

# 能 量 转 换

## 剪 报 资 料

总 68 期  
8/2023.8

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. 上半年能源工程建设提速加力.....4
2. 新技术助力电力系统绿色转型.....5
3. 科学建设新型电力系统.....6
4. 坚持科技创新和机制创新双轮驱动.....8
5. 三组数据看我国能源发展“稳”与“进”.....9
6. 交通与能源融合有前景.....11
7. 资源安全是保障能源安全的关键.....13
8. 新兴行业成用电增长新引擎——南方五省区上半年用电量情况解析.....16
9. 数字赋能 我国工业向“绿”而行.....17
10. 三部门：实现绿证对可再生能源电力全覆盖.....19
11. 全球清洁能源投资存在明显缺口.....20
12. 虚拟电厂产业生态发展要找准突破点.....22
13. 2024 年全球可再生能源发电量可能超过煤电.....25
14. 能源转型寄望于重大技术突破.....26
15. 中国清洁能源装备助力“一带一路”沿线绿色转型.....27
16. 希腊发展可再生能源.....29
17. 构建新型电力系统应保持定力与节奏.....31
18. 推动共建绿色“一带一路”.....34
19. 能源催化转化全国重点实验室学术委员会成立.....35

#### 二、热能、储能、动力工程、节能

1. 我国首个输电移相器工程投运.....36
2. 水泥和炭黑制成新型超级电容器.....37
3. 锂的“庐山真面目”首次揭示.....38
4. 他们刷新了钙钛矿电池效率纪录.....39
5. 上海电气自主研发 50 兆瓦分布式调相机填补国内空白.....41
6. 全球配储单体最大新能源场站进入全线并网倒计时.....42
7. 液流电池能量密度大幅提升.....43
8. 推动新型储能成为下一个“千亿级产业”.....43
9. 新型储能超 G 工厂”即将在珠海投产将建成国内储能液流电池首个吉瓦级低碳工厂.....46

10. 新方法提升多晶硅有效转化率.....	48
11. 我国首次将 AI 技术规模化用于输电线路发热检测.....	49
12. 国内首个省级虚拟电厂管理中心成立.....	50
13. 中国电科院完成新能源机组 结构化建模宽频阻抗实测.....	50
14. 国际首套 300 兆瓦级先进压缩空气储能系统再获突破.....	51
15. 新型电力系统的三重转变.....	52
16. 高抗氨毒化燃料电池阳极催化剂研制成功.....	54
17. 国内首次系统保护调用储能试验完成.....	55
18. 广东首个新能源侧配储能示范项目投运——有效解决风电波动性问题，为新能源侧配储提供示范作用.....	56
19. 钠离子电池跨入量产新阶段.....	58
20. 燃气轮机或成我国新型电力系统重要支撑.....	60
21. 用数字技术推动储能产业发展.....	62
<b>三、碳达峰、碳中和</b>	
1. 中国 CCUS 各环节技术取得显著进展.....	64
2. “碳”寻绿色发展 金融持续发力.....	66
3. “三侧”灵活性资源多元化发展助力低碳转型.....	68
4. 全球碳排放与碳收支遥感评估科学报告发布.....	69
5. 首个“零碳供电所”正式投运.....	71
6. 实现新污染物精准识别快速筛查.....	71
7. 微藻——材料复合体有望变碳为宝.....	72
8. 我科学家实现从二氧化碳到糖的精准全合成.....	74
9. 国内首个零碳现代化海洋牧场示范项目在汕尾开工.....	75
10. 新加坡多举措降低工业碳排放.....	76
11. 广东将有序扩大碳市场覆盖范围推动形成粤港澳大湾区碳市场.....	77
12. 十部门联合印发《绿色低碳先进技术示范工程实施方案》.....	78
13. 国内单体产能最高异质结电池片项目投产.....	79
<b>四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）</b>	
1. 我国科学家找到塑料垃圾处理新方案——常温常压下可降解 9 种塑料.....	80
2. 强化技术创新，助废旧衣物重获“新生”.....	81
3. 再生塑料产业标准更健全.....	83
4. 科研人员施妙手助秸秆“七十二变”.....	86
5. 高度重视实验室废液管理及处置.....	87
6. 打造大湾区生态环境“硅谷”.....	88
7. 研究发现咖啡渣可使混凝土更坚固.....	90
8. 生物质能直燃发电技术展望.....	91
<b>五、太阳能</b>	
1. 光热发电用 347H 不锈钢耐高温熔盐腐蚀性能大幅提升.....	94
2. 寻找发展太阳能和风能的最优路径.....	94
3. 国家出台措施促进退役风电、光伏设备循环利用.....	97
4. 储能混凝土或成太阳能住宅地基.....	98
5. 科学家发现太阳“最强光”.....	98
6. 大力发展光伏产业降低能源转型成本.....	100
7. 光合作用只需要一个光子.....	102

8. “光伏+”模式助力碳达峰碳中和 .....	103
9. 发现边缘嵌入结构中的体光伏效应.....	105
10. 光热膜：实现太阳光的高效热转化.....	106
11. 中国光伏风电产业 何以领跑全球.....	108
12. 我国万吨级光伏绿氢示范项目全面建成投产 .....	110
<b>六、地热能</b>	
1. 持续提升地热能发电水平.....	111
2. 专家学者把脉新形势下地热开发利用新技术新趋势 .....	113
3. 世界地热大会将实现“零碳办会” .....	114
<b>七、海洋能</b>	
1. 我国海洋产业 融合发展势头良好.....	115
2. 中山大学“多能联合发电装置模型”完成水池实验.....	116
3. 我国首台 50 千瓦海洋温差能发点试验成功.....	116
<b>八、氢能</b>	
1. 全球首例重型燃机商业机组高比例掺氢试验成功 .....	117
2. 首个国家层面氢能全产业链标准体系建设指南出炉 .....	119
3. 新研究奠定丙烷脱氢新工艺科学基础.....	120
4. 政策支撑 氢能商业化进程提速.....	120
<b>九、风能</b>	
1. 全球首台风渔一体化智能装备建成.....	123
2. 国内首台风电机组暂态电压优化控制技术完成应用和测试 .....	123
3. 这个装置解决了海上风电场谐波问题.....	124
4. 国内首座 500 千伏并网风场完成一次调频性能测试.....	126
5. 我国超高海拔风电场 3.6 兆瓦风力发电机组成功并网发电.....	126
6. 海上风力发电场可为龙虾提供新栖息地.....	127
7. 阻抗测量装置提升新能源宽频振荡改造水平 .....	128
8. 国内首个风机功率曲线 AI 模型上线 .....	128
9. 我国自主研发的深远海漂浮式海上风电装备运行发电——“扶摇号”海上“争风” .....	129
10. 前詹风电慈航海上风电场获评“5A 级”优胜风电场 .....	131
11. 广东首个风渔融合型海洋牧场开工.....	131
<b>十、核能</b>	
1. 加快推动核燃料组件高质量发展.....	133
2. 新一代人造太阳取得重大科研进展.....	136
3. 美科学家再获“核聚变点火”突破 .....	136
<b>十一、其它</b>	
1. 中国石化深层煤层气勘探获突破.....	138
2. 国际能源署发布报告——今年全球煤炭需求或再创新高.....	139
3. 海上油田数字化智能化转型成效初显.....	140
4. 页岩气领域首项国际标准正式发布.....	143
5. 超大倾角可变径斜井 TBM 应用于平江抽水蓄能电站 .....	143
6. 我国西部最大抽蓄电站开工.....	145
7. 渤海首个千亿方大气田 1 期项目海上平台建造完工 .....	145
8. 世界最大清洁能源走廊运行机组达 100 台.....	146
9. 我首个薄煤层气大规模开发项目投产 .....	147

10. 全球首台套最大功率超大采高智能化高端采煤机问世 .....	148
11. 我国超高海拔地区最大抽水蓄能电站开工 .....	148
12. 油气领域 CCUS 发展潜力待开掘 .....	149

本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

## 一、总论

# 上半年能源工程建设提速加力

人民日报 2023.8.3

能源活动碳排放占全国碳排放八成以上，大力发展可再生能源是实现碳达峰碳中和目标的重要途径。以雅砻江为例，流域水能资源开发基础好，风电、光伏等资源也较为丰富，通过水风光一体化开发，将运行特点差异较大的能源品种集合在一起，取长补短、优势互补，实现“1+1+1>3”的综合效益最大化，能够更好推动可再生能源大规模高比例利用。

今年，我国大型清洁能源基地建设提速加力，能源革命深入推进。国家能源局有关负责人介绍，大型风电光伏基地进展顺利。第一批 9705 万千瓦基地项目全面开工、部分建成投产，第二批 3048 万千瓦基地项目陆续开工，第三批基地项目正式启动实施。今年以来，金沙江昌波水电站等大型水电站完成核准，总装机容量超 372 万千瓦，核准总投资规模约 780 亿元；水风光一体化基地建设加快推进。

截至 6 月底，全国太阳能发电装机容量约 4.7 亿千瓦，同比增长 39.8%；风电装机容量约 3.9 亿千瓦，同比增长 13.7%。总体来看，非化石能源发电装机容量约 13.9 亿千瓦，占总装机容量 51.5%，为建设清洁低碳、安全高效的能源体系奠定坚实基础。

电网工程配套建设有序推进，确保清洁能源发得出、送得到。金上一湖北、陇东—山东、宁夏—湖南等特高压工程相继开工。其中，全长 1634 公里的宁夏—湖南特高压工程，是我国沙漠、戈壁、荒漠地区首条外送特高压直流工程，接入配套的光伏发电 900 万千瓦、风电 400 万千瓦以及 464 万千瓦支撑煤电，新能源电量占比超过 50%。

1 月至 6 月，全国主要发电企业电源工程完成投资 3319 亿元，同比增长 53.8%。据了解，雅砻江流域清洁能源开发已完成固定资产投资超 2100 亿元，全流域水风光蓄资源开发还将新增投资约 5000 亿元，带动万亿级的产业发展。

当前，光伏治沙、“农业+光伏”、可再生能源制氢等新模式新业态不断涌现。国家能源局有关负责人说，随着风电高塔筒、长叶片、大容量机组，光伏发电高效晶体硅电池、钙钛矿电池、异质结技术等不断发展，风电、光伏发电成本将进一步下降，应用场景将不断创新发展。

# 新技术助力电力系统绿色转型

科技日报 2023.8.2

7月22日，一流光伏产业高质量发展论坛在青海西宁召开，中国工程院院士、电力系统配电网技术专家王成山，中国科学院院士、西安交通大学国家储能技术产教融合创新平台首席科学家管晓宏等领域内权威专家学者为我国电力行业减碳建言献策。

## 氢储能将深度改变能源结构

在《氢赋能零碳智慧能源系统与能源革命》主旨发言中，管晓宏说，氢有多种制备方式且在地球上分布广泛，因此氢储能技术值得关注。“我们可以用电解水或光催化的方式把水里的氢分离出来，再在常温常压下通过管道、油罐车等石油化工基础设施运送氢。”管晓宏补充道，利用氢燃料电池可实现边发电边放热，而氢燃烧的产物——水还可再次用来制氢，这是一个零污染排放、零碳排放的过程。

在管晓宏看来，能源电力系统的绿色转型势在必行。氢能赋能下的能源电力系统将有可能实现局域的能量平衡，避免能源浪费或短时间内短缺。“氢赋能的分布式智慧能源系统，将可能深度改变能源结构，为未来的分布式数据中心、高速通信站点提供零碳能源，实现以绿色分布市场为标志的能源革命。”管晓宏说。

## 微电网促进可再生能源就地利用

王成山指出，可再生能源的发展应用无外乎两种方式：集中外送和就地利用。他介绍道，电力系统由发电、输电和配电三大部分组成。新形势下，配电系统发生了很大变化。未来配电网的发展，将最大程度地追求新能源与负荷分层分区就地平衡，尽可能实现可再生能源的就地利用。

微电网则是未来实现可再生能源就地利用的重要手段。微电网可以把电源、负荷、储能等系统高度集成在一起，有利于实现源网荷储的灵活控制，达到电源侧和负荷侧的平衡。

不仅如此，很多企业也都在探索“微电网+”的发展模式。如“微电网+废弃矿山”可以把废弃矿山做成光伏基地，将废弃矿山充分利用起来，“微电网+油田”可以解决弱电网情况下油田的开发利用问题。

“总之，微电网是一种源网荷储高度可控的模式，它可以很好地利用可再生能源，在尽可能多地满足人们用电需求的基础上最大限度地减少短时间内高强度用电对电网的冲击。因此，我们认为微电网在可再生能源就地利用方面，会有非常好的应用前景。”王成山表示。

# 科学建设新型电力系统

国家电网报 2023.8.1

近日召开的中央全面深化改革委员会第二次会议审议通过《关于深化电力体制改革加快构建新型电力系统的指导意见》，强调要科学合理设计新型电力系统建设路径，在新能源安全可靠替代的基础上，有计划分步骤逐步降低传统能源比重。

电力是经济社会发展的血脉。改革开放以来，我国电力系统规模持续扩大、结构持续优化、效率持续提升、体制改革和科技创新不断取得突破。目前，我国电力系统发电装机总容量、非化石能源发电装机容量、远距离输电能力、电网规模等指标均稳居世界第一位，电力装备制造、规划设计及施工建设、科研与标准化、系统调控运行等方面均建立了较为完备的业态体系，为服务国民经济快速发展和促进人民生活水平不断提高提供了有力支撑。

我国是能源消费大国，也是碳排放大国，电力行业占能源行业二氧化碳排放总量的42%左右。推动实现“双碳”目标，能源是主战场，电力是主力军。要加快推进电力行业低碳转型，破解日益增长的电力需求和环境约束之间的矛盾，关键之举在于构建新型电力系统，在不断增加绿色电力供给的同时保障电网安全和电力价格稳定。

2021年3月15日，中央财经委员会第九次会议提出构建新型电力系统。党的二十大报告提出，积极稳妥推进碳达峰碳中和、加快规划建设新型能源体系，为我国能源电力高质量发展提出了更高要求。为完整、准确、全面贯彻落实党中央决策部署，积极践行“双碳”战略，推动构建新型能源体系，电力系统必须立足新发展阶段、贯彻新发展理念，重点在功能定位、供给结构、系统形态、运行机理、调控体系等领域顺应发展形势、响应变革要求，主动转变。

体制机制和技术创新是新型电力系统建设的“双驱动”。一方面，电力系统转型过程中面临诸多改革任务，适应新型电力系统的体制机制亟待完善。电力市场不协调不平衡问题较为突出，满足新型电力系统灵活、高效、便捷互动的市场机制和价格体系亟待完善，适应新能源低边际成本、高系统成本、大规模高比例发展的市场设计亟待创新，各类调节性、支撑性资源的成本疏导机制尚需健全，输配电价、上网电价、销售电价改革有待进一步深化。这都要求我们要进一步健全新型电力系统体制机制。

另一方面，电力关键核心技术装备尚存短板，支撑新型电力系统构建的重大技术亟须进一步攻关突破。我国能源电力领域已形成具有较强国际竞争力的完整产业链、供应链和价值链，电力科技整体水平实现从跟跑向并行、领跑的战略性转变，但与高水平新型电力系统建

设要求仍有差距。需要加强政策引导，激发创新潜力，促进产学研深度融合，打造新型电力系统多维技术路线，推动能源电力全产业链融通发展。

新型电力系统是能源绿色低碳转型的关键支撑，构建新型电力系统是一项复杂系统工程，要破除传统政策机制堵点，推动有效市场和有为政府相结合，加强电力系统全环节、多要素统筹协调管理，激发各方积极性，共同构建清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力系统。

## 坚持科技创新和机制创新双轮驱动

国家电网报 2023.8.2

目前，能源转型深入推进，电力系统运行机理发生深刻变化，对电力科技创新工作提出了更高要求。国网智研院深入学习贯彻习近平总书记关于科技创新的重要论述和重要指示批示精神，认真落实国家电网有限公司党组部署，围绕新型电力系统构建，坚持原创首创独创、自主自立自强，加快核心技术攻关，深化科研体制改革，努力建设能源电力国家战略科技力量。

原创的 220 千伏柔性低频输电技术成果在浙江杭州首次示范应用，验证了以低频技术大容量输送电能的可能性，为大规模可再生能源送出提供了更加高效、经济的解决方案；研发微秒级电磁暂态实时仿真器、电力行业首款专用图数据库，持续增强创新源头供给能力；结合“沙戈荒”清洁能源大规模外送等现实需求，深入挖掘与构建创新成果应用场景，加快新技术、新装备落地应用……国网智研院持续做深基础前瞻研究、先进装备研发、成果示范推广，奋力在科研攻关上取得新进展。

实验室是科学研究的基地。有高水平的实验能力才会产出高水平科研成果，研究出科学的试验方法和自主开发出先进的试验装置是建设高水平实验室的关键。

国网智研院以提升“材料-器件-装备-系统”全链条研发实验能力为目标，持续做强高端材料器件研发平台、先进输电装备试验平台、能源数字技术平台，奋力在平台建设上塑造新优势。该院依托 14 个各级别实验室，新建环保型电缆绝缘料制备工艺平台，提升大功率器件全工况测试能力，加快推动国产化替代；提出新型换流装备等效试验方法，提升自主化全电磁暂态仿真分析能力，引领输电技术发展方向；升级人工智能大模型、网络安全智能攻防试验条件，构建电网复合链生灾害全景仿真环境，深化数字技术赋能。



科技创新是一项系统工程，良好的创新生态能够更大幅度地释放创新活力、激发创新动力，是培育发展新动能的重要保证。

国网智研院以营造潜心攻关的科研生态为目标，持续做实科研管理、人才激励、国际合作，奋力在机制改革上取得新突破。该院坚持科技创新和机制创新双轮驱动，以入选第二批科改示范企业并获评“科改示范企业”标杆为契机，建立科研助理机制，创新基础研究和技术攻关融通模式，积极参与新型电力系统技术创新联盟建设，推动跨专业跨学科联合攻关；启动科研链条源端激励，实施成果虚拟量化确权，从“经济、成长、荣誉、环境”等4个维度构建多层次激励体系，激发科研人员创新活力；发挥全球能源互联网欧洲研究院作用，坚持“走出去”“引进来”相结合，在海上风电、新型储能等方向加大开放合作力度，在更高起点上推动协同创新。

## 三组数据看我国能源发展“稳”与“进”

中国电力报 2023.8.1

7月31日，国家能源局召开三季度网上新闻发布会，公布能源发展“半年成绩单”。国家能源局发展规划司副司长董万成、新能源和可再生能源司副司长王大鹏、能源节约和科技装备司副司长刘亚芳、市场监管司副司长刘刚出席发布会，并答记者问。发布会由国家能源局综合司副司长、新闻发言人张星主持。

今年上半年，全国能源供需总体平稳有序，重点项目投资保持较快增长。能源行业夯实“稳”的底盘，厚植“进”的优势，为经济社会高质量发展注入动能和活力。

### **4.4%、2.1%、5.4%：国内原煤、原油、天然气产量稳步提高**

今年以来，能源行业切实落实党中央、国务院关于能源保供稳价等决策部署，着力推动相关政策措施落地见效。

“上半年，国内能源供给保障能力稳步提升，能源绿色低碳转型加快推进，全国能源供需总体平稳有序。”董万成表示。

能源消费持续增长。上半年，全社会用电量累计4.3万亿千瓦时，同比增长5.0%。前6个月，第一、二、三产业用电量同比分别增长12.1%、4.4%、9.9%。工业用能整体延续增长态势。煤炭、天然气消费量平稳增长，成品油消费量较快增长。

能源生产供应平稳有序。上半年，国内原煤、原油、天然气产量稳步提高，同比分别增

长 4.4%、2.1%、5.4%。全国发电装机规模达到 27.1 亿千瓦，同比增长 10.8%。全国能源重点项目完成投资额超过 1 万亿元，同比增长 23.9%。国际煤炭、原油、天然气价格明显回落，降幅 3~5 成，我国能源进口较快增长。

董万成介绍，煤炭、煤电兜底保障能力持续增强，支撑性保障性电源并网加快推进。电煤中长期合同履约率保持较高水平，电煤供应平稳有序。电厂存煤保持历史高位，有力满足高峰时段用煤需求。跨省跨区通道输电能力进一步提升，电力互济能力持续增强。各类电源调峰潜力充分挖掘，新型储能装机规模快速增长，电力调节能力逐步提升。

### **13.22 亿千瓦，占比 48.8%：可再生能源装机历史性超过煤电**

“截至 2023 年上半年，全国可再生能源装机突破 13 亿千瓦，达到 13.22 亿千瓦，同比增长 18.2%，历史性超过煤电，约占我国总装机的 48.8%。”王大鹏披露的这组数据振奋人心。

上半年以来，国家能源局统筹能源安全供应和绿色低碳发展，持续推进大型风电光伏基地、重大水电项目和抽水蓄能建设，可再生能源发展实现了新突破。

新增装机厚实“家底”。上半年，全国可再生能源新增装机 1.09 亿千瓦，同比增长 98.3%，占新增装机的 77%。其中，常规水电新增并网 206 万千瓦，抽水蓄能 330 万千瓦，风电新增并网 2299 万千瓦，光伏发电新增并网 7842 万千瓦，生物质发电新增并网 176 万千瓦。至 6 月底，我国水电装机 4.18 亿千瓦，风电装机 3.89 亿千瓦，光伏发电装机 4.7 亿千瓦，生物质发电装机 0.43 亿千瓦。

风光电量快速增长。上半年，全国可再生能源发电量达 1.34 万亿千瓦时，其中，风电光伏发电量达 7291 亿千瓦时，同比增长 23.5%。具体来看，截至 6 月底，全国风电累计装机达到 3.89 亿千瓦，同比增长 13.7%，其中陆上风电 3.58 亿千瓦，海上风电 3146 万千瓦。全国风电发电量 4628 亿千瓦时，同比增长 20%。全国风电平均利用率 96.7%，同比提升 0.9 个百分点。

全国光伏发电装机容量达到 4.7 亿千瓦，其中集中式光伏 2.72 亿千瓦，分布式光伏 1.98 亿千瓦。上半年，全国光伏发电量 2663 亿千瓦时，同比增长 30%。全国光伏发电利用率 98.2%，同比提升 0.4 个百分点。

### **超 1 万亿元，比增 23.9%：全国能源投资保持较快增长态势**

习近平总书记强调指出，能源保障和安全事关国计民生，是须臾不可忽视的“国之大者”。

上半年，我国能源绿色低碳转型加快推进。其中，可再生能源继续保持良好发展势头，非化石能源装机达到 13.8 亿千瓦。新型储能装机规模持续快速增长，今年上半年新增装机

规模相当于此前历年装机规模总和。

“据监测，今年上半年，全国能源重点项目完成投资额超过1万亿元，同比增长23.9%，有效发挥了稳投资、促增长的作用。”董万成表示。

全国能源投资保持较快增长态势。能源领域积极扩大有效投资，有力有序推进重大基础设施和新型基础设施建设，带动投资增速保持较高水平。分地区看，东部、中部、西部地区完成投资同比分别增长24.8%、22.1%和24.2%。分层级看，国家级重大项目投资带动作用持续显现，省级及以下项目投资增势强劲。

新能源投资快速增长。新能源完成投资占比接近四成。甘肃、新疆、山西、湖北、云南、广东等地集中式光伏项目建设提速，完成投资额均超过100亿元；山东、河南、浙江加大城镇和乡村分布式光伏布局建设力度，完成投资额均超过120亿元；内蒙古、甘肃持续推进大型风电光伏基地项目建设，集中式风电投资增势不减，山东、广东海上风电项目集中开工建设。此外，湖北、安徽、江西等地一批生物质发电项目加快形成有效投资。

能源网络基础设施投资较快增长。电网、油气管网投资较快增长，项目建设加快推进。白鹤滩—浙江特高压直流工程全容量投产，金上—湖北、陇东—山东特高压直流工程进入土建施工阶段，一大批500千伏网架加强工程稳步实施，配电网建设加快推进。西气东输三线中段、西气东输四线处于施工高峰期。

新业态投资持续扩大。综合能源、新型储能、充电基础设施投资持续扩大。青海、新疆、内蒙古源网荷储一体化和多能互补投资持续释放，浙江综合智慧能源快速发展，湖南、新疆、甘肃、重庆一批系统独立型和新能源配套新型储能项目建成投产，广西、广东、云南、河南充电桩建设加快推进。

## 交通与能源融合有前景

经济日报 2023.8.9

作为碳排放大户，交通与能源两个领域的低碳发展备受关注。近日，国内首个全路域交能融合示范项目山东枣菏高速公路交能融合（源网荷储一体化）示范工程累计发电量达到500万千瓦时，运营情况良好，为美丽中国建设输出源源不断的绿色动能。交能融合作为一种新业态，给交通、能源两大行业绿色转型提供了新思路。

交能融合发展是交通与能源的一次重大革命，是建设交通强国、实现“双碳”目标、保

障能源安全的必然要求。国务院印发的《2030年前碳达峰行动方案》提出，将交通运输绿色低碳行动纳入“碳达峰十大行动”。《国家综合立体交通网规划纲要》提出，推进交通基础设施网与能源网融合发展，将交通基础设施与能源设施统筹布局规划建设，强化共建共管、共享共营，提高设施与资源综合利用效率，减少能源资源消耗，促进交通基础设施网、智能电网及其他网络的融合。

中国能建党委书记、董事长宋海良指出，交通网和能源网融合发展是打造交通能源新基建的创新模式与新业态，在绿色公路、绿色轨道交通、绿色港口、绿色船舶、绿色航道等领域具有广阔的发展前景。

更为关键的是，全面推进交能融合发展，可以发挥交通和能源两大行业对国家绿色低碳发展放大、叠加、倍增的作用，可以将建设绿色交通强国、落实能源安全新战略、践行碳达峰碳中和目标进行有效结合。

交通运输部科学研究院副院长方海表示，面对资源紧缺、气候变化、环境污染带来的严峻挑战，利用交通资产能源化、用能绿色化，既是实现交通领域碳达峰碳中和目标的有效途径，又可助力构建新一代电力系统、推动能源绿色革命，这已逐渐成为交通与能源行业的发展共识。

数据显示，现阶段在我国终端能源消费结构中，交通用能占比约17%，碳排放结构中交通占比约10.4%。交通用能结构中，电力占比不到5%，绿色电力占比不到2%。

结合交通领域的建设条件以及用能需求，推动公路、港口、铁路等典型应用场景的绿色电能替代，可以有效发挥新能源就地可靠替代作用。仅以当前全国约18万公里在运收费公路为例进行估算，考虑公路两侧的可利用宽度、桥隧比、植被覆盖等差异性条件，可开发光伏潜力达到1亿千瓦左右。

“交通行业与可再生能源具有广阔的融合发展空间，既有利于进一步发展可再生能源，又有利于推动交通能源低碳转型，共同为实现碳达峰碳中和目标作出贡献。”国家能源局新能源和可再生能源司副司长王大鹏说。

当前，我国交能融合加快布局、多点突破，取得积极性进展。2022年12月，世界交通运输大会期间，交能融合领域首个综合性报告——《交通与能源融合发展报告2022》发布，为推动交通与能源绿色融合发展、绿色转型提出了系统解决方案。

今年5月10日，中国能建投资建设的山东枣菏高速公路交能融合（源网荷储一体化）示范工程首批并网发电，交能融合发展新理念成为现实。记者了解到，该示范工程利用服务区、边坡、收费站和互通区匝道等设置了分布式光伏电站，还建设了充电桩、智慧路灯、风

机、储能系统、智慧能源系统，全长 177 公里。项目建成后，预计将生产清洁电力约 28.9 亿千瓦时，年均发电量 1.36 亿千瓦时，每年可为电网节约标煤约 4.15 万吨，减排二氧化碳约 11.4 万吨。

7 月 12 日，济南东零碳服务区正式投入使用。服务区重点打造了可再生能源利用系统、零碳智慧管控系统、污废资源化处理系统、林业碳汇提升系统“四大系统”工程，已实现“零碳”运营，并具备“可持续碳中和”的能力。

虽然交能融合发展形成了一系列先行先试的系统产品，交能融合领域源网荷储一体化、人车路能云一体化实现了巨大突破，但仍需进一步统筹规划、协调发展。中国公路学会党委书记、理事长翁孟勇指出，交通与能源行业的深度融合发展，需要构建完善的支撑保障体系，在公路轨道、港口水运、城市物流、航空交通等多个领域统筹推进。

交通运输部规划研究院院长刘昕建议，要基于交通运输的运行特点、分布规律和用能特征，探索加强智慧交通网与智能电网的充分衔接，做好电网供能与交通用能间的有机协同，统筹兼顾商用车量大集中和乘用车点多面广的用能需求，不断提高两网协同运行效率，逐步提升融合发展效益。

宋海良表示，要大力支持关键技术装备的研发创新，集中攻关绿色供能规划设计、特殊场景新能源开发、并网输送与多能变换等交能融合关键技术，研发多网融合智慧运营、电热冷氢高效变换等核心装备，为产业链延伸拓展提供有力支撑。

## 资源安全是保障能源安全的关键

中国电力报 2023.8.2

能源是工业的粮食，是国家运转与发展最重要的物质基础，能源安全是国家安全的重要组成部分，而确保能源资源安全是确保能源安全的关键。能源安全最初的含义，是指确保以合理的价格保证能源的持续供应，支撑经济和社会正常运转。随着气候问题、环保问题日渐突出，其内涵扩展到环境安全、气候安全。当前俄乌冲突外溢效应，再次将能源安全的概念延伸至能源供应链和能源基础设施的安全。能源资源的安全，是能源供应链的起点和核心，是能源安全的基础和重要组成部分，并在一定程度上影响其供应链后续安全问题。所以，确保我国能源转型过程中的能源安全，首先要破解能源资源的掣肘和约束。

### 我国能源资源现状

在过去绝大多数时间里，我国能源供应处于紧平衡或者紧缺状态，在一定程度上制约着我国经济社会的发展。随着经济的高速发展，以及受气候变化、环境等因素影响，在实现“双碳”目标的能源转型过程中，能源资源制约的影响将更加突出。

我国化石能源资源禀赋的特点是“富煤、贫油、少气”，实际上，我国煤炭总储量在全球仅排名第四，占比只有美国的一半多一点。我国人口基数大，占全球人口接近两成，但是已知化石能源资源储量只有不到全球已知储量的一成，人均拥有化石能源资源储量只有全球平均水平的 45%左右。

同时，我国能源资源结构不佳，煤炭占比超过九成，石油和天然气明显不足。能源资源的空间分布结构也不合理，化石能源资源、水电资源主要集中在西部、北部地区，而能源需求主要集中在东部、南部地区，需要能源大规模远距离输送。另外，我国煤炭和天然气资源的储采比都在四十年左右，石油的储采比不足二十年。

近年来，我国风能、太阳能资源发展迅速。截至今年 4 月底，两者合计并网装机容量所占比重已经超过总装机容量的 30%。但是从全球角度看，我国风能资源和太阳能资源并不丰富，其中，陆上风电资源 70 米高度可开发的装机容量在 26 亿千瓦左右，太阳能可开发装机容量在 22 亿千瓦左右。我国近海风电资源不丰富。即使将这些可开发装机容量完全利用，加上水电开发程度达到 80%，亦不能满足四十年后的能源需求，需要更多的核电装机承载基本负荷，以及必要的（天然或人工）化石能源作为能源供应的补充。同样，风电能和太阳能也存在能源分布和需求错配的问题，需要建设大型能源基地集约开发，并远距离大容量输送到需求中心。

同时，在风能和太阳能开发过程中，还存在一些重要问题需要在发展过程中逐步解决。建设风力发电系统，需要占用大量土地空间，消耗大量资源。太阳能亦是如此，其本身是洁净、零排放的能源，但是在生产太阳能电池板过程中，要消耗大量的能源，同时给环境带来污染，并排放二氧化碳。而一些新型太阳能电池生产会使用到有毒元素和稀有元素，需要做好有毒物质的回收和再利用，研究寻找稀有元素的替代者等。此外，并网型的风力发电、太阳能发电的间歇性、波动性和随机性以及大量电力电子元件接入等，会给电力系统安全稳定运行带来一系列问题。

最后是氢能，但目前相关技术发展还存在很大的不确定性。绿氢就技术本身而言到大规模使用还有相当的距离。目前全球绿氢比例不足 1%，且绿氢连续生产过程还存在很多需要解决的实际问题。

### **保障能源资源安全的对策**

一是充分利用现有资源。煤炭能量密度高、技术成熟、经济性好，是非常优质的能源资源。我国化石能源资源以煤为主，当前和今后相当长一段时间，煤炭仍是我国能源安全保障的“压舱石”。立足自产煤炭为主，抓好煤炭集约高效和洁净利用是重中之重。确保安全和应急产能的情况下，可适当增加煤炭进口比例，为安全构建新型能源体系争取更多时间。我国石油和天然气资源储量不大，石油对外依存度超过 70%，在尽可能寻找新资源的同时，要加强进口渠道多元化，同时强化应急储备。我国天然气对外依存度超过 40%，要注意拓宽渠道来源。积极发展可燃冰开发利用技术，以补充天然气气源不足问题。目前我国水电资源开发程度只有 40%左右，还有潜力。以我国水电技术可开发容量计算，平均每年可以提供相当于 2.6 亿吨标准油（接近 4 亿吨标准煤）的能源。我国风能资源、光伏资源的特点是比较集中，可以建设大型风电基地，同时也要重视离散型风电、光伏资源的开发，加强风光结合、微电网开发，充分利用自然资源。

二是努力开发潜在资源。化石能源储量是动态的，随着能源勘探和开采技术的进步，会不断发现新的化石能源资源，同时资源采收率也会不断提高。随着化石能源逐步耗尽，必须找到合适的替代能源。目前全球公认的替代能源，包括核能、水能、风能、太阳能、海洋能等。未来可能作为主体增量能源供应的，一是核能，二是海洋能。由于水资源、可耕地等资源限制，生物质能不太可能在中国有太大规模的发展。

三是大力做好能源节约利用。我国能源强度高，是全球平均水平的 1.5 倍，是美国的 2.3 倍、欧盟的 2.7 倍。在提高能源效率和附加价值方面，还有很大的空间。能源节约，既是技术问题，也是管理问题；既涉及能源供给结构，也涉及能源需求结构即经济结构；既与能源空间分布密切相关，也很大程度受经济整体布局的影响。节能既是节约成本，本质上也是增加能源供应能力，要花大力气、综合施策。既需要制定节能规划和鼓励政策，也要通过市场机制引入竞争和激励；既要树立民间的节能意识，培养节能文化，也要将节能和经济效益紧密勾连，增强内在激励；既要随着经济发展，不断推动产业升级，也要通过供能模式转换，建立高效能源供应系统。

四是高度重视能源技术。我国面临的能源安全挑战除了来自能源资源的稀缺，也来自技术能力的不足。其中，与新的能源资源开发相关的技术，如核聚变、海洋能开发等，以及发展与能源储存、转换、运输和综合集成相关的新技术，如 CCUS、人造天然气、大规模储能、碳—能循环系统等，都有十分重要的意义。

五是抓紧布局海洋能源开发。海洋能是未来能源资源的蓝海，具有近乎无限的发展空间。对于比较成熟的海洋能开发利用如潮汐能，逐步实现产业化、规模化，积极推进波浪能、海

流能利用实用化，加强盐差能、温差能研究实验。为实现风、光等能源充分开发利用，以及远海深海的海洋能、海上风能、海上太阳能等能源资源综合开发，大规模储能技术、电转甲烷技术、海水制氢技术等都应予以重点关注。成功突破海洋能源资源开发的技术约束，就可以成功突破能源资源的约束。海洋能源技术将是未来能源领域竞争的一个重要领域，和航空航天技术一样，海洋能源技术的进展，将引导我们进入远海，从而为我们寻找到源源不断的可用能源，为国家安全提供源源不断的动力。

## 新兴行业成用电增长新引擎——南方五省区上半年用电量情况解析

中国电力报 2023.8.3

电力数据是经济发展的“晴雨表”和“风向标”。据中国南方电网有限责任公司透露，上半年，广东、广西、云南、贵州、海南五省区全社会用电量达 7233 亿千瓦时，同比增长 5.4%，较全国用电增速高 0.4 个百分点。分季度看，二季度用电量同比增长 6.9%，较一季度用电增速提高 3.2 个百分点，反映经济运行延续复苏态势，市场需求正在持续回暖。

### 消费升级步伐稳健 三产用电增长快速

分产业看，上半年，南方五省区第一、二、三产业及居民用电分别同比增长 15.4%、3.1%、11.2%、6%。得益于农业农村现代化建设推进以及乡村用电条件改善、电气化水平持续提升，第一产业用电实现高速增长。2022 年，南方电网公司完成农网投资 314.5 亿元，农村地区客户年均停电时间大幅下降，综合电压合格率稳步提升。今年，该公司还将安排农网投资逾 240 亿元，继续推进农网巩固提升，加快配网升级改造。

消费市场加速回暖，带动第三产业用电攀升，上半年，第三产业对南方五省区全社会用电增长贡献率近四成。稳增长、稳就业、稳物价政策效应持续显现，消费对经济拉动增长作用进一步提升，上半年，南方五省区消费类行业用电同比增长 9.7%，其中，基本消费类行业、升级消费类行业、可选消费类行业用电同比分别增长 5.1%、11.3%和 8.9%。此外，今年 2~6 月国内服务业商务活动指数连续 5 个月位于较高景气区间，服务业市场需求释放加快，成为拉动第三产业用电恢复快速增长的另一重要因素。

### 产业高端化绿色化 创新引领不断增强

随着创新驱动发展战略深入实施，产业升级扎实推进，产业高端化、绿色化发展趋势明



显。

上半年，南方五省区三新行业用电增势强劲，同比增长 38.1%，保持高位增长态势，对五省区全社会用电量增长贡献率达 8%，新兴行业成为用电增长新引擎，为南方五省区社会经济发展注入强劲动能。其中，与绿色转型相关的充换电服务业、风能原动设备制造、光伏设备及元器件制造用电同比分别增长 69.6%、47.1%、45.7%。

创新引领作用不断增强，高技术及装备制造业进一步发展。上半年，南方五省区高技术及装备制造业用电同比增长 4.6%，成为第二产业重要用电增长点。分季度看，第二季度高技术及装备制造业用电增速达 6.5%，较一季度提高 4.4 个百分点。分行业看，上半年，电气机械和器材制造业、医药制造业、汽车制造业用电同比分别增长 18%、13.2%、8.6%，其中，二季度汽车制造业用电增速较一季度增长 14.8 个百分点，发展回暖向好趋势明显。

## 数字赋能 我国工业向“绿”而行

中国高新技术产业报 2023.8.7

全国能耗强度累计降低 26.4%，有色金属、建材、钢铁等行业能耗强度持续下降；可再生能源规模持续增长，装机突破 13 亿千瓦；新能源汽车产销量、市场占有率、保有量均创历史新高……在“双碳”目标下，我国稳步推进工业绿色低碳转型，能源资源利用效率持续提升，绿色低碳产业不断壮大，工业领域“绿”意盎然。

### 绿色低碳转型成效显著

在包头天骄清美稀土抛光粉有限公司厂区上空看到，在新加装环保设备的作用下，以往烟囱中冒出的白色蒸汽已经基本消除，这家全球最大稀土抛光材料生产企业的有色“烟羽”排放问题得到有效治理。

为清除有色“烟羽”现象，天骄清美改变传统布袋除尘方式，采用了“旋风塔+复合过滤网除雾器+振动筛+风机”工艺，在不影响生产工艺的前提下，同时进行降温、除尘、除雾的预处理，解决了尘土和水汽捕集的困扰，深度有效治理烟气。

“天骄清美除尘技术在原来已经达到国家排放标准的基础上，实现了‘二次降污’，达到冶金行业的超低排放要求。”包头稀土高新区环保局副局长王颖说。

这只是工业企业采用新技术推动工业低碳转型的一个缩影。工业是我国能源消耗和碳排放的重要领域之一。近年来，我国工业绿色发展取得积极成效。

产业结构不断优化升级。钢铁行业干熄焦、烧结余热发电等技术逐渐普及，石化行业千万吨级炼油、百万吨级乙烯等大型化装备应用水平持续提高，电解铝行业新建项目全部采用400KA以上电解槽技术等；新一代信息技术、高端装备、新材料等领域建成45个国家先进制造业集群，主导产业总产值达20万亿元。

能源资源利用效率显著提升。目前钢铁、原铝、水泥熟料等单位产品能效处于世界先进水平，5G基站单站能耗较商用初期下降20%以上。资源循环利用能力不断增强，大宗工业固废综合利用率稳步提高，已建成1万余个废旧动力电池回收服务网点。

绿色低碳产业蓬勃发展。今年上半年，全国可再生能源新增装机1.09万千瓦，同比增长98.3%，占新增装机的77%。新能源汽车产销量连续8年保持全球第一，2023年上半年新能源汽车产销同比分别增长42.4%和44.1%。

“绿色化、低碳化已成为工业转型发展的主旋律。”工信部国际经济技术合作中心研究员毛涛表示，随着“双碳”工作的深入开展，工业低碳转型步伐明显加快。

### 数字化赋能绿色化

当前，数字经济正驱动产业变革，我国积极推动互联网、大数据、人工智能等新兴技术与绿色低碳产业深度融合，促进数字化与绿色化协同发展。

在济宁高新区鲁抗医药生产车间，头孢类产品智能生产线日产量可达65万支，生产效率提升了近50%。

山东鲁抗医药股份有限公司自动化与机动工程部专业工程师齐志强表示：“公司建立了20条智能化后包装生产线，启用了25台机器人，部署了23台自动灯检机，实现了产品质量、产能和生产效率都显著提升。同时建成智慧运营工业互联网平台，各条生产线实现生产数据实时上传，管理人员可根据设备运行、能源消耗等数据优化调整生产工艺。目前，仅在降低能耗方面每年可节省2000万元。”

在位于昆山高新区的牧野机床（中国）有限公司，只见现代化的绿色车间干净整洁，多台大型自动化设备有序运行、协同作业，车间内生产进度、质量效率及综合效率等数据，实时显示在大屏幕上……

“制造业的绿色发展，本质上是通过提高制造过程效率，以更小的消耗和排放来实现同样或者更大的产出价值。数字化改造是公司提质增效、低碳发展的关键之举。”牧野机床(中国)有限公司事务部相关负责人姜敏敏说。

这都是企业借助数字化转型、实现向“绿”而行的典型代表。工信部数据显示，截至目前，各地建设数字化车间和智能工厂近8000个，其中209个成为具有国际先进水平的智能

制造示范工厂。经过转型，这些示范工厂生产效率平均提升 34.8%，产品不良品率平均下降 27.4%，碳排放平均减少 21.2%。

“数字化赋能作用持续凸显，数字化智能化绿色化正在加速融合。”工业和信息化部碳达峰碳中和研究中心主任刘文强说。

### 工业绿色发展仍有进步空间

虽然取得积极进展，但我国工业绿色化发展仍有进步的空间。毛涛认为，当前，我国工业低碳发展制度体系建设尚不健全，存在工业用能结构依旧偏煤，工业用能效率依旧偏低，产业结构依旧偏重等问题。

下一步如何推动工业绿色低碳发展？工信部运行监测协调局局长陶青表示，将深入实施绿色制造推进工程，出台加快推进制造业绿色化发展指导意见，持续完善工业绿色发展政策体系，大力实施节能降碳专项行动，加快建设数字化碳管理平台，坚持降碳、减污、扩绿、增长协同推进，推动工业领域绿色发展。

毛涛表示，要充分发挥市场在工业低碳发展制度体系中的主导作用，进而全面调动企业节能减碳的积极性，比如完善绿色电力证书制度设计。要以产业结构优化为重点突破，大力发展具有国际竞争优势的高新技术产业，同时推广应用互联网、大数据、人工智能等新一代信息技术改造传统产业，加快工业低碳转型步伐。此外，要在重点做好煤炭清洁高效利用的同时，推动风光等可再生能源的大规模生产和使用，加快能源结构优化和用能效率提升。

“推动工业绿色发展，就是要从根本上破解资源环境约束瓶颈，从源头推动生产方式绿色转型。”刘文强认为，要把提高能源资源利用效率放在首位，优化生产流程和工艺，促进节能降耗、提质增效，同时强化创新，培育壮大工业绿色发展新动能。(叶伟)

## 三部门：实现绿证对可再生能源电力全覆盖

中国能源报 2023.8.7

国家发改委、财政部、国家能源局 8 月 3 日联合印发《关于做好可再生能源绿色电力证书全覆盖工作 促进可再生能源电力消费的通知》（以下简称《通知》）。《通知》明确，对已建档立卡的可再生能源发电项目所生产的全部电量核发绿证，实现绿证核发全覆盖。其中，风电（含分散式风电和海上风电）、太阳能发电（含分布式光伏发电和光热发电）、生物质发电、地热能发电、海洋能发电以及 2023 年 1 月 1 日（含）以后新投产的完全市场化常规水

电项目，核发可交易绿证；存量常规水电项目，暂不核发可交易绿证，相应的绿证随电量直接无偿划转。

与 2017 年版《关于试行可再生能源绿色电力证书核发及自愿认购交易制度的通知》相比，此次新政重新界定了绿证概念，明确绿证是我国可再生能源电量环境属性的唯一证明，是认定可再生能源电力生产、消费的唯一凭证，1 个绿证单位对应 1000 千瓦时可再生能源电量。

绿证主要用于可再生能源电力消费量核算、可再生能源电力消费认证等，可交易绿证还可通过参与绿证绿电交易等方式在发电企业和用户间有偿转让。

同时，《通知》明确，绿证的相关管理和组织核发工作由国家能源局负责。与此前依托可再生能源发电项目信息管理系统，由国家可再生能源信息管理中心核发相比，绿证的权威性大大增强。

《通知》对绿证交易平台和方式进行了进一步完善。与此前相比，绿证交易从中国绿色电力证书交易平台拓展至北京电力交易中心、广州电力交易中心。《通知》表示，还将适时拓展至国家认可的其他交易平台。同时，绿证交易采取双边协商、挂牌、集中竞价等方式进行。其中，双边协商交易由市场主体双方自主协商绿证交易数量和价格；挂牌交易中绿证数量和价格信息在交易平台发布；集中竞价交易按需适时组织开展，按照相关规则明确交易数量和价格。对享受中央财政补贴的项目绿证，初期采用双边协商和挂牌方式为主，创造条件推动尽快采用集中竞价方式进行交易，绿证收益按相关规定执行。平价（低价）项目、自愿放弃中央财政补贴和中央财政补贴已到期项目，绿证交易方式不限，绿证收益归发电企业或项目业主所有。

此外，在有序做好绿证应用方面，《通知》强调，要以绿证支撑绿色电力交易，相应核发机构批量推送绿证至电力交易机构，电力交易机构按交易合同或双边协商约定将绿证随绿色电力一同交易，并明确绿证和物理电量的交易量、交易价格；以绿证核算可再生能源消费，落实可再生能源消费不纳入能源消耗总量和强度控制，国家统计局会同国家能源局核定全国和各地区可再生能源电力消费数据；以绿证认证绿色电力消费，将绿证作为电力用户绿色电力消费和绿电属性标识认证的唯一凭证，建立基于绿证的绿色电力消费认证标准、制度和标识体系；衔接碳市场，研究推进绿证与全国碳排放权交易机制、温室气体自愿减排交易机制的衔接协调；推动绿证国际互认。我国可再生能源电量原则上只能申领核发国内绿证，在不影响国家自主贡献目标实现的前提下，积极推动国际组织的绿色消费、碳减排体系与国内绿证衔接，加强绿证核发、计量、交易等国际标准研究制定。

# 全球清洁能源投资存在明显缺口

中国能源报 2023.8.7

近日，国际能源署发布《世界能源投资 2023》报告称，2022 年全球清洁能源领域投资达 1.3 万亿美元，刷新历史纪录。预计今年全球清洁能源投资规模将突破 1.7 万亿美元，再创新高。不过，虽然全球清洁能源领域投资规模不断高涨，但测算显示，要实现《巴黎协定》设定的气候目标，全球清洁能源年投资需要较目前水平增加 4 倍，存在较大的缺口。

## 年平均投资规模仅为所需 1/3

国际能源署认为，近年来，受地缘政治因素影响，传统化石能源价格波动严重，引发多国对能源稳定供应和安全性的担忧，希望通过支持清洁能源领域投资，促进可再生能源发展，加速能源转型。清洁能源投资规模不断扩大，展示出超越传统化石能源的实力。

国际能源署数据显示，在可再生能源产业投资支撑下，2021-2023 年，清洁能源投资规模预计增长 24%，而同期传统化石能源投资额增长幅度约 15%。

“清洁能源发展速度远高于预期，投资趋势的变化已经印证了这一点。如今，资本市场每往传统化石能源领域投资 1 美元，同时就会有 1.7 美元流入清洁能源领域。”国际能源署署长法提赫·比罗尔说，“成功且安全稳定的能源转型不仅取决于政策决定和技术创新，更取决于大量投资资本的流动。”

即便如此，全球清洁能源领域投资规模仍不能满足需求。国际可再生能源机构表示，现阶段，全球清洁能源领域年平均投资规模约 0.5 万亿美元，还不到每年平均所需投资的 1/3。虽然近两年投资规模逐渐增长，但也仅仅是跨过了年平均所需投资的门槛。在此背景下如何进一步吸引投资，促使资本流入开发潜力较大的技术领域，集中力量支撑能源转型，是解决能源可持续发展的关键。

## 国际知名银行投资不足

上海汇正财经顾问有限公司首席研究员顾晨浩认为：“绿色金融行业股权的投资，偏向需要有长期理念的投资，作为投资人来讲，要对行业有足够的了解，毕竟这种投资，有可能是 5-10 年以上的时间。”

一些国际金融投资机构仍将目光放在更为熟悉的传统化石能源领域。欧洲金融杂志期刊《银行家》发文称，一直以来，国际知名银行为传统化石能源项目开发建设提供了规模巨大

的资金支持。摩根大通、花旗银行等是油气公司的最大支持者。以亚马逊地区为例，过去 15 年，摩根大通、花旗银行、汇丰银行、桑坦德银行等为该地区化石能源开发提供了超 200 亿美元的融资。

花期银行对此拒不承认，并表示该公司一直致力于支持全球向低碳经济转型，以帮助客户实现净零排放承诺。公司将继续加强环境和社会风险管理政策，以保护生物多样性，避免破坏自然生态。这种口不对心的言论遭到了《银行家》的抨击。

能源金融领域研究人员安杰琳·罗伯逊认为，银行等金融机构是市场投资的风向标，可以在应对气候危机和促进能源经济发展方面发挥关键作用。一些对传统化石能源的过度投资正在影响全球能源转型进程。

### 欧美各国资金需求迫切

越来越多的国家明确表示希望增加清洁能源领域投资。近日，英国政府公布总规模高达 100 亿英镑的清洁能源投资项目，希望这些项目可以顺利融资并于 10 年内建成投运，以达到加强国家能源安全、助力 2050 年实现净零排放的目标。

7 月底，意大利计划向欧盟申请 190 亿欧元的基金，用于清洁能源投资。意大利政府认为，受新冠肺炎疫情影响，绿色转型和能源效率不足，希望可以获得更多资金，兼顾经济复苏和环保目标。

加拿大也面临能源资金困境。欧洲行业分析机构巴黎股东投资者组织指出，到 2050 年，加拿大需要获得约 2 万亿美元的清洁能源投资，才能实现净零排放目标。而银行缺乏净零紧迫感，并没有在促进低碳转型方面采取积极措施。

市场咨询公司 fintech 指出，银行等金融机构确实在可再生能源发展方面发挥着重要作用。但值得注意的是，虽然过去 10 年，可再生能源发展取得了长足的进步，但实际贡献比较有限，还没有代替主流能源。在能源安全性隐忧浮现的时期，向绿色能源转型过渡是一把双刃剑，一方面要考虑到净零目标，另一方面也要保证能源和电力系统的可靠性。如何平衡利益的两端，是目前投资和金融机构考虑的重中之重。

## 虚拟电厂产业生态发展要找准突破点

中国能源报 2023.8.7

构建可靠、高效、经济、多元的调节体系是应对电力系统源荷两端不确定性逐渐增加的

重要手段，也是新型电力系统建设的重要内容。增加调节能力通常会优先采用电源灵活性改造、储能、需求响应等手段。但面对迅速增长的调节需求，这些手段也面临资源耗尽、成本上升等问题。通过先进的信息通信技术和智能聚合系统，虚拟电厂能够将分布式电源、小微储能系统、可调节负荷、电动汽车等分散的“小微难控”资源进行聚合和协调优化，为电力系统调节提供一种经济且量大的调节资源，因此得到越来越多的地方政府、投资主体和社会企业的关注和青睐，虚拟电厂的产业属性及其上下游带动效应也开始显现。然而，我国虚拟电厂产业目前仍存在概念模糊、边界不清、规则不明等阶段性发展问题，亟需找到规模化发展的突破口。

### 虚拟电厂产业生态面临四大瓶颈

一是市场缺少标准和规则指引，容易导致多元化发展中的各类管理风险。

目前，虚拟电厂的需求方主要以电网企业为主。随着未来市场参与主体、应用场景和电网形态日趋丰富，地方政府、售电公司、物业公司、电力用户和其他主体都有可能成为新的需求方并延伸提出多样化需求。在不同利益目标驱动下，结合虚拟电厂存在“类电厂”的特征，未来虚拟电厂需求侧一方面存在响应资源与传统电厂“同权不同责”的管理标准缺失问题，另一方面也存在利益驱动下大型电源或支撑性电站非计划流入高回报市场的安全风险。此外，对虚拟电厂对象的界定不清晰，也容易导致部分项目重复打包、概念混淆、虚假负控等骗取补贴、审批和估值行为。

二是地理和行政区域约束限制了虚拟电厂运营商资源汇聚的能力施展和盈利空间。

受限于我国分区域甚至分台区电力平衡模式基础，大部分虚拟电厂运营商往往以城市行政边界开展资源摸排和洽谈，目前汇聚形成的电能量和灵活性资源也主要用于解决地市级甚至台区级电力平衡问题。该模式同时压缩了虚拟电厂的需求侧和供应侧两头市场，导致中间运营盈利空间和潜力有限。有限的利润空间限制了有能力的运营商的发展，且“一地一策”机制也增加了运营商的推广复制成本。

三是用户侧数字化进程仍显著低于虚拟电厂业态预期，负控基础薄弱。

资源侧数字化进程是虚拟电厂的根基和基础，但我国工业企业和建筑用户的数字化、智能化改造进程目前存在“投资冗余”和“投资匮乏”并存的窘境。大量典型能耗设备存在“一设备多表计、一设备多平台”的冗余监控问题，但其现有采集颗粒度、计量准确度和控制实效性又缺乏顶层规划。上游资源数字化基础的强弱不合理现状，直接导致虚拟电厂概念无法实质性落地运行或者建设成本陡增。大部分企业和用户的数字化基础设施存在“能看不能用”或“能看历史不能看实时”的空转情况，无法满足虚拟电厂柔性控制和动态响应需求。

此外，负控设施权责归属问题、监测计量准确性问题、信息交互颗粒度问题、一设备受多平台控制导致的优先级不明确等诸多问题又进一步拉高了上游用户直接参与虚拟电厂的门槛和成本。

四是虚拟电厂的独立第三方交易监管机构更需要历史数据和管理经验的支撑，当前交易监管缺少运行基础。

从虚拟电厂产品本质及市场长期健康发展的需求来看，该服务类型其实具备以双边交易模式（含中间商）进行协商交易的可能性。因此，如果未来存在第三方交易监管机构，其核心价值将主要体现在需求发布透明性、指导价格合理性以及计量计费准确性三个方面。在我国当前电力市场建设、电力体制改革和电价定价机制中，交易监管的历史数据、运行经验和更新机制仍相对薄弱，难以为该产业监管方提供坚实支撑。

### **虚拟电厂产业规模化发展可从六方面突破**

一是以政策规划明确产业格局。建议在架构稳定、角色鲜明和权责清晰的产业发展架构下，鼓励地方政府结合城市虚拟电厂资源容量、结构、成本，因地制宜开展多环节市场引导。明确虚拟电厂“3+1”市场模式架构，“3”即虚拟电厂的上游资源方、中游运营方、下游需求方，“1”即独立于虚拟电厂市场之外的交易市场监管方/交易平台方。在明确产业架构及其分工角色的基础上，避免“运动员”“裁判员”和“记分员”混合竞赛甚至联合竞赛的情况，推动虚拟电厂市场良性发展。

二是以补贴激励把住有效切入点。建议明确本地虚拟电厂发展目标，予以“引流型”而非“奖励型”补贴激励。各区域发展虚拟电厂业态的初衷并不相同，有的区域是为了缓解阶段性电力紧缺，有的区域是为了促进新能源消纳，有的区域是为了带动产业上下游发展，还有的区域是为了补充市场交易元素等。与此同时，各区域发展虚拟电厂的实际堵点也不尽相同，包括用户数字化基础薄弱、需求并非真实存在、缺少交易市场环境等差异化困难。地方补贴激励应本着引导资金流入而非兜底买单的原则，主抓能撬动本地产业关键节点的项目和技术进行资金补贴和政策疏解。

三是以管理机制把握底线原则。建议公开发布并滚动更新虚拟电厂“类电厂”技术标准和要  
求，动态量化引导虚拟电厂与常规电厂合理同责同权。充分的同责同权机制不仅有利于清除市场中的短期套利行为，有助于需求侧长期稳定发挥虚拟电厂的“电厂价值”，有利于挖掘其精准、快速调节能力，更有益于引导产业技术良性迭代升级。因此，虚拟电厂管理或监管单位应结合本地产业当前发展阶段动态更新虚拟电厂的信息安全标准、并网技术规范、调节能力要求、补偿考核方式等原则和底线，从而分阶段推动产业常态化运作和发展。



四是市场规则要注意调整发展节奏。建议制定虚拟电厂分阶段发展标准，推动分阶段目标下虚拟电厂单体容量、地理范围、电压等级等准入指标的递进式升级。在虚拟电厂业态发展初期，应着力推动新业态、新模式与国家既有能源基础设施开展良性互动和渐进式融合改革。建设初期，建议引导虚拟电厂以省级平衡区为地理范围边界，在尽可能发挥其跨地理空间聚合资源优势的同时，减少对我国既有电力平衡模式的冲击，从而良性参与我国新型电力系统建设。

五是将数字化基础设施融入生产生活。切实推动用户数字化转型融入日常经营管理，进一步推动我国工业互联网深化落地。从虚拟电厂发展根基入手，切实推进相关资源的负控数字化进程在工业互联网基础上走深走实。真正体现数字化是为能源管理服务、为用户管理服务、为企业经营服务的本意。优先推动用户内既有负控资源充分利用，明确既有负控设备的资产转移和权限开放建议标准，为虚拟电厂等相关业态轻量化发展提供良好市场环境。

六是以资金智力引导市场发展。应鼓励引导资金和智力资源为虚拟电厂用户侧赋能，助推相关资源基于当前电力基础设施参与响应交易。长期来看，虚拟电厂业态较有可能分化发展。一是部分直控型虚拟电厂主体逐步融入现有配电网负荷控制系统，承担小微资源响应交易的主体责任并获取合理收益；二是上游资源方逐步形成自主响应能力，在用户内数字化基础上同时参与现货/辅助服务市场、碳交易市场、绿电市场等多类型交易；三是拥有大量自持负荷资源的大型售电公司、房地产商和企业等继续以“中间层”角色向下游提供虚拟电厂服务。在此市场中，提前布局并填补用户市场参与电源市场的技术空白和模式短板，有望推动该市场发展提前进入快车道。

## 2024 年全球可再生能源发电量可能超过煤电

中国电力报 2023.8.10

日前，国际能源署（IEA）发布《2023 电力市场更新报告》（以下简称《报告》）《报告》显示：

美国今年的电力需求预计将下降近 2%

日本预计将下降 3%

欧盟的电力需求将下降 3%，与 2022 年的降幅持平。受这两次下降的影响，欧盟在 2023 年的用电量将下降到 2002 年的水平，这也是欧盟有史以来最大的电力需求下滑。

今年全球的电力需求增幅可能略低于 2%，比 2022 年 2.3% 的增幅还低。IEA 的最新预测假定世界经济前景将获得改善，2024 年的电力需求增长将有望反弹至 3.3%。

虽然全球许多地区的电力需求在不断扩大，但受全球可再生能源部署的快速生长的影响，未来两年全球电力需求的所有额外增长都可被可再生能源满足。预计到 2024 年，可再生能源占全球发电量的比例将超过 30%。根据天气情况，2024 年全球可再生能源发电量很可能首次超过煤炭发电量。

与此同时，化石燃料发电量预计将在未来两年内下降。其中石油发电量将大幅下降，而燃煤发电量在 2022 年获得 1.7% 增长之后，将在 2023 年和 2024 年开始下降。

《报告》显示，全球电力需求的增长主要受到以下因素的推动：

随着减排力度的加大，能源系统更进一步电气化

随着气温的攀升，室内制冷的使用量不断增加推动电力需求

新兴和发展中经济体需求的强劲增长也推动电力需求的增长

IEA 预计

未来两年中国的电力需求将以年均 5.2% 的速度增长，仅略低于 2015~2019 年的平均水平

印度到 2024 年的年均电力需求的增长率预计为 6.5%，远高于 2015~2019 年的平均水平

## 能源转型寄望于重大技术突破

经济日报 2023.8.22

能源行业的重大技术创新需要耐下性子，集中力量攻克核心技术。当前的能源转型需要从资源、资本主导型向技术主导型转变。

对于这两年的资本市场来说，新能源无疑是热点之一。其中虽不乏炒作因素，但由此也能管窥到人们对能源转型寄予的厚望。

但我们面临的一个现实困境是，在能源可获得性、能源价格和绿色低碳三者之间，很难寻求平衡。人们通常称之为能源不可能三角，意指这三者之间只能择其二，几乎不可能三者兼顾。

这是能源转型面临的最为核心的问题。三者的不可兼得刚给我们上过一课，因全球传统

能源企业削减油气投资，实行绿色低碳转型，使得能源供给收紧，天然气等能源价格一度飞涨。我国也因煤矿限产等因素导致煤炭紧缺，多省曾出现拉闸限电现象。

也就是说，传统能源向新能源的转型，尚存一个巨大的鸿沟。新能源虽被寄予厚望，但此时此刻，仍难作为主体能源担当大任。在能源消费总量难以大幅削减的情况下，唯一可能的突破是技术上的重大创新。

这种创新须是跨时代和突破性的。创新理论开创者熊彼特认为，技术创新可以破坏旧产业，创造新产业，同时在技术创新过程中，产业结构也随之发生调整和演变。他就此有个形象的比喻：你不管把多大数量的马车连续相加，也决不可能得到一条铁路。

正因如此，世界主要国家均把能源技术视为新一轮科技革命和产业革命的突破口。美国发布了《通货膨胀削减法案》，欧盟制定了《可再生能源发展法案》，日本出台了《面向 2030 年能源创新战略》。我国也陆续发布了《“十四五”可再生能源发展规划》《“十四五”现代能源体系规划》等。

当前尤其要警惕的是，能源行业的重大技术创新需要耐下性子，集中力量攻克核心技术，但姑且不论资本市场的轮番炒作，很多地方的新能源规划也仅停留在圈一块地做产业园，在初级容易产业化的环节大干快上，以致有重复建设、产能过剩之忧，但对于重大的技术攻关，则因风险大、见效慢，投入略显不足。比如，我们的原创性、颠覆性、引领性技术仍然偏少，我们的能源技术装备尚存不少短板，关键零部件、核心材料须大量依赖进口。

国际能源署曾评估认为，为实现碳中和，到 2070 年有 35%的减排量所依靠的技术目前仍处于原型或示范阶段，有 40%的技术尚未被开发出来，汽车运输、海洋和航空运输、冶金、水泥生产和其他能源密集型产业所需要的突破性减排技术均不成熟。为此，当前的能源转型需要从资源、资本主导型向技术主导型转变，耐下性子，或是聚焦大规模高比例可再生能源开发利用，或是加快战略性、前瞻性电网核心技术攻关，或是加大传统能源绿色升级核心技术攻关。唯有甘坐冷板凳的精神，核心重大突破才有可能实现。

## 中国清洁能源装备助力“一带一路”沿线绿色转型

中国能源报 2023.8.21

今年是习近平主席提出共建“一带一路”倡议十周年。作为共建“一带一路”的重点领域，十年来，能源合作取得丰硕成果，有力推动世界能源绿色可持续发展。作为清洁能源开

发利用的基础，十年来，中国清洁能源装备发展取得重大成效，强力支撑全球能源绿色低碳转型。中国制造、中国标准持续走向世界，为“一带一路”沿线国家和地区共享繁荣发展贡献中国力量。

工业和信息化部装备工业二司司长徐春荣近日在接受《中国能源报》记者专访时表示，在应对全球能源安全和气候变化两大挑战的背景下，大力发展清洁能源已经成为国际社会的广泛共识。中国以风电、核电等为代表的清洁能源装备产业实现跨越式发展，为高质量共建“一带一路”提供强大动能。下一步，将引导企业积极对接“一带一路”沿线国家和地区清洁能源项目建设需求，着力打造标杆项目，带动中国清洁能源装备“走出去”。

### **产业生态不断完善共筑绿色转型基石**

作为全球最大的清洁能源市场和装备制造国，近年来，中国清洁能源装备产业规模持续扩大。相关统计数据显示，2022年，中国清洁能源装备累计装机容量约12.2亿千瓦，较上年提高约20%；发电量占比稳步提升，累计发电约3万亿千瓦时，较上年提高约1.5个百分点。其中，水电、风电、光伏发电装机规模连续多年稳居世界首位，核电发电量创历史新高。

“中国清洁能源装备产业生态不断完善。”徐春荣介绍，当前，中国已建成相对完善的清洁能源装备产业链供应链体系，在东北、西北、东部沿海、成渝等地区培育了一批高水平装备研发制造基地，形成了以哈尔滨电气、东方电气、上海电气、金风科技、隆基绿能等为代表的一批具有全球竞争力的一流能源装备企业，产业链竞争力不断提升。

欲图共强，必先自强。中国清洁能源装备产业的规模壮大、生态完善和技术迭代，为助力“一带一路”沿线国家和地区的绿色转型提供了强大支撑和有效依托。

### **技术能力显著提升共促能源结构优化**

量的升级固然可观，质的飞跃更加耀眼。“中国清洁能源装备技术能力显著提升。”徐春荣举例称，“华龙一号”核电机组实现商业运行，国内首台150兆瓦级大型冲击式转轮成功投运，16兆瓦海上风电机组完成吊装，首座深远海浮式风电平台成功并网投产，光伏发电技术快速迭代，多次刷新电池转换效率世界纪录……中国清洁能源装备技术不断攀上新高峰，筑牢了与“一带一路”沿线国家基础设施“硬联通”、规则标准“软联通”、人民“心联通”的基础，推动能源互利合作持续走深走实。

例如，在核电装备方面，安全性满足国际最高安全标准的中国自主三代核电“华龙一号”已在巴基斯坦落地3台，对优化巴基斯坦能源结构、改善当地民生，以及推动中巴两国巩固深化全天候战略合作伙伴关系发挥了重要作用。

又如，在风电、光伏方面，2022年，中国光伏产品出口超过512亿美元，光伏组件出口超过153吉瓦，有效支撑全球新能源需求。2022年，中国出口的风电光伏产品为其他国家减排二氧化碳约5.73亿吨，合计减排28.3亿吨，约占全球同期可再生能源折算碳减排量的41%。中国清洁能源装备在国际市场的广泛应用，既优化了“一带一路”相关国家的能源结构，也显著降低了当地清洁能源使用成本，真正实现了高标准、可持续、惠民生的目标。

### **高质量发展先行推动共享发展成果**

展望未来，全球能源加速向低碳、零碳方向演进，清洁能源将逐步成长为应对气候变化的主力能源。清洁能源装备产业如何持续助力中国与共建国家互利共赢？

“我们将进一步引导企业积极对接‘一带一路’沿线国家和地区清洁能源项目建设需求，着力打造标杆项目，带动我国清洁能源装备‘走出去’。”徐春荣表示，工业和信息化部将进一步提升国际合作水平，发挥多双边合作和高层对话机制作用，深化技术交流合作，加强标准、检验检测、认证等方面的国际互认，强化与国际组织的对接和协调。

清洁能源装备“走出去”，更好地惠及“一带一路”沿线国家和地区，要求产业体系更加清洁低碳、更加安全高效。徐春荣表示，工业和信息化部将从三个方面发力，进一步推动中国清洁能源装备产业高质量发展，让中国清洁能源装备助力“一带一路”沿线国家和地区的绿色发展，让“一带一路”沿线国家和地区人民共享发展成果。

一是强化政策协同联动。充分发挥“链主”企业牵引带动作用，推动产业链上下游协同创新。加强央地联动，指导地方行业主管部门结合实际出台配套措施。充分发挥国家重大技术装备办公室和工作协调机制作用，加强部门协同，用好用足各部门政策，形成工作合力 and 政策合力，共同推动清洁能源装备高质量发展。

二是共建高水平产业链。组织编制风电、核电装备产业高质量发展行动计划，发挥需求牵引和应用场景牵引作用，集中力量攻关一批标志性产品，培育一批优质企业和知名品牌，推动风电、核电装备产业链锻长板、补短板、强基础，持续增强我国清洁能源装备产业国际竞争力。

三是搭建交流展示平台。支持行业协会、专业机构开展清洁能源装备供需对接、展览展示等推介活动，加大宣传推广力度。通过搭建开放、多元的清洁能源装备国际交流合作平台，在全社会营造有利于清洁能源装备高质量发展的良好氛围。

# 希腊发展可再生能源

经济日报 2023.8.28

为摆脱能源危机，实现经济复苏，希腊高度重视发展绿色经济，希望通过改革能源市场现状实现可持续发展。为此，希腊重点关注扩大太阳能和风能等可再生能源，以及提高建筑和基础设施的能源利用率。

近年来，受新冠疫情和地缘政治因素双重影响，希腊经济遭遇重创。为摆脱能源危机，实现经济复苏，希腊高度重视发展绿色经济，希望通过改革能源市场现状实现可持续发展。希腊总理米佐塔基斯表示，希腊已经是可再生能源领域的领导者，可以在解决欧洲能源难题方面发挥重要作用。

希腊重点关注的领域之一是扩大太阳能和风能等可再生能源。依托自然资源优势，希腊在可再生能源领域取得重大进展，2019年可再生能源消费已占其能源消费总量的20%。2022年，希腊13%的电力来自于光伏发电。希腊电力分配网络运营商的数据显示，希腊配电网中可再生能源发电量已经从2019年的4吉瓦上升至2022年的6.5吉瓦，而2023年有望达到8.7吉瓦。国际能源署的一份报告显示，希腊光伏渗透率为17.5%，发电潜力高居全球第二，仅次于西班牙的19.1%。根据希腊国家能源和气候计划中设立的目标，预计到2030年，希腊可再生能源在其国内能源消费中的份额将从35%上升至50%，参与发电的比例将增加至79%。

为进一步加速能源转型，希腊推出了一系列激励和支持机制，其中包括屋顶光伏电池补贴、上网电价补贴、净计量电价以及对可再生能源项目投资者减免税收等。此外，为提高可再生能源安装使用率，希腊还努力简化安装许可程序，力争在4年内将国内可再生能源安装率提高10倍。

希腊发展绿色经济的另一个重点领域是提高建筑和基础设施的能源利用率。目前，希腊的建筑物用能约占能源消耗的40%，占二氧化碳排放量的36%。因此，希腊希望通过对住宅、商业建筑、公共及私人建筑进行翻新，安装智能电表，采用更先进的能源管理系统，推广节能建筑材料和建筑技术等措施，提高能源效率，减少温室气体排放，并减少对化石燃料的依赖。2020年，在欧洲复兴开发银行的资金支持下，希腊开发商耗费1亿欧元全面翻修了始建于1972年的比雷埃夫斯塔。获得“新生”的建筑立面覆盖着“太阳偏转翅片”，隔热窗由回收玻璃制成，每个地下室停车位都有一个电动汽车充电点。同时，传感器能随时传回微气候的测量数据以帮助维护绿色空间的运转。这座22层、近百米高的地标性建筑已经成为希

希腊可持续性设计的典范，代表了希腊乃至欧洲最具创新性、最先进的绿色实践。

投资绿色技术和基础设施还可以帮助希腊创造新的就业机会并刺激经济增长。国际可再生能源机构最近的一项研究显示，截至 2030 年，可再生能源行业有潜力为希腊创造超过 10 万个新岗位，包括制造、安装、维护可再生能源系统以及绿色技术的研究开发等领域。

此外，发展绿色经济还可以吸引外国投资，提升希腊在全球舞台上的竞争力。通过将自己定位为可再生能源和绿色技术的领导者，希腊有望吸引大量对可持续经济方案感兴趣的国际公司和投资者，并为希腊产品和服务增加出口和创造新市场。

## 构建新型电力系统应保持定力与节奏

中国电力报 2023.8.24

以新能源为主体的新型电力系统承载着能源转型的历史使命，是清洁低碳、安全高效能源体系的重要组成部分，是以新能源为供给主体、以确保能源电力安全为基本前提、以满足经济社会发展电力需求为首要目标，以智能电网为枢纽平台，以源网荷储互动与多能互补为支撑，具有清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动基本特征的电力系统。

资料表明，欧美发达国家大多在 1970~ 2013 年期间已经实现了碳达峰。从其普遍承诺 2050 年左右实现碳中和的目标来看，由碳达峰到碳中和的过渡期普遍需要大约 50 到 70 年的时间。即便在这一时间目标下，在发展高比例新能源的过程中，一些国家也不同程度地面临“安全、经济、清洁”这一“不可能三角”间的矛盾。相比之下，我国碳达峰碳中和的速度更快、力度更大、任务更艰巨。因此，在构建新型电力系统的过程中，需要保持战略定力和稳健节奏，在源网荷侧、市场机制改革、重点技术攻坚等多个层面进行科学设计与决策。

### 三个“方面”如何发展

在电源侧，全面推进能源结构转型，实现电力供给清洁化。

从近期来看，中国首先要在“十四五”时期力争实现风光每年 1.1 亿千瓦以上的新增装机，以确保风光发电量实现在 2025 年占比达 16.5%左右的目标。其次要严控煤电新装机规模，同时推进存量煤电灵活性改造。在新型电力系统中，煤电的定位将转变为提供安全保障与调峰能力的灵活性电源主体。

在负荷侧，大力推动电能替代和消费侧资源利用，促进能源消费脱碳。

首先，为了充分发挥电能替代的减排作用，应加快提升工业、建筑、交通等高能耗领域

终端用能的电气化水平,将中国整体电气化水平从2022年的27%提升至2060年的70%以上。

其次要大力发展分布式能源,并进一步实现消费侧资源的整合利用。积极探索尝试居民区太阳能供电、园区热电联产等新型供能方式,提高终端用能供给的多样性和自主性,尽可能提高地区能源自给能力,避免不必要的输电通道投资和输电损耗。持续推进各类用电终端的智能化、储能化改造,使其从能源消费者转变为能源产销者。将分布式风电与光伏、储能设施、微电网、电动汽车和可控负荷等各类资源进行有效整合和系统管理,作为灵活性电源统一调用,帮助平抑电网峰谷差。

在电网侧,推进特高压主干网和微电网的建设,满足系统内电能多向流动需求。

第一,构建特大型互联电网,推进特高压骨干网架建设,保障跨区输电的高效安全运行。利用大电网充分发挥新能源风光互补、跨区互济的支援能力,切实提高新能源发电的置信系数,平抑供给波动,提升系统安全水平。

第二,大力建设和改造微电网和配电网。这是整合利用各类分布式能源和需求侧资源的必要基础,也是提高系统供电可靠性、优化供应方式、提升供给效率的必然选择。

### **两个“市场”如何改革**

构建以新能源为主体的新型电力系统需要电力市场、碳市场、电价机制等多种政策与市场工具的保障。

第一,应尽快建立全国统一电力市场,通过绿证和可再生能源消纳责任权重机制不断提高新能源参与市场化交易的比重,并利用统一的市场出清价格保障新能源能够获得合理收益。

第二,利用辅助服务市场有效保障源网荷储各个环节的灵活性资源在提供调峰、调频、备用、爬坡等服务时获得合理的回报,促使其承担保障高比例新能源接入下电网系统安全稳定运行的主力作用。

第三,建立和完善高比例新能源消纳下合理的成本分摊机制。新能源由于其出力的波动性、随机性和间歇性,短期内将推高电力系统的消纳成本。因此,监管部门应不断完善价格机制,推动新能源消纳成本在发电侧、电网侧和用户侧的合理分摊。尤其在用户侧,应建立完善阶梯电价、分时电价等差异化电价政策,引导用户科学用电,提高能源利用效率。

第四,逐步扩大全国碳市场的行业覆盖范围,丰富交易主体、交易品种和交易方式。引入投资机构和个人入市交易,形成多层次市场结构。推出碳期货、碳债券等碳金融衍生品,提升市场活跃度。

第五,不断调整优化碳市场的顶层设计,完善综合监管和司法保障机制。根据“双碳”目标进程,动态调整碳排放总量管控要求,有序规划碳配额拍卖、碳交易税费等辅助制度。



加快出台《碳排放权交易管理条例》等规范性文件，明确各类参与主体的职权与责任，完善违规处罚机制，构建监管及保障体系。

第六，关注国际合作形势，力争全球碳市场主导地位。在欧盟加快启动碳关税的背景下，我国有关部门应提前布局国际化碳定价中心的建设，考虑我国碳市场与全球碳市场的接轨机制，力争在将来全球范围内碳市场交易中占据主动。

### 关键领域如何突破

近年来，新型储能技术、氢能技术、数字电网技术等成为了研发的热点。这就要求我国应在关键领域完善技术创新体系，围绕部署专项攻关计划，科学规划技术发展路线与产业布局，力争在核心科技上取得突破。

新型储能技术方面，截至 2022 年，中国已投运储能项目累计装机达 5940 万千瓦，但其中绝大部分为抽水储能，累计装机达 4610 万千瓦。电化学储能等新型储能累计装机为 1270 万千瓦，占比约 21%。

对于下一步工作，一要尽快制定与健全新型储能项目的技术标准、监管体系、市场机制，明确其独立的市场主体地位，同时在土地、并网等政策方面提供便利，推动“新能源 + 储能”的平价上网。

二要加大科技创新力度，促进钠锂电池、氢氨储能、热冷储能等技术的成熟化、商业化，同时持续研发新型电解液添加剂、超导材料、超级电容等新一代储能技术，助力降低新型储能项目的建设运维成本。

三要因地制宜，大力推动新型储能规模化发展。在新能源富集地区建立新能源电站时，配套部署电源侧储能。在负荷密集地区围绕工业、通信、金融、互联网行业等高电力需求用户，针对不同行业的电力系统运行要求，配置个性化用户侧储能，提升用户综合用能效率；在农村地区，配合光伏整县推进政策的落实，打造光伏发电、储能蓄电、直流供电、柔性用电的低碳能源利用系统。

氢能技术方面，我国目前的氢气产量约为 3300 万吨/年，是世界第一大产氢国，但由于低碳制氢成本高昂，关键材料和核心技术尚未取得突破，目前中国制氢仍以传统化石燃料和工业副产物为主（灰氢）。

下一步，首先要加强氢能“制储输用”四大环节关键技术的研发，尤其是制氢和氢能利用。在制氢环节，需要转向清洁低碳的高质量发展路径，逐步提高二氧化碳副产品捕获、利用和封存（CCUS）技术制氢（蓝氢）和利用可再生能源电解水制氢（绿氢）的比例，主要围绕可再生能源电解水制氢相关技术开展重点攻坚，包括新型电极技术、高级质子膜技术等。

在氢能利用环节，除了继续作为制备原材料在合成氨等化工领域使用，还应以氢燃料电池为抓手，大力发展氢在交通领域的能源替代作用。

其次要加强氢能产业战略联盟建设。氢能产业涉及领域广泛，仅凭某一方之力难以推动整体产业的规模化发展。而成立产业联盟、构建政府与企业间的协调指导机制是国际上常见的合作模式。我国应效仿欧洲成立氢能领域跨学科、跨行业、跨部门的国家级产业联盟，并鼓励企事业单位、科研机构、民间团体等积极参与细分领域规划建设，以协作带动创新，提升产业竞争力。

数字电网技术方面，首先是基础设施与终端设备的统筹管控。按照企业级全局共享的原则，统筹计算算力、通信网络和安全防护的基础设施，在满足新型电力系统全环节海量数据实时汇聚和高效处理需求的条件下，尽力提升基础设施的利用率，降低建设运维成本；在全面提升终端设备和采集装置的数字化、智能化水平的过程中，充分利用已有传感设备，优化部署策略；同时，通过统一的物联网管理平台，对各类传感设备进行标准化接入、管理和应用。

其次是统筹数据管理。在统一汇聚控制系统和信息系统全环节数据的基础上，建设实时测量中心，通过数字系统的实时计算推演和分析拟合，实现实体电网的数字孪生化；建设能源大数据中心，接入内外部的能源数据，来支撑碳排放管理、绿电交易等业务开展；构建企业级全局共享的支撑平台，助力实现基于业务中台、数据中台、技术中台支撑的数字化应用快速灵活构建。

## 推动共建绿色“一带一路”

经济日报 2023.8.29

今年是共建“一带一路”倡议提出10周年。10年来的发展实践表明，“一带一路”不仅是经济繁荣之路，也是绿色发展之路。党的二十大报告提出，“坚持绿色低碳，推动建设一个清洁美丽的世界”，为新形势下推进绿色“一带一路”建设指明了方向。推进共建“一带一路”绿色发展，对践行绿色发展理念，推进生态文明建设，积极应对气候变化，维护全球生态安全具有重要意义。绿色发展是“一带一路”高质量发展的重要方向，站在人类文明发展的战略高度，我们要凝聚各方共识，深入拓展绿色基础设施建设、绿色能源、绿色交通等重点领域合作，推进共建“一带一路”高质量发展，为构建人与自然生命共同体贡献力量。

随着全球生态环境问题日益凸显，绿色发展成为各国实现可持续发展的重要共识。绿色“一带一路”建设将生态文明建设和绿色发展理念贯穿整个过程中，通过推广绿色技术、促进绿色投资、推动低碳发展等方面的实践，为全球可持续发展注入了新的动力和活力。通过和周边国家分享绿色交通、绿色基础设施建设等相关经验和成果，深化资源利用合作，促进资源利用创新，实现环境和经济的协调发展。

通过推动绿色基础设施建设、加强国际环保合作和气候变化合作等方面的实践，绿色“一带一路”建设将人与自然更加紧密地联系在一起，促进人与自然和谐共生，推动各国之间的环保合作和共同发展，为构建人类命运共同体贡献中国智慧。

这些年来，共建绿色“一带一路”取得了显著成效，绿色基础设施建设、绿色能源、绿色金融等领域合作扎实推进，生态环境和气候治理国际合作不断加强，沿线国家绿色低碳发展的信息共享和能力建设水平不断提升。但也应看到，“一带一路”绿色发展面临的风险挑战依然突出，沿线国家绿色技术发展水平不一，生态环保国际合作水平还有待提升，迫切需要完善相关顶层设计和标准体系，统筹完善绿色发展支撑保障体系，加强绿色金融合作，压实企业生态环境保护主体责任，坚持互利共赢、互学互鉴，更好推进“一带一路”绿色发展。

一是加强与共建“一带一路”国家绿色标准对接，提升沿线国家绿色发展水平。积极参与国际绿色标准制定，鼓励行业协会等机构制定发布与国际接轨的行业绿色标准和规范。指导企业严格遵守东道国生态环保相关法律法规和标准规范，鼓励企业参照国际通行标准或更高标准开展环境保护工作，提升绿色化、低碳化建设和运营水平。

二是加强“一带一路”绿色金融合作，为绿色发展提供资金保障。有序推进绿色金融市场双向开放，鼓励金融机构和相关企业在国际市场开展绿色融资，加强与亚投行、金砖国家新开发银行等国际金融机构的合作，通过提供绿色贷款、发行绿色债券、设立绿色基金、创新绿色金融产品等，为“一带一路”绿色投资项目提供投融资支持。搭建绿色“一带一路”金融服务平台，为相关投资合作提供专业服务。

三是压实企业境外环境行为主体责任。在对外投资合作中，要着力提升企业绿色发展意识，加强依法合规经营能力建设，鼓励企业定期发布环境报告。同时，加大绿色基础设施建设力度，推进绿色技术创新，加强绿色监管。

四是助力“一带一路”沿线国家提升绿色发展能力。实施“绿色丝路使者计划”，强化绿色科技创新、绿色人才培养能力建设。建设绿色丝绸之路新型智库，为推动沿线国家绿色发展提供智力支撑。进一步完善多边合作平台，加强交流对话，更好提供绿色发展解决方案，助推沿线国家低碳发展。

# 能源催化转化全国重点实验室学术委员会成立

中国电力报 2023.8.23

近日，能源催化转化全国重点实验室（以下简称“实验室”）学术委员会成立大会在中国科学院大连化学物理研究所举行。该实验室第一届学术委员会主任由何鸣元院士担任，共 32 位院士、知名专家和学者担任学术委员会成员，旨在加快推进能源领域的科技创新，为助推“双碳”目标的实现“出谋划策”。

据悉，该实验室是辽宁省第一个通过重组的实验室。实验室依托于中国科学院大连化学物理研究所，以“能源科学与技术创新保障国家能源安全和可持续发展”为使命，聚焦国家能源安全和“双碳”目标，开发以合成气/甲醇、储能、氢能等为纽带的多种能源优势互补、耦合利用关键技术，为构建清洁低碳、安全高效的能源新体系提供高质量科技支撑。

经中国科学院党组审议同意，中国科学院大连化学物理研究所聘请加拿大皇家科学院院士、加拿大工程院院士陈忠伟担任实验室主任。陈忠伟表示，实验室将促进产学研融通发展，加强与国内外知名高校和骨干企业战略合作，加快研究成果的工程化和规模化发展，推进清洁低碳、安全高效能源体系的建立。

会上，陈忠伟为实验室第一届学术委员会成员颁发聘任证书，并正式宣布学术委员会成立。大会当天还举办了实验室第一次学术委员会会议，审议通过了实验室章程。并同步举行了实验室发展论坛，包括以催化基础、电化学与储能、化石能源低碳利用、氢能与多能融合等为主题的多个分论坛，邀请领域内知名专家学者作学术报告。

## 二、热能、储能、动力工程

### 我国首个输电移相器工程投运

科技日报 2023.8.2

近日，我国首个输电移相器工程（以下简称移相器）——扬州 110 千伏平安变移相器示范工程已在江苏省扬州市宝应县正式投运，可提升新能源就地消纳能力 10 万千瓦，相当于当地总用电负荷的 16%，为新能源就地消纳能力的提升提供了更经济、高效的解决方案。

近年来，江苏省新能源装机容量快速提高，截至目前已超 5700 万千瓦，占比超过 30%。但新能源发电受气象因素影响，出力波动性大，规模化并网后易引起电网潮流变化，影响输电安全性和电网运行经济性。

过去，为满足新能源发电并网和输送，必须采取扩建主变压器、增加变压器容量、新建输电走廊等方式，以增加新能源送出通道和能力，但这些方式占用了土地资源，且投资大、施工周期长。

“移相器作为一种造价低、占地小、运维简易的经济型电网潮流控制装置，可灵活控制电能传输大小、方向，配合已有输电线路，将新能源输送至电能消费集中地区。”国网江苏省电力有限公司（以下简称国网江苏电力）发展策划部主任程亮说。

2022 年，国网江苏电力选取风光资源丰富的扬州市宝应县为试点，率先开展输电移相器科技示范工程建设，通过为扬州宝应主城区和东部城区的两座 220 千伏变电站之间的 110 千伏联络线加装 1 台移相器，形成了一个双向控制的“智能阀门”，对电能进行灵活控制。

“在扬州宝应，主城区用电负荷较大，而新能源主要分布在中城区东部。有了移相器，当新能源电力在满足了城东用电后还有盈余时，就能听从‘指挥’输往主城区。”国网扬州供电公司副总经理刘晓东介绍，相较于扩建主变等传统方式，扬州 110 千伏平安变移相器示范工程缩减建设成本约 50%，提升电网供电能力 16%。

与国外移相器相比，我国突破性地解决了移相器档位频繁调节下的设备安全和自动控制问题，并具有显著的经济性、可靠性，在负荷密集、新能源集中送出、线路廊道和主变压器占地资源紧张的地区，具有广泛的推广应用前景。

“移相器工程的投运填补了我国经济紧凑型潮流控制技术的应用空白，代表我国全面掌握了高可靠、紧凑型移相器关键技术。”国网江苏电力电力科学研究院副院长李群介绍。

当前，我国在电力潮流控制技术方面，已具有完全自主知识产权。国网江苏电力应用潮流控制技术，先后建成南京西环网 220 千伏统一潮流控制器(UPFC)工程和苏州南部电网 500 千伏 UPFC 工程。与本次扬州 110 千伏移相器示范工程同步投运的，还有徐州 10 千伏移相器工程。

## 水泥和炭黑制成新型超级电容器

科技日报 2023.8.2

近日美国麻省理工学院的一项新研究表明，人类拥有的最普遍且历史悠久的两种材料——水泥和炭黑，可能是构成一种新的、低成本储能系统的基础。以特定的方式将它们结合在一起，会得到一种导电纳米复合材料。该技术可促进太阳能、风能和潮汐能等可再生能源的使用，使能源网络在可再生能源供应波动的情况下保持稳定。相关论文 1 日发表在《美国国家科学院院刊》上。

研究人员发现，这两种材料可与水结合制成超级电容器（电池的替代品）以存储电能。超级电容器可被安装到房屋的混凝土地基中，在那里它可储存一整天的能量。研究人员设想，将来建设一条混凝土道路，在电动汽车行驶时为其提供非接触式充电。

电容器可储存的电量取决于其导电板的总表面积。该团队开发的新型超级电容器的关键是一种生产水泥基材料，这种材料具有极高的内表面积，其体积内有致密、相互连接的导电材料网络。研究人员将高导电性的炭黑与水泥粉和水一起制成混凝土，并让其固化。

研究团队计算出，一块 45 立方米大小的纳米炭黑掺杂混凝土块将有足够的容量储存约 10 千瓦时的能量，这通常是一个家庭的日平均用电量。由于混凝土可保持其强度，因此以这种材料为基础的房屋可储存太阳能电池板或风车一天产生的能量，并可在需要的时候使用。而且，超级电容器的充放电速度比电池快得多。

随着可再生能源的应用越来越多，人们对新型储能技术的渴求也越来越强烈。可再生能源波动性大，有时太多，有时太少，需要储能系统对能源和需求进行匹配。本文提到的新研究发现，众里寻他千百度，原来低成本储能系统就在灯火阑珊处——我们最为熟悉且历史悠久的水泥和炭黑就可以制成超级电容器！价格低廉、无处不在，而且还能变换多种形态，比如铺成道路，砌成房屋。这种新型储能系统可帮助可再生能源得到更广泛的应用。

## 锂的“庐山真面目”首次揭示

科技日报 2023.8.7

美国加州大学洛杉矶分校科学家首次揭示了锂的真正形状，最新发现有望帮助科学家研制出性能优于现有锂离子电池的锂金属电池，也将对高性能能源技术产生重大影响。相关研究刊发于最近出版的《自然》杂志。

可充电锂离子电池广泛应用于智能手机、电动汽车及太阳能和风能存储等领域，其源于锂金属电池。虽然锂金属电池可存储的能量是锂离子电池的两倍，但它们起火甚至爆炸的风

险也大得多，因此该技术尚未被广泛采用。

金属锂很容易与化学物质发生反应，在正常条件下，当金属沉积在电极表面时，几乎会立即形成腐蚀。最新研究中，科学家们开发出了一种防止腐蚀的锂沉积技术，并发现在没有腐蚀的情况下，锂原子会形成菱形十二面体。这是首次揭示锂真正的形状，与基于金属晶体结构的理论预测相匹配。

研究团队表示，现有的锂涂层铺设工艺基于一项有 200 多年历史的技术，锂会形成具有突出尖刺的微观细丝。在电池中，如果其中两个尖峰交叉，可能会导致短路，从而引发爆炸。锂的真实形状表明，锂金属电池的爆炸风险可以降低，因为锂原子可以有序的方式，而不是以交叉的形式积累。

## 他们刷新了钙钛矿电池效率纪录

中国科学报 2023.8.7

华东理工大学近日迎来校史上首篇《科学》论文。该校教授吴永真、朱为宏团队与合作者在钙钛矿太阳能电池有机空穴传输材料领域取得新成果，他们基于这项技术得到的太阳能电池的功率转换效率达到了 25.4%，创造了世界纪录。

论文的两位共同第一作者都出生于 1997 年，是博士师兄弟——张硕和叶方圆。

由于张硕的实验目前正处于关键期，刚刚毕业、时间更为充裕的叶方圆接受了《中国科学报》采访。

### “一石二鸟”解决两大难题

前不久，叶方圆在华东理工大学完成 5 年硕博连读，顺利毕业。

尽管从 2021 年开始，叶方圆已以第一作者或共同第一作者身份在《自然》子刊、Solar RRI 等杂志发表 6 篇论文，但当听到论文即将在《科学》发表时，他依然感到“非常激动”。

这篇论文聚焦的是一个热点领域——钙钛矿太阳能电池。它属于第三代太阳能电池，具备效率上限高、成本低、可叠层、柔性四大优势，被看作是具有革命性的新材料，被业界寄予厚望。

“但钙钛矿电池所谓的‘发电效率高’很大程度上还停留在理论层面。当前钙钛矿电池的发电效率其实还没有达到传统光伏硅片的水平。”叶方圆告诉《中国科学报》。而他们想要做的事，就是让钙钛矿电池的效率再高一点、再高一点。

钙钛矿电池的结构像三明治，钙钛矿材料的两边分别覆盖着电子传输材料和空穴传输材料。后者是一种有机半导体材料，在电场作用下可以实现载流子定向有序的可控迁移，从而达到传输电荷的目的。

然而，传统的空穴传输材料要么过于疏水，无法润湿钙钛矿前体，要么与钙钛矿发生反应，从而导致层与层之间的掩埋界面产生限制性能的缺陷。

该研究中，团队创新性地引入氰基磷酸单元，发展出双亲性小分子空穴传输材料，通过动态自组装构筑有序、超薄、表面超浸润层，“一石二鸟”地解决了器件应用中载流子运输和界面缺陷控制两大难题。

值得注意的是，经第三方机构认证，该团队基于有机空穴传输材料制备的反式结构钙钛矿太阳能电池效率达到 25.4%，创造了目前该类太阳能电池的最高转化效率。

此外，该新型有机空穴传输材料具有良好的浸润性，十分有利于制备大面积器件。它不仅适用于钙钛矿电池，还可用于有机聚合物太阳能电池，具有很好的通用性。

目前，这项技术已申请发明专利。

“钙钛矿电池如果发展好了，应用场景非常丰富。除了用于光伏电站发电外，还可以用于室内光伏、可穿戴设备等。比如，人们可以在衣服和背包上安装可折叠的柔性电池，就不用再带着沉甸甸的充电宝出门了。”叶方圆说，“做科研，往大里说，是希望推动人类社会的发展，往小里说，是希望生活变得更好，哪怕只好一点点。”

### 扎得更深，走得更远

今年 26 岁的叶方圆，本科即就读于华东理工大学。在他看来，化学化工专业一直是母校的优势学科。更幸运的是，他在这里遇到了对自己帮助很大的导师吴永真。

2021 年 1 月，在吴永真的指导下，叶方圆在太阳能领域期刊 *Solar RRI* 发表了自己的第一篇论文。该研究提出一种进行底界面电子传输材料设计的锚定组装分子。目前，这个方法已被广泛用于空穴传输材料的设计。

尽管这是一篇“小文章”，但对叶方圆影响很深。“第一次发表论文，我的科研思维、科研能力和英文写作能力都得到了很大的锻炼。更重要的是，这是我第一次依据一个科研想法，创造了可在现实场景中应用的东西。”

在这个低调而务实的课题组里，叶方圆在材料开发领域越扎越深。同时他意识到，除了深度外，科研的宽度也非常重要。在吴永真的支持下，他开始主动寻求在国外交流学习的机会。

叶方圆寻找国外导师的思路非常“特别”——通过阅读大量文献进行“海选”。“钙钛矿



太阳能电池是新兴的热门领域，每月都会有大量论文发表，其中哪些文章有‘干货’、哪些文章是‘灌水’的，我们很清楚。”叶方圆说。

在阅读文献的过程中，德国科学院院士、波茨坦大学教授 Dieter Neher 引起了叶方圆的注意。“我对他的一些论文印象深刻，Neher 对器件物理的理解，以及他的方法和思路对我们一定有帮助。”他说。

顺着论文线索，叶方圆找到 Neher 的邮箱并发去了邮件。很快，Neher 回信邀请他进行面试。面试结果不错，叶方圆便申请了国家留学基金，赴德进行研究工作。

在德国，Neher 安排年轻 PI——Martin Stolterfoht 指导叶方圆。一天晚上工作结束后，Stolterfoht 拎着两瓶啤酒过来，问叶方圆“能饮一杯无”，没想到叶方圆也有同好，此后两人经常在下班后聊科研、聊兴趣、聊生活、聊爱好……那段时间，叶方圆觉得收获很大，就像打开了一个新世界。

公派期结束后，在 Neher 的引荐下，叶方圆又在亥姆霍兹能源与材料研究所教授 Steve Albrecht 团队进行了为期半年的研究。

“在德国的这段研究生涯让我受益良多，也算打通了一条和国外课题组深入合作的通道。”叶方圆说。

### **一切都是最好的“安排”**

从选择学校和专业，到确定研究方向，再到决定去国外哪个实验室深造，一路走来，叶方圆都是主动规划、积极争取。“这也算我的人生态度吧。”他说。

一直以来，叶方圆都有属于自己的“时间表”。每天几点起床、几点工作、几点睡觉，包括每天“刷”几次手机都写得清清楚楚。

“这些规划中的很多细节，其实我未必能严格遵守。但心里有了这样一个标准，就会尽量去靠近。”叶方圆说，“做科研必须做好规划，做什么实验、做多少实验、有怎样的进度，都得安排好。只有一丝不苟地完成每个实验，才能保证整个研究的进度。”

博士毕业后，叶方圆选择入职上海电气集团股份有限公司，继续从事钙钛矿和硅异质结太阳能电池研究。

“发展新型光伏技术，防止国家在关键能源技术上被‘卡脖子’至关重要。我选择这个领域，就是希望能用自己的研究成果，作出一些实实在在的贡献。让科研成果走出实验室，实现产业化，这是我的梦想。”他说。

## 上海电气自主研发 50 兆瓦分布式调相机填补国内空白

中国电力报 2023.8.1

近日，国网风光储示范基地启用，该基地两台核心设备——50 兆乏分布式调相机是由上海电气集团上海发电机厂自主研发的新一代分布式调相机，并通过权威鉴定。

早在 2015 年，上海发电机厂就着手开展新一代调相机研发。其中 2017 年率先落地应用于特高压输电领域的 300 兆乏集中式调相机，已在国网多个特高压换流站成功投运。自 2019 年起，伴随国内大规模新能源的发展，该厂技术团队充分聚焦市场需求，开展新型分布式调相机的研发。2021 年 5 月，成功研制国内首台分布式 50 兆乏级 GVPI 分布式调相机，所有技术人员秉承“没有标准就创造标准”的要求，最终形成十大技术创新成果，参与了 4 项国家和行业标准的制定，并于今年 3 月通过中国机械工业联合会的权威鉴定，鉴定意见认为，该产品填补国内空白，达到国际先进水平。在此基础上，该厂技术研发团队不断攻坚克难，成功开发了 10 兆乏、20 兆乏、30 兆乏等系列分布式调相机，并提出分布式调相机岛的系统解决方案。

据悉，两台 50 兆乏分布式调相机组投运后，预计可将场站出力能力由装机容量的 40% 提升至 69%，实现年增发电量约 1.12 亿千瓦时，每年减少二氧化碳排放 9.98 万吨，有效解决场站出力受限的问题，具有显著的经济效益和社会效益。

## 全球配储单体最大新能源场站进入全线并网倒计时

中国电力报 2023.8.10

7 月 28 日，随着三峡乌兰察布新一代电网友好绿色电站示范项目二、三期配套 220 千伏接网工程跨越带电线路二级风险作业顺利完成，全球配置单体最大电化学储能装置的新能源场站进入全线并网投产倒计时。

据悉，三峡乌兰察布新一代电网友好绿色电站示范项目位于内蒙古自治区乌兰察布市四子王旗境内，是三峡乌兰察布“源网荷储一体化”示范项目的核心组成部分、国内首个配置单体储能规模达到千兆瓦时的新能源场站，也是全球单体电化学储能装置配置最大的新能源场站。该项目以先进储能技术为突破口，通过“风光储”联合优化调度运行，可有效解决清洁能源消纳及其产生的电网波动性等难题。

该项目分三期建设，总建设规模 200 万千瓦，含风电 170 万千瓦、光伏 30 万千瓦，配套建设 55 万千瓦×2 小时储能。一期工程已于 2021 年投产。二、三期工程总装机容量 150 万千瓦，计划于年内投产，是内蒙古电力有限公司 2023 年度重点工程项目。

乌兰察布供电公司工程部负责人介绍，该项目分为 4 个“风光储”单元，利用先进储能技术确保电网稳定运行以及新能源稳定输出与消纳，是国内首个储能配置规模超过千兆瓦时的新能源场站。该项目可在风光出力大时充电蓄能，在风光出力小时放电用电。待项目全线并网后，充足的电力能够满足当地大工业负荷的用电需求，全方位提升新能源就地消纳水平和综合利用效率。与燃煤发电相比，该项目相当于每年节约标准煤约 186 万吨。通过实施该绿色能源项目，乌兰察布大草原的无限风光将得到全力保护。

## 液流电池能量密度大幅提升

中国科学报 2023.8.9

近日，长沙理工大学教授贾传坤、丁美基于团队首创的中性铁硫液流电池体系，联合新加坡国立大学教授王庆，利用氧化还原靶向反应机理，构建了新一代高能量密度中性铁硫固液相液流电池系统。该研究成果发表于《化学可持续化学》(ChemSusChem)。

水系液流电池由于能量和功率彼此独立、安全性高、储能规模可调等特点，在大规模储能领域极具应用前景。然而活性物质在水中存在溶解度极限，制约水系液流电池的能量密度。铁氰化物/亚铁氰化物是常见的水系液流电池正极活性物质，具有可逆性好、稳定性高和原材料成本低等优点，但其溶解度低，因此当前急需打破活性物质溶解度限制，开发高能量密度电解液体系。

研究团队基于异离子效应原理，将亚铁氰化钾和亚铁氰化钠混合物作为正极活性物质，成功将铁氰化物/亚铁氰化物的溶解度大幅提升至 1.62 摩尔/升。在正极储液罐中引入普鲁士蓝作为固体储能材料，利用氧化还原靶向反应，进一步将正极活性物质的理论浓度增加到 10 摩尔/升，该侧在中性铁硫液流电池体系中理论能量密度高达 260 瓦时/升。

测试结果表明，正极电解液实际能量密度为 92.8 瓦时/升，电池的最大功率密度达到 284.7 毫瓦/平方厘米。同时该体系具有优异的高温性能，在 50 摄氏度下电池仍能保持良好的循环稳定性，且固体储能材料的利用率随着温度升高逐步增加。中性铁硫液流电池小电堆的库仑效率接近 100%。

研究发现，基于氧化还原靶向反应的中性铁硫液流电池表现出超长的循环寿命，7000次循环后，由于固体储能物质持续释放容量，电池的容量保持率达到 181.8%。

贾传坤表示，该研究设计的基于氧化还原靶向反应的中性铁硫液流电池具有较低的电解液成本，在大规模储能领域应用前景广阔。相比以往报道的铁氰化物/亚铁氰化物电解液体系，该研究得到的电解液体系表现出最大的体积容量，为 95.7 安时/升。

## 推动新型储能成为下一个“千亿级产业”

广州日报 2023.8.16

广州近日印发了《关于推动新型储能产业高质量发展的实施意见》（以下简称《实施意见》）。根据《实施意见》，到 2027 年，广州将力争全市新型储能产业营业收入超过 1000 亿元，成为又一“千亿级产业”。为实现这一目标，广州从打造技术创新高地、提升产业综合实力、拓展应用场景市场、优化产业发展环境等四方面提出 15 项重点任务。昨日，广州市新闻办召开新闻发布会，邀请相关单位介绍广州市新型储能产业发展情况暨《实施意见》内容。

### 新政亮点

#### 技术创新：在市重点研发计划等方面明确支持方向

支持从材料、器件、集成等维度，提升锂离子电池、钠离子电池、液流电池、固态电池、机械储能、超级电容器、相变储能、氢储能等多元新型储能技术的经济性和安全性；研究动力电池快速智能检测评估、柔性无损快速拆解等高效回收利用技术；加强氢能、储冷（热）等领域前沿技术的创新突破。

在市重点研发计划、首台（套）重大技术装备示范、标准体系建设等方面明确了支持方向，引导政府部门、企业、高校、科研院所、金融机构等各类主体参与，力争形成一批领跑、并跑的原创性成果。

#### 产业融合：融合新能源汽车、集成电路等产业

推动新型储能产业与广州市其他相关产业深度融合发展，是《实施意见》一大特征。

新政策从技术、产业、应用场景等方面明确适合广州推进落地的发展方向，深度融合新能源汽车、集成电路、检验检测认证等广州优势特色产业基础和发展需求，促进新型储能产业融合创新发展。

### **要素支撑：引进高层次领军人才、创新团队**

聚焦专家智库、储能联盟、储能基地、高端论坛、产业基金等方面，推动人才链、创新链、产业链、资金链深度融合。其中，人才支持方面，广州依托“广聚人才”人才工程，围绕储能产业重大需求或关键技术难题，面向全球引进高层次领军人才、创新团队和管理团队。

### **场景应用：电力、交通多场景拓展市场空间**

电力领域，在输电线路走廊资源、变电站站址资源紧张供电片区合理配置一定规模新型储能，鼓励在满足电网安全要求、适应电网规划的前提下，依托变电站现有及周边用地建设储能电站。

交通领域，提出支持构建新能源汽车充换电网络、电池租赁、回收利用的新型储能生态体系。鼓励在新能源汽车换电站和超级快充站配置储能设施。

工商业领域，鼓励开展“用户侧共享储能”等商业模式示范，探索分布式市场化交易，在公园、旅游景区等场所推广“光伏+储能”等应用，在综合智慧能源系统开展氢燃料电池分布式多能联供示范。

### **聚力攻关**

广州市科学技术局副局长孙翔：广州市科创母基金投资布局近 20 个储能项目

近年来广州持续优化关键核心技术攻关体制机制，支持广州市新型储能科研力量承担国家、省、市储能相关科技项目 45 项，获得财政经费支持 7.6 亿元，取得一系列重大成果。如广汽埃安的弹匣电池在电池密度、高温稳定性、可靠性等方面世界领先；巨湾技研的电池产品搭载相关车型创造了“最快电动汽车充电技术”的世界纪录。

南方电网、鸿基创能等一批企业在特高压、燃料电池膜电极、高压储能、光伏电池浆料等领域掌握了全球领先技术，部分领域打破国外技术垄断。

另外，广州市科创母基金已在储能产业投资布局了近 20 个项目，如鸿基创能、国鸿氢能等，聚焦氢燃料电池、分布式光伏矩阵产品、冷却节能等领域。

### **广州市工业和信息化局副局长欧鸽：全市在建新型储能项目 11 个**

广州在能源电力、新能源汽车、锂电池等领域具有坚实的产业基础，汽车、电力热力等工业集群产值超千亿元。据不完全统计，目前广州在建新型储能项目 11 个，总投资近 400 亿元，达产后产值可超千亿元。

广州将加快推动新型储能制造项目签约动工，主要包括番禺区因湃动力电池和储能电池项目、南沙区巨湾技研储能器件与系统总部基地等。未来，广州市新型储能产品及应用将朝着高端化、智能化、绿色化发展，重点围绕培育新型储能产业生态、推进重点项目建设、支

持场景应用以及融合发展等方面推动新型储能产业高质量发展。

**南方电网广东广州供电局副局长苏志鹏：研究新型储能可参与的电力市场交易品种**

广州供电局在储能技术、市场机制和商业模式创新等方面积极探索，研究新型储能可参与的电力市场交易品种，包括充储协同、车网互动（V2G）等应用场景，光储协同、需求响应等商业模式，支持打造储能电站管理调度和安全监控平台，充分激发市场主体活力。

**广州产投集团副总经理姚朴：广州储能集团注册资本 20 亿元**

今年 7 月，广州产投集团联合广州发展、广州工控、广州地铁设计院、鹏辉能源、智光电气等产业集团和上市公司在广州南沙区注册成立了广州储能集团，注册资本 20 亿元，统筹推进广州储能产业投资开发。

广州储能集团将打造成为全产业链经营、多种场景应用、多种技术开发的集储能研发、园区建设、设备制造、招商引资、孵化器、创新投资等功能于一体的新能源产业集团，重点开展电化学储能、机械储能、新能源、股权投资、科技研发等五大业务。

## 新型储能“超 G 工厂”即将在珠海投产将建成国内储能液流 电池首个吉瓦级低碳工厂

南方日报 2023.8.17

在珠海富山工业城，新型储能项目纬景储能科技有限公司“超 G 工厂”已经竣工，进入产线调试阶段，预计最快 8 月底可逐步投产。“这是国内同行业首个吉瓦级别的锌铁液流电池工厂，全面投产后年产能超过 6 吉瓦时。”纬景储能科技有限公司（下称“纬景储能”）副总裁谷雨满怀期待。

《广东省推动新型储能产业高质量发展指导意见》提出，开展储能前瞻技术研究。其中，发展低成本、高能量密度、安全环保的液流电池，提升液流电池能量效率和系统可靠性，降低全周期使用成本。

“广东鲜明提出制造业当家，而且要打造万亿级新型储能产业。”谷雨认为，广东将是未来产业发展的一个高地。“工厂建成后，将全面实现生产流程数字化和智能化，为广东智能制造升级注入全新动能。”

**打造全自动化的低碳工厂**

“我们通常把新型储能比作巨型‘充电宝’，在用电低谷时，它能储存新能源发电量；

在用电高峰时，它便可以释放‘充电宝’的电量。通过增加储能这一环节，能大幅提升新能源并网有效性，提供高质量电能。”谷雨解释道。

在万亿级新型储能赛道上，技术路线百花齐放。基于锌铁液流大电池技术具有安全、绿色，适合大规模、长时储能的应用场景等优势。

回望新型储能行业产业化初期，国内外都没有电堆智能产线的先例，彼时尚无成熟、可借鉴的工厂智能产线制造工艺，这极大地影响着液流电池的产业化进度。

2018年创立的纬景储能，组建了一支由智能制造工程师、工艺工程师、设备工程师的研发团队。他们从零开始摸索，用4年时间完成了液流电池电堆从技术参数到产业链的国产化。在此基础上，团队自主研发多项新工艺，先后攻克了近50项工艺难点和设备难点，成功研制出本土化锌基液流电池智能制造产线，将生产效率提升了数十倍。

近年来，随着纬景储能不断加快在全国多地布局智能制造工厂，锌基液流电池产业化与规模化发展驶入快车道。

在珠海富山工业城5.0产业新空间内，纬景储能将建设年产6GWh锌铁液流电池项目，打造先进液流储电装置及系统的智能制造中心、“超G工厂”，建成后将是国内首个吉瓦级别的锌基液流电池工厂。该项目厂房使用面积18.52万平方米，将全面实现生产流程数字化和智能化，成为完全自动化的低碳工厂。

“广东提出将储能产业打造成为万亿级产业，我们认为广东将是未来产业发展的一个高地。”谷雨说，基于对国内新能源产业发展趋势的判断，纬景储能布局珠海，一方面是看中了珠海在储能还远没有成为风口时就提前规划布局，体现了当地政府的远见；另一方面，珠海还拥有优越的营商环境，让他们进一步坚定了落户珠海的信心和决心。

根据纬景储能的规划，在珠海建设的液流电池工厂，将成为智能制造业新标杆。“利用在珠海工厂生产的储能电池，我们将优先为园区提供绿色电力服务，进一步推动珠海成为绿色低碳城市。”谷雨说。

在业内人士看来，纬景储能项目将形成龙头效应，吸引上下游产业不断入驻，带动产业链协同发展，形成新能源产业聚集的高质量发展生态圈，助力广东新能源产业高质量发展。

### **通过智能制造降低储能成本**

“当新能源占比达到15%—20%之后，对电网冲击较大，对电网灵活性要求大大增加，短期内需要增加调频电站，中长期（4小时以上）需要引入储能。”谈及未来市场的开拓，谷雨表示，除了看好长时储能开阔的市场前景，公司也将坚定地通过智能制造来降低其锌铁液流电池产品的成本。

在谷雨看来，液流电池由于安全性极高，储能时长大于 8 小时，以及使用寿命超过 20 年等优势，更适合未来大量使用新能源的电网，也被视为最适合长时储能的电池技术之一。

据业内人士介绍，根据电解液中活性物质的不同，液流电池又可分为全钒液流电池、铁铬液流电池、锌铁液流电池等。其中，全钒液流电池电解液为不同价态钒离子的硫酸溶液，是目前国内示范项目规模最大的液流电池技术。

在此背景下，纬景储能为何要选择更为小众的锌铁液流电池技术？“钒的成本非常高，超过锌、铁等常见金属数倍，并且产能有限。”谷雨解释道，锌基液流电池选取了锌和铁两种本征安全、储备丰富、成本极低、价格波动平稳的金属进行配对，首先保证了原材料极安全、易获取、低成本。“再加上我们引入的储能技术有着 40 多年深度研发基础，在本土技术创新、产品迭代与持续降本方面已经走在前沿。”

然而，也有观点认为，与更为成熟的锂电池、铅酸电池产业相比，国内液流电池产业仍然处于商业化初期，依然面临初始成本过高的瓶颈。同时，锌铁液流电池作为一种较新的液流电池，其离子传导膜等相关部件产业链不够成熟，也制约了其商业化推广和应用。

规范化和智能化生产是发展储能的必由之路，也是支撑储能产品迭代、推广、持续降本、扩大应用规模的关键条件。“近年来我们在广东、江苏都有布局项目，推动锌基液流电池产业化与规模化发展，这也为大幅降低成本夯实了基础。”谷雨说。

“纬景的目标是进一步压缩成本，使综合度电成本相较火电有显著竞争力。这样一来，低度电成本将在长时储存市场更具优势。”谷雨说，扩大生产规模、持续降低成本是纬景储能近期最重要的战略目标，叠加智能制造的品质化、规模化效应，纬景储能的锌基液流电池将更具优势。

谈及纬景储能的发展，谷雨认为，未来最大挑战是亟须吸引和培养大量专业储能人才，他们需要跨界掌握电化学、电力电子、材料科学、机械工程等学科的知识。“尤其在储能生态链中，核心材料技术亟待突破，才能在这一关键领域有所突破，完成换道超车。”

## 新方法提升多晶硅有效转化率

中国电力报 2023.8.16

近日，中国化学工程集团华陆公司探索出“一种用于多晶硅生产提高还原沉积反应效率的方法”，该方法荣获由国家知识产权局颁授的第二十四届中国专利银奖。



多晶硅是太阳能光伏电池产业、半导体工业和电子信息产业中重要的功能性材料。该项目技术负责人介绍，目前改良西门子法是多晶硅的主流生产工艺。这种方法采用高纯氯硅烷在还原炉内进行气相沉积反应生产高纯多晶硅，即在 1050—1080 摄氏度的硅芯表面，氯硅烷被还原为硅并不断沉积生长，形成多晶硅棒。

多晶硅还原装置是多晶硅最终产品的生产流程，同时也是多晶硅生产过程中的主要耗能单元。该装置的高效、高质量生产运行对最终产品质量、能源消耗均起到决定性作用。

“传统改良西门子法生产多晶硅过程中，三氯氢硅和二氯二氢硅的物料在上游装置混合成一股物料进入还原炉，二者配比难以在生产过程中进行具体调节。”据该项目技术负责人介绍，这导致在多晶硅还原炉生产初期，二氯二氢硅比例相对较低，硅芯生长速度较慢，在多晶硅还原炉生产后期，二氯二氢硅比例相对较高，使得无定形硅粉大量生成，发生“雾化现象”，影响产品美观度。同时，无定形硅粉堵塞管道系统，不利于还原炉正常生产。

为解决上述问题，中国化学华陆公司多晶硅技术团队经过多年攻关探索，提出用于多晶硅生产提高还原沉积反应效率的方法。该方法将三氯氢硅和二氯二氢硅液体分别采用独立的汽化器和过热器，分别进行汽化和过热，三氯氢硅气体、二氯二氢硅气体及高纯氢气通过各自独立的流量控制单元，在生产过程中合适的时间控制合适的配比和流量进入还原炉进行反应，以分阶段控制三氯氢硅和二氯二氢硅的配比进料。

据介绍，利用新方法，多晶硅的有效转化率可从之前的 8.5% 提升至 10% 以上；该方法在避免无定型硅粉产生的同时，提高了多晶硅产品致密料的比例，为多晶硅生产节能降耗、产品利用率提升等提供了有力技术支撑。

## 我国首次将 AI 技术规模化用于输电线路发热检测

科技日报 2023.8.14

近日由国网电力空间技术有限公司联合该校等单位研发的输电线路红外缺陷智能识别系统，在我国主要超特高压线路运维方面实现产业化应用。这是国内首次将人工智能（AI）技术规模化应用于输电线路发热检测。

据介绍，迎峰度夏期间，全国气温不断升高，电力负荷急剧增加。为保障电网安全稳定运行，要及时发现线路缺陷隐患。然而，以往用人工智能识别红外影像数据的流程比较复杂，且需由人工现场判别画面中的发热故障点，易受检修人员经验、注意力等因素的影响而造成

遗漏。此外，红外视频数据量庞大，复检工作难度极大且效率低下，易造成绝缘子掉串等危险事件。而利用新研发的输电线路红外缺陷智能识别系统，仅需一键上传巡检红外视频就能快速抽帧并智能识别发热缺陷，可辅助线路运维单位及时消除线路跳闸停电的隐患。

“此次，技术攻关团队结合业务场景，采用‘最小化标注+阶梯式学习+干扰点屏蔽’的技术路线，实现了红外缺陷隐患的智能识别，模型识别准确率达90%以上。”该系统应用方、国网电力空间技术有限公司空间技术应用中心巡检处处长郭晓冰说。

据介绍，目前该系统在国网电力空间技术有限公司部署应用，系国内首次将人工智能技术规模化应用于输电线路发热检测。以240基杆塔的红外视频为例，传统人工数据复核需要5个小时，现在采用该系统，从上传视频到完成分析只需要2个小时，且过程中无需人工干预。

## 国内首个省级虚拟电厂管理中心成立

中国能源报 2023.8.14

8月9日，海南省虚拟电厂管理中心授牌及首批虚拟电厂正式上线仪式在海口举行，这是国内首家省级虚拟电厂管理中心，标志着海南省虚拟电厂建设迈入快速发展新阶段，是“解放用户”“服务双碳”新理念具体落地。

海南省虚拟电厂管理中心设在南方电网海南电网公司，该中心在海南省发改委的指导下，实现海南省虚拟电厂管理平台与负荷聚集商运营平台对接，目前已接入充换电站、5G基站、空调等资源，形成规模50万千瓦的虚拟电厂，接近大型发电厂的装机容量。

据介绍，虚拟电厂并不是传统意义真实存在的电厂，而是凭借能源互联网技术，将闲散在终端用户的充电桩、储能、空调、分布式光伏等电力资源聚合并加以优化控制参与电网运行，助力电网“削峰填谷”。

据介绍，作为协调分布式资源参与电力交易和需求响应的重要调节手段，虚拟电厂既可作为“正电厂”向系统供电调峰，又可作为“负电厂”加大负荷消纳配合系统填谷，可平抑新能源电力的强随机波动性，有效促进电网供需平衡，提升电力供应保障能力。

未来，海南省虚拟电厂管理中心将在政府的指导下研究相关政策和机制，通过调动市场主体积极性，引导电源侧、电网侧、负荷侧和独立储能等主动参与、合理布局、优化运行，提升用户灵活调节能力和智能高效用电水平，实现虚拟电厂业态科学健康发展。

预计到 2025 年，海南省虚拟电厂管理中心将至少接入 100 万千瓦的虚拟电厂规模，更好地实现源网荷储一体化和多能互补在保障能源安全中的作用，提升能源清洁利用水平和电力系统运行效率。

仪式上，海南首个分布式源荷聚合服务平台(南方电网分布式源荷聚合服务平台)正式向社会发布。据介绍，该平台目前已接入海南省内 127 个充换电站、5 个分布式光伏站、1 个储能站和部分中央空调等分布式资源。

## 中国电科院完成新能源机组 结构化建模宽频阻抗实测

国家电网报 2023.8.18

8 月 7 日，在内蒙古赤峰乌套海风电场，中国电力科学研究院有限公司应用自主研发的新能源发电宽频阻抗测量装置，完成了新能源机组结构化建模宽频阻抗实测。本次实测获得的宽频阻抗数据为开展新能源机组结构化电磁暂态建模工作打下了坚实基础。

针对新能源基地宽频振荡风险日益增大、缺乏有效现场实验手段及仿真模型等问题，中国电科院新能源研究中心持续开展攻关，提出了基于多逆变器经耦合变压器级联的新能源机组宽频带测量拓扑结构。该院科研团队攻克了背景电网、测量与被测单元强非线性耦合数据解耦技术，自主研发了频带覆盖宽、电压等级高、被测对象容量大的新能源发电宽频阻抗测量装置。该装置可以实测新能源机组的正、负序阻抗，并以此为基础开展新能源机组结构化建模和新能源宽频振荡问题的分析与抑制，为解决新能源机组电磁暂态建模难题提供了新思路，为现场验证宽频振荡改造实效提供了新装备。

8 月 2 日，新能源发电宽频阻抗测量装置被送至赤峰乌套海风电场。中国电科院与内蒙古东部电力科学研究院组建联合阻抗实测攻坚团队，高效完成了设备吊装、接线、绝缘耐压、弱电调试工作，将设备接入测试电网，完成与待测机组的电气连接。7 日 16 时 42 分，新能源机组结构化建模宽频阻抗现场实测正式启动。新能源发电宽频阻抗测量装置在近 3 小时内向新能源机组自动注入 2~1000 赫兹扰动电压。扰动注入结束后，该装置完成录波，成功输出小功率、中功率、大功率不同工况下的新能源发电机组正、负序阻抗曲线，现场阻抗实测顺利完成。

此次实测的成功为解决大规模新能源基地宽频振荡问题，提升新能源基地并网稳定性及送出能力提供了有力支撑。

# 国际首套 300 兆瓦级先进压缩空气储能系统再获突破

中国科学报 2023.8.18

近日,由中国科学院工程热物理研究所和中储国能公司联合自主研发的国际首台 300 兆瓦级先进压缩空气储能系统膨胀机完成集成测试,顺利下线。

膨胀机是压缩空气储能系统的核心部件。经过多年的不懈努力,研发团队先后攻克了全三维设计、复杂轴系结构、动态调节与控制等关键技术,研制出具有完全自主知识产权的国际首台 300 兆瓦级先进压缩空气储能系统多级高负荷膨胀机,并于近日完成集成测试,各项测试结果均达到或超过设计指标,具有集成度高、效率高、启停快、寿命长、易维护等优点。

先进压缩空气储能系统可以实现大规模能源储存,是支撑我国能源革命、促进“双碳”目标实现的关键技术,同时其环境友好,极具发展潜力。中国科学院工程热物理研究所通过 19 年的努力,建立了具有完全自主知识产权的研发体系,先后突破了系统全工况设计与控制、多级高负荷压缩机和膨胀机设计、高效超临界蓄热换热等关键技术,并分别于 2013 年、2016 年、2021 年建成国际首套 1.5 兆瓦级、10 兆瓦级、100 兆瓦级先进压缩空气储能系统。中储国能公司是中国科学院工程热物理研究所压缩空气储能技术的产业化公司,双方从 2018 年起,在全球率先开展了 300 兆瓦级先进压缩空气储能系统的研发工作。

据研发团队介绍,压缩空气储能系统的大规模化是降低成本、提高效率、提升市场竞争力的重要途径。相比 100 兆瓦级先进压缩空气储能系统,300 兆瓦级系统单位成本降低 20%~30%、效率提高 3%~5%。

## 新型电力系统的三重转变

中国能源报 2023.8.21

“我国新型电力系统建设已进入全面加速推进阶段,风光装机连续多年位居全球第一,电气化水平位居世界前列,市场化改革进程加速,市场活力显著增强。”中国电力企业联合会党委书记、常务副理事长杨昆在日前召开的 2023 电力低碳转型年会上表示。

“双碳”目标背景下,构建以新能源为主体的新型电力系统是电力行业转型发展的方向。与会专家认为,随着新型电力系统建设速度不断加快,需要在实现电力系统高水平电气化和

低碳化的同时，不断完善相应体制机制，加强技术创新与数字化应用统筹协调。

### **转变一——实现高水平电气化低碳化**

中国能源研究会副理事长兼秘书长孙正运认为，在实现“双碳”目标、建设新型能源体系过程中，新型电力系统具有极为重要的地位和作用，而新型电力系统也是新型能源体系的重要组成部分，是实现“双碳”目标的关键载体。

中国能源研究会能源政策研究室主任林卫斌在发布《构建新型电力系统路径研究》（以下简称《研究》）时指出，预计风光发电占比将从2020年的9.3%提高到2030年的22.5%；煤电占比将从2020年的61.3%降至2030年的47.5%。

“大规模高比例开发利用非化石能源是实现‘双碳’目标的必然要求，而由于大部分非化石能源都是通过电能转化，大规模高比例开发利用非化石能源必然会使能源系统高度电气化，同时使电力系统深度低碳化。”林卫斌称。

《研究》显示，按照碳中和目标约束测算，一次能源电能转化比重将从当前的45%左右提高到2060年的88%左右，电能消费比重将从当前的27%左右提高到2060年的70%左右，非化石能源发电比重由当前的36%提高到90%以上。

“未来随着电气化水平持续提升，电力需求不断增加，电力系统在能源转型和碳减排中的作用将尤为凸显。在能源生产侧，由于非化石能源主要通过发电进行转化，非化石能源对煤炭等传统化石能源的清洁替代将有效作用于电力系统，电源结构将逐渐优化，电力系统将趋于绿色低碳化。”林卫斌指出，构建新型电力系统的本质就是为了实现高水平的电气化和低碳化，进而实现碳中和目标，构建新型电力系统势在必行。

### **转变二——从资源依赖转为技术依赖**

“构建新型电力系统是一项复杂而艰巨的系统工程，点多面广、时间跨度长，需要统筹谋划路径布局，科学部署、有序推进，需要源网荷储各环节共同发力，相互支撑和联动。”自然资源保护协会北京代表处首席代表张洁清指出。

面对极端气候的常态化，加快净零排放进程、加速能源转型已刻不容缓。与会专家指出，目前，电力仍是我国最大的碳排放部门，2022年电力行业碳排放增长虽有所放缓，但仍同比上涨2.6%，面对气候变化的严峻形势，电力行业所面临的低碳转型任务繁重且紧迫。

在此过程中，新型电力系统建设要实现从资源依赖转变到技术依赖。中国能源研究会常务理事李俊峰认为，全球能源转型实践证明，资源依赖会导致成本上升，而技术依赖会带来成本下降。资源推动型的发展模式，随着资源的稀缺甚至枯竭，必然导致成本增加、发展后劲不足，是不可持续的模式；技术推动型发展模式所依赖的技术是不断进步的，随着叠加和

积累，可以实现发展成本下降，是可持续的发展模式。

中国能源研究会理事长史玉波认为，目前新能源迎来跨越式发展的历史机遇，正在经历从“补充能源”到“主体能源”的转变。在既要保障量的合理增长又要保障质的有效提升的前提下，需要实现传统电力系统向新型电力系统的稳定过渡，加快适应新型电力系统的体制机制改革、技术创新和商业模式变革，打造综合能源系统，全面提升新型电力系统的弹性灵活性和互联互通等关键能力，并且更好地接纳新出现的风光储、虚拟电厂等市场主体。

### 转变三——提升电力系统数智化水平

需要注意的是，新型电力系统建设同时面临着艰巨任务。杨昆指出，电力系统的双高甚至多高特性更加凸显，关键技术亟待攻关突破，调节型、支撑型资源的成本疏导机制有待进一步完善。为积极推动新型电力系统建设，需要不断完善相应体制机制，促进电碳市场协同，加强电力系统标准与数字化应用的统筹协调。

林卫斌表示，新型电力系统的数字化和智能化之路分为三个阶段。“具体来看，到 2030 年前主要是数字技术逐步融合应用，第二阶段要建立基于大数据、云计算、数字孪生等技术的智慧化控制运行系统，最后阶段形成智慧发电、智慧集控调度、智慧输电、智慧用电的全景观测、精准控制协同互动，灵活智能的能源互联网和能源电力数字平台等。”

《研究》指出，利用数字化、智能化支撑新型电力系统构建，深入挖掘电力生产、传输、消费、交易不同环节的数据资源价值，能够发挥电力数据要素的放大、叠加、倍增效应，促进新型电力系统的生产提质、经营提效、服务提升和数据增值，有效提升“源网荷储”协调互动水平，有效保障个性化、综合化、智慧化用能服务需求，推动全社会绿色可持续发展。

“近年来，电力系统的数智化、共享储能、云储能、聚合储能等不同商业模式和运行模式不断涌现。在新型电力系统建设的背景下，电力市场要积极转变经营模式，打造综合能源服务的商业模式。”史玉波表示。

## 高抗氨毒化燃料电池阳极催化剂研制成功

中国科学报 2023.8.23

近日，中国科学技术大学教授高敏锐课题组研制出一种高抗氨毒化的镍基碱性膜燃料电池阳极催化剂，其在阳极含 10 ppm 氨的膜电极组装中，能保持 95% 的初始峰值功率密度和 88% 的初始电流密度，远超商业铂碳催化剂。相关成果日前发表于《美国化学会志》。

氢氧燃料电池由于比能量高和零排放等优点，有望在国家“双碳”战略中扮演重要角色。然而，商业铂碳催化剂极易被氢气燃料中的微量氨气毒化而导致失活。特别是在碱性膜燃料电池中，铂基催化剂的氢气氧化反应动力学缓慢，其与氨毒化协同作用会加速电池性能的衰退。因此，设计高活性、高抗氨毒化的新型阳极催化剂是碱性膜燃料电池实用化亟须解决的难题。

过渡金属结合氨的能力与其是否占据 d 轨道相关，既可接受来自氨的电子也能向氨反向供给电子，两者都能增强氨的吸附。铂镍合金是高效氢氧化化催化剂，研究人员认为，营造镍位点的富电子态会排斥氨的孤对电子供给，而引入比镍电负性小的元素可以提供电子获得富电子态的镍位点。

旋转圆盘电极测试表明，铬掺杂的铂镍合金催化剂在 2 ppm 氨存在条件下，电化学循环 1 万次性能几乎没有损失，而铂碳催化剂性能损失严重。在实际的碱性膜燃料电池中，以该催化剂作为阳极组装的器件在 10 ppm 氨存在条件下，可保留 95% 的初始峰值功率密度。相比之下，铂碳催化剂的功率输出则降低至初始值的 61%。

衰减全反射-表面增强红外吸收光谱测试表明，没有铬掺杂的铂镍合金与商业铂碳催化剂在不同电位下对氨具有显著的吸附行为。经铬调制的催化剂表面则没有任何氨吸附峰的存在。同时，电子能量损失谱和电子顺磁共振分析也表明，铬的引入使得镍的 d 带占据数更高，验证了其富电子态催化中心。理论计算发现，铬的引入降低了镍的 d 带中心，佐证了氨在其表面吸附被削弱。

审稿人认为，这项作为研制抗氢气中不纯杂质分子毒化的电催化剂提供了重要借鉴，将进一步推进碱性膜燃料电池技术的实用化。

## 国内首次系统保护调用储能试验完成

国家电网报 2023.8.22

近日，山东电网完成国内首次系统保护调用储能试验。参与试验的 14 座储能场站均按照系统保护动作逻辑正确响应，快速断开充电状态储能单元的集电线，同步调用电量充足的储能单元满功率放电，调用时间达到毫秒级，调用储能放电能力最高达 49.7 万千瓦。

据介绍，山东电网全网装机容量居全国第三位，电源结构以火电为主体，新能源发电、抽水蓄能、新型储能、核电多元发展。截至 7 月 31 日，山东电网新型储能装机总容量达到 283

万千瓦，居全国第一位，预计到年底将增加至 383 万千瓦。与火电、风电、光伏发电相比，新型储能具有调节柔性、调用灵活的特点；与抽水蓄能电站相比，新型储能具有响应快、投资少、建设周期短的特点。为充分发挥储能在电网安全运行体系中的价值，提升新型储能调度运用水平，国网山东省电力公司积极探索。

在国家电网有限公司国家电力调度控制中心、华北电力调度控制中心的指导下，经过控制策略评审、程序出厂验收、实时数字仿真测试等多个环节的把关，国网山东电力首次将储能资源纳入区域电网系统保护控制范畴，补强大电网安全防御能力。正式试验前一个月，该公司先后完成参试场站储能子系统单体调试、能量管理系统程序升级、纵向加密通道开通等工作，为试验顺利进行打下基础。试验过程中，通过对储能单元剩余电量、充放电工况等运行状态的综合判断，华北电网系统保护对接入山东电网的储能进行统筹调用，实现快速截断储能充电耗能，释放储能发电能力，以应对大功率直流闭锁后电网的有功功率缺额，最大限度降低直流闭锁对用电负荷的影响。

为解决局部电网线路过流问题，国网山东电力组织济南、烟台供电公司先后投运调用储能资源消除线路过流的稳控装置。两家供电公司利用储能毫秒级响应调节能力，通过稳控装置控制储能装置充电或放电，快速抑制线路过流趋势，替代传统的切负荷或切机方案，为电网调度员开展故障处置、紧急转移负荷和调整发电出力争取了宝贵时间。

国网山东电力将持续深入发掘储能在新型电力系统紧急控制中的应用场景，合理、灵活调用储能资源，继续推进省内储能场站全量接入华北电网系统保护，进一步提高山东电网安全防御能力。

## 广东首个新能源侧配储能示范项目投运——有效解决风电波动性问题，为新能源侧配储提供示范作用

南方日报 2023.8.29

在揭阳市惠来县东南海边，海湾石风电场的 7 台白色风机迎风转动，送来源源不断的清洁电力。记者看到，在风机脚下的电场运行区内，风电场配备的储能示范项目处于平稳运行当中，工作人员正在对白色柜体的储能电池仓进行巡检。

储能未来将成为新增新能源发电项目标配，广东能源集团海湾石风电场储能项目是省内首个新能源侧配储能示范项目，于去年 11 月接入风电场，目前平稳运行超过 9 个月，已经



顺利完成现场验收正式投运，将为广东新能源侧配储提供示范作用。

### **储能项目解决新能源波动性**

在可再生能源系统中，风力和太阳能等能源的波动性很大，这对电网的稳定性和能源供需平衡提出了很高的要求。因此，新型储能被视为解决问题的关键之一。

“海湾石风电场储能示范项目是广东能源集团着眼于未来新能源储能的技术发展趋势而推进的科研示范项目。”广东能源集团科学技术研究院有限公司新业态工程师张翔宇介绍，该公司科技研究院进行了新型电池储能系统的研究论证、设计开发、试点验证等工作，并于2020年11月启动了“储能系统与技术研发”项目。项目开发了一套具有安全性和可扩展性的1兆瓦集装箱式储能系统，在能量管理、热管理及储能安全等方面均开展了创新研究，掌握了面向风、光伏发电应用的先进储能系统的全过程研发技术和生产工艺。

据了解，该储能系统于2022年11月接入风电场，实现了平稳运行，有效解决了风电场站弃风问题，同时实现了削峰填谷、平滑风电场出力、提高功率预测指标，提高电网稳定性、电能质量以及抑制电力系统低频振荡，并形成了推广示范能力。项目实现了广东省内首个新能源侧储能项目的示范应用，目前已经顺利完成现场验收。

“海湾石风电场场景刚好与储能系统的特性是相互契合的。”张翔宇表示，针对惠来海湾石风电场的实际运行情况，该项目配置储能系统为1兆瓦集装箱式储能系统，采用35千伏接入到风电场的集电线路，接收和响应风电场的风储控制系统的充放电指令，可提高新能源消纳、平抑间歇性能源输出，提高经济收益。

据张翔宇介绍，项目开发了一套高效散热及均匀散热的标准化电池模组，该模组在风冷的条件下，电池组内部电芯温差可以控制在3℃以内，达到了业内领先水平。项目开发了一套具有三层消防防护的电池系统，对电芯热失控进行多层控制和抑制，将消防风险降到最低。此外，项目还开发了一套从电池单体、电池箱到电池舱的多层次热设计和热优化方法，为储能系统的设计和电池模组的产品研发提供了有效的理论指导和设计依据。

### **未来新增新能源项目都将配备储能**

随着新能源的大量并网，新型储能已经迎来了规模化发展的机遇。在此背景下，《广东省推动新型储能产业高质量发展的指导意见》于今年初发布，提出要抢抓机遇，要将新型储能产业打造为广东的下一个万亿级支柱产业。

海湾石风电场储能示范项目应用开发的储能产品具有较好的成本优势，可在当前各种储能场景示范应用，包括新能源配储、传统火力发电厂调频、用户侧储能及独立储能电站等场景应用。而且项目在平滑风电场出力，提高电网稳定性、电能质量以及抑制电力系统低频振

荡等方面创造社会效益，也为接下来的新能源侧配储提供了一种技术路线。

广东省发展改革委指出，新型储能产业市场广阔、发展潜力巨大，发展新型储能电站是提升能源电力系统调节能力、综合效率、安全保障能力和支撑新型电力系统建设的重要举措，是实现碳达峰碳中和目标的重要领域。

今年6月，《广东省促进新型储能电站发展若干措施》印发，明确新增的海上风电项目、集中式光伏电站、陆上集中式风电项目需按照不低于发电装机容量的10%、时长1小时配置新型储能，也就意味着，储能将成为未来新增新能源发电项目的标配。后续根据电力系统相关安全稳定标准要求、新能源实际并网规模等情况，调整新型储能配置容量。争取到2025年，全省新能源发电项目配建新型储能电站规模100万千瓦以上，到2027年达到200万千瓦以上，“十五五”期末达到300万千瓦以上。

广东省能源集团表示，该集团计划到2025年新增新能源装机2000万千瓦，力争3000万千瓦。综合参考多地已发布的新能源配储要求，按照配置比例不低于10%、连续储能时长2小时以上测算，到2025年集团新增的新型储能装机规模将达4—6亿瓦时。

## 钠离子电池跨入量产新阶段

中国能源报 2023.8.28

日前，众钠能源与台铃科技签署战略合作协议，计划在2年内向后者提供不低于200万套聚钠1号钠离子电池包，并在今年三季度开启量产交付。从小批量试用到获得规模订单，钠离子电池开始进入实质化落地交付阶段。

钠离子电池被视为下一阶段电池研发的重要技术路线，随着规模量产落地，其产业发展能否复制锂离子电池的高速发展路径？大规模应用还面临哪些挑战？

### 多家企业具备量产供货能力

钠离子电池的研究可以追溯到上世纪七十年代，几乎与锂离子电池同时起步，但受限于正极材料技术瓶颈，直到2010年，钠离子电池才受到学术界和产业界的广泛关注，相关研究更是迎来爆发式增长。

近年来，经历几轮诸如锂离子电池原材料涨价问题后，钠离子电池资源分布广泛、提炼简单等优势逐渐凸显，作为锂离子电池替代技术路线，产业化进程提速。短短数年间，产业链超过上百家企业开启相关研发布局。2021年，动力电池头部企业宁德时代发布第一代钠

离子电池，更是点燃了市场对钠离子电池的热情。

2023 年被业内认为是钠离子电池的发展元年。从各企业公布的信息来看，今年以来，宁德时代、中科海钠、众钠能源、传艺科技、鹏辉能源、孚能科技等企业密集发布钠离子电池产品，并宣称大额订单在手或具备量产供货能力。而去年钠离子电池全行业产能仅为 2 吉瓦时，即中科海钠建成的 2 吉瓦时钠离子电池量产生产线。

今年产业链也具备一定配套能力。贝特瑞近日在接受相关机构调研时表示，公司钠离子电池正负极材料已通过国内部分客户认证，拿到吨级以上订单，具备量产供货条件。格林美此前也表示，公司已经具备万吨级钠离子电池前驱体材料以及钠离子电池正极材料产能。

众钠能源首席科学家赵建庆在接受《中国能源报》记者采访时指出，今年钠离子电池产业化进程基本达到预期，具体表现还要看下半年产品落地情况。得益于国家政策引导和成熟锂离子电池产业链的支撑，中国钠离子电池在国际上掌握绝对先发优势，无论是基础研究、技术水平，还是规模化能力、产业推进速度，都远远领先其他国家。

### **成本是产业化关键**

钠离子电池要实现产业化发展，成本是关键。钠离子电池与锂离子电池工作原理类似。相比于锂离子电池，虽然钠离子电池能量密度目前处于劣势，但在功率密度、宽温和循环寿命等方面具有独特优势，成为市场寄予厚望的“新宠”。

据了解，钠离子电池目前还没有明确的技术路线，在一定程度上，影响了规模化量产进程。钠离子电池正极材料有层状过渡金属氧化物、普鲁士蓝（白）类化合物、聚阴离子化合物三种主流技术路线，负极材料则以硬碳和软碳为主，不同技术路线性能和成本差异较大，业内还存在争议。

“钠离子电池材料体系选择好了，能够实现低成本和高安全。”中国科学院物理研究所研究员胡勇胜指出，随着技术突破，钠离子电池能量密度有望超过 200 瓦时/千克，与磷酸铁锂电池能量密度相当。针对成本问题，他建议，将钠离子电池纳入消费税免征范围，进一步降低钠离子电池销售成本，推动行业规模化降本及全产业链发展。

今年 4 月，众钠能源发布了基于聚阴离子的硫酸铁钠路线首款钠电产品——聚钠 1 号，售价为 599 元，折算为 0.45 元/瓦时左右。“价格明显低于锂离子电池产品。”赵建庆指出，公司户储电芯将于今年四季度上市，能量密度为 125 瓦时/千克，循环寿命超过 5000 次；大储方形电芯也将于明年四季度上市，循环寿命超过 8000 次，且具备低成本优势。“规模化量产，钠离子电池成本可以进一步降低到 0.35 元/瓦时以下。”

### **有望复制锂电池高度发展路径**

尽管钠离子电池已经开启量产交付，但距离真正规模化应用还有较长一段路要走。

赵建庆指出，目前钠电产业电池全产业链仅进行了初步匹配，产业链成熟还需要负极材料、电解液和隔膜进行适配配套。钠离子可以兼容现有锂离子电池材料和生产设备，但两者之间仍然存在差异，钠离子电池技术瓶颈有待进一步突破，要加快行业基础研究和工程同步验证。

中关村储能产业技术联盟常务副理事长俞振华同样指出，钠离子电池生产规模、综合成本优势还有待进一步拓展。钠离子电池在用户侧储能、数据中心和基站储能等中小型储能领域有望率先渗透。

钠离子电池在储能领域的相关利好政策不断加码。今年1月，工信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》，明确提出加快钠离子电池技术突破和规模化应用。广西、深圳、山西、河南等地陆续出台的能源规划文件中，均提及要开展钠离子电池在储能领域的应用示范。

业内人士认为，随着电动汽车和储能市场的快速发展，钠离子电池有望复制锂离子电池的高速发展路径，成为未来10年内成长性最高的新兴产业之一。高工产业研究院预测，到2025年，钠离子电池出货量将超过50吉瓦时，到2030年将超过1000吉瓦时，未来几年，钠离子电池的年复合增长率将超过82.6%。

## 燃气轮机或成我国新型电力系统重要支撑

中国能源报 2023.8.28

近日，记者在中国航发燃气轮机有限公司（以下简称“中国航发燃机”）召开的国产燃气轮机产品推介会上了解到，当前，我国燃气轮机的几种主要机型能够覆盖分布式能源、调峰电站、管输增压、煤化工、风光互补、生物质气化联合循环、移动电源车等领域的应用。未来，燃气轮机对新型电力系统的支撑作用或将越发显现。

### 助力实现“双碳”目标

据中国航发燃机副总经理杨军介绍，与同功率火电机组相比，110兆瓦重型燃气轮机一年可减少碳排放超过100万吨，联合循环一小时发电量超过15万千瓦，可以满足1500个家庭一天的用电量。

2016年，国家提出“加快实现航空发动机及燃气轮机自主研发和制造生产”，至此，我

国开始实施“航空发动机及燃气轮机”两项重大专项决策。《新型电力系统发展蓝皮书》也指出，提升电力系统科技创新驱动效能，如大型燃气轮机，以支撑新型电力系统构建。在清洁安全高效发电技术装备领域，支持氢（氨）燃气轮机技术、燃气轮机机组大比例掺氢燃烧技术研发。

近年来，燃气轮机在分布式能源、管输增压、煤化工、风光互补、生物质气化联合循环、移动电源车领域应用广泛，极大限度地利用燃气资源，实现能源综合利用。

“随着我国燃气轮机发电容量快速发展，自主研发重型燃气轮机打破了国外技术垄断，对实现‘双碳’目标、保障国家能源安全、助力高质量发展具有重大战略意义。”中国工程院院士刘大响此前表示。

中国航发燃机副总经理赵勇表示，未来 10 年，全球燃气轮机将主要在燃烧、结构材料和涂层、增材制造、热管理、非常规热力学循环、仿真和实验验证、系统集成、维修、数字孪生和应用场景拓展等技术领域开展进一步研究。

### **技术可满足多应用场景**

燃气轮机应用场景广泛。例如，中国航发燃机主要机型太行 7 系列燃气轮机，体积小、启动快、运行维护方便、便于集中控制、燃料适应性强，可应用于分布式能源、海上平台、机械驱动、备用电源等领域；太行 25 燃气轮机具有可靠性高、效率高、排放低、耐海洋性气候腐蚀等优点，可用于天然气管道输送、分布式供能、中低热值、海上平台等领域。

“随着煤化工行业大力发展，高效利用其伴生气、尾气是当务之急。”中国航发燃机副总经理袁平介绍，“太行 110 重型燃气轮机利用煤化工生产过程中的伴生气、尾气，不仅可以用来发电，还可利用余热锅炉产生蒸汽供热，燃料综合利用效率 85% 以上，灵活调整发电和蒸汽量，自动化程度高、排放低，能够实现能源的综合梯级利用。”

在生物质发电方面，以新疆地区为例，将生物质气化技术和燃气蒸汽联合循环相结合，利用生物质气化后的可燃组分，净化后送给燃气轮机进行联合循环发电。“生物质气化联合循环系统具有发电及运行成本低廉、自动化水平高等特点，能够解决新疆地区庞大的棉杆等生物质应用需求。此外，生物质燃料部分取代燃煤，减少了二氧化碳、二氧化硫的排放，符合节能减排要求。”赵勇说。

杨军进一步指出，太行 7 燃气轮机移动电源车具有运行稳定可靠、燃料适用性强、加载能力突出、环境适应性强、可灵活移动等特点，可以用于临时或紧急电力供应，如应急抢修、露天活动等场景，也可用于油气田钻井、开采等野外勘探作业，以实现偏远地区电力供应，满足各种场景下的电力需求。

## 成套研发体系待建立

“燃气轮机对保障国家能源安全、改善能源结构和环境可持续发展具有重要意义。”中国航发集团重大专项工程部部长江勇表示，由于其便于接近负荷中心，提高供电可靠性，是可替代传统煤电的基荷能源和保障电力系统安全稳定可靠的环保低碳能源，作为未来新型电力系统的重要支撑，燃气轮机发电会愈发重要。

赵勇指出，未来燃气轮机的发展将在燃烧、数字孪生、健康监测等方向上布局。“未来，在低排放技术上，应继续开展太行 7、太行 25、太行 110 燃机产品整机验证及优化改进，不断充实完善低排放燃烧技术及验证平台；在双燃料技术上，继续开展太行 7、太行 25 燃机双燃料切换控制优化及整机验证，并完成技术迁移和推广；在燃料多样性方向上，探索生物燃料燃烧技术，提高可再生能源开发。同时，持续开展纯氢燃料燃烧组织技术和热声振荡控制技术研究。在材料和涂层技术方面，后续将开展重燃用大尺寸定向柱晶空心透平叶片材料与精密铸造技术研究，针对涂层、渗层、热处理工艺对高温合金定向叶片组织性能的影响及其工艺相容性进行技术攻关；仿真与验证技术方面，后续开展 F 级重燃研制，满足新型电力系统对可靠调峰电源的需求。”

在成套、运维和维修技术发展方面，新疆颐天热电有限公司董事长濮鉴光认为，我国燃气轮机成套设计研发能力、成套设计标准规范亟待加强和制定，应构建成套的研发体系。“此外，开展燃气轮机先进控制技术、故障预测及全寿命健康管理技术的研究和工程实施，建设燃机控制技术创新平台，实现具有世界领先水平的燃机控制产品的完全自主可控。”

## 用数字技术推动储能产业发展

国家电网报 2023.8.29

当前，我国正积极稳妥推进碳达峰碳中和，加快构建新型电力系统。储能作为支撑新能源大规模开发利用的重要手段，在辅助电网调峰调频、助力削峰填谷等方面的作用日益彰显，在整个电力系统中发挥重要作用。然而，储能产业的发展面临着成本高、安全风险大、利用率低等问题。大数据、云计算、物联网、人工智能等数字技术为解决储能产业发展面临的难点问题提供了解决方案。

### 储能产业发展面临成本高、安全风险大等难题

成本偏高是储能产业发展面临的巨大挑战。储能电站的成本主要由建设成本和运营成本

两部分构成。建设成本包括设备成本、建筑成本、土地成本等，运营成本包括运维成本、人工成本、充电成本等。其中，设备成本中的电池成本和运营成本中的运维成本是大头。新能源产业的爆发式增长增加了原材料的供应压力，推高了电池价格。而电池成本占据了储能电站成本的一半以上，导致储能电站的建设成本攀升。同时，很多储能电站采用人工巡检和运维模式，相关的运维成本占储能电站总成本的 30%以上。

安全问题是影响储能产业发展的又一个关键因素。近年来，全球发生多起储能电池爆炸起火事件。随着储能装机规模的扩大、电池单体数量的增加以及共享储能、云储能等新型储能形态的出现，储能产业面临的安全问题和挑战更多，安全管理水平需进一步提升。

目前，储能系统的整体利用程度偏低。根据中电联 2022 年发布的《新能源配储能运行情况调研报告》，我国电化学储能项目的平均等效利用系数为 12.2%。其中，新能源配储能利用系数仅为 6.1%，火电厂配储能利用系数为 15.3%，电网侧储能利用系数为 14.8%，用户侧储能利用系数为 28.3%。

### **数字化、智能化是解决储能产业发展难题的重要手段**

现有的储能系统本质上属于模拟系统，通过引入大数据、云计算、物联网、人工智能等数字技术，能够实现能量流与信息流的融合，为解决储能产业发展面临的难点问题提供解决方案。

利用数字技术可降低储能系统成本。通过建立电池的可重构网络，储能系统能够实现对电池的柔性和精细化控制，提升有效容量，延长循环寿命，大幅降低电池成本。依托云计算、区块链等数字技术，用户可随时、随地、按需使用集中式或分布式共享储能资源，按照使用需求支付服务费，共同分担储能设备的投资、安装、维护等方面成本，从而降低每个用户的相关费用支出和社会的整体资源投入。在运维方面，大数据、人工智能等数字技术可助力将传统的人工运维模式升级为智能运维模式。一旦发生故障，运维人员可第一时间通过线上操作完成故障电池模组的检测和单独隔离，无须人工巡检或系统全部停机，降低运维成本。

利用数字技术可提高储能系统安全防护水平。数字化的储能系统可以通过电池的可控并联来降低热损耗，通过电芯间的动态重组来防止热堆积，降低电池故障发生概率；一旦发生故障，通过控制可重构电池网络开关的通断实现电池的毫秒级拓扑重构和微秒级故障精准隔离，避免电池出现热失控，提升储能系统的安全水平。建设数据采集系统，准确采集电池的电压、电流、电阻等数据和电站的运行数据，可增强储能系统的感知能力。建设电池管理系统，存储、处理和分析电池数据，并结合人工智能技术评估电池的健康状态、一致性状态、荷电状态以及剩余寿命等情况，在此基础上开展电站和设备的状态分析、预警，可有效提升

安全防护水平。

利用数字技术可提升储能系统整体利用效率。2014年，清华大学能源互联网创新研究院能源战略与运筹研究中心提出了“云储能”的概念。2018年，国网青海省电力公司提出了“共享储能”的概念。目前，相关模式已在多个地区推广应用。区块链等数字技术是支撑“共享储能”“云储能”等新模式的底层技术，可将零散的储能资源整合在一起，实现储能资源的跨时空共享、复用，助力盘活闲散的储能资源，提升储能设备的利用率。

数据采集系统和电池管理系统可高效采集数据，增强数据的存储、计算、分析能力，实现智能诊断等功能。以物联网、区块链等为“技术底座”，借助“云-边-端”物联网架构建设储能云平台，可实现储能系统的大规模协同管理，提升响应速度，确保储能系统处于最佳运行状态。同时，依托数字技术可优化储能电站散热管理、功率分配等功能，降低储能电站的自身能耗和电能的二次损耗，提升运行效率。

### **加快推进储能产业数字化、智能化发展需多方协作**

我国储能产业目前的数字化、智能化整体水平还比较低。加快推进储能产业数字化、智能化发展，需要多方协作、共同发力。

在理论层面，学术界需加强储能产业数字化、智能化相关基础理论研究和机理分析，针对电池基础数据采集精度提升、信息能量同频处理、数字化储能交易机制与运营模式等问题开展攻关。

在政策层面，政府部门需出台针对性更强、更加细化的鼓励政策，以示范项目、优惠政策等方式支持储能产业数字化、智能化发展。积极推广数字化储能电站、智能运维、“共享储能”、“云储能”等新模式。

在市场层面，相关企业需积极探索各类数字技术在储能领域的应用场景，解决数据不联通、标准不统一导致的“信息孤岛”等问题，建设具备多种功能的数字化储能管理平台，打造智能化、全场景、体系化的服务，为各类用户提供“一站式”定制服务。

## **三、碳达峰、碳中和**

### **中国 CCUS 各环节技术取得显著进展**

科技日报 2023.8.1

近日，中国 21 世纪议程管理中心、全球碳捕集与封存研究院、清华大学共同发布了《中



国碳捕集利用与封存年度报告（2023）》（以下简称《报告》）。《报告》对近期我国二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）技术研发、项目示范、政策部署的有关情况进行了系统梳理，分析了碳中和目标下我国 CCUS 技术发展面临的潜在挑战，并提出了相关政策建议。

### **CCUS 是碳中和技术体系的重要组成部分**

CCUS 技术可以实现化石能源大规模可持续低碳利用，帮助构建低碳工业体系，同时与生物质或空气源结合可具有负排放效应，是中国碳中和技术体系不可或缺的重要组成部分。

随着国际应对气候变化进程的不断推进和技术水平的提高，CCUS 技术发展的外部条件和内在需求发生了明显的改变。

《报告》指出，近年来，中国 CCUS 各环节技术取得显著进展，具备了二氧化碳大规模捕集、管道输送、利用与封存系统设计能力和近期内实现规模化应用的基础。但是，各环节技术发展并不均衡，与规模化商业应用仍存在不同程度的差距。

“二氧化碳捕集技术发展存在明显代际。”报告召集人、中国 21 世纪议程管理中心研究员张贤告诉记者，在第一代捕集技术中，燃烧前物理吸收技术发展比较成熟，已经处于商业应用阶段，我国与国际先进水平同步。而燃烧后化学吸收技术，国际上已经处于商业应用阶段，我国还处于工业示范阶段。此外，我国的第二代和第三代捕集技术发展相对滞后，增压富氧燃烧和化学链燃烧技术在国内外均处于中试及以下阶段。同时，我国在生物能源与碳捕获和储存（BECCS）及直接空气捕集（DAC）等负排放技术领域也在积极开展有益探索。

二氧化碳输送是利用与封存的基础工程。《报告》指出，在我国，二氧化碳管道运输的潜力最大，在已开展的一些工程实践中，中国石油化工集团有限公司齐鲁石化—胜利油田项目已经建成百万吨级陆上二氧化碳运输管道，全长 109 公里，设计最大输量为每年 170 万吨二氧化碳。

中国二氧化碳化学和生物利用技术与国际发展水平基本同步，整体处于工业示范阶段。《报告》显示，我国在制备高附加值化学品方面，二氧化碳重整制备合成气和甲醇技术较为领先，例如中国科学院大连化学物理研究所和中国中煤能源集团有限公司在内蒙古鄂尔多斯立项开展 10 万吨/年二氧化碳加氢制甲醇工业化项目。

在二氧化碳矿化利用方面，钢渣和磷石膏矿化利用技术已接近商业应用水平，例如包钢集团开展了碳化法钢渣综合利用产业化项目，利用二氧化碳与钢渣生产高纯碳酸钙，每年可利用钢渣 10 万吨，成为全球首套固废与二氧化碳矿化综合利用项目。

### **中国 CCUS 发展需要应对四方面挑战**

尽管中国 CCUS 技术发展迅速，但当前阶段仍旧面临技术成本高、技术需求紧迫、源汇

不匹配、商业模式欠缺四个方面的挑战。

技术成本高是 CCUS 走向规模化应用必须要克服的难题。《报告》指出，CCUS 技术减排成本相对较高，与其他技术竞争优势不明显，而且经济社会尚未做好大宗商品价格上浮的准备，制约着 CCUS 技术推广应用。张贤告诉记者，加装和运行 CCUS 的高成本对电力、钢铁、水泥等行业造成较大压力。以煤电行业为例，加装 CCUS 设施的燃煤电厂发电效率会降低 20%—30%，发电成本升高约 60%。

让产业界尴尬的是，CCUS 的发展在时间上面临“技术锁定”风险。张贤表示，现役燃煤电厂、水泥厂、钢铁厂等高排放行业设备服役时间较短，强制退役将引起大量资产搁浅，据测算，金额可达 3.1 万—7.2 万亿元。《报告》预计，2030 年后，电力与工业基础设施的 CCUS 技术改造需求将迅速增加。因此，尽管当前的市场需求并不旺盛，但是为避免技术锁定，需加快技术研发和迭代升级，保证成本能耗较低的新一代二氧化碳捕集技术能够在窗口期广泛部署应用，发挥减排效益。

此外，我国二氧化碳大规模排放源主要位于东部沿海地区，化石能源资源主要分布在中西部，而适合封存的盆地主要分布在东北和西北地区。在没有全国性管网系统支撑的情况下，这种分布空间差异造成的源汇不匹配问题，极大限制了中国潜在二氧化碳封存容量的实际利用。

而全国性管网系统的构建又面临政策、管理、经济性等多方面约束，与国际上拥有丰富 CCUS 应用经验的国家和地区相比，中国的相关政策还有待完善，商业模式还有待开发。《报告》指出，国际经验表明，政府通过金融补贴、专项财税、强制性约束、碳定价机制等手段支持 CCUS 发展，能提高企业积极性，推动技术商业化。同时，国家应出台相应监管措施，明确 CCUS 项目开发过程中的权、责、利划分，提高企业长期运营的积极性，打消公众对 CCUS 项目安全性和环境影响的顾虑。

《报告》建议，加快探索构建面向碳中和目标的 CCUS 技术体系，推进技术研发和大规模集成示范；推动相关制度法规和标准体系的制定，引导形成各主体都能够有效参与的商业模式；此外，还应继续深化 CCUS 等绿色技术领域国际合作与交流，加强人才培养和创新能力建设。

# “碳”寻绿色发展 金融持续发力

中国城乡金融报 2023.8.2

## 核心提示

尽管全国碳排放权交易市场落地只有两年时间,成交规模却已属于全球领先水平。当前,全国碳市场扩容的呼声也日益增多。金融机构应围绕全国碳市场研发推出更丰富的金融产品,对接企业多维度金融需求。

全国碳排放权交易市场(以下简称“全国碳市场”)自2021年7月正式启动上线交易以来,至今已满两周年。两年多来,减排成效逐步显现,基本实现预期建设目标。截至7月16日,全国碳市场碳排放配额累计成交量2.40亿吨,累计成交额110.30亿元。

## 运行情况

全国碳市场设计初衷是试图通过“总量控制与交易”等手段,引导企业进行产业升级、绿色转型,从而在交易中获得正向激励,弥补节能减排损失,以市场化手段推动“双碳”目标的实现。

从全球范围看,欧盟碳排放交易体系(EU ETS)的运行最为成功,无论在交易品类还是运行机制方面,都为包括我国在内的其他国家碳市场发展提供了借鉴。

作为碳市场建设起步最早的发展中国家,我国早在2002年就通过清洁发展机制(CDM)项目生产核证减排量(CERs),参与国际碳交易。2011年,我国在北京、上海等城市开展碳排放权交易区域试点工作。2021年7月16日,全国统一碳市场正式上线,一经交易便以“全球覆盖温室气体排放量规模最大”而备受关注。

经过两年的运行和发展,全国碳市场政策法规体系也逐步建立。全国碳市场管理平台、全国碳排放权注册登记系统和全国碳排放权交易系统三大运行支撑平台上线投入使用,配额分配方案不断优化,碳排放数据质量持续提升。全国碳市场整体运行平稳有序,对企业的激励约束作用初步显现。

从实际运行效果看,全国碳市场虽然在交易规模、机制建设方面表现不俗,但相较欧盟等成熟碳市场仍有一定差距。一方面是交易产品单一,在碳现货产品方面,我国已是全球第一,但在碳期货产品方面,品类和交易量却不高,主要原因是价格发现和风险管理工具运用的缺失,而这也正是金融行业的用武之地。另一方面是激励作用不强,全国碳市场交易价格目前稳定在每吨64元左右,远低于碳价格高级别委员会40—80美元的建议,不能有效弥补企业节能减排的成本损失。

## 前景可期

良好生态环境是最公平的公共产品，也是最普惠的民生福祉。在市场经济条件下，这一目标的实现需要一系列市场化的要素支撑。近期召开的全国生态环境保护大会指出，要推动有效市场和有为政府更好结合，将碳排放权、用能权、用水权、排污权等资源环境要素一体纳入要素市场化配置改革总盘子，支持出让、转让、抵押、入股等市场交易行为。

作为促进“双碳”目标实现的市场化手段，全国碳市场主要通过释放合理的碳价格信号，推动企业间碳排放权资源的优化配置，引导其不仅要算“钱”账，还要算“碳”账，既能够将绿色低碳发展责任压实到企业，又能为其碳减排提供激励，从而实现以“无形之手”降低社会减排成本，扎实推进生态文明建设，加快建设美丽中国。

当前，首批纳入全国碳排放市场的主要为电力企业，在其推动下，不但参与企业积极通过碳交易寻求低碳技术、实现产业升级，行业能源结构也得到持续优化，非化石能源发电装机容量占全部装机比重历史性地突破 50%，一举超过化石能源。

展望未来，全国碳市场已然扩容在即，势必为国家乃至世界绿色低碳发展作出贡献。根据“十四五”规划，我国火电、建材、钢铁、有色、石化、化工、造纸和航空等八大高排放行业都将一一纳入“双碳”碳市场。全国碳市场纳管行业的丰富，参与企业的增加，不仅有望做大配额交易量及交易额，更能支持形成合理碳价，激励更多企业迈向绿色低碳发展之路。

## 鼎力支持

如前所述，企业自主自愿承担温室气体控排责任需要来自市场的正向激励，而市场正向激励信号的发出离不开金融机构的鼎力支持。

其次，在产业领域建立兼具操作性和持续性的碳效益信贷评估体系，将碳排放纳入授信审批决策环节，相关因素整合至信贷管理模型。

最后，积极探索以碳排放权、碳减排指标等为标的的基础和衍生金融工具交易，在证券、银行间等市场开发、投资发行碳中和指数、绿色金融和碳资产支持产品，为全国碳市场发展提供有效的交易及融资工具。

# “三侧” 灵活性资源多元化发展助力低碳转型

中国电力报 2023.8.2

7月18日，自然资源保护协会（NRDC）和厦门大学中国能源政策研究院主办的“‘双碳’目标下电力低碳保供策略与政策研究系列研讨会”在福建厦门举办。本次研讨会以“新

兴低碳技术发展路径展望”为题。

“风光等可再生能源的大比例接入,以及极端天气的频发,给电力系统带来巨大的挑战。面对这些挑战,以往利用火电等传统电源技术来缓解局部用电紧张的旧模式已难以为继,需要通过新兴低碳技术破局。”自然资源保护协会北京代表处首席代表张洁清表示,技术创新及配套政策支持的范围应该从过去的源、网技术为主向源、网、荷、储全链条延伸,并与气象预测、智能数字化技术进行深入地融合,通过高效低碳电源、智能输配网、需求侧资源以及储能等手段,实现电力系统的低碳转型和可靠供应。

“为实现‘双碳’目标,我们需要应对保障能源安全、降低用能成本、实现绿色生态这三重挑战。如何唤醒用户侧灵活资源是其中一个关键问题。”浙江大学电力经济及信息化研究所所长文福拴表示。

文福拴建议,应从多形态灵活性资源挖掘与调控、灵活性资源充裕度评估与提升,以及配套市场交易机制等方面开展系统研究与应用。此外,需要以灵活资源聚合调控与市场化交易机制促进可再生能源消纳和提升电力市场运营活力,支持能源的安全、经济、清洁运行。

“加快构建以新能源为主体、安全高效的新型电力系统是实现‘双碳’战略的重要举措。作为新型电力系统主体的新能源发电方式,具有随机性、间歇性和波动性,而储能具有能量平移、可控充放的特性,能够弥补灵活性资源的不足。”南方电网公司高级工程师刘小龙表示。

记者了解到,目前,储能的运营场景主要分为发电侧、电网侧、用户侧,其中用户侧储能的商业模式是最清晰的。用户侧储能通过分时价差套利获得收益,这也是目前用户侧储能实现盈利的主要方式。另外,针对部分场景还可以进一步挖掘用户侧储能在需求侧响应和需量管理上的盈利潜力。

“储能可以嵌入到‘零碳’建设的各个环节。‘零碳’建设包括零碳企业、零碳园区、零碳城市。其中,零碳城市建设是零碳省份建设的基础,零碳城市建设对于‘双碳’目标的实现具有重大意义。”谈及储能,厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强教授认为。

“零碳城市解决方案的整体思路和宁德时代的公司战略是一致的。”宁德时代储能事业部经理程厚响认为,一方面以可再生能源和储能为核心实现固定式化石能源替代,另一方面以动力电池为核心实现移动式化石能源替代。此外,还要以电动化和智能化为核心实现市场应用的集成创新。

此外,国网福建省电力有限公司经济技术研究院电网发展规划中心主任研究员林毅对未来十年福建电力系统供需能力进行了分析,并介绍了福建省新型电力系统省级示范区建设的

三大发展路线，分别是建设东南清洁能源大枢纽、建设高能级配电网大平台、构建数字闽电新形态。林毅强调，未来福建电力的低碳保供策略需要源网荷储的共同发力，包括发挥负荷侧灵活调节能力，多维度提升电网安全水平，加强应急处置能力，以及深化电力市场建设等。

## 全球碳排放与碳收支遥感评估科学报告发布

中国科学报 2023.7.31

日前，全球碳盘点卫星遥感研讨会在北京召开，会上发布了由中国科学院组织编写的《全球人为源碳排放与陆地生态系统碳收支遥感评估科学报告》（以下简称报告）。报告利用卫星遥感技术评估了全球和主要国别的人为源碳排放与陆地生态系统碳收支情况，在证实了当前主流科学认知的同时，取得了系列新发现，为中国应对气候谈判与碳盘点、服务碳中和评估提供了重要的科学数据。

实现“双碳”目标，精准的全球碳盘点，即计算每一项碳排放和碳吸收的贡献，是先决条件。卫星遥感正在成为新一代国际认可的全球碳盘点方法，可定量监测人类活动或生态系统与大气间二氧化碳的交换情况。

报告由中国科学院空天信息创新研究院（以下简称空天院）牵头，南京大学、西北农林科技大学、中国科学院南京土壤研究所、生态环境部卫星环境应用中心等单位共同编写，针对全球碳计划评估中碳收支不确定性最大的化石燃料与工业碳排放、土地利用碳排放、陆地生态系统碳汇，部署了 11 个专题。

报告显示，全球温室气体排放并未得到有效控制，过去 10 年，大气二氧化碳浓度以平均每年增长约千分之六的速度持续升高。过去 40 年，全球森林的加速损毁趋势并未得到遏制，森林面积持续减少，全球土地利用变化平均每年产生约 32 亿吨二氧化碳的排放量，是仅次于化石燃料碳排放的第二大排放源。其中，中国实施了大规模植树造林生态工程，中国土地利用变化为净碳汇效应、每年固定近 4 亿吨二氧化碳，有效降低了全球土地利用碳排放。

全球陆地生态系统碳吸收能力持续增强，基于卫星的同化反演结果表明，过去 10 年，全球陆地生态系统平均每年吸收 137 亿吨二氧化碳，其中中国陆地生态系统每年吸收 13 亿吨二氧化碳，约占全球 1/10。全球陆地土壤有机碳储量呈逐渐增加趋势，过去 40 年，全球土壤每年吸收约 13 亿吨二氧化碳，其中中国实施了大规模保护性耕作和生态管理举措，中国土壤固碳速率最高，约占全球 1/4。

报告还显示，中国碳卫星不仅可以实现全球大气二氧化碳浓度的高精度观测，还可以同化反演全球和主要国别的净碳通量，即陆地与大气之间的二氧化碳净交换量。经过中国碳卫星同化优化计算的全球净碳通量估算偏差大幅缩小，将年净碳通量估算偏差从 43 亿吨二氧化碳降低到 4.7 亿吨。

“在国家重点研发计划项目支持下，我国将于 2025 年发射下一代碳卫星，可以更高精度、更高效地监测全球大气二氧化碳浓度，进一步提高我国国产卫星在大气温室气体浓度、人为源碳排放、陆地生态系统碳汇等方面的监测能力，为全球碳盘点和国家‘双碳’战略目标提供中国自主的科学数据。”中国科学院院士、空天院院长吴一戎说。

## 首个“零碳供电所”正式投运

中国电力报 2023.8.3

随着国家“双碳”目标的提出，光伏等清洁能源接入呈现爆发式增长。为提高清洁能源的利用率，国网江西省电力有限公司紧抓绿色高质量发展理念，依托“基于新能源打造‘零碳’的界埠供电所”科技项目，发展屋顶光伏、实施精准降损工程、营造低碳文化，近期，该项目在吉安新干县正式投运，为江西省首个零碳供电所。

该项目聚焦“光储充一体化智能微网系统”建设，开展了面向光伏发电系统安全稳定运行的关键技术、光伏发电系统与储能系统协同运行关键技术研究，并在界埠供电所建设了 60 千瓦的屋顶光伏和 20 千瓦时的储能工程，同时对厨房进行了全电化改造，加装了两个 60 千瓦的充电桩。并将各类运行的数据接入绿色生态乡镇综合能源管理平台，对各类设备进行精准监测。通过“屋顶光伏 + 储能 + 电能替代 + 精准降损”的模式，达到供电所的用能供需匹配和电力电量实时平衡，实现“零碳”的目标。

据悉，该项目投运后，每月可产生电能超过 5622 千瓦时，预计每月减少二氧化碳排放约 39.234 千克，实现了清洁能源发电的高效利用和峰谷用能的有效调节，响应了国家碳达峰碳中和的战略方针。

## 实现新污染物精准识别快速筛查

中国环境报 2023.8.10

生态环境部南京环境科学研究所（以下简称南京所）围绕新污染物调查监测和环境风险评估技术需求，发挥环境暴露评估学科技术优势不断开拓创新，目前，已建成新污染物环境暴露预测和监测一体化的智能评估系统，实现以科技护航新污染物治理向纵深推进。

新污染物种类多、数量大、分布广，这为新污染物环境调查监测对象、介质、范围、样品代表性等的确定带来很大困难。

为此，南京所基于前期国家重点研发计划项目、863 课题等研究成果，自主开发了基于行业性排放场景、污水处理过程模拟和稳态多介质模型的新污染物环境暴露智能预测软件（CET）。

根据化学物质生产使用量和固有属性等输入参数，平台可以实现不同行业化学物质环境排放量以及最终进入地表水、大气、土壤、地下水等环境介质中新污染物含量的自动预测，支撑新污染物监测方案的设计，提高监测精准性。

经验证，CET 软件预测精准性与国外同类软件相当，是《化学物质环境与健康暴露评估技术导则（试行）》推荐使用的暴露预测软件之一，目前已在新化学物质环境管理登记中广泛应用，为优先评估化学物质的环境暴露实测提供技术参考。

南京所整合全所检测优势队伍，成立华东生态环境监测中心和长三角新污染物测试与评估重点实验室，投入自有资金购置新污染物检测所需的高分辨质谱、串联质谱等仪器设备 125 台套，拓展检测区域 4000 平方米，系统构建了新污染物靶向/非靶向监测技术体系，开展了关键指标的实验室间比对验证。目前，监测能力已覆盖《重点管控新污染物清单（2023 年版）》中全部 14 类别 155 种物质，可实现未知环境样本中新污染物非靶向筛查到靶向定量的高通量检测，结合暴露预测结果可形成对新污染物环境迁移转化过程的精确刻画。

为培养专业技术人才、不断提高新污染物环境暴露“智”评水平，南京所精准施策激励创新，积极响应国家新污染物治理技术需求，在“十四五”科技创新三年行动计划、创新团队建设专项等科研计划或指南中设置新污染物治理相关专题，在华东危险废物环境风险防控中心建设过程中，着力提升新污染物与有毒有害化学物质环境风险防控业务能力，鼓励科研人员不断巩固、深化环境暴露评估学科技术成果。

下一步，南京所将持续完善新污染物暴露监测和预测技术体系，提高新污染物识别精准化和智能化水平，不断解决新污染物治理中的难点、痛点问题。



# 微藻——材料复合体有望变碳为宝

科技日报 2023.8.16

微藻不仅是地球上古老而又广泛存在的光合作用生物，同时也是地球上光合作用效率最高的生物，其光合作用效率是陆生植物的 10—50 倍。

如今，对微藻光合作用能量的利用有了新途径。近日，南昌大学化学化工学院特聘教授熊威联合浙江大学化学系唐睿康教授在《国家科学评论》上首次提出了“微藻—材料复合体”的概念，系统地梳理了这一复合体的构建方法及其在能源、环境和健康领域的应用，阐释了微藻—材料复合的化学机制。

## 材料与微藻结合有助于实现碳中和

当前，全球正面临着碳减排和资源短缺的双重压力，而微藻又被视为极具潜力的新型微生物光合平台，具有将太阳能和二氧化碳直接转化为各种生物基产品的潜力，该生产模式被称为光驱固碳合成技术，可以同时起到固碳减排和绿色合成的效果，是有望助力“双碳”目标实现的新型生物制造技术路线。

“据估算，微藻每年可固定二氧化碳约 900 亿吨，以微藻为代表的海洋浮游植物年固碳量占全球净光合固碳的 40%以上。”8 月 14 日，熊威在接受科技日报记者采访时说，然而受制于微藻自身的特性，微藻光合作用能量转化尚无法实现大规模应用。

“在自然界中，生命体可以通过生物矿化为自身形成有机—无机复合材料，以实现功能的进化并增强环境适应性。受到生物矿化现象的启发，科学家们尝试通过材料与微藻的结合，赋予微藻新的功能，以实现微藻光合作用能量的利用。”上海师范大学生命科学学院马为民教授认为，相比于传统的基因工程改造，这种基于材料的微藻功能化改造操作更加简便，成本更加低廉。未来，微藻—材料复合技术在清洁能源、环境保护和生命健康等领域的应用将有助于实现碳中和。

据了解，微藻—材料复合体的研究已经进行了十多年，其目的是在能源、环境和医学等领域的应用中增强复合体的生物功能。微藻与材料的复合已经在二氧化碳固定、氢气生产、生物电化学能量转换和生物医学治疗等方面取得了重要进展。

## 两种机制让微藻功能得到改进

“微藻光合固碳的应用受到细胞稳定性和可重复利用性的限制。”熊威说，二氧化硅固定化蓝藻是微藻—材料复合体增强光合能量转换的开创性尝试，为提高微藻光合固碳能力开辟了新的道路。随后研究团队又发展了二氧化硅单细胞包裹蓝藻提高光合作用效率的策略。

通过材料诱导微藻聚集，还能促使微藻在固碳的同时产生氢气。

光合作用的过程伴随着生物电流。然而，生物电只存在于蓝藻细胞或叶绿体内。如果要利用胞内生物电，光合作用产生的电子必须穿过细胞质到达细胞质膜并输出到外部电极。

“基于微藻—电极复合的生物光伏系统（BPV）为生物电化学能量的高效转换提供了一种方式。”熊威说。

“微藻—材料相互作用有两个层面的含义，一是材料诱导构建微藻—材料复合体，二是材料对微藻功能进行改进。”熊威解释道，从构建微藻—材料复合体的角度来看，其化学机制是微藻通过分子间作用力、共价键或配位键与材料结合形成生物—非生物界面，材料通过干扰微藻与胞外环境之间的物质和能量传递来影响微藻的功能。除了微藻—材料复合体的结构外，复合体结构中微藻—材料的相互作用是最关键的问题。

“基于以上研究，我们提出了材料改进微藻功能的两种机制：一是微藻与材料间的电子传递，二是材料诱导的细胞微环境转变。”熊威说。

据了解，目前蓝藻和绿藻是用于构建微藻—材料复合体的最主要的两个微藻种类。然而，还有许多其他门类的微藻有待研究。除了微藻本身的特性外，合适的材料策略是影响微藻—材料复合体功能的关键因素。

熊威说，在微藻细胞表面原位形成仿生材料是构建微藻—材料复合体的主要途径，但该途径仍存在许多有待解决的问题。“离心操作对细胞造成的损伤不可避免，细胞表面的精细材料结构尚未实现，微藻—材料复合体的循环利用性有待改进，微藻—材料复合体的寿命有限……这些问题都要逐一去解决。”熊威说。

熊威认为，这些研究强调了材料对微藻的改造作用，凸显了材料在生物进化中的重要意义，为材料在生物学中的应用提供了创新的思路。

## 我科学家实现从二氧化碳到糖的精准全合成

科技日报 2023.8.18

近日，中国科学院天津工业生物技术研究所成功构建了灵活性、高效性及多功能性的人工生物系统，实现了多种己糖从头精准合成，解决了糖分子立体结构可控的难题，为摆脱自然合成途径、利用二氧化碳创造多样的糖世界提供了可能。该研究成果是在二氧化碳合成淀粉基础上的一个重大突破，于8月16日发表在国内期刊《科学通报》上。

糖是人类生命活动及日常生活中的重要物质，也是当今工业生物制造的关键原材料。己糖是在自然界广泛分布、与机体营养代谢最为密切的糖的统称。中国科学院天津工业生物技术研究所开发了人工转化二氧化碳从头精准合成糖技术，基于碳素缩合、异构、脱磷等酶促反应，与中国科学院大连化学物理研究所科研团队合作，设计构建化学—酶耦联的非天然转化途径，工程化设计改造酶蛋白分子的催化特性，实现了精准控制合成不同结构与功能的己糖，其碳转化率高于传统植物光合作用，同时高于已报道的化学法制糖以及电化学—生物学耦联的人工制糖方法，是目前人工制糖路线中碳转化效率的最高水平。与此同时，该研究建立了可进一步延伸糖产物种类和构型的生物系统，可实现人工创造糖分子多样性。

该研究成果颠覆了依赖糖生物质资源转化制备复杂糖分子的范式，提供了一种灵活的、可拓展的糖制造模式，可获得自然界含量稀少的功能糖分子，从而拓展应用范围。

## 国内首个零碳现代化海洋牧场示范项目在汕尾开工

广州日报 2023.8.28

近日，汕尾市 2023 年第三季度重大项目暨海洋牧场举行集中开工仪式，汕尾市江牡岛海域海洋牧场开放式养殖用海项目、中广核（陆丰）风渔融合项目及陆丰现代海洋渔业种业产业园项目同步开工，标志着汕尾深远海养殖实现零的突破。值得一提的是，此次开工建设的汕尾市江牡岛海域海洋牧场开放式养殖用海项目，是国内首个零碳现代化海洋牧场示范项目。

在陆丰市辽阔的后湖海域上，一排排风车并肩而立、迎风飞转，总投资 2 亿元的中广核汕尾风渔融合项目便坐落于此。该项目是全国首个布置于台风无掩护海域的桩基桁架式“风渔融合”型海洋牧场、国内首个规模最大的具备综合科研实验功能的“风渔融合”项目，也是全省首个“风渔融合”型海洋牧场、全省首个建设单体 6 万立方米的桁架式养殖网箱项目。

### “一条鱼”产生“多条鱼”的价值

而作为国内首个零碳现代化海洋牧场示范项目，此次开工建设的汕尾市江牡岛海域海洋牧场开放式养殖用海项目则布局现代化海洋牧场和海洋观光旅游产业，充分发挥养殖业的阶段性养殖特性，主要开展筏式贝类、底播贝类、深水网箱、综合平台等方面的工作，打造成为海上风电区域融合深远海养殖的中间培育重要枢纽。

同步开工的陆丰现代海洋渔业种业产业园项目，集种苗育种、科研实验、科技培训等产

学研于一体，将建设石斑鱼、海鲈、牡蛎三倍体种苗基地。目前，一条集海上养殖、加工贸易、冷链仓储、集散流通的全产业链条正在汕尾加速形成，让“一条鱼”产生“多条鱼”的价值。

### 将规划拿出 775 平方公里的海洋牧场选址

作为全省 7 个现代化海洋牧场先行示范区之一，汕尾坚持规划先行，以“兴海强市”示范工程为抓手，加快编制面向 2035 年的现代化海洋牧场建设规划，规划拿出 20 片、775 平方公里的海洋牧场选址。其中，风渔融合发展区多达 552 平方公里，占比超七成。

汕尾市有关负责人表示，作为粤东地区首批开工建设大型现代化海洋牧场项目的地级市，汕尾将加快推动种业、养殖、精深加工、物流运输、装备制造、文旅康养等全产业链发展，以“蓝色引擎”激发高质量发展新动能。

## 新加坡多举措降低工业碳排放

经济日报 2023.8.28

新加坡将绿色发展作为推动经济持续增长、实现创新发展和增加社会就业等方面的新引擎，陆续出台了一系列推进绿色经济发展的政策措施，旨在将绿色经济与可持续发展纳入国家和企业发展计划，确保新加坡经济保持长期活力与竞争力。

近年来，新加坡为支持联合国通过的《2030 年可持续发展议程》及《巴黎协定》，将绿色发展作为推动经济持续增长、实现创新发展和增加社会就业等方面的新引擎，陆续出台了一系列推进绿色经济发展的政策措施。

据统计，新加坡工业领域的碳排放量，占全国碳总排放量的 60% 以上。为进一步降低工业碳排放量，新加坡政府一方面加速向天然气、太阳能、区域电网和氢能等低碳替代能源转型；另一方面，将从 2024 年起分阶段上调碳税，目标是到 2030 年，从目前每排放 1 吨温室气体征收 5 新元，增至每吨 50 新元至 80 新元，促使企业进一步向绿色经济转型发展。

2021 年 2 月，新加坡政府公布“2030 年新加坡绿色发展蓝图”，为城市绿化、“可持续生活”和绿色经济各方面制定明确目标，旨在强化新加坡现有的绿色计划和应对气候变化的举措。希望推动公共领域、企业和个人在未来 10 年朝永续发展的目标迈进。

为鼓励企业在绿色经济领域创新，新加坡政府出台了一系列激励措施。2021 年，新加坡企业发展局推出企业可持续发展计划，协助企业将可持续发展纳入商业运营，以及加强企

业在资源优化和标准采用等方面的能力。另外，寻求开发新产品与服务以应对气候和可持续发展挑战的创新企业，也可通过这项计划获得政府资助。据估计，该计划将至少使 6000 家企业受益。与此同时，政府还积极帮助企业开展绿色融资，解决企业绿色转型和脱碳需要大量融资和投资的难题，助力企业把握绿色经济发展新机遇。

另外，政府金融业等部门对企业绿色发展的支持力度也在不断加大。新加坡金融管理局成立了绿色金融业工作小组，以进行绿色项目分类，并对绿色发展的相关活动提出明确定义和标准，帮助业内人士达成共识，为绿色项目融资者提供透明度和信心。此外，金融管理局还为企业提供了各项津贴，以协助企业抵消在申请绿色和可持续债券及贷款时所面临的额外成本。

目前，新加坡的银行和投资者越来越重视绿色经济发展项目，普遍将可持续发展纳入其贷款与投资评估框架和流程。商业银行、多边开发银行和影响力投资者等资金提供者也采取相关措施，为申请绿色融资的企业提供更明确的资格要求，包括相关绿色标准或认证。

总体来看，绿色经济、数字经济和先进制造业等已经成为新加坡经济的主要增长点，将为新加坡创造更多投资机遇。新加坡经济发展局正与碳密集型企业合作实现脱碳，以协助本地制造业在 2050 年落实新加坡“碳零排放”目标的同时，致力于吸引具有潜力的科技公司前来本地投资。

2022 年 10 月，新加坡和澳大利亚签署《新加坡—澳大利亚绿色经济协定》，将全面深化在绿色经济方面的合作，致力于推动贸易和投资、碳市场、绿色金融等七大领域的多个项目，包括支持消除环境产品和服务的贸易壁垒。这是新加坡签署的第一份绿色经济协定，也是全球第一份以绿色经济合作为重点的双边协定。2023 年以来，新加坡与马来西亚、越南、英国等签署合作协定，促进和开展在绿色经济等领域的合作。

此外，为更好地促进绿色经济发展，政府加大了金融支持力度。2021 年，新加坡政府和金融业合作推出绿色贸易融资标准，2022 年又出台绿色债券框架，发行首个政府绿色债券。新加坡计划在 2030 年前发行总额高达 350 亿新加坡元的绿色债券，资助公共领域的绿色基础设施项目。新加坡政府通过多措并举的努力，旨在将绿色经济与可持续发展纳入国家和企业发展计划，打造以绿色经济为主要增长点的经济新引擎，确保新加坡经济保持长期活力与竞争力。

# 广东将有序扩大碳市场覆盖范围推动形成粤港澳大湾区碳市场

广州日报 2023.8.25

近日,《广东省碳交易支持碳达峰碳中和实施方案(2023-2030年)》(下称《方案》)由省生态环境厅印发实施。《方案》提出,有序扩大碳市场覆盖范围,组织开展纺织、陶瓷、数据中心、交通、建筑等行业企业碳排放核算,并将其逐步纳入广东碳市场。与此同时,推动形成粤港澳大湾区碳市场,同时加强广东碳市场与国际碳交易机制间的政策协调。

《方案》提出,力争到2030年,碳市场运行实现成熟化专业化,与碳达峰碳中和目标相匹配的碳市场体系基本建成,市场定价基本反映减碳成本,纳入碳交易的企业碳排放占全省能源碳排放比例达到75%。粤港澳三地市场化减碳机制合作加速融合,粤港澳大湾区碳市场建设取得明显成效,国际碳定价机制交流合作进一步深化,逐步形成“国际+国内”“强制+自愿”开放有序的碳市场体系,有力支持广东实现碳达峰目标,为广东2060年实现碳中和奠定坚实基础。

有序扩大碳市场覆盖范围。结合省重点行业碳达峰行动,组织开展纺织、陶瓷、数据中心、交通、建筑等行业企业碳排放核算,并将其逐步纳入广东碳市场。研究开展欧盟碳关税机制应对,将欧盟碳关税覆盖行业纳入广东碳市场管理。研究降低高耗能高排放低水平项目纳入广东碳市场的准入门槛,扩大碳市场覆盖范围。

《方案》同时提出,做好与全国碳市场有序衔接。进一步提升广东省电力企业等在碳排放数据监测、碳排放数据报告与核查、碳配额分配、交易登记结算、市场风险控制及碳配额清缴履约的能力,严把碳排放数据质量关,建立数据质量常态化监管制度,实施定期核实和随机抽查的工作机制,全力配合做好我省电力企业等在全国碳市场各履约周期的工作。

推动形成粤港澳大湾区碳市场。在生态环境部指导下,与香港、澳门探索建立粤港澳大湾区碳市场协同机制,推动常态化沟通。探索基于广东碳市场现有基础,链接港澳交通运输、建筑等行业企业,研究大湾区交通运输、建筑等行业碳排放核算、数据报告指南、核查指引等标准和制度体系,开展能力建设活动,适时开展碳配额分配方案研究。搭建联通三地的数据报送、注册登记等基础设施平台建设,发挥广州碳排放权交易中心等相关机构的平台功能,依托其搭建大湾区碳交易等环境权益交易与金融服务平台。

# 十部门联合印发《绿色低碳先进技术示范工程实施方案》

中国电力报 2023.8.24

近日，国家发展改革委等 10 部门联合印发《绿色低碳先进技术示范工程实施方案》（以下简称《方案》），旨在通过实施绿色低碳先进技术示范工程，布局一批技术水平领先、减排效果突出、减污降碳协同、示范效应明显的项目，加快占领全球绿色低碳技术和产业高地。

《方案》提出，到 2025 年，通过实施绿色低碳先进技术示范工程，一批示范项目落地实施，一批先进适用绿色低碳技术成果转化应用，若干有利于绿色低碳技术推广应用的支持政策、商业模式和监管机制逐步完善，为重点领域降碳探索有效路径。到 2030 年，通过绿色低碳先进技术示范工程带动引领，先进适用绿色低碳技术研发、示范、推广模式基本成熟，相关支持政策、商业模式、监管机制更加健全，绿色低碳技术和产业国际竞争优势进一步加强，为实现碳中和目标提供有力支撑。

《方案》明确 3 个重点方向。一是源头减碳类。包括非化石能源先进示范项目、化石能源清洁高效开发利用示范项目、先进电网和储能示范项目、绿氢减碳示范项目。二是过程降碳类。包括工业领域示范项目、建筑领域示范项目、交通领域示范项目、减污降碳协同示范项目及低碳（近零碳）产业园区示范项目。三是末端固碳类。包括全流程规模化 CCUS 示范项目、二氧化碳先进高效捕集示范项目、二氧化碳资源化利用及固碳示范项目。

为强化项目保障，《方案》提出 3 方面支持举措。一是资金支持。各地区应通过预算内投资及其他财政资金渠道，加大对绿色低碳先进技术示范工程建设的支持力度。二是金融支持。加强金融税收政策支持，积极发挥碳减排支持工具、气候投融资等绿色金融产品作用，引导金融机构为符合条件的项目提供资金支持，并落实国家首台（套）重大技术装备等保险补偿机制。三是资源环境要素保障。加强用能要素保障，将碳减排效果作为节能审查的重点考量因素；加强用地要素保障，鼓励地方探索弹性年期出让、长期租赁、先租后让、租让结合等灵活的土地供应方式，保障用地需求。

## 国内单体产能最高异质结电池片项目投产

科技日报 2023.8.29

国内单体建筑面积最大、单条生产线最长、单体产能最高的异质结电池片生产项目于近

日在四川省眉山市丹棱县投产。该项目占地 387 亩，建筑面积约 10.6 万平方米，总投资达 45 亿元，建成后可实现年营业收入 100 亿元以上，并新增就业岗位 1500 多个。

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

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

“在新型材料应用及新技术新工艺方面实现突破，是公司接下来的研发重点。”投产仪式现场，眉山链升光伏科技有限公司董事长王新表示，该项目在建设时期，就与电子科技大学、西南石油大学等多所高校建立了合作关系，同步开展技术研发。未来，公司将会继续加大研发力度，追求更高产线效率、更低返工率和度电成本，助力光伏材料创新变革。

## 四、生物质能、环保工程（污水）

### 我国科学家找到塑料垃圾处理新方案——常温常压下可降

#### 解 9 种塑料

科技日报 2023.8.3

塑料垃圾处理问题是全球性难题。每年有约 6 亿吨塑料垃圾被弃置到自然环境中，难以降解的塑料造成不断累积的环境污染危机。

华东师范大学化学与分子工程学院教授、博士生导师姜雪峰课题组建立了一种温和的光降解方案，通过协同的铈酰光催化机制，在常温常压下实现了 9 种塑料的降解，其中包括 5 种塑料的混合降解，为塑料垃圾处理提供了可持续性解决方案的科学模型。相关论文成果于



7月29日发表于《科学通报》(science bulletin) 期刊。

姜雪峰认为做到闭环和循环才是塑料降解的意义,如果能将使用后的塑料垃圾再次转化为单体或其他高附加值基础化学原料,用于生产具有不同性能的新塑料,就能最大程度减少物质和能量的损耗以及塑料使用后所带来的污染。

研究团队长年专注硫化学研究,他们发现,铈作为催化剂,在硫的氧化过程中可以实现精准调控,并且绿色环保。“既然铈能够把硫这么精准地调控氧化,而且这么柔和、环保,为什么不拿它来做塑料的氧化和切断?”8月2日,在接受科技日报记者采访时,姜雪峰介绍说,“我们就拿它尝试,果真能可控地氧化、降解塑料。”

姜雪峰课题组设计以六水合硝酸铈作为光敏剂,在常温常压下成功将9种常见塑料降解为苯甲酸和对苯二甲酸等化工产品的原材料,其中还包括5种塑料的混合降解。

在460纳米蓝光照射下,聚苯乙烯可以30%分离产率获得苯甲酸,聚苯乙烯泡沫可以40%产率降解为苯甲酸,高抗冲聚苯乙烯可以32%收率降解为苯甲酸。公斤级真实聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)瓶能够在2天内以88%的产率降解为对苯二甲酸……

“原本这些塑料的自然分解要花几十年甚至数百年,用这种策略在一两天之内就能把它们分解,而且分解出的物质还能拿去做新型的、更好的塑料,或者变成医药中间体,用到医药上;也有可能用到香精香料生产上。”姜雪峰说。

此外,塑料垃圾往往带有色素、黏合剂、水渍,甚至污渍,目前,处理它们需要前期分拣、清洗,达到很干燥、很纯净才行。“采用新的光降解方案,瓶子不需要清洗,里面有水也没关系,标签也不用摘除,即使有色素、黏合剂或发泡剂,依然可以降解。”姜雪峰希望能把这项技术应用到复杂真实场景的塑料降解上。

据了解,研究团队还设计开发了新型连续流光反应装置用于PET降解,与管式操作相比,效率提高5万多倍。未来,他们将进一步扩大实验规模,并研发实用的大型装置。

## 强化技术创新,助废旧衣物重获“新生”

科技日报 2023.8.4

很多人家中的废旧衣物一度处于“扔之可惜,留着不穿”的状态。而随着生活垃圾分类的推行,废旧衣物被归类于可回收垃圾,在北京、浙江、上海等地的小区里,出现了有“纺织品”字样的回收柜,打开废旧物资回收网站,也可以看到纺织品回收的选项。

这些废旧衣物被回收后将如何循环利用？科技在这一过程中如何发挥作用？8月初，科技日报记者采访了相关专家。

### **我国年废旧纺织品回收率仅 15%**

东华大学材料科学与工程学院教授王华平说，目前，全球年服装销售量超过 1000 亿件，纺织服装业占用了全球 2.5%的土地、超过 2%的原油和淡水，排放了 8%—10%的碳、20%的工业废水、35%的海洋微塑料。但全球废旧纺织品资源化回收率仅为 13%，回收后再用于制作服装的比例小于 1%。在我国，每年废旧纺织品产生量大于 2500 万吨，但资源回收率仅为 15%。

废旧产品的循环利用主要包括梯次利用和再生利用。对废旧衣物来说，梯次利用主要是指二手衣物销售或捐赠。近 5 年的数据统计显示，目前需要大批量衣物捐助的地方逐渐减少，简单的旧衣捐赠已无法满足偏远地区的需求。而且根据有关规定，考虑到卫生与安全问题，内衣裤或 T 恤等直接接触皮肤类的旧衣物是不能进行捐赠的，但此类衣物生产量超过 60%。因此，回收的废旧衣物，只有极少数部分可被重新利用，大部分则被运到垃圾厂进行焚烧或填埋，造成严重的资源浪费和环境污染。

“包括废旧衣物在内的废旧纺织品回收再利用，是我国实现低碳与可持续发展的重要组成部分。”王华平说。

### **废旧衣物资源化面临经济、技术等挑战**

我国是全球最大的纺织服装生产国和消费国，目前 80%的纺织品是化学纤维产品。据有关研究机构测算，每利用 1000 克废旧纺织品，可降低 3600 克二氧化碳排放量，节约 6000 升水，减少使用 300 克化肥和 200 克农药。如果我国废旧纺织品全部得到循环利用，可直接减少我国耕地占用面积 2000 万亩，年节约原油 2400 万吨。

废旧衣物回收循环利用的阻碍有哪些？中国循环经济协会常务副会长赵凯说，从生产环节看，目前纺织品绿色设计不足，易拆解、易分类、易回收性欠佳。从回收环节看，回收端分布不足，布局尚不完善，回收主体以小企业、个体户为主，缺乏经济化、资源化的分拣与处理中心。从综合利用环节看，废旧衣物在流通过程中的消毒、规范管理还有问题。加工利用企业由于前期投入大，如果后端产品附加值不能保证，商业模式就会出现问題，影响回收利用的动力。

王华平也认为，我国废旧衣物资源化面临品质、技术与经济等诸多方面的挑战。比如回收的废旧衣物以多材质混纺为主，识别、翻新、分割、分拆、分级等自动化规模化与连续化智能化处理水平低，装备的适应性及综合利用水平低，原始颠覆性创新与集成进展慢，产业

链标准系统难以成型等。

### 应加大回收再利用新技术的产业化开发

2022年，国家发展改革委、商务部、工信部印发的《关于加快推进废旧纺织品循环利用的实施意见》提出，到2025年，废旧纺织品循环利用体系初步建立，废旧纺织品循环利用率达到25%，废旧纺织品再生纤维产量达到200万吨。

当前，我国在废旧纺织品资源化技术创新、产业化等方面已取得一定进展。“我们研发的化学法再生循环技术以废旧纺织品为原料，通过彻底的化学分解将其还原成聚酯原料，重新制成新的具有高品质、多功能、可追溯、不断循环的涤纶。”浙江佳人新材料有限公司副董事长陈国明说，公司每年处理废旧纺织品达4万吨，年产再生产品3万吨，每年可减少二氧化碳排放7.2万吨，节约石油40万吨，不仅填补了国内在废旧纺织品循环再生领域的空白，也产生了良好的经济和生态效益。

“我们还应创新废旧纺织品回收再利用新技术的产业化开发，建设高水平的现代废旧纺织品处理产业体系，培育废旧纺织品处理领军企业矩阵，提升循环再利用的低碳与环境效益，建立与完善废旧纺织品清洁化生产考核和安全评价体系等，促进废旧纺织品处理产业高质量发展。”王华平说。(李禾)

## 再生塑料产业标准更健全

经济日报 2023.8.10

日前，国内首个本土绿色再生塑料产销监管链标准正式发布。这意味着我国绿色再生塑料规范体系进一步健全，再生塑料实现可追溯，将开启绿色再生塑料供应链的新篇章。

与此同时，中国物资再生协会再生塑料分会秘书长王永刚认为，塑料污染治理是一项复杂的系统工程，应对塑料污染还需建立完善的全生命周期管理体系。

### 新标准填补国内空白

近年来，随着经济发展和消费水平的提高，我国塑料消费量持续增长。中国物资再生协会再生塑料分会发布的报告显示，2022年我国废塑料产生量6000多万吨，其中废塑料回收量1800多万吨，回收率达30%，高于全球废塑料回收平均水平。

值得注意的是，近年来，我国再生塑料规范体系不断完善。此次发布的绿色再生塑料产销监管链标准填补了国内空白，对企业塑料再生管理和生产过程提出了具体要求，其中包括

企业社会责任、过程控制、材料采购、销售、外包等各个环节。

“生产再生塑料产品如同做菜，不同的人、不同的材料做出来的菜口味差别会很大。我们就是对再生塑料‘做菜’的全过程进行监管追踪，对材料准备到‘端上餐桌’的各个环节进行具体规定，不仅要向市场供应安全可靠的绿色再生塑料，更要进一步提升再生企业的管理和经营水平。”绿色再生塑料供应链联合工作组办公室副主任侯聪解释说。

由中国石化联合会、中国物资再生协会、中国塑料加工工业协会携手上下游企业共同成立的国内第一个为推动塑料循环经济的产业链平台，不断探索绿色再生塑料规范化应用的条件，在充分吸收国内外标准规范建设先进经验的同时，打造适合本土的包含标准体系、认证体系和检测体系在内的绿色再生塑料规范体系。

继 2021 年《塑料制品易回收易再生设计评价通则》（以下简称“双易设计标准”）以及双易标识“回”字标发布后，2022 年，又发布了旨在让更多塑料废弃物充分实现规范化再生利用的绿色再生塑料规范体系以及“再”字标。2023 年，为了支撑“再”字标的使用，进一步完善标准体系，贯穿整个产业链的我国首个本土绿色再生塑料产销监管链标准出炉。

### **行业痛点难点仍待解**

我国是再生塑料大国但并非强国，再生塑料产业大而不强的难题亟待解决。

“目前，一些国家普遍拥有较完善的再生塑料应用规范体系及认证标识。由于本土相关标准的缺失，我国再生塑料行业还存在技术水平低、品控难度大、缺乏有效的信息传递机制、难以开展流向监管等问题。”侯聪分析。

侯聪认为，过去我国再生塑料应用的主要目的是降成本，未考虑其可持续价值。在该领域的探索仅限于部分产业试行生产者责任延伸制度，并未对产品中再生成分提出强制性要求，这不利于促进废塑料的资源化利用。而一些国家和地区从一开始就强调了再生应用在构建塑料循环经济中的重要地位，并通过认证、规则体系加以推动，结合强大的社会舆论监督压力，形成了对塑料产业链较强的驱动力。

江西格林循环产业股份有限公司 ESG 推广与战略市场总监李坤认为，当前，我国再生塑料供应链上下游缺乏溯源监管机制。再生塑料的回收利用不仅有资源属性，还具有显著的环境属性。

当前，全球材料供应链都在大力推动使用再生塑料，但是对再生塑料的回收流程是否环保规范、产品质量是否有保障、来源是否能保证材料安全无害等过程监管需要有强制管控措施。只有通过严格的管控措施，将废塑料从回收再生端同步纳入后端改性、制造、产品应用的质量监管体系中，建立起全流程的溯源监管机制，才能提升再生塑料应用技术水平，推动

再生塑料产业链绿色化和环保化，提升我国再生塑料循环利用在全球市场上的竞争力。

当前，消费者对再生塑料的接纳度有待提升。既认同加强资源回收，提升废塑料循环利用水平，又担心自己购买的产品中添加了再生塑料。究其原因，部分消费者还是担心使用的再生塑料产品质量不过关。

对此，李坤认为，一方面要引导消费者认可、积极使用再生材料产品，以资源循环为荣，把消费使用了再生塑料产品作为一种时尚。另一方面要在回收端提升废塑料回收利用行业的绿色化水平，在制造端加强导入再生塑料的监管力度，杜绝以次充好，将不安全、质量无保障、来源不可靠的再生塑料挡在制造环节之外。

“建议结合我国生产技术和再生塑料供应能力等实际情况，选取部分非人体接触类应用领域，提出再生比例要求，并按照绿色再生塑料规范体系要求，对全过程进行追踪认证和信息公开。”侯聪说。

### **产业链各方协力破题**

当前，一些再生塑料产业相关企业正在积极发力，为产业发展贡献自己的力量。

日前，江西格林循环产业股份有限公司生产的再生塑料颗粒、上海艾卡顿环保科技有限公司的空气胶囊包装、广州宝洁科技创新有限公司的充气缓冲包装分别获得了“再”字标认证。“这3家企业分别是再生塑料生产商、制造商和使用商，这充分说明标准的灵活性和广泛性，可适用于不同的场景。”侯聪说。

李坤表示，绿色再生塑料产销监管链标准对提升企业管理水平、提高国际竞争能力有很大的促进作用。我国废塑料回收利用量居世界第一位，需要有本土的行业标准来规范产业发展。相信随着标准正式发布，再生塑料产业链上中下游的企业将进一步规范壮大。

作为一家大型环保企业，格林循环目前有3个废塑料再生工厂，形成了覆盖全国的废塑料资源回收与利用体系，所生产的高性能再生塑料，进入世界500强供应链体系，广泛应用于电子电器、汽车、箱包、文具、日化、家居等领域。

宝洁此次得到“再”字标认证的产品是用于电商渠道产品保护的缓冲包装。“能够得到‘再’字标认证，说明我们产品的质量和安全得到了权威第三方的认可，同时我们也希望通过此次认证，普及再生塑料知识，增强消费者的环保意识，进一步提高塑料循环利用率。”宝洁中国包装研发总监周宛棣说。

“希望有更多的企业产品通过认证，悬挂绿色再生塑料标识，也希望绿色再生塑料规范体系在塑料产业链中得到更广泛的认可和应用。”侯聪说。

在业内专家看来，标准的发布只是第一步，推动我国再生塑料产业做大做强，防治塑料

污染还有很长的路要走，需要政产学研各界齐心协力破解难题。

“首先，要推动绿色塑料循环经济规则体系建设，将生态设计、再生应用和产品碳足迹作为一个整体进行统筹布局，做好顶层设计，完善标准规范及配套实施和认证规则。其次，要加强循环经济立法，从法理上明确再生成分的含义，逐步推进产品中再生成分的强制添加比例，对再生应用进行规范化管理。最后，要加大塑料产品的生态设计、再生应用和产品碳足迹领域创新投入，整合高校、科研院所和企业的研发资源，选取关键技术和关键节点进行集中攻关。值得注意的是，一定要加强公众教育，科普防治塑料污染的相关知识，持之以恒做好宣传教育工作。”王永刚说。

## 科研人员施妙手助秸秆“七十二变”

科技日报 2023.8.18

8月17日，一场科技成果展示会在吉林省长春市举行。来自吉林、内蒙古、黑龙江和辽宁的科研人员纷纷拿出创新成果，让秸秆摇身一变，成为肥料、饲料甚至燃料，展现了玉米秸秆综合利用的巨大潜力。

本次展会的主办方是东北区域玉米秸秆综合利用协同联盟。该联盟由吉林省农业科学院（理事长单位）、辽宁省农业科学院、黑龙江省农业科学院、内蒙古自治区农牧业科学院、黑龙江省农垦科学院、黑龙江省农业机械工程科学研究院及12家相关企业共同组成。

本次成果展围绕玉米秸秆“肥料化”“饲料化”“能源化”“基料化”四化利用技术，展示联盟2017年成立以来在秸秆综合利用方面取得的重要成果和主推技术，共展出科技成果58项。

菌糠是食用菌生产过程中的副产物，随着木耳等食用菌产业的繁荣发展，这些难以处理的菌糠往往被随意丢弃。“我们把菌糠和玉米秸秆按照配比进行发酵，转化成可以用来种植蔬菜的基质，实现资源再利用。”吉林省农业科学院研究员温嘉伟告诉记者。

能源化也是秸秆再利用的一个重要方向。吉林省农业科学院研究员崔彦如把目标瞄准了粪污、农村生活垃圾，这些生物质废弃物与秸秆经过厌氧发酵，产生清洁沼气和沼渣肥料。经过15年研发，科研人员在低温发酵菌剂、高浓度干发酵技术、增保温技术与装备等方面实现技术突破。

目前，该技术已经在吉林、黑龙江、山西等多地推广应用，实现总体经济效益超9000

万元，其中直接经济效益 4450 万元。“经测算，这种全量利用的技术模式还减少了碳排放，具有一定的社会生态效益。”崔彦如说。

吉林省农业科学院院长马国成告诉记者，联盟自成立以来，着力解决东北地区玉米秸秆综合利用在技术研发和应用中的关键技术问题。“我们立足创新引领、深化农业科技体制改革，实现了东北三省一区‘一盘棋’的农业科研新格局，构建了一体化的农业科技创新体系，产生了多项解决生产实际问题的技术。”马国成说。

## 高度重视实验室废液管理及处置

中国环境报 2023.8.15

生态环境监测是生态环境保护的基础，是生态文明建设的重要支撑，同时也是生态环境管理的基本手段。近年来，随着党和国家对生态环境保护工作的高度重视，生态环境监测也被赋予了更重要的责任和使命，绝大部分县级以上人民政府生态环境主管部门均成立了地方生态环境监测站，并主要负责本行政区划内的生态环境质量例行监测、污染源监督性监测、突发生态环境事件应急监测等各项生态环境监测任务。

与此同时，随着生态环境监测不断推向市场化，越来越多的社会监测机构也如雨后春笋般纷纷成立。各级各类生态环境监测机构均按照标准化达标要求建立了自己的实验室，但在具体运维过程中，存在不少问题。一方面，各类实验室废气、废液、固体废物等排放及其污染问题日益突出，除了大量实验室废液最终排入外环境而影响水生态环境外，还有大量的污染气体及固体废弃物；另一方面，实验室废液种类繁多、分类回收占据空间较大，处理废液费用相对高昂，或因每个实验室废液产生量的不同，少量废液并未得到有效安全地处置，从而排入下水道最终进入外环境。

如何从源头上减少、有效回收处理各种废液，将污染降至最低，是各级各类生态环境监测机构亟待解决的问题。这关系到生态环境安全、实验室工作人员健康，需要有关部门加强管理，特别是各级政府部门主管的生态环境监测站更要带头做好这方面的工作。

一是加强实验室人员的培训。各级各类生态环境监测机构应进一步加强对实验室废液管理人员、实验室工作人员关于废液处理方式及标准等相关知识的培训，明晰实验室废液管理的污染性及危害性，同时应正确引导实验室人员在实验中做到合理使用各类化学药品试剂。对实验室产生的废液实行分类收集、管理和安全处置等，不乱倾倒实验室所产生的废液。定

期对所有实验室工作人员开展废液分类收集、管理和安全处置的知识培训。

二是加强台账管理。各级各类生态环境监测机构应加强实验室各类化学药品试剂的台账管理，对实验室化学试剂、标准样品等领取实行严格的出入库台账登记制度，安排专人负责此项工作，落实岗位责任。特别是针对剧毒和易制毒化学药品试剂要实行“五双”管理，即双人收发、双人记账、双人双锁、双人运输、双人使用。

三是加大废液预处理力度。有条件的生态环境监测机构应建立专门处理实验室废液的污水处理设施，对本监测实验室废液进行预处理后再排入城市污水管网。特别是针对一些实验室产生的含毒性较大的特征污染物如高浓度重金属离子、难以降解的有机物废液，必须进行回收，属于危险废物的必须按照危险废物管理的相关规范要求进行安全有效处置。

四是加强源头控制。在实验过程中应严格按照标准规范操作，科学合理使用各类化学药品试剂，尽量做到不浪费、不多取，坚持“量入为出”的原则。

## 打造大湾区生态环境“硅谷”

中国环境报 2023.8.23

建成国内首台移动式可切换双反应器烟雾箱模拟实验平台；建成国内首个新污染物风险评估与管控实验室；拥有全国第一台纳米红外光谱仪，用于新型污染物和降解材料的分析……

在生态环境部与广东省政府共建的粤港澳生态环境科学中心（以下简称科学中心），生态环境科学前沿技术设备琳琅满目。在多位院士的牵头下，目前，已建成大气光化学联合研究实验室等四大实验室，为深入打好污染防治攻坚战发挥了重要作用，有效助力绿美广东、美丽湾区建设。

### 明确定位，铸造生态环境领域“百年航母”

“科学中心的定位，在这几年中不断被拔高，方案编制数易其稿，充分彰显了省委、省政府对科技支撑生态环境保护工作的重视。”广东省环境科学研究院院长汪永红告诉记者，2019年，广东省环境科学研究院提出建设省环科院总部（基地），得到广州市黄埔区的大力支持。2020年10月，广东省生态环境厅与广州市政府、黄埔区政府分别签署战略合作框架协议，合作共建科学中心。2021年4月16日，生态环境部与广东省人民政府签订《共建国际一流美丽湾区合作框架协议》，提出共建科学中心。

2021年2月21日，科学中心（一期）项目举行奠基动工仪式。2023年7月10日，一



期工程封顶。2023年12月30日，将完成竣工交付使用。

广东省环境科学研究院副总工程师、总工办主任卢欢亮向记者介绍，按照“边建设、边发展”的方针，科学中心“4+2+3”实验室体系初步形成。粤港澳环境质量协同创新联合实验室、大气光化学联合研究实验室、新污染物风险评估与管控实验室、生态环境智慧决策实验室已建成并投入运营。固体废物环境风险管控实验室、碳中和及应对气候变化实验室已立项，正在建设之中。未来还将谋划美丽湾区研究中心、广东省地球关键带（土壤）污染归趋与风险防控实验室、广东省地表水—地下水—海洋污染物溯源与协同管控实验室建设。

汪永红表示，粤港澳大湾区具有“一国两制三法域”的特殊制度特点，科学中心将为三地高水平的科技合作和国际交流发挥新的桥梁纽带作用。例如探索统一的主要污染物管控策略和标准，为三地环境和社会经济融合提供智库支撑；通过高水平生态环境科技供给，促进粤港澳生态环保产业高质量发展，从而成为推动建设国际一流美丽湾区的重要科技支撑平台、习近平生态文明思想在大湾区落地的实践创新先锋。“未来，科学中心将以‘铸造生态环境领域百年航母’为目标，力争建成产业导向型的生态环境领域省实验室，争取早日纳入粤港澳大湾区国际科技创新中心体系。”

### **技术领先，为粤港澳环境治理提供科学支撑**

据介绍，科学中心有两台由集装箱半挂车组成的烟雾箱模拟实验平台和大气成分超级观测平台，可将外界空气通入双反应器烟雾箱，分析二次污染成因机制。

“将外界空气导入模拟实验平台，可以模拟臭氧生成的过程，通过大气成分超级观测平台的连续监测，分析臭氧污染成因。”广东省环境科学研究院大气所博士杨威强告诉记者，烟雾箱模拟实验平台是国内首台移动式可切换双反应器烟雾箱模拟实验平台，大气成分超级观测平台是国内光化学污染观测分析仪器设备集成度最高、在线测量时间分辨率最高、覆盖污染物齐全的移动监测平台之一。这两个平台的深度融合，可以精准监测空气中污染物的变化，研究分析臭氧生成，锁定污染成因和关键前体污染物，为监管部门实施精准治污、科学治污提供支持，“这两台车开到哪里，就可以分析哪里的大气污染情况。”

杨威强介绍，自2022年10月以来，大气光化学联合研究实验室研究团队持续跟踪江门市臭氧污染情况，基于大气成分超级观测平台开展连续在线观测，分析研判空气质量情况并提出应对措施建议。

“智慧决策实验室面向生态环境保护数字化的需求，主要采用人工智能、数值模拟、数字孪生等组合技术，开发一批全景式综合研判与决策算法，使生态环境管理的流程实现自动化、智能化，从而推动决策方式从‘业务经验驱动’向‘数据量化驱动’的转型。”广东省

环境科学研究院信息所副所长杨柳林一边操作生态环境智慧决策实验室平台，一边向记者介绍说。该平台的流域水环境子系统通过构建高精度全过程水文—水动力—水质耦合模型、水环境容量模型，可以快速精准筛查定位短板问题和区域，动态研判断面达标形势。大气环境子系统提供了污染预测、来源解析、应对管理、效果评估等量化管理工具，可实现大气污染过程应对的闭环管理。政策评估子系统开发了经济生态生产总值核算、环境经济形势分析、经济投入产出等模型工具。

汪永红表示，目前已建成的4个实验室各具特色。粤港澳环境质量协同创新联合实验室充分联合港澳高校科研团队，深化了粤港澳合作机制，为区域污染联防联控提供更加坚实的科技支撑。大气光化学实验室建成投入使用，将为我国典型区域的臭氧协同控制提供广东经验。新污染物风险评估与管控实验室的建成，将有力支撑广东省新污染物治理走在全国前列。生态环境智慧决策辅助实验室初步建成，将为构建美丽中国数字化治理系统广东样板发挥积极作用。

### **超前谋划，推动广东省新污染物治理走在全国前列**

“我们这是国内首个新污染物风险评估和管控实验室，弥补了广东省在新污染物治理领域的空白。”在科学中心的新污染物风险评估与管控实验室，广东省环境科学研究院风评所博士张景茹介绍说。

该实验室的建设，将有效助力广东提高新污染物筛查鉴别水平，强化环境监管能力；明确新污染物环境毒性效应，夯实基础理论研究；完善新污染物风险防范体系，提升快速反应能力；制定新污染物环境基准，提升环境风险管控水平。

目前，该实验室具备新污染物定性识别、定量检测、分子生物学毒性评价和风险评估等方面的研究能力，配备了纳米红外光谱仪等先进设备，能够从纳米层级对新污染物和降解产物进行结构分析。

张景茹介绍，目前实验室已开展了6个重点行业6种新污染物调查监测，如对广东省养殖和电子制造等典型行业开展了抗生素、激素、内分泌干扰物、全氟化合物、阻燃剂等新污染物的调查监测和风险评估，对高风险新污染物进行精准识别和管控。今年4月，实验室还以流溪河为研究对象，探索开展饮用水水源地优控新污染物筛查技术与健康风险评估工作，开展全氟化合物、抗生素、酚类化合物和有机氯农药等4种典型新污染物的筛查识别和健康风险评估。

这些研究工作的开展，将进一步提升广东对新污染物的监管能力。

# 研究发现咖啡渣可使混凝土更坚固

参考消息 2023.8.29

添加回收的咖啡残渣，可使混凝土的强度提高 29%。

据估计，全球每年会产生 1800 万吨废弃咖啡残渣，其中大多数最终被填埋处理。它们会在垃圾填埋场中分解，释放出甲烷，而甲烷引起的全球变暖效应是二氧化碳的 21 倍。

在澳大利亚皇家墨尔本理工大学就职的拉吉夫·罗伊昌德及其同事想知道，能否通过发现咖啡残渣在建筑材料中的新用途，来避免它们被填埋。

他们从当地几家咖啡馆收集了废弃咖啡残渣，并研究是否可以用它们来取代一些通常被灌入混凝土中、作为填充物的沙子。

研究人员发现，在未经改造的状态下，用这些废弃咖啡残渣取代沙子时，会削弱混凝土的强度。

然而，当研究人员把这些咖啡残渣在无氧状态下放入 350 摄氏度的火炉中加热 2 小时，制成被称为“生物炭”的木炭状物质后，它们变得更加有用。用这种生物炭取代混凝土中 15% 的沙子，将使混凝土砌块比普通砌块的强度提高 29%。

罗伊昌德说，加入生物炭使混凝土变得更加坚固，可能是由于生物炭的多孔结构会吸收水分。他说，这可能会阻止混凝土内部失去水分并形成可能削弱其结构的微型裂缝。

研究人员现在希望与市政机构和行业组织合作，对其含有咖啡生物炭的增强型混凝土进行实地试验。罗伊昌德说：“几个正在应对有机垃圾处理问题的市政机构对我们的工作表现出了兴趣。”

## 生物质能直燃发电技术展望

中国电力报 2023.8.29

### 核心提要

- 生物质能热电联产的规模化、高效化发展离不开生物质燃料的规范化、统一化生产
- 生物质能热电联产工艺可将能源转化效率提高至 60%~80%
- 通过生物质能直燃发电各环节和设备机械化的实现，可有效弥补生物质燃料性质差、燃烧调整困难等劣势

针对生物质能资源客观存在的不利现状及生物质能直燃发电技术面临的技术难题,生物质能直燃发电行业技术探索可主要从燃料加工技术优化、燃烧发电技术优化、智能控制水平提升等方向着手,最大程度规避资源能量密度低、有害元素含量多等特点,提升技术水平。

### **优化燃料加工技术**

生物质能热电联产的规模化、高效化发展离不开生物质燃料的规范化、统一化生产。生物质原料收集后、燃烧前的预处理工作意义重大。生物质原料品种繁杂、能量密度低、水分大,不经处理直接燃烧,不利于锅炉、汽机等主设备稳定运转,不仅发电效率低,而且对设备损害极大。理想的生物质燃料应该具有低含水量、高能量密度、形状规则等特点。为解决上述问题,可重点探索水分即时检测技术、快速干燥技术、成分即时检测技术、适应性压缩成型技术和标准化生物质燃料生产技术。

其中,压缩成型对生物质资源化利用意义重大。燃煤发电的稳定性很大程度来源于燃料性质的稳定和较高的能量密度,生物质燃料燃烧的不稳定主要也是来源于燃料性质的多样性和较低的能量密度。基于此,可考虑在有效获取生物质燃料水分、元素含量等重要参数的基础上,将不同的生物质原料通过适应性加工,获取物理形状、含水量、元素成分等统一高品质生物质燃料。目前,压缩成型技术和设备已取得一定成果,应在此基础上结合具体锅炉类型、燃烧条件等进行针对性改进,进一步提高生物质燃料的利用价值,对提高能源利用率、保障生物质发电设备健康稳定有积极作用。

此外,结合即时检测与压缩成型技术,实现对不同生物质原料的统一加工,将不同成分、不同形状的生物质原料,加工成高能量密度、成分统一的生物质燃料,便于标准化生产的实现。目前,生物质能直燃发电过程通常只是将生物质原料进行简单破碎甚至不进行处理就送入锅炉燃烧,导致上给料设备运转不畅、燃烧过程不易控制、温度不稳定、锅炉腐蚀严重,给安全稳定生产带来较大风险。基于上述影响,可在标准化生物质燃料生产技术的标准化、规范化方面着手,将燃料识别、燃料制备等多个过程加以改进优化,探索生物质燃料相关关键技术并加以整合联动,提高直燃发电工艺的生产效率。

### **提升热电联产效率**

生物质能直燃发电工艺热电转换效率在 30%左右,生物质能热电联产工艺可将能源转化效率提高至 60%~80%。生物质能直燃热电联产过程中如能做到燃料充分燃烧、热量与循环水充分换热,控制燃烧条件使燃烧稳定无污染,各级换热过程热量损失降到最低,各阶段优质高效统一,可将生物质能热电联产的优势充分发挥,有助于绿色低碳生产流程的实现。

一是燃烧过程即时优化与调节技术。为使燃烧过程稳定,实现稳定的热量供应,同时避

免氯元素造成的腐蚀，可在燃料元素成分、含水量等参数及时获取的基础上，对燃烧控制系统进行反馈，进而即时调整炉内进风、进料情况，以实现燃料性质与燃烧条件的对应统一，达到燃料充分、稳定燃烧、灰渣易排出、热量集中等目的，提高锅炉燃烧效率，保障安全稳定生产。

二是传热过程技术优化。热电联产的电力生产过程和热量供应过程中，传热效率直接影响生产效率，需加强流体力学与传热学的理论分析，提高发电过程、供热过程的换热效率。同时基于生物质燃料碱金属及氯含量高的特性，进行燃烧优化，规避燃烧产物中碱性物质、飞灰等的生成，解决腐蚀与结焦的难题，保障锅炉等主要设备的热量传递效率。通过改进锅炉、管道几何形状与布置，更换高效换热工质，增加余热回收装置等方式，提高能量利用效率，实现燃烧、发电系统的长周期安全稳定运行。

三是超低排放与灰渣综合利用技术。可通过在燃烧前增加燃料预处理工序，燃烧中添加辅助物、控制燃烧条件，燃烧后高效捕集污染物等方式，实现生物质发电过程污染物的超低排放或者零排放。燃烧前预处理可通过生物质液化、气化等化学性质优化过程实现污染元素的提前剥离，燃烧中可通过特定条件下的催化反应或者避开污染物生成的温度区间避免污染物的产生，燃烧后可通过催化反应、吸附等手段实现污染物的收集处理。同时生物质发电会产生大量灰渣，探索低成本的灰渣综合利用技术，变废为宝，降低污染的同时创造价值，提升资源利用率。

### **智能化机械化改造生产过程**

智能化与机械化是工业发展的必然选择，实现高度智能化和机械化可以极大地提升生产效率、降低运维成本、降低人员伤亡风险。

一是全流程动态检测与自动调控技术。要从燃料收加储运到燃烧、排放、发电、供热各环节，构建智能监控系统，实现对质量、能量输入输出的动态监控，对工艺流程中压力、温度、流量等参数的实时反馈，并根据设定参数与即时参数的差异分析处理得到优化方案，反馈至调节系统，立即进行调整优化，实现工艺流程的即时最优化配置，打造智能电厂。要统筹硬件、软件需求，提高数据获取能力和传输反馈效率，同时通过大数据手段实现解决方案的及时获取，从而实现生物质能直燃发电系统的整体智能化升级。

二是全流程机械化设备改造。通过生物质能直燃发电各环节和设备机械化的实现，可有效弥补生物质燃料性质差、燃烧调整困难等劣势，助力生物质能直燃发电规模化发展。生物质原料收集后可通过相应设备的机械化处理得到高质统一的生物质燃料，根据不同原料的形态成分、燃烧特性研究常温常压下的生物质燃料成型机理，以简易、高效为出发点制造

秸秆打包、压缩成型的一体化设备，实现从农田直接获得成型燃料。上给料系统机械化改造可依据生物质燃料特点和即时参数，根据产品需求实现定时定量的燃料供应。生物质发电废料处理方面可配套灰渣清理、再利用的一体化设备，避免产生污染的同时实现副产品的高效生产。开发生物质能直燃发电系统特色的检修、巡检机器人，配备成像和基础检测功能，实现对高危场所的自动化巡视、参数检测。(尤洋洋)

## 五、太阳能

### 光热发电用 347H 不锈钢耐高温熔盐腐蚀性能大幅提升

科技日报 2023.8.1

7月30日，科技日报记者从酒钢集团了解到，酒钢集团自主研发的光热发电用耐高温熔盐 347H 不锈钢耐熔盐腐蚀性能大幅提升，市场应用反馈良好。

347H 不锈钢属于高碳含铌 Cr-Ni 奥氏体不锈钢，由于含稳定化元素铌，其耐晶间腐蚀性能良好，具有较高的高温强度和良好的抗高温氧化性能，被广泛应用于太阳能光热电站熔盐储罐制造等领域。

“光热发电主要是将太阳能收集起来转化为热能，存储于高温熔盐中，从而实现在无光照或夜间连续发电，达到减少供需矛盾以及提高能源系统可靠性的目的。347H 不锈钢在太阳能光热电站中主要用于制作高温熔盐储罐和高温介质传输管道。”酒钢宏兴股份公司钢铁研究院不锈钢研究所冷轧技术开发工程师刘天增介绍。

目前，国内市场“光热+光伏”项目方兴未艾，347H 不锈钢市场需求不断增大，成为国内外制造企业追捧的“香饽饽”。酒钢集团迅速捕捉市场信息，于 2019 年开始与兰州理工大学、北京科技大学、兰石集团等高校和企业合作成立创新联合体，集中优势力量研发 347H 不锈钢。

研发过程中，项目组主动与国外储罐制造相关企业对标对表，利用专业软件对工艺难点进行模拟分析，重点开展中试和现场小批量试验。通过实施一系列行之有效的攻关举措，项目组自主研发出光热发电用高温熔盐储罐用 347H 不锈钢，其耐晶间腐蚀性能、耐高温及熔盐腐蚀性能达到国外同类产品同等水平。

# 寻找发展太阳能和风能的最优路径

中国科学报 2023.8.2

为实现“双碳”目标，应对全球气候变化，我国能源结构正在加快从高污染化石燃料向低污染清洁能源转型，以太阳能和风能为代表的清洁能源成为发展热点。

近日，复旦大学环境科学与工程系青年研究员王戎团队在《自然》发表最新研究成果，首次从能源系统统筹的角度提出了中国加速发展光电和风电、实现碳中和目标的最优路径，并揭示了中国太阳能和风能资源的潜力和成本。

## 全球竞争中抢占优势地位的好契机

在我国能源要素里，煤炭虽然发挥了压舱石的作用，但其带来的负面效应已较为明显。当前，依赖化石燃料工业的发展已经到了瓶颈期，当务之急是加快发展新能源。近年来，可再生能源尤其是太阳能和风能在我国的能源比重不断提高，成效显著。

“太阳能、风能是绿色可再生能源，非常清洁，而且还是很有前景的投资方向，会带动一系列相关产业的发展。”王戎在接受《中国科学报》采访时表示，无论是从环境保护还是从经济发展的角度出发，太阳能、风能资源的研究都非常重要。

比如，生产太阳能面板的半导体材料，风机的芯片，实时掌控风速、风向的人工智能技术等，都是新能源的研究方向。

“如果我国能够提前布局，将整个光电和风电产业链发展起来，未来将在全球竞争中占据优势地位。”王戎说。

自2018年起，长期从事大气化学模型研究的王戎就开始把研究重心转到能源上。他希望找到一条适合中国国情的、发展太阳能和风能的最优路径，并为我国碳中和目标下的能源转型提供科学建议。

## 建立地球数字智能信息复杂系统

关于太阳能和风能的研究有很多，每年发表的相关文章层出不穷。但是，以往的研究有一个局限，就是缺乏高时空分辨率的地球数字智能信息复杂系统，因此研究结果并不能准确反映中国太阳能和风能的发电潜力和变化趋势，致使在气候治理的综合评估中无法准确预估我国能源转型的最佳路径和减排潜力。

为解决这一问题，研究团队急需一个高分辨率的地球系统模型。恰好中国科学院大气物理研究所有一台地球系统数值模拟装置，为这项研究的开展提供了地球系统多年太阳辐射和风速小时空间数据的计算平台。

“我们花了近一年半的时间,把这个地球系统的数据从 400 公里左右的粗分辨率做成接近 1 公里左右的高分辨率。”王戎说。

横在前路上的另一个挑战是电力系统大数据的建立。“电力系统包括输电、储能和电力终端。我国的太阳能、风能主要集中在新疆、青海、甘肃、内蒙古等西部地区,产出的电能需要输送到全国各地,这就需要建立特高压输电网络。此外,由于我国储能潜力不足,导致一些电力消费部门可能在某一时段出现缺电的现象。”王戎介绍说。

因此,把地球系统与电力系统结合起来就成为研究的关键。

研究团队基于地球系统中多年太阳辐射和风速小时空间数据,综合考虑国家行政区划、土地类型、气候条件、地形等空间地理信息,建立起高时空分辨率的地球数字智能信息复杂系统。该系统可以根据研究者的需求调整优化目标。

此外,他们还协调统筹发展特高压线路电力输送、选择合适的储能系统类型、优化用电端电力负荷,根据平准化度电成本最低的原则,优化出 2767 个光伏电厂、1066 个陆上风电厂和 11 个大型海上风电厂的空间分布和建造规模,并基于技术学习对成本的影响优化各电厂的建造时间,制定了中国加速发展太阳能和风能发电替代化石燃料的中长期建设方案。

为了实现碳中和目标,如果按照当前规划的太阳能和风能发电的建造速度,我国太阳能和风能资源还无法满足未来的能源需求,因此需要采用大量的碳捕获与封存设施,而这些设施每年需要接近 20 万亿千瓦时的装机量,经济成本较高。

“我们研究的优化模型可以以较低的成本增加太阳能和风能发电,发电量可从每年 9 万亿千瓦时增加到每年 15 万亿千瓦时,减排成本可从每吨二氧化碳约 700 元降至每吨二氧化碳约 40 元,大大增加了使用太阳能和风能资源的潜力。”王戎说。

这也说明,增加太阳能和风能有效发电量可以降低实现碳中和的总成本,加快我国清洁能源的发展速度。

### **为区域发展提供新动能**

我国的太阳能和风能资源主要分布在经济相对落后的西部地区,区域间的电力输送在提升用电效率的同时,也会给西部地区带来潜在的经济收益,促进地区的经济发展。

在优化的太阳能和风能发展路径的基础上,研究团队解析了区域间的资金流动情况。王戎介绍,如果采用每吨二氧化碳 700 元的价格,到 2060 年,光电和风电的资金流动将达到年均 7 万亿元。

其中,光电和风电的电力传输产生的最大资金流是从华东流向西北,将达到每年约 1.4 万亿元的规模。而优化光电和风电的空间布局可以使经济相对落后地区的居民受益,其中西



北地区的年人均收入有望从 21 万元增加到 25 万元。

“根据我们的模型预估，新疆地区是未来最重要的太阳能和风能资源所在地。”王戎表示。

2060 年，新疆地区的光伏和风电厂预计可达 255 个，装机容量约为 23 亿千瓦，而配套特高压线路总容量将达到 20 亿千瓦，储能设施容量也将达到 2.7 亿千瓦，根据当前化石燃料价格推算出相关的年收益可达 3800 亿元。

通过建立高分辨率的地球数字智能信息复杂系统，该研究发现，即使未来技术发展进一步降低光伏和风机的成本，但考虑到新建太阳能光伏和风力发电厂的技术挑战，仍需扩大当前的清洁能源投资规模，加快国家电力系统升级速度，特别是需要发展超大规模光伏和风能发电及高压输电的技术，提高太阳能、风能在我国未来能源生产中的比重，降低电力系统转型升级、实现碳中和目标的经济成本。

“易获取的清洁能源是有限的，但我国可以加大清洁能源投资、优化源荷调控、加强配套设施建设，大幅降低太阳能、风能的成本。”王戎说。

研究结果指出，在考虑技术进步等因素后，未来 10 年的发展规划对于我国实现碳中和目标非常关键。优化当前清洁能源发展的规划和布局，可以避免在后期承担更大的经济损失。同时，升级国家电力系统后，发展太阳能和风能将会使区域间产生资金流动，为西部地区带来收益，从而进一步为区域发展提供新动能。

## 国家出台措施促进退役风电、光伏设备循环利用

中国信息报 2023.8.21

国家发展改革委等部门近日对外发布《关于促进退役风电、光伏设备循环利用的指导意见》。指导意见明确，积极构建覆盖绿色设计、规范回收、高值利用、无害处置等环节的风电和光伏设备循环利用体系，补齐风电、光伏产业链绿色低碳循环发展最后一环。

国家发展改革委有关负责人介绍，近年来，我国新能源产业快速发展，风电、光伏等新能源设备大量应用，装机规模稳居全球第一。随着产业加快升级和设备更新换代，新能源设备将面临批量退役问题。

综合考虑产业发展阶段、设备类型、退役情况等因素，指导意见分 2025 年、2030 年两个阶段，从责任机制、标准体系、技术创新、产业培育等方面提出了退役风电、光伏设备循

循环利用的工作目标。

指导意见还部署了 6 方面重点任务，包括大力推进绿色设计、建立健全退役设备处理责任机制、完善设备回收体系、强化资源再生利用能力、稳妥推进设备再制造、规范固体废物无害化处置。

## 储能混凝土或成太阳能住宅地基

参考消息 2023.8.4

水泥和木炭粉的混合物可以使房屋得以在混凝土地基中储存能用一整天的电力。作为一种能替代更快放电的电池的选择，这种制造超级电容器的新方式可以纳入建筑物和风力涡轮机的地基。如果配合可再生能源，它有朝一日还可能让混凝土公路路基以无线方式给行驶中的电动车充电。

麻省理工学院的弗朗茨-约瑟夫·乌尔姆说：“这些材料是世界各地的所有人可以获得。”

乌尔姆及其同事展示了水泥和炭黑(一种颗粒非常细的木炭)是如何与水混合从而形成一个硬块的，这其中包含很多分岔的丝状结构，里面充满了碳。当混凝土被氯化钾等常见电解质溶液浸透时，电解液中的带电粒子就会沉降在碳丝结构上，提供储能潜力。

然后，他们用薄薄的绝缘层将两块仅 1 厘米宽、1 毫米厚的由这种材料构成的薄板分隔开来，从而将其变成超级电容器。将其中三个超级电容器连接起来，他们得到了相当于一块能够让一个小型 LED 亮起来的 3 伏电池的电量。

研究人员说，下一步可能是制造 12 伏的超级电容器，它们还可以连接起来为更大型设备提供更多的充电能力。他们计算出，一块边长为 3.5 米的立方体混凝土块可以储存 10 千瓦时的电量。这约是美国家庭日均用电量的三分之一，是英国平均水平的 1.25 倍。

这种材料可充放电超 1 万个循环，这意味着，从理论上说，它可为一个太阳能住宅提供超过 27 年的能量。

## 科学家发现太阳“最强光”

中国科学报 2023.8.9

8月3日，美国科学家在《物理评论快报》发表论文，介绍了迄今为止观测到的最高能量的太阳光。这种被称为伽马射线的光非常明亮，比科学家之前预期的要亮得多。

尽管这种高能光并没有到达地球表面，但这些伽马射线产生的信号却被美国密歇根州立大学博士后研究助理 Mehr Un Nisa 和墨西哥高海拔水切伦科夫天文台（HAWC）的同事探测到了。

“我们现在有了几年前不可能有的观测技术。”Nisa 说，“在这种特殊的能量状态下，其他地面望远镜无法看到太阳，因为它们只在晚上工作，而我们是全天候运行。”

与其他天文台不同，由美国国家科学基金会和国家人文科学技术委员会资助的 HAWC 全天候都在工作。

除了工作方式与传统望远镜不同之外，HAWC 看起来与传统望远镜也有很大不同。HAWC 使用的不是一个装有玻璃透镜的管道，而是一个由 300 个大型水箱组成的网络，每个水箱装满了大约 200 吨水。该网络坐落在墨西哥的两座休眠火山之间，海拔超过 3962 米。

在这个有利位置，HAWC 可以观察到伽马射线撞击大气后的结果。这样的碰撞产生了所谓的空气簇射，有点像肉眼无法察觉的粒子爆炸。

在这一过程中，原始伽马射线的能量被释放并重新分配到由低能量粒子和光组成的新碎片中。而 HAWC 恰好可以“看到”这些碎片以及它们在下落过程中产生的新粒子。

当簇射粒子与 HAWC 水箱中的水相互作用时，会产生切伦科夫辐射，后者可以用天文台的仪器检测到。

Nisa 和同事从 2015 年开始收集数据。2021 年，该团队积累了足够的数据并开始对太阳伽马射线进行充分研究。“分析了这 6 年的数据后，这些高能的伽马射线突然出现了。当第一次看到它时，我们想，‘肯定搞砸了，太阳不可能这么亮’。”Nisa 说。

太阳发出的光跨越了一系列能量级，但有些能量比其他能量更复杂。例如，通过核反应，太阳提供了大量可见光。这种形式的光携带的能量约为 1 电子伏特。而 Nisa 和同事观测到的伽马射线大约有 1 万亿电子伏特（1TeV），这种能量水平令人惊讶。

在 20 世纪 90 年代，科学家预测，当高能宇宙射线，即被黑洞或超新星等加速的粒子，与太阳中的质子相撞后可能会产生伽马射线。但是，基于对宇宙射线和太阳的了解，研究人员假设，这些伽马射线到达地球的可能性极低。

不过，当时还没有能够探测到如此高能的伽马射线的仪器。2011 年，美国宇航局的费米伽马射线太空望远镜首次观测到能量超过 10 亿电子伏特的伽马射线。

在接下来的几年里，费米任务表明，这些射线不仅能量高，而且比科学家最初预计的高

7 倍。似乎还有更高能量的伽马射线有待发现。

当望远镜被发射到太空后，它的探测器大小和功能是有限的。费米望远镜观测到的太阳伽马射线的峰值约为 2000 亿电子伏特。

由美国俄亥俄州立大学教授 John Beacom 和 Annika Peter 领导的理论学家团队，希望与 HAWC 合作研究这个问题。

Nisa 说，该团队第一次证明了太阳光线的能量扩展到了 TeV 范围，高达近 10TeV，这似乎是最大值。

目前，这一发现带来的问题多于答案。Nisa 说，太阳科学家现在绞尽脑汁想弄清楚这些伽马射线究竟如何获得如此高的能量，以及太阳磁场在这种现象中扮演了什么角色。

## 大力发展光伏产业降低能源转型成本

中国电力报 2023.8.11

构建清洁低碳、安全高效的能源体系，要求加快构建适应新能源占比逐渐提高的新型电力系统。我国已提出到 2030 年风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上目标。随着光伏发电高质量快速发展，光伏发电在我国新型能源体系构建中将发挥重要作用。

### 重要作用

光伏将成为构建新型电力系统的主力。根据国家能源局《新型电力系统发展蓝皮书》，我国电力供给结构将从以化石能源发电为主体向新能源提供可靠电力支撑转变。锚定我国 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和的目标，光伏、风电等新能源将逐步从发电量增量主体向装机主体电源演变，最终成为发电量结构主体电源。相关机构研究报告指出，到 2060 年，我国全社会用电量将达到 15 万亿~18 万亿千瓦时，电源总装机将达到 80 亿千瓦，风电、光伏新能源装机占比将超过 60%，发电量占比将超过 55%。

降低新型电力系统运行成本。过去 10 年来，光伏发电成本已下降了 90%。未来还会有新的光伏发电技术，比如钙钛矿叠层技术乃至下一代技术，且光伏作为一种工业制造的能源，原材料又非常广泛，降本增效的潜力巨大。现在在不考虑系统平衡性的条件下，光伏已经是最便宜的新建电源，同时光伏发电的边际运行成本极低，未来叠加长时储能等技术仍能与传统能源同质同价，进而降低全社会能源转型成本。

推动电网向能源互联网升级并催生更多商业模式。光伏具有接近终端负荷、建设周期短、

土地空间占用少、与其他产业复合开发程度高、生态环境负效应低、产业成熟度较高和商业模式多样化等优势。通过智能设计、管理、监控和运营，光伏可以实现实时的可观、可测、可调、可控，为能源互联网时代的到来打造坚实的基础。

在能源互联网时代，为满足企业和个人用能的安全、经济、绿色需求，虚拟电厂、负荷聚合等商业模式将不断涌现，进而成为推动经济高质量发展新的增长极。

### **挑战仍存**

随着新能源在电源结构中的占比不断提高，光伏发电在安全运行、收益稳定性、市场化机制、电网运行机制等方面仍需做出巨大努力。

要解决光伏发电间歇性、波动性给电力系统平衡和安全带来的问题。光伏发电出力依赖光照和天气等自然条件，光伏等新能源间歇性、随机性、波动性的特点使得系统调节更加困难，系统平衡和安全问题更加突出。业内专家预测，2030年新能源出力占电力系统总负荷之比最低为5%、最高为51%，而2060年新能源出力占系统负荷之比为16%到142%。此外，我国能源资源与负荷中心呈逆向分布，目前西北和华北区域弃电情况还较为严重，而东南地区电力紧平衡趋势日益明显。因此，新能源出力波动性以及资源分布不均，从时间和空间上导致电力供应紧张与弃风弃光问题共存的局面。

虽然目前已实现平价上网，但考虑系统平衡成本，仍需大力降低光伏成本以降低整体系统成本。随着新能源渗透率不断提高，需要更多的输配电设备、调节电源投入。随着辅助服务细则完善和辅助服务市场、容量市场的建立，新能源将承担一定的系统成本，新能源需要进一步降低发电成本以维持竞争力，从而带动电力系统总成本下降。

光伏发电“看天吃饭”属性尚不适应电力市场化。随着新能源参与市场化交易比例不断提高，保量保价为主的经营模式逐步成为过去式，新能源运营需更加精细化。光伏发电具有很强的相关性与反调峰性，光伏电站之间发电同时性基本一致，导致电力市场价格“鸭型曲线”和“峡谷曲线”效应增强。电力市场化导致光伏发电在同一时间、同一地点产生不同的发电收益。随着电力市场化进一步加速推进，光伏电站若继续以价格接受者的惯性思维参与电力现货市场，其收益稳定性将大受影响。

电网运行机制尚需不断完善，推动更加智能灵活的商业模式发展。当前电网运行方式难以支撑指数级增长的新能源以及分散资源的调控，限制了灵活商业模式的发展，比如源网荷储一体化、分布式电力市场交易等。未来需完善市场化交易的价格政策及市场规则，推动分布式光伏在合理承担附加基金和系统备用费用基础上获得对等交易地位。

### **相关建议**

一是继续扩大光伏发电在各领域的广泛应用。坚持集中式和分布式并举，大力推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设，并构建安全可靠的新能源供给消纳体系。借鉴光伏扶贫等优秀经验，推进光伏发电与乡村振兴融合发展，推进“千乡万村沐光行动”，与新能源汽车下乡结合，打造光储充商业模式，加大光伏在工业、交通、建筑等领域应用。

二是以容量机制保障电网系统调节性电源充裕度。建议建立电力容量市场，促进发电企业对发电机组有效容量方面的投资，如储能、气电等可调节电源，引导煤电由主力电源逐步向基础保障性和系统调节性电源转变，保障在高比例新能源接入情况下的电力供应充裕度。

三是大力提升配电网接纳分布式光伏能力。大力发展分布式光伏对于提升能源供应安全、缓解能源生产与负荷逆向分布矛盾的意义重大。同时光伏等分布式发电也将有效促进配电网与微电网协同发展，提高我国电力系统和用户抗风险能力。国家发展改革委发布《关于第三监管周期省级电网输配电价及有关事项的通知》，根据不同电压等级成本、电量等情况，准确核定各电压等级需量电价和容量电价，为增量配电网、微电网发展创造了有利条件。建议大力发展分布式智能电网，完善市场化交易规则，大力推动分布式光伏发展。

四是完善促进新能源消纳的市场交易机制。从政策和电力交易规则上完善适应低边际成本、高比例新能源的市场机制，有序推动新能源参与电力市场交易。建立与新能源特性相适应的中长期电力交易机制，引导新能源签订较长期限的中长期合同。参考电力市场化经验丰富省份的新能源参与情况，完善适应新能源间歇性和出力不确定性的特点的灵活交易机制。加快促进清洁能源消纳的市场建设和机制完善，建立基于可再生能源电力消纳保障机制的电力交易机制，同时加快完善绿电绿证机制。进一步扩大跨省跨区电力交易范围，破除市场壁垒，实现可再生能源的跨区域消纳。

总而言之，光伏在新型电力系统中起到电量支撑、清洁低碳、经济高效的作用。光伏等可再生能源的发展不仅是应对气候变化的重要措施，也可将不可再生的资源从发电任务中替换出来，并用在更加需要的位置，从而为人类新的技术进步和工业革命提供基础。要以更大的决心坚持先立后破，在电力体制、运行、调度等方面继续深化改革，坚定探索电力市场化、电力系统运行机制法治化、信息公开化，积极拥抱前沿技术以及商业模式。

# 光合作用只需要一个光子

参考消息 2023.8.16

至早就知道了其中的大致原理——太阳的光子(或者植物生长灯)击中植物叶片中的叶绿素并引起化学反应。这种反应将水和二氧化碳转化为葡萄糖，然后再转化为植物生长所需的化学能。

不过，有意思的是，我们直到最近才知道到底需要什么来触发这一反应。我们之前有过预测——基于整个过程的运作方式，我们的判断是只需要一个光子就可以启动整个光合作用过程。我们还做了一些测试，不过，许多测试是用激光完成的，而激光与阳光有着本质上的不同。但我们一直不能肯定其中的机制，直到现在才证明了这一点。

研究人员就这一主题撰写了研究报告，报告的主要作者之一格雷厄姆·弗莱明说：“无论在理论上还是实验上，为了弄清楚光子被吸收后发生了什么，世界各地的科研人员做了大量的工作。不过我们意识到，没有人在谈论这个过程的第一步。这仍然是一个需要详细解答的问题。”

报告的第一作者李全伟说：“之前没有人能够通过演示来支持这一假设(即一个光子就能启动整个光合作用过程)。”

于是，弗莱明、李全伟以及团队中的其他成员开始回答这个问题。但是要做到这一点，他们需要能够不仅确保只有一个光子在发挥作用，还要追踪这个光子的动向(理论上讲，光子能够以光速移动)。

解决办法是设置一种能成对产生光子的光子源。在两个光子形成的过程中，研究人员会观察到一个“信使”光子，这时他们会留意波长略有不同的另一个光子。

弗莱明说：“如果只得到一个光子，就非常容易错过它。这也正是这个实验最根本的难点，正因为如此，我们使用了信使光子。”

在波长不同的另一个光子被发现的那一刻，研究人员知道他们的假设已经得到了证实：只需要一个光子就能激发光合反应全过程(当然，他们多次重复了这个实验)。研究人员说，这一实验尤其激动人心的地方在于光合作用与量子力学之间的重叠。

报告的另一位主要作者比吉塔·惠利说：“对研究光合作用的人来说，这是新的发现，因为他们通常不会使用这样的工具，对量子光学领域的研究人员来说，这也是新的发现，因为我们通常不会想到把这些技术应用于复杂的生物系统。”

她说：“接下来的事情是，我们还能做些什么？”

# “光伏+”模式助力碳达峰碳中和

经济日报 2023.8.22

目前，我国光伏产业已形成哪些发展模式？

吕小军（华北电力大学新能源学院教授）：光伏发电等可再生能源快速发展为“双碳”目标的实现作出积极贡献。目前，我国光伏电站主要分为分布式光伏电站和集中式光伏电站。数据显示，截至2023年6月底，全国光伏发电装机容量达4.7亿千瓦，其中集中式光伏2.72亿千瓦，分布式光伏1.98亿千瓦。

分布式光伏电站通常安装在屋顶或墙面，可给附近用户供电，能降低输电损耗、提高能源利用效率，一般采用自发自用、余电上网的配电方式，投资相对较少、建设周期也较短。2021年全国分布式光伏电站新增装机2928万千瓦，占全部新增光伏装机的比重首次突破50%，集中式与分布式并举的发展格局基本形成。2022年分布式光伏新增装机5111万千瓦，占当年光伏新增装机的58%以上。

集中式光伏电站规模较大，主要应用于荒漠、山区等空旷地带，可实现远距离供电，其优势在于规模效益，方便集中管理，容易实现扩容。数据显示，2023年上半年，集中式光伏新增装机3746万千瓦，同比增长234%。

无论是分布式光伏电站还是集中式光伏电站，发展势头都十分迅猛，已形成“光伏+建筑”“光伏+制氢”“光伏+储能”“光伏+新能源汽车”等应用模式。

“光伏+建筑”是实现建筑绿色发展的有效途径，相较于直接把光伏发电系统安装在现有建筑上，光伏建筑一体化注重光伏发电组件与建筑的统一和融合，发电组件既具有发电功能，也是建筑材料的一部分。《2030年前碳达峰行动方案》提出，推广光伏发电与建筑一体化应用。建设集光伏发电、储能、直流配电、柔性用电于一体的“光储直柔”建筑。到2025年，城镇建筑可再生能源替代率达到8%，新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏覆盖率力争达到50%。2023年4月，青海省首例多功能光伏建筑一体化项目成功并网发电，包含100千瓦多功能光伏幕墙、157.76千瓦常规组件光伏幕墙等，总计可年发绿电540万千瓦时，减少二氧化碳排放5388吨。

氢能是绿色低碳、应用广泛的二次能源，光伏制氢是先利用光伏发电将光能转化为电能，然后利用电能将水电解得到氢气和氧气，制造过程整体对环境友好，还可平抑光伏发电的不



稳定性。《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》中提出，构建清洁化、低碳化、低成本的多元制氢体系，重点发展可再生能源制氢，严格控制化石能源制氢。可再生能源制氢前景广阔，光伏头部企业纷纷布局发展光伏制氢。2023年6月新疆库车绿氢示范项目顺利产氢，项目贯穿光伏发电、绿电制氢等流程，制氢规模每年约2万吨。

“光伏+储能”“光伏+新能源汽车”等模式也不断得到应用。光储一体化通过储存光伏发电后的清洁电能，能减少弃光比例，达到“1+1>2”的效果。《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》提出，促进新能源汽车与可再生能源高效协同。鼓励“光储充放”（分布式光伏发电—储能系统—充放电）多功能综合一体站建设。海南省琼海市博鳌镇建设光储充电汽车智能充电站，设置8个充电车位，采用“数字化+智能化”方式运营，整合棚顶光伏发电、储能系统储电、充电桩用电多项技术。江西省九江市柴桑区首个“零碳社区”在沙河街道公园社区建成，该项目包括光伏长廊、光伏椅、“光储充”一体化停车场等。

“双碳”目标的提出促使我国能源结构加速向清洁低碳化转型，推动我国光伏产业迈入新起点、新阶段。当前已形成的多种“光伏+”模式，有效助力我国实现“双碳”目标和光伏产业高质量发展。

## 发现边缘嵌入结构中的体光伏效应

中国科学报 2023.8.23

南方科技大学电子与电气工程系助理教授陈晓龙课题组在基于范德华层状材料的边缘嵌入结构中发现了体光伏效应（BPVE）。近日，相关成果发表于《自然-通讯》。

高效地将光转化为电能是生态友好型能源收集的核心，然而基于p-n结内置电场等的传统光伏效应效率逐渐达到理论极限。BPVE是材料晶格反转对称性破坏而产生的一种内禀二阶非线性光学效应，由于它不依赖于外部电场或热梯度，因此可以突破这种效率极限。

虽然大多数范德华材料都具有晶格反转对称性，但材料边缘周期性结构被打破，有望实现较强的BPVE。然而，对于大多数范德华材料而言，纳米边缘的BPVE要么可以忽略不计，要么与外部效应无法区分。

该研究中，科研人员通过构建低对称性、准一维、边缘嵌入的范德华同质或异质结构，发现了强烈的BPVE。边缘嵌入结构的物理性质不同于块体结构，因为该局部区域存在准一维的边缘态和应变。

与以往的研究相比，该研究有两个创新点。第一，提出的边缘嵌入结构可能有数千种配置，可方便地使用各种范德华层状材料构建。第二，对称性分析表明，BPVE 诱导的光电流在左右边缘嵌入结构处具有相反的极性，而非本征光伏效应诱导的光电流具有相同的极性。因此，从左右边缘的几何对称性上，能区分 BPVE 本征光电流和非本征光电流。

## 光热膜：实现太阳光的高效热转化

科技日报 2023.8.29

光热膜材料在太阳光谱范围内应具有良好的吸光性，可最大限度吸收太阳光；具有粗糙的多孔表面，可降低对光的漫反射率和损耗，使膜表面能吸收到更多的太阳光；在光热膜下层设计良好的隔热层，可降低热量传递，减少能量损失。

由太阳能驱动，通过光热转换产生水蒸气是一种高效、新兴的太阳能利用方式，在海水淡化、污水处理等领域具有广阔的应用前景。但太阳能在到达地球后，能量密度小又不连续，是低品位热源。将太阳能进行富集，转换成高品位热能，就需要利用光热材料与光热器件。而目前最具潜力的光热材料形式之一，就是光热膜材料。

什么是光热膜材料？光热膜材料通常具备哪些特点？除海水淡化外，光热膜还能应用于哪些领域？带着这些问题记者采访了相关专家。

### 光热膜材料是太阳能驱动水蒸发技术的核心

由于水对太阳能的吸收率低，在自然蒸发条件下，太阳能利用率低，蒸发速度比较慢。湖北大学材料科学与工程学院院长王贤保说，普通的太阳能光热转换采用的是太阳能集热管，像太阳能热水器对太阳光热的利用效能只有 20%。

光热膜材料被认为是一种吸收太阳能并能将其高效转换为热能的膜材料，它是太阳能驱动水蒸发技术的核心。但是在通过光热转换产生水蒸气的过程中，部分光热能量会不可避免地散失在空气、水等周围低温的环境中。

中国科学院青岛生物能源与过程研究所副所长江河清研究员说，光热膜材料在太阳光谱范围内应具有良好的吸光性，可最大限度吸收太阳光；具有粗糙的多孔表面，可降低对光的漫反射率和损耗，使膜表面能吸收到更多的太阳光；在光热膜下层设计良好的隔热层，可降低热量传递，减少能量损失。光热膜材料还应具有良好的水传输性能，比如具有丰富的亲水互连孔隙结构等，以保证水蒸发过程中水输送供应的顺畅。

常见的光热膜材料大致可分为无机材料、有机材料两类，无机材料主要包括金属纳米材料，如贵金属纳米颗粒、无机半导体材料、碳基材料；有机材料则包括有机小分子化合物及聚合物材料，如聚吡咯等。

“把无机或有机的光热材料，经过共混纺丝、表面涂敷、原位改性、材料组装等工艺环节处理后，就能制备成具有多孔结构的光热膜。”中国科学院青岛生物能源与过程研究所副研究员宋向菊说，在水蒸发过程中，料液中的水经光热膜孔道的毛细管作用，传输到膜表面，处于膜表面的水吸收热量形成水蒸气，经冷凝后便可以获得纯净的淡水。

### 为提升性能优化材料选择和结构设计

当前，光热膜材料在实际应用中，还存在能量损失、成本高、稳定性不足等诸多瓶颈与问题。比如光热膜材料在光热转换过程中会出现热传导和热辐射等情况，导致部分能量损失。某些光热膜材料在高温和强光照射下，可能会出现腐蚀或降解，从而影响材料的长期稳定性和寿命。在海水淡化应用中，还存在盐析现象，也就是说，海水蒸发获得淡水的同时，凝结出的盐会吸附在光热膜表面，降低了膜对光的吸收、热转化的效率，从而降低了光热膜材料的水蒸发性能。

为此，科研人员在光热材料选择及膜结构设计上付出了诸多努力。比如为降低能量损失、提高光热转化效率，在膜下表面设计隔热层，同时对光热膜材料表面微结构，即表面亲疏水性、粗糙度等进行调控，一方面减少热量向水体传递，另一方面提高光的吸收率；此外，通过在膜表面构筑涂层或调控膜结构，显著提高了光热膜材料的稳定性。

近年来，江河清带领研究团队在改善光热膜的水蒸发性能方面开展了大量科研工作。比如在太阳光驱动水蒸发过程中，水体中的藻类、有机物会在光热膜中富集生长，造成膜污染，导致膜材料性能下降。团队为此设计开发了具有催化和光热特性的钙钛矿光热膜，通过高温催化降解污染物等，实现了光热膜的循环再生，延长了光热膜材料的寿命。此外，团队还开发了中空纤维阵列光热膜，可多角度吸收太阳能，显著提高了太阳光利用效率，提升了水蒸发性能；设计了具有不对称结构的 Janus 光热膜，利用光热膜下层的亲水特性，促进水向膜表面传输，同时利用光热膜表面疏水性，控制表面水的分布，从而控制随水传输的盐离子在膜边缘结晶、析出，不但解决了盐析问题，而且实现了盐的收集。

国内多家科研单位也在进行光热膜材料创新工作。比如中国科学院深圳先进技术研究院研究员喻学锋课题组以天然玄武岩为原料，设计制备出较为便宜、稳定且耐腐蚀的玄武岩纤维光热膜，在紫外线和近红外光谱范围内，该光热膜显示出广泛的吸收性。王贤保团队将石墨烯气溶胶制备成一张“薄膜”，可随波漂浮在水面上。“这种石墨烯膜材料的光热转换效率

高达 94%，而传统商业光伏电池的能量转换效率仅有 10%—20%。”王贤保说。

### 在清洁能源和可持续发展领域颇具潜力

除海水淡化外，光热膜材料在污水处理、空气加热和净化、光催化等多个领域也具有广泛的应用前景。比如将光热膜与超滤、纳滤、反渗透等传统分离技术耦合，可开发出新型膜分离技术，利用太阳能对原料水进行加热，降低水的黏度，促使水快速通过膜，从而实现水与有机物/盐的有效分离，并降低能耗。

“我们团队将光热材料引入聚合物分离膜，开发了兼具光热和分离功能的复合膜，将其应用于水和染料的分离，显著提升了水的渗透通量，并降低了能耗，表明其在染料废水处理中具有较好的应用潜力。”江河清说。

与光热膜处理污水的技术原理相似，光热膜还可处理空气中的污染物。江河清研究团队已开发出兼具光热和分离特性光热膜，将其应用到空气净化领域，能有效去除细颗粒物（PM2.5），同时提升室内温度，达到提高生活品质的效果。

光热膜还可应用在光催化、能量存储、工业加热等领域。比如利用光热膜材料的光热转化能力，促进热解和催化反应，可制备出高价值化学品；在电催化领域，利用光热膜可实现高效电解水制氢等。

宋向菊表示，光热膜材料的产业化还在不断发展中，尽管一些先进的光热膜材料已在实验室中取得了良好效果，但要将其商业化并广泛应用于实际生产中，还需要突破技术和经济上的瓶颈，以确保光热膜材料的可持续性和可靠性。

光热膜材料在可再生能源领域具有巨大的潜力，其发展方向将主要集中在材料性能优化、多功能性应用、成本降低等方面。比如通过优化光热膜结构和组成、引入新的纳米材料，提高光热性能，以适应不同领域的需求；根据光照强度和角度，开发自适应追光的智能光热膜材料等。“随着科技的进步，光热膜材料将在多个领域中发挥更大的作用，为清洁能源和可持续发展作出新贡献。”江河清说。

## 中国光伏风电产业 何以领跑全球

中国信息报 2023.8.24

国家能源局最新数据显示，截至 6 月底，我国可再生能源装机突破 13 亿千瓦，历史性超过煤电。其中，风电装机 3.89 亿千瓦，连续 13 年位居全球第一；光伏发电装机 4.7 亿千

瓦，连续 8 年位居全球第一。

全球第一，已成为“风光”产业的亮眼标签。我国为何能后来居上？

### **领跑全球“风光”无限**

轮毂中心高度达 152 米，叶轮扫风面积相当于 7 个足球场大小，每年发电量超 6600 万千瓦时，能满足 3.6 万户三口之家一年的生活用电。

这是全球首台 16 兆瓦超大容量海上风电机组，7 月 19 日在福建海上风电场并网发电。

这一机组是我国风电装备制造能力的集中展示。遍布整机的数百个传感器和激光雷达，可感知温度、湿度、风速等信息，数字化跟踪机组的运行状态，还能通过机组智慧“大脑”，进行角度和功率的调节。

这些年来，我国风电快速发展，从陆地到海洋，不断突破环境限制，一架架“大风车”迎风转动。

电力规划设计总院长杜忠明说，当前我国风电产业链供应链相对完备，成为具有国际竞争力的“明星”行业。

在内蒙古，全国首个“风火打捆”外送新能源大基地项目——华能上都百万千瓦级风电基地 6 月 30 日并网，标志着中国华能新能源装机突破 6000 万千瓦；随着云南耿马东老 95 兆瓦光伏、青岛曹城山 49.8 兆瓦风电等一批项目并网发电，国家电投清洁能源装机突破 1.6 亿千瓦，是全球最大的光伏发电企业……

从西北沙漠到东海之滨，从高山峡谷到低地平原，一排排光伏板、一台台风机持续并网发电……按照规划，到 2030 年，以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风光基地总装机容量将达到 4.55 亿千瓦。

### **关键技术自主突破**

当前，我国光伏风电产业实现了由“跟跑”“并跑”向“领跑”的巨大跨越。

回望产业发展历程，用“披荆斩棘”来形容一点都不为过。“我国新能源技术创新经历了引进国外技术、消化吸收、再创新三个阶段，通过国际合作快速缩小差距，博采众长，最终实现赶超。”国家能源局新能源和可再生能源司司长李创军说。

作为世界最大风力发电企业，国家能源集团 1994 年建成投产的新疆达坂城风电场，拉开我国商业化运营风电场的序幕；2010 年江苏如东 30 兆瓦海上潮间带试验风电项目，推动我国风力发电从陆地迈向海洋；2011 年安徽来安大型低风速示范风电场，促进大量低风速资源的开发；2017 年投建的南非德阿风电场，被誉为金砖国家能源合作典范。从陆上到海上，从高风速到低风速，从“引进来”到“走出去”，国家能源集团是风电行业发展的缩影。

“行业持续加大研发投入，掀起一轮轮的创新热潮，涌现出隆基绿能、晶科能源、通威股份等后起之秀。”隆基绿能总裁李振国说，技术创新是光伏行业不断前进的核心动力，特别是电池转换效率提升发挥了关键作用，成为光伏行业转型升级的“主赛道”。

国家的统筹部署，有力推动行业的起步发展，激发了技术创新活力。

李创军说，目前我国风电领域在机组大型化、漂浮式风电等方面实现对国外先进水平的反超，大功率机组主轴轴承、超长叶片等关键部件不断取得突破。晶硅光伏技术持续迭代，自主研发的钙钛矿电池效率达 26.1%，刷新世界纪录。

近 10 年来，风电项目单位千瓦造价从 8000 元降至 4000 元左右，光伏发电项目单位千瓦造价从 12000 元降至 4000 元左右，降幅分别约 50%、70%。

### 产业政策扶持力度大

在产业政策加持下，光伏风电市场近 10 年来一路高歌，大量资本随之涌入，行业发展迎来黄金阶段。

“根据不同阶段面临的形势和需求，产业政策因时因势利导。”杜忠明说，以可再生能源补贴政策为核心，产业政策使光伏风电的商业化加速成熟。随着技术进步和经济性的提高，补贴资金逐步退坡，为风电 6 次、光伏 8 次降低上网电价，最终实现平价上网，起到了“扶上马、送一程”的作用。

步入平价时代后，可再生能源电力消纳责任权重政策又发挥了“定盘星”作用。2019 年 5 月，我国正式建立可再生能源电力消纳保障机制，划定平价时代新能源开发的最低规模，保障了需求的基本盘。

科技部门与部分地方政府也发挥了“临门一脚”的作用。部分企业在发展初期资金短缺，科技部门和部分地方政府给予大量帮助，助力我国企业短期内超越国际同行。

针对当前新能源发展的难点痛点，2022 年 5 月国务院办公厅转发国家发展改革委、国家能源局《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》，提出 21 项具体政策举措，着力打通制约新能源跃升发展的堵点，确保新能源项目立得快、立得稳、立得好。

## 我国万吨级光伏绿氢示范项目全面建成投产

科技日报 2023.8.31

8 月 30 日，我国规模最大的光伏发电直接制绿氢项目——新疆库车绿氢示范项目全面

建成投产，标志着我国绿氢规模化工业应用实现零的突破。随着配套的光伏电站全部建成、实现全容量并网，该项目可以满负荷生产绿氢，每年生产的 2 万吨绿氢全部就近供应中国石化塔河炼化公司，用于替代炼油加工中使用的天然气制氢，实现现代油品加工与绿氢耦合低碳发展。

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

据介绍，作为我国首个规模化绿电制绿氢项目，该项目建设中面临着工艺技术新、规模大、无成熟工程案例可借鉴等难点。中国石化通过联合攻关、揭榜挂帅等形式，破解了新能源波动电力场景下柔性制氢及连续稳定向下游炼化企业供应的难题。其中，面对可再生波动电源制氢的技术难题，中国石化通过自主开发绿电制氢配置优化软件，将电控设备与制氢设备同步响应匹配，实现了“荷随源动”，大幅提升设备对波动的适应性。此外，项目中形成的万吨级电解水制氢工艺与工程成套技术、绿氢储运输工艺技术等创新成果均实现了工业应用，项目已申报专利及专有技术 10 余项。

该项目所用的光伏组件、电解槽、储氢罐、输氢管线等重大设备及核心材料全部实现国产化，有效促进了我国氢能装备企业发展。以电解槽为例，项目启动之前，国内的 1000 标立方每小时电解槽累计需求量不到 30 台，而仅库车绿氢示范项目就需要 52 台，有力促进了国内电解槽产业的规模化生产。

## 六、地热能

### 持续提升地热能发电水平

经济日报 2023.8.17

绝大部分能源都属于广义上的太阳能，如果没有太阳，人类如何获得充足的能源？今年 9 月，世界地热大会将首次在中国举办。作为少有的来自地球内部的能源，地热能绿色低碳，且总量惊人，约为全球煤炭储量的 1.7 亿倍，是个巨大的宝藏。我国地热资源丰富，市场前景广阔，为顺利实现能源绿色低碳转型，需进一步提升地热能利用水平。

地热能开发利用可分为直接利用和地热发电两个方面。地热直接利用包括供热、制冷、

烘干、温泉洗浴等，地源热泵是全球地热直接利用最主要的方式。我国地热资源利用以直接利用为主，2020年我国地热直接利用量超40吉瓦，全球占比38%。我国地热利用虽然连续多年位居世界首位，但却算不上地热强国，因为在潜力更大的地热发电领域，装机量甚至排不进全球前十。

早期地热能直接应用存在的问题是地理局域性，由于热能难以进行长距离传输，所以只能在产地附近利用。想要更好利用地热能，就需要将其变为电能，而电则可以较低损耗实现长距离传输，这也是一些地热大国更注重发电应用的原因。由于地热能利用水平不高，导致我国地热能只能就地消化，无法大范围转移。

地热发电原理并不复杂。在传统火电厂中，人们将煤炭、天然气、石油等化石能源用作燃料，以产生高压蒸汽进行发电。地热发电所不同的是地球起到了锅炉的作用，通过利用地热水形成过热蒸汽后，推动涡轮机旋转发电。除了能量来源外，地热电站使用的技术在本质上与煤电站、天然气发电站和核电站相同。

地热发电是稳定可靠的可再生能源，年发电利用小时数高达8000小时以上，可媲美核电，远高于风电和光伏。同时，地热发电还具有平均寿命周期内碳排放量低、负荷运行稳定、可调频调压、土地资源占用少、不受天气影响等优势特性，尤其在云南、四川等水电大省枯水时可派上大用场。在我国多元互补的新型能源体系中，地热发电应有一席之地。

我国地热发电起步早、发展慢。面对全球第一次石油危机，1970年原地质部部长李四光倡导开发地热能源，先后建成以广东丰顺邓屋为代表的7处小型分布式机组。1977年，我国第一台高温地热发电机组在西藏羊八井发电成功，其发电量曾高达拉萨电网的60%。由于政策支持力度不足等原因，后续地热发电发展缓慢，目前正在运行的地热电站屈指可数。截至2020年底，我国地热发电装机容量为44.56兆瓦，远未达到“十三五”规划提出的新增装机容量500兆瓦的目标。

“十四五”开局之年，国家能源局牵头八部门联合发布《关于促进地热能开发利用的若干意见》明确，在资源条件好的地区建设一批地热能发电示范项目，全国地热能发电装机容量应比2020年翻一番。目前，国内企业已掌握了地热发电关键技术和成套装备核心技术，形成了地热发电规模化发展能力。但如果缺少政策支持，地热发电存在第二次无法完成国家规划的可能。

促进地热发电开发利用，首要任务是摸清家底。与太阳能、风能不同，地热能藏在地下，看不见摸不着。只有真正掌握地热资源的储量和类型，才能更好地利用热源。要鼓励引导社会资本投资地热资源进行普查、详查、勘查和开发，重点是摸清地热能资源的类型、热源、



热通道、热储特征和分布，评价地热能潜力，优选有利区，为地热能发电和梯级开发规模化利用提供资源基础。

出台电价和相关支持政策，是促进地热发电规模化发展的必要措施。参考我国风电、光伏产业的崛起，在推动其产业发展、技术升级方面，可再生能源电价附加分摊政策发挥了巨大作用。对标印度尼西亚、菲律宾、土耳其等领先的地热发电国家发展经验，也验证了技术进步与规模化发展离不开补贴政策支持。各级政府可考虑出台电价和相关支持政策，在西藏、川西、滇西等高温地热资源丰富地区组织建设中高温地热发电工程，支持地热发电与其他可再生能源一体化发展。

推动深层地热能利用技术突破，关乎产业长远发展。目前技术可利用的中浅层地热资源，并不足以支撑超大规模的地热发电装机。要鼓励地热发电企业提高地热田开发潜力，积极探索干热岩发电商业化，在科研院所和高校建立产学研联盟的方向上持续性投入，构建中国地热发电方案。

## 专家学者把脉新形势下地热开发利用新技术新趋势

中国自然资源报 2023.8.2

7月26日，以“践行地热使命，构建能源新体系”为主题的中国能源研究会地热专业委员会2023年学术年会暨地热技术发展学术论坛在大同召开。来自全国地热领域的专家学者汇聚一堂，共同把脉新形势下地热产业发展面临的新机遇、新挑战。中国科学院院士汪集旻、王焰新，中国工程院院士武强分别作了视频报告和致辞，中国科学院院士赵阳升作了现场报告。

论坛上，来自中国地质调查局、中国地质科学院、山西省地质工程勘察院有限公司等相关单位和科研院所、高校以及企业等的专家、地热技术骨干和青年代表围绕国际地热发展新形势、新技术以及各国地热产业发展模式，国内地热资源开发利用发展现状与趋势，地热能产业战略规划与布局，地热勘探理论和技术，不同类型地区地热勘查开发理论技术，地热利用产业发展思路及重点方向等作了学术报告。

据了解，山西是我国中东部地区少数具有高温地热资源的省份之一，近年来在地热勘查应用方便取得了重大突破和进展。山西地质集团作为全省地热资源勘查开发主力军，高效实施地热资源项目勘查、开发、利用和技术研究。其中，该集团所属的山西省地质工程勘察院

有限公司在大同盆地重点地区深部高温地热详查专项、高温地热发电供暖等试验性梯级利用，地热资源勘查与开发利用省级重点实验室建设和太原武宿机场三期地热供暖制冷等重点项目取得阶段性进展，特别是在大同天镇探获我国中东部地区第一口温度最高、流量最大的深部地热井，探索建立了我国中东部地区第一个高温地热科研示范试验电站，为山西地热资源勘查、开发利用提供了可推广、可复制的经验，为我国中东部地热资源赋存、开采探究了路径。

大力发展地热开发利用技术，推动地热能规模化、产业化开发利用，对山西优化能源结构、实现绿色发展意义重大。山西省自然资源厅相关负责人介绍，今年以来，结合该省地热能实际和产业发展需求，山西厅重点开展了 3 方面工作：一是编制印发专项规划。《山西省地热资源勘查开发规划（2021-2025 年）》明确：到 2025 年，完成晋北、晋中、晋南三大地热勘查开发利用基地的调查评价与勘查工作，基本摸清资源家底；到 2035 年，基本完成全省重点地热田预可行勘查评价工作，三大基地建设成效显著，地热资源在新能源中的占比大幅提高，地热能产业步入高质量发展新阶段。二是持续引领绿色发展。坚持生态优先，注重节水环保，在去年发布《地热能分级分类利用指南（试行）》基础上，发布实施了《山西省地热地质环境监测技术要求（试行）》《山西省地热尾水回灌技术要求（试行）》，引领市场主体运用先进适用技术，推动地热能产业绿色转型发展。三是分类推进规范完善。对已经形成并运行的 182 口地热井，组织市、县两级开展摸底调查，借鉴天津经验，明确有关要求，指导具备条件的项目加快规范提升，争取年内一批项目实现规范运行，服务城乡人民。

下一步，山西厅将继续加快推动地热能产业高质量发展，扛牢能源安全保障责任，坚持发展和安全并重，坚持清洁高效低碳绿色方向，谱写地热能资源利用新篇章；发挥地热资源比较优势，加强大同盆地、忻州盆地、汾河谷地等重点地区各类地热资源的保护性开发、高质化利用、规范化管理，探索推动不同类型地热资源的分级利用、就地利用，为绿色转型发展注入活力；加快建设阳高一天镇示范基地，重点支持大同阳高一天镇一带高温地热能资源勘查开发项目，会同有关各方探索解决规模开发、分级利用面临的诸多难题，为规模化、产业化利用趟出新路，促进大同市发展特色农业、清洁供暖、旅游观光，打造“多能互补”的新型能源示范区。

本次论坛由中国能源研究会地热专业委员会、大同市政府和山西地质集团有限公司联合主办。会议期间，来自全国 20 多个省（区、市）的 400 多位与会代表考察了天镇高温地热资源开发利用科研示范基地。

# 世界地热大会将实现“零碳办会”

中国电力报 2023.8.21

8月15日，在首个全国生态日当天，2023年世界地热大会主办方宣布，将引入碳中和项目，通过碳资产购买等方式，中和2023年世界地热大会产生的温室气体排放，实现“零碳办会”。

据了解，大会将坚持“低碳办会”，践行“绿色地热清洁地球”的会议主题。会议期间，在接驳交通上，将大力使用氢能车辆；在餐饮服务上，将全面使用可降解塑料袋、餐盒，精确统计参会人数，避免餐饮浪费；在会议组织上，将使用环保特种纸张，并通过小程序注册签到、无纸化办公系统等方式，从源头减少纸张使用。

大会将以“会后中和”为导向，实现“零碳办会”。会议筹备组委托中石化碳科公司按照碳中和相关论证规范要求，在会议筹备、举办和收尾阶段，根据实际情况设计减排措施方案，根据一定的排放因子和核算方法，核算会议产生的温室气体排放量，在会后通过购买足量碳信用等方式抵消会议实际产生的温室气体排放。

据了解，2023年世界地热大会将于9月15~17日在国家会议中心召开，由国际地热协会（IGA）主办，中国石油化工集团有限公司承办，是中国首次举办此项国际盛会，它被誉为“地热界奥林匹克”。

会议聚焦全球地热产业发展热点趋势，将组织多场以地热国家报告、市场发展、前沿技术等为主题的技术活动。会议期间，还将同时举办2023年世界地热大会暨地热能开发技术与装备展览会，举行多场能源领域企业签约和品牌发布活动等，推动地热能行业高质量发展，助力全球能源转型，共同守护“绿色地球”。

## 七、海洋

### 我国海洋产业 融合发展势头良好

中国信息报 2023.8.8

自然资源部近日发布上半年海洋经济数据显示，在“海上风电+”等新业态带动下，我国海洋产业融合发展势头良好。

数据显示，我国海洋产业融合发展成效显著，数字化、绿色化转型加快。“海上风电+”

融合发展，首次实现深远海浮式风电平台直供海上油气田群，广东青洲、福建兴化湾、山东昌邑等“海上风电+海洋牧场/海水制氢”融合示范项目稳步开展。

海洋油气、深远海养殖、海上风电产业发展带动下，海工装备需求持续旺盛，海工交付订单金额为近五年同期最高水平，比上年同期增长 116.7%。全球首艘 M350 型海上浮式生产储卸船、“耕海 1 号”二期海洋牧场综合体相继交付。

海洋产业加速向数字化、绿色化转型。天津港建成数字化料场平台，提升煤炭采制样系统智能化水平；日照港正式运行“5G+物联网”等技术管理平台，提升智慧绿色港口效能；智能数字化浮式生产储油船“海洋石油 123”号正式交付，为智能化油气生产运营奠定基础。

初步核算，上半年海洋生产总值 4.7 万亿元，同比增长 6.0%，增速比一季度提高 0.9 个百分点。随着旧船淘汰及国际强制性减排政策出台，海洋船舶工业新船需求明显扩大，船企经营效益持续改善。全国新接海船订单量同比增长 38.1%，占国际市场份额达 67.2%；我国造船业主营业务一改多年来亏损局面，利润率超 4.0%，处于一个新增长周期。

随着经济社会全面恢复常态化运行，以及扩大内需政策措施落地生效，海洋旅游业复苏势头明显。上半年，海洋客运量同比增长 130.5%，已恢复至 2019 年同期的 101.0%。(王立彬)

## 中山大学“多能联合发电装置模型”完成水池实验

中国自然资源报 2023.8.10

日前，国家海洋技术中心海洋动力环境实验室针对中山大学“多能联合发电装置模型”开展了风浪流耦合工况的水池试验。在双方科研人员的共同努力下，完成了从风浪流耦合场模拟环境搭建，到测量系统高精度同步测量，再到数据处理与分析等工作，顺利完成了全部水池试验内容。

该试验从准备到完成历时 30 天，测试工况复杂，精度要求高。该试验的完成将为后续多能联合发电装置进一步结构优化、浮式风机和垂直轴潮流联合发电性能提升，以及锚系统优化等提供科学试验依据。

据悉，国家海洋技术中心利用海洋动力环境实验室已完成了 140 余项海洋观测仪器和海洋能发电装置的测试试验，充分体现了该中心海洋动力环境实验室为海洋观测、海洋可再生能源开发利用、海洋工程装备等技术创新与成果转化的支撑作用。

## 我国首台 50 千瓦海洋温差能发点试验成功

中国自然资源报 2023.8.24

8月17日，由湛江湾实验室承担的国内首套“50千瓦温差能发电系统陆上联调”试验在该实验室龙王湾园区进行。本次调试由湛江湾实验室海洋绿色能源研究中心主持，调试过程中发电系统输出功率大于50千瓦，满足指标要求，标志着我国海洋温差能研究迈出了由理论研究到实际应用的重要一步。

据悉，海洋表层海水与数百米的深层海水之间，存在20℃以上的温差，这种温差之间存储的能量，就被称作海洋温差能。我国海洋温差能储量约3.67亿千瓦，涉海面积达180万平方千米，如果按2%的利用率计算，年发电量可达570亿千瓦时。2022年广东省全社会用电量为7870.34亿千瓦时，我国海洋温差能年发电量相当于全广东省一个月的用电量。

湛江湾实验室在建立之初即着力研究温差能开发与深层海水综合利用关键技术，在关键设备成套研发、深层海水综合利用等方面具有丰富经验。湛江湾实验室历时两年研究论证，与多家单位合作，完成了温差能发电系统各项设备从参数计算、型号设计、设备采办到最终安装调试等一系列工作。

## 八、氢能

### 全球首例重型燃机商业机组高比例掺氢试验成功

科技日报 2023.8.2

7月14日12时30分，国家电力投资集团有限公司（以下简称国家电投）湖北公司鄂中区域公司荆门燃机项目热网东线工程高能环保段蒸汽正式并入主管网供汽。该项目特色在于，其在重型燃机商业机组上成功实现了30%掺氢燃烧。这将提高荆门燃机项目的供热能力和可靠性，增加零碳热源点。

天然气掺氢，被业内认为是未来实现氢能大规模输送、解决氢能供需错配的重要路径之一。此次在重型燃机商业机组上实现的30%掺氢燃烧改造和运行需要克服哪些困难？下一步，天然气掺氢又该如何走？

## 高比例掺氢要攻克回火和排放难题

走进国家电投荆门绿动能源有限公司，记者见到了大型调压设备、配套管道设施、燃机控制系统以及 4 根卸氢柱。

“氢气供应商通过高压管束车将氢气运到公司卸氢柱，氢气卸下来后要进行 2 次调压，然后在混氢罐同天然气进行掺和，最终通过燃机产生电、热。”国家电投湖北鄂中区域公司负责人于红伟向科技日报记者介绍了荆门燃机项目运行流程。他告诉记者，项目配套建设了热力管网，以电、热、水、冷多联供的方式实施综合能源供应，替代了区域的分散锅炉，实现了较高的能源综合利用率。

“此前，在国际上没有商业机组实现过 30%掺氢燃烧这么高的比例。”于红伟表示，为实现 30%天然气掺氢燃烧试验，科研人员攻克了多项难题。其中，最困难的当属回火和达标排放问题。

回火是指正在燃烧的气体火焰引燃了还未燃烧的可燃混合气的现象。于红伟解释道：“氢气和天然气具有不同的物理化学特性，这导致两者在管道中的燃烧条件不同，易造成回火。回火极易破坏燃烧稳定性，对点火器和管道设备都会产生极大的损坏。”

面对这一难题，项目团队对燃机的燃烧器和控制系统进行了改造，多次进行掺氢试验和设备调试，最终找到了混合气体的中间值，攻克了燃机高比例掺氢带来的回火难题。

不仅如此，项目团队还实现了大规模掺氢掺混精准控制技术与燃机的联调技术，使改造后的燃机机组能够兼容纯天然气和天然气掺氢两种运行模式，可在 0%—30%掺氢运行条件下自由切换。

“在环保方面，降低掺氢天然气的氮氧化物排放是一大难题。”国家电投湖北公司鄂中区域公司副总经理白红涛说，由于混合气体带来的变化，原有天然气排放调节系统难以适应新的工况，难以达到氮氧化物排放低于 50 毫克每立方米的国家规定。

“通过反复实验和对设备进行调试改动，燃机最终实现了氮氧化物达标排放。”白红涛表示，目前燃机在掺氢运行过程中，环保排放等各项指标合格稳定。

## 大规模商业应用要降低用氢成本

在现役天然气机组中增加氢燃料来源，不仅能够保证冬季供暖安全稳定，同时还能有效减少天然气用气量，减少碳排放。白红涛说，仅荆门一台 54 兆瓦的燃机在掺氢 30%情况下每年就可减少二氧化碳排放 1.8 万吨以上。

相关数据显示，截至 2020 年底，全球天然气掺氢项目约有 40 个。多个国家已将天然气掺氢的应用列入国家规划中，旨在通过天然气掺氢技术实现建筑和工业供热领域深度脱碳。

天然气掺氢具有减碳、促进制造业升级、调整优化产业和能源结构等重要优势。于红伟表示，在探索大规模天然气掺氢商业应用方面，荆门燃机项目还要降低用氢成本。

白红涛给记者算了一笔账：目前荆门燃机项目购买 1 立方米天然气大约需花费 2.7 元，购买 1 立方米氢气需要花费 3 元，而氢气的热值却仅为天然气的三分之一左右，这意味着燃烧约 3 立方米氢气才能产生燃烧 1 立方米天然气的热量。“什么时候 1 立方米氢气的价格降到 0.9 元了，掺氢燃烧就具有经济效益了。”他说。

这也为全国其他地区天然气掺氢项目提供了启示：在具有制氢、输氢、储氢区位优势的地方，掺氢项目更具大规模商业化优势。

除降低用氢成本外，打开天然气掺氢大规模商业应用场景，还需进一步完善顶层设计和相关标准体系，推进终端燃气技术迭代，加强掺氢天然气应用安全风险管控。

今年 3 月发布的《天然气管道掺氢输送及终端利用可行性研究报告》预测，“十四五”时期，我国预计新增天然气管道掺氢示范项目 15—25 个，掺氢比例达到 3%—20%，氢气消纳量每年 15 万吨。

中国城市燃气协会理事长刘贺明认为，我国具备较好的发展天然气管道掺氢输送技术的产业基础。“目前我国城镇用气人口有 5.3 亿人，天然气管道长度达 113.5 万公里。未来 15—20 年，我国天然气产业将得到进一步发展，天然气管网基础设施建设将为氢能运输提供更大可能性与空间。”

## 首个国家层面氢能全产业链标准体系建设指南出炉

中国电力报 2023.8.10

近日，国家标准委与国家发展改革委、工业和信息化部、生态环境部、应急管理部、国家能源局等部门联合印发《氢能产业标准体系建设指南（2023 版）》（以下简称《指南》）。这是首个国家层面氢能全产业链标准体系建设指南。

2022 年 3 月，国家发展改革委、国家能源局发布了《氢能产业发展中长期规划（2021—2035 年）》，明确了氢的能源属性，氢能产业是战略性新兴产业和未来产业重点发展方向。上述规划还提出了氢能产业发展的基本原则和各阶段目标，部署了推动氢能产业高质量发展的重要举措。《指南》旨在贯彻落实国家关于发展氢能产业的决策部署，充分发挥氢能是现代能源体系建设、用能终端绿色低碳转型中的载体作用，加快建立氢能制、储、输、用标准体系，

发挥标准对氢能产业发展的支撑和引领作用。

《指南》要求构建氢能制、储、输、用全产业链标准体系，涵盖基础与安全、氢制备、氢储存和输运、氢加注、氢能应用 5 个子体系。《指南》明确了近三年国内国际氢能标准化工作重点任务，部署了核心标准研制行动和国际标准化提升行动，提出了组织实施的有关措施。

《指南》确立的发展目标是，到 2025 年，支撑氢能制、储、输、用全链条发展的标准体系基本建立，制修订 30 项以上氢能国家标准和行业标准。重点加快制修订氢品质检测、氢安全、可再生能源水电解制氢、高压储氢容器、车载储氢气瓶、氢液化装备、液氢容器、氢能管道、加氢站、加注协议、燃料电池、燃料电池汽车等方面的标准，打通氢能产业链上下游关键环节。

## 新研究奠定丙烷脱氢新工艺科学基础

中国科学报 2023.8.3

近日，天津大学低碳能源化工研究团队提出从催化剂结构设计到反应热量高效利用的新概念，成功打破传统反应热力学限制，奠定了丙烷脱氢新工艺的科学基础。相关研究成果在线发表于《科学》。

丙烯在全球石化产业链中具有重要地位，是生产塑料制品、医疗用品、汽车用品、建筑材料等下游产品的关键基础化工原料。我国丙烯需求和生产位居全球第一，但当前较为先进的丙烷直接脱氢制丙烯技术高度依赖进口，并且其反应过程吸收大量热量、产生较高碳排放。目前丙烯生产分别占我国和全球石化工业碳排放总量的 8% 和 5%。因此，国内外对绿色低碳烯烃生产技术的研发极为重视。

天津大学教授巩金龙带领的研究团队对上千种催化剂开展了测试和表征工作，从反应和传热的科学本质出发，提出了储量丰富的金属氧化物结构化设计方法，发现了催化剂结构对丙烷转化的影响规律，明确了反应中间物种迁移对不同反应的串联作用机制；经过系统的工艺条件探索，建立了反应器内热量集成利用的技术策略，开发了丙烷直接脱氢吸热反应与选择性燃烧放热反应的耦合工艺，成功突破了传统直接脱氢工艺的技术局限。

该研究率先攻克了新型丙烯低碳生产方法。与传统工艺相比，该制备工艺反应温度可降低 30℃~50℃，预期能耗可降低 20%~30%，有望大幅减少二氧化碳排放。据悉，该项创新技



术已获多项国家专利授权，并已进入工业试验阶段。

## 政策支持 氢能商业化进程提速

中国高新技术产业导报 2023.8.21

近日，国家标准委等六部门印发《氢能产业标准体系建设指南（2023版）》，发挥标准对氢能产业发展的支撑和引领作用。与此同时，多地密集出台支持政策，积极抢占氢能发展新赛道，相关产业开发和应用加速落地。

业内人士表示，在政策的加持下，氢能行业有望迎来加速发展，预计到2050年，氢能将在交通运输、储能、工业、建筑等领域广泛使用，氢能产业链产值扩大，市场规模将超10万亿元。

### 多地布局氢能新赛道

今年7月，山东高速服务开发集团有限公司在山东省公共资源交易中心发布一则“氢能高速及零碳服务区关键技术集成与示范济南东服务区南区加氢站招标公告”。

根据公告，山东高速服务开发集团有限公司将针对济南东服务区南区加氢站项目进行招标，站内设置1台压缩机、1套9立方米储氢瓶组、2台卸氢柱、2台双枪单计量加氢机及冷却水装置等，预留1台压缩机位置。新建1座一层站房和1座罩棚，建站等级为三级站，合同预估金额1487.28万元。

据悉，作为山东“氢进万家”科技示范工程的重要项目之一，氢能高速及零碳服务区关键集成与示范项目由山东高速集团牵头承担、山东高速服务开发集团具体实施，主要任务目标是“建设零碳氢能服务区不少于2处、可支持燃料电池车辆通行的高速公路连续里程不低于300公里（济青通道）、建设加氢站不少于6座”。

自2021年4月山东“氢进万家”科技示范工程启动以来，该省氢能产业发展迅速：全国首座高速加氢站、首座港口加氢站先后建成，25座加氢站日供氢能力超过20吨，燃料电池车辆总推广数已超过1000辆……

为促进氢能产业发展，今年6月，山东省科技厅等部门印发《山东省科技支撑碳达峰工作方案》，提出加快实施“氢进万家”科技示范工程，开展氢能生产利用示范推广，探索氢能在多种场景下的高效、安全利用新模式。

除山东外，河北、湖州等地密集出台支持政策，积极抢滩布局氢能产业。比如，《河北

省氢能产业安全管理办法(试行)》明确，绿氢生产不需取得危险化学品安全生产许可；《湖州市氢能产业发展规划（2023-2035年）》提出，到2035年，建成基础设施完善、企业梯队健全、空间布局合理、产业竞争力出色、创新能力强劲、应用场景丰富的现代化氢能产业体系。

中国国际经济交流中心科研信息部部长、能源政策研究所负责人景春梅说：“多地纷纷出台相关政策，有利于推动氢能产业链的完善和关键技术的进步，加速氢能商业化应用。但各地要合理把握发展节奏，避免投资过热。”

在政策支持下，我国氢能产业展现出蓬勃发展的态势。根据中国氢能联盟等相关机构统计数据显示，截至2022年底，我国累计建成加氢站358座，其中在建245座，加氢站数量全球第一；氢燃料电池汽车保有量达12682辆，约占全球的20%。2022年，我国氢气产量约为3781万吨，是全球最大的氢气生产国。

### **多措并举加速商业化**

虽然我国氢能产业发展态势总体良好，初步掌握氢能制备储运加注、燃料电池等关键技术，相关示范应用加速推进，具有巨大潜力，但氢能产业发展还面临诸多痛点，贯穿于制、储、输、用全产业链。

中国氢能联盟秘书长刘玮表示，氢能目前存在应用成本过高、核心技术装备水平有待提高、商业模式亟待清晰等问题。

“绿氢制备成本高，难以规模化应用。电解水制氢成本为化石能源制氢的2-3倍，可再生能源制氢成本更高。”景春梅说，绿氢生产与消费空间错配，风光大基地是未来绿氢的主要产地，集中于“三北”地区，但作为氢气消费大户的工业园区主要分布在东部和环渤海地区，这客观上要求储运衔接供需。

针对当前氢能产业存在的问题，该如何解决？景春梅表示，支持开展高压气态、有机液态、液氢、管道等多种输氢路线的技术示范，打通产业堵点，解决供需不匹配问题。针对新能源大基地，近期鼓励就近消纳，优先发展制氢产业，减少氢能长距离运输，探索风光氢储用一体化；中远期考虑长距离外送，研究探索“西氢东送”“北氢南送”的可行性。

同时，推动氢能规模化应用，要千方百计降成本。景春梅说，在技术创新降成本方面，要适度超前部署一批氢能项目，持续加强基础研究、关键技术和颠覆性技术创新，建立协同高效的创新体系；在模式创新降成本方面，构建分布式可再生能源或谷电制氢的“制—储—加”一体化站内制氢模式，推动氢能分布式生产和就近利用。

中国氢能联盟秘书长刘玮表示，要积极推动氢能技术迭代创新，助力我国氢能装备技术

从“跟跑”到“领跑”跨越式发展，加快我国氢能产业商业化进程。同时要在钢铁、化工和交通等重点行业，积极推动绿氢规模化应用，进一步促进氢能全系统成本降低、商业模式快速成型。

## 九、风能

### 全球首台风渔一体化智能装备建成

南方日报 2023.8.13

8月12日，搭载“风渔融合一体化智能养殖网箱”的风机在阳江成功吊装（见上图，南方日报记者张令 通讯员李一男 摄），标志着全球首台风渔一体化智能装备“明渔一号”整体建成。

风机由明阳集团自主研发设计，单机每年可发电4500万度，能满足2.3万个家庭一年的用电，减少二氧化碳排放3.8万吨。“明渔一号”采用50年一遇环境海况条件抗台风设计，最高可抵御17级超强台风。风机吊装后，还将在离岸近百公里、水深近50米的环境中开展石斑鱼等高品质鱼种智能化养殖，并在全球首次实现绿电一体化直供养殖的低碳渔业模式。

### 国内首台风电机组暂态电压优化控制技术完成应用和测试

中国电力报 2023.8.1

7月24日，国网陕西电科院携手国网冀北电科院、金风科技、西安高压电器研究院等单位，在榆林刘千河风电场完成了国内首台风电机组暂态电压优化控制技术的示范应用和现场测试。这一技术突破了风电机组在弱电网中遇到复杂电压振荡和过电压问题的难题，提高了风电机组的并网性能和稳定性，为我国大规模新能源接入电力系统提供了重要技术支撑。

据了解，电网发生故障时，会产生非固定周期的电压振荡，这种振荡形态复杂，频率不固定，可以由对称和不对称故障引发。如果大规模风电接入弱电网，振荡风险将会加剧，严重时会导致风电机组大面积脱网或设备损坏。目前，针对这一问题尚无完善的解决方案。

为此，陕西电科院牵头开展了风电机组暂态电压优化技术研究和优化控制策略及算法开发，构建了半实物仿真平台，采用纯数字和半实物仿真进行实验室验证。在前期研究的基础

上，项目团队奔赴陕西榆林，在刘千河风电场对单台金风直驱风机进行了升级改造，并在现场复现了国内首次不同电压低穿/高穿引起的电压振荡和风电机组的非全相故障。通过对比风电机组的负序补偿策略降低电压不平衡度，充分证明了该技术的正确性和有效性。

## 这个装置解决了海上风电场谐波问题

国家电网报 2023.8.1

近日，国网浙江省电力有限公司电力科学研究院电能质量监测人员在嘉兴等地给电网加装谐波监测仪器，监测高压有源滤波器投运后区域电网的谐波变化。

高压有源滤波器装设于华能嘉兴 2 号海上风电场，投运后风电场并网线路 5 次谐波电流降低了 90% 以上，风电场及周边电网电能质量明显改善。这标志着我国已掌握面向海上风电电能质量治理的高压有源滤波技术。

### 海上风电场谐波超标机理复杂传统谐波治理方案不适用

浙江风能资源丰富，近年来，海上风电装机容量逐年攀升。将海上风电安全可靠地接入电网成为一项重要课题。多数海上风电场采用长距离海底电缆接入电网，但海缆对地电容较高，会带来谐波超标问题。

“谐波会使电气设备产生振动和噪声，还会导致设备过热，缩短设备使用寿命，甚至烧毁设备，影响电网安全运行。”高压有源滤波器主要研发人员、浙江电科院青年员工徐群伟介绍，“对于谐波问题，传统的治理方案是并联无源滤波器。但海上风电场谐波超标机理复杂，传统的治理方案不适用。有源滤波器受电网阻抗影响较小，不易与电网发生谐振，且控制特性灵活，可实现宽频段滤波，在海上风电场应用场景下适应能力更强、滤波效果更好。然而，此前国内外还没有相关工程应用案例。”

2020 年 12 月，浙江电科院组建技术攻关团队，开始研究电网谐波抑制需求，研制高压有源滤波器。该装置运用高压有源滤波技术，可实时监测并网点谐波电压、电流，基于虚拟谐波阻抗主动注入合适相位的电流，灵活调节补偿模式和补偿频段，达到实时抑制谐波电压、电流的目的。

“高压有源滤波器的应用有三大难点：一是要将高压有源滤波器可靠接入电网，二是制订与大电网需求匹配的谐波治理控制策略，三是评估高压有源滤波器的治理效果。”徐群伟说。为了实现高压有源滤波器的可靠接入，攻关团队考虑了多种高压有源滤波器拓扑的控制

复杂度、运行可靠性、投资经济性等因素，最终选取了“降压变压器+级联 H 桥”拓扑。如何合理设计降压变压器及高压有源滤波器元器件关键参数是攻关团队面临的难题。

高压有源滤波器正常运行时，所在的支路会流经较大的谐波电流，并网点电压也存在较大的谐波电压分量。为检验降压变压器在谐波大电流、大电压环境下的耐受特性，攻关团队开展真型变压器试验研究，搭建变压器谐波动态模拟试验平台。经测算，在基波电压叠加谐波电压的条件下，降压变压器运行电压高达 39.8 千伏，接近变压器等一次设备的绝缘电压上限，极端情况下有可能造成设备绝缘击穿。为此，攻关团队提出将变压器低压侧额定电压从 35 千伏降至 28 千伏的方案，通过降低运行电压实现变压器的安全可靠接入。以该方案为基础，攻关团队多次实测真型变压器在高含量谐波环境下的温升、噪声和振动特性，为变压器参数设计积累了第一手数据。根据这些数据，攻关团队明确了变压器容量、绕组线径、铁芯磁通量密度等重要参数，保障了高压有源滤波器可靠接入电网。

### **建立半实物仿真平台研究高压有源滤波器控制策略**

海上风电场谐波超标机理复杂，加上风电场及其接入电网的运行工况实时变化，若高压有源滤波器的控制策略不当，不仅起不到“雪中送炭”的功效，反而会“雪上加霜”，放大谐波的危害。因此，需要从破坏产生谐波的条件、考虑电网自身特性等角度设计高压有源滤波器的控制策略。攻关团队提出了适用于海上风电场的电压电流综合控制策略：既抑制风电场并网线路的谐波电流，也抑制并网点的谐波电压。

为设计出可靠有效的控制策略，攻关团队基于电网设备基波和谐波的立体模型，在实时数字仿真系统中搭建区域电网全电磁暂态模型，将输入、输出信号接入高压有源滤波器实体，建立半实物仿真平台，采用“区域电网高精度建模+外部大电网阻抗扫描”技术，测试高压有源滤波器的稳态治理性能、暂态过程适应性。由于长距离交流海缆模型对仿真结果的准确性有较大影响，攻关团队开展大量仿真测试，优化模型参数，最终得到能够反映真实谐波传递特性的交流海缆物理几何模型。攻关团队还针对区域电网开展运行方式分析，得到电网运行的边界条件，验证高压有源滤波器在 70 余种极端情况下的适应能力。

在评估高压有源滤波器的治理效果方面，攻关团队依托半实物仿真平台开展测试，发现前期设计的高压有源滤波器存在谐波电流治理效果不稳定、响应速度偏慢等问题。经改进，该装置治理效果稳定性大幅提高，响应速度提升至毫秒级。

### **应用高压有源滤波器电能质量明显提高**

6 月 6 日，高压有源滤波器在华能嘉兴 2 号海上风电场并网，并于 6 月 15 日通过 168 小时可靠性运行考核，正式移交运行。

应用高压有源滤波器后，华能嘉兴 2 号海上风电场并网线路 5 次谐波电流降低 90%以上，并网点 5 次谐波电压含有率由 1.97%降至 1.31%。该装置不仅提高了电能的质量，还使电力系统运行更加稳定，达到了预期效果。

“一般情况下，无源滤波器占地面积较大。而这套高压有源滤波器采用集约化设计，能在十分狭小的计量站内灵活摆放，适于在布局紧凑的风电场里使用。”徐群伟说。

依托高压有源滤波技术研究课题，攻关团队牵头完成了 97 项仿真试验、20 项现场系统试验，发表 SCI 论文 2 篇、EI 论文 6 篇，获得国家发明专利授权 2 项。

目前，攻关团队正在开展华能嘉兴 2 号海上风电场周边电网的谐波监测，验证高压有源滤波器投运后长周期下的谐波治理效果。针对温州、台州、舟山等地海上风电并网带来的电能质量问题，攻关团队将因地制宜推广应用高压有源滤波技术，形成系统的治理方案。此外，攻关团队还将总结完善大电网电能质量电磁仿真技术、适用于海上风电的高压有源滤波器控制策略等成果，形成一系列标准规范，在更多的海上风电工程中推广应用，助力“十四五”时期我国海上风电高质量发展。

## 国内首座 500 千伏并网风场完成一次调频性能测试

中国电力报 2023.8.1

近日，国网蒙东电科院电网技术中心圆满完成中广核兴安盟科右前旗 100 万千瓦革命老区风电扶贫项目的一次调频性能测试试验。截至目前，国网蒙东电科院已累计完成蒙东地区 175 万千瓦新能源场站的一次调频测试。

该项目作为国内第一个 500 千伏电压等级接入电力系统的陆上风电场、第一个同时接收网调、省调多级调度的风电场，测试环境苛刻，2 座升压站 229 台风电机组协调配合困难，该院电网技术中心提前谋划，结合机组实际运行情况，充分研究讨论，制定详细试验方案。为抢抓关键测试节点，该院技术团队驻站坚守，及时沟通风功率预测情况，抓住连续两天凌晨风力大发“窗口期”，圆满完成了风电场一次调频性能测试。同时，测试期间技术人员充分发挥技术优势，协助风电场运维人员解决了多场站多类型风机能管控制策略不同、AGC 协调参数匹配度差等问题，工作成效得到场站人员的高度认可。

# 我国超高海拔风电场 3.6 兆瓦风力发电机组成功并网发电

云浮日报 2023.8.4

8月3日，位于海拔5000米以上的西藏措美哲古风电场首批5台单机容量3.6兆瓦的风力发电机组8月3日成功并网发电。

西藏措美哲古风电场位于喜马拉雅山北麓的山南市措美县哲古镇，风机建设在海拔5000米至5200米之间，总装机72.6兆瓦。措美哲古风电场是西藏自治区首个超高海拔风电开发技术研究和科技示范项目，也是首个并入西藏主电网的风电项目，创造了世界高原风电建设奇迹。

从2020年开始，三峡集团按照“基地化、规模化、集中连片化”的总体思路，加快推进西藏措美哲古风电场项目建设。项目全面建成投产后，年上网电量超过2亿千瓦时，每年可节约标准煤超6万吨，减排二氧化碳近17.3万吨，减排二氧化硫超20吨。

据三峡集团措美哲古风电场负责人王亮介绍，在一期项目成功经验基础上，项目团队加大科技创新投入，二期项目全部采用单机容量3兆瓦以上的机型，其中最大单机容量达到3.6兆瓦，可有效提高当地风资源利用效率，打破了“高原风能有气无力、不具有开发价值”的认知误区。这款3.6兆瓦风机叶轮直径达160米，风机轮毂中心距地面90米，具有高海拔适应性、防紫外线、防雷、耐低温、抗覆冰等技术特点，能够在严苛的自然环境下长期稳定运行。

三峡集团董事长、党组书记雷鸣山表示，西藏措美哲古风电场成功建设，在科技创新、风机设计制造、项目建设管理等方面取得了新突破，为后续超高海拔地区“基地化、规模化、集中连片化”风电开发奠定良好基础，为当地乡村振兴、促进经济社会高质量发展作出新探索，对我国超高海拔风电开发建设和地区经济社会发展都具有十分重要的意义。

## 海上风力发电场可为龙虾提供新栖息地

中国自然资源报 2023.8.18

迄今为止，大多数海上风力涡轮机都是使用固定地基基础建造的。为了保护地基基础免受侵蚀，每台风力涡轮机底部周围都放置了大量的岩石和巨石沉积物，被称为“冲刷保护”。这意味着每建一个新的风电场，海洋环境中这类材料的数量就会增加。当海上风电场建在沙质

栖息地时，“冲刷保护”的增加会导致海洋生物可用的栖息地类型发生变化，会对海洋生物产生连锁反应，例如允许某些物种占据以前未发现的区域，这个过程通常被称为“人工礁石效应”。一项新研究表明，欧洲龙虾正在利用“冲刷保护”作为庇护所。如果“冲刷保护可以支持龙虾生存，那么增加岩石体积(或改变类型)可能会促进海上风电场内龙虾数量的增加。

## 阻抗测量装置提升新能源宽频振荡改造水平

科技日报 2023.8.23

近日，由中国电科院新能源中心研制的国内首个用于新能源机组结构化建模的宽频阻抗测量装置，在国网蒙东电科院配合下，日前在赤峰乌套海风电场完成现场实测。这标志着我国新能源宽频振荡问题的分析与抑制技术又向前迈出坚实一步，为后续新能源机组结构化建模打下坚实基础，也为解决沙戈荒、深远海等大规模新能源基地宽频振荡问题，提升新能源基地并网稳定性及送出能力提供了有力支撑。

面向新能源基地宽频振荡风险日益增大，缺乏有效现场实验手段及仿真模型的问题，中国电科院新能源中心攻克新能源机组宽频带测量装备的拓扑设计、信号发生、数据处理等关键技术，自主研发适用于 16 兆瓦以下新能源机组阻抗实测的移动式测试装备。该装置可以在现场对新能源机组 2—1000 赫兹范围内的正、负序阻抗进行实测，并开展新能源机组结构化建模以及新能源宽频振荡问题的分析与抑制。该装置对解决新能源机组电磁暂态建模难题提供了新思路、新方法，为现场验证宽频振荡改造实效提供了新装备。

## 国内首个风机功率曲线 AI 模型上线

科技日报 2023.8.28

8 月 25 日，记者从国家能源集团获悉，该集团龙源电力工程技术公司上线国内首个风电机组功率曲线图像识别 AI 模型，率先实现风电机组功率曲线特性分析筛查的自动化和智能化，填补了行业空白。

风电机组功率曲线是考核风电机组性能、评估机组发电能力的一项重要指标，功率曲线异常不仅会导致电量损失，也会降低设备发电效率、缩短部件运行周期。功率曲线筛查的常规方法依赖专业人员个人经验，效率不高，准确度参差不齐。



为解决上述问题，龙源电力工程技术公司深耕计算机视觉领域，收集标注上万张典型功率曲线异常图片，依托主流图像识别模型自主训练 AI 模型，通过不断优化模型算法，调整一阶和二阶优化函数，使模型的正样本分配策略达到最优，实现了针对不同机型风电机组功率曲线 8 类典型问题的识别。此外，该公司还将该模型应用于风电机组其他控制图谱，建立关联模型并不断迭代。经过场站 3 个月运行数据的实验验证，该模型在近 1.4 万台风电机组中检测出异常机组数量 1860 台，准确率超过 80%，工作效率提升 3 倍以上。

该技术首次实现了图像识别技术在风机功率曲线筛查分析领域的应用，完成分析结果的自动化展示，有效提升了问题机组的定位速度与故障分析效率，为提高设备发电性能、推进场站智能化运维提供了有力支撑。

## 我国自主研发的深远海漂浮式海上风电装备运行发电—— “扶摇号”海上“争风”

中国自然资源报 2023.8.24

当前，全球海上风电发展已驶入“漂浮式”新赛道。在近海风资源趋紧的情况下，海上风电场选址逐渐走向深远海。与传统的“固定式”海上风电相比，“漂浮式”风机更适合在深远海地区规模化部署。

近日，我国“扶摇号”浮式风电装备在智能微电网模式下运行发电。这是“扶摇号”自 2022 年在广东湛江罗斗沙海域成功安装以来的又一突破，为下一步利用浮式风电向岛礁或海上制氢、海工平台、海水淡化、智慧渔场等海洋设备供电提供了良好示范。

### “扶摇号”运行发电

“扶摇号”由中国船舶集团海装风电股份有限公司（以下简称中船海装）牵头研制，是按照深远海进行设计、工程实施及测试验证的浮式风电装备，为我国自主研发的深远海漂浮式海上风电装备。它的诞生填补了我国水深 65 米以上深远海域漂浮式风电装备研制及应用空白。

2022 年，中船海装按计划完成了漂浮式风电装备关键技术研究、漂浮式风电装备制造、工程主体及海缆施工等系列工作，让“扶摇号”具备了并网的工程技术条件。

“扶摇号”机组轮毂中心高度 96 米，风轮直径 152 米，叶片长度 74 米。作为国内最大的漂浮式风电装备，搭载风力发电机组后，“扶摇号”浮体和机组总重量超过 5000 吨，排水

量超过 15000 吨。由风电机组、电压源模式变流器、后备储能电源和智能微电网控制单元共同构成的自维持式智能微电网，不仅为“扶摇号”提供了更好的抗台风安全性，还能获得更加充足的运动载荷和姿态控制数据，为“扶摇号”并网运行提供支撑。

中船海装在漂浮式风电装备和智能微电网方面掌握了自主研发的关键核心技术。2023 年，中船海装技术团队全力投入到深远海智能微电网示范运行的子课题攻关中。经过 6 个月的微电网方案设计、电气架构优化、控制代码重写和系统实施，先后突破了机组黑启动、充放电运行状态的无缝切换，以及自适应功率调节等多项关键技术，实现了“扶摇号”运行发电并向智能微电网供电。

### **全链条科技支撑**

“扶摇号”为 2021 年广东省海洋经济发展（海洋六大产业）专项资金项目——“漂浮式海上风电成套装备研制及应用示范”的研究成果。作为广东省 2021 年重点项目，该项目紧密围绕漂浮式海上风电成套装备研制的环境适宜性低、分体运装难度大、运维可抵性差、产业链成熟度低等核心问题，开展漂浮式海上风电成套装备研制示范的全链条研究。项目主要内容包括南海深水风电场区的海洋特征及装备的环境适宜性研究、漂浮式海上风电装备总体设计、一体化建模和仿真技术研究、漂浮式海上风电成套装备核心部件智能加工、安装定位和调试技术研究、漂浮式海上风电装备机组-浮体一体化下水、拖航和锚固技术研究，以及漂浮式海上风电装备运行监控和运维技术研究等。

自然资源部南海调查中心作为参研单位，负责课题一“漂浮式海上风电装备环境条件适宜性研究”，并参与了课题四“机组-浮体系统运输、锚固方法及施工过程监测技术研究”。项目组针对漂浮式海上风电装备研制和应用示范的实际需求，利用南海历史海洋调查资料和数值模型，开展南海深水风电场区海洋环境特征研究，为漂浮式海上风电装备设计提供典型海洋环境参数；开展应用示范区周边海洋环境特征研究，为锚泊系统设计和漂浮式风电装备示范试验选址提供技术支撑等研究内容。

针对研究内容，南海调查中心技术团队采用现场调查、数值模拟以及历史和卫星数据收集相结合的方式，收集了南海北部大量历史数据和多要素卫星数据，在漂浮式风电应用示范区开展了为期一个月的海流和波浪观测，同时对应用示范区开展了风浪流的数值模拟。根据以上数据分析，技术团队研究了示范区海洋动力环境特征，为漂浮式海上风电的选址和装备设计提供环境参数，支撑了相关设计工作。针对实验海区浪大、流急，不利于拖航施工，技术团队精准研判，为拖航施工选择最优窗口期，并在风机拖航和锚固过程中提供气象和海况预警，确保施工作业顺利完成。

## 海上风电新赛道

相关研究显示，全球大部分风能资源位于水深超过 60 米的海域。当前，近海风能资源开发趋于饱和，海上风电走向深远海已是大势所趋，而水深超过 60 米的海域适合采用漂浮式海上风电开发模式。

据悉，自 2009 年挪威首台单桩立柱形式的漂浮式海上风电机组安装运行，全球海上风电领域正式进入“漂浮式”时代。在经历小规模单台样机和小型风电场示范两个阶段后，如今的国际漂浮式海上风电已进入商业化运行阶段。

“扶摇号”在广东深水海域成功示范了漂浮式海上风电装备运行发电，为我国深远海漂浮式风电的推广应用提供了技术支撑和成功经验。

近年来，南海调查中心为广东、广西、海南三省（区）发展海上风电提供了管廊规划、海域使用论证、海洋环境调查、海洋水文观测、风场勘查、施工期和运营期监测等十几类、超过两百余项专题研究。南海调查中心将继续为我国南海海上风电的建设提供全过程、全方位的海洋技术咨询服务，助力能源结构转型升级。（马媛 黄楸评 董晔弘）

## 前詹风电慈航海上风电场获评“5A 级”优胜风电场

中国电力报 2023.8.28

近日，中国电力企业联合会发布《2022 年度电力行业风电运行指标对标结果的通知》，国家电投广东公司前詹风电慈航海上风电场获评全国风电场生产运行统计指标对标“5A 级”优胜风电场，是广东省唯一一家获评 5A 级海上风电场的单位。

据了解，本次评选由中国电力企业联合会科技开发服务中心组织，对 55 家发电集团（投资）公司所属 3782 家风电场电量指标和设备运行水平指标进行综合评价、公示、核实及评审，最终评选出了优胜风电场名单。

该风电场为国家电投广东公司在粤东首个投运项目——国家电投揭阳神泉一海上风电项目，装机容量 31.55 万千瓦，安装 53 台风机，2022 年度该风场累计发电量突破 11 亿千瓦时，利用小时数在粤东风场对标中保持第一。

# 广东首个风渔融合型海洋牧场开工

中国自然资源报 2023.8.30

8月25日，广东省汕尾市2023年第三季度重大项目暨海洋牧场集中开工仪式在汕尾举行，汕尾市江牡岛海域海洋牧场开放式养殖用海项目、中广核（陆丰）风渔融合项目及陆丰现代海洋渔业种业产业园项目同步开工，标志着汕尾深远海养殖实现零的突破。

据介绍，作为广东省7个现代化海洋牧场先行示范区之一，汕尾坚持规划先行，以“兴海强市”示范工程为抓手，加快编制面向2035年的现代化海洋牧场建设规划，规划出20片、775平方千米的区域供海洋牧场选址。其中，风渔融合发展区多达552平方千米，占比超七成。

坐落在陆丰市后湖海域的中广核汕尾风渔融合项目，是全国首个布置于台风无掩护海域的桩基桁架式风渔融合型海洋牧场，也是广东省首个风渔融合型海洋牧场、首个建设单体6万立方米的桁架式养殖网箱项目。项目总投资2亿元，将在中广核汕尾后湖东风电场机位中心区域建设水产养殖网箱，配备自动投喂、水质监测、水面监控、洗网机、吸鱼泵等智能化渔业养殖设施，同时配备多个平台，为养殖人员提供监控室、办公室、住舱等必要工作生活设施。

汕尾市农业农村局有关负责人表示，海上风电与现代化海洋牧场融合开发，有利于集约节约用海，进一步将资源优势转化为产业优势。风渔融合发展模式具有良好的前景，可以实现资源共享、能源互补和环境友好的目标。海上风电可以为海洋牧场提供稳定的电力供应，同时海洋牧场可以为海上风电提供生态保护和降低运维成本的支持，有助于提高海洋资源的综合利用效率，促进海洋产业的可持续发展。

近年来，依托不同的海洋资源禀赋、产业优势，汕尾积极探索“深远海养殖+风电”“深远海养殖+休闲海钓”“深远海养殖+精深加工”“深远海养殖+文旅融合”四类产业融合发展新模式。

此次开工建设的汕尾市江牡岛海域海洋牧场开放式养殖用海项目，布局现代化海洋牧场和海洋观光旅游产业。作为海上风电区域融合深远海养殖的中间培育重要枢纽，该项目充分发挥养殖业的阶段性养殖特性，主要开展筏式贝类、底播贝类、深水网箱等养殖工作，发挥综合平台作用，是国内首个零碳现代化海洋牧场示范项目。

同步开工的陆丰现代海洋渔业种业产业园项目，集种苗育种、科研实验、科技培训等产学研于一体，将建设石斑鱼、海鲈、牡蛎三倍体种苗基地。

据了解,《汕尾市金融支持“海洋牧场”高质量发展的若干措施》近日正式印发,以探索设立支持海洋牧场发展子基金、打造海洋牧场产业供应链金融、积极发展涉海融资租赁业务等 10 条举措,推动汕尾海洋牧场产业转型升级和提质增效,并为有意投身海洋牧场建设的企业降低融资门槛。

## 十、核能

### 加快推动核燃料组件高质量发展

中国环境报 2023.8.15

党的二十大报告提出“积极安全有序发展核电”,预计到 2030 年,我国核电机组规模有望成为世界第一。核燃料组件是核电站的核心部件,对核电站的安全性、经济性和可靠性都有着至关重要的作用。为此,调研组围绕推动核燃料组件高质量发展这一课题进行了调查研究。

#### 基本情况

本次调研采用现场调研、文件调研与人员访谈相结合的方式,涵盖设计、制造、销售、使用单位共计 33 家。6 月 7 日—10 日,赴中国核电工程有限公司、国核铀业发展有限责任公司和中核北方核燃料元件有限公司开展现场调研,与相关管理人员、技术人员进行广泛深入交流。

中国核工业集团有限公司(以下简称中核集团)、中国广核集团有限公司(以下简称中广核集团)、国家电力投资集团有限公司(以下简称国电投集团)等结合各自技术路线开展了核燃料组件的设计研发工作。中核建中核燃料元件有限公司和中核北方核燃料元件有限公司提供了我国压水堆、重水堆、高温气冷堆核电机组的全部核燃料组件。

#### (一) 核燃料组件质量管理与监管情况

设计、制造、使用单位均建立了符合核安全法律法规的质量保证体系并有效运转。设计单位通过与制造单位的设计交底、工艺鉴定、重要环节监督等手段加强质量管理;制造方主要通过原材料验收、工艺过程控制和成品验收等手段进行质量管控;使用单位主要通过驻厂监造、入场验收、一回路放射性监测、啜吸试验等手段进行质量管理。

国家核安全局依据有关法律法规,对核燃料组件的设计、制造、运输、运行进行全过程监管。

## （二）核燃料组件自主化情况

随着我国核电事业的不断发展壮大，我国核燃料技术经历了从无到有、从引进消化吸收到自主研发的历程。

中核集团、中广核集团和国电投集团持续开展核燃料组件的自主化工作。中核集团研发了 CF 系列核燃料组件，支撑华龙一号核电机组对高性能燃料的需求；中广核集团开展了 STEP 系列核燃料组件的研制；国电投集团研发了适用于 AP1000、国和一号等核电机组的核燃料组件。

## （三）先进核燃料组件技术研发情况

压水堆核燃料组件的发展总体上在朝着提高燃耗、延长换料周期、提高安全裕度和可靠性等方向持续改进和发展，核事故耐受燃料（Accident Tolerant Fuel, ATF）是重点突破方向。

ATF 燃料是美国能源部最先提出的一种新型核燃料，旨在通过开发新型包壳管和设计新型燃料芯块，提高核电厂的安全性能、燃料使用效率并降低运营成本。在堆芯失冷的严重事故工况下，可有效减缓锆水反应，降低甚至消除氢爆风险；在正常工况下，增强包壳管耐磨损、耐腐蚀能力和降低吸氢，延长包壳管寿命。此外，还可提高铀使用率，延长换料周期，提高核电厂的成本竞争力。ATF 燃料已成为世界核能科技创新的热点，美、法、俄等国竞相研发。

在国家能源重大专项支持下，中核集团、中广核集团、国电投集团等企业及部分高校组建了一支国家级队伍，开展 ATF 燃料的开发。中核集团研制的 ATF 燃料先导棒组件已在福清核电完成第一燃料循环考验；中广核集团研制的包覆强化涂层的 ATF 燃料先导棒组件，在完成研究堆堆内试验的基础上，已向国家核安全局申请在阳江核电厂进行入堆考验；国电投集团的 ATF 燃料项目也在快速推进。

### 存在的主要问题

近期，核燃料组件质量问题影响个别核电厂运行稳定的情况时有发生，国际形势变化导致部分堆型核燃料组件核心技术受制于人的局面逐渐显现，提升核电厂固有安全性的先进核燃料组件技术规模化应用稍显滞后，主要存在以下问题。

#### （一）核电厂运行过程中核燃料组件破损时有发生，但破损机理研究不够深入

目前核燃料组件破损定性归类为设计原因、制造缺陷、使用原因等，但破损机理研究不够深入。一是破损原因分析能力不足，目前国内普遍通过啜漏检查、高清视频检查和超声检查等对核燃料进行检查，手段相对局限，没有采用国际上现行最有效的热室检查。二是破损原因分析的动力不足，出于经济性等考虑，国内核电厂大都将破损核燃料组件放入乏燃料水

池，不再回堆使用，鲜有将破损核燃料组件送往热室进行检查的情况。

## （二）国际形势变化，个别核电厂核燃料组件供应存在“卡脖子”风险

当前美方鼓吹“脱钩断链”，反复炒作“中国核威胁论”，威胁要对我国采取措施。个别堆型核燃料组件国产化已取得一定成果，但重要零部件，如格架、管座等仍依赖进口，相关单位研制的国产核燃料组件尚未入堆检验。受当前错综复杂的国际局势影响，核燃料组件的重要零部件面临断供风险。

在自主可控技术方面，部分核燃料组件生产工艺装备及其关键元器件仍然受制于人，如格架自动焊接装置等自动化设备，高温烧结炉等大型设备，电子束焊、激光焊等先进焊接装备的关键部件，超声波、X光射线等关键无损检测设备及其关键部件等，未能实现完全自主可控，或者性能与进口产品存在较大差距。

## （三）部门壁垒严重，研发设计没有形成合力

中核集团、中广核集团和国电投集团 3 家单位均独立开展自主化核燃料组件和 ATF 燃料等研发、设计与商业应用推进工作，但没有统一的流程与完善的标准，相互之间也缺少共享与交流，不利于研发资源和成果高效集约化利用，也对核安全监督和审评工作带来挑战。

## （四）基础研究薄弱，没有形成核燃料组件有关数据库

当前，核燃料组件领域开展基础科研的人才队伍和专用设施等尚存短板，对堆芯物理、热工水力、材料性能等关键基础研究投入资源较少，核燃料组件包括关键材料的考验不多，系统性科研成果较少。核燃料组件有关的性能数据没有形成系统、深入、完整的数据库，不能为研发和核安全监管提供强有力支撑。

## 对策建议

### （一）加强政策支持，推动国产化替代和先进核燃料组件技术应用

统筹发展和安全，为核燃料组件技术发展提供适宜的政策环境，在保证运行安全的前提下，大力支持自主核燃料组件技术发展，切实解决“卡脖子”问题。跟踪世界先进核燃料组件技术发展趋势，对新型核燃料组件考验试验予以包容监管，明确新型核燃料组件入堆的整体规划、技术细节与安全审评要求，加快 ATF 燃料等先进核燃料技术的规模化应用，提升核电厂固有安全性。

### （二）发挥新型举国体制优势，统筹核燃料组件领域科技研发支撑

国家核安全局参与制定国家核燃料组件研究中长期规划，增加核安全监督和审评要素，推动建立全国一盘棋的研发基础设施体系，部署开展相关的技术研发及工程应用，打通产学研用瓶颈，提升我国在未来先进核燃料技术方面的整体竞争力和技术水平。建立国家核燃料

组件重点科技专项，形成政府引导、企业主导、全行业协同的技术创新投入机制，长期稳定支持国内优势院校开展核燃料组件有关的基础研究，特别关注物理性能、材料特性等基础试验研究，解决基础研究弱、原始创新少等“阿喀琉斯之踵”。

### （三）加强经验反馈和数据库建设，推动建立自主化标准体系

建立统一的经验反馈平台，针对运行核电厂核燃料组件破损问题，查找根本原因，提出针对性的解决措施，做好向设计、制造环节的经验反馈，持续提升核燃料组件质量，促进核电厂安全稳定运行。加强核燃料组件运行、堆芯计算、材料入堆考验等试验数据积累，建设核燃料组件数据库，为研发和监督审评决策提供支撑。推动建立核燃料组件的中国标准体系，结合我国工业基础和研究现状，在对关键性能指标开展必要的试验研究和验证基础上，加快建设一套自主、统一、协调、先进的标准体系，充分发挥标准的规范、引领和支撑作用，推动核燃料技术进步。

### （四）提升监督能力，加强对设计、制造和运行环节的全过程监管

国家核安全局明确对核燃料组件质量的监管职责，建立设计制造运行环节的监督程序文件，规范监管工作。加强监督员业务培训，提升现场监管能力。推动组建第三方独立检测机构，委托开展核燃料组件重要部件和材料的性能抽检复验。压实设计、制造、销售及营运单位对核燃料组件质量的主体责任，督促其加强质量管控。(张敬 何寿强 刘明明 杨志超 方昊 严剑锋 周剑波 张子杰 黄炳臣 邓启龙)

## 新一代人造太阳取得重大科研进展

南方日报 2023.8.28

日前，新一代人造太阳“中国环流三号”取得重大科研进展，首次实现 100 万安培等离子体电流下的高约束模式运行，再次刷新我国磁约束核聚变装置运行纪录，标志着我国磁约束核聚变研究向高性能聚变等离子体运行迈出重要一步。

业内人士表示，为实现聚变能源，需要提升等离子体综合参数至聚变点火条件。磁约束核聚变中的高约束模式（H 模）是一种典型的先进运行模式，被选为正在建造的国际热核聚变试验堆（ITER）的标准运行模式，能够有效提升等离子体整体约束性能，提升未来聚变堆的经济性，相较于普通的运行模式，其等离子体综合参数可提升数倍。

据介绍，可控核聚变具有资源丰富、环境友好、固有安全等优势，是目前认识到的能够



最终解决人类能源问题的途径之一，可控核聚变是我国核能发展“热堆—快堆—聚变堆”三步走战略体系的组成部分，对我国经济社会发展、国防工业建设具有重要意义。

## 美科学家再获“核聚变点火”突破

参考消息 2023.8.8

美国政府部门的科学家第二次在核聚变反应中实现净能量增益。这一结果将助推一种乐观情绪，即人类正在实现无限、零碳能源梦想的路上取得进展。

自 20 世纪 50 年代以来，物理学家一直试图利用为太阳提供能源的核聚变反应。但是，直到去年 12 月，还没有一个团队能够让这种反应产生的能量超过它消耗的能量。核聚变反应产生的能量比它消耗的能量更多，这种情况也被称为“点火”。

三位了解初步结果的人士透露，去年首次实现“点火”的劳伦斯利弗莫尔国家实验室的研究人员在今年 7 月 30 日的一次实验中重复了有关突破，并产生了比去年 12 月更高的能量输出。

该实验室证实，在其激光设施中，能量增益得以再次实现。它又说，正在对结果进行分析。

该实验室说：“自 2022 年 12 月在国家点燃实验设施(NIF)首次验证‘核聚变点火’以来，我们继续进行实验，以研究这一令人兴奋的新科学领域。在 7 月 30 日进行的实验中，我们在 NIF 重复了‘点火’。按照我们的标准做法，我们计划在即将召开的科学会议和同行评议的出版物上报告这些结果。”

核聚变是通过将氢的两种同位素——通常是氘和氚——的温度提升到能让原子核聚变的极端水平来实现的，这个过程会释放出氦和大量以中子形式存在的能量。

尽管许多科学家认为，建设核聚变发电站是几十年后的事，但这项技术的潜力不容忽视。核聚变反应不会排放碳，不产生可长期存在的放射性废物。理论上，一小杯氢燃料可以为一栋房子提供数百年的电力。

得到最广泛研究的一种方法被称为“磁约束”。它使用巨大的磁体将燃料固定住，燃料的温度会被提升到比太阳还高的水平。

NIF 则使用了一种不同的过程，被称为“惯性约束”，在这个过程中，它向一个微小的燃料容器发射世界上最大的激光，从而引发内爆。

去年 12 月，美国能源部长珍妮弗·格兰霍姆称，“核聚变点火”这一成就是“21 世纪最令人印象深刻的科学壮举之一”。在那次实验中，该反应产生了大约 3.15 兆焦耳的能量，大约是激光所携带能量(2.05 兆焦耳)的 1.5 倍。

两位了解初步结果的人士说，今年 7 月实验的初步数据显示，能量输出超过了 3.5 兆焦耳。这些能量大约足以为一个家用熨斗提供 1 小时的电力。

几十年来，实现净能量增益一直被视为证明商业核聚变发电站可行的关键一步。不过，现在仍存在一些有待克服的障碍。

实验取得的能量增益仅将产生的能量与激光中的能量进行比较，而不是与为给该系统提供动力而从电网中获取的总能量进行比较，而后者要高得多。科学家估计，商业核聚变将要求，反应所产生的能量是激光中能量的 30 到 100 倍。

此外，NIF 每天最多只能进行一次激光发射，而一座“惯性约束”发电站可能需要在几秒钟内完成多次发射。

然而，一位了解研究结果的人士说，NIF 所取得的更上一层楼的结果——距离取得初次突破“仅 8 个月”——进一步表明，取得进展的步伐正在加快。

## 十一、其他

### 中国石化深层煤层气勘探获突破

科技日报 2023.8.3

中国石化“深地工程·川渝天然气基地”再传捷报：中国石化部署在重庆市南川区的深层煤层气井阳 2 井（以下简称阳 2 井）实现自喷生产 100 天，日产气量稳定在 1.2 万立方米，累计产气 120 万立方米，标志着中国石化实现了渝东南地区深层煤层气的勘探突破。

据介绍，阳 2 井是中国石化华东油气分公司部署在南川地区的一口深层煤层气直探井，井深超过 1900 米。该区块煤层埋深 500—3000 米。

煤层气是一种非常规天然气。业内通常将井深 1500 米以上的煤层气认定为深层煤层气。我国煤层气资源丰富，特别是深层煤层气前景广阔。然而，由于深层煤层气地质条件更加复杂，具有埋藏深、地应力高、塑性强等特点，开发难度更大，目前尚处于勘探早期阶段。

据了解，中国石化华东油气分公司针对该区域高应力、储层改造压力高且不稳定、加砂难度大等地质和工程难点，创新思路，首次在阳 2 井采取大规模压裂有效支撑工艺，大幅增

大改造体积，显著提高裂缝导流能力，实现煤层气自喷生产。

据悉，自 2008 年以来，中国石化华东油气分公司立足自主创新，持续深化基础地质研究，强化技术攻关，积极推进煤层气勘探开发工作，于 2015 年建成中国石化首个煤层气田——延川南煤层气田。下一步，该公司将继续稳步推进煤层气攻关，实现深层煤层气规模效益开发。

## 国际能源署发布报告——今年全球煤炭需求或再创新高

中国能源报 2023.8.7

近日，国际能源署（IEA）发布《煤炭市场最新动态》报告（以下简称《报告》）称，过去三年间，全球煤炭市场经历了大起大落，2022 年，全球煤炭消费量创历史新高，预计今年全球煤炭市场仍将延续增长势头，而且随着市场环境回归平稳，煤炭价格预期也将回归稳定。

### 去年供需双双创新高

该《报告》认为，2022 年，全球煤炭市场增速明显，即使在经济相对较弱、天然气供应相对充足的情况下，全球煤炭需求量超过 83 亿吨，同比增长 3.3%。其中，亚洲地区发电用煤及工业用煤水平明显增长，推动全球煤炭消费量再创新高。

数据显示，去年，印度煤炭需求同比增长超过 8%，达到 11.5 亿吨；印尼煤炭需求增幅明显，去年需求量超过 2.01 亿吨，涨幅达 36%。同期，欧盟煤炭需求增长 0.9%，达到 4.48 亿吨。分析指出，这是欧盟煤炭需求连续第二年出现增长，在俄罗斯天然气进口量下降、法国核电发电量下降以及水电出力降低的情况下，2022 年，欧盟电力供应持续紧张，即使工业用煤量有所下降，但燃煤发电量再度反弹。此外，由于燃煤发电量下降，美国煤炭需求则持续下降，同比降幅约为 7%，至 4.57 亿吨。

从供应方面来看，IEA 指出，2022 年，全球煤炭供应量同样创下历史新高，总量达到 86.34 亿吨，同比增长 8%。其中，以印度为例，该国本土煤炭产量达到 9.24 亿吨，同比涨幅约为 12%。

### 今年市场或维持高位

尽管各国都在积极推进能源转型，但煤炭需求却仍未进入下降通道。在 IEA 看来，全球煤炭市场走高的情况很可能延续到今年。

《报告》预计，今年上半年，全球煤炭需求同比将增长约 1.5%，达到 46.65 亿吨。其中，发电领域煤炭需求预计将增长 1%，非电力领域用煤需求也将上涨 2%。

而受可再生能源发电以及欧美国家用电需求疲软等因素影响，预计下半年，全球电力部门的煤炭需求将下降 0.4%，约为 55.97 亿吨。

不过，IEA 同时表示，非电力领域用煤量可能会持续增长，从而抵消电力领域煤炭需求下降的幅度。预计今年全年，非电力领域煤炭需求或达到 27.91 亿吨，从而推动煤炭整体需求达到 83.88 亿吨。

《报告》预测，2023 至 2024 年期间，全球燃煤发电量或将小幅下降，但工业用煤的持续增长很可能抵消这一领域的用煤下降，整体用煤水平将维持平稳。

IEA 市场和主管表示：“未来仍需要更强有力的政策支持和投资，尽量提高清洁能源装机量，同时提高能源利用效率，从而降低煤炭消费需求。”

### 煤价将回归平稳

值得注意的是，《报告》同时指出，去年全球煤炭贸易格局出现“大洗牌”，今年，新的全球煤炭贸易格局已经初步形成，并可能维持相对稳定。

IEA 指出，2022 年，俄罗斯煤炭遭到欧美国家制裁，供应总量缩水，动力煤出口总量同比下降 10%；澳大利亚作为另一大煤炭供应国，去年因为天气原因不得不降低煤炭产量，出口总量同比下降 7%左右；部分非洲产煤国则因基础设施缺乏而难以保障稳定供应。

传统产煤国的供应紧缩一度推高了煤价。IEA 的数据显示，2022 年，动力煤价格多次超过 400 美元/吨。进入 2023 年后，动力煤价格呈现下跌态势，目前已经回到 2021 年夏季的水平。

受高煤价刺激，印尼、蒙古国、莫桑比克、南非等煤炭供应国出口量纷纷上涨。2022 年，印尼动力煤出口量上涨 9%，蒙古国冶金煤出口量同比增幅高达 54%。

在 IEA 看来，随着全球煤炭供应恢复充足，天然气市场也相对稳定下来，2022 年的高波动性可能不会再现，全球煤炭市场预期将回归平稳。

## 海上油田数字化智能化转型成效初显

中国电力报 2023.8.2

6 月 16 日，由中海油能源发展股份有限公司（以下简称“海油发展”）投资建造的我国

首艘全新智能浮式生产储卸油装置（以下简称“FPSO”）“海洋石油 123”在江苏南通完成陆地建造并成功交付，标志着海上智能油田建设取得新进展。

FPSO 是开采海洋油气资源的高端大型海洋工程装备，可实现海上石油、海上天然气等能源的开采、加工、储存、外输、发电，被称为“海上油气加工厂”。

近日，国家能源局发布《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》（以下简称《意见》），强调“以数字化智能化技术助力油气绿色低碳开发利用”。无疑，“海洋石油 123”的交付对于实现我国能源产业与数字技术深度融合，加快推进我国能源数字化转型和智能化发展具有重要意义。

### 现场数据全面感知 让油气智能生产跨越“山海”

“海洋石油 123”建造项目组负责人谭静轩介绍，“海洋石油 123”是一艘载重 10 万吨级的船型浮式生产储卸油装置，船长 241.5 米、型宽 45.2 米、型深 25.4 米，其系泊中心水深大约 236 米，甲板面积相当于 1.5 个标准足球场大小。

作为我国全新智能 FPSO，“海洋石油 123”与常规 FPSO 主要差异在于智能化程度高，是目前我国首艘应用了云计算、大数据、物联网、人工智能、边缘计算等数字技术的全新 FPSO，将为投产后的油气生产运营智能化奠定坚实基础。

这也契合了《意见》中“聚焦原创性、引领性创新，加快人工智能、数字孪生、物联网、区块链等数字技术在能源领域的创新应用”的要求。

“过去，FPSO 生产作业是以独立模式运行，倘若现场的关键设备出现故障，需要多个专业的技术专家乘坐交通工具从陆地赶赴海上才能解决问题，这种方式时效性不高，影响现场的正常生产。”海油发展副总经理王伟介绍说，“‘海洋石油 123’通过智能化设计，改变了传统的运营模式，实现了从过去的海上设施独立作战模式向横向集成和纵向贯通的海陆一体化运营模式转变，现场生产数据可以及时回传至陆地，技术专家在陆地就能进行联合诊断，不仅能大幅缩短设备故障修复时间，还有助于更早发现和解决海上生产隐患，将有效提高作业效率 20%，降低生产运营成本 10%以上。”

王伟表示，“海洋石油 123”将各类生产数据通过 8000 余个数据采集点汇集至自主研发的现场数据中枢——“海精灵”边缘数据中心，之后对数据预处理后再通过海陆通讯链路传输至陆地智控中心，可实现海上生产数据的全面感知、实时采集和智能辅助决策，全面提升海上油气生产设施智能化运营水平。

海油发展采油服务公司研究院数字化总监邓欣说：“‘海精灵’边缘数据中心的构成，从

硬件方面来说有三大部分：数据采集、数据存储、数据边缘计算，它功能齐全，软、硬件成熟。”

在开展全新 FPSO 建设的同时，技术团队也对已投产运营的老旧 FPSO 进行智能化改造升级。随着“海洋石油 123”的成功交付，陆地智控中心成功实现了 FPSO “一对多”集约化管理，实现海上油田开发经济效益和管理效率的更优化。

### **数字“克隆体” 让海陆协同更加高效**

王伟告诉记者，倘若遇到极端天气导致海陆之间的通讯受影响，“海精灵”可以充当“临时指挥站”，为智能化学药剂加注、生产工艺优化、全船监测系统等智能化应用提供算力支撑，经人工智能模型算法分析后，全面提升设备设施全生命周期管理的科学性。

“如果说‘海精灵’边缘数据中心是现场数据的汇集中枢，那么数字孪生技术就是海陆数据共享的桥梁纽带。”谭静轩如是形容。

《意见》也指出，推动面向能源装备和系统的数字孪生模型及智能控制算法开发，提高能源系统仿真分析的规模和精度。

谭静轩解释，研发团队将数字孪生技术首次应用在“海洋石油 123”的生产工艺流程优化、船体及单点系统健康管理，相当于给 FPSO 创造了一个数字版的“克隆体”，技术人员在 FPSO 陆地智控中心便可通过这一“克隆体”全面监测海上生产动态，实现了设备设施远程映射与海陆协同管理，为海陆一体化智能生产运营搭建数据共享桥梁。

记者了解到，此前，海上操作人员需要时刻关注外部条件变化，根据生产规程和工作经验进行工艺系统调节，以保证生产的稳定性。有了数字孪生系统后，不仅可以真实还原工艺流程，还可以根据生产的实时状态和变化情况进行参数调优和趋势预警，解决了装置运行过程中因依赖操作经验导致的系统异常、预警信息不足等问题，在安全高效运行的前提下，确保 FPSO 生产时率最大化。

### **高效用能 不仅“智能”而且“绿色”**

在“双碳”背景下，“海洋石油 123”持续改善能源管理模式，实现经济用能。

谭静轩介绍，“海洋石油 123”首次利用先进的工业无线信号传输及电子感应技术，将 FPSO 的照明系统连接成一个智能控制网络，在满足不同工作时间、不同工作模式下各个场所照明需求的同时，还可以实现自动控制和调节智能灯具的亮度。每年将节约照明用电 30%，相当于每年节约原油 2575.44 桶、标准煤 46.2471 吨。

“海洋石油 123”配置了一套烟气模式惰气系统，回收利用热介质锅炉燃烧的尾气用于大舱所需要的惰气覆盖气，能够有效减少惰气发生器的柴油消耗，进而降低 FPSO 的整体能

源消耗。另外，“海洋石油 123”拥有 4 台套主发电机烟气的余热利用锅炉，单台功率为 1500 千瓦，正常生产期间利用余热锅炉就能满足 FPSO 所需的热能。上述两套系统将每年节约标煤 4429 吨，减少二氧化碳排放约 11168 吨。

“‘海洋石油 123’ FPSO 交付后，将成为我国首个统一批量应用满足国标二级能效电机的 FPSO，相比以前的三级能效电机，效率提升 3%左右，每年将节电 12.57 万千瓦时。”谭静轩测算称。

据透露，“海洋石油 123”是首个获得中国船级社智能符号认证的 FPSO。交付后将通过 1 艘主拖轮拖带和 1 艘辅助拖轮护航，拖航至珠江口盆地海域的陆丰 12-3 油田，与已经安装在水下的锚链系统对接。

陆丰 12-3 油田作业水深约 240 米，总井数达 13 口，主要生产设施包括“海洋石油 123”和 1 座深水导管架平台，预计今年下半年投产后高峰日产原油 29500 桶，成为我国海洋油气产量的新增长极。

目前，我国已经成为全球最大的 FPSO 制造与应用国之一，所拥有的 FPSO 数量与总吨位均居世界前列。

## 页岩气领域首项国际标准正式发布

科技日报 2023.8.31

8 月 30 日，记者从中国石油西南油气田分公司天然气研究院（以下简称天研院）获悉，由该院牵头制定的国际标准 ISO 7055: 2023《天然气 上游领域 滑溜水降阻性能测试方法》正式获得 ISO 国际标准化组织批准发布。这是页岩气领域的首项国际标准，也是我国在页岩气国际标准领域取得的重要突破，为我国页岩气技术参与国际市场竞争迈出了关键一步。

2010 年以来，为突破页岩气开发中降阻性能室内评价方法不准确的技术瓶颈，天研院科研人员对降阻性能测试理论进行系统研究，经过多年持续攻关，首次提出有效管径改进模型。通过对该模型的应用，室内降阻性能测试准确率可提高至 90%以上，降阻率达到 73%—78%，滑溜水成本降低 90%，有效支撑了页岩气“工厂化”作业高效平稳运行。

据了解，该项成果被写入我国能源行业页岩气标准化技术委员会制定发布的首批行业标准中。2021 年，ISO 国际标准化组织正式批准成立国际工作组推进该项目。2022 年，该项目由 ISO 国际标准化组织正式批准立项，2023 年 8 月成功发布。

# 超大倾角可变径斜井 TBM 应用于平江抽水蓄能电站

国家电网报 2023.8.17

8月15日，超大倾角可变径斜井硬岩隧道掘进机（简称超大倾角可变径斜井 TBM）在国网新源湖南平江抽水蓄能电站施工现场始发，标志着我国斜井施工作业取得又一突破。这也是国网新源集团有限公司持续推动抽水蓄能电站建设标准化、机械化、绿色化、数字化的具体实践。

平江抽水蓄能电站位于湖南平江县福寿山镇，总装机容量 140 万千瓦，安装 4 台单机容量 35 万千瓦的抽水蓄能机组。超大倾角可变径斜井 TBM 应用于平江抽水蓄能电站引水系统的开挖作业，设备总长度 87 米，总重量 900 吨，开挖直径为 6.5 米~8 米，斜向掘进坡度高达 50 度，集岩渣检测、掘进、自动导向、出渣、云计算等功能于一体。

据介绍，引水系统作为上水库与机组的连接通道，是抽水蓄能电站建设的关键部位。平江抽水蓄能电站引水系统包括两条引水隧洞，单条引水隧洞从下到上依次为下平洞、下斜井、中平洞、上斜井、上平洞。从下平洞到上平洞高低落差达 648 米，中平洞是整个爬坡过程中的短暂缓冲地段。目前，该电站下平洞和上平洞均已开挖完毕，超大倾角可变径斜井 TBM 主要用于下斜井、中平洞和上斜井的挖掘，需穿越花岗岩地层。

“超大倾角可变径斜井 TBM 从 1 号引水隧洞下平洞段始发后，将在 43 米进尺范围内完成抬头转弯和角度调整，按 50 度坡度掘进 417 米至中平洞。在中平洞，该设备开挖直径由 6.5 米调整为 8 米，完成 120 米的挖掘后，开挖直径再变回 6.5 米，继续沿 50 度坡度掘进 411 米至上平洞，最后在上平洞驶出并完成拆机。整个引水系统开挖需要经过 2 次循环作业，总掘进里程达 2156.77 米。”平江抽水蓄能电站工程部主任张祥富介绍，超大倾角可变径斜井 TBM 配备了两套出渣系统，根据工况需要可在平洞及斜井掘进过程中实现出渣模式在线切换，具有较强的适应性。

据了解，我国其他行业已有成功应用斜井 TBM 的先例，但 50 度超大坡度斜井 TBM 施工尚属首次。超大倾角可变径斜井 TBM 攻关团队历时 5 年，攻关了多重防溜、紧急防溜、人员安全防护、TBM 变径、大坡度斜井运输等多项关键技术，破解了 50 米半径抬头转弯、大断面刀盘及盾体大范围变径、无导台始发、复杂工序连续出渣等 8 项行业技术难题，开展了出渣、支护等 10 项创新性试验，提高了超大倾角可变径斜井 TBM 的安全性和可靠性。该



设备采用了中国设计、中国标准，其应用极大提升了平江抽水蓄能电站引水系统的开挖效率和安全系数。

为保障超大倾角可变径斜井 TBM 顺利组装，平江抽水蓄能电站建设人员协同设计、监理、施工及装备制造单位组建“党建+TBM”应用专班，成立了引水系统 TBM 施工党员突击队，多次研讨设备施工组织设计方案和安装调试方案，实施组装全过程“日协调、周管控”，克服了洞内安装空间狭窄、设备运输困难、工序烦琐等多项难题，高效完成整机组装。

目前，除了超大倾角可变径斜井 TBM，平江抽水蓄能电站施工现场还有一台开挖直径为 3.5 米的小断面 TBM 正在开展排水廊道挖掘施工。双 TBM 同时投入施工作业，不仅优化了抽水蓄能电站施工组织设计，缩短了土建施工工期，还提高了施工的安全性。

## 我国西部最大抽蓄电站开工

中国电力报 2023.8.10

8月6日，国家电网有限公司青海哇让抽水蓄能电站暨玉树果洛二回 330 千伏线路工程、丁字口 750 千伏输变电工程开工。其中，哇让抽水蓄能电站是青海首座抽水蓄能电站，也是我国西部地区装机容量最大的抽水蓄能电站。

本次开工的 4 项工程包括哇让抽蓄电站、玉树二回工程、果洛二回工程、丁字口工程，总投资约 215 亿元。4 项工程可提高电力余缺互济、时空互补、多能互换能力，实现更大范围电力资源优化配置，更好保障电网安全稳定运行，推动城乡、区域协调发展，对保障电力安全供应、服务实现“双碳”目标、助力经济高质量发展具有重要意义。

哇让抽水蓄能电站位于青海省贵南县，总装机 280 万千瓦，安装 8 台单机容量 35 万千瓦可逆式机组，设计年发电量 33.6 亿千瓦时，年抽水电量 44.8 亿千瓦时。电站枢纽工程包括上水库、下水库、输电系统、地下厂房等，上水库调节库容 2085 万立方米，利用拉西瓦水库作为下水库。

玉树二回 330 千伏线路工程新建 330 千伏线路 516 千米，果洛二回 330 千伏线路工程新建 750 千伏线路 199 千米、330 千伏线路 60.2 千米。玉树、果洛地区是三江源国家公园所在地，是国家重要的生态屏障和维护涉疆地区长治久安的战略要地，两项工程的建设将满足两地区“十四五”期间清洁取暖负荷快速增长的需求，提升地区受电能力，提高地区供电可靠性和抵御事故风险的能力，也为玛尔挡水电站的电力送出创造条件。

丁字口工程连接海西千万千瓦级新能源基地和青豫特高压直流工程,包括丁字口 750 千伏变电站新建工程、鱼卡 750 千伏变电站间隔扩建工程、鱼卡—丁字口 750 千伏线路工程,新增变电容量 420 万千伏安。工程建成后将进一步提升电网资源优化配置能力,对推动青海绿电优势加速转化为产业优势,促进生态文明新高地建设具有重要意义。

## 渤海首个千亿方大气田 1 期项目海上平台建造完工

中国能源报 2023.8.14

随着 3 座井口平台 8 月 9 日在天津市滨海新区成功装船,中国渤海首个千亿级立方米大气田——渤中 19-6 凝析气田 I 期开发项目海上开采平台全部建造完工,为年内顺利投产提供了关键装备保障。

海上开采平台由海油工程天津智能化制造基地负责建造,I 期开发项目将在海上新建 4 座组块、4 座导管架,总重量超过 3.2 万吨。此次建造完工的 3 座井口平台将实现无人化运行,承担高压注气和开采的重要任务。

中国海油天津分公司工程建设中心项目负责人万文涛表示,为有效提高气田采收效率,I 期开发项目采用高压循环注气开发方案,注气压力达 53 兆帕,创国内海上平台之最,并搭载多个天然气及凝析油处理工艺装置,其中包含两套由中国海油自主设计、建造的天然气深度脱水装置。

据 I 期开发项目的总包项目经理鞠文杰介绍,通过联合技术攻关,团队在国内首次自主完成海上循环注气开发方案系统设计和最高压力海上注气压缩机设计、制造及调试,还自主开发焊接工艺并成功实现多型号焊材国产化应用。

目前,该气田已探明天然气地质储量超 2000 亿立方米、凝析油地质储量超 2 亿立方米。I 期开发项目去年在天津和青岛同步开建,计划今年投产,将为京津冀及环渤海地区提供稳定可靠的清洁能源。

## 世界最大清洁能源走廊运行机组达 100 台

中国电力报 2023.8.17

8 月 11 日,世界最大清洁能源走廊运行机组达 100 台,开机台数创年内新高,全力保

障受电区域人民群众生产生活用电需求。

中国长江三峡集团有限公司长江电力运行管理的长江干流乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝、三峡和葛洲坝 6 座梯级电站，共同构成了世界最大清洁能源走廊。共安装 110 台水轮发电机组，总装机容量达 7169.5 万千瓦，年平均发电量约 3000 亿千瓦时，可满足超 3 亿人一年用电需求，每年可节约标准煤超 9000 万吨，减排二氧化碳超 2.4 亿吨。

入夏以来，多地迎来极端高温天气。面对持续高位的用电负荷，长江电力精益运行管理好 6 座梯级电站，确保机组应发尽发、能发多发。继 7 月 11 日、12 日连续两日打破历史记录后，7 月 25 日，梯级电站日调峰量超 3300 万千瓦，再创新高。8 月 8 日至 8 月 10 日，梯级电站连续 3 天单日发电量突破 10 亿千瓦时，有效缓解了受电区域用电紧张局面。

后续，长江电力将密切关注流域水雨情及受电区域供需形势变化，滚动优化电站运行方式，加强设备运维管理，确保迎峰度夏期间电力安全稳定供应。

## 我首个薄煤层气大规模开发项目投产

科技日报 2023.8.17

近日，我国首个薄煤层气大规模开发项目——潘河薄煤层气开发项目全面建成投产，标志着我国薄煤层气大规模开发取得新突破，为国内薄煤层气经济高效开发提供了新思路、开创了新模式，对推动我国煤层气高效开发利用和保障国家能源安全具有重要意义。

据介绍，潘河薄煤层气开发项目位于山西沁水盆地南部，累计建井 212 口，单井最高日产达 11000 立方米，平均日产量超 2500 立方米。自 2020 年底试采至今，潘河区块薄煤层气累计产量达到 1.8 亿立方米，日产量占比已攀升至该区块总产量的 1/2，实现由储量向产量的高效转化。

煤层气是指与煤炭伴生、以吸附状态储存于煤层内的非常规天然气，俗称“瓦斯”。开发利用煤层气，不仅能够有效解决煤矿瓦斯治理问题，保障采煤安全，而且可以提供新的清洁能源，实现环境保护。经过多年开发，主力煤层产气量递减严重，为实现产能接替发力，技术人员加快薄煤层开发。薄煤层一般指地下开采厚度小于 1.3 米的煤层。据统计，我国薄煤层可采储量占到全部煤层可采储量的 20%，约 3500 亿吨，但与主力煤层相比，薄煤层如同“千层饼”，含气量差异大、资源丰度相对差，长期被视为煤层气开发中的“边际资源”。

“潘河区块有多套薄煤层发育，薄煤层气储量可观，但单层厚度薄，平均厚度仅 0.6 米，

只有目前主力煤层厚度的十分之一，此外还具有多层叠置、单层展布不均以及纵向多层跨度较大等特点，所以开采难度极大。”中国海油中联公司副总工程师米洪刚介绍说。

近年来，为实现产能接替发力，中国海油不断加大挖潜力度，对薄煤层开发进行了集中攻关，形成了薄煤层识别、复杂井网部署优化、大跨度多层级压裂、双压双控排采等一系列技术创新，构建了薄煤层气立体勘探开发技术体系，在国内首次实现对薄煤层气的资源提储，实现对“边际资源”的高效动用。

## 全球首台套最大功率超大采高智能化高端采煤机问世

中国能源报 2023.8.28

8月22日，全球首台套最大功率、超大采高智能化高端采煤机MG1250/3430-WD系列采煤机在中国煤炭科工集团上海研究院（以下简称“上海煤科”）问世。

据了解，3430系列采煤机集智能感知、智能控制、智能诊断与智能通信于一体，更好满足了综采工作面智能化、少人化建设需求，针对7m-10m厚与特厚煤层开发，截割功率1250kW，牵引功率250kW，装机功率3430kW，最大采高10m，为实现超大采高工作面安全、高效、智能开采奠定了基础。

3430系列采煤机有效解决了传统放顶煤工艺对工作面资源回收率低的问题，能够满足年产2000万吨工作面高效开采需求，仅需两台此设备进行采煤即可满足上海全年发电的用煤需求。

在中国煤炭工业协会组织召开的3430系列采煤机出厂评议会上，与会专家认为，该系列采煤机集成了智能化采煤机先进设计理念，突破了多项关键技术，产品运行稳定可靠，达到了总体设计目标和要求，一致同意通过出厂评议。

## 我国超高海拔地区最大抽水蓄能电站开工

中国电力报 2023.8.22

8月19日，由中国长江三峡集团有限公司投资建造的世界超高海拔地区（3500米以上）装机容量最大、调节库容最大的抽水蓄能电站——青海格尔木南山口抽水蓄能电站正式开工建设。

南山口抽水蓄能电站是国家“十四五”重点实施计划项目之一，也是青海省首批、海西州唯一核准的抽蓄电站。项目装机容量 240 万千瓦，共安装 8 台 30 万千瓦抽水蓄能机组，上水库海拔达 3700 米，额定水头 425 米，计划 2028 年实现首批机组投产，2030 年实现全部机组投产。

项目建成投产后，将承担电力系统调峰、填谷、储能、调频、调相和紧急事故备用等任务，其所具备的调节能力能够有效调节 240 万千瓦装机的风电和 500 万千瓦（交流侧）的光伏，每年可带动新能源发电量增长近 148 亿千瓦时。

据三峡集团青海分公司党委书记、总经理王清伟介绍，项目建成后，可以有效促进当地能源结构优化和新能源消纳，为新能源产业高效、可持续发展提供有力保障，助力青海省打造国家清洁能源产业高地，同时对推动当地经济建设、助力乡村振兴有着积极的现实意义。

## 油气领域 CCUS 发展潜力待开掘

中国电力报 2023.8.21

将捕集到的二氧化碳注入油气藏，把地下油气采出来，而二氧化碳滞留地下，在二氧化碳封存的同时达到提高油气采收率的目的。此即为“双碳”目标下风靡油气行业的 CCUS 技术。

最新数据显示，全球 CCUS 发展已初具规模，全球每年捕获与封存二氧化碳约 4300 万吨。现有 CCUS 项目仍以二氧化碳捕集、利用与埋存-提高原油采收率（以下简称“CCUS-EOR”）为主，未来规划以封存项目为主。

“油气行业是 CCUS 产业发展的主力军。”日前，在中国海油新能源发展与转型研讨会上，中国工程院院士周守为如是评价。

### 实现规模化发展

2022 年，国内首个百万吨级 CCUS 项目——“齐鲁石化—胜利油田百万吨级 CCUS 项目”正式注气运行。“这标志着我国 CCUS 产业开始进入商业化运营阶段。”中国石油大学（北京）碳中和未来技术学院副院长芮振华说。

“齐鲁石化—胜利油田百万吨级 CCUS 项目”是我国最大的碳捕集利用与封存全产业链示范基地。项目覆盖石油地质储量 2500 余万吨，部署 70 余口注入井，预计 15 年累计注入 1000 余万吨，增油近 300 万吨，采收率提高 12% 以上。

7月11日，我国首条百万吨输送规模、百千米输送距离、百公斤输送压力的高压常温密相二氧化碳输送管道工程——“齐鲁石化—胜利油田百万吨级CCUS项目”二氧化碳输送管道正式投运，对推动我国CCUS全产业链规模化发展具有里程碑意义。

值得一提的是，这是我国首次实现液体二氧化碳长距离密相管输。该管道每年可将170万吨齐鲁石化捕集的二氧化碳输送到胜利油田的地下油藏进行驱油封存，是“齐鲁石化—胜利油田百万吨级CCUS项目”的重要一环。

二氧化碳管道运输在运输规模、成本和社会效益方面具有明显优势，是实现陆上大规模、长距离、低成本运输的首选。但是，目前我国二氧化碳管道运输尚在起步阶段，现有少量短距离、小规模、低压力的二氧化碳输送管道，运输方式仍以低温储罐公路运输为主。北京理工大学发布的《我国CCUS运输管网布局规划与展望》报告指出，要实现碳中和目标，全国需建设总里程超过1.7万千米的二氧化碳运输管道。

“包括管网系统的交叉风险防控体系、管道失效风险诊断与监控等。”在中国科学院武汉岩土力学研究所研究员李小春看来，大规模长输管道安全保障方面的技术尚待突破。

与此同时，顺应全球能源行业低碳化发展大趋势，海洋碳封存亦如火如荼。

中国地质调查局发布的海域二氧化碳地质封存潜力评价结果显示，我国海域18个主要沉积盆地地壳稳定、分布广、地层厚度大，二氧化碳地质封存潜力达2.58亿吨，足够为数十年乃至数百年的排放提供封存空间。

中国海油副总地质师兼研究总院党委书记、董事长、总经理米立军在会上指出，海上油气面向新能源的发展与转型既是时代发展的特征和要求，也是能源企业可持续发展的方向和路径。

6月1日，我国首个海上二氧化碳封存示范工程项目在南海东部海域恩平15-1平台正式投用，标志着我国已拥有海上二氧化碳捕集、处理、注入、封存和监测的全套技术和装备体系，填补了我国海上二氧化碳封存技术的空白。

米立军介绍，常规海洋油气资源开发时，伴生气中二氧化碳的含量在20%—30%，恩平15-1油田伴生气的二氧化碳含量更是高达95%。技术人员在距离恩平15-1平台约3千米外、海床800米之下的岩层中找到一个“穹顶”式地质构造，该种地质构造仿佛一个倒扣在地底下的“巨碗”，不仅存储量大，而且自然封闭性强，能够长期稳定地罩住二氧化碳。

“为了将二氧化碳安全长效地回注、封存，我们的技术团队研制了首套复合材料二氧化碳分子筛脱水橇、适用于海洋高湿高盐环境的首套超临界大分子压缩机，实现了诸多工程技术创新。”米立军说，恩平15-1平台全开采周期所产生的150万吨二氧化碳，绝大部分将注

入海底“巨碗”，深埋其中，其减碳规模相当于植树近 1400 万棵，或停驶近 100 万辆轿车。

### 挑战与突破

我国自 20 世纪 60 年代开始探索二氧化碳驱油技术，但因缺乏二氧化碳气源等进展缓慢。2005 年以来，随着含二氧化碳天然气藏开发、工艺进步及低渗透油藏提高采收率需求，CCUS-EOR 技术驶入快车道，形成了比较完善的配套技术，矿场试验效果显著。

谈及 CCUS-EOR 的技术发展脉络，与会专家表示，传统 CCUS-EOR 技术以“最高采收率”为目标，CCUS-EOR 协同技术以“减碳增产”为双目标，封存驱动型 CCUS-EOR 技术以“二氧化碳最大封存量”为主要目标。

芮振华介绍，欧美国家是全球 CCUS 专利的主要来源国，中国具有后发优势，成为近几年专利申请主要增长力量。然而，我国 CCUS 技术及产业发展缺乏大规模的工业化示范和应用，基础研究工作较为薄弱，存在挑战。

“渤海湾、鄂尔多斯、准噶尔等油气盆地是当前我国 CCUS-EOR 产业发展的主战场，CCUS-EOR 发展大有可为。”芮振华呼吁，要注重 CCUS 产学研协同创新融合发展，加强 CCUS 领域创新团队建设与人才培养。

对于未来的发展趋势，米立军指出，CCUS 存在碳捕集、源汇匹配、注采输腐蚀控制、封存安全性、环境检测核查等技术挑战，以及标准体系、产业政策、商业生态模式等产业挑战。

“近海的二氧化碳海洋封存具有封存源汇邻近、源汇匹配余地大、封存安全性高等优势，应着重从理论研究到示范应用开展全面技术攻关，要加大人才体系建设，创新体制机制，激发创新活力。”米立军强调。

据介绍，中国海油已经在广东惠州启动我国首个千万吨级 CCUS 项目，未来将捕集大亚湾地区排放的二氧化碳，通过管道、船舶等方式输送到海上进行封存。下一步，中国海油将继续推动前沿领域研究，联合材料、装备制造和海洋工程等多个领域，对二氧化碳源汇匹配、捕集、输送、封存、监测、利用等开展技术攻关与工程示范，率先在南海东部海域打造出油气资源绿色开发和全空间资源开发利用基地。

“二氧化碳水合物固化封存是一个全新的方向。我们正在研究一系列相关课题，也希望更多人参与进来。”展望未来，周守为认为如果这个目标达成，二氧化碳的封存量将呈几何倍数增加，实现从 0 到 1 的重大突破。