

能 量 转 换

剪 报 资 料

总 48 期
12/2021. 12

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. 四部委：支持数据中心开展新能源专线供电..... 5
2. 国际能源署报告预计：可再生能源发电量将加速增长..... 5
3. 专家建言献策：如何构建新型电力系统..... 6
4. 发展添“绿”——从清洁能源发展看中国经济底气..... 7
5. 能源供应和消费系统要彻底转型..... 9
6. 国家能源集团年发电量创历史新高..... 10
7. 国家电投清洁能源装机占比增长显著..... 11
8. 新型电力系统到底长啥样？..... 11
9. 加快建设绿色数据中心..... 13
10. 传统能源逐步退出与新能源替代如何接续？..... 14
11. 可再生能源发电量同比增长 12.7%..... 17
12. 我国新能源年发电量首次突破 1 万亿千瓦时..... 19

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 新能源汽车爆发式增长 促碳排放线性下降..... 19
2. 镁钠电池追捧“无锂”也能行天下..... 21
3. 锂电池成为通信储能“新宠”..... 23
4. 废旧动力电池综合利用添新军..... 24
5. 新型电解液或解决可充型锌电池规模应用难题..... 26
6. 新型智能屋顶涂层可全年节能..... 27
7. 粤港澳大湾区再添两个巨型“充电宝”..... 28
8. 世界上最长柔性纤维电池问世..... 29
9. 盐湖提锂技术突破我国锂资源供给更有保障..... 30
10. 弱磁场下扭曲双层石墨烯奇异分数态首现..... 31
11. 日研发出 3D 打印全固态电池..... 32
12. 钠离子电池有望用于电动汽车..... 33
13. 氨氢融合拓展氢能应用场景..... 34

14. 研究攻克电卡制冷效应工程应用难题·····	36
15. 国内首台大缸径斯特林发动机完成性能试验·····	36
16. 国内燃料电池已具备竞争优势·····	37
三、碳达峰、碳中和	
1. 构建多元化清洁能源供应体系实现“双碳”目标·····	38
2. 工业领域明确“十四五”绿色低碳发展具体目标·····	40
3. 江苏盱眙探索玄武岩增产固碳新途径·····	41
4. 用好绿色低碳技术助力实现碳达峰碳中和·····	41
5. 2030 年实现碳中和 +100 使用可再生能源·····	43
6. 统筹自然资源管理 助力碳中和·····	44
7. 资源型地区更要主动探索节能降碳·····	47
8. 优化能源管理 助力碳达峰碳中和目标实现·····	50
9. 北京将全面推进能源、产业、交通、建筑低碳转型·····	51
10. 岩溶碳汇，实现碳中和的重要途径·····	52
11. 电力系统能够实现安全经济低碳·····	54
12. 尽快建立碳排放总量控制制度·····	56
13. 坚定信心 坚定不移推动能源绿色低碳发展·····	58
四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1. 常温常压下生物质实现高速制备一氧化碳·····	59
2. 天津大学研发出环境友好型 DNA 生物塑料·····	59
3. 让更多农业废弃物变废为宝·····	60
4. 填补国内超临界二氧化碳锅炉空白·····	61
5. 海南提出划定低排放区域和零排放区域·····	62
6. 我生物质发电研究取得新突破，助力“双碳”目标实现·····	63
7. 广东十部门发文推进污水资源化利用·····	64
8. “无废城市”概念正在改变我们的生活·····	65
9. 上海闵行新建一座再生资源化利用中心·····	65
10. 中国电子废物环境综合管理（2012 - 2021）·····	66
五、太阳能	
1. 建立户外实证实验平台加快我国新能源“追光逐日”脚步·····	69
2. 中国持续引领全球绿电增长·····	71
3. 新建大型公共建筑将强制安装光伏设施·····	73
4. 屋顶能发电 站内可加氢充电加油·····	73
5. 我国新型叠层太阳能电池效率可达 28.2%·····	74
6. 光伏制氢已具备成本竞争力？·····	74
7. 亚洲最大滩涂渔光互补发电项目并网·····	76
8. 冀北电科院破冰光储电站实测建模·····	76
9. 浙首个“光伏 + 熔盐储热 + 液流储电”项目投运·····	77
10. 我国光伏发电平均利用率达 98%·····	78

11. 光伏 2022 年新增装机或超 7500 万千瓦	79
12. 全球首个超高海拔光伏实证项目启动	80
13. 农村能源体系“绿化”任务紧迫	81
14. 美军实现太阳能射频转换	83
15. 光伏全产业链仍存降价预期	83
16. 有机太阳能电池器件电压损失机制获揭示	84
17. 中国光伏成为全球能源转型中坚力量	85
六、地热	
1. 中国石油为清洁供暖注入地热“绿能”	87
七、海洋	
1. 广东海洋经济发展再布局	90
2. 波浪能供电船模型试验成功	92
3. 大尺度全尺寸可燃冰开采试验装备面世	92
4. 风浪资源评估课题通过中期考核	93
5. 院士专家献策 发展海洋经济	93
6. 海洋科技向创新引领型转变	95
7. 优化海洋资源保护与利用格局	98
八、氢能	
1. 碱性电解槽取得技术突破	100
2. 佛山市南海区丹灶镇打造粤港澳大湾区氢能产业高地	102
3. 计划大幅提升氢能使用率	103
4. 全国首家氢能技术学院落户南海	104
5. 地球生命起源于氢能	104
6. 拟向海外投资 10 亿美元发展绿氢	105
7. 拟大力发展氢氨发电技术	106
8. 光合作用“绿巨人”蓄势待发	106
9. 韩国计划发展海上氢能	108
10. 氢能应用场景日趋多元	108
11. 可储氢的“纳米巧克力”结构创建	110
12. 双碳目标下氢能不止于替代化石能源	111
13. 国内首家“氨—氢”绿色能源产业创新平台在闽启建	114
14. 大规模制氢 电解海水现曙光	115
15. 氢燃料电池“突围”国产化	117
16. 广东城市群氢能产业“加速跑”	119
九、风能	
1. 国内首台 7 兆瓦国产化海上风电机组完成吊装	121
2. 海上风能对支撑广东能源转型意义重大	122
3. 我国离岸最远海上风电场首批机组发电	123
4. 法国提出海上风电五大发展建议	123

5. 今年新增投产风电装机 187 万千瓦	123
6. 2021 开发建设风光项目 600 万千瓦	125
7. 海上风机叶片进入“百米级时代”	125
8. 拟新增风电示范项目规模 140 万千瓦	127
9. 2021 年风光新增保障性并网 530 万千瓦	127
10. 国内首个平价海上风电项目开工	127
11. 国内首个百万千瓦级海上风电项目全容量并网发电	127
13. 世界最大海上风电场首次发电	128
14. 江苏海上风电并网突破千万千瓦居全国首位	129
15. 美国海上风电举步维艰	129
十、核能	
1. 中国研发出海中取铀新材料	131
2. 我国“人造太阳”开启新一轮实验	132
3. 中国稳步推进第四代核电项目	132
十一、其他	
1. 预计“十四五”煤电装机新增 1.5 亿千瓦	133
2. 我国首个大型页岩气田新增页岩气探明储量超千亿立方米	134
3. 世界规模最大抽水蓄能电站投产发电	135
4. 世界最高水头抽水蓄能电站获核准	136
5. 全球燃煤发电将创历史新高	136
6. 俄罗斯加速开发北极能源矿产	137
7. 煤电清洁高效发展是出路	139
8. 全球煤炭业进入复苏通道	141

行业动态

1. 华电首个大容量化学储能投运	143
2. 超临界二氧化碳循环发电机组在西安投运	143
3. 中国能建西北院主编的太阳能热发电技术标准完成编制和报批	144
4. 全球最大光伏绿氢生产项目落户新疆库车	144
5. 光伏协会第三届理事会二次会议召开	145
6. 国内首个屋顶光伏建筑一体化标准正式发布	145
7. 潮流能发电装置研制技术标准发布实施	146
8. 国际首个 400 兆瓦盐穴压缩空气储能项目签约	146
9. 智造创领未来——中国风电首个“智能制造标杆企业”诞生	147
10. 鼓励并网超 15 年风电场改造升级和退役	148
11. 国内首个百万千瓦级海上风电项目全容量并网	149

本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

四部委：支持数据中心开展新能源专线供电

中国能源报 2021.12.13

本报讯（记者姚金楠）报道：12月8日，国家发改委、中央网信办、工信部和国家能源局联合发布《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求推动数据中心和5G等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》。《实施方案》提出，鼓励使用风能、太阳能等可再生能源，通过自建拉专线或双边交易，提升数据中心绿色电能使用水平。支持具备条件的数据中心开展新能源电力专线供电。

根据《实施方案》，目标到2025年，全国新建大型、超大型数据中心平均电能利用效率降到1.3以下，国家枢纽节点进一步降到1.25以下，绿色低碳等级达到4A级以上。西部数据中心利用率由30%提高到50%以上。5G基站能效提升20%以上。

围绕发展目标，《实施方案》共提出强化统筹布局、提高算力能效、创新节能技术、优化节能模式、利用绿色能源和促进转型升级六大主要任务。其中，在提高算力能效方面，《实施方案》提出，要加快建设绿色数据中心，发布国家绿色数据中心名单。新建大型、超大型数据中心电能利用效率不高于1.3，逐步对电能利用效率超过1.5的数据中心进行节能降碳改造。在利用绿色能源方面，《实施方案》鼓励使用风能、太阳能等可再生能源，通过自建拉专线或双边交易，提升数据中心绿色电能使用水平，促进可再生能源就近消纳。支持模块化氢电池和太阳能板房等在小型或边缘数据中心的规模化推广应用。结合储能、氢能等新技术，提升可再生能源在数据中心能源供应中的比重。支持具备条件的数据中心开展新能源电力专线供电。统筹5G与可再生能源分布式发电布局，对电源、空调等能耗系统积极推进去冗余简配，严控废旧设施处理。

国际能源署报告预计：可再生能源发电量将加速增长

参考消息 2021.12.3

【英国《独立报》网站12月1日报道】题：国际能源署称，2021年全球新增可再生能源发电装机容量攀升至历史新高

国际能源署说，2021年，全世界新安装的太阳能电池板、风力涡轮机和其他可再生能源设备将达到创纪录水平。

国际能源署在最新报告中说，可再生能源发电量将在未来几年里加速增长，到2026年，将占到全球发电量增幅的近95%。尽管用于制造太阳能电池板和风力涡轮机的关键材料的成本不断上升，但今年仍将新增约290吉瓦的可再生能源发电装机容量，打破去年创下的历史纪录。

2021至2026年间，新增的可再生能源发电装机容量预计将比2015至2020年间高出

50%。其驱动力是，政府出台政策加大支持力度，以及在格拉斯哥气候峰会召开前和召开期间各国宣布了更雄心勃勃的清洁能源目标。

但报告称，全世界可再生能源发电装机容量远未达到实现以下目标所需的水平，即到2050年实现温室气体净零排放，以防气温上升造成最危险的影响。

国际能源署署长法提赫·比罗尔说，预计到2026年中国的风能和太阳能发电总装机容量将达到1200吉瓦，比其设定的完成这一目标的日期（2030年）早4年。印度的新增发电装机容量将比2015至2020年间的水平翻一番，欧洲和美国的动作也将显著加快。

比罗尔说：“中国继续展示其在清洁能源领域的力量，可再生能源的扩张表明，中国的二氧化碳排放量很可能在2030年前达到峰值。”

报告说，各国政府可以通过解决电网接入和发展中国家融资成本高等问题进一步加速该领域的增长，这可以使年均新增可再生能源发电装机容量比国际能源署报告中的主要预测值高出四分之一。

但即便如此也还不够，未来5年每年新增的可再生能源发电装机容量必须是国际能源署报告中主要预测值的近两倍才行。

国际能源署说，生物燃料的增速需要达到4倍，而可再生热能的需求量需要达到近3倍。

报告警告说，如果到2022年底大宗商品价格一直保持在高位，风能投资的成本将恢复到2015年的水平，过去三年太阳能成本的降幅也将被抹消。

专家建言献策：如何构建新型电力系统

科技日报 2021.12.7

“如期实现‘双碳’目标是挑战更是机遇。”近日，在广州举行的2021年南方电网能源发展论坛暨南网能源院研究成果发布会上，中国发展研究院院长王彤指出，2020—2050年，能源系统需要新增投资约100万亿元，以新能源为主体的新型电力系统将发生变革，新增长点 and 巨大商机突显，低碳技术、清洁能源材料、新能源汽车产业链等新兴领域前景广阔。

会上，南网能源院发布了《中国电力市场化改革报告》《中国电力行业投资发展报告》《粤港澳大湾区电力发展报告》《全球领先企业创新发展报告》。

王彤指出，加快构建新型电力系统需研究新能源接入模式，服务新能源快速发展；研究加强常规电源调节能力，保障电力充足供应；研究各级电网协同规划，提升新能源消纳能力；研究电网数字化转型，提升全网智能化水平；研究布局重大科技创新，掌握核心关键技术；研究新政策新机制，促进社会各方共建共享。

“澳门已基本进入碳达峰阶段，应以政策为引领、以科技为驱动，积极将澳门打造成为具有世界影响力的碳中和先行示范城市。”澳门大学校长、智慧城市物联网国家重点实验室主任宋永华建议，澳门可大力推动陆上交通电气化，推广氢动力海上交通，发展本地清洁电

源，推广低碳建筑/园区，智能化改造城市配电网，积极参与广东电力市场交易购买绿电等。

中国科学院院士、中国电力科学院名誉院长周孝信表示，“双碳”目标和能源清洁低碳转型的战略目标高度一致，在实施路径上，要落实构建清洁低碳安全高效的能源体系和构建以新能源为主体的新型电力系统。他表示，应对风光新能源发电出力短周期（日内）波动性间歇性的运行灵活性调节需求，可采用抽蓄、电化学电池、压缩空气等储能技术；二是应对风光新能源发电出力长周期（周内、月内、跨季节）波动能源电力供需不平衡，及突发灾害下能源电力供应的储能需求，可采用绿色技术生产储存氢和气体、液体燃料（如甲烷、甲醇、氨）等方式。

记者从会上了解到，2021年，南方电网能源发展研究院有限责任公司增挂南方电网澜湄国家能源电力合作研究中心，成立国际合作研究所、新能源研究所，全面支撑以新能源为主体的新型电力系统建设。

《中国电力市场化改革报告》建议，“双碳”背景下电力市场化改革正面临诸多挑战，应完善电力市场体系，引导新能源实现有序发展；扩大市场配置范围，加快推进区域统一电力市场建设；创新机制，兼容新型市场主体，畅通分布式资源消纳渠道；完善价格形成机制，促进新能源与调节资源协同发展；改革输配电价定价机制，加强投资激励、优化新能源布局。

《粤港澳大湾区电力发展报告》披露，2020年新建成投产昆柳龙直流工程，西部省区对粤港澳大湾区的送电容量增加500万千瓦，区外电力供应保障能力进一步提升。（叶青 杨志勇 王雅倩）

发展添“绿”

——从清洁能源发展看中国经济底气

南方日报 2021.12.8

能源是经济发展的基础。今年以来，我国加快构建清洁低碳能源体系，重大项目建设捷报频传。风电、光伏装机容量均位居世界首位，电解水制氢、核能热电联产、地热供暖等清洁能源应用稳步推进，清洁能源领域新技术、新产品、新业态、新模式快速涌现，不仅为经济发展提供澎湃动力，更成为经济发展新动能，充分彰显了我国推进经济社会发展全面绿色转型的充足底气。

风光装机容量居世界首位

东海之滨，江苏如东。154台风电机组在海上迎风转动，总装机容量48万千瓦，是目前亚洲名列前茅的海上风电场。

这是国家能源集团早期“播种”的试验场。11月20日，国家能源集团建设的又一大型风电项目——江苏东台海上风电场，正式全容量并网发电，总装机容量50万千瓦。

从东海之滨到世界屋脊，从塞北大漠到岭南大地，我国风电产业走过了近40年“上山

下海”的“拓荒”之路。

国家能源局最新数据显示，我国风电并网装机容量已突破3亿千瓦大关，是2020年底欧盟装机容量的1.4倍、美国的2.6倍，稳居世界第一。

青海湖边，黄河之畔。国家电投共和光伏产业园内，银蓝色的光伏板在阳光照射下熠熠生辉，光伏板周边是成群结队的牛羊。作为全球最大的光伏发电企业，国家电投光伏发电装机容量超3800万千瓦。

截至10月底，我国太阳能发电装机容量约2.8亿千瓦，持续保持世界第一。与之相应的是我国光伏全产业链快速发展，有力拉动了经济增长。

国务院常务会议要求加快沙漠戈壁荒漠地区大型风电、光伏基地建设。10月中下旬，内蒙古、甘肃、青海、宁夏4省区集中开工一批大型风电光伏基地项目，总规模近3000万千瓦。

我国风电、光伏产业的高速发展，培育了一批世界级龙头企业，不仅持续拉动产业链快速发展，更成为我国经济增长亮点，也成为对外贸易新名片，为推动全球经济绿色转型提供重要支撑。

多项重大技术获突破

近年来，以绿氢制取技术为代表，我国一批清洁能源关键零部件、材料、技术和工艺取得突破，为重大工程建设和产业发展提供有力支撑，也体现我国经济高质量发展的动能在不断增强。

绿氢被誉为最洁净的燃料。11月30日，中国石化新疆库车绿氢示范项目开工建设，投产后可年产绿氢2万吨。

这是我国首个万吨级绿氢生产项目，通过光伏等可再生能源发电，再经电解水制取氢气，生产过程中基本不产生温室气体，从源头上杜绝了碳排放。同时，重大设备机械、核心材料全部实现国产化。

这个冬天，作为清洁能源“冷门”的地热“火”了。

刚刚过去的1个月里，中国石油先后在雄安新区、唐山、德州等地新投产了6个地热清洁供暖项目，新增供暖面积900多万平方米，为城市用能低碳化提供了新选择。

在宁夏银川，国家能源集团宁煤煤制油项目坐落于此，厂区内塔架林立、管道纵横，这里每年可生产油品约405万吨。

国家能源集团煤制油产业主要涉及煤制油、煤制烯烃、煤制甲醇等业务，打破国外对核心技术的垄断，取得了美国、日本等地的专利授权，标志着我国成为全球唯一同时掌握百万吨级煤直接液化和煤间接液化两种煤制油技术的国家。

核能热电联产开启零碳供暖

在核能领域，一批新业态、新模式正在涌现。“老树发新芽”充分反映出我国能源企业正在加快运用新技术、新思路研发新产品、拓展新业态、开辟新模式，从而推动经济创新发

展。

在山东海阳，“暖核一号”供暖工程近日正式投运，海阳成为全国首个“零碳”供暖城市。

这是国家电投建设的核能供暖工程，覆盖海阳全城区的 20 万居民。它利用核电机组产生的高温进行供暖，项目投运后，海阳核电 1 号机组成为目前世界上最大的热电联产机组，取代了当地 12 台燃煤锅炉，每个供暖季减排二氧化碳 18 万吨。

国家电投旗下山东核电有限公司董事长吴放说，核能供暖是从核能发电机组抽取部分发过电的蒸汽作为热源，通过厂内换热器换成高温水，高温水再经过管网输送到各供暖公司的换热站进行隔离换热，后送至各小区换热站。整个过程只有热量的传递，没有水的交换，确保安全可靠。

中国核电发展中心副主任修炳林说，经过 40 多年的持续发展，我国核电发展规模和质量迈上了新台阶。目前，我国在运核电机组 51 台、装机容量 5328 万千瓦，在建机组 20 台、装机容量 2270 万千瓦。截至 10 月，全国核电累计发电量 3354 亿千瓦时，相当于节约标煤约 1 亿吨，减排二氧化碳近 2.75 亿吨。

能源供应和消费系统要彻底转型

中国科学报 2021.12.6

日前，在一场“零碳+”投资沙龙上，中国能源研究会常务副理事长周大地指出，实现能源系统的碳达峰关键在于发展结构和动力转换。实现碳中和，能源供应和消费系统都要彻底转型，能源消费端要向绿色低碳转型，能源供应端要从化石能源转变为非化石能源。另外，CCS（碳捕获与封存）技术和碳汇也是有效手段。

周大地认为，实现低碳转型，要认真做好多件事，首先就是严控“两高”项目。他表示，要严格控制高耗能产业盲目扩张，限制大宗高耗能产品出口。不能因为一时之利而放弃长远发展所需要的经济转型。“国内依旧在做原材料简单加工和低附加值的高耗能产业出口，如一些钢铁、有色金属以及塑料等，这对我国产业结构调整是不利的。”

“别人把生产任务都分担到我们这里，如果不严控‘双高’项目，想达峰是很困难的。”周大地表示，在双循环背景下，至少要把出口优先政策改成与国内生产平等。同时，在国内还要清理不合规的双高项目，坚持优化调整产业结构。

第二件事是加快非化石能源发展。周大地指出，目前我国化石能源占一次能源的 84%，煤炭、石油、天然气等有 90% 以上都是通过锅炉、窑炉及发电或其他用热方式产生动力，再由动力生成热量。

“我们的努力方向是争取在 2050 年到 2055 年左右，使用非化石能源对煤炭、天然气、石油进行几乎全面的替代。”周大地表示，研究结果显示，这是有可能实现的。并且剩余的小部分化石能源可以通过 CCS 技术进行减排，但这可能是最低效的能源部署。

第三件事是电力系统需要提前实现零碳化，要在 2040 ~ 2045 年间提前实现。周大地表示，中国还要抓住机遇，不能等待其他国家开发出低碳能源系统后再去复制。全世界发电系统是由少数工业化国家的少数企业垄断，中国的电力系统需要有人冲锋，打了胜仗大伙就可以跟上了。

最后，工业零碳还需要更多的技术创新。周大地表示，工业系统低碳化的根本出路是高度电气化，目前我国仍有大量工业领域低碳技术需要进行示范与系统改造，这些改造离不开技术创新。他认为，未来的能源不再是以资源为主要垄断手段，而是以技术为主要手段，谁的产品技术转换率高、便宜好用，谁就能垄断能源供应。在技术优先垄断下，俄罗斯和中东将失去世界能源核心的地位。

周大地建议，中国可以用 10 到 15 年时间抓紧研发创新，提供工业领域零碳化的技术方案，完成工业示范和规模化准备；再用 15 到 20 年完成工业技术、产品、装备、工艺流程等的零碳更新。

“地面交通实现零碳转型，会比大家预想得更快。”周大地表示，汽车电动化已具备大规模加速推行的条件，在 2030 年甚至 2025 年前，电动车将对燃油车实现市场翻转，世界范围内燃油乘用车和载重车将在 2035 ~ 2040 年间退出销售市场。（李惠钰）

国家能源集团年发电量创历史新高 破 10000 亿

中国电力报 2021.12.4

本报讯（通讯员 邹祖建 郑桂博）报道 12 月 1 日，国家能源投资集团有限责任公司年度累计发电 10023 亿千瓦时，突破万亿大关，创历史新高。

今年一季度，面对我国经济运行良好开局态势，国家能源集团深入研判全年经济走势和能源电力供应形势，在全年电量目标 9818 亿千瓦时的基础上，提出了赶超万亿的电量年度奋斗目标。

近一年来，国家能源集团电力产业各单位围绕目标，攻坚克难，成功应对局部强寒潮、千年一遇特大暴雨、强台风登陆等极端气候和新冠肺炎疫情反复、煤炭供应紧张等各种不利因素影响，大考大战，最短时间恢复正常生产，全力保障安全生产和电力稳定可靠供应。9 月份以来，东北地区电力供应形势严峻，民生用电面临考验。国家能源集团发挥煤电一体化优势，所属煤矿、运输单位全力驰援东北，火电机组推迟检修、优化工期，能起尽起、满发稳发，开机率、负荷率均居区域第一位，极大缓解了电力供应紧张形势，受到地方政府的充分肯定。

在当前年度任务冲刺阶段，国家能源集团电力战线全体干部职工全力以赴、乘势而上、团结拼搏，奋力为公司“十四五”开好局、起好步作出更大贡献。

国家电投清洁能源装机占比增长显著

破 60%

中国电力报 2021.12.4

本报讯（记者 支彤 通讯员 马景明 赵子焕）报道 11 月 30 日，国家电力投资集团有限公司粤东粤西海上风电首期全容量并网集中投产仪式在广东举行，广东揭阳神泉 315 兆瓦项目、湛江徐闻 600 兆瓦项目同期全容量并网，标志着国家电投清洁能源装机占比突破 60%。

广东揭阳神泉 315 兆瓦海上风电项目是粤东千万千瓦海上风电基地第一个投产的项目，是潮汕地区投运的首个海上风电场。该项目实现 30 万千瓦以上规模单个项目最短工期，在国内年度最短施工窗口期的海域上，自 3 月 16 日开工至 11 月 29 日，用时 258 天实现全容量并网。此外，该项目是国内单桩基础应用水深最大的海上风电项目，最大单桩基础桩长达 118.2 米，重达 1808 吨。该项目投产后，每年上网电量可超过 10 亿千瓦时，节省标煤 29.6 万吨，减少二氧化碳排放 78 万吨，带动地方产值 8.53 亿元/年。

过去 5 年，国家电投清洁能源装机占比由 43.3% 快速提高到 60%。2015 年重组以来，国家电投大力发展清洁能源，清洁能源装机占比 2015 年达 40.58%，2016 年达 43.30%，2017 年达 45.23%，实现稳步提升。党的十九大以来，国家电投立足新发展阶段，贯彻新发展理念，构建新发展格局，大力实施“2035 一流战略”，加快建设具有全球竞争力的世界一流清洁能源企业，始终保持高强度的清洁能源投资，5 年来累计投资约 4305 亿人民币，推动清洁能源装机占比在 2018 年达到 49.20%，在 2019 年上升至 50.58%，2020 年年末达到 56.09%，至今突破 60%。清洁能源装机占比 5 年间快速增加 16.8 个百分点，为国家电投 2023 年实现国内碳达峰奠定坚实基础。

截至目前，国家电投电力总装机超过 1.9 亿千瓦。其中，光伏发电装机规模超 3800 万千瓦，新能源发电装机规模超 7500 万千瓦，可再生能源发电装机规模超一亿千瓦。5 年内，国家电投清洁能源发电量累计达 12000 亿千瓦时，相当于减少标煤消耗约 3.8 亿吨，减排二氧化碳约 9.5 亿吨，年均减排效应相当于再造一个大兴安岭。

新型电力系统到底长啥样？

中国能源报 2021.12.6

核心阅读

目前，电网调度方式是主要面向以常规电源为主的计划调度，较为僵化。未来新型电力系统下，市场主体将从单一化向多元化转变，电力输送将从“发输配用”向“源网荷储”转变。

“现在正处于新型电力系统的起步阶段”“‘十四五’以后，电力系统双高峰特征更加明显”“新型电力系统的底层逻辑是要安全稳定供电”“新型电力系统，不仅是技术革命，也

是体制革命”——这是记者在近日举行的“新型电力系统底层逻辑思考”研讨会上听到的专家观点。

在业内人士看来，新型电力系统建设是一个长期过程，未来，能源企业、用能单位等更多能源主体将积极参与建设新型电力系统。新型电力系统的建设将对电力系统的规划理念、控制方法、调节手段、技术创新、体制机制等产生深远影响，尤其是电网的互济能力将日趋柔性。

多元化是新型电力系统的突出特征

广受关注的新型电力系统到底“长什么样”？其特点是什么？未来发展路径又是怎样？

在中国能源研究会理事、中国华电副总法律顾问陈宗法看来，新型电力系统有五大特点：第一是绿色低碳，新能源成为电量供应主体；第二是多能互补，实现“风光水火储”一体化发展；第三是“源网荷储”高度融合；第四是建立有效竞争的市场体系；第五是建立智慧高效的电力系统。

“如果只用一个词描述新型电力系统的特点，我一定选‘多元化’。”国网能源研究院副院长蒋莉萍解释，“技术、设施、参与主体以及主体之间的关系等都将是多元化的；电力市场模式里有中长期、现货、期货，以及电量、可用容量、爬坡速率等等多元化的交易品种；用户需求也会呈现多元化：除传统意义上的供电外，还有对电力绿色属性、高可靠性的诉求等。”

“新型电力系统的建设是一个长期的工程。”电力规划设计总院高级顾问徐小东表示，以电网调度为例，长期以来，我国电网调度机构分为国家、区域、省级、地级、县级五级，目前调度方式仍是主要面向以常规电源为主的计划调度，调度方式较为僵化。未来新型电力系统下，市场主体将从单一化向多元化转变，电力输送将从“发输配用”向“源网荷储”转变。

电网互济需求提升互济能力增强

业内人士认为，目前传统调控运行体系不适合灵活的市场环境，不能适应电力市场环境下交易体系的频繁改变，也不能适应高比例新能源电网与电价运行方式的经常变化。要实现大规模高比例新能源的安全稳定运行，必须构建新型电力系统，提升电网互济能力。

“提升电网互济能力，有基础，也有必要。”蒋莉萍表示，初步分析，东中部地区分布式光伏及分散式风电的技术可开发潜力分别为9亿千瓦和1.6亿千瓦，总共可提供约1.3万亿千瓦时电量。但是，即使全部开发利用，大约只能满足东中部地区2030年全部用电需求的21%。依托丰富的能源资源条件，西部北部地区已成为我国“西电东送”战略的重要送出基地。目前，西部北部地区已建成特高压直流7条，年外送新能源电量超470亿千瓦时。

蒋莉萍直言，新型电力系统可以实现优势互补、实时平衡，利用好各种差异性。在以新能源为主体的新型电力系统下，电网互联通道已不是传统意义上的能量输送通道的概念，而是在跨区域的更大范围调动系统内的“源网荷储”协同运行能力的电力电量互济通道。电网互济能力的作用和价值，是在更多维时间和更大空间尺度上，通过调动全供需链的灵活性

资源实现资源的优化配置，确保电力安全可靠供应、确保系统安全稳定运行，并实现更低发展成本和更高运行成效。

“新型电力系统下的主要趋势是互济需求提升。”蒋莉萍表示，电网灵活互济能力的潜力所在是主体多元化、资源技术差异化。传统单一的电力系统向多元新型电力系统转变，在此过程中，电源结构由集中式电源为主向大量分布式电源转变，负荷特性由纯消费型刚性需求向生产与消费兼具型的柔性互动转变，电网形态由辐射型的单向逐级输配电网系统向交直流混联大电网、微电网、局部直电网和可调节负荷的能源互联网转变。

打造高质量低成本的新型电力系统

业内人士表示，在构建新型电力系统过程中，新能源消纳面临更大压力、电力系统安全面临更大挑战、电力供应保障难度加大，需要通过技术进步和机制创新、以经济的方式解决新能源随机性和波动性。

清华大学能源互联网智库研究中心主任夏清表示：“构建新型电力系统过程中，我们不能老盯着现在的技术，很多新技术在通向新能源为主体的终极目标过程中将层出不穷，我们需要创新，让各种新技术竞相迸发，不断创造价值。”

“要坚持‘技术中立’原则，建设基于系统运行与电力供应需求的电力市场体系。”夏清认为，“对于一个技术及市场主体多元化、小型化、且差异化的大系统，只有建立基于度量各种技术价值的多品种市场体系，才能更好发挥市场主体作用、挖掘潜在技术能力。建议加快体制机制建设，实现所有资源的公平竞争。在这个机制下，各种技术通过竞争层出不穷，以新技术迭代老技术，从而打造高质量、低成本的新型电力系统。”（苏南）

加快建设绿色数据中心

《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求推动数据中心和5G等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》印发

中国电力报 2021.12.13

本报讯（记者赵冉）报道 日前，国家发展改革委、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局4部门联合印发《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求推动数据中心和5G等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》（以下简称《方案》），明确到2025年，数据中心和5G基本形成绿色集约的一体化运行格局。数据中心运行电能利用效率和可再生能源利用率明显提升，全国新建大型、超大型数据中心平均电能利用效率降到1.3以下，国家枢纽节点进一步降到1.25以下，绿色低碳等级达到4A级以上。

针对2025年发展目标，《方案》提出了6项主要任务：

一是强化统筹布局。在交通、能源、工业和市政等基础设施的规划和建设中同步考虑5G网络建设。优化数据中心建设布局，新建大型、超大型数据中心原则上布局在国家枢纽节点数据中心集群范围内。支持东部地区有关后台加工、存储备份等非实时算力需求，向西

部风光资源富集、气候适宜的地区转移。

二是提高算力能效。加快推动老旧高能耗设备退网和升级改造，推动智慧多功能灯杆建设。加快建设绿色数据中心，发布国家绿色数据中心名单。新建大型、超大型数据中心电能利用效率不高于1.3，逐步对电能利用效率超过1.5的数据中心进行节能降碳改造。

三是创新节能技术。鼓励使用高效环保制冷技术降低能耗。支持数据中心采用新型机房精密空调、液冷、机柜式模块化、余热综合利用等方式建设数据中心。推广制冷系统节能技术，优化气流组织，逐步通过智能化手段提高与IT设备运行状态的动态适配性。加快节能5G基站推广应用，支持碳化硅射频器件等高效节能技术攻关，采用新工艺、新材料、新方案、新设计，降低基站设备能耗。

四是优化节能模式。鼓励在数据中心和5G网络管理中应用人工智能技术，加强自动化、智能化能耗管理，提升整体节能水平。鼓励探索利用具备条件的闲置工业厂房，以及利用山洞、山体间垭口、海底、河流湖泊沿岸等特殊地理条件发展数据中心，充分发挥气候水文和地形地貌等自然条件天然优势，因地制宜促进数据中心节能降耗。

五是利用绿色能源。鼓励使用风能、太阳能等可再生能源，通过自建拉专线或双边交易，提升数据中心绿色电能使用水平，促进可再生能源就近消纳。支持模块化氢电池和太阳能板房等在小型或边缘数据中心的规模化推广应用。结合储能、氢能等新技术，提升可再生能源在数据中心能源供应中的比重。支持具备条件的数据中心开展新能源电力专线供电。

六是促进转型升级。推动煤炭、钢铁、水泥、有色、石化、化工等传统行业加快“上云用数赋智”步伐，优化管理流程，实现节能降耗。发布国家新型数据中心名单，打造算力基础设施促进传统行业数字化转型标杆。

传统能源逐步退出与新能源替代如何接续？

破解“资源瓶颈”，广东向可再生能源“挖潜”

南方日报 2021.12.21

能源是实现碳达峰、碳中和的主战场，电力则是主战场的主力军。2020年我国能源消费产生的二氧化碳排放占总排放量的88%左右，而电力行业占能源行业排放总量的42.5%。

刚刚举行的中央经济工作会议指出，“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”“增加新能源消纳能力，推动煤炭和新能源优化组合”。

在行业专家看来，推动能源绿色化是实现碳中和的重要内容。而寻找化石能源的替代方案，则是其中的关键一环。

对于是能源消费大省、却不是能源生产大省的广东而言，破解“资源瓶颈”，实现传统能源逐步退出与新能源替代的平稳过渡，更是确保能源安全、推动经济高质量发展的必有之义。

资源禀赋►广东可再生能源潜力在海上

乘坐飞机抵达宁夏中卫沙坡头机场，从舷窗望出去，可以清晰地看到，机场四周布满了

大片光伏发电板，蔚为壮观。从中卫开车前往石嘴山的3小时路程中，车窗外218省道两侧，一路都是大风车。以沙漠景致著称的宁夏，享有着天然优越的风、光资源禀赋。

但位于东南沿海的广东，并不具备西北天然优越的资源禀赋。“土地需求量大，这是制约广东陆上风电和光伏发展的一个瓶颈。”中国工程院院士、中国南方电网公司专家委员会名誉主任委员李立涅说。

“广东陆上风电和光伏的发电小时数不高，新能源中西电东送的水电占比较高，但是正在快速发展中的西部省份未来的发展需要同样很大。”中国广东院能源咨询规划院高级工程师宋青说。

广东的优势在海上。在珠海、阳江、汕尾等地，如今，近海已经遍布大风车，不少项目在近日接连投产，11月底，中广核汕尾后湖50万千瓦海上风电项目91台风机全部并网发电，年上网电量可达14.89亿千瓦时。

居高不下的成本问题是海上风电发展的主要瓶颈。与光伏和陆上风电不同，因为材料及海上施工成本高，储能、输电特别是远海输电技术不够成熟，海上风电至今尚未实现平价。

补贴驱动是新能源迈过平价“门槛”的“拐杖”。今年6月，广东省政府发布的《促进海上风电有序开发和相关产业可持续发展的实施方案》提出，2022—2024年全容量并网的项目，每千瓦补贴标准分别为1500元、1000元和500元。

产业链的集聚更有助于推动行业的快速发展。12月14日印发的《广东省海洋经济发展“十四五”规划》提出，打造海上风电产业集群，力争到2025年底累计建成投产装机容量达到1800万千瓦，加快建设阳江、粤东海上风电产业基地，力争到2025年全省风电整机制造年产能达到900台（套）。

“未来丢掉补贴‘拐杖’，实现市场化驱动是必然趋势。”宋青说，“双碳”目标下，强劲的市场需求将推动海上风电通过技术创新、产业链集聚等方式实现平价，“光伏、陆上风电都是这么走过来的。”

基础设施►►新型电力系统实现削峰填谷

楼房的房顶上装着光伏板，小区的绿化树旁是小型风机，地下车库里安装着电动汽车充电桩，光伏和风电供给电动汽车充电，余量还可以向电网出售，电动汽车也都进入了电网的储能调度之中。李立涅向记者描述了这样一个未来新型电力系统下的场景，用户不再是单纯的用电方，还能生产电力，与电网形成互动。

对于土地资源算不上丰富的广东来说，大容量、集中式的电厂不再是唯一的选择，我们身边的每一台新能源车、每一栋绿色楼宇等都将成为新型电力系统中的一分子。

就在今年8月29日的一个深夜，广州市虚拟电厂“初试牛刀”。当晚，荔湾龙溪居民用电走高，电网负荷一度告急。

此时，广州电网通过虚拟电厂平台向公交充电公司发出首条直调指令，精准削减变电站负荷，瞬间降低80辆电动公交车充电功率，调整公交充电计划时间，保障了2000户家庭的

空调用电。次日清晨，公交车重新连接电源充满电力地出发了。

电动公交汽车既是用电的主体，也是储能的主体，虚拟电厂就是把这些储能主体灵活调度，实现削峰填谷的作用。这是新型电力系统的一个缩影。

“可再生能源跟传统的能源供应有根本性的区别。现在发电厂都是大机组，装机量很大，但是可再生能源单机装机容量普遍比较小，家庭的分布式光伏就更小。以可再生能源为主，就会变成单个装机规模不大，但是数量众多，按照传统电网的技术手段是不可想象的，所以要建设数字电网、透明电网，要构建可再生能源为主的新型电力系统。”李立涅说。

技术目标▶▷智能调度保障电网安全稳定

新能源无疑将成为未来新增电源的主体，但是风能、光伏等新能源固有不稳定特征，如何能承担起保供的重任？新型电力系统又如何保障新能源安全稳定的替代？

“这是一个逐步的过程。”厦门大学“长江学者”特聘教授、中国能源政策研究院院长林伯强说，保证能源供应和新能源逐步替代传统能源，需要按照顶层设计，遵循市场化规律进行动态平衡推进。

新型电力系统的构建需要以规划为统领，统筹安全、经济、低碳等多目标，创新电力规划方法。今年，南方电网提出将在2030年基本建成新型电力系统；未来10年，将新增新能源装机2亿千瓦，占比提高22个百分点；2030年，南方电网非化石能源装机占比将提升至65%，发电量占比将提升至61%。

“构建以新能源为主体的新型电力系统是一场硬仗，面临的挑战很多，需要重点攻克的关键技术也很多。”中国工程院院士、南方电网公司首席技术专家饶宏告诉记者，这些关键技术主要包括大规模新能源高效消纳技术、远距离大容量直流输电技术、数字技术与先进电力电子技术融合的大电网柔性互联技术、交直流配电网与智能微网技术等。

“新能源发电装机点多面广、‘靠天吃饭’，协调多点、多样、多变的电源与系统安全稳定、可靠供电的矛盾难度加大，系统响应速度要求更快，运行方式安排、运行调度控制更加困难，智能运行调度更加重要。”南方电网能源院党委书记、董事长吴宝英说。

“新型电力系统以新能源为主体，以风电、光伏等为主体的新能源，输出电力不稳定，具有波动大、随机性等特点。”南方电网战略规划部总经理郑外生介绍，抽水蓄能是当前技术最成熟、经济性最优、最具大规模开发条件的灵活调节电源。因此，南方电网也提出，将在未来3个五年规划中，加快抽水蓄能建设，到2030年，大约相当于新增1个三峡水电站的装机容量，支撑2.5亿千瓦以上新能源接入和消纳。

样本观察

“电力+算力”支撑绿色能源供给体系

“未来电网”已现雏形

在位于深圳市龙岗区宝龙工业区的宝清储能电站，记者看到，一排排蓄电池整齐地串联在一起，组成了电池包应用储能系统。宝清电站以2回10kV电缆接入深圳电网110kV碧岭

变电站，具备削峰填谷、紧急系统调频、紧急系统调压和备用电源等功能，是世界首座兆瓦级锂离子调峰调频电池储能站。

在这个储能电站“服役”的电池很多并非全新的，而是来自其他用途的“退役”电池。宝清储能站运行人员黄毓程举例称，电动汽车对于电池性能要求更高，因此汽车电池“服役”时间普遍较短，通过该系统，这些退役电池可以在储能站发挥“余热”，使用寿命延长3年左右。

储能作为新型电力系统的调节器和稳定器，新能源大规模发展的助推器，可有效提升电力供应保障能力、电网安全运行水平，促进新能源消纳，推动构建清洁低碳安全高效的能源体系。

“南网将加快推进储能技术规模化应用。”南方电网调峰调频发电有限公司储能专责李毓烜介绍，该公司已经在开展“十四五”电化学储能布点规划研究，研究制定南方五省区不同技术路线、不同应用场景的电化学储能示范电站建设方案，将高标准建成投产一批储能示范项目，以示范项目为牵引，推动储能规模化应用，构建以储能为调节手段的电网安全运行支撑点网络。

记者在走访中看到，诸如宝清储能电站这样的能源类前沿示范项目，正通过科技创新赋能，助推新能源利用越来越安全可靠，“未来电网”已经得以一窥雏形，以“电力+算力”支撑起来的绿色能源供给体系，和无处不在的分布式储能，将为大湾区社会经济发展提供源源不断的绿色能源支持。（刘倩 唐柳雯 王彪 张子俊）

可再生能源发电量同比增长 12.7%

11 月份电量数据解读

中国电力报 2021.12.23

“第一产业用电量延续快速增长，四大高载能行业用电量降幅扩大，高技术及装备制造业用电量增速继续领先，消费品制造业用电量增速回升，服务业用电量增速有所回落。”中国电力企业联合会（以下简称“中电联”）电力统计与数据中心副主任蒋德斌分析11月电量数据时指出，11月电力消费特点与上月基本类似。

相比电力消费保持平稳增长水平，11月，我国电源结构持续优化，绿色电源的开发利用不断加强。尤其明显的是，我国海上风电项目迎来并网高峰期，水电新投产装机规模同比增加较多。

八成省份用电量同比实现正增长

中电联数据显示，11月全社会用电量6718亿千瓦时，同比增长3.1%，增速比上月回落3.0个百分点。从两年平均增速看，11月两年平均增长6.6%，总体仍保持平稳增长水平。今年1~11月，全社会用电量7.50万亿千瓦时，同比增长11.4%，两年平均增长7.3%。

对于11月全社会用电量同比回落的原因，蒋德斌分析认为，上年同期高基数是增速回

落的主要原因。2020年11月全社会用电量同比增长9.4%，比2020年10月增速提高2.8个百分点。

11月，第一产业用电量同比增长14.0%，持续保持两位数增长水平，两年平均增长13.5%。1~11月，第一产业用电量919亿千瓦时，同比增长18.1%，两年平均增长13.9%。分行业看，畜牧业和渔业增速较快，畜牧业同比增长28.6%，两年平均增长30.4%；渔业同比增长16.1%，增速比上月提高3.4个百分点，两年平均增长9.4%。

与上月相同，11月依然有26个省份用电量同比正增长，中电联对此总结为“八成省份用电量为正增长”。具体来看，西藏（14.1%）、青海（13.3%）、四川（11.8%）、海南（11.4%）、重庆（10.3%）五省（区）用电量增长超过10%，山西、北京、上海、福建、贵州、江西六省（市）用电量增长在5%~10%之间。但是，也有5个省（区）11月用电量负增长，主要是受高载能行业用电下降影响。

高技术制造业用电量增速继续领先

11月四大高载能行业用电量降幅扩大，连续三个月下降。四大高载能行业合计用电量1872亿千瓦时，同比下降1.8%，下降幅度比上月扩大0.8个百分点。1~11月，四大高载能行业合计用电量20323亿千瓦时，同比增长7.4%，两年平均增长6.3%。

而高技术及装备制造业用电量增速继续领先。11月高技术及装备制造业合计用电量757亿千瓦时，同比增长5.9%，两年平均增长8.5%，高于同期制造业平均水平。其中，电气机械和器材制造业用电量同比增长13.4%；城市轨道交通设备制造用电量同比增长21.1%；新能源车整车制造用电量同比增长63.1%。1~11月，高技术及装备制造业合计用电量8098亿千瓦时，同比增长17.0%，两年平均增长9.9%。

消费品制造业用电量增速回升。消费品制造业用电量482亿千瓦时，同比增长4.4%，增速比上月提高2.7个百分点；两年平均增长5.5%，两年平均增速比上月提高0.4个百分点。1~11月，消费品制造业用电量5090亿千瓦时，同比增长13.6%，两年平均增长6.1%。第三产业用电量同比增长8.7%，增速比上月回落5.6个百分点。

风电水电生物质发电增加较多

“我国电源结构持续优化，绿色电源的开发利用不断加强。”蒋德斌指出，截至11月底，全国可再生能源发电装机容量10.2亿千瓦，同比增长17.8%，占总装机容量的43.8%，占比提高3.3个百分点。

1~11月，全国可再生能源发电量2.3万亿千瓦时，同比增长12.7%，占总发电量的30.3%，占比提高0.4个百分点；其中，风电和生物质发电量同比增长超过35%。

数据显示，我国海上风电项目迎来并网高峰期。1~11月，我国风电和太阳能发电基建新增生产能力接近6000万千瓦，比上年同期多投产901万千瓦。其中，我国海上风电基建新增发电生产能力为868万千瓦，10月和11月合计新增487万千瓦，约占总新增量的56%。

今年以来，乌东德、白鹤滩、两河口等大型水电站和绩溪、长龙山、敦化等抽水蓄能电站机组陆续投产。1~11月，我国水电基建新增装机1938万千瓦，比上年同期多投产859万千瓦。蒋德斌分析，随着乌东德、白鹤滩水电站机组的陆续投产发电，金沙江下游四座巨型电站（向家坝、溪洛渡、乌东德、白鹤滩）总装机容量将达到4646万千瓦，规模相当于两个三峡工程，也是世界上最大的清洁能源走廊。（赵冉）

我国新能源年发电量首次突破1万亿千瓦时

中国电力报 2021.12.28

本报讯（记者 伍梦尧）报道 记者从国家能源局获悉，今年1~11月，我国新能源年发电量首次突破10000亿千瓦时，达到10355.7亿千瓦时，同比增长32.97%。

今年前11月，我国新能源发电量占全社会用电量比例达到13.8%，同比增长2.14个百分点，基本相当于同期全国城乡居民生活用电量数据。其中，风电发电量、太阳能发电量、生物质发电量分别达到5866.7亿千瓦时、3009亿千瓦时、1480亿千瓦时，同比分别增长40.8%、24.3%、23.4%，新能源发电量对全国电力供应的贡献不断提升。

近年来，我国以风电、光伏发电为代表的新能源实现了跨越式发展。“十二五”末年，我国风电、光伏发电、生物质发电年度累计发电量为2782亿千瓦时，占全部发电量比重约为5%。“十三五”末年，这一数字达到8596亿千瓦时，同比提升309%，清洁能源替代作用凸显。

开发利用规模稳居世界第一。截至2021年10月底，我国可再生能源发电累计装机容量达到10.02亿千瓦，突破10亿千瓦，占全国发电总装机容量的比重达到43.5%，比“十二五”提高10.2个百分点。其中风电、太阳能发电和生物质发电装机分别达到2.99亿千瓦、2.82亿千瓦和3534万千瓦，均持续保持世界第一，为能源绿色低碳转型提供强大支撑。

保持高利用率水平，消纳形势持续好转。今年前三季度，我国风电平均利用率96.9%，较上年同期提高0.3个百分点，弃风电量约147.8亿千瓦时；光伏发电平均利用率98.0%，同比下降0.3个百分点，弃光电量约50.2亿千瓦时。

据国家能源局相关负责人介绍，到“十四五”末，可再生能源将从原来能源电力消费的增量补充，变为能源电力消费增量主体。

二、热能、储能、动力工程

新能源汽车爆发式增长 促碳排放线性下降

科技日报 2021.12.7

向新能源汽车转型将对汽车行业节能减排产生重要影响。以乘用车为例，2021年，纯电动车单位里程碳排放的数值约为每公里70克二氧化碳排放，燃油车大约是每公里176克

二氧化碳排放。

欧阳明高——中国科学院院士、中国电动车百人会副理事长

来自中国汽车工业协会的数据显示，1—10月，我国新能源汽车销量已超250万辆。

“今年市场增长超出预期，但符合逻辑。”12月2日，在中国电动汽车百人会媒体沟通会上，中国科学院院士、中国电动车百人会副理事长欧阳明高就新能源汽车技术与市场亮点及中长期趋势发表观点称，2021年，新能源汽车销量和渗透率逐月快速提升，新能源汽车市场化进入爆发式增长新阶段。他预计，今年国内新能源汽车销量可达330万辆左右。

在欧阳明高看来，新能源汽车市场爆发的原因，是技术进步、产品丰富、政策给力的结果。具体到技术方面，电动车电池技术持续改进和成本下降，电池系统的结构设计持续创新，比如刀片电池等大规模应用，磷酸铁锂电池大规模装备轿车；产品方面而言，电动车经过多年推广，品牌形象提升，大量引入的新车型造型比传统车新潮；政策方面，则是补贴延续、双积分涨价、国家双碳战略的推出对厂家和年轻客户的预期引导等。

1—10月，全球广义新能源乘用车销量达到702万台，中国新能源乘用车占到世界份额的51%。根据S型增长曲线的经验判断，欧阳明高表示，全球汽车电动化已突破临界点，进入陡峭增长期。“估计明年中国新能源汽车销量会继续增长到500万辆，这还是受限于电池供应、芯片供应和产能限制的保守估计。”欧阳明高说。

中国电动汽车百人会理事长陈清泰说，我国新能源汽车产业化要经历政策驱动、政策+市场驱动、市场驱动三个阶段。其中，第二阶段是低碳化、绿色化的阶段，也是网联化和智能化的阶段。

新能源汽车的爆发式增长，将为碳减排作出什么贡献？国际能源署5月发布的全球碳中和路线图认为，从2020年到2030年，全球电动轿车将增长18倍，2030年年销量将达到5500万辆。

欧阳明高认为，这是按照低碳发展目标给出的比较激进的预测。国外相对保守的预测认为，2030年全球电动汽车销量为3000万辆。

基于研究团队的计算分析和综合判断，欧阳明高对中国电动汽车市场做出了总体预测：预计2025年，我国新能源汽车销量会在700万—900万辆之间；2030年，有望达到1700万—1900万辆。从保有量来看，2030年大概接近1亿辆。

显然，向新能源汽车转型将对汽车行业节能减排产生重要影响。欧阳明高以乘用车为例说，2021年，纯电动车单位里程碳排放的数值约为每公里70克二氧化碳排放，燃油车大约是每公里176克二氧化碳排放。

“预计2035年纯电动车单位里程碳排放将下降到每公里20克，相比2021年降低70%以上。”欧阳明高分析，大幅降低的主要原因是能源结构的变化，也就是绿电比例上升所致。随着绿电比例加大，电动车碳排放会大幅降低。

谈到未来产业格局演变，欧阳明高认为，2023年，中外品牌新能源汽车将进入竞争激

烈期。

“从核心技术看，国产品牌是有实力的。”欧阳明高说，电池占到电动汽车技术含量的60%，目前这一代电池技术中国是占主导地位的。当前，日本等国大力发展下一代全固态电池，虽然我国在发展这个技术方面与国外相比还是有差距，但全固态电池技术产业化并对市场格局产生重要影响估计还要10年左右。

就供应链而言，我国动力电池产业链完整，全球70%的电池产能在中国，产品供应全球。欧阳明高直言，从整车品牌看，电动汽车爆发之后对老品牌是一种挑战，对新品牌是一个机遇。“在新一轮电动化和智能化的浪潮下，中国自主品牌对在未来汽车产业竞争中占据优势地位充满信心。”欧阳明高说。（刘垠）

镁锌钠电池受追捧 无“锂”也能行天下

科技日报 2021.12.7

如今，锂电池已成为日常生活中不可或缺的设备，广泛应用于手机、电脑、可穿戴设备、新能源汽车等领域，几乎是“有锂走遍天下”。但锂电池也存在明显的缺点：成本高、且用于生产锂电池的原材料储量少等。

鉴于此，不少国家的政府和企业纷纷加快步伐，布局“后锂电池”时代，比如欧洲有些机构致力于研制镁电池和锌电池、宁德时代推出了钠电池等。正如《日本经济新闻》杂志网站在近日报道中指出的，围绕锂电池替代品的全球竞赛已经开始！

锂电池成本高

锂电池诞生于上世纪60年代，上世纪90年代开始由日本索尼公司实现商业化，与其“前辈”镍氢电池、铅酸电池相比，能存储更多电能，如今已经飞入寻常百姓家，广泛应用于新能源汽车、个人电脑、智能手机等产品；它还可以储存太阳能和风能，让无化石燃料的世界成为可能。

鉴于锂电池为人类作出的巨大贡献，2019年，三位“锂电池之父”荣膺诺贝尔化学奖，锂电池也成为今天蓄电池行业的“当家花旦”。

但锂电池的最大缺点就是成本高。只是用在智能手机上还好，如果需要大规模储存电能的话，就需要相应的大型电池。日本经济产业省的数据显示，如果想让锂电池蓄电系统的蓄电成本达到与抽水蓄能电站持平的2.3万日元（约合1280元人民币）/千瓦，简直就是痴人说梦。

此外，锂电池原材料锂、镍、钴的产地分布极度不均，且全球的锂和钴矿藏并不能完全用于生产。锂在地壳中的储量为0.0065%，全球储量仅有8600万吨；相比之下，钠、镁、锌的储量要高得多：钠在地壳中的储量为2.74%，仅中国柴达木盆地的钠盐储量就达到3216亿吨；而镁在地壳中的含量更是高达13.9%。

候选元素前景看好

因此，科学家们将目光投向了镁、锌、钠等元素。

例如，英国剑桥大学、丹麦和以色列的知名理工科院校、德国和西班牙的研究机构共同发起了一个名为“欧盟镁交互电池共同体”（E-Magic）的研究项目。这个为期4年的前瞻性项目得到了欧盟的资金支持，目标是研发能量密度超过1000 瓦时/升（相当于锂电池2倍）的、对环境友好的可充电镁电池。

研究人员称，这种电池以金属镁作为负极，由于一个镁离子携带两个电子，与只能携带一个电子的锂离子相比，镁电池的容量翻了一番，目前研制成功的镁电池已经可以反复充放电500次以上。

据悉，2020年，美国休斯顿大学姚彦教授课题组联合北美丰田研究中心成功研发出一种非常有前景的高能量镁电池，其潜在应用范围包括电动汽车、可再生能源系统的储电池等。虽然眼下这款电池连续充放电只有200余次，但研究团队认为，他们已为更安全、性能更高的镁电池找到了研究方向：正极使用有机化合物、负极使用茈萘酮（PTO）实现快速且可逆的氧化还原过程，基于硼团簇的弱配位电解质则使离子运动更快。这种先进的阴极和电解质设计对镁电池的发展具有重大的指导意义，并将加速镁电池技术的商业化步伐。

此外，日本东京都立大学教授金村圣志野研发出正极使用氧化锰、负极使用金属镁的电池。《日本经济新闻》报道指出，虽然与锂电池相比，目前镁电池的性能还处于较低水平，但其潜力值得挖掘。未来，研究人员将着重解决电解液的改性问题，并加强电极材料的研究。

和镁同样引人注目的还有锌。日本东北大学小林弘明副教授和本间格教授研发的新型锌离子电池使用水溶液作为电解液，取代了传统的有机溶剂，降低了电池起火的风险。来自美国西北太平洋国家实验室和德国明斯特大学的研究人员也合作研发出一种“锌金属双离子电池”，该电池由锌阳极、天然石墨阴极和双离子盐水溶液组成。

今年7月，中国宁德时代公司发布了一款钠电池，具备迄今全球最高的能量密度和超快充特性（15分钟可充电80%），预计宁德时代将不断提升钠电池的能量密度，并有望于2023年形成基本产业链。

锂电池挖潜大有可为

尽管各种替代性技术研究如火如荼，但从目前的发展情况来看，无论是镁电池、锌电池还是钠电池，在技术和材料方面仍有很多难题需要解决。比如，镁离子体积小、电荷密度大、极化作用强，难以插入到多数基质中去，较难形成嵌入式化合物。因此，可供选择的正极材料受限。

鉴于此，也有科学家致力于深入挖掘锂电池的潜能，改善锂电池的性能，研发质量更好的锂电池。

据《日本经济新闻》报道，日本汤浅公司与关西大学合作，开发出一款以硫作为正极活性物质的锂硫电池，其质量能量密度可达现有锂电池的2倍左右——目前常用于纯电动汽

车的锂电池质量能量密度约为 200—300 瓦时/千克，而此次开发的锂硫电池质量能量密度则超过了 370 瓦时/千克。

研究人员解释说，理论上相同尺寸情况下，锂硫电池的容量可达传统锂电池的 8 倍，但却存在电导率低、中间产物易溶于电解液等问题，而他们最新研制出的锂硫电池采用了有微孔的碳粒，规避了上述两个问题。汤浅公司表示，希望到 2023 年能将其锂硫电池的质量能量密度提至 500 瓦时/千克。（刘霞）

锂电池成为通信储能“新宠”

中国能源报 2021.12.6

核心阅读

2020 年以来，国内各大通信运营商加紧部署 5G 基站，推动基站更新换代，通信领域对电池的需求量激增。在 2020 年前三季度的储能项目中，通信储能项目占到了整个储能市场的近一半份额。预计 2025 年，我国新建及改造的 5G 基站电池需求量将超过 5000 万千瓦时。越来越多的储能企业在通信储能市场，与多家主流 5G 通信设备系统集成商形成深度合作。

通信技术的更新换代正在催生新的锂电池应用市场。据工信部数据显示，2020 年全年，国内新增 5G 基站约 58 万个，累计建成 5G 基站 71.8 万个。随着 5G 基站需求的不断增加，市场对储能电池的需求也相应增加。

长期以来，5G 基站主要使用的为铅酸电池，然而在对电池性能、寿命等要求的提升情况下，铅酸电池正逐渐被锂电池替代。

电源扩容升级

行业研究机构韦伯咨询报告显示，电池是保证通信基站连续供电的核心设备。正常供电时，电池可协助平滑滤波改善供电质量，当供电出现异常或故障时，电池可作备用电源供电。

“长期以来，通信备用电源主要使用铅酸蓄电池，但铅酸蓄电池存在使用寿命短、日常维护频繁、对环境不友好等缺点。而 5G 通信基站能耗高，且呈现小型化、轻型化趋势，需要能量密度更高的储能系统。”中国化学与物理电源行业协会储能应用分会秘书长刘勇告诉记者，“磷酸铁锂电池具有高安全、长寿命、低成本等优势，在能量密度、安全性、散热及集成便捷性、成组技术等方面均持续取得突破，同时也大大减少了占地空间和承重需求，预计未来磷酸铁锂电池在通信储能领域应用需求将会显著增长。”

在业内人士看来，从铅酸电池到磷酸铁锂电池的“替代潮”是由于通信储能领域对电源提出了扩容升级的新要求。而一位锂电池行业从业者补充说，成本也是“替代潮”出现的原因之一。“在采购通信储能领域使用的电池时，价格是企业优先考虑的因素。从成本方面出发，铅酸电池要低于锂电池，更被市场接受。近年来，锂电池成本下降明显，以至于中国移动、中国铁塔等公司的招标采购已经开始偏向磷酸铁锂电池。”

从锂电池种类来看，现阶段，应用在通信储能领域的主要是磷酸铁锂电池，三元锂电池占比不高。“一方面在电池材料、制作工艺、安全性能、使用寿命等方面，磷酸铁锂电池综合性能更加突出。另一方面还是成本因素，受国际原材料供应影响，磷酸铁锂电池的价格低于三元锂电池。”刘勇说，“不过，铅酸电池也没有完全退出市场，只是占比逐渐降低，替代是一个循序渐进的过程。”

需求量将超 5000 万千瓦时

新兴产业研究机构起点研究指出，2020 年以来，国内各大运营商加紧部署 5G 基站，不断推动基站的更新换代。受此影响，通信领域对电池需求量激增。在 2020 年前三季度的储能项目中，通信储能项目占到了整个储能市场的将近一半份额。预计未来几年将会是 5G 基站建设的高峰期，到 2025 年，我国新建及改造的 5G 基站电池需求量将超过 5000 万千瓦时。

市场需求显现，企业闻风而动。近日，中国铁塔公示 2021 年备电用磷酸铁锂电池产品集中招标项目中标候选人，其中不乏中天科技、南都电源等储能公司的身影。公开信息显示，上述招标项目将采购 12 种规格的磷酸铁锂电池组，总容量约 200 万千瓦时。

越来越多的储能企业已在通信储能市场布局。早前，在投资者互动平台上，亿纬锂能透露，已经进入电力储能和通信储能领域。南都电源也在 2021 年半年报中提及，早在 2017 年，就与国外某知名运营商联合开发高安全、高可靠性的 5G 通信系统用智能磷酸铁锂电池，目前已与多家主流 5G 通信设备系统集成商形成深度合作。

公开信息显示，今年上半年，南都电源通信及数据用后备电源业务实现销售收入 14.45 亿元，同比增长 17.03%。“随着 5G 通信及数据中心大发展的机遇，公司通信及数据业务也保持高速高展。”南都电源称。

华为认为，以锂电池为基础的后备电源，可以广泛应用于对电源重量、体积、循环寿命、倍率要求较高的场景。在大数据时代，共享站、中心机房扩容等空间有限的场景也逐渐需要锂电池后备电源参与。未来，伴随着储能锂电池实现大规模生产，成本不断下降，锂电池将会在通信后备电源领域扮演越来越重要的角色。（董梓童）

废旧动力电池综合利用添新军

中国能源报 2021.12.6

工信部近日就符合《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件》企业名单（第三批）公开征求意见，共计 20 家企业入选。

这一企业名单也被业内形象地称为“白名单”，入选企业将以行业“正规军”的身份从事废旧动力蓄电池综合利用工作。据介绍，企业可以通过“梯次利用”和“再生利用”两种类型申报，并可成为“双名单”企业。随着第三批入选企业公布，全国共有 41 家企业入选。

示范引领行业发展

中国汽车技术研究中心数据显示，2020年我国新能源汽车动力电池累计退役量约20万吨，2025年累计退役量将达78万吨。如此规模退役电池如果处理不当，不仅造成资源浪费，还会带来环境和安全问题。

一般而言，动力电池从车辆退役下来，仍有80%左右的剩余容量。通过检测、分类、重组为梯次产品，可降级用于储能、备电等场景；对于无法梯次利用的电池进行再生利用，可以提取电池内部的钴、镍、锰等金属，或修复正负极材料，以实现资源最大化利用。

据了解，废旧动力蓄电池综合利用在全球都属于新兴课题，没有直接经验可以借鉴。为引导产业发展，工信部分别于2018年、2020年两批次发布白名单企业。

中国动力电池回收与梯次利用联盟秘书长杨林表示，白名单制度实施3年多来，业界对其认可度较高，从业企业积极申报。该制度对进入企业在技术、环保和安全方面有一定要求，促使企业加大投资和研发投入力度。整体来看，白名单制度在引领产业发展方面示范作用显著。

在北京赛德美资源再利用研究院有限公司董事长赵小勇看来，白名单对企业而言，不仅是一种荣誉，更是参与废旧动力电池招标的入围门槛。主管部门进一步增加白名单企业数量，也体现出国家对废旧动力蓄电池综合利用的高度重视。

综合利用市场巨大

新能源汽车产业快速发展，退役动力电池规模随之水涨船高。业内预计，未来10年，废旧动力蓄电池综合利用行业将形成千亿级市场规模。这一巨大“蓝海”也吸引了车企、环保公司、电池企业等各路资本争相涌入。记者在天眼查以企业经营范围搜索“废旧动力电池”关键字，显示相关企业有近3万家。

赵小勇坦言，废旧动力蓄电池综合利用具有多重身份，它既是新能源汽车产业的“最后一公里”，又是环保产业和前端材料产业。目前该行业异常火热，不少企业在经营项目中添加了“动力电池回收”“梯次利用”等内容，以获得政府和投资人的青睐，但实际上是“挂羊头卖狗肉”，真正以此为主业的企业并不多。“一些企业对外宣称，动力电池年回收量达10万—20万吨，但实际回收量恐仅为宣传量的千分之一。”

当前，动力电池梯次和再生利用的“盈利难”问题无可回避，正规企业苦于“无电池可收”，而大部分废旧电池流向成本低、出价高、操作不规范的“小作坊”。这也正是主管部门出台白名单制度的一大初衷，希望以“正规军”加速淘汰“小作坊”。

强力市场监管不可或缺

基于行业前景和产业现状，赵小勇认为，白名单企业会进一步扩容，但其速度不宜过快，每批次5—10家企业较为合理。“扩容过多就失去了示范意义。从业企业当前普遍面临经济压力，可以预见，随着参与招标企业数量的增多，价格挤压、市场竞争将更为激烈。”

“只有从业企业有利可图，有发展前景，行业才会有活力，有市场。”在杨林看来，当前废旧动力电池拆解装备智能化程度不高，梯次利用技术还不成熟，增加了回收利用成本，

致使企业盈利困难。部分地区存在经济基础薄弱，对环保要求较低的问题，也给“小作坊”提供了生存土壤，因此建议各地方政府加强对不合规企业的违法和破坏环境行为的处罚力度。

赵小勇强调，废旧动力蓄电池实际上是电子垃圾，首先要进行无害化处理，其次再去谈资源化利用。废旧动力蓄电池如果处置不当，例如低温焚烧、尾气处置欠妥、废渣废料处置不当等，都会产生新的污染，从业企业切不可打着环保的旗帜做着污染环境的事情，要切实提高环保技术，增加环保措施，真正助力行业安全健康发展。（卢奇秀）

新型电解液或解决可充型锌电池规模应用难题

科技日报 2021.12.15

由水合四氟硼酸锌盐和乙二醇溶剂组成的新型电解液中，乙二醇本身的高沸点以及电解液中组分间的强相互作用，使得该电解液不易挥发和结冰，可以同时耐受酷暑和严寒，大大拓宽了锌电池的应用范围。

可充型锌电池是一种新型电化学储能器件，比锂电池更加安全可靠，成本也更加低廉。但以水作为锌电池电解液溶剂的局限性，严重制约着锌电池产业化发展。

记者12月13日从天津大学获悉，该校先进碳与纳米能源实验室联合清华大学深圳国际研究生院先进能源材料团队和中国科学院金属所先进炭材料研究部，成功研发出一种与金属锌兼容的低成本新型不可燃含水有机电解液。相关成果在线发表于国际期刊《自然·可持续性》上。

水系电解液让锌电池面临枝晶和腐蚀挑战

如何实现“碳达峰、碳中和”目标已成为全球性焦点和议题，加大可再生能源的绿色开发和高效使用已成为全球共识。而大力发展绿色安全的大规模储能技术则是可再生能源充分开发利用的必要技术支撑。

可充型锌电池就是一种颇具前景的绿色安全的储能技术，其采用与锂电池相似的工作原理，利用电解液中锌离子在正负两个电极间的往复穿梭来存储和释放电能。

不过与锂电池采用高度可燃性的有机电解液不同，可充型锌电池主要用水作为电解液溶剂，因此不存在锂电的可燃、易爆等问题，使用更加安全。

“而且由于锌电池的原材料储量丰富，电池装配、储存、运输和维护又相对简单，因此被认为在大规模储能领域具有更加广阔的应用前景，近年来受到了广泛关注。”天津大学化工学院教授杨全红介绍。

但是，作为负极的金属锌在水系电解液中存在着严重的枝晶和腐蚀问题亟待解决。

“所谓枝晶是指充电过程中电解液中的锌离子在锌负极上发生不均匀沉积，从而出现的树枝状金属锌。”杨全红解释，这种枝晶在电池充放电时不断长大，最终会刺穿隔膜与正极接触，从而导致电池因内部短路而失效。腐蚀问题主要是由于金属锌较为活泼，会自发与水

发生化学反应，从而持续消耗金属锌负极和电解液，导致电池使用寿命大幅缩短。

“可以说，金属锌负极的枝晶和腐蚀问题严重制约了锌电池的产业化和大规模应用。”杨全红说。

新型电解液由水合四氟硼酸锌盐和乙二醇组成

为了攻克可充型锌电池所面临的这两大难题，项目团队研发出了由水合四氟硼酸锌盐和乙二醇溶剂组成的新型电解液。

以乙二醇代替水作为电解液溶剂，可以大幅抑制金属锌负极的腐蚀问题，同时电解液中的四氟硼酸根阴离子和少量水分子（来自水合四氟硼酸锌盐中的结合水）会与金属锌负极发生反应，在锌负极表面自发形成一种致密且稳定的氟化锌固态电解质界面层，该界面层可以在允许锌离子通过的同时隔绝电解液与锌负极的直接接触，从而进一步抑制了锌枝晶的生成和腐蚀副反应的发生，极大地提升了锌电池的使用寿命。

“虽然乙二醇也是一种易燃的有机溶剂，但是水合四氟硼酸锌盐却是一种被广泛使用的阻燃剂。”杨全红介绍，因此，这种由水合四氟硼酸锌盐和乙二醇组成的电解液依然保持了与水系电解液一样的不可燃性，安全可靠。

不仅如此，乙二醇本身的高沸点以及电解液中组分间的强相互作用，使得该电解液不易挥发和结冰，可以同时耐受酷暑（40℃）和严寒（-30℃），这是目前水系电解液无法企及的，大大拓宽了锌电池的应用范围。

“由于水合四氟硼酸锌盐和乙二醇的工业应用成熟、成本低廉，使得我们研发的新型电解液的成本与目前最便宜的水系电解液相当。”杨全红表示。

该电解液的成功研发有望进一步带动目前锌电池的研究热潮，并且推动锌电池的产业化进程。

《自然·可持续性》同期配发专文评述，认为此工作利用廉价并环境友好的电解液解决了锌电池产业化进程中的几个关键问题，为构建可持续的未来提供了可靠又性价比高的电池解决方案。（陈曦 张华）

新型智能屋顶涂层可全年节能

科技日报 2021.12.17

科技日报北京12月16日电（实习记者张佳欣）科学家们已经开发出一种四季皆宜的智能屋顶涂料，可以在不消耗天然气或电力的情况下，让家里的温度冬暖夏凉。当地时间16日发表在《科学》杂志上的研究结果指出，新全季屋顶涂料会根据室外空气温度自动从制冷切换到保暖。这种温度自适应辐射涂层（TARC）是第一种通过调节辐射冷却速率自动在炎热天气降温和寒冷天气升温的屋顶涂料，实现这一特性得益于其主要材料——二氧化钒。

领导这项研究的美国加州大学伯克利分校材料科学部门的教职科学家吴俊桥（音译）解释说，许多冷屋面系统的问题在于它们在冬天继续向外辐射热量，从而抬高了屋内供暖成

本。TARC 则可以通过在冬天自动关闭辐射热量来实现节能，克服了冬天过冷的问题。

金属通常是电和热的良导体。2017 年，吴俊桥和他的研究团队发现，二氧化钒中的电子对电的行为就像金属，对热的行为像绝缘体，换句话说，它们导电良好，但不导热。低于 67℃ 的二氧化钒对热红外光也是透明的，因此不吸收热红外光。但一旦二氧化钒达到 67℃，它就会转变为金属状态，开始吸收热红外光。在这种情况下，从绝缘体切换到金属正是我们所熟知的相变材料的特征。

研究还表明，只用钨取代二氧化钒中仅 1.5% 的钒（一种被称为“掺杂”的技术），可以将材料的相变阈值降低到 25℃，这是实际应用的理想温度。

为了解二氧化钒在屋面系统中的表现，研究人员设计了一个 2 厘米乘 2 厘米的 TARC 薄膜装置，它由三层构成：由银制成的反射底层，由氟化钡组成的透明中间层，以及包含有序块状二氧化钒“岛”的顶层。

“TARC 看起来像透明胶带，可以贴在像屋顶一样的固体表面上。”吴俊桥说。

目前的研究证明了 TARC 薄膜中二氧化钒惊人的全天候多功能性，并在节能方面更胜一筹。根据研究人员的测量，TARC 全年反射大约 75% 的阳光，但当环境温度较高（超过 25℃）时，它的热发射率很高（约 90%），促进了热量向天空的流失。在较凉爽的天气，TARC 的热发射率自动切换到低水平（约 20%），有助于保留太阳能吸收和室内取暖带来的热量。

未来，研究人员计划在更大范围内开发 TARC 原型，以进一步测试其作为实用屋顶涂料的性能。吴俊桥说，TARC 还可能作为一种热保护层来延长智能手机和笔记本电脑的电池寿命，并保护卫星和汽车免受极高或极低温度的影响。它还可以用来制作帐篷、温室覆盖物，甚至帽子和夹克的调温面料。

粤港澳大湾区再添两个巨型“充电宝”

中国电力报 2021.12.13

本报讯（通讯员杨彬 丁卯 宋超）报道 12 月 10 日，南方电网梅州抽水蓄能电站（以下简称“梅蓄电站”）、阳江抽水蓄能电站（以下简称“阳蓄电站”）首台机组相继投产发电，成为“十四五”开局之年南方电网服务区域内首批投产的抽水蓄能机组，使粤港澳大湾区电网调节能力提升近一成，也为今冬明春的电力可靠供应提供了有力支撑。至此，南方电网抽水蓄能装机达 858 万千瓦，其中广东省内抽水蓄能装机容量达到 798 万千瓦，占全国 23.4%，成为目前全国抽水蓄能装机容量最大的省份。

据了解，梅蓄电站、阳蓄电站两座电站（一期工程）总装机容量为 240 万千瓦，总投资 150 亿元，主要服务于粤港澳大湾区，在电网中承担调峰、填谷、紧急事故备用任务，兼有调频、调相和黑启动、储能作用，是电网的“稳定器”“调节器”“充电宝”。

两座电站首台机组均提前半年投产，本次首台机组投运后，广东省抽水蓄能的投运容量

已占到了统调负荷的7%，2022年全面建成投产后，预计年发电量将达34亿千瓦时，相当于广州市710万户家庭两个月的用电量，有力保障粤港澳大湾区电力供应，南方电网调峰调频公司基建部负责人李育林介绍，两座电站还可带来明显生态效益，每年可节约标准煤34万吨，减少二氧化碳排放94.6万吨，减少二氧化硫及粉尘排放0.65万吨，同时两座电站每年可为当地带来近2亿元税收，为当地经济社会发展增添动力。

梅蓄电站是国家电力发展“十三五”规划及《赣闽粤原中央苏区振兴发展规划》重点项目，电站上、下水库库容分别为4102万立方米和4382万立方米，位居全国第二，主体工程开工至首台机组投入试运行仅用时41个月，创造国内抽水蓄能电站主体工程建设最短工期纪录。阳蓄电站是目前国内单机容量最大抽蓄电站，高水头、大容量带来的制造安装技术难度大，实现了40万千瓦级单机容量、700米高水头抽蓄机组全自主化制造，电站水道是世界首条800米水头级的钢筋混凝土衬砌水道，工程建设过程中成功攻克十余项重大关键技术，为国内后续大规模建设同类电站奠定了坚实技术基础。

南方电网公司将加快抽水蓄能建设，计划在“十四五”和“十五五”期间分别建成投产600万千瓦和1500万千瓦抽水蓄能，以满足2亿千瓦新能源接入电网调节和大规模清洁能源消纳的需要，有力支撑以新能源为主体的新型电力系统构建，服务国家碳达峰、碳中和目标。

世界上最长柔性纤维电池问世

科技日报 2021.12.23

科技日报北京12月22日电（实习记者张佳欣）据20日发表在国际权威学术期刊《今日材料》上的论文，美国麻省理工学院的研究人员开发出世界上最长的柔性纤维电池。这种可充电锂离子电池长140米，可编织、可洗涤，将来可为基于纤维的电子设备和传感器供电，甚至可用来制造几乎任何形状的3D打印电池。

该电池储能容量为123毫安时，可以为智能手表或手机充电。纤维装置的厚度只有几百微米，比以往任何以纤维形式生产的电池都要薄。

这种新型纤维电池是使用新型电池凝胶和标准的纤维拉伸系统制造的，首先形成一个包含所有组件的较大圆柱体，然后将其加热到略低于其熔点的温度，通过一个狭窄的开口被拉出来，所有零件被压缩到其原始直径的一小部分，同时保持原始排列。

论文主要作者之一、麻省理工学院博士后图拉尔·库迪耶夫说：“虽然也有人试图制造纤维形式的电池，但这些电池的结构是在纤维外部使用关键材料，而这种新系统则是将锂和其他材料嵌入纤维内部，并在外部覆盖一层保护性涂层，从而直接使这一版本的电池稳定且防水。”他表示，这是亚公里长纤维电池的首次演示，这种电池足够长且十分耐用。

该材料还可用于3D打印或定制形状系统，例如可以提供结构的外壳设备及其电源。为了展示这种能力，研究人员用电池纤维将一艘玩具潜艇包裹起来，为其提供动力。类似装置

可以降低设备的整体重量，提高效率并扩大其使用范围。

总编辑圈点

说是“可穿戴”，但以我们现阶段的技术水平，人们似乎不会对可穿戴设备的舒适性有多大要求。但可以洗涤的电池、可以编织的电池、想多长有多长的电池……这种新型的纤维电池，让未来可穿戴设备真正接近一件真实的衣服。或许将来你身上一个仿若无物的小配饰，在数据交互和云端交互实现的同时，还能带来更好的用户体验。

盐湖提锂技术突破我国锂资源供给更有保障

科技日报 2021.12.20

12月18日，中国有色金属工业协会组织召开科技成果评价会，由中国科学院过程工程研究所齐涛和朱兆武团队研发的多组分协同溶剂萃取—水反萃清洁提锂技术成功通过评审，为高镁锂比盐湖锂资源的高效清洁利用提供了新途径。专家组建议，进一步加强工业示范，积极推广应用。

没有一个盐湖提锂技术能够“包打天下”

随着新能源汽车、电子器件和储能技术的迅速发展，锂在新型能源材料领域的应用受到高度关注，被誉为“21世纪的能源金属”“白色石油”。

在高新产业的推动下，锂的消费飞速增长，我国锂消费增长尤为突出。以碳酸锂计算，我国的消费量由十年前的不足5万吨迅速增长到目前的20多万吨，消费量占全球的60%，年均增长超过20%，预计2025年的需求量将超过100万吨。

“保证锂资源的供给对我国新能源战略的发展，实现碳中和碳达峰的目标具有重大意义。”中科院过程工程研究所朱兆武研究员强调。

锂生产主要来源于锂矿石和盐湖锂资源，我国探明的锂储量，以金属锂计算超过500万吨，约占世界锂总储量的7%，其中约85%的锂集中于盐湖卤水。

然而，“占我国锂储量50%以上的青海盐湖锂资源镁锂比高，由于锂镁性质相近、分离困难，现有盐湖提锂技术成本高，我国锂盐生产长期依赖于进口锂矿石。”中科院过程工程研究所朱兆武研究员坦言。

更重要的是，由于各个盐湖成分和组成都不尽相同，目前没有一个通用的盐湖提锂技术能够“包打天下”应用于所有盐湖锂资源的开发。朱兆武说，每个地区的盐湖都需要寻找和开发适合自身水质特性的提锂技术，因此盐湖锂资源开发还受到技术壁垒的制约影响。

“高镁锂比盐湖提锂技术的成熟程度不及矿石提锂，因而锂生产量不足全国总产量的20%。”朱兆武说，同时传统溶剂萃取技术采用高浓度盐酸反萃，造成萃取剂降解损失、萃取过程乳化、设备腐蚀等问题，限制了这一技术路线的广泛应用。

新技术推广将缓解我国锂资源供需矛盾

为解决这些问题，推动盐湖锂资源开发利用，基于二十多年的溶剂萃取研究基础，齐

涛、朱兆武研发团队成功开发出专门针对高镁盐湖的多组分协同溶剂萃取—水反萃清洁提锂技术。

“这一技术具有萃取体系稳定、有机相无需再生直接循环利用、无酸碱消耗、流程短、产能大、工作环境好等优点，大幅降低了生产成本。”朱兆武说道。

他进一步解释道，与传统高酸反萃工艺相比，多组分协同溶剂萃取—水反萃清洁提锂技术单条生产线的碳酸锂实际产量提高了1倍以上，每吨碳酸锂的直接生产成本降低超过万元，节约和新增年利润可达数亿元，预计万吨级生产线年净利润将达10亿元以上。

2021年4月，该技术在青海柴达木兴华锂盐有限公司开展了年产50吨氯化锂中试试验，截至目前，中试线连续稳定运行，运行时间超过7个月，超过预期的技术指标；2021年9月，成功启动千吨生产线，生产线实际产量超过1800吨/年，超过设计值1000吨/年的80%以上，已平稳运行3个月，运行状况良好；目前，青海柴达木兴华锂盐有限公司已经对原有的3条生产线完成了技术改造，全面采用这项新技术，年产量达到8000吨。

“新技术提锂过程绿色、清洁、成本低，为高效利用我国盐湖锂资源、保障我国锂资源可持续发展具有重大意义。”朱兆武说，新技术适应性广，将有效缓解我国战略金属锂资源的供需矛盾问题，为我国新能源汽车产业、电子设备及储能行业等重要领域的发展提供坚实的原料供应保障。

朱兆武表示，未来合作企业将继续进行万吨级生产线技术改造，引领青海高镁盐湖锂资源高效、清洁利用产业发展。项目成果的规模化应用推动了我国盐湖锂资源开发利用的技术进步，提升了相关企业的市场竞争能力。项目成果的进一步推广应用将对青海地区建设世界级盐湖产业基地和打造国家清洁能源产业高地发挥重要作用。（陆成宽）

弱磁场下扭曲双层石墨烯奇异分数态首现 有助未来量子设备研发应用

科技日报 2021.12.20

科技日报北京12月19日电（实习记者张佳欣）美国哈佛大学与麻省理工学院的研究人员合作，首次在弱磁场下观察到扭曲的双层石墨烯的奇异分数态。这项研究发表在15日的《自然》杂志上，为未来的量子设备和应用铺平了道路。

奇异的量子粒子和现象只有最极端的条件才会出现。换句话说，必须具备极低的温度或极高的磁场。人们已经对室温超导做了很多研究，但在弱磁场至零磁场下产生奇异的分数电荷粒子，对未来量子材料和应用同样重要，包括新型量子计算。

这项研究的资深作者、哈佛大学工程与应用科学学院物理学和应用物理学教授阿米尔·亚科比说：“凝聚态物理领域的目标之一是获得磁场低到零的奇异粒子。有理论预测说，我们应该能看到这些弱至零磁场的奇异粒子，但此前还没有人能观察到它。”

研究人员从一种被称为“分数陈绝缘体”的特殊量子状态着手。陈绝缘体是拓扑绝缘

体，这意味着它们在表面或边缘导电，但在中间不导电。在分数陈绝缘体中，电子相互作用形成所谓的准粒子，这是一种从大量其他粒子之间复杂的相互作用中产生的粒子。和基本粒子一样，准粒子也有明确的性质，比如质量和电荷。

在分数陈绝缘体中，材料内部的电子相互作用非常强，准粒子被迫携带正常电子电荷的一小部分。这些分数粒子具有奇特的量子特性，可用于创建强大的量子比特，对外界干扰具有极强的弹性。

为了建造绝缘体，研究人员使用了两片石墨烯，它们以所谓的“魔角”扭曲在一起。扭曲揭示了石墨烯新的、不同的性质，包括超导性，以及被称为“陈能带”的状态，这些状态具有产生分数量子态的巨大潜力。

研究人员称，这些陈能带就像装满电子的水桶。为了产生分数态，研究人员需要在“水桶”中的一小部分装满电子。但只有当“桶”中的所有电子必须具有几乎相同的性质时，电子的贝里曲率变得均匀，才能出现分数的陈绝缘态。为此，研究人员添加了一个非常小的磁场，使电子之间均匀分布贝里曲率，从而能在扭曲的双层石墨烯中观察到分数的陈绝缘体。

研究人员表示，在魔角扭曲的双层石墨烯中发现了低磁场分数的陈绝缘体，开启了拓扑量子物质领域的新篇章。它提供了将这些奇异状态与超导电性耦合起来的现实前景，可能会创造和控制更奇异的拓扑准粒子，也就是所谓的“任意子”。

总编辑圈点

诺贝尔物理学奖得主安德烈·海姆曾提出，几千年的人类历史，从瓷器时代、青铜时代、铁器时代到如今硅与塑料的时代，每个时代都有其代表性材料，而下一种代表性材料是二维材料。确实，二维材料正在悄悄登上时代舞台并大放异彩，其中的“顶流”就包括石墨烯。我们难以预测未来二维材料还会带来哪些像“魔角扭曲的双层石墨烯”产生的物理奇观，但可以想到的是，在科技革命的浪潮中注定会有它们的身影。

日研发出 3D 打印全固态电池

参考消息 2021.12.21

【《日本经济新闻》网站 12 月 20 日报道】题：日本实现用 3D 打印制造全固态电池

日本东北大学教授本间格和助教小林弘明等人开发出了用 3D 打印机制作全固态电池的技术。制作时使用可以自由改变硬度的材料，只需几个小时就能制成电池，而且不必实施以往需要的高温工序。试制出来的电池经受住了各种性能测试，具备一定性能，有望对全固态电池的早日实用化作出贡献。

电解质是电池的主要构成部分之一，通常为液体状态，但全固态电池的电解质为固体，发生起火事故等的危险性较小。这种电池的另一个特点是，可通过层叠电池来增加单位体积的蓄电量。因此，作为可延长纯电动汽车续航里程的新一代电池备受期待。

全固态电池一般是把电极和电解质材料进行强力压合，加热到数百摄氏度后制成。但加热工序需要花费成本，而且会存在受热开裂的情况。同时还存在的问题是，由于电解质较硬，正极和负极随着充放电反复膨胀和收缩时，二者无法紧密贴合，导致电池性能变差。

研究团队实施了面向全固态电池制作软性电解质膜的研究。把有利于锂离子运动的特殊液体和氧化硅混合之后，可以形成类似于软性隐形眼镜的玻璃膜。只要改变氧化硅的用量，就能调整柔软度。

此次，研究团队把电解质膜中所含的氧化硅量减少一半，使其变成凝胶状。然后再与经过紫外线照射就会凝固的树脂混合在一起，就可以用3D打印机塑造成型。

实验证实，通过把电解质、正极用钴酸锂、负极用钛酸锂等变成凝胶状材料，仅靠3D打印机就能制作出电池。据称，两个小时左右就能制造出来。

只需涂上材料，用紫外线照射即可制作，不需要高温加热，因此可以大幅削减制造成本。柔性电解质不易开裂，即使构件膨胀和收缩也能柔软地贴合。

试制出来的电池可以稳定充放电100次以上。安全性也已通过起火测试等进行确认。本间格表示，“只要输入数据，电池的大小和形状可以随意改变”。

该技术实用化面临的课题是电解质的离子电导性不够高。由于锂离子无法顺利移动，很难瞬间释放出巨大能量。

研究团队将调整材料的成分，目标是提高离子电导性。利用开发的电池驱动汽车行驶的实验已取得成功，实验时的最高时速达到30公里。研究人员将反复进行改进，以提升输出功率，并考虑将其安装在纯电动汽车上。今后还将大力开发能量密度高的正极材料。

首阶段目标是在传感器和可穿戴终端的电源等用途方面实现实用化。

钠离子电池有望用于电动汽车

参考消息 2021.12.20

【《日本经济新闻》12月17日报道】题：不使用贵金属的钠离子电池可望在2023年投入商用

继锂电池之后，钠离子电池备受关注。

该电池不使用产地分布不均的稀有金属，可望帮助企业稳定采购材料并降低生产成本。钠离子电池的主要用途一直被认为是固定设施的应急电源等，但现在出现了用于电动汽车的动向。

7月底，全球最大的车载电池企业宁德时代新能源科技召开了在线发布会，推荐宣传了该公司的第一款钠离子电池。该公司上台介绍情况的科研人员强调说，这种电池15分钟就能充电80%以上，即使在零下20摄氏度也能稳定工作。预计将面向低价电动汽车供应，并争取在2023年投入实际使用。

钠离子电池的结构与锂电池基本相同，是用钠离子来代替锂离子产生电力。其最大优点

是不使用锂、钴等稀有金属。这些稀有金属产地有限，加上全球扩大电动汽车生产，因此存在供应紧张的担忧。钠的原料盐容易从海水中提取，易于得到稳定供应。

宁德时代以外的企业也在参与开发。日本电气玻璃公司 11 月宣布，已开发并成功驱动全固态钠离子电池。此前，其负极使用的是一接触水就会发生剧烈反应的金属钠，现在则换上使用了结晶玻璃的材料，提高了安全性。

美国初创企业泡碱能源在生产和销售用于数据中心应急电源的钠离子电池。据悉，它 8 分钟即可充满电，可以使用超过 5 万次。

钠离子电池由于成本低廉，一直以来的主要用途是固定设施，如用于应急电源和可再生能源的储藏等方面。但是，如果通过材料开发来增加蓄电量的话，在市场规模更大的电动汽车上也会逐步得到使用。

钠离子比锂离子大，所以不能很好地容纳在负极中，所能产生的电量不如锂离子。不过，也有值得期待的研究成果出现。东京理科大学和冈山大学开发出了容量比锂电池的石墨高 30% 的钠离子电池负极材料。东京理科大学的驹场慎一教授说，其单位电池重量的蓄电量有可能超过锂电池。为了兼顾资源的充裕度和蓄电量，应继续进行研究开发。

氨氢融合拓宽氢能应用场景

中国能源报 2021.12.20

日前，全国首家“氨-氢能源重大产业创新平台”落地福建。记者了解到，这一平台将探索“可再生能源电解制氢—清洁高效合成氨—安全低成本储运氨—氢能”零碳循环路线，以快速推动氢能产业规模升级。

氨既可以作为储氢介质，同时也是相对廉价的零碳燃料，基于此，近年来国内外陆续开展氨氢融合产业项目，业内有专家认为，“氨-氢”能源结合是理想的发展方向之一，对我国实现碳达峰碳中和目标具有重要意义。

既是氢能载体，又是零碳燃料

据介绍，氨本身是一种零碳化合物，同时能量密度很高，是液氢的 1.5 倍。在化学性质方面，氨的液化温度只有零下 33 摄氏度，非常容易液化，与之相比，氢液化温度则需要降至零下 253 摄氏度左右，无论是车辆运输还是管道运输，液氨的难度都相对更低。

氢能除了面临成本挑战之外，还面临储运难题。因此，国内外开始将氨作为氢的储运介质进行研究。值得注意的是，除了作为氢能载体，氨还是一种零碳燃料。据介绍，氨和氧的燃烧反应产物为水和氮气，氮气约占空气 78%，因此氨的燃烧过程实现了零碳排放。

澳大利亚工程院院士程一兵在论坛上表示，氨作为一种零碳燃料，对硅酸盐建材和火力发电行业实现降碳目标具有重要的意义。据分析，到 2050 年、2060 年即便全球实现碳中和，仍然有接近 1/4 的能源要依赖燃料，包括海运、长途重载汽车、炼钢、高温工业制造、航空等，因此需要氨燃料进行含碳燃料的替代。

氨氢能源融合项目加速布局

基于氨的上述特性，业内开始追求氨氢能源融合，打造氢能储运新体系。此外，国内外还开始将氨氢混烧燃料作为重要的减碳途径之一。

近年来，能源资本开始大举进入绿氨行业。资料显示，发动机企业康明斯、氢燃料电池龙头企业普拉格等都开始打造氨氢供应链。据美国媒体《市场观察》报道，今年11月，普拉格获得埃及订单，为年产9万吨的绿氨提供10万千瓦的电解设备，生产的绿氨将被作为富氢燃料使用。

2020年，美国最大气体产品和化工公司在沙特联合开发400万千瓦的制氢项目，建设绿氢工厂，项目总投资达50亿美元，是迄今为止宣布的全球最大氢能项目。投产后，工厂每天生产650吨绿氢，可为2万辆氢燃料公共汽车提供动力。为了便于运输和出口，该厂还将应用“氨氢转换技术”，届时还能生产120万吨/年的氨，终端用户再将氨转为氢，预计到2025年可正式生产氨。

2021年，全球最大氨生产商挪威Yara国际公司与挪威可再生能源巨头Statkraft以及可再生能源投资公司Aker Horizons宣布要在挪威建立欧洲第一个大规模的绿色氨项目。

此外，日本也高度重视氨燃料产业链布局。厦门大学能源学院教授王兆林介绍称，在日本，氨燃料技术的研发与测试已持续多年。日本煤电的降碳方案之一，就是开始大幅度向煤、氨氢混烧迈进，目前，技术水平现已达到商用规模。根据日本经济产业省公布的数据，到2030年，日本的发电用燃料中氢和氨将各占10%，到2050年，将在全球建成1亿吨规模的氨供应链网络。

氨储氢供氢代氢是重要方向

王兆林强调，我国有非常成熟的氨运输和分配体系，氨更安全、更易储运，且同体积的液氨比液氢多至少60%的氢，经济性优势凸显，因此以氨储氢、供氢、代氢是氢能的发展趋势之一。

“目前，高压储氢罐成本约为60万/个，液氢储运设备成本为120-150万元/套。由于氨的储运体系成熟，储罐成本相较于氢低约50倍。同时，氨的储运能耗及损失比氢低很多，同样距离和输送条件下，氨相比天然气可输送多的能量还要多一倍，现有天然气管道稍加改造即可用于输送氨。”王兆林表示。

程一兵也认为，氨氢融合是国际清洁能源的前瞻性、颠覆性、战略性的技术发展方向，是解决氢能发展重大瓶颈的有效途径，同时也是实现高温零碳燃料的重要技术路线。但需要注意的是，尽管国外已逐步开展氨氢融合应用项目，但国内的研究与应用仍较少。

上述专家提醒，落实到具体应用层面，氨燃料仍存在技术挑战。首先，氨燃烧速度和热值较低，且远低于氢，不利于高效率的工业应用，其次，氨不太容易点燃和实现稳定燃烧。此外，实现大规模的氨氢转换与储运，需要在大容量储运设备、催化剂等方面进行进一步技术攻关。（仲蕊）

研究攻克电卡制冷效应工程应用难题

中国科学报 2021.12.24

本报讯（见习记者田瑞颖）12月23日，上海交通大学机械与动力工程学院副教授钱小石、教授陈江平团队，与该校物理与天文学院、自然科学研究院教授洪亮课题组、化学化工学院教授黄兴溢课题组组成的跨学科交叉研究团队，通过精巧设计分子缺陷调控弛豫铁电材料，制备了一种极化高熵高分子，显著提高了低电场下的巨电卡效应，并首次将循环寿命提高至逾百万次。相关研究成果发表于《自然》。

巨电卡效应是一种奇异的凝聚态物理现象，利用电介质充放电过程中的可逆电致温变组成制冷循环，逆着温度梯度输运热量。电卡制冷系统使用介电电容器制冷，电能损耗小、能效高，具有零温室效应潜能、易于小型化/轻量化等特点，是实现双碳目标的前瞻技术之一。然而，目前最优的制冷电介质仍需极高外加电场，才能产生工业化可用的降温效果，而高电场在实际样机工作过程中，极易造成材料老化与击穿。如何提升材料在低电场下的电致熵变是应用领域亟须攻克的难题。

研究人员通过设计一系列极化高熵高分子，显著增强了高分子的本征电致熵变，无需异质材料掺杂。在较低外加电场（ 50 MVm^{-1} ）的驱动下，这种极化高熵材料表现出的电卡效应是目前最优制冷高分子的近4倍。多种结构表征均表明，高熵高分子同时具备更高的结晶度与更小的晶粒尺寸，据此可推测材料内呈现极化基元数量的显著增长，系统具有更高的自由度与极化熵。

研究人员发现，该高熵高分子能够在实现低场巨电卡效应的同时表现出较高的机械强度，有利于探索该型材料后续产业化工艺。此外，相同工况下，循环寿命提高超过2万倍，使用该型高熵高分子的主动回热型制冷系统理论温跨超过50摄氏度、大温跨工况下热力学完善度超过80%。

国内首台大缸径斯特林发动机完成性能试验

中国电力报 2021.12.28

本报讯 近日，国内首台大缸径斯特林发动机基础样机在中国船舶集团七一一所顺利完成性能试验，基础样机额定功率达320千瓦，热功转换效率达40%，是目前国际上已知单机功率最大的斯特林发动机。

斯特林发动机作为一种闭式循环往复式动力机械，其理论效率与卡诺循环效率相等，为所有热力循环所能达到的最高效率。同时，斯特林发动机可与常规能源、核能等任意热源相结合，结构形式灵活多变。特别是与钠冷快堆等金属堆相结合，可从根本上杜绝传统钠冷快堆发电系统中钠水反应的风险。

国内燃料电池已具备竞争优势

中国能源报 2021.12.27

日前，国务院关税税则委员会发布《2022年关税调整方案》，对954项商品实施低于最惠国税率的进口暂定税率。根据最新的进口商品暂定税率表，从2022年1月1日起，燃料电池用膜电机组件和双极板等关键零部件的进口关税将继续降低。业内人士认为，燃料电池核心零部件进口税率下调利好产业发展，一方面，核心技术的国产化已能够经得起市场考验，另一方面，进口关税下调将促进成本下降和产业化进程。

供氢系统需求有望超千亿

根据最新的税率调整方案，继今年燃料电池增压器等多种零部件进口关税下调后，从明年起，燃料电池增压器、循环泵、膜电极、双极板、碳电极片等产品的进口税率将继续下调，从7% - 10%降至2% - 5%。

近年来，我国氢能及燃料电池汽车产业发展迅速，未来的发展空间巨大。根据中国氢能联盟统计，2016年 - 2019年，我国氢燃料电池汽车产量从629台增长至2737台，复合增长率63%；根据测算，预计2025年中国氢能车数量10万辆，2030年100万辆，2060年500万辆。在此预测下，华泰证券认为，到2030年，燃料电池系统 + 储氢供氢系统需求有望超千亿。

国盛证券分析认为，燃料电池核心零部件进口税率的下调，一方面将带来系统生产成本的下降，加速燃料电池汽车实现商业化，另一方面也有望加速海外技术的引进、消化、吸收与再创新，加速推进行业技术进步与国产替代。

与此同时，随着首批燃料电池汽车示范城市群的确定及相关政策落地，国盛证券认为，“十四五”期间燃料电池行业将迎来十倍以上增长，下游需求有望迎来集中释放，核心零部件进口关税的下调也为行业快速扩容做好了政策上的保障。

本土产品技术进步显著

记者了解到，随着资本驱动、人才技术引进和产业配套政策日趋完善，氢能及燃料电池汽车产业链上的核心技术国产化进程加快，燃料电池零部件已逐步实现国产化替代。

清极能源董事长钱伟表示，下调进口关税，一方面是我国进一步扩大市场开放的体现；另一方面，近两年，国内燃料电池关键零部件无论是可靠性还是成本方面都有显著进步，与国外产品相比，不再“捉襟见肘”。

进口关税下调一定程度上会给国内相关企业带来市场竞争压力。对此，钱伟认为，在国产化进程加速的背景下，即使关税下调，国外燃料电池产品的优势也并不明显。对于在产品开发、技术攻关发面持续投入资金、人员力量的大企业而言，自主化产品已在市场上具备竞争优势。另外，市场化竞争会让技术创新能力不足、成本下降空间有限的企业出局，有利于淘汰落后产能。

除此之外，钱伟强调，降低进口关税在减轻中小微企业生产成本的同时，还可激励优势企业直面外资竞争，倒逼其进一步提高本土产品国产化技术优势。持续投入寻求突破

华泰证券研究称，当前，氢燃料电池国产化率已接近 70%，但在关键材料如质子交换膜、催化剂、碳纸等，仍以进口居多。

钱伟进一步表示，事实上，我国在组件、膜电极、双极板等零部件制造方面已具备一定优势，且在不断进步中。但膜材料、碳纸、碳纤维等燃料电池关键材料方面，和国外企业还有一定差距。目前，国内相关企业已经开始进行联合攻关，但值得注意的是，整个产业链从发动机、零部件、电堆、膜电极双极板到原材料，这一过程的研发验证体系链很长，也需要很长的验证迭代时间，燃料电池关键材料领域的研发需要投入巨大的人力物力。

“虽然材料是关键一环，但单一材料在整个电堆系统里占比很低，短期内原材料研发产生的经济效益很低。氢燃料电池目前的市场规模仍未打开，相关原材料的市场份额较小，如果产生规模效益，将会倒逼原材料产业的加速发展。”针对上述问题，钱伟指出，在碳达峰、碳中和目标下，在原材料方面有深厚研发经验的企业，已开始进行燃料电池相关材料的研发。对于原材料生产企业而言，除了加强和国内外企业的合作交流，还应在技术创新、人才队伍建设等方面持续投入。（仲蕊）

三、碳达峰、碳中和

构建多元化清洁能源供应体系实现“双碳”目标

——访国网能源研究院有限公司董事长张运洲

中国电力报 2021.12.1

电力系统作为推动实现“双碳”目标的主战场，该选择怎样的清洁低碳发展路径？在 11 月 29 日召开的第三届中俄能源商务论坛上，国网能源研究院有限公司董事长张运洲接受了《中国电力报》记者专访。

中国电力报：推动具有中国特色、适合我国国情和发展阶段的“双碳”转型，电力系统应如何统筹规划，助力实现碳达峰碳中和？

张运洲：电力行业在加快构建清洁低碳安全高效的能源体系中承担着重要使命。实现碳达峰碳中和目标，立足经济社会发展大局，电力行业的统筹发展必须兼顾 4 个方面：

一是统筹清洁低碳转型与电力安全保供，在保障电力安全供应基础上积极调整以煤为主的能源结构，协调发展和利用好各类能源。

二是统筹清洁低碳转型与产业链供应链安全。强化与海外供应链龙头企业的纽带关系，推动产业链供应链多元化，增强抗风险能力。

三是统筹清洁低碳转型与经济发展，在实现“双碳”目标的同时为经济发展留有合理环境空间。

四是统筹区域间、行业间协同减碳。按照“全国一盘棋”思维，加强清洁低碳转型顶层设计，建立跨区域、跨行业协同机制，实现多维度高效联动，科学有序地推进“双碳”目标实现。

需要指出的是，应科学认识电力行业与全社会碳达峰关系，电力行业还需承担其他行业电气化提升带来的排放转移，将以稍晚达峰支持全社会提前达峰。总的来说，可以按照2028年前后碳达峰、2050年前后深度低碳、2060年实现零碳电力系统3个阶段进行规划。

中国电力报：在构建多元化清洁能源供应体系中，电网发展方式应有怎样的改变？

张运洲：在电网发展方向上，应该是分布式发电、微电网与大电网融合发展，充分发挥大电网基础平台作用，支撑新能源跨越式增长。

从经济性和资源利用角度看，应优先考虑分布式发电就地平衡方式，满足中东部新增电力需求。随着新能源和储能技术经济性不断提升，本地开发分布式及微电网满足新增电力需求将是有效手段。

根据研究分析，中东部若完全依靠分布式发电难以满足全部新增电量和电力平衡需求。经测算，国网经营区中东部地区分布式新能源的技术可开发潜力为9亿千瓦，可提供约1万亿千瓦时~1.2万亿千瓦时电量，难以完全满足中东部地区2020~2060年2.5万亿千瓦时左右的新增电量需求，仍需要通过加快海上风电开发、有序推进核电及气电建设、跨区受入雅鲁藏布江下游水电等确保电力电量平衡。中长期看，推动产业优化布局和转型升级势在必行。总的来说，清洁能源大规模跨区输送和大范围资源优化配置，是未来相当长时期内“双碳”目标下能源转型对电网发展提出的功能要求。要着重围绕提高跨区输送清洁能源电量比重，采用市场化和行政手段，打破省间壁垒实现送受端协调调峰，优化跨区输电通道运行方式，提高电网大范围清洁资源优化配置和互济能力。

与此同时，未来电网还必须加快数字化转型，将先进信息通信技术、控制技术与先进能源技术深度融合应用，支撑多元主体灵活便捷接入，持续推动传统电网向具有泛在互联、多能互补、高效互动、智能开放等特征的能源互联网形态转变。

中国电力报：在清洁低碳安全高效的能源体系中，煤电扮演什么角色？该如何发展？

张运洲：构建清洁低碳安全高效的能源体系需要大力发展新能源，全面推进风电、太阳能发电大规模开发和高质量发展，这并不等于简单地去煤电，煤电将逐步向基础保障性和系统调节性电源并重转型，逐步推进自身减污降碳。

目前我国煤电装机约11亿千瓦，9亿多千瓦为高参数、大容量煤电机组。研究表明，今后煤电的转型发展应按照“增容控量、实现安全保供”“控容减量、有序削减发电用煤”“减容减量、助力碳中和实现”3个阶段谋划，煤电机组功能角色将朝着灵活调节机组、近零脱碳机组和应急备用机组3种类型演变。煤电降碳一方面是控制电煤消费量，另一方面深度脱碳，即通过碳捕集、利用和封存（CCUS）技术将煤电机组改造成为“近零脱碳机组”，煤电完全有条件转型升级为“清洁电力”。

因此，下一步必须大力推动 CCUS 技术示范应用与产业培育，加速成本下降与技术升级，尽早大规模应用。力争 2030 年我国全流程 CCUS（按 250 公里运输计）技术成本达到 310~770 元/吨二氧化碳，2060 年逐步降至 140~410 元/吨二氧化碳，折合度电成本增加约为 0.13~0.20 元、0.06~0.11 元。届时，煤电的市场竞争力得到明显增强。（苏伟）

工业领域明确“十四五”绿色低碳发展具体目标

科技日报 2021.12.7

科技日报讯（记者崔爽）“工信部联合国家发改委等有关部门编制了工业领域及钢铁、有色金属、石化化工、建材等重点行业碳达峰实施方案，目前相关方案已编制完成，后续将按照统一要求和流程陆续发布。”12月3日，工信部发布《“十四五”工业绿色发展规划》（以下简称《规划》）。

工信部节能与综合利用司司长黄利斌透露，《规划》明确了工业领域绿色低碳发展的一系列具体目标：到 2025 年，单位工业增加值二氧化碳排放降低 18%，钢铁、有色金属、建材等重点行业碳排放总量控制取得阶段性成果；重点行业主要污染物排放强度降低 10%；规模以上工业单位增加值能耗降低 13.5%；大宗工业固废综合利用率达到 57%，单位工业增加值用水量降低 16%；推广万种绿色产品，绿色环保产业产值达到 11 万亿元。

黄利斌表示，“十四五”期间将全力推动工业领域自身的碳达峰。在产业结构方面，构建有利于碳减排的产业布局，坚决遏制高耗能高排放项目盲目发展。在节能降碳方面，着力提升能源利用效率，调整优化用能结构，强化节能监督管理。在绿色制造方面，通过典型示范带动生产模式绿色转型，推动全产业链低碳发展。在循环经济方面，强化工业固废综合利用，减少资源消耗，促进协同降碳。在技术变革方面，加快绿色低碳科技变革，以技术工艺革新、生产流程再造促进工业减碳去碳。

黄利斌表示，为进一步发展绿色低碳产业，要发展绿色环保技术装备，加大绿色低碳产品供给，创新绿色服务供给模式。如实施智能光伏产业发展行动计划并开展试点示范，持续推动风电机组稳步发展，攻克核心元器件；推广节能与新能源汽车，加快充电桩建设及换电模式创新；构建工业领域从基础原材料到终端消费品全链条的绿色产品供给体系等。

技术是推动实现双碳目标的关键力量。工信部节能与综合利用司副司长尤勇表示，工信部将坚持问题和需求导向，创新突破一批“卡脖子”的绿色环保共性关键技术，大力研发和推广应用高效加热、余热回收等工业节能装备，着力在低能耗、模块化、烟气、固废处理等工业环保装备发力，在源头分类分解、过程管控、末端治理等工艺装备方面，为工业固废智能化设备研发提供支持。同时也将加快发展工程机械、机床、内燃机等再制造装备，加快先进适用节能环保装备推广应用，满足工业绿色发展的持续需求。

工信部节能与综合利用司副司长王孝洋表示，“十四五”时期将更加注重数字化技术对工业绿色发展的引领作用，夯实数据基础、建立绿色低碳基础数据平台，加快数字化改造，

培育应用场景、推进“工业互联网+绿色制造”，推动数字经济的新优势转化成为工业绿色低碳转型的新动能。

江苏盱眙探索玄武岩增产固碳新途径

中国自然资源报 2021.12.9

本报讯 日前，我县玄武岩矿产增产固碳与生态效益研究试点项目正式启动。作为全国首个玄武岩矿产固碳试点项目，该项目将探索利用玄武岩加速风化改良土壤、提高农作物产量和封存二氧化碳的可行性，评估其生态效益，力争建立可推广应用的玄武岩增产固碳模型和技术方法体系。

该项目旨在充分利用我县玄武岩资源优势，以二氧化碳捕集利用与封存理论为指导，积极探索利用玄武岩加速风化改良土壤、提高农作物产量和封存二氧化碳的可行性。项目将系统收集整理以往地质成果资料，通过地质调查、钻探等工作手段，摸清盱眙地区的玄武岩矿资源分布状况，查明建筑用玄武岩集中开采区矿体分布特征、矿石质量并估算资源储量，同时调查该地区岩石出露及风化情况，计算岩石自然风化碳汇量；建立相应的玄武岩增产固碳模型和技术方法体系；圈定试验田开展利用玄武岩增产固碳试点工作，评价其资源潜力和生态效益；开展以玄武岩为原料的二氧化碳资源化利用实验，评估盱眙地区玄武岩资源的固碳产能；建设1处矿地融合发展示范区。

据悉，利用玄武岩增产固碳为全球碳汇研究科学前沿。该项目的实施，对提升江苏省乃至全国碳汇能力、助推我国实现“碳中和”目标具有重要意义。（刘正根）

用好绿色低碳技术助力实现碳达峰碳中和

中国环境报 2021.12.3

绿色低碳科技创新已经成为实现碳达峰、碳中和目标的关键力量。《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（以下简称《意见》）提出，加强绿色低碳重大科技攻关和推广应用，强化基础研究和前沿技术布局，加快先进适用技术研发和推广。国务院印发的《2030年前碳达峰行动方案》（以下简称《方案》）也提出，开展绿色低碳科技创新行动，要完善创新体制机制、加强创新能力和人才培养、强化应用基础研究、加快先进适用技术攻关和推广应用。

在绿色低碳科技创新环节，《意见》从顶层设计的角度对基础研究和应用研究进行了布局，《方案》对体制机制、能力建设及近中期的目标任务进行了细致布局。笔者认为，创新绿色低碳科技，要在近中远期合理布局，在重点任务和配套机制、能力建设等方面共同发力，从技术创新链的维度进行强链、补链。

国家知识产权局发布的《中国绿色专利统计报告（2014-2017年）》显示，2014年-2016年，我国绿色技术发明专利申请公开累计量为16.8万件，仅占同期中国发明专利申请

公开累计量的6.0%。而且，在低碳技术的推广应用方面，也有很大潜力等待挖掘。比如，中国绝热节能材料协会数据显示，气凝胶绝热材料的推广使用可以减少全国能耗的5%以上，但推广应用还存在标准、政策、市场监管等堵点。光储直柔建筑、车网互动、水热联供、新型热泵等绿色低碳技术也仍有广阔的发展空间需要探索。

当前，要厘清我国现有绿色低碳技术的家底，通过政府和市场双向发力，“产学研用金服”多主体共同发力，加强支撑绿色低碳发展技术的快速转化和规模化利用。具体而言，需要做好如下几方面工作：

发挥好科技创新对碳达峰、碳中和目标实现的支撑引领作用。不断深化应用基础研究，加强低碳前沿技术攻关，组建一批科技创新平台，实现关键核心技术的自主可控。同时，要加强低碳零碳和负碳技术的攻关、示范和产业化应用，实现应用成本大幅下降。

强化企业在绿色低碳技术创新中的主体地位，推进产学研深度融合。加强创新资源统筹，充分发挥企业在绿色低碳技术创新决策、研发投入、科研组织和成果转化应用等方面的主体作用。完善技术创新激励政策，促进各类创新要素向企业集聚，引导企业开展面向技术应用的研究创新。支持企业牵头组建创新联合体，推进产学研深度融合，形成科技创新上下游联动的一体化创新和全产业链协同技术发展模式。引导建立产学研深度融合的利益分配机制和风险控制机制，充分考虑创新联合体各方贡献，有效应对成果转化风险、创新失败风险等。

推进绿色技术交易中心建设，加快创新成果转化。建立综合性国家级绿色技术交易市场，鼓励各地区、有关单位依托或整合现有交易场所。加强绿色技术交易中介机构能力建设，培育一批绿色技术创新第三方检测、评价、认证等中介服务机构。培养一批环境科学、法学、管理学等复合型技术转移人才或绿色技术创新经纪人，吸引更多人才进入绿色技术成果转化服务领域。加强交易中心建设的跟踪指导和动态管理，进一步优化交易中心建设工作方案，建立健全工作机制，规范交易管理办法，依法依规推进各项工作，营造健康活跃的技术交易氛围。

充分发挥市场机制的作用，引导绿色低碳技术市场需求。持续跟踪低碳技术开发和应用情况，继续更新并发布国家重点推广的低碳技术目录。进一步扩大全国碳市场覆盖行业范围，遵循行业低碳发展技术路线，制定行业企业配额分配基准线。综合用好碳排放权交易机制、用能权市场交易机制等市场机制，向从事低碳技术研发和推广的企业提供经济激励，引导企业研发和应用低碳技术。

健全绿色低碳的各类标准体系。研究制修订实现绿色低碳生产和生活的相关装备、工程、运行等标准，形成绿色低碳生产和生活分级分质标准、评价标准和监管标准。研究绿色低碳生产和生活统计方法与制度、效益评价方法、规范，形成科学统一的统计体系。通过各类标准的制修订激发企业绿色低碳技术创新的需求，让更多现有可行的技术得到更大程度的推广应用。（汪明月）

2030 年实现碳中和 + 100% 使用可再生能源

中国能源报 2021.12.6

11月30日，万国数据发布首份环境、社会及治理报告（以下简称“ESG报告”），提出“绿色智能基础设施连接可持续未来”的愿景，成为国内首家承诺2030年同时实现碳中和及100%使用可再生能源的数据中心企业。

ESG报告全面展示了万国数据2020年在环境、社会及治理三方面所取得的成绩，并制定了长期目标——将环境影响降到最低、为所有利益相关者创造价值、以严格的公司治理建立信任。

当前，数据需求的爆发带动数据中心规模与日俱增。据业内预计，到2030年，数据中心能耗总量将在2019年基础上翻一番，达到全社会用电量的1.5% - 2%，碳排放量也将随之攀升。按照国家发改委等四部门印发的《关于加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》，“推动数据中心绿色可持续发展，加快节能低碳技术的研发应用，提升能源利用效率，降低数据中心能耗”是原则之一。面对绿色低碳转型挑战，以万国数据为代表的重点企业率先行动。

万国数据董事长兼首席执行官黄伟表示：“随着首份ESG报告的正式发布，万国数据也成为国内第一家提出在2030年同时实现碳中和及100%使用可再生能源的数据中心企业，并已经为此制定了清晰、可实现的路径。致力于为世界领先的创新企业提供独特、开放和可持续发展的智能基础设施平台，万国数据力求将可持续性融入所做的一切，并以此为己任努力引领行业走向更加绿色的未来。”

如其所言，作为中国领先的高性能数据中心运营商和服务商，万国数据秉持绿色发展理念，在数据中心全生命周期管理过程中积极实践，带动整个行业节能降碳工作的开展。

在环境方面，以100%使用绿色电力为目标，万国数据通过提高可再生能源使用比例、建设绿色数据中心和提升运营效率来最大限度地减少对环境造成的影响。通过积极参与绿色电力交易、加强新能源投资与探索新兴技术等组合模式，万国数据不断降低数据中心的碳排放。

2020年，万国数据可再生能源使用比例达22.6%，25%的自建数据中心获得了绿色建筑认证。到2030年，万国数据将实现碳中和及100%使用可再生能源。

在社会方面，万国数据专注于以智能基础设施和服务赋能客户数字化转型，并通过创造多元、包容、平等的工作环境及促进个人发展等方式赋能员工，同时联合供应链和生态圈伙伴一同为社会创造积极影响。

成立20年来，万国数据服务客户739家，2020年客户满意度评分高达9.556，获得Uptime M&O认证的数据中心数量已达14座。截至2020年，万国数据全体员工年平均培训时长为31.3小时，高级管理层中女性比例达34%。供应商100%签署可持续发展承诺函，工

程及设备供应商 100% 接受环境和职业健康体系（EHS）审查。

在治理方面，万国数据始终保持最严格的公司治理标准，严守数据安全和隐私，并通过全面监督促进公司的可持续发展。为此，万国数据已搭建了 ESG 管理架构并成立了可持续发展委员会。100% 的员工接受合规、反腐败培训，100% 的员工接受网络安全培训，公司保持每两年一次的合规和反腐败审查，充分保障服务客户全过程透明且可信。

统筹自然资源管理 助力碳中和

——浅谈如何发挥要素保障和生态修复“两大支撑”功能

中国自然资源报 2021.12.3

2020 年，我国提出碳达峰碳中和目标，这是生态文明建设和人与自然和谐共生的内在要求，也进一步显化了自然资源管理在要素保障和生态保护修复上的“两大支撑”功能。笔者从自然资源要素的保障、约束功能出发，结合生态文明建设下自然资源管理的新内涵、新要求，对如何提高资源保障能力、提升生态系统碳汇能力进行了思考。

自然资源要素存在双向调节功能

自然资源作为支撑经济增长和社会福祉的基础物质资源，未来需求和利用潜力很大。自然资源是指在一定社会、经济和技术条件下能够产生经济效益或生态价值，以提高当前或可预见未来生活质量的自然物质和自然能量的总和。自然资源是一个动态的概念，以往视为不能利用的自然物质和能量或者自然环境因素，随着科学技术进步和生产力的发展可以转变为自然资源。目前，我国自然资源基本情况不容乐观，基本特征是资源总量丰富但人均占有量少，资源利用率不高。我国以占世界 9% 的耕地、6% 的水资源、4% 的森林、1.8% 的石油、0.7% 的天然气、不足 9% 的铁矿石、不足 5% 的铜矿和不足 2% 的铝土矿，支撑着占世界 22% 人口的经济体的发展。

可以预见，我国经济社会发展对自然资源的刚性需求在较长时间内仍将持续，这对进一步提高当前自然资源利用效率提出了要求。当前，自然资源要素约束面临着三方面的问题：一是我国自然资源相对不足，人均资源形势十分严峻；二是在经济快速发展的同时，土地退化、水资源缺乏、海洋污染和矿产资源日益枯竭等问题越来越严重；三是自然资源要素对国民经济的瓶颈作用日益显现。虽然地质找矿工作力度不断加大，但仍难以满足矿产品消费的快速增长。石油、铁矿石、铜、铝等大宗矿产对外依存度均已超过 50%。目前和可预见的将来，资源稀缺问题对经济社会发展的制约将越来越大。

正确认识生态文明建设下的自然资源管理

作为生态文明建设和实现可持续发展的核心内容之一，自然资源管理是运用法律、行政、经济、技术等手段对自然资源的配置、开发、利用、调度和保护进行管理，以求可持续地满足社会经济发展和改善环境对自然资源需求的各种活动的总称。在人均资源相对短缺的条件下做好自然资源管理，必须正确处理人与自然和谐共生之间的关系、保护与发展的关

系，合理、有序地开发利用保护各种自然资源，并充分发挥自然资源的社会、经济、资源和环境效益；同时协调和平衡各方面的当前和长远利益，妥善处置经济发展与资源节约、生态环境保护之间的矛盾，以保证我国经济社会的可持续发展。

自然资源的高效管理，对于实现我国经济发展战略有着举足轻重的作用，也是实现可持续发展具体目标的必要保证。自然资源利用对社会经济和生态环境具有双重效应，一方面是推动社会经济发展的原动力，另一方面在开发利用过程中必然对生态环境带来一定程度的影响。长期以来，粗放型的增长方式消耗了我国大量的自然资源，对自然资源和生态系统构成了巨大的压力。向合理的资源利用方式转变，既可以最大程度地促进社会经济的发展，又能最大限度地减少对生态环境扰动的不利影响，最终达到或趋向可持续发展的目标。自然资源高效管理的目的就是尽量降低资源消耗强度，提高自然资源利用效率和质量，促进自然资源的可持续利用和经济的可持续发展。

习近平生态文明思想的提出，赋予未来自然资源管理新的内涵。我国当前和未来的自然资源管理，需要回应三个现实需求：一是自然资源不再单独作为经济要素而存在，而是要服务经济、社会、生态“三位一体”的目标。在自然资源开发利用中，不能仅考虑经济目标，还要评估其开发利用过程中对当地自然生态环境产生的影响，同时对开发后的社会经济以及环境影响进行预评价；二是在资源开发利用和分配过程中要考虑长远利益和子孙后代的福利，更新管理手段与管理方式；三是自然资源产业市场的特殊性及其产权的垄断性特征，要求重视自然资源市场配置与宏观调控两者的兼容。

尽管不同国家因国情、国力以及自然资源禀赋的不同而建立了多样性的自然资源管理体制，但在资源配置的目标上都是相似的。建立健全恰当的规则和管理结构是自然资源合理利用和实现安全保护的前提。自然资源管理的制度安排需要适应特定的、具体的条件，这样也就决定了没有一种万能的管理制度，可以解决所有地区、各种自然资源的可持续管理问题。成功的自然资源可持续管理制度，都建立在与当地特殊的社会、经济、文化、历史背景相适应的基础上，其制度选择是在“混合”环境知识（当地管理、政策经验与科学知识结合）指导下的制度的综合选择，并特别强调其多样性、与当地制度（特别是非正式制度）的关联性、灵活性和动态适应性。其中，推动资源产权治理、产业治理和生态治理相结合的新管理模式代表了未来的发展趋势。虽然当今世界上各种新管理模式具体表现不同，但在本质上具有一定的相通性，即以适度性为原则，越来越注重协同、合作、综合和统一的治理理念。

推动资源税费征收是提高资源保障能力的重要手段

由于部分自然资源的可耗竭性，管理者要对自然资源进行合理规划和核算。其中，经济手段就是此类资源管理非常重要的一种政策工具，包括通过健全价格形成机制、确定所有权使用权、创新更为灵活的权利结构以适应市场机制的诉求，实现市场配置下自然资源的可持续利用等。建立健全这些政策工具，需要辨析产权与外部性、市场准入和定价机制、生态补偿、资源税和收益共享机制等自然资源资产管理中的重要关系。

对于产权边界模糊而难以界定、外部性很强的自然资源，应继续以公共产权主体为所有者，但需要改变多部门分散管理的所有权结构，由统一的政府机构组织作为单一的所有者来管理，以减少相互危害的外部性。自然资源的市场准入和定价机制就是根据资源特征和市场价格机制来确定自然资源进入市场的清单和定价方式。作为市场的重要支撑，政府应该将自然资源资产纳入国民经济核算体系，这能够为生态补偿奠定政策实施基础。同时，资源税费的合理设置非常重要。资源税费的征收，可以调节资源的级差收益，促进资源的合理开发，使资源产品的成本和价格能反映出其稀缺性和市场需求，落实所有者和使用者权益以及代际公平。政府、市场和社会三者之间对增值收益的合理分配也将有助于自然资源高效管理的政策目标的实现。

提升生态系统碳汇能力是保障自然资源安全的重点

自然资源管理还需要重点关注如何通过减排和增汇两条途径助推实现“双碳”目标。节能减排主要通过加快开发太阳能、风能、地热能等清洁能源，减少煤炭、石油等化石能源使用；加强锂、钴、稀土、镍、锰等新能源金属勘查开发，促进新型能源替代技术发展等，助力降低碳排放。固碳增汇是指更好地发挥森林、海洋、草原、湿地、耕地、岩溶等自然生态系统的固碳功能，切实提高碳汇能力和效率。耕地碳汇与用地类型、耕作方式等多种因素关系密切，采用土壤施肥、秸秆还田、耕作制度等管理策略可对土壤有机碳产生影响，有效增加耕地碳汇。植被恢复、土地利用调整等石漠化治理措施，能有效增强土壤碳循环强度。要加速提升海洋碳汇能力建设，通过海洋生态系统养护、修复和保护，应对海洋酸化等路径，可大幅度提升我国海洋碳汇潜力。对岩溶碳汇要有条件地实施人工干预，通过造林种草、土壤改良、外源水灌溉、水生植物培育和添加生物酶等人工干预技术增强岩溶作用，开展科技攻关和工程示范，稳步提高岩溶碳汇。

扩大生态空间、提升生态系统质量是增加碳汇的重要路径。据联合国政府间气候变化专门委员会估算，2010年~2019年，化石燃料和土地利用导致的碳排放中，46%存留在大气，31%被陆地吸收，剩余23%被海洋吸收。目前要以自然承载力为基础，通过增加森林、草原、湿地等重要生态系统的面积，优化树种草种等植物配置结构，精准提升生态系统质量和稳定性，有效增加生态系统碳汇。

技术创新为拓展碳汇新领域提供新动能。二氧化碳捕集利用与封存是现阶段保障能源安全、实现化石能源大规模低碳化利用的关键技术，可广泛用于油气等矿产开采、化工、生物质利用等。我国陆上和海洋二氧化碳地质封存潜力达7.5万亿吨，适宜封存和利用的场地主要集中在鄂尔多斯、准格尔、塔里木、松辽、四川和渤海湾等大中型盆地，盆地内部和周边油气、煤层气资源丰富，且周边煤化工、钢铁工业等高排放源密集，二氧化碳利用途径多，具备较好的“源—汇”匹配基础，能源与工业原料生产可通过二氧化碳捕集利用与封存实现较低成本的低碳化改造。目前我国已开展的二氧化碳捕集利用与封存示范工程规模一般在万吨到十万吨级，未来亟待开展百万吨甚至千万吨级的大规模示范工程。

要充分发挥能源矿产（尤其是煤炭）的兜底保障作用。合理配置双碳目标下所需的能源矿产“资源—产能—产品”储备能力。加大能源矿产勘探，尤其进一步加强补充精细勘查、煤盆地和煤共生矿产协同勘查，提升经济可采的煤炭资源储量规模。建立能源“资源—产能—产品”三位一体的储备体系，推进动态储备管理体系建设，加强开采、利用的规划性管理，对全国能源资源勘查、开采利用状况进行动态监控，推动动态收储释储，形成长效、合理的储备机制。

自然资源工作在促进提升生态系统碳汇能力上前景广阔。在自然资源管理实践中，要深入贯彻习近平生态文明思想，完整、准确、全面贯彻新发展理念，坚持系统观念，认真履行“两统一”职责，发挥自然资源要素配置和自然生态系统在减排、增汇中的核心载体功能。当前，自然资源管理要重点做好国土空间规划引领，正确处理保护与发展的关系，加快推进山水林田湖草沙冰一体化保护、系统修复和综合治理，继续努力推动土地利用方式转变，拓展土地节约集约高效利用空间，持续推进国土造林绿化。

在“十四五”期间乃至更长时期，要扎实推进国土空间修复及碳汇计量监测相关工作，提高生态碳汇计量及监测评估能力，不断加强耕地碳汇、海洋碳汇和地质碳汇工作，不断提升生态系统碳汇潜力，并健全分类分级分区生态固碳补偿机制，深入优化能源结构、资源结构、产业结构和空间格局，为减碳增汇提供科学的自然资源治理方案。（范振林 谭荣）

资源型地区更要主动探索节能降碳

中国城市能源周刊 2021.12.6

山西、陕西、宁夏、内蒙古是我国重要的煤炭基地，节能降碳对全国实现碳达峰碳中和目标具有举足轻重的意义，并将对资源型地区降碳工作将产生积极的示范作用。

以上述四省区为例，当前煤炭资源型地区碳排放量增长率多高于全国平均水平，碳排放量增长未与 GDP、能源消费增长量脱钩，四省区控煤减排形势严峻。而随着近日五部门《“十四五”支持老工业城市和资源型城市产业转型升级示范区高质量发展实施方案》的下发，资源型城市产业转型升级将迎来重要发展机遇。在碳达峰碳中和愿景下，笔者认为，以四省区为代表的煤炭资源型地区要紧抓当下全国低碳转型的机遇，强化顶层设计、借助区域合作，统筹转型发展的内外动力，推动产业优化，深化能源生产系统变革，积极为全国资源型地区作出节能降碳示范。

碳排放增长率高于全国平均水平

煤炭资源型地区碳排放量增长率往往高于全国平均水平。以山西为例，山西碳排放量整体呈增长态势，2020年碳排放量达51696万吨，位居全国第7位，明显高于全国省市自治区平均碳排放量34849万吨。同时，2012-2020年全国碳排放年均增长率为0.78%，2020年甚至出现-0.97%的减排趋势，而同期山西碳排放年均增长率却保持在1.18%，2020年

为 2.10%，明显高于全国平均水平。

碳排放量增长未与 GDP、能源消费量增长脱钩。通过相关数量模型计算发现，近年来山西、宁夏碳排放量与 GDP 整体呈弱脱钩态势，即碳排放量增速低于 GDP 增速，但根据预测，未来山西、宁夏碳排放量增速可能与 GDP 增速看齐，导致碳强度提高。同时，碳排放量与能源消费量呈扩张负脱钩态势，碳排放量以不低于能源消费总量增速的速度增长，能源利用效率有所降低，单位能源消费产生更高的碳排放量。此外，碳排放量与煤炭消费量呈弱脱钩态势，即碳排放量增速低于煤炭消费量增速，且脱钩系数不断增大，煤炭消费量的相对增速不断加快，进一步加大了四省控煤减煤压力。

碳强度较高，下降速率较缓。以山西为例，2020 年山西碳强度为 4.26 吨/万元，位居全国第 4 位，高于全国平均水平 1.92 吨/万元和周边省（区、市）平均水平 2.26 吨/万元，显著高于广东、浙江、江苏等沿海省（市）。山西碳强度由 2005 年的 6.87 吨/万元下降到 4.26 吨/万元，年均下降率为 3.14%；而陕西、宁夏、内蒙古平均下降水平 3.59%，均低于全国平均下降水平 3.98%。

“十四五”减煤节能形势严峻

能源结构以化石能源为主。据统计，2019 年山西能源消费量达 2.1 亿吨标煤，在全国排第 9 名，占全国能源消费的比重为 4.3%，其中化石燃料占比达 80% 以上。晋陕蒙宁区域的新能源不仅包括太阳能、风能和水电，还有生物质发电和地热能发电。虽然新能源发展速度快，但在能源供给中的占比偏小。目前山西新能源装机占全省发电总装机的 33.8% 以上，和全国 42% 的平均水平相比有一定差距。从新能源的开发利用种类来看，水电、风电和太阳能发电在晋陕蒙宁新能源中的比重超过 90%。

能源消费占比最高的行业是金属冶炼、石油加工与炼焦、电力、蒸汽和热水生产及供应。最新统计数据显示，山西黑色金属冶炼行业使用煤炭占能源消费的比重达 30%；其次为石油加工与炼焦行业，占比达 22%；电力、蒸汽和热水生产及供应业使用煤炭占比达 21%，电力使用占比最高，为 21%。陕西、内蒙、宁夏也有相似的能源消费结构。这些行业是能源消费与碳排放的主要来源，也是节能降碳趋势下产业转型的重点。

农村生活能源消费碳排放量高于城镇。山西农村生活能源消费碳排放呈波动上升后略微下降再趋于稳定，2018 年碳排放量同比下降，表明农村减排有一定成效，但排放总量仍高于城镇。最新统计数据显示，晋陕蒙宁农村原煤燃烧是碳排放的主要来源，占比达 60% 以上。城镇能源消费碳排放呈先升后降的倒“U”型变化，城镇使用天然气比例较高，用能结构优于农村。

总体来看，粗放的能源利用方式是导致农村用能和碳排放量明显高于城镇的主要原因。

能源外送加剧减煤节能压力。晋陕蒙宁化石能源和可再生能源储量丰富，但本地消纳能力有限，具有巨大的能源外送潜力。山西、宁夏煤炭调出量大于省内消费量，电力生产能力也大于省内消纳能力。据统计，2019 年山西全省煤炭外调占比约 58%、焦炭占比约 79%、

电力占比约 30%，与 2015 年相比，外调量分别增长 2%、30%、38%。初步估算，“十三五”每年约 1/3 煤炭消费用于外输电和焦炭生产，外送需求增加表明“十四五”减煤节能形势依旧严峻。

应重视区域联动强化顶层设计

强化顶层设计，明确总量控制目标。应根据本地碳排放量与能源消费量趋势，科学制定碳排放控制目标和实施方案，并将目标分解到地市盟和各行业，进一步融入省（自治区）“十四五”规划、国土空间规划、碳达峰行动方案等政府工作方案中，科学设计符合实际、具有本省（自治区）特点的用能权、用煤权等交易制度，做好用能权、用煤权指标与碳排放配额的履约衔接，通过顶层设计驱动全省（自治区）节能降碳工作。

以山西为例，“十四五”要严格落实国家下达的单位 GDP 能源消耗和二氧化碳排放分别降低 13.5% 和 18% 的目标任务，建议 2025 年山西单位 GDP 二氧化碳量排放量控制在 3.5 吨/万元内，2025 年煤炭消费量控制在 3.3 亿吨内，煤炭占一次能源消费的比重争取下降 10% 左右，煤电装机控制在 7000 万千瓦左右，焦化产能控制在 1.1 亿吨以下。

加强区域联动，同筑低碳发展市场和政策环境。晋陕蒙宁应抓住全国低碳转型的机遇和政策红利，借助区域合作，统筹发展的外生动力，加强地区间在能源结构转换、产业结构调整、生态补偿机制建设、资源利用利益平衡机制建设及排污权和用能权管理、碳交易市场建设等方面的合作，协同做好制度设计、政策制定、技术交流和项目建设等工作。

推动产业优化，促进消费端低碳绿色转型。电力、蒸汽和热水生产及供应业作为煤炭消费和碳排放的主要行业之一，需加快推动煤电由主体电源向提供调峰服务的基础电源转型，深挖节能减煤潜力，推动燃煤电厂关停退役。石油加工与炼焦行业既要控制煤炭消费的绝对量，也要从全生命周期角度挖掘节能降耗潜力，降低煤焦比，推动装备大型化和产业延伸精细化，从而实现碳减排。黑色金属冶炼行业、有色金属冶炼行业需关注工艺优化与低碳技术应用，实现落后产能淘汰退出，实现行业绿色升级与竞争力提升。

同时，要以现代文旅、数字经济、电子信息、节能环保、休闲康养、生物制药、智慧农业等为产业换道领跑的方向，重点推动能源服务和文旅产业发展，促进结构性降碳。推动能源生产性服务向专业化和价值链高端延伸，强化市场营销和品牌服务，变能源生产基地为能源服务中心，推动现代物流、现代金融、节能环保服务业快速发展。

布局可再生能源，深化能源生产系统变革。晋陕蒙宁应尽早探索碳达峰背景下能源生产、消费转型升级的路径，力促风、光、水、地热等新能源和可再生能源发展，稳步布局氢能、储能等项目，提高非化石能源开发利用水平。同时，推进可再生能源发展模式变革，促进大规模集中利用与分布式生产、就地消纳有机结合，推进风、光、生物质、地热等能源分布式应用，重点解决制约其开发建设的用地、规划、环评、消纳等问题，合理确定可再生能源开发规模、布局及时序。此外，还需加大氢能制、储、运技术的创新力度，以绿氢为导向布局，发展氢能产业。

提升民生用能品质，加强农村减煤降碳。全面系统评估山西、陕西列入京津冀大气传输通道和汾渭平原 11 城市的散煤治理工作，建立监督检查机制，防止散煤复燃。同时，建设和完善农村能源基础设施，调整用能结构，提高天然气、太阳能等清洁能源在家庭能源中的占比，推动生物质能开发利用，支持分布式能源建设，推广适宜的绿色建筑和节能技术、产品。此外，还要因地制宜推进农村清洁取暖，实现重点地市城区清洁取暖覆盖率 100%、县城和城乡结合部清洁取暖覆盖率 100%，农村清洁取暖覆盖率力争达 60%。更为重要的是，要提高农村居民的节能意识，培养节能习惯。（李倩 张建红）

优化能源管理 助力碳达峰碳中和目标实现

中国环境报 2021.12.15

近日召开的中央经济工作会议对碳达峰碳中和工作进行了系统部署。其中，立足我国资源禀赋、能源结构及经济社会发展实际，提出了能源结构调整和用能企业管理的科学思路，为如期实现碳达峰碳中和目标以及经济高质量发展提供了重要保障。

在能源结构调整方面，将煤炭清洁高效利用提升至重要位置。从资源禀赋看，我国富煤、少油、贫气，煤炭基本可以自给自足，而石油和天然气却需要大量依赖进口，2020 年的对外依存度分别为 73% 和 43%。在新能源尚未实现对传统能源进行大规模安全可靠替代的现阶段，煤炭是最为安全可靠的能源。

从能源结构看，近些年我国大力推动能源结构调整，煤炭占一次能源消费比重虽然已经从 2000 年的 68.5% 下降至 2020 年的 56.8%，但其依旧是最为重要的能源，短期内也很难改变以煤炭为主的能源结构。为实现碳达峰碳中和目标，需要大力发展新能源，推动能源结构从高碳走向低碳。

新能源的大规模生产和使用有赖于储能技术的进步及低成本应用，而短期内储能技术很难有实质性突破，新能源对传统能源的替代不可能一蹴而就。因此，在发展新能源的同时，还应高度重视煤炭的清洁高效利用问题。加强煤炭集中利用，推动“以电代煤”工作，减少不必要的散煤燃烧。加强燃煤电厂和直接用煤企业的节能减碳改造，提高燃煤效率，以能效提升促进煤炭节约和温室气体减排。加强低阶煤的分质分级梯级利用，在提高低阶煤品质的同时，从中尽可能地多提取油气资源，促进低阶煤清洁高效利用和能量梯级利用。尽可能延长煤化工的产业链条，从低附加值走向高附加值，提高煤炭利用的经济效益。

在用能企业管理方面，提升低碳企业的竞争优势。经济发展离不开能源驱动。工业是能源消耗的重点领域，占到全社会用能总量的六成以上。近些年，能耗“双控”对减少能源使用和提高用能效率具有积极推进作用，但若没有充分考虑企业新增的用能结构和发展需求，实践中难免会出现“一刀切”的问题，可能会对一些能源使用量大但碳排放量并不大的企业产生不利影响。

推动能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变，有助于推动企业从关注用能管

理转向关注碳排放管理，形成一种更加科学的管理模式，在满足企业新增用能需求的同时降低碳排放，以碳排放少而非简单的用能少去论英雄。这也会带动企业主动优化用能结构，优先选择使用新能源，并大力应用节能减碳技术，减少源于企业发展的碳排放。

“十四五”生态环境保护规划发布——

北京将全面推进能源、产业、交通、建筑低碳转型

中国城市能源周刊 2021.12.20

本报讯（记者吴起龙）报道 近日，《北京市“十四五”时期生态环境保护规划》（下称《规划》）发布。《规划》着眼发展更低碳、空气更清新、水体更清洁、土壤更安全、生态更宜居5个维度，设置了碳排放强度、PM2.5年均浓度、优良天数比率、重污染天数比率，生态环境质量指数16项目标指标，对“十四五”期间的生态环境保护工作做出全方位部署。

《规划》提出，到2025年，北京市细颗粒物（PM2.5）浓度下降到35微克/立方米左右，基本消除重污染天气；消除劣Ⅴ类水体；生态环境质量指数稳步提升；北京市将实现碳排放总量率先实现达峰后稳中有降、单位地区生产总值二氧化碳排放下降等目标；到2035年，碳排放率先达峰后持续下降，碳中和实现明显进展，天蓝、水清、森林环绕的生态城市基本建成。

据北京市生态环境局副局长刘贤姝介绍，在“十三五”规划的收官之年，北京市PM2.5年平均浓度值首次进入“30+”，5年降幅超50%；地表水水质持续改善，国控断面劣Ⅴ类水体全面消除；土壤环境状况保持良好。

根据规划，“十四五”期间，北京将坚持系统观念，突出目标导向、问题导向，以降碳为重点战略方向，统筹污染治理、生态保护、应对气候变化整体性推进，强化减污降碳协同增效，注重PM2.5和臭氧污染协同治理，深化本地和区域协同共治，着力补齐基础设施短板和治理能力不足，在重点区域、重要领域、关键指标上力争实现新突破，促进经济社会发展全面绿色转型。

《规划》围绕推进碳中和、深入打好污染防治攻坚战、提升生态系统质量和稳定性、防控环境风险、推进区域协同发展、构建现代化环境治理体系等6大方面，设置了主要任务。

首要任务是全面推进能源、产业、交通、建筑等领域低碳转型，强化绿色低碳技术创新，完善碳排放控制管理制度，深化碳排放权交易市场建设，加快构建法治化、市场化、精细化的低碳治理体系。

对此，北京市发展改革委副主任来现余指出，北京将深挖重点领域节能潜力。如结合城市更新，推进城镇居住建筑节能改造；实施公交系统节能计划，提升轨道交通牵引能效等。

在改善空气质量方面，《规划》强调，“十四五”期间，北京市将以PM2.5和臭氧协同控制为重点，聚焦机动车、生产生活、扬尘等领域，实施挥发性有机物（VOCs）治理专项行动，推动核心区超低排放区建设。

北京市生态环境局相关负责人介绍，PM2.5 和臭氧治理的关键是控制两者的共同前体物——挥发性有机物和氮氧化物。基于此，北京将开展一系列措施对这两项前体物开展有针对性的治理。

值得注意的是，《规划》明确将突出区域协同，推进京津冀绿色协同发展。以绿色办奥为契机，以城市副中心、雄安新区“两翼”绿色共建为牵引，进一步深化区域生态环境联防联控联治。

《规划》同时强调要突出系统保护，提升生态系统质量和稳定性。“十四五”期间将开展生态文明系列示范创建，强化生态监测监管体系建设。开展生物多样性调查和生态环境质量评价，编制并实施生物多样性保护规划；突出底线思维，强化环境风险有效防控。提高危险废物收处能力，加强固体废物资源循环利用，强化核与辐射安全监管，健全环境应急风险防控体系；突出多元共治，建设现代化环境治理体系。

岩溶碳汇，实现碳中和的重要途径

中国自然资源报 2021.12.20

中共中央、国务院发布的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》中，明确提出“积极推动岩溶碳汇开发利用”。作为碳汇重要的组成部分，岩溶碳汇在实现“双碳”目标的进程中应发挥怎样的作用？记者近日采访了联合国教科文组织国际岩溶研究中心常务副主任、中国地质调查局岩溶地质研究所研究员曹建华。

岩溶作用与植物光合作用一样；都是对大气二氧化碳的消耗、吸收和转移

在地质学家看来，地球上的碳元素以不同的形态分布于地球表层的大气圈、生物圈、水圈和岩石圈系统中，碳循环就是碳元素在四个圈层之间发生的相互转换、运移的过程。地质学家经过长期调查研究发现，岩石圈中的碳比地球大气圈、陆地生物圈和水圈的碳库多出近2000倍，其中多数为储存在在碳酸盐岩中的无机碳（ $>6 \times 10^{16}$ 吨），约占地球表层系统总碳量的99%。

“在长时间尺度上，碳酸盐岩的形成，对地质历史时期大气中的二氧化碳产生了巨大的碳汇效应。”曹建华进一步解释说，地球形成之初是一个炽热的“岩浆海”球。随着温度下降，硅酸盐逐渐凝固，形成一层玄武岩，这是地壳的雏形。古老的硅酸盐岩与大气中的二氧化碳和水发生化学反应，在生物的促进作用下，产生碳酸盐岩沉积和有机碳，即碳汇效应。这也使得地球大气二氧化碳浓度从显生宙初期约10000ppmv下降到现代的300~400ppmv。伴随着氧气的增加和二氧化碳的减少，地球才得以慢慢变成一个生机勃勃的蓝色星球。

“碳酸盐岩不仅是过去地球大气高浓度二氧化碳的归属，其快速风化溶解的过程对现代地球大气二氧化碳的调控也起到了一定的作用。”曹建华解释说，通常情况下，雨水溶解大气和土壤中的二氧化碳，生成碳酸，碳酸遇碳酸盐岩，反应生成含碳酸氢根离子的岩溶水体。在此过程中，大气圈的二氧化碳被不断移出，并以碳酸氢根离子的形式进入到水圈，起

到了相应的碳汇效应。

曹建华指出，碳酸盐岩的风化溶解，即岩溶作用，与植物光合作用过程一样，都是以二氧化碳和水为核心要素的一种反应过程，是对大气二氧化碳的消耗、吸收和转移。但不同的是，碳酸盐岩风化溶解是一种较快的地质过程，将大气二氧化碳转移到水圈中，以水体中的碳酸氢根离子和水底沉积物、水生植物生成的有机碳等形式存在；而植物光合作用是一种生物过程，将大气二氧化碳转移到生物圈，以有机碳的形式存在植物体和土壤中。

岩溶所于1997年在国际上最早提出了岩溶作用参与碳循环、具有碳汇效应，并于2010年正式提出了岩溶碳汇的概念。

建立流域尺度岩溶动力系统中碳循环概念模型，回应国际学术界质疑

传统地质观念认为，地质物质循环的时间周期以百万年计算，而生物物质循环的时间尺度是百年、千年或万年。因此，现代地球碳循环研究曾认为，地质过程无法产生短时间尺度的碳汇效应。但我国岩溶地质学家通过牵头开展国际地球科学计划IGCP379“岩溶作用与碳循环”（1995~1999）等，以及中国地质调查局部署的“全球变化的地质响应研究”“中国地质碳汇潜力研究”“应对全球气候变化地质研究”等项目，改变了这一认识，创新性地提出“流域尺度岩溶碳循环及碳汇效应”概念，回答了“碳酸盐岩风化溶解引发的岩溶碳循环是否能产生短时间尺度碳汇效应”等国际学术界的质疑。

以往，碳酸盐岩风化被认为是陆地风化过程中的一部分，其消耗大气二氧化碳的水—岩反应是双向的可逆反应，只是碳的转移，而非碳汇。“流域尺度下岩溶碳循环及碳汇效应的研究，则是在具有明显边界的流域内，追踪碳酸盐岩风化，大气二氧化碳在迁移过程中的输入、输出和形态转化。目前的研究成果证实，在洞穴环境中，尽管岩溶水体中的二氧化碳逸出，形成石笋，但绝大部分的无机碳仍保存在水体中，逸出的量只占很小的比例。”曹建华介绍说，“可见，通过岩溶作用，大气中二氧化碳最终进入水圈。为评价岩溶碳循环过程中的碳汇效应，我们提出了流域尺度岩溶碳循环的概念，并选择典型流域开展了碳汇调查研究。”

2016年开始，岩溶所通过承担的“长江、珠江、黄河岩溶流域碳循环综合环境地质调查”项目，综合历史资料的研究分析，进而建立了流域尺度岩溶碳循环的概念模型，阐明了岩溶流域中碳元素由“无机碳→有机碳→惰性有机碳”的迁移转化过程。而长期动态监测结果也显示，完整流域内碳酸盐岩风化从大气和土壤中消耗的二氧化碳总量中70%~80%都是稳定的。这有力地回应了国际上针对“碳酸盐岩化学风化碳汇稳定性”的质疑，进而得出岩溶碳循环可产生短时间尺度碳汇的结论，为碳汇通量计算、模型研究等提供了依据。

在中国地质调查局的统一部署下，岩溶所近年来在长江、珠江、黄河等流域开展了调查和监测。基于九大河流域的监测数据的估算结果显示，我国碳酸盐岩风化溶解产生的碳汇通量为0.3亿~0.72亿吨/年，平均为0.51亿吨/年。“该监测数据目前已经被联合国政府

间气候变化专门委员会（IPCC）第五次报告采纳。结合长期观测站数据和气候变化趋势，中国陆地植被在 1981~2000 年间的年均总碳汇通量为 1.01 亿吨。因此，在我国，岩溶碳汇通量约占陆地植被碳汇通量的 50%。”

通位人工造林、土壤改良、外源水灌溉等途径，提高岩溶碳汇通量及其稳定性

流域尺度岩溶碳汇量的大小，受流域内的地质（岩性组合、构造条件）、气候（温度、降雨、蒸发和光照）、水文（水动力和水化学）、生态（陆地生态、水生生态）多因素的综合影响。随着这些边界条件的变化，会造成岩溶碳汇量的增加或减少。

“因此，我们可以通过人为干预的方法改变这些边界条件，将更多的大气二氧化碳转移到水圈中。增加岩溶碳汇通量的同时，还可以提高岩溶碳汇的稳定性。”曹建华指出，人为干预的途径包括人工造林、土壤改良、外源水灌溉和水生植物培育等。

近年来的岩溶生态研究表明，生态恢复和土地利用方式的改善对促进岩溶碳汇具有重要作用。植被和土壤覆盖好的流域，其地下河的岩溶碳汇量要比石漠化地区的地下河高 10 倍以上。原始林地土下岩溶作用的碳汇量是次生林地的 3 倍、灌丛的 9 倍、耕地的 15 倍。这主要是由于植被覆盖相对较好、土壤层较厚，包括土壤在内的岩溶表层带有更多的二氧化碳进入地下水，加快了岩溶作用的进程。因此，可以通过植树造林、防治土壤流失等促进岩溶碳循环。

同时，还要重视外源水（非岩溶区水）的作用。外源水由于其硬度和 pH 值（酸碱度）较低，对碳酸盐岩具有很强的侵蚀溶解力。典型流域监测结果显示，在广西桂林毛村地下河流域，由于上游砂岩补给区流入的外源水，进入下游岩溶区会增加 34% 的碳汇通量；离江流域上游外源水的输入，可增加下游岩溶区 50% 以上的碳汇通量。

此外，还可以通过增强水生植物的光合作用，提高岩溶碳汇的稳定性。当水体中碳酸氢根的浓度过高，遇水文条件发生改变时，极易转化为二氧化碳逃逸到大气中。如果通过水生植物的光合作用，消耗部分碳酸氢根离子，将无机碳转化为有机碳，可极大提高岩溶水体中碳迁移过程的稳定性。因此，合适的沉水植物的筛选和培育，对提高岩溶碳汇稳定性也具有重要意义。

“当前，要加快对人为干预增加岩溶碳汇技术开展试点示范，并进行增碳潜力评估，让岩溶碳汇在我国实现‘双碳’目标的进程中发挥应有的作用。”曹建华对此充满信心。（高慧丽）

电力系统能够实现安全经济低碳

中国能源报 2021.12.20

“常常见的讨论认为，能源系统很难同时满足安全可靠、经济可行又绿色低碳三个目标，三者任何一个目标方向优化都可能引起其他方向的问题。因此，三个目标常被称作能源系统的‘不可能三角’。”在近日举行的“2021 年能源转型发展论坛”上，中国工程院院士

杜祥琬说，“安全可靠是对能源系统的基本要求，经济可行的能源社会才会接受，绿色低碳是能源转型的大方向。碳达峰、碳中和呼唤的新型能源系统必须逐步做到满足上述三个目标，使之成为‘可能三角’，如此才是高质量的能源系统。同时，新型电力系统也必须是实现‘可能三角’的电力系统。”

杜祥琬认为，在以新能源为主体的新型电力系统中，新能源占比会大幅增加，系统的绿色低碳特征比较清晰，需要着重讨论的是新型电力系统如何做到“经济可行”和“安全可靠”。

经济性面临巨大考验

“新型电力系统的发展要兼顾社会用能阶段性的承受能力和长期的经济性。”杜祥琬表示，随着技术进步和规模化发展，风电、光伏上网环节已经可与化石能源竞争，但随着新能源比例的增大，系统平衡成本、安全保障成本将成为电力系统的成本增量。

为此，杜祥琬提出，一方面要广泛利用各领域灵活性资源，低成本解决电力系统的平衡难题。比如一部分煤电厂为可再生能源调峰，是现实而经济的灵活性资源；再如推动系统从利用抽水蓄能、电化学储能等灵活性资源，向发展电动汽车充放电、热泵、电热、电冷协同、电氢耦合等多能互补，提高系统的效率。另一方面，随着分布式电源的发展，可将大电网的模式划分为大电网和一系列微网结合的模式，利用高精度的预测技术，实现局部的自平衡，减轻大系统的平衡压力，降低增量的成本投入。

杜祥琬说，有研究表明，电从“身边来”比电从“远方来”更经济，对用电负荷很高的东部地区，可把“身边来”与“远方来”相结合，而不只是依赖于“西电东送”这种传统的、集中式的供电。

杜祥琬表示，技术进步将降低储能和氢能的成本，目前电化学储能成本已经突破经济性拐点，未来5年储能成本有可能再降1/3，未来10年有望再降66% - 80%。估计到2025年，新能源+储能的市场会迈入千亿级。

系统安全可靠是底线

众所周知，确保新型电力系统的安全韧性，是其发展、成长的底线和责任。即使在极端天气情况下，也要避免电力供应出现较大功率缺额的风险。那么，新型电力系统如何做到安全保供？

对此，杜祥琬认为，新型电力系统的电源，除非水可再生能源外，还需确立多能互补的策略。比如煤电，国家政策很明确，“十四五”并未提减煤电，而叫严控，“十五五”才开始煤电替代。目前比较实际的做法是，在高效、清洁化出力发电的同时，有序安排煤电机组的灵活性改造，让其参与深度调峰，助力提升电力系统灵活性。对煤电调峰辅助服务应该有补偿政策，也就是说要体现煤电的“供电价值”和“灵活性价值”。

在杜祥琬看来，新型电力系统的构建，要进一步发展水电，我国水电装机和出力还有一定潜力可挖掘；核电在新型电力系统当中发挥稳定基荷的作用，在安全前提下，核电装机完

全可能在 2030 年前达到 1 亿千瓦以上；在多能互补的条件下，可通过电力交易市场解决调峰问题，以一定量的电厂作为备用应急电源，用户可以根据大数据提供的各种电源出力情况预测选择电源；对于新能源发电企业来说，可通过自建或者购买调峰能力深度参与电力电量平衡，实现高质量出力。

除上述电源侧保障新型电力系统安全可靠的措施外，还需要电网侧发展智能电网和配电网。杜祥琬认为，数字技术可以提升电网的数据采集、分析和应用能力，与传统电力技术相融合，促进电力系统各环节的智能化，使电网可观、可测、可控。“传统的大电网向大电网和微网、有源配电网、局部直流电网互补共生转变。因此，我们需要建设智慧配电网来适应分布式能源的并网、储能和电动车等。”

此外，杜祥琬表示，储能在发电侧、电网侧和用户侧都有应用市场。“发展商用化的储能、储热技术，是能源系统具备柔性、包容性和平衡功能的关键。”

如何实现“可能三角”

“构建新型电力系统不是一蹴而就，而是一个过程。”杜祥琬表示，新型电力系统建设初期，随着新能源电力比重的提升，应逐步形成适合新能源电力的市场交易体系，使灵活性资源获得合理权益；另一方面，应实现电力的物理系统与数字技术的深度融合，充分发挥出数字成为生产力要素的作用。“这个阶段，主要是积累新能源和储能、灵活性资源相结合的经验。同时积累化石能源与非化石能源发电相结合的经验。”

杜祥琬预计，碳达峰以后，新型电力系统将进入成熟发展期，这个阶段要能经济性地解决各种转型成本，深入研究和防范风险，使之成为与各种基础设施融合的新型国家综合基础设施。

“实现电力系统‘可能三角’，没有原理性障碍，但也不是现有技术能力可以完全解决的。”杜祥琬说，构建新型电力系统，是一个创造新技术、新产业、新社会价值的过程，需要更深入地研究和更多地实践。（苏南）

尽快建立碳排放总量控制制度

中国能源报 2021.12.27

2030 年前实现碳达峰有没有更具体的时间段？各地方要如何因地制宜实现梯次达峰？对于重点行业、重点部门该如何控制碳达峰节奏？日前，中国工程院院士王金南指出，针对碳达峰、碳中和目标的实现路径，“我们还有国家、地方和行业三个层面的问题需要进一步确认。”

排放总量控制制度是关键

“就国家层面而言，我们现在已经提出在 2030 年前实现碳达峰，但是在宏观政策层面并没有给出明确时间。”王金南判断，我国实现碳达峰的时间节点应该在 2027 - 2029 年。

此外，对于具体峰值，王金南也提出，当前，各类研究机构和学者对于我国碳达峰的峰

值数据预测众说纷纭。

例如，根据全球能源互联网发展合作组织编写的《中国 2030 年前碳达峰研究报告》，我国全社会碳排放能够在 2028 年左右达峰，峰值为 109 亿吨左右；中信证券发布的《碳达峰全景图：新目标、新结构、新机遇》显示，2030 年，我国实现碳达峰的峰值约在 116 亿吨；在今年 4 月的“十四五”氢能产业发展论坛上，中国氢能联盟专家委员会主任、同济大学教授余卓平预计，我国将于“十五五”初期实现碳达峰，峰值不超过 130 亿吨。王金南表示，在后续相关工作中，“应该在国家层面给出峰值的基本范围。”

在明确时间和峰值范围的基础上，王金南强调，碳达峰、碳中和的核心就是排放总量控制，应尽快建立起国家层面的排放总量控制制度。“特别是在‘十四五’期间，主要是排放增量的总量控制，而不是存量的总量控制。”

各地方应落实梯次达峰

2021 年中央经济工作会议指出，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。“简单粗暴的层层分解必须杜绝。”王金南表示，“但对于各地碳达峰、碳中和工作，也要切实赋予地方相应的责任”。

王金南对各个省（区、市）2020 年的二氧化碳直接排放量进行统计分析后认为，要结合不同省（区、市）碳排放的实际情况，作出梯次达峰的安排，制定有针对性的地方达峰行动计划。

“例如，北京等地的人均国内生产总值远高于全国平均水平，且已经实现碳达峰，应着力实现碳排放量的稳中有降。江苏等东部发达省份的人均国内生产总值也已经高于全国平均水平，需要努力在‘十四五’中期实现碳达峰。”王金南指出，在大多数人均国内生产总值与全国平均水平接近的地区，都要力争在“十四五”后期或者“十五五”前期达峰；而在人均国内生产总值和人均二氧化碳排放量都明显低于全国平均水平的欠发达地区，则要争取在“十五五”中后期达峰；其余个别地区在 2030 年左右并争取尽早实现达峰。

抓住重点行业“牛鼻子”

“与国家层面相比，当前最现实的问题是明确重点行业和相关行业的碳达峰路径。比如钢铁、水泥、有色金属等工业行业什么时候达峰？峰值是多少？碳排放大户的电力行业什么时间达峰？交通、建筑两个重要领域又有哪些安排？”王金南研究发现，当前，钢铁、水泥、化工等主要工业领域叠加电力、交通和建筑行业的碳排放量已经占到全国碳排放总量的 90% 以上。“抓住这些重点行业，就相当于抓住了碳达峰、碳中和工作的‘牛鼻子’。”

王金南透露，电力和工业行业到底谁应该优先实现碳达峰在研究领域一直小有争议。“我认为，还是要工业行业先达峰。毕竟电力行业情况更为复杂，还涉及到国家能源安全等问题，还有大量的准备工作要做。”

对于“情况复杂”的电力行业，王金南表示，2020年，包含热电联产在内，我国电力行业的二氧化碳排放量达到了45.8亿吨。加速风电太阳能发展、完善新能源消纳机制、落实风光开发保障政策以及提早谋划核电和生物质能等，均是推进电力行业碳达峰的主要措施。“若采取有效的控制措施，电力行业的碳排放将在‘十五五’末期至‘十六五’初期达峰，峰值约为50.6亿吨。”（姚金楠）

坚定信心，坚定不移推动能源绿色低碳发展

三论贯彻落实2022年全国能源工作会议精神

中国电力报 2021.12.28

打赢碳达峰碳中和这场硬仗，主阵地就在能源，主攻方向在于加快绿色低碳发展。2022年全国能源工作会议指出，必须坚持先立后破、通盘谋划，抓住用好“十四五”关键窗口期，加强政策措施落地实施和监督检查，统筹推进能源结构调整，为能源行业推进实现“双碳”目标明确了路径。

过去的一年极不寻常，全国能源系统坚持把绿色低碳发展作为与保障能源安全同等重要的任务，在大战大考中担负使命。面对国际市场能源价格大幅上涨，国内电力、煤炭供需持续偏紧，多种因素导致一些地方出现拉闸限电的情况，能源战线迅速进入保供战斗状态，全力以赴增加生产供应，多措并举平抑市场波动，坚决保障经济社会发展需要。能源保供取得阶段性成效，而我国能源消费增长迅速，区域性时段性供需偏紧等挑战依然存在。碳达峰碳中和任务艰巨，需要我们处理好发展和减排、当前和长远的关系，统筹稳增长和调结构。

既要正视困难，又要坚定信心。过去一年，全国能源系统完整准确全面贯彻新发展理念，紧紧抓住调整能源结构这个牛鼻子，着力加强统筹谋划和政策支持，大力实施可再生能源替代行动，创造性推进重大工程和重大基地建设，持续壮大优势产业规模。非化石能源发展迈上新台阶，清洁能源消纳取得新进展，新型电力系统建设跨出新步伐，北方地区冬季清洁取暖取得新成效……绿色低碳的发展成色更加鲜亮，落实碳达峰碳中和的信心决心更加坚定。

谋定而后动，坚持而力行。进入“十四五”第二年，碳达峰碳中和部署更加明确。“调整政策和推动改革要把握好时度效，坚持先立后破、稳扎稳打”“碳达峰碳中和不可能毕其功于一役”等最新要求为落实好能源碳达峰碳中和任务指明了方向。全国能源工作会议进一步明确了加快能源绿色低碳发展的工作任务、实施路径。

具体来看，一是要加强政策措施保障，统筹加强规划衔接审批，强化规划政策落实情况监管，优化项目审批流程，加大力度实施重大工程和项目，确保一张蓝图绘到底。二是要加快实施可再生能源替代行动，推进东中南部地区风电光伏就近开发消纳，积极推动海上风电集群化开发和“三北”地区风电光伏基地化开发，抓好沙漠、戈壁、荒漠风电光伏基地建设，启动实施“千乡万村驭风行动”“千家万户沐光行动”，积极稳妥发展水电，有序推进

生物质能开发利用。三是要积极安全有序发展核电，坚持安全第一质量第一，积极推进已开工核电项目建设，有序推进具备可靠条件的核电项目核准建设，扎实推进有关项目前期工作。四是要提升电力系统调节能力，加强抽水蓄能等调峰电站建设，推进煤电灵活性改造，推动新型储能发展，优化电网调度运行方式；优化全国电网格局，完善区域主网架，鼓励用户投资建设以消纳新能源为主的智能微电网；引导用户侧参与市场化需求侧响应，推动源网荷储协同发展。

科学推进，稳中求进，久久为功。实现“双碳”目标是一场硬仗，也是一场大考。一元复始，万象更新。能源行业要坚定信心，全面贯彻落实全国能源工作会议精神，加快推动能源绿色低碳发展，打好主阵地的一场场攻坚战，为实现碳达峰碳中和目标提供重要支撑！

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

常温常压下生物质实现高速制备一氧化碳

中国科学报 2021.12.2

本报讯（记者卜叶）近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员王峰团队与大连理工大学特聘研究员王敏团队合作，发展了一种光催化生物质氧化重整制备一氧化碳的新方法，实现了多种生物质多元醇和糖类在常温常压条件下高速率转化为一氧化碳，为生物质资源的利用开拓了新路径。相关研究成果发表于《化学》。

一氧化碳作为合成气的主要成分，是费托合成等现代化工工艺的重要下游原料。将储量丰富、可再生生物质资源高效转化为一氧化碳是一个非常意义的过程。目前工业上将生物质资源转化为一氧化碳主要通过热解、液相重整或干重整等高温气化过程，这些过程反应温度高、能耗大。

研究中，合作团队发展了一种光催化生物质氧化重整直接制备一氧化碳的新方法。团队制备了一种核壳型催化剂，促进氧气的吸附活化，产生羟基自由基活性氧物种；通过控制氧气与底物的比例，既能加速反应进行，同时又能避免底物过度氧化至二氧化碳，成功实现了温和条件下生物质高效转化为一氧化碳。在自然光照条件下，该催化体系依然可以稳定催化甘油产生一氧化碳。

该研究为生物质资源的有效利用提供了新思路。

天津大学研发出环境友好型 DNA 生物塑料

中国科学报 2021.12.6

本报讯 近日，天津大学教授仰大勇团队联合中石油石化研究院，成功研发了一种新型 DNA 生物塑料。该塑料原料来源丰富，生产、使用和回收处理全过程均与生态环境友好兼容，且可以低能耗无损回收，有望在部分应用领域替代石油基塑料。该成果发表于《美国

化学会志》。

脱氧核糖核酸（DNA）是生命遗传物质，在大自然中广泛存在，是一种取之不尽、用之不竭的生物高分子，据统计，目前地球 DNA 总储量约为 500 亿吨。如果将其中的小部分 DNA 转化为 DNA 塑料，理论上可以有效缓解日益增长的塑料使用需求。

仰大勇团队据此开发了低温加工 DNA 生物塑料的新方法，制备出一种在生产、使用和回收处理过程中均与环境兼容的新型 DNA 生物塑料。这种塑料的原材料包括天然 DNA 和离子聚合物，均来源于生物可再生资源。与石油基塑料熔融加工策略相比，这种新型 DNA 塑料的加工能耗不到 5%。新型 DNA 塑料还可以通过无损回收策略制成新的塑料制品，也可以在 DNA 酶作用下实现可控降解。

据仰大勇介绍，现有的工业化设备可以从植物、藻类和细菌中快速大量提取生物质 DNA，利用这些设备 DNA 年产量可以实现数十万吨，意味着新型 DNA 塑料有巨大的量产化潜力。同时，这种塑料可折叠性和低温稳定性优异，可加工成多腔室微结构，有望在生物传感、药物递送和组织工程等生物医学领域发挥重要作用。（陈彬）

让更多农业废弃物变废为宝

人民日报 2021.12.13

农业废弃物是放错了地方的资源，需要加快补上渠道、技术等短板，充分调动各环节主体积极性，促进资源化利用

湖南祁阳市羊角塘镇四院村家乐农机专业合作社里，刚收完庄稼的农民们又忙碌起来。“俗话说，斤粮斤草，如今秸秆也成了香饽饽！”合作社负责人邓根智每天安排 2 名机手和 20 多个村民收储秸秆。原来，今年市里建的秸秆收储示范中心落户这里，收储的秸秆一部分当作饲料卖给养殖户，其余供给有机肥生产厂和电厂，每吨收购价可达 600—800 元。

不只是四院村，越来越多的农村探索秸秆、粪污就地消纳和综合利用，农业废弃物实现了变废为宝。

农业废弃物资源化利用大有可为。数据显示，我国每年产生各类秸秆近 9 亿吨、畜禽粪污约 38 亿吨，消耗数百万吨农膜等生产资料。农业废弃物肥料化、基料化、原料化等多种方式再利用，不仅能促进农业资源环境可持续发展，助力实现“碳达峰、碳中和”目标，还有助于延长现代农业产业链条，拓宽农民增收渠道，具有经济、社会和生态等多重效益。经过多年努力，目前全国秸秆综合利用率达到 86.72%，畜禽粪污综合利用率超过 75%，农膜回收率达 80%。

绿色发展是现代农业的主旋律。当前，加快农业废弃物资源化利用，需要补上渠道、技术等短板，调动各方积极性，提高综合利用效率。

畅通利用渠道。农业废弃物实现资源化利用，需要专业化回收、统一运输、规范化标准化作业，这些单靠一家一户的农民难以做到，需要政策扶持引导专业合作社、企业等服务主

体参与。一些地方通过政府购买服务等方式，建立秸秆收、储、运体系和废旧地膜回收网点，完善相关配套服务设施，构建稳定的市场运营管理模式，促进废弃物就地就近利用，这样的方式值得借鉴。

强化技术支撑。农业废弃物能否顺利实现资源化，与它的附加值高不高、处理技术是否成熟等因素密切相关。有的农民反映，田间的地膜老化破碎，回收难度大；有的地方缺乏适用机械，地膜回收成本高。针对这些问题，相关部门应加强农用薄膜全链条监管，鼓励研发推广回收技术与机械，推广可降解地膜产品。促进各类农业废弃物物尽其用，一方面要加大源头管理，另一方面要推进关键核心技术攻关，推广更多实用和绿色利用模式。

因地制宜促进资源化利用。拿秸秆来说，各地农村在实践中探索出多元模式，推动秸秆综合利用水平逐年提高。东北黑土区推广秸秆全量还田，形成了一种有益的生态循环利用模式。安徽省池州市贵池区根据区位优势和生产基础，重点推广秸秆能源化利用、基料化种菇和饲料化养畜，促进物尽其用。在山东郯城县，家家草编合作社将晾干处理后的稻草、玉米秸秆编织成各类工艺品，每年外销 100 多万件（套），带动上万农户增收。

提高农业废弃物资源化利用，前景广阔。期待在多方共同努力下，田畴更绿，乡亲们日子一天比一天美。（郁静娴）

填补国内超临界二氧化碳锅炉空白

哈电锅炉参建的世界参数最高、容量最大超临界二氧化碳循环发电试验机组投运

中国电力报电气周刊 2021.12.16

日前，由哈电集团哈尔滨锅炉厂有限责任公司（简称“哈电锅炉”）参与建设的世界参数最高、容量最大的 5 兆瓦超临界二氧化碳循环发电试验机组，在华能西安热工院顺利完成 72 小时试运行，正式投运。

超临界二氧化碳发电是新型高效的发电技术，具备多重先进性。同时，超临界二氧化碳发电系统结构简单紧凑、灵活性更强，可实现热电完全解耦（实现热能和电能相对独立的调度与分配，尤其是在冬季供暖期，可有效降低弃电率，大幅提升发电机组的调峰性能），能够为太阳能、风能等间歇性不稳定可再生能源深度调峰提供有力支撑，符合未来能源体系建设的重大需求。

与传统蒸汽朗肯循环相比，哈电锅炉参建的 5 兆瓦超临界二氧化碳循环发电试验机组采用了布雷顿循环，在相同参数下，发电效率可提高 3% ~ 5%。作为试验平台配套的核心设备之一，由哈电锅炉自主研发制造的超临界二氧化碳锅炉输入热功率接近 20 兆瓦，受热面内以超临界状态二氧化碳为工质，与传统以水作为工质的锅炉传热特性相比，在参数上具有大流量、小焓升等特征。超临界二氧化碳锅炉采用了更方便进行现场试验测试的 L 型布置、一次中间再热、顶置低氮氧化物燃烧器的总体布置结构，深度契合试验平台主要进行循环和设备测试验证的建设目标。

以华能西安热工院5兆瓦超临界二氧化碳循环发电试验机组项目为依托，哈电锅炉完全自主开发了燃气超临界二氧化碳锅炉，涵盖炉膛选型、炉内燃烧与工质传热耦合计算方法及工质循环动力计算等核心技术，在超临界二氧化碳锅炉研发方面达到世界领先水平，多项设计技术和制造工艺均为国内首次采用。

以此为契机，哈电锅炉成功牵头申报国家重点研发计划项目《超临界二氧化碳锅炉质量评价技术体系研究与示范应用》1项，获得黑龙江省优秀青年基金资助项目1项，签订神华国华电力研究院《超临界二氧化碳循环燃煤锅炉关键技术研究及初步设计》合同1项。哈电锅炉内部初步形成了以材料检验、设计制造、质量控制、运行监测为重点的超临界二氧化碳锅炉研发体系，实现了国内首台超临界二氧化碳锅炉从设计、制造到应用全流程覆盖，填补了国内超临界二氧化碳锅炉设计制造领域的空白。

目前，哈电锅炉正以更大容量超临界二氧化碳发电锅炉技术研发为突破口，逐步将超临界二氧化碳发电设备大型化和商业化，提升我国火力发电厂效率和深度调峰能力，助力中国能源结构转型升级，为实现“碳达峰、碳中和”目标贡献哈锅智慧和力量。（于海江 刘亚光）

修订通过机动车排气污染防治规定

海南提出划定低排放区域和零排放区域

中国环境报 2021.12.17

本报讯 近日，海南省第六届人大常委会第三十一次会议修订通过《海南省机动车排气污染防治规定》（以下简称《规定》），将于2022年3月1日起施行。《规定》明确提出县级以上人民政府可以根据大气环境质量状况和道路交通发展等情况，划定并公布低排放区域和零排放区域。

据了解，2016年海南省出台《海南省机动车排气污染防治规定》，但随着国家政策及海南机动车排气污染防治工作情况的不断变化，规定已无法适应新形势管理需要。

此次对《规定》进行全面修订，统筹“油、路、车”3个领域高质量发展和高标准治理，建立健全海南省机动车排气污染防治监管机制，为有效减少机动车尾气污染物排放，改善并提升海南省环境空气质量提供重要法治保障。

《规定》明确提出，县级以上人民政府可以根据大气环境质量状况和道路交通发展等情况，划定并公布低排放区域和零排放区域。进入低排放或零排放区域的机动车必须满足相应排放要求。同时，《规定》明确提出严控车用汽油蒸气压可减少挥发性有机物排放，明确规定监管部门对机动车车用燃料等有关产品质量的监管职责。

《规定》还要求强化在用车监管，明确了机动车所有人或者使用人应当遵守的规定和重点用车单位管理要求，禁止排放检验不合格或者排放明显可视污染物的机动车上道路行驶。（周海燕）

我生物质发电研究取得新突破，助力“双碳”目标实现

科技日报 2021.12.23

12月19日，从扬州大学传出消息：该校吴多利博士研究团队在国家自然科学基金和江苏省双创博士项目相关项目的资助下，针对水蒸气含量对镍铝涂层生物质高温腐蚀性能的影响进行的系统研究，取得了关键性新突破。

日前，相关研究成果已在材料腐蚀学科国际学术期刊《腐蚀科学》在线发表，这将为后续生物质高温腐蚀的防护措施提供更加全面的科学理论依据。

生物质能作为最具潜力的可再生能源，已成为仅次于煤炭、石油和天然气的第四大能源，开发潜力十分巨大。生物质发电技术的推广应用，将是实现“双碳”目标的有效技术途径，对于推动我国生物质资源规模化和高效清洁利用具有重大的作用。

吴多利介绍，目前，关于生物质高温腐蚀的研究大都针对具有腐蚀性的沉积盐，但生物质发电厂的实际工作环境中水蒸气对锅炉过热器管道的腐蚀也不容忽视。该研究团队针对水蒸气含量对镍铝涂层生物质高温腐蚀性能的影响进行系统的研究，深入阐述了不同水蒸气含量下的涂层高温腐蚀机理。

记者了解到，该团队针对关键问题，先通过高温渗铝的方法制备出致密性以及和基体的结合性良好的镍铝涂层，然后以镍铝涂层为实验样品，将其放置于模拟生物质高温腐蚀环境的设备中进行相应的实验。实验结束后，通过腐蚀增重，X射线衍射仪、扫描电子显微镜和透射电子显微镜对腐蚀样品进行表征，并对表征结果进行详细深入的分析。

“腐蚀实验过程中，每24小时需要将样品取出，进行称重和涂盐，其中涂盐实验是需要纯人工操作，涂盐量要求为5毫克/平方厘米，非常精细，所以操作困难。”该研究团队研究生刘苏说，且涂盐过程中，样品需要一直放置在电阻炉上加热，以保证盐溶液及时沉积在样品表面。

吴多利告诉记者，实验最终会呈现出怎样的结果也是个未知数，需花费大量的精力和时间进行分析。团队查阅大量文献并讨论研究，最终通过对一系列微观反应的总结和推理，结合热力学定律，找出产生此实验结果的原因，进而对不同条件下的生物质高温腐蚀机理进行了深入阐述。

该团队研究结果表明，在不含水蒸气的条件下，涂层展现出优异的抗腐蚀性能，在表面形成了以 Al_2O_3 （氧化铝）相为主的保护层。在局部区域发生氯化物腐蚀，造成轻微的表面和晶间腐蚀。而在含水蒸气的条件下，除氯化物腐蚀外，水蒸气渗透到腐蚀层/涂层界面，并产生活性氯，进一步加速腐蚀进程。水蒸气含量的增加会在涂层表面形成大量铝酸钾，从而抑制氯的产生并减少涂层中氧化物形成元素的消耗。水蒸气含量为15%时，涂层晶间腐蚀最严重；水蒸气含量为30%时，涂层表面腐蚀最严重。

吴多利认为，在生物质发电厂实际运行中，可以通过生物质燃料中水蒸气的调控，实现

对涂层高温腐蚀行为更高的预期，助推生物质发电的大规模推广。因此，该项研究具有非常广阔的发展前景，可以有效提高生物质发电的效率，降低碳排放，助力我国“双碳”目标的实现。（过国忠 郭周沛 张平）

广东十部门发文推进污水资源化利用

中国自然资源报 2021.12.28

本报讯（记者祝桂峰）近日，广东省发展和改革委员会、科学技术厅、工业和信息化厅、财政厅、自然资源厅等十部门联合发布《关于印发广东省推进污水资源化利用实施方案的通知》（以下简称《通知》）。

《通知》提出，到2025年全省污水收集效能显著提升，城市生活污水集中收集率力争达到70%以上，水环境敏感地区城市生活污水处理设施全部达到一级A标准，地级以上缺水城市再生水利用率达到25%以上，规模以上工业用水重复利用率达到85%以上，污水资源化利用政策体系和市场机制基本建立。到2035年，形成系统、安全、环保、经济的污水资源化利用格局。

《通知》明确，为提高污水资源化利用能力，缓解水资源供需矛盾，减少水环境污染，保障水生态安全，推动高质量发展、可持续发展，广东省自然资源厅在重点推进13项污水资源化利用实施方案中，将和其他部门承担实施污水近零排放科技创新试点、健全法规标准和政策体系、明确任务分工、强化监督管理等4项工程。

据了解，广东厅将组织省内有关机构、企业探索开展技术综合集成与示范，研发集成低成本、高性能工业废水处理技术和装备，联动有关行业部门在省内高耗水产业园区推广应用先进适用技术和成果，打造污水资源化技术、工程与服务、管理、政策等协同发力的示范样板。组织开展再生水利用、污泥资源化利用、回灌地下水以及氮磷等物质提取和能量资源回收等试点示范。

2023年底前，广东将制定并全面执行重点流域水污染物排放标准，推动城镇生活污水资源化利用作为河流生态补水。制定修订再生水用于生态补水及其他用途的污水资源化利用分级分质系列标准、规范要求。制定广东省城镇生活污水处理、节水型社会建设等相关“十四五”规划，对污水资源化利用进行部署。完善再生水等非常规水资源利用考核规定，实行分类考核。完善取水许可管理制度，新建项目应充分考虑优先配置使用再生水，高耗水行业项目要严格控制新增取水许可。编制实施入河（海）排污口监督管理指导文件。

此外，广东厅将与其他部门按照职责分工加强水资源节约集约利用、水污染防治、水生态保护、污水资源化利用、相关环境基础设施建设的统筹，协调解决相关重大问题。广泛开展宣传和科普教育，提高公众对污水资源化利用的认知度和认可度。进一步完善公众参与机制，加强舆论监督、社会监督，促进行业自律，营造全社会共同参与的良好氛围。

“无废城市”概念正在改变我们的生活

文摘旬刊 2021.12.29

生态环境部相关负责人介绍，“无废城市”建设试点两年多来已取得预期成效，示范效应逐渐显现。

“无废城市”是一种先进的城市管理理念，“无废”是指以新发展理念为引领，通过推动形成绿色发展方式和生活方式，持续推进固体废物源头减量和资源化利用，最大限度减少填埋量，将固体废物环境影响降至最低的城市发展模式。

以先行示范标准打造“无废城市”标杆城市

自2019年入选“无废城市”建设试点以来，深圳积极探索“治废”新路径，目前已如期完成100项年度任务，深圳正在以先行示范标准，打造“无废城市”标杆城市。

深能环保盐田能源生态园已经成为深圳的网红垃圾焚烧发电厂，市民可以在这喝咖啡，看展览，了解最前沿的垃圾处理技术。这座集垃圾焚烧、发电、渗滤液处理于一体的垃圾焚烧发电厂，每天处理生活垃圾500余吨，碳减排约300吨，焚烧发电可供400个家庭一个月的用电量，真正实现了变废为“电”。

“无废城市”的县域实践

在“无废城市”第一批试点名单中，还有福建光泽县这样的县级区域。

光泽县发挥禽类养殖优势，探索“无废农业无废农村”建设路径。在福建光泽县鸾凤乡十里铺村，第二个年发电量1.47亿度的生物质发电厂项目正在抓紧建设中，预计明年7月投入使用。与以往发电不同的是，光泽县建设的这两座生物质发电厂，所消耗的是鸡粪废弃物，可以将全县养殖白羽肉鸡年产的50万吨鸡粪全部转化为清洁能源。

我国将推动百个城市开展“无废城市”建设

“十四五”时期，我国将推动100个左右地级及以上城市开展“无废城市”建设，目标是：到2025年，“无废城市”固体废物产生强度较快下降，综合利用水平显著提升，无害化处置能力有效保障，减污降碳协同增效作用充分发挥，基本实现固体废物管理信息“一张网”，“无废”理念得到广泛认同，固体废物治理体系和治理能力得到明显提升。

上海闵行新建一座再生资源化利用中心

装修垃圾资源化率可达85%以上

中国环境报 2021.12.21

本报讯 随着一斗斗建筑垃圾被“投喂”到进料口，两条处置装修垃圾与拆除垃圾的流水线顿时忙碌起来。日前，上海市闵行区华漕再生资源化利用中心投入试运营，项目将实现建筑垃圾资源化无害化利用，解决闵行区和部分中心城区建筑垃圾出路问题，助推上海向“无废城市”迈进。

华漕再生资源化利用中心项目规划用地面积 70 亩，布局呈狭长之势，最窄的地方只有 60 米，最宽的地方也只有 130 米。但项目却设有 4 条处置拆除垃圾、装修垃圾、工程泥浆、河道底泥的综合流水线及 1 条再生水泥制品生产线。如何做到在有限的空间内合理排布 5 条生产线？

项目建设负责人介绍，从节约用地角度出发，项目采用纵横紧凑化立体式布局，通过在厂房边缘设置存储区、设置竖向贯通检修吊装通道等方式，满足减少占地、功能分区清晰、场内交通组织顺畅、维护保养空间充足等需求。

此外，整个项目建设过程也做到高效，项目从设计到设备采购，监造、安装、调试，直至投入试运行，全程仅用时 199 天。

记者在现场看到，原先成堆成块的建筑垃圾，经过破碎、筛分、风选、磁选……摇身一变，成了一堆堆价廉物美的再生骨料。

项目引入智能分选技术提高整体工作效率。据设备及方案提供方负责人、北京建工资源循环利用投资有限公司总经理助理樊建斌介绍，在固废处置流水线上，通过大数据计算、智能摄像头实现建筑垃圾和轻物质的分离，使得城市固废处置变得“更聪明”。装修垃圾资源化率可达 85% 以上，拆除垃圾资源化率可达 95% 以上。经过资源化处置系统，生产出来的再生骨料有很多用途，可以制成再生砖、透水砖、还可以制成道路的回填材料，相比天然骨料，不仅节约了成本，对建筑垃圾资源化来说，也达到了减量化、资源化的效果。

华漕再生资源化利用中心整体建筑结构是装配式 + 被动式超低能耗绿色建筑，这种类型的建筑能够充分利用可再生能源，以更少的能源消耗提高整体环境舒适性、减少碳排放。

同时，为确保项目建设、运营不会对周围环境造成二次污染，项目采用前端微米级干雾抑尘 + 末端袋式除尘相并辅以喷淋洒水结合的除尘工艺，并配套了降噪措施。

项目正式投产后，除拆除垃圾、装修垃圾外，华漕再生资源化利用中心还将对工程泥浆及河道底泥等废弃物进行有效资源化处置。（丁波 蔡新华）

中国电子废物环境综合管理（2012 - 2021）

中国环境报 2021.12.27

摘要

近年来，中国的固体废物污染防治的法规制度体系日臻完善，固体废物源头减量和资源化利用持续推进，固体废物治理体系和治理能力得到显著提升，为建设生态文明和美丽中国提供了坚强保障，也为其他国家和地区提供了中国经验。

为全面介绍中国电子废物环境综合管理理念和实践，增进国际社会对中国电子废物环境管理的了解，特发布本报告。

一、坚定走生态优先绿色低碳发展道路

中国的电子废物环境管理以全面促进资源节约集约利用为目标，全方位构建电子废物减

量化、资源化、无害化体系，切实解决老百姓身边突出的电子废物污染问题，积极适应新形势新要求，扎实做好与“碳达峰、碳中和”等各项工作的对接融合，促进减污降碳协同增效，加快推动生态文明建设再上新台阶、取得新成效。

二、建成以废弃电器电子产品处理基金为核心的电子废物环境综合管理体系

电子废物管理是世界各国面临的重大环境问题，中国立足国情实际，在借鉴国际实践经验的基础上，形成了以废弃电器电子产品处理基金为核心的生产者责任延伸制度，建成符合中国国情的电子废物环境综合管理体系，为促进资源全面节约和循环利用、保护生态环境、保障人体健康奠定了坚实基础。

（一）中国电子废物管理制度框架日臻完善。《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《中华人民共和国清洁生产促进法》《中华人民共和国循环经济促进法》是中国电子废物管理的法律基础，在此基础上，特别是中国陆续出台《电子废物污染环境防治管理办法》《废弃电器电子产品回收处理管理条例》，并发布《废弃电器电子产品处理基金征收使用管理办法》等配套政策文件，电子废物环境管理体系和技术要求得到进一步完善。

（二）废弃电器电子产品处理基金成为电子废物管理制度体系核心。中国积极探索符合国情的电器电子产品生产者责任延伸制度，通过让电器电子产品生产者缴纳基金的方式，建立了废电器处理基金，用于废弃电器电子产品回收处理费用的补贴，成为全球首个通过建立废电器处理基金来实践生产者责任延伸制度的发展中国家。2012年至2020年，中国累计发放219亿元废电器处理基金用于补贴处理企业，引导约6亿台电视机、电冰箱、洗衣机、空气调节器、微型计算机进入正规处理企业，其中电视机回收率高达94%以上，电冰箱的回收率达到77%以上，处于国际领先水平，有效消除了环境风险，保障了人民群众身体健康。在废电器处理基金的激励下，废电器处理企业的发展内生动力和整体竞争力持续增强，中国的电子废物回收处理产业实现了跨越式发展。

（三）形成电子废物齐抓共管工作格局。中国紧密围绕废弃电器电子产品处理基金制度，通过一系列政策设计和成功实践，逐步形成了电子废物齐抓共管的良好格局。各相关部门协同发力，管理范围贯穿电器电子产品生产、流通、回收处理和循环利用的全生命周期。严格开展企业拆解处理情况审核，打击非法私拆拆解，有力保障了基金安全。

三、促进电子废物处理处置行业高质量发展

中国的电子废物处理企业规范发展与环境质量改善同步推进，显著降低了有关生态环境风险和职业健康风险，电子废物规范回收和再循环率处理率、技术研发、产业链体量、环境保护要求等方面加快与国际一流水平接轨，相关从业人员和行业管理者自信心不断增强，电子废物处理行业迈入新的发展阶段。

（一）处理企业主体活力充分激发释放。在废电器处理基金等支持政策的激励下，中国电子废物产业发展活力竞相迸发，产业规模优势逐渐显现。纳入废电器处理基金补贴名单的正规处理企业处理能力由2012年的0.46亿台/年增长至2020年的1.64亿台/年，电子废物

处理企业年实际处理量由 2012 年的 1010 万台增长至 2020 年的 8498 万台。中国的电子废物处理企业严格执行国家“以人为本，加强职业健康安全保障，改善劳动条件”的规定，坚持“预防为主”的工作方针，做到“不安全、不生产；不培训、不上岗”，从业人员职业健康和生命安全得到切实保障。

（二）处理技术水平显著增强提升。中国的电子废物处理行业自动化、机械化、智能化、绿色化水平不断提高，产业链得到延伸，价值链获得提升，企业的环境污染防治措施落实落地，拆解处理工艺流程标准规范，拆解处理技术不断革新，科技赋能应用成效显著，引领了整个再生资源产业的高质量发展。

（三）非法拆解活动得到有效遏制。有关执法部门通过打好非法拆解整治“组合拳”，电子废物非法拆解猖獗的情况得到遏制，行业劣币驱逐良币的逆淘汰现象得到明显扭转，促进了电子废物回收处理行业健康发展。曾有着“电子废物拆解第一镇”之称的广东汕头贵屿镇，通过一系列“疏堵结合”的环境综合整治行动，“家家拆解，户户冒烟；酸液排河，黑云蔽天”的情况已经绝迹，当地大气、水体污染情况均明显好转，实现了由原先的无序恶性扩张到绿色转型升级的跨越式发展，成为中国电子废物环境管理由乱到治的里程碑。

（四）行业综合效益日益凸显。在政府与市场“双轮”驱动下，中国电子废物回收处理等低碳环保产业不断发展壮大，清洁生产与循环经济加速融合，产业的减污降碳潜能持续释放，创造了一大批由此衍生的“绿色就业”岗位，实现了经济增长、资源节约、生态保护、民生改善的高度统一。2012 年至 2020 年，中国的电子废物处理企业产生的 1456.27 万吨拆解产物全部得到规范处理或利用，累计可带来约 6700 万吨 CO₂e 的碳减排量，有效防止电子废物带来的“二次污染”，同时避免了因电子废物污染造成的巨额生态环境修复成本。

四、持续深化电子废物管理国际环保合作中国通过深化国际环保合作，电子废物的管理水平正在与国际一流接轨，为构建人类命运共同体，共谋全球生态文明做出了突出贡献。

（一）切实履行电子废物管理相关条约义务。作为《巴塞尔公约》缔约方，中国充分展现中国负责任大国担当，在完善固体废物污染防治法规体系、推进废物利用处置设施建设、提升废物管理能力建设等方面开展了大量工作，取得了良好的履约成效，履约能力显著增强。中国积极推动《蒙特利尔议定书》的履约工作，为淘汰消耗臭氧层物质（ODS）、减缓气候变化、保护地球生态环境做出了举世瞩目的贡献，累计淘汰 ODS 超过 27 万吨，占发展中国家淘汰总量的一半以上，成为对全球臭氧层保护贡献最大的国家。

（二）共谋全球生态文明建设。中国积极通过召开国际会议、组织实地考察、主持交流座谈等多种方式，为全球应对日益严峻的电子废物环境管理挑战贡献中国智慧，提供中国方案。作为全球生态文明建设重要参与者、贡献者、引领者，中国通过生态环境对外援助、技术转让等项目，正在布局电子废物企业“走出国门”，让中国在电子废物管理领域取得的经验和技能更多地惠及发展中国家乃至发达国家，为推进全球生态文明建设、构建人类命运共同体谱写了新篇章。

五、结语

中国将坚持以人民为中心的发展思想，坚持生态优先、绿色发展，协同推进经济高质量发展和生态环境高水平保护，深入打好污染防治攻坚战，健全固体废物污染环境防治长效机制，用最严格制度最严密法治保护生态环境。培育壮大节能环保产业，完善电子废物回收利用体系，提高电子废物循环利用效率，推动各品类电子废物集中处理和资源化利用。积极参与全球环境治理，面向世界分享中国在电子废物环境管理领域取得的实践经验，共同建设美丽地球。

报告全文已在生态环境部固管中心网站公开。

五、太阳能

建立户外实证实验平台加快我国新能源“追光逐日”脚步

科技日报 2021.12.7

“十四五”期间，国家光伏、储能实证实验平台将投资约60亿元，设立光伏组件、逆变器、支架、储能产品实证实验区4个，储能系统、设备匹配实证实验区2个，规划布置实证实验方案约640种，为全球新能源发展贡献中国智慧、中国方案和中国标准。

12月5日，记者在黑龙江省大庆市大同区看到，一片片光伏发电板深邃如海，在阳光下熠熠生辉；40余米高的监测塔犹如“海中灯塔”，傲立其间“指引航程”。11月19日，国家光伏、储能实证实验平台（以下简称实证实验平台）首期任务完成，这也是全球首个光伏、储能户外实证实验平台，该平台首期任务在大庆竣工并网，标志着实证实验平台开始为新能源行业提供实证、实验、检测、认证等服务，引领行业发展。

首个“国字号”新能源户外实证实验平台拔地而起后，以该平台为依托，同步还建成了实证实验管理展示平台、大庆新能源科技研发中心、大庆市新能源科普馆，这些设施将加快我国新能源“追光逐日”的脚步。

打造首个“国字号”实证实验平台

2020年9月，习近平总书记在第75届联合国大会上作出我国力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和的承诺，确定了我国2030年非化石能源占一次能源消费比重达到25%和风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上的目标。随后，这一“3060”目标被纳入“十四五”规划建议，清洁能源发展迎来难得的历史机遇。

新能源，既是绿水青山，又是金山银山。兼具低碳、创新双重属性的光伏，正在抢占新能源“高地”。目前，中国是全球最大的光伏制造和应用国，同时储能产业发展潜力巨大。作为新能源“排头兵”，光伏应用是实现“3060”目标的重要武器之一。

近年来，随着光伏、储能技术的迅速发展，光伏电池及组件、逆变器、储能等关键设备、产品的理论研究、技术研发和实验室实验水平均在不断提升，但我国乃至全球对户外光伏发电系统实际运行的专业性、系统性研究却较少，存在已建成光伏发电系统运行性能无法

有效评估等问题。

在此背景下，光伏、储能实证实验平台建设迫在眉睫，而中国走在了世界前列。

光伏、储能实证实验平台的落地选址是个“技术活”，国家电投集团黄河上游水电开发有限责任公司（以下简称黄河公司）相关负责人介绍，实证实验平台最终“花落”大庆市，是由于当地石油储量丰富，太阳能、风能、地热能等能源资源开发条件非常优越，能确保高质量开展各类实证实验。同时，可用于建设的土地资源充足，地势平坦，具备同等条件下开展户外实证实验的优势，具备规模化连续开展实证实验的条件，并且实证实验平台所在区域未利用盐碱地、水面等地表环境多样，具备丰富的复合开发应用场景资源。

承担实证实验平台投资建设和运行管理任务的黄河公司，是目前全球最大的光伏发电运营商，也是国内唯一具有光伏实证示范基地建设经验的能源央企，在光伏科技创新、多能互补技术研究、新能源电站开发建设、储能技术研究及应用等领域拥有多项全球第一，在相关技术和管理方面具有突出的领先优势。

做新型电力系统的强大支撑

黄河公司党委书记、董事长谢小平介绍，实证实验平台安装了大量实时在线监测系统，通过对环境因素、发电量、组件、支架、逆变器运行特性等数据的监测分析，判定各类产品、系统集成技术在户外的实际效应，从而扩大整个光伏储能电站在电力系统的应用，支撑国家构建以新能源为主体的新型电力系统的建设。

“建设实证实验平台，创新性地开展在高寒、高纬度气候环境下，相关光伏设备，储能产品、系统的户外实证研究，让全球的光伏主流技术及产品同台对比，通过对运行数据进行对比分析，为光伏行业设计、施工、设备制造、研发、投资效益分析等提供详实的实测数据，有利于推动行业技术进步、成果转化、产业发展，对于国家制定产业政策、行业标准也具有重要意义。”中国国检测试控股集团股份有限公司（以下简称国检集团）光伏检验认证院院长肖鹏军说。

电力规划设计总院清洁能源研究院常务副院长王霁雪向记者表示：“建设实证实验平台也是促进国际合作的重要举措。立足国内大循环、畅通国内国际双循环，搭建设备创新、技术创新、应用场景创新等全方面的创新平台，对光伏、储能相关技术、产品开展实证实验，有利于提升整个产业的创新能力，强化品牌建设，提高国际竞争力；通过中国标准体系建设促进光伏、储能等产业国际合作，支持光伏、储能产业融入‘一带一路’，实现互利共赢。”

国家能源局总工程师向海平则认为，国家布局建设光伏、储能实证实验平台，将为新技术、新产品、新方案实际应用效果提供科学的检测对照数据支撑，为国家制定产业政策和技术标准提供科学依据，对于推动行业技术进步、成果转化、产业发展具有重要意义。

百种实证实验方案现已出炉

登上实证实验平台监测塔，临风远眺，一片光伏阵列的“海洋”尽收眼底；漫步实证实验管理展示平台室内展区，实证实验平台的“前世今生”徐徐展开；在实证实验平台园

区里，光伏子阵千姿百态。

据了解，“十四五”期间，实证实验平台将投资约 60 亿元，总用地面积 40 余平方公里，设立光伏组件、逆变器、支架、储能产品实证实验区 4 个，储能系统、设备匹配实证实验区 2 个。规划布置实证实验方案约 640 种，首期已布置方案 161 种，今后每年还将新增当年新技术、新产品的各类实证实验，打造行业实证亮点，为全球新能源发展贡献中国智慧、中国方案和中国标准。

作为实证实验运行的“大脑”，坐落于大庆市中科创业园的实证实验管理展示平台，搭载了国内一流数字化、信息化、智能化监控系统，兼具集控中心和数据中心功能，与位于大同区的实证实验平台现场实时数据互联、实景互联、信息互联。实验实证平台特别使用了独立物理网络并配置全套网络安全防护设备，加密传输数据，确保数据信息安全直达国家可再生能源信息中心。在户外实证现场，还同步搭载了时下最先进、最精准的监测、传感系统，确保实证实验平台的实证数据全面、真实、客观、可靠。

同时，为服务新能源行业发展，推动大庆可再生能源综合应用示范区建设，实证实验平台预留了开源端口，可逐步接入更多“源一网一荷一储”等能源全链信息。

“现场采集的全部信息汇集在创业园一方寸土，小小空间的海量信息将成为市场选择的风向标，掀起行业发展的浪潮。”黄河水电大庆公司执行董事汪洋表示。

“实证实验平台建成运行，从实证实验、管理展示、科技研发、教育普惠等全方位助力新能源行业发展。在碳达峰、碳中和的国家战略指引下，为推动大庆高质量发展打牢绿色低碳基础，如期实现‘双碳’目标，释放新活力，注入新动能。”大庆市经济研究中心副主任、能源局副局长薛志勋表示。（张蕴 李丽云 衡畅 张青银）

中国持续引领全球绿电增长

中国能源报 2021.12.6

2021 年又将是可再生能源新增装机创纪录的一年。日前，国际能源署（IEA）发布《2021 年度可再生能源市场》报告预测称，今年，全球风电、光伏以及其他可再生能源发电新增装机总容量将超过 2.9 亿千瓦，连续第二年刷新历史最高纪录。

全球可再生能源新增装机再破纪录

IEA 指出，虽然 2021 年光伏电池板和风机原材料价格都出现了不同程度的上涨，但全球光伏、风电以及其他可再生能源的装机量却加速增长，预计今年新增装机总容量将再度刷新历史最高纪录。

不仅如此，IEA 预测认为，未来五年内，全球可再生能源装机容量增长将进一步加快。到 2026 年，全球可再生能源电力装机总量将在 2020 年基础上增长 60% 以上，达到 48 亿千瓦，相当于目前全球化石燃料发电和核电装机量的总和。

尤为值得注意的是，IEA 预测认为，未来五年内，全球新增电力装机的 95% 都将来自

于可再生能源，其中光伏发电装机表现将尤为引人注目，占比将超过一半。

分析认为，2021年至2026年期间，全球新增可再生能源装机总量预计将在2015年至2020年期间的基础上增长50%以上，各国政府为可再生能源提供的支持政策和装机目标是让新增装机显著加速的主要因素。

IEA署长法提赫·比罗尔表示：“今年2.9亿千瓦的新增装机总量意味着一种新的全球能源经济的崛起。高企的大宗商品和能源价格让可再生能源行业充满了挑战，但同时，化石燃料价格的上涨却也让可再生能源变得更加具有竞争力。”

中国表现“最为耀眼”

在IEA看来，光伏是目前可再生能源中“动力”最为强劲的电，今年全球光伏新增装机容量较2015年至2020年的平均年新增装机容量上涨了17%左右，同时也创下1.6亿千瓦年新增装机容量的历史最高纪录。与此同时，风电也表现不俗，今年，陆上风电新增装机容量预计较此前平均年新增装机容量上涨25%；而到2026年，海上风电装机总量预计将在目前的基础上翻两倍以上。

从不同区域来看，根据IEA发布的预测，未来五年内，全球所有地区的可再生能源增速都将超过2015年至2020年这一时间段，同时，中国、印度、美国 and 欧洲将是全球排名前的可再生能源市场，未来五年内，上述四大市场的新增装机预计将占到全球的80%以上。

中国将是其中表现最为耀眼的国家。IEA预计，到2026年，中国风电与光伏装机总量有望超过12亿千瓦，这也将提前4年达成中国制定的风光装机目标。法提赫·比罗尔表示，中国将持续发挥在可再生能源行业中的优势，快速的可再生能源扩张将有助于中国达成降碳目标。

紧随其后的则是印度、美国以及欧洲国家。IEA预测认为，未来五年，印度可再生能源装机量将在2015至2020年新增装机的基础上翻倍，而欧洲国家和美国可再生能源装机量也将加速增长。

仍不足以应对气候变化

尽管全球可再生能源装机已经一再突破历史纪录，但在IEA看来，要达成“在本世纪中叶实现净零排放”的气候目标，全球可再生能源装机增速仍需要翻一倍以上。

IEA提醒称，目前，全球大宗商品价格持续走高，这一趋势很可能持续到明年初，这也将限制可再生能源装机增长。分析指出，大宗商品价格上涨已经推高了风光项目成本，抹去了过去数年的行业降本努力。测算认为，目前全球风电项目成本已出现上涨迹象，已“倒退”至2015年的水平，而光伏电池板成本的上涨则让光伏行业过去三年的降本努力“付之东流”。

不过，IEA报告的主要作者Heymi Bahar表示，大宗商品价格并不是阻碍新增可再生能源项目的主要因素，在很多国家和地区，风电与光伏已经变得比化石燃料便宜，繁琐复杂的项目审批流程才是当前新增风电项目的最大“拦路虎”，同时，各国也应该采取措施扩大消

费者和工业界对光伏的使用率。“近年来，我们已经看到了一个非常重要的转变，但要实现净零排放，现在仍需要提高增速。各国政府不仅要制定更高的目标，也需要制定更加完备的政策和措施。”

此外，IEA 还在报告中提到，生物燃料的使用也将变得更加重要。今年内，全球生物燃料的需求预计将超过 2019 年的水平，未来五年内，生物燃料需求则将加速上涨，但目前这一市场的增速也尚未达到净零排放所需。（李丽旻）

新建大型公共建筑将强制安装光伏设施

中国能源报 2021.12.6

本报讯 11 月 26 日，国务院印发《关于支持北京城市副中心高质量发展的意见》。

《意见》要求，打造京津冀协同发展的高质量样板和国家绿色发展示范区。积极推广新能源汽车，引导绿色出行。大力推广绿色建筑，新建大型公共建筑执行三星级绿色建筑标准、将安装光伏设施作为强制性要求。构建绿色低碳综合能源系统，推进近零碳排放示范工程，探索开展碳中和相关工作，支持节能减排相关改革创新政策在城市副中心先行先试。探索氢能利用、智慧化供热、多能耦合等应用场景，大力推广综合智慧能源服务项目。

业内人士称，结合北京市此前下发的光伏补贴政策以及各区内下发的光伏补贴政策，预计北京城市副中心分布式光伏将迎来飞跃发展。（张胜杰）

屋顶能发电 站内可加氢充电加油

信息时报 2021.12.1

信息时报讯（记者 李丹）昨日，位于广州市黄埔区东明三路的综合能源服务站正式投营。据了解，该站由中国石化与恒运集团携手建设，集合了加油、加氢、充电及光伏发电项目，是粤港澳大湾区首座能源供应最齐全，服务功能最丰富的综合能源服务站。

“7 分钟，续航 300 公里，方便快捷！”在东明三路综合能源服务站加氢区，广州首条氢燃料电池公交示范线 388 路司机张师傅尝到了广州公交加氢的“头啖汤”。作为中国石化在广东建设的第五座具有加氢功能的综合能源服务站，东明三路综合能源服务站目前设置 2 台加氢机，日加氢能力达 500 公斤，可满足 60 台氢燃料电池汽车用氢需求，主要服务周边氢燃料电池公交、物流和环卫车辆，对比传统石化能源，每年可减少碳排放 2500 吨。据了解，该站引进的是国内领先的氢气压缩机，并创新采取压缩机机头预冷装置，增压能力提高 10%，从而促进加注效率的提高。

在综合能源服务站充电区，配备了两台 240 千瓦直流充电桩，可同时为 4 台电动汽车充电，日充电能力达 80 车次。除了充电外，面积达 100 多平方米的光伏发电装置也格外引人注目。这是中国石化推动“双碳”目标实现，正在全系统加油站推广建设的光伏发电项目。东明三路综合能源服务站副站长唐晓棠介绍，该站配备的分布式光伏发电装置，基本能满足

加油站日常生产经营和生活用电需求，在光照充足时，多余电量还可上网，不仅“自给自足”，还能有效促进循环经济。据统计，每年可节约用电 11000 度。

据中国石化销售广东石油分公司（以下简称“广东石油”）相关负责人介绍，东明三路综合能源服务站是广东石油与恒运集团联手打造百亿级氢能项目中的一个落地站点。“未来我们还将继续深化与地方政府合作，发挥中国石化全产业链优势，在推动氢能、充电和光伏等新能源业务方面积极布点，为广大车主提供更洁净环保，更丰富多元的能源供给服务。”

根据相关规划，广东石油与恒运集团将联手建设 20 座综合能源服务站。东明三路站启用当天，双方合作的另一个站点——中新知识城佛塍综合能源服务站启动开工，预计明年 5 月建成。

我国新型叠层太阳能电池效率可达 28.2%

中国能源报 2021.12.13

本报讯 近日，中国科学院宁波材料技术与工程研究所硅基太阳能及宽禁带半导体团队与浙江省能源集团联合研发出认证效率为 28.2% 的两端钙钛矿/晶体硅叠层太阳电池，仅次于德国亥姆霍兹柏林研究中心报道的 29.8% 和牛津光伏报道的 29.5%，为国内目前报道的最高值，同时也是国际上基于隧穿氧化硅钝化接触（TOPCon）底电池的钙钛矿/晶体硅叠层太阳电池的最高效率。

与基于平板结构或金字塔绒面结构的传统钙钛矿/硅异质结（SHJ）叠层电池不同，该器件采用了与产业化相兼容的黑硅纳米绒面和 TOPCon 结构的设计，并通过表面重构技术同步提升硅底电池的光学和电学响应；同时，黑硅纳米绒面可以提高钙钛矿前驱液和反溶剂的润湿性，并通过纳米限域效应诱导钙钛矿的垂直生长，从而提高钙钛矿的晶体质量并促进顶电池中载流子的分离和收集；此外，黑硅纳米绒面还可以有效释放钙钛矿薄膜的内应力，提高叠层器件的长期稳定性。

目前传统晶体硅的效率发展面临瓶颈，而钙钛矿/晶体硅叠层太阳电池可以有效解决高能光子的热化损失问题，被认为是突破单结电池理论极限最有效的下一代光伏技术。其器件效率在短短 6 年时间内从 13.7% 飞速发展到 29.8%。而如何进一步突破效率 30%，提高其稳定性，并实现低成本的规模化制备是接下来钙钛矿/晶体硅叠层太阳电池研究领域的重点。（林华君）

光伏制氢已具备成本竞争力？

中国能源报 2021.12.13

近日，国际光伏联盟助理总干事 Philippe Malbranche 在行业会议上指出，在光伏项目招标电价不断突破最低值的情况下，光伏制氢成本已经有望低至 2 美元/千克以下，竞争力大幅提升，甚至已经能够与化石燃料制氢的成本相媲美。

光伏电价不断创新低推动绿氢发展

行业分析机构标普全球普氏援引 Philippe Malbranche 的话称，目前，可再生能源电解水制氢项目成本的 2/3 都来自于电解水所需的能耗，另 1/3 则来自于电解槽。这意味着，风电、光伏等可再生能源本身的发电成本是目前绿氢生产成本的主要来源，要降低绿氢成本，重点就在于降低绿电成本。

“实际上，目前，部分国家、部分地区的光伏发电成本已经能够达到 0.01 美元 - 0.12 美元/千瓦时，这一光伏发电报价已经足够让绿氢具备经济性以及大规模发展的潜力，这也让光伏制氢达到了规模化发展的‘临界点’。” Philippe Malbranche 称。

以海湾地区为例，据国际可再生能源署测算，2020 年初，卡塔尔电力与水电公司的光伏电站项目成交电价已低至 0.0157 美元/千瓦时，低廉的光伏成本已有望让海湾地区成为绿氢出口热土。

不仅如此，根据标普全球普氏今年 8 月发布的一份评估报告，在澳大利亚南部地区，部分时段存在光伏发电过剩的现象，利用光伏发电生产氢气与氨气能够消耗掉过剩电力，绿氢、绿氨项目甚至抵消了部分电力消纳成本，这也让光伏制氢的经济性进一步提高。

在此情况下，随着全球电解水制氢装备制造成本逐步下降，光伏制氢成本将有望突破 2 美元/千克大关，降至 1.5 美元 - 2 美元/千克的水平，较目前普遍高于 3 美元/千克的生产水平大幅下降。

化石燃料制氢竞争力“打折”

在绿氢成本不断下降的同时，化石燃料制氢的成本却有上升之势。今年 11 月，行业研究机构 ICIS 就曾发布报告称，受天然气、煤炭价格上涨影响，欧洲多国的煤制氢以及天然气制氢成本快速上涨，进入冬季后，化石燃料制氢的生产成本约为 5.5 美元/千克，最高甚至突破了 8 美元/千克；相比之下，可再生能源制氢成本则长期稳定在 4 美元/千克左右。需要注意的是，2019 年，国际能源署公布的数据显示，煤制氢和天然气制氢的成本基本维持在 1.7 美元/千克的水平，这也意味着今年化石燃料制氢的成本至少翻了一番。

不仅如此，据英国《卫报》报道，此前，澳大利亚国立大学曾发布研究显示，由于化石燃料制氢存在较高的温室气体排放量，高昂的碳排放成本和化石燃料投资搁浅风险也已经让其成本高于绿氢。另外，天然气制氢的甲烷排放问题也相对严重，为控制甲烷排放做出的努力也将进一步推高灰氢、蓝氢成本。

市场研究机构伍德麦肯兹氢能研究分析师 Bridget van Dorsten 近日表示，多重因素推动下，今年，化石燃料制氢的竞争力较一年前已经显著下降，全球风光制氢的成本竞争力已有大幅提升。

2025 年前光伏制氢成本或再降五成

在电解槽方面，据伍德麦肯兹最新发布的预测，到 2025 年，全球碱性电解槽制氢和质子交换膜电解槽制氢成本预计将分别下降 35% 和 50%，固体氧化物水电解槽成本预计“也

将在未来六至八年里出现显著下降”。该机构分析认为，电解水制氢规模、市场参与者的增加以及更高的自动化程度都将成为推动电解槽制造降本的因素。

Bridget van Dorsten 表示，项目初始投资的减少将有助于降低氢气的生产成本，加上市场上愈加廉价的可再生能源采购协议和绿电利用水平，具有竞争力的可再生能源电解水制氢市场潜力已经开始释放。比如，在可再生能源资源丰富的国家，可再生能源电力成本甚至有望进一步降至 0.01 美元/千瓦时的水平，绿氢成本也能随之稳定在 1 美元/千克的水平。

随着全球各国不断扩大光伏装机量，光伏制氢项目也在不断上马，业界普遍预测，未来十年内光伏制氢市场规模将进一步扩大，甚至有望“反哺”光伏，成为推动全球光伏装机增长的新动力。

根据国际能源署发布的数据，截至 2020 年，全球电解水制氢产能约为 30 万千瓦，其中所用能源主要是可再生能源电力。另外，从目前各国已规划的绿氢新项目来看，总计约有 30 个国家规划了新的电解水制氢产能，预计到 2026 年，全球电解水制氢产能将达到 1700 万千瓦时，可推动可再生能源电力额外新增 1800 万千瓦以上的装机量。其中，中国、智利、西班牙以及澳大利亚将成为未来五年内可再生能源制氢新增产能的主导力量，市场份额将占到全球总量的 85% 以上。（李丽旻）

亚洲最大滩涂渔光互补发电项目并网

中国电力报 2021.12.18

12 月 16 日，在浙江温州，泰瀚 550 兆瓦渔光互补发电项目成功并入国家电网，清洁发电量全额消纳。该项目是全国最大单体渔光互补项目、全亚洲最大滩涂渔光互补光伏发电项目，由国网浙江省电力有限公司投资 8300 余万元建设相应配套送出工程。发电后，温州电网清洁能源发电装机容量将提升约 26%，助力全国光伏发电量创新高，每年可减排二氧化碳 64.8 万吨，对温州建设以新能源为主体的新型电力系统具有重要意义。

据了解，泰瀚 550 兆瓦渔光互补项目坐落于温州浙南产业集聚区瓯飞围区内的滩涂上，占水域面积约 4.7 平方公里，工程共安装 142.8 万片光伏组件。该项目将渔业养殖和光伏发电相结合，未来光伏板下将以养殖青蟹和贝类为主，“上可发电、下可养鱼”，让集约用海变成现实。（黄周虎 李俐 王雪）

冀北电科院破冰光储电站实测建模

中国电力报电气周刊 2021.12.16

本报讯（通讯员刘迪 吴林林）报道 近日，国网冀北电科院与张家口合垣智慧能源有限公司签订技术服务合同，承接其下属光储电站建模与振荡评估服务。这是冀北电科院首次承担含储能系统的新能源场站实测建模业务，标志着冀北电科院实测建模业务新添了储能系统板块，实验室储能专业找到新的技术支点。

储能系统实测建模包括半实物测试、机电暂态建模、电磁暂态建模等内容，虽然在工作内容上与新能源机组类似，但是由于储能系统建模标准缺失等原因，储能系统半实物测试与实测建模在国内尚属空白。此次工作后电科院将成为首个具备储能系统半实物测试与建模能力的省级电科院，进一步巩固该院在新能源实测建模领域的领先地位。

近年来，国家层面发布多个政策鼓励“新能源+储能”模式发展，即将到来的大规模场站侧储能为电科院储能专业挖深提供了良好的平台，也孕育着庞大的技术服务市场。新能源所高度重视此次专业深化的契机，以实验室实测建模为突破口，逐步积累储能系统并网运行的专业基础，在储能电池本体、EMS 之外培育到新的专业支点，为电化学储能在冀北电网规模化应用做好技术储备，加快补齐冀北电科院在储能方向的短板，助力“四个一流”电科院建设。

浙首个“光伏+熔盐储热+液流储电”项目投运

实现园区全生命周期“零碳排放”

中国电力报 2021.12.16

本报讯（通讯员吴莹 丁豪 富岑滢）报道 日前，浙江省首个“光伏+熔盐储热+液流储电”项目在杭州市钱塘区西子航空园区投运。项目建有容量0.6万千瓦屋顶光伏电站，装有年消纳谷电974.4万千瓦时的熔盐储热装置和容量400万千瓦时的液流电池，预计全年可减排二氧化碳1.25吨，实现园区全生命周期“零碳排放”。

为什么要探索多种“新能源+储能”的形式？“前不久，浙江刚刚出台了支持新型储能发展的政策，鼓励开展熔盐储能、储氢等创新储能技术研究和示范应用，计划在2021~2023年建成并网100万千瓦新型储能示范项目。”国网杭州市钱塘供电公司副总经理刘箭解释。这座“零碳工厂”作为全省首个“光伏+熔盐储热+液流储电”的示范项目，对于当前建设新能源为主体的新型电力系统，进一步提升电力系统灵活调节能力和安全保障能力，具有非常积极的意义。

光伏电站是园区“零碳排放”的基础。园区内，几乎每一块屋顶资源都被利用起来，应用高效的单晶硅、与建筑融为一体的异质结电池、钙钛矿幕墙发电等光伏技术，源源不断发出光伏电。据测算，该光伏电站年发电量约530万千瓦时，可以满足园区500万千瓦时的全部年度用电量，多出的电量并入电网获得“阳光收益”。

规模化熔盐储热技术也是本项目一大亮点。在园区内，有两个直径约4米、长约13米的储盐罐，单体容量280吨熔盐。它的原理是利用光伏电能或在谷电期间消纳电网电力并以热能的形式储存起来，当需要用热时，由蒸汽发生器给生产线的工艺用热、园区的生活用热提供蒸汽热源。目前，两个储盐罐的总储热量能达到100吉焦，年供蒸汽超过10000吨，项目熔盐储能技术的热电联供效率能达到90%。

此外，熔盐罐的边上，还装有一个集成箱式全钒液流电池。液流电池通过光伏或谷电储

存电力，并在峰电时释放电力，帮助电网实现柔性“削峰填谷”。同时，园区内还配有一套智慧能源“大脑”，对多种新能源发电和储能技术进行有机整合，为园区提供包括热、冷、气在内的多类型用能方案。

清洁能源也是省钱能源。西子航空园区设备负责人华立宏算了一笔经济账：“通过智慧系统联动调节光伏、熔盐储热和液流储电，最优情况下，一年将比原有的用能模式节省费用450万元。”

“钱塘区总体经济增速快，电力需求增长也快，尤其是第二产业用电占比高，并且负荷峰谷差大。因此探索新型储能技术，推动工业园区低碳转型十分必要。”钱塘区发展改革局能源管理科科长鲁业铮说，“我们鼓励以这样的示范项目，带动大规模储能项目的推广。”

我国光伏发电平均利用率达 98%

中国能源报 2021.12.20

在12月15日举行的2021中国光伏行业年度大会上，业内人士认为，光伏产业已成为我国少有的形成国际竞争优势并有率先成为高质量发展典范的战略性新兴产业，是推动我国能源变革的重要引擎。

目前，我国光伏产业在制造业规模、产业化技术水平、应用市场拓展、产业体系建设等方面均居全球前列。“十四五”期间，光伏发电将迎来巨大的发展机遇，行业健康发展需要上下游企业共同努力。

利用水平显著提高 平均利用率约 98%

国家能源局新能源和可再生能源司副司长任育之在会上表示，近年来，我国光伏行业发展成就举世瞩目。光伏发电开发规模持续扩大，截至今年10月底，总装机规模达到2.8亿千瓦，新增装机规模约2900万千瓦，总装机和新增装机规模多年来位居全球首位；光伏发电利用水平显著提高，今年我国光伏发电的平均利用率达到约98%。

与此同时，我国光伏技术水平不断进步，中国光伏行业协会名誉理事长王勃华用“日新月异”来形容。他介绍道，尤其在转换效率方面，2021年，我国PERC单晶电池量平均转换效率达23.1%，最高达到23.56%。在光伏晶硅电池实验室效率方面，从2014年起至今8年时间，我国企业、研究机构晶硅电池实验室效率已42次打破纪录，2021年已11次打破纪录。

“我国光伏发电技术加速迭代，不断刷新转换效率世界纪录，成本持续下降，有力支撑了我国光伏发电进入平价无补贴的发展阶段；产业优势也持续增强，产业链硅料、硅片、电池组件等各环节产量均占全球绝对引领地位。”任育之表示。

王勃华介绍，今年以来，我国光伏制造端增长势头强劲。前三季度多晶硅产量36万吨，同比增长24.1%，硅片产量1.65亿千瓦，同比增长54.2%；电池产量1.47亿千瓦，同比增长54.6%，组件产量1.3亿千瓦，同比增长58.5%。在量产效率上，2021年PERC单晶

电池量产平均转换效率 23.1%，最高达到 23.56%。

光伏装机量预测下调需共同维护产业链稳定

王勃华提醒，光伏产业要警惕供应链价格上涨带来的风险。“供应链价格的上涨会影响到光伏装机的预测。”他认为今年的光伏装机量预测要下调，由原来的 5500 – 6500 万千瓦下调至 4500 – 5500 万千瓦，即下调 1000 万千瓦，发展不及预期的原因为指标下发滞后、价格上涨等因素所致。

采访中，记者发现，业内人士对明年新增装机量持乐观态度。王勃华预测，在国内巨大的光伏发电项目储备推动下，2022 年，我国光伏新增装机可能超过 7500 万千瓦。国网能源研究院的报告显示，光伏发电是增长最快的电源类型，在“整县光伏开发”等相关政策的激励下，光伏发电发展将进一步提速。

任育之指出，国家能源局将从四个方面推动新能源发展，即以区域布局优化发展、以重大基地支撑发展、以示范工程引领发展、以行动计划落实发展。“对于光伏的发展，我们将坚持集中式与分布式并举、就地消纳与外送消纳并举、单品种开发与多品种互补并举、单一场景与综合场景并举，进一步推动光伏发电更大范围、更多场景、更多模式、更高水平的利用。”

业内人士普遍认为，从今年前十月全国发电量来看，我国光伏发电量占比还很低，大规模发展还需要时间。

中国光伏行业协会名誉理事长、天合光能董事长高纪凡建议：“今年光伏行业硅料、硅片、电池片、组件等不同环节盈利差别大，上下游产业发展不均衡，产业链各环节企业需要按照可持续发展的思维，思考行业发展方向。”

“十四五”期间，光伏产业如何发展？任育之建议，首先要共同维护光伏产业链的平稳发展，产业链供应稳定，价格平稳，既是全行业共同的期待，也符合全行业的共同利益；其次要坚持科技创新，持续推进光伏行业技术进步、成本下降；此外，还要坚持模式创新，积极培育新模式新业态。（苏南）

光伏 2022 年新增装机或超 7500 万千瓦

今年前 10 月新增装机 2931 万千瓦

中国电力报 2021.12.20

本报讯（记者 伍梦尧）报道“受到指标下发滞后、价格上涨等因素的影响，我国 2021 年光伏发电装机规模预测下调至 4500 万 ~ 5500 万千瓦。”中国光伏行业协会名誉理事长王勃华在 12 月 15 日召开的“2021 中国光伏行业年度大会暨（滁州）光伏创新发展高峰论坛”上表示，在大规模国内项目储备量的推动下，2022 年，我国光伏装机可能增至 7500 万千瓦以上。

今年前 10 月，我国光伏发电新增装机 2931 万千瓦，同比增长 34%。其中，户用光伏

涨势凶猛，前十月累计新增装机 1360 万千瓦，10 月新增装机 193 万千瓦，占当月光伏装机总量的 51.5%。1~10 月，光伏发电量 2738 亿千瓦时，同比增长 22.8%，占总发电量的 4%，同比增长 0.3 个百分点，光伏发电平均利用率 98%。

今年 1~10 月，我国光伏产品在海外市场表现继续提升，光伏产品出口额约 231 亿美元，同比增长 44.6%。其中，光伏组件出口量 8220 万千瓦，同比增长 32.2%，出口额同比增长 44.8%；组件受海外市场需求增加和价格上浮双重影响，出口额大幅增长。

谈及今年装机预期下调的原因，王勃华表示，这一市场表现是多重因素叠加的结果。例如，部分地区因能耗双控提出限电、停产要求，造成光伏产业链相关企业减产 20%~50%，对正常生产产生较大影响。而部分产品由于自身产量存在缺口或受其他行业的市场挤占，出现阶段性供需失衡，导致供应链价格上涨，也对年度装机造成一定影响。

2022 年，实力“雄厚”的项目储备规模将支持我国光伏发电发展提速。其中，仅已公布的大基地项目名单，其累计装机规模已超过 6000 万千瓦，将推动我国光伏发电行业重回快速发展轨道。

下一阶段，我国将坚持集中式与分布式并举、就地消纳与外送消纳并举、单品种开发与多品种互补并举、单一场景与综合场景并举，进一步推动光伏发电实现更大范围、更多场景、更多模式、更高水平的利用。

全球首个超高海拔光伏实证基地启动

中国能源报 2021.12.20

本报讯 12 月 14 日，四川省清洁能源发展重大项目、全球首个超高海拔光伏实证基地项目——国家电投四川甘孜州乡城正斗光伏实证基地项目正式启动。

正斗光伏实证实验基地项目位于四川省甘孜州乡城县正斗乡顶贡大草原，项目总装机 40 万千瓦，总投资 22.4 亿元，是全球首个超高海拔光伏实证基地，也是目前四川省单体规模最大的光伏发电项目，计划于 2022 年 9 月建成投产。项目建成后可实现年发电量约 7.74 亿千瓦时，每年可节约标准煤 23.8 万吨，减少二氧化碳排放量 65 万吨。该项目的实施将填补我国光伏实证基地在超高海拔、中纬度地区的空白，为川藏高原以及全国范围内相似场景地区的光伏建设提供参考。

甘孜州地处川西北生态示范区，是我国西部及藏区重要的生态屏障，战略地位十分重要。针对高原草地的生态保护，国家电投量身定制集“发电、集水、储水、灌溉、种植”于一体的光伏生态系统，以“降蒸发、均水源、保水土、复生态”为目标，届时配合种植适宜高海拔生长的优质牧草品种，以达到改良当地生态环境的目的。同时，本项目应用“云大物移智”新兴数字化技术，利用智慧施工管理系统和光伏电站数字孪生生产运维管理系统，结合逆变器智能诊断等技术，并通过远程集控实现“无人值守”目标，将为后续扩大超高海拔光伏项目建设规模提供参考。（厉娜）

农村能源体系“绿化”任务紧迫

中国能源报 2021.12.20

专家观点

农村能源系统走向清洁低碳，既要清洁供应，也要关注用能侧改造；既要做到清洁、节能、低碳、舒适，也要让百姓、政府的经济能力和资源的存量能够承受。可结合本地可再生能源等资源情况，构建以本地消纳为主的分布式新能源系统，有效促进农村能源降碳。

“2020年全省秸秆‘五化’利用率仅为58%，大量秸秆没有有效消纳途径，露天焚烧问题屡禁不止。2020年4月，全省秸秆焚烧火点多达1700余个，造成长春、吉林、辽源等市环境空气质量指数‘爆表’。”近日，中央第一生态环保督察组向吉林省反馈督察情况，将当地秸秆露天焚烧问题列为需要关注的重点问题。

秸秆“五化”包括燃料化、原料化等利用途径。农村地区常见的农林废弃物，用好了可以是宝贵的零碳生物质能，增加当地清洁能源供应，但目前简单堆放、直接焚烧等情况不是个例。记者了解到，上述现象也是农村用能问题的一个缩影。在降碳要求下，广大农村地区同样需要构建清洁低碳的能源体系。但长期缺乏科学认知、有序管理，让这项任务异常紧迫而艰巨。

农村分布点多面广，用能需求和条件各异

“记得去年调研时，高速两旁就能看到火海一样正在焚烧的秸秆。前段时间我们又去看，当地花大力气做了秸秆禁烧，但仍有百姓偷着烧。”在近日召开的县域生物质清洁取暖与供热分论坛上，中规院（北京）规划设计有限公司主任覃露才说起辽源的情况时表示，当地秸秆资源丰富，长期以直接燃烧为主，利用率不足60%。“比如冬季供暖，仅部分乡镇采用生物质锅炉，清洁取暖率一度只有2%。但同时大量秸秆散烧又造成大气污染、资源浪费。”

覃露才表示，辽源属于首批煤炭枯竭城市，油、气资源缺乏，靠外部能源供热价格偏高。农民习惯用土炕、生物质炉具取暖，使用电、气替代，对现有生活方式改变较大，当前尚不可取。“东北不能照搬华北、西北模式。若能就地利用生物质资源，不仅能解决采暖需求，还可带动农村清洁能源供应以及产业发展。”

而在长江流域，情况又有不同。重庆大学教授刘猛举例，重庆多地曾尝试推广村镇沼气，但因山地零散，把每一户沼气集中起来提纯难度很大。原料短缺导致产气不稳定、可控性差，还存在不卫生、不安全等问题。“当地农村最大特点之一是分散。因此，能源供应方式要灵活，并考虑易维护、低成本。”

如何做到因地制宜，正是构建农村清洁能源体系面临的重大难题。“很多农村想学城市，但是像城市一样用电、用气，基础设施投资及运行费用较高，农户往往难承受。我们在北方农村看到，一些集中供热管道经过狭窄的小道进入农户家中，热源是集中型空气源热泵。这种方式热效率未必高，还有安全隐患。农村分散的住宅形式、个性化的环境需求，以

及不同的建筑使用方式、经济水平，决定了用能方式也会不同。”清华大学建筑学院副院长杨旭东表示。

既要解决“清洁供”，也要做到“节约用”

杨旭东进一步称，统计数据显示，农村用能约占全国建筑用能的30%，另有生物质直燃等折合约0.9亿吨标准煤，用量大在客观上增加了农村清洁低碳能源体系建设的难度。“部分率先尝试清洁化改造的地区，刚开始并不清楚什么技术合适，各种方式都想试一试。结果一试很容易就乱，不适用的技术未必能被及时发现，一旦大规模推广就会带来新的问题。还有很多地区只进行供能侧改造，忽视用户侧房屋改造等。虽然解决了‘清洁供’，却未做到‘节约用’，不仅没真正实现清洁高效，还影响到用户能承受、可持续。”

这一观点得到中国建筑科学研究院研究员邓琴琴的赞同。“农村能源系统走向清洁低碳，既要清洁供应，也要关注用能侧。相比城市，农村在这方面发展晚了近30年，目前正在加紧推行建筑节能低碳标准。对此，要从顶层设计出发，明确整体节能减排技术路线，推动出台农村社区低碳乃至零碳目标整体解决方案，建立健全技术标准体系。”

“当前我国农村虽已实现电气化，但是如果将电和天然气作为主体能源，多数农民还是不具备经济条件，供给也存在问题。”一位不愿具名的业内人士坦言，改造遇到种种问题，背后是对农村清洁用能问题的认识和重视不足。“过去较长时间内，农村能源系统处于相对无序的发展状态。即便不少地区投入大量人力、财力推行煤改电、煤改气，但更多停留在简单替代，缺乏系统化推进机制，也未形成可推广、复制的路线与模式。如今在降碳目标下，改用天然气不仅增加用能成本，还会在一定程度上抑制可再生低碳能源发展空间。没有以碳排放作为标准进行科学界定，就不能从根本上解决减碳问题。”

同步建立运营体系，避免“重建轻管”

什么样的能源体系才符合农村需求？杨旭东认为，既要做到清洁、节能、低碳、舒适，也要兼顾三个约束，即百姓、政府和资源均能承受。“最好的办法就是结合本地可再生能源等资源情况，构建以本地消纳为主的分布式新能源系统，有效促进农村碳中和。”

杨旭东举例，农村往往有很多空地、屋顶，这些资源都可以用作新能源供应的空间基础，进而实现分布式电力发、储、用，促进就地就近消纳，增加用能的灵活性。“比如，北京农村100平方米的人字形屋顶，可安装32平方米光伏板，全年发电约8192千瓦时。在此基础上，建立以自然村为单元的直流微网，满足农村建筑、交通、农机等用电需求。以前是把屋顶光伏大量上网，电网要承受调峰等压力，如果先在村内解决自用问题，在微网基础上再与电网联动，可同时解决农村产能和用能问题。”

除了供能侧，用户侧节能低碳运行也是关键。邓琴琴认为，对于新建农宅，在规划阶段就要根据环境气候等特点，结合当地可再生能源资源进行评估。“建筑布局上应有利于可再生能源利用。比如夏季增强自然通风、减少热岛效应，冬季增加日照等。同时，从绿色低碳角度，考虑建筑结构、暖通空调、给水排水、电气与智能化等设计，尽可能选用低碳材料。

既有建筑改造也要达到相应节能目标，宜选用生命周期内因生产、运输、建造、拆除等产生的碳排放量小于运行阶段因节能减少的碳排放量的系统或产品。”

上述人士还称，农村资源及用能分散，分布式能源项目单体量小，但总的需求量大，不可能‘一改即可’。“建立农村清洁能源运营体系，必须避免‘重建轻管’，关键要把合理技术与有效管理机制结合好，强化系统配套与集成。”（朱妍）

美军实现太阳能射频转换

从太空向部队供电 成为可能

参考消息 2021.12.26

【美国《防务新闻》周刊网站 12 月 23 日报道】美空军研究实验所和诺思罗普 - 格鲁曼公司已经成功地将太阳能转化为射频，这是建设将能源从太空传输给地面士兵的未来卫星系统的重要一步。

研究人员通过地面实验测试了“太空太阳能增量示范和研究项目”所需的关键硬件之一。该项目是一个创新系统，利用卫星在轨道上收集太阳能，并将其转化为射频，然后传送给地球上的用户，接收方可以将其重新转化为能量，为士兵、车辆甚至前方作战基地的设备供电。实验室官员认为，此举是为了让偏远部队获得可靠的太阳能，而不必随身携带大型太阳能电池板。

美空军研究实验所和诺思罗普 - 格鲁曼公司测试了“夹心砖”的成分。夹心砖是一种太阳能电池板，能够转换射频采集的能量。这种太阳能电池板有两层：一层是收集太阳能的高效光伏电池，另一层的功能是实现射频转换和波束成形。“太空太阳能增量示范和研究项目”副经理梅洛迪·马丁内斯发表声明说：“项目办公室对实验室环境下的这种基础能力感到非常兴奋。在组件层面将太阳能转化为射频能源，是实现大规模天基太阳能发电站的关键一步。”

光伏全产业链仍存降价预期

中国能源报 2021.12.20

本报讯 12 月 16 日，集邦新能源网发布了最新的光伏产业链价格。

硅料报价持续下滑，但硅片环节接受度依旧不高。近期硅料下游价格回落并未明显刺激终端需求，导致市场订单仍较清淡，少量现货采购促成单晶用料的人民币报价下行至 253 元/千克左右。目前中下游对于硅料报价仍较谨慎，有下游企业反馈，考虑到终端成本及硅料环节的盈利空间，硅料仍需降价 10 - 20 元/千克。本周部分硅料企业由于库存压力较小，不愿大幅让利，市场博弈气氛明显。

观察硅料环节的生产运行及出货情况，多数企业按约定的长单出货，部分企业硅料库存

水位提高。当前硅料下游整体库存仍在消化阶段，硅料在降价过程中，部分硅料企业也持续试探硅片市场需求强度，并希望下游备货订单能延续到春节。另一方面，由于硅片市场通过降价、减产、去库存等多种方式向硅料市场压价，硅料的整体库存有所提升，但仍在1-2周的合理区间内。

硅片报价大幅下跌，部分企业重新上调M6硅片产出比例。整体硅片降价清库存动作持续进行，目前G1硅片市场均价下调至5.09元/片，M6硅片市场均价下调至4.9元/片。大尺寸方面，M10硅片销售竞争激烈，企业库存积压大，市场均价大幅下调至5.75元/片，G12硅片市场均价下调至8.2元/片。多晶方面，在终端需求本就疲软的形势下，受产业链价格波动影响，多晶硅片报价下跌幅度明显，近期海内外价格已降至2.05元/片和0.285美元/片。

在硅料报价仍未走稳的形势下，市场观望气氛较浓，且随着硅片市场的库存水平不断抬升，已有不少硅片企业下调生产计划。同时基于大尺寸硅片竞争激烈，以及明年一季度M6产品交货，需求回暖的预期，部分企业开始重新上调M6硅片产出占比。

电池报价持续下滑，下游整体需求未见起色。近期光伏各环节的价格在不断下行，但市场并未出现预期的终端需求的回暖，目前加上组件企业在采购电池片时，仍是按订单进行采购，对于电池现有的报价也存在一定的降价预期。

目前市场上除了部分一线组件企业维稳报价外，大部分二三线纷纷对报价进行调整，部分企业迫于库存压力，已采取低价抛售的行为。整体而言，市场报价混乱，且落地成交订单较少。2022年初的组件需求集中在印度市场和陆续启动的国内项目，但产业链价格未走稳的形势下，组件市场上仍以企业较小订单和前期订单交付为主。

辅材方面，玻璃报价小幅下修，整体需求不容乐观，而下半年天然气价格高企使得光伏玻璃的成本压力激增，部分玻璃企业已计划通过采用直供气方式降本。背板市场价格持稳，企业降价动力不足，或推动背板企业转产性价比相对较好的产品。胶膜市场价格持稳，组件企业需求相对较高，部分胶膜企业上调开工率，加速消耗高价粒子库存。（刘薇）

有机太阳能电池器件电压损失机制获揭示

中国科学报 2021.12.22

本报讯 东华大学先进低维材料中心、纤维材料改性国家重点实验室研究员唐正课题组等，揭示了有机太阳能电池器件电压损失机制，明确了给受体间距对有机光伏器件电压损失的影响，并提供了调控给受体间距的材料设计策略，为突破有机太阳能电池性能瓶颈提供了新思路。相关研究成果近日发表于《自然—通讯》。

随着有机给受体半导体材料的快速发展，有机太阳能电池器件光电转换效率快速提高，即将突破20%。然而，有机光伏器件性能目前仍然受限于器件较低的输出电压。因此，该

如何减少器件内部电压损失成为当前有机太阳能电池器件研发领域的焦点和难点问题。

唐正课题组首次提出有机光伏器件中的分子振动对载流子复合的加速作用与给受体间距——“DA 间距”相关。研究人员通过对有机半导体材料分子结构的微调，实现了对给受体薄膜中“DA 间距”的连续调控，通过增加“DA 间距”有效降低载流子复合速率，从而降低了器件的电压损失，提升了器件输出电压及光电转换效率。

研究人员通过分子动力学模拟，进一步分析了给受体分子在更常见本体异质结（BHJ）薄膜中的堆积方式及“DA 间距”。结果显示，在高性能 BHJ 体系中，给受体分子相互堆积方式以平行 pi—堆积为主，“DA 间距”不到 4 埃米，因此分子振动对载流子复合影响极大，从而限制器件开路电压。同时，研究人员还通过增加给受体材料的烷基侧链长度，成功将 BHJ 薄膜中给受体分子的相互堆积距离增大，实现了载流子复合速率的降低，以及器件开路电压的提升。

该研究成果有利于设计更高性能的给受体材料，以及更理想的共混薄膜沉积工艺方案。（黄辛）

中国光伏成为全球能源转型中坚力量

中国能源报 2021.12.27

提前交卷，圆满收官。近日，中国光伏行业协会理事长曹仁贤在总结 2021 年光伏产业发展情况时表示，回顾 2021 年，从明确构建以新能源为主体的新型电力系统，到整县推进光伏试点，再到金融机构为支持清洁能源发展推出的减排、减碳支持工具，都让光伏在平价时代走向降碳舞台聚光灯的中心。

在完善的产业链和快速革新的技术引领下，中国光伏行业继续保持着产业规模全球第一、生产制造全球第一、技术水平全球第一的领跑地位。

分布式占比创新高

中国光伏行业协会发布的数据显示，今年 1—10 月，国内光伏发电新增装机规模为 2931 万千瓦，同比增长 34%；除 3 月和 6 月，其它月份新增装机规模均超过 2020 年同期。其中，分布式装机规模约 1903 万千瓦，占比达 64.9%，成为新增装机规模增长的中坚力量。

在部分业内人士看来，近年来，调结构成为光伏产业发展的重点。从目前情况来看，在整县推进政策的推动下，分布式光伏已经进入规模化发展阶段，集中式光伏和分布式光伏装机的占比逐渐趋于平衡，预计“十四五”期间也将维持良好的发展态势。

中国光伏行业协会名誉理事长王勃华肯定了今年分布式光伏的突出贡献。按照国家能源局新能源司的要求，光伏发展要坚持多项并举，其中就包括坚持集中式与分布式并举。

中国光伏行业协会预测，今年全年，国内新增光伏装机规模将在 4500—5500 万千瓦，明年新增装机规模或将在 6000—7500 万千瓦之间。“对于明年新增装机规模的乐观预期是基于目前光伏发电项目较大的储备量。”王勃华说，2021 年，山东、内蒙古、重庆等 18 个省区市光伏电站配置规模合计达 8928 万千瓦，已公布的大基地规模达 6000 万千瓦，不少项目

将于明年完成装机并网。

出口总额破纪录

工业和信息化部电子信息司司长乔跃山指出，放眼全球市场，中国光伏产业具备较强竞争力。“光伏产业是半导体技术和新能源需求融合发展的朝阳产业，也是全球主要国家高度重视和竞相发展的新兴产业，我国光伏产业经过十余年的快速发展，已经成为少有的取得国际竞争优势，实现端到端、安全可控，并有望率先实现高质量发展的战略性新兴产业。”

“2021年以来，尽管接连遭受多重复杂因素影响，中国光伏产业仍取得了优异成绩。1—9月份，国内多晶硅、硅片、电池、组件产量分别达到36万吨、1.65亿千瓦、1.47亿千瓦和1.3亿千瓦，同比分别增长24.1%、54.2%、54.6%和58.5%。”乔跃山补充说。

王勃华透露，在上述背景下，今年国内制造端产品出口规模快速增长。“1—10月，我国光伏产品出口总额为231亿美元，同比增长44.6%，月度出口额均超过去年同期。这一数值打破了2011年创造的225亿美元的最高纪录。”“海外市场需求特别火热，同时，今年外销售价较往年有所提高。”王勃华表示，此前全球光伏七成以上的市场集中在欧美，如今不管是光伏发电新增装机容量还是累计装机容量，我国都是世界首位，且全球光伏市场呈现遍地开花、全面发展的态势，巴西、土耳其等新兴市场表现抢眼，百万千瓦级市场数量已提升至20个，较2018年的11个增加了9个。

跨界者络绎不绝

集邦咨询旗下新能源研究中心 Energy Trend 分析师邹炎慧对明年全球光伏市场进行了展望。她提出，预计2022年全球光伏新增装机规模将达到2—2.2亿千瓦，同比增长超30%；中国仍将以约33%的占比位居首位。同时，明年全球百万千瓦级光伏市场数量将达到26个，新增5个，继续保持上升态势。

在国内外光伏市场持续蓬勃发展的背景下，越来越多的企业加大对光伏制造端及应用端的投资，其中不乏跨界入局的公司。据中国光伏行业协会统计，已有青海丽豪、新疆晶诺等超30家新进入者投资光伏制造领域，主要分布在多晶硅、硅片、电池片、组件环节。

有业内人士认为，从光伏产业历史发展脉络来看，跨界切入现象从未停止。不过，上一次跨行进入光伏领域的高峰出现在2008—2011年，当时正好是产业快速发展期。这次跨界或将迎来新的高峰，这主要是受降碳战略的引导所致。光伏产业一直呈现波浪式上升的特点，新进入者有其后发优势，或将对未来产业格局带来根本性变革。

乔跃山指出，我国光伏产业取得了非凡成就，但仍要持续完善产业链、供应链协同机制，提升基础性研发，引导投资热潮，加快构建新发展格局。以供给侧结构性改革为主线，坚持创新驱动，推动高质量发展。

商务部贸易救济局副局长王新表示，发展光伏对调整产业结构、推进能源消费方式变革、促进生态文明建设具有重要意义。在技术与市场的推动下，中国光伏产业已经成为全球能源转型的中坚力量，在全球应对气候变化中发挥着重要作用。（董梓童）

六、地热

中国石油为清洁供暖注入地热“绿能”

中国能源报 2021.12.27

今冬以来，新投产6个地热清洁供暖项目加入“保供大军”；

在运行在建清洁供暖项目增至16个，新增供暖面积900多万平方米，是2020年底累计建成供暖面积的1.6倍；

现运行项目实现年替代标煤35万吨，年减排二氧化碳近100万吨，年折合天然气当量2.6亿立方米……

在当前国家政策的不断扶持和中国石油的高度重视下，作为最切实可行的新能源资源，“蛰伏”三十年的地热产业“老将新征”，从过去多用于保障油田周边生活取暖的后方阵地转战“前线”，加入中国石油冬季清洁供暖“大部队”，全力跑出地热供暖产业高质量发展加速度。不仅为冬季保供再添一份底气，也为城市用能低碳化综合解决方案提供了新选择，更为加快新能源业务布局、助力实现国家“双碳”目标贡献力量。

中国石油《地热业务“十四五”发展规划》也进一步明确，未来五年将在清洁替代、对外供能两个方向积极开拓地热产业，打造京津冀清洁供暖示范、东北用能替代示范和长三角采暖制冷示范“三大示范区”，受益人口将达350万，年可替代标煤400万吨，年减排二氧化碳千万吨。

手握丰富资源从“后方供给”转战“冬供一线”

从上世纪80年代开始，中国石油就已在华北、辽河、大庆等油田实施了一批地热开发利用项目。

1976年，冀中石油会战频繁打出高温高产热水井，中国石油的地热资源开发利用工作随即展开。

1998年，华北油田原有的多种经营单位开始利用地热供暖开展大棚种植，主要种植高端花卉，供应北京、天津等城市。现在华北油田就近利用采油一厂17计油田余热，为石油新城4000多户居民家中供暖，实现了油田余热和地热资源综合利用。

在辽宁盘锦，润城苑小区成为辽河油田首个利用地热采暖的小区。通过4口深层地热水井，利用水源热泵技术，制出高温热水为17万平方米的住宅供暖。

在地热领域，中国石油手握丰富地热资源“先天优势”，取得了显著的环境效益和社会效益。但同时，地热也一直扮演着“后方供给”的角色，主要应用于油田及周边生活供暖等领域。如何开拓更广阔的市场，实现地热产业的梯级综合利用？

从渤海湾盆地到松辽盆地，中国石油一路稳扎稳打，持续开展地热能开发利用基础研究、技术攻关与示范工程。现在，中国石油积极投身冬供“大军”，充分发挥资源优势，将地热供暖的速度、温度和品质带到千家万户，为蓝天白云全力以赴。

在山东省德州市武城县居民李爱华家中，老人指着室内温度计上“24.6”的数字高兴地说：“老早就知道今年要用地热供暖，刚开始我们还很担心，怕供暖效果不好。可是运行后，没想到效果这么好，家里哪儿哪儿都是热乎的。”

正是中国石油冀东油田在山东省德州市武城县投运的地热清洁供暖项目，让武城县百姓在寒潮来临之际切身感受到了来自中国石油的“绿色温暖”。

在天津滨海新区，中国石油首个浅层地源热泵系统供暖加制冷项目在大港油田勘探开发研究院院区投运。随着浅层地热能供暖加制冷项目和配套项目的完工，室内温度可以达到24摄氏度，得到了大家一致好评。

在河北唐山，国内单体最大的中深层采灌均衡地热集中供暖项目——冀东油田曹妃甸新城地热供暖项目一期工程已平稳运行3个供暖季，为4个院校、5个居民区共421万平方米的用户集中供暖，成为国内具有引领作用的地热开发利用示范工程项目之一。华北油田则紧抓雄安新区发展机遇，助力雄安打造绿色生态宜居新城区，深度参与雄安新区容东片区供热（冷）项目运维服务。容东片区供热（冷）项目以“地热+燃气”方式为8个社区提供集中供热（冷）服务，总供热（冷）面积超过1200万平方米。

这个冬天，“冷门”资源“火”了起来，越来越多的用户开始了解和使用这一供暖方式，享受着清洁能源带来的温暖。中国石油地热产业高质量发展的蓝图徐徐展开。

一路攻坚啃硬借技术和政策之力闯出产业新天地

加速发展地热清洁供暖，中国石油底气何来？技术实力和政策扶持成为中国石油地热产业高质量发展的核心竞争力。

近年来，得益于中国石油雄厚的油气勘探开发技术实力，进一步形成点、线、面一体的地热开发利用核心技术——围绕地热勘查、评价选区、方案设计、工程实施以及地热运营智慧化管理等5个阶段，借助核心技术和与之配套的工程建设能力完成了多个高水平地热项目。冀东、辽河、华北等油田的多个大型地热供暖项目已经实现砂岩地层无压回灌；油田采出水余热利用技术已在大庆、华北等油田推广应用。

其中，东方物探在地热资源评价及区带目标优选、热储复杂井位设计、综合地球物理勘查等方面具有明显的技术优势，成为国际上地热勘探领域技术完善齐全、独具技术特色的国际地球物理承包商。

几十年深耕地热能开发利用，中国石油还积极协调地企关系，加强与地方政府合作，争取政策支持，探索形成了灵活多样的合作经营管理模式。“政企合作、技术主导、多方投资”的发展经验逐渐成为推动中国石油地热产业高质量发展的后发优势。

毗邻雄安新区的华北油田，在石油新城、万锦新城等油田余热利用示范项目上，实现100%同层无压回灌和地热供热站的无人化、智能化。

市场上，从内到外一路攻坚啃硬——冀东油田走出河北，外闯山东市场，一举拿下山东德州市武城县地热供暖市场作为国内最早开发利用地热的油气田企业之一，辽河油田积极整

合专业力量，凭借地热技术外闯市场，先后为浙江油田、吉林油田、南方石油勘探开发公司等多家单位提供回灌、长停井改造及储层改造等方面的技术支持。

政策的东风推动着中国石油地热产业快速发展。

中国石油矿权区与北方地区冬季供暖区基本重合，随着国家相继出台促进地热等可再生能源清洁取暖的文件以及南方地区夏季制冷需求的不断增长，中国石油地热产业迎来开拓外部市场的机遇期。另一方面，中国石油内部生产耗能较高，在集团公司“清洁替代、战略接替、绿色转型”三步走战略的推动下，中国石油正加快推动地热产业发展和布局。随着技术水平和产业协同优势的不断凸显，今后一个时期，在国家政策引导下，地热产业必将迎来广阔的发展空间。

下一步，在国家“双碳”目标推动和集团公司党组的统筹部署下，中国石油将持续推进地热产业“233”战略布局，创新“地热+”开发利用模式，加大战略技术储备和关键技术集中攻关，进一步为中国石油地热业务“十四五”规划目标的实现增势赋能。

拥抱行业春天“内外”实力兼备为温暖注入“绿色”能量

经过多年耕耘积累，中国石油地热产业捷报频传、态势喜人，体现了中国石油蹄疾步稳的信心与底气。

向内看，这是产业发展的自信。

在山东，这是一次外拓市场的积极探索——冀东油田地热供暖项目遵循“以灌定采、采灌平衡”的开发原则，坚持“取热不耗水”理念，采用地热能作为德州市武城县城区供暖，总供热面积235.52万平方米。据测算，项目建成后，预计年替代标煤5.4万吨，年减排二氧化碳14万吨。

在河北，这是一次创新合作的探索——2018年，唐山市曹妃甸区政府与中国石油达成合作协议，在政府支持下，仅用6个月便建成曹妃甸新城一期230万平方米地热供暖项目。该项目作为国内单体最大的中深层采灌均衡地热集中供暖项目，实现了年替代标煤5.3万吨，年减排二氧化碳13.8万吨，成为国内具有引领作用的地热开发利用示范工程项目之一。

在国外，这是一张张代表中国石油综合实力的亮丽名片——近年来，中国石油依托油气勘探开发人才、技术、装备优势，在国外实施多种类型地热资源勘探项目，足迹踏遍肯尼亚、冰岛等国家，业务涵盖水热型（传导型、对流型）、干热岩地热储层等类型。一个个项目的成功落地，彰显出中国石油在地热工程建设实施能力上的显著优势。

向外看，这是降碳目标的加持。

当前，绿色低碳成为影响我国经济社会发展的重要因素，要求不断调整产业结构，大幅降低化石能源消费比重。作为清洁环保的非化石能源和稳定可靠的本土能源，地热能的大规模开发利用，必将在推进能源生产和消费革命、保障能源安全方面发挥重要作用。

与此同时，国家相继出台一系列支持政策，加快推进地热能开发利用，促进北方采暖地区燃煤减量替代，进一步实现清洁采暖和绿色低碳发展，为地热产业蓬勃发展提供坚实政策

保障。

地上天朗气清，地下“热”情似火。如何让地热产业在下一个阶段取得长足发展？

目前，中国石油正持续推进并实现“地热+”规模化推广和利用——在河北，任丘西部新城160万平方米“地热+余热”热源协同供暖项目已经顺利投产，项目实施后每年可替代标煤3.68万吨，实现减排二氧化碳9.6万吨；霸州高铁经济区43万平方米“地热+燃气”热源协同供暖项目首期工程也紧随其后，实现清洁供暖43.3万平方米，每年可替代标煤9729吨，年减少二氧化碳排放2.53万吨。

中国石油勘探与生产分公司新能源处处长苏春梅表示，未来围绕“地热+”，中国石油将提高地热能、风能、太阳能等清洁低碳能源的综合利用效果，尽可能降低对化石能源的需求；纵向来看，将充分利用不同地热利用场景的温度差，提高地热开发利用效率，实现地热梯级利用。

中国石油在推进地热产业高质量发展的同时，也对未来的发展方向、攻坚领域有着清晰的认识。目前国内地热产业面临优质地热资源分布不清、井网部署缺少开发模拟技术手段、低孔低渗储层回灌难度大、中低温地热发电经济性差、干热岩开发利用技术不成熟等问题，而这些问题，也同样存在于中国石油的发展中。

为此，中国石油正积极探索着答案。每一个难点和堵点，都将是中国石油地热产业成长的机遇。（渠沛然）

七、海洋

广东海洋经济发展再布局

推动陆海一体化 打造“一核、两极、三带、四区”

中国自然资源报 2021.12.2

广东因海而兴、因海而富、因海而强，海洋资源优势明显，2019年广东海洋经济生产总值约2.11万亿元，已连续26年居全国第一，在全国海洋经济发展总体格局中具有举足轻重的地位。近日，《广东省海洋经济发展“十四五”规划》（以下简称《规划》）正式印发，对“十四五”时期广东海洋经济发展提出了系列目标。

明确陆海一体空间布局

根据《规划》，到2025年，广东海洋生产总值将继续保持全国首位，并将建成海洋高端产业集聚、海洋科技创新引领、粤港澳大湾区海洋经济合作和海洋生态文明建设4类海洋经济高质量发展示范区10个，打造5个千亿级以上的海洋产业集群。

《规划》提出，未来5年，广东将推动陆海一体化发展，加快形成“一核、两极、三带、四区”的海洋经济发展空间布局。

一方面，要着力提升珠三角核心区发展能级。依托深港、广佛、珠澳极点和广深港、广

珠澳科技创新走廊建设，形成具有全球影响力的国际海洋科技创新策源地。以深圳前海、广州南沙、珠海横琴为载体，共同建设高端现代海洋产业基地。推动广州打造世界海洋创新之都，构建江海联动海洋经济创新发展带，形成海洋科技创新和综合管理与公共服务高地。支持深圳中国特色社会主义先行示范区在海洋经济高质量发展方面先行先试，建设“蛇口—前海—海洋新城—光明”西部海洋科技创新走廊和“盐田—大鹏—深汕”东部向海发展走廊，吸引更多国际组织和机构落户，打造全球海洋中心城市。

《规划》突出双城联动、强化多点支撑，提出，要加强广州、深圳重大涉海产业、基础设施、平台和政策对接，推动海洋经济协调发展；同时还要支持珠海、惠州、东莞、中山和江门立足本地资源、区位优势和产业基础，大力发展海洋经济，争创各具特色的现代海洋城市。

另一方面，以汕头、湛江省域副中心建设为引领，加快打造东西两翼海洋经济发展极，统筹涉海基础设施建设、海洋产业布局和海洋生态环境保护，与粤港澳大湾区串珠成链，形成世界级沿海经济带。

未来5年，广东还将依托不同海域的自然条件、资源禀赋和开发潜力，由近及远、梯次开发，统筹开发海岸带、近海海域经济带和深远海海域经济带，形成各具特色的三大海洋保护开发带。

不仅如此，广东还将以各类园区、开发区为载体，以产业链条为牵引，集聚海洋产业资源，建设海洋高端产业集聚示范区、海洋科技创新引领示范区、粤港澳大湾区海洋经济合作示范区、海洋生态文明建设示范区四类海洋经济高质量发展示范区。

发展海洋新兴产业

“十四五”期间，广东将培育战略性、先导性产业，不断突破关键技术，增强产业链供应链自主可控能力，引导产业集中布局、集聚发展。

《规划》提出，要打造海上风电产业集群，推动海上风电项目规模化开发，力争到2025年底累计建成投产装机容量达到1800万千瓦；加快建设阳江、粤东海上风电产业基地，力争到2025年全省风电整机制造年产能达到900台（套）。

《规划》还提出，要打造海洋工程装备制造产业集群，增强高端海工装备研发、设计和建造能力，加快向中高端海工产品和项目总承包转型，加快形成产值超千亿元海洋工程装备制造产业集群。

未来5年，广东还要加快海洋服务业提速升级，加快“海洋—海岛—海岸”旅游立体开发，形成产值超千亿元的海洋旅游产业集群。还将推进央地合作开发南海油气资源，加快形成产值超千亿元的海洋油气化工产业集群。吸引国际大型油服企业在广东设立区域总部。打造以广州、惠州、湛江、茂名和揭阳等为核心的沿海石化产业带，形成“一带、两翼、五基地、多园区协同发展”特色产业布局。提升产业创新能力，实施质量品牌建设工程，打造一批品牌响、质量优、效益高的石化产品。

未来5年，广东将高质量建设“粤海粮仓”，布局珠三角沿海和粤东粤西两翼深水网箱

产业集聚区、海洋牧场示范区建设，加快形成产值超千亿元的海洋渔业产业集群。聚焦种业“卡脖子”关键问题，实施“粤种强芯”工程，实现建设水产种业强省目标。

节约集约利用海洋资源

《规划》同时指出，要加快推进海洋的整体保护、系统修复和综合治理，提升海洋资源节约集约利用水平，探索海洋生态产品价值实现机制，积极参与碳达峰、碳中和行动，促进海洋经济全面绿色低碳转型。要坚持高端引领、绿色发展，推动涉海创新链、产业链、供应链协同发展，加快建立现代海洋产业体系，着力提升海洋产业国际竞争力。

未来5年，广东将建立起海洋生态保护长效机制，海洋生态环境质量明显改善，海洋自然保护地面积将达49万公顷。广东还将建成2个省级及以上海洋综合试验场、3个海洋科普与教育基地、3个海洋博物馆。（祝桂峰）

波浪能供电船模型试验成功

中国自然资源报 2021.12.6

本报讯 11月8日~19日，针对中国科学院广州能源所研制的喇叭型后弯管波浪能供电船模型，国家海洋技术中心海洋动力环境实验室开展了试验工作。试验结果达到研发单位的预期目标，并获得了高度认可。

试验在技术中心海洋动力环境实验室多功能水池进行，主要测试并计算了不同波况条件下，波浪能发电船模型装载不同空气透平发电机组的波电转换效率。两周造波130余次，造波周期范围为2.0秒~3.0秒，波高范围为0.08米~0.25米。试验使用了精度为0.3% F.S，量程为0毫米~1000毫米的无线波高仪实时采集波高数据，频率范围为0.5赫兹~5千兹的高精度功率分析仪，实时采集电功数据并计算波浪能发电船模型的波电转换效率。

后弯管波浪能发电技术是振荡水柱发电技术中的一种，技术较为成熟。本次试验过程持续时间长，需要对试验数据进行高精度的实时测量与采集。试验人员圆满完成了本次试验的整体组织、试验设施的精准控制、试验数据的实时测量采集等工作。这是该波浪能发电船第4次在技术中心开展测试。本次试验的顺利完成不仅为研发方提供了高质量的服务，也体现了国家海洋技术中心对海洋能科技创新与成果转化的支撑服务能力。（王花梅）

有效体积2585升、最大模拟海深3000米

大尺度全尺寸可燃冰开采试验装备面世

中国科学报 2021.12.10

本报讯（记者朱汉斌）中国科学院广州能源研究所研究员李小森团队针对海域天然气水合物（俗称可燃冰）野外试采风险大、成本高等难点问题，基于我国南海天然气水合物成藏条件，历时3年自主研发出国际首套有效体积2585升、最大模拟海深3000米的大尺度

全尺寸开采井天然气水合物三维综合试验开采系统。

据了解，该系统突破了水合物重塑、缩尺模拟尺度效应等技术难点，建立了高压储层模拟器缩尺相似设计理论与技术，解决了高压三维储层模拟器空间尺寸、强度、内部结构设计难题；突破了水合物藏地质分层构建难题，构建出符合实际水合物藏的地质分层结构；解决了地层温压环境及地温梯度精确模拟与控制、气体溶解循环、恒温恒压注气注液技术、高压气液两相流在线测量等技术难题，形成了实际水合物藏真实重塑制备技术；开发出新型全尺寸开采井筒和多级防砂控砂技术及井网部署方案。

该系统是当前国际规模最大、模拟海深最深、技术水平国际领先的天然气水合物开采试验装备，与已有开采模拟设备构成多尺度天然气水合物三维综合试验开采平台。

李小森团队利用该系统开展了大量试验研究，形成了天然气水合物高效开采与控制技术体系，显著提高了天然气水合物开采的经济性、安全性，降低了试采风险，为我国南海天然气水合物“生产性”试采和“商业化”开采提供了基础理论、关键技术和优化开采方案。

风浪资源评估课题通过中期考核

中国自然资源报 2021.12.28

本报讯 近日，国家海洋技术中心承担的国家重点研发计划所属联合风浪资源评估研究课题通过专家组中期考核。

专家组由国家海洋环境预报中心、自然资源部第一海洋研究所、自然资源部第二海洋研究所、自然资源部第三海洋研究所、中国气象局公共气象服务中心的5名专家组成。考核期间，课题负责人针对课题的研究目标、考核指标完成情况、研究进展、组织管理工作和国际合作等内容进行了汇报。专家组在听取课题汇报、审阅成果材料并经质询后，一致认为该课题完成的各项成果满足中期考核指标要求，同意通过中期考核。

据悉，在相关项目支持下，该课题建设了中国近海重点海域风—浪联合资源数据集，建立了科学合理的风—浪联合发电阵列海上地址选址指标体系等，取得了多项研究成果。（姜波）

院士专家献策 发展海洋经济

广州日报 2021.12.13

12月12日，大湾区科学论坛海洋科学分论坛在广州南沙举行，国内外海洋科学领域的院士、专家齐聚，共同谋划海洋科学与产业技术发展的新篇章。论坛上还举行了南方海洋科学与工程广东省实验室（广州）分别与广东工业大学、广东省科学院共建“滨海与深海生态环境研究中心”和“海洋遥感大数据应用研究中心”签约仪式。

张偲：我国已锁定两个千亿方级可燃冰藏区

中国工程院院士张偲发表《海洋烃类能源有序开发的“负碳”路径》为主题的特邀报告，瞄准低碳下海洋能源的有序开发，探索深海大洋，解密深海冷泉生态系统，共担人类命运。

据张偲介绍,《Science》杂志发布了 123 个最具挑战性的科学问题,排在前面 25 位有两个是跟能源、环境有关,分别是温室效应会使地球的温度达到多高、什么时间用什么能源能够替代石油。

据介绍,海洋是最大的碳汇体,每年能吸收人类释放 1/4 的二氧化碳,目前吸收能力已朝着深海迈进。去年党中央提出做好碳达峰和碳中和的“双碳”工作,深海减碳、增汇极大拓展了海洋吸收碳能力的想象空间,深海温室效应气体固碳和存储已成为全世界科学家的共识。

什么时间用什么能源来替代石油? 国家规划 2030 年实现可燃冰商业化开采,目前已经锁定了两个千亿方级可燃冰藏区,南沙海域可燃冰资源极度丰富,前景可期。可燃冰开采过程往往伴随有冷泉生态系统,冷泉生态系统又称为“深海的绿洲”,目前已成为国际研究的前沿热点。冷泉生态系统科学大装置系统的推进将助力海底烃类能源资源的“负碳”有序开发,实现深海减碳、增汇的宏大目标。

陈十一：海上风电对支撑广东装备制造业和能源转型意义重大

在分论坛上,中科院院士陈十一指出,海上风电面临新机遇。相比于陆上风电,海上风电有多个优势,资源丰富、潜力巨大,可持续发展;我国海岸线长,海域广阔,显著节约土地成本;深远海风电得到空前发展机会,80% 的海上风电均处于深远海。

“海上风电对支撑广东省装备制造业和能源转型意义重大。”陈十一表示,广东省海岸线长度 4000 多公里,所在的南海海域风资源十分丰富。海上风电产业已经纳入广东省海洋经济发展六大战略新兴产业。作为能源消耗大省,开发深水风电对促进广东省节能减排、优化能源结构具有重要意义。发展深水浮式风电装备对加速形成广东省海上风电的完整产业链具有重要意义。攻克浮式风电关键技术对于广东省开发深水风电资源,形成国内最强的风电产业具有重要支撑作用。

他表示,海上风电未来发展出现多个趋势,海上风电将通过规模化、智慧化、定制化、大型化进行降本增效。同时海上风电将实现产业协同与多能互补,通过规模化效应打造完善的海上风电产业集群,进一步降低海上风电建设及运维成本。

魏辅文：呼吁建珠江口海洋国家公园

在分论坛上,中国科学院院士魏辅文发表《生态文明与 2020 年后生物多样性保护》特邀报告,魏辅文表示,中国在生态保护上贡献非常大,生物多样性上,我国从过去“跟跑”到“并跑”,到部分领域实现“领跑”。

中国在生物多样性保护上做了很多的工作,发布了《中国的生物多样性保护》白皮书,很多新的生态修复过程在国际上影响很大。近年来全球生物多样性保护中中国贡献 25%。中国的生物多样性原来从“跟跑”到“并跑”,现在到了部分“领跑”的一种态势。国外著名的科学评估都认为在生物多样性上,中国是全球的引领者。我国的执法力度、绿色行动和环保督察都非常严格,国际合作也不断深化。

魏辅文建议，未来可以在广东规划建设海洋国家公园，比如在珠江口或者南澎列岛建立海洋国家公园，建立旗舰物种和珊瑚礁生态系统检测网络与研究基地，开展物种多样性、功能多样性、遗传多样性和系统多样性的一些研究。

同时，建议实现陆海统筹，建立广东省野生资源库，通过资源库的建立实现功能基因、仿生资源、高效活性分子等的挖掘和应用，研发创新药物、功能食品等。

广州打造全球海洋创新发展之都

广东海洋生产总值连续 26 年居全国首位，是全国海洋经济第一大省。海洋经济已成为引领广东经济社会高质量发展的新动能、新引领和新阵地。广东正围绕建设海洋强省目标发挥科技创新引领作用。

“十四五”期间，广州将以建设全球海洋中心城市，打造全球海洋创新发展之都为目标，强化陆海统筹科学布局海洋经济空间，构建具有国际竞争力的现代海洋产业体系。

广州南沙地处南海之滨、珠江出海口，是广州通向海洋的唯一通道，拥有深水良港和绵长海岸线，海域面积 279 平方公里、占广州市 76%，具有发展海洋经济的优越条件。近年来南沙依托广东全国海洋经济第一大省、广州全国海洋科技强市，积极构建现代化海洋产业体系，抢占海洋科技制高点，致力于打造广州全球海洋中心城市核心区，在海洋强国建设中走在前列、做出南沙贡献。（耿旭静 董业衡 齐华伟 谢子亮）

海洋科技向创新引领型转变

中国自然资源报 2021.12.22

海洋科学取得较大进展和突破

2020 年，中国的海洋科学主要在物理海洋学、海洋生物学和大洋地质研究等领域取得了较大进展和突破。

物理海洋学研究主要在全球海洋碳循环、海洋水动力机制以及厄尔尼诺现象等领域取得了突破性进展。

海洋生物学研究在 2020 年发现并命名 5 个深海生物新物种：海洋所紫柳珊瑚（新种）、海洋所镖毛鳞虫（新种）、海洋所三歧海牛（新种）、海洋所异胸虾（新种）、海洋所长茎海绵（新种），还有 1 个西沙群岛新物种：石屿海泽甲。在海洋生物光合作用机制研究方面，中国科学家首次对南极海冰生态系统特有的南极衣藻进行了基因组适应性进化研究，揭示了南极嗜冷绿藻基因组水平适应极端环境的分子机制；中国海洋大学与英国利物浦大学合作，在揭示复合物在天然类囊体膜上的结构状态及协作关系以及如何通过动态协作实现能量的传递及调控方面取得重要进展。在海洋生物基因组学领域，中国建立了国际首个软体动物综合基因组数据库。

大洋地质研究主要在南大洋生源硫循环以及深海反气旋帽观测方面取得新进展。

从海岸带到极地大洋开展调查考察

海洋调查集中体现一国海洋科技发展的整体水平。2020年，中国在海洋基础地质调查、极地科学考察和大洋科学考察等方面取得进展。

中国海洋基础地质调查包括海域海岸带综合地质调查、海洋区域地质调查等。与美、日、英、澳等国相比，我国的海洋区域地质调查开展较晚。这些国家早在20世纪90年代就已完成了管辖海域1:100万和1:25万海洋区域地质调查。

到2020年，中国已经实现1:100万海洋区域地质调查全覆盖，这是中国海洋地质调查史上的一个里程碑。首次形成了基于实测数据的“一图一库一报告”。同年9月，自然资源部第二海洋研究所和青岛海洋地质研究所研究人员共同主编的“中国海海洋地质系列图”出版发行，标志着中国管辖海域海洋基础图系实现了更新换代。未来中国海洋基础地质调查将重点开展1:25万和1:5万海洋区域地质调查，以获取更高精度基础资料。

2020年11月10日至2021年5月7日，中国第37次南极考察圆满完成。此次考察系“雪龙2”船首次单船执行环南极考察任务，行程3.6万余海里。此次考察顺利完成南极长城站、中山站物资补给和人员轮换任务，开展了南大洋生态系统和海洋环境综合调查，成功回收西风带环境监测浮标。此外，中国第37次南极考察队经受了新冠肺炎疫情的考验，确保考察队员“零感染”，成功实施国际南极考察队员救援行动，顺利开展南极考察物资补给国际合作，取得了多项科研成果。

2020年7月15日至9月28日，中国成功进行了第11次北极科学考察，圆满完成全球气候变化、北极综合环境调查和北极业务化观测体系构建等内容的相关科考任务。2021年7月12日至2021年9月28日，中国第12次北极科学考察队完成了应对气候变化、保护北极生态环境等相关考察任务。

2020年1月3日至4月10日，“大洋一号”船完成中国大洋第58航次任务，履行了中国与国际海底管理局签署的多金属硫化物资源勘探合同义务。2020年8月10日，“海洋地质六号”船完成中国大洋第64航次科考任务，在深海基础地质、资源与环境调查、新型装备应用等方面取得多项科考成果。

海洋高技术引擎作用凸显

根据国家海洋行业标准，海洋高技术包括海洋探测技术、海洋开发技术、海洋装备制造技术、海洋新材料技术、海洋高技术服务等领域。

——海洋探测技术

在海底探测领域，2020年10月，中国成功研发了首款可同时探测海底地形、地貌与浅地层剖面的多元海底特性多波束一体化声学探测装备，该装备填补了中国海底特性多波束一体化声学探测装备领域空白，总体达到国际先进水平。

在极地探测领域，2020年11月，由中国极地研究中心牵头研发的我国首套极区中低层大气激光雷达探测系统，通过了技术暨业务试运行验收。

在潜水器海试方面，2020年11月10日，由中国自主研发制造的万米级全海深载人潜

水器“奋斗者”号，成功坐底马里亚纳海沟的“挑战者深渊”，深度达 10909 米，再次创下中国载人深潜新的深度纪录。

——海洋开发技术

2020 年，中国主要在海洋生物资源开发技术、海洋矿产资源开采技术、海洋可再生能源利用技术等方面取得进展。

2020 年 8 月，自然资源部第三海洋研究所海洋生物资源开发利用工程技术创新中心对来自缺氧海域一株拟微小球藻和来自南极沉积物的一株希瓦氏菌，开展了产业化应用研究。10 月，中国科学院海洋研究所培育的牡蛎新品种“海蛎 1 号”，成为农业农村部 2020 年审定通过的 14 个水产新品种之一。

2020 年 3 月，由中国地质调查局组织实施的我国海域天然气水合物第二轮试采取得成功。9 月，由中国自主建造的首批 1500 米深水中心管汇在天津正式交付，这是目前中国应用水深最大的中心管汇，其工艺复杂性、建造难度均属国内首次，它的成功交付标志着中国深水油气田水下生产系统制造技术取得重要突破。同期，中国海上首座大型稠油热采开发平台——旅大 21-2 平台在渤海顺利投产，填补了中国海上油田稠油规模化热采的技术空白。

中国海洋风能产业已形成一定规模。潮汐能利用技术较为成熟，居世界领先地位。波浪能发电技术基本成熟，正处于商业化发展进程。潮流能技术已达到国际领先水平。2020 年 7 月，自然资源部海洋可再生能源专项资金项目“南海兆瓦级波浪能示范工程建设”首台 500 千瓦鹰式波浪能发电装置“舟山号”在深圳正式交付，是我国单台装机功率最大的波浪能发电装置，设计图纸获法国船级社认证。

——海洋装备制造技术

在海洋探测装备制造技术方面，2020 年 6 月，中国自主研发的首台作业型全海深自主遥控潜水器“海斗一号”在马里亚纳海沟成功完成首次万米海试与试验性应用任务，最大下潜深度 10907 米，填补了我国万米作业型无人潜水器的空白。9 月，国产化装备“OST15M 型船载高精度自容式温盐深测量仪”在 2020 年西太平洋海域夏季调查航次中圆满完成海上试验任务，最大布放深度为 5915 米，突破国产高精度温盐深测量仪最大试验水深纪录。10 月，“海洋地质勘探导航定中关键技术与国产装备研发”项目获国家卫星导航定位科技进步一等奖。

在海洋开发装备制造技术方面，2020 年 5 月，由中国自主研发的船用双燃料发动机正式面向全球市场发布。9 月，中国自主设计、自主建造的 4 座 22 万立方米液化天然气储罐在江苏盐城升顶，这是国内最大单罐容积 LNG 储罐项目。10 月，中国自主建造的全球首个半潜式储油平台主体在山东烟台建造完成。

在海洋观测装备制造技术方面，2020 年 8 月，由国家海洋技术中心牵头的国家重点研发计划“海洋环境案例保障”专项“海气界面观测浮标国产化技术研究”项目，完成了海气界面观测浮标的全系统国产化技术研究。9 月，国家海洋技术中心科研人员在太平洋海域

成功布放一台采用铱星通信方式的自动剖面漂流浮标，并成功传输数个剖面测量数据。

——海洋高技术服务

在海洋环境观测预报技术方面，2020年，中国成功发射海洋一号D卫星、海洋二号C卫星，研发出南极首个区域固定冰预报系统——普里兹湾固定冰预报系统。自主研发的高空大型气象探测无人机完成对台风“森拉克”外围云系的综合气象观测任务。中国首套极区中低层大气激光雷达探测系统通过技术暨业务试运行验收。

在海洋信息技术方面，2020年8月，自然资源部第一海洋研究所与东方红卫星移动通信有限公司签署了合作协议，通过试验星前期在海洋场景的示范验证，形成完善的低轨卫星海洋应用系统设计和方案，共同打造自主可控的高中低轨卫星海洋应用联合增强网，全面建设自主知识产权的“全球海洋神经网络系统”。（赵宁）

优化海洋资源保护与利用格局

中国自然资源报 2021.12.23

合理开发利用资源

2019年~2020年，我国海洋资源开发利用稳步推进，海洋渔业资源实现可持续开发，海洋生物医药产业较快增长，天然气水合物进入“试验性试采”阶段，海洋可再生能源技术取得新进展。

2019年，海洋渔业实现增加值4715亿元，比上年增长4.4%。其中，海洋渔业产量总体保持稳定，我国海洋捕捞产量呈下降态势。海洋捕捞产量下降的背后，是渔船数量的压减和作业方式的优化。

近年来，我国海洋生物制品自主研发成果不断涌现，多项海洋药物和生物制品获批上市，海洋生物医药产业实现平稳较快增长。2019年，海洋生物医药产业实现增加值443亿元，比上年增长8.0%。

近年来，在海洋矿产资源勘探开发方面，我国油气资源勘探和开发、天然气水合物调查和勘探等新进展。2019年，海洋油气业实现增加值1541亿元，2018年增长4.7%。2020年，在水深1225米的南海神狐海域，我国利用水平井钻采技术试采天然气水合物，实现了从“探索性试采”向“试验性试采”的重大跨越。

作为解决淡水资源短缺的重要手段，海水淡化技术受到广泛关注。经过多年发展，我国海水淡化政策体系逐步完善，自主技术基本成熟，产业初具规模。截至2020年，全国有海水淡化工程135个。其中，万吨级及以上海水淡化工程40个，千吨级及以上、万吨级以下海水淡化工程50个，千吨级以下海水淡化工程45个，主要用于满足沿海城市钢铁、电力、冶金等工业用水及海岛地区生活用水。

海洋可再生能源具有绿色清洁、可持续利用、开发潜力大等特点。经过长期努力，我国在海洋可再生能源开发利用技术领域获得长足进步，在基础科学研究、关键技术研发、工程

示范、标准体系建设等方面取得大量成果，部分新技术、新装置达到国际先进水平。

2016年，浙江舟山联合动能新能源开发有限公司研发的3.4兆瓦LHD模块化大型海洋潮流能发电机组建成发电，截至2020年8月连续稳定发电4年，在潮流能装置连续发电时长方面达到国际先进水平。2018年，应用270度变桨技术的300千瓦海洋潮流能发电机组实现持续稳定运行。2020年，500千瓦鹰式波浪能发电装置“舟山号”在深圳交付。2020年7月，我国自主研发的10兆瓦海上风电机组在福建省福清市并网发电，在年平均10米/秒风速下，单台机组输送的清洁电能可减少燃煤消耗1.28万吨/年、二氧化碳排放3.35万吨/年。

提高资源利用效率

近年来，我国有关部门共同加强海洋资源的总量管理、科学配置、全面节约、循环利用，取得了明显成效。主要举措包括：持续加强渔业资源管理，多措并举促进海洋渔业资源的养护和可持续利用；鼓励海洋可再生能源开发技术研发与试点，加强核心技术装备的研发和制造能力，推进海洋可再生能源开发产业化；规范海砂开采管理，加强海砂供给对重大建设工程的支撑作用。

2019年，全国海洋捕捞渔船数量比2015年减少4.4万艘，功率减少165.7万千瓦。渔船结构明显优化，节能环保水平稳步提升。加强重点渔业资源养护，资源破坏严重的作业类型渔船占比持续下降。渔业装备现代化水平不断提升，渔船与渔业生产安全水平有了长足进步。

2018年初，我国相关部门调整了海洋伏季休渔制度，将部分作业类型休渔期前移并延长，东海和部分黄海海域休渔期达3个半月。据调查显示，该休渔制度实施后，当年各海区渔业资源总体呈现增加趋势。

2020年6月，农业农村部发布《关于加强公海鱿鱼资源养护 促进中国远洋渔业可持续发展的通知》。这是中国政府针对尚无国际组织管理的部分公海区域渔业活动采取的创新举措，对促进国际公海渔业资源科学养护和可持续利用具有重要意义。

海洋牧场对于发展海洋经济、养护海洋资源具有重要作用。2017年印发的《国家级海洋牧场示范区建设规划（2017~2025年）》提出，到2025年，在全国建设178个国家级海洋牧场示范区。截至2020年，国家级海洋牧场示范区达到136个。

“十三五”期间，我国海洋能开发利用能力发展迅速，整体水平显著提升，从装备开发阶段步入应用示范阶段。我国基本摸清了海洋能资源总量和分布状况，完成了重点开发区潮汐能、潮流能、波浪能资源评估及选划。我国自主研发了海洋能新技术、新装置，多种装置走出实验室进行海上验证，促进其向装备化、实用化发展，部分技术达到了国际先进水平，掌握了规模化开发利用海洋能技术。目前，我国海洋能从业机构超300家，初步形成了集理论研究、技术研发、装备制造、海上运输、运行维护、电力并网为一体的海洋能专业队伍。

为整治违法违规开采、运输、销售和使用海砂，2018年，自然资源部等8部门联合印

发《关于加强海砂开采运输销售使用管理工作的通知》，加强海砂开采、运输、销售、使用全过程监管和协作配合。2019年，自然资源部印发《关于实施海砂采矿权和海域使用权“两权合一”招拍挂出让的通知》，精简优化了海砂采矿权和海域使用权的出让环节、办事流程。

加大生态修复力度

2020年，自然资源部及相关部委、沿海地方政府继续加强滨海湿地保护，建设海岸带生态保护和修复重大工程，探索开展海岛价值评估技术工作，推进海洋资源有偿使用制度，切实提升海洋资源利用效率。

2016年以来，国务院及相关部委出台了《湿地保护修复制度方案》《围填海管控办法》《海岸线保护与利用管理办法》《关于加强滨海湿地管理与保护工作的指导意见》《关于进一步加强渤海生态环境保护工作的意见》等政策文件。2018年7月，国务院印发的《关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》强调，确保海洋生态保护红线面积不减少、大陆自然岸线保有率标准不降低、海岛现有砂质岸线长度不缩短；全面强化现有沿海各类自然保护地的管理，将天津大港湿地、河北黄骅湿地、江苏如东湿地、福建东山湿地、广东大鹏湾湿地等重要的滨海湿地和物种栖息地纳入保护范围。

为推进海洋生态保护和修复重点工程建设，国家相关部委对实施“蓝色海湾”整治行动的重点城市给予补助。截至2019年底，辽宁省丹东市，山东省青岛市、日照市和威海市，江苏省连云港市，浙江省台州市和温州市，福建省莆田市，广西壮族自治区北海市，海南省海口市等城市入选“蓝色海湾”整治行动城市，获得中央财政资金扶持。2020年，相关沿海地区的“蓝色海湾”整治工程已全面开工，部分项目已完成竣工验收。山东省29个渤海综合攻坚海洋生态修复项目全部开工建设。

近年来，我国相关部门和沿海各地大力修复沿海防护林、滨海湿地等，局部海域生态环境得到改善，红树林、珊瑚礁、海草床、盐沼等典型生境退化趋势得到初步遏制，近岸海域生态环境状况总体呈现趋稳向好态势。截至2018年底，全国累计修复岸线约1000千米、滨海湿地9600公顷、海岛20个。沿海各地通过规划、立法等方式加强滨海湿地修复和管理。（赵宁）

八、氢能

碱性电解槽取得技术突破

中国能源报 2021.12.6

碱性电解槽是可再生能源大规模制氢的关键装备。日前，中国华能主导研制的世界单槽产能最大碱性制氢水电解槽在苏州下线，可制氢1300标准立方米/小时。今年10月，隆基氢能科技有限公司首台碱性水电解槽下线，单台制氢能力超1000标准立方米/小时。

由于碳达峰、碳中和目标的提出以及氢能产业的加速发展，绿氢在降碳中发挥的作用备

受关注，电解水制氢的规模不断扩大。电解槽作为重要的绿氢制取设备，其技术发展及成本优势影响着绿氢规模化发展进程。业内人士认为，碱性电解槽作为我国的主流电解制氢技术，技术水平不断提升。

性能指标不断提升

业内研究显示，与质子交换膜水电解制氢和固体氧化物电解制氢技术相比，碱性电解水制氢是现阶段我国发展最成熟的电解制氢技术，在成本和寿命方面都具有明显的优势。

“目前碱性电解槽已经实现了国产化和大型化，设备投资降到了 2000 元/千瓦以下，一些电解槽运行寿命超过了 20 年。”华能清能院氢能部主任王金意说，目前国内绿氢项目还是以碱性电解制氢为主，随着近几年研发投入的加强，碱性电解槽性能也有了显著提升，在保持低成本优势的前提下，关键性能指标已经和质子交换膜电解槽接近。随着科研力量和产业投资的注入，碱性电解制氢技术在规模、成本、性能等综合性能上将保持竞争优势。

不过王金意提醒称，制氢设备并非越大越好。“准确地讲，氢气产量大型化和体积小型化的同时实现，是电解制氢设备的一个发展趋势，解决这一问题的关键是电流密度的提升。通过提升电流密度，实现单台氢气产量的提高和单位产量体积的下降，能够有效降低占地面积和设备投资成本，这对电解制氢的大规模应用推广十分重要。”

寻求进一步降本

相对于煤制氢、天然气制氢等传统化石燃料制氢来讲，碱性电解制氢的成本相对较高。根据目前的可再生能源度电成本、电解制氢的综合能耗，考虑电解槽的投资和运营成本，氢气的生产成本约为 25 - 35 元/公斤，而化石燃料制氢的成本约为 8 - 18 元/公斤。

此外，目前我国普遍使用的是非石棉基的 PPS 布，价格低廉，但隔气性差、能耗偏高。今年 2 月，科技部正式发布《关于对“十四五”国家重点研发计划“氢能技术”等 18 个重点专项 2021 年度项目申报指南征求意见的通知》，高效大功率碱水电解槽关键技术开发与装备研制被列入其中，研究内容包括新型非石棉隔膜批量制备技术、大直径碱性电解槽结构优化设计与集成技术等。

对此，王金意分析认为，在制氢产业尚未形成规模的情况下，为避免出现产业环节缺失或发展薄弱的情况，产业上下游协同，实现电解水制氢的经济性尤为迫切。

“目前，用电成本约占电解制氢成本的 60% 以上，通过电极、隔膜、电解槽等关键材料和核心部件的技术突破，可进一步降低制氢电耗。与此同时，挖掘电解制氢在上游电源、电网侧的储能调峰作用，可获得更优的综合用电价格或辅助服务补偿。”在王金意看来，这不仅有利于拓展绿氢的应用场景，还能保障绿氢的生产时间和消纳渠道，提高效益。

与可再生能源的适配性待加强

“与可再生能源适配性较差”是业内对碱性电解槽制氢的普遍印象。碳达峰、碳中和背景下，可再生能源规模将不断扩大，如何突破适配性难题？

王金意认为，碱性电解槽与可再生能源适配性较差是相对的。相对于质子交换膜电解

槽，碱性电解槽的动态响应速率较慢。但在实际应用过程中，基于安全性的考虑，电网并不希望电源或负荷快速变化。

“事实上，提升碱性电解槽与可再生能源的适配性，可以从提高制氢系统的快速响应能力、提高大规模电解制氢的电源效率，以及电源和制氢系统间的耦合控制等方面加以解决。”王金意指出，这也是未来制氢技术发展的重要方向。（仲蕊）

佛山市南海区丹灶镇打造粤港澳大湾区氢能产业高地

人民日报 2021.12.9

12月8日，2021联合国开发计划署氢能产业大会在广东省佛山市南海区开幕。位于南海区丹灶镇的“仙湖氢谷”拥有多家氢能企业，建成国内首座商业化加氢站、首个氢能进万家智慧能源示范社区项目，逐渐成为粤港澳大湾区的氢能产业高地，正努力打造自主氢能技术先行地、高端氢能产业集聚地、先进氢能社会示范区。截至2020年底，全国有超7000辆氢燃料电池汽车，约1500辆来自佛山，其中约900辆来自南海区。

聚集氢能产业

南海区是我国氢燃料电池发展高地，丹灶镇是核心产业、科研平台承载地。这里乡村风光优美，历史底蕴丰厚，仙湖水域面积约120公顷。近年来，丹灶镇围绕氢能产业，引进大批企业和人才，不断集聚科创优势，推动高质量发展。

佛山仙湖实验室由佛山市人民政府、南海区人民政府与武汉理工大学合作共建，已挂牌先进能源科学与技术广东省实验室佛山分中心。这里是氢能发展的“科研大脑”，以氢能、燃料电池等国家产业发展需求为导向，集聚、整合国内外高端创新资源，致力于打造氢能领域国内一流、国际领先的战略科技创新平台。建设两年来，仙湖实验室已经引进科研人员近百人。

丹灶镇氢能产业集聚效应凸显。目前，丹灶镇已经集聚康明斯制氢设备、韵量燃料电池、清能燃料电池及系统、鸿基创能膜电极、通用氢能核心材料、济平催化剂等氢能企业。

推动转型升级

近年来，丹灶镇积极转变发展模式，淘汰低端低效产业，向氢能产业先行地转型。

2009年，第一家氢能相关企业入驻丹灶镇。2014年，广东省在丹灶镇挂牌建设省新能源汽车产业基地，是广东省目前唯一的燃料电池和氢能技术核心部件产业基地。2017年、2018年，中国标准化研究院、国家标准化组织氢能技术标准化技术委员会和佛山市人民政府两次联合在南海区举办“氢能周”。2019年起，联合国开发计划署氢能产业大会接续举办。作为南海区氢能产业的承载地，丹灶“仙湖氢谷”得到认可。

2014年开始，南海区开始探索建设商业化加氢站，突破制约氢能产业发展的难点，营造良好的营商环境。位于丹灶镇的瑞晖加氢站，是国内首座商业化加氢站。中科润谷智慧能源科技（佛山）有限公司计划安排2/3的人员进驻南海区，打造佛山南海中日韩智慧能源

产业基地，助力南海区氢能产业发展。

氢能产业进社区

“仙湖氢谷”整个片区面积约 48 平方公里，第一圈层主要布局生态休闲和旅游度假设施，第二圈层建设科研孵化器创新研究基地，第三个圈层发展新能源汽车的整体制造和配件生产，形成人才、城市、产业、文化融合发展的生态区。

目前，南海区已制订推进氢能产业发展的路线图，构建包括标准制定、政策制定、产业推进、基础设施建设、推广应用、人才培养六个方面的氢能产业发展体系。“仙湖氢谷”聚集的科研、产业、示范应用资源走在全国前列，拥有佛山仙湖实验室、浙江大学氢能技术科创平台、广东省武理工氢能产业技术研究院、自润滑流动动力机械技术国家地方联合工程研究中心等多个氢能产业研发平台，形成涵盖制氢及制氢加氢设备研制、氢燃料电池及核心部件、整车研发制造、氢能产业检测及设备研制、加氢站设计与建设、氢能标准制定 6 大环节的较完整、具有国内自主知识产权的氢能产业链。

为助力实现碳达峰、碳中和目标，“仙湖氢谷”加快推动氢能产业发展升级。攀业、中科润谷等氢燃料电池汽车以外的氢能应用领域项目已经进驻。全国首个氢能进万家智慧能源示范社区项目日前正式投运。该项目以丹青苑为载体，为社区家庭安装家用燃料电池热电联供、燃料电池冷热电联供等设备，引入智慧能源管理控制系统，实现风光电气多能互补。未来，这里将成为一个绿色低碳社区，将太阳能光伏引入电解水制氢装备。此外，仙湖周边还是氢能发展科普和产品展示的场所。佛山南海氢能馆通过多角度、全方位展示氢科技、氢生活场景，成为氢能科普宣传教育基地。氢能公交、氢能游船、氢能动力自行车等投入应用，方便市民感受氢能发展成果。

计划大幅提升氢能使用率

中国能源报 2021.12.6

本报讯 据标普全球普氏报道，韩国工业部日前表示，韩国计划加快包括绿氢和蓝氢在内的清洁氢的生产，并扩大其消费和应用规模，到 2050 年，预计韩国清洁氢总供应量将达到 2790 万吨，届时，氢能将成为韩国使用率最高的能源。

韩国总理金富谦表示：“氢是实现零碳排放目标的有力手段。韩国将建立一个创新型的氢经济生态系统，未来将集中精力开发和转化关键的氢能技术，并培养相关人才。同时，韩国将增加对海外项目的投资，利用本国的资金和技术生产清洁氢项目，通过加强与产氢国家的合作，到 2050 年，韩国将确保至少 40 个左右的氢供应渠道。”

据悉，韩国将逐步降低氢气的生产成本，计划到 2030 年，实现年产 25 万吨清洁氢，成本为 3500 韩元/公斤；到 2050 年，氢气年产能达到 300 万吨，成本降低至 2500 韩元/公斤。

据了解，此前，韩国政府出台了《氢能经济实施计划》，这是韩国第一个与氢能产业相关的法律规划。根据该计划，韩国将增加清洁氢的供应，提高氢能汽车生产、加强基础设施

扩建，同时推广氢气在工业和居民生活中的使用率。

根据韩国政府规划，到 2025 年，韩国环境部将在全国 226 个区、县、市至少建设一个加氢站；到 2050 年，在全国建设 2000 多座加氢站。韩国政府还计划鼓励钢铁和化工等行业转向使用与氢相关的生产工艺，并将这种清洁能源应用于各种交通工具，包括无人机、有轨电车和船舶。

韩国环境部表示，通过这些计划，预计到 2050 年，氢将占韩国总能源消耗的 33% 和总发电量的 23.8%，这意味着到 2050 年，氢将超过石油，成为韩国使用率最高的能源。（仲蕊）

全国首家氢能技术学院落户南海

中国能源报 2021.12.13

本报讯 12 月 8 日，2021 联合国开发计划署氢能产业大会在佛山市南海区西樵山文化中心开幕，这是继 2019 年落户佛山市南海区后，联合国开发计划署氢能产业大会第三次在南海举办。全国首家氢能学院 UNDP—粤港澳大湾区氢能经济职业技术学院项目示范基地授牌仪式暨首届氢能技术专业新生开学典礼也同步举行。

为解决人才短缺难题，联合国开发计划署（UNDP）、中国汽车技术研究中心有限公司与南海区人民政府开展合作，依托广东环境保护工程职业学院作为示范基地，开展 UNDP—粤港澳大湾区氢能经济职业技术学院项目，辐射粤港澳大湾区，培养氢能领域高素质技术技能人才。

项目建设期为 2021—2025 年，计划在广东环境保护工程职业学院开设 6—8 个专业，届时在校生规模将达到 3000 人，学院首批开设氢能技术应用专业，2021 级氢能技术应用专业新生已于今年九月入校就读。项目的开展将为中国乃至其他发展中国家的氢能技术人才体系建设打造一套可复制的样板。（林志明）

地球生命起源于氢能

科技日报 2021.12.14

科技日报北京 12 月 13 日电（记者张梦然）生命起源时的第一个化学反应是如何开始的？它们的能量来源是什么？德国杜塞尔多夫大学（HHU）的研究人员重建了现代生物分化前的最后共同祖先“露卡”（缩写为 LUCA）的新陈代谢。他们发现并确定了长期寻求的、推动这些反应向前发展所需的能量来源，它就是一直隐藏在众目睽睽之下的氢气。

在实验室中，HHU 分子进化研究所的威廉·马丁教授团队使用海底热液喷口中发现的催化剂和条件进行化学实验，以研究氢气与二氧化碳之间的反应。他们在计算机上开发了一种分子考古学形式，使他们能够发现保存在现代细胞的蛋白质、DNA 和化学反应中的许多不同的原始生命痕迹。

研究人员此次不是着眼于基因，而是着眼于生命本身化学反应中所包含的信息。他们确定了 402 种代谢反应，这些反应自大约 40 亿年前生命起源以来几乎没有变化。因为这些反应对所有细胞都是共同的，所以它们也存在于 LUCA 中。在最原始的现代细胞中，一些化合物由现代环境中存在的简单分子合成，这些分子也存在于早期地球的热液喷口中：氢、二氧化碳和氨——这代表着 LUCA 的代谢网络。

发表在《微生物学前沿》上的研究结果表明，LUCA 的新陈代谢不需要外部能源，例如紫外线、陨石撞击、火山爆发等。相反，在许多现代海底热液喷口的典型环境中，新陈代谢反应向前发展所需的能量源于新陈代谢本身。换句话说，几乎所有 LUCA 的新陈代谢反应都是自己释放能量的：生命的能量源于生命本身。

研究人员解释称，在“失落之城”——大西洋中部产生氢气的热液场环境中，大约 95%—97% 的 LUCA 代谢反应可以自发地进行，不需要任何其他能源。在热液系统的黑暗深渊中，氢气是“化学阳光”。现代能源技术正在研究利用与生命完全相同的氢特性。只是生命拥有 40 亿年的“氢技术经验”，而人类才刚刚起步。

总编辑圈点

LUCA，现存生物的共同的基本祖先，一个没有留下过化石痕迹的实体。热液生态系统，则位于黑暗冰冷的洋底。那里并不寂寞，甚至生机勃勃，活跃着管状蠕虫、海葵等生物。研究人员使用海底热液喷口中发现的催化剂和条件进行化学实验，确定了一些自生命起源以来就几乎没有变化过的代谢反应，并推断 LUCA 的新陈代谢不需要外部能源，和热液喷口生态系统一样，它们用氢能。这一发现不仅在解答生命起源之谜，也为人类提供了氢能源利用的一种高级又原始的思路——仿生。

拟向海外投资 10 亿美元发展绿氢

中国能源报 2021.12.27

本报讯 近日，欧盟委员会裁定德国政府公布的《全球氢气倡议》“必要且具有激励作用”，这意味着德国拟向非欧盟国家大规模可再生能源制氢产业投资 10 亿美元的计划正式获得了欧盟委员会的批准。

综合多家外媒报道，今年上半年，德国政府提出，德国本土绿氢产能难以满足能源转型要求，成本也相对较高，为此，德国需要加大海外绿氢进口力度。同时，在欧盟委员会看来，德国向非欧盟国家投资绿氢项目的举措不仅将推动全球绿氢市场降本，也将有助于欧盟达成气候目标。

有测算认为，德国 10 亿美元的投资预计将资助约 50 万千瓦装机的可再生能源电解水制氢。截至目前，德国政府和相关企业已经与加拿大、智利、日本、摩洛哥、沙特、阿联酋等多国签署了绿氢项目合作协议。（李丽旻）

拟大力发展 氢氨发电技术 27

中国能源报 2021.12.

本报讯 据行业资讯机构标普全球普氏报道，韩国政府日前宣布，将制定氢、氨发电发展计划和路线图，把韩国打造成为氢气和氨气发电大国。

据悉，韩国政府计划明年投入 400 亿韩元，用于相关设备、基础设施的建设，并将于 2023 年前制定“氢气和氨气发电指南”，在 LNG 发电站推广相关技术的应用。与此同时，韩国电力公社和韩国电力研究院将于 2022 年上半年，完成氢气和氨气供应及安全设备、燃烧试验装置等设备建设组装。

此外，韩国政府还将促进电力企业间加强合作，计划从 2022 年 1 月起开展无碳环保氨气发电技术联合研发，现代重工、乐天精密化学等企业都将参与，预计将在 2024 年后推动氢气、氨气混合发电技术商用化。（仲蕊）

光合作用“绿巨人”蓄势待发

中国科学报 2021.12.9

光合作用是地球生物安全高效地获取太阳能量的主要途径。在植物中，运行光合作用的场所——光合膜有着复杂而精细的结构。

北京时间 12 月 9 日，《自然》以长文形式在线发表了中科院植物研究所（以下简称植物所）匡廷云院士团队与浙江大学张兴团队联合完成的突破性研究成果。

他们首次解析了大麦中一个包含 55 个蛋白亚基的叶绿体超分子复合体的高分辨率空间结构，该复合体是目前最大的已获得高分辨率结构的高等植物叶绿体超分子复合体，并首次揭示了光合膜上这个“绿巨人”的组装原理。

解析“大块头”的精细结构

“光合作用中光能的吸收、传递和转换发生在光合膜上，是由光合膜上具有一定分子排列和空间构象的蛋白质超分子复合体完成的。”匡廷云在接受《中国科学报》采访时说，光合膜上有光系统 I 和光系统 II 等多个超分子复合体，是光能高效吸收、传递和转化的场所。

该研究首次解析的“绿巨人”就是由其中多个超分子复合体进一步组装而成的。论文通讯作者、植物所研究员韩广业告诉《中国科学报》，此前研究已经得知该复合体由 3 个大基团组成，是一个庞大而复杂的结构。但其具体组成和精细结构尚不清楚。

匡廷云解释说，光合作用的电子传递在光合膜上有两种类型，一种是线性电子传递，另一种是围绕光系统 I 的环式电子传递。

环式电子传递是光能转化途径之一，也调控着二氧化碳的高效固定。而该超分子复合体就与环式电子传递链有密切关系。搞清楚“绿巨人”的精细结构，对理解光合作用光能转化调控机理有非常重要的理论意义。

“国际上有几个先进的研究团队在做这项研究。这次我们首先发表了它的高分辨率结构，得益于长期坚持不懈的努力。”匡廷云说。

韩广业告诉《中国科学报》，像“绿巨人”这么大的超分子复合体很难获得，要想获得它的结构并不容易。经过多年实验，他们最终分离提纯到该超分子复合体，并利用冷冻电镜“看”到了它的高分辨率结构。

论文共同第一作者、植物所研究员王文达介绍，大麦光系统 I—NDH 复合体由 2 个光系统 I 亚复合体、1 个 NDH 亚复合体及一个未知蛋白 USP 组成，共包含 55 个蛋白亚基、298 个叶绿素分子、67 个类胡萝卜素分子和 25 个脂分子，总分子量约 1.6MDa。其中，NDH 是一个类还原型烟酰胺腺嘌呤二核苷酸脱氢酶复合体。

“这是目前最大的已获得高分辨率结构的高等植物叶绿体超分子复合体。”匡廷云说。

揭示环式光电子传递的结构基础

在获得了大麦光系统 I—NDH 复合体高分辨率结构之后，该团队进一步解析了复合体中各个基团之间的相互作用和组装原理。

论文第一作者、植物所已毕业博士研究生沈亮亮介绍，光合作用光反应过程是在一系列镶嵌在光合膜上的蛋白质超分子复合体中进行的，通过光驱动光系统 II 和光系统 I 反应中心的电荷分离及光合电子传递，将光能转化为化学能，形成 ATP（腺嘌呤核苷三磷酸）和还原力 NADPH，用于暗反应中的二氧化碳固定。光系统 I 和光系统 II 催化两种类型光合电子传递，分别为环式电子传递和线性电子传递。

通过光诱导水裂解产生的电子依次经过光系统 II、细胞色素 b6f 和光系统 I，最后形成还原力 NADPH，这样的电子传递方式被称为线性电子传递。在这个过程中，质子被泵入类囊体囊腔中，产生跨膜质子梯度来驱动 ATP 合酶合成 ATP。

沈亮亮说，如果电子经过光系统 I 后没有形成还原力 NADPH，而是返回到质体醌库和细胞色素 b6f 中，并继续返回到光系统 I 中，这种围绕光系统 I 进行的电子传递方式被称为环式电子传递。这一过程仅产生跨膜质子梯度并形成 ATP，而不产生还原力 NADPH。

韩广业解释说，围绕光系统 I 的环式电子传递在调节植物光合作用中 ATP/NADPH 的比例、满足二氧化碳固定、各种生理反应需求和调节光合生物响应环境变化等方面具有重要作用。

而 NDH 介导的围绕光系统 I 的环式电子传递是光合环式电子传递的主要途径之一，对维持光合固碳过程中 ATP 的供应及逆境胁迫条件下类囊体膜基质氧化还原状态具有重要功能。

他们的研究首次揭示了光系统 I 中两个特殊天线亚基的精确位置和结构特点，其介导了光系统 I 与 NDH 之间的相互作用；首次揭示了 10 个高等植物叶绿体特有的 NDH 亚基的精确位置和结构特点，这些新亚基与 NDH 的膜内亚基相互作用，对维持该超分子复合物的稳定有着重要的功能。

“我们解析的大麦光系统 I—NDH 复合体高分辨率结构，揭示了高等植物叶绿体光系统 I—NDH 复合体介导环式光合电子传递调控的结构基础。”匡廷云说。

为提高光合效率提供新思路

匡廷云团队长期关注光合作用机理研究。她告诉《中国科学报》，这项研究结果不仅对深入理解环式光合电子传递调控的机制具有重要意义，而且还有助理解被子植物在进化过程中如何适应陆生光环境。

她说，进化史上，植物登陆前生活在水中，光线会随着水深的增加而逐渐减弱，水生生物的光合作用“善于”捕捉各种光强的光线，以充分吸收和利用太阳光能。然而，随着被子植物登陆，生活环境发生了巨大变化，其中一个显著变化就是光照变强了。于是，光合膜适应陆生环境，进化出抗强光照射的光保护机制，这使得被子植物得以生存下来。

匡廷云指出，光合生物的光系统是不尽相同的。大麦是一种高等植物，因此，大麦光系统 I—NDH 复合体的空间结构有典型性，同时也能为研究其他植物的叶绿体超分子复合体提供参考。

“大麦既是一种粮食作物，也是一种饲草作物。”匡廷云说，这项研究对提高饲草及作物光能转化、二氧化碳固定效率及抗逆能力具有重要指导意义。

韩广业说，了解了光系统 I—NDH 复合体的空间结构之后，就可以利用合成生物学技术，构建新型高效的光合膜电子传递线路，优化光合膜能量传递途径，为打造高光效、高固碳光合元件和模块提供新思路。

“大麦的基因组图谱是很清楚的，所以这项研究也为设计高产和高抗逆性的优质饲草及作物提供了新的技术路线。”匡廷云说。（李晨）

韩国计划发展海上氢能

中国自然资源报 2021.12.17

【韩国海洋水产部官网 11 月 29 日消息】在韩国第四次氢能经济委员会上，韩国海洋水产部提出氢能港口建设方案和海上制氢计划，即：到 2040 年建设 14 个具备氢能生产、物流、消费功能的氢能港口；到 2040 年实现海上制氢 12 万吨，占氢总供给量的 10%，为实现上述目标，韩国将颁布相关法律，编制基本计划，阶段性推进技术研发与实践。

氢能应用场景日趋多元

中国能源报 2021.12.13

“未来的能源格局将是以新能源为供应侧主体，电力为消费中心，多能互补协同的格局，氢能的应用领域和场景十分丰富，在碳达峰碳中和目标的背景下，氢能的多场景大规模应用将助力降碳目标早日实现。”在近日召开的氢能制储运技术创新学术论坛上，国家发改委能源研究所环境中心主任熊华文肯定了我国氢能产业发展模式和路径选择的重要意义。

与会专家一致认为，实现氢能产业的健康发展，需要把握产业发展节奏，保持产业链各环节步调均衡，并探索多个领域应用场景，充分发挥氢能脱碳潜力。

初步具备产业化条件

近年来，全国各地氢能支持政策不断出台，国家氢能产业顶层规划也即将出台，燃料电池汽车城市群示范应用正在开展。此外，技术不断突破，成本持续下降，基础设施瓶颈逐步缓解，氢能与燃料电池技术已初步具备产业化水平。

熊华文称，氢储运关键零部件方面，35兆帕三型瓶已实现国产化，70兆帕三型瓶已具备生产能力，长距离高压输送关键技术与装备具有示范应用条件。在电堆系统零部件方面，尽管空压机、氢气循环泵、增湿器仍主要依赖进口，但催化剂、双极板已初步具备产业化条件。

国富氢能技术装备股份有限公司研发与战略总监魏蔚指出，预计到2021年底，我国将累计建成加氢站超过200座，投入运营超过150座，成为加氢站保有量全球第一的国家。同时，预计今年底，我国氢燃料电池汽车保有量可超过1万辆，电堆和供氢系统装车量在3500辆左右。

氢能在能源系统转型中具有重大战略作用。中国船舶集团有限公司第七一八研究所制氢工程部副总工薛贺来认为，氢能作为关键环节纳入能源系统转型是必然之势。尽管还需进一步降低氢能成本，但可以预见的是，未来数年内，氢能将迅速增长并在2050年前作出重要贡献。

探索多元化应用模式

值得关注的是，氢气除了用作燃料，还可作为原料应用于多个领域进行深度脱碳。“交通领域是整个氢能产业应用的先导部分，‘十四五’期间，氢能应走多元化的应用之路，在工业、建筑等领域进行探索，构建‘大氢能’图景。”熊华文指出，2019年全国近90%的氢气用于石化和化工行业，约2800万吨。目前，化石能源制氢占统治地位，造成超过4亿吨碳排放，氢气被用作原料使用，难以通过电气化等手段减排。对此，绿氢耦合二氧化碳化工是零碳化工产品的重要解决方案，此外，氢冶金也是钢铁产业实现减排的重要方式。

根据预测，到2060年，石化、化工、钢铁领域的用氢需求巨大，工业领域氢能需求将达到5400-8200万吨，氢能将成为绿色低碳工业原料，占全部工业氢需求的70%以上。到2030年，绿氢替代灰氢有望迎来高速发展；氢基化工和氢冶金，2035年以后有望提速。

“除了化工和建筑领域，氢气还可用于季节性存储波动性可再生能源电力。未来高比例风能和太阳能并网将促进储能需求显著增长，可再生能源电力季节性储能需求将从2030年开始大幅增长，将可再生能源制氢与储氢相结合，可以为能源系统提供长期的季节灵活性。”薛和来提出，绿色氢气作为长远的氢气供应方式。从长远来看，可再生能源制氢是唯一可持续的氢气供应方式。未来绿色氢气将具备成本竞争力，通过降低可再生能源电力和电解槽成本，提高电解槽效率以及电力系统集成，与化石燃料制氢的成本持平。

熊华文也认为，未来电力系统将呈现“风光为主、多源协同”的供需格局，对稳定性、周期性储调需求迫切。掺氢发电和燃氢机组，可以提供跨季节、长周期的电力电量调节，弥补电化学储能等新型储能的技术不足。

算好“数量”“经济”两笔账

与会专家提醒，当前同质化竞争和产能扩张风险隐现，存在上下游、各环节脱节、不匹配情况。有的地方“有车无氢”，有的地方“有氢无车”，有的地方基础设施缺失导致资源消纳困难，需要避免产业发展失衡。

薛贺来认为，应进一步完善国家层级的氢能产业布局及专项规划。当前发展氢能的热点区域，多处于政府引导及发展探索阶段，且国内尚未建立专门促进氢能产业发展的管理部门，没有形成完善的管理体系和监管模式。

熊华文认为，氢能产业发展过程中，应把握发展节奏，推动上游与下游、产业与市场、设施与应用“步调一致、衔接统一”，算好“数量”和“经济”这两笔账。他表示，对于一个地方或企业而言，数量账即氢能的制储运加用等环节的平衡发展，任何一个环节的突飞猛进或存在短板都会影响整个产业平稳健康发展；而经济账，就是在产值、投资、补贴、税收和社会效应方面保持匹配关系，避免“赔本赚吆喝”。

薛贺来建议打造“氢能生态圈”。从氢的产、储、运、加、用等全产业链出发，依托地方政府、企业、科研院所，平台等多主体，逐步打造“基础设施配套完善，运营模式成熟、创新成果丰富、资金保障充足、示范效果明显、生态效应显著”的氢能产业商业生态圈。

熊华文还提醒称，统筹氢能产业发展与安全也尤为重要。一方面确保安全，另一方面优化安全监管方面的流程，为企业的降成本提供支撑。他表示，氢作为高能量密度能源，产业链长，系统结构复杂且操作条件多样，使用过程中的风险需要给予足够的重视。在全国各地争先恐后发展氢能产业的背景下，不能一哄而上，盲目追求速度和规模，更不能对安全隐患心存侥幸。（仲蕊）

可储氢的“纳米巧克力”结构创建

科技日报 2021.12.30

科技日报北京12月29日电（记者张梦然）据美国化学学会（ACS）期刊《ACS Nano》上发表的一项研究，德国电子同步加速器（DESY）团队开发出一种创新方法，可将纳米粒子变成简单的储氢库。

具有高度挥发性的氢气被认为是未来很有前途的能源载体，可为飞机、船舶和卡车提供气候友好型燃料，并允许生产气候友好型钢铁和水泥——这取决于氢气如何生成。然而，储存氢气的成本很高：要么将气体保存在压强高达700巴（压强单位，1巴=100千帕）的加压罐中，要么将其液化，这意味着须将其冷却至-253℃。这两个过程都会消耗额外的能量。

DESY纳米实验室负责人安德雷斯·斯蒂尔领导的团队设计了一种新方法，将氢储存在

由贵金属钯制成的直径仅为 1.2 纳米的微小纳米粒子中。钯可以像海绵一样吸收氢的事实早已为人所知。

这些微小粒子足够坚固，它们由稀有贵金属铱制成的核也很稳定，并附着在石墨烯载体上。斯蒂尔说：“我们能够将钯粒子以仅 2.5 纳米的间隔附着在石墨烯上。这会形成一种规则的、周期性的结构。”

DESY 的 X 射线源 PETRA III 用于观察当钯粒子与氢接触时会发生什么：本质上，氢黏附在纳米粒子的表面，几乎没有任何气体渗透到内部。纳米粒子就像是一种巧克力结构：中心是铱“坚果”，包裹在一层钯中，外部是由氢气包裹的“巧克力”。回收储存的氢气只需稍微加热，氢就会从粒子表面迅速释放出来，因为气体分子不必从簇内部推出。

斯蒂尔表示，接下来，研究人员希望确定使用这种新方法可以实现的存储密度。然而，在进行实际应用之前，仍然需要克服一些挑战。例如，其他形式的碳结构或是比石墨烯更合适的载体，研究人员正在考虑使用含有微孔的碳海绵。

双碳目标下氢能不止于替代化石能源

中国电力报 2021.12.17

近年来，“氢能”愈发成为行业热词。

来自中国氢能联盟的数据显示，2020 年我国氢气产量超过 2500 万吨，据测算，至 2060 年实现碳中和时，我国氢气的年需求量将增至 1.3 亿吨左右，在终端能源消费中占比约为 20%。

氢能被认为是极具发展前景的二次能源，具有清洁低碳、高热值、高转化率等优势。记者获悉，为指导氢能健康发展，国家级氢能战略规划有望于近期对外发布。清华大学副秘书长、北京清华工业开发研究院院长金勤献表示，氢能对中国提高能源体系安全、实现碳中和具有极高战略价值。在工业领域，氢能将在原料和热源替代方面扮演主要角色；在能源领域，氢能可在分布式电力系统、储能等方面发挥重要作用。明确发展路径、清晰发展目标，我国氢能发展迫切需要顶层指导性政策统筹全局。

起于交通落脚低碳

氢能在我国是从交通行业发展起步的。2001 年，我国开始布局加氢和车用燃料电池领域。自 2009 年起，我国燃料电池车和电动车一起享受财政补贴，2014 年，我国单独出台了针对加氢站的补贴。自 2018 年起，燃料电池车和新能源车的补贴力度出现差异，在下调其他新能源车型补贴时，我国对氢燃料电池汽车仍保持原有补贴支持。

电力规划设计总院党委常委、副院长姜士宏表示，降低对传统化石能源的依赖、提高可再生能源开发利用比例、在难以减碳的领域进行深度脱（低）碳是中国与世界其他国家发展氢能的一致目标，但是国情和发展方式决定了我国和其他国家氢能发展具有差异性。

记者梳理发现，2016 年 4 月，国家发展改革委、国家能源局等联合发布《能源技术革

命创新行动计划（2016~2030年）》，提出能源技术革命重点创新行动路线图，部署了15项具体任务，其中氢能产业被纳入国家能源战略。次年，国家能源局批准多项弃风弃光制氢储能项目。2018年1月，国家科技部将“可再生能源与氢能技术”列入重点专项，积极加以支持研究。

2019年，氢能首次写入《政府工作报告》，明确“推动充电、加氢等设施建设”。同年3月，财政部等四部委联合发布《关于进一步完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》，指出地方应完善政策，过渡期后不再对新能源汽车（新能源公交车和燃料电池汽车除外）给予购置补贴，转为用于支持充电（加氢）基础设施“短板”建设和配套运营服务等方面。

《2020年能源工作指导意见》在能源革命试点深入推进章节中提到：稳妥有序推进能源关键技术装备攻关，推动储能、氢能技术进步与产业发展。在推动新技术产业化发展章节明确，制定实施氢能产业发展规划，组织开展关键技术装备攻关，积极推动应用示范。

2020年3月，国家发展改革委、司法部印发《关于加快建立绿色生产和消费法规政策体系的意见》，提出2021年完成研究制定氢能、海洋能等新能源发展的标准规范和支持政策。同年4月，国家能源局发布《中华人民共和国能源法（征求意见稿）》。在征求意见稿中，氢能被列为能源范畴。这是我国第一次从法律上确认氢能属于能源。

《2021年国民经济和社会发展计划草案》提到科学有序推进水电发展，积极有效推进风电、光伏发电、垃圾发电及氢能等能源发展。同年2月印发的《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》中提出“因地制宜发展水能、地热能、海洋能、氢能、生物质能、光热发电”。

《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》提出，氢能与储能等前沿科技和产业变革领域，组织实施未来产业孵化与加速计划，谋划布局一批未来产业。

“可以看到，多项政策支持下，当前我国氢能产业正在快速发展。”姜士宏表示。

“过热”倾向亟须政策引领

为抢占氢能市场先机，近年来，各地方陆续出台氢能规划和产业支持政策。截至目前，全国已有20余省或直辖市发布了氢能产业链相关政策。其中，北京市充分利用研发实力突出、产业基础完备、氢能供给多元、应用场景丰富等优势，在全国氢能产业发展中发挥带头示范作用。在珠三角、长三角、京津冀鲁等经济发达地区，随着相关省市（县）加大对氢能产业发展的政策支持及财政补贴力度，氢能产业得以快速发展应用。

具体到规划层面，今年多省发布了“十四五”氢能产业规划。据不完全统计，北京、山东、河北、河南等省份相继出台“十四五”氢能发展规划或扶持政策，并从产业规模、企业数量、燃料电池汽车、加氢站等方面明确阶段目标。

11月30日，四川省和重庆市同时在成都、九龙坡区、内江三地举行“成渝氢走廊”启动仪式。据悉，“成渝氢走廊”总体规划了两条城际线路和1条直达干线。此外，两地还规

划于 2025 年前投入约 1000 辆氢燃料物流车，并配套建设加氢站。

更早前，浙江省在其发布的《加快培育氢燃料电池汽车产业发展实施方案》中，也明确规划了两条“氢走廊”路线，该方案显示，到 2025 年，浙江将计划在公交、港口、城际物流等领域推广应用氢燃料电池汽车接近 5000 辆，规划建设加氢站接近 50 座。

“地方层面支持氢能发展，一方面为了助力绿色低碳转型，另一方面也可吸引氢能产业链聚集落户，促进当地经济发展。”姜士宏表示，北京早在 2008 年奥运会期间，就投放了 20 余辆燃料电池汽车，并建设了一座日加氢 20 千克的加氢站。经过十余年的产业培育和发展的，北京市力争成为有国际影响力的氢燃料电池汽车科技创新中心、关键零部件制造中心和高端应用示范推广中心。

虽然各地氢能发展火热，但姜士宏也指出，我国尚缺乏国家层面的氢能顶层设计，氢能发展路径、发展目标尚不清晰，氢能产业发展存在一定程度的“过热”现象。地方政府为抢占氢能市场先机，出台氢能规划和产业支持政策，存在政策同质化、碎片化问题，易导致各地氢能产业无序竞争和产能过剩等情形。当前我国氢能发展正处于产业培育的关键时期，氢能发展迫切需要顶层指导性政策统筹全局。

氢能发展难破成本制约

路径问题是一个行业发展要面对的首要问题，具体到氢能而言，优秀的路径摆在面前，制约其发展的是成本。

为了表述方便，业界经常以颜色对氢源进行区分，一般分为灰氢、蓝氢、绿氢。其中，由化石能源、工业副产品等制取的氢气，因制氢过程会有二氧化碳等温室气体排放而被称为灰氢。由化石能源制取的氢气，利用碳捕获与封存技术（CCS），将制氢过程中排放的温室气体进行捕获封存的称为蓝氢。由核能、可再生能源通过电解水等手段制取的氢气则为绿氢。

清华大学核能与新能源技术研究院教授毛宗强表示，要在 2060 年前达到碳中和，我国需要有计划地精准减少煤炭消费，使用绿氢、绿电替代是必然选择。从环境和生态的角度来看，利用可再生能源进行电解水制氢是最佳的技术途径。不仅能够实现零碳排放，获得真正洁净的绿氢，还能够将间歇、不稳定的可再生能源转化储存为化学能，促进新能源电力消纳。

然而，过高的生产成本是清洁绿氢难以大规模发展的主要因素之一。当前，灰氢、蓝氢依然是我国最主要的氢源。根据中国煤炭工业协会公开数据，2020 年在我国超 2500 万吨氢气产量中，煤制氢占 62%、天然气制氢占 19%，工业副产气制氢占 18%，电解水制氢占 1% 左右。

武汉理工大学材料复合新技术国家重点实验室国家特聘教授程一兵表示，电价是决定氢能成本的关键因素。从我国各地工商业用电价格来看，平均电价约 0.66 元/千瓦时，国内现在绿氢生产成本约为 20 元/公斤，其中 70% 以上是电力成本。毛宗强表示，随着我国新能

源的逐步发展，绿氢的生产成本会逐年下降。

2021年4月，中国氢能联盟发布《中国氢能源及燃料电池产业白皮书2020》中所示，可再生能源制氢成本有望在2030年实现平价。

毛宗强建议，为推动氢能发展，现阶段可采取“分步走”的方式，即蓝氢先行、绿氢逐步跟上。同时，还应关注氢基化合物的发展，实现利用绿氢和空气中的氮气生产绿色合成氨，绿氢和捕捉的二氧化碳生产绿色甲醇或绿色合成天然气等。（谢文川）

国内首家“氨—氢”绿色能源产业创新平台在闽启建

科技日报 2021.12.28

一项颠覆性关键技术的突破，迎来了国内首家“氨—氢”绿色能源重大产业创新平台的启动建设。近日，记者从福州大学举行的绿色能源重大产业项目战略合作签约仪式上获悉，该校江莉龙研发团队率先实现了新型的低温“氨分解制氢”催化剂的产业化，探索了以氨为氢能载体的颠覆传统高压储氢方式，为发展“氨—氢”绿色能源产业奠定了坚实的基础。

据国际能源署预计，2040年全球“绿氢和蓝氢”需求将达7500万吨。发展氢能产业是实施“双碳”战略的重要抓手，然而氢气储运难和安全性差等问题制约了其产业化发展。研究发现，氨作为高效储氢介质，具有高能量密度、易液化储运、安全性高和无碳排放等优势。作为我国氨工业催化领域唯一的国家级创新平台，2018年，福州大学化肥催化剂国家工程研究中心与北京三聚环保公司等开发出世界首套以煤为原料的低碳安全高效“铁钉接力催化”合成氨成套新技术，实现在年产20万吨合成氨装置上工业应用，打破了国外近30年的技术垄断。

在此基础上，该中心进行“氨—氢”绿色能源重大技术攻关，创制出使氨高效分解的新型低温催化剂，使传统高温“氨分解制氢”的温度大幅下降，并设计开发出氨低温制氢加氢站装置和新型“氨—氢”燃料电池动力系统，攻克了“氨—氢”能源循环的关键技术瓶颈，有望发展一条契合我国能源结构特点的“清洁高效合成氨—安全低成本储运氨—无碳产氢用氢”的全链条特色氢能经济路线，为国家双碳目标的实现提供一条崭新的解决方案。

据了解，此次福州大学、北京三聚环保公司、紫金矿业集团将出资约2.67亿元成立合资公司，由新公司出资约3千万元购买福州大学的技术服务。合作三方将进一步聚焦我国发展氢能产业化存在的“卡脖子”难题，充分利用福州大学在合成氨及“氨—氢”转化催化技术领先优势，坚持产学研用融合，打造一支国家级“氨—氢”能源产业创新团队，共同建设氨工业催化国家工程研究中心，加快发展集绿氨产业、氢能产业及可再生能源产业于一体的“零碳循环”的万亿级产业链，对保障国家能源安全和社会经济可持续发展具有重要意义。（许晓凤 蓝苗 谢开飞）

大规模制氢 电解海水现曙光

中国科学报 2021.12.13

利用可再生能源电解水制氢被认为是实现规模化高纯氢生产的最可行策略之一，但由于全球淡水资源紧缺，电解海水继而成为研究热点。但是，目前适配海水电解的催化剂等关键材料、器件仍无法满足需求，电催化剂催化机制、结构演变等基础科学研究有待进一步深化。

近日，天津大学教授朱胜利团队与南开大学教授程方益团队合作，提出一种高活性、低成本，在工业级电流密度下依然具有良好催化稳定性的催化剂——碳掺杂纳米孔磷化钴（C-Co₂P），为海水电解大规模制氢提供了新视角。相关论文发表于《先进功能材料》。

“随着海水电解制氢研究的不断深入，一定会实现氢能、风能、光能、潮汐能等海洋‘绿色能源’的综合利用，促进可再生能源产业不断发展。”朱胜利对《中国科学报》说。

海水制氢技术待提高

日前，国务院印发的《2030年前碳达峰行动方案》提出，要“集中力量开展低成本可再生能源制氢等技术创新”“加快氢能技术研发和示范应用，探索在工业、交通运输、建筑等领域规模化应用”。

业界普遍认为，加快氢能经济体系建设，是实现碳达峰和碳中和的重要保证。

“氢气能量密度高、能量转换效率优异且没有污染，是一种零碳排放的新能源，被认为是应对环境和能源问题的理想燃料。”程方益告诉《中国科学报》，“通过与清洁能源耦合，电解水制氢能够实现零碳排放的制氢目标，是非常具有发展前景的清洁能源制备技术。”

当前，全球90%以上的氢气由碳基能源制取（煤制氢、天然气制氢）。在不久前举行的2021全球绿色发展高峰论坛上，中国工程院院士、深圳大学深地科学与绿色能源研究院院长谢和平指出，如果把原料和碳汇考虑进去，水制氢是未来制氢的一个方向，但全球淡水资源短缺，因此“海水原位无淡化直接电解制氢技术在理论、技术及战略上均具有重要意义”。

“海水电解与淡水电解的原理基本相同，但由于海水成分复杂，相比淡水具有较强的腐蚀性。更重要的是，由于海水中氯离子浓度较高，在电解水的过程中会发生氯离子氧化反应，生成次氯酸根等腐蚀性强的物质，加速电解水器件的腐蚀。”朱胜利说。

虽然碱性条件下能够抑制氯的氧化反应，但在工业化大电流密度的生产条件下，氯的氧化反应依然无法避免。相对于淡水电解，海水电解对电解水器件中的催化剂和膜材料等各个部件的耐蚀性要求较高。

朱胜利认为，一方面，开发高选择性的电解水催化剂、降低氯氧化反应的发生是碱性海水电解的重要研究方向。另一方面，碱性条件下电解水催化剂的催化活性依然具有很大提升空间，尤其对于析氢催化剂而言，在碱性条件下氢气源于水的裂解，相比酸性条件需要克服

更高的反应能垒。贵金属材料的电解水催化活性较高，但其高昂的价格会增加电解水器件的成本，限制其大规模应用。

“因此开发新型高活性、高选择性、高稳定性的非贵金属电解水催化剂是碱性海水电解的迫切需求。”程方益说。

纳米孔磷化钴体现优势

“碱性条件下，海水电解为大规模可持续高纯度氢气生产提供了一种有吸引力的选择。”该论文第一作者徐文策告诉《中国科学报》，“然而，缺乏活性强的电催化剂严重阻碍了该技术的工业化应用。”

徐文策解释说，磷化钴在碱性电解水中已被证实是一类有效的析氢催化剂。

“有研究证明磷化物中具有较高电负性的磷原子能够促进水裂解。”徐文策说，“因此我们想到如果在磷化钴中掺杂适量电负性更高的碳原子，或许能够进一步提升磷化钴的析氢催化活性。”

但问题随之而来。虽然磷化钴的制备方法很多，但非金属元素掺杂的方法相对较少，如何将碳原子掺杂进磷化钴内是催化剂制备的一个难点。

通常而言，非金属元素掺杂的制备方法分为两种，一种是外来元素掺杂（现今最常用的制备方法），另一种是前驱体混合一步法制备。但这两种方法均有缺陷，前者生产过程中容易产生有害尾气；而后者通常需要使用不同的物质作为非金属源，而不同的非金属源反应速率又不同，为获得理想的成分配比，就需要对反应温度等参数进行精确调控，从而增加制备难度及成本。

“经历无数次理论推演和实验后，我们想到通过合金熔炼法，将碳原子直接掺杂到钴磷前驱体合金中，从而避免有害气体的产生，并能克服非金属源反应速率不同的限制，直接生成碳掺杂的磷化钴与金属钴的两相前驱体合金；然后再进行脱合金反应，将多余的钴去除，从而获得比表面积大、碳掺杂量可调的纳米多孔碳掺杂磷化钴催化剂。”朱胜利说。

“含有氯化钠、氯化镁和氯化钙的人工碱性海水电解液，有令人印象深刻的催化活性和大电流密度下的稳定性。”徐文策说，“实验分析和密度泛函理论计算表明，具有较强电负性和较小原子半径的 C 原子可以调整 Co_2P 的电子结构，解决 Co 活性位上对氢吸附过强的问题，从而促进其析氢动力学。此外，C 掺杂通过形成 C-Had 中间体引入了两步氢传递途径，从而降低了水的解离能垒。”

寻求工业化应用

碱性水电解和基于质子交换膜技术的酸性水电解都会在一定程度上加速催化电极和生产设备的腐蚀，降低其使用寿命。为满足工业化生产的需要，阴极不仅要有优异的催化析氢性能，还必须在高电流密度下长时间稳定工作。因此，开发一种高催化活性、高稳定性和低成本的催化析氢电极具有重要的理论意义和实用价值。

实验结果表明，该团队制备的催化剂具有较高的电催化析氢催化活性，在模拟海水的条

件下，能够在较小的析氢过电位时，获得较大的产氢电流，表现出良好的大电流密度稳定性，比商用的铂基贵金属（Pt/C）催化剂具有更高的催化活性。

“贵金属在电解海水过程中易发生溶解、重构等问题，由于磷化物本身化学性质比较稳定，我们的催化剂对次氯酸根等物质的耐蚀性较强，在工业级电流密度下依然稳定。”程方益补充说，“此外，我们使用的是价格较低的钴基催化剂材料，相比铂基贵金属催化剂，其制备成本更低，因此具有良好的工业化前景。”

“这项作为磷化物的非金属掺杂提供了一种新的制备方法，同时阐述了碳原子掺杂对析氢反应的促进机理，能够为碱性海水电解催化剂的设计提供新思路。”朱胜利说，“目前这种催化剂还处于实验室开发阶段，后续我们会将这种催化剂与电解水器件进行适配，寻求工业化应用。”（张双虎）

氢燃料电池“突围”国产化

中国能源报 2021.12.20

核心阅读

目前，绝大部分燃料电池汽车采用质子交换膜技术，质子交换膜的质量直接影响着电池性能、寿命及整车成本。近期，我国首条全自主可控30万平方米质子交换膜生产线正式投产，实现了氢燃料电池核心部件国产化，意味着我国在质子交换膜高端产品领域有了自主生产能力，将由此推动我国燃料电池核心材料产业大步向前。

作为氢燃料电池核心部件，质子交换膜好比电脑的中央处理器，其质量直接影响着电池性能、寿命及成本。早期，我国所用的质子交换膜几乎全靠进口，1平方米折合20多克，价格堪比同等重量的黄金。而今，僵局被打破。

近日，我国首条全自主可控30万平方米质子交换膜生产线在武汉投产，这也是该领域目前技术最先进、一次性成膜最大的生产线。“项目打破了市场长期被国外厂家垄断的局面，达产后可同时满足2万辆氢燃料电池汽车的用膜需求，也可用于固定式电站、备用电源、无人飞机等其应用场景。”国家电投氢能公司武汉绿动总经理刘真介绍。

实现燃料电池关键材料和零部件国产化、批量生产，有助于大幅降低整车成本。记者了解到，以上述项目为代表，国产化力量正在加速突围。

性能更优的同时，价格较国外同类产品减半

目前，绝大部分燃料电池汽车采用质子交换膜技术，但要想兼顾高性能、长寿命与低成本却非易事。自主生产、规模应用难在哪里？

刘真告诉记者，现有的质子交换膜多采用全氟化聚合物材料合成，其稳定性好、寿命长，开发和生产难度却很大，进而导致成本高、售价贵。“相比之下，国内相关研究起步较晚，技术积累薄弱，产业链配套一度不健全、不成熟，特别是高品质的关键原料和工艺设备配套能力弱。若是批量生产，对工艺技术和装备的专业化要求更高，加上前期投入大、回报

周期长，很多企业往往动力不足，性能稳定的规模化生产难上加难。”

据了解，首条生产线实现多项突破。刘真举例，通过采用先进高精度涂布技术和热处理技术，可实现对质子交换膜涂布厚度的精细控制。先进的在线检测及工艺过程检测仪器，对质子交换膜的厚度、缺陷及瑕疵在线监测并实时反馈调整，可以有效提高批量化生产的一致性，进而大幅提升良品率、降低产品成本。

“除了更高的均匀性，产品在幅宽尺寸有了更多选择，可以生产厚度从8微米到20微米的质子交换膜。这是我们自己的产品，在质子电导率、气体渗透率、机械强度等方面均相当或优于国外同类产品，价格却只有一半左右。”刘真称。

中国科学院院士、武汉理工大学校长张清杰直言，质子交换膜成本对氢燃料电池发展有着重要影响，这一生产线的投产，意味着我国在质子交换膜高端产品领域有了自主生产能力，将由此推动我国燃料电池核心材料产业向前大步迈进。

产业链不能多而不强，自主化不是重复建设低质产能

在此基础上，行业需要更多突破。“实现燃料电池关键材料和部件的国产化批量生产，就能大幅降低燃料电池发动机成本，进而降低整车价格。”早前在接受记者采访时，中国工程院院士衣宝廉就表示，我国在整车、系统等方面早有布局，但零部件企业相对较少，尤其是核心部件、材料及其配套工艺相对滞后。“诸如空压机、氢气循环泵等设备，国内虽有企业介入，但大部分关键零部件仍依赖进口，无形中增加成本。”

多位人士证实，目前，电解水、氢气纯化等制氢环节基本不存在“卡脖子”问题，但产业链中下游国产化率仍待提高。“准确来说，很多设备不是完全做不出来，而是批量生产的可靠性、稳定性面临挑战。比如，精密调节、快速响应、稳定输出以及故障率等方面，目前还有较大改善空间。自主化不是低质量产能的重复建设，而要朝着高质量方向发展。”浙江锋源氢能科技有限公司董事长王海峰表示。

国家电投科技与创新部相关人士也称，近年来，国产化进程加速，但氢燃料电池关键材料及部件“卡脖子”问题尚未完全解决，比如碳纸等关键材料仍未实现国产化，电堆和系统的可靠性、耐久性未得到充分验证。“氢燃料电池技术标准、检测体系也不够完善。产业发展趋于同质化，集中表现在产业链企业多而不强。”

全国燃料电池及液流电池标委会副秘书长卢琛钰称，产业发展前期，核心设备与关键材料的研发投入相对欠缺。要么真正有实力、有创新能力的企业，缺乏更大更好的平台及资金支持；要么资金雄厚的大企业，往往更重视应用端投入，对材料和部件的重视程度不够、投资力度不足。

部分技术实现领先，全面实现国产化批量生产可期

上述人士透露，包括武汉在内，国家电投还将在华北、华东、东北等区域建设产业基地，计划形成年产万套燃料电池电堆及催化剂、膜电极、双极板等关键材料部件的自动化产线。除了质子交换膜，该公司还将推进催化剂、膜电极、双极板等关键材料和部件的研发，

在功率等级、功率密度、环境适应性、耐久性等方面达到国际先进水平。

“事实上，部分国产化技术水平已经达到、甚至超过国外商业化产品，下一步是形成大批量自主生产技术。因此，亟待加强上述关键材料核心部件的技术转化，加快形成具有完全自主知识产权的批量制备技术、建立产品生产线，全面实现关键材料核心部件的国产化批量生产。”衣宝廉表示。

这一观点得到卢琛钰的赞同。“不可否认，我们的国产化进程显著，部分质子交换膜、催化剂实现了小批量应用。但从整体看，国外产品仍占据较大市场。提升电堆和系统设计能力，对相关核心材料、部件的要求更加细化；生产及测试装备的能力、精度进一步提升；充分考虑如何将实践所获得的数据反馈到研发和工程化过程中，并且逐步优化——这些都是亟待补齐的短板。”

上述人士提出，在推动技术转化应用的同时，可构建协同创新机制和合作交流平台，加强科研机构、院校、企业等多方合作，鼓励企业对突破性研究成果开展“先行先试”。同时构建政策保障体系，制定氢燃料电池技术及装备中长期发展规划，做好系统的顶层设计。（朱妍 仲蕊）

2025 年规模达到千亿级，佛山、广州和深圳率先布局

广东城市群氢能产业“加速跑”

南方日报 2021.12.24

日前，深圳发布《深圳市氢能产业发展规划（2021-2025年）》（以下简称《规划》），提出到2025年，深圳氢能产业规模达到500亿元。这是深圳出台的第一份有关氢能产业的规划文件。

今年，北京、上海、广东城市群获批国家燃料电池汽车示范应用城市群，为氢能产业按下加速键。在“双碳”目标下，我国多地出台氢能产业规划和扶持政策，深圳发布《规划》，则是一个鲜明的信号：氢能产业加速发展。占据先发优势的广东也进一步发力，巩固优势，抢占未来产业空间。

目前，广东省氢能产业总产值已超百亿元，位居全国第一，站在现有成果上，广东燃料电池汽车示范应用城市群已正式启动。这当中，佛山、广州和深圳以较完备的产业基础和优势长板，成为示范城市群发力的核心，将大力推动应用场景开放，促产业化进程，打造千亿级氢能产业。

政策掘金：氢能产业赛跑

氢能是能效高的清洁能源，同时也是优秀的能量载体。相比于锂电池，氢燃料电池有能量密度高、续航里程长等优势，更适合长距离、重载荷的商用车辆。而除了在交通领域实现绿色减排之外，氢能还在钢铁冶金等能耗大头工业上发挥重要作用，实现对电的能源结构代替。

为了实现“双碳”战略，打造地方发展新动能，各地都在积极布局氢能产业。11月30日，我国首个万吨级光伏绿氢示范项目——中国石化新疆库车绿氢示范项目正式开工建设。作为年产氢气350万吨的国内最大氢气生产企业，中国石化锚定建设中国第一大氢能公司的目标，计划到2025年，建成布局1000座加氢站或油氢合建站。

上游供应链的资本涌入，正是看重氢能产业的庞大空间。目前，我国是全球第一产氢大国，2025年氢能产量将超过4000万吨。根据中国氢能联盟预计，到2025年，我国氢能产业产值将达到1万亿元；到2050年，氢气需求量将接近6000万吨，实现二氧化碳减排约7亿吨，氢能在中国终端能源体系中占比超过10%，产业链年产值达到12万亿元，成为引领经济发展的新增长极。

目前来看，全国绝大多数省份及直辖市已发布氢能发展相关政策方案。其中，北京、河北、山东等地相继出台了专项氢能整体产业发展政策，广东、重庆、浙江、河南目前出台了氢燃料汽车细分领域专项政策。其他省份则在新能源汽车产业、整体能源发展、全省“十四五”规划等不同方向纳入氢能相关发展规划。

据不完全统计，全国有30个省份、150多个城市在其“十四五”规划中提及氢能发展，有50多个城市出台了地方氢能产业发展专项规划，根据各省区市规划目标，到2025年全国将建成加氢站超过1000座，推广氢燃料车超过54000辆。

深圳布局：后发但不迟到

今年10月，深圳开通了首条氢燃料电池公交示范线，这比起佛山与广州，已是姗姗来迟。

在广东燃料电池汽车示范应用城市群政策推动下，深圳加速对氢能产业布局的思考和抉择。《规划》提出，到2025年，形成较为完备的氢能产业发展生态体系，建成氢能产业技术策源地、先进制造集聚高地、多场景应用示范基地，实现氢能商业化应用，氢能产业规模达到500亿元。

作为广州、佛山、深圳中最晚出台地方氢能发展规划的城市，深圳提出的产值目标并不冒进，相较于佛山南海区300亿元和广州600亿元，《规划》提出的500亿元被业内人士评价为“务实不冒进”。

同时，《规划》仍然体现出深圳吃螃蟹的政策开放精神。对比其他省份惯常做法，将“构建标准规范体系”作为主要任务的首位并不常见，“鼓励制定高于国家标准、行业标准的企业标准和团体标准”，重视行业标准的建立，将有助于营造良好的市场环境，促进产业良性发展，换个角度看，也能发挥政策创新优势，抢占发展高地。

实际上，处在佛山和广州的光芒下，深圳早练就了不显山露水的真本领。目前，深圳拥有近70家创新型企业及科研机构从事氢能技术研发和产品开发，涉及氢气制取、储运、加注、燃料电池关键材料和零部件、膜电极、电堆、应用产品、标准测试、运营服务等产业链环节。此外，深圳在绿色制氢的前沿技术上也取得突破，电解水制氢转换效率优于国内同类

产品 15%。

中国科学院广州能源研究所研究员汪鹏表示，深圳志在成为粤港澳大湾区氢能产业创新发展高地，“深圳的这一思路，应该说比较务实，不冒进，很有高度”。

加速落地：合力突围

在深圳西部港区，氢能集卡已经投入运营，这里要打造深圳“国际氢能产业示范港”，港口、物流商业化示范运营，是发挥靠海区位优势终端应用尝试。

场景示范运行，一直是各大城市想办法脱颖而出的突破点。目前，佛山已累计开通氢能公交线路 88 条，购置上牌氢能源公交车 1000 辆，投运氢燃料电池物流车 469 辆，氢能有轨电车 5 列，氢燃料电池客车 9 辆，行驶里程累计超千万公里。

今年 2 月，广州正式运营发布了全国首批 500 辆氢燃料电池自卸车，未来三年内，广州黄埔区、广州开发区还将投入运营 3000 辆氢燃料电池自卸车。同时，整车企业也积极加入氢燃料电池汽车的商业化应用探索，广汽集团就已推出首款面向示范运行的氢燃料电池乘用车。

随着广东燃料电池汽车示范应用城市群政策推动，应用场景将进一步开放。这意味着市场增长，更意味着产业从政策扶持的光环下走出来，成为一个具有吸引力和驱动力的经济增长点。

11 月 30 日，广东省发改委下发《广东省加快建设燃料电池汽车示范城市群行动计划（2021—2025 年）》征求意见稿，提出到示范期末推广 1 万辆以上燃料电池汽车目标。而在广东城市群启动仪式上，“不断创新商业模式，努力降低全产业链的成本”是重要的发展方向。

分析指出，应用场景的开放将加速产业链上下技术迭代，技术的进步和体量增大又将加速产业成本下降，尽快实现市场化竞争，促使氢能产业走向成熟。（魏泓泉）

九、风能

国内首台 7 兆瓦国产化海上风电机完成吊装

中国电力报 2021.12.8

本报讯（通讯员 王卓峰 李必辉）报道 12 月 4 日，中国华能集团有限公司牵头研制的国内首台具有完全自主知识产权的 7 兆瓦海上风力发电机组在江苏启东海上风电项目成功吊装。至此，华能集团已牵头完成增速型与直驱型两种海上风电主流机型研制工作，标志着我国已全面掌握大容量海上风电机组关键部件研发与制造的核心技术，极大提升了我国海上风电全产业链自主、安全、可控能力，对调整我国能源结构、保障能源安全具有重要意义。

此次吊装的海上风机为华能—东气 DEW—D7000—186 型永磁直驱海上风力发电机组，由华能江苏公司、华能清洁能源技术研究院牵头，联合东方电气等多家单位共同研制，突破了多项“卡脖子”关键技术，首次在大功率海上直驱机组使用国产化主轴承、91 米级国产

碳纤维叶片、国产可编程逻辑控制器（PLC）、变流器国产绝缘栅双极晶体管（IGBT）等一系列核心关键部件，并应用华能集团自主研发的主控系统、机组—塔架—基础整体化设计、数字智能感知检测系统等技术。机组一级部件国产化率达100%，整机国产化率达96.2%，居国内同类机组最高水平，具备安全可靠、发电效率高、单位工程造价低、运维成本低等特点。

该项目位于长江口，海工条件十分恶劣复杂，华能江苏公司克服寒潮频发、冬季施工窗口期短、海上风电抢装及疫情防控等诸多困难，圆满完成此次吊装任务。下一步，该公司将继续联合华能清能院、产业链上下游企业，做好7兆瓦国产化海上风机并网及相关试验、运行数据分析工作，尽快实现机组投运，为国产化海上风机安全稳定运行及大规模推广应用提供坚实保障。

海上风能对支撑广东能源转型意义重大

南方日报 2021.12.13

“随着海上风电技术不断完善以及对深远海恶劣条件的征服，海上风电必将以更大的增幅加快发展。”12月12日，在2021年大湾区科学论坛海洋科学分论坛上，中国科学院院士陈十一以《双碳目标与海上风电发展展望》为主题，分享了海上风电发展的新机遇与新挑战。

陈十一认为，碳达峰、碳中和目标的提出加速了能源结构变革。他预测，“十四五”时期我国新能源装机容量将翻番，成为第二大电源和电力增量的主体。到2025年，风电、光伏等新能源新增装机容量将达到5亿—6亿千瓦。

“相比于陆上风电，海上风电具有不少优势。”陈十一介绍，我国海上风电资源丰富，潜力巨大，有利于可持续发展；我国海岸线长，海域广阔，发展海上风电能够显著节约土地成本。此外，海上风电资源靠近中东部高用电负荷地区，有利于输电与消纳。“研究发现，80%的海上风能均处于深远海，因此深远海风电得到空前的发展机会。在这一过程中，漂浮式风电是深远海风电技术发展的必然。”他说。

具体到广东，陈十一认为，海上风能对支撑广东装备制造业和能源转型具有重要意义。广东省海岸线长达4000多公里，南海海域风能资源十分丰富，深水风能资源亟待开发。“海上风电产业已被纳入广东省海洋经济发展六大战略性新兴产业。广东作为能源消耗大省，开发深水风电有助于促进节能减排、优化能源结构；发展深水浮式风电装备，也能帮助广东加速形成海上风电完整产业链。”陈十一说。

但他同时指出，这项技术目前还存在资源独特性、环境多样性、运行维护性等难题、瓶颈需要破解，因此发展海上风电机遇与挑战并存。“要提升海上风电技术的经济性，推动海上风电大规模应用，需要依靠高精度的资源评估、高可靠性的设备、数字化的风电场来解决。”他说。

谈及海上风电未来发展趋势，陈十一认为，实现降本增效有几大技术途径，包括规模化、定制化、智慧化和大型化等。同时，通过规模化效应打造完善的海上风电产业集群，能够形成产业链同步发展态势，进一步降低海上风电建设运维成本。（汪祥波）

我国离岸最远海上风电场首批机组发电

中国电力报 2021.12.8

本报讯 12月5日14时08分，由中国三峡新能源（集团）股份有限公司投资建设，三峡上海院 EPC 总承包的江苏大丰 H8-2 海上风电项目首批机组并网发电，标志着我国离岸最远的海上风电项目取得阶段性成果，对推进我国海上风电开发远海化具有重要意义。

据了解，该项目预计在今年12月底实现全容量并网目标。项目全部投产后，年上网发电量可达9亿千瓦时，满足约37万个三口之家一年的正常用电需求。与相同发电量的火电相比，每年可节约标煤约28万吨，减排二氧化碳76万吨，有效助力碳达峰、碳中和目标的实现。

法国提出海上风电五大发展建议

中国自然资源报 2021.12.10

【法国环境新闻网12月3日消息】法国风能协会和法国可再生能源联盟提出该国海上风力发电的五项具体建议：一是到2022年，制定海上风电场空间规划；二是到2035年，实现装机容量18吉瓦的初步目标；三是打破海上风电项目隔阂，推广成功经验，并建议就海上风电场计划组织展开讨论；四是加强基础设施建设，提前考虑海上风电场周围的生态系统，优化成本和用途；五是调整经济和监管框架，如明晰法律框架鼓励远离海岸的项目、制定海上风电项目时间表等。

今年新增投产风电装机187万千瓦

南方日报 2021.12.16

记者从粤电力了解到，粤电力全力推动新能源发展，截至2021年11月底，粤电力控股和托管的装机容量增长到3514.7万千瓦，资产总额增长到1110亿元，一跃成为省属国资控股唯一资产过千亿元的上市公司，为大湾区经济社会发展提供了安全可靠的绿色能源支撑。

资产总额增长到1110亿元

“十三五”期间，粤电力确立了“以发电业务为主要发展领域，以产业化运作为主要发展思路，以国内一流并具有国际竞争力的发电上市公司为主要发展方向，服务于国家战略、集团战略、城市发展的大型集团化发电上市公司”的战略定位，优化发展煤电，稳步发展气电，大力发展风电、水电等清洁能源，大力推动新能源发展全国布局，不断优化电源结

构，走安全、高效、清洁、低碳之路。

公司综合实力不断壮大，资产总额、净资产和可控装机容量连年递增，截至 2021 年 11 月底，粤电力控股和托管的装机容量增长到 3514.7 万千瓦，资产总额增长到 1110 亿元。粤电力通过直接融资向资本市场募集项目建设资金，在平海发电厂等大型电力项目投资上积极发展混合所有制，通过实施资产重组提升国有企业资产证券化率，呈现出基础更牢、动力更强、空间更大、效能更高的良好态势。

同时，公司国企改革三年行动措施全面部署，融“激励、约束、容错”为一体的综合改革试点扎实推进，法人治理结构和决策机制不断完善，规范高效的治理运作体系加快形成，依法依规治企水平持续提升，安全发展理念牢固树立，“一岗双责”“全员履责”的安全生产责任体系进一步完善。

提供更多可再生能源

粤电力坚持科技创新和管理创新双轮驱动，把科技创新作为首要任务，着力推进以科技创新为核心的综合创新，努力打造高质量发展引擎。加快关键核心技术攻关，加速向创新性企业转型。抓好全产业链碳减排，提供更多可再生能源，带动整个产业链供应链节能减污降碳。

粤电力抓住行业产业优势重构历史机遇，加快培育发展战略性新兴产业，推动能源清洁低碳安全高效利用。2020 年力克疫情影响，全力推动重大工程建设，实现黄埔天然气热电联产工程和博贺项目 285 万千瓦新机投产，2021 年，粤电力全力推动新能源大发展，截至 12 月 9 日，全年新增投产风电装机 187 万千瓦，进一步优化了能源结构。目前，粤电力已经开展前期工作及拟启动前期工作的电源项目规模合计超 3000 万千瓦，其中风电、光伏等新能源超过 2000 万千瓦。

粤电力始终坚持建强基层组织不放松，着力打造先锋队伍，筑牢战斗堡垒，推动基层党组织全面进步、全面过硬，将党建力量“嵌入”重大项目，确保一大批工程项目圆满落地。打造了靖海发电公司党委等一批“五强五化”示范党组织，树立了多项融入中心、特色鲜明的党建品牌，促进了党建工作与中心工作的进一步融合，实现企业经营与党建工作融通畅通。

2020 年 9 月 10 日，粤电力旗下博贺电厂 2×100 万千瓦“上大压小”发电工程 1 号机组实现全面投产并进入商业化运行，成为国内一流、国际先进、绿色环保的特大型火力发电企业和南方电网主力电厂之一。博贺电厂以党建引领，在决胜投产攻坚战中凸显党委领导作用、党支部战斗堡垒作用和党员先锋模范作用。

粤电力将围绕碳达峰、碳中和目标，聚焦能源领域，发挥电力企业主力军作用，立足广东、面向全国，建设一流绿色低碳电力上市公司，统筹安全与发展，做优做强煤电、气电、生物质发电主业，大力发展新能源、储能、氢能、土地园区开发等，全力推进新能源跨越式发展，做电力发展建设者，当服务大湾区发展排头兵。（刘倩）

2021 开发建设风光项目 600 万千瓦

中国能源报 2021.12.13

本报讯 12 月 6 日，安徽省能源局印发《2021 年风电、光伏发电开发建设方案的通知》。根据《通知》，风电、光伏总计 600 万千瓦。其中，风电项目共 19 个，并网容量为 142.6 万千瓦，要求配置电化学储能容量 60.04 万千瓦，火电灵活性改造新增调峰容量 34.97 万千瓦，且规定电化学储能电站连续储能时长为 1 小时。光伏项目指标为 457.4 万千瓦，也均需配置储能，总规模为 96.15 万千瓦，火电灵活性改造调峰容量按照 1.1 - 1.5 倍配置。

其中，从投资企业来看，华润集团、华能集团、金风科技、三峡集团均拿到 15 万千瓦以上风电项目。此外，《通知》强调了各投资企业要切实加快项目建设进度，除并网消纳受限原因外，光伏电站项目应于 2022 年底前首次并网，2023 年 6 月底前全容量并网；风电项目应于 2023 年底前首次并网，2024 年 6 月底前全容量并网。（杨晶晶）

海上风机叶片进入“百米级时代”

中国能源报 2021.12.13

风电叶片是风力发电机将风能转化为机械能的重要部件之一，素有风力发电机“灵魂”之称。近日，东方电气自主研发、拥有完全自主知识产权的 B1030A 型风电叶片在山东制造基地下线。该叶片长度 103 米，是目前我国已下线的最长风电叶片。

今年 2 月，长度达 102 米的 10 兆瓦 - SR210 型叶片，在江苏盐城基地实现发货交付，它既是世界上最长的 10 兆瓦风电叶片，又是国内首款百米级超长柔性碳纤维叶片。自此以后，多家整机制造企业陆续宣布百米级风电叶片下线。在业内人士看来，我国海上风机叶片“百米级时代”已到来。随着风机叶片不断刷新长度，风电市场也对叶片原材料提出了更高要求。

叶片大型化趋势明显

一直以来，大功率风机是风电降本的主要手段，随之而来的，则是叶片尺寸的不断增长。“叶轮直径越长，扫风面积越大，发电量越大”，这已是业界普遍达成的共识。

据行业研究数据，我国风机叶片大型化趋势已十分明显，新增风电机组平均风轮直径已由 2008 年的 65 米提升至 2018 年的 120 米。近两年，叶片长度的增长更是让风轮直径进一步增加。

今年 2 月，中国船舶集团宣布 10 兆瓦海上风机正式下线，配套叶片长度达 102 米，这也是我国首个长度超过 100 米的风机叶片。随后，9 月，上海电气风电集团发布消息称，长达 102 米的海上风电叶片问市，今年 11 月，东方电气集团宣布自主研发、拥有完全自主知识产权的长达 103 米的叶片正式下线，再度刷新我国叶片纪录。

叶片长度的“成长空间”远不止于此。截至目前，明阳智慧、通用可再生能源、维斯

塔斯等整机制造商也已陆续发布研发规划，宣布将推出更高单机功率和更大叶片尺寸的海上风机。根据明阳智慧发布的消息，该公司正在研发单机功率为 1.6 万千瓦的海上风机，预期叶片长度为 118 米。今年 10 月，国际整机巨头维斯塔斯宣布将推出单机功率为 1.5 万千瓦的海上风机，预计风机叶片长度能够达到 115.5 米。

叶片材料急需轻量化

有测算显示，叶片重量增加与叶片长度的立方成正比，叶片长度的快速提升就意味着叶片重量的快速增长。

多位业内人士在接受记者采访时表示，风机、叶片等设备尺寸的提升，实际上已经大幅提高了风电运输成本，尤其随着风电走向深海远海，叶片等大型零部件的运输更是一大难题。

记者了解到，风机叶片主要原材料包括树脂基、粘接剂、芯材以及增强材料等，而玻璃纤维是目前市面上主要的增强材料组成。在业内人士看来，传统的玻璃纤维材料亟需轻量化材料替代，而碳纤维是目前最具潜力的材料之一。

碳纤维是一种碳主链结构的高性能纤维材料，含碳量超 90%，具有质量轻、高强度、耐腐蚀、抗疲劳等优异性能，目前已被广泛应用于航空航天、基础设施、工业应用等多个领域。

“将碳纤维应用于叶片中，将能够有效减轻叶片质量，增加叶片强度，尤其在海上高盐高湿的环境下，叶片中碳纤维材料也能够提升耐腐蚀性能，更加适用于恶劣的气候条件。”一位叶片制造从业人士告诉记者。

碳纤维国产化进程加快

“百米以上的风机叶片不得不用到碳纤维，但实际上，受到全球新冠肺炎疫情影响，近期全球大宗商品不断涨价，这也包括了碳纤维。在过去的一年里，碳纤维价格涨幅已超过 30%。”某风电从业人士指出。

市场研究机构民生证券发布的数据显示，目前风电风机材料成本占比在 95% 以上，其中叶片占风机材料成本 20% 左右。对于国家补贴即将退坡的海上风电行业来说，降本压力已蔓延至全产业链，碳纤维的经济性成为未来叶片发展的关键影响因素。

此前，有业内人士向记者透露，实际上，我国碳纤维市场供应仍较为依赖进口，除了碳纤维本身的性能外，影响碳纤维增强复合材料的性能还有胶和树脂的配方，并且涉及复杂的生产过程和固化工艺。“国际碳纤维生产厂家交付能力跟不上需求，而国产碳纤维则面临着大规模生产性能不稳定等难点，这一现状很可能对大尺寸叶片批量化生产带来挑战。但近年来，碳纤维国产化进程已逐步加快，现阶段国内碳纤维行业发展已十分迅速，与美日等国的差距也在不断缩小，商业化产品的整体性能预期将有所提升。”

上述风电从业人士则指出，风电叶片对碳纤维的应用需求将为国产碳纤维行业提供了良好的契机，如果国内碳纤维行业能够与风电行业形成良好的互动，将有助于推动碳纤维在风电行业的批量应用，形成良性循环。（李丽旻）

拟新增风电示范项目规模 140 万千瓦

中国能源报 2021.12.20

本报讯 12月14日，辽宁省发改委发布关于《全省风电建设规模增补方案》公开征求意见的公告，公告显示本次新增风电示范项目规模140万千瓦，其中，沈阳市30万千瓦、大连市20万千瓦、阜新市40万千瓦、铁岭市50万千瓦。鼓励配套建设不少于风电装机规模15%（时长4小时以上）的新型储能设施。

根据《方案》，有关市在制定竞争性选择项目业主方案时，须参照《辽宁省新增风电项目建设方案》（辽发改能源〔2021〕378号）贡献低价小时数和建设进度等政策要求执行，可优先支持具备以下条件的申报单位：在省内拥有调峰调频能力；具备源网荷储、多能互补条件；落实辽宁省政府第92次业务会议关于新增新能源发电项目配备储能装置措施、着力提高储能比例的有关要求，鼓励配套建设不少于风电装机规模15%（时长4小时以上）的新型储能设施。（罗玲燕）

国内首个平价海上风电项目开工

中国能源报 2021.12.20

本报讯 12月16日，华润电力苍南1号海上风电项目正式开工，作为海上风电进入全面平价时期的第一面旗帜，项目将加快推动国内平价海上风电建设和发展。

华润电力苍南1号海上风电项目位于浙江省苍南县东部海域，规划装机容量40万千瓦，拟安装49台中国海装抗台型海上风电机组，其中将批量应用中国海装H210-10兆瓦海上风电机组，该机组是当前国内风轮直径最大，全球单位千瓦扫风面积最大、全球唯一适应我国平价海上风电市场的10兆瓦级别机型。

苍南1号海上风电场是国内海况及海域地质情况最为复杂的海上风电项目之一，同时也是我国第一个开工建设的平价海上风电项目，在机组选型、风机招标、陆上集控中心设计及智慧运维等方面，多维度进行了创新。（刘墉）

国内首个百万千瓦级海上风电项目全容量并网发电

科技日报 2021.12.29

科技日报讯（记者何亮）12月25日，由三峡集团所属中国三峡新能源（集团）股份有限公司投资建设的国内首个百万千瓦级海上风电场——三峡阳江沙扒海上风电项目（以下简称阳江项目）宣布实现全容量并网发电，为粤港澳大湾区建设再添清洁能源动力。

阳江项目位于广东省阳江市沙扒镇南面海域，总装机容量170万千瓦，每年可为粤港澳大湾区提供约47亿千瓦时的清洁电能，满足约200万户家庭年用电量，减排二氧化碳约400万吨。

阳江项目在建设过程中，不仅安装使用全球首台抗台风型漂浮式海上风电机组，还创下国内单体容量最大的海上升压站、国内同等容量下重量最轻的海上升压站等多个“全国之最”。

三峡集团党组书记、董事长雷鸣山表示：“此次三峡阳江沙扒海上风电项目的全面成功并网，有效促进了海上风电勘察设计、重大装备制造和施工的技术创新，带动了我国海上风电全产业链协同发展，为后续集中连片规模化开发深远海风电项目积累了宝贵经验，为未来海上风电实现平价上网打下了良好基础。”

国内首个海上风电柔性直流输电项目、国内离岸最远海上风电项目也实现全容量并网发电目标。

国内首个海上风电柔性直流输电项目位于江苏省如东县黄沙洋海域，年均上网发电量将达24亿千瓦时，可满足约100万户家庭年用电量。该项目建设过程中，三峡集团联合产业链相关单位，组织科研攻关完成目前世界容量最大、电压等级最高、体积最大的海上换流站，换流站主要电气设备均采用国产品牌，填补了国内海洋工程领域多个技术空白。

国内离岸最远海上风电项目江苏大丰H8—2项目位于黄海南部海域，场址离岸最远距离超80千米，年均上网发电量将达9亿千瓦时，可满足约37万户家庭年用电量，该风电场的成功建设使我国海上风电突破远距离交流输电瓶颈，向深远海再进一步。

世界最大海上风电场首次发电

科技日报 2021.12.29

科技日报北京12月28日电（记者张梦然）丹麦能源公司Ørsted宣布，其Hornsea 2项目实现了首次发电——这是一个位于北海英格兰海岸的新风电场。发布在该公司网页上的公告指出，一旦风电场全面投入运营，将成为世界上最大的风电场。

Hornsea 2，顾名思义是四段工程的第二段。Hornsea 1去年投入运营，是目前最大的海上风电场，拥有174台涡轮机，发电容量为1.2吉瓦，足以为英国超过100万户家庭供电。

Hornsea 2早在2016年就被批准建造，它将配备165台西门子制造的8兆瓦涡轮机，容量为1.32吉瓦。目前，海上变电站和反应站已完成安装和测试，但涡轮机建设仍在继续中。该风电场位于英格兰格里姆斯海岸约90公里处，距离利兹和谢菲尔德不远。一旦风电场全面运行，它将为基林霍尔姆的变电站供电。Hornsea 2项目也将打破另一项记录——其离岸距离比任何其他大型风电场都要远。

因为新冠疫情，风电场的完工日期将推迟至明年某个时候。Ørsted官员声称，一旦Hornsea 1和2全面投入运营，它们将共同产生足够的电力，为大约230万户家庭供电。

建设Hornsea 3和4的计划也已经在进行中。Ørsted表示，一旦所有四个项目都启动并全面投入运营，整个项目将大大促进英国政府在2050年实现净零排放的目标。

江苏海上风电并网突破千万千瓦居全国首位

中国电力报 2021.12.27

本报讯（通讯员 黄蕾 唐悦）报道 12月23日，随着江苏沿海第二输电通道工程整体建成投运，盐城30万千瓦的海上风电场成功并网。至此，接入江苏电网的海上风电集群超过1000万千瓦，规模为国内最大。

江苏沿海二通道工程包括新建通海、射阳、丰海3座500千伏变电站及500千伏通海—扶海、仲洋—丰海—丰汇、射阳—丰汇3条500千伏双回输电线路，构成了江苏沿海“三变三线”清洁能源大动脉，北至盐城射阳，南至南通如东，全长350千米。该工程打通了江苏新能源输送新路径，满足江苏“北电南送”和西北部清洁能源入苏的需要，为长三角一体化发展提供绿色动能，更好地助力江苏绿色低碳发展。

近年来，江苏清洁能源发电迈入“快车道”，其中，海上风电发展尤为迅猛。数据显示，截至“十三五”末，江苏海上风电装机容量达573万千瓦，占全国六成以上，与2015年相比增长527万千瓦。截至目前，江苏海上风电装机容量已超1000万千瓦，装机规模全国第一。预计到“十四五”末，江苏海上风电总规模将达到1300万千瓦左右。

“沿海二通道工程将盐城、南通等大规模海上风电汇集接入省内500千伏电力主网，并通过长距离输电线路送至长三角地区，为江苏‘十四五’期间新能源消纳打下了基础。”国网江苏省电力有限公司建设部计划管理处处长陈松涛介绍，该通道每年输送的清洁能源，可替代标准煤约3690万吨。

据测算，沿海二通道工程投运后，预计每年向长三角地区多输送绿色清洁能源近300亿千瓦时，拉动上下游产业产值累计达200亿元，支撑地区国民生产总值2750亿元。

美国海上风电举步维艰

中国能源报 2021.12.27

今年3月，美国政府确定了“2030年新增至少3000万千瓦海上风电装机”的目标，然而，海上风电产业在美国的发展却接连遭遇来自能源行业内外乃至美国国会的阻碍。业界普遍认为，广泛的反对声浪很可能让美国海上风电产业发展全面受阻。

近日，路透社援引多位知情人士的话称，美国渔业与油气行业联合起来抗议在美国东海岸区域发展海上风电，认为海上风电场的大规模扩张不仅会影响渔船安全，同时也会影响渔业和油气行业收益。

海上风电项目官司缠身

据路透社报道，日前，美国纽约州、马萨诸塞州、罗德岛州等多个东部地区的渔业人士向华盛顿联邦法院提请诉讼，认为美国Vineyard海上风电场将干扰渔船导航，也将对美国东海岸鱿鱼、贝类等重要水产品造成损害，伤害渔业利益，要求停止继续建设该项目。

据了解，Vineyard 海上风电场是美国首个商业化运行的海上风电项目，于今年 5 月正式获得建设许可，目前仍处于建设的初级阶段。美国渔业人士认为，批准该海上风电场既没有考虑到当地渔业，也没有考虑到海洋生态环境，并且违反了美国联邦法律。

路透社援引一份诉讼文件称，美国渔民的举动获得了美国得克萨斯州公共政策基金会的支持，该基金会表示将派律师免费代理上述官司。

实际上，这并不是美国海上风电项目第一次遭到控诉。Vineyard 海上风电项目今年 7 月就曾因占地等问题，被诉诸法庭。2017 年，规划近 10 年、已经在建的美国 CapeWind 海上风电场也因法律官司不断最终“夭折”。美国前总统特朗普的顾问 David Stevenson 也曾向海上风电项目发难，认为在美国东海岸海上建设风电项目将危及北美濒危鲸类的生存。

新增装机远低于目标

多家外媒撰文称，近期，美国渔业和油气行业这一不同寻常的“结盟”意味着，在美国，要真正推动海上风电乃至整个可再生能源产业发展仍面临巨大挑战。

今年以来，美国政府提出，将在 2030 年前新增至少 3000 万千瓦海上风电。而截至 2020 年底，美国已投运的海上风电装机总量仅为 4.2 万千瓦，这意味着要达成发展目标，美国海上风电装机需要在短期内增长 70 倍以上。另外，有测算认为，美国如果要达成降碳目标，到 2050 年，仅在东海岸就需要至少 3 亿千瓦的海上风电装机，整体海上风电装机更是需要快速增长。

进入 12 月，为推动海上风电产业发展，马里兰州和马萨诸塞州相继公布了最新的海上风电项目计划，总计新增装机达 320 万千瓦。

美国智库机构 CFR 撰文称，美国政府虽然制定了明确的海上风电装机目标，但实际上政治博弈和法律挑战将持续阻碍海上风电产业。同时，美国联邦政府审批海上风电项目的流程过于冗长复杂。以 Vineyard 海上风电场为例，该项目早在 2017 年就提交了申请，但直至今年 5 月才最终获得建设许可。

基建投资严重不足

不仅如此，一直以来，美国海上风电产业配套的港口、电网以及安装船只等基础设施始终无法满足需求。据 CFR 透露，美国第一艘本土造海上风电安装船仍在建设当中，这一进度远不能满足海上风电装机增长的需求。同时，多年来由于海上风电发展迟滞，美国的港口服务也亟需升级。

Vineyard 海上风电项目开发商 Avangrid 主席 Bill White 近日透露，按照美国当前的电网建设情况，仅能支持 3000 万千瓦的新增海上风电装机量，这将严重限制海上风电装机扩张。

根据美国普林斯顿大学发布的一项研究，美国至少需要将现有的电网基础设施规模翻两倍以上，才能满足美国减排的需求。但多位研究人员指出，美国现存的电网基础设施花了 150 年才修建完成，这意味着美国需要在 15 年内让电网建设规模实现翻倍，同时也需要尽可能快地翻新老旧的陆上电网设施，这将是难以达成的目标。

雪上加霜的是，以应对气候变化和增加医保等为主题的 1.75 万亿美元“重建美好未来”法案，近日也遭到了否定。据悉，如果该法案通过，将有望为美国风电、光伏等清洁能源行业带来巨额税收抵免，同时也将加大美国电网等基础设施的投入。（李丽旻）

十、核能

中国研发出海中取铀新材料

参考消息 2021.12.11

【香港《南华早报》网站 12 月 9 日报道】题：受血管启发，中国科学家创造了一种从海水中提炼铀的新材料

受血管分形网络启发，中国研究人员开发出一种新材料。他们说，这种材料从海水中提取的铀数量是其他方法的 20 倍。

铀是一种天然放射性元素，主要用于为核电站提供燃料。随着全球核能需求增加，对铀的需求也在增加。

它是一种有限资源，但据估计海洋中蕴藏着超过 45 亿吨铀（大约是陆地储量的 1000 倍），从海水中提炼铀可能是一种更具可持续性的方式。

然而，海水中的铀浓度极低，据估计每升海水含有 3.3 微克铀。这使得从海洋中提炼铀比从地下提炼铀困难得多，也要昂贵得多。

科学家们在 20 世纪 50 年代看到了利用海洋中的铀为核能提供燃料的可能性，但直 20 世纪到 80 年代，日本研究人员才找到一种方法提取这种铀，即利用一种名为偕胺肟的化合物来吸附漂浮的铀粒子。

由中国科学院科学家主导的这项新研究聚焦于提高这种化合物的吸附能力。他们的研究结果发表在 11 月底出版的英国《自然·可持续发展》杂志上。

科学家们以自然界中发现的分形（例如血管）为模板，设计了一种多孔膜。他们发现，相较于以前使用的其他材料，含有偕胺肟的这种膜在提取铀方面的效率要高得多，其吸附能力是以前的 20 倍。

研究报告的主要作者杨林森（音）在一份声明中说：“血管等分形在生物系统中无处不在。它们使物质的优化交换和转化成为可能。这启发了我们设计新的吸附剂。”

他们发现，在 4 周的时间里，1 克这种膜从天然海水中提炼出多达 9.03 毫克铀，属于使用薄膜方法提取铀的最高水平。

研究报告说：“我们的工作为增强多孔聚合物作为基于薄膜的高效铀吸附剂的适用性提供了一种通用方法。”

美国佐治亚理工学院的亚历山大·维歇特和索蒂拉·亚库米以及美国橡树岭国家实验室的科斯塔斯·楚里斯在同一期刊上发表的另一篇文章称，中国团队开发的这种材料可以被视为与许多同时代吸附剂一样甚或更好。

但他们说，这项研究没有提及生物污染对这种膜的影响，称这可能对这种材料的铀吸附能力产生影响。

他们还指出，这种薄膜还从海水中吸收其他分子，比如钒、铁、锌和铜，因此需要一种方法来分离它们。

这些美国的科学家说：“然而，目前的进展加上全球其他国家研究人员积极研究这个问题的努力，让我们离开发一种实用的吸附剂越来越近。”

气候变化加速了许多国家，尤其是中国的核电发展。去年年底，中国的核电装机容量约为 50 千兆瓦，在建的核电装机容量为 18.5 千兆瓦。北京计划到 2030 年核电装机容量达到 120 千兆瓦——相当于中国发电量的 8%，高于去年的 5%。（编译/卢荻）

我国“人造太阳”开启新一轮实验

中国电力报 2021.12.24

本报讯 12 月，在安徽省合肥市西郊董铺水库旁的科学岛——中科院合肥物质科学研究院，有“人造太阳”之称的全超导托卡马克核聚变实验装置（EAST）再度开机运行。

此次实验建立在对上一轮实验结果的总结以及对 EAST 辅助加热等系统升级改造的基础之上，目标是让“人造太阳”向着更“热”更“持久”发起冲击。“目前看，此轮实验至少要持续到明年 5 月。如今 EAST 每天实验放电超过百次，在不断地升温、放电过程中逐步检测性能，最终达到最佳状态。”EAST 实验运行负责人钱金平介绍。

目前，下一代“人造太阳”——中国聚变工程实验堆已完成工程设计，聚变堆主机关键系统综合研究设施正在建设。

中国稳步推进第四代核电项目

参考消息 2021.12.24

【香港《南华早报》网站 12 月 21 日报道】题：中国在稳步推进零碳计划的过程中启动第四代核反应堆 [记者 埃科·谢（音）]

中国首台第四代核电机组已并入国家电网——接下来还将有两台机组投入使用。

位于中国东部山东省的石岛湾高温气冷堆核电项目由中国自主开发，目前是世界上唯一投入商业运营的第四代高温气冷堆核电项目。

这个装机容量 20 万千瓦的反应堆，是由中国华能集团联合清华大学、中核集团共同建设的。

据中国华能集团说，第二台机组仍在建设中，预计将于 2022 年年中全面投入商运。

中国核工业集团在其网站上说，该反应堆周一的试运行表明，“我国成为世界少数几个掌握第四代核能技术的国家之一，意味着在该领域我国成为世界核电技术的领跑者”。

中国等一些国家认为，核技术是使能源领域脱碳的一个途径。截至去年底，中国的核能

发电装机容量突破 5000 万千瓦。

根据《世界核能产业现状报告》，去年中国的核能发电量首次超过法国，成为仅次于美国的世界第二大核能生产国。

石岛湾的两个高温气冷反应堆建设始于 2012 年。原先的计划是用大约 5 年建成，但由于设计和制造问题延期。

中核集团表示，目前正在稳步推进中国下一个规模更大的高温气冷堆项目。

该公司网站 10 月份的一份招标公告显示，山东辛安核电厂明年将开始建设两个高温气冷堆。

使用中国开发的第三代核电技术的 4 座“华龙一号”反应堆也将同一家工厂建造。

该项目一期工程包括两台装机容量为 60 万千瓦的高温气冷堆机组，预计将于明年 2 月开工建设，首台机组将于 2026 年启用。

中核集团说，石岛湾的高温气冷反应堆使用的是完全自主研发的技术，所使用的设备中近 94% 是本地采购。其核心设计确保了反应堆能在高温下安全运行，同时消除了堆芯熔化的可能性。

该反应堆的高温还可以有许多其他用途，包括乙醇纯化，以及石油化工产品、煤化学制品和氢的生产。

然而，此前运营的 4 个高温气冷反应堆——美国和德国各有两个——在大约 40 年前被迫关闭，原因是氦泄漏、燃料故障和进水等问题。

十一、其它

预计“十四五”煤电装机新增 1.5 亿千瓦

中国能源报 2021.12.13

本报讯（记者苏南）报道：12 月 4 日，国网能源研究院主办的“2021 年能源转型发展论坛”召开。国网能源研究院有限公司董事长张运洲在会上表示，根据他们的研究，未来 10 年，我国电力和电量两方面缺口并存且逐步扩大：预计 2025 年煤电装机将达 12.3 亿千瓦，按照“十四五”年均新增新能源 1 亿千瓦考虑，2025 年电力缺口约 6000 万千瓦，年均电量缺口约 500 亿千瓦时。

据了解，截至 2020 年底，我国煤电装机 10.8 亿千瓦，实现了“十三五”时期制定的“控制在 11 亿千瓦以内”的目标。按照 2025 年装机 12.3 亿千瓦计算，“十四五”期间煤电新增装机规模约 1.5 亿千瓦。

针对“去煤电”的声音，多位专家在会上表示，实现“双碳”目标并不意味着近期不发展化石能源，电力系统安全降碳也不等于简单地去煤电。

张运洲指出，今年以来，多个国家和地区出现了能源电力短缺的局面，并逐步扩散演变为全球能源危机。“原因是近些年欧洲多国激进减退煤电、核电，叠加发电用煤用气短缺、

价格屡创历史新高，造成电力供应能力不足。反思今年全球能源危机，有必要针对化石能源和煤电的定位、新能源发展趋势进行深入探究，构建符合我国国情的供需两侧多元化发展路径。能源安全始终是国家安全的重要组成部分，必须立足国情力求自主可控。传统能源发电仍是保障电力可靠供应的主体，我国电力系统未来供需平衡存在高度不确定性，需稳妥推进煤电减量化发展路径。”

张运洲认为，我国现有的 11 亿千瓦煤电机组多处于“青壮年”时期，必须用好用足这一巨大的存量资源。从电力保障作用看，2020 年煤电承担高峰负荷占比达到 73%，预计 2025、2030 年 62%、55% 以上高峰负荷仍需煤电承担；从电量保障作用看，煤电发电量占比将由 2020 年的 64% 下降至 2025 年的 56%、2030 年的 48%。煤电在电力保供中的地位短期内难以改变。

另外，在业内专家看来，我国 11 亿千瓦煤电，平均服役年限仅为 12 年，运行超过 30 年的机组仅为 1.1%，投资成本尚未完全回收，快速削减煤电存在较大金融、经济和社会风险。

国网能源研究院研究显示，到 2060 年，我国经济总量将较目前翻两番，电力需求将翻一番，全社会用电量达到 15.7 万亿千瓦时，全社会最大负荷达到 24.7 亿千瓦。对此，张运洲表示，保障我国电力系统未来供需平衡，需稳妥推进煤电减量化发展路径。按照煤电平稳削减和加速削减两种方案来考虑，2060 年全国煤电装机分别为 8 亿、4 亿千瓦。相对加速削减方案，平稳削减方案下电力系统容量充裕度提高 4.7%，高峰负荷平衡能力提高 3 亿千瓦，能显著提升无风无光、阴雨冰冻等极端天气下的保供电能力。

我国首个大型页岩气田新增页岩气探明储量超千亿立方米

云浮日报 2021.12.15

新华社重庆 12 月 14 日电（记者 周凯）记者从中国石油化工集团有限公司新闻办获悉，我国首个大型页岩气田——中国石化江汉油田涪陵页岩气田白马区块页岩气探明储量新增报告，于 12 月 9 日通过自然资源部评审，经认定，该区块新增探明储量 1048.83 亿立方米。至此，涪陵页岩气田累计探明含气面积达 824 平方千米，累计探明储量近 9000 亿立方米，占全国页岩气探明储量的 34%。

涪陵页岩气田位于重庆市涪陵区，是我国川气东送管道重要气源之一，2012 年 12 月开始建设，2014 年 3 月进入商业开发，是我国首个进入商业开发的大型页岩气田。据中国石化江汉油田介绍，涪陵页岩气田于 2017 年底建成百亿立方米年产能，每年可减排二氧化碳 1200 万吨，相当于植树 1.1 亿棵，停开轿车 800 万辆。

此次探明的涪陵页岩气田白马区块具有地表结构、地下构造“双复杂”的特点，属于典型的常压深层气藏。中国石化江汉油田按照“分区评价、试验先行、效益建产、示范引领”思路，加快科技创新，历经 6 年攻克深层常压页岩气效益开发技术瓶颈，单井测试页

岩气产量从每天4万到6万立方米提升至每天10万到13万立方米。截至今年11月，涪陵页岩气田白马区块单井最高累计产量超3000万立方米，在国内常压页岩气井中处于较高水平，证实了该区块具备规模增储、效益开发的良好前景。

目前，涪陵页岩气田已累计投产643口井，累计产气超412亿立方米，日产气量超2000万立方米，为助力长江经济带沿线企业高质量发展、保障国家能源安全提供了支撑。

页岩气是指赋存于富有机质泥页岩及其夹层中，以吸附或游离状态存在的非常规天然气，成分以甲烷为主，是一种清洁、高效的能源资源和化工原料，主要用于居民燃气、城市供热、发电、汽车燃料和化工生产等，用途广泛。

世界规模最大抽水蓄能电站投产发电

科技日报 2021.12.31

科技日报北京12月30日电（实习记者 都芃）12月30日，河北丰宁抽水蓄能电站（以下简称丰宁电站）正式投产发电，标志着其成为世界范围内规模最大的抽水蓄能电站（以下简称抽蓄电站）。同时，作为北京冬奥的重要电力供应地之一，丰宁电站的投产发电将为北京冬奥场馆实现100%绿色电力供应提供坚强保障。

包括风能、太阳能等在内的新能源发电存在着显著的周期性，导致发电高峰与用电高峰不能够完全匹配。高效的储能是新能源发电中必不可少的环节，抽水蓄能则是目前技术最为成熟的大容量储能方式，是电力系统安全防御体系的重要组成部分。抽蓄电站将低处的水抽到高处蓄积能量，从而把电网负荷低谷时多余的电能转化为水的势能储存起来，在负荷高峰时再将水的势能转化为电能，以此实现了电能的有效存储。其将电能在时间上进行了重新分配，有效调节了电力系统生产、供应、使用之间的动态平衡，在保障大电网安全、促进新能源消纳、提升全系统性能中发挥着基础性作用。

据介绍，在装机容量与储能能力这两项抽蓄电站的核心指标上，丰宁电站均位列世界第一，共安装了12台30万千瓦单级可逆式水泵水轮发电电动机组，总装机360万千瓦。12台机组满发利用小时数可达到10.8小时，为世界抽蓄电站之最，并且其一次蓄满可储存新能源电量近4000万度，全年可消纳新能源87亿度，堪称是世界最大的“超级充电宝”。不仅如此，丰宁电站也是世界范围内首次实现抽蓄电站接入柔性直流电网，开创了抽蓄电站发展史上的“先河”，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”。

作为服务北京冬奥的重点工程之一，国家电网公司专门建立了丰宁电站建设专项协调机制，聚焦高质量“绿色办奥”、高可靠“绿电保供”，高效推进工程建设，如期实现了丰宁电站投产发电目标。丰宁电站目前已接入张北柔直电网和华北500千伏电网，首批两台机组投运后即可提供60万千瓦电力，可随时为冬奥场馆提供绿色电力，不仅可靠保障冬奥场馆绿电全覆盖，还显著推动了冬奥举办城市北京、张家口清洁能源的广泛使用，未来也将为京津冀协同发展提供源源不断的绿色动力。

世界最高水头抽水蓄能电站获核准

中国电力报 2021.12.28

本报讯 12月23日，浙江天台抽水蓄能电站项目获浙江省发展改革委核准。据了解，天台抽水蓄能电站位于浙江省台州市天台县坦头镇泳溪乡境内，计划安装4台单机容量42.5万千瓦的可逆式水轮发电机组，总装机容量170万千瓦。其中，电站额定水头724米，为世界最高，单机容量位居国内抽蓄电站之首，上下引水斜井长度483.4米全国第一。

天台抽水蓄能电站建成后，预计年发电量17亿千瓦时，主要承担浙江电网的调峰、填谷、调频等，并为华东电网提供灵活调度能力；每年可节省浙江电网电力系统的燃煤消耗量约52万吨，减排二氧化碳约104万吨。

全球燃煤发电将创历史新高

参考消息 2021.12.20

【英国《金融时报》网站12月17日文章】题：燃煤发电将创历史新高

国际能源署预测今年燃煤发电将创历史新高，同时呼吁各国政府立即采取有力措施解决燃煤排放问题。

这个设在巴黎的机构在年度煤炭报告中说，全球燃煤发电量继2019年和2020年下降后，2021年将上涨9%，达历史新高。

国际能源署署长法提赫·比罗尔说：“煤炭是全球最大的碳排放源，今年煤炭发电创历史新高是个令人担忧的迹象，说明世界在努力将碳排放降至净零的进程中是多么偏离目标。”

比罗尔说：“如果政府不立即采取有力措施解决煤炭排放问题——要以对受影响者公平、价格合理且有保障的方式进行，否则，我们即使有可能将全球变暖控制在1.5摄氏度以内，可能性也微乎其微。”

煤炭发电回潮，凸显政府在向比较清洁的能源形式转换方面面临困难。即便风能和太阳能这样的可再生能源迅猛增长，也很难跟上不断增长的电力需求，只能用化石燃料填补缺口。

国际能源署说，煤炭发电的创纪录需求是因为经济从新冠疫情中复苏所致，造成电力需求超过可再生能源和低碳能源供应。

天然气价格涨幅破纪录也加剧了煤炭消耗，电力公司采用燃煤发电成本更低、利润更高。

据国际能源署预测，2021年煤炭需求总量将增加6%，至80亿吨，包括钢铁制造、水泥及其他工业生产活动的需求量。报告说，因此煤炭需求最早将于2022年一路升至历史新高，接下来的两年将维持同一水平。

报告说：“全球煤炭趋势主要受中国和印度影响，两国占全球煤炭消耗量的三分之二，尽管它们努力增加可再生能源及其他低碳能源资源。”

报告说：“中国对煤炭市场的影响怎么说都不为过。中国的发电量，包括区域取暖，占全球煤炭消耗量的三分之一。”

研究气候和能源问题的“未烧尽的煤”研究组织的戴夫·琼斯说，虽然今年煤炭发电量创历史水平令人失望，但很快会开始下降。

他说：“中国已承诺从2025年开始分阶段削减煤炭使用，与此同时，印度宏伟的可再生能源目标也应能够无需增加煤炭消耗。行船掉头需要时间，但要想实现控制气温升高1.5摄氏度的目标，我们时间紧迫。”

打造浮动核电站供能体系，强化北方海航道运输保障——

俄罗斯加速开发北极能源矿产

中国能源报 2021.12.20

能源转型推动绿色经济发展，过去对油气煤等化石燃料的狂热追求，转变成了当前对锂铜钴等清洁能源矿产的趋之若鹜，这也是俄罗斯“后化石时代”能源战略规划的关键一环。在此背景下，深埋在北极冰层之下的大量能源矿产进入了俄罗斯的视野。鉴于极地气候恶劣、基建落后、偏僻荒凉，俄罗斯计划打造一个“浮动核电+北极航线”的供能运输体系，从而将偏远落后的西伯利亚港口升级为俄能源矿产经济中心，为北极能源矿产开发、生产和出口铺平道路。

瞄准冰层下的矿藏

俄罗斯科学院的评估显示，北极地区集中了俄罗斯100%的金刚石和锑、60%的铜、90%的镍和钴、90%的铬和锰、47%的铂族金属等。恶劣的气候条件和基建设施，使得俄北极矿产勘探开发处于较低水平，远远不匹配该地区资源潜力。

据了解，俄罗斯远东地区的金、银、铀、钨、铜和锡矿储量极为丰富，提供了俄30%的矿物原材料，是目前俄罗斯矿产开发程度利用最低、资源潜力最大的地区。俄罗斯总统普京曾公开表示，开发北极资源势在必行。据整体评估，该地区矿物原料矿藏总价值超过30万亿美元，其中能源矿产的价值占2/3。

然而，受制于严峻的气候因素、破败的基础设施，以及落后且匮乏的技术和劳动力，这些冰层下的“宝藏”始终未能得到有效开发和利用，其中拥有丰富待开发铜储量的楚科奇自治区最为典型。

油价网指出，俄罗斯楚科奇自治区一半面积位于北极圈之内，拥有丰富的黄金、铜和锂等金属矿产。虽然潜在可采储量规模尚不可考，但该地区的锂矿床一旦得到有效开发，足以促使俄罗斯跃升为全球主要锂生产国，该国计划到2025年实现全球3.5%的锂生产。

浮动核电站为开发活动供能

在俄罗斯看来，保障苦寒地区可靠能源和电力的供给，并开拓可行性的运输和出口通道，是北极资源经济腾飞的关键。据了解，俄首座也是全球首座浮动核电站“罗蒙诺索夫院士号”（Akademik Lomonosov）已经停驻于楚科奇自治区的港口城市佩韦克，该港口也是俄罗斯北方海航道上的重要港口站点。

“罗蒙诺索夫院士号”配备了两台 KLT40 破冰型核反应堆，每个反应堆装机 35 兆瓦且能产生 140 千兆卡/小时的热能，使用期限至少 36 年并有望延长至 50 年。2019 年底，“罗蒙诺索夫院士号”抵达佩韦克，随即接入楚科奇自治区的电网，取代了该地区一座燃煤发电站和一座老化的核电站，为俄罗斯偏远地区的工厂、城市，及海上油气钻井平台提供电力。

《金融时报》指出，“罗蒙诺索夫院士号”可以将佩韦克港口打造成楚科奇自治区的门户，为北极能源矿产开发提供动力。据悉，这座浮动核电站不仅让佩韦克当地首次全年都享受到了暖气和热水，甚至有望将佩韦克港口打造成俄能源矿产经济中心、国际化商业航运枢纽。

负责开发和运营“罗蒙诺索夫院士号”的俄罗斯国家原子能公司（Rosatom）表示，浮动核电站可以为北极多个资源开发项目供能，如俄罗斯大型锡矿床 Pyrkakay、大型铜矿项目 Baimskaya 等。Baimskaya 拥有约 2300 万吨铜储量，因为技术、设备和基础设施的严重落后和匮乏，开发工作不断延迟。负责该铜矿开发工作的哈萨克矿业有限公司表示，Baimskaya 地理位置极偏，没有电力、没有道路，人根本无法进入，“罗蒙诺索夫院士号”可以提供一个可预测的电力成本，使用时间长达 60 年，预计最早 2028 年开始生产。

根据 Rosatom 的计划，将在 2030 年底前再建造 5 座浮动核电站，预计耗资 22 亿美元，且全部用于采矿项目供能，旨在为北极能源矿产大规模开发奠定基础。

北方海航道支撑运输

值得关注的是，俄罗斯强化北方海航道的运输能力，将使得远东地区能源矿产变得“触手可得”。Rosatom 计划利用浮动核电站、核动力破冰船、支援船、港口和人造卫星来不断测试北方海航道的运输能力，力求 2025 年全面开启北极航行。佩韦克港口无疑是重要站点，该港口每年有 4 个月不结冰，随着气候变暖加剧，北方海航道途径之处结冰的日子越来越少，这无形中将降低运输成本。

据了解，北方海航道尽管需要在冬季雇用破冰船护送船只，但路线较短，从韩国釜山到荷兰鹿特丹的行程通过北方海航道仅需要 27 - 28 天，而通过苏伊士运河则需要 40 天。今年，苏伊士运河航道被搁浅货船堵塞，大批海运贸易被迫中断，这间接增加了北方海航道的竞争力。

Rosatom 第一副总裁 Kirill Komarov 表示：“当运送价值 10 亿美元的货物时，12 天的运输成本差异是一个相当大的数字。”

根据 Rosatom 的统计，去年，北方海航道的出货量已经从 2000 年的 150 万吨增加到

3300万吨，俄罗斯计划到2024年将出货量提升至8000万吨，这其中能源矿产将是很重要的一部分。预计未来10年，俄罗斯通过北方海航道的总计出口量将达到1.1亿吨，同时还 will 吸引更多的国际过境运输活动，估计从2025年到2030年，国际过境运输量至少达到3000万吨。

今年7月，阿联酋物流公司和港口运营商迪拜港口世界集团成为第一家与Rosatom签署北方海航道过境合作协议的国际公司，承诺为其基础设施和额外船队投资20亿美元。（王林）

煤电清洁高效发展是出路

中国能源报 2021.12.27

近日举行的中央经济工作会议指出，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；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；要狠抓绿色低碳技术攻关。

在构建以新能源为主体的新型电力系统的背景下，产生大量碳排放的煤电行业低碳转型已成必然趋势。但作为保障电力系统安全运行的“压舱石”，煤电要走好转型之路仍面临诸多困难。

煤电是替代对象，也是护航者

“在今年国际能源市场动荡、国内电力供应吃紧的背景下，国家一直强调脱碳要优先保障能源安全，中央经济工作会议关于‘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’的提法，是根据国内外以往经验提出的，这对于电力行业如何推动煤电转型具有指导意义。”华北电力大学经济与管理学院教授袁家海在接受记者采访时指出，“有序退出煤电的前提是非化石能源发电量能够满足新增电力需求，且逐步开始对燃煤发电的存量电量形成替代。”

在中国社科院财经战略研究院副研究员冯永晟看来，能源转型是一个环环相扣的动态过程，新能源增长和煤炭减少是涉及整个经济社会生产生活方式变革的深刻调整。“我们控煤的大方向没有丝毫改变，但要走适合国情的可行路线。煤炭不仅是新能源的替代对象，同时也是护航者，让煤电更好地发挥护航角色，就是稳妥地推进能源转型。”

今年11月，国家发改委、国家能源局印发了《全国煤电机组改造升级实施方案》，要求符合能效、环保、安全等政策和标准的机组，在无需原址重建、“退城进郊”异地建设等情况下，“关而不拆”，作为应急备用电源发挥作用。“十四五”期间，形成并保持1500万千瓦的应急备用能力。

袁家海指出：“即使电量、有效容量及保障新能源消纳的调节能力被其他电源替代，保障电网安全的安保职责仍需煤电承担。煤电要‘软退出’而非‘硬退出’，需动态留存应急备用煤电机组，平时不开机，只在极端场景开机，保证电力安全。”

政策不配套将影响煤电转型的积极性

在能源加快转型的背景下，五大发电集团煤电装机占比较高，存在较大的碳排放考核压力。“五大发电集团既是煤电的投资主体，也是新能源的投资主体，如果煤电全面亏损，那么他们的新能源板块也会失去持续投资的能力。”袁家海表示，“在今年煤电企业现金流越来越少的情况下，国务院要求银行继续放贷，解决煤电企业的燃眉之急。”

今年11月召开的国务院常务会议决定，在前期设立碳减排金融支持工具的基础上，再设立2000亿元支持煤炭清洁高效利用专项再贷款，形成政策规模，推动绿色低碳发展；10月，银保监会发布了《关于服务煤电行业正常生产和商品市场有序流通保障经济平稳运行有关事项的通知》，严禁对符合支持条件的煤电、煤炭等企业和项目违规抽贷、断贷，防止运动式降碳和信贷“一刀切”……各项支持政策相继到位。

袁家海认为，未来支持碳达峰、碳中和的金融政策应是立体的，绿色金融助推新能源绿色发展、转型，解决中长期难以退出的煤电向合适的方向转型。同时，对于煤电资产退出后产生的国有资产损失，国资或财政应出台相应的扶持政策。“若‘十四五’部分落后燃煤机组提前退出，而国有资产政策不配套，将导致退出机组账面由‘暗亏’变为‘明亏’，并影响煤电企业转型退出的积极性。”

另有观点认为，在煤电亏损的情况下大举放贷，将把风险转移到金融领域。对此，冯永晟指出：“不一定如此。今年煤电亏损的主要原因是煤炭价格异常波动，而在未来相当长时期内，煤电低碳转型的空间仍很大，信贷风险整体可控。”

需妥善处理煤电转型的衍生问题

据了解，煤电及上游煤炭行业提供了超过300万个就业岗位，如何妥善处理受影响职工的就业安置、社会保障、劳动关系是业内关注的重点问题。

“煤电转型将伴随新行业、新服务、新业态出现。”冯永晟指出，“但同时，会有路径依赖、转型摩擦、流动限制等因素干扰。政府需从这些方面入手，将传统产业转型的结构性过剩转化为有效就业，当然，在小微企业营商环境改善的情况下，更多就业机会或来自能源行业之外。”

袁家海认为，煤电转型产生的人员安置负担需通过社会公正机制解决。“财政应出钱解决人员再就业培训的问题，而现在这些责任都压给了国企，长此以往，将加重煤电企业转型负担。”

“2016年钢铁和煤炭退出落后产能时，国家曾通过电价改革拿出1000亿元结构调整基金，用于退出产能企业的员工转岗培训及就业安置，而目前还没有常态化的煤电退出兜底机制。”袁家海介绍。

那么，财政支撑的公正转型基金从哪里来？在袁家海看来，未来随着全国碳市场逐步完善，从免费发放配额逐步转向有偿配额拍卖，可在拍卖收入中设立能源转型和公正转型基金，解决煤电转型退出兜底的资金问题。（姚美娇）

全球煤炭业进入复苏通道

中国能源报 2021.12.27

国际能源署（IEA）日前发布报告称，今年，全球煤炭发电量将扭转前两年持续下降的趋势，出现强势反弹，敦促各国立即采取强有力行动，否则将影响净零排放目标和能源转型的完成。

无独有偶，美国能源信息署（EIA）也发布类似报告称，天然气价格高企使得美国煤炭需求正在卷土重来，今年美国煤炭发电量同比将增长。此外，印度、澳大利亚以及欧洲国家的煤炭行业均出现不同程度的复苏。业界普遍认为，随着电力需求和工业活动的复苏，在天然气价格持续飙涨的背景下，全球煤炭行业将迎来新一轮复苏。

今年煤电增幅将达9%

IEA 在其《2021 年煤炭报告》中称，2019 年和 2020 年，全球煤炭发电量连续两年下降，今年却出现增长，预计将达 10.35 万亿千瓦时。同时，今年包括钢铁制造、水泥和其他工业活动在内的全球煤炭总需求量将增长 6% 至略高于 80 亿吨。

“煤炭是全球碳排放最大单一来源，今年煤炭发电量处于历史高位，这是一个令人担忧的迹象，表明世界努力实现净零排放的道路充满挑战。” IEA 署长法提赫·比罗尔表示，“如果各国政府再不立即解决煤炭排放问题，我们几乎没有任何机会将全球升温限制在 1.5 摄氏度以内。”

IEA 根据天气模式和经济增长情况作出预判，尽管今年煤炭需求增幅低于 2013 年和 2014 年的创纪录水平，但如果再不进行政策干预，2022 年全球煤炭需求将不会停止增长。

英国《卫报》指出，IEA 的最新数据表明，全球采取快速、强有力的脱碳行动迫在眉睫。

印澳煤炭产销两旺

IEA 预计，印度今年煤炭发电量将增长 12%，达到历史最高水平。

印度《经济时报》报道称，过去几个月，印度各地煤矿一直在提高产量，以缓解电力短缺和工业活动受限的供应紧张局面。9 月底，印度国内燃煤电站平均只剩下 4 天的煤炭库存量，为历年来最低水平，超过一半的燃煤电站已经处于停电警报状态，远低于印度政府建议的至少两周的库存量。

12 月 13 日，印度发电站的煤炭库存达到 1950 万吨，较 10 月 720 万吨的低点出现反弹，印度煤炭公司计划明年 3 月底前将煤炭库存量提升至 4500 万吨以上，以提前准备好明年燃煤电站可能需要的用量。

澳大利亚则是今年海运煤贸易持续旺盛的主要贡献者。作为全球最大海运煤出口国，今年前 3 个季度，澳大利亚煤炭出口量占全球海运煤贸易总量的 30.8%。澳大利亚工业、科学、能源和资源部预计，受持续短缺和强劲需求的支撑，在截至 2022 年 6 月 30 日的财年

内，澳将继续成为全球最大煤炭和液化天然气生产国，能源出口额将达到创纪录的 3790 亿美元。

欧美煤炭需求复苏

油价网指出，欧美国家的煤炭行业也因天然气的高价、短缺而出现了复苏。其中，美国煤炭生产商今年将受益于公用事业公司不断增长的用煤需求，迎来销售和现金流强劲的一年，欧洲公用事业企业则受制于高价天然气而不得不重启更多燃煤电站，使得该地区煤炭发电量持续上扬。

IEA 预计，美国和欧盟国家今年煤炭发电量将增长 21%。EIA 则预计，美国今年燃煤发电量将出现自 2014 年以来的首次增长，煤电占比将从去年的 20% 增至 23%。数据显示，目前美国煤炭库存已降至上世纪 70 年代初以来的最低水平。

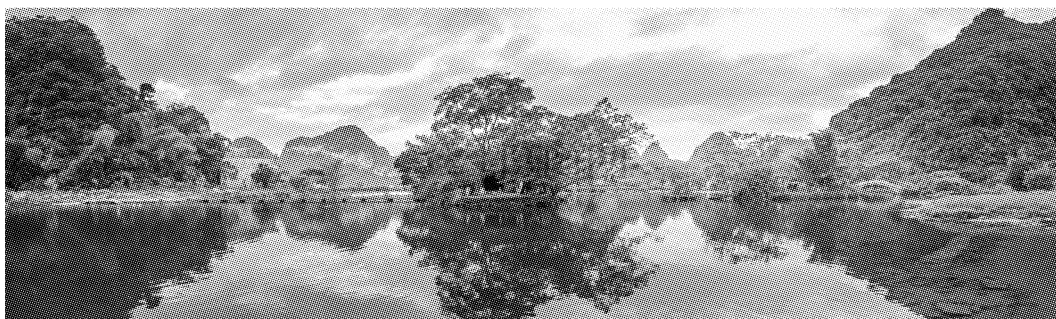
根据德国联邦统计局的数据，第三季度，德国化石燃料发电占比出现回升，达到 56.9%，其中煤炭发电占比达 31.9%，同比和环比双双增长。

英国煤电也出现了“抬头”迹象，受到破纪录的天然气和电力价格影响，加上今年夏季风力不足，该国最后一批燃煤电站得以继续保持运营，为了满足电力需求，英国日前还启动了一直处于待命状态燃煤电站。

《金融时报》指出，全球煤电需求创纪录是受疫后经济复苏推动，这导致电力需求远超低碳能源供应能力。此外，天然气价格的持续飞速上涨也增加了全球的煤炭消费量，尤其是欧洲地区。

IEA 能源市场和安全主管 Keisuke Sadamori 表示，尽管可再生能源发电势头强劲，但当前，仅靠可再生能源尚无法满足不断增长的全球电力需求，这意味着近一半的增长需求将通过化石燃料发电来满足，尤其是煤电。

“煤炭业复苏凸现出各国在向更清洁能源转型方面步履维艰。” Keisuke Sadamori 强调，“‘风光’发电产能的增长仍难以赶超电力需求增幅，这给化石燃料电力反弹腾出了空间。”（王林）



华电首个大容量化学储能投运

中国电力报 2021.12.23

本报讯（记者 许盼 通讯员 武刚 孔祥晶）报道 12月20日10时16分，中国华电集团有限公司首个大容量电化学储能项目在华电滕州新源热电有限公司正式投入运营。

该项目是山东省首批调峰类储能示范项目之一。项目总占地面积约30亩，总体建设规模为101兆瓦/202兆瓦时，其中包括100兆瓦/200兆瓦时磷酸铁锂电池储能系统，同步建设1兆瓦/2兆瓦时液流电池储能系统。该项目一次能充200兆瓦时电量，可满足约1000户家庭一个月用电。

该项目于2021年3月发起，6月被纳入山东省首批储能示范项目，9月顺利开工。项目建设期间，按照严把安全、质量、进度及造价要求和打造“四个一流”储能示范项目标准，全力推进电化学储能项目精品工程建设。项目投运后，能够为电网运行提供调峰、备用、黑启动、需求响应支撑等多种服务，极大提升传统电力系统灵活性、安全性和经济性。此外，还可每年增加消纳新能源电量1亿千瓦时，压减煤炭消费约3.1万吨，减排二氧化碳约8.9万吨。

超临界二氧化碳循环发电机组在西安投运

运行功率5兆瓦 单位发电量碳排放强度降低10%以上

中国环境报 2021.12.21

本报通讯员胡静报道 记者近日从西安热工研究院获悉，我国首座可有效降低碳排放的大型超临界二氧化碳循环发电试验机组成功完成72小时试运行，正式投运。机组运行功率为5兆瓦，容量为目前世界最大，核心设备国产化率达到100%，申请技术专利400多项，打破了国外公司在这一领域的长期垄断地位。

超临界二氧化碳循环发电技术是热力发电领域一项重要的变革性技术。目前，美国拥有0.2兆瓦技术试验平台，日本、法国、德国等国家正在全力研发这项技术，我国此项技术处于世界领先地位。

记者在机组运行现场看到，与传统的蒸汽机组相比，这套装置体量小了不少。工作人员介绍，机组运行时，高温高压二氧化碳气体代替传统发电机组的水蒸气推动汽轮机旋转，进而带动发电机发电，实现二氧化碳气体循环使用，有效降低碳排放。

西安热工研究院董事长苏立新说，与传统机组相比，二氧化碳发电机组具有体积小、效率高、污染小三大显著特点，在同等级装机容量下，二氧化碳发电机组体积只有蒸汽机组的1/25，发电效率可提高3%—5%，应用于火电机组时单位发电量碳排放强度降低10%以上，

与仅能降低碳排放强度 1% - 2% 的常规技术相比具有显著优势。

机组位于西安阎良的西安热工研究院科研产业基地，总占地面积 6000 余平方米，由中国华能主导、西安热工研究院历经 7 年攻关研制完成。科研人员攻克了系统设计、设备制造、建设调试、运行优化等环节的上千个技术难题，联合国内相关企业自主研制了超临界二氧化碳锅炉、印刷电路板换热器、透平、压缩机、干气密封等关键装置，实现了关键设备设计制造的全国国产化自主可控。

此项创新技术的工程化运用，为我国发电领域节能降碳探索出有效路径，这项技术未来可进一步应用于火电、高效光热、核电、储能等领域，前景广阔。

目前，西安热工研究院已牵头成立由清华大学、西安交通大学、中科院电工研究所等 40 家高校、科研机构 and 龙头企业组成的创新联合体，加快推进超临界二氧化碳循环发电技术研发、应用和标准化工作，努力取得一批原创性、引领性重大科技创新成果，为我国构建以新能源为主体的新型电力系统，实现碳达峰碳中和作出更大贡献。

中国能建西北院主编的太阳能热发电技术标准完成编制和报批

中国电力报 2021. 12. 7

本报讯（通讯员 赵晓辉） 报道 近期，中国能建中电工程西北电力设计院完成了《塔式太阳能热发电厂集热系统设计规范》《太阳能热发电厂发电量及厂用电率计算导则》《线性菲涅耳式太阳能热发电厂集热系统设计规范》标准的报批工作，持续引领我国光热发电工程设计技术进步。截至目前，除上述标准外，西北院作为主编方，还完成了《太阳能热发电厂蒸汽发生系统设计规范》《太阳能热发电厂汽轮发电机组及其辅助系统设计规范》《太阳能热发电厂仪表与控制及信息系统设计规范》等标准的编制与报批。

全球最大光伏绿氢生产项目落户新疆库车

中国科学报 2021. 12. 6

本报讯 近日，中国石化在北京、新疆乌鲁木齐和库车三地举行云启动仪式，宣布我国首个万吨级光伏绿氢示范项目——中国石化新疆库车绿氢示范项目正式启动建设。这是全球在建的最大光伏绿氢生产项目，投产后年产绿氢 2 万吨。

据介绍，新疆库车绿氢示范项目是国内首次规模化利用光伏发电直接制氢的项目，总投资近 30 亿元，主要包括光伏发电、输变电、电解水制氢、储氢、输氢五大部分。项目将新建装机容量 300 兆瓦、年均发电量 6.18 亿千瓦时光伏电站，年产能 2 万吨的电解水制氢厂，储氢规模约 21 万标立方的储氢球罐，输氢能力每小时 2.8 万标立方的输氢管线及配套输变电等设施。项目预计 2023 年 6 月建成投产，生产的绿氢将供应中国石化塔河炼化，替代现有天然气化石能源制氢。预计每年可减少二氧化碳排放 48.5 万吨，为当地 GDP 贡献 1.3 亿元，创造税收 1800 余万元。

中国石化集团公司董事长、党组书记马永生在启动仪式上表示，该示范项目充分发挥新疆资源优势，是中国石化打造第一氢能公司的重点工程，也是企地合作新的重大战略成果，对推动能源转型、促进新疆社会经济发展、保障我国能源安全意义重大。

据悉，新疆库车绿氢示范项目具有资源丰富、绿色低碳、规模应用、技术突破四大优势，是中国石化第一个贯通风光发电、绿电输送、绿电制氢、氢气储存、氢气输运、绿氢炼化等绿氢生产利用全流程的典型示范项目。同时，项目所用的光伏组件、电解水制氢“心脏”电解槽、储氢罐、输氢管线等重大设备机械及核心材料将全部实现国产化。（计红梅）

光伏协会第三届理事会二次会议召开

中国电力报电气周刊 2021.12.16

本报讯（记者鲁珈瑞）报道 12月14日，中国光伏行业协会（简称“光伏协会”）第三届理事会第二次会议在安徽滁州顺利召开。光伏协会理事会成员单位代表、监事会成员出席了此次会议，中国光伏行业协会理事长曹仁贤担任主持。

会上，中国光伏行业协会秘书长王世江代表理事会阐述2020~2021年光伏协会的工作报告及2021年财务报告作。他表示，一年来协会工作成绩斐然。协会在支撑相关政府部门工作上得到了相关主管部门的高度认可；产业研究方面取得的丰硕成果；促进行业交流合作方面不断扩大，受到行业的认可；在宣传工作方面促进行业正能量的传播，加强了共同维护光伏行业整体良好形象；不断积极开展国际合作，与几十个国际的组织和商协会一直在保持和开展合作交流。

此次大会审议通过了《中国光伏行业协会2020~2021年度工作总结》、《2021年度财务报告》《中国光伏行业协会2022年度工作计划》《中国光伏行业协会2022年度财务预算》及《中国光伏行业协会第三届理事会第二次会议决议》等文件。

此外，与会专家与企业还分别对以新能源为主体的新型电力系统下制约我国光伏行业发展的瓶颈及政策建议、“十四五”期间，光伏产业链各环节技术创新路径、光伏企业理性的产能扩张与产业链供应协同发展探讨分析、“十四五”光伏发电度电成本下降空间、新形势下协会如何更好地发挥作用等方面纷纷提出意见和建议。

国内首个屋顶光伏建筑一体化标准正式发布

中国能源报 2021.12.27

本报讯 12月17日，国内首个屋顶光伏建筑一体化标准正式发布。据了解，该标准由杭州桑尼能源科技股份有限公司联合中冶建筑研究总院共同编制完成，旨在填补行业标准化建设空白，推进行业有序健康发展。

根据《2030年前碳达峰行动方案》提出的推广光伏发电与建筑一体化应用，到2025年，城镇建筑可再生能源替代率达到8%，新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏覆盖率

力争达到 50%，在此之前国家能源局也下发了《关于报送整县屋顶分布式光伏试点方案的通知》，鼓励屋顶光伏更为有序高效地发展。今年是“十四五”开局之年，也是碳达峰的关键期和窗口期，光伏发电将为实现碳达峰碳中和提供强劲的引擎，分布式光伏是其中的重要一环，但作为一种全新的建筑形态，也暴露出一些问题，缺乏相关标准便是其中一项。

光伏建筑一体化标准是推动分布式光伏发展的重要技术基础，是推进我国屋顶光伏技术进步、产业升级、提升质量的重要因素。通过标准化以及相关技术政策的实施，可以整合和引导社会资源，加速技术积累、成果推广、创新扩散和产业升级，构建与国际接轨的“标准+检测+认证”服务体系，搭建一体化标准化服务平台。国内首个屋顶光伏建筑一体化标准使新建、扩建、改建的工业和民用建筑建造光伏屋面时有据可依。（李新富）

潮流能发电装置研制技术标准发布实施

中国自然资源报 2021.12.16

本报讯 近日，由国家海洋技术中心负责起草的《潮流能发电装置研制技术要求》海洋行业标准发布并实施。该标准可为潮流能发电装置研制和管理提供技术支持，使研制过程有标准可依，规范研制行为，提高潮流发电装置可靠性、可维修性、环境适应性和高效性，促进产业化应用。

据介绍，国家海洋技术中心历时 2 年，在起草征求意见送审和报批等阶段，通过网上公开、信函咨询以及专家会议审查等形式进行了讨论和研究，最终在潮流能发电装置研制过程中关键环节的技术要求方面达成一致，明确了数值模拟、物模试验、部件研制与整机组装、室内测试以及海试等关键过程的要求，使其适用于潮流能发电装置研制中质量控制与技术管理。（李扬眉）

国际首个 400 兆瓦盐穴压缩空气储能项目签约

中国能源报 2021.12.27

本报讯 12 月 22 日，苏盐集团与中科院工程热物理研究所、中储国能公司在江苏南京举行战略合作协议签约仪式，共同建设国际首个 400 兆瓦盐穴压缩空气储能示范项目，含一个 100 兆瓦系统、一个国际首套 300 兆瓦系统，打造绿色低碳循环发展“示范样本”。

据悉，虽然该项目属于新兴产业项目，但项目技术先进、应用成熟、基础扎实，项目建成后可以有效解决电网平衡问题，具有良好的经济效益和社会效益。此次战略合作是储能技术产业化和盐腔资源高效化利用的结合，也是央企和地方国企加强产业合作、技术合作的典型示范，将以绿色低碳转型的创新实践，破解盐及盐化工产业能源瓶颈，推动能源结构变革。三方将深化产学研合作，加快打造原创技术“策源地”，强化关键核心技术攻关，推动一批重大攻关成果示范应用。

压缩空气储能技术的工作原理是用低质、低谷电驱动多级压缩机将空气压缩至高压，通

过级间蓄热降温后储存于储气系统。需要释能时，将高压空气从储气系统释放，经级前蓄热系统升温后驱动透平发电机组发电。该技术是适合大规模应用的储能技术，具有容量大、寿命长、成本低、经济性好等特点。矿盐开采后的盐穴是适合储气的洞穴，可大幅减少压缩空气储能电站建设成本。中科院工程热物理研究所在该领域已取得国际领先的研发成果，已建成多个国际先进压缩空气储能示范系统。（张弛）

智造创领未来

——中国风电首个“智能制造标杆企业”诞生

中国电力报电气周刊 2021.12.16

近日，“2021年世界智能制造大会”在江苏南京线上线下同步开幕。会上“2021年智能制造标杆企业”名单正式公布，三一重能成功入选。三一重能数字化总监彭旭代表公司出席大会并上台领奖。该荣誉是智能制造领域一块“金字招牌”，意味着三一重能智能制造达到国际一流水平。值得注意的是，该名单已评选公布五批，三一重能是中国风电行业首个获此殊荣的企业。

“2021年世界智能制造大会”由江苏省人民政府、工业和信息化部、中国工程院、中国科学技术协会联合主办，主题为“数字化转型 智能化引领”，已经成为引领中国智能制造的风向标。

“2021年智能制造标杆企业”有全国8000家企业参与申报和自评诊断，130家企业进入最终评审，三一重能等11家企业最终入选。从全国众多企业中脱颖而出，也充分体现出了三一重能在智能制造领域的超强实力与水平。

多年来，三一重能以“智造创领未来”为使命，在风电智能制造领域持续深耕，引进先进的智能制造技术与理念，加快数字化转型，力争打造引领全球风电智能制造的“灯塔工厂”。

三一重能秉承“中国制造2025”及“工业4.0”物联网与信息化深度融合的理念，在整机和叶片生产线的自动化、设备的集成化，生产的智能化、运营的可视化及经营的决策化等方面构建了风电高端制造整体数字化解决方案，实现优质、高效、低耗、清洁、柔性的数字化生产体系，通过建立5G全连接智能制造灯塔工厂，引领风电高端制造业。

在产线自动化方面，三一重能通过机器人应用与精益化生产体系的融合，打造出行业领先的具备柔性生产能力的“脉动式”生产体系。同时在关键工序上使用由智能机器人代替人工，以提高生产效率和装配质量可靠性。在变桨、偏航、传动链、电缆、物料配送等关键工序，将六轴机器人、视觉系统、光电系统、液压、气动、伺服控制、自动化控制、AGV、网络互连等先进技术相结合，实现了全自动化，无人化的生产单元，极大提高了生产的安全性、质量可靠性和生产效率。

在物联网方面，三一重能通过摄像头视觉识别技术，对现场生产6s、现场人员安全及

考勤、现场物料使用与存储进行了全面监控并上传至三现平台进行智能分析；通过智能水表、电表、气表的安装及物联技术的应用，将实时采集的用水用电用气信息进行智能分析，通过能耗的异常或峰值情形分析从而降低企业能耗；通过 IOT 技术对车间设备的数据采集，同时建立实时数据库和历史数据库，通过数据采集系统和数字化信息平台集成应用，实时收集车间生产、质量和设备信息，实现精准快速分析、决策和响应，从而实现零碳绿色制造。

在生产智能化方面，通过智能制造信息化系统体系的构建，利用 PLM、ERP、MOM、WMS、QIS 等信息化系统的应用与深度配合，实现了工厂数据的整合打通，并在此基础上提供更高效的信息传递、生产管理和协同。实现车间计划的准确下达至工人，并实时收集实际加工进度，改变了人工进行统计的传统工作方式，解决了传统制造业企业计划和实际生产的脱节，完善车间的执行管理。

在数据可视化与数字化运营方面，通过融合卓越绩效指标体系，利用数据中台和大数据技术，基于大数据平台打造出一套涵盖营销、服务、生产、质量、采购、人资的可视化运营体系，通过经营及生产数据的可视化实现了从传统管理模式向数字化运营模式转变，助力实现数字化决策。同时通过对风场风机数据的采集，利用数据建模及大数据的应用，实现了对风机运行的预测性预防维修和数字化监控体系，实现了数字化运维体系的转变。（张娴）

鼓励并网超 15 年风电场改造升级和退役

中国电力报 2021.12.16

本报讯（记者伍梦尧）报道 国家能源局综合司日前发布《风电场改造升级和退役管理办法》（征求意见稿）指出，将按照公平自愿、先进高效、生态优先、有序实施、确保安全的原则，鼓励并网运行超过 15 年的风电场开展改造升级和退役。

据征求意见稿，本次风电场改造升级是指对风电场风电机组进行“以大代小”，对配套升压变电站、场内集电线路等设施进行更换或技术改造升级，分为增容改造和等容改造。风电场退役是指一次性解列风电机组后拆除风电场全部设施，并对场址进行生态修复。

征求意见稿要求，鼓励采用先进高效的风电机组对风电场进行改造升级，提升风能资源和土地利用效率。经第三方专业机构安全性评估，不符合安全运行条件且不愿意进行改造升级的风电场，开发企业应及时拆除，并按有关要求修复生态环境。风电场退役将充分尊重企业意愿，不得强制实施。

征求意见稿明确，电网企业负责风电场改造升级后的并网接入，加强并网安全管理，原并网容量不占用新增消纳空间。省级能源主管部门统筹考虑各类项目，在保障性并网规模内，优先将新增并网容量纳入本省（区、市）保障性并网规模，鼓励通过市场化方式并网。

征求意见稿指出，各类自然保护区内的风电场原则上不进行改造升级，风电场改造升级应尽量不占或少占林地，改造升级确需使用林地的，应符合使用林地条件并依法办理使用林地手续。风电场改造升级和退役要严格执行国家生态环境法律法规，实施过程中不得对生态

环境造成破坏，项目实施完成后应及时做好生态环境修复。风电场改造升级项目应依法履行环评手续。

征求意见稿明确，运营期未满 20 年且累计发电量未超过改造前项目全生命周期补贴电量的改造升级项目，可享受中央财政补贴资金，风电场改造升级期间须计入项目全生命周期补贴年限，改造升级完成后进行补贴清单变更，每年补贴电量为改造前项目全生命周期补贴电量的 5%。其中，实际发电量未达到改造前项目全生命周期补贴电量 5% 的，补贴电量按实际发电量执行。风电场完成改造升级后，运营期满 20 年或累计发电量超过改造前项目全生命周期补贴电量，不再享受中央财政补贴资金。同时，风电场改造升级项目上网电价补贴电量部分按原项目电价政策执行，其余电量部分按项目重新备案当年电价政策执行。

国内首个百万千瓦级海上风电项目全容量并网

中国电力报 2021.12.28

本报讯（通讯员 程林）报道 12 月 25 日，国内首个百万千瓦级海上风电场——三峡阳江沙扒海上风电项目宣布实现全容量并网发电，为粤港澳大湾区建设再添清洁能源动力，助力实现碳达峰、碳中和目标。

该项目位于广东省阳江市沙扒镇南面海域，由中国长江三峡集团有限公司所属中国三峡新能源（集团）股份有限公司投资建设，总装机容量 170 万千瓦，共布置 269 台海上风电机组及 3 座海上升压站。该项目每年可为粤港澳大湾区提供约 47 亿千瓦时的清洁电能，可满足约 200 万户家庭年用电量，每年可减排二氧化碳约 400 万吨。

据了解，该项目不仅安装了全球首台抗台风型漂浮式海上风电机组，还创下国内单体容量最大的海上升压站、国内同等容量下重量最轻的海上升压站等“全国之最”。项目的成功建设对促进我国海上风电高端装备制造升级，开发建设深远海大容量海上风电项目具有示范和引领作用。

