

# 能 量 转 换

## 剪 报 资 料

总 59 期  
11/2022.11

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. 推进火电行业绿色转型..... 5
2. 科技创新引领能源转型“先立后破” ..... 6
3. 加快发展方式绿色转型..... 7
4. 可再生能源发电如何过渡成为主体电源? ..... 12
5. 既要绿色发展, 又要能源安全 ..... 13
6. 非凡十年, 中国电力工程屡创世界之最 ..... 15
7. 前三季度可再生能源新增装机 9036 万千瓦..... 22
8. 为企业发展注入绿色动能 ..... 22
9. 深入推进能源消费方式变革 ..... 24
10. 希腊多措并举应对能源危机..... 30
11. 全球能源系统将加速转型..... 33
12. 构建多元清洁能源供应体系..... 34
13. 中国助推亚太地区电力转型..... 38
14. 新能源产业健康发展需要战略联动机制..... 40
15. 全球主导能源系统迎来转折点..... 41
16. 新能源产业尚需多角度发力..... 43
17. 看全球能源治理的中国力量..... 46
18. 中阿清洁能源合作的最新成果..... 49
19. 科学配置促进资源节约和高效利用..... 50

#### 二、热能、储能、动力工程、节能

1. AI 设计透明窗户涂料为建筑物降温 ..... 52
2. 中国科学家将锂电池寿命延长两倍 ..... 52

3. 国内首座 35 千伏碳化硅柔性变电站投运	53
4. 发展液氮储能技术构建现代能源体系	54
5. 镁电池正从实验室走向应用	58
6. 电化学储能潜力加速释放	59
7. 德研发卡诺电池存储可再生能源	60
8. 可充电锂电池枝晶难题破解	61
9. 安全监测护航电化学储能产业健康发展	62
10. HA 级燃机引领燃气发电新潮流	64
11. 施加应力可调控材料热输送和热电性能	66
12. 攻关“新能源+储能”关键技术	67
13. “氟离子电池”能否取代锂电池?	69
14. 蟹壳电池可生物降解	70
15. 压缩空气储能有望开启商用大年	71
16. 全钒液流电池储能博出位	73

### 三、碳达峰、碳中和

1. 减碳、脱碳、碳捕捉、碳利用，顶尖科学家共谋“碳策”	74
2. 健全完善能源碳达峰标准化建设	75
3. 全球化石燃料碳排放将创新高	76
4. 数字化是提高生产率重要途径	77
5. 看各地如何有序规划碳达峰	80
6. 积极稳妥推进碳达峰碳中和	82
7. 中国以科技创新助力“双碳”目标实现	87
8. 碳纤维回收技术发展迅速	88
9. 深挖再生资源降碳潜力	89
10. “储”精蓄锐助减碳	90
11. 国际能源署执行干事：清洁能源发展有效减缓全球碳排放增幅	91
12. 全球超大“城市电力银行”并网发电	92
13. 开展重点领域低碳负碳技术研发	92
14. 2060 年全面建成碳中和标准计量体系	93
15. 南方电网广东电网公司助推绿色低碳发展	95
16. 双碳管理明察秋毫 数字科技激发“绿能”	96
17. 全球碳排放今年将再创历史新高	99
18. 碳减排：云计算也要“精打细算”	100

## 四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

1. “以竹代塑” 迎来发展新机遇 .....	101
2. 我国碳卫星实现城市二氧化碳排放定量监测 .....	103
3. 到 2025 年底流域内城镇污水收集率达 95% 以上 .....	103
4. 我国生活垃圾处理降碳减污成效显著 .....	104
5. 新工艺将废塑料变成有用化学品 .....	105
6. 风、光、水、生物质发电装机容量稳居世界第一 .....	106
7. 废料变肥料 环保又高效 .....	108
8. 我国生物天然气标准体系初步构建 .....	110
9. 可持续航空燃料发展前景广阔 .....	112
10. 10 个城市实现生活垃圾零填埋 .....	114
11. 亿吨工业固废 有望“点废成金” .....	115
12. 我国首个开放式千万吨级二氧化碳捕集利用与封存项目启动 .....	118

## 五、太阳能

1. 荒漠中释放绿色动能 .....	119
2. 卡塔尔首个太阳能发电厂投产 .....	119
3. 超薄太阳能电池可提高卫星性能 .....	120
4. 积极推进光伏产业链健康有序发展 .....	121
5. 中国石化首套太阳能直接制氢实验装置投运 .....	122
6. 钙钛矿室内用光伏组件转换率超 36% .....	122
7. 为开发高效稳定有机太阳能电池提供新思路 .....	123
8. 造出自振荡“太阳能人工肌肉发动机” .....	124
9. 全国首个深远海漂浮式光伏项目发电 .....	124
10. 丝网印刷技术破解钙钛矿光伏产业化难题 .....	125
11. 海阳核电“核能+光伏”发电量突破 100 万千瓦时 .....	126

## 六、地热

1. 全力推进干热岩勘查试采科技攻坚战 .....	126
2. 国际海底管理局推进海底热液系统地热能潜力评估 .....	127
3. 推进地热开发利用 助力实现“双碳”目标 .....	127

## 七、海洋

1. 立足海洋优势，以蓝色“引擎”激发新动能 .....	131
------------------------------	-----

## 八、氢能

1. 光催化剂一步到位将硫化氢转化为氢 .....	133
---------------------------	-----

2. 定将“煤都”变“氢都” .....	134
3. 循序渐进推进电解水制氢技术研究 .....	137
4. 多国布局氢能产业 .....	139
5. 国内首条公用掺氢管道项目主体完工 .....	140
6. 氢电耦合系统发展走向多元化 .....	141
7. 中石化首个兆瓦级“绿电制绿氢”示范项目中交 .....	142
8. 我国成唯一大规模采用煤炭制氢国家 .....	143
9. 碱性电解水制氢评价标准日趋完善 .....	144
10. 纳米碳氢燃料燃烧试验取得重大突破 .....	145
<b>九、风能</b>	
1. 国内首个风电临海试验基地落户汕头 .....	146
2. 德国国际风能展聚焦应对能源危机 .....	147
3. 老旧风机改造“焕新”风起 .....	147
4. 日研发世界最大浮式风力发电机 .....	149
5. 海上风电产业项目再升级 .....	150
6. 风机叶片材料创新助力行业降本 .....	150
<b>十、核能</b>	
1. 我国新一代核聚变装置创造运行新纪录 .....	152
2. “人造太阳” ITER 核心部件首件中国制造完成 .....	152
3. 全国首座“核蓄一体化”抽蓄项目主体工程开工 .....	153
<b>十一、其它</b>	
1. 新一代 5 米大采高短壁采煤机研制成功 .....	154
2. 华北油田投用国内首个陆上 LNG 薄膜罐 .....	155
3. 我国页岩气超长水平井钻探获突破 .....	155
4. 天然气将在能源转型过程中发挥关键保供作用 .....	156
5. 全球在建最大煤化工项目全面进入试车阶段 .....	158

**本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考**

## 一、总论

# 推进火电行业绿色转型

经济日报 2022.11.1

党的二十大报告提出，“立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰行动”“推动能源清洁低碳高效利用，推进工业、建筑、交通等领域清洁低碳转型”。这些表述，对于我们深刻理解和把握“双碳”背景下能源领域的发展，具有鲜明的导向意义。而在能源领域的诸多组成部分中，如何推进火电行业的绿色低碳转型发展，值得关注。

以煤为主的火电，一直是我国电力供应和二氧化碳排放的双主体。在新能源成为新型电力系统的主体电源之前，煤电仍将发挥能源电力安全“压舱石”作用。立足“富煤贫油少气”的基本国情，我国形成了煤电为主、气电为辅、生物质发电为补充的火电发展格局。截至今年8月，全国火电装机13.1亿千瓦，占发电总装机容量的53%。作为关键的电网安全支撑，火电有力满足了经济社会发展需要，成为当前的主体电源。

同时，由于科技创新和市场机制仍存在短板、金融支持力度不足等，在低碳减排和安全保供的双重压力下，火电行业低碳发展面临“减排难、发展难、转型难、生存难”的困境。对此，实现火电行业低碳转型发展，需统筹好“发展和减排”“整体和局部”“长期和短期”“政府和市场”的关系。要秉持安全保供、先立后破、有序减排、技术驱动、远近结合的原则，保生存、促转型、稳发展，打赢火电行业绿色低碳转型“硬仗”。

要研究出台火电行业中长期低碳发展指导意见，为火电行业转型发展定目标、稳预期、划边界，充分发挥规划引领作用。应坚持煤电由主体性电源向基础保障性和系统调节性电源并重再向安全保障性转型的发展导向，充分考虑区域煤电功能定位，始终以最先进的技术和最严格的标准审慎建设煤电。在西部地区重点建设“煤电+风光水”多能互补基地，发挥煤电对多能深度融合发展的灵活支撑作用；在东部地区重点建设以清洁高效煤电为基础的综合能源项目，发挥“煤电+”耦合生物质和处置城市废弃物的协同效用。

应大力推进火电低碳发展关键技术攻关，为火电转型持续注入新动能。加大火电转型关键技术研发投入。重点研发新一代超高参数和超临界二氧化碳等先进煤电技术；加强智能灵活发电技术创新。加快发展以清洁高效煤电为基础的多能融合发电技术和综合能源生产技术。重点攻关新一代高效低能耗CCUS技术并加强示范应用，突破CCUS与新型发电系统耦合集成技术。健全火电低碳发展技术创新协同机制，加强原创性和颠覆性技术创新，大幅提升科技攻关体系化能力。聚焦高效、灵活、智能、低碳重点方向，加强前沿理论探索，加快培育颠覆性技术。

还要完善市场机制，理顺煤、电、碳市场价格，激励煤电低碳转型。强化电能量市场、辅助服务市场和容量市场的有机衔接，引导煤电低碳转型。电能量价格回收火电机组的运行成本，辅助服务价格补偿火电机组的灵活调节成本，容量价格兑现火电机组的安全保供价

值。理顺煤炭、电力和碳市场价格机制，保障煤电生存与发展，实现煤价与电价“基准对基准、区间对区间”的“煤电联动”。强化碳—电力市场协同，利用合理碳价引导煤电转型并加速脱碳技术的商业化运作。

建立火电转型财政金融联合支撑体系也必不可少，这可为火电行业低碳发展提供资金保障。加大对火电保供企业的财政金融支持力度。建立常态化的保供财政机制，减轻电力市场建设转轨期火电保供企业的经营压力；引导金融机构降低火电保供企业贷款利率，纾解企业资金压力。加快构建支撑火电行业高质量发展的转型金融体系。设立国家低碳转型基金，充分发挥国家级基金的绿色低碳引导作用，将火电纳入转型金融支持目录，创新促进火电可持续发展的转型金融产品；建立完善的信息披露及监管机制。（黄少中）

## 科技创新引领能源转型“先立后破”

科技日报 2022.11.4

“既要逐步实现碳减排，又要保持国家经济社会的发展，这是一个挑战。”在11月3日举行的2022年APEC工商领导人中国论坛上，中国工程院院士、中国工程院原副院长杜祥琬表示，技术的进步正在不同的行业、产业实现这样的“双赢”，未来将有更丰富的创新天地。

“必须坚持创新引领，在实现‘3060’碳达峰、碳中和发展目标的同时，走出一条高质量、可持续发展的必由之路。”中国贸促会会长、中国国际商会会长任鸿斌认为，创新驱动发展战略的实施正在带来绿色、低碳、数字化热潮。

党的二十大报告中提出的“积极稳妥推进碳达峰碳中和”“立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破”，成为会上热议的话题。与会专家认为，要实现能源转型的“先立后破”，科技创新在可再生能源利用、能源科学利用等方面不可或缺。

### 重新认识能源资源禀赋，越转型越安全

如何理解能源转型中的“先立后破”？杜祥琬解释，“立”的前提是要重新认识我国的能源资源禀赋，在对资源基础正确认知的基础上“立”，“立”好了之后，再逐步减少对传统能源的利用。

因此，在“先立后破”的过程中，重新认识我国资源禀赋是基础。杜祥琬说，一提到能源资源禀赋经常听到6个字“富煤、缺油、少气”，这一提法忽略了我国还有丰富的可再生能源。

太阳能、风能、生物质能等也是我国能源资源禀赋的重要组成部分。

过去十年，我国在可再生能源“立”的方面取得了明显进步。国家能源局总经济师鲁俊岭介绍，中国风电、光伏发电装机规模增长了12倍左右，多年稳居世界第一。新能源消费比例持续提升，2021年，风电、光伏发电量占全社会用电总量的11.8%。

中国科学院院士李灿还记得十年前他在中国科学院太阳能行动计划的支持下做过的分

析，那时太阳能发电的成本是煤电成本的4倍，而今其成本已经与煤电持平或更低。而近几年轻质、高强度风车材料的出现也解决了风电普及问题。“新技术的发展和应用太快了，就连我们在学术领域的人也时常感到吃惊。”李灿说。

“一方面，有化石能源领域的‘富煤缺油少气’，另一方面，又有丰富的可再生能源，这是我国能源的基本国情。”杜祥琬指出，在这样的基础上，能源越转型越安全。河南兰考4年来的试点表明，能源转型是给能源做了“加法”，增加了很多原来没有利用的可再生能源，使得能源越转型越安全。

### 人工智能或将发挥巨大作用

新技术、新模式、新赛道也成为先立后破、推动能源转型的强劲动力，人工智能技术是其中的典型代表。

“有分析评估认为，人工智能相关技术会在整个双碳目标的实现过程中贡献70%的力量。”联合国工业发展组织投资和促进办公室首席代表武雅斌说，能源利用是非常复杂的综合课题，智慧能源将有可能使得可利用的能源种类越来越多，通过多元化实现能源安全、能源转型。

例如，潮汐能由于收集困难、供能不稳定等难以得到利用。但基于人工智能技术的智慧能源将有望把这类新能源平稳地输入到电网中去。

“信息化可推动千家万户实现对能源的高效利用。”杜祥琬表示看好能源数字化的前景。他描绘了未来能源科学利用的场景：未来的用户可以通过数字化信息了解太阳能、风能、核能的实时动态，自主选择不同的储能体系中的能源，通过智慧电网实现能源的科学利用。

同时，他也指出，要实现能源的科学利用、输出优质能源，需要灵活性能源、储能、智能电网等做好整合，涉及能源、电网、信息化、数字化等多领域、多学科的联合攻关，仍需不断创新。（张佳星）

## 认真学习宣传贯彻党的二十大精神

### 加快发展方式绿色转型

经济日报 2022.11.7

习近平总书记在党的二十大报告中指出：“必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，站在人与自然和谐共生的高度谋划发展。”加快发展方式绿色转型，是党中央立足全面建成社会主义现代化强国、实现第二个百年奋斗目标，以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴作出的重大战略部署，具有十分重要的意义。我们要坚决贯彻落实党的二十大部署和要求，推动绿色发展，促进人与自然和谐共生。

#### 一、深刻认识加快发展方式绿色转型的重大意义

习近平总书记指出，“杀鸡取卵、竭泽而渔的发展方式走到了尽头，顺应自然、保护生态的绿色发展昭示着未来。”推动绿色低碳发展是国际潮流所向、大势所趋，绿色经济已成

为全球产业竞争制高点。加快发展方式绿色转型，就是要尽快彻底改变过去那种以牺牲生态环境为代价换取一时一地经济增长的做法，推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式，从根本上缓解经济发展与资源环境约束的矛盾。

（一）加快发展方式绿色转型是贯彻落实新发展理念的战略要求。习近平总书记指出，“新时代抓发展，必须更加突出发展理念，坚定不移贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念。”绿色发展是新发展理念的重要组成部分，绿色决定着发展的成色。加快发展方式绿色转型，就是要坚持和贯彻新发展理念，正确处理经济发展和生态环境保护的关系，把经济活动、人的行为限制在自然资源和生态环境能够承受的限度内，不再简单以国内生产总值增长论英雄，改变传统的“大量生产、大量消耗、大量排放”的生产模式和消费模式，使资源、生产、消费等要素相匹配相适应，实现经济社会发展和生态环境保护协调统一、人与自然和谐共生。绿色发展要贯穿经济社会发展全过程、各领域，加快绿色转型，是对我国发展方式的一场深刻变革，将对生产方式、生活方式、思维方式和价值观念产生全方位、革命性影响。

（二）加快发展方式绿色转型是实现高质量发展的应有之义。党的二十大报告指出，“推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。”高质量发展是绿色成为普遍形态的发展。加快发展方式绿色转型，就是要改变过多依赖增加物质资源消耗、过多依赖规模粗放扩张、过多依赖高能耗高排放产业的发展模式，按照促进人与自然和谐共生的要求，从“有没有”转向发展“好不好”、质量“高不高”，构建科技含量高、资源消耗低、环境污染少的产业结构，大幅提高经济绿色化程度，有效降低发展的资源环境代价。以绿色化、低碳化为显著特征的绿色转型，将通过技术进步、提升效能等降低资源消耗和污染物排放，减少温室气体和对自然生态破坏，从而形成资源高效、排放较少、环境清洁、生态安全的高质量发展格局。

（三）加快发展方式绿色转型是全面建设社会主义现代化国家的重大举措。党的二十大报告指出，“尊重自然、顺应自然、保护自然，是全面建设社会主义现代化国家的内在要求。”人与自然和谐共生是中国式现代化的重要特征。回顾历史，几百年来工业化进程创造了前所未有的物质财富，但大量消耗资源能源，也带来了触目惊心的环境污染和生态破坏，造成了难以弥补的生态创伤。中国式现代化坚持推动绿色发展，同步推进物质文明和生态文明建设。加快发展方式绿色转型，就是要深刻把握自然规律和经济社会可持续发展一般规律，加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局，走出一条生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路。

## 二、认真落实加快发展方式绿色转型的重点任务

（一）加快推动产业结构、能源结构、交通运输结构等调整优化。调整优化经济结构是从源头推动发展方式绿色转型的重要任务。要抓住产业结构调整这个关键，减少过剩和落后产能，增加新的增长动能。加快传统产业改造升级，推进达标排放，降低重点行业污染物排

放，持续降低碳排放强度。推动战略性新兴产业、高技术产业、现代服务业加快发展。立足资源禀赋，调整优化能源结构，大力发展非化石能源，加快发展风电、太阳能发电，建设一批多能互补清洁能源基地，统筹水电开发和生态保护，积极安全有序发展核电。加快国内油气勘探开发，增强油气供应能力。大力推进煤炭等化石能源清洁低碳高效利用，推进生物质能多元化利用，着力提高利用效能。调整交通运输结构，大力发展多式联运，加快大宗货物和中长途货物运输“公转铁”、“公转水”，减少公路运输量，增加铁路运输量，提高沿海港口集装箱铁路集疏港比例。加快充电桩等新型基础设施建设，促进新能源汽车生产和消费。

（二）推进各类资源节约集约利用。转变资源利用方式、提高资源利用效率是加快发展方式绿色转型的重要途径。要全面实施节约战略，实行最严格的耕地保护、水资源管理制度，强化能源和水资源、建设用地总量和强度“双控”管理。坚决遏制耕地“非农化”，严格管控“非粮化”。要坚持最严格的节约用地制度，调整建设用地结构，降低工业用地比例，推进城镇低效用地再开发和工矿废弃地复垦，严格控制农村集体建设用地规模。建立水资源刚性约束制度，严格水资源用途管制，强化规划和建设项目水资源论证，完善取水许可制度，暂停水资源超载地区新增取水许可。深入实施国家节水行动，强化高耗水行业用水管理。大力推进农业节水增效、工业节水减排、城镇节水降损。加强高能耗行业管理，严格控制钢铁、化工、水泥等主要用煤行业煤炭消费。加强工业领域节能和效能提升，推广节能和提升能效的工艺、技术、装备。强化建筑、交通节能，大力推进城镇既有建筑和市政基础设施节能改造。加强商品过度包装治理，推进快递包装绿色化、减量化和循环化。加快构建废弃物循环利用体系，推动各种废弃物和垃圾集中处理和资源化利用，实现生产系统和生活系统循环链接。

（三）发展绿色低碳产业。发展绿色低碳产业是发展方式绿色转型的重要方向。要推动互联网、大数据、人工智能、第五代移动通信（5G）等新兴技术与绿色低碳产业深度融合，建设绿色制造体系和服务体系。培育壮大节能环保产业、清洁生产产业、清洁能源产业，加快发展氢能、新材料、新能源汽车、绿色智能船舶等产业。发展高效节能与先进环保装备制造，壮大新能源与清洁能源装备制造业，大力推进太阳能、风能、潮流能、储能等新能源与清洁能源装备制造发展。加快推进绿色农业发展，建立绿色低碳循环的农业产业体系。发展循环经济，推动再生资源清洁回收、规模化利用和集聚化发展。大力发展绿色建筑，推广新型绿色建造方式，提高绿色建材应用比例。大力发展装配式建筑，推动钢结构装配式住宅建设，不断提升构件标准化水平，形成完整产业链。积极培育一批具有国际竞争力的大型节能环保龙头企业，推动重点技术装备产业化发展。

（四）倡导绿色消费。绿色消费是倒逼生产方式绿色转型的重要推动力。要大力弘扬勤俭节约的中华民族优秀传统文化，广泛开展绿色衣食住行宣传，推动生活方式和消费模式向简约适度、绿色低碳、文明健康的方向转变，拒绝奢华和浪费。鼓励推行绿色衣着消费，推广应用绿色纤维制备、高效节能印染、废旧纤维循环利用等技术的衣着制品。大力推广绿色有机

食品、农产品，引导消费者合理、适度采购、储存、制作食品和用餐。提倡绿色居住，鼓励使用节能灯具、节能环保灶具、节水马桶等节能节水产品，支持家电、家具等以旧换新。有序发展旧货市场，鼓励居民家庭闲置物品交易和流通。大力倡导公共交通工具、自行车、步行等绿色出行方式，合理引导消费者购买轻量化、小型化、低排放乘用车。有序引导文化和旅游领域绿色消费。积极践行“光盘行动”，坚决制止餐饮浪费行为，促进绿色低碳产品推广使用，努力使厉行节约、环保选购、重复使用、适度消费在全社会蔚然成风。

### 三、大力营造加快发展方式绿色转型的环境

（一）完善绿色低碳政策体系。发展方式绿色转型离不开政策保障。要完善支持绿色发展的财税、金融、投资、价格政策，加大对绿色低碳产品、技术等支持。扩大环境保护、节能节水等企业所得税优惠目录范围，落实环境保护税、环境保护专用设备企业所得税、第三方防治企业所得税以及资源综合利用领域税收支持政策。鼓励有条件的地区对智能家电、绿色建材、节能低碳产品等消费品予以适当补贴或贷款贴息。积极推行绿色产品政府采购制度。推进绿色税制改革，严格执行环境保护税法。大力发展绿色金融，扩大绿色信贷、绿色债券等融资规模，发展绿色基金。引导银行保险机构规范发展绿色消费金融服务，推动消费金融公司绿色业务发展，为生产、销售、购买绿色低碳产品的企业和个人提供金融服务。依法依规在环境高风险领域推行环境污染强制责任保险。规范发展政府和社会资本合作（PPP）模式，引导社会资本参与绿色低碳项目投资建设运营。严格落实污水垃圾处理收费制度，深入推进农业水价综合改革，进一步完善居民用水、用电、用气阶梯价格制度，落实清洁取暖电价、气价、热价等政策。完善差别化电价等政策，严禁对高耗能、高排放、资源型行业实行电价优惠。

（二）完善绿色低碳标准体系。绿色标准体系是引领生产生活方式绿色转型的重要手段。要进一步完善并强化绿色低碳产品和服务标准、认证、标识体系，加强与国际标准衔接，大力提升绿色标识产品和服务市场认可度和质量效益。加强节能家电、节水器具等绿色产品认证，推进绿色产品认证、标识体系建设。依法完善产品能效、水效、能耗限额和碳排放、污染物排放等标准，定期对强制性标准进行评估，及时更新修订。完善绿色设计和绿色制造标准体系，加快节能标准更新升级，提升重点产品能耗限额要求，大力淘汰低能效产品。实施能效、水效领跑者制度。完善新能源消费绿色认证标准、标识和公示等配套制度，引导企业利用绿色能源制造产品和提供服务。建立节水强制性标准体系，强化高耗水行业用水定额管理。调整完善产业、基础设施、公共服务领域建设用地使用标准，强化土地使用标准和节约集约用地评价，严格各类建设用地标准管理。健全“双碳”标准，完善碳排放统计核算体系，补齐基础制度短板，推动能源消耗总量和强度调控逐步转向碳排放总量和强度“双控”制度。

（三）健全资源环境要素市场化配置体系。市场化配置是引导各类资源要素向绿色低碳发展集聚的有效方式。要深入推进资源要素市场化改革，完善自然资源有偿使用制度。推进

自然资源资产交易平台和服务体系建设，构建统一的自然资源资产交易平台。健全城乡统一的建设用地市场，完善国有建设用地市场化配置机制，进一步扩大国有土地有偿使用范围，缩小划拨用地范围。按照国家统一部署，稳妥推进农村集体经营性建设用地入市。深化产业用地市场化配置改革，健全长期租赁、先租后让等工业用地市场供应机制。完善土地利用计划管理，实施年度建设用地总量调控制度，增强土地管理灵活性，城乡建设用地指标使用应更多由省级政府负责。加快自然资源统一确权登记，建立健全用水权、排污权、碳排放权初始分配制度。健全水流产权制度，加快推进水流产权确权登记，完善水资源有偿使用制度。推进水权市场化交易，培育和发展水权交易市场。全面实行排污许可制，加快建设全国用能权、碳排放权交易市场。完善碳定价机制，加强碳排放权交易、用能权交易、电力交易衔接协调。

（四）加快健全绿色低碳技术体系。推动发展方式绿色转型，科技支撑是关键。要增强绿色低碳科技创新能力，狠抓绿色技术攻关，加快节能降碳先进技术研发和推广应用。聚焦化石能源绿色智能开发和清洁低碳利用、可再生能源大规模利用、储能、二氧化碳捕集利用和封存等重点，实施一批具有前瞻性、战略性的国家重大科技示范项目，推动实现重大突破。围绕节能环保、清洁生产、清洁能源、城乡绿色基础设施、城市绿色发展、生态农业等领域对标国际先进水平，推动研发一批具有自主知识产权的关键核心技术。引导企业积极研发和引进先进适用的绿色低碳技术，提升绿色制造水平。加强创新能力建设，支持龙头企业整合高校、科研院所等力量、产业链上下游资源，建立绿色技术创新联合体，开展联合攻关。建立完善绿色低碳技术评估、交易体系，加快创新成果转化。积极发挥国家绿色发展基金和国家科技成果转化引导基金作用，支持重点绿色技术创新成果转化应用。推动首台（套）重大技术装备示范和推广，促进绿色低碳新技术产业化规模化应用。优化绿色技术创新环境，健全绿色技术知识产权保护制度。加强绿色技术国际交流合作。创新人才培养模式，鼓励高等学校加快相关学科建设，为我国绿色低碳发展提供源源不断的人才支撑。

（五）推动形成绿色转型的社会环境。推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式需要全社会的共同努力。要强化宣传教育，推进绿色低碳基础知识进机关、进学校、进企业、进社区、进农村、进家庭，增强全民节约意识、环保意识、生态意识，引导职工、学生和居民节粮、节水、节电、绿色出行、绿色购物等绿色消费实践。地方各级政府要贯彻落实新发展理念，树立正确的政绩观，切实把加快发展方式绿色转型摆到更加突出的位置，加大投入和工作力度，推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。要完善企业绿色发展责任，督促企业严格执行节能环保等法律法规标准，进一步落实生产者责任延伸制度，鼓励企业公开绿色发展信息、履行社会责任。广泛开展绿色低碳社会行动，创建节约型机关、绿色家庭、绿色学校、绿色社区、绿色出行、绿色商场、绿色建筑。鼓励具备条件的重点地区、重点行业、重点企业先行先试、走在前列。持续推进垃圾分类，养成城市社区和乡村文明新风尚。鼓励新闻媒体加强舆论监督，维护公众环境权益，推动形成绿色转型的良好社会氛围。（尹艳林）

# 可再生能源发电如何过渡成为主体电源？

中国电力报 2022.10.25

国家发展改革委等部门出台《“十四五”可再生能源发展规划》（简称《规划》）提出，“十四五”时期，可再生能源发电量增量在全社会用电量增量中的占比超过50%，成为增量主体；到2025年，风光发电量实现翻一番。此外，《规划》也强调了要以保障安全为前提构建现代能源体系，协同推进能源供给保障与低碳转型。结合《“十四五”现代能源体系规划》提出的“到2035年可再生能源发电成为主体电源”的目标来看，可再生能源成为主体电源还有十余年的过渡期。

为什么会有这个过渡期？因为在现阶段，可再生能源还无法承担主体保供的重任。尽管我国的可再生能源装机多年稳居全球首位，但为构建新型电力系统，可再生能源装机还需进一步提高。此外，可再生能源大规模并网带来的间歇波动性加大了对电力安全可靠供应的挑战。当然，从长远来看，可再生能源因其来源广泛、近零排放等特点，必将成为全球应对能源枯竭、气候变化和环境污染等问题的最佳选择。

## 着眼当下 充分利用

为保障能源安全并实现“双碳”目标，应尽可能充分利用可再生能源，并通过少用化石能源且相对经济的手段来解决高比例可再生能源接入带来的不确定性问题。一方面要加快储能等非煤灵活性资源的研发应用，降低成本并推动商业化规模化发展。另一方面应着眼于当下，在技术进步的同时，通过成效快、代价相对较小的措施，在政策和市场的支持下，充分调动现有的“源-网-荷-储”各类资源为可再生能源发展服务。

发挥煤电的调节和支撑作用。可再生能源高比例接入的前提是电力系统具备强大的调节能力。在储能技术成熟前，煤电可以作为调节性电源支持可再生能源入网。值得强调的是应推动煤电和可再生能源的商业模式尽早完成转变：煤电作为调节性和保障性电源，从通过电量获利转向通过贡献调峰备用等辅助服务为主获利；可再生能源作为新增电量的主体，从通过贡献电量获利转向贡献电量和环境价值获利，并在保障电网安全的前提下能够得到优先消纳。

提高可再生能源调节能力和需求侧响应能力。在供应侧，当可再生能源成为主体后，单靠外部资源提供灵活性是远远不够的，可再生能源发电的自我调节能力必须增强，提高发电预测精度，并与其他互补的可再生能源进行组合来平抑波动性，提升电能品质。近期在浙江新投产的一座潮光互补智能电站，利用太阳能与潮汐能综合互补开发，是用组合方式解决可再生能源波动问题的一个好案例。

在需求侧，做好负荷预测，主动发挥需求侧资源在电力削峰填谷方面的作用。近年来，需求响应已成为诸多省份应对尖峰负荷的重要手段。2021年广东迎峰度夏期间，通过引导逾300家大用户参与需求侧响应，实现削峰超100万千瓦，相当于少建一台大型煤电机组。

除关注体量大的工商业负荷外，还应将零散但快速增长的居民负荷（空调、电动汽车等）有效利用起来，扩大需求侧资源范围，并提高响应能力。在此基础上，通过双向互动优化调配可用资源，提高源荷适配性。

优化电网调度。电网调度是电力低碳转型、安全运行的核心环节。调度机构应通过加大对入网电源、负荷的预测与管理，在确保安全的前提下提高可再生能源电力的消纳。另外，应打破省间壁垒，提高区域之间的互济能力，为可再生能源消纳和系统安全提供支撑。今年迎峰度夏期间，安徽省与浙江省电力供应都存在较大缺口。经过电网调度机构的供需分析发现，安徽最大电力负荷常发生在晚间、浙江最大用电负荷常发生在白天，两方达成了电力置换互济协议以此来解决冗余电力和尖峰负荷保供问题，也有效缓解了通过新增煤电等常规电源来调峰的需求。

深化体制机制改革。今年1月国家发展改革委等部门发布的《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》明确了全国统一电力市场体系的建设目标及路径。下一步应制定并动态完善具体交易规则，包括完善辅助服务市场，更好体现灵活性资源的价值；完善电价疏导机制，解决目前煤价、系统可靠性成本与电价之间“顶牛”的问题；建设协同的全国区域及省份三级电力市场，实现电力资源大范围共享互济；通过绿色电力交易和碳交易协同，引导用户消费绿电等。同时，为可能出现的市场失灵、极端天气等突发情况建立健全应急保障机制。

### 放眼未来主体保供

从资源禀赋上看，我国可再生能源资源丰富，具备成为主体能源的资源基础，完全能够支撑未来经济社会发展对能源的需求。从技术发展上看，科技创新持续推动可再生能源利用能力的提高。我国风光等可再生能源发电装机规模多年位居全球第一，且随着发电效率的提升和投资成本的下降，可再生能源发电基本实现了平价甚至低价市场化运营。解决可再生能源供给不稳定性主要技术也在快速兴起，包括智能微网、柔性输电技术以氢、氨为代表的大规模长时储能等技术都有望在未来十年取得重大突破，逐步替代目前提供支撑与调节作用的煤电等传统电源。

除技术进步以外，可再生能源开发利用模式和场景也在不断拓展。在推进集中式与分布式并行开发的同时，可再生能源逐渐与建筑、交通等产业发生深度融合，在供热、燃料领域也得到创新应用。此外，一些互联网、大数据、智能控制技术也在逐步应用于能源系统。可再生能源将同时实现大规模利用、高水平消纳与稳定可靠供应，成为我国能源主体保供的终极解决方案。（黄辉 王杨）

## 既要绿色发展，又要能源安全

中国能源报 2022.10.24

党的二十大报告绘就了一系列未来发展的“施工图”，是今后五年乃至更长一个时期的

行动纲领和根本遵循。这对一家有 60 多年历史的老牌油田企业意味着什么？

“二十大报告指出，以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴，首要任务是推动高质量发展，提升战略性资源供应能力，推动绿色发展，促进人与自然和谐共生，这与习近平总书记去年视察胜利油田嘱托我们必须把能源的饭碗端在自己手里、提升能源供给质量和减碳水平的重要指示一脉相承、一以贯之，为能源行业高质量发展提供了根本遵循、指明了前进方向、注入了强大动力。胜利油田作为我国重要的能源生产企业，必须走在前、作表率、开新局！”党的二十大代表、中国石化胜利石油管理局有限公司党委书记、执行董事牛栓文坚定地说。

### ■担当能源保供重要责任

能源是工业的血液，是国民经济的命脉，是人民美好生活的保障。胜利油田始终坚持产业报国，累计生产原油 12.8 亿吨，占全国同期陆上原油产量的 1/5，为保障我国经济社会发展作出了重要贡献。

特别是去年习近平总书记视察胜利油田时，作出了全面加大勘探开发力度、夯实国内产量基础、提高自我保障能力的重要指示，胜利油田贯彻中国石化集团公司党组“勘探大突破、原油稳增长、天然气大发展”的决策部署，把端牢能源饭碗作为再立新功、再创佳绩的首要任务，统筹制定了“常非并重稳定东部、加快勘探发展西部、中中合作拓展外部、探索突破国际合作、储采并进增强保障”的发展思路，助推油田较长时期效益稳产，高质量推进百年胜利建设。

这一年来，油气勘探取得重要发现。2021 年已上报预测储量 4.58 亿吨，2022 年预计上报新增预测 + 控制储量 11.5 亿吨，将成为油田增储建产的现实战略接替新领域，展示了良好勘探光明前景。

胜利油田深化认识“四个 10 亿吨”资源潜力，谋划推进“七个产量增长点”（海上、西部、低渗透、稠油、页岩油、化学驱、CCUS），新区规模效益建产持续提升，单井产能同比提高 10%，老区提能稳产全面展开，稳产基础持续夯实，页岩油示范规模开发高效推进，初步具备效益开发条件，确保高效完成年度保供任务，支撑“十四五”乃至更长时期规模效益稳产，坚定当好国内油气增储上产推动者。

同时，胜利油田还坚持储气储能和油气开采并举，把储气储能作为保障国家能源安全的重要手段，充分利用深地油气藏储存空间，探索储气于藏、储能于藏新路径，加大储气库建设力度，山东省首座储气库——永 21 储气库 2021 年底建成地下投产，今年又筛选 6 个有利目标，全面启动花沟等储气库建设，有效增强区域调峰应急保供能力。

### ■勇担国家战略科技力量重任

习近平总书记视察期间，对胜利油田自主创新的页岩油勘探开发技术、高温高盐聚合物驱油技术、碳捕集利用与封存技术（CCUS）给予肯定，并要求胜利油田集中资源攻克关键核心技术，继续保持领先水平，这与党的二十大报告指出的“教育、科技、人才是全面建

设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”要求高度契合。胜利油田突出强化创新驱动，坚持“集成化、高端化、智能化、平台化、产业化、流程化”创新方向，加快打造具有领先水平的技术先导型企业和石油行业重要创新策源地。

高层次实验平台是基础理论创新的根本。胜利油田推进了国家能源 CCUS 技术研发中心、智能油田研发中心等多个重点实验室申报工作，并保持高水平开放合作，推进跨系统、跨专业基础理论协同创新，建立了内部转化、技术许可、孵化器等多渠道转化方式，将科研资源转化为实实在在的价值创造。

8000 多项科技成果，124 项国家级科技奖励，6219 件国家授权专利，是胜利油田的“军功章”。面向未来，胜利油田要围绕产业链部署创新链，围绕创新链布局产业链。

### ■蓄积绿色发展新动能

老油田如何走“新”路，在保障国家能源安全的同时实现绿色低碳发展，牛栓文同样谙熟于心。

党的二十大报告指出，推动绿色发展，促进人与自然和谐共生。这是大势所趋、民心所向、现代化建设所需，也是能源企业高质量发展的应有之义。胜利油田以助力建设美丽中国为己任，以“净零”排放为目标，坚持生态优先、绿色发展，统筹发展与减排、整体与局部、短期与中长期关系，实施节能、减污、降碳、发展协同增效，大力实施“绿色企业行动计划”“能效提升计划”，二氧化碳排放量从 2012 年的 1158 万吨降低到 2021 年的 654 万吨，积极稳妥推进碳达峰碳中和行动，坚决回答好“既要绿色发展又要能源安全”的时代考题。

此外，胜利油田主动迎接产业变革、绿色转型，推进新能源产业快速发展。多年来，胜利油田大力发展光伏发电、陆海风电、余热利用、地热光热等新能源，累计投产各类新能源项目 116 个，光伏装机规模 213 兆瓦，年发绿电能力 2.6 亿千瓦时、供热能力达到 220 万吉焦，绿能替代率高达 8%。“十四五”末，胜利油田年发绿电 37 亿千瓦时，直接用能中新能源占比达到 40%。

“新时代、新征程，我们将站在更高起点上，走好新的赶考之路！”牛栓文的话掷地有声。（吴莉 李丽旻）

## 非凡十年，中国电力工程屡创世界之最

中国能源报 2022.10.24

党的十八大以来，我国电力建设行业深入实施创新驱动发展战略，建成了一系列超级电力工程，自主创新能力、重大装备研制和技术水平显著提升，有力保障了国家能源安全。

为庆祝党的二十大胜利召开，中国电力建设企业协会隆重推出“非凡十年·中国电力工程世界第一”策划，以中国电力建设企业协会推荐的 22 项具有典型意义的电力超级工程，展现我国电力建设行业锐意进取、砥砺奋进取得的非凡成就。

## 江苏国电泰州扩建“二次再热”示范工程

工程建设世界首台百万千瓦二次再热燃煤发电机组，是国家能源局的示范项目、国家“十二五”科技支撑计划项目。工程对机组参数和系统优化的技术进行攻关突破，研发出具有我国自主知识产权的1000MW超超临界二次再热发电技术，环保指标优于国家超低排放标准。攻克了设计、制造、安装、调试方面的15项难题，代表着世界最先进的火力发电技术。工程的两台机组分别于2015年9月25日和2016年1月13日投产。

工程获得8大类100个奖项，其中，国家级、省部级荣誉100项，科技进步奖7项，QC成果奖14项，施工工法3项。获得国家专利37项，其中，发明专利24项。获得计算机软件著作权6项。荣获电力行业优秀工程设计一等奖。

该工程在清洁、高效、先进火电技术的应用上做出了新探索，成功验证了二次再热技术的可靠性，也为后续项目提供了可靠的技术支撑和建设经验。

## 申能安徽平山电厂二期1×1350MW机组工程

工程是长三角一体化重点能源项目，由申能股份有限公司投资新建，是目前全球单机容量（1350MW）最大的火电机组，2018年7月18日开工建设，2022年4月正式转入商运。

工程于2015年被批准为国家示范工程。2018年在POWER-GEN国际会议上作为中国唯一获奖单位，被授予第五届皮博迪年度全球洁净煤领导者奖。

1350MW机组采用国际首创高低位布置方式的双轴二次中间再热发电机组技术，并采用一系列具有自主知识产权及专利的节能减排创新技术，设计供电煤耗251g/kWh，比目前最先进的二次再热百万千瓦机组煤耗少15克，可大幅提高能源的利用水平，相较而言，平均每年可节省燃煤近10万吨，向世界提供了净效率值最高的洁净燃煤发电机组中国案例。

## 大唐东营2X1000MW能源重大技术装备创新示范工程

工程位于山东省东营市东营港经济开发区，2016年9月10日开工，两台机组分别于2020年11月11日、2020年12月16日投产。

该工程是世界首次在百万机组采用二次中间再热、单轴“六缸六排汽”汽轮发电机组及超低背压技术，汽轮机轴系最长（总长度59.627米），主要技术指标达到世界领先水平，2020年12月被国家能源局列入第一批能源领域首台（套）重大技术装备项目。

该工程的成功投运对推动国家能源领域重大技术装备升级、煤炭清洁高效利用的产业升级贡献突出，具有显著的社会效益。

## 华电广州增城燃气冷热电三联供工程

工程建设两台670MW燃气-蒸汽联合循环机组，首次采用世界领先的H级重型燃气轮机，热效率最高、单体功率最大。工程于2017年5月核准，2018年8月开建，两台机组分别于2020年6月14日、2020年9月30日通过168小时满负荷试运后投入商运。

工程各项技术经济指标均优于设计值，达到国际领先水平，荣获中国电力优质工程、电力行业优秀一等奖，共取得省部级及以上奖项5大类126项。

工程自投产以来，机组运行稳定、安全可靠，截至 2022 年 4 月底，已累计发电量 74.7 亿 kWh，供热量 212 万 GJ，年利用小时超过 3500 小时，为粤港澳大湾区经济发展注入强大的清洁低碳能源动力，对实现区域经济发展具有重要推动作用。

#### **四川雅砻江锦屏一级、二级水电站工程**

工程是西部大开发、西电东送的标志性工程，同步建成集世界最高坝和最大埋深引水隧洞为一体的两级水电站。一级装机容量 4800MW，二级装机容量 3600MW，2014 年 7 月机组全部投产。

工程分别获得中国电力优质工程、詹天佑奖、国家优质工程金奖等国家级奖项 164 项，省部级奖项 178 项。首创无碰撞泄洪消能与减雾技术，获国家科技进步二等奖 2 项，国家技术发明二等奖 1 项。首创强岩爆预警和防治技术，获国家科技进步二等奖。

工程竣工标志着我国在复杂地形地质条件下的超高拱坝筑坝技术、地下工程建设技术达到国际领先水平，为世界工程建设树立了一座丰碑。

#### **金沙江白鹤滩水电站工程**

工程安装 16 台 1000MW 混流式水轮发电机组，是我国自主研发、全球单机容量最大的百万千瓦水轮发电机组，总装机容量 1600 万千瓦，多年平均发电量 602.4 亿千瓦时。2010 年 7 月正式开建，2021 年 6 月 28 日投产发电。

工程具有高水头、大泄量、单机百万千瓦容量等特点，是我国装机第二大水电站、世界装机第二大水电站，电站六项技术指标位居世界第一。

白鹤滩水电站是实施“西电东送”的国家重大工程，是目前世界在建规模最大、技术难度最高的水电工程，实现了我国高端装备制造的重大突破，为实现碳达峰碳中和目标，促进经济社会发展全面绿色转型作出了积极贡献。

#### **1000 千伏晋东南 - 南阳 - 荆门特高压交流试验示范工程**

该工程是我国首个特高压交流输变电工程。工程由我国自主研发、设计、制造、建设和运行，实现了我国电工装备制造业的升级和跨越式发展，是我国电力发展史上的重要里程碑。工程 2006 年 12 月 29 日开工，2009 年投入商运。

工程是我国发展特高压输电技术的起步和示范工程，实现了我国能源基础研究和建设领域的重大自主创新。通过工程实践，我国建成了世界一流的特高压试验研究体系，掌握了具有全面自主知识产权的特高压交流输电工程技术，成功研制出代表世界最高水平的全套特高压设备，在世界上率先建立起特高压交流输电技术标准体系。

工程获得“国家重大工程标准化示范”称号，先后获得中国电力优质工程、国家优质工程金奖等荣誉，发布 15 项国家标准和 73 项企业标准，已获受理专利 431 项，自此确立了我国在特高压输电技术领域的国际领先地位。

#### **向家坝 - 上海 ±800 千伏特高压直流输电示范工程**

工程是我国首个特高压直流输电示范工程，由我国自主研发、设计、建设和运行，全长

1891.6 千米，先后四次跨越长江。2008 年 5 月开建，2010 年投入商运。

工程先后获得全国生产建设项目水土保持示范工程、电力行业优秀勘测设计一等奖、中国电力优质工程、国家优质工程金奖等荣誉称号。

工程由国家电网投资建设。该工程对落实国家“西电东送”战略，实现东西双赢协调发展具有重要深远意义，是引领特高压工程建设的典范，社会经济效益显著。

### **云南至广东 ±800 千伏直流输电示范工程**

工程横贯云南、广西、广东三省区，全长 1373 千米，铁塔 2612 基，由我国自主研发、设计、制造、建设和运行，是目前世界上海拔最高、运行电压最高、技术水平最先进的直流输电工程。2006 年 12 月 19 日开建，2010 年投入商运。

工程先后荣获中国电力优质工程、全国工程建设项目优秀设计成果一等奖、国家优质工程金奖等。获得国家级和省部级奖项及成果 234 项，包括国家科技进步一等奖、国家和省部级 QC 成果奖 8 项，形成国家标准 21 项、专利 157 项、计算机软件著作权 13 项、行业级工法 2 项。

工程由南方电网投资建设。该工程对落实国家“西电东送”战略、实现东西双赢协调发展具有重要深远意义，是引领特高压工程建设的典范，社会经济效益显著。

### **青海 - 西藏 ±400 千伏直流联网工程**

工程是世界上第一个 ±400 千伏直流电压等级和第一条世界海拔最高的直流输电工程。2010 年 7 月 29 日开建，2011 年 12 月 9 日带电试运行。

工程建设创造了 4 项世界纪录：世界上第一个 ±400 千伏电压等级直流输电工程、世界上第一条穿越青藏高原平均海拔 4500 米的直流输电工程、世界上穿越冻土区最长的直流输电工程、世界上建设环境最恶劣的直流输电工程。

工程建设实现 3 个重大创新，建成投运后有效解决了西藏地区枯水期拉闸限电的局面，对促进我国西部经济发展和边疆稳定具有重要现实意义。

### **500 千伏鲁西背靠背换流站工程**

工程是世界上首个在 500 千伏主网架中应用柔性直流输电技术的工程，在可控性和灵活性方面具有明显优势，代表着直流输电技术未来的发展方向。2015 年 6 月 12 日开工，2016 年 8 月 29 日投产。

工程是世界上首次在大规模交直流混联电网主干网架中应用高压大容量柔性直流输电技术，柔性直流单元额定电压 ±350 千伏，输电容量 1000MW，均为世界最高水平。创造了 20 项世界第一，先后荣获中国电力优质工程、国家优质工程金奖，荣获国家科技进步二等奖等国家级奖项 31 项、省部级奖项 111 项。

该工程有效促进了南方区域资源优化配置，显著降低了南方电网“强直弱交”电网风险，优化了南方电网主网架结构和抗风险能力，有效解决了云南水电送出通道的“卡脖子”问题，为实施更高电压等级的柔性直流工程发挥了示范引领作用。

## 舟山 500 千伏联网输变电工程

工程是我国建设规模最大、技术难度最高的跨海联网工程，代表着超高压海洋输电技术的国际最高水平。2016 年 12 月开工建设，2019 年 10 月全面竣工。

工程先后荣获中国电力优质工程、中国钢结构金奖、国家优质工程金奖等荣誉。获发明专利 25 项、实用新型专利 83 项、省部级科技成果 13 项、QC 成果 20 项、工法 1 项，形成标准 15 项，出版专著 4 部，发布论文 63 篇。

工程建立了自主知识产权的海缆设计、制造、敷设、试验全链条体系，确立了我国在海洋输电技术领域的国际领先地位，为系统解决超高压海洋输电技术难题提供了“中国方案”。

## 特高压 1000 千伏苏通 GIL 综合管廊工程

工程是世界首个特高压 GIL 输电线路工程，电压等级最高、输送容量最大、输电距离最长、技术水平最先进，是输电领域又一个世界级重大创新成果。2016 年 8 月 26 日开建，2019 年 9 月 26 日投运。

工程竣工标志着我国全面掌握了特高压 GIL 输电的设计、制造、试验、安装和调试全套技术标准；创造 24 项世界第一，先后荣获中国电力优质工程、国家优质工程金奖等荣誉；形成发明专利 31 项、实用新型专利 56 项，标准 5 项，获省部级以上科技进步奖 13 项。

工程带动了国产电工装备产业升级发展，为防治大气污染、促进华东区域协调发展作出了重要贡献，并为跨江、跨海等特殊地段的输电工程建设发挥了引领示范作用。

## 准东 - 华东（皖南）±1100 千伏特高压直流工程

工程是目前世界上电压等级最高、输电容量最大、送电距离最远、技术水平最先进的特高压直流工程。2016 年 7 月工程开工，2019 年 9 月竣工投产。

工程先后荣获中国电力优质工程、国家优质工程金奖、国际项目管理 IPMA 银奖、建国 70 周年“经典工程”等称号。工程建设中形成了国家标准 5 项、企业标准 41 项；获得发明专利 16 项、实用新型专利 132 项、省部级科技进步奖 46 项、工法 15 项、QC 成果 89 项、优秀工程设计奖 3 项。

工程使大容量输电距离从 2000 公里拓展至 3000 - 5000 公里，对于千万千瓦级可再生能源基地电力外送，落实“一带一路”倡议，推进中国国内互联、洲内互联、洲际互联，构建全球能源互联网都具有重大示范意义。

## ±800 千伏乌东德昆柳龙特高压多端柔直流示范工程

工程是落实西电东送战略、推动能源清洁低碳转型发展的世界级输电工程，是世界电压等级最高、容量最大的特高压多端直流输电工程，建设难度和技术挑战均为当今世界输变电领域之最。2018 年 11 月开工，2021 年 5 月投产。

工程荣获中国电力优质工程，并通过国家优质工程金奖现场检查。形成发明专利 101 项、实用新型专利 94 项、技术标准 19 项，获省部级及以上科技奖 77 项。

工程的成功实施标志着我国占据了特高压多端柔性直流输电技术世界制高点，提升了我国特高压产业链总体水平和竞争力，引领特高压技术进入柔性直流新时代。

### **青海 - 河南特高压直流输电工程**

工程是世界首座  $\pm 800$  千伏直流换流站和 1000 千伏交流站同一站址建设的工程。两站共用一座综合楼和一座主控楼，占地面积相当于 50 个足球场，于 2019 年 3 月 15 日开工，2020 年 12 月 30 日投产。

工程是世界首条纯清洁能源特高压直流输电工程以及世界首座  $\pm 800$  千伏换流站和 1000 千伏交流站同期同址建设、同步投产的工程，首次应用国产 800 千伏阀侧套管，GIS、分接开关等核心设备国产化率 100%，首次将 5G + 北斗网络覆盖建设现场。

作为我国西电东送的标志性工程，工程率先采用“双直双交”运行模式，领先示范作用重大。投运以来累计输送电能 245 亿千瓦时，是西部清洁能源落地河南的重要工程，对推动黄河流域经济社会发展具有重要意义。

### **国家风光储输示范工程一期工程**

工程采用世界首创风光储联合发电技术路线，是集风力发电、光伏发电、化学储能及智能输电四位一体的新能源综合性示范工程。2010 年 5 月开建，2015 年 1 月投运。

工程破解新能源开发利用的世界性难题，实现 5 项关键技术突破，先后荣获中国电力优质工程、国家优质工程金奖、第四届中国工业大奖等荣誉。发布国家标准 13 项、行业标准 21 项；获得发明专利 49 项、实用新型专利 44 项、省部级科技成果奖 7 项、QC 成果 6 项，发表论文 142 篇。

项目破解了大规模可再生能源并网技术的世界性难题，集成应用技术已推广至青海、宁夏、甘肃等新能源互补项目，为促进新能源产业进步、解决新能源大规模集中开发提出了“中国方案”，贡献了“中国智慧”。

### **青海省海南州塔拉滩一标段 1000MW 光伏电站项目**

工程直流容量 1335.08MW<sub>p</sub>，是世界一次建设规模最大光伏项目，于 2019 年 11 月 24 日开工，2020 年 9 月 26 日投运。

工程荣获中国电力优质工程，通过国家优质工程奖现场检查。获得国家发明专利 2 项、实用新型专利 8 项、省部级科技进步奖共 73 项、QC 成果 26 项、工法 5 项，计算机著作权 3 项。

工程是青海省 100% 清洁能源外送至中原地区的重要支撑电源，其建设树立了“生态优先、绿色发展”的新典范，促进了我国大规模光伏发电工程建设技术进步，加快了我国光伏国产化进程。

### **三峡如东海上风电柔性直流输电示范工程**

工程位于江苏省如东县黄沙洋海域，是亚洲（世界）首个采用柔性直流输电技术的海上风电项目，负责如东 H6、H10 以及如东 H8 三个海上风电场共计 1100MW 输出任务，

2021 年底建成并投运。

项目实践了适合我国海上风电建设和发展的海上风电柔性直流送出的总体方案，完成海上风电直流输电系统的研究、设计、建造、试验、运输、安装、调试、试运行、投运、验收等。项目在探索海上风电传输新模式的同时，填补国内行业多项空白，对深远海大容量海上风电开发建设起到重要示范引领作用。实现国产大功率电力电子器件批量应用，国产化换流阀、联接变压器、直流穿墙套管、高压直流海缆、柔性直流控制保护系统等设备的首台套应用，对加快国内海上风电重大技术装备创新作出了重大贡献。

海上风电柔性直流输电技术可助力我国 18000 千米海岸线上更多远海风电资源的开发，实现“海洋友好型、电网友好型”远海风电开发模式的目标。

### **国家能源集团印尼爪哇 2 × 1050MW 燃煤发电工程**

工程是中国投资建设的首台“走出去”百万千瓦机组，也是中企在海外投资建成的最大规模燃煤电站。2017 年 6 月 30 日开工，2020 年 9 月 23 日投产。

工程先后荣获中国电力优质工程、亚洲电力 2021 年度“煤电项目金奖”等荣誉，通过国家优质工程金奖（境外）现场检查；获得中国省部级奖项 60 项，其中科技进步奖 22 项。

工程构建了可复制的海外电站工程管理体系，打造了海上丝路的能源新地标，将中国智慧和方案展现于国际舞台，树立了国际合作的成功典范。

### **摩洛哥二期 200MW、三期 150MW 光热电站工程**

工程是中企在海外建设的首个大型光热电站、国家“一带一路”倡议在摩洛哥落地实施的最大项目、全球已投产的单机容量最大的光热电站。2015 年开工建设，2018 年竣工投产。

工程先后荣获中国电力优质工程、国家优质工程金奖、摩洛哥五星质量奖、五星安全奖等荣誉。共获得国家发明专利 9 项、国家实用新型专利 53 项，省部级科技进步奖 20 项、QC 成果 32 项、工法 10 项，以及计算机软件著作权 7 项。

工程打破了光热电站领域欧美公司一统天下的局面，实现了国内企业首次参与世界领先的槽式光热电站 EPC 总承包及中国电站设备成功进入世界光热发电市场的目标。建设期间推动了摩洛哥产业升级，被授予社会责任奖和经济就业促进奖，该奖项为摩洛哥政府首次颁发给外国企业。

### **巴西美丽山特高压工程**

工程一期项目由国家电网独立投资、建设和运营，是巴西第二大水电站——美丽山水电站的送出工程，分别于 2017 年 9 月和 2019 年 10 月全面开工建设和正式完工投运，有效地解决了巴西北部亚马逊流域清洁水电长距离外送和消纳难题，有力地支持和服务巴西经济社会发展。

二期项目实现了中国特高压“投资、建设、运营”和“技术、标准、装备”两个一体化全产业链、全价值链协同“走出去”，为实现巴西能源安全稳定供应贡献了“中国方案”，

是中国“一带一路”建设的典型项目、“一带一路”建设和国际产能合作在南美的重要成功实践。

工程是巴西近年首个零环保处罚的大型工程，获评2019年度“巴西社会环境管理最佳实践奖”。2020年12月，美丽山一期项目荣获第六届中国工业大奖，是首个获得中国工业大奖的中国企业海外项目。目前，美丽山二期项目已安全稳定运行超过三年。

## 前三季度可再生能源新增装机 9036 万千瓦

科技日报 2022.11.15

科技日报北京11月14日电（记者刘园园）14日，国家能源局召开四季度网上新闻发布会，介绍2022年前三季度能源形势、可再生能源并网运行情况。

“2022年前三季度，我国可再生能源新增装机9036万千瓦，占全国新增发电装机的78.8%。”国家能源局新能源和可再生能源司副司长王大鹏介绍，可再生能源装机规模稳步扩大。其中，水电新增1590万千瓦、风电新增1924万千瓦、光伏发电新增5260万千瓦、生物质发电新增262万千瓦，分别占全国新增装机的13.9%、16.8%、45.8%和2.3%。

截至2022年9月底，我国可再生能源发电装机达11.46亿千瓦。其中，水电装机4.06亿千瓦（其中抽水蓄能0.43亿千瓦）、风电装机3.48亿千瓦、光伏发电装机3.58亿千瓦、生物质发电装机4060万千瓦。可再生能源发电量也稳步增长：2022年前三季度，全国可再生能源发电量达1.94万亿千瓦时。

“可再生能源持续保持高利用率水平。”王大鹏表示，2022年前三季度，全国主要流域水能利用率约98.6%，较上年同期提高1.1个百分点；全国风电平均利用率96.5%，较上年同期降低0.5个百分点；全国光伏发电平均利用率98.2%，较上年同期提高0.2个百分点。

国家能源局发展规划司副司长董万成介绍，第一批大型风电光伏基地已全部开工，第二批项目正在陆续开工，目前正抓紧推进第三批项目审查。今年前8个月全国能源领域重点项目完成投资额12295亿元，同比增长16.7%，较上半年增速提高0.8个百分点。

“锚定碳达峰碳中和，‘十四五’期间我们将深入贯彻落实‘四个革命、一个合作’能源安全新战略，推动可再生能源实现高质量跃升发展。”王大鹏表示，在生产方面，将优化发展方式，大规模开发可再生能源；在技术方面，将坚持创新驱动，高质量发展可再生能源。加大可再生能源技术创新攻关力度，补齐技术装备短板，加快培育新模式新业态，提高产业链现代化水平，提升供应链弹性韧性，持续巩固提升我国可再生能源产业国际竞争力。

## 为企业发展注入绿色动能

经济日报 2022.11.11

在位于山东省潍坊市的山东天瑞重工有限公司（以下称“天瑞重工”）展厅里，一个没

有任何支撑、悬浮在空中的地球仪引人注目。“这个地球仪通过磁力克服物体重力，处于一个平衡位置。与地球仪采用的电磁力技术相比，公司应用在鼓风机等动力设备的磁悬浮技术要复杂得多。”天瑞重工工程师李全科介绍，近年来，通过持续研发，公司突破了一系列关键核心技术，推动磁悬浮技术产业化，自主研发的磁悬浮鼓风机、真空泵、冷媒压缩机等磁悬浮动力设备广泛应用于造纸、水泥、钢铁等高耗能行业。

“只有抓好创新，才有好技术、好产业、好未来。我们将不断创新，向着打造国内一流的磁悬浮产业研发生产基地的目标大步前进。”天瑞重工董事长李永胜说。

### 开辟新赛道

天瑞重工成立之初，并非从事磁悬浮领域。“2008年，公司成立，专注于凿岩机研发与制造。具体来讲，是通过研发新材料和新技术，解决零部件断裂和磨损问题，从而提升凿岩设备性能。”李永胜说，依靠过硬的技术和产品，公司很快发展成为凿岩机械行业领军企业，凿岩机设备被工信部认定为制造业单项冠军产品。

企业虽然进入快速发展期，但要想实现可持续发展，还需要立足长远提前谋划。“凿岩机的市场就那么大，企业要想做大做强，不能依靠单一的产品，必须开辟新领域。”李永胜说。

在“试水”一些领域之后，2012年，李永胜最终选择了磁悬浮产业。“国家的发展方向指向哪里，产业的风口就在哪里，企业发展的方向就在哪里。我国大力推进绿色发展，节能减排是大势所趋，相关产业大有可为。”李永胜认定，磁悬浮技术的特点是无接触摩擦、大幅降低能耗，应用这一技术的动力装备具有广阔的发展前景。

目标明确，说干就干。李永胜带领技术团队开始潜心攻关磁悬浮动力设备。当时，国内的磁悬浮技术还停留在研发阶段，没有经验可供参考，技术攻关面临诸多困难。“公司成立以来积累的技术和经验，给了我们迈出这一步的底气。我们把公司的利润全部投入磁悬浮技术研发中，每天在实验室工作十几个小时，精益求精地做好每一件事情。”李永胜说，“这是一条全新的赛道，惟其磨砺，始得玉成，不拼肯定不行。”

2016年，天瑞重工自主研发的磁悬浮鼓风机成功下线。该产品采用无接触、无机械摩擦的磁悬浮轴承和高速大功率永磁同步电机，直接驱动高效流体叶轮，有效解决了传统鼓风机耗能高、噪声大、效率低等问题，很快受到市场青睐。

此后，天瑞重工研发团队又相继研发出磁悬浮真空泵、空压机、制冷机、低温余热发电机等磁悬浮动力设备。

### 钻研新技术

在天瑞重工的实验室，摆放着5组鼓风机、真空泵、冷媒压缩机等动力设备，每组设备一边是应用磁悬浮技术的高效节能产品，一边是传统动力装备。

“实验证明，传统的涡轮动力机械需要轴承支撑，存在耗能较大、机械损坏较重等问题。利用磁悬浮技术代替传统轴承，用电磁场旋转带动轴承旋转，不存在机械接触，具有磨

损小、能耗低、噪声小、寿命长、无油污染以及高精度等特点。”李全科说，“磁悬浮是一门多学科交叉融合的前沿科学技术。在技术攻关中，我们下大力气解决了电磁学、流体力学、制造加工等方面的关键技术难题。”

在研发磁悬浮动力设备需要解决的众多技术难题中，有一个核心问题的突破让李全科记忆犹新。“磁悬浮动力设备需要通过磁悬浮控制技术使设备稳定运转，并且转速要达到每分钟3万转，这个技术研发难度非常大。轴承旋转一旦失控，就会损伤机器，造成安全隐患。”李全科说，天瑞重工用了6年时间攻关，自主研发了磁悬浮主动控制系统，实现设备安全稳定运转。

一台传统罗茨鼓风机的价格是两三万元，一台磁悬浮鼓风机的价格是20多万元，企业会怎么选？以前，大部分企业都会毫不犹豫选择前者，但现在，选择后者的企业越来越多。

“一台100千瓦的磁悬浮鼓风机，每年能节电30多万千瓦时，降噪由原来100多分贝降到80分贝。如果用磁悬浮鼓风机替换传统鼓风机，仅靠节电，不到1年就能省出购机成本。”李永胜说，由于悬浮状态下无接触、无机械摩擦，天瑞重工研发的磁悬浮动力装备比传统罗茨鼓风机节能三成以上，达到国际先进水平。目前，公司的磁悬浮鼓风机在山东已安装400余台，年节约1亿千瓦时。

创新已经成为天瑞重工的发展基因。天瑞重工有一面专利墙颇为壮观：300多张专利证书挂满墙面，展示着企业的核心竞争力。公司深入调研市场，持续加大研发投入，研究前沿技术，搭建起山东磁悬浮产业技术研究院等9个省级创新平台，建立海外离岸研发中心，与中国工程院、中国科学院、山东大学等高校院所建立产学研合作。今年，天瑞重工的磁悬浮科技成果获得山东省技术发明一等奖；筹建的“全国磁悬浮动力技术基础与应用标准化工作组”正式揭牌。

在自身不断发展的同时，天瑞重工注重带动上下游产业链企业共同发展。今年，公司担任山东省节能环保装备产业链“链主”，产业链条迅速延伸，已初步形成了水泥链、造纸链、热能制冷链、海洋装备链、化工链等产业链条。（王金虎）

## 深入推进能源消费方式变革

### ——能源发展成就报告之能源消费篇

中国电力报 2022.11.1

#### 编者按

党的十八大以来，习近平总书记创造性提出了“四个革命、一个合作”能源安全新战略，为我国新时代能源发展提供了根本遵循。十年来，能源战线坚定不移推进能源革命，全面推进能源消费方式变革，建设多元清洁的能源供应体系，发挥科技创新第一动力作用，全面深化能源体制改革释放市场活力，全方位加强能源国际合作，能源强国建设进一步推进，安全保障能力进一步提升。

从历史长河跋涉而来，向华夏振兴奋楫逐浪。中能传媒推出能源发展成就报告，分为能源消费、能源供给、能源科技、能源体制改革、能源国际合作五个篇章，系统总结分析了党的十八大以来我国能源发展总体脉络，标注了能源行业非凡十年辉煌印记。

党的十八大以来，在能源安全新战略的科学指引下，我国能源生产和消费方式发生重大变革。能源消费向清洁低碳加快转变，生产和生活领域能效大幅提升，重点领域节能成效显著，全社会节能意识不断增强，能源节约型社会加快形成。

### 能源消费结构显著优化

十年来，我国能源消费结构显著优化，清洁低碳成为能源结构调整的主要方向，煤炭清洁高效利用大力推进，可再生能源实现跨越式发展，电气化进程持续加快，对我国经济发展起到重要支撑作用。

#### （一）加快清洁低碳转型步伐

我国化石能源消费总量大、强度高，需求仍在持续增长。“双碳”背景下，能源发展趋势是化石能源消费总量要逐步减少，能源消费结构向清洁低碳加快转变。

煤炭消费量占比持续下降。十年间，我国煤炭消费量占能源消费总量的比重持续下降，由2012年的68.5%降至2021年的56%，下降12.5个百分点。而天然气、水电、核电、风电、太阳能发电等清洁能源消费比重不断提升，由2012年的14.5%增至2021年的25.5%，增长11个百分点，能源消费增量有三分之二来自于清洁能源。

非化石能源消费量占比持续提升。2020年我国非化石能源消费比重为15.9%，比2015年提高3.8个百分点，超额完成“十三五”规划目标。在2021年全球能源供应紧张、欧洲多国重启煤电的形势下，我国非化石能源发展保持力度不减，占能源消费总量比重提高了0.7个百分点，从现在到2030年，预计非化石能源消费比重将按平均每年1个百分点的速度持续增长。

#### （二）推进煤炭清洁高效利用

我国是传统煤炭大国，长期以来，煤炭作为主体能源发挥了重要作用。“双碳”目标下，煤炭领域成为减排的重点。但从中短期看，经济社会发展依然离不开煤炭，这意味着加快煤炭清洁高效利用迫在眉睫。十年来，我国持续推进煤炭清洁高效利用，单位国内生产总值煤炭消耗十年下降超过50%。

大力推进散煤综合治理和煤炭减量替代。以京津冀及周边地区、汾渭平原等区域为重点，因地制宜推动散煤治理，截至2021年底，完成该区域散煤治理2700万户左右，减少散煤消费量6000多万吨，平原地区冬季取暖散煤基本清零。

通过推进热电联产集中供热替代、上大压小、清洁能源替代等措施淘汰能耗高、排放大的燃煤小锅炉，截至2020年底，京津冀及周边地区、汾渭平原、长三角地区每小时35蒸吨以下燃煤锅炉基本清零，全国县级及以上城市建成区内每小时10蒸吨以下燃煤锅炉基本清零。

持续推动燃煤发电机组节能降耗改造。截至 2021 年底，火电平均供电煤耗降至 302.5 克标准煤/千瓦时，比 2012 年下降了 6.9%。10.3 亿千瓦煤电机组完成超低排放改造，占煤电总装机容量的 93%，建成世界最大的清洁煤电体系。

大力实施煤电节能降碳改造、灵活性改造、供暖改造。2021 年已完成改造 2.4 亿千瓦，2022 年将继续改造 2.2 亿千瓦，为“十四五”累计改造 6 亿千瓦的目标奠定良好基础。

### （三）实施可再生能源替代行动

可再生能源开发利用可替代大量化石能源消耗、减少温室气体和污染物排放，对环境和社会发展起到重要且积极作用。十年来，我国可再生能源实现跨越式发展。

“十三五”期间，我国可再生能源开发利用规模稳居世界第一。2020 年我国可再生能源利用总量达 6.8 亿吨标准煤，占一次能源消费总量的 13.6%，为我国如期实现 2020 年非化石能源消费占比达到 15% 的庄严承诺、推动能源结构调整和绿色低碳转型作出积极贡献。其中，可再生能源发电量 2.2 万亿千瓦时，占全部发电量的 29.1%，较 2012 年增长 9.5 个百分点。

2021 年，我国可再生能源开发利用规模达到 7.53 亿吨标准煤，可再生能源消费比重从 2012 年的近 9% 提高到 2021 年的超过 14%，减少二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物排放量分别约达 20.7 亿吨、40 万吨、45 万吨，为打好大气污染防治攻坚战提供了坚强保障。到 2025 年，可再生能源利用量总量预计达到 10 亿吨标准煤左右，占一次能源消费总量的 18% 左右。

### （四）推动终端能源消费电气化

十年来，我国电气化进程持续推进，终端用能电气化水平从 22.5% 提高到 27%，提升了近 5 个百分点，电力对我国经济发展起到重要支撑作用。

2021 年，全社会用电量同比增长 10.3%，达到 8.3 万亿千瓦时，创下自 2012 年来最高纪录；年度用电增量约为“十三五”时期五年增量的一半。

全面推进电能替代。2021 年，新增电能替代电量约 1700 亿千瓦时，为能源清洁化发展和打赢蓝天保卫战作出重要贡献。到 2025 年，电能占终端用能比重预计达到 30% 左右。

建成全球最大充换电网络。截至 2022 年 6 月份，已累计建成 392 万台电动汽车充电设施，2025 年将满足超过 2000 万辆电动汽车的充电需求。2021 年，新能源汽车产销双双突破 350 万辆，分别达到了 354.5 和 352.1 万辆，同比均增长 1.6 倍，连续七年位居全球第一，累计推广量已超过 900 万辆。目前我国新能源车保有量，亦稳居世界第一。

### 能效提升取得积极进展

十年来，我国以较低的能源消费增速支撑经济的中高速增长，能源利用效率大幅提升，节能减排工作深入开展，能耗“双控”制度建立实施并不断完善。

#### （一）能源利用效率进一步提升

我国经济稳中有进，工业化、城镇化快速发展，能源消费保持刚性增长，能源消费总量

从2012年的40.2亿吨标准煤，增长至2021年的52.4亿吨标准煤。民生用能保障有力，2020年，我国人均能源消费量3531千克标准煤，比2012年增长18.9%，年均增长2.2%。推进工业化、城镇化以及改善民生等艰巨任务，决定了未来一个时期我们仍将保持对能源消费增长的刚性需求。

经济结构不断优化升级。2021年，第三产业增加值占国内生产总值比重为53.3%，比2012年提高7.8个百分点；第二产业增加值比重为39.4%，比2012年下降6个百分点。低能耗产业的快速发展保证了我国以较低的能源消费增长支撑经济的中高速增长。

能源利用效率大幅提升。十年间，我国以年均3.0%的能耗增速支撑了年均6.6%的国内生产总值增速，单位国内生产总值能耗累计降低26.4%，年均下降3.3%，相当于少用能源约14.0亿吨标准煤，少排放29.4亿吨二氧化碳，有力缓解了能源供需矛盾。

能源加工转换效率整体提高。2021年与2012年相比，规模以上工业企业能源加工转换效率提高1.8个百分点。其中，火力发电提高2.3个百分点，供热提高4.8个百分点，原煤洗选提高3.2个百分点，炼焦提高1.5个百分点。

## （二）节能减排不断取得新成效

各地区、各部门坚持节约能源和降低排放两大方向，深入实施全社会节能增效，推动我国生态文明建设发生历史性、转折性、全局性变化。

节能法律法规和标准体系逐步完善。修订实施《节约能源法》，建立完善工业、建筑、交通等重点领域和公共机构节能制度，健全节能监察、能源效率标识、固定资产投资项目节能审查、重点用能单位节能管理等配套法律制度。“十一五”以来，国务院在每个五年规划期均出台节能领域专项规划。累计发布节能领域国家标准378项。

节能市场化机制逐渐形成。实行促进节能的企业所得税、增值税优惠政策。鼓励进口先进节能技术、设备，控制出口耗能高、污染重的产品。健全绿色金融体系，利用能效信贷、绿色债券等支持节能项目。创新完善促进绿色发展的价格机制，调动市场主体和居民节能的积极性。正式启动全国统一碳排放权交易市场，同时开展用能权交易试点。大力推行合同能源管理，加强电力需求侧管理。

深入推进在用车辆污染治理。推进重点区域国三及以下排放标准营运柴油货车淘汰工作，十年间淘汰老旧和高排放机动车辆超过3000万辆。机动车排放标准和油品质量标准实现了从国四到国六的“三级跳”。

二氧化碳排放控制取得积极成效。2020年单位国内生产总值二氧化碳排放相比2015年下降了18.8%，顺利完成了“十三五”下降18%的目标任务，超额完成40%~45%的控制温室气体排放目标，基本扭转了二氧化碳排放快速增长的局面。2021年，全国单位国内生产总值二氧化碳排放同比下降3.8%，为完成“十四五”碳强度下降18%的目标任务奠定良好基础。

## （三）能耗“双控”制度建立实施并不断完善

从“十一五”规划首次把单位国内生产总值能源消耗强度作为约束性指标，到“十二五”规划提出合理控制能源消费总量，再到“十三五”时期建立能源消费强度和总量“双控”制度，我国能耗“双控”工作取得明显成效，“十三五”时期我国能耗强度继续大幅下降，能源消费总量增速较“十一五”“十二五”时期明显回落，在支撑经济社会发展的同时，为促进高质量发展、保障能源安全、改善生态环境质量、应对气候变化发挥了重要作用。

“十四五”时期，能耗“双控”制度将不断调整完善。一是增加总量控制弹性，严格控制能耗强度。《“十四五”现代能源体系规划》并未设置能源消费总量目标，而是把单位国内生产总值能耗降幅作为重要约束性目标，凸显了对高质量发展的要求。二是激励能源消费结构调整，新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制，给消费侧留出合理可行的“出路”，有效避免能耗“双控”政策制约经济发展。三是强化“双碳”目标导向，推动能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变。一方面，更加鲜明地突出控制化石能源消费的政策导向，有利于鼓励和推动可再生能源加快发展；另一方面，有利于统筹发展和减排，有利于统筹能源安全和转型，今后可以更多依靠非化石能源的增长，来满足能源消费合理的增长。

### **重点领域节能成效明显**

十年来，我国不断推进技术节能、管理节能、结构节能，绿色制造工程大力实施，建筑节能稳步提升，绿色低碳交通运输体系加快形成，重点领域节能成效明显。

#### **（一）工业领域推进绿色制造**

工业领域以传统工业绿色化改造为重点，大力实施绿色制造工程，工业绿色发展取得明显成效。

能源利用效率显著提升。2021年规模以上工业单位增加值能耗相比2012年累计降低36.2%，年均下降4.9%，钢铁、有色金属、建材、石化化工等重点用能行业能效水平均显著提高。2021年，在统计的重点耗能工业企业39项单位产品生产综合能耗中，近九成比2012年下降。

工业节能标准体系逐步健全。截至目前，工业节能领域国家标准和行业标准约700项，初步构建了工业节能标准体系，有力保障了节能诊断、能效“领跑者”遴选等一系列政策落地实施。

绿色低碳产业初具规模。当下，我国推动建设了2783家绿色工厂、223家绿色工业园区、296家绿色供应链企业，重点行业和重要领域绿色化改造加速推进；推广了20000多种绿色产品和2000多项节能技术及装备产品，逐步构建起从基础原材料到终端消费品的绿色产品供给体系。节能环保产业产值超过8万亿元，年增速在10%以上。

#### **（二）建筑领域提升节能标准**

我国建筑节能取得重大进展，为加快推动我国城乡建设绿色发展奠定坚实基础。

新建建筑节能标准进一步提高。相继发布《近零能耗建筑技术标准》《建筑节能与可再生能源利用通用规范》等相关标准。新建居住建筑和公共建筑平均设计能耗水平较 2016 年分别降低 30% 和 20%，每年每平方米碳排放强度平均降低 7 千克以上。近零能耗建筑实现“零的突破”，截至 2021 年底，节能建筑占城镇民用建筑面积比例超过 63.7%。

既有建筑节能改造稳步实施。稳步推进北方采暖地区和夏热冬冷地区既有居住建筑节能改造。截至 2021 年底，既有建筑节能改造约 17 亿平方米。

可再生能源建筑应用规模持续扩大。截至 2021 年底，城镇太阳能光热建筑应用面积 60 亿平方米，浅层地热能建筑应用面积 6.2 亿平方米，太阳能光伏发电建筑应用装机 3000 万千瓦，城镇可再生能源替代率达 6%。

### （三）交通领域加快形成绿色低碳运输方式

交通运输领域深入践行绿色理念，持续推进节能降碳，环境友好程度不断增加，绿色低碳交通运输体系加快形成。

深入推进运输结构优化调整。推动大宗货物集疏港运输向铁路和水路转移。截至 2020 年底，全国铁路完成货运量比 2017 年增加 7.8 亿吨，沿海港口大宗货物公路运输量比 2017 年减少 3.7 亿吨，全国水路货运量比 2017 年增加 5.7 亿吨。

加快清洁能源运输装备应用。新投入营运天然气车辆超过 18 万辆，新能源公交车超过 40 万辆，新能源货车超过 43 万辆，电能驱动港口起重机比例由 2010 年的 30% 实现了全覆盖，极大地改善了行业用能结构。推进 LNG 动力船舶发展，“十二五”以来，共拆解改造内河船舶 4.71 万艘，新建 LNG 动力船、三峡大长宽比船等示范船 411 艘。实施港口岸电改造，2021 年完成 5000 多艘船舶的岸电受电设施改造。

### 全社会节能意识不断增强

十年来，我国加快推动生活方式绿色化，引导树立勤俭节约的消费观，倡导简约适度、绿色低碳的生活方式，社会全面动员、企业积极行动、全民广泛参与，节能理念深入人心，绿色生活方式加快形成。

#### （一）公共机构发挥示范引领作用

全国公共机构能效水平持续提升，在引领和带动全社会提高节能减排和环境保护意识、推进绿色发展等方面发挥重要的影响和示范作用。

据初步统计，2021 年全国公共机构人均综合能耗、单位建筑面积能耗与 2012 年相比分别下降 21.7%、18.8%。12 万余家县级以上党政机关申报建成节约型机关，已验收通过 6.4 万家，中央和国家机关本级全部建成节约型机关。5114 家公共机构建成节约型公共机构示范单位，376 家公共机构被评为能效“领跑者”，168 家公共机构被评为水效“领跑者”。

#### （二）各行业各企业积极行动

电力、煤炭、钢铁、有色、建材、石化、化工、印染、造纸等高耗能、高排放行业深入开展以“三比一降”为主要内容的达标竞赛活动，带动各行业节能降耗工作广泛开展。

国务院国资委对中央企业节约能源与生态环境保护实行动态分类监督管理，按照企业所处行业、能源消耗、主要污染物排放水平和生态环境影响程度，将中央企业划分为三类。此外，国务院国资委还将中央企业节约能源与生态环境保护考核评价结果纳入中央企业负责人经营业绩考核体系。

### （三）全民广泛参与

全社会节能意识不断增强。全国节能宣传周活动、低碳日活动持续深化，成为宣扬绿色低碳发展理念，培育全社会简约适度、绿色低碳生活方式的重要平台。近年来，绿色生活创建行动全面展开，民众低碳意识不断提升，简约适度、绿色低碳、文明健康的生活方式已经成为新的风尚。

低碳试点示范工作深入推进。自2010年以来，我国陆续在6个省和81个城市开展了低碳试点。鼓励地方探索开展近零碳排放区示范工程相关研究。试点省市在完善体制机制、产业结构调整、能源结构优化、提高公众意识等方面开展了大量工作，探索符合本地实际的低碳发展路径。

绿色出行行动广泛开展。相关部门连续多年组织开展绿色出行宣传月和公交出行宣传周活动。分三批在全国87个城市开展国家公交都市建设示范工程，全面落实城市公共交通优先发展战略，加快确立城市公共交通的主体地位。（杨永明）

## 希腊多措并举应对能源危机

经济日报 2022.11.19

今年以来，乌克兰危机持续引发地缘政治动荡，欧盟制裁俄罗斯带来的连带风险和反噬作用阵痛依旧，叠加美国加息影响，包括希腊在内的欧盟面临着巨大的能源危机和高通胀压力。为应对能源危机，希腊采取了包括调整供给端、加大补贴、丰富天然气进口来源、大力发展绿色能源等各种措施缓冲负面影响，同时调整本国能源结构并推动能源转型。

### 调整能源结构

根据希腊独立电力传输运营商的数据，2021年希腊所有发电能源中天然气占比约40%，尤其下半年天然气发电量占比接近一半。为紧急应对天然气价格飙升对电力系统的冲击，希腊调整发电能源供给结构，提高可再生能源、褐煤在发电中的比重，降低天然气的发电占比。

今年2月份乌克兰危机爆发以来，希腊可再生能源发电连续7个月同比增加，平均增长率达36%，其中6月份更是同比增长了62.54%。2022年前8个月，不包括大型水电的可再生能源发电量同比增长19.2%，占比达到37.5%，超过了天然气的37.2%，自2015年以来首次跃居第一。今年4月份，希腊石油集团斥资1.3亿欧元建立的科扎尼光伏公园揭幕，该光伏公园成为东南欧最大的双面面板光伏公园，总装机容量达204.3MW，每年将发电350GWh，满足至少7.5万户家庭的用电需求。相比其他欧洲国家尤其是北欧国家，希腊拥

有丰富的太阳能和风能比较优势。希腊能源部预计，到 2023 年可再生能源发电将节省超过 20 亿欧元的进口天然气资金。

希腊在化石能源发电占比中紧急提高褐煤的发电比重，填补天然气缺失的空白。今年 6 月份至 8 月份，天然气发电比重分别同比下降了 16.4%、6.5% 和 5%，而褐煤发电的比重则暴增了 84.4%、61.2% 和 27.8%。9 月底，希腊最先进的“托勒密达 5 号”褐煤发电厂投入使用，此前希腊政府召开能源会议，为应对能源危机和未来可能的俄罗斯天然气中断，决定 2022 年将褐煤年发电量从目前的 5TWh 增加到 10TWh，提高其发电占比至 20% 以上，并在未来 2 年内将褐煤产量增加 50%，以应对能源供给结构调整的发电需求。为了增加褐煤产量，希腊公共电力公司已经开始大幅增加对矿山的投资，以确保满足褐煤发电厂的需求，预计未来 2 年将每年开采超过 1500 万吨。

希腊政府表示，政府短期的首要目标是确保冬季不因能源短缺而导致大规模停电，依照目前希腊的能源结构，褐煤发电将在冬季发挥举足轻重的能源兜底作用，随着天然气价格持续维持高位，褐煤的灵活性和低成本将确保希腊不出现大规模停电。

### **降低消费成本**

为应对飙升的电价，希腊政府今年 5 月份启动了针对电价的国家支持计划，对电价进行强力干预，并大幅补贴电价持续到冬季。其中包括对家庭和企业用电分段进行电价补贴；返还部分消费者自去年 12 月份至今年 5 月份因电价上涨而多付电费的 60%；向电力公司征收因为电价上涨而所得额外收入的 90% 作为特别税费，设立能源转型基金；在欧盟框架之外将国际天然气价格上涨与希腊电费价格脱钩；为家庭能源升级提供补贴，淘汰高能耗旧电器等。预计希腊政府的电价干预计划总额将超过 121 亿欧元，平均将吸收约 80% 以上的电价增长幅度，以帮助所有希腊家庭和企业缓解电价过高造成的压力。

除此之外，希腊还大力推动政府机构和家庭节约能源，并限制特定用户高峰时段用电量。9 月份，希腊政府公布了一系列节能措施，旨在短期内将公共部门的能源消耗减少 10%，到 2030 年减少 30%，对公共机构提出多项节能措施，包括指派能源检查员确保电器设备及时关闭，鼓励自然通风减少空调使用，对办公室制冷和供暖系统进行维护保养，减少公共照明装饰灯的使用等，并将对不执行者进行处罚。9 月 28 日，希腊能源部、能源监管局和电力系统运营商召开会议，决定将家庭、低压小微企业和能源密集型工业的高峰时段用电量降低 3% 至 5%。

### **拓宽供应渠道**

根据俄罗斯天然气工业股份公司 2021 年 12 月底公布的数据，俄罗斯在 2021 年向希腊出口了 30 亿立方米天然气。短期内希腊政府通过调整发电结构和大力补贴电价来应对能源危机，但由于能源结构布局和环保等因素，无法完全替代天然气在能源需求中的主导地位。尤其是由于历史和成本因素，希腊乃至欧洲天然气供应严重依赖俄罗斯管道天然气。尽管自 2014 年克里米亚危机后希腊对俄罗斯的能源依赖逐步下降，但 2021 年希腊仍有约 45% 的天

天然气来自俄罗斯。根据希腊天然气输送系统运营商（DESFA）预测，2022年希腊仍有约38%的天然气需求依赖俄罗斯供应，到2030年将下降至32%。

乌克兰危机爆发后，欧盟针对俄罗斯进行了多轮制裁并引发了欧洲能源危机。在此背景下，希腊加快摆脱对俄罗斯的能源依赖，升级天然气基础设施，拓宽天然气供给渠道，促进天然气供给多样化，丰富本国能源供给。

近年来希腊积极加强区域天然气管道建设和互联，在境内加速建设天然气运输网络，以丰富天然气供应和运输方式，包括TAP（跨亚得里亚海管道项目，由阿塞拜疆气田途经希腊、阿尔巴尼亚、意大利再到西欧的天然气管道），IGB（希腊—保加利亚管道，经希腊输送天然气至保加利亚和东欧），EastMed东地中海管道协议（将以色列和塞浦路斯天然气经由希腊输送到意大利以及整个欧洲）等。2022年上半年，希腊自TAP管道进口的天然气同比增加了13.4%，占整个天然气进口总额的19.2%，位列第三。

除此之外，希腊加强本国关键液化天然气基础设施建设和升级，大幅增加液化天然气进口规模。为了增加未来液化天然气在天然气进口结构中的供应占比，希腊政府升级了雷维图萨天然气终端的基础设施，提高了液化天然气储存和再气化能力，目前三个储存罐的总容量为22.5万立方米，每小时可气化1400立方米的液化天然气。2022年上半年，雷维图萨天然气终端满足了国内44.5%的天然气需求，同比增长了47.3%。同时正在建设两处浮式天然气储存及再气化装置（FSRU），预计最快将于2023年投入使用。两个再气化装置建成后将与希腊天然气输送系统连接，并通过管道连接至巴尔干半岛其他国家，届时将大幅提升希腊液化天然气的存储和输送能力，减轻雷维图萨的处理负荷和拥堵程度。

值得注意的是，2022年上半年希腊大幅减少进口俄罗斯的管道天然气，而大幅提升了美国液化天然气的进口规模。根据希腊媒体披露的数据，上半年俄罗斯进口天然气占比由去年的45%降至34%，液化天然气进口占比由去年的31%增至45%，其中58.9%的份额为从美国进口，同比暴增了139.1%，从美国进口的天然气总量占希腊天然气进口的份额也攀升至25%，仅次于俄罗斯。剩余的液化天然气进口市场按照份额由高到低为阿尔及利亚、埃及、尼日利亚、安曼和印尼。

近期，希腊公共天然气公司还与法国道达尔公司签署了一项天然气战略供应安全协议，自2022年11月份至2023年3月份期间由其进口总量为10TWh的液化天然气，约占希腊年消耗量的15%，以确保冬季能源储备，降低未来可能的俄罗斯天然气断供风险。

### **发展绿色能源**

依托其自然地理环境，希腊拥有丰富的太阳能和风能资源，希腊政府的中远期目标是大力发展绿色能源，使其在能源供给中占据主导地位，并完成本国的气候目标。今年5月份，希腊通过了首部《国家气候法》，规定到2030年将温室气体排放量减少至少55%，到2040年减少80%，并在2050年实现净零碳排放。同时，要求希腊减少对化石燃料的依赖，包括从2028年起在电力生产中淘汰褐煤。

此前，希腊政府制定了关于气候和能源问题战略的规划“2030年国家能源和气候计划”，并提出到2030年实现特定能源和气候目标的详细路线图，同时简化可再生能源许可流程，目标是到2030年，希腊可再生能源消费占比达到35%，可再生能源装机容量由8.62GW增至25GW，70%的可再生能源将用于国内电力生产。到2030年光伏装机容量达到7.7GW，将风力装机容量提高到7GW，水力发电容量提高到3.7GW。

尽管欧盟乃至希腊政府花费大力气对冲能源危机，但希腊批发电价却自乌克兰危机以来屡创欧洲新高，远超德法和南欧等主要经济体，给工商业和民众生活带来了持续阵痛。欧洲“壮士断腕”般地于俄能源脱钩，经济发展和能源转型却无法承受突如其来的重创，所带来的巨大经济和社会成本最终将完全由普通民众来埋单。（曲俊澎）

国际能源署最新一期《世界能源展望》指出——

## 全球能源系统将加速转型

中国电力报 2022.11.8

根据国际能源署发布的最新一期《世界能源展望》报告（以下简称“报告”），新冠疫情叠加俄乌冲突等多重因素引发的全球能源危机将产生深刻而持久的影响。

报告认为，当下的能源危机正在带来前所未有的复杂性冲击。天然气、煤炭和电力市场都感受到了相当大的震动，石油市场也出现了严重的动荡，一些国家不得不动用石油储备以应对危机。报告警告说，由于地缘政治和经济问题的持续存在，能源市场仍然极其脆弱。这场危机提醒各国政府，当前全球能源系统依然存在着脆弱性和不可持续性。

### 全球碳排放将在2025年达峰

根据报告的分析，“气候政策和净零承诺促成能源价格上涨”的说法缺乏证据。在一些国家，较高的可再生能源份额与较低的电价呈现正相关性——高效节能的住宅和电气化供暖为能源消费者提供了重要的缓冲。在更多的国家，能源危机导致的沉重负担落在了较贫困的家庭上，这些家庭的大部分收入都花在了获取能源上。

为了保护消费者免受能源危机带来的影响，一些政府除了采取短期措施外，还制定了长期政策。一些国家正在寻求多样化油气供应渠道，加速能源结构变革。最引人注目的计划包括中国的清洁能源目标、美国的《降低通胀法案》、欧盟的“Fit for 55”一揽子计划以及“REPowerEU”、日本的绿色转型计划、韩国提高核能计划等。

报告认为，以上国家和地区的计划有助于推动到2030年全球清洁能源投资每年超过2万亿元，比目前增长50%以上。随着市场在这种情况下重新平衡，煤炭从目前的危机中获得的好处是暂时的，因为未来在核电的支撑下，可再生能源将获得更长远的持续性收益。因此，全球碳排放量将在2025年达到一个高点。

与此同时，国际能源市场在未来十年将经历深刻的重新定位。

“俄乌冲突引发的能源市场和政策变化不是暂时的，而是会影响到未来几十年。”国际

能源署执行董事法提赫·比罗尔表示，“这将成为一个历史性的、决定性的转折点，推动能源系统朝着更清洁、更可负担和更安全的方向发展。”

### 预计天然气需求增长放缓

自18世纪工业革命以来，全球化石燃料使用量与GDP保持同步增长——扭转这一增长趋势将是能源史上的关键时刻。报告指出，如果保持目前政策不变，到2050年，化石燃料在全球能源结构中的份额将从80%左右下降到略高于60%。到2050年，全球二氧化碳排放量将从每年370亿吨的高点缓慢回落到320亿吨。

报告认为，对天然气消费者来说，北半球即将到来的冬季将是一个危险的时刻，也是考验欧盟是否团结的时刻——而2023~2024年的冬天可能会更加艰难。但从长远来看，作为俄罗斯近期行动的影响之一，天然气需求快速增长的时代即将结束。按照国际能源署的模型，保持当前政策的情况下，即使在天然气使用量最高的情景中，全球对天然气的需求在2021~2030年间增长不到5%，然后到2050年保持平稳。发展中经济体的天然气消费增长势头已经放缓，尤其是在南亚和东南亚，削弱了天然气作为过渡燃料的资格。

“在发生重大变化的情况下，需要一种新的能源安全模式来确保可靠性和可负担性，同时减少排放。”比罗尔表示，“这就是为什么今年的《世界能源展望》提供了10条原则，可以帮助指导政策制定者度过化石燃料减少和清洁能源系统扩张并存的时期。这两个系统（化石燃料和清洁能源）都需要在能源转型期间正常运行，以提供消费者所需的能源服务。”（于琳娜）

## 构建多元清洁能源供应体系

### ——能源发展成就报告之能源供给篇

中国电力报 2022.11.9

党的十八大以来，在能源安全新战略的科学指引下，我国能源生产供给能力大幅提升，大力发展非化石能源，积极推进化石能源清洁高效开发利用，能源供给质量和效率显著提升，基本形成了煤、油、气、电、核、新能源和可再生能源多轮驱动的能源生产体系，能源输送能力显著提高，能源储备体系不断健全。

### 能源供应保障能力持续增强

经过多年发展，我国已发展成为世界能源生产第一大国，构建了多元清洁的能源供应体系，形成横跨东西、纵贯南北、覆盖全国、连通海外的能源基础设施网络，有力保障经济社会发展用能需求。

#### （一）我国能源生产稳居世界首位

十年来，我国一次能源生产总量从2012年的35.1亿吨标准煤增长至2021年的43.3亿吨标准煤，增长近四分之一，能源生产总量稳居世界首位。能源自给率长期稳定在80%以上，供需关系持续向好。

分品种看，2021年，原煤产量41.3亿吨，较2012年增加1.7亿吨。原油产量19888.1万吨，整体与2012年相当。天然气产量2075.8亿立方米，首次突破2000亿立方米，较2012年增加970亿立方米，增长近一倍。

## （二）建成全球规模最大电力系统

十年来，我国发电装机保持增长趋势。截至2022年8月底，我国累计装机容量从2012年的11.5亿千瓦增长到当前24.7亿千瓦，超过G7国家装机规模总和。

新增发电装机总规模连续九年超过亿千瓦。其中，2020、2021年我国新增发电装机分别为1.91亿、1.76亿千瓦，在十年新增装机中排名居前。

2021年我国总发电量为8.534万亿千瓦时，占全球总发电量的30%，连续11年位居世界第一，比排名第二到第五的美国、印度、俄罗斯、日本四国相加之和还多。较2012年发电量增加了约3.5万亿千瓦时。

## （三）可再生能源发电装机十年间增长近3倍

当前，我国可再生能源发电总装机突破11亿千瓦，比十年前增长了近3倍，占世界可再生能源装机总量的30%以上。水电、风电、光伏发电、生物质发电装机规模稳居世界第一。

十年来，风光发电装机规模增长了12倍左右，装机总量占全球的38%，多年稳居世界第一。新能源产业链全球领先，7家风电整机制造企业位列全球前十，光伏产业为全球贡献了70%以上的产量。2021年，水电累计装机3.9亿千瓦，较2012年的2.5亿千瓦增长57%。

## （四）保障能源供应的基础设施更加完善

我国统筹能源输送和储备基础设施建设，构建互联互通的能源输送网络，打造稳定可靠的储运调峰体系，能源综合应急保障能力显著增强。

截至2022年8月底，我国35千伏及以上输电线路长度达到226万千米，建成投运特高压输电通道33条，西电东送规模接近3亿千瓦，发电装机、输电线路、西电东送规模分别比十年前增长了1.2倍、0.5倍、1.6倍。油气“全国一张网”初步形成，管网规模超过18万千米，比十年前翻了一番，西北、东北、西南和海上四大油气进口战略通道进一步巩固。十年来，能源生产以年均约2.4%的增长支撑了国民经济年均6.6%的增长，能源自给率长期稳定在80%以上。

## 能源结构向多元清洁方向转变

党的十八大以来，我国以水电、风电、光伏发电为代表的可再生能源实现跨越式发展，装机规模稳居全球首位，发电量占比稳步提升，能源结构调整和减碳效果逐步显现。

### （一）清洁能源占比不断提升

近年来，我国能源行业持续推进深化供给侧结构性改革，能源生产结构由煤炭为主向多元化转变，清洁能源发电增势强劲，低碳转型加速。

非化石能源增势强劲。2021年，我国非化石能源发电装机达到11.2亿千瓦，占总发电装机容量比重约为47%，比上年提高2.3个百分点，历史上首次超过煤电装机比重。非化石能源发电量2.9万亿千瓦时，占总发电量的比重为34.6%。

2021年，我国水电、风电、太阳能发电装机均超过3亿千瓦，连续多年稳居世界首位。其中，并网风电32871万千瓦，增长4.4倍，年均增长20.5%；并网太阳能发电30654万千瓦，增长88.9倍，年均增长64.8%。

天然气、水电、核电、新能源发电等清洁能源在能源生产结构中的占比持续上升。2021年，天然气占一次能源生产总量的比重达6.1%，比2012年提高2.0个百分点，一次电力及其他能源比重上升到20.3%，提高9.1个百分点；而原煤比重为67.0%，较2012年下降9.2个百分点；原油比重为6.6%，下降1.9个百分点。

## （二）可再生能源成为我国发电新增装机主体

十年来，在国家政策激励及市场环境带动下，可再生能源逐渐成为我国发电新增装机主体。2022年上半年，我国可再生能源发电新增装机5475万千瓦，占全国新增发电装机的80%。

就发电量来看，2021年，我国可再生能源发电量达到2.48万亿千瓦时，占全社会用电量的比重达到29.8%，较2012年增长9.8个百分点。

根据《“十四五”可再生能源发展规划》，到2025年，可再生能源年发电量达到3.3万亿千瓦小时左右。“十四五”期间，我国可再生能源发电量增量在全社会用电量增量中的占比将超过50%，风电和太阳能发电量将实现翻倍。随着大型风电、光伏基地、水电、核电等开发建设，可再生能源发展将再提速。

## 煤炭产能结构大幅优化

党的十八大以来，我国经济结构战略性调整和转型升级加快推进。煤炭产业在发挥兜底保障作用的同时，实现了绿色开采利用及优化升级。

### （一）煤炭较好发挥兜底保障作用

煤炭是我国的优势能源资源，占全国已发现化石能源资源总量的97%左右，是保障国家能源安全稳定供应的坚实基础。我国以煤为主的资源禀赋形成了煤电为主体的电力生产和消费结构。

2013年，我国原煤产量达到39.69亿吨，此后开始下降，2016年达到低点34.11亿吨后逐步回升。2021年，我国原煤产量达到41.3亿吨，稳居世界第一，较好地发挥了煤炭在能源供应中的兜底保障作用。

### （二）煤炭供给结构持续优化

十年来，煤炭行业以推进供给侧结构性改革为主线，推动行业高质量发展，重点坚持煤炭“上大压小、增优汰劣”，坚决淘汰不符合产业政策的落后产能。坚持产能置换长效机制，引导低效无效产能有序退出。深入推进煤炭行业“放管服”改革，加快推动在建煤矿

投产达产，推动煤炭新旧产能有序接续。

2016年煤炭工业去产能工作启动，煤炭供给结构持续优化，供给质量稳步提升，煤炭产业效益快速提升。“十三五”时期，我国退出落后煤炭产能10亿吨以上，超额完成2016年提出的化解过剩产能目标。煤矿数量由2012年的1.3万多处减少至2021年的4500处以内。

大型现代化煤矿成为煤炭生产主体。2021年，年产120万吨以上的大型煤矿产量占全国的85%左右。

煤炭生产进入结构性改革新阶段。煤炭产能格局、供需格局及产业格局从过去的分布式向区块化演变的趋势凸显。2021年，晋陕蒙新四省区原煤产量33亿吨，占全国的79.9%，同比提高1.6个百分点。

### （三）煤炭清洁高效利用积极推进

党的十八大以来，我国煤炭清洁开采和利用水平大幅提升，采煤沉陷区治理、绿色矿山建设取得显著成效。

煤矿智能化建设纵深推进。据国家矿山安全监察局2021年底数据显示，全国智能化采掘工作面已建成687个，其中采煤工作面431个，掘进工作面256个；并且已有26种煤矿机器人在煤矿现场实现了应用。

持续探索煤炭绿色开采技术。保水开采、充填开采等技术取得突破并实现推广应用。2021年煤矿区土地复垦率达57%，矿区生态环境质量稳定向好。截至2021年底，纳入全国绿色矿山名录的煤炭企业共284家。

煤矿生产能耗逐年降低。2021年，我国大型煤矿原煤生产综合能耗、综合电耗分别下降到10.4千克标准煤/吨、20.7千瓦时/吨。同时，煤炭开发过程温室气体排放呈下降趋势。据测算，从2010年到2020年，平均生产1吨煤炭的温室气体排放量由226.7千克下降到151.1千克，10年内下降了三分之一。

### （四）煤炭运输保障能力不断增强

由于煤炭主产地与消费地呈逆向分布，我国形成了“西煤东运、北煤南运”的运输格局，大量煤炭需经过长距离运输或多次转运。“十三五”期间，我国煤炭运输格局进行了深度调整，全国煤炭转运能力得到了大幅提升。

随着浩吉、瓦日等铁路建成运营，“西煤东运”“北煤南运”主要煤运通道能力持续加强，产销地铁路集疏运网络不断完善，主要港口、物流园区多式联运有序发展，煤炭运输能力进一步提高。

### 油气增储上产取得新成效

党的十八大以来，我国油气勘探开发力度大幅提升，天然气产供储销体系建设有序开展，油气储备和互联互通等一批重点工程建成投运，油气增储上产取得重要阶段性成效。

#### （一）油气生产供应能力持续提升

2021年，我国原油产量1.99亿吨，比上年增长2.4%，连续三年企稳回升，十年间连续保持在2亿吨左右。天然气产量2076亿立方米，比上年增长7.8%，连续五年增产超百亿立方米。原油加工能力稳步提高，全年原油加工量7.04亿吨，比上年增长4.3%。

海外油气资源进口多元稳定。灵活利用国际市场发挥进口补充调节作用，能源国际合作全方位加强，与重点国家能源务实合作持续深化。2021年，原油进口5.1亿吨，比上年下降5.4%；天然气进口1.2亿吨，增长19.9%；煤炭进口3.2亿吨，增长6.6%。

储气设施开工建设全面提速。截至2021年底，四川盆地深层页岩气最短钻井周期已低于30天，最深完钻井深已达7000米以上，最长水平段达3601米。海洋油气领域，“深海一号”大气田顺利投产，攻克十余项关键装备国产化难题。

## （二）油气勘探开发取得系列重大成果

近年来，我国油气勘探围绕重点盆地、重点区块、重点领域，加大风险勘探力度，加强非常规油气勘探，获得了多个重要发现。

截至2021年底，我国石油、天然气、煤层气、页岩气剩余探明技术可采储量分别达36.89亿吨、63392.67亿立方米、5440.62亿立方米、3659.68亿立方米。油气地质勘查在鄂尔多斯、准噶尔、塔里木、四川和渤海湾等多个盆地新层系、新类型、新区勘探取得突破。

## （三）油气管网互联互通加快推进

油气管网布局不断完善，基础设施网络基本成型。截至2021年末，全国油气管道里程达到18万千米，比十年前翻了一番，西北、东北、西南和海上四大油气进口战略通道进一步巩固。

油气管网重大工程建设和互联互通加速，建成西气东输西段增压等25项工程，新增原油输送能力1000万吨/年、天然气管输能力4000万立方米/日，南气北上、东北入关等通道油气输送能力持续提升。（崔晓利）

# 中国助推亚太地区电力转型

中国能源报 2022.11.14

2022亚太电协CEO会议11月9日在海南海口召开，国家能源局副局长余兵在会上介绍了中国电力领域十年来取得的成就：“中国作为世界第一能源生产和消费大国，过去十年以能源消费平均3%的增长支撑了国民经济平均6.6%的增长，是电力可及性较高的国家。过去十年，中国取得了两个举世瞩目的成绩，2015年全部解决无电人口用电问题，14亿中国人人人享有电力；2022年实现了县级行政区全部通大电网，村村通动力电。目前，中国已建成全球规模最大的电力系统，发电装机容量达到24.8亿千瓦，人均用电量接近6000千瓦时，是世界平均水平的1.6倍，日最高发电量超过280亿千瓦时。”

作为电力强国，我国能源国际合作“朋友圈”正不断扩大。

记者了解到，我国“一带一路”能源合作伙伴关系成员国目前已达到33个，与50多个国家和地区建立了政府间能源合作机制，与30多个能源类国际组织和多边机制建立合作关系，与100多个国家和地区开展了绿色能源项目合作，与周边国家电力等基础设施互联互通水平不断提升。

纵观整个亚太地区，余兵指出，过去20年，亚太地区电力需求增长200%，2021年电力需求上升至全球总需求的近一半，市场扩张了6.5%，远超世界其他地区。

据华能集团董事、总经理邓建玲介绍，亚太是全球经济发展和能源消费增长最为强劲的地区之一，目前一次能源消费总量为93亿吨，占全球的46%，化石能源占比超过85%，年二氧化碳排放117亿吨，占全球的52%。“总体看，亚太地区能源需求大，化石能源消费水平高，碳减排任务繁重，需要有关各方携起手来共同推进亚太地区能源电力绿色低碳转型。”

亚太电协主席、中电联理事长、国家电网公司董事长辛保安指出，亚太地区人口数量多、经济增长快、能源需求大、互补性强，深化区域能源电力合作至关重要。他表示，要进一步加强绿色能源开发利用、能源设施互联互通、绿色低碳技术创新、开放融合能源市场、能源应对气候变化五个方面的合作。

近年来，亚太地区电力普及的进展符合预期。“2020年，亚太地区电力可及性升至97.3%，使得2030年实现电力普及成为可能。而当前，亚太地区大约仍有1.26亿人没有用上电。”在联合国亚洲及太平洋经济社会委员会能源司司长刘鸿鹏看来，能源转型与电力系统互联互通方式相结合，将有助于改善地区能源安全。

值得注意的是，中国工程院院士刘吉臻提醒，能源转型系统性、长期性、先进性绝非一蹴而就，要遵循处理好发展减排、整体局部、短期长期完整的战略。“实现碳中和目标，能源是主战场，电力是主力军，电力的任务是实行可再生能源替代行动，构建以新能源为主体的新型电力系统。随着新能源比例渗透提升，电力系统生产、传输、消费、安全稳定都将发生革命性的变革。新型电力系统将使电源侧、需求侧更加紧密地融为一体，共同实现转型。因此，无论从电源侧、电网侧还是负荷侧，都面临革命性的技术进步和发展。”

刘吉臻进一步表示，新型电力系统既要有宏观的规划和设计，还要从微小的局部一步步推进。“一是多源互补。所有能源品类各有优势禀赋，应该挖掘和发挥出各种能源资源的优势，避免其存在的问题，实现多源互补；二是源网协同。电网的安全稳定运行和可靠不仅是电网的事，也是发电侧和需求侧的事，应该将各类能源、电力、氢能、热能等协同在一起；三是供需互动。过去源随荷动，将来是源荷互动，而需求侧的改变、新型用电方式的建立，将是构建新型电力系统一个巨大领域；四是灵活智能。新型电力系统必须是一个灵活的系统，也是一个融大云物移智链高等数字化技术的信息系统，这样才能提升系统主动防御能力，增强故障的恢复能力，提升整个新型电力系统的弹性和韧性。”

对于加快构建新型电力系统和新型能源体系，邓建玲建议，要以安全、高效、绿色、低

碳为目标，坚持集中式与分布式并举、陆上与海上并举、就地消纳与外送消纳并举、单品种开发与多品种互补并举、单一场景与综合场景并举等“五个并举”，优化发展路径。

“要牢牢兜住能源电力安全保供的底线。”余兵特别强调，要坚持协同观念统筹转型与发展，加强电力供需平衡分析研判，加快推动支撑性、保障性电源布局，科学优化跨省区输电通道规划建设，提高大电网互给能力，挖掘潜力，不断提升能源电力供应保障能力，切实满足经济社会发展和民生用电需求。（杨梓）

## 新能源产业健康发展需要战略联动机制

中国能源报 2022.10.31

保障电力稳定供应需要全社会统筹谋划、加快技术革新，进一步建立健全新能源行业发展联动机制，各级政府、行业主管部门、投资企业、税务、金融等各部门各司其职、创新联动，助力实现“双碳”目标，推动能源转型。

首先，各级政府应聚焦行业发展方向，统筹战略指引。推进“双碳”工作，坚持全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险的原则，才更好地发挥我国的制度和资源优势、技术潜力及市场活力，加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局。同时，按照国家大政方针和能源战略，从电力能源的供给侧、用户侧和产业链中的科技创新等方面，因地制宜制定新能源产业的配套政策，确定能源结构转型目标及新能源定位，统筹各部门协同会商、共同发力。落实“双碳”目标是全社会逐步实现低碳和零碳的过程，2060年非化石能源占比达到80%、电能在能源消费终端占比达到70%是一项跨越近40年的宏伟项目，期间要依据各因素变化及趋势判断，审时度势、与时俱进地调整相关政策制度，形成“上下一盘棋”的良好态势。

其次，行业主管部门应规范行业发展，优化运行规则。建议各行业主管部门充分发挥专业指导、服务和监督功能，规范新能源行业发展，推行新技术试点项目绿色通道和扶持政策，发挥水电资源优势，有序推进新能源发电集中式基地和分布式并举模式，积极发展储能、抽水蓄能等新业态，降低对水力发电的依赖，加强省际电网余缺互济，鼓励新能源车和光伏建筑一体化的应用，搭建稳定安全的电力运行体系。针对极端气候变化的影响，整合各方资源，形成气象、电网、安全等多方联动的风险预警机制，形成具有抗灾能力的电力保供体系。

再次，投资企业应推行数智运行机制，发挥项目效益。建议在新能源项目建设和运行中，通过数字和智能化技术，降低项目总投资、提升设备运行可靠性，实现经济效益，促进发电企业的良性发展。对于市场化运营的新能源车和光伏建筑一体化，鼓励投资企业使用新材料新技术，攻克技术瓶颈和难题，加速行业技术进步和产业升级，降低商业化运作成本，让利于民。

同时，相关企业应加快行业创新转化，推动产业进步。科研单位、设备材料企业和设计

单位应不断加大研发力度、进行技术转化，加快科技成果迭代。同时，要关注新能源占比较高时对新型电力系统产生的不稳定性影响，加强智能可调节负荷的研究应用。进一步创新电力交易模式，激活电力交易市场，推动由市场决定新能源交易价格，进而形成新能源企业使用新技术新产品来降低项目总投资的良性循环。

最后，税务金融部门应创新财税金融产品，构建绿色通道。建议在确保金融体系安全运行的前提下，针对新能源产业链中各类企业的特点，出台支持绿色低碳发展的专项金融政策，丰富碳减排支持工具，形成灵活多样的绿色信贷、绿色担保、绿色保险、绿色产业基金等金融及衍生产品，健全和完善碳交易市场规则，搭建碳减排与数字化货币的链接平台，并将减排效能作为项目融资的效益评估因素之一。对于使用非自主研发技术的新能源项目，可允许其享受研发项目加计扣除税收的优惠政策；对于依赖国际市场比重较高的设备及原材料的项目，若遇价格上涨致使较难保证收益率，金融机构可依据其碳减排贡献调整还贷计划，实现财务金融联动，缓解新能源投资企业的经营压力。（喻洋 刘丽）

国际能源署发布报告：

## 全球主导能源系统迎来转折点

中国能源报 2022.11.7

近日，国际能源署（IEA）发布 2022 年《世界能源展望》报告，提出全球正在经历一场前所未有的能源危机，石油、天然气、煤炭等化石燃料价格均在今年创下了历史新高，为寻求能源安全，全球主要经济体陆续出台了中长期能源规划，不约而同地将可再生能源、电动汽车、核能等低碳技术提到了重要地位。IEA 预测认为，在各国政府政策刺激下，全球化石燃料需求峰值即将到来，全球能源系统很可能将转危机为机遇，迎来向以清洁能源为主导的能源系统转折点。

### ■■供应中断导致用能成本激增

IEA 指出，过去数十年里，全球经历了多轮能源供应中断导致的危机，今年，全球经历的能源危机更是规模空前，较往年影响范围更广，影响因素也更加复杂。

过去一年里，天然气现货价格创下了历史新高，折合原油价格可达到 250 美元/桶；原油市场也波动不断，价格最高突破了 100 美元/桶；煤炭价格同样创下了历史新高。IEA 统计的数据显示，化石燃料价格的走高让能源生产方获得了大量利润，与 2021 年相比，化石燃料生产商今年获得了超过 2 万亿美元的“意外之财”。

但与此同时，燃料价格的高企导致居民、工商业等能源消费方承担着越来越高的用能支出，尤其是天然气价格的激增，直接导致各国用能成本快速增加。另外，全球经济正面临着通胀压力和衰退风险，该机构称，此轮能源危机可能导致全球范围内超过 7500 万人用不起电，这也将是该机构有数据记录以来首次无电人口规模出现上涨的一年。

同时，IEA 指出，受到俄乌冲突等因素影响，天然气市场面临的危机更为显著，欧洲已

成为了当前受能源危机影响最为明显的区域。为解决欧洲管道天然气进口量降低的问题，欧洲不得不加大液化天然气（LNG）进口力度，这不仅推高了各地区的 LNG 价格，更是影响了到大量进口 LNG 的亚洲国家，进而改变了全球 LNG 贸易格局。

### ■ ■ 中长期能源规划或带来转机

面对高昂的用能成本和能源供应缺口，全球多国政府都已经出台了短期应急措施，其中主要包括为居民提供用能补贴、增加能源供给中煤电占比、提高天然气储气水平、延长核电站运营年限等。IEA 统计显示，截至今年 10 月，全球各国政府承诺缓解用能压力提供的资金规模已经超过了 5000 亿美元。

IEA 指出，能源危机的到来将各国政府决策推到了至关重要的地位，为长久地解决这一难题，多国政府也出台了寻求更加多元化的油气来源、提高可再生能源供能占比以改变能源结构等中长期政策。

IEA 强调称，今年内，中国、印度、日本、欧盟、美国、韩国等全球主要经济体都发布了相应的长期能源政策。美国出台了《通胀削减法案》，韩国提出了将提高能源系统中核能与可再生能源的占比，中国设定的清洁能源目标更是将推动能源系统的结构性变化。

IEA 署长法提赫·比罗尔表示，俄乌冲突影响下，能源市场和政策都出现了变化，这样的变化很可能对未来几十年都造成影响。目前，各国政府出台的政策措施让能源系统进入了历史性的节点，未来能源系统将更加清洁、用能成本更低、能源供应也更为安全。

### ■ ■ 清洁能源投资有望大增 50% 以上

在此情况下，IEA 的报告预测认为，今年全球煤炭销量的反弹可能只是短期现象，未来几年内煤炭消费量有望出现下降；到 2030 年左右，天然气市场需求也有望到达峰值；同时，随着电动汽车的快速兴起，全球原油需求也有望在 2035 年前后达到峰值。

尤为值得注意的是，IEA 同时强调，清洁能源领域的投资有望迎来大增。“能源安全是推动清洁能源发展的最大引擎。目前，全球清洁能源投资总规模预计在 1.3 万亿美元左右，如果各国政府能够按照既定的能源规划推动清洁能源发展，清洁能源投资有望快速增加至 2 万亿美元的水平，清洁能源、电动汽车、氢能、核能这些技术将会逐步替代化石燃料。”法提赫·比罗尔表示。

IEA 进一步指出，清洁能源产业将推动全球经济增长，同时也将带来大量的就业机会。从全球视角来看，每年可再生能源发电量的增速已经远超过了全球总电力装机的增速，清洁能源发电正逐步替代化石燃料发电。

IEA 举例称，在美国《通胀削减法案》的影响下，到 2030 年，美国每年风电和光伏新增装机量有望达到当前的 2.5 倍。中国已提出了长期能源发展目标，这将带来巨大的可再生能源装机增量。另外，欧盟国家也在加速部署可再生能源，同时能效的提高将有望让欧盟的油气需求到 2030 年下降 20%。

但 IEA 也提醒称，全球能源系统的发展仍高度依赖投资，并呼吁各国政府为市场提供

强有力的引导方向，不仅需要投入大量的公共资金，更需要引入私人资金，确保能源市场有足够多的资源投入。如果清洁能源发展速度不及预期，全球很可能面临更为动荡的化石燃料市场，能源系统或变得更加脆弱。（李丽旻）

## 新能源产业尚需多角度发力

中国能源报 2022.11.7

为推动绿色发展，促进人与自然和谐共生，二十大报告明确指出要“协同推进降碳、减污、扩绿、增长，推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展”。一方面要求“加快发展方式绿色转型”，加快推动产业结构、能源结构、交通运输结构等调整优化；另一方面要求“积极稳妥推进碳达峰碳中和”“重点控制化石能源消费”“推动能源清洁低碳高效利用”“加快规划建设新型能源体系”。同时，二十大报告第十部分还单独提到了煤炭、水电、核电的发展要求以及能源产供储销体系建设。那么，新能源在二十大报告中有没有单独提到？又是如何定位的呢？

### 新能源成为经济发展新引擎具有必然性

事实上，二十大报告不仅提到了新能源，而且还位置靠前。更重要的是，对新能源赋予了重要的战略定位，寄予了很高的期望。二十大报告第四部分从“加快构建新发展格局，着力推动高质量发展”的高度，从“建设现代化产业体系”的层面，把新能源与新一代信息技术、人工智能、生物技术、新材料、高端装备、绿色环保等战略性新兴产业并列，希望“融合集群发展”，承担起我国经济“新的增长引擎”的重任。由此可见，二十大报告“跳出能源看能源”，在党中央、国务院对新能源既有定位的基础上，站在国民经济发展的高度，赋予新能源一个新使命：我国经济增长“新引擎”。这对当下一些人质疑新能源的时代机遇与发展成果，质疑新能源对我国能源保供、清洁转型以及拉动经济发展的积极作用，质疑新能源的绿色价值、业绩贡献以及保障电力行业可持续发展的作用，质疑构建以新能源为主体的新型电力系统的愿景目标，无疑是一种坚决有力的回击。同时，将进一步激发新能源从业人员的积极性，以更加坚定、自信的步伐大力发展新能源，促进我国能源结构优化，加快构建新型电力系统，推动经济社会发展绿色化、低碳化，积极参与应对气候变化全球治理。因此，我们要正确理解二十大报告确立新能源为经济增长新引擎的战略定位。

首先，二十大报告确立新能源为经济增长新引擎的战略定位，是由新能源发展不同于高碳化石能源，具有时代性、低碳性、经济性、成长性、引领性，在“双碳”目标下机遇大于挑战所决定的。

众所周知，传统能源迭代升级是能源发展的一般规律，而且能源绿色低碳转型是全球的普遍共识和一致行动。我国新能源具有丰富的资源优势，多元化的投资主体，正赶上了应对气候变化、实现“双碳”目标的时代机遇。十多年来，我国新能源出现了跃升发展，构建了领先世界的新能源产业链，而且技术装备水平不断提高，其成长性、经济性增强，风光电

均接近于具备与火电同台竞争的优势。十八大以来，我国新能源实现了快速增长，年均增长28%。“十三五”新能源发展远超预期，2020年达到5.3亿千瓦，是国家规划目标的1.66倍。

进入“十四五”，我国赋予了新能源“主体能源”的战略定位，并制定了清晰的战略目标。2021年，国务院印发《关于2030年前碳达峰行动方案的通知》，明确将“构建新能源占比逐渐提高的新型电力系统，推动清洁电力资源大范围优化配置”；《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，明确将“构建以新能源为主体的新型电力系统，提高电网对高比例可再生能源的消纳和调控能力”。同时，国家也确定了各阶段的主要战略目标：到2025年，非化石能源消费比重达到20%左右；到2030年，非化石能源消费比重达到25%左右，风电、太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上；到2060年，非化石能源消费比重达到80%以上，碳中和目标顺利实现。

保守估计，我国每年风光电新增装机1亿千瓦以上将是常态，到2030年，12亿千瓦以上的目标极有可能提前实现。而且，根据有关专家预测，到2035年，风光电装机将超过总装机容量的50%，2045—2050年风光发电量将超过总发电量的50%，新能源作为新型电力系统“主体能源”的地位开始呈现。

其次，二十大报告之所以确立新能源为经济增长新引擎的战略定位，与“推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节”的重大判断是一致的，其中新能源是绿色低碳发展不可或缺的角色，也是高质量发展的推动力。

我国产业结构偏重，能源结构偏煤，是世界上最大的发展中国家，未来能源需求仍会保持刚性增长。为此，二十大报告明确要求“协同推进降碳、减污、扩绿、增长”“推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展”。推动经济社会发展绿色化、低碳化是高质量发展的应有之义，也是高质量发展的重要推动力。绿色低碳发展是新时代科技革命和产业变革的方向，是最有前途的发展领域。从世界范围看，绿色产业正在孕育新技术、催生新业态、创造新供给、形成新需求，为高质量发展提供强大的绿色动能。

新能源作为绿色产业不可或缺的角色、能源电力领域的新生代，正处于跃升发展的风口。如果说应对气候变化、能源清洁转型、实现“双碳”目标，能源是主战场，电力是主力军，那么新能源就是“劲旅”。而且，新能源是促进电力行业迭代升级的基本途径，是构建新型电力系统的主体能源，也是保障我国能源安全的有生力量。经过十数年发展，我国新能源从当初的“微不足道”到目前的“举足轻重”，未来将在绿色低碳发展、保障能源安全、促进经济发展中担当大任。国家发改委、国家能源局联合印发的《“十四五”现代能源体系规划》，要求增强能源供应链安全性和稳定性，把供应能力建设摆在首位，其中很重要的一方面，就是要做好增量，要把风、光、水、核等清洁能源供应体系建设好，加快实施可再生能源替代行动，持续扩大清洁能源供给。

“双碳”目标确立后，新能源发展又掀起新高潮。2021年，新能源装机容量达6.4亿千

瓦，占全国装机比重的 27%；年发电量首次突破 1 万亿千瓦时，达 1.14 万亿千瓦时，基本上相当于全国的居民用电总量，占全社会用电量比重的 13.7%。2022 年前三季度，新能源装机容量突破 7 亿千瓦，全年预计将达 7.8 亿千瓦。目前，我国风电装机占到全球的 40%，光伏装机占到全球的 36%，风光电新增装机容量每年约占全球的一半。

第三，二十大报告之所以确立新能源为经济增长“新引擎”的战略定位，是我国发展战略性新兴产业、建设现代化产业体系、实现现代化强国的需要。

现代化产业体系是现代化国家的物质支撑与重要标志。美国拥有世界先进的电子信息、生物医药、航空航天产业以及金融法律服务业；德国拥有全球领先的汽车和装备制造业；日韩的电子产品、半导体、造船、汽车产业也位居世界前列。尽管我国已经成为全世界产业门类最齐全的国家，但部分核心技术、关键设备仍依赖进口，产业链的稳定性与抗冲击能力以及国际竞争力仍不够强。为此，我们必须把建设现代化产业体系作为经济现代化的重要任务。一方面要巩固提升产业体系完整的独特优势，保持普通消费品、工业原材料、一般机电产品等传统产业的领先地位，加快补齐半导体、软件、先进材料和关键设备等领域的短板，提升能源、重要矿产品的供应保障能力，努力实现产业链供应链的自主可控、安全高效；另一方面，要着眼未来发展，把握战略性新兴产业发展机遇和产业升级方向，将新能源与新一代信息技术、人工智能、生物技术、新材料、高端装备、绿色环保等战略性新兴产业进一步打造成为我国经济增长的新引擎以及现代化产业体系的新成员。

令人欣慰的是，目前我国风电已经拥有完备的全产业链与集成制造体系，已形成低风速、低温、高原、海上多条成熟技术路线以及一条覆盖开发建设、设备制造、技术研发、检测认证、配套服务的成熟产业链，并成为全球最大的风电装备制造基地。目前，有近 50 款新机型。单机容量已达全球最大的 16 兆瓦，最新风轮直径达 256 米，最高轮毂高度超过 170 米。全球前十大风机制造企业中，我国占 6 家。同时，光伏产业链国际竞争优势更加明显，光伏发电实现了从多晶到单晶的进化，电池效率持续提升，量产的单晶电池转化效率达到了 23.1%，多次刷新世界纪录。光伏各环节的全球市场占有率超过 7 成，硅片环节高达 96%，组件环节达到 76%，光伏组件产量连续 15 年位居全球首位；多晶硅产量连续 11 年位居全球首位。全球前十大光伏制造企业中，我国占 7 家。另外，2021 年全年、2022 年前三季度，我国新能源汽车远销欧美，销量稳居世界第一。

### **实现新能源高质量发展还需多角度发力**

目前，全国上下正在掀起学习宣传贯彻党的二十大精神的热潮。今后，我们要把学习成果转化为推动工作的强大力量，通过政府、企业、市场共同发力，把新能源产业进一步做强做大，使其成为我国经济增长新引擎，成为具有国际竞争力的现代产业。

一是能源电力领域要继续抓住时代机遇，坚持能源清洁转型的战略方向，保持战略定力，不能因为全球能源短缺而动摇，要继续跑出新能源发展加速度，实现新能源高质量跃升发展。除了继续坚持集中式与分布式并举、陆上与海上并举、就地消纳与外送消纳并举外，

新能源发展要更加突出“单品种开发与多品种互补并举、单一场景与综合场景并举、发电利用与非电利用并举”的发展方针，并以“新能源+煤电”“新能源+储能”耦合发展为方向，以沙戈荒大基地开发为重中之重，通过优化区域布局、多元示范引领、落实“九大行动”，实现大规模、高比例、高质量、市场化发展，积极构建以新能源为主体的新型电力系统。

二是面对目前新能源发展存在的一些具体挑战，我们要通过技术、管理、市场、政策，着力推进新型电力系统建设加以应对。我们在看到新能源发展的高速度、低碳价值与良好前景的同时，也要实事求是地分析新能源自身存在的局限、目前“白热化”竞争态势带来的发展压力以及参与电力市场交易面临的风险挑战。例如，新能源存在靠天吃饭、随机波动，有效容量低，影响电力系统安全稳定运行以及极端天气下能源保供问题；“白热化”竞争带来了资源争夺战、设备组件涨价、用地用海限制、电网接入送出滞后、地方要求配套产业等发展压力；新能源参与电力市场交易面临价格踩踏、曲线波动、偏差考核等“三大风险”。下一步，要通过技术进步、管理创新、多能互补与源网荷储一体化发展，配套储能、氢能或煤电项目，推进煤电灵活性改造、制造，加快新型电力系统相关技术研究、推进智能电网建设。当然，我们也要吸取欧盟能源清洁转型过早去煤、去核、退出煤电、高度依赖国外的经验教训，传统能源逐步退出要建立在新能源安全可靠替代的基础上，建立多能互补、多元保障的能源产供储销体系，将能源的饭碗牢牢端在自己手里。

三是希望政府部门能够保持新能源政策的稳定性，防止政策突变、企业盈亏反转，影响新能源产业的可持续发展。建议进一步优化完善新能源参与电力市场的有关机制与规则，在一定时期内保持新能源电价稳定，落实新能源量价保障机制，并能指导约束地方政府，降低新能源开发过程中的非技术成本。同时，加强市场监管力度，规范行业秩序，深化全产业链合作、上下游市场供需，保证新能源上游原材料及组件稳定供应，促进新能源全产业链协调发展。（陈宗法）

## 看全球能源治理的中国力量

中国电力报 2022.11.18

### 核心提要

- 我国与“一带一路”沿线国家逐步形成了区域性能源产业合作格局
- 我国是倡导区域能源合作的积极推动者，也是区域能源转型的积极引领者
- 我国不断深化双多边能源合作，完成了全球能源治理从“积极参与”再到“主动引领”的巨大转变

从总体上看，我国能源国际合作在着力保障开放条件下的能源安全、服务全球能源绿色低碳转型、为全球能源治理贡献中国力量等方面都呈现出全面推进之势，国际角色定位逐渐清晰，形成独具中国特色的能源合作体系。

## 保障开放条件下的能源安全

### （一）高质量推动“一带一路”能源合作

能源合作是共建“一带一路”的重点领域。在共建“一带一路”框架下，我国积极服务对外开放大局，全面发展同世界各国能源交往合作，打造了东北、西北、西南、海上四大油气进口战略通道，实现了同俄罗斯、蒙古、越南、老挝等周边国家电网互联互通，不仅拓展了能源国际合作领域、提高了能源联通效率，还保障了我国能源安全。

我国与“一带一路”沿线国家逐步形成了区域性能源产业合作格局。在可再生能源方面，我国与中东欧、欧盟国家在新能源、可再生能源和技术开发领域合作并取得众多成果。自2012年“中国—中东欧国家合作”机制启动以来，双方企业在电网、核电、新能源发电、清洁化煤电等领域的交流合作快速推进。我国不断推进与东盟、阿盟、非盟、中东欧等区域能源合作平台的构建，成功创办东亚峰会清洁能源论坛。2020年11月中国加入《区域全面经济伙伴关系协定》（RCEP），促进了能源品种进出口便利化与多元化。我国成功举办两届“一带一路”能源部长会议，发布《“一带一路”能源合作伙伴关系合作原则与务实行动》《“一带一路”绿色能源合作青岛倡议》，致力于建设更加紧密的互联互通伙伴关系、绿色发展伙伴关系和开放包容伙伴关系。

我国能源企业国际化步伐持续加快，投资、服务、装备、技术全方位“走出去”，能源领域战略合作成果丰硕。2017年，中韩联网项目启动；中国与俄罗斯合作的亚马尔LNG项目是世界特大型天然气勘探开发、液化、运输、销售一体化项目，该项目投产不仅为未来北极地区的油气开发奠定了技术基础，也标志着两国能源合作的日渐深入。

### （二）营造良好投资环境，促进能源贸易自由化便利化

我国不断扩大能源领域对外开放，大幅放宽外商投资准入，持续优化营商环境，全面推进能源贸易自由化便利化。各级政府出台了一系列优化营商环境的政策措施，持续深化“放管服”改革，加快构建与国际通行规则相衔接的营商环境制度体系，更大激发市场活力，增强发展内生动力。2022年9月15日，《国务院办公厅关于进一步优化营商环境降低市场主体制度性交易成本的意见》发布，指出优化营商环境、降低制度性交易成本是减轻市场主体负担、激发市场活力的重要举措。未来，在政策支持下，能源国际合作市场环境将更加安全、稳定、自由，市场主体将迸发出更多生机与活力。

## 服务全球能源绿色低碳转型

### （一）我国可再生能源发展为全球能源转型作出贡献

随着供给侧结构性改革的持续推进，我国能源生产发生巨大变革，能源结构由传统能源加速向多元化、清洁化转变，我国在推进全球能源绿色低碳转型方面起到了至关重要的作用。

回顾我国可再生能源的发展，风电、光伏发电、水电等装机规模连续多年世界领先。国家能源局数据显示，截至2022年6月30日，我国可再生能源装机规模达11.18亿千瓦，光

伏发电累计装机 3.36 亿千瓦。十年来，我国可再生能源发电总装机增长近 3 倍，占世界可再生能源装机总量的 30% 以上。水电、风电、光伏发电、生物质发电装机规模稳居世界第一。我国大力发展可再生能源，不仅对自身能源结构优化调整意义重大，还为应对全球气候变化、减少温室气体排放积累了丰富经验，为全球能源绿色低碳转型作出了积极贡献。

## （二）以技术创新引领能源国际交流与合作

我国持续推进能源科技创新，能源技术水平不断提高，技术进步成为推动能源发展变革的引擎，与全球多国积极开展能源领域技术创新合作，共享科技创新成果。

我国全面掌握三代核电技术，国内外应用成果丰硕。2021 年 5 月，华龙一号海外首堆工程——巴基斯坦卡拉奇核电 2 号（K-2）机组正式投入商业运行，标志着我国自主三代核电“走出去”的首台机组顺利建成。我国建立了完备的水电、风电、太阳能发电等清洁能源装备制造产业链，目前成功研发出全球最大单机容量 100 万千瓦的水电机组，具备最大单机容量达 10 兆瓦的全系列风电机组制造能力，光伏电池转换效率多次刷新世界纪录，为全世界贡献了 70% 以上光伏产能，全球风电机组整机制造排名前十的企业中有 6 家来自中国。建成规模最大、安全可靠、全球领先的电网，供电可靠性位居世界前列。巴西美丽山特高压输电项目是国家电网在海外中标的首个特高压直流输电项目，标志着特高压技术“走出去”取得重大突破。

## （三）推动建立全球清洁能源合作伙伴关系

我国先后成为国际可再生能源署成员国、国际能源宪章组织签约观察员国、国际能源署联盟国，是倡导区域能源合作的积极推动者，也是区域能源转型的积极引领者。我国推动成立上海合作组织能源俱乐部，建立东亚峰会清洁能源论坛，在中国设立亚太经合组织可持续能源中心，推动设立金砖国家能源研究平台，并作为创始成员加入了国际能效中心。从 2015 年起，我国开始举办“国际能源变革论坛”，打造互利共赢的能源合作关系。在区域合作平台搭建方面，成立了中国—中东欧能源项目对话与合作中心、中国—东盟清洁能源中心、APEC 可持续能源中心等多个区域合作平台，搭建中国—非盟能源伙伴关系，积极实施中国—东盟清洁能源能力建设计划等。

## 为全球能源治理贡献中国力量

### （一）积极参与全球能源合作机制

我国是全球最大的可再生能源生产国和消费国，可再生能源装机容量位列全球第一，产业规模优势突出。多方面的比较优势与制度方面的支持共同塑造了我国在国际能源产业链与全球能源格局中的重要地位。

在参与国际能源治理上，我国不断深化双多边能源合作，不断扩大在国际能源事务中的话语权和影响力，完成了全球能源治理从“积极参与”再到“主动引领”的巨大转变，走上了绿色能源务实合作和全球能源治理变革双轮驱动的新道路。我国积极参与联合国、二十国集团、亚太经合组织、金砖国家等多边机制下的能源国际合作，与全球 50 多个国家和地

区建立了政府间能源合作机制，与 30 多个能源领域国际组织和多边机制建立了合作关系。倡导建立“一带一路”能源合作伙伴关系，成功举办“一带一路”能源部长会议、中俄能源商务论坛、G20 能源部长会议等国际性活动，通过第三方市场合作，推动建设更加公平公正、均衡普惠、开放共享的全球能源治理体系，为全球能源治理贡献更多方案。

在国际上，中国坚定支持多边主义，按照互利共赢原则开展双多边能源合作，积极支持国际能源组织和合作机制在全球能源治理中发挥作用，在国际多边合作框架下积极推动全球能源市场稳定与供应安全、能源绿色转型发展，不断提升能源领域对外开放水平，加快构建开放竞争、高效稳定的能源市场，推动建设更加有序、更加包容的全球能源治理架构，为促进全球能源可持续发展贡献中国智慧、中国力量。

## （二）构建中国能源国际合作话语体系

近两年，新冠肺炎疫情肆虐，地缘政治冲突影响下的能源危机引起了各经济体的重视。构建我国对外能源话语体系是应对当下复杂深刻变化的国际形势的有力举措。

在着力保障能源安全方面，我国坚持底线思维，持续提升能源战略安全保障能力，加大国内油气增储上产力度，加快储备能力建设，建立煤制油气产能储备和技术储备，全方位加强能源国际合作。不断增强能源系统平稳运行能力，加强能源产供储销体系建设，发挥好煤炭煤电安全托底保障作用。健全能源安全风险管控体系，强化超大特大城市、核心区域和重要用户的电力安全保障。加强电力应急能力建设，切实提高大面积停电防范应对能力。作为负责任的大国，我国坚持多边主义，全力维护区域与全球能源供应链稳定，捍卫国际能源秩序，打造能源合作利益共同体。

在能源转型方面，2014 年以来我国能源消费结构显著优化，煤炭消费比重进一步下降。在绿色能源合作上，我国与联合国、全球环境基金、世界银行、亚洲开发银行等机构和德国等国家协作，不断通过能源转型技术交流、能源治理经验研讨、能源合作项目对接等方式，同相关合作国家在可再生能源开发利用、低碳城市示范等领域开展广泛而持续的双多边合作。特别是在水电和核电领域，以“中国技术 + 中国标准 + 中国装备 + 中国建设”为特征的整体解决方案与创新合作模式日渐成熟，这既缓解了“一带一路”沿线区域国家能源基础设施匮乏、设施投资资金不足、效率低下和环境污染严重等问题，又给我国高端装备跨国制造产业转型升级、拓展国际市场份额、增强出口竞争力等方面带来了新机遇。（许勤华 唐婉莹）

## 中阿清洁能源合作的最新成果

人民日报 2022.11.25

在巨幅玻璃幕墙前，卡塔尔埃米尔塔米姆拿起一小块光伏板“积木”，拼装在一个专设的光伏台上。彩灯闪烁，象征着卡塔尔首座光伏电站阿尔卡萨电站正式投入运营。

阿尔卡萨电站位于卡塔尔首都多哈以西约 80 公里的荒漠中，占地 10 平方公里，约相当

于1400个标准足球场，装机容量800兆瓦。这是卡塔尔第一座非化石燃料电站，也是迄今为止世界上第三大单体光伏发电项目。作为卡塔尔推进“2030国家愿景”建设的重点项目，电站利用该地区得天独厚的光热资源发电，每年可提供约18亿千瓦时清洁电能，将满足卡塔尔峰值电力需求的10%，同时每年可减排二氧化碳约90万吨。

玻璃幕墙外，一排排光伏面板连绵起伏，在阳光下微微泛着蓝光。随着轻微的响动，它们“听”到命令，整齐划一地仰起了“头”，原本倾斜度很大的面板缓缓变了一个角度。电站承建方中国电建集团贵州工程有限公司总经理王远辉介绍，电站共使用了180万块光伏组件。其中，光伏板配备跟踪系统，能根据阳光的照射自动调节最佳角度。双面组件还能最大限度利用地面反射光发电。

在投产仪式上，卡塔尔能源事务国务大臣卡比高度评价该项目对减少碳排放的贡献，强调电站并网后将以极具竞争力的电价为卡塔尔提供能源支持。他说，通过电能来源多样化提高能源利用效率，既能增加可再生能源利用比重，也有利于推动国家经济多元化发展，还将有力支撑卡塔尔举办碳中和世界杯的承诺。

荒漠里，气温长期高达50摄氏度，沙尘暴频发。自2020年8月开工至今年10月投运，中国企业克服种种困难，推进项目建设。王远辉说，项目大量聘用外籍员工，并对他们进行技能培训，让他们广泛参与从设计、采购到财务、质量等方面工作。卡塔尔接下来还将建设多个光伏电站，目标是到2035年全国光伏装机容量达到5吉瓦。在阿尔卡萨电站工作过的员工，已经成了企业争抢的“香饽饽”。

中国电建集团国际工程有限公司董事长季晓勇表示，阿尔卡萨电站项目是第三方市场合作、国际产能合作的典范。项目开发商来自卡塔尔、日本和法国，EPC（设计—采购—施工）承包商是由中国电建集团作为母公司和其所属的子公司组成的联营体。电站设计、咨询、设备供应商等来自数十个国家。项目分包商的构成也充分体现了“整合全球资源”：主要设备来自中国，升压站设备来自20多个国家及地区，光伏区和升压站施工分包给卡塔尔当地公司。

中阿改革发展研究中心执行主任王广大表示，卡塔尔等阿拉伯国家多处于日照充足地带，发展光伏能源条件优越。中国同阿拉伯国家致力于打造互惠互利、长期友好的中阿能源战略合作关系，中阿深化清洁能源合作具有巨大潜力。阿尔卡萨电站是中阿清洁能源合作的最新成果。（管克江 任皓宇）

## 科学配置促进资源节约和高效利用

人民日报 2022.11.2

节约资源是我国的基本国策，是维护国家资源安全、推进生态文明建设、推动高质量发展的一项重大任务

习近平总书记在党的二十大报告中提出：“推进各类资源节约集约利用”“健全资源环

境要素市场化配置体系”。在中央全面深化改革委员会第二十七次会议上，习近平总书记强调：“要完整、准确、全面贯彻新发展理念，坚持把节约资源贯穿于经济社会发展全过程、各领域，推进资源总量管理、科学配置、全面节约、循环利用”。贯彻好这些重要要求，我们必须坚持节约优先，促进资源科学配置和节约高效利用。

节约资源是我国的基本国策，是维护国家资源安全、推进生态文明建设、推动高质量发展的一项重大任务。一段时间以来，受新冠肺炎疫情蔓延、乌克兰危机、极端异常气候灾害频发等多重因素叠加影响，国际市场上粮食、能源、矿产品等大宗商品和初级产品供求关系趋紧，价格持续走高，全球通胀加剧。资源安全是经济安全的根基，也是国家安全和国际竞争的重要领域，外部不确定性增加给我国资源安全带来了严峻挑战。提高资源利用效率，加快资源利用方式根本转变，确保供给安全，才能实现高水平的自立自强，牢牢守住新发展格局的安全底线，牢牢掌握发展主动权。

改革开放以来，中国经济发展取得了举世瞩目的成就，但在加速工业化和城镇化过程中消耗了大量能源、水、粮食、土地、矿产等资源和原材料，“高投入、高消耗、低产出”的粗放发展方式未得到彻底扭转，生产生活中资源浪费现象仍然存在，导致资源消费总量居高不下，高质量发展面临的资源约束长期偏紧，安全保障压力增大。党的十八大以来，我国部署实施全面节约战略，大幅降低能源、水、土地利用强度，大力发展循环经济，在全社会倡导厉行节约、反对浪费，推动资源节约集约高效利用，取得积极成效。进入新发展阶段，实现高质量发展、推动产业转型升级、更好满足美好生活需要，都对资源节约和高效利用提出了更高要求。

为此，要抓紧落实党中央决策部署，从理念、技术、政策等方面入手，以能源、工业、建筑、交通等重点领域为着力点，综合运用好市场化、法治化手段，加快建立体现资源稀缺程度、生态损害成本、环境污染代价的资源价格形成机制，在“开源”和“节流”两个方向上持续发力。一方面，加紧战略性矿产勘探开发，加大可再生能源、清洁生产、绿色产品研发创新投入力度，深化“一带一路”沿线国家资源合作，拓展资源边界，扩大能源、矿产及低碳技术和产品的有效供给；另一方面，坚持倡导全民节约，创新发展循环经济，进一步优化技术、产品的能耗标准体系，完善节能减排激励机制。

中国是资源大国，也是人口大国，资源总量大、品类丰富，但人均占有量偏少，这一客观事实决定了节约资源是需要长期坚持的基本国策。要鼓励企业积极探索资源科学配置的新路径新模式。用好数字技术，精准识别制约资源利用效率提升的难点堵点，推动数字化绿色化深度融合，引领重大低碳技术、工艺和装备研发应用实现新突破，促进全产业链、产品全生命周期的精细化能耗监测和低碳管理。我们要筑牢安全底线，守住 14 亿多中国人民的资源“饭碗”，为构建现代化经济体系、迈向高质量发展提供安全、稳定、高效、绿色的资源保障。（杨丹辉）

## 二、热能、储能、动力工程

### AI 设计透明窗户涂料为建筑物降温

科技日报 2022.11.3

科技日报北京 11 月 2 日电（实习记者张佳欣）随着气候变化加剧夏季炎热，对建筑物降温技术的需求也在不断增长。最近，韩国庆熙大学和圣母大学研究人员在《美国化学学会能源快报》上报告称，他们利用先进的计算技术和人工智能（AI）设计了一种透明的窗户涂料，可在不消耗能源的情况下降低建筑物内部的温度。

研究估计，制冷约占全球能源消耗的 15%。这一需求可以通过一种窗户涂层来降低，该涂层能阻挡太阳的紫外线和近红外光，太阳光谱中的这两种光通常会透过玻璃使封闭房间升温。

如果窗户涂层以特定的波长从其表面辐射热量，那么能源消耗可能会进一步减少。然而，很难设计出既能满足这些标准，同时又能传输可见光的材料，这意味着它们不能干扰视线。

此次，该团队着手设计一种“透明辐射冷却器”（TRC）。他们构建了 TRC 的计算机模型，该模型由二氧化硅、氮化硅、氧化铝或二氧化钛等常见材料组成，在玻璃底座上形成交替薄层，顶部覆盖一层聚二甲基硅氧烷薄膜。

研究人员使用机器学习和量子计算指导的迭代方法优化了层的类型、顺序和组合，其中量子计算使用的是亚原子粒子存储数据。这种计算方法可比传统计算机更快、更好地进行优化，可以在几分之一秒内有效地测试所有可能的组合。这就产生了一种新涂层设计，其性能优于传统设计的 TRC。

研究人员说，在炎热干燥的城市，与传统隔热降温玻璃窗户相比，优化后的 TRC 可能会减少 31% 的制冷能耗。他们指出，这一成果还可应用于轿车和卡车的窗户等其他方面。此外，其量子计算优化技术也可用于设计其他类型的复合材料。

### 中国科学家将锂电池寿命延长两倍

参考消息 2022.11.6

【香港《南华早报》网站 11 月 4 日报道】题：中国科研人员利用新型凝胶填充物将电动汽车和无人机的锂电池寿命延长两倍

中国科研人员开发出一种新技术，可以让传统锂离子电池的使用寿命延长两倍，并降低起火风险。

科研人员说，这项技术用具有凝胶状聚合性的新物质取代电池的化学溶液，可以规模化生产，从而立即应用于中国蓬勃发展的电动汽车行业。

这项研究由北京化工大学于乐教授和李念武副教授牵头，同行评议期刊《先进功能材料》杂志上周公布了研究细节。

，由于电池容量会随着反复充电和放电而降低，电池使用寿命的关键指标之一是容量保持率，即经过特定周期后放电容量与初始放电容量的比值。

科研人员开展一系列测试来衡量这种新型电池的容量保持性能。

李念武说：“我们对这种电池进行了 100% 深度的放电。这个过程实际上有损电池的生命周期，但能有效暴露问题。”

他解释说：“经过 300 轮 100% 深度的充电和放电后，我们的电池容量保持在 92% ，而传统电池的容量只剩 30% 。”

科研人员说，这一成就令人鼓舞。它表明，与采用最先进技术制造的电池相比，这种新型电池的寿命明显更长。

他们在论文中说，这种电池可以应用于电动汽车电池或无人机等行业场景，以延长其使用寿命。

于乐和李念武开发出半固态、半液态的凝胶聚合物电解质，作为锂电池的一种新型填充材料。

科研人员说，凝胶聚合物电解质处于中间态，所以能结合传导性和安全性方面的优势。

凝胶聚合物电解质由纳米大小的二氧化硅和纳米粒子作为无机填料组成，其中纳米纤维充当纳米粒子的基质。科研人员还利用一种类似果冻的材料来填补孔隙之间的空白。

纳米二氧化硅和纳米粒子会刺激锂和化学物质中带电离子的运动，因此能提高传导率。科研人员说，这种由凝胶类材料填充、具有高空隙率的微纳米结构可以促进离子自由迁移。

这种纳米粒子还能提高凝胶聚合物电解质的防火性，因为它们不易燃。

纳米纤维则具有高空隙率，支撑并提升了电池内部结构的灵活性。

科研人员说，所有这些特点使这种新型电解质更加稳定且具备额外性能。

李念武说：“中国正在领跑高能量密度电池的开发，比亚迪和宁德时代在这一领域非常出色。但电池爆炸和安全问题仍受到全球关注。”

他还说：“很多科研人员正在以不同路径解决问题，提供了多种选项，包括用固体陶瓷或纳米复合材料取代电解质。我们的凝胶聚合物电解质是其中一个选项。”

## 国内首座 35 千伏碳化硅柔性变电站投运

中国电力报 2022.10.25

本报讯（石静 李倩 尉志勇）近日，国内首座 35 千伏/0.5 万千瓦碳化硅柔性变电站在河北保定投入运行，这标志着国家电网有限公司自主研发的碳化硅电力电子变压器制造技术在实用化方面取得了关键性成果，打破了国外对高功率密度高频率变压器研制关键技术的垄断，功率密度等核心技术指标达到国际一流水平。

据了解，该柔性变电站是国家重点研发计划项目“高压大功率碳化硅（sic）材料、器件及其在电力电子变压器中的应用示范”验证工程。柔性变电站以多功能电力电子变压器

替代传统变压器等设备，推动变电站关键设备由“多种设备组合”向“单一设备集成”方向发展，具有灵活组网和“一站多能”等优势。35千伏/0.5万千瓦碳化硅柔性变电站采用我国自主研发的高电压大电流碳化硅半导体器件，研制高可靠高速驱动保护器，驱动延时小于50纳秒，并取得电磁兼容CNAS检测认证，变压器能量变换效率达到99.63%，功率密度达到2.53瓦每立方厘米。

“柔性变电站能够实现‘源网荷储’多元素交直流柔性互联，投运后可以将分布式光伏、直流充电桩、储能、数据中心等设施以直流方式接入，减少电能损耗，提高能源利用效率。”国网保定供电公司发展部副主任柴小亮表示。

中科院研究员徐应强：

## 发展液氮储能技术 构建现代能源体系

中国能源报 2022.10.24

**本报讯** 液氮作为一种新能源介质，可以用于发电、汽车发动机、数据中心散热、化石燃料降碳、超导输电等领域，从而形成一个节能—储能—产能—输能的一体化生态。

中国科学院半导体研究所研究员徐应强表示，液氮生态系统可实现不受地理条件限制的储能，助力储能产业规模化发展，为构建我国液氮新能源体系提供了一种全新的思路，对全面构建我国现代能源体系有着重要意义。

低温液氮储能发电原理如下：首先，利用可再生的风能和太阳能将空气降温至零下196摄氏度，使氮气实现液化，并将其以液体的形式存储在深冷罐体中；然后，将液氮汽化，恢复气体形态，利用此过程中释放的能量驱动涡轮机产生稳定电能；最后，产生的电能可以通过液氮超导输电线向外输运，进一步降低电能损耗。像电池厂一样，每个液氮发电系统由“充电站”“存储”和“放电站”组成，并且，液氮储能中每个部分都可以独立设置。

整体来看，液氮储能这条技术路线，技术可行、成本可控，不仅能够实现节能降碳，同时可带动半导体、汽车等一系列产业的发展。例如，发展低温液氮超算芯片，可解决我国超算能耗、算力和芯片问题；低温液氮可实现节能—储能—产能—输能的一体化生态，有助于我国构建现代能源体系。应依托此优势，实现能源结构的转型和优化。

在“三北”地区，我国正在有序推进大型风电光伏基地项目建设，积极推进黄河上游、新疆、冀北等多能互补清洁能源基地建设。徐应强认为，可以考虑通过与液氮储能发电系统相结合，降低弃风弃光率，增加清洁能源的使用率，推动液氮发电与风电、光伏发电融合发展、联合运行。同时，加快发展液氮储能发电循环生态系统，推进煤炭、钢铁、冶金和化工等企业形成液氮工业园区。在全国范围内筛选出符合条件的钢铁、煤炭等企业，通过示范作用，逐步向全国推广。

徐应强建议，适度超前部署液氮储能项目，力争在液氮储能全产业链关键技术上取得突破，推动液氮储能技术发展和示范应用。加强低温液氮超导输电线技术研究，加快推广应用

超导输电。依托我国能源市场空间大、工程实践机会多等优势，综合利用煤电、风电、光伏和液氮电力等关键核心技术领域成果，建设一批创新示范工程。

徐应强表示，以液氮储能为纽带，可以串联起各种储能技术，打通各种技术间壁垒，建议推进在液氮储能、光伏光电、风电、生物能等领域的协同攻关，实现储能与其他学科领域的交叉互补，弥补相关行业的不足。同时，抓紧开展可应用于能源领域的前沿技术攻关，如液氮数据中心、低温电路技术、CMOS量子退火技术、能源互联、大规模储能等。（任智）

**兼具高效、安全、资源丰富等特点**

## **镁电池正从实验室走向应用**

科技日报 2022.11.9

目前，在镁金属的研究和加工方面我国已经处于领先水平，重庆大学国家镁合金工程技术研究中心建有世界上最大的镁电池研究团队和镁固态储氢团队，已开发多种镁离子电池和储氢密度高达6.1wt%、高安全性的新型储氢材料。

随着新能源汽车、手机、计算机等技术的发展，电池已经成为我们生活中的必需品。但锂电池作为目前主要动力电源的电池，存在资源短缺、成本高、环境污染严重、安全性差等问题。作为锂电池的重要原料，碳酸锂的价格目前还未看到天花板。据报道，11月7日，无锡电子盘国内电池级碳酸锂现货平均价格为61.5万元/吨，最高价为61.7万元/吨。为此业界一直在寻找其他技术路线。

“后锂电池”时代，哪种电池能够替代锂电池？近日，重庆大学国家镁合金材料工程技术研究中心联合广东国研、广东省科学院等单位合作完成的“镁离子电池”项目荣获2022年国际“镁未来技术奖”。这为镁离子电池替代锂电池增加了新的可能，也激发了业界新的期待。

### **镁电池或将成为锂电池替代者**

据了解，全球锂资源约为3950万吨，而具备商业开采价值的锂储备量则仅为1351.9万吨。若锂电池需求量呈爆炸性增长，预计不到17年全球锂资源就会用尽，这也是造成锂电池成本高的原因之一。其储能度电成本大致为0.6—0.9元/千瓦时，这距离规模应用的目标成本0.3—0.4元/千瓦时也还有较大差距。同时，能量密度越高安全性越差是目前锂电池很难解决的问题。此外，一些锂电池体系生产与使用过程中环境污染较严重。

发展新一代高效环保安全电池已成为全球电池产业发展的重点。氢燃料电池、硫系全固态电池、钠离子电池、镁离子电池……科学家们不断探索着锂电池的替代品。

“镁电池具有高效、安全、资源丰富等特点，一旦技术突破，将成为电池工业的颠覆性革命，市场可达万亿元以上。”中国工程院院士、国家镁合金材料工程技术研究中心主任、重庆大学教授潘生在接受科技日报记者专访时表示，相比于锂，镁基储能材料具有资源储量丰富、成本低和安全性能高的优势，是极具潜力的新一代储能材料，也是环保且高能量密

度的电池材料。

潘复生进一步解释，镁材料具有较为稳定的化学性质，其熔点高达 651 摄氏度，镁电池相对安全，熔沸点较高并且不容易出现镁枝晶，不易发生爆炸等危险。

镁是所有固态储氢材料中，储氢密度最高的金属材料，可达气态氢密度的 1000 倍，液态氢的 1.5 倍。同时由于镁储氢是常温常压，所以安全性远高于高压气态和液态储氢。镁电池体积理论能量密度和锂电池相当。我国镁资源丰富，占到全球的 70%，且镁成本只有锂的 1/25—1/50。在环保方面上，2015 年之后，镁在冶炼、制造、应用及回收过程中，污染排放都小于铝合金，已经成为真正的先进绿色材料。

据了解，镁电池已被欧盟确定为研究项目；美国能源部也开始安排项目，支持一批著名研究单位介入研究；日本电池行业认为，镁电池可能成为锂电池的颠覆者。

### 从电池三大组件入手攻坚克难

镁电池要从实验室走进实际应用，还有许多技术以及材料方面的难题需要攻克。“电池主要由三部分组成：正极、负极和电解液，我们的研究主要也是从这三个方面入手。”重庆大学材料科学与工程学院教授黄光胜介绍，在正极材料方面，他们研发了高容量的复合硫材料，比容量高达 1200 毫安时/克 (mAh/g)；高倍率的多孔硫化铜纳米球，比容量能够达到 250mAh/g；长寿命高电压锰基普鲁士蓝材料，能够实现 3 伏 (V) 电压，循环寿命达 1 万次。在负极材料方面，他们研究了十几种镁合金负极，具有不易钝化、比容量大于 500mAh/g 等优势；人工界面层保护金属镁负极，过电势仅 50 毫伏 (mV)。在电解液方面，2020 年他们研发了一种全新的低成本全无机盐型电解液 MLCH，这种电解液具有高电导率和稳定性；同时，团队还研发了具有高电压、低成本特点的非亲核硼基电解液，成功实现了正极、电解液等关键材料的批量试制，开发出安时级镁软包电池。

电池三大关键组成部分的技术重要进展，为镁电池走出实验室、走向应用打好了基础。

在重庆大学镁中心实验室，记者看到数颗镁电池正在进行充放电试验。黄光胜介绍，试验结果表明，他们研发的镁—普鲁士蓝电池、镁硫电池、镁硫化铜电池、镁二氧化钒电池的能量密度均已经高于磷酸铁锂电池，特别是镁硫电池，能量密度达到了 785 瓦时/千克 (Wh/kg)，而石墨—磷酸铁锂电池仅为 160Wh/kg。

“目前，我们已经拥有镁空气电池、海水激活电池，镁干电池等一系列电池的制造技术。”黄光胜介绍，镁空气电池属于一次镁燃料电池的一种，阴极使用的是空气，通过阴阳极氧化还原反应放电，是一种清洁、安全、高效的新型能源电池，其能量密度是铅酸电池的 20 倍以上，可为电视、照明灯、便携电脑、手机及 GPS 等设备供电。目前，他们已经与企业合作开始批量生产。

镁海水激活电池是直接利用海水，将金属镁的化学能转化为电能的装置，它以镁为负极材料并以海水为电解质，其最突出的特点就是不需要另外携带电解质，并且具有能量密度高、安全性好、可进行全海深工作的优点，在深海着陆器、深海原位实验站等海洋装备领域

具有很好的应用前景。

### 打造新型储能科技创新平台

“在镁储氢、镁电池研发上，我国具有显著的技术基础和优势。”潘复生指出，在镁金属的研究和加工方面我国已经处于领先水平，重庆大学国家镁合金工程技术研究中心拥有世界上最大的镁电池研究团队和镁固态储氢团队，已开发多种镁离子电池和储氢密度高达6.1wt%、高安全性的新型储氢材料，其主要指标均处于世界领先水平。2018—2019年，重庆大学、重庆市科技局联合投入2000多万元支持镁储能材料研究。

2020年，广东省国研科技研究中心有限公司、重庆大学、广东省科学院等联手开展总投资5亿元的镁储能材料研究开发项目，在粤港澳大湾区建立了镁基储能研发中心及产业化应用示范基地，镁电池与镁基固态储/运氢即将进入试制和示范应用。

今年5月，重庆大学与重庆两江新区联合共建重庆新型储能材料与装备研究院（以下简称研究院）。研究院瞄准国家能源战略和能源转型前沿技术，聚焦科技成果转化，目标建成世界最大的新型储能材料与装备研究院。

据了解，安徽青阳县拥有丰富的镁矿资源，原镁年产高达30万吨，具有良好的镁基材料开发及制备基础。研究院拟在“镁能小镇”开展一系列镁电池示范项目，开发电瓶车、路灯、旅游车及分布式储能系统。重庆广阳岛项目则拟在广阳岛开展电瓶车、镁电池路灯、固态储氢加氢站以及氢能车等多项镁储氢及镁电池的示范项目。

“今年我们将启动对镁动力电池中试，和企业合作，先让电动自行车用上镁电池。”潘复生透露，目前镁电池的性能已经达到磷酸铁锂电池的水平，这就说明镁电池已经具备作为动力电池商用的可能。当然取代锂电池还需要更进一步的研究，对此，他们也启动了重庆新型储能材料与装备研究院全球人才招聘行动，共同打造储能科技创新平台，助力我国新型储能领域的发展。（雍黎）

## 我国最大规模海上岸电项目完成电力动力平台安装

中国电力报 2022.11.1

本报讯（记者 曲艺）近日，中国海洋石油集团有限公司垦利10-1海上电力动力平台完成海上安装，标志着我国最大规模岸电应用工程完成海上安装作业任务，中国海油大规模推广岸电入海，实现能源清洁替代再进一步。

此次海上安装作业由蓝鲸号起重船和海洋石油278、海洋石油221运输船协同配合完成，历时17天共吊装3座海上电力动力平台，总重约1.34万吨，每个组块有4层甲板和1层飞机甲板。据悉，海上电力动力平台是岸电应用工程的核心设施。实施海上岸电项目改变了原有海上油田依赖原油（燃气）主机发电的用能模式，实现了海上油田动力革新，不仅可以减少周边新油田的用电成本，为油田开发“开源节流”，也建立起海上油田和陆地间的光纤大宽带通信“高速公路”，为建设智能化油田、数字化油田奠定良好基础。

# 铟原子首次集成到硅晶体内

## 有望成为未来量子网络的理想元件

科技日报 2022.11.10

科技日报北京11月9日电（记者刘霞）德国科学家首次将拥有特殊光学特性的铟原子集成到硅晶体内，这些原子可通过通信领域常用的光连接起来，使其成为未来量子网络的理想构建块。最新实验结果在没有复杂冷却的条件下获得，且基于现有硅半导体生产工艺，因此适用于构建大型量子网络。相关研究刊发于最新一期《物理评论 X》杂志。

量子网络可通过使用光让量子信息的各个载体——量子比特相互纠缠来实现，而量子比特可由相互隔离并嵌入主晶体中内的单个原子构建。在最新研究中，来自马克斯·普朗克量子光学研究所和慕尼黑技术大学的科学家展示了一种利用嵌入硅晶体内的原子构建量子网络的可行方法。

最新技术依赖于在特定条件下注入硅晶格的铟原子。研究表明，铟具有良好的光学性能，其原子发射出的红外光波长约为1550纳米，位于光纤电缆中传输数据的光谱范围，且铟在光导纤维中传播时损耗较低。此外，铟发出的光具有极好的相干性，这是实现量子信息存储和传输的先决条件。这些特性使铟成为实现量子计算机或在量子网络中用作信息载体的首选。

但面临的巨大挑战是必须以可重复的方式将铟的各个原子嵌入硅晶体基质内，并将其固定在特定位置。为此，研究人员首先赋予铟原子纳米级精细结构，然后用铟离子束照射硅，使单个原子在高温下穿透并分散到硅晶体内不同地方。

相对温和的温度使各个铟原子在晶格中稳定地“各就各位”，而非聚集在一起。而且，在此前实验中，铟原子在绝对零度（零下273.15摄氏度）附近表现出优异光学特性，但最新研究中，科学家在约8开尔文（零下265.15摄氏度）观察到了这些特性，这样的温度在技术上很容易实现，也为未来的应用铺平了道路。

# 国内首家集中式储能电站虚拟电厂开建

中国电力报 2022.11.1

本报讯（记者莫非）近日，国家能源投资集团有限责任公司浙江温州梅屿100兆瓦/200兆瓦时电化学储能电站项目启动设计，进入实质性建设阶段。

作为国内首个以大容量集中式储能电站为主体的虚拟电厂、首个以虚拟电厂参与辅助服务全要素的商业运营示范工程、首个以大容量储能电站为主体的虚拟电厂运行评价平台、首个全流程合规的高标准大型储能电站标杆示范工程，该项目的顺利实施填补了我国集中式储能电站应用的技术空白，推动新型储能技术迈入快速发展新阶段。项目建成后，预计每年可消纳清洁电力4.8亿千瓦时，减少碳排放约38万吨。

# 电化学储能潜力加速释放

中国电力报 2022.10.31

根据中关村储能产业技术联盟（CNESA）数据，2021 年我国电化学储能累计装机容量为 551 万千瓦，约占我国已投运电力储能项目装机容量的 12%，同比增长 68.5%。CNESA 在保守场景下预计，2021~2025 年电化学储能累计规模复合增长率为 57.4%，呈高速增长态势。

## 产业链各环节发展分析

电化学储能的高速增长，不仅得益于国家政策的大力支持，更受益于产业上下游从技术到设备、从国内到海外的快速扩容。

电化学储能产业链上游的原材料主要包括正极材料、负极材料、电解液、隔膜等。以电化学储能主流技术——锂离子电池为例，正极材料性能直接影响锂离子电池各项性能指标，面对其他电池技术路线的兴起，目前亟须加速产品迭代；负极材料同样是电池性能的关键决定因素，新型负极材料的规模化应用仍需解决与其他锂电材料的匹配问题；电解液是电池四大主要原材料中技术最为成熟的品种，其发展方向围绕稳定性和安全性进行；隔膜是四大材料中技术含量最高的组件，目前全球市场占有率突破 70%。

中游主要为储能系统的集成与制造，对于一个完整的储能系统，一般包括储能电池、电池管理系统、能量管理系统以及储能变流器四大组成部分。储能市场真正成熟壮大离不开储能系统效率提升、循环寿命延长和系统成本的降低。目前，储能锂离子电池电芯与模组向大电芯、高集成化方向发展；储能变流器向大功率大容量方向发展；能量管理系统未来发展重点是储能电站的智慧化运维和精细化管理；电池管理系统的国内厂商已逐步具备产品进口替代能力；标准化设计将成为储能系统集成的下一步技术方向。

下游的应用场景主要有发电侧、电网侧和用户侧储能等。近几年间，我国发电侧电化学储能装机占下游应用领域总装机的比重不断增长，而用户侧的电化学储能装机占比呈现下降趋势，此外，由于成本疏导等问题，电网对电化学储能的热衷度并不如抽水蓄能。随着新能源的快速发展，储能电站的需求规模越来越大，电化学储能应用场景将越来越丰富。

## 电化学储能行业展望

一是产业链核心元器件国产化水平不断提升。电池管理系统和储能变流器作为电化学储能的感知和决策核心，行业核心技术壁垒相对较高。其中，电池管理系统中主要用到的芯片包括 AFE、MCU、ADC 等主要由国外企业供应，国内发展相对滞后，需要大量专有技术经验积累。储能变流器的核心在于拓扑结构和 IGBT，其 IGBT 技术与光伏逆变器技术同源，行业内的供应商大多为光伏逆变器厂商，国内阳光电源、华为等企业占据一定市场份额。长远来看，随着“十四五”时期国内储能产业迎来新变革，储能产业作为万亿级的潜在蓝海市场，未来在电池管理系统、储能变流器等核心元器件环节将率先迎来国产化需求的爆发。

二是主流技术路线出现迭代。现阶段，商业化锂离子电池已不能完全满足能量存储所需的性能、成本和其他要求。为适应移动式储能和大中型储能应用需求，电化学储能技术正逐步从锂离子电池拓展至固态锂电池、钠离子电池、钾离子电池、锌离子电池等领域，并有望于2025年后实现市场化应用。其中，钠离子电池具备高安全性，适用于极端环境和长时储能场景，是锂离子电池的有益补充。

三是安全管理标准规范进一步健全。安全是电化学储能行业发展的底线，近年全球多起电化学储能电站安全事故为行业发展敲响了警钟，相关标准规范的制定、完善成为行业安全健康发展接力赛的第一棒。今年4月，《电化学储能电站应急演练规程》《电化学储能电站危险源辨识技术导则》《电化学储能电站生产安全应急预案编制导则》三项国家标准开始征求意见；6月，住房和城乡建设部就《电化学储能电站设计标准（征求意见稿）》公开征求意见。可以预见，接下来一系列标准规范的正式出台，将为电化学储能行业发展保驾护航。

四是市场机制不断完善打通盈利瓶颈。越是成熟的电力市场，储能发展越为繁荣。去年7月，国家发展改革委印发《关于进一步完善分时电价机制的通知》，要求完善峰谷电价机制，合理确定峰谷电价价差。这将引导市场充分发挥电价信号作用，推动储能在更大空间发展。今年5月，国家发展改革委办公厅、国家能源局综合司印发《关于进一步推动新型储能参与电力市场和调度运用的通知》，明确新型储能可作为独立储能参与电力市场。6月，南方先行先试，在《南方区域电力并网运行管理实施细则》《南方区域电力辅助服务管理实施细则》及配套专项实施细则中首次明确独立储能电站参与电力辅助服务补偿标准。市场机制的丰富完善，将推动电化学储能在源、网、荷各端的潜力加速释放，为新能源消纳作出贡献。

五是数字技术助力电化学储能产业发展。储能电池管理系统硬件源于电动汽车系统，不具备本地边缘计算能力，通讯效率较低、数据刷新较慢，与储能变流器、能量管理系统等“各自为政”。随着百兆瓦级乃至吉瓦级项目时代的到来，电化学储能各系统间信息孤岛难题导致的安全风险也随之放大。数字技术的发展应用，在储能系统原有子系统基础上增加了协调控制功能，可以支持百万级的数据采集，控制决策速度由秒级提升至毫秒级，还可以实现对运行参数和各项性能的全过程管控。（罗曼）

## 德研发卡诺电池存储可再生能源

科技日报 2022.11.11

科技日报柏林11月9日电（记者李山）近日，德国航空航天中心（DLR）领导的科研团队成功建造并测试了以硝酸盐为储存介质的卡诺电池。这种电池装置可将电能以热能的形式储存起来，在需要的时候再用它来发电。未来这项技术有望在工业规模上平衡可再生能源的波动。

储能是解决可再生能源并网问题的关键。在众多的储能技术中，以储热为基础的卡诺电

池是很有发展前景的一种。它通过热和电的相互转化，能够不受地域限制的实现中等到大规模的电储能。

DLR 开发的潜热储存装置是其卡诺电池系统的核心，里面有大约两立方米的硝酸盐。高温热泵利用储存的电能将盐加热到 150℃，盐受热融化并吸收更多的热量。第二个回路则将热量传递到热机，热机驱动带有发电机的涡轮机。这样电力就可根据需要反馈到电网中。

该装置的特别之处在于它的热交换器。它们有两个通道，一个用于输入热能，另一个用于排出储存的热。这使得系统能够使用不同的制冷剂进行操作，以便耦合存储系统的不同部分。为了在蒸汽回路和盐之间进行有效的能量传递，热交换器具有类似于雪花状的横截面，这可以使盐的接触表面最大化。

卡诺电池的尺寸、容量和能量管理可以定制，以满足特定需求。它还有一个优点是可同时提供电力和热量。储存的热量可直接用于许多工业过程。研究人员目前正在测试不同的负载场景、热流和温度曲线，以提高其整体效率。

研究人员表示，卡诺电池具有在可持续能源经济中广泛使用的潜力。他们预计工业系统将在大约十年内投放市场，以后这些设计将可用于更长的存储时间和几兆瓦的输出。

## 可充电锂电池枝晶难题破解

### 为新型固态电池设计开启大门

科技日报 2022.11.21

科技日报北京 11 月 20 日电（实习记者张佳欣）据最新一期《焦耳》杂志报道，美国麻省理工学院研究人员解释了可充电锂电池枝晶的形成原因以及如何防止其穿过电解液的方法。这一发现最终可能开启一种新型可充电锂电池的设计之门，这种电池比目前的版本更轻、更紧凑、更安全。

到目前为止，可充电锂金属电池的商业用途还很有限，其中一个原因是枝晶。枝晶可在锂表面堆积，渗透到固体电解液中，最终从一个电极交叉到另一个电极，使电池短路。

麻省理工学院的早期研究发现，锂离子固体电解质材料在电池充放电过程中来回穿梭，会导致电极的体积发生变化。这不可避免地在固体电解液中产生应力，它必须与夹在中间的两个电极保持完全接触。“为了沉积这种金属，就必须扩大体积，因为新的质量正在增加。因此，锂电池一侧的体积增加了。如果有哪怕是微小的缺陷存在，就将对这些缺陷产生压力，从而导致开裂。”

研究团队现在发现，这些压力会导致裂缝，从而形成枝晶。事实证明，解决问题的办法是以正确的方向和适当的力量施加压力。

之前，一些研究人员认为枝晶是由纯电化学过程而非是机械过程形成的，但该团队的实验表明，导致问题的是机械应力。

电池枝晶的形成过程通常发生在不透明材料的深处，无法直接观察到，因此研究人员开

发了一种使用透明电解液制造薄电池的方法，可直接看到和记录整个过程。

该团队证明，他们只需施加和释放压力，就可直接控制枝晶的生长，使枝晶与力的方向完全一致。对固体电解质施加机械应力并不能消除枝晶的形成，但它确实可以控制它们的生长方向。这意味着可以引导它们与两个电极保持平行，并防止它们穿过另一侧，从而变得无害。

另一种方法是在材料中“掺杂”嵌入原子，使其变形并处于永久的应力状态。实验表明，150 到 200 兆帕斯卡的压力足以阻止枝晶穿过电解液。

此前，人们认为类似三明治的多层结构可防止枝晶结构生成。但新的实验证明，在垂直于电池极板方向上挤压材料实际上会加剧枝晶结构的形成。取而代之的应该是沿着平面的压力，就像是三明治侧面挤压一样。

## 安全监测护航电化学储能产业健康发展

中国能源报 2022.11.14

国家能源局批准成立的国家电化学储能电站安全监测信息平台日前在北京发布，同时首次发布了《电化学储能电站行业统计数据》。多位与会人士指出，当前我国电化学储能产业快速发展并广泛应用于电力行业多个领域，但其安全形势依然严峻，需要行业共建相关的安全监测信息平台，护航储能产业健康发展。

### 安全是电化学储能规模发展前提

“近年来，在国家政策支持鼓励下，我国新型储能产业迎来发展机遇期。”中电联副秘书长刘永东在发布会上表示，电化学储能作为新型储能的重要类型之一，率先实现了产业化应用，正广泛应用于可再生能源发电、综合智慧能源系统、有源配电网、微电网等领域。“截至今年 8 月，我国电化学储能装机规模达 730.9 万千瓦，居世界第一。”

2021 年 7 月，国家发改委、国家能源局发布的《关于加快推动新型储能发展的指导意见》明确，到 2025 年，实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变，装机规模达 3000 万千瓦以上；到 2030 年，实现新型储能全面市场化发展，标准体系、市场机制、商业模式成熟健全。

此次发布的《电化学储能电站行业统计数据》显示，截至今年 8 月 31 日，全国电力安全生产委员会 19 家企业成员单位总计报送 500kW/500kWh 以上的电化学储能电站 478 座、总功率 7.36GW、总能量 14.88GWh。其中，在运电站 248 座、总能量 5.27GWh，在建电站 158 座、总能量 8.77GWh，停运电站 72 座、总能量 0.84GWh。

中电联党委书记杨昆指出，电化学储能是助力可再生能源开发、构建新型电力系统的重要技术和基础装备，也是实现“双碳”目标的关键支撑。“加强电站安全管理、建设国家电化学储能平台，对于构建新型电力系统、实现‘双碳’目标意义重大。”

国家能源局今年 4 月发布的《关于加强电化学储能电站安全管理的通知》指出，要高

度重视电化学储能电站安全管理，加强电化学储能电站规划设计安全管理。积极配合参与电化学储能电站安全监测信息平台建设，按照有关规定报送电池安全性能、电站安全运行状态、隐患排查治理、风险管控和事故事件等安全生产信息，提升电站信息化管理水平。

### **确保安全关键在于控制明火**

根据中国科学院院士欧阳明高对 2011 - 2021 年全球储能电站事故共性特征的统计分析，33 起事件中三元电池引起的事故占比高达 81.8%；从事故起因看，48.5% 的储能电站事故发生于搁置和安装调试及维护阶段。

“电池安全事故的基本原理大体分为热诱因、热失效和热蔓延三个过程。热诱因一般由电动车撞车等原因产生火花引起，热失效的两个路径则是内部热失控或外部点火源引起燃烧。”欧阳明高分析称。

“可再生能源的使用为电力系统带来了较大变化，电力系统暂态和稳态过程中惯量的缺失都需要电化学储能的配套使用。”国家能源局电力安全监管司司长苑舜表示，“虽然现阶段我国储能应用已初步形成规模，但作为新技术，其在推广过程中仍有安全问题，这就需要深入研究电化学储能安全事故中如何灭火，以及储能使用和运行过程中如何进行安全监测和事故预判等问题。”

杨昆还表示，近年发生的电化学储能电站安全事故对电网安全稳定运行造成了威胁。

对此，欧阳明高建议，应严格参照相关安全标准，建立完善的安全风险评估体系。“失效概率始终存在，但系统必须是本质安全的。本质安全的大型储能电池系统任一点发生失效均不会发生扩散，而磷酸铁锂电池在没有明火的作用下无法触发热扩散。因此，关键是控制好明火。”

### **多种数字化监测技术应运而生**

为加强电化学储能电站安全管理，今年 1 月，国家能源局批复授权中电联建设国家电化学储能电站安全监测信息平台。据刘永东介绍，该平台由国家级平台、集团级平台和储能电站级平台三级构成，平台还拟与国家政府信息平台对接，对地方能源政府主管部门预留接口。“最终实现对电站管理服务、运行分析服务、信息发布、全景展示、信息报送、风险隐患排查、线上调研、辅助分析、储能课堂等功能。”

“电芯自身的劣化过程无法通过肉眼察觉，也极难通过传感器准确识别安全与故障的临界点，导致储能电站火灾和爆炸事故时有发生。”华能集团新能源智慧运维中心平台维护部主任林昇指出，华能集团的储能智慧运维系统注重火灾安全评级方法，能够对电池本体火灾可能性进行预测，并提供火灾可能性指标及维护建议，目前系统准确率可达 80% 以上。“此外，基于‘云-边-端’协同架构的储能大数据平台，能够通过算法模型分析预警潜在风险，提升储能电池运行安全性。”

在提升本质安全水平方面，国家电网公司则采用为储能电池强制配置可燃气体探测装置的方法提升在线监测控制水平。“该装置可实现电池管理系统、火灾报警系统、通风系统联

动控制，并对电池进行状态实时监测，提前预警故障隐患，有效防范火灾事件。”国家电网公司安监部副主任房岭峰介绍。（杨晓冉）

## HA 级燃机引领燃气发电新潮流

中国能源报 2022.11.14

“HA 级燃机技术代表着当前燃机发电市场最先进的技术。GE 的 HA 级燃机是世界上最大、最高效也是增长速度最快的燃机，特别适合在大城市集群用作纯凝发电或作为调峰机组与可再生能源进行互补。”在 GE 燃气发电集团中国区重型燃机销售总经理、哈电通用燃气轮机（秦皇岛）有限公司总经理马俊看来，燃气轮机的发展从最开始的轻型燃气轮机到重型燃气轮机，随着技术的不断进步，在全球范围内，燃气轮机目前已经迈向了“HA 级时代”。

凭借优越的安全性与可靠性，GE 的 HA 级燃机获得了全球电厂用户的认可，在 20 个国家收获了 142 台的订单。截至目前，全球已投运的 GE HA 级燃机机组总运行小时数已经突破了 159 万小时。

### 5 个“更”保驾护航稳定供电

据 GE 燃气发电集团中国区产品技术总经理阎福华介绍，燃气轮机的发展经历了从 B、E、F 到目前最先进的 9H 级的更新过程。他通过将 9H 级燃机与 9F 级燃机比较指出，H 级燃机实现了五个“更”——更高效、更环保、更灵活、更经济、更紧凑，在助力安全稳定供电方面可谓更胜一筹。

事实上，GE HA 级燃机自落地之时起，即以高效吸引了业界目光。早在 2016 年，全球首座配置 GE 9HA 燃机的联合循环燃气电厂——法国布尚电厂，就以 62.22% 的实测联合循环全厂净效率被吉尼斯世界纪录认定为全球最高效的 50 赫兹燃机电厂。仅仅 18 个月之后，在美国南卡罗来纳州格林维尔的试验电厂里，GE 9HA.02 燃机联合循环发电效率再创新高，突破了 64%。2021 年，中国天津华电军粮城电厂的 9HA.01 燃机，联合循环效率也达到了 63.36%，成为目前国内投运的 HA 级燃机机组中效率最高的。

超高的发电效率不仅最大程度地增加了电厂的产能，还给电厂带来了更高的经济效益。“燃机电厂 70% 至 80% 的度电成本来自于燃料，所以发电效率高直接决定了发电成本的高低。”阎福华给记者算了一笔账，“如果每年按 4000 运行小时计算，单台 9H 级燃机比 9F 级燃机节约燃料费用约 5.7 亿元人民币左右，这是非常可观的数字。”

在更高效、更经济的同时，HA 级燃机的环保效益也令人刮目相看。HA 级燃机不仅在碳排放方面优于其他机型，氮氧化物的排放量也小于其他类型的燃机。“以 9HA.02 燃机为例，其碳排放强度为 309 克/千瓦时，比 9F 级燃机的碳排放强度低 6.7%。”阎福华告诉记者，“在氮氧化物排放方面，9HA.02 燃机可以实现 15ppm 的排放，而 9F 级燃机的氮氧化物排放基本上都在 25ppm 左右。”

与此同时，阎福华表示，随着电气化转型加速和可再生能源电力快速增长，电力系统对快速灵活调峰的需求越来越大。HA 级燃机不仅拥有更广泛的燃料适应性，同时还具有强大的调峰能力。数据显示，9HA.01 燃机的调峰能力是 65 兆瓦/分钟，9HA.02 燃机的调峰能力则达到了 88 兆瓦/分钟。“无论从速度上还是从质量上，都有非常明显的优势。”

另外，据测算，从占地面积来看，9F 级燃机每千瓦装机占地 0.125 平方米，9HA.01 燃机每千瓦装机占地 0.1029 平方米，9HA.02 燃机每千瓦装机占地仅为 0.0835 平方米，9HA.01 和 9HA.02 分别比 9F 级机组每千瓦装机的占地面积低了 18% 和 33%。阎福华表示，基于此，HA 级燃机更适用于作为电力负荷中心的大都市圈，可节约用地成本。

### 燃氢能力更上一层楼

值得注意的是，近年来，随着电力清洁化转型的加速，在天然气中混掺氢气燃烧发电悄然兴起。而 HA 级燃机在此领域也表现出更为强劲的优势。

根据 GE 的测算，如果采用高效的联合循环发电机组，以 GE 的 9HA.02 燃气机组为例，相比燃煤机组可以实现 60% 的碳减排，而如果在 HA 级联合循环机组中采用天然气混掺 50% 氢气燃烧，则可以将碳排放量进一步降低 69%。

据阎福华介绍，燃气轮机混掺氢气作为燃料的技术并非新鲜事物，GE 燃气轮机采用氢气作为燃料运行已超过 30 年。在此期间，全球有超过 100 台 GE 燃氢及其他低热值燃料的机组在运行，累计运行小时数超过 800 万小时。

“GE 的 LM2500、6B、7E、9E、6F 和 7F 等一系列燃机都采用过氢气作为燃料，在此方面，我们积累了丰富的经验。”阎福华表示，“HA 级燃气轮机通过采用 GE 的微孔预混燃烧技术，提升了燃料与空气混合的均匀性，目前可实现 50% 的氢气混合燃烧比例。我们的目标是将 100% 燃烧氢气的燃机应用于新型电力系统。”

据了解，在中国，GE 也已经有十几台燃烧高比例氢燃料的燃机在钢厂、化工厂等运行。去年，广东省能源集团旗下的惠州大亚湾石化区综合能源站订购了两台套 GE 9HA.01 重型燃气轮机联合循环机组，投产后将采用 10%（按体积计算）的氢气掺混比例与天然气混合燃烧，有望成为中国首座掺氢燃烧的 9HA 电厂。

马俊强调，氢能无疑是新一代能源的热点，目前业界也在不断探索可再生能源制氢。“HA 级燃气轮机正在朝着采用氢气作燃料、从而向实现零碳发电的方向努力。GE 计划在 2030 年前，将 HA 级燃机的燃氢能力提高到 100%。”

### 产业链全面推进本土化

为了更好地发挥 HA 级燃机的诸多优势，GE 不断深耕中国市场，大力推进全产业链的本土化进程。

马俊表示，GE 持续看好中国燃气发电市场，预计未来 5 到 10 年，甚至更长的一段时间内，燃气发电在中国还有很大的发展空间，为此，GE 坚定不移地推进燃机全产业链的本土化进程。

“我们的本土化进程大致可以分三个阶段。第一阶段是实现了现场检修力量本地化，在国内培养了一批检修人员，节约了检修时间和人工成本。第二阶段，我们在秦皇岛成立了维修和服务基地，打造了零部件的本地维修能力。第三阶段，我们成立了合资公司——哈电通用燃气轮机（秦皇岛）有限公司，实现了整机以及全生命周期备件本土化生产能力。”

事实上，GE 的 HA 级燃机从设计之初就考虑到了全球各个市场的用户需求，针对中国市场也不例外。据阎福华介绍，由于国内用户对调峰、灵活性有很高的需求，为此，HA 级燃机采用了 1 级进口导叶和 3 级可调静叶（VSV）的设计，燃烧室采用微孔预混先进技术，加上 AFS 轴向燃料分级燃烧技术，不仅令燃机运行更灵活、在更低负荷时就能够满足排放要求，还可以做到深度调峰。

马俊表示，中国的燃机市场是全球交货周期要求最短的市场之一，GE 的合资公司为燃机客户提供全生命周期的服务，打造国内产业链、降低成本，把燃机的交货周期从 20 个月缩短到 14 - 16 个月。

另外，由于国内很多电厂是热电联产，所以，HA 级燃机对排气温度也有优化，能够使余热锅炉产生高品质的蒸汽，从而满足工业用蒸汽及供暖的需求。

与此同时，从应用场景来看，HA 级燃机也充分考虑到了国内新型电力系统的发展方向，不仅能够替代煤电，还可以与可再生能源电力互补调峰，更能够消纳部分地区生产的绿氢，全面满足国内用户的需求。

据了解，截至目前，GE 燃气发电在国内已经收获了 4 个 HA 级燃机项目，涵盖 9 台 HA 级燃机，包含 6 台 9HA.01 燃机及 3 台 9HA.02 燃机，总装机容量已经突破 6.4 吉瓦。（李慧）

## 施加应力可调控材料热输运和热电性能

中国科学报 2022.11.7

本报讯（记者王昊昊）湖南科技大学材料科学与工程学院副教授周五星课题组研究了应力对氯化氧铋（BiOCl）热电性质的影响，发现在面内施加 2% 双轴拉伸应变，可在不削弱电子输运性能的前提下显著降低晶格热导率，从而显著提升其高温热电性能。相关成果近日发表于《物理评论应用》。

热电材料可实现热能与电能直接相互转换，在温差发电与制冷领域有着十分广阔的应用前景。热导率是材料最基本的性质之一，对材料热导率进行调控，在能量回收、隔热材料以及电子器件热管理等领域都具有重要意义。

周五星课题组研究了单层 BiOCl 的热电性质，发现通过施加 1.5% 的拉伸应变可将热电优值从 5.7 提升到 8.0，揭示了单层 BiOCl 在高温热电器件中的应用前景。相关成果今年 6 月发表于《兰格缪尔》。

同时，周五星课题组利用机器学习势结合玻尔兹曼输运理论，研究了应力对固态电解质

材料  $\text{Li}_2\text{ZrCl}_6$  的热输运性质的影响。研究发现,  $\text{Li}_2\text{ZrCl}_6$  的热导率具有显著的各向异性特征, 并且光学声子对热导率也具有重要贡献。另外, 通过施加平面外应力可以显著调控光学声子对热导率的贡献, 进而对热导率实现调控。该工作为解决全固态锂离子电池中的散热问题提供了参考。相关成果 10 月 25 日发表于《应用物理快报》。

## 攻关“新能源 + 储能”关键技术

中国电力报 2022. 11. 16

电力电子化、低转动惯量、风光发电弱可控等问题使得电网的安全可靠运行面临挑战。储能得到业界专家的认可, 逐渐成为支撑新型电力系统建设的关键。国家发展改革委、国家能源局先后发布了《关于加快推动新型储能发展的指导意见》《“十四五”新型储能发展实施方案》, 各地积极响应, 相关专家着手开展储能技术攻关, 储能行业呈现出火热的态势。

### 储能应用面临诸多实际问题

目前虽然储能在技术研发、项目建设、商业模式探索等方面取得了一定的进展, 但是在实际建设过程中还存在诸多问题。

首先, 现有储能面临建设成本高的问题。考虑到使用寿命、使用次数、维护周期、使用环境要求等, 尤其是电化学储能面临容量衰减的问题, 后期还涉及更换电池, 储能投资成本大。现有投资主体可以划分为发电企业投资、电网投资、用户投资以及其他商业主体的投资。相关的市场化机制、投资回报机制、成本疏导机制有待完善, 导致储能的投资者望而却步。

其次, 虽然储能在系统调频、调压、移峰填谷、系统黑启动、作为紧急电源以及辅助服务等诸多方面可以发挥巨大作用, 但其本质均是依靠储能的储存容量和功率来进行调节。依据储能功率与容量比例, 可将储能分为功率型、能量型和容量型。容量型储能一般需要满足连续长时间的充放电要求。功率型储能电池需要在秒级时段实现快速充电、放电。能量型储能介于两者之间。各类型储能都具有各自的应用要求, 但实际上各类储能技术应用场景界定不清, 导致从规划、运行到实际效益出现较大额偏差。

最后, 针对储能建设后主要发挥哪些作用、如何参与电网调度等问题, 在相关实施方案不明朗的情况下, 新能源企业主动投资储能的积极性不高。储能建设后由谁来进行调管、维护都没有明确的机制, 未能有效地落实到责任主体, 相关的标准制度有待形成, 因此目前储能的商业化和规模化还在探索阶段, 要实实在在地让储能发挥出支撑新型电力系统建设的功能, 还需要在技术和制度方面共同推进。

### 技术攻关多方面发力

目前, 南方电网云南电网公司主要围绕“新能源 + 储能”的规划、调度、控制等方面开展了技术攻关。

规划方面, 由于风电、光伏发电的随机性、间歇性和波动性会引起电网频率波动、电压

闪变等一系列电能质量问题，因此可通过“新能源+储能”协同来缓减带来的问题，提出了综合考虑平抑新能源出力波动、提升供电能力、促进新能源消纳、支撑电网稳定运行等多种功能定位的新能源场站储能优化配置方法。

结合平抑新能源出力波动、促进新能源消纳、满足省地电网调峰需求、支持电压与频率调节、提升技术经济性等需求，根据网络条件、资源特征、储能特性与技术经济性，研究调峰、调频、调压、多时间尺度、场站间协同等多种功能定位下的储能配置边界，提出储能配置的目标场景。考虑到未来不同新能源发电占比下系统的差异化运行特性和稳定运行需求，从新能源场站主动支撑扰动后的频率、电压恢复、新能源场站功率波动平抑、移峰填谷、功率预测偏差补偿等多个层面，分析新能源场站配置储能的功能定位与技术经济性，形成各类典型场景下的新能源场站储能配置的指导原则，并进行技术经济性评估，预期能够为新能源场站储能配置提供指导依据。

调度方面，考虑储能与新能源的协同调节能力，围绕新能源发电的不确定性、电网的电力电量平衡、电网安全以及调峰调频调压等电网需求设计调度算法，结合储能快速调节特性及调节空间、发电出力及负荷预测、新能源出力特性等，充分考虑新能源及多类型储能特性，根据新能源场站实际情况，可任意组合出适用于电网分析的“新能源+储能”调度对象的数学模型，构建灵活匹配电网运行需要的“新能源+储能”优化调度功能。

针对新能源发电不同占比的典型场景，明确储能在大扰动事件中频率、电压支撑能力的功能定位和系统需求，综合考虑与常规机组、新能源发电调频调压能力的相互协调，建立具备技术经济性的储能容量优化配置模型，研究光伏、风电、储能联合系统参与系统频率响应辅助服务情况下，频率调节补贴、储能容量配置和新能源场站综合收益之间的关系，构建适应不同新能源出力波动水平、满足频率、电压、安全支撑的中调、地调集散调控“新能源+储能”的模型，实现有序分级管理的多级储能调度模式，基于电网运行方式变化、检修安排、新能源预测结果，实现应对未来三天电力供应需求的调度策略。

控制方面，围绕新能源电站惯量支撑、频率控制及电压控制需求，针对配置储能的新能源电站控制对象数量庞大、动态特性复杂、源储协调困难的问题，研发了提升系统稳定性的“新能源+储能”一体化主动支撑控制技术。

构建考虑惯量、调频下垂特性、调压下垂特性等因素的新能源场站多元聚合指标体系；针对新能源场站参数不精确、出力预测不精确的问题，提出参数不完备下运行数据驱动的新能源场站有功无功控制模型构建方法；针对新能源场站源—储复杂动态运行特征，研究数据—模型混合驱动的新能源场站惯量、频率与电压聚合调控特性在线评估方法。分析风机转子动能释放及光伏直流母线电容放电暂态过程机理，提出面向系统频率稳定性提升的源—储一体化主动支撑控制技术；针对新能源场站整体频率支撑特性与站内功率优化分配之间的矛盾，研究基于数据—模型混合驱动的新能源场站频率优化控制方法，提出风、光伏发电自适应高效频率反馈校正控制方法，提出源—储一体化控制策略。（翟苏巍 李文云）

# “氟离子电池”能否取代锂电池？

参考消息 2022.11.23

【《日本经济新闻》10月25日报道】题：“氟离子电池”成为备受关注的新一代蓄电池（记者 北川舞）

作为面向脱碳社会的新一代蓄电池，使用氟元素的“氟离子电池”正在吸引越来越多的关注。其蓄电能力是现有锂电池的6到7倍，有望实现电池的轻量化和小型化。一次充电可连续行驶1000公里的电动汽车不再是梦想。鉴于氟离子电池可能成为2030年以后的主流蓄电池，丰田汽车等车企也开始加入研发阵营。

氟离子电池通过氟离子在正极和负极之间移动实现充电和放电。与锂离子电池相比，不仅电极的材料组成可以简化，而且通过电极处的反应可以更高效地产生电子。据悉氟离子电池的能量密度是锂离子电池的6到7倍，可以制成更轻、更小的电池。理论上可以不使用稀有金属，从而更易规避资源断供风险。

京都大学是日本氟离子电池研发领域的领军者。2017年，他们成功开发出一种使用电解液在室温下运行的氟离子电池。以往的研究主要使用固体电解质，除非温度达到150℃以上，否则无法提高氟离子的导电性。京都大学的研究人员通过使用溶解了有机氟化物的电解液解决了这个问题。

在起步更早的固体电解质氟离子电池领域，京都大学也表现突出，2020年与丰田合作，成功试制了使用固体电解质的氟离子电池。汽车制造商对氟离子电池的关注度很高，2018年本田公司下属的本田研究院就与美国国家航空航天局（NASA）联合公布了其关于氟离子电池的研究成果。

但是在实际应用方面仍然存在许多挑战，比如研究人员至今尚未找到电极材料和电解质的最佳组合，充放电次数和电动势等性能目前还不及锂电池。通过分析运行机制来提高材料搜索的效率仍是待解难题。

立命馆大学副教授冈崎健一等人组成的研究团队9月发表了有关氟离子电池的电极与电解质材料的组合如何影响电极反应的研究成果。正极中使用的铋直接与氟离子反应，改变了电极的体积。另一方面，负极中使用的铅溶解在电解液中并与氟离子发生反应，导致结晶析出等问题。由于这些差异会影响充放电的重复次数，研究成果可能为今后的材料选择提供指导。

冈崎的团队计划在2025年前试制以铜和铝等低成本原料作为电极材料的氟离子电池，以此降低资源断供风险。而使用铋或铅作为电极的类型，其电动势仅停留在0.3伏的水平，团队将通过调整电极材料将其电动势提高到2伏以上。冈崎副教授说：“我们希望为建设脱碳社会提供锂电池以外的选择。”

锂电池在上世纪90年代初投入实际使用，一直保持着个人电脑和手机主流蓄电池的地

位。眼下锂电池也将是电动汽车车载电池当仁不让的选择。

2019年诺贝尔化学奖得主吉野彰等人是日本锂电池行业的牵头人，但产业界并未将科研优势转化为商业成果。日本国内制造商一开始还曾自满于较高的市场占有率，但很快就在中国和韩国企业的价格攻势面前丧失了优势。

就氟离子电池而言，目前也是日本企业在研发领域先走一步。对于在资源采购方面存在严重担忧的日本来说，从降低风险的需要出发，氟离子电池实现商用将具有重大意义。

就如丰田等车企纷纷进入研发领域所代表的，氟离子电池已经成为面向电动汽车的新一代蓄电池的有力候选者。按照冈崎副教授的说法，在钠离子和镁离子电池等诸多候选者中，氟离子电池更有希望在容量和解决资源困境两方面超越锂电池。

为了避免重蹈锂电池行业的覆辙，需要将技术优势转变为拥有高水平竞争力的产品和生产体系，而这离不开来自产业界和国家的支持。

## 蟹壳电池可生物降解

参考消息 2022.11.23

**【英国《新科学家》周刊网站9月1日报道】题：**由蟹壳和锌制成的电池可充电和生物降解（记者 克利斯塔·莱斯特·拉塞尔）

用蟹壳和锌制成的可充电电池可以储存风能和太阳能，而且它的零部件可以在几年之内安全地生物降解或回收利用。

关键在于壳聚糖，这是一种从甲壳质中提取的化合物，而甲壳质可以在螃蟹和虾壳中找到。马里兰大学的胡良兵说，这种电池在能量储存方面令人印象深刻，可以充电至少1000次。

锂离子电池是目前的标准，但生产锂离子电池需要开采锂，这可能会破坏环境，而且这种金属的供应有限。

胡良兵说，基于锌离子的电池是一个有趣的替代品，因为锌在自然界十分充足。然而，锌离子电池通常不能多次充电，而且性能很差，因为电池内的水会腐蚀锌并在阳极上形成沉积物，干扰电池的功能。

胡良兵决定研究壳聚糖，因为其分子与水结合得很好，这意味着没有那么多水分子与锌反应，这可能有助于避免锌腐蚀。

胡良兵说，壳聚糖可生物降解，在自然界中广泛存在，既安全又便宜。一个硬币大小、将阳极和阴极分开的电池隔膜只需要20微克的市售壳聚糖粉，成本约为0.00017美分。

胡良兵和他的同事制造了一种含有壳聚糖和锌离子的柔性透明膜，并将其压缩至扁平致密。然后他们将这层透明膜放在锌阳极上。阴极是由一种被称为聚硫代苯醌（PBQS）的有机化合物制成的。

测试表明，这种膜允许锌离子保持高电导率，而不会出现锌在水中腐蚀的常见情况。相

反，锌颗粒变成微小的六边形薄片，沿着测试电池的阳极堆积成扁平的层——继续帮助减少不必要的锌反应。

在性能和寿命方面，这种电池能够在每平方厘米 50 毫安的高电流密度下工作 400 小时——或充电 1000 次，这可与小型锂电池相媲美。

胡良兵说：“电池在高电流密度下工作并不是一件容易的事情。”

他说，在密闭的电池中，壳聚糖数年后会逐渐降解，剩余的锌可以回收利用。

## 压缩空气储能有望开启商用大年

中国能源报 2022.11.21

日前，西安陕鼓动力股份有限公司（以下简称“陕鼓动力”）与湖北楚韵储能科技有限责任公司，在上海签订世界首台（套）在建 30 万千瓦级压缩空气储能示范工程项目空气压缩机组及配套和辅助系统设备订货合同。项目建成后，将在非补燃压缩空气储能领域实现单机功率世界第一、储能规模世界第一、转换效率世界第一等诸多目标。

在多家券商看来，经过数年发展，压缩空气储能已经迎来了产业化的初级阶段。随着中央及地方出台指导和鼓励政策，企业纷纷加大相关项目的开发力度。截至今年 9 月，我国压缩空气储能在建/筹建装机规模已超 600 万千瓦，产业有望迎来商用大年。

### 多省份出台鼓励政策

天风证券分析师指出，随着国家层面指导政策的出台，压缩空气储能全产业链有望实现快速发展。根据国家发改委、国家能源局发布的《“十四五”新型储能发展实施方案》，要重点建设更大容量的液流电池、飞轮、压缩空气等储能技术试点示范项目。到 2025 年，新型储能由商业化初期步入规模化发展阶段，具备大规模商业化应用条件。

在上述目标下，多省份在相关发展规划中特别提及压缩空气储能。10 月，青海省能源局印发《2022 年青海省新能源开发建设方案》，明确配套储能技术类型的储能规划装机量共 636 万千瓦时，其中压缩空气储能约 304 万千瓦时至 384 万千瓦时，占比 48% 至 60%。

11 月中旬，山西省发布“十四五”新型储能发展实施方案，要开展压缩空气等关键技术、装备和集成优化设计技术研究，同时，推动多种类型储能技术发展及多元化应用。例如，推动建设液流电池、压缩空气储能等大容量和中长时间尺度新型储能试点示范，利用大同云冈煤矿废弃巷道开展压缩空气储能技术示范应用等。宁夏则在氢能产业发展规划中强调，支持有条件的企业积极发展飞轮储能、压缩空气储能等多种新型储能方式，并与绿氢生产有机结合，逐步形成抽水蓄能、电化学储能、氢储能等多种储能技术相互融合的储能体系。

中泰证券分析师表示，受政策催化和技术进步影响，压缩空气储能商用大年已至。山东还出台了全国首个省级电力现货市场储能支持政策。后续以压缩空气为代表的新型储能有望开展示范项目支持性电价政策，投资方回报率将得到显著提升，项目投资意愿有望明显增

强。

### 成本可媲美抽水蓄能

天风证券分析师认为，积极开展新型储能关键技术研发、探索不同技术路径和发展模式的过程中，要重点加强新型储能安全风险防范，保障新型储能项目建设运行的全过程安全。储能电站的安全性问题愈发受到重视，而相比于以锂离子电池为代表的电化学储能技术，压缩空气储能以空气为原料，不会燃烧，没有爆炸的危险，不产生任何有毒气体，安全系数较高。

民生证券电新行业首席分析师邓永康指出，压缩空气储能以绿色、丰富、取用方便的空气作为介质，能将可再生能源发出的间歇性电力拼接起来，改善电能的质量，具有储能容量大、储能周期长、投资少等优点，被认为是最具发展前景的大规模储能技术之一。

经过数年发展，压缩空气储能成本已快速下降。2014年，国内首个投运的压缩空气示范项目芜湖500千瓦电站，单位投资成本约6万元/千瓦。而去年投运的肥城一期1万千瓦电站单位投资成本已降至1万元/千瓦。

行业内另有测算显示，在削峰填谷和电源侧可再生能源消纳（利用弃风弃光，不考虑充电成本）两种场景下，现阶段压缩空气储能度电成本分别为0.904元/千瓦时和0.441元/千瓦时，低于磷酸铁锂电池储能，与中小型抽水蓄能接近；到2025年，有望分别降至0.748元/千瓦时和0.321元/千瓦时。长期来看，随着产业链成本加速下行，压缩空气储能技术的性价比将日益凸显，装机规模有望快速增长。

### 产业规模将持续扩大

截至目前，我国压缩空气储能现有累计装机规模约18.25万千瓦。不过，压缩空气储能商业化项目正在大规模上马，包括湖北应城30万千瓦级示范工程、山东泰安60万千瓦级示范工程、甘肃金昌30万千瓦级项目和辽宁朝阳30万千瓦项目等。截至今年9月，我国压缩空气储能在建/筹建装机量达630万千瓦。

根据国家发改委的数据，到2025年，将实现新型储能装机规模3000万千瓦以上。行业内测算显示，其中压缩空气储能装机量占比将在20%左右。在乐观预期下，到2025年，我国压缩空气储能装机规模有望达到1000万千瓦，到2030年有望达到5800万千瓦以上；而悲观预期下，2025年和2030年我国压缩空气储能装机规模也将分别在350万千瓦和2700万千瓦以上。

随着压缩空气储能电站有望进入产业化发展阶段，其核心设备空气压缩机与透平膨胀机市场也将迎来更广阔的增量空间。到2025年，上游核心设备累计市场空间有望达到185亿元，2030年有望达到854亿元。

在此情况下，企业纷纷入局。陕鼓动力董秘表示，公司将持续跟踪国内压缩空气储能项目，未来将继续加强相关技术的研发，并与各电力相关企业合作，在发电侧、电网侧和用户侧协同开拓压缩空气储能市场。（董梓童）

# 全钒液流电池储能博出位

中国能源报 2022.11.21

**本报讯（实习记者林水静）**报道 近日，中核汇能1吉瓦时全钒液流电池储能系统开标。据悉，这已不是全钒液流电池今年的第一个吉瓦时级别项目。10月26日，中节能太阳能股份有限公司发布公告，察布查尔县250兆瓦/1吉瓦时全钒液流储能+100万千瓦市场化并网光伏发电项目获批；10月1日，三峡能源吉木萨尔250兆瓦/1吉瓦时全钒液流储能+100万千瓦光伏开工建设……

有业内人士向记者表示，全钒液流电池陆续布局吉瓦时级别项目，预示着整个储能行业的形势正在发生改变，此前锂电一家独大的局面或将逐渐被液流电池打破。

据了解，全钒液流电池是以钒离子的稀硫酸水溶液为电解液的新型储能电池，因其难以发生热失控，安全性高，是大规模、大容量、长时、高安全性储能的首选技术。尤其是自今年7月以来，全钒液流电池概念股持续走高，引起了行业内的持续关注。

此次入标中核汇能项目的企业共五家，分别为大连融科、四川伟力得、液流储能、国网电科院武汉南瑞和山西国润储能。其中，最低报价为液流储能，投标报价22万元，单价2.20元/瓦时。

江苏科润膜材料有限公司总经理杨大伟表示：“此次全钒液流电池的报价为2.2元/瓦时，虽然看起来比锂电池1.5元/瓦时-1.8元/瓦时的报价高，但实际上度电成本已经低于锂电池了。全钒液流电池的寿命长，且寿命到期只需要更换电解液的部分便可重复使用。虽然一次性投入成本较高，但从整个生命周期角度来看，全钒液流电池的实际使用成本更低。”

“三年内，全钒液流电池储能系统平均单价应该能降到2元/瓦时以内。”杨大伟进一步表示，当前全钒液流电池整体电力为120毫安/平方厘米到160毫安/平方厘米左右，下一阶段的目标是达到250毫安/平方厘米甚至是300毫安/平方厘米。因电力提高可使整个电力成本成倍的下降，且钒价稳定，因此全钒液流电池尚有降价空间。

此前，大连融科方面也曾公开表示，目前，全钒液流电池的初投成本大约在2.5元/吉瓦时-3.5元/吉瓦时，大连融科计划将在“十四五”末，通过提升电堆性能、电解液利用率以及产业规模，将成本降到1.7元/吉瓦时至2元/吉瓦时。

## 减碳、脱碳、碳捕捉、碳利用，顶尖科学家共谋“碳策”

### ——第二届世界顶尖科学家碳大会观察

科技日报 2022.11.4

“中国在气候变化方面扮演着非常重要的作用。比如，中国在太阳能光伏领域具有非常好的成本优势。但中国人均耕地少，同时缺乏天然气的储备，中国在粮食、能源方面要实现自给自足，就要做出更多努力。”11月3日，第五届世界顶尖科学家论坛的先导论坛——第二届世界顶尖科学家碳大会（以下简称碳大会）在上海科学会堂举行，2013年诺贝尔化学奖得主迈克尔·莱维特在会上作上述表示。

近两年，高温热浪、暴雨、干旱等极端天气在全球各地频繁发生，引起世界各地对气候变化的强烈关注。本届碳大会上，来自全球多个国家的科学家分享了自己的研究成果，并就新技术应用、低碳教育以及国际合作等进行了交流讨论。

本届碳大会分为三个独立主题议程——“碳策”未来，聚焦于“碳达峰、碳中和”战略与国际科技合作前瞻；“零碳”未来，聚焦于碳中和技术前沿与实现零碳发展的科学路径；“绿能”未来，聚焦于绿色能源革命与低碳可持续发展。

#### “双碳”背景下，能源技术备受关注

论坛上，2019年沃尔夫农业奖得主大卫·齐尔伯曼提到了生物经济“脱碳”解决方案。他解释说，生物经济就是要充分利用发酵、基因编辑等生物技术和农业、林业、牧业等自然资源技术，帮助我们从不可再生经济向以可再生资源为基础的经济过渡，同时帮助我们更好地适应这一转变过程。他还提到，生物燃料是太阳能之外非常具有发展潜力的领域，也是非常有效率的能源。生物燃料一方面可以减少温室气体的排放，降低化石能源的价格和化石能源开采的成本，同时有助于提高粮食生产率。

“双碳”战略背景下，能源结构将发生重要变化。中国工程院院士贺克斌就提到，在“碳中和”背景下，到2060年，可再生能源、新能源占比将超过70%，其中太阳能和风能是非常重要的内容。贺克斌提到，全球太阳能和风能资源分布极不均衡，特别是在时间和空间上。他认为，“如果要在全球范围内解决能源分配的问题，或许应该设计出一个跨国、跨大陆的能源网络。”

#### 前沿新技术助力碳捕捉、碳转化

有没有一种新材料可以实现碳捕捉？2018年沃尔夫化学奖得主奥马尔·亚基在“零碳”未来主题论坛上提到，材料设计中可以利用机体的分子结构实现碳捕捉。“实现碳捕捉，对材料有一些最低的要求。比如，表面积要非常大、能量要非常大，非常好的水稳定性等。”

奥马尔·亚基也介绍了新材料实现碳捕捉的前沿技术。比如，有些材料能够从生产水泥的气体之中实现高效率的碳捕捉，这种材料的网状结构非常规则，吸收能力也非常强。

“如何把二氧化碳转化成新能源、可再生能源呢?” 2015年麦克阿瑟天才奖得主杨培东表示,电催化的过程可以把二氧化碳变成三氧化碳,或者其他的一些物质。他比较了生物催化剂和合成催化剂的优劣势,如生物催化剂能够实现100%的选择性,但是生产效率比较低。而合成的电催化剂,特别是纳米颗粒的催化剂,生产效率高,可以实现工业级生产。“化学转换的过程有比较高的选择性,同时也要考虑到过程中分离的成本、新技术的成本等。”杨培东说道。

“气候变化是一个复杂的问题,需要全球不同的科学家们关注不同的领域。”在“碳策”未来主题论坛上,中国科学院院士朱彤表示,中国已经取得了非常好的成绩,但是,也有一些国家还没有办法实现从依赖传统能源到使用可再生能源的转变。不管是从技术的角度,还是从经济的角度,都存在更大的挑战。这需要全球共同努力。

大卫·齐尔伯曼也表示,气候变化是一个全球性问题,“尽管各国政治上可能存在一些不同意见,在应对全球气候变化问题上,我们应该克服这些不同意见,进行更好的合作。”(侯树文 王春)

## 健全完善能源碳达峰标准化建设

经济日报 2022.11.2

近日,国家能源局发布《能源碳达峰碳中和标准化提升行动计划》(以下简称“行动计划”),提出到2025年,初步建立起较为完善、可有力支撑和引领能源绿色低碳转型的能源标准体系,能源标准从数量规模型向质量效益型转变,标准组织体系进一步完善,能源标准与技术创新和产业发展良好互动,有效推动能源绿色低碳转型、节能降碳、技术创新、产业链碳减排。

推动能源绿色低碳转型是贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰、碳中和重大战略决策的关键举措,标准是能源绿色低碳转型的技术支撑和基础性制度。行动计划的制定旨在进一步提升能源标准化水平,有力支撑能源碳达峰、碳中和。

为此,行动计划提出了六大重点任务:大力推进非化石能源标准化;加强新型电力系统标准体系建设;加快完善新型储能技术标准;加快完善氢能技术标准;进一步提升能效相关标准;健全完善能源产业链碳减排标准。

当前,标准化已成为新型电力系统建设的重要支撑。以绿电采购为例,购买绿电是企业降低电力消费间接碳排放的重要途径,但由于国内缺乏绿色电力评价的相关理论支撑及标准,绿电交易长期受到制约。今年9月份,全国首个“绿色电力评价”地方标准正式实施,按照该标准认定的绿色电力消费成为企业碳减排的有力凭证,使得应用侧的碳核算更加明晰准确。

标准编制团队成员、远景科技集团高级战略总监张元表示,该标准的制定是我国电力市场一项重大的机制创新,为绿色电力认证工作的开展提供了重要基础,为发电企业、制造企

业带来了发展新机遇。该标准的推出，有望更好地促进新型电力系统建设，为绿色制造、绿色产品“走出去”服务。

标准化提升还有力支撑了新能源电站建设。浙江海宁泛半导体产业园屋顶，新建的光伏电站即将于11月底接受电网标准化统一调度。

“这是去年3月份国家发展改革委、国家能源局出台《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》后，海宁并网的第680个光伏项目。”国网海宁市供电公司市场营销部副主任仲皆文介绍，结合新型电力系统建设路径，公司完善了光伏及储能接入、电力负荷响应等一系列标准体系，研究并发布《光伏接入规范》《储能接入规范》等相关文件，实行项目标准化管理与接入。系列标准体系的不断落地，有力支撑了能源结构规范化绿色转型。据规划，海宁力争到2025年全市建成1万户居民住房屋顶光伏项目。

新型储能是能源绿色低碳转型的关键基础设施。“当前对新型储能规划设计和调度运行机理的研究不够深入，发输配用等环节对新型储能的协同融合考虑不足，导致相关标准不够明确和完善。在缺乏规范引导和技术要求的情况下，难免出现低效重复建设的情况，利用效果也会出现打折扣的情况。”电力规划设计总院副总工程师戴剑锋说。

对此，行动计划明确，完善新型储能标准管理体系，结合新型电力系统建设需求，根据新能源发电并网配置和源网荷储一体化需要，抓紧建立涵盖新型储能项目建设、生产运行全流程以及安全环保、技术管理等专业技术内容的标准体系。

随着全球性能源短缺出现，核电的角色正在重新定位。行动计划提出，进一步完善核电标准体系。今年9月份，由中建电力建设有限公司承建的中广核广东太平岭核电项目华龙一号2号机组核岛穹顶吊装顺利完成，标志着国家首座生态核电太平岭核电2号核岛正式由土建施工阶段转向设备安装阶段。

近年来，随着我国核电技术日趋安全、清洁、高效，生态核电的概念和指标体系应运而生。电力行业核电标准化技术委员会委员束国刚认为，由“核电站”到“生态核电站”，绝不仅仅是两字之差。在环境保护要求日益提高、社会公众广泛参与项目落地决策的今天，生态核电是破解时下核电事业发展困局的重要举措。

标准化提升是一项系统工程。专家表示，下一步要加快推进能源绿色低碳转型和碳减排相关共性基础标准制修订，抓紧完善能源碳达峰急需标准，进一步提升节能降碳标准要求和标准质量，有效满足能源转型标准需求。（王轶辰）

## 全球化石燃料碳排放将创新高

参考消息 2022.11.12

【法新社埃及沙姆沙伊赫11月11日电】题：2022年化石燃料二氧化碳排放量预计将创下纪录

今年公布的一项研究显示，在经历疫情导致的下降后，由化石能源（石油、天然气、

煤炭)消耗所产生的二氧化碳排放将在2022年将超过此前的纪录。

全球二氧化碳总排放量将近乎恢复到2019年时的水平。根据“全球碳计划”组织科学家的判断,按照这个速度,今后9年内避免全球气温升幅超过1.5摄氏度的概率只有二分之一。据这些科学家测算,今年化石燃料导致的二氧化碳排放“将比2021年增长1%,达到366亿吨,这要比疫情暴发前的2019年的水平还要高一点”。

这种增长主要是由航空交通恢复带来的石油消耗(增长2.2%)以及煤炭使用(增长1%)拉动的。自2014年以来逐渐下降的煤炭排放今年将增长1%,预计将恢复甚至超过当年的创纪录水平。

这项研究发表在《地球系统科学数据》杂志上。

“全球碳计划”召集了80个机构的100多名科学家,每年计算二氧化碳排放量以及剩余的“碳预算”,即全球气温升幅维持在一定范围内时二氧化碳的排放上限。研究指出,按照目前“碳预算”消耗的节奏,只有一半的机会在今后9年内实现将气温升幅限制在1.5摄氏度以内的最高目标。

在全球主要污染排放地中,印度的化石燃料排放反弹幅度在2022年将是最大的,增长6%。美国将增长1.5%。中国则为-0.9%。受到能源危机影响的欧盟将下降0.8%,其中天然气排放下跌10%,煤炭相关排放增长6.7%,石油排放增长0.9%。

世界其他地区的化石燃料排放主要受航空运输复苏的影响而增长1.7%。与化石燃料无关、约占总排放量10%的其他因素导致的排放出现轻微下降。

**【美联社沙姆沙伊赫11月11日电】**据跟踪碳排放量的科学家们称,今年全世界通过燃烧煤炭、石油和天然气向空气中释放的温室效应气体二氧化碳将比去年多1%,这对于抗击气候变化的斗争来说是个坏消息,但也存在一个不寻常的转折。

“全球碳计划”的科学家们周五在埃及举行的国际气候会议上发表的研究报告预计,中国的碳排放污染与2021年相比下降0.9%,而美国的排放量增加了1.5%。

研究报告第一作者、英国埃克塞特大学的皮埃尔·弗里德林施泰因认为,中国2022年试图控制新冠疫情复发的封控措施是导致该国排放下降的主要原因。

弗里德林施泰因的研究团队(以及其他科学报告)估算,在气温上升幅度突破1.5摄氏度的限度之前,地球只能再向空气中排放3800亿吨二氧化碳。这大约相当于9到10年的排放量,意味着地球很可能在2031年或2032年就突破这一限度。

该研究报告估算,2022年全世界将因为使用能源向空气中排放366亿吨二氧化碳。这相当于每75分钟释放出重量与吉萨大金字塔相等的二氧化碳。

## 数字化是提高生产率重要途径

经济日报 2022.11.10

数字化是提升生产力的潜在途径。在过去几十年中,中国的经济发展得益于人口红利及

其他举措，从长远来看，通过数字化提高生产率，进而提升经济增长潜力是主要途径。中国可以通过创造良好的数字化环境进一步获得数字化“红利”。正如习近平主席指出的，数字经济发展速度之快、辐射范围之广、影响程度之深前所未有，正在成为重组全球要素资源、重塑全球经济结构、改变全球竞争格局的关键力量。

数字技术是有效提高生产率、实现经济可持续发展的关键。为了充分挖掘数字化促进生产力提高的潜力，需采取相关政策鼓励采用数字技术，比如，建设数字基础设施、提高数字化意识、提供数字化支持以及建立宽松的数字化监管。此外，通过学校和成人培训培养数字化人才也是通过数字化提高生产率的先决条件。

### 中国数字化取得的主要成绩

目前，全球范围内还没有一个综合指标能够描述经济数字化的程度或速度，因此很难找到标准来将中国与其他国家相比较。信息和通信技术部门的规模并不是一个衡量数字经济的完美指标，因为它仅限于信息和通信技术部门，而数字化的运用范围却更为广泛。但仅仅根据这些对数字经济规模低估的不完善指标，目前中国信息通信技术产业的绝对规模已经达到美国的一半左右，略低于欧盟。

数字基础设施的覆盖率和质量水平，是决定数字化驱动力的关键参数。中国的城市连同行政村实现了宽带网络全覆盖（来源：国际数字经济发展报告 2022 年）。2020 年，移动网络用户每百户注册比例为 117%，相关数据高于法国等一些发达经济体，仅低于日本、韩国。由于智能手机是目前主要的移动终端，因而固定宽带接入仅有三分之一左右，这略低于日本、德国、韩国。

除了覆盖率外，带宽对于数字服务的拓展也至关重要。中国的固定宽带下载速度为 193.15 Mbit/s，这在全球排名第 15 位，远高于全球平均水平，并且还领先于许多发达经济体（来源：速测全球指数，2021 年 8 月）。此外，99.3% 的用户的带宽服务超过 10Mbit/s，高于许多发达经济体。截至 2021 年 6 月，全球有 58 个国家运营 5G 网络（来源：全球移动供应商协会：LTE 至 5G；2021 年 6 月全球更新）。预计 5 年后，中国 5G 用户将达 4.6 亿。和 5G 一样，中国在 6G 方面也在突飞猛进。截至 2021 年 8 月，中国的 6G 相关专利申请占全球总申请量的 40.3%，全球排名第一。

中国的移动网络价格也很有竞争力，实现了能够负担得起的互联网价格水平。可负担的互联网价格水平是促进数字化发展政策目标的重要一环。中国固定宽带成本是许多发达经合组织国家（如美国、日本和德国）相对成本的一半。

商业领域一直是中国数字技术的主要实施者和引领者，一些大型科技巨头早早加入到这一大潮并从中受益。在新冠肺炎疫情冲击下，一些非接触性合作以降低感染风险的内在需求不断涌现，这为数字化发展注入了新的动力，引发了新一轮创新热潮，而且创新更具有包容性，以满足人们的真实需求。疫情使中国手机支付的增长率推高到两位数；大量新应用程序的推出也满足了无纸化、无接触的交易需求；一些嵌入大型平台的小程序，尤其是面向教育

和医疗服务的小程序发展迅猛。可以看出，这次创新热潮的一个主要特点是以数字化满足现实的经济需求，这可能会对生产率的提升有显著影响。电子商务在中国已经蓬勃发展，疫情环境下避免人与人的接触则会进一步增加其发展机会。得益于此，中国电子商务的发展前景将更为广阔。

### **新兴数字技术的腾飞**

中国已经成功跨入了新兴技术领域。区块链和人工智能等发展仅仅几十年，还属于新兴行业，新进入者迎头赶超的难度并不大。据统计，中国在数字共享服务领域的份额正越来越大。

数字服务行业的进入成本远远低于高技术制造业，能够更快地追赶发达国家的高新技术，这是具有吸引力的。几十年来，中国加大了高新技术制造业和服务业等方面的研发投入，且已见成效。目前中国企业在人工智能方面的累计投入仅次于美国公司。中国目前还是人工智能等相关科学出版物的最大供应者。这些丰富的数据表明，中国在人工智能研发方面处于非常有利的地位。

区块链技术在效率提升方面具有巨大潜力。这一技术具有可扩展性，有利于保护安全和隐私，满足企业的需求。领先的数据科技公司在区块链研发方面进行了大规模投资，并取得了重大技术进展。2019年3月，中国国家外汇管理局建立以区块链为基础的交易平台，这是中央政府机构帮助中小企业的金融服务平台。中国国家信息中心下属的智慧城市发展研究中心正与中国移动和中国银联等合作，推出一个可靠、可控的区块链服务网络。

新冠肺炎疫情无疑加速了区块链的应用，该技术非常适合满足新出现的经济需求。比如，实现食品的可追溯性或者供应链融资。由于技术限制导致各类需求被长期压抑，而整个区块链平台行业的大量出现将满足企业的定制需求。

### **通过数字化提高生产率**

为了促进数字化转型，需要储备适当的物质、人力、制度和社会资本。数字化转型不仅需要大量资金，还需要时间和缜密的部署，从而探索最优的发展路径。

在数字基础设施建设方面，中国已经做好了数字化转型的准备。中国拥有全球优质数字基础设施和最佳覆盖范围，而且价格实惠。更重要的是，中国在前沿数字技术方面已经成功实现突破，这将有助于中国更快地部署和推动全面发展。由于大数据的开发与应用并非均衡等比例，所以尽管美国在研发方面处于领先地位，但中国在应用方面已经超过了美国。

中国还拥有大量具有高等教育背景的劳动力，他们有可能成为开发和应用过程的骨干力量。然而，与数字化转型所需的专家数量相比，目前的人数仍然不足。从工作场所的技能需求来看，计算机编程方面尚有很大缺口。比如，大专毕业生所能提供的技能与雇主需求之间还有较大差距。但在某些领域，如大数据专家，中国却拥有占世界近60%的专家。

技能和技术之间有互补性，这在数字领域也一样。采用数字技术需要有能够处理软件的人，特殊情况下还需要能够根据业务需求定制应用程序的技术人员。因此，培养更多的计算

机及其相关方面的专家，是大规模数字化转型的先决条件。拥有强大的计算机技能将成为机器学习或人工智能等更尖端技术发展的基础，这方面的技术人才正在中国一些大学的前沿专业成长。

为了应对快速的数字化转型，制度设计的重要性也不亚于物质、资本或人力资本。相关法律法规要加快健全与完善，以适应快速崛起的数字化产业的发展。在数字化平台的监管方面，也需更加重视并且加大投入。经合组织几年前就建议并强制共享互联网平台必须有利于中小企业的发展，同时在互联网平台的发展过程中也要逐步加强消费者保护。习近平主席指出，深入推进公平竞争政策实施，加强反垄断和反不正当竞争，以公正监管保障公平竞争。

针对区块链行业的监管政策也在不断完善。比如，2020年7月，中国人民银行发布《关于发布金融行业标准推动区块链技术规范应用的通知》，要求使用区块链技术的金融机构系统应用评估规则（《区块链技术金融应用评估规则》）。

此外，提高对数字技术及其影响的认识，特别是在小型企业中，也是数字化转型必要的一部分。

上述各方面都是中国经济数字化转型所必需的。当然，在这些方面，政府和行业协会可以发挥积极协调作用。例如，积极向小型企业提供数字诊断服务，从而能够尽快掌握这些企业在数字化过程中遇到的瓶颈。类似这样的技术支持，可以有效地提升数字化服务的水平，提高数字化普及率。（马吉特·莫尔娜）

## 看各地如何有序规划碳达峰

中国能源报 2022.10.31

去年10月，《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（以下简称《工作意见》）正式发布。作为双碳“1+N”系列文件中的“1”，该《工作意见》与《2030年前碳达峰行动方案》被誉为实现“双碳”目标的顶层设计。

在《工作意见》公布后，全国31个省区市陆续公布“双碳”目标和一系列行动方案，结合各地实际情况，对关键年份的目标作出规划和部署。

### 地方规划编制基本完成多地明确2025年非化石能源占比

《工作意见》对2025年、2030年和2060年三个关键年份的目标作出部署。其中对非化石能源消费比重设定了最清晰的目标：在2025年达到20%，2030年达到25%，2060年达到80%。对单位GDP二氧化碳排放下降幅度明确了2025年和2030年的目标，单位GDP能耗下降则明确了2025年的目标。

《工作意见》中的目标和措施为地方提供了指引。此前，中央提出的由“能源”双控转向碳“双控”、鼓励可再生能源发展、控制化石能源消费、遏制“两高”项目盲目发展等政策导向，均在各地的规划中有所体现。

总体上看，各地优先对2030年碳达峰作出了规划部署。在能源与能耗相关指标中，

2025 年的非化石能源消费比重目标被最多省市明确，共 30 个省区市公布了 2025 年的非化石能源消费比重目标。而各地的经济发展水平、产业结构、能源结构也决定了实现碳达峰的速度有所不同，期间制定的目标与措施也各有侧重。

### 能耗“双控”仍是主着力点部分省份优先转向碳“双控”

2021 年 12 月，中央经济工作会议提出，要创造条件尽早实现能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变，新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制。

尽管能耗强度下降和二氧化碳强度下降都属于约束性目标，但各地对二氧化碳强度目标设置比较模糊，只有宁夏、黑龙江、青海、贵州、河北提出了二氧化碳排放强度下降目标。

有 21 个省区市提出了 2025 年能耗强度下降目标，其中 15 个省市的目标高于全国较 2020 年下降 13.5% 的目标。与此同时，有 7 个省市进一步明确了 2030 年的二氧化碳强度下降目标，基本与国家下降 65% 的目标一致。其中，上海提出了二氧化碳下降 70% 的高目标。

从各地公布的措施来看，广东、江苏等能耗强度相对较低的省份明确提出强化碳排放控制力度，推动能耗“双控”向碳“双控”转变。其他地区在继续强调能耗“双控”的同时，也开始关注二氧化碳强度控制，着手建立二氧化碳排放总量控制制度。

我国正处于从能耗“双控”转向碳“双控”的关键时期。一方面，一些能耗大省化石能源消费比重高、能源强度高，短期内能耗“双控”仍是重点任务；另一方面，一些经济较为发达、能耗强度低的地区已经具备了开展碳“双控”的条件，如果能借助碳“双控”的政策导向，提前探索碳“双控”模式，将有利于以非化石能源的增长，满足合理的能源消费增长需求，也将对其他地区转向碳“双控”起到示范作用。

### 控制化石能源消费同时强调能源安全与稳定

化石燃料燃烧是碳排放的主要来源，要构建清洁低碳的能源体系，需要在控制化石能源消费的同时提高清洁能源的消费比重，而与此同时，能源系统的安全与稳定也必须贯穿能源转型的始终。

煤炭消费比重逐渐降低是实现“双碳”目标的必然趋势。共有 10 个省市预计 2025 年煤炭消费比重下降到 50% 以下。山东的下降幅度最大，预计煤炭占一次能源消费比重将从 2020 年的 66.8% 下降到 2025 年的 56%，而海南省则对煤电限制发展的态度十分鲜明，提出禁止新增煤电项目。

随着能源安全问题成为关注的焦点，更多省区市在规划中，强调能源安全与稳定，通过发展清洁煤电、煤电机组改造等方式发挥化石能源的保障作用。如河北、吉林提到了等容量替代；湖南、内蒙古都提到布局大型清洁煤电机组；青海提出统筹煤电发展和保供调峰，合理建设煤电机组。而“三改联动”已经成为各地推进煤电转型的普遍方式。煤电在能源转型中发挥着支撑保障的关键作用，意味着未来一段时间内，我国仍将新建清洁高效的煤电项目。

### 因地制宜发展非化石能源占比目标设定南高北低

构建清洁低碳安全高效的能源体系的另一面是提升非化石能源比重，各地的资源禀赋不同决定了发展非化石能源需要因地制宜。

结合各地的规划来看，15个省区市的目标高于国家2025年20%的目标。17个省区市对2030年的非化石能源消费比重设定了目标，其中11个省区市的目标高于国家2025年25%的目标。

与此同时，各地2025年非化石能源消费占比目标还呈现出“南高北低”的特点。设定较高目标的省区市基本位于南方地区，青海、甘肃两个清洁能源资源丰富的西北省份的目标也高于全国目标。两省都将重点投入清洁能源基地建设。

其中，青海提出到2025年非化石能源占一次能源消费比重超过50%，居全国第一。青海的优势在于非化石能源消费比重已达到47%，并实现了电力供应高比例依靠可再生能源。

与青海相比，甘肃的能源结构仍以煤为主，煤炭消费占比超过一半，但目前省内电力系统调峰能力不足，若以增加新能源电力为突破口加速能源消费结构调整，还需要增加外清洁能源输送通道，提高电力系统调节能力。

而江西、江苏、安徽三个南方省份的2025年目标低于20%，其中江西、安徽2020年的煤炭消费比重超过60%，两省的能源资源禀赋较为单一，可再生能源开发潜力有限，在南方省份中能源结构低碳转型任务艰巨。

海南则规划充分利用海上风能资源优势，提出了2030年非化石能源消费比重达到54%的高目标。

随着区域一体化深入发展，区域协同“达峰”也可以成为重点城市群下一步探索的方向。长三角、成渝地区已经发布区域碳达峰行动方案，为区域内示范区能耗强度与碳排放强度下降设定目标，区域内多个城市将共同完成包括区域能源、产业、交通低碳绿色转型等重点任务。（王秋怡）

## 认真学习宣传贯彻党的二十大精神 积极稳妥推进碳达峰碳中和

经济日报 2022.11.11

党的二十大报告提出，“积极稳妥推进碳达峰碳中和”。这是以习近平同志为核心的党中央统筹国内国际两个大局作出的重大决策部署，为推进碳达峰碳中和工作提供了根本遵循，对于全面建设社会主义现代化国家、促进中华民族永续发展和构建人类命运共同体都具有重要意义。我们要坚决贯彻党中央决策部署，以“双碳”工作为总牵引，全面加强资源节约和环境保护，加快推动形成绿色低碳的生产生活方式，促进经济社会发展全面绿色转型，建设人与自然和谐共生的现代化。

### 一、深刻认识推进碳达峰碳中和的重大意义

习近平总书记指出，实现碳达峰碳中和，是贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高

质量发展的内在要求，是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，具有重大的现实意义和深远的历史意义。

（一）推进“双碳”工作是破解资源环境约束突出问题、实现可持续发展的迫切需要。党的十八大以来，我国绿色、循环、低碳发展迈出坚实步伐，资源节约集约利用水平持续稳步提升。但资源约束趋紧、环境容量不足等问题依然突出，而且随着工业化、城镇化进一步推进，我国能源资源需求还将刚性增长，目前我国能源资源利用效率与国际先进水平相比还存在差距，石油、天然气和部分矿产资源对外依存度不断攀升，能源资源安全保障面临的压力持续加大，生产生活方式绿色低碳转型存在多重困难挑战。如果继续沿用粗放的生产生活方式，资源能源无法支撑、生态环境也难以承受。要突破可持续发展的瓶颈制约，必须以扎实推进“双碳”工作为重要抓手，加快建设绿色低碳循环发展经济体系，提高能源资源利用效率，增强能源资源供应的稳定性、安全性、可持续性，推动形成绿色生产生活方式，从源头破解资源环境约束突出问题，实现经济社会可持续发展，为全面建成社会主义现代化强国提供坚实的资源环境保障。

（二）推进“双碳”工作是顺应技术进步趋势、推动经济结构转型升级的迫切需要。我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，调结构转方式任务艰巨繁重，产业链供应链还处于向中高端迈进的重要关口。当前，新技术快速迭代，新业态、新模式迅猛发展，我国产业门类齐全，新能源、新业态和数字经济发展势头良好，具备在变革中掌握先机的有利条件。同时，实现“双碳”目标将带来巨大的绿色低碳投资和消费需求，为我国经济发展带来新的机遇和广阔市场。加快经济结构转型升级，必须以扎实推进“双碳”工作为牵引，紧紧抓住新一轮科技革命和产业变革的机遇，强化绿色低碳科技创新，促进传统产业与新兴产业协同创新、融合发展，持续壮大绿色低碳产业，建设绿色制造体系和服务体系，形成绿色经济新动能和可持续增长极，推动我国产业链、供应链、价值链向中高端迈进，为经济社会发展全面绿色转型提供坚实的产业基础和技术支撑。

（三）推进“双碳”工作是满足人民群众日益增长的优美生态环境需求、促进人与自然和谐共生的迫切需要。良好的生态环境是最普惠的民生福祉，建设美丽中国是关系人民群众切身利益的重大战略举措。党的十八大以来，我国生态文明制度体系不断健全，生态环境质量持续改善，生态环境保护发生了历史性、转折性、全局性变化。但也要看到，我国生态环境保护仍然面临诸多矛盾和挑战，生态环境稳中向好的基础还不稳固，距离人民群众的期望还有一定差距。我国生态文明建设已进入以降碳为重点战略方向的关键时期。满足人民群众对优美生态环境的需求，必须以扎实推进“双碳”工作为重要载体，发挥降碳对生态环境质量改善的源头牵引作用，大力实施节能减排，全面推行清洁生产，加快发展循环经济，推进减污降碳协同增效，加快实现生态环境质量改善由量变到质变的根本转变，守护好蓝天白云、绿水青山，为人民群众提供更加优美的生态环境，提高人民生活品质。

（四）推进“双碳”工作是主动担当大国责任、推动构建人类命运共同体的迫切需要。

地球是人类赖以生存的家园，良好的生态环境是人类永续发展的根基。当前，气候变化已成为全球共同关切，绿色低碳发展成为广泛共识，各国都采取行动积极应对气候变化。中国作为世界上最大的发展中国家，在大力推进自身碳减排的同时，积极参与多双边对话合作，是全球应对气候变化的重要参与者、贡献者、引领者。顺应全球绿色低碳发展潮流，必须以扎实推进“双碳”工作为重要契机，在全球绿色低碳发展大势中始终保持战略主动，以更加积极姿态参与和引领全球气候治理，强化绿色低碳领域多双边交流沟通和务实合作，展现负责任大国的担当，构筑国际竞争新优势，推动共建清洁美丽世界。

## 二、党的十八大以来我国绿色低碳发展迈出坚实步伐

党的十八大以来，在以习近平同志为核心的党中央坚强领导下，各地区各部门认真贯彻党中央决策部署，坚定不移贯彻新发展理念，深入推进供给侧结构性改革，着力调整产业结构和能源结构，狠抓全社会节能减排，推动我国绿色低碳发展迈出坚实步伐。

（一）产业结构持续升级。深入推进供给侧结构性改革，积极化解过剩产能，10年来退出过剩钢铁产能1.5亿吨以上、取缔地条钢1.4亿吨。一二三产比例进一步优化，新技术、新产业、新业态发展迅猛，智能化、绿色化和服务化转型步伐加快，2021年高技术制造业占规模以上工业增加值比重达到15.1%，比2012年增加5.7个百分点。大力发展绿色产业和循环经济，实施园区循环化改造，建设一批“无废城市”和大宗固废综合利用示范基地，过去10年我国主要资源产出率提高了约58%。

（二）能源结构不断优化。积极发展非化石能源，立足以煤为主的基本国情，大力推进煤炭清洁高效利用，有序推进重点地区煤炭消费减量替代。2021年，我国清洁能源消费占比达到25.5%，比2012年提升11个百分点；煤炭消费占比降至56%，比2012年下降12.5个百分点。截至2022年5月，我国可再生能源装机规模已突破11亿千瓦，水电、风电、太阳能发电、生物质发电装机均居世界第一，非化石能源装机比重首次超过煤电。

（三）能效水平稳步提升。制定印发“十三五”、“十四五”节能减排综合工作方案，完善能源消费总量和强度“双控”制度，大力推进全社会节能，实施节能减排重大工程，推动重点行业开展节能改造，推广节能高效产品设备，健全能效法规体系，持续提升能效水平。过去10年，我国能耗强度累计下降26.4%，以年均3.0%的能源消费增速支撑了年均6.6%的经济增长，相当于少用约14亿吨标准煤。

（四）二氧化碳排放控制成效明显。碳排放增速由“十五”的12.5%、“十一五”的6.1%，降为“十二五”的3.3%、“十三五”的1.7%，排放增量也以每5年约6亿吨的速度下降，“十三五”时期增量仅为6.7亿吨。过去10年，我国单位国内生产总值二氧化碳排放下降约34%。2020年我国单位国内生产总值二氧化碳排放较2005年累计下降48.4%，超额完成上一阶段承诺的自主贡献目标。

（五）生态系统碳汇能力不断提升。深入实施大规模国土绿化行动，10年来累计完成造林9.6亿亩，占全球人工造林的1/4。2021年，我国森林覆盖率达到24.02%，森林蓄积量

提高到 194.93 亿立方米，草原综合植被盖度达到 50.32%，湿地保护率达到 52.65%。我国成为全球森林资源增长最多的国家，在森林覆盖率和森林蓄积量连续保持“双增长”的同时，实现水土流失面积和强度“双下降”，以及荒漠化、沙化土地面积“双缩减”。

同时，我国能源结构偏煤、产业结构偏重、资源利用效率偏低的矛盾仍然突出，能源结构和产业结构转型压力仍然巨大，深刻演变的国际局势给我国经济社会发展全面绿色转型带来新的挑战。实现“双碳”目标意味着我国作为世界上最大的发展中国家，将完成全球最高碳排放强度降幅，用全球历史上最短的时间实现从碳达峰到碳中和，这无疑将是一场硬仗，需要付出极其艰苦的努力。

### 三、扎实推进碳达峰碳中和重点任务

党的二十大对“双碳”工作作出全面部署、提出明确要求。我们要深入学习贯彻习近平总书记重要讲话和指示批示精神，全面贯彻党的二十大精神，认真落实党中央、国务院决策部署，坚持全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险的工作原则，扎实推进碳达峰碳中和各项重点工作，加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局，推动我国绿色低碳发展取得新的更大成效。

（一）加强工作统筹协调。把系统观念切实贯彻到“双碳”工作全过程，注重处理好发展和减排、整体和局部、长远目标和短期目标、政府和市场的关系，正确认识和把握“双碳”工作，既坚定不移走绿色低碳发展的新路子，又不急于求成、偏激冒进。把“双碳”工作纳入生态文明建设整体布局和社会发展全局，拿出抓铁有痕的劲头，扎扎实实把党中央决策部署落实到位。从我国现阶段国情实际出发，立足我国能源资源禀赋，按照碳达峰碳中和“1+N”政策体系有关部署，科学把握推进节奏，策略上稳中求进，行动上坚定不移，有计划分步骤实施好“碳达峰十大行动”。持续深化对“双碳”工作的认识和理解，跟踪国内外新情况、新动向，组织开展重大问题研究，强化政策实施效果评估。加强对地方工作的督促指导，及时发现并纠正跑偏倾向，坚决制止“碳冲锋”和运动式“减碳”。

（二）深入推进能源革命。立足富煤贫油少气的基本国情，坚持先立后破、通盘谋划，深入推进能源革命，加强煤炭清洁高效利用，大力实施煤电机组节能降碳改造、灵活性改造、供热改造“三改联动”。加大油气资源探勘开发和增储上产力度。把促进新能源和可再生能源发展放在更加突出的位置，加快规划建设新型能源体系，加大力度在沙漠、戈壁、荒漠化地区规划建设以大型风电光伏基地为基础、以其周边清洁高效先进节能的煤电为支撑、以稳定可靠的特高压输变电路为载体的新能源供给消纳体系。统筹水电开发和生态保护，积极安全有序发展核电。坚决落实能源保供责任，夯实国内能源生产基础，加快油气、煤炭储备能力建设，加强能源产供储销体系，确保能源安全。

（三）大力推动工业领域绿色低碳发展。坚持增量存量并重，加快建设绿色低碳现代产业体系，推动产业绿色化、低碳化。积极做大增量，紧紧抓住新一轮科技革命和产业变革机遇，大力发展战略性新兴产业，推动大数据、5G 等新兴技术与绿色低碳产业深度融合，不

断提高绿色低碳产业在经济总量中的比重，坚决遏制高耗能、高排放项目盲目发展。持续优化存量，下大力气推动钢铁、有色、石化、化工、建材等传统产业升级，树立并滚动更新行业能效标杆水平和基准水平，引导鼓励相关行业企业实施节能降碳改造、工艺革新和数字化转型，依法依规退出落后产能。同时，抓住资源利用这个源头，大力发展循环经济，健全资源循环利用体系，全面提高资源利用效率。

（四）推进建筑、交通等领域清洁低碳转型。积极构建绿色低碳交通运输体系，加快发展以铁路、水路为骨干的多式联运。推广节能低碳型交通工具，推进交通基础设施绿色化提升改造，协同推进交通出行的智能化、绿色化。鼓励车辆集约使用，优先发展公共交通服务，建设慢行交通设施，引导低碳出行。着力提升城乡建设绿色低碳发展质量，大力发展绿色建筑，推行绿色设计，推广绿色低碳建材和绿色建造方式。优化建筑用能结构，提高可再生能源使用比例，推广供热计量收费和合同能源管理。加快农房节能改造，持续推进农村地区清洁取暖。

（五）提升生态系统碳汇能力。坚持系统观念，推进山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，提升生态系统多样性、稳定性、持续性。构建有利于“双碳”工作的国土空间开发保护格局，严守生态保护红线，加强土地节约集约利用，巩固生态系统固碳作用。持续实施生态系统保护修复重大工程，科学开展大规模国土绿化行动，强化森林资源保护，加强草原、湿地生态保护修复，扩大林草资源总量，提升生态系统碳汇增量。建立生态系统碳汇监测核算体系，实施生态保护修复碳汇成效监测评估，建立健全能够体现碳汇价值的生态保护补偿机制。

（六）强化科技创新和人才培养。狠抓关键核心技术攻关，组织实施低碳零碳负碳重大项目示范，加快先进适用技术研发和推广应用。构建有利于碳达峰碳中和的科技创新体制机制，加强创新能力建设，建立完善绿色低碳技术评估、交易体系，加快创新成果转化。强化“双碳”专业人才培养，完善碳达峰碳中和高等教育体系，创新人才培养模式，规范社会化培训，持续加强专业技能人才队伍建设。把“双碳”工作作为干部教育培训体系的重要内容，推动各级党校和行政学院开展培训，切实增强各级领导干部推动绿色低碳发展的本领。

（七）完善“双碳”基础制度。完善碳排放统计核算制度，加强基础能力建设，开展全国及省级地区碳排放统计核算，建立健全行业企业和重点产品碳排放核算方法，统筹编制国家温室气体清单，建立碳达峰碳中和标准、计量、检测、认证体系。完善能源消费总量和强度调控，重点控制化石能源消费，逐步转向碳排放总量和强度“双控”制度，统筹建立科学合理的碳达峰碳中和综合评价考核制度。健全碳排放权市场交易制度，完善相关交易规则和核算标准，加强从业机构和重点排放企业监督管理，严厉打击数据造假行为。完善温室气体自愿减排交易规则，规范市场主体行为。

（八）积极参与应对气候变化全球治理。秉持人类命运共同体理念，积极参与国际气候谈判和规则制定，推动构建公平合理、合作共赢的全球环境治理体系。统筹做好应对气候变

化国际斗争合作，坚持我国发展中国家定位，坚持共同但有区别责任原则、公平原则和各自能力原则，坚决维护我国发展权益。积极开展绿色低碳领域务实合作和技术交流，参与碳定价机制和绿色金融标准体系国际宏观协调。深化绿色“一带一路”建设，提高境外项目环境可持续性，支持发展中国家能源绿色低碳发展。（胡飞）

## 河南建成二氧化碳制甲醇工厂

# 中国以科技创新助力“双碳”目标实现

参考消息 2022.11.14

【西班牙《阿贝赛报》网站 11 月 12 日报道】题：中国建造将二氧化碳转化为燃料的工厂（记者海梅·桑蒂尔索发自北京）

当全世界的领导人前往埃及参加《联合国气候变化框架公约》第二十七次缔约方大会（COP27）以寻找气候变化的解决方案时，一些实质性的进展却发生在其他地方。例如，中国在河南安阳刚刚建成了将二氧化碳转化为甲醇的工厂。这一过程加速了这种化学品在新一代汽车中的应用。

甲醇，别名木醇，可用于生产塑料。位于河南安阳的二氧化碳制甲醇项目每年将捕获 16 万吨二氧化碳，生产绿色低碳甲醇 11 万吨。这意味着在消费链的起点和终点都减少排放：所有这些不会进入大气的二氧化碳将转化成为比传统甲醇污染更少的燃料。

中国是甲醇生产、消费大国。不过，上述工业综合体将引进冰岛碳循环利用公司专有的二氧化碳加氢制甲醇技术。这家公司自 2015 年获得中国汽车制造商吉利的资金支持以来，一直与中国保持密切联系。吉利是沃尔沃和梅赛德斯 - 奔驰等历史悠久的汽车品牌的大股东，也是全球领先的新能源动力汽车制造商之一。

特里维尤姆中国公司专家科里·康姆斯表示，该项目“完美地体现了中国表示寻求国际合作以进行高质量、低排放的意愿”。

康姆斯指出：“从长远来看，中国在碳捕集方面的持续创新至关重要。要在 2050 年之前将平均气温升高保持在 1.5 摄氏度以内的全球碳中和目标很可能需要对这项技术进行重大发展。然而，今天的碳封存仍然非常昂贵，几乎没有机会产生商业收入。创新应用，例如安阳的工厂，或许能推动解决这个问题。”

中国已经设定了 2030 年“碳达峰”和 2060 年“碳中和”的气候目标。作为这一努力的一部分，该国主导了可再生能源基础设施，包括在甲醇正日益发挥关键作用的汽车行业。

与此同时，中国在埃及沙姆沙伊赫举行的 COP27 期间重申了其气候承诺，以及为实现这些承诺而对多边主义和合作的承诺。中国气候变化事务特使解振华在峰会的发言中表示，无论外部环境如何变化，中方都坚定地落实碳达峰、碳中和的目标愿景，积极参与全球气候治理的决心和立场不会后退，更不会改变。

# 碳纤维回收技术发展迅速

参考消息 2022.11.16

【日本《每日新闻》10月26日报道】题：日本企业大力开发碳纤维回收技术（记者 种市房子）

碳纤维是一种用在飞机和汽车上，可以减轻重量和降低油耗的材料。由于很难进行回收利用，过去很多废旧碳纤维多被填埋处理，但最近出现了将其作为生活产品零部件加以重新利用的情况。

碳纤维是一种直径5至15微米的材料，由丙烯等纤维在1000至3000摄氏度下加热碳化而成，其特点是重量轻、强度大。在碳纤维上浸渍加热到一定温度的液态会凝固形成“碳纤维增强塑料”，这一材料自2000年代后期以来已大量用于飞机上，也被用在汽车上。

不过，现在市面上流通的大多是“热固性”塑料。在加工使其凝固之后，再要加热使其熔化或改变形状会非常困难。因此，多余的废料通常被作为工业废物填埋处理。

如果不进行循环利用，每当制造新产品或更换零部件时就需制造新的碳纤维增强塑料，会消耗大量的资源和能源。碳纤维增强塑料有助于降低汽车和飞机的油耗，虽然在使用过程中减少了二氧化碳排放量，但缺点是在制造和处置过程中对环境的影响很大。

日本三菱重工业公司为美国飞机制造商公司的“波音787”生产主翼。对该公司而言，碳纤维回收利用也是一个长期课题。

这一机型由全日空公司于2011年在世界上首次采用。在此之前，飞机的零部件中也曾使用碳纤维强化塑料。但是该机在主翼等部位大量使用碳纤维强化塑料，于是低油耗成为其卖点。三菱重工从化工企业采购碳纤维增强塑料板，对其反复加热、加压使其变硬，再切割成主翼的形状。

飞机的寿命为20至25年，但制造过程中产生的多余碳纤维增强塑料，一次都没有使用就被废弃。作为回收利用的第一步，三菱重工开始利用这些废料。

引人注目的一种技术是，在500度左右的高温下对碳纤维增强塑料进行加热，仅提取出碳纤维，然后将其与另一种塑料混合，再生成新的碳纤维增强塑料。在研究层面上，各类企业和研究机构都在采用这种材料，但要在商业层面上应用，就需要找到回收材料的用途和进行回收利用的企业。

三菱重工在寻找共同进行回收利用企业的过程中，发现了三菱电机公司有在吸尘器中使用碳纤维增强塑料的想法。因为考虑到吸尘器会被拿起放下或撞到墙壁，所以它需要用质轻而强韧的材料来制造。三菱重工还找到了多家专门回收碳纤维增强塑料的企业。

三菱重工制造主翼，由回收企业将废料再生成新的碳纤维增强塑料。三菱电机用脱胎换骨而来的增强塑料制作吸尘器的零件，上述回收利用网络大约花了两年时间得以建立。今年7月，在手柄和管子上使用再生碳纤维增强塑料的无绳吸尘器上市。

三菱重工商用飞机部门 787 主翼工作部相关负责人表示：“仅靠想法和技术是无法实现回收的。提供废料的‘入口’和使用回收材料的‘出口’之间如何连接非常重要。”据该公司介绍，上述技术需要用到高温热量，会消耗一定的能源，但与从零制造碳纤维相比，从废料中提取碳纤维可将二氧化碳排放量降至原来的十分之一左右。

化学品制造企业“帝人”正从与三菱重工不同的角度来应对碳纤维回收的挑战。

该公司开发了易于回收利用的碳纤维增强塑料的量产技术。浸渍碳纤维的是一种“热塑性”塑料，即使在加工后也可以通过高温得到软化并自由成型。

很多碳纤维增强塑料中使用的热固性材料只要加热到 60 至 70 摄氏度就会变成半干的液体，容易渗入碳纤维。但是，热塑性塑料需要加热到 250 至 300 摄氏度才能变成液体，而且还有像糖浆一样的黏性，很难均匀地浸渍到碳纤维上。

“帝人”公司通过在碳纤维的表面上下功夫，开发出易于处理的热塑性塑料，确立了可均匀浸渍碳纤维的技术。这种材料在使用后再加热到 300 摄氏度左右又会变软，可以重新成型为另一种产品。

这种碳纤维增强塑料正被美国通用汽车公司用来制作卡车货箱。预计车辆报废后，这种材料将作为其他的货厢零件进行加热、改造并回收利用。

据说对“帝人”的碳纤维增强塑料进行回收利用时的二氧化碳排放量，相比新制造碳纤维增强塑料能减少大约 30%。该公司的复合成型材料事业本部副部长北野一朗说：“从纤维、塑料两方面着手解决问题，对于靠纤维起家的本公司来说是一种优势。”

## 深挖再生资源降碳潜力

经济日报 2022.11.18

再生资源具有促进资源节约、降低污染和二氧化碳排放的多重属性，再生资源行业是我国实现生态优先、节约集约、绿色低碳发展的重要领域。党的二十大报告指出，“加快发展方式绿色转型”“实施全面节约战略”“发展绿色低碳产业”。在“双碳”目标要求下，再生资源行业助力降碳的使命更加突出。

我国再生资源行业发展前景广阔。今年，国家发改委、商务部等部门陆续出台《关于加快废旧物资循环利用体系建设的指导意见》《“十四五”循环经济发展规划》等文件，提出到 2025 年末我国主要再生资源的循环利用量和产值分别达到 4.5 亿吨、5 万亿元的目标。受高碳排放行业产能扩张受限、经济逆全球化导致资源进口不畅等因素影响，我国对再生资源的需求快速增长。此外，城市建设和人民群众生活所需的钢铁、建材、汽车、电子电器产品等淘汰废弃量的持续大规模增加，也使得循环减量成为城市环境管理的必然趋势之一。未来，有必要通过再生资源行业协同推进“降碳、减污、扩绿、增长”。

当前，我国再生资源行业建设初见成效，全国回收利用体系初步建成，废弃物综合回收利用率和主要资源产出效率持续提升。然而，发展水平的层级不高，支撑降碳的潜力还未得

到充分挖掘。从行业本身看，规模小效率低，“散乱污”粗放式特征突出。例如，我国目前仍有不少报废汽车、废弃电器电子产品等进入非正规回收利用渠道。从行业助力降碳的角度看，行业定位、发展理念、规范制度等与绿色低碳发展形势要求尚不匹配。与生产、生活绿色低碳转型相匹配的产业模式尚未成型，面向风能、太阳能、动力电池等未来主要能源形态的废弃物高效回收利用方式仍需探索。

下一步，为更好发挥再生资源对降碳的助力作用，应着力完善“促节约、助降碳”的制度和机制安排。

其一，以科学分类为基础推动再生资源分类管理与因类施策。我国目前主要统计的再生资源品种，可划分为以废钢铁为代表的工业型、以废纸为代表的城市低值型、以废弃电器电子产品为代表的城市高值型三类。此外，近几年以废弃新能源装备材料、高值废塑料等为代表的新兴再生资源累积量逐渐增加，值得关注。这些再生资源，在产生来源、规模、强度、碳减排效益上各具特点，其回收利用模式和体系的发展成熟度也各不相同。应以其为基础，有针对性地进行顶层规划和政策机制设计。

其二，完善贯穿生产生活的回收利用责任制度体系。其中，生产者责任延伸制度是最为重要的一项责任制度。我国在清洁生产、环境保护、循环经济等法律文件中已有相关的原则性规定。在一般性条款的基础上，一方面，应结合传统再生资源回收利用特点，进一步明确生产、销售、消费、回收处置等各环节主体承担的责任义务，细化适用对象和实施方法；另一方面，针对新兴再生资源，完善退役风机叶片、光伏电池组件等以生产者为主导的回收利用责任，强化废弃塑料、包装材料、电子产品、车用电池等生产者和消费者共同责任，制定具体实施细则和管理规范。

其三，加快健全有利于再生资源产出与消费的激励机制。在回收环节，根据再生资源回收规模、行业发展成熟度制定差异化的补贴标准，支持地方合理扩大补贴范围，强化动态调整和补贴退坡，激发企业自我造血功能，支持给予小微型、互联网废品回收企业普惠性减税或免税政策，创造新动能。在加工、利用环节，继续落实资源综合利用税收优惠政策，合理调整重要矿产资源税率，形成原生资源和再生资源的合理比价关系，提升再生资源盈利水平。在消费环节，应积极推动差别消费税率、消费押金制度等的落实，扩大再生品和再制造产品在政府采购中的比例，鼓励地方采取补贴、积分奖励等方式促进再生品消费。（谭琦璐）

## “储”精蓄锐助减碳

中国电力报 2022.11.9

提及以风、光为代表的新能源十年来的发展成就，离不开储能技术和产业的支持助力。新能源出力的随机性和波动性为电力系统带来安全运行风险，储能是应对这一风险的重要技术手段。可以说，我国要实现“双碳”目标，离不开储能和新能源的“携手前行”。

当前，抽水蓄能技术成熟、经济性优，具备大规模开发条件。早在2012年，我国抽水

蓄能装机规模即已突破 2000 万千瓦。

截至 2021 年底，我国已投产抽水蓄能电站总规模 3639 万千瓦，在建抽水蓄能电站总规模 6153 万千瓦，已建、在建规模均居世界首位。相继规划建设了仙居、长龙山、清远、深圳、阳江、丰宁、敦化等一批具有世界先进水平的抽水蓄能电站，积累了丰富的工程经验，具备了规划、设计、施工、装备制造、运行维护等全产业链整合能力。无论在抽水蓄能装机容量还是在工程技术水平等方面，我国都处于世界领先地位。

近年来，我国同时加强新型储能产业技术创新和政策机制建设，通过加强宏观引导、实施试点示范、加强项目全过程管理等措施，锂离子电池、液流电池、压缩空气等多种储能实现技术突破和示范应用，建成较为完善的产业链体系。先后印发《关于加快推动新型储能发展的指导意见》《新型储能项目管理规范（暂行）》和《“十四五”新型储能发展实施方案》，积极推动新型储能技术和产业健康、有序发展。

在一系列利好政策的推动和市场需求持续旺盛的拉动下，我国新型储能市场呈现爆发式增长。以储能型锂离子电池为例，2021 年产量达 3200 万千瓦时，同比增长 146%，储能锂离子电池企业普遍进入订单爆满、产能不足与计划大幅扩产的状态。其中，宁德时代以接近 25% 的市场份额排名全球第一，比亚迪紧随其后。

截至 2021 年底，我国新型储能累计装机规模超过 400 万千瓦，位居世界前列；多种技术路线齐头并进，锂离子电池技术不断成熟完善，钠离子电池快速兴起，压缩空气储能首次并网运行，液流电池、飞轮储能等新技术崭露头角；各地积极布局，大力推动试点示范，探索新型储能应用和运营模式，取得了较大的发展成就。（王睿佳）

## 国际能源署执行干事：清洁能源发展有效减缓全球碳排放增幅

中国电力报 2022.11.12

新华社埃及沙姆沙伊赫 11 月 10 日电（记者 段敏夫 姚兵）国际能源署执行干事法提赫·比罗尔在此间接受新华社记者采访时表示，清洁能源的发展应用有效减缓了今年的全球碳排放增幅，中国在可再生能源发展领域扮演了重要角色。

比罗尔在《联合国气候变化框架公约》第二十七次缔约方大会（COP27）期间接受新华社记者采访时表示，世界正在经历一场复杂的能源危机，很多人担心化石燃料使用将大幅增加，从而导致碳排放飙升。尽管如此，相关能源机构的分析报告显示，今年全球碳排放增幅将控制在 1% 以下。太阳能、风能、氢能等清洁能源技术的发展应用有效减缓了全球碳排放增幅。

比罗尔说：“今年，新能源汽车产业发展迅猛。如今，全球约一半的新能源汽车来自中国，中国在可再生能源发展领域扮演了重要角色。清洁能源技术在未来的应用将更加广泛。”

他表示，在应对气候变化方面应鼓励更多清洁能源投资注入发展中国家，推动气候融资落地是促进清洁能源发展的重要途径之一，希望发达国家能够履行气候融资承诺。

# 全球超大“城市电力银行”并网发电

中国能源报 2022.11.7

**本报讯（记者朱妍）报道：**由中国科学院大连化学物理研究所（以下简称“大连化物所”）李先锋研究员团队提供技术支撑的百兆瓦级液流电池储能调峰电站，于10月30日正式并网发电，这是迄今为止全球功率最大、容量最大的液流电池储能调峰电站。

该项目是国家能源局2016年4月批准建设的首个国家级大型化学储能示范项目，总建设规模为200兆瓦（MW）/800兆瓦时（MWh），由大连恒流储能电站有限公司建设和运营，电池系统由大连融科储能技术发展有限公司设计制造。

据悉，本次并网的一期工程位于大连市沙河口区，规模为100兆瓦（MW）/400兆瓦时（MWh），即额定功率10万度电/小时，最多可存放40万度电。按照我国居民每日人均生活用电2度左右计算，电站可供20万居民一天的用电需求。

为平抑可再生能源发电的间歇性、波动性，其大规模接入电网后，电力系统必须具备一定的应变及响应能力。液流电池储能调峰电站恰恰能够起到提升可再生能源并网率、平衡电网稳定性、提高电网可靠性等作用。

换言之，电站相当于一座城市“电力银行”，在电力系统中起到削峰填谷的作用——电网用电低谷期间，利用可再生能源发电给电池充电，将电能转化为化学能储存于电池中；待用电高峰时，再将储存于电池中的化学能转化为电能进行放电。此外，该电站还能配合常规火电、核电等能源，为电力系统运行提供调峰调频等辅助服务，由此提高灵活性。

据了解，该电站基于大连化物所自主研发、具有自主知识产权的全钒液流电池储能技术。这是电化学储能技术的一种，由化学能到电能往复转换，安全性高、循环寿命长、输出功率和储能容量规模大，电解液可无限期循环利用，对环境友好。值得一提的是，研究团队已将全钒液流电池储能技术在国外进行了产业化推广，与比利时科尔德集团控股EcoSourcen公司签订了用户侧液流电池技术许可协议，实现我国液流电池储能技术首次向发达国家输出。

## 开展重点领域低碳零碳负碳技术研发

中国能源报 2022.11.7

**本报讯**日前，科技部、生态环境部、住房和城乡建设部、气象局、林草局联合印发《“十四五”生态环境领域科技创新专项规划》（以下简称《规划》），针对我国主要生态环境问题与重大科技需求，依据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，在应对气候变化方面，提出将开展重点领域低碳零碳负碳技术研发，重点突破零碳工业流程再造、碳捕集利用与封存（CCUS）等技术示范。开展非二氧化碳温室气体减排与替代技术研发，加强碳中和前沿颠覆性技术探索，开展百万吨级CCUS全

流程工程示范。加强全球气候变暖对我国承受力脆弱地区影响的观测与评估，加强气候变化风险研究，推动我国气候变化适应技术创新与示范。

《规划》提出将研究重点领域碳达峰碳中和关键技术。研究火电、钢铁、水泥、化工、有色金属、交通等行业深度脱碳技术和数字化与低碳化协同的分布式能源系统支撑技术；开展重点工业、交通、建筑部门近零排放/净零排放示范工程，典型区域碳中和技术集成示范工程，建立示范工程的碳排放和碳减排评估技术方法及相关数据库；研究甲烷、氢氟碳化物、氮氧化物等排放监测与减排替代技术和产品。

同时，研究碳捕集、利用与封存技术。开展二代碳捕集、CO<sub>2</sub> 利用关键技术研发与示范，基于 CCUS 的负排放技术研发与示范、碳封存潜力评估及源汇匹配研究，海洋咸水层、陆地含油地层等封存技术示范，百万吨级大规模碳捕集与封存区域示范，以及工业行业 CCUS 全产业链集成示范，建成中国 CCUS 集群化评价应用示范平台。

《规划》还提出将研究全球气候治理支撑技术。建立基于大数据、物联网技术的温室气体排放核算方法和技术体系，加强自上而下碳排放核算等方法研究，加强高精度温室气体排放因子研究与数据库建设，研究《联合国气候变化框架公约》《巴黎协定》履约中的关键问题，开发新一代综合决策支持模型，评估相关技术大规模应用的社会经济影响与潜在风险。

此外，在大气污染防治方面，《规划》还确定将重点研究动态源清单与大气环境自适应智能模拟技术。研发污染源多污染物化学组份原位检测、便携式检测和在线质控技术；建立关键活性物种源排放表征和校验技术，构建颗粒物和 VOCs 源排放化学特征谱库，开发动态源排放清单平台和数据产品；构建多尺度自适应环境大气动力学模式与再分析数据集，研发臭氧和细颗粒物智能预测和溯源仿真技术，实现 7—14 天多尺度空气质量逐时预报预测。（王征）

## 九部门联合印发《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》

### 2060 年全面建成碳中和标准计量体系

中国能源报 2022.11.7

**本报讯（记者朱妍）报道** 国家市场监督管理总局、国家发改委、工信部等九部门，近日联合印发《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》（以下简称《方案》）提出，到 2025 年、2030 年，分别基本建立、更加健全碳达峰碳中和标准计量体系。到 2060 年，技术水平更加先进、管理效能更加突出、服务能力更加高效、引领国际的碳中和标准计量体系全面建成，服务经济社会发展全面绿色转型，有力支撑碳中和目标实现。

计量、标准是国家质量基础设施的重要内容，也是资源高效利用、能源绿色低碳发展、产业结构深度调整、生产生活方式绿色变革的重要支撑。《方案》表示，将按照“双碳”目标与重点任务的要求，围绕应用领域和应用场景，构建“双碳”标准计量体系总体框架。其中，能源是重点领域之一，对此将加强节能基础共性标准制修订、健全非化石能源技术标

准、加快新型电力系统标准制修订、完善化石能源清洁低碳利用标准等重点任务。

例如在非化石能源领域，《方案》要求，围绕风电和光伏发电全产业链条，开展关键装备和系统的设计、制造、维护、废弃后回收利用等标准制修订。建立覆盖制储输用等各环节的氢能标准体系，加快完善海洋能、地热能、核能、生物质能、水力发电等标准体系，推进多能互补、综合能源服务等标准的研制。围绕构建新型电力系统，要求开展电网侧、电源侧、负荷侧标准研究，重点推进智能电网、新型储能标准制定，逐步完善源网荷储一体化标准体系。《方案》还提出，加快布局碳清除标准体系，固碳、碳汇、碳捕集利用与封存等提供支撑，并加快生态系统固碳和增汇、碳捕集利用与封存、直接空气碳捕集等碳清除技术标准研制。

市场监管总局方面在解读中表示，为落实标准体系建设的工作部署，《实施方案》提出四项重点行动。具体包括开展双碳标准强基行动，2023年前完成30项国家标准制修订；开展百项节能降碳标准提升行动，2025年前完成100项能效能耗标准及配套标准的制修订工作；开展低碳前沿技术标准引领行动，2025年前完成30项前沿低碳技术标准制定；开展绿色低碳标准国际合作行动，2025年前联合国际标准组织成员共同制定30项绿色低碳生态国际标准。

市场监管总局方面表示，《实施方案》还提出了碳计量科技创新、基础能力提升、标杆引领、精准服务及国际交流合作等五项重点工程。其中，针对绿色低碳重大科技攻关迫切需要解决的关键计量技术瓶颈问题，将加强碳计量关键核心技术攻关和科技成果转化应用，推动实现计量协同创新，为低碳技术研究、清洁能源使用、能源资源利用、碳汇能力提升、碳排放核算、碳排放在线监测、碳排放量反演等提供计量技术支持。在部分企业、园区和城市，将开展低碳计量试点，探索碳计量路径和模式。梳理形成碳计量典型经验和做法，树立一批碳计量应用服务标杆，在全国范围内进行推广示范。

国家节能中心副主任史作廷认为，面向实现“双碳”目标的重大战略需求，需重点突破、以点带面，着力解决科技创新、基础能力提升等方面面临的瓶颈性问题，充分发挥试点示范、重点项目的标杆引领作用，加速提升计量、标准支撑保障能力。《方案》注重能力提升，通过重点工程和行动实施，可形成一批高质量工作成果，加快碳达峰碳中和标准计量体系建设。

中国计量科学研究院院长方向建议，尽快建立直接测量和间接核算相结合的碳排放统计监测核算报告体系。在重点行业推广直接测量和间接核算相结合的方法，选择典型区域和代表企业试点。制定核算报告国家标准，推行采用直接测量对间接核算数据进行验证，对重点高耗能高排放企业提出明确要求，保障碳排放数据的完整准确和一致可比，有力支撑科学决策和国际谈判。同时，加大先进碳计量技术研发应用力度，对先进碳计量技术和高端碳测量仪器研发应用实施专项经费投入，努力实现核心技术与高端仪器的自主可控，提升统计监测能力。

# 南方电网广东电网公司助推绿色低碳发展

信息时报 2022.11.29

信息时报讯（记者 李丹 通讯员 沈甸）近日，广东省风电临海试验基地的首台海上风电并网测试机组通过国家认证，即将投入使用。据悉，该基地由广东省能源局指导、南方电网广东电网公司规划建设，定位为海上风电大容量机组“认证检测公共试验平台”。今年以来，广东电网出台了碳达峰行动方案及29个新型电力系统示范区方案，分层分类开展示范区建设，以实际行动助力广东绿色低碳发展。

## 分层分类推进新型电力系统示范区建设

日前，广州市从化区与南方电网广东广州供电局签订战略合作协议，广州供电局将以此次签约为契机，探讨“新电气化”、能源低碳等方面在从化的应用，助力从化经济社会高质量发展。据了解，广州供电局正加快构建广州超大型城市新型电力系统，促进能源低碳转型，建设以南沙粤港澳全面合作、琶洲数字电网、从化多元互动、电氢一体化等为代表的“三片两点一平台四拓展”特色示范，打造一批具有低碳转型属性、国际领先特征的标杆项目。

在珠海横琴粤澳深度合作区，今年6月，南方电网广东珠海供电局“零碳”建筑示范项目——珠海横琴供电局线路工区大楼工程主体结构顺利封顶，为未来新能源交易及场外零碳能源应用提供支撑，探索打造“零碳岛”的初步路径。

据悉，“十四五”期间，广东电网将按“省级示范+市级示范+县区级示范+园区级镇村级示范”的模式，分层分级加快29个新型电力系统示范区建设。今年，广东电网出台了各级新型电力系统示范区建设方案及管控机制，将推动高质量、快速建成一批新型电力系统示范区，以点促面，推动以数字电网为支撑的广东新型电力系统建设。到2025年，广东新型电力系统示范区基本建成，全域初步具备“绿色高效、柔性开放、数字赋能”等新型电力系统基本特征。

## 工程与技术“双轮驱动”绿色发展

在广东省汕头市，屹立于蓝海上的一座座风机正源源不断地生产“绿电”。选址于此的广东省风电临海试验基地一期机位已投入使用，基地还将建设最大可承载24兆瓦海上风电机组的测试机位，一举达到国际领先水平。试验基地建设是广东电网今年大力打造坚强可靠绿色电网的其中一份答卷。今年，广东电网先后投产了500千伏汕尾甲子海上风电场项目（一期、二期）接入系统工程、500千伏阳江青洲三海上风电接入系统工程等，工程的投产显著提升了海上风电等新能源送出能力。

迎着新能源迅猛发展的势头，广东省风电临海试验基地远期计划于2024—2025年全面投产，建成后，将补足行业内大容量风机检测认证的场地“缺口”，带动我国风电产业自主创新和做大做强，推动新能源安全高效并网和高质量发展。

创新驱动绿色发展，广东电网同时将不断提高自主创新能力，助力打造绿色低碳电网。“十四五”期间，广东电网依托广东“1+N”统一海上风电试验场，针对海上风电并网测试、仿真、监控三个关键技术环节，研制海上风电测试系列关键装备，从源头把控新能源并网安全，支撑“双碳”目标实现和智能绿色电网发展。

### 优质电力服务助力用能方式转变

走在广东惠州市龙门县蓝田瑶乡境内，一块块蓝色光伏板在阳光的照射下把房地变成了“金屋顶”。当地正在刮起一股“光伏业务报装热”，南方电网广东惠州供电局的客户经理罗怡露正忙着向瑶乡用户解释报装事项。在横琴粤澳深度合作区，横琴新口岸充电站的79台充电桩如今即将“上岗”满一年，当中的49台直流桩、30台交流桩为市民出行提供从7千瓦到360千瓦的充电功率。未来，南方电网广东珠海供电局将助力合作区实现充电网络覆盖半径小于1公里，还将建设欧标充电桩，进一步便捷澳门新能源车主。

为推动形成绿色低碳的生产和生活方式，广东电网多措并举，于今年6月全面正式运行的新能源并网管理系统实现了新能源并网申请“一次都不用跑”，新能源业主在南方电网网上营业厅即可办理并网业务。线上可办理范围覆盖全电压等级、全类型新能源发电项目、全流程业务，实现新能源并网业务100%线上办理。

“十四五”期间，广东电网将全力服务碳达峰碳中和，推动非化石能源加快发展，大力支持新能源发展。重点围绕支持绿色低碳的清洁发电等九大领域实施37项重点任务，全面加快数字电网建设和安全、可靠、绿色、高效、智能的现代化电网进程。

## 双碳管理明察秋毫 数字科技激发“绿能”

南方日报 2022.11.25

日前，广东省出台《关于完整准确全面贯彻新发展理念 推进碳达峰碳中和工作的实施意见》要求，到2025年，具备条件的地区、行业和企业率先实现碳达峰，为全省实现碳达峰、碳中和奠定坚实基础，2030年前实现碳达峰，达峰后碳排放稳中有降，到2060年，绿色低碳循环的经济体系和清洁低碳安全高效的能源体系全面建成。

围绕此目标，广东将推动经济社会发展全面绿色转型，在此过程中，数字力量已率先推动绿色发展。

### 供给侧▶▷管理数字化助推新能源应用

在格兰仕中山微波炉制造基地，厂房上方巨大的光伏“屋顶”格外引人注目，这是全球最大的单体分布式光伏屋顶，自2015年启动至2021年12月，格兰仕光伏发电项目共供应清洁能源超过3.5亿千瓦时，节约标准煤超112400吨，减少二氧化碳排放超350250吨，减少二氧化硫排放约8080吨。

在我国平均日照条件下，安装1千瓦分布式光伏系统，1年可发出1200度电，可减少煤炭（标准煤）使用量约400千克，减少二氧化碳排放约1吨。

数据显示，2022年上半年，全国光伏发电新增装机3088万千瓦，累计装机3.36亿千瓦，装机容量稳居世界第一。其中，光伏电站1123万千瓦、分布式光伏1965万千瓦，根据中国光伏行业协会预测，今年全球光伏新增装机规模在205吉瓦至250吉瓦，我国光伏新增装机规模在85吉瓦至100吉瓦。

如何更好地应用并普及像光伏这样的绿色动力？大湾区的部分企业，通过数字化解决方案，先行先试。

在湖南衡阳市某村，容量30.52KW创维光伏“金装房”电站，成为当地一道特别的风景区。成立于2020年1月的深圳创维光伏，仅用两年的时间，已建成并网运行电站10万余座。“目前我们推出‘户用光伏自动化设计系统’，通过自动化设计只需要2分钟就可以完成设计，再经过‘无人机自动化踏勘系统’、自动化施工这样的手段去推广创维光伏的普及。”该企业负责人表示。

而在今年10月，合康新能首个澳洲农场微网项目建成落地，这是大湾区能源数字化管理平台迈向海外市场的大胆探索。据悉，今年以来，欧洲、澳洲等海外市场能源转型提速，光伏产品需求旺盛。在海外电价持续走高，各国政府纷纷公布光伏发电装机目标的背景下，合康新能因地制宜，综合考量农场纯离网现状、柴油发电模式、客户需求以及当地政策，使用光伏替代柴油机，推出“光伏+三相逆变器+储能柜+储能电池+柴油机备电”小型微网方案，数字化解决方案由合康进行系统设计、设备供应，并提供远程指导。

### 生产侧▶▶ 智能制造实现精准减排

在大多数观念中，新能源汽车是环保、节能的代表，但许多人没有意识到的是，新能源汽车的核心部件锂电池，其生产制造本身则是典型的耗能大户，在制造、使用、回收等过程中还会产生较多的碳排放。因此，如何通过制造工艺改进、数字化智能化等手段降低锂电生产的能耗、满足双碳管理要求，既是锂电企业自身降本增效、保障绿色生产的核心痛点，也关系着新能源汽车产业链全面发挥节能环保价值。

如何绿色生产锂电池？格创东智推出的多场景一体化的智慧能源管理解决方案，正受到许多新能源企业的关注。近日，格创东智与某锂电池头部企业的EMS数字化能源管理系统项目已顺利启动。该项目基于格创东智的智慧能源管理平台，为锂电池行业定制升级，助力企业构建整体能源及碳管理数字化体系。

而和阳精密则联手工业富联，共同打造位于佛山的标杆数字化车间。在车间内，绿色生产替代了过往的粗放。智造工厂的洁净室对温度、湿度控制有严格要求，生产中发现不良率有所提升，针对污染颗粒增多的情况，企业通常会把通风系统开到最大，但依然很难保证环境的一致性，而且浪费了大量能源，“我们在车间安装温湿度和颗粒传感器，当车间环境发生变化时，自动按区域调节空调和循环风机的开度，一年下来节省了100万元电费。”工业富联首席数据官刘宗长解析。

从这样的探索看来，如果说数字化的能源管理，带来了绿色动力，而制造数字化，则助

推大湾区绿色生产。根据国家统计局的数据，作为制造业中心和主要外贸省份，2021年，广东以占全国约7%的能耗，支撑了约占全国8.9%的常住人口和10.9%的经济总量。

### 消费侧▶▷智慧产业园打造范本

数字化产线朝着双碳迈进，而产线所在的产业园，本身也肩负着绿色发展的使命。数据显示，建筑碳排放占据社会总量的40%。

在碳中和大背景下，作为占据建筑碳排放60%的暖通系统也面临着升级迭代。位于上海陆家嘴的近20年的美的花旗集团大厦，就将迎来绿色新生。作为一栋知名的老地标建筑，花旗集团大厦面临中央空调设备老化，技术落伍，能耗高等问题。

为此，美的楼宇科技将助力其焕新，从系统仿真模拟开始，到优化设计、智能控制、高效建造、智能运维等五个阶段，让制冷机房全年能效，制冷机房节能率达到60%以上，运行费用降低50%以上。在年总冷负荷不变的基础上，年耗电量降低250万kWh，相当于让花旗总部每年降低碳排放2000吨，减少标准煤消耗118万千克，机房节能率超过60%。

实际上，在佛山，美的楼宇科技就通过数字化平台，建立了当地的标杆零碳产业园。在位于佛山的美的零碳工业园区，通过数字化平台iBUILDING，该园区的智慧楼宇在消费侧实现精准的节能减排。譬如，在园区空调耗能最集中的办公区域，美的MDV8系列多联机和数智电梯成了办公区域能耗管理的两张王牌。

而在深圳，TCL华星t6研发楼入选了深圳市近零碳排放建筑试点名单，据悉，TCL华星采用智慧能源管理系统，可以实时动态监控t6研发楼设备性能及能耗情况，拓展碳排放监测和分析功能，为近零碳建筑创建、成果验收等环节提供数据支撑。

“在国家大力推进‘双碳’的当下，像美的等龙头企业，主动承担社会责任，较早地去推进自己的绿色转型发展，这是有一定带动效应的，希望有更多的企业能够通过绿色技术创新，去提供更多的绿色产品。”中国科学院广州能源研究所战略研究中心主任赵黛青表示。

### ■对话

中国科学院广州能源研究所战略研究中心主任赵黛青：

#### 数字化从效率和质量两方面助推绿色发展

南方日报：如何看待数字化手段对于推进双碳的作用？

赵黛青：应该说，数字化是目前这轮低碳转型、绿色发展的关键切入点，数字化转型对于双碳目标达成的贡献要从效率和质量两方面来看，从效率上看，数字化以后，可以从我们的工艺过程、生产过程，包括生活上都变得更便捷，更智慧，整个过程都更为紧凑和集约，从质量上看，数字化可以助推管理控制水平的提升。

南方日报：如何理解零碳这个目标？

赵黛青：零碳，可以说是一个目标，但不是着眼于短期内通过碳交易来实现。零碳，首先应该是园区减少排放，增加对绿色能源的应用，要先尽可能地降低碳排放，再辅以市场碳交易手段，去追求低碳零碳。（姚翀 郜小平）

# 全球碳排放今年将再创历史新高

中国能源报 2022.11.21

根据国际气候科学机构联盟“全球碳项目”的最新预测，今年，全球碳排放将继续刷新历史最高纪录，而化石燃料仍然是导致这一结果的“元凶”。

## ■化石燃料碳排放量持续增长

全球碳项目预计，今年，全球二氧化碳排放量将达到406亿吨，几乎与2019年碳排放总量相当，比2015年《巴黎协定》签署时高出5%。其中，与化石燃料相关的二氧化碳排放量将达到366亿吨，为有史以来的最高水平。

具体而言，石油领域的二氧化碳排放量可能会比去年增加2%以上，煤炭领域的排放量将回到2014年的历史峰值，天然气领域的排放量预计保持不变，但与2021年的水平相同。

值得关注的是，2000年以来，全球甲烷排放量增加了9%，每年约为5000万吨，60%的甲烷排放由人为造成。

另据联合国环境规划署的最新报告，尽管全球建筑行业大力增加对能效的投资，并降低其能源强度，但建筑物与施工建设造成的能源消耗和二氧化碳排放仍然超出了新冠肺炎疫情爆发前的水平，创下历史新高。

数据显示，2021年，建筑物和建筑行业占到了全球能源需求的34%以上；在与能源消耗和工艺流程相关的二氧化碳排放当中，其占比则达到37%左右。建筑物和建筑行业与能源相关的运营排放去年达到了100亿吨二氧化碳当量，比2020年的水平高出5%，比2019年新冠肺炎疫情爆发前的峰值还高出2%。

## ■印度和美国是今年最大排放源

全球碳项目指出，全球有26个国家在经济增长的同时减少了排放。中国今年的碳排放量预计将下降0.9%。在天然气严重供不应求的背景下，欧盟今年煤炭消费量出现增长，但煤炭消费增幅赶不上天然气消费降幅，这使得欧盟国家今年整体碳排放量或下降0.8%。

相比之下，印度和美国今年的碳排放量都在持续上升，将成为今年最大的两个排放源。其中，印度的碳排放量将增长6%，目前该国排放量已经超过欧盟总体水平；美国紧随其后，今年碳排放量将增长1.5%。

英国埃克塞特大学气候建模师、全球碳项目报告主要作者皮埃尔·弗莱德林斯坦表示：“经济增长和碳排放之间脱钩很重要，有人认为不增加碳排放就不可能实现经济增长，但事实证明，在向清洁能源系统过渡的同时，经济仍然可以实现正增长。”

英国东英吉利大学气候变化教授科琳娜·勒奎尔表示：“如果要实现到2050年净零排放的目标，每年需要减少约14亿吨二氧化碳排放量，这几乎与2020年的排放水平相当。”

## ■明年碳排放量可能继续上升

挪威国际气候研究中心高级科学家罗比·安德鲁坦言：“鉴于石油消费预计将在2023年进一步恢复，如果煤炭或天然气使用持平或增加，那么在没有协调一致的气候政策努力的情

况下，全球化石燃料产生的二氧化碳排放量极有可能在 2023 年继续上升。”

按照全球碳项目的预估，如果碳排放水平继续以当前水平增长，9 年内地球升温超过 1.5 摄氏度的几率将达到 50%。海洋和陆地可以吸收人类约一半的碳排放，但这正受到全球变暖的破坏，过去 10 年中，陆地和海洋对二氧化碳的吸收分别减少了 17% 和 5%。

联合国环境规划署指出，建筑物和建筑行业的气候表现距离到 2050 年实现脱碳的目标越来越远，2015 年至 2021 年间，全球新增的建筑楼宇面积相当于德国、法国、意大利与荷兰的建筑物所覆盖的土地总面积，建筑物的供暖、制冷、照明和设备对于能源的需求在 2021 年也分别比 2020 年和 2019 年上涨了约 4% 与 3%。

另据乐施会的报告，世界上最富有的人要比普通人多排放 100 万倍的温室气体。全球 125 位亿万富豪的投资项目每年排放 3.93 亿吨二氧化碳，这相当于法国全国的碳排放量。

“尽管许多与新冠肺炎疫情相关的刺激计划本应让世界走上低排放道路，但实际上我们却走在相反的道路上。”挪威国际气候研究中心研究主管格伦·彼得斯强调。（王林）

## 碳减排：云计算也要“精打细算”

中国能源报 2022.11.21

云计算产业是一种通过网络统一组织和灵活调用各种网络存储和计算资源，以实现大规模计算与信息处理的经济活动系统。当前，云计算产业的发展规模与相关资源投入呈急剧增长趋势，其相关应用也从互联网行业向政务、金融、工业、医疗等传统行业加速渗透。云计算在促进社会数字化转型、带动经济发展的同时，也带来相当规模的能源消耗和二氧化碳排放。若不出台有效的减排措施，预计到 2040 年，我国云计算产业将产生近 5 亿吨的二氧化碳排放，相当于泰国 2020 年全国碳排放总量的 2 倍。

我国云计算产业的节能减排工作主要面临数据中心电源使用效率偏高、全行业用能结构“绿度”不足、市场化减排手段不够等挑战。数据中心是云计算产业的关键基础设施，其过高的电源使用效率（PUE）是制约碳减排的最大障碍。PUE 值表征了数据中心消耗的所有能源与 IT 负载消耗的能源之比，其值越接近于 1，说明数据中心越节能。受服务器、网络设备、存储设备等的技术制约和制冷系统约束，我国仅有少部分数据中心的 PUE 值可达到 1.3 的水平（即 1.3 瓦电能消耗中，1 瓦用于 IT 设备的负荷，0.3 瓦用于制冷、配电等辅助设施负荷），大多数数据中心的非 IT 设备耗能仍居高不下。

云计算全行业用能结构以化石能源为主，高稳定性可再生能源的大比例使用尚需时日。相比于传统能源，光伏、风电等可再生能源虽然更为低碳，但往往具有不稳定性、间歇性和随时变化的特点，一旦出现用电故障可能对云计算平台及相关软硬组件等形成重大冲击。因此，在可再生能源供电稳定性尚未得到充分保障的前提下，包括云计算数据中心在内的基础设施、产业上下游企业等仍然不能完全脱离稳定性较好的煤炭、天然气等传统能源的支撑。

在政府的引导下，部分云计算企业已开始有意识地自主推行一些碳减排行动计划，但规

范化的、统一性的市场化手段仍显不够。云计算的产业链条长，产业关联紧密，是能源、碳排放相对密集的产业，需要全方位的市场化措施来鼓励和促进碳减排。北京、上海、广州等地出台了一些地方性市场化政策，但未能像电力产业那样纳入全国碳排放交易体系或参与绿证制度，较难通过市场化的成本调节等方式带动云计算企业转型升级。特别是随着云计算基础设施的高度复杂化和相关厂商竞争的激烈化，更加需要多种赋能产业减碳的市场化手段的介入。

为助力碳达峰碳中和目标的实现，云计算产业需要针对现有挑战精打细算减碳、多措并举节能，为社会经济绿色发展提供数字化引擎和强大动力。

一是规模上以大代小，提高数据中心的计算资源密度，合理调整分布式和集中式项目的比例。大型云计算数据中心往往可以利用先进的架构设计来提升制冷系统和能源供应系统的灵活性、适应性，尽可能减少能源丢失和消耗。因此，统筹协调分布式计算需求和集约式算力效率，通过将离散的分布式数据中心的计算资源聚集到更大规模的集中式云数据中心，可以更有效地管理电力容量、优化冷却设施、提高服务器利用率，从而提高 IT 资源的利用能效比，减少云计算产业核心基础设施的碳排放。

二是布局上以广代窄，推进企业用能结构调整，打造高韧性电力供应系统。要在更广范围内提高可再生能源比例，合理布局光伏、风电、水电等清洁能源，加快构建清洁低碳安全高效的能源体系。同时，使用柔性变电技术实现多种能源、多元负荷和储能即插即用，统筹打造“源-网-荷-储”一体化新型电力系统。既促进新能源主动消纳和多能互补发展，满足云计算绿色用能需求，又提高电力系统韧性，为云计算企业供能提供稳定的能源保障。

三是技术上以新代旧，加强减碳技术革新力度，推广各环节减碳技术的应用。一方面，云计算企业要积极推动新一代信息技术完成数字化、智能化升级改造，尤其要支持减碳技术创新，提升产业的绿色发展水平。另一方面，促进云计算企业低碳运作技术研发和先进基础设施推广应用，树立头部云计算厂商的低碳标杆效应，引领云计算产业绿色高质量发展。

四是产业上以合代分，建立产业链协同减排机制，完善一体化减排配套措施。用户产生的海量数据在传输、处理和存储过程中涉及到云计算产业的上下游部门，建立面向用户的高效节能体系和协同减排机制至关重要。应支持产业链上下游联合实现各类减碳技术的突破，完善与之配套的市场机制、商业模式，做到技术与政策的有机结合，实现经济效益和环境保护的有机统一。（浦天龙 胡悦芝）

#### 四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

生长速度快 固碳能力强 资源规模可观

“以竹代塑” 迎来发展新机遇

科技日报 2022.11.9

11月7日举行的国际竹藤组织成立二十五周年志庆暨第二届世界竹藤大会引发社会对

“以竹代塑”的关注。

“通过‘以竹代塑’，可以缓解‘微塑料’对人体和生态环境造成的负面影响。据统计，全世界总计生产出的90亿吨塑料制品中，被循环利用的目前只有9%，12%被焚烧，其余79%最终堆积在垃圾填埋场或流入自然环境中，因此，减少塑料污染，迫在眉睫。”国际竹藤中心竹藤生物质新材料研究所研究员程海涛说。

日益严重的塑料污染问题威胁着人类健康。寻找塑料替代品是减少塑料使用、减轻塑料污染，从源头解决问题的有效途径。

竹材或为天选之材。国际竹藤中心主任费本华表示，竹子是世界上生长最快的植物之一。毛竹最快每24小时可长1.21米，40天左右即可完成高生长；竹子成熟快，毛竹4—5年即可成熟，且年年出笋长新竹，产量高，一次造林可永续利用；竹子分布广泛，资源规模可观。全球已知竹类植物1642种，已知有39个国家竹林面积约5000万公顷，年采伐量超过8亿吨。其中，中国有竹类植物800多种，竹林面积701万公顷。

作为绿色、低碳、可降解的生物质材料，竹子在应对全球禁塑、限塑、低碳、绿色发展领域大有可为。“竹材用途广泛，可实现全竹利用，几乎没有废料。竹产品多元丰富，目前已开发的竹产品种类超过1万种，涉及衣、食、住、行等人们生产生活的各个方面。从刀叉勺、吸管、杯子和盘子等一次性餐具，到家居耐用品，再到工业领域如冷却塔竹格填料、竹缠绕管廊等工业产品，竹制品在很多领域都可以替代塑料产品。”费本华说。

有数据表明，竹林的固碳能力远超普通林木，是杉木的1.46倍、热带雨林的1.33倍。我国竹林每年可实现减碳1.97亿吨、固碳1.05亿吨，减碳固碳总量达到3.02亿吨。如果全球每年使用6亿吨竹子替代PVC（聚氯乙烯，一种塑料装饰材料）产品，预计将减少40亿吨二氧化碳排放。

2022年6月24日，是落实2030年可持续发展议程历史上具有里程碑意义的一天，全球发展高层对话会在金砖国家领导人第十四次会晤期间举行并达成多项共识。国际竹藤组织提出的“以竹代塑”倡议被列入全球发展高层对话会成果清单，并将由中国和国际竹藤组织共同发起，以减少塑料污染，应对气候变化，助力全球可持续发展。

“以竹代塑”理念为何深入人心？“竹材原料来自于天然生长，通过光合作用吸收二氧化碳，合成高分子材料；竹制品在整个生命周期都保持固碳作用。与塑料产品相比，具有可再生、吸收二氧化碳、固碳、碳封存生命周期长、产品无污染、可降解、人居环境友好等优点。竹制品使用与竹资源培育、生态作用形成完整产业链，可以更好地保护环境，保护人类健康。”费本华说。

“以竹代塑”正迎来发展新机遇。国际竹藤组织董事会联合主席、国际木材科学院院士江泽慧建议，“以竹代塑”已上升为国家行动，应尽快在国家层面完善顶层设计，加大扶持力度。比如要做好“以竹代塑”产业发展的规划、确定重点行业和产品、推动创新项目立项、支持设备装备研发、加大科研攻关及产业化等。

从科研成果到企业实践，再到国家行动、全球倡议，中国作为负责任大国，正通过“以竹代塑”在全球引领一场新时代的“绿色革命”。（马爱平）

## 我国碳卫星实现城市二氧化碳排放定量监测

中国能源报 2022.10.31

**本报讯** 中国科学院大气物理研究所日前发布消息称，该所中国碳卫星研究团队联合芬兰气象研究所团队首次利用中国碳卫星（TanSat）观测定量识别和计算城市碳排放，证实了中国碳卫星具有城市级别碳排放监测的能力。研究结果于10月25日在线发表在SCI期刊《大气科学进展》上。

中国科学院大气物理研究所副研究员杨东旭介绍，利用碳监测卫星进行全球人为排放的监测更具优越性、准确性，但难点在于如何定量区分二氧化碳浓度变化来自人为排放还是自然过程。“化石燃料燃烧是二氧化碳人为排放的主要来源，而石油等化石燃料的燃烧伴随排放二氧化氮，即人为排放二氧化碳和二氧化氮具有较强的同源性，因此，理论上通过两者的同步监测，就可以有效地计算出人为的碳排放量。”

在此次研究中，科研人员在温室气体遥感监测合作协议的支持下，联合使用了欧洲哨兵卫星（Sentinel-5P）的二氧化氮观测。杨东旭说：“我们选取了我国唐山（2018年5月6日）和日本东京（2018年3月29日）两个个例，定量计算了人为碳排放和二氧化氮的相关性。计算结果和排放清单给出的结果一致，论证了通过联合应用中国碳卫星和欧洲哨兵卫星的协同观测，可以对二氧化碳和二氧化氮的排放比例进行定量监测。同时，这也标志着我国已经具备空间监测人为活动碳排放的能力。”

中国碳卫星——全球二氧化碳监测科学实验卫星（TanSat）是全球第三颗温室气体卫星，于2016年12月22日顺利发射升空并在轨运行，其目标是实现全球大气二氧化碳柱平均干空气混合比的高精度监测，为碳排放科学研究提供卫星资料。

据悉，目前，我国下一代碳卫星的论证设计工作已经开始，卫星的研制工作也即将启动。（齐芳）

## 到2025年底流域内城镇污水收集率达95%以上

中国环境报 2022.11.1

**本报见习记者陈克瑶报道** 云南省红河哈尼族彝族自治州人民政府日前印发《异龙湖“三区”管控措施实施细则》（以下简称《实施细则》），明确了异龙湖“两线”（湖滨生态红线、湖泊生态黄线）、“三区”（生态保护核心区、生态保护缓冲区、绿色发展区）范围及功能定位，对“三区”管控提出了44条具体管控措施及细则。

异龙湖是云南省九大高原湖泊之一，位于红河州下辖的石屏县境内。红河州、石屏县政府高度重视异龙湖保护治理工作，结合异龙湖的实际状况，本着生态优先、绿色发展、省级

抓总、地方实施、统筹考虑、科学划定、部门协作、专家论证的工作原则，组织划定了异龙湖“两线”“三区”。

《实施细则》提出，在生态保护核心区管控方面，以提升水生态系统质量和稳定性为目标，实行最严格生态保护制度，引导人口和产业逐步退出，最大限度减少人为干扰，筑牢湖泊生态安全底线。生态保护核心区实行16条正面清单管控措施，将全面退出无关设施，全面甄别分类处置，严格管控建设活动，严格污染防治与治理，严格落实耕地用途管制，严格执行取水许可制度，加快实施生态补水，加快完善湖泊监测体系建设。同时，严格管控畜禽养殖，严格执行渔业捕捞许可制度，加强湿地保护修复与利用，严格实行船舶入湖许可制度。

在生态保护缓冲区管控方面，以减少人口、产业、建设用地、污染物排放总量为目标，严禁开发建设活动，鼓励人口和产业有序退出，增强湖泊生态系统净化能力、调节能力和修复能力，最大限度降低入湖污染负荷，实现湖泊生态扩容增量。生态保护缓冲区将禁止人口迁入，禁止新增建设项目，禁止“大药大肥”方式种植，禁止规模化养殖。

绿色发展区则实行17条管控措施，严格耕地用途管制，加强对设施农用地的管理，统筹加快“两污”治理，实施农村人居环境整治提升行动，全面提高用水效率，加快推进流域面源污染治理，持续推进高标准农田建设，深入推进水权水价改革，全力发展绿色低碳循环经济，大力推进流域生态修复，积极探索生态保护补偿机制，实行城镇污水排入排水管网许可管理制度。

《实施细则》明确，统筹加快“两污”治理，2025年底前，流域内城镇污水收集率达95%以上；异龙湖流域农村生活污水收集处理率达94%以上；流域城市、集镇生活垃圾处理率达97%以上，基本建成生活垃圾分类和处理系统。

## 我国生活垃圾处理 降碳减污成效显著

中国环境报 2022.10.27

“读党的二十大报告，您体会最深的是什么？”

“党的二十大报告指出，生态环境保护发生历史性、转折性、全局性变化，我们的祖国天更蓝、山更绿、水更清。我对这一点体会很深，结合我的工作看，我觉得近10年来，我国生活垃圾处理领域的变化就是我国生态环境明显改善的一个缩影。”中国城市建设研究院有限公司总工程师、中国环保机械协会固废处理委员会主任徐海云告诉记者。

### 生活垃圾处理方式由填埋为主转变为焚烧发电为主

党的二十大报告指出，协同推进降碳、减污、扩绿、增长，推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。“我国生活垃圾处理领域在降碳减污方面已经达到国际先进水平。”徐海云表示。

根据IPCC（联合国政府间气候变化专门委员会）国家温室气体清单指南，固体废物领

域的温室气体排放量排在第5位，前4种分别是能源活动、工业生产过程、农业活动、土地利用及其变化和林业。固体废物领域的温室气体排放量约占全球温室气体排放量的3%，主要来自生活垃圾填埋场的甲烷排放。

徐海云说，党的十八大以来，我国在生活垃圾处理领域取得巨大进步。一方面，生活垃圾收运处理服务范围不断向乡村延伸，为美丽中国建设夯实基础；另一方面，生活垃圾处理结构不断优化，回收利用后的生活垃圾处理方式由填埋为主转变为以焚烧发电为主，在污染物和温室气体减排方面成效显著。

据悉，2021年年底，我国内地建成并投入运行的生活垃圾焚烧发电处理能力超过80万吨/日，超过欧盟、美国与日本之和。

未来几年，我国生活垃圾填埋处理量还将大幅度下降，大部分地区将实现原生生活垃圾零填埋。

### 我国生活垃圾处理领域人均温室气体排放量显著低于美国和欧盟

生活垃圾填埋处理过程中的甲烷排放是固体废弃物领域温室气体排放的主要组成部分，约占固体废物领域温室气体排放量的80%—90%。

根据住房和城乡建设部城乡建设统计年鉴的数据，我国生活垃圾填埋量从2017年开始下降，2020年焚烧处理量超过填埋处理量。2021年，全国城镇生活垃圾填埋处理量下降到0.9亿吨，焚烧处理量达到2.1亿吨，回收利用后的生活垃圾填埋处理比例下降到原来的30%。

“对比全球主要发达经济体，美国目前回收利用后的生活垃圾填埋比例是80%、欧盟是48%，我国显然更低。2021年，我国内地人均生活垃圾填埋量约为64千克，约为欧盟的1/2、美国的1/6。按照IPCC的同一口径比较，2021年，我国生活垃圾处理领域人均温室气体排放量显著低于美国、欧盟，处于国际领先水平。”徐海云告诉记者。（刘良伟）

## 新工艺将废塑料变成有用化学品

### 规模化实施面临挑战

中国科学报 2022.10.18

**本报讯** 塑料混合物通常很难回收。一项10月13日发表于《科学》的研究称，经过两个步骤，塑料混合物可被分解成更小且有用的化学成分。

回收这些“顽固”的塑料加剧了地球面临的环境问题。尽管现有化学方法可以分解它们的长聚合物链，但这些手段很难大规模实施。

为此，美国国家可再生能源实验室化学工程师 Gregg Beckham 团队开发了一种新型分解工艺。研发人员之一、新加坡国立大学化学家 Ning Yan 说：“以前只有少数几项研究报告了塑料混合物的化学再循环，将化学和生物途径结合起来分解塑料混合物的情况更是罕见。”

该团队首先使用钴或锰基催化剂进行催化氧化反应，将坚韧的聚合物链分解为含氧有机

酸分子。这种方法的灵感来自2003年杜邦公司化学家Walter Partenheimer的一项研究，后者用这种方法将单一塑料分解为苯甲酸和丙酮等化学物质。

不过，Beckham希望把有机酸分子转化为更容易商业化的东西。为了做到这一点，研究小组向微生物“求助”。其中经过改造的恶臭假单胞菌，能将不同的有机小分子作为碳源。

“这是一种非常有趣的生物。”Beckham说。研究小组设计用这些微生物消耗含氧有机酸分子，后者是研究人员通过自氧化反应从不同塑料中合成的，其中包括聚乙烯中的二羧酸、PET中的对苯二甲酸和聚苯乙烯中的苯甲酸。

该过程产生了两种化学成分，分别用于制造高质量的性能增强聚合物和生物聚合物。加州大学圣巴巴拉分校化学家Susannah Scott说：“生物方法可以获取多种碳源，并将其转化成单一产品。在这种情况下，一种分子可以用来制造可高度生物降解的聚合物。”

研究人员使用纯聚合物颗粒的塑料混合物开发了这一工艺，同时也在日常产品的塑料混合物上进行了测试。

Beckham说：“我们从超市里购买了高密度聚乙烯制成的牛奶包装瓶，从自动售货机上购买了PET制成的一次性饮料瓶，还有聚苯乙烯或聚苯乙烯制成的泡沫塑料杯。”

论文合作者、威斯康星大学麦迪逊分校Shannon Stahl表示，这一工艺过程的规模化是一个挑战，其中一个问题是自氧化反应的温度。“需要进行更多基础化学研究，以确定这个反应是如何进行的，进而提高反应产率。”

不过，Stahl补充说，许多公司已经在研究自氧化反应，以便将二甲苯转化为对苯二甲酸——一种PET前体分子。Beckham则表示，该团队正在对其流程进行经济分析和生产周期评估。

另一个问题是，市场对该工艺产生的小分子产品的需求量远小于废塑料数量。“这一技术是否会扩大规模，取决于其市场竞争力。”Yan说。（王方）

## 风、光、水、生物质发电装机容量稳居世界第一

中国电力报 2022.10.22

“过去十年，我国以年均3%的能源消费增速支撑了平均6.6%的经济增长。全国地级及以上城市细颗粒物（PM2.5）年均值由2015年的46微克/立方米降至2021年的30微克/立方米，成为全球大气质量改善速度最快的国家。”

在10月21日召开的二十大新闻中心第五场记者招待会上，党的二十大代表，生态环境部党组成员、副部长翟青表示，我国生态环境保护成就得到国际社会广泛认可，成为全球生态文明建设的重要参与者、贡献者、引领者。

### 能源结构优化 低碳发展迈出坚实步伐

翟青介绍，我国绿色循环低碳发展迈出坚实步伐。充分发挥生态环境保护引领、优化和倒逼作用，坚持不懈推动经济结构调整，把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局和经

济社会发展全局，以减污降碳协同增效促进经济社会发展全面绿色转型。

十年来，随着生态文明建设的大力推进和“四个革命、一个合作”能源安全新战略的全面实施，我国能源生产和消费方式发生了深刻变革。

“2021年，全国单位GDP二氧化碳排放量比2012年下降34.4%，煤炭在一次能源消费中的占比从68.5%下降到56%，可再生能源开发利用规模、新能源汽车产销量均居世界第一，绿色逐步成为高质量发展的鲜明底色。”

翟青介绍，“通过实施积极应对气候变化国家战略，采取调整产业结构、优化能源结构、提高能效、建立市场机制、增加森林碳汇等一系列政策措施，各项工作取得积极进展。”2020年，中国碳排放强度比2005年下降48.4%，超额完成向国际社会承诺的目标；2021年，我国煤炭占能源消费总量比重由2005年的72.4%下降至56.0%，非化石能源消费比重达16.6%，可再生能源发电装机突破10亿千瓦，风、光、水、生物质发电装机容量稳居世界第一。

“与此同时，我们积极为全球气候治理作出中国贡献。中国作为世界上最大的发展中国家，将完成全球最高碳排放强度降幅，用全球历史上最短的时间实现从碳达峰到碳中和，充分体现了负责任大国的担当。”

翟青表示，下一步，我国将继续实施积极应对气候变化国家战略，落实碳达峰碳中和“1+N”政策体系，加快推动重点领域绿色低碳转型，大力推进减污降碳协同增效。稳妥有序推进全国碳市场。加快绿色低碳技术攻关和推广应用，推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式。

### 创新绿色低碳发展政策 碳排放权启动上线交易

翟青表示，“我们把源头预防作为工作的重点，协同推进减污降碳，积极打造绿色发展高地，同时创新绿色低碳发展政策。全国碳排放权交易市场启动上线交易，第一个履约周期纳入发电行业重点排放单位2162家，碳排放配额累计成交1.79亿吨，累计成交额76.61亿元。”

生态环境执法是生态环境保护的基础性工作。2015年1月1日，被称为“史上最严”的《环境保护法》正式施行，环保执法力度不断加大。

翟青表示，保障群众环境权益是重要一环。“我们连续六年开展垃圾焚烧发电厂的达标排放专项整治，全面实现垃圾焚烧发电厂‘装、树、联’。”翟青介绍，所谓“装”要求垃圾发电厂安装在线监测仪器；所谓“树”是指这些电厂在厂区的大门口显著位置要树一块显示屏，显示屏上显示这个企业的排放数据；所谓“联”是指要与各级监管部门进行联网。

“装、树、联”完成以后所有的监测数据均实时监控并向社会公开。与此同时，会同有关部门制定综合性政策措施，督促企业全面落实环保法律法规。“现在看来，这个专项整治效果明显，目前所有的垃圾焚烧发电厂5项大气污染物和炉温达标率稳定在99%以上，从根本上扭转了社会公众对垃圾焚烧企业的看法，有力地促进了垃圾焚烧产业的快速增长。”翟青说。（莫非）

# 废料变肥料 环保又高效

人民日报 2022.11.22

## 核心阅读

废弃菜叶如何催生一个“新产业”？养殖业产生的废弃物如何带来额外收益？农业生产如何形成循环经济产业链条？近年来，云南坚持绿色发展，不断推进废弃物资源化、产业模式生态化，开展农作物秸秆肥料化、饲料化等综合利用，探索农业生态循环和可持续发展，助力乡村生态振兴。

废弃菜叶怎么处理？经由固液高效分离生产线，制作成肥料；

畜禽粪便怎么利用？统一收集处理，田里多了有机肥；

梯田生态系统怎么维护？“稻、鱼、鸭”综合种养，增收又增绿；

.....

云南各地探索发展农业循环经济，农业废弃物融入产业链、有了新用途。

## 实践

### 农业废弃物，催生新产业

沿着乡道一路前行，此行目的地是昆明市嵩明县。这里是云南省绿叶蔬菜主产区之一，更是昆明的“菜篮子”，每天都有大量的蔬菜源源不断从这里出发，发往全国各地。

每吨蔬菜在入库时产生废弃菜叶的比例为20%至35%，蔬菜产业发展蒸蒸日上的同时，整个嵩明年产废弃果蔬垃圾达30万吨以上，仅有小部分作为牲畜养殖饲料得到利用。“烂菜叶”的处理曾经让人头疼，如今却催生了“新产业”。

废弃菜叶去了哪里？记者跟着一辆装满了废弃菜叶的运输车一探究竟。

来到产业园区，一辆辆满载废弃菜叶的卡车正在穿梭，呈现出一派繁忙景象，收集到的“烂菜叶”正被投入生产线。在这里，废弃果蔬经过破碎、发酵、提纯、脱水等一系列工艺处理，成为绿色生态肥料。

取之于田，用之于田。这些绿色生态肥料被投放到田地里，效益不错。

昆明马场玫瑰园，数十亩玫瑰争奇斗艳。盛花期时，这里的玫瑰在斗南花卉市场销售得很好。

马场玫瑰园是新苏润土公司实地考察后建设的沼液肥花卉种植园。“沼液肥的生产原材料就是农业生产和运输过程中产生的有机废弃物。”新苏润土公司负责人李敬说。

“使用沼液肥后，病虫害少了，种植成本也下降不少。”马场玫瑰园的种植户尹国宏说，经过大半年的试验，效果不错，“我们玫瑰花的成色好了不少。”

李敬介绍，通过全资源化利用废弃果蔬，形成“种植业—沼气—有机肥料—生物有机种植”的农业循环经济基本模式，“让农业废弃物中的营养元素回归农业生产系统，补充生产过程中田地损失的养分，从而提高田地生产能力和持续耕作能力，真正做到‘变废为

宝’。”

近年来，嵩明不断探索农业加工和环境治理配套发展，推进废弃果蔬的资源化综合利用，不断延伸产业链。现在，嵩明每天有数百吨的废弃菜叶得到资源化利用处理，高峰时每天可以处理 1000 多吨。

## 突破

### 资源化利用，重构新模式

作为传统的畜禽养殖区，畜禽粪便曾是洱海流域的主要污染物之一。为了改善这一情况，“洱海流域畜禽养殖污染治理与资源化工程项目”以及“洱海流域特大型生物天然气工程试点项目”应运而生。

走进大理白族自治州的田间地头，收运车往来其间，将洱海流域周边的畜禽粪便集中统一清收。“过去，我们拿这些垃圾没有一点办法，村里到处都是堆放着的牛粪，环境卫生可差了。”李玉武是大理市上关镇东沙坪村的一名养殖户，家里养着 20 多头牛。同村里其他的养殖户一样，这些牛当天产生的牛粪都会统一运送到收集站，仅是对牛粪资源化利用，一年就能为他带来两万多元的收益。“环境变好了，收入还变多了。”李玉武高兴地说。

为了解决农作物秸秆焚烧带来的环境污染问题，承担资源化利用项目的公司还在原有畜禽粪便收集系统的基础上成立了废弃农作物秸秆收集站。如今，沿湖打捞的水葫芦、蓝藻藻泥等废弃物也被纳入处理范围，实现有机废弃物收集处理全覆盖。通过对洱海流域各类废弃物收集处理，年产有机肥规模达 80 多万吨，可以为 100 多万亩绿色生态农业种植提供肥料。

“有机肥代替化肥，一方面可以解决农产品品质提高的问题，另一方面对土壤的板结、酸化的治理等能起到很好的作用，促进农业绿色发展。”云南顺丰洱海环保公司董事长钟顺和说。

云南农业大学也在大理开展农业循环经济试点项目，构建水稻种植与牧草轮作—奶牛养殖—沟塘净化体系，牛粪入稻田作肥料，稻草牧草与沟塘植物作牛的饲料，实现水及养分资源循环利用，提高水稻品质的同时实现水体保护。“养殖废弃物的收集、处理及利用，实现了资源收集处理与合理利用关键技术的突破；种—养循环控制净水，实现了农业循环经济在当地的创新发展。这些突破性进展对当地农业环境保护和水体保护具有十分重要的理论与实践意义。”云南农业大学教授李元说。

## 前景

### 延伸产业链，拓展新空间

在红河哈尼族彝族自治州元阳梯田，“稻、鱼、鸭”综合种养模式让千年梯田焕发出新的活力。

综合种养模式既促进了当地群众增收，又保护了梯田的生态系统，让农耕文化得以弘扬和发展，走出了一条生态效益、经济效益、社会效益三赢的产业振兴路。

“元阳梯田生态系统促进了农业循环经济发展，念活了‘山水林田经’。”李元以元阳梯

田为例解释道，“好的农业循环经济模式有完整的共生系统，梯田的杂草、虫子为鱼鸭提供了食物，鱼鸭的粪便、水稻秆发酵又形成肥料，通过食物链的不断延伸，尽可能地将废弃物资源化，实现循环利用。”

现在，云南各地加大创新力度，积极探索不同的农业循环经济模式。在临沧市耿马傣族佤族自治县，围绕一根甘蔗，可以形成蔗、畜、沼、地的种养循环，实现产业上下游配套，提高农业综合产出，增加蔗农收入。在曲靖市麒麟区，“树下养鸡、鸡粪肥地、地肥育树”的循环经济发展模式，既提高鸡肉品质，还能改善生态环境。

“农业循环经济必须结合区域、流域特点，因地制宜，努力探索新技术与新方法。”李元说。“循环链条中的环节越多，排放的污染物就越少，变成的产品就越多，实现的生态效益和经济效益就越大。”

“循环经济在农业上的运用越来越广泛，既保证了农业生产的发展，也保护了水体环境和土壤环境，是践行‘绿水青山就是金山银山’的良好示范。”李元说，“农业循环经济促进传统农业向现代农业经营体系转变，赋能绿色发展，在乡村振兴新征程中，有广阔的发展空间。”（李茂颖）

## 国家标准正式实施

# 我国生物天然气标准体系初步构建

中国能源报 2022.11.7

日前，由西南化工研究设计院有限公司（以下简称“西南院”）牵头制定的《生物天然气》（GB/T 41328-2022）国家标准（下称“国家标准”）正式实施。该标准填补了我国生物天然气标准领域空白，有助于加快生物天然气产业化进程、推动有机废弃物综合利用和生态循环农业发展。同时，该标准将与《生物天然气术语》（GB/T 40506-2021）、《车用生物天然气》（GB/T 40510-2021）国家标准，以及农业行业标准《生物天然气工程技术规范》（NY/T 3896-2021）等初步构建起生物天然气的标准体系。

“国家标准发布后，解决了产业缺失技术标准的问题，促进了生物天然气行业发展，更落实了2019年国家能源局下发的《促进生物天然气产业化发展的指导意见》中加快制定出台生物天然气系列标准，包括生物天然气产品和并入燃气管网标准的要求。”参与制定该国家标准的全国气体标准化技术秘书处人士告诉记者。

在国家标准规范和引导下，集清洁能源、负碳排放、防治农业面源污染等众多优点于一身的生物天然气能否大展拳脚？

### ■■标准出台恰逢其时

由于生物天然气领域涉及环境、化工、生物、能源、环卫、汽车、机械加工制造等多个传统行业，各行业发展水平参差不齐，技术、产品、装备等各个方面尚未形成统一的标准，上下游产业的衔接存在一定困难，导致行业之间存在一定的技术和市场壁垒。

“虽说我国生物天然气在总体工艺技术上与国外相当，但生物质气为原料制备天然气的技术标准指导一直无据可依。”该人士向记者表示。

“国家标准发布之前，国内只有 GB 17820 - 2018《天然气》、GB/T 33445 - 2016《煤制合成天然气》两项天然气产品标准，但这两项标准均不适用于生物燃气制天然气。”该人士说，“这是因为生物燃气制天然气与传统天然气、煤制合成天然气相比，由于原料气、制备工艺的不同导致其技术指标、试验方法、贮运的规定有明显的不同。”

“除生物天然气产业的上游原料供应和下游产品都缺乏专门的标准和技术规范外，相关标准制定管理工作还存在九龙治水的问题。”某生物天然气企业负责人坦言。比如，在产品质量方面，生物天然气产品的国家标准分子全国气体标准化技术委员会，车用生物天然气国家标准则归口为全国能源基础与管理标准化技术委员会。另外，还有由水电水利规划设计总院提出，国家能源局负责管理的行业标准。而生物天然气生产方面暂无全国性机构开展相关工作，建立国内标准迫在眉睫。

“国家标准出台规范了生物天然气的技术要求、检验方法，解决了生物天然气产品贸易交割的问题，让使用者验收气体产品时有据可依。标准对产品的输送、标志、储运及使用也提出了安全要求，解决了行业安全管理问题。”上述全国气体标准化技术秘书处人士说。

### ■ ■ 企业或面临新的成本压力

“整体看，这次标准制定很严格，尤其对后端工艺处理来说有一些压力。”上述生物天然气企业负责人表示。

“新标准较以往有所提高，我们要重新检验目前的生产设备和工艺能不能满足标准要求，同时也涉及已经报批和正在进行中的项目和相关生产设备的变更。对项目后期实施和落地而言，可能有一些困难。”安徽省生物天然气开发股份有限公司总经理赵听表示，“如果不能符合标准要求，就涉及后续对于技术改造和设备更换的投入。”

“标准有助于促进行业发展，是好事。但目前来看，行业发展本来就有点畏手畏脚，亮点项目分散，市场竞争力亟待提高。对盈利本就不易的企业来说，不论是改造项目还是设备，都增加了投资成本，压力不小。”上述生物天然气企业负责人坦言。

“以前没有标准，参照石化行业二类标准，满足就可以并网。现在国家标准出来，达到这个标准再并网，不容易。”赵听也道出担忧。

中国石油西南油田公司天然气研究院博士蔡黎则指出，此次的国家标准是通过经济手段或市场调节而自愿采用的国家标准，如果一经企业接受并采用，或各方商定同意纳入经济合同中，才成为各方必须共同遵守的技术依据。“目前对于产品质量的规范和约束作用更大，这也是鼓励和建议企业自愿采用的国家标准。”

### ■ ■ 配套支持政策不可或缺

发展生物天然气不仅有利于补齐我国天然气供需短板，提高能源安全保障能力，还可解决粪污、秸秆露天焚烧等引起的环境污染问题，实现城乡有机废弃物资源化产业化，对城乡

生态环境保护具有重要意义。

“从此前我们调研走访的情况看，生物天然气已经受到越来越多国家的重视。欧洲很多国家形成了相对完善的产业标准体系，相较于传统天然气行业，我们十分看好生物天然气发展，但现阶段产业体量还有点小。”上述生物天然气企业负责人说。

受访人士表示，目前仅有国家标准还不够，生物天然气产业需要通过提升技术工艺、降低生产成本等，不断完善产业体系，确保爬坡期的生物天然气产业可持续发展。

业内人士建议，宜加快生物天然气相关产品的检测标准的制修订进程，并注意相关归口管理和标准本身之间的协调，同时充分考虑生物天然气自身质量特点和输送使用要求，完善各项标准制定。

“要国家标准，也需要省级层面配套的支持政策。未来还应该给生物天然气产业和企业发展予以更多关怀，建立激励机制，多种渠道激发相关项目主体活力。”上述生物天然气企业负责人说。（渠沛然）

## 可持续航空燃料发展前景广阔

中国能源报 2022.11.7

北京大学能源研究院近日发布的《中国可持续航空燃料发展研究报告：现状与展望》（以下简称《报告》）指出，考虑到全球航空业的复苏以及碳减排要求的不断提高，可持续航空燃料将成为航空业实现净零排放目标最有潜力的减排措施。业内专家指出，我国可持续航空燃料行业整体处于发展初期，当前在政策、技术、原料供给等方面面临较多挑战。但同时，我国可持续航空燃料行业也面临巨大机遇并具有一定优势，将在降低航空业碳排放、助力实现碳达峰碳中和目标、保障能源安全方面作出重要贡献。

### 助推航空业降碳

记者了解到，可持续航空燃料是传统航油的一种低碳替代品，主要由废油脂、农林废弃物、城市废弃物、非粮食作物，或绿电和二氧化碳等加工合成而来，因此被认为是“可持续的”航空燃料。《报告》指出，使用可持续航空燃料几乎不需要对现有的飞行器及航空基础设施进行额外改动，但与当前主流的航油相比，可减少80%的二氧化碳排放。

面对应对气候变化的迫切需求，近年来，各主要经济体都提出了碳达峰碳中和目标和路线图，绿色复苏已经成为业界共识。对航空业而言，将逐渐面临越来越大的碳减排压力。

《报告》援引联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）的报告数据指出，2019年，全球航空业产生的温室气体排放量占全球总排放量的1.8%，约为10.6亿吨二氧化碳当量。而根据国际民航组织（ICAO）的预测，随着航空业的持续发展，如果不做出额外的减排努力，仅国际航空业务在2020-2050年间累计产生的二氧化碳就将占到全球同期总排放量的7%。

我国是全球最主要的航空市场之一，航空业务整体处于持续增长阶段，产生的碳排放量

也不断上升。《报告》指出，随着全球航空业逐步复苏，航空业碳排放量也将持续上升，碳减排同样是中国航空业绿色发展过程中需要面临的挑战。

值得注意的是，考虑到航空领域对全球碳排放的影响，航空业已在为实现 2050 年净零排放的全球长期共同目标而积极行动。《报告》指出，由于航空业面临减排难题，发展可持续航空燃料被视为实现净零排放目标最有潜力的减排措施。国际航空运输协会预测，到 2050 年，65% 的碳减排将通过使用可持续航空燃料实现。

### 潜在产能较大

当前，可持续航空燃料在国内已有相关研发和应用项目。今年 9 月，中国石化对外发布消息称，中国石化镇海炼化已经正式获得由中国民航局适航器审定司发布的生物航煤适航证书，表明该公司此次通过油脂加氢路线生产的生物航煤和 3 号喷气燃料全部符合适航标准。此外，近年来，国航、东航、海航、国泰航空、南航等多家航空公司相继完成了可持续航空燃料验证飞行。此外，波音也与中国院校及研究机构合作，在生物燃料、绿色制造和行业标准等领域进行技术研发。

《报告》认为，随着航空业碳减排的推进，在未来潜在政策的引导和支持下，可持续航空燃料的供需均有快速增长的潜力。从理论产能角度来说，如果将我国现有及规划的氢化生物柴油产能进行改扩建用以制备可持续航空燃料，加上现有的可持续航空燃料产能，预计 2025 年可持续航空燃料的总潜在产能可达 205 万吨/年，届时供应量可满足中国当年航油总需求量的 4.5%。

国泰航空有限公司气候变化总监邢子恒表示，面对航空业减排要求，我国对可持续航空燃料需求将逐步明确且持续，我国应抓住发展机遇，发挥多方优势，推动可持续航空燃料产业发展，为全球航空业近零排放提供“中国方案”。

“当前，我国在可持续航空燃料领域已具备很多新技术发展潜力。近年来，广州能源所、国电投、中科院等均在持续研发。同时，我国在可持续航空燃料生产的部分环节具有优势，如绿电成本相比其他国家具有一定优势。此外，今年 3 月发布的《氢能产业发展中长期规划（2021 - 2035 年）》，加大了对绿氢的支持，将进一步推动可持续航空燃料产业发展。”邢子恒称。

### 需多方协作和政策引导

中国民用航空航油航化审定中心适航审定室主任杨智渊提醒，在中短期内，可持续航空燃料在产能、技术、原料供给和成本等方面尚存在一定障碍和瓶颈，应从原料选取、工艺路径选择、产业链布局等方面进行调整改善。

在此背景下，《报告》强调，多方协作将是现阶段可持续航空燃料市场发展的关键，包括组建跨部委工作组，协调解决可持续航空燃料发展重大问题，研究制定相关配套政策，统筹推进；引导产业链集体行动，支持各类主体开展可持续航空燃料应用的协同创新；鼓励油料炼制企业、航空运输企业、航空制造企业联合投资可持续航空燃料项目，实现可持续航空

燃料应用的常态化和规模化。“这些措施一方面可以为参与其中的先行方共同抵御风险，积累宝贵经验；另一方面，也可以为政策的制定和完善提供建议和经验支持。”

中国石化镇海炼化发展科技部科技室主任黄爱斌认为，应从国家层面加强顶层设计，通过政策的扶持，包括出台相关标准、减免税收，对生产端或消费端的补贴等，降低可持续航空燃料应用成本，形成可复制可推广的经验，推动全产业链条良性循环。

北京大学能源研究院特聘研究员杨富强进一步指出，我国航空业整体处于增长期，推动可持续航空燃料发展对我国的循环经济发展和能源转型具有积极意义，将有效带动废物循环利用，减少环境污染。同时，可持续航空燃料通过可再生能源电力与二氧化碳合成，不仅能促进可再生能源电力的消纳，还能实现双重碳减排。未来，可持续航空燃料将在降低航空业碳排放、助力实现我国碳达峰碳中和目标、增强能源安全方面作出重要贡献。（仲蕊）

## 广东生活垃圾无害化处理设施数量及能力居全国第一

### 10个城市实现生活垃圾零填埋

南方日报 2022.11.30

11月29日，省十三届人大常委会第四十七次会议审议省政府关于加强环保基础设施建设和管理工作情况的报告。报告披露，2020年至2022年，我省向国家争取中央预算内环境治理方向项目29个共计6.02亿元；同时争取地方专项债券资金支持环境基础设施建设项目，截至2022年9月，流域水环境治理、城镇污水垃圾处理领域已发行项目238个，发行专项债券额度583.86亿元，不断强化资金保障，支持生态环境质量持续改善。

#### 1123个乡镇生活污水处理设施全覆盖

近年来，广东在补齐城镇和农村生活污水处理短板上下足功夫。

报告显示，目前，城镇污水收集处理效能明显提高。2022年1至9月，全省地级以上城市平均生活污水集中收集率达76.2%，比2018年提升了14.1个百分点。截至2022年9月，全省建成城市生活污水管网7.57万公里，建成污水处理厂419座，总处理能力达2976万吨/日。全省1123个乡镇已基本实现生活污水处理设施全覆盖，共建有乡镇生活污水处理设施1060座，总处理能力615.17万吨/日。

在农村，广东将农村生活污水治理作为“三农”领域突出短板“九大攻坚”行动和2021年、2022年“十件民生实事”的重点工作高位推动，并组建农村生活污水治理专家技术团队，分类深化细化指导帮扶。结合地表水国考断面水质达标攻坚等工作，我省优先推进重点区域农村生活污水治理工作，截至2021年底，全省农村生活污水治理率为47%。2019年以来，先后争取中央农村环境整治资金约4.56亿元，支持22个县（市、区）开展治理示范工作，重点推动粤东北地区及老区、苏区、少数民族集聚区补齐农村生活污水治理短板。

报告透露，下一步将加快补齐城镇污水收集处理设施短板，推进污水管网全覆盖，提升

污水处理厂进水浓度，不断强化镇级污水处理设施建设运维。同时，要全力推进农村生活污水治理攻坚，加快推动我省从“有建设到建管并重”“有治理到有效治理”转变。

### 生活垃圾无害化处理率 99.95%

公众普遍关注生活垃圾和建筑垃圾处理情况。报告显示，截至今年9月底，全省共建成生活垃圾无害化处理设施154座，总处理能力16.08万吨/日，生活垃圾无害化处理率99.95%，设施数量和处理能力多年居全国首位，焚烧处理能力占比达81%，广州、东莞、惠州、中山等10个城市实现生活垃圾零填埋。与此同时，乡村生活垃圾收运处置体系持续完善，镇级填埋场整改全面完成。截至2021年底，“村收集，镇转运，县处理”的乡村生活垃圾收运处置体系已覆盖全省所有行政村。

在危险废物处理处置方面，支持国企发挥主导作用，推动建设区域性处置中心；将重点设施建设纳入污染防治攻坚战任务，落实“一市一策一专班”跟踪督导，推动茂名粤西危险废物处置中心、汕尾市医疗废物处置中心等重点项目建成投运。此外，鼓励危险废物产生量大的企业自建利用处置设施，源头减量。开展危险废物收集、贮存试点，构建收运处置“毛细血管”体系，推动解决中小微企业废物收运慢、处置难的问题。

为进一步保障医疗废物处置，广东推动全部9个重点设施在2020年底前按期建成投运，2021年，广州、佛山、珠海等市完成设施升级改造科学推进处置能力扩能提质。

报告提出，下一步将以“无废城市”建设为切入点，提升固体废物处置能力，优化生活垃圾设施处理结构，强化建筑垃圾全过程管理，完善危险废物设施共享共建和区域协同机制。（姚瑶）

## 亿吨工业固废 有望“点废成金”

广州日报 2022.11.30

坐落于广东韶关仁化县渐溪河畔的凡口铅锌矿，是亚洲最大的铅锌矿。曾经，在1968年刚投产时，采矿后剩下的如山废渣就堆积在巨大的矿坑外。数十年后的今天，“绿色矿山”已成为共识：不远处韶关冶炼厂、丹霞冶炼厂排放的冶炼渣，被开发成为充填凡口铅锌矿井巷的新型胶结材料，不仅有助于支撑矿山、降低发生岩爆的风险，也能最大限度地减少污染。

这项技术来自中国工程院院士蔡美峰在固岩科技发展有限公司联合设立的“绿色矿山技术与工程”院士专家工作站。作为中国矿山地应力测量的主要开拓者，蔡美峰院士正与这家位于广州南沙的企业一起，致力于用科学技术建设绿色低碳矿山，“变废为宝、点绿成金”。如今，曾经的矿坑变身为凡口国家矿山公园——草木葱郁、白鹭戏水、风景如画。

### 从有“去处”到有“用处”，科技让冶炼渣、尾砂变废为宝

我国是人口大国，也是固体废物排放大国，目前各类固体废物累积堆存量800多亿吨，年新增排放近30亿吨。固废的处理，是一项有难度又有极大社会、经济及环保意义的科技

课题。

放错地方叫垃圾，放对地方叫资源。工作站团队把目光投向年产量达 850 万吨的铅锌冶炼渣。“目前国内外还没有对铅锌冶炼渣真正实现大规模、实用化开发利用，以致各冶炼企业渣场已堆积成山。大量冶炼渣排放不仅带来有价金属资源浪费，而且给厂区及周边环境带来污染。”固岩科技董事长陈忠平表示。

团队发现，铅锌冶炼渣经过高温冶炼和快速冷却过程，其化学组成与晶体结构含有大量玻璃体，具有潜在的胶凝活性。“我们通过前期对韶关冶炼厂冶炼渣进行胶凝活性评价发现，冶炼渣微粉活性激发后，28 天胶砂强度水平介于粉煤灰和钢渣之间，完全可以用于低成本生态胶凝材料及其制品开发。”

化“渣”为“胶”后，去向何处？矿山充填和路基、路面工程皆是方向。“尤其是，目前矿山填充采用的胶结料主要为普通硅酸盐水泥，成本占工艺的 70% 以上，随着水泥成本逐渐提升，充填成本也在进一步提升。我们研发的胶凝材料能自流、不离析，胶结剂生产剪强度高，正适合代替水泥。”他说。

在他看来，利用钢厂冶炼固废开发用于矿山井下充填的新型胶结材料，既能有效降低胶凝材料成本，充分利用矿山选矿尾砂，同时为钢铁企业固废处置和资源化利用开辟了一条新的途径，并可为钢铁企业创造经济和环境效益，具有重大的社会效益。

更重要的一项创新是对细粒级尾砂的资源化利用。尾砂是矿山企业在生产过程中排放的废弃物。在过去，有色金属矿山企业对于尾砂的处理通常都是经过一定的处理后将细粒级尾砂直接排入尾砂库。根据国家相关要求政策，尾砂库将在 2025 年关闭废除。因此，“无废矿山”“无尾矿山”才是未来的发展方向。

为实现这个目标，固岩科技在蔡美峰院士带领下，自主研发了固岩胶结料——超细尾砂专用充填胶结料。“我们在 5 个方面取得突破，包括尾砂废水中的超细尾砂高效捕获沉淀、超细尾砂低成本充填胶结料、充填浆料高浓度长距离自流输送、高含水率尾砂快速固结、充填料浆流变稳定性控制。”陈忠平说。

他向记者展示了一个装着灰白色粉末的瓶子，“这是我们开发的针对尾砂固废的一种激发剂。胶结料以工业固废为基材、与固岩的激发剂互配而成，主要用于矿山的尾砂胶结充填。”

2021 年 6 月，工作站项目《矿区空间生态修复关键技术与应用》荣获广东省环境保护科学技术奖一等奖。2021 年 12 月，项目《钢铁工业固废协同激发新材料研究以及应用》荣获 2021 年度中国循环经济协会科技进步一等奖。2022 年 3 月，固岩科技自主研发的铅锌尾砂胶结料（固岩胶结料）获得了“新材料首批次认证”。

### 绿色发展共同理念，让院士和企业 13 年来“双向奔赴”

“实现废弃物大规模资源化利用，消化和处理掉堆存的废弃物，并大幅度减少今后的排放和堆存，对环境保护的意义重大。”蔡美峰院士是岩土工程专家、中国矿山地应力测量的

主要开拓者。近年，他持续为我国矿业转型升级、实现绿色高质量发展建言献策。

“对不可避免产生的废弃物，尽可能直接在原地回收和有效利用。例如将采矿产生的废石、选矿产生的尾矿用于充填地下采空区，对维护地下采场的稳定与安全将发挥重要作用，同时避免和控制废弃物排放对环境 and 生态造成污染和危害。”在蔡美峰看来，这是工作站成果的意义所在。

实际上，绿色发展的理念贯穿在蔡美峰院士整个学术生涯。他所专长的矿山地应力测量，为金属矿采矿优化理论、露天转地下开采优化理论等奠定了坚实的基础。

地应力，是指存在于地壳中的应力。上世纪80年代，因为地应力测量难度大、成本高，落后的测量技术严重制约了我国采矿工程发展。因为没有摸清地应力的分布规律，有些矿建了十多年都不能投产。

从在江苏如东的一个渔村成长、到上海交通大学工程力学专业求学、地方工作，再到北京钢铁学院（现北京科技大学）攻读采矿专业硕士学位，一路走来，蔡美峰深刻体会着国家发展离不开科学研究。因此，当他有机会作为访问学者赴澳大利亚攻读博士学位时，他选择了相对没那么容易出成果、却是国家急需的地应力测量研究方向，并在拿到博士学位半个月后毫不犹豫地回到了祖国怀抱。

也许是对绿色发展的理念一致，也许是都怀着科技报国的信念，蔡美峰院士与陈忠平在13年前便一见如故，更在2020年联合建立起这个院士专家工作站。

陈忠平是一位非典型企业家——作为国家双创领军人才、广东省首届特支计划领军人才、广州大学工程材料研究所教授的他，一直致力于填补“行业技术空白点”，通过研发多项“前所未有但行之有效”的创新固废技术，解决固废行业的“卡脖子”难题。

1997年，陈忠平博士毕业于日本国立九州大学岩土工程专业，并留在日本担任劳动部产业技术研究所研究员。3年后，他选择回国并来到广州。

“回国是我做出的最正确的决定。虽然日本那个时候的条件好一些，但中国是一个发展中国家，反而给我们这帮知识分子提供了很好的机会。只要有想法、有知识，就能有更大的舞台来实现自己的愿望。”陈忠平说，“广州离我家乡湖南近，而且处在改革开放前沿，是个干事业的地方。”

### 学界跨界界，解决赤泥资源化利用世界性难题

如今，60岁的陈忠平仍奔走在大学教学和企业管理乃至现场调研之间，十分忙碌。但在他看来，这样的跨界是必要的。“我认为，创新如果不在一线，那么创新就是脱离实际的。我所做的创新，都是围绕产业化的创新。”

“很多高校老师一辈子的目标就是寻找先进点，发掘创新点。但对于企业来说，技术光有先进性是不够的，还要有市场前景和经济优势。没有这两点，很多研究成果发表论文后就被丢到垃圾桶去了，没法产业化。”这让陈忠平十分痛惜。

“昨天我给学生上土木工程课，对他们说土木工程跟数学、跟计算机不一样。数学和计

算机坐到电脑前面就行了，而土木工程需要走向实践、走向一线。只有在一线，才能不断发现还有很多问题需要我们去解决，并且反过来，解决问题的方式又能够贴近实际，做出有经济优势的创新。”

对赤泥的资源化利用，就是体现陈忠平这一理念的绝佳例子，也是工作站的另一项成果。

赤泥是氧化铝生产过程中排放的细颗粒碱性固体废渣。我国赤泥堆存量超过 30 亿吨，占全球的 60%，且每年以 1.2 亿吨的排放速度增加。因为赤泥碱性强、颗粒细、含水率高、工程力学特性差，目前资源化率仅为 5% 左右，其资源化利用一直是个世界性难题。

通过采用物理化学降碱、多固废协同激发改性等技术手段，工作站攻克了赤泥规模化路用系列关键技术难题，并开发出赤泥基的混凝土、装配式路基、直立式轻质路基等多款路用产品，实现了赤泥规模化增值路用。

“最初我们做了 100 米的试验段，今年做了 2 公里的，马上就有一个 30 公里的试验段准备开展。”陈忠平欣喜地说道。他也谈到，固废资源化利用是一个需要政府主导的系统工程。除了政策、技术、市场等难题，改变人们对固废产品的认知也十分重要。他期待通过院士专家工作站、通过企业的努力，实现更多大宗固废综合利用典型案例，让“点废成金”成为社会新风尚。（方晴）

## 我国首个开放式千万吨级二氧化碳捕集利用与封存项目启动

中国电力报 2022.11.9

**本报讯** 据中国石油化工集团有限公司消息，11 月 4 日，中国石化与壳牌、中国宝武、巴斯夫在上海签署合作谅解备忘录，四方将开展合作研究，在华东地区共同启动我国首个开放式千万吨级 CCUS（二氧化碳捕集、利用与封存）项目，为华东地区现有产业脱碳，打造低碳产品供应链。

据悉，首个千万吨级二氧化碳捕集、利用与封存项目由中国石化、中国宝武、壳牌、巴斯夫 4 家行业头部企业共同打造。项目将长江沿线工业企业比如钢材厂、化工厂、电厂等的碳源通过槽船集中运输至二氧化碳接收站，通过距离较短的管线再把接收站的二氧化碳输送至陆上或海上的封存点封存。

二氧化碳捕集、利用与封存就是通过从工业排放源中捕集二氧化碳并加以利用或注入地质构造封存，以实现二氧化碳减排的过程。通过该项目可以为现有产业脱碳、打造低碳石油化工、推动绿色低碳循环经济的发展。

研究表明，我国未来有 10 亿多吨碳排放量要依靠 CCUS 来实现中和，可有力推进化石能源洁净化、洁净能源规模化、生产过程低碳化。

## 五、太阳能

### 荒漠中释放绿色动能

#### ——中企助力约旦绿色能源发展小记

中国能源报 2022.10.24

**本报讯** 在约旦南部广袤荒漠中，风机星罗棋布。其中一处风电站，是由中资企业三峡国际管理运营的约旦舒巴克风电站。该电站于2021年投运，每年可提供约1.5亿千瓦时清洁能源。

约旦能矿资源较匮乏，长期依赖进口。为此，该国政府近年来大力提倡发展清洁能源。据约旦能矿部数据，今年7月约旦总能源产出中约29%为清洁能源，该国的目标是到2030年将这一比例提高到50%。

“越来越多中国企业在约旦投资、承建光伏、风力发电项目，这将帮助约旦逐渐实现绿色发展的愿景。”三峡国际约旦新能源项目国家经理穆罕默德·阿布·阿提耶称。他说，三峡国际在约旦的新能源项目包括两个风电项目和一个光伏项目，总装机容量156兆瓦，预计每年为约旦提供4.4亿千瓦时绿色电能。“这些项目还有助于减少二氧化碳排放、节约用水。预计在合同期内，项目合计可为约旦减排773万吨二氧化碳，节约水资源1350万立方米。”

在约旦南部荒漠地区，由中企山东电力建设第三工程有限公司承建的约旦第仕24兆瓦光伏项目也于2021年开工建设，这是中企在约旦承建的首个光伏电站项目。中方项目经理郑洪志表示，该项目采用中国光伏发电设备和技术，为当地创造了大量就业机会。

业主方约旦水务局项目负责人苏丹说，电站建成后，不仅将更好满足周边区域用电需求，还将缓解附近水厂用电压力，提升水厂供水能力。

“中企参与的这些清洁能源项目，给当地人带来了实实在在的好处。”舒巴克风电站现场经理马哈茂德·阿勒哈马迪耶说，仅舒巴克风电项目就可以满足约3万户家庭用电，还能周边居民提供百余个就业岗位。

舒巴克风电站现场运维工程师奈扎尔·阿勒胡沙曼说：“我经常与中国同事们一起交流项目技术经验，这让我的技术水平得到很大提升。我们的项目目前运转良好，中国企业的参与让我们绿色发展的梦想落地生根。”（冀泽）

### 卡塔尔首个太阳能发电厂投产

中国能源报 2022.10.24

**本报讯**（记者姚金楠）报道：由隆基供应全部组件的卡塔尔80万千瓦地面电站，日前全容量并网，成为卡塔尔有史以来首个全容量并网的大型地面光伏电站。10月18日，这一

项目在卡塔尔举办投产发布仪式，卡塔尔能源部长 Saad Al - Kaabi 出席并致辞，对该项目在卡塔尔乃至全球所产生的影响力和示范意义表达了极高赞誉。

该光伏电站位于 Kharsaa 地区，是卡塔尔首个太阳能发电厂，项目全部采用隆基 Hi - MO 4 双面组件，是目前为止世界第三大单体光伏电站，也是世界最大运用跟踪系统和双面组件的光伏项目。项目预计每年可为卡塔尔提供约 18 亿千瓦时的清洁电能，满足约 30 万户家庭年用电量，每年减排二氧化碳约 90 万吨。

投产发布仪式上，卡塔尔能源部长 Saad Al - Kaabi 表示，该项目在卡塔尔乃至整个中东地区都有着深远意义，可满足卡塔尔峰值电力需求 10% 以上。本次并网后，该项目将以具有竞争力的电价为卡塔尔提供能源支持，通过电能来源的多样化提高能源利用效率，既可增加可再生能源利用的比重，也有利于实现国家经济多样化发展，是卡塔尔“2030 国家愿景”的一部分，开创了卡塔尔新能源光伏发电领域的先河，也将有力支撑卡塔尔举办“碳平衡”世界杯的庄严承诺。

隆基绿能全球营销中心副总裁贾超表示，很荣幸能够助力卡塔尔打造立足于中东乃至全球的这一标杆项目。未来，隆基将继续紧密携手合作伙伴，助力中东可再生能源的蓬勃发展。

近年来，中东传统能源大国的减碳行动明显加快，纷纷探寻清洁能源转型之路。作为全球领先的太阳能科技公司，隆基通过技术创新力促降本增效，始终以客户价值为中心，为中东国家实现碳中和这一目标贡献不容忽视的隆基力量。

## 超薄太阳能电池可提高卫星性能

科技日报 2022. 11. 10

科技日报北京 11 月 9 日电（实习记者张佳欣）大多数太空卫星是由光伏电池供电的，光伏电池将阳光转化为电能。暴露在轨道上的某些类型的辐射会损坏这些设备，降低它们的性能，并限制它们的寿命。根据最新一期《应用物理杂志》，英国剑桥大学科学家提出了一种耐辐射光伏电池设计，其特点是具有超薄的光吸收材料层，更薄的电池可减少对轨道上光伏电池的辐射损伤，从而有望提高卫星性能。

当太阳能电池吸收光时，它们将其能量转移到材料中带负电荷的电子上。这些电荷载流子被释放并产生穿过光伏的电流。太空中的辐射会使太阳能电池材料中的原子移位，缩短载流子的寿命，从而造成损害并降低效率。让光伏变得更薄将延长它们的寿命，因为电荷载流子在寿命期限内传输的路径更短。

耐辐射电池的应用之一是研究行星和卫星。例如，木星的卫星木卫二拥有太阳系中最恶劣的辐射环境之一，将太阳能航天器降落在木卫二上将需要耐辐射设备。

研究人员使用半导体砷化镓建造了两种类型的光伏设备。一种是芯片上的设计，通过将几种物质分层堆叠而成；另一种设计涉及一个银色的后视镜，以增强光的吸收。

为了模拟太空中辐射的影响，研究人员用英国道尔顿·坎布里亚核设施产生的质子轰击了这些设备。他们使用可测量辐射伤害量的阴极发光技术来研究辐射前后光伏设备的性能，然后使用紧凑型太阳能模拟器进行了第二组测试，以确定这些设备在受到质子轰击后将太阳光转化为电力的情况。

研究人员称，超薄太阳能电池在一定阈值以上的质子辐射性能优于之前研究过的更厚的设备。超薄的几何结构提供了比之前观察到的两个数量级更好的性能。而且，这些超薄电池性能的提高是因为电荷载体的寿命足够长，可在设备的端子之间传输。

如果提供相同数额的电力，运行 20 年后，较厚的电池将比超薄电池所需的盖玻片多 3.5 倍。因此，超薄电池节省的资源将转化为更轻的负载和更少的发射成本。

## 积极推进光伏产业链健康有序发展

中国能源报 2022.10.31

**本报讯** 国家发改委 10 月 28 日发布的《国家发展改革委办公厅 国家能源局综合司关于促进光伏产业链健康发展有关事项的通知》（以下简称《通知》）指出，各地和企业要从保障多晶硅合理产量、支持多晶硅先进产能按期达产、鼓励多晶硅企业合理控制产品价格水平、保障多晶硅生产企业电力需求等多方面入手，积极推进光伏产业链各环节健康有序发展。

《通知》指出，上述举措旨在完整、准确、全面贯彻新发展理念，做好碳达峰碳中和工作，抢抓新能源发展重大机遇期，巩固光伏行业发展取得的显著成果，扎实推进以沙漠、戈壁、荒漠为重点的大型风电光伏基地建设，纾解光伏产业链上下游产能、价格堵点，提升光伏发电产业链供应链配套供应保障能力，支撑我国清洁能源快速发展。

在保障产量产能方面，《通知》明确，多措并举保障多晶硅合理产量，创造条件支持多晶硅先进产能按期达产。《通知》指出，多晶硅在光伏产业链中居于重要环节，发挥着关键作用，同时产能形成周期相对较长。要保障多晶硅生产所需的原材料供应、用电用水用工等，合理安排检修、技术改造等计划，确保已有产能开工率。另外，支持多晶硅企业加强技术创新研发，提升生产线自动化、数字化、信息化、智能化水平，降低能耗水平，提高生产效率与产品优良率。推动建设项目按期投产达产。鼓励上下游一体化、战略合作、互相参股、签订长单，支持建设光伏产业园区。鼓励国有、民营等各类资本参与产业链各环节，有效限制低端产能无序扩张。

针对多晶硅价格，《通知》鼓励多晶硅企业合理控制产品价格水平。在遵循公平竞争原则前提下，结合市场供需形势、生产成本及合理利润水平等因素，引导多晶硅等产品价格维持在合理区间，相关企业可享受政府支持政策，纳入政府及行业重点企业支持政策清单。

在光伏产业链企业用能方面，《通知》要求，充分保障多晶硅生产企业电力需求，鼓励光伏产业制造环节加大绿电消纳。其中，对于主动控制多晶硅等产品价格水平的企业，有条

件的地方，特别是绿电资源丰富的地方，支持其通过市场化方式降低多晶硅生产用电成本。目前，对于产品价格控制在合理区间的多晶硅生产用电负荷，各地暂不纳入有序用电方案。另外，鼓励多晶硅生产企业直接消纳光伏、风电、水电等绿电进行生产制造，支持通过微电网、源网荷储、新能源自备电站等形式就近就地消纳绿电。使用绿电进行多晶硅生产的，新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制。

《通知》还提出，要完善产业链综合支持措施、加强行业监管、合理引导行业预期。

其中，各地和企业要落实相关规划部署，突破高效晶体硅电池、高效钙钛矿电池等低成本产业化技术，推动光伏发电降本增效，促进高质量发展。推动高效环保型及耐候性光伏功能材料技术研发应用，提高光伏组件寿命。同时，严格贯彻落实价格法、反垄断法，加强市场监测，发现扰乱市场秩序的问题线索，及时约谈相关市场主体，推动依法合规经营；从严查处散布虚假涨价信息、囤积居奇等哄抬价格行为，以及达成垄断协议、滥用市场支配地位等垄断行为，有力遏制资本过度炒作，维护行业公平竞争秩序。

《通知》强调，各有关部门、企业应理性分析光伏产业发展预期，充分考虑产业链已有产能与不同生产环节间扩产周期的差异，根据新能源发展规划、市场需求预测等情况引导企业提前谋划布局、合理安排投产扩产增产计划，推动上中下游平衡协调发展，有序推进光伏产业链建设，推动光伏产业链的平稳、健康发展。（朱学蕊）

## 中国石化首套太阳能直接制氢试验装置投运

中国能源报 2022.10.31

**本报讯** 近日，由石工建中原设计公司设计研发的中国石化首套光伏离网质子交换膜（PEM）电解水制氢试验装置成功投运。这是中国石化首次将光伏发电装置与质子交换膜电解水制氢技术结合在一起，可直接将太阳能转化为氢能，且碳排放为零。

该装置是中原设计公司所承揽的石油工程技术服务公司“质子交换膜（PEM）制氢及配套技术与装置研究”项目的一部分成果，制氢试验装置是该项目的核心内容。新装置直接利用光伏离网发电的直流电，将纯水电解为氢气和氧气，实现太阳能向氢能的实时转换，氢气纯度达 99.999%。

现场应用结果表明，该装置制氢平稳，产氢量达到设计要求，制取每标准立方米氢气耗电小于等于 4.91 千瓦时。（李慧 王靖）

## 钙钛矿室内用光伏组件转换效率超 36%

中国科学报 2022.11.7

**本报讯**（记者朱汉斌）近日，暨南大学新能源技术研究院教授麦耀华团队获得了独立第三方认证超过 36% 的大面积钙钛矿室内光伏组件转换效率，为当前已报道的世界最高值。相关研究结果发表于《先进科学》。

近几年，以钙钛矿材料为光吸收层的太阳能电池技术受到广泛关注。使用光伏电池实现室内弱光能量采集，可以广泛应用于工业物联网、智能家居和智能出行等领域，但其需要一个较宽的光学带隙才能获得较高的转换效率。钙钛矿光吸收层的光学带隙可以在很宽的范围内调整，因而具备获得高转换效率光伏器件的可能性，目前已经有团队报道效率超过 40% 的室内钙钛矿光伏电池。

然而，宽带隙钙钛矿薄膜内溴 (Br) 含量较高，容易造成相分离现象，影响器件的性能。麦耀华团队研究了钙钛矿光伏电池的带隙与室内光伏性能之间的关系，发现除了相分离外，钙钛矿光吸收层中的 Br 空位缺陷也是限制电池开路电压的主要因素之一。使用富碘 (I) 碱金属小分子材料处理后，可有效解决 Br 空位问题，提升了器件在弱光下的转换效率。在 1000 lux 的 TL84 光源下，有效面积为 12.30 平方厘米的钙钛矿室内光伏组件获得了独立第三方认证的 36.36% 的转换效率，为世界已报道的钙钛矿弱光组件最高转换效率。

同时，团队研制了基于钙钛矿光伏组件的室内光能采集系统样机，实现了室内光能采集、最大功率点跟踪、电能和电池管理、环境温湿度采集、蓝牙通信和免充电等功能。此外，该团队指出，对室内光伏电池性能的准确测试和测试流程的标准化对该技术的产业化至关重要。

中科院青岛生物能源与过程研究所

## 为开发高效稳定有机太阳能电池提供新思路

中国科学报 2022.10.24

本报讯（记者廖洋 通讯员刘佳）近日，中科院青岛生物能源与过程研究所研究员包西昌带领先进有机功能材料与器件研究组，在利用绝缘树脂调控有机太阳能电池研究方面获系列进展。

有机太阳能电池具有质轻、柔韧、可溶液加工等优点，在可穿戴柔性电子、光伏建筑一体化、光伏农业等领域有广阔应用前景。但该电池有机光敏层具有的低介电常数和内置电场导致高激子结合能和低驱动力，限制了激子的有效解离，使有机光伏的电流低于同等带隙的无机体系。

此外，光热过程会诱导光敏层的严重自聚集现象，使给受体产生过度相分离而不能形成良好的互穿网络结构，进一步抑制激子解离及输运，导致有机光伏较差的光热稳定性。

针对上述问题，研究组首先利用聚芳醚与光伏给受体材料的溶解性差异并结合逐层涂覆方法制备平面异质结有机太阳能电池，该方法不仅提升了光敏层给受体的分子紧密堆积，更改善了电荷复合和电荷提取能力，使有机太阳能电池实现了 18.6% 的高光电转换效率，绝缘树脂在光敏层内部形成矩阵网络结构，降低了材料的自聚集，提高了器件光热稳定性。相关研究发表于《美国化学会 - 能源快报》。

研究人员基于此发现聚芳醚材料均匀分布在光敏层内部，发展了有机光伏 pin 概念，增

强有机光敏层的介电常数和内置电场，提高载流子的传输与收集效率。相关研究结果发表于《纳米能源》。

上述工作揭示了绝缘聚芳醚树脂材料改善有机太阳能电池光电性能、光热稳定性及柔韧拉伸性的新机制，为开发高效稳定的有机太阳能电池提供了新思路。

## 造出自振荡“太阳能人工肌肉发动机”

中国科学报 2022.10.31

**本报讯（记者陈彬 通讯员吴军辉）**晒晒太阳就能振动，光照不停、振动不止。日前，南开大学教授刘遵峰、陈永胜联合中国药科大学副教授周湘团队，共同设计出一种基于多孔柔性聚丙烯/炭黑薄膜的自振荡人工肌肉驱动器，开发出“太阳能人工肌肉发动机”，为人类高效利用太阳能开辟了一条新路径。相关论文近日发表于《自然-通讯》。

驱动器是一种在外界环境刺激下产生机械变形，并将光能、热能、化学能等各种环境能量转换为机械能，从而产生驱动力的硬件，也是微机电系统、光发动机等应用场景中不可或缺的核心部件。研发一种自发且持续实现能量转化的软体驱动器是该领域的关键难点之一。

研究人员发现，聚合物薄膜中的溶剂蒸发会导致体积收缩且光照射薄膜一侧会加速薄膜内部溶剂蒸发，导致各向异性体积收缩，从而产生向光弯曲。“实验证明，在薄膜中引入多孔结构可以有效促进溶剂分子的质量传递，从而导致薄膜材料具有更快的弯曲速度和更大的弯曲幅度。因此，我们认为，基于多孔薄膜的光诱导溶剂蒸发可能是实现自振荡驱动的良好候选者。”刘遵峰说。

据介绍，新研发的基于太阳光的自振荡驱动薄膜，主要通过光热衍生的溶剂蒸发引起的聚丙烯/炭黑聚合物薄膜两侧的交替体积减小实现振动。聚合物薄膜中的各向异性溶剂蒸发和快速梯度扩散在发散光的照射下维持振荡弯曲驱动。

该工作首次实现了在包括太阳光、红外光和模拟太阳光等发散光下的自振荡驱动，也实现了在不同发散光照射角度下的自振荡运动。这种光响应自振荡驱动器具有优异的振荡做功性能、出色的负载能力和较高的能量转换效率（0.9%），并在溶剂不断供应的情况下保持持续振荡运动，不会停止。

## 全国首个深远海漂浮式光伏项目发电

中国自然资源报 2022.11.11

**本报讯（记者赵宁）**10月31日，记者从山东省能源局、山东省海洋局获悉，山东半岛南3号海上风电场深远海漂浮式光伏500千瓦实证项目成功发电，成为全国首个投用的深远海风光同场漂浮式光伏实证项目。

该项目位于山东省烟台市海阳市南侧海域，离岸30千米，水深30米。本次建设的500千瓦漂浮式海上光伏由两个环形浮体单元组成，在直径53米，面积相当于4个标准篮球场

的浮体单元上，共安装了770块光伏组件。该项目验证了浮体、锚固、发电组件抗风浪能力以及风光同场并网的技术可行性。

山东半岛南3号海上风电场深远海漂浮式光伏500千瓦项目，与半岛南3号300兆瓦海上风电同场。风光同场海上光伏是一种全新的能源利用方式和资源开发模式，是发电工程和海洋工程的融合创新，相当于将光伏电站从陆地搬到海上。相较陆上光伏，海面开阔无遮挡，日照时间较长，光能利用充分，环境优势得天独厚，可显著提升发电量。海上光伏主要包括桩基固定式和漂浮式等类别，各有其适用场景。

项目负责人介绍，海上光伏电站由环形抗风浪浮体、耐海洋环境高强弹性薄膜、光伏系统和风光送出系统等组成。其中，环形抗风浪浮体由高密度聚乙烯管件预制，高度0.6米~0.8米，通过4个系泊点和12条缆索锚固于海床，与风机安全距离保持在60米以上；浮体中间安装新型光伏组件平台，依据海况采用定制化光伏发电组件，可减少波浪对光伏面板的冲击和腐蚀；光伏组件采用预制滑轨与弹性薄膜连接，并通过薄膜直接与海水接触，水体对光伏设备的冷却可有效提高发电效率10%以上。

海上光伏是可再生能源发展新领域，具有发展潜力大、综合效益高、生态环境友好等优势，是落实碳达峰碳中和战略目标和山东海洋强省建设的重要支撑。山东省能源局新能源和可再生能源处负责人介绍，“十四五”期间，山东按照“由近及远、由易到难、示范先行、分步实施”总思路，统筹推进海上光伏规模化、集约化、协同化发展，聚力打造技术先进、生态友好、智慧融合的“环渤海、沿黄海”双千万千瓦级海上光伏基地。2022年，启动漂浮式海上光伏示范工作；到2025年，力争开工建设200万千瓦，建成并网100万千瓦左右。

## 丝网印刷技术破解钙钛矿光伏产业化难题

中国科学报 2022.11.10

本报讯（记者崔雪芹）南京工业大学团队联合西北工业大学团队通过离子液体醋酸甲胺（MAAc）创造性制备出长期稳定的钙钛矿印刷油墨，解决了钙钛矿器件放大化面临的科学与技术难题，将应用于制备图案化的丝网印刷钙钛矿薄膜和全丝网印刷钙钛矿光伏器件，加速钙钛矿光伏产业化进程。相关论文11月10日在线发表于《自然》。

当前，印刷钙钛矿光伏薄膜及器件的工艺多种多样，包括刮涂法、喷墨打印、涂布法、丝网印刷等，其中丝网印刷技术被认为具有工艺简单、效率高、图案化易、成本低等优点，是钙钛矿太阳能电池产业化的理想技术。然而，丝网印刷制备钙钛矿活性层一直是科学界的难题，其关键问题是现有的低黏度有机溶剂体系难以应用于丝网印刷制备钙钛矿薄膜，限制了低成本丝网印刷钙钛矿光伏器件的发展。

针对这一难题，联合团队首次提出了黏度可控、组分可调、空气稳定的离子液体钙钛矿印刷油墨，用于丝网印刷图案化的钙钛矿薄膜，实现了超过20厘米每秒的印刷速率和接近100%的原料利用率，以“点-线-面”的相转移方式精确地控制钙钛矿薄膜的形貌。

研究人员通过丝网印刷薄膜的动力学调控和器件结构优化，制备出全丝网印刷钙钛矿光伏器件，一台设备实现全部功能层制备，显著降低了设备需求、技术兼容性和制备成本。他们开发出效率为 20.52% 的丝网印刷钙钛矿光伏器件、14.98% 的全丝网印刷钙钛矿光伏器件和 11.80% 的全丝网印刷钙钛矿光伏组件，未封装的器件在最大功率点恒定光照 300 小时后，能保持其初始效率的 96.75%。

## 海阳核电“核能 + 光伏”发电量突破 100 万千瓦时

中国能源报 2022.11.7

本报讯 10 月 31 日，国家电投海阳核电“核能 + 光伏”项目发电出力突破 100 万度，节约用电成本约 70.58 万元，减少原煤消耗 328 吨，减排二氧化碳 997 吨、二氧化硫 30 吨、氮氧化物 15 吨，同时有效盘活了核电厂区空余土地资源，提高了能源资源利用率。

山东核电“核能 + 光伏”一期工程装机容量为 1009 千瓦，年发电量约 126 万千瓦时，采用“就地逆变、集中并网，自发自用、就地消纳”方式，高效利用厂区空余场地建成分布式光伏发电系统，直接用于施工临建区日常用电以及后续项目建设的施工用电。该工程是国家电投山东核电探索核能与新能源耦合，实现多能互补，提高能源资源利用率的又一创新实践。

后续海阳核电将进一步推进厂区地面光伏、屋面光伏、光伏廊道、电储能等建设，研究“核能 + 光能 + 风能 + 储能”等多种绿色能源结合，进一步拓展绿色能源应用场景，持续优化厂区用能结构，与前期在员工宿舍区建成的集分布式光伏供电、核能供热供水、水储能、电储能为一体的“水热电储”综合智慧能源示范工程，打造全方位“核能 + 综合智慧能源”，多维度建设“绿色厂区”“绿色社区”。（徐行）

### 六、地热

## 全力推进干热岩勘查试采科技攻坚战

中国自然资源报 2022.11.7

本报讯（通讯员盖利亚 特约记者范基姣）日前，中国地质调查局水文地质环境地质调查中心召开党委（扩大）会议，深入学习领会习近平总书记给山东省地矿局第六地质大队全体地质工作者重要回信精神，提出要围绕落实新一轮找矿突破战略行动、保障国家能源资源安全的指示要求，全力推进干热岩勘查与试采科技攻坚战，力争实现干热岩试采发电目标。

会议同时提出，要围绕践行绿色发展理念，做好黄河流域水文地质与水资源调查、二氧化碳地质封存调查、地质环境监测仪器质量检验检测等工作，为我国生态文明建设提供支持。充分发挥专业融合科技创新优势，努力破解重大能源资源环境问题，强化科技成果转

化，积极主动与地方政府、企业对接，争取在干热岩（地热）、地质灾害监测预警、水资源调查、生态环境保护修复等优势领域实现更大突破。大力弘扬新时代地质文化和水环中心“铁三角精神”“干热岩精神”，激励干部职工积极践行山水林田湖草沙生命共同体理念，向地球深部进军，推动美丽中国建设，为保障国家能源资源安全、为全面建设社会主义现代化国家作出新的更大贡献。

## 国际海底管理局推进海底热液系统地热能潜力评估

中国自然资源报 2022.11.4

【国际海底管理局官网 10 月 20 日消息】国际海底管理局秘书处征集咨询建议，以评估区域海底热液系统地热能潜力，包括：评估大洋中脊热液喷口地点的能源生产潜力，并审查区域内火山-热液监测的可持续发展、保护和监测的技术解决方案。审查承包商提供的多金属结核、多金属硫化物和富钴铁锰结壳相关测深数据集，并生成海底和矿物资源的可视化地图。申请人应具备地热能评估、地质和热液系统的地质建模、地热流体流动和能源生产评估、工程解决方案及监测系统等方面的经验和知识。

## 推进地热开发利用 助力实现“双碳”目标

中国自然资源报 2022.11.14

### 编者按

地球，因地热能赋存于其内部岩土体、流体和岩装体当中，是名副其实的“热球”“热库”。地热资源作为一种储量丰富、分布较广、稳定可靠的可再生能源，近年来在“双碳”背景下备受瞩目。

我国幅员辽阔，随着全国地热能调查精度的持续提高，地热家底逐渐明晰。传统理论认为，高温地热资源带主要位于地壳各大板块的边缘，在我国主要分布于西藏南部、云南西部、四川西部等地。但是，近年来山西省大同市“阳高一天镇一带干热岩地热资源勘查开发”项目取得的重大突破，打破了此前的理论认知，拓宽了地热学科边界，拓展了地热产业布局。

基于此，今年9月初在大同市举办的“绿色未来——2022地热能产业发展论坛”，探讨了地热能高效利用路径、深部高温地热资源勘查理论方法创新等议题，为我国地热产业发展绘前景、描宏图。

### 地热大国家底渐明

地热能按照赋存状态可分为水热型、干热岩型等；按照埋深可分为浅层地热资源、中深层地热资源等；按照井口温度分级可分为高温地热能、中湿地热能和低温地热能。

地热能一般按照温度由高到低进行梯级利用。水温大于90℃的热水用于烘干、发电、采暖；利用后水温降低到90℃~40℃之间，可用于采暖、理疗、洗浴、温室；再次利用后，

水温降低到 40℃ ~ 25℃ 之间，用于水产养殖、农业灌溉等。水温低于 25℃ 的，既可以运用热泵技术进行利用（例如浅层地热能），也可以处理达标后，按技术规范同层等量回灌。

记者从 2022 地热能产业发展论坛（以下简称“论坛”）上获悉，我国地热资源量约占全球的 1/6。2021 年（冰岛）第六届世界地热大会统计显示，在清洁供暖需求带动下，中国地热能直接利用（非电利用）呈加速发展趋势，装机容量为 40.6 吉瓦，占全球的 38%，位居世界第一，是排名第二美国的两倍。

尽管如此，利用效能高的地热发电，在我国由于资源分布、技术经济等原因规模较小、进展缓慢。20 世纪 70 年代起，我国在西藏地区探索高温地热发电，建设了羊八井、羊易、朗久、那曲等地热电站。目前，部分地热电站由于技术和经济原因关停，仅羊八井、羊易部分机组仍在运行。

“十三五”以来，聚焦北方地区清洁供暖，助推国家“蓝天保卫战”战略实施，国家发布了《地热能开发利用“十三五”规划》。在“双碳”目标引领下，地热产业高质量快速发展。

中国工程院院士、国家地热中心技术委员会主任郭旭升介绍，当前全国地热能调查精度持续提高，地热家底逐渐明晰。160 万平方千米国土达到 1:25 万精度，2 万平方千米达到 1:5 万精度。近 5 年新增大地热流数据在前 40 年总量基础上增长了 21%，基本覆盖陆域全部一、二级构造单元。

浅层地热能方面，我国完成 336 个地级以上城市浅层地热资源调查。据评估，可开采资源量折合 7 亿吨标准煤。据统计，“十三五”期间，我国浅层地热能利用年增长率为 10%，到 2020 年底，浅层地热能供暖/制冷面积为 8.1 亿平方米。“目前，我国浅层地热能供暖（制冷）面积已位居世界第一。京津冀开发利用规模最大，其他主要分布在辽宁、山东、湖北、江苏、上海等省（市）城区。”中国地质调查局浅层地温能研究与推广中心主任李宁波介绍。

中深层水热型地热能方面，华北地区地热能调查全面推进，雄安新区首次完成全区整装勘查。我国 4000 米以浅的中深层地热资源量折合标煤 12500 亿吨，年可开采资源量折合标煤 18.7 亿吨。到 2020 年底，我国水热型地热供暖面积累计约 5.82 亿平方米，超额完成“十三五”规划目标。

在干热岩勘探与开发领域，数十年来一直是发达国家领跑。我国干热岩资源勘探发现处于探索阶段，在青海省共和盆地，初步形成了干热岩高温测井、耐高温钻完井、高温花岗岩热储缝网压裂与裂缝监测等关键技术，为后续利用积累了宝贵经验。

### 能源革命取得突破

山西省作为我国第一个能源革命综合改革试点区，近年来成果突出，位于大同市的阳高一天镇一带干热岩地热资源勘查开发取得的重大突破备受关注。

2020 年 3 月，天镇 GR1 勘探孔钻探至地下 1624.01 米时，探获高温高压地热流体，孔

口温度 160.2℃，单井流量 230 立方米/小时以上，成为我国内地中东部地区发现的温度最高、自流量最的地热井。

“地热流体从 1600 米深处喷出地表，这个令人震撼的场景视频传来后，我一晚上没睡着。”中国科学院院士王焰新动情地说。

喷薄而出的地热流体，也冲破了传统理论的藩篱。此前认为，大于 150℃ 的高温地热资源带主要出现在地壳各大板块的边缘，热储多为花岗岩，在我国主要分布于西藏南部、云南西部、四川西部和台湾等地。而山西阳高一天镇一带不具备上述地质条件。

近年来，业内专家根据创新理论，预测了大同、忻州等地存在干岩和高温地热资源。2016 年起，山西省地质勘查局在中国科学院院士朱日祥、王焰新等专家的指导下，与中国地质大学（武汉）合作开展了全省干热岩地热资源勘查选区调查研究项目，圈定了天镇县马圈岸、阳高县弧山庙等干热岩勘查选区。

山西省自然资源厅于 2017 年批准立项阳高一天镇一带干热岩地热资源预可行性勘查项目，2019 年 8 月项目正式开钻，至 2020 年 3 月取得突破性成果。

专家论证认为，该成果对山西能源革命乃至全国可再生清洁能源勘探开发具有重大意义。“山西这次地热井发现，是地热界的一个新的里程碑，在此类区域发现这么好的地热资源，在全国是第一份。”中国能源研究会地热专业委员会主任田廷山说。

山西省在这一成果的基础上，部署了大同盆地重点地区深部高温地热资源详查专项、共建地热资源勘查及开发利用重点实验室、建设山西高温地热能科研示范试验电站 3 项重点工作，以尽快探明高温地热资源赋存情况，探索高温地热发电和梯级开发利用，为产业化布局提供支撑。

今年 8 月，山西省自然资源厅发布了《关于做好自然资源工作促进地热能产业高质量发展的通知》，要求统筹做好资源评价、规划管控、要素保障、集约利用、联合监管等各项工作，促进地热能产业高质量发展。中国石化新星公司、山西地质集团、山西双良集团等企业代表表示，要在政府的指导下，探索有利于地热能开发利用的新型管理技术和市场运营模式。

在今年 9 月的“绿色未来——2022 地热能产业发展论坛”期间，与会专家、业界代表来到天镇县山西高温地热资源开发利用科研示范基地考察。这里正按照“小功率、多机组”思路，探索高温地热水质与发电工艺适应性，为大规模工业化生产做好前期试验研究。

“我们力争到‘十四五’末建成地热发电装机 2 万千瓦。”基地相关负责人介绍说，深部高温地热资源勘查完成后，这里正逐步推进地热能发电、供暖、种植、养殖、康养梯级开发利用示范建设，为能源产业高质量发展再添新动能。

### 地热资源科学探寻

山西大同取得突破性成果后，地热界探讨的问题是，干热岩和高温地热资源形成机制究竟是怎样的？类似阳高一天镇一带的高温地热资源，接下来在何处寻找？据介绍，地热资源

分布受地质构造控制，传统理论认为，深部热源主要由岩浆提供。例如，冰岛等利用地热能最好的国家，其地热电站都建在年轻火山的分布区。

“但中国的岩浆热源型高温水热资源的分布和晚新生代火山的分布并没有一致性。”王焰新指出，五大连池和长白山等板内火山虽然年轻，附近却不存在岩浆热源型高温水热资源的分布。西藏南部存在板缘岩浆热源型高温水热资源分布，却没有任何晚新生代火山。可见，地表年轻火山未必是地下存在岩浆热源型水热资源的必要条件。

不依据火山，如何找高温地热？

王焰新院士团队通过基础性研究指出，地球深部存在以剪切作用为主的软流层，其上部的地壳脆性—韧性转化带，是干热岩的热源，一般深度在 10 千米~15 千米，如果在一个区域 6 千米~10 千米深度能找到脆性—韧性转化带，就能找到干热岩。

地壳韧性形变与热隆升—伸展构造有关，热隆升—伸展构造形成地堑或裂谷。因此，优质的高温地热资源一般分布在比较强烈的新生代盆山体系。山西省六大盆地中的 5 个盆地，包括大同盆地，都是裂谷系地堑构造，因而具有发现高温地热的天然禀赋。

在大同盆地阳高—天镇凹陷区域，地球物理重、磁、震等探测手段全部应用后，发现地下存在一个巨大的蘑菇状、上面有“枝杈”的高导低阻体形态。“这可能就是深部热储，地壳脆性—韧性转换带上的热源，这么浅的深度不可能是岩浆，具体是什么还需要进一步做工作。”王焰新指出，“枝杈”是顺着浅部断裂发育的不均匀导热通道，说明天镇高温地热的热源不在其正下方，为下一步勘探工作提供了空间方向。

王焰新表示，探索深部地热除了有能源资源意义之外，还具有重大的科学价值。深部高温地热资源是地球动力学尤其是深部地质过程研究的重要载体。此外，在以岩浆为热源的高温水热系统中，混有一定比例深源岩浆水的可能性非常大，而可能存在的来自幔源的初生水对于地球物质循环研究具有重要意义，是水科学及相关学科最具挑战性的研究领域之一。

“当前，我国超过 150 度的深部高温地热资源开发利用研究还面临着艰巨的挑战。基本的科学理论体系还没有建立，勘查开发技术、评价方法体系、热能发电技术还很不成熟。”王焰新说，我们要有志气、骨气、底气，创立提出自己的深部高温地热的核理论体系，同时在勘探、开发利用领域，敢于变革性地推出一些技术方法。

当前，各地积极构建清洁低碳、安全高效的能源体系，纷纷出台了政策保障措施。今年 10 月，《北京市碳达峰实施方案》提出深度推进供热系统重构，禁止新建和扩建燃气独立供暖系统，有序开展地热及再生水源热泵替代燃气供暖行动，全面布局新能源和可再生能源供热。业内指出，这意味着北京市燃气锅炉已经率先“达峰”，将逐步缩减规模和被替代，地热等可再生能源供热将担纲大任。“双碳”目标征程上，地热产业不断迎来新机遇。有专家建议，各级政府、企业要加大地热能技术研发投入，实现关键核心技术自主可控，延长地热产业链。此外，地热领域必须深化政产学研用融合，才能取得重大突破，单打独斗是走不通的。据介绍，我国已成功申办 2023 年第七届世界地热大会，地热产业将在开放创新中，迎

来更为广阔的发展前景。

### 地热能产业发展规划

2021年9月，国家发展改革委、国家能源局、自然资源部等8部门印发《关于促进地热能开发利用的若干意见》提出：

到2025年，全国地热能供暖（制冷）面积比2020年增加50%，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比2020年翻一番；

到2035年，地热能供暖（制冷）面积及地热能发电装机容量力争比2025年翻一番。

重点任务：深化地热资源勘查工作，积极推进浅层地热能利用，稳妥推进中深层地热能供暖，鼓励地方建设地热能高质量发展示范区。

### 地热能产业发展案例

#### 北京大兴国际机场地源热泵项目

北京大兴国际机场利用浅层地热能，通过地源热泵项目供暖总面积248.46万平方米，供冷总面积为170.55万平方米，实现了可再生能源利用率10%的建设目标。该项目是目前国内最大的多能互补地源热泵系统工程。制热时，不仅吸收浅层地热能，还与热源工程的锅炉烟气余热收集相配合。制冷时，使用冰蓄冷等技术，充分发挥再生能源回收和节能减排的重要作用。该系统每年可节省天然气1735.89万立方米，相当于21078吨标准煤，可减少碳排放1.58万吨以上。

#### 北京城市副中心近零碳排放区示范工程

北京城市副中心近零碳排放区示范工程是目前全球单体规模最大的可再生能源利用项目，主要利用浅层地热能。其中，行政办公区一期建设面积236.5万平方米，在“地源热泵+水蓄能+辅助冷热源”系统中，地源热泵装机比例达60%。该项目每年可节约2.2万吨标准煤，减少二氧化碳排放4.8万吨，相当于在副中心多种植了10万棵树。

#### 河北雄县地热开发项目

早在2009年，中国石油化工集团有限公司在对河北雄县地热资源、地面用能需求开展系统评价的基础上，协助当地政府编制了地热开发利用专项规划，探索了“政企合作、市场运作、统一开发、技术先进、环境保护、百姓受益”的模式。截至2021年底，中国石化在雄安新区投资近8亿元，建成地热供暖能力近1000多万平方米。除雄县县城外，容县县城也基本实现地热集中供暖全覆盖。（乔思伟 郭锋 张舰）

## 七、海洋

### 立足海洋优势，以蓝色“引擎”激发新动能

科技日报 2022.11.10

近年来，青岛高新区立足海洋优势，突出海洋特色，大力推动海洋生物医药、海工装备研发等产业发展，推出一系列政策支持企业发展，蓝色“引擎”激发高质量发展新动能。

近日，中国海洋大学与道莅智远科技联合研发中心（以下简称研发中心）揭牌仪式在位于青岛高新区的青岛市工业技术研究院举行。该研发中心将致力于海工装备的国产控制系统研发，推动海洋产业发展。

近年来，青岛高新区立足海洋优势，突出海洋特色，大力推动海洋生物医药、海工装备研发等产业发展，推出一系列政策支持企业发展，蓝色“引擎”激发高质量发展新动能。

### 校企牵手逐梦“深蓝”

据了解，研发中心是中国工程院院士、中国海洋大学教授李华军领衔的海洋工程技术与装备创新研发平台专项的重要组成部分。“研发中心致力于提供海工装备、新能源、智能制造、港口航道等领域的技术，提升海洋装备领域的最核心控制系统与下一代信息技术关键产品能力，为海工装备领域的产业化技术做孵化。”李华军告诉科技日报记者。

记者了解到，现阶段，研发中心专注于研发海工装备的国产控制系统，研发成果可应用于海洋新能源、海洋装备、海上无人驾驶设备等，并通过和中国海洋大学的合作培养人才梯队。

“在第一个三年规划中，研发中心计划研发出国产控制系统，广泛用于海工装备，并基于海工装备可靠性的验证基础，将国产控制系统逐步拓展到其他关键行业，如风电、光伏、食品饮料包装、汽车、锂电等。”道莅智远科技（青岛）有限公司首席执行官（CEO）隋振利告诉记者，此次校企“牵手”联合共建，完善了科技发展的创新链条，将推动更多科技成果转化为现实生产力。

### 涉海企业纷纷“鼓帆远航”

海洋是高质量发展战略要地，是青岛最鲜明的特色优势。青岛高新区立足海洋优势，大力发展海洋生物医药、海工装备研发等产业。在系列政策的护航下，涉海企业纷纷“鼓帆远航”，加强创新。

眼下，青岛浩赛机械有限公司（以下简称浩赛机械）正在重点开发“新型深海牧场关键技术研究及产业化示范”项目，并获得了青岛市科技计划重点研发专项支持。

“该项目以我们研发的新型高清合金网衣为基础，构建可升降悬浮式网箱、智能养殖作业平台、深海系泊系统、养殖环境监测系统四大模块，实现技术突破和模块化应用，有效提高深远海养殖装备抗风浪能力，满足深海养殖装备在深度调节、性能稳定、收放简便、规模化应用等多方面需求。”该公司总经理李红介绍，浩赛机械致力于深海养殖高端装备的研发生产，研发的高清合金网衣解决了海洋养殖领域长期存在的网衣易附着、强度低、寿命短、维护成本高，网箱抗风浪性能差，有效养殖空间利用率低等痛点。

青岛泰戈菲斯海洋装备股份公司是国内首家声学释放器产业化公司，以海洋声学释放器、水声通讯机和换能器为主导产品。经过多年研究测试，该公司突破了远距离水声通信、低功耗设计、可靠性等多项关键技术，其研发的海洋声学释放器具有应答距离远、整机功耗低、释放可靠性高等特点。目前，该公司研发生产的系列产品各项性能达到了较高水平。

青岛海大生物集团股份有限公司深耕海洋生物产业，已建立起“新型海洋生物肥料、

功能型海洋生物制品、海洋环境保护服务、海洋健康食品供应链”4个业务板块，产品出口全球50多个国家和地区。该公司先后主持和参与了国家省部级、市级重大科技项目45项，拥有百余项发明专利，开发了一系列浒苔处理及资源化利用技术，填补了国内外海洋绿藻的大规模高效处置及资源利用的技术空白。

### 为“经略海洋”注入高新力量

走进位于青岛蓝色生物医药产业园的青岛菲优特检测公司（以下简称菲优特检测公司），环形走廊两侧的实验功能间让人印象深刻。这里有约3000平方米的独立实验室，包括分析检测室、分子生物学室、蛋白室、细胞室等十余个功能间。

“依托青岛市生物技术药物公共研发平台，菲优特检测公司可为生态环境、水产养殖、生命科学、生物医药、研发分析等专业领域提供一站式检测、分析、研发、咨询。”菲优特检测公司总经理金志伟表示，针对青岛市海洋养殖客户需求，该平台还开发了针对各类鱼病、虾病的诊断检测技术以及饲料成分、海水养殖环境的检测服务。

紧抓青岛海洋生物医药产业发展良好机遇，聚焦高新区以生物医药和医疗器械为核心的“1+2+1”现代产业体系，青岛蓝色生物医药产业园不断优化产业生态，完善服务体系，聚集培育优质项目资源，加速成果落地转化，推动区域海洋生物医药产业集聚和发展。该产业园先后荣获国家级科技企业孵化器、国家小型微型企业创新创业示范基地、国家“十三五”海洋经济创新发展示范城市项目、中国产业园区运营优秀项目、山东省创业孵化示范基地等多项荣誉。

“围绕青岛市‘活力海洋之都、精彩宜人之城’的城市愿景，以服务青岛打造引领型现代海洋城市为着力点，青岛高新区将继续推动海洋生物医药、海工装备研发等产业发展，为青岛‘经略海洋’大文章注入高新力量。”青岛高新区相关负责人表示。（王健高 宋迎迎 肖玲玲）

## 八、氢能

### 光催化剂一步到位将硫化氢转化为氢

科技日报 2022.11.2

科技日报北京11月1日电（记者刘霞）英国莱斯大学和美国普林斯顿大学科学家借助金纳米颗粒，仅需一个步骤，就将石化炼油厂产生的臭气熏天的副产品硫化氢转化成了氢气。新工艺效率高且成本低廉，在节能环保的同时还有望促进氢能经济的发展。相关研究刊发于最近的美国化学学会《能源快报》杂志。

硫化氢气体具有明显的臭鸡蛋味，通常来自下水道、堆场和垃圾填埋场等地。对于炼油厂、石化厂等行业来说，它也是一个大问题，这些行业每年会产生数千吨这种有毒气体，作为从石油、天然气、煤炭和其他产品去除硫过程中的副产品。

为处理这些气体并“变废为宝”，莱斯大学化学家娜奥米·哈拉斯及其合作者研发了一

种新工艺，使用金纳米颗粒，且仅需一个步骤，就将硫化氢转化为氢气和硫。更重要的是，这一工艺所需的能量都来自于光。

哈拉斯解释说，在最新研究中，她们在二氧化硅粉末颗粒表面点缀了一些金“岛”，每个金“岛”都是一个直径约百万分之一米的金纳米颗粒，它会与特定波长的可见光发生强烈的相互作用。这些等离子体反应会产生“热载流子”——一种可以驱动催化的“短命”高能电子。

研究结果显示，她们借助一组 LED 灯，就产生了热载体光催化，并有效地将硫化氢气体直接转化成氢气和硫，这与炼油厂用来分解硫化氢的现有催化技术形成了鲜明对比。目前炼油厂分解硫化氢的催化技术称为“克劳斯工艺”，它会产生硫，但不产生氢，而是将氢转化为水。此外，“克劳斯工艺”还需要多个步骤，其中一些需要将燃烧室加热到约 800 多摄氏度的高温。

哈拉斯表示，她们会不断精简这一最新工艺，最终使其变得成本低廉且效率极高，从而能够经济地从下水道气体和动物粪便等来源清除非工业硫化氢。“鉴于这一工艺只需要可见光而不需要外部加热，使用可再生太阳能或高效固态 LED 照明即可，因此这一工艺相对比较简单，而且得到的氢气是目前极受追捧的氢经济的‘主角’。”

## 定将“煤都”变“氢都”

中国能源报 2022.10.24

巍巍太行，绵绵吕梁。革命战争年代，吕梁儿女用鲜血和生命谱写出一部惊天动地的“吕梁英雄传”。如今，吕梁人民正以昂扬饱满的姿态书写新时代“绿色吕梁传”，誓将“煤都”变“氢都”。

“积极稳妥推进碳达峰碳中和”“坚持先立后破”“加强煤炭清洁高效利用”，党的二十大报告为我国绿色发展指明了方向。在党的二十大代表、吕梁市委书记孙大军看来，这是深入推进能源革命的内在要求，是资源型地区绿色转型的必由之路，更是未来吕梁发展的机遇所在。“依托传统的煤炭资源优势，吕梁正在深入推进能源革命的道路上焕发出新的不竭动力，以氢能产业为抓手，在‘降碳、减污、扩绿、增长’过程中，吕梁的绿色转型已经在路上。”

### ■立足煤炭发挥多重优势

“吕梁是煤炭大市，全市含煤面积达到 54.3%，保有煤炭资源储量 420.7 亿吨，占山西省的 15.2%，煤种齐全、煤质优良，在保障能源安全方面，吕梁坚决扛起能源保供的责任。”孙大军介绍，党的十八大以来，吕梁市累计产煤 11.35 亿吨。特别是去年以来，面对国际能源格局变化，吕梁市更是认真落实党中央和山西省委保障国家能源安全的决策部署，“在安全保供方面，吕梁绝不含糊”。孙大军指出，吕梁市严格落实安全生产属地责任，每座煤矿配备 2 名安监员，大力推动煤炭增产保供和产能新增，22 座煤矿产能核增获批、新增

产能 930 万吨/年，目前 98 座煤矿具备生产能力、合计产能 1.64 亿吨/年。今年 1-9 月，全市原煤产量达到 1.2 亿吨，同比增长 5.8%，平均日产量 44.3 万吨。孙大军表示，2023 年，预计全市煤炭生产产能可达 1.65 亿吨/年，先进产能占比可达 85%。

“煤炭资源是吕梁的优势，但在推进能源革命的进程中，吕梁的优势还不止于此。”孙大军告诉记者，在能源资源禀赋方面，吕梁的煤炭、非常规天然气储量大，光照充足，发展煤炭、煤成气、光伏产业潜力巨大，特别是在煤炭、煤成气多元化利用上还有很大空间。在相关能源技术上，吕梁市与太原理工大学合作共建了产业技术研究院，柳林县引进中科院何满潮院士研发的“无煤柱自成巷 110 工法”，孝义市企业与上海交大共建燃料电池汽车制造技术联合实验室，今年 9 月 2 日发布全球首套 250KW 氢燃料电池动力系统（单堆）产品，这些都将成为吕梁推进能源革命助力赋能。孙大军表示，近年来，吕梁矢志转型发展，已经初步形成多元支撑的产业发展格局，全市地区生产总值、一般公共预算收入等经济指标位居山西省前列，这也为吕梁的绿色转型打下了坚实基础。“特别要强调的是，在国家战略层面，国家资源型经济转型综合配套改革试验区、黄河流域生态保护和高质量发展、能源革命综合改革试点、中部地区高质量发展等重大战略在吕梁可以叠加实施，我们的优势将更加凸显。”

### ■积极推进能源革命

剖析自身优势的同时，孙大军也深感吕梁市作为典型的资源型城市，推进能源革命尤为迫切。

2021 年，吕梁市委、市政府出台了《吕梁市能源革命行动方案》（以下简称《行动方案》），提出 25 条牵引性举措，分年度制定行动计划，着力推动能源生产和消费革命。从《行动方案》出发，孙大军认为，吕梁的能源革命要从五方面着手：

一是严格落实能耗双控目标。合理控制能耗总量，坚决降低能耗强度，重点对电力、钢铁、焦化、建材、有色、化工六大传统高耗能行业开展能效提升行动。2021 年，吕梁市单位 GDP 能耗同比下降 3.9%。

二是坚决遏制“两高”项目盲目发展。对全市 27 个“两高”项目分类处置，其中 21 个项目节能审查手续已办结，2 个项目不再建设，其余项目正在停工整改。

三是加快发展非常规天然气。抓住非常规天然气综合改革试点政策机遇，加快增储上产，去年吕梁市煤成气产量 23.7 亿立方米、同比增长 90.5%，今年产量力争突破 29 亿立方米。

四是大力提高新能源占比。加速推进源网荷储一体化项目，实施文水、方山整县屋顶分布式光伏开发试点项目，全市已投运新能源项目规模 287 万千瓦，在建新能源项目规模 116.95 万千瓦，储备新能源项目规模超过 700 万千瓦，2021 年全市新能源项目总发电量超 40 亿度。

五是深化电力体制改革。全市 43 户发电企业、20 户售电公司、1397 户电力用户进入电力市场参加直接交易，今年预计完成电力直接交易 120 亿千瓦时。

## ■加快氢能布局转型发展

在深入推进能源革命的进程中，氢能正在成为吕梁市绿色转型的重要抓手。孙大军指出，吕梁是重要的煤焦生产基地，具有规模化制氢的资源优势和成本优势。全市焦化总产能3745万吨，占全省焦炭产能的1/4，2021年焦炭产量2499.8万吨，可副产氢气约48.95万吨，拥有全省最大的工业副产氢产能。全市煤成气储量2万亿立方米、占全省的1/4，现已形成35亿立方米的煤成气产能。

孙大军指出，去年以来，吕梁市抢抓构建新发展格局机遇，把氢能产业作为战略性新兴产业加快发展，立足优势、率先布局，建链延链、集群发展，出台了《吕梁市氢能产业中长期发展规划（2022-2035）》和年度行动计划，依托孝义鹏飞、交城美锦两大龙头企业，强化与东风、丰田、申能等大型企业和上海交大等知名高校的合作，着力构建制氢、储氢、运氢、加氢以及氢能源应用完整产业链，全力打造千亿级北方氢能产业基地。孙大军介绍，目前，吕梁市已形成制氢产能4万吨，建成加氢站6个、氢气运输物流基地2个、氢能重卡运营平台1个，孝义鹏飞一期3万辆/年、交城美锦2万辆/年氢燃料汽车制造项目正在建设。在今年9月太原能源低碳发展论坛发布的《氢能发展指数》中，吕梁氢能产业发展综合指数达到335.23，位列全省第一。

对于吕梁市氢能发展的未来规划，孙大军表示，力争到2025年底，全市制氢能力达到20万吨以上，建成加氢站50座，氢燃料汽车保有量突破5000辆，氢能规模以上企业达到50家。“我们要努力让吕梁成为华北地区重要的氢能供应基地、国内具有重要影响力的氢能应用先行城市。”

孙大军表示，随着氢能和煤成气的制备开采、储存运输、广泛应用，太阳能组件研发生产、光伏发电产业发展，必将引领带动煤焦冶电、装备制造、化工等产业转型升级，提升吕梁产业链供应链现代化水平，重塑吕梁经济发展新优势，推动吕梁更好地服务和融入新发展格局。

“实施碳达峰行动，深入推进能源革命，新的发展机遇期正在到来。”孙大军表示，在倒逼产业转型方面，按照上大压小、产能置换、淘汰落后、先立后破的原则，吕梁市将逐步淘汰退出高耗能、高排放项目，传统产业占比将持续下降。在促进经济增长方面，传统产业与新兴产业之间没有天然的鸿沟，只要立足前沿、深耕细作，推动煤炭由燃料向原料和材料转化，推动焦化产业由以焦为主向化产引领转变，就可以催生新的产业、新的经济增长点。在改善生态环境方面，吕梁产业结构偏重，能源结构偏煤，污染防治任务艰巨，推动煤炭清洁高效利用、提高新能源占比、推进固废综合利用，必将促进生态环境持续改善。“比如，我市兴县铝镁产业园区的金属镓回收项目即将投产，该项目从生产氧化铝的过程中提取金属镓，实现了资源的回收利用，减少了对生态环境的损害，收到了双赢的效果。”

发挥优势，抢抓机遇。孙大军表示，锚定“双碳”目标，吕梁市必将深化能源革命，牵引产业转型升级，全方位推动吕梁高质量发展。（吴莉 姚金楠）

# 循序渐进推进电解水制氢技术研究

中国能源报 2022.10.24

在碳达峰碳中和目标下，我国氢能产业迎来加速发展，绿氢在降碳中发挥的作用备受关注。电解水制氢作为目前最主要的制取绿氢方式，其市场规模也不断扩大。但总体而言，我国电解水制氢产业仍面临着装备性能、技术、成本、规模化生产等一系列挑战。

如何推动电解水制氢技术提升？如何实现大规模、低成本绿氢生产？近日在接受记者采访时，苏州希倍优氢能科技有限公司总经理李留罐给出了他的答案。

## 碱性电解水制氢技术持续保持主流地位

2022年6月1日，国家发改委、国家能源局等9部门联合印发了《“十四五”可再生能源发展规划》，提出推动可再生能源规模化制氢利用，开展规模化可再生能源制氢示范。在可再生能源发电成本低、氢能储输用产业发展条件较好的地区，推进可再生能源发电制氢产业化发展，打造规模化的绿氢生产基地。

在政策的激励下，我国绿氢产业发展不断提速，带动电解水制氢产业市场需求大幅提升。高工产研氢电研究所（GGII）调研预计，2022年我国电解水制氢设备市场需求有望达到730兆瓦，同比2021年接近翻倍。

目前，电解水制氢技术主要有碱性电解水、质子交换膜（PEM）电解水和固体氧化物电解水三类。在李留罐看来，上述三种技术各有利弊，与PEM电解水制氢和固体氧化物电解制氢技术相比，碱性电解水制氢是现阶段我国发展最成熟的电解制氢技术，在成本、寿命、精确性和可靠性方面都具有明显的优势，但在与可再生能源耦合、实现波动功率输入下的高效稳定运行方面较弱。PEM制氢体积小，响应速度快且更加环保，但成本相对较高，其关键零部件和贵金属应用存在短板。固体氧化物制氢适合核电厂等特定场合下应用，包括钢厂余热制氢，有效利用蒸汽进一步提高制氢经济性，因此也是一种非常节能的制氢方式，但需要解决寿命问题。

李留罐强调，在大规模应用情况下，经济性是最重要的考量因素，因此，适合大规模项目应用的碱性电解水制氢技术，将在未来持续保持主流地位，PEM制氢将针对动态响应速度要求非常快的特定场所开展应用。“随着近几年研发投入的加强，碱性电解水技术有显著提升，在保持低成本优势的前提下，碱性电解槽关键性能指标已和质子交换膜电解槽接近。随着科研力量和产业投资的注入，碱性电解制氢技术在规模、成本、性能等综合性能上将在未来保持竞争优势。”

## 瞄准规模化制氢提升技术水平

国家政策明确支持，技术路径方向清晰，下一步，产业发展的着力点应聚焦制氢装备技术水平的持续提升。

目前，业内不少企业纷纷瞄准制氢装备这一领域，相继下线制氢设备系统。对此，李留

罐认为，一方面，这是我国绿氢产业市场前景巨大，制氢装备需求潜力提升的有力体现；但另一方面，业内需要注意的是，做出一套制氢系统只能算是入门，对于企业而言，如何拥有规模化的绿氢产能将是未来需要直面的最大挑战。

“除不断提升制氢装备系统效率和经济性，制氢源头也需要着重考虑。绿氢是由绿电制备而非来自电网的电，因此，如何做好可再生能源离网制氢，并进一步增强制氢设备与可再生能源离网耦合性，需要技术的持续进步。”李留罐坦言，现阶段，我国制氢系统性能远未达到行业“天花板”，技术水平尚未完全满足大规模制氢要求。在世界范围内，我国和国外先进制氢系统水平仍存在5—10年的技术差距。

此外，随着绿氢应用场景的不断扩大，制氢装备还面临不同应用场景的适配问题。《“十四五”可再生能源发展规划》中提到，推进化工、煤矿、交通等重点领域绿氢替代。在可再生能源资源丰富、现代煤化工或石油化工产业基础好的地区，重点开展能源化工基地绿氢替代，积极探索氢气在冶金化工领域的替代应用，降低冶金化工领域化石能源消耗。

李留罐认为，在不同的应用场景下，制氢设备的稳定性、响应性、维护成本等都需综合考量。同时，能源化工、冶金等领域对能源装备的使用强度要求较高，制氢装备能否经受住每年数千小时高负荷运转的考验，需要相关企业和行业的重点关注和持续攻坚。

### 产业应进入理性沉淀期

《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》提出，到2025年，我国可再生能源制氢量达到10—20万吨/年，到2030年，形成较为完备的清洁能源制氢及供应体系，产业布局合理有序，可再生能源制氢广泛应用。

在李留罐看来，目前，全国已开展多项绿氢示范项目，规划产能已远远超过2025年可再生能源制氢目标，但届时，实际达产产能可能远小于规划产能。“我国可再生能源装机量全球第一，发展清洁低碳的氢能具有巨大潜力，但国家给出的可再生能源制氢目标相对谨慎，我认为这是科学且必要的。一方面，应用场景的搭建是绿氢产业大规模发展的重要前提，只有进一步完善丰富氢能应用场景，产生规模化的稳定需求，才能解决绿氢大规模消纳问题。另一方面，绿氢大规模应用的背后，离不开制氢技术和设备稳定性的持续提升、电源侧波动性问题的解决等。”

“制氢产业的良性发展需要一个长期过程，短期内不应盲目追求高产值、高收益。长远来看，国家已明确氢的能源属性，随着新能源装机规模的不断增长，电网侧达到饱和后必然会选择电解水制氢技术，因此电解水制氢产业一定会迎来真正爆发期。”李留罐强调，在此之前，产业应进入理性沉淀期，聚焦设备性能提升，技术创新积累，氢管网等氢能基础设施的建设以及安全性等各个方面。作为企业，要持续进行前瞻性技术研发，不求大求快，而应求专求精，循序渐进推动产业发展。

为响应“双碳”目标，解决行业难题，专注于电解水制氢设备研发生产的苏州希倍优氢能科技有限公司已开始行动。记者了解到，今年8月，希倍优1400标方制氢系统正式

下线，该制氢系统很好的遵循了制氢设备向低成本、低能耗、高电密、高产气量的发展方向。

“目前，我们在通过持续的实验进一步提升该套制氢系统性能，增强能耗指标及系统稳定性。未来的制氢设备需要具备低维护成本、低能耗、易于规模化生产等要求，希倍优将瞄准这些目标，持续提升系统设备技术水平。”李留罐表示。（仲蕊）

## 多国布局氢能产业

### ——发展仍更多依赖政策支持

中国电力报 2022.10.25

近日，美国能源部发布《国家清洁氢战略与路线图》。该路线图全面概述美国氢气生产、储运和应用的潜力，阐述清洁氢将如何助力美国脱碳和实现经济发展目标。欧盟委员会批准名为“IPCEI Hy2Use”的国家援助项目，以支持氢价值链中的研究、创新、首次工业部署和相关基础设施建设（特别是大型电解槽和运输基础设施）等。

当今全球能源危机为氢能发展带来了新的机遇，将化石能源制氢转变为可再生能源制氢，并在终端用能中用氢取代化石燃料可大幅降低对化石燃料的依赖，增加潜在能源供应的多样性。国际能源署在近日发布的《2022年全球氢能回顾》报告中指出，到2030年，氢可以帮助减少约140亿立方米/年的天然气使用量、2000万吨/年的煤炭使用量和36万吨/年的石油使用量。但与此同时，国际能源署认为氢能行业的发展仍依赖于更多的政策支持。现今，各国政府正在不断提高氢能的战略地位，截至目前已有26个国家将其作为能源部门的支柱之一。

美国当前年生产氢气1000万吨，从消费结构上看，主要用于石油炼化、合成氨与化工工业。当前，每年的氢气生产会产生约1亿吨的温室气体。除上述应用外，氢气也广泛用于交通运输领域。此外，美国正在积极开展清洁氢生产项目，截至2022年5月，全美共有超过62万千瓦在运或在建电解水制氢项目。美国能源部的目标是到2030年将清洁氢的产能增加到1000万吨/年，到2040年增加到2000万吨/年，到2050年增加到3000万吨/年。

欧盟的“IPCEI Hy2Use”国家援助项目，由奥地利、比利时、丹麦、芬兰、法国、希腊、意大利、荷兰等13个成员国联合实施，成员国将提供52亿欧元的公共资金，预计可吸引额外的70亿欧元私人投资。各种大型电解槽预计将在2024~2026年投入使用，众多创新技术将在2026~2027年部署，整个项目计划于2036年完成。此前，欧盟委员会于7月15日批准了54亿欧元的“IPCEI Hy2Tech”项目。Hy2Tech和Hy2Use同属氢价值链项目，Hy2Tech侧重于移动领域最终用户，Hy2Use重点关注Hy2Tech未涵盖部分，即工业领域与氢相关的基础设施和应用。欧盟委员会表示，开发绿色氢能等低碳技术有助于欧洲实现2050年气候中性目标。欧洲氢价值链处于起步阶段，由企业或成员国单独投资风险较大。为此，国家援助将发挥重要作用，以吸引和带动更多私人投资。

据国际能源署数据，2021年，全球氢需求量达到了9400万吨，超过了2019年9100万吨的高点，但几乎所有的增长都来自化石燃料制氢，这意味着对实现缓解气候变化的目标难有裨益。2021年，全球低碳氢总产量不到100万吨，而且几乎全部来自“化石能源+CCUS”的模式。在当今全球能源危机背景下，低碳氢行业发展势头强劲，有关项目正在以惊人的速度增长。如果目前正在建的所有项目都能按期实现，到2030年，低碳氢年产量将达到1600万~2400万吨，其中900万~1400万吨为电解水制氢，700万~1000万吨为具有CCUS功能的化石燃料制氢。提升电解槽制造能力对于提高氢供应链水平至关重要。截至2020年底，全球电解槽年产能约为30万千瓦。但到了2021年，氢电解槽进入爆发式增长阶段，成为氢能产业最引人注目的环节。2022年电解水制氢的发展进一步加速。当前电解槽年产能接近800万千瓦，随着正在进行的电解槽项目得以实现并按计划扩大生产能力，预计到2030年电解槽成本将比现在下降约70%，年产能将超过6000万千瓦。结合可再生能源成本的下降，预期可再生能源制氢的成本将降低至1.3~4.5美元/千克氢，相当于39~135美元/兆瓦时。（杨永明）

## 国内首条公用掺氢管道项目主体完工

中国电力报 2022.10.31

本报讯（王悦 何永甜 陈英）10月11日，中国石油管道局承建的宁夏宁东天然气掺氢降碳示范化工程中试项目主体完工，项目包括7.4千米的输氢主管线及一个燃气管网掺氢试验平台。

据了解，该项目于8月5日开工建设，主要对宁东恒瑞燃气有限公司天然气管网及天然气与宝廷新能源的副产氢进行混合、输送，为企业锅炉提供混合能源。

天然气掺氢技术是新能源建设市场的重要发展方向。为了消除氢气分子体积小、渗透性强的技术瓶颈，管道局一公司联合管道设计院对施工技术、工艺进行多次研究和论证，最终确定“氩弧焊打底+手工焊填盖”的工艺方法，并制定了严格的焊前预热和焊后热处理参数，同时，采用100%射线检测和100%超声波检测进行焊道质量把控。

项目建成后将作为国内首个燃气管网掺氢试验平台，可以实现管道掺氢环节、输送环节和用户环节全流程验证。试验数据对今后制定燃气管网掺氢比例标准具有重要的指导意义。

## 氢电耦合系统发展走向多元化

中国电力报 2022.10.31

### 氢电耦合系统三大应用场景

- 可再生能源电解水制氢及就近综合利用
- 氢储能
- 能源远距离运输

#### 四项推进原则

- 与能源绿色低碳发展目标相结合
- 与能源布局 and 区域协调发展相结合
- 与科技创新能力相结合
- 与可持续发展能力相结合

为充分发挥氢能助力能源绿色低碳转型、支撑实现碳达峰碳中和目标的重要作用，源端通过可再生能源电解水制取清洁低碳氢已经成为行业共识，用户端电能和氢能的互补协同应用也成为能源利用的重要途径之一。未来，氢能与电能的发展将紧密相关、协调互补，氢电耦合系统正成为重要发展趋势。

#### 应用场景多元 科学构建是关键

根据氢能和电能生产、储存、输送、使用的多个环节，氢电耦合系统可组合为三大类典型耦合应用场景。

一是可再生能源电解水制氢及就近综合利用耦合场景。其一在可再生能源资源丰富且当地氢能需求较大地区，设立可再生能源电解水制氢专区，制取的氢作为原料或者燃料就近利用，应用场景包括石化、化工、交通、电力等应用，例如，张家口近年来大力发展可再生能源制氢，在北京冬奥会期间为交通用氢提供保障。其二用户端氢电互补应用耦合场景，即通过氢能和电能的协同支撑，满足用户多样化、低成本、高可靠性用能需求，例如，山东省正在牵头开展的“氢进万家”科技示范项目。

二是氢储能场景，即在可再生能源资源丰富且电网大规模、长周期、灵活性调节需求较大地区，设立可再生能源电解水制氢专区，结合氢能存储和氢能发电技术，通过电-氢-电的转换技术，发挥氢能长周期、大容量储能优势。

三是能源远距离运输耦合场景，即针对可再生能源丰富地区和氢能需求端逆向分布的特点，综合论证输电与输氢的技术经济性，实现新能源发电与氢能需求匹配的场景。这既包括在可再生能源资源丰富地区设立制氢专区，采用氢能输运技术，满足远端用户侧用氢需求的场景；也包括将可再生能源发电远距离输到用户侧，通过用户侧电解水制氢，满足远端用户侧多元化用氢和用电等能源需求。

科学构建氢电耦合系统是实现氢能和电能协调互补优势的关键。需结合用户需求，统筹资源条件和基础设施情况，深入系统开展技术经济论证，因地制宜推进工程实践。

一是将氢电耦合系统发展与能源绿色低碳发展目标相结合。坚持目标导向，将是否有利于推动绿色低碳发展作为发展氢电耦合系统的目标和检验标准，从是否有利于节能、减排、提效、减碳的角度分析论证发展氢电系统的必要性。

二是将氢电耦合系统发展与能源布局 and 区域协调发展相结合。以满足能源需求为导向，将氢电耦合系统发展与地方能源布局 and 不同区域协调互济发展相结合，因地制宜，宜电则电、宜氢则氢、氢电协同，为解决能源供给和需求的逆向分配矛盾提供新的解决方案。

三是将氢电耦合系统发展与科技创新能力相结合。氢能作为战略性新兴产业，尚有很多技术装备难题需要攻关，在产业布局过程中，需要持续提升科技自立自强能力，科学判断氢电耦合系统关键技术装备的自主化水平和攻关能力，避免将国内市场变为国外技术装备的试验场。

四是将氢电耦合系统发展与可持续发展能力相结合。坚持系统思维，将定性分析和定量分析相结合，统筹氢能制储运输和电能发输配用全链条，算好氢电耦合系统的综合账、长远账和经济账，以安全、经济为基础，推进氢电耦合系统稳步持续健康发展。

### 推进氢能和电能协同有序发展

当前，我国氢能产业仍处于起步期，能源转型将加快氢能技术和产业的发展步伐。在这个过程中，氢电耦合系统的发展路径将不断演化，并向着多元化方向发展。对此，提出以下四方面建议：

一是科学研究，明确发展路线。建议进一步以国家氢能规划为纲领和指引，深入研究我国氢能产业发展的路线图，尤其是将氢电耦合系统纳入氢能发展全局进行部署，构建促进氢电耦合系统科学发展的产业体系，制定更加详细的技术和经济指标目标，分阶段、有序推动氢能和电能产业协同发展。

二是标准先行，健全标准体系。建议尽快构建满足氢电耦合系统发展的相关标准体系，健全规划设计、建设运行、验收评价、经济分析等全过程标准，逐步解决标准滞后问题，夯实技术基础，推进国标、行标、团标协同发展，并依托典型工程开展先进标准应用和示范。

三是稳慎有序，推动试点示范。加强国家级—省级—项目级规划的统筹衔接，以系统思维对具体问题进行分析。建议在全国氢能资源丰富、应用场景明确、基础设施较好的地区先行先试，以需求牵引带动可再生能源电解水制氢规模化、低成本发展，示范开展技术创新、模式创新，为国家的政策、法规、模式等的制定提供样板和借鉴。

四是超前部署，推动技术攻关。围绕制约氢电耦合系统发展的具体问题超前部署、集中攻关，提高可再生能源电解水制氢、燃料电池、掺氢燃机、大规模储氢、长距离输氢等技术装备水平；运用系统思维破解发展问题，提升系统规划设计能力，从技术研发、装备制造、系统优化、协同控制的全流程进行攻关，提高生产能力和生产效率。（王莹莹 王世静 武震 戴剑锋）

## 中石化首个兆瓦级“绿电制绿氢”示范项目中交

科技日报 2022.11.24

科技日报北京11月23日电（记者操秀英）11月23日，记者从中国石化新闻办获悉，中国石化首个兆瓦级可再生电力电解水制氢示范项目在中原油田顺利中交，进入开车准备阶段。项目投产后，将日产高纯度绿氢1.12吨，预计年消耗可再生电力电量2520万千瓦时，相当于减排二氧化碳14000余吨，有效助力我国氢能产业发展。

据介绍，该项目运用质子膜电解水制氢工艺，全过程没有任何污染物排放。电解水制氢是目前最主要的制取绿氢的方法，与目前主流的碱性电解制氢技术相比，质子膜电解水制氢工艺的“适应能力”更强，对电的波动与否没有过多要求，制氢系统可以随时关停，这也便于就地消纳风力发电、光伏发电等波动性较强的可再生“绿电”。

就像发动机是汽车的核心部件一样，质子交换膜电解水制氢系统是该项目的核心设备。该项目拥有我国最大的质子交换膜电解水制氢装置，利用纯水作为电解液，在电解过程中不添加任何化学药品，具有较高的电流密度和安全性。为了实现“绿电”制“绿氢”，该项目配套建设3.66兆瓦的光伏电站，以及9兆瓦风电工程。两个制氢配套工程年发电量约2500余万千瓦时。目前，光伏配套工程建设已接近尾声。

据悉，该项目由中国石化中原油田牵头，大连石油化工研究院、广州工程有限公司、青岛安全工程研究院共同建设。近年来，中国石化加快推进能源转型、产业升级，全面推进氢能全产业链建设，已在加氢站、制氢技术、氢燃料电池、储氢材料等多个领域取得突破。目前，该公司已累计建成加氢站83座，成为全球建设和运营加氢站最多的企业；启动建设全球最大光伏绿氢项目——新疆库车2万吨/年绿电制氢示范工程，并加快推进内蒙古鄂尔多斯、乌兰察布、包头，福建漳州等一批绿氢炼化重大项目，打造中国第一氢能公司。

## 我国成唯一大规模采用煤炭制氢国家

中国能源报 2022.11.21

**本报讯** 当地时间11月16日，在埃及沙姆沙伊赫举行的《联合国气候变化框架公约》第二十七次缔约方大会现场，中国角举办了一场名为“中国碳捕集利用与封存（CCUS）新进展”的边会。会上，《中国耦合CCUS制氢机遇（报告）》（以下简称“报告”）正式对外发布。

报告显示，2020年中国氢产量约为3300万吨，约占全球产量的30%，中国约有2/3的氢产自煤制氢工厂，制氢业共排放3.6亿吨二氧化碳，中国成为目前世界上唯一大规模采用煤炭制取氢气的国家。

报告指出，要使氢气为中国实现碳中和目标作出贡献，将制氢过程转向低排放至关重要。中国的能源资源禀赋是“富煤、缺油、少气”，在煤炭资源丰富、二氧化碳封存条件较好、可再生能源有限的地区，耦合CCUS的煤制氢技术将是一种低成本制取低排放氢的选择，同时可带动二氧化碳运输和封存基础设施建设。

报告提到，根据中国氢能联盟预测，到2030年，中国氢能需求将增至3700万吨，2060年需求将超过9000万吨。而且，中国的很多煤制氢工厂将在近期建成，加装CCUS将对这些工厂的减排具有关键作用。

报告指出，捕集二氧化碳和氢气是未来合成燃料的关键原料。尽管目前生产成本较高，但合成燃料是长途运输特别是航空业为数不多的减排方案之一。此外，中国捕集二氧化碳也

可以用于提高石油采收率、生产化学品和建筑材料。需要注意的是，在某些用途中，二氧化碳可能会被重新释放到大气中（包括合成燃料燃烧排放），因此需要通过严谨核算来确定减排量。

据了解，该报告由国际能源署与中国 21 世纪议程管理中心、国家能源集团、北京理工大学合作编写。报告还探讨了中国目前氢能和 CCUS 发展现状，并分析了到 2060 年中国经济产业各部门对于氢气需求的潜在演变过程。（何亮）

## 碱性电解水制氢评价标准日趋完善

中国能源报 2022.11.21

近日，中国氢能联盟研究院基于国内首个氢能关键技术装备评价标准体系，发布氢能领跑者行动首期成果《2022 氢能领跑者行动——碱性水电解制氢系统测试评价报告》（以下简称《报告》）。业界认为，《报告》有望推动我国氢能核心自主化技术迭代创新的标准体系完善，并提升检测、认证、应用等领域基础服务能力，加快我国氢能产业商业化进程。

今年以来，我国电解水制氢设备市场快速发展，多家氢能企业开始深入布局电解水制氢设备。中国氢能联盟负责人表示，《报告》结合我国氢能产业发展实际，从核心装备技术入手，逐步向整体项目过渡，推动标准化与科技创新互动发展。“《报告》的发布将进一步完善氢能产业链标准体系，引导国产装备技术创新和成本下降，鼓励氢能自主技术的应用和发展。同时，入围《报告》白名单的产品将优先推荐在行业氢能重大示范项目以及中国氢能联盟成员单位应用，有利于加快关键装备技术规模化发展，推动整个产业链向高端制造迈进。此外，还有助于建立我国氢能产业技术动态评估机制，为政府科学决策和企业科技研发提供支撑。”

根据《中国氢能源及燃料电池产业发展报告（2020）》和《可再生氢 100 行动倡议》，到 2030 年，我国可再生能源制氢装机规模有望达到 100 吉瓦，2060 年可再生能源制氢规模将突破 1 亿吨。其中，碱性电解水制氢系统已进入商业化运营阶段，是实现可再生能源大规模制氢的重要方式。基于此，近年来，国家能源集团、中国石化、国家电投等企业纷纷加快可再生能源制氢基地建设，碱性电解水制氢装备市场需求急剧增大。

上述负责人介绍，在碱性电解槽测试工作过程中，中国氢能联盟建立了相关的信息管理平台，今年 7 月开放以来，已面向国内 100 多家电解槽厂家开放。“在这 100 多家厂商中，真正愿意申请参与到此次测评的只有 11 家，通过自我评价和相关测试能力的考察，最后进入实际测评工作的只有 5 家企业，这体现出目前我国电解水制氢企业良莠不齐，产业整体技术水平亟待大幅提升。”

据不完全统计，自 2019 年以来，我国致力于电解水制氢装备研制的企业已超过 100 家，且不少企业已在短时间内推出新产品。《报告》认为，从其规模和各项技术指标看，近年来，电解水制氢装备呈现出制氢能耗不断降低、电流密度不断提高、使用寿命不断提升等发

展趋势。

但《报告》同时提醒，对电解水装备各项技术指标需要通过长期运行和现场验证才能确定，其使用性能也只有在实践中得到印证，单纯比较设计指标，没有市场化运营或第三方测试认证，会对氢能产业的发展起到误导作用。

此外，《报告》还认为，行业还面临信息不对称、供应链体系不成熟、自主化不足等痛点。“目前，大部分量产化的装备产品，更多关注的是单一指标性能，没有对整体产品性能进行综合考量；同时，虽然行业已形成了初步的供应链体系，但整个供应链的时效性、可靠性等还有待进一步加强。另外，产业的基础创新能力、相关核心材料和技术水平的研发能力还有欠缺。因此，现阶段无论是装备技术研发、产业制造，还是具体落地的氢能项目，都可能面临一定的生存压力，难以持续发展。”

对此，上述负责人表示，行业应持续开展电解水制氢系统测试系列标准体系、培育第三方测试平台等工作，同时还要加强技术水平，建设绿色氢能装备技术实证平台，推动产业高质量、可持续发展。（仲蕊）

## 纳米碳氢燃料燃烧试验取得重大突破

中国能源报 2022.11.7

**本报讯** 近日，国家能源集团准能集团利用 4000 大卡热值的长焰动力煤制取出 50% 浓度的纳米碳氢燃料，在半工业化装置上进行燃烧试验，在炉膛温度只有 180℃ - 200℃ 维持稳定独立燃烧，且炉内温度稳定上升，燃料中煤炭的燃烬率达 100%，实现了低热值煤制取的低浓度纳米碳氢燃料在低温下持续稳定燃烧，进一步验证了纳米碳氢燃料“赋能”特性。

初步判断，该燃料较同浓度普通水煤浆热值提升 50% 以上，火电机组节煤达 50 克/千瓦时以上，降低碳排放达 160 克/千瓦时，这标志着国家能源集团准能集团纳米碳氢燃料试验取得重大突破，体现出巨大的经济和社会价值。

纳米碳氢燃料技术的使用大幅度改善燃煤锅炉的碳耗指标，可将准能电厂已关停 2 台 15 万千瓦机组平均煤耗由原 347 克/千瓦时降低到 300 克/千瓦时以下，满足到 2025 年全国火电平均供电煤耗降至 300 克/千瓦时以下要求，为盘活固定资产、拯救小电厂及现运行燃煤锅炉电厂发挥决定性技术作用，助力国家碳达峰碳中和目标实现。

2021 年以来，国家能源集团准能集团转变节能降耗思路，从提升煤炭热值入手创新，利用自产煤研发出储氢赋能纳米碳氢煤基特种燃料，与常规水煤浆相比，具有原料热值低、燃料固含低、点火温度低、燃烧热值高“三低一高”特点，实现储氢赋能，使单一的煤炭向新型储氢材料转变。（综合）

# 国内首个风电临海试验基地落户汕头

## 单机最大测试容量居世界前列

南方日报 2022.11.1

国内首个风电临海试验基地落户广东省汕头市濠江区风电产业园。近日，该基地首台海上风电并网测试机组通过了国家认证，即将投入使用。据了解，该基地还将建设最大可承载24兆瓦海上风电机组的测试机位，测试容量达到国际领先水平。

### 补足我国风电产业链“短板”

近年来，我国海上风电进入规模化发展期，风机研发制造水平不断提升，风电机组更新迭代速度加快、容量递增。在广东，风电并网机组的最大单机容量从2020年的5.5兆瓦跃升至2021年的8.3兆瓦，计划于2022年至2023年间并网的机组单机容量将达13兆瓦，而16兆瓦容量的风机也已进入研发阶段，预计于“十四五”末投产。

与之不匹配的是，国内现有的测试场最大测试容量仅为8兆瓦至10兆瓦，难以满足大容量风机检测需求。“建设风电机组专门的检测场所，规范开展并网前各项试验检测，对保障电网稳定与安全供电有着重要意义。”南方电网广东电网电力调度控制中心副总经理李力表示。

为填补国内大容量风机检测的“缺口”、支撑风电等新能源产业实现高质量发展、助力实现碳达峰碳中和，今年以来，南方电网广东电网公司在广东省能源局的指导下，于汕头规划建设国内首个风电临海试验基地，打造海上风电大容量机组“认证检测服务平台”与“公共试验平台”。基地共规划建设4个试验机位，单机最大检测容量达24兆瓦，可满足“十四五”期间国内研发应用机型的最大需求。

“目前世界上最大的临海风电试验场可支持15兆瓦级风机检测，国内河北张北地区也建成了陆上试验风场，但受制于风力条件，可支持的风机检测容量更小。”中国质量认证中心风能部部长赵玉介绍，广东首个风电临海试验基地建成后，风机检测能力将一举达到国际领先水平。

### 助力清洁能源并网“加速跑”

据广东电网新能源服务中心并网管理组长李博介绍：“广东是全国海岸线最长的省份，拥有丰富的海风资源。经过多轮勘察，我们选定了汕头市濠江区，得益于海峡的‘狭管效应’，这里的风力非常强劲，拥有得天独厚的风电测试条件。”那么，既然需要模拟海上风力的强度，为什么不选择直接在海上建设基地，而是选择临海区域呢？对此他表示，传统的海上风电试验场所大多建在海上，所有的风电安装和检测作业都需要依靠专门的船只来开展，存在风险大、周期长、成本高等弊端。

“广东是全国台风登陆次数最多的省份，在海上开展试验，容易受到台风、暴雨等极端

天气影响，甚至引发人身和设备安全事故。在临海风资源优异的陆地开展海上风电机组试验检测，是国际发展趋势。”李博表示，得益于陆地作业的方便、快捷，临海风电试验成本仅是海上风电试验成本的1/3左右。

目前，基地所在的海上风电产业园已有包括生产机舱罩、塔筒、柔性直流设备等在内的多家海上风电产业链上下游企业入驻。据悉，该试验基地远期还规划融入柔性直流输电、风储协同控制等科技创新元素，支撑风电新技术和新装备研发。广东电网公司负责基地的投资建设和运营管理，风机制造企业可申请机位开展相关检测，在一个园区内就能完成风机“生产—组装—认证”的愿景将成为现实。（刘倩 沈甸）

## 德国国际风能展聚焦应对能源危机

中国电力报 2022.10.25

据新华社 近日，德国汉堡国际风能展开幕。进一步发展风能、氢能等可再生能源以应对当前能源危机，成为本届展会关注的焦点。

本届风能展为期4天，主题为“是时候把气候放在首位”。来自37个国家和地区的约1400家企业参展，展示陆地及海上风能全产业链的最新设备与解决方案。今年展会首次设立平行的氢能论坛，为行业人士探讨绿色氢能生产、运输、储存和使用等问题提供沟通平台。

德国副总理兼经济和气候保护部长罗伯特·哈贝克在展会开幕式上说，加速能源转型是确保德国及欧洲安全、可持续能源供应的基础，扩大可再生能源比以往任何时候都更加紧迫。

全球风能理事会首席执行官本·巴克韦尔表示，为了加速扩大和完全释放风能潜力，政府需要简化规划和许可流程，改善网络基础设施，进一步发展电力市场。

德国风能协会副总裁比约恩·施皮格尔表示，绿色氢能实现量产是建立去碳化能源供应系统的关键因素。在航空、航运等无法直接电气化的领域，应该优先考虑发展可再生氢能。

汉堡国际会展中心主席兼首席执行官贝恩德·奥夫德海德说，风能与氢能是属于未来能源世界的一对双胞胎。

汉堡国际风能展是全球风能行业的重要展会和交流平台，自2014年起每两年举办一次。受疫情影响，展会曾在2020年以线上方式举行。（张毅荣 朱晟）

## 老旧风机改造“焕新”风起

“以大代小”为需求特征 相关标准应尽快出台

中国能源报 2022.10.24

近日，沈阳金山能源股份有限公司发布公告称，旗下康平风电场850千瓦风电机组等容

量技改项目完成改造。改造后，6台风机实现全容量并网发电投入商业运营。公告显示，该风电场拆除了29台单机容量850千瓦的风力发电机组，在原风场区域内等容量改建6台单机容量4兆瓦风力发电机组，总装机容量为2.4万千瓦。

除辽宁省外，今年以来，宁夏、甘肃、广东等地都已开启老旧风电场扩容或等容改造工作。据不完全统计，截至10月中旬，风电场技改项目风机招标总装机量已经超过了100万千瓦，老旧风机技改市场明显升温。

### ■■改造需求快速增加

通常情况下，风电机组设计使用寿命在20年左右。在风机报废后，开发商往往会选择拆解风电场，或使用单机功率更大的风电机组进行替换。中华环保联合会等行业机构联合发布的数据显示，2005年，我国风电装机规模突破了100万千瓦，正式进入了规模化、产业化发展阶段。这一数据意味着到今年，我国运营时间超过15年的风电场装机容量也超过了100万千瓦。

“就像我们平时开车，时间长了往往会面临着零部件经常替换等问题。”中国能源研究会能源与环境专业委员会秘书长王卫权告诉记者，“风机运行到一定时间后，需要维修或更换备件，同时发电稳定性、运行安全性能也会下降，有必要使用更高技术水平的风机替换老旧风机。”

公开消息显示，今年以来，华电集团、龙源电力、大唐等多家风电开发商陆续发布了风电场技改项目风机“以大代小”招标信息，项目地点大多在宁夏、甘肃、广东等最早一批开发陆上风电的省区。

一位不愿具名的风电业内人士向记者表示，一方面，到2025年前后大量老旧风机将面临自然报废；另一方面，随着部分省发文鼓励风电场风机技改，部分运行时间超过10年的风电场机组可能会提前退役，风电场批量改造需求会更快爆发。

### ■■推动风资源高效利用

实际上，随着我国风电机组技术不断更新换代，风电机组单机容量已出现了快速增长。在业内看来，大量千瓦级风机的运行效率已远不及目前产品。

王卫权指出，我国陆上风电机组早已步入了兆瓦级时代，单机功率在5兆瓦及以上的风电机组也已进入市场，最早一批建设的风电场风电机组单机功率较小，但却处于风资源相对更好的区域，小功率机组不能充分利用当地丰富的风能资源。对于风电开发商来说，以更大功率风机替代老旧风机，不仅有助于提高风电机组运行效率，更有利于提高发电量。

据记者了解，去年12月，国家能源局发布了《风电场改造升级和退役管理办法（征求意见稿）》，提出了针对风电场风电机组“以大代小”以及对配套升压变电站、场内集电线路等设施更换或技术改造升级作出了规范，并提出风电场改造升级可分为增容改造和等容改造两种方式。这一消息振奋了市场，随后国家能源局还公开表示该管理办法有望在今年下半年正式出炉。

到今年9月，宁夏回族自治区自然资源厅发布《关于做好沙漠戈壁荒漠光伏等新能源产业用地保障工作的通知》，提出将简化风电场“以大代小”用地审批手续，保障新能源配套产业用地需求。在业内人士看来，该政策文件的发布有望进一步提升业主改造积极性，推动老旧风机改造市场发展。

### ■提振全产业链信心

随着国内陆续开启老旧风电场“以大代小”工作，业界普遍认为，此举将有效释放优质风资源区发电潜力，为全国风电装机市场带来额外增量，风电产业链企业也有望受益。

国元证券研究指出，在单机容量变大、风场规模扩增的情况下，将大大提升扩容更新的风电项目收益，提高开发商收益，老旧风电场“以大代小”市场前景可期。

王卫权进一步表示，老旧风电场风电机组技改项目“以大代小”会为风电制造企业带来新的市场空间，有望提振风电全产业链信心。

风机退役的步伐与我国风电产业的发展息息相关。近10年来，我国风电装机容量维持高速增长态势，老旧风电场改造市场也随之飞速增长。据行业预测，2025年后每年退役的机组将逐步增加，到“十五五”末期，我国每年退役风机规模将达到1000万千瓦；2030-2035年期间，累计退役风机规模将超过1亿千瓦；到2040年，我国累计退役风机规模将突破1.5亿千瓦。

面对这样的市场发展趋势，多位业内人士认为，应尽快出台行业政策和相关标准，推动老旧风电场稳步退役。同时，加快建立材料循环利用产业发展，加快科技创新，实现老旧风机退役后绿色循环可持续发展，助力风电产业良性循环发展。（李丽曼）

## 日研发世界最大浮式风力发电机

参考消息 2022.11.27

【《日本经济新闻》11月25日报道】题：日本的企业和大学将合作研发世界最大浮式海上风力发电设备

日本户田建设公司与大阪大学将开始共同研究，以实现世界最大海上风力发电设备的商用化。设想开发输出功率为1万千瓦级、以不固定在海底的漂浮式结构来支撑的世界最大风车。2025年将进入实验阶段。这有可能成为在日本国内此前难以普及的海上风力发电设备的转折点。

户田建设将从2023年开始与大阪大学大学院工学研究科进行基础技术的共同研究，2024年制造出能够支撑输出1万千瓦级风车的验证机。日本国内在采用海上风力发电设备方面落后于欧洲，提高每台风力发电设备的输出功率将弥补兼顾渔业权带来的选址困难。

与固定在海底的着床式设备相比，浮式设备的安装和维护成本较高，即使在拥有众多大规模海上风力发电站的欧洲也还没有普及。另一方面，日本近海适合设置着床式设备的地形较少，在深海海面也能设置的浮式设备的潜在需求很大。有估算称，日本国内可开发浮式设

备的海域空间是可开发着床式设备的空间的3倍。

大阪大学在船舶等可漂浮在海洋上物体的研究方面拥有独特经验，将于2023年与户田建设开办共同研究讲座，届时将有约10名风车和海洋工学领域的研究人员参加。其主要目的是，验证大规模生产和输送电力的方法和开发分析设备负荷的模拟技术。

## 海上风电产业项目再升级

中国自然资源报 2022.11.22

**本报讯** 近日，中国质量认证中心创新基地项目开工仪式在江苏省盐城市射阳港经济开发区举行。项目计划投资10亿元，将承担海上风电前沿技术、基础共性研究，以及关键技术攻关等功能，为风电新能源的技术更新迭代、产业升级注入强动能。

盐城近海100米高度年平均风速超过7.6米/秒，年等效满负荷小时数可达3000-3600小时，是江苏乃至全国海上风电开发建设条件最好的区域之一。目前，盐城已建成海上风电场22个，装机容量554万千瓦，建成5个风电装备产业园区，形成风电装备制造全产业链集群。

本次开工建设的中国质量认证中心创新基地项目，计划新上6个百米级叶片检测平台、3个7兆瓦以上主机检测平台，主要从事对叶片的静力疲劳测试、海上大兆瓦风电主机样机测试等，可为风电装备制造企业与市场高效衔接提供便捷通道，极大促进江苏乃至华东地区风电新能源产业链、创新链、服务链的深度融合发展。（陈卫中）

## 风机叶片材料创新助力行业降本

### 聚氨酯树脂叶片商业化明显提速

中国能源报 2022.11.21

近日，叶片生产商株洲时代新材料科技股份有限公司（以下简称“时代新材”）与材料供应商科思创宣布，合作的第1000支聚氨酯树脂风机叶片已正式下线，开创聚氨酯树脂叶片批量化生产的先河。

近年来，我国风电产业呈现高速发展态势，更轻、更大、更加可持续已成为风机叶片生产的主要发展方向，除了聚氨酯树脂外，聚酯树脂、碳纤维等新兴叶片材料更是不断涌现，风机叶片材料的创新进程已明显提速。

#### ■■聚氨酯树脂叶片渗透率提高

据了解，通常情况下，风机叶片主要由树脂、增强纤维以及芯材等材料组成。目前，风机叶片生产工艺使用的树脂以环氧树脂为主，考虑到树脂成本、制造效率、循环使用等因素，风机叶片生产商也在积极寻求其他解决方案。其中，聚氨酯树脂材料与传统环氧树脂材料相比，具有更易固化、更高耐久性等优势，被业界视作新一代具有潜力的风机叶片树脂材

料。

“聚氨酯树脂是一种高性能的高分子材料。一方面，聚氨酯树脂韧性、抗疲劳性能都相对较好，符合风机叶片的要求；另一方面，与环氧树脂相比，聚氨酯树脂成本也具备一定优势，性价比相对更高。”时代新材风电产品事业部研发总监冯学斌在接受记者采访时表示。

与此同时，科思创在其产品介绍中也指出，聚氨酯树脂风机叶片具有更佳的机械性能，生产速度更快，已具有一定的市场竞争力，在风机叶片市场中的渗透率也开始提升。

截至目前，时代新材已经制造了多种型号的聚氨酯树脂风机叶片，长度从 59.5 米到 94 米不等，叶片设计和铺层结构也有所不同，其中，94 米的叶片已可应用于单机功率为 8 兆瓦的风机。据了解，聚氨酯树脂叶片已进入商业化应用阶段，在全国多个风电场投入使用。

### ■ ■ 叶片材料创新明显提速

实际上，除了聚氨酯树脂外，近年来，国内外针对风机叶片原材料的其他创新研究也在不断涌现。丹麦风机叶片生产商 LM 的主打产品便是以聚酯树脂与玻璃纤维为主体材料。据该公司网站信息，经过多次设计改良优化，该公司的聚酯树脂风机叶片多次刷新全球最长风机叶片纪录。

以碳纤维作为玻璃纤维的替代新材料则更加受到关注。在风机叶片轻量化的要求下，碳纤维以其高强度材料性能获得了行业青睐。就在今年，国内厂商中，金风科技、运达股份、明阳智能等主流风机制造商推出的风机都采用了以碳纤维为增强纤维的叶片。

冯学斌告诉记者，目前，风机叶片材料创新发展主要集中在三个方向，一是在风电平价的压力下，叶片生产存在更高的成本控制要求，因此需要寻找性价比更高的叶片材料。二是叶片需要进一步适应风电开发环境，例如海上风电的大规模开发将推动碳纤维等高性能材料在叶片领域的应用。三是解决叶片的环保诉求，风机叶片复合材料的回收一直以来都是行业关注的难点问题，为此，行业也在寻求可回收、可持续的材料体系。

### ■ ■ 新材料或成风电降本利器

值得注意的是，多位业内人士向记者表示，在当前风电整机价格快速下降的情况下，风机叶片行业面临着较大的降本压力，因此，叶片材料的创新将成为推动风电降本的一大利器。

行业研究机构信达证券在其研报中指出，风机叶片成本结构中，原材料成本占总生产成本的 75%，而在原材料中，增强纤维和树脂基体成本占比分别达到 21% 和 33%，是风机叶片原材料成本的主要部分。同时，业内人士也告诉记者，叶片在风机成本中占比约为 25%，叶片材料的降本将在很大程度上推动风机制造成本的下降。

信达证券进一步指出，风机大型化趋势下，力学性能优化、轻量化和降本正是目前风机叶片技术的迭代趋势，其实现路径必将是风机叶片材料、制造工艺和叶片结构的迭代优化，其中最为重要的还是材料端的迭代。

“对于平价目标，叶片材料的创新将从以下三个方面推动行业降本。一是叶片材料本身

成本的下降，二是叶片轻量化将推动风机载荷的降低，进而降低制造成本，三是风机叶片需要更高性能的材料以适应风机大型化趋势，从而实现度电成本的下降。”冯学斌表示。

与此同时，冯学斌也提醒，近几年国内风电行业技术迭代迅速，快速推动了行业发展，但在发展过程中，行业应更加重视新技术的可靠性，降低新技术应用风险，推动全行业高质量发展。（李丽旻）

## 十、核能

### 我国新一代核聚变装置创造运行新纪录

中国电力报 2022.10.25

本报讯（记者 白宇）据中国核工业集团有限公司核工业西南物理研究院消息，10月19日，我国新一代“人造太阳”（HL-2M）科学研究取得突破性进展，HL-2M 等离子体电流突破 100 万安培，创造了我国可控核聚变装置运行新纪录，标志着我国核聚变研发距离聚变点火迈进了重要一步，跻身国际第一方阵，技术水平居国际前列。

据悉，中核集团核工业西南物理研究院自主设计、建造的新一代“人造太阳”于 2020 年 12 月 4 日建成并实现了首次放电，推动了我国基础研究和原始创新取得重要进展。

资料显示，等离子体电流强度是托卡马克核聚变装置的核心参数，等离子体电流达到 100 万安培（1 兆安）是其实现聚变能源的必要条件，未来托卡马克聚变堆必须在兆安级电流下稳定运行。新一代“人造太阳”等离子体电流能力可以达到 2.5 兆安以上。此次全新的突破，意味着该装置未来可以在超过 1 兆安培的等离子体电流下常规运行，开展前沿科学研究，对我国未来深度参与国际热核聚变堆（ITER）实验及自主设计运行聚变堆具有重要意义。

### “人造太阳” ITER 核心部件首件中国制造完成

科技日报 2022.11.23

科技日报成都 11 月 22 日电（陈科）22 日，中核集团核工业西南物理研究院传出消息，全球最大“人造太阳”核心部件研制取得重大进展：国际热核聚变实验堆（ITER）增强热负荷第一壁完成首件制造，其核心指标显著优于设计要求，具备了批量制造条件。这标志着中国全面突破“ITER 增强热负荷第一壁”关键技术，实现该项核心科技持续领跑。

探索开发聚变能源的 ITER，由中国、欧盟、印度、日本、韩国、俄罗斯、美国 7 方共同参与建造，被誉为全世界最大的“人造太阳”，是目前全球规模最大、影响最深远的国际科研合作项目之一。我国承担了其中约 9% 的任务。增强热负荷第一壁直接面对芯部 1 亿摄氏度高温等离子体，是 ITER 最关键的堆芯部件，涉及聚变堆建设的核心技术。此前，中国掌握的该项技术率先通过国际认证。

科技部中国国际核聚变能源计划执行中心主任罗德隆在线上致辞中对完成该项目首件制造表示祝贺。他表示，我国“第一壁”团队多年来付出巨大的努力，做了大量卓有成效的研发工作，取得了巨大成就，在这些工作中，我国不仅自主掌握了工艺原理并突破技术，也为 ITER 计划提供了重要的“中国智慧”和“中国方案”。

在中国国际核聚变能源计划执行中心指导下，中核集团核工业西南物理研究院承接 ITER 增强热负荷第一壁全尺寸原型件研制，科研团队在成功批量制备增强热负荷手指部件后，与贵州航天新力科技有限公司通力合作，解决了一系列技术难题，成功完成部件的焊接装配。核工业西南物理研究院研发团队负责人谌继明表示，由我国团队领先国际完成首件制造，再次为 ITER 关键部件的研发取得实质性工程突破，也标志着我国郑重履行了国际承诺。

首件见证仪式结束后，中核集团核工业西南物理研究院与中国航天科工集团第十研究院签订战略合作协议。双方将发挥各自优势，促进核工业和航天工业的深度融合，不断拓展合作领域、建立常态化的合作机制。

## 全国首座“核蓄一体化”抽蓄项目主体工程开工

中国电力报 2022.11.16

本报讯（记者 白宇）11月9日，中国核工业集团有限公司“核蓄一体化”抽蓄项目——福建云霄抽水蓄能电站主体工程顺利开工。据悉，这是中核集团深入贯彻落实党的二十大精神，紧抓“双碳”目标下的抽水蓄能市场机遇，加快构建新型能源体系的具体举措。

据介绍，云霄抽水蓄能电站是目前福建省在建装机规模最大的抽水蓄能电站，总工期约为70个月，承载着全国首创“核蓄一体化”示范运营模式的使命。电站设计装机容量为180万千瓦，将建设6台30万千瓦混流可逆式蓄能机组，项目总投资约100亿元，距厦门市、漳州市、云霄县城关的直线距离分别为81千米、52千米、15千米，进场道路与324国道连接，地理位置优越。

云霄县委书记蓝良木表示，该电站是福建省“十四五”能源发展专项规划、重点建设项目，对服务县域乃至福建全方位高质量发展超越的远景目标等具有重要意义。发展抽水蓄能，创新性实施“核蓄一体化”运营模式，是云霄打造清洁能源高地的必经之路，是“两山”理念在云霄的生动实践。云霄县委、县政府将把电站工程作为重大项目来服务、重大工作来推动、重大任务来落实，主动服务协调、深入沟通协作，千方百计为项目排忧解难，最大可能争取项目早建成、早见效，以实际行动、工作实效全面贯彻落实党的二十大精神，积极服务“双碳”目标，为县域经济发展提供新动能。

漳州能源公司总经理、党委副书记宋丰伟表示，该公司在“强核报国、创新奉献”的新时代核工业精神指引下，坚持安全发展、创新发展、绿色发展，努力打造“国之华龙、兼容并蓄、处处风光、无限生态”的中国特大型清洁能源基地。该公司将坚持从高从严标

准建设工程，共同将云霄抽水蓄能电站打造成为优质工程、绿色工程、安全工程、智慧工程、廉洁工程、精品工程，积极协同推进“核蓄一体化”示范地建设，以优异成绩践行党的二十大关于推进能源革命，确保能源安全的决策部署，实现高质量发展。

抽水蓄能具有储能容量大、储放效率高、运行灵活、反应迅速等特点，能够与核电、风电、太阳能发电等形成良好互补。抽水蓄能电站是建设新型电力系统的重要支撑，是构建清洁低碳、安全可靠、智慧灵活、经济高效新型电力系统的重要组成部分。

据悉，电站投产后，将与漳州核电形成“核蓄一体化”运营，在为核电提供调峰服务、确保核电基荷运行的同时，承担福建电网的调峰、填谷、调频、调相及紧急事故备用等任务，保障电网运行安全和清洁能源消纳，确保福建电力供应安全，促进当地经济社会发展。同时，每年可节省系统火电煤耗约 113.85 万吨，将有效促进福建省节能减排和大气污染防治工作，具有较大的环境效益。

此外，电站建设期间，将有效带动项目地区相关产业发展，预计每年增加地方税收约 1.7 亿元；建成发电后预计每年可增加地方税收 1.6 亿元。该工程还将开展移民安置点建设，可改善乡村道路、电力通信线路等基础设施水平和村民的居住环境，对推动区域经济社会发展和乡村振兴具有重大意义。

## 十一、其他

### 新一代 5 米大采高短壁采煤机研制成功

中国能源报 2022.10.24

**本报讯** 近日，中国煤炭科工集团有限公司上海煤科研发的新一代大采高单滚筒短壁采煤装备暨 MG300/395 - NWD 型采煤机顺利完成出厂试验，即将进行井下工业性试验。

为响应国家建设良好生态环境，打造绿色矿山建设理念，实现生态和效益双赢格局，上海煤科天地采掘积极探索短壁工作面充填绿色开采技术和装备，与窑街煤电集团、中国矿业大学等知名校矿企业合作，开展产、学、研、用技术攻关，深度参与甘肃省科技厅组织的窑街煤电“三下”急倾斜特厚煤层膏体充填开采项目，专门为 5 米厚煤层短壁工作面一次采全高开采而自主开发了高端智能装备暨 MG300/395 - NWD 型单滚筒短壁采煤机。

本项目于 2020 年开始启动，在常规短壁采煤机基础上进行了大胆创新设计，攻克了超短机身整体布局、多级摇臂调姿自主控制、全工艺过程自动化采煤等技术难题，提高了大采高采煤机的工作稳定性和整机连接可靠性，使 MG300/395 - NWD 型采煤机具备了双层“机身”、双牵引、双级摇臂等诸多结构创新，同时采用了液压马达驱动摇臂、多臂联动、落差式双箱液压系统、单刀分层开采等多项新技术和新工艺。

MG300/395 - NWD 型采煤机机身长约 4 米，总装机功率 395 千瓦，适应工作面长度小于 15 米，最大采高从原来的 3.8 米提升至 5.1 米，填补了 5 米采高的短壁采煤机国内外空白。新一代 5 米大采高短壁采煤机可广泛应用于“三下”特厚难采煤层，超长大采高工作

面开机窝、大型煤柱回收和非规则边角煤开采及急倾斜特厚煤层水平分层开采，对于提高煤矿资源回收率和实现中小煤矿高产高效具有重要意义。（刘一鸣）

## 华北油田投用国内首个陆上 LNG 薄膜罐

中国能源报 2022.10.24 2021.

**本报讯** 日前，中国石油华北油田 LNG 调峰储备库内的液化天然气薄膜罐正式投用。这是我国首个投用的陆上 LNG 薄膜罐，将为京津冀地区今冬天然气应急保供再添“利器”。

LNG 储罐技术一直是 LNG 建设中投资最高、工期最长、难点最多的关键环节，而 LNG 薄膜罐与常见的 9% 镍钢储罐相比，具有净存储量大、施工周期短、成本造价低、抗震性能好、使用寿命长等经济技术优势。但施工过程中对焊接工艺要求也极高，因为仅 1.2 毫米左右厚的不锈钢钢板上不能出现任何一点微小焊烫伤。

为保障薄膜罐主体施工安全、质量、进度全方位受控，自项目施工以来，华北油田创新管理模式，对 LNG 储罐桩基工程采用先进的“桩柱一体化”、泵柱管罐外预制和整体吊装等施工技术，显著推进了工程整体进度。据了解，这个 LNG 调峰储备库采取的管网互通运行模式，不仅可以保障周边地区生产生活应急用气，还对优化京津冀天然气储备库整体布局、助力“双碳”目标实现具有重要意义。（史景花 姜浩然）

## 我国页岩气超长水平井钻探获突破

中国能源报 2022.10.31

**本报讯** 10月27日，中国石化发布消息，中国石化江汉油田涪陵页岩气田焦页 18-S12HF 井顺利完井，完钻井深 7161 米，其中，水平段长 4286 米，水平段“一趟钻”进尺 4225 米，一举刷新我国页岩气井水平段最长、水平段“一趟钻”进尺最长两项纪录，标志着我国页岩气超长水平井钻探取得重大突破，将有力带动我国页岩气实现高效开发。

页岩气属于非常规气藏，也称为“人工气藏”，需要把页岩压碎才能让气体出来，被业界公认为世界级难题，水平井技术尤为关键。“超长水平井”是指水平段长大于 3000 米的水平井，因其挟带岩屑困难、钻具受力复杂、井壁垮塌风险高等诸多技术难题，在山地页岩气钻探中较难实现，一直是国内页岩气高效开发的难点。

作为国家级页岩气示范区，涪陵页岩气田全力攻关页岩气超长水平井钻探技术。中国石化通过自主研发三维可视化综合地质导向技术，成功给钻头装上“眼睛”，利用存储的海量地质数据，随时调整钻头行驶轨迹，让钻头在地宫“直线加速”“漂移过弯”，像“贪吃蛇”一样高速穿行在类似“薄饼”的优质储层中。目前，中国石化水平井技术可以在小于 5 米的误差范围内、定向钻进超过 4 公里。

同时，项目创新形成超长水平井关键装备与工具配套、超长水平井降摩减阻、超长水平井钻井参数动态优化等技术，实现了由“打不成”到“打得快、打得准”的重大跨越。目

前，涪陵页岩气平均钻井周期由最初的90多天下降到40多天，最短钻井周期仅为25.58天，优层储层钻遇率达96%以上。

涪陵页岩气田投入开发建设以来，创新页岩气勘探开发理论，形成六大核心技术，实现了3500米以浅气藏高效开发、3500至4000米气藏有效开发，首创中国页岩气立体开发技术，立体开发区采收率达到国际先进水平。截至目前，累计探明储量近9000亿立方米，累计建成产能150亿立方米，累计产量突破470亿立方米，为长江经济带沿线6省2市70多个大中型城市送去洁净能源，惠及上千家企业、近两亿居民。（钟华）

## 天然气将在能源转型过程中发挥关键保供作用

——访美国康菲公司相关负责人

中国能源报 2022.11.7

美国康菲公司今年将首次以展商身份参与第五届中国国际进口博览会，并将在博览会期间与中国合作伙伴携手展示对中国能源安全、可持续发展及碳中和目标的承诺。作为美国第3大石油公司、最大独立上游油气公司，康菲在华开展业务已超过40年，随着全球加速推进绿色能源转型，该公司希望在中国能源转型中发挥积极作用。

康菲将如何通过投资与合作为中国“双碳”目标作出贡献？低碳转型给其业务战略带来哪些影响？面对新冠疫情和俄乌冲突叠加引发的全球能源危机，康菲将如何保证稳定且安全的能源供应？围绕这些问题，康菲战略、可持续发展及技术执行副总裁多米尼克·马克龙（Dominic Macklon）、康菲执行副总裁兼首席财务官比尔·布洛克（Bill Bullock）以及康菲中国总裁威诺德（Bill Arnold）日前接受本报专访并进行了深度剖析。

### ●能源安全是实现低碳转型的基础

多米尼克·马克龙坦言：“我们认为，管理气候变化相关风险、积极探索能源转型机会，将为我们的业务带来长期价值。”

作为首家与《巴黎协定》目标保持一致的美国油气公司，康菲制定了可衡量的中期及长期目标，即在2030年前将温室气体排放强度降低40%—50%，到2050年实现运营项目净零排放。2015年以来，该公司甲烷排放强度已降低了65%。

在康菲管理层看来，低碳能源转型正当时，但不能不顾一切地追求绝对转型，而要同时兼顾能源安全与转型。

当前处于严重能源危机的欧洲，正是缘于对化石能源的依赖以及绿色能源供给不足的结构失衡所致，再加上新冠疫情、俄乌冲突等外部因素，加剧了欧洲能源转型的复杂性。

“为满足能源转型期需求，我们进行了战略定位，即以负责任的方式开发低供应成本的、低温室气体排放强度的能源，从而为全球提供可负担的能源产品。”多米尼克·马克龙表示，“‘三重原则’指导着我们确立在能源转型中的角色定位，其一是以负责任的方式开发能源，满足转型期间的能源需求；其二是提供有竞争力的资本回报；其三是实现在运营项

目总排放上的净零目标。”

据了解，康菲拥有超过 200 亿桶石油当量的资源量，供应成本低于西德克萨斯轻质原油价格（WTI）40 美元/桶。多米尼克·马克龙强调：“康菲拥有大量低供应成本、低温室气体排放强度的资源，这使我们有能力应对任何能源转型情景。事实上，在康菲的全球资产组合中，供应成本是我们分配资本的主要考量标准，以供应成本为基础，中国资产在供应成本方面非常具有竞争力。”

比尔·布洛克也表达了类似观点，他表示：“从长远来看，低供应成本和温室气体排放强度最低的资源，将更有利于满足能源转型的需求，特别是在油气仍是能源组合的重要组成部分的情况下。”

### ●长期看好中国天然气市场潜力

对于天然气在能源转型过程中的角色定位，康菲管理层给予了正面且积极的肯定。他们尤其看好中国液化天然气（LNG）市场潜力。比尔·布洛克指出，全球天然气需求预计将持续增长，尤其是在电力和工业领域，而 LNG 需求的增长将主要集中在欧洲和亚洲。

“我们预计，LNG 将在满足能源转型期需求方面发挥愈加重要的作用，因为 LNG 的温室气体排放强度低于煤炭等传统能源。”比尔·布洛克坦言，“中国 LNG 需求主要受到经济发展、环境政策、国内产量、管道进口量和 LNG 价格等因素的综合影响。”

2021 年，中国 LNG 年进口量排名世界第一，达到近 8000 万吨，较上一年增长 19%，这占中国天然气进口总量的 65%，同时占中国天然气总供应量的 30%。“在我们看来，LNG 对于中国实现温室气体减排目标非常重要。从碳排放角度来看，LNG 在降低终端使用排放方面的作用，应该受到进一步重视。”比尔·布洛克强调。

比尔·布洛克补充称，尽管能源市场短期内存在一定的不确定性，但康菲向中国长期供应 LNG 的承诺不会动摇。“随着我们 LNG 业务不断扩大，期待未来有更多合作机会，以帮助中国满足日益增长的能源需求并实现其能源转型目标。”他表示。

据悉，康菲于 2011 年将第一船美国 LNG 交付至中国上海，2016 年起与中国石化等合作伙伴每年通过长协向中国提供近 1000 万吨 LNG，同时还向中国买家提供 LNG 现货。

### ●中国高水平对外开放有利于营商

“我们于 1981 年进入中国市场，当时恰逢中国改革开放，时至今日我们已经成长为中国上游油气行业最大的外资投资商之一。中国 40 多年经济的高速发展，高水平的对外开放，让外资受益匪浅。”威诺德感叹，“中国取得了令人瞩目的经济成就，并跃居世界主要经济体前列，油气行业在其中也扮演着至关重要的角色。我们很荣幸能与许多跨国公司一道，共同见证并参与书写中国改革开放的这段华彩篇章。”

康菲管理层认为，改革开放政策为中国建立了一个日益开放的国际化营商环境，使得康菲能够在中国市场不断探求新的投资机会，助力中国满足日益增长的能源需求。

威诺德强调：“过去几年，中国主管部门在上游油气改革方面作出了显著努力，我们期

待与中国合作伙伴携手，共同推动行业的发展。我们相信，中国将在应对全球能源转型方面发挥关键作用，康菲期待与中方伙伴深化合作，为中国的能源安全保障、实现气候变化承诺贡献积极的力量。”

事实上，康菲在中国的投资和合作不限于石油和天然气，也在探索新能源技术和项目的机会，如风电、碳捕获与封存及氢能。多米尼克·马克龙透露，康菲一直在评估与能源转型相关的有竞争力的商业机会，其中包括考虑蓝氢和绿氢项目及碳捕获与封存。

威诺德称，康菲中国将与中国合作伙伴在海上风电、碳捕获与封存及氢能等领域探索新的合作机会。“技术进步和应用对于减少上游业务的碳排放量至关重要。”威诺德表示，“目前，我们正与中国海油携手推进蓬莱油田海上风电示范项目，通过该项目为蓬莱油田供应风电，可以减少碳排放和作业成本。这是中国海上油气设施与海上风电相结合的首创之举，我们预计该项目将成为低碳排放、智能油田发展的标杆。”（王林）

## 全球在建最大煤化工项目全面进入试车阶段

中国能源报 2022.11.7

**本报讯** 10月30日，陕煤集团榆林化学有限责任公司1500万吨/年煤炭分质清洁高效转化示范项目热解启动工程顺利中交，标志着这一项目全面进入试车阶段。

该项目作为目前全球在建最大的煤化工项目，占地总面积约13平方公里，计划总投资1262亿元，每年可转化煤炭2400余万吨。据陕煤集团相关负责人介绍，1500万吨/年煤炭分质清洁高效转化示范项目热解启动工程具有先进技术的示范效应、油气替代的放大效应和技术迁移的战略效应，打通了一条高效率、低成本的煤制芳烃路线，实现了煤化工和石油化工产业的深度融合和错位发展，对保障国家能源安全意义重大，也将进一步完善陕煤集团化工新材料产业链，提升煤炭转化经济效益，甚至为“再造一个陕煤”奠定技术和产业基础。

据悉，该项目分为两个阶段进行投资建设，其中第一阶段计划建设180万吨/年乙二醇工程和1500万吨/年煤炭分质清洁高效转化示范项目热解启动工程；第二阶段计划建设1500万吨/年煤炭分质清洁高效转化示范项目烯烃、芳烃及深加工工程。

10月9日，榆林化学公司煤炭分质利用制化工新材料示范项目180万吨/年乙二醇工程单系列一次性开车成功，顺利产出聚酯级乙二醇产品。

据介绍，该项目全部建成后，产品总量将超过960万吨/年，预计年销售收入可达1344亿元，实现工业增加值1130亿元、税后利润625亿元，直接提供7000余个就业岗位。可预见的经济效益和社会影响力将有力推动榆林当地经济社会和其他上下游关联产业发展，为新能源、包装、建筑、纺织、汽车、军工等领域提供高品质的原材料解决方案。同时，该项目作为目前煤炭加工能力最大、产业融合度最高、技术集成度最复杂、产业链最贴近终端市场的煤炭转化示范项目，一定程度上代表了煤化工产业发展的最高水平，对我国煤化工产业的下一步发展和走向将产生深远影响，也决定了我国煤化工产业链未来延伸的程度。（仲能）