

# 能 量 转 换

## 剪 报 资 料

总 50 期  
2/2022. 2

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. 北京冬奥为能源转型加速·····	5
2. 微电网发展路在何方·····	6
3. 护航新能源远距离消纳·····	8
4. 可再生能源行业 2021 年度盘点·····	10
5. 与新能源发电场“联姻”调相机为大电网安全运行保驾·····	12
6. 用户侧可调节资源亟待唤醒·····	15
7. 将大规模新建可再生能源电力项目·····	18
8. 农村能源转型需多管齐下·····	18
9. 加速开发可再生能源·····	20
10. 推动可再生能源大规模高比例高质量市场化——《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》解读·····	21
11. 国网联手浙大成立智慧电力能源研究院·····	23
12. “绿色”成为中央一号文件重要亮点——专家解读《中共中央 国务院关于做好 2022 年全面推进乡村振兴重点工作的意见》·····	23
13. 八部门联合推动工业资源综合利用·····	26
14. 支持沿海地区打造可再生能源发展示范·····	27
15. 乡村振兴应重用清洁能源·····	27
16. 地方两会透视能源电力新布局·····	29

#### 二、热能、储能、动力工程、节能

1. 加深探索新型电池技术路线·····	31
2. N 型电池步入规模化发展新阶段·····	32
3. 新催化剂将 CO <sub>2</sub> 转化汽油效率提高千倍·····	34
4. 钠电池能否替代锂电池·····	35

5. 14 所院校新增“储能科学与工程”专业	36
6. 新一代液流电池储能技术及产业化团队——让能源“存取”更自如	36
7. 功能性水凝胶电解质问世有助开发可充电水系锌离子电池	39
8. 储能项目中标价格上涨	40
9. 反型钙钛矿电池效率破世界纪录	41
10. 科学家提出绿色制冰新思路	42
11. 动力电池产业格局持续变化将是常态	43
12. 我国科学家在喜马拉雅山地区发现超大型锂矿	44
13. 清洁能源利用重大突破：科学家实现甲烷的选择性转化	47
14. 新工艺成功制备超高通量纳米多孔石墨烯膜——关键核心技术推动实现可持续海水淡化	47
15. 全球最大 100 兆瓦级全钒液流电池储能调峰电站完成主体建设	48
<b>三、碳达峰、碳中和</b>	
1. 相关部门出台意见完善体制机制和政策措施——推进能源绿色低碳转型	48
2. 正确认识和把握碳达峰碳中和	49
3. 能源领域“双碳”需政策性创新	51
4. 北京冬奥会排放的碳是怎么被“中和”的？	52
5. 35 条政策措施推进能源绿色低碳转型	55
6. “十四五”建立推进能源绿色低碳发展制度框架	56
7. 研究显示：城镇化有助于中国实现碳中和	57
8. 能源绿色低碳转型有了“施工图”	58
9. 碳排放数据质量监管为何重要？	60
10. 碳捕集与利用技术的碳排放大于碳捕获	61
<b>四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）</b>	
1. 二氧化碳快速“造冰”技术打造“最快冰面”	62
2. 科学家从煤垃圾中提取稀土元素	63
3. 不用烧、不用填生物处理技术出手，垃圾成资源	64
4. 工业资源如何综合利用	66
5. 药物污染蔓延至全球河流	67
6. 资源化利用二氧化碳有了明确的催化反应控速步骤	68
7. 生物甲烷发电量创新高	69
8. 你看不见的微生物正成为污水治理生力军	69
9. 升级 PET 水解酶，再造超级塑料“食客”	70
10. 资源化利用二氧化碳取得新进展	72
11. 锌催化剂出手 循环利用废弃塑料有了新思路	73

12. 基因改造细菌将废气转为化工原料·····	74
13. 微盾环保：创新医废处理技术 助力“无废城市”建设 ·····	75
14. 全球甲烷排放监控力度不足·····	76
<b>五、太阳能</b>	
1. 打造国内领先的光伏产业链集群 ·····	78
2. 土耳其新增光伏装机超百万千瓦 ·····	78
3. 填充系数超过 86% 的厘米级钙钛矿太阳能电池 ·····	78
4. 制备出大面积天蓝光钙钛矿 LED ·····	79
5. “不拆瓦”建筑光伏一体化项目向海而生 ·····	79
6. 光伏建筑一体化蓄势待发 ·····	81
7. 我国太阳能热发电装机达 53.8 万千瓦·····	82
8. 光伏二次回路运维标准填补行业空白 ·····	83
9. 集中式与分布式并举布局一批光伏电站项目 ·····	83
10. 结构简单又低碳，这里的玻璃会发电·····	84
11. 推动乡村振兴光伏独具优势·····	85
12. 加快智能光伏产业创新升级和特色应用·····	86
13. 贵州研发省域分布式光伏监测平台·····	86
14. 光伏企业加速 N 型电池布局 ·····	87
15. 光热标准体系不断完善·····	89
16. 我国光伏制造端产值突破 7500 亿元 ·····	91
<b>六、地热</b>	
1. 干热岩：“可供中国使用 3800 年”的清洁能源？ ·····	92
2. 雄安新区地热可持续开发利用有了技术支撑 ·····	94
<b>七、海洋</b>	
1. 海水淡化有了低能耗可持续解决新方案 ·····	95
2. 美国加快波浪能发电技术研发和示范 ·····	95
3. 青岛海水淡化项目奖补最高千万元 ·····	95
<b>八、氢能</b>	
1. 煤氢联动向全产业链延伸 ·····	96
2. 中国石油打造冬奥首支绿氢火炬 ·····	98
3. 氢燃料车商业化还要过三关 ·····	99
4. 氢能无人机担纲“电力保镖” ·····	100
5. 空客携手 CFM 开发氢动力飞机 ·····	101
6. 欧洲可再生能源制氢装机规模 2023 年将超过 150 万千瓦 ·····	102
7. 氢能利用再添“安全卫士”新型传感器实现氢气秒级响应 ·····	102

8. 进一步提高光伏制氢经济性·····	105
9. 我国氢能产供储销体系建设提速·····	106
10. 绿氢：纯正的零碳新能源·····	108

## 九、风能

1. 国家能源局：2021 年我国新增“风光”装机破亿千瓦·····	111
2. 乘风破浪 海上风电“弯道超车”——亚洲单机容量最大风电机组于福建下线·····	111
3. 加快海上风电项目建设·····	113
4. 海力风电斥资 10 亿元建风电高端装备制造项目·····	113
5. 海上风机价格快步奔向平价时代·····	113
6. 多地加码布局海上风电母港·····	115
7. 多举措促进“风光”产业投资·····	116

## 十、核能

1. 欧洲核聚变装置创造热能纪录·····	117
2. 全球核电市场蓄势待发·····	119
3. 核电“蓄能”正当时·····	120
4. 核能小型堆应用再提速·····	122
5. 可控核聚变距离我们还有多远？·····	123

## 十一、其他

1. 2021 年非化石能源发电装机首超煤电·····	125
2. 水电仍是可再生能源主力军·····	126
3. 抽水蓄能多点开花·····	127
4. “深海一号”大气田累计产气超 10 亿立方米·····	129
5. 煤电超低排放秘密武器 电除尘怎样转型升级·····	129
6. 煤层气开发利用勇闯难关·····	131
7. 重启海上油气勘探·····	133

## 行业动态

1. 风光大基地建设正入佳境·····	134
2. 广东首个兆瓦级电化学储能电站投运·····	136
3. 国内首个可持续航空燃料产业基地落地茂名——地沟油变航空燃料 每年碳减排 240 万吨 ·····	136
4. 海上风电新型桩—桶复合基础研发及其工程应用·····	137
5. 国内首个核能工业供汽工程开建·····	138

本简报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考



## 一、总论

# 北京冬奥为能源转型加速

经济日报 2022.2.10

为保障北京冬奥会绿电供应，我国在多个环节进行了技术创新。“双碳”目标下，一届全力以赴的“绿色奥运”，有望加速推进中国能源转型，并向世界展示我们的决心。

冬奥场馆历史上首次实现100%绿电供应，全球首次大批量使用氢燃料电池客车服务体育赛事……北京冬奥会开赛以来，不仅场内比赛吸引了全世界的目光，场外也进行着历史性的“追风逐日”竞赛。这场竞赛让人们看到中国能源转型在加速，并将对全球经济社会转型带来深远影响。

当前，实现碳中和目标已成为世界主要国家的共同愿景，可再生能源大规模替代传统化石能源则是实现这一目标的关键一环。凭借多年实践和探索，北京冬奥会三大赛区26个场馆全部实现绿色供电，这些绿电主要由河北张家口的光伏发电和风力发电提供，不仅在奥运史上尚属首次，也实现了人类能源史上一次重要突破。

电是一种特殊商品，在电力系统中，电能的发、输、配、用在瞬时同步完成，整个电力系统时刻处于动态平衡状态。一旦这种平衡被打破，严重时将对电网运行造成冲击，引发大面积停电和安全生产事故。“靠天吃饭”的风电、光伏等新能源，就是这个系统中的不安定因子。随着新能源大规模接入电网，发电时间和电量较难为人所控，电力供需失衡将成常态，如何“驯服”风光，保障大规模新能源并网安全，是全球新能源发展面临的共性问题。

为解决这一难题，保障冬奥绿电供应，我国在多个环节进行了技术创新。电网作为电力系统的中枢与核心，是新型电力系统的关键组成部分。能源转型要加速，首先要打通电网梗阻。为此，我国创新研发建设了张北可再生能源柔性直流电网试验示范工程，将张北地区原本分散四处的风电场、光伏电站连成了一个有机整体。该工程采用我国原创的柔性直流电网新技术，创造了12项世界第一，具有可控能力强、功率调节速度快、运行方式灵活等特点，能够有效抑制交流电压波动，减少功率波动对受端电网影响，成为破解新能源大规模并网消纳难题的“金钥匙”。

电网技术的革新并不能解决所有问题，一旦遇上风光尽失的极端天气，再柔性的电网系统也无力回天。作为重要补充，在柔性电网基础上，我国还为冬奥绿电工程配建了世界上最大的抽水蓄能电站——丰宁抽水蓄能电站。该电站总装机规模360万千瓦，相当于给电网配备了一个“超级充电宝”，其巨大的库能一次蓄满可储存新能源电量近4000万千瓦时。丰宁电站建设首次实现抽蓄电站接入柔性直流电网，有效实现新能源多点汇集、风光储多能互补、时空互补、源网荷协同，为破解新能源大规模开发利用难题提供了宝贵的“中国方案”。该电站还首次系统性攻克了复杂地质条件下超大型地下洞室群建造的关键技术，为今后抽蓄大规模开发建设提供了技术保障和工程示范。

冬奥绿电交易机制是北京冬奥会的又一创新。有关部门专门搭建了适用于冬奥会的跨区域绿电交易机制，根据场馆需求变化适时组织绿电交易，调整清洁能源供应。在绿电交易平台上，冬奥电力用户通过电力交易的方式，从发电企业购买绿电，该机制为悉数消纳新能源发挥了兜底保障作用。“既有能源用、又没有污染、价格还便宜”是能源转型中的“不可能三角”，破解这个三角既要依靠技术创新，也要依靠体制创新。建立有序竞争、价格机制合理的电力市场，则是体现新能源低碳价值、扩大新能源消纳的可持续低成本路径。北京冬奥会的绿电交易实践，为今后在更大范围内开展绿电交易提供了成功样本。

冬奥会不仅是一个体育赛场，也是一个高端技术、竞争优势、经济潜力的展示平台。“双碳”目标下，一届全力以赴的“绿色奥运”，有望加速推进中国能源转型，并向世界展示我们的决心。北京冬奥会对清洁能源的追求与努力，彰显了中国政府大力发展清洁能源产业、积极践行减碳大国责任的信心和态度；以举办冬奥会为契机，集中力量技术攻关，探索新能源大规模输送、并网及消纳的一体化新路径，充分展示新能源应用潜力，也有利于推动新能源产业化推进，为我国乃至全球能源低碳转型积累宝贵经验。此外，冬奥会的巨大影响力还有助于提高全民低碳发展意识，普及清洁能源利用方式，形成崇尚绿色环保的良好氛围。（王轶辰）

## 微电网发展路在何方

中国能源报 2022.2.14

### 核心阅读

“新能源+储能”的形式能最大程度实现绿色低碳能源供应，随着储能成本的降低以及微电网调控技术的提升，此类微电网组网方式具有很好的发展前景。

随着新型电力系统的提出，电动汽车、电子设备等直流型负荷和光伏电站、储能系统等直流分布式电源的数量在电网中日益增加，尤其是2021年，我国风电、光伏发电新增装机规模超过1亿千瓦，如何提高分布式能源的稳定性成为一道必答题。在此背景下，“新能源+储能”的微电网组网模式异军突起。

国家发展改革委、国家能源局2月10日发布《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》明确，鼓励建设源网荷储一体化、多能互补的智慧能源系统和微电网。

在近日的采访中，业内人士表示，作为“调节器”的储能涉及“发输配用”各个环节，是解决新能源消纳、增强电网稳定性的有效方式。伴随储能成本下降，“新能源+储能”的微电网组网模式将更具前景。但是，微电网的多样性也决定了其发展模式并不唯一。

### 微电网不局限于“新能源+储能”

有观点认为，近两年储能产业的爆发会带动微电网发展再上新台阶，微电网某种意义上可理解为“新能源+储能”；另有观点认为，促进微电网发展，储能只是途径之一，没有储能，微电网也能运行，有了储能，微电网自身调节能力会更强，与大电网互动会更灵活。

在国网能源研究院能源互联网研究所研究员吴潇雨看来，“新能源+储能”可以是微电网的组网模式之一，但并非只有“新能源+储能”才能组成微电网，这一定程度上忽视了微电网发展的多样性，也忽略了作为微电网应满足的特征。

“微电网应该理解为由分布式电源、负荷、配电设施、监控和保护装置组成的小型发配用系统，这定义了微电网所应包括的基本要素。”吴潇雨对记者表示，在基本要素之外，微电网形态具有多样性。分布式电源既可以是新能源也可以是传统电源，例如微型燃气轮机、热电联产等均可作为微电网的主要电源，在这种组网模式下，传统电源的可调节优势能够充分发挥，提升微电网运行的经济性和稳定性。因此，在海岛、边远地区等与大电网弱连接或无连接地区，加入燃油、燃气发电等传统电源提升系统可靠性是常见的形式，例如我国浙江南麂岛微电网。

吴潇雨进一步表示，微电网可以配置储能也可以无储能，某些以传统电源为主的微电网具有足够的调节和供应能力，能够促进新能源的可靠消纳，保证频率、电压等电气量指标在可接受范围内，维持系统稳定运行，因此可不配置储能。此外，微电网也可向多能综合供应拓展。电、热、冷、气、氢等多种能源在终端的耦合越来越常见，用户用能需求也呈现综合化特征，多能耦合互补利用对于提升用能效率、增强系统的灵活性等具有很大帮助，目前多能耦合型微电网也展现出了较好的发展前景，如我国的天津中新生态城二号能源站综合微电网、佛山冷热电联供微电网等。

### **微电网更需实现自平衡**

吴潇雨对记者表示，从应满足的特征上来看，微电网需要具备技术、经济的双重主体特性，实现技术运行以及商业运营的独立性。

据介绍，作为技术主体，微电网要能够实现自平衡，即能够对内部分布式电源、负荷、储能等元素进行协调运行和控制，同时作为可控整体与大电网友好交互，保证电力电量平衡以及系统安全稳定运行。作为经济主体，微电网运营商需要具备将微电网作为整体资源参与市场交易的能力，比如参与电力交易、绿电交易、辅助服务交易等。只有具备了上述双重主体特征，才能最大限度的发挥微电网的价值。

一位不愿具名的储能行业专家接受记者采访时也表示：“储能的出现强化了微电网、大电网的调节能力和调节手段，促进微电网提高了自治管理能力。但是，当前的电力系统，对储能调节能力的需求没有达到十分强烈的程度。无论对于微电网，还是对于整个大电力系统，储能所能发挥的作用仍较为有限。”

不过，这并不影响业内对“新能源+储能”前景的看好。业内人士认为，“新能源+储能”的形式能最大程度实现绿色低碳能源供应，随着储能成本的降低以及微电网调控技术的提升，在满足微电网特征的基础上，此类微电网组网方式具有很好的发展前景。

### **需明确发展微电网的初衷**

吴潇雨认为，在“新能源+储能”组网模式日渐兴起的背景下，储能成本的下降必然

会提升微电网的经济性，而一些电价较高的工商业用户将会更加倾向于通过建设微电网提升分布式新能源自发自用水平，从而降低综合用能成本，减少碳排放，提升绿电利用率。

“对于偏远地区、海岛型的微电网而言，不管经济性如何，该建的还得建。”中国能源研究会配售电研究中心副主任吴俊宏对记者表示，必须明确微电网这个业态到底要解决什么。是解决配售电的市场竞争性问题，还是解决可再生能源发展和消纳问题，或是解决局部地区供电安全性问题。

在吴潇雨看来，未来需要关注的是，分布式“新能源+储能”如何通过技术、市场机制的完善，让微电网真正成为可控主体，即可通过技术进步解决自身运行问题，并作为可控主体响应大电网的调控指令，与大电网灵活互动。在经济性方面，能够作为独立的市场主体参与市场交易。当具有这两个“主体”特征时，才能真正发挥微电网的价值。（苏南）

## 护航新能源远距离消纳

### ——国网经研院监造世界首台套直流可控自恢复消能装置工作完成

中国电力报工程周刊 2022.2.15

近日，由国网经济技术研究院有限公司（简称“国网经研院”）监造的±800千伏白鹤滩—江苏特高压直流输电工程（简称“白江工程”）用世界首台400千伏直流可控自恢复消能装置顺利完成全部型式试验，标志着2种技术路线的400千伏直流可控自恢复消能装置全部试验考核工作收官。

白江工程创造性采用特高压混合级联直流输电技术，兼具了常规直流和柔性直流输电的优势，是直流输电技术和新能源供给消纳体系的重要发展方向。可控自恢复消能装置能够在毫秒级快速吸收直流系统故障后产生的盈余功率，避免换流阀等核心设备受到冲击而损坏，是混合级联直流输电系统的关键核心设备，是工程安全可靠运行的重要保障。国网经研院高水平、专业化的监造技术团队，与各制造单位高效协作，突破了数十项可控自恢复消能装置工业化过程中面临的可靠性难题，实现了该设备生产、试验的全过程精准管控和全方位技术支撑，保障了设备的成功研制。

#### 护航大国重器研制

白江工程400千伏直流可控自恢复消能装置包含“晶闸管开关”、“间隙开关”2种技术路线，其合闸时间小于1毫秒、关合电流达88千安、能量吸收能力达300兆焦以上，各项技术指标均为世界之最。该设备内部集成了大容量避雷器、超高速触发开关、快速机械开关等先进设备，结构原理复杂，制造质量和精度要求严苛，面临较多亟待解决的可靠性问题。工程伊始，国网公司首席技术专家、国网经研院副院长文卫兵表示，要充分发挥国网经研院特高压设备监造行业的技术优势，深化直流输电新设备可靠性提升研究，确保首台套设备满足工业化应用要求，为我国高压直流输电技术输送新能源保驾护航。

在国网公司统一领导与支持下，国网经研院牵头理论研究、系统设计、生产制造、现场

运维等各专业支柱单位组成攻关团队，全面开展可控自恢复消能装置可靠性提升技术研究。攻关团队充分调研同类设备典型故障案例，组织召开方案研讨、问题分析等会议 10 余次，针对产品设计和工艺细节开展深入讨论和迭代优化。围绕一次回路关键组部件、供能系统、高电位板卡、控制保护装置、型式及例行试验、特殊试验等方面进行可靠性提升专题研究，提出了设备可靠性提升质量管控要点 111 项，编制作业卡 33 份并逐项排查落实，有效保证了创新设备本质安全，为可控自恢复消能装置顺利通过型式试验奠定了坚实基础。

2021 年 10 月，可控自恢复消能装置的核心组部件——快速机械开关在测试过程中连续出现误动、拒动和通讯异常等故障，给所有参与设备研制的技术人员泼了一盆冷水。当时正值国庆假期，兼受新冠肺炎疫情影响，相关技术人员和试验设备、场地的组织调度异常困难，使得问题排查和设备研制几乎陷入停滞。就在各方一筹莫展之时，攻关团队牵头各级制造商组成临时工作组，充分利用现场有限的人力、物力资源，结合线上、线下沟通手段，从头开始，对设计文件、试验过程、故障波形逐一进行排查，抽丝剥茧，反复进行故障排查。经过工作组不懈努力，通过反复计算、仿真和分析，终于发现快速机械开关控制系统的电磁兼容设计存在重大缺陷，立即组织相关人员技术攻关，连夜加班加点解决电磁兼容问题，一举突破影响设备研制的关键瓶颈。

### **构建试验标准体系**

可控自恢复消能装置是由众多创新设备构成的复杂成套系统，目前尚无针对该设备的试验标准，其各个关键组部件相比于传统同类设备性能参数要求更高，运行工况特殊，传统同类设备的已有试验标准无法适用。

在无标准可依的情况下，构建检测体系和检测规范成为最紧迫的任务。国网经研院首席专家石岩认为，应从升级关键组部件试验考核力度和强化模拟工程实际运行工况两个方面着手，建立可控自恢复消能装置试验检测体系，实现有效的可靠性考核。攻关团队以实现真实工况考核为目标，从细微处入手，逐一分析各种工况下设备承受的实际应力，针对整机、关键一次组部件、供能系统、控制保护装置等 8 个方面提出了 206 个试验项目及试验方案，经评审最终形成了适用于 2 种技术路线、涵盖整机和全部各关键组部件的可控自恢复消能装置试验检测体系，填补了相关领域技术空白。

在组部件层面，针对超高速触发开关，开展真实工况下最严苛短路电流的耐受试验，有力填补了常规动热稳定试验考核盲区，有效排除创新设备设计和质量上的缺陷；针对快速机械开关，开展其他开关失灵情况下的极限电流关合试验，确保快速机械开关能够有效发挥后备作用，为设备整机的可靠工作提供了多重保障。在整机试验层面，严格按照实际空间布置和应用环境搭建整机试品，模拟整机极端工况动作产生的电磁干扰对各组部件的影响，以有效发现设备电磁兼容设计的薄弱环节，把问题解决在实验室里。

### **党建引领科技创新**

自承接白江工程可控自恢复消能装置监造任务，国网经研院设备监造中心第十党支部迅

速成立了监造工作领导小组，领导干部率先垂范，推进党建引领设备质量管控提升，实现党建和业务工作深度融合。

“关键时刻，作为技术骨干的党员要首先顶上去，特别是要深入钻研创新设备的原理和各个关键环节，不断强化监造团队的技术支撑能力。”国网经研院设备监造中心主任、第十党支部书记乐波如是说。

他们是这么说的，也是这样做的。可控自恢复消能装置组部件中存在众多新式设备，其设计制造和质量管控均无经验可借鉴。国网经研院充分发挥党支部战斗堡垒作用和党员先锋模范作用，以杨勇、魏争、刘亚萍等技术骨干组建了可控消能装置党员攻关团队，带头攻坚克难、勇于担当，让党旗在设备试验一线飘扬。攻关团队克服疫情影响，加大原材料检验、分装、总装、试验等关键环节的质量管控力度，对设计和选型等重点工作给予技术支持，发现并解决设备重要质量问题 19 项，有效保证设备制造精度。同时，完成整机和组部件型式试验项目全过程见证，对试验方法、结果及进度进行严格监督和把关，确保了世界首台套 400 千伏直流可控自恢复消能装置成功研制，为白江工程建设和新能源特高压外送体系构建作出重要贡献。

为适应能源变革需求，直流输电技术不断发展、应用场景不断拓展，未来将涌现出更多的新技术、新设备、新材料。国网经研院将继续服务国家发展战略，扎实开展特高压核心技术装备的质量提升工作，为新设备研制保驾护航，全面支撑新型电力系统构建，为新能源的消纳贡献力量。（魏争）

## 可再生能源行业 2021 年度盘点

中国电力报发电周刊 2022.2.14

### 编者按

阳和启蛰，品物皆春。在这样一个美好的时节，在这样一个充满希望的时代，可再生能源行业发展迎来历史性突破——2021 年，我国可再生能源发电装机突破 10 亿千瓦，水、风、光、生物质发电装机均居世界第一。从东海之滨到世界屋脊，从塞北大漠到岭南大地，从中国走向世界，可再生能源行业厚积薄发，奋勇开拓，成为构建新型电力系统、助力“双碳”目标的一支强兵劲旅。

岁末年初，《中国电力报》邀请中国循环经济协会可再生能源专委会等行业协会、业界专家，共同盘点 2021 年可再生能源领域取得的重大进展，记录可再生能源产业的重大成果，展示可再生能源行业发展的蓬勃生机。

### 可再生能源“十亿”千瓦时代到来

2021 年，我国可再生能源新增装机 1.34 亿千瓦，占全国新增发电装机的 76.1%。截至 2021 年底，我国可再生能源发电装机达到 10.63 亿千瓦，占总发电装机容量的 44.8%。其中，水电、风电、太阳能发电和生物质发电装机容量均稳居世界第一。

点评：这是历史性的一刻，标志着我国可再生能源装机进入“十亿”千瓦时代。中国，正在绿色低碳清洁能源的新赛道上加速狂奔。

### **世界最大清洁能源走廊建成**

截至2021年12月31日24时，长江干流三峡、葛洲坝、溪洛渡、向家坝、乌东德、白鹤滩等6座梯级水电站全年累计发电量达2628.83亿千瓦时，标志着长江流域已成为名副其实的世界最大清洁能源走廊。

点评：奔流不息的长江，蕴藏着丰富水能，孕育了六座巨型梯级水利水电工程，向世界展示超级水利工程的魅力，展示大国重器的风采。

### **37家企业跨界入局氢能**

据不完全统计，2021年，包括国家电投、中国能建、隆基股份、协鑫新能源等在内的约37家企业通过成立氢能公司、投资、合作等方式“跨界”入局氢能，布局可再生能源制氢、氢储能、加氢站建设等领域，旨在以氢能带动传统产业升级。

点评：氢能发展风口已至，跨界资本重金入局。37大跨界玩家共探氢能“生意经”，将撑起氢能发展的一片新天地。

### **国家电投清洁能源占比超60%**

根据国家电投党组书记、董事长钱智民在2022年工作会议公布的数据，2021年，国家电投清洁能源装机占比达61.5%，较上年提高5.4个百分点，光伏、新能源、可再生能源装机规模均居全球第一。

点评：国家电投清洁能源发展独领风骚！传统电力企业重塑投资版图，发展的砝码进一步向可再生能源倾斜，争做“碳达峰、碳中和”排头兵。

### **亚洲最大海上风电群建成**

2021年，江苏南通如东新增海上风电装机容量300万千瓦，约占全国新增规模的四分之一，创下同年并网单体项目数量最多、容量最大两项纪录，建成全国首个风电母港、亚洲最大海上风电群。

点评：华能、国家电投、三峡等争相入局，群雄逐鹿南通沿海海域，让这片百万亩金色滩涂化身为绿色能源基地。

### **整县开发屋顶分布式光伏**

2021年9月，国家能源局公布全国整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点名单，共676个县（市、区）列入试点名单。其中，山东、河南、江苏列入试点的数量分别为70个、66个、59个，位列前三。

点评：小屋顶，酝酿万亿级大市场。屋顶光伏，承载着实现“碳达峰、碳中和”与乡村振兴两大国家战略的使命与梦想。

### **首个源网荷储示范项目交付**

2021年底，70兆瓦/140兆瓦时远景智慧储能交付完毕，支撑全国首个“源网荷储”示

范项目——三峡乌兰察布新一代电网友好绿色电站示范项目一期落地。该项目总装机容量310万千瓦，其中风电280万千瓦、光伏30万千瓦，配套储能设施88万千瓦×2小时，建成后将成为全球储能配置规模最大、比例最高的单体新能源场站。

点评：“源网荷储”从设想走向现实，为新能源产业升级和创新发展打开新大门，探索构建新型电力系统发展的新路径。

### 德令哈光热电站发电量破纪录

2021年9月10日，青海中控德令哈50兆瓦塔式熔盐储能光热电站单日发电量达112.86万千瓦时，创历史新高。该电站是国家首批光热发电示范项目之一，采用浙江可胜公司自主研发的光热发电核心技术，95%以上的设备实现了国产化。

点评：这是一座矗立在广袤戈壁滩、具有标杆意义的光热电站。3年运行，验证了我国自主研发的光热发电技术的先进性以及国产化装备的可靠性！

### 五大发电首座抽水蓄能电站投运

2021年12月27日15时58分，华电福建周宁抽蓄电站2号机组首次并网成功，至此，该电站2台机组全部并网运行。周宁抽蓄电站是华电集团首座，同时也是五大发电集团首座抽水蓄能电站，总装机容量120万千瓦，年发电量12亿千瓦时。

点评：抽水蓄能再落新棋！能源央企巨舰探索可再生能源的脚步从未停息。周宁抽蓄电站的蓬勃脉动，与传统电力企业争当绿色发展主力军的铿锵步履同频共振。

### 世界最高海拔风电机组并网发电

2021年12月22日，世界海拔最高风电项目——措美县哲古风电场10台机组并网发电。该项目位于喜马拉雅山北麓的西藏山南市措美县哲古镇，地处海拔5000~5200米，机舱最高海拔达5157.8米。风机采用东方风电研造的5台2.X-131型风机，每年可为西藏地区输送清洁能源3215万千瓦时。

点评：世界屋脊筑起绿色高地，身着盛装的风机，迎风起舞，与雅拉香布神山交相呼应，为美丽的哲古湖增添了一道亮丽的风景线。

## 与新能源发电场“联姻”调相机为大电网安全运行保驾

科技日报 2022.2.15

21台分布式调相机全部投产后，可直接提升青海海南州地区新能源外送能力350万千瓦，预计年均增发新能源电量70.2亿千瓦时，若全部输送至华中地区，年均可替代当地火电原煤318.9万吨，减排二氧化碳574.2万吨，经济效益良好，节能减排收益显著。

截至2月15日，位于青海省共和县新能源基地内的世界最大规模新能源调相机群累计增发新能源电量7.85亿千瓦时，并且全部输送至华中地区，相当于替代当地火电原煤35.66万吨，减排二氧化碳64.21万吨。

1月23日，青海海南新能源基地最后3台50兆乏新能源调相机完成168小时正式运行，



标志着世界最大规模新能源分布式调相机群在青海全面建成投运，这也对未来国内其他大型清洁能源基地的建设、运行及外送消纳提供了成功示范。

被誉为电网“稳压器”的调相机在电网侧早已大规模应用，且技术成熟、产品丰富。然而，国内外尚无调相机在新能源场站应用的先例。此次调相机与新能源发电场的首度“联姻”，成为我国在电源侧大规模分布式调相机技术创新方面的有益探索。在实现碳达峰、碳中和目标背景下，我国正以清洁能源产业全力推动能源清洁低碳转型。

### 新能源高占比带来暂态过电压问题

寒冬时节，共和县晴空万里，成片的光伏板熠熠生辉，风力发电机的巨大叶片迎风转动……千万千瓦级新能源基地正把丰富的太阳能和风能转化为清洁电能。凭借得天独厚的资源禀赋，青海电网已经成为全国清洁能源、新能源发电装机占比最高的省域电网。

为实现青海新能源电力大规模外送消纳，2018年11月7日，起于共和县、连接青藏高原和中原大地的世界首个新能源远距离输送大通道—— $\pm 800$ 千伏青海至河南特高压直流输电工程（以下简称青豫直流工程）开工建设。这个新能源大通道额定容量为800万千瓦，年满负荷输送电量达400亿千瓦时。

国网青海省电力公司（以下简称国网青海电力）调控中心系统运行处处长陈春萌介绍，青豫直流工程新能源电源装机规模大、占比高，电压支撑能力相对薄弱，导致了较为严重的暂态过电压问题，对电网设备设施的安全运行造成威胁，这也成为阶段性制约青豫直流工程送出能力的主要因素。

解决系统暂态过电压问题，需从电网侧和新能源发电侧两头发力。为此，国网青海电力在青豫直流工程的起点—— $\pm 800$ 千伏青南换流站配置了4台30万千瓦乏调相机。调相机2020年建成投产后，电网侧换流站的暂态过电压问题得以有效解决。

暂态过电压的最高点出现在新能源发电侧，如何抑制新能源发电侧的暂态过电压问题，此前并无经验可借鉴，亟待突破创新。

### 为新能源场站创新研究分布式调相机

调相机在电网侧早已大规模应用，然而国内外尚无调相机在新能源场站应用的先例。

2019年，在国家电网有限公司（以下简称国家电网公司）的统筹指导下，国家电网公司西北分部、国网青海电力、中国电力科学研究院有限公司、国网经济技术研究院有限公司等单位深入研究、科学论证，提出了在青海海南州地区4个新能源汇集站安装21台50兆乏分布式调相机的解决方案，并进一步明确了分布式调相机的具体性能指标。

“此次安装的分布式调相机是一种布置在新能源发电站内，高度集成化的小容量同步调相设备，具备优异的暂态稳态特性和无功调节能力，对维持电力系统电压稳定起到了重要作用，同时可提高系统短路容量和短路比，从而支撑新能源电力大规模外送，为大电网安全稳定运行保驾护航。”陈春萌说。

新能源分布式调相机具有系统简单、集成度高、调节性能好等优点，既能发挥系统动态

无功储备的作用，又能为新能源电站提供次暂态、暂态、稳态的全过程无功补偿与电压支撑，极大地提升了青豫特高压直流通道的新能源电力输送能力。

哈尔滨电气集团有限公司（以下简称哈电集团）哈尔滨电机厂有限责任公司副总经理李春廷介绍：“尽管大型调相机技术已相对成熟，但用于新能源发电侧的分布式调相机从设计数据上看，在性能上较常规调相机需提升 30% 以上，而机组损耗需下降 20%。”

为此，哈电集团、上海电气集团股份有限公司、东方电气集团东方电机有限公司三家研发制造企业抽调技术骨干组成专项攻关团队，打造出了满足要求、兼具性能和经济性的新型分布式调相机。专家介绍，新型调相机动态性能好，过载能力强，与传统调相机相比其动态电压支撑能力提升了 1 倍，温升降低 50%，过载能力提升至 4.5 倍，工频过电压耐受能力提升至 1.3 倍，且具备 4000 米高海拔运行能力。此外，其高性能控制保护系统首次实现大容量静止变频器的国产化大规模工程应用，极大促进了电气二次设备的技术进步。

2021 年 5 月，青海电网 21 台分布式调相机正式启动安装，不久之后，调相机群顺利并网。专家表示，这是世界上首次在新能源发电侧探索大规模安装分布式调相机的实践，可以助力解决新能源高占比带来的暂态过电压问题，大幅提升新能源电力送出水平。

#### 电源侧“稳压器”助力新能源消纳

2021 年 9 月 2 日 12 时，在青海海南州千万千瓦级新能源基地，随着 330 千伏旭明变电站 1 号调相机投入试运行，世界首台新能源分布式调相机正式落户青海。同年 11 月 8 日，首批 11 台新能源分布式调相机全部投入使用，世界首个新能源分布式调相机群形成，使青海海南州地区新能源消纳能力提升 185 万千瓦。

“这是世界上首次在电源侧大规模安装分布式调相机，对于推动新能源大规模开发利用，构建清洁低碳、安全高效的能源体系具有重要的示范引领意义。”国家电力调度控制中心系统处专责张怡介绍，与传统的无功补偿装置相比，分布式调相机具有故障瞬间电压支撑能力强、暂态响应速度快等优点，可作为电力系统电源侧的“稳压器”，未来将是新型电力系统的重要组成部分。

得益于分布式调相机的投运，2021 年 11 月 16 日、17 日，青海电网新能源发电出力连续两日突破千万千瓦，达到 1045 万千瓦和 1061 万千瓦，较历史峰值 994 万千瓦分别提升了 5.1% 和 6.7%。此后，新能源发电出力及发电量屡创新高。

“世界最大规模新能源分布式调相机群，首批 11 台调相机经实际运行验证效果显著。”国网青海电力调度控制中心主任方保民介绍，这对青海新能源发电出力连续两日创新高有直接推动作用，大幅缓解了新能源消纳压力。

“在电源侧大规模安装分布式调相机的探索实践，将有效解决跨区直流输电和新能源大规模接入电网带来的电压稳定问题，对于加快推动能源转型发展具有重大意义。”国家电投黄河上游水电开发有限责任公司工程技术部主管薛宁说。

2021 年，青海电网新能源总发电量达到 341 亿千瓦时，新能源发电量占全省总发电量

的比例达 34.48%。按照解决方案，此次 21 台分布式调相机全部投产后，可直接提升青海海南州地区新能源外送能力 350 万千瓦，预计年均增发新能源电量 70.2 亿千瓦时，若全部输送至华中地区，年均可替代当地火电原煤 318.9 万吨，减排二氧化碳 574.2 万吨，经济效益良好，节能减排收益显著。（张蕴 王国栋）

## 用户侧可调节资源亟待唤醒

中国能源报 2022.2.21

新型电力系统的一次能源主体将由可存储、运输的化石能源变为不可存储、运输且与气象环境密切相关的风能和太阳能，其供应面临着高度不确定性，仅靠电源调节难以实现电力平衡，需要唤醒用户侧沉睡的调节能力。对此，可通过发展需求响应、虚拟电厂、主动配电网等新技术，聚合并协调需求侧灵活资源参与电力系统运行，大幅提升电力系统的可靠性、灵活性和经济性。

### 进一步完善分时电价机制

随着电力市场化改革逐渐深化，需求响应作为电力系统重要的互动资源，可基于价格或激励措施，有效引导用户用电，提高电力系统的经济性和可靠性。其中，分时电价机制是价格型需求响应的一种实现方式，早期被大力推行的主要原因是，电源建设跟不上负荷需求增速，造成用电高峰时段供不应求，进而导致拉闸限电，威胁电力系统安全可靠运行，影响经济发展；在低谷时段供大于求，发电侧需降低出力，形成窝电。长期以来，分时电价机制受到各国关注。

在传统的电价机制下，只能通过发电厂启停机组、增减出力等方式实现调峰、调频，而引入分时电价机制后，峰谷时段存在电价差，用户为减少用电成本，可将峰时段的部分用电量转移至谷时段，从而实现削峰填谷并提高负荷率、提升系统运行效率、优化资源配置、消纳新能源。此外，分时电价机制还能促进储能、电动汽车、蓄冷/蓄热等新业态发展，并通过改善线路潮流降低网损、减小线路电压偏差。

分时电价机制需科学划分峰谷时段，合理确定峰谷电价差并明确执行范围。我国从 20 世纪 80 年代开始探索分时电价机制，从 21 世纪初开始广泛实行。随着碳达峰、碳中和目标提出和新型电力系统建设启动，电价改革已成为深化能源体制机制改革的重点工作之一。

2021 年 7 月 26 日，国家发改委印发了《关于进一步完善分时电价机制的通知》，随后各地陆续完善了分时电价政策。与此同时，江西等省开始探索建立和完善电力分时段交易的市场机制，取得一定成效。值得注意的是，传统的分时电价机制是针对用户侧（目录电价）设计的，相比之下，通过分时段交易等机制，分时电价将向发电侧延伸，许多新理论和实践问题有待进一步研究。此外，基于分时电价机制的需求响应与邀约、实时需求响应等机制也需有机衔接。

### 健全分布式发电点对点交易机制

2015年3月15日，中共中央、国务院发布的《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》提出，全面放开用户侧分布式电源市场。2021年9月22日，中共中央、国务院发布了《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》，明确了以消纳可再生能源为主的增量配电网、微电网和分布式电源的市场主体地位。

对于分布式发电市场化交易，2017年10月31日，国家发改委、国家能源局发布的《关于开展分布式发电市场化交易试点的通知》提出，分布式发电项目单位（含个人）与配电网内就近电力用户进行电力交易；电网企业（含社会资本投资增量配电网的企业）承担分布式发电的电力输送并配合有关电力交易机构组织分布式发电市场化交易，按政府核定的标准收取“过网费”。2022年1月18日，国家发改委、国家能源局发布的《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》进一步提出，健全分布式发电市场化交易机制。

因此，考虑各地推进电力市场化交易的阶段性差别，分布式发电市场化交易可采取以下模式：分布式发电项目与电力用户进行直接交易；分布式发电项目单位委托电网企业代售电；电网企业按国家核定的各类发电标杆上网电价收购并在110千伏及以下配电网就近消纳。

在碳达峰、碳中和目标驱动下，将有海量分布式资源接入新型电力系统，除分布式发电外，还有冷热电三联供、柔性负荷、分布式储能和电动汽车等资源。近年来，点对点能源交易吸引了国内外越来越多关注，其中拥有分布式能源的用户可直接进行能源交易和共享。相比以自然垄断和规模效应为特点的传统电力市场，点对点能源交易是“共享经济”的一个范例，使得用户可以共享多余的本地发电或电力灵活性，实现能源生产者和消费者经济上的双赢。

此外，新型数字技术的应用进一步提高了点对点交易的可靠性。基于区块链技术的点对点可信交易将免除传统能源交易所需的第三方中介，从而减少间接费用，并避免出现对第三方中介的信任问题。

#### **加快研究虚拟电厂新型交易机制**

新能源发电具有随机性、间歇性、波动性特征，大规模新能源接入新型电力系统后，将导致电力供需平衡困难、频率稳定问题突出，仅靠传统电厂的调节能力难以应对，必须挖掘用户侧灵活资源的调节潜力。

用户侧分布式电源、储能及可调负荷等灵活资源具有容量小、种类多、参数各异、点多面广等特点，难以直接参与电力系统运行。相比之下，虚拟电厂作为用户与大电网互动的“桥梁”，通过“云边协同+物联网技术+人工智能”技术，可聚合点多、面广、单体容量小的用户侧灵活资源，实现全时段可观、可测、可调，并聚合成整体参与电网调峰、调频、调压、备用、阻塞消除等辅助服务和电能量交易，促进新型电力系统源、网、荷、储互动运行。

近年来，我国探索建设了若干虚拟电厂示范工程。如国家电网在江苏、浙江、冀北、上海等地建设虚拟电厂试点，参与电力交易，实现源、网、荷、储等灵活资源互补协同调度和电网优化运行；南方电网在广州建成投运了首个城市级虚拟电厂，在深圳建成国内首个网地

一体虚拟电厂运营管理平台，实现基于电网实时运行状态的负荷资源精准调节。2022年1月30日，国家发改委、国家能源局发布的《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》提出，支持用户侧储能、电动汽车充电设施、分布式发电等用户侧可调节资源，以及负荷聚合商、虚拟电厂运营商、综合能源服务商等参与电力市场交易和系统运行调节。

虚拟电厂所含的灵活资源由聚合商运营，涉及两层市场交易机制：上层是传统的集中式交易，虚拟电厂对外可作为市场主体参与竞价、出清；下层为灵活资源的分布式点对点交易，可基于区块链等技术实现。上层集中式交易与下层分布式交易协调互动，将提高多方参与者的整体利益。因此，应根据灵活资源参与调峰、调频、调压、备用、阻塞消除等辅助服务和电能量交易的特点，研究包含多个聚合商的集中式、分散式、分布式模式相结合的交易模式，以及灵活资源点对点交易机制和过网费动态计算方法，保障市场效率与激励的相容性，并合理分摊投资、运行成本。

### **推动用能权与碳交易等市场协同**

2021年9月11日，国家发改委发布的《完善能源消费强度和总量双控制度方案》提出，进一步完善用能权有偿使用和交易制度，加快建设全国用能权交易市场，推动能源要素向优质项目、企业、产业及经济发展条件好的地区流动和集聚。其实，早在2016年，国家发改委就在浙江、福建、河南、四川开展了用能权有偿使用和交易试点。同时，河北、山东、江西、湖北、江苏等地也积极探索用能权相关交易。

用能权有偿使用和交易制度建设的关键是初始用能权确权和用能权交易机制设计。国家发改委的试点方案提出，在初始用能权确权方面，区分产能过剩行业和其他行业、高耗能行业和非高耗能行业、重点用能单位和非重点用能单位、现有产能和新增产能，实施分类指导。鼓励可再生能源生产和使用，用能单位自产自用可再生能源不计入其综合能源消费量。规范初始用能权确权行为，做到公平、公开、透明、有序，减少自由裁量权，建立争端解决机制。

在碳达峰、碳中和目标驱动下，虽然碳排放权交易比用能权交易更能获得社会关注，但实际上用能侧才是解决高耗能、高污染、高排放问题的关键。在电力行业，用能权表现为用电权，可作为用电总量控制的目标。由于电能是清洁、高效、便捷的二次能源，可实现零排放，因此应考虑发电所用的一次能源是否清洁，这涉及电源结构优化和绿色电力调度。

在一个发、用平衡的电力系统中，根据各类电源的发电量，可确定电力用户总用电量的含碳量和可再生能源电力的消纳量。由于电能的同质化和不可分特性，每个用户用电量的含碳量和可再生能源电力的消纳量可根据其用电量占比进行分配。可参照初始用能权确权方法对各类用户进行用电权初始分配，推动用户进入电力市场或用电权、碳排放配额、国家核证自愿减排量、绿证等市场开展交易，并将交易结果与碳排放权配额、可再生能源电力消纳责任权重的考核评估相关联。通过引入用电权分配和交易，可实现电力交易、碳排放权交易和绿证交易的统筹衔接。

《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》指出，售电侧有效竞争机制尚未建立，发电企业和用户之间的市场交易有限，市场配置资源的决定性作用难以发挥，但近7年的电改多集中在发电侧，对用户侧的重视不够，在一定程度上影响了改革的顺利推进。因此，应强化用户侧电价与市场机制建设、完善，为碳达峰、碳中和目标如期实现提供体制机制保障。（陈皓勇 胡建军）

## 将大规模新建 可再生能源电力项目

中国能源报 2022.2.21

**本报讯** 据法新社报道，法国总统马克龙近日宣布，该国将大规模新建可再生能源电力项目，以减少对进口能源的依赖，并实现气候目标。

根据法国政府的计划，到2050年，法国将新建50个海上风力发电场，实现风电装机规模达4000万千瓦的目标；太阳能发电装机容量将增加10倍，达到1亿千瓦以上。马克龙同时表示，法国还将继续投资水力发电以及沼气利用等可再生能源电力项目的开发。

据了解，目前在欧盟国家中，法国的可再生能源发展处于落后水平。统计数据显示，2020年，可再生能源占法国能源消耗总量的19.1%，低于欧盟提出的23%的目标，法国也是欧盟国家中唯一未达标的国家。（仲蕊）

## 农村能源转型需多管齐下

中国能源报 2022.2.21

农村能源是我国能源体系的重要组成部分，是农村经济社会发展的重要物质基础。党的十八大以来，我国全面深化农村改革，高度重视农村能源发展，在脱贫攻坚阶段，通过改善农村能源基础设施、合理开发利用贫困地区的能源资源、实施精准扶贫等措施，充分发挥了能源在扶贫中的重要作用，明显改善了农村用能水平和用能条件，有效支撑了农村经济和农民收入快速增长，减少了农村环境污染。

脱贫摘帽不是终点，而是新生活、新奋斗的起点。“十四五”，面向乡村振兴，需要更有力的举措、汇聚更强大的力量，实现能源领域巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接，加快推动农村能源转型发展，构建现代农村能源体系，服务农业农村现代化。

国家能源主管部门高度重视农村能源发展，前期在全国范围内进行了广泛调研，并委托研究机构开展了有关农村能源发展重大问题的专题研究。基于调研发现的问题及研究成果提出的措施建议，1月5日，国家能源局、农业农村部和国家乡村振兴局三部门联合发布了《加快农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》（下称《意见》），明确了“十四五”时期我国能源领域脱贫攻坚成果巩固拓展、农村地区能源供应结构优化、能源消费水平升级、能源基础设施完善、能源服务体系建设的重点任务和实施路径，是指导我国农村能源转型发展的统领性文件，可有效助力巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接，加快农业

农村现代化步伐，促进农业高质高效、乡村宜居宜业、农民富裕富足。

相较城市，我国农村能源基础设施仍相对落后，能源社会化服务能力较弱，能源生产消费需求还有很大的增长空间。鉴于我国农村能源发展实际，在《意见》实施过程中，需进一步汇聚各方面的力量与作用，尤其是充分发挥地方政府的责任主体作用，使《意见》提出的重点任务真正得以落实。

### **推动农村能源生产与供应“要素化”**

我国农村能源供应保障能力较弱，部分农村地区能源难以有效供给。长期以来，我国广大农村地区与城镇地区在基础设施建设方面存在发展不均衡的现象，当前城乡二元结构问题仍然存在。农村地区能源基础设施落后，使得部分农村地区能源供应难以得到有效保障。农村地区具有丰富的能源资源，如每年可能源化利用的生物质资源总量约相当于4.6亿吨标准煤，分布式光伏技术可开发潜力达10亿千瓦以上，分散式风电技术可开发潜力达2.5亿千瓦，除岩热型资源外，地热资源年可开采资源量折合标准煤26亿吨。但总体来看，上述能源资源利用率较低，不利于农村地区清洁能源供应，不利于农村地区能源的有效供给。农村能源资源的有效开发与利用必须依托相应的技术和基础设施。

创新农村能源生产和消费模式，将农村能源建设纳入地方经济社会发展规划。农村能源转型发展问题比传统意义的能源转型更加复杂。随着分布式能源资源开发利用技术、能源综合利用技术、互联网及通讯技术的不断提高和市场化机制的逐步完善，在城镇化、美丽乡村建设中，应坚持中央统筹、省负总责、市县抓落实的工作机制，把能源问题“要素化”，加强农村能源与城乡一体化、乡村振兴战略等规划的统筹协调，将农村能源消费需求及供应保障作为地区经济社会发展规划的重要内容，将农村能源基础设施建设作为地区发展建设的重要内容。创新农村能源开发模式，采取“公司+村镇+农户”等模式推动农村分布式能源开发利用，积极推进农光互补、林光互补、牧光互补等“光伏+”模式，因地制宜创新农村生物质能源化利用模式。创新农村能源消费模式，推动农业生产、农民生活、农村交通用能清洁化、低碳化，加快形成绿色低碳生产生活方式，全面提升农村用能质量，实现农村能源用得上、用得起、用得好。

### **建立健全农村能源服务体系**

我国农村能源服务体系建设相对滞后，不利于能源改革红利惠及农民。我国农村能源服务体系受各种因素制约，发展较为缓慢，目前农村能源管理机构及从业人员数量不足，截至2018年底，全国农村能源管理推广机构有10467个，对应的工作人员人数为28254人；由政府财政支持、具有公共服务能力的农村能源服务站点只覆盖了2842万户，若按平均每户4人计，仅占农民总数的21%。农村能源服务人员规模、技术水平均不足，导致农村能源发展的基础依然薄弱，不能完全满足农村用能需求，不利于推动农村绿色低碳生活方式转变、实现能源产业可持续发展。

探索市场化运营与政府政策支持相结合的新模式，提高农村能源公共服务水平。应统筹

好政府与市场的作用，探索建设新型农村能源服务体系。采取财政扶持、税收优惠、信贷支持等措施，依托现有服务网点，鼓励以合同能源管理、PPP（政府和社会资本合作）等模式，加快培育乡村能源站等多种形式的农村能源经营性服务组织。聚焦农村生活用能领域，构建覆盖全程、综合配套、便捷高效的农村能源服务合作社，保证农民生活用能需求。根据村、乡镇、市县等各级能源服务的特点进行人才培训和引进，充实农村能源服务的技术力量，积极推行技术人员培训制，因材施教，因地施教，提高技术服务人员的整体素质和业务水平。

### 健全县域能源数据统计体系

我国农村能源生产消费品种多，县域能源数据管理分散。虽然农村能源消费中有电力、液化气、天然气等优质能源，但非商品能源占比仍较高，能源商品化和优质化水平明显低于城市。相关统计数据显示，我国农村生活用能中非商品能源占比达1/3左右，特别是一些农业大省，仍有大部分农户以秸秆、薪柴为燃料。目前我国能源统计主要针对商品能源，缺乏对非商品能源的统计体系和方法，不利于支撑农村能源转型方案的科学制定，在一定程度上制约了我国农村能源发展。

开展农村能源基础数据摸底调查，完善农村能源统计体系。针对农村能源数据现状，应考虑乡村一二三产业融合发展的需要，既要强化县域全品类能源数据的统计，也要细化分行业的能源统计。应充分发挥地方政府的作用，明确县、乡镇、村各个层面相关部门、单位的责任，安排专门工作人员，采用调查表、入户等多种方式，对农村能源生产消费情况（包括非商品能源）进行全面摸底调研，建立并完善农村能源生产消费统计体系。同时将农村能源统计数据纳入各级政府平台，为政府决策、企业优化运营提供支撑。（蒋莉萍 冯凯辉 李琼慧）

## 加速开发可再生能源

中国能源报 2022.2.21

**本报讯** 据行业媒体《光伏杂志》报道，智利能源监管机构 CNE 日前发布了一项最新招标，智利国家电力公司拟将向清洁能源电力供应公司购买绿色电力。

据悉，上述招标项目预计于 2027 年正式开始执行，智利国家电力公司将在未来 15 年中，总共向企业购买 525 万千瓦时的可再生能源电力。今年 4 月 1 日起，CNE 将开展咨询活动，与拟投标企业进行交流，预计最终招标结果将在 7 月末至 8 月初公布。

据了解，近年来，智利加快了可再生能源电力项目的开发、建设和应用步伐。在 2021 年 8 月公布的可再生能源电力招标项目中，智利签署了规模高达上亿千瓦时的可再生能源电力合同，最低成交价格约 0.01332 美元/千瓦时。

根据智利可再生能源协会的数据，截至目前，智利光伏发电累计规模已达 460 万千瓦。（董梓童）



# 推动可再生能源大规模高比例高质量市场化

## ——《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》解读

中国电力报 2022.2.23

为全面推动能源绿色低碳发展，经国务院同意，日前，国家发展改革委、国家能源局印发《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》（以下简称《意见》），引发社会高度关注。

能源是人类生存和发展的重要基石，能源绿色低碳转型是可持续发展的必然选择，是国民经济现代化发展的重要保障。《意见》是碳达峰、碳中和“1 + N”政策体系的重要保障措施之一，通过完善绿色低碳转型体制机制和政策体系，持续优化政策环境，加大机制协同力度，坚定市场主体信心，将有力推动可再生能源大规模、高比例、高质量、市场化发展，助力碳达峰、碳中和目标如期实现。

一是推动清洁能源规模化开发利用，构建清洁低碳能源供应体系。我国在联合国气候雄心峰会上宣布，2030年非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右，“十四五”及以后，清洁能源将在能源转型中发挥主导作用，迎来较长发展机遇期。《意见》从规划、开发利用、组织协调等方面提出具体方向，把握源头，助力供给侧结构转型。一方面，要强化国家规划的统领作用和约束作用，在规划编制及实施中着重加强各能源品种、产业链上下游、区域间的协同互济，战略和规划的引导约束作用进一步突出和彰显。另一方面，要全面开展全国清洁低碳能源资源详细勘查和综合评价，构建国家能源基础信息及共享平台，以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点，加快大型风电、光伏发电基地建设，同时加大本地清洁低碳能源就近开发利用，创新农村可再生能源开发利用机制，实现“电从远方来”和“电从身边取”并进，着力构建清洁低碳的能源供应体系。此外，《意见》还重点强调了建立能源绿色转型监测评价机制，明确了重点监测评价指标，并提出以加强指标监测评估、完善考核机制等方式，以保障切实建立清洁低碳能源供应体系。

二是完善电网体系和制度设计，助力构建新型电力系统。电力来源清洁化和终端能源消费电气化是供给侧、消费侧结构调整的重要方向。随着用能体系中电力占比的提升以及新能源发电项目规模化接入，亟须构建以新能源为主体的新型电力系统。《意见》从电网建设、关键技术提升以及运行体制机制方面提出具体措施。一方面，要对现有电力系统进行绿色低碳发展适应性评估，在电网架构、电源结构、源网荷储协同、数字化智能化运行控制等方面提升技术和优化系统。另一方面，充分发挥电力市场机制作用，调动系统灵活性煤电机组、天然气调峰机组、水电、太阳能热发电和储能等调节性电源以及用户侧储能、电动汽车充电设施、分布式发电、负荷聚合商等电力需求侧负荷参与系统电力调节的积极性，通过市场机制的优化设计，充分挖掘电力系统清洁能源消纳潜力。

三是完善能源双控制度，引导全社会绿色能源消费。能源双控制度是指导节能降耗工

作、促进高质量发展的重要制度，2021年中央经济工作会议提出，新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制。《意见》要求合理确定各地区能耗强度降低目标，加强能耗“双控”与碳达峰、碳中和目标任务的衔接，并从制度设计、地方落实层面提出了进一步完善思路，助力节约能源资源，从源头上减少污染物和温室气体排放，同时倒逼经济发展方式转变，提高我国经济发展绿色消费水平。我国电力、工业、交通、建筑是碳排放的重点行业，电力行业约占我国碳排放总量的40%左右，绿色电力证书作为我国绿电消费的唯一凭证，自2017年起正式实施，取得良好成效，《意见》也提出进一步完善和推广绿色电力证书交易，建设统一的绿色产品认证与标识体系的措施，加强绿色电力认证国际合作，将全面扩大绿证交易市场，推动绿电消费价值向商品端传导，建立合理的价值激励体系。《意见》同时明确，要引导工业企业开展清洁能源替代，推动超低能耗建筑、低碳建筑规模化发展，优化交通运输结构、推行绿色低碳交通设施装备等，全方位助力绿色低碳转型。

四是协同能源安全保供，保障能源低碳转型平稳实施。能源安全是国家安全的重要组成部分，是关系国家经济社会发展的全局性、战略性问题。我国是世界第一大能源消费国，近年来，我国能源总体自给率逐渐下降，2020年降至80%左右。未来，我国能源供应将呈现“能源以电力为中心，电力以新能源为主体”的格局，新能源发电具有波动性、间歇性特点，需要同步做好能源安全保供落实，保障绿色低碳转型工作平稳实施。本次出台《意见》，针对能源安全保供提出了一个机制、两个体系建设的总体思路。一个机制，即能源预测预警机制，要建立跨部门跨区域能源安全监测预警，以及涵盖能源、应急、气象、水利、地质等部门的极端天气联合应对等相关机制；两个体系，即电力系统安全运行和综合防御体系、能源供应保障和储备应急体系，要从电源、输电通道等环节建立保供方案，健全电力应急保障体系，同时进一步完善煤电油气供应保障协调机制，按规划推动流域龙头水库电站建设，提升水库储能、运行调节和应急调用能力等，做好能源供应保障和储备应急。

五是做好不同领域政策协同，形成政策合力。国土空间保障、价格、科技创新、财政金融等相关领域政策是做好绿色低碳转型的重要保障，《意见》从不同领域制定了相关的支持措施，发挥政策合力。国土空间保障方面，统筹考虑清洁低碳能源开发以及能源输送、储存等基础设施用地用海需求，并给予政策支持。价格政策方面，进一步完善跨省跨区电价形成机制、出台支持分布式发电市场化交易价格机制等，促进清洁能源消纳利用，同时完善支持灵活性煤电机组、水电等灵活性电源价格补偿机制，通过价格手段助力提升电力系统灵活水平。科技创新方面，推动各类科技力量资源共享和优化配置，依托大型新能源基地等重大能源工程，推动上下游企业协同开展科技攻关。财政金融政策方面，将加大对清洁低碳能源项目、能源保供项目投融资力度，创新适应清洁低碳能源特点的绿色金融产品、完善金融相关支持政策。国家相关政府部门也将继续深化“放管服”改革，持续加强能源领域监管，多措并举形成绿色转型驱动力。

六是加大国际合作，携手共建地球生命共同体。国际社会高度重视环境问题，截至目

前，已经有 132 个国家和地区提出碳中和（净零排放）的愿景。《意见》高度重视国际合作，提出将积极推动全球能源治理中绿色低碳转型发展合作，包括推进“一带一路”绿色能源务实合作，依托已有中国—东盟、中国—非盟等合作平台开展全方位合作等，力争在全球绿色低碳转型中发挥更好作用。此外，我国也将充分利用国际要素，通过积极引导和参与绿色电力证书核发、计量、交易等国际标准研究制定，不断促进外资投入清洁低碳能源产业领域等，助力国内绿色低碳发展。相关政策措施的出台，将进一步强化国际合作伙伴关系，有利于构建清洁美丽的世界，为共建地球生命共同体打下坚实基础。（易跃春）

## 国网联手浙大成立智慧电力能源研究院

中国能源报 2022.2.28

**本报讯（记者韩逸飞）报道：**2月22日，国家电网有限公司—浙江大学智慧电力能源研究院揭牌仪式在浙江大学举行。本次成立的智慧电力能源研究院，将聚焦新型材料与器件、先进氢能与储能、柔性电力系统、智慧电力能源系统等前沿方向，开展基础理论、关键技术、器件装备等研究，共同构建中央企业和重点高校合作共赢的新模式和新机制，建立代表国家水平的创新联合体，促进能源电力与现代多学科技术深度融合，掌握引领能源互联网发展的关键技术，推动国家能源转型和产业升级。

据记者了解，此前，国家电网公司已和多家高校联合成立了研究机构。2019年7月23日，国家电网—西安交通大学先进电力能源科学技术研究院成立，合作开展材料研究、基础研究、工艺设计、科技成果孵化等，加快科技、人才、产业等合作体制机制创新。2019年10月17日，国家电网—华北电力大学能源互联网学院成立，双方围绕泛在电力互联网、新能源电力系统、综合能源服务等领域，着力突破能源电力发展的瓶颈问题和未来能源互联网关键技术，协同开展高端人才的培养、重大发展战略研究。2019年11月8日，清华大学—国家电网新一代电力系统联合研究院成立，聚焦泛在电力物联网、新能源和综合能源等领域，开展战略规划、基础理论和关键技术等基础性、前瞻性研究，促进产学研用深度融合，共同解决我国能源电力转型中的关键问题。2019年11月21日，国家电网—华中科技大学未来电网研究院成立，聚焦泛在电力物联网、新能源和综合能源系统等领域，开展基础前瞻和共性技术研究。

## “绿色”成为中央一号文件重要亮点

——专家解读《中共中央 国务院关于做好2022年全面推进乡村振兴重点工作的意见》

中国环境报 2022.2.25

《中共中央 国务院关于做好2022年全面推进乡村振兴重点工作的意见》（以下简称《意见》）日前发布，这是21世纪以来第19个指导“三农”工作的中央一号文件。

自2004年到2022年，发布了19个以“三农”为主题的中央一号文件，一方面显示出农业的重要地位，另一方面则为农业和农村指明了一条绿色发展之路。

《意见》有哪些亮点，又部署了哪些措施推进乡村振兴？记者日前采访了相关专家。

### **良好生态环境为农业可持续发展奠定基础**

在日前举行的国新办发布会上，中央农村工作领导小组办公室主任、农业农村部部长唐仁健指出，《意见》锚定乡村振兴的总体目标，坚持稳字当头、稳中求进，对2022年乡村振兴重点工作作出全面部署。

求稳需要稳定良好的生态环境。良好的生态环境是农业健康、可持续发展的基础。“十三五”期间，我国稳扎稳打完成了农业生产“去污”的基本功锻造，稳步推进农业重回绿色本色。

通过实施测土配方施肥、果菜茶有机肥替代化肥、统防统治等试点项目，化肥农药投入品持续减量；通过实施畜牧大县整县推进畜禽粪污资源化利用项目，全国畜禽粪污综合利用率达到75%以上，规模养殖场粪污处理设施装备配套率达到95%以上，大型规模养殖场全部配套粪污处理设施装备；通过推进秸秆综合利用重点县建设，全国秸秆综合利用率达到86%以上；通过开展农膜污染治理示范县建设，全国农膜回收率达到80%，重点地区“白色污染”得到有效防控。

求稳需要稳定高效的治理措施。农业农村部农村经济研究中心副研究员胡钰告诉记者，《意见》强调要推动农业农村绿色发展，推进面源污染治理、农业碳汇价值实现、乡村生态振兴指导等方面工作。

《意见》提出了系统治理的概念。不仅要加强农业面源污染综合治理，还要求开展水系连通及水美乡村建设。实施生态保护修复重大工程，复苏河湖生态环境，加强天然林保护修复、草原休养生息。还提出构建以国家公园为主体的自然保护地体系。

《意见》还提出，利用金融手段保护生态环境。要求深入推进农业投入品减量化，加强畜禽粪污资源化利用，推进农膜科学使用回收，支持秸秆综合利用。支持牧区发展和牧民增收，落实第三轮草原生态保护补助奖励政策。

此外，《意见》要求，采取严格的监管手段，巩固长江禁渔成果，强化退捕渔民安置保障，加强常态化执法监管。强化水生生物养护，规范增殖放流。

### **推动形成绿色兴农新格局**

“在历年的中央一号文件中，绿色发展多从‘补齐短板’‘加强资源保护’等角度提出。今年中央一号文件中，首次将农业农村绿色发展放到了‘聚焦产业促进乡村发展’的议题中，这体现了我国农业农村绿色发展实现了从污染治理到产业发展的阶段性转变。”胡钰说。

提升绿色优质农产品附加值。将绿色发展成为产业，农产品优质优价是关键。胡钰强调，要实现绿色兴农格局，需要大力发展种养结合、生态循环农业，扩大绿色、有机和地理

标志农产品种养规模，培育农产品品牌，使绿色优质农产品在市场中得到溢价。形成资源利用高效、生态系统稳定、产地环境良好、产品质量安全的绿色兴农新格局。

进一步提升农业效能。《意见》要求，加快发展设施农业。因地制宜发展塑料大棚、日光温室、连栋温室等设施。集中建设育苗工厂化设施。鼓励发展工厂化集约养殖、立体生态养殖等新型养殖设施。在保护生态环境基础上，探索利用可开发的空闲地、废弃地发展设施农业。

挖掘农业碳汇潜力。《意见》明确提出，探索建立碳汇产品价值实现机制。农业既是重要的温室气体排放源，又是一个巨大的碳汇系统。实现“双碳”目标，农业减排固碳既是重要手段，又大有潜力。

当前，农业固碳增汇的生态价值和经济价值尚未得到充分体现。胡钰表示，《意见》中提出研发应用减碳增汇型农业技术，挖掘农业减排固碳的潜力。这不仅是实现农业高质量发展的客观要求，也是农业领域落实“双碳”目标的重要担当。

胡钰认为，通过碳汇这个有形的市场，将农业农村的生态价值进行量化、交易、变现，为生态产品价值实现指出了“破题之道”，为农民增收注入“源头活水”。“落实探索碳汇产品价值实现机制这项重要任务，需要从基础研究做起，完善农业碳排放核算方法学，明确农业固碳增汇核算体系和价值依据，逐步推进农业纳入全国碳市场。”

### **推进乡村生态振兴**

《意见》提出，将出台推进生态振兴的指导意见。“这将是继《国务院关于促进乡村产业振兴的指导意见》和《中共中央办公厅、国务院办公厅关于加快推进乡村人才振兴的意见》等之后出台的一项推进乡村五大振兴指导文件。”胡钰说。

近年来，我国农业农村生态环境总体改善，但距离实现乡村生态振兴、建设美丽中国的目标还有不小差距。乡村生态振兴任务分属不同部门管理，缺乏有效协调机制，各类支持政策、治理主体碎片化、分散化，严重制约了乡村生态振兴治理水平的整体提升。

胡钰指出，文件的出台，将对乡村生态振兴目标要求、重点任务等进行明确部署，为统筹推进乡村生态振兴、构建绿色兴农大格局注入强劲动力。

生态振兴首先要发展绿色农业。《意见》除了提出绿色农业发展的要求，还特别提到了启动实施文化产业赋能乡村振兴计划。加强农耕文化传承保护，推进非物质文化遗产和重要农业文化遗产保护利用。

中国科学院地理科学与资源研究所资源生态与生物资源研究室主任闵庆文介绍说：“按照2015年颁布的《重要农业文化遗产管理办法》，重要农业文化遗产是指我国人民在与所处环境长期协同发展中世代传承并具有丰富的农业生物多样性、完善的传统知识与技术体系、独特的生态与文化景观的农业生产系统，包括由联合国粮农组织认定的全球重要农业文化遗产和由农业农村部认定的中国重要农业文化遗产。”

《意见》还鼓励各地拓展农业多种功能、挖掘乡村多元价值，重点发展农产品加工、乡

村休闲旅游、农村电商等产业。实施乡村休闲旅游提升计划。支持农民直接经营或参与经营的乡村民宿、农家乐特色村（点）发展。将符合要求的乡村休闲旅游项目纳入科普基地和中小学学农劳动实践基地范围。

生态振兴还要建设美丽乡村。《意见》要求，从农民实际需求出发推进农村改厕，具备条件的地方可推广水冲卫生厕所，统筹做好供水保障和污水处理；不具备条件的可建设卫生旱厕。巩固户厕问题摸排整改成果。分区分类推进农村生活污水治理，优先治理人口集中村庄，不适宜集中处理的推进小型化生态化治理和污水资源化利用。加快推进农村黑臭水体治理。推进生活垃圾源头分类减量，加强村庄有机废弃物综合处置利用设施建设，推进就地利用处理。深入实施村庄清洁行动和绿化美化行动。

《意见》还要求推进农村光伏、生物质能等清洁能源建设。中国农村能源行业协会副秘书长任彦波告诉记者：“《意见》再一次强调了农村能源建设与生物质能清洁能源建设的重要性，将有力推动农村人居环境改善、清洁取暖工作和秸秆综合利用。”（文雯）

## 八部门联合推动工业资源综合利用

中国自然资源报 2022.2.25

**本报讯（记者丁全利）**近日，工业和信息化部、国家发展改革委、科技部、财政部、自然资源部等八部门联合印发《关于加快推动工业资源综合利用的实施方案》（以下简称《实施方案》），就推动工业资源综合利用作出部署。

工业资源综合利用是构建新发展格局、建设生态文明建设的重要内容。《实施方案》指出，要大力推动重点行业工业固废源头减量和规模化高效综合利用，加快推进再生资源高值化循环利用，促进工业资源协同利用，着力提升工业资源利用效率，促进经济社会发展全面绿色转型，助力如期实现碳达峰、碳中和目标。

在工业固废综合利用提质增效工程方面，《实施方案》提出，推广非硫酸法分解中低品位磷矿、尾矿和煤矸石原位井下充填等先进工艺；推动工业固废按元素价值综合开发利用，加快推进尾矿（共伴生矿）、粉煤灰、煤矸石、赤泥等工业固废在有色组分提取、建材生产、市政设施建设、井下充填、生态修复、土壤治理等领域的规模化利用；在保证安全环保的前提下，探索磷石膏在地下采空区充填、道路材料等方面的应用。支持在湖北、四川、贵州、云南等地建设磷石膏规模化高效利用示范工程，鼓励有条件地区推行“以渣定产”。鼓励山西、山东、河南、广西、贵州、云南等地建设赤泥综合利用示范工程，引领带动赤泥综合利用产业和氧化铝行业绿色协同发展。

在工业资源综合利用能力提升工程方面，《实施方案》明确，加强跨区域协同利用。在京津冀及周边地区，建设一批全固废胶凝材料示范项目和大型尾矿、废石生产砂石骨料基地。在黄河流域，着力促进煤矸石、粉煤灰等固废通过多式联运跨区域协同利用。

## 支持沿海地区打造可再生能源发展示范

中国能源报 2022.2.28

**本报讯** 日前，江苏省印发《关于推动高质量发展做好碳达峰碳中和工作实施意见》，提出要大力发展非化石能源。《意见》提出把碳达峰、碳中和作为推动高质量发展的内在要求纳入经济社会发展全局，以经济社会发展全面绿色转型为引领，以能源绿色低碳发展是关键，以改革创新为根本动力，深入推进美丽江苏建设，大力推动减污降碳协同增效，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，确保如期实现碳达峰、碳中和。

大力发展非化石能源。大力发展新能源，规范有序发展氢能，推进风光水火储一体化发展。积极消纳区外非化石能源，不断提高非化石能源消费比重。加快推进海上风电规模化发展和“光伏+”综合利用，稳步推进地热能源勘测及高效综合利用。加快推动抽水蓄能和新型储能规模化应用，统筹推进氢能“制储输用”一体化发展，持续提升高比例可再生能源消纳能力和调控水平。大力实施可再生能源替代行动，支持沿海地区打造可再生能源发展示范。（徐子灵）

## 乡村振兴应重用清洁能源

中国能源报 2022.2.28

农村能源是农村经济社会发展的重要物质基础，广大农村地区可开发的风电、光伏发电资源丰富，可有效支撑农业生产能源清洁高效供给、农村生态环境治理、农民生活条件改善。

“十三五”期间，光伏扶贫、分散式风电等开发建设，为我国打赢脱贫攻坚战发挥了重要作用。在乡村振兴和碳达峰、碳中和等国家战略驱动下，“十四五”我国对优先发展农业农村、全面推进乡村振兴作出了总体部署，并陆续出台多份清洁能源助推乡村振兴的文件，加强农村清洁低碳能源项目建设，提高农村能源供给能力，降低用能成本，提高利用效率和服务水平，减少环境污染，建设美丽乡村，推进共同富裕。

多项政策陆续出台。2021年2月，《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》提出，要推动能源体系绿色低碳转型，增加农村清洁能源供应；2021年5月，《住房和城乡建设部等15部门关于加强县城绿色低碳建设的意见》提出，要构建县城绿色低碳能源体系，推广分散式风电、分布式光伏、智能光伏等清洁能源应用，提高生产生活用能清洁化水平。

近日，国家能源局、农业农村部、国家乡村振兴局联合印发了《农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》（下称《意见》），提出了加快推动农村能源转型发展、构建乡村现代能源体系的思路举措，将为巩固拓展脱贫攻坚成果、促进乡村振兴提供有力支撑，主要包

括以下方面：增强农村用能保障水平，特别是加强农村电网、能源站、充电桩、供暖等基础设施建设，是实现产业振兴的保障，也是乡村新生活的支撑；有效改善农村能源结构，大幅提高风能、太阳能等可再生能源在农村能源结构中占比，是实现生态振兴的要求；农民收入和农村经济增长，农民通过闲散土地入股，获得相关收益，“新能源+产业”建设为当地带来新的经济增长点和就业机会。

探索光伏扶贫运营新模式。“十三五”期间，我国累计建成光伏扶贫电站约 2600 万千瓦，惠及约 415 万户贫困户，每年收益约 180 亿元，成为广大贫困村脱贫攻坚的“阳光银行”和贫困村集体经济“破零”的重要产业支撑，充分体现了我国政治制度的优越性，为全球减贫工作贡献了中国智慧，提供了中国方案。从 2021 年起，光伏扶贫工作重点由建设转入运维管理，需要各级地方政府规范和完善光伏扶贫电站的日常运维、资产管理及补贴拨付等工作，进一步提高电站集约化管理水平，保证电站可靠运行和稳定收益。同时，加强村级光伏扶贫电站收益的监督管理，积极探索光伏扶贫电站参与碳交易市场的路径和模式，确保光伏扶贫规范化、制度化和健康可持续发展，发挥巩固脱贫攻坚成果、解决相对贫困的作用。

打造风光支柱产业。近年来，随着以风电、光伏发电为主的新能源快速发展，新能源集中式与分布式开发并举的趋势愈发明显。2021 年，全国新增光伏发电装机容量约 5300 万千瓦，其中分布式光伏发电约 2900 万千瓦，占新增光伏发电装机容量的 55%。农村地区土地和建筑屋顶资源丰富，开发分布式新能源潜力巨大，以县域为单元建设风电和光伏发电，实现自发自用、就地消纳、余电上网，有利于整合资源集中开发，削减电力尖峰负荷，节约优化配电网投资，同时促进农村地区社会经济发展和能源结构转型。

国家确定的 160 个乡村振兴重点帮扶县主要分布在内蒙古、广西、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海和宁夏等中西部省（区），这些地区风能、太阳能资源丰富，具有广袤的未利用土地。“十四五”期间，要关注资源条件和消纳能力好的重点帮扶县，结合区域风、光资源和能源规划，以县为单位推动风、光基地开发，着力形成与县域经济发展深度融合的清洁能源建设模式，既能推动可再生能源产业发展，助力清洁能源转型和实现碳达峰、碳中和目标，又能保证当地共享清洁能源发展成果，为群众劳动增收提供新岗位，一举多得。

延伸风光产业链。光伏发电具有设备简易、应用场景广、运维难度低等特点，将光伏与农业种植、畜牧养殖、林业等生产方式相结合，可在不改变原有土地用途的条件下，实现土地综合利用增产增收，既发展了与当地土地资源相适宜的产业，又推动了清洁能源发展，提高了土地经济的收益能力。

近年来，内蒙古、甘肃等土地荒漠化地区建成一批光伏治沙项目，实现电站与固沙林、防沙林带、防护林等生态治理工程相结合，发挥了恢复地表植被盖度、降低地表温度、减少地面蒸发量、降低风速风蚀等作用，同时光伏发电在盐碱地、采矿采煤塌陷区、矿山等地区也有应用，可进一步推广。在拓展产业链助推乡村振兴的过程中，要重点关注对新模式、新



业态的探索，结合乡村发展状况和资源禀赋，推动风、光与文旅、高效农业、现代养殖业等产业灵活搭配、融合发展，提高供暖、交通、照明及农用机械中清洁电能占比，拓宽绿色电能应用场景。同时，要重点关注农村地区产业优势，瞄准经济作物种植、畜牧业、生态修复、矿山治理等能源之外的附加效益，通过项目建设带动乡村社会经济发展。

解决农村供暖需求。推动农村供暖用能清洁化，对改善农村环境治理、扩展清洁能源消纳空间均具有重要意义。太阳能供热采暖技术成熟且具有一定的经济性，已广泛应用于生活及工业热水供应，在推进清洁供暖、改善大气环境质量等方面发挥了积极作用。在资源丰富地区，太阳能、风能适合与其他能源结合，可实现热水、供暖复合系统的应用，同时利用农房屋顶、院落空地，以及具备条件易地搬迁安置住房的屋顶，推广太阳能供热采暖。在大气污染防治重点农村地区，可整县开展“风光+蓄热电锅炉”等集中供暖，为新能源在农村多元化应用提供示范。在青海、西藏、内蒙古等省（区）的农牧区，农牧民居住点分散且流动性大，用能负荷小，不具备火电、水电等建设条件，同时大电网远距离送电经济性较差，可通过离网型光伏发电+蓄电池供电实现电暖气供暖，有效解决当地农牧民的供暖问题。（易跃春 乔勇 陆国成）

## 地方两会透视能源电力新布局

中国电力报发电周刊 2022.2.28

近期，地方两会密集召开，梳理全国31省（区市）陆续公布的2022年政府工作报告，碳达峰、碳中和毫无意外地成为重头戏，新能源、抽水蓄能、清洁火电出境率极高，“源网荷储一体化”“风光水火储”“风光气氢多能互补”“综合能源协同”成为年度热点。

### 大西北 大基地

西北地区能源丰富，既是北煤南运、西气东输的起点，也是西电东送的重要基地，同时还是风能、太阳能的宝库，是当之无愧的“能源生命线”。

以能源工业为主导产业的内蒙古，在全国能源生产中占据着重要地位。内蒙古2022年政府工作报告提出，将大力推进能源和战略资源基地优化升级。“做好现代能源经济这篇文章，聚焦‘两率先’‘两超过’目标，加快蒙东、蒙西千万千瓦级新能源基地和抽水蓄能电站、新型储能设施建设，加快沙漠、戈壁地带大规模新能源开发规划布局，加快源网荷储、风光火储一体化综合应用示范，壮大风光氢储产业集群。”

作为我国综合能源基地之一的新疆，通过“疆电外送”累计向我国19个省（区市）输送电量超过4000亿千瓦时。2022年，新疆将加快推动“疆电外送”第三通道、“西气东输”四线工程开工建设，持续提高“疆电外送”能力。并依托荒漠戈壁建设大型风电光伏发电基地，加快新能源发电、抽水蓄能、电化学储能、数字化智能电网项目建设。

甘肃抢抓历史机遇，重点发展新能源、新材料等产业。该省2022年政府工作报告明确，今年建成“十四五”第一批风光电项目，启动建设酒湖特高压配套风电项目、陇电入鲁工

程及配套风光电项目，加快“陇电入浙”“陇电入沪”前期工作。

青海省积极培育光伏和储能制造两个千亿级产业，加快打造国家清洁能源产业高地。将坚持源网荷储一体化，高质量建设国家大型风电光伏基地，扩大两个可再生能源基地规模，科学建设整县屋顶分布式光伏，加快建设羊曲、龙羊峡、玛尔挡等以水电为主的新能源调控基地，打造多元协同高效储能体系，积极创建国家储能先行示范区。

### **西南部 强水电**

西南地区一直是我国水电开发的主战场，近年来，我国科学有序推进大型水电基地建设，川滇黔桂藏等省份争先建设水电强省，依托水电基地调节能力和外送通道，进一步增强“西电东送”能力。

四川省在 2022 年政府工作报告中明确，加快水风光气氢多能互补一体化发展，积极推进“三江”水电基地，加快孟底沟水电站建设，推动白鹤滩水电站全部机组投产发电。

云南省也提出加快“风光水火储”多能互补基地建设，新增新能源装机 1100 万千瓦以上、力争开工 2000 万千瓦，推动 480 万千瓦火电项目开工建设，确保白鹤滩水电站全部投产、旭龙水电站开工。

西藏重点建设金沙江上游和雅鲁藏布江中游水风光储多能互补基地，加快雅江水电龙头工程前期工作，积极推进百万千瓦级光伏基地和高海拔风电建设，有序推进“新能源 + 储能”试点示范，力争建成和在装机 1600 万千瓦。

拥有丰富水电资源和多座大型水电站的广西，受制水电因季节性影响易导致发电不稳定，重点关注水电保供能力的提升。该省在 2022 年政府工作报告中表示，今年将确保能广投北海电厂按期投产运行，千方百计增加火电、水电出力。

### **碳中和 一盘棋**

在 31 个省（区市）政府工作报告中，“碳达峰”“碳中和”是当之无愧的高频词，在统一的政策框架下，全国一盘棋，有序推进。

落实“双碳”目标，当前的核心是“减碳”。其中，推动火电清洁发展是重要切入口。浙江省提出，今年将重点启动 700 万千瓦清洁火电项目开工建设。湖北省将加快建设襄阳宜城火电、荆州热电二期、随州电厂等大型火电项目。广东省将加快现役煤电机组升级改造，推进天然气调峰发电和热电联产项目建设。煤炭大省山西则立足自身优势资源，支持超超临界燃煤机组建设。

新能源作为热门赛道，“出镜率”极高，31 个省（区市）政府工作报告中几乎都看到了它的身影。传统能源大省陕西转型步伐加快，一方面将推进煤炭高效清洁利用，加快煤电机组节煤减排改造等；另一方面将大力发展光伏、风能、生物质能等可再生能源，加快陕北至湖北、神府、渭南 3 大新能源基地项目建设，将打造全国重要的清洁能源基地。

用能大省山东制定了 2022 年新能源和可再生能源发电装机达到 6700 万千瓦以上的目标，将加快建设山东半岛千万千瓦级海上风电基地、海上风电国际母港，开工渤中、半岛南

500万千瓦海上风电项目，加快鲁北风光储一体化、整县光伏规模化开发等重大工程，支持日照打造综合能源协同保障基地。

随着新能源快速发展和新型用能设备广泛接入，电力系统安全面临挑战，在削峰填谷、储能调峰方面具有突出优势的抽水蓄能极为受宠。河南、山西、浙江、湖北、甘肃、福建等10余省份都明确提出加快抽水蓄能电站建设。其中，山西省最为大手笔，除了加快建设垣曲、浑源抽水蓄能电站外，还要再规划建设8~10个抽水蓄能电站项目。（邹春蕾）

## 二、热能、储能、动力工程

### 加快探索新型电池技术路线

人民日报 2022.27

#### 【现象】

从手机、电脑、可穿戴设备，到新能源汽车、电动自行车，锂电池有着广泛应用。在市场需求日益旺盛的同时，锂电池本身也存在生产成本偏高、关键原材料储量少等缺点，倒逼一些企业加快寻求替代技术方案，将目光投向镁、锌、钠等新型电池。有媒体指出，围绕锂电池替代品的全球竞赛已经开始。

#### 【点评】

由于具有能量密度高、输出功率大、循环寿命长等多种优势，锂电池成为当今蓄电池行业的主流。也应该看到，锂电池属于资源敏感型产品，其关键原材料镍、钴、锂等分布集中度较高且呈现资源垄断特征，容易形成资源对外依赖。自主可控是发展的前提，有必要加快探索替代技术路线，下好先手棋。

基于多方面考虑，镁、锌、钠等新型电池未来有望成为锂电池的替代品或重要补充。有研究发现，镁离子的理论体积能量密度几乎是锂的两倍，或将为电池提供高能量密度。锌电池受到关注得益于高安全性，锌电池使用水溶液作为电解液，取代了传统的有机溶剂，从而大幅降低了电池起火的风险。钠电池虽然在能量密度上不能媲美锂电池，但有着成本优势，由于制造钠电池和锂电池的大部分设备是相似的，现有的锂电池公司较容易转向制造钠电池，从而大幅降低生产成本。

尽管新型电池受追捧，但离真正产业化尚有距离。从目前发展情况来看，无论是镁电池、锌电池还是钠电池，在技术和材料等方面仍有诸多难题待解。以镁电池为例，元素本身活性较低，再加上高相容性电解液开发难度大，导致难以获得较好的电化学性能。因此，在加快布局各种替代技术方案的同时，深入挖潜锂电池性能、提升产品质量是当务之急。

新型电池蓬勃兴起的背后，得益于新能源汽车和储能产业两个新兴市场的快速扩张。近年来，我国新能源汽车保持高速增长，2021年市场渗透率超过13%，预计到2035年，新能源汽车销量占比将超过60%，销量的逐年上升必将带动动力电池需求量不断上涨。另一方面，在推动实现碳达峰碳中和目标背景下，以风电、光伏为代表的可再生能源在能源结构的

占比将会不断提升。到“十四五”末，我国可再生能源的发电装机占电力总装机的比例将超过 50%，需要大力发展储能产业为电网运行调峰、调频，这将成为拉动新型储能电池消费上升的另一极。

如今，可持续发展日益成为共识，围绕锂电池及其替代技术的研究，正在发达国家如火如荼地进行。挑战也是机遇，中国拥有锂电池完善产业链集聚的优势，以及新能源汽车在全球范围内形成的先发优势，正逐渐汇聚成产业发展的巨大潜能。提升产业战略定位、强化政策支持力度，创新驱动、全球布局，才能将竞争优势真正转化为领跑实力。（韩鑫）

## N 型电池步入规模化发展新阶段

中国能源报 2022.2.7

随着主流产品 PERC 电池转换效率越来越接近理论最高值，光伏企业正加速技术迭代升级，以 TOPCon 为代表的 N 型电池技术开始受到关注。

1 月以来，TOPCon 规模化、商业化进程提速，好消息不断：一道新能首次公布单晶 N 型双面 182 尺寸电池及双面双玻组件报价，填补行业内 N 型电池、组件报价空白。随后晶科能源宣布 TOPCon 电池工厂在安徽合肥投产，产能规模为 800 万千瓦，进一步推动了 N 型产品规模化发展。在晶科能源副总裁钱晶看来，光伏产品升级势在必行。TOPCon 技术和工艺成熟度较高，量产良率也已经达到业界规模化水准。

### 技术迭代催生新市场

根据第三方机构德国哈梅林太阳能研究所的最新报告，P 型技术的转换效率天花板要低于 N 型技术，PERC 电池和 TOPCon 电池理论极限效率分别为 24.5%、27.5%。

电科装备董事长左雷表示，随着技术的加速成熟，PERC 电池的转换效率与成本已经接近极限，不能适应未来发展。近两年来，以 TOPCon 为代表的新一代电池技术逐步实现产业化，N 型电池取代 PERC 电池是大势所趋。

中国光伏行业协会荣誉理事长王勃华进一步指出，2021 年 PERC 单晶电池量产平均转换效率已达 23.1%，较 2020 年的 22.8% 有所提升，但增速放缓，且越来越接近理论天花板。

与此同时，TOPCon 技术异军突起。2021 年，我国企业或研究机构打破晶硅电池实验室效率纪录 11 次，其中 9 次为 N 型电池技术，8 次为 TOPCon 电池技术。2021 年底，TOPCon 电池实验室效率约 25.4%，高于 PERC 电池。

万联证券分析师在最新研报中指出，降本增效是光伏行业追求的永恒主题。目前，P 型电池逐步接近 24.5% 的理论效率极限，光伏技术逐步向理论效率更高的 N 型电池技术发展。受此影响，国内外龙头电池厂商纷纷布局 TOPCon 等 N 型电池片技术，未来 N 型电池将加速渗透，市场空间广阔。

据国金证券分析师测算，2023 年全球 TOPCon 电池产能有望达到 1.34 亿千瓦，2025 年将突破 2 亿千瓦，并预测 2022 - 2025 年间，TOPCon 设备市场空间或超 300 亿元。

## 推动产业升级

近年来，尺寸升级成为光伏产品提高功率的重要途径。钱晶认为，尺寸之争只是下一代更高能量密度技术成熟前的缓冲阶段。TOPCon 电池、组件实现量产，才是 P 型技术走向 N 型的一个重要转折点。“在光伏产业，还是要以转换效率说话，技术永远是驱动行业进步的保障。”

“2021 年以来，光伏供应链价格一直处于波动之中，组件成本被迫上涨。这也在某种程度上说明，如果技术不进步、不迭代，组件效率和性能不变，电池和组件的发展将没有弹性可言，下游开发企业非常被动。只有组件效率、单瓦发电量、长期可靠性提升，度电成本才能不断突破。”钱晶说。

相对于 P 型组件，N 型组件的优势明显。据了解，N 型组件具有良好的弱光性。在晴天早晚光照条件较弱的情况下，TOPCon 组件单瓦发电能力相对增益平均增加 2.8% - 3.6%，累计全天相对增益约 3.46% - 4.56%。阴天条件下，TOPCon 组件全天平均相对增益可达 5%，不仅可以拉长发电时数，还能平滑对电网的波动冲击。

同时，N 型组件具有高温属性。我国西北、西南地区，夏季中午地表温度高，组件温度更高，会影响系统稳定性，N 型组件的特有属性可降低上述风险。

## 逐步形成配套产业链

根据中国光伏行业协会发布的《中国光伏产业发展路线图（2020 版）》，2020 年新建量产产线仍以 PERC 电池产线为主，随着 PERC 电池片新产能持续释放，PERC 电池片市场占比进一步提升至 86.4%，N 型电池成本相对较高，量产规模仍较小，市场占比约为 3.5%。不过，2021 年，N 型电池扩产提速势头很猛。据光伏行业分析机构 PV InfoLink 统计，截至 2021 年底，TOPCon 产能规划超 1.3 亿千瓦，预计 2022 年将新增产能约 3000 万千瓦。

隆基股份、通威股份、国家电投黄河公司等均公布了关于 N 型电池项目或技术进展。其中，中来股份表示，公司基于 182 尺寸硅片生产的 TOPCon 电池实验室转换效率达 24.5%，在行业中处于领先水平，公司年产 150 万千瓦 N 型单晶双面 TOPCon 电池项目正在逐步投入试生产。

钱晶透露，继合肥工厂之后，晶科能源另一个 N 型电池和组件制造基地也完成了设备调试，一期产能规模 800 万千瓦，预计春节后投入量产阶段，并在今年年底前完成产能爬坡。届时，该公司 N 型高效组件产能规模将达 1600 万千瓦。

设备企业也不甘落后。1 月中旬，电科装备发布 5 款光伏设备新品，主要应用于 N 型电池工艺。捷佳伟创也称，已经具备 TOPCon 整线设备的供应能力。万联证券认为，2022 年有望成为 N 型电池量产元年。

## 延伸阅读

目前，光伏电池技术主要为 P 型和 N 型技术。P 型技术包含 BSF 和 PERC 电池技术。2015 年开始，BSF 电池技术转换效率接近天花板，PERC 电池技术获得发展机遇，成为了新

一代主流技术。如今，电池技术正经历新一轮升级迭代，N型电池开始进入市场。其中，TOPCon和异质结电池技术成为N型接替P型电池技术的种子选手。相较于PERC电池技术，TOPCon增加了硼扩、隧穿氧化层沉积等工序，可在原电池设备制程基础上进行改造，是现有PERC产能转型的主要选择。（董梓童）

## 新催化剂将 CO<sub>2</sub> 转化汽油效率提高千倍

科技日报 2022.2.15

科技日报北京2月14日电（记者张梦然）美国研究人员近日发表在《美国国家科学院院刊》上的最新论文中描述了他们发明的一种新催化剂，可通过增加化学反应中长链碳氢化合物的产量来将CO<sub>2</sub>转化为其他有用的化学品，例如丙烷、丁烷或其他由碳和氢长链组成的碳氢化合物燃料。

这种新催化剂由元素钌（一种属于铂族的稀有过渡金属）组成，涂有一层薄薄的塑料。像任何催化剂一样，这一发明加速了化学反应，却不会在过程中耗尽。钌还具有比其他高质量催化剂（如钯和铂）便宜的优势。在相同条件下，新催化剂产生的丁烷，是标准催化剂在最大压力下可产生的最长碳氢化合物的1000倍。

斯坦福大学化学工程师马泰奥·卡涅罗团队花了7年的时间来发现和完善这种新催化剂。新催化剂能从反应中生产汽油的能力是一项突破。卡涅罗实验室的反应器只需更大的压力来生产所有用于汽油的长链碳氢化合物，因此他们正在建造一个更高压力的反应器。

汽油在室温下是液态的，因此比难以储存并且容易挥发的短链兄弟，如甲烷、乙烷和丙烷，更容易处理。卡涅罗团队设想了一个碳中和循环，其中CO<sub>2</sub>被收集、转化为燃料再次燃烧，由此产生的二氧化碳重新开始循环。

研究人员解释说，反应性显著提高的关键是钌上的多孔塑料层。未涂层的催化剂效果很好，但只会产生甲烷，这是最短链的碳氢化合物，它只有一个碳原子与四个氢键合。多孔聚合物控制碳氢比，使我们能够从相同的反应中产生更长的碳链。研究人员使用同步加速器技术证明了这种特殊且关键的相互作用。

卡涅罗承认，虽然长链碳氢化合物是捕获碳的一种创新用途，但并不完美。他还在研究将CO<sub>2</sub>转化为有价值工业化学品的其他催化剂和类似工艺，例如用于制造塑料的烯烃、甲醇和乙醇，所有这些都可在不将CO<sub>2</sub>“返回天空”的情况下隔离碳。

### 总编辑圈点

大气中的CO<sub>2</sub>可以变为构成化石燃料的长链碳氢化合物吗？当然可以，但需要自然界的光合作用和数百万年地质活动带来的高热和高压。科学家不想等数百万年的时间来合成化石燃料，于是，他们用化学领域的最新进展——催化剂，来完成“加速”。本文的新催化剂，能以前所未有的速度从二氧化碳中制造碳分子，在这一“魔法”过程中，废弃的二氧化碳、大量的氢气转化为乙烷、丙烷、丁烷链。而所有的这些，都是燃料来源。

# 钠电池能否替代锂电池

参考消息 2022.2.16

【美国《科学日报》网站2月10日文章】题：用于制造更环保、更安全电池的新型电解质

电池技术的未来在于钠。相比目前为大多数设备和车辆提供动力的锂，钠更可持续，而地球表面的钠储量也很丰富。唯一的问题是，它的离子在传统电池的液态电解质中无法轻易移动，从而使其效率低于锂。因此，解决之道在于开发固体电解质。日内瓦大学的一个科学团队成功地应对了这一挑战，它采用的方法是修改由碳、硼和氢组成的一种材料的晶体结构。该研究小组还确定了应用于电池的理想压力，使其能有效运行。这些研究结果可以在美国化学学会的《应用材料与界面》，以及《先进材料·相互作用》杂志上读到。

20世纪90年代初引入市场的锂离子电池现在为大多数电子设备和电动汽车提供动力。然而，它们存在两大缺点。它们所含的液体电解质——可以让正离子在电池的两个电极之间流动——具有很高的易燃性。如果出现泄漏，它会与氧气发生剧烈反应，从而给使用者带来重大危害。锂的供应也存在问题。锂在全球分布不均。同石油一样，它占据了重大地缘政治问题的核心。

一种替代电池就是钠电池。这种化学元素在陆地和海洋中都很丰富，而且比锂便宜。它还更容易回收利用。然而，对它的使用并不多。日内瓦大学理学院晶体学实验室研究人员法布里齐奥·穆尔贾说：“生产这种电池所使用的技术与锂电池不同。业界尚不愿意采用这种较不熟悉的技术。”

由于钠比锂重，其离子在液态电解质中的移动也较不容易。解决办法是设计一种不易燃的固体电解质。然而，迄今为止人们开发的这类电解质——由硼和氢构成——还无法实现锂电池的性能。日内瓦大学晶体学实验室近期进行的两项研究——由拉多万·塞尔尼教授领导——已经成功地解决了相关问题。

第一项研究发表在美国化学学会的《应用材料与界面》上。研究人员开发了一种高效材料： $\text{NaCB}_{11}\text{H}_{12}$ 。塞尔尼解释说：“最初，这种用于核医学的材料是不导电的。通过改变其晶体结构——更准确地说是改变原子的空间排列，我们成功地使其具备了导电性，这使其成为目前最有效的运送钠离子的手段。”为了实现这一结果，该研究团队让这种化合物在一个球磨机内承受高能冲击，从而产生高温。这是一种在水泥行业广泛使用的高能效方法。

第二项研究发表在《先进材料·相互作用》杂志上。该研究项目则涉及将这种材料置于工作环境中。电池要工作，电解质，无论是液体还是固体，必须与电池的正负电极密切接触。因此，必须把它牢牢地控制在电池内。曾在该晶体学实验室担任博士后研究员的马泰奥·布里吉解释说：“为实现这一目标，必须通过螺丝或弹簧施加压力。我们寻找了作用于我们的固体电解质的理想‘力量’。”研究表明，这应该是大约400个大气压，相当于水下

4000 米处的压力。这个压力转动几圈螺丝就可轻易实现。

这些发现为较轻松地生产钠电池扫清了道路，在汽车行业尤其如此。穆尔贾说：“由于这些电池的重量略重，它们可以主要用于为汽车提供动力。制造它们的成本效益还有待评估，但现在重要的是，业界要认识到，我们发现的这种材料真的很有趣。”

## 14 所院校新增“储能科学与工程”专业

中国能源报 2022.2.28

本报讯 2 月 24 日，教育部公布最新一批普通高等学校本科专业备案和审批结果，中国地质大学（北京）、华东理工大学、武汉大学、湖南大学、河北民族师范学院、上海电力大学、南京工业大学、徐州工程学院、山东科技大学、河南理工大学、华南师范大学、重庆科技学院、昆明理工大学、榆林学院共计 14 所院校新增“储能科学与工程”专业。

2020 年 1 月，教育部、国家发改委、国家能源局联合发布了《储能技术专业学科发展行动计划（2020—2024 年）》，计划经过 5 年左右努力，增设若干储能技术本科专业、二级学科和交叉学科，完善储能技术专业学科体系，在京津冀、东北、长江经济带、长三角、西北等地区布局建设储能技术、储能材料、储能管理等新专业。随后，首次设立“储能科学与工程”新专业、专业代码 080504T（T 代表特设专业），当仅有西安交通大学增设了该专业。

2021 年，北京科技大学、华北电力大学、中国石油大学、华中科技大学、武汉理工大学、哈尔滨工业大学、东北电力大学、福建师范大学、长沙理工大学、青海大学等共 25 所高校增设了“储能科学与工程”专业。截至目前，全国共有 40 所院校设置了储能专业。（陈星）

### 新一代液流电池储能技术及产业化团队——

## 让能源“存取”更自如

中国科学报 2022.2.10

能源俯拾皆是，能源供应却依然告急。广袤的西北地区蕴含大量“风”“光”等可再生能源，然而这些能源与处于用能中心的城市往往距离过远。当前，实现能源的远距离输送似乎是解决矛盾的最佳选择。

长久以来，输电线路和电站充当着能源“搬运工”，但总有难以跨越的沟沟坎坎。为了实现更灵活的电力供给，科研人员希望在能源收集和利用之间架起一座桥梁，创新储能方式。

中科院大连化学物理研究所（以下简称大连化物所）研究员李先锋团队深耕液流电池领域 20 余年。近日，该团队领衔的“新一代液流电池储能技术及产业化团队”获得 2021



年中国科学院科技促进发展奖。

“与传统电池不同，液流电池将液体电解质存储在外部，储能介质为水溶液，无着火爆炸风险，安全性高、寿命长，还可按需组合，实现功率与容量的自主调控，在电力系统储能领域具有广阔的应用前景。”李先锋告诉《中国科学报》。

### 从电池内部突破

电池看似是一个黑匣子，实际内部有着复杂的结构，主要由隔膜、双极板、电极等关键材料和核心部件构成。“提高储能电池性能需兼顾局部和整体，研发过程需考虑多种因素的相互作用和影响。”李先锋说。

膜材料主要起着阻隔正负极、传输离子的作用。“膜的离子传导性越高，质子通过的速度越快，但离子选择性会随之变差，导致膜两侧的离子互相‘穿梭’，增加电池副反应，影响电池性能。”大连化物所高级工程师史丁秦说。因此，如何平衡膜的离子传导性和离子选择性。开发出两者兼顾的新型隔膜材料，是科研人员要解决的关键技术问题。

为了阻止离子从膜的一侧穿梭到另一侧，研究人员致力于膜离子传输机理的研究，通过切断离子在隔膜内的传输通路，提高膜离子选择性。但此法依然无法完全解决两者的平衡问题。

李先锋团队在研究过程中发现，液流电池电解液中不同离子的半径大小不同，“能否通过调控膜的孔径大小来实现离子的选择性传输呢？”带着这一想法，团队踏上研发多孔离子传导膜材料的新征程。

微观世界复杂多变，调控困难，研究了相当一段时间未能取得突破，但团队的信念从未动摇。最终，他们从创新分子结构入手，突破了膜离子传导性与离子选择性之间的制衡，制备出高选择性、高传导性、低成本的多孔离子传导膜材料，并成功实现批量化生产。

双极板是电池的又一关键材料，起到将每节单电池串联成电堆与集流的作用。与膜材料类似，双极板材料也面临“双高”矛盾。“碳含量越高，导电性越强，但韧性会变差，不利于电堆压紧组装。”大连化物所博士刘涛说，研发具有高导电性、高韧性的新型双极板材料是团队的主要攻关目标。

近年来，团队着眼于双极板材料的创新和结构设计，将多尺度及多维度的碳粉颗粒融于聚合物增韧网络中，成功构建出更发达的导电网络。

然而，目前市场上碳粉和聚合物材料不计其数，如何从众多的材料中找到最佳材料和配比是亟待解决的问题。团队曾为此试验过上千种配方。“即使配方确定了，仍不足以满足实际应用，还要保证制备和规模化生产的需要，提高材料的生产效率，降低成本。”刘涛说。

为此，团队在规模放大和批量化生产工艺上不断探索尝试，最终开发出新型高导电、高韧性、可焊接的碳塑复合双极板，并实现批量化生产。

### 给功率算笔账

电堆好不好关键看放电功率和效率，高效率能保证相同储电量下，放出来的电量更多。

但所有电池充放电过程中都存在损耗。“存进去 1 度电，放出来 0.8 度电，凭空消失的电量就是损耗。”大连化物所副研究员郑琼举例。

在成功开发出性能优异的隔膜和双极板材料后，接下来便是使尽浑身解数，优化电堆结构和工艺，力求将损耗降到最低，让功率提升到更大。

功率由电流和电压决定。理论上，电压不变，增加电流，功率就会增大，但所有电池都存在极化问题。大连化物所副研究员邢枫介绍，“极化”的存在使得电池功率提升的同时其效率反而下降。因此，科研人员渴望在增加电流、提升功率的同时，电堆能够始终处于高效率运行状态。

科研中，邢枫添了一个“职业病”——爱算账。“提高功率、提高效率、降低成本，核心就是控制极化，需要不断对细节进行模拟仿真计算。”邢枫说。

在实际工作中，电池极化不会等于零，只能通过技术改进使其不断降低。“只有对电池内的反应、传递过程中的每个细节做到潜精研思，电堆效率才会更高。”邢枫说。

电堆之于电池系统就像心脏之于人体，功能重要、结构复杂、调试优化工作繁琐，牵一发而动全身。往往这个指标提高了，其它指标却低了，追求指标全面提升简直难于登天。

刚开始，团队只能做出功率不足 1 千瓦的电堆，且成本较高，远达不到市场准入门槛。如今，团队已开发出新一代 30 千瓦级高功率密度电堆，功率密度提高近 1 倍，成本下降近四成，已经处于商业化和产业化初期阶段。

如今，产业化推进如火如荼。团队利用激光焊接技术实现了多孔离子传导膜与电极框的直接密封，摆脱了电堆内部部件之间对密封垫的依赖，提高了电堆的可靠性和装配水平。“新一代全钒液流电池技术初具雏形，继续研发，持续推进。”李先锋如是说。

### **服务新型电力系统建设**

电解液是电池运转的“血液”，钒离子是团队十分看好的电解液类型。这种离子有 4 种价态，不同价态钒离子之间可进行可逆的转化，完成充电、放电、再充电的循环。同时，由钒离子构成水系全钒液流电池，可以大大降低着火、爆炸等风险，安全性极高。

研究发现，全钒液流电池可以自由组合成电池组，其输出功率可达数百兆瓦，储能容量达数百兆瓦时，能存放 10 万度电。

大连融科储能技术发展有限公司（以下简称大连融科）是依托于大连化物所技术成立的专注于全钒液流电池储能技术产业化的企业。双方一直深入合作，共同推动了全钒液流电池商业化示范项目落地，验证了实验室成果的可行性。

2016 年，基于团队技术支撑，大连融科承接全球最大功率全钒液流电池储能调峰电站国家示范项目工程建设任务。2020 年，团队推出新一代全钒液流电池技术 30 千瓦级电堆，获得众多好评，多家意向合作单位慕名而来。目前，该团队与国内外多家企业建立合作意向关系，团队的全钒液流电池技术已占据超六成市场。

在产业化过程中，团队发现，企业具有强烈的研发需要。为此，团队拓展合作维度，在

企业成立实验室，搭建联合研发平台。“市场需要从一开始就长在科研的培养皿上。”大连融科副总经理王晓丽说。

产业发展，标准先行。团队还牵头制定了包括首项液流电池国际标准在内的 20 余项标准，提高了我国液流电池技术在国际上的话语权。

“说到底，全钒液流电池解决的是发电侧富余电能的储存问题，从长远发展看，还需要解决用户侧的储能问题。”大连化物所研究员袁治章说。

用锌基液流电池解决用户侧需求是团队的又一产业化方向。锌储量大、成本低、电位低、能量密度高，但锌基液流电池在长循环过程中，电解液中的反应物离子更容易扩散至电极表面的凸起处，形成锌枝晶，后者的不断生长会刺破隔膜，最终导致电池短路失效。

因此，必须解决锌枝晶形成和生长问题，锌基液流电池才能实现真正的应用。经过多年攻关，团队研发出新型电极材料，实现了对锌沉积形貌的有效调控，很好地解决了锌枝晶的形成和生长问题，让锌基液流电池向大规模应用更进一步。

李先锋表示，碳达峰、碳中和目标给现有电力系统带来了更大挑战，发展大规模储能技术、让新能源产生的电力耦合现有电力系统，将会使电力传输更高效、电力更加触手可及，从而助力以新能源为主体的新型电力系统构建。（卜叶）

## 功能性水凝胶电解质问世 有助开发可充电水系锌离子电池

科技日报 2022.2.23

科技日报讯（记者吴长锋）记者 2 月 21 日从中国科学院合肥物质科学研究院了解到，该院固体能源材料与器件研究部胡林华研究员团队，与石家庄学院季登辉教授合作，开发出一种机械性能优异、离子电导率高、具有宽操作温区（ $-20^{\circ}\text{C}$ — $60^{\circ}\text{C}$ ）的功能性水凝胶电解质，并研究了其在水系锌离子电池中的应用性能，相关研究成果日前发表在国际知名期刊《化学工程杂志》上。

水系锌离子电池具有安全、成本低、环保、电化学特性优异等特点，被认为是很有前途的储能器件。然而，该类电池常用的液体电解液具有析氢析氧等副反应，同时还具有较差的高低温性能和泄露的危险。凝胶电解液是由水和聚合物基质组成的网络结构体系，既能抑制副反应的发生，也能防止泄露，是很有发展前景的水系电解质。

基于此，研究团队开发了这种功能性水凝胶电解质。由该水凝胶电解质制备的锌离子电池具有超过 3000 小时的稳定循环性能、优异的电化学性能和库伦效率达到 99.5% 的高可逆的锌嵌入/脱出。在  $-20^{\circ}\text{C}$ — $60^{\circ}\text{C}$  的温度条件下，具有很好的稳定性。此外，这种功能性水凝胶电解质具有很好的拉伸、扭曲、压缩和吸附性能，使得其具有制备柔性储能器件的潜力。以此水凝胶电解质为基础制备的柔性软包电池，具有很好的机械稳定性，在不同的弯曲角度下仍能保持稳定的电压和容量。

这种功能性水凝胶电解质为开发高性能可充电水系锌离子电池提供了一种很有前景的策略。

# 储能项目中标价格上涨

中国能源报 2022.2.14

**本报讯（记者韩逸飞）报道：**英利智慧（保定）新能源科技有限公司日前发布了保障性项目配套储能中标结果公示。据了解，此次招标内容包含 10 个储能项目，共计 139 万千瓦，将配套于英利河北省保障性光伏项目，阳光电源、蜂巢、海博思创、山东电工时代、比亚迪等 7 家企业中标。

具体来看，此次新能源配储项目中标价格上涨，最高单价每瓦时 1.77 元，与 2021 年同类招标项目相比，出现上涨趋势。2021 年典型项目整体的中标平均价格为每瓦时 1.476 元，最高的是 2021 年 2 月，国家能源集团国华竹根沙海上风电场储能电站工程，储能单价为每瓦时 1.674 元/，最低的是 2021 年 8 月 2 日，山东半岛南 3 号海上风电配套储能系统设备，储能单价为每瓦时 1.31 元。

为何储能电站中标价格上涨？一些业内人士认为利好政策频出是主因。1 月 28 日，国家发改委、国家能源局发布《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》提出，建立容量成本回收机制，提升电力系统安全保障能力，探索容量补偿机制、容量市场、稀缺电价等多种方式，保障电源固定成本回收和长期电力供应安全，鼓励抽水蓄能、储能、虚拟电厂等调节电源的投资建设。

此前，地方政府层面支持储能发展的政策也是多点开花。继 2020 年初多省发文鼓励或强制要求新能源配套储能之后，新能源配储成为热议话题。截至记者发稿，我国已有 25 个省份发布文件明确提出新能源配储。

一位国家发改委能源研究所的研究员告诉记者：“现有的政策均偏宏观指导，新型储能的激励效果还要看各地具体细则。对于行业层面来讲，需要提前寻找到好的出发位置，分辨出好的航向，具体到企业，关键是选择合适的技术路径。”

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司储能技术中心主任楚攀同样表示，现阶段储能利好政策频出，但是效果如何，仍需看各省具体执行情况。

上述研究员告诉记者，此次储能中标价格的上涨，另一个原因是上游原材料资源紧缺。据记者了解，当前由于上游锂原材料紧缺，导致动力和储能电池两个领域需求大增、市场供需失衡，锂电池正极原材料碳酸锂自 2020 年 11 月开始，几个月内价格翻倍，储能型磷酸铁锂材料涨幅稍低约为 35% 左右，而成本占比约 7% 的锂电解液价格一度上涨 300%。有观点认为，紧缺程度仅次于电解液的锂电铜箔，也呈现出涨价趋势，储能设备、锂电池产业链都在大手笔投资扩产，但短期内产能无法兑现。

楚攀告诉记者，储能上游原材料如此紧张，主要原因是去年新能源汽车销量增长近 2 倍，但“储能电池成本不断下降，叠加电价机制逐渐灵活，商业模式逐渐成型以及储能规模化发展所带来的降价，预计这两年储能项目价格基本稳定。”

记者采访多位行业分析师得到相同答案。“碳中和目标的实现需要大规模建设风电、光伏等新能源，而储能设备则贯穿于新型电力系统转型的发电、输配电、用电三个环节，将迎来快速发展。2010 - 2020 年，锂电池组价格稳定下降，有效扩大了储能电池的市场应用，推动储能行业规模化发展。”

此外，有分析师认为，用户侧峰谷电价差拉大，最大系统峰谷差率超过 40% 的地方，峰谷电价价差原则上不低于 4: 1，其他地方原则上不低于 3: 1。电价改革推动了制度建设，进一步刺激了对储能电池的需求，改善了储能系统的盈利能力。“这就意味着，储能的经济性得到了提升，短期内原材料紧张并不会带动储能价格的上涨。”

## 反型钙钛矿电池效率破世界纪录

中国科学报 2022. 2. 16

近日，华东师范大学教授方俊锋团队与中科院宁波材料技术与工程研究所副研究员李晓冬合作，在《科学》杂志发表论文，介绍了他们在反型钙钛矿太阳能电池研究方面的最新成果。

“（该研究）创造了新的反型钙钛矿电池效率世界纪录，转化效率首次实现大于 24%。”《科学》杂志审稿人评价说。

另一位审稿人则认为，该研究突破了反型器件效率低这一长期困扰钙钛矿电池发展的瓶颈，为钙钛矿电池研究开辟了新的思路与方向。

### 有望实现低成本光伏发电

在全球气候变化和“双碳”目标下，光伏技术发展受到世界各国的广泛重视。钙钛矿太阳能电池成本低、效率高，被认为是最有希望实现低成本发电的新型光伏技术之一。

钙钛矿太阳能电池是利用钙钛矿型“有机—金属卤化物杂化”半导体作为吸光材料的太阳能电池，属于第三代太阳能电池，也被称为新概念太阳能电池。

“钙钛矿电池分为正型 N - I - P 电池和反型 P - I - N 电池。相对正型，反型钙钛矿电池有其自身优势，可低温制备、工艺简单、稳定性好，同时能与晶硅电池兼容，实现叠层电池的制备。”方俊锋告诉《中国科学报》，反型钙钛矿/晶硅叠层是钙钛矿电池商业化应用的路径之一。

此外，反型钙钛矿电池无需使用具有光催化活性的  $\text{TiO}_2$  以及掺杂的有机空穴传输层，光照下的输出稳定性更好，因此更具发展潜力。

“尽管反型器件具有诸多优势，但目前高效率的钙钛矿电池基本上都是正型器件。正型钙钛矿电池效率已达 25%，而反型钙钛矿电池的最高效率仍维持在 22% ~ 23%。”方俊锋说，“因此，如何缩小正反型器件效率差距，实现高效稳定反型器件的制备，一直是钙钛矿电池研究领域的焦点和难点问题。”

### 电池效率创新高

经过反复实验论证，该课题组采用构筑表面异质结、提高器件内建电场的思路，首先在钙钛矿表面旋涂上吡啶—2—羧酸铅制备富铅层，随后用高反应活性的六甲基二硅硫醚进行硫化，原位形成 PbS-I 层，实现钙钛矿表面费米能级的上移和能带弯曲，从而在钙钛矿界面处引入额外背场，构建出高效的界面异质结，在抑制界面复合的同时，还能显著提高器件开路电压。

基于此方法，研究人员用稳定性好的含羧酸基团聚噻吩衍生物作为空穴传输层，富勒烯衍生物 PCBM 作为电子传输层，首次将反型钙钛矿电池的转化效率提高到 24% 以上。

“通过构筑性能优异的界面异质结，使钙钛矿表面的费米能级上移，从而在界面处引入一个额外电场，抑制界面复合，是实现反型电池高效率的主要原因。”该论文第一作者李晓冬对《中国科学报》说。

### 实用化指日可待

除了提高反型钙钛矿电池的转化效率，该研究还实现了电池稳定性的大幅提升。

“对于所有太阳能电池来说，没有稳定性就无法实际应用。”李晓冬说，“对钙钛矿电池来说，稳定性格外重要，这也是目前制约钙钛矿电池走向商业化的瓶颈。”

研究人员发现，Pb-S 键强度远高于钙钛矿中的 Pb-I 键，可以有效抑制老化过程中钙钛矿的衰减，同时 Pb-S 键与钙钛矿的晶格参数接近，能够进一步稳定钙钛矿的晶体结构，从而实现电池稳定性的大幅提升。

实验表明，利用 Pb-S 键，电池经过 2200 小时的高温（85℃）加速老化测试，其效率仍可以保持在初始值的 91.8%。光照下（55℃ ± 5℃），经过 1000 小时的连续最大功率输出加速老化测试，效率也能稳定在初始值的 90% 以上。

“这为反型钙钛矿电池研究提供了一个新的思路与方向。”方俊锋说，“通过合理优化设计，反型钙钛矿电池完全可以实现兼具高效率和高稳定性。”

业界认为，钙钛矿电池作为当前最具潜力的新型光伏技术，在国家宏观政策、产业界的支持以及科研人员的配合下，极有希望走向大规模商业应用。

“未来将继续围绕高效稳定的反型钙钛矿电池展开深入研究，探索构建高效界面异质结的新方案，进一步提升器件效率和稳定性。”谈及这项研究的应用前景，方俊锋说，“我们也会开展一些大面积钙钛矿电池模组研究，推动钙钛矿电池走向实用化。”（张双虎 黄辛）

## 科学家提出绿色制冷新思路

中国科学报 2022.2.9

本报讯（见习记者王敏）中科院合肥物质科学研究院固体物理研究所团队突破“固态—固态”相变制冷材料研究的传统思维，提出“通过静水压驱动液—固相变实现制冷效应”（液态—固态）创新思想，在正构烷烃体系中获得室温庞压卡效应，为发展绿色环保的新型制冷技术开辟了新思路。相关成果日前发表于《自然—通讯》。

态相变制冷材料在磁场、电场等外场驱动下迅速发生热响应，即固态相变热效应。该效应从周边环境中吸热和放热，利用吸热过程产生制冷效果。这类材料对环境影响极小，但制冷性能难以与传统气体制冷剂相匹敌，阻碍了其实际应用。

固态、液态是两种常见的物质形态，两态之间的分子、原子有序度存在巨大差异，液—固相变时伴随着巨大的熵变，远高于固态相变时发生的熵变。同时，由于液态、固态的密度差异较大，相变时体积也会发生显著变化，使得相变温度对压力敏感，因此可以通过施加压力进行驱动，从而发生巨大热响应即压卡效应。

受液态—固态相变特征的启发，研究团队首次提出利用压力驱动液—固相变实现庞压卡效应思路，在正构烷烃中发现低压力驱动的庞压卡效应。

研究还发现，不管是固态还是液态，施加压力时正构烷烃内部均可形成静水压，避免使用时传压介质的添加，因此可提高冷量密度，便于制冷设备的小型化；正构烷烃成本低廉，物理化学性能稳定，工作温窗可调，相变过程可逆且不产生有害排放。因此，正构烷烃类材料在相变制冷领域具有广阔应用前景。

此次研究为研发基于压卡效应的新型绿色制冷技术提供了新思路并奠定了材料基础，也为研发性能更加优异的新型庞压卡材料指明了方向。

## 动力电池产业格局持续变化将是常态

中国能源报 2022.2.28

在产品战、技术战、宣传战、专利战的激烈争夺中，市场占有率此消彼长，二线企业纷纷谋求上市……在新能源汽车高速发展、原材料价格上涨、技术加快创新、产业链重构等因素的综合影响下，动力电池市场化竞争全面升级。

2021年我国新能源汽车产销量均较2020年增长近1.6倍，一度导致动力电池供应压力大增，引发电池企业扩产潮。同时，随着多家电池、原材料企业迫于成本压力涨价，以及废旧电池难以回收利用、2022年新能源汽车产销量将进一步增长等因素影响，动力电池产业格局正持续变化。

面对日益激烈的市场竞争，头部企业加快扩产、向上游布局、海外“买矿”，意味着更大的成本支出，为维持其行业地位、稳固产业链，势必更注重核心专利保护和新技术研发。中小企业则寻求快速入场，加快技术创新、开展差异化竞争，并积极谋求上市，以获得强有力的资金支持。在这种情况下，新老电池企业“碰撞”不可避免。

从市场研究机构 SNE Research 发布的全球动力电池装机量排行榜来看，目前动力电池产业集中度高，其中位居榜首的宁德时代依然占据较大的市场份额。然而，对新能源汽车企业而言，为保障供应链安全、提高议价能力，不得不培养二供、三供等多个电池供应商，以免被某一家电池企业“绑架”。如不少车企或布局电池制造，或与电池供应商成立合资公司，这意味二线、中小电池企业仍有发展空间。

从整个行业发展趋势来看，目前动力电池高端产能不足、低端产能过剩的问题依然存在，结构仍有优化空间。从动力电池技术路线来看，受充电桩布局完善、电池原材料成本上涨等因素影响，不少新能源汽车纷纷转向磷酸铁锂电池，由此推动了磷酸铁锂电池市场回暖，冲击三元锂电池的主导地位。此外，为降低成本、减少对锂等原材料的依赖，电池企业、车企纷纷加快研发钠电池、固态电池、无钴电池等新一代电池……行业进入剧烈变化的新阶段。

新能源汽车现已进入陡峭增长的新阶段，将对动力电池产能、技术等提出更高要求。对此，电池企业各出奇招，无论是谋求上市、扩产还是研发新技术，谋变、创新将是电池企业生存的法则，也将成为行业的常态。只有在变化中才能实现行业的技术进步和高质量发展。（王旭辉）

## 氧化锂资源超百万吨，有望成为我国第三大锂矿

### 我国科学家在喜马拉雅地区发现超大型锂矿

中国科学报 2022.2.15

锂矿，素有“白色石油”之称，是一种极其稀有的白色轻金属资源。目前，我国锂资源75%依靠进口。随着全球新能源产业的发展，锂资源需求量急剧增加。

日前，记者从中国科学院地质与地球物理研究所（以下简称中科院地质地球所）获悉，该研究所青藏高原科学考察研究团队在喜马拉雅琼嘉岗地区发现了超大型锂矿。该锂矿被认为“有望成为继新疆白龙山、川西甲基卡之后的我国第三大锂矿”，是“喜马拉雅首例具有工业价值的伟晶岩锂矿”。相关成果发表于《岩石学报》。

就琼嘉岗超大型锂矿的一些问题，《中国科学报》独家专访了科研团队负责人、中科院矿产资源研究重点实验室主任秦克章研究员。

#### 科学家是如何找到超大型锂矿的？

“我们在突破传统认知的科学理论的指导下发现了这个矿。”秦克章说。

他表示，此前，该锂矿之所以未被发现，主要是因为传统观点认为，喜马拉雅大面积淡色花岗岩的成因为沉积岩重熔、原地侵位，通常不作为找矿目标。

“青藏高原南缘东西延伸超过2500公里的喜马拉雅造山带中出露大规模的新生代淡色花岗岩，早已被第一次青藏科考所认识，但40多年来从未被作为稀有金属的找矿目标。”秦克章告诉《中国科学报》。

中科院地质地球所吴福元院士研究团队经过十多年的考察研究，于2015年创立淡色花岗岩高分异成因理论，系统性提出喜马拉雅淡色花岗岩是高度结晶分异的花岗岩，是异地深成侵入体，这意味着该区域淡色花岗岩具有良好的稀有金属成矿潜力。该理论打破了传统观点。

“基于吴福元院士的新理论，我们开始在喜马拉雅淡色花岗岩带寻找稀有金属矿。”秦



克章说。

随后，多家单位对区域岩体进行考察，发现 20 余处岩体含有稀有金属矿化，金属组合以铍—铌—钽（锡—钨）组合为主，其中错那洞锡—钨—铍矿床经评价达大型规模。尽管在为数不多的 4 处伟晶岩中发现了锂辉石矿物，但未发现具有工业价值的锂矿体。

针对喜马拉雅地区富铍贫锂的现状开展进一步研究，2020 年，秦克章在对比总结我国阿尔泰、东秦岭稀有金属成矿带锂、铍矿共生分离规律的基础上，提出了“向强分异花岗岩的更远端、更高处找锂”的科学预判，优选远景区作重点检查，并在 2021 年夏季找到了锂矿。

### 超大型锂矿在哪里？

“我们在喜马拉雅穷家岗峰南西 3000 米的位置发现了这个锂矿。”秦克章说，出于赋予美好愿望的想法，科研人员根据“穷家岗”的谐音将锂矿取名为“琼嘉岗锂矿”。

秦克章介绍，他们发现了 40 余条宽度从 10 米到近百米的锂辉石伟晶岩带，它们组成了 4 条岩脉群和 4 条矿带。

“琼嘉岗锂矿的地表露头情况很好，因此我们可以清楚地看到长度、宽度和地表露头落差。4 条矿带长度都超过 1000 米，其中 2 条矿带宽度大约在 100 米，集中分布在 5390 米至 5581 米的高海拔地区。”秦克章说。

### 超大型锂矿有多“大”？

一般来说，“大型”的锂矿所含的氧化锂资源在 10 万吨以上，那么，被称为“超大型”的琼嘉岗锂矿究竟有多“大”？

秦克章向《中国科学报》表示，矿体中氧化锂资源可达 101.25 万吨，“这个数值是根据保守估算的矿体体积和氧化锂资源含量算出来的”。

“之所以说‘保守’，是因为我们在估算锂矿体积时，长度只取了实际长度的 2/3，宽度只取了实际宽度的 1/2，厚度只取了推断深度的 1/2，也就是说，总体积只取了 1/6。”秦克章说。

在氧化锂含量方面，秦克章介绍，科研团队共选取了具代表性的 59 件样品，选取体积较大、结构具有代表性且矿物分布较为均匀的区域进行切割、粉碎，且单件碎样重量不低于 1 千克，然后，他们将每件粉末样充分混合均匀，最后按照测试所需的样品量取样测试。

分析结果显示，氧化锂含量平均值为 1.30%。“全岩微量元素是在澳实矿物实验室和武汉上谱分析科技有限责任公司分别进行测试的，并在中科院地质地球所实验室复验，微量元素测量的相对误差小于 10%。”秦克章补充说。

### 是否存在争议？

琼嘉岗锂矿发现的系列文章于 2021 年 11 月发表在中文学术期刊《岩石学报》上。

“在论文刊发之前，一些同行听说琼嘉岗锂矿的规模之后产生了质疑，因为这么大规模的伟晶岩稀有金属矿床，在国内乃至国外都屈指可数。”秦克章说。

秦克章表示，论文刊发之后，上述质疑在很大程度上得以消除，但此后的争议开始集中于“为什么预估矿体体积时只取 1/6”。

“很多人细读文章后问我，‘为什么折扣打这么大’‘为什么不取 1/3、1/2’，我说，‘取 1/3 其实也可以，但取 1/2 有点太乐观了’。”秦克章说。

他表示，之所以预估矿体体积时只选 1/6，是因为他们认为初期还是应该更谨慎一些。“矿体里面的情况现在是看不到的，刚开始算少一点没关系，如果以后发现品位更好、规模更大，当然更好了。”

此外，记者了解到，《岩石学报》由中科院主管，中国矿物岩石地球化学学会和中科院地质地球所主办，被《科学引文索引》(SCI) 收录，2021 年复合影响因子为 3.316。

对于此次发表的论文，期刊匿名评审认为，“这是喜马拉雅地区稀有金属找矿勘查的巨大突破”，“不仅对于认识淡色花岗岩稀有金属成矿作用具有重要的科学价值，而且对于找矿勘查同样具有突出的实践意义”。

### **工业价值如何？**

新发现的锂矿被科研团队评价为“喜马拉雅首例具有工业价值的伟晶岩锂矿”。那么，它的工业价值究竟如何？

秦克章表示，一般认为，氧化锂资源含量超过 0.8% 时，锂矿就具有开采的工业价值，他们采集的 59 件样品中，有 44 件样品的氧化锂资源含量达到了工业品位（0.8% 以上），其中最高的一件样品的氧化锂资源含量达到了 3.3%。

此外，他告诉记者，矿体中除氧化锂之外，还有约 3.98 万吨铍资源，达到大型规模；约 2358 吨氧化钽资源，也达到大型规模；约 7074 吨氧化铌资源，为小型规模。而且，琼嘉岗矿体中 90% 以上的矿物组成为石英、钾长石和钠长石，以及部分云母，在新疆可可托海矿山这些矿物分别被用于制造玻璃、陶瓷和绝缘材料，该区主要造岩矿有望被有效利用，产生相应的经济效益，并大大减少废物排放。

### **具备开采条件吗？**

论文中，科研团队提出“喜马拉雅带有望成为中国最重要的稀有金属矿产资源储备基地”。那么，琼嘉岗锂矿是否具备开采条件？

“琼嘉岗锂矿具有良好的开采条件。”秦克章回应，“锂辉石颗粒较粗大，大约有 10 厘米至 20 厘米，属于宜选矿石；矿区所在地交通便捷，已经通了乡村水泥路；处于正地形，有利于开采；矿体裸露，无需深挖；远离珠穆朗玛峰核心自然保护区。”

不过，他表示，目前该锂矿还处在初级“预查”阶段，只是基本确定矿体分布范围及有用元素类别与含量。一个矿从发现到开采，一般要经历预查、普查、详查、勘探四个阶段，其中预查是为了确定矿所在的位置和大致情况，普查是通过工程手段排除预查阶段的不确定性，详查是为了探明矿床的可利用性，勘探是为了确定具体的开采方案。

对于下一步的工作，秦克章表示，科研人员还将丰富和完善高分异花岗岩稀有金属成矿

理论体系与找矿标志，对锂矿所在区域进一步开展科学考察研究及寻找新的含锂伟晶岩，以确定琼嘉岗锂矿及周边能否形成一个更大的完整锂矿带，从而为将我国喜马拉雅地区建设成为新的锂铍稀有金属资源战略接替基地作出更大贡献。（倪思洁）

## 清洁能源利用重大突破：科学家实现甲烷的选择性转化

云浮日报 2022.2.22

新华社武汉2月21日电（记者 谭元斌）我国科研人员领衔的国际科研团队攻克了甲烷的选择性氧化这一催化研究中的世界性难题。利用新开发的催化剂，该团队实现了氧气条件下将甲烷选择性氧化为甲醇和乙酸。这一研究对于甲烷的转化利用有着十分重要的价值。

记者21日从中国科学院精密测量科学与技术创新研究院获悉，该院徐君研究员、邓风研究员、齐国栋副研究员等科研团队成员联合英国卡迪夫大学格雷厄姆·哈钦斯教授等合作者，开发了金（Au）负载的ZSM-5沸石分子筛（Au/ZSM-5）催化剂，并利用该催化剂实现了甲烷在温和条件下的选择性氧化。

据齐国栋介绍，甲烷广泛分布于天然气、页岩气、煤层气、甲烷水合物等之中，是最清洁、最丰富的天然碳资源。由于甲烷的储藏地区往往十分偏远，因此在开采现场将甲烷转化为可运输的含氧化合物对甲烷的高效利用具有重大意义。因甲烷的化学键能较大，通常需要高温高压的苛刻条件才能将其转化。工业上采用的办法是先将甲烷转化为一氧化碳和氢气组成的合成气，再转化为高附加值的产物。这一过程不仅能耗极高，而且容易出现二氧化碳等副产品。如何在温和条件下直接将甲烷催化氧化为高附加值的化学品，是化学界一道备受关注的世界性难题。

据悉，利用Au/ZSM-5催化剂，可在120摄氏度至240摄氏度的温度范围内，通过氧气将甲烷选择性氧化生成高附加值化学品甲醇和乙酸。该团队对催化反应过程进行了深入研究，阐明了甲烷的转化反应机制。相关研究成果近日已在线发表于国际学术期刊《自然·催化》。

## 新工艺成功制备超高通量纳米多孔石墨烯膜

关键核心技术推动实现可持续海水淡化

中国自然资源报 2022.2.18

本报讯 日前，中国工程院院士马军带领的哈尔滨工业大学环境学院研究团队与沙特阿拉伯阿卜杜拉国王科技大学赖志平教授团队联合攻关，在膜法水处理技术研究领域取得突破，研究成果以《超高通量纳米多孔石墨烯膜利用低品质热源实现可持续海水淡化》为题发表在《先进材料》杂志上。该研究设计合成了超高通量纳米多孔石墨烯膜，并利用低品质热源实现了高效可持续的海水淡化。

膜蒸馏（MD）利用热量驱动水蒸汽通过膜，获得高品质清洁水，是一项具有重大应用前景的海水淡化技术，同时也是诸多零排放工艺中的关键核心技术。MD 膜通量低是限制该技术广泛应用的主要瓶颈。为此，研究团队提出了一种制备超高通量纳米多孔石墨烯膜的新工艺，无需二次打孔和转移过程。新工艺所得的石墨烯膜，为水蒸汽提供了极短且快速的传输路径，比迄今为止报道的 MD 膜通量高一个数量级，且脱盐率大于 99.8%，在海水淡化中显示出巨大的应用潜力和优势。

马军院士团队吕东伟副教授和阿卜杜拉国王科技大学周宗尧博士为论文共同第一作者，吕东伟和赖志平为论文共同通讯作者。该研究工作在马军院士与赖志平教授的共同指导下完成，得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、中国博士后科学基金资助。（梁英爽）

## 全球最大 100 兆瓦级全钒液流电池储能调峰电站完成主体建设

中国电力报科技装备 2022.2.24

近日，由中国科学院大连化学物理研究所储能技术研究部李先锋研究员团队提供技术支持的全球最大 100MW/400MWh 级全钒液流电池储能调峰电站完成主体工程建设，并进入单体模块调试阶段。

该电站为“200MW/800MWh 大连液流电池储能调峰电站国家示范项目”的一期项目，是国家能源局批复的首个 100MW 级大型电化学储能国家示范项目。项目由大连融科储能技术发展有限公司提供电池系统，大连恒流储能电站有限公司建设和运营，采用大连化物所自主研发的全钒液流电池储能技术。

项目预计今年 6 月完成并网调试，将对缓解大连市乃至辽宁省电网调峰压力、提高大连南部地区供电可靠性、加快新能源发展发挥重要作用。同时，该项目将会推进我国大规模储能能在电力调峰及可再生能源并网中的应用，为能源革命和能源结构调整，实现“双碳”目标提供技术支撑。（荣倩 王栋栋）

### 三、碳达峰、碳中和

#### 相关部门出台意见完善体制机制和政策措施

#### 推进能源绿色低碳转型

人民日报 2022.2.11

本报北京 2 月 10 日电（记者丁怡婷）国家发展改革委、国家能源局近日印发《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》（以下简称《意见》）。《意见》从完善国家能源战略和规划实施的协同推进机制、完善引导绿色能源消费的制度和政策体系、建立绿色低碳为导向的能源开发利用新机制等方面提出了多项举措。

国家能源局有关负责人介绍，近年来，各地区、各有关部门围绕能源绿色低碳发展制定

了一系列政策措施，推动清洁能源开发利用取得了明显成效，但现有的体制机制、政策体系、治理方式等仍然面临一些困难和挑战，难以适应新形势下推进能源绿色低碳转型的需要。

《意见》提出，推动构建以清洁低碳能源为主体的能源供应体系。以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点，加快推进大型风电、光伏发电基地建设，对区域内现有煤电机组进行升级改造，探索建立送受两端协同为新能源电力输送提供调节的机制，支持新能源电力能建尽建、能并尽并、能发尽发。

根据《意见》，新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制。统筹考虑各地区可再生能源资源状况、开发利用条件和经济发展水平等，将全国可再生能源开发利用中长期总量及最低比重目标科学分解到各省（自治区、直辖市）实施，完善可再生能源电力消纳保障机制。

建立清洁低碳能源开发利用的国土空间管理机制。调整优化可再生能源开发用地用海要求，制定利用沙漠、戈壁、荒漠土地建设可再生能源发电工程的土地支持政策。严格依法规范能源开发涉地（涉海）税费征收。符合条件的海上风电等可再生能源项目可按规定申请减免海域使用金。

《意见》提出，创新农村可再生能源开发利用机制。在农村地区优先支持屋顶分布式光伏发电以及沼气发电等生物质能发电接入电网，电网企业等应当优先收购其发电量；中央财政资金进一步向农村能源建设倾斜，利用现有资金渠道支持农村能源供应基础设施建设、北方地区冬季清洁取暖、建筑节能等。

根据《意见》，到2030年，基本建立完整的能源绿色低碳发展基本制度和政策体系，形成非化石能源既基本满足能源需求增量又规模化替代化石能源存量、能源安全保障能力得到全面增强的能源生产消费格局。

## 正确认识和把握碳达峰碳中和

人民日报 2022.2.11

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，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路

实现碳达峰碳中和，是一项复杂工程和长期任务，不可能毕其功于一役，目标上要坚定不移，策略上要稳中求进

中共中央、国务院印发《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》，明确了我国实现碳达峰碳中和的时间表、路线图；国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》，聚焦2030年前碳达峰目标描绘路线图……近段时间以来，我国碳达峰碳中和工作稳步有序推进，在顶层设计和政策执行等层面都取得了积极成效。

力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和，是以习近平总书记为核心的党中央统

筹国内国际两个大局作出的重大战略决策，是着力解决资源环境约束突出问题、实现中华民族永续发展的必然选择，是构建人类命运共同体的庄严承诺。不久前召开的中央经济工作会议深刻阐释我国发展面临的新的重大理论和实践问题，强调“要正确认识和把握碳达峰碳中和”，并就稳步推进碳达峰碳中和作出了重大部署，指明了努力方向和工作着力点。

实现碳达峰碳中和是推动高质量发展的内在要求。实现高质量发展，就要坚定不移贯彻新发展理念，坚持系统观念，以经济社会发展全面绿色转型为引领，以能源绿色低碳发展是关键，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，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路。这两年，在“双碳”刺激效应下，国内电动汽车、光伏、风电等热点产业蓬勃发展。长远来看，经济社会绿色转型和高质量发展进一步有机融合，必将推动传统产业高端化、智能化、绿色化，推动全产业链优化升级，推动我国经济发展质量变革、效率变革、动力变革，从而塑造我国参与国际合作和竞争新优势。

同时也要看到，实现碳达峰碳中和，是一场广泛而深刻的经济社会变革，绝不是轻轻松松就能实现的。这是一项复杂工程和长期任务，不可能毕其功于一役。这就要求我们目标上坚定不移，策略上要稳中求进。现实中，有的地方搞“碳冲锋”，有的搞“一刀切”、运动式“减碳”，这些都不符合党中央的要求，必须及时纠正。从认识层面出发，实现碳达峰碳中和必须统筹好发展和安全两件大事，处理好发展和减排、整体和局部、短期和中长期的关系，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。从实践角度出发，要充分考虑国内能源结构、产业结构等基本国情，通盘谋划，先立后破，不能影响经济社会发展全局，确保传统能源逐步退出要建立在新能源安全可靠的替代基础上。实现碳达峰碳中和是一次大考，需要正确的政绩观，需要“功成不必在我”“功成必定有我”，坚持稳中求进，逐步实现。

“十四五”时期是碳达峰的关键期、窗口期，我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期。当前，实现双碳目标的“1+N”政策体系正在加速构建，我们要胸怀“国之大事”，坚持稳中求进，稳步推进各项工作。一方面，要立足以煤为主的基本国情，抓好煤炭清洁高效利用，增加新能源消纳能力，推动煤炭和新能源优化组合，狠抓绿色低碳技术攻关。另一方面，要科学考核，新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制，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，加快形成减污降碳的激励约束机制，防止简单层层分解。与此同时，也要确保能源供应，大企业特别是国有企业要带头保供稳价，加快建设能源强国。

实现碳达峰碳中和是一场硬仗，也是对我们党治国理政能力的一场大考。把思想和行动统一到中央经济工作会议精神上来，正确认识和把握碳达峰碳中和，牢牢把握稳中求进工作总基调，不断提高贯彻新发展理念的能力和水平，我们就一定能推动经济社会发展全面绿色转型。

# 能源领域“双碳”需政策性创新

经济日报 2022.2.14

能源转型是实现碳达峰碳中和目标的关键。推进能源领域“双碳”工作，需要破除体制性障碍、打通机制性梗阻、推出政策性创新。国家发展改革委、国家能源局日前印发的《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》是能源领域推进“双碳”政策的顶层设计，将促进能源高质量发展和经济社会发展全面绿色转型，为科学有序推动如期实现“双碳”目标和建设现代化经济体系提供保障。全文主要有以下五大亮点：

一是紧紧以“双碳”目标为导向。《意见》着眼碳达峰碳中和提出了能源领域制度和政策体系建设的分阶段目标。“十四五”期间，基本建立推进能源绿色低碳发展的制度框架，形成比较完善的政策、标准、市场和监管体系，构建以能源“双控”和非化石能源目标制度为引领的能源绿色低碳转型推进机制。到2030年，基本建立完整的能源绿色低碳发展的基本制度和政策体系，形成非化石能源既基本满足能源需求增量又规模化替代化石能源存量、能源安全保障能力得到全面增强的能源生产消费格局。在促进清洁能源发展方面，提出要建立绿色低碳为导向的能源开发利用新机制。支持新能源电力能建尽建、能并尽并、能发尽发。在促进化石能源清洁高效开发利用方面，提出要完善煤炭清洁开发利用政策，完善煤电清洁高效转型政策，完善油气清洁高效利用机制。

二是紧紧以体制机制改革创新为抓手。体制机制贯穿能源生产、供应、消费、科技创新、国际合作等所有环节，牵一发而动全身。加快体制机制改革创新，必将从根本上激发各类要素活力，促进我国能源绿色低碳转型，提速“双碳”进程。

三是明确加强能源治理机制的统筹协调。“双碳”是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，能源绿色转型需要加强顶层设计，处理好发展和减排、整体和局部、中央和地方、短期和中长期的关系，统筹协调各职能部门共同发力、有机配合。《意见》明确，国家能源委员会统筹协调能源绿色低碳转型相关战略、发展规划、行动方案和政策体系。建立跨部门、跨区域的能源安全与发展协调机制，协调开展跨省跨区电力、油气等能源输送通道及储备等基础设施和安全体系建设，加强能源领域规划、重大工程与国土空间规划以及生态环境保护等专项规划衔接，及时研究解决实施中的问题。按年度建立能源绿色低碳转型和安全保障重大政策实施、重大工程建设台账，完善督导协调机制。

四是全方位提出促进能源绿色低碳转型的发展机制。《意见》从能源革命的关键环节和推进“双碳”的重点领域，提出了全方位完善体制机制的政策措施。《意见》指出，要完善国家能源战略和规划实施的协同推进机制，完善引导绿色能源消费的制度和政策体系，建立绿色低碳为导向的能源开发利用新机制，完善新型电力系统建设和运行机制，完善化石能源清洁高效开发利用机制，健全能源绿色转型安全保供体系，建立支撑能源绿色低碳转型的科技创新体系，建立支撑能源绿色低碳转型的财政金融政策保障机制，促进能源绿色低碳转型

国际合作，完善能源绿色低碳发展相关治理机制。

五是突出强调安全保供和有序转型。《意见》针对去年“碳冲锋”和“运动式”减碳所暴露出来的拉闸限电等问题，紧扣中央经济工作会议精神，强调要在保障能源安全的前提下有序推进能源绿色低碳转型，先立后破，在加快形成清洁低碳能源可靠供应能力基础上，逐步对化石能源进行安全可靠替代。《意见》提出健全能源绿色低碳转型安全保供体系。加强全国以及分级分类的能源生产、供应和消费信息系统建设，建立跨部门跨区域能源安全监测预警机制。构建电力系统安全运行和综合防御体系。健全能源供应保障和储备应急体系。（景春梅）

## 北京冬奥会排放的碳是怎么被“中和”的？

——专访北京冬奥会可持续性咨询和建议委员会低碳工作组组长周剑

中国环境报 2022.2.16

“绿色办奥”的理念让北京冬奥会着实火出了圈！各种“绿”科技让人应接不暇，也令不少外媒直夸“了不起！”

开幕式上主火炬出乎意料地变“小”，目的却是为了低碳、环保；“立春”“SPRING”“迎客松”等烟花字样惊艳世界，焰火弹药也均是高科技环保产品。冬奥组委办公区改造自原首钢园区，所有新建室内场馆和雪上场馆均达到绿色建筑三星标准；节能与清洁能源车辆在赛时车辆中占比超过八成……2月9日，国际奥委会和北京冬奥组委例行新闻发布会指出：“根据目前核算，北京冬奥会将实现全部碳中和目标。”

北京冬奥会是如何实现碳中和的？又是如何核算的？本报记者采访了清华大学能源环境经济研究所所长助理、北京冬奥会可持续性咨询和建议委员会低碳工作组组长周剑。

从163.7万吨到102.8万吨，北京冬奥会排放的碳为什么变少了？

1月28日，北京冬奥组委发布《北京冬奥会低碳管理报告（赛前）》（以下简称《报告》）。《报告》显示，2018年预估计算，北京冬奥会2016-2022年温室气体基准线排放总量为163.7万吨二氧化碳当量。排放量前三为：观众，占排放总量的49.6%；场馆建设改造，占21.4%；交通基础设施新建，占6.2%。

“2015年北京取得冬奥会申办权，2016年开始启动相关研究工作，当时办赛及筹备方案还未确认，国际奥林匹克委员会也缺乏核算方法学，参照往届奥运会和其他冬奥会办赛模式，尤其是涉及场馆建设等，我们只能估算碳排放量，随后根据赛事筹备工作进程，再去修订核算方法学的精细度，确保准确反映实际的排放量。”周剑告诉记者。北京冬奥会温室气体核算时间范围为2016年1月1日-2022年6月30日，分为赛前筹备、赛时运行和赛后拆除3个阶段。除北京冬奥会筹办和运行过程、场馆和交通基础设施外，观众产生的碳排放均纳入计算范围。

2021年，根据北京冬奥会赛事筹备动态及场馆建设实际活动水平数据，北京冬奥组委



对温室气体基准线排放量进行了修订。修订后，变化最大的当属观众部分。周剑告诉记者，原计划 1/3 的观众源于海外，由他们间接产生（乘坐航班）的温室气体排放会比国内观众多。受疫情影响，这一部分观众取消。因此，冬奥会人数由原来的 229 万人减少至 158 万人。相对 2018 年测算量，温室气体排放量减少 51.2 万吨二氧化碳当量。

“延庆赛区建设期方案发生变更，交通基础设施中的场馆联络线由原来地面公路变更为高架桥，新增 11 座桥梁。经计算，新增温室气体排放约 15.6 万吨二氧化碳当量；主媒体中心、五棵松冰球训练馆等场馆建设方案变更，新增温室气体排放约 4.5 万吨二氧化碳当量。”周剑介绍，基准线测算时，测试赛考虑了国内测试赛和国际运动员参加的国际测试赛，由于疫情，测试赛比赛场馆由 22 个场馆（竞赛及非竞赛场馆）变更为 12 个竞赛场馆，温室气体排放减少两万吨二氧化碳当量。变更修订后，北京冬奥会 2016 - 2022 年的基准线排放量约为 130.6 万吨二氧化碳当量，排放量减少 33.1 万吨二氧化碳当量。

据介绍，2016 - 2021 年实际温室气体排放总量为 48.9 万吨二氧化碳当量。《报告》预估，2022 年赛时及赛后处理阶段将产生温室气体排放总量为 53.9 万吨二氧化碳当量。预计 2016 - 2022 年北京冬奥会实际温室气体排放量为 102.8 万吨二氧化碳当量。

#### 碳排放是这样一点一滴减下来的

开幕式上主火炬的亮相方式惊讶了众人，“导演团队保密工作做得很好，和大家一样，我们也是播出那一刻才知道这种点火方式。”周剑表示。根据《报告》可知，大型活动包括火炬接力、城市活动、开闭幕式等，在基准线修订前后温室气体排放量均为 1.8 万吨二氧化碳当量，“此次点火方式的创新，也必然会带来一定量的减排。”

《报告》介绍，北京冬奥会的低碳管理包括两方面：一个是碳减排，一个是碳抵消。北京冬奥组委在 2019 年公布的《北京 2022 年冬奥会和冬残奥会低碳管理工作方案》，提出了北京冬奥会从低碳场馆、低碳能源、低碳交通和北京冬奥组委在行动方面采取的 18 项碳减排措施。通过冬奥组委低碳办公、低碳交通、低碳能源、低碳场馆等措施，最大限度进行碳减排。对无法避免及无法减排的排放量采取碳抵消措施，确保北京冬奥会碳中和目标顺利实现。

“北京冬奥会温室气体排放核算场馆为 25 个竞赛场馆和非竞赛场馆。”周剑说，2016 - 2021 年是冬奥会主要筹办阶段，减碳措施主要涉及场馆和基础设施建设过程，低碳交通和场馆运行的减碳措施主要体现在赛事期间，相关信息将在赛后报告中披露。此外，国家游泳中心、国家体育馆、五棵松体育中心、国家体育场等奥运场馆改造工程产生的碳排放，相比重新建设场馆可减少温室气体排放约 3 万吨二氧化碳当量。

提及富有特色的减排措施，周剑表示，国家速滑馆使用的马鞍形索网屋顶，实现 2 万平方米无立柱空间，用钢量仅约为传统钢屋面的 1/4。据悉，该技术可减少二氧化碳排放约 2000 吨。

国家速滑馆、首都体育馆、首体短道速滑馆、五棵松冰球训练馆 4 个冰上场馆 5 块冰面

使用最清洁、最低碳的二氧化碳跨临界直冷制冰技术，可大幅降低制冷系统功率，节约能源，实现更高质量的冰面。

此外，北京冬奥会积极推进超低能耗示范工程，五棵松冰球训练馆、延庆冬奥村 D6 居住团组、北京冬奥村赛事医疗用房均采用了超低能耗建筑技术，示范面积分别为 38960 平方米、10856 平方米和 1358 平方米，应用节能设计和新技术，使建筑运行更加高效节能。

北京冬奥会全部场馆还实现 100% “绿”电供应，并且部分场馆已提前在建设期就实现了 100% “绿”电供应。自 2019 年 - 2021 年 6 月 30 日，21 个北京冬奥会场馆（含北京冬奥组委首钢办公区）提前实现常规能源需求 100% 由可再生能源电力满足，绿电交易结算电量约 1.6 亿千瓦时。

### 三大企业赞助，分别捐赠 20 万吨减排量

1 月 4 日，中国石油收到了一份特殊“荣誉”——由北京冬奥组委颁发的“碳中和特殊贡献证明”牌匾，因其自愿赞助 20 万吨国家核证自愿减排量（CCER），用于碳抵消。

“我们从油、气、氢、餐、宿等方面提供保障，接棒成为北京冬奥会合作伙伴俱乐部轮值主席单位，从低碳能源、低碳交通等方面助力绿色冬奥。”中国石油相关人士介绍。

同为北京冬奥官方合作伙伴的国家电网、三峡集团，也以赞助核证碳减排量的形式，分别向北京冬奥组委赞助 20 万吨二氧化碳当量的碳抵消量。

北京冬奥会的碳减排措施颇具成效，但有一些排放仍无法完全避免，如来自新建建筑及运动员乘坐航班的排放等。除赞助企业自主行动和捐赠外，为抵消这些碳排放，本届冬奥会也采用了人工造林等林业碳汇、引导社会大众的碳普惠制等方式。

从申办北京冬奥会开始，造林项目就被确定为碳抵消的主要措施。2016 年 1 月 - 2021 年 11 月期间，张家口市 50 万亩京冀生态水源保护林建设工程的碳汇量，2018 年 1 月 - 2021 年 8 月期间，北京市 71 万亩新一轮百万亩造林绿化工程的碳汇量，均已核算并无偿捐赠给北京冬奥组委，预估碳抵消量分别为 57 万吨二氧化碳当量、53 万吨二氧化碳当量。

2020 年 7 月 2 日，北京冬奥组委正式发布并上线“低碳冬奥”微信小程序，利用数字化技术手段记录用户在日程生活中的低碳行为轨迹，减少日常生活的碳排放。截至 2021 年 12 月底，已有 110324 名用户参与。

“碳普惠制新兴，从方法学角度考虑，目前国际并没有达成一致意见，稳妥起见，这部分碳减排量暂时不考虑，我们只关注社会效果。”周剑告诉记者，综合测算，北京 2022 年冬奥会和冬残奥会产生的碳排放量将全部实现中和。

“我们会定期核算汇总碳排放量和减排措施效果。”周剑表示，为确保核算结果的可信度，北京冬奥组委还委托具有联合国指定经营实体（DOE）资质的核查机构，对碳管理工作全过程和碳排放量、减排量的核算实施第三方评估。

“赛事正在进行，实际排放量目前还不能作出预估，仍以《报告》为准，6 月底会发布赛后报告。”周剑说，赛后报告将补充赛时碳减排和碳管理相关工作情况，全面分析 2016 年

-2022年6月北京冬奥会全过程碳减排和碳抵消措施实施情况，呈现碳排放总量和碳中和结果等。

“从低碳角度看，这届冬奥会创立了北京冬奥会低碳管理核算标准，建立了覆盖基线/实际排放量核算、减排量核算及抵消全流程的碳中和方法学，将留下珍贵的低碳遗产。”周剑表示，这些遗产不仅对未来其他城市举办奥运活动提供借鉴，也将为中国重大活动提供低碳样本。（周亚楠）

## 35 条政策措施推进能源绿色低碳转型

中国电力报 2022.2.11

本报讯（记者支彤）报道2月10日，国家发展改革委、国家能源局发布《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》（以下简称《意见》），围绕制度建设、机制创新、深化改革和关键政策等提出10个方面35条政策措施。

《意见》指出，“十四五”时期，基本建立推进能源绿色低碳发展的制度框架，形成比较完善的政策、标准、市场和监管体系，构建能源绿色低碳转型推进机制。到2030年，基本建立完整的能源绿色低碳发展基本制度和政策体系，形成非化石能源既基本满足能源需求增量又规模化替代化石能源存量、能源安全保障能力得到全面增强的能源生产消费格局。

《意见》系统提出完善引导绿色能源消费的制度和政策体系，主要包括3个方面：一是完善能耗、碳排放管理和非化石能源目标制度。坚持把节约能源资源放在首位，强化能耗强度降低约束性指标管理，有效增强能源消费总量管理弹性。统筹考虑各地区可再生能源资源状况、开发利用条件和经济发展水平等，将全国可再生能源开发利用中长期总量及最低比重目标科学分解到各省（自治区、直辖市）实施，完善可再生能源电力消纳保障机制。二是建立健全绿色能源消费促进机制。推进统一的绿色产品认证与标识体系建设，建立绿色能源消费认证机制，推动各类社会组织采信认证结果。建立电能替代推广机制，通过完善相关标准等加强对电能替代的技术指导。完善和推广绿色电力证书交易，促进绿色电力消费。鼓励全社会优先使用绿色能源和采购绿色产品及服务，公共机构应当作出表率。三是推动提升工业、建筑、交通等行业领域终端用能低碳化和电气化水平，合理控制化石能源消费。

《意见》明确将建立绿色低碳为导向的能源开发利用新机制，主要举措包括4个方面：一是建立清洁低碳能源资源普查和信息共享机制。结合资源禀赋、土地用途、生态保护、国土空间规划等情况，以市（县）级行政区域为基本单元，全面开展全国清洁低碳能源资源详细勘查和综合评价，精准识别可开发清洁低碳能源资源并进行数据整合，完善并动态更新全国清洁低碳能源资源数据库。加强与国土空间基础信息平台的衔接，及时将各类清洁低碳能源资源分布等空间信息纳入同级国土空间基础信息平台 and 国土空间规划“一张图”。二是推动构建以清洁低碳能源为主体的能源供应体系。以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点，加快推进大型风电、光伏发电基地建设，对区域内现有煤电机组进行升级改造，探索建立送受两端

协同为新能源电力输送提供调节的机制，支持新能源电力能建尽建、能并尽并、能发尽发。三是创新农村可再生能源开发利用机制。在农村地区优先支持屋顶分布式光伏发电以及沼气发电等生物质能发电接入电网，电网企业等应当优先收购其发电量。鼓励利用农村地区适宜分散开发风电、光伏发电的土地，探索统一规划、分散布局、农企合作、利益共享的可再生能源项目投资经营模式。四是建立清洁低碳能源开发利用的国土空间管理机制。完善能源项目建设用地分类指导政策，调整优化可再生能源开发用地用海要求，制定利用沙漠、戈壁、荒漠土地建设可再生能源发电工程的土地支持政策，完善核电、抽水蓄能厂（场）址保护制度并在国土空间规划中予以保障，在国土空间规划中统筹考虑输电通道、油气管道走廊用地需求，建立健全土地相关信息共享与协同管理机制。

此外，《意见》针对适应能源绿色低碳转型的能源治理体系和治理能力，围绕深化能源体制改革提出一系列重要举措，包括建立全国统一电力市场体系，加快电力辅助服务市场建设，推动重点区域电力现货市场试点运行，完善电力中长期、现货和辅助服务交易有机衔接机制，探索容量市场交易机制，深化输配电等重点领域改革，通过市场化方式促进电力绿色低碳发展等。

## “十四五” 建立推进能源绿色低碳发展制度框架

中国能源报 2022.2.14

**本报讯（记者张胜杰）报道：**国家发改委、国家能源局2月10日发布的《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》提出，“十四五”时期，基本建立推进能源绿色低碳发展的制度框架，形成比较完善的政策、标准、市场和监管体系，构建以能耗“双控”和非化石能源目标制度为引领的能源绿色低碳转型推进机制。到2030年，基本建立完整的能源绿色低碳发展基本制度和政策体系，形成非化石能源既基本满足能源需求增量又规模化替代化石能源存量、能源安全保障能力得到全面增强的能源生产消费格局。

《意见》强调，要完善国家能源战略和规划实施的协同推进机制，完善引导绿色能源消费的制度和政策体系，建立绿色低碳为导向的能源开发利用新机制，完善新型电力系统建设和运行机制，完善化石能源清洁高效开发利用机制，健全能源绿色低碳转型安全保供体系，建立支撑能源绿色低碳转型的科技创新体系，建立支撑能源绿色低碳转型的财政金融政策保障机制，促进能源绿色低碳转型国际合作，完善能源绿色低碳发展相关治理机制。

在工业领域，《意见》要求引导工业企业开展清洁能源替代，降低单位产品碳排放，鼓励具备条件的企业率先形成低碳、零碳能源消费模式。

《意见》还指出，应立足以煤为主的基本国情，按照能源不同发展阶段，发挥好煤炭在能源供应保障中的基础作用。推动电力来源清洁化和终端能源消费电气化，适应新能源电力发展需要制定新型电力系统发展战略和总体规划，鼓励各类企业等主体积极参与新型电力系统建设。

## 研究显示：城镇化有助于中国实现碳中和

参考消息 2022.2.24

【美国《科学日报》网站2月22日报道】题：新增加的2.9亿城市居民有利于中国的气候平衡

与人们的普遍看法相反，事实证明，中国从农村向城市的大规模移民对中国的碳储量产生了积极影响。城镇化甚至可以在实现气候中和方面发挥作用。

这是丹麦哥本哈根大学研究人员通过分析大量卫星数据得出的结论。

城镇化是全球大部分地区出现的快速发展趋势。但没有哪个地方出现了像中国这样大规模的农村向城市的人口流动。过去30年里，中国有超过2.9亿人移居到城市。

城镇化通常被认为是一种会导致温室气体排放增加的趋势。人们认为，随着可以封存碳的森林被砍伐，为城市发展腾出空间，储存在森林中的碳会被释放出来，二氧化碳排放量会增加。

然而，在利用卫星观测技术绘制自然资源地图的遥感技术的帮助下，哥本哈根大学的研究人员现在驳斥了这种假设。相反，他们的研究表明，中国过去20年的城镇化导致生物量和碳储量的增加，而且这种情况不仅出现在农村地区，也出现在最近发展起来的城市中。这项研究结果发表在《自然·可持续发展》杂志上。

研究报告的第一作者、哥本哈根大学地理科学与自然资源管理系博士研究生张晓鑫说：“尽管这段时间的前半段的碳损失要归咎于城市的发展，但绿色政策倡议弥补了这种损失，并带来了一种总体平衡的效果。事实上，我们发现，气候账户上还略有盈余。”

从2002年到2010年，中国的城市地区出现了相当于2000万吨的初始植被地上碳损失。然而，在2002年至2019年间，城镇化区域的植被地上碳储量总量却增加了3000万吨。中国总的地上碳储量每年增加2.9亿吨。

中国的植树造林战略在最近几十年里栽种了数十亿棵树，在这个国家的碳平衡中发挥了关键作用。然而，新种植的森林并不能解释一切。

哥本哈根大学地理科学与自然资源管理系博士后研究员童晓伟说：“随着人们进入人口稠密的城市地区，留下了大片土地。这缓解了自然植被受到的压力，让新植被能够吸收碳。与此同时，农村地区的人口减少为在农村地区种植新树提供了更多空间。”

过去几十年，城市中的树木覆盖率也有所增加。中国政府的生态文明政策确保了一定比例的城市公园、树木、绿色屋顶、垂直花园等。

哥本哈根大学地理科学与自然资源管理系教授拉斯穆斯·芬肖尔特说：“中国可能有许多需要被批评的地方，但它在把绿色空间纳入城市规划方面非常先进。近年来城市地区碳汇的增加很可能是积极的城市绿化政策的结果。这弥补了城市开发过程中树木和植物被砍伐造成的二氧化碳排放。”

他还说：“这甚至表明，如果城市发展过程中保证有足够的绿色，城镇化可以成为减少二氧化碳排放的一个不可或缺的组成部分。”

地理科学与自然资源管理系助理教授马丁·布兰特说：“有一种说法认为，不断推进的城镇化只会毁掉大量植被，用混凝土和柏油路取代草木。我们证明了中国的情况并非如此。”

如果中国要在 2060 年前实现气候中和的目标，研究人员指出，光植树是不够的。

芬肖尔特说：“树木吸收二氧化碳的量和时间是有限的。到了某个时候，一片成熟的森林将完全停止捕获碳。因此，如果中国希望实现气候中和，仅仅多种树是不够的。因此，对他们来说，大幅减少化石燃料的排放至关重要。尽管如此，在这项研究中，我们观察到了可以称之为绿色转型的做法。”

布兰特说：“总而言之，来自中国的数据显示，如果条件合适，就可以扩大城市规模，同时增加碳捕获。这可能会对希望改善气候足迹和整体环境条件的低收入国家起到启发作用。”

## 能源绿色低碳转型有了“施工图”

经济日报 2022.2.25

为全面推动能源绿色低碳发展，国家发展改革委、国家能源局日前印发《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》，引发社会高度关注。专家表示，对标碳达峰、碳中和目标，现行能源体制机制和政策还存在一些不足，如能源输送等基础设施不适应新能源大规模发展，能源市场体系还不完善等。应坚持系统性、全局性思维，从顶层设计的角度统筹谋划能源绿色低碳转型的体制机制和政策措施。

### 以新能源为主体

“电力来源清洁化和终端能源消费电气化，是供给侧、消费侧结构调整的重要方向。随着用能体系中电力占比的提升以及新能源发电项目规模化接入，亟需构建以新能源为主体的新型电力系统。”水电水利规划设计总院副院长易跃春表示。

《意见》从电网建设、关键技术提升以及运行体制机制方面提出具体措施。一方面，要对现有电力系统进行绿色低碳发展适应性评估，在电网架构、电源结构、源网荷储协同、数字化智能化运行控制等方面提升技术水平和优化系统。另一方面，充分发挥电力市场机制作用，调动系统灵活性煤电机组、天然气调峰机组、水电等调节性电源，以及用户侧储能、电动汽车充电设施、分布式发电等电力需求侧负荷参与电力系统调节的积极性，通过市场机制的优化设计，充分挖掘电力系统清洁能源消纳潜力。

今年 6 月，安徽首个 35 千伏“5G+源网荷储”新一代变电站示范工程——淮北源网荷储一体化示范工程将建成投运，成为集“源、网、荷、储”多种要素的能源枢纽站，将大幅提升新能源消纳能力，削峰填谷，平抑新能源发电波动。国网淮北供电公司副总经理王克

杰介绍说，该工程投运后，通过源网荷储系统联合发挥作用，将极大提升电网智慧化水平，同时也对服务新能源发展、助力“双碳”目标实现具有里程碑式意义。

此外，《意见》还在降低非技术成本方面作了系统部署。国家能源局有关负责人表示，能源绿色低碳转型，实质是生产要素从高碳领域流向低碳领域的过程。实现先立后破、打破路径依赖，需要强有力的政策支持引导。《意见》系统提出完善有利于能源绿色低碳转型的土地、财税、金融、价格以及数据资源等政策，引导土地、资金、数据等生产要素投入清洁低碳能源领域，加强要素协同配置，加快推进能源绿色低碳转型。

### **推进电力市场化改革**

电力市场化改革为新型电力系统赋能，是促进电力系统绿色低碳发展，实现电力系统灵活高效、多元互动的助推器。“针对现行电网基础设施及电力系统运行机制不适应清洁低碳能源大规模发展的问题，《意见》提出了电力市场化解方案，将为新型电力系统建设和运行的关键领域提供体制机制和政策保障，体系性支撑清洁低碳能源大规模发展。”电力规划设计总院党委书记、院长杜忠明说。

大电网是我国实现能源资源全国优化配置的重要平台，需要进一步发挥作用。我国能源资源与需求逆向分布，客观上需要在全国范围内自西向东、自北向南大规模、远距离调配能源。

《意见》提出，进一步完善跨省跨区电价形成机制，促进可再生能源在更大范围内消纳。鼓励各地区通过区域协作或开展可再生能源电力消纳量交易等方式，满足国家规定的可再生能源消费最低比重等指标要求。

过去几年的发展经验表明，清洁低碳能源快速发展在为缓解能源资源约束和生态环境压力作出突出贡献的同时，发展不平衡不充分产生的清洁能源消纳问题严重制约着电力行业健康可持续发展。《意见》提出，建立全国统一电力市场体系，加快电力辅助服务市场建设。

杜忠明表示，“十四五”期间我国新能源不仅装机规模将进一步扩大，对新能源电量消纳利用水平也提出更高要求。为保障新能源电量高水平消纳利用，需要形成适应高比例可再生能源、完整统一的高标准电力市场体系。

### **创新农村新能源开发利用**

1月12日，国网嘉兴供电公司打造的“共富共享”数字化农业园新型电力系统在浙江平湖农业经济开发区（广陈镇）投入商业运营。“该模式使农业园能共享清洁能源发出的电，享受氢能、光伏、储能、充电桩建设红利，既满足企业用能需求，又降低用电投资成本，为推动传统农业加速升级提供强劲动力。”平湖农开区（广陈镇）党工委书记许建军说，“项目预计每年实现收益146万元。能耗问题解决了，越来越多的企业都来了，现在我们都叫这里‘农业硅谷’。”

农村地区能源绿色转型发展，是构建现代能源体系的重要组成部分，对巩固拓展脱贫攻坚成果、促进乡村振兴，实现“双碳”目标和农业农村现代化具有重要意义。

农村能源消费主要包括炊事、取暖、照明等生活用能，以及农林牧渔业等生产用能。自1979年以来，农业领域能源消耗的碳排放量一直呈上升趋势，能源消耗碳排放量从1979年的3002万吨持续上升至2018年的2.37亿吨，增长了近7倍。在“双碳”目标与乡村振兴战略的双重历史责任下，农村能源转型迫在眉睫。

《意见》明确，创新农村可再生能源开发利用机制。鼓励利用农村地区适宜分散开发风电、光伏发电的土地，探索统一规划、分散布局、农企合作、利益共享的可再生能源项目投资经营模式。鼓励农村集体经济组织依法以土地使用权入股、联营等方式与专业化企业共同投资经营可再生能源发电项目。

专家表示，农村能源转型是一个复杂的大课题，要防止一哄而上、重复建设。大面积推进前，可在乡村振兴重点帮扶县优先推进农村能源绿色低碳试点，充分结合各地资源禀赋，选择合适的新能源品种和发展模式，优先就地、就近消纳，减少能源输送距离和转化环节，提高农村能源资源综合利用效率。（王轶辰）

## 碳排放数据质量监管为何重要？

**数据质量是碳市场的生命线，提高碳市场数据质量有利于碳市场功能的发挥**

中国环境报 2022.2.21

2022年全国生态环境保护工作会议指出，做好全国碳排放权交易市场第二个履约周期管理，研究扩大行业覆盖范围和交易主体范围。健全碳排放数据质量管理长效机制，继续组织开展碳排放报告质量监督帮扶，严厉打击数据弄虚作假违法行为。

此前的2021年10月，生态环境部发布《关于做好全国碳排放权交易市场数据质量监督管理相关工作的通知》，明确提出各地生态环境部门切实提高对做好全国碳市场数据质量监督管理工作重要性的认识以及开展数据质量自查工作等内容。

碳数据质量为什么这样重要？哪些环节事关碳数据的真实性和准确性？

### 数据质量为何是碳市场生命线？

记者了解到，此前曾存在个别企业和单位碳排放数据弄虚作假事例扰乱碳市场秩序的情况发生，为了依法依规查处温室气体排放数据造假行为，生态环境部于2021年开展了针对电力行业的碳排放报告质量监督帮扶专项行动。

“碳核查是非常专业的工作，涉及能源类型、工业流程、废弃物处理等诸多环节，因此部分企业可能在短时期内无法掌握所有细节。通过监督帮扶活动，既可以帮助企业算清楚自己的碳排放，也帮助企业算清了碳资产，同时提高碳市场的数据质量，更有利于碳市场功能的发挥。”碳排放权交易湖北省协同创新中心常务副主任孙永平说。

“数据质量是碳市场的生命线，是全国碳市场平稳有效运行和健康可持续发展的基石。”一位业内人士分析称，“同时，企业碳排放数据质量也是维护市场信用信心和国家政策公信力的底线和生命线。”



碳排放数据的真实性与碳市场健康发展息息相关。2021年，生态环境部组织开展了全国碳排放报告质量专项监督帮扶第一阶段工作，重点对5个省份10个重点城市的264家控排电力企业开展碳排放报告质量核查督查，各工作组于2021年11月25日进驻相关城市，现场工作10天—14天左右。

### 如何强化保障数据质量？

自2013年以来，我国碳交易在试点地区做出了许多探索。其中，最重要的工作之一就是为全国碳市场MRV体系建设探路。

MRV体系主要由测量（Measurement）、报告（Reporting）和核查（Verification）3部分组成。依据“可测量、可报告、可核查”的原则和技术体系，可保证配额许可量和实际排放量的真实、准确、完整。它既是国际通行做法的良好实践，也是我国碳市场建设取得成效的制度保障。

“现阶段全国碳市场的建设体系，也将从测量、报告和核查三方面强化保障碳市场数据质量，确保实现全国碳市场的平稳有效运行和健康持续发展。”中环联合认证中心副总经理刘清芝此前接受本报记者采访时表示。

其中，测量是指重点排放单位按照统一的方法监测与核算自身的碳排放量。测量的技术与结果直接影响碳排放量的准确性和可靠性，因此需要摸清重点行业整体技术工艺和设备水平、资源能源利用水平、能源消耗计量水平和实验室实测分析水平来确定测量规则和方法。

报告是指重点排放单位将测量、计量或核算的温室气体排放量，提交给主管部门的过程。核查则是邀请第三方专业机构对排放单位的温室气体排放报告进行审核，并判断其核算和报告是否符合要求的活动。

“从国内外经验来看，碳核查既是数据质量保证的通行做法，也是提升数据质量的有效手段。”碳交易研究领域一名专家指出。

为了做好碳数据核查，我国自2013年启动“6+1”试点碳交易以来，试点地区碳交易主管部门均组织对重点排放单位历史年份和履约年份数据开展了核查。碳排放核查为试点碳交易数据提供了质量保证，对试点碳交易的平稳、顺利运行作出了重要贡献。

今后，围绕全国碳市场，省级生态环境主管部门既可以委托系统内的技术支撑单位开展核查工作，也可以采取政府购买服务方式，委托社会技术服务机构开展核查工作。（于天昊）

## 碳捕集与利用技术的碳排放大于碳捕获

中国科学报 2022.2.21

大多数碳捕集与利用（CCU）技术从空气中提取二氧化碳，并将其用于其他减排过程。而一项近日发表于One Earth的新研究发现，大多数CCU排放的碳比它们捕获的要多。这一发现表明，吸引了数十亿美元投资的CCU项目，对实现《巴黎协定》的排放目标（将温度上升幅度限制在1.5摄氏度以内）可能并没有多大帮助。

CCU 技术将二氧化碳从大气中除去，或者直接从空气中捕获，或者从污染源处吸收二氧化碳，然后将其用于制造燃料、塑料和混凝土等。与简单的碳捕集技术不同，CCU 技术不会长期储存二氧化碳——要么利用能源将二氧化碳转化为燃料，要么利用二氧化碳本身驱动其他工业或农业项目，如开采石油或种植植物。

荷兰奈梅亨大学的 Kiane de Kleijne 和同事根据 3 个标准评估了 40 多个 CCU 技术过程的生命周期，即它们能否永久储存二氧化碳、收集的二氧化碳是否来自大气和自然资源、这一过程是否零排放。

Kleijne 及其团队发现，这些技术中的大多数都不符合这些标准，40 种技术中有 32 种排放的碳比它们捕获的多。只有 4 种方法可以在低碳排放的情况下投入使用，包括在混凝土生产和石油提取中使用二氧化碳相关技术。

“如果你不得使用这样一种技术，而这种技术不具备真正大幅减少排放的潜力，那么这种情况可能是不可取的。” Kleijne 说。

英国爱丁堡大学的 Stuart Haszeldine 也表示：“从事这些活动实际上消耗了更多的碳。”

“许多技术似乎还没有做好大规模部署的准备，因此它们可能无助于在 2030 年前实现《巴黎协定》的排放目标。” Kleijne 说，“2030 年很快就会到来，而许多技术仍处于开发阶段。”

Kleijne 希望这项研究最终被用来帮助决策者和投资者决定哪些技术值得投资。（文乐乐）

#### 四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

## 二氧化碳快速“造冰”技术打造“最快冰面”

科技日报 2022.2.8

北京冬奥会已拉开大幕，美丽低碳的冬奥场馆也吸引了越来越多关注的目光。为了给参赛选手良好的冰面体验，帮助他们发挥出最佳的竞技水平，天津大学马一太、田华教授团队在国家重点研发计划——科技冬奥专项支持下，通过校企合作，研发了国际先进的二氧化碳跨临界直冷制冰技术，为各国运动员支撑建造了“最美、最快的冰面”。

花样滑冰和短道速滑两个项目在首都体育馆举行。对于这两个项目而言，优质的冰面有助于运动员取得更好成绩，而获得优质冰面除了制冰师高超技艺外，制冰系统所决定的冰面温差均匀性和软硬度均匀性则是关键性基础。

制冰机是人工冰场建设的关键核心，从历届冬奥会冰场制冰机来看，主要采用氟利昂等人工合成制冷剂技术或者氨制冷技术，前者具有严重的温室效应问题、后者具有安全隐患。

以二氧化碳为制冷剂、冰面下直接蒸发的制冰机技术被认为是一种绿色低碳、高效节能的方案，但其技术一直掌握在欧美等国家企业手中。此次以绿色、科技冬奥为契机，通过产学研协同攻关，欧悦冰雪投资管理（北京）有限公司、天津大学和艾斯特制冷与太阳能技

术（北京）有限公司等8家单位联合研发、设计和建造了具有自主知识产权的二氧化碳跨临界直冷制冰机组，在首都体育馆冰场进行示范应用，服务冬奥会和国家冰雪战略。

田华介绍，该方案从二氧化碳制冰系统压缩、冷却、节流和蒸发四个过程进行节能设计：针对压缩过程采用双级压缩让源头耗能实现“事半功倍”；针对冷却过程设计全显热回收对冷却热量进行回收，实现冰场浇冰、融雪等不同温度热水需求；针对蒸发过程采用在冰面下直接蒸发吸热为冰场提供稳定的冷量供应，并优化设计冰下蒸发盘管和土建保障冰面温度均匀。

值得一提的是，本方案制冰机从关键部件到整机集成，均实现国内设计、加工、组装和运行，尤其是水冷式气冷器是国际上首次应用，有效解决了首体冷却回路长的工程问题。

“方案的系统综合节能达到50%以上，冰面温差控制在0.3—0.4℃以内，无论是综合能效还是冰面温差均达到国际先进水平，从而为运动员提供一个软硬度均匀稳定的优质冰面。”田华说。

此外，由于首都体育馆同时承办花样滑冰和短道速滑两个项目，两者对冰面的冰层厚度和冰面温度有不同的严格要求，需要根据赛程不断进行两块冰的快速转换。

项目组也充分利用了二氧化碳制冰温度均匀的特点，结合精准控制系统和线性降温策略，实现2小时内的快速、高效冰面转换，远远小于国际奥委会3小时冰面转换的要求。

天津大学是国内最早开展二氧化碳跨临界制冷热泵技术研究的团队之一。设备所采用的二氧化碳跨临界直冷制冰技术是国家重点研发计划科技冬奥专项“制冰机研发及应用示范”项目的核心成果，田华教授为项目负责人。（陈曦 刘晓艳）

## 科学家从煤垃圾中提取稀土元素

中国科学报 2022.2.11

**本报讯** 对智能手机和电动汽车至关重要的稀土元素，如今可以从煤炭废料中提取，而不仅仅依赖于地下开采。

由于具有磁性和电子特性，钷、铈、铀和其他曾经鲜为人知的稀土元素，目前在手机触摸屏、电动汽车电机、风力涡轮机和其他现代技术中应用广泛。不过，开采它们却是昂贵和低效的，因为必须挖掘大片土地才能获得少量矿产。

美国莱斯大学的 James Tour 和同事提出了一种从粉煤灰中回收此类金属的方法。粉煤灰是发电厂燃烧煤炭后留下的一种黑色细粉末。

他们开发出一种名为“闪光焦耳加热”的技术，即将粉煤灰填充到石英管中，并通过大电流在1秒钟内将其加热到3000摄氏度。相关成果发表于2月9日出版的《科学进展》杂志。

这种快速加热还能将磷酸盐中的金属转化为更容易用弱酸分离的氧化物。

“每吨粉煤灰只含有大约半公斤的稀土元素，但由于我们有几十年煤炭燃烧留下的堆积

如山的粉煤灰，所以可以提取的稀土元素总量是巨大的。” Tour 说。

研究人员还发现，“赤泥”（铝生产过程中产生的废物）以及被磨成粉末的废弃消费电子产品，也可以以同样的方式回收稀土元素。

“快速加热过程会从这些材料中释放出有毒重金属，但后者很容易被捕获。” Tour 说，“剩下的灰烬可以与混凝土混合，以便回收利用。”

目前，这项技术已被授权给一家名为 Universal Matter 的公司，该公司将设法扩大生产规模并提取具有商业价值的稀土元素。（李木子）

## 不用烧、不用填 生物处理技术出手，垃圾成资源

科技日报 2022.2.9

与传统的填埋、焚烧等其他废物处理处置方法相比，生物处理技术主要对废物中的有机成分进行处理。生物处理技术不仅能实现有机固体废物的减量化，还能变废为宝，将废物转换为有机肥料以及生物质天然气等能源产品。

国家发改委近日发布《关于加快废旧物资循环利用体系建设的指导意见》，要求到 2025 年，废旧物资回收网络体系基本建立，其中包括 1000 个以上绿色分拣中心；废钢铁、废纸、废塑料等 9 种主要再生资源循环利用量达到 4.5 亿吨等。

我国每年所产生的固体废物数量巨大，这些固体废物已成为环境的重要污染源。其处理方法主要有填埋、焚烧及生物处理等，处理的最终目标是无害化、减量化和资源化。生物技术可以对固体废物中的哪些物质进行处理？处理后能达到怎样的效果？运用生物技术处理固体废物又会面临哪些挑战？

### 固体废物被转化成生物能或有机肥

全国人大常委会执法检查组检查固体废物污染环境防治法实施情况的报告显示，我国每年产生固体废物超过 100 亿吨。其中，每年产生的畜禽养殖废弃物近 40 亿吨、主要农作物秸秆约 10 亿吨、一般工业固体废物约 33 亿吨、大中城市生活垃圾约 2 亿吨，固体废物产生量呈增长态势。

威立雅集团中国负责人告诉科技日报记者，与传统的填埋、焚烧等其他废物处理处置方法相比，生物处理主要是处理废物中的有机成分。

同济大学生态文明与循环经济研究所所长杜欢政教授表示，生物处理技术是利用微生物分解固体废物的处理技术。生物处理技术主要包括好氧堆肥技术、厌氧发酵技术和生物转化等。被处理的有机固体废物包括污水污泥、厨余垃圾、农业秸秆、园林垃圾、畜禽粪污、食品加工行业废弃物等。

好氧堆肥技术是指有氧的条件下，细菌、真菌、放线菌、纤维素分解菌、木质素分解菌等好氧微生物分泌在细胞内合成在细胞外起作用的酶——胞外酶，将固体废物中的有机成分分解为可溶性的有机质。这些有机质再渗入微生物细胞中，参与新陈代谢，从而实现固体废物

物向腐殖质转化，最终达到腐熟稳定，成为有机肥料或有机土壤等。而好氧堆肥反应会产生热量和二氧化碳。

厌氧发酵技术是在无氧的条件下，利用厌氧或者兼性厌氧微生物降解有机固体废物，并获得甲烷和二氧化碳。该技术不仅能够实现垃圾无害化和减量化，还可以获得生物能甲烷和氢气，实现固体废物的资源化利用。

不过，在将有机物转化为沼气（即甲烷和二氧化碳）时，还会产生沼渣、沼液。厌氧发酵产生的沼渣、沼液富含未降解的有机物和矿物质，根据我国相关法规，还需要进行另一阶段的处理后进行回收。“这是一个连续的过程。厌氧发酵工艺目前是处理厨余垃圾的主要工艺，近年来，在垃圾分类收集政策实施后，该技术在北京、上海等主要城市已获得逐步发展和应用。”威立雅集团中国负责人说。

生物转化是利用昆虫将有机废物转化为蛋白质和肥料的生物过程。整个过程产生的高质量蛋白质，可作为动物饲料，满足动物生长的营养需求。

杜欢政告诉记者，生物处理技术不仅能实现有机固体废物的减量化，还能变废为宝，将其转化为有机肥料以及生物质天然气等能源产品。

### 生物处理固废技术取得良好效果

近年来，我国在生物处理固体废物方面取得了大量的技术创新和成功案例。

“单品类有机废物厌氧发酵过程经济性较差，同济大学循环经济研究所联合企业共同研发了多元固废厌氧共发酵工艺技术，可实现规模化处理农作物秸秆、畜禽粪污以及餐饮垃圾、厨余垃圾、园林绿化废物等多种城乡有机废物。”杜欢政说，他们基于微生物技术研究获得复合产甲烷菌，让有机废物进入厌氧系统进行发酵，产生生物质天然气。他们的复合菌可缩短有机物降解周期、提升天然气产量。

江苏连云港市推出的餐厨垃圾处理项目，利用有机废物或厌氧发酵后的副产物沼渣养殖蝇蛆等昆虫，从而获得蛋白和肥料。即通过自动化上料设备，将装有蝇蛆卵的养殖盒送入育苗单元房进行养殖。经3—4天的养殖孵化后，分盒加料后送到快速生长单元房养殖，养殖约4天后再通过筛分设备将成虫和虫粪分离。分离后的成虫是各类饲料蛋白的理想原料，可供应给禽类养殖场、水产、宠物等行业；虫粪是有机肥，可用于有机绿色农产品生产中。

杜欢政说，诸多生物处理固体废物技术以及创新，目前已经在琼海市生物天然气项目、广州东部生物质能利用项目、宁波市餐厨垃圾处理项目、连云港市餐厨垃圾处理项目等获得综合应用，获得了良好的效果。

生物处理固体废物技术还在不断突破中，应用范围也日益扩大。中国科学院武汉岩土力学研究所科研人员发现，微生物矿化技术在固体废物强度提升和重金属稳定方面效果显著。与传统水泥基固化稳定化相比，微生物反应材料扰动性小，生物黏结产物与基质颗粒间力学相容性良好，特定条件下微生物法产生的材料，黏结强度远高于水泥，并可保持基质的透水性、具有更高的环境稳定性。通过微生物矿化技术，有利于将固废材料作为土工材料而实现

资源化利用，而且固化过程不排放二氧化碳。

### 实现技术产业化需形成耦合协同效应

随着我国主要城市逐步推进生活垃圾分类，有机垃圾数量持续增加，我国也新建了大量生物处理固体废物的项目。但杜欢政表示，生物处理技术仍存在诸多挑战，比如好氧堆肥法占地面积大，邻避效应强，在中大型城市难以推广。厌氧发酵法经济性差、产气率低，生物质天然气的能源转换效率低，能直接将天然气并网的项目较少，大部分是转换为电能，存在较高的能量损失；副产物利用率低，大部分项目产生的沼渣、沼液不能资源化利用，还需投入较高水处理与焚烧处理成本；预处理技术有待进一步提高，国内垃圾分类尚处于起步阶段，收运的有机垃圾中会含有大量杂质，对厌氧发酵影响较大。

“目前，通过生物处理技术产生的资源和能源，种类多、品质差异大且分布散，已有的收运体系和资源化利用方式都是从单一类别考虑，没有形成耦合协同效应，导致全量收运难、持续盈利难。此外，产生的有机肥料销路较差，大部分还只是政府园林绿化采购。”杜欢政说。

威立雅集团中国负责人建议，生物转化产业化发展的关键，在于如何鼓励最终用户了解、接受和使用更多的生物转化产品。这需要政府、企业和最终用户共同合作，制定激励性的产业政策。

固体废物处理从物理、化学方法处理发展到生物处理，杜欢政认为，生物处理具有低成本、绿色环保、可资源化利用等优点，从某种意义上说，是比物理、化学方法更优的垃圾处理路径。但是可用生物处理技术进行处理的有机固体废物来源广泛，并隶属于不同的管理部门。比如农业秸秆、畜禽粪污归农业部门管理，污水污泥、厨余垃圾归住建部门管理，园林垃圾归园林部门管理，在处理过程中，各种有机固体废物难以相互匹配和耦合，无法实现效益的最大化。因此，他建议，各部门需把与固体废物处理的有关政策集中起来，解决单品类有机废物生物处置经济性较差等问题，促进产业的协同共生、可持续发展。（李禾）

## 工业资源如何综合利用

经济日报 2022.2.17

为进一步提升工业资源利用效率，工业和信息化部、国家发展改革委等八部门近日印发《关于加快推动工业资源综合利用的实施方案》。

“十三五”期间，我国工业资源综合利用行业不仅技术装备水平有效提升、产品日益丰富，还涌现出多种基于地方特点、成熟可推广的产业发展模式，带动产业规模不断壮大。据估算，2020年我国大宗工业固体废物综合利用量20亿吨，再生资源回收利用量约3.8亿吨，资源综合利用已经成为保障我国资源供应安全的重要力量。

“我国工业资源综合利用产业实现高质量发展，仍面临一些问题。”工业和信息化部节能与综合利用司司长黄利斌介绍，当前固体废物产生量大、堆存量多，废玻璃等低值化废旧

物资回收率低；企业技术装备水平不高，部分关键技术尚未突破，高附加值、规模化利用能力不足。此外，报废可再生能源设备、快递包装废物等新兴固废大量产生，缺乏有效利用途径和技术路线，综合利用难度大等问题亟待解决。

为此，《实施方案》给出了解决方案：聚焦当前社会关注热点难点问题，完善废旧动力电池回收利用体系，深化废塑料循环利用，探索新兴固废综合利用路径，推动再生资源高值化利用；在强化跨产业、跨地区协同利用，推动工业装置协同处理城镇固废，推进关键技术研发示范推广，加强数字化赋能和示范引领等方面下功夫，持续提升行业发展能力。

如何提升工业固废综合利用效率？《实施方案》提出，应在巩固“十三五”发展成效基础上，进一步推动工业固废规模化高效利用；瞄准工业固废综合利用水平提高的薄弱环节和产业堵点，着力提升复杂难用固废综合利用能力，重点推动磷石膏综合利用量效齐增、提高赤泥综合利用水平；从推动技术升级和优化产业结构两方面减少工业固废产生。

与此同时，《实施方案》还为行业发展提出具体目标：到2025年，钢铁、有色、化工等重点行业工业固废产生强度下降，大宗工业固废的综合利用水平显著提升。力争大宗工业固废综合利用率达到57%；主要再生资源品种利用量超过4.8亿吨。

“下一步，我们将利用国家和地方现有资金、金融渠道及社会资本，支持工业资源综合利用项目建设。落实资源综合利用税收优惠政策。”黄利斌表示，工信部将研究制定工业资源综合利用管理办法，鼓励地方出台地方性法规，建立激励和约束机制；设立工业资源综合利用行业标准化技术组织，加快标准制修订，推动《实施方案》落实，确保上述目标如期实现。（李芑达）

## 药物污染蔓延至全球河流

参考消息 2022.2.17

【埃菲社马德里2月14日电】在一项全球调查中，所分析的四分之一的河流含有潜在有毒的药物活性物质（PAF），而在巴基斯坦的拉合尔、玻利维亚的拉巴斯和埃塞俄比亚的亚的斯亚贝巴等城市的河床上观察到平均累积浓度最高的潜在有毒药物活性物质。

一个研究小组分析了104个国家258条河流沿线1052个地点61种活性物质的浓度，这些河流包括泰晤士河以及流经巴西的亚马孙河，对4.714亿人产生了环境影响。研究结果由美国《国家科学院学报》月刊在今天公布。

这项研究指出，所有大陆的河流都受到药物污染的影响。其中最严重的污染样本在欧洲采集自马德里，在美洲采集自哥斯达黎加圣何塞，在澳大利亚采集自阿德莱德。

研究强调，超过四分之一的采样点至少有一个PAF超过被认为对水生生物或者抗菌药物耐药性安全的水平。作者认为，这一结果表明药物污染在环境中达到一定规模。

在撒哈拉以南非洲、南亚和南美洲、中低收入国家以及与废水和废物管理基础设施薄弱的地区，这些污染物的累积浓度最高。

研究发现，拉合尔、拉巴斯和亚的斯亚贝巴是这些物质平均累积浓度最高的城市。在被分析的河流中检测到的最常见的药物活性物质是卡马西平、二甲双胍和咖啡因。在潜在有害浓度中发现的其他污染物是普萘洛尔（用于高血压等心脏问题）；磺胺甲恶唑（抗细菌感染的抗生素）或氯雷他定（抗组胺药）。

药物活性物质浓度最高的是对乙酰氨基酚，在塞克河（拉巴斯）的一个采样点发现，研究小组在那里观察到化粪池枯竭和采样点上游垃圾填埋的证据。

药物活性物质暴露于环境会损害生态系统，并可能通过微生物抗药性等机制损害人类健康。亚马孙河、密西西比河、泰晤士河和湄公河等河流在不同的地点取样，这些地点跨度巨大，从委内瑞拉的亚诺马米村到德里、伦敦、纽约、拉斯维加斯、拉各斯（尼日利亚）。

这项研究是加拿大约克大学领导的全球药物监测项目的一部分，是第一次对药物对环境的污染进行全球研究。

研究人员希望，通过加强对环境中药物的监测，可以制定战略来限制污染物的潜在影响。

全球药物监测项目联合主任约翰·威尔金森说，20多年前，人们就知道药品会进入水环境，从而可能“影响生物的特性”。

然而，几乎所有可用数据都集中在北美、西欧，尽管通过这一新项目，对水环境中药物全球分布状况的了解“大大增加”。

## 资源化利用二氧化碳 有了明确的催化反应控速步骤

科技日报 2022.2.16

科技日报讯（记者陈曦）日前，天津大学新能源化工实验室与丹麦技术大学物理系合作在二氧化碳资源化利用领域取得突破，揭示了二氧化碳电化学还原反应的控速步骤，在该研究方向提出了全新的机理认识。相关成果发表于《自然·通讯》杂志。

大气中二氧化碳等温室气体含量的逐年增加造成愈发严重的全球气候变暖。利用太阳能等可再生能源产生的电能将二氧化碳高效转化为化学品是其资源化利用的重要方向。研究表明，二氧化碳电化学还原制一氧化碳和甲酸盐的选择性可以接近100%，具有工业化生产潜力，是缓解温室效应和实现绿色碳循环的有效技术路径。

明确催化反应的控速步骤是设计高性能催化剂和反应系统的关键。研究团队提出了一种有效解析二氧化碳电化学还原制一氧化碳和甲酸盐反应控速步骤的方法。团队基于Butler-Volmer原理，推导出了不同潜在控速步骤条件下的反应速率表达式，通过结合反应动力学解析，明确两电子转移二氧化碳电化学还原反应控速步骤为二氧化碳吸附过程。这一研究结果表明了提高反应效率的关键在于增强二氧化碳的吸附。

本研究工作的主要完成者之一、博士研究生邓万玉表示：“该成果不仅可以为减少碳排放、缓解温室效应的电催化技术提供对反应机理的新认识，还有利于我国抢占二氧化碳利用技术的国际制高点，具有重要的战略意义。”



# 生物甲烷发电量创新高

中国能源报 2022.2.7

**本报讯** 据行业研究机构阿格斯报道，欧洲沼气协会（EBA）近日称，统计数据显示，2021年，欧洲沼气和生物甲烷发电总量突破200太瓦时，创下新的历史纪录。

该协会表示，过去18个月里，欧洲共投运了300家新的生物甲烷工厂，总数量已经增加到1023家，其中有87%已连入欧洲各国的燃气网。

欧洲天然气基础设施组织秘书长 Boyana Achovski 表示，生物甲烷是目前欧洲唯一可用且可持续的可再生燃料，并且能够使用现有的天然气基础设施。

根据EBA的预测，到2050年，生物甲烷将占欧盟天然气消费量的30% - 40%，预计发电量至少可达1000太瓦时。EBA负责人 Harmen Dekker 呼吁欧洲各国对生物甲烷予以政策支持。（仲蕊）

## 你看不见的微生物正成为污水治理生力军

科技日报 2022.2.17

利用微生物技术处理城乡污水，能耗低、效率高、剩余污泥量少、操作管理方便，还可实现磷回收和处理水的回收利用等。目前微生物技术已逐步发展成为解决水污染等突出环境问题的有效手段。

水是社会持续发展必不可少的重要资源。随着城市化发展、工业化推进，越来越多不易去除的污染物质进入自然水环境，对水质造成影响，并最终危害人类健康。

长期实践证明，传统污水处理方法已经很难满足现有水中污染物的去除需求，因此研究和开发新型有效处理技术是当前的主要任务。

微生物处理技术凭借其污染物治理效果好、优势菌种富集率高、微生物活性高、抗环境干扰能力强、经济成本低以及可重复利用等优势得到了国内外众多学者的关注。随着技术的发展，能够“吃污”的微生物，在污水处理领域逐渐得到广泛应用。

### 微生物技术处理城乡污水优势明显

水的污染，通常指人为原因造成的水质恶化以及水使用价值的降低，其中的主要污染物包括固体废弃物、需氧有机物、难降解有机物、重金属、植物营养物质、酸、碱和石油类物质等化学物质。

目前，传统污水处理，或通过重力沉降、混凝澄清、浮力浮上、离心力分离、磁力分离等物理方法对不溶态污染物进行分离，或通过酸碱中和法、化学沉淀法、氧化还原法等化学方法让污染物发生转化。此外，还可通过利用吸附法、离子交换法、膜分离法、蒸发法、冷冻法等对水中的溶解态污染物进行分离。

但这些传统方法中，利用物理方法进行污水治理的污水处理厂，通常占地面积大，基建费、

运行费高，能耗大，管理复杂，易出现污泥膨胀现象，设备不能满足高效低耗的要求；化学方法运行成本高，需消耗大量的化学试剂，易产生二次污染。

利用微生物技术处理城乡污水，能耗低、效率高、剩余污泥量少、操作管理方便，还可实现磷回收和处理水的回收利用等。长期从事生物工程和环境治理研究的内蒙古包头轻工职业技术学院教师王美霞说，目前微生物技术已逐步发展成为解决水污染等突出环境问题的有效手段。

### 小小微生物“实战”建奇功

虎年新春，贵州威宁草海雪后初晴，数百只黑颈鹤在湖面翩翩起舞，成群灰雁时而低鸣翱翔，时而在水中游憩，白鹭在岸边踱步捕食，引得路人驻足观赏，拍照录像。威宁草海是典型的高原淡水湖，也是贵州最大的天然淡水湖。过去几十年间，随着人口增多、人类活动频繁，威宁草海一度濒临消失，水体富营养化突出。

贵州大学副校长周少奇率领的团队，攻克了国际上生物脱氮研究领域长期无法逾越的难题，巧用微生物脱氮技术，让草海重获新生。同时，周少奇团队还把新技术与工程化应用推广到城市污水、炼油废水、垃圾渗滤液和农村污水等领域，治污效果显著。

2016年，长沙高新区肖河、雷锋河黑臭水体引人诟病。湖南三友环保科技股份有限公司利用水体微生物活化系统，在短短一个半月时间里，便消除了肖河的黑臭问题，让微生物技术名声大噪。“我们通过有效激活水体微生物，使之不断大量繁殖，以重组、完善和优化水体微生物生态系统，促使水体恢复自净能力。”该公司的易境博士介绍说。

无独有偶，在上海市杨浦区长海新村西湖园，被大片蓝藻覆盖的水塘中，浊绿的脏水变成了鱼儿畅游其间的清流，湖水水质也从劣五类变为二、三类。创造这一奇迹的，是同济大学环境新技术团队研发的创新技术——水体微生物活化系统。这一技术也应用于云南滇池东岸30万平方米的海东湿地生态修复净化工程。

2021年我国推出了多项涉及污水处理的政策，以推进污水资源化利用，污水年处理量得以提升，工业污水处理投资增加。目前，随着科技成果的转化和国内一批生物环境治理企业的兴起，微生物污水处理将被广泛应用于建筑、农业、交通、能源、石化、环保、城市景观、医疗餐饮等各个领域。（赵汉斌）

## 升级 PET 水解酶，再造超级塑料“食客”

科技日报 2022.2.17

当前最常用来进行 PET 的降解与循环再利用的方法需要加入有毒试剂，这不仅会造成二次污染，而且降解产物很难循环再利用。因此发展绿色温和的 PET 水解酶，并回收水解产物用于 PET 再生，一直是科研人员的目标之一。

在众多塑料制品中，生产和使用最多的是聚对苯二甲酸乙二酯（PET）塑料，然而对于 PET 的降解和循环利用却是一个国际难题。近日湖北大学生命科学学院、省部共建生物催化

与酶工程国家重点实验室郭瑞庭教授和陈纯琪教授团队在前期工作基础之上，对 PET 水解酶机制进行了解析及性能提升改造，使之具有高效水解功能。该研究成果 2 月 15 日以封面文章发表于国际学术期刊《美国化学学会 - 催化》上。

### 解析结构，助力 PET 水解酶改造

塑料制品的出现给人类的生活带来了很大的便利，人们在享受这一便利的同时，也承受着塑料污染对自然环境和人类健康的巨大负面影响，全世界都在想尽办法解决塑料污染问题。

在所有塑料制品中，PET 塑料使用量巨大，当前最常用来进行 PET 的降解与循环再利用的方法需要加入有毒试剂，这不仅会造成二次污染，而且降解产物很难循环再利用。

发展绿色温和的 PET 水解酶，并回收水解产物用于 PET 再生，一直是科研人员的目标之一。

“要使 PET 达到最好的降解效果，需要水解酶能够在 PET 玻璃态的温度范围内（65℃—70℃）或高于这个温度下进行反应。”陈纯琪表示，如果能提高 PET 水解酶的耐热性，一些 PET 塑料就能通过用酶清洗实现回收利用，就像含酶的洗涤剂可以分解脏衣服上的食物污渍一样。

陈纯琪注意到日本研究团队曾公布了一个耐热角质酶 ICCG，它的最适反应温度达到了 65℃，是已知 PET 水解酶中活力最高的。“ICCG 为何不同于其他 PET 水解酶，水解活力和耐热性都异常突出呢？如果能了解 ICCG 独特的作用机制，我们也有可能从中得到启发，获得更具热稳定性的 PET 水解酶。”陈纯琪说。

郭瑞庭、陈纯琪一直深耕于 PET 水解酶领域，2017 年团队在国际上首次解析了 PET 水解酶 IsPETase 的晶体结构，随后在 2021 年又首次发现了影响 IsPETase 水解 PET 的关键二元体。

“我们充分运用了团队在结构生物学和理性设计及改造方面的研究专长，使用结构生物学的手段解析了 ICCG 的失活突变体（S165A）与底物 MHET 的复合体结构。”郭瑞庭解释道，结构解析发现，MHET 结合在酶表面的活性凹槽内，4 个突变体中的 2 个位于 MHET 的结合位点附近，其中 G127 位于酶的表面，与 MHET 结合的活性凹槽邻近，I243 的存在扩大了底物结合通道，这可能增加了 PET 的结合能力，这个特征也揭示了 I234 突变体可能具有更高的 PET 水解活性。”

### 内外兼顾，实现 PET 高效水解

“有了复合体结构作为基础，我们接下来的 ICCG 耐热性改造就可以做到有的放矢。”陈纯琪解释说，“为了增加耐热性，我们采取内外兼顾的策略改造 ICCG，即增加蛋白质内部的疏水相互作用和增加蛋白质表面脯氨酸的亲水相互作用。我们共选择并构建了 27 个突变体，其中有 7 个突变体在 90℃ 时比 ICCG 具有更高的活性。”

团队进一步将这 7 个突变体组合突变，筛选获得 5 个活性明显提升的三突变体。最后，

优中选优，得到3种活性更高且变性温度比ICCG高出3℃的突变体（RIP、KIP和KRP）。

为了进一步探索突变体热稳定性增加的分子机制，结构生物学的手段被再次运用。结果显示，突变分别在酶的外壳、中层、核心产生了稳定结构的效果，“我们猜测是这些个别效应叠加起来增进了蛋白质整体的耐热性。”陈纯琪说。

本研究成果的获得，更加清晰地阐述了PET水解酶的分子机制，同时也证明了增加耐热性对PET生物降解的重要性。为发展闭环式循环PET生物降解平台提供了一个新的思路。（陈曦）

## 资源化利用二氧化碳取得新进展

参考消息 2022.2.22

【香港《南华早报》网站2月20日报道】题：中国与丹麦合作开展的研究朝将二氧化碳转化为某种原材料的方向迈进了一步（记者 谢艾可）

来自中国和丹麦的研究人员说，他们朝利用电将二氧化碳转化为某种原材料的方向迈出了重要一步。将二氧化碳转化为原材料可以大大促进减排努力。

关于这项研究的论文17日发表在经过同行评审的英国期刊《自然·通讯》上。研究人员在论文中指出，他们在二氧化碳电化学还原反应方面的研究取得了进展。

电化学还原法指的是，把二氧化碳转化为一氧化碳和甲酸盐之类的单碳产品。它可以提供一种办法，将温室气体转化为增值化学品和燃料。

研究论文的作者之一、丹麦技术大学副教授布赖恩·西格说：“这不是该领域的第一项研究，但我认为（在解释反应机制方面）这可能是最清晰明确的研究。我们现在要做的是设计一种更高效的催化剂。”

二氧化碳是推动全球气候变化的主要温室气体。具备捕获、储存和使用二氧化碳的能力，可以帮助各国实现净零排放目标。但到目前为止，只有少数几家公司研发出了将这种温室气体转化为原材料的技术。

二氧化碳可以被转化成液体燃料或化学品。传统的二氧化碳转化过程需要高温和高压。与传统方式相比，电化学还原过程可以在室温下进行，并由电力驱动。

研究论文称，在二氧化碳资源化利用领域，这个办法具有很大潜力。

西格说：“我们的想法是，可以通过风力发电机或太阳能电池来获得电力，然后利用二氧化碳电化学还原反应来持续生产塑料及其他我们日常使用的含碳产品。”

他还指出，要实现这一目标，必须使用高效的催化剂将二氧化碳转化为一氧化碳。

不过，人们对二氧化碳电化学还原反应的机制并不是很了解，中国和丹麦开展这项研究就是为了解决这一问题。

研究论文断言：“我们预计这项发现将为改善二氧化碳电化学还原反应提供指导。”

中国《科技日报》援引该研究论文的主要作者、天津大学博士研究生邓万玉的话说，

研究成果“提供了对反应机理的新认识”。

西格说，研究成果可能会被应用到现实世界中。

他说：“一个研究方向是我们试图扩大规模。我们了解这个（机制）。那我们能不能利用这方面的知识制造一种设备，卖给企业？”

他还说，这项技术正开始走出实验室，为小型初创企业所用。

2020年，德国特种化学品公司赢创工业集团和西门子能源公司委托一家试点工厂，利用二氧化碳和水来制造化学品。德国联邦教育与研究部提供了部分资金。

西门子能源公司说，他们利用绿色电力把二氧化碳和水转化成由一氧化碳和氢组成的气体，然后将其转化为己醇、丁醇等化学品。

## 锌催化剂出手 循环利用废弃塑料有了新思路

科技日报 2022.2.23

该技术的关键是在再聚合过程中，过加入不同类型单体可以获得性质各异的最终材料。该成果为聚乳酸循环利用提供了新的解决思路，并在聚合物的改性和合成方面具有发展前景。

——王庆刚 中国科学院青岛生物能源与过程研究所研究

2月16日，记者从中国科学院青岛生物能源与过程研究所获悉，该研究所王庆刚研究员带领的催化聚合与工程研究组发展了一种聚合物降解再聚合的升级化学循环新策略，以“聚合物到聚合物”的方式成功实现了聚乳酸废弃物到新聚乳酸材料的循环再利用过程。成果近期发表在高分子领域权威期刊《大分子》（Macromolecules）上，该研究所博士研究生杨茹琳为论文第一作者。

王庆刚在接受科技日报记者采访时表示，此次刊发的论文中文题目是采用“解聚再聚合”策略以“聚合物到聚合物”的方式对聚乳酸废塑料进行化学回收。目前，“一种锌催化剂催化聚乳酸材料回收再利用的方法”等部分科研成果已经申请发明专利。

### 破解废弃聚乳酸材料的后处理问题

“聚乳酸作为典型可再生原料（淀粉）来源的高分子材料，正逐步发展成为社会所必需的基础性大宗材料，废弃聚乳酸材料的后处理问题也引起了关注。”王庆刚解释说，近年来，随着人们环保意识的不断提高以及国家“禁塑令”与“双碳”政策的不断推动，可降解材料迎来了新的发展机遇。与此同时，使用完的聚乳酸材料的后处理问题也引起了人们关注。虽然聚乳酸可以在自然界中降解，但这一过程通常需要漫长的时间和特定的降解条件，而且降解产物是二氧化碳与水，无法实现直接快速循环利用，其降解本质上是一种碳排放过程，也是资源的浪费。化学循环的方式实现聚乳酸的回收利用，提供了废弃聚乳酸后处理的一种有效解决途径。目前的研究大多是将废弃聚乳酸转化为乳酸烷基酯，但是通过这一过程循环获得高分子量聚乳酸材料，需要将乳酸烷基酯水解成乳酸、预聚成低聚物、二聚成丙交

酯然后聚合获得聚乳酸，这些方法虽然可行，但成本昂贵且效率低。

“因此，实现直接将废弃聚乳酸材料转化为新聚乳酸材料具有重要的研究价值和应用前景。”王庆刚说。

### 以“聚合物到聚合物”方式实现再利用

随着禁塑在全国各地的全面实施，由可再生原料淀粉制造的聚乳酸材料及其加工生产的各种可降解塑料制品，已成为普通塑料的主要替代品，随之而来的大量聚乳酸材料废弃物的回收利用问题。

令人欣喜的是，王庆刚带领的催化聚合与工程研究组以“聚合物到聚合物”的方式成功实现了聚乳酸废弃物到新聚乳酸材料的循环再利用过程。

如何采用“解聚再聚合”策略，通过以“聚合物到聚合物”的方式，实现对聚乳酸废塑料进行化学回收？

王庆刚研究组的研究成果表明，在催化剂的催化下，聚乳酸聚合物链被醇可控降解为短链聚合物，通过调节醇的量来调控降解后短链聚合物的分子量。醇的引入使得聚合物重新获得链增长活性，加入丙交酯单体后短链聚合物快速精确再聚合至理论分子量，从而获得新的高分子量聚乳酸。该策略的反应条件温和，副反应少，减少了完全重新生产聚乳酸的原料消耗，最大程度的提高了聚乳酸的回收再利用效率。

王庆刚表示，相对而言，现有技术大多是将聚乳酸废弃物转化为乳酸烷基酯，然后水解成乳酸，预聚成低聚物、二聚成丙交酯，最后聚合获得聚乳酸，成本贵且效率低。因此，实现直接将废弃聚乳酸材料转化为新聚乳酸材料具有可观的应用前景。

聚乳酸循环回收技术的关键是在再聚合过程中，通过加入不同类型单体可以获得性质各异的最终材料。王庆刚介绍，该成果为聚乳酸循环利用提供了新的解决思路。该技术在化学循环回收方面有效，并在聚合物的改性和合成方面具有发展前景。

“该策略反应条件温和，副反应少，减少了完全重新生产聚乳酸的原料消耗，提高了聚乳酸的回收再利用效率。在再聚合过程中，通过加入不同类型单体可以获得性质各异的最终材料。该成果为聚乳酸循环提供了新的解决思路。该策略在化学回收方面有效，并在聚合物的改性和合成方面具有发展前景。”杨茹琳表示。（王健高 刘佳 徐广强）

## 基因改造细菌将废气转为化工原料

科技日报 2022.2.28

科技日报北京2月27日电（记者张梦然）美国西北大学和郎泽科技公司研究人员在最新一期《自然·生物技术》发表论文称，他们在一项新的试点研究中，将一种梭菌进行遗传工程改造，用于合成此前它们无法产生的化合物，这种选择、设计和优化细菌菌株的过程，成功地证明了其将CO<sub>2</sub>转化为丙酮和异丙醇的能力。这种新的气体发酵过程不仅可从大气中去除温室气体，还可避免使用化石燃料，而化石燃料通常是生成丙酮和异丙醇所必需

的。在进行生命周期分析后，研究团队发现，如果广泛采用，与传统工艺相比，该负碳平台可减少 160% 的温室气体排放。

西北大学工程学院化学和生物工程教授兼合成生物学中心主任迈克尔·杰维特表示，气候危机加速，加上人口快速增长，对人类构成了一些最紧迫的挑战，所有这些都与整个生物圈中 CO<sub>2</sub> 的不断释放和积累有关。

丙酮是许多塑料和合成纤维、稀释聚酯树脂、清洁工具和指甲油去除剂的溶剂；异丙醇广泛用作消毒剂和防腐剂，是世界卫生组织推荐的两种消毒剂配方之一的基础，可高效杀死新冠病毒，这两种化合物的全球市场超过 100 亿美元。虽然非常有用，但它们是由化石资源产生的，会导致引起气候变暖的 CO<sub>2</sub> 排放。

为了更可持续地制造这些化学品，研究人员开发了一种新的气体发酵工艺。他们从自产乙醇梭菌开始，然后使用合成生物学工具对细菌进行重新编程，以发酵 CO<sub>2</sub> 来制造丙酮和异丙醇。

杰维特称，这些创新由无细胞策略引领，设计和路径优化将生产时间缩短了一年多。研究团队相信，其开发的菌株和发酵过程可转化为工业规模，还可用于简化其他有价值化学品的生产流程。

朗泽公司首席执行官杰尼弗·霍姆格伦说，这一发现是在避免气候灾难方面向前迈出的重要一步。当今的大部分商用化学品都完全来自石油、天然气或煤炭等化石资源，丙酮和异丙醇就是两个例子。新开发的丙酮和异丙醇路径将通过关闭碳循环来加速其他新产品的开发，该方法可替代现有利用石油或天然气生产的流程，提供了一种负碳排手段。

### 总编辑圈点

各位看官们有没有发现，“绿色、低碳”这类字眼，在我们身边的“存在感”越来越高？飞奔在路上的新能源汽车早已不新鲜；节能改造成为很多工厂企业的重要议程；刚刚闭幕的北京冬奥会，就连冰场设计制造都尽量减少温室气体排放。别忘了，这一切的实现，都始于科学研究提供的越来越多的“绿色”技术方案。正是它们，让我们的生活、生产有了更加“绿色”的选择。

## 微盾环保：创新医废处理技术 助力“无废城市”建设

中国环境报 2022.2.23

浙江微盾环保科技股份有限公司（以下简称“微盾环保”）成立于 2020 年 5 月的浙江杭州，是一家聚焦于低碳环保领域，专业从事医疗废物就地化、智能化处理设备的创新技术企业，是集生产研发、技术创新、大数据运营、市场营销及咨询服务于一体的浙江省重点企业，同时也是中国环境科学学会副理事长单位和浙江省环保产业协会副会长单位。

基于碳达峰碳中和、“无废城市”建设的国家战略决策以及新冠肺炎疫情暴露出我国医废处置行业相对落后的现状和痛点，经世卫组织积极推荐，微盾环保从意大利纽斯特智能机

器人公司（Newster System Srl）独家引进意大利先进的“零碳”排放技术——非焚烧摩擦热（FHT），提出全新医废处置就地化、无害化、减量化、信息化、能源化的整体智能化可追溯闭环解决方案，涵盖医废存储、运输、处置全过程。

微盾环保研发生产的微盾纽斯特智能医废处置设备采用非焚烧摩擦热作为消毒热源提供方式，实现消毒、毁形于一体，体现了节能环保、“零碳”排放的企业发展理念。产品荣获多项国内外发明专利，已先后在德、意、瑞、俄、英等 52 个国家推广应用。

微盾环保所采用的 FHT 技术是继《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB 39707—2020）正式发布后首例基于环境技术验证（ETV）方法并通过验证的项目。此技术通过中国环境科学学会验证评价，通过了浙江大学、中国科学院大学、中国疾病预防控制中心、国家卫生健康委医院管理研究所、中国环境监测总站、河南省固体废物和化学品技术管理中心、生态环境部固体废物与化学品技术中心、生态环境部环境规划院、浙江大学环境技术研究所等单位专家团队开展的技术评估，经国检安评（北京）医学研究院有限公司检测结果显示：固体残留物微生物检测的灭菌效果达到 99.9999%（已是国际最高灭菌标准），经培养未检测出任何细菌，消毒效果可高达 100%，此技术可确保废气、废水、废渣、噪声均达标排放并优于国家标准。

公司自主设计的医疗废物物联网闭环管理系统于 2021 年 4 月荣获首届国家卫健委医疗废弃物管理优秀产品，并在浙江省临安区中医院开展医疗废物“点对点”能源化试点项目，于 2021 年 7 月荣获浙江省全域“无废城市”建设试点先进适用技术奖（第一批），成功入选国家生态环境科技成果转化综合服务平台技术成果库，荣获医废处置领域应用推广奖等诸多奖项，为各地“无废城市”建设提供了重要参考依据。

目前，微盾环保正在全力建设首个国家级新一代医废处理技术创新基地及全国最具规模的医废大数据产业生态示范园区，致力于打造绿色低碳循环体系，降低高能耗、高污染比例及风险，不断提升能源利用效率，实时可管控、可追溯、可评估、可预测、可共享的全新医废处置未来，指日可待。

## 全球甲烷排放监控力度不足

中国能源报 2022.2.28

**本报讯** 近日，国际能源署（IEA）发布《全球甲烷追踪》报告称，2021 年，原油、天然气、煤炭领域的温室气体排放量较 2020 年出现反弹。同时，各国能源行业的甲烷排放监测数据远低于实际数值，是甲烷减排行动中的重要漏洞。

对此，IEA 呼吁各国，应加强对甲烷排放的监测控制。“如果能逐个排查泄漏点，并将泄漏的甲烷收集起来进行销售，甚至可能成为油气运营商的‘新商机’。”

IEA 援引联合国官方数据称，目前，地球大气中甲烷浓度创下了过去 80 万年以来的新高。同时，2021 年，全球能源领域的甲烷排放量高达 1.35 亿吨，占全部人类活动甲烷排放



总量的 40% 左右，与 2020 年相比，2021 年能源行业的甲烷排放量同比增长 5%。

据了解，甲烷是一种比二氧化碳对大气影响更大的温室气体。从甲烷排放的源头来看，2021 年，煤炭行业的甲烷排放量占比最高，达到 4200 万吨，石油行业的甲烷排放量约为 4100 万吨，其中，开采、处理、运输天然气环节的甲烷排放量达 3900 万吨。另外，全球约有 900 万吨甲烷来自于生物能源的不充分燃烧。

根据 IEA 统计的数据，2021 年，在 15 个国家的油气设施中检测到了大量的甲烷排放，其中，美国主要油气生产地得州和中亚部分地区是甲烷排放最为严重的区域。以美国为例，根据美国政府统计的数据，美国甲烷排放量占全国温室气体排放量的 10% 左右，而美国油气产业的甲烷排放量占整体排放量的 30% 以上，是甲烷泄漏的主要来源。

IEA 同时表示，虽然 2021 年甲烷排放水平高于 2020 年，但并没有回升至 2019 年的水平。

不过，IEA 援引行业专家的话称，目前，赤道地区、近海作业以及高纬度地区的甲烷排放测量数据仍然缺乏。

据了解，IEA 在 2021 年将各国煤矿和生物能源领域的甲烷排放情况纳入了监控范围，同时更加细化了针对油气领域的甲烷排放监控，最终发现，各国甲烷排放监测系统以及官方汇报数据可能存在一定缺漏。

IEA 指出，部分国家提交给联合国的温室气体清单“已经多年没有更新”，即使是及时更新温室气体排放情况的国家，其中也有许多条款不够准确。

根据 IEA 的统计，全球能源行业的甲烷实际排放量较各国官方记录报告的要高出 70% 以上。为此，IEA 强调称，在温室气体排放控制方面，各国应提高甲烷排放透明度，提供更强力的政策措施。

业内测算认为，自工业革命以来，全球平均气温上升有 30% 都要归因于大量的甲烷排放，要在短期内尽快遏制气候变暖趋势、提高全球空气质量水平，快速降低甲烷排放量尤为重要。

IEA 署长比罗尔提出：“在 2030 年到来前，将人类活动排放的甲烷总量降低 30%，与到 2050 年将整个交通行业实现零碳排放达成的对抗气候变化效果是一致的。”

对于控制甲烷排放的手段，比罗尔建议，如果化石能源行业能够找到生产、处理、运输过程中存在的甲烷泄漏口、并将泄漏的甲烷收集起来，很可能让能源企业以“零成本”的方式降低甲烷排放量。

有测算数据显示，2021 年，化石燃料行业泄漏的甲烷量达到 1800 亿立方米，如果能够将这些甲烷气体利用起来，基本能够满足欧洲电力行业的全部需求。为此，IEA 在报告中指出，如果能够将泄漏的甲烷收集起来加以利用，不仅有望缓解天然气供应紧张的现状，甚至有望让能源企业依靠这一手段获利。（李丽旻）

## 五、太阳能

### 打造国内领先的光伏产业链集群

中国能源报 2022.2.7

**本报讯** 近日，安徽省“十四五”制造业高质量发展（制造强省建设）规划发布，明确在光伏领域，加大高端产品供给，重点发展高效电池、智能组件、光伏逆变器、光伏储能电池等产品，推动系统解决方案开发。加强市场主体培育，推动一批重点项目建设，聚焦光伏电池、组件及其他配套环节龙头企业精准开展“双招双引”。拓展智能光伏产品在5G、建筑、交通、农业以及巩固拓展脱贫攻坚成果、乡村振兴等领域应用示范，探索“光伏+储能”、光伏制氢等新模式。

构建以合肥、滁州“双极”为引领，蚌埠、六安、芜湖、马鞍山、宣城、安庆、阜阳、淮南等地特色布局、竞相发展的产业格局；培育上下游联动、产研用协同的良好发展态势，打造国内领先具有国际影响力的光伏产业链集群。（张子琼）

### 土耳其新增光伏装机超百万千瓦

中国能源报 2022.2.7

**本报讯** 据行业媒体《光伏杂志》报道，土耳其电网运营商 TEIAS 日前发布统计数据显示，截至2021年12月底，土耳其光伏累计装机规模达到781万千瓦；2021年全年，土耳其光伏新增装机容量约115万千瓦，是近3年来第一次突破百万千瓦。

据了解，2019-2020年，土耳其光伏新增装机容量分别达到93.2万千瓦和62万千瓦。2021年，土耳其光伏新增装机规模有所增加，但仍低于2018年的最高值。对于光伏市场的复苏，TEIAS认为是受分布式光伏项目利好政策的带动。目前，土耳其分布式光伏项目可采取“自发自用，余电上网”的商业模式，这激发了工商业和户用客户安装分布式光伏系统的热情。

另据土耳其光伏行业协会预测，未来土耳其光伏累计装机容量将持续快速增长，到2026年将达到2000万千瓦，2030年将超过3800万千瓦。为了达成这一目标，近期，土耳其启动了大型集中式光伏电站项目招标，预计将成为未来几年光伏新增装机规模的主要来源。（董梓童）

### 填充系数超过86%的厘米级钙钛矿太阳能电池

中国科学报 2022.2.10

澳大利亚国立大学团队开发出填充系数超过86%的厘米级钙钛矿太阳能电池。相关研究成果1月26日发表在《自然》。

由于效率和稳定性的快速发展，钙钛矿太阳能电池处于新兴光伏技术的前沿。最先进的电池显示电压损失接近理论最小值和统一的内部量子效率，但转换效率受到填充因子的限制（ $<83\%$ ）。该限制是由于钙钛矿吸收体和电池电极之间的非理想电荷传输造成的。因此，降低电荷传输层的串联电阻对于提高效率至关重要。

该文中，研究人员开发出一种反向掺杂工艺，以制备具有优异电荷传输性能的氮掺杂氧化钛电子传输层。通过将这种电荷传输材料加入钙钛矿太阳能电池中，研究人员展示了填充因子 $>86\%$ 的 $1\text{cm}^2$ 电池，平均填充因子为 $85.3\%$ 。研究人员还报告了 $1\text{cm}^2$ 电池经认证的稳态效率为 $22.6\%$ （反向电—电压扫描为 $23.33\% \pm 0.58\%$ ）。

## 中国科学技术大学

### 制备出大面积天蓝光钙钛矿 LED

中国科学报 2022.2.24

**本报讯** 中国科学技术大学教授肖正国课题组近期通过刮涂法，成功制备出大面积、高效率的天蓝光钙钛矿 LED，向钙钛矿 LED 照明的商业应用迈出重要一步。相关成果近日发表于《先进材料》。

金属卤化物钙钛矿 LED 具有良好的导电性，在较低电压下能够实现很高的发光亮度，是下一代节能照明的理想之选。目前，红光和绿光钙钛矿 LED 效率很高，但白光照明中必不可少的天蓝光/蓝光钙钛矿 LED 效率较低，主要是由于天蓝光/蓝光钙钛矿薄膜的结晶过程更难控制，造成薄膜质量比较差。此前没有制备大面积天蓝光钙钛矿 LED 的报道。

肖正国课题组在刮涂制备大面积、高效率红光钙钛矿 LED 的工作基础上，调整钙钛矿组分，并加入额外的卤化胺添加剂限制钙钛矿晶粒的生长并钝化缺陷，实现天蓝光发射。同时，研究人员用甲酰二甲胺部分代替二甲亚砜，得到更易挥发、过饱和的钙钛矿前驱体溶液。在刮涂过程中，钙钛矿晶核会从过饱和溶液的内部直接析出，这能有效增加晶核密度并缩短晶核生长过程，从而制备出均匀致密、小晶粒的钙钛矿薄膜。

实验结果显示，通过刮涂法制备出的天蓝光钙钛矿 LED 面积可达 28 平方厘米，外量子效率达 $10.3\%$ ，发光均匀性和亮度表现优异。（桂运安 王敏）

## “不拆瓦” 建筑光伏一体化项目向海而生

中国电力报科技装备 2022.2.10

1月18日，由国网舟山供电公司下属浙江启明电力集团有限公司（以下简称“启明集团”）自主研发建造的浙江省首个“不拆瓦”光伏建筑一体化屋顶光伏项目正式投运，该项目既能提升屋顶面积利用率，又能保留屋顶彩钢瓦以节约施工成本，大大降低高空作业风险，未来极具推广建设潜力。

据悉，该项目位于舟山市万邦船舶重工有限公司，整体并网后预计每年发电可达 650 万千瓦时，相当于节省原煤消耗 2626 吨、减少二氧化碳近 5148 吨，每年可帮助企业节约电费 302.7 万元，为舟山清洁能源发展贡献力量。

### 海岛屋顶能发电

舟山拥有 1300 多小时的太阳能年利用时间，是浙江日照条件最好的地区之一。

传统的太阳能光伏发电系统需附着在建筑物屋顶，通过砌筑水泥墩，安装固定光伏板支架，对建筑屋顶承重能力有较高要求。据统计，平均 10 平方米太阳能光伏板需砌筑水泥墩约 4.7 个，合计重量超过 580 千克，在此基础上叠加光伏板及其支架的自身重量，累计重量约 400 千克，这极大程度地限制了屋顶光伏的应用范围。

针对海岛工厂屋顶承重量不高以及彩钢瓦覆盖的建设特点，太阳能光伏发电系统安装工艺进一步改良更新，通过特制夹具将光伏板固定在屋顶彩钢瓦上，结合实际设计光伏板的最佳角度与铺设间距实现光照最大利用率，从而大大降低了屋顶荷载要求。但彩钢瓦由于钢材性质易受雨水锈蚀平均使用寿命约 7 年，而舟山地处沿海每年强台风频繁登陆海岛其使用寿命缩短至 5 年，尤其在台汛期影响下夹具固定型光伏设施存在较大安全隐患。出于安全稳定性考虑彩钢瓦的定期更换，则必须统筹兼顾彩钢瓦相连光伏板的重复拆卸及安装费用，这使得大多数企业对于屋顶分布式光伏项目望而却步。

### 当光伏融入建筑

与时俱进，建筑光伏一体化系统应运而生。该技术利用光伏组件代替部分建筑材料，将光伏系统支撑结构与建筑物结构巧妙结合、融为一体，在提升光伏设施安全稳定性的基础上，促进建筑构件材料保温隔热功能与光伏发电功能有机融合，通过吸收太阳能转换为电能，起到降低屋顶墙面升温、改善室内温度、减少建筑能耗等节能环保的积极作用。同时，建筑光伏一体化系统设有一套完整的屋顶排水系统，让建筑屋顶与光伏组件实现同等产品寿命，确保在自然条件下 25 年以上的使用年限，进一步减少屋顶彩钢瓦维修更换费用。此外，建筑光伏一体化系统采用光伏板平铺屋面的方式，促进屋顶面积利用率提高 70% 以上，成倍式增加发电装机容量，颠覆了光伏板倾斜式安装模式，进一步提升建筑物外部结构的一体化美感。

### “不拆瓦”的建筑光伏一体化

相比新建建筑铺设新型光伏屋顶的长期性经济优势，对于已建厂房而言，建筑光伏一体化系统前期准备工作中原彩钢瓦屋顶的拆除费用也不容小觑。以舟山万邦船厂为例，10560 平方米屋顶面积，彩钢瓦拆除费用约 100 万，在整体项目中费用占比 12.7%。这也直接导致建筑光伏一体化系统在市场推广过程中困难重重。

直击痛点，启明集团创新研发“不拆瓦”建筑光伏一体化系统安装工艺，根据彩钢瓦凹凸形状定制 L 型支架“填平”彩钢瓦凹处，形成平面屋顶基础以便于铺设排水系统，并利用自攻螺丝穿透彩钢瓦，将光伏板支架与屋顶钢结构稳固连接。

据统计，自2021年6月份“光伏倍增”计划启动以来，启明集团瞄准海岛光伏市场，打造设计咨询、安装施工、监理运维、物资采购全链条能力，形成一套工作流程和技术标准。累计签约光伏项目60个，总容量87876千瓦，投运并网及项目实施46个、总容量40262千瓦，预计每年可为企业平均节省电费约20%，减少原煤消耗约16266吨、二氧化碳排放近31887吨。（鲍群薇 许瑾 陈炯）

## 光伏建筑一体化蓄势待发

中国能源报 2022.2.14

调整能源结构、提升可再生能源占比是实现碳达峰、碳中和目标的重要路径。在我国“十四五”规划和2035年远景目标建议中，新能源被列入战略新兴产业，参与构成现代产业体系，推动经济体系优化升级。《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》也提出，推动能源体系绿色低碳转型，提升可再生能源利用比例，大力推动风电、光伏发电发展……在多重利好推动下，“光伏+”正不断升级，BIPV（光伏建筑一体化）持续升温。

### 处于大规模发展的前夜

光伏发电作为一种清洁可再生的新能源，不仅有利于资源整合、节约开发，还有利于引导绿色能源消费。据统计，2021年我国新增光伏发电装机约5300万千瓦，其中新增户用光伏约2150万千瓦。《中国光伏建筑一体化（BIPV）行业发展前景与投资战略规划分析报告》显示，2019年和2020年全球BIPV装机量分别达1.15GW和2.3GW，约占全球光伏总装机量的1%，处于大规模发展前的起步阶段。

随着BIPV发展，一些问题逐渐暴露，需在以下方面发力解决：设计端要优化BIPV系统，考虑能源供需关系和建筑本体与光伏板的有机结合；加强技术攻关，实现BIPV大范围应用；既有建筑的光伏改造是趋势，尤其农村建筑的BIPV改造有待深入研究；深入开展BIPV的效益核算研究。

### 产业链发展全面提速

BIPV与碳达峰、碳中和及绿色发展目标高度契合，目前已有北京、海南等20个省（区、市）发布了BIPV相关政策。

2019年，国家发改委印发的《绿色生活创建行动总体方案》提出，推动可再生能源建筑应用。2020年7月，住建部等七部门印发的《绿色建筑创建行动方案》指出，推动超低能耗建筑、近零能耗建筑发展。2021年3月，工信部等六部门出台的《关于开展第二批智能光伏试点示范的通知》要求，培育智能光伏示范企业，建设智能光伏示范项目。

在碳达峰、碳中和目标及建筑绿色低碳发展的趋势下，BIPV产业链发展全面提速。对此，应从设计端优化、完善BIPV建筑，开展BIPV“光储直柔”模式研究，探索既有建筑改造的评价体系。依托已有资源开展建筑能耗、碳排放数字信息化研究，进而明确BIPV建

筑的经济效益。

同时，调研 BIPV 设计方、施工方及光伏板制造方，发现行业痛点和难点，解决 BIPV 应用中的问题，突破技术壁垒。在现有光伏幕墙、光伏屋顶的基础上创新 BIPV 应用模式，重点进行装配式建筑与光伏一体化研究。此外，还要采用先进模型预测 BIPV 应用程度对建筑领域碳达峰、碳中和的贡献，探索 BIPV 在农村建筑的经济可行、技术可靠、较低成本模式，实现建筑用能清洁化。

### 技术、政策、资本缺一不可

技术突破是实现建筑节能降碳的关键。一方面，要做好现有技术的梳理整合；另一方面，要加强建筑领域节能降碳关键技术研发和推广。实践证明，BIPV 对提高我国建筑节能水平、加快既有建筑节能改造、推动建筑领域绿色低碳发展均具有重要意义，可从以下方面发力：

目前 BIPV 产业的标准体系、技术指南、市场准入制度等仍有缺失，亟待完善；BIPV 处于发展初期，需进一步加大政策支持力度，尤其需要一定的差异化补贴、容积率奖励等支持政策；BIPV 市场空间大，前景广阔，但工程成本高、投资回收期过长，需创新 BIPV 发展投融资模式，加大资本流入力度。

碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，其中建筑节能之路任重道远，离不开社会各界的共同努力。在政府层面，相关部门需完善相应的制度和标准，做好顶层设计，强化政策引领；对建筑企业而言，要把握好国家战略导向和行业发展趋势，坚持低碳发展、技术升级、数智化转型、全产业链协同，向着绿色化、工业化、信息化方向转型升级。（梁舰）

## 《2021 中国太阳能热发电行业蓝皮书》发布

# 我国太阳能热发电装机达 53.8 万千瓦

中国电力报 2022.2.11

本报讯（记者支彤）报道 2 月 9 日，由国家太阳能光热产业技术创新战略联盟、中国可再生能源学会太阳能热发电专业委员会、中关村新能源太阳能热利用技术服务中心联合编制的《2021 中国太阳能热发电行业蓝皮书》（以下简称《蓝皮书》）发布，指出截至 2021 年底，全球太阳能热发电累计装机容量达到 680 万千瓦，我国太阳能热发电累计装机容量为 53.8 万千瓦（含兆瓦级以上规模的发电系统）。

太阳能热发电配置大容量、安全环保的熔盐储能系统，能够克服太阳能自身的间歇性和不稳定性，实现长周期连续发电，可承担基础电力负荷。当前，我国太阳能热发电装机容量中，塔式技术路线占比约 60%，槽式技术约 28%，线菲技术约 12%。

在示范项目运行方面，我国已建成投运 7 座太阳能热发电示范项目、1 座多能互补项目。

在产业链发展方面，我国第一批光热发电示范项目的设备、材料国产化率超过 90%，技术及装备的可靠性和先进性在电站投运后得到有效验证。截至 2021 年底，我国从事太阳能热发电相关产业链产品和服务的企事业单位数量近 550 家。我国已建立数条太阳能热发电专用的部件和装备生产线，具备支撑太阳能热发电大规模发展的供应能力，年供货量可满足 200 万~300 万千瓦太阳能热发电项目装机。

《蓝皮书》建议国家相关部门确立对太阳能热发电核心原创性技术的研发支持，不断突破，保持技术领先性。同时，继续提升我国在太阳能热发电站集成技术方面的水平，不断提升我国在第二代太阳能热发电技术方面的总体设计能力和运维水平、核心部件装备和关键配件智能制造能力，培养工程人才，尽快发挥太阳能热技术在“双碳”目标实现中应有的作用。

## 光伏二次回路运维标准填补行业空白

中国电力报 2022.2.11

**本报讯（通讯员 杜晓曦 孟渤林）**报道 近日，国家能源集团龙源电力工程技术公司申报的《光伏电站二次回路运行维护规范》团体标准成功通过中国光伏行业协会标准化技术委员会审核并立项，突破现行标准体系，填补我国光伏领域标准空白。

随着光伏技术不断进步，光伏电站装机容量逐渐变大，对电力系统的影响也日趋严重。《光伏电站二次回路运行维护规范》适用于并网光伏电站、100 千瓦及以上的大型独立光伏电站、接入中低压系统的分布式光伏电站二次回路运行与维护过程中的各项技术要求。该规范涵盖光伏逆变器、汇流箱、箱式变压器、接地变压器、SVG 装置、汇集线等光伏电站各类电气设备相关内容，体现光伏电站差异性，可用于判断设备运行状态，预防设备损坏及接线错误，对光伏电站安全稳定运行产生积极影响。该规范包括图纸资料、试验报告及备品备件管理、二次回路一般规定、交流电流二次回路、交流电压二次回路、断路器隔离开关及相关二次回路、纵联保护通道、其他重点回路检查等内容，主要规定了光伏电站二次回路运行与维护时需进行的相关项目与要求，对运行与维护工作具有指导意义，对规划、设计、安装、验收等工作具有借鉴意义。

## 集中式与分布式并举布局一批光伏电站项目

中国能源报 2022.2.14

**本报讯** 日前，安徽省印发《支持实体经济发展政策清单（2022 年 2 月版）》，提出深入实施可再生能源替代行动，稳步提升供给和调峰消纳能力，加快缩小可再生能源占比与全国平均水平的差距。

坚持集中式与分布式建设并举，布局建设一批光伏电站项目。研究制定火电灵活性改造规模与可再生能源规模总量挂钩政策。编制新一轮中长期抽水蓄能电站规划报告，打造长三

角千万千瓦级绿色储能基地。因地制宜推动生物质能多元利用，合理有序发展生物质发电。

大力发展十大新兴产业，打造具有重要影响力的新兴产业聚集地，持续提升战略性新兴产业对全省绿色低碳循环发展的贡献度。实施省重大新兴产业基地新三年发展规划，支持发展势头好的基地申报国家级战略性新兴产业集群。突出抓好产业链招商，促进产业链加快向中高端跃升。围绕重点发展的新兴产业，坚持以企业为主体，做优做强已有商协会，建立健全新材料、新能源和节能环保、高端装备制造等商协会。（张吉泽）

## 结构简单又低碳，这里的玻璃会发电

科技日报 2022.2.23

发电玻璃是在普通玻璃上沉积了一组以碲化镉为主的光电功能材料薄膜，当太阳光照射到薄膜层后，薄膜层中会产生电子运动，从而实现发电。

北京冬奥会完美谢幕，北京冬残奥会即将登场。北京冬奥会举行期间，在张家口冬奥村和国家跳台滑雪中心，矗立着5组冰墩墩、雪容融造型的“碲化镉发电玻璃指引路牌”。白天它们是玻璃指示牌，晚上则用自己发的电来照明。

普通的玻璃，涂抹4微米厚的碲化镉光电薄膜后，就变成可导电、可发电、可回收的半导体材料，从而完成光电转换和电能供应，真正实现“有光就有电”。这种由成都中建材光电材料（以下简称成都中建材）生产的发电玻璃，是一种低碳环保的发电产品。

### 低温环境下发电优势明显

走进成都中建材厂区，映入眼帘的就是两块高1.6米、宽1.2米的发电玻璃，一块印着冰墩墩，另一块印着雪容融。这是该公司为北京冬奥会特别设计的彩釉款碲化镉发电玻璃指引路牌。

“这两块发电玻璃就像两个大电池，将白天光电转化产生的电能，储存到旁边的蓄电池中，晚上用于照明。”成都中建材总经理潘锦功说，其最大的特点在于，它可以在低温情况下不断发电。

潘锦功说，发电玻璃是在普通玻璃上沉积了一组以碲化镉为主的光电功能材料薄膜，当太阳光照射到薄膜层后，薄膜层中会产生电子运动，从而实现发电。

潘锦功介绍，相比其他同类型材料，碲化镉材料碳排放量更低、发电量更大。碲化镉的光谱响应和太阳光谱非常匹配，光吸收率高，能吸收95%以上的阳光，适合于光电能量转换，在实际项目对比中，同样的装机容量，其总发电量高于同类产品8.8%。同时，碲化镉在炎热、潮湿环境中，发电性能优势明显。

“碲化镉发电玻璃的结构简单，这一优势大大缩短了生产时间，使制造成本明显下降，非常适合大规模生产。”成都中建材相关工作人员表示，近年来，公司在基础研究、应用技术、行业核心技术等方面不断突破创新，碲化镉发电玻璃实验室的转化效率已经达到20.24%，生产线转化效率达到16.18%。



## 未来将走进寻常百姓家

“我们的碲化镉是从废渣废料里提取的，真正实现了变废为宝。”潘锦功说，一块碲化镉发电玻璃只需要 20 克碲化镉，平均每年发电 270 度，能用至少 50 年。而每生产 1 度电，碲化镉所排放的二氧化碳仅有 11 克。

相关工作人员表示，碲化镉发电玻璃反射率低、没有光污染，不仅可应用于大型太阳能地面电站，还可完全替代传统建筑材料应用于各种建筑物，用太阳能发电为建筑提供清洁能源，达到节能减排的效果。潘锦功介绍，碲化镉发电玻璃目前已成功应用于国内多个项目，如成都双流国际机场、张家口市民中心、攀枝花石墨碳工业园、九寨沟黄龙高原机场等。

“我们的发电玻璃一平方米平均 1500 元，老百姓也能负担得起。”潘锦功说，“5 千瓦装机容量的碲化镉发电玻璃，基本上可以满足一户家庭一年的能源需求，既能解决碳排放的问题，又可以通过自发自用、余电上网，为用户省钱、创收。”此外，碲化镉材料的加入使玻璃的强度大大提高，且碲化镉具有高度稳定的晶格，可安全封装在碲化镉发电玻璃内多年，相信在不久的将来，发电玻璃将会走入寻常百姓家。（李若嫣 陈科）

## 推动乡村振兴 光伏独具优势

中国能源报 2022.2.21

**本报讯（记者董梓童）报道：**近日，国务院印发《“十四五”推进农业农村现代化规划》（以下简称《规划》），要求加快形成绿色低碳生产生活方式，走资源节约、环境友好的可持续发展道路。《规划》提出，要加强乡村清洁能源建设。提高电能在农村能源消费中的比重。因地制宜推动农村地区光伏、风电发展，推进农村生物质能源多元化利用，加快构建以可再生能源为基础的农村清洁能源利用体系。

对此，英利能源（中国）有限公司副总经理、首席技术官宋登元表示，以光伏为代表的可再生能源产业已经开始与农业农村深度融合。“在脱贫攻坚战中，光伏扶贫作为‘十大精准扶贫工程’之一，有效推动了贫困人口脱贫。随着农业农村发展迈入新阶段，‘光伏+农村’、‘光伏+农业’将以光伏大棚、光伏板下种植等新兴形式加入到乡村振兴中来，打造独具特色的新样板，促进农村清洁能源利用体系的形成。”

在业内人士看来，提高电能在农村能源中的比重、加快推动农村地区光伏发展是达成碳达峰、碳中和目标的关键一环。在此背景下，2021 年 6 月国家能源局发布了《关于整县屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》，如今整县推进试点工作已快速铺开，行业内企业正积极参与其中。

“在农村地区安装光伏系统有土地和就地消纳的优势，池塘等未利用水面、农民住宅和养殖场屋顶等潜在可利用土地广阔。在相关主管部门的推动下、支持政策的鼓励下，分布式光伏将为碳达峰、碳中和目标的实现贡献力量。”宋登元说。

除电气化外，《规划》还提到了北方农村清洁取暖，要求强化清洁供暖设施建设，加大

生物质锅炉（炉具）、太阳能集热器等推广应用力度，推动北方冬季清洁取暖。

北方地区冬季清洁取暖关系北方地区广大群众能够温暖过冬、雾霾天能否减少，是能源生产和消费革命、农村生活方式革命的重要内容。“随着可再生能源和农业、农村联系越来越紧密，太阳能集热器等应用规模也不断扩大，还出现了‘光伏+空气源热泵’取暖等新技术应用。”宋登元介绍，光伏取暖即在农民住宅安装光伏系统，利用其发出的电力促进空气源热泵的运行。目前，这一技术路线已在河北、河南、山东等省份试点推行。

此外，《规划》强调，推动农业农村减排固碳。加强绿色低碳、节能环保的新技术新产品研发和产业化应用。以耕地质量提升、渔业生态养殖等为重点，巩固提升农业生态系统碳汇能力。推动农业产业园区和产业集群循环化改造，开展农业农村可再生能源替代示范。建立健全农业农村减排固碳监测网络 and 标准体系。

《规划》还特别提及，加强农业面源污染防治，循环利用农业废弃物。全面实施秸秆综合利用行动，健全秸秆收储运体系，提升秸秆能源化、饲料化利用能力。能源绿色低碳发展是乡村振兴的重要基础和动力，支持乡村新能源开发利用，将推动农业生产、农民生活、农村交通用能清洁化、低碳化转型。

## 加快智能光伏产业创新升级和特色应用

中国能源报 2022.2.21

**本报讯** 近日，青海省人民政府办公厅发布《关于印发青海省“十四五”科技创新规划的通知》，提出以科技创新和技术进步推进产业结构调整，加快发展方式转变，推动新旧动能接续转换。推动盐湖、新能源、新材料、高端装备制造等重点产业高质量发展，大力培育战略性新兴产业，支撑打造世界级盐湖产业基地、国家清洁能源产业高地。

依托海南、海西国家大型风电光伏基地，充分发挥青海绿电资源优势，开展多能互补、智能电网、储能、可再生能源与氢能集成利用的关键技术研究，加快智能光伏产业创新升级和特色应用，创新“光伏+”模式，加快构建清洁低碳安全高效的能源体系，打造国家清洁能源产业高地，为全国能源结构转型和降碳减排作出更大贡献。

《通知》还要求开展硅基、铝基、镁基、碳基等先进材料制备关键技术研发，实现新材料产业集群化、高端化发展。开发与提升高镁锂比卤水锂高效绿色提取技术、锂电配套产品智能制造关键技术、高端锂产品制备关键工艺技术、全固态锂电池关键技术与工艺、废旧锂电池回收再利用关键技术与工艺，支撑锂产业基地建设。（许桃桃）

## 贵州研发省域分布式光伏监测平台

中国电力报 2022.2.23

**本报讯（通讯员王燕）**报道“平台操作员，请接收张其公变光伏板运行数据。”“数据已收到，分析结果显示该台区数据与指标准确度较高。”

近日，南方电网贵州电网公司科学研究院自主研发的省域分布式光伏监测平台一期建设完成，对镇宁供电局张其公变光伏板运行情况的调研结果显示准确率超过 99%。该平台按照数据互通原则，整合计量自动化系统和营销系统数据，得出贵州全省分布式光伏数据清单以及台区健康度评估结果，实现分布式光伏可视化展示功能。

大规模分布式光伏消纳为配网安全稳定带来巨大压力。以屋顶光伏为代表的分布式光伏电源的接入位置、接入容量等不确定因素，使潮流大小和方向发生变化，加上光伏的随机性、波动性和间歇性，使得潮流流向更加难以预测，导致配网运行情况极为复杂。现有的管理系统都是基于潮流单向流动这一假设设计的，并未考虑到配电网可能会出现高渗透率的分布式光伏并网，配电网变为“有源网”，潮流可正反向流动。现有管理系统不易察觉配电网因分布式光伏并网导致的潮流返送、电压偏差、三相不平衡、谐波等影响用户正常用电的问题。

“平台首期建成后可对全省明显返送的台区进行监测，通过查看全省光伏台区清单及其关键性指标参数，直观查看台区负荷特性，查明台区是否存在带病运行情况，将分布式屋顶光伏发电与电网资产关联，实现全省台区动态监控、分布式光伏台区关键指标分析计算、健康度评估与可视化展示。”贵州电网公司科学研究院配网技术研究中心蔡永翔博士介绍说。

## 光伏企业加速 N 型电池布局

### ——光伏电池技术升级步伐加快

中国电力报科技装备 2022. 2. 25

#### 观点提示

“为了加快光伏电池技术发展，国家和地方的科技项目应当首先集中支持一些关键部件、原材料（如银粉）、芯片、模块方面，避免单方面关注电池的效率，这样更有利于行业长期健康发展；其次，国家和地方的科技项目应当有规划有步骤地去资助光伏科研院所和光伏企业的研发工作；再次，市场竞争要避免同质化竞争，企业尽量实现差异化发展；最，由于硅片尺寸变化频繁，导致原有设备无法再兼容大尺寸硅片而面临淘汰，应固定几种规格的硅片尺寸，以完成原有设备折旧。”

——贾锐

双碳目标下，风电光伏作为清洁能源的代表将会担负重要使命。光伏因其安装灵活，应用场景众多，加之海外国家对双碳目标的趋同，2022 年光伏组件及电池出货量有望再冲新高。据 PV InfoLink 全球光伏市场供需数据库预估，2022 全年将有 214 ~ 234 吉瓦的组件需求。

产业端中上游加快布局，产线迭代速度快于预期。这其中，电池产线由 P 型向 N 型转变市场迹象明显，凭借我国制造业由实验室向量产强大的转化能力，未来 N 型 TOPCon 电池是否会抢占 P 型 PERC 电池成为主流，存在诸多猜测。

## N 型加快布局

据 PV InfoLink 分析数据显示，2022 年厂家重心移往 TOPCon 或 HJT（异质结）中选型，估计总体 N 型产能将翻倍增长，将有 68 吉瓦以上的扩产。

1 月 8 日，晶科能源（12.570, 0.26, 2.11%）控股有限公司（以下简称“晶科能源”）宣布高效 N 型 TOPCon 电池在安徽工厂正式投产。项目一期规划 8 吉瓦高效 N 型 TOPCon 电池。据了解，高效电池片 N 型 TOPCon 产品，在性能、功率、能量密度和可靠性方面存在显著优势。TOPCon 电池的极限理论效率达到 28.7%。目前，晶科能源 TOPCon 电池平均量产效率在 24.5%，最高效率已经达到 25.4%。

不只晶科能源，中来光电、捷泰、润阳等公司宣布 2022 年大规模扩产 TOPCon 产能。

中来光电基于 J—TOPCon2.0 技术的 182 毫米大尺寸硅片的电池片实现了高达 25.4% 的实验室效率，量产平均效率可以达到 24% 以上。产能方面，中来光电在原有 3.6 吉瓦电池片产能的基础上，加码布局 16 吉瓦电池产能。

PV InfoLink 统计 2022 年 TOPCon 产能有望超过 50 吉瓦，年中有望量产，在设备的接轨性方面 TOPCon 明显优于 HJT，短期内 TOPCon 增长速度加快。

中国科学院微电子研究所研究员贾锐表示：“现在 N 型电池呼声很高，主要是其具备高效率优势，和 P 型 PERC 电池形成了明显的效率代差（达 1% 以上）。应当说，国内已开启了 N 型电池的时代。”

贾锐预测，2022 年将会是 N 型电池大规模扩产的重要一年。而 N 型电池中，TOPCon 电池的扩产产能要大得多，主要得益于 TOPCon 电池具有较好的性价比。据了解，TOPCon 厂家能提供的组件价格仅比 PERC 每瓦高 0.015 ~ 0.02 美元，对终端电站厂家的吸引力增加，因此 TOPCon 无论在产能还是产量上的增长都将优于 HJT。

据贾锐分析，TOPCon 其竞争优势主要体现在，首先和现有 PERC 电池的很多工艺和设备兼容，设备投资小；其次，TOPCon 电池也具有较高的效率，量产效率超过 24% 以上，和 PERC 电池的效率档次拉开明显；再次，金属化成本不高，可以控制在 0.1 元/瓦以内；最后，相比 HJT，TOPCon 对整个技术和维护团队的要求相对容易实现。

## P 型地位难撼动

PV InfoLink 分析的数据显示，根据当前良率、成本、售价上的表现，P 型 PERC 电池仍是主流产品，N 型尚在推广、酝酿的阶段，产品市占率缓步增长。

2021 年，全球 P 型 PERC 组件出货量为 180 吉瓦。2021 年全球电池片产量接近 200 吉瓦，PERC 电池片以 190 吉瓦的产量，占据 90% 以上的市场份额。其中 N 型电池片产能仅不到 5 吉瓦。

庞大的 PERC 产能与新增的 TOPCon 将直接正面竞争有限的光伏安装量，N 型电池技术未来的发展速度完全取决于对比 PERC 的成本与效率的差异。

据了解，P 型 PERC 电池量产转换效率已经突破 23%。有关 PERC 电池已经逼近效率天

天花板的说法，并非客观。

贾锐表示：“P型PERC电池的技术，还远远没有达到天花板。目前国际上PERC电池的实验室效率小面积为25%，大面积PERC电池的效率为24%。但现在PERC电池大规模量产效率在22.8%~23.2%之间，可以看到和实验室的效率，还有很大差距。这说明PERC电池转换效率还有很大的增长空间，只不过这种效率增长越来越难、越来越慢。”

去年，P型TOPCon电池转换效率创造25.19%的新纪录，是目前商业化尺寸P型电池世界最高效率。

依据现有庞大的P型电池存量产能，P型TOPCon有望成为一匹黑马在电池市场占据重要席位。贾锐认为P型TOPCon具有更好的性价比，是未来发展的重要电池之一。但这种电池，由于一些自身的特点，如衬底少子寿命低、钝化接触结构难以形成等特点，决定其还需要开发一段时间。

### HJT降本在即

在PERC与TOPCon之外，HJT（异质结）的表现也在万众关注度中不断向前迈进。

HJT电池技术因其较高的转化效率，吸引了众多的设备、材料和生产厂家介入。但光伏的三要素缺一不可：效率、成本和稳定性。贾锐表示：“目前HJT的难点在于成本过高（含设备投资成本和金属化成本）。而这些成本的降低，并非一朝一夕能够完成，也不是单靠产能规模放大就能够解决。所以在新一轮技术迭代中备受关注，但欠缺产业竞争力，还需要攻关较长一段时间。”

面对这一问题，较早布局HJT的光伏企业晋能清洁能源科技股份有限公司（以下简称“晋能科技”）建立近期目标，转换效率突破25%；成本小于PERC的105%；设备投资每吉瓦低于3亿元。晋能科技有望在2022年将HJT电池效率提升至25%~25.5%。在成本控制上，晋能科技通过薄硅片、浆料材料替代等手段减少成本。

贾锐表示：“在HJT设备的国产化方面，绝大部分设备已经实现国产化。但是HJT设备中的一些重要的核心部件，比如射频电源、泵组、阀门等，国内还没有可靠稳定的供应商，因此设备成本要迅速下降还需要时间。这方面应当是限制HJT市占率的重要因素。”（赵汀）

## 光热标准体系不断完善

中国能源报 2022.2.28

近日，中国电力企业联合会标准化管理中心下发征求中电联标准《塔式太阳能光热发电站定日镜场检测规程》（以下简称《规程》）意见的函。该标准规定了塔式太阳能光热发电站关键系统设备的检测条件、检测设备和检测方法。

接受采访的业内专家认为，《规程》将促进光热行业健康发展。“十四五”期间，在碳达峰碳中和背景下，光热发电行业有望迎来爆发式发展，装机规模将达到300万千瓦。

### 保障项目经济性

浙江可胜技术股份有限公司董事长兼总工程师金建祥参与了《规程》起草，他对记者表示，定日镜场作为塔式光热电站的核心组成部分，对塔式光热电站实现高效率、安全可靠运行具有重大影响。通过制定标准，可以规范光热电站的设计、建设和调试过程，保障光热电站的质量，为项目经济性保驾护航。

中电联标准化管理中心主任汪毅告诉记者，编制《规程》的初衷是保障光热工程质量，引领光热行业发展。目前，欧美国家也在加大光热产业基础性研究，积极投入标准化工作。中国已牵头开展了4项国际光热标准编制工作，为光热发电标准化工作贡献了中国智慧。国内光热标准的编制，也为国际标准化工作奠定了坚实基础。“塔式太阳能光热发电站定日镜场的技术要求及检测校准难度很大，某塔式太阳能光热发电站镜场控制系统校准工作长达3年。”

“《规程》编制后，已经进行了多轮修改。”金建祥表示，“主要修改意见集中在检测指标的完整性、方法的可实施性、检测过程是否清晰明确等方面，目前正在征求意见，期待业内积极反馈意见。”

记者获悉，意见反馈时间截止日期为2022年3月15日。

### **提升国际竞争力**

近年来，我国光热产业规模快速增长，技术水平显著提升，2018年以来已有9个大型光热发电项目陆续投入运行，装机容量达到55万千瓦。通过不断优化，项目的性能和发电量逐步提升，特别是青海中控德令哈5万千瓦塔式光热项目，各项指标均已达到设计值，验证了我国光热技术及国产化设备的先进性及可靠性。在业内人士看来，这一批光热示范项目的建设，让我国光热产业链逐步完善，为今后的降本增效打下了基础。

电力规划设计总院高级顾问、中国电机工程学会太阳能热发电专委会副主任委员兼秘书长孙锐在接受记者采访时表示，工程技术标准是指导和规范工程建设工作的重要文件，只有掌握了相关技术并积累了工程实践经验，才能编制出较高水平的工程技术标准。我国通过第一批光热发电示范项目的建设，带动了光热发电行业的快速发展，总结这些工程的建设经验及相关技术的应用情况，编制相应的工程技术标准，用以指导和规范以后的工程建设工作，不仅可以促进我国光热发电行业发展，还能提高我国发电技术和装备的国际竞争力。

### **处于爆发前夜**

记者采访了解到，现阶段，我国正处于能源体系绿色低碳转型的关键期，光热发电逐渐受到关注和重视，国家和各省市陆续出台了一系列支持政策，行业正处于爆发前夜。

“尤其是国家新能源大基地项目大规模启动后，一批超百万千瓦的项目得以推进。”浙江高晟光热发电技术研究院有限公司总经理章颖斌认为，今后光伏、风电将与光热协同发展、多能互补，光伏、风电装机规模不断扩大，成本进一步下降，都成为光热发展的有利条件。

孙锐认为：“随着风电和光伏发电装机量增大，电力系统对储能和灵活调节电源的需求

愈加迫切。为了更好地消纳风电和光伏电力，现在采用多能互补一体化项目的方式，为光热发电项目配置风电和光伏发电资源，通过风电和光伏发电的利润空间，来弥补光热发电的亏损，可以短期解决光热发电的市场需求，防止光热发电产业链发生断裂。但它的副作用已经显现，风电和光伏的利润空间有限，地方政府限制了风电和光伏的装机容量配比，项目单位为了实现合理的投资回报，不得不削减光热发电项目的投资，大幅减少集热系统的规模，导致光热发电的灵活调节功能大打折扣。”

业内专家普遍认为，我国已培育出完整的光热发电产业链，但上网电价政策亟待完善。虽然现在提出要大力支持新型储能、光热储能的发展，但没有明确具体支持政策和补贴模式。据了解，目前光热发电项目的上网电价按照当地燃煤发电的基准电价执行，导致投资无法实现经济回报。“部分地方电价过低，如青海省等适宜发展光热发电产业的大省，新能源标杆上网电价为0.2277元/千瓦时，低于全国其他同类地区。新能源配建储能和光热发电后，整体收益率过低。”金建祥直言。

2月10日，国家发改委、国家能源局联合发布的《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》已提出，完善支持太阳能热发电和储能等调节性电源运行的价格补偿机制。对此，金建祥建议，对光热调节性电源的价格补偿机制可采用两部制电价。（苏南）

## 我国光伏制造端产值突破 7500 亿元

中国能源报 2022.2.28

**本报讯（记者董梓童）报道：**2月23日，中国光伏行业协会主办的光伏行业2021年发展回顾与2022年形势展望线上研讨会在京召开。记者在会上了解到，2021年我国光伏新增装机规模达到5488万千瓦，创历史新高，光伏制造端产值突破7500亿元。

装机结构方面，截至2021年底，分布式光伏累计装机规模超1亿千瓦，约占光伏累计装机规模的1/3；2021年，分布式光伏新增装机规模约2900万千瓦，约占全年光伏新增装机规模的55%，首次突破50%，成为光伏新增装机规模的主力军。

“在过去的1年里，我国光伏行业立足新发展阶段，产业优势持续增强，依然保持了稳中有进的发展态势，实现了新突破。”国家能源局新能源与可再生能源司处长邢翼腾肯定了光伏产业的亮眼成绩，并指出我国光伏迈入了集中式与分布式齐头并进的发展阶段。

“‘十四五’期间，我们将坚持集中式与分布式并举，大力推进光伏基地化开发，积极推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设。规范推进光伏分布式开发，稳步推进整县屋顶分布式光伏试点工作，确保试点工作始终保持正确的方向。同时建立健全相关标准和规范体系，力争为分布式特别是户用光伏开发，营造良好和规范的市场环境。”邢翼腾说。

在碳达峰碳中和目标下，2021年光伏新增装机规模远超预期。中国光伏行业协会名誉理事长王勃华认为，国内光伏发电项目储备量十分充足，或将推动光伏新增装机规模在

2022 年突破 7500 万千瓦。

实际上，光伏制造端正迎来新一轮扩产潮。2021 年，数十家光伏制造企业投资超上十亿元开发建设新产线，覆盖硅料、硅片、电池片、组件等光伏产业链各主要环节。工信部电子信息司副司长杨旭东指出，面对巨大发展机遇，光伏产业需迈出高质量发展步伐。“今年光伏产业产值力争突破万亿元大关，我们将会同有关方面加强监管，切实保障光伏产业链供应链稳定。”

王勃华也强调，需特别关注我国光伏供应链协调发展的问题。“由于供应链各环节扩产周期不匹配，硅片、电池片、组件的扩产周期远短于硅料和光伏玻璃，叠加供应链各环节规模也不匹配的影响，硅料、光伏玻璃等产品极易出现供不应求的情况，推动价格大幅上涨。”

2021 年，硅料、硅片等产品供不应求，价格暴涨，导致国内光伏电站投资成本不降反升。中国光伏行业协会的数据显示，2021 年，我国地面光伏系统初始投资成本为 4.15 元/瓦左右，同比增加 4%。同期，我国光伏地面电站非技术成本占比同比下降 3.2%，组件费用占比同比增长了 6.7%。

邢翼腾强调，产业链供应稳定、价格平稳，这是全行业的共同期待，也符合全行业的共同利益。实现碳达峰碳中和目标，推动光伏行业持续健康高质量发展，离不开产业链的有力支撑。

中国光伏行业协会预测，2022 年，随着产业链各环节新建产能逐步释放，组件价格将回归合理水平，光伏系统初始投资成本将下降至 3.93 元/瓦。

国网能源研究院新能源与统计研究所所长李琼慧指出，随着可再生能源发电占比不断提升，新能源电力供应不足和在大发期间消纳困难的问题将频繁交替出现。“十四五”期间，寻找可再生能源电力消纳最佳解决方案将成为重点课题。

国家发改委能源研究所研究员时璟丽补充说，保障可再生能源较高利用水平、提升可再生能源电力消纳灵活性、引导可再生能源电力参与市场化交易是影响可再生能源发展的关键。

对此，邢翼腾表示，将持续加强政策供给，会同各部委推动出台新能源高质量发展的若干政策。“去年底，我们研究出台了《光伏电站消纳监测统计管理办法》，也启动了《光伏发电开发建设管理办法》的修订工作，并公开征求意见，目前正在修改完善。”

## 六、地热

### 干热岩：“可供中国使用 3800 年”的清洁能源？

报刊文摘 2022.2.11

最近，一些自媒体声称，山东发现新能源“巨大宝藏”，储量大约相当于 180 亿吨煤炭，可供中国使用 3800 年。这里所说的宝藏，是一种地壳较深处的高温岩体——干热岩。

事实上，这个“发现”并不是最近的事。早在 2016 年，就有权威媒体报道，山东省第一地质矿产勘查院发现了中国东部赋存条件最好的干热岩。该勘察院水文地质所主任景晓东



预测，仅在威海市文登区一处，高温干热岩的能量即使只有 2% 被利用，便可供山东全省使用 38 年，“其效益不亚于找到一座大型金矿。”

到了 2019 年，有媒体报道，该项目也在山东日照市莒县、五莲县一带发现干热岩富存区，资源量折合标准煤总计超过 187.79 亿吨。2017 年到现在，中国煤炭消耗量平均每年在 40 亿吨左右，因此，假设山东蕴藏的干热岩能量相当于 187.79 亿吨煤，也不可能供中国使用 3800 年。但更为关键的是，山东真的找到了这样一座地下“金矿”吗？

对于这类新闻，中科院地质地球所地热资源研究中心主任庞忠和表示，这属于严重地误导公众。虽然干热岩储量大、无污染，但它是一种开采难度极大的地热能。放眼全球，真正运行得较为成功的项目，也屈指可数。中国现在并没有干热岩的开发技术，只是处在调查和基础研究阶段。

按照地热学的基本规律，越靠近地球深部，温度越高，地表往下每走一公里，地球平均大约增温 30℃。因此，可以想见，只要能够开采得足够深，地球可以给人类回馈的热能资源储量，无疑是巨大的。一个学界常引用的说法是，地壳中距地表 3~10 千米深处的干热岩所蕴含的能量，相当于全球石油、天然气和煤炭所蕴藏能量的 30 倍。

干热岩将来主要的用途是发电。由于干热岩的温度很高，发电过后的尾水还能达到 70~80 摄氏度，相当于普通地热水，能再次用于供暖、制冷。干热岩不仅体量巨大，而且，用于发电几乎是零排放，又比风能、水能等清洁能源更加稳定，不受气候影响。

中国的干热岩调查工作，是从“十二五”期间正式开始的。2012 年，“863”项目“干热岩热能开发与综合利用关键技术研究”立项，拉开了干热岩寻找与技术研究的序幕。2014 年 10 月，中科院地质与地球物理研究所对青藏高原共和盆地两处勘探孔地热温度做了测试，发现地下 2880 米处，花岗岩体温度达到 181℃，是中国首次探明的干热岩资源。

中国地质调查局水文地质环境地质研究所研究员王贵玲等人于 2012 年发表在《地球学报》的文章便进行过储量估算，给出的结果是：中国大陆 3~10 千米深处的干热岩资源，相当于 860 万亿吨标准煤，按 2% 的可开采资源量计算，相当于当时中国能源消耗总量的 5200 倍。根据王贵玲等人 2020 年发表的论文《中国地热资源现状与发展趋势》，中国现在已经圈定了 12 处干热岩勘探点，开展开发实验，并追踪国外技术。这两年，庞忠和感到干热岩得到的关注越来越多了。2020 年，是中国“碳中和”元年，地热作为五大非碳基能源之一，得到了更进一步的重视。2021 年，在中科院重大咨询项目“中国碳中和框架路线图研究”中，干热岩的开发就是专题内容之一，与地热能开发有关的高层会议也不少。

近些年，很多人找到庞忠和，问他，想投资干热岩，应该去哪儿开采？他通常会跟对方说：你先别考虑投资了，风险太大，有可能血本无归。庞忠和说，按照定义，温度在 180℃ 以上，岩体含水量特别少或不含水，在现今的技术、经济条件下能够开发利用的地热能，才能被称为干热岩资源。

庞忠和说，在美国西部，两千米以下的地壳，地热就能达到 200℃。但在中国，在华

北、东北、东南沿海等区域，要达到 180℃，普遍要钻井达到 6 千米，这就超出了当前技术可以开发、成本可以承受的范围。山东省的干热岩，就属于这种埋藏条件。

2010 年，庞忠和参加了中国科学院组织的“中国能源路线图 2050”制定工作，关于深层地热能的开发，包括干热岩，预计工程化的时间节点是 2035 年。现在看来，这个时间线的判断是基本合理的，庞忠和说，目前这个领域并没有出现颠覆性的技术。（彭丹妮）

## 深部地热动态评价方法和储层改造增产关键技术研究获突破

### 雄安新区地热可持续开发利用有了技术支撑

中国自然资源报 2022.2.14

本报讯（记者于德福）日前，由中国地质调查局水文地质环境地质调查中心牵头、天津大学参与实施的国家重点研发计划“深部地热资源动态评价方法与储层改造增产关键技术”课题通过综合绩效评价与结题验收。验收专家组认为，该项目形成的深部地热资源动态评价方法和储层改造增产关键技术，为雄安新区及我国相似地区进行地热资源动态评价、碳酸盐岩储层增产改造、地热资源规模化开发及环境影响评估与监测等提供了可借鉴经验和支撑。

该课题以雄安新区深部岩溶热储为研究对象，开展深部地热资源动态评价技术以及地热资源开采条件下地质环境响应监测与评价技术研究，探索岩溶热储储层改造增产技术和评价方法，支撑服务雄安新区地热资源可持续开发利用。

在深部地热资源动态评价方法方面，课题组建立了室内实验系统，完成实验室尺度下不同地温梯度、开采/回灌流量、回灌流体温度等条件下热储一井筒与地层耦合传热的模拟实验，解决了地层地温梯度模拟难题；通过建立岩溶热储一井筒耦合的流动与传热数学模型，实现了对地热流体开采、回灌过程中热储一井筒一井口全流程温度、压力的动态变化模拟；在此基础上开发了岩溶热储一井筒耦合传热数值模拟软件，建立地热资源动态评价方法，并在雄安新区地热资源动态评价中进行了试应用。

在储层改造增产关键技术方面，课题组研发的岩溶热储改造增产室内实验装置，实现了 300 摄氏度、70 兆帕条件下水岩、酸岩、碱岩等作用过程的室内模拟实验。基于室内试验、理论研究、数值模拟、工程设计等方法，该课题形成了一套适用于岩溶热储的改造增产技术，并在 400 米深井成功应用，实现单井产能提高 54%，改造后单井出水量可满足 30 万平方米建筑物的冬季供暖需求。

此外，课题组开展了地热资源动态监测技术研究，编制了“雄安新区地热动态监测系统 and 专用监测井技术规程”。基于 InSAR 技术开展的地热开采区地面变形监测，初步分析了雄安新区地热开采区的地面变形特征，分析结果表明雄安新区地面沉降区与岩溶热储开发区不具有时空两个维度的相关性。在此基础上，课题组分析了地面变形对地热规模化开发的响应，研究了地热资源规模化采灌对地质环境的影响机制和评价技术。

## 七、海洋

### 海水淡化有了低能耗可持续解决新方案

科技日报 2022.2.14

科技日报讯（记者李丽云）记者2月11日从哈尔滨工业大学获悉，该校环境学院马军院士团队与阿卜杜拉国王科技大学（KAUST）赖志平教授团队联合攻关，在膜法水处理技术研究领域取得重大突破，其成果日前发表在国际期刊《先进材料》上，该研究设计合成了超高通量多孔石墨烯膜并利用低品质热源实现了高效可持续的海水淡化。

全球日益严重的水资源短缺和当前海水淡化技术的高碳足迹促使人们寻求一种低能耗可持续发展的解决方案。膜蒸馏（MD）利用热量驱动水蒸气通过膜，获得高品质清洁水，是一项具有重大应用前景的海水淡化技术，同时也是诸多零排放工艺中的关键核心技术。但MD膜通量低是限制该技术广泛应用的主要瓶颈。

鉴于此，哈工大马军院士团队联合沙特阿卜杜拉国王科技大学赖志平教授团队提出了一种制备超高通量纳米多孔石墨烯膜的新工艺，该过程无需二次打孔和转移过程。所得石墨烯膜为水蒸气提供了极短且快速的传输路径，比迄今为止报道的MD膜通量高一个数量级、脱盐率大于99.8%，在海水淡化中显示出巨大的应用潜力和优势。

马军院士团队的吕东伟副教授为该论文的第一/通讯作者，该研究工作是在马军院士与赖志平教授的共同指导下完成，得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、中国博士后科学基金资助。

### 美国加快波浪能发电技术研发和示范

中国自然资源报 2022.2.11

【美国能源部官网1月25日消息】美国能源部日前发布消息称，该部将提供2500万美元（约合1.6亿元人民币）资金，支持相关科研机构开展波浪能发电技术研发和示范。提升波浪能发电技术水平，并加快其商业化进程，助力美国联邦政府实现“到2050年达到净零碳排放”的目标。

据悉，波浪能发电是以波浪的能量为动力生产电能。美国能源部将支持8个波浪能发电项目，并在海上试验场开展海上波浪能发电技术研发和测试。

### 青岛海水淡化项目奖补最高千万元

中国自然资源报 2022.2.14

本报讯（记者王晶）近日，青岛市海洋发展局、青岛市财政局联合出台《青岛市海水淡化项目建设奖补政策实施细则（试行）》（以下简称《细则》），鼓励海水淡化项目建设，

推动海水淡化规模化利用。其中，对符合条件的海岛海水淡化项目，按照固定资产投资的20%给予不超过1000万元的一次性奖补；对符合条件的非海岛海水淡化项目，按照固定资产投资的10%给予不超过1000万元的一次性奖补。

海水淡化是海洋战略性新兴产业的重要组成部分，是解决沿海地区淡水资源短缺的重要途径，支持海水淡化项目建设，对保障青岛水资源安全，促进经济社会可持续发展具有重要意义。目前，青岛已建成海水淡化规模达22.4万吨/日，占全国建成规模近1/7，在建海水淡化项目规模为11.7万吨/日。

据了解，青岛百发海水淡化项目是参与市政供水的海水淡化项目，也是我国首个日满负荷运转达10万吨级的海水淡化工程。董家口海水淡化项目是国内首个自主研发、自主设计、自主建设和自主运营的大型海水淡化工程，该项目实现了关键技术和设备国产化，打破长期以来海水淡化膜技术的国际垄断，被国家发展改革委确定为“反渗透膜材料研发与产业化及应用示范项目”。

据介绍，为推动海水淡化产业发展，青岛近年来为青岛百发海水淡化项目、董家口海水淡化项目争取到优惠电价等政策，给予海水淡化企业基本运行保障，推动了该市海水淡化产业长效健康发展。此次《细则》的出台，将进一步扩大海水淡化项目规模，推进海水淡化规模化利用，为争创国家海水淡化示范城市奠定基础。

## 八、氢能

### 煤氢联动向全产业链延伸

中国能源报 2022.2.7

专家建议，对于煤企而言，不能一味追求产多少氢，还要关注氢从哪里来，“绿氢”才是可持续发展的方向，也是煤炭企业降低自身碳排放的重要途径。

以煤气化制合成气为龙头，耦合风、光水电解制氢，建设70万吨/年聚烯烃、10亿立方米/年液化天然气两条主生产线——位于新疆哈密的风光多能互补制绿色低碳高值煤基化学品新材料项目，于近日召开可研报告评审会；在河南省发改委刚刚公布的可再生能源制氢示范项目名单中，河南平煤神马东大化学有限公司16MW光伏制氢示范项目入选，到2023年制氢规模拟达到240万Nm<sup>3</sup>/年；结合自身需求，国家能源集团聚焦氢能氨能在煤炭运输板块的应用，宣布将在“十四五”期间谋划一批科技创新项目……

开年以来，煤氢联动频繁。多家煤炭企业纷纷瞄准氢能，将其作为低碳转型、业务拓展的抓手，“氢”装上阵，煤炭企业前景如何？

#### 从上游制氢向全产业链进军

来自中国氢能联盟、中国氢能标准化技术委员会等不同机构的数据均显示，煤制氢目前仍是我国的主要氢源，产量占比超过60%。“煤企涉足氢能产业，最大优势在于制氢的原料富集、技术成熟，现阶段每公斤煤制氢成本仅为电解水制氢的1/4-1/5。”中国国际经济交

流中心科研信息部部长、能源政策研究所负责人景春梅举例，在煤化工反应中，第一步“煤气化”过程就会产氢，这些副产氢让煤企具备“量”的优势。

除了上游环节，部分企业进一步向氢能全产业链延伸。布局较早的国家能源集团，初步形成了全国性的氢能项目布局。例如，其在江苏省如皋市打造的全天候商业运营加氢站，是国内第一个行政审批完备、完全市场化开发的国际标准商业加氢站。1月24日，由其建设的河北省张家口市万全油氢电综合能源站正式启动，集加油、加氢、充电于一体，为冬奥会提供氢源保障。

在国家能源集团最新召开的氢能产业发展专题会上，总经理刘国跃提出，将在已有科研成果和发展基础上，把握氢能产业发展脉络，选择好技术路线，稳步开展工程科技示范，扎实稳妥布局项目。要推进新能源发电与电解水制氢耦合发展、新能源制氢与现代煤化工耦合发展、煤炭生产运输及辅助环节的氢基新能源替代，更好发挥氢能在传统化石能源和可再生能源、新能源的耦合作用。

地方煤企也在大胆尝试。在山西，全国最大的独立商品焦和炼焦煤生产商美锦能源，目前已在广东佛山、云浮，山西太原、晋中等地建成8座加氢站，去年共售出氢燃料汽车357辆。依托煤化工优势，山东能源集团积极布局制氢、储氢、用氢产业链，计划打造海陆风电、光伏、氢能“双千万、双园区”新能源产业集群。

#### 由煤制“灰氢”向清洁“绿氢”转变

煤企制氢优势突出，短板却也十分明显。“氢能是零碳燃料，又是化石能源和可再生能源之间过渡和转换的桥梁。煤制氢技术较为成熟、成本较低，但同时将制氢产生的二氧化碳捕捉和封存，才能达到碳减排目的。”中国工程院院士衣宝廉表示，基于氢能产业清洁低碳的发展初衷，煤制氢逐渐会被基于可再生能源的“绿氢”所替代。

为解决脱碳问题，衣宝廉提出对二氧化碳集中进行处理，比如利用电解水制氢的副产氧，进一步与煤制氢结合，收集二氧化碳注入油井，以此提高产油量。“日本在澳洲搞褐煤制氢就是结合二氧化碳封存，通过储氢载体甲基环乙烷运至日本，再脱氢为甲苯，制取氢气。”

北京低碳清洁能源研究院氢能研发负责人何广利也称，从全生命周期碳排放来看，现有煤制氢方式与清洁低碳要求相违背。“以此衡量，煤制氢非但不占优势，由于生产过程排碳，反倒是首当其冲受到影响的产业。对于企业而言，不能一味追求产多少氢，还要关注氢从哪里来，低碳的氢源才是可持续发展方向，反过来也是煤化工企业降低自身碳排放的重要途径。”

如其所言，部分企业已展开探索。据宁夏宝丰能源集团相关负责人介绍，该集团太阳能电解水制氢综合示范项目，建成后预计年产2.4亿标方“绿氢”、1.2亿标方“绿氧”，可直供化工装置，“绿氢”替代煤炭原料、“绿氧”替代煤炭燃料生产高端化工产品。“煤的碳含量高、氢含量低，烯烃产品恰恰相反，因此需要用煤和水制氢气，反应过程排放二氧化碳

碳。电解水制氢纯度等级高，杂质气体少，考虑减排效益，与可再生能源结合电解水制‘绿氢’被认为是实现脱碳的最佳途径。只要有足够的‘绿氢’，煤制烯烃碳排放问题可以基本消除。”

### 综合多方因素找准切入点

何广利进一步提出，目前已有配套二氧化碳处理技术解决煤制氢碳排放的方式，并建成相应的示范项目，但因成本偏高，规模化推广还需要政策支持。另一种减碳方式是“煤炭+新能源”。“利用可再生能源制氢替代‘灰氢’，在满足自用的基础上，企业可以考虑作为氢源供应单位，将盈余的‘绿氢’向外供给。随着可再生能源成本持续下降，经济性问题的逐步改善。”

景春梅坦言，诸多煤企集中在制氢环节发力，但考虑到碳减排约束，继续一味做大煤制氢，将自己定义成氢源供应商的思路不可取。“可再生能源制氢、耦合煤化工产业链，对工业副产氢进行提纯、去碳是可行的发展方向。”

除了“从哪里来”，还要关注“到哪里去”。景春梅提出，氢能产业链较长，覆盖上游制备、中游储运及下游的氢燃料电池、储能应用等。究竟在哪个细分领域布局，煤企既要看到自己能做什么，也要把握行业、地区的整体情况。“比如，储运至今仍是氢能产业面临的堵点，占到终端用氢成本的50%左右。煤炭企业不少项目位于中西部地区，即便是成本低廉的煤制氢，超过一定运距后经济性也将大打折扣。产得出，如何运得出？再如，燃料电池及车辆是一个相当复杂的产业链，很多专做氢能的公司研发多年才有突破，煤炭企业若在技术、人才等方面不占优势，不建议贸然尝试。此外，多地纷纷发布氢能相关规划，一哄而上的苗头初现。煤企还要结合实际情况算好帐、布好局，避免重复建设、产能趋同。”

刘国跃表示，氢能产业发展方向主要包括清洁能源基础燃料、能量储存介质、不同能源行业耦合的重要媒介。国家能源集团将结合自身实际，发挥在新能源制氢、工业附加制氢方面的优势，将制氢、储氢作为产业发展的切入点，推进氢能与煤基能源产业、新能源产业协调发展。（朱妍）

## 中国石油打造冬奥首支绿氢火炬

中国电力报 2022.2.11

**本报讯（通讯员魏枫）**报道2月4日晚，在北京2022年冬奥会张家口赛区，由中国石油自主研发的绿氢点燃了太子城火炬台。这是本届冬奥会唯一一个由绿氢点燃的火炬台，也是冬奥近百年历史上首支以绿氢作为燃料的火炬。

绿氢是指利用可再生能源电解水得到的氢气，燃烧时只产生水，与以煤炭和天然气为原料的灰氢和蓝氢相比，从源头上实现了零碳排放，是很纯正的绿色新能源，在全球能源转型中扮演重要角色。此次中国点燃冬奥历史上首支绿氢火炬，不仅向全球彰显了我国新能源领域的技术实力，更创造了冬奥火炬用能历史，首次实现燃料生产到应用全过程碳零排放。

绿氢产业链包括制氢、储运、加氢、氢能利用等环节。针对此次冬奥火炬的特殊要求，中国石油总部部门、专业公司及相关企业一体化联动，确保运输、储存的氢气满足张家口赛区火炬需求。

作为“双奥”企业，中国石油生产的天然气曾点燃北京 2008 年奥运会鸟巢主火炬。如今，中国石油用更清洁的自产绿氢点燃北京 2022 年冬奥火炬，两次奥运见证了中国石油绿色低碳转型的路径，更彰显其赋能“绿色冬奥”和建设美丽中国的责任与担当。

## 氢燃料车商业化还要过三关

经济日报 2022.2.18

和运动员奋力夺金一样，穿梭在北京冬奥会赛场的 1000 多辆氢燃料电池车，以及沿线 30 多座加氢站，也引发了海内外舆论关注。此次全球规模最大的燃料电池车示范运营，不仅展现了丰田、福田、宇通、吉利等车企的“氢”实力，而且毫不意外地引发氢燃料车何时能大规模商业化的讨论。

与纯电车相比，氢燃料车加注快、续航长、耐低温；与燃油车相比，氢燃料车热转化效率高，又足够清洁环保。因此，在很多人眼中，氢燃料电池一度被认为是解决汽车有害气体及温室气体排放的终极解决方案。不过，氢燃料车的商业化之路并不平坦。中国汽车工业协会数据显示，去年我国氢燃料车的销量仅为 1556 辆，远不如预期。

从全球来看，真正意义上实现量产在售的氢燃料车屈指可数。去年特斯拉一家就卖出了 93.6 万辆电动车，而全球氢燃料车销量加起来也抵不上其零头。有网友吐槽，氢燃料车正以“龟速”被各大车企抛弃。

事实上，目前梅赛德斯—奔驰已宣布终止开发氢燃料电池乘用车的计划，并将停止生产唯一的燃料车型 GLC F—CELL，上汽集团也已发布公告决定终止燃料电池汽车前瞻技术项目的研发，而本田前不久也宣布将研发重点放在纯电车上，不再专注于氢燃料车。更夸张的是，马斯克直言氢燃料车是交“智商税”，大众汽车则认为氢燃料车“没有未来”。无疑，这些车企及高管的“不看好”言论为氢燃料车发展蒙上更多不确定性阴影。

有人问，既然如此，还有必要大力推广氢燃料车吗？特别是当前电动乘用车市场已经爆发，中长期看也不太可能改变为氢燃料车。但也要明白，作为新能源车技术路线之一，从场景驱动理论来看，氢能源更适宜长途运输，而电动车更适宜城市配送、城市巴士、区域运输。毕竟纯电动汽车的续航里程有限，电池组重量太大，充电时间太长。比如重卡，其路线相对固定，以高速公路为主，只需要在固定路线上建设几个加氢站就可以了，没必要像电动车一样在全国铺开加氢站。作为全球最大的汽车产销国，无论是市场规模，还是企业实力，都足以支撑氢燃料商用车发展，问题在于当前我们能否奋力过氢燃料车商业化的三道关。

首先是成本关。从供应链来看，确保氢燃料车的商业化运营，需要制氢、运氢、储氢、加氢四个过程，每个环节成本都不低。与纯电车相比，无论是当前交通氢每千克 60 元至 80

元的售卖价格，还是高达 200 多万元一辆的氢燃料车，抑或是千万元起步的加氢站建设，这都是氢能产业链难以承受之重。不过，电动车当年也很贵，尤其是占据成本 40% 的锂电池价格居高不下，但是随着大规模量产，分摊了高昂的研发成本和生产成本，车企盈利已肉眼可见。与动力电池电动汽车可以使用现有的供电网络不同，发展氢燃料电池汽车需要重新建立氢的供应系统，全产业链发力。

其次是技术关。表面上看，氢燃料车商业化成本过高，但归根到底是缺少产品技术的突破。比如基础材料，催化剂、质子膜、碳纸、高强度碳纤维、安全阀、加氢站离子压缩机，其中很多材料还需要进口，更别说规模化。因此，当务之急就是产业链上下游要协力攻关，突破产业化“卡脖子”的技术难题。同时，氢安全技术也很重要，消费者对此尤其关注。总之，要创新引领、自立自强，才有可能实现氢燃料车商业化的新突破。

最后是管理关。当下氢气仍被作为危化品，而非能源进行管理。由于小型制氢生产属于化工项目，法规管理要求进入化工园区，因而当前大多数交通制氢用氢都在商业用地或工业用地。如此一来，就形成了对制加一体化站发展的限制，大幅降低了交通用氢的经济性。因此，要想将高企的加氢站成本大幅降下来，还需要在确保安全的前提下，进一步放宽对能源用途小型制氢项目的限制，有序引导交通制氢加氢用氢的发展。（杨忠阳）

## 氢能无人机担纲“电力保镖”

中国科学报 2022.2.17

**本报讯（记者郑金武）**记者近日获悉，冬奥会开幕前夕，在国网冀北电力有限公司张北和延庆两大基地，8 位身材轻巧的“电力保镖”正式上岗，对风机、光伏板、500 千伏高压线路等关键输电场景开展巡检，保障冬奥期间供电安全。

这 8 位“电力保镖”，是由未来科学城能源谷入驻企业——中国商飞北京民用飞机技术研究中心（以下简称中国商飞北研中心）研发的复合翼、固定翼、多旋翼 3 款氢能无人机。此次正式上岗作业，标志着新能源无人机从研制期走向示范运行。

与传统无人机相比，氢能无人机具有重量轻、振动小、噪声低、零碳排放等优势，并且突破了低温、续航等瓶颈，固定翼状态可超过 24 小时续航，并能适应山高路远、高寒等环境。

在这些氢能无人机中，多项先进技术被集成应用，包括氢能无人机平台、5G 网联技术和智能电力巡检技术等。据介绍，3 款氢能无人机平台均搭载了强劲的“心脏”——“氢腾”千瓦级空冷燃料电池系统，其系统功率密度、使用循环寿命等指标处于国际先进水平，可根据实际应用场景进行功率定制。

这些无人机覆盖输电巡视场景常见缺陷，形成完善的“端、网、边、业、管”五位一体的泛在低空技术体系，拥有超视距飞行、人工智能识别能力。

中国商飞北研中心总师杨志刚表示，电力人工智能科技成果和新能源无人机的结合，向自动化、主动化的智能运检模式迈进了一大步。



# 空客携手 CFM 开发氢动力飞机

参考消息 2022.2.24

【德国《商报》网站 2 月 22 日报道】题：“航空业的历史性一天”——空客推进氢动力飞机开发（记者延斯·克嫩）

空中客车公司希望靠开展一项新合作来消除外界对其以下雄心勃勃计划的疑虑：在 2035 年底前将氢动力飞机推向市场。

空客将与发动机合资企业 CFM 国际公司联合开发一架技术测试飞机，预计可于 2025 年投入使用。空客在美国华盛顿举行的一场线上新闻发布会上宣布了这一消息。

CFM 国际公司是美国通用电气公司和法国赛峰集团联合组建的一家合资公司，过去曾开发短程、中程和远程飞机的发动机。现在，空客和 CFM 国际公司想在相关经验的基础上开发新技术。

空客美洲分公司首席执行官杰夫·尼特尔在新闻发布会上说：“今天是航空业的历史性一天。我们需要在地面和空中测试这项技术。为此，我们将开发一个飞行实验室。”

A380 宽体客机将被用作测试飞机。第五台发动机（一台使用氢燃料的传统燃气涡轮发动机）将被安装在飞机后部。还将在机身后部安装四个氢燃料罐。

使用氢燃料的燃气涡轮发动机早已被应用于工业领域，因此这并不是一个新概念。不过，这种发动机用在飞机上却会带来特殊的挑战，因为氢气燃烧的温度远高于煤油。

CFM 国际公司首席执行官加埃勒·梅厄斯特自信地表示：“我们仍面临一些挑战，但看不到任何难以克服的技术障碍。”

在测试过程中，飞机由四台常规发动机提供动力。在飞行过程中，可在第五台发动机上开展全面测试。空客首席技术官萨比娜·克劳克说：“我们将能收集大量数据。飞行员可以在显示屏上看到受测发动机的关键数据。”

即使空客不想只依赖氢动力发动机，对空客首席执行官纪尧姆·福里来说，氢能也是在空中交通领域实现气候中立的核心技术之一。相反，竞争对手波音公司在这个问题上态度相对谨慎，寄希望于在 2050 年底前依靠合成煤油在空中交通领域实现气候中立。

德国安特优航空发动机公司首席执行官赖纳·温克勒也在几天前警告说，采用全新动力技术的飞机大规模上市是很久以后的事。

批评者认为，氢动力发动机在航空领域的发展仍面临巨大挑战。首先，在未来一段时间内，氢能仍将处于供不应求的状态；其次，机场缺乏为氢动力飞机提供补给的基础设施。而且，氢燃料的能量密度也无法满足长途飞行需要。而航空业的二氧化碳排放主要来自长途飞行，全球 2.8% 的二氧化碳排放源自航空业。

空客也初步考虑将氢动力飞机设计成座位数在 50 至 100 个之间的支线飞机。在福里看来，对于长途航线，合成煤油仍将是未来很长一段时间里的首选。

尽管如此，空客仍在继续开发氢动力技术，包括德国在内的欧洲多国政府都在大力推进这项技术。

在新动力技术方面，福里最近刚刚开始对供应商施加更大压力。他原则上不再排除空客亲自参与开发新型飞机发动机的可能性，这将弱化目前的行业分工，因此在供应商中引发激烈讨论。

几天前，福里试图平息事态。他在发布 2021 年业务数据时解释说：“我没有说我们要改变自己的战略。”他指出，他也没说过空客要成为飞机发动机制造商。他只是在被问及空客原则上是否具备这种能力时，给出了肯定的答案。

此外，几周来，空客管理层一直在重组集团自有的供应商网络，以提高企业的灵活度。随着新动力技术的出现，航空市场正在持续发生变化，空客希望能加以应对。

## 欧洲可再生能源制氢装机规模 2023 年将超过 150 万千瓦

中国能源报 2022.2.21

**本报讯** 据可再生能源资讯网站 Recharge 报道，近日，欧洲能源市场研究机构 Delta - EE 发布报告称，得益于欧洲各国政府和监管机构的政策支持和激励计划，预计到 2023 年底，欧洲可再生能源电解水制氢的装机规模将超过 150 万千瓦。

Delta - EE 全球氢能服务经理 Robert Bloom 表示，2022 年，欧洲将在氢能领域推出多项更有力的激励措施。在此基础上，2023 年开始欧洲绿氢产业将迎来快速发展。“德国、英国和荷兰将在今年率先推出新的绿氢项目补贴计划，使得相关项目更具经济性。”

报告预计，今年，欧洲可再生能源制氢项目累计装机规模将达 48 万千瓦，2023 年这一数字将达到 165 万千瓦。

Robert Bloom 同时估计，随着欧洲加强对绿氢项目的支持，到 2024 年，欧洲有望部署 600 万千瓦的可再生能源制氢装机。（仲蕊）

## 氢能利用再添“安全卫士” 新型传感器实现氢气秒级响应

科技日报 2022.2.23

声表面波氢气传感器的技术优势在于快速响应与高灵敏度。声表面波技术本身对表面负载表现出极高的灵敏度和快速响应特点。将之与特异选择性的氢敏材料相结合，利用传感过程中的气体吸附效应对声表面波传播的作用，即可实现对氢气的快速高灵敏检测。

氢气作为一种清洁能源，在促进节能减排、调整能源产业结构、应对全球气候变化等方面具有广阔应用前景。

然而，使用氢气存在一个“痛点”。氢气本身具有易燃易爆、无色无味的性质，这使得氢气在泄漏时难以被察觉，累积后极易产生安全事故。更好地开发利用氢能，快速、高灵敏的氢气传感技术必不可少。

近日，传感器领域的重要期刊《Sensors and Actuators B: Chemical》上线了一篇重要论文，展现了氢气传感技术的新进展。中国科学院声学研究所超声学实验室研究员王文带领课题组在前期工作基础上，与南开大学教授杨大驰团队合作，将微纳声表面波器件技术与钽镱纳米线氢敏材料相结合，提出并研制了一种具有秒级响应、高灵敏和低检测限的新型声表面波氢气传感器。

### 目前氢传感技术难以满足实用需求

2019年仲夏之际，全球在20天内发生了3次氢气相关的爆炸事件。韩国一个氢燃料储存罐发生爆炸事故；美国一处化工厂储氢罐和氢气运输拖车发生爆炸和火灾；挪威首都奥斯陆郊外的一处加氢站发生爆炸。

如何安全利用氢气这一绿色清洁能源，成为人们关注的焦点。

王文告诉科技日报记者：“氢气易燃易爆。在空气中氢气浓度在4%—75%范围内极易发生爆炸，由氢气泄漏导致的安全事故时有发生。因此，使用氢能时必须进行实时监测，氢气传感器也就成为氢能应用中必不可少的关键部件。”

目前，典型氢气传感技术运用了催化、热导、电化学、电阻式及光学等方法。王文介绍，这几种方法各有优缺点。

催化法传感器可稳定并快速检测浓度在4%以内的氢气，但对可燃性气体的选择性较差，易受抑制剂影响，且需较高的工作温度，难以满足氢能应用领域极高的安全与可靠性要求。

热导式传感器可在大范围内实现较为快速（约在20秒内）的氢气传感，但传感精度不高，对高热导率气体，例如氦、甲烷、一氧化碳等气体，会造成交叉敏感，也难以实现对1%以下浓度氢气的检测。

电化学传感器可以在常温下工作，且灵敏度较高，但响应速度较慢（约在70秒内），使用寿命也较短。而电阻式传感器虽然能实现秒级快速氢传感，但一般需高温工作环境（300摄氏度至800摄氏度），且选择性差、易中毒。

光学传感器的优势在于传感器抗电磁干扰强，较安全，且灵敏度和测量精度高，能够达到实时响应。但是传感器体积较大，整体系统复杂且成本较高。

美国能源部2007年便制定了汽车以及固定式电力系统中氢气检测的性能指导要求。其中，最为关键的一条指明了对氢气传感器的性能要求——响应速度与恢复速度期望在1秒内，量程要求在0.1—10vol%。而现有的氢气传感器难以达到该要求。

“目前，氢传感技术在响应速度、使用量程及安全性等方面均难以满足氢泄漏监测的实用需求，新的氢传感技术与方法亟待发展。”王文说。

### 打造快速响应与高灵敏度的新型传感器

实际上，声波气敏技术作为声学领域的重要发展方向，王文和同事们对其前沿动态一点也不陌生。他和同事们一直深耕于此，在特异性气敏材料响应机制、多效应耦合的声表面波

气敏效应及高性能声表面波气敏元件优化等方面的研究取得重要进展。

为了满足氢能发展的实用需求，研发更灵敏的氢气传感器，王文及其课题组加快了攻关步伐。他们找到了在氢敏材料方面有着较为深入研究的南开大学杨大驰教授的团队。

双方一拍即合。“自2016年起，我们就开始和杨大驰教授的团队合作，开展新型声表面波氢气传感器研究。”王文表示，中国科学院声学所的声表面波技术研究在国内处于优势地位，南开大学则在氢敏材料研究方面有多年积累。双方期望通过将声表面波器件技术与钌基纳米材料（一种氢敏材料）结合，探索出快速氢传感新方法，以解决现有氢传感技术所面临的技术难题。

“声表面波氢气传感器的技术优势在于快速响应与高灵敏度。”王文解释道，声表面波技术本身对表面负载表现出极高的灵敏度和快速响应特点，将之与特异选择性的氢敏材料相结合，利用传感过程中的气体吸附效应对声表面波传播的作用，即可实现对氢气的快速高灵敏检测。

“此外，声表面波氢气传感器还具备良好的重复性与选择性，以及小体积、低成本的技术特点。”王文说。

尽管思路和目标十分清晰，在研究过程中，王文及其课题组还是遇到了难题。“我们面临两个技术难点，一个是钌基氢敏材料的响应机制及设计方法，另一个是高性能的声表面波氢敏元件设计与制备。”

王文告诉记者，他们通过讨论和各种实验，解决了难题。例如，通过探索钌基材料及纳米调控机制，确定了纳米线制备方法；建立分析方法，对传感器功能结构进行优化。

团队最终成功研制出新型声表面波氢气传感器样机。

王文高兴地表示：“样机测试结果很好，验证了最初的设计思想。新型声表面波氢气传感器实现了对氢气检测的快速响应、高灵敏度及低检测限。”

### **在氢能领域应用前景广泛**

作为一种新兴能源载体和化工原料，氢气具有来源广泛、清洁环保、可循环利用等一系列优点，与太阳能、风能等被称为九大新能源，并被誉为最具发展前景的二次能源。

据不完全统计，截至目前，已有北京、河北、四川、山东等超过30个地方陆续出台了涉及氢能产业发展的政策及相关规划。根据《北京市氢能产业发展实施方案（2021—2025年）》，2025年前，京津冀区域累计实现氢能产业链产业规模1000亿元以上，减少碳排放200万吨。

“氢能电子工业、汽车业、冶金工业、石油化工、浮法玻璃、精细有机合成、航空航天、食品加工等方面都有广泛应用，作为一种绿色能源，它的应用程度在不断深化。未来，氢气传感器的市场需求也将急剧增加。”王文说。

近年来，氢气传感器得到了飞速发展，涌现了诸多如电化学、电学式及光学式等不同技术原理的商用氢气传感器。各国科研院所持续投入力量开展氢气传感的新原理新技术研究，

以期满足实际应用的需求。

“声表面波氢气传感器引起了很多科研人员的兴趣。”王文表示，不少研究聚焦氢敏材料设计，取得了不错的试验效果。

“但迄今为止，因为氢敏材料存在稳定性与可靠性方面的技术难题，还没有出现商业化的声表面波氢气传感器。”王文说。

不过，随着碳达峰碳中和工作深入推进，未来，高灵敏氢气传感器将“大显身手”。

王文对新型声表面波氢气传感器的应用前景很有信心。“鉴于声表面波氢气传感器具备现有技术难以比拟的快速、高灵敏、低功耗、小体积与低成本等特点，一旦完成工程化，在氢能领域极具应用前景。”（孙瑜）

## 单个示范项目产能规模达万吨级，可高效助力光伏调峰消纳，专家建议—— 进一步提高光伏制氢经济性

中国能源报 2022.2.21

**本报讯（记者仲蕊）报道：**国家能源局、工业和信息化部、交通运输部等五部委近期联合印发的《智能光伏产业创新发展行动计划（2021—2025年）》提出支持智能光伏制氢等试点示范项目建设，加快开展制氢系统与光伏耦合技术研究。同时，支持建设一批光伏储能、光伏制氢等系统验证平台，加强多领域纵横联合。

记者了解到，在碳达峰、碳中和目标下，我国光伏产业发展迅猛，为光伏制绿氢产业提供了技术支撑，绿氢作为氢能产业的重要发展方向，为光伏制氢产业提供了巨大市场。据研究机构测算，到2050年，全球氢需求将达到6亿—8亿吨/年。未来30年，全球年均新增的制氢规模约为2500万吨，将带动光伏年新增装机规模达9亿千瓦，形成万亿元级市场。

不过，由于目前电解水制氢成本偏高、氢储运建设未能实现协同发展，国内光伏制氢目前处于示范性项目建设的起步阶段，尚未实现大规模商业化应用。

自2020年以来，国内氢能产业政策关注方向逐渐从车端向氢端转移。据氢能市场研究机构统计，2016年至2021年间，国内光伏制氢相关项目共42个，阳光电源、晶科能源、协鑫新能源等光伏头部企业均部署了光伏制氢项目。

降碳目标带动下，2021年国内光伏制氢示范项目明显增多，项目建设加速趋势明显。2021年3月，西安隆基氢能在江苏无锡正式建设首台碱性水电解槽，次月，隆基股份与中国石化就分布式光伏、“光伏+绿氢”等签署战略合作协议。去年7月，协鑫新能源合作设立100亿人民币的氢能产业投资基金和8亿美元的新能源产业投资基金。去年11月30日，中国石化新疆库车绿氢示范项目正式启动，项目计划新建装机容量30万千瓦的光伏电站、年产能2万吨的电解水制氢厂，标志着我国光伏制氢示范项目首次达到万吨级。

张家港氢云新能源研究院院长魏蔚表示，光伏企业下游装机竞争越来越激烈，进军氢能产业是一举多得，既可以帮助光伏企业实现传统业务的增长，又可以开拓新的业务，拓宽企

业市场空间。

我国光伏产业正迎来新的快速发展阶段，中国光伏行业协会的报告显示，“十四五”期间，国内年均光伏新增装机规模将达7000万-9000万千瓦。

“一方面，风光发电存在间歇性、波动性问题；另一方面，随着光伏装机量的不断攀升，光伏发电消纳问题日益受重视。”魏蔚表示，光伏发电规模化发展趋势下，光伏制氢可以有效解决光伏发电调峰、消纳等行业积弊。

中国银河证券的报告显示，目前全国大部分地区的光伏度电成本在0.3-0.4元/千瓦时，青海等优质资源地区已降至0.2元/千瓦时，但长期存在的弃光问题让光伏发电并网存在一定困难。根据全国新能源消纳监测预警中心发布的2021年1-12月全国新能源并网消纳情况，2021年全年，我国光伏利用率达98%，其中各省份光伏利用率基本在97%以上，但西藏及青海弃光较为严重，光伏利用率分别为80.2%和86.2%。

“光伏+绿氢”模式下，利用氢储能将有效调节光伏发电量，并减少弃光率。PGO氢能与燃料电池产业研究院院长周元表示，光伏发电的随机性、波动性、阶段性供电等问题，增加了电网调度难度。随着光伏装机规模的不断扩大，光伏发电将面临增加储能的问题，而光伏制氢可以有效地消纳光伏发电，实现电、氢两种能源灵活转换，为光伏发电创造新的应用场景和广阔的市场需求。

虽然绿氢总体市场需求巨大，但我国大部分光伏制氢项目刚刚开始规划或处于建设初期，尚未实现大规模商业化，原因在于高效的氢气储运体系建设未能打通。目前，光伏制氢部署大多在新疆、内蒙古等光照资源较好的地区，与需要大规模用氢的地区距离较远，存在产销不协调的情况。魏蔚认为，这在一定程度上抵消了光伏企业为电解水制氢带来的成本优势。

周元建议，我国应对光伏制氢的生产销售进行补贴或奖励，提高绿氢供给侧的积极性。同时，随着绿氢规模的增长，绿氢将成为碳排放市场中重要的交易内容，在政策和市场的双重鼓励下，绿氢将迎来更好的发展环境。

“从长远角度看，降低可再生能源发电成本也是光伏制氢规模化应用的关键，因此，需要进一步降低绿电价格。”周元表示。万联证券预测，到2025年，光伏系统度电成本将下降至0.22—0.462元/千瓦时，在光资源充沛的区域，光伏制氢电力成本有望达到0.15元/千瓦时，带动制氢成本持续降低。

## 我国氢能产供储销体系建设提速

中国能源报 2022.2.21

### 核心阅读

越来越多国家层面的政策提及氢能，意味着国家对氢能产业更加认可，或将进一步支持该产业发展。

目前我国氢燃料电池汽车产业发展迅猛，一定程度上带动了氢能全产业链加速发展，但在制氢、储运、加氢、应用等环节亟待进一步协同发展，同时氢在储能、工业领域脱碳方面的潜力有待挖掘。

**本报讯（记者仲蕊）报道：**国家发改委、国家能源局2月10日发布的《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》（以下简称《意见》）提出，完善充换电、加氢、加气（LNG）站点布局及服务设施，降低交通运输领域清洁能源用能成本，统筹能源绿色低碳转型和能源供应安全保障，探索建立氢能产供储销体系。对此，多位业内专家表示，目前我国氢燃料电池汽车产业发展迅猛，一定程度上带动了氢能全产业链加速发展，但在制氢、储运、加氢、应用等环节亟待进一步协同发展，同时氢在储能、工业领域脱碳方面的潜力有待挖掘。

氢气的危化品属性是制约氢能产业发展的重要因素之一，制氢体量、储运氢规模、加氢站建设等都因此面临挑战。虽然目前没有文件明确将氢能正式纳入国家能源体系，但业内呼吁从未停止。

PGO 氢能与燃料电池产业研究院院长周元表示，目前氢能产业面临高昂的储运成本和安全性等问题，只有将其正式纳入能源体系，赋予其能源属性，才能在管理方面获得更大突破空间。

张家港氢云新能源研究院院长魏蔚认为，《意见》将氢能利用与天然气、电力、石油等能源并列提及，一定程度上显示出氢能在国家层面的管理正往能源方向转变，已逐渐进入能源体系考量范围。同时也表明，氢能在我国能源清洁低碳转型中已成为不可或缺的关键组成部分。

“越来越多国家层面的政策提及氢能，意味着国家对氢能产业更加认可，或将进一步支持该产业发展。”中国国际经济交流中心科研信息部部长、研究员景春梅告诉记者。

随着国内氢能产业加速发展，氢能应用场景越来越广泛，氢气产量呈持续增长之势。行业预测显示，2030年我国氢气需求将达到3500万吨，在终端能源系统中的占比将达到5%；到2050年，上述占比将至少达到10%，氢气需求量将接近6000万吨，产业链年产值约12万亿元。

“在‘双碳’目标下，氢能将是重要的能源之一。我国虽是氢气生产大国，但目前仍以灰氢为主。”周元称，发展氢能应以实现规模化的碳减排为主要目标，绿氢是未来制氢端的重要发展方向。

清华大学核能与新能源技术研究院教授、国际氢能协会副主席毛宗强此前告诉记者，可再生能源发电制氢在国内已获认可，随着各地规划布局和技术进步，可再生能源电价走低将不断降低电解水制氢成本。在碳排放和经济性上，绿氢短期内可与化石能源制氢相比，这在一定程度上倒逼化石能源制氢规模缩小。

公开信息显示，“双碳”目标提出以来，我国在绿氢部署规模、电解水制氢设备市场等

方面迎来大幅增长，新疆、内蒙古、河北等多省区均发布了可再生能源制氢政策并已落地相关项目，多家企业也纷纷布局可再生能源制氢业务。

“以绿氢为方向，氢能产供储销体系在政策支持下有望加速完善。不过，目前我国绿氢生产规模较小，储运效率不高，需要在电解水制氢设备、液氢和氢气管网储运的布局力度、技术水平等方面持续加大投入。”魏蔚提醒。

除了扩大供氢规模外，挖掘氢在储能、工业脱碳领域的潜力，也将提升氢能市场需求，扩大氢能产业应用规模，加速健全氢能产供储销体系。

根据国务院2021月印发的《2030年前碳达峰行动方案》，到2025年，我国非化石能源消费比重将达到20%左右，到2030年，这一比重将达到25%左右。魏蔚认为，从我国可再生能源的增长势头看，单纯依靠电网消纳是不够的，还需建立新的传输和消纳体系。“以氢储能与绿氢制备的方式进行可再生能源消纳、供应，有利于进一步提高可再生能源占比。”

景春梅也认为，新能源大规模发展离不开储能建设，目前抽水蓄能、电化学储能时间短且规模较小，而氢能是集中式可再生能源跨季节、长周期、大规模储能的最佳方式。

就氢能在工业脱碳领域的作用，景春梅举例称，炼钢领域的还原剂可用绿氢替代焦炭，煤化工领域可用绿氢作为化工原料。“氢能在难以通过电气化实现脱碳的工业领域具有不可替代的重要作用。”

对于《意见》提出的探索输气管道掺氢运送、纯氢管道输送、液氢运输等高效输氢方式，上述专家表示，推进氢气运输基础设施建设，对氢能产供储销体系的建立尤为关键，将为氢发挥储能、脱碳作用提供重要支撑。

## 绿氢：纯正的零碳新能源

科技日报 2022.2.28

### 1 亿吨

根据预测，要实现2030年碳达峰目标，我国氢气的年需求量将达到3715万吨；在2060年实现碳中和，氢气的年需求量将达到1.3亿吨，其中可再生能源制氢（绿氢）规模有望达到1亿吨。

北京冬奥会已落下帷幕，本届冬奥会除了是一场冰雪盛宴外，还是一场氢能盛会。

与东京奥运会只是部分火炬使用氢燃料相比，北京冬奥会将火炬燃料全部替换为氢能，同时，北京冬奥会投入的氢燃料车辆数约为东京奥运会的两倍。2月4日晚，在北京2022年冬奥会张家口赛区，由中国石油自主研发的绿氢还点燃了太子城火炬台。这是本届冬奥会唯一一个由绿氢点燃的火炬台，更是冬奥近百年历史上首支以绿氢作为燃料的火炬。

绿氢，也因此走入了大众视野。

### 绿氢是发展氢能的初衷

什么是绿氢？



所谓绿氢，是指利用可再生能源分解水得到的氢气，其燃烧时只产生水，从源头上实现了二氧化碳零排放，是纯正的绿色新能源，在全球能源转型中扮演着重要角色。

专家解释，虽然氢能是清洁的可再生能源，在释放能量的过程中没有碳排放，但目前生产氢能的过程却并不是百分之百“零碳”。

氢元素在地球上主要以化合物的形式存在于水和化石燃料中，而氢能作为一种二次能源，需要通过制氢技术进行提取。目前，现有制氢技术大多依赖化石能源，无法避免碳排放。而根据氢能生产来源和生产过程中的排放情况，人们又将氢能分别冠以灰氢、蓝氢、绿氢之称。

灰氢，是通过化石燃料燃烧产生的氢气，在生产过程中会有二氧化碳等的排放。目前，市面上绝大多数氢气是灰氢，约占当今全球氢气产量的 95%。

蓝氢，可以由煤或天然气等化石燃料制得，在蓝氢的制备过程中可以将二氧化碳副产品捕获、利用和封存（CCUS），从而实现碳中和。虽然天然气也属于化石燃料，在生产蓝氢时也会产生温室气体，但由于使用了 CCUS 等先进技术，温室气体被捕获，减轻了对地球环境的影响，实现了低排放生产。

“绿氢是发展氢能的初衷。”国际氢能学会副主席、清华大学教授毛曾强曾强调，发展氢能就是为了能源的“去碳化”，只有通过无碳能源生产“绿色的氢”，才能实现这一目标。

由此可见，尽管所有“颜色”的氢都将在未来发挥作用，但归根结底，绿氢是最具可持续性且真正无碳的，因此它也正成为全球氢能发展的焦点。

数据显示，截至 2020 年底，全球已有约 70 个在建的绿氢项目，其中吉瓦（GW）级项目已超过 20 个。去年，欧洲还提出了 2024 年建成 6GW、2030 年建成近 40GW 电解绿氢产能的发展目标。

国际投资银行高盛全球投资研究部门最近发布的报告《清洁氢革命》则认为，清洁氢是全球实现净零排放路径的关键和各国能源结构的关键支柱，依靠清洁氢路径可以减少全球温室气体排放量的 15%（二氧化碳排放量的 20%）。报告称，全球范围内超过 30 个国家推出氢战略和路线图，承诺到 2030 年时，清洁氢的装机容量比 2020 年增加 400 倍以上，并保障绿氢的年均增长速度提高 50 倍。

### 我国绿氢发展方兴未艾

在绿氢火炬之前，我国绿氢开发就已初露端倪。

2020 年 1 月，全球第一个规模化太阳燃料合成示范项目于兰州新区试车成功。该项目的关键技术之一就是中国科学院院士、中国科学技术大学化学与材料科学学院院长李灿团队开发的高效、低成本、长寿命规模化电催化分解水制氢技术。当年 10 月，全球首套“液态阳光加氢站”一体化装置示范成功。2021 年底，中国第一个万吨级光伏绿氢示范工程在新疆库车正式启动。

2020 年 12 月 21 日，我国发布了《新时代的中国能源发展》白皮书，提出加速发展绿

氢制、储、用等氢能产业链技术装备，促进氢能燃料电池技术链、氢燃料电池汽车产业链发展，支持能源各环节多场景储能应用，着力推进储能与可再生能源互补发展。

中国科学院院士、中国石油深圳新能源研究院院长邹才能介绍，早在 2012 年，中国石油勘探开发研究院（以下简称中石油勘探院）就率先组建了纳米技术研发团队，“这支团队在金旭博士的带领下，超前开展了能源新材料与技术的攻关研发。2017 年，他们开始聚焦电解水与光解水两条技术路线，经过 5 年的研发和储备，已经初步具备产业化基础。”2020 年，该单位又重新组建了一支 20 余人的氢能技术研发团队，专业从事绿氢的制备、高效储运和特色场景应用等技术攻关。

根据预测，要实现 2030 年碳达峰目标，我国氢气的年需求量将达到 3715 万吨；在 2060 年实现碳中和，氢气的年需求量将达到 1.3 亿吨，其中可再生能源制氢（绿氢）规模有望达到 1 亿吨。

中石油勘探院新能源中心有关负责人表示，中石油勘探院将继续加强绿氢基础研究支撑力度，做好电解水制氢、光解水制氢、固体储氢和固体氧化物燃料电池等基础技术重点、难点攻关，引导推动绿氢业务有序发展；制定绿氢项目发展规划，继续开展光电催化剂、电解槽体、固体金属储氢等产品开发，提高光电催化、转化效率，降低设备造价成本；形成系列标准规范，促进绿氢规模化发展。

“我们争取尽快在油田设立光伏电解水制氢工业化示范项目，加强在氢能全产业链的布局规划，将自主研发的技术与实际相结合，探索‘产、学、研’模式，开展示范应用，形成中国石油自主知识产权的完整氢能技术体系。”上述负责人说。

### **还需跨过技术、成本多门槛**

对中石油勘探院而言，点燃北京冬奥会唯一绿氢火炬只是开始，同样，中国的绿氢产业发展也尚处于起步阶段。

清华大学核能与新能源技术研究院氢燃料电池实验室主任王诚此前在接受媒体采访时指出，为进一步促进绿氢的发展和应用，应在改善相关技术、制定标准和政策等方面发力。

这亦是业内专家的共识。

在技术方面，王诚认为，应推进碱性电解槽规模化制氢示范应用，进一步提升其实用性，研发 SPE/SOEC 等新型电解水制氢技术，攻关电解水制氢系统柔性耦合间歇、波动可再生能源的工程技术难题，并大力开发光催化分解制氢、热化学法制氢、生物制氢、核能制氢等制氢新技术。

而想要真正实现规模化、商业化发展，高成本依旧是当前电解水制氢技术发展面临的主要挑战。据了解，电解水制氢的成本比煤、天然气使用的蒸汽重整制氢和工业副产气纯化制氢高出 2—3 倍。

因此，为了推动可再生能源制氢的发展，我国仍需要探索出一条切实可行的降本之路，目前广东、四川等地已出台相关政策，对可再生能源制氢项目予以优惠电价政策支持。

在标准方面，去年初，中国氢能联盟提出的《低碳氢、清洁氢与可再生能源氢的标准与评价》正式发布实施，该标准对标欧洲依托天然气制氢工艺为基础推行的绿色氢认证项目，建立了低碳氢、清洁氢和可再生氢的量化标准及评价体系，引导高碳排放制氢工艺向绿色制氢工艺转变。（操秀英）

## 九、风能

### 国家能源局：2021年我国新增“风光”装机破亿千瓦

中国能源报 2022.2.7

本报讯（记者姚金楠）报道：国家能源局1月25日发布的2021年全国电力工业统计数据显示，截至2021年12月底，全国发电装机容量约23.8亿千瓦，同比增长7.9%。其中，风电装机容量约3.3亿千瓦，同比增长16.6%；太阳能发电装机容量约3.1亿千瓦，同比增长20.9%。2021年，我国风电和光伏发电新增装机规模达到1.01亿千瓦，其中风电新增4757万千瓦，光伏发电新增5297万千瓦。

2021年，我国风电与太阳能发电装机容量双双突破3亿千瓦大关，连续多年稳居世界首位。风电和太阳能发电对全国电力供应的贡献不断提升。从发展情况看，2021年海上风电异军突起，全年新增装机1690万千瓦，是此前累计建成总规模的1.8倍，目前累计装机规模达到2638万千瓦，跃居世界第一。分布式光伏发展亮点突出，年新增装机约2920万千瓦，约占光伏新增装机的55%，分布式光伏累计装机量突破1亿千瓦，约占全部光伏发电并网装机容量的1/3。首批约1亿千瓦大型风电光伏基地项目建设稳步推进，目前已开工约7500万千瓦。

根据统计结果，2021年，全国6000千瓦及以上电厂发电设备利用小时3817小时，比上年同期增加60小时。全国主要发电企业电源工程建设投资完成5530亿元，同比增长4.5%，其中，水电988亿元，同比下降7.4%。电网工程建设投资完成4951亿元，同比增长1.1%。

### 乘风破浪 海上风电“弯道超车”

#### ——亚洲单机容量最大风电机组于福建下线

中国电力报科技装备 2022.2.24

2月22日，由中国东方电气集团有限公司自主研发、拥有自主知识产权的13兆瓦抗台风型海上风电机组，在福建三峡海上风电产业园顺利下线。这是目前我国已下线的亚洲地区单机容量最大、叶轮直径最大的风电机组，也是我国下线的首台13兆瓦风电机组。

“2019年亚洲地区单机容量最大的10兆瓦海上风电机组在这里下线，历时不到两年半时间，源于‘东方’、成于福建的13兆瓦机组在此再次成功下线，将引领我国海上风电再

获新突破、再上新台阶，铸就大国重器新的里程碑。”东方电气集团党组成员、副总经理张彦军在致辞中表示。

### 海上风电技术迭代优化

“截至目前，东方电气7兆瓦及以上等级海上风电机组已投运1.12吉瓦，占国内投运同等级机组的43%，居国内首位。我们已将大型海上风电机组的关键核心技术掌握在自己手中。”东方电气风电股份有限公司党委书记、董事长贺建华介绍说。

近年来，东方电气集团认真贯彻落实“真正的大国重器，一定要掌握在自己手里”的重要精神，自觉肩负起实现“双碳”目标的央企使命，不断加大自主创新的力度和自主创新的步伐，通过跨代开发在国内率先研制出10兆瓦海上风电机组，实现了海上风电技术的“弯道超车”，历史性地将中国风电引入“两位数时代”。此后不到3年，又相继开发出适用于广东、江苏沿海中低风速的7兆瓦海上风电机组和此次下线的13兆瓦海上风电机组，实现了大功率海上风电的技术迭代优化，受到市场的青睐。

围绕“双碳”目标，基于最终实现能源结构转型和“海上平价”目标，东方电气集团坚持以创新驱动不断加快大型海上风电机组国产化的步伐，自主研制的7兆瓦海上风电机组一级部件国产化率实现100%，整机国产化率超过96.2%。此次下线的13兆瓦海上风电机组国产化率也达到了90%。

东方电气集团将主动融入、服务福建省发展大局，树立央地合作新典范，打造清洁能源应用“示范者”；配强资源，打造海上风电新标杆，争做海上风电行业“领跑者”；发力资源合作新模式，携手成为风电行业“长跑者”，以打造“大国重器”、引领海上风电、服务“双碳”目标为己任，为经济社会高质量发展作出贡献而不懈奋斗。

### 推动海上风电平价上网

此次下线的13兆瓦海上风电机组针对福建、广东等I类风区，基于已批量投运、技术成熟的10兆瓦海上直驱平台开发，额定功率提升30%，叶轮直径从185米增大至211米，在10米/秒的平均风速下，可利用小时数超过4100小时。

“以一个100万千瓦的项目测算，与10兆瓦机组相比，选用13兆瓦风电机组可减少机位23个，节约工程造价约5亿元，将有效降低度电成本，提高业主投资收益率，有力推动海上风电实现平价上网。”东方电气风电股份有限公司副总经理郑大周介绍。

据了解，该13兆瓦风电机组轮毂中心高度达130米，风轮扫风面积3.5万平方米，在设计风速下，每转动一圈，可发电22.8千瓦时，单台机组每年可输出5000万千瓦时清洁能源，能满足25000个三口之家一年的家庭正常用电，可减少燃煤消耗1.5万吨，二氧化碳排放3.8万吨，具有显著的节能减排成效。其投入应用还可带动风电全产业链升级，促进大型国产吊装设备、安装运维等发展，促进我国能源结构调整转型、助推“双碳”目标实现。

“从三峡工程到10兆瓦海上风电机组，三峡集团与东方电气集团携手打造了一系列国之重器，从长江走向了蓝海。我们将以13兆瓦机组下线为契机，继续深化与园区风机设备

制造企业的合作，创新国际一流的海上风电技术，加快推进福建海上风电全产业链一体化建设。”三峡集团福建公司执行董事、党委书记雷增卷表示。（于海江）

## 加快海上风电项目建设

中国能源报 2022.2.7

**本报讯** 近日，广东省公布 2022 年政府工作报告，指出大力推进绿色制造、清洁生产，加快能源结构调整，新投产海上风电 549 万千瓦、光伏发电 225 万千瓦、抽水蓄能 70 万千瓦。加快完善能源供应保障体系，推进能源结构调整，大力发展清洁能源，加快海上风电项目建设，开工建设梅州二期、肇庆浪江、汕尾陆河等抽水蓄能项目。

报告提出大力推动绿色低碳转型。制定碳达峰碳中和实施意见和碳达峰实施方案，加快发展绿色低碳产业，实施绿色制造工程和重点行业绿色化改造，推进产业园区循环化发展。推动高质量绿色建筑规模化发展，全面推进生活垃圾分类，开展绿色社区、绿色学校、环境教育基地创建行动，提升公民生态文明意识。（林如）

## 海力风电斥资 10 亿元建风电高端装备制造项目

中国能源报 2022.2.21

**本报讯（记者董梓童）报道：**2 月 16 日晚间，江苏海力风电设备科技股份有限公司（以下简称“海力风电”）发布公告称，公司与江苏省如东沿海经济开发区管理委员会签订《项目建设协议书》，拟投资建设风电高端装备制造项目。

据悉，项目总投资约 10 亿元，其中固定资产投资不低于 4 亿元，项目建设周期为 24 个月。海力风电拟以自有资金出资，并计划投资设立全资子公司实施《项目建设协议书》约定项目的投资、建设和运营。

海力风电表示，本次投资旨在充分发挥自身在风电设备领域的优势和经验，并结合当地资源优势，实现互惠互利、共同发展。项目有助于丰富公司产品产能结构，有利于提升公司市场竞争力和综合实力。

3 个月内降幅超一成，开标价格探底 3548 元/千瓦

## 海上风机价格快步奔向平价时代

中国能源报 2022.2.21

经历了 2021 年热火朝天的抢装，我国海上风电终于在 2022 年步入了平价时代。1 月底，浙能台州 1 号海上风电场项目风电机组及附属设备采购项目开标，东方电气以 3548 元/千瓦的含塔筒单价中标，刷新了风电行业历史最低纪录。随着海上风电设备不断降价，各省份海上风电规划逐渐明晰，业内普遍认为，海上风电将迎来高速发展。

### 半年内报价降低约 15%

浙能台州 1 号海上风电场项目的评标结果显示，该项目计划装机规模 30 万千瓦，项目单机容量要求为 7.0 - 9.0 兆瓦，东方电气、远景能源、明阳智能、电气风电、哈电风能、中国海装以及运达股份共 7 家整机商参与了竞标。

测算显示，参与竞标的整机商单价平均价格为 4124 元/千瓦。最终，东方风电以单价 3548 元/千瓦中标。多家行业研究机构测算认为，本次中标的海上风机（不含塔筒）单价很可能已经低于 3000 元/千瓦。

过去半年，海上风电项目风机报价的下行趋势十分明显。继去年底我国首个海上风电平价项目开建至今，海上风电项目风机招标价格已经较 2020 年同期下降了四成左右。

有研究数据显示，2019 年海上风机招标平均价格仍高于 6000 元/千瓦，2020 年平均价格则因行业抢装等因素一度回升至 7000 元/千瓦以上，但从过去数月开标项目来看，海上风机招标折合单价已经冲向了 4000 元/千瓦。

2021 年 11 月，华润电力浙江省苍南海上风电项目开标，中国海装、东方电气、明阳智能、远景能源与电气风电参与了投标，含塔架报价最低为 4061 元/千瓦。同月，中广核象山涂茨海上风电场风力发电机组设备采购中标候选人公示显示，中国海装以 3830 元/千瓦的投标单价中标，成为当时行业最低价格。随着浙能台州 1 号海上风电场项目开标，接近 3000 元/千瓦的报价意味着，海上风机报价在短短 3 个月内降幅超过了一成。

### 补贴退坡倒逼设备商降价

在中国新能源电力投融资联盟秘书长彭澎看来，海上风电风机价格的下降与行业补贴退坡有直接关系。“在风电行业没有补贴之后，风机价格在持续下降，不论陆上风电还是海上风电都是如此。”彭澎表示，“受到海上风电补贴退坡的影响，行业整体倒逼风电产业链企业释放出一部分成本空间，以帮助投资企业保证投资收益。”

不仅如此，在业内看来，风机大型化也成为了海上风机招标单价快速下降的主要原因之一。根据在中国可再生能源学会风能专业委员会的统计数据，2014 年前中国海上风电装机多以 3.0 兆瓦及以下机型为主，2014 年至 2018 年期间多以 4.0 兆瓦 - 4.9 兆瓦为主，但到 2020 年，新增海上风电项目的风机 5 兆瓦及以上机型占比超过 50%，去年到今年招标的海上风电项目当中，6 兆瓦 - 8 兆瓦的机型要求已经成为主流，甚至已经出现了 10 兆瓦 - 12 兆瓦等更大功率的风机机组要求。

“海上风电大型化一方面能够摊薄项目本身的基础设施建设和原材料成本，另一方面大型化机组设备技术水平相对更高，有望提高发电效率。”某资深业内人士在接受记者采访时表示，“虽然海上风电大型化很可能推高吊装、运输等配套领域的投入成本，但从长期来看，大型化对于海上风电度电成本下降肯定是有益处的。”

### 更广阔的市场空间

虽然海上风机招标价格不断下降，但在业内看来，平价海上风电项目的投资成本压力也

依然不小。据行业研究机构伍德麦肯兹测算，考虑到未来的海上风电项目将不再享受中央财政补贴，开发商无补贴项目的内部收益率预期很可能将从8% - 10%下调至6%以下。

“随着海上风电补贴退坡，海上风电开发商实际上面临着一定的成本压力，而从目前海上风机价格的下跌幅度来看，海上风电投资商参与绿证交易或将成为获得可观回报率的可靠方式。”彭澎表示。

事实上，不仅是我国，在全球范围内，海上风电项目收益率都呈现下降趋势。但业界普遍认为，不再依赖政府补贴的海上风电行业有望迎来更广阔的市场空间。

根据中电联发布的数据，2020年广东、山东、江苏、浙江四个沿海省份位列全国用电量前四，对于沿海省份来说，海上风电将成为未来补充电力需求的重要方向之一。

据记者不完全统计，广东、江苏、福建、浙江等诸多沿海省份在“十四五”期间规划的海上风电项目总量已经超过了5000万千瓦。随着各省份规划的项目逐步上马，我国海上风电开发需求将得到充分释放。（李丽旻）

## 多地加码布局海上风电母港

**降低风电机组出口成本、保障交付时间，将对我国海上风电设备出口发挥积极的“后勤保障”作用**

中国能源报 2022.2.28

**本报讯（记者李丽旻）报道：**近日，山东东营经济开发区宣布启动海上风电母港建设项目，以满足山东及邻近省份海上风电机组装运需求。记者注意到，继江苏省如东县2020年建成我国首个海上风电母港后，广东、福建、山东等多个沿海省份的港口城市陆续公布了海上风电母港建设计划，我国快速发展的海上风电行业“后勤保障”工作明显加码。

公开信息显示，山东东营经济开发区此次拟投资8亿元用于海上风电母港建设，一期将利用东营港广利港区现有通用泊位进行改造，二期将新建2个海上风电装备专用码头。据了解，山东东营经开区拥有距离山东省省会城市群最近的出海口广利港，现有5000吨级泊位6个，港口腹地规划建设了广利临港产业园，可用于风电装备大部件的安装和储运。

根据国家能源局最新发布的数据，2021年我国海上风电全年新增装机高达1690万千瓦，是此前累计建成总规模的1.8倍。与此同时，今年以来海上风电步入平价时代，技术迭代创新加速海上风电快速进入去补贴模式。业界普遍预测，在沿海省份能源低碳转型的大背景下，海上风电新增装机潜力巨大。在业内看来，海上风电装机的快速增长将大幅推高风电行业对港口的“后勤保障”需求，各地海上风电母港规划由此加快布局。

“江苏省海上风电母港建成以来，有效解决了本地风电装备制造企业大型机组出海难的问题。风电母港为风电产业链中的各种物资、成品提供仓储、运输、运维服务，同时还可以为风电项目建设及运维单位的相关船舶提供停靠、补给服务，降低建设运营成本。风电母港建设还能有效带动产业集聚，提高本地供应链保障水平，产生综合效益。”江苏省可再生能源

源行业协会常务副秘书长、风电专业委员会主任徐鹏告诉记者。

据了解，海上风电母港的概念最早在欧洲国家实践，曾为欧洲海上风电产业兴起发挥了重要作用。以丹麦 Esbjerg 海上风电母港为例，该港口建于 10 多年前，随后为 80% 以上的欧洲海上风电新增装机提供了风机组装、船舶运输、运维等服务，2020 年该港口吞吐的海上风电装机容量高达 110 万千瓦。

据记者不完全统计，截至目前，山东、江苏、福建、广东、浙江、海南、广西等省区均发布了“十四五”期间海上风电建设规划。而在相关基础设施配套方面，除山东东营市外，广东阳江、福建漳州、山东烟台等多个地区都提出将新建海上风电专用港口。

徐鹏表示，国内已建成的海上风电母港可停靠船舶吨位都在 5000 吨左右，岸线长度均超过 1.5 公里，基本可以满足当下海上风电建设的需求。“实际上，地方政府推动本地风电母港建设的初衷都是希望产业集聚，期盼能以风电母港带动风电装备制造业投资。”

除推动我国海上风电产业发展外，在业内看来，海上风电母港建设也将有利于海上风机出口。

行业研究机构克拉克森研究（CRSL）最新发布的数据显示，今年全球海上风电投产规模仍将保持上涨态势，整体新增投产规模预计为 950 万千瓦，其中欧洲、亚洲、北美洲将是海上风电新增装机主力。今年初到 2025 年末，全球海上风电市场将产生超过 6500 台风机的吊装需求，离岸 40 公里以及更远海域的吊装需求也将出现增长。

一位交通运输领域专家也向记者表示，近年来沿海省市部分港口海上风电相关货物运输需求迅速增长，同时全球海上风电建设需求也在加速释放，中国风机产品具备一定竞争力，专业、成规模的港口装卸服务很可能进一步降低运输成本，在运输规模足够大的情况下，建设海上风电专用母港十分必要。

徐鹏也指出，风电母港建设可以降低风电机组出口成本，保障交付时间，对促进我国海上风电设备出口有一定的积极作用。

## 多举措促进“风光”产业投资

中国能源报 2022.2.28

**本报讯（记者董梓童）报道：**国家发改委、工信部等 12 部门日前联合发布《关于印发促进工业经济平稳增长的若干政策的通知》（以下简称《通知》），旨在通过 5 个方面的 18 条政策举措逐步改善工业经济主要指标，振作工业经济，稳固工业经济增长势头。在投资和外贸外资政策方面，《通知》提出，组织实施光伏产业创新发展专项行动，实施好沙漠戈壁荒漠地区大型风电光伏基地建设，鼓励中东部地区发展分布式光伏，推进广东、福建、浙江、江苏、山东等海上风电发展，带动太阳能电池、风电装备产业链投资。

“双碳”目标下，可再生能源成为能源转型的主要方向，产业坚持集中式与分布式并举，项目投资、开发、建设加快推进。其中，大型“风光”基地是“十四五”时期能源领



域重点推进的投资项目。

水电水利规划设计总院新能源部综合能源处副处长李少彦表示：“在技术可行、经济可行、资源可及的背景下，‘风光’是可再生能源发展主力，市场空间广阔，将保障国家经济发展。建设大型风电光伏基地，可发挥集中力量办大事的优势，快速提高清洁能源供给能力。”

国家发改委、国家能源局2月10日联合下发的《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》明确提出，以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点，加快推进大型风电、光伏发电基地建设，对区域内现有煤电机组进行升级改造，探索建立送受两端协同为新能源电力输送提供调节的机制，支持新能源电力能建尽建、能并尽并、能发尽发。国家能源局1月21日发布《2022年能源监管重点任务清单》，将首批风光大基地建设情况列入专项监管范围，监管内容涉及风光项目、配套调峰措施、送出工程的建设情况。

以“风光”为代表的可再生能源产业备受市场青睐，正成为投资新热点。行业咨询机构近日发布的最新统计数据显示，2021年中国新能源等五大主要科技行业合计总投资金额达2.8万亿元。其中，新能源项目投资金额高达1.7万亿元。

投资建设“风光”产业，在创造经济效益的同时，也产生了良好的综合社会效益。

中国三峡新能源（集团）股份有限公司副总经理刘姿透露，该公司参与建设的内蒙古蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目投运后，将吸纳超800人长期就业，年临时用工5000人次以上，成为带动当地农牧产业发展、农牧民增收致富、促进乡村振兴的重要手段。

“三峡新能源还布局了安徽阜阳南部120万千瓦风光电项目等一批重点项目，拟围绕多能互补、光伏治沙、碳中和示范等创新模式，打造电网友好型清洁能源项目，实现生态效益、经济效益、减碳效益等多重效益，带动产业、地方经济发展，探索建立互利共赢高质量发展的新能源基地项目。”刘姿说。

记者注意到，为加强政策保障，促进“风光”项目建设，《通知》在用地、用能和环境政策方面明确提出，落实好新增可再生能源和原料用能消费不纳入能源消费总量控制政策。对大型风光电基地建设、节能降碳改造等重大项目，加快规划环评和项目环评进度，保障尽快开工建设。

## 十、核能

### 5秒钟59兆焦耳持续聚变能量

## 欧洲核聚变装置创造热能纪录

参考消息 2022.2.11

【美联社伦敦2月9日电】英国官员周三说，欧洲科学家朝着掌握一项可使他们有朝一日利用核聚变的技术迈进了一大步。该技术有望提供清洁且几乎无限的能源。

英国原子能管理局说，设在牛津附近的欧洲联合核聚变实验装置的研究人员，设法在 5 秒钟的试验时间里制造出了创纪录的热能。试验产生了 59 兆焦耳持续聚变能量，是此前在 1997 年创下纪录的两倍多。

该机构说，这一结果“在全世界范围内最清楚地证明了核聚变能提供安全和可持续的低碳能量的潜力”。

欧洲聚变能源发展联合会的项目经理托尼·多恩说：“如果我们能保持 5 秒的核聚变，那么随着我们在今后扩大机器的规模，就能做到 5 分钟，然后是 5 小时。对我们每个人和整个核聚变业界来说，这都是一个重要时刻。”

英国原子能管理局首席执行官伊恩·查普曼说，试验结果“朝着战胜最大的科学和工程挑战之一又迈进了一大步”。

这个设施拥有世界上最大最强的托卡马克装置——这是一个甜甜圈形状的装置，被认为是进行受控核聚变的一个很有前途的方法。

没有参与该项目的科学家认为，这是一项重大成果，但距高实现商业核聚变发电还有很长的路要走。

世界各地的研究人员长期以来一直在研究核聚变技术，尝试不同的方法。最终目标是以太阳产生热量的方式来发电，即通过将氢原子挤压到彼此非常接近的距离从而结合成氦，继而释放出巨大的能量。

密歇根大学的卡罗琳·库兰兹说，这一进展“非常令人兴奋”，是朝着实现“点火”（即当燃料能够持续自行“燃烧”并产生比激发最初反应所需能量更多的能量）又迈进了一步。

她说，对于国际热核聚变实验反应堆计划（ITER）来说，这一结果“非常有前景”。ITER 是设在法国南部的一个规模大得多的实验性核聚变设施，它使用相同的技术，并且得到了许多欧洲国家、美国、中国、日本、印度、韩国和俄罗斯的支持。预计，它将于 2026 年开始投入使用。

罗切斯特大学核聚变专家里卡尔多·贝蒂说，这项试验的成就主要在于将核聚变反应的高性能水平维持了 5 秒，比此前在托卡马克装置中维持的时间要长很多。

他还说，所获得的能量仍然远远低于进行试验所需的能量。

纽卡斯尔大学能量转换学荣誉退休教授伊恩·费尔斯说，这一新纪录是核聚变研究的里程碑。

他说：“现在，需要工程师将其转化为无碳电力并缓解气候变化问题。商业化可能在 10 到 20 年后实现。”

威斯康星大学麦迪逊分校的斯蒂芬妮·迪姆说，实现这一结果所使用的技术——用磁体来控制超热等离子体——表明，利用核聚变（一种在恒星中自然发生的过程）在技术上是可行的。

她说：“磁核聚变即将出现的下一个里程碑是展示科学盈亏平衡，即核聚变反应产生的能量超过输入装置的能量。”

其他团队正在争分夺秒地完善其他控制核聚变的方法，最近也报告了一些重大进展。

科学家希望，核聚变反应堆有朝一日能作为一个提供无排放能量的来源，同时不会带来传统核电的风险。

## 全球核电市场蓄势待发

中国能源报 2022.2.12

核电作为低碳能源近年来却一直处于争议之中。在德国、比利时、韩国等国弃核之时，美国、英国、印度等国却在努力将核电推向能源舞台的中央。近日，英国企业劳斯莱斯公布了一项小型核反应堆建设计划，拟与卡塔尔主权基金等组织机构合作，在英国至少投资2亿英镑建一座小型模块化核反应堆生产基地，目前，英国政府已经出资支持了该计划。

### 待遇“两级分化”

市场研究机构雷斯塔能源在最新发布的一份行业报告中指出，欧洲、亚洲及北美是目前全球核电装机量最高的三个地区，其中，欧洲核电装机容量约占全球的1/3，在运营的核电反应堆总计超过170座，是目前全球核电装机量最高的地区。亚洲在运营的核电反应堆约有140座，在全球核电市场中仅次于欧洲，装机占比约为30%。另外，北美地区核电装机总量约占全球的28%，在运营的核电反应堆有112座。

核电反应堆数量在全球各地区基本呈现“三分天下”的态势，但各国对于核电的态度却大相径庭。

根据美联社最新发布的调查报告，美国所有州和特区中，有2/3的州政府认为，核电将有效替代化石燃料，对于达成净零排放目标颇为有利。预测认为，美国很可能时隔30年迎来一波核电装机增长。不仅如此，印度、南非等新兴经济体正计划大幅扩建核电，在满足本土电力需求增长的同时，也将利用核电降低对煤电的依赖。另外，沙特、阿联酋等传统产油国也在规划核电。

然而，以德国为首的多个欧盟成员国却认为，核电产生的核废料可能会对环境造成长期且不可逆转的不利影响，核电不应被归类于“绿色能源”。尤其在日本福岛核电事故后，日、韩等国对于核废料的抵触情绪也越来越高。为此，德国、比利时、瑞士等国都已经制定了淘汰核电的时间表，短期内预计有大量核电设施下线。

### 全球装机整体呈上升态势

除了各国迥异的态度，近年来，核电也面临着来自可再生能源电力的成本挑战。从雷斯塔能源最新发布的数据来看，2017年至2023年期间，全球核电装机的年增长率维持在0.2%的水平，远低于每年全球可再生能源电力装机两位数的增幅。

即便如此，雷斯塔能源的数据显示，核电仍是全球能源供给系统中的重要一环，截至

2021 年底，全球已经建成的核电装机总量超过了 4 亿千瓦，占全球整体发电产能的 10% 左右。

在低碳转型等因素的推动下，雷斯塔能源认为，从长期来看，全球核电市场仍较为乐观，装机增长仍将持续。

雷斯塔能源分析指出，美国、英国、法国等国的多座核电反应堆都已运行超过 40 年，接近其运行寿命终点，预计短期内可能出现大规模退役，同时，德国、比利时等国的弃核政策也将导致核电装机总量的下降。

但值得注意的是，也有很多国家公布了新的核电建设计划。比如，印度就曾表示，计划未来 10 年内将核电发电量每年翻两倍以上。雷斯塔能源指出，多国的核电扩建计划很可能抵消部分国家削减的核电装机量，从长期来看，全球核电装机仍将呈现上涨态势。

### 低碳转型不可或缺的一环

据雷斯塔能源发布的数据，2021 年，全球核电领域总投资为 440 亿美元，截至目前，全球在建的核电反应堆总计有 52 座，分布在 19 个国家，未来两年内核电领域投资将呈现小幅上涨态势；预计 2022 年，全球范围内核电领域投资将超过 450 亿美元，到 2023 年将涨至 460 亿美元。

雷斯塔能源分析称，虽然核电面临着“两极分化”的境地，但不可否认的是，核电仍然是全球能源转型必不可少的一环。“上世纪五十年代至今，核电一直都是装机量仅次于水电的低碳电力，随着各国政府陆续制定了减排目标，核电将维持其重要地位，成为对抗气候变化的一大利器。”雷斯塔能源分析师 KaranSatwani 表示。

美联社也撰文称，美国多州都在大力淘汰化石燃料，转向使用光伏、风电以及其他可再生能源，但可再生能源目前仍难以满足全部电力需求，越来越多的企业和政府机构意识到需要核电来补齐缺口。

美联社援引哥伦比亚大学气候学院院长 JasonBordoff 的话称：“核电不仅能够降低电力成本，还可以降低能源领域碳排放。诚然，发展核电存在一定的风险，但相较于没有达成气候目标、造成气候灾难，将核电纳入到能源规划中的风险明显更低。”（李丽旻）

## 核电“蓄能”正当时

经济日报 2022.2.24

在发展核电的道路上，多国正在同步推进。对于中国而言，积极发展核电还可有效带动出口，助力经济稳增长。事实表明，安全如期达成“双碳”目标，核电“蓄能”势在必行。

随着欧洲能源危机不断发酵，核电发展重新受到重视。近日，法国总统马克龙宣布大规模重振核电计划，这代表着法国在核电立场上的重大转变。在我国，2021 年底召开的全国能源工作会议将“积极安全有序发展核电”作为重点任务，核电建设经过长时间放缓后，再次明确将“积极”推动核电发展。在日益紧迫的“双碳”目标下，作为净零排放的基荷

电源，核电“蓄能”可谓正当时。

2011年日本福岛核事故发生后，世界各国开始对核电发展保持谨慎态度，我国也一度暂停了核电项目审批，将“安全”“有序”作为核电发展的关键词。2021年《政府工作报告》明确提出，“在确保安全的前提下积极有序发展核电”，这也是多年来《政府工作报告》首提“积极”发展核电，明确了核电在清洁低碳、安全高效能源体系中的地位和作用。近期，广东、福建、海南、江苏、浙江、山东等多地政府工作报告相继出炉，亦将核电列为2022年工作重点。在“双碳”目标大背景下，核电已成为能源转型重要选项。

在发展核电的道路上，多国正在同步推进。不仅法国重启核电计划，哈萨克斯坦能源部表示，在预计出现电力短缺的情况下，哈萨克斯坦建设核电站是最具前景的解决办法。巴西已开始为新增核电机组选址，巴西矿业和能源部表示，核能是巴西能源转型的关键和基础。俄罗斯国家原子能公司和菲律宾能源部日前也提出一项联合行动计划，双方将探索在菲律宾部署小型堆核电厂的可能。印度、南非等国同样计划大幅扩建核电，在满足本土电力需求增长的同时，利用核电降低对煤电的依赖。

能源转型是一项长期而复杂的工程，需在能源系统稳定性、经济性、清洁性之间维持平衡。过于激进地向光伏、风电等新能源转变，不仅推高了能源价格，也引发了阶段性能源危机。为在不大幅拖累经济增速的前提下，如期实现碳中和，各国迫切需要寻求新路径。核电不仅能够降低用能成本和能源领域碳排放，还可降低一国能源对外依存度，越来越多的国家和企业意识到需要核电来补齐能源系统缺口。

打造清洁低碳的新型能源系统，核能的优势显而易见。其一，它可以在不用燃烧的情况下产生热量，也不会产生烟尘、二氧化硫和氮氧化物等污染。其二，尽管新建核电站成本高昂，但是运营成本较低，因为铀资源充足且不贵。其三，核能的能量密度远高于可再生能源。数据显示，1千克铀<sup>235</sup>的全部核裂变将产生20吉瓦小时的能量，相当于释放2000吨煤的能量。其四，核能运转更可靠和高效，可全天候发电，风电、光伏等新能源则需“看天吃饭”，年发电利用小时数不及核电的四分之一。

对于中国而言，积极发展核电还可有效带动出口，助力经济稳增长。供给端，我国已具备先进核电设备规模化制造能力，且造价仅为海外同类机组价格的60%左右，具备明显比较优势。需求端，据预测到2030年仅“一带一路”沿线国家将新建上百台核电机组，共计新增核电装机1.15亿千瓦。每出口1台核电机组需要8万余台套设备、200余家企业参与制造和建设，可创造约15万个就业机会，单台机组投资约300亿元。

事实表明，安全如期达成“双碳”目标，核电“蓄能”势在必行。除了优选厂址，新建核电机组外，目前我国核电的“单一供电”模式尚无法适应新的能源体系。“十四五”规划和2035年远景目标纲要提出，开展山东海阳等核能综合利用示范，为我国核能产业发展开辟了新赛道。下一步，核能还需要扮演电力调峰、核能制氢、核能供汽、核能供暖、海水淡化等多种角色。

核安全是核电发展的生命线。历史上，多次核电事故曾引发巨大的社会恐慌，并导致重大人员财产损失，使世界核电发展陷入低谷。我国在积极有序发展核电的同时，将安全贯穿于核电设计、制造、运行和退役的全过程。要持续加大科研攻关力度，推动具有本质安全的第四代先进核电技术示范和商业化运行。同时，加强对核废料处理技术的研究，自主研发先进的乏燃料后处理技术，加快构建先进核燃料闭式循环体系，实现核资源最大化利用、核废物最小化处置和防核扩散，降低核电发展对环境的负面影响。（王轶辰）

## 核能小型堆应用再提速

中国电力报 2022.2.28

近期，全球核能小型堆的应用与相关工作部署进入“加速期”。据世界核新闻网站日前报道，瑞典能源局向瑞典模块化反应堆股份公司授予9900余万瑞典克朗（约1060万美元），以支持其在奥斯卡港核电厂建设一座先进铅冷模块化小堆（SEALER）。据悉，该小堆装机容量为3000千瓦至1万千瓦，可以在不换料的情况下连续运行10至30年。

无独有偶，近日俄罗斯国家原子能公司和菲律宾能源部也提出一项联合行动计划，双方拟合作探索在菲律宾部署小型堆核电厂的可能。

此外，西班牙泰纳通公司也宣布将为挪威能源技术研究所开发和供应基于模块化小堆（SMR）技术的模拟器。根据公开报道，比利时也计划在4年内投资1亿欧元用于核电技术尤其是小型堆的研发。

所谓“小型堆”，即小型先进模块化多用途反应堆，其特点是高安全性、小体型、多用途，不仅可以用于发电，还可以进行工业供热供汽，居民供暖，以及为海水淡化和海洋开发供能等。

根据国际原子能机构统计数据，目前全球有17个国家共70余个小型模块化反应堆设计正在评估中。

“在全球低碳转型的过程中，顺应未来大规模的电气化趋势，必须要找到一个最优组合，能够实现电力的清洁、可靠、经济供应。”在近日召开的“碳中和-核能-小微堆”线上研讨会上，国际私人投资集团——突破能源联盟（BreakthroughEnergy）科研主管徐熠兴表示，核电作为稳定的清洁电源，将在未来电力系统中承担重任。多位与会专家表示，发展小型堆将是核电提高经济性与安全性的可靠路径。

“与风电、光伏发电不同，核电站利用率非常高，几乎可以维持全天候、一整年的运行，且只需要少量装机就可以发出大量电能，其电网建设成本也与火电相近，对于推动能源转型可望发挥巨大作用。”徐熠兴进一步认为，如果没有核能，电力系统低碳化的成本将会非常高。

“过去几十年，核电的经济性优势被淹没在复杂的安全系统建设和超长的建设周期里。”厦门大学能源学院教授李军指出，现役核电成本高企的原因主要有两个：一是由于历史上三

次严重核事故的发生，使得公众对目前核电技术路线安全性的疑虑长久难消，以致谈“核”色变，从而使核电发展陷入核安全要求与成本持续相互推高的恶性循环；二是目前核电行业仍然缺乏技术创新。

根据测算，能源系统要实现 80% 的清洁化，最低成本的发电组合是拥有 10% 左右的核电。而要实现 90% 的清洁化，则需要 30% 的核电才能达到总体成本最优。“在控制成本的同时要实现碳中和，最好的方式就是在发电组合中部署 20% - 30% 左右的核电。”徐熠兴认为。

多位与会专家指出，在未来核电占比大幅提高的电力系统中，要兼顾安全性与经济性，小型堆将是可靠的选择。

在李军看来，核电站在设计时就需要考虑实现固有安全，“其前提就是要控制好燃料的热通量。核燃料体积越大，热通量就越大，基于这一考虑，小型堆正是实现核电实现固有安全的可靠技术途径，通过这一路径能够跳出长期以来核电安全成本不断高涨的恶性循环，从而提高核电经济性。”

“核电成本相当大一部分就来自于漫长的建设周期。”李军同时指出，小型堆不仅可以取消场外应急区域，甚至可以建在内陆地区或者用户周围，其规模化制造不仅能够降低建设周期，还可以进一步降低成本。“进一步讲，小型堆的规模化应用有助于扩大用户基数。从经济学角度分析，用户基数越大经济性越高。”

记者了解到，全球首个陆上商用模块化小堆——中核集团海南昌江多用途模块式小型堆科技示范工程已于 2021 年 7 月开工。

该示范项目采用中核集团玲龙一号（ACP100）技术，这是中核集团自主研发并具有自主知识产权的多功能模块化小型压水堆，是继中核集团三代核电华龙一号后的又一自主创新技术。据中核集团消息，玲龙一号发电功率 12.5 万千瓦，预计 2026 年建成，建成后年发电量可达 10 亿千瓦时。

## 可控核聚变距离我们还有多远？

中国能源报 2022.2.21

近日，全球目前规模最大的核聚变反应堆——欧洲联合环状反应堆（JET）的科研团队宣布，取得了核聚变技术的突破性进展，该反应堆在连续 5 秒的时间内产生了 59 兆焦耳的能量，有测算称，这相当于 11 兆瓦电力，大约能够为一个普通家庭提供一天的电力。据了解，这打破了该装置在 1997 年创下的 22 兆焦耳核聚变能量的纪录，同时也创造了新的世界纪录。

### 为核聚变带来新应用希望

综合多家外媒报道，在 JET 此次进行的核聚变实验中，研究人员将氢同位素氘和氚组成的气体加热到 1.5 亿摄氏度，并利用磁场将其形成的高温等离子体约束在装置中，在高温高

压条件下，氢的同位素发生核聚变生成氦，在这一过程中释放能量。

据了解，JET 位于英国的卡勒姆聚变能源中心，其科学业务由欧洲聚变能源发展联合会（EUROfusion）负责运营。JET 拥有迄今为止世界上规模最大的托卡马克装置，能够利用磁约束来实现受控的核聚变。

一直以来，核聚变反应在科学界受到广泛关注，被业界认为有望为人类提供近乎无限的清洁能源，对于解决全球能源危机至关重要。国际热核聚变实验堆计划（ITER）作为目前核能国际合作的重要部分，就计划使用氘氚混合物作为聚变燃料，为此，JET 也一直被视为该计划的重要试验台。

根据 ITER 计划，中国、欧盟、印度、日本、韩国、俄罗斯和美国七方将合作在法国南部建成世界上最大的托卡马克装置，推动核聚变技术发展。对于此次研究的突破，美国麻省理工学院等离子体物理学家安妮·怀特表示，这项实验是近 20 年工作的成果，对帮助预测、指导 ITER 的运行十分重要。

EUROfusion 的研究人员 Tony Donne 则表示：“现在我们将核聚变时间控制在 5 秒内，随着机器效率的不断提升，未来将延长到 5 分钟、甚至 5 小时。”

#### 气候目标“催热”核聚变

英国原子能管理局首席执行官伊恩·查普曼也表示：“很明显，我们必须作出重大改变来应对气候变化，而核聚变提供了如此巨大的潜力。我们正在积累知识，开发所需的新技术，以提供低碳、可持续的基荷能源来源。我们的世界需要核聚变来产生能源。”

在去年的联合国气候大会上，IAEA 多次强调核技术对于实现气候目标的必要性。IAEA 指出，核电对于实现全时间段能源供应至关重要，在过去的半个世纪里，核能的应用减少了超过 700 亿吨的二氧化碳排放，目前，核电每年也能够助力减排至少 10 亿吨二氧化碳。

据了解，核聚变反应过程中不会产生二氧化碳或其他任何温室气体，而核聚变释出的能量比燃烧等量的煤、石油或天然气多将近 400 万倍，与目前广泛使用的核裂变相比，核聚变产生的核废料也明显更少。

在 IAEA 核聚变物理学家 Sehila M. Gonzalez de Vicente 看来，随着大量资本的涌入，核聚变领域的技术突破很可能提前出现，而核聚变能源的应用也很可能会在 30 年或 50 年后成为现实。

在 IAEA 举行的行业会议上，一家专注于核聚变的风险投资机构高管 Malcolm Handley 就指出：“截至 2021 年，数 10 亿美元已经涌入了核聚变领域，资本市场对于核聚变的姿态正在改变。”

#### 核聚变产业已经呈现扩张之势

据了解，目前，美国、英国等国家已经有私营企业斥资研发核聚变技术。据英国《金融时报》报道，不完全统计显示，2021 年，美国核聚变领域吸引到的投资规模高达 23 亿欧元。今年 2 月，德国公司 Marvel 核聚变公司与西门子能源、法国 Thales 以及德国工程集团



Trumpf 签订了合作协议，并由科技投资公司 Earlybird 牵头投资了 3500 万欧元，用于核聚变研发，这也成为了核聚变领域新一轮研发融资。

《华尔街日报》援引业内人士的话称：“一波又一波的资金涌入到核聚变领域当中，这正是核聚变工业扩张的信号。”

根据 IAEA 发布的数据，截至 2021 年底，全球在运营的核聚变装置有 96 座，在建核聚变装置有 9 座，计划建设的装置则有 29 座。其中，公用事业机构旗下的核聚变装置总数为 107 座，美国、日本、俄罗斯、中国、英国都是核聚变装置的所在国家。

不过，也有科研人员提醒称，人造的核聚变装置往往需要高温高压的反应环境，而目前，要让核聚变反应发生，所需要的能量仍高于聚变过程产出的能量，这也意味着，核聚变技术距离真正投入商业化应用仍有漫长的路要走。（李丽旻）

## 十一、其它

### 2021 年非化石能源发电装机首超煤电

中国能源报 2022.2.7

**本报讯（记者赵紫原）报道：**中电联于近日发布《2021 - 2022 年度全国电力供需形势分析预测报告》（下称《报告》）指出，2021 年，全国电力装机结构延续绿色低碳发展态势，非化石能源发电装机容量达到 11.2 亿千瓦，占总装机比重首次超过煤电。《报告》预测，2022 年，非化石能源发电装机占总装机比重将有望首次达到 50%。

根据《报告》，截至 2021 年底，全国全口径发电装机容量 23.8 亿千瓦，全年发电量 8.11 万亿千瓦时，分别同比增长 7.9%、8.1%。

其中，火电装机容量 13 亿千瓦，同比增长 4.1%，其中包括煤电 11.1 亿千瓦，同比增长 2.8%，占总发电装机容量的比重为 46.7%，同比降低 2.3 个百分点；非化石能源发电装机容量达到 11.2 亿千瓦，同比增长 13.4%，占总装机容量比重为 47.0%，同比提高 2.3 个百分点，历史上首次超过煤电装机比重。

《报告》同时指出，2021 年，主要受国内经济持续恢复发展、上年同期低基数、外贸出口快速增长等因素拉动，全国电力消费增速实现两位数增长——全社会用电量达到 8.31 万亿千瓦时，同比增长 10.3%。

值得注意的是，2021 年，因电煤供需阶段性失衡，煤炭价格创历史新高，煤电企业全面亏损。《报告》测算，去年因电煤价格上涨导致全国煤电企业电煤采购成本额外增加 6000 亿元左右。去年 8 月以来大型发电集团煤电板块整体亏损，8 - 11 月部分集团的煤电板块亏损面达到 100%，全年累计亏损面达到 80% 左右。直到去年年底，电煤价格水平仍显著高于煤电企业的承受能力。

受电煤供应紧张等多重因素影响，2021 年 9、10 月全国电力供需总体偏紧，多地出现有序用电。国家高度重视并出台一系列能源电力保供措施，2021 年 11 月 7 日起至年底，全

国有序用电规模基本清零，仅个别省份对部分高耗能、高污染企业主动执行有序用电。

2022 年供需形势如何？《报告》指出，随着我国消费结构及产业结构持续调整升级，负荷“冬夏”双高峰特征逐步常态化。全球疫情仍在持续，外部形势更加复杂多变，既要保障电力供应，又要积极推动能源转型。宏观经济、燃料供应、气温、降水等多方面因素均给电力供需形势带来较大的不确定性。根据电力需求预测，基于对气温、来水、电煤供应等关键要素的分析，并综合考虑新投产装机、跨省跨区电力交换、发电出力及合理备用等，预计 2022 年全年全社会用电量将同比增长 5% - 6%，全国电力供需总体平衡，迎峰度夏、迎峰度冬期间部分区域电力供需偏紧。

## 水电仍是可再生能源主力军

中国电力报发电周刊 2022. 2. 14

近日，国家能源局召开一季度网上新闻发布会，公布数据显示：2021 年，全国可再生能源发电装机达 10.63 亿千瓦，其中，水电装机 3.91 亿千瓦；全国新增水电并网容量 2349 万千瓦，为“十三五”以来年投产最多……

回首 2021 年，我国水电行业改革创新、攻坚克难，以稳健的发展步伐取得一系列可喜成绩——

### 水电装机容量持续增长

近年来，我国水力发电装机容量逐年增长，由 2016 年的 3.33 亿千瓦增至 2020 年的 3.70 亿千瓦，年均复合增长率 2.7%。最新数据显示，2021 年，我国可再生能源新增装机 1.34 亿千瓦，占全国新增发电装机的 76.1%。水电新增 2349 万千瓦，占全国新增装机的 13.3%。截至 2021 年底，我国可再生能源发电装机达到 10.63 亿千瓦，占总发电装机容量的 44.8%。其中，水电装机 3.91 亿千瓦（其中抽水蓄能 0.36 亿千瓦），占全国总发电装机容量的 16.5%。

同时，重大水电工程建设取得突出进展。2021 年，白鹤滩水电站已有 8 台机组投产发电，两河口水电站 5 台机组投产发电，乌东德水电站按期实现全部 12 台 85 万千瓦机组投产发电目标。

乌东德水电站全面建成投产，创造了世界最薄 300 米级特高拱坝等 8 项“世界第一”，创下全坝采用低热水泥混凝土等 15 项“全球首次”，取得工程建设期就承担防洪责任等 8 项“水电工程突破”，攻克大体积混凝土温控防裂、超大规模地下洞室群开挖、800 兆帕高强钢焊接等一系列世界级难题，连续多年实现质量安全“双零”目标，为引领世界水电工程建设树立了新标杆。

### 水电仍是可再生能源主力军

水电装机容量的增长预示着水力发电量的增长。近年来，由于我国社会用电需求攀升，国家鼓励因地制宜发展水电，水电装机容量不断增加，带动我国水力发电量不断增长。数据

显示，我国水力发电量从2016年的10518.4亿千瓦时增长至2020年12140.3亿千瓦时，年均复合增长率达3.65%。

2021年，全国可再生能源发电量达2.48万亿千瓦时，占全社会用电量的29.8%。其中，水电仍是可再生电源主力军，水电发电量13401亿千瓦时，占全社会用电量的16.1%，明显高于风、光、生物质发电等。同时，水能利用率进一步提高，2021年，全国主要流域水能利用率约97.9%，同比提高1.5个百分点；弃水电量约175亿千瓦时，较去年同期减少149亿千瓦时。

### 抽水蓄能成今后发展重点

2021年8月，国家能源局印发《抽水蓄能中长期发展规划（2021~2035年）》。《规划》明确了发展目标，到2025年，抽水蓄能投产总规模6200万千瓦以上；到2030年，投产总规模1.2亿千瓦左右；到2035年，形成满足新能源高比例大规模发展需求的，技术先进、管理优质、国际竞争力强的抽水蓄能现代化产业，培育形成一批抽水蓄能大型骨干企业。

抽水蓄能是当前技术经济性最优、具备大规模开发条件的灵活调节电源，是储能建设的重要形式。2021年5月，国家发展改革委发布《关于进一步完善抽水蓄能价格形成机制的意见》，明确以竞争性方式形成电量电价，并将容量电价纳入输配电价回收，有助于抽蓄项目建立成熟的商业模式。“双碳”目标要求下，加快发展抽水蓄能，将有力推动新型电力系统建设和大规模高比例新能源发展，为电力系统安全稳定运行提供重要支撑。（谷世家）

## 过去1年超过1亿千瓦项目取得重要进展

### 抽水蓄能多点开花

中国能源报 2022.2.21

本报讯（实习记者姚美娇）报道：开年以来，抽水蓄能项目签约、开工消息不断：1月30日，投资逾86亿元、装机120万千瓦的乌海抽水蓄能电站项目获得内蒙古自治区能源局核准批复；2月10日，总投资70亿元、120万千瓦的晓峰河抽水蓄能电站项目在武汉签约，落户湖北夷陵；2月10日，国投电力公司与山西省河津市人民政府签订了抽水蓄能电站项目投资合作协议，计划开发120万千瓦抽水蓄能项目；2月14日，总装机140万千瓦的湖北平坦原抽水蓄能电站开工仪式在湖北罗田举行……

据不完全统计，2021年至今，超过1亿千瓦抽水蓄能项目取得了重要进展。其中国家电网、南方电网超过2470万千瓦，成为抽水蓄能项目建设的主力军。

当前，抽水蓄能成为两大电网公司“十四五”时期布局的重点领域之一。在我国已投运的抽水蓄能电站中，国家电网公司下属的国网新源和南方电网公司下属的南网调峰调频公司占据主要份额。

去年9月，国家电网董事长辛保安公开表示，未来5年国家电网计划投入高达3500亿美元（约2万亿元），推进电网转型升级，到2030年中国抽水蓄能装机规模将从目前的

2341 万千瓦提高到 1 亿千瓦。

去年 10 月，南方电网公司董事长、党组书记孟振平在南方五省区抽水蓄能建设动员会上宣布，将加快推进抽水蓄能电站建设，未来 10 年建成投产 2100 万千瓦抽水蓄能，同时开工建设 1500 万千瓦“十三五”期间计划投产的抽水蓄能，总投资约 2000 亿元，可满足 2030 年南方五省区约 2.5 亿千瓦新能源的接入与消纳。

积极描绘宏伟蓝图的同时，两大电网公司对旗下的抽水蓄能资产进行了重组。

去年 11 月，国家电网公司将持有的国网新源控股有限公司 51.54% 股权全部无偿划转至国网新源集团有限公司，并将旗下抽水蓄能资产做了整合，未来国网新源集团公司将成为国家电网抽水蓄能业务的平台公司。

2 月 15 日，主营水力发电的云南文山电力发布公告称，拟以资产置换及发行股份的方式购买中国南方电网有限责任公司所持有的南方电网调峰调频发电有限公司 100% 股权。根据此前公告，文山电力将成为南方电网抽水蓄能业务的上市公司平台。

“抽水蓄能是目前全球公认最成熟、最可靠、最清洁、最经济的储能手段，同时还可可为电力系统提供必要的转动惯量、保证系统稳定运行，是以新能源为主体的新型电力系统的重要支撑，与现有其他调峰、储能措施相比，具有较大的综合优势。”水电总院总工程师彭才德指出。

“提高电网接纳新能源能力的最优方式，显然是建设抽水蓄能或者电化学储能。不过从技术层面看，目前电网中最经济、最有效的储能方式，还是抽水蓄能。这也是当前国际社会共识。”中国水力发电工程学会副秘书长张博庭向记者表示。

记者了解到，目前我国抽蓄机组的设计制造已基本实现国产化，技术成熟，未来投资成本有望维持在 6500 元/千瓦左右。煤电灵活性改造单位千瓦调峰容量成本虽可低至 500—1500 元，但每千瓦煤电灵活性改造所获得的调峰能力只有约 20%。这意味着煤电灵活性改造要获得 1 千瓦调峰能力，其实际投资约在 2500—7500 元。

“中长期看抽蓄是最经济的储能技术。抽水蓄能电站是当前符合新型电力系统需要的、经济性较优的灵活电源。”有业内人士向记者强调。

随着投入逐渐增加、技术不断突破，以及项目加快落地，抽水蓄能产业将迎来跨越式发展。

就在去年 9 月，国家能源局发布《抽水蓄能中长期发展规划（2021—2035 年）》（下称《规划》），提出到 2025 年，抽水蓄能投产总规模较“十三五”翻一番，达到 6200 万千瓦以上；到 2030 年，抽水蓄能投产总规模较“十四五”再翻一番，达到 1.2 亿千瓦左右。

招商证券认为，作为新型电力系统建设必不可少的环节，预计抽水蓄能这一细分储能品种的建设进度可能会超预期。

中信建投证券测算认为，“十四五”期间，抽水蓄能年均新增装机量将达到约 600 万千瓦，“十五五”将进一步提升至 1200 万千瓦。从过往数据来看，抽水蓄能年均新增装机规

模也仅为 200 万千瓦左右。按平均每千瓦 0.5 万元投资规模计算，“十四五”和“十五五”年均新增投资规模将分别达到 200 亿元和 500 亿元左右。

在张博庭看来，《规划》中提及的“常规水电站的抽水蓄能改造”也非常重要。“由常规水电站改造的混合式抽水蓄能，往往运行成本比较低，服务新能源消纳与新型电力系统建设优势明显，应该得到重视。”

## “深海一号”大气田 累计产气超 10 亿立方米

科技日报 2022.2.28

科技日报讯（记者操秀英）中国海洋石油集团有限公司（以下简称中国海油）近日宣布，我国首个自营 1500 米超深水大气田“深海一号”自 2021 年 6 月 25 日正式投产以来，累计生产天然气超 10 亿立方米，在保供季为粤港澳大湾区和海南自贸港建设提供了清洁能源。

“深海一号”大气田是我国迄今为止自主发现的平均水深最深、勘探开发难度最大的海上超深水气田，科学家为该气田量身定制了全球首座 10 万吨级深水半潜式生产储油平台——“深海一号”能源站，投产后每年可向粤港琼等地稳定供气 30 亿立方米，能满足粤港澳大湾区四分之一的民生用气需求。

“深海一号”气田总监袁圆表示，气田成功达产 10 亿立方米，验证了我国自主创建的深水油气资源勘探开发生产运维完整技术体系的先进性与可靠性，也标志着我国进入了深海油气勘探开发先进国家行列。

目前，以“深海一号”为重要枢纽，中国海油正积极推动“深海二号”（陵水 25-1）等气田的开发，推动南海万亿大气区建设从蓝图变为现实，以更好地满足粤港澳大湾区和海南自贸区（港）日益增长的清洁能源需求。

中国海油党组书记、董事长汪东进表示，成立 40 年来中国海油始终牢记“我为祖国献石油”的责任使命，碧海丹心、能源报国，成为保障国家能源安全的“主力军”和国民经济稳增长“压舱石”。

## 煤电超低排放秘密武器 电除尘怎样转型升级

中国电力报 2022.2.25

2021 年中央经济工作会议指出，要立足以煤为主的基本国情，抓好煤炭清洁高效利用。推动煤电节能降碳改造是煤炭清洁高效利用的重要一环。作为煤电企业处理污染的秘密武器，电除尘装备已成行业必备的配套设备。

“电除尘在煤电超低排放中占据绝对的主流位置。”中国环境保护产业协会电除尘委员会秘书长刘学军表示。近期，随着各省区市陆续发布“十四五”生态环境保护规划，环保项目加速释放，电除尘行业将在“十四五”期间迎来更多发展机遇。

### **“增量不增利”现象突出**

中国电力报：2021年电除尘行业发展呈现怎样的态势？

刘学军：2021年电除尘行业发展整体保持稳定，实现了“十四五”良好开局。中国电除尘企业对电除尘的理解、制造和研发均处于国际先进水平，行业龙头企业的引领作用逐渐彰显。总体来看，电除尘行业已处于成熟期，行业已逐步进入有序健康、高质量发展阶段。

然而从2021年度行业企业经营情况看，电除尘发展仍然面临挑战。主要企业经营情况与上年相比虽然有所好转，但由于电除尘器合同是闭口合同，毛利率低，外加2020年以来钢材等原材料价格大幅上涨因素，极大挤压了企业的利润空间，造成行业企业微利运行，“增量不增利”现象突出。

除此之外，面对新冠疫情、国际形势复杂多变的双重冲击，煤电行业大气治理业务增长乏力，非电行业的市场份额受到袋式除尘挤压竞争；原材料价格持续上涨、企业人工成本增加、企业投融资成本高给电除尘行业带来经营压力；垫资类项目较多、企业应收账款回收不畅、经营性现金流状况得不到有效改善、工程工期不合理造成的赶工等，电除尘行业依然要在多变的形势中形成突围。

### **为减污降碳提供新技术手段**

中国电力报：电除尘关键技术实现了哪些突破？对电力行业将带来哪些影响？

刘学军：目前，电除尘行业已经成为我国环保产业中与国际厂商相抗衡且最具竞争力的行业之一，核心竞争力持续加强。低低温电除尘、湿式电除尘等技术为煤电行业超低排放提供了坚实的技术保障，特别是低低温电除尘技术几乎成为煤电超低排放的“标配”。同时，化学团聚电除尘技术、均流式电除尘技术、旋转电极式电除尘技术、导电滤槽高效收尘装置等不断丰富电除尘技术，在实际工程中均有成功应用，推动了电除尘技术的发展和科技进步。

“双碳”背景下，节能是提高电除尘技术核心竞争力的永恒主题，协同提效是电除尘技术的发展趋势。当前，电除尘技术已从“粗放”向“效能”转型，从“通用技术”向“难、特、协同”技术转型。除了技术发展本身外，包括电除尘能效评价、电除尘能效等级评定等“软指标”也将为用户减污降碳提供新的手段。

此外，等离子体电源技术的研发与应用，将有利于基于电除尘的除尘脱硫脱硝一体化技术的发展。电除尘技术的发展将在煤电机组改造升级、煤电机组能量梯级利用改造和锅炉尾部烟气余热利用、多煤种宽负荷变工况下实现超低排放等方面发挥重要作用。

中国电力报：“双碳”目标下，煤电行业向清洁、低碳、高效、智能方向发展。电除尘企业面临着怎样的发展机遇？

刘学军：2021年中央经济工作会议指出，要立足以煤为主的基本国情，抓好煤炭清洁高效利用。新时代要求煤电行业向清洁、低碳、高效、智能方向发展。在这一方向的指引下，电除尘企业将在“十四五”期间迎来六大发展机遇。

一是至2020年底，全国累计约9.5亿千瓦煤电机组实现了超低排放，占煤电总装机容量88%，电除尘企业在燃用低挥发分无烟煤机组、未改造的循环流化床机组及部分小容量机组、优于超低排放限值水平的部分新建燃煤机组等领域，存在较大发展空间。

二是煤电机组改造升级给电除尘行业带来较大的发展机遇。“十四五”期间对供电煤耗在300克标准煤/千瓦时以上的煤电机组，节煤降耗改造规模不低于3.5亿千瓦，同时加大自备煤电机组节能减排力度，确保自备电厂严格执行公用燃煤电厂的最新大气污染物排放标准和总量控制要求。

三是《电除尘器》《除尘器能效限定值及能效等级》《燃煤电厂高效除尘系统技术评估指南》等一系列标准的发布和实施，进一步规范了电除尘技术参数、排放指标和能效指标，对超低排放颗粒物治理起到规范和引领作用。

四是节能降耗是实现工业领域碳中和的可行路径之一，随着能耗双控趋严，完善煤电价格联动机制及市场化改革等政策出台，倒逼高耗能企业节能降耗改造。对于高耗能企业而言，节能将由“选做题”变为“必做题”，逐步成为刚需，这将显著驱动电除尘节能市场规模扩展。

五是电除尘在燃煤锅炉耦合生物质发电中的应用，以及在特殊煤种的应用等领域存在机会。

六是为实现多污染物深度控制和协同控制，电除尘在协同处置煤电废气、废液、煤气、固废、重金属等非常规污染物方面会发挥重要作用。（邱燕超）

## 煤层气开发利用勇闯难关

中国能源报 2022.2.28

“探索建设‘分布式清洁能源保障基地’，以就近利用为基本原则，在主要城镇附近选取资源落实程度高、开发潜力大、投资风险小的煤层气富集区建设煤层气产业化基地和开发利用示范区，完善输气管网、天然气压缩站等基础设施建设，推动煤层气产业发展。”在近日印发的《内蒙古自治区煤炭工业发展“十四五”规划》（以下简称《规划》）中，煤层气开发利用被列为“推进煤炭清洁高效利用”的重要一环。

根据全国煤层气资源评价最新数据，内蒙古2000米以浅煤层气地质资源总量约为9.18万亿立方米，居全国第二位。其中，低煤阶煤层气资源占全国近一半。但直至目前，区内煤层气探明储量和利用量尚未取得零的突破，产业发展尚处初期阶段。捧着宝贵资源，如何采得出、用得上？记者了解到，这也是全行业面临的共同挑战。

### 巨大资源潜力等待挖掘

力争到2025年，基本建立起覆盖自治区东、中、西部的1-2个煤层气开发区，重点解决中东部主要城市用气困难和气价偏高等问题，西部重点保障呼和浩特、鄂尔多斯等多地天然气供给——内蒙古的开发决心，首先取决于资源潜力。

统计显示，内蒙古全区埋深 2000 米以浅煤层气地质资源，约占全国资源总量的 25%。在我国 8 个煤层气资源总量大于 1 万亿立方米的含煤盆地中，有 3 个位于内蒙古境内。“十三五”期间，其重点在中部和东部主要煤田开展勘探验证，发现胜利、白音华等 6 处煤田大有潜力，可建成年产能共 2.85 亿立方米的煤层气开发利用示范区。

“今年春节前，内蒙古自治区自然资源厅审批通过吉尔嘎朗图区块、宝饶区块煤层气矿权。首次在内蒙古获得煤层气矿权，给了我们很大信心，接下来将加快相关手续办理，全力推进 2022 年工作计划。”中石油华北油田总经理朱庆忠告诉记者。

然而，光有资源还不够。一位了解情况的业内人士坦言，受煤炭资源开发、专业技术瓶颈、生态环境约束等因素制约，实际开发利用面临考验。“由于勘查程度低，开发工程部署缺少可靠的资源储量保障。当地煤种是以褐煤居多，属于煤化程度低的低煤阶煤层气，煤层厚度较大、资源条件复杂，对开发技术要求相应提高。其他区域的成熟技术不能照搬，有针对性的技术仍待进一步探索研究。”

另据《规划》配套的煤层气开发利用方案，与煤层气利用相匹配的基础设施薄弱。当地开发与市场需求脱节，城市圈周边缺乏管网及集输设备的建设，产业链条尚未形成，城市燃气供应严重依赖外输。

### 提高技术适用性是关键

内蒙古煤层气发展现状，也折射出整个产业面临的挑战。一方面，煤层气作为常规油气重要补充，对于保障能源安全、促进节能减排及煤矿安全生产的作用重大；另一方面，富集资源长期未得到有效利用，资源动用率低、产能转化率低、有气难产出等问题困扰行业已久。

朱庆忠认为，突破的关键在于技术。“煤层气是典型的技术密集型产业，要求很高。比如我们在山西干了近 20 年，积累了成熟技术、丰富经验，但到了内蒙古仍需开展大量攻关。两地分别以高煤阶、低煤阶资源为主，不同的资源分布、地质条件、煤层构造等因素，导致技术需求各不相同。即便同为低煤阶煤层气，国内外情况也有很大差别，一项技术不可能包打天下。新疆、贵州等其他资源富集地也面临类似问题，亟需在技术适应性方面下大力气。”

中国矿业大学（北京）原副校长姜耀东也称，近年虽有诸多进展，低煤阶、深部煤层等复杂条件适用技术攻关，目前仍未取得完全突破。技术壁垒进一步导致单井产量低的劣势凸显，开发成本明显高于常规天然气，煤层气发展空间受到挤压。

“煤层气开发利用离不开规模效应，否则很难盈利。”上述人士举例，大部分煤矿远离城区，运输需借助长输管线。若不能形成规模化、采气量偏小，建设管线得不偿失，只能使用压缩天然气方式运输，但后者成本偏高。“尤其是内蒙古这样的地区，地域广阔、用户分散，运输及销售链条过长，很容易限制使用。如果说技术攻关主要靠企业，让煤层气真正走进用户，还要靠上游勘探开发、中游管道和公路运输、下游用气市场形成合力。”



## 想方设法提高单井产量

究竟能不能闯过“难关”？在多位人士看来，答案是肯定的。朱庆忠透露，华北油田已在低煤阶单井勘探方面取得较大进展，下一步将加速建成低煤阶煤层气（褐煤）气田，想方设法提高单井产量。

“实践证明，我们有能力推动煤层气增储上产，实现安全高效开采利用。”晋能控股集团煤与煤层气共采国家重点实验室执行副主任李国富举例，位于山西晋城的成庄矿，是目前全国唯一煤与瓦斯共采试点矿井，抽采量达1.3亿立方米/年，抽采率在84%以上，实现了经济与社会效益双赢。在平煤神马集团平顶山矿区，现有5口井的单井日产气量均突破1万立方米，首次攻克碎软低渗煤层的煤层气地面抽采难题，助推河南煤层气商业化开发实现突破。

李国富提出，可在高瓦斯矿区推行煤与煤层气共采技术，大幅提升瓦斯预抽率。浓度低于30%的低瓦斯矿井，集输利用较为困难，且项目经济性普遍不佳。除了企业自身努力，需要国家层面予以技术、装备等支持。“目前，煤层气补贴方式是折纯后按纯量补贴，不利于提高企业对难抽采、难利用的资源开发等积极性。建议改为按浓度分段补贴，单独设立低浓度瓦斯抽采利用的支持。”

记者了解到，内蒙古已决定拿出“真金白银”的支持。“十四五”期间，计划勘探开发投资约9.36亿元，施工煤层气井378口。针对当地主要城镇分散、输气管网建设薄弱、集中供气投入较大的特点，将探索建设“分布式清洁能源保障示范区”，在锡林浩特、呼伦贝尔等重点城市率先实现煤层气就近开发利用。按照《规划》，将实现新建煤层气产能1.55亿立方米/年，利用率达到80%。（朱妍）

## 重启海上油气勘探

中国能源报 2022.2.7

**本报讯** 据日本《日经亚洲》报道，日本国际石油开发公司（Inpex）近日宣布，计划在日本西部近海海域实施勘探作业，为开发新的石油和天然气田进行前期试探性开采。

报道称，如果这些新油气田实现商业化开采，将是日本30多年来首次进行新的海上油气开采项目。Inpex公司表示，如果勘探证明油气田储量具有商业开发价值，项目将在2032年左右全面投产，这将有助于提高日本的能源安全。

根据日本2021年的《能源基本计划》，2030年，该国要把油气的独立开发率从2019年的34.7%提高到50%，2040年进一步提高到60%。

Inpex公司在声明中称，新油气田项目预计年产能可达约90万吨，有望将日本的天然气自给率从目前的2.2%提高到3.4%。（仲蕊）

## 行业动态

首批项目超七成在建，其余项目今年一季度开工，建设情况均列入国家能源局专项监管范围；第二批项目规划总规模或远超首批，未来9年陆续落地

# 风光大基地建设正入佳境

中国能源报 2022.2.14

虎年新春，风光大基地建设正酣。来自国家发改委的数据显示，截至2021年12月底，我国第一批9705万千瓦风光大基地项目已开工约7500万千瓦，其余项目将在今年一季度开工，相关配套政策同步密集出台。

2月10日，国家发改委、国家能源局联合下发《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》，其中就“推动构建以清洁低碳能源为主体的能源供应体系”明确提出，以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点，加快推进大型风电、光伏发电基地（以下简称“风光大基地”）建设，对区域内现有煤电机组进行升级改造，探索建立送受两端协同为新能源电力输送提供调节的机制，支持新能源电力能建尽建、能并尽并、能发尽发。

在此之前，国家能源局于1月21日发布《2022年能源监管重点任务清单》，将2021年11月明确的第一批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的风光大基地建设情况列入专项监管范围，监管内容涉及风光项目、配套调峰措施、送出工程的建设情况。

位于内蒙古、青海、甘肃、广西、安徽等多个省区的第一批风光大基地项目敲定仅仅1个月后，国家能源局于2021年12月再次发布通知，启动第二批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的风光大基地申报工作。

根据国家层面的相关部署，加快规划建设沙漠、戈壁、荒漠地区风光大基地，推动风光行业健康快速发展，是促进我国能源绿色低碳转型、带动产业及地方经济发展、促进碳达峰碳中和目标实现的有效途径。进入2022年，第一批风光大基地项目和配套工程建设情况如何？第二批基地规划和申报有何进展？大基地风光消纳问题如何破解？

### 首批项目一季度全数开工周报定时跟踪实际进展

国家发改委、国家能源局2021年底发布的《关于印发第一批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设项目清单的通知》明确，第一批风光大基地项目总规模9705万千瓦。根据目前的建设规划和进展，第一批项目今年一季度将实现全数开工。

以我国单体规模最大光伏治沙项目——内蒙古蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目为例，中国三峡新能源（集团）股份有限公司副总经理刘姿告诉记者，项目于去年10月正式开工，目前已完成可研评审、接入系统审查、能评、地形图测绘等几十项手续的办理以及土地场平工作。同时，由于兼顾发电和治沙双重任务，针对项目涉及的防风固沙、板下种植

等方案，公司已同国家林业和草原局、内蒙古农业大学进行了技术交流。“由于目前当地天气寒冷，风沙较大，为保证工程质量，土建施工处于暂停状态。”刘姿透露，项目计划4月全面复工，力争今年底并网发电。

据记者了解，首批风光大基地项目清单公布时，国家发改委和国家能源局即明确，将依托现有可再生能源发电项目开发建设按月调度机制，按月调度风光大基地建设情况，协调解决项目建设过程中的重大问题。同时，要求各省级能源主管部门、各电网企业按月及时报告项目建设进展。

在此基础之上，有行业知情专家向记者透露，当前针对首批风光大基地建设情况，国家相关主管部门更进一步，已启动周报机制，各相关方需每周定时汇报项目的实际进展。“国家的监管力度非常大，定时汇报的要求很严格，项目信息更新速度也很快。”

### **成熟一个开工一个 电源企业可自建外送通道**

风光大基地要发挥实效，外送通畅、足量消纳是关键。《第一批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设项目清单的通知》为此特别强调，各地要比照清单，进一步落实并网消纳条件，根据项目成熟程度合理安排开工时序，成熟一个、开工一个。

随着大部分项目相继开工，各风光大基地的并网消纳条件落实情况如何？

刘姿介绍，内蒙古蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目地处鄂尔多斯负荷中心，接入500千伏过三梁变电站，该变电站属于主干网架重要组成部分，消纳条件较好。“基地同时配备了20%×2小时的储能系统，调峰作用良好。”

记者注意到，并非所有项目都具备接入现有主干网架的条件，部分风光大基地项目需要新建送出线路。根据国家发改委、国家能源局2021年出台的《关于做好新能源配套送出工程投资建设有关事项的通知》，对电网企业建设有困难或建设时序不匹配的新能源配套送出工程，允许发电企业投资建设，以缓解新能源快速发展催生的并网消纳压力。“整体而言，在集中式可再生能源项目开发过程中，目前发电企业自建送出线路的情况较多，毕竟自己在建设时间上有保证。”上述知情专家透露。

中国新能源电力投融资联盟秘书长彭澎进一步指出，针对新能源电力的消纳问题，各风光大基地都进行了提前布局。“例如增加储能、开展源网荷储一体化开发等。除此之外，增加可再生能源电力在当地的消纳责任权重等政策也将有效促进消纳。”

### **第二批项目完成申报总规模或远超首批**

记者注意到，根据国家相关要求，当前第二批风光大基地申报工作已经结束。据一位行业咨询机构负责人透露，第二批大基地规划已基本完成，总规模可能远超第一批。“项目将在‘十四五’‘十五五’期间陆续落地，预计‘十五五’期间的建设体量更大。”

与第一批风光大基地以各企业上报项目为主的形式不同，该负责人表示，第二批项目将集中在三北地区的几大主要沙漠开展统一规划并进行公开招标。

在消纳方面，该负责人强调，第一批大基地项目采用了外送和就地消纳相结合的方式，

第二批大基地项目则以外送为主要消纳形式，利用基地周边已有的火电调峰能力，开展“火电+新能源”打捆送出。前述知情专家也指出，第二批风光大基地在规划过程中，将对配套电源、调峰能力等并网消纳条件有更加严格和明确的要求。

彭澎表示，当前国家电网公司和南方电网公司都已宣布了规模庞大的特高压建设计划，在电网公司主导下，未来风光大基地项目的送出工程也将更有保障。（姚金楠 董梓童）

## 广东首个兆瓦级电化学储能电站投运

中国电力报 2022.2.25

本报讯（通讯员张育宾 杨颖盈 王凯亮 黄学劲）报道 近日，南网广东电网首个电网侧兆瓦级变电站电化学储能示范项目——东莞南社站电网侧电化学储能工程（一期）在广东东莞市投运。该储能电站项目是《广东电网公司“十四五”电化学储能发展实施方案》中第一批电网侧储能示范项目。

东莞南社站项目占地约3200平方米，新建预制舱19座，包括电池舱、升压一体化舱、开关站舱、站用电源舱等。据东莞城区供电局基建部高级经理袁灿培介绍，预制舱外形像集装箱，其内部设备屏柜在工厂完成安装、调试后作为一个整体运到施工现场，可减少现场施工作业量和碳排放，加快项目施工进度。该项目的舱内储能电池容量规模达10兆瓦/30兆瓦时，“它就像一个巨型充电宝，采用电化学储能主流技术路线进行充放电。”袁灿培介绍，项目还应用了广东电网自主研发的能量管理系统和广东电网基建“五新”技术9项，能有效对电池内部存储的电能进行能效管控。

据悉，该储能项目的建成可缓解110千伏南社站主变重载问题，满足周边片区用电负荷增速过快的需求。且可以进一步降低昼夜峰谷差，提升电网运行的稳定性和灵活性，延缓输变电升级改造建设投资。

## 国内首个可持续航空燃料产业基地落地茂名

### 地沟油变航空燃料 每年碳减排240万吨

南方日报 2022.2.27

南方日报讯（记者/刘栋铭 通讯员/赖宣任 卓剑斯）2月25日，东华能源股份有限公司与霍尼韦尔UOP在广东茂名签署战略合作协议，携手打造东华能源（茂名）烷烃与绿色能源资源综合利用项目——国内首个可持续航空燃料产业基地。双方将在茂名建设年产量达100万吨的可持续航空燃料（SAF）生产基地。相对以石油为原料的石油基产品，100万吨装置每年碳减排量达240万吨，减少约83%的二氧化碳排放。

项目引进的霍尼韦尔UOP的Ecofining™工艺技术，是全球首个被用于规模化生产商用航空可持续航空燃料的技术，将厨余油、地沟油等生物质资源转化为绿色航空燃料。

项目分两期建设，建造两套以厨余油和动物脂肪为主要原料的生产装置，首套装置计划于2023年投产。“基地建成后，将是单套全球最大的以厨余油为主的可持续航煤装置，也将是全球最大的以厨余油为主要原料的可持续航煤生产基地。”霍尼韦尔特性材料和技术集团副总裁兼亚太区总经理刘茂树说。

这是东华能源和霍尼韦尔在茂名的第三次携手。2019年，采用霍尼韦尔UOP新一代丙烷脱氢技术的东华能源烷烃综合利用项目落户茂名，2020年3月动工建设一期。经过两年多建设，项目一期（I）预计在今年10月建成投产。

“可持续航空燃料项目将丙烷脱氢装置的副产品氢作为Ecofining<sup>TM</sup>工艺中氢气来源，改变丙烷脱氢工艺副产氢只能作燃料燃烧的现状，实现了资源更高价值的利用。”刘茂树介绍。此外，该项目还副产绿色石脑油、碳三碳四等产品，助力绿色石化生产。

“这是一个化腐朽为神奇的过程。这项工艺技术一方面把厨余油、地沟油和废弃油脂收集起来，生产高附加值的绿色燃油，另一方面，东华能源丙烷脱氢装置富余的氢气得到很好的利用，两者的完美结合成为丙烷脱氢项目有力的延伸。”东华能源控股集团董事长王铭祥说，“这将为茂名打造零碳工业园，甚至负碳工业园创造条件。”

近年来，茂名围绕绿色化工等主导产业链延链、补链、强链动作频频，成立了由市委、市政府主要领导牵头的招商引资工作委员会，积极研判茂名的产业形势，出台一系列保障措施。此次，东华能源与霍尼韦尔再次携手，以世界前沿的绿色能源生产工艺在茂名共同建设可持续航空燃料产业基地，是茂名做好碳达峰碳中和工作，推动茂名高质量发展的具体行动，也是茂名推进能源革命的重大机遇、助推产业升级的强大动能、培育生态型产业的有力抓手。

## 海上风电新型桩—桶复合基础研发及其工程应用

中国自然资源报 2022.2.21

发展绿色能源是国家战略，海上风电是风电技术的制高点。风电基础造价占比超过25%，是控制项目经济可行的决定因素之一。

新型桩—桶复合基础（ZL201310144668.9）技术发明，提出了一体化设计方法等系列核心技术，2021年9月，在福建平海湾海上风电工程实现了替代“打桩—钻、扩孔—浇筑混凝土—打桩”式嵌岩单桩的全球首次应用，避免了嵌岩和桩周冲刷防护施工，大幅提高了施工效率，降低了造价。同时，为克服深远海和大容量机组发展趋势下，多桩基础施工效率低而常规单桩基础承载力不足且需要冲刷防护等瓶颈，以及单桩沉桩不到位的补救处理提供了新的解决思路。

该项填补国内外空白的技术发明，为我国海上风电工程技术进步提供了原创性的、具有自主知识产权的核心技术解决方案。

# 国内首个核能工业供汽工程开建

中国能源报 2022.2.28

**本报讯（记者吴起龙）报道：**从发电到居民供暖，再到供应工业蒸汽，核能正从单一的发电向综合利用有序转变。

2月23日，国内首个工业用途核能供汽工程在中核集团江苏田湾核电基地正式开建。这是中核集团继秦山核电开展南方核能供暖之后，在核能综合利用领域的又一积极探索，将为优化调整我国能源结构，建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系做出新示范。

该工程由江苏核电有限公司、连云港市徐圩新区石化基地联合建设，采用俄罗斯VVER-1000型核电技术，以田湾核电二期工程3、4号机组蒸汽作为热源，将蒸汽输送至连云港石化产业基地进行工业生产，预计2023年底投产供汽。

该项目建成后，每年供汽量可达480万吨，可实现每年减少燃烧标准煤40万吨，等效减排二氧化碳107万吨、二氧化硫184吨、氮氧化物263吨。

“田湾核电蒸汽供能项目以核电厂蒸汽为热源，加热的工业蒸汽经由独立隔离回路输送，从设计源头上确保核能供汽清洁安全，符合工业蒸汽各项行业标准。”江苏核电维修总经理、工程负责人刘永生介绍，通过管道预制架空蒸汽保温方案等措施，可将每公里温度损失控制在2℃以内，并将蒸汽压力下降控制在0.03Mpa以内，以此满足连云港石化产业基地工业用汽需求。

记者了解到，连云港石化产业基地是我国沿海地区规划建设的七大石化产业基地之一，也是国务院批准设立的国家东中西区域合作示范区的先导区，以及生态环境部、商务部、科学技术部明确的国家生态工业示范园区。

田湾核电蒸汽供能项目将成为企业与地方协力共推节能降碳，共享发展成果的一个生动实践。

2021年10月，国务院印发的《2030年前碳达峰行动方案》聚焦“十四五”和“十五五”两个碳达峰关键期，提出了提高非化石能源消费比重、提升能源利用效率、降低二氧化碳排放水平等主要目标。

随着我国清洁取暖与碳达峰碳中和目标加速推进，除发电之外，核能综合利用也逐渐迎来“窗口期”。

核能是公认的绿色低碳能源，其在供电、供热、供汽、制氢、区域生活供能、海水淡化等领域均具有广阔的应用前景。《国家“十四五”发展规划和2035年远景目标纲要》中明确提出“开展核能综合利用”。

据悉，核能供热是利用核电机组中的蒸汽作为热源，通过换热站进行多道隔离、多级换热，最终经市政供热管网将热量传递至用户，此过程仅有热量的传递，没有水等其他介质交换，保证用户用热清洁、安全。

目前，国内已有多个核电站开展了不同程度的核能供热等项目研究与实施。除田湾核电站供汽工程外，山东海阳核电站、浙江秦山核电站的居民核能清洁供热项目目前已建成投运；辽宁红沿河核电也正积极筹备核能供暖，计划于2022年冬季投运。

对于核能供热产业，业内专家指出，在碳达峰碳中和与能源转型大背景下，在有核电的地方利用核电余热替代化石能源热源，是推动城市居民采暖与工业用热清洁低碳化的有效途径。

对于“首吃螃蟹”，江苏核电表示，为抢抓碳达峰碳中和先机，江苏核电坚持低碳赋能、多元发展，不断加快核能多用途利用，努力将田湾核电基地建设成为世界一流的核能多堆型综合利用产业群和多能互补零碳示范能源基地。

