下开采氟矿对环境影响要小得多。

在成本方面，日本大金工业公司精细化学部公布资料显示，锂电池中常用的原材料钴价格昂贵，而氟离子电池中除了银，其他正负极材料成本较低，理论上氟离子电池每瓦时成本只有锂离子电池的 20% 至 25%。

早在 20 世纪 70 年代，已有科学家开始研究氟离子电池，但一直未有实质性进展。2011 年，德国科学家率先开发出利用氟化钡镧作为电解质的全固态氟离子电池，氟离子电池研发才获得更多关注的目光。

室温全固态氟离子电池被认为是三种技术路线中最有价值的路线。理论上，室温全固态氟离子电池可用于目前锂离子电池的所有应用场景，一旦技术成熟很可能全面取代锂离子电池。

日本非常重视氟离子电池研发，近年来取得一系列重要进展。2018年12月，日本本田研究所、美国航天局喷气推进实验室、加州理工学院等机构合作在美国《科学》杂志发表论文说，该团队首次制备出采用液体电解质、可在室温下可逆充放电的氟离子电池。

2020年，日本京都大学和丰田公司宣布试制成功一种原型全固态氟离子电池。日本媒体当时报道说，在同样尺寸或重量下，氟离子电池可提供比锂离子电池更长的续航时间，电动汽车一次充电续航1000公里将是“伸手可以触及的未来”。

马骋教授课题组从事室温全固态氟离子电池研究。2021年11月，课题组在德国《斯莫尔》杂志上发表论文宣布设计并合成一种新型氟离子固态电解质，在国际上首次实现室温下全固态氟离子电池的稳定长循环，在25摄氏度下持续充放电4581小时后，电池容量未发生显著衰减。在此之前，文献中报道的室温全固态氟离子电池充放电循环次数不超过20次，被普遍认为是一种难以实现的技术路线。

马骋表示，要使电动汽车一次充电续航1000公里以上，锂离子电池也有可能实现，但如果想要通过电池让大型货车、船舶、飞机等更大功率的交通工具达到令人满意的续航里程，就需要寻找能量密度远高于锂离子电池的储能技术，而氟离子电池就是这类技术中一个很有前景的方向。

“氟离子电池研发目前还处于极其初级的阶段。研究者仍在摸索适合的材料体系，具有实用价值和商业价值的体系尚未出现。”马骋强调。（钱铮）

30kW 级锌溴液流电池电堆集成成功

中国科学报 2022.12.21

本报讯（见习记者孙丹宁）近日，中科院大连化学物理研究所储能技术研究部研究员李先锋和袁治章团队突破了高能量密度锌溴液流电池关键技术，成功集成出30kW级的锌溴液流电池电堆。电堆面容量可达到140mAh/cm²，电堆实测放电电量可达31.6kWh。

锌溴液流电池具有成本低、开路电压高、能量密度高等优势，适合应用于分布式储能及户用储能领域。和传统液流电池不同，锌溴液流电池在电解液量满足的条件下，电堆内锌的沉积面容量会影响其能量密度。目前，锌溴液流电池技术发展仍受限于锌负极沉积面容量和枝晶问题。

近年来，中科院大连化学物理研究所储能技术研究部以锌溴液流电池关键材料的设计、开发、制备为主线，初步解决了锌溴液流电池锌枝晶、面容量受限、溴渗透及功率密度偏低等关键科学与技术问题。结合电堆的结构设计，他们突破了高面容量电堆结构与组装技术，开发出30kW级用户侧锌溴液流电池系统。相比此前开发的30kWh锌溴液流电池系统（2个独立电堆），该电堆集成度更高、成本更低，可有效避免实际应用过程中因电堆串联数多带来的均一性问题，有助于提高系统运行可靠性。该成果为锌溴液流电池系统的集成与示范应用奠定了坚实基础。

发展绿色建筑 助力节能减排

——多地推进绿色建筑高质量发展

中国建设报 2023.1.5

发展绿色建筑，关系着低碳节能，关系着可持续发展。近年来，河南、辽宁、广东等地住房和城乡建设部门不断加强组织领导，完善配套政策和技术标准体系，建立健全工作机制，培育市场主体和产业队伍，加大宣传宣贯力度，推动绿色建筑稳步、高质量发展。

政策支持绿色建筑发展

近年来，各地坚持规划先行，引领绿色发展。河南省积极推动绿色建筑地方性法规出台，《河南省绿色建筑条例》明确了绿色建筑发展的标准要求和监督管理机制，对推进绿色建筑规范发展、助力城乡建设领域碳达峰目标实现具有重要意义。河南省住房和城乡建设厅会同相关部门制定了《关于落实〈河南省绿色建筑条例〉有关事项的通知》等政策文件，编制了《河南省绿色建筑专项规划编制技术导则》《河南省绿色建筑设计标准》等几十部标准规程指导绿色建筑建设，基本满足全省绿色建筑发展需要。

去年8月，辽宁省发布了《关于推动城乡建设绿色发展的实施意见》，将推进高品质绿色建筑规模化发展作为推进城乡绿色发展的一个重要内容。为此，辽宁省提高建筑节能设计地方标准、优化建筑用能结构、提高节能降碳要求。鼓励既有建筑绿色化改造与城镇老旧小区改造、农村危房改造、农房抗震加固等同步实施。

去年9月，广东省印发的《关于推进城乡建设绿色发展的若干措施》，将绿色发展纳入城乡建设领域整体布局，全面推进城乡建设绿色低碳发展。广东各地市还结合自身实际，纷纷出台地方性法规政策。其中，《深圳经济特区绿色建筑条例》是全国首部将工业建筑和民用建筑一并纳入立法调整范围的绿色建筑法规，首次以立法形式规定了建筑领域碳排放控制目标和重点碳排放建筑名录。

同月，海南省出台绿色建筑发展条例，提出在新建建筑和既有建筑节能改造中，推广使用太阳能、风能、氢能、生物质能、地热能等可再生能源。

加快绿色建筑落地生根

除了政策扶持，目前，多地还积极推广绿色建筑落地。在绿色建材推广应用方面，广东省佛山市入选政府采购支持绿色建材促进建筑品质提升首批国家试点，通过搭建“入库体系”及“项目管理体系”两驾马车并行，一方面积极拓展目录材料品类和数量，另一方面通过试点示范项目等方式提高项目对绿色建材采购应用需求。截至目前，广东绿色建材入库1050项、绿色产品认证证书668张，绿色建材试点项目104个，试点项目总建筑面积约456.52万平方米，总投资额约337.82亿元。

在强化监督评价方面，河南省每年都将绿色建筑发展作为考核市政府能耗总量和强度“双控”工作的重要指标。河南省住房和城乡建设厅把绿色建筑作为重点工作进行安排布

置，与市级住房和城乡建设部门签订目标责任书，压实工作责任。建设阶段对设计、施工、监理、质量监督等环节实行全过程监管，对不符合施工图设计文件和绿色建筑标准的新建建筑，不得竣工验收备案，通过“双随机、一公开”等形式对绿色建筑完成情况进行检查，有效推动工作落实。

除了开展城镇建筑绿色化建设，一些地方还积极加强绿色农房建设。如辽宁省沈阳市积极鼓励建设单位开发建设高星级绿色建筑，并引导农村新建建筑参照绿色建筑相关标准建设绿色农房；广东省编制《广东省农房建设绿色技术导则》，开展既有建筑绿色化改造、绿色建筑后评估等技术标准制修订；贵州省大力提升农房绿色低碳设计建造水平，建设满足乡村生产生活实际需要的新型农房，加强建筑节能材料向乡村推广，提高农房能效水平，到2030年建成一批绿色农房，鼓励建设星级绿色农房和零碳农房。

因地制宜推进项目发展

目前，各地以创建绿色建筑为抓手，多措并举、深入开展建筑节能减排，为实现碳达峰、碳中和目标奠定坚实基础。

河南省明确星级绿色建筑等重点发展目标，加大对高星级绿色建筑、装配式建筑、近零能耗建筑等的专项资金支持力度。以郑州市智能建造试点工作为抓手，加快推动绿色建造、智能建造，探索智能建造与建筑工业化协同发展新路径。

在技术应用方面，为给绿色建筑的发展提供有效的技术支撑，辽宁省加强了城市信息模型（CIM）平台等新技术在工程建设领域的应用，并提出抓好钢结构住宅试点建设，以此推动绿色建筑创建。（刘一心 刘强 刘参昌）

开建区域首个超百兆瓦电池储能项目

中国电力报 2023.1.1

本报讯（王耀广 苏茹）近日，南方区域首个超100兆瓦的电池储能项目——南方电网储能股份有限公司（以下简称“南网储能公司”）广东佛山南海电网侧独立电池储能项目正式启动。

佛山南海储能项目为广东省能源局和南方电网的示范项目，位于广东省佛山市南海区狮山镇新境村，建设规模300兆瓦/600兆瓦时，占地面积约58亩，项目由南网储能公司全资子公司南方电网调峰调频（广东）储能科技公司投资建设，预计2023年建成投产。项目建成后，可有效缓解佛山南海片区峰荷时段电网负荷紧张问题，大幅提高电网供电可靠性，有效保障电力系统安全稳定运行，有力带动和促进地方经济社会发展。

“佛山南海储能项目是全国首个采用多技术路线的储能站点，计划基于磷酸铁锂电池，在同一电站同一调度方式下，对不同电池、冷却方式、变流器拓扑的运行性能进行对比验证，旨在为锂电池储能行业优选出更加高效可靠的技术路线，为未来电池储能行业的发展提供更加有力的支撑。”南方电网调峰调频（广东）储能科技公司总经理董超表示。

据了解，佛山南海储能项目为全国首个采用2回110千伏线路接入系统，为珠三角核心负荷地带2个110千伏供电片区同时提供调峰调频服务的大容量电池储能站。南网储能公司将依托本项目，首次在南方区域搭建智慧储能数字化运营管控平台，建成后将把南网储能公司系统内所有在运的储能电站接入该集控平台，形成专业化、标准化、共享化、平台化的数字运维体系。

双层电极高性能锂离子电池面世

科技日报 2023.1.30

科技日报北京1月29日电（实习记者张佳欣）韩国机械与材料研究所与成均馆大学的联合研究小组宣布，开发出一种电池电极的设计和加工技术，可显著提高用于智能手机、笔记本电脑和电动汽车等电子设备的电池性能和稳定性。研究成果近日发表在《先进功能材料》上。

为了开发一种即使在锂离子电池电极很厚的情况下也能保持高性能和可靠性的设计和加工技术，研究团队开发了双层阳极。阳极设计有凹槽，允许在高容量材料之间放置改进的离子传导性和导电性的小材料。

一般来说，锂离子电池的电极是通过涂覆浆料并干燥来制造的，这样浆料就可均匀地分布在电极上。因此，浆料的均匀性决定了电池的性能。电极越厚，能量密度和均匀性就越低，在高功率环境下很难保持性能。

浆料是固体和液体的混合物。具体而言，这是指在电池放电时发生化学反应产生电能的活性材料、为稳定电极结构而添加的黏合剂以及为提高导电性而添加的导电材料的混合物。

利用这种新开发的电池阳极结构，即使电极很厚，也可实现均匀的反应稳定性，同时保持整个电极的高能量密度。这对提高电池的性能和寿命非常有帮助。

研究人员表示，这项成果是通过将新设计应用于传统锂离子电池材料和工艺来提高电池性能和寿命的有效方法。这项新技术未来有望应用于高功率环境中需要高能量密度的电动汽车和柔性机器人，以及商用智能手机和笔记本电脑等电子设备。

全时段供应绿色电能青海打造新型村级电力系统

科技日报 2023.1.31

科技日报讯（记者张蕴 通讯员马彩虹 祁凯凯）近日，青海省海东市互助土族自治县班彦零碳乡村数字化能源管控平台正式上线运行，“源网荷储”配电网一体化智慧能源管控平台正式接入国网青海省电力公司海东供电公司（以下简称海东供电公司）智能化供电服务指挥系统。

海东供电公司以班彦村为试点提出打造青海首个零碳乡村示范项目，将通过建设0.4千伏并网的分布式光伏、用户侧储能、小型生物质电厂、智慧充电桩以及“源网荷储”微电

网一体化智慧能源管控平台项目，构建以台区为单位的“自发自用、余电上网”模式的并网型微电网，打造全时段电能绿色供应的村级新型电力系统。

“源网荷储”微电网一体化智慧能源管控平台项目是海东供电公司进一步落实“双碳”目标、加快农村能源绿色转型、助推乡村振兴高质量发展的一次生动实践。该公司加快构建以可再生能源为基础的乡村清洁能源利用体系，利用建筑屋顶、院落空地、田间地头、设施农业、集体闲置土地等推进光伏发电分布式发展，提升乡村就地绿色供电能力，同步推动乡村能源技术和体制创新，促进乡村可再生能源充分开发和就地消纳，建立经济可持续的乡村清洁能源开发利用模式。

“‘源网荷储’微电网一体化智慧能源管控平台实现了对班彦村全绿电低碳能源互联网示范区的运营和监测。该平台每年可为班彦村节约用电成本2万余元，减少二氧化碳排放约300吨。”海东供电公司总经理、党委副书记方保民说。

据了解，下一步，海东供电公司将持续聚力能源转型，积极推动新型电力系统建设，积极开展分布式光伏、光储一体化智慧停车场和用户侧储能等项目实施落地，并开展小型生物质电厂的可行性研究，助力青海海东班彦村生产、生活实现更高比例的清洁能源替代，助力乡村振兴。

研究制备用于可穿戴织物的柔韧储热相变无纺布

中国科学报 2023.1.17

本报讯（见习记者孙丹宁）近日，中科院大连化学物理研究所研究员史全团队、吴忠帅团队和澳大利亚迪肯大学教授陈英团队合作，在柔性纤维型相变材料研究方面取得新进展。合作团队通过湿法纺丝和真空浸渍制备了柔性石墨烯-氮化硼纤维基的相变无纺布，具有优异的柔韧性、储热能力、透气性能，并将其用于可穿戴人体热管理器件中。相关成果发表于《纳微快报》。

相变储能材料能够在相对恒定的温度下吸收和释放大量相变潜热，可作为热能储存和温度控制介质应用于人体热管理领域。然而，传统相变材料固有的液态易泄漏、透气性差及固态刚性等特点，使其很难应用于可穿戴智能热管理器件中。

为进一步提升相变器件的透气性能和储能密度，史全团队利用吴忠帅团队的石墨烯三维多孔组装体的制备技术，以及陈英团队在氮化硼纳米片制备领域的独特优势，与后两者共同提出了一种通过湿法纺丝方法制备高焓柔性相变无纺布的通用策略。该相变无纺布表现出206.0焦耳/克的高焓值、优异的热稳定性、1000次循环后焓值保持率仍达到97.6%的热循环能力，以及超高的水蒸气透过率，优于当前已报道的相变材料薄膜和纤维。

此外，该相变无纺布可与口罩复合应用于人体可穿戴热管理系统，使人体保持在舒适的温度范围内，为可穿戴智能织物的开发提供了新方向。

“长时储能” 助力绿色未来

人民日报 2023.1.16

不久前，西班牙马德里理工大学团队开发的“阿马德乌斯”电池项目，被欧盟委员会评选为2022年最佳发明之一。这款电池采用高温储热技术，可以存储太阳能、风能高产时的过剩能量，在用电高峰再将其释放。评委会认为，这款发明“具有高能量密度、高整体效能，所用材料资源丰富且成本低廉。它的广泛应用，能够帮助我们更好利用绿色清洁的可再生能源。”

发展可再生能源是减少全球温室气体排放的重要途径。不过，由于电力的即发即用性与可再生能源发电的波动性，可再生能源电力供需存在一定程度的错配。在用电高峰时，目前主要由燃煤、天然气等调峰机组来达到电力的灵活调节。为了真正实现可再生能源对化石能源的大规模替代，急需利用储能技术替代化石能源调峰机组，实现可再生电力供应与消费的无缝衔接。

储能技术主要分为物理储能、电化学储能、热储能和化学储能等。当前全球应用最为普遍的抽水蓄能技术就属于物理储能。但由于工程选址难度高、建设周期长等，仅靠抽水蓄能难以适应可再生能源电力调峰需求。电化学储能是近年来全球增速最快的新型储能技术。截至2021年底，全球新型储能的累计装机规模超过2500万千瓦，其中锂离子电池市场份额达到90%。新能源汽车产业的爆发式增长带动了锂离子电池技术的快速进步，也使其在储能领域的商业应用成为可能。

较之车用动力电池，储能设备在电力系统中的运行情况更为复杂。比如，在以太阳能为主的供电系统中，如果储能电站只能持续短时放电，那么用户在后半夜仍面临停电风险；若是遭遇连续无风的阴雨天，储能电站就会面临更严峻的长时供电压力。在当前交通电动化背景下，全球锂资源已出现供不应求的局面，仅仅依靠锂电池技术难以满足未来电力系统对大容量、长周期储能的需要。

相较而言，热储能技术在“长时储能”领域更具经济性。它以储热材料为媒介，将太阳能等以热能的形式先储存起来，在需要时释放。以往，储热技术主要应用在供暖、热水、冰蓄冷等低温热源的存储和利用。近年来，随着太阳能热发电与工业余热回收技术的发展与运用，中高温储热的需求不断增长。目前我国光热发电项目装机容量已达到538兆瓦，储热介质普遍选择硝酸盐材料，熔融状态工作温度范围为290—560摄氏度，可实现高达10小时以上的储能时长。

马德里理工大学团队设计的新型储热技术采用硅合金材料，在材料成本、储热温度、储能时长方面的优势值得期待。硅是地壳中第二丰富的元素，每吨硅砂的成本仅为30—50美元，为熔盐材料的1/10。此外，硅砂颗粒的储热温差比熔盐高得多，工作温度最高可达1000摄氏度以上，更高的工作温度也有助于提升光热发电系统的整体能效。

除了热储能技术，压缩空气、氢氨储能等在“长时储能”方面也有很大潜力。美国能源部于2021年公布了“长时储能攻关”计划，目标在10年内将时长超过10小时的储能系统成本降低90%以上。丹麦、德国等欧洲国家在跨季节储热领域也有长期布局。我国国家发展改革委、国家能源局2022年3月印发的《“十四五”新型储能发展实施方案》也提出要推动多时间尺度新型储能技术试点示范，重点试点示范压缩空气、液流电池、高效储热等日到周、周到季时间尺度储能技术。未来，“长时储能”将在全球能源转型中发挥日益重要的作用。（刘坚）

高温热冲击可数秒合成锂电池正极材料

中国科学报 2023.1.12

本报讯（记者陈彬 通讯员张华）正极材料性能和价格占据了锂离子电池的核心地位。然而，目前相关材料的合成不仅能耗高，而且耗时长。对此，天津大学教授陈亚楠、胡文彬、许运华研究发现了一种可以在数秒内合成正极材料的高温热冲击策略，并通过高温热冲击策略成功合成了包括锰酸锂、钴酸锂、磷酸铁锂等材料在内的几种典型正极材料。该发现为高性能低成本正极材料的高效合成开辟了一条新途径。相关研究成果近日发表于《先进材料》。

传统的正极材料合成方法多采用每分钟3~5摄氏度的低升温速率，而高温热冲击策略则实现了每分钟10000摄氏度的超高升温速率。由于升温速率低，传统方法合成正极材料往往需要数小时甚至数十小时的反应时间，但该高温热冲击策略的超高升温速率则可以在数秒钟内合成正极材料。

此外，高温热冲击策略在反应过程中还形成了氧空位和小颗粒的形貌，这些又使得新合成的正极材料表现出优异的电池性能。以使用高温热冲击技术合成的钴酸锂正极材料为例，该材料在300次电池循环充放电后，仍展示了84.6%的能量密度稳定性。同时，该材料还表现出优秀的快充性能，数分钟即可给手机或平板电脑充满电。

该高温热冲击技术可以实现一系列高性能锂离子电池正极材料的高效率制造，将为我国节能减排以及实现碳中和作出贡献。

中国电科院研发电力系统自动负荷建模系统

国家电网报 2023.1.4

本报讯（裘微江 王琦 郑志伟）1月3日获悉，中国电力科学研究院有限公司承担的“在线负荷建模—设计开发”项目通过国家电网有限公司国家电力调度控制中心和国网数字化部验收。该项目攻关团队研发了电力系统自动负荷建模系统，通过融合调度、营销、设备等专业数据实现了对海量负荷的统计分析和分时分类精准建模，可解决电力负荷的时变性和分布性难题，提高仿真计算的准确性。

据介绍，长期以来，负荷建模工作通常采用人工入户调查的方式开展，费时费力，且负荷数据准确性有待提高。这种“一次建模、长期使用”的负荷模型已经难以准确反映负荷特性的变化。

电力系统自动负荷建模系统借助调控云、数据中台等数字化平台，在线接入营配调多源负荷数据，代替传统人工入户调查的方式开展负荷数据收集，可自动完成数据收集和负荷建模。该系统采用考虑分布式电源的新型综合负荷模型建模方法，实现了对有源配电网的精准负荷建模，可自动生成24小时负荷参数值，为电网仿真计算提供精准度高、时效性强的分时分类负荷模型参数。

目前，电力系统自动负荷建模系统已在华东电力调度控制中心、江苏电力调度控制中心和上海电力调度控制中心投入使用，可为区域电网和省级电网负荷建模工作提供常态化支撑。

利用自下而上的全新设计

微型3D材料可提高燃料电池效率

科技日报 2023.1.19

科技日报北京1月18日电（记者张梦然）澳大利亚悉尼新南威尔士大学研究人员展示了一种创造微型3D材料的新技术，最终可使氢电池等燃料电池更便宜、更可持续。近日发表在《科学进展》杂志上的该研究，有可能在纳米尺度上按顺序“生长”互连的3D层次结构，这些结构具有支持能量转换反应的独特化学和物理特性。

在化学中，层次结构是单元（如分子）在其他单元组织中的配置，这些单元本身可能是有序的。在自然界中也可看到类似的现象，例如花瓣和树枝。但是这些结构具有非凡潜力的地方是在超出人眼可见度的纳米级水平。

使用传统方法，科学家们发现在纳米尺度上用金属部件复制这些3D结构具有挑战性。迄今为止，科学家们已能在微米或分子尺度上组装层次结构，但为了获得纳米级组装所需的精度水平，他们需要开发一种全新的自下而上的方法。

研究人员使用从简单化合物构建复杂化合物的化学合成方法，在立方晶体结构的核心上小心地生长六方晶体结构的镍分支，以创建尺寸约为10—20纳米的3D层次结构。

由于金属核心和分支的直接连接，由此产生的互连3D纳米结构具有高表面积和高导电性，并且具有可化学修饰的表面。这些特性使其成为理想的电催化剂载体，有助加快反应速率，在析氧反应中，这是能量转换的关键过程。

研究人员表示，逐步生长材料与在微米级组装结构的做法形成鲜明对比，后者是从大块材料开始并将其蚀刻下来，新方法可以很好地控制条件。

因为在通常为球形的传统催化剂中，大多数原子都卡在球体的中间，表面的原子很少，这意味着大部分材料都被浪费了，它们不能参与反应环境。而新的3D纳米结构经过精心设

计，可将更多原子暴露在反应环境中，从而促进更有效的能量转换催化。

【总编辑圈点】

在构建化合物时，科学家如果将所有组件保持在超小纳米级，就能发挥独特的催化性能。本文的成果一旦应用于燃料电池，催化剂也会具有更高表面积。这意味着，在将氢转化为电能时反应将更有效，反应时需要使用的材料也更少。最终，这一技术将帮助人们降低成本，使能源生产更具可持续性。

政策与市场驱动 储能市场未来可期

中国高新技术产业导报 2023.1.10

近日，国内首座大型构网型储能电站——荆门新港储能电站成功送电、并网运行。新港储能电站位于湖北省沙洋县高桥工业园，总容量 50 兆瓦/100 兆瓦时，其中一期投产 12.6 兆瓦/26.8 兆瓦时。

2022 年岁末，宁夏、山东、安徽、湖北等多地一批大型储能电站陆续并网投运，迎来并网交付高峰期。有机构认为，在国家政策支持和市场驱动下，国内储能市场未来增长可期，2023 年或为高增启动元年。

市场增长可期

2022 年 11 月底，国家能源局发布《关于积极推动新能源发电项目应并尽并、能并早并有关工作的通知》。于是，相关企业加紧储能电站项目并网进程。

根据公开信息不完全统计发现，2022 年 12 月，全国已有 30 余个新型储能项目完成并网交付。这其中，不乏数 10 个百兆瓦级容量的大型地面电站、独立共享储能电站顺利并网，也创造了多个地方储能电站的规模之最、建设速度之最。

业内人士说，与往年并网储能项目相比，此次集中并网投运储能电站除项目规模大外，在商业模式、新技术采用方面也有一定的突破。比如，液冷温控技术得到快速普及应用。

同时，业内人士表示，新能源的发展带动了储能的发展。在新能源 + 储能等相关产业政策下，风光装机规模高增长，直接驱动大型储能电站迎来放量。同时，共享储能等多场景需求扩张，也为储能带来新的需求增量，储能行业迎来加速增长期。

中关村储能产业技术联盟理事长陈海生表示，随着新型储能性能与成本持续获得改善，加上政策支持，新型储能的发展前景是非常确定的。

“随着各类产业政策不断出台，各种先进技术的进步，储能规模化发展的条件已经成熟，2023 年储能市场的发展将有望再上一个台阶。”北京特亿阳光新能源总裁祁海坤说。

根据相关机构测算，国内储能市场未来增长可期，预计 2023 年新增装机为 13.97GW/26.85GWh，同比增长 123.3%；2025 年新增装机为 53.73GW/109.64GWh。

成本 and 安全性有待提高

在风光等新能源发展过程中，储能的调频调峰作用愈发突出，市场规模增长值得期待。

但也要看到，当前储能行业发展仍面临一些瓶颈。比如，成本和安全性问题。

“新能源+储能已成行业共识，但尚有技术问题与成本问题待解。比如储能技术上主要的难点，是要针对不同的应用场景，逐步筛选出能够满足电网高安全性、大规模、长寿命、低成本、高效率等需求的主流技术。”陈海生表示，此外，储能价格机制还要进一步完善。目前全国性的储能价格机制还未形成共识，明确的、系统的、稳定的价格机制仍缺失。

中国电力企业联合会2022年底发布的《新能源配储能运行情况调研报告》也显示，新能源配储能利用率低。新能源配储能调用频次、等效利用系数、利用率低于火电厂配储能、电网储能和用户储能。同时，新型储能成本较高，缺乏疏导渠道。当前新能源配储能的投资成本主要由新能源企业内部消化，给新能源企业带来了较大的经营压力。此外，新型储能安全管理仍需加强。在高成本压力下，部分项目选择了性能较差、投资成本较低的储能产品，增加了安全隐患。

祁海坤说，成本直接决定储能电站未来能否盈利，而且也关乎未来能否大规模使用与推广；安全问题则是储能产业快速发展的重要前提。

多举措促规模化发展

2023年，储能需求有望快速增长，发展前景更广阔。同时当前也面临系列问题。那么，如何促进储能高质量发展，从而实现规模化？

陈海生表示，要实现储能产业大规模的发展，从政策层面看，最重要的是尽快出台储能价格的实施细则，建立反映储能价值的电价机制。同时，要解决储能经济性问题，推动储能技术水平进一步提升、成本进一步下降。此外，逐步扩大储能的应用，包括可再生能源大规模配储。

《新能源配储能运行情况调研报告》建议，优化储能配置和调运方式，提升储能利用水平。结合当地新能源消纳、资源特性、网架结构等因素，合理确定新能源配置储能的规模和型式，避免资源浪费。逐步扩大独立储能/共享储能比例。

同时，加大科技创新与运维管理，提升储能安全水平。改进储能电芯安全控制技术及安全结构，完善储能电站并网运行控制策略，提升本质安全水平；加强安全预防智能化建设，搭建数字化储能电站数据处理与运维平台，减少操控失误带来的安全问题。

此外，完善市场机制，促进储能产业发展。健全新型储能电站参与电力市场规则，完善新型储能参与电能量市场、辅助服务市场等机制。出台新型储能容量电价政策，尽快完善新型储能商业模式，促进新型储能、灵活性煤电、抽水蓄能等各类灵活性资源合理竞争。（叶伟）

储能是构建新型电力系统的必要环节

——访中国科学院院士赵天寿

中国能源报 2023.1.25

实现“双碳”目标，传统能源逐步退出必须建立在新能源安全可靠的替代基础之上，

但是目前，新能源大规模利用仍面临间歇性、波动性、不稳定的挑战。作为破题之道，储能可以平抑波动，支撑光电风电大规模并网，被视为新型电力系统的必要环节。在中国科学院院士、南方科技大学碳中和能源研究院院长、中国碳中和 50 人论坛成员赵天寿看来，储能技术必须满足规模化、高安全、低成本、长寿命、无地域限制等要求，这也是未来储能产业发展的重要方向所在。

实现碳中和需要规模化、高安全储能技术

问：在碳中和进程中，能源结构将发生颠覆性、革命性调整，储能在其中占据什么地位？

赵天寿：我国碳排放主要来源于化石能源的大规模使用。碳减排的关键，在于不断提高太阳能、风能等可再生能源在能源结构中的占比，化石能源比重相应降低。而目前，风、光实际比重约为 4%，化石能源占比高达 84%。为实现碳中和目标，前者占比需达到 60%，后者要降低到 10% 左右。

近十年来，我国的光电、风电成本快速下降，为装机规模快速提升奠定了基础。但光电、风电存在间歇、不稳定特点，无法直接满足电网及用户的需求，成为制约其进一步扩大规模的主要障碍。储能就是利用专门装置与系统将能量储存，在需要时将能量释放，实现能量在时间和（或）空间上的转移，这是推动可再生能源大规模接入电网的必须环节。基于此，储能被认为是构建以新能源为主体的新型电力系统的必须环节。

问：这对储能产业提出了哪些要求？

赵天寿：据预测估算，为实现碳中和目标，光电、风电装机量将达到 50 亿千瓦，年发电量 10 万亿度，按 10% - 50% 配备储能，储能容量就将在 1 万亿 - 5 万亿度。面对如此大容量的需求，储能技术必须满足规模化、高安全、低成本、长寿命、无地域限制等要求。

在以新能源为主体的新型电力系统中，光电、风电在不同时间尺度下均存在不稳定性。在毫秒至分钟的时间范围内，光电风电受天气因素影响会出现功率的剧烈波动，易对电网短时间功率平衡与频率稳定造成冲击；在数十分钟至数小时范围内，光电风电的发电量不可控，无法跟踪电网的发电计划，无法响应电网调度；在数小时至数天甚至跨季节范围内，光电风电的发电量受气候变化影响，能量输出存在长周期波动性，与社会能量需求不匹配，难以确保全年能量稳定、可靠供应。例如，北方地区光伏发电的电量，冬夏两季可能相差一倍，若夏季恰好满足能量需求，冬季就会有较大能量缺口。

因此，储能系统还需满足不同时长能量储存的要求：针对毫秒至分钟范围的能量储存需求，需重点满足平滑风光出力、电网调频的要求；针对数十分钟至数小时范围的能量储存需求，需重点满足提高光电、风电消纳量、电网调峰的要求；针对数小时至数天甚至跨季节能量储存需求，则要重点满足长周期、大规模能量时移的要求，确保能源安全。

储能面临技术不成熟、使用成本高等挑战

问：对照上述要求，储能产业发展面临着哪些挑战？

赵天寿：按照储能时长的不同，介绍主要储能技术存在的挑战——

毫秒至分钟级的储能技术，主要包括超导磁储能、超级电容器储能与飞轮储能，三者分别面临超导技术难度大、成本高的挑战，成本高、自放电严重的挑战，以及能量密度低、成本高的挑战。

数十分钟至数小时的储能技术，主要包括锂离子电池储能、抽水蓄能、压缩空气储能、液流电池储能。挑战分别包括：安全风险高、锂资源限制，地域及生态限制，储气成本高、储能效率低，功率密度低、成本高等。

对于更长时间的储能技术，目前受关注最多的是燃料储能。比如，氢燃料储能主要面临储运难、成本高等挑战，甲醇燃料储能的效率低、碳排放和成本高，氨燃料储能则面临效率低、毒性较大等。

此外，抽水蓄能、压缩空气储能、液流电池储能均已实现储能容量与功率的解耦。理论上说，通过增大蓄水空间、储气空间、电解液储量，储能时长可不断延长，但蓄水空间、储气空间与电解液储量的增加，将进一步带来技术挑战。

问：以您从事的电池储能技术研究为例，该领域取得了哪些突破？

赵天寿：我从事电池储能技术研究 20 余年，研究领域主要包括燃料电池、液流电池、金属空气电池、与锂离子电池等。我们通过探究反应机理构建电化学储能理论，指引电池关键材料与部件的研发，研制了高性能电极、隔膜与流道，大幅提升了液流电池、醇类燃料电池及全固态锂空气电池的效率及稳定性，取得了一些技术突破。比如，我们研制的液流电池最大功率密度可以达到 $2.75\text{W}/\text{cm}^2$ ，在 $600\text{ mA}/\text{cm}^2$ 的高电流密度下可以保持 80% 以上的能量效率并稳定循环超过 20000 圈，是公开文献中最大功率密度与最长循环寿命。目前，我们正在推进这些新技术的产业化应用。

建设新型研发平台加速储能技术研发、转化

问：下一步还需要从哪些方面入手，推动电池储能的技术突破？

赵天寿：电池，尤其是以可流动物质作为能量载体的流体电池，是一个从微观到宏观的电化学反应，和物质传输、离子传输、电子传输相耦合的多尺度、多相复杂体系，其性能由热物理领域的空间能质传递特性，以及电化学领域的界面电化学反应特性共同决定。

一方面，界面活性面积、界面电荷转移和界面温度浓度，共同决定了电化学反应速率的快慢；另一方面，空间传输机理、空间尺度效应、空间结构特征，影响着物质、离子、电子的耦合传输速率和反应界面的构建。在电池中，仅当某一区域同时拥有物质、离子、电子三种传输通道时，才可以作为电化学反应场所，而且反应速率受到其中最低传输速率的限制。

考虑到种种因素，高性能电池的开发需要协调好物质、离子、电子的空间传输与电化学反应速率之间的关系。然而，空间传输属于工程热物理学科，电化学反应属于电化学学科，两个学科间的基础理论与研究方法相差较大。为实现进一步突破，必须注重从交叉学科角度，建立热物理 - 电化学耦合理论与协同优化方法，实现传输性能和电化学性能的同时提

高。

问：对照低碳、零碳与负碳技术的迫切需求，您建议如何加速研发及转化？

赵天寿：为推动实现“双碳”目标，我国出台了一系列政策，涵盖新能源技术领域人才培养、科学研究、技术示范与工程应用等多方面支持。随着投入持续加大，我们看到了新能源技术的快速迭代发展，例如铅酸电池、镍氢电池、锂离子电池等技术不断涌现，一系列成果值得肯定。

要想加速技术发展，我认为还需要大幅度缩短技术研发到产业应用的时间，探索技术研发-集中示范-产业转化全链条贯通的新型研发组织模式。比如，可以联合政府、企业与科研单位各方力量建立新型科研组织，通过碳中和能源研究院组织跨学科的科研队伍攻关碳中和新技术，通过技术集中示范基地促进新技术间的协调融合发展，通过技术产业转化平台支撑成熟技术规模化应用。最终，我们依托新型研发组织，贯通技术研发-集中示范-产业转化的全链条，加速新技术的研发迭代。（朱妍）

三、碳达峰、碳中和、能源数字化

抓好节能增效 推动“双碳”目标实现

中国电力报 2023.1.1

能源利用效率始终是衡量一国发展质量的重要指标。国家高度重视节能增效工作，始终把节约能源资源放在首位，实行全面节约战略。在碳达峰碳中和时间表提出后，更需要充分认识节能增效对实现碳达峰碳中和目标的重要作用，进一步明确节能增效作为最清洁、最经济的“第一能源”地位，建立和完善节能增效长效机制。

节能增效对推进碳达峰碳中和有重要影响

在2012~2019年间，我国以能源消费年均增长2.8%支撑了国民经济年均7%的增长率，能源利用效率持续提升，但能耗强度仍是世界平均水平的1.5倍，能源利用效率仍有较大提升空间。在我国实现碳达峰碳中和的过程中，节能增效将发挥重要作用。一方面，节能增效是实现碳达峰碳中和目标最为经济且不可或缺的重要手段。国际能源署《世界能源展望2019》报告指出，如果要把全球温升控制在2摄氏度以内的目标，到2050年前提高能效对全球碳减排的贡献为37%，甚至高于发展可再生能源的贡献（32%）。同时，能效水平也是衡量发展质量效益的重要标准。能效水平提升的背后是更高质量、更有效益的经济增长，以及整体产业结构的优化和工艺水平的提升。另一方面，节能增效是中国对全球可持续发展和应对气候变化的重要贡献。当前我国是全球能耗强度降低最迅速的国家之一，我国每年节约能源量占同时期全球节能量的一半左右。据估算，到2030年，我国GDP总量占全球比重将接近24%，而同年的能源消费量占比也将达到24%左右；而到2050年，我国GDP总量占全球比重将超过35%，能源消费量占比将降至21%左右。

碳达峰碳中和目标下节能增效面临新挑战

能源消费“双控”制度灵活性不足。能源消费“双控”制度为推动我国产业结构和能源结构转型发挥了重要作用，但近年来“双控”制度引起一定争议。指标分配方式导致制度的灵活性不足是主要症结。虽然双控制度经过多年实施与优化调整，对不同区域发展的合理诉求已在指标分配上有所考虑，但依靠行政手段实施分配仍难以保障公平性。与此同时，市场化机制尚未形成，用能权交易制度处于试点阶段且范围有限，碳排放权交易市场刚刚起步，难以解决目前存在的灵活性不足问题。

工业高耗能产业需求大且仍将持续。钢铁、有色金属、建材、石化、化工等五大高耗能产业的能源消费占比最高。目前情况看，我国仍处于城镇化持续推进阶段，房地产开发和基础设施的建设都会对钢铁、水泥等高耗能产品产生巨大的需求，也意味着我国碳达峰碳中和工作面临的多重矛盾和极大挑战。同时，高耗能产业依法退出和补偿等尚缺少法律依据，在关停、退出及人员补偿等问题常面临极大阻碍，甚至产生严重冲突，这也是影响高耗能产业高质量发展和合法有序退出的主要障碍。

交通减碳路径较清晰但仍面临技术成本制约。我国交通运输结构过度依赖公路运输，《中国移动源环境管理年报 2019》显示，以柴油车为主的公路运输承担了约 76.9% 的货物运输、76.2% 的旅客运输。从交通用能的清洁化角度，相比工业和建筑领域，交通用能电气化水平是最低的，仅为 4%。当前大力发展新能源汽车的转型路径大致清晰，但仍有不确定性，包括动力电池续航能力、低温适应性、回收处理、上游原材料的充足供应等都是制约产业发展的关键问题，也是交通运输行业减碳降碳的重要制约。

建筑领域节能提效尚缺乏系统性解决方案。建筑是耗能大户。根据中国建筑节能协会能耗统计专委会数据，2018 年我国建筑在建材生产、建筑施工和建筑运行全过程碳排放量占全国碳排放量的比重为 36%。我国建筑用能方面尚缺乏系统性解决方案，包括更多使用太阳能、地热能等可再生能源作为建筑主体能源，以及选择低碳高效低成本的供暖技术路线等问题都没有完备的解决方案，推动建筑领域持续节能增效的路径并不清晰。

技术水平提升难度大。根据工信部公布的数据，我国制造业主要产品中约有 40% 的产品能效接近或达到国际先进水平，进一步提升能效难度较大，成本较高，对技术水平的要求高。从工业节能技术上看，目前节能提效的关键在于持续提升电气化水平，国家电网公司的预测是，到 2030 年工业电气化率可达 34%，而工业脱碳的难度在于很多生产环节无法实现电气化，这些环节对于技术的要求更高，甚至还难以判断未来技术突破的方向和可能性。

进一步抓好节能增效的相关建议

能耗“双控”需坚持“严格控强度、科学控总量”原则。近年来，为给予优势发展地区更大发展空间，国家主管部门在指标分配中已经增强了灵活性，对经济发展较快地区在能耗强度达标的基础上，不再严控总量目标，而是给予了一定弹性空间。现阶段对于能耗“双控”需进一步明确“严格控强度、科学控总量”的原则。一方面，应继续加强对总量指标分配的科学研究，坚持严格控制能耗强度、合理控制能源消费总量的政策完善方向，

推动节能减碳与经济社会发展、民生保障的协同。另一方面，落实好“新增可再生能源和原料用能不纳入总量控制”。随着可再生能源在终端能源占比的提升，“双控”的内涵需要根据能源结构的变化相应调整，将控制化石能源消费作为政策宗旨，进而相应调整指标。原料用能不纳入能耗总量控制需尽快针对不同行业出台实施细则，同时应防止在政策空档期盲目上马低水平的煤化工、石油化工项目。

推动由能耗“双控”转向碳排放“双控”。能源消费强度和碳排放强度两项指标是历次五年规划中的约束性指标，由于我国碳排放接近90%源自能源使用，两项指标相关性较强。现阶段，带来最大碳排放量和污染物排放的化石能源在终端能源消费中占比大，以能源消费总量和强度为主开展节能减排工作是最有效的。但随着能源转型持续推进，特别是生态文明建设从以污染治理为主转向以碳减排为引领，需逐步转向以碳排放总量和碳排放强度“双控”的引导方向。一方面，应尽快确定碳排放总量目标，作为经济社会发展的约束性指标，建立统一碳排放统计、核算和核查管理体系，确保碳排放增速放缓直至2030年按时达峰。另一方面，推动碳排放“双控”应改变目前以指标分配等行政手段为主的调控方式，充分发挥市场作用，使得地方和企业可以通过市场交易，实现产业选择和自身发展，改变目前“一刀切”的状况，真正做到全国一盘棋地推动碳达峰碳中和。

构建完善节能增效市场机制。当前亟须处理好用能权和碳排放权交易市场的关系。国家层面在“双控”制度实施的同时，提出要研究建立“双控”的市场化机制，更多用市场手段实现“双控”目标。目前看来，全国碳排放权交易市场无疑是最重要的市场化手段，未来丰富交易主体、交易规则国际接轨等工作都需有序推进。而用能权交易市场尚处于试点阶段，现阶段对于增加能源消费“双控”制度的灵活性、赋予地方更多自主权方面仍可发挥重要作用，可尽快扩大试点范围，鼓励地方先行先试，积累用能权交易市场建设经验，同时探索与碳排放权交易市场协同发展的路径。

探索以能定产优化产业布局机制。优化区域间产业布局，是提升整体能源效率的关键。在碳达峰碳中和要求下，区域间产业布局应与能源资源空间布局相吻合，坚持以能定产、合理分工，总体提升能源利用效率和经济发展质量，更好实现节能增效降碳目标。东部地区是全国经济高质量发展的动力引擎，承担着打造世界级创新平台和增长极的重任，应加快产业结构和能源结构调整，率先实现碳达峰目标，为区域间梯次达峰预留空间。从能源结构调整上，需持续提高新能源与可再生能源的消费占比，提高能源消费强度目标要求；从产业结构调整上，应保持战略定力，加快推进产业转型升级，适当转移传统高耗能产业，坚持创新驱动，抢占全球产业链高端。对西部地区来说，应支持其发挥能源资源优势，通过承接东中部地区高载能产业转移，以及延伸产业链提高产品附加值等方式带动区域经济高质量发展，并保障国家能源安全、产业链供应链安全。

完善系统性节能增效体制机制。一是推动制造业结构优化。加大淘汰落后产能、分类化解过剩产能、优化存量产能的力度，严格控制高耗能高排放行业新增产能，通过兼并重组等

方式持续提升产业集中度，同时需持续完善落后产能界定标准，严格市场准入。二是加快交通领域电气化水平。目前通过大力发展新能源汽车，推动“双碳”目标的路径比较清晰，还需进一步促进推广，完善购买和应用环节激励政策，逐步放开购买限制，完善新能源汽车基础设施建设。三是提升建筑能效水平。在碳达峰碳中和要求下，探索进一步提高新建建筑节能标准水平，鼓励有条件的地区全面实施更高水平的绿色建筑标准。（陈妍）

实现零碳的重要探索

——日本氢能产业发展观察

中国电力报 2023.1.1

在全球能源转型的背景下，全球氢能贸易蓬勃发展。2022年2月，全球首批液化氢由澳大利亚运往日本。国际能源署的数据显示，若氢能项目投资、运输、贸易政策等方面的挑战得到解决，2030年全球氢能年出口量或达1200万吨。

据彭博社消息，日前，日本经济产业省和欧盟委员会签署了氢能合作备忘录，旨在加强可再生和低碳氢的生产、贸易、运输、储存、分销和使用，并加强氢能领域的技术创新，助力国际氢能市场的发展。

近年来，日本多点发力抢占氢能市场，在氢能领域已经成为全球领先的国家。

最早制定氢能战略的国家

早在2017年，日本就制定了世界上第一个国家层面的氢能战略。此后，日本以一系列创新的方式生产、使用氢燃料，迅速发展成为全球主要氢能中心之一。日本政府要求，必须限制蓝氢和灰氢的生产，以支持可再生的绿氢。通过开发现有技术并调整市场，日本可能在2030年左右成为全球主要绿氢生产国。

根据日本经济贸易和工业部（METI）发布的《日本实现“零碳以上”的路线图》报告，2020年1月，日本推出了环境创新战略，将氢能纳入到技术创新努力之中，希望在2050年助力实现碳中和。报告表示，要使氢成为一种成熟的能源，日本还需要克服几个挑战，包括扩大应用范围，涵盖船舶、火车、卡车和其他运输方式，并建立一个无处不在的氢生态系统。

METI指出，在检验氢气生产设施效果的同时，通过建立全球供应链、在其他系统建设现场氢能储存设施，使氢气价格足够实惠也很重要。此外，由于氢能战略是长期的，因此加强研发也至关重要，包括战略性地培养氢能领域的科研人才，储备人力资源。

企业加大氢能技术创新及运用

几家日本公司对氢的未来有着宏伟计划。

2020年，日本丰田汽车公司宣布了在富士山基地开发未来原型城市的战略，使用氢燃料电池汽车进行运输，最终将这项技术扩展到大型车辆——公共汽车、卡车和其他重型车辆。与此同时，三菱电力预计将在2023年启动高砂氢气园区，在高砂机械厂现场生产、储

存氢气，以供工厂运营使用。

据美国 CNBC 近日发布的消息，世界最高的储氢罐位于日本京都郊外，高 14 米，属于松下的制造工厂。工厂还配有太阳能电池板、氢燃料电池和特斯拉 Megapack 蓄电池，为制造厂提供动力。松下公司运营部经理川村诺彦表示：“这可能是日本最大的氢消费场所，我们每年使用 120 吨氢。未来随着日本生产、进口越来越多的氢，这将是其他工厂的范本。”

松下公司预计，日本到 2050 年实现碳中和的目标将推动新能源创新产品的需求。松下位于草津的燃料电池工厂已经生产了 20 多万台家用天然气燃料电池，可以将天然气转化生成氢气，同时与氧气反应产生电力，加热并储存热水。该产品可以在灾害天气来临时，连续数天提供 500 瓦的应急电源。去年，松下面向商业用户销售纯氢版本的电池，并希望未来打开美国和欧洲的市场。

发展绿氢面临成本难题

日本发展绿氢面临的一个问题是成本。虽然日本的电力相对昂贵，但目前用氢气为工厂供能的成本远高于电网供电的成本。根据国际可再生能源署的数据，日本和韩国是全球制造绿氢成本最高的国家——这两个国家日照时间较短导致太阳能发电效益一般，安装风力发电设施的空间也不足。如果因成本的原因无法做到绿氢自给自足，只能依赖海外进口，高昂的采购成本会影响日本的氢能战略。

不过松下公司预计，日本政府的政策和行业改善供应分配的努力将使制氢成本大幅降低。松下公司认为，如果能实现氢气每立方米 20 日元的价格，那么就可以实现与电网供电的成本平价。

国际能源署在 2022 年 10 月发布的《2022 年全球氢能评论》报告指出，如果各国持续加大投资力度、积极扩建输氢管道，预计到 2030 年电解槽成本将比目前下降 70%，可再生氢生产成本有望降至每千克 1.3~4.5 美元。美国能源部在 2021 年启动了所谓“氢爆炸”计划，旨在未来 10 年内将清洁氢的成本削减 80%，至每千克 1 美元。（于琳娜）

十部门：推进绿色低碳循环发展

中国电力报 2023.1.1

日前，商务部等十部门发布关于支持国家级经济技术开发区创新提升更好发挥示范作用若干措施的通知

通知指出，推进绿色低碳循环发展支持国家级经开区内制造业企业积极创建绿色制造标杆

支持国家级经开区创建生态文明建设示范区（生态工业园区）

大力发展环境友好型绿色产业，引入绿色低碳技术，通过绿色升级改造推进低碳

转型和节能减排鼓励对国家级经开区发展风电、光电、地热等清洁能源予以支持，推动国家级经开区内企业参与绿色电力交易，持续提升新能源装机容量和可再生能源使用比例

为城市低碳发展贡献中国样本

经济日报 2023.1.11

城市绿色低碳发展是实现“双碳”目标的重要内容，也是城市高质量发展的重要体现。应强化规划引领，推动城市组团式发展，提高建筑节能标准，推广绿色低碳材料，为城市低碳发展提供中国样本。

日前，中国首个“低碳城市建设水平指数”公布。在全国36个大型城市低碳建设中，北京、杭州、南京分列前三。近期，中央经济工作会议强调，要推动经济社会发展绿色转型，协同推进降污、扩绿、增长，建设美丽中国。城市绿色低碳发展是实现“双碳”目标的重要内容，也是经济绿色低碳发展、城市高质量发展的重要体现，控制城市碳排放将成为关键所在。

随着城镇化水平的提高，我国能源消耗和碳排放越来越集中在城市地区。当前，中国城镇化水平已达到63.9%，大量能源、商品、食物消耗的终端用户在城市，大量污染排放产生于城市。可以说，城市碳排放最集中，减排任务也最重。城市能不能实现绿色低碳，在一定程度上决定了我国“双碳”目标能不能如期实现。

“双碳”目标的提出，为城市发展带来新的挑战与机遇。一方面，城市绿色低碳发展，要求以低碳理念重塑城市经济、市民生活及政府管理，用低碳技术改造城市，形成健康、简约、低碳的生产生活方式和消费模式，实现城市低碳排放，甚至零碳排放；另一方面，绿色低碳发展以满足人民美好生活的需要为目的，旨在为人民创造更多福祉和幸福感，因此须采取可持续发展战略，推广绿色发展模式。

在发展过程中，要注重各方力量参与，注重人民群众的感受，注重文脉传承与融合。持续强化规划引领，统筹推进，数字赋能及民生优先。赓续人文记忆，创造品质生活，打造经济繁荣、环境优美、人与自然和谐相处的美丽城市，塑造颜值与气质俱佳、魅力与活力齐发的新型城市形象，为世界城市可持续发展提供“中国样本”。

强化绿色低碳规划引领。绿色低碳规划是推动城市绿色低碳转型的首要环节。要将绿色低碳理念贯穿到规划、建设、管理等各个环节，以绿色低碳发展为引领，坚持改善生态环境，促进能源资源节约和综合利用，合理确定城镇开发边界，优化城市形态、密度、功能布局和建设方式。

推动城市组团式发展。城市组团式发展是现代城市发展的新趋势，有利于生产要素在更大范围和空间内优化配置，从而更好发挥城市综合承载和辐射带动作用。要积极开展绿色低碳城市群建设，跳出行政区划去审视城市规划和区域发展定位，最大限度减少低水平建设和重复投资，促进大、中、小城市与小城镇协调发展、共建共享。

推广绿色建造方式，提高建筑节能标准。绿色建造是按照绿色发展要求，通过科学管理和技术创新，采取有利于节约资源、减少排放、提高效率、保障品质的建造方式，实现人与

自然和谐共生的工程建造活动。工程建造各个阶段都应全面体现绿色发展理念。提升建筑能效，则离不开完善先进的建筑节能标准。要进一步完善建筑节能与绿色建筑标准体系，开展零碳建筑设计标准、绿色建筑工程质量验收规范、建筑碳排放核算标准等制定修订工作，提升公益性和大型公共建筑节能标准。

深化可再生能源建筑应用，推广绿色低碳材料。加强可再生能源在建筑领域的应用，比如推动太阳能建筑应用、加强地热能等可再生能源利用、提升终端用能电气化水平等。此举可有效减少化石能源依赖，推动降低建筑运行过程的碳排放水平。建材行业是建筑碳排放的重要环节。要加大绿色建材产品和关键技术研发投入，鼓励发展性能优良的预制构件和部品部件。逐步提高城镇建筑中绿色建材的应用比例，推进绿色建材产品标准、认证、标识推广应用工作，促进绿色建材广泛使用。（黄少中）

发展低碳 增添绿色

—2022 年世界科技发展回顾·能源环保篇

科技日报 2023.1.10

提出新型中子吸收剂方法增强核反应堆安全可控性

高温气冷堆是第四代核电堆技术，具有安全性好、效率高、经济性好、用途广泛等优势。高温气冷堆通过核能—热能—机械能—电能的转化实现发电，能够代替传统化石能源，实现经济和生态环境协调发展。这种类型的反应堆可产生电力和高温热量，用于制氢、海水淡化和中央供热，无需充电即可运行约 10 年。这些品质使高温气冷堆成为确保向难以到达地区（如极北地区）的定居点和企业供应能源和热量的最佳解决方案。

托木斯克理工大学提出了一种用于高温气冷核反应堆的新型中子吸收剂方法——使用气态三氟化硼作为核燃料所释放中子的吸收剂。使用新吸收器不仅有助于更有效地控制核反应，它的浓缩版本也非常适合安全紧急中止反应堆。三氟化硼的主要优点是能够在高达 1000℃ 的温度下保持气态并且不会分解。这种化合物的毒性很大，但在室温下在普通水中会完全中和。该研究成果有助于大大提高自 20 世纪中叶以来开发的这类反应堆的安全性。（董映璧）

日本 Japan

发布新氢能路线图研发多款节能产品

2022 年，日本政府发布了新的氢能路线图，日本科学家也开发出多款节能产品，同时注重废物的回收和再利用。

3 月，日本经济产业省发布了新版《氢能与燃料电池路线图》，旨在到 2030 年将能源结构中氢能的使用占比提高。

在节能减排产品研发方面，日本国家材料科学研究所开发了一种耐用的钙钛矿型太阳能电池，面积仅为 1 平方厘米，能在阳光下以超过 20% 的光电转换效率连续发电 1000 多个小

时，可用于开发轻型多功能太阳能电池。日本科学家还开发出一款新碳捕集系统，能直接从大气中清除二氧化碳，效率高达 99%，且捕集二氧化碳的速度至少是现有系统的两倍，成为迄今处理空气中低浓度二氧化碳最快的捕集系统，有望开启直接空气捕集新时代。

在废物回收利用方面，东京大学开发的技术可将食品残渣转化为建筑水泥，这是世界上首个完全使用食物制作水泥的工艺。科学家利用回收稻壳创造了首个硅量子点 LED 灯。此外，量子科学技术研究开发机构利用高性能离子导体作为锂分离膜，开发出超高纯度锂（99.99%）回收技术以及离子导体锂分离技术，可从车载锂离子电池中低成本回收超高纯度锂，作为电池原料，将制造电池原料的氢氧化锂成本降至进口价格的一半以下。（张梦然）

韩国 South Korea

修复核电产业生态通过碳中和路线图

2022 年，韩国采取多种手段修复核电产业生态，同时大力发展氢能。

韩国政府修复核电产业生态的举措包括：组建并启动提升核电竞争力的特别工作组，意在探索提高核电产业竞争力的方案；在庆尚南道昌原等地打造核电产业生态圈；要求已有核电站快速复工；加大企业支持力度，发布《核电产业合作企业支援对策》和《核电站中小企业支援方案》。韩国政府 2022 年还向核电站合作企业招标 925 亿韩元的工程，到 2025 年为止提供 1 万亿韩元以上的新工程。对那些面临生存危机的核电站零部件公司，韩国政府承诺提供 1000 亿韩元的政策资金和 3800 亿韩元的金融支持。

韩国科学技术信息通信部 11 月审议通过《碳中和技术创新战略路线图》。根据该路线图，在二氧化碳的捕集、利用与封存方面，韩国将在日本海气田实施综合实证项目，争取到 2030 年和 2050 年，二氧化碳全年储存量分别达 400 万吨和 1500 万吨。在氢能生产与供给方面，韩国将为企业研发大量储存、远程气体运输等技术提供支持，力争实现生产与供给氢能 2030 年达 194 万吨、2050 年达 2970 万吨的目标。此外，韩国争取到 2030 年推广 450 万辆氢能汽车，为此对下一代电池汽车进行实地验证，同时研发防止电池火灾的技术。（薛严）

德国 Germany

能源安全战略先行氢能旗舰项目推进

2022 年气候变化在德国引发广泛关注，德国也多管齐下确保能源安全，包括继续推进氢能项目等。

2022 年夏季，欧洲森林火灾导致的温室气体排放量为 2007 年以来最高。德波边境的奥得河发生大量鱼类死亡的生态灾难。欧洲激进的环保组织不惜通过污毁艺术品，阻塞交通要道，甚至破坏企业生产设备等行为来引发公众对环保和气候变化的关注。

海洋和气候变化研究方面，阿尔弗雷德韦格纳研究所取得了一系列成果：发现气候变化可能会改变并加剧北冰洋的季节性酸化，对海洋生物具有深远影响；根据卫星数据估算北极全年的冰层厚度和体积；发现塑料泛滥已蔓延到北极的所有栖息地；建议在超过生态临界点之前阻止海洋不可逆转的塑料污染；成功在南极获取首批包含远古历史气候数据的钻芯；绘

制了北极中部气候过程的第一张完整图景，发现北极的变暖速度是地球其他地区的两倍多；开始建造“流星4代”远洋科考船等。

德国政府尽力确保能源供应安全，推出了“气候与转型基金”，从2023年到2026年，将提供约1775亿欧元用于促进环保、可靠和负担得起的能源供应和气候保护。

德国耗资7亿欧元的氢旗舰项目也继续推进，电解槽的规模化和系列化生产、海上风电无并网制氢、氢运输技术均取得进展，氢能经济发展步入正轨。另一方面，德国还在探索利用微生物和阳光可持续生产氢；与日本合作，把氨作为氢的载体，研发新型综合反应堆技术。（李山）

法国 France

新计划重新启动核能加大支持可再生能源

为按时完成脱碳目标，2022年，法国重新拥抱核能，也加大了风能、太阳能以及氢能等可再生能源的支持力度。

2月，总统马克龙宣布其连任当选法国总统后的长期能源计划，包括重启核能，目标是在2050年前建造6座新的第二代欧洲先进压水堆，延长核电站使用期限至50年，并明确提出“不再有关闭目标”。

在可再生能源方面，根据“法国2030”计划，法国将投入10亿欧元用于可再生能源的研发，计划到2050年建成50个海上风力发电场，实现风电产能达40吉瓦的目标；太阳能发电装机容量将增加10倍，达到100吉瓦以上。法国还将继续投资水力发电站以及沼气利用等可再生热能开发。

法国还提出在30年内将能源消耗减少40%，加速工业设备脱碳和住房节能改造，大力发展新能源汽车和氢能产业。

氢能方面，法国政府11月宣布“已保证2吉瓦电解水制氢设备”，并重申发展绿氢是工业脱碳的支点之一。法国氢能战略路线图设定的目标是，到2030年建成6.5吉瓦电解水制氢设备，年产绿氢70万吨。此外，欧盟委员会公布两批氢价值链“欧洲共同利益重大项目”（IPCEI），其中包括法国提交的17个，法国将为这批项目投资21亿欧元。（李宏策）

英国 The UK

颁布能源安全战略重启氘氘聚变实验

在节能减排、加大脱碳力度、向新能源和可再生能源转型方面，英国制定了能源安全战略，并取得了多项进展。

2022年4月，英国政府正式公布新的《英国能源安全战略》，旨在“促进长期能源独立、安全和繁荣”，生产更多“清洁”和“负担得起”的能源。根据这份战略，未来英国将在核能、海上风电、氢能等可再生能源领域加大投资，力争到2030年英国95%的电力将来源于低碳能源。

英国原子能管理局等机构称，世界上规模最大的核聚变反应堆欧洲联合环状反应堆

(JET) 中产生了能量输出为 59 兆焦耳的稳定等离子体。这是自 1997 年以来，世界首次进行的氘氚核聚变实验。

剑桥大学使用一种广泛存在的蓝绿藻为微处理器持续供电了一年，该系统具有以可靠和可再生方式为小型设备供电的潜力。曼彻斯特大学领导的国际研究团队，开发了一种利用光和光催化材料，在常温常压下将甲烷直接转化为液态甲醇的快捷方法，这一成果不仅有助于节能减排，且能获得经济收益。剑桥大学还设计出一种超薄、灵活的设备，就像“人造树叶”，其灵感来源于光合作用，能生产一种可持续的汽油替代品，这种设备成本低、足够轻，可以漂浮在水上而不会占用陆地空间。(刘霞)

Israel 以色列

投资气候技术创新鼓励新能源企业发展以色列将自身定位为全球气候技术的领导者。截至 2022 年初，仅在新能源领域，以色列就有 100 余家各种企业，涵盖能源传输、能源存储、新能源发电等方面，而所有与气候技术相关的企业数量达到 700 家。

在促进气候技术创新方面，2022 年 5 月，以色列能源部和以色列创新局与美国能源部合作，宣布提供 400 万美元用于开发创新的清洁能源技术，例如研发碳捕获等技术，减少天然气和其他相关基础设施对气候的影响。6 月，以色列政府宣布未来 5 年将投资 8.7 亿美元促进气候技术创新，其目标是到 2026 年将以色列全国气候领域注册专利、初创企业和在国家科研基础设施上开展的技术试点项目翻一倍。以色列创新局和能源部也宣布，向 3 家企业投资近百万美元创新能源技术，上述企业分别从事能源存储、电动汽车快速充电、利用无人机诊断太阳能电池板故障等技术研究。

在氢燃料电池领域，以色列巴伊兰大学宣布其化学系教授埃尔巴兹领导的研究团队正在研制“氢基可逆燃料电池”用于能源存储，且已经通过了概念验证阶段，该技术有可能彻底改变能源存储和生产方式。(胡定坤)

美国 The US

气变研究揭示塑料污染高效热机助力电网脱碳

2022 年，美国在气候变化和环境研究方面取得多项成果，也开发出一些有效的节能减排技术和产品。

在环境研究方面，加州大学戴维斯分校一项研究显示，微塑料可将陆地上的病原体带入海洋，可能会对人类和野生动物的健康造成影响。洛斯阿拉莫斯国家实验室发现，北极气温上升速度是全球变暖的 4 倍。麻省理工学院研究团队发现，地球拥有一种“稳定反馈”机制，已运行数百万年，可随时间推移自我调节温度。斯克里普斯海洋研究所首次在南极洲冰层以下的沉积物中发现一个巨大的地下水系统。

在推动环保的创新技术方面，美国能源部劳伦斯·伯克利国家实验室和加州大学伯克利分校科学家报告了一种能够完全回收的、可生物降解的打印电路，这能进一步让垃圾填埋场中的可穿戴设备和其他柔性电子产品分流，减轻重金属废物对健康和环境的危害。莱斯大学

将回收利用的汽车废塑料变成石墨烯，并通过一种节能技术将其用于制造新的汽车部件。得克萨斯大学奥斯汀分校科学家研制出一种新的酶变体，能在几小时到几天内分解正常情况下需要数百年才能降解的塑料，有望大大推动塑料的回收利用，真正开启塑料循环经济。

罗格斯大学开发了一种可生物降解的植物性涂层，可喷在食品上，防止病原微生物和腐败微生物入侵以及运输破坏。国家可再生能源实验室和麻省理工学院工程师设计了一种没有运动部件的热机，以超过 40% 的效率将热能转化为电能，优于传统蒸汽轮机，在推广可再生能源和实现完全脱碳电网的道路上迈出了至关重要的一步。（张佳欣）

巴西 Brazil

加快电力结构调整发布气候中和战略

2022 年，巴西政府加快电力结构调整，大力发展非水可再生替代能源。巴西也宣布了实现 2050 年气候中和承诺的战略措施。

巴西的光伏发电累计装机容量已从 2012 年的 7 兆瓦增长到 2021 年的约 13 吉瓦，已成为全球第三大可再生能源市场，光伏发电已是巴西最具竞争力的可再生能源。巴西太阳能光伏发电协会预测，光伏行业在 2022 年为巴西增加超过 35.7 万个新工作岗位。根据评估，到 2030 年，光伏行业投资有望超过 500 亿雷亚尔（约合 98.5 亿美元）。

巴西致力于应对气候变化带来的不利影响，提出了 2030 年温室气体排放量将在 2005 年基础上减少 50% 的新目标。巴西也宣布实现 2050 年气候中和承诺的战略措施，包括到 2028 年实现零非法毁林、到 2030 年恢复和重新造林 1800 万公顷，以及鼓励扩大国家铁路网等。巴西还加入了《全球甲烷协议》，并宣布制定“减少甲烷排放国家计划——零甲烷”，该计划将致力于通过减少甲烷排放创造经济资源。

此外，巴西农业、畜牧业和供应部宣布了《适应气候变化和低碳排放的农业可持续发展部门计划（2020—2030）》，旨在通过减缓温室气体排放来促进巴西农业可持续发展，重点推广包括节约型灌溉系统、集约化牲畜饲养在内的农业科技手段，力争在 2030 年前实现农牧业减少排放 11 亿吨碳当量的目标。

巴西能源部发布的《生物燃料法案》称，到 2030 年巴西能源结构中的生物燃料消费将从现在的 300 亿升左右提高到 500 亿升，这将使巴西在未来 10 年中减少 6.7 亿吨二氧化碳排放。巴西交通部也出台指导性法规，推动巴西零碳汽车市场的发展，目标是提高电动汽车在巴西市场的份额，从目前全国汽车总销量的 2% 增至 10%，并在巴西建设 1 万个公共充电站。（邓国庆）

减污降碳科技助力无废城市加快创建

中国能源报 2023.1.9

记者在近日举行的“2022 无废城市论坛”上了解到，“十四五”时期是稳步推进全国无废城市建设的新阶段，要实施全面节约战略、推进各类资源节约集约利用，减污降碳科技

创新必不可少。其中，固体废物规模化高效利用等创新技术的开发与应用将成为推动未来城市绿色发展的一大主要动力。

■ ■ 多地探索无废城市建设

加快构建废弃物循环利用体系，是实施全面节约战略的重要内涵，是深化循环经济发展的重要举措，是全面提高资源利用效率的必由之路。中宣部办公厅原主任薛启亮在论坛主旨演讲中指出，无废城市是以创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念为引领，通过推动形成绿色发展方式和生活方式，持续推进固体废物源头减量和资源化利用，最大限度地减少填埋量，将固体废物环境影响降至最低的发展模式，也是一种先进的城市管理理念。

生态环境部等18部门2021年底联合印发的《“十四五”时期无废城市建设的工作方案》曾提出目标——到2025年，无废城市固体废物产生强度较快下降，综合利用水平显著提升，无害化处置能力有效保障，减污降碳协同增效作用充分发挥，基本实现固体废物管理信息“一张网”，无废理念得到广泛认同，固体废物治理体系和治理能力得到明显提升。值得注意的是，该《工作方案》明确提出，将在100个左右地级及以上城市开展无废城市建设。

据记者了解，截至目前，盘锦市、瑞金市、天津市、徐州市等多个地级及以上城市都已出台了相关文件并启动了无废城市建设工作。以盘锦市为例，该市通过打造无废矿山的方式从源头减少了工业固体的产生量，并通过发展旅游观光将矿山转化为“金山银山”。

在业界看来，各地对于无废城市的探索将有利于总结试点经验，为高质量推进无废城市工作奠定基础。

■ ■ 解决挑战亟需达成共识

无废城市的暖风虽已吹向各地，但在业内人士看来，无废城市的建设仍面临诸多挑战，需要凝聚多方共识，推动产业化发展。

薛启亮指出，我国固体废物产生强度高、利用不充分，与人民日益增长的优美生态环境需要还有较大差距，需要加大治理力度，让群众实实在在感受到生态环境质量改善。“提升固体废物综合管理水平，使之与城市建设和管理有机融合，有助于推动城市加快形成与新发展理念相匹配的空间格局、产业结构、工业和农业生产方式、消费模式，提高城市绿色发展水平。”

在工信部节能与综合利用司原司长周长益看来，新时代资源综合利用的要求有两点：一是利用过程必须清洁，没有任何二次污染，这是最基本的要求；二是要好好考虑利用什么废弃物、如何利用废弃物，要科学合理利用资源。

经济学家宋承敏则指出，当前人们越来越关注环保问题，认识到节能环保产业在国民经济中的重要地位。“希望大家群策群力、献计献策，把无废城市建设这个符合时代方向、社会发展规律、人民愿望的大事办好。”

■ ■ 科技创新重要性凸显

面对无废城市的绿色发展要求，多位与会专家表示，减污降碳技术创新的重要性将愈加凸显，将成为推动城市绿色发展的重要动力。

据宝力环境科技有限公司（以下简称“宝力环境”）执行董事黄道德介绍，宝力环境项目示范基地已实现年处理废弃菜叶量约 25 万吨，处理后的废水和废渣经过加工生产出约 1.5 万吨的有机肥料、6000 吨的干饲料、青贮饲料，切实解决了易腐垃圾、城市渣土、废弃菜叶处理难、难处理的痛点，实现了废弃资源再循环利用，提升了城市有机固废治理的管理标准。

国家发改委国际合作中心原副院长宋澎表示，推进无废城市建设是实现美丽中国目标的内在要求。“宝力环境投入了大量人力、资金，研发出了新技术，还需要向市场推广，加速固体废物资源化利用，促进行业生态良性发展。”

住建部中国建筑文化中心副主任侯延臻也表示，在推进无废城市建设的过程中，让技术更好落地非常关键。“我们要坚持政府引导、科技支撑、市场运作、企业主体的原则，积极推动以技术为核心的项目落地。”（李丽旻）

二氧化碳电解技术助力碳中和

中国科学报 2023.1.31

本报讯（见习记者孙丹宁）中科院大连化学物理研究所包信和院士、汪国雄研究员、高敦峰研究员团队在二氧化碳/一氧化碳电解制备燃料和化学品研究中取得新进展。团队揭示了碱性膜电解器中二氧化碳/一氧化碳电催化还原反应覆盖度驱动的选择性变化机制，并组装出千瓦级电堆，其电解性能达目前文献报道最高值。该成果可以实现钢厂尾气或者化工尾气的高值化利用，为二氧化碳/一氧化碳电解技术从实验室到实际应用奠定了技术基础。相关成果近日发表于《自然-纳米技术》。

利用可再生能源产生的电能，二氧化碳电解反应可以将二氧化碳转化为高附加值燃料和化学品。乙烯、乙酸和乙醇等多碳产物具有较高的能量密度和市场需求，是理想的电解产物。然而，在工业级电流密度下高选择性生成多碳产物仍然是个挑战。

研究团队基于钢铁工业排放出大量的二氧化碳/一氧化碳混合尾气这一现状，通过改变进料气组成来调变碱性膜电解器阴极氧化铜催化剂的微环境，实现了在工业级电流密度下高效二氧化碳/一氧化碳电解制备多碳产物。随着进料气中一氧化碳压力的增加，电解主产物逐渐由乙烯转变为乙酸，且电流密度显著增加。

为进一步验证电解过程的可行性，团队组装了 4 节 100 平方厘米的碱性膜电堆，其电解功率最高达到 2.85 千瓦，在总电流为 150 安培时，乙烯的生成速率为 457.5 毫升每分钟；在总电流为 250 安培时，乙酸的生成速率为 2.97 克每分钟。

“团队在电化学器件上进行了创新，研制了高性能碱性膜电解器件来电解二氧化碳/一氧化碳。”汪国雄介绍，“同时，我们通过改变反应气中一氧化碳分压来调控电极催化剂微

环境，揭示了反应覆盖度驱动的选择性转变机制。”

该研究不仅为单一多碳产物的定向生成提供了重要参考，而且为二氧化碳/一氧化碳电解除从实验室走向实际应用奠定了技术基础。

强化问题导向 稳妥推进碳达峰碳中和

中国环境报 2023.1.9

习近平总书记在党的二十大报告提出，要积极稳妥推进碳达峰碳中和。碳达峰碳中和（简称“双碳”）目标从提出、部署再到落实，不仅体现了我国推动实现全球生态安全与可持续发展的决心，更彰显了我国与国际社会共同构建人类命运共同体的意愿与大国担当。当前，我国正积极推进“双碳”进程，但“双碳”落实过程中存在部分问题亟待破解。

推进“双碳”目标过程中问题凸显

一些地方对“双碳”概念的理解仍较为片面。一是对碳达峰存在认识误区，一些地方误以为碳达峰时间节点即将来临，那么在碳达峰之前应加大排放，以获得一个较高的碳排放额度峰值基数，之后在基数上再减排。这种看法没有认识到碳峰值越大，此后的碳减排难度越高，为之付出的成本也越大。二是对碳中和缺乏整体性认识，现实中一些企业自称已实现碳中和或即将实现碳中和。这种看法没有认识到微观主体无从核算其是否达成碳中和目标，碳中和是个宏观概念，在宏观层面讨论才有意义。

一些地方冲高峰和运动式减碳倾向还未彻底扭转。面对“双碳”目标，一些地方大搞“碳冲锋”“碳跃进”，未批先建高耗能、高排放项目，盲目攀比提前达峰时间，使得碳达峰走调变形。一些地方采取不切实际的行动，通过拉闸限电对所有煤电机组采取“一刀切”方式，简单粗暴地关停能耗较高的传统产业，动摇当地经济基础，影响居民正常生活。此外，部分企业编制碳达峰行动方案缺乏数据基础，提出的碳达峰值远高于当前水平；有的企业编制方案没有深入研究碳减排路径，提出的工作举措不切实际，难以完成碳达峰目标。

绿色现代化产业体系尚未全面形成。我国仍处于工业化发展阶段，城市整体产业结构存在着过度依赖资源、资本、环境投入等问题。很多经济欠发达地区由于工业偏重于资源密集型产业或产业基础薄弱，高投入、高能耗、高污染、低效益的工业制造业比重大，碳排放强度仍然较高。即便是经济发达地区，目前仍存在着土地要素制约、淘汰落后产能等困难，面临着世界发达国家“再工业化”、核心高新技术封锁等带来的产业结构高端化挑战，构建绿色现代化产业体系进展缓慢。

化石能源主导型能源结构转型难度较大。我国能源资源禀赋被概括为“一煤独大”，呈现富煤贫油少气的特征，严重制约碳减排进程。从1950年—2020年我国碳排放来源占比看，煤炭是我国碳排放的主要来源。2020年我国石油和天然气对外依存度分别攀升至73%和43%，能源供应压力较大。新能源储能技术尚处在发展初期，制约了可再生能源电力系统的规模，使得可再生能源规模化发展和高效消纳利用的矛盾仍然突出。摆脱对化石能源的

依赖有一个较长过渡时期。

低碳技术水平与要素不充分不平衡。与国际先进水平相比，我国绿色低碳技术整体仍处于“跟跑”状态，绿色低碳重大战略技术储备不足。受制于低碳政策支持精准性不够、低碳技术转移平台不完善、绿色金融体系不健全等因素干扰，低碳技术成果转化与应用较少。同时，东部地区的创新要素集聚和流动水平要显著高于中西部地区，低碳技术区域发展不平衡也影响了我国“双碳”目标进程。

多措并举稳妥推进“双碳”目标实现

全面加强“双碳”目标内涵宣传。国民教育体系上，将碳达峰、碳中和基础知识纳入教材修订范围，增强民众对“双碳”的认知度。媒体宣传上，以全国节能宣传周、全国低碳日、世界环境日等为契机，充分利用广播电视、报纸等传统媒介和微博、抖音等新媒体，推动节能减排、低碳生活等理念深入人心。干部培训上，分批次、多层次对地方政府主要领导和企业主要负责人开展培训。

构建科学完善的减碳治理体系。切实发挥政府引导作用，各地方根据国家总体行动方案制定切合实际和切实可行的碳达峰碳中和路线图和时间表，逐步建成省市县三级统一规范的碳排放统计核算体系，加快完善“双碳”综合评价考核制度与奖惩机制。充分发挥市场主体作用，用好碳交易市场，引导各类资源、要素向绿色低碳发展集聚；适度提高居民生活用电、供气、供暖在高峰期使用价格，推动完善电价和电力调度交易机制。动员社会主动参与，倡导企业建立碳核算机制，对碳排放强度与总量进行监测和评估，倡导居民开展绿色出行、参加植树造林等活动。

加快建立绿色低碳产业体系。发展绿色低碳型高新技术产业，打造绿色高效产业链，优化制造业结构。积极发展低碳服务业，促进服务业结构转型升级。综合运用法律、行政、经济手段加大淘汰落后产能力度，优化各行业内部结构，提升各行业整体能源效率和碳排放效率。同时，大力发展节能环保产业，加强用绿色低碳技术、工艺、设备对传统工业企业进行改造，提升绿色低碳化运营企业比重。推行绿色设计，完善绿色制造体系，建设绿色低碳工厂，形成一批绿色低碳工业示范园区逐步向全国推广。

深入推进能源结构低碳清洁化。实现“双碳”目标，前提是能源体系的转型，即从化石能源为主体转向新型清洁能源体系。立足以煤为主的基本国情，推动煤炭消费尽早达峰。大力发展太阳能、生物质等低碳能源和零碳能源，逐步替代大比例进口的石油和天然气。重点发展氢能产业，构建氢电协同的清洁能源体系，并做好配套设施建设。比如，成立跨区域氢能产业发展专业委员会，指导氢能上中下产业融合发展，选取氢能发展基础较好的沿海地区进行氢能储存港口建设，成熟后在内地科学论证选址有序部署氢电站。

大力支持绿色低碳科技革命。组建一批专业化队伍，紧紧围绕气候变化影响以及能源、电力等领域的技术需要，推进高效率太阳能电池、可再生能源制氢等前沿技术攻关。夯实低碳技术研发资金保障，大力发展绿色贷款、绿色保险和绿色基金等金融工具，提升东部地区

低碳技术研发支持精准性，同时强化低碳技术向中西部地区渗透能力。加快国家绿色技术交易中心建设，推动绿色低碳技术在更大范围内推广与应用。同时，依托“一带一路”“南南合作”等国际合作平台，搭建国内外产学研三方联合培养实践基地，加强低碳技术国际交流与合作。（黄磊 鲍鹏程）

以氨气作燃料，陶瓷烧制迈向零碳排放

科技日报 2023.1.19

经项目改造的中试窑炉使用 100% 氨气燃料，通过窑炉冷态点火升温，现场调控温度、压力等烧成制度后，成功烧制了首块零碳氨燃料绿色瓷砖。纯氨燃烧窑炉烟气由具有相关资质的第三方现场采样检测，检验结果显示，其烟气污染物等均低于国家标准限值。

建筑陶瓷生产要经过 1200 摄氏度的高温烧制，目前主要使用天然气、煤和重油等化石燃料，因而会产生大量的二氧化碳排放。在“双碳”目标背景下，陶瓷产业面临巨大的二氧化碳减排压力。采用先进零碳燃料是最根本、最直接、最有效的减碳方式之一，这也是高温制造业在这场新能源技术革命中对科技创新提出的迫切需求。

记者近日获悉，全球首块零碳氨燃料烧制的绿色瓷砖在广东省佛山市成功出炉，标志着我国建筑陶瓷行业向碳中和目标迈出了重要一步。

开发出氨气零碳燃烧技术

目前，适合大规模工业应用的零碳燃料只有氢气和氨气两种，它们都不含碳，因此在高温下燃烧不会产生任何碳排放。但由于工业窑炉燃烧用氢量巨大，而氢气大容量储运十分困难，极大地限制了氢在高温工业中作为燃料的应用。

氨是氢和氮的化合物，合成氨已有 100 多年的历史，目前主要用于农业化肥和化工原料。与氨相关的安全储运技术、基础设施、运输标准都较为成熟，尤为重要是氨可以大容量储运，成本大幅低于氢的储运，氨燃料经济性明显优于氢燃料。但氨气不容易点火，不容易燃烧，高温燃烧时会产生氮氧化物，这些都是开发氨气零碳燃烧技术必须解决的问题。

2021 年 12 月 27 日，佛山仙湖实验室、佛山欧神诺陶瓷有限公司和佛山市德力泰科技有限公司（以下简称德力泰）联合成立了“先进零碳燃烧技术联合创新研发中心”（以下简称联合研发中心），由佛山仙湖实验室科学家程一兵院士担任中心主任。该中心瞄准陶瓷窑炉零碳燃烧颠覆性关键技术，旨在为我国陶瓷工业实现“双碳”目标探索新途径，并着眼于将“先进零碳燃烧技术”推广至其他高温制造行业。

经过近一年的技术攻关，联合研发中心成功设计并开发出新型纯氨和天然气混氨工业燃烧器及配套技术，在德力泰的工业实验炉实现了稳定点火、掺氨和纯氨稳定燃烧，并有效地将氮氧化物排放控制在国家规定的标准以内。团队在开发零碳燃烧技术的同时，还建立了一整套适用于氨燃料陶瓷窑炉的安全使用制度以及应急管理措施。

在此基础上，团队成功完成了对佛山欧神诺陶瓷有限公司一条 30 米长的辊道窑炉的改

造，将此窑炉以天然气为燃料改造成以纯氨和天然气混氨为燃料。团队同时研发了适用于纯氨燃烧的液氨气化及供给精确控制系统、烟气残余氨在线监测系统，并联合广东安清科技有限公司开发了高效液氨 SCR 脱硝系统等成套技术及装备。

首块氨燃料绿色瓷砖烧制成功

2022 年 12 月 18 日，“建筑陶瓷工业窑炉氨燃烧（零碳燃料）技术”项目正式在佛山欧神诺陶瓷有限公司进行示范试产。经项目改造的中试窑炉使用 100% 氨气燃料，通过窑炉冷态点火升温，现场调控温度、压力等烧成制度后，成功烧制了首块零碳氨燃料绿色瓷砖。

纯氨燃烧窑炉烟气由具有相关资质的第三方现场采样检测，检验结果显示，其烟气污染物（氮氧化物、二氧化硫及颗粒物等）低于国家标准限值。

该项目采用创新科研成果，解决了纯氨燃料工业级燃烧器点火困难及燃烧火焰不稳定的技术难题，实现了纯氨燃料的高效稳定燃烧（燃烧效率 >99.9%，残氨浓度 <5ppm）；项目创造性地结合分级燃烧、SNCR 及液氨 SCR 技术，大幅降低燃烧烟气中氮氧化物的排放，共申报国家专利 30 余项。

氨是可以运用风电、光电等清洁能源制备的可持续、可再生的零碳燃料。零碳氨燃料烧制陶瓷创新技术的成功应用，不仅为建筑陶瓷行业实现“双碳”目标提供了一项技术方案，也为其他高温制造业实现“双碳”目标指明了一条明确的、切实可行的技术路径，具有重要现实意义。（龙跃梅 王宇）

新型人工碳晶体诞生记

中国科学报 2023.1.13

不断发现新结构、新性质，实现新应用，一直是材料学家的研究主题。在碳材料研究领域，寻找石墨和金刚石之外的新型晶体结构，对获得具有更新性质和更优性能的碳材料具有重要意义，也成为很多研究人员的兴趣所在。

1 月 12 日，《自然》刊登了中国科学技术大学（以下简称中国科大）材料科学与工程系教授朱彦武团队的研究成果。历经十年的努力和探索，他们发现了一种对富勒烯 C60 分子晶体进行电荷注入的新技术，在常压条件下构建了 C60 聚合物晶体和长程有序多孔碳晶体，并实现了其克量级制备。

“长程有序多孔碳晶体是一类全新的人工碳晶体，此前尚未报道过。得到它的过程，就像把富勒烯分子当成一块块乐高积木，其关键是设计出将富勒烯分子‘卡’在一起的方法，也就是该研究发展的电荷注入技术。实际上，电荷注入技术具有相当的普适性，有望成为在原子级精度上调控晶体结构的新手段。”论文通讯作者朱彦武向《中国科学报》介绍。

“乐高”式新型碳材料构建方法

碳是自然界最常见的元素之一。碳原子之间能够通过不同排列方式形成多种结构，比如我们熟悉的石墨、金刚石和无定形碳，其已经广泛应用于各个领域。

近年来，富勒烯、纳米碳管、石墨烯和石墨炔等新型碳材料的发现和发展，引发了广泛的关注与研究热潮。“如果我们可以进一步利用上述纳米材料作为基本单元，排列成有序的结构，‘搭建’出新型碳晶体材料，就可能发掘更多新奇性质、发挥更大应用潜力。”朱彦武说。

事实上，此前已有理论预测这类碳材料可以稳定存在。但一直以来，对这类碳材料进行宏量制备、深入表征，并系统探索其应用范围，仍然存在巨大挑战。

挑战主要是，此前制备这类碳材料，研究人员要么利用高温高压等极限条件，要么采用紫外光、电子束辐照等难以规模化的微观处理技术，从而导致产率很低、产物不纯，阻碍了人们对该类材料进行更加深入、系统的探索。

此次研究中，朱彦武团队创造性利用氯化锂对富勒烯 C60 分子晶体进行电荷注入，并在适当温度下进行热处理，最终得到了 C60 聚合物晶体和长程有序多孔碳晶体，并且实现了其克量级制备。

《自然》审稿人认为：“论文中给出的结果令人信服，对晶体学和材料科学领域具有重要意义。”

电荷让分子“温柔牵手”

一个富勒烯 C60 分子中有 60 个碳原子，要想以其为结构单元得到新的碳结构，就得让相邻分子之间既形成稳定连接，又不能严重破坏富勒烯的笼状结构主体特征。这需要让 C60 分子中部分碳原子与相邻分子中的碳原子之间形成一定数量的共价键。

为了稳定获得大量的这类碳结构，团队尝试了各种办法。一次偶然机会，他们注意到了一种叫作氯化锂的材料。这种材料的化学性质活泼，遇水会产生明火，具有很强的失电子能力。进一步研究发现，该材料能在大约 400℃ 条件下对石墨进行电荷注入，诱导其快速发生堆叠形态相变。

论文第一作者、中国科大特任副研究员潘飞主要负责新型碳晶体的制备条件和结构表征。他说：“电荷注入是物理学研究中常用的方法，一般用来改变材料的电子学性质（例如电子能级），但很少用来改变和调控材料的微观结构。”

在上述研究的基础上，他们将该方法拓展至富勒烯 C60 分子晶体的结构调控中。“我们发现在适当温度下，电子会从氯化锂转移至富勒烯 C60 分子中实现电荷注入。这些额外的电荷会改变 C60 分子的电子结构，使得相邻分子间形成共价键，两个分子更容易成功‘牵手’。”潘飞说。

值得一提的是，该工作实现了理论模拟与实验研究的深度融合。“将 60 个碳原子作为一个单元组成晶体的可能性非常多。我们采用神经网络势函数并结合机器学习方法，广泛搜索了从富勒烯到其他碳结构的衍化路径，得到了 30 多万个可能的中间态结构，再将这些中间态结构特征和实验结果进行对比，进一步明确了实验上调控制备条件的方向，提高了实验工作的精准度和效率。”论文共同第一作者、中国科大特任副研究员倪堃介绍。

为什么在这样的实验条件下能得到这样的晶体结构？在研究过程中，他们利用理论计算对实验结果的机理进行了同步解释，认为电荷注入未来可能是一个非常有用的微观结构调控技术。

值得一提的是，更加详细结构搜索表明，长程有序多孔碳基晶体代表了一大类从富勒烯分子晶体到石墨类碳晶体转变过程中的亚稳态晶体结构，有望在碳材料领域得到持续关注、开展跟进研究。

发展中国人的碳材料体系

事实上，早在2011年，朱彦武在美国得克萨斯大学奥斯汀分校进行博士后研究时，就找到了一种化学“活化”的方式“激活”石墨烯，成功将石墨烯片层重构成为兼具高比表面积、高电导率和负曲率结构的“活化石墨烯”。它作为超级电容器电极材料表现出优异性能。该研究成果发表于《科学》。

“当时我就开始考虑，以具有明确结构的碳基纳米单元为积木，我们中国人自己是否可以发展出一类新的碳材料体系。”带着这样的目标，朱彦武回国加入中国科大，2012年成立先进碳材料研究组，集中精力研究新型碳材料的制备与应用。十年间，尽管团队将相当一部分精力用于研究石墨烯材料的应用及其相关产业化技术，并取得了重要进展，但从未忘记“制备新型碳晶体材料”这一基础研究目标。

十年攻关终于有了回报，长程有序多孔碳基晶体正是团队想要得到的新型人工碳晶体之一。

“大家常说十年磨一剑。其实刚开始我们没有‘剑’，甚至连‘剑’长什么样也不清楚，仅仅是一个朦胧的梦想。”朱彦武坦言。但在探索的道路上，他们从未忘记“初心”。他们认为，新材料的结构调控从简单走向复杂、从单一功能走向多层次梯度功能，这是一个必然趋势，需要一个长期的研究过程。

“朱老师提供了一个非常宽容的探索空间，这是孕育产生原创性发现的基本条件。如果都规定好了——今天必须做这个、明天必须做那个，可能就很难得到现在我们稍微觉得满意的结果。”潘飞的体会是，科研中遇到难题时不要一味“死磕”，最好能短期调整研究方向或外出放松，看看其他研究领域的文献，也许会有意外的收获。

同样，倪堃也认为基础研究需要一个相对“宽容”的环境，不能因为一些短期因素就着急出成果。“做基础研究，做一件有更大价值的事比做十件重复性的工作更有意义。往往问题的突破点就来源于一个即时的灵感或者多学科交叉。只要做到这个‘1’，后面就会有更多的‘0’。而如果抓不住‘1’，做再多的‘0’也还是‘0’。”

朱彦武认为，团队能在这个方向坚持这么久，得益于中国科大相对宽松的科研环境。同时，“做基础研究一定要有自己的深度思考和多学科交流的时间，不能陷于短期目标的忙碌之中”。

谈及长程有序多孔碳晶体的应用，朱彦武表示：“该类晶体未来可能在能量存储、离子

筛分、催化负载等领域具有潜在应用，但这需要长时间的深入研究和工程化的努力。”接下来，团队将深入系统地研究这一新型碳基晶体的性质，期望通过进一步调控实验参数得到具有原子级别精度周期性的晶体结构，探索其更多性质与应用。（王敏）

学习贯彻党的二十大精神

从四个维度理解减污降碳协同增效

中国环境报 2023.12.19

党的二十大报告提出，我们要推进美丽中国建设，协同推进降碳、减污、扩绿、增长。当前，我国生态文明建设同时面临实现生态环境根本好转和碳达峰碳中和两大战略任务，协同推进减污降碳已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。因此，如何发挥实现减污降碳协同增效对于促进绿色转型的总揽全局、牵引各方这一重要作用，是亟待研究的重大课题。

深入理解减污降碳协同增效的内涵

减污降碳协同增效是实现减污和降碳等多目标的“帕累托改进”或“帕累托最优”。具体需要从环境、经济、社会、国际四个维度理解减污降碳协同增效的内涵。

第一个维度是环境维度。温室气体与大气污染物排放同根同源且相互作用，化石燃料燃烧不但产生二氧化碳等温室气体，同时也产生PM_{2.5}、PM₁₀、二氧化硫、氮氧化物（NO_x）等大气污染物。这一维度的减污降碳协同增效，是指在控制温室气体排放的过程中减少其他局域污染物排放（例如SO₂，NO_x，CO，VOC及PM等），或者是在控制局域的污染物排放及生态文明建设过程中同时减少/吸收二氧化碳及其他温室气体排放的状态或效果。推动“双碳”纳入生态文明建设整体布局就属于这个范畴。国际上与环境维度的减污降碳协同增效类似的词为“协同效应”或“协同效益”。联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第三次评估报告首次明确提出了协同效益/协同效应的概念，即温室气体减排政策的非气候效益。

第二个维度是经济维度。这意味着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。这里包括三个层面：一是无论是减污对降碳产生的协同效益还是降碳对减污产生的协同效益，都是附属效益，不用支付额外的成本，或者说是为同时实现两个目标节约了总成本；二是减污降碳协同增效的技术和产品属于国家政策鼓励的绿色低碳产业，也是具有国际竞争力的技术和产品，通过开展环境产品和服务贸易，可以直接产生经济效益；三是实现减污和降碳都要求能源和经济结构调整因而可以扩大绿色转型，实现高质量经济发展。总之，减污降碳是经济结构调整的有机组成部分，不仅要降碳、减污，而且要扩绿、增长。IPCC第四次评估报告也指出，综合减少大气污染与减缓气候变化的政策与单独的那些政策相比，可以提供大幅度削减成本的潜力。

第三个维度是社会维度。由于可以推动实现生态环境质量改善和减缓温室气体排放，从

人体健康的角度看，可以减少患者人数、减少病假天数、减少急性或者慢性呼吸道疾病发生、增加预期寿命；从应对气候变化角度看，可以降低气候破坏风险，总之能降低社会支付和管理成本。我们所说的实现碳达峰碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，“双碳”纳入经济社会发展全局等，就包括社会维度和经济维度的减污降碳协同增效内涵。

第四个维度是国际维度。减污降碳协同增效是构建人类命运共同体的重要一环。我国在减污降碳协同增效方面的工作和成就也是对全球的贡献，国际上的减污降碳协同增效经验也可以为我国借鉴。我国减少污染物和温室气体排放将直接减少全球的排放量；我国的减污降碳协同增效经验可以为其他国家提供借鉴，帮助其他国家减污降碳，也会对全球减少污染物和温室气体排放产生贡献；我国的减污降碳法律政策可以为减污降碳相关国际规则制定提供参考或发挥作用；国际环境公约之间的协同增效，例如《生物多样性公约》和《联合国气候变化框架公约》之间的协同增效，也对我国国际环境履约产生影响。

需要说明的是，减污降碳协同增效的环境、经济、社会、国际四个维度不是彼此分离的，是相互关联和递进的关系。其中，环境维度的减污降碳协同增效是基础也是目标，在实现减污降碳环境协同效益的基础上产生经济和社会维度的协同，是减污降碳协同增效的更高目标。在此基础上进一步实现国际维度的减污降碳协同增效，国际维度的减污降碳协同增效反过来又会影响和促进环境维度的减污降碳协同增效。

充分认识减污降碳协同增效的特点

笔者认为，我国的减污降碳协同增效有如下几个特点：

第一，减污降碳协同增效正处于最好的机遇期，也是实现效果最好的时期。推动减污降碳协同增效是我国发展阶段使然。与发达国家先解决了国内污染问题再应对气候变化两个发展阶段不同，当前我国生态文明建设仍处于压力叠加、负重前行的关键期，保护与发展长期矛盾和短期问题交织。与此同时，近年来地球环境正面临气候变化威胁，任何国家都无法置身事外，作为负责任大国，我国于2020年提出“双碳”目标。而且，应对气候变化是可持续发展的内在要求。这就决定了在这个阶段，我国既要减污，实现生态环境质量根本改善，又要降碳，为实现2030年前碳达峰打好坚实基础，二者缺一不可。“十四五”时期我国生态环境保护进入减污降碳协同治理的新阶段，也是我国新旧动能转换和经济社会全面绿色低碳转型的关键阶段，减污降碳协同治理对发展的倒逼和牵引力将越来越强，生态环保在发展全局中的位置将越来越突出，发展与保护将深度融合，碳减排将成为检验经济发展成效的重要标准。

第二，减污降碳协同增效将在美丽中国建设中处于极其重要的地位、发挥非常重要的作用。包含减污降碳协同增效在内的生态文明建设是新时代中国特色社会主义的一个重要特征，可以说，推动减污降碳协同增效已成为国家意志，而且也有比较具体的国家行动。我国已按下降碳加速键，将有力倒逼产业结构、能源结构不断调整优化，推动绿色产业快速发展。此外，减污降碳协同增效还处于总揽全局、牵引各方的地位。实施减污降碳协同治理，

就是要加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局。

第三，减污降碳协同增效将推动生态环境保护发生广泛而深刻的变革。减污与降碳融为一体，同频同效同路径，同时同步同目标，将形成更大合力，倒逼总量减排、源头减排、结构减排，推动产业结构、能源结构、交通结构、农业结构加快调整，实现改善生态环境质量从注重末端治理向更加注重源头预防和源头治理有效传导，从而牵引经济社会发展实现全面绿色转型和生态环境质量持续改善。（李丽平 张彬 杨儒浦 冯相昭 杨霖）

六部门：推动能源电子产业发展

中国电力报 2023.1.31

近日，工业和信息化部等六部门联合发布《关于推动能源电子产业发展的指导意见》。《指导意见》旨在依托我国光伏、锂离子电池等产业竞争优势，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，加快推动能源电子各领域技术突破和产品供给能力提升

能源电子产业是什么？

能源电子产业是电子信息技术和新能源需求融合创新产生并快速发展的新兴产业，是生产能源、服务能源、应用能源的电子信息技术及产品的总称，主要包括太阳能光伏、新型储能电池、重点终端应用、关键信息技术及产品等领域

发展目标

到 2025 年▶

产业技术创新取得突破，产业基础高级化、产业链现代化水平明显提高，产业生态体系基本建立。高端产品供给能力大幅提升，技术融合应用加快推进

到 2030 年▶

能源电子产业综合实力持续提升，形成与国内外新能源需求相适应的产业规模。产业集群和生态体系不断完善，5G/6G、先进计算、人工智能、工业互联网等新一代信息技术在能源领域广泛应用，培育形成若干具有国际领先水平的能源电子企业，学科建设和人才培养体系健全。能源电子产业成为推动实现碳达峰碳中和的关键力量

六项重点任务

- 深入推动能源电子全产业链协同和融合发展
- 提升太阳能光伏和新型储能电池供给能力
- 支持新技术新产品在重点终端市场应用
- 推动关键信息技术发展和创新应用
- 高度重视产业安全规范和有序发展
- 着力提升产业国际化发展水平

绿色技术助冰岛快速走向碳中和

科技日报 2023.1.31

在冰岛海利希地热发电站附近的一个小型网格球形穹顶内，充满二氧化碳的水正被泵入数百米深的多孔玄武岩中，二氧化碳会与岩石中的金属发生反应，变成碳酸盐，二氧化碳将安全地封存数千年。

这一项目是助力冰岛实现碳中和的方式之一。英国《新科学家》杂志网站在近日的报道中指出，冰岛正在开发一系列技术，帮助其在2040年实现碳中和，这些技术也可以帮助其他国家走向“绿色”。

电力几乎全来自可再生能源

在可再生能源方面，冰岛比其他国家走得更远。20世纪30年代，冰岛开始开发地热能，第一个项目是为首都雷克雅未克的游泳池、学校和医院提供热水。

上世纪70年代，冰岛政府加快了地热发电和水力发电的发展步伐。如今冰岛的电力几乎完全来自可再生能源，其中约70%来自水力发电，30%来自地热发电，成为少数几个实现绿色电力供应的国家之一。

此外，冰岛近90%的供暖来自地热发电厂的热水，只有少数独立建筑仍使用燃油锅炉。这使冰岛遥遥领先于欧盟其他国家，欧盟平均仅23%的供暖和制冷能源来自可再生能源。

鉴于目前地缘冲突引发的能源危机，可再生能源带来的好处也进一步凸显。能源成本飙升给许多地方的居民和企业带来沉重打击，但在冰岛，能源成本仍然很低。冰岛廉价的绿色能源吸引了数据中心等企业源源不断地到来。

通过使用可再生电力运行数据中心或生产产品，然后销往国外，冰岛正有效地向世界其他地区出口其绿色能源。

不过，冰岛仍在多大程度上扩大可再生能源生产以支持工业展开辩论。尽管冰岛还有大量电力可供利用，但最好的地热地点位于风景如画的景区。

交通领域能源转型乘风破浪

在冰岛，交通绿色化被称为继电力和供暖之后的第三次能源转型。对于汽车来说，要实现这一点相对简单。冰岛人均电动汽车销量位居世界第二，仅次于挪威。而且，冰岛将于2030年停止销售汽油和柴油汽车。

国内航班的“绿色”转型之路也高歌猛进。2022年，冰岛航空公司测试了一架小型电动飞机，并在考虑购买30座混合动力飞机。

绿色转型面临较大问题的是冰岛庞大的捕鱼船队。实现绿色船队的一种方法是改用可再生甲醇。2012年，冰岛“国际碳回收（CRI）”公司建造了第一座可再生甲醇工厂。这座小型示范工厂通过裂解水来制造氢气，然后将其与来自地热发电厂的少量二氧化碳（由热水带来）结合，制成“e-乙醇”。

去年，CRI在中国启动了首个可将二氧化碳和氢气转化为甲醇的商业规模的工厂，该工

厂将把焦炉煤气中的氢气和石灰窑中的二氧化碳转化为甲醇，年产量能达到 11 万吨。CRI 估计，该工厂每年将减少 50 万吨二氧化碳排放。该公司已在中国建设第二座工厂。

二氧化碳地下安全存储

在 CRI 将二氧化碳转化为燃料时，CarbFix 公司则致力于将二氧化碳安全储存在地下。他们的想法是：将二氧化碳注入地下 400—800 米深处，溶解在水中后会与钙、镁、铁等元素产生化学反应，形成碳酸盐。

试验结果表明，超过 95% 的二氧化碳在不到两年的时间里转化成了碳酸盐，这甚至好于最乐观的预测。和传统技术手段相比，这种方法减少了环境风险和气体逸出的风险，可使二氧化碳以稳定又安全的形式封存。

该公司的目标是，到 2031 年，每年注入 300 万吨二氧化碳，并希望在全球各地找到合适地点推广该工艺。其中一些二氧化碳甚至可从空气中直接提取。事实上，科学家已经小范围进行了相关试验。就在距离海利希地热发电站几百米远的地方，有一排看起来像巨大空调的装置。这是瑞士 Climeworks 公司的直接空气捕获试点工厂，该工厂由地热发电厂供电，并将捕获的二氧化碳输送至 CarbFix，泵送至地下进行矿化。据悉，Climeworks 目前正计划建造一座更大的工厂。（刘霞）

中国海域二氧化碳地质封存潜力达 2.58 万亿吨

中国科学报 2023.1.13

本报讯（记者冯丽妃）在 1 月 12 日召开的 2023 年全国地质调查工作会议上，自然资源部中国地质调查局首次发布我国海域二氧化碳地质封存潜力评价结果。数据显示，中国海域二氧化碳地质封存潜力巨大，预测潜力 2.58 万亿吨，可为国家碳达峰碳中和目标的实现提供重要支撑。

二氧化碳地质封存是指通过工程技术手段将捕集的二氧化碳注入地面以下的深部咸水层、枯竭油气藏等地质体中，通过构造地层封存等方式实现二氧化碳与大气长期隔绝的过程，是降低温室气体含量、缓解温室效应的重要手段之一。

按照封存位置不同，二氧化碳地质封存可分为陆域封存和海域封存。我国海域地壳稳定性好、沉积盆地分布广、地层厚度大、构造地层圈闭多，二氧化碳地质封存潜力巨大，但尚未开展基于实测调查数据的系统性评价。

据介绍，中国地质调查局利用 20 余年的海洋地质调查实测地质和地球物理数据，以及公开发表的商业性油气勘探开发等资料，创新提出了符合中国海域地质条件的二氧化碳地质封存潜力评价方法与适宜性评价方法，首次系统开展我国海域主要沉积盆地二氧化碳地质封存潜力和适宜性评价，基本掌握了海域二氧化碳地质封存的资源家底，明确了高适宜二氧化碳地质封存的盆地和区带，优选了重点目标，形成了中国海域二氧化碳地质封存潜力评价等一批重要成果。

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

《中国碳中和与清洁空气协同路径》报告显示

温室气体与大气污染物协同治理见成效

中国能源报 2023.1.2

本报讯（记者朱妍）报道：记者从2022年12月26日发布的《中国碳中和与清洁空气协同路径（2022）》（以下简称“报告”）获悉，在温室气体与大气污染物协同治理方面，我国已取得一定成效。2015—2020年，在全国地级及以上城市中，有105个城市实现了PM_{2.5}年均浓度和二氧化碳排放量协同下降。2021年，全国及重点区域大气污染物浓度较2020年均有所下降，全国339个地级及以上城市PM_{2.5}浓度平均为30微克/立方米，相比2015年下降34.8%；重度及以上污染天数比例，较2015年下降1.8个百分点。该报告是由清华大学、生态环境部环境规划院、北京大学、南京信息工程大学、中国清洁空气政策伙伴关系等单位联合发起，集结国内50余位一线学者共同编写。

温室气体与大气污染物排放同根同源，气候变化与大气污染之间存在明确的相互作用关系。“主要的温室气体排放和绝大多数的大气污染物排放，最主要来源都是人为活动过程中的能源消费。”报告召集人、生态环境部环境规划院大气所所长雷宇表示，当前，几乎所有的二氧化硫、氮氧化物，以及50%左右的挥发性有机物、85%左右的一次PM_{2.5}（不含扬尘），排放源均与二氧化碳高度一致。“基于此，我们可以考虑推进减污降碳、一体谋划、协同治理。”

实践证明，协同治理已见成效。据报告显示，2021年我国单位国内生产总值能耗同比下降2.7%，单位国内生产总值二氧化碳排放同比下降3.8%；煤炭在能源消费总量的占比降至56%，同比下降0.8%；水电装机、并网风电、并网太阳能、核电装机、生物质发电装机容量，分别占总发电装机容量的16.5%、13.8%、12.9%、2.2%和1.6%，全口径非化石能源发电装机容量首次超过煤电装机容量。推动能源绿色低碳发展，构建新能源占比逐渐提高的新型电力系统，既是如期实现碳达峰碳中和目标的内在要求，也是协同推动生态环境高质量保护和经济高质量发展的重要支撑。

“以新能源产业为例，我国风电、光伏发电装机在世界上遥遥领先，2021年装机总量分别约占世界总装机的50%和30%。2021年全球新能源汽车销量650万辆，中国占比超过一半；在全球动力电池企业前十位、电动汽车品牌销量前十位中，中国各占6个。这些成绩，在带动我国产业和经济发展的同时，也切实减少了化石能源消费，为降低碳排放、改善空气质量发挥了重要作用。”生态环境部应对气候变化司副司长陆新明给予肯定。

不过，陆新明同时坦言，我国作为最大的发展中国家，要在推动经济社会持续高质量发展，并实现现代化的同时，用比发达国家更短的时间实现碳中和。他指出，并不是所有措施都能做到减少碳排放和改善空气质量的协同，如何通过优化技术路径、设计政策组合，通过

清洁空气与碳达峰、碳中和的措施更好产生合力，还需开展更多研究。雷宇也称，实现“双碳”目标，意味着我国二氧化碳排放量要从百亿量级降至10亿吨级；实现空气质量全面根本性改善，主要大气污染物排放量则要从千万吨级减至百万吨级。二者均需在30-40年时间里完成，难度非常大，深度低碳的能源转型是实现协同目标的关键所在。

报告预测认为，通过实施协同减排，在2030年前实现碳达峰的基础上，有望使全国主要大气污染物排放量较当前水平下降三分之一以上，推动全国PM2.5年均浓度下降至25微克/立方米，臭氧浓度年评价价值有望下降至130微克/立方米左右，全国空气质量达标城市比例提升至80%以上。进一步以碳中和目标为牵引，推动能源深度低碳转型，到2060年实现碳中和目标时，PM2.5年均浓度和臭氧浓度年评价价值，有望分别降至10微克/立方米和100微克/立方米左右。“随着能结构产生巨大变化，届时将极大减少化石能源使用过程中大气污染物的排放，在未来PM2.5浓度下降中贡献度可达到80%左右。”中国工程院院士、生态环境部环境规划院院长王金南表示。

CCUS 技术方兴未艾

中国电力报 2023.1.5

据韩联社报道，韩国科学技术信息通信部（科技部）2022年11月21日举行第5次碳中和技术特别委员会会议，审议通过《碳中和技术创新战略路线图》。该路线图显示，韩国政府将在国内新设世界最大规模的二氧化碳储存库。在二氧化碳的捕集、利用与封存（CCUS）方面，韩国政府将在东海气田实施综合实证项目，争取二氧化碳全年储存量至2030年和2050年分别达400万吨和1500万吨。

自2019年二十国集团（G20）能源与环境部长级会议将CCUS技术纳入议题之后，国际CCUS领域研究日益深入，试验示范及应用日益广泛，一些国家开展的CCUS方略对我国的CCUS试验示范及商业化应用具有重要借鉴意义。

全球 CCUS 项目井喷式增长相关技术不断突破

国际能源署（IEA）指出，要实现2070年全球净零排放，CCUS在2020~2070年的累计减排量占比约15%。CCUS作为实现碳中和的兜底技术，其所拥有的巨大减排潜力受到世界各国广泛重视。

2021年开始，全球CCUS项目数量呈井喷式增长。据统计，仅2021年前9个月，全球新增CCUS项目就达71个。这一年，欧盟委员会通过了“欧洲地平线”2021~2022年主要工作计划，其中在CCUS领域，计划将CCUS集成至枢纽或集群。2021年9月，澳大利亚政府启动2.5亿澳元的CCUS中心和技术计划，大规模部署CCUS项目。

全球CCUS相关技术也不断实现突破创新。世界上第一个跨学科的二氧化碳研究中心在丹麦诺和诺德基金会成立，旨在结合化学、生命科学和系统分析等科学领域，开发高效捕集、存储和回收二氧化碳的先进技术。世界上最大的直接空气捕集（DAC）工厂于2021年

9月在冰岛开业。日本川崎汽船株式会社完成了全球首个船载二氧化碳捕集装置安装，日本邮船株式会社启动了大规模二氧化碳液化船舶运输技术研发和示范项目。

另外，根据《热力发电》杂志，2021年，在世界范围内，二氧化碳低温电解转化技术、二氧化碳高附加值化学品转化、二氧化碳矿物转化及固定和利用等方面的研究不断推陈出新；碳封存场地评估、安全监测研究不断深入；海上碳封存项目不断推进，场地评估、封存潜力估算取得重要进展，新型监测技术不断涌现。

不同国家和地区 CCUS 战略规划存在差异

近年来，多个国家和地区积极制定新战略，发布了一系列 CCUS 相关的规划、计划和战略研究报告，但不同国家和地区 CCUS 战略规划显示出一定差异。

1972年，美国在得克萨斯州建立了全球第一个 CCS 设施。经过多年积累与发展，美国形成了相对成熟的 CCUS 技术，在 CCUS 战略规划、资金投入等方面一直处于全球领先地位。除发布相关战略规划推动外，2021年，美国能源部密集发布 CCUS 领域项目资助计划，为变革性碳捕集研发、DAC 新技术和点源 CCS 技术提供研发支持，目的是安全地将碳储存在地下。

欧盟及英国注重工业领域的脱碳研究。2021年10月，欧盟启动为期5年、预算4400万欧元的碳捕集创新项目，目标是建设运营一个每年能够捕集1万吨工业二氧化碳的设施，并将其用于生产化学品。2021年3月，英国国家研究与创新署宣布在“工业战略挑战基金”支持下，通过“工业脱碳挑战”计划向9个项目投入1.71亿英镑，以支持英国到2050年实现碳中和，此次资助包括3个海上 CCUS 项目以及6个陆上碳捕集或氢燃料转换项目。

日本重视碳的循环利用研究。2022年1月，日本经济产业省分别制定“二氧化碳等燃料制造技术”和“二氧化碳分离回收技术”项目研发计划，并提供1152.8亿日元的资金支持。日本经济产业省下辖的日本新能源和工业技术发展组织不断推进 CCUS 技术，计划在2021至2025年间投资130亿日元用于支持二氧化碳循环利用技术的发展，并计划在“绿色创新基金”框架下投资550亿日元用于支持“使用二氧化碳的混凝土和水泥制造技术开发”项目。（苏伟）

我科研人员在二氧化碳还原领域取得新突破

科技日报 2023.1.3

科技日报讯（记者张景阳 通讯员胡红波）近日，记者从内蒙古科技厅获悉，内蒙古大学科研团队经过不懈努力，在探索新型电催化二氧化碳还原材料领域取得重要突破。相关成果近日在线发表于国际能源类期刊《先进能源材料》。

在“碳中和”的国际大背景下，设计具有高活性和选择性的二氧化碳电还原催化剂具有重要的现实意义和应用前景。当前，金、银、铜、铂等贵金属及其相关材料仍然是人们探索二氧化碳还原电催化剂的热点。然而，贵金属催化剂具有催化活性低、产物选择性差以及

析氢效率高等问题。

内蒙古大学物理科学与技术学院赵忠龙副教授带领团队，利用第一性原理计算模拟，首次提出了双金属单层电催化剂表面的“双位泛函”机制。该机制能够有效地抑制析氢副反应，并提升将二氧化碳电还原为甲酸产物的活性和选择性。然而，通过实验合成具有超薄壳层的双金属电极，仍然是一个挑战。鉴于此，此次研究利用第一性原理计算模拟方法，首次提出过渡金属碳化物和氮化物可以作为贵金属单层的衬底。在保留“双位泛函”的基础上，这种衬底能够显著提升催化剂的电化学稳定性。

实验表明，碳化物和氮化物支撑贵金属单层以及单层团簇催化剂中存在氢—衬底反键相互作用。这种相互作用能够打破吸附氢与二氧化碳还原中间物之间的能量线性关系。此外，研究团队还通过理论模拟预测了一系列具有较高甲酸、甲醇和乙烯等碳氢化合物产物选择性的新型电催化剂，为提升电化学二氧化碳还原性能提供了新思路。

专家估算：中国或提前实现可再生能源目标

参考消息 2023.1.10

【香港《南华早报》网站1月8日报道】题：中国依五年规划加快风电、太阳能发电装机步伐，有望提前实现2030年可再生能源目标

气候分析人士说，中国有望提前5年左右实现其2030年可再生能源装机容量的目标。此前至少30个省份依照国家五年规划公布了各自的实施方案。

路孚特公司表示，据计算，这个五年规划结束时，风电和太阳能发电的总装机容量将大约15亿千瓦。这超过了北京此前提出的到2030年风电、太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上的目标。

路孚特公司资深分析师靳博阳表示，考虑到预期的装机速度，中国可能会在2025年底之前调高2030年的可再生能源目标，如果不是更早的话。

尽管在2021年至2025年的规划中，中国没有设定国家层面的目标，但国家能源局近期发布的报告表明，当局今年将加快行动，以提高可再生能源在未来能源结构中的比重。

国家能源局2022年12月底披露新一年可再生能源领域的重点任务时表示，2023年风电装机规模将达到4.3亿千瓦左右、太阳能发电装机规模达到4.9亿千瓦左右、水电装机规模达到4.23亿千瓦。

这样，2023年风电和太阳能发电总装机容量约为9.2亿千瓦，达到此前公布的2030年目标的70%以上。

气候分析机构“零过渡”计划的首席执行官马特·格雷表示：“考虑到当前的快速增长、已制定的中期目标，以及中国在落实目标时往往行胜于言，我们预计中国将超过其2030年可再生能源和非化石能源目标。”

香港水石能源咨询有限公司负责人张柳潼表示，在投资以及地方政府激励措施的拉动

下，随着太阳能和风能发电的装机容量继续增长，与之配套的电网基础设施建设也继续推进，中国雄心勃勃的可再生能源拓展目标很可能得以实现。

到 2025 年力争规模以上工业用水重复利用率达到 94% 左右

工业废水高效循环利用成效显著

人民日报 2023.1.10

日前，工信部公布 2022 年工业废水循环利用试点企业、园区名单，在全行业推广有益做法和先进模式。

2021 年底，工信部等六部门联合发布《工业废水循环利用实施方案》，明确提出，到 2025 年力争规模以上工业用水重复利用率达到 94% 左右，万元工业增加值用水量较 2020 年下降 16%，基本形成主要用水行业废水高效循环利用新格局。

近年来，我国工业废水循环利用取得了哪些新成效？形成高效循环利用新格局，还需从何处发力？记者采访了有关专家及企业。

——编者

作为世界第一大工业国，我国工业用水量有多大？

2021 年，这一数字为 1049.6 亿立方米，占全国用水总量的 17.7%。在我国人均水资源量约为世界平均水平 1/4 的情况下，钢铁、石化行业用水效率已达到国际先进水平，但部分行业由于关键技术装备存在短板等，还有进一步提升空间。

工业废水实现高效循环利用，成为推动绿色发展、缓解水资源供需矛盾的关键所在。

取得积极进展——2020 年万元工业增加值用水量较 2015 年下降 39.6%

工业废水从何而来？

“石化、钢铁、食品、纺织印染、造纸等行业生产过程中会产生工业废水，并伴有随水流失的工业生产用料、中间产物以及污染物等。”工信部电子五所高级工程师杨本晓介绍。

随着工业快速发展，工业产品种类更加多样，工业废水成分更趋复杂，除了氮、磷、悬浮物外，还有重金属、油污等难以处理的有毒有害物质。杨本晓说：“工业废水循环利用就是要将工业或城市产生的废污水经过处理达到利用标准，再用于工业生产。”

经过多年努力，我国工业废水循环利用总体上取得积极进展，工业节水成果显著。

从排放水平看，“十二五”以来，我国工业废水排放量由 2010 年的 237 万吨下降至 2019 年的 134 万吨，下降约 44%。

从利用效率看，规模以上工业用水重复利用率从 2015 年的 89% 提高至 2021 年的 92.9%，2020 年万元工业增加值用水量较 2015 年下降 39.6%。

从重点行业看，钢铁、石化规模以上工业用水重复利用率达到 97% 和 95.2%。“十三五”时期，钢铁行业重点大中型企业累计减排废水约 3 亿立方米，节约新水约 21 亿立方米。

“我国人均水资源量较为贫乏，但工业生产需要消耗大量的水资源，水资源与工业用水

量不相匹配。”北京交通大学土建学院市政与环境工程系教授姚宏认为，对工业废水进行分类处理，回收其中的有用物质，并使工业废水在企业内部或企业之间进行循环再利用，对缓解我国水资源紧缺、降低企业生产用水成本、推动实现碳达峰碳中和目标具有重要意义。

形成有效模式——补齐技术短板，提升智能水平，探索产城融合

工业内部废水处理回收利用是当前工业废水循环利用的主要方式。围绕循环利用全过程中的堵点、难点，通过加强协同攻关，创新高效能循环利用装备技术工艺，成为有效实践方案。

在山东淄博，针对喷水织机生产过程中产生的织机废水，一家企业与高校合作研发废水处理回收利用技术，不仅实现了工业废水、生活废水回收利用的优化集成，还降解了废水的生化性，有效精准治污。项目实施后，企业工业用水重复利用率提升6%，年节约用水成本200万元。

攻克技术重点，还要破除管理难点。不少企业积极利用大数据、云计算等新一代信息技术，提升废水循环利用的数字化管理、网络化协同水平，让智能化管控成为加快工业废水循环利用的有力支点。

在四川泸州，一家化工企业通过给中水回用、污水处理、循环水等生产环节安装监控系统，基本上实现了自动化程序控制。工业废水是否达标排放、生产设备是否安全运行，都能在总调度室大屏上一览无余，既能及时预警设备隐患，也能实时监测工业废水循环利用情况。

探索产城融合，拓展循环利用空间。“城市污水处理后，可以作为企业循环冷却水补水，或经过反渗透工艺处理后作为一级除盐水，能有效减少新水取用量，在更大范围内提高水重复利用率。”杨本晓说。

在天津，有钢铁公司通过收集处理当地城镇市政污水，并充分消纳邻近城镇污水处理厂的中水，完全替代了企业常规水资源，实现废水零排放、地下水零开采。北京的部分工业园区也加快城市污水利用步伐，将处理后生产出的高品质再生水作为园区企业的生产用水。

“2020年，全国城市再生水利用率约为24%，从利用量来看，我国城市污水处理再利用量不高，用于工业的比例空间还很大。”杨本晓认为，加大城市再生水利用将是工业企业及园区废水循环利用的重点方向。

更好挖掘空间——加强技术创新，激活企业动力

我国工业门类齐全、企业众多，但规模、设施和技术储备参差不齐，规模以上工业用水重复利用率与国际先进水平相比仍有差距。进一步挖潜工业废水循环利用空间，需要从哪些方面发力？

技术创新是基础。“提升工业用水重复利用率，要靠关键核心技术。”中国人民大学环境学院副院长刘国华说，现有工业废水处理技术水平有待提高，国产化技术在产业化、市场认可度等方面仍有提升空间。要通过加强部署重大专项等方式，加强先进技术与装备的攻

关，使废水经过处理后能对标达标，真正为企业生产所用。

根据《工业废水循环利用实施方案》，将通过国家科技创新规划和其他资金渠道，支持不同行业工业废水高效低成本处理和回用技术及装备的研发，积极推动在相关行业企业进行示范和推广应用。

激活动力是关键。“当前工业废水循环技术多是以能换水，能耗、物耗总体偏高。”杨本晓介绍，比如内蒙古、宁夏等北方缺水地区推行企业废水零排放，企业利用再生水成本达到6—10元/吨，高盐废水处理回用成本达到30—60元/吨，远高于3.1元/吨的新水购买均价，需要通过加大税收优惠力度等举措，不断增强企业开展废水循环利用的动力。

下一步对于积极实施工业废水循环利用改造的典型行业企业，将在税收政策、资金支撑等方面给予倾斜，激励引导典型行业企业主动实施节水改造和废水循环利用。（韩鑫）

推进生物质能多元化开发

经济日报 2023.1.11

生物质能被称为“零碳”能源，可为应对气候变化、保障能源安全和推动经济增长作出重要贡献。2021年9月，中共中央、国务院印发的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》提出合理利用生物质能。2022年6月，国家发展改革委、国家能源局等部门联合印发《“十四五”可再生能源发展规划》，提出稳步推进生物质能多元化开发。本期邀请专家围绕相关问题进行研讨。

主持人：本报理论部主任、研究员 徐向梅

被赋予重要能源战略定位

主持人：发展生物质能有哪些重要意义？国际上生物质能利用的情况和趋势如何？

张大勇（中国产业发展促进会副秘书长兼生物质能产业分会秘书长）：随着我国生态文明建设、乡村振兴战略深入推进和污染防治攻坚战全面展开，各类生物质废弃物的无害化、减量化处置和资源化、能源化利用的重要性日益显现。

生物质废弃物主要包括农业废弃物、林业废弃物、有机生活垃圾、畜禽粪污、生活污水污泥和工业有机废渣废液等。目前我国年产各类生物质废弃物保守估计超过35亿吨。其中，农业废弃物9.6亿吨、林业剩余物3.5亿吨、有机生活垃圾1.5亿吨、畜禽粪污19亿吨、农产品加工废弃物1.5亿吨、污水污泥4000万吨。这些废弃物如果不能得到妥善处理，不仅会对环境、社会和居民身心健康带来巨大危害，而且其中蕴藏的资源也难以得到充分循环利用。目前，各国通行做法都是在无害化、减量化处置前提下，将其变废为宝。一般是先对其进行资源化和高附加值利用，对不具备高资源化和高附加值利用条件的废弃物再进行能源化利用。

经过几十年发展，生物质能产业已从农村传统锅台土灶直接燃烧薪柴、秸秆等生物质的低效利用方式，发展到借助热化学、生物化学等手段，通过一系列先进转换技术，生产出

固、液、气等高品质低碳能源代替化石燃料，为人类生产、生活提供电力、交通燃料、热能、燃气等终端能源产品的现代生物质能。

发展生物质能具有多重意义。

这是助力实现“双碳”目标的重要抓手。未来，来源广泛的生物质能将凭借其特点，持续在各个领域为推进碳达峰碳中和作出贡献。《3060 零碳生物质能发展潜力蓝皮书》预测，我国碳排放峰值在 110 亿吨左右，而生物质能源化未来减碳潜力将达到 20 亿吨，减碳潜力巨大。

这是县域减污降碳的有效途径。构建生物质清洁供热、生物天然气等生物质非电利用分布式能源站，可为县域提供清洁能源。同时，生物质非电利用能够解决畜禽粪污、农作物秸秆露天焚烧、各类农林废弃物等引起的环境污染问题。

这是推动乡村振兴的重要手段。发展生物质能产业，能有效构建“农业—能源—环保—农业”绿色低碳循环发展体系，培育县域绿色低碳循环发展新方式、新业态和新动能，促进农民增收致富。

20 世纪 70 年代爆发全球性石油危机后，以生物质能为代表的清洁能源在全球范围内受到重视。尤其是在发达国家，生物质能被赋予重要能源战略定位。

就全球生物质能发展情况看，美国、巴西、德国等国家发展进程较快。截至 2020 年，美国生物质发电装机容量约 1600 万千瓦，发电量 640 亿千瓦时，其燃料乙醇产量约占全球产量的 50%，生物柴油产量占全球的 14%；巴西生物质发电装机容量约 1470 万千瓦，发电量 540 亿千瓦时，巴西也是燃料乙醇生产大国，甘蔗是其主要燃料乙醇生产原料；德国注重沼气资源的开发，沼气发电装机容量约 500 万千瓦，发电量约 330 亿千瓦时。

在欧洲尤其是北欧国家，生物质供热已经成为地区供热的主要来源。在瑞典，全国有超过 10 万个大中小型生物质供热站，大多数采用热电联产模式，热效率通常在 80% 以上，全国生物质供热量占其全部供热市场的 70% 以上。生物质能是丹麦最重要也是应用规模最大的可再生能源，2018 年丹麦全部热力消费中的 32% 由生物质能提供，到 2030 年，丹麦生物质供热将占全部热力供应的一半以上。在芬兰，生物质能在总能源中占比达到 30%，各种可再生能源利用中，生物能源所占比例最大，约为 82%。

随着各国加强应对气候变化的力度，生物能源将成为诸多难以电气化的行业脱碳的重要手段。供热、水泥、钢铁等行业可使用生物质固体燃料、生物燃气替代燃煤等化石燃料；海运业可使用生物天然气、生物甲醇替代目前的重油；航空业可使用生物航煤（可持续航空燃料）替代化石航油。未来，生物质能产业将向多元化利用和高附加值方向发展。

我国生物质能产业初具规模

主持人：我国发展生物质能具备哪些优势？生物质能发展成效如何？

任东明（中国宏观经济研究院能源研究所可再生能源发展中心研究员）：综合来看，我国发展生物质能具有多种优势，可以概括为四个方面。

第一，种类齐全，分布广泛。我国生物质能资源大致可分为三大类。一是农林剩余物，包括农作物秸秆、农产品加工剩余物、林业剩余物。其中，林业剩余物具体包括采伐剩余物、林间抚育剩余物、造材剩余物和木材加工剩余物。二是有机废弃物，包括城市生活垃圾、生活和工业有机污水、工业有机废渣、养殖场畜禽粪污等。三是能源作物，包括糖类、淀粉类、纤维质类和油脂类等能源作物。我国生物质能资源不但种类齐全，而且广泛分布于全国各地，便于就地收集、加工和能源化利用。

第二，资源量巨大。我国是农业大国，秸秆资源产生量大。根据农业农村部发布的《全国农作物秸秆综合利用情况报告》，近年来我国粮食生产连年丰收，同时，农作物秸秆产生量逐年递增。2021年全国秸秆产生量为8.65亿吨，较2018年增加3500多万吨。玉米、水稻和小麦三大粮食作物秸秆产生量分别达到3.21亿吨、2.22亿吨和1.79亿吨，合计占比83.5%。除丰富的秸秆资源外，我国每年有1.7亿吨标准煤林业剩余物、0.3亿吨标准煤生活垃圾及0.6亿吨标准煤其他有机废弃物资源可供开发利用。

第三，建立了相对完整的产业体系。我国在农林生物质发电和垃圾焚烧发电方面已拥有独立完整的工程设计、装备制造能力，同时建立了相对完善的标准体系。初步建立了包括生物质发电、生物质供热、成型燃料加工以及厌氧发酵等关键技术体系。在生物质锅炉、成型机械以及发酵装置等关键装备制造方面已具备自主研发和商业化生产能力。

第四，拥有相对完善的政策支持体系。2006年，我国正式实施可再生能源法，明确把生物质能纳入立法调节范围，生物质能开发利用有了立法保障。2007年，我国颁布《可再生能源中长期发展规划》，对生物质发电、燃料乙醇、生物柴油、生物质固体成型燃料等提出明确的规模化发展目标。2010年，我国发布农林生物质发电项目（直燃能发电）标杆上网电价每千瓦时0.75元；2012年，发布垃圾焚烧发电标杆上网电价每千瓦时0.65元，使得生物质能发电获得稳定的市场电价保障。2021年，国务院印发的《2030年前碳达峰行动方案》提出重点实施“碳达峰十大行动”，明确提出加快生物质能、太阳能等可再生能源在农业生产和农村生活中的应用。2022年，《“十四五”可再生能源发展规划》再次强调稳步发展生物质发电、积极发展生物质能清洁供暖、加快发展生物天然气和大力发展非粮生物质液体燃料。我国支持生物质能产业发展的政策体系框架基本形成。

在各类相关政策支持下，经过多年发展，我国生物质能产业已初具规模。生物质能在发电领域稳步发展，截至2021年年底，生物质能发电累计装机规模达3798万千瓦，发电量1637亿千瓦时。其中，农林生物质能发电装机1559万千瓦，发电量516亿千瓦时；垃圾焚烧发电装机2129万千瓦，发电量1084亿千瓦时；沼气发电装机111万千瓦，发电量37亿千瓦时。除发电领域外，其他生物质能产业也发展较快。截至2021年年底，我国生物质能清洁供暖面积超过3亿平方米，生物质能成型燃料产量2200万吨，燃料乙醇产量290万吨，生物柴油产量120万吨。

同时，生物质能还有风电和太阳能等可再生能源不具备的优势。一是可转换为多种形式

的能源，可以供电、供热、供气（沼气、生物天然气、生物氢气等），提供液体燃料（生物乙醇、生物柴油、航空煤油）和固体成型燃料。二是具有天然碳中性特征，生物质形成本身就是一个固碳的过程，因此开发利用生物质能并不增加大气中的二氧化碳。三是生物质发电可成为稳定的电源，年均发电小时数最高可以达到 7000 小时以上，远高于光伏发电的 1000 多小时和风电的 2000 多小时，并且生物质发电比光伏发电和风电更稳定，未来可以在一定程度上替代煤电成为支撑性电源，为电力系统提供基荷。

展望未来，随着“双碳”战略持续推进和能源结构调整，我国生物质能产业将进入高质量发展阶段，逐步形成电、热、气及液体燃料等多元化发展格局，在农林废弃物和城乡有机废弃物处理、减少城乡环境污染、推动能源转型、助力乡村振兴、建设美丽中国等多个方面发挥不可替代的作用。

生物天然气前景不可小觑

主持人：近年来，各地生物天然气发展积累了哪些实践经验？

李景明（中国沼气学会秘书长、农业农村部农业生态与资源保护总站首任首席专家）：按照国家市场监督管理总局和国家标准化管理委员会发布的国家标准，生物天然气是以生物质为原料，通过热化学转化或生物化学转化产生的主要含有甲烷的可燃气体，并经过净化提纯或甲烷化工艺生产的主要含有甲烷组分的可再生天然气。这里所说的可燃气体主要包括沼气、生物质热解气、垃圾填埋气等，其中沼气是最直接、最简便、最稳定的上游产品。

生物天然气在我国已发展多年。自 2015 年，经国务院同意，国家发展改革委和农业农村部连续三年利用中央预算资金，每年投资 20 亿元，在全国范围内组织开展农村沼气转型升级试点示范项目，先后共支持 1400 多个大型沼气工程建设和 64 个规模化生物天然气试点项目。2016 年 12 月，中央财经领导小组第十四次会议针对畜禽粪污处理和资源化利用问题明确提出“两个方向”，即“以沼气和生物天然气为主要处理方向，以就地就近用于农村能源和农用有机肥为主要使用方向”。2017 年国务院办公厅出台《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》，2019 年国家发展改革委等部门联合下发《关于促进生物天然气产业化发展的指导意见》，农业农村部在以整县推进的畜禽粪污资源化利用、有机肥替代化肥、农作物秸秆综合利用示范项目中，都将沼气和生物天然气作为重要的技术手段。在国家相关政策引导下，行业龙头企业纷纷加入生物天然气工程投资、建设和运维行列。

在建设和运行过程中，各地坚持把生物天然气项目建设作为推进农业农村和城镇有机废弃物资源化利用、发展生态循环农业、建设美丽乡村的重要抓手谋划推动，取得较好成效，也积累了一些有价值、可推广的成熟技术模式和成功经验。

出台优惠政策。各地财政、农业、环保、土地、税务、电力、金融等相关部门加强协调合作，积极出台配套政策，共同推进项目建设运营。云南省大理市人民政府批复顺丰洱海生物天然气公司建设 6 座生物天然气加气站，同时已投放运营 200 辆生物天然气出租车。

实现有机废弃物资源化利用。各地按照绿色发展要求，以生物天然气工程为纽带，将各

类有机废弃物进行资源化综合利用，减轻了环境污染，缓解了城乡“脏乱差”问题。海南澄迈生物天然气项目，年处理各类城乡有机废弃物 20 多万吨，年产生生物天然气 1000 万立方米、各类沼肥近 5 万吨，已成为当地重要的有机废弃物资源化利用中心。

拓宽清洁能源供给渠道。生物天然气尽管还处于试点示范阶段，但已在民用燃气、车用燃气等方面初见成效，逐步成为缓解国内天然气供应压力的重要途径。河南天冠集团生物天然气项目自 2019 年 1 月投产以来，已向城镇燃气管网输送生物天然气数百万立方米，在中小城市集中供气发展方面作出有益探索。

推进生态循环农业区域化发展。生物天然气项目上连养殖，下促种植，沼渣沼液作为有机肥可有效替代化肥，提升农产品品质，促进绿色有机生产，实现农业节本增效。云南顺丰洱海生物天然气项目配套 4 个有机肥厂，推广有机种植，研发生产了几十个品种的有机肥，年生产固态有机肥 16.9 万吨，液态有机肥 13.2 万吨。

推动全产业链发展。从原料收储运、工程运行管理、商品有机肥加工销售、沼气高值利用，到生态循环农业示范区建设，打造了比较完整的产业链条，推动了一二三产业融合发展。湖南岳阳生物天然气项目通过组建第三方服务机构，形成了集原料配送、能源利用、绿色种植、生态养殖于一体的农业循环经济产业。

创新运管机制。通过中央财政资金的引领带动，撬动社会资本进入，吸引了一些实力雄厚的企业成为项目建设运营主体，探索出很多新型运营机制，培育了一批第三方运管建企业。河北省依托京安公司，组建第三方托管运营公司，创立了标准化建设和专业化运管模式，提高了工程建设和运行效率。

提升技术装备水平。许多项目严格按照技术标准和规范进行设计、施工，采用先进的技术工艺路线和仪器设备，以及智能化监测系统、撬装式压缩提纯设备，使发酵更高效、管理更精细，极大提高了可持续运行能力。山东民和、山西神沐等生物天然气项目引进德国先进的发酵装置和沼气提纯设备，大幅提高了生产能力。

根据农业农村部不完全统计，截至 2021 年年底，全国以畜禽粪污和农作物秸秆等农业有机废弃物为主要原料，建成并正在运行的生物天然气工程 57 处，年产生生物天然气 1.7 亿立方米，其中，近 3000 万立方米进入城镇天然气管网，另有 7900 多万立方米进入加气站作为车用燃料。

从实践来看，生物天然气行业对实现乡村振兴战略和“双碳”战略目标的贡献较大。不仅可以有效处理各类有机废弃物，保护生态环境，还能生产大量清洁能源，为国家能源安全提供支撑。如果考虑到生物天然气行业在甲烷和氧化亚氮等温室气体减排管理方面的作用，其贡献更是不可小觑。

中国沼气学会自 2021 年开始组织专家研究沼气行业对实现“双碳”目标的贡献潜力。面向农业农村、城市和工业三大领域，考虑经济社会发展趋势、资源可获得性、城乡人口变化、人民生活水平和技术进步等多重因素，预测到 2060 年可获得沼气生产潜力 3710 亿立方

米（可提纯 2200 亿立方米生物天然气），实现温室气体减排量 6.6 亿吨二氧化碳当量，相当于可以替代 2020 年全国 68% 的天然气消费量。

遵循农业农村发展规律高效利用

主持人：我国农村生物质资源丰富，对进一步合理利用生物质能有哪些对策建议？

李继峰（国务院发展研究中心资源与环境政策研究所研究员）：生物质能按来源地可分为城市和农村两大类，其中农村生物质能是主要部分，可利用量超过 3 亿吨标准煤。用好农村生物质能，对我国广大农村地区减污降碳、改良土壤、提高农作物产量等都有重要意义。

当前，农村生物质能发展主要面临以下挑战。

资源定价机理不清使收购价过高。目前农村生物质能资源收购价中，既包括必要的收集成本，如支付农户的合理原料费以及离田、运输等支出，为 50 元/吨至 250 元/吨，同时多存在 50% 以上的溢价支出。这种资源定价的初衷是助力农民增收，但成本过高将影响下游产业健康发展，难以实现更大范围的惠农目标。据调研，近两年苏鲁豫皖等地生物质发电企业收购农村生物质能原料的到厂价已超过 400 元/吨，东北超过 350 元/吨，闽黔等地含水多的原料约为 200 元/吨，且都还存在上涨压力。这导致行业平均发电成本达 0.65 元/千瓦时，其中原料成本 0.35 元/千瓦时至 0.4 元/千瓦时，占比 60% 左右。相较而言，欧盟各类生物质能利用项目中，原料成本平均占比基本稳定在 20% 左右。农村生物质能在收集之前主要是农林及畜牧业废弃物，虽富含能量，却没有商业价值，有些出于环保目标考虑还需付费处理。与风能及太阳能资源相似，农林及畜牧业废弃物只有经过收集、整理达到一定规模才具有商业化加工利用的价值。因此，农村生物质能资源的收购价应限定为必要的收集成本，避免大幅波动。

一些地方对生物质能利用方式的经济性重视不够。有的地方曾出现同时引进多家生物质发电企业的情况，造成资源紧缺，加剧成本压力。有的地方出于环保要求，对可直接使用成型颗粒物、可达到环保要求的节能炕及节能炉灶，也要求“拆烟囱、封炉灶”。这种简单关停的做法缺乏经济性考量，加大了农村煤、电、气等商品能源的供应压力。在这方面，欧盟强调经济性导向的经验值得借鉴。由于生物质固体成型燃料用于取暖的经济性最好，欧盟 2 亿吨标准煤的生物质能中，63% 是成型燃料，这是近十年发展的主要方向。碳中和目标提出后，欧盟才逐渐加大对生物天然气、液体燃料的开发力度。

财政支持农村生物质能发展的牵引作用不强。把生物质能从传统的“小、散、乱、差”利用模式转变为清洁、高效的现代化利用方式，离不开经济投入。当前农村生物质能利用的补贴主要集中在发电上，但产业带动效果不理想。由于原料成本比重过高，新设项目均需要财政补贴的支持；很多运行时间超过补贴时长上限但设备运转正常的项目因没有补贴而濒临停运，造成资产沉没。

进一步推动农村生物质能合理高效利用，应遵循农业农村发展规律，尽快形成协同高效的政策体系。

第一，加强农村生物质能利用的顶层设计。实现农村生物质能规模化开发利用需立足长远，统筹协调农业农村、生态环境、碳达峰碳中和要求，明晰中央和地方各级政府职责，同时也要加强质量、安全、环保、市场等各方面监管。

第二，提升农村基础设施完备度，加快建设农村生物质能原料收集渠道。把农业、林业、畜牧业废弃物的收集渠道建设纳入乡村建设行动，由财政专项资金建设规范化、标准化的基础设施系统，补齐农业农村现代化建设中的后处理设施短板。以特许经营模式委托有资质的企业具体开展生物质能资源收集工作，形成统筹农村面源污染治理和生物质资源收集的常态化工作制度。综合以上两方面，形成规范化、规模化的“村收集、乡转运、县储存”的农村生物质能原料收集渠道。收集后的生物质资源可按照政府定价出售给有资质的下游企业。政府定价主要依据收集和储运费用设置。此举有望使生物质能综合发电成本降至0.35元/千瓦时至0.5元/千瓦时，基本具备按照调峰电价满足用电需求的市场竞争力，可有效改善已有项目经营情况。由县市统一汇集的各类生物质资源也为广泛探索高效商业开发模式带来便利。

第三，鼓励各地探索适合本地资源条件的开发方式和惠民渠道。以经济性为主要考量标准，因地制宜推动农村生物质能开发利用“宜电则电、宜气则气、宜热则热、宜肥则肥”。鼓励易于集中处置农林废弃物的地区建设生物质发电项目；鼓励畜牧业废弃物丰富的地区发展生物天然气，并联产高品质有机肥；建议各地支持推广使用固体成型燃料直接取暖，实现对难以集中收集的农林废弃物的加工利用。通过实现农村生物质能开发利用的健康发展，未来可大幅拓宽惠农渠道，吸纳更多农村居民就业，提供打折电力、低价生物天然气或有机肥等。

中国科学院五个资源环境研究报告关注了哪些焦点？

中国环境报 2023.1.4

中国科学院近日发布5个资源环境领域研究报告。报告科学分析和揭示了湖泊、湿地、山地、西北干旱区、东部超大城市群的生态系统和区域的长期生态环境变化情况，特别是党的十八大以来以来的变化状况，并提出了生态环境保护建议。

报告显示，我国各地区生态功能得到显著恢复，生物多样性丰富度均有所增加。气候变化等对生态环境的影响越发明显，必须走低碳发展、绿色发展之路。此外，依靠自然力恢复生态环境，充分发挥协同作用、统筹谋划等内容也在5个报告中多次出现。就报告的相关内容，以及当前社会关注的热点问题，本报记者采访了报告编写的相关专家。

生物多样性物种丰富度提升，有新物种发现吗？

《中国西北干旱区水资源与生态环境研究报告》显示，近十年来，西北干旱区生物多样性呈增加趋势，生物丰富度指数由2012年的13.78上升到2021年的14.13，过去10年增加了2.53%。其中，北疆地区的生物多样性增加最为明显，生物丰富度指数由2012年的21.96上升到2021年的22.82，增加了3.92%。

那么，生物物种丰富度提升意味着什么？是在西北干旱区发现了新的物种吗？

对于记者提出的这一问题，新疆生态与地理研究所所长、研究员张元明解释说，对于以水为主线的干旱区的生态系统，生物物种丰富度的提升，并不是指新物种的产生，因为新物种的产生和出现需要一个长期的进化过程。而生物多样性的提升主要是指在一个群落中，物种个体数、种群的结构趋于完善和良好。在一些生态系统当中，群落中消失的物种其实从某种意义上来说并不是物种层面的消失，只是从个体的展现形式上，随着生态系统的退化、水资源的短缺逐渐退出了群落，但其繁殖体在种子库中依然存在。当水环境改善、生态用水增加、荒漠生态系统得到恢复，这些物种又会出现于群落中，种群规模得到扩展。

张元明说：“分布于新疆准噶尔荒漠的蒙古野驴在 20 世纪 80 年代只有 400 头。随着生态环境恢复，以及不断开展的生态环境治理、保护区建设等工作，目前蒙古野驴已经达到 3000 多头。同样，在植物方面，随着生态环境的改善以及国家公园的建设，很多原来的珍稀濒危植物物种个体数都有了较大的提升。”

同样，通过生态保护和修复工程的实施，重要湖泊的生态环境趋于好转，生物多样性稳步提升，生态系统完整性和稳定性提高。《中国湖泊生态环境研究报告》显示，鄱阳湖长江江豚种群数量从 2012 年约 450 头增加至 2021 年 700 余头，湖区越冬候鸟总数由 2012 年的 35.7 万只上升至 2020 年的 68.9 万只，物种数稳定维持在 50 种以上。青海湖自 2004 年以来水位逐渐上升，水禽种类和数量显著增加，2021 年分别达到 96 种和 57.1 万只，关键鱼类青海湖裸鲤种群得到极大恢复，资源量由 2012 年的 3.45 万吨增加到 2021 年的 10.85 万吨。

湿地恢复显著提升了植物、水生无脊椎动物群落的多样性和水鸟数量。根据《中国湿地研究报告》，黄河三角洲 2008 年淡水输入湿地引起的水文联通性增强，明显增加了植被盖度、植被斑块面积和斑块之间的连接性，水生无脊椎动物组成也在 10 年间由 25 科提高到 46 科。在水文联通工程辅助下，三江平原 2014 年实施“退耕还湿”的“农田”，于 2019 年形成了以当地典型湿地植物为优势种的群落。同时，恢复湿地中的水生无脊椎动物由 2014 年的 34 种提高到 2021 年的 45 种。

我国山区涵盖 78% 的生物多样性保护极重要区、83% 的生物多样性保护重要区。《中国山地研究与山区发展报告》显示，近十年来，山区自然保护地面积增长了 14.4%，达 117.6 万 km²，占全国自然保护地总面积的 65.3%；野生动物栖息地空间不断拓展，种群数量不断增加，生物多样性保护和治理能力全面提升。

气候变化对生态环境影响愈加显著，“暖湿化”可以改变西北干旱区缺水现状吗？

在全球变暖背景下，西北干旱区升温明显，年均气温以每十年 0.32℃ 的速率显著上升。与此同时，西北干旱区的降水量也表现为明显增加趋势，每十年平均增加了 9.32mm。在过去的半个多世纪，西北干旱区温度升高，降水量增加，表现出气候“暖湿化”。那么，“暖湿化”是否可以从根本上改变西北干旱区的缺水问题、改变荒漠化现状？对生态环境会产生哪些影响？

生态环境资源研究院副院长、研究员康世昌说：“在敦煌，每年平均降水量只有 70mm。即使增加 20%，也才有 80mm。‘暖湿化’现象难以从根本上改变西北地区的干旱、缺水状况和荒漠景观格局。”

新疆生态与地理研究所研究员陈亚宁说，西北干旱区降水稀少，多年降水量约为 156.36mm；资源型缺水严重，水资源总量约 995.57 亿 m³，仅占全国的 3.46%，是我国水资源最贫乏的地区。生产、生活、生态用水矛盾突出，水资源短缺是制约西北干旱区社会经济发展的关键自然因素。西北干旱区温度升高、降水增加，导致了山区冰川积雪融化增加，融水增多，对绿洲灌溉有积极影响。研究发现，过去 20 年，西北干旱区的山区来水量增加了 110 亿立方米。水资源可利用量明显增加，水资源承载力提升。但由于降水量基数低，降水量的微弱增加，不能从根本上改变西北干旱区荒漠景观和干旱缺水状况。同时，温度升高导致蒸发能力加大，增加了未来的不确定性。

近十年来，西北干旱区水体面积显著增加，每年增加约 161.64km²。除了人工生态输水，山区水体面积扩大在很大程度上与气候变化密切相关。《中国西北干旱区水资源与生态环境研究报告》指出，全球变暖对西北干旱区水资源和生态系统产生了重要影响。气候变化打破了原有的自然平衡，引起的山区冰川/积雪变化和水循环过程改变加剧了西北干旱区关键水文要素变率和水资源供给的不确定性，导致西北干旱区绿洲经济与荒漠生态两大系统的水资源矛盾更加突出。

在气候变化情景下，极端高温热浪、极端干旱等极端事件叠加会日益频发，可能对生态系统产生重要影响。当记者问及今年长江中上游的干旱对湖泊和湿地可能会产生哪些影响时，南京地理与湖泊研究所副所长张运林说，今年的极端高温、干旱，对长江流域的湖泊主要产生了几方面影响：高温叠加降水减少，会对湖泊藻类水华产生重要影响，特别是饮用水水源地的湖库，随着温度上升、降水减少，藻类生长会增加，水华的暴发可能会增加饮用水源地水质风险；对于长江中游通江湖泊，比如两湖地区，降水的减少降低了长江和流域对于湖泊补给作用。随着长江上游和流域来水减少，两湖地区的水位下降和干旱加剧，一些地方的裸露、干涸，会造成湖泊底层生物和鱼类的死亡，对生态系统产生一系列负面影响。有的影响是短暂的，有的则是持久的。此外，还会对长江入海水量产生影响，比如 2022 年八九月，长江口入海流量明显偏低，压咸作用下降，长江口容易受海水倒灌影响。

积极推进碳达峰、碳中和目标实现，如何做好城市群碳减排？

“城市是一个类生命体，要解决城市生产、生活和生态的问题，就要走绿色发展、低碳发展之路。”中科院院士、城市环境研究所学术所长朱永官说：“资源和能源的利用，都和环境质量、污染物排放、碳排放密切相关。从长远来看，实现碳中和就是要把资源能源与经济发展实现部分脱钩或完全脱钩，这样才能解决区域的污染物排放问题。”

《中国东部超大城市群生态环境研究报告》提出，要以“双碳”目标为牵引推动超大城市群的高质量发展。在碳达峰、碳中和战略目标下，应抓住机遇，以低碳发展倒逼经济转型

和结构改革，使超大城市群进入绿色低碳发展的良性循环。京津冀、长三角和粤港澳大湾区3个超大城市群的碳排放总量约占全国的31.43%（2019年），是我国实现碳达峰、碳中和战略目标的关键区域。通过经济转型和结构改革，以超大城市群为重点，积极稳妥推进碳达峰、碳中和，推进城市群的一体化和高质量发展，不断提升超大城市群低碳发展的底色和成色。

如何做好城市群碳减排？生态环境研究中心主任、研究员欧阳志云说：“城市是人口经济高度集中的地方，也是碳高度集中排放的地方，全球的碳排放超过70%来自于城市。城市碳减排要提高资源能源利用效率，加快发展非碳能源，适当压缩城市群的高排放产业。减污降碳协同，发挥自然生态系统碳汇与间接减排的作用。”

无论是城市，还是湿地、山地，相关研究都把目光聚集在减碳、固碳方面。

近十年来，随着我国对湿地保护和修复的重视，退耕还湿、退渔还湿、湿地补水等保护修复工程的实施，我国湿地碳汇功能得到了显著提升。目前，我国草本沼泽植被地上总固碳量约为2220万吨，沼泽湿地土壤有机碳总储量为99亿吨，其中东北湿地区、青藏高原湿地区和西北干旱半干旱湿地区土壤有机碳储量分别为33亿吨、53亿吨和13亿吨。《中国湿地研究报告》认为，在全球变化背景下，如何提升湿地固碳增汇成为各国政府和学术界高度关注的热点问题。深入认识我国湿地生态系统碳收支对气候变化和人类活动的响应机制，全面提升湿地生态系统碳汇功能，对我国湿地保护与恢复、有效应对气候变化、实现“双碳”目标具有重要意义。对此，报告提出实施国家尺度湿地碳增汇计划，提升泥炭地、滨海盐沼、红树林等湿地生态系统固碳能力，助力实现“双碳”战略等建议。

《中国山地研究与山区发展报告》指出，近十年来，山地林草植被覆盖率增加8.2%，山地绿色覆盖指数均值达到82.1%，植被覆盖率达到新中国成立以来最高值。山地生态系统的年水源涵养量、土壤保持量、固碳量占全国生态系统服务功能总量的85%以上。报告建议，围绕全球气候变化与山地生态系统的响应机理与过程，开展气候变化的生态环境效应评估，特别是对北方和高原地区生态系统的影响提出应对策略。（刘蔚）

操作简单、生态友好、综合效益突出

生物治理技术：用自然之法对付污染

科技日报 2023.1.19

水体生物治理技术充分遵循生态规律，发挥自然生物作用机制，对周围的生态环境不会产生较大干扰，总体操作简单、费用相对较低、景观效果好、不会产生二次污染。水生植物净化技术和微生物技术常常联合运用，在目前河道水生态修复治理案例中应用最为广泛。

在清澈的河水中，繁茂的沉水植物随波摇曳，宛如一片“水下森林”，小鱼小虾穿梭其间来回觅食……“以前河水发黄，河面上都是杂草和垃圾，现在水变得越来越干净了，生活在这里的感觉也越来越好。”近日，浙江省嘉兴市秀洲区王店镇花园浜附近的居民马雪丽

望着这条从小看到大的小河很是感慨。

花园浜的华丽转身只是碧水嘉兴5年行动方案的成果之一。该行动方案以提升水体透明度、建设水下森林为抓手，系统推进治污水、防洪水、排涝水、保供水、抓节水等。而嘉兴市提出的建设水下森林，采用的就是水体生物治理技术。

依靠植物或微生物净化水体

温州大学生命与环境科学学院副院长郑向勇教授介绍，水体生物治理技术通常是指在江、河、湖、库、海湾等水体治理过程中，采用特定的水生植物、微生物、水生动物等生物物种，与其他工程措施相结合，实现净化水体、修复水生态的水体治理技术。

常用的水体生物治理技术包含水生植物净化技术、微生物技术等。水生植物净化技术是通过种植挺水植物、浮水植物、沉水植物等水生植物，利用水生植物在生长过程中需要吸收大量氮、磷等营养元素的生长特征，达到水质净化效果。

微生物技术主要通过向受污染水体中投加微生物菌剂，调控水体中微生物菌群组成和数量，优化群落结构，从而提高水体中有自净能力的微生物对污染物的去除效率。常见的微生物菌剂包括以光合细菌、乳酸杆菌、硝化细菌等为主的微生物群体。这些微生物能分解水体中来自外界污染排入、底泥释放、水中生长的藻类等有机物，用于自身生长繁殖，进而减少藻类滋生，提高水质。

“水体生物治理技术通常与曝气增氧、生态浮床、人工湿地、造流等工程措施结合使用，在水体中构建相互影响、相互作用的复杂生态系统，通过各物种和工程措施的协同作用，实现对水体的治理。”郑向勇说。

“区别于传统水体治理的物理、化学方法，水体生物治理技术具有长效治理、生态友好、综合效益突出等优点。”北京正和恒基滨水生态环境治理股份有限公司（以下简称正和生态）生态环境技术总监曹喆说，水体生物治理技术充分遵循生态规律，发挥自然生物作用机制，对周围的生态环境不会产生较大干扰，总体操作简单、费用相对较低、景观效果好、不会产生二次污染。水生植物净化技术和微生物技术常常联合运用，在目前河道水生态修复治理案例中应用最为广泛，与之相关联的微生物菌剂制备与投放、水生植物的培育和养护等配套技术，均有成熟的产业链。

水体生物治理技术已有大量市场化应用

郑向勇介绍，在我国，水体生物治理技术已有大量的市场化应用。比如嘉兴市实施的“九水连心”项目，治理工程金额达14亿元，其中相当一部分工程采用了水体生物治理技术。

“实施水体生物治理技术可在一定程度上提高水体及周边的生态和经济效益。”曹喆说。

比如在“九水连心”项目基础上，进一步扩大范围的“碧水行动”项目中，正和生态采用了水生植物净化技术和微生物技术联合运用方式，构建河道水下森林系统。在调研场地水域生态本底状况基础上，因地制宜采取地形改造、人工补植等措施，在水深0—0.5米的

区域种植挺水植物，水深0.5—2米的区域种植沉水植物，修复形成23万平方米生态结构稳定、景观类型丰富的本地水生植物群落。挺水植物根系发达、植株高大，可有效阻截外源污染、提升滨水水源涵养及水土保持能力，并为生物提供适宜的栖息条件；沉水植物植株生长可有效增加对水体营养盐吸收能力，减少底泥扰动带来的污染物释放，并通过光合增氧能力改善水体厌氧、缺氧环境条件；对水生动物、微生物群落组成及结构进行优化，强化水生食物网，促进健康稳定的水生态系统恢复，丰富生物多样性。

通过水体生物治理技术的运用实施，在嘉兴实施“碧水行动”项目的河道，水体中氨氮、总磷等含量明显降低，水环境质量得到明显提升，各河道将逐步达到地表Ⅲ类水标准，并有效提升水体透明度达0.8米以上。

“云南大理洱海湖滨带生态修复项目同样是水体生物治理技术的优秀落地案例。”曹喆说，正和生态逐一测算200多条入湖沟渠、18条主要河道的水量和污染负荷，利用水生植物排布形成净化湿地模块等。采用生物治理技术打造的示范区域生态廊道，不仅让洱海“颜值”再提升，还逐步形成了良好的生态—经济—社会复合型人湖共生系统。

“在洱海治理过程中，上海交通大学等采用了当地的沉水植物海菜花用于修复水体，海菜花可以食用，网购海菜花一斤价格在十几元左右。该项技术既实现了水质净化，又能给当地居民带来收益，具有良好的经济和生态效益。”郑向勇说。

建立长效管理机制才能巩固胜利果实

郑向勇认为，推广水体生物治理技术的意义在于能够采用低碳、环保、生态的方法实现对水体的治理。“但大面积推广该技术的难点在于，需要根据当地的气候、水质等自然环境特点，有针对性地选择适合当地的水生生物，进行组合搭配，以合理的模式进行应用，同时需要有合理的运行维护及资源化利用方案，以确保能实现长效运行。”郑向勇说。

水体生物治理技术应用范围广，但在实际应用中，仍有一定的局限性。比如在水生植物的选择上应选择本土净化植物，加强乡土水生动植物的保护，严格控制外来入侵物种；在水生植物种植过程中，防止鱼类对幼苗期沉水植物存活的影响仍是重要的研究课题，需合理调控鱼类种群结构、及时清除大规格鱼类以保证沉水植物群落的恢复和稳定。

“水体生物治理技术在建设初期和实施后，需要一定的维护措施，尤其是对水生植物，必须建立长效的管理机制，才能更好地发挥其生态价值。”曹喆说，目前很多水体治理项目，重施工却轻运维，前期效果好，但缺乏后期维护，水质容易出现再恶化的现象。因此，建立一套良好的水生态系统运维管理机制十分重要。（李禾）

暨南大学等

设计自驱动微机器人实现微纳塑料去除

中国科学报 2022.11.21

本报讯（记者朱汉斌）近日，暨南大学化学与材料学院副教授王吉壮、教授李丹团队

与香港大学教授唐晋尧团队合作，设计出一种基于离子交换获得自驱动力的微机器人（SMR），用于去除水体中的微纳米大小的塑料（统称微纳塑料）颗粒。相关研究发表于《科学进展》。

近年来，微纳塑料污染已成为全球陆地和海洋生态系统的巨大威胁。人类急需开发新型高效的处理技术来解决微纳塑料污染问题。微纳机器人又称人工活性胶体，利用它实现微塑料去除，可以为环境保护开辟一条新途径。

该工作中，研究人员设计出的 SMR 可用于去除水体中的微塑料和纳米塑料。SMR 由超顺磁性四氧化三铁纳米粒子功能化的离子交换树脂微球组成，利用与环境中杂质离子交换的能量实现自驱动，无须额外能量输入，同时扩散泳引起的长程电渗流大大提高了对微纳塑料的吸附范围，从而实现了水体中微纳塑料的高效吸附去除。

SMR 无须设计非对称结构，大大降低了制备成本；同时长程吸附能够拓展动态吸附范围，提高吸附去除效率；材料具有非常高的循环稳定性，在 100 次循环处理中显示了超过 90% 的去除效率。

该研究设计的 SMR 具有工艺放大的可行性。在模拟的微型工厂中，SMR 可通过磁铁进行收集和转移，并且与现有的污水处理工艺直接耦合，仅需增加正常污水处理成本的 1.5%，具有极大的工业应用潜力。在这个微型装置中，微纳塑料污染水可持续进入吸附池被 SMR 吸附，然后在脱附池进行微纳塑料的洗脱和富集。在未来的实际工业应用中，也可设计通过电磁铁进行 SMR 的收集与转移，通过可编程自动化控制系统，促进整个处理流程的优化。

该研究设计的基于微纳机器人的动态吸附技术具有结构简单、可大规模制备、成本低、无须化学驱动“燃料”输入以及可工艺放大等优势，为工业化去除、分离微纳塑料提供了一个极具应用潜力的全新策略。

三维超大孔二氧化硅沸石制成

为水和气体的净化开辟新途径

科技日报 2023.1.20

科技日报北京 1 月 19 日电（实习记者张佳欣）在西班牙国家研究委员会的参与下，一个国际研究小组创造了迄今已知最多孔的稳定沸石，即一种名为 ZEO-3 的新型纯二氧化硅沸石。这种沸石是由一维硅酸盐链与三维沸石进行前所未有的拓扑层缩合而成的。这个过程是拓扑性的，因为链的结构没有改变。这一发现为水和气体的净化开辟了一条新途径，相关研究发表在最新一期《科学》杂志上。

沸石是微孔硅酸盐，可用作催化剂、吸附剂和阳离子交换剂。该研究的通讯作者之一、马德里材料科学研究所研究员米格尔·坎布勒解释说，人们需要具有更高孔隙率的稳定的硅基沸石，以允许吸附和处理大分子。

由于沸石的孔只有小分子大小，因此科学家可处理的分子大小存在限制。这就是为何研

究人员一直在寻找具有较大孔隙的沸石，尤其是三维孔隙沸石。

以前的稳定沸石可达到 7 埃（1 埃为一亿分之一厘米）。去年，这组研究人员在《科学》杂志上发表了另一篇关于一种具有交叉三维超大孔的稳定铝硅酸盐沸石（ZEO-1）。现在，这种新型沸石的成分是纯二氧化硅。坎布勒说：“ZEO-1 和 ZEO-3 这两种沸石孔径都超过 10 埃。”

这种新型沸石有两个特点：在所有三个维度上都有超大孔隙，它是通过在拓扑缩合中煅烧一维链状硅酸盐而形成的。

新型沸石可从含水的气流中去除和回收挥发性有机化合物。在产生有害挥发性有机物质的地方，它能起到净化作用，不仅可去除有害物质，还可将其回收到污染物中。随着进一步的研究，这种沸石还将用于催化和药物输送。

废塑料化学回收为何成研发重点？

废塑料可转化为高品质油品燃料或化工原料，国外已有回收项目成功运行，国内已在试验

科技日报 2023.1.17

2023 年 1 月 5 日，中国环境报刊登报道《塑料产业发展能否“化白为绿”？做好塑料减碳和污染治理，高值化利用、变废为宝是优选》一文，多位受访专家肯定了塑料化学回收法对塑料减碳和污染治理的作用。有专家指出，化学回收可以根治塑料污染。

那么目前，我国和其他国家的化学回收发展到了什么阶段，能不能大规模应用？记者采访中国石化集团公司相关业务负责人了解到，塑料的化学回收，区别于焚烧的简单能量回收，是将低值废塑料转化为高品质油品燃料或化工原料的方法，正成为世界范围科技研发的重点，有望成为治理塑料污染，助力循环经济，实现高质量、安全、可持续发展的主要选择之一。

化学回收可降低对化石燃料的新增需求

废塑料可转化为高品质油品燃料或化工原料

据中国物资再生协会再生塑料分会发布的报告显示，2021 年，中国废塑料产生量约为 6200 万吨。如何有效处理废弃塑料，是我国正在努力攻破的一大课题。据了解，目前，废塑料的有效处理方式主要包括物理回收和化学回收两种。

废塑料物理回收主要过程包括收集、分类、粉碎、清洗、干燥、造粒及生产相应的制品等，其解决了一部分易处理的相对高值的废塑料材料化再利用问题。

“物理回收的产品一般难以达到原生塑料的质量，其循环利用多属于降级使用。在处理低值的、混合的、受污染的塑料垃圾上，这一技术难度大、经济性差，不太适用。”中国石化化工销售公司合成树脂部副经理高永平告诉本报记者，各类复合膜类、塑料袋等废弃后混

入生活垃圾的一次性包装物，占塑料垃圾的比重较大，是塑料污染治理的“硬骨头”，也是塑料垃圾资源化利用、高值化利用急需攻关的难题。

化学回收是指通过改变塑料的分子结构，将塑料变成液体或气体低分子乃至单体小分子，用来制造新的塑料等石化产品，从而降低对化石燃料的新增需求，能减轻生产塑料对环境的影响。当废弃塑料化学回收利用是以燃料和原料为目的时，便形成了闭合循环，称之为废塑料的化学循环。

高永平指出，塑料的化学回收是将废塑料转化为高品质油品燃料或化工原料的方法，正成为世界范围科技研发的重点。现阶段主要有热解、气化、解聚等技术，其中，热解技术备受研究人员关注。

塑料化学回收发展到哪个阶段？

目前装置规模难以大型化和长周期连续稳定运行

近年来，在全球碳减排目标背景下，废塑料循环利用的进程不断推进，塑料化学回收技术更显示出其活力与创新。

麦肯锡咨询公司的数据研究显示，预计到 2030 年，全球塑料的回收利用率有望提高到 50%，其中，化学回收的比例可能上升到 17% 左右。

国外相关公司已经开始塑料化学回收的布局，早在 2020 年，可再生能源公司 Neste 在芬兰的炼油厂成功进行了多次液化废塑料试运行。

美国油气生产商埃克森美孚在德克萨斯州建造了首个大型塑料废弃物化学回收设施，投产后，初步规划能力为每年回收 3 万吨塑料废物。

我国不少企业也在纷纷研发塑料化学回收技术。中石化石油化工科学研究院有限公司（以下简称中石化石科院）董事长李明丰告诉本报记者：“当下，在废塑料化学回收热解技术方面，我国与国外同行都处在积极探索阶段。难点和主要问题在于热解油收率低、油品杂质含量高以及装置规模难以大型化和长周期连续稳定运行等方面。”

据悉，为解决这些问题，中石化石科院研发出包括新型连续热解 RPCC 技术在内的化学循环成套技术。这项技术在 RDC（梯级减容高效液化脱氯技术）单元先将混合废塑料进行梯级快速液化，同时，深度脱氯，接着再送往 RPCC 连续热解单元进行热解，获得的热解油经深加工技术生产出塑料单体的原料，进而生产出塑料产品，真正形成塑料—废塑料—烯烃—塑料的闭合循环。

“目前，这项废塑料化学循环成套技术已开展实验室试验，准备转入工业侧线试验阶段。”中石化石科院项目经理张哲民介绍，这一技术可适用于来自垃圾填埋场废塑料、造纸厂废塑料、农膜等生产、生活过程中产生的废弃塑料，有望彻底解决“白色污染”中低值废塑料回收利用难题。而这些废塑料都是无法物理再生或物理再生成本过高的低值废塑料。

我国塑料化学回收何时能规模化应用？

废塑料的类别非常多，需要采用不同的技术方案

“全世界都在做化学循环法处理废塑料的技术攻关，但目前都还没有实现大规模应用，特别是在装置处理产能大型化方面。”中国石化集团公司高级专家蔡志强说，“因为废塑料的类别非常多，需要采用不同的技术方案，技术非常复杂，还需进一步进行研究。”

据蔡志强介绍，一般塑料包装包括单纯聚乙烯、聚丙烯做成的塑料制品，比如汽车、家电配件等。还有相当大的一部分是复合类包装，如塑塑复合、铝塑复合、纸塑复合等，里面含有多种塑料、纸或金属材料。这类塑料废弃物对回收处理技术要求高，需要工艺开发、设备制造联合攻关。

“目前，塑料化学回收的相关试验正在开展，但我国低值废塑料回收体系还有待完善，如何把低值废塑料聚集回收回来，并实现低成本高效回收具有挑战性，还需要创新探索。”高永平说，“地膜残膜塑料成分相对单一且量大，容易集中回收，中国石化已着手从地膜残膜回收利用开始，考虑规划在新疆建一个万吨级的工业实验装置。”

据介绍，因为新疆比较干旱，棉田、玉米等作物都要通过覆膜的方式保水保湿。如全部使用国标规定的耐老化地膜，仅棉田每年就需要近30万吨地膜。地膜残膜在农田的残留影响了棉花根系生长，导致棉花的籽棉亩产量由原来的500公斤—600公斤，下降到现在的300公斤—400公斤左右。

为解决这一问题，新疆各级政府通过建残膜回收站，并结合相关补贴政策等多种方式，鼓励农民、农场回收地膜残膜、以旧换新。2021年，新疆地膜回收率已达到81%，增量地膜残膜对棉田污染得到有效治理。

“地膜残膜经回收集中，由合作伙伴进行专业分选处理后，我们考虑再通过化学回收技术设备将其循环利用。”蔡志强坦言，“目前，这一技术已经相对成熟。相信在政府支持、社会关注和科学家的努力下，未来，其他领域低值废塑料的化学回收规模化利用，也只是时间问题。”

塑料产业发展能否“化白为绿”？

做好塑料减碳和污染治理，高值化利用、变废为宝是优选

中国环境报 2023.1.5

据清华大学环境学院循环经济产业研究中心发布的《循环经济助力中国碳中和目标实现的潜力》报告显示，2020年中国塑料行业的温室气体排放约为3.5亿吨二氧化碳当量，2060年的排放预计将在2020年基础上增加约一倍。通过发展循环经济，到2060年，中国塑料行业的碳排放可降低11%—38%。

塑料产业转型升级是全球减碳的重要组成部分，应做好塑料减碳和污染治理，废弃塑料的高值化利用、变废为宝是优选。

在近日举办的我国首届生态塑料低碳循环产业发展论坛上，与会院士、专家、企业家等围绕“生态塑料低碳循环的发展方向与路径”这一主题，展开了广泛而深入的讨论。

塑料不等于污染物

塑料废弃导致的环境泄漏才是真正原因

“2020年，我国塑料制品年产量为7603.2万吨，同比减少7.1%，但仍是世界上最大的塑料生产国和消费国。研究表明，不仅81%的沿海地区受到了塑料碎片污染，甚至部分河流湖泊、土壤、鱼类、植物也受到了微塑料污染。”论坛上，中国科学院院士、清华大学化学系教授李景虹通过一组数据指出了我国解决塑料污染的紧迫性。

清华大学环境学院教授温宗国指出：“塑料材料本身并不等于污染物，塑料污染的本质是塑料废弃导致的环境泄漏。应重视塑料废弃物的差异化管理，更聚焦于薄膜和异形塑料等环境泄漏率高、资源回收利用率低的品种。与此同时，要科学识别减量、替代、重复使用、回收利用等治理措施的适用场景及优劣特性。”

温宗国认为，在提供相同服务功能时，塑料制品全生命周期环境影响往往优于现有替代材料，开展禁限和替代措施需要更加谨慎。可降解塑料袋、可降解塑料吸管等制品成本远高于普通传统塑料，而且塑料废弃后绝大多数通过环卫清运系统进入焚烧、填埋设施，并没有产生预期的环境效益，反而增加了巨大的社会成本。生物可降解塑料应优先用于农业等直接产生环境泄漏的使用场景。他进一步指出：“塑料废弃物末端收集和回收利用是塑料污染防治的关键环节，可以直接防止塑料废弃物泄漏到环境当中，是较好的塑料污染治理措施。”

如何实现塑料废料的有效循环再利用？

从资源有效利用的观点看，化学回收可以根治塑料污染

“双碳”目标下，我国塑料产业发展亟须向绿色、低碳、循环方向转型，减少污染与控制排放的关键，是在新技术支撑下，大力发展可再生塑料、生物降解塑料、新材料塑料制品，开发废塑料能源化的高质应用技术。

塑料固体废物回收再利用过程的困难之一，是很多塑料以混合状态（作为塑料合金）应用，或者使用后是以混合状态存在。如何尽量通过少分拣实现塑料废料的有效循环再利用是一大难题。

清华大学化工系教授谢续明说：“由于高分子材料（塑料）之间一般不具有相容性，不同种的塑料在一起很难有机地混合成为有用材料。但是通过加入相容剂（类似于使油水混合的表面活性剂），可以使不同的两种聚合物良好地混合在一起成为塑料合金，其性能往往结合了两种塑料的优点，是近几十年来开发新型高性能高分子材料的主要手段。我们研究的多功能单体接枝塑料相容剂可用于3种以上组分的塑料合金中，成功制备性能优越的多组分多元塑料合金，可以说为塑料固体垃圾的回收再循环高值利用开启了一道门。”

福海蓝天（北京）环保科技有限公司董事长李勇介绍：“目前，塑料垃圾处理方式分为填埋法、焚烧发电法、化学回收循环利用法等3种处理方式。其中，化学回收可以把无法再回收造粒的废塑料隔绝空气，加热到一定温度进行裂解，能够回收油品。从资源有效利用的观点看，化学回收形成‘从哪里来，回哪里去’的闭合循环，是真正意义上的‘大循环’，

是根治塑料污染的最佳手段。只要能够从固体塑料中回收液体油，就能实现循环再生的目的。”

北京天罡集团常务副总裁刘罡则从另一个技术角度给出了塑料减碳方案：“塑料由于使用便捷且可循环再生，而深入到生活的方方面面。但是塑料和人体一样，也会发生‘老化’导致性能下降，影响使用寿命或影响其再生利用的价值。通过恰当添加千分之几的光稳定剂等防老化助剂，塑料的使用寿命可以大幅延长，也可以使再生塑料的性能显著提高，达到低碳循环的目的，对于‘双碳’目标的达成具有重要意义。”

废旧塑料能否高值化利用？

废塑料化学循环项目存在落地、建设、运营难

李景虹表示：“废塑料化学循环是解决塑料回收利用的一大法宝。这种方法不仅可以‘吃掉’物理回收‘吃不掉’的塑料废料，进一步提高资源综合利用率，实现废旧塑料的高值化利用，变废为宝，还有助于减少生产原生料所需的化石原料的消耗，避免塑料焚烧产生的大量二氧化碳，从而降低塑料产品全生命周期的二氧化碳排放量。”

他特别指出，由于配套政策不健全，近年来，废塑料循环产业技术和产品开发难度较大，造成项目从落地、建设到运营的不确定性大，产品质量、生产过程的安全环保等难以保障，导致国家对这一行业采取了一系列限制性措施。“若要全面释放化学循环技术商业化潜力，仍需解决一些重要的政策问题。”

此外，如何以技术为支撑，实现塑料产业发展“化白为绿”？青岛惠城环保科技集团股份有限公司总经理张新功介绍了化学回收“跨相裂解”技术。

“将低值塑料转化为化工原料三烯三苯，逐步替代焚烧和填埋，用垃圾替代石油资源。如果项目完成工业化，将真正解决塑料污染治理问题。”张新功介绍道，根据测算，项目分选回收一吨废塑料可生产乙烯、丙烯、丁烯、BTX约0.9吨，实现产值约7000元左右，全生命周期可减少CO₂排放近10吨，减少烯苯等基础化工原料生产而消耗的石油资源约3吨。

将化学循环作为环保型新兴产业及国家塑料循环经济的重要组成，进一步为化学循环产业创造良好的政策环境，成为会上各位专家、学者、企业家的共识。专家介绍，我国是世界上规模最大的塑料应用市场和技术创新非常活跃的地方，废塑料的物理与化学回收技术已呈多型化，但关键要算好经济账，“科技加利润”是产业化、规模化的基础。

变废为粮！将玉米秸秆高效合成淀粉和蛋白

科技日报 2023.1.19

联合团队利用包含纤维素降解酶和淀粉合成酶的体外多酶分子体系，与酿酒酵母进行生物转化，可以把玉米秸秆中的纤维素高效酶水解成人造淀粉，同时在有氧条件下低成本发酵生产微生物蛋白。

全球人口的快速增长和气候变化将使人类面临粮食安全的巨大挑战。利用合成生物技术

将农业废弃物资源高效转化为人造粮食则是缓解粮食危机，实现农业可持续发展的重要途径之一。

近日，中国科学院天津工业生物技术研究所联合中国农业科学院生物技术研究所，开发了一种利用玉米秸秆高效生物合成人造淀粉和单细胞蛋白的新技术，进一步降低了人造淀粉的生产成本，为粮食生产提供了新的途径。相关论文在线发表于《科学通报》（英文版）。

用木质纤维素生产淀粉有望缓解粮食危机

全球每年会产生约 2000 亿吨木质纤维素，由于每吨木质纤维素含有约 40% 的纤维素，因此每年约有 800 亿吨的纤维素产生。

“人类可以消化 α -1, 4-糖苷键连接而成的葡聚糖，即淀粉，但由于人体缺乏纤维素水解酶，因此无法从木质纤维素中消化由 β -1, 4-糖苷键连接而成的葡聚糖如纤维素。如果能将 β -1, 4-糖苷键连接组成的葡聚糖通过酶促反应转化为 α -1, 4-糖苷键连接组成的葡聚糖，即利用非食品生物质生产淀粉有望缓解粮食危机，对于人类来说将是一个重大利好。”论文通讯作者之一、中国科学院天津工业生物技术研究所研究员马延和说。

开发体外多酶分子体系提高人造粮食生产效率

该研究利用包含纤维素降解酶和淀粉合成酶的体外多酶分子体系，与酿酒酵母进行生物转化，可以把玉米秸秆中的纤维素高效酶水解合成人造淀粉，同时在有氧条件下低成本发酵生产微生物蛋白。

“在这项研究中，我们首次创建了低成本的从商业化纤维素酶中去除 β -葡萄糖苷酶的高效纤维素降解及纤维二糖生成技术，有效地从纤维素酶混合物中去除了 β -葡萄糖苷酶，使用纤维素—酶—酵母复合物减轻了纤维素水解产物的反馈抑制，提高纤维素酶水解能力。”论文通讯作者之一、中国农业科学院生物技术研究所研究员张伟说。

论文通讯作者之一、中国科学院天津工业生物技术研究所研究员张以恒说：“传统生物制造需依赖活的生物体如微生物、植物和动物等，但大量能量和糖资源却用于与生物制造无关的生物自我繁殖、复制以及生命维持，制约了制造效率的提升。体外多酶分子体系是一种合成生物学新工具，完全避免了上述不必要的浪费，极大地提高了能源利用率，就如农业生产中的机械代替耕牛，使得人造粮食的高生产效率成为可能。”

“该研究重要的技术突破之一是低成本制备胞内重组酶，团队改造了重组酶表达菌株，使用廉价无机氮源和葡萄糖培养基，以超高密度进行微生物培养，将关键重组酶生产成本降低到接近最低理论值，实现每公斤重组酶（干重）生产成本仅 250 元，相对于实验室摇瓶发酵和常规酶纯化技术，降低酶成本 100 万倍左右；突破之二是在利用现有低成本纤维素酶的基础上，采用新技术去除 β -葡萄糖苷酶后即可高效、稳定可控地水解纤维素，其成本相较昂贵的纯化纤维素酶降低近 100 万倍。”张以恒说。

这种新技术为生产人造粮食开辟了新途径，做到了以前沿新技术端牢中国饭碗，实现

“藏粮于技、藏粮于山、藏粮于林”，有望解决粮食储存的经济困局，夯实中国粮食安全根基。（马爱平）

五、太阳能

甘肃首座 330 千伏治沙光伏电站顺利投产

中国能源报 2023.1.2

本报讯 2022 年 12 月 25 日，武威市古浪县 330 千伏亿恒宝华光伏电站启动投产，标志着甘肃省第一批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设项目的首座 330 千伏光伏电站正式投运，开启了甘肃省“光伏+治沙”的立体化新型产业模式，为经济社会高质量发展提供着绿色新动能。

330 千伏亿恒宝华光伏电站装机容量 30 万千瓦，配建储能 62MW/124MWH，以 1 回 330 千伏输电线路接入武威电网 330 千伏古浪变电站，是目前甘肃省装机容量最大、配建储能容量最大、并网电压等级最高的光伏电站。该项目的如期投产是国网甘肃省电力公司贯彻新发展理念，助力“双碳”目标实现的务实之举。

“非常感谢甘肃省电力公司的专家与专业技术人员克服疫情困难多次到我们场站进行技术指导，推进工程进度，帮助解决疑难问题，保证工程顺利投运，我们将认真总结经验，做好光伏电站生产运行和沙漠治理工作。”330 千伏亿恒宝华光伏电站负责人戚洪林说道。

甘肃省武威市古浪县黄花滩地处河西走廊东端、祁连山北麓、腾格里沙漠南缘，日照时间长，太阳能资源丰富，具备基地化、规模化、一体化开发新能源的条件，是全国最具开发潜力的新能源基地之一。自 2021 年 10 月开始，这里正以沙漠为重点实施 50 万立体光伏治沙产业化示范项目，将“治沙”融入新能源建设，开发出“农光互补”精品种植实验区、生态修复牧草区、碳汇林（防风林带）区、“牧光互补”养殖区，通过“板上发电、板间养殖、板下种植、治沙改土”四位一体的光伏治沙新模式，实现了生态效益、社会效益、经济效益互利共赢的目标。

为认真落实国家第一批以沙漠、戈壁、荒漠地区大型风光电基地等新能源项目的战略部署，国网甘肃省电力公司以责无旁贷的使命感和时不我待的紧迫感，汇集各方力量，发挥专业优势，组建一支由调度、设备、发展、营销、交易等多部门跨专业的精兵强将成立新能源并网服务团队，并组织国网武威供电公司、甘肃电科院等单位主动服务新能源项目业主，从项目可研初审、接网停电、调度命名、设备联调、并网验收为该项目安全顺利投产提供了坚强的技术支撑。

与此同时，国网甘肃省电力公司主动创新，优化并网流程、提高服务效率，为新能源发电项目设立绿色通道。特别是 2022 年 10 月下旬以来，该团队积极克服疫情影响，从疫情防控与建设推进中形成一套“云端+现场”的服务新模式。现场以专业分区指导，精准把脉各节点问题所在，线上专业融合协同，高效推进建设时序，打造出“一口对外、内转外不

转”的并网服务甘肃品牌，为新能源有序并网提档加速。

如今，一幅多能互补、生态融合发展的蓝图正在甘肃荒漠化土地上徐徐展开。下一步，国网甘肃省电力公司将一如既往总结新能源并网经验成果，不断提升服务质量，有序推进腾格里、巴丹吉林等沙漠地区新能源项目并网，为酒泉千万千瓦级风电基地、金（昌）张（掖）武（威）千万千瓦风光电基地新能源接入做好并网服务，加快构建新型电力系统，助力“双碳”目标落地，实现人类与沙漠共生共存、共同发展的美好愿景贡献国网力量，展现国网担当。（刘克权 韩为宏）

研究发现临近空间 钙钛矿太阳能电池演化规律

中国科学报 2022.12.28

本报讯（见习记者孙丹宁）近日，中国科学院大连化学物理研究所薄膜太阳能电池研究组高级工程师王辉、副研究员王开和研究员刘生忠团队，与西安电子科技大学教授张春福、郝跃院士团队及中国科学院空天信息创新研究院研究员黄旻团队合作，首次报道了临近空间环境钙钛矿太阳能电池昼夜性能演化的研究成果。相关成果发表于《先进能源材料》。

临近空间是指距地表 20 ~ 100 千米的空间，这一空间气流相对平稳、垂直对流小，是部署空中飞行平台，执行监视预警、通信中继、导航定位及环境监测等任务的理想环境。而钙钛矿太阳能电池具有较高的功质比，是空中飞行平台良好的能源供应器件。但是不同于地面环境，临近空间较强的紫外线照射强度、较大的昼夜温差变化会对钙钛矿太阳能电池发电性能造成影响。目前，尚没有临近空间环境钙钛矿太阳能电池昼夜性能演化的相关研究。

研究团队制备的钙钛矿太阳能电池搭载高空气球，在高度为 23 千米的临近空间，进行了长达 19 个小时的飞行试验，研究了钙钛矿太阳能电池在长时长、大温差、强紫外、低气压临近空间环境中的昼夜性能演化规律，并探讨了可能的变化机制。

研究表明，钙钛矿太阳能电池在临近空间展现出优异的发电性能和较好的稳定性，最高发电功率密度达 12 兆瓦/平方厘米（同时搭载的晶体硅太阳能电池发电功率密度为 15 兆瓦/平方厘米），目前在临近空间飞行时间最长、昼夜温差变化最大（-70℃至 70℃）、发电功率密度最大。

经实验室效率归一化后，钙钛矿太阳能电池与晶体硅太阳能电池全天发电能量密度完全相当，展示了钙钛矿太阳能电池在临近空间的巨大应用潜力。

用含双氧还原中心的整体光合作用制备过氧化氢

中国科学报 2023.1.6

吉林大学陈龙团队开发了含双氧还原中心的共价有机框架（COFs）的整体光合作用制备过氧化氢（ H_2O_2 ）。相关研究成果 2022 年 12 月 28 日发表于《德国应用化学》。

COFs 对于通过分子设计实现 H_2O_2 的高效整体光合作用是非常理想的。然而，精确构

建 COFs 以实现总的光合 H_2O_2 仍然是一个巨大的挑战。

研究人员报道了具有分离的氧化还原中心的结晶 S-庚嗪环基 COFs (HEP-TAPT-COF 和 HEP-TAPB-COF), 用于利用 O_2 和纯水高效生产 H_2O_2 。HEP COFs 中的空间和有序分离的活性位点可以有效促进电荷分离并增强光催化 H_2O_2 的产生。与 HEP-TAPB-COFs 相比, HEP-TAPT-COF 在整合 s-庚嗪和三嗪集团的双氧还原活性中心方面表现出更高的 H_2O_2 生产效率。因此, 带有双 O_2 还原中心的 HEP-TAPT-COF 表现出显著的太阳能到化学能源的转换效率, 为 0.65%, 在 420 纳米处的高表观量子效率为 15.35%, 超过了先前报道的基于 COF 的光催化剂。

我国首台高能同步辐射光源增强器全线贯通

光源建设任务将于 2025 年全部完成

人民日报 2023.1.17

本报北京 1 月 16 日电 (记者吴月辉) 记者从中国科学院高能物理研究所获悉: 位于北京怀柔科学城的第四代光源高能同步辐射光源增强器于 1 月 13 日全线贯通, 进入设备调试阶段。

增强器是高能同步辐射光源 (HEPS) 加速器的重要组成部分, 周长约 454 米, 主要负责将电子束流从 500MeV 加速到 6GeV, 同时在 6GeV 时接受储存环引出的束流并完成电荷积累, 在满足引出的条件下, 适时将束流引出并注入至储存环。增强器设备安装任务包含预准直、隧道安装、精准直、真空连接与封装等, 此次全线贯通标志着高能同步辐射光源建设又往前迈进了一大步。

高能同步辐射光源是国家重大科技基础设施建设“十三五”规划确定建设的 10 个重大科技基础设施之一, 是基础科学和工程科学等领域原创性、突破性创新研究的重要支撑平台。该装置于 2019 年 6 月在北京怀柔科学城启动建设, 是为国家重大战略需求和前沿基础科学研究提供技术支撑平台的国家重大科技基础设施, 也是北京怀柔综合性国家科学中心最重要的重大科技基础设施。

同步辐射是指速度接近光速的带电粒子在做曲线运动时沿切线方向发出的电磁辐射, 也叫做同步光。这个场景就像是在雨中快速转动雨伞, 沿伞边缘的切线方向会飞出一簇簇水珠。中科院高能所副所长、高能光源工程常务副总指挥董宇辉研究员告诉记者: “同步光具有穿透性强、高亮度、高强度和能谱宽等特点, 可以帮助人类观察肉眼看不到的微观世界。”

高能同步辐射光源由中国科学院高能物理研究所承担建设, 主要建设内容包括加速器、光束线站及辅助设施等, 建设周期 6.5 年, 新建建筑面积 12.5 万平方米。它的整体建筑外形似一个放大镜, 寓意为探测微观世界的利器。建成后的高能同步辐射光源, 将是我国第一台高能同步辐射光源, 也是世界上亮度最高的第四代同步辐射光源之一。相比第三代同步辐

射光源，第四代同步辐射光源的亮度要高出 100—1000 倍。

“要看到物质里的细节，很重要的一点就是要有足够的亮度。比方说，打个手电筒看东西，手电筒越亮，就能看得越清楚。光越亮意味着探测的精度越高，探测速度也越快。”董宇辉说，“作为第四代同步辐射光源，高能光源可以让我们更清楚地了解材料的内部结构，这对材料科学和生命科学的发展具有重要作用。”

据高能同步辐射光源工程总指挥潘卫民介绍，光源建设任务将于 2025 年全部完成，建成后将在我国先进材料、航空航天、能源、环保、医药、石油、化工、生物工程和微细加工等领域中广泛应用，提供突破关键技术，解决瓶颈问题的手段，提升我国原始创新能力和核心技术国际竞争力。

光伏电池组件企业 ESG 披露率大增

中国能源报 2023.1.9

日前，欧盟理事会正式通过了《企业可持续发展报告指令》（CSRD，Corporate Sustainability Reporting Directive）。作为欧盟环境、社会和公司治理（ESG）信息披露核心法规，CSRD 对欧盟企业的 ESG 信息披露提出了更为严格的要求。

虽然 CSRD 属欧盟立法，但行业人士表示，所有为欧洲企业提供产品与服务的相关方，都将受到 CSRD 的外溢影响，被动履行 ESG 相关的合规义务。

中国光伏电池与组件行业与欧洲市场贸易关系紧密，当前，行业主要企业的 ESG 披露情况如何？又有哪些亟待提升和完善的工作呢？

■ ■ 披露率明显提升

根据中信证券日前发布的研究报告，随着光伏行业的持续发展，国内光伏电池与组件行业的 ESG 报告披露率正在快速上升。“企业 ESG 报告披露率由 2015 年 18% 上升至 2021 年 75%，仅次于银行和非银金融，远高于 31% 的全市场平均披露率。”

特别是对于上市公司而言，中信证券研报指出，A 股光伏电池组件企业 ESG 报告披露率增速在 A 股上市公司分行业比较中排名前列。2021 年，A 股光伏电池组件企业 ESG 报告披露率相比 2019 年披露率增加了 65%，高于其他分行业 ESG 报告披露率增速。

披露率增加的背后是企业对 ESG 治理的重视程度的显著提升。中信证券数据科技首席分析师张若海研究团队分析指出，这得益于行业内部需求和外部压力的双重驱动。

张若海研究团队认为，一方面，随着光伏平价上网政策的施行和企业间竞争的日趋激烈，电池和组件企业需要不断降低光伏产品的生产成本。能源和资源消耗在光伏产品生产成本中占有较大比例，通过技术降低能源和资源消耗强度，是光伏企业发展的内在需求。

另一方面，在张若海研究团队看来，中国企业在光伏电池组件行业占有毫无疑问的领导地位，在贸易摩擦风险可能升级的今天，提升 ESG 治理水平，积极应对外国 ESG 审查，能够尽可能降低贸易摩擦对企业出海业务的影响。有组件厂商海外业务相关负责人表示，在部

分欧美国家，光伏组件的投资者和采购方已经开始对供应商提出要求，希望供应商能够确保自身企业及产品符合严格的 ESG 政策。

■ ■ 海外评级不高

中国纺织工业联合会社会责任办公室研究员王静表示，在世界范围内，目前共有超过 600 家的 ESG 评级机构，但各机构并没有建立统一的 ESG 评级体系和标准，各个评级主体有各自打分方式和量化方法。“例如，有的只通过企业主动披露的公开信息和其他具有公信力渠道的信息来评估一家公司的 ESG 风险，有的则是和多个国际财务数据咨询平台进行合作，联合公布评级结果，还有的对于参评企业的市值、成交量和上市时间都设有门槛，符合要求的企业才会列入候选名册。”

就中国光伏电池和组件企业的评级而言，中信证券研究表明，2022 年以来，不同机构之间评价的差异正在逐步缩小。总体而言，国外机构的评价低于国内机构，其中以彭博、标普以及富时罗素最为显著。

究其原因，张若海研究团队表示，一方面，国内企业的 ESG 治理确实仍存在进步空间；另一方面，海外评价体系无法完全适用于国内企业。

■ ■ 需更加关注绿色生产能力和海外贸易风险

中国本土的光伏电池组件行业在 ESG 评价的过程中更适用怎样的标准？该设置哪些实质性议题呢？

参考国内外标准和国内外龙头企业 ESG 报告，中信证券也相应的建议。总体而言，要跳出“E/S/G”的定式划分，光伏电池组件行业 ESG 实质性议题更应关注绿色生产能力和海外贸易风险。

具体而言，在绿色生产方面，光伏产品使用阶段的绿色属性和制造阶段的污染属性形成鲜明的冲突，解决冲突的关键是衡量产品的碳回收期，由此引发关于产品自身耗能与排放、产品质量、技术路线，乃至负外部性内部化等一系列关注点。

值得注意的是，中信证券研报强调，销往不同国家和地区的同种产品的碳回收期可能不同。以加拿大能源在其 2021 年 ESG 报告中进行的测算为例，在美国得克萨斯州这样的产油州，能源结构以火电为主，光伏产品的碳回收期为 1 年；而在法国，能源结构以核电为主，光伏产品的碳回收期可达 10.6 年。

在海外贸易风险方面，中信证券方面表示，在 ESG 理念更加深入人心，但贸易摩擦不断存在升级风险的今天，以 ESG 为名，行贸易保护之实的情况频繁发生。为了防止类似情形，既要关注企业在强迫劳动和冲突矿产方面的应对，也要关注海外政策的变化和企业遭遇的相关调查。（姚金楠）

六、地热

全国首个油气开采伴生地热发电项目成功投运

中国能源报 2023.1.9

本报讯 2022 年 12 月 30 日，由东方电气集团自主设计制造的全国首个油气开采伴生地热发电项目在中石油西南油气田分公司川中气矿 X210 井成功投运，源源不断将地热资源转化为绿色电能，标志着东方电气在地热发电领域取得新突破。

中石油西南油气田分公司川中气矿 X210 井日均产气田水 600 方，井底温度 140℃，是中国最强气田排水井。此次新建地热有机工质朗肯循环发电机组基于东方电气有机工质朗肯循环技术进行设计开发，装机规模 80 千瓦，是全国首个油气开采伴生地热资源发电项目，投运后全年可发电 40 万千瓦时，减少碳排放超过 340 吨。

据介绍，该机组采用沸点低的有机工质，实现了地热低温水热能高效利用；采用电磁轴承透平一体机结构，结构紧凑；采用双层整体撬装设计，实现了整体运输、高效安装。

东方电气自 2018 年启动有机工质朗肯循环技术研究，致力于解决装备制造企业如何对大量低品位余热进行有效利用的难题，经过多年的发展，现已具备 80 - 20000 千瓦各种功率等级有机工质朗肯循环机组设计制造能力和发电装置成套设计能力，用途覆盖地热、化工余热、烟气余热、水泥窑余热、燃机余热、太阳能光热等多个领域，能实现中低温余热（特别是 100℃ 以下余热）的有效利用。（董方）

山东沾化义和地热田资源调查项目初战告捷

中国自然资源报 2023.1.18

本报讯（记者吴文峰 通讯员韩晓静）日前，山东省滨州市沾化区下河乡成功钻探一眼地热井。该地热井井深 1701.5 米，涌水量每小时 120 立方米，水温 63 摄氏度，为该地区境内迄今成井最深、流量最大、温度最高的地热井。

2021 年，山东省地矿工程集团公司成功中标“山东省滨州市沾化区义和地热田地热资源调查及开发利用示范”省级地质勘查项目。2022 年 9 月，根据项目区地热地质条件，结合物探资料和地方规划，项目组最终将地热地质钻探工作场地确定在下河乡泰和社区，并于 2022 年 11 月 21 日正式钻探。历经 41 个日夜的艰苦鏖战，12 月 30 日初战告捷。该地热井成井深度 1701.5 米，涌水量达每小时 120 立方米，水温 63 摄氏度，取水层位为新近系馆陶组和古近系东营组热储。

据了解，该项目实施后，通过示范工程建设，可提供可复制推广的地热回灌经验，提高本地区地热利用率，减少地热尾水排放量，为合理、持续开发地热资源提供技术支撑。同时，沾化区义和地区属于鲁北砂岩热储区，地热资源丰富，开发潜力大，开展该地区地热资源调查及开发利用示范，能够进一步摸清地热资源家底，为当地集约利用地热资源提供科学依据，对推动沾化区乃至滨州市孔隙热储地热尾水回灌及地热资源可持续开发具有指导作用。

七、海洋

收集海洋上方水蒸气

科学家提出获取无限淡水新构想

中国科学报 2022. 12. 27

本报讯 研究人员称，地球海洋上方以水蒸气形式存在着几乎无限的淡水供应，但尚未被开发利用。美国科学家的一项新研究首次提出投资于能够收集海洋水蒸气的新基础设施，以解决世界各地淡水供应有限的问题。相关研究结果近日发表于《科学报告》。

该研究评估了全球 14 个水资源紧张的地区，以确定从海洋上方收集水蒸气并将其冷凝成淡水的假设结构的可行性，以及这种方式在面临持续气候变化时是否仍然可行。

研究通讯作者、伊利诺伊大学香槟分校土木和环境工程教授 Praveen Kumar 表示，水资源短缺是一个全球性问题。在美国，由于科罗拉多河流域水位不断下降，影响整个西部地区。而在亚热带地区，如美国西部，由于全年云层覆盖很少，有足够的太阳辐射，导致附近的海洋不断蒸发水分。

研究人员表示，以前的废水回收、人工降雨和海水淡化技术只取得了有限的成功。尽管在全球一些地区部署了海水淡化厂，但由于产生盐水和重金属废水，海水淡化厂面临着可持续性问题，以至于加利福尼亚州最近拒绝了新建海水淡化厂的措施。

“最终，我们需要找到一种方法来增加淡水供应，因为现有水源的保护和循环水虽然是必不可少的，但仍不足以满足人类的需求。我们认为新提出的方法可以做到这一点。” Kumar 说。

通过对假定的宽 210 米、高 100 米的海上结构进行大气和经济分析，研究人员得出结论，在全球许多缺水地区，收集海洋表面的水分是可行的。据估计，假定结构的产水量可为亚热带地区的大型人口中心提供淡水。

气候变化下一个更有利的预测是，干旱地区将变得更干燥，潮湿地区将变得更潮湿。这种日益干旱的情况有利于新的海洋蒸汽收集技术。气候预测显示，海洋蒸汽通量只会随着时间的推移而增加，从而提供更多的淡水。

因此，研究人员称，他们提出的想法在气候变化的情况下是可行的。这为适应气候变化，特别是为生活在干旱和半干旱地区的弱势群体，提供了一种非常必要和有效的方法。

研究人员表示，这个解决方案的一个更大特点是，它的工作原理与自然水循环类似。

研究作者之一、伊利诺伊大学香槟分校大气科学教授 Francina Dominguez 指出，这个方案不同之处在于，可以引导海洋蒸发的方向。

“当 Praveen 向我提出这个想法时，我们都想知道为什么以前没有人考虑过这个问题，因为它看起来是一个显而易见的解决方案。以前没有人这样做，我认为这是因为研究人员太专注于陆上解决方案。但我们的研究表明，确实存在其他选择。” Dominguez 说。

研究人员表示，这项研究为新的基础设施投资打开了大门，可以有效解决全球淡水日益稀缺的问题。（辛雨）

用于制氢的膜基海水电解槽

中国科学报 2022.12.27

使用可再生能源为输入的电化学盐水电解，是一种大规模生产绿氢的理想和可持续方法。然而，由于海水复杂成分引发的电极副反应和腐蚀问题，该方法的实际可行性受到耐久性不足的严重挑战。尽管利用聚阴离子涂层抑制氯离子腐蚀、制造高选择性电催化剂的催化剂工程已被广泛开发，并取得了一定成功，但在实际应用中仍远不能令人满意。

通过预脱盐工艺间接分离海水可避免副反应和腐蚀问题，但需要额外的能源投入，在经济上不具有吸引力。此外，独立庞大的海水淡化系统使海水电解系统在尺寸上缺乏灵活性。

研究组提出了一种直接海水电解制氢的方法，从根本上解决了副反应和腐蚀问题。演示系统在 250 mA/cm^2 的电流密度下，能够稳定运行 3200 多小时，且没有出现故障。

该策略以类似淡水裂解的方式实现了高效、尺寸灵活、可扩展的海水直接电解，且运行成本没有明显增加，具有很高的实际应用潜力。这种结构和机制有望进一步应用于水基废水处理、资源回收以及一步制氢。

2022 全球海洋环境变化研究报告发布

中国科学报 2023.1.12

本报讯（记者高雅丽）1月11日，由中国科学院大气物理研究所（以下简称大气所）牵头，联合国家海洋环境预报中心、中国科学院海洋研究所等全球16家研究单位的24位科学家组成的国际研究团队，发布了涵盖2022整年的全球海洋环境变化研究报告。该报告指出，2022年海洋升温持续，成为有现代海洋观测记录以来海洋最暖的一年。报告还显示，海洋“咸变咸、淡变淡”的盐度变化态势加剧，海水垂向层化现象持续加强。相关成果发表于《大气科学进展》。

数据表明，2022年，全球海洋上层2000米储存的热量与2021年相比增加了 $10.9 \pm 8.3 \text{ ZJ}$ ($1 \text{ ZJ} = 10 \times 10^{21}$) 焦耳。这些热量可以使7亿个1.5升的电热水壶的水同时烧开，也相当于中国2021全年发电总量的约325倍。过去半个世纪，海洋每一个十年都比前一个十年更暖。表征“咸变咸、淡变淡”趋势性变化格局的“盐度差”指数显示，1955年至2021年，全球海洋上层2000米的高-低盐度差异呈显著增加趋势。2022年，全球“盐度差”指数为1955年以来最高。1960年至2022年间，全球海洋上层2000米的层结加强了5.3%，相当于每十年约1%的增速，其中海洋上层150米层结增加了5%~18%。2022年，全球海洋上层2000米平均层结为1955年以来第7高位。

论文通讯作者、大气所研究员成里京表示，海洋物理环境的显著变化严重威胁海洋生态

环境与人类可持续发展。海洋变暖导致极端气候事件如台风、飓风、海洋热浪等强度增强，沿海和低洼地区面临着越来越严重的海平面上升相关风险。随着海洋变暖和层结加剧，海洋碳吸收效率下降，导致更多人类排放的二氧化碳留在大气中，加剧全球变暖。同时，更强的海洋层结会抑制海洋垂向溶解氧输送，导致海洋内部的氧含量进一步减少，威胁海洋生物安全。

该研究同时发布了两个机构的2022年数据，分别是大气所的IAP/CAS海洋观测格点数据、美国海洋和大气管理局国家海洋信息中心（NOAA/NCEI）的格点数据；还发布了2022年全球海洋盐度和层结IAP/CAS数据。

波浪“潮涌”变绿电

科技日报 2023.1.29

正月初四，年味正浓。停靠在广东省东莞市珠江东江口水域边上的一台“庞然大物”已热闹起来，工人进场开工了。

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，它高达27米，平面面积超3500平方米、重超4000吨。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。“目前是‘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。

然而，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。

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。”

“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。

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”。（叶青 孔德淇 韩梦圆）

海洋能源将成能源转型关键增量

中国电力报 2023.1.18

2022 年 12 月 10 日，第二届中国海洋能源发展论坛暨《中国海洋能源发展报告 2022》（以下简称《报告》）发布会以线上形式召开。

“开发利用海洋能源、统筹推动海洋能源绿色低碳发展是建设海洋强国的重要内容。”《报告》指出，新形势下，海洋能源将成为社会发展的重要原动力，海上油气生产已成为不可或缺的能源增长极。

报告预计，2022 年，全球海洋油气勘探开发投资大幅增长，中国海洋油气产量再创新高，海洋石油将贡献全国石油增产量的一半以上。

我国海洋油气产量再创新高

“2022 年，俄乌冲突深刻改变着全球能源供应格局和能源市场结构，各国对能源安全的重视程度大幅提升。为应对能源危机，部分国家和地区重启并加大对煤炭、煤电等高碳能源的利用，全球清洁能源转型步伐阶段性放缓。”中国海油集团能源经济研究院院长王震深度解读《报告》。

《报告》预计，2022年，全球一次能源消费中，煤炭、石油的占比均增加0.3个百分点，天然气占比下降0.6个百分点，非化石能源占比基本持平，全球与能源相关的二氧化碳排放量低速增长至349亿吨。

国内方面，《报告》预计，2022年，我国能源消费结构中，煤炭占比略有回升；石油、天然气占比小幅下降，非化石能源占比则从2021年的16.6%提高至17.2%。

值得一提的是，2022年，在国内整体能源消费因疫情、价格等增速放缓，原油、天然气需求出现小幅回落的同时，国内油气生产保持良好势头，我国原油、天然气对外依存度有望下降。

“确保能源安全是重中之重。”王震表示，我国进一步明确了煤炭、煤电的兜底保障作用，并强调持续提升油气勘探开发力度，增强能源供应链弹性和韧性。

《报告》称，2022年，全球海上钻井工作量中，近40%来自中国海域。我国海洋油气获得勘探新发现7个，成功评价宝岛21-1等20个含油气构造，年内计划投产7个新建产能项目。《报告》预计，2022年我国海洋石油产量达5862万吨，同比增长6.9%，增产量占全国石油增产量的一半以上，渤海和南海东部是海洋石油上产的主要区域；海洋天然气产量达216亿立方米，同比增长8.6%，约占全国天然气产量增量的13%。

中国海油党组书记、董事长汪东进在致辞中表示，近年来，中国海油积极实施增储上产“七年行动计划”，过去3年国内原油增产量在全国总增量中的占比超过70%，“国内原油增产关键在海上，海上原油增产关键在海油”已成行业共识。

《报告》预计，2023年我国海洋石油产量有望突破6000万吨大关，继续保持全国石油生产增量的领军地位；海洋天然气产量有望突破230亿立方米。

“未来，中国海油将大力实施增储上产攻坚工程，推动海洋油气产量稳步上升，为我国原油年产量重上2亿吨并长期稳产作出更大贡献。”汪东进表示。

海洋低碳能源开发潜力巨大

不容小觑的是，除了海上油气资源，海洋低碳能源也具有巨大的开发潜力。

“气候变化和地缘政治危机叠加使各国坚定能源转型目标，纷纷出台更具雄心的可再生能源发展计划，以海上风能为主的海洋能源成为各海洋国家发展可再生能源的重要支撑。”王震指出。

《报告》显示，2022年，全球可再生能源保持快速发展态势，发电装机总量达到33.54亿千瓦，占全球电力总装机量的40%。全球海上风电并网装机规模同比增长26%，达到6850万千瓦，约占全球可再生能源发电装机总量的2%，未来这一比例将稳步提高。

根据《报告》，中国、英国继续保持全球海上风电累计和新增装机容量的前两位。国内海上风电产业呈现集聚发展特点，初步形成了环渤海、长三角、珠三角等产业集群。

《报告》预计，在中国推动可再生能源大规模、高比例、市场化、高质量发展的进程中，海上风能在沿海省份的发电量占比有望从目前的2%提升至2050年的近20%。

此外，潮流能、波浪能等海洋能以及海洋可燃冰、海洋太阳能、海洋氢能、海洋生物质能等新兴海洋能源也获得更多关注，可为能源行业绿色发展、低碳转型提供有效助力。

国家能源局党组成员、副局长任京东在致辞中表示，海洋能源发展将成为统筹能源安全与转型的关键增量。

“中长期内，海洋油气资源，特别是深水油气资源将成为重要资源接替区，有力保障我国油气安全。”任京东说，在加快推动能源结构调整优化的过程中，各类海洋可再生能源将成为立足我国资源禀赋、积极稳妥推进碳达峰碳中和的重要路径。

国际能源署（IEA）署长高级顾问安丰全在发布会上表示，大力发展清洁能源，包括海洋清洁能源，替代传统化石能源，将有助于未来减少和避免能源危机的发生。

安丰全建议，各国制定发展海洋能源的战略规划，明确发展目标、路线图和时间表，给出稳定的政策导向和投资导向，推动清洁能源科技创新的重大突破和产业化，引导和扶持传统能源企业向清洁低碳能源企业转型，加大清洁能源投资，并加强国际合作。

在安丰全看来，中国海洋能源资源比较丰富，产业链比较完整，市场空间大，具备成为海洋能源大国的条件和优势，需要统筹谋划，扎实推进。

在这方面，中国海油可谓稳扎稳打。汪东进表示，海洋新能源新产业是助力实现“双碳”目标的重要支撑。未来还将大力实施绿色发展跨越工程，积极探索“油气电氢”多能互补融合发展，加快向海洋综合能源供应商转型。

技术创新驱动海洋能源开发

“新型能源体系是实现中国式现代化的重要物质基础。”任京东说，围绕海洋能源完善建立海洋产业体系，可以推动将新型能源体系有机整合到全产业链的转型中，培育经济发展新动能，服务经济社会可持续发展。

中国工程院院士谢玉洪在论坛上表示，加快构建新型能源体系是推动由化石能源向多元化能源体系发展的必由之路，是深入贯彻落实国家“双碳”战略决策部署的重大举措，是提高海洋油气勘探开发成效、实现从传统化石能源向非化石能源转型发展的重要保障。

谈及新型能源体系“新”在哪里，北京大学能源研究院副院长杨雷在论坛上表示，新型能源体系不仅是新能源比例的提高，更重要的是能源结构及形式的变化，表现出更加智能化、更加分散化的特点。

《报告》显示，勘探技术进步与创新促进海洋油气不断获得新发现，开发技术进步、智能化生产提升海洋油气开发效率，虚拟技术、智能制造推动海洋油气工程建设和装备少人化。“技术”“智能”等成为关键词。

“海洋是油气勘探开发技术创新的前沿领域。多变复杂的自然条件决定了未来海洋能源发展也将以技术驱动为根本导向。”任京东说，在新一轮工业革命中，大数据、人工智能、物联网等技术也将与海洋能源发展深度融合，推进海洋能源产业向数字化、智能化发展。

谢玉洪也认为，近年来新能源领域技术迭代突飞猛进，技术进步是促进产业规模化发

展、成本竞争力显著提升的内在动力，跨界融合、多能互补、智慧互联已成为未来能源行业发展的必然趋势。

杨雷指出，构建新型能源体系是一场技术驱动的产业革命和社会革命，在这一过程中，技术的进步是基础，商业模式的创新是关键，体制机制的变革是保障。在他看来，提到能源，不仅意味着保供的责任，能源行业本身也是经济发展的引擎和支柱，能源产业链非常长，在我国建设新型能源体系的进程中，会带动一大批新的产业、就业和发展机会。

“海洋能源是新型能源体系建设的高地，有条件建设示范区。”杨雷分析称，新型能源体系重要的特性，如源网荷储耦合、多能互补耦合等，在海洋石油开发和其他海洋能源开发方面都有丰富的应用场景。例如，气电组合海上风电已经在不少沿海地区开展，立足海洋进一步扩大新模式大有可为。（曲艺）

自然资源部：制定支持新能源发展用地用海政策

中国电力报 2023.1.18

日前，2023年全国自然资源工作会议召开。会议指出，将“严守资源安全底线、优化国土空间格局、促进绿色低碳发展、维护资源资产权益”作为今后一个时期自然资源工作的定位，全面推进党中央重大决策部署落地见效

成效

●矿产资源勘查开发取得积极进展，2011 - 2020 年累计发现 17 个亿吨级大油田和 21 个千亿立方米级大气田，新形成 32 处非油气矿产资源基地

●海洋强国建设持续深入推进，2021 年海洋生产总值突破 9 万亿元，海洋战略性新兴产业增加值年均增速超过 10%

2022 年

报请国务院批准用海用岛项目 51 个同比增加 45%、面积 22.35 万亩同比增加 15%、涉及投资 6200 亿元

●加强矿产资源绿色勘查开发，加大新能源发展急需的锂、钴、镍矿及油气等战略性矿产出让力度

●加强海洋资源保护和合理开发，进一步规范项目用海和处理围填海历史遗留问题监管

2023 年

●在严格管控围填海，守住海洋生态安全底线的前提下，保障国家重大项目及行业、民生用海用岛需求

●围绕加强重要能源矿产资源国内勘探开发和增储上产，全面启动新一轮战略性矿产国内找矿行动

●突出紧缺和大宗战略性矿产，以重要含油气盆地和重点成矿区带为重点，根据地质工作程度分类施策实施勘查找矿；推进相关科技专项，为找矿突破提供支撑

- 配合做好煤炭、钾盐、铁矿保供工作
- 围绕加快建设海洋强国，着力打造蓝色发展新动能
- 研究提出重点行业用海的空间准入、空间布局、集约用海要求；制定支持新能源发展的用地用海政策；加快推动矿产资源法等制定修订

我国海域二氧化碳地质封存潜力巨大

中国电力报 2023.1.18

据新华社北京1月12日电（记者王立彬）自然资源部中国地质调查局12日首次发布我国海域二氧化碳地质封存潜力评价结果。该结果表明，我国海域二氧化碳地质封存潜力2.58万亿吨，可以为实现国家“双碳”目标提供重要支撑。

二氧化碳地质封存是指通过工程技术手段将捕集的二氧化碳注入地面以下的深部咸水层、枯竭油气藏等地质体中，通过构造地层封存等方式实现二氧化碳与大气长期隔绝的过程，按照封存位置不同，可分为陆域封存和海域封存，是降低温室气体含量、缓解温室效应的重要手段之一。我国海域地壳稳定性好、沉积盆地分布广、地层厚度大、二氧化碳地质封存潜力巨大，但此前尚未开展基于实测调查数据的系统性评价。

中国地质调查局利用20余年海洋地质调查实测地质与地球物理数据，以及公开发表的商业性油气勘探开发等资料，创新提出符合我国海域地质条件的二氧化碳地质封存潜力评价方法与适宜性评价方法，首次系统开展评价，基本掌握了海域二氧化碳地质封存的资源家底。

八、氢能

我国单套最大 PEM 电解水制氢装置成功投产

中国能源报 2023.1.2

本报讯 2022年12月25日，我国单套最大质子交换膜（PEM）电解水制氢装置在中原油田成功投产。该装置是中国石化兆瓦级可再生电力电解水制氢示范项目的核心设备。该项目配套的光伏工程已同步并网发电，投产后日产高纯度绿氢1.12吨，为我国可再生能源制氢提供可复制、可推广的示范样板。

该项目采用的质子膜电解水制氢工艺是现阶段与风电、光电耦合度最好的电解水制氢技术路线。该工艺的适应能力更强，对电的波动与否没有过多要求，制氢系统可以随时关停，便于就地消纳风力发电、光伏发电等波动性较强的可再生绿电，全过程没有任何污染物排放。

该项目拥有国内单套最大的质子交换膜电解水制氢装置，电解功率达2.5兆瓦，其制氢的效率更高。就像发动机是汽车的核心部件一样，质子交换膜电解水制氢系统是该项目的核

心设备。它利用纯水作为电解液，在电解过程中不添加任何化学药品，具有较高的电流密度和安全性。

为了实现绿电制绿氢，该项目还配套建设 3.66 兆瓦的光伏电站，以及 9 兆瓦风电工程。两个制氢配套工程年发电量约 2500 余万千瓦时。目前光伏配套工程已经同步并网发电，为该项目的投产提供了绿色动能。（辛华）

粤港澳大湾区“氢陶都——绿色搬运体系” 开建

中国电力报 2023.1.5

本报讯（范嘉文）近日，由中国能源研究会燃料电池专委会主办的粤港澳大湾区“氢陶都—绿色搬运体系”建设启动仪式暨广东新氢动力氢能工业车辆生产线投产及新品发布会在广东佛山举行。

作为全国首批燃料电池汽车示范应用城市群之一，广东氢能产业的发展为全国提供了新的经验做法，此次投产发布的生产线适配于工业车辆的动力系统，是国内首条（套）专属于氢能工业车辆制造的生产线。

依托佛山良好的氢能产业基础，2022 年 4 月，广东新氢动力正式签约落户佛山禅城，计划打造氢燃料电池工业车辆发动机生产基地，还分别与广晟投资、盈峰环境等签署了战略合作协议，共同推动氢能工业车辆、环卫车辆的研发及生产制造。“这是氢燃料电池技术应用领域创新应用的新起点。”中国能源研究会副理事长兼秘书长孙正运在致辞中表示，从氢能商用车辆示范的先行，到氢能工业车辆的创新应用，燃料电池行业正逐步构建完整的应用端产业链体系。

发布会上，新氢动力发布了搭载固态金属储氢系统的 3.5 吨氢燃料电池叉车、氢燃料电池观光车以及氢燃料电池移动电源——氢电宝等多款氢能产品，并与多家政府机构及企业开展战略合作。新氢动力表示，将在大湾区构建氢能工业车辆产业生态链，携手国标院制定氢能工业车辆技术标准体系，完善氢能工业车辆碳核算与碳核查机制，将大湾区“氢陶都—绿色搬运体系”建设成集尖端燃料电池技术引领、多种应用场景协同、交叉标准体系保障、新型碳核查路径支撑的氢能工业车辆行业标杆。

印度推激进绿氢计划

中国能源报 2023.1.16

本报讯（记者董梓童）报道为促进可再生能源产业发展，印度政府近日表示，将拨款 23 亿美元用于支持绿氢的生产、使用及出口。印度希望通过这一计划，实现“到 2030 年绿氢生产能力达 500 万吨”的目标。

印度信息和广播部阿努拉格·辛格·塔库尔直言，印度已瞄准绿氢产业，并力争成为全球绿氢主要出口国。

路透社援引一位印度政府工作人员的话称，印度的这项计划旨在未来5年内，通过规模化发展手段将绿氢生产成本控制在目前的4/5左右。同时，印度政府还计划将70%的绿氢出口至韩国、日本和欧盟国家。该计划具体细节将在2023年财年预算报告上披露。

据了解，2022年以来，阿达尼电力、信实工业集团等多个印度能源公司就曾先后表示有意建设商业化绿氢生产项目。不过，印度并没有大规模商业化生产绿氢的经验。在氢能产业尚未起步，且高度依赖化石能源的情况下，要达成如此激进的绿氢发展目标困难重重。

同时，值得注意的是，绿氢生产需要大量可再生能源电力，而印度可再生能源装机规模并没有达到设定目标。根据现行规划，2030年前，印度可再生能源发电装机规模要达到5亿千瓦，其中2.8亿千瓦为光伏发电；2022年前，印度可再生能源发电装机需达到1.75亿千瓦，其中光伏发电装机规模要达到1亿千瓦。

然而，截至目前，印度可再生能源发电装机规模仅为1.22亿千瓦。另据印度可再生能源咨询机构JMK研究公司的数据，截至2022年9月，印度光伏发电装机规模为6080万千瓦，预计2022年第四季度印度光伏发电新增装机规模约140万千瓦，与1亿千瓦目标相差甚远。

此前，信用评级机构ICRA就曾预测，可再生能源发电项目并网较难、项目用地获批难等情况下，印度难以实现可再生能源发电装机目标。在此背景下，印度绿氢产业发展的不确定性将增强。

不过，印度政府认为，此次投资23亿美元的绿氢计划一旦实施，可直接促进1.25亿千瓦的可再生能源发电新增装机，将为绿氢生产提供保障。

氢技术创新转向低排放欧盟和日本专利领先

中国电力报 2023.1.13

据新华社巴黎1月10日电（记者刘芳）欧洲专利局、国际能源署10日联合发布氢技术相关专利研究报告，指出氢技术创新正转向低排放解决方案，欧盟和日本的氢专利申请处于领先地位。

该报告以国际专利族的形式概述2011年至2020年间氢技术主要趋势。每个专利族代表一项已在全球两个或多个专利机构提交的高价值发明专利申请。报告中的专利数据涵盖从氢气供应到储存、分配和转化以及终端应用的全部技术。

报告显示，2011年至2020年，欧盟和日本的氢专利申请全球领先，其专利族分别占全球总量的28%和24%。欧盟中的德国、法国及荷兰尤为突出，专利族分别占全球的11%、6%和3%。美国氢相关专利族占比20%，但在十年间出现下降。韩国、中国氢技术相关专利族分别占比7%和4%，但正在上升。

氢价值链所有专利中，与制氢相关的专利数量最多。专利数据显示，氢气生产大规模转向电解等低碳方案。作为氢终端应用的创新重点，汽车行业的氢专利申请持续增长，日本在

这方面领先。

氢技术专利申请排名显示，欧洲化学工业在电解、燃料电池等领域的技术创新领先，大型车企以及法国、韩国等国大学和公共研究机构的氢技术创新也很活跃。

欧洲专利局主席安东尼奥·坎皮诺斯表示，利用氢能潜力，是欧洲实现 2050 气候中和战略的关键部分，但要想让氢能在减排中发挥重要作用，一系列技术亟须创新。

国际能源署执行干事法提赫·比罗尔说，报告显示创新者正在回应氢供应链的竞争性需求，氢终端应用等领域的创新仍需更多投入。

氢能储能和智能是新型电力系统的基石

——访国家能源局原局长徐锭明

中国能源报 2023.1.30

实现碳达峰碳中和是一场广泛而深刻的经济社会变革，涉及领域多、影响范围广、任务繁重而艰巨。国务院原参事、国家能源局原局长、中国碳中和 50 人论坛成员徐锭明认为，在此进程中，可再生能源必将担纲大任。这是应对日益严重的能源环境问题的必由之路，也是人类社会实现可持续发展的必由之路。长远来看，可再生能源必将成为我国未来的主体能源。

■ ■ “双碳”是一场硬仗一次大考

问：如何理解碳达峰碳中和目标的深刻内涵？

徐锭明：2021 年 8 月 9 日，联合国秘书长安东尼奥·古特雷斯拉响“人类的红色警钟”——地球温度攀升，全球温度存在失控风险，未来几十年世界将进一步面临气候危机。对此，“双碳”目标不是别人让我们做，而是我们自己必须要做。这是实现人类社会可持续发展、推动经济结构转型升级、推进人与自然和谐共生、构建人类命运共同体的迫切需要，也是面向未来战略抉择、科技产业绿色革命、经济社会重大变革、生态文明的必由之路。

推进“双碳”工作是一场硬仗、一次大考。其中，必须处理好四对关系，即发展和减排、整体和局部、长远目标和短期目标、政府和市场；坚持五大原则，即全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通和防范风险。同时，需做好加强统筹协调、推动能源革命、推进产业优化升级、加快绿色低碳科技革命、完善绿色低碳政策体系、积极参与全球气候治理等六项工作。

问：“双碳”目标如何影响着能源转型？

徐锭明：纵观社会发展历史，人类文明的每一次重大进步都伴随着能源更替。能源发展和转换沿着高碳到低碳、低效到高效、不清洁到清洁、分散到集中再到集中与分散相结合、小型到大型再到大型与小型相结合、不可持续到可持续的轨迹，一步一步向前发展。更重要的是，人类同时经历了一个从无意识到有意识、从不自觉到自觉、从被动到主动的发展过程。

化石能源在推动人类文明进步的同时，也带来了资源消耗、环境污染、影响健康等严峻问题。《巴黎协定》从生效之日起便吹响了淘汰化石能源的号角，为可再生能源发展创造了契机。煤炭时代的结束并不是因为缺煤，而是为了实现可持续发展的绿色未来。在此进程中，一要全面推动能源革命，二要主动摆脱煤炭依赖，三要自觉跨越油气时代，四要热烈拥抱零碳未来，五要深度实现两化融合。关键是在保障能源安全的基础上，大力发展可再生能源——这是推动能源革命的内在要求、实现“双碳”目标的必然选择。

■ ■ 氢能产业发展机遇和挑战并存

问：以“双碳”目标为指引，我国可再生能源发展路径何在？

徐锭明：事实上，2022年6月，国家发改委、国家能源局等九部门联合印发的《“十四五”可再生能源发展规划》已作出引导。该规划明确了我国“十四五”可再生能源总量目标、可再生能源发电目标、可再生能源电力消纳目标及可再生能源非电利用目标，按照2025年非化石能源消费占比20%左右任务要求，需大力推动可再生能源发电开发利用，积极扩大可再生能源非电利用规模。

值得注意的是，深入推进清洁能源转型，实现人人享有的可持续能源目标，需要人人推进、人人努力，将化石能源转变为低碳能源、可再生能源。长远来看，可再生能源必将成为我国未来的主体能源。

问：氢能是清洁能源领域的一大热门，您如何看待氢能产业发展？

徐锭明：氢的能量密度高，单位质量热值约是煤炭的4倍、汽油的3.1倍、天然气的2.6倍，可存储且无碳。氢能应用场景极为丰富，在工业、建筑、交通运输等高碳排放领域有着广阔前景，深度脱碳属性注定其不可或缺。但要想真正用好氢能，当前仍有五个问题有待深入思考——氢是什么、氢从哪里来、用什么样的氢、怎么样才能用好氢、如何打造氢能产业链。

在“双碳”背景下，氢能产业迎来快速发展的机遇。我国可再生能源装机位居全球第一，绿氢供给潜力巨大，绿电制绿氢已成为产业可持续健康发展的行业共识。但也不可否认，我国氢能产业发展仍面临关键材料及零部件被垄断、绿氢生产成本低、产地与市场需构建运输网络、新型产业未形成生态体系、市场相对单一等挑战。在产业发展过程中，我认为需做好以下工作：正确认识氢能的质量、计量、绿色、安全、成本、应用、设备、培训、法规以及氢能科普问题。此外，还要进一步思考氢能能源革命、新型电力系统、新型交通系统、现代工业体系、现代农业体系以及现代民生体系等场景中的地位与作用。

■ ■ 数字技术正在重构能源生态

问：围绕推进可再生能源产业发展，还有哪些值得关注的焦点？

徐锭明：“双碳”战略要求，加快构建以新能源为主体的新型电力系统。构建靠什么？我认为，一靠氢能，二靠储能，三靠智能，其中联网化、共享化是必然，信息化、数字化是趋势。

能源发展的历史告诉我们，人类在工业时代，先后打造了以化石能源为基础的煤炭帝国、石油帝国。这一发展历程揭示，文明的进程就是人类不断摆脱高碳能源的进程，文明的功用就是让人类活得更有尊严，文明与野蛮区别在于保护地球保护绿色，实现人类永续发展。

那么，未来能源是什么，在哪里？其中理应包括数字能源。当前，数字技术已经在重构能源生态，尤其在绿色低碳转型过程中，数字经济的支撑作用必不可少。推动能源行业数字化转型，建设数字时代的数字能源强国，既是端牢能源饭碗的必由之路，也是建设能源强国的必然选择，更是确保我国能源安全的重要保障。能源数字化的意义就在于，其将全面优化资源，整体提高效率，创新商业模式，重构能源市场，将助推实现生命期价值最大化，新时期的数字经济，为新智慧经济奠定基础。

问：发展数字能源难点何在？

徐锭明：在数字经济时代，我们要打造以可再生能源为基础，以数字能源为主体的数字能源帝国。其包括风光帝国、氢能帝国、数字光电帝国等，可以统称为绿能帝国。由此，推动可再生能源发展，走向一个健康友好的低碳绿色未来。

然而，文明社会不等于高楼大厦，也不是空中楼阁，根本在于人。先有现代化能源人，后有现代化能源体系。只有成为现代化能源人，才能完成历史赋予我们的能源革命任务。也正因此，数字化转型最大难点在于人。大数据时代，每一秒钟都在标注“世界历史”，我们需要用现代化的知识、概念、认知、思维等不断谋求进步。（朱妍）

九、风能

更深远更融合，海上风能开发正当时

中国能源报 2023.1.2

2022年是我国海上风电产业平价元年，经历了短期低谷后海上风电市场已逐步回暖。有数据显示，截至2022年末，全球海上风电并网装机规模达到6850万千瓦，同比增长26%，其中我国海上风电累计并网装机容量预计将达到3250万千瓦，占到全球近一半左右。

经过了数十年的发展，海上风电产业正逐步突破“舒适圈”，开始探寻与制氢、制氨等多产业维度的结合，即将走得更深更远。

海上风电重要性进一步凸显

近年来，针对海上风电产业的支持政策不断出台，《2030年前碳达峰行动方案》就曾指出，要坚持陆海并重，推动风电协调快速发展，完善海上风电产业链，鼓励建设海上风电基地。2022年，广东、山东、浙江等沿海省份陆续发布了海上风电项目开发相关支持政策，提出将针对符合条件的海上风电项目给予补贴，有效助力海上风电产业向平价时代平稳过渡。

面向未来，各沿海省份更是发布了最新海上风电装机发展规划，不仅有广东、福建、浙江等海上风电传统开发大省，更有海南、广西等海上风电刚起步的新兴市场。据市场研究机构中信建投统计预测，到2025年我国海上风电累计并网量有望达到7250万千瓦。

业界普遍认为，海上风电在加快推动能源结构调整优化过程中的作用已愈加凸显。据中国海油集团能源经济研究院近期发布的《中国海洋能源发展报告2022》数据，截至2022年末，海上风电装机约占全球可再生能源发电装机总量的2%，未来这一比例将稳步提升。其中，我国海上风电产业呈现出集聚发展特点，初步形成了环渤海、长三角、珠三角等产业集群，据预测海上风能在沿海省份的发电量占比更是有望从目前的2%提升至2050年的近20%。

风电市场技术创新储备充足

面对日益成熟的海上风电市场和增大的发展空间，我国本土风电制造企业早已“摩拳擦掌”，2022年纷纷推出了最新款的海上风电机型以及配套设施，更不断积极拓宽海上风电技术边界。

2022年11月，金风科技与三峡集团合作研发的16兆瓦GWH252海上风电机组下线，叶轮直径达到252米，创下当时全球最大单机容量纪录。随后的12月，明阳智能宣布在广东汕尾海洋能源装备智能制造中心正式下线海上抗台风型叶片MySE260，该款叶轮直径达到了260米，再度刷新了全球海上风电最长叶片纪录。今年数据更是显示，机组大兆瓦趋势已十分凸显，新中标项目的单机容量普遍在8兆瓦以上，较往年已有了较大幅度提升。

受到海上风电发展的影响，我国轴承产业也取得了长足进步，目前国产海上风电主轴轴承已经可以做到16MW平台，困扰中国海上风电多年的“卡脖子”难题得到初步解决。

值得注意的是，除了不断推进海上风机大型化、推动海上风电度电成本下降外，从今年市场情况来看，海上风电产品也更加适应深远海区域，为未来更为广阔的成长空间做准备。

截至2022年底，中国海装、金风科技、明阳智能等国内主流风电整机厂商都已开始了漂浮式风电产品的研制和布局，为海上风电挺进深远海做足了准备。值得一提的是，2022年9月，明阳智能发布的16.6MW双转子漂浮式海上风电平台“OceanX”就开创了当时全球双转子抗台风漂浮式风机容量纪录之最，“V”字型排列的漂浮式风机可应用于水深35米及以上海域，并计划在2023年下水安装。这也是明阳智能继去年和三峡集团合作投运全球首台抗台风5.5MW漂浮式风机之后，在深耕深远海漂浮式风机领域的又一大动作。2022年11月，明阳智能又在海南东方海洋能源高端装备智造基地下线了全球首台7.25MW深远海抗台型漂浮式风机。明阳智慧能源集团股份有限公司党委书记、董事长张传卫曾指出，放眼可再生能源的未来，其发展最终离不开创新。一方面，通过技术创新，推动清洁能源智慧化和高质量发展，另一方面，通过模式创新，使新能源应用端成本进一步降低，以更低价惠及人民。

融合立体开发成为大趋势

在世界风能协会副主席、中国可再生能源学会风能专委会秘书长秦海岩看来，满足海洋的立体开发，大力发展绿色能源，增加海洋能源发展融合模式是实现未来城市经济发展与环保共利的当务之急。探索低碳环保与新能源互利共存的“相处模式”，是解决当今人类生存环境恶化的重要课题。未来海洋立体开发是必然的。

东方 CZ9 海上风电场便是海洋立体融合开发模式创新的一大范例。今年 11 月底，明阳智能宣布东方 CZ9 海上风电场示范项目正式动工，将建设成“海上风电 + 海洋牧场 + 海水制氢”创新开发示范项目，成为了海南首个海洋能源立体化融合开发示范项目。而在今年 1 月，明阳已经在广东阳江沙扒深海渔业养殖实验区完成了首次收鱼，全国首次成功实践了“海上风电 + 海洋牧场”的立体融合开发。

实际上，放眼全球，“海上风电 + ”模式的应用已十分广泛，相对更早开始海上风电商业化发展的欧洲国家早在数年前就开始了海上风电融合储能、制氢、制氨等领域的尝试，但业界普遍认为，即使在全球范围内，海上风电融合其他产业的新兴模式目前仍面临着高昂成本、基础设施不足等发展瓶颈，如何从这一新兴赛道上脱颖而出，成为了目前能源企业关注的一大重点。

从目前国内企业布局来看，风电企业“跨界”制氢已然成为了一股风潮，在业界看来，风电企业参与制氢有望通过产业链一体化推动氢能规模化发展，进而推动绿氢进入平价时代。不久前，上海电气旗下制氢装备公司正式揭牌，同时下线包括单体产氢量 1500Nm³/h 碱性电解装备在内的两款制氢装备，氢能业务布局渐渐显露。今年 10 月，明阳智能更是在广东下线了全球最大单体碱性水电解制氢装备，与同等级设备相比，产氢能损更低，在大规模制氢项目的应用中，单位产能设备投资可以减少 30%。

明阳智能指出，依托领先于行业的风电、光伏、储能技术一体化融合发展优势和“三超”碱性水电解制氢装备，该款设备的问世可以解决大规模氢能应用的氢源问题，将在推动绿氢大规模应用、促进“电氢融合”快速迭代发展方面起到重要作用。（李丽旻）

我国首座深远海浮式风电平台完成浮体总装

科技日报 2023.1.3

科技日报北京 1 月 2 日电（记者操秀英）记者 1 月 2 日从中国海油获悉，由中国海油投资建造的我国首个深远海浮式风电平台“海油观澜号”在海油工程青岛场地完成浮体总装，标志着全球首座水深超 100 米、离岸距离超 100 公里的“双百”海上风电项目建设取得重要进展。

“海油观澜号”平台由 3 个边立柱和 1 个中心立柱组成，边长超 80 米，高约 35 米，重量近 4000 吨，风机将安装在中心立柱上。项目投产后，风机所发电力通过动态海缆接入海上油田群电网用于油气生产，年发电量可达 2200 万千瓦时，节约燃料气 773 万立方米，减少二氧化碳排放 2.2 万吨。据项目执行负责人康思伟介绍，未来中国海油数百座海上设施周

边都将探索应用这种绿色供能方式，着力打造“零碳”油气产业链，为实现“双碳”目标作出积极贡献。

“海油观澜号”平台将安装于距海南文昌 136 千米的海上油田海域。该海域风急浪高，历史上最大台风中心风力接近 17 级，这对风机平台的设计提出了巨大的挑战。

据“海油观澜号”海油工程项目经理华斌介绍，该项目采用多点系泊的方式固定风电平台，部分利用了原有浮式生产储卸油装置（FPSO）的系泊系统，并且还在国内首次采用了在线张紧器等创新技术，以此来提供稳定的锚泊固定，极端天气下在水平位移达到 33.8 米时仍可牢固系泊。

同时，通过优化平台尺度、增设高效的阻尼结构等技术创新，浮式平台在极端台风作用下倾角不超过 10 度，有效避免风机叶片被海浪破坏，具备抗最大 17 级以上超强台风能力，能在 84 米/秒的风速下保障风机安全。

据介绍，我国深远海风能资源丰富，根据国家发改委能源研究所发布的《中国风电发展路线图 2050》，我国近海水深 5—50 米范围内，风能资源技术开发量为 5 亿千瓦，而我国深远海风能可开发量则是近海的 3—4 倍以上。

中国海油集团能源经济研究院海洋经济研究室资深研究员李楠表示，我国浮式风电起步较晚，技术基础相对薄弱，但正加速推进商业化探索。

李楠说，浮式风电应用前景广阔，不仅可以就地消纳，为远海设施供电，还可协同发展海洋牧场、海水制氢、海洋旅游、海洋矿产资源开发，形成综合能源岛等跨界融合的海洋产业新生态。随着技术进步和规模化开发，叠加绿电溢价，浮式风电有望超预期实现平价开发，预计到 2026 年，累计装机容量有望突破 50 万千瓦。

渤中 90 万千瓦海上风电场全容量并网发电

中国自然资源报 2023.1.5

2022 年 12 月 30 日，随着渤中 B 场址最后一台风电机组并网发电，山东能源电力集团渤中 A、B 两个场址 90 万千瓦海上风电场实现全容量并网发电，成为我国“十四五”重点建设五大海上风电基地最大规模全容量并网发电项目。

2022 年 1 月 29 日国家批复山东省海上风电规划以来，山东省积极谋划、迅速行动，拉开了全国海上风电平价开发的序幕。作为世界 500 强排名第 69 位的省属重点国有企业，山东能源集团先期主导开发建设渤中海域 400 万千瓦海上风场，全力实现 2022 年底并网 90 万千瓦目标。

项目开发建设过程中，山东能源电力集团主动担当作为，积极有序推进。创新采用主机厂商优选模式，实现同时期项目设备选型最优、成本价格最低，带动技术加速迭代、引领行业进步。创新实施银团贷款公开招标，项目融资利率为全国同行业最低。创新实施“主线节点责任制度”，以点带线、以线定面、节点到人、全员覆盖，高质高效推进项目建设。发

扬“严真细实快”的工作作风，克服船机资源少、作业窗口期短、施工难度大、新冠疫情影响等诸多困难和挑战，优化施工方案和工艺，全面整合上下游资源，协调设备生产供货，强化本质安全管理，确保了各项重大节点目标如期完成。

渤中 A、B 场址 90 万千瓦规模汇入一个陆上集控中心，采用同一条电网送出线路，成为我国北方区域一次性建成单体规模最大的海上风电项目。利用 BIM 技术构建全数字化风场，采用机器人、无人机等巡检，真正实现了智慧化、智能化。两个风电场每年可提供绿电超过 30 亿度，等效节约标准煤 92 万吨，等效减排二氧化碳 220 万吨。（国颂）

全球最大“沙戈荒”风电光伏基地开建

打造新能源规模开发、风光火储互补、电力跨省外送、沙漠生态治理系统工程

中国电力报 2023.1.4

本报讯（记者 支彤 通讯员 徐强）2022 年 12 月 28 日，由中国长江三峡集团有限公司牵头，联合内蒙古能源集团建设的库布其沙漠鄂尔多斯中北部新能源基地项目（以下简称“库布其基地项目”）在内蒙古鄂尔多斯市达拉特旗开工建设。该项目是在沙漠、戈壁、荒漠地区开发建设的全球最大规模风电光伏基地项目，也是我国首个开工建设的千万千瓦级新能源大基地项目。

库布其基地项目规划总投资超 800 亿元，总装机规模 1600 万千瓦，包括光伏 800 万千瓦、风电 400 万千瓦，配套改扩建先进高效煤电装机 400 万千瓦，配置多尺度、多形式储能约 400 万~600 万千瓦时。此次宣布开工的先导工程为 100 万千瓦光伏发电项目，并配置建设相应储能设施。

以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设，已成为我国“十四五”新能源发展的重中之重。“库布其基地项目开工建设是三峡集团贯彻落实习近平总书记重要指示批示要求、全面学习贯彻党的二十大精神的具体行动，也是三峡集团和内蒙古自治区共同加快建设‘两个屏障’‘两个基地’‘一个桥头堡’的具体实践，更是双方贯彻中央经济工作会议精神，以实际行动扩内需、促投资、稳增长，坚定不移推进实现‘双碳’目标的重要举措。”三峡集团董事长、党组书记雷鸣山说。

库布其基地项目工程规模大、技术难度高、创新意义大。为更好打造世界一流的“沙戈荒”基地示范工程、标杆工程，项目采用“新能源基地、支撑性煤电、输电通道”三位一体协同模式，打造融合“规模化新能源开发、风光火储多能互补、电力跨省外送、沙漠生态治理”四大要素的系统性工程；依托项目开展重大科技创新，解决多电源品种、多储能类型、多风光集群等重大技术难题，有效带动光伏、储能、数字化等新兴产业集群式发展，为新型电力系统中的新技术、新机制、新模式、新业态提供重要示范应用场景。

库布其基地项目建设期间，将持续探索开展风电光伏治沙、防风、固草、生态系统保护和修复，构建新能源发电、生态修复、帮扶利民、生态旅游、荒漠治理等多位一体的循环发

展模式。通过土地综合利用，助力土地沙漠化的治理，让荒漠化土地变身新能源“蓝海”，改善当地生态环境和人居环境，带动产业发展，创造更多就业机会。

库布其基地项目所发电量将依托国家“十四五”电力规划中拟建的蒙西至京津冀直流输电通道，以风光火储一体化方式外送至京津冀地区。项目全部建成后，每年可向京津冀地区送电约400亿千瓦时，其中清洁能源占比50%以上，相当于节约标准煤约600万吨，减排二氧化碳约1600万吨，为助力我国实现“双碳”目标、促进经济社会发展全面绿色转型贡献力量。

中国海装引领海上风电步入更“大”时代

中国能源报 2023.1.9

近日，由中国船舶集团有限公司牵头，中国船舶集团海装风电股份有限公司（以下简称“中国海装”）自主研发的H260-18MW海上风电机组在山东省东营经济开发区海上风电产业园研制成功。目前，中国海装已突破大功率海上风电机组及关键部件核心技术，引领全球海上风电领域达到新的里程碑，对推动国家能源结构转型、加快实现“双碳”目标具有深远意义。

■■百舸争流 乘风御海大时代

过去十年，以风电为代表的新能源产业发展取得巨大成就，我国风电装机规模已连续12年稳居世界首位。2021年，进入规模化发展的海上风电装机量跃居世界首位，为我国能源转型及海洋强国战略的落实落地提供了强大支撑。

2022年，国内海上风电步入平价元年，竞价上网成为海上风电发展的最新模式。如何降低全生命周期的度电成本、提升发电量、助力海上风电实现平价上网，成为行业关注的焦点。而竞价上网成为海上风电发展的最新模式，风电机组的大型化和高可靠成为风电规模化发展和降低成本的必然要求。近年来，国际龙头风电企业纷纷加速部署15MW级以上大功率海上风电机组研制工作，国内整机厂商也将目光投向更大兆瓦海上风电机组的研发与应用。

作为我国大型海上风电装备研发制造领域的破局者、世界纪录的创造者、海上风电事业的引领者，自2008年深耕海上风电以来，中国海装开创并引领了国内风电行业大功率、长叶片风电机组的大型化发展方向，牢牢掌握了机组大型化的核心控制技术，开创了国内大兆瓦海上风电机组平价批量应用的先河。秉承“研制一代、预研一代、探索一代”的理念，中国海装始终按照阶梯前进的方式，持续稳步在提升风轮直径和额定功率方面寻求新突破。

依托中国船舶集团公司船舶海工装备底蕴以及协同研发制造能力，凭借十余年海上引领的积淀，中国海装坚持自主创新、安全可控、科学发展的原则，提出了海上风电“大型化、轻量化、一体化、国产化、智能化”的发展理念，并以此为目标，成功完成了H260-18MW海上风电机组开发与研制，该机组将有效提升海上风电机组单机功率与发电效率，降

低深远海海上风电场度电成本，在高风速、深远海地区具备极强的市场前景。

■■履行致远 技术迭代新突破

H260 - 18MW 海上风电机组由中国海装基于全产业链研制开发，采用中速集成方案，多项关键技术实现突破，走出了一条自主发展的技术道路，成功引领海上风电步入更“大”时代。

整机平台化设计技术为可靠性赋能。中国海装提出了基于载荷均衡需求、发电系统柔性匹配及叶片同源共模的风力发电机组平台化设计方法，开发了专用 SuperBladed + 叶片载荷迭代平台，构建出了叶片设计因素与载荷敏感关系模型，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。

整机一体化设计技术打造冠军产品。中国海装打造了机组 - 塔架 - 基础一体化全数字仿真与设计平台，解决了大风轮直径风电机组系统设计参数高效匹配与零部件载荷解耦的难题，实现了行业新开发同级别机型单位千瓦扫风面积最大、发电性能最优、机组成本最优的总体设计，整机技术水平国际领先。

集成化设计技术构建安全堡垒。中国海装开展了适用于不同环境与功率等级的传动链构型匹配性研究，开发了高可靠、高性价比的轻量化中速传动链构型，形成了具有自主知识产权的传动链正向设计能力，掌握了高效安全大型风电机组传动链设计、优化与集成等关键核心技术，引领了海上中速技术路线的发展方向。

智能控制技术让机组高效服役。中国海装构建了风电整机运行状态全息感知系统，发明了多源在线监测的变桨变转矩多目标融合协同降载控制技术，解决了大型海上风电机组支撑结构共振抑制、超长柔性叶片颤振抑制难题，支撑结构振动幅值降低 50%，叶片、轮毂等极限载荷降低 10%；提出了状态参数辨识自适应增功控制技术，提升单机发电量 3%，确保机组稳定运行的基础上发电性能最优；开发了国内首个海上风电机组国产化 PLC 主控软硬件系统，解决了风电主控系统卡脖子问题。

协同创新推动国产化道路走进现实。为避免大兆瓦海上风电机组核心技术即部件配套的“卡脖子”难题，中国海装以自主可控为核心，开展并完成了具有自主知识产权的，18MW 级海上风电机组及核心部件研制，提升了自主产品的国产化率。目前 H260 - 18MW 机组整机国产化率以达到 80% 以上，叶片、齿轮箱、发电机等核心部件均由中国船舶集团内企业设计生产，国产化率高于 99%，引领了国内技术和产业的发展，推动我国海上清洁能源装备做大做强。

■■增效降本 产业协同共牵引

本次下线的 H260 - 18MW 超大型海上风电机组叶轮扫风面积约 5.3 万平方米，相当于 7 个标准足球场的面积。在满发风速下，每转动一圈可发电 44.8 千瓦时，单台机组每年可输出超过 7400 万千瓦时清洁电能，可满足 4 万户三口之家一年的用电量，可减少燃煤消耗 2.5 万吨、二氧化碳排放 6.1 万吨，节能减排效果显著。

对风电场建设而言，H260 - 18MW 海上风电机组具有全球最大风轮直径，在相同条件下发电效益更高、更大功率提升发电量的同时，可有效节约用海面积、降低机位点数量，进而降低海上风电场降低工程减少成本，为海上风电走向深远海打下坚实基础。以 1000MW 项目为例，安装 16MW 机组，机位点数量 63 个，安装 18MW 机组，机位点数量可减少约 13%，降低基础造价达上亿元，经济性十分可观。

对全行业而言，H260 - 18MW 海上风电机的成功下线也成功推动海上风电产业链完成升级迭代，带动了风电叶片、齿轮箱、发电机、变流器、基础等零部件全产业链的快速发展，打造出百亿规模的风电产业发展集群，形成我国经济发展新的增长点。同时，项目成果的科学与经济价值显著，项目所形成的新平台、新装备和新工艺等系列研究成果，通过应用、反馈和完善，可有力提升海上大功率风电机组的设计研发和生产测试技术水平，促进其不断向科技进步、行业创新和资源节约转变，最终提高我国风电整体装备制造水平，引领风电行业产业升级，产生显著的社会和经济效益，产业化前景十分广阔。

御风向海，行者致远。中国海装将以 H260 - 18MW 海上风电机组下线为新的起点，持续秉承“创新引领，海陆并举，向海图强”的发展思路，以更强劲的发展势头，开辟风电产业新天地，加快打造国内前列、国际一流的风电装备及新能源系统集成服务商，持续推动风电行业技术的长足进步，共同迎接平价春天的到来。（向琴瑶 李杨）

北京大学教授李双成认为

应从全生命周期看风电的绿色价值

中国能源报 2023.1.9

本报讯 北京大学城市与环境学院教授、教育部地表过程模拟与分析重点实验室主任李双成日前撰文指出，需要从全生命周期看待风电的绿色低碳成色。他认为，与其他能源类型相比，风电是最低碳的。

生命周期评价是定量评估某一产品或服务从原材料获取，经加工、生产、制造、使用直至废弃的整个生命周期对环境潜在影响的方法，是一项重要环境管理工具。

根据世界核能协会的报告，在一座电站的全生命周期内，煤电排放的温室气体量最大，尤以褐煤燃烧发电的排放最高，中值可达每吉瓦 1054 吨二氧化碳当量。其次是燃油发电，中值为 733 吨。再次是燃气发电，中值为 499 吨。可再生能源发电温室气体排放强度普遍较低，每吉瓦排放中值按照从高到低依次为太阳能 85 吨、生物质 45 吨，水能和风能均为 26 吨。以单位发电量计算，风电温室气体排放量仅为煤电的近四十分之一。另据一份来自联合国欧洲经济委员会名为《全生命周期发电选择》的报告指出，在一座电站的全生命周期内，没有碳捕获措施的燃煤发电，每千瓦时二氧化碳排放量为 1023 克，30% 燃烧效率的天然气发电厂每千瓦时碳排放为 723 克，而风电站全生命周期内每千瓦时碳排放仅为 10 克。

李双成表示，与传统化石能源相比，风电是清洁绿色的。

据国内学者的研究成果，在同等发电量下，风电的 SO₂、NO_x 和 PM10 排放量比煤电系统分别降低了 80.38%、57.31% 和 30.91%。若综合考虑回收和处理两个阶段，风电系统在整个生命周期内污染物减排的效益将更加显著。整体而言，风电的环境成本只有煤电的 4% 左右。

同时，风电是高度资源节约的能源类型。在水资源日益稀缺的形势下，降低生产和生活过程的水消耗强度至关重要。常规发电厂在热力循环的冷凝部分使用大量的水，对于燃煤发电厂，水也被用来清洁和处理燃料，每天用水量可达数百万公升。相比较而言，风电场的水资源消耗极少。据报道，马来西亚常规发电厂的平均用水量约 1.48 升/千瓦时，而风电仅为 0.004 升/千瓦时。另外，风电建设节省材料，以每千瓦时耗用材料量计，仅为燃煤发电所需材料的不足 0.03%。在效率方面，制造和运输用于建造一座风力发电厂的材料所消耗的能量，相当于该发电厂在几个月内产生的电能量。

李双成认为，大规模使用风能将有助于减缓气候变化。据政府间气候变化专门委员会评估报告，风电生命周期全球变暖潜力值的中值在 11 至 12 克二氧化碳当量，显著低于传统能源。国内学者对内蒙古风电场与传统火电厂的对比研究也发现，风电每提供一兆瓦电力的能耗约为传统煤电的 3.5%，全球变暖潜力只有煤电的 1.5%，酸化潜力也仅为煤电的 0.8%。与其他低碳能源如光伏等相比，风电的全球变暖潜力也是最低的。

李双成提醒，从全生命周期分析，与其他发电能源类型相比，风电尽管最清洁低碳，然而也会在某一阶段产生少量的温室气体和污染物。风机将风的动能直接转化为电能的过程不会产生污染或二氧化碳等温室气体排放，但在其制造、运输和处理等过程中，则会对环境产生一定影响。相关研究表明，在风电全生命周期过程中，温室气体和污染物排放总量的主要贡献来源于原材料的开采（30%）、风电机组的制造（25%）、运输（10%）以及与建筑工程等相关的排放如挖掘富含有机质的土壤等（30%）。在其建设和维护阶段也会排放少量的温室气体和污染物，但数量很小，仅占整个生命周期排放量的不到 5%。因此，若未来降低风电的温室气体排放强度，需要从原材料开采、部件制造和建设安装过程着手，依靠技术进步和规范施工，进一步提升风电的绿色低碳成色，使其真正成为实现碳中和的主力能源。（胡彦西）

仙人岛热电厂大石桥风电项目首台机组并网发电

中国电力报 2023.1.6

本报讯（张龙新 曲歌）2022 年 12 月 30 日，随着华能仙人岛热电厂大石桥风电项目首台机组并网发电，拉开了华能东北分公司在营口地区建设 150 万千瓦风电项目的序幕。

该项目是辽宁省“十四五”第一批 1360 万千瓦新增风电建设重点项目之一，也是营口地区首个 220 千伏并网的风力发电项目，在省内新规划的 34 个风电项目中，率先实现了当年建设、当年并网。项目投资总额 114 亿元，年发电量约 44 亿千瓦时，可满足 180 万户家

庭的年用电需求。与同等规模燃煤火电机组相比，每年可节约标煤 132 万吨，减少二氧化碳排放 350 万吨。

项目自开工以来，该公司克服工期紧、任务重、大风季吊装、坑塘水面施工难度大等重重困难，各参建单位以“区岗队组”创建和党建联建共建汇集攻坚合力，全力保障项目顺利投产。

向海争风 完善海上风电产业链

中国电力报 2023.1.18

风电产业是建设新型能源体系的重点战略领域。我国明确大力提升风电规模，有序发展海上风电。海上风电近年来快速发展，成为新能源的重要组成部分，并逐步向深远海发展。

海上风电产业链的关键环节

整体来看，海上风电产业链中海上风机的安装与运维至关重要，海底电缆的输送与风机基础为海上风电特有环节，风电并网送出是深远海风电开发利用的关键。

海上风机。我国已形成较为完备的风电设备配套产业链，零部件国产化率达到 95% 以上。风机叶片基本国产化。2020 年，我国陆上风电场主流机型单机容量已提高到 2000 千瓦至 2900 千瓦，陆上风电机组平均单机容量达到 2600 千瓦，比 2010 年增长 76%；海上风电场主流机型单机容量已达到 5000 千瓦以上，海上风电机组平均单机容量达到 4900 千瓦，比 2010 年增长 85%。在平价上网政策的驱动下，我国风电机组的设计技术水平不断提升，包括精细化的概念设计、先进的计算手段，不断优化的控制策略，逐步完善的智能化水平，叶片、齿轮箱、发电机、变流器等关键部件设计技术和制造工艺的创新，提升发电量，降低载荷、减少成本，使得大型化、定制化、电网友好型的风电机组具有更优的技术经济性。

海底电缆。海底电缆是海上风电项目开发的重要环节，也是海上风电与陆上风电较为主要的区别所在，约占海上风电投资的 10%。我国海底电缆行业近年来呈现波动上升趋势，2020 年受海上风电“抢装潮”拉动，我国海底电缆市场规模同比大幅增长 12.64%，约为 134 亿元。2021 年由于行业需求透支，市场增幅缩减，规模达到 137.1 亿元，小幅增长 3.24%。预计到 2025 年将达到 254 亿元的市场规模。我国当前关于海上风电的规划包括“十四五”各地方建设规划，以及全国中长期海上风电资源修编。“十四五”期间我国继续保持规模化、深远海的开发模式，海底电缆的需求在 2030 年预计可达到 540 亿元，对应年新增吊装容量 1800 万千瓦。

并网送出。现有海上风电项目集中在近海，密集接入当地电网，对电网的接入、送出能力带来挑战。以江苏省为例，风电项目主要分布在长江以北的沿海地区，盐城、南通、连云港 3 市的占比超过全省的 75%；苏北电源集中，苏南负荷集中，接入网架强度、南北过江通道输电能力均直接影响海上风电的并网送出。考虑资源潜力、消纳能力、近海海域用地紧张等因素，深远海风电必然是未来海上风电发展的重要方向。相关的基础性、前瞻性研究已

陆续展开，但与近海风电场相比，送出通道、并网方式面临更为严苛的要求。目前，国内外集中送出的风电场群容量通常为 100 万千瓦级别。从技术经济性角度看，近海风电使用交流输电技术具有明显优势；随着深远海风电开发规模的扩大化，一些工程开始采用直流送出方案。

海上风电产业链挑战分析

在产业壁垒方面，未来发展仍面临加快突破技术瓶颈、加速工业供应链可持续发展以及降低成本等多方面挑战。根据海上风能资源特征，浮动海上风电技术是挖掘海上风能、助力净零排放最理想的技术。当前，浮动海上风电技术刚刚走过测试期，进入商业化发展阶段，技术难关仍然是海上风电面临的主要挑战。加快突破技术瓶颈，促进浮动海上风电规模化、工业化，可以有效降低其成本。此外，当前涡轮机技术在不断创新，涡轮机尺寸也在不断增加，这使得涡轮机数量减少，效率更高，需要维护更少，因此降低了安装和运营成本，对环境也产生了更积极的影响，进一步提高了海上风电的成本竞争力。

在投资周期方面，当前项目造价水平与未来平价差距巨大。目前海上风电项目单位千瓦造价平均在 1.6 万元左右。由于施工船舶的成本升高，项目单位千瓦造价有可能还会更高，从而导致投资回报周期较长，风险较大。若要实现平价上网，海上风电项目单位千瓦造价成本预计要下降到 1 万元至 1.3 万元。

在政策法规方面，环保法规日趋严格，“顶牛”矛盾亟须化解。近年来，海上风电开发与环境保护的矛盾日益凸显，主要是施工对海水环境、鸟类活动、渔业生产、通航航运以及自然景观造成影响。由于国内海上风电发展整体布局不足、工程实践相对匮乏，常造成规划的风电场面积过大、与其他行业规划冲突或海域使用矛盾等问题，阻碍项目建设。国家先后出台《海上风电开发建设管理办法》《海岸线保护与利用管理办法》等文件，均对海洋环境保护方面提出要求。如何实现产业发展与环境保护之间的平衡，是海上风电必须面对和解决的重点问题。

完善海上风电产业链的相关建议

一是加强顶层规划和布局。进一步细化海上风电产业发展规划，完善产业布局，以实现相关产业和技术的协调有序推进，加快构建相关产业链，探索多元化的盈利模式。适度引入市场竞争促进海上风电产业健康发展，设立区域性总部和研发中心，差异化竞争，形成核心竞争力。

二是加强与政府部门沟通协作。海上风电产业发展涉及多部门，要建立和完善海上风电开发建设专责协调小组，加强与海洋、海事、环保、航道、国土、电力等有关部门及相关市县的沟通协作，积极解决项目开发建设过程中的问题，同时促进相关部门落实有利于海上风电发展的相关法律法规，促进推动海上风电产业发展规划的具体实施。

三是构建完善的服务体系。相关企业可开展海上风电产业链、经济模型等研究。打造海上风电产学研基地，突破近海风电场设计和建设成套关键技术。建立公共资源技术平台，建

设近海海上试验风电场，为机组开发及优化提供试验场地和试验条件。建立公共资源数据共享平台，搭建海上风电大数据中心。完善产业标准体系，加强海上风电产业相关标准和规程的制定，推动建设检测认证和信息监测体系，加快制定海上风电并网技术标准。

四是完善人才队伍建设。积极培养海上风电产业专业技术人才，支持海上风电企业与高等院校、科研机构等联合办学，实施人才定向培养计划。积极引导海上风电企业创新人才机制，在开发建设实践中培养造就专业人才，打造产业发展的技术尖兵和实战团队。（蔡文静 令文君 李三 邹儒懿）

十、核能

欧洲探索用核废料为航天器提供动力

中国科学报 2022.12.22

本报讯 欧洲科学家正在开发一种用于太空任务的电池，该电池由核废料提供动力。欧洲航天局（ESA）希望，到本世纪末，这项技术能够运行不依赖太阳能电池板的航天器，并且可以在不依赖国际合作伙伴设备的情况下探索月球和太阳系。

在近日于法国巴黎举行的 ESA 部长理事会会议上，部长们同意为一项名为“使用放射性同位素能源设备”（ENDURE）的计划提供 2900 万欧元资金。该计划旨在开发以放射性元素镅 - 241 为动力的长效热能和电力装置，为 ESA 在 21 世纪 30 年代初的一系列月球任务提供支持。

“如果我们想在探索中拥有自主权，就需要这些技术和能力。”欧洲空间研究与技术中心（ESTEC）ENDURE 计划联合负责人 Jason Hatton 说。

镅是钚衰变的一个副产品，从未被用作燃料。自太空竞赛以来，ESA 一直依赖美国和俄罗斯的钚 - 238 电池为任务提供动力。但是钚 - 238 在过去 10 年里供不应求，而且生产成本很高。

长期以来，缺乏动力源限制了欧洲科学家。法国巴黎天文台的天体物理学家 Athena Coustenis 说：“多年来，欧洲科学家一直想走得更远，但苦于没有其他方法。”

ESTEC 的 ENDURE 计划联合负责人 Véronique Ferlet - Cavrois 认为，与钚相比，镅的最大优势在于更便宜、储量更丰富，可以实现原本无用废料的再利用。

英国国家核实验室（NNL）的研究人员已经证明，镅可以从民用发电厂使用的再加工核燃料中提取，并制成燃料球，形成电池的核心。Hatton 透露，ENDURE 计划将包括提高镅的产能，以满足电池所需。

在 ESTEC 协调未来月球任务的 Markus Landgraf 指出，镅的半衰期比钚 - 238 长，意味着它的寿命更长，但每克的功率更小。由于镅更容易获得，使用它生产一瓦电的成本大约是使用钚的 1/5。

在与 NNL 的合作中，英国莱斯特大学的一个团队开发了两种类型的设备：一种是放射

性同位素加热装置，它用衰变镅中产生的热量加热仪器；另一种是放射性同位素热电发生器（RTGs），它通过在金属板上产生温度差进行发电。

下一阶段，ENDURE 计划将集中于安全测试，以便镅装置能够获得发射认证。

Ferlet – Cavrois 说，一旦开发出来，同样的基本电力系统可以在任何无法使用太阳能的任务中重复使用。ESA 利用镅作为动力源的第一个目标是计划在 21 世纪 30 年代初发射阿尔戈号月球着陆器。（辛雨）

国际热核聚变实验堆计划延期

参考消息 2023.1.8

【法新社法国圣保罗—莱迪朗斯 1 月 6 日电】旨在彻底改变能源生产的国际核聚变项目——国际热核聚变实验反应堆计划（ITER）的总干事表示，将不得不针对多个存在缺陷的主要部件进行修复，并将因此造成项目延误，但延误的时长仍待确定。

“我们遇到了两个问题。”去年 9 月任职的新任总干事彼得罗·巴拉巴斯基 5 日解释说。该国际研究项目包括 7 个合作成员：中国、韩国、美国、印度、日本、俄罗斯和欧盟。

首先，本应焊接在一起组成“真空室”的几个部件上发现了最大可达两厘米的偏差。

“真空室”是一个巨大的环形装置，核聚变反应将在这里发生。该偏差涉及的三个部件已被送抵位于法国圣保罗—莱迪朗斯的国际热核聚变实验反应堆所在地。其中一个甚至已经安装在即将进行实验的坑里，之后将不得不再被移出。

已发现的第二个缺陷是，用于抵御核聚变期间产生的极高热量的“隔热屏”存在腐蚀痕迹。这可能导致冷却回路中使用的氦出现泄漏。

对这些问题进行修复将导致项目延误。“这个过程不是数周就能完成的，而是需要数月，甚至数年。”巴拉巴斯基解释说。他必须在年底前拟定一个新的行动时间表。

他表示，原定于 2025 年产生第一束等离子体的计划将无法如期实现，而这对于核聚变是不可或缺的一步。

这些事故也将造成财务影响。巴拉巴斯基承认：“我们必须重新制订计划，以将额外成本降至最低。”他目前没有给出具体数字。

新时间表的制定和实施将受到法国核安全局的审查。该部门指出，在对该项目进行监督时发现，它“缺乏安全文化”。

我国“人造太阳”发现新的高能量约束模式

对国际热核聚变实验堆和未来聚变堆运行具有重要意义

人民日报 2023.1.11

记者从中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所获悉：近期，该所核聚变大

科学团队利用有“人造太阳”之称的全超导托卡马克大科学装置（EAST），发现并证明了一种新的高能量约束模式——超级 I 模（Super I - mode），对国际热核聚变实验堆和未来聚变堆运行具有重要意义。1 月 7 日，国际学术期刊《科学·进展》发表了该研究成果。

目前，实现核聚变反应主要有引力约束、磁约束、激光惯性约束 3 种方式。太阳因质量大，可通过巨大引力，在极端高温高压的环境下发生引力约束核聚变反应。

而在地球上，实现可控核聚变主要有磁约束核聚变和激光惯性约束核聚变两种方式。激光惯性约束核聚变是采用激光作为驱动器压缩氘氦燃料靶丸，在高密度燃料等离子体的惯性约束时间内实现核聚变点火燃烧。采用强磁场约束等离子体的方法把核聚变反应物质控制在“磁笼子”里面，就是磁约束核聚变。

从上世纪 60 年代以来，全世界建造了数百个托卡马克装置。利用不同核聚变实现方式而建设的托卡马克装置，其等离子体运行模式有多种，不同托卡马克装置尺寸、性能不同，能量约束模式也有所区别。其中，磁约束类型托卡马克是目前全球研发投入最大、最接近核聚变点火条件、技术发展最成熟的途径。

近年来我国“人造太阳”EAST 装置实验屡获突破，先后于 2010 年运行 1 兆安等离子体电流、2018 年首次实现 1 亿摄氏度高温等离子体运行、2021 年 5 月 28 日实现可重复的 1.2 亿摄氏度 101 秒和 1.6 亿摄氏度 20 秒等离子体运行、2021 年 12 月 30 日实现 1056 秒长脉冲高参数等离子体运行。

超级 I 模是托卡马克装置等离子体运行模式方面的新探索、新发现和新的验证。据了解，该种先进模式大幅度提高了能量约束效率，具有芯部无杂质积累、便于聚变反应生成物排出、维持平稳温度台基等优点，并实现了芯部高约束与边界不稳定性的兼容，保证了长时间尺度上的高性能等离子体运行。这种无需通过外部控制来确保等离子体稳态运行的高能量约束模式，对于未来聚变堆运行具有重要意义。

“如果把核聚变反应比喻成一道闪电，那么我们的主要目的就是把一道道闪电收集在‘磁笼子’里，聚集更高的能量，然后长时间持续地向外稳定输出这些能量，为人类所用。”中科院合肥物质科学研究院副院长、等离子体物理研究所所长宋云涛说，“新发现的这种约束模式好比找到比保温壶保温效果更好的技术手段，我们一直还在探索和研究，为了更好地控制、更高效地约束能量，减少能量消耗，保持长时间稳定运行。”

《科学·进展》审稿人认为，此项研究成果对核聚变研究具有重要意义，在国际聚变研究界是“一个重大进展”。（徐靖）

中广核国内新能源在运装机超 3500 万千瓦

中国能源报 2023.1.9

本报讯 中广核山东庆云中丁 10 万千瓦风电项目近日全容量投运，标志着该公司国内新能源项目 2022 年新增在运装机容量达到 721 万千瓦。至此，中广核国内新能源项目总在运

装机容量突破 3500 万千瓦。

2022 年，中广核新能源全力推动海上风电、大基地项目等重大项目建设，在保障公司全年“两增一控三提高”目标的基础上，创造条件推动项目投资落地、开工建设，实现年度新增投运目标，为全力实现新能源“十四五”规划目标奠定基础。

其中，甲子 90 万千瓦海上风电场是目前国内最大的平价海上风电场，也是全国首个海上开工、首个并网发电、首个全容量投运的平价海上风电场；国内首个海上风电与海洋牧场融合发展研究实验项目烟台莱州海上风电场 30 万千瓦全容量投运，实现了中广核在我国北方海域海上风电建设“零”的突破；国内首个真正意义海上光伏电站烟台招远项目开工建设；兴安盟 300 万千瓦风电基地革命老区风电产业帮扶项目一期 100 万千瓦并网发电，我国首个单体百万千瓦级陆上风电基地正式投产；中广核西藏阿里雪域高原“零碳”光储热电示范项目 10 万千瓦光伏项目实现全场投运，打造了目前全国海拔最高的光储热电项目。（钟希）

我国唯一重水堆核电站累计发电超 2231 亿千瓦时

中国能源报 2023.1.9

本报讯 截至 2022 年 12 月 31 日，我国唯一一座商用重水堆核电站——秦山三期核电站两台机组安全运行 39 堆·年，累计安全发电 2231.7 亿千瓦时，机组 WANO 综合指数 9 次满分，运行业绩处于世界核电先进水平。同时，电站充分发挥重水堆优势，自主生产钴 - 60、碳 - 14 等同位素。

秦山三期工程采用加拿大坎杜 6 核电技术，装机容量为 2 台 728 兆瓦机组。1 号机组于 1998 年 6 月 8 日开建，两台机组于 2002 年 12 月 31 日、2003 年 7 月 24 日投入商运，创造了国际重水堆核电站建设工期最短的纪录，实现核电工程管理与国际接轨。

机组投入商运后，秦山核电全面落实安全生产责任，推进安全生产标准化，深入推进质量管理改进提升，两台机组 WANO 指标全部进入并一直保持在世界先进行列。（钟禾）

十一、其他

全球最大混合式抽水蓄能项目开工建设

机组选型设计难度为世界之最

中国能源报 2023.1.2

2022 年 12 月 29 日，全球最大的混合式抽水蓄能项目——雅砻江两河口混合式抽水蓄能项目正式开工建设。

两河口混合式抽水蓄能项目位于四川省甘孜州雅江县，依托四川省内最大的水库——两河口水电站水库为上库，下游衔接梯级水电站牙根一级水电站水库为下库，扩建可逆式机

组，形成两河口混合式抽水蓄能电站。

两河口混蓄项目将助力四川省成为世界规模最大的绿色清洁可再生能源基地建设，破解“超宽水头变幅大容量抽水蓄能机组稳定运行”世界难题。

助力打造世界规模最大清洁可再生能源基地

记者从雅砻江流域水电开发有限公司了解到，两河口混蓄电站场址海拔3000米，拟安装4台30万千瓦可逆式机组，加上已建成的两河口水电站300万千瓦装机作为常规机组，总装机达420万千瓦，是目前全球最大的混合式抽水蓄能项目、全国大型清洁能源基地中首个开工的混蓄项目、我国海拔最高的大型抽水蓄能项目。

据初步测算，两河口周边新能源富集，风能、光伏资源规模超过2000万千瓦。但风光等新能源发电具有间歇性、波动性和随机性。具有多年调节能力的两河口水电站可为350万千瓦左右的风光等新能源提供调节。凭借抽蓄电站独特的抽水、发电能力，装机120万千瓦的两河口混蓄电站，能够进一步与周边风电、光伏电站的发电特性互补，配套消纳相当于自身装机规模3倍的新能源。通过水风光蓄一体化开发，两河口混蓄电站和两河口水电站能将700万千瓦左右随机波动的风电和光伏发电调整为平滑、稳定的优质电源。利用已有水电外送通道实现绿色清洁可再生能源打捆送出和跨区域消纳，带动和促进雅砻江流域水风光清洁能源协同集中开发。

两河口混蓄电站的开工建设，为构建以两河口水电站为中心的水风光蓄互补绿色清洁可再生能源示范基地奠定了基础，对水风光蓄一体化综合开发具有示范效应，为我国构建以新能源为主体的新型电力系统作出积极探索，形成可借鉴、可复制、可参考的模式。

根据规划研究，雅砻江流域水风光一体化基地总规模超1亿千瓦，其中水电约3000万千瓦、风电、光伏发电超6000万千瓦、抽水蓄能发电超1000万千瓦，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。

雅砻江流域水电开发有限公司董事长、党委书记祁宁春表示，两河口混蓄项目开工建设将实现全球最大规模的“水风光蓄互补开发”，对促进新能源消纳，建设“清洁低碳 安全高效”能源体系具有重要的探索价值和示范效应。

有效缓解电网调峰压力

混合式抽蓄能电站是兼具抽水蓄能和径流发电功能的水电站，电站上水库有充足的天然径流补给，既利用天然径流承担常规发电和水能综合利用等任务，又可增加调峰填谷、事故备用等任务。相较于常规抽水蓄能电站，由于混合式抽水蓄能电站上水库利用现有水库，其具有工程投资小、水库淹没损失小、无移民安置、环境影响小、建设周期短等优势，其经济性和市场竞争力更好。

记者了解到，两河口混蓄电站具有抽水、发电“双向调节”作用，也就是对电网的调峰、填谷，电力缺口由发电调峰补充，电力富余则抽水填谷吸收。具体来说，就是在新能源发电不足、电力短缺时，通过发电的方式为电网补充电力，把储备的水能转换为电能，即调

峰；在新能源大发、电力充裕时，通过抽水的方式吸纳电网富裕电力，把相应的电能储备成水能，即填谷。通过发挥抽水、发电“双倍调峰容量”优势，两河口混蓄电站可有效缓解电网高峰供给和低谷清洁能源消纳压力。

随着以新能源为主体的新型电力系统建设不断推进，电网控制将更为复杂，风险防控要求更高。两河口混蓄可凭借快速启停、快速功率调节特性，随时响应突发调节需求，承担系统紧急备用功能，提升电网韧性及安全水平，并助力电力系统更好地适应因风电、光伏的随机性、波动性造成的系统频率波动，有效缓解光伏早晚高峰出力陡增陡降造成的快速调节问题。

破解“超宽水头变幅大容量抽蓄机组稳定运行”世界难题

两河口混蓄电站建设意味着我国将破解“超宽水头变幅大容量抽水蓄能机组稳定运行”世界难题。

两河口混蓄电站的上库——两河口水库水位消落深度大，水头变幅达到 80 米，电站最大扬程 270.3 米，最小水头 176 米，水泵水轮机最大扬程与最小水头的比值（K 值）约为 1.53。水头变幅大，会导致低水头工况机组压力脉动幅值变大，机组稳定性变差。K 值越大，水泵水轮机在低水头工况时就越难保证稳定性能，机组设计、制造难度越高。

目前，在该水头段国内已投运或在建的抽水蓄能电站混流式水泵水轮机的 K 值均未超过 1.3，国外一般不超过 1.48。因此，国内外尚无可借鉴的成熟项目经验，两河口混蓄电站机组选型设计难度为世界之最。

两河口混蓄电站超宽水头变幅大容量抽水蓄能机组技术路线的选择以及后续机组的成功研发应用，将实现我国首台（套）超宽水头变幅大容量抽蓄机组技术落地，创造新的行业纪录。同时，也将节约两河口混蓄项目工程造价 3.5 亿元，有效提升机组运维经济性，为其他宽变幅抽水蓄能电站提供借鉴方案，进一步推进我国抽水蓄能机组技术发展。（苏南）

青海新增钾锂盐资源量 6600 万吨

资源保障能力不断提升

中国自然资源报 2023.1.18

本报讯（记者康维海）1月4日，记者从青海省自然资源厅了解到，2022年全省加强盐湖地质勘查，柴达木盆地盐湖矿产勘查取得系列成果，新增钾锂盐资源量6600万吨，在钾盐勘查领域继续领跑全国。

据介绍，青海省2022年制定的全年钾锂盐目标为5000万吨，至年底完成6600万吨（其中省财政资金项目马海钾盐5040万吨、阿拉巴斯套钾盐1357万吨，社会资金项目西台东北部锂盐203万吨），完成率132%。柴达木盆地盐湖矿产勘查取得系列成果，主要体现3个方面：

一是开展柴达木盆地察尔汗矿区第四系现代盐湖可利用资源核查，详细查明了矿区地质

特征和储量变化情况。查明保有固液体氯化钾资源量 3.9 亿吨、氯化锂资源量 788.67 万吨，为我国钾肥增产保供提供了翔实数据。

二是深层卤水成果扩大。茫崖市马海地区砂砾孔隙卤水钾矿普查深部发现厚 706.52 ~ 1099.51 米的含水层，单孔涌水量 5360.77 ~ 5738.17 立方米/日，新增钾盐资源量 5040 万吨。在背斜构造区，茫崖碱石山地区深层卤水锂矿普查发现厚 28.2 ~ 119.6 米的含水层，在矿区东部首次探获自流量大于 1000 立方米/日的高产富锂卤水，氯化锂含量 415 ~ 690 毫克/升、氧化硼含量 675.85 ~ 1500.85 毫克/升。茫崖鄂博梁 1 号背斜构造卤水锂矿调查评价通过鄂 ZK01 孔解译出含锂水层 62 层，累计厚度 202.2 米，显示了背斜构造区具有一定找矿潜力。三是在柴达木盆地近地表黏土层中发现了可利用的锂矿，为柴达木盆地锂矿找矿工作提供了新方向。此外，柴达木盆地新圈定砂岩型铀矿找矿靶区 3 处，累计 9 处，提出找矿勘查区 4 处。盐湖是青海第一大资源，近年来，青海立足优势资源聚力打造世界级盐湖产业基地，从强链、延链、补链入手，提高盐湖资源综合利用效率。2022 年勘查新增的钾锂盐资源量，为青海省打造世界级盐湖产业基地提供了有力支撑。同时，柴达木盆地盐湖矿产开发利用动态监测网建设方面，青海省在察尔汗、马海、西台 3 个开发矿山建成第四系现代盐湖动态监测平台与盐湖数据平台，优化三维模型，并按监测周期采集了监测样品，分析了卤水水位、盐湖资源品位等参数变化趋势，为企业开发、政府决策提供依据。

青海省地质矿产勘查开发局地质科技处处长党兴彦介绍，通过观测，技术人员掌握了不同季节深层卤水的水质水量变化，搭建的动态监测平台实现了智慧盐湖和透明盐湖。增储方面，他们通过马海等地区深层砂砾岩型卤水调查，为后续的资源保障提供了支撑。

2022 年，青海省财政资金持续稳定投入，引领带动作用明显。98 项省级财政项目中，地质勘查专项资金项目 64 项，资金 2.275 亿元；清洁能源矿产专项资金项目 34 项，资金 1.275 亿元。总体来看，海西地区地勘项目投入占青海省财政投入的 90%，更加凸显了柴达木盆地及其周缘是青海省找矿突破战略行动主战场的地位，尤其加大了盐湖矿产、新材料矿产和优势重要矿产等国家紧缺的战略性矿产的调查与勘查，有力支撑了国家能源资源安全及粮食安全保障。

为中国式现代化提供能源资源保障

中国自然资源报 2023.1.18

青海钾盐资源勘查 2022 年令人兴奋的好成绩，显现了国内矿产资源潜力，也为 2023 年找矿突破战略行动在全国的高效推进，提振了信心、增添了干劲。

当前，地方两会正在相继召开，为新年新作为擘画开局。从各省的政府工作报告中不难看出，中国式现代化已成为各地推动经济社会全面发展的关键目标。而作为推进实现中国式现代化的重要物质基础，各地也从自身资源禀赋和国家地方需求出发，从技术进步和产业希望的角度，对保障国家和地方的能源资源安全作出了规划和部署。

提高找矿效能、提高资源利用效率是地质矿产行业为中国式现代化添砖加瓦的两个重要方面。

首先，聚焦战略性矿产资源，高效实施新一轮找矿突破战略行动。

目前，我国能源矿产资源需求持续攀升，石油、铁、锰、钢、铝等战略性矿产资源对外依存度居高不下。而未来 15 年，随着新能源体系和新兴产业发展，锂、钴、镍等新材料矿产和清洁能源需求也将加快增长。

与之相对应的是，我国除少数矿产如金刚石、铬铁矿、铂属矿产等资源潜力不明朗外，绝大部分矿产具有很大的资源潜力。也正因为如此，四川、重庆、青海等省（区、市）都在围绕我国紧缺和大宗战略性矿产，以重要含油气盆地和重点成矿区带为重点，在精准勘查和深度开发上集中发力。其次，提升勘查、开采、选矿、回收利用等方面的理论水平和技术能力，拓展资源范围，提高资源利用效率。找矿技术是提升找矿成功率的重要手段，而开采技术则决定了找矿的勘查深度和品位区间。基于战略性需求，我们的找矿目标不仅是“找大矿、找雷矿、找浅矿”，也要关注长远、拓宽视野，探获一些低品位和深度较大的矿产资源作为战略储备，这就更加要求我国的找矿理论、技术装备能尽快提升，甚至出现“从零到一”的飞跃。无论是传统能源产业绿色低碳转型，还是新能源的开发利用；无论是加快传统优势产业转型升级，提高能源原材料产业精深加工能力，还是加快推动战略性新兴产业融合集群发展，能源和矿产资源的供给都是源头活水。

严守资源安全底线，是新的一年地质行业最艰巨的任务。新征程催人奋进，新使命激荡人心。地质工作者，搭起袖子加油干！（艾子）

斜井硬岩隧道掘进机首次应用于国内抽水蓄能电站建设

提升电站引水系统开挖质量和工艺水平

国家电网报 2023.1.18

本报讯（通讯员张钿 解克宇 记者韩冰）1月16日，国内首台抽水蓄能电站斜井硬岩隧道掘进机（TBM）“永宁号”在河南洛宁抽水蓄能电站投用，开创了国内机械化全断面开挖斜井的新模式。

“永宁号”斜井 TBM 开挖直径 7.23 米，总重量 1500 吨，总长度 120 米，在洛宁抽水蓄能电站建设中用于 1 号和 2 号引水斜井的开挖作业。在后续的掘进过程中，“永宁号”斜井 TBM 掘进速度有望达到每月 180 米。设备的应用可极大提升抽水蓄能电站引水系统开挖质量和工艺水平，改善施工环境，提高工程本质安全水平。“永宁号”斜井 TBM 始发掘进位置示意图。

据了解，我国煤炭行业已有成功应用斜井 TBM 的先例，但斜井坡度较小。洛宁抽水蓄能电站 1 号引水斜井长 927 米、倾角为 36.236 度，2 号引水斜井长 873 米、倾角为 38.742 度，因此斜井 TBM 掘进过程中的防溜、出渣、物料运输等工作难度大大增加。“永宁号”

斜井 TBM 的研发人员针对性地解决了大倾角坡度情况下开挖的一系列技术难题，改进 32 个系统，大幅提高了“永宁号”TBM 整体运行的安全性和耐久性。

“我们多次邀请国内具有平洞 TBM 施工经验的各行业专家共同研究，确定专项方案，解决了弧形板基础加固、推进油缸发力不同步等一系列难题，积极协调施工资源，顺利完成了始发掘进前的各项准备工作。”国网新疆河南洛宁抽水蓄能有限公司工程部负责人殷康介绍。

获取煤质化验数据近三十万条

新疆煤炭化学基础数据库建设获阶段性成果

中国自然资源报 2023.1.18

本报讯（记者何弗 通讯员 李辛艺）近日，记者从新疆维吾尔自治区地质局了解到。经过 3 年不懈努力，该局与新大学合作建设的新疆煤炭化学基础数据库取得阶段性成果、获取煤质化验数据近 30 万条。

据悉，新疆煤炭化学基础数据库以新疆大学省能共遗煤基能源资源化学与利用国家重点实验室三大特色研究之一的煤基能源资源化学基础学科为华托进行建设，在自治区自然资源厅的协调指导下，自 2020 年 5 月起，自治区地质局与新大学围绕新疆探煤资源优势和煤炭科学领域重大科学问题，在科技项目和科技成果转化等方面展开深入合作。作为双方合作的重中之重，自治区地质局将新疆煤炭化学基础数据库建设作为重点科研项目予以支持，经过 3 年通力合作，已初步建立新疆煤炭化学基础数据库。截至目前，该数据库已基本完成新疆煤炭主产区哈密三地漏，准噶尔盆地，伊犁，吐哈等 4 个煤化工基地 19700 个型煤样品统计汇总，获取煤质化验数据近 30 万条，并实现 + 个煤化工基地煤质数据检索查询，运行状态良好。

“新疆煤炭化学基础数据库建设及其衍生的成果，将有力带动新疆大学相关重点学科建设，推在全区煤炭资源分析、研发和利用，促进立方技术人才交流，共同发展”自治区地质局有关负责人表示，接下来，双方计划进一步拓展新疆主要煤田煤质数据，补充完善数据库功能，保障和推动全区煤炭资源清洁高效利用。

中国石油建成首个燃气无泄漏示范区

中国电力报 2023.1.19

本报讯（牟洪陶）1 月 5 日，随着治标、治本、长效机制等各阶段子项目建设任务完工并通过验收，标志着中国石油天然气集团有限公司（以下简称“中国石油”）首个燃气无泄漏示范区项目建设完成。

该项目全面应用行业先进技术和理念，形成了一套燃气“零泄漏”管理综合方案，

成为国内燃气行业首个尝试以“零泄漏”为根本目标的管理体系建设项目，代表了燃气行业安全管控的最高水平。

近年来，中国石油西南油气田公司以风险排查和隐患整治为基础，采用高精度泄漏检测、检测评价修复等管理措施，查找并清除泄漏风险点源，通过完善制度文件、强化人员素质等方式，进一步提升智能化管理水平，并持续开展管理体系效能评估，建立健全无泄漏管理体系，为顺利完成燃气管道无泄漏示范区建设工作提供了支撑与保障。

下一步，该公司将持续开展无泄漏示范区项目的效能分析和建设经验总结提炼，加强在中国石油内部燃气企业的示范和应用，进一步提升燃气安全效益，力争实现无泄漏示范区成果在国内燃气行业逐步推广。

中国石化在四川盆地钻获高产油气井

中国电力报 2023.1.19

本报讯（石化文）近日，中国石油化工集团有限公司（以下简称“中国石化”）部署在四川省巴中市巴州区的重点预探井巴中1HF井，在侏罗系凉高山组河道砂岩储层钻获高产工业油气流，包括日产油126立方米、气5.77万立方米，这是该储层首次试获高产稳定油气流，进一步揭示了四川盆地凝析气藏-挥发性油藏具有良好的勘探前景，开辟了增储上产新阵地。

近年来，中国石化勘探分公司持续攻关侏罗系河道砂岩油气，创新地质理论认识，发现河道内部优质砂岩储层发育良好，具有超压富油气的特征。针对储层非均质性强等特点，中国石化开展技术攻关，形成河道砂岩精细刻画技术，有效提高了预测精度；针对河道砂岩储层致密、地层压力系数高等特点，实行“一段一策”技术管理，创新提出“压裂、渗吸、焖井一体化”压裂设计理念，优化形成“密切割+暂堵转向+高强度加砂+渗吸增油”压裂技术，有力增强了地下油气的导流能力，建立了新的压裂模式，为水平井大规模压裂提供了借鉴。

接下来，中国石化将继续加强四川盆地侏罗系河道砂岩领域整体评价与部署，力争在“十四五”期间形成油气规模增储上产阵地。

全国首口氦气勘查示范井“渭氦1井”顺利开钻

为氦气成藏研究提供重要地质参数

中国环境报 2023.1.10

本报讯近日，由陕西省自然资源厅安排部署的省级地勘基金项目、延长石油燃气集团实施的全国首口氦气勘查示范井“渭氦1井”在渭南市华州区顺利开钻，这标志着陕西省渭河盆地氦气资源勘查进入实质性阶段。

氦气作为国家战略性稀缺资源，广泛应用于航天、医疗、光纤等行业，勘探开发意义重大。

2013年至2015年，中央财政资金实施了“渭河盆地及邻区氦气资源调查评价”项目，在渭河盆地选定了华州—潼关、武功—咸阳、户县—蓝田3个氦气远景区。为加快渭河盆地氦气勘探步伐，2018年7月，陕西省自然资源厅依法设立了我国首个氦气探矿权，探矿权人——延长石油燃气集团在收集大量资料及综合研究的基础上，组织实施了90公里二维地震测量，预测了氦气圈闭构造，优选了井位。

“渭氦1井”开钻后为氦气成藏研究提供重要的地质参数，推动形成氦气调查评价方法技术体系，提升氦气成藏基础理论研究和调查技术水平，带动社会资本对氦气战略性稀缺资源勘查的投入，对渭河盆地氦气勘探开发产业化有重大战略性意义。（胡静）

大数据 + 超算，“算”出未来新材料

科技日报 2023.1.16

随着计算机的发展和计算能力的提高，计算材料学快速兴起，推动了材料研发由“经验+试错”的模式向计算驱动模式转变。计算驱动模式是现代材料研发的重要手段，可以有效提升材料研发的效率并降低研发成本。

“公司和海河实验室开发的高比能锂离子动力电池项目，应用于电动汽车，续航里程可达1000公里。研发中所选材料需要计算来优化设计、改善性能，电池的电化学仿真结构和热仿真方面，也需要模拟计算。平时需要三四天才能算完，应用超级计算机，一天就算完了。”天津市捷威动力工业有限公司研究院副院长马华在日前举行的“计算—数据—智能融合驱动的材料创新研究高端论坛”上对科技日报记者说。

在此次论坛上，专家、学者共同探讨了在新一代信息技术创新变革驱动下，如何探索发展计算—数据—智能融合驱动的材料创新研究范式，变革传统材料研究模式。

新一代信息技术带来新材料研发变革

随着新一轮信息技术的蓬勃发展，云计算、大数据、人工智能、超级计算等信息技术不断赋能各类行业，带动了行业模式的深度变革。

新材料的设计和研发越来越依赖超级计算机，材料的模拟计算已经成为超级计算主要应用领域之一。“信息技术与新材料深度融合，共同推动制造业向高端化发展。”国家超算天津中心党组书记孟祥飞说，由于材料是一个复杂的高维多尺度耦合系统，现有的基础理论还不能准确地描述材料成分—组织/结构—性能—服役行为的构效关系，一些深层次的机理还不清楚，导致材料研发长期基于经验，依靠“试错法”推进。随着计算机的发展和计算能力的提高，计算材料学快速兴起，推动了材料研发由“经验+试错”的模式向计算驱动模式转变。计算驱动模式是现代材料研发的重要手段，可以有效提升材料研发的效率并降低研发成本。

“在最近十多年，随着材料计算数据和实验数据的爆炸式增长，以及人工智能技术的发展，数据和智能驱动的材料研发分析和性质预测已成为材料研究的新手段。”孟祥飞介绍。

在美国、欧洲等国家和地区，超级计算机在材料计算与数据库建设方面起步早，已经取得了一定成效。比如由美国能源部主导建设的在线开源材料计算与数据库平台，可有效加速新材料的筛选；美国杜克大学建立的 AFLOW 数据库可提供基本的材料搜索、分析等服务，并集成了材料性质预测的机器学习模块。

国内也有不少科研团队和公司正在开展高通量计算与材料数据挖掘等工作，国家超级计算天津中心研发了中国材料基因工程高通量计算平台 CNMGE，该平台实现了催化等多种材料的自动高通量计算以及多元多相复合材料力学行为的多尺度计算。

超级计算驱动新材料创新发展

在新一代信息技术创新变革驱动下，探索发展计算—数据—智能融合驱动的材料创新研究新范式，变革传统材料研究模式尤为重要。

特别是要依托我国新一代百亿亿次超级计算系统，将传统的计算材料学与新兴的人工智能和大数据技术相融合，通过构建高通量、多尺度计算与高精度专题数据库基础研究设施平台，开发基于机器学习的材料快速性能预测方法及模型，从而提高能源、化工、电子、环境等领域新材料的“绿色”创造与制造研发效率。

以近年来国际材料领域兴起的前沿技术材料基因工程为例，它包括 3 种模式：一是高通量实验技术，通过高通量实验加速新材料研发；二是高通量计算，通过理论计算，减少实验次数，再进行实验验证；三是数据与智能驱动，通过对材料领域大量数据（即材料数据库）的挖掘和深度学习建立模型，预测候选材料，大幅降低实验试错成本。“在材料基因工程思想的引领下，国内外也涌现出一批计算、数据与智能相结合的研究成果。”孟祥飞说。

“首创性、独创性的科学研究不仅需要快速验证，更需要频繁试错、迭代，找准新的方向，这就更需要算法和算力的支撑。”物质绿色创造与制造海河实验室常务副主任、中国科学院院士、南开大学副校长陈军表示。

由此可见，超级计算平台作为“超级算力供给 + 大规模数据支撑 + 系统性算法集成”的融合载体，在新材料创新研发方面正发挥着日益强劲的驱动作用，特别是伴随天河等新一代超级计算机的研制成功，通过将高性能计算方法、机器学习方法与第一性原理计算方法相融合，将实现更高精度、更大尺度的分子层面模拟计算以及开展上万级任务并发的高通量材料筛选等工作。因此，计算和智能技术融合将会为新材料创新研发带来新机遇、新发展。（陈曦）