

能 量 转 换

总 41 期
5/2021.5

剪 报 资 料

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. 广东“十四五”电源装机达 1.8 亿千瓦左右	5
2. 新能源储能可参与电力调峰、调频辅助服务市场	5
3. 风力发电前 4 月新增装机容量 2972 万千瓦	6
4. 新能源占比越高，电网转型越难？	6
5. 现代能源体系加速构建	8
6. 第九批可再生能源发电补贴项目清单公布	10
7. 南方电网 2030 年前基本建成新型电力系统	10
8. 可再生能源消纳责任权重可跨年完成	12
9. 新能源市场化交易来了	13
10. 国家发改委：“十四五”时期深入推进能源价格改革	15

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 动力电池探路高质量发展	16
2. 地方文件密集出台，近零能耗建筑“大戏开演”	18
3. 磁性石墨烯产业化的拦路虎被解决了	20
4. 异质结电池大规模产业化蓄势待发	21
5. 国际能源署发出警告：全球电池金属面临严重供不应求	22
6. 铂金短缺危及氢燃料电池大发展	24
7. 高性能锂存储材料研究获突破	25
8. 新型光催化工艺“淘金有术”	26
9. 钠电池会否颠覆锂电池主导地位？	28
10. 磷酸铁锂电池冲击三元锂主导地位	29

三、碳达峰、碳中和

1. 广州如何实现碳达峰碳中和	31
2. 美国低碳发展经验值得借鉴	35
3. 节能提效才是减碳第一优选	37
4. 单原子厚新型碳材料拥有金属特性	39
5. 污染治理和节能减碳中央预算内投资专项管理办法实施	40
6. 低碳实践 创新发力（德国、荷兰、法国、日本）	41
7. 降碳与发展并不相悖	45
8. 推动碳达峰碳中和取得扎实成效	47
9. 开发蓝碳是碳中和重要路径	48
10. 俄罗斯首部气候法案来了	49
11. 日本通过 2050 年碳中和法案	51
12. 全球“碳中和”之路怎么走	51
13. 从城市低碳引领到区域协同达峰，系统思维不可少	53
14. 城市碳中和，“硅基能源”前景无限	55
15. 推动数据中心充分利用可再生能源	57
16. 碳达峰碳中和 是粤港澳大湾区绿色转型机遇	58

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

1. 环保产业站上减碳“新风口”	61
2. HBCD 禁用倒计时 塑料行业加速淘汰替代	62
3. 韩欲将二氧化碳封存海底	64
4. 欧卡环保等离子技术处理废盐取得重大突破	65
5. 把二氧化碳“埋”在地下	66
6. 塑料垃圾可“变身”飞机燃料	69
7. 工业产油微藻脂肪酸链长度实现精准可调	70
8. 稻田甲烷排放量可能被高估	71
9. 废弃燃料混合物可作火力发电厂原料	72
10. 海洋里“捞”出塑料“吞噬者”	72
11. 微生物菌株出马畜禽业污染物变废为宝	75
12. 国办印发改革实施方案 提升危险废物监管和利用处置能力	78

五、太阳能

1. 太阳能电池新技术可降低设备运行温度	80
2. 我国应积极建设空间太阳能电站	81
3. 新型电力系统建设为光伏转型发展带来新机遇	83

4. 中国石化首座移动式光伏电站投运	88
5. 西北油田移动光伏电站投运	89
6. 全球单体最大水上漂浮式光伏并网	89
7. 欧洲最大浮式光伏电站“上线”	90
8. 太阳能飞机推动空中革命	91
六、地热	
1. 政策护航，区域地热能数字化提上日程	92
七、海洋	
1. 建设海洋强省 广东加速蓝色崛起	94
2. 新材料捕氧能力提升“海水电池”更节能稳定	97
3. 我国明确海水提铀路线图	98
4. 开发摩擦纳米发电机可收集全向水波能	99
八、氢能	
1. 贮氢合金及宽温镍氢电池问世	100
2. 低碳清洁供氢体系亟待建立	100
3. 布局可再生能源制、储、运、用氢全产业链条	102
4. 新型催化体系可实现高效电催化析氢	102
5. “钢银携手”助力二氧化碳加氢制甲醇	103
6. 发展固态储氢材料让氢能利用叫好又叫座	104
九、风能	
1. 全力推动“十四五”时期海上风电实现更大发展	106
2. 海上风电开启“加速跑”	107
3. “两个一体化”项目矗立风口	109
4. 国际能源署预测到 2050 年全球海上风电每年将增加 70 吉瓦	111
5. 浙江最大海上风电场群并网运行	111
十、核能	
1. 中俄核能合作：构建人类命运共同体的生动赞歌	112
2. 中国自主三代核电“走出去”第一站顺利建成	114
3. 我国铀资源保障能力稳步提升	115
4. 中国“人造太阳”创造新纪录	116
十一、其它	
1. 今年国网区域新增水电装机 1540 万千瓦	117
2. 陕西电网新能源发电出力首超火电	118

行业动态

1. 广东汕头兆瓦级液流储能电站通过验收..... 119

2. 达坂城打造风电装备产业基地..... 119

3. 崇明要成为碳中和示范区..... 120

4. 民用液氢有了“国家标准” 121

5. 山西大同探建中东部首个高温地热发电项目..... 123



本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

广东“十四五”电源装机达1.8亿千瓦左右

中国能源报 2021.5.3

本报讯 广东省政府近日印发的《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》（以下简称《纲要》）提出，到2025年，广东省内电源总装机规模达到1.8亿千瓦左右，西电东送最大送电能力（送端）达到4500万千瓦。一次能源消费中，煤炭占比下降到31%，天然气、可再生能源以及核能占比分别达到14%、22%和7%。

《纲要》提出，广东省“十四五”期间建设惠州太平岭核电一期项目，新开工建设陆丰核电、廉江核电、太平岭核电二期等项目，推进铀资源保障重点建设工程。抽水蓄能方面，建设阳江、梅州、惠州、云浮、肇庆抽水蓄能电站项目。气电方面，建设东莞宁洲天然气热电联产、广州珠江天然气电厂二期、深圳光明燃机电源基地等项目。清洁高效煤电方面，建设河源电厂二期、江门新会双水热电联产扩建工程等项目。

绿色低碳能源工程方面，“十四五”规模化开发海上风电，建设阳江沙扒、珠海金湾、湛江外罗、惠州港口、汕头勒门、揭阳神泉、汕尾后湖等地海上风电场项目；积极发展光伏发电，适度开发风能资源丰富地区的陆上风电。能源设施互联互通工程方面，推进广东电网目标网架和坚强局部电网建设，提升电网智能化水平。

《纲要》还明确，推进广州港、珠海港煤炭储备基地改造升级，增强煤炭储备能力。推动建设一批灵活性高、抗灾保障能力强的电源项目，提升电源侧调节能力。实施智能电网重点工程和示范项目，推进智能变电站建设，提升配网自动化和智能化水平，推进电网数字化平台和能源大数据平台建设。推进电动汽车充电基础设施网络建设。（粤讯）

新能源储能可参与电力调峰、调频辅助服务市场

中国能源报 2021.5.10

本报讯 5月6日，甘肃能监办发布《甘肃省电力辅助服务市场运营暂行规则的通知》，明确配置新型储能、采用热电联产改造等先进技术的市场主体，在参与深度调峰辅助服务市场时可以优先调用。

鼓励发电企业、售电企业、电力用户、辅助服务提供商等投资建设电储能设施，参与电网侧调峰的电储能设施要求充电功率在1万千瓦及以上，持续充电时间4小时以上。

在火电企业计量出口内建设的电储能设施，可以与机组联合参与调峰、调频辅助服务，按火电机组实时深度调峰交易和调频辅助服务规则执行。

在新能源场站计量出口内建有储能设施的新能源场站称为储能新能源，其充电功率在0.5万千瓦及以上、持续充电时间2小时及以上可以与新能源场站作为整体，参与电力调峰、调频辅助服务市场。（吴怿）

风力发电前4月新增装机容量2972万千瓦

延续绿色发展趋势

人民日报 2021.5.25

本报北京5月24日电（记者丁怡婷）记者近日从国家能源局获悉：截至4月底，全国发电装机容量22.3亿千瓦，同比增长9.5%。其中，风电装机容量2.9亿千瓦，同比增长34.6%；太阳能发电装机容量2.6亿千瓦，同比增长24.3%，延续绿色发展趋势。1—4月份，全国新增发电装机容量2972万千瓦，比上年同期多投产963万千瓦。

今年1—4月份，全国发电设备累计平均利用1214小时，比上年同期增加107小时。其中，核电2450小时，比上年同期增加220小时；风电823小时，比上年同期增加76小时。

从发电量看，国家发改委公布的数据显示，1—4月份全国规模以上工业发电量同比增长16.8%，比2019年1—4月份增长10.9%，两年平均增长5.3%。其中，火电、水电、核电、风电、太阳能发电量同比分别增长18.9%、1.1%、14.9%、28.2%和7.6%。

我国新能源发电量占比2060年将超过60%——

新能源占比越高，电网转型越难？

中国能源报 2021.5.3

核心阅读

未来，面临20%、30%甚至70%的不同比例新能源上网，电网需要发掘足够的可控资源，平抑新能源的周期性和波动性，才能实现电网平衡。

4月24日，南方电网公司发布的《数字电网推动构建以新能源为主体的新型电力系统白皮书》（以下简称《白皮书》）预计，到2030年和2060年，我国新能源发电量占比将分别超过25%和60%，电力供给将朝着逐步零碳化方向迈进。

然而，不同的新能源发电量占比场景，也对新型能源系统构建提出了不同要求。

电源类型对电网影响到底有多大

最新数据显示，截至4月中旬，山西省新能源出力达到2110.7万千瓦，首次突破2000万千瓦，占当时山西全网发电出力的63.4%。其中光伏出力828.0万千瓦，风电出力1282.7万千瓦，但是山西4月15日由于沙尘暴影响，新能源电力现货市场发生熔断。对电力系统而言，新能源装机和发电规模的不断发展，迫使电网做出了一系列改变。

“新能源高比例并网将导致电力平衡较为困难，对电网的调峰能力提出更高要求。由于在电力系统中，发电、供电同时完成，电网运行必须满足电力电量平衡约束，保持发、供电电力实时平衡，但是新能源发电具有随机性、波动性特点。”一位电网专家向记者表示，“若新能源变成主体电力了，就不能还像小孩子一样需要大家迁就，而是需要承担起相应的

责任，照顾好自己的同时还要照顾好别人。”

在这样的背景下，电网又该做出何种改变？上述电网专家表示，新型电力系统将呈现数字与物理系统深度融合的趋势，以数据流引领和优化能量流、业务流，以数据作为核心生产要素，打通电源、电网、负荷、储能各环节信息。

不过，一位资深电力专家则持有不同观点。他认为，电网的本质是输电，和电源类型的关系并没有想象中那么大。“举例来说，路上跑的车辆从小汽车为主变成了公交车为主，道路本身需要根本性改变吗？”

电网同时面对三大挑战

据记者了解，目前，风电日波动最大幅度可达装机容量的 80%，且呈现一定的反调峰特性；光伏发电受昼夜、天气、移动云层变化的影响，同样存在间歇性和波动性。

南方电网公司首席技术专家饶宏在接受采访时表示，构建新型电力系统，电网面临可靠供电、安全稳定和经济运行三大挑战。

“在可靠供电方面，风光等新能源发电具有随机性、波动性和间歇性，风光新能源高度依赖自然条件，发电设备耐受极端天气能力弱，系统保底供电和快速恢复能力面临更大挑战。”饶宏称。

在电网安全稳定运行方面，饶宏认为，新型电力系统在延续目前复杂大电网特征的同时，由于源网荷储各环节高度电力电子化，系统安全稳定问题更加复杂。基于传统同步发电机的电力系统基础理论与技术，不能满足新型电力系统安全运行要求。

饶宏告诉记者，在电能供应经济性方面，新能源能量密度小、发电年利用小时数低，为保障高比例新能源并网消纳、系统安全与可靠供电，系统建设和运营成本总体将上升。

西南电力设计院原副总工程师吴安平认为，传统电网规模扩大时，系统转动惯量会相应增大，两者基本成正比关系，但新型电力系统的情况却相反。太阳能和风电的装机容量越大，火电被替代数量越多，系统的转动惯量则变得越小。同时，传统电网是以交流同步发电机主导的交流电网，新型电力系统则是拥有高比例变流器的交直流混联电网；传统电源出力基本稳定可控，新能源出力则具有波动性和间歇性，因此，当前电网技术正面临大挑战。

高比例新能源并网电网如何应对

饶宏表示，初步预测，到 2060 年新能源发电装机占比将超过 70%，而煤电、气电等将由主力电源转变为辅助性的调节电源，年利用小时数将大幅下降。同时，大规模新能源并网后，对电网柔性可控提出更高要求，电网的特性也因为高度电力电子化而更加复杂，电网保障电力持续可靠供电和安全稳定难度增大。

不同比例的新能源并网，对新能源本身、新型储能技术、中小型抽水蓄能技术、电网调节能力也提出了不同程度的要求。

盛世景资产管理集团智能产业投资部总经理助理吴川表示，从技术逻辑来看，现有能源体系是以“荷”定产，“源”侧有大量的可控能源，双方在电网的调度下实现平衡。未来能

源体系中，由于新能源逐步按照比例并网，导致电源侧的技术特性发生变化，日渐失去主动稳网能力，需要网源荷储联动来维持平衡。

“新能源一次电力的技术特性决定了它在未来电网中很难脱离储能和系统调节能力独立存在。现阶段，新能源发电的比例比较低，传统电力系统仍有较强的稳定性，新能源通过配置一定规模的储能，就可以实现顺利并网。未来，面临 20%、30% 甚至 70% 的不同比例新能源上网，电网需要发掘足够的可控资源，平抑新能源的周期性和波动性，才能实现电网平衡。”吴川认为，“从电网角度来看，电网要协调足够的可控电源，补充和平抑新能源的波动；还要加强对极端情况的预测，以及在极端情况下主动降低非紧要负荷。”（韩逸飞）

推进能源革命 提高保障能力

现代能源体系加速构建

人民日报 2021.5.10

“十四五”，我们这样开局起步

今年一季度

以 2019 年相应同期数为基数

风电、太阳能发电、核电发电量两年分别增长 17.6%、12.5%、9.6%

电源完成投资 795 亿元，同比增长 31.3% 两年平均增长 39.3%

非化石能源发电投资占电源投资比重达 91%

天气转暖，巡查太湖蓝藻进入常态化，作业船驾驶员李凤磊按下全自动蓝藻捕捞器按钮，一个吸头直径为 25 厘米的圆形捕捞器自动下水作业。“以前燃油作业船下水，水上留下油辙，岸边一片油污味；如今的电动作业船，马力大了，速度快了，却不会留下什么污染。”

今年 3 月，太湖流域首艘电动作业船“太湖电动 001 号”在江苏省无锡市下水，其锂电池可储存相当于 5 辆电动汽车的电量。经初步测算，环太湖流域 1100 艘作业船全部电动化改造后，每年可减少二氧化碳排放 7.5 万吨，相当于中和掉 2.7 万多辆私家车排放的二氧化碳。

习近平总书记指出：“能源低碳发展关乎人类未来。中国高度重视能源低碳发展，积极推进能源消费、供给、技术、体制革命。”“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要提出，推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，提高能源供给保障能力。

今年 1 月，“华龙一号”全球首堆——福建福清核电 5 号机组正式投入商业运行，标志着我国在三代核电技术领域跻身世界前列；2 月，位于渤海中部海域的渤中 13—2 油气田探明地质储量亿吨级油气当量，进一步夯实了我国海上油气资源储量基础……“十四五”开局之年，能源领域好消息不断，构建现代能源体系正按下“快进键”。

“风光”建设更风光 电力外送更通畅

3月26日，跨越雅砻江、磨盘山、九道拐等一道道关隘，装载着重达350吨换流变压器的车队抵达四川省凉山彝族自治州盐源县。这一重器，是雅中至江西±800千伏特高压直流输电工程换流站的关键设备。

我国清洁能源资源和需求的逆向分布，给消纳利用带来挑战，而电力外送通道的建设，有效提高了能源供给保障能力。

“十四五”时期，国家电网规划建设7回特高压直流，新增输电能力5600万千瓦。“到2025年，公司经营区跨省跨区输电能力达到3亿千瓦，输送清洁能源占比达到50%。”国家电网有限公司董事长、党组书记辛保安说。南方电网也表示，将大力推进西电东送、北电南送，稳妥推进跨境互联，积极推动跨省区输电通道规划建设，打造更大范围的资源优化配置平台。

紧凑有力的金属撞击声，在黄海南部上空回荡，一根长85米、重1100吨的海上风机单桩基础在海底成功安装。这是国家能源集团龙源电力江苏大丰海上风电项目的施工现场。龙源电力江苏海上公司工程建设部主任助理杨光介绍，在这片海域上，今年将竖起94台大型海上风机，“安装完成后，公司在江苏每年可输送54亿千瓦时绿色风电，满足约135万户城市居民的用电需求。”

今年以来，非化石能源加快发展，电力生产同比增长较快。以2019年相应同期数为基数，今年一季度风电、太阳能发电、核电发电量两年分别平均增长17.6%、12.5%、9.6%。今年一季度，电源完成投资795亿元，同比增长31.3%，两年平均增长39.9%，非化石能源发电投资占电源投资的比重高达91%。

电能替代助减排 节能降耗劲头足

“前厅后厨不用煤也不用气，换成电磁炉后，油烟少了，更安全了，用能成本还节约了一半。”对于“改电”，四川省成都市的蔬心缘五行火锅料理店负责人赖勇很满意。截至目前，成都市“电火锅”已超过1万家，约占全市火锅店的70%，据测算，年替代电量接近8.37亿千瓦时，相当于减少二氧化碳排放71万余吨，推动了当地清洁低碳发展。

建设清洁低碳、安全高效的能源体系，离不开能源消费方式的升级。“十四五”规划和2035年远景目标纲要提出，“推进以电代煤”“深化工业、建筑、交通等领域和公共机构节能”。

广东提出“研究建立用能预算管理制度，严控新上高耗能项目”；海南提出“推广清洁能源汽车2.5万辆，启动建设世界新能源汽车体验中心”“推广装配式建造项目面积1700万平方米”；陕西提出“推广新能源汽车、绿色建材、节能家电、高效照明等产品”……各地积极采取措施，推进重点部门和行业电能替代，全面提高资源利用效率，助力能源革命顺利推进。

清洁低碳有新招 科技创新添动力

“一查碳效码，我们的碳耗竟然是行业平均值的1.5倍，所以这回下定决心，要更新设

备!”长兴旭日粉体科技股份有限公司总经理王德芳所说的“碳效码”，是浙江省湖州市创新推出的“能源碳效码”，可以集成企业生产经营的电、气、煤、油等能耗数据，换算成碳排放量。

经过用能排查后，当地供电公司帮王德芳量身定制了改造方案。“在‘碳惠贷’政策支持下，更换了6台设备，不仅年产值能增加600万元，能耗也降低到行业平均水平。”

以清洁低碳、安全高效为方向，一系列创新正在加速推进。清洁能源产业链更加完备，光伏发电技术迭代加速并不断刷新转换效率纪录，国内风电装机90%以上采用国产风机；化石能源开发利用技术提升明显，深层、深水以及复杂油气藏勘探开发技术，煤矿智能化采掘等技术加紧研发；智能先进电网加快构建，柔性直流、多端直流等先进电网技术开展示范应用……

“我们将坚持底线思维，坚定发展信心，统筹好发展与安全、政府与市场、保供与节能等重要关系，推动能源革命走深走实，实现‘十四五’时期能源发展良好开局。”国家能源局有关负责人说。（冉永平 赵秀芹 丁怡婷 姚雪青）

第九批可再生能源发电补贴项目清单公布

中国能源报 2021.5.24

本报讯5月15日，国网新能源云发布《关于公布2021年第九批可再生能源发电补贴项目清单的公告（以下简称《公告》）》。《公告》显示，纳入补贴的项目共173个，核准/备案容量2401.33兆瓦。其中，集中式风电项目数量为7个，核准/备案容量439.5兆瓦；集中式和分布式太阳能发电项目数量分别为45个、111个，核准/备案容量分别为1315.11兆瓦、485.72兆瓦；集中式生物质发电项目数量为10个，核准/备案容量为161兆瓦。

据统计，国家电网今年共发布了九批次可再生能源发电补贴项目清单，项目总数为14642个，核准/备案容量为40990.67兆瓦。其中，集中式风电项目共168个，项目核准/备案容量为11719.9兆瓦。（姚美娇）

南方电网2030年前基本建成新型电力系统

人民日报 2021.5.18

5月15日，南方电网公司发布《南方电网公司建设新型电力系统行动方案（2021—2030年）白皮书》（以下简称《白皮书》），并举行数字电网推动构建新型电力系统专家研讨会。

南方电网公司将通过数字电网建设，加快构建以新能源为主体的新型电力系统，全面建设安全、可靠、绿色、高效、智能的现代化电网。计划2030年前基本建成新型电力系统，在实现碳达峰、碳中和目标过程中，确保新能源高效消纳和电力可靠供应。此前，南方电网公司还发布《数字电网推动构建以新能源为主体的新型电力系统白皮书》等研究成果。

参加本次研讨会的院士、专家认为，构建新型电力系统，发展数字电网势在必行，数字化是推动电力系统源、网、荷、储各环节协调互动的有力抓手，并围绕加快构建新型电力系统建言献策。

数字电网推动构建新型电力系统

电网连接能源生产和消费，是新型电力系统的核心枢纽。南方电网公司提出，应用新一代数字技术进行数字化改造，加快建设数字电网，将其打造为承载新型电力系统的最佳形态。依托数字技术，数字电网可以让电力系统拥有更加敏锐的“感官”和更加聪明的“大脑”，支持新能源机组作为主力电源参与电力系统调控过程。

南方电网公司将全力保障新能源充分消纳，推动构建多元能源供给体系；加快构建坚强主网架和柔性配网，促进能源资源优化配置；以数字技术助推能源消费革命，推动绿色生产生活方式广泛形成；大力实施创新驱动战略，增强构建新型电力系统的科技支撑力和产业带动力。

新能源将成为南方五省区第一大电源

《白皮书》列出 8 个方面 24 项重点举措，加快建设新型电力系统。

到 2025 年，南方电网将具备新型电力系统“绿色高效、柔性开放、数字赋能”的基本特征。到 2030 年，基本建成新型电力系统，支撑非化石能源占比达到 65% 以上。其中，新能源装机达到 2.5 亿千瓦以上，成为广东、广西、云南、贵州、海南南方五省区的第一大电源。

新能源应并尽并。南方电网公司将加快新能源接入电网配套工程建设，支撑集中式新能源基地和分布式新能源接入。到 2025 年，南方电网预计可实现新增 2400 万千瓦以上陆上风电、2000 万千瓦以上海上风电、5600 万千瓦以上光伏接入。

南方电网公司在源、网、荷、储各个环节进行部署，“十四五”时期，将投产 500 万千瓦抽水蓄能，投产 2000 万千瓦新型储能，并大力推动火电灵活性改造，推进具备调节能力的水电站扩建机组，合理布局调峰气电，大力提升系统调节能力。

同时，建立健全南方区域统一电力市场，推动开展绿色电能交易，并设计灵活多样的市场化需求响应交易模式，推动南方五省区需求侧响应市场建设。

需求侧响应，是指在电力供应紧张的时候，用电客户主动削减自己的用电负荷。在市场化需求响应机制下，工业用户在电力供应最紧张的“尖峰负荷”时段，主动减少用电，既可以避免承担高峰时段的尖峰电价，还能获取收益。到 2030 年，南方电网将实现全网削减 5% 以上的尖峰负荷。

能源消费将在新型电力系统中发生深刻变革。南方电网公司全面建设现代供电服务体系，支撑和服务以电能为主的能源消费格局。在粤港澳大湾区、海南自由贸易港等重点区域将推广电能替代技术，并推动南方五省区电能占终端能源消费比重从 2020 年的 32% 提升至 2030 年的 38% 以上。

国家发改委、国家能源局：

可再生能源消纳责任权重可跨年完成

中国能源报 2021.5.31

本报讯（记者姚金楠）报道：日前，国家发改委、国家能源局发布《关于2021年可再生能源电力消纳责任权重及有关事项的通知》。2021年，各省可再生能源消纳责任权重正式公布。《通知》同时指出，由于各种客观原因，当年未完成消纳责任权重的，可以将未完成的消纳责任权重累计到下一年度一并完成。

根据《通知》，从2021年起，每年初滚动发布各省权重，同时印发当年和次年消纳责任权重，当年权重为约束性指标，各省按此进行考核评估，次年权重为预期性指标，各省按此开展项目储备。

《通知》同时强调，各省在确保完成2025年消纳责任权重预期目标的前提下，由于当地水电、核电集中投产影响消纳空间或其他客观原因，当年未完成消纳责任权重的，可以将未完成的消纳责任权重累计到下一年度一并完成。各省可以根据各自经济发展需要、资源禀赋和消纳能力等，相互协商采取灵活有效的方式，共同完成消纳责任权重。对超额完成激励性权重的，在能源双控考核时按国家有关政策给予激励。

对于消纳责任权重完成过程中各方的责任分配，《通知》作出了明确说明：

各省级能源主管部门会同经济运行管理部门承担牵头责任，按照消纳责任权重积极推动本地可再生能源电力建设，开展跨省跨区电力交易，推动承担消纳责任的市场主体落实可再生能源电力消纳任务。2022年2月底前，向国家发展改革委、国家能源局报送2021年可再生能源电力消纳责任权重完成情况。

各电网企业承担组织责任，配合省级能源主管部门，按照消纳责任权重组织调度、运行和交易等部门，做好可再生能源电力并网消纳、跨省跨区域输送和市场交易。2022年1月底前，国家电网、南方电网所属省级电网企业和内蒙古电力（集团）有限责任公司向省级能源主管部门、经济运行管理部门和相关派出机构报送2021年本经营区及各承担消纳责任的市场主体可再生能源电力消纳量完成情况。

各派出机构承担监管责任，协调落实可再生能源电力并网消纳和跨省跨区域交易，对监管区域内消纳责任权重完成情况开展监管。2022年2月底前，向国家发展改革委、国家能源局报送2021年监管情况。

《通知》明确，国家发展改革委、国家能源局将组织有关单位按月跟踪监测各省级行政区域可再生能源电力建设进展及消纳利用水平，按季掌握电网企业调度部门、交易机构落实中长期电力交易情况，按半年评估各省级行政区域消纳责任权重执行情况，按年度通报各省级行政区域消纳责任权重完成情况。

新能源市场化交易来了

国家发改委、国家能源局发布通知，将引导新能源项目 10% 的预计当期电量通过市场化交易竞争上网。这是我国首次明确在全国范围内开展新能源市场化交易

中国能源报 2021.5.17

国家发改委、国家能源局日前发布的《关于进一步做好电力现货市场建设试点工作的通知》提出，将引导新能源项目 10% 的预计当期电量通过市场化交易竞争上网，市场化交易部分可不计入全生命周期保障收购小时数。

如何引导？

“这是第一次在国家层面出台的文件中确认了可再生能源参加市场化交易。这意味着碳达峰、碳中和的目标也将在可再生能源逐步市场化的环境下完成。”国内某发电企业市场研究人员表示，《通知》对于新能源参与市场化交易具有突破性的引导意义。

“此后，新能源项目在投资前的规划论证中，将不再像过去一样，完全按照固定电价、固定小时数收益的因素去核算，而是要结合市场化因素对项目的接入电价进行预测。”上述市场研究人员强调，不仅是电价预测，在新能源进入市场化交易后，项目的发电优先排序、出力曲线等都将作为收益测算的重要指标。“例如，在项目出力上，只有出力曲线尽可能地靠近需求曲线，项目才会有最优收益。”

10% 意味着什么？

根据《通知》，新能源项目参与市场化交易的比例为预计当期电量的 10%。那么这一数值又是如何确定的？对新能源发电项目而言又意味着什么呢？

据记者了解，在首批电力现货市场试点中，已有省份对可再生能源项目参与市场交易进行了大规模开放。以甘肃省为例，根据甘肃省工信厅 2021 年发电量安排专题会议的要求，2021 年甘肃省风电、光伏保障性消纳电量总计 137 亿千瓦时，同年甘肃省新能源最大发电能力目标在 415 亿千瓦时。据此测算，甘肃省新能源保障性收购电量占比仅为 1/3 左右。换言之，约有 2/3 的电量需要进入市场进行交易。

“现阶段，在初期试点过程中，最主要的还是要保障市场主体的收益稳定。即便是对于此次公布的 10% 的比例，这部分电量是否参与交易，目前市场主体也是可以自主选择的。希望通过这样的试点，特别是在后续新增可再生能源发电项目没有国家补贴的情况下，让新能源发电尝试性地在市场上获得回报。”有参与《通知》出台的相关知情人士表示，随着可再生能源消纳保障机制的推行，目前电力市场对于可再生能源的购买意愿还是比较强烈的。“而且通过前期的调研和测算，相信可再生能源逐步通过市场获得收益的道路是可行的。”

前述研究人员还指出，目前 10% 的交易比例中并未区分增量和存量项目，对于既有光伏扶贫、光伏领跑者等项目也没有特别说法。“而且随着试点的推进，这一比例可能也会有

所调整。特别是在一些可再生能源资源比较富集的地区，放开的规模可能会慢慢增大。”

同时，上述知情人透露，在 10% 的市场化交易外，剩余 90% 的电量仍将采取原有方式，“该保障性收购的保障性收购，该国家补贴的国家补贴。”

何为全生命周期保障收购小时数？

《通知》特别强调，市场化交易部分可不计入全生命周期保障收购小时数。

对此，有新能源行业专家指出，“全生命周期保障收购小时数”的概念还需进一步明确。“有最低保障收购年利用小时数、有全生命周期合理利用小时数，那什么又是全生命周期保障收购小时数呢？到底是通过最低保障收购年利用小时数和电站寿命综合计算得出？还是参考全生命周期合理利用小时数执行？这一点国家层面还没有明确说明。”

针对这一问题，上述知情人也表示，将参照全生命周期合理利用小时数的规定执行。换言之，合理利用便要保障收购。

此外，针对试点过程中可再生能源发电项目通过市场化交易竞争上网的相关问题，上述知情人表示，国家层面也在研究出台具体的配套细则，以便引导产业健康发展。

新闻链接

最低保障收购年利用小时数

2016 年，国家发改委、国家能源局曾印发《关于做好风电、光伏发电全额保障性收购管理工作的通知》（发改能源〔2016〕1150 号，下称“1150 号文”），确定了部分存在弃风、弃光问题地区规划内的风电和光伏最低保障收购年利用小时数。根据“1150 号文”，最低保障收购年利用小时数的核定综合考虑了电力系统消纳能力，按照各类标杆电价覆盖区域，同时参考了准许成本加合理收益。最低保障收购年利用小时数将根据新能源并网运行、成本变化等情况适时调整。保障性收购电量为最低保障目标，鼓励各相关省（区、市）提出并落实更高的保障目标。

全生命周期合理利用小时数

2020 年 9 月，财政部、国家发改委、国家能源局联合发布《关于〈关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见〉有关事项的补充通知》（财建〔2020〕426 号，下称“426 号文”），明确核定了存量可再生能源发电项目的全生命周期合理利用小时数。“426 号文”同时强调，全生命周期合理利用小时数的确定是基于核定电价时全生命周期发电小时数等因素。其中，风电一类、二类、三类、四类资源区项目全生命周期合理利用小时数分别为 48000 小时、44000 小时、40000 小时和 36000 小时。海上风电全生命周期合理利用小时数为 52000 小时。光伏发电一类、二类、三类资源区项目全生命周期合理利用小时数为 32000 小时、26000 小时和 22000 小时。国家确定的光伏领跑者基地项目和 2019、2020 年竞价项目全生命周期合理利用小时数在所在资源区小时数基础上增加 10%。生物质发电项目，包括农林生物质发电、垃圾焚烧发电和沼气发电项目，全生命周期合理利用小时数为 82500 小时。（姚金楠 赵紫原）

国家发改委：“十四五”时期深入推进能源价格改革

中国能源报 2021.5.31

持续深化电价改革、不断完善绿色电价政策、稳步推进石油天然气价格改革、完善天然气管道运输价格形成机制

本报讯（记者姚金楠）报道：5月25日，国家发改委发布《关于“十四五”时期深化价格机制改革行动方案的通知》。《通知》指出，要深入推进能源价格改革。

《通知》显示，到2025年，竞争性领域和环节价格主要由市场决定，网络型自然垄断环节科学定价机制全面确立，能源资源价格形成机制进一步完善，重要民生商品价格调控机制更加健全，公共服务价格政策基本完善，适应高质量发展要求的政策体系基本建立。

其中，在深入推进能源价格改革方面，《通知》明确：

第一，持续深化电价改革。进一步完善省级电网、区域电网、跨省跨区专项工程、增量配电网价格形成机制，加快理顺输配电价结构。持续深化燃煤发电、燃气发电、水电、核电等上网电价市场化改革，完善风电、光伏发电、抽水蓄能价格形成机制，建立新型储能价格机制。平稳推进销售电价改革，有序推动经营性电力用户进入电力市场，完善居民阶梯电价制度。

第二，不断完善绿色电价政策。针对高耗能、高排放行业，完善差别电价、阶梯电价等绿色电价政策，强化与产业和环保政策的协同，加大实施力度，促进节能减碳。实施支持性电价政策，降低岸电使用服务费，推动长江经济带沿线港口全面使用岸电。

第三，稳步推进石油天然气价格改革。按照“管住中间、放开两头”的改革方向，根据天然气管网等基础设施独立运营及勘探开发、供气及销售主体多元化进程，稳步推进天然气门站价格市场化改革，完善终端销售价格与采购成本联动机制。积极协调推进城镇燃气配送网络公平开放，减少配气层级，严格监管配气价格，探索推进终端用户销售价格市场化。结合国内外能源市场变化和国内体制机制改革进程，研究完善成品油定价机制。

第四，完善天然气管道运输价格形成机制。适应“全国一张网”发展方向，完善天然气管道运输价格形成机制，制定出台新的天然气管道运输定价办法，进一步健全价格监管体系，合理制定管道运输价格。

国家发改委相关负责人表示，当前，我国能源结构转型的任务依然十分艰巨。去年，我国正式宣布将力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和。“十四五”时期深化能源价格改革将紧紧围绕“碳达峰、碳中和”目标，在充分考虑相关方面承受能力的基础上，发挥价格机制的激励、约束作用，促进经济社会发展全面绿色转型。

二、热能、储能、动力工程

动力电池探路高质量发展

锂电池实现 5C 以上快充、构建全生命周期成本商业模式等问题待解

中国能源报 2021.5.10

“动力电池产业集中度大幅提高，企业小、散、乱现象得到明显改善，投资布局也逐渐理性。”在日前举行的中国汽车动力电池产业创新联盟 2021 年度会议上，工业和信息化部装备工业一司副司长郭守刚指出，近年来我国动力电池取得长足进步，迈入全球领先行列。但同时，在国际激烈竞争的新形势下，我国动力电池安全、产品质量水平等有待进一步攻关、提高。

市场加速洗牌 梯队分层明显

数据显示，2020 年我国动力电池装车量达 63.6GWh，占全球总装车量的 46.4%。不仅是规模，我国动力电池在技术水平、产品性能和产业布局等方面取得全面进步。

郭守刚指出，目前我国已形成结构完整的动力电池产业体系，正极、负极、电解液、隔膜四大材料的产品质量大幅提升，国产装备技术参数达国际先进水平，全套生产装备国产化率达 90% 以上，关键工序装备国产化率达 80%。

同时，动力电池能量密度大幅提升，140Wh/kg 及以上车型产量占比达 70% 以上，最高达 194.12Wh/kg；新能源汽车续航里程在 300km 以下、300（含）-400km、400km 及以上车型占比分别为 18.1%、21.7% 和 60.2%，最高达 708km。

在产业规模快速增长、技术进步等多重因素推动下，我国动力电池产品价格呈迅速下降趋势。截至去年 12 月，523 方形三元动力电芯与磷酸铁锂动力电芯均价分别为 0.66 元/Wh 和 0.53 元/Wh，对应系统均价分别为 0.78 元/Wh 和 0.63 元/Wh，均降至 1 元/Wh 以下。

随着动力电池产业全面发展，市场呈加速洗牌之势。中国电动汽车充电基础设施促进联盟秘书长许艳华指出，2020 年我国新能源汽车市场共有 72 家动力电池企业实现装车配套，较 2019 年减少 3 家，排名前 3、前 5、前 10 的动力电池企业装车集中度分别为 71.3%、82.1% 和 91.8%，梯队分层明显。

持续向大尺寸方向演变

随着新能源汽车快速发展，动力电池需求也随之攀升。中国汽车动力电池产业创新联盟预计，2021 年我国新能源汽车产量将达 224.6 万辆，同比增长 75.3%，全年动力电池装车需求将达 115GWh，同比增长约 80.8%。“十四五”期间，我国动力电池需求将较当前翻两番以上。

许艳华指出，近 5 年全球 60% 的动力电池技术创新在中国，包括材料、电芯、系统、装备等环节。今后一段时间内，全球超 60% 的动力电池产能建设在中国，我国将成为全球最大的动力电池生产国。

同时，细分市场将发生变化。从电池类型来看，2020 年方形、软包和圆柱电池装车量分别占动力电池总装车量的 81.8%、5.8% 和 12.4%，圆柱电池中的 21700 和 32135 等大圆柱电芯占比分别为 80.5% 和 14.3%，18650 电池市场占比降至 3.1%， “未来动力电池将持续向大尺寸方向演变。” 许艳华称。

动力电池产品成本与安全仍是车企选择的首要参考因素。补贴政策对技术演变的影响逐渐减弱，企业将围绕市场推广痛点进行电池技术提升与改进，一方面，CTP（电芯直接集成到电池包）、刀片电池等产品结构创新设计将成为主流；另一方面，高镍无钴电池、全气候电池、固态电池等新技术研发投入加大，产品商业化进程加快。

在郭守刚看来，我国动力电池产业还将面临诸多挑战。近年来新能源汽车起火事故时有发生，其中因动力电池引发的事故占比达半数以上，电池安全问题需高度关注；电池关键技术需进一步提升，成本需进一步下降，以提升新能源汽车产品的市场竞争力。此外，上游材料资源布局、回收利用体系建立也是全行业需共同解决的重点问题。

全产业链需进一步协同攻关

当前，中、韩、日动力电池企业仍是市场发展主力，同时其他国家和地区也在加快战略布局。如欧盟委员会推出“电池 2030 +”计划；美国以应对气候变化和降碳减排为切入点，加大电动汽车和动力电池研发力度。在国际激烈竞争的新形势下，我国动力电池如何提高竞争力，寻求高质量发展路径是行业的必答题。

“锂离子电池还有不足，如无法实现 5C（C 表示电池充放电时电流大小比例）以上快充、热扩散热蔓延问题尚未完全解决、全生命周期成本商业模式不清楚等。”中国科学院物理研究所研究员李泓坦言，现有电池技术能够支撑电动汽车发展，但还不足以解决所有焦虑。

在郭守刚看来，产业竞争力提升的重点在于技术创新和应用，行业应重点突破动力电池高安全性和全气候适应性、底盘一体化集成等关键技术，不断提升正负极、隔膜等材料性能，瞄准全固态电池等下一代电池研发，补齐短板、锻造长板，不断提升产品技术质量水平。

他指出，新能源汽车和动力电池企业要落实安全主体责任，在产品设计开发、生产制造及使用回收等环节严把安全关。工信部将进一步完善全生命周期产品安全监管机制，不断升级产品技术标准，加大产品一致性抽查和召回等管理力度，保障产业健康可持续发展。

在原材料供应方面，镍、钴、锰依赖进口的问题亟待解决。湖南杉杉能源副总经理蒋湘康指出，预计 2025 年全球正极材料产量达 263 万吨，其中三元材料增幅最大，钴需求约为当前的 2 倍，镍、锂需求约为当前的 4 - 5 倍。未来只有不断加大对各种金属的话语权，才能保证我国锂电池产业链安全。此外，通过回收利用提升材料自给率，降低对上游资源的依赖，有利于缓解原材料供需紧张矛盾。

编后

“十四五”期间，我国动力电池需求将较当前翻两番以上，我国将成为全球最大的动力电池生产国。行业的预判令人振奋。确实，经过多年发展，我国动力电池行业克服重重困

难，迈入全球领先行列，实现华丽转身。但同时，也要看到，随着全球汽车行业加快电动化转型，动力电池市场需求将暴涨，企业纷纷扩产、加快自建电池厂，欲抢抓这一风口，行业竞争将更加激烈。

竞争就是市场洗牌、优胜劣汰的过程。动力电池企业要想在未来市场上占据一席之地，需加快升级装备、研发新材料、创新技术、降低成本、提高安全性，同时，开展知识产权保护、车企互动等系列措施。正如文中所说，全产业链协同攻关，并勇于解决行业焦点问题，才能实现高质量发展。（卢奇秀）

地方文件密集出台，近零能耗建筑“大戏开演”

中国城市能源周刊 2021.5.10

江苏省住房城乡建设厅近日发布绿色城乡建设指导意见，要求到2025年，新建建筑全面按超低能耗标准设计建造；上海市发文明确，到2025年将累计落实超低能耗建筑不低于50万平方米。近日，国内多地有关建筑节能指导文件密集出台，大力推动建筑节能已纳入各省市“十四五”规划主要内容，推动建筑节能迈向超低能耗、近零能耗已然成为建筑领域实现“碳达峰、碳中和”目标的重头戏。

相关数据显示，随着我国建筑领域的节能减排步伐稳步加快，截至2020年底，我国近零能耗建筑面积已达1200万平方米，超额完成了“十三五”既定目标。

“建筑领域的节能减排将直接关乎我国实现‘碳达峰、碳中和’总体目标的进程。”近日，在由中国建筑节能协会超低能耗建筑分会主办的2021年度理事工作会议上，中国建筑科学研究院环境与能源研究院院长徐伟表示，随着我国新建建筑能效快速提升，建筑领域碳达峰时间有望提前。但他同时指出，当前，我国超低能耗、近零能耗建筑发展仍处于起步阶段，技术体系尚不完善，要提前实现“碳达峰”还有很多工作要做。

建筑节能要花“大力气”

徐伟指出，从全球实践看，发达国家实现碳中和的时间至少为60年，而我国从碳达峰到实现碳中和仅有30年，期限缩短了一半，减碳任务之艰巨可想而知，这就要求我国需从产能领域的各个方面加大减碳力度。

建筑是耗能“大户”。根据国际能源署发布的数据，2018年，我国碳排放总量约为100亿吨二氧化碳，其中，建筑运行碳排放量约为21吨，约占我国碳排放总量的21%。

伴随近几年城镇化步伐加快，我国新增建筑面积仍快速增长。相关数据显示，2020年，我国房屋新开工面积达22.4万平方米，预计到2030年，我国人均住房建筑面积将达到38.8—39.8平方米，城镇住房存量也将达到395—405亿平方米，由此推动城镇住宅建筑能耗强度持续攀升。

根据中国建筑科学研究院提供的数据，在过去的近20年间，我国公共建筑能耗强度从2001年的17kg标准煤/平方米，增长至2018年的26kg标准煤/平方米，上升幅度达53%。

“能耗强度与新增建筑面积的双‘增’局势下，我国建筑领域减碳任务将进一步承压，为尽快实现‘双碳’目标，建筑节能需花‘大力气’。”徐伟说。

超低能耗建筑“多点开花”

记者近日梳理发现，当前，我国各地超低、近零能耗建筑发展速度正不断加码。

“作为全国超低能耗建筑发展的‘领头羊’，截至2020年年底，河北省共开工建设超低能耗建筑项目141个，建筑面积440万平方米，居全国第一。”河北省建筑科学研究所所长郝翠彩说，预计到2021年年底，河北省城镇新开工超低能耗建筑面积将达160万平方米。

山东同样早有实践。据山东省建筑科学研究院有限公司绿建研究所总工李震介绍，自2014年开展省级超低能耗建筑示范项目建设以来，山东省共完成示范项目7批、59个，建筑面积达112.3万平方米，形成覆盖山东省16个设区市的发展格局。其中，青岛中德生态园被动房示范小区与济南汉峪海风二期等项目，按超低能耗建筑住宅区的模式，已实现由点向面的片区划建设。

湖北省成绩单亦很抢眼。“‘十三五’期间，湖北省新增节能建筑面积3.4万平方米，新增可再生能源应用建筑面积11万平方米，全省绿色建筑面积已达6951万平方米，超额完成‘十三五’既定目标。”湖北省建筑科学研究院设计院股份有限公司副总经理罗剑介绍。

记者了解到，地处严寒地区的吉林省不甘居后。早在2012年，该省就对严寒地区近零能耗建筑关键技术进行研究。“截至目前，已建成吉林省面积最大的近零能耗建筑示范工程——吉林省建筑科学研究院设计院科研检测基地。”吉林省建筑科学研究院副院长白明伟说。

在我国最南部——海南省，近期也正大力开展近零能耗建筑行动。海南自贸港首个零碳建筑项目已于今年4月开工建设，预计今年年底建成投运。

技术创新亟待强化

加快发展的同时，近零能耗建筑技术创新与建筑低碳发展速度不匹配、示范项目缺少后续检测评估等问题也日渐突出。

对此，中国建筑节能协会超低能耗建筑分会秘书长张时聪表示，应加强示范项目施工质量控制和后续检测评估，总结示范项目经验，着力开展验收后评估体系，通过检测和监测技术手段，采集运行数据，判断超低能耗建筑运行使用效果与设计目标的相符性，以评估技术成果为依据，合理引导超低能耗建筑运行调试和运行管理，推动超低能耗建筑的高质量和可持续发展。

而在提升技术创新方面，徐伟表示，着力近零能耗建筑设计创新，就要坚持系统性、整体性原则，从整体考虑，结合建筑工程当地的地理气候特点，选用适宜的建筑节能技术。“在推动近零能耗建筑应用技术创新的过程中，也应结合国家示范工程项目发展建设要求、绿色生态城区建设要求、结合城乡绿色生态规划等创新发展近零能耗建筑新技术，使近零能耗建筑技术既能满足建筑功能需要，也能带动绿色产业全面发展。”（张金梦）

磁性石墨烯产业化的拦路虎被解决了

科技日报 2021.5.12

近 100%

新研发的智能化制备平台，实现了自动化控制与管理，整个生产过程不排放废液、废渣，合成的粉体纯度高，不需要二次纯化步骤，原料利用率接近 100%。

石墨烯材料及其复合材料是国家的战略性新兴产业，已经渗透到国民经济、国防建设和社会生活的各个领域。作为全球热门的前沿材料，我国石墨烯材料正处于大规模产业化的起跑线上。

科技日报记者 5 月 7 日从内蒙古赤峰市科技局获悉，一种采用自主新技术制备的磁性石墨烯，在内蒙古科技成果转化项目的支持下进入了产业化开发阶段。项目采用高效可控的制备方法合成新材料，突破了产业化制备高性能磁性石墨烯复合物材料的技术瓶颈，填补了我国磁性石墨烯工业化生产空白。

新技术让石墨烯有了磁性

随着科技的发展和市场需求的拓宽，市场上现有的石墨烯材料已经无法满足一些领域的需求，亟待开发一些新兴的石墨烯复合材料。

“石墨烯新材料产业化的关键和难点是相关材料的制备与转移技术。”该磁性石墨烯项目承接单位、内蒙古元瓷新材料科技有限公司（以下简称元瓷新材料）副总经理李双军介绍，2016 年企业研发团队与哈尔滨工业大学化工与化学学院开始密切合作，共同研发磁性石墨烯的制备工艺。

研发团队通过对材料、性能和生产工艺的创新，使磁性粒子负载在石墨烯表面，创造了以石墨烯为基体、集磁性与电性能于一体的多功能复合材料。

“磁性粒子负载在石墨烯表面，实现两种不同功能的组元之间可控组装并紧密结合在一起，构成一体化功能复合材料。在发挥各自功能的基础上互补，创造出以石墨烯为基体的磁性材料。”李双军告诉记者，磁性石墨烯获得了内蒙古自治区 2020 年新材料首批认定，有望在电磁屏蔽和电磁波调制、国防军工、新能源应用等领域发挥广阔应用前景。

制备工艺实现材料绿色高产

据李双军介绍，传统获取磁性石墨烯材料的技术主要有两种途径，一种是将铁、钴、镍等磁性材料与碳材料物理混合，这种物理混料方式产生的复合材料，很容易发生分离，不能发挥预想的作用。另一种是采用多种原材料在有机溶剂中裂解和复合的化学方式制备，产品在液相中形成，需要经过多次水洗和复杂的分离步骤才能完成，对环保和资源利用造成巨大的压力。

为了克服上述工艺的缺点，研发团队不断优化工艺技术，创新研发出磁性石墨烯工业化生产制备平台。通过该制备平台产出的磁性石墨烯材料，其尺寸、参数指标、生产可靠性、

稳定性等方面都达到了国内领先水平。

据了解，该智能化制备平台在生产过程中实现了自动化控制与管理，整个过程不排放废液、废渣，合成的粉体纯度高，不需要二次纯化步骤，原料利用率接近 100%。

2019 年，元瓷新材料承担了自治区科技成果转化项目“磁性石墨烯材料产业化建设”。在完善磁性石墨烯生产线基础上，项目团队进一步优化工艺，下一步有望实现年产 10 吨的中试目标。李双军表示，由于我国磁性石墨烯材料基础研究发展迅速但产业化未能同步发展，推动磁性石墨烯的工业化生产具有积极意义。

“磁性石墨烯材料产业化建设”项目解决了电磁防护、水与土壤污染治理、新能源电池、储能器件等多领域应用问题，系统构建了制备平台功能体系，打造出人、机、物全面互联的新型基础设施。该技术的突破使我国磁性石墨烯材料的产业化成为可能，将打破国外磁性石墨烯相关产业化技术垄断的格局，大大提高我国石墨烯产品的国际市场竞争力。

异质结电池大规模产业化蓄势待发

中国能源报 2021.5.17

本报讯 5 月 12 日，明阳智能发布对外投资公告，宣布投资年产 5GW 光伏高效电池和 5GW 光伏高效组件项目，投资金额为 30 亿元。项目建设周期为 5 年。预计分三期投资，第一期投资金额为 6 亿元，2021 年完成一期自建厂房年产 1GW 光伏高效电池 + 1GW 光伏高效组件产线建设；2022 年完成二期在一期基础上扩充至年产 2GW 光伏高效电池 + 2GW 光伏高效组件产线建设；2025 年前完成三期新建年产 3GW 光伏高效电池 + 3GW 光伏高效组件产线建设。

近年来，光伏产业快速发展，技术驱动降本增效，异质结电池的理论电池效率为 27.5%，能够与其他技术路线的电池进行有效叠加，异质结叠加钙钛矿技术后理论效率可达 42.5%，量产效率可达 30%，未来提效空间巨大。

早在 1990 年，日本三洋公司成功开发出异质结电池，彼时的转换效率为 14.5%。2015 年，异质结专利到期，技术壁垒消除，国内外领先的光伏企业开始大力发展和推广异质结技术，当前异质结电池量产效率普遍已在 24% 以上。

公开数据显示，通威异质结电池量产效率达到了 25.18%、安徽华晟达 24.73%、爱康科技 24.59%、东方日升 24.55%。异质结效率的快速提升吸引了行业关注的目光，2020 年，各企业宣布的 HIT 产能规划达到 27.75GW，目前已建成的 HIT 产能在 3 - 5GW，根据中国光伏行业协会预测，HIT 的市场份额将从 2020 年的 3% 增加至 2025 年的 20% 左右，大规模产业化蓄势待发。

根据首创证券的报告，目前制约异质结电池发展的主要还是成本因素。2020 年，异质结电池的单瓦成本约为 0.92 元，从成本结构拆分来看，硅料依然是成本的大头，占比约为 47.1%，其次是浆料、设备折旧和靶材，占比分别为 24.3%，11% 和 4.4%。

从成本结构拆分入手，异质结电池的降本路径主要包括以下路线。首先，目前传统电池使用的硅片厚度在 170 – 175 微米，异质结电池厚度在 150 – 160 微米，未来，其所用硅片厚度有望进一步降低至 120 – 130 微米，硅片每减薄 5 微米，单片价格下降约 5 分钱，可实现大幅降本。其次，异质结非硅材料成本中，银浆和靶材成本占比达到 70%，通过加速国产化，能够有效降低耗材成本。另外，提升设备单位时间的产能，降低单瓦设备投资。国内迈为股份、捷佳伟创、理想新能源等厂家异质结 1GW 设备投资从 15 亿元下降至近期的 4.5 亿元，未来还有望进一步降低。预计 2021 年异质结电池的单瓦成本能够从 0.95 元降低到 0.8 元以下，竞争能力将显著提升。（吴怵）

国际能源署发出警告：全球电池金属面临严重供不应求

中国能源报 2021.5.17

全球主要经济体疫后经济复苏，以及加速推进低碳能源转型，正促使全球对关键电池金属的需求急剧上升。

今年以来，铜、钴、锂等金属价格持续走高，截至 5 月，铜价创下历史新高，钴价累计涨幅已达 40%。

然而，价格与需求齐升的背后却是捉襟见肘的供给。国际能源署（IEA）日前明确警告称，如果不进一步提高关键金属的产量，其价格将长期持续飙涨，届时将拖累电动汽车、太阳能、风电等行业的发展，从而无法支撑全球能源转型的完成。

价格上涨将长期化

几个月以来，铜、钴、锂、锡等多种金属的价格均出现不同程度的上涨。其中，铜价于 5 月第二周创下历史新高，达到 1.0361 万美元/吨，比去年 3 月的历史低点高出一倍以上，同时刷新了 2011 年大宗商品繁荣期时创下的价格峰值。

铜是最主要的工业金属，被广泛用于电气、建筑、机械制造、汽车制造等领域，因此铜价的表现往往反映了经济活动的真实情况。投行普遍认为，当前 1 万美元/吨上下的铜价太低，未来几年有望冲击 2 万美元/吨的高位。

高盛预计，铜价将在 12 个月内触及 1.05 万美元/吨，花旗预计 2022 年将触及 1.2 万美元/吨，美国银行则做出最大胆预测：到 2025 年铜价可能达到 2 万美元/吨。

锂价自去年 11 月以来上涨了一倍，目前已超过 1.2 万美元/吨。电池供应链研究机构 Benchmark Mineral Intelligence 的数据显示，截至 4 月中旬，工业级碳酸锂价格约为 1.27 万美元/吨，达到 2019 年 3 月以来最高水平，并有望在年内达到 1.53 万美元/吨。氢氧化锂价格也持续上扬，目前与工业级碳酸锂的价格差距逐渐缩小，截至 4 月今年涨幅已达 44.3%，目前约为 1.1475 万美元/吨。

此外，在太阳能薄膜电池、铅酸蓄电池、制氢催化剂等领域大有作为的锡，其价格 10 年来首次站上 3 万美元/吨，5 月第二周甚至一度超过这一价格水平，尽管随后有所回落，

但仍然难掩跃跃欲试的上涨态势。

值得关注的还有钴，今年迄今其价格涨幅近 50%。数据统计公司 Fastmarkets 指出，作为全球最昂贵电池金属，钴的价格在 3 月达到自 2019 年 1 月以来最高水平——25 美元/磅，目前徘徊在 21 美元/磅上下。加拿大皇家银行预计，钴价有望在 12 个月内达到 28.50 美元/磅，并于 2024 年升至 40 美元/磅。

《金融时报》指出，今年以来铜、钴等矿产金属价格猛涨，是电池金属即将供不应求的信号，几年之后这些金属甚至将长期保持“稀缺”状态。

库存告罄近在眼前

疫情导致去年大部分矿产金属的生产活动中断，随着今年以来可再生能源和电动汽车行业投资继续增加，铜、钴、锂的库存量正在急速下降，如果产量无法赶超库存消耗的速度，库存告罄近在眼前。

锂市场方面，光大证券认为未来 5 年整体供给端的增速将低于需求端的增速，预计 2025 年全球工业级碳酸锂需求量达 124 万吨，是 2020 年的 3.6 倍；而全球碳酸锂供给量仅为 108 万吨，缺口突破 16 万吨。

伍德麦肯兹预计，如果新的采矿项目不见成效，到 2030 年全球铜需求将短缺 20%，钴需求将短缺超过 15%。

在电池的所有成分金属中，钴面临着最有限的供应基础。一直以来，钴价波动很大，2018 年曾达到 45 美元/磅，隔年却跌至 12 美元/磅的低点，这主要是因为其拥有一条极其脆弱的供应链——全球超过 70% 的钴产量来自刚果金。

全球第二大钴供应商欧亚资源集团首席执行官宋本表示，低碳经济掀起了史上最大采购订单浪潮，对钴、锂、镍等电池材料的需求将会持续增长，“锂离子电池的技术革新，包括改变电池化学性质和提高能量密度，能够有效降低生产成本，进而使电动汽车等终端产品的价格更加亲民，对矿业公司而言，应该通过可持续地增产和加强行业合作来应对不断增长的需求。”

铜也无法避免库存短期内告罄的风险。“以吨计算的铜库存目前处于 15 年以来的最高水平。随着全球经济逐渐复苏扩张，目前的铜库存可能仅仅能满足三周多的市场需求，全球铜库存‘耗尽’风险十分明显。”美国银行大宗商品分析师 Michael Widmer 5 月中旬时表示，“在此基础上，我们预计今明两年铜市场将出现明显的供应缺口。”

亟待建立战略储备

IEA 指出，大宗商品价格上涨速度，可能超过清洁能源技术创新和改善所带来的成本削减，如果锂和镍的价格翻倍，用于电动汽车的锂离子电池的生产成本将增加 6%。铜价超过 1 万美元水平，会让实现 2040 年气候目标增加 5 万亿美元成本。

该机构警告称，如果要实现《巴黎协定》控温目标，到 2040 年全球对锂、铜等电池金属的需求将翻两番，其中锂需求将增长 40 倍以上；而如果要实现 2050 年净零排放目标，电

池金属的供应量较当前供应水平高出 6 倍。

“各国对电池金属的需求正在迅速上升，而矿业公司启动新供应项目的步伐缓慢，两者之间的差距日益显现，这有可能使锂、石墨或镍等金属价格昂贵得令人望而却步。” IEA 署长毕罗尔表示，“加速电动汽车、风电、太阳能的应用和推广，需要以可承受的价格购买关键金属，否则将是实现气候目标的巨大障碍。”

目前，一些关键金属的供应生产和加工集中在少数几个国家，比如超过 70% 的钴产自刚果金。对此，IEA 建议各国政府应考虑储备钴和锂等相关原材料资源，并对地缘政治风险发出警告。事实上，在主要工业国家寻求开发可靠的金属和矿物供应之际，储备计划能够提供宝贵的缓冲。（王林）

铂金是横跨氢能产业链的重要催化剂，但我国却出现铂金“储量小、用量大”的严重供需失衡风险，给氢燃料电池汽车大发展埋下了巨大隐患——

铂金短缺危及氢燃料电池大发展

中国能源报 2021.5.17

“铂金太贵了”近日成为诸多燃料电池企业的口头禅。

“作为稀有金属，铂金全球产量很低、价格昂贵。即使节约用量，每辆氢燃料电池客车大约也要使用 50 克。而且我国铂金催化剂多数依赖进口，成本很高，每克就高达 200 元！”山东一家燃料电池企业负责人向记者说。

铂金是横跨氢能产业链的重要催化剂。氢能产业发展将驱动铂金需求快速攀升。而我国铂金储量低、需求大，供需形势更加严峻，恐将成为制约产业未来发展的“卡脖子”难题。

供应短缺卡住燃料电池降本之路

中国标准化研究院原院长马林聪说：“全球铂金储量超过 80% 位于南非。我国的主要分布在云南、甘肃一带，但储量小、产量低。目前主要还是依赖国外，大部分从南非、俄罗斯等国家进口。”

中信建投证券有色行业首席分析师赵鑫认为，作为氢燃料电池的重要催化剂，未来燃料电池的快速发展将拉动铂金的需求。

“供给周期、需求周期和库存周期这三个方面的因素共同影响着铂金的价格走势。在三个周期中，最重要的当属需求周期。因为需求是方向性的，一旦未来需求很广阔，价格的方向肯定是向上的。而一旦供不应求，价格就会暴涨，这无疑加大了燃料电池的成本。”赵鑫说。

一位专家给记者算了笔经济账：现在每辆氢燃料电池汽车的铂含量为 36 - 150 克，铂消耗量为传统柴油车的 4 - 25 倍；未来，随着技术进步，单车铂含量可能会有所下降。假设到 2025 年全球载客汽车年产量为 1.05 亿辆，其中商用车占比 26.3%，燃料电池车的渗透率为 3%；乘用车占比 73.7%，燃料电池汽车的渗透率为 0.5%。按照单车铂金含量约 45 克计

算，需要消耗铂金 53 吨左右。“需求高，铂金价格也会水涨船高，这就从根本上压缩了燃料电池的成本下降空间。”

对此，多位业内人士提出，我国铂金储量小、需求大，这样的供需剪刀差一旦拉大，将对氢燃料电池汽车带来重创。

回收利用应该成为重要供给来源

但也有专家表示，并不是所有的铂金供应都来自于原矿，而是也可以来自于回收。虽然目前作为新兴市场的电解水制氢和氢燃料电池行业中铂金的累计用量相对较少，氢能领域的铂金回收量可以忽略不计。但随着该领域内铂金使用量的增加，经过一段时间后，例如一般轻型汽车的平均寿命约为 14 年，就像目前成熟的汽车催化剂回收业务一样，该领域的回收也将成为铂金供应来源。

“当前，我国应该加强对铂金的回收利用，将二次资源回收作为重要的产业关键环节予以布局和扶持。”上海燃料电池汽车商业化促进中心战略研究部高级经理邬佳益说。

除了回收，邬佳益还表示：“还可以通过改变铂金的成分来减少铂金用量。比如，丰田用的铂钴合金，就相当于减少铂的使用量了。”（张胜杰 韩逸飞）

500 次循环后放电效率仍接近 100%

高性能锂存储材料研究获突破

科技日报 2021.5.26

科技日报讯（记者赵汉斌）记者 5 月 23 日从云南大学了解到，该校材料与能源学院郭洪教授团队在共价有机框架新能源存储材料方面取得突破性进展，为开发低成本、持久循环稳定、高容量和可逆性充电电池的有机电极材料提供了一种新策略。国际著名期刊《先进功能材料》发表了这一成果。

当前，开发高性能、可持续的绿色电极材料对锂离子电池的发展至关重要。作为一种高性能的能量存储装置，锂离子电池已广泛应用于各类移动电源和其他可再生清洁能源载体上。

与传统无机化合物相比，共价有机框架是一类组分结构可设计、强稳定性的多孔晶态框架材料，因其功能性有机单元的框架结构展现出开放的离子和电子传输通道，近年来出现在电化学储存的舞台上。作为一种理想的锂储存电极材料，共价有机框架仍存在许多亟待解决的问题，如较低的氧化还原位点利用率，直接影响了其可逆储能容量。因此，如何精确设计原子层结构的共价有机框架分子结构，实现对材料结构层间或内部活性储锂位点的充分激发与利用，将对共价有机框架类材料在储能领域的应用开辟新的思路。

针对这些问题，课题组首次提出了羰基和氰基双重有效氧化还原位点修饰的原子层共价有机框架，并成功应用于锂离子电池正极材料中。他们在前期研究基础上，通过分子层面的设计，构建了独特的类花瓣二维原子层共价有机框架，具有较高的电化学动力学和结构稳定

性。实验结果表明，引入原子层结构调控的羰基和氰基双活性位，可显著增强共价有机框架用作锂离子电池正极的电化学活性和容量。

课题组通过机械剥离的方法，将团簇状具有光导性的共价有机框架材料剥离，得到原子层共价有机框架材料。当其作为锂离子电池正极时，在 200 毫安时/克的电流密度下，经过 500 次循环，仍保持 96 毫安时/克的高容量，放电效率接近 100%，原子层共价有机框架材料的电化学性能，优于最新报道的其他同类有机化合物。

新型光催化工艺“淘金有术”

中国科学报 2021.5.24

黄金、铂金等贵金属（PMs）不仅具有良好的延展性、导电性，而且具有较高的化学稳定性和较强的耐腐蚀性，近年来被越来越多地应用于电子器件和现代工业催化剂领域。

在 PMs 规模化应用的过程中，其稀缺性始终是绕不过去的“致命缺陷”。从废物中回收 PMs 成为提高其产量的一个有益思路。传统冶金方法从废物中回收 PMs 具有较高成本和能耗，因此开发出一项可持续技术才能真正意义上“变废为宝”。

近日，上海师范大学教授卞振锋团队、李和兴团队联合美国佐治亚理工学院团队，开发出一种从废弃电路板、三元汽车催化剂和矿石中选择性回收银、金、钯、铂、铑、钌和铱 7 种贵金属的光催化工艺。整个过程不涉及强酸、强碱或有毒氰化物，只需要光照和二氧化钛光催化剂，即可从废物源中“淘金”。

相关研究成果近日刊发于《自然—可持续发展》。

光催化清洁颠覆原有技术

PMs 的回收主要包括两个步骤：溶解 PM0 形成 $PM_x +$ 溶液，然后将 $PM_x +$ 从滤液中还原为 PM0。工业上使用最广泛的溶解方法是用具有强腐蚀性和毒性的王水和氰化法，对环境极具危害且反应过程复杂。与溶解过程相比，将 $PM_x +$ 还原为 PM0 则需要一定的耐酸性。已有工作的材料合成及后续反应过程非常复杂。

卞振锋团队的工作长期围绕二氧化钛光催化展开。“贵金属作为光催化的助催化剂一直被广泛使用，通常认为光催化剂的电子转移给了贵金属，有利于电荷分离，抑制电荷复合。在一次实验中，我们发现贵金属被光催化氧化溶解了，结果经过反复确认，证明了贵金属可以通过简单光照溶解。”卞振锋表示，其团队自此开始利用光催化清洁回收贵金属的研究工作。

据介绍，该方法就是将二氧化钛粉末加入乙腈溶剂中，用紫外线照射溶液，激发二氧化钛光生空穴的氧化还原反应，该反应产生的超氧化物和高活性自由基足以将一系列 PM0 氧化成 $PM_x +$ 。

“从未见到过的巧妙方法”

与王水法相比，该方法反应条件温和，整个过程不涉及强酸、强碱或有毒氰化物，只需

要光照和二氧化钛光催化剂；不会产生有毒气体，如一氧化氮和氯，也不会导致 CPU 板开裂。

记者了解到，使用该方法，废物源中 99% 以上的目标贵金属元素可被溶解，然后经过简单的还原反应进行回收，纯度高达 98% 以上。这种光催化技术适用于不同的废物来源，包括电子垃圾、汽车三效催化剂和矿石，并可以大规模（公斤级）使用。

“实验室实现了多种含贵金属废料的资源化，回收效率都是 99% 以上，不同的是，反应条件和时间会略有差异，需要调整一下。”卞振锋解释说。

除此之外，该光催化溶解催化反应还具有选择性，可以使目标金属从其他金属中逐次分离。在能效方面，光催化清洁技术也有不错表现。“该方法和传统王水法对比，成本只有后者的 1/5，能耗降低 80% 以上。”卞振锋说。

“这是我从未见到过的巧妙方法。”英国爱丁堡大学无机化学家 Jason Love 对此评价道，“此前人们通过光解将溶液中的金属还原为金属态，该研究将这一方法倒了过来。”

该项研究的评审表示，虽然在氧化剂条件下使用有机溶剂已被证明可从电子废物中浸出金属，但使用二氧化钛以在有机溶液中生成活性氧化物，并氧化和稳定溶液中的金属化合物是非常新颖的。“这确实可能消除加工原生矿石和二次金属来源对强酸或有毒材料的需要，并以对环境相对友好的方式实现金属循环。”

工业化应用未来可期

贵金属回收工业化应用拥有广泛市场前景。全球电子集成电路行业对金、银和钯的需求每年分别约为 250 吨、1.28 万吨和 40 吨。汽车工业的持续增长导致铂类金属的消耗量也在不断增加。电子垃圾全球产量表明，40 部手机的含金量相当于 1 吨矿石。2019 年，全球共产生了 5360 万吨含贵金属的电子垃圾，包括废弃电脑、手机和家用电子设备。

公斤级尺度上的试验以及催化剂多次重复使用，证明了光催化清洁回收贵金属方法的工业应用潜力。“如果用该技术替代现有技术，一方面贵金属生产成本会大大下降，另一方面，也会更加环保。”卞振锋表示，该方法的工业应用前景非常广阔。

目前，废贵金属资源化市场规模庞大。由于国家环保执法力度加大和生态文明建设需要，未来几年市场规模将会急剧增加。不少环保板块上市公司已着手布局危险废物的处理业务。

“电子垃圾、汽车尾气催化剂中贵金属回收、贵金属矿石开采、电镀废渣、冶炼尾渣、焚烧飞灰等的年增量都在千万吨级，废旧电池在百万吨级，废催化剂在几十万吨级。”卞振锋强调，废贵金属资源化处理将具有极大市场前景和需求。

卞振锋同时称，光催化清洁回收贵金属在大规模工业化过程中存在的主要问题是处理规模放大后，考虑到光照和固液传质等方面的影响，要如何提高生产效率。“这需要对放大技术进一步调整，反应器需要重新设计。”不过卞振锋也表示，这些问题通过实验探索，通过小试、中试一步一步放大，应该可以得到解决。（韩天琪）

钠电池会否颠覆锂电池主导地位？

中国能源报 2021.5.31

“钴被炒起来了，大家就去搞无钴；镍被炒高了，大家就都不要镍，但锂还在。”近日，宁德时代董事长曾毓群在公司2020年度股东大会上谈及上游原材料涨价问题时，透露了另一重要信息，钠电池技术已成熟，将于7月发布相关产品。

消息一经发布，旋即引发行业热议，我国钠电池产业发展情况如何？是否会重构现在以锂电池为主的市场格局？

重获市场关注

钠电池是一种使用钠离子（ Na^+ ）作为电荷载体的可充电电池，主要依靠钠离子在正极和负极之间移动来工作，其原理与锂电池相似。

其实，钠电池并非新事物，早在上世纪70年代，钠电池研究几乎与锂电池同步开展，但受制于研究条件等原因，发展一度陷入停滞。同时，锂电池大干快上，迅速实现在电子消费、计算机、通讯网络、电动汽车等领域的全面覆盖。

当前电池原材料价格不断上涨，给正在快速发展的动力电池企业带来巨大压力。数据显示，碳酸锂现货均价89000元/吨左右，较年初上涨约67%；氢氧化锂现货均价为89500元/吨左右，较年初上涨达80%。涨价原因主要是由于电动汽车和储能两大市场快速放量，需求激增。

全球70%左右锂资源集中在南美洲，我国80%的锂资源依靠进口，为破解锂资源“卡脖子”问题，相关企业将目光投向钠电池。据了解，钠电池使用的电极材料主要是钠盐，相较于锂盐而言，储量更丰富，价格更低廉。“氯化钠炒不起来，因为盐很多。”曾毓群表示。

目前，全球约有20家企业致力于钠电池研发，包括英国Faradion、日本岸田化学、美国Natron Energy等公司，以及我国的中科海钠、钠创新能源、星空钠电等。2018年6月，中科海钠推出国内第一辆钠电池低速电动汽车，掀开了钠电池发展的新篇章。

产业化面临稳定性等挑战

“钠电池可以沿用现有锂电池材料、电芯生产工序和生产装备，规模量产没有明显瓶颈。”中国科学院物理研究所研究员胡勇胜向记者表示，钠电池已逐步从实验室走向实用化应用，目前国内在钠电池产品研发制造、标准制定及市场推广应用等方面已走在世界前列，行业即将商业化应用。

那么，未来钠电池是否会颠覆锂电池主导地位？从需求侧来看，市场对动力电池的要求可以分为四个维度，即能够满足更高容量、更快充电速度、更安全和更低成本。据了解，目前钠电池单体能量密度在90-150Wh/Kg，相比磷酸铁锂电池150-180Wh/Kg、三元体系锂离子电池200-280Wh/Kg，还存在较大差距。但同时，钠电池在充放电倍率性能、高低温

性能、循环性能等方面不落下风，甚至更具优势。此外，钠离子少用或几乎不用稀有金属，其正极和负极的集流体都可使用廉价的铝箔，能在提升电池安全性的同时，进一步降低成本。

不过，原材料供给成本低，并不意味着钠电池成本更低。“钠电池不是刚推出来就很便宜，目前供应链规模还小，不够成熟，可能比锂电池贵一些。”曾毓群表示，钠电池还需要一个发展过程。

中泰证券研究所有色行业首席谢鸿鹤也指出，钠电池产业化应用还面临一系列问题，包括电解质、电极和电解质界面的稳定性，相关产业配套及废弃电池的可回收性还有待进一步研究解决。

定位“高安全储能电池”

在业内人士看来，锂离子电池仍是未来新能源车动力电池主流技术路线。

“全球锂资源储量能满足新能源汽车发展需求，同时锂离子电池性能更优异。”谢鸿鹤认为，钠电池未来应用场景或将集中在储能、低速新能源汽车、小动力领域，不能完全替代锂电池在新能源汽车中的应用。

胡勇胜进一步介绍，钠电池产品将主要应用于 150Wh/kg 以下场景，提供宽温区、更安全、更高倍率、更低成本的储能电池，可以作为有益的补充，支撑和保障锂电池发展，在一定程度上缓解因锂资源短缺而引发的储能电池发展受限问题，并逐步替代铅酸电池。在他看来，目前钠电池定位是作为最具经济性的高安全储能电池，预计规模化后可以达到铅酸电池的价格、锂电池的性能。

值得一提的是，国家发改委、国家能源局近日联合印发的《关于加快推动新型储能发展的指导意见（征求意见稿）》指出，要坚持储能技术多元化，加快飞轮储能、钠电池等技术开展规模化试验示范。这也是钠电池首次写入国家层面发展规划，获政策“力挺”。（卢奇秀）

磷酸铁锂电池冲击三元锂主导地位

中国能源报 2021.5.10

近日有消息称，蔚来汽车将对现有 70kWh 三元电池包进行升级，新电池包采用磷酸铁锂电池，或超 75kWh，计划今年四季度发布；特斯拉 CEO 马斯克曾于 2 月表示，特斯拉将把部分电动汽车的三元锂电池换成磷酸铁锂电池……当前，电动汽车配备的锂电池主要为磷酸铁锂电池和三元锂电池，其中，三元锂电池市场占有率高。但近期市场上种种迹象表明，磷酸铁锂电池市场开始回暖，冲击三元锂电池主导地位。

车企转向磷酸铁锂电池

目前，在电动汽车动力电池市场上，虽然三元锂电池份额大，但装机量已开始下滑，磷酸铁锂电池份额正快速提升。统计数据显示，2020 年，国内动力电池累计销量达 65.9GWh，

其中，三元锂电池共装车 38.9GWh，占比 61.1%，累计下降 4.1%；磷酸铁锂电池装车 24.4GWh，占比 38.3%，累计增长 20.6%，成为销量同比唯一增长的动力电池类型。

据了解，今年以来，包括新势力和传统车企在内的众多车企纷纷转向磷酸铁锂电池。值得一提的是，曾依靠三元锂电池打败磷酸铁锂电池企业并成为动力电池市场“霸主”的宁德时代，也于近期透露将在未来 3-4 年逐渐增加磷酸铁锂电池产能占比。

“三元锂电池和磷酸铁锂电池宁德时代都会做。目前来看，随着充电桩越来越多，电动车续航里程不需要那么长，由于磷酸铁锂电池更便宜，因此其增长速度会加快，占比逐渐增加，三元锂电池则逐渐减少。但是，还有一些高端车需要长续航能力，故高能量密度的三元锂电池市场仍会存在。”宁德时代董事长曾毓群近日表示。

理想汽车曾表示，未来车型会涵盖 15 万-50 万元价格范围，其低价车型采用的正是磷酸铁锂电池，将实现 4C（C 表示电池充放电时电流大小比例）大倍率充放电。同时，小鹏汽车在 P7 后推出了定价更低的小鹏 P5。蔚来汽车在高端市场逐步站稳脚跟后，也借助磷酸铁锂电池向下攫取更多市场。

降本为主因

据了解，国内早期电动汽车大多采用磷酸铁锂电池，如比亚迪秦等。统计数据显示，2015-2016 年，采用磷酸铁锂电池的新能源汽车占比约为 70%。但自 2017 年起，能量密度更高的三元锂电池开始替代磷酸铁锂电池。到 2018 年，三元锂电池装机量上升至约 89.3%。

“随着国家补贴政策与电池能量密度挂钩，导致很多车型都换成三元锂电池，因为三元锂电池能量密度较高，所以获得的补贴也高，这是逆转的原因。”伊维经济研究院研究部总经理吴辉在接受记者采访时表示。

新能源汽车独立研究员曹广平指出：“磷酸铁锂电池市场回归或装车量反转，本质上是由其综合性价比高于三元锂电池所决定的。相比之下，磷酸铁锂电池存在重量大、低温特性差的缺点，同时具有成本低、安全性好的优势。”

“宁德时代加码磷酸铁锂电池，主要基于成本考虑。”吴辉指出，“磷酸铁锂电池成本低于三元锂电池，在没有补贴的情况下，成本是主因。”

据华安证券测算，磷酸铁锂使用成本约为 0.08 元/Wh，相比三元正极材料可节省 0.15 元-0.21 元/Wh，对应降低成本 65%-72%。在现行补贴政策下，带电量 55kWh、续航 405 公里的三元锂电池替换为磷酸铁锂电池，成本可下降 0.46 万-0.56 万元。

三元锂电池仍具潜力

国际市场调研机构 Wood Mackenzie 发布的一份研究报告称，磷酸铁锂电池有望在未来十年内超过镍钴锰酸锂三元电池，成为占据主导地位的电化学储能产品，随后将逐渐在电动汽车领域占据主导地位。

吴辉认为，2021 年三元锂电池装机量依然据多数。“长期来看，三元锂电池能量密度高毕竟是优势，且其成本下降空间大于磷酸铁锂电池。也有可能未来两者成本差距逐步缩小，

电动汽车还会向高能量密度电池转向。”

曹广平表示：“电池的指标体系较难全部突破，也就是说，包括质量能量密度、可回收特性等近 20 个指标不可能全面突破，而且这些指标相互重叠、交叉，因此未来多种电池将并存，适用于不同车型。”

“各种电池技术路线都有优缺点，这是电动汽车在磷酸铁锂电池和三元锂电池之间摆动的原因。”吴辉指出，“对电动汽车而言，无论选择哪种电池，都要求高能量密度、长循环寿命、低成本、高安全性。随着技术进步，还可能出现其他技术路线的动力电池。因此，磷酸铁锂电池和三元锂电池都需在保证安全性能的前提下，追求高性价比，并在提高能量密度的同时，寻找降本办法。”（姚美娇）

三、碳达峰、碳中和、能源数字化

市委市政府接连开会部署，“十四五”规划要求形成广州碳中和路径

广州如何实现碳达峰碳中和

南方日报 2021.5.21

近日，广州市委常委会召开会议，市政府召开动员部署会，接连部署碳达峰、碳中和工作。本周出炉的广州市“十四五”规划提了更高要求：探索形成广州碳中和路径。

在我国多次提出“力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和”的背景下，在今年 5 月，广州市委、市政府会议提出的“大力推进绿色技术创新”“加强绿色低碳重大技术攻关和推广应用”和过去同类表述相比，背后意义必将有所不同，广州碳中和路径也有多种观察角度。

那么，广州如何实现碳达峰、碳中和？回答这个问题，实际上是描述广州绿色转型的一种可能性。

全国政协经济委员会副主任、国务院发展研究中心原副主任刘世锦直言，绿色转型既是中国优势绿色产品对欧美传统产品的产业替代，更是在传统发展赛道之外，找到一条国家竞争新优势的新赛道。

广州应有自身的定位。

新赛道里广州处于什么水平？

所谓碳达峰，是指二氧化碳排放达到峰值后进入平稳下降的阶段，而碳中和则是指碳达峰后，二氧化碳排放量大幅下降至和吸收量相等，实现“零排放”。“3060”目标是我国为应对全球气候变化的主动作为。

刘世锦在佛山“2021 中国实体经济论坛”上提出，全球实现碳达峰的国家基本上是发达国家或后工业化国家，能源消费、碳排放处在下降通道。中国目前还处在相对高速的发展阶段，能源消费、碳排放仍是“双上升”，中国实现 2030 年碳达峰是要在比发达国家人均

GDP 低得多、尚未基本实现现代化的情况下达到。而只有实现了碳达峰，才能实现碳中和。

“这在发达国家行列未有先例。”他说，转换思维就能看到机遇，通过采取低碳和零碳的绿色技术和产业体系，同时实现高增加值和高增速，实现减碳和增长双赢，便意味着中国将成为绿色能源革命、绿色工业革命的创新者和引领者。也就是在现有赛道超车有难度的情况下，通过绿色转型换一个赛道比拼，确立自身的新竞争优势。

新赛道里，广州处在什么位置呢？

有研究认为，我国可分五类城市，一是在“十四五”初期碳达峰的低碳示范型城市，以北上广深杭为代表。二是呼和浩特、鹤岗等在“十四五”后期碳达峰的人口流失型城市。三和四是在“十五五”初期碳达峰的贵阳、昆明、长沙等低碳潜力型城市和鄂尔多斯、银川等资源依赖型城市，五是在“十五五”后期碳达峰的邯郸、温州、大庆等传统工业转型期城市。

广州产业结构低碳转型已基本完成，经济发展与碳排放正在脱钩，是低碳示范型城市的典型代表，将第一批进入新赛道。

最新部署已见端倪，广州市生态环境局透露，碳达峰工作将纳入中央环保督察的重要内容，该局将减少二氧化碳作为生态环境保护的重要内容大力推进。

环评是否增加碳排放内容下半年有望明确。

中建四局一公司广州分公司总工程师李松晏说，随着上述工作陆续开展，建筑行业会向绿色、生态、科技发展，企业更乐于投资绿色、高效能、低排放产业，如装配式建筑行业等。以装配式建筑为主导的先进建筑方式后，施工现场再也看不到“脏乱差”。目前广州的华南理工大学国际校区一期工程、白云机场三期安置区项目等都已广泛运用先进装配式技术，白云机场三期安置区项目住宅塔楼装配率超过 55%。

广州绿色技术能否跟上新赛道？

在绿色转型新赛道竞速，引擎强弱分野是绿色技术替代和产业替代的水平。这就需要靠一套新的绿色技术来驱动，需要大规模系统性的换技术。

这恰是市委、市政府两场会议提出“大力推进绿色技术创新”“加强绿色低碳重大技术攻关和推广应用”面临的新背景。

让绿色转型建立在高技术含量和高生产率基础之上是入门条件。

刚刚公布的广州市“十四五”规划提将新能源汽车定为支柱产业，并专门提出重点发展智能汽车、纯电动汽车、混合动力汽车、氢燃料电池汽车整车研发制造，支持智能驾驶决策、智能传感、人机交互、三电系统（电池、电机、电控）、高精度地图、车规级芯片、新一代电子电气架构等关键零部件及技术产业。

在高技术含量的同时，比传统企业更有低成本的竞争力则是中国产品的一贯杀手锏。

广州市“十四五”规划提出大力发展太阳能、天然气、氢能等低碳能源，这些能源的下游产业恰是近年来中国取得低成本优势的产业。

国际能源署发布的最新报告《全球电动汽车展望 2020》指出，2025 年前新能源汽车将比化石燃料汽车便宜。被广州定为支柱产业的新能源汽车在广州市“十四五”规划中颇受重视，全市“十四五”期间规划向新能源汽车投资 591 亿元，花都、番禺、南沙、增城等区都提出重点发展该产业。

华夏新供给经济学研究院院长贾康预测，从投融资视角看，据粗略估计，未来 40 年中国绿色投资需求总规模不会低于 140 万亿元，广州乃至广东的绿色技术替代需要抓住这一轮投资热潮。

广州市场需求能否支撑技术替代？

国际需求爆发有着较好预期。据国际能源署统计，在过去十年间，全球电动汽车从 2010 年的约 1.7 万辆增至 2019 年的 720 万辆。针对未来，全国三大评级机构之一的惠誉称，到 2040 年全球将有 13 亿量电动车，比当前世界汽车的总量还多。

广州及其辐射的粤港澳大湾区市场潜力也被看好。刘世锦从我国经济增长的结构性潜能入手分析，认为我国过去 30 多年 10% 的高速增长得益于房地产、基建、出口等结构性潜能，但现在已逐步放缓甚至消退。与当前 5% - 6% 左右的中速增长期相配套的结构性潜能，很可能是以都市圈、城市群发展为龙头的城市化，预计“十四五”以及更长一段时间，中国经济增长新动能的 70% 来自于此。

对于新能源汽车这个支柱产业，则有三层利好。

都市圈和城市群发展能够有力地带动汽车需求。广东省智能网联汽车与智能交通应用专业委员会秘书长陈锐辉说，珠三角各个城市多次提及“1 小时生活圈”，城际交通时间的缩短会扩大新能源汽车市场，从广州出发，“1 小时生活圈”完全在新能源汽车目前的续航里程内。

绿色转型带动的基础产业效率提升，将进一步降低新能源汽车产业生产、使用成本。陈锐辉说，过去长三角汽车整车产业领先于珠三角，但庞大的传统整车产业链也使长三角转型半径更大、成本更高，随着华为等企业跨界造车，汽车产业链将进入整合生产和品牌快速定制时代，广州和珠三角新能源汽车有很大机遇。

最近公布的第七次人口普查结果显示，广州和珠三角城市中等收入群体日益扩大，这个群体的新增量将是新能源汽车消费增长的重要来源。（苏力 吴雨伦 郎慧）

“买碳有成本、卖碳有收益、投资有回报”

南沙营造优质气候金融圈

据广州市生态环境局透露，生态环境部正在组织应对气候变化投融资地方试点的遴选工作，南沙区正积极申报国家首批应对气候变化投融资试点。

记者昨日从南沙金融局获悉，南沙正通过构建经济社会可持续发展、金融体制机制创新、多方强化人才科研实力、推动跨境金融投资创新，营造优质气候金融圈，探索气候投融资的“南沙模式”。

重构区域能源保障体系

记者南沙区获悉，该区已开展了《广州市南沙区综合能源规划》的编制工作，拟通过体制机制创新和技术创新，推动可燃冰、氢能、储能等产业化发展，重构南沙区、广州市乃至粤港澳大湾区能源保障体系。

截至2020年底，广州市南沙区单位地区生产总值能耗较2015年累计下降24.84%。经初步摸查，南沙区内3000吨标准煤以上的重点用能单位拟在2021年开展的绿色节能改造项目已达16项，项目总投资额达10.36亿元，预计可年节约75120吨标准煤，实现减少二氧化碳排放78260吨。

为减少二氧化碳排放，积极开展红树林碳汇开发和生态价值实现方案的研究工作。依托广州碳排放权交易所对碳汇减排量在生态补偿平台签发并登记，将南沙红树林湿地碳汇交易收益用于湿地保护、红树林修复、生物多样性保护、湿地科普等，遵循“谁修复、谁受益”的原则，推动社会资金投入红树林保护修复，实现“买碳有成本、卖碳有收益、投资有回报”的逻辑循环。

集聚绿色金融服务机构

近年来，南沙以打造具有国际影响力的绿色金融示范区和可持续发展示范区为目标，贯彻落实建设绿色金融改革创新试验区工作任务，累计落户金融类企业超6500家，其中持牌法人金融机构13家，近30家银行分支机构，融资租赁企业2200家，股权投资机构超1600家，近三年8家区内绿色企业获得绿色贷款合计超过13亿元。

同时，广州期货交易所南沙区的正式落户，将服务于绿色发展、粤港澳大湾区及“一带一路”建设；国际金融论坛（IFF）永久会址落户南沙，正在推动绿色增长小镇的建设工作，将集聚一批绿色金融服务机构落户南沙。

在国际金融论坛（IFF）第16届年会上，南沙金控、大地资本、绿融投资三方签约，启动广州南沙国际绿色技术创新基地建设，于2020年5月落地南沙，并为基地拟引进的技术设立专门产品展示区、企业文化区和技术交流区，拟打造成绿色科技、金融和技术交流中心。

2020年11月，国际金融论坛（IFF）第十七届全年年会首次在南沙举办，通过绿色金融峰会、“全球绿色金融创新奖”颁奖仪式等系列活动，助力深化绿色金融领域国际交流与合作，助力南沙金融影响力和国际化程度进一步提升。

500亿贷款支持南沙气候投融资服务

作为国家级新区和自由贸易试验区，南沙已开展自由贸易账户、跨境双向人民币融资、跨境结算、外汇管理改革试点等跨境金融先行先试政策，已有12家外商投资股权投资类企业（QFLP）落地南沙区，目前还有拟设立QFLP企业正在对接。

南沙气候投融资基础也得到更多机构关注。

目前香港科技大学（广州）及10多家中科院系科研机构已落户南沙，多名长期从事气

候投融资相关研究的学者为南沙区开展应对气候变化投融资提供智库支持。今年1月25日，南沙区举行“十四五”期间首场大型集中签约活动，中国建设银行广州分行与南沙区签订全面战略合作框架协议暨气候投融资合作协议，拟新增500亿贷款规模支持（其中新增200亿元专项信贷规模倾斜，专项用于气候及绿色产业），为南沙区及区内企业、产业园区提供各项综合金融服务，并支持南沙区基础设施建设、新基建建设、城市更新改造，大力发展绿色金融、金融科技（柳时强）

美国低碳发展经验值得借鉴

中国环境报 2021.5.6

美国环保局（EPA）逐年发布的《温室气体排放与碳汇目录》显示，2007年美国出现二氧化碳排放量峰值，当年碳排放量55亿吨，之后显著下降。美国推进低碳发展的政策措施，以及相关实践经验值得借鉴。

美国推进低碳发展的主要措施和经验

健全碳减排政策体系。从20世纪70年代起，美国多次出台能源与减排相关法案，逐渐形成完整的碳减排政策体系。奥巴马政府期间，美国高度重视低碳发展，颁布了“应对气候变化国家行动计划”，明确了减排的优先领域，推动政策体系不断完备。比如，2009年通过《美国清洁能源与安全法案》，对提高能源效率进行规划，确定了温室气体减排途径，建立了碳交易市场机制，提出了发展可再生能源、清洁电动汽车和智能电网的方案等，成为一段时期内美国碳减排的核心政策。2014年推出“清洁电力计划”，确立2030年之前将发电厂的二氧化碳排放量在2005年水平上削减至少30%的目标，这是美国首次对现有和新建燃煤电厂的碳排放进行限制。一系列应对气候变化的顶层设计，引领了美国碳达峰后的快速去峰过程。

加快能源系统变革。美国充分利用市场机制，促进核电、太阳能、风能、生物质能和地热能等可再生能源发展和技术进步，推动能源结构不断调整优化。目前，美国国内能源消费比重排序依次是石油、天然气、煤炭、核能以及可再生能源。2005-2017年，美国煤炭和石油消耗比例持续下降，天然气消耗比例持续上升，在美国清洁能源转型过程中发挥了中心作用。美国联邦政府出台包括生产税抵免在内的一系列财税支持政策，各州政府则实施了以配额制为主的可再生能源支持政策，促进可再生能源发展。比如，美国风力发电量从2008年的5万吉瓦时增加至2017年的25万吉瓦时，占整个发电量的份额从1.5%增加至6.9%；核电目前占美国总发电量的20%，美国已成为世界上核电装机容量最多的国家；加利福尼亚州实施“百万太阳能屋顶计划”，太阳能发电占全国太阳能发电总增长的43%。

推动产业结构优化及重点行业能耗降低。美国多以财政政策、税收政策和信贷政策为主，依靠市场机制促进衰退产业中的物质资本向新兴产业转移，最后达到改善产业结构的目的。在政策和市场的引导下，美国钢铁工业、冶金工业、铝行业等重点行业的能源消耗呈持

续下降趋势。与此同时，能耗较低的第三产业得以快速发展，进一步推动美国将其劳动力密集型制造业转移至发展中国家，显著降低能源消耗与碳排放。产业结构的调整优化，促使美国温室气体排放与经济发展呈现相对脱钩趋势。从1990年到2013年，美国GDP增长75%，人口增长26%，能源消费增长15%，而碳排放量只增长了6%。

推动低碳技术创新。长期以来，美国低碳技术发展迅速。1972年，美国就开始研究整体煤气化联合循环（IGCC）技术，配合燃烧前碳捕集技术，目前美国已基本实现清洁煤发电。碳捕捉和封存技术（CCUS）是美国气候变化技术项目战略规划框架下的优先领域，全球51个二氧化碳年捕获能力在40万吨以上的大规模CCUS项目中有10个在美国。美国低碳城市建设采取的行动包括节能项目、街道植树项目、高效道路照明、填埋气回收利用、新能源汽车以及固体废物回收利用等，对碳减排起到了良好促进作用。

各州采取低碳发展地区行动。美国各州的政策自主权和自由度较高，碳减排主要依靠内生动力。以加州为代表的地方行动为美国低碳发展注入活力。2006年加州通过了AB32法案，要求2020年的温室气体排放量降低到1990年的水平。之后，加州实施了一系列环保项目，包括“总量限制与交易”计划、低碳燃油标准、可再生电力强制措施和低排放汽车激励措施等，带动其他州也纷纷采取措施，逐步形成碳减排合力。

促进我国低碳发展的对策建议

“他山之石，可以攻玉。”虽然中美两国的国情存在差异，但美国的一些做法仍然值得关注和借鉴。

一是加强顶层设计，不断健全完善法规政策体系。根据国家“十四五”规划要求，明确温室气体减排关键领域，加快研究低碳发展整体战略，统筹制定我国碳达峰及碳中和的总体路线图。推动在2030年前将二氧化碳排放管控立法，并严格实施温室气体减排控排目标责任制。

二是优化能源结构，提高清洁能源比重。大力开展能源革命，积极进行能源行业供给侧结构性改革，努力构建清洁低碳安全高效的能源体系。继续减少煤炭消费，合理发展天然气，安全发展核电，大力发展可再生能源，积极生产和利用氢能。提高各经济部门的电气化水平，加强能源系统与信息技术的结合，实现能源体系智能化、数字化转型。进一步建立和完善相应的财税、金融、产业、项目管理等政策，完善能源市场，积极建设绿色“一带一路”，引导海内外项目和投资进入绿色低碳领域。

三是优化产业结构，降低重点行业能源消耗。进一步优化产业结构，深入推进战略性新兴产业，不断提高各产业的能源利用效率，降低重点行业能源消耗。拓展清洁用能，激励节约用能，限制过度用能，淘汰落后用能。工业领域加快实施天然气代煤、电代煤，交通和建筑领域逐步实现低碳转型。推动制造业和服务业融合发展，推动现代服务业和传统服务业相互促进，加快服务业创新发展和新动能培育。摆脱各产业对化石能源的依赖，普及低碳生活方式和消费方式，追求经济发展与碳排放脱钩。

四是构建完整的低碳技术体系，促进低碳技术研发和示范应用。分行业梳理低碳技术，重点在电力行业及工业领域，充分利用电气化、氢能、生物质能源等配合 CCUS 技术逐步实现电力行业以及钢铁、水泥等工业领域的脱碳。在能源供应方面，深入研究推动天然气以及多种可再生能源的发展与应用，满足新增能源需求。对于基本成熟的技术，如超临界技术，要推进其商业化成熟应用。对于目前正在做示范、成熟度尚未达到商业运用程度的技术，如电动车、混合动力汽车、大容量风机等，进一步推广示范，争取尽早趋于成熟而商业化。对于诸如光伏电池、第四代核电站等技术，要争取尽快攻关突破、研发成熟，尽早开展大规模示范应用。

五是鼓励地方因地制宜，探索低碳发展路径。地方政府在节能机构建设、节能压力传递机制的建立、资源配置低碳导向的形成、低碳发展中地方政府创新等方面发挥更大主导作用。鼓励地方立足自身实际，以低碳经济发展原则为指导，以低碳先进城市经验为借鉴，以促进经济社会良性发展为目标，将应对气候变化工作全面纳入本地区社会经济发展规划。积极探索低碳绿色发展模式，大力推进低碳省区和低碳城市试点建设工作，破除以经济绩效为考核标准的政治激励体制，走当地特色的可持续发展之路。（赵敬敏 崔永丽 王树堂）

节能提效才是减碳第一优选

中国能源报 2021517

核心阅读

技术路径的优劣顺序应该依次为：节能提效、降低碳排放强度、增加低碳能源和减少高碳能源、通过植树造林强化自然碳汇，以及二氧化碳捕集、封存和利用（CCUS）。超前部署高效 CCUS、二氧化碳制烯烃等技术，难度高、投资大，现阶段干不起且解决不了根本问题。

中国将严控煤电项目，“十四五”时期严控煤炭消费增长、“十五五”时期逐步减少——这是在减排大势之下，我国实现碳达峰、碳中和目标的必由之路。受此影响，煤炭及相关产业面临前所未有的严峻考验。

在近日举行的 2021 中国能源金三角“十四五”区域协同发展论坛上，中国工程院院士谢克昌表示，煤炭在保障国家能源安全中起着兜底作用，我国基本国情和发展阶段，决定了能源转型的立足点和首要任务是做好煤炭清洁高效利用。而今，新形势对产业发展提出新的要求，积极应对碳排放政策、推进多产业融合示范、高碳产业的低碳转型迫在眉睫。

煤炭主体能源地位短期难改变

“相比拓展二氧化碳资源化利用途径，节能提效才是实现碳达峰、碳中和的第一优选”

“有些观点认为，碳中和就是二氧化碳零排放。实际上，绝对零排放是不可能的。”在谢克昌看来，首先需要纠正错误理解。“碳中和是将人为活动排放的二氧化碳及其对自然产生的影响，通过节能提效、植树造林、技术创新等，降到几乎可以忽略的程度，从而实现排

放源和碳汇之间的平衡。”

谢克昌认为，实现目标的技术路径有着优劣之分。其顺序应该依次为节能提效、降低碳排放强度、增加低碳能源和减少高碳能源、通过植树造林强化自然碳汇，以及二氧化碳捕集、封存和利用。“不少地方都在积极探索，超前部署高效 CCUS、二氧化碳制烯烃等技术。但其难度高、投资大，现阶段我们干不起，而且也解决不了根本性问题。因此，应该以科学的态度和方法，研究二氧化碳过量排放问题的系统性解决方案，需要进行‘顺治’，而不是事倍功半地封存‘逆治’。”

为何这样说？谢克昌称，2020 年，我国非化石能源占一次能源消费的比重为 15.8%，剩余仍是化石能源。“在 84.2% 的比例中，煤炭就占了 56.8%。这个数据很快就能倒过来吗？根据中国工程院的战略研究，到 2030 年，煤炭比重仍将在 50% 左右，依然是主体能源。我国基本国情和发展阶段，决定了能源转型的立足点和首要任务是切实做好煤炭清洁高效开发利用，这是当务之急。”

在此背景下，我国还面临能源利用效率偏低的现实。谢克昌指出，我国单位 GDP 能耗是世界平均水平的 1.4 - 1.5 倍。“若能达到世界平均，每年可少用 13 亿吨标准煤、减排 34 亿吨二氧化碳，约占 2020 年碳排放总量的 1/3。因此，相比拓展二氧化碳资源化利用途径，节能提效才是实现碳达峰、碳中和的第一优选。”

现代煤化工是重要途径

“现代煤化工面临的第一大挑战就是高碳排放。只有在清洁低碳、安全高效的框架之下，发展才能符合新要求”

基于上述现实，如何用好煤？谢克昌提出，现代煤化工是推进煤炭清洁高效利用、保障国家能源安全的重要途径。“‘十四五’规划和 2035 年远景目标纲要的第 20 个专栏里，明确将煤制油气基地作为‘经济安全保障工程’之一，提出稳妥推进内蒙古鄂尔多斯、陕西榆林等煤制油气战略基地建设，‘建立产能和技术储备’。原来是技术和产能储备，现在调过来了，说明一定要在产能上保障国家能源安全。”

根据条件不同，谢克昌进一步将现代煤化工发展划分为三种情景——在水资源、环境容量、碳减排等约束下，国家对产业发展规模和布局制约的称为“谨慎情景”；按照“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要，实现有序发展的是“基准情景”；鉴于技术日臻成熟、装备自主化率提高，生产规模加大、项目示范增多及投产率提升的则为“积极情景”。

“当前，产业就处于谨慎情景，主要反映是规模和项目投产率偏低。”谢克昌坦言，“‘十四五’期间，现代煤化工面临的第一大挑战就是高碳排放。只有在清洁低碳、安全高效的框架之下，发展才能符合新要求，我们才能拍着胸脯说现代煤化工是煤的清洁化。”

谢克昌还称，由于欠缺技术的创新和突破，以及部分重大装备和关键性材料的制约，产业自身能源利用率与资源转化率偏低。这不仅导致碳排放成为现代煤化工的软肋，还大大影响产业竞争水平。“具体表现是初级产品多，精细化、差异化、专用化下游产品开发不足，

产业比较优势不明显、竞争力不强。加上技术集成度和生产管理等水平存在差距，产品成本偏高，整体能效有待提高。除了煤制烯烃外，现代煤化工所有产业都在亏钱。”

从基础研究出发加强创新

“减排要有所为、有所不为，不能一股脑偏激去做。共性关键技术和颠覆性技术是引领创新的关键所在”。

“现代煤化工产业不能只是做几个产品、赚多少利润，而是要从基础研究出发实现创新。”谈及下一步发展，谢克昌表示，产业创新目标在于节能提效、低碳节水以及低成本、高质量。“煤基能源化工减排要有所为、有所不为，不能一股脑偏激去做。共性关键技术和颠覆性技术是引领创新的关键所在，需要加大支持和储备。”

谢克昌举例，提高煤炭作为原料资源的利用率和转化率，以新方法调节煤基合成气的碳氢比重、实现可再生能源与煤的耦合转化，均是从源头克服高碳排放瓶颈的有效途径。“当然，这不是盲目的。要先了解煤的转化过程，从分子层面理解煤化工反应，研究发展清洁高效的新型集成技术与过程，进而实现节能减排。要多产业融合，推动现代煤化工与可再生能源联合起来制氢、制材料和化学品等，实现产品的精细化、差异化、绿色化。”

谢克昌还指出，现代煤化工战略定位长期不清晰，导致产业政策多变、发展忽上忽下。“基于丰富的煤炭资源，现代煤化工可形成长远自主可控的、缓解油气对外依存度的能力。其替代效果已开始初步显现，现已分别降低我国石油、天然气对外依存度 1.7 和 1.3 个百分点，即便在谨慎情景下，到 2030 年还可进一步降低 2.5 和 5.8 个百分点。建议合理配置煤炭缓解油气对外依存度所需的‘资源－产能－产品’储备，布局与之相配套的上游煤炭产品和下游储存能力。”

“发展现代煤化工产业，一定要有战略头脑。以战略储备有限弥补红线需求缺口，以政策扶持适度弥补基本需求缺口，以前瞻引领技术支撑长远接续替代——这是对产业提出的战略任务。”谢克昌说。（朱妍 仲蕊）

单原子厚新型碳材料拥有金属特性

可作锂电池正极材料

科技日报 2021.5.24

科技日报北京 5 月 23 日电（记者刘霞）德国和芬兰科学家在最新一期《科学》杂志撰文称，他们合成出了一种独特的新型碳原子网络，新形式的碳像石墨烯一样，仅一个原子厚，但原子结构和电子特性与石墨烯截然不同，有望在电池等领域找到用武之地。

碳以各种形式存在，比如钻石、石墨和石墨烯等。石墨烯是迄今已知最薄的材料，独特的“性格”使其有望在电子等多个应用领域“大显身手”。在石墨烯中，每个碳原子与另外三个碳原子相连，形成蜂窝状的六边形。理论研究表明，碳原子也可以其他网络模式排列，但科学家迄今一直未曾发现这些预测的网络。

在最新研究中，马尔堡大学和阿尔托大学的科学家发现了一种新的碳原子网络，并将其命名为联苯烯网络。在这种新形式的碳材料中，碳原子之间彼此连接，形成正方形、六角形和八角形，再组合成有序的晶格。

研究人员还用高分辨率扫描探针显微镜证实了这种网络的独特结构，并发现它的电子性质与石墨烯截然不同。

他们表示，石墨烯是半导体，但这种新型碳拥有金属性质。马尔堡大学的迈克尔·戈特弗里德教授说：“新型碳网络上的窄条纹的行为像金属，可用作未来碳基电子设备的导线。”研究主要作者、马尔堡大学的樊启堂（音译）说：“这种新型碳网络也可以作为锂离子电池的正极材料，与目前的石墨烯基材料相比，新材料储锂容量会更大。”

研究人员将含碳分子组装在光滑金表面上制得这种新材料：含碳分子首先形成由连接的六角形组成的链，随后这些链连接在一起形成正方形和八角形。在连接前，只有相同类型的链会聚集在金表面，形成有序组合，这对于新碳材料的形成至关重要，因为不同类型的链之间发生反应只会生成石墨烯。阿尔托大学的严凌浩（音译）解释说：“我们的独特之处是使用了分子前体，我们调整这些分子前体以产生联苯烯，而非石墨烯。”

目前，研究小组致力于研制新材料更大的薄片，以探索其应用潜力。他们也表示，新合成方法有望催生其他新型碳网络。

总编辑圈点

石墨烯的横空出世，打开了二维材料世界的大门，也刷新了科学家对物质材料“维度”的认知。既然单层碳原子可以形成石墨烯，理论上，其他物质也可能以单层原子形式排列，并形成新的二维材料。最新研究又带来新的启发：改变单层碳原子的排列形式，即可形成另一种二维材料，其他物质材料是否也如此？如果真是这样，那么二维材料世界的疆界将大大拓展。

污染治理和节能减碳中央预算内投资专项管理办法实施

重点支持环境基础设施建设等四个方向

中国环境报 2021.5.19

本报见习记者邹祖铭北京报道 国家发展改革委近日印发《污染治理和节能减碳中央预算内投资专项管理办法》（以下简称《管理办法》），以加强和规范污染治理和节能减碳专项中央预算内投资管理，提高中央资金使用效益，调动社会资本参与污染治理和节能减碳的积极性。《中央预算内投资生态文明建设专项管理暂行办法》（发改环资规〔2017〕2135号）同时废止。

在支持范围与标准方面，《管理办法》明确，国家发展改革委根据各类项目性质和特点、中央和地方事权划分原则、所在区域经济社会发展水平等，统筹支持各地污染治理和节能减碳项目建设，适度向国家生态文明试验区、能耗双控工作突出的地区和易地扶贫搬迁安

置点倾斜。

《管理办法》提出，专项重点支持污水垃圾处理等环境基础设施建设、节能减碳、资源节约与高效利用、突出环境污染治理等4个方向，国家生态文明试验区建设重大事项需安排资金支持、且不属于既有资金支持范围的项目建设，以及围绕落实党中央、国务院交办重大事项需安排支持的项目建设。

关于投资计划申报与审查，《管理办法》明确，各地区、各部门按照国家发展改革委确定的安排原则、支持范围和申报要求等，组织开展年度中央预算内投资计划申报。项目单位按有关规定向项目汇总申报单位报送资金申请报告。资金申请报告应当包括项目单位的基本情况、项目的基本情况、申请投资支持的主要理由和政策依据等情况。

低碳实践 创新发力（德国、荷兰、法国、日本）

人民日报 2021.5.26

低碳社区、低碳园区、低碳小镇……绿色低碳转型的努力贯穿于社会的各个单元。近年来，全球涌现出一批低碳实践，通过在一定区域内对空间布局、能源结构、生产生活方式等进行系统规划与建设，不断创新，将绿色低碳理念转化成现实生活

德国欧瑞府能源科技园打造新能源技术产业生态圈

在柏林城南的滕珀尔霍夫—舍内贝格区，有一座高达78米的圆柱形钢结构建筑。这座有着100多年历史的建筑曾是欧洲最大的煤气储气塔，代表了当时最先进的能源技术。100多年后，这座老煤气站更名为“欧瑞府能源科技园”，再次成为能源转型的典范。

走进园区，煤气储气塔正在施工，准备改造为节能办公楼。旁边的冷却水塔已经变身为咖啡馆，这是欧瑞府公司董事长莱因哈特·穆勒最喜欢会见客户的地方。“我们已经提前实现了德国政府制定的2050年气候行动计划的目标。”穆勒介绍，在欧瑞府园区内，所有能源都来自可再生资源，“碳中和”已经成为现实。

以水塔咖啡馆为例，看似老式的红砖厂房根据德国最高能效标准改造，配备了智能化的能源管理系统。供暖、制冷和供电能源，都来自园区的核心装备——小型热电联供能源中心。由勃兰登堡州农业垃圾制成的沼气，通过天然气管网输送到园区能源中心，每年可燃烧发电2兆瓦时，足以满足1300户家庭用电需求。发电余热则能将水加热至90摄氏度，通过2.5公里的供热管线满足园区取暖需求。

这样的改造还有不少。在园区中心，有一座德国最大的电动车充电站。它由旧车库改造而成，顶棚完全被光伏板覆盖，产生的清洁电力通过集分布式供能、本地用能、能源存储于一体的智能电网系统，为园区170余个电动车充电桩提供能源。高达1.9兆瓦时的电池储能系统，由奥迪公司回收的二手汽车电池组成，实现了资源可持续利用。

园区的部分充电桩也很有特点。依靠一家初创公司的技术，这些充电桩被直接安装在路灯灯柱上。相比新建充电桩的高额投入，把一个路灯改装为充电桩大约只需不到1小时和

1000 欧元。园区内的自动驾驶摆渡车在这里充电，依靠传感器、摄像头、GPS 导航等技术，安全地来回穿行。无人驾驶清扫车则可将清扫范围精确到厘米级。“欧瑞府园区建立了一个创新型的榜样，展示了如何在经济允许的前提下，通过智能和创新的系统升级，实现气候保护这一目标。”德国能源署前署长、德国欧亚能效投资公司总裁科勒说。

除了清扫车，还有诸多“黑科技”被用于净化环境。在园区 4 号楼和 5 号楼的外立面上，悬挂着一片呈绿色管线状的藻类生物反应器。“我们日常生活排放的二氧化碳，恰恰是藻类所需要的能量。”研发这一技术的 MINT 工程公司总裁穆尔施塔特介绍道。通过光合作用，反应器管道中的藻类迅速繁殖，每年可生产藻类 200 千克，每千克藻类可吸收 2 千克二氧化碳，并清除有害的二氧化氮等废气。净化空气的同时，藻类还可被提取加工成绿色粉末，作为营养添加剂用于化妆品和食品工业。

这些基于清洁能源、人工智能的技术实践，都出自欧瑞府园内的企业。目前，该科技园入驻 150 多家机构，既有德国铁路、施耐德电气、思科这样的全球 500 强巨头，也有 MINT 等诸多小型初创企业。欧瑞府扮演了创新孵化器角色，为初创企业提供办公场所、资金和咨询支持。此外，柏林工业大学、德国人工智能研究中心也在园区设立了研发场所，与企业一起将能源技术转化为商业可行方案。“为了优化能源系统，不同机构将各自的产品及技术引进园区，形成了围绕新能源和低碳技术的完整产业生态圈。”科勒说。

在穆勒看来，超过 3500 人工作的欧瑞府园区，将为德国创造一个小型智慧城市的蓝图，“我们这里是柏林的未来之地”。（李 强）

荷兰“太阳城”居民充分享受光伏发电的收益

在荷兰海尔许霍瓦德市南部，坐落着一个远近闻名的“太阳城”社区。从空中看，社区整体规划严整，以一个边长 700 多米的正方形岛屿为中心，周边是大片水域和绿地，宛如一座大公园。引人注意的是，在鳞次栉比的建筑屋顶上，布满了蓝色的太阳能光伏板。依靠清洁能源，“太阳城”已经成为一个实现碳中和的社区。

“太阳城”社区 1992 年开始规划，2009 年正式建成，目前共有 3300 套住房，注册居民 4500 人左右。这里的建筑房顶、道路两旁都装有光伏板，总面积达 5 万多平方米，相当于总装机 5 兆瓦的发电机组，可以满足社区大部分用电需求。由于荷兰阴雨天较多，社区还配备了风力发电装置接入城市电网，帮助社区实现了净零碳排放。

在“太阳城”居住多年的鲍勃·鲍尔介绍，他家房顶安装有 5 个太阳能光伏板，光伏发电组与公共电网相连。只要条件允许，光伏板就一直工作，智能电表实时显示家中电能消耗数据，多余的电能可以储存在光伏蓄电池里或者被电力公司有偿收购。虽然一套光伏发电设备的价格高达 2 万欧元（1 欧元约合 7.8 元人民币），但鲍尔认为长期来看这一成本并不高，而且生态价值巨大，“当我们外出度假的时候，太阳能光伏板实际上还在帮我们赚钱”。

业主在购买房屋之前必须签订合同，保证太阳能光伏有效运转 10 年。通过与荷兰本地电力供应商合作，每户都安装有双向电表，光伏产生的多余电量可以被收购，无缝接入本地

电网得到充分利用。由于能够享受光伏发电的收益，居民都愿意积极保障光伏设备的维护和使用。

“太阳城”社区的成功得益于各方的共同努力。为了打造一个“节能减排”示范小区，当地政府联合咨询、能源公司等共同制定规划，设计时充分考虑能源利用效率。例如，社区的学校、超市、餐馆、运动场所、医疗机构、公共服务中心等都就近设计，方便步行到达，减少居民出行的能源消耗；80%的建筑都是南北朝向，以最大限度利用太阳能。

坚持环境优先并不意味着牺牲房屋质量。“太阳城”建筑设计师阿肖克·巴罗特拉认为，项目最大的特点就是注重实用性，施工方专门定制了光伏板，令其尺寸与建筑相协调，配套设施也没有过多占用建筑空间。为减少建筑能耗，所有房屋也都采用了环保隔热层。

光伏设施投入大，“太阳城”的建设曾一度面临资金压力。建造期间，受供求关系影响，欧洲市场太阳能光伏板价格上涨，导致项目成本明显增加。当地政府及时增加对项目的补贴，并调整融资方案，配套欧盟的资金支持，项目才得以最终完成。荷兰媒体分析称，“太阳城”的经验表明，平衡经济效益与社会效益是清洁能源项目成功的关键。

“太阳城”项目完工并实现可持续运行，引发业内广泛关注。2010年，“太阳城”获得欧洲空间规划师协会颁发的“欧洲城市规划奖”特别奖，被称为是“改善城乡居住环境，进行社区规划的典范”。如今的“太阳城”已经成为海尔许霍瓦德市的一张名片，并为欧洲不少国家建设低碳社区提供了范例参考。（张朋辉）

法国汇流区以最低成本保障“正能量建筑”运行

里昂市汇流区位于罗纳河和索恩河交汇处附近，近年来正着力打造生态和智慧社区。在这里，以智能电网为代表的创新实践，正助力城市实现节能减排目标。

智能电网是一个可视化能源管理系统，智能电表是其重要载体。借助电力线载波传输技术，智能电表可以将信号传输到数据中心。安装了智能电表的用户，可以登录网站或下载应用软件获取家庭用电量的分析报告，据此调整电器使用时段和时长，培养节能减排的意识和习惯。据法国“智能电网”网站统计，近20年来，法国安装的智能电表中，超过40%位于里昂。2013年，在法国电力集团牵头下，包括汇流区在内的里昂大都会地区，开始进行大规模智能电网试验，截至目前已安装了57.5万个智能电表。

“智能电网最大的优势在于，带动了民众参与到城市能源转型中，通过直观的数据和表格，呈现出用户的能源消费习惯，使其逐渐改变电力消费模式，为节约能源作出贡献。”里昂大都会地区前主席大卫·基米尔菲尔德指出，电力公司可以根据电量分析报告调整供电方案，例如在用电低峰期降低电力价格，从而引导用户错峰用电，达到节约能效目的。

在智能电网的基础上，汇流区逐步开始建设可再生能源生产大于能耗的“正能量建筑”，进一步减少碳排放。在社区中心，3座充满未来感的建筑构成了法国第一个“正能量建筑”区域。楼外，建筑楼顶铺陈的成片太阳能光伏板主要负责能源供应；楼内，创新的能源管理设备则帮助建筑减少能源消耗。据里昂大都会区能源任务主管埃梅里科·勒福尔介

绍，这里的能源管理系统可以通过传感器，感应和记录建筑能耗，从而寻求能源生产量与储蓄量的“最佳配置”，以最低运行成本保障“正能量建筑”的运行。

具体来看，图像感应装置可以根据室内的人员状况和日照状态，通过执行器控制建筑物中的能源使用，包括调节供暖和制冷、开关窗户、启动照明或电器等，尽可能减少不必要的能源消耗。在这一过程中，智能电网等可视化能源管理系统，可以对建筑能源需求和消耗进行量化统计，找出其中过度消耗的部分，为进一步完善节能系统提供数据支撑。

里昂是法国建设低碳城市的先锋，2018 年获得“全球绿色低碳领域先锋城市蓝天奖”。为了更好地打造绿色之城，普及“智能电网”，里昂计划将建筑翻新作为重点领域。目前在汇流区，正在进行的建筑翻新工程涉及 600 套住房以及 3 万平方米的办公区。除翻新加热系统、安装光伏面板外，翻新的住房将全部安装能源可视化管理系统。“在绿色建筑、清洁能源、智能电网等领域，里昂低碳城市建设形成了新的经济增长点。未来，在区域建设的基础上，我们将加强在新型低排放基础设施建设、低排放技术产业化等领域的国际合作，创造更大经济和生态效益。”基米尔菲尔德说。（刘玲玲）

日本梼原町利用自然资源优势建设低碳社区

从高知县高知市出发，沿着绿荫环绕的盘山路行驶，穿过几个险峻的山口，一个半小时就可以来到一座山间小镇——梼原町。这里地广人稀，地势高低起伏，总人口仅 3600 人左右。梼原町因地制宜，充分挖掘森林、河流、风力、太阳能等自然资源优势，建设低碳社区，2009 年成为日本首批 13 个环境模范城市之一。

进入梼原町，两座伫立山间的巨大风力发电机组首先映入眼帘。由于地处喀斯特地貌的高原，海拔超过 1400 米，这里年平均风速为 7.2 米/秒，非常适宜风力发电。这两座 600 千瓦的风力发电机组 1999 年投入使用，年均发电超过 296 万千瓦时，售电收入数千万日元（1 元人民币约合 16.7 日元）。此外，梼原川流经该镇，2008 年当地政府利用河流 6 米的落差，建设了一个 53 千瓦的小型水力发电机，白天供当地中学教学楼用电，晚上供 82 个路灯的照明用电。

在“源自自然，回馈自然”的理念下，风力发电收入被用于推广低碳设施。当地居民每安装 1 千瓦的太阳能板就可以得到 20 万日元补贴。截至 2020 年 3 月底，梼原町有 160 户家庭安装了太阳能，总装机量达 695 千瓦，33 个公共设施也安装了太阳能，总装机量达 535.9 千瓦。

梼原町森林资源丰富，森林覆盖率达 91%，许多是上世纪五六十年代栽种的杉树和扁柏树。为使树木更有活力，吸收更多二氧化碳，当地政府与森林所有者签订管理合同，对间伐（为加速林木生长或防止病虫害等，有选择地砍伐部分树木）管理者给予补助。

梼原町市政厅和当地著名的两座桥梁都由木材建造，代替了碳排放较高的水泥。在标准的木材产品外，木材边角料和森林间伐管理产生的木料被加工成了木丸。2001 年，当地政府与相关团体和企业合作，建造了木丸加工厂。目前，这座加工厂每年可以处理 3900 吨木

料，生产 1300 多吨木丸。这些木丸被用在当地养老院、学校和家庭的取暖设施中，既能减少化石能源的使用，燃烧后的灰烬还能作为农田肥料，可谓一举多得。政府对安装木丸炉进行取暖的家庭给予补贴。

为了向更多民众宣传低碳生活，枥原町建造了两座木造样板房，供人们前来体验。样板房内外装修采用当地木材，重视绝热性和气密性，并使用太阳能发电、木丸炉、太阳能空气集热系统等新能源和节能技术，充分减少碳排放。当地政府还组织中学生与居民一起制作安装太阳能板，邀请小学生参观风力发电设备，让人们从小了解新能源设备的工作原理和节能减排的重要意义。枥原町长吉田尚人表示，希望这座小镇能成为人与自然和谐共生的典型，为日本其他地区提供借鉴。（刘军国）

降碳与发展并不相悖

中国能源报 2021.5.10

专家观点：实现碳达峰、碳中和目标，不仅不会限制经济社会发展，还会推动新兴经济的发展，促进新发展方式的出现，会带来新投资、新技术、新交通、新建筑、新能源，将创造一个有中国特色的新型发展方式。

“碳达峰、碳中和是一场硬仗”“碳达峰、碳中和要求我们重新认识我国能源资源禀赋，正确认识本国国情要素”“要在 40 年后实现碳达峰碳中和目标，挑战巨大”……这是记者在中关村现代能源环境服务产业联盟近日举办的“2021 能源环境服务产业年度峰会”上听到的最多话题。

与会专家一致认为，碳达峰、碳中和是对我国的一场大考。要完成碳达峰、碳中和目标，除了要重新认识我国能源资源禀赋外，还要处理好政府和市场的关系，统筹多方因素。

能源增长需求与减排降碳压力同在

全国工商联环境服务业商会副会长兼首席政策专家骆建华表示，气候变化是百年未有之大变局的核心议题。碳中和是未来三十年大国博弈的新焦点。“零碳经济是未来经济发展的新风口。谁占领潮头，谁就能拿到通向未来的钥匙。”

据了解，目前全球有 54 个国家实现了碳达峰，包括美国、俄罗斯、日本、巴西、德国、英国、法国、加拿大等，其排放总量占到了全球碳排放总量的 36% 左右。从实现碳达峰到实现碳中和，欧美发达国家基本都经历了 50—70 年。而目前我国二氧化碳排放量较大，导致我国要完成碳达峰、碳中和目标将承受较大压力。

“按照计划，我国将在 2030 年实现碳达峰、力争 2060 年前实现碳中和，目标期限仅为 40 年，考虑到我国现有的以高碳为主的能源消费结构、超 100 亿吨的年碳排放量、高耗能产业去产能的艰巨任务等现实情况，我国经济发展的能源增长需求与减排降碳压力将同时存在。”骆建华表示，“对我国来说，碳达峰、碳中和是一场硬仗。”

中国标准化研究院资源环境研究分院院长林翎同样认为，我国经济体量大、发展速度

快、用能需求高，能源结构以煤为主，使得我国碳排放总量和强度“双高”。加之我国目前仍处于工业化和城镇化发展阶段，具有高碳的能源结构和产业结构，发展惯性大、路径依赖强。用不到 10 年时间实现碳达峰，再用 30 年时间实现碳中和，意味着碳排放要快速下降，几乎没有缓冲期，实现减碳目标需要付出艰苦努力。

降碳与经济发展并行不悖

碳减排既是气候、环境问题，也是发展问题，涉及能源、经济、社会、环境方方面面，需要统筹考虑能源安全、经济增长、社会发展、成本投入等诸多因素，对我国能源经济高质量发展提出了更高要求。

“如今，碳减排已经成为各经济体之间博弈的重要战场。”骆建华表示，中国、墨西哥等发展中国家仍然没有实现碳达峰。碳拐点的出现，与经济发展水平、城市化率、产业结构和能源结构密切相关。从经济发展水平看，欧洲国家实现碳达峰时的人均 GDP 为 2 万美元左右，美日的这一数据为 4-5 万美元。而中国目前的人均 GDP 仅为 1 万美元，在人均 GDP 水平不高的情况下，未来我国经济仍将保持较高增速。

骆建华介绍，从城市化率来看，无论是发达国家，还是发展中国家，碳拐点基本出现在城市化率超 70% 阶段。欧美国家碳达峰时城市化率已达到 70%，而目前我国的城市化率是 60%，城市化水平不高，意味着我国在未来一段时间内仍需要大规模基础设施建设，这对碳减排颇具挑战。从产业结构来看，欧美国家实现碳达峰时，第二产业已经下降到 27% 以下，而目前我国第二产业占比仍高达 39%，从产业结构来说，碳达峰目标对我国经济发展提出了更高要求。

在中国工程院院士杜祥琬看来，“降碳与发展并不相悖”。实现碳达峰、碳中和目标，不仅不会限制经济社会的发展，还会推动新兴经济的发展，促进新发展方式的出现，会带来新投资、新技术、新交通、新建筑、新能源，将创造一个有中国特色的新型发展方式。

发现真实碳价是关键

杜祥琬认为，要实现碳达峰、碳中和目标，就要重新认识我国的能源资源禀赋，在认识到富煤、缺油、少气的同时，也要认识到我国拥有丰富的可再生能源可供开发，逐步建成以非化石能源为主的低碳能源体系。

“碳达峰是瞄准碳中和的。”杜祥琬表示，节能提效是降低碳排放的一大举措。2019 年，我国的能源强度是世界平均水平的 1.3 倍，远高于发达国家。如果将能源强度降到世界平均水平，意味着获得同样的 GDP，我们将少用近 10 亿吨标准煤。在当前消费水平下，能耗每降低 1%，可减少 0.5 亿吨标准煤、减排 1 亿多吨二氧化碳。

在骆建华看来，碳达峰、碳中和本身是一个环境目标，或将对环保行业带来新的变革。在碳达峰、碳中和目标下，环保产业将迎来 3 个转变：从末端治理向源头控制转变，从二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物单因子控制向协同控制转变，从环保产业常规污染物控制向特殊污染物控制转变。“实现碳达峰、碳中和目标要求处理好政府和市场、存量和增量、减排与

碳汇三个关系，抓住电力、工业和交通运输三个关键领域，建好碳交易和电力两个市场。”

“碳中和投资高达百万亿元级，要刺激投资，需要建立市场机制和商业模式，其核心和关键就是碳价格。”骆建华表示，碳价格的制定有两种，一是通过市场交易定价，二是通过碳税来定价。目前我国已有7个碳交易所，但在没有二氧化碳总量控制的情况下，很难形成真实的碳价格，未来如何发现碳价格，是需要深入探讨的问题。（苏南）

推动碳达峰碳中和取得扎实成效

南方日报 2021.5.26

生态兴则文明兴，生态衰则文明衰。近日，省委理论学习中心组举行学习会，专题学习贯彻习近平总书记关于碳达峰、碳中和的重要论述精神。

实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。党的十八大以来，习近平总书记高度重视生态文明建设，就碳达峰、碳中和多次作出重要论述。从2015年气候变化巴黎大会上承诺“将于2030年左右使二氧化碳排放达到峰值并争取尽早实现”，到去年正式宣布“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”，再到今年明确指出“要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局”……这一系列重要论述，彰显了我国坚持绿色低碳发展的战略定力和积极应对气候变化、推动构建人类命运共同体的大国担当。我们必须将其置于全面贯彻落实习近平生态文明思想的高度进行理解和把握，坚决把碳达峰、碳中和作为生态文明建设的历史性任务，推动碳达峰目标任务稳步实现。

作为全国经济大省，广东近年来经济社会发展取得举世瞩目的成就。但是，环境与发展关系也一度趋于紧张。近年来，广东积极主动推进转型，采取一系列强有力的措施推动绿色发展，有效扭转了二氧化碳排放快速增长局面。但仍要看到，广东省生态文明保护结构性、根源性、趋势性压力尚未得到根本缓解，污染源分布广，累积性问题仍然突出。在开启全面建设社会主义现代化国家新征程中，广东要继续走在全国前列创造新的辉煌，必须全面准确把握总书记关于碳达峰、碳中和重要论述的核心要义、精神实质、丰富内涵、实践要求，深刻分析广东实现碳达峰、碳中和面临的形势、环境和条件，全面掌握贯彻落实的路径方法、政策要求、重点举措，努力树好生态文明标杆。

“十四五”规划是未来30年现代化建设新征程的第一个五年规划，广东明确提出加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系，深入打好污染防治攻坚战，推动主要污染物排放总量持续减少生态环境质量持续改善。对此，要更加注重减污降碳协同增效，实现经济结构绿色低碳转型，全省碳排放达峰走在全国前列；深入打好污染防治攻坚战，推动全省生态环境质量走在全国前列；注重改革创新，在构建清洁低碳安全高效的能源体系、推进产业结构优化升级、支持推动绿色低碳技术创新、加快完善绿色低碳政策和市场体系、促进形成简约适度绿色低碳的生活方式、提升生态系统碳汇能力等方面持续用力，努力走出符合广东实际、体

现广东作为的碳达峰、碳中和实现路径。

实现碳达峰、碳中和是一场硬仗，也是对广东生态环境治理体系现代化建设的一场大考，要加强领导、压实责任，形成推动我省实现碳达峰、碳中和的强大合力。强化规划引领，高标准高质量编制实施我省碳达峰行动方案，推进有条件的地区或行业碳排放率先达峰，推进温室气体和大气污染物协同减排。坚持系统观念，切实处理好发展和减排、整体和局部、短期和中长期的关系，加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局。强化责任落实，强化省、市、县生态委员会建设，健全省级督查和统筹协调机制，确保各项工作有力有效、落实落细。支持碳排放权交易所规范发展，深化市场机制在控制二氧化碳排放中的作用，推进低碳城市、低碳城镇、低碳园区、低碳社区、近零碳排放及近零能耗建筑试点示范。

从达峰到中和，发达国家过渡期一般有 60—70 年的时间，中国承诺实现从碳达峰到碳中和的时间，远远短于发达国家所用时间，需要我们付出艰苦努力。广东各地各部门要深刻领会贯彻落实习近平总书记重要论述精神，转变发展理念、升级发展方式，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路，为扎实推进“十四五”应对气候变化各项任务，如期实现 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和的既定目标作出更多广东贡献！（南方日报评论员）

开发蓝碳是碳中和重要路径

中国科学报 2021.5.21

本报讯（记者冯丽妃）“海洋吸收了约 30% 人类活动产生的二氧化碳，同时海洋蕴藏着丰富的可再生能源。从碳中和的角度，世界各国必将重新审视海洋生态系统。”近日，中国科学院院士、中国海洋大学副校长吴立新在接受《中国科学报》采访时说。

吴立新表示，目前大气二氧化碳浓度已超过 400ppm，是 80 万年来的最高值，由此带来的全球气候变化以及海平面上升、海洋酸化、缺氧等现象，已经成为国际社会面临的严峻挑战。

他解释说，海洋捕获的碳被称为蓝碳。2009 年，联合国《蓝碳：健康海洋固碳作用的评估报告》指出，全球自然生态系统通过光合作用捕获的碳超过一半（55%）是由海洋生物捕获的。由此可见，海洋在实现碳中和目标中的重要作用。

据介绍，在海洋碳汇中，海草床、红树林、盐沼这三大海岸带生态系统扮演着重要角色，这些生态系统的覆盖面积不到海床的 0.5%，但碳储量却达海洋碳储量的 50% 以上，许多蓝碳储存周期甚至可达千年之久。同时，利用渔业生产活动促进水生生物吸收水中二氧化碳的“碳汇”渔业方兴未艾，成为通过生物产品收获把碳移出水体的产业化蓝碳。我国是世界水产养殖大国，将成为“碳汇”渔业引领者和主力军。

因此，吴立新表示，从碳中和角度，世界各国必将重新审视海洋生态系统。研究蓝碳对全球气候变化、生物多样性保护和人类可持续发展具有重要作用。

与此同时，吴立新表示，深远海风电、海洋波浪能、潮汐能、海流能、温差能非常丰富，通过技术创新，高效捕获海洋可再生能源，发展新型储能技术，对于实现碳中和非常关键。海水制氢、海水提锂等也是挖掘海洋化学能源的重要路径。

“可以肯定地说，增加蓝色碳汇、开发蓝色能源是碳中和的重要路径，将会催生新的技术、新的理论，引发海洋系统科学与能源技术的重大创新突破。”吴立新说。

他表示，蓝碳已成为国际合作的重要领域。中国要深度参与全球环境治理，在应对气候变化国际合作领域发挥引领作用，应进一步加强与世界各国特别是周边国家的合作。

俄罗斯首部气候法案来了

将纳入碳交易、碳抵消以及排放量披露机制，同时不排除推行碳税

中国能源报 2021.5.24

俄罗斯总统普京于4月下旬发表年度国情咨文时强调，俄罗斯会直面气候变化这一挑战，并寻求合理且实际的减排方案。一个月之后，俄罗斯首部气候法案已经过了初审，其中将引入碳交易、碳抵消机制。

作为全球最大油气出口国之一，俄罗斯温室气体排放量位居全球第四，相较于其他工业化国家，在应对气候变化方面的脚步要慢一些。但随着首部气候法的制定和实施，俄罗斯迈出了碳交易和排放监控的重要一步，应对气候变化的行动也加快了。

气候法草案已通过初审

彭博社消息称，俄罗斯气候法草案日前已经在俄罗斯国家杜马一读通过，为该国气候行动的推进建立了政策框架。接下来还有待二读、三读通过，随后将递交至俄罗斯国会上议院审批，最终由总统确认签字生效。

负责起草气候法草案的俄罗斯经济部指出，该法案引入了碳交易、碳抵消、排放情况披露、污染者问责机制等，最早将于2022年开始生效。事实上，去年8月，俄罗斯经济部曾提出了一个“国家气候项目体系概念”，旨在为绿色投资和减少俄罗斯产品的碳足迹创造条件，同时考虑为那些致力于生态保护的俄罗斯公司提供特惠待遇。

俄罗斯总理米舒斯京表示，这份草案是《巴黎协定》规定的国际义务的一部分，“它是我们新的气候政策，同时也是我们首次推行此类法规。”

根据草案的公开内容，俄罗斯将设定较为详细的追责标准，2025年前每年排放15万吨二氧化碳的公司或机构，必须向监管机构报告其排放水平；2025年之后门槛将进一步收紧，即每年排放5万吨二氧化碳的公司或机构，就必须公布排放情况。

俄罗斯经济部表示，通过对公司、机构和行业污染情况的监测，政府可以设定更合理的减排目标。

值得关注的是，俄罗斯目前已经选定萨哈林州为其国内和国际碳交易系统的试行地区，并计划通过100%天然气化、住房现代化改造、发展和使用新能源等方式，减少该州的温室

气体排放。俄塔斯社消息称，俄罗斯计划明年开始在偏远的萨哈林岛远东地区试行排放交易系统，目标是到 2025 年使该地区成为“碳中和”地区，同时形成区域碳排放交易机制并与国际贸易体系接轨，以推动碳配额的出口，若试点成功，将推行至俄罗斯其他地区。

碳税呼之欲出

俄罗斯经济部长 Reshetnikov 在国家杜马讨论气候法案草案时表示，引入碳交易机制将有助于减轻跨境碳税带来的任何潜在负面影响。“重要的是，要在国际市场上认可俄罗斯的碳单位，从而降低碳足迹。”

欧盟议会于 3 月通过了欧盟碳边境税议案，将从 2023 年起，向出口至欧盟的商品征收碳关税。根据毕马威估计，俄出口商可能在 2025 - 2030 年间将承担约 400 亿美元的欧盟碳边境税额。为此，俄罗斯本国出现了很多支持推行碳税的声音。俄罗斯工业家和企业家联盟表示，为了降低欧盟碳边境税实施之后给俄企业带来的经济损失，应该尽快完善俄罗斯国内碳报告标准，使之与国际标准接轨，同时实施碳税机制以降低俄罗斯产品的碳密集度。

据悉，俄罗斯政府内部目前出现了一个由“绿色游说者”组成的圈子，包括支持碳税的政策制定者、支持绿色能源的国有银行高层等。《金融时报》报道称，俄罗斯多种金属公司预计俄罗斯将实施碳税，该公司首席执行官 Vitaly Nesis 表示：“我们坚信俄罗斯已完全意识到减排政策的重要性，碳税的制定和实施已经迫在眉睫。我认为现在应该认真考虑这一政策机制，并采取具体行动。”

Vitaly Nesis 强调，对俄罗斯政府而言，碳税将是“增加收入的绝妙方式”，尽管任何征税都可能引发争议，但这需要政府适当引导。“从长远来看，碳税是正确的举措。”他表示，“这不会是打击，而是一种刺激。”

追求“实际的减排目标”

事实上，气候变化已经给俄罗斯带来严重挑战。该国经济严重依赖石油、天然气以及采矿业，其中一些基础设施建在永久冻土层上，很容易受到气温升高的影响。

俄罗斯气候特使 Ruslan Edelgeriyev 近日接受路透社采访时表示，俄罗斯专注于迄今所作的气候承诺，不会盲目追求更多不切实际的气候目标。“不断推翻并重新设定减排目标，将各国推向了不合理的百分比竞争，使人们不再关注取得具体成果的必要性。”他说，“我们遵守我们的所有承诺，并主张维持共识。”

去年 11 月，普京签署了一项减排法令，旨在到 2030 年将俄罗斯的温室气体排放量较 1990 年水平减少 70%，但任何减排行动都必须以社会经济稳定平衡发展为前提。在最新发布的国情咨文中，普京提出了新的目标，即俄罗斯国内 12 个最大的工业中心的碳排放必须减少 20%，未来 30 年内，俄罗斯的累计温室气体排放量要低于欧盟。

尽管俄罗斯主张发展氢能等新能源，并愿意在核能等领域寻求新的解决方案，但在可预见的未来，石油和天然气仍然是俄罗斯发展的重点，这也是其维持当前减排目标的主因。根据俄罗斯政府刚刚批准的《2035 年前国家石油和天然气工业发展总体计划草案》，该国仍然

延续石油工业发展方向，并确保向现有和未来的消费者提供可靠天然气。

俄罗斯能源部长 Nikolai Shulginov 表示，俄罗斯无需急于放弃石油出口，到 2035 年，即使是发达国家也无法彻底放弃碳氢化合物。对俄罗斯而言，发展清洁能源要比发展油气“贵得多”，即便该国可以通过某种方式生产大量绿色能源，但仅运输成本就比天然气运输成本贵 7-8 倍。（王林）

日本通过 2050 年碳中和法案

中国科学报 2021.5.28

据新华社电 日本国会参议院 5 月 26 日正式通过修订后的《全球变暖对策推进法》，以立法的形式明确了日本政府提出的到 2050 年实现碳中和的目标。

据共同社等媒体当日报道，修订后的《全球变暖对策推进法》当天在国会参议院全体会议上获得通过，正式成为法律，将于 2022 年 4 月施行。这是日本首次将温室气体减排目标写进法律。

根据这部新法，日本的都道府县等地方政府将有义务设定利用可再生能源的具体目标。地方政府将为扩大利用太阳能等可再生能源制定相关鼓励制度。

日本首相菅义伟 2020 年 10 月宣布了日本到 2050 年实现碳中和的目标。此外，菅义伟在今年 4 月还表示，日本力争 2030 年度温室气体排放量比 2013 年度减少 46%，并将朝着减少 50% 的目标努力。（华义）

全球“碳中和”之路怎么走

参考消息 2021.5.26

【阿根廷布宜诺斯艾利斯经济新闻网 4 月 22 日文章】题：什么是二氧化碳排放？为何到 2050 年前减少二氧化碳排放量至关重要？（作者 劳拉·罗查）

气候危机没有停止。在逐年和逐月记录的温度数据中，最近几天增加了一个令人担忧的标记：大气中二氧化碳的浓度。这种气体是所谓的温室气体中最重要的一种，对生命至关重要。如果大气中没有吸收地球表面反射太阳光线的一层，我们将被冻死。

生态系统遭严重破坏

但是，二氧化碳浓度的加速上升，特别是在工业革命之后，现在已经对人类及其生存的生态系统构成了潜在的威胁。

在太平洋中夏威夷的一个岛上，有一座冒纳罗亚火山。在这座火山海拔 3400 米处，有一个观测站自 1950 年以来一直在监测二氧化碳浓度。在开始进行测量时，二氧化碳的平均浓度为 350ppm（ppm 为百万分之一）。与工业革命之前的 278ppm 相比，已经有了惊人的增长。坏消息是，就在一周前，该数值已经达到了 421ppm。

如前所述，生命所必需的这一层气体越来越厚，并且保存了热量，导致温室效应一点点

地造成危害。

二氧化碳存在于自然界中，但人类活动——尤其是化石燃料（天然气、石油和煤炭）的燃烧、森林砍伐和农业生产——加剧了二氧化碳的排放。

森林和海洋与整个过程有什么关系呢？它们吸收了这些气体的一部分，否则浓度会更高。但是，当我们砍伐森林时，会进一步加剧对气候变暖的负面影响。树木会吸收碳，而当它们被砍伐并燃烧时，它们会释放出二氧化碳气体，当然还会停止吸收碳。

在这一点上，联合国政府间气候变化专门委员会指出，到 2030 年温室气体排放量必须减少 45%，以避免出现灾难性气候变暖。目前，世界各国的“雄心壮志”只够将其减少 1%。

这些减少温室气体排放的计划是 2015 年由近 200 个国家签署的巴黎协定中的一部分内容。4 月 22 日举行的领导人气候峰会是人们高度期待的事件，因为有几个国家将宣布比 2015 年提出的目标更具雄心的新目标。

经济体系应根本变革

面对地球的气候危机，一个新的挑战出现了：承诺到 2050 年或更早实现“碳中和”。

这些承诺不仅是由国家做出，还是由世界成千上万的企业做出。这些企业已经开始提出自己的倡议，从而取代了关于可持续性和个人减排行动的空洞承诺。因为很明显，我们需要共同寻找出路。

“碳中和”的概念意味着整个经济的根本变化，也就是在可能的情况下消除化石燃料和其他排放源。届时，排放的二氧化碳量必须等于我们从大气中消除的二氧化碳量。

到目前为止，专家们说，我们已经做了最容易的那部分工作：可再生能源的价格下降了，其使用量在某些国家已经超过了化石燃料。但情况变得复杂了，因为与气候相关的能量必须存储在更稳定的东西中，例如生物燃料或核能。建设智能电网系统和巨型电池工厂之类的电力存储方式也将很有必要。这些技术尚未完全被掌握，但是能源领域是最容易实现替代的领域。

供暖、运输和工业流程更难以实现脱碳，但有些技术创新（其中一些还不是那么复杂）可以帮助我们完成这项任务。需要减排的还有飞机和牛群。目前尚无法使用可再生能源为飞机提供动力，而牛肉的消费增长意味着甲烷的排放量增加。甲烷是导致气候变暖的另一种气体。

寻找更多碳固存方式

但是，改变所有这一切仍然不够。因为必须要实现“负排放”，才能达到“碳中和”的目标。我们必须吸收大气中过量的二氧化碳。显而易见的方法是利用树木和其他植物。

这意味着要将大片区域变成森林和湿地，并寻找其他自然的碳固存方式。一种想法是利用捕获和储存碳的生物力量，即能源作物（例如玉米），它们在生长时能吸收碳。然后，我们将它们燃烧（产生可使用的能量），并捕获它们散发的碳，这样就可以将其掩埋或回收，

而不会释放到大气中。但这将需要大量的农业用地，从而可能威胁到粮食安全。

显然，所有对化石燃料的继续开采（包括水力压裂法），都不应该出现在任何人的计划之内。不仅因为它们需要补贴来实现盈利，而且因为市场的机会窗口正变得越来越小，现在投资的所有化石燃料项目在短短几年内可能变得毫无价值。这将会变成无用的管道和被破坏的土地。

为了实现 2050 年的目标，必须进行一切必要和可能的谈判。联合国政府间气候变化专门委员会指出，如果全球排放量减少到零，我们仍然有机会将升温幅度保持在 1.5 摄氏度以下。如果我们最终在 2070 年实现零排放，那么我们仍然可以期望升温幅度不超过 2 摄氏度。

目前，全球温度的平均升高幅度已经达到 1.2 摄氏度。这就是人们对领导人在“世界地球日”公布的新计划寄予厚望的原因。在经济和生活方式上作出改变的承诺将具有决定性意义。

从城市低碳引领到区域协同达峰，系统思维不可少

——专访中国社会科学院生态文明研究所副所长庄贵阳

中国城市能源周刊 2021.5.24

“我国要实现碳排放提前达峰，打造出城市发展的新范式还任重道远。”近日，中国社会科学院生态文明研究所副所长庄贵阳在接受记者专访时直言。

谈及“城市作为控制碳排放的主战场，该如何因地制宜选择减碳路径”这一话题时，庄贵阳指出，在新发展阶段，既要供给侧改革，也要需求侧改革，只有二者做到同时不断推进，才能推动社会经济发展全面绿色转型。

煤炭煤电行业有序退出是大势所趋

“‘碳达峰、碳中和’的深层次问题是能源问题。以能源转型推动经济社会系统性降碳是我国实现‘碳达峰、碳中和’的主线。”庄贵阳强调。

当前，在我国城镇化快速发展进程中，大部分城市处于扩张阶段，其碳排放特征主要表现在基础设施建设以及使用带来的能源消费不断增加，道路扩张、私人汽车明显增多、建筑需求和电力供应也随之增加。

谈及城市落实“双碳”目标面临的挑战，庄贵阳列举了一系列问题，如不少城市煤炭煤电转型迫在眉睫、减煤控煤任务繁重、城市高比例可再生能源系统增加电力安全供应风险、深度脱碳与 CCUS 技术尚不成熟、成本高等。

在庄贵阳看来，城市兑现碳达峰要统筹布局、超前部署，顺应并引领世界范围经济技术变革趋势，以长期碳中和目标为导向，避免近期高碳基础设施和产能扩张的技术锁定效应，打造新的经济增长点和新增就业机会。

“比如，城市需要超前部署建立清洁、低碳、高效、安全的能源生产和消费体系，煤炭煤电行业有序退出是大势所趋。”庄贵阳强调。

特别是对于煤炭资源富集地区，“十四五”既是尤为重要的爬坡过坎阵痛期，也是实现2030年前碳达峰开篇布局的关键期。“要按照市场规律坚决淘汰煤炭、钢铁、焦化、电力、水泥等高排放产业的落后产能，探索建设以煤电联营为基础的‘风光火储一体化’大型综合能源基地。”庄贵阳建议。

四剂“药方”解惑城市碳减排

总结截至目前国家发改委推出的三批低碳城市试点成效，庄贵阳评价认为，低碳试点城市开创了顶层设计和试点示范相结合的治理模式，整体而言积累了宝贵经验，如深圳创新发展模式、广元后发地区转型发展模式，以及成都后来居上的模式，均需要总结与推广。

但庄贵阳亦提醒，虽然一些试点城市低碳发展成效显著，但还有部分试点城市比较迷茫，缺乏亮眼表现。“若缺乏清醒地认识，城市绿色低碳发展就容易懈怠或进入瓶颈期。”

“由于中央政府的介入力度和地方政府的学习能力强弱不同，城市发展可以分为争先模式、模仿模式、自主模式和守成模式。”庄贵阳说。

按照城市类型评估，低碳城市主要分为工业主导型、消费主导型、综合发展型和生态优先型城市。针对不同类型的城市，庄贵阳开出了不同的碳减排“药方”——

对工业主导型城市，要聚焦能源优化和产业结构升级，积极运用低碳技术改造和提升传统产业，提高资源利用效率，协同推进大气污染控制与二氧化碳减排；

对消费主导型城市，主要聚焦建筑、交通领域低碳发展与碳排放控制，引领消费侧改革，改变消费行为，建立新型碳达峰示范区；

对综合发展型城市，要聚焦工业、能源、建筑、交通四大重点部门的碳排放控制，构建多元化产业体系；

对生态优先型城市，要聚焦生态保护和生态修复，建立产业生态化和生态产业化的生态经济体系，发展创新型绿色经济。

庄贵阳进一步举例，对于东北老工业基地、唐山、包头等以第二产业为主的城市，降碳之路既有困难又有潜力，亟需加大低碳技术改造力度，提高降污减碳水平；而对于北京、深圳等主要以第三产业为主的城市，工业企业占比很少，碳排放总量和强度基数不高，碳减排任务主要集中在建筑和交通领域。

需以系统思维推进区域协同达峰

我国区域发展不平衡，各区域技术、经济发展水平、资源禀赋存在较大差异。“‘碳达峰、碳中和’需要在全国一盘棋的工作思路下，各省市因地制宜制定差异化行动方案，充分利用各区域自然资源禀赋，推动资源深度融合。”庄贵阳认为。

庄贵阳进一步强调，在新发展阶段，推动区域协调发展是扩大内需的战略基点。“碳达峰、碳中和”在全国的布局必然要依据经济基础和碳排放情况进行差异化安排，保障有条件的地区率先达峰。

目前，我国在地方府际合作、东西部省市对口协作方面积累了很多经验，“碳达峰、碳

中和”新战略目标要求化解可再生能源资源供给和需求空间不匹配的矛盾，这离不开国家层面统筹部署，突破体制机制障碍，将西部、北部地区的资源优势转化为经济优势，消纳西部新能源电力的同时，促进全国碳减排，可谓一举两得。

“城市要以系统思维统筹落实战略部署，积极推动建立清洁、低碳、高效、安全的能源生产和消费体系，推进支撑深度脱碳技术研发和产业化发展，推进体制机制改革和碳价机制与碳市场发展，为长期低碳化转型营造良好的制度环境、政策环境和市场环境。”庄贵阳进一步说。（张胜杰）

城市碳中和，“硅基能源”前景无限

中国城市能源周刊 2021.5.24

同样约2平方米的两块光伏板，一块是目前常见的玻璃状光伏板，记者双手难以抬动；一块是厚度仅为2毫米、可弯曲的轻质光伏板，重量不到前者三分之一，被记者单手轻易拿起。近日，上海电力大学教授施正荣在其位于上海虹桥商务区的办公室里，向记者展示了轻质光伏的最直观优势。

施正荣介绍，更轻便的光伏组件将以“光伏+”的形式在城市碳中和进程中扮演更重要的角色。“随着技术进步和可再生能源迅速发展，光伏已经由过去的‘微不足道’变为如今的‘举足轻重’，而伴随着城市‘碳达峰、碳中和’进程推进，以化石能源为代表的碳基能源将转向以光伏为代表的硅基能源。”

有望扛起城市碳中和大旗

城市是经济活动和能源消费主要场所，也是二氧化碳排放的主要来源地。在施正荣看来，人类经济社会发展史，也是一部能源发展史。

自第一、二、三次工业革命以来，碳基能源（煤、油、气）的发现和利用，极大提高了劳动生产率。以传统化石能源为主的碳基能源推动人类进步的同时，也产生了严重的环境问题和气候变化问题。

为解决这一关乎人类永续生存发展的难题，全球已开始付诸实践行动，中国亦不例外。我国现已着手制定碳达峰总体的时间表、路线图，各省市也正积极响应落实。

施正荣分析，我国的碳中和与净零排放技术路径，将遵循以下基本路线，即从煤炭消费达峰、二氧化碳排放达峰、能源消费达峰，到建成绿色低碳、安全、可持续的现代化能源体系，再到实现完全碳中和。

能源是否安全、稳定、可负担，必然是影响碳中和进程的现实问题。分析“碳达峰、碳中和”背景下的能源转型新形势，施正荣认为，供给侧将从煤炭、石油、天然气、核能等向光伏、风电等电力零碳化，与氢气、合成燃料等燃料零碳化转变；需求侧则向高效化、智慧化、再电气化转变。“以此为指引，可以说，阳光将为我们提供取之不尽，用之不竭的热、电、可再生燃料。人类社会将迎来从碳基向硅基能源转型的时代。”

硅是地球上含量仅次于氧的第二大元素，来源丰富，含量巨大。施正荣介绍，光伏发电所用到的晶体硅技术经过了 20 多年的发展，在技术、人才、设备、供应链、资本、市场已形成非常完整的体系。与其他技术相比，在“碳达峰、碳中和”战略目标的倒计时下具有明显时间优势。

让电力像 Wi-Fi 一样可及

硅基能源时代，除了大型地面集中式光伏电站之外，还要在城市中做到“电从身边来”，让城市用户成为能源的“产消者”。

将城市变成“绿色能源发电厂”，首先要实现光伏最大化地安装与利用。而城市人口密度大、用电需求量多、土地资源紧张，如何解决光伏安装的土地资源问题？

对此，施正荣告诉记者，“光伏+”的应用场景蕴含着无限潜力。以家庭、小区、工厂、公共建筑为单位作为分布式光伏电站，既可解决城市土地、资源紧缺等问题，也能满足人类的绿色能源需求。且分布式光伏与电动汽车等储能装置相结合，实现“自发自用”，可提高分布式光伏的经济性。

在他看来，传统光伏如要在建筑领域加以利用，现行工艺和外形则必须改变，以适应建筑的特点。以轻质光伏为代表的新型光伏组件，在轻、柔、薄、美方面能与建筑更好结合，甚至直接将光伏组件做成了建筑材料，既防水又隔热还能发电产生能源。

施正荣介绍，轻质光伏组件的创新极大地拓展了光伏安装场景，使“光伏+”的应用“无处不在”。

如光伏屋面、光伏折叠式车棚、光伏户外家具、光伏充电桩、光伏幕墙、光伏声屏障、车载移动光伏能源、光伏货车等，将可为城市 and 用户带来无限价值。

我国东部城市已经开始了“光伏+”的探索。就在江苏省扬中市零碳公园示范项目——滨江公园，百米长的廊桥由光伏板搭建成镂空“天花板”，年发电量可达 11.7 万度，廊桥一侧则是由光伏板制作的 50 盏“太阳花”以及支持手机无线充电的“光伏座椅”，别致、实用的造型设计成为当地的一大旅游景观，吸引了大量当地居民和外地游客参观。

在施正荣看来，城市能源消费量巨大，分布式光伏并不足以满足城市能源全部需求。而采用可再生电力大规模制氢作为储能，即让城市 100% 可再生能源替代成为可能。由于氢能来自光伏发电，也属于“硅基能源”的重要组成部分。

“随着技术快速进步，可再生能源未来使用成本将更低廉。当硅基能源与储能技术、绿色建筑和物流交通等相结合，可使未来电力像 Wi-Fi 一样免费且便利。”他展望道。

光伏+储能应成智能城市特征之一

想象一下这个场景：数亿人将可以在家中、办公室和工厂里生产可再生能源，并通过“能源互联网”实现绿色能源共享，就如同在网上获取和分享信息一样便捷。

“未来智能城市特征之一就是光伏与储能的结合，组成虚拟微网。有了电池，每个安装光伏的建筑或家庭都能成为独立的能源生产者，并且多余的能源可以存储或者提供给电

网。”施正荣表示，未来可再生能源与互联网技术相融合的智能电网，能够实现能源生产、存储、传输和共享智能化，并以其泛在的路由设施，与社会经济紧密联系，助力智能交通、智能社区、智慧城市等未来发展。

电力公司也应从大规模发电向分布式、储能、电力信息管理和传输并举转型，为新能源小型电厂和个人用户提供能源管理，向产业链高端发展。

城市碳中和时不我待。为使光伏在城市碳中和进程中发挥更重要作用，施正荣建议，公众层面，要尽快形成低碳转型必要性的社会共识；管理者层面，要建立相关市场机制和法律法规，明确提高光伏在城市中的地位，并具体给出指标任务，让企业与用户更有落实动力；企业层面，加大创新力度，降低设备成本，提供不同应用场景的解决方案。

链接

硅基能源，是指基于晶体硅材料的光伏发电技术的能源体系。光伏发电可直接被利用，可对储能系统充电以满足时空的调用，可电解水制“绿氢”以实现储能和更高能源密度要求的转换。（齐琛岡）

国家发改委、中央网信办等四部门：

推动数据中心充分利用可再生能源

中国能源报 2021.5.31

本报讯（记者朱妍）报道：5月24日，国家发改委、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局联合印发了《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》（发改高技〔2021〕709号，下称《方案》），明确提出布局全国算力网络国家枢纽节点，启动实施“东数西算”工程，构建国家算力网络体系。《方案》明确，将推动数据中心充分利用风能、太阳能、潮汐能、生物质能等可再生能源；支持数据中心集群配套可再生能源电站；扩大可再生能源市场化交易范围，鼓励数据中心企业参与可再生能源市场交易；支持数据中心采用大用户直供、拉专线、建设分布式光伏等方式提升可再生能源电力消费；保障数据中心用地和用水资源。

另外，《方案》提出，要强化能耗监测管理：建立健全数据中心能耗监测机制和技术体系；加强数据中心能耗指标统筹，从省区市层面对数据中心集群进行统一能耗指标调配，鼓励通过用能权交易配置能耗指标；探索开展跨省能耗和效益分担共享合作；鼓励数据中心在完成最低消纳责任权重的基础上，努力完成激励性消纳责任权目标。

《方案》显示，根据能源结构、产业布局、市场发展、气候环境等，我国将在京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝，以及贵州、内蒙古、甘肃、宁夏等地布局建设全国一体化算力网络国家枢纽节点：

对于京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝等用户规模较大、应用需求强烈的节点，重点统筹好城市内部和周边区域的数据中心布局，实现大规模算力部署与土地、用能、水、电

等资源的协调可持续，优化数据中心供给结构，扩展算力增长空间，满足重大区域发展战略实施需要；对于贵州、内蒙古、甘肃、宁夏等可再生能源丰富、气候适宜、数据中心绿色发展潜力较大的节点，重点提升算力服务品质和利用效率，充分发挥资源优势，夯实网络等基础保障，积极承接全国范围需后台加工、离线分析、存储备份等非实时算力需求，打造面向全国的非实时性算力保障基地。

国家发改委高技术司主要负责同志表示，我国数据中心存在一定程度的供需失衡、失序发展等问题。一些东部地区应用需求大，但能耗指标紧张、电力成本高，大规模发展数据中心难度和局限性大；一些西部地区可再生能源丰富，气候适宜，但存在网络带宽小、跨省数据传输费用高等瓶颈，无法有效承接东部需求。通过国家枢纽节点布局，可引导数据中心向西部资源丰富地区以及距离适当的一线城市周边地区集聚，实现数据中心有序发展。

另外，我国数据中心年用电量已占全社会用电的2%左右，且数据量仍在快速增长。为确保实现碳达峰碳中和目标，需要在数据中心建设模式、技术、标准、可再生能源利用等方面进一步挖掘节能减排潜力，处理好发展和节能的关系。通过国家枢纽节点和数据中心集群建设，可扩大绿色能源对数据中心供给，提升数据中心建设的能效标准，推动数据中心绿色高质量发展。

全国政协经济委员会副主任、国务院发展研究中心原副主任刘世锦：

碳达峰碳中和是粤港澳大湾区绿色转型机遇

南方日报 2021.5.28

自从我国确立“力争2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和”的目标后，全国各地各行业积极行动。日前，广州市委常委会召开会议，要求按照中央决策部署及省委省政府工作要求，加快经济社会发展全面绿色转型，为全国全省实现碳达峰、碳中和目标作出贡献。黄埔区、广州开发区率先行动，出台国家级经开区首个碳中和专项政策。本期观点邀请知名经济学家刘世锦详细解读碳达峰和碳中和背景下的粤港澳大湾区绿色转型机遇和广州转型重点。

2020年下半年至今，中国多次提出2030年实现碳达峰和2060年实现碳中和的目标，多部委出台行动方案、数十省市“十四五”规划给予关注，粤港澳大湾区的广州、深圳等城市提出率先实现碳达峰，为碳中和积极发挥作用。

全国政协经济委员会副主任、国务院发展研究中心原副主任刘世锦昨日接受南方日报采访时表示，绿色转型既是更符合可持续发展要求的绿色发展方式对传统工业化方式的变革和升级，更是在传统发展赛道之外，找到一条增强国家竞争优势的新赛道。

“30、60”目标是挑战也是机遇

在碳达峰和碳中和背景下，“30、60”目标既是粤港澳大湾区实体经济绿色转型的挑战，也是机遇。

刘世锦表示，从宏观上看，现在中国人均碳排放达到7吨以上，超过英国、法国等欧洲国家。在碳达峰前，排放增加空间不大，否则碳中和难度就会增加。同时，中国人均GDP1万美元左右，欧盟国家3-4万美元，但中国2035年人均GDP要达到中等收入国家水平，到2050年要达到发达国家水平。既要马儿跑得快又要马儿少吃草、少排放，甚至零排放，传统高排放高增长的道路走不通，低碳排放低增长道路不愿走，只能走减碳和增长双赢的新路。

在刘世锦看来，这并不意味着悲观，重压之下必须要转型，转型以后反而会出现新优势。他举例说，一是粤港澳大湾区作为后来者，很多产品没有达到历史需求峰值，可以用绿色产品替代。比如在广州占重要地位的汽车产业，美国每千人车辆保有量845辆，欧盟是423辆，中国才173辆，在用新能源汽车替代方面，发达国家重置成本或者沉没成本很高，我国绿色转型成本较低。二是粤港澳大湾区仍然保持高速增长，绿色产品创新和推广市场范围大，具有成本优势、需求优势和技术积累优势，进而能撬动创新。在现有的车道里想超过先行者很难，绿色转型正是一个换赛道的新机遇。

“绿色转型、实体经济和制造业转型，从根本上说是需要一套新的绿色技术驱动，需要大规模系统性换技术。”刘世锦提出，绿色技术和以前技术是不同的，一是高技术含量和高生产率，技术水平一定要排在前面的；二是少排放或者零排放；三是与传统企业相比，具有低成本竞争力，这三个目标要同时实现。比如目前广州光伏发电成本持续下降，日益在与传统燃煤发电成本竞争方面萌发优势。

刘世锦还建议，粤港澳大湾区的城市可建立碳账户。每一级政府、每一个企业、每一个人有一个账户，对排放多少碳、减多少碳进行核算，确定责任，市场交易将更加活跃。

从结构性潜能角度看新支柱产业机遇

粤港澳大湾区重视绿色转型，广东省和广州市“十四五”规划均把智能和新能源汽车作为支柱产业，从结构性潜能角度能看出其中的机遇。

刘世锦分析说，我国过去30多年的高速增长期，动能主要来自于房地产、基建、出口等结构性潜能，但现在已经逐步放缓甚至消退。而在中速增长期，我国一年的新增量依然相当于一个澳大利亚的经济总量，这个新增量更多来自于与中速增长期相配套的结构性潜能。

他提出，开放型、内需为主的国内大循环需要“1+3+2”的结构性潜能担当主角。“1”指以都市圈、城市群发展为龙头，为下一步中国的中速高质量发展打开空间，提升要素集聚效率，在今后五到十年，提供70%—80%的增长潜能。“3”指在实体经济补上我国经济循环过程中基础产业效率不高、中等收入群体规模还不够大、基础研发能力不强的三大短板。“2”指以数字经济和绿色发展为两翼，形成中国具备一定优势的全球性新增长潜能。

刘世锦进一步解释说，结构性潜能有希望在智能和新能源汽车领域“变现”。碳达峰和碳中和对汽车消费结构、产业结构带来的影响是长久的、巨大的。

第一，前景变好。随着交通基建进一步优化，包括广州都市圈在内的各种“1小时”都

市圈里，相当一部分交通功能将用智能和新能源汽车满足。第二，成本降低。随着基础产业效率提升，将降低汽车产业生产、使用的成本。第三，市场变大。现在讲中国是最大消费市场，一般是指4亿中等收入群体。如果把眼光放到未来有望进入中等收入群体的4-5亿人，中等收入群体扩大是智能和新能源汽车需求消费增长的重要来源，而广州、深圳等城市是中等收入群体扩大的主力军。第四，技术升级。现在大力发展的数字经济，将成为智能和新能源汽车的电动化、智能化、共享化良好基础。

采取更有力措施促进绿色消费

绿色消费是绿色发展的第一动力。但数据分析表明，近年来消费领域的绿色转型要慢于生产领域，已成为绿色发展的短板。

刘世锦建议把绿色消费和生活方式问题置于更加突出的战略地位，并采取更有力度和针对性的政策举措。

第一，“十四五”期间，应当鼓励大幅提升全社会绿色消费意识，大幅增加绿色消费产品供给，初步形成绿色低碳节约的消费模式和生活方式，基本建立激励约束并举的绿色消费政策体系，为改善生态环境、实现高质量可持续发展提供重要内生动能。

第二，将衣食住行用游作为推动绿色消费的重点领域。开展从仓储—运输—零售—餐桌全链条的反食物浪费行动，全面推行绿色餐饮外卖；引导新建建筑全面执行绿色建筑标准，在老旧小区改造中推行绿色建筑标准，全面推动绿色建筑设计、施工、运行；鼓励步行、自行车和公共交通等低碳出行方式，加大新能源汽车推广力度，鼓励公交、环卫、出租、通勤、邮政快递、物流等领域新增和更新车辆采用清洁能源汽车；鼓励消费者选用节能家电、绿色建材；制定发布绿色旅游消费公约和消费指南。

第三，按照供给侧与需求侧共同发力、激励约束并举、政府企业消费者共建共治共享的原则，构建绿色消费政策体系。通过财税价格等政策，激励消费者的绿色消费意愿和行为。建立完善建筑、交通、能源、物流等领域绿色消费激励政策。

第四，加强促进绿色消费的基础设施和能力建设。构建绿色消费统计制度，推动绿色消费数据的监测、收集和评估。建立绿色消费信息平台，发布绿色产品和服务信息，提高绿色产品生产和消费的透明度，提高绿色产品与服务的有效供给。在政府支持下搭建具有全国性影响力和统一适用标准的数字化绿色低碳生活方式平台，用以支撑消费者个体和团体的绿色低碳行为。

第五，发行绿色消费券，倡导推广绿色生活方式。在应对新冠疫情冲击刺激消费的过程中，可发放用于绿色产品和服务的绿色消费券，引导绿色消费成为社会时尚。建立面向社会公众的绿色消费激励和惩戒制度，加强绿色消费信息披露和公众参与。（苏力）

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

环保产业站上减碳“新风口”

中国能源报 2021.5.3

“2019年，全国环保产业营收约1.78万亿元，同比增长约11.3%。‘十四五’期间，生态环境工作将开展‘提气、降碳、强生态，增水、固土、防风险’等重点工作。”生态环境部科技与财务司副司长付川近日在“2021中国环境技术大会”上表示。

“十四五”规划开局之年，各地持续加码绿色发展、做大做强环保产业，清洁能源、污染防治等关键词频现。在减碳目标下，我国环保产业将迎来哪些机遇？面临哪些掣肘？

牵住工业减碳“牛鼻子”

碳中和，被视为环保产业“最强风口”。清华大学气候变化与可持续发展研究院常务副院长李政指出，根据清华大学相关研究，实现碳达峰、碳中和目标，仅能源系统的相关基础设施投入可能就需要100万至138万亿元，公共交通等投资也要增加到27万至37万亿元，总投资可能需要约174万亿元。“这是一笔巨大的成本，也是巨大的风口和投资机会。”

付川表示，要实现碳达峰、碳中和目标，国家在调整产业结构、能源结构等方面要全面推进。“仅新能源基础设施领域投资规模就将达到百万亿元。减碳作为低碳转型的总抓手，要加快建设碳交易市场，推动低碳全产业链发展。”

生态环境部对外合作与交流中心副主任李永红指出，工业是应对气候变化的重点领域。“以工业园区为例，2018年国家级经济（新）技术开发区生产总值合计21.3万亿元，占当时国内生产总值约33%，是我国重要的经济发展引擎，但能源消耗也占到全国的66%左右。”

工业领域是实现减碳目标必须牵住的“牛鼻子”。数据显示，近年来，我国能源消费量几乎一直保持着超过3%的同比增长率。“十四五”规划明确提出单位GDP能耗下降13.5%和二氧化碳排放下降18%的目标。业内人士预测，工业部门，特别是工业园区将面临较大压力。

直面减碳转型“硬骨头”

付川指出，我国生态环境质量改善依然任重道远，叠加碳达峰、碳中和目标，生态环境保护工作面临一系列新挑战。

生态环境部环境规划院总工程师万军认为，面向2035年，我国生态环境正发生深刻变化，但其结构性、根源性和趋势性压力并未缓解。

万军进一步指出，外部环境不稳定性、不确定性明显增加，尤其是新冠肺炎疫情的影响，对产业升级和全球环境治理形成新的挑战。部分领域生态环境问题依然突出，按现有标准，大气环境质量还有40%未达标。“治理能力方面，绿色发展激励约束机制还不健全，相关责任主体内生动力未有效激发，生态环境市场机制也需完善，信息化能力有待加强。”

碳中和目标再一次考验“中国速度”。李政表示，我国要用不到 10 年时间实现碳达峰，用不到 30 年时间完成从碳达峰向碳中和过渡。“与一些发达国家早已实现碳达峰，再经历至少 40 年的时间从碳达峰向碳中和过渡相比，我国实现碳达峰的力度更大、任务更艰巨。”

技术突破至关重要

实现碳中和是对我国环境治理工作的一次“大考”，技术突破成为关键。

付川指出，今后要加强生态环境治理、监测、修复等关键核心技术的自主研发能力，提升技术装备水平和精准治污能力。开展区域全过程污染控制和生态保护修复的技术集成与应用示范研究，提升系统治理和保护水平。同时，加强人才队伍建设，提升科技源头创新水平。

李政认为，从能源使用侧来讲，要利用技术改变能源利用模式。“能源领域要发展高比例可再生能源电力系统，发展各种非化石能源技术。同时制氢、储能的研究也要同步进行。工业部门要节能，提高能效，都要采用新的低碳技术。”

李永红指出，工业园区的能源供应、污染治理等基础设施共享，可以通过产业协同，开发新型低碳技术，实现绿色低碳转型快速发展。（赵紫原）

HBCD 禁用倒计时 塑料行业加速淘汰替代

除替代品开发，还需关注含 HBCD 废弃物处理处置及溴素循环利用

中国环境报 2021.5.6

作为持久性有机污染物（POPs），根据《斯德哥尔摩公约》及我国《〈关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约〉新增列六溴环十二烷修正案》（以下简称《修正案》）要求，六溴环十二烷（HBCD）即将在 2021 年 12 月 25 日永久性退出历史舞台。大限将至，HBCD 禁用正式进入倒计时，相关行业准备好了吗？

在中国塑料加工工业协会近日召开的塑料行业六溴环十二烷（HBCD）履约工作新闻发布会暨 HBCD 履约工作交流会上，专家、学者、企业界人士齐聚一堂，共同探讨如何推动促进 HBCD 生产、使用单位实现 HBCD 的淘汰替代工作，让公众及相关行业、企业对 HBCD 淘汰工作有更深的认识和理解，促进淘汰履约工作顺利进行。

作为一种阻燃添加剂，HBCD 在延缓车辆、建筑或物品使用期内以及材料贮存期间的着火现象，并减缓随后的火势发展方面发挥着重要作用，有用量低，阻燃效果好、对材料物理性能影响小等特点。

HBCD 有哪些危害？

上世纪 90 年代起，HBCD 一直广泛应用在保温材料、电子器材、涤纶纺织品、汽车等领域。然而，随着科学技术的进步，人们逐渐意识到 HBCD 也是一种持久性有机污染物。

中国科学院生态环境研究中心研究员刘文彬告诉记者，“作为一种新型 POPs，HBCD 对人类和环境会构成潜在的长期危害，环境介质中的 HBCD 还很容易进入到生物体内，并且

可以在生物体内富集。HBCD 的毒性较高，而且长期接触或使用会对生殖系统、甲状腺系统等身体机能产生损伤，大量的 HBCD 长期累积还可能存在致癌风险。”

不仅如此，HBCD 还具有远距离环境迁移的潜力，可以通过空气、水或迁徙物种影响区域和全球环境。

正因为此，HBCD 淘汰势在必行。2013 年 5 月，联合国发布《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》，要求 HBCD 在全球范围内禁用。2016 年 7 月，我国正式提出对 HBCD 的禁用，第十二届全国人大常委会第二十一次会议审议批准了《〈关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约〉新增列六溴环十二烷修正案》，决定自 2016 年 12 月 26 日起禁止 HBCD 的生产、使用和进出口。用于建筑物保温材料 XPS 和 EPS 方面的阻燃剂的 HBCD 获得了 5 年豁免期，豁免期将于 2021 年 12 月 25 日终止。

也就是说，自 2021 年 12 月 26 日起，中国将全面停止 HBCD 的生产、使用和进出口。

攻关替代技术，加速产业转型升级

在中国塑料加工工业协会理事长朱文玮看来，HBCD 淘汰与替代既是顺应当前产业绿色化发展趋势，开发新一代环保阻燃保温材料的必经之路，又是推动产业高质量发展、再上新台阶的重大机遇。

据了解，近年来，我国相关的科研单位及生产企业在 HBCD 替代品开发方面开展了大量工作，目前已有相关产品，如甲基八溴醚和溴化 SBS（苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物）脱颖而出，具备了工业化替代的供货条件。

中国石油和化学工业联合会阻燃材料专业委员会副秘书长、北京工商大学教授钱立军介绍说，甲基八溴醚和溴化 SBS 两款 HBCD 替代品通过调整聚苯乙烯发泡板材的加工工艺，调整阻燃剂的使用形态，能够实现对 HBCD 的有效替代，而且环境风险低。

众多阻燃剂生产企业看到了 HBCD 替代品技术中存在的商机，开始立项 HBCD 替代品的生产。以甲基八溴醚为例，目前有多家企业实现了工业化生产，如山东兄弟科技股份有限公司、山东润科化工有限公司、山东旭锐新材料有限公司、山东东信化工股份有限公司、山东海王化工股份有限公司等。

山东旭锐新材料有限公司王良民博士告诉记者，作为国内 HBCD 主要生产企业之一，公司自 2015 年起就开始布局、研发、生产新型环保替代品，推出了 SR-801 和 SR-105 两种外墙保温用 HBCD 环保替代阻燃剂。其中，SR-801 自 2015 年开始工业化生产，2020 年销量达 3000 多吨，产品获得国内外客户的广泛认可。

在阻燃剂生产企业积极备战的同时，下游制品加工企业也在紧锣密鼓地推进 HBCD 的替代工作。

据无锡兴达泡塑新材料股份有限公司技术工程师张本荣介绍，早在 2015 年兴达泡塑就开始研发非 HBCD 的新型 EPS 阻燃产品，目前新产品可以达到阻燃等级 B2 或者 B1 级的要求，产品力学性能与 HBCD 型阻燃产品不相上下。

谈到替代品的经济性，钱立军认为，尽管目前两款替代品售价仍然高于 HBCD，但在今后随着用量增加，形成规模生产后，其生产成本也会相应降低，可实现应用效果和生产成本的同步替代。

评估与管控环境风险，履约之路任重道远

对于 HBCD 淘汰来说，并不是简单的一禁了之，背后还有 HBCD 废物无害化管理、建立信息传播和知识平台等一系列相关工作。

生态环境部对外合作与交流中心 POPs 公约处副处长任勇介绍说，未来 20 年 - 50 年内，我国将有超过 1000 万吨在用的含 HBCD 的 EPS、XPS 保温板材将逐步过期，在废弃物的处理、处置以及溴素的循环利用等方面还有大量工作要做。比如建立国家清单和数据库、开发最佳可行技术、推广最佳环境实践，以实现溴素和 EPS、XPS 的回收和循环利用等。

为了引领和推动 HBCD 淘汰替代工作顺利进行，中国塑协在 HBCD 淘汰替代工作方面积极发挥服务作用，做了大量工作。

朱文玮介绍说，HBCD 全面替代后，协会将对 HBCD、EPS 珠粒、EPS 板材、XPS 板材的代表企业进行实地调研，了解相关情况，抽查 EPS、XPS 行业的板材产品进行质量检测。调研生产企业及市场上的 HBCD、含 HBCD 的 EPS、XPS 废弃物等情况，完成《我国 HBCD 替代工作报告》。

在此基础上，协会还将对含 HBCD 废弃物的情况进行分析，形成分析报告，组织行业专家进行废弃物回收技术研究，提出建立回收系统的建议，组织各方力量，建立我国 HBCD 的回收利用基地；配合相关部门，采集 HBCD 生产及使用周边环境的样品，组织环境安全评估单位对 HBCD 生产场地及使用环境的安全性进行检测和评估等。

据了解，目前学术界和业界已有针对 EPS 和 XPS 保温材料中 HBCD 的检测方法，如中国科学院生态环境研究中心、中国塑协等单位起草制定的《模塑聚苯乙烯泡沫塑料和挤塑聚苯乙烯泡沫塑料中六溴环十二烷的测定气相色谱 - 质谱法》，为生态环境和质检部门对 EPS 和 XPS 中的 HBCD 管控提供了统一的技术标准，同时也为未来在用的 EPS 和 XPS 下线时 HBCD 检测提供了基础分析方法。（王琳琳）

韩欲将二氧化碳封存海底

参考消息 2021.5.26

【日本《富士产经商报》5月24日报道】题：韩计划将二氧化碳封存至海底

身为全球第九大温室气体排放国，韩国为实现去碳化社会正在推进将二氧化碳封存至海底的“碳捕集和封存（CCS）”项目。

负责该公司的公司——韩国石油公司（KNOC）为了在明年停产后即将关闭的蔚山海域东海油气田封存二氧化碳，正在进行实地调研。KNOC 计划自 2025 年起的 30 年里年均封存 40 万吨二氧化碳。这既是韩国首个大型 CCS 项目，也可能成为全球规模最大的 CCS 项目。

KNOC 的 CCS 部门负责人表示，若希望到 2050 年实现碳中和，二氧化碳收集和分离技术将日益不可或缺。

国际能源署认为，CCS 在全球实现碳中和的过程中将发挥“重要作用”。

一名正在蔚山海域东海油气田实地调研的韩国公州大学教授解释称，为将二氧化碳注入岩石层填补开采天然气后留下的空隙，韩国的 CCS 项目将确保地质工程稳定性。这种通过注射二氧化碳“逼出”原油和天然气的 CCS 技术，在能源行业早有先例。这名教授表示，东海油气田能为封存二氧化碳提供稳定压力，适合开展韩国首个 CCS 项目。

项目的成败决定着韩国相关投资和技术的发展速度。韩国计划到 2023 年在大陆架封存 400 万吨二氧化碳。

韩国人口虽不足全球的 1%，碳排放量却占世界整体的 1.7% 左右。韩国经济严重依赖钢铁和石化等行业，专家认为到 2050 年实现碳中和对韩国而言是一个高难度课题。

然而，韩国附近海域的废旧油气田既可以提供现成的海底管道，又可以免去在国内寻找和开发二氧化碳封存地的费用和麻烦，可以说是性价比绝佳的选择。KNOC 将在蔚山段海底管道收集石油化学和石油精炼等行业排放的二氧化碳。

欧卡环保等离子技术处理废盐取得重大突破

中国环境报 2021.5.6

工业废盐来源广泛，涉及农药、医药、精细化工、印染等行业，成分复杂毒性大、难降解。如果不经处理直接排放到环境中，不仅会危害人类的身体健康，还会对生态环境造成极大的破坏；如果直接堆放，则会造成安全隐患，而且工业废盐中的主要成分是可回收利用的盐类，会造成资源浪费；由于工业废盐产生量巨大，如果采用目前常用的填埋方式，有限的填埋场地将无法填满需求，且填埋场选址难、运输和投资成本非常高；流化床或回转窑焚烧设备可在一定程度上临时解决问题，但存在处理不彻底、二次污染、焚烧结焦、能耗高等缺点。所以，当前应用较为广泛的工业废盐处理方式是无法彻底解决问题且不是长久之计。如何对工业废盐进行无害化有效处理，并实现资源化循环利用，减轻对环境的危害是亟待解决的问题，受到了社会各界的关注。

山东欧卡环保工程有限公司（以下简称“欧卡环保”）对工业废盐处置技术开展深入研究，探索简单、有效且能回收高质量盐的高温焚烧处理方法。经过多年的不懈努力，欧卡环保研制出高温等离子焚烧裂解技术及设备，这项技术有望成为具有世界领先水平的工业废盐的新型处理工艺。

高温等离子焚烧裂解系统主要由进料装置、等离子焚烧裂解炉、等离子二燃室、余热回收装置、尾气处理系统等部分组成。利用处理系统中的等离子火炬通过电弧产生一种高温、离子化和传导性的气体——等离子体，形成一种高温气体射流和高强度热源，迅速气化、裂解工业废盐中的有害物质分子，最终产物为可回收利用的盐，从而达到彻底处理的目的。

欧卡环保已用自主研发的等离子设备对部分工业废盐和制药废盐等进行了中试，并顺利通过专家组评审。专家一致认为：项目选用的工艺技术理念先进、优势明显、适用广泛，可对工艺设备模块进行组合和扩展，以处理各类工业废盐；离子火炬火焰穿透性极强，可以将工业废盐中的有害物质瞬间完全气化、分解，最终产物为重结晶的质量较好的无机盐，同时产生的废气经裂解处理达标排放，真正实现资源循环再利用；飞灰经过等离子体熔融系统进行彻底处理形成可再利用的玻璃体，真正实现对工业废盐的资源化、无害化，具有显著的经济、环境与社会效益。

等离子处理废盐设备可根据用户需求定制固定式、撬装式和车载式三种类型的产品。设备具有以下优势：自动化程度高，可根据不同成分的废盐调整焚烧温度等参数，实现精准焚烧；设备占地面积小且对设施要求低，规模化处理设备只需地面简单硬化以及简易厂棚（房），撬装设备安装快捷可露天使用；不消耗燃料，无碳排放问题，从而不受相关环保政策的限制，整个处理过程无二次污染，达到“零排放”。

高温等离子焚烧裂解处理工业废盐处理技术可以最大程度实现工业废盐中有机物去除，同时解决处置过程中有机物结焦、废盐结块、设备磨损、腐蚀和降低能在和运行安全性、稳定性的问题。目前，欧卡环保高温等离子焚烧裂解处理工业废盐处理技术已进入国家技术专利申请阶段。

把二氧化碳“埋”在地下 ——我国二氧化碳地质封存研究及示范成果扫描

中国自然资源报 2021.5.7

为应对气候变化，我国提出“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”等承诺。“双碳”目标下，作为可以实现化石能源大规模低碳利用的重要技术途径，碳捕集、利用和封存技术成为当下研究热点。

在自然资源部、中国地质调查局的推动下，我国二氧化碳地质封存技术与工程示范已取得初步进展，如今正在加快研究步伐，力争为我国实现碳中和作出更大贡献。记者近日走访了我国二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）产业技术创新战略联盟理事单位——中国地质调查局水文地质环境地质调查中心的相关负责人和专家。

我国二氧化碳地质封存潜力大，深部咸水层是主力储存空间

水环地调中心专家介绍，二氧化碳地质封存，是指通过工程技术手段将从碳排放工业源捕集的二氧化碳直接注入至地下800~3500米深度范围内的地质构造中，通过一系列的岩石物理束缚、溶解和矿化作用而将二氧化碳封存在地质体中。可用于封存二氧化碳的地质体有陆上咸水层、海底咸水层、枯竭油气田等。

当前，全球二氧化碳地质利用与封存技术以二氧化碳驱油和深部咸水层地质封存最为成熟，驱油工程已安全投入商业运营近50年。截至2020年底，全球目前共有26个正在运行

的商业项目，合计捕集二氧化碳规模约 4000 万吨/年。就深部咸水层储集介质来看，截至 2020 年底，全球拟建和在建的地质封存项目超过了 12 个，且正在逐步从小规模示范向大规模集成过渡。

中国地质调查局水文地质环境地质调查中心主任文冬光介绍，我国二氧化碳地质储存研究始于上世纪 70 年代。2009 年，原国土资源部将二氧化碳地质储存调查评价纳入《地质矿产保障工程实施方案（2010-2020）》地质基础支撑计划内的全球变化调查监测与评价和地下空间资源调查后，中国地质调查局先后启动了我国二氧化碳地质储存关键技术研究、全国二氧化碳地质储存潜力评价与示范工程、二氧化碳地质储存调查与资源化利用、准噶尔等盆地二氧化碳地质储存综合地质调查等项目，由水环地调中心组织实施。“十二五”期间，该中心与国家能源集团神华煤制油化工有限公司合作，建成了我国首个 30 万吨级深部咸水层二氧化碳地质储存示范工程；2018 年，与新疆油田合作，在准东彩南油田近枯竭油田实施了二氧化碳强化深部咸水开采与封存先导性现场试验。

基于调查和研究成果，由水环地调中心主编的《中国及毗邻海域主要沉积盆地二氧化碳地质储存适宜性评价图（1: 500 万）》，于 2018 年正式出版。这是第一幅展示我国二氧化碳地质储存综合适宜条件的专业性图件。该图显示，我国深部咸水层二氧化碳地质储存潜力巨大，占总潜力的 90% 以上，远远超过油田、天然气田和煤层气田，是我国未来实现规模化二氧化碳地质储存的主力储存空间。其中，我国陆域塔里木、鄂尔多斯、松辽等 13 个大中型盆地，以及海域东海陆架/渤海、珠江口等 16 个大中型沉积盆地，储存潜力大，储盖层条件相对较好。

二氧化碳地质封存示范工程的实施，验证了技术的可行性和地质安全性

瞄准深部咸水层这一主力储存空间，水环地调中心研究团队开展了对二氧化碳地质储存从基础理论、场地勘查技术方法到完井技术与灌注试验、安全与环境风险评价，直至后期环境监测的全过程研究，攻克了一系列技术难题。比如：提出了综合咸水层地质条件、储存量、勘探成本的地球物理圈闭识别与评价体系，以及二氧化碳地质封存潜力评价有效系数取值评估准则；创新了深部咸水层二氧化碳地质储存工程完井与灌注试验技术等。

水环地调中心与国家能源集团神华煤制油化工有限公司合作，在内蒙古鄂尔多斯市伊金霍洛旗实施了我国首个二氧化碳捕集、运输与深部地质封存全流程示范工程。其中，水环地调中心主导完成了示范工程封存场地的调查勘查，并组织实施了一口监测井，建立了“大气—地表—地下”立体化监测系统。该示范工程于 2011 年 5 月 9 日开始实施二氧化碳灌注实验，截至 2015 年 4 月实现累计注入二氧化碳 30.2 万吨。持续监测结果表明，示范工程场地未出现二氧化碳泄漏。该工程的实施，初步形成了 10 万吨/年二氧化碳地质封存技术体系，同时为每年百万吨级规模化封存工程和产业化实施储备了一批关键技术。

准噶尔盆地赋存丰富的油气资源，同时也蕴藏着丰富的煤层气和页岩气资源，为在该区开展二氧化碳地质储存与工程示范提供了有利条件。结合准东地区低碳减排及对水资源的强

烈需求，以及该区二氧化碳捕集、利用与储存较好发展前景，水环地调中心与中石油新疆油田分公司合作，通过调查研究，选定彩南油田作为实施二氧化碳强化深部咸水开采与储存先导性试验示范场地。

2018年6月，从克拉玛依敦华公司捕集的二氧化碳，用槽车沿沙漠公路运至彩南油田。一场二氧化碳驱水与地质储存一体化的先导性试验准备就绪。试验井组由一眼注入井、3眼一线监测井、6眼二线监测井组成。从2018年6月29日16时30分，试验开始注入二氧化碳，至2018年7月16日22时结束注入，累计注入二氧化碳1010吨。整个试验过程在保持一定注入速度和注入压力下平稳进行，现场监测结果显示，二氧化碳在地下储层中运移规律与预期较吻合，地表没有发现气态二氧化碳泄漏。由此可见，二氧化碳驱水封存技术是可行的，也是可以安全实施的。

这次试验，只是揭开了准噶尔盆地二氧化碳地质储存潜力的冰山一角。评估结果表明，通过咸水层二氧化碳地质储存或二氧化碳驱水技术，准噶尔盆地可实现二氧化碳的地质储存量达 $480 \times 10^8 \sim 1640 \times 10^8$ 吨。而且，准噶尔盆地源汇匹配情况较好。尤其是，准东五彩湾工业园区的排放源附近有成片连接的咸水层储存场地，不仅有适宜性很好的咸水层，同时也是多个大型油田的所在地，是进行二氧化碳驱替咸水或二氧化碳驱替石油利用的良好场地。

开展二氧化碳地质封存环境风险监测研究，取得一系列科技创新成果

把二氧化碳“埋”在地下，保障地质封存工程的安全性至关重要。

存入地下的二氧化碳气体，一方面由于其自身具有较强的穿透性，另一方面由于地下储存空间不可预知的裂隙或隐伏断裂等地质构造的原因，都可能造成二氧化碳的泄漏。在陆地上储存二氧化碳时，最可能发生的问题是二氧化碳泄漏进入地下水补给层，即使是少量的泄漏，也可能造成饮用地下水质量的明显下降。一旦二氧化碳突破水力圈闭，将会向上进入浅层土壤，从而改变土壤物化性质，影响土壤生物，进而进入包气带和大气环境中，连锁影响生态系统和人群健康。

“为保障二氧化碳地质封存工程的安全性，必须合理选择工程场地，提高施工质量，并加强对封存全过程的监测。”专家强调。而我国以陆相沉积为主要特征的沉积盆地复杂区域地质条件，使得二氧化碳地质储存相对于国外已有工程面临更大的挑战。

正是认识到这一点，除了在二氧化碳地质储存场地选址阶段进行详细调查和综合评价，水环地调中心的研究团队还创新开展了二氧化碳地质储存的环境风险监测研究，确定了二氧化碳地质储存盖层力学作用机制，提出了盖层力学稳定性标准，以指导储存场地的选址及工程注入压力设计，并阐释了二氧化碳一旦泄漏可能对地下水和地表生态环境的影响机理。

此外，该团队研发的二氧化碳迁移转化数值模拟系统，达到国际先进水平，可满足二氧化碳地质储存储层建模、评价预测等技术需求；研发了深层pH值原位监测系统，填补了国内pH值深层原位监测技术空白，可满足1500米以深的监测技术要求。

水环地调中心还在陕西西安建设了人工控制二氧化碳泄漏环境影响及监测试验场地，在

青海平安建设了天然二氧化碳泄漏环境影响及监测野外科研观测基地，基于人工模拟试验与天然二氧化碳泄漏环境影响观测，建立了二氧化碳地质封存对大气、土壤、水、生态系统等环境影响评价方法与指标体系，以及监测技术方法，为生态环境部制定《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）》提供了支撑。

我国二氧化碳地质封存技术还处于示范阶段，亟待深入研究

当前，我国距离实现碳达峰目标已不足 10 年，从碳达峰到实现碳中和目标也仅有 30 年，与发达国家相比，我国实现碳达峰、碳中和远景目标时间更紧、困难更多，任务异常艰巨。当前，在我国以煤为主的能源消耗结构短期内难以改变的形势下，开展二氧化碳地质储存是实现我国碳减排承诺的一项有效措施。

近年来，我国二氧化碳地质储存在区域调查评价、关键技术研发和工程示范等领域有了较快的发展，二氧化碳地质利用与储存技术渐成体系，但总体上仍处于示范研究阶段，继续开展二氧化碳地质储存调查评价、技术方法创新，不断加大研究深度，对我国规划、实施碳捕集、利用与储存具有重要意义。

为支撑我国实现碳中和目标，“十四五”期间，水环地调中心将进一步聚焦重大需求，在鄂尔多斯盆地、东北地区等地的国家级能源基地，以及京津冀、长三角、粤港澳大湾区等高碳排放源集中区，开展区域二氧化碳地质封存潜力评价与封存场地调查。同时，创新合作机制，实施二氧化碳地质封存示范工程，研发关键技术，形成潜力评价、调查选址等技术标准；统筹考虑地下多种资源空间叠置及相互影响等因素，探索提出地下空间利用与国土空间规划管理的建议。（高慧丽 范基姣）

塑料垃圾可“变身”飞机燃料

参考消息 2021.5.21

【合众国际社网站 5 月 17 日报道】题：新技术将塑料垃圾变成飞机燃料（记者 布鲁克斯·海斯）

美国华盛顿州立大学的研究人员研发了一种将塑料垃圾转化为飞机燃料的新方法。17 日发表在美国《化学催化剂》杂志上的一篇文章详细介绍了这项技术。该技术可将塑料垃圾转化为各种畅销的碳氢化合物产品。

这项转换技术非常高效，在适当温度下能转换近 90% 的原料，而且转换速度很快。

该技术首席研究员、华盛顿州立大学化学工程学副教授林鸿飞在一篇新闻稿中说：“在回收行业，成本是关键。目前的成果是我们将这项新技术推向商业化过程中的一座里程碑。”

塑料在全球生态系统中堆积是当下最紧迫的环境问题之一。

随着大片塑料垃圾——比如塑料袋、塑料瓶、合成材料服装——被分解，小片塑料或微塑料会渗入水体，或被吹到大气中，沉积在遥远的地方。

研究表明，珊瑚、软体动物甚至生活在海面以下几千英尺（1 英尺约合 0.3048 米）处的深海生物都会吞食微小的塑料碎片。

当塑料被丢弃而不是回收利用时，环境会受到双重伤害：丢弃塑料不仅会对生态系统造成直接伤害，还意味着必须不断生产新塑料以满足商业需求，而塑料生产是一个碳密集型过程。

将塑料垃圾转化为可用产品有助于缩小塑料行业的碳足迹。通常，回收塑料只是被熔化和再加工，而回收过程会降低塑料的质量和结构完整性。

塑料垃圾其实可以被转化为可用的化学物质，但目前的转换方法过于昂贵，而且耗能高。因此在美国，只有 9% 的塑料垃圾得到了回收利用。

在实验室中，科学家们利用钨碳催化剂和一种常见的溶剂来触发解聚过程，将塑料垃圾转化为飞机燃料的成分。

这种转换技术的工作温度约为 428 华氏度（约合 220 摄氏度），远低于其他转换方法的工作温度。

林鸿飞说：“实验前，我们不确定能否成功，但结果出乎意料地好。”

研究人员证明，通过调整转化时间、温度或催化剂用量，他们能够对转化过程进行微调，使塑料生成合适的材料。

林鸿飞说：“研究人员可以根据市场情况调整产品，因此这项技术很灵活。如果这项高效技术投入使用，就可能为利用废弃聚乙烯有选择地生产高价值产品提供一个有市场前景的方法。”

工业产油微藻脂肪酸链长度实现精准可调

中国科学报 2021.5.10

本报讯（记者廖洋、通讯员刘佳）脂肪酸在细胞中以能量存储分子、膜脂、信号分子等形式普遍存在，并广泛应用于生物燃料、营养与健康、材料化工等产业。作为末端含有一个羧基的脂肪族碳氢链，碳链长度是决定脂肪酸功能、价值和用途的关键因素之一。

近日，中国科学院青岛生物能源与过程研究所单细胞中心开发了脂肪酸“全链长范围”“单元链长精度”精准可调的工业产油微藻，并提出工业微藻中脂肪酸链长调控的分子机制模型。这一成果日前发表于《代谢工程》。

据介绍，基于碳链长度，脂肪酸可分为短链、中链、长链和超长链 4 类。超长链脂肪酸如花生四烯酸（ARA）和二十碳五烯酸（EPA）等是人类和动物的营养补充剂，而长链和中链脂肪酸不仅是动植物脂肪的主要成分，也是抗菌剂、润滑油、洗涤剂、表面活性剂和生物柴油等诸多工业产品的关键成分。同时，每种链长的脂肪酸都有其特殊功能。因此，可持续和环境友好的脂肪酸生产，依赖于“全链长范围”“单元链长精度”精准可调的脂肪酸细胞工厂。

作为一种“负碳”细胞工厂，工业微藻能够在光能驱动下，将二氧化碳和水规模化转化成各种链长的脂肪酸（从 C8 到 C22 以上），但每种工业微藻脂肪酸链长组成通常稳定且具有物种特异性，因而难以灵活可控地合成各种链长的脂肪酸分子。

针对该瓶颈问题，单细胞中心助理研究员王勤涛联合大连理工大学副教授冯延宾研究小组，在工业产油微藻——海洋微拟球藻中，发现一个定位于细胞质中属于 PKS 系统的二类酯酰—ACP 硫酯酶 NoTE1，能提高 C16 和 C18 的含量并降低 C20 的含量，从而可用于理性调控长链和超长链脂肪酸的相对含量。

研究人员进一步发现，来自一种高等植物湿地蓴距花的硫酯酶 CpTE，能够大幅提升 C8 和 C10 等中链脂肪酸在微拟球藻细胞中的比重。因此，大范围筛选不同物种来源的硫酯酶，对于脂肪酸细胞工厂的构建具有重要意义。

但是，CpTE 的天然结构决定了其对于 C8 和 C10 的偏好性，因此难以调控 C12 的含量。针对此问题，研究人员利用酶工程，理性改造了 CpTE 与底物链长选择性相关结构域，成功将其底物偏好性从 C8 和 C10 变成了 C12。进一步实验证实，此命名为 mCpTE 的新酶能大幅度提高微拟球藻中 C12 含量。

研究人员联合运用代谢工程和蛋白质工程，首次实现了微藻中“全链长范围”“单元链长精度”的脂肪酸含量调控。在此基础上，研究人员还提出微拟球藻合成脂肪酸分子机制模型：细胞利用 PKS 途径、去饱和延伸途径、FAS 系统等 3 条脂肪酸合成途径，分别修饰不同碳链长度脂肪酸链长。这一机制模型为针对脂肪酸链长的工业产油微藻分子育种提供了新的实验依据和理论基础。

记者了解到，在海洋微拟球藻中，单细胞中心前期已示范了基于不同饱和度的脂肪酸分子合成“定制化油脂分子”，当前这些发现则进一步证明理性调控脂肪酸链长的可行性。这一系列较为系统的研究工作，展示了微拟球藻作为一种“负碳”油脂细胞工厂服务于生物燃料、营养与健康、材料化工等产业的巨大潜力。

据悉，该工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金委等资助。

稻田甲烷排放量可能被高估

中国科学报 2021.5.19

本报讯（记者李晨）近日，中国农科院作物科学研究所作物耕作与生态创新团队和南京农业大学联合攻关，发现大气二氧化碳浓度升高可以显著促进水稻生长，但对甲烷排放的促进作用呈明显下降趋势，说明国际上高估了未来气候背景下稻田甲烷的排放量。相关研究成果在线发表于《作物学报》。该发现可以为我国乃至全球农业领域制定碳达峰、碳中和行动纲领提供更科学的决策依据。

论文通讯作者张卫建介绍，大气二氧化碳浓度升高能够显著促进水稻生长，并可为稻田产甲烷菌提供更多的有机碳源，国际上由此普遍估计大气二氧化碳升高将提高稻田甲烷排放

40% 以上。

研究人员基于前期试验发现，大气二氧化碳升高对稻田甲烷的增排效应随着处理年限的推移而呈显著下降趋势，第一年甲烷增幅达到 69.4%，第二年为 44.0%，第三年仅为 25.6%。

为进一步验证该现象并揭示其机制，研究人员借助步入式人工气候室开展了两个生长季的盆栽试验。研究发现，在两个生长季中，大气二氧化碳对水稻叶片光合速率、生物量和籽粒产量的促进效应相似。但是，大气二氧化碳对甲烷排放的提高效应显著下降，第一季甲烷排放的增幅达 48% ~ 101%，第二季仅为 28% ~ 30%。

甲烷排放由产生与氧化两个过程决定，土壤微生物分析发现，大气二氧化碳处理可以同时提高甲烷产生菌和氧化菌，但随着时间推移，其对甲烷氧化菌的促进效应更强，从而逐步加强了甲烷的氧化消耗，降低大气二氧化碳对甲烷的增排效应。

废弃燃料混合物可作火力发电厂原料

科技日报 2021.5.31

俄罗斯托木斯克理工大学和乌拉尔联邦大学的科学家们研究了不同类型废弃燃料混合物的生态效率，认为其可作为火电厂原料。据研究人员介绍，用这种燃料混合物代替煤炭，可将排放到大气中的有害氧化物减少 70%。相关研究发表在《整体环境科学》上。

托木斯克理工大学研究人员指出，在全球能源消耗持续增长的背景下，使用化石燃料会导致大量的气体和固体废弃物被排放到环境中。根据国际能源署的数据，化石燃料的燃烧占全球硫和氮的氧化物污染（会导致人类、动物和植物的急性疾病）的 90% 以上，其中 60% 来自煤炭。

研究人员指出，解决这一危机的方法之一是采用水性燃料悬浮液，该悬浮液基于煤和石油加工的副产品、固体生活垃圾、木材加工行业的下脚料以及其他生物质。研究人员认为，燃料混合物可以代替传统能源（煤炭和燃料油）作为火力发电厂的原料。

研究证明，该燃料混合物在燃烧过程中硫和氮氧化物的浓度比燃煤低 70%。托木斯克理工大学高能过程物理研究学院的助教加莉娜·尼阿希娜称，利用废物和生产加工的副产品制备燃料，不仅减轻了环境负担，而且还能够处理大量累积的废物，其中有些未被利用但有希望成为能源原料。此外，还有助于节省不可再生资源——化石燃料。研究人员还发现，在加热器的燃烧区存在水蒸气有助于将部分硫和氮转化为无法形成氧化物的非活性形式，从而进一步降低污染水平。

海洋里“捞”出塑料“吞噬者”

中国科学报 2021.5.17

为减少不可降解塑料的增量，越来越多的国家开始采取“禁塑令”等措施。但全球每年仍有约 1.5 亿吨塑料垃圾进入陆地和海洋环境。如何帮助地球“消化”海量的不可降解

塑料？寻找能“吃”塑料的微生物，成为近年来科学家关注的焦点。

近日，中国科学院海洋研究所研究员孙超岷团队经过多年攻关，首次发现能有效降解聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）和聚乙烯（PE）两种塑料的海洋微生物菌群和酶——仅需两周，它们就能将最难降解的 PE 塑料“吃”成碎片。相关研究成果发表于《危险材料》。

小菌群大作用

塑料是一类高分子聚合物的统称，包括聚乙烯、聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚苯乙烯和聚氯乙烯等。

2016 年，日本京都工艺纤维大学科学家发现了能有效降解 PET 塑料的微生物，这一消息让众多科学家为之振奋。

虽然目前许多科学家正在寻找能有效降解塑料的微生物及酶，但对最难降解、体量最大的 PE 塑料，却一直没有办法。

“PE 塑料具有优异的化学稳定性，比 PET 等其他类型的塑料更难降解，而生活中常见的一次性塑料袋、农用地膜等几乎都是 PE 塑料。研制出有效降解 PE 塑料的生物制品，对于消除白色污染至关重要。”孙超岷在接受《中国科学报》采访时说。

微生物无处不在，是否有能“吃”掉 PE 塑料的微生物？如果有，又该去哪儿找呢？

“全世界的塑料垃圾只有约 9% 得到回收再利用，其余大部分被焚烧、填埋或直接遗弃在自然环境中，而海洋正是塑料垃圾最终流向之一。”孙超岷告诉记者。

“百川归海”，他决定向海洋要答案。“海洋是塑料的主要承载地，相应地，很多海洋微生物在与塑料的长期共存中也进化出一系列塑料降解系统，其产生的塑料降解酶也成为发展塑料降解酶制剂的绝佳候选材料。”

孙超岷进一步解释道，“塑料聚合物主要被生物胞外酶解聚成短链或小分子物质，随后转运到细胞内彻底氧化。细菌可产生多种胞外酶降解塑料大分子，如脂酶、解聚酶、酯酶、蛋白酶、角质酶、脲酶和脱水酶等。”

“塑料可以转化成微生物自身生长所需的能源物质，微生物最终可以将塑料分解成对环境完全无害的二氧化碳、水等产物。”中国科学院海洋研究所博士高蓉蓉说。

中国科学院理化技术研究所研究员、工程塑料国家工程研究中心主任季君晖认为，“对于解决塑料增量问题，推行可降解塑料是主要途径，但对于解决不可降解塑料的存量问题，运用微生物进行降解是非常好的研究方向。”

大海捞“菌”

寻找能“吃”掉 PE 塑料的微生物，可谓大海捞针。

“适者生存，海洋中的微生物适应了高盐、高压、黑暗等极端环境，产生了一些陆地环境无法形成的天然产物，例如具有特殊功能的抗生素和酶等，这些是生物制品非常好的资源库。”孙超岷告诉记者。

2016 年，在与海洋微生物打了多年交道后，孙超岷带领团队开始了这场也许没有结果

的寻“菌”征程。

起初，他们在青岛近海受塑料污染较严重的海水浴场采集了上千份塑料垃圾，并对其中的菌群进行培育筛选，然而两年多的工作几乎没有进展。就在大家一筹莫展之时，偶然发现有一个菌群能有效定殖在矿泉水瓶壁，这让整个团队兴奋起来。

但菌群中含有很多微生物，并非所有微生物都能分解塑料，在进一步剔除“打酱油”的微生物、精准锁定能“吃”掉 PE 塑料的微生物后，孙超岷团队又耗时近 3 年获得了相应的微生物纯培养，并人工复配了能有效降解 PE 塑料的菌群，最终结合不同手段找到了降解 PE 塑料的相应酶。

“在筛选能降解 PE 塑料的微生物的过程中，我们常常几个月都在重复失败的结果，最难时也曾想过放弃，但庆幸的是，我们坚持下来了，也正是大量失败的经验促使我们最终得到能‘吃’塑料的菌群，这是一种量变引起质变的过程。”高蓉蓉感慨道。

在孙超岷看来，很多研究团队没有持续下去的原因，一方面是塑料作为近百年才出现的新型污染物，自然界的微生物还没有进化出高效降解塑料的成熟系统，筛选起来犹如大海捞针。另一方面，微生物降解塑料的效果短时间内肉眼难以观察，需要借助特殊的仪器检测。

“科学研究需要持续坐‘冷板凳’，项目没有拿到结果，是很难得到资助的，而对于有潜力但又有冒险性的课题，尤其是从‘0’到‘1’的课题，国家应该给予更多资助。”孙超岷表示。

“我们的研究为 PE 塑料的降解打开了一扇门，但‘登堂入室’后还需开展更多工作。”孙超岷告诉记者，“目前，团队还在精细研究酶的结构及作用机制，试图通过突变的方式找到更高效降解 PE 塑料的酶，并把不同的酶合在一起形成酶系，最终发展为塑料降解酶制剂。”

此外，孙超岷团队还在尝试用不同比例复配微生物菌群，希望通过调整不同微生物个体的比例，提高 PE 塑料降解效率。

加强学科交叉

“目前，团队发现的微生物菌群和酶还只能在实验室小规模条件下实现对塑料垃圾的部分降解，距离产业化应用还有一段较长的路要走。”孙超岷坦言。

他希望能研制出塑料降解生物制剂，并在密闭的反应器中处理塑料垃圾，对相应的降解产物进行回收再利用。“目前所使用的菌群都是常见的微生物，不会造成生物安全及二次污染问题。”

在孙超岷看来，可降解塑料全面取代传统塑料之前，后者仍具有一定的生存空间，研制塑料降解生物制品对解决已经形成和未来新增的塑料污染问题具有重要意义。

“消除地球上的白色污染，不能单靠几个团队或几个专业，必须全社会通力合作，才能突破传统塑料的降解技术瓶颈。未来，我们希望能与其他不同学科的研究团队共同努力，研制出高效降解塑料垃圾的生物制品。”孙超岷说。

在季君晖看来，利用微生物降解塑料和研制可降解塑料，虽然是两个相差较大的领域，但存在互补性。“两个学科需要更多地交叉，未来也一定会有更多的相互补充。”

“禁塑令”应循序渐进

目前，全国绝大多数省份已经发布塑料污染治理相关实施方案或行动计划。2020年12月1日，《海南经济特区禁止一次性不可降解塑料制品规定》正式实施，意味着海南正式全面禁止一次性不可降解塑料袋、塑料餐饮具等塑料制品。

但季君晖指出，真正可靠的塑料制品是全生物降解塑料，由于目前各地出台的政策缺乏统一标准，致使“部分可降解”塑料混迹市场，更尴尬的是，“全生物降解塑料目前的产量仍无法满足实际市场需求”。

他还发现，“禁塑令”存在一些执法“盲点”，对于在市场“明面”上流通的塑料，监管相对容易，而对于通过物流手段交易的塑料产品，监管起来却非常困难。

“国家应该尽快统一标准，这样一方面减少重复标准制定，另一方面便于统一管理。此外，政策制定还应循序渐进，不应‘一刀切’。对于超市等渠道销售的塑料袋等产品价格，应该进行一定的干预，以防过高价格和利润引起民众对禁塑令的抵触，并滋生廉价违规塑料产品的地下交易。”季君晖表示。（田瑞颖 廖洋）

微生物菌株出马 畜禽业污染物变废为宝

科技日报 2021.5.26

80 余株

项目成功挖掘了功能微生物菌株资源或优势功能菌 80 余株，高效转化昆虫资源 4 种，克隆相关功能基因 24 个，形成复合微生物菌剂 7 种；鉴定功能物质 10 种；分离鉴定畜禽病原微生物 230 多株。

关注国家重点研发计划

“畜禽重大疫病防控与高效安全养殖综合技术研发”重点专项③

我国是畜牧业大国，随着畜牧业的快速发展，畜禽粪污的产生量不断增加。据行业统计，全国每年产生 38 亿吨畜禽粪污，其中有大量畜禽粪污未得到有效处理和利用，加之我国的畜牧业水平与发达国家仍有差距，因而与发达国家相比我国动物死亡数量较大，这些都对周围环境构成了潜在的污染风险。畜禽粪污和死畜禽的环境污染问题已严重制约了畜牧业可持续发展，亟须科技支撑。

科技日报记者从科技部中国农村技术开发中心获悉，国家重点研发计划“畜禽重大疫病防控与高效安全养殖综合技术研发”重点专项项目“畜禽养殖废弃物微生物降解与资源转化调控机制”（以下简称微生物降解项目）和“畜禽废弃物无害化处理与资源化利用新技术及新产品研发”（以下简称无害化处理项目）取得了显著成效和突破。

微生物降解项目负责人、中国农业科学院农业资源与农业区划所研究员李兆君表示，项

目实施以来，研究明确了养殖废弃物微生物高效转化与高值化利用调控机制，探明了畜禽废弃物昆虫资源高效转化机制与调控原理，揭示了畜禽废弃物资源转化中抗生素高效降解调控机制。

“项目创新研制了废弃物农田利用、能源利用、基质利用、新型增值利用关键技术与装备，为废弃物利用提供了技术和设备；集成了适合不同区域、不同畜禽、不同养殖工艺的技术模式，为污染防治和废弃物资源化利用提供技术支撑。”无害化处理项目负责人、中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所研究员陶秀萍告诉记者。

新技术、新产品需兼顾效率和成本

李兆君介绍，微生物降解项目重点要突破三个难点：畜禽养殖废弃物高效生物降解过程及调控机制；畜禽养殖废弃物二次发酵过程中功能物质形成及调控机制；畜禽养殖废弃物资源转化过程中有害物质消减脱毒规律及调控机制。

“以二次发酵过程为例，项目系统发现了二次发酵过程中形成的抑菌、促生长等功能物质及其应用效果，同时也进一步挖掘了降解抗生素的功能微生物，并明确其降解调控机制，为实现畜禽废弃物高值资源化利用提供了重要理论支撑。”李兆君说。

“新技术和新产品需要突破的难点是要兼顾效率和成本。”无害化处理项目研究人员、中国科学院微生物研究所刘志培研究员举例，我国畜禽养殖污水产生量大且氮和有机物含量高，畜禽场通常采用厌氧+好氧等多级组合工艺处理污水，但由于其工艺复杂、难以自动运行而导致实际应用中运行成本高、处理效果不佳。

于是，针对传统好氧硝化—厌氧反硝化脱氮工艺的实际应用问题，无害化处理项目挖掘获得了全新的好氧脱氮 HO-1 菌株，揭示了该菌株将氨氮转化为羟胺后直接氧化为氮气的脱氮路径，丰富了氮循环理论并开发好氧一步脱氮新工艺，实现养殖污水高效脱氮和低成本运行。

值得关注的是，无害化处理项目攻克了粪水种养循环的技术难题，突破了粪便和污水高效处理的关键技术和设备，研发了畜禽尸体高效处理新技术和装备，建成了典型畜禽场废弃物处理利用示范工程，为畜禽废弃物高效处理与利用提供了关键技术和装备支撑。

“针对种养循环的关键点，我们建立了畜禽粪便土地承载力测算方法、发明了畜禽粪水/沼液中重金属和抗生素残留同步去除技术及现场快速检测试剂盒、突破了高固体高氨氮粪便干式沼气发酵工艺，并在国内率先研制出液体粪肥专用施肥设备，可为粪水/沼液精准、安全农田利用提供全套方法和技术装备。”陶秀萍说。

已在多地实现成果推广与转化

李兆君介绍，微生物降解项目实施攻关过程紧密围绕前面提到的研究主线，主要分为三个阶段，即挖掘资源阶段、明确机制阶段、建立途径阶段。

“每个阶段均取得了显著的研究成果，例如，挖掘资源阶段成功挖掘了功能微生物菌株资源或优势功能菌 80 余株，高效转化昆虫资源 4 种，克隆相关功能基因 24 个，形成复合微

生物菌剂 7 种；鉴定功能物质 10 种；分离鉴定畜禽病原微生物 230 多株。以上成果均为后两个阶段的实施提供了有力支撑，是本项目顺利实施的基本保障。”李兆君说。

如今，微生物降解项目形成的固体有机废弃物制肥技术、病死畜禽无害化处理技术、气流膜堆肥技术、一种高效降解四环素类抗生素的微生物菌剂及应用等均实现了成果转化与落地。其中，固体有机废弃物制肥技术推广应用于多家有机肥或生物有机肥生产企业，该技术的成功转化不仅推动了畜禽养殖废弃物的资源化高值利用，而且在降低企业生产成本的同时保证了肥料的功效，使企业、农民均从中受益。

无害化处理项目研发人员、农业农村部沼气科学研究所研究院邓良伟介绍，项目攻关过程可分为三个阶段：第一阶段以各项技术的实验室小试研究为主，优化小试运行参数；第二阶段各项技术进入中试，运行参数进一步优化；第三阶段各项技术进行示范效果研究及推广应用。

邓良伟以粪便干式沼气发酵技术为例介绍，在实验室小试阶段项目试制了容积 170 升（L）的鸡粪干式沼气发酵装置，初步确定了鸡粪干式沼气发酵的高氨氮抑制解除技术及其参数；之后研发了容积 10 立方米（m³）的中试反应器，突破了配套进料和搅拌难题并进行效果试验；在中试研究基础上，研制容积 120m³ 的鸡粪干式厌氧反应器，进行生产应用效果试验，该技术无需加水避免了沼液处理困扰，为鸡粪能源和肥料双重资源化利用的产业推广奠定了基础。

如今，无害化处理项目成果已经在规模化畜禽养殖场和全国畜牧大县的粪污资源化利用整县推进项目中应用。

“项目成果‘畜禽粪便超高温预处理+高温堆肥’，发明了低扭矩双轴超高温预处理反应器、筛选出超高温堆肥发酵菌种，在此基础上研究出了‘畜禽粪便超高温预处理+高温堆肥’新工艺，将畜禽粪便就地快速无害化处理与集中制肥有机结合。项目已在江苏、湖南、内蒙古等地新建‘畜禽粪便超高温预处理+高温堆肥’工厂化生产线 6 条，年处理畜禽粪便 20 万吨。”无害化处理项目研究人员、江苏省农业科学院研究员常志州介绍。

了解产业需求、强化多学科协同攻关

陶秀萍介绍，无害化处理项目取得关键突破的原因主要是项目团队具有较好的前期研究基础，在长期的畜禽废弃物处理相关工作中深入了解产业需求且强化多学科协同攻关。

“项目管理单位科技部农村中心对项目实施具有重要的指导和促进作用。项目管理单位成立了专项总体专家组且为本项目委派 2 名跟踪专家，对项目研究方向、创新性、执行进度以及一体化实施进行把关；组织项目经验交流等会议，使项目之间相互学习、取长补短，增进项目间交流、促使项目顺利实施。”陶秀萍说。

在李兆君看来，微生物降解项目实施能够取得关键性突破，离不开多家参与单位科研骨干和参与人员的辛勤付出。同时，科技人员紧密围绕项目科学目标，致力于关键技术的创新突破，注重阶段性研究成果的总结凝练，也是取得关键突破的关键。

陶秀萍指出，接下来，无害化处理项目将做好各项技术和设备示范效果、示范工程运行效果分析及其第三方测评，基于技术示范和工程应用数据对各项技术和设备进一步优化，准备项目和课题验收。

“未来，微生物降解项目重点将在畜禽废弃物与农业农村废弃物协同无害化资源化利用的生物学基础、协同资源转化过程中有益（功能生物）和有害生物类群（病原菌）演变及调控机制、养殖废弃物和农业农村废弃物协同资源化产品提升耕地地力机制与途径等方面进行攻关。”李兆君说。（马爱平）

国办印发改革实施方案 提升危险废物监管和利用处置能力

2022 年底前，各省（自治区、直辖市）危险废物处置能力与产废情况总体匹配

中国环境报 2021.5.26

本报记者高楠 5 月 25 日北京报道 据中国政府网消息，国务院办公厅近日印发《强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案》（以下简称《方案》），以进一步提升危险废物监管和利用处置能力，有效防控危险废物环境与安全风险。

《方案》提出，到 2022 年底，危险废物监管体制机制进一步完善，建立安全监管与环境监管联动机制；危险废物非法转移倾倒案件高发态势得到有效遏制。基本补齐医疗废物、危险废物收集处理设施方面短板，县级以上城市建成区医疗废物无害化处置率达到 99% 以上，各省（自治区、直辖市）危险废物处置能力基本满足本行政区域内的处置需求。到 2025 年底，建立健全源头严防、过程严管、后果严惩的危险废物监管体系。危险废物利用处置能力充分保障，技术和运营水平进一步提升。

完善危险废物监管体制机制

《方案》明确，各地区各部门按分工落实危险废物监管职责，建立危险废物环境风险区域联防联控机制。2022 年底前，京津冀、长三角、珠三角和成渝地区等区域建立完善合作机制，加强危险废物管理信息共享与联动执法，实现危险废物集中处置设施建设和运营管理优势互补。

《方案》明确指出，落实企业主体责任。危险废物产生、收集、贮存、运输、利用、处置企业的主要负责人（法定代表人、实际控制人）是危险废物污染防治和安全生产第一责任人，严格落实危险废物污染防治和安全生产法律法规制度。

在完善危险废物环境管理信息化体系方面，《方案》提出，依托生态环境保护信息化工程，完善国家危险废物环境管理信息系统，实现危险废物产生情况在线申报、管理计划在线备案、转移联单在线运行、利用处置情况在线报告和全过程在线监控。

强化危险废物源头管控和收集转运等过程监管

为强化危险废物源头管控，《方案》明确，要完善危险废物鉴别制度，严格环境准入，推动源头减量化。

在完善危险废物鉴别制度方面,《方案》明确指出,动态修订《国家危险废物名录》,对环境风险小的危险废物类别实行特定环节豁免管理,建立危险废物排除管理清单。2021年底前制定出台危险废物鉴别管理办法,规范危险废物鉴别程序和鉴别单位管理要求。

为推动收集转运贮存专业化,《方案》指出,支持危险废物专业收集转运和利用处置单位建设区域性收集网点和贮存设施,开展小微企业、科研机构、学校等产生的危险废物有偿收集转运服务。鼓励在有条件的高校集中区域开展实验室危险废物分类收集和预处理示范项目建设。

在推进转移运输便捷化方面,《方案》提出,建立危险废物和医疗废物运输车辆备案制度,完善“点对点”的常备通行路线,实现危险废物和医疗废物运输车辆规范有序、安全便捷通行。根据企业环境信用记录和环境风险可控程度等,以“白名单”方式简化危险废物跨省转移审批程序。

《方案》强调,要严厉打击涉危险废物违法犯罪行为。强化危险废物环境执法,将其作为生态环境保护综合执法重要内容。实施生态环境损害赔偿制度,强化行政执法与刑事司法、检察公益诉讼的协调联动。对自查自纠并及时妥善处置历史遗留危险废物的企业,依法从轻处罚。

《方案》要求,强化废弃危险化学品监管,建立监管联动机制。

提升危险废物集中处置基础保障能力,促进利用处置产业高质量发展

《方案》要求,强化特殊类别危险废物处置能力。由国家统筹,按特殊类别建设一批对环境和人体健康威胁极大危险废物的利用处置基地,按区域分布建设一批大型危险废物集中焚烧处置基地,按地质特点选择合适地区建设一批危险废物填埋处置基地,实现全国或区域共享处置能力。

根据《方案》,各省级人民政府应开展危险废物产生量与处置能力匹配情况评估及设施运行情况评估,科学制定并实施危险废物集中处置设施建设规划。2022年底前,各省(自治区、直辖市)危险废物处置能力与产废情况总体匹配。

在提升市内医疗废物处置能力方面,《方案》明确指出,各地级以上城市应尽快建成至少一个符合运行要求的医疗废物集中处置设施。2022年6月底前,实现各县(市)都建成医疗废物收集转运处置体系。

为促进危险废物利用处置企业规模化发展,根据《方案》,设区的市级人民政府生态环境等部门需定期发布危险废物相关信息,科学引导危险废物利用处置产业发展。新建危险废物集中焚烧处置设施处置能力原则上应大于3万吨/年,控制可焚烧减量的危险废物直接填埋,适度发展水泥窑协同处置危险废物。

《方案》要求,规范危险废物利用。建立健全固体废物综合利用标准体系,使用固体废物综合利用产物应当符合国家规定的用途和标准。在环境风险可控的前提下,探索危险废物“点对点”定向利用许可证豁免管理。

在健全财政金融政策方面,《方案》提出,完善危险废物和医疗废物处置收费制度,制定处置收费标准并适时调整。建立危险废物集中处置设施、场所退役费用预提制度,预提费用列入投资概算或者经营成本。落实环境保护税政策。鼓励金融机构加大对危险废物污染环境防治项目的信贷投放。探索建立危险废物跨区域转移处置的生态保护补偿机制。

在加快先进适用技术成果推广应用方面,《方案》明确,建立完善环境保护技术验证评价体系,加强国家生态环境科技成果转化平台建设。

建立平战结合的医疗废物应急处置体系,强化危险废物环境风险防控能力

《方案》明确,要完善医疗废物和危险废物应急处置机制,保障重大疫情医疗废物应急处置能力。

根据《方案》,县级以上地方人民政府应将医疗废物收集、贮存、运输、处置等工作纳入重大传染病疫情领导指挥体系。将涉危险废物突发生态环境事件应急处置纳入政府应急响应体系。2021 年底前,各设区的市级人民政府应至少明确一座协同应急处置设施,同时明确该设施应急状态的管理流程和规则。

为进一步强化危险废物环境风险防控能力,《方案》提出,要加强专业监管队伍建设,完善配套法规制度,并提升基础研究能力。

《方案》明确,县级以上地方人民政府将危险废物污染环境防治情况纳入环境状况 and 环境保护目标完成情况年度报告,并向本级人民代表大会或者人民代表大会常务委员会报告。建立危险废物污染环境防治目标责任制和考核评价制度,将危险废物污染环境防治目标完成情况作为考核评价党政领导班子和有关领导干部的重要参考。

《方案》强调,在中央和省级生态环境保护督察中加大对危险废物污染环境问题的督察力度。对涉危险废物环境违法案件频发、处置能力严重不足并造成环境污染或恶劣社会影响的地方和单位,视情开展专项督察。

五、太阳能

太阳能电池新技术可降低设备运行温度

科技日报 2021.5.13

科技日报北京5月12日电(实习记者张佳欣)据美国《每日科学》网站10日报道,澳大利亚新南威尔士大学光伏和可再生能源工程学院和激子科学卓越中心的研究人员最近发现:利用单线态裂变和串联太阳能电池两种方法可更高效产生太阳能,同时有助于降低运行温度,延长设备使用寿命,为新一代太阳能技术发展引入新范式。

串联电池可以由硅和钙钛矿纳米晶等新化合物组合而成,钙钛矿型纳米晶具有比硅更大的带隙,有助于设备捕获更多的太阳光谱而用于发电。

传统太阳能电池的最佳方案是每个光子产生一个电子作为电能的载体。而单线态裂变技术下产生的电子是传统情况下的两倍,即一个光子激发两个电子。实现单线态裂变的设备中

有并四苯，它可将单线态裂变产生的能量转移到硅中。

世界各地的科学家和工程师正在努力寻找最佳方法，将串联电池和单线态裂变过程整合到商用的太阳能设备中，以取代屋顶和大规模阵列中常见的传统单结硅太阳能电池。

此次，研究人员的工作中突出了串联电池和单线态裂变的一些关键优势。研究人员表明，硅/钙钛矿串联电池和基于并四苯的单线态裂变电池与传统硅器件相比，都能在更低的温度下运行。这将减少热量损耗对设备的影响，延长设备的使用寿命，降低设备生产的能源成本。

例如，模块工作温度降低 5℃—10℃，相当于每年发电量增加 2%—4%。通常发现，温度每降低 10℃，器件的寿命就会翻一番。这意味着串联电池的寿命增加了 3.1 年，单线态裂变电池的寿命增加了 4.5 年。

此外，单线态裂变电池还有另一个好处。当并四苯不可避免地降解时，它会对太阳辐射变透明，使电池继续发挥传统硅器件的功能。

这项研究成果主要作者杰西卡·亚捷博士说：“光伏技术商业价值可以通过提高能源转换效率或延长运行寿命来实现。前者是下一代技术发展的主要驱动力，而（此前）人们几乎没有考虑后者，即潜在的寿命优势。”

我国应积极建设空间太阳能电站

中国科学报 2021.5.11

能源是人类社会赖以生存和发展的基础，能源短缺以及传统化石能源带来的全球性气候与环境问题成为制约世界社会与经济可持续发展的重要因素。发展清洁能源、开发可再生能源，逐渐替代传统化石能源成为全球共识。

2020 年 9 月 22 日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话指出，中国将力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和。这一目标已正式列入“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要，体现了我国积极应对气候变化、推动构建人类命运共同体的负责任大国担当。

中国的能源生产和能源消耗均为世界第一，是名副其实的能源大国，但距离建成以清洁低碳、安全高效为标志的现代化能源强国目标还有很大差距。我国可再生能源发展迅猛，开发规模居世界首位，2020 年可再生能源发电装机容量占比达 34%，但由于可再生能源的不稳定性，实际发电量占比仅为 23.6%。在大规模储能技术取得重大突破之前，仅依靠地面可再生能源取代传统化石能源提供持续稳定的能源供给还不现实。而在太空，太阳光不会被大气减弱，也不受季节、昼夜变化影响，可以通过无线能量传输方式向地面提供连续、稳定的清洁能源。在空间建设太阳能电站是实现太阳能大规模稳定利用的重要方式，成为解决未来能源和环境问题的主要战略选择之一。

空间太阳能电站是指在空间将太阳能转化为电能，再通过微波或激光等方式将能量传输

到地面的电力系统。自从 1968 年美国 Peter Glaser 博士提出以来，其受到国际广泛重视并持续研究，但由于系统规模大、技术难度高，迄今尚未能建成一个完整的空间试验电站。

近年来，以美国空军研究实验室和诺斯罗普·格鲁曼公司等为主的机构加大了在此领域的研发力度，将在 2025 年前开展关键技术空间验证。日本已将空间太阳能发电列入国家发展计划，提出 2050 年前建设商业空间太阳能电站的发展路线图。俄罗斯将“建立空间太阳能电站领域合作”项目纳入“2013—2017 年中俄航天合作大纲”。英国航天局和商业能源工业战略部在 2020 年正式委托两家公司对空间太阳能电站进行评估，以确定该国在此领域的发展策略。

在国家有关部门支持下，我国从“十一五”正式开始空间太阳能电站研究，虽然投入资金有限，但经过十几年的自主创新研究，在系统设计和关键技术方面取得了部分重要成果，得到了国际上的广泛认可，成为推动国际空间太阳能电站发展的核心力量之一。

2011 年，王希季、闵桂荣、周炳琨、梁思礼和龙乐豪等多位院士专家提出了“发展空间太阳能电站从根本上解决能源和气候变化危机的建议”。2013 年，杨士中和段宝岩两位院士提出了“关于尽早启动太空发电站关键技术研究的建议”。2014 年 5 月，由王希季、李明、余梦伦等院士专家担任会议执行主席，主题为“空间太阳能电站发展的机遇与挑战”的第 499 次香山科学会议在京召开，12 位跨学科领域专家作学术报告。参加会议的代表经过深入讨论，认为空间太阳能电站是一个具有重大战略意义的项目，应在国家层面组织论证，适时设立相关项目，通过持续的研发取得重要技术突破。空间太阳能发电也引起了能源界的重视。中国能源学会提出“关于发展商用空间太阳能电站解决我国未来能源环境问题的建议”。

2014 年，国家层面组织专家开展了“太空发电站发展规划及关键技术体系”论证工作，写出一系列论证报告，提出我国空间太阳能电站发展规划建议：中期目标是在 2030 年左右建设兆瓦级空间太阳能试验电站，实现应急供电并开展科学研究；远期目标是在 2050 年前具备建设百万千瓦级商业化空间太阳能电站的能力，满足国家可持续发展对能源安全的战略需求。

以目前的空间技术能力建设空间太阳能电站，技术难度较大，投入巨大，因此是否应当发展空间太阳能电站存在很大争议。笔者认为，作为面向长远的航天和能源领域重大战略工程，发展空间太阳能电站为带动我国相关领域的科技创新、促进国家航天强国和能源强国建设提供了难得的机遇。我国发扬“两弹一星”精神、科学规划、加快研发步伐、高效组织实施，在新中国成立一百年之际，建成人类第一个商业化空间太阳能电站是可行的。

首先，空间太阳能电站与可控核聚变电站被认为是两种最有可能的终极能源解决途径。可控核聚变目前仍处于基础科学研究有待突破的阶段，而空间太阳能电站不存在基础科学问题，虽然工程规模巨大，但相关技术经过持续研发是能够在一定时间内取得重要突破的。同时，随着技术进步和规模化制造能力的提升，空间太阳能电站将变得更加可行。笔者认为，

在本世纪下半叶能形成空间太阳能发电产业，成为我国能源基础设施的重要组成部分。除了用于商业发电之外，还可用于偏远地区供电、移动供电和救灾供电，具有很好的社会和经济效益，帮助我国实现从能源大国到能源强国的转变。

近年来，我国在航天领域取得了举世瞩目的重大突破，已经真正进入到航天大国行列。但同时也应当看到，我国距离航天强国的目标还有很大差距。空间太阳能电站的发展将极大地带动低成本运载、空间大规模建造等空间前沿技术的跨越式发展，为我们进一步和平利用太空、开发空间资源开辟新的空间，推动我国航天强国梦早日实现。

空间太阳能电站是人类开发利用太阳能的宏伟清洁能源工程，有望引发新的产业革命，其广阔的发展空间和巨大的商业价值也引起了民营企业的关注。如果国家进行前期技术投资，会大大增强商业资本的信心并吸引其进入空间太阳能发电领域，推动后者快速发展。同时，发展空间太阳能电站需要大力开展协同创新，将带动大批高素质人才培养，造就一批世界级的科技领军人才和创新团队。

笔者建议，国家层面应高度重视空间太阳能电站建设，发挥我国集中力量办大事的优越性，持续加大空间太阳能电站的研发投入，加快技术突破，使我国具备商业化空间太阳能电站建设能力，力争在 2050 年前建成国际上第一个百万千瓦级商业化空间太阳能电站，满足国家可持续发展对能源安全的战略需求，为国民经济和社会发展作出重大贡献。（葛昌纯）

新型电力系统建设为光伏转型发展带来新机遇

中国能源报 2021.5.10

今年 3 月，中央财经领导小组第九次会议明确提出将碳达峰、碳中和纳入生态文明建设总体布局，构建以新能源为主体的新型电力系统。“十四五”将是夯实新型电力系统基础，保障光伏发电转变为电力系统主角的关键时期。

碳中和倒逼新型电力系统加速建设

能源生产端碳减排是实现碳达峰碳中和的根本措施

全球累积排放的 2.2 亿吨二氧化碳中有 70% 以上来源于化石能源消费，只有彻底摆脱化石能源依赖才能从源头上化解气候危机。近年来，我国碳排放强度持续下降，截至 2020 年底，我国单位 GDP 二氧化碳排放较 2005 年降低约 48.4%，提前超额完成下降 40 - 45% 的目标。

我国煤电装机容量和发电量均居世界第一，同时，电力结构中煤电占比高，2020 年煤电发电量为 5.17 万亿千瓦时，占总发电量的 67.9%，大量排放的二氧化碳主要来源于煤电机组。因此，减少煤电发电量是实现碳达峰碳中和的关键。而且，削减的煤电发电量可为光伏等可再生能源发电提供发展空间。

新型电力系统是电力系统转型的内在要求

构建以新能源为主体的新型电力系统，符合电源结构向风电、光伏发电过渡的发展趋

势，可有效适应电源建设主体多元化、快节奏的发展需求。同时，建设新型电力系统是满足新型电源结构下电力系统安全稳定运行的基本要求。新型电力系统运行需要构建新的稳定运行策略，实现发电和用电实时平衡。

传统电力系统发电端主要由煤电、燃气发电等可控电源构成，通过调节可控煤电和燃气发电来满足负荷波动的需求。新型电力系统是以不可控、间歇性的风电和光伏发电为主力电源，发电单元数量多、分布范围广，与传统电源差异大。可再生能源出力的不确定性和负荷波动叠加，将导致电力系统存在较大的安全运行风险，进而使得电力系统稳定运行更为复杂，这要求电力系统应具有更高的智慧调度能力。

电源建设主体的多元化和快节奏客观上要求必须建立新型电力系统。与传统火电相比，光伏发电单个项目体量小、数量多，建设周期短，这些特征势必造成电力系统更为复杂，对电力规划工作提出了更高要求。具体来说，一是要求能够提前研究电网结构和电源结构的合理性，并结合新电源特点更加灵活地开展电力规划工作；二是电力规划工作要更频繁的评估和滚动编制，这就需要打破原来电力系统五年一规划的节奏，充分利用数字化和智能化手段，及时掌握电力发展形势，适应光伏发电发展规律。此外，可再生能源渗透率的不断提高对电力系统灵活性资源也提出了更高要求。

光伏面临融资、土地成本高等制约

尚未形成光伏发电市场化发展格局。近几年，光伏发电布局快速变化是行政手段干预的结果。“十三五”初期，光伏发电主要集中在甘肃、青海，以集中式为主；“十三五”后期，光伏发电快速转向分布式，主要分布在中东部地区，特别是形成了户用光伏山东省一家独大的局面。随着光伏发电成本逐步降低，实现全面平价上网，应减少行政干预光伏发电布局，转为通过市场化机制促进光伏发电在各地多元化均衡发展，并与应用场景紧密结合，这有利于高效利用太阳能资源和土地资源。

配电网智能化水平不高，建设速度不能满足分布式光伏发电快速发展的需要。智能化程度提高可以有效改善配电网接纳光伏发电的空间，并有利于提高分布式及户用光伏效率。配电网建设周期长，而分布式光伏发电项目建设周期短，若不提前开展配电网改造和技术升级，有可能导致分布式光伏发电项目延期并网，这将降低分布式光伏项目的经济性。

当前的电力系统不能充分利用和调动灵活性资源。客观来看，我国电力系统现有的灵活性资源不多，需对火电机组进行改造，增加灵活性资源供给。当前，我国电力辅助服务市场不完善，没有灵活性机组改造的补偿机制，这导致既不能利用现有的灵活性电源，也不能有效调动火电机组灵活性改造的积极性，限制了光伏消纳空间提升。

支撑光伏发电成为主力电源的电力体制机制需完善。未来光伏发电承担电力系统安全稳定运行的责任尚无明确说法，急需顶层设计，明确相关要求。当前，各地提出的光伏发电配备一定容量的储能并非最优的发展方案，相比之下，未来通过电力辅助服务市场统一解决电网安全稳定运行问题，效率更高，成本也更低。

电力系统灵活性不足，导致西北地区成为主要弃光地区。太阳能资源条件较好的甘肃和青海在我国最早开始大规模发展集中式光伏，2015 年两省光伏发电装机容量分别为 610 万、564 万千瓦，分别位居全国第一、第二。短时间内光伏发电装机容量大幅增加，然而当地灵活性电源建设没有跟上，导致出现光伏限电，特别是甘肃。随后，为了抑制弃光现象，国家能源局采取了一系列措施引导光伏向具有消纳空间的地区发展，“十三五”光伏增量主要集中在中东部地区。2017 - 2019 年，我国光伏发电平均弃光率分别为 6%、3%、2%，光伏发电利用率得到改善。曾经的光伏大省，近几年鲜见红红火火的光伏建设场面。虽然新增光伏发电装机容量较小，但受制于当地消纳条件有限，弃光仍主要集中在西北地区。

光伏发电与其他行业融合尚处于起步阶段，融资及土地等非技术成本高。中国光伏行业协会最新统计数据 displays，在光伏发电项目其他成本均下降的形势下，土地成本不降反升，是下一阶段降低成本需要重要解决的。近一两年，国外光伏电站项目电价屡创新低，其中一个重要原因就是低廉的融资成本。户用光伏的投资主体主要是个人或小微企业，难以拿到优惠贷款，造成项目成本较高。

后平价上网时代，光伏投资者面临投资回报不稳定的风险，可能影响光伏发电替代煤电的进度。与平价上网时代的政策大不相同，后平价上网时代，光伏发电获取收益的不确定性增加，应通过精细化运维、科学选址等手段提高电站的效益水平。

光伏高质量发展迎来历史性机遇

光伏发电在多种可再生能源发电技术中具有发电成本低、资源分布广、易于安装、应用场景丰富等多种优势，被国际能源署（IEA）等许多国内外能源研究机构认为是未来主要的电力来源。作为全球最大的光伏设备制造国，我国通过顶层设计精准支持光伏发力，结合“十四五”时期部分省（市）、行业碳达峰目标，光伏产业将在“十四五”迎来历史性发展机遇。

符合国际能源转型整体趋势

近年来，各国纷纷加入联合国自主贡献减排承诺行列，积极采取措施应对气候变化，全球能源绿色转型步伐逐步加快，对清洁能源的重视程度不断加深。如坐拥丰富石油资源的中东国家也提出了发展清洁能源战略。国际能源署报告显示，到 2030 年，中东可再生能源（不含水电）总发电能力将超过 192GW，为当前水平的 17 倍，其中光伏占比将达 42% 以上。在“一带一路”倡议下，我国可以利用光伏制造业世界领先的优势，向中东国家出口光伏产品，开拓市场空间。

已入列“十四五”重点发展行业

“十四五”是碳达峰的关键时期和窗口期，受益于顶层设计精准支持，光伏发电有望更好地发挥能源替代作用，实现从发电生力军到主力军的转变。

《十四五规划和 2035 远景目标规划纲要》（以下简称《纲要》）明确提出，加快发展非化石能源，坚持集中式和分布式并举，大力提升光伏发电规模，加快发展东中部分布式能

源，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源占能源消费总量比重提高到 20% 左右。另外，针对当前困扰光伏等可再生能源发展的消纳问题，《纲要》也提出了多种解决办法，如加快电网基础设施智能化改造和智能微电网建设，提高电力系统互补互济和智能调节能力，加强源网荷储衔接，提升清洁能源消纳和存储能力。

同时，围绕可再生能源高质量发展问题，国家能源主管部门积极开展工作，包括健全可再生能源电力消纳保障机制、推动解决可再生能源补贴资金拖欠问题，以及引导光伏发电、风电、生物质发电产业持续健康发展等。2021 年政府工作报告明确提出，要制定 2030 年前碳排放达峰行动方案，优化产业结构和能源结构，大力发展新能源。

我国光伏设备制造及应用全球领先

作为全球最大的光伏设备制造国，我国持续深化光伏领域国际合作，为全球市场供应了超过 70% 的光伏组件。目前，我国已成为世界上最大的光伏应用市场，光伏发电的新增装机容量和累计装机容量连续数年均位居世界第一。2020 年，全国光伏发电新增装机容量 4820 万千瓦，其中集中式光伏 3268 万千瓦，分布式光伏 1552 万千瓦；累计装机容量达 2.53 亿千瓦，年发电量 2611 亿千瓦时，占全社会总发电量的 3.4%。同时，光伏发电经济性不断提升，2020 年我国地面光伏发电系统初始投资每瓦造价已低于 4 元。全年平价上网项目装机规模约 3305 万千瓦，预计近一两年基本会实现新增光伏发电项目全面平价上网。

在光伏发电新增装机大幅向消纳空间充裕地区布局的前提下，光伏发电消纳形势明显改善。2020 年，全国平均弃光率 2%，与 2019 年基本持平，光伏消纳问题较为突出的西北地区弃光率降至 4.8%，同比降低 1.1 个百分点，尤其是新疆、甘肃弃光率进一步下降，分别为 4.6% 和 2.2%，同比降低 2.8 和 2.0 个百分点。

同时，青海实现了高比例可再生能源电力系统稳定运行，为全国全面建设以光伏发电、风电为主的新型电力系统作出了示范。截至 2020 年底，青海光伏发电装机容量 1237 万千瓦，风电装机容量 622 万千瓦，水电装机容量 1301 万千瓦，火电装机容量仅为 37 万千瓦，清洁能源发电装机容量占比高达 89.3%。

双碳目标下我国光伏发电市场空间广阔

我国巨大的电力需求存量和维持经济社会持续发展所需的电力需求增量是支撑光伏发电跨越式发展的基础。全球能源互联网合作组织预测，到 2025 年我国太阳能发电装机容量将达 5.6 亿千瓦，其中集中式光伏 3.7 亿千瓦，分布式光伏 1.8 亿千瓦，光热 936 万千瓦；分区域来看，西部和北部地区 3.1 亿千瓦，中东部地区 2.45 亿千瓦。中国光伏行业协会预计“十四五”期间，我国年均新增光伏装机将达 7000 万 - 9000 万千瓦。

我国承诺在 2030 年前实现碳达峰，并不是 2030 年前一个时间点统一达峰，而是结合各行业和各地经济社会发展特点，科学规划，分阶段、分领域和分地区逐步达峰。今年 3 月 21 日，生态环境部部长黄润秋在中国发展高层论坛 2021 年会上指出，推动制定 2030 年前碳达峰行动方案，稳步推行碳强度和总量“双控”制度，支持有条件的地方和重点行业、

重点企业率先达峰。

得益于光伏发电和风电成本快速下降，电力行业减排将有更多技术路径，其中，通过光伏发电实现清洁替代，能够较为经济地实现碳达峰。具体而言，为实现东部地区逐步碳达峰，“十四五”将不再新建煤电项目，并要实现 4000 万千瓦煤电机组退役，这将为光伏发电等绿色电力腾出发展空间。

需创新体制机制和研发前沿技术

新型电力系统的基本要求是服务能源结构转型，满足从高碳向低碳转型的要求，适应高比例可再生能源接入后的安全稳定运行，同时，高效消纳可再生能源。

协调长期与短期、整体和局部的关系

新型电力系统建设需从系统规划、建设及运行等各维度更新，投入资金和资源巨大，成本分摊需要顶层设计，避免公共电网发展滞后，影响清洁替代和电能替代进度。

从全国来看，光伏发电在“十四五”将逐步成长成为主力电源之一。受限于西部地区的消纳条件，“十四五”光伏发电更多以分布式兼集中式，主要布局在电力负荷较高、具备消纳空间的中东部地区，同时，西南地区利用水电资源丰富特点，可以建设风光水多能互补电站。

创新商业模式丰富光伏发电应用场景

随着碳达峰碳中和要求不断深入，全社会将从过去“要我减排”转变为“我要减排”的自觉减排。其中，参与光伏发电应用涉及电力消费的重点领域有建筑、交通。如 2019 年我国建筑运行碳排放达 22 亿吨，占全国碳排放的 22%，碳减排压力大。

因此，分布式光伏发电可与建筑及充电设施等结合，实现就地消纳，特别是公园、学校、医院、交通场站等公共建筑应大力发展分布式光伏。其中，分布式光伏发电与建筑结合，可降低建筑能耗；与充电桩结合，可实现零碳交通；与废弃的采矿区结合，可为资源枯竭型城市注入新活力。

集中式光伏电站方面，“十四五”期间，可发挥西部太阳能发电成本低的优势，开展光伏制氢、光伏制燃料等应用，这将有助于解决西部电力系统光伏消纳空间小的问题。

加快电力体制改革构建新型电力系统下的运行机制

一直以来，光伏发电一直被认为是新生事物，需要扶持和帮助，电力系统中传统的煤电和燃气发电承担了调峰、调频等稳定电力系统安全运行的责任。近年来，随着煤电机组更多参与调峰、调频等，发电空间让给了光伏发电和风电，煤电利用小时逐年降低。未来随着煤电退役规模逐步增加，光伏等可再生能源发电将转变为主力电源，自然少不了承担电力安全稳定运行的责任。

目前，各省（市）要求光伏配备一定容量的储能，由于电池成本较高，这将造成光伏项目经济性下降，影响其更大规模应用。因此，建议完善电力辅助服务市场，从电力系统全局考虑灵活性调节问题，提高灵活性电源的利用效率，这可以借鉴更多的光储应用场景，而

不是采用行政命令一刀切，要求各项目均配备储能。如澳大利亚光伏发展速度较快，面临中午高峰期发电能力强、电网难以消纳的问题。对此，澳大利亚能源市场委员会（以下简称 AEMC）近日提出，拟对向电网出售太阳能电力的居民征收“太阳能税”。根据公布的规则草案，AEMC 建议在中午时段对上网的太阳能电力征税 2 美分/千瓦时。AEMC 表示，征税将发送“价格信号”，以帮助减少电网拥堵，并鼓励更多的家庭安装电池存储设备，减少高峰期上网电力。

协同供需两侧挖掘光伏发展空间

发电侧在碳排放强度较大的地区开展光伏发电替代煤电，消费侧开展电能替代，提高终端电力消费比重。随着电气化进程加快及工业、建筑等领域电能替代提速，我国人均用电量增长潜力增大。预计到 2025 年，我国人均用电量约为 6425 千瓦时，相当于 2016 年美国的 1/2、加拿大的 1/5，与主要发达国家仍有较大差距，增长空间巨大。

科技赋能光伏转型发展

在基础前沿领域，建议重点攻关高效率高安全性大容量储能、氢能及燃料电池、高效率光伏发电材料、新型绝缘材料、超导材料、宽禁带电力电子器件等技术；在工程应用领域，可重点攻关适应高比例可再生能源电力系统的安全稳定运行技术，以及高效率低成本光伏发电、虚拟电厂、源网荷储协调运行、主动需求响应等技术。

总的来说，建设新型电力系统是一个系统工程，需综合考虑发、输、配、用和储等各个环节，建议从全局、长远的角度进行体制机制创新和前沿技术研发，服务于未来主力电源光伏发电发展，让光伏发电安全、稳定、高效、可靠地融入新型电力系统。（孙李平 史英哲 云祉婷）

中国石化首座移动式光伏电站投运

科技日报 2021.5.18

科技日报讯（通讯员张俊 田昆 柳作英 记者朱彤）5 月 13 日，来自中国石化西北油田（以下简称西北油田）的消息称，该油田油服中心自主研发的首座移动式光伏电站试运行成功，这也标志着西北油田探索助力国家碳达峰、碳中和目标迈出了新的步伐。

该移动式光伏电站利用闲置的井场光伏板和蓄电池建造，采用并网、离网双模式。可实现偏远井场无人值守，并且每年可减少二氧化碳排放量 90.77 吨，节约人工成本约 11 万元。

西北油田前线地处塔克拉玛干沙漠，太阳能资源丰富，且地域辽阔，光伏发电具有得天独厚的优势。光伏发电具有清洁、安全、成本低、占地少、机动性强等优势，与常规能源煤炭相比，西北油田油服中心绿色环保工作站的光伏项目，节能减排效益显著。

移动式光伏电站作为西北油田清洁能源发展的先驱项目，秉持零投入、零污染、高回报建设原则，采用“退井还林”闲置设备，自主设计安装，现已完成了项目的一期示范工

程建设，即绿色环保工作站的光伏项目和电力工程管理部办公区光伏发电项目，使用面积约2400平方米，装机容量86.2千瓦。一期示范工程最高日发电量430度，平均日发电量323度，预计年度发电量将达11.68万度。未来还将建设二期、三期工程，计划将绿色环保工作站用电全部改为光伏发电，成为名副其实的环保工作站。

据悉，西北油田下一步将实施20兆瓦光伏发电项目，预计9月建成，建设面积182万平方米，设计年发电量2800万度，每年将节约3400吨标准煤和减排2600吨二氧化碳。

西北油田移动光伏电站投运

采用并网离网双模式，可无人值守

中国环境报 2021.5.18

本报讯 中国石化西北油田自主研发的首座移动式光伏电站近日正式投入运行，发电站利用闲置的井场光伏板和蓄电池建造而成，采用并网、离网双模式，可实现偏远井场无人值守，并且每年可减少二氧化碳排放量90.77吨、节约人工成本约11万元。

据了解，发电站采用闲置设备，自主设计安装，现已完成项目的一期示范工程建设，即绿色环保工作站的光伏项目和电力工程管理部办公区光伏发电项目，使用面积约2400平方米，装机容量86.2千瓦。截至4月27日，一期示范工程最高日发电量430千瓦时，平均日发电量323千瓦时，预计年度发电量将达11.68万千瓦时。未来还将建设二期、三期工程，计划将绿色环保工作站用电全部改为光伏发电。

据了解，光伏电站的投运标志着西北油田探索助力国家碳达峰、碳中和目标迈出了新的一步。西北油田前线地处塔克拉玛干沙漠，地域辽阔，太阳能资源丰富，光伏发电具有得天独厚的优势。光伏发电具有清洁、安全、成本低、占地少、机动性强等优势，与常规能源煤炭相比，仅西北油田油服中心绿色环保工作站的光伏项目，一年就可节约煤炭66.3吨，减少二氧化碳排放量90.77吨，节约用水36.3吨，节能减排效益显著。

近年来，西北油田积极践行绿色低碳发展理念，全力建设洁净能源和转型升级双示范企业，推进实施绿色能源项目，实施了三号联污水余热利用、发电二厂余热利用等绿色环保项目，“十三五”连续5年被评为中国石化节能先进单位，近两年连续被评为中国石化环保先进单位。（杨涛利 周海霞）

全球单体最大水上漂浮式光伏并网

中国能源报 2021.5.17

本报讯 5月12日，由中国电建所属湖北工程公司承建的全球单体最大水上漂浮式光伏电站——德州丁庄水库光伏电站一期项目顺利并网发电。

该项目站址位于德州市陵城区西部丁庄乡，丁庄水库为华能德州电厂一、二期供水专用

水库。项目被国家发改委、国家能源局纳入 2019 年第一批光伏平价上网项目，投资约 8.19 亿元，总容量为 320 兆瓦，为世界单体最大的水面漂浮式光伏电站，被列为山东省重大建设项目。

据悉，漂浮式光伏适用于水体较深的水面，且对水体的本身没有破坏性，环保、节省基础成本、施工周期短。该项目采用远程集控、智能感知、智慧决策等多项创新技术，产业优势突出，示范效应明显。（电建）

欧洲最大浮式光伏电站“上线”

中国能源报 2021.5.31

本报讯 据行业媒体《光伏杂志》报道，欧洲最大的浮式光伏电站日前完工，即将正式并网发电。

据了解，该项目位于荷兰东部上艾瑟尔省首府兹沃勒市的一个采砂湖水面，装机规模约为 27.3 兆瓦。项目开发商荷兰光伏企业 Groenleven 的项目经理 Willem Biesheuvel 表示：“当地早已不再用这个湖进行采砂作业了，因此，我们申请占用这部分水面，探寻另一种利用方式。我们总计安装了 7.2 万个光伏组件，这是目前欧洲最大的一个浮式光伏项目。”

据 Willem Biesheuvel 介绍，该项目的难点在于如何转变湖泊的“职能”，即从发电角度出发，让光伏组件更适应水面这一新的地形。

“针对不同的水面，其风向、水下的陆地情况都是不同的，而建设浮式光伏电站时需要根据选址地的独特条件有针对性地设计组件排布、电缆走向等，同时还要考虑到日后运维的问题。”他说，“我们希望项目建成并网后可以实现稳定的电力输出，为此进行了很多尝试。”

其中最重要的一个，便是组件的安装方向。光伏是一种“费地”的项目，如果是在陆地上建设相同规模的项目，一般会选择朝南安装组件，这样可以节省更多的土地。但是由于本次项目位于水面之上，电站容易受到风的影响而转变方向，Groenleven 公司选择了不同以往的东西向排阵方式。

Willem Biesheuvel 解释：“每一个‘太阳能船’上——其实就是大浮子，都会安装一个钢框架。每个浮子上再安装 16 个组件，8 个朝东，8 个朝南。这种排布方式可以最好的应对强风和波浪的冲击。”

此外，这种排布方式方便各个“太阳能船”连接，从水面到陆地，Groenleven 公司仅“拉”了一根中压电缆，设计更加简约，同时还节约了成本支出。

值得注意的是，除了发电外，这个浮式项目还承担了另一项任务——保护选址地的生态环境。根据 Groenleven 公司联合当地教学研机构开展的调查显示，浮式光伏不会对湖泊中的动植物产生负面影响，反而还能起到减少两岸侵蚀的作用，成功融入附近的生态系统。

根据调查，水面被光伏组件覆盖后，水中的氧气含量维持稳定。同时，浮式光伏削弱了

风对湖泊两岸地貌的影响，减少水分蒸发，更利于植被的生长。不过，Groenleven 公司也强调，浮式光伏电站对鱼类的影响调查还在进行中，还需要数年的观察才能得出完整结论。

《光伏杂志》指出，近年来，荷兰一直关注浮式光伏的发展，并投建了多个项目。在产业发展速度不断加快的情况下，荷兰将成为除中国之外另一个全球重要的浮式光伏市场。

据了解，浮式光伏项目在全球范围内日益普及，产业甚至称其为继地面光伏电站和分布式光伏电站之后的第三大太阳能部署模式。由于得天独厚的地形条件，荷兰开发浮式光伏的潜力巨大。有测算显示，荷兰超 5 万公顷的内陆水域可容纳数十吉瓦的光伏装机。（董梓童）

太阳能飞机推动空中革命

参考消息 2021.5.28

【据西班牙《世界报》网站 5 月 26 日报道】题：从夏威夷到阿尔瓦塞特：太阳能飞机寻求推动空中革命

在西班牙阿尔瓦塞特有一架飞机，在理论上，它可以永远保持飞行状态，因为它的燃料是太阳的光芒。事实上，它面临的最大阻碍是人类。因为没有人能够在驾驶舱内度过一生并一直操控飞机。这是贝特朗·皮卡尔和安德烈·博尔施贝格在 2015 年必须面对的问题之一，当时他们使用与这架飞机非常相似的“阳光动力”2 号太阳能飞机，未消耗一滴燃油就完成了环球飞行。

在从日本到夏威夷的最长一段航程中，他们在五天时间里不间断地在太平洋上空飞行，为此两人不得不轮流驾驶。而现在的目标是使太阳能飞机实现自动驾驶，即打造由太阳能提供动力的无人机。这就是拥有 115 名员工的美国企业 Skydweller 的目标。这 115 人中有 100 人是在马德里工作的工程师。如果该项目能够继续推进，那么历史上第一架太阳能无人机将主要在西班牙境内由西班牙人完成设计。

Skydweller 公司称，西班牙卡斯蒂利亚－拉曼查地区拥有研发所需的一切条件。该公司刚刚在美国俄克拉何马州小镇阿德莫尔开设了第二个运营中心。该公司称，卡斯蒂利亚－拉曼查地区拥有适合开展飞行测试的好天气，更重要的是，当地的政府领导层“重视我们的项目并给予了强大的技术基础支持”。

这一切都始于 2016 年 7 月，当时“阳光动力”2 号太阳能飞机完成了环球飞行。他们总共花了 16 个月时间。该飞机没有耗费一滴燃油，飞行了 42438 公里。那次飞行不仅创造了一项纪录，也向世人宣告：从技术上讲，完全可以乘坐不消耗任何化石燃料的飞机环游世界。

Skydweller 公司的太阳能无人机可不是一架普通飞机。最惊人的是它的巨大尺寸。其翼展达 71.93 米。其飞行速度在每小时 45 公里至 90 公里之间，飞行高度在 5000 米至 1 万米之间。要让它飞行需要良好的大气条件，因此必须提前数周制定时间表。

六、地热

政策护航，区域地热能数字化提上日程

助力智慧能源与低碳智慧城市、园区协同发展

中国城市能源周刊 2021.5.10

近日，国家能源局印发《2021年能源工作指导意见》提出，推进能源产业数字化智能化升级，推动分布式能源、微电网、多能互补等智慧能源与智慧城市、园区协同发展。无独有偶，国家能源局不久前印发的《关于促进地热能开发利用的若干意见（征求意见稿）》亦提出，加强对地热能开发利用项目的信息化管理。能源主管部门组织国家可再生能源信息管理中心建设地热能信息管理平台。

地热能作为一种公认储量丰富、分布较广、稳定可靠的可再生能源，近年来尤其在“北方地区清洁取暖”利好政策加持之下迎来加速之势。但因地热能产业数字化、智能化水平较为落后，一定程度上阻碍了其更大规模和更高质量开发利用。业内解读指出，在能源行业普遍推崇强调数字化、智能化发展的当下，征求意见稿的发布，意味着地热“数字化”被正式提上日程。

区域地热能数字化走进视野

统计显示，我国336个地级以上城市浅层地热能资源年可开采量折合7亿吨标准煤，大部分土地面积适宜利用浅层地热能，可实现建筑供热（冷）面积326亿平方米。

“清洁供暖可用能源的选择需要统筹兼顾，考虑技术和经济的可行性比较，可以多种方案并用，主方案应该考虑最大效益，这里地热供暖和地源热泵是最适宜的。”中国能源研究会地热专业委员会专家委员会主任郑克桢告诉记者。

事实表明，近年来，受北方地区清洁取暖积极政策利好推动，地热俨然已扛起了可再生能源供暖的一方“大旗”，并开始在多能互补系统中扮演重要角色。

近日，在山西大同举办的地热开发百人论坛第三届论坛上，中国地质调查局浅层地温能研究与推广中心主任李宁波介绍了“区域地热能”的概念，即在地热资源富集区域，以目前的工艺条件，通过合理的开发技术和手段，能够获取经济实用的地热能，并且可以有机地融入区域能源综合利用系统。

这与能源数字化倡导的发展理念不谋而合。所谓能源数字化即指利用数字技术，引导能量有序流动，从能源供给端到使用端，可实现高度的环节统一与智慧管理，满足区内不同的用能需求，以此构筑更高效、更清洁、更经济的现代能源体系，提高能源系统的安全性、生产率、可及性和可持续性。

李宁波介绍，区域地热能的数字化需求有三个关键词：一是因地制宜，即根据资源条件、社会经济条件进行开发利用；二是融合，即地热能与其他能源融合互补利用；三是智慧化，即能源调控、技术创新、体制机制创新等智慧化。

其优势就在于：由于数字技术的应用，在地热能勘查环节，可提升勘查的识别精准程度，缩短勘查过程所产生数据的解析时间，提高工作效率，最大限度降低勘查开发的成本；而在能源消费环节，则可使地热能供需管理与政府监管实现智能化，大幅提升地热能利用能效，提高决策科学性。

北京先行先试

李宁波指出，由于各地地热资源状况千差万别，发展地热数字化水平也应因地制宜、有序推进。“发达地区已经有较为成熟的地质勘探成果和数字经济基础，可先行探索实施地热能数字化应用。”

以北京为例，其已通过 SGIS 智慧地热能系统集成技术，建立了特大型项目的立体运行及监测智慧控制系统，并在资源勘查、关键技术研究、重大工程建设、监测站网建设、实验室建设、服务政府管理、业务推广等方面取得了丰硕的成果，在北京城市副中心、冬奥会场馆、大兴机场等均有应用。

记者了解到，北京城市副中心行政办公区就全部应用了以浅层地热能为主、深层地热能为辅、其他清洁能源为补充的能源供给方案，并建立了地上、地下立体监测、联调的智慧控制系统，地下监测系统监管地下热源的动态变化情况，能源管控平台自动调节系统运行，达到最高效节能的目标。

“这样的能源系统将人工智能算法、云计算、物联网相融合，提高能源使用效率和服务反应速度，实现实时感知、按需供能。”李宁波表示。

地热能利用与“最强大脑”的结合起到了明显的节能减排效果。相关数据显示，北京城市副中心 1 号、2 号能源站建成后预计每年可节约 2.2 万吨标准煤，减少二氧化碳排放 4.8 万吨。

以数字化助力地热“加盟”碳交易

“地热能与其他能源形式结合应用的复合型系统在区域能源利用上发挥着日益重要的作用，综合性、复杂性增加，‘互联网+’的智慧化管控方式越来越科学。”李宁波指出。

同时，他亦坦言，目前我国还没有从顶层设计、开发利用、运行管理、检测决策等全流程数字化的地热开发利用项目。“除北京外，我国大多数地区，由于地热并未摸清家底，并不完全具备数字建模的基础。”

对此，李宁波建议，地方可探索“因地制宜、因时制宜、因事制宜”建设地热能数字化应用示范区。

具体而言，在顶层设计层面，需要在战略、规划和政策上通过正向激励或指标限额，更好地引导地热能规模化、高比例发展；在基础条件方面，应充分考虑区域自然资源和社会资源条件，结合实际需求特色来发展；而技术层面，要多元耦合、蓄能调峰科学化发展，并与信息化技术、数字化技术有机结合；在管理方面，则建议政府牵头成立管委会，建立统一监管平台，鼓励业内探索发展商业化模式，并建立相关标准体系。

值得注意的是，多位受访专家均向记者指出，在“碳达峰、碳中和”目标大力推进的当下，地热开发利用数字化将有助于精准获取碳指标，为地热项目参与碳交易打牢基础。

能源行业地热能专业标准化技术委员会首席专家赵丰年介绍，碳市场中的 CCER（核证自愿减排量）项目大多是非化石能源项目、农业和林业项目，能充分有效地连接碳市场、可再生能源以及工业减排等，是减排重要路径之一，地热能就属于此类项目。

若无法计算能够实现多少减排量，地热参与碳市场交易如何获得认可？对此，赵丰年认为，一定要以数字化管控手段、精准的数据基础作为支撑。借助地热数字化趋势，启动地热能项目减排计算核证标准制定工作，为地热能行业的 CCER 和零碳项目评价认证工作提供标准依据。

七、海洋

海洋经济单独成章，我省“十四五”《规划纲要》明确高质量发展方向

建设海洋强省 广东加速蓝色崛起

南方日报 2021.5.6

■粤进“十四五”聚焦新发展

日前，《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》（以下简称《规划纲要》）正式发布，海洋经济首次单独成章，关键词“海洋”在全文中累计出现 146 次，广东加快建设海洋强省迎来新机遇。

广东因海而兴、因海而富、因海而强，海洋资源优势明显，2019 年海洋经济生产总值约 2.11 万亿元，已连续 25 年居全国首位。“《规划纲要》设置海洋专章，充分体现了省委、省政府对海洋工作的重视，为‘十四五’期间广东海洋经济高质量发展明确了方向，必将为我省全面开展海洋强省建设起到重要支撑引领作用。”省自然资源厅相关负责人表示。

在中国人民大学国家发展与战略研究院副院长许勤华教授看来，海洋经济是广东优化能源结构、实现高质量发展的重要抓手，《规划纲要》设置专门章节将海洋经济各环节和业态统一规划设计，是一种制度性革新，对广东建设海洋经济强省具有重大指导性意义。

《规划纲要》海洋经济要点

围绕建设海洋强省目标，着力优化海洋经济布局，提升海洋产业国际竞争力，推进海洋治理体系与治理能力现代化，努力拓展蓝色发展空间，打造海洋高质量发展战略要地。

大力实施海洋综合治理，建立健全海洋强省建设的体制机制，统筹陆海空间、要素、通道、生态建设等，协同推进海洋开发与保护，高水平管海护海，提升海洋综合治理能力。

加快构建海洋开发新格局，坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。

提升海洋产业国际竞争力，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。

资源禀赋得天独厚 抢抓海洋强省建设新机遇

4114.3 千米的大陆海岸线蜿蜒曲折，居全国首位；41.9 万平方千米的广袤海域中，1963 个海岛星罗棋布。得天独厚的海洋资源禀赋，为广东经略海洋奠定了坚实基础。自 1995 年以来，广东海洋经济总量持续居全国首位，形成了较为完整、具有较强竞争力的海洋产业体系。

广东不仅是全国海洋经济第一大省，也是海洋经济发展试点省份，在国家海洋强国战略中肩负着重要的责任使命。

重任在肩，向海谋局。广东高度重视海洋经济工作，早在 2017 年就明确提出，建设海洋经济强省，打造沿海经济带，拓展蓝色经济空间；省委十二届四次全会首次提出加快全面建设海洋强省；省委十二届十次全会决定加快构建“一核一带一区”区域发展新格局，提出沿海经济带要突出陆海统筹、港产联动，做大做强临海产业集群；《规划纲要》提出，围绕建设海洋强省目标，着力优化海洋经济布局，提升海洋产业国际竞争力，推进海洋治理体系与治理能力现代化，努力拓展蓝色发展空间，打造海洋高质量发展战略要地。

在此背景下，广东海洋经济发展步入“快车道”。近年来广东促进海洋资源科学规划、合理开发，不断推动海洋经济稳步发展，基本形成了海洋产业门类完整、经济辐射能力较强的开放型海洋经济体系，海洋生产总值占全省地区生产总值的比重以及占全国海洋生产总值比重均约为 1/5，成为拉动经济发展的重要增长极。

步入“十四五”，广东海洋经济发展进入新阶段，特别是随着“一带一路”、粤港澳大湾区建设、支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区等重大国家战略的实施和深入推进，广东海洋事业迎来了千载难逢的重大历史机遇。

广东如何抢抓机遇，加快建设海洋强省？

省自然资源厅相关负责人表示，广东将坚持统筹谋划，加快出台全面建设海洋强省意见，进一步完善顶层设计，构建陆海协调、内外畅通的海洋发展新格局。一方面，充分发挥广州、深圳“双城”联动效应，支持深圳建设全球海洋中心城市、广州建设海洋强国领军城市，引领粤港澳大湾区海洋经济发展。另一方面，加快汕头、湛江两个省域副中心城市建设，“串珠成链”打造现代化沿海经济带。同时，大力推进珠江口跨江跨海通道等项目建设，构建通江达海、连内接外、畅通高效的陆海运输网络。

坚持陆海统筹 拓展蓝色经济发展新空间

《规划纲要》提出，广东要加快构建海洋开发新格局，坚持陆海统筹、综合开发，优化海洋空间功能布局，提升海洋资源开发利用水平，积极拓展蓝色经济发展空间。

“从自然属性来看，海洋和陆地之间存在着统一性、一体性，不能人为割裂。”广东海洋大学经济管理学院原院长、教授，广东省“十四五”发展规划专家委员会成员宁凌认为，陆海统筹，意味着人的开发属性要与自然属性保持高度一致和统一，才能确保资源的可持续

开发和利用。

坚持陆海统筹、综合开发，“十四五”期间广东加快构建海洋开发新格局，“新”如何体现？

在宁凌看来，“新格局”首先涉及到空间布局安排的问题，要从优化空间布局的视角来推动区域资源开发。受陆域经济影响，珠三角地区经济基础良好、产业体系完善、政策优势明显，全省海洋经济活动高度集中于珠三角地区，涉海法人单位位于该区域的比例高达80%；而粤东、粤西地区经济基础则较为薄弱。

“近年来提出的粤港澳大湾区、六湾区一半岛等概念，就是要根据所处空间的海洋功能、自然属性乃至它们的科技基础、产业基础等，思考其开发布局与力度。”宁凌说。

目前，广东基本形成了以“一核”为引擎、以“一带”为主战场的海洋经济空间开发格局。

其中，珠三角大力发展海洋高端制造业和现代服务业，与港澳在海洋运输、海工装备制造、邮轮旅游等领域的合作不断加强，成为全国海洋经济发展重要增长极。

沿海经济带海上风电、海工装备、海洋生物、海洋电子信息、海洋油气化工、滨海旅游业等加快发展、集聚态势明显，巴斯夫、埃克森美孚、中海壳牌等百亿美元重大项目成功落户，形成世界级现代海洋产业基地。

同时，广东还积极对接海峡西岸经济区、北部湾地区和海南自由贸易港，港航、旅游、海事等领域的合作持续加深。

聚焦高端绿色 海洋产业迈向世界级

数日前，全省海上风电建设工作推进会召开，省能源集团、中广核集团、三峡集团、明阳集团等行业龙头企业汇聚羊城，共同为广东加快发展海上风电建言献策。

广东是能源消费大省、也是资源小省，能源供应对外依存度超过75%。相较于传统能源，广东近海海域风能资源理论总量约1亿千瓦，海上风电发展潜力巨大。

近年来，尤其是《广东省海上风电发展规划（2017—2030年）》印发实施以来，广东海上风电发展开启“加速度”，目前已全容量投产5个项目、装机132万千瓦；开工建设16个项目、装机558万千瓦。

步入“十四五”，广东将进一步加大发展力度，加快实施海上风电领跑工程，争取至2025年累计投产海上风电约1500万千瓦。根据测算，“十四五”期间广东能源消费总量将继续保持稳步增长态势，保障能源供给和安全任务十分艰巨，在国家严格控制煤电发展、逐步减少煤炭消费的大趋势下，规模化开发利用海上风电将成为保障能源供给安全的重要抓手。

在许勤华看来，发展海上风电及其他海洋新能源不仅有利于提升能源供给，更为重要的是，海上风电作为清洁能源，对于广东优化能源结构，加快绿色发展，推动实现碳达峰、碳中和的远景目标具有重要意义。

风从海上来，不仅带来了风电，更带来了潜力无限的海洋产业。当前人类已进入大规模开发利用海洋的时代，海洋在现代产业体系中的地位愈加重要，在生态文明建设中的角色日益凸显。

而高端和绿色则是广东海洋产业的两大“关键词”。《规划纲要》提出，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。

一方面，广东坚持创新引领，以粤港澳大湾区国际科技创新中心为依托，争取国家海洋重大科技基础设施落户广东，加快建设一批海洋重大科学装置，以南方海洋科学与工程广东省实验室为龙头，形成一批高水平的海洋研究平台和机构，率先突破海洋领域核心技术和关键共性技术，不断提升海洋科技创新发展引领能力。

另一方面，广东坚持生态优先，筑牢蓝色生态屏障，不断提升海洋资源管理水平，推动海洋治理体系与治理能力现代化，实施重要生态系统保护和修复重大工程，统筹推进海岸线保护与利用、美丽海湾建设、海岸带生态保护修复减灾、“蓝色海湾”综合整治等规划和行动。

值得关注的是，广东海洋经济的产业结构也在不断优化。“十三五”期间，海洋三次产业结构比从1.7:40.7:57.6调整为2.8:26.0:71.2。

“这一变化趋势体现出近几年广东海洋电子信息产业、海洋公共服务业发展提速，包括海洋牧场在内的现代渔业也有一定优势，带动了第一、第三产业占比提升。”宁凌说。

当前，传统海洋产业加快转型升级，新兴和前沿海洋产业加速培育壮大，海洋服务业能力大幅提升。省自然资源厅相关负责人表示，步入“十四五”，广东重点支持的海上风电、海洋工程装备、海洋电子信息、海洋生物、天然气水合物和海洋公共服务等六大海洋产业将加速蓬勃发展，成为助推海洋强省建设的强劲引擎。（李凤祥 黄叙浩 王彪）

新材料捕氧能力提升“海水电池”更节能稳定

科技日报 2021.5.13

科技日报天津5月12日电（记者陈曦 通讯员焦德芳）记者12日从天津大学获悉，该校杨全红、凌国维、张辰联合团队成功研发出全新能源转化材料，这种新材料能够“捕捉”深海中稀薄的氧分子并转化成为电能，实现长周期运行，成为一种节能、稳定的“海水电池”。最新一期国际能源领域权威期刊《先进能源材料》以封面文章的形式介绍了该研究成果。

深海被誉为“地球最宁静而神秘的地方”，那里生存着古老的原核生物，蕴藏着丰富的自然资源，对人类未来意义非凡。深海探测离不开稳定的电力供应。长期以来，科学家一直希望制造出直接利用海水作为电解质和能量来源的“海水电池”。然而，海水电池氧化还原反应所必需的氧分子在深海环境中含量稀少，一种能够在深海贫氧环境下高效富集氧分子的

新型材料是为人类探索深海提供能源保障的关键。

天津大学海洋学院、化工学院联合团队提出了“面向深海贫氧环境海水电池高效亲氧催化剂”的设计策略，他们通过微波合成法制备出一种新型单原子催化剂。实验结果显示，这种新材料能够在贫氧环境下进行高效氧还原催化，从而产生电能。用这种新材料制造的海水电池能够在水下超千米的深海环境中稳定供电。

“下一步，我们将在深海极端环境下测试这种新材料。”联合团队的张辰博士介绍，该成果现已同时申请国家专利和国际专利，“我们期待这项研究能够展现出未来能源器件的变革性应用场景，为深海能源供应和极端环境能源保障等国家重大需求提供支撑，助力海洋强国建设。”

我国明确海水提铀路线图

未来 30 年，通过技术研发“三步走”，开展海水提铀材料和设备的研制及性能验证研究，实现海水提铀工业化，达到世界领先水平

中国能源报 2021.5.10

本报讯“海水中铀的蕴含量约 45 亿吨，是陆地上已探明铀储量的近千倍，开发陆地铀资源的同时，探寻和开拓非常规铀资源，是我国核工业发展的战略性选择之一。”“开展海水提铀材料和设备的研制及性能验证研究，实现海水提铀工业化，达到世界领先水平。”近日在京召开的中国海水提铀技术创新联盟（以下简称“联盟”）理事会成立大会上，再次明确了我国海水提铀的战略地位，同时锁定了目标任务，规划出未来 30 年的海水提铀路线图。

据了解，我国海水提铀将实施“三步走”战略路线：第一阶段（2021—2025），实现海水中提取公斤级铀产品能力；第二阶段（2026—2035），建成海水提铀吨级示范工程；第三阶段（2036—2050），实现海水中提取铀产品连续生产能力。

核能产业的可持续发展和天然铀需求的增长，是铀资源开发从陆地转向海洋的现实诉求。

“核工业是高科技战略产业，是国家安全的重要基石，铀资源在核燃料循环体系中发挥着重要的支撑保障作用。预计到 2035 年，我国核电运行装机将达到 1.5 亿千瓦，在建 5000 万千瓦规模，天然铀的需求正逐年加大，探寻和开拓非常规铀资源将是战略性选择之一。”中核集团总经理、联盟理事长曹述栋表示。

中国铀业董事长、联盟副理事长陈军利介绍，我国陆地铀资源潜在资源量虽然较大，但探明量不大，而且铀矿资源开采呈“规模小、品位低、较分散”特点，目前天然铀对外依存度较高。“按照目前规划的每年开工 6—8 台核电机组，预计到 2035 年，我国天然铀需求量为 3—3.5 万吨，铀资源供需矛盾将更加凸显。”

陈军利认为，海水中蕴含着的丰富铀资源可以保障我国核能产业发展“无限”续航，然而经济回收海水铀资源是前瞻性和颠覆性技术，是一项世界难题，需要最大限度吸引、容

纳和聚集优势创新资源。

中国工程院院士、联盟学术委员会副主任石碧进一步解释称，尽管海水中含铀总量巨大，但浓度却极低，1吨海水中只有3.3毫克铀，而且海水中含有多种高浓度的其他杂质，从其中提取铀的难度很大。

石碧介绍，海水提铀经过几十年的发展，包括我国在内的很多国家持续开展了大量研究工作，但是除日本于2000年前后采用多次锚定吸附方式获得了约1kg“黄饼”的规模性海洋试验外，总体上仍致力于在海水提铀材料上寻求突破。“从国内外研究现状看，虽然在海水提铀材料研制方面取得了一定进展，但目前未达到工程化水平，尤其海水提铀材料性能尚需优化、实施方式尚需验证并改进、评价标准尚需统一等关键问题还未根本解决。”

鉴于海水提铀研究与开发在战略上的重要性，以及开发难度大、距工程化尚有差距等现状，2014年中国工程院曾以重点咨询项目“开展从海水和盐湖中提取铀资源的战略研究”，建议将海水等非常规铀资源开发关键技术纳入国家科技规划。中核集团于2019年将海水提铀研究作为先导技术研究纳入“创新2030”工程，加大开展海水提铀前瞻技术研究。

“为满足国家核能事业发展，提高铀资源战略储备，我们要解放思想，加快创新，常规铀资源和非常规铀资源并举，陆地铀资源和海洋铀资源并进，尽快突破非常规铀资源和海水铀资源工业化利用的瓶颈技术，拓展铀资源新的空间、新的领域。”陈军利进一步建议。

中国海水提铀技术创新联盟于2019年11月成立，由中核集团牵头发起，中国铀业组织实施，中核矿业科技作为秘书单位，联合国内23家高校和科研院所成立。未来，该联盟将按照“小核心、大联合、高标准”的总体建设思路，建成研究/试验中心、国际交流和培训中心、海上测试平台的“两中心、一平台”海水提铀科研基地。（朱学蕊 赵琦）

中科院北京纳米能源与系统研究所等

开发摩擦纳米发电机可收集全向水波能

中国科学报 2021.5.27

本报讯（记者唐凤）近日，中科院北京纳米能源与系统研究所等机构的研究人员开发了一种用于全向水波能收集的摩擦纳米发电机。该设备可以通过共振效应实现对不同频率水波能的有效收集，并在水波测试中获得了良好的实验结果。5月26日，相关论文刊登于《焦耳》。

该论文通讯作者、中科院北京纳米能源与系统研究所研究员王杰表示，虽然电磁式发电机已经发展成为机械能收集技术的主流，但受限于价格高、体积大、低频效率低等特点，并不是大规模海浪能收集的最佳选择。具有价格低廉、重量轻和低频高效等优点的摩擦纳米发电机（TENG）被认为是进行海浪能收集最有效的技术之一。但相关研究无法实现对全向和全频的水波能的收集，而且水屏蔽效应对TENG输出性能削弱的问题需要进一步解决。

研究人员设计了一种主动共振的TENG（AR-TENG）用于全向和全频水波能的收集，

AR-TENG 可以很好适应水波方向变化。

之后，研究人员利用单摆和不倒翁结构组成了共振系统，AR-TENG 可以通过共振效应实现不同频率水波能的有效收集。凭借相关结构的高频阻尼运动，AR-TENG 在低频水波驱动下实现了高频输出，进而大幅度提高了水波能的收集效率。

此外，与前期点接触的球形 TENG 相比，AR-TENG 的输出性能提高了十几倍。而且，AR-TENG 在真实水波和模拟试验中实现了相近的输出性能。

八、氢能

贮氢合金及宽温镍氢电池问世

中国科学报 2021.5.10

本报讯 近日，中国科学院长春应用化学研究所承担的“宽温贮氢合金及动力镍氢电池生产及应用”项目获得进展。科研团队开发出宽温域型、长寿命型和高容量型 3 种新型号宽温镍氢电池用稀土贮氢合金及生产技术。

2018 年，在吉林省重点科技研发项目资助下，长春应化所科研团队开始宽温镍氢电池材料产业化关键技术攻关。经过 3 年努力，科研团队通过优化镍氢电池技术，进一步开发出宽温（-45℃~60℃）应用的多种型号宽温镍氢电池生产技术，在 -45℃ 和 60℃ 的放电容量为额定容量的 80% 以上，且该类电池在 -40℃ 下 1C 充放电循环 100 次容量保持率大于 90%。

目前，该项目已建成年产百吨级贮氢合金及年产千万 Ah 电池的规模生产线，广泛应用于电动车辆及通信电子等领域电源系统，并为大型高技术装备、极地考察设备及高寒/高热地区的能量存储提供新型电源系统，具有广阔应用前景。（沈春蕾）

《中国氢能源及燃料电池产业白皮书 2020》发布——

低碳清洁供氢体系亟待建立

中国能源报 2021.5.3

近日发布的《中国氢能源及燃料电池产业白皮书 2020》（以下简称《白皮书》）显示，截至 2020 年底，占全球 GDP 总量 52% 的 27 个国家里面，有 16 个国家已全面制订国家层面的氢能发展战略，还有 11 个国家正在制定相关战略，全球氢能产业发展势头强劲。

在“碳达峰、碳中和”目标下，我国氢能产业正迎来全新机遇，脱碳成为本轮发展的第一驱动力，建立并完善低碳清洁氢供应体系至关重要。

在难脱碳领域发挥重要作用

氢能将在我国重工业、重型交通等难以脱碳的行业中发挥重要作用。《白皮书》预测，2060 年我国氢气年需求量将从 3342 万吨增加至 1.3 亿吨左右，在终端能源体系中占比达到

20%。其中，工业领域用氢占比仍然最大，约 7794 万吨，占氢总需求量 60%；交通运输领域用氢 4051 万吨，建筑领域用氢 585 万吨，发电与电网平衡用氢 600 万吨。

“应对气候变化的脱碳已经成为大规模部署氢能的主要动力，低碳清洁氢就是实现碳中和的一个主要抓手。”中国氢能联盟专家委员会主任、同济大学教授余卓平表示，氢能可以发挥三个层面的作用，一是脱碳，实现交通、工业领域的脱碳，这是氢能能够发挥的重要作用；二是固碳，将碳捕捉与制氢相结合；三是将生物质制氢与碳捕捉相结合，可形成负碳的概念。

余卓平表示，未来，氢能第一个应用是交通部门的脱碳。到 2060 年，商用车领域中燃料电池汽车占比将达到 65%，燃料电池乘用车占比较少，大概在 15% 左右。另外未来在短途航空领域和船舶领域，燃料电池也有望得到大规模应用。

可再生能源制氢规模增长

“在未来的能源结构中，可再生能源占有重要的位置，可是由于其不稳定性、分散性等特点，存在如何与现有能源和应用统一的问题。以氢作为介质，有利于可再生能源的利用以及与现有能源系统的统一。”科技部原部长、中国科学院院士徐冠华表示。

余卓平指出，依托我国丰富的可再生能源，绿氢的潜在产能庞大，未来氢能产业在供应侧将有足够的保障。“未来 1.3 亿吨的氢气需求，其中一亿吨的氢来自可再生能源，只用掉可再生能源的 5% - 10%。”

大连化学物理研究所研究员俞红梅认为，工业制氢中 2/3 是特定目的制氢，在“碳达峰、碳中和”的目标下，指望工业发展氢是不现实的，一定要发展可再生能源的绿氢。

“据《白皮书》预测，到 2030 年，我国电解水制氢装备累计市场预计会超过 3000 亿，绿氢市场规模将达到 1 万亿。”余卓平说。

除了发展规模增长，可再生能源制氢经济性也有望大幅提高。《白皮书》预测，2030 年我国可再生能源制氢有望实现平价，预计到 2030 年，光伏与风电的新增装机发电成本预计将达到 0.2 元/千瓦时，可再生能源电解水制氢成本将低至 15 元/千克，具备与配套 CCUS 的煤制氢进行竞争的条件。

完善低碳清洁氢政策体系是关键

随着低碳清洁氢能技术的日益普及和成本降低，氢能支持政策需求也随之呈现阶段性变化，需要明确优先顺序。

“十三五”至今，全球氢能处于导入期，低碳清洁氢刚刚起步，处于技术准备期，经济性问题亟待解决。现阶段，需要通过中长期的国家氢能战略规划鼓励电解槽和 CCUS 等低碳清洁制氢技术应用，并以财政政策专项基金等方式直接推动低碳清洁氢的发展。

此前，国务院印发的《新能源汽车产业发展规划（2021 - 2035 年）》和五部门出台的《关于推动燃料电池汽车示范应用的通知》均明确鼓励发展绿氢，但多位专家学者建议，除此之外，还需要进一步支持有条件的地区通过发展低碳清洁氢气制取项目率先实现碳达峰，

并探索“制氢电价”“加氢站强制低碳清洁氢气使用比例”等需求刺激政策。

根据《白皮书》，“十四五”中期到2030年，低碳清洁制氢项目将蓬勃发展，市场加速渗透，经济性得到解决，部分应用场景将与电力或传统能源解决方案相竞争。在此期间，要充分鼓励各类市场主体扩大技术研发和项目规模，如探索“碳税”等补充政策，制定国际标准和规范。

而在2030年之后，低碳清洁制氢技术将逐步成熟并实现平价，市场规模快速增长，《白皮书》认为，此阶段不再需要直接的政策支持，而应综合评估低碳清洁氢能对碳中和以及相关行业的影响，确保资金高效流动。要大力推动低碳清洁氢气市场基础能力建设，做好不同种类氢气标准、计量、检测和认证体系，逐步构建统一开放、竞争有序的低碳清洁氢能市场体系，着力清除各类政策壁垒，提升绿色发展的可持续性。（仲蕊）

布局可再生能源制、储、运、用氢全产业链条

中国能源报 2021.5.10

本报讯《四川省氢能产业发展规划2021-2025年》提出进一步优化氢能产业链，进一步拓展应用场景，实现燃料电池汽车规模化商业应用，将四川打造成为国内国际知名的氢能产业基地、示范应用特色区域和绿氢输出基地，并将凉山州定位为“攀西氢能示范区”“绿色氢路”和“水电制氢与氢能综合利用工程”实施点。

凉山州是“水电王国”，是风电和光伏可再生能源基地，是高品质氢源的来源地，具有布局氢能产业的绝对优势。

结合实际，凉山州已经为发展氢能产业找准了“前路”，利用凉山州富余可再生能源，从燃料电池汽车示范和氢化工两个方面进行产业化培育。在雷波县布局30万吨/年氢化工项目，在西昌和德昌开通燃料电池汽车示范线，在盐源、德昌开展风光水发电制氢示范。同时，开展有机液态储氢示范工程，引入企业开展工业微电网储能供能示范，开展固态储氢研究。

下一步，凉山州将按照《四川省氢能产业发展规划2021-2025年》，布局可再生能源制氢—储氢—运氢—用氢整个全产业链条，将凉山州建设成为国家级氢能经济示范区、国内领先的碳峰值达标区，让氢能成为凉山千亿产业。（吴怵）

新型催化体系可实现高效电催化析氢

科技日报 2021.5.20

科技日报讯（记者郝晓明）科技日报记者从中国科学院大连化学物理研究所获悉，该所研究员刘健团队与大连理工大学研究员周思，联合天津大学教授梁骥团队，通过单原子催化剂改性碳载体的策略，增强载体与其上负载金属粒子间的相互作用，构筑了钴单原子催化剂掺杂碳载金属钌（Ru）纳米反应器，实现了电催化析氢反应中绿氢的高效制备，为碳载

金属纳米催化剂性能的调控提供了新思路。相关研究成果近日发表在《德国应用化学》上。

碳载体具有比表面积高、孔结构丰富、稳定性强、导电性好等优势，被广泛用于电催化领域。然而，碳载体的惰性表面导致其与负载的金属纳米粒子间的相互作用力过弱，难以有效调控金属纳米粒子的电子结构和催化活性，抑制团聚的能力也较差。

针对这些问题，研究团队提出利用单原子掺杂调节碳载体 π 共轭结构以增强其与金属纳米粒子间相互作用的策略。基于此，团队利用铁钴镍等金属单原子掺杂含氧石墨烯，并以其作为载体负载金属 Ru 纳米粒子，构筑了包含金属单原子、碳基底和 Ru 纳米粒子的复合纳米反应器。理论计算表明，金属单原子的修饰可实现含氧石墨烯表面电荷的重新分布，使单原子周边碳原子呈缺电子状态，显著增强了负载 Ru 纳米颗粒至碳载体的电子转移能力。以电催化析氢反应（HER）为模型，研究团队探究了该复合纳米反应器中金属单原子掺杂诱导的 Ru 纳米颗粒界面电荷重新排布对产氢效能的影响。

据介绍，该复合纳米反应器催化反应是目前文献报道的最高活性之一。该研究不仅开发了高性能析氢电催化剂，还揭示了金属单原子、碳载体与负载金属纳米颗粒之间的作用机制，实现了不同位点间的远程协同和催化性能优化，为基于多重活性位点的纳米反应器设计和构筑提供了新思路。

“钢银携手” 助力二氧化碳加氢制甲醇

中国科学报 2021.5.18

本报讯（记者甘晓）银催化剂已被广泛应用于光催化和电化学还原二氧化碳。然而，尚未有研究证实其对于二氧化碳选择性加氢制甲醇具备高活性。近日，天津大学化工学院教授刘昌俊课题组在 *Green Energy & Environment* 发表论文，通过密度泛函理论研究了氧化钨负载的银催化剂应用于二氧化碳加氢制甲醇的可行性，从理论上确定了反应转化途径，并用实验证明了理论预测结果，在负载银催化剂高活性、高选择性二氧化碳加氢合成甲醇实验方面取得了突破。

“碳中和”背景下，二氧化碳如何高效转化成为化学家关注的焦点。在可能的各种化学反应中，最有希望大规模应用的是二氧化碳加氢生成甲醇的反应。目前，具有高活性和高选择性的二氧化碳加氢催化剂是进一步应用的关键。

刘昌俊课题组介绍，自 2013 年起，他们与合作者通过理论计算和实验证实，含氧空位的氧化钨及其负载的钨、铂、金、镍、铈、铈等金属催化剂，对二氧化碳加氢生成甲醇具备很高的甲醇选择性和较高的活性，氧化钨负载金属催化剂 also 具有很好的稳定性。氧化钨负载银催化剂应用于非均相二氧化碳加氢制甲醇反应则尚未有研究工作报道。

此次，刘昌俊课题组将氧化钨的“合作者”聚焦在金属银催化剂上，试图通过银与氧化钨的结合调变，使得到的银/氧化钨催化剂成为二氧化碳加氢合成甲醇高活性催化剂。

研究人员首先通过密度泛函理论计算，分析了银与含氧空位氧化钨表面之间的相互作

用。计算结果发现，二者之间的“界面位点”能够很好地活化二氧化碳分子，使其更容易在该位点发生加氢反应。对比结果显示，银的加入提升了二氧化碳加氢生成甲醇的能力，明显降低了其转化的表观活化能。而且，银/氧化铜催化剂具备更好的催化稳定性，相比氧化铜催化剂，反应 10 小时后，活性保持率为 90.5%，而后者仅为 80.4%。

此外，表征实验也证实，银的加入能够促进表面氧空位的生成，从而增多了氧空位位点的数量，促进了二氧化碳的吸附与解离过程。

研究人员表示，希望这项工作为高选择性氧化铜基催化剂的理性设计提供指导。

发展固态储氢材料让氢能利用叫好又叫座

科技日报 2021.5.26

固态储氢相对于高压气态和液态储氢，具有体积储氢密度高、工作压力低、安全性能好等优势。固态储氢是未来高密度储存和氢能安全利用的发展方向。

——周少雄 江苏省产业技术研究院集萃先进能源材料与应用技术研究所所长

装上 2 个小巧的氢气罐，电动自行车就可以行驶 120 公里；氢气用完也无须担心，街头巷尾的便利店就能购买更换；氢气罐即使破损也没有危险，罐子里倒出来的全是合金粉末……

这可不是什么科幻片里的场景，而是江苏某企业在 2021 第二届中国北方国际自行车电动车展览上，展示的两款采用氢能源作为发电系统的样车。

近几年来，以固态储氢为能源供应的大巴车、卡车、冷藏车、备用电源等在我国相继问世。虽然只是试验示范项目，但还是在氢能源圈内引发了极大的关注。

固态储氢改变氢气高密度储存和安全应用两个难题，究竟是如何实现的？氢气的储运难题一旦获得解决，氢能源将在哪些领域发挥作用？带着这些问题，科技日报记者 5 月 22 日采访了江苏省产业技术研究院集萃先进能源材料与应用技术研究所所长周少雄博士。

存储和运输问题影响了氢能利用

化学元素氢（H），在元素周期表中位列第一，是所有原子中最小的。

但这个无色无味的“小家伙”却是宇宙中最常见的元素，氢及其同位素占到了太阳总质量的 84%，宇宙质量的 75% 都是氢。

“我们现在还生活在碳时代，但是在未来，氢能将是举足轻重的能源。”周少雄告诉记者，氢资源丰富，可以由水制取，氢供给燃料电池的产物还是水，不仅是世界上最干净的能源，还能实现能源物质循环利用、可持续发展。

当前，我国正面临着能源安全和碳排放两大挑战，在碳中和、碳达峰的目标下，必须调整当前过度依赖化石能源的能源结构，而将氢能纳入整个能源体系中，有助于改善我国的高碳能源结构，保障能源安全。

但是，从人类认识到氢气可以燃烧至今，已经过去 200 多年，氢能的高效利用仍然进展

缓慢。

“氢能的利用，涉及制氢、储运、应用3个环节，其中高密度安全储运氢是主要的瓶颈问题。”周少雄说，氢在通常条件下以气态形式存在，且易燃、易爆、易扩散，这就给氢的储存和运输带来了很大的困难。

目前，氢气的储运主要分为气态、液态和固态3种方式。

气态储氢较为常见，可分为低压和高压两种。过去，街头巷尾卖气球的小贩，会载着一个大钢瓶，这就是低压储氢罐。而高压气态储氢最高气压可达70兆帕，目前我国常见的高压储氢气压也达到35兆帕，这就对压力容器提出了极高要求，目前高压储氢罐采用碳纤维制造，成本极高且要消耗较大的能源进行压缩。

氢气在一定的低温下，会以液态形式存在。因此，可以将氢气压缩、冷却实现液态储存。常温、常压下液氢的密度为气态氢的845倍，但低温液态储氢不经济。氢气液化要消耗较大的冷却能量，而且必须使用超低温用的特殊容器，目前仅在储存空间有限的场合使用，如火箭发动机等。

与化石能源或电力等其他非化石能源相比，氢能由于尚未很好地解决储运问题，所以一直处在叫好不叫座的尴尬境地。因此，开发新型高效的储氢材料、安全的储氢技术对氢能的开发利用至关重要。

含镁固态储氢系统成本接近锂电池

“固态储氢相对于高压气态和液态储氢，具有体积储氢密度高、工作压力低、安全性能好等优势。”周少雄介绍，固态储氢是未来高密度储存和安全氢能利用的发展方向。

固态储存需要用到储氢材料，目前技术较为成熟的储氢材料主要是金属合金。

储氢合金一般由两部分组成，一部分为吸氢元素或与氢有很强亲和力的元素，它控制着储氢量的多少，是组成储氢合金的关键元素，主要包括钛、镁等；另一部分是吸氢量小或根本不吸氢的元素，常见的有铁、镍等。

这些合金材料与氢气在低温的条件下发生化学反应，氢气在其表面分解为氢原子。合金材料内部有大量细微的晶格，氢原子扩散进入到晶格内部空隙中，形成金属氢化物。

想要把氢原子“释放”出来也很简单，只需施加一定热量，储氢材料就可以析出氢气。

周少雄告诉记者，目前他们开发的低温固态储氢材料可以存储其体积上百倍的氢气，因而其储氢密度比液氢还高。这些合金材料性能非常稳定，不会燃烧爆炸，可逆性好，重复使用不低于5000次。

“以我们开发的一种新型储氢材料为例，主要成分是镁和稀土元素镧、铈等，在炉中熔化冶炼，冷却成型，再破碎成粉末就可以了。”周少雄说，镁是自然界普遍存在的一种元素，镧、铈在稀土元素中储量丰富，因此综合成本已逼近锂电池。

近年来，世界各国在固态储氢应用和新型储氢材料的研发上取得了诸多进展，成熟的储氢材料已在热电联供、储能、车载燃料电池氢源系统等多个领域得到应用，德国一家公司甚

至将固态储氢系统用于燃料电池潜艇中。

据周少雄介绍，他们最新研制的含镁储氢材料，储存容量可达每立方米 110 千克，远超美国能源局提出的储氢“终极目标”，但是制约其应用的是放氢温度过高，需要达到 250℃ 以上。目前，科学家正通过各种方法来调控其热力学、动力学和循环寿命性能，希望可以早日实现商用。

氢气变身“固态油箱”或改变未来能源格局

日本丰田、韩国现代等企业投入巨资、耗时数十年研发氢能源汽车，但受制于加氢站建设的瓶颈，市场推广并不顺利。

“由于氢能储运问题没有解决，燃料电池成本较高，所以氢能源汽车还处在政府补贴、示范运行的阶段。”周少雄说，当固态储氢材料得到发展后，氢能利用将会有极大地改变。

比如，将固态储氢装置与燃料电池一体化集成，可充分利用燃料电池余热，吸热放氢，降低系统热能消耗，使得整个燃料电池动力系统的能源效率得以提高。

“目前，我们已建成国内唯一一条年产 800 吨储氢材料的生产线，并与九号公司、永安行等企业开展合作，推出固态储氢动力系统的摩托车、电动自行车等。”周少雄告诉记者，低温固态储氢材料技术成熟，成本可控，整套装置全部实现国产化，无需政府补贴也可以实现商业化应用。

周少雄介绍，他们开发的以固态储氢为氢源的百瓦级氢燃料电池发电系统，只需 55 克氢气就能驱动自行车行驶 80 公里，而这 55 克氢气就储存在一个普通矿泉水瓶大小的罐子里，储氢压力仅相当于普通气球。

周少雄大胆预言：“固态储氢罐可以做成像干电池一样的产品，未来可在便利店或超市随处购买，也可以将使用完的氢能源空瓶放置存储箱，由快递员每日更换。”

未来，解决了储运难题，氢能的应用不仅是备受关注的燃料电池汽车，还包括氢能发电、工业应用及建筑应用等，不仅可以作为建筑热电联供电源、微网的可靠电源与移动基站的备用电源，还能够与数字化技术结合，让以固态储氢为氢源的氢燃料电池动力系统在无人驾驶、军用单兵、深海装备等诸多领域发挥重要作用。（张 晔）

九、风能

马兴瑞出席全省海上风电建设工作推进会

全力推动“十四五”时期海上风电实现更大发展

南方日报 2021.5.1

南方日报讯（记者/吴哲 李凤祥 通讯员/符信）4 月 30 日，全省海上风电建设工作推进会在广州召开，认真学习贯彻习近平总书记关于能源安全的重要论述精神，落实党中央、国务院关于碳达峰、碳中和有关决策部署，结合国家和省“十四五”规划纲要，研究部署加

快推进我省海上风电建设工作。省长马兴瑞出席会议并讲话。

会上，省发展改革委、中国能建广东省电力设计研究院介绍了全省海上风电规划和建设情况，省能源集团、中广核集团、三峡集团、明阳集团、南方电网公司等企业和有关地市、单位负责人作交流发言。

马兴瑞指出，大力发展海上风电，是省委、省政府深入贯彻落实习近平总书记提出的“四个革命、一个合作”能源安全新战略，推动实现碳达峰、碳中和的重要举措。广东是能源消费大省，海洋资源丰富，海上风电发展潜力巨大。要科学认识把握我省海上风电发展面临的新形势新任务，增强责任担当，坚定不移全力加快海上风电建设，突出系统性、整体性，进一步优化能源结构，实现能源高质量发展。

马兴瑞强调，“十四五”时期我省能源消费总量将继续保持稳步增长态势，规模化开发利用海上风电是我省新增电源的重要抓手。全省各地、各部门要加强科学谋划、前瞻布局，全力推动“十四五”时期我省海上风电实现更大发展。要全力推进在建项目建设，坚持问题导向，强化统筹协调，确保年底前尽可能多项目全容量投产并网。要抓紧制定出台省里过渡期项目的支持政策，确保项目如期建成。要抓紧研究编制我省能源发展“十四五”专项规划，合理安排开发节奏，创新技术路线和开发模式，科学指导全省海上风电等新能源建设。要积极争取国家支持，高水平建设世界级海上风电基地，加快打造全产业链生态。要更好统筹发展和安全，认真做好安全影响评估论证工作，确保海上风电安全有序开发。要进一步优化省市海上风电开发管理权责关系、军地沟通对接机制、海上风电开发主体格局，推动各方面工作机制更加完善、更加有效，为我省海上风电长远发展创造良好环境。

省领导林克庆、许瑞生，国家能源局总经济师郭智，自然资源部南海局、南部战区、东部战区有关负责同志参加会议。

沿海省份“十四五”规划悉数出台，山东、广西、海南等省份积极入局

海上风电开启“加速跑”

中国能源报 2021.5.17

近日，南方电网公司发布服务海南“碳达峰、碳中和”工作方案，提出在“‘十四五’时期，推动实现海南光伏、海上风电等新增装机520万千瓦，清洁能源装机占比由2020年的67%提升至80%以上，清洁能源发电量占比由2020年的50%提升至70%以上”。海南曾经是海上风电的活跃省份之一，但已于2017年全面叫停，至今尚未有项目投产，此次重启瞬间引发热议。

实际上，今年以来，不仅是一些在业内领跑的省份加码布局海上风电，也有一批新入局者势头强劲。据记者不完全统计，截至今年5月，包括浙江、江苏、广东、广西等多个沿海省份均陆续发布了“十四五”期间海上风电相关规划目标，新增装机预期已超过25吉瓦，我国海上风电市场规模预计将实现快速增长。

迎来“新入局者”

据记者了解，海南作为国家低碳试点省、国家生态文明试验区，对于应对气候变化这一议题始终颇为积极。在今年“两会”期间，全国政协港澳台侨委员会副主任于迅就曾建议高质量建设海南“碳中和岛”。有测算显示，海南70米高度平均风速达6.0-7.5米/秒，是我国海上风资源最好的地区之一，但截至目前，该省尚未有海上风电项目并网，业内分析认为，在“碳达峰、碳中和”目标的推进下，其海上风电装机很可能迎来突破，成为我国海上风电装机的新“增长点”。

山东、广西也是“新入局者”。2020年9月，广西壮族自治区人民政府办公厅发布《广西加快发展向海经济推动海洋强区建设三年行动计划（2020—2022年）》称，将“规模化、集约化、可持续开发海上风电资源”，培育海上风电产业，到2022年，初步构建海上风电装备产业园，力争年产风电装备装机容量100万千瓦以上，初步建成海上风电装机容量50万千瓦以上。

5月9日，火电占比高达93%的能源大省山东，在海上风电领域也实现“零的突破”，华能山东半岛南4号海上风电项目顺利完成山东省首台海上风机吊装。业内分析认为，山东省海岸线相对较长，海上风电资源条件优异，海上清洁能源的利用有助于该省持续推动能源转型。

强省持续发力

“后来者”势头强劲，“老牌”海上风电大省更是磨砺以须。

我国海上风电装机量首屈一指的江苏，在今年初发布的《江苏省“十四五”海上风电规划环境影响报告书》称，在“十四五”期间，规划的海上风电场址共计约42个，规划装机容量1212万千瓦，规划总面积约1780平方公里。据了解，这一计划装机容量远超《江苏省“十四五”可再生能源发展专项规划（征求意见稿）》中提出的“新增约800万千瓦”的目标。

3月，福建在其《国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》中提出，将重点建设福长乐外海、平海湾、漳浦六鳌等海上风电项目以及深远海海上风电基地示范工程。2月，浙江省能源局则在《浙江省能源发展“十四五”规划（征求意见稿）》中指出，将打造“近海及深远海海上风电应用基地+海洋能+陆上产业基地发展新模式”，到2025年力争全省风电装机容量达到630万千瓦，其中海上风电装机容量达500万千瓦。广东省发布的《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》显示，该省计划打造粤东千万千瓦级基地，拟在省管海域风电项目建成投产装机容量超800万千瓦，促进海上风电实现平价上网。

不仅装机容量预期乐观，多省份也在其规划文件中指出，将大力推动海上风电产业链升级，近海深水区海上风电柔直送出、漂浮式海上风电、海洋波浪能、大容量海上风电机组、海上风电制氢等重点技术研发也列入规划之中。

长期盈利挑战大

多家市场研究机构普遍看好我国海上风电前景。行业分析机构伍德麦肯兹在3月发布的一份报告中指出，未来十年，中国海上风电市场将实现快速发展，有望成为全球最大的海上风电市场，2020-2030年间，我国海上风电新增装机将达到73吉瓦，在当前基础上翻8倍以上。

尽管海上风电行业发展如火如荼，多位业内人士也向记者表示，我国海上风电市场相对“年轻”，未来发展仍面临着诸多挑战。

2019年我国海上风电度电成本降至0.77元/千瓦时，但因受近两年“抢装期”影响，海上风电产业链产能受波及，多位行业内人士向记者透露，目前海上风电成本不降反升、海上风电安装船的短缺等因素，或将导致海上风电安装进度不及预期，部分已核准项目甚至面临难以竣工的困境。

与此同时，业内人士也提醒称，海上风电场的长期运营维护、实现全生命周期的盈利，也是各大开发商亟需关注的重要议题。有分析认为，尽管海上风电行业热情高涨，但随着海上风电国家补贴的退出，开发商正面临着较大的运营挑战，如何保障项目长期盈利将是开发海上风电项目的焦点所在。（李丽旻）

不到1年时间内，鼓励“风光水火储一体化”和“源网荷储一体化”项目开发建设的政策密集出台，时效覆盖整个“十四五”期间

“两个一体化”项目矗立风口

中国能源报 2021.5.24

今年4月，国家能源局向各省市印发《关于报送“十四五”电力源网荷储一体化和多能互补工作方案的通知（以下简称“《通知》”）》，要求各地在5月30日前报送方案。

截至记者发稿前，已有内蒙古、陕西、安徽、辽宁、河南、甘肃、新疆、河北等八个省区相继发文启动报送工作，鼓励“风光水火储一体化”和“源网荷储一体化”（以下简称“两个一体化”）项目的开发建设。同时，各大能源企业“光储、风光储、风光水火储”等一体化项目业务布局也一再提速。

地方获得更多自主选择权

在《通知》发布前，国家发展和改革委员会、国家能源局就曾于2020年8月联合发布《关于开展“风光水火储一体化”“源网荷储一体化”的指导意见（征求意见稿）》（以下简称《征求意见稿》），向社会公开征求意见。今年2月，国家发展和改革委员会、国家能源局又联合发布《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见（以下简称《指导意见》）》。

记者梳理发现，《指导意见》将《征求意见稿》中的“风光火储、风光水储”改为了“风光火（储）、风光水（储）”，这意味着储能从“必选项”变为了“可选项”。

“可以看出国家希望把更多的选择权交给地方，并不强调具体多种能源的组合形式。”中国新能源电力投融资联盟秘书长彭澎在接受记者采访时表示，“过分强调储能会影响一体化基地的经济性。”

另外，《指导意见》不再对弃电率进行政策性要求，更多地将决定权交给一体化项目的投资者，实现经济可承受范围内的自主决策；同时，强调“主动消纳”——从“要我调”转变为“我要调”。

“应该在项目经济性的合理范围之内来考虑消纳的成本。如果全额消纳的成本很高，更要在消纳和发展之间找好平衡点。”多位业内人士表示，早期强调百分之百消纳只会增加成本，并不利于“两个一体化”项目的长远发展。

对于近期具备争议的“新能源电站要求配置储能”的话题，主要原因在于市场机制不完善，从而导致了新能源配储的盈利模式缺失。《指导意见》中提出，“国家能源局派出机构负责牵头建立所在区域的源网荷储一体化和多能互补项目协调运营和利益共享机制”，能否解决储能盈利问题？

“我认为这并没有解决核心问题。当前，储能完全作为成本存在，能否盈利还得看未来在电价中的安排。现在，国家能源局明确了抽水蓄能可以由输配电价来传导，但是并不放在输配电价的成本审核中。未来，储能大概率也会走这条道路。”彭澎说。

西部火电大省更具优势

源网荷储一体化和多能互补发展是电力行业坚持系统观念的内在要求，是实现电力系统高质量发展的客观需要，是提升可再生能源开发消纳水平和非化石能源消费比重的必然选择，对于促进我国能源转型和经济社会发展具有重要意义。

《通知》显示，要统筹优化各类电力要素资源，原则上不占用系统调峰能力。因此在已启动报送工作的省份中，内蒙古等多个省明确要求上报的源网荷储一体化项目、多能互补项目原则上不得占用大电网公共调峰资源。

上述要求意味着，企业在项目设计之初，就必须充分考虑项目完工后是否具有独立运行能力，对投资企业的实力提出了挑战。彭澎指出：“这对项目的技术实力、协调资源能力提出了更高要求，真正能够组织建设这些项目的肯定是大企业。或许，最后批下来的项目不会很多。”

在众多已公布申报文件的省份中，哪些省份将在“风光水火储一体化”和“源网荷储一体化”的发展方面具备优势呢？“我现在比较看好位于西部的火电大省。因为这些火电大省在转型方面有基础的发电负荷，反而会具备优势。”彭澎表示，因为过去没有碳减排压力，所以火电盈利性更好，大家也对火电更加青睐，未来伴随碳市场成本等方面的变化，很多省份的发展模式也会逐步发生转变。

国有企业是投资主力

据了解，从年初至今，已经有多家企业与地方政府签署“风光储、风光水火储”等一

体化项目。从投资地点来说，土地资源、光照资源更为充足的“三北”地区深受企业喜爱。

在诸多企业中，中国能建布局较早，在 2020 年 11 月就与广西贵港市覃塘区人民政府签署“中电工程广西覃塘区 2000 兆瓦风光储一体化项目”投资开发框架协议。中国能建表示，将加大综合能源、新能源、储能、氢能等新业务发展力度，积极探索“风光水火储一体化”“源网荷储一体化”实施路径。

记者梳理发现，除“风光储、风光水火储”等一体化项目之外，还有一些企业提出了“风光储氢、风光热储、风光储冶、风光储+设施农业”等新兴产业应用类拓展项目。

“伴随着消纳空间逐步缩小，未来必须要向新的领域拓展，这也是最近储氢、储热如此火热的原因。”彭澎指出，“新的应用拓展模式当前讨论居多，主要原因在于风电、光电的度电成本还需进一步下降。相信未来慢慢会有更新型的商业模式出现。但是，这个周期大概也要两年以上。比如，配合氢能至少也得三四年之后才会实现，其整体经济性才能够在市场上具备一定的竞争力。”

另外，记者发现，华能集团、中国能建、大唐集团、三峡集团等能源央企是一体化项目投资的重要支撑，民营企业投资较少。日前，国家发展和改革委员会政研室主任、新闻发言人金贤东在新闻发布会上指出：“支持民营企业以需求为导向，积极投资建设集中式或分布式新能源、大容量储能设施，开展‘风光水火储一体化’‘源网荷储一体化’示范项目建设，通过规模化商用推动关键技术性能大幅提升、成本显著下降，为实现碳达峰碳中和发挥重要作用。”（姚美娇）

国际能源署预测到 2050 年全球海上风电每年将增加 70 吉瓦

中国自然资源报 2021.5.28

【荷兰海上风能网 5 月 18 日消息】5 月 18 日，国际能源署发布的《净零排放 2050——全球能源行业路线图》报告。报告显示，到 2050 年全球近 90% 的电力来自可再生能源，其中太阳能光伏和风能合计占近 70%。报告呼吁要在十年内迅速扩大太阳和风能的规模，到 2030 年每年增加 390 吉瓦的风能装机总量，其中每年新安装的海上风电装机容量约为 80 吉瓦。国际能源署预测，到 2050 年全球每年将增加 350 吉瓦的风能，其中 70 吉瓦的风能将安装在海上。

浙江最大海上风电场群并网运行

中国能源报 2021.5.24

本报讯 5 月 16 日，位于浙江舟山北部海域的岱山 4 号海上风电并网接入工程顺利投运。这标志着浙江省最大海上风电场群正式并网运行。海风“送来”的绿色能源通过大电网消纳，源源不断地输送至舟山鱼山岛，为其增添清洁低碳用能保障。

舟山具有丰富的风电资源。至 2020 年底，舟山拥有普陀风电场、岱山风电场两座海上

风电场以及长白风电、岑港风电、金塘风电、大衢风电和东绿华风电 5 座地调集中式风电场，已经并网运行的总装机容量达到 65.4 万千瓦，发电规模达浙江全省风电的 30% 左右。

新能源正逐渐成为舟山地区能源供应的重要组成部分。根据测算，海上风电较陆上风电更高效，年发电量要高出 20% - 40%，效益更高。舟山北部海域的中广核风电浙江岱山 4 号以及嵎泗 5 号、6 号海上风电场是浙江省最大的海上风电场群。

岱山 4 号海上风电场共设 54 台风力发电机组，包括 36 台 4.5 兆瓦和 18 台 4 兆瓦机组，总装机规模为 234 兆瓦，每年上网电量可达 6.18 亿千瓦时，与同等规模的火电相比，每年可节约标煤 17 万吨、减少各类有害气体排放约 47 万吨，该电量将全部用于舟山绿色石化基地，增加其供能含“绿”量。（姚美娇）

十、核能

中俄核能合作：构建人类命运共同体的生动赞歌

科技日报 2021.5.20

5 月 19 日，国家主席习近平在北京通过视频连线，同俄罗斯总统普京共同见证两国核能合作项目——田湾核电站和徐大堡核电站开工仪式。

当天开工的田湾核电站 7 号、8 号机组和徐大堡核电站 3 号、4 号机组是 2018 年 6 月两国元首见证签署的双方核能领域一揽子合作协议中的重要项目，是迄今为止中俄核能合作最大的项目，是中核核能合作又一重大标志性成果。

核能合作是中俄合作的重要内容。特别是党的十八大以来，在习近平主席和俄罗斯总统普京的共同战略引领下，中俄核能合作不断迈向新的高度。

中核集团党组书记、董事长余剑锋表示，多年来，在中俄国家元首战略引领和政府间合作机制指导下，中俄双方核能企业坚持以项目合作为牵引，以技术交流为纽带，在核电、核燃料、核技术应用、人才交流培训等领域开展了广泛合作，建成了一系列重大标志性工程，谱写了构建人类命运共同体的生动赞歌。

一期工程奠定坚实基础

翻开中俄核能合作的历史画卷，位于我国江苏连云港的田湾核电站，是最亮眼的明珠。

2017 年 7 月 3 日，国家主席习近平在对俄罗斯进行国事访问，接受俄罗斯主流媒体采访时，赞誉“田湾核电站是中俄核能合作的典范项目。”俄罗斯总统普京在接受媒体采访时也表示，田湾核电站拥有非常好的口碑。

二十多年前，田湾只是鲜有人问津的小渔村。二十多年后，这里已经建成为大型核电基地，5 台机组在运，3 台机组在建。

1999 年 10 月 20 日，在隆重的礼炮声中，中俄“九五”期间最大的经济技术合作项目——田湾核电站一期工程正式开工。

田湾核电站一期工程是中俄两国在核电领域的首次合作，首次应用了多项国际先进技

术。没有完整意义上的参考电站，当时又恰逢俄罗斯核工业处于历史低谷期，工程建设过程中，不可避免地出现了很多困难和挑战——设计图纸变更频繁、设备材料供应滞后，现场调试开始后，一些新问题、新挑战又不断出现。

“心情就像过山车，好不容易解决了一个大的问题又出现了另外一个问题。”这是很多亲历者的回忆。

那是一段艰难的日子。面对挑战，中俄各参建单位始终坚持“安全第一，质量第一”，坚定信心、携手合作、奋勇拼搏，攻克了一道又一道难关，确保了工程质量，为机组后续安全运行奠定了坚实的基础。

2007年5月17日，田湾核电站1号机组正式投入商业运行。同年8月16日，田湾核电站2号机组投入商业运行，标志着田湾核电站一期工程全面投入商业运行。

机制创新：促设备国产化率提升

田湾核电二期工程包括3号、4号机组，是中俄两国继续深化核能领域合作的又一重大项目，也是福岛事故后我国核准获批开工的首个核电项目。

3号、4号机组采用“翻版加改进”的原则进行设计建造，参考的是已投入商用的1号、2号机组。

全程参与了二期工程建设的江苏核电党委书记、董事长刘兆华指出，田湾二期工程在一期工程基础上开展了一系列重要先进设计和大量自主化优化，“基于一期两台机组10余年运维经验，在与俄方充分技术沟通的基础上，我们做了433项设计改进，其中重大设计改进21项。”

打个形象的比喻，一期是俄方的主导工程，主要由俄方完成，二期工程更注重让我国产设备“唱戏”。

在1号、2号机组建设中，俄方明确要求，穹顶钢衬里需采用俄罗斯钢材。

3号、4号机组建设伊始，业主方调研国内几大钢铁厂，对俄罗斯钢材和我国国产钢材的化学成分、力学性能等多项指标进行对比，并与俄方专家进行了大量沟通和研究，各项性能指标数据获得俄方认可，3号、4号机组核岛安全壳钢衬里采用国产钢材。

安全壳钢衬里材料国产化，不仅降低了采购成本，缩短了采购周期，还有助于我国提升钢铁企业国际竞争力，对实施我国核电“走出去”战略、保障我国核设施长期有效运行意义重大。

在田湾核电站，这样的创新故事还有很多。

“我们发挥的是技术桥梁作用，帮助国内厂家在俄标准体系和厂家规范间找到结合点，向俄专家证明我国产品能够满足其提出的供货要求，甚至有的指标高于他的要求。”相关人士表示，在这过程中，业主和厂家创新合作机制，形成合力，有效预测项目风险。

管理创新：促核电产业本地化、自主化

设计的目标日期与施工进度轨迹基本重合，这是不少人打开二期工程3号机组工程进展

表后发出的惊叹，项目管理人员似乎从图纸上已经精确预料到未来几年的工程进展。这在以往核电站建设中并不多见。

为什么能把工期掐得这么准，相关人士说，这是因为新时期“田湾精神”中有一条显著的特质，就是“谋定而动、赢在执行”。

二期工程参与方众多，作为业主的江苏核电有限公司重点通过管理创新确保项目建设工程进度，这当中首推“负接口”管理。这一管理创新，就像一场接力比赛，上一棒选手启动时，下一棒乃至下下一棒选手已做起了热身运动，这样一来，每项工作的衔接时间得到大大节省。

1997年—1999年田湾核电站建厂的“元勋”，如今已成为管理流程中的管理者。作为曾经的“老田湾人”，中核集团辽宁核电党委书记、董事长王秀启说，要把四台机组建设好，为深化中俄合作和碳达峰、碳中和战略目标作出新贡献。（陈瑜）

“华龙一号”海外首堆投入商业运行

中国自主三代核电“走出去”第一站顺利建成

中国环境报 2021.5.31

中巴建交70周年之际，核能合作再结硕果。当地时间5月20日，“华龙一号”海外首堆工程——巴基斯坦卡拉奇核电2号（K-2）机组完成100小时连续稳定运行验收，各项性能指标达标，经过69个月建设，目前建造、安装、调试各项工作圆满完成，正式进入商业运行。这标志着中国自主三代核电“走出去”第一站顺利建成。

“华龙一号”海外示范工程——卡拉奇核电2号、3号（K-2、K-3）机组的顺利建设，是我国核工业实现科技自立自强的重大创新成果，是构建我国核工业国内国际双循环新发展格局的重大进展，是中巴两国巩固深化全天候战略合作伙伴关系的重要成果，是中巴核科技工作者推动构建人类命运共同体和推动“一带一路”倡议走深走实的坚实行动。

K-2、K-3机组，采用我国自主研发的具有完全自主知识产权的三代核电技术“华龙一号”堆型，每台机组有6万余台（套）设备，直接带动装备出口超过120亿元。项目全寿期可持续带动我国核燃料、核电站建设、运维、退役全产业链“走出去”，直接创造经济收入将超过1000亿人民币。

卡拉奇核电2号、3号（K-2、K-3）机组是中巴两国规模最大的在建合作项目。中核集团发挥中国核科技工业主体优势和全产业链能力，实现了设计创新、装备制造创新、建造技术创新，安全高效推进土建、安装、调试各项工作，保障了项目各大节点的顺利实现。据了解，K-2机组于2015年8月20日开工建设，2021年3月完成首次并网；K-3机组于2016年5月开工，预计2022年初投入商业运行。

每台机组建成后预计年发电量约90亿千瓦时，能够满足巴基斯坦当地超过400万户家庭全年用电需求，相当于每年减少标准煤312万吨，减少二氧化碳排放816万吨，相当于植

树造林 7000 多万棵，对优化巴基斯坦能源结构、推动实现全球碳达峰碳中和目标和共同应对全球气候危机具有重要意义。项目的建设带动了巴基斯坦经济和相关产业发展，巴基斯坦当地供货设备大幅增加，项目建设高峰期为巴方直接提供了一万余个就业岗位，通过产业链间接创造了就业岗位超过 4 万个，对促进巴基斯坦当地民生、经济发展等起到重要作用。

核能合作是中巴两国高度政治互信的体现，巴基斯坦是中国自主三代核电技术“华龙一号”落户海外的第一站，也是历史上中国核电项目出口海外的第一站。1991 年底，中国大陆第一座 30 万千瓦核电站秦山核电站并网发电；16 天后，中巴两国在北京签订合作建设巴基斯坦恰希玛核电站的协议，中国从此跨入核电站出口国行列。截至目前，中巴两国共同合作建设了 4 台 30 万千瓦核电机组恰希玛 1-4 号机组和 2 台百万千瓦机组卡拉奇 2、3 号机组。时至今日，巴基斯坦日益成为中国“一带一路”倡议和核电“走出去”战略的重要合作伙伴，巴基斯坦核电项目的成功经验也让“华龙一号”走得更稳、更为海外市场所认可。K-2 机组成功投入商业运行将有力促进中巴后续核能项目合作，为后续项目落地实施提供良好基础，将进一步增强“华龙一号”在“一带一路”沿线国家的影响力和竞争力。

“华龙一号”是在我国三十余年核电科研、设计、建设、运行和管理经验的基础上，研发设计的具有完全自主知识产权的三代压水堆核电创新成果。其设计寿命为 60 年，采用 177 堆芯设计，应用中核集团自主研发的 CF 系列核燃料组件，实行 18 个月换料，还创新性采用了“能动和非能动”相结合的安全系统，在安全性上满足国际最高安全标准要求。

作为我国核电走向世界的国家名片，“华龙一号”是当前核电市场上接受度最高的三代核电机型之一，是我国核电创新发展的重大标志性成果，对我国实现由核电大国向核电强国的跨越具有重要意义。目前，海内外共有 8 台采用“华龙一号”技术的核电机组在建在运，建设运行安全和质量处于良好受控状态。（孙浩）

我国铀资源保障能力稳步提升

中国能源报 2021.5.24

从核能产业发展前景、铀资源现状和长远供需看，我国铀资源供应缺口依然存在，需通过夯实国内资源保障基础、提升境外资源掌控能力、健全完善储备体系建设、加快核心技术突破、加强行业协同等多种途径，进一步提升铀资源保障能力。

本报讯（记者朱学蕊）报道：记者 5 月 15 日从中国矿业联合会主办、中国铀业有限公司（以下简称“中国铀业”）承办的首届“中国铀资源战略论坛”上了解到，我国目前已构筑了完整的天然铀产业体系，但从核能产业发展前景、铀资源现状和长远供需看，铀资源供应缺口依然存在。对此，核能及地矿行业的专家呼吁，要通过夯实国内资源保障基础、提升境外资源掌控能力、健全完善储备体系建设、加快核心技术突破、加强行业协同等多种途径，进一步提升我国铀资源保障能力。

作为核工业发展的物质基础和无可替代的国家紧缺战略资源，天然铀的重要性不言而喻，伴随我国核能产业的可持续发展和天然铀需求的增长，铀资源保障能力提升正迫在眉睫。

中核集团副总经理刘敬介绍，近年来，我国落实了多个万吨至十万吨级铀矿资源勘查基地，建成并在建多个千吨级铀矿基地；海外资源开发方面，成功收购全球第四大铀矿——纳米比亚罗辛矿，建成全球规模最大露天铀矿——纳米比亚湖山铀矿。另外，产品战略储备基本建立，初步形成了天然铀国家战略储备体系。而且，建立了“天-空-地-深”铀矿勘查技术体系，突破了二氧化碳+氧气浸出工艺为标志的第三代采铀技术并规模化应用。

“核能是人类应对气候变化的重要能源选择，也是实现碳达峰、碳中和目标的重要选项，而铀资源作为核工业的粮食，面临全新的机遇和挑战。”中国铀业董事长陈军利说。

业内专家预测，我国要实现碳达峰、碳中和目标，2030年、2040年核电装机预计将达到1亿千瓦、2亿千瓦，2060年核电装机预计在2040年基础上翻倍，达到4—5亿千瓦。按全国2060年用电量20万亿度计，核电发电量将占全国发电量的近15%—18%，铀资源消耗量和天然铀需求也将相应增长。

中国铀业总经理王成认为，从“产购运用”四个维度看，我国核电发展所需的天然铀供应是安全稳定的，已经形成了国内、海外铀矿生产基地建设，同时国内具备二次铀资源供应能力。

基于为实现双目标提供可持续发展的支撑能力，确保我国铀资源安全稳定供应，王成建议，我国应加快构建新时代“产贸储运”四位一体的天然铀保障体系，形成国内、国外生产，构建多途径、多方式供应模式；锁定天然供应商，建立天然铀联盟，实现长期稳定的贸易渠道；加大储备，构建国家、企业两级储备体系；构建国际海运体系，扩大天然铀国际海运船公司供应商可选范围，进一步稳定天然铀远洋运输通道。

陈军利表示，中国铀业愿同行业内企业、高校一道，加速推进铀资源绿色勘查技术、铀矿山地下水及地表修复技术、尾渣综合利用技术及铀矿山退役治理等绿色环保技术的发展，为实现铀资源安全、绿色开采，实现减碳目标作出贡献。

中国“人造太阳”创造新纪录

参考消息 2021.5.31

【香港《南华早报》网站5月29日报道】题：中国“人造太阳”在聚变能任务中实现新的里程〔记者克丽斯廷·黄（音）〕

国家媒体报道称，中国在探索聚变反应堆的过程中又达到了一个里程碑，它的一个“人造太阳”维持极端温度的时间是原纪录的数倍。

新华社报道说，28日，中国东部城市合肥一处研究设施内的全超导托卡马克核聚变实验装置（EAST）成功实现可重复的1.2亿摄氏度101秒等离子体运行。该报道说，它还成

功实现了 1.6 亿摄氏度 20 秒等离子体运行。

此前，EAST 实现过 1 亿摄氏度 20 秒的纪录。本次实验意味着，中国科学家使极端高温的持续时间达到原来的 5 倍。

这些设施是中国聚变反应堆探索工作的一部分，它们给中国带来了无限清洁能源的希望。但是，现在还有很多挑战有待克服。对世界科学家来说，这是一个已经持续数十年的探索之旅。

美国、欧洲、俄罗斯和韩国也在进行类似努力。中国也是参与位于法国的国际热核聚变实验反应堆（ITER）计划的 30 多个国家之一。

这些设施被称为“人造太阳”，因为它们旨在复制为太阳提供动力的核聚变反应。在该反应过程中，会释放出大量能量。要在地球上做到这一点，科学家需要实现极端高温，并让它维持较长时间。

尽管取得了进展，要把聚变反应堆变成现实，还有很长的路要走。

中国科学院等离子体物理研究所所长宋云涛说，这些最新成果是中国物理学和工程学领域的重大成就。

有报道援引宋云涛的话称，实验的成功为中国自主建设核聚变电站奠定了基础。

位于法国南部的 ITER 项目已多次推迟，最新的目标是在 2025 年产生等离子体。2 月，欧盟承诺为此提供新资金。中国中核集团将参与安装 ITER 的核心设备。

此前有报道援引中国科学家的话说，他们希望中国自己的实验——尽管规模较小——可以帮助向 ITER 提供更多信息。

十一、其他

今年国网区域新增水电装机 1540 万千瓦

中国能源报 2021.5.10

本报讯（记者苏南）报道：国网调度控制中心原副总工程师裴哲义日前在“2021 中国水电发展论坛暨水力发电科学技术奖颁奖典礼”上透露，今年国网区域水电新增装机达 1540 万千瓦，累计装机达 2.4 亿千瓦，同比增长 6.9%，主要集中在西南地区（水电装机新增 1442 万千瓦，累计装机 1.0 亿千瓦）。预计“十四五”期间，国网区域常规水电新增装机约 6000 万千瓦，2025 年累计装机规模将接近 2.8 亿千瓦。

记者了解到，我国水电事业“十三五”期间继续保持高质量、可持续发展。其中，新增投产水电装机 5079 万千瓦，年均增长超过 1000 万千瓦，至“十三五”期末水电总装机已达 3.7 亿千瓦；水电年发电量均超万亿千瓦时且逐年递增，2020 年达 1.36 万亿千瓦时；核准开工大型常规水电工程约 3000 万千瓦，随着乌东德、白鹤滩等大型水电水利工程投产或建设，我国雅砻江、乌江、大渡河、黄河上游、红水河、金沙江等大型水电基地开发布局已基本完成；约 3300 万千瓦大型抽水蓄能电站核准开工，“十三五”末抽蓄总装机达 3149 万

千瓦，成为助力风电光电等间歇性清洁能源大规模发展和稳定上网、保障电网安全可靠运行的重要基础设施。

中国水力发电工程学会理事长张野表示，依托一批大型水电工程建设，面对一系列世界级科技难题的挑战，水电科研人员和建设者充分发挥科技创新的支撑引领作用，在关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术等方面不断取得新突破，引领中国水电科技挺进世界水电“无人区”。“未来我国水电建设的主战场在综合条件更加错综复杂的西部，一系列新的世界级核心关键技术、卡脖子技术等待钻研攻克。”

“水电行业积极推进工程建设、电站运营与‘云大物移智’等现代信息通信技术深度融合，水电全生命周期数字化管理、流域梯级电站集中调度、水电厂‘无人值守’运行模式等逐渐成熟，全产业正加速向数字化、网络化、智能化方向转变。”国家能源集团副总经理冯树臣表示，当前水电开发更加注重防洪、供水、生态环境、航运等社会综合效益，通过持续的工程建设，长江、黄河等水系防洪抗旱能力得到根本性提升，河流治理、水资源综合利用、生态环保、地灾风险管控得以高效协调推进，综合效益凸显。

陕西电网新能源发电出力首超火电

中国能源报 2021.5.17

本报讯（记者韩逸飞）报道：5月13日，记者从国网陕西电力获悉，4月30日11时15分，陕西电网新能源发电出力达1000.6万千瓦，首次突破千万千瓦大关，同时首次超过火电出力，承担了当时该省用电负荷的53.6%，成为当时网内出力最大的电源类型。当日全网新能源发电量达到1.29亿千瓦时，占该省全天用电量的30.2%。

据悉，4月底以来，陕北经历一轮大风天气过程，使陕西电网持续多日新能源日发电量突破1亿千瓦时。今年前4个月，陕西电网新能源发电量达88.6亿千瓦时，同比增长54%，新能源利用率达到96.1%。

去年底，陕西电网建成投运750千伏朔方变电站，将榆林神木地区外送电能力提升近300万千瓦，为榆林北部新能源的大规模送出创造了有利条件。秉持“能并尽并”原则，国网陕西电力不断优化新能源并网服务流程，利用互联网简化工作环节，提高风电、光伏并网效率。去年12月以来，集中完成344万千瓦新能源并网。

与此同时，陕西电力调控中心技术人员深挖电力系统调节潜能，积极探索新型电力系统建设。他们从电网、电源和负荷的新型调节手段着手，建立灵活、可靠的电网调控模式。经过创新实践，一种“多级嵌套”的AGC智能控制系统在陕西电网得到了应用，极大地提升了750千伏陕北至关中新能源送出通道的利用率。

陕西电网充分向省外送电挖潜，向火电机组深度调峰挖潜，向用户自备电厂挖潜，网源荷形成合力增加新能源消纳容量353万千瓦。陕北新能源大发时段通道利用率接近100%，输送容量达到600万千瓦。

在电力市场方面，国网陕西电力积极拓展新能源市场化消纳空间，以市场化机制鼓励引导电动汽车、负荷聚合商等新型市场主体参与新能源消纳，今年一季度累计提高新能源利用率2.03个百分点。电力交易中心先后组织3次新能源“绿电”交易，交易电量达30.79亿千瓦时，降低社会用电成本近3亿元。

据悉，“十四五”期间，陕西电网将不断提升“源网荷储”协同互动能力，不断完善市场机制，针对“双高”电网运行特性，积极构建新型电力系统。

行业动态

广东汕头兆瓦级液流储能电站通过验收

中国能源报 2021.5.24

本报讯 5月13日，由上海电气储能科技有限公司自主研发制造的兆瓦级全钒液流电池储能电站在广东汕头市濠江区风电产业园顺利通过验收，这是上海电气汕头智慧能源项目的重要组成部分之一，与风力发电机组、屋顶光伏电站、厂区负荷等共同组成“风光荷储一体化”智慧能源示范项目。

该兆瓦级液流储能电站在设计上有诸多亮点，储能系统响应速度快，可支撑园区毫秒级功率需求，系统可在无人值守情况下实现自诊断、自恢复、抗干扰的智能化运行控制策略。本次兆瓦级液流储能电站的顺利验收和交付，可为液流储能电池产品的优化创新积累宝贵的数据和经验。（韩静轩）

达坂城打造风电装备产业基地

今年首批重点建设项目集中开工

中国环境报 2021.5.6

本报讯 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市达坂城区今年首批11个重点建设项目近日集中开工，据悉，项目涉及能源、生态等多个领域，总投资额达33.65亿元，年度计划投资5.8亿元。

达坂城区拥有丰富风、光、水、煤层气资源，其中风效全国最高，风能年蕴藏量250亿千瓦小时，风区面积2118平方公里。依托这些优势，达坂城区着力打造国际一流的风电装备产业基地。

当天，新疆金风科技股份有限公司达坂城风电装备产业基地项目正式开工。产业基地拟建设风力发电机组生产线、后服务基地和大数据运维中心，力图形成区域产业集群聚合效应，促进新疆新能源产业转型升级，推动疆内可再生能源产业发展。

达坂城区委书记、区旅游景区管委会党工委书记刘海江说，达坂城区作为全国最早发展风电产业的能源基地，将通过打造国际一流的风电装备产业基地和风电后服务基地，全面提升智慧能源管理和维护水平，充分发挥清洁能源产业的龙头带动作用，以此加快推进区域经济高质量发展。

达坂城区净水厂原水输水工程（黑沟渠首至红坑子水库段）项目和达坂城镇供水、排水管网改造项目同时开工建设，建成后将有效改善当地居民的生产、生活条件，减少水资源浪费，为达坂城区可持续发展提供有力支撑。此外，达坂城区将立足优势，投入4.7亿元，继续推进打造达坂城特色小镇建设项目。（杨涛利）

崇明要成为碳中和示范区

全力推进能源、交通、建筑低碳化发展

中国环境报 2021.5.21

上海崇明正全力打造具有世界影响力的生态优先、绿色发展的碳中和示范区。记者日前从崇明区政府相关部门了解到，目前《崇明世界级生态岛碳中和示范区建设工作方案》（下文简称《方案》）已制定形成，示范范围、主要目标等具体内容也已明确。

把崇明岛建设成碳中和岛

根据《方案》，示范范围为崇明全区。《方案》围绕崇明三岛（崇明岛、长兴岛、横沙岛）开展全区域、全口径温室气体排放核算与评估，提出碳中和的实现路径和行动措施。主要目标是把崇明岛建设成碳中和岛，全力推进能源、交通、建筑低碳化发展；把长兴岛建设成为低碳岛，侧重海洋装备等重点产业，积极谋划长兴碳中和产业园建设；把横沙岛建设成为零碳岛，逐步以零碳能源替代高碳、低碳能源。

研究体系概括为“1+5+1”，“1”是研究崇明区温室气体排放现状及对未来发展进行预测，侧重全面、系统排摸崇明三岛全口径温室气体排放现状，结合中长期发展规划，对三岛未来社会经济发展及能源消费、温室气体排放开展情景分析；“5”是研究能源、交通、建筑、农业及生态碳汇等5个专项领域碳中和实施路径，侧重崇明区适用碳减排技术路径的对比分析和社会经济影响评估；“1”是长兴岛碳达峰碳中和战略导向推进路径研究，侧重海洋装备等重点产业和重点企业碳减排潜力和技术路径研究。目前，正在开展崇明三岛全口径温室气体排放现状及预测研究，以及各专项领域碳中和示范区建设行动方案研究。

据悉，《崇明世界级生态岛碳中和示范区建设初步思路研究》将于今年5月底前完成；12月底前完成“1+3”行动方案编制，即《崇明世界级生态岛碳中和示范区建设行动方案》和崇明、长兴、横沙三岛区域行动方案，制定碳达峰碳中和实施路径与举措，确定重点任务和工程措施。

新能源公交车、出租车已全域覆盖

多年来，崇明区坚持能源结构调整与产业结构优化并举，全区可再生能源装机容量近

50 万千瓦，能源消费总量在 45 万吨标准煤以内，万元增加值综合能耗 5 年累计下降 26.6%，能源活动碳排放总量和强度持续下降。森林覆盖率达 30%，自然资源占总面积 85%。

绿色生产生活方式在全区蔚然成风，生活垃圾资源化利用率达 38.2%，主要农作物秸秆综合利用率超 96.5%，新建建筑全面执行绿色建筑标准，新能源公交车、新能源出租车实现全域覆盖。

绿色减碳是主要建设方向

相关负责人介绍，下一步，崇明区将加快重点领域节能降碳，继续推广新能源车辆和电动船舶，打造零碳交通体系。开展既有建筑节能改造，新建建筑要按绿色建筑或超低能耗建筑标准建设。推进畜牧业甲烷排放综合治理，提高秸秆、粪便等生物质绿色低碳综合利用水平，推广绿色农业生产技术。

崇明区还将重点推进产业转型升级，大力发展生态旅游业、绿色农业等特色产业，优先发展海洋装备等先进制造业，加快淘汰落后产能，坚决遏制“两高”项目上马，逐步实现绿色产业转型。在节能、绿色制氢、生物质发电等重点领域，加大创新力度，加快科研布局。

在优化能源结构方面，将推进渔光互补、农光互补示范项目，进一步挖掘光伏发电资源。提高生物质能、浅层地表地热资源利用水平。支持长兴热电厂探索“CCUS（碳捕集、利用与封存）+煤改气”、“氢能发电”等发电模式。探索构建多元化清洁能源供应体系和数字化储供能系统。（丁波 蔡新华）

民用液氢有了“国家标准”

中国能源报 2021.5.17

核心阅读

我国液氢标准均为国家军用标准和航天工业行业标准，适用于民用领域的标准规范缺失导致液氢在生产、储运、加氢站应用方面没有相关设计和施工的依据，增大了液氢项目审批的难度。历时三年出台的三项国家标准，实现了我国液氢产业民用领域标准“零”突破。

5月6日，市场监管总局（国家标准委）批准发布了《氢能汽车用燃料液氢》《液氢生产系统技术规范》和《液氢贮存和运输技术要求》三项国家标准，将于11月1日起实施。业内专家告诉记者，此次液氢标准的出台对液氢产业是重大利好，民用液氢的应用生产自此“有标准可依”，将为液氢产业进入市场化发展提供重要支撑。

“0到1”的突破

由于技术含量较高，长期以来液氢应用都局限于航空航天等军工领域，民用领域近乎空白，只有零星的示范项目。民用液氢的规模化发展并非易事，在规避其本身化学特性带来的劣势外，还需解决成本高和相关法规标准空白等难题。

川财证券指出，在此次三项国家标准出台之前，我国液氢标准均为国家军用标准和航天

工业行业标准。适用于民用领域的标准规范缺失导致液氢在生产、储运、加氢站应用方面没有相关设计和施工的依据，增大了液氢项目审批的难度。

“这三项液氢国家标准的出台对产业而言是突破性的，在此之前，由于没有适合民用应用场景的液氢相关国家标准，一些民用液氢示范项目只能参考低温装备、液化天然气等相关标准。”张家港氢云新能源研究院院长魏蔚表示，今年发布的《加氢站技术规范》GB50516-2010（2021年版）中，新增加了液氢应用的内容，此外还有一些氢能标准规范中，虽然提到液氢，但对于如何储存、生产、应用等相关条文不够详细，也因缺乏实践经验而欠缺合理性，因此并不具有指导意义。

利好产业化发展

标准缺位一直是阻碍液氢产业发展的重要因素之一。为此，行业内的组织、企业投入了大量时间和精力，资料显示，早在2017年，全国氢能标委会就开始组织国内各企业和高校编写制订这三项国家标准，时隔三年才正式发布。

北京中科富海低温科技有限公司氢能业务中心总经理宁永强认为，这三项液氢国家标准的出台，将大大推进液氢在交通能源乃至整个民用领域内的广泛应用，在此基础上，氢能企业和机构能够持续探索液氢在行业中的商业模式。标准对液氢储运的指导，将利好液氢储运的发展，有利于大幅度降低氢的储运成本，并提高氢能供给能力，对整个氢能行业形成有力支撑。

国家标准的施行，也让液氢企业不再“束手束脚”。“未来，各企业将根据发布的国家标准建立起自己的研发和生产体系，打造相应的产品。在液氢的储运和应用端环节，各个企业可以开展各种研发和示范项目，使液氢真正地实现价值化。”宁永强表示，在有标准和产业化发展条件的支撑下，我国将具备氢液化、液氢储运和应用的完整产业链。”

值得注意的是，对比此前的液氢相关规范，此次三项国家标准的起草单位数量明显增多，除了科研院所外，企业参与程度大幅提高。

对此，魏蔚认为，此前，高校、研究所起草的液氢标准，理论化特征明显，不适合产业化应用实践。企业主导的标准制定，可以协调行业内众多的企业力量，更有利于液氢产业化发展。同时，标准起草参与单位中企业数量的增多，表明发展液氢是氢能产业发展的迫切需求，也意味着行业内对液氢国家标准的建立意愿强烈，液氢的未来市场发展前景广阔。

标准体系尚待完善

“对比我国的LNG国家标准，液氢相关标准从数量到涵盖的范围尚有差距。未来还要完善船用等液氢燃料的相关标准，以及探索我国航天发射用液氢燃料与民用液氢互相融合和保障的过程。”宁永强表示。

宁永强建议，产业链还需继续加快氢液化，尤其是5吨/天以上工业级大规模氢液化的核心技术和设备的国产化的步伐。同时也要研发与之配套的高效节能预冷流程、液氢储运容器、正仲氢转化催化剂等技术和设备。在应用端，要积极探索液氢在交通能源、冶金、化工

等领域的大规模应用，助力我国实现减排脱碳目标。

同样，液氢产业的前期投资较大，如何从产业链的各个环节入手降低成本成本，也需要制氢、运输、加氢站等标准体系的不断完善。实际上，2020年6月，中华人民共和国住房和城乡建设部办公厅组织中国石化集团有限公司等单位起草了国家标准《汽车加油加气加氢站技术标准（征求意见稿）》，魏蔚认为，这对液氢加氢站的建设起到了重要的指导作用。

魏蔚强调：“液氢工厂具有规模效益，成本的降低需要市场的扩大，液化工程浩大，因此投资规模也相应较大。对于液氢产业中的大型基础设施，需要财力雄厚的能源巨头牵头建设，发挥主导力量。”

我国液氢技术水平与国外的差距也值得关注与警惕。魏蔚认为，目前，美国、日本、欧洲等国家的液氢产业技术研发走在世界前列。国内液氢产业应抓住此次的发展机遇，民营企业通过自身的灵活性争取在全球进行广泛的技术交流，加强自主研发和技术创新。虽然核心技术与国外仍存差距，但随着众多氢能企业及其它液化天然气企业发力液氢，加上近几年氢能产业发展积累的经验，我国的液氢市场机会将大量涌现。（仲蕊）

山西大同探建中东部首个高温地热发电项目

中国城市能源周刊 2021.5.10

本报讯（记者齐琛同）报道：仲春的山西大同，乍暖还寒。近日，当记者走进山西大同天镇县的山区，几间白色小屋在蓝天白云下的旷野里格外显眼，一旁围栏上“地热试验井”五个红色大字十分醒目。这就是我国中东部首个高温地热发电项目——山西大同天镇县高温地热能科研示范试验电站（下称“试验电站”）。

“试验电站一期占地约50亩，井深1624米，出水温度160度，整体工程有勘察井、厂区发电机组、水处理区、办公区和生活区。”电站建设方、山西省第一水文地质工程地质队副队长施红政向记者介绍。

走进两个发电车间，各类管道与柜组井然有序。据了解，1号试验机组装机容量300千瓦，由山西易通环能科技发展有限公司制造并承建，2号试验机组装机容量280千瓦，由南京天加热能技术有限公司制造并承建。

“地热发电项目主要是通过换热实现发电，目前国际领先技术是有机朗肯循环（ORC）发电，其在平均温度范围内发电效率高，效率最高可达25%。天加的发电设备系统集成度高，可轻松实现一键启停，并可为机组提供远程监控，实现无人值守。”南京天加热能技术有限公司副总裁王强告诉记者。

2号试验机组的电子屏幕上显示，当前出水量为53吨/小时，发电功率为251千瓦，总发电量为15666度。“目前电站所发电量供电站内部使用，理论上这口地热井满负荷时发电能力可达3.5—4MW，可满足附近玉泉镇上所有5万名居民的生活用电。”施红政介绍。

发电之后的热水温度依然很高，在水处理车间，含矿物质较多的地热尾水经净化处理后

清澈不少。据了解，试验电站接下来将设计地热尾水回灌方案，基于低成本、高性能的地热尾水处理技术，为地热尾水回灌打下有益基础。

“这个电站确实让人眼前一亮，设备先进，空间亮堂，在技术和环境上都比五十年前进步太多了！”中国能源研究会地热专业委员会专家委员会主任郑克桢 20 世纪 70 年代就曾参与地热发电试验项目，看到这座试验电站十分欣慰。

这样亮堂的试验电站背后，是项目施工团队在严寒中忙活着的“热”事业。据了解，此次试验电站建设面临着“工期紧”“难度高”“环境差”等重重考验。

王强回忆道，2 号机组原定施工期只有 47 天，在荒芜的施工现场，项目施工团队冒着最低零下 32℃ 的天气日夜奋战，克服了难以想象的困难，提前 16 天实现发电。

“这是我国中东部首个高温地热发电项目，试验项目的成功，对我国中东部地热资源勘查和开发很有示范意义。”能源行业地热能专业标准化技术委员会首席专家赵丰年表示。

施红政介绍，试验电站下一步重点努力方向是不断完善工艺，总结经验数据，提高发电效率，实现回灌，并探索商业化梯级利用。

“地热水热量蒸发排出后的地热尾水仍具有约 80℃ 的温度，可用作区域供暖、洗浴康养、水产养殖、蔬果种植等，实现地热资源的梯级开发利用。同时通过对管路热源等可持续的观测和数据积累，可为科学有效地开发地热资源提供参考，为山西省乃至全国提供可复制的高温地热开发模式。”他告诉记者。

记者注意到，国家能源局近日印发的《关于促进地热能开发利用的若干意见（征求意见稿）》提出，在资源条件好的地区建设一批地热能发电示范项目。适时出台电价或相关支持政策，在西藏、川西、滇西等高温地热资源丰富地区组织建设中高温地热能发电工程，鼓励有条件的地方建设中低温和干热岩地热能发电工程。

谈及大同地热能开发，郑克桢建议，接下来应摸清大同盆地重点地区深部高温地热资源及地热资源开发利用潜力，建立高温地热资源勘查技术完整体系，为山西能源结构的调整和转型奠定基础。

