

能 量 转 换

总 40 期
4/2021. 4

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. 先行先试，探路新型电力系统建设 5
2. 将制定更积极的新能源发展目标 7
3. 可再生能源将开启“黄金十年” 8
4. 《新能源技术研究的机遇与挑战》报告发布 10
5. 新能源上网电价方案现雏形 10
6. 韶关率先吹响新能源全产业链发展号角 11
7. 青海新能源装机占比居全国首位 16
8. 可再生能源替代常规建筑能源比例达到 8% 17
9. 国家能源局印发《2021 年能源工作指导意见》 17

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 循环寿命延长新型碳基锂离子电容器问世 17
2. 大规模储能支撑新型电力系统项目启动 18
3. 六角硫化物材料巨大热导率跳变效应被发现 19
4. 加点石墨烯，这些产品变“神奇” 19
5. 新型“双高”混合型电化学储能器件问世 21
6. 中国电化学储能逆势而涨 22
7. 综合能源系统要义：源网荷储一体化 + 多能互补 23
8. 为了碳中和，动力储能电池产业正加速行动 27
9. 丹佛斯携新绿色制冷解决方案亮相中国制冷展 28
10. 合成柔性相变储能材料膜 29

11. 有望替代锂离子电池 钠离子电池储能技术迈上新台阶	29
12. 全球储能装机增势迅猛	30
13. 西南地区锂电池产业大规模扩产	31
14. 半固态电池：新能源汽车理想动力选择？	32
15. 3000 万千瓦储能目标如何实现？	34
16. 电网侧储能有望重启？	35
17. 科学家梳理氨基能源存储与转化新进展	37
18. 推进千万千瓦级绿色储能基地建设	38
三、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1. 坚定不移走绿色发展道路，率先实现碳达峰碳中和目标	38
2. 印度研究人员提出去除海水中微塑料的新技术	40
3. 五大硬核举措筑牢固废风控防线	40
4. 碳中和技术发展路线图研究在抓紧推进	43
5. “十四五”大宗固废综合利用指导意见发布	44
6. 科技部：碳达峰碳中和将催生一系列创新成果	45
7. 专家研讨煤焦化污染物控制和废弃物利用	46
8. 借鉴国际经验推动我国碳排放达峰	46
9. 双碳目标对我国经济发展方式提出新要求	48
10. 加快放射性废物处置能力建设 打通处理处置短板环节	52
11. 提前五年碳达峰，工业领域按下低碳转型快进键	54
12. 多层级孔生物炭实现污染物快速吸附	56
13. 国外碳中和的法律政策和实施行动	57
14. “碳达峰、碳中和”愿景下尤应重视引导行为节能	63
15. 科技创新助推“双碳”达标	66
四、太阳能	
1. 多功能离子液体作溶剂钙钛矿不再“怕潮湿”	68
2. 预计 2021 年国内光伏新增装机 60GW	69
3. 今年全球光伏新增装机将创新高	70
4. 大面积钙钛矿组件效率取得突破	71
5. 满足“碳达峰、碳中和”要求 光伏材料颗粒硅新工艺来了	71
6. 德国研发新型光伏电池 光电转换率逼近 24%	73
7. 改进型钙钛矿光电池可降低能量损失	73
8. 研制高通量大面积柔性钙钛矿膜	74
9. 全球首个光伏、储能户外实证实验平台开建	75

10. 户用光伏新增装机预测大幅上调	75
11. 芬兰 LUT：全球光伏发电占比 30 年内将达 76%	77
12. 《储能产业研究白皮书 2021》发布	78
13. 新型半导体催化剂 让阳光助力“空气发电”	79
14. 全小分子有机太阳能电池研究获进展	79
15. 揭示有机太阳能电池电荷传输新机制	80
16. 快速提取硒化锑太阳能电池热电子	80
五、地热	
1. 地热供暖面积五年增一半	81
2. 雄安新区地热开采监测技术规程发布实施	82
3. 多家单位献策天津深部地热勘查开发	83
4. 《关于促进地热能开发利用的若干意见（征求意见稿）》发布	84
六、海洋	
1. “捕浪”十九载 浪花变电能——盛松伟带领团队科研攻关 突破波浪能装置无法长期稳定发电瓶颈	86
2. 近二十载痴迷研究波浪能“捕浪高手”把论文写在海上——中科院广州能源研究所盛松伟带领团队成功研发“鹰头”吸波浮体	88
3. “蓝能”点亮海上丝绸之路——《2020 年中国海洋经济统计公报》发布	91
4. 2020 年我国主要海洋产业稳步恢复	93
七、氢能	
1. “十四五”将建千座加氢站“中国第一氢能公司”雏形初现	94
2. 液氢加氢站“春天”将至	95
3. 技术升级“富”氢可期	96
4. 欧洲输氢管道 20 年内可达 4 万公里	98
5. “碳信用”推动氢源低碳化	99
5. 氢能谋求全产业链突破	100
6. 氢能经济是实现碳中和的重要路径	102
八、风能	
1. 全球最大海上风电打桩船启动入坞生产	104
2. 风光产业迎来“及时雨”——五部门发文引导加大对风电、光伏发电等行业金融支持力度	104
3. 全球海上风电集体步入运维时代	105
4. 全球风电市场将开启 10 年高增长期	106
5. 浮式海上风电“等风来”	108

6. 科尔沁区打造全球最大陆上风电装备制造基地	109
-------------------------------	-----

九、核能

1. 世界最大“人造太阳”气体注入系统复合管道全部制造完成	110
-------------------------------------	-----

2. 核能产业发展迈入扩容转型期	111
------------------------	-----

十、其它

1. 以色列不断创新水资源可持续利用技术	113
----------------------------	-----

2. 北京再生水年利用量达 12 亿立方米	114
-----------------------------	-----

.....

行业动态

1. 青海建设 16 万吨高能密度锂电材料生产线	117
--------------------------------	-----

2. 深圳首个石墨烯产业园在坪山揭牌	117
--------------------------	-----

3. 零下 271 ⁰ C! 我国自主研发出超流氦大型低温制冷装备	120
--	-----

4. 年捕集二氧化碳超 10 万吨，示范基地建成	121
--------------------------------	-----

5. 空间太阳能电站专业委员会成立	122
-------------------------	-----

6. 我国生物质发电装机连续三年居世界首位	122
-----------------------------	-----

7. 首个氢电耦合国家重点项落地宁波	123
--------------------------	-----

8. 粤港澳大湾区规模最大的海上风电场全部并网投产	123
---------------------------------	-----

9. 国内陆上最大永磁直驱风力发电机研制成功	124
------------------------------	-----

10. 国内最大 7. XMW 告诉永磁同步风力发电机下线	124
-------------------------------------	-----

本简报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

先行先试，探路新型电力系统建设

中国能源报 2021.4.5

“2020年，我国可再生能源发电量达2.2万亿千瓦时，有力支撑我国非化石能源占一次能源消费比重达15.9%，如期实现2020年非化石能源消费占比达15%的庄严承诺。”3月30日，国家新闻办公室就中国可再生能源发展有关情况举行发布会，国家能源局局长章建华在会上表示，下一步，国家能源局将加快实施能源领域碳达峰行动，积极构建以新能源为主体的新型电力系统。

在清洁低碳、安全高效这一新时代能源体系主旋律的引领下，我国能源企业不断拓展两个一体化建设内涵，持续探寻能源高质量发展纵深，先后落地了一批源网荷储一体化、多能互补项目。中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司（下称“中国电建西北院”）作为行业先行者，蹚出一条特色鲜明的新能源开发之路。

“小农经济，自给自足”：从智能微电网说起

自“30·60”双碳目标提出以来，“构建以新能源为主的新型电力系统”、“推动新时代能源事业高质量发展”成为热搜关键词。深究其源，这意味着什么？

“简单来说，就是不断提高可再生能源在电力系统中的占比，使得新能源成为电力供应的主体。”中国电建西北院规划发展研究院副院长程龙告诉记者。

要实现这一目标，并不能仅仅依靠增加新能源装机规模。“新能源发电出力具有随机性、间歇性和波动性的特点，”程龙说，“这就需要通过不同形式能源的组合与综合利用，实现多能协同供应和能源综合梯级利用，从而达到电力系统的稳定与平衡，这也恰恰是我们公司一直在不断研究与努力尝试的。”

其实，早在2016年，中国电建西北院就在小规模范围内，实现了以新能源为主的电力供应。据了解，西藏双湖可再生能源局域网项目是我国当时建成的规模最大、海拔最高的离网型微电网项目，该项目由1.3万千瓦的光伏电站、2.3万千瓦时的储能系统组成。建成投产后，成为双湖地区电力的主要来源，解决了当地居民生活用电问题，实现了全清洁能源供电。

中国电建西北院储能与微电网研究中心田莉莎向记者表示：“微电网的主要特点就是新能源就地发电，就近消纳，自成一个小型发输配供电系统，所以也被打趣为‘小农经济，自给自足’。目前主要分布在电网不及的高原、海岛、边防、无人区等无电区，解决当地供电问题。当然也可以根据当地资源、负荷及电网情况因地制宜建设并网型微电网，实现并离网无缝切换，既可以提高供电可靠性，又可以提高当地新能源利用率。”

局部优化，就地平衡：推进“两个一体化”建设

在采访中，记者了解到，微电网与“两个一体化”项目异曲同工，均是在一定范围内，

通过气、电、冷（热）一体化的集成优化，进行跨主体的输配与交易，在本区域内形成产能与用能的相对平衡，形成区域能源自平衡体。

在这方面，中国电建西北院的“实验田”也格外丰富。2013年3月，龙羊峡水光互补项目启动建设。该项目由龙羊峡水电站和光伏电站组成，其中水电站装机容量128万千瓦，配套光伏发电装机容量85万千瓦，光伏发电以高压线路接入水电站的备用间隔，利用水电站输电线路接入电网。通过水轮机组的快速调节，将原本不稳定的光伏电源，调整为均衡、优质、安全，更加友好的平滑稳定电源。

此前，新能源电力要想上网就必须依靠火电或水电调峰、调频，而“两个一体化”的提出开拓了一个新的路径，即通过小循环和自平衡提升可再生能源的稳定性。比如多能互补是通过储能以及新能源电源间互补特性的平滑输送可再生能源电力。源网荷储一体化则是在需求侧进行分层级响应，从省级到县级，再到园区级。总之，两者都是从点到面，从局部到整体，突破了从前“全国一张大网”的限制。

“不论是多能互补，还是源网荷储一体化，都是为了建构以新能源为主体的新型电力系统而提出的，目的就是要建设电网友好型的电源。”中国电建西北院新能源工程院资源与总图所所长惠星说。

在现实中，项目可根据不同需求将风光水火储进行多重组合搭配。“充分挖掘各种电源间互补特性，结合送受端负荷特性，合理确定送电曲线是一个技术难点，几种电源的运行控制策略很重要，何时让风机运行，何时光伏发电，何时启动储能或火电、水电机组进行调峰需要统筹安排，只有将这些电源进行合理调度，才能最大化利用清洁能源，真正实现安全和清洁高效。”田莉莎指出。

经过龙羊峡、双湖等项目的积累，如今金沙江上游川藏段水风光互补项目、青海清洁能源基地多能互补集成优化项目也先后落地。

调频调峰，丰富多彩：提高大电网消纳能力

局部的优化是为了整体的发展，新能源的大规模消纳离不开大电网，“两个一体化”的实现也需要大电网的支撑。

“构建新能源为主体的新型电力系统，适应新能源随机性、间歇性和波动性特点，合理的储能配置是必不可少的环节。”中国电建西北院水利水电工程院电气所所长靖锋告诉记者，“从发达国家的建设经验来看，抽水蓄能是目前最为优质和成熟的解决方案，具有调峰、填谷、调频、调相、紧急事故备用等多种功能，运行灵活、反应快速，能极大提高电网运行安全可靠性。”

在中国电建西北院承担的西北地区新能源高质量发展研究工作中，便包含对西北五省进行抽水蓄能电站的选点与规划，以期通过抽水蓄能电站大力建设，为构建新型电力系统提供优质储能资源。

新建仅仅是增加抽水蓄能装机容量的方法之一。“从水起家”，对黄河流域水电站了如

指掌的中国电建西北院另辟蹊径，摸索出了一种新的方式。

据透露，中国电建西北院参与并推动的黄河上游梯级电站大型储能工厂项目已经列入国务院关于新时代推进西部大开发形成新格局的指导意见。该项研究在原有具有较好调节能力的龙青河段梯级水电基地基础上，进一步挖掘梯级水库蓄水作用，发挥流域蓄能作用，为区域清洁能源的高质量发展提供支撑。

“储能工厂由储能泵站和常规水电站组成，是一种大型的储能设施的集成体，通常利用新能源弃电或其他剩余电能，采用大型储能泵站从下一级水库抽水至上一级水库，将剩余电能以水的势能储存，在其他需要的时段通过水电站原有机组发电，以储能水量梯级循环利用的模式，通过抽水 and 发电进行‘蓄余补缺’，把光伏、风电输出的功率进行‘时间’和‘空间’上的再分配，形成了新能源发电的‘调节库’。”中国电建西北院水利水电工程院抽蓄所所长周邠鹏说，“与常规抽水蓄能相比，储能工厂工程能源转效率高、工期短，运行灵活，维护方便，是全天候运行的风光水储一体化工程，创新和推广价值巨大。”

将制定更加积极的新能源发展目标

中国能源报 2021.4.5

本报讯（记者姚金楠）报道：3月30日，国新办举行中国可再生能源发展情况发布会。国家能源局局长章建华在会上指出，当前，我国可再生能源开发利用规模已经稳居世界第一。

章建华表示，截至2020年底，我国可再生能源发电装机总规模达到9.3亿千瓦，占总装机的比重达到42.4%，较2012年增长146个百分点。其中：水电37亿千瓦、风电2.8亿千瓦、光伏发电2.5亿千瓦、生物质发电2952万千瓦，分别连续16年、11年、6年和3年稳居全球首位。

章建华强调，当前我国发电量约有30%的电力来自于可再生能源，我国可再生能源开发利用规模已经稳居世界第一。

章建华同时指出，技术装备方面，我国已形成较为完备的可再生能源技术产业体系。近10年来，我国陆上风电和光伏发电项目单位千瓦平均造价分别下降30%和75%左右。减污降碳方面，2020年，我国可再生能源开发利用规模达到6.8亿吨标准煤，相当于替代煤炭近10亿吨，减少二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物排放量分别约达17.9亿吨、86.4万吨与79.8万吨，可再生能源的发展为打好大气污染防治攻坚战提供了坚强保障。惠民利民方面，在推进无电地区电网延伸的同时，我国积极实施可再生能源独立供电工程，累计让上百万无电群众用上绿色电力，圆满解决无电人口用电问题。国际合作方面，作为全球最大的可再生能源市场和设备制造国，我国持续深化可再生能源领域国际合作。水电业务遍及全球多个国家和地区，光伏产业为全球市场供应了超过70%的组件。

章建华表示，下一步，国家能源局将加快实施能源领域碳达峰行动，制定更加积极的新能源发展目标，大力推动新时代可再生能源大规模、高比例、高质量、市场化发展，加快实

施可再生能源替代行动，着力提升新能源消纳和存储能力，积极构建新能源为主体的新型电力系统，健全完善有利于全社会共同开发利用可再生能源的体制机制和政策体系，有力推动可再生能源从能源绿色低碳转型的生力军成长为碳达峰碳中和的主力军，为构建清洁低碳、安全高效的能源体系提供坚强保障。

此外，对于备受关注的可再生能源的消纳问题，国家能源局电力司司长黄学农表示，将重点做好统筹优化新能源开发布局、大力提升电力系统的灵活调节能力、构建新能源消纳长效机制等三个方面的工作。

全球新增装机再创新高，中国引领“绿电”市场发展，国际能源署乐观预判—— 可再生能源将开启“黄金10年”

中国能源报 2021.4.12

国际可再生能源署（IRENA）近日发布《2021年度可再生能源装机容量统计》报告显示，去年，全球新增可再生能源装机容量超过260吉瓦，同比增长近50%，创下历史新高。

业界普遍认为，尽管新冠肺炎疫情导致全球经济放缓，但可再生能源行业仍然实现了超预期的增长，这标志着“绿电时代”愈来愈近，2021年将成为可再生能源下一个迅猛发展时期的新起点。行业亟待在此期间加大投资规模和技术创新力度，以最大程度、最快速度实现能源转型。

“风光”贡献最大增量

IRENA的数据显示，去年，所有新增发电产能中，超过80%来自可再生能源，其中，太阳能和风能占新增可再生能源装机的91%。截至去年底，全球可再生能源发电累计装机容量已达2799吉瓦，较2019年增长10.3%。

而与可再生能源电力强势增长形成鲜明对比的是，化石燃料发电正呈现下降趋势。IRENA的报告显示，去年，全球新增化石燃料发电装机从2019年的64吉瓦，降至60吉瓦。

根据该报告，可再生能源发电结构中，水电仍占据最大份额，去年新增装机25吉瓦，同比增长2%，截至去年底，累计总装机达1211吉瓦。地热能去年几乎没有新增发电装机，除土耳其新增99兆瓦，其他国家和地区增幅极小，截至去年底总装机约为164兆瓦。生物质能新增发电装机同比下降，从2019年的6.4吉瓦降至2.5吉瓦。

IRENA指出，“风光”电力继续担当全球新增发电装机增长的“主力”。其中，太阳能占新增发电装机48%以上。得益于亚洲78吉瓦的新增装机量，去年太阳能实现127吉瓦的新增装机量，同比增长22%。风能新增发电装机同比翻了一番，从2019年的58吉瓦增至111吉瓦。其中，海上风电在风电装机总量中占比提升至5%。

IRENA总干事Francesco La Camera表示：“尽管去年全球面临了极大挑战和不确定性，但可再生能源行业的强劲增长，仍给全球带来了乐观情绪，同时进一步鼓励全球朝着更美好、更公平、有韧性、清洁和公正的未来努力。”

中国成最大“绿电”市场

IRENA 在报告中特别指出，中国是去年清洁能源发展最为突出的关键增长市场，并且已经成为全球最大的可再生能源市场。去年，中国新增可再生能源发电装机 136 吉瓦，其中 72 吉瓦来自风能，49 吉瓦来自太阳能，12 吉瓦来自水电，另有 2 吉瓦以上的生物质能发电装机增长。

美国的可再生能源电力装机虽然也有增长，但增幅远不如中国。数据显示，去年，美国新增可再生能源发电装机仅 29 吉瓦，其中 15 吉瓦来自太阳能，14 吉瓦来自风能。

除了中国和美国，日本新增太阳能装机超过 5 吉瓦，韩国新增太阳能装机超过 4 吉瓦，另有其他 10 个国家新增风电装机总计超过 1 吉瓦。

非洲地区继续稳步扩张清洁能源发电版图，去年新增装机 2.6 吉瓦。大洋洲虽然在可再生能源市场占据很小份额，但去年却是增长最快的地区，新增发电装机同比增长 18.4%。

IRENA 认为，清洁能源如今已经被视为一种安全的投资选择。随着技术不断进步，清洁能源发电成本迅速下降，目前在全球大部分地区，风能与太阳能已经成为最便宜的电力来源。

投行高盛预计，2021 年，包括生物燃料在内的清洁能源资本支出将占全球所有能源资本支出的 25%，而 2014 年这一比例只有 15%。鉴于清洁能源正在从依赖补贴机制向具备低成本优势过渡，该行业下一阶段的发展无疑将继续以技术创新和突破为主。预计 2021 - 2030 年间，全球将诞生新一批清洁能源巨头。

“可再生能源时代已经到来”

“可再生能源的喜人增势让我们反思，也给我们提供了机会，让我们的发展轨迹与实现包容性繁荣的道路保持一致。” Francesco La Camera 称，“事实证明，我们正在抓住这个机会，尽管去年过得十分艰难，但就像我们预测的那样，可再生能源的时代已经到来了。”

业界也普遍认为，在疫情冲击全球背景下，清洁能源发电成本仍在下降、清洁能源技术市场仍在扩张，能源转型的效益从未如此显现。预计 2021 年开始的 10 年，将是全球气候行动、环保减排以及大力推进清洁能源转型投资布局的“黄金 10 年”。

不过，Francesco La Camera 强调，要想实现《巴黎协定》控制升温不超过 1.5 摄氏度的目标，还要继续推进这样迅猛的清洁能源发展趋势。虽然许多减少高污染行业碳排放的技术已经存在，但这些技术需要资金来开发，以用于工业规模。重工业的投资周期一般为 25 年，下一轮投资预计在 2030 年左右开始。

国际能源署（IEA）也指出，2021 年开始的 10 年间，全球清洁能源技术支出至少需要增加两倍，才可能避免气候变化带来最坏的影响。

IEA 总干事法提赫·比罗尔表示，为了尽快实现本世纪中叶的气候目标，各国政府需要在 2030 年前加大对清洁能源技术研发的投入。“如果没有更快的清洁能源创新，实现净零排放几乎不可能，设定雄心勃勃的气候目标是一个勇敢的政策决定，但实现这些目标需要的不仅仅是勇气。”

《新能源技术研究的机遇与挑战》报告发布

中国科学报 2021.4.13

本报讯（记者韩扬眉）4月12日，由中国科学院科技战略咨询研究院、施普林格·自然联合组织的《新能源技术研究的机遇与挑战》报告（以下简称报告）在北京发布。

报告对全球2000年至2019年间8个不同新能源技术领域整体及其20项代表性技术主题进行系统分析，并从全球尺度重点关注了中国新能源技术的发展和特点。

报告指出，全球新能源领域研究正进入加速发展期。太阳能、储能和氢能3个领域受到全球广泛关注，成为近5年全球新能源发文量最大的领域；电池储能技术、太阳能光伏技术、太阳能燃料技术则是全球前3位最具发展前景的技术主题。全球新能源领域研究成果技术转化率整体较低，产学研结合有待加强。相对而言，储能、生物质能和太阳能的研究成果转化率相对较高，锂离子电池和有机太阳能电池是科研界和产业界共同关注的技术热点。

报告指出，中国在新能源研究领域贡献总量较大，TOP10%的高质量研究贡献量也较高，但与美国、德国、日本等发达国家相比，中国大部分领域论文篇均被引频次排名相对靠后，研究整体效率仍需提升。

报告显示，通过定性分析，储能技术的快速进步将成为可再生能源电力和电动汽车大规模发展的有力支撑，氢能将是打造未来能源体系、实现能源变革的重要媒介，太阳能燃料技术的突破及其成本降低或将摆脱对化石燃料的依赖，而能源互联网将发挥“互联网+”智慧能源双重优势，实现能源统筹优化配置。

据悉，该报告是中国科学院科技战略咨询研究院和施普林格·自然共同组织的“未来科技”系列报告的第一篇。未来，双方将定位于国际高端权威的科技分领域前瞻分析，采用多维大数据分析与定性分析相结合的研究方法，形成结果与建议，按年度发布。

新能源上网电价方案现雏形

国家发改委征求意见稿显示，今年起新备案的集中式光伏电站、工商业分布式光伏和新核准陆上风电项目，中央财政不再补贴；户用光伏国家补贴为0.03元/千瓦时

中国能源报 2021.4.12

本报讯（记者姚金楠）报道：日前，国家发改委就2021年新能源上网电价政策征求意见。根据征求意见稿，2021年起新备案集中式光伏电站、工商业分布式光伏和新核准陆上风电项目，中央财政不再补贴。

征求意见稿指出，2021年，新建项目保障收购小时数以内的发电量，上网电价继续按“指导价+竞争性配置”方式形成。其中，指导价统筹考虑2020年各地燃煤发电基准价和

市场交易平均分省确定。根据征求意见稿，最高指导价出现在广东省，为0.4529元/千瓦时；最低指导价出现在新疆，为0.2423元/千瓦时。

具体而言，对于保障性并网的新建项目，保障收购小时数（无保障收购小时数的按合理利用小时数）以内的发电量，上网电价由省级能源主管部门以国家确定的项目并网规模为基础，通过竞争性配置方式形成，不得超过当地指导价；保障收购小时数以外的发电量，直接参与市场交易形成上网电价。征求意见稿同时指出，新建项目合理利用小时数，按照《财政部、国家发改委、国家能源局〈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》规定的项目全生命周期合理利用小时数折算至每年的利用小时数确定。

而对于保障性并网之外的新建项目，在通过自建、合建共享或购买服务等市场化方式落实并网条件后，其保障收购小时数以内的发电量，上网电价按当年当地指导价执行，不参与竞争性配置；保障收购小时数以外的发电量，直接参与市场交易形成上网电价。

征求意见稿强调，户用光伏发电继续享有国家补贴。对于2021年纳入当年中央财政补贴规模的新建户用分布式光伏全发电量补贴标准为0.03元/千瓦时，2022年起新建户用分布式光伏项目中央财政不再补贴。

此外，征求意见稿对于国家新能源实证平台（基地）电站和首批太阳能热发电示范项目的上网电价也给出了明确规定。其中，国家能源局批复的国家新能源实证平台（基地）电站全发电量，上网电价按照电站投产年度当地燃煤发电基准价执行。国家能源局组织实施的首批太阳能热发电示范项目于2019年和2020年全容量并网的，上网电价按照1.10元/千瓦时执行；2021年全容量并网的，上网电价按照1.05元/千瓦时执行。2022年1月1日后并网的首批太阳能热发电示范项目中央财政不再补贴。

将资源优势转化为产业优势，争创碳达峰、碳中和先行示范区

韶关率先吹响新能源全产业链发展号角

南方日报 2021.4.21

我国将力争于2030年前实现二氧化碳排放达到峰值、2060年前实现碳中和，这是一场大考，也是一场硬仗。全面推行绿色低碳循环经济发展，为新能源产业跨越式发展带来重大历史机遇。为深入贯彻落实相关决策部署，4月19日，韶关市委、市政府主办的新能源产业韶关对接大会在韶关市区举行，率先吹响新能源全产业链发展的号角。

大会以“碳达峰、碳中和，韶关在行动”为主题，旨在积极响应国家“3060”目标要求，以创建碳达峰、碳中和先行示范区为目标，深化与广大投资者合作，努力将韶关丰富的资源优势转化为产业发展优势，加快推进争当北部生态发展区高质量发展排头兵进程，为国家和广东实现碳达峰、碳中和目标作出韶关贡献。

韶关是国家重要的生态功能区，肩负维护南岭生态安全和为粤港澳大湾区提供优质生态

服务功能的重任，同时又是广东主要的电源基地之一，发展新能源产业具有得天独厚的优势。韶关将把能源发展作为全市经济和社会发展中必须长期坚持的一项重要战略方针，按照全市统筹管理、统一规划的原则，加快建立以新能源为主体的新能源全产业链战略性新兴产业，合理布局、积极推动新能源产业发展，实现资源资产价值化，加快韶关争当北部生态发展区高质量发展排头兵进程。

行业专家、企业代表热议►▷韶关新能源发展机遇

当天的大会上，来自新能源产业的精英翘楚、学者专家以及各行各业的 130 多家企业代表和省市相关部门共计 400 多人齐聚，围绕碳达峰、碳中和、新能源产业发展、韶关行动等相关话题进行交流。

会上，中国科学院电工研究所研究部主任、研究员王一波解读了“双碳”目标下韶关新能源发展的机遇和挑战。他认为，“双碳”目标和能源转型亟需可再生能源技术的支撑，光伏和风电大规模、高比例发展势在必行。“双碳”目标要立足中国实际，形成中国发展优势、竞争优势的局面，国家已从对外依赖的高碳能源体系切换到自给自足的低碳能源体系，韶关要充分发挥优势，大力推动电力、钢铁等产业结构调整，培育壮大信息、生物、机电等产业，抢占市场先机，实现规模与效益倍增。

与会学者、企业家们普遍认为，这是一次改革路径探究的大会，是一次面向未来的思想盛会。他们表示，此次来韶参会，正是希望深度对接、参与韶关新能源产业建设布局，为企业寻求更多发展机遇。他们将抓住此次大会创造的机会，加快在韶新能源领域投资布局，助力韶关经济社会高质量发展。

“我们公司在韶关落地了多个项目，投建发电项目达 480MW，是韶关绿色产业发展的重要践行者。参加韶关新能源产业对接大会让我看到了韶关市委、市政府对城市发展的责任感和使命感，以及高效的资源统筹能力。”阳光电源股份有限公司副董事长、阳光新能源开发有限公司总裁张许成介绍，接下来，结合新能源行业发展趋势及韶关生态优先、绿色发展战略部署，公司计划在韶关设立“智慧能源研究院有限公司”，以自主研发为主，科技成果转化并重，从事源荷协同互动机制、虚拟电厂、光储融合及联合调度推动新能源高比例渗透的研究并逐步实现产业化，实现韶关新能源产业弯道超车。

“韶关是一片投资沃土，我们公司接连将两个项目落地韶关仁化和始兴。接下来，我们希望和韶关市委、市政府共同努力，为韶关新能源全产业链高水平发展作出一份贡献。”中国大唐集团新能源股份有限公司广东分公司新能源事业部总经理王文欣表示，该企业两个项目在韶关落地过程中得到了各级政府的大力支持，感受到韶关各职能部门高效的办事效率。

据悉，面对我国不断增长的能源消费需求，碳达峰、碳中和步伐加快，韶关将积极统筹利用新能源资源和开发条件，依托新能源项目和矿产资源情况导入新能源产业，推动新能源开发与产业发展相互促进，大力发展风电、太阳能、智慧能源等新能源装备，实现资源资产价值最大化，打造新能源装备和产品研发制造基地。

韶关积极构建►► 绿色低碳循环发展经济体系

“韶关新能源电力建设起步较早，现状已具有一定规模，太阳能、风能等可再生能源资源条件优势明显，石英砂和特殊钢等原材料基础较好，装备制造业已初步形成产业集群效应，目前全市正加强资源统筹和产业发展规划布局统筹，新能源全产业链发展迎来了全新的发展机遇。”韶关市发改局局长郭先桂介绍。

地处粤港澳大湾区辐射湘赣地区发展的枢纽位置，韶关在区位、安全、气候、交通、网络、电力等方面有天然优势，同时，韶关作为华南重工业基地，钢铁、有色金属冶炼及深加工产业是其优势特色产业，在经济贡献中占有关键的基础地位。

韶关市供电局负责人介绍，按目前执行的电价情况，韶关大工业电价为全省最低。新能源装备制造项目容量电价、基金附加及力调电费均全省统一收费，若在韶关市落户，韶关市1至10千伏大工业平段电度电价仅0.4717元/千瓦时，比全省平均电价低0.07元/千瓦时，比广州等珠三角地区低0.1387元/千瓦时。按该项目每年5亿千瓦时电量需求计算，在韶落户比珠三角地区每年节约用电成本6900万元。

当下，立足北部生态发展区定位，韶关全力筑牢粤北生态屏障，狠抓产业绿色转型升级，高质量对接融入“双区”建设，坚持产业生态化、生态产业化，积极发展需要山水而不污染山水的产业，提升生态“含金量”、发展“含绿量”，让“绿色”成为产业转型升级改革的最亮底色，努力走出一条以生态优先、绿色发展为导向的高质量转型发展新路子。

“韶关将坚持新发展理念，努力践行‘绿水青山就是金山银山’理念，积极构建绿色低碳循环发展经济体系，为我国如期实现碳达峰、碳中和作出韶关贡献，打造韶关样板。韶关当前正以资源迎产业，举全市之力招商引资、招财引智，希望与会嘉宾和企业家为韶关新能源产业发展献计献策，积极参与到韶关投资建设新能源产业的各个项目中，推动韶关新能源产业持续健康发展。”韶关市委书记王瑞军说。

会后，韶关市政府相关领导率市直部门分别与39家在韶投资意向明确的重点企业负责人进行座谈交流，共叙友情，共商合作，共谋发展。座谈会后，部分与会企业还调研考察了韶关光伏项目以及丹霞山等建设情况。

优化能源结构►► 大力发展风电、光伏发电等清洁能源

碳达峰、碳中和是一项系统工程，包括提高固碳能力和减少碳的排放。能源领域碳排放总量大，是实现碳减排目标的关键。韶关是广东主要的电源基地之一，截至2020年12月，境内发电装机容量805.4万千瓦，其中光伏发电和风电装机容量占比达14.1%，新能源电力建设具备一定规模。

韶关新能源资源开发潜力大，在太阳能资源方面，1991-2020年近30年间，韶关年均总辐射达到4346兆焦/平方米，折合太阳能年发电小时数达到1207小时。韶关市光伏发电装机容量潜力可达838.95万千瓦，太阳能光伏产业内部市场需求潜力较大。

在风能资源方面，韶关风能资源较丰富，大风天气日数相对较多，适宜风能开发。根据

近 30 年韶关市国家气象站最大风速数据显示，韶关最大风速 $\geq 5.6\text{m/s}$ 天数有 68.7 天，最大风速 $\geq 6.4\text{m/s}$ 天数有 39.5 天。目前，韶关还有待开发风电场项目 48 个，装机容量 321 万千瓦。

“为率先实现‘碳达峰、碳中和’愿景目标，韶关将按照国家和省的部署，充分发挥太阳能和风能资源优势，大力发展风电、光伏发电等清洁能源，力争到 2030 年风电、光伏发电装机容量在能源结构中的比重突破 50%。”郭先桂表示。

“十四五”期间，韶关将大力发展光电、风电，有序开发水电、生物质发电，集中建设和分布发展并举，推动氢能发展，逐步降低煤炭消费比例，保障韶关能源供给、经济增长和生态发展。提升能源利用效率，鼓励先进节能技术的集成优化应用，削减成本，增强产业竞争力和改善消费者福利。在增加能源供应总量的同时，尽可能地减低碳排放的增加速度和数量。

此外，韶关将实施以清洁能源为主的多元化发展。提高可再生能源发电装机占比，推进工业、交通、供热等领域电气化改造，大幅度提高可再生能源供给电力、热力和燃料占比。建成光、风、水、储综合电力系统，满足碳减排双控目标、经济可持续发展、能源供给安全的多重要求。

产业转型升级►►壮大绿色经济新业态 围绕新能源布局

去年全年净增 72 家高新技术企业，企业类省重点实验室实现零的突破，8 个院士团队项目和武汉理工大学韶关研究院等 3 个新型研发机构成功落户，来韶考察洽谈的知名企业家和院士专家创历史新高；韶钢智慧中心实现了铁区和能介生产的大规模集控、无边界协同和大数据决策；华韶数据谷、华南数谷（一期）落户“华南数谷”大数据园区，成为全省 9 个数据中心之一……

近年来，韶关在优化能源结构的同时，不断淘汰落后产能，积极培育新兴产业，加快建设绿色低碳循环产业，发展新动能不断壮大。2020 年，韶关产业转型升级示范区建设获国务院激励表彰；在全省制造业高质量发展考评中，韶关居北部生态发展区首位。

目前，韶关开展“厂区变园区、产区变城区”改革，打造对接“双区”的园区平台。划设工业用地控制线，完善园区发展规划，引导企业集中入园和产业集聚集约集群发展。强力壮大绿色经济新业态，加快推进高端高新产业集群发展，韶关出台了战略性支柱产业和战略性新兴产业集群专项行动计划，全力推动电子信息、装备制造、新材料、生物医药、大数据、汽车及零部件等高新产业集群发展，努力打造绿色发展韶关样板。

接下来，韶关还将围绕太阳能、风能等新能源进行全产业链布局，充分发挥自身在钢铁、有色冶金、稀土等方面的优势推动产业转型升级。坚持降低能源消耗强度、合理控制能源消费总量，努力构筑经济、清洁、高效的低碳能源发展体系，为全市经济社会实现又好又快发展提供能源安全保障。

“十四五”时期，韶关将面向光伏产业的发展需求，强化与龙头企业及硅材料供应基地

合作，坚持高端化、差异化发展路线，重点布局 PERC 及 HJT 电池与组件、太阳能集热器、光伏设备、逆变器、封装、浆料。围绕 PERC 及 HJT 电池与组件，引进电池及组件的关键设备制造，如钝化层沉积设备、高精度印刷及烧结设备、高质量非晶硅膜沉积设备、透明导电膜沉积设备等，形成高效电池及组件的关键设备供应能力。

此外，韶关将依托金志利、中机重工等企业在现有基础，引进发展集整机制造及叶片、电机、齿轮箱、轴承等关键零部件制造，打造风电高端装备制造基地。引进培育新能源船舶。抓住北江干线扩能升级机遇，在曲江白土镇规划建设船舶产业园，积极引进新能源船舶及配套企业。依托白云电器智能电网产业基地项目，重点发展智能电网基础装备、电力专用芯片、智能传感、电力机器人、输变配工程集成、储能及智慧能源系统等产业，积极引进智能电网关键材料、核心部件、设备集成，以及先进储能中的充放电、通信装置、系统管理等关键技术和设备研发制造企业。

出台优惠政策▶▷全方位支持和促进新能源产业发展

“韶关市委、市政府重视新能源全产业链发展，我们将举全市之力支持新能源产业项目的建设、经营、发展，可为有意向、有实力在韶关投资发展新能源产业的龙头企业‘量身定制’优惠政策，全力为项目落地建设发展提供保障。”韶关市委常委、常务副市长华旭初表示，韶关将以非凡之举、非凡之力优化服务，奋力打造政策最优、成本最低、服务最好、办事最快的营商环境，让企业在韶关安心发展、加快发展。

据了解，韶关围绕“降成本、优服务、提效率”密集出台了一系列促进招商引资、支持企业创新发展、振兴实体经济的扶持政策，涵盖财税扶持、人才支持、科技创新等各方面，充分体现出韶关市委、市政府高度重视和促进产业发展的强烈信号和坚定信心。

在财税政策方面，企业落户园区享“四个 1000 万”鼓励政策。凡满足华南先进装备园和莞韶产业园产业发展要求入园企业，均可享受最高 1200 万元的建厂补助、最高 1120 万元的租金补助、最高 1200 万元的贷款贴息和最高 1000 万元的公共服务平台建设补助。

在人才政策方面，韶关市系统推出《丹霞英才计划》《韶关市扶持产业科技人才实施意见（试行）》等人才政策，积极吸引海内外高层次人才来韶就业创业及转化成果。韶关市 2019 年到 2021 年每年引进 2000 名各类紧缺急需人才，目前全市累计引进“丹霞英才”2700 多名，其中博士研究生 33 名、硕士研究生 985 名、本科生 1699 名。

在创新政策方面，韶关市每年投入不少于 1 亿元且上不封顶用于科技创新工作。对韶关大型骨干企业争取到省以上重大科技项目的，由财政按获得经费的 30% 予以资金配套支持。对引进重大科技平台、重大科技项目及科技创新人才成果在韶关落地的，按每个项目每年不超过 1000 万元，连续 5 年予以支持。

在供地政策方面，韶关采用多种方式灵活供应产业用地，可在规定期限内按合同约定分期缴纳土地出让金。对属于省优先发展产业且用地集约的制造业项目，土地出让底价可按所在地土地等别对应工业用地最低价标准的 70% 执行。在融资政策方面，韶关市财政统筹有

关专项资金，采取优惠利率帮助贷款到期的企业通过运用“过桥”贷款专项资金实现续贷，在现有贷款利率水平基础上下调10%—15%。

筑牢生态屏障▶▶推进国土绿化、提高森林质量

要实现碳达峰、碳中和，除了要在能源供给侧实现减排，还需要提高固碳能力。生态系统固碳能力巨大。其中，森林碳汇是目前应对气候变化最经济、最现实的手段，是国际社会公认的有效途径。韶关作为广东北部生态发展区的中坚力量，生态区位重要、生态基础良好、生态资源丰富。近年来，围绕“筑牢粤北生态屏障，打造绿色发展韶关样板，争当北部生态发展区高质量发展排头兵”的目标，韶关市继续坚定践行绿水青山就是金山银山的发展理念，坚持走生态优先、绿色发展之路，不断筑牢粤北生态屏障，努力在高水平生态保护中实现高质量发展。

为提高固碳能力，韶关市积极推进国土绿化，不断提高森林质量。韶关市立足优良的森林生态资源禀赋，在全省率先吹响了全域创建国家森林城市的号角，不断巩固和强化生态优势。“创森”工作启动以来，全市干群接力植绿，现已完成森林抚育13.2万公顷，春季造林进度连续三年排名全省第一。2019年，韶关市级“创森”五大体系24项工程345个项目已全部顺利完成。2020年，所辖7个县（市）均实现了“创森”申请和总体规划的“双备案”。

得益于“创森”工作的快速推进，韶关市森林质量不断提升。目前，韶关林地面积、森林蓄积量、森林覆盖率均居全省前列；此外，韶关成功创建“全国绿化模范城市”，成为粤东北首个获此称号的地级市；2020年韶关森林资源碳的总储量达4976.42万吨，二氧化碳吸收量达1.536亿吨。

青海新能源装机占比居全国首位

新能源总装机量已达60%

中国环境报 2021.4.13

本报讯 目前，青海省全网新能源总装机达2449万千瓦，新能源装机占比居全国首位。截至今年3月19日，青海省新能源发电量达13613万千瓦时，其中风电发电量9318万千瓦时，新能源、风电发电量均创历史新高。

今年3月18日，国家电网青海电力精准预测到次日全网风电将迎来大发，提前组织优化电网运行方式，并通过市场化手段拓展新能源接纳空间，开展水火风光协同精准控制，为风能资源的最大化捕捉奠定基础。19日，青海省风电最大出力达到514万千瓦，占当时全网用电负荷的53.7%；新能源总发电量占当日全网用电量的58.04%，有效支撑了全省电力电量平衡和清洁能源外送。

截至目前，青海省全网新能源总装机达2449万千瓦，占全网总装机容量的60.8%，新能源装机占比居全国首位。其中，风电总装机848万千瓦，占新能源总装机的34.6%。（夏连琪 刘红）

可再生能源替代常规建筑能源比例达到 8%

中国能源报 2021.4.26

4月20日，江苏省住房城乡建设厅发布《关于推进碳达峰目标下绿色城乡建设的指导意见》。文件指出，推动绿色建筑高质量发展，深化可再生能源建筑应用。推动太阳能光热、光电、浅层地热能、空气能、生物质能等新能源的综合利用，大力发展光伏瓦、光伏幕墙等建材型光伏技术在城镇建筑中一体化应用。

深化可再生能源建筑应用。深入挖掘建筑本体、周边区域的可再生能源应用潜力，推动太阳能光热、光电、浅层地热能、空气能、生物质能等新能源的综合利用，大力发展光伏瓦、光伏幕墙等建材型光伏技术在城镇建筑中一体化应用。积极推广热泵分散供暖，提高建筑电气化应用水平。到2025年，全省新增太阳能光电建筑一体化应用装机容量达500MW，新增太阳能光热建筑应用面积5000万平方米，新增地热能建筑应用面积300万平方米，可再生能源替代常规建筑能源比例达到8%。

国家能源局印发《2021年能源工作指导意见》

中国科学报 2021.4.26

本报讯 国家能源局近日印发《2021年能源工作指导意见》（简称《指导意见》），提出了2021年主要预期目标。其中，在能源结构方面，煤炭消费比重下降到56%以下。新增电能替代电量2000亿千瓦时左右，电能占终端能源消费比重力争达到28%左右。

根据《指导意见》，为积极推进以新能源为主体的新型电力系统建设，今年将研究促进火电灵活性改造的政策措施和市场机制，加快推动30万千瓦级和部分60万千瓦级燃煤机组灵活性改造；开展全国新一轮抽水蓄能中长期规划，力争长龙山、荒沟等抽水蓄能电站建成投产，推进泰顺、奉新等抽水蓄能电站核准开工建设；稳步有序推进储能项目试验示范。

按照“源网荷储一体化”工作思路，《指导意见》要求，持续推进城镇智能电网建设，推动电动汽车充换电基础设施高质量发展，加快推广供需互动用电系统，适应高比例可再生能源、电动汽车等多元化接入需求；持续推进粤港澳大湾区、深圳社会主义先行示范区、长三角一体化等区域智能电网建设。（李惠钰）

二、热能、储能、动力工程

循环寿命延长 新型碳基锂离子电容器问世

科技日报 2021.4.7

科技日报讯（记者王健高 通讯员刘佳）记者3月24日从中国科学院青岛生物能源与过程研究所获悉，该所研发出长循环寿命的碳基锂离子电容器单体，标志我国在高性能碳基锂

离子电容器产业化方面取得重要突破。

锂离子电容器是一种介于超级电容器和锂离子电池之间的新型储能器件，具有高能量密度、高功率密度、可快速充放电、长循环寿命和高安全性能等优点，在轨道交通、电动汽车的能量回收和加速启动、新能源发电、航空航天和国防军事等领域有着广泛的应用前景。

但由于技术复杂、成本高等原因，目前锂离子电容器关键产业技术及高性能原材料技术，在我国还没有获得突破，锂离子电容器基本依赖进口。

记者在采访中了解到，以中科院青岛能源所为依托，在该所武建飞和孙晓林高级工程师等人的共同努力下，该所先进储能材料与技术研究组通过开发大容量和高倍率的正负极核心材料等，成功研制出长循环寿命的碳基锂离子电容器单体。其单体实际容量 780F，高倍率循环 10 万圈容量仍然保持 95.7% 以上。

该所先进储能材料与技术研究组经过一步步实践，在锂离子电容器领域不断取得突破性成果，引起了国内知名企业的关注。武建飞介绍，自 2020 年起，该研究组与中国中车四方车辆研究所联合申报了山东省关键技术攻关项目、与山东水发集团签订了战略合作协议，力争将具有自主知识产权的锂离子电容器单体应用于轨道交通、家用汽车的能量回收及风光储等领域。

大规模储能支撑新型电力系统项目启动

中国能源报 2021.4.5

本报讯 3 月 17 日，由国家能源局委托国网青海省电力公司牵头开展的《大规模储能支撑高比例可再生能源电力系统安全稳定运行研究》工作正式启动。这是国内首次开展该项研究，将填补大规模储能支撑高比例可再生能源电力系统安全的技术空白，进一步推动我国能源高质量发展。

实现“30·60”双碳目标，新能源的快速有序发展将起到举足轻重的作用。大规模储能发展是新能源充分开发利用的最佳技术支撑，能够有效解决电网运行安全、新能源消纳、电力电量平衡等方面存在的突出问题。

近年来，青海省新能源取得跨越式发展，截至 2020 年底，已建成两个千万千瓦级新能源基地，且新能源装机占比超过 60%，走在全国前列。今年 1 月，青海省出台了《支持储能产业发展的若干措施（试行）》，为储能产业发展提供了良好环境。该项研究以青海电网为基础，旨在探索大规模储能支撑高比例可再生能源电力系统安全稳定运行的可行性，研究出能够指导全国储能产业健康有序发展的结论，推动我国早日实现“碳达峰”“碳中和”目标。此次研究成果还将为我国储能行业快速发展开辟重要路径。

据悉，此次研究内容含大规模储能系统接入电网适应性及按期性分析、大规模储能的纯新能源系统安全稳定运行关键技术等五方面。研究时间将贯穿 2021 年全年，预计 5 月 31 日前形成初步研究成果，6 月至 12 月进一步细化完善研究结论。（张蕴 王宏霞 王国栋）

六角硫化物材料巨大热导率跳变效应被发现

科技日报 2021.4.7

科技日报讯（记者吴长锋）记者从中国科学院合肥研究院获悉，该院固体所功能材料物理与器件研究部童鹏研究员课题组与计算物理与量子材料研究部张永胜研究员课题组合作，在六角硫化物中发现了温度驱动的巨大热导率跳变效应，并给出理论解释。该材料体系易于合成、原料环境友好，在热流主动控制领域具有潜在的应用价值。

目前约90%能源的使用涉及热量的产生与操控，因此有效控制热量传导对于提高能源利用率、实现节能减排和可持续发展具有重要意义。材料的热导率大小是决定其热传导能力的关键因素之一，但如果材料热导率随温度变化而发生突变，则可根据导热能力的不同实现对热流的自主控制。近年来此类材料已得到了研究人员的广泛关注。

研究人员发现，在低温反铁磁至高温顺磁相变处，六角硫化物的热导率出现可逆跳变，变化率最大能超过200%，变化幅度远高于镍钛合金等典型固态热导率突变材料。为了阐明热导率突变的物理机制，研究人员通过对硫化镍的电子能带结构计算，结合求解玻尔兹曼输运方程，发现高于相变温度的顺磁态为金属，具有较大的电子热导率。研究人员用少量金属银粘接六角硫化物硫化镍，通过与基体之间形成纳米过渡层，金属银对热应力起到了很好的缓冲和释放作用，显著地改善了材料的脆性，同时也提高了材料的机械加工性能和热循环稳定性。

当环境寒冷时，六角硫化物材料的低热导率可以延缓热量散失，起到保温作用；而在炎热的环境下，六角硫化物材料的高热导率有助于热量快速散发，防止器件过热，可用于维持电池、芯片的最佳工作温度。该材料也可以与具有相反热导率温度依赖关系的材料联合使用，构筑热二极管。

能发热的玻璃长椅、可屏蔽电磁辐射的薄膜……

加点石墨烯，这些产品变“神奇”

科技日报 2021.4.7

石墨烯是一种由碳原子构成的单层片状结构新材料，它轻如空气，又坚比钢铁。有了石墨烯，可弯曲折叠的屏幕、更薄更耐用的电池、更小的处理器都不再是幻想。

石墨烯是一种由碳原子构成的单层片状结构新材料，它轻如空气，又坚比钢铁，以其优异的导电性、透光性和强韧度，将在电子、能源、环境等多个领域发挥非常大的应用潜力。

有了石墨烯，可弯曲折叠的屏幕、更薄更耐用的电池、更小的处理器都不再是幻想。记者4月1日走访厦门石墨烯孵化基地发现，一批打破国际垄断、填补空白、具备核心技术的企业，基于石墨烯研发出发热长椅、航天器电池、碳基净化材料，逐渐成长为石墨烯产业界的“参天大树”。

新型碳纳米复合材料 在寒冷天气给你热炕头的温暖

在厦门中易宏普纳米科技有限公司（以下简称中易宏普），技术人员坐在公司自主研发的石墨烯玻璃发热长椅上，这种长椅可以喷涂各种图案，将广泛应用在城市里主要的公交车站、公园、旅游景点等场所。

“石墨烯玻璃发热长椅不但可以发热，而且节约能耗、抗菌。冬季寒冷天气人们坐上去会享受到北方热炕头的温暖。”中易宏普有关负责人介绍说。

石墨烯产业被我国列为“先导产业”，正引领着新一轮的科技革命与产业变革。当前，石墨烯发热产品主要依靠发热薄膜发热。然而，薄膜本身是一种塑料产品，因此在受热的过程中，会产生热胀冷缩反应导致寿命短、性能衰减及耗电增加等问题。

“我们发现石墨烯和碳纳米管都是碳元素的同素异形体，都拥有各自的神奇特性。石墨烯作为片状结构，在横向上的超导性能十分优越，而碳纳米管正好相反，在纵向上的超导性能可与石墨烯形成互补。”中易宏普有关技术人员告诉记者，研究人员将两者进行有效的结合，形成了超导性能更加卓越的新型碳纳米复合材料，并通过特种工艺直接喷涂在玻璃上发热。

该技术属于全球首创，目前产品已实现产业化。落地厦门火炬石墨烯孵化器短短一年间，中易宏普便取得了一系列重要进展：获得韩国2020年新技术—新产品认证大奖；石墨烯渗透锌粉重防腐涂料在国家航材院完成了各项相关检测，下一步将投建整条大规模生产线，为科研院所提供石墨烯渗透锌粉重防腐涂料。

功能性材料氟化碳 让锂电池兼顾“双高”性能

厦门弗能科技有限公司（以下简称弗能科技）是厦门火炬石墨烯新材料专业孵化器引进的一家先进碳材料企业。走进弗能科技生产车间，记者看到了一排排整齐摆放的高温氟化碳设备，几名研发人员正紧张地盯着控制面板，关注着生产参数的变化，高温反应炉内正在生产国家紧缺的功能性材料——氟化碳。“长期以来，该领域主要技术掌握在美、日等发达国家手里，我们有望率先实现该材料的国产化。”弗能科技有关负责人告诉记者。

氟化碳是目前世界上理论能量密度最高的原电池固态正极材料，在电子器件、生物医学和装备电源等领域有广阔应用前景。合成氟化碳具有一定的危险性，国际主流的氟化碳材料难以兼顾“能量密度高”和“功率密度高”两项“双高”要求，我国在该领域起步较晚，相关研究及产业结构缺失。

瞄准新型氟化碳材料的规模化制备，经过多年技术攻关，弗能科技技术团队形成具有我国自主知识产权的氟化碳规模化制备技术，实现了核心材料国产化，满足了新一代小型化、混合化、群体化、远程化、智能化航天装备对“双高”锂电池的需求。

“目前，企业已完成700多平方米的研发实验室建设，完成功率氟化碳材料长程和局部结构、三维导电网络构建等制备技术研究，突破现有高功率氟化碳材料高温定向氟化制备技术。”弗能科技有关负责人透露，2021年，公司计划投入2000万元，建设年产5吨氟化碳

及纳米氟化碳生产线，实现氟化碳材料的国产化。

石墨烯电磁屏蔽薄膜 抑制 5G 时代电磁干扰和辐射

在偌大宽敞的研发车间，科炭（厦门）新材料有限公司（以下简称科炭）的研发工程师们紧张有序地忙碌着，新型碳基材料的生产线上，一桶桶高纯度的氧化石墨烯浆料、一盒盒新型石墨烯电磁屏蔽薄膜材料有序地输送到车间外……

“这是高效石墨烯屏蔽材料系列，具有轻薄、柔韧可折叠、耐燃耐腐蚀等显著优势，可满足电子产品、国防航天装备、电力电缆不同应用场景的需求。”科炭有关负责人介绍说。

5G 时代来临，新一代高度集成、高功率和高频电子器件数量急剧增加，电磁干扰和辐射问题日益突出。开发高性能电磁屏蔽材料是抑制电磁干扰和污染的重要手段，也是保证电子设备正常运转不可或缺的组件。

然而，当前国内屏蔽材料性能低、产品单一，高端屏蔽材料依赖进口。因此，开发集质量轻、厚度小、柔韧性好、屏蔽性能优于一体的新型电磁屏蔽材料迫在眉睫。

为此，科炭研发团队创新性开发了拥有自主知识产权的抑制石墨烯堆垛和团聚技术、超薄屏蔽膜制备技术等核心关键技术，研制了石墨烯—活性炭复合材料、超薄石墨烯膜和高弹性多孔石墨烯膜等高效屏蔽材料。当前，公司载银活性炭材料已陆续在飞利浦等厂家净化产品上使用，柔性石墨烯屏蔽薄膜也将用于手机等电子通信产品。（谢开飞 郭文晨 李幼君 谢桂玲）

新型“双高”混合型电化学储能器件问世

中国科学报 2021.4.12

锂离子电池和超级电容器是常用的电化学储能器件。传统锂离子电池受限于迟缓的体相反应，功率性能较差；超级电容器利用快速表面过程存储电荷，能量密度较低，这两个“种子选手”并不适用于对能量和功率密度都有较高要求的应用场景。

近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员吴忠帅团队在混合型电化学储能器件研制方面取得新进展，构建出具有与锂离子电池类似的摇椅式工作机理的电池—超级电容器混合储能器件，并通过电极容量和动力学“双匹配”策略，实现了器件的能量和功率密度“双高”。相关研究结果发表于《能源与环境科学》。

“将电池电极和超级电容器电极集成在一个器件内，结合两种储能机理的优点，获得能量和功率密度‘双高’的电池—超级电容器混合储能器件并不是一个全新的想法。事实上，不少国际团队正在为之努力。”吴忠帅说。

以往，研究人员主要使用电池型负极和双电层电容型正极，但基于此构建的器件构型充放电过程所需的离子由电解液提供，导致电解液用量大。此外，电池—超级电容器混合储能器件的性能还受到电池型电极和电容型电极之间极不匹配的电荷存储容量和电极动力学因素的严重制约。

该研究中，团队选取具有本征锂离子插层赝电容性质的正交五氧化二铌为负极，镍钴铝三元氧化物锂离子电池材料为正极，让锂离子在正负极之间来回穿梭，构建了摇椅式锂离子电池—超级电容器混合储能器件。该器件中，正负极皆拥有来自氧化还原反应的高容量。此外，负极的多孔纳米花结构可以促进电解液的浸润和传输，提升电极倍率性能。但纳米结构应用于高压正极可能会带来非活性表面重构以及不稳定的电极/电解液界面等问题，为此研究团队构筑了一个由一维碳纳米管、二维电化学剥离石墨烯以及导电聚合物黏结剂构成的三维导电网络，可以协同降低充放电过程中的内阻和极化，最终使正负极具有高度匹配的容量和倍率性能。

据介绍，该储能器件的性能优于以往报道的具有摇椅式构型的锂离子电池—超级电容器混合储能器件，同时也优于电极容量或动力学不匹配的其他混合储能器件，为“双高”混合储能器件的构型设计和电极优化策略提供了新思路。（卜叶）

中国电化学储能逆势而涨

中国科学报 2021.4.16

本报讯（记者陈欢欢）近日，由中国能源研究会、中关村储能产业技术联盟（CNESA）和中国科学院工程热物理所联合主办的“储能国际峰会暨展览会 2021”在北京国家会议中心召开。会上，CNESA 发布《储能产业研究白皮书 2021》指出，截至 2020 年底，全球锂离子电池累计装机 13.1 吉瓦，首次突破 10 吉瓦大关，在各类电化学储能技术中规模最大。

2020 年，储能行业经历上半年的低迷之后，市场逐渐回暖，新增投运储能项目，特别是电化学储能项目的装机规模逆势而涨，再次刷新单年新增规模纪录，达到 4.7 吉瓦，超过 2019 年新增投运规模的 1.6 倍。

根据 CNESA 全球储能项目库的不完全统计，截至 2020 年底，全球已投运储能项目累计装机规模 191.1 吉瓦，同比增长 3.4%。其中，抽水蓄能的累计装机规模最大，为 172.5 吉瓦，同比增长 0.9%；电化学储能的累计装机规模紧随其后，为 14.2 吉瓦。中国已投运储能项目累计装机规模 35.6 吉瓦，占全球市场总规模的 18.6%，同比增长 9.8%。其中，抽水蓄能的累计装机规模最大，为 31.79 吉瓦，同比增长 4.9%；电化学储能的累计装机规模位列第二，为 3269.2 兆瓦，同比增长 91.2%；在各类电化学储能技术中，锂离子电池的累计装机规模最大，为 2902.4 兆瓦。

具体到 2020 年，中国新增投运的电化学储能项目规模达 1559.6 兆瓦，首次突破吉瓦大关，是 2019 年同期的 2.4 倍，装机规模排名前十位的省市新增规模合计占 2020 年中国新增总规模的 86%。

CNESA 研究部预测，“十四五”期间，我国电化学储能市场将正式跨入规模化发展阶段。

综合能源系统要义：源网荷储一体化 + 多能互补

——解读《国家发展改革委 国家能源局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》对构建新型电力系统的支撑作用

中国能源报 2021.4.12

为进一步深化能源革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系，继2020年8月发布《国家发展改革委 国家能源局关于开展“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）》后，2021年3月，国家发展改革委、国家能源局又联合发布了《国家发展改革委 国家能源局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》）。

中央财经委员会第九次会议指出，要构建“以新能源为主体的新型电力系统”。众所周知，随着新能源大规模接入，电力系统将呈现显著的“双侧随机性”和“双峰双高”的“三双”特征，为保证电力系统安全稳定高效运行，必须加速推进源网荷储一体化和多能互补发展，通过多能互补综合能源系统建设，保障大规模新能源顺利消纳。

综合能源系统建设就是推进 源网荷储一体化和多能互补

《指导意见》指出，源网荷储一体化和多能互补是实现电力系统高质量发展、促进能源行业转型和社会经济发展的重要举措。

源网荷储一体化是指通过优化整合本地资源，以先进技术突破和体制机制创新为支撑，探索源网荷储高度融合的电力系统发展路径，强调发挥负荷侧调节能力、就地就近灵活坚强发展及激发市场活力，引导市场预期。多能互补是指利用存量常规电源，合理配置储能，统筹各类电源规划、设计、建设、运营，优先发展新能源，强化电源侧的灵活调节作用、优化电源配比及确保电源基地送电可持续性。

《指导意见》将源网荷储一体化和多能互补发展作为重要举措的意义在于：有利于提升电力发展质量与效益，强化源网荷储各环节间的协调互动，充分挖掘系统灵活性调节能力和需求侧资源，提升系统运行效率和电源开发综合效益；有利于推进生态文明建设，增加以新能源为代表的非化石能源开发消纳，优先利用清洁能源资源、充分发挥常规电站调节性能、适度配置储能设施、调动需求侧灵活响应的积极性，促进能源领域与生态环境的协调可持续发展；有利于促进区域协调发展，遵循合作共享、互利共赢的理念，发挥跨区源网荷储协调互济的作用，扩大电力资源优化配置的范围与规模。

结合《指导意见》可知，建设综合能源系统就是推进源网荷储一体化和多能互补发展，二者概念一致。

一方面，建设综合能源系统就是利用先进的物理信息技术和创新管理模式，整合区域内可再生能源、煤炭、石油、天然气等多种能源资源，实现异质能源子系统间的协调规划、优化运行、协同管理、交互响应和互补互济，在满足系统内多元化用能需求的同时，有效提升

能源利用效率、促进能源可持续发展。

另一方面，依托综合能源系统，开展综合能源服务，将在综合供能的基础上，整合储能设施及电气化交通等要素，通过天然气冷热电联供、分布式能源和能源智能微网等方式，结合大数据、云计算、物联网等技术，实现多能协同供应和能源综合梯级利用，提高能源系统效率，降低能源生产与消费成本。

建设综合能源系统有利于提升电力发展质量与效益、全面推进生态文明建设、促进区域协调发展，这与《指导意见》意义一致。

综合能源系统可破除不同能源品类之间的壁垒，充分调动各类异质能源子系统参与资源优化配置，推动能源电力由单一化供应模式转变为多元化供应模式。此外，工业互联网、数字服务等新技术、新业态在综合能源系统的应用将推动能源产品和能源业务创新，促进供需精准对接，有效提升电力发展的质量与综合效益。

综合能源系统可推动不同类型能源间的协调互补，实现清洁能源开发设备和移动能量存储设备的规模化和经济化应用，增强了能源生产、传输、存储、消费等各个环节的灵活性，改变能源的生产方式、供应体系和消费模式，有效提升清洁能源在生产端与消费端的比重，为生态文明建设提供重要支撑。

建设综合能源系统，借鉴平台经济与共享经济思维，建设互惠共赢综合能源服务生态圈，创新去中心化的新机制与新模式，将打通各区域、各节点、各主体间的服务流、信息流、资金流，推动实现能源系统优化运行分散决策、大网与分布式微能网双向互动及分布式节点协同自治，有效提升资源要素在大范围的配置能力与效率，为区域协调发展提供支撑。

综上所述，围绕用能效率提高、供能可靠性提高及用户用能成本降低、碳排放降低和其他污染物排放降低的“两高三低”目标建设综合能源系统，发展综合能源服务，整合冷、热、电、气等多种能源资源，将打破不同层级异质能网络系统间的壁垒，实现“纵向源网荷储协调，横向多能互补”，是落实《指导意见》的重要途径。

综合化、智能化和去中心化是清洁化转型的重要保障

《指导意见》指出，源网荷储一体化和多能互补作为电力工业高质量发展的重要举措，旨在“积极构建清洁低碳安全高效的新型电力系统，促进能源行业转型升级”。

新型电力系统构建和能源行业转型升级的本质措施是控制和缩减化石能源消费量、增加可再生能源发电比例。推动能源电力系统清洁化转型是贯彻《指导意见》题中的应有之义，而综合化、智能化和去中心化则是清洁化转型的重要保障。

清洁化是加速能源转型的核心要求。供给侧清洁化转型可依托区域级、城市级、园区级等不同规模综合能源系统建设与运营，推动大网、微能网及分布式各级能源网络的协调及互联互通，有效支撑可再生能源大规模跨省跨区传输消纳及分布式可再生能源规模化经济利用，改善能源生产和供应模式，提升可再生能源在生产端的结构占比；需求侧清洁化转型可依托综合能源系统建设，在需求侧开展综合能源服务，在满足用户能源消费需求的基础上，

推动传统的物理能源消费理念过渡到“能源+服务”的综合消费理念，发掘需求侧消纳绿色电力、开展节能增效管理及购买绿色证书等多样化需求，充分发挥和调动需求侧消纳可再生能源的潜力与积极性，提升可再生能源在消费端的结构占比。

综合化是清洁化转型的技术保障。在供给侧整合风、光、水、天然气、煤炭等多类型能源资源，在需求侧整合电、热、冷、气等多类型能源需求，破除不同能源品类之间的壁垒，围绕“两高三低”目标规划、建设及运营综合能源系统，探索多类型电源协同运行、多类型能源需求转换替代等技术，为可再生能源消纳提供充足的灵活性资源与辅助服务，有效解决可再生能源出力波动平抑和出力追踪等难题。

智能化是清洁化转型的技术保障。顺应数字革命潮流，推动能源行业智能化发展，推广“云大物移智链”等技术应用，建设以能源物联网为基础的综合能源系统，在实现覆盖能源生产、传输、交易、消费多环节即时化感知与监测的基础上，将促进能源信息的流动与共享，并充分发掘能源大数据作为新时期重要生产要素的价值，支撑能源系统动态优化。

去中心化是清洁化转型的体制机制保障。在体制机制层面创新去中心化的新模式、新业态，推动众多分布式能源节点的高度自治与协同运行，将为多能源微网间的功率平衡与最优分配、能源灵活自主微平衡交易发展、多节点间的点对点实时自主交易等问题提供全新的解决思路。

应从五方面探索综合能源系统建设路径

为充分发挥综合能源系统对《指导意见》的支撑作用，可从顶层设计、技术创新、基础设施建设、商业模式和市场建设五个方面探索《指导意见》的推进路径。

从顶层设计看，应立足我国能源转型要求和能源电力行业自身特点，以综合能源系统为纽带，从多种能源协同发展的角度优化能源生产与消费模式，推动传统能源与新能源协同发展，共同推动各能源品种之间的行业壁垒破除，推动分布式可再生能源项目开发和布局，打造可再生能源占比进一步提升的多元化供给体系。

从技术创新看，应积极发挥智库、科研部所及高校的优势，打通人才链、创新链、技术链，推动“云大物移智链”等先进技术在电力工业的创新应用，创新综合能源系统多能源高效运行技术、可再生能源开发利用关键设备研发等技术，解决可再生能源利用成本高、效率低等“卡脖子”问题，支撑能源电力安全、绿色、智能、高效升级。

从基础设施看，应加强清洁能源发电及多类型储能设施建设，鼓励因地制宜建设含高比例可再生能源的综合能源系统，推动分布式清洁能源就地消纳。加强智能终端和智慧能源平台建设，实现能源生产消费的智能监测、诊断和调控，鼓励能效水平低、污染排放大的老旧设备更新迭代，推进老旧园区综合能源改造。

从商业模式看，应推动供给侧跨界融合，引导电力、天然气、热力与互联网运营商构建综合能源服务解决方案供应商或成立商业联盟，以互惠共赢、低碳高效为主要原则，创新多主体投资、运营及利益分配机制，创建互利互惠的商业生态圈。

从市场建设看，应充分发掘与调动需求侧资源的潜力与活力，积极推动需求侧多元主体参与电力市场、天然气市场、碳交易市场、绿证市场及可再生能源超额消纳量市场交易，紧紧抓住体制机制改革机遇期，利用已有试点示范经验和经营优势，积极开拓多元化市场。

要解决高比例可再生能源、需求侧资源开发等关键问题

大规模可再生能源消纳。随着“30·60”双碳目标提出，高比例可再生能源接入将成为未来能源电力系统发展的必然趋势，保障大规模可再生能源经济、高效、安全并网，是践行以绿色低碳为理念推动清洁能源发展与全面推进生态文明建设的重要支撑。

在系统层面，应推进源端基地及终端消费综合能源系统规划建设，一方面，加速源端与负荷中心互联、各级能源网互济，为广域时空的可再生能源接入与优化配置提供支撑；另一方面，在终端推动分布式能源、储能的发展应用，提供安全、智能、清洁的综合能源服务，提升可再生能源占比。

在平台层面，应推进“平台+生态”建设，依托云平台建设打造电力供需预测、消纳能力计算、新能源大数据分析等子功能模块，为可再生能源设备与厂商管理、规划建设、运行管理等业务环节提供辅助决策支撑。

在机制层面，应推动能源灵活自主微平衡交易，实现分布式能源、分布式储能主体与工业大用户及微用能主体间的点对点自主交易，鼓励创新清洁能源新型商业模式。

加强需求侧资源开发。当前国际上许多国家已从能源战略高度将需求侧资源置于与发电侧资源同等甚至优先的地位，利用弹性负荷、分布式电源、电动汽车、储能等资源实现削峰填谷、追踪可再生能源出力等功能，与供应侧深度调峰、配置储能等系统调节方式相比，成本更低、效果更好。可以说，进一步开发需求侧资源是贯彻《指导意见》的关键之一。

从平台与技术角度看，在用户、电网与电源等环节广泛部署数据采集终端，整合系统运行、市场交易和用户用能数据，分析需求侧用能种类、用能倾向、用能弹性等特性，揭示能源价格、气象及宏观经济数据等因素对需求侧特性的影响机理，将为需求侧资源合理开发提供理论支撑。

从市场化机制角度看，以需求侧用能行为与能源价格之间的映射机理为指导，建立可反映电力供需情况的、可充分调动需求侧积极性的价格信号，将充分激发需求响应资源的潜力，统筹实现能源系统建设成本压缩、可再生能源消纳提升及能源系统安全高效运行等多元化目标。

开展储能高效高质运营。储能技术作为消纳可再生能源电力的重要技术之一，近年来受到业内重视，多地能源局提出优先支持配置储能的新能源发电项目，甚至拟为各新能源场站配置一定容量的储能装置。然而，从技术角度解决新能源消纳问题不等于从技术经济角度解决了该问题，储能设备的高效高质运营对贯彻《指导意见》有着重要意义。

从规划看，应加强储能与源网荷协调规划研究，根据不同地区对灵活调节资源的需求、发展定位和特点，明确储能发展规模和布局，实现源网荷储协调发展，合理确定储能发展规

模、设施布局、接入范围和建设时序并滚动调整，引导储能合理布局、有序发展。

从运营看，应推动储能云平台建设，以共享经济、平台经济的发展模式创新储能运营的体制机制，充分挖掘储能云的利用潜力，通过设备共享、资源共享和服务共享最大限度地发挥储能设备的利用价值，实现储能设备资源优化配置和高效利用。

有序推进减煤降碳。“绿色、高效发展”是《指导意见》的重要指导思想之一。在推进源网荷储一体化和多能互补举措、助力能源电力工业转型升级的过程中应充分发挥我国的制度优势，依托举国体制推动多地、多行业、多环节间的联动，有序推进减煤降碳工作。

从能源电力系统内看，在源端，应统筹“可再生替代燃煤机组”与“高效大机组替代低效小机组”两个替代，一方面，加速集中式可再生能源基地建设，推进基地与负荷中心互联；另一方面，依托发电权交易、合同电量转让等机制推动低效、老旧燃煤机组有序退出。在终端，应稳步推动分布式能源、储能、热泵等技术发展应用，以提供安全、智能、清洁的综合能源服务。

从能源电力系统外看，应以高耗能行业为重点对象，积极开展电能替代工作，加速各行业再电气化进程，依托集中高效的电能生产方式和 P2X 技术，实现用较低的碳排放代价替换散烧、燃煤锅炉和低效自备电站等较高的碳排放。

为了碳中和，动力储能电池产业正加速行动

科技日报 2021.4.21

科技支撑碳达峰碳中和

我国提出，力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和目标。

那么，先进动力和储能电池产业，该如何顺应新的发展形势要求，加速推进技术创新和产业变革，为建设资源节约型、环境友好型社会作出重要的贡献？

4 月 12 日，来自全国动力与储能电池全产业链的 250 多位专家学者和企业家，集聚江苏省溧阳市，在“先进动力和储能电池产业对接峰会”上，结合国家碳达峰碳中和行动，展开了深入的交流，形成了多方面新的共识。

“目前，我国矿物能源状态，仍然是富煤、少气、缺油。其中，在汽车保有 2.4 亿辆之下，自产原油约在 1.9 亿吨，对外依赖度仍很高。”中国工程院院士、中科院物理研究所的陈立泉说，能源形势逼人，挑战逼人，使命逼人，我们一定要大力发展储能产业，加速推动“动力中国”建设，这非常重要。

陈立泉认为，对于先进动力和储能电池产业来说，必须抢抓碳达峰碳中和行动，以及新能源汽车已进入加速发展新阶段的机遇，着力提高技术创新能力，加快发展能源互联网，加速构建新型产业生态，推动全产业链融合发展，通过采用先进的电力电子技术 + 信息技术 + 智能管理技术，将分布式能量采集装置、储存装置和各种负载互联起来，以清洁、绿色能源来满足市场新需求。

记者了解到，电动汽车可以作为重要的分布式储能的载体方式，同时也可消耗电能。汽车用不完的电可以白天卖到电网上去，解决峰值需求，夜晚低谷时用廉价的电充电，从而实现削峰填谷，显著提高能源利用效率，降低电动汽车使用成本；随着 5G 基站建设速度的加快，大量的储能基站也可以存低谷电，所以通信基站也成为一个很重要的分布式储能装置；大量全国数据中心的建设，也需要提供高度可靠、大规模的储能存电备电。

同时，电动轮船、电动飞机、轨道交通、现代农机、医疗电子等电动化的发展，也都给先进动力和储能电池企业带来了广阔的提升与发展空间。

“先进电池是国家的战略支撑技术，先进电池技术未来的发展速度和发展质量对于促进风能和太阳能等可再生能源的大规模接入和全额并网消纳，增强电网的灵活性和稳定性，推动新能源汽车发展，降低环境污染和碳排放，进而最终实现我国能源结构转型，确保和碳达峰碳中和目标的实现，保障国家能源安全，具有十分重要的意义。”中科院物理所研究员李泓说。

相关专家告诉记者，目前，我国先进动力和储能电池的产业规模，已经达到了世界领先水平，但在电动汽车和规模储能这类万亿级市场应用方面，还需要解决降低成本、提高安全性、提高寿命的技术瓶颈，从而推动商业化发展，目前仍受到材料、工艺技术和装备水平的制约。

下一步，为了提高我国的核心竞争力，完全实现自主可控，需要更效率的通过整合科研院所和企业研发、生产、市场等领域的资源，打通创新链和产业链，发挥行业创新联盟的作用，围绕开发系统形成高效率高质量合作，以国家重大需求为导向，集中力量实现有重点的突破，从而全面提升我国自主创新能力，在世界范围内保持领先地位。

李泓告诉记者，动力和储能电池产业链中大、中、小型企业的发展目标、发展水平、发展策略也会有所不同。优秀的企业都应该具备不可替代的核心竞争力。

“当前，我市正开展‘电动溧阳’建设，将在加快绿色储能产业集群发展等五大方面开展具体工作，为区域率先实现碳达峰碳中和目标，为‘电动中国’目标的实现提供先进的示范样板。”溧阳市市长叶明华说。

丹佛斯携新绿色制冷解决方案亮相中国制冷展

中国科学报 2021.4.12

本报讯 在日前举行的 2021 中国制冷展上，丹麦能效解决方案供应商丹佛斯携旗下众多创新型绿色制冷解决方案亮相，其中包含 20 多款专门为中国市场打造的压缩机、阀件、板式换热器、控制器、磁悬浮无油压缩机等全新产品。

展会期间，丹佛斯还携手众多合作伙伴举办了绿色能效论坛，共同探讨数据中心、工业制冷、绿色供暖、磁悬浮等领域的挑战和前景，尤其是能效提升方面的巨大潜力。

丹佛斯中国区总裁徐阳表示：“丹佛斯的产品和解决方案具有超高的能效表现，是丹麦

迈向‘碳中和’、打造‘零碳经济’过程中的重要贡献者和参与者。多年以来，丹佛斯一直致力于将我们在丹麦绿色发展过程中所积累的技术和理念带入中国，推动行业的绿色转型，助力中国早日实现‘碳达峰’和‘碳中和’。”

徐阳同时指出，建筑制冷和供热系统的能耗占全球城镇总能耗的40%，高效率的制冷、供热解决方案如得以充分应用，将产生巨大的节能减排效益，对中国的绿色转型意义重大。

据了解，丹佛斯集团已经宣布，到2022年，总部所有建筑将全部实现碳中和；2030年，集团在全球各地的工厂和办公区域将实现脱碳发展。这一过程中，丹佛斯的冷却、热回收以及综合能源利用技术将发挥重要作用。（穆紫）

合成柔性相变储能材料膜

中国科学报 2021.4.14

本报讯（记者卜叶 通讯员孙克衍）近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员史全团队在相变储能材料研究方面取得新进展。他们通过简单易行的策略合成了石墨烯基的复合相变材料膜，并将其用于可穿戴的光—热管理器件。该复合相变材料膜具有优异的柔韧性、储热和光热转化能力，为智能可穿戴光—热管理器件研究提供了新思路。相关研究成果发表于《化学工程杂志》。

相变储能材料能在相对恒定的温度下吸收和释放大量相变潜热，广泛应用于热能储存和温度控制的热管理领域。然而，传统相变材料本身固有的液态泄漏、弱吸光能力以及固态刚性使其在可穿戴的智能光—热转化器件研究中极具挑战性。

针对该问题，史全团队以聚合物和石墨烯为原料合成了具有优异柔韧性的复合石墨烯膜，并与相变材料复合，得到柔性的复合相变材料膜。该复合相变材料膜具有优异的形状稳定性，即使在高于相变温度的状态下，仍保持固态而不发生泄漏；同时，该材料具有高相变材料负载量，表现出优异的储热能力，即使经过500个热循环和弯曲循环仍然保持稳定；此外，该材料还具有出色的光—热转化能力，可迅速将太阳能转化为热能储存，转化效率最高可达96%。研究人员进一步将该复合相变材料膜贴到人体模型表面，结果表明，在弯曲状态其仍表现出稳定的光—热转化性能。

该复合相变材料膜表现出可用于人体可穿戴光—热管理领域的潜力，为可穿戴智能织物的开发提供了新方向。

有望替代锂离子电池 钠离子电池储能技术迈上新台阶

科技日报 2021.4.27

科技日报讯（记者陈曦 通讯员高兴斌 吴军辉）记者4月23日获悉，南开大学陈军院士领衔完成的“钠离子电池关键电极材料与反应机制”项目，获得2020年度高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）自然科学一等奖。目前，该成果的转化正在稳步推进，将服

务于京津冀协同发展。

在开发利用可再生能源过程中，电化学储能技术发挥着越来越重要的作用。在众多的电化学储能技术中，锂离子电池已在便携式电子设备和新能源汽车中占据主导地位。“然而，锂丰度低，资源分布不均，约70%集中在南美洲，我国80%的锂资源依赖进口。另外，锂离子电池的安全隐患也难以满足大规模储能的应用需求。”陈军说。

鉴于对原材料储量以及电池安全性、稳定性的担忧，人们努力寻找能够替代锂离子电池，可大规模应用且环境友好的下一代电化学储能技术。

钠与锂位于同一主族，具有很多相似的物理化学性质，且钠资源丰富、分布广泛、成本低廉，另外钠离子电池快速充放电时负极不易析钠，安全性高。因此，钠离子电池被认为是极具潜力的下一代电化学储能技术。

钠离子电池能量密度较低，循环寿命较短、倍率性能欠佳等问题，制约着钠离子电池的转化应用。陈军院士团队10余年潜心研究，研发了新型对称有机钠离子电池，一举突破了钠离子电池关键电极材料和反应调控机制等关键核心难题，为发展高性能钠离子电池开辟了道路。

陈军院士团队还积极推动科研成果向应用技术转化，相关成果获多项中国发明专利授权，并与天津捷威动力工业有限公司、深圳欣旺达电子股份有限公司、广东嘉元科技股份有限公司、安徽理士国际技术有限公司等知名电池企业开展产学研合作，共建国家企业技术中心。同时，与河北省沧州市政府共建南开大学—沧州渤海新区绿色化工研究院，部分钠离子电池关键电极材料正在进行中试放大与应用转化。

全球储能装机增势迅猛

中国能源报 2021.4.26

本报讯（记者苏南）报道：中关村储能产业技术联盟（CNESA）近日发布《储能产业研究白皮书2021》显示，根据不完全统计，截至2020年底，全球已投运的储能项目累计装机规模已达191.1吉瓦，同比增长3.4%。其中，电化学储能和锂离子电池的累计装机规模均首次突破10吉瓦大关。

根据CNESA的报告，2020年，全球抽水蓄能的累计装机规模最大，为172.5吉瓦，同比增长0.9%；电化学储能的累计装机规模紧随其后，为14.2吉瓦。而在各类电化学储能技术中，锂离子电池的累计装机规模最大，为13.1吉瓦。

报告指出，2020年，尽管受新冠肺炎疫情影响，储能市场依然在下半年逐渐回暖，新增投运的储能项目，特别是电化学储能项目的装机规模逆势上涨，再次刷新单年新增装机纪录，达到4.7吉瓦，超过2019年新增投运规模的1.6倍。

“在电化学储能方面，全球去年单年新增将近5吉瓦，相当于上一年新增量的2倍，实现了爆发式的增长。”中关村储能产业技术联盟副秘书长岳芬表示。

根据该报告，2020 年全球的储能市场还呈现另一个特点——规模大。统计显示，2020 年之前，全球投运的百兆瓦级以上的储能项目不超过 10 个，而 2020 年一年间发布的规划在建的百兆瓦级储能项目超过 60 个。

“这些项目有的是用来替代燃气调峰机组的。比如美国加州两个小时的储能电站，现在基本上能与燃气调峰机组相竞争；而到 2023 年，4 个小时的储能电站能和燃气调峰电站相竞争，所以现在加州有很多 4 个小时的储能电站在规划和审批当中。”岳芬介绍称，“再比如英国，以往 50 兆瓦以上的项目需要由国家审批，但去年这一限制被取消了，所以现在英国也出现了很多大规模的储能项目。”

此外，报告还显示，2020 年，全球储能涉及到企业方面的总融资额比 2019 年增长了 136%，达到 432 亿元人民币。岳芬分析指出，一是与电动汽车相关的锂电池技术成为资本追逐的目标；二是因为去年发生了很多自然灾害，给传统电力系统带来挑战，让人们认识到长时间储能成为电力系统必备资源的重要性。

“追踪全球发展技术路线过程中，我们注意到，未来因为要接入大量可再生能源，需要平衡 4 个小时以及全天甚至多天的供电量，所以，全球有许多国家将长时间储能列入重点支持计划当中。”岳芬向记者表示，“比如，欧盟通过设立欧盟电池联盟的方式来推动电池、储能的发展，对短期应该做的技术功课、长期需要做的研发攻关点以及行动计划等都做了明确规划。”

记者采访发现，为了抓住海外储能机遇，比亚迪、科陆电子、浙江南都等不少国内企业也纷纷“出海”开拓市场。华为智能光伏技术专家严剑锋在接受记者采访时表示，华为智能光伏已经广泛应用于 60 多个国家，目前在欧美、越南、巴基斯坦等 20 多个国家开始探索“光伏+储能”。

不过，中关村储能产业技术联盟研究经理孟海星指出，由于欧美国家去年均对储能领域的政策做出了调整，整体倾向于保护和满足其国内生产制造需求，从而对中国企业进军欧美市场造成一定程度的阻碍。

西南地区锂电池产业大规模扩产

中国能源报 2021.4.26

本报讯（实习记者姚美娇）报道：据高工锂电不完全统计，2021 年第一季度，国内锂电池产业链投扩产项目达 67 个，涉及 44 家企业，总投资超过 3190 亿元。其中西南地区大规模扩产趋势明显：先前主要在江苏、福建一带布局的锂电池产业链，开始逐渐向西南地区转移，产业集群效应在四川较为突出。

伊维经济研究院研究部总经理吴辉认为，锂电池产业链向西南转移的主因是为了降低生产成本。“四川的水电、天然气资源丰富、成本较低，在电池生产方面比较有优势。这也是产业集群效应在四川较为突出的原因之一。”

“企业在投资锂电池产业链上的某个环节时，主要考虑的因素是锂电池产业链上下游配套环境及其发展趋势。由于产能过剩，前不久江苏省政府呼吁新能源汽车降速发展，这实际上等于是给电池企业降速。而福建省在电池环节，已有宁德时代这个头部企业，市场竞争激烈。因此，江苏、福建今年不再是电池产业投资的热土。”新能源汽车行业独立研究者曹广平表示。

另据了解，相关数据显示，川渝两地现有汽车整车企业 45 家，汽车零部件企业 1600 家，年产值超过 6000 亿元，汽车年产量近 300 万辆，全国占比近 12%，是国内六大汽车产业基地之一。“因此，川渝地区更易形成整车厂与零部件车企的联动，实现规模效应。”汽车行业资深分析师任万付指出。

另外，有业内人士建议，面对国内锂电池产业链向西南转移的大趋势，行业企业和政府主管部门应该及早提高锂电池技术水平和产品质量，防止低端产能过剩

半固态电池：新能源汽车理想动力选择？

兼顾液态电池和全固态电池的性能优势，并最大程度兼容现有工艺、设备及材料，能以较低成本量产

中国能源报 2021.4.26

“全固态电池量产和商业化还面临着诸多待解难题，而半固态电池可以兼容现有液态电池工艺设备和材料，能以较低成本量产，这是满足市场应用的基本条件。”近日在山东枣庄国家高新技术产业开发区召开的第二届下一代电池技术与市场应用研讨会上，卫蓝新能源副总经理向晋指出，固液混合的半固态电池是当前市场的理想选择。

业内人士进一步指出，未来全固态电池不一定能搭载到汽车上，半固态电池就能满足高安全和高能量密度需求，或是车用动力电池领域的终极方案。

车企和资本竞相追捧

经过十年的快速发展，液态锂离子电池成本大幅降低，能量密度持续提高，已成为全球车用动力电池市场的主流产品。但同时，液态锂离子电池起火爆炸事故频发，市场对其安全性提出了更高要求。

“一个 18650 型号的锂电池，其爆炸威力相当于一颗小型手榴弹，只是有钢壳约束着。”宁德时代和投资集团投资部总监喻军指出，锂离子电池做不到本征安全，其电解液用得越多就越危险。锂电池行业发展到今天，老百姓最担心的还是安全问题，其次才是能效和成本。因此，用固态电解质替代电解液具有更高的能量密度和安全性，被认为是电池行业的发展方向。

今年以来，固态电池成为资本市场、电池企业和各大车企争先追捧的对象。1月9日，蔚来汽车在 Nio Day 上发布了 150kWh 固态电池，宣称其能量密度达 360Wh/kg；3月15日，大众汽车在其首届电池日上表示，未来动力电池的目标是固态电池；随后，蜂巢能源、赣锋锂业等企业也宣布跟进固态电池研发与生产。

准确的说，上述企业提及的固态电池是固液混合的半固态电池，电芯内仍存在 5 - 15% 的电解液。目前，业内将半固态和全固态电池一并统称为固态电池，是相较于传统液态电池而言。

据了解，全球已有 40 多家固态电池生产商，我国有台湾辉能、江苏清陶、北京卫蓝、无锡海特等企业研发布局较早，前 4 家接近产业化，已建成至少中试规模实验线，并有产品应用于无人机，开始商用。向晋认为，半固态电池有望在 5 年内实现规模量产，全固态电池预期在 5 - 10 年实现商业化应用。

全固态电池量产应用难度大

全固态电池应用并非易事，目前还存在很多技术难题尚未解决，如固态电解质和电极之间的界面阻抗大、电解质可塑性差、循环寿命仍待提高等。“不是说实验室做出一个综合性很好的产品就能量产。”向晋坦言，固态电池量产受制于诸多因素，包括材料能否批量供应、成本控制能否达到客户接受水平等。

不仅如此，经济性决定了产品量产程度。中国电池产业研究院院长吴辉认为，液态锂离子电池能效和经济性已达最佳状态，尽管仍存在能量密度与安全性等方面的问题，但在市场应用方面，液态电池无疑是最具经济性的选择。

天风证券研究所副所长杨诚笑也认为，锂电池完全做到本征安全非常困难，要从市场化角度考虑其必要性，“固态电池最大优势是安全，但同时，要考虑电池进入市场是商业行为。”

在浙江锋锂新能源总经理许晓雄看来，固液混合的半固态电池或是动力电池领域的终级路线。以走向产品为目标，从能量密度、倍率、循环、工作温区、安全性、量产能力和成本七个维度对比半固态电池与传统液态电池性能，虽然半固态电池每一项指标不能达到完美，但有均衡综合优势。“全固态电池低温性能、成本、规模量产还难以突破，车载全固态电池不一定用得上。”他进一步强调，不要妖魔化固态电池，它不是一个概念，而是同时解决动力电池高比能和高安全两大问题的一个途径而已。

半固态电池综合优势突出

随着研发进程加快，固态电池能否颠覆现有材料体系也是业内关注的热点。

对此，深圳新宙邦科技董事长覃九三持否定意见：“对电池能量密度要求特别高的部分领域会有固态电池的发展空间，但即便固态电池推出来，早期也不会在某些方面形成优势，不同方案有不同特长。现在是动力电池技术百花齐放的时代，哪个技术率先突破都可能。”

相比之下，半固态电池可兼顾液态电池和全固态电池的性能优势，可以最大程度兼容现有工艺、设备及材料，具备快速落地的可能。据了解，卫蓝新能源已于去年实现半固态电池量产和批量销售，之所以能快速推向市场，就是因为尽可能地借用现有液态电池装备和工艺，其中仅有 10% - 20% 的工艺设备要求不同，主要包括固态电解质膜引入、原位固化工艺、负极一体化工艺等。

许晓雄指出，固态电池不会颠覆锂离子电池生产线，半固态电池在装配上与现有液态电池生产线有超过 80% 的兼容性，剩下 20% 可以通过生产线改造完成，不需要大改就能实现规模化、自动化和高效量产。

即使是全固态电池，对现有材料体系的影响也有限。吴辉认为，全固态电池会完全取代电解液和隔膜，但正负极活性材料还将保持原有材料体系，如开发高能量密度全固态或固液混合电芯的正极材料还是高镍三元，负极材料仍是石墨或硅碳等，铜铂、铝铂仍用于正负极，卷对卷工艺和电池组装工艺也没有太大变化。

国家发改委、国家能源局就新型储能发展征求意见，以实现从商业化初期向规模化发展转变——

3000 万千瓦储能目标如何实现？

中国能源报 2021.4.26

4 月 21 日，国家发展改革委、国家能源局发布《关于加快推动新型储能发展的指导意见（征求意见稿）》（以下简称《征求意见稿》）。《征求意见稿》提出，目标到 2025 年，实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变，新型储能装机规模达 3000 万千瓦以上。到 2030 年，实现新型储能全面市场化发展。

健全发电侧配储激励机制

《征求意见稿》指出，要大力推进电源侧储能项目建设。结合系统实际需求，布局一批配置储能的系统友好型新能源电站项目，通过储能协同优化运行保障新能源高效消纳利用，为电力系统提供容量支撑及一定调峰能力。

对于相应的激励机制，《征求意见稿》指出，对于配套建设新型储能的新能源发电项目，动态评估其系统价值和技术水平，可在竞争性配置、项目核准（备案）、并网时序、系统调度运行安排、保障利用小时数、电力辅助服务补偿考核等方面给予适当倾斜。

实际上，自 2020 年来，已有多个省份陆续提出新能源配储能的要求，地方对储能的态度也从“鼓励”“建议”转向“优先”和“要求”，2021 年延续了这种态势，已有十余省份出台相关政策。对于业界普遍关注的经济性问题，集邦分析师陈旺表示：“对于光伏、风电机组来说，配置储能可能会降低一定的内部收益率，但随着储能系统成本不断下降，项目投资回报的周期会相应缩短。同时，让储能参与调峰、调频获得服务补偿费，以及在碳交易市场建设完善后出售碳排放指标获得收益，均能够提升项目的整体收益率。”

鼓励建设共享储能

在储能设施的建设形式上，《征求意见稿》特别强调，要鼓励探索建设共享储能。

对此，中国化学与物理电源行业协会储能应用分会秘书长刘勇指出，电源侧建设共享储能可以实现公共资源的最大化利用。“不见得每一个电站都需要配置储能，如果几个可再生能源电站配置一个储能设施，不仅储能电站规模可以得到提升，利用率增加，经济性也会更

加凸显。”

江苏林洋能源股份有限公司副总裁方壮志透露，现在很多省份都出台了鼓励新能源发电侧配置储能的政策，在具体实施的过程中，如果新能源发电企业租用了共享储能设施中的部分容量，也会将其认定为发电侧配套建设了储能。“这样企业既实现了配置储能的政策要求，同时也免去了备案、立项、建设等一系列繁杂的工作。”除向可再生能源电站出租储能容量的盈利模式外，方壮志指出，与单独分散配置的小规模储能相比，共享储能还可整体接入电网调度系统进而获得收益。

在参与辅助服务方面，《征求意见稿》也强调，要明确新型储能独立市场主体地位。因地制宜建立完善“按效果付费”的电力辅助服务补偿机制，深化电力辅助服务市场机制，鼓励储能作为独立市场主体参与辅助服务市场。

支持用户侧多元配储

在用户侧储能方面，《征求意见稿》表示，要积极支持用户侧储能多元化发展。鼓励围绕分布式新能源、微电网、大数据中心、5G 基站、充电设施、工业园区等其他终端用户，探索储能融合发展新场景。鼓励聚合利用不间断电源、电动汽车、用户侧储能等分散式储能设施，依托大数据、人工智能、区块链等技术，结合体制机制综合创新，探索智慧能源、虚拟电厂等多种商业模式。

“用户侧储能的配置有一个重要影响因素，就是电价峰谷差，这是最基本的决定性因素。”方壮志表示，目前，我国各地电价峰谷差高低不一，“例如江苏等省份，峰谷差可以达到0.73元/千瓦时，这样的地域用户侧储能就有很好的市场空间。但有些地方可能只有0.4元/千瓦小时左右，这时用户侧储能的配置可能经济性就大不如前。”

“当然，如果后续某些大用户的储能容量达到一定规模，也是可以接入电网调度系统参与辅助服务，这就可以派生出另一部分收益。”方壮志强调，随着电力现货交易的完善，用户储能的市场机遇将不断扩展。“目前，电力现货交易只是中长期交易的补充和点缀，如果现货交易真正来临，用户侧储能设施可以按照交易策略进行充放电，那将是非常强大的用户侧资源。”

电网侧储能 有望重启？

中国能源报 2021.4.26

核心阅读

新政提出，在政策机制方面，明确新型储能独立市场主体地位，健全新型储能价格机制。建立电网侧独立储能电站容量电价机制，逐步推动储能电站参与电力市场，这有可能会转变电网对电化学储能的态度。

4月21日，国家发展改革委、国家能源局联合发布公告，对《国家发展改革委、国家能源局关于加快推动新型储能发展的指导意见（征求意见稿）》（以下简称《征求意见稿》）

公开征求意见。

《征求意见稿》主要针对除抽水蓄能以外的新型电储能技术，覆盖电源侧、电网侧和用户侧。其中，特别提出通过关键节点布局电网侧储能，提升大规模高比例新能源及大容量直流接入后系统灵活调节能力和安全稳定水平。在电网末端及偏远地区，建设电网侧储能或风光储电站，提高电网供电能力。

电网对电化学储能态度或生变

《征求意见稿》提出，到 2025 年，要实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变，市场环境和商业模式基本成熟，装机规模达 3000 万千瓦以上。到 2030 年，实现新型储能全面市场化发展，技术创新和产业水平稳居全球前列，标准体系、市场机制、商业模式成熟健全，与电力系统各环节深度融合发展，装机规模基本满足新型电力系统相应需求，新型储能成为能源领域碳达峰碳中和的关键支撑之一。

对此，中国能源研究会配电企业发展研究中心副秘书长吴俊宏表示，当前，电化学储能对比抽水蓄能在成本和应用场景上存在一定优势。之前，禁止电网侧储能纳入输配电价，是为了保证市场的透明度。现在，随着储能技术的进步、成本的下降以及在新型电力系统中发挥的作用，如果还禁止储能纳入输配电价，确实有失公平。

“所以，此次《征求意见稿》提出，在政策机制方面，明确新型储能独立市场主体地位，健全新型储能价格机制。建立电网侧独立储能电站容量电价机制，逐步推动储能电站参与电力市场，这有可能会转变电网对电化学储能的态度。”吴俊宏表示。

一位发改委系统研究人士认为，过去并不是电网不想发展电化学储能，而是由于政策限制，导致电网侧储能发展暂缓。电网是连接能源生产和消费的平台，也是电力系统碳减排的核心枢纽。《征求意见稿》提出要推动电网侧储能合理化布局，从发展目标来看，将电网侧储能纳入输配电价是大势所趋。

纳入输配电价细则仍需明确

对此，有专家提出，目前，电网侧储能在电网应用中主要起到电网调峰和调频的功能。鉴于电网侧电化学储能投资小、运营周期短，相关技术方案、电池性能及造价水平处于快速变化之中，此时《征求意见稿》提出将电化学储能重新纳入输配电价，可能会导致电价市场紊乱。

发改委系统研究人士表示，根据现行的《输配电定价成本监审办法》，电储能设施的成本费用不得计入输配电定价成本，因此电网企业直接投资的储能站，其成本无法通过输配电价疏导。此外，目前国内各省区均未出台明确的电网侧储能投资回收机制。因此，在电网侧储能被纳入输配电价成本之前，亟待建立有效的投资回报机制。

上述专家认为，“《征求意见稿》提出要研究探索将电网替代性储能设施成本收益纳入输配电价回收，这其实就是将储能电站看作电网的资产，帮助电网回收投资储能电站的建设成本，仅是为了建立有效的投资回报，暂时还不需要担心会扰乱价格市场。”

在吴俊宏看来，想要保障电价市场平稳，还需要后续监管和细则的发布。“既符合电力系统规划和相关技术标准，又接受调度机构统一调度的电网侧储能，有助于减少或延缓电网输配电设施投资，也有利于降低全社会平均用电成本。不过在国内电力市场成熟完善前，为了促进电网侧储能的健康有序发展，保障电价市场的平稳运行，电网侧储能纳入输配电价，仍需国家出台下一步管理措施。”

电网侧到底需要多少电化学储能？

根据相关统计，目前全国已有十省市布局建设电网侧储能项目，总规模超 1037MW/1980MWh。其中尤以江苏热度最高、项目最多。

电网侧储能规划多为调整电力负荷削峰填谷、促进新能源消纳为目的。就近期因电力供应缺口引发热议的湖南、浙江来说，已布局建设多个电池储能项目，但是在《征求意见稿》中，并未清晰的规划出电网侧需要多少电化学储能项目。

对此，发改委系统研究人士表示，《征求意见稿》仅提出要建设 3000 万千瓦的储能项目，但并没有给出各需求侧的储能建设配比。这就意味着对于电网来说，所需要的电化学储能数量其实是一个模糊的概念。仅能通过“十四五”期间新建多少风光项目，给新项目配多少储能，以及减去抽水蓄能和用户侧储能规划量进行计算，有可能出现电网占需求大头或者需求量极其小的两极情况。

吴俊宏同样认为，现阶段对于电网侧需要多少电化学储能还规划不出来。“现在电网无法估算出对电化学储能的需求总量，可以这么说，没有电网侧储能，电力系统一样可以正常健康发展，电力系统可以通过在用户侧或者发电侧进行调节，并非完全依赖电网侧。所以，想要知道电网需要多少储能，就需要像当年论证特高压一样，先有一套设想，再去论证这一设想是否可行。”

科学家梳理氨基能源存储与转化新进展

中国科学报 2021.4.26

本报讯 近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员陈萍、郭建平团队系统总结了以“氨作为能源载体”开展的相关新方法和新材料研究进展，并对这些过程面临的科学挑战和机遇进行了分析和讨论。相关研究内容发表在《先进材料》上。

在合成氨方面，该研究总结了当前“绿色合成氨”的社会需求，并分别介绍了热催化、化学链、光/电催化、等离子体催化等不同合成氨方式所具有的优势及存在的挑战，重点介绍了多相、电、光及等离子体等催化新材料、化学链载氮体等方面的研究进展，并对各种合成氨方式未来的研发思路进行了评述。

在氨的利用与转化方面，该研究阐述了氨能源利用的目标，并从氨热分解制氢、氨电氧化制氢、氨电解制氢、氨燃料电池和氨催化燃烧等方面，介绍了不同氨利用方式的优势、面临的挑战，以及在多相催化材料、电极材料开发方面的最新研究进展，并对各种氨利用方式

在未来的研发思路进行了评述。

该研究还对氨的分离、存储及消除所需的吸收与吸附材料研究进行了介绍。此外，对氨基能源的研究前景进行了展望，并指出未来的研究可能需要集合催化化学、光/电化学、材料科学、化学工程等领域的知识，共同解决氨基能源发展面临的难题。（卜叶）

推进千万千瓦级绿色储能基地建设

中国能源报 2021.4.26

4月21日，安徽省人民政府发布了《安徽省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要的通知》，提出推进能源革命，优化能源结构，完善能源产供储销体系，扩大清洁能源开发利用，提供安全可靠能源保障。重点研发可控核聚变，制氢、储氢及运输，小分子催化，煤炭清洁利用，智能电力电网、分布式能源等技术。加快突破风光水储互补、先进燃料电池等技术瓶颈。

在可再生能源方面，文件指出，要坚持集中式与分布式建设并举，有力有序推进风电和光伏发展。完善抽水蓄能电站价格形成机制，发挥抽水蓄能资源优势，推进长三角千万千瓦级绿色储能基地建设。多元高效利用生物质能。积极推进太阳能、地热能、空气能等在建筑领域的应用。提升电力系统调节能力，探索推动电化学等储能应用，提高新能源消纳和存储能力，进一步扩大可再生能源应用规模。

三、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

坚定不移走绿色发展道路，率先实现碳达峰、碳中和目标

人民日报 2021.4.2

习近平总书记在今年3月15日主持召开中央财经委员会第九次会议时强调，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，要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，拿出抓铁有痕的劲头，如期实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标。

我国力争2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和，是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策，事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体。我们要深入学习领会习近平总书记重要指示精神，认真贯彻落实党中央决策部署，进一步增强抓好绿色低碳发展的本领，进一步树立引领行业绿色低碳发展的信心，为我国打好实现碳达峰、碳中和这场硬仗，贡献中国宝武广大钢铁职工的智慧 and 力量。

2021年1月，中国宝武钢铁集团有限公司党委制定了在国内钢铁行业率先实现碳达峰、碳中和目标的时间表，提出力争2023年实现碳达峰、2050年实现碳中和。作为我国钢铁行业龙头企业，中国宝武必须坚决贯彻新发展理念，服务构建新发展格局，主动担当、积极作为，以改革精神、创新举措、责任意识，不断提高早日实现碳达峰、碳中和目标的思想自

觉、行动自觉。

争做国有企业实现碳达峰、碳中和的引领者。加快推进绿色低碳冶金创新工程，积极探索并掌握绿色低碳冶金关键核心技术，构建面向行业及世界的知识共享平台，打造未来钢铁技术领先优势。要倒逼产业转型发展智慧升级，全面构建中国宝武绿色发展新优势，加快推进我国钢铁业绿色发展，推动钢铁业早日实现碳达峰、碳中和，助力提升全球钢铁业低碳发展水平和整体竞争力。

当好钢铁行业绿色低碳可持续发展的推动者。实现碳达峰、碳中和是一项复杂的系统工程，需要统筹各方力量，付出艰苦努力。我们要积极探索一条既能保证经济持续稳定增长、又能实现碳减排的绿色低碳发展路径；实现多产业协同降碳，协同构建循环经济产业链；发挥市场机制作用，整合企业资源，协同政府力量，推动社会参与，坚定不移带动钢铁行业、推动全社会早日实现碳达峰、碳中和目标。

成为以科技创新引领钢铁业低碳发展的先行者。我们要把绿色作为可持续发展的底色和生命色，加快创新步伐，以科技创新引领全球钢铁业低碳发展。近年来，中国宝武在前瞻性、突破性绿色低碳技术方面已取得一定突破，率先提出冶金—煤化工耦合发展技术，加快建设全球低碳冶金创新试验平台，通过化解产能每年减少二氧化碳排放约 4000 万吨，通过能效提升每年减少二氧化碳排放约 1100 万吨。今后，我们要着力突破关键技术，开发绿色低碳冶金创新工艺，依靠智慧制造打造极致效率，实现钢铁生产过程、钢铁产品使用过程的绿色化，在 7 个方面为构建碳中和社会作出积极贡献：

一是统筹策划安排，科学制定碳达峰行动方案。进一步完善钢铁产业规划与布局，处理好减排和发展的关系，加大存量联合重组，持续提升产业集中度，实施专业化整合和分工，加大节能减排，优化能源结构。

二是增强系统优化，推进深度减污降碳。把降碳作为源头治理的“牛鼻子”，积极开展碳排放和污染物排放协同治理研究，应用先进适用、成熟可靠的清洁生产工艺技术，促进高效转化工艺、装备、管理技术创新开发及应用，全面推进能源配置智慧化，通过能源精益化管理为节能降碳赋能。

三是深化智慧制造，助力生产过程绿色化。推动数智化技术与钢铁制造过程的融合，加快实施智慧制造，实现生产操控集约化、少人化、远程化，推动工序互联共享，减少中间环节，助力资源能源高效利用，减少生产过程的碳排放。

四是开发绿色产品，推动材料使用端绿色化。围绕建筑、交通、能源、桥梁等重点行业需求，从材料使用全生命周期的资源消耗和碳排放评价出发，开展钢铁产品绿色设计，研发高强、耐蚀的绿色钢铁新产品，拓展钢铁产品应用领域和应用场景，促进建立更绿色的用材标准体系，打造绿色产品供应链。

五是优化产业布局，构建绿色低碳产业链。充分发挥冶金富氢煤气低碳优势，加快氢能产业布局，优化再生钢铁原料产业布局，以冶金炉渣建材化、城市固废资源化、环境治理生

态化助推低碳循环发展，统筹推进钢铁与石化、化工、建材等多行业协同降碳。

六是突破核心关键技术，探索实现碳中和愿景路径。加快绿色低碳关键工艺创新，开发氢冶金、生物质能使用及二氧化碳资源化利用等重大行业性颠覆性技术，加快形成具有自主知识产权、在全球钢铁行业领先的关键核心技术。

七是搭建国际合作平台，促进关键性技术创新。筹备全球低碳冶金创新联盟，凝聚全球冶金同行、上下游企业、装备制造、研究机构等钢铁生态圈共同智慧，搭建绿色低碳冶金开放共享合作平台，围绕富氢碳循环氧气高炉、富氢或氢基竖炉等低碳冶金创新工艺技术，合作探索低碳转型技术方案和路线图。

印度研究人员提出去除海水中微塑料的新技术

中国自然资源报 2021.4.30

【印度德干先驱报 4 月 20 日消息】印度理工学院古瓦哈提分校研究人员提出了一种通过微过滤工艺去除海水中的微塑料、以防止海水中提取的食用盐包含塑料残留物的新技术。该技术可去除海水中 99.3% 的微塑料，同时不会对盐含量造成影响。虽然当前学界存在大量识别和量化食品中微塑料的科学研究，但却少有寻求去除微塑料方法和技术的尝试。该研究结果近日发表在《环境技术与创新》杂志上。

五大硬核举措 筑牢固废风控防线

中国环境报 2021.4.2

党的十九大以来，我国在固体废物管理工作中，认真贯彻落实生态环境保护法律法规，以《固体废物污染环境防治法》为引领，创新采取五大“硬核”举措，构建了全链条管理体系，形成了依法治废的良好局面，有效筑牢了我国固体废物环境风险防控底线。

1 强化源头控制，注重废物识别和企业管理

明确判定规则，强化废物源头识别。

发布《固体废物鉴别标准 通则》（GB 34330—2017）《危险废物鉴别标准 通则》（GB5085.7—2019）《危险废物鉴别技术规范》（HJ298—2019），修订《国家危险废物名录》（2021 年版），规定了固体废物和危险废物的属性鉴别流程和具体要求。

根据上述文件，判定物质是否是危险废物的前提，应首先属于固体废物，然后再判别是否被列入《国家危险废物名录》；对于列入名录的废物，可直接判定为危险废物，不需要进一步开展属性鉴别相关工作；对其它不明确是否具有危险特性的固体废物，应当按照国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法予以认定。

强化项目和企业的事前管理，预防危险废物环境风险。

发布《建设项目危险废物环境影响评价指南》（公告 2017 年第 43 号）和《危险废物产生单位管理计划制定指南》（公告 2016 年第 7 号），规定在环境影响评价阶段，应全面分

析固体废物全生命周期的环境影响，制定污染防治措施，促进项目运营后的危险废物规范化管理；在正式投入生产前，企业应制定管理计划，减少危险废物产生量和危害性，确保危险废物全生命周期的环境安全。

2 完善过程管理，突出制度引导和精细管理

发布多项制度规范，落实依法治废。

在前期《固体废物焚烧污染控制标准》《危险废物收集 贮存 运输技术规范》《危险废物经营单位记录和报告经营情况指南》等近 40 项标准、规范、技术指南的基础上，结合当前的发展形势，针对多种废物、多个行业、多个处置情形，制定污染控制标准、技术政策规范、环境管理指南，促进依法治废、依规管理。

探索多种方法，深化精细管理。

对 32 种危险废物实行有条件的豁免管理，以提高环境管理效率，降低管理过程中的总体环境风险；以试点的形式，探索建立针对社会源有价危险废物（废铅蓄电池）的收集处理体系，兼顾环境安全与资源效率；推行“一证式”监管，将固体废物环境管理纳入排污许可证，管理思路由“全面风险控制”转向“单一固定源监管”；实行危险废物分级分类管理，年产危险废物 10 吨以下的单位，其申报和管理计划备案等信息化管理要求，不再由国家统一规定，而是由省级生态环境部门结合本地实际作出。

3 打击违法行为，形成长效监管和执法体系

继续开展危险废物规范化考核工作，多维度解决固废管理痼疾。

从“十二五”开始，生态环境部以危险废物规范化考核为抓手，对危险废物产生单位和经营单位实施严格监管。“十三五”时期，增加对环境保护行政管理部门的考核与评级，解决对危险废物管理重视程度不够、处置能力存在结构性供需矛盾、管理基础和能力薄弱等问题，敦促地方政府与部门落实监管责任。

加强与公安机关的合作，严厉打击违法犯罪行为。

通过组织开展环保督察、专项行动、区域排查、强化督查等方式，应用信息化技术和监测设备，及时准确地发现固体废物非法堆存、倾倒和填埋等问题，与公安机关协同联动，及时移交涉嫌环境犯罪案件，依法追究违法者的刑事责任，严惩并震慑非法倾倒处置固体废物的违法行为。

多层次长期行动，形成固体废物环境监管的长效机制。

在长期的危险废物规范化考核工作和持续的专项行动过程中，生态环境部已形成了明确的督办要求（限期整治、溯源调查、依法查处、信息公开），对整改不力、进展迟缓等问题比较突出的，将视情况采取批评、公开约谈等措施；对工作成效突出的，将予以表扬。各地通过加强区域联防联控和部门协同、推行信息化建设、完善监管体系、落实污染防治责任、保障集中处置能力、健全督察问责和问题整改程序、发挥群众监督作用，基本形成了固体废物环境监管的长效机制。

4 落实各方责任，推进多方协同和综合治理

以法律明确责任，完善治污措施。

修订《固体废物污染环境防治法》（2020年），压实企业的固体废物处理和处置责任，强化政府的固体废物治理和监管责任；综合运用全过程监控、跨区域联防联控、信息化追溯、信用记录、考核评价等方法，确保固体废物的规范化处理；增加查封扣押、按日连续处罚、对企业和责任人实行“双处罚”等措施，严厉追究违法者责任。

强化部门合作和全过程管理，推行生产者责任延伸制度。

发布《生产者责任延伸制度推行方案》（国办发〔2016〕99号），对电器电子、汽车、铅酸蓄电池和包装物等4类产品实施生产者责任延伸制度，在产品的设计、原料使用、供应链管理、废物回收利用的全生命周期，各管理部门分工合作，通过规范引导、政策支持、信息公开、执法监管等方法，共同规范废物回收行为，提升资源循环利用率。

实行综合治理，提升“三个能力”建设。

发布《关于提升危险废物环境监管能力、利用处置能力和环境风险防范能力的指导意见》（环固体〔2019〕92号），从监管能力、利用处置能力、风险防范能力三个方面，建立健全“源头严防、过程严管、后果严惩”的危险废物环境监管体系，全面防范危险废物环境风险。

5 注重统筹推进，强化效率提升和全面发展

推行信息化管理，提升固体废物管理现代化水平。

将全国的固体废物环境管理统一到“全国固体废物管理信息系统”，以“一张网”覆盖固体废物申报登记、危险废物转移、经营情况报告等内容，深化大数据在环境监管领域的应用，发挥相关数据在分析决策方面的作用，统筹废物治理和资源管理，实现科学治污和高效监管。

推进固体废物进口管理制度改革，全面维护国内生态环境安全。

贯彻执行《禁止洋垃圾入境 推进固体废物进口管理制度改革实施方案》（国办发〔2017〕70号），疏堵结合、标本兼治，全面禁止洋垃圾入境，杜绝外源输入型污染，促进国内固体废物无害化、资源化利用，全面保护生态环境安全和人民群众身体健康；明确固体废物属性鉴别机构和鉴别程序，加强进口固体废物的环境管理，解决进口货物的属性争端；开展进口固体废物加工利用企业环境违法专项督查行动，查处倒卖、非法加工利用进口固体废物以及其他环境违法行为，深入整治固体废物集散地，堵住洋垃圾非法入境渠道，规范国内固体废物加工利用产业发展。

融入到城市发展中，统筹解决固体废物环境问题。

组织开展“无废城市”试点建设，以创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念为引领，通过形成绿色发展方式和生活方式，将固体废物对城市发展的影响降至最低，实现经济社会的绿色高质量发展，全面提升生态文明和美丽中国建设水平。（李玉爽 李春雷）

二十一世纪议程管理中心“气候沙龙”热议碳中和目标 碳中和技术发展路线图研究在抓紧推进

中国环境报 2021.4.2

“‘十四五’是实现我国碳达峰的关键期，也是迈向碳中和的重要窗口期。从长远看，要同时实现经济社会发展和碳达峰、碳中和目标，我们仍面临着巨大的挑战，必须依靠科技创新。”在中国21世纪议程管理中心（以下简称“21世纪中心”）近日举办的第30期“气候沙龙”上，21世纪中心主任黄晶讲到。

自2018年2月以来，“气候沙龙”通过搭建科技管理者、政策制定者和科研工作者交流沟通的平台，服务应对气候变化相关工作。近来，沙龙围绕碳达峰、碳中和相关话题进行全面、深入探讨，如碳中和目标下科技的支撑作用、碳市场与碳中和、CO₂与污染物协同减排等，本期关注“国际视角下的碳中和目标”。

能源结构调整是关键，负碳技术不可少

能源结构调整是碳达峰、碳中和的重要路径之一。

据国务院发布的《新时代的中国能源发展》白皮书显示，我国已经基本形成了煤、油、气、电、核、新能源和可再生能源多轮驱动的能源生产体系。据国新办举行的中国可再生能源发展有关情况发布会介绍，2020年，我国可再生能源发电量达到2.2万亿千瓦时，占全社会用电量的比重达到29.5%，较2012年增长9.5个百分点。

能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥表示，发展风能、光伏、水电以及核能等新能源是碳达峰、碳中和的关键。但在最大限度去煤的前提下，未来20年-30年后依然可能还会有煤炭和非二氧化碳温室气体排放，因此要实现碳中和，依然需要发展碳捕集利用与封存（CCUS）及碳移除技术。

记者了解到，目前我国CCUS技术取得了较大进展，但尚未开展大规模全流程的技术集成示范。“十四五”

规划中已明确，实施重大节能低碳技术产业化示范工程，开展CCUS重大项目示范。

业内专家建议，国家层面应高度重视并提供有力政策和商业化策略，支撑部署CCUS技术的研发与推广。此外，北京大学国际关系学院副院长、教授张海滨认为，我国还应站在国际视角下，积极学习引入国外先进技术经验，完善国内技术水平，为碳达峰碳中和目标的实现提供支撑。

21世纪中心总工程师孙洪表示，21世纪中心正在抓紧推进国内碳中和技术发展路线图研究工作，积极发挥科技在碳达峰碳中和目标实现中的关键支撑和引领作用。“技术发展路线图需要充分体现科学性、实用性和前瞻性，同时结合国际发展形势，利用好国际合作平台和创新科技合作机制，共同促进碳达峰碳中和目标的实现。”

清洁能源发展是国际议题

“创新使命”（Mission Innovation，简称 MI）是 2015 年《联合国气候变化框架公约》第 21 次缔约方会议（COP21）发起的清洁能源领域全球多边合作机制，24 个国家和欧盟正式加入了这项倡议，我国是最早发起“创新使命”倡议的国家之一。

2015 年 - 2020 年，“创新使命”第一期共设立 8 个联合研究工作组，我国牵头智能电网和生物质燃料两个工作组，此外，还深度参与了碳捕集、绿色氢能、建筑供热制冷等 5 个工作组。

“我们的定位是由政府科研资金作为引导，使企业投资人与科研人员协同起来加速清洁能源领域的创新。”中国科学院电工所研究员、“创新使命”智能电网工作组组长王一波表示，成员国清洁能源领域政府性研发投资占全球的 80%、电力工业二氧化碳排放占全球的 75%、全球温室气体排放占全球的 67%，同时 GDP 占全球 70%、人口占全球 60%。

目前，“创新使命”第一阶段工作已结束，在“倍增计划”即“五年内实现清洁能源领域的政府科研投资翻倍”的引领下，成员国 5 年内清洁能源领域的政府科研投资大幅提升。

第二阶段将聚焦制约全球能源转型、能源获取和能源安全目标的重大技术差距，提出技术可行的使命目标，并吸引相关各方合力推动目标的实现。其中，“绿色电力未来”使命将开展技术和实证研究，到 2030 年在全球建立 10 个以上高比例可再生能源（如太阳能、风能）电力系统示范工程。这些工程能够实现完全依靠接近 100% 的可再生能源安全高效的运行，并实现系统成本经济可负担。（崔煜晨）

“十四五” 大宗固废综合利用指导意见发布

新增综合利用率将达 60%，存量有序减少

中国自然资源报 2021.4.11

本报讯 近日，国家发改委联合自然资源部、工信部等九部门印发了《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》（以下简称《指导意见》），对大宗固废资源化利用进行了全面部署。

大宗固体废弃物（以下简称“大宗固废”）是单一类别年产生量在 1 亿吨以上的固体废弃物，包括煤矸石、粉煤灰、尾矿、工业副产石膏、冶炼渣、建筑垃圾和农作物秸秆等 7 个品类，是资源综合利用重点领域。“十三五”期间，我国累计综合利用各类大宗固废物月 130 亿吨，减少占用土地超过 100 万亩，资源环境和经济效益显著。

“‘十四五’时期，我国全面提高资源利用效率的任务更加迫切。”国家发改委有关负责人表示，受资源禀赋、能源结构、发展阶段等因素影响，未来我国大宗固废仍面临产生强度高、利用不充分、综合利用产品附加值低的严峻形势。目前，大宗固废累计堆存量约 600 亿吨，年新增堆存量近 30 亿吨，大宗固废综合利用任重道远。

为此，《指导意见》明确，新时期推动大宗固废综合利用应坚持政府引导与市场主导相结合、规模利用与高值利用相结合、消纳存量与控制增量相结合、突出重点与系统治理相结

合、技术创新与模式创新相结合。到 2025 年，大宗固废综合利用率达到 60%，存量大宗固废有序减少。

在提高大宗固废资源利用效率方面，《指导意见》提出了各类固废综合利用的主要途径：对于煤矸石和粉煤灰，鼓励以填充物、建材原料等形式进行综合利用；对于尾矿（共伴生矿），鼓励在砂源替代材料制备、有价值组分梯级回收等方面进行利用；对于冶炼渣，鼓励在道路材料掺用、建设工程领域掺和、稀贵金属回收等方面进行利用；对于工业副产石膏，鼓励在建筑材料、土壤改良、路基材料、新材料制备等方面进行利用；对于建筑垃圾，鼓励在制作再生骨料、环境治理等方面进行利用；对于农作物秸秆，鼓励在肥料化、饲料化、基料化、清洁能源、高附加值绿色产品等方面进行利用。

《指导意见》还明确了大宗固废综合利用全过程绿色发展的相关要求。对于产废行业，通过开展绿色设计、发展绿色矿业、开展重点行业绿色化改造、推动大宗固废产生过程自消纳、在工程建设领域推行绿色施工等实现大宗固废的源头减量。对于利废行业，通过加强政治、强化监管、发展绿色运输、开展清洁生产审核等强化过程控制。

此外，《指导意见》从模式创新、科技创新、机制创新、管理创新 4 个层面提出了大宗固废综合利用创新发展方面的相关任务，对不同行业提出具有推广价值的大宗固废综合利用模式，鼓励企业加大关键技术研发投入力度，建立基础研发平台，将大宗固废综合利用关键技术纳入国家重点研发计划，加强先进适用技术推广应用。利用现代化信息技术手段，逐步实现了“互联网+大宗固废”的管理模式，提高资源配置效率。

科技部：碳达峰碳中和将催生一系列创新成果

科技日报 2021.4.20

新华社北京 4 月 19 日电（记者董瑞丰）一边是碳达峰碳中和，一边是经济社会发展，如何齐头并进？科技部部长王志刚日前表示，科技是保障二者同时实现的关键，碳达峰碳中和将检验并催生一系列科学结论、科学方法以及技术创新成果。

在近日召开的“碳中和科技创新路径选择”香山科学会议上，王志刚说，碳达峰碳中和将带来一场由科技革命引起的经济社会环境的重大变革，其意义不亚于三次工业革命，希望科研工作者立足中国国情，通过科技创新形成支撑我国未来低碳发展的竞争优势。

王志刚表示，未来要系统设计碳达峰碳中和科技创新的体系结构，形成科技支撑引领碳达峰碳中和的蓝图和“四梁八柱”；要坚持目标导向下的问题导向，做好科技需求分析，明确科技创新的思路和重点。此外，还要大力培养青年科技人才，为实现未来 40 年碳中和目标提供可持续的人才保障和支撑。

按照规划，我国二氧化碳排放力争 2030 年前达到峰值，力争 2060 年前实现碳中和。

国内能源、工业、交通、建筑等领域碳减排和生态碳汇方面近百位院士和高层专家参会，就碳达峰碳中和科技创新路径进行研讨提出相关建议。

专家研讨煤焦化污染物控制和废弃物利用

中国科学报 2021.4.26

本报讯 近日，煤转化国家重点实验室与山西焦煤集团有限责任公司就“煤焦化污染物控制和废弃物利用”展开专题研讨。煤转化国家重点实验室相关负责人在会上介绍了在焦炉废气干法净化和焦化废水高级氧化技术、煤化工难降解废水处理技术及煤化工高浓度有机废水脱除技术等方面的研究现状及重要进展。

专家表示，煤化工行业和医药产品加工行业高浓度有机废水具有显著的“四高”特点，即高 COD、高氨氮、高色度、高无机污染物。该类废水中含有大量生物难降解物质和有毒物质，会对微生物造成严重冲击和毒化，使其失去活化能力，而且树脂吸附法、电化学法、絮凝沉淀法等常规水处理方法均无法处理该类废水。随着山西省产业转型发展需求和环保要求日益严格，该类废水治理已刻不容缓。（李清波）

借鉴国际经验推进我国碳排放达峰

中国环境报 2021.4.6

英国、法国、德国、美国、日本等主要发达国家制定了低碳发展战略，在低碳发展立法、建立碳排放交易市场、调整能源结构、加强新能源和低碳技术研发、提高公众意识等方面进行了积极的探索，积累了丰富的经验。

其他国家和地区低碳发展的经验

欧盟重视碳市场建设和低碳文化宣传。碳交易市场是实现低碳发展的主要工具。作为全球最先进的碳交易体系，欧盟碳排放交易体系（EUETS）已进入第三阶段。碳排放交易体系中不同类别的碳价已成为最具参考价值的碳交易市场价格。通过成熟的碳交易市场，欧盟正在将交易盈利投入到低碳技术研发和低碳技术创新当中。例如欧盟的碳捕捉和碳封存项目以碳交易盈利作为后续资金。同时，碳排放交易体系为私营经济体提供了广阔的平台，使得私营经济体参与到欧盟的低碳转型当中，将他们同欧盟的气候政策密切连接起来，以此形成低碳发展的市场推力，自下而上地推动欧盟减排目标的实现。此外，欧盟碳排放交易体系作为欧盟气候政策的主要策略，在加快推动欧盟低碳转型的同时也缩小了欧盟各成员国间的经济差异，促进了欧盟经济一体化。

低碳文化通过对民众理念的影响推动低碳发展。重视低碳文化使欧盟的低碳发展体系不局限于“生产”领域，同时也扩展到“消费”领域。随着产品碳核算体系的完善，低碳文化将对产品市场和能源市场产生更加深远的影响。通过席卷欧洲的“慢城运动”，不难发现，将基于文化创新的低碳理念融入到居民生活和城市建设当中，为欧盟的低碳发展扩充了更加丰富的内容。

英国运用限制和激励两种手段促进温室气体减排。英国于 2008 年通过了《气候变化法

案》，以法律形式明确中长期减排目标。随后，气候委员会为英国设定了具体的低碳发展路线图：2008年-2030年，年均温室气体排放量降低3.2%；2030年-2050年，年均排放降低4.7%。英国确定低碳电力是低碳发展的核心。从2008年到2030年，电力的排放强度从超过500克二氧化碳/千瓦时降低到50克二氧化碳/千瓦时。

英国重视综合运用限制和激励两种手段促进温室气体减排。一方面，限制高污染、高排放和高能耗的企业发展。另一方面，英国政府也制定了税收优惠、减排援助基金等一系列激励措施，引导企业主动采取措施减少温室气体排放。税收优惠主要是指企业可以与政府签订减排协议，如果能够完成协议上的减排目标，政府可以给企业最高80%的税收减免。减排援助基金主要是在减排技术的推广、减排工程的建设方面向企业提供资金支持。“碳基金”主要面向中小企业，目前主要是通过向企业提供节能技术的咨询和帮助企业购买节能设备，从而实现既定的减排目标。在消费领域，英国政府通过财政补贴和税收优惠来提高居民的节能环保意识，以消费引导生产，取得了积极效果。

法国颁布《控制温室效应国家计划》。法国于2000年颁布《控制温室效应国家计划》，明确了减排措施选取和制定原则：（1）确保先前制定的减排措施得到有效落实；（2）利用经济手段来调节和控制温室气体排放。计划提出了三类不同的减排措施，并明确了措施的适用范围。第一类减排措施包括资助、法规、标准、标记、培训和信息宣传，适用领域是工业、交通、建筑、农林、废物处置和利用、能源、制冷剂等行业。第二类减排措施是指利用经济手段（以生态税为核心，增值税优惠、绿色证书制度等）来限制排放，适用领域是农林、能源及高能耗行业。第三类减排措施包括城市空间发展控制，发展城市公共交通和基础设施，增强建筑物节能效果和发展清洁能源。

德国实施能源转型战略。早在1987年，德国政府就成立了首个应对气候变化的机构——大气层预防性保护委员会。德国积极发展清洁能源和可再生能源，于2010年9月和2011年8月分别提出“能源概念”和“加速能源转型决定”，形成了完整的“能源转型战略”和路线图。与1990年相比，2030年温室气体排放降低55%，至2050年温室气体的排放至少降低80%。德国在建筑节能方面走在欧洲各国前列。2002年发布了新的《建筑节能条例》，对建筑保温、供热、热水供应和通风等设备技术的设计和施工提出了具体要求。

促进我国低碳发展的对策建议

欧盟各成员国出现峰值的时间横跨20年，主要原因是欧盟各成员国自然资源禀赋和经济社会发展水平呈现较大差异性。与欧盟相似，我国地域辽阔，自然资源和人力资源在空间上分布极不均匀，不同地区的经济发展水平和社会发展方式都呈现较大的差异性，由此导致不同地区的经济发展、城镇化水平、能源消耗和碳排放的区域存在差异性。因此，在国家整体碳排放达峰目标要求下，各省市应根据经济发展水平、能源结构和产业结构特征，因地制宜，制定碳排放达峰目标时间和任务。

一是加强顶层设计，不断完善法规政策标准体系。制定低碳发展整体战略，并与全面深

化改革部署和经济社会发展战略之间建立紧密联系。加快应对气候变化立法，在2030年前将二氧化碳排放管控纳入法律，在国家层面制定总体的时间表、路线图。建立温室气体减排目标分配与责任体系，不断完善排放清单、统计制度和排放标准等。

制定并实施《二氧化碳排放达峰行动计划》，尽快启动碳排放峰值管理进程，从排放量增速、峰值幅度和达到峰值后减排路径等方面，形成峰值管理框架，构建倒逼机制，切实争取尽早排放达峰。明确近期、中期、长期的战略路径选择。近期的战略重点是提高制造业能源效率，提升能源结构低碳化程度；中期的目标则是逐步实现交通和建筑领域的低碳转型，构建低碳产业主导的产业体系，建设低碳城市、低碳园区与社区；长期目标则是追求经济发展与碳排放脱钩，摆脱对化石能源的依赖，普及低碳生活方式和消费方式，建设低碳社会。

二是借鉴国际经验，健全我国碳市场机制。充分借鉴欧盟在碳排放交易市场运行过程中的管理经验，加快建设全国性碳排放交易市场，完善碳定价制度，加快建立起完善的总量设定与配额分配的方法体系，兼顾区域差异和行业差异。在配套管理方面，进一步完善碳交易注册登记制度、碳交易平台建设、碳交易标准制度等。重视碳市场覆盖范围外的部门减排目标设定、减排目标责任制、能源效率政策等的协调。

三是促进可再生能源和低碳技术推广应用。构建完整的低碳技术体系，加强低碳技术研发、示范和推广应用。分行业梳理低碳技术、碳捕捉技术、碳封存和二氧化碳再利用技术。在重工业领域，利用电气化、氢能、碳捕集与封存及生物质能源来逐步实现钢铁、水泥等重工业领域的完全脱碳。在能源供应方面，深入研究推动天然气，包括大水电在内的可再生能源和核能的发展与应用，使之尽量满足新增能源需求，进而逐步取代煤炭。在能源消费方面，继续加强提高能源效率和节能技术的研究和应用。

四是推进低碳文化创新，引导低碳生活方式。将低碳文化作为我国低碳发展体系的重要组成部分，重视低碳文化创新。尝试将传统文化同低碳文化相互融合进行文化创新，提升民众对低碳发展理念的认识，引导民众形成低碳生活方式。通过“全国低碳日”等宣传活动，加强低碳消费价值观的培养和引导。开展企业二氧化碳减排“创先锋”活动，激励先进企业发挥示范引领作用，带动形成低碳发展的社会氛围。（王树堂 崔永丽 赵敬敏）

双碳目标对我国经济发展方式提出新要求

中国能源报 2021.4.5

“碳达峰、碳中和”目标对我国当前和今后一个时期的应对气候变化工作、绿色低碳发展和生态文明建设提出了更高的要求，有利于促进能源结构、产业结构、经济结构加快转型升级，催生新技术、新模式、新业态，显著提升经济发展效率和碳生产力水平。

我国面临的减排压力

在一段时期内，我国在环境治理、应对气候变化中取得了显著成效，为全球应对气候变化提供了中国方案。但同时，也要看到我国还是最大的发展中国家，区域经济发展不均衡，

外部环境严峻复杂，有关应对气候变化的理论认知、政策法规、手段举措等还有欠缺、存在短板，未来一段时期内我国碳排放量仍将继续增长，要实现双碳目标依然面临巨大挑战。

经济粗放式发展状态尚未完全扭转，新动能培育仍处于阵痛期。

目前，我国相当规模的制造业在国际产业链中还处于中低端，生产管理粗放、高碳燃料用量大、产品能耗物耗高、产品附加值低。据统计，我国单位 GDP 能耗为世界平均水平的 1.4 倍、发达国家的 2-3 倍，高耗能高污染企业仍是部分地区经济增长的“压舱石”，存在地方政府保护主义，改革主动性不高，新动能培育在顺应工业体系调整、稳经济保就业宏观环境中面临一系列客观压力，经济结构调整和产业升级任务艰巨，短期内实现碳排放与经济增长脱钩压力巨大。

能源消费总量大，煤炭消费占比高，降煤减碳任务总量大。

经国家统计局核算，2020 年我国全年能源消费总量比 2019 年增长 2.2%，为 49.7 亿吨标准煤，煤炭消费量占能源消费总量的 56.7%，能源消费总量与煤炭消费量仍居世界首位；实现了“十三五”规划纲要制定的“能源消费总量控制在 50 亿吨标准煤以内”及《能源发展“十三五”规划》制定的“煤炭消费比重降低到 58% 以下”的阶段性目标。但同时，也要客观看看到 2019 年我国碳排放总量达 98.3 亿吨，2000 年以来年均增速为 5.6%，是全球最大的碳排放经济体。再加上当前内外部不确定因素叠加疫情影响，我国要实现 2030 年碳达峰、2060 年碳中和，压力不言而喻。

清洁能源消费量占比稳步提升，但面临诸多问题亟需解决。

2020 年我国天然气、水电、核电、风电等清洁能源消费量占能源消费总量的比重比 2019 年提高 1.1 个百分点，达 24.5%。清洁能源快速发展为我国减碳工作作出了巨大贡献。按照 2060 年碳中和愿景，预计届时清洁能源消费量在能源消费总量的占比将达到 60% - 70%，乃至更高。然而，清洁能源在高速发展过程中陆续出现了诸如调峰、远距离输送、消纳等系统性问题，一定程度制约了清洁能源长远健康发展。因此，清洁能源更加快速健康的发展，依赖于国家宏观体制调控、技术革新、成本降低、输送通道优化、清洁能源消纳和存储能力提升，以及“两个一体化”（风光水火储一体化和源网荷储一体化）建设切实得到规模普及。

建筑、交通能耗占比大，节能减排系统性难度高。

《中国建筑能耗研究报告》显示，2019 年建筑能耗占全国能源消费比重的 21.11%，建筑碳排放占全国能源碳排放的 19.5%，随着城市化进程加快和人民生活质量改善，预计未来建筑能耗及碳排放量将继续上升。因此，进一步降低建筑能耗、推广高等级绿色建筑（如近零能耗）、培育民众节能意识，迫在眉睫。

截至 2020 年底，我国汽车保有量达 2.81 亿辆，是全球第一大汽车生产国和消费市场。2019 年我国乘用车全生命周期的碳排放量 212.2gCO₂e/km，随着我国汽车排放标准日趋严格，乘用车全生命周期碳排放量下降显著，但由于我国汽车保有量大，其中新能源汽车保有

量为492万辆，仅占汽车总量的1.75%，我国乘用车全生命周期碳排放总量依然巨大。随着未来汽车保有量的进一步加大，如何把握住我国汽车产业从高速增长向高质量发展转型的关键时期，降低汽车行业系统排放量，对制定行业政策、确立技术路线都提出了更高要求。

对我国能源工业领域碳减排的思考

降耗减碳不是我国发展历程的新课题，我国过去在发展规划、节能减排、环境治理等领域采取了一系列重大举措并取得了丰硕成效。2060年碳中和愿景无疑将该课题推到了前所未有的高度，必将对我国中长期发展带来深刻的影响。因此，新时代减碳工作对我国相关规划、产业、行业都提出了新要求。

加强顶层设计，目标举措需务实可行。

在党的十九届五中全会通过的《中共中央关于制定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的建议》提出：降低碳排放强度，支持有条件的地方率先达到碳排放峰值，制定二〇三〇年前碳排放达峰行动方案。

基于目标，相关部门在确立碳达峰指标和行动方案时，应结合后疫情时代国际新形势，立足国际国内双循环格局，统筹相关产业发展实际，充分评估困难和挑战，重视中央与地方、行业与行业之间的系统性、一致性，目标既不能过于保守，也不可盲目贪大求快，要构建看得见、摸得着、行得通的中远期相结合的碳达峰目标和实施路线；要结合目标，加快配套政策出台，并完善政策、优化体制，针对发展中出现的新问题及时纠偏，建立相关产业阶段性发展价值坐标，引导产业良性发展。

加快经济、产业结构调整升级，持续推动产业融合发展。

2020年，我国国内生产总值突破100万亿元人民币，在此规模下维持经济向更高水平发展，也要求尽快推动经济发展与碳排放关系适度脱钩，构建绿色低碳可循环发展的经济体系。因此，要鼓励新技术、新业态探索，更大力度促进制造业升级，逐步淘汰高耗能高污染企业，优化工业产品生产与新能源供给匹配度。大力开展工业园区整合，推动先进制造业集群发展，促进生产要素优化调配、行业企业竞争力提升，深入推动一二三产业融合发展，着力打造多能互补的绿色园区。

稳健优化能源结构，稳步推进能源替代。

短中期内化石能源依然是我国高碳能源结构的主力军，能源结构调整应遵循“有序适度、平稳过渡”的原则，不过度刺激某一能源种类消费的增减，确保能源供给稳定，着力发展非化石能源，推动能源结构整体趋于清洁、低碳。

其中，对煤炭的清洁高效利用应提出更高要求，围绕“先减散煤、气电替代”的思路，稳步降低煤炭消费量；进一步推动燃油效率提升、排放标准提高、新能源车辆快速发展及公共交通出行方式变革，逐步降低石油消费增速，力争早日实现增速由升转降；应借助环保治理、城市化进程等推动因素，提升居民、供暖、工业等环节用气水平，进一步提升天然气在能源消费结构中的占比；安全有序扩大核电规模；持续鼓励可再生能源投资，循序渐进、稳

步提高可再生能源消费占比，但要以史为鉴，应结合输送、消纳等问题合理控制发展节奏。

深化能源体制改革，力争早日构建现代能源市场体系。

要深入推进以价格为核心的能源体制改革，不断完善能源体系竞争性环节在政府宏观监管下的市场化定价机制，进一步释放能源的商品属性，优化电力、油气“管住中间，放开两头”的能源管控制度。充分发挥能源类交易平台的价值作用，增加各类市场主体活力，大幅提升能源供需方购销自由度，追求更加公平的能源交易方式。

促进能源供应、消费多元化，统筹推进基础设施建设。

持续推进“四个革命，一个合作”能源安全战略走深走实。在国际层面，为确保国家能源安全，应坚持国内为主，共享全球的多元化供应战略，合理控制对外依存度；在国内层面，应建立风电、天然气、光伏、氢能等能源大基地与分布式能源互补的多元供应体系，完善能源产供储销体系。其中，上游能源开发，应加强国内油气勘探开发，加快油气储备设施建设；中游能源输配，应加快干线油气管道建设，建设智慧能源系统，优化电力生产和输送通道布局；下游用户消费，应提升新能源消纳、存储能力和能源泛在生产水平，并提升向边远地区输配电、输气的能力。

重塑数据价值认知，数据共享带动能源智慧化发展。

真实、及时、综合的数据信息是支撑能源智慧化的基础。能源数据价值在前期发展中受条件限制被忽略或无法有效利用，在当前构建智慧能源体系过程中，应重新定义能源行业数据价值认知。目前，已有多地政府在筹建能源大数据中心，但距离真正发挥数据价值，还有完善数据财产保值制度、合理的业务场景驱动模式等一些问题需要解决。政府与大型能源企业要打破能源品种壁垒，走出数据孤岛，寻求不同能源品种之间的数据融合与交互利用，构建有效的数据利益共享模式，建立能源大数据中心，充分发挥大数据在能源产供储销体系的作用。

推动能源产业技术革新，快速发展综合能源管理。

碳中和愿景将极大推动低排放技术快速发展，核能利用、可再生能源利用、氢能生产利用、储能应用、能源高效输送、CCUS（碳捕获与封存）技术等将成为能源领域技术研发的主阵地。新技术研发宜采取小步快跑的方式，促进技术进步迭代，降低投资成本、提升安全水平，适度扩大应用示范场景，有序开展商业规模化投资，避免盲目投资，扰乱发展秩序。

要围绕需求侧，大力支持发展以能量的全价值链开发利用为核心，以智慧调控节能、余能回收为手段的综合能源服务，如绿色建筑（近零能耗建筑）配套可再生能源发电、节能、储能系统，将建筑变为协调供需平衡的“虚拟电厂”，促使建筑“绿色”程度进一步提高，由能源消费主体向零能耗或负能耗主体转变。

重视全产业链碳资产价值，激活碳排放权交易市场活力。

要进一步发掘工业产品、能源生产供应链和全生命周期的碳资产价值，同时，促进推动碳资产价值在工业产品、能源等价格中的传导。另外，氢能被广泛认为是未来清洁能源的责

任担当，但因氢能生产来源的特殊性（产生耗能、非一次能源），氢能生产用户的碳资产宜结合其来源确定。

碳排放权交易在国内已试行多年，为后期全面开展积累了丰富的经验。“十四五”期间，应推动碳市场实现从单一行业到多个行业、从试点交易到全面交易的快速过渡，交易主体陆续覆盖到发电、钢铁、水泥、化工等更多的重点排放单位，进而逐步向一般消费企业和单位延伸，并适时开展碳排放权跨境交易。碳排放权作为新的要素市场，要依托碳排放交易市场，使市场主体分配到的环境资产可以上市交易，并在交易市场中发现环境资产的价格。同时，要基于优良的碳资产属性，做大做强碳资产质押融资、碳债券、绿色结构性存款、碳基金等更多的碳金融，激活交易活力。

加快放射性废物处置能力建设 打通处理处置短板环节

中国环境报 2021.4.13

今年是“十四五”开局之年，也是深入打好污染防治攻坚战、持续改善生态环境质量的关键之年，在电磁辐射环境监管、放射性废物管理、高风险移动放射源监管等工作领域开好局、起好步意义重大。今年的工作有哪些重点，将如何开展？为此，本报记者专访了生态环境部辐射源安全监管司司长江光。

中国环境报：今年在放射性废物管理方面将有哪些新举措？

江光：今年的主要工作就是加快处置能力建设，分类落实放射性废物处置去向，包括三个方面。一是关于低放废物近地表处置，按照“区域+集中”的处置政策大力推进，目前已完成了一座百万立方米容量的集中处置场的选址工作，预计今年开工建设，在核电较为集中的省份也正在开展区域处置场选址，通过上述工作可以确保解决核电废物的去向问题。二是继续落实“十三五”规划确定建设的一座高放废物处置地下实验室，目前这一项目正在建设，预计在“十四五”末建设完成并开展相关实验。三是继续开展中放废物中等深度处置研究。

此外，新举措还包括打通废物处理处置的短板环节，实现资源再利用和废物减容。推动建设两座极低放废物填埋场，形成对低放废物近地表处置场的补充，彻底解决核燃料循环前端废物等“夹心层”废物处置的历史难题；推动形成污染金属熔炼处理能力，解决核电运行和退役的污染金属处理问题，产品制成废物处置容器具，实现去向可控的资源再利用；完成处置场接收处置废放射源的安全审查，推动废放射源整备能力建设，逐步实现废旧放射源最终处置。

中国环境报：当前我国放射性物品运输核与辐射安全现状如何，今年将开展哪些工作？

江光：我国放射性物品运输活动安全实施，未发生核与辐射事件或事故。2021年，为进一步推进放射性物品运输安全监管，切实保障放射性物品运输核与辐射安全，我们将重点开展五方面工作。

一是开展《放射性物品运输安全管理条例》十年评价。今年我们将组织对条例十年实施情况开展全面评价，以实现放射性物品运输领域治理体系和治理能力两个现代化为目标，从全局的高度研究分析条例的有益实践和存在的不足，谋划该领域未来监管的重点和方向，提出条例修订的建议，这也是我们“十四五”工作的一个重点。

二是全力推进该领域法规标准体系建设。2019年，在有关部门的支持下，我们梳理制定了包含26项标准的放射性物品运输标准体系。为加快形成体系完整的放射性物品运输标准体系，我们加大工作力度，2021年也将继续按照既定计划推进标准的制修订工作。

三是多举措推动个别领域运输合规工作。近年来，我们发现有个别领域存在不能完全满足放射性物品运输相关标准的情况。2021年，将组织对六氟化铀以及油（气）田测井源运输容器的运输开展专项检查，继续推进油（气）田测井源运输培训容器、备案等工作，确保实现今年年底油（气）田测井源运输容器全部完成整改的目标。

四是优化放射性物品运输核与辐射安全分析报告格式与内容。一方面取消资质要求，企业可自行编制放射性物品运输核与辐射安全分析报告，另一方面从实际需求出发，剔除报告中不必要的内容做“减法”，细化优化运输方案做“加法”，减轻企业负担的同时，聚焦重点，保障运输核与辐射安全。

五是强化放射性物品运输容器设计审查。2021年，我们将继续严格落实容器设计规定的跌落、火烧等试验要求，对设计单位开展专项监督检查，严肃查处违法行为，把好放射性物品运输安全第一道也是最重要的关口。

中国环境报：如何加强对高风险移动放射源的监管？

江光：高风险移动放射源辐射事故易发，一直是辐射安全监管的重难点领域。今年，我们将重点从以下几个方面，加强对高风险移动放射源的监管：

一是充分发挥高风险移动放射源实时监控平台的作用。今年会对各省高风险移动探伤源的监管情况进行调研，掌握各省高风险源监控平台的使用情况、实际效果，研究改进措施，并计划对《 γ 射线探伤机》（GB/T 14058-2008）进行修订，提升探伤源定位监控设备与探伤机的一体化程度。

二是加强帮扶，协助企业提升自身管理。我们组织编制了《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南（射线探伤类）》，今年计划在部分省份试点，通过指导探伤行业开展辐射安全标准化建设，帮助企业查找自身辐射安全管理和技术上的漏洞，增强探伤企业自觉提升辐射安全水平的动力。

三是强化法规标准建设。积极推动《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》修改，在报送国务院的送审稿中明确提出移动使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源需要安装定位设备对其进行实时监控的要求。

中国环境报：在电磁辐射环境保护方面今年将开展哪些工作？预计达到什么效果？

江光：电磁辐射环境影响是公众关注的热点问题，随着我国经济社会发展，移动通信基

站、广播电视台站、雷达等各类电磁辐射设施、设备被广泛应用于生产、生活的各个领域。公众在享受科技进步带来的诸多便利的同时，也越来越关注这些设施、设备产生的电磁辐射影响。

生态环境部高度重视电磁辐射环境保护工作，近年来开展了一系列工作加强电磁辐射环境监管。今年，我们将在电磁辐射环境监管领域开展以下工作：一是继续推进电磁辐射污染防治专项法规的制定工作；二是调研工业、科研、医疗等行业中产生电磁辐射的设施（设备），分类分批纳入环境监管；三是不断完善电磁辐射环境标准体系；四是开展电磁辐射建设项目环境影响报告书（表）技术复核，对企业自主开展的竣工环保验收工作开展监督检查。（孙浩）

提前五年碳达峰，工业领域按下低碳转型快进键

中国城市能源周刊 2021.4.12

记者4月6日从中国有色金属工业协会获悉，最近，国家有关部门研究了《有色金属行业碳达峰实施方案》，正在征求行业协会和企业的意见，初步提出，到2025有色金属行业力争率先实现碳达峰，2040年力争实现减碳40%。

无独有偶，同为工业重点排放领域的建材、钢铁、石化等领域，均提出在2025年实现碳达峰，比国家目标提前5年。

在能源生产侧，电力系统已勾画出清晰的“碳达峰、碳中和”主要途径，即构建以新能源为主体的新型电力系统。那么在能源消费侧，工业部门作为2050年二氧化碳排放量最大的终端能源消费部门，减碳之路将如何走？

力争提前五年碳达峰成共识

工业是能源消耗的主要领域。据统计，工业能耗占全社会总能耗的70%左右。专家分析，在能源消费侧，能源总量和强度“双控”将加强，降低高耗能制造业碳排放量、实现“绿色制造”是我国实现碳中和目标的关键一步。

“碳达峰、碳中和”愿景下，国家发改委提出要求——研究制定钢铁、有色金属、建材等行业碳达峰方案。

石油石化行业于今年初打响了工业碳达峰目标的“第一枪”。1月15日，中国石油和化学工业联合会与12家主要石油化工企业、5家化工园区联合签署并共同发布《中国石油和化学工业碳达峰与碳中和宣言》。之后，中国石油宣布力争2025年左右实现碳达峰。

作为建材的水泥行业是制造业中碳排放规模最大的行业之一。据估算，2019年，中国水泥行业二氧化碳排放高达13.7亿吨（含消耗电力的碳排放），每生产一吨水泥就要排放约为0.6吨二氧化碳。

为推动水泥等领域碳达峰，1月16日，中国建筑材料联合会发出《推进建筑材料行业碳达峰、碳中和行动倡议书》，提出我国建筑材料行业要在2025年前全面实现碳达峰，水泥

等行业要提前在 2023 年前率先实现碳达峰。

钢铁行业是中国工业领域第一大碳排放行业。我国钢铁行业每年可消费 5.5 亿吨标准煤，约占全国总能耗的 11%，碳排放量贡献全球钢铁碳排总量的 60% 以上。

记者了解到，《钢铁行业碳达峰及降碳行动方案》已形成修改完善稿，行业碳达峰目标初步定为：2025 年前实现碳排放达峰；到 2030 年，碳排放量较峰值降低 30%，预计将实现碳减排量 4.2 亿吨。

全球最大的钢铁材料制造和综合服务商之一——河钢集团，更是宣布 2022 年实现碳达峰。

需求减量、能效提高、能源零碳化齐发力

工业实现碳达峰、碳中和并非一蹴而就，而是关乎全行业永续发展的一场持久战，需要总体谋划。

“总体来看，控制二氧化碳排放，核心是把握四个要点：控总量，即提升效率，减少能耗与浪费；调结构，即加强非化石能源开发与利用；碳市场，即以市场化方式降低减排成本；碳技术，即固碳、吸碳等。”中国信达资产管理股份有限公司能源首席研究员左前明介绍。

中国投资协会能源投资专业委员会秘书长张杰分析，工业领域实现碳达峰，需从需求减量、能效提高、能源零碳化三个“赛道”重点发力。

在张杰看来，需求减量方面，再生资源利用是源头减量的关键驱动力。再生资源利用的碳减排和市场潜力就集中高耗能的工业领域，如钢铁、水泥、铝和塑料产品再生等。在 2020—2050 年需达成的超 1200 亿吨碳减排量中，循环经济可实现近 400 亿吨碳减排，对零碳转型贡献率超 30%。

“节流”的同时，能效提高必不可少。能效作为公认的“第一能源”，巨大的潜力和理想的成本效益使其成为能源政策的重点青睐领域。根据国际能源署分析，要实现温升控制在 2℃ 的目标，能效在中期内（2050 年前）的贡献率需高达 48%。

那么，如何提升能源利用效率？张杰介绍，以节能服务产业为主的能效领域，近年来在政策的强力驱动下，经过高速发展已形成较为成熟的市场。对工业部门而言，能效提升最主要的潜力来自余热余压利用，通用设备的能效提升以及基于数字化技术的流程和系统优化。

终端消费电气化，是高品质能源利用的蓝海。在全球范围内，约 10% 的温室气体排放来自为工业生产供热的过程，因此工业领域“煤改电”——电加热技术将助力工业加快脱碳。

“工业用热的电气化主要手段包括微波加热、红外加热、电弧加热等新兴技术，发展还处在技术萌芽期，产业发展取决于政府所要求的生产流程改造和高新技术产业发展的推动。”张杰介绍。

河钢集团就是上述“三个赛道”齐头并进企业之一。其通过大比例“废钢+直还铁”

炼钢、高炉渣余热回收、高炉喷吹氢气等技术，利用再生资源，推进能源利用高效化。相关数据显示，2020年，该集团实现自发电量93.56亿千瓦时，相当于一座拥有千万人口的特大城市居民一年的用电量。

数十万亿元蓝海待挖

“双碳”目标对工业领域产生影响的同时，也带来了颠覆性的变革和机遇。

根据2020年11月发布的《零碳中国·绿色投资蓝皮书》执行摘要（下称《蓝皮书》），碳中和将带来巨大的市场规模和效益，预计可带动70万亿元的基础设施投资。

其中，再生资源利用、能效、终端消费电力、零碳发电技术、储能、氢能、数字化七大投资领域最为重要。预计到2050年，上述七大领域市场规模将达到近15万亿元，并有望为中国实现零碳排放贡献累计减排量的80%。

《蓝皮书》显示，未来5—10年是再生资源规模化利用和投资价值变现的井喷期，其中高耗能行业的产品再生利用处于稳步复苏期。预计到2050年，高能耗行业产品再生、废弃物资源化利用、电动汽车动力电池回收三大终端领域再生资源利用将形成2.8万亿元市场。

“对于高耗能行业的产品再生，应从政策上把握进出口形势对国内外回收产品价格竞争形势的影响，关注地方资源回收政策目标带来的示范市场机会，从技术上处理解决降级回收问题，保证回收产品仍具有原产品的性能；从商业模式上鼓励原料生产企业、回收企业、废物处理企业等上下游价值链整合，通过简化业务流程提升成本竞争力。”张杰建议。

根据《蓝皮书》，能效提升方面也蕴含着1.3万亿元的市场空间。张杰表示，目前，国内大部分节能服务公司，企业规模以中小型企业为主，行业集中度较低，缺乏提供整体深度节能服务的资质和能力。在由政策主导向市场主导转变的新时期，能效产业需要新的发展动力。“未来，革命性数字化技术的发展和應用将是工业能效投资的一大趋势。”

多层次孔生物炭实现污染物快速吸附

中国科学报 2021.4.20

本报讯（记者王方）近日，湖南大学教授汤琳课题组在《有害物质杂志》上发表研究论文。该团队制备了一种多层次孔生物炭（HPB），能快速实现水体中有机污染物的吸附去除。

实验表明，多层次孔结构是赋予其快速吸附平衡能力的关键，高石墨化程度能提升其吸附容量。研究揭示了生物炭材料的孔隙结构与其吸附速率之间的关系，为进一步制备高效的生物炭材料提供了基础。

生物炭是一种原料丰富、制备简单、绿色友好的多孔吸附剂材料，在环境污染控制的工程应用中颇具潜力。

该团队以废弃虾壳为原料，制备了多层次孔高石墨化的生物炭HPB，并考察其对多种污染物的吸附去除性能。研究表明，HPB对RHB（罗丹明B）、DCP（2,4-二氯苯酚）和

TC（盐酸四环素）具有良好的吸附去除效果，对应的最大吸附平衡容量（ Q_m ）均大于 300mg/g，且几乎均能在 10 分钟内达到吸附平衡。

为了进一步揭示 HPB 微观结构与其吸附性能之间的关系，该团队分别制备了 Porous - B（高石墨化程度但非层级孔）和 HPB - 600（多层级孔但石墨化程度低）两种材料用于对比，并对其单位比表面积的吸附能力进行换算。

结果表明，多层级孔结构是赋予其快速吸附平衡能力的关键，高石墨化程度能提升其吸附容量。

此外，该研究还将 HPB 做成生物炭柱和生物炭包，以解决粉体材料难以回收的问题。两种方式下，HPB 均具有较好的吸附去除性能。

国外碳中和的法律政策和实施行动

中国环境报 2021.4.16

为应对气候变化，全球开始推动绿色低碳转型，碳中和概念应运而生。根据联合国政府间气候变化专门委员会《IPCC 全球变暖 1.5℃ 特别报告》，碳中和是指在全球范围内用人为二氧化碳移除来抵消人为二氧化碳排放，达到二氧化碳相对零排放。为缩短各国减排目标与全球温控 1.5℃ 目标之间的排放差距，各国不断开展碳中和行动，根据联合国环境规划署最新发布的报告，目前已有 127 个国家和地区对碳中和目标做出承诺，其中许多国家和地区已经将达标时间和措施具体化，如欧盟、德国、法国、英国和瑞典。大多数碳中和目标承诺国已通过了政策宣示，但缺乏支撑其具体实施的政策文件；少部分国家和地区采用立法方式，如英国、日本、欧盟、韩国、美国加州通过了应对气候变化的专项法律，但法律实施力度尚未明了。

我国于 2020 年 9 月宣布碳中和目标，明确提出“力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。我国当前正在制定促进碳中和政策和法律，了解国外碳中和法律政策和实施行动将有助于此项工作的开展。

1、全球主要国家和地区碳中和立法

（一）欧盟及欧洲主要国家

欧盟及其成员国采取积极行动达成碳中和目标，提出了具体的减排目标，也出台了相对系统化的立法政策。

1. 欧盟

欧盟在全球可持续发展潮流中一直是引领者，当前欧盟已将碳中和目标写入法律。

2020 年 3 月，欧盟委员会发布《欧洲气候法》，以立法的形式确保达成到 2050 年实现气候中性的欧洲愿景，从法律层面为欧洲所有政策设定了目标和努力方向，并建立法律框架帮助各国实现 2050 年气候中和目标，此目标具有法律约束力，所有欧盟机构和成员国将集体承诺在欧盟和国家层面采取必要措施以实现此目标的义务。

在此之前，欧盟就已开始推动碳减排立法工作。

2008年1月至12月，为实现2020年气候和能源目标，欧盟委员会通过“气候行动和可再生能源一揽子计划”法案，内容包括欧盟排放权交易机制修正案、欧盟成员国配套措施任务分配的决定、碳捕获和储存的法律框架、可再生能源指令、汽车二氧化碳排放法规和燃料质量指令，由此形成了欧盟的低碳经济政策框架。该计划是最早具有法律约束力的欧盟碳减排计划，被认为是全球通过气候和能源一体化政策实现减缓气候变化目标的重要基础。

2020年1月15日，欧盟委员会通过《欧洲绿色协议》，提出欧盟到2050年实现碳中和的碳减排目标，也为后来《欧洲气候法》的出台和将碳中和目标写进法律做好铺垫。

此外，协议设计出欧洲绿色发展战略的总框架，行动路线图涵盖了诸多领域的转型发展，涉及经济领域的措施尤其多，包括能源、建筑、交通及农业等领域。

2. 欧洲主要国家

德国、法国、瑞典和英国等欧洲主要国家已通过立法方式对温室气体排放进行限制。

英国作为世界上最早实现工业化的国家，早期其环境问题广受关注，曾出现了震惊世界的“伦敦烟雾事件”。为应对气候变化问题，2008年英国国会通过了旨在减排温室气体的《气候变化法案》，提出设立个人排放信用电子账户以及排放信用额度，该法案使英国成为全球首个为温室气体减排设计出具有法律约束力措施体系的国家。

德国的碳中和法律体系具有系统性。21世纪初，德国政府便出台了一系列国家长期减排战略、规划和行动计划，如2008年《德国适应气候变化战略》、2011年《适应行动计划》及《气候保护规划2050》等。

在此基础之上，德国政府又通过了一系列法律法规，如《联邦气候立法》《可再生能源优先法》《可再生能源法》及《国家氢能战略》等，其中2019年11月15日通过的《气候保护法》首次以法律形式确定德国中长期温室气体减排目标，包括到2030年时应实现温室气体排放总量较1990年至少减少55%。

此外，为进一步落实具体行动计划，德国政府于2019年9月20日通过《气候行动计划2030》，计划对每个产业部门的具体行动措施进行明确规定。

法国政府也为碳中和目标做出持续性努力。2015年8月，法国政府通过《绿色增长能源转型法》，构建了法国国内绿色增长与能源转型的时间表。

此外，法国政府还于2015年提出《国家低碳战略》，碳预算制度由此建立。2018至2019年间，法国政府对该战略进行修订，调整了2050年温室气体排放减量目标，并将其改为碳中和目标。2020年4月21日法国政府最终以法令形式正式通过《国家低碳战略》。近几年，法国政府陆续出台、实施了《多年能源规划》和《法国国家空气污染物减排规划纲要》。

2018年初生效的瑞典气候新法也为温室气体减排制定了长期目标，旨在2045年前实现温室气体零排放，在2030年前实现交通运输部门减排70%的目标，并从法律层面规定每届

政府的义务，即必须着眼于瑞典气候变化总体目标来制定相关政策。

（二）美、澳、日

美、澳、日等发达国家在面对碳中和目标时，往往采取保守策略。

长期以来，美国在碳中和目标上态度不明、表现反复无常，但最近美国新政府正在转变态度及做法，继先后退出《京都议定书》《巴黎协定》之后，2021年2月拜登就任总统后美国重新加入《巴黎协定》，加入碳减排行列，积极参与落实《巴黎协定》，承诺2050年实现碳中和。在州层面，目前已有6个州通过立法设定了到2045年或2050年实现100%清洁能源的目标。

澳大利亚政府对于气候减排并不十分上心，其气候政策也摇摆不定。在签订《京都议定书》时澳大利亚政府便持拒绝态度，直到2007年才签署。

自2018年8月莫里森任职总理后，澳大利亚气候政策主要表现在：一是《能源保障计划》的废除，意味着澳大利亚寻求改革能源市场以减少温室气体排放的尝试以失败告终；二是2019年2月25日发布的《气候解决方案》，该方案计划投资35亿澳元来兑现澳大利亚在《巴黎协定》中做出的2030年温室气体减排承诺；三是实行倾向于传统能源产业的政策，在新能源产业上投入不足。澳大利亚政府对于国际气候治理责任存在逃避倾向，例如不愿继续承担在气候合作中的发达国家责任，在参加国际气候治理会议上态度消极，企图用“结转信用”来部分抵消其于《巴黎协定》中所做出的减排承诺，不愿为2030年之后的减排目标做更多承诺。

日本的碳中和行动和态度存在不确定性，承诺到2050年实现碳中和，在碳中和相关文件中对长期减排做出较为全面的技术部署，并强调技术创新。国际能源署数据表明，日本是2017年全球温室气体排放第六大贡献国，自2011年福岛灾难以来，日本在节能技术上有所努力，但仍对化石能源具有依赖性。

为应对气候变化，日本政府于2020年10月25日公布“绿色增长战略”，确认了到2050年实现净零排放的目标，该战略旨在通过技术创新和绿色投资的方式加速向低碳社会转型。

为减少因使用化学能源的温室气体排放，日本此前颁布的1997年《关于促进新能源利用措施法》、2002年《新能源利用的措施法实施令》等法规政策也可看作是日本实现碳中和目标的法律依据。

此外，日本政府也发布了针对碳排放和绿色经济的政策文件，如2008年5月《面向低碳社会的十二大行动》及2009年《绿色经济与社会变革》政策草案。

2、国外碳中和主要制度和措施

（一）碳制度及碳技术

保障实现碳中和目标的气候立法中，碳市场、碳技术、碳财税及补贴等经济手段是各国通用制度。

1. 碳市场

从碳交易市场历史发展来看，碳交易机制最早由联合国提出，当前大体依照《京都议定书》所规定的框架来运行。

当前存在的四大碳市场机制为全球碳交易市场的发展奠定了制度基础，分别是《京都议定书》框架下的国际排放交易机制（IET）、联合履约机制（JI）和清洁发展机制（CDM）这三大机制，以及存在于《京都议定书》框架之外的自愿减排机制（VER）。

从国别来看，英国全国性碳交易立法值得研究，澳大利亚通过 2011 年《清洁能源法案》从碳税逐步过渡到全国性碳交易市场，构建了比较完整的碳市场执法监管体系，设立了碳排放信用机制和碳中和认证制度，为碳中和目标实现奠定制度基础。

自 2011 年开始，我国七个省市开展碳交易试点，全国碳排放权交易市场建设至今已积累近十年的发展经验，碳排放权市场交易机制进入培育和探索阶段。随着《碳排放权交易管理暂行条例》的生效，我国全国范围内统一的碳排放市场建设将提速加快，今年 6 月底前有望启动线上交易。

2. 碳技术

联合国政府间气候变化专门委员会第五次评估报告曾指出，若无碳捕获、利用与封存技术（CCUS），绝大多数气候模式都不能实现减排目标。

CCUS 技术是指捕获二氧化碳排放，并将其储存在地下或进行工业应用的技术，被认为是最具潜力的前沿减排技术之一。

具体来看，一是碳捕获技术，可分为点源 CCUS 技术、生物质能碳捕获与封存技术（BECCS）和直接空气碳捕获与封存技术（DACCS）；二氧化碳经由植被从大气中提取出来，通过燃烧生物质从燃烧产物中进行回收，这是 BECCS 技术；而 DACCS 技术是指直接从空气中捕获二氧化碳。

二是碳利用技术，指利用二氧化碳来创造具有经济价值的产品，在一些联合国欧洲经济委员会成员国家中广泛应用的是强化采油技术，碳利用技术需要与直接空气碳捕获与封存技术结合，以解决二氧化碳的再释放问题，达到碳中和。

三是碳封存技术，指利用含水层封存二氧化碳以及强化采油技术。尽管碳捕获与封存技术的发展史已达四五十年，但整个系统的大规模运行当前仍难以实现。

3. 碳税

碳财税制度涉及社会经济和人民生活等诸多方面，碳财税制度的全面施行或能倒逼行业绿色转型。碳税可简单理解为对二氧化碳排放所征收的税，如果某一国生产的产品不能达到进口国在节能和减排方面设定的标准，就将被征收特别关税。

整体来看，碳税制度在世界大多数国家的行动中有所体现，可概分为四类实施路径：一是芬兰较为完备的单一碳税制度；二是澳大利亚和新西兰在碳税推进过程中遇到挫折，从而结束减排制度或转向碳交易的路径；三是南非在单一碳税上进行的长时间探索和突破；四是

由单一碳税模式转向“碳税+碳交易”的复合型模式。

此外，日本采取的碳中和补助金制度也是实现碳中和目标的方式之一，日本政府出台的折旧制度、补助金制度、会计制度等多项财税优惠措施，都更好地引导了企业开发节能技术、使用节能设备。

当前，碳税制度正成为发达国家有关碳中和目标的规则博弈。

以欧盟为主的国家正着力设计碳税制度，碳税机制或进入实施阶段。2020年初，欧盟《欧洲绿色协议》便提出要在欧盟区域内实施“碳关税”的新税收制度，今年3月，欧洲议会又通过了“碳边境调节机制”议案，该议案提出将从2023年开始对欧盟进口的部分商品征收碳税。

英国首相还曾建议利用七国集团主席这一角色来推动成员国之间协调征收碳边境税。

美国更是一改之前气候问题的保守态度，考虑征收“碳边境税”或“边境调节税”。

（二）各行业的碳中和行动

碳中和目标在诸多行业都有体现，实现碳中和目标不仅涉及一个行业部门，也决不能仅靠治理单个领域来实现这一目标，各领域的相互配合与协同才能形成良性互动。

1. 能源电力

世界能源格局正呈清洁化、低碳化，绿色低碳是未来发展方向，能源电力碳中和也是开展碳中和工作、实现碳中和目标的必由之路，而电力碳中和又是能源碳中和的基础。

从电力方面来看，目前问题在于供给端的高排放（当前占碳排放的32%），降低电力排放是当前任务。目前认为最有效且成本最低的电力碳中和方式是提高非化石能源在电力中的比重。而此种方式则对电网提出要求，其应具有灵活性以容纳非化石能源的不稳定性。

从非电能源方面来看，目前中国能源需求中非电能源占比过半，据估计，大部分非电能源的地位在短期内无法被完全取代，仅有碳捕捉和氢能对完成能源碳中和具有实际效能，而氢能在促进产业提升和技术进步上更具优势，或成为能源碳中和发展的主要方向。

就我国而言，一方面碳中和目标对于未来能源及电力发展提出更高要求，另一方面满足更高要求的更清洁安全的能源电力也将反哺能源产业，使其在符合绿色原则基础上良性发展。

2. 工业

工业是能源消耗和二氧化碳排放的主要领域，经济合作发展组织的成员国2019年工业部门二氧化碳排放量占其排放总量的29%，为响应碳中和目标要求，工业节能减排减碳是大势所趋。

各国工业碳中和实践可归纳为两种方式：一种是采用温室气体减排的关键技术手段，把碳收集及储存技术（CCS）安装在生物加工行业或生物燃料的发电厂，以创造负碳排放。英国于2018年启动欧洲第一个生物能源碳捕获和储存试点，但因技术成本高昂而未能广泛应用；另一种是发展循环经济，欧盟委员会为提升产品循环使用率，于2020年3月11日通过

的新版《循环经济行动计划》，对包装、建筑材料和车辆等关键产品的塑料回收含量和废物减少措施制定强制性要求。

当前，中国工业领域已从高速发展模式转向高质量发展模式，绿色低碳化正在成为工业转型发展的新特征。

3. 建筑

目前建筑行业的排放水平对各国实现碳中和目标同样构成挑战，绿色化改造建筑的回报具有长效性，这对于实现碳中和目标是有利的。

世界范围来看，各国建筑行业大多采取“绿色建筑”这一概念和方式，通过构建绿色建筑来最大程度地利用建筑资源、保护环境。绿色建筑的推行方式大概有两种：一是评价体系和节能标识。在评价体系方面，英国首次发布绿色建筑评估方法（BREEAM），目前完成BREEAM认证的建筑已超27万幢；德国在BREEAM之上推出第二代绿色建筑评估方法（DGNB）；新加坡也发布了Green Mark评价体系，对不同建筑和节能标准进行规定。在绿色能效标识方面，美国采用“能源之星”、德国采用“建筑物能源合格证明”，以标记能源效率及耗材等级。

二是建筑革新，欧盟委员会在2020年发布的“革新浪潮”倡议中提出，到2030年所有建筑将实现近零能耗；法国设立翻新工程补助金，计划促进七百万套高能耗住房转为低能耗建筑；英国推出“绿色账单”等计划，通过补贴、退税等形式促进公众为老旧建筑装配减排设施。

4. 交通运输

交通运输是实现碳排放目标的重要关注领域之一，不仅源于交通运输领域的碳排放更为复杂，也因为该领域产生的碳排放量也不容小觑。发达国家在建筑等领域的碳排放已有所下降，但交通运输领域还没有大改变，减少交通运输业碳排放、布局新能源交通工具刻不容缓。

各国交运行业为实现碳中和已有不少尝试，例如调整运输结构，发展交通运输系统数字化，以及乘用车碳排放量限制等等。

在调整运输结构方面，各国积极推广碳中性交通工具及基础设施，并采取了正向激励政策以及负向约束政策，从正反两方面激励和约束交通工具及其基础设施的转变，如德国提高电动车补贴，美国出台先进车辆贷款支持项目，挪威、奥地利对零排放汽车免征增值税，墨西哥、印度等发展中国家通过公布禁售燃油车时间表的方式负向约束交通运输碳排放。

在交通运输系统数字化方面，通过数字技术建立统一票务系统或者部署交通系统，例如欧盟计划大力投资140个关键运输项目，欧洲也正共建全球首个货运无人机网络和机场以降低碳排放量、节省运输时间和成本。

在限制乘用车碳排放量方面，欧盟出台严格的碳排放法规，下调欧盟成员国境内新销售乘用车的二氧化碳平均排放量上限，不达标则处以罚款。

当前，我国人均汽车保有量还处于快速增长阶段，因此为达成碳中和愿景，我国有必要采取强有力的交通运输减排措施，依靠技术推动新能源汽车获得更高的市场份额，并借助政策驱动加速城市交通电动化进程，加快形成低碳绿色的交通运输方式。

5. 农林

农业林业领域也是值得关注的碳排放源，农业生产的碳排放量占全球人为总排放的19%，发展低碳农业是实现碳中和目标的关键。

当前，各国农业碳中和的主要途径是加强自然碳汇，通过增强二氧化碳等温室气体的吸收能力来完成增汇，例如新西兰、阿根廷以法律形式提出增加本国碳汇和碳封存能力的目标，英国发布的“25年环境计划”和“林地创造资助计划”提出了关于增加林地面积的规划，秘鲁等南美国家签署的灾害反应网络协议要求增强雨林卫星监测以做好禁止砍伐、重新造林等工作，墨西哥以国家战略明确2030年前实现森林零砍伐的目标。

此外，农业碳中和的途径还有减少农产品浪费、提高粮食安全、减少废弃物等方式，例如芬兰依据欧盟发布的《农场到餐桌战略》，制定本国节约粮食路线图。欧盟计划于2024年出台垃圾填埋法律，最大限度地减少生物降解废弃物。

虽然各国在农林业碳中和付诸了努力，但审慎观之，绝大部分国家在农业、废物处理领域的低碳化技术尚处于发展初期，其达成碳中和目标的有效性和可行性有待验证。

3、结语

碳中和目标是一项复杂的系统性工程，实现碳中和目标需促进经济社会向绿色低碳全面转变。从当前全球各国所作努力来看，虽仍有不少国家表现平平甚至未参与其中，但也有不少国家正在努力促进碳中和行动方案落地、实现碳中和目标愿景，各国后续碳中和战略值得关注。我国作为最大的发展中国家，也是碳排放大国，从2030年实现碳达峰，再到2060年达成碳中和目标，仅有30年过渡期，与世界主要碳排放国家相比，我国实现碳中和目标任务重、时间紧、压力大。这是一场长期和艰巨的硬仗，但是我们深信，在习近平生态文明思想和习近平法治思想的正确指导下，在全国人民、全社会和各个行业的共同参与下，我国绿色发展的碳中和目标一定能够如期实现。（杜群 李子擎）

“碳达峰、碳中和”愿景下尤应重视引导行为节能

中国城市能源周刊 2021.4.12

能源的使用程度最终还是由消费者个人的行为所决定，因此，引导个人能源消费行为向低碳化发展至关重要。要在推进可再生能源发展的同时，加快能源节约型社会建设，激发全社会参与生态保护的积极性，最终走向“可持续能源转型”。

《新时代的中国能源发展》白皮书指出，中国能源转型是为了建立安全的、有效的、绿色的、可持续的现代能源新体系。

在“碳达峰、碳中和”愿景下，能源转型更多被视为可再生能源在能源消费总量中所

占比例的变化，即可再生能源转型。

然而事实上，纵观当前实际，以可再生能源为中心的新体系建设还有很长的路要走。一是当整个社会能源消费持续增加时，即使可再生能源比例增加，传统化石能源消费量也可能会增加；二是可再生能源生产规模的持续扩大，会加大可再生能源基础设施建设投资，助推化石能源消费量的增加，进而间接增加二氧化碳的排放；三是化石能源供给相较于可再生能源供给更稳定可靠，不考虑环境污染和能源安全时，化石能源是能源市场中更被偏好的能源种类。

以煤电为例，风力发电和太阳能发电容易出现供给间接性缺口，而煤电在热备用状态下能够高效输出，能够用于缓解可再生电力供给的不稳定性，二者并不完全是替代的关系。

因此，不能只看到可再生能源积极的一面，而忽略了可再生能源转型过程中一切不利于“可持续发展”的潜在负面影响。在经济增速减缓、能源安全面临挑战、二氧化碳排放持续增加的宏观背景下，可再生能源转型走向可持续能源转型是第三次能源革命的必经之路。

因此，我们建议：

（一）避免单一追求可再生能源数量

能源的使用程度最终还是由消费者个人的行为所决定，人类约 90% 的时间是待在室内的，如何引导个人“门里面”的能源消费行为向低碳化发展至关重要。在推进可再生能源发展的同时，加快能源节约型社会的建设，践行绿色生活方式，通过家庭用能及其绿色购买倒逼企业节能生产的潜力。随着移动互联网的发展和大数据技术的应用，已经使定制化用能信息的实施逐渐成为可能，如平均家庭用电、对比用电等信息的家庭用电反馈、引导和干预。在实践中从消费行为的“微”特征挖掘节能减排的“宏”潜力，填补技术和市场节能的“行为楔子”，助推亲环境行为。

注重誉为“第五种能源”的能源效率提升，可以实现减少投入、降低能源外部性、确保能源安全的多赢目标。从全球来看，要控制全球气温增加 2 摄氏度的目标，终端能源效率提高所做的贡献预期可达到 42%，而可再生能源、碳捕捉和储存分别为 21% 和 14%，即使在没有新技术出现情景下，能效政策的推进也可以减少全球 40% 的碳排放（IEA，2018）。特别是我国与一些发达国家相比能效提高空间还很大，因此要尽可能减少“能效缺口”，实现能效水平的零差距。从政策层面，要实行广泛严格的能效标准，发挥行业协会在能效提高中的作用。如能效标识作为节能指标通过信息传递的方式，可以为消费者购买能源产品提供决策，进而推动高能效产品的消费及其生产。

推进传统能源尤其是煤炭的清洁化利用，从产量、技术层面来看，煤炭在未来一段时间仍将是我国的基础能源，在提高用煤效率的同时，发展煤的高效清洁利用和转化技术，通过清洁能源领域的国际合作来加快清洁化进程。

（二）推动可再生能源生态补偿机制和用能权交易市场的纵深发展

以低碳化发展为目标，将碳达峰、碳中和实施路径和时间表落实到地方，重点部署重点

地区和重点行业的阶段性目标。在碳排放权交易领域，探索生态补偿机制，激发全社会参与生态保护的积极性，引导社会投资者积极参与对生态保护者的补偿，建立建成市场化、多元化和可持续的可再生能源发展的生态补偿机制。

继续发挥市场作用，健全用能权交易市场机制。为了以较低的成本实现能源消费总量和能源强度“双控”目标任务，我国已率先在浙江、河南、四川和福建四个省份开展了用能权有偿使用和交易试点，包括增量交易、存量交易和租赁交易。

如浙江在 2016—2019 年间，累计腾出用能空间约 600 万吨标准煤，自试点开始至 2020 年 6 月已累计实施交易项目 652 个，重点保障数字经济、高质量产业项目用能，有效推进了产业转型升级。福建省 2020 年试点企业增至 107 家，实盘交易范围计划扩大至 5 个行业。

目前，用能权交易缺乏可借鉴的国际成熟经验，用能权指标总量的确定、用能权指标的分配、参与主体的行为、用能权交易的潜在收益等科学问题还需要解决，交易体系、交易程序、交易规则和监管办法还要进一步完善，企业参与的积极性还要调动。

因此，我国应尝试从四个试点省份形成一批可复制、可推广的改革经验，扩大用能权交易的地区、行业 and 企业的涵盖范围。以淘汰落后产能和压减过剩产能，有偿出让用能权，节约更多用能空间，推动能源要素的有效流动和集聚，促进能源要素高效配置。

（三）可持续能源转型要服务于经济增长

能源转型与经济转型是经济发展的“孪生兄弟”，面对新冠肺炎疫情带来的经济下行压力，地方政府应聚焦于质量变革、效率变革和动力变革，积极推进现代经济体系和新能源系统智能高效融合运行。如强化智能电网稳定性，打造新型多元化综合能源服务模式，形成多能互补、绿色低碳、智能覆盖的能源发展新局面，以新能源技术创新、新能源政策、能源市场化改革为抓手，培育可再生能源发展的“乘数因子”，实现能源转型由量到质的跨越。

在“十四五”开局之年，我国经济社会发展面临新的内外部挑战，能源行业需要用一份优异的成绩单为后疫情时代经济增长注入活力。随着光伏、风能等可再生能源规模的持续扩大，化石能源未来有望被可再生能源深度替代，可再生能源将成为新的经济增长点。

因此，地方政府和能源行业应该致力于弱化对煤炭资源的过度依赖，坚持可再生能源发展和传统化石能源清洁利用“两条腿”走路，做好可再生能源的“加法”和传统能源的“减法”。

要牢抓后疫情时代电力需求出现的供求短期缺口，加速构建以可再生能源为主的“电力新基建”体系，建立健全可再生能源市场机制，助推新能源产业由“补贴市场”全面过渡为“竞争市场”，充分挖掘分布式能源的应用潜力，助力于可持续能源转型更高质量服务于经济增长。

总体来看，在“十四五”期间，要以“四个革命、一个合作”的国家能源战略为指引，以“碳达峰、碳中和”目标为导向，继续推动可再生能源的高质量发展，推进“可再生能源转型”走向“可持续能源转型”。

科技创新助推“双碳”达标

中国科学报 2021.4.19

“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”（简称“双碳”），是我国提出的两个阶段碳减排奋斗目标。该目标须以科技创新为先导，广大科技人员应乘势而上、奋力攻关。

目前，我国正处于高质量发展阶段，化石能源消耗量不断增长，未来一个阶段内二氧化碳排放势必继续增长。

因此，要想在2030年实现“碳达峰”必须要付出艰苦努力，2060年的任务则更为艰巨，需要将生产、生活所产生的二氧化碳全部消除，才能达到产生量和消除量的平衡。

在大量使用化石能源且能源消耗不断增长的前提下，实现“碳达峰”必须大力发展可再生能源、减少化石能源使用、实行全民总动员节能减排。而要想实现“碳中和”，还要着力开辟新的清洁能源。

大力发展可再生能源

大力发展可再生能源是实现“碳达峰”的首要措施。我国水力资源虽潜力有限但仍要充分利用，风能、光伏发电将是未来主要能源。同时还要因地制宜建设裂变核反应堆、地热等清洁能源发电及潮汐能等。

风能、光伏、潮汐等间歇式发电和恒定功率的核能，必须以储能来调节。未来10年我国要发展12亿千瓦可再生能源，如果以10%储能功率、储能6小时相配合，则需建设7.2亿千瓦·时容量储能电站，或720座1吉瓦时储能电站。其建设费用若以平均1400元/千瓦·时计，则需投资1万亿元。分布式储能费用或许还要更高。可见，储能机遇很大，担子也很重。

储能技术路线百舸争流、各有所长，应允许在竞争中发展。储能是商业行为，必须讲究经济效益，决定因素有建设投资、使用寿命、能量转换效率、设备利用深度、电进价、电出价和运行费用等，其中与储能技术设备相关的是前四项。

对于建设投资，抽水蓄能电站不断涨价至每千瓦7000~8000元；化学电源不断降价至每千瓦·时千元上下，以6小时蓄电容量计算，其造价并不高于抽水蓄能。抽水蓄能优势在于运行寿命长，分摊到每度电的成本要比电池储能约低一半。但抽水蓄能能量转换效率仅为75%左右，电池则高达80%（液流电池）、85%（铅炭电池）乃至90%以上（磷酸铁锂离子电池）。能量转换效率高的投资回笼快，何况电池还受地域限制，规模可大可小。所以，两者综合优势已不相上下。对于能量转换效率约60%的物理储能技术，可以展开研究，但想实用就要认真掂量其经济效益。

规模储能对于电池而言，是近年来遇到的新课题，需求发展势头很猛，形势喜人。电池新体系（正极、负极、电解质的组合）变化多端，层出不穷，前途不可限量。我们倡导集

液流电池、铅炭电池、锂离子电池三者优点于一体的长寿命、高安全、低成本储能专用水系电池，这虽是一项世界性难题，但已不乏电化学界仁人志士刻苦攻关，相信假以时日，定有颠覆性进展，必将对 2030 年实现“碳达峰”做出更大贡献。

在大力发展可再生能源的同时，也要减少化石能源的使用，这不存在重大技术难题，主要取决于政府的决心。政府要制定坚定可行的政策，消除习惯性和地方保护主义。如停止建造燃煤电厂、逐步提高排放税、加速试点碳排放权和碳汇交易并及早实行等。此外，补贴力度也要恰当，奖补要与惩罚并施。我国光伏发电和电动汽车发展中的补贴实践证明，过度、单纯的补贴弊多利少，该教训应充分汲取。

实行全民节能减排

实现“碳达峰”还需要打一场持久的节能减排人民战争，实行全民总动员的节能减排。

首先要做到节能减排思想家喻户晓、深入人心、付诸行动、持之以恒，纠正陈年积累的浪费能源的观念、习惯、误解；要在全社会树立强烈的“节省能源、减少排放为荣，浪费能源、任意排放为耻”的风尚。

值得关注的是，我国工业领域节能潜力很大，研究各行业工业节能技术大有可为。

汽车就是耗能、排放大户，节能减排潜力较大。为此笔者提出十项具体措施：一要进行全民宣传教育，改变落后观念，不以高档、豪华车显示经济和社会地位，而以坐小车、乘节能车为荣。二要加重燃油税和高档车消费税。三要按高速公路限速对汽车设计提出最高行驶速度限制，削除以发动机功率为首的冗余设计。四要对汽车生产、使用、维修、报废处置全过程进行系统排放计算，对其二氧化碳排放总量提出相应的鼓励、惩罚政策。五要排除“不用油就等于节能减排”的肤浅观念，发展全过程最节能减排的电动汽车技术。六要大力研究、使用能量转换效率高的内燃机，使燃油车节能减排立竿见影。七要将内燃机与电池并联组合，达到最佳节能减排效果，应大力发展此纯电驱动的增程式电动车。八要停止生产、销售假节能减排的插电式“混合动力车”。九要鼓励夜间充电和慢速充电，尽量避免快速充电，以提高电能利用效率。十要鼓励充电站同建蓄电站，夜蓄昼充，削峰填谷。

有种观点认为“可再生能源发的电是零排放”。实际上，在目前以煤为主要能源的情况下，风力和光伏等可再生能源发电并不是零碳排放，这些发电设备的制作、用材、安装、维护、报废都很耗能，这些过程中的二氧化碳排放量都应分摊到所发的每一度电上。

所以，要树立全生命周期二氧化碳排放和减排的观念，认真合算每项技术全过程的“净减排”。

着力开辟新的能源

“碳中和”是要将生产、生活中产生的二氧化碳全部消除，确保不再增加大气中二氧化碳含量。除要继续加大力度实施前文所述的节能减排外，还要着力开辟新的清洁能源，消除产生的二氧化碳。

聚变能发电有可能在 2060 年前实现，生产这种清洁能源有利于减排二氧化碳。最易发

生聚变反应的是氘与氚的聚合，氘可自水中提取，氚可用锂—6 在堆中子作用下产生，将天然锂中锂—6 分离后的大量锂—7 用于锂离子电池，不会影响电池性能，锂—6、锂—7 “各尽所能”。为此，要发展廉价、低耗能的水中提氚技术和锂同位素分离技术。

当汽车发动机全部使用生物柴油或生物乙醇时，在行驶阶段就可以基本实现“碳中和”。因此，要大力发展各种生物乙醇、生物柴油生产技术和产业。秸秆规模转化和甜高粱种植利用等工程技术问题应列入发展计划，还要培育高产油料作物。

消除或转化二氧化碳

森林能够大量吸收二氧化碳。我国西北地域辽阔，碳汇价值巨大，但是缺水。如从西藏每年引水 200 亿立方米到新疆植树造林，不仅对“碳中和”作出巨大贡献，还能改变西北气候。这是一项十分艰巨的工程，涉及许多科学技术问题，因此要及早展开前期研究。

从横断山脉诸大江引水的南水北调西线工程要加速建设，除缓解黄河流域工业、生活用水紧张外，还可适当加大调水量，为造林（特别是内蒙古地区）供水。在全国各地普遍加强植树绿化，对提升生态系统碳汇能力也有贡献。

向地下埋藏二氧化碳已有相关研究。这不仅是一项很耗能的技术，还要解决二氧化碳“地下固定化”问题，并不是简单的物理性储存，还要谨防地质变化造成“打开潘多拉魔盒”式的灾难。

用化学法将二氧化碳转化为能源材料或其他有机物已有研究。转化需要能量，应该追求高效（即低能耗、低排放）转化技术，在开题时就应认真论证、比较。例如，用光化学法将二氧化碳转化为甲醇，是一个 6 电子还原反应，直接转化的效率极低，而副产物以甲酸、甲醛为主，总效率也仅有百分之几。现在使用的光伏发电转换效率已达 20%（还将进一步提高），发展其他电转化技术路线（如电解还原二氧化碳、电解水制氢—氢与二氧化碳化合等）可能会有更高的转换效率。总之，要充分论证和比较这些技术路线的能量转换效率和经济可行性。

二氧化碳埋藏或转化，都涉及其回收和浓集。要发展适用于大规模浓集二氧化碳的低排放、低成本技术，吸附—解吸等物化原理可以加以利用。

四、太阳能

多功能离子液体作溶剂 钙钛矿不再“怕潮湿”

科技日报 2021.4.1

科技日报讯（通讯员朱琳 记者金凤）3月28日，科技日报记者从南京工业大学获悉，中国科学院院士黄维、南京工业大学先进材料研究院陈永华教授团队的一项成果，近日在国际顶级期刊《科学》发表。研究团队开创性地提出以一种多功能的离子液体作为溶剂，来替代传统有机溶剂制备钙钛矿光伏材料，实现了黑相甲脒铅碘钙钛矿在室温、高湿度环境下的稳定性，解决了传统钙钛矿光伏材料制备过程中的世界性难题。

相比传统的单晶硅电池，钙钛矿光伏材料因具有轻薄、低廉、环保、可柔性等优势成为研究热点。在传统认识中，钙钛矿光伏材料怕水、怕空气，尤其是以甲脒基钙钛矿为代表的钙钛矿光伏材料非常“敏感”，需要在惰性气体的保护下才能制备。同时在现有认知范围内，只有不超过5种溶剂能被应用到钙钛矿材料中，如此多的“痛点”让其扩大应用举步维艰。

“为什么不大胆假设一下钙钛矿也可以在高湿度的空气环境中制备？”很快，陈永华团队将研究焦点集中到寻找一种环境友好、物理化学性质稳定、可调和的溶剂上。2017年，团队发现了一种绿色的质子型离子液体，因其官能团的特殊性被引入制备过程。

“离子液体独特的阴离子和阳离子结构能够在溶液中形成庞大的氢键网络，同时，有机阴离子与金属卤化物形成螯合物来调节前驱体溶液的性质。其独特的化学作用能够有效调控钙钛矿的结晶动力学过程，从而生长出高质量的钙钛矿薄膜。”论文共同第一作者说。

基于离子液体的特性，研究团队在2020年构建出了高效稳定的层状钙钛矿太阳能电池，光电转化效率达到18.06%。

甲脒基钙钛矿由于优异的性质，被认为是最有希望接近理论极限效率的材料，然而其稳定性差，极易在高湿度条件下分解。团队从多功能离子液体溶剂的结构设计和制备出发，发现离子液体甲酸甲胺的羰基可以与碘化铅中的铅产生螯合作用，胺基与碘形成氢键作用。

实验结果表明，离子液体甲酸甲胺作钙钛矿前驱体溶剂所制备的器件最终实现了高达24.1%的光电转化效率，并且，未封装的器件在85摄氏度持续加热和持续光照下，分别保持其初始效率的80%和90%达500小时。

绿色无毒、稳定高效、成本低廉，这项成果为钙钛矿太阳能电池的大规模生产利用创造了前提条件，陈永华说：“未来5年，我们将致力于实现钙钛矿电池面积从0.1平方厘米放大到100平方厘米，真正实现产业化大规模应用。”

预计2021年国内光伏新增装机60GW

中国能源报 2021.4.5

根据3月30日，IHS Markit高级分析师对全球光伏市场及产业链趋势的分析与展望，2021年光伏即将迎来增长高峰，预计国内全年新增装机在60GW左右，全球新增装机将达180GW以上，2022年将接近200GW。

2020年，我国开启碳中和元年，光伏也迎来了前所未有的发展机遇。自2013年我国实行光伏补贴后，历年光伏新增装机均实现正增长。展望称，2021年光伏即将迎来增长高峰，预计全球光伏新增装机将达180GW以上，2022年将接近200GW。

从全球光伏装机类型来看，户用光伏装机占比一成、工商业光伏占比三成、大型地面电站占比六成，细分主流光伏市场，欧洲等发达国家多以户用、工商业光伏项目为主，而中东、拉美等发展中国家则以大型地面电站开发为主。

截至2020年底，中国光伏累计并网253GW，从各省份装机类型来看，山东、江苏、浙江等沿海大省是我国分布式光伏主战场，近年东部及南方的一些省份的分布式光伏发展速度加快。而我国大型地面项目的分布较为分散，早期以具备优秀资源条件的西北地区为主，经2017年大规模快速建设之后，大型地面项目由西北向东、中部转移，出现贵州、广州、云南等热门市场。

报告称，今年国内主流的需求来自于平价项目，预计大型地面项目在30-40GW，分布式项目在20GW左右，全年新增装机水平在60GW左右。

从光伏产业链环节来看，过去十年，中国已成为全球光伏制造中心。通过对比各环节产能的全球布局，中国大陆硅料产能在全球占比已达70%以上、硅片占比96%、电池占比77%、组件占比69%。

过去十年，光伏组件功率的快速提升使得光伏有可能在未来成为主流能源，未来行业发展最关键的两点仍然是降本和增效，如何在新的历史机遇下实现光伏产业的创新、提升，是未来光伏厂商共同努力的方向。

今年全球光伏新增装机将创新高

中国能源报 2021.4.5

本报讯 市场研究机构埃信华迈（IHS Markit）日前发布报告称，预计今年，全球光伏装机容量将增长27%，为5年来最大增幅，达到创纪录的181吉瓦。

报告显示，今年，中国将再次蝉联全球最大的光伏市场，新增装机容量约为60吉瓦。

埃信华迈清洁能源技术执行董事Eduardo Zoco表示，受新冠肺炎疫情影响，2020年，大量光伏项目遭推迟，而随着疫情在全球范围内逐渐得到控制，2020年第四季度光伏项目量剧增，其中部分项目将在今年安装和并网。

根据报告的统计，2020年，新冠肺炎疫情造成的制造业和物流中断，导致全球新增光伏装机容量仅增长了约10%，达到142吉瓦。值得注意的是，尽管由于多晶硅、铜和钢等材料价格上涨，今年光伏组件的价格高于去年，而且交货时间、货运成本均有所增加，但今年对光伏组件的需求仍将增长。

埃信华迈在报告中指出：“光伏供应链正进入一个新的阶段，更关注盈利能力、技术领先和整合。比如2020年，大约72%的光伏组件是由排名前10位的公司生产的。”

埃信华迈清洁能源技术研究经理Josefin Berg表示：“今年上半年，光伏组件的销量将非常可观。下半年，光伏组件的产能仍然足够，没有重大的材料瓶颈出现，这些因素促使我们对今年全球光伏新增装机容量的预测从158吉瓦上调至181吉瓦。”

不过，Zoco提醒，尽管光伏组件的需求将在二季度开始增长，但由于部分地区交货时间延长，可能会限制第四季度的季节性装机高峰，并导致一些项目安装延期到2022年。（仲蕊）

大面积钙钛矿组件 效率取得突破

中国能源报 2021.4.12

本报讯 4月2日，无锡极电光能科技有限公司对外宣布，在大面积钙钛矿组件效率上取得了突破性进展。

极电光能制备的63.98cm²钙钛矿光伏组件转换效率达到20.5%。这一结果获得日本电气安全环境研究所检测认证，为目前全球范围内大面积钙钛矿组件效率的最高纪录，已与主流晶硅产品效率相当。

据悉，极电光能是保定市长城控股集团有限公司旗下全资孙公司，通过保定市瑞茂企业管理咨询有限公司进行控股。此外，保定市瑞茂企业管理咨询有限公司还同时拥有未势能源科技有限公司和蜂巢能源科技有限公司两家能源类子公司，分属于氢能和动力电池领域。

作为拥有哈弗、WEY、欧拉和长城皮卡四个整车品牌的知名汽车制造商，长城控股不仅通过钙钛矿技术入局光伏发电，还在大力布局氢能和动力电池等新能源业务。（姚金楠）

满足“碳达峰、碳中和”要求 光伏材料颗粒硅新工艺来了

科技日报 2021.4.7

光伏产业需要的多晶硅纯度达99.9999%以上。目前，世界上绝大部分厂家生产的硅料，均采用传统的改良西门子法，这是最为成熟、应用最广泛的工艺技术。而与改良西门子法生产的多晶硅相比，硅烷流化床法（FBR）生产的颗粒硅体积更小，能耗和成本大大降低。

投资减少30%，生产电耗降低65%，人员降低30%……

保利协鑫近日发布公告称，该公司硅烷流化床法（FBR）颗粒硅1万吨项目投产后，经过生产运营及下游客户使用实证，颗粒硅各项指标再获新突破——头尾寿命、尾碳、结晶率、单产、转换效率均领先行业水准。

该公告发布后，引起资本市场和光伏产业界高度关注。

目前，光伏发电的上游原材料主要是改良西门子法制备多晶硅，FBR颗粒硅问世后，有业内专家判断，颗粒硅有望引发多晶硅制造的一场颠覆性技术革命。那么FBR颗粒硅究竟是一个什么样的工艺产品？它与传统多晶硅有什么不同又为何能异军突起？科技日报记者4月2日就这些问题对业内专家进行了专访。

硅料的价格和质量对光伏发电至关重要

众所周知，光伏产业有着一条明确而清晰的产业链，硅料、硅片、电池片、组件、应用系统是产业链上的5大环节。其中，硅料和硅片处于光伏产业链上游。

硅料环节不仅制造及研发门槛高，而且资金投入极大。同时，硅料的价格和质量对光伏发电的成本和效率也起着至关重要的作用。

近年来，光伏行业发展势头越来越猛，2020年我国光伏新增装机规模48.2GW，同比增长60%。在终端市场带动和国家法规的倒逼下，各家原料企业都在研发硅料新工艺。在这一背景下，颗粒硅逐渐走入人们视线。

硅料即多晶硅，光伏产业需要的多晶硅纯度达99.9999%以上。目前，世界绝大部分厂家生产的硅料，均采用传统的改良西门子法，这是最为成熟、应用最广泛的工艺技术。

“改良西门子法主要原理是，把石英砂放在电炉中冶炼还原制成99%的工业硅粉，再与四氯化硅和氢气反应得到三氯氢硅，经过精馏、提纯、高温还原、尾气回收等一系列工艺流程，最终产出棒状多晶硅。”保利协鑫研究院副院长蒋立民介绍说。

FBR颗粒硅也是多晶硅，但与改良西门子法多晶硅相比，颗粒硅更小，仅有绿豆般大。自2010年开始，保利协鑫子公司中能硅业便开始自主研发颗粒硅技术，并通过收购海外资产，最终实现颗粒硅量产。

“保利协鑫颗粒硅采用独创的硅烷流化床法制造，将原料三氯氢硅歧化制得硅烷，硅烷在流化床中进行分解反应制得颗粒状多晶硅，单程转化率可达99%，减少了尾气回收和精馏环节，反应温度也只有改良西门子法的60%，可以连续化生产，能耗和成本都大大降低。”蒋立民告诉记者。

据介绍，下游硅片厂家拿到传统多晶硅后，还需要破碎、清洗然后用于拉单晶，而颗粒硅不需要破碎和清洗，可以直接投料拉单晶，而且流动性好，相比于传统多晶硅更适合新一代连续投料直拉工艺。

碳中和对光伏产业链提出更高要求

早在多年前，光伏产业链登陆国内之时，就有声音质疑光伏产业链能耗高，造成的污染和温室气体排放高于发电收益。

随着自主技术进步和实践检验，这种质疑声音已经逐渐消失。但是，硅料和硅片制造环节的较高能耗，不仅制约光伏发电的成本降低，也影响我国“碳达峰、碳中和”目标的实现。

据业内人士介绍，目前光伏产业链中能耗最高的是硅料制造环节，能耗占比达45%。2020年5月，工信部发布《光伏制造行业规范条件（2020年本）》（征求意见稿），该规范规定，新/扩建多晶硅综合电耗不大于70千瓦时/千克。

“根据我们实测，FBR颗粒硅综合电耗仅为18千瓦时/千克，远低于行业规范。”蒋立民说。

我国已承诺，到2030年风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上，这将带动大批光伏发电项目投建运营。根据工信部规范要求，记者沿着FBR颗粒硅和改良西门子法多晶硅的生产流程，分别对二者生产的多晶硅组件，在整个光伏产业链的路径进行碳足迹溯源，可以看出，仅硅料环节生产1吉瓦颗粒硅可减排13万吨二氧化碳，较改良西门子法降低74%，从整个产业链来看，生产1吉瓦组件至少可降低二氧化碳排放量47.7%。

凭借着产能、成本控制和技术等诸方面的优势，世界光伏产业重心逐步向中国转移。截至2019年，中国在多晶硅、硅片、电池片和组件环节的产量占全球比例均已超过60%，分别为67%、97%、79%和71%。

按照2020年国内硅料产能约43万吨测算，由FBR替代西门子法每年将减少二氧化碳排放1927万吨。根据瑞士苏黎世联邦理工学院研究推论，一公顷树冠面积每年可消耗205吨二氧化碳，1927万吨二氧化碳需要9.4万公顷树冠面积，相当于每年多种了约9400万棵树。

为淘汰落后光伏产能，工信部规范已明确提出“光伏制造企业应采用工艺先进、节能环保、产品质量好、生产成本低的生产技术和设备”。

蒋立民向科技日报记者介绍，经过10年研究改进，FBR颗粒硅已经较好地解决产品质量、长周期连续运行、低成本等大规模产业化问题。2019年，实现了关键设备国产化及关键材料替代，保利协鑫还领衔主编了颗粒硅国家标准。未来，FBR颗粒硅将对我国光伏产业链碳减排起到至关重要的作用。（张晔 季天宇）

德国研发新型光伏电池 光电转换率逼近24%

中国能源报 2021.4.26

本报讯 据行业媒体《光伏杂志》报道，日前，德国于利希研究中心能源与气候研究所（IEK-5）研发出一款新型TPC光伏电池，转换效率达到23.99%，高于目前市场普通的晶硅电池产品。

据了解，在PERC等电池技术发展越来越成熟的背景下，晶硅电池转换效率直逼天花板。而产业内部预估，未来10年，晶硅电池仍将是市场主流，占有九成以上的份额。为了进一步提升晶硅电池的效率，IEK-5开发了新型电池材料TPC，将其运用至电池背板。

与普通晶硅电池相比，TPC电池的导电能力更强。由于使用了纳米碳化硅晶体作为原材料，TPC电池背板具有全透明属性，在工作时可以减少光损失。同时，在钝化处理后，电子间的干扰也明显降低。

IEK-5表示，这项技术成本低廉，可以轻松实现商业化，预计经过升级和完善后，短期内TPC电池的转换效率有望达到26%以上。（董梓童）

改进型钙钛矿光电池可降低能量损失

科技日报 2021.4.23

科技日报莫斯科4月21日电（记者董映璧）俄罗斯国立研究型技术大学（MISIS）科研人员使用氧化镍纳米粒子和结构开发出一种新型光电池，可为物联网无线设备、健身跟踪器、智能手表和耳机提供能量。相关研究结果近日发表在国际期刊《太阳能材料及电池》上。

近年来，物联网无线设备和传感器市场发展迅速，而为这些设备提供能源的是低功耗和功率约为 1 微瓦的自主能源，微小的钙钛矿光电池是其中的一种解决方案，即使在室内灯光下充电也能保证能量储备。钙钛矿光电池的效率约为 25%，与半导体相当，但更容易制造。而钙钛矿是一种矿物，具有假立方晶体结构和一些独特的特性，广泛用于能源领域。

钙钛矿光电池对光强度要求低，但它们有一些缺点——生产成本高、能量损失大和持续运行期间最大功率会降低。MISIS 未来太阳能实验室的科研人员使用氧化镍纳米粒子和结构，开发出一种新的平面光电池，简化了生产技术，降低了能量损失。

未来太阳能实验室研究员塔季扬娜·克玛利切娃称，平面光电池如同三明治，由转移负电荷的半导体、钙钛矿和转移正电荷的半导体三层组成，改换导体类型，使用氧化镍转移正电荷，在光照度为 400 勒克司（即标准室内照明）时，其功率密度可达每平方厘米 28.4 微瓦，这是硅光电池功率密度的 2.5 倍。

塔季扬娜·克玛利切娃说，该功率不仅可以满足为小型传感器供电，也可以满足为耳机或无线键盘供电，电池可在不影响性能的情况下轻松扩展到 10 倍以上。据悉，除了物联网设备，新电池还可用于智能银行卡、遥控器、家用电器、电脑鼠标和键盘以及可穿戴电子产品。

中科院大连化学物理研究所等

研制高通量大面积柔性钙钛矿膜

中国科学报 2021.4.22

本报讯（记者卜叶）近日，中科院大连化学物理研究所研究员刘生忠团队与陕西师范大学副研究员冯江山团队合作，在大面积钙钛矿太阳能电池研究方面取得新进展。他们采用真空沉积法并结合低温退火策略，制备了 400 平方厘米刚性和 300 平方厘米柔性高质量甲脒基钙钛矿薄膜，并将该薄膜运用到蒸发甲脒基钙钛矿太阳能电池上，获得了文献可查蒸发钙钛矿太阳能电池的最高转换效率。相关成果发表在《能源与环境科学》上。

近年来，采用溶液法制备钙钛矿太阳能电池取得很大进展，小面积钙钛矿太阳能电池转换效率已达 25.5%。然而，溶液法制备技术很难实现大面积均匀制备、高通量连续生产，并且会造成钙钛矿电池中存在溶剂残留，进而影响钙钛矿太阳能电池的稳定性。

该研究采取真空交替沉积技术并结合低真空低温退火策略，有效调控了钙钛矿薄膜的形核和晶粒生长，实现大尺寸、高致密、高质量 $\text{Cs}_x\text{FA}_{1-x}\text{PbI}_3$ 薄膜制备，结合 Spiro-OMeTAD 空穴传输层制备的钙钛矿太阳能电池，转换效率达 21.32%。此外，合作团队还结合真空法制备的空穴传输层，实现了全真空法制备钙钛矿太阳能电池，转换效率达 18.89%，未封装钙钛矿太阳能电池可在空气环境下暗态保存 189 天，效率提升 1%，具有较高稳定性。

研究表明，全真空法制备技术可以实现高效率、高稳定性钙钛矿太阳能电池的大面积、高通量制备，对于推动钙钛矿太阳能电池的产业化具有重要意义。

全球首个光伏、储能户外实证实验平台开建

中国能源报 2021.4.19

本报讯 4月10日，首个国家光伏、储能实证实验平台在黑龙江省大庆市大同区正式开工，标志着“国字号”平台迈入实质性建设阶段。

作为国家能源局批准建设的第一个光伏、储能实证实验平台，该平台可助力解决我国光伏、储能技术户外实际运行的专业性、系统性研究较少、已建成光伏发电系统的运行性能无法有效评估等问题。

“黄河公司在加快清洁能源转型升级进程中，打造了‘水光互补’‘百兆瓦光伏发电实证基地’‘水光风储多能互补基地’‘青豫直流特高压外送基地’等一大批新能源里程碑式的典范项目，每一座光伏电站都引领着世界光伏的发展趋势。”国家电投黄河公司董事长、党委书记谢小平表示。据了解，目前，该公司电力总装机达2464万千瓦，清洁能源装机近九成，新能源装机超千万千瓦，是全球最大的光伏发电运营商，也是国内唯一具有光伏实证示范基地建设经验的能源央企。

谢小平指出，建设以推动光伏、储能行业发展为目标的开放公共服务平台，是落实国家“碳达峰、碳中和”任务目标的创新举措。该平台将为全球新能源和储能产业发展提供实证数据支持的同时，通过打造创新研发、实证研究、教育展示融为一体的产业平台，降低成本，促进光伏、储能技术进步。

“十四五”期间平台总投资约60亿元，拟实证实验约640种方案，设立光伏组件、逆变器、支架、储能产品实证实验区4个，储能系统、设备匹配实证实验区2个，折算规模约105万千瓦。该平台首期建设的20万千瓦布置实证实验方案约160种，计划9月26日建成投运。（解岚心 李龙 吴梦雪）

中央财政补贴“压哨”再降60%，2022年起不再享受补贴——

户用光伏新增装机预测大幅上调

中国能源报 2021.4.19

国家发改委日前发布的《关于2021年新能源上网电价政策有关事项的通知（征求意见稿）》（以下称《征求意见稿》），明确提出2021年纳入当年中央财政补贴规模的新建户用分布式光伏全发电量补贴标准为每千瓦时0.03元，2022年起新建户用分布式光伏项目中央财政不再补贴。

这意味着今年是户用光伏享有国家补贴的最后一年，2022年将正式开启无补贴阶段，这为本就火热的户用市场添了一把火。在近日举行的首届户用光伏创新发展论坛上，业内人士普遍认为，保守估计，今年国内户用光伏新增装机规模将达15吉瓦，同比增加约50%。

新增装机容量预测值大幅上调

根据《意见征求稿》，今年户用光伏补贴标准定在 0.03 元/千瓦时，较去年的 0.08 元/千瓦时下降超 60%，但此前有业内专家预测，在有补贴的情况下，今年户用光伏新增装机规模至少在 10 吉瓦左右，基本与去年持平。

“10 吉瓦”是自 2017 年户用光伏市场迅猛发展以来，年新增装机规模首次突破 10 吉瓦大关，创下的里程碑式纪录。根据中国光伏行业协会数据，截至 2020 年底，全国户用光伏累计装机规模已经超过 20 吉瓦，其中 2020 年全年，我国户用光伏新增装机容量达 10.1 吉瓦，占累计装机规模的“半壁江山”。

在《意见征求稿》确定今年户用光伏补贴将大幅下调后，市场对年新增装机规模的预测“不降反升”。浙江正泰安能电力系统工程有限责任公司总经理卢凯认为：“折算下来，0.03 元补贴相当于节省了 0.20 元系统成本，还是蛮给力的。保守估计，今年户用光伏新增装机规模在 15 吉瓦左右。”这较 3 月下旬预估的 10 吉瓦提升了 50%。

智汇光伏创始人王淑娟表示，户用光伏不断创新高“合情合理”。一方面是户用光伏补贴政策单列成项，无需参与竞价，户用光伏不占用年度保障性并网规模，直接并网消纳。

另一方面则是按照国家能源局《关于 2020 年风电、光伏发电项目建设有关事项的通知》，“当截至上月底的当年累计新增并网装机容量超过当年可安排的新增项目年度装机总量时，发布户用光伏信息时的当月最后一天为本年度可享受国家补贴政策的户用光伏并网截止时间”，即户用光伏享有一个月的缓冲期，实际安装规模高于指标。

补贴对项目收益率影响甚微

一直以来，补贴是支持光伏产业发展的重要因素之一。在多位光伏企业高管看来，分布式光伏市场规模的不断扩大和民众接受程度密不可分。

中国光伏行业协会名誉理事长王勃华曾直言，户用光伏市场规模呈现翻倍式增长，是充分享受国家补贴红利的结果。那“3 分钱”的补贴强度是支持户用光伏市场新增装机规模扩张的重要因素吗？

浙江正泰安能电力系统工程有限责任公司董事长陆川告诉记者，要拒绝将户用光伏补贴“妖魔化”。“早期户用光伏的收益确实受补贴影响较大，当时系统投资成本在 8—10 元/瓦，现在已经下降至 3—3.5 元/瓦。目前，终端电价约 0.6 元/千瓦时，在此之上叠加 0.03 元/千瓦时的补贴，可以说补贴对户用光伏项目的收益率影响微乎其微。”

国家发改委能源研究所研究员时璟丽也指出，在没有补贴的情况下，以今年的预期投资水平初步测算，国内大部分省份户用光伏项目的静态回收期在 8—10 年。在电站全额上网的模式下，全国约一半省份的户用光伏项目在无补贴的条件下具备经济性。

此外，陆川提出，相比补贴，安装成本对户用光伏项目的影响更大。“这是由于户用光伏是按照组件数量计算安装价格。随着技术的升级，组件功率已经从几年前的 280 瓦，提升至目前的 405 瓦甚至 445 瓦，在相同容量下，组件数量减少，安装费也随之减少。”

国家发改委能源研究所可再生能源发展中心副主任陶冶表示，未来户用光伏即便在无补

贴的条件下，仍将是光伏产业所有商业模式中最重要且有优势的一个板块，其装机规模将保持健康且可持续的发展趋势。

逆变器或成稀缺资源

纵观户用光伏产业的发展历程，都有较为明显的地域性。从全国范围看，山东、河北、河南、山西、安徽、浙江、江苏等省份表现突出，装机规模排名前列。

据了解，是否适合安装户用光伏，不仅要考虑当地民众对光伏的接受度、日照条件，还要考虑光伏发电成本和收益以及脱硫煤电价等。同时，土地和政策的影响也不可忽视。

浙江省能源局二级巡视员王京军介绍，受制于浙江土地紧张这一制约因素，浙江省推出了“百万家庭屋顶光伏工程”，各地也出台了一系列支持政策，分布式光伏发展走上“快车道”。“截至2020年底，浙江并网运行分布式光伏项目超过23万个，总容量达到1000万千瓦以上，这是浙江分布式光伏装机首次超过千万千瓦，按照装机容量来排序，光伏发电已取代了水电，成为浙江第二大电源。”

在越来越多的省份出台政策支持户用光伏发展的背景下，行业内认为，未来户用光伏市场将“遍地开花”。中国光伏行业协会副秘书长刘译阳预计，随着“十四五”正式开启，分布式光伏新增装机规模将达到20—30吉瓦/年，户用光伏或将成为实现“碳达峰、碳中和”目标的中坚力量。

但陆川提醒，由于今年光伏供应链价格持续波动，或对户用光伏市场产生一定影响，除硅料和组件外，逆变器可能是最稀缺的资源。目前，芯片十分紧缺，这不光会影响逆变器的生产数量，还将限制逆变器的生产种类。如果户用光伏市场持续火爆，需求远超预期，可能会出现逆变器缺货的情况。

芬兰 LUT：全球光伏发电占比 30 年内将达 76%

中国能源报 2021.4.19

本报讯 据行业媒体《光伏杂志》报道，芬兰拉普兰塔理工大学（LUT）日前发布的一项研究显示，到本世纪中叶，光伏发电占全球电力供应的比例将达到76%，代替火电成为全球电力市场新的“顶梁柱”。

据了解，上述预测是拉普兰塔理工大学 Christian Breyer 教授团队得出的最新成果。该团队首先论证了全球能源市场实现100%可再生能源供应的可能性，并认为如果要达成这一目标，就要重视太阳能的开发和利用。

根据拉普兰塔理工大学研究团队拟议的实施方案，到2050年，全球光伏累计装机规模需达到63.38太瓦，占到一次能源供应总量的69%。

该研究团队还指出，尽管经过数十年的发展，光伏发电成本已经有大幅度的下滑，但更高的性价比和更低的电价仍然是光伏发电努力的方向。随着供应链各主要环节产品价格下探空间越来越小，未来考虑光伏发电项目全生命周期的单位发电量将成为产业“更上一层楼”的

重要课题。为此，企业需要从系统端出发，加深产品间的适配性，促使端到端效率的最优化。

同时，研究强调，不能忽视非技术成本对光伏发电项目总成本的影响。其中，安装成本已经成为拖累光伏发电项目投资难以下降的因素之一。

但有观点认为，随着光伏组件摆放模式、运输方式的不断升级，未来安装成本将快速下滑。据拉普兰塔理工大学研究团队测算，到2050年，光伏项目的安装成本将较2020年下降54%—58%。（董梓童）

《储能产业研究白皮书2021》发布

中国能源报 2021.4.19

根据4月14日发布的《储能产业研究白皮书2021》，截至2020年底，全球已投运储能项目累计装机规模191.1吉瓦，同比增长3.4%。其中，抽水蓄能的累计装机规模最大，为172.5吉瓦，同比增长0.9%；电化学储能的累计装机规模紧随其后，为14.2吉瓦；在各类电化学储能技术中，锂离子电池的累计装机规模最大，为13.1吉瓦，电化学储能和锂离子电池的累计规模均首次突破10吉瓦大关。

根据CNESA全球储能项目库的不完全统计，截至2020年底，中国已投运储能项目累计装机规模35.6吉瓦，占全球市场总规模的18.6%，同比增长9.8%。其中，抽水蓄能的累计装机规模最大，为31.79吉瓦，同比增长4.9%；电化学储能的累计装机规模位列第二，为3269.2兆瓦，同比增长91.2%；在各类电化学储能技术中，锂离子电池的累计装机规模最大，为2902.4兆瓦。

2020年，中国新增投运的电化学储能项目规模1559.6兆瓦，新增投运规模首次突破吉瓦大关，是2019年同期的2.4倍，装机规模排名前十的省市分别是广东、青海、江苏、安徽、山东、西藏、甘肃、内蒙古、浙江和新疆，这10个省市的新增规模合计占2020年中国新增总规模的86%。

《白皮书》还分别基于保守和理想两种场景对2021—2025年中国电化学储能市场的规模和发展趋势进行了预测。

保守场景下，2021年，电化学储能市场继续保持快速发展，累计装机规模达到5790.8兆瓦。“十四五”期间，是储能探索和实现市场的“刚需”应用、系统产品化和获取稳定商业利益的重要时期，届时，电化学储能累计规模2021—2025年复合增长率为57.4%，市场将呈现稳步、快速增长的趋势。

理想场景下，“碳达峰、碳中和”目标对可再生能源和储能行业是巨大利好，2021年市场累计规模将达6614.8兆瓦，再创新高。随着新能源为主体的新型电力系统的建设，储能的规模化应用迫在眉睫，如果未来两年能有稳定的盈利模式保驾护航，“十四五”后期，即2024年和2025年将再形成一轮高增长，累计规模分别达到32.7吉瓦和55.9吉瓦，以配合风、光在2025年的装机目标。（吴怿）

新型半导体催化剂 让阳光助力“空气发电”

科技日报 2021.4.29

科技日报讯（记者陈曦 通讯员吴军辉）“吸”入空气中的氧气，经过简单的化学反应，就可以实现放电；充电时，放电产物通过可逆反应被分解，又重新释放出氧气。锂—氧气电池正在让“空气发电”的奇思妙想走进现实。

科技日报记者4月23日获悉，南开大学化学学院李福军研究员团队研究获得一种具有表面等离子激元增强效应的新型半导体催化剂，首次将可见光引入锂—氧气电池中，显著提升了正极反应动力学，有效降低了电池充/放电过程的极化，开辟了构筑高效金属—空气电池的新思路。日前，介绍该工作的论文发表在国际顶级学术刊物《美国科学院院刊》上。

据介绍，“空气发电”被认为是极具发展前景的下一代电池体系，但其正极迟滞的反应动力学导致的充放电过程极化大、能量效率低等问题极大地制约了锂—氧气电池发展和应用脚步。

光激发半导体产生的光电子和空穴可极大提升电化学反应动力学。采用能带结构合适的半导体材料，将光引入锂—氧气电池中，可显著提升正极反应动力学，降低充/放电过电压。

目前采用的半导体光吸收主要集中在紫外光区，仅占太阳光谱的4%。李福军团队研究发现，金纳米颗粒的等离子激元增强效应可大幅提升可见光的吸收，提升氧气还原反应动力学，促进放电产物过氧化锂的生成；充电时，空穴在外加电压驱动下高效氧化过氧化锂，释放氧气。

“这就好像给锂—氧气电池增加了一个聚光镜，使正极接收到更多的光能，从而加快了电池反应。”李福军说。

改进后的锂—氧气电池的放电电压提高，意味着在放电过程中，锂—氧气电池也可以将部分光能被转化成电能输出；充电时，光能被转化成化学能存储在锂—氧气电池中，使充电电压下降，电池的充/放电电压差减小，同时也获得了优异的电池倍率性能和循环稳定性。

李福军表示，这项新的突破将能直接将光能在电池中实现转化和存储，将为太阳能发电和存储提供新策略。

全小分子有机太阳能电池研究获进展

中国能源报 2021.4.26

本报讯 根据中国科学院网站，近日，中国科学院宁波材料技术与工程研究所葛子义团队前期研究发现，在小分子给体侧基引入双氟原子，能显著降低分子的结晶性能，改善分子 $\pi-\pi$ 堆积、激子解离和电荷传输，获得超过 13% 的光电转化效率。通过进一步调整分子侧链的位置和碳原子数，协同调节了分子的片晶排列和 BHJ 形貌，光伏性能进一步提升至 14%。

近年来，有机太阳能电池作为新一代光伏技术，由于其成本低、质轻、可溶液法加工等优点，受到广泛关注。与聚合物基太阳能电池相比，全小分子太阳能电池因其结构确定、材料易合成、批次差异小等特点，被认为具有较大的商业化前景。然而，如何进一步提高全小分子电池的光电转化效率（PCE）仍是该领域的瓶颈。

据介绍，葛子义团队围绕该问题取得进一步进展。器件后处理对全小分子电池形成纳米尺度相分离形貌具有重要意义。（吴怵）

中科院青岛生物能源与过程研究所

揭示有机太阳能电池电荷传输新机制

中国科学报 2021.4.30

本报讯（记者廖洋 通讯员刘佳）近日，中科院青岛生物能源与过程研究所先进有机功能材料与器件研究组在前期非富勒烯受体的新型侧链工程研究基础上，进一步研究揭示了烷基侧链的影响，实现了对分子堆积、捕光层形貌及电荷传输更为精细的调控。相关成果近日发表于《创新》。

有机太阳能电池（OSCs）是光伏领域的重要研究方向，特别是2015年新型非富勒烯受体的出现，极大推动了OSCs的发展。然而，在面向应用的大面积器件的印刷制备中，OSCs捕光层厚度是一个绕不开的课题。第一，随着膜厚的增加，捕光层内电荷的复合损失显著增加，电池效率迅速下降；第二，膜厚较薄的印刷制备对设备和工艺的要求极为苛刻。根据目前已有的报道，绝大多数的高性能电池均是基于~100纳米的捕光层材料。发展新方法，开发膜厚敏感低的有机光伏材料，对于OSCs的印刷制备及应用具有重要意义。

课题组研究发现，侧链烷基碳数细微调控对共轭材料分子堆积方式展现出截然不同的影响，侧链碳数为5时的IDIC-C5Ph受体中存在奇特的分子堆积。该研究组首次提出了双通道电荷传输（TCCT）概念，可实现电荷更为高效的传输与提取。

光伏性能结果表明，IDIC-C5Ph基器件最优条件下的填充因子（FF）高达80.02%，是常规有机光伏器件中的最高值之一。考虑到TCCT特性在电荷传输及抑制复合方面的优势，IDIC-C5Ph基器件随着膜厚增加到307纳米时，FF仍高达75%，媲美大多数报道的低膜厚器件数据；进一步增加到470纳米时，FF依然大于70%，PCE达到13%。

中科院上海光学精密机械研究所等

快速提取硒化锑太阳能电池热电子

中国科学报 2021.4.27

本报讯 近日，中科院上海光学精密机械研究所强场激光物理国家重点实验室与华中科技大学合作，从器件设计和太赫兹光谱研究等方向出发，发现了低毒、低成本硒化锑

(Sb₂Se₃) 薄膜太阳能电池中快达几个皮秒的热电子提取过程，并成功抑制其缺陷复合过程。相关研究成果发表于《美国化学会能源快报》。

太阳能电池的基本工作原理是半导体吸收光子后转换成光生载流子，并将其传输到电极上，从而产生光电压和光电流。因此，到达电极前光生载流子的有效提取和输运过程对太阳能电池转换效率的影响至关重要。Sb₂Se₃ 太阳能电池具有低毒性和低成本的显著优势，然而其中缺陷复合过程却严重制约了 Sb₂Se₃ 薄膜太阳能电池的发展，目前光能转换效率纪录仅为 10%。

为此，研究人员通过能带工程学设计和太赫兹时间分辨光谱技术探测，率先提出了能够成功避开缺陷复合的热电子快速提取方案。在这项研究中，研究人员发现了 Sb₂Se₃ 太阳能电池中两种截然不同的光生载流子提取和复合方式。虽然，目前大部分高效率的 Sb₂Se₃ 太阳能电池都是基于 CdS/Sb₂Se₃ PN 结为核心构建的，在该项研究中科研人员发现 CdS/Sb₂Se₃ PN 结与本征的 Sb₂Se₃ 半导体内存在着类似的 20 皮秒左右的载流子与缺陷复合过程，这个过程与光生载流子传输过程的竞争关系，会大大降低太阳能电池器件的光电转换效率。而在 SnO₂/Sb₂Se₃ PN 结中，只有几个皮秒的超快热电子提取过程可以成功避开缺陷复合过程，从而提升光生载流子的有效提取和传输效率，最终可将有效提取率提升到 ~90%。此外，热电子提取过程还能有效降低电声相互作用引起的热损耗。

研究人员表示，该基础研究成果将为进一步改进此类太阳能电池效率的器件设计提供重要研究依据。（黄辛）

五、地热

地热供暖面积五年增一半

中国能源报 2021.4.19

本报讯（记者姚金楠）报道：4月13日，国家能源局发布《关于促进地热能开发利用的若干意见（征求意见稿）》。征求意见稿指出，目标到2025年，地热能供暖（制冷）面积比2020年增加50%；到2035年，面积比2025年翻一番。

针对我国地热能开发利用提出，征求意见稿共提出五大重点任务：

深化地热资源勘查。有关省（区、市）自然资源主管部门要组织开展地热资源调查评价，对地热资源开发利用的可行性、适宜性、开发利用总量和开发强度进行总体评价，以地热田为单元确定地热资源开发利用规模。跨省级行政区域的大型地热田调查评价由国家自然资源主管部门组织实施。在此基础上，科学合理设置矿业权，引入企业开展后续勘查和开发利用工作。

全面推进浅层地热能利用。在京津冀晋鲁豫以及长江流域地区，结合供暖（制冷）需求因地制宜推进浅层地热能利用，建设浅层地热能集群化利用示范区；在重视传统城市区域浅层地热能利用的同时，以高质量满足不断增长的南方地区供暖需求，大力推进云贵高寒地

区地热能利用；根据各地区资源禀赋，对地表水资源丰富的长江中下游区域，积极发展地表水源热泵供暖供冷；对集中程度不高的供暖需求，在满足土壤热平衡情况下，积极采用地理管地源热泵供暖供冷；对水文、地质条件适宜地区，在确保 100% 回灌的前提下，积极稳妥推广地下水源热泵供暖供冷。

大力推进中深层地热能供暖。根据资源情况和市场需求，在京津冀、山西、山东、陕西、河南、青海等区域大力推进中深层地热能供暖。鼓励各地在进行资源评估、环境影响评价和经济性测算的基础上，根据实际情况选择“取热不耗水、完全同层回灌”或“密封式、井下换热”技术，最大程度减少对地下土壤、岩层和水体的干扰。鼓励开展中深层地热能集中利用示范工作，示范不同地热资源品位的供暖利用模式和应用范围，探索有利于地热能开发利用的新型管理技术和市场运营模式。宜采取地热区块整体开发的方式推进地热能供暖，调动企业保护资源、可持续开发的积极性，鼓励推广“地热能+”多能互补的供暖形式。

建设地热能高质量发展示范区。鼓励开展地热能与旅游业、种养殖业及工业等产业的综合利用。总结各地区可复制、效果好的地热能开发实践经验，及时推广典型案例。创新管理方式，先行先试开展地热能高质量发展示范区建设，以点带面快速带动地热能开发利用的规模化发展，推动地热能成为清洁取暖的重要力量。

稳妥推进地热能发电示范项目建设。抓紧攻关地热能发电关键技术和成套装备，为今后地热能发电的规模化发展奠定技术储备。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。支持地热能发电与其他可再生能源一体化发展。

水环中心技术支撑清洁能源高效安全开发 雄安新区地热开采监测技术规程发布实施

中国自然资源报 2021.4.7

本报讯（通讯员 郝文杰 李胜涛 特约记者 范基姣）近日，由中国地质调查局水文地质环境地质调查中心牵头编制的《雄安新区地热开采井和回灌井监测技术规程（试行）》和《雄安新区地热动态监测系统和专用监测井技术规程（试行）》，经雄安新区管理委员会批准并发布实施。

为支撑雄安新区地热资源集约节约、高效安全和可持续开发利用，在自然资源部中国地质调查局的统一部署下，水环中心联合中国地质科学院水文地质环境地质研究所、天津地热勘查开发设计院、北京市地热研究院、中石化绿源地热能开发有限公司、河北省地质环境监测院等单位，依托中国地质调查局“天津东丽区—河北牛驼镇地热资源调查与试验”和国家重点研发计划“深部地热资源动态监测与储层改造增产关键技术”等项目编制完成两项技术规程。《规程》的编制，严格按照《雄安新区地热资源保护与开发利用规划（2019～2025年）》等文件要求，认真总结北京、天津、河北等相关地区及国外地热资源保护与开发

利用实践经验，广泛征求意见，坚持“世界眼光、国际标准、高点定位、中国特色”，力求符合雄安新区地热资源开发利用与保护实际需求。

《规程》规定了雄安新区行政区范围内地热开采井和回灌井地热动态监测有关的术语和定义、监测项目与要求、监测方法、监测设备、运行与维护、数据管理等内容，可为雄安新区地热开采井和回灌井的监测工作提供精细化的技术指导；规定了雄安新区专用监测井相关的术语和定义、专用监测井布设、监测项目与要求、监测设备等，还结合地热监测系统的要求规定了维护与管理、监测资料整编与分析等内容，规范了雄安新区地热专用监测井建设方法、流程、维护要求。

《规程》的编制与发布实施，将有力支撑雄安新区高标准建设常态化、规范化、智能化地热动态监测网，对服务雄安新区地热可持续开发利用与保护、打造地热清洁能源开发的全球样板具有重要意义。

多家单位献策天津深部地热勘查开发

开展“取热不取水”示范工程，协同攻关开发利用关键技术

中国自然资源报 2021.4.8

近日，在中国地质调查局天津地质调查中心与天津市规划与自然资源局组织天津华北地质勘查局、天津市地质矿产勘查开发局、天津地热勘查开发设计院、中煤水文局集团有限公司、中国地质调查局水文地质环境地质调查中心等多家单位，就深部地热勘查开发进行对接研讨。

会上，天津地调中心、水环中心、中煤水文局分别作了题为《华北平原地热地质调查评价进展及下一步工作思考》《京津冀地热调查科技攻坚战研究进展暨天津深部地热勘查开发工作的思考》《“取热不取水”技术及天津地区可行性介绍》的报告。从华北地区地热地质背景、天津市地热资源潜质、地热资源开发利用现状及存在问题、地热资源动态监测和“取热不取水”关键技术等方面，介绍了天津地热勘查开发现状和应用前景。

会议围绕地热资源勘查开发、“取热不取水”关键技术和地热资源科学管理等内容开展广泛讨论，达成以下共识：一是做好顶层设计，加强新技术推广应用，开展“取热不取水”示范工程，为该项技术在天津的推广应用打牢基础；二是多部门联合，协同攻关，共同推进天津地热资源勘查，进一步查清地热地质背景和资源家底，擦亮天津地热名片；三是加强地热管理制度建设，规范地热资源开发利用，发挥效能，避免发生次生环境地质问题；四是充分利用华北地质科技创新中心平台，吸纳各方优势力量，创新合作模式，协同攻关地热勘查开发利用关键技术，大力推动科技成果转化。

天津市规划和自然资源局二级巡视员张云霞充分肯定会议研讨成果，认为开展天津深部地热勘查开发和新技术推广应用，摸清天津市地热资源家底，进一步扩大开发规模和提高利用率，对于天津调整能源结构实现碳达峰、碳中和具有重要意义。

主管部门就促进开发利用公开征求意见，初步拟定了供暖（制冷）面积“2025 年比 2020 年增加 50%、2035 年比 2025 年翻一番”的高速发展目标——《关于促进地热能开发利用的若干意见（征求意见稿）》发布

中国能源报 2021.4.26

核心阅读

目前我国地热利用技术和资源完全能够支撑起宏大的发展目标。但多个部门交叉管理、权责不清的管理体制制约了产业发展。同时，作为可再生能源，产业也缺少像风电、光伏发电一样的补贴政策的支持。破解这些难题，是产业实现高质量发展的前提。

国家能源局日前发布的《关于促进地热能开发利用的若干意见（征求意见稿）》指出，到 2025 年，地热能供暖（制冷）面积比 2020 年增加 50%，在资源条件好的地区建设一批地热能发电示范项目；到 2035 年，地热能供暖（制冷）面积比 2025 年翻一番。

虽与太阳能、风能同属可再生能源，但与这两种能源近几年的火热发展态势相比，地热似乎稍显“冷清”，受到的关注度并不高。此次国家能源局再次发文促进地热能开发利用，能否让地热真正“热”起来？

实现碳中和不可或缺的能源

地热能是一种储量丰富、分布较广、稳定可靠的可再生能源，可分为浅层地热资源、水热型地热资源和干热岩地热资源，利用形式包括以取暖、制冷、工业干燥为主的热能直接利用和地热发电。

中国地质调查局调查结果显示，我国 336 个地级以上城市规划区范围内浅层地热能年可采资源量折合 7 亿吨标准煤，水热型地热能年可采资源量折合 18.65 亿吨标准煤；干热岩型地热能基础资源量折合 856 万亿吨标准煤。

2017 年初，国家发改委、国家能源局等多个部委共同发布《地热能开发利用“十三五”规划》，此后各地方也相继发布地热能利用的相关支持政策，使我国地热产业得到快速发展。

来自国家地热能中心的数据显示，截至 2020 年底，我国约实现地热能供暖面积 14 亿平方米，相较于 2015 年底的 5 亿平方米，增长了 9 亿平方米。但地热能发电发展较滞后，截至目前仅有约 45MW 装机容量，远低于风电、光伏装机。

在中国科学院地热资源研究中心主任庞忠和看来，目前我国地热能潜力远远没有发挥出来。“一谈到可再生能源，大家都是说风能、太阳能、生物质能，地热能一直是‘后卫’，经常看不见。地热作为一种非碳基能源，替代化石能源的功能非常强大，并且资源有保障、稳定连续、清洁低碳，在碳达峰、碳中和目标背景下，理应发挥更大的作用。”

“我们提出碳达峰、碳中和目标后，未来常规化石能源要逐渐减少。大部分可再生能源都是间歇性、波动性的，而地热能可以连续不间断工作，一年工作 8000 多个小时，效率达

90%以上，这是其他所有可再生能源没法比的。要实现碳达峰、碳中和目标，只靠太阳能、风能无法支撑，不把地热扶起来，很难完成这个目标。”中国能源研究会地热专业委员会专家委员会主任郑克桢对记者表示。

“九龙治水”管理机制待理顺

尽管潜力巨大，但在多位受访者看来，当前制约我国地热能发展的因素众多。

“地热资源分布广泛，总体储量大，但多数为150℃以下的中低温资源，少数可高效发电的高温地热资源则主要分布在西南边远地区。这就造成重要的地热发电利用因投资大、效率低等原因，发展较为缓慢。许多建成的地热电站，因经济性问题，也都先后关停。”庞忠和表示。

而另一方面，我国关于地热能的相关政策并不完善。

“我国2006年起实施了可再生能源法，太阳能、风能、生物质能、地热能、海洋能等都包括在内。后来又出台了实施细则，都提到了可享受国家上网电价的补贴。目前其它几种都落实了，只有地热能没有。最大的难题就在这，地热能发电没有上网电价补贴，企业在亏本经营，肯定不会有后来者跟上。”郑克桢指出。

至于地热供暖，虽然在近几年取得了较快发展，但管理体制等问题阻碍了地热能更大规模和更高质量的开发利用。

据了解，地热取水需要回灌。一方面是为了保证资源开采的可持续性，另一方面是由于地热水具有高矿化度，盐分很高，随意排放会污染环境，一般需要再回灌进地热水层。但由于监管不到位，许多不合规的开发商直接排放地热水，极大污染环境。

“依照矿产资源法，地热能属于矿产资源，由自然资源部主管，但因涉及采水，水利部实施采水许可证。另外，地热水由于矿物质含量高，生态环境部实施环境评价。多个部门交叉管理、权责不清，每个部门都要管，但谁都没管好。”郑克桢坦言。

多措并举破解行业发展难题

国家能源局此次在征求意见稿中对地热供暖提出了明确的发展目标，并具体提出了五大重点发展任务。

在庞忠和看来，征求意见稿中提出的目标是符合我国地热能产业发展现实的。“‘十三五’规划使得地热有了前所未有的发展。‘十四五’期间，在碳达峰、碳中和目标背景下，政策拉动的影响力会非常大。加上我们的技术、资源都是现成的，因此新的发展目标是可行的。”

不过要想实现目标，现有的障碍必须克服。

庞忠和建议，首先要营造良好的政策氛围。“应由政府主导，充分给予优惠政策，能减的就减，能避免的繁琐手续就免掉。过去那种层层审核，手续一等就是两年，把什么事都耽误了。”

“另外需要尽量让利，因为这既是民生工程，又是博弈的行业，让社会资金进来，行业

才能充满活力。应尽量减费减税、给予补贴，用太阳能、风能发展的经验，对地热能进行扶持。”庞忠和表示，“技术研发、人才培养和国际合作也都是必不可少的，好的技术能够产生更高效益，让产业高质量发展。”

可喜的是，国家能源局在征求意见稿中提出了多项保障措施，表示鼓励各级政府和发改、财政、自然资源、水利等多部门出台有利于地热能开发利用的价格、财政、金融政策等，对地热能供暖项目给予财政支持。

在郑克桢看来，所有政策均需要落到实处，“此外，对于管理部门权责不清的根本问题，需要进一步理顺。”

六、海洋

“捕浪”十九载 浪花变电能

盛松伟带领团队科研攻关 突破波浪能装置无法长期稳定发电瓶颈

广州日报 2021.4.8

21世纪，人类进入了大规模开发利用海洋的时期。海洋能资源极其丰富，为后续经略海洋提供了取之不尽的清洁能源。但是，打开该能量宝库并不容易，它考验着一个国家在能源、海工领域的科研水平和技术实力。

中科院广州能源研究所从1979年开始波浪能转换研究，42年来倾注了5代研发人员的心血和汗水。2020年南粤工匠获得者盛松伟就是其中一员，他在这儿一干就是近20年。他曾花费9年时间带领团队优化改进吸波浮体，更突破了波浪能装置无法长期稳定发电的瓶颈，交付了首台500kW鹰式波浪能发电装置“舟山号”，为人类从陆地走向近海，再从近海走向远海提供清洁的海洋能源。

科研之初：“咬咬牙坚持下去！”

走进中科院广州能源研究所海洋能实验室，首先映入眼帘的是团队各个时期的科研成果：“七五”时期“我国最早的波浪能发电装置（10W-3kW）”、“八五”时期“我国第一座20kW岸式振荡水柱波浪能装置”、“十三五”时期“中科院先导项目260kW漂浮式波浪能发电平台”……这些成果清晰地展现了42年来，广州能源研究所在波浪能转换研究上走过的科研之路。

成功实现向海洋借能，背后离不开一代代科研人员的艰辛付出。盛松伟2002年进入中科院广州能源研究所工作，从研究实习生到研究室主任研究员，他在这里持续近20年开展波浪能研究。

科研之路并非一帆风顺。10多年前，中科院广州能源研究所建成了第一代漂浮式波浪能装置。只可惜，装置下海的第二天，就在大海中沉没了。盛松伟回忆起当时的场景遗憾地说：“打电话让船舶来救援时，装置已经沉下去了。这意味里面的俘获装置、电力系统全部

变成了废铁。”

亲眼见到波浪能装置沉入大海，让刚刚参加工作不久的盛松伟感到头脑一懵。加上早期技术的不完善，波浪能的应用市场还没有打开；科研条件较差，人员流失不可避免，2006年时，团队一度只剩下3个人。这都让他对自己的事业产生了迷茫。

不过，这些困难并没有击倒盛松伟。他对团队成员说：“就像波浪一样，任何个人和团队的事业都一定会有波谷、有波峰，咬咬牙坚持下去！”

经过不懈努力，盛松伟团队在波浪能的研究上取得了突破性进展。在盛松伟的带领下，2020年6月30日，首台500kW鹰式波浪能发电装置“舟山号”正式交付，突破了波浪能装置无法长期稳定发电的瓶颈，获得多个国家的发明专利及国际船级社认证，实海况下发电效率国际领先。

科研攻关：曾五六次被台风围困

为了时时监测装置的运行状态，一旦在海中央投放了波浪能转化装置后，科研人员需要每天或者每隔一天登上装置工作。这要求科研人员长时间离开陆地，在海上平台或者海岛上生活。

有时，为了调试设备，盛松伟和团队的科研人员需要凌晨起床，把装置拖航到目标海域，等待视线较好的白天抓紧时间调试。有时，到了生活条件艰苦、交通不便的岛屿，一周只有一班船，外界资讯和新鲜蔬菜只能靠这一班船运送，只有吃饭的时候才能供上电。一边是蕴含巨大能量的波浪，一边是岛上供不上电的现实，这让盛松伟更加认识到将波浪能提取出来是一件何等有意义的事。

越是远海的岛礁波浪能越丰富，风浪越大的地方，波浪能也越丰富。这使得科研人员的工作存在一定的危险，直面风浪、被台风围困对他们而言是工作中常常会遇到的情况。

就在去年，盛松伟刚刚带着团队在远海的大风浪中完成了一场大型装置实验。“刚把装置投放到海上，紧接着就来了台风。把装置调整完后已经是凌晨2点了，此时海上的风浪逐渐变大，我们4个人就被困在装置上了。”

考虑到如果等到第二天早上，风浪可能会更大。盛松伟和其他三名同事，找来一艘渔船，每人身穿两件救生衣，从实验装置的侧面跳上渔船，才得以从装置上安全下来。像这样与风浪正面“较量”，在过去20年里，他遭遇过五六次。“我们做的就是波浪发电，一定是在风浪大的地方工作的。”盛松伟笑着说。

科研畅想：建设海上网络 迈向大海深处

“我们出差的时间比较多。到海岛工作时，时间长的话，一待就是一个月。”盛松伟说，一年里，他有一半的时间在外出差。从业近20年，从广东珠海的担杆岛到南海，盛松伟的足迹遍布各个海岛，一路向远海进发。

正是在中科院广州能源研究所几代科研工作者的不懈努力下，目前，在我国，波浪能已实现了诸多应用场景，包括有千瓦级的和千瓦级的波浪能技术和装备可为海洋仪器供电；有

几十千瓦、几百千瓦甚至上兆瓦大型波浪能装置能够给海岛岛礁供电；有百千瓦半潜的波浪能装置已经成功和海上渔业结合在一起，集波浪能发电、远海渔业养殖、旅游休闲、5G 通信技术建设为一体。

对盛松伟而言，他对波浪能的设想并不止步于此。如果波浪能装备布置得更多，就可以形成了一个海上网络，这个海洋网络能帮助我们进一步认识海洋。“搭载的设备可以清晰地探测海上环境、大能源平台可以发电制造淡水、过往船舶可以快速充电……”服务国家海岛建设与开发的大型海上可移动能源平台、服务国家海洋观测的系列化海洋仪器原位供电装置、服务国家大洋科考的由海洋绿色能源驱动的大洋科考站、服务智慧海洋建设的基于海洋能源平台的智慧蓝网等，在未来都会一一实现。

服务于国家发展大局，盛松伟正带领一支由 20 人组成的年轻科研团队，不断开展科研攻关，为认识海洋到经略海洋提供科研力量，为海上生产生活提供稳定平台技术和能源技术支撑，并在建设“海洋强国”国家发展战略的背景下，把波浪能研究不断向远海推进。

中科院广州能源研究所盛松伟带领团队成功研发“鹰头”吸波浮体 近二十载痴迷研究波浪能“捕浪高手”把论文写在海上

南方都市报 2021.4.16

人物简介

盛松伟 中国科学院广州能源研究所海洋能研究室主任，博士、研究员。中国海洋学会理事，中国自然资源学会海洋资源分会副主任委员。

2002 年开始从事海洋波浪能开发利用技术研究。主持多项国家科技项目，成功研发出了鹰式波浪能发电技术和半潜式波浪能养殖旅游平台技术，分别获中国、美国、英国、澳大利亚发明专利和中国、欧盟、日本、加拿大发明专利；获 2019 年广东省技术发明一等奖（第一完成人）、2015 年海洋科学技术二等奖（第一完成人）。

在能源危机日益严重的时代，开发利用可再生能源迫在眉睫，无形的风，太阳能，就连终日惊涛骇浪的大海中也蕴藏着巨大的能量。有人为此持续钻研，耗费了近 20 年的心血，带领团队不断改进，最终成功研发出了被称为“鹰头”的吸波浮体，完美地成为一名“捕浪高手”。他是中科院广州能源研究所研究室主任盛松伟，也是 2020 年十大南粤工匠获得者之一。在他看来，“工匠精神就是要专注。”

初入行时研究波浪能的人很少 科研路上充满挑战

“2002 年刚刚接触这份工作的时候，做波浪能研究的人还是很少，当时整个行业还处于摸索阶段。”回忆起一路的经历，盛松伟颇为感慨。

据介绍，大多数海岛远离大陆，以柴油来发电，容易污染生态环境。如何通过海洋资源开发，制造出可靠、安全和清洁的可再生能源成为了研究人员的首要工作任务。实际上，盛松伟所在的中科院广州能源研究所于 1979 年便开始进行波浪能转换研究，也是国内最早开

展相关研究的单位之一。通过研究海上波浪能源转换成电能或者其他形式的能源，产生一种供海上、海岛或陆地上使用的清洁电力，目标是瞄准国家未来海上能源需求。然而在彼时，国内关注海洋的人较少。而由中科院广州能源研究所牵头做成的波浪能发电装置（10W - 3kW）在珠海大万山岛建成，在1990年发电成功。

科研的路上必定是充满了挑战的。盛松伟介绍，过去的发电装置都只能固定在岸边，造价成本高，建造周期长，波浪到岸边之后逐渐破碎变形，能量会逐渐减弱，收获的波浪能源质量不高。“建造设备过程中需要开挖基坑，对海岸线也会造成一定的破坏。”在海上设置发电装置成为了研发的新方向。

研发过程中的低潮期 团队只剩三位研发人员

“2010年之前，国家还没有大力推进这项科研工作，大部分研究工作进展缓慢。”盛松伟回忆，这段时间里科研经费少，养不起那么多人，导致团队陷入了迷惘，最低潮时期只有3个人留了下来。“确实很低迷，看不到希望，加上技术发展和国际水平相差甚远……”

如波浪上下翻滚，盛松伟选择了咬牙坚守。“那段时间，也正是岸式波浪能发电装置到漂浮式波浪能发电装置升级的重要节点。”

2010年左右，原国家海洋局开始推进海上能源研究工作，在政策支持下，团队加速发展，在波浪能发电领域迎来了新发展新突破。2011年，盛松伟承担了国家海洋可再生能源资金专项项目——10kW水母式波浪能发电装置研究与试验。在他的带领下，团队成功研建10kW波浪能发电装置“鹰式一号”，突破性地实现我国波浪能装置单次投放实海况运行6620多小时，远超国家考核验收标准2150小时。

盛松伟认为，“鹰式一号”的问世，使国产波浪能发电装置在海洋能研究有了一席之地。但波浪能发电装置“能发电”只是第一步，如何实现既“发好电”又让海岛居民“用上电”呢？

在承接了100kW鹰式波浪能发电装置工程样机研建任务后，为了节省项目经费，盛松伟带领团队成员驻扎在船厂办公。2015年年底，在鹰式装置“万山号”出海前联调联试的关键阶段，盛松伟带领团队成员连续奋战两个多月，对装置上数百个阀组、近百个传感器进行校验、核对，为该装置实海况试验的成功运行保驾护航。

实现成果转化，不仅能发电 还促进深远海智能渔业发展

对于大多数人来说，“波浪能”三个字既熟悉又陌生。盛松伟介绍，波浪能不仅可以发电提供给海上的岛民使用，还有诸多利用价值，例如海洋观测便是其中之一。通过波浪发电装置便可以实现就地供电，增加通信导航设备，将收到的数据通过信号传送回大陆，实现实时观测海上情况。目前该小型波浪能发电设备出售了近千台，广泛运用在导航、海洋牧场等设施上。

不仅如此，波浪能发电还能与海上养殖、旅游相结合。在今年清明假期，珠海桂山岛上，由盛松伟团队研发的“半潜式波浪养殖旅游平台”再一次迎来了旅游高峰。

2019年7月，他带领团队历时3年成功研发的半潜式波浪能养殖旅游平台“澎湖号”，正式在珠海桂山岛下海投入养殖。该装置集波浪能发电和太阳能发电于一体，能源供应自给自足。智能化养殖平台浮起后可进行拖航、检修、保养等工作，下潜后即可进行养殖，工程便利性和可维护性大幅提高。“澎湖号”不仅包含各种现代化渔业设施，还拥有生活空间和仓储空间，实现了人们在海上体验垂钓的愿望，促进了休闲渔业的发展。

该装备也被称为“半潜式波浪旅游平台”，目前已成功获得了中国、欧盟、日本和加拿大的发明专利。盛松伟透露，过去一年多已成功接待游客超3000人次，还收获了不少订单。“国家目前正在大力发展深远海智能化养殖，未来这种波浪能养殖旅游通信平台技术将发挥巨大的作用。”

所获得的成就非一日炼成。盛松伟表示，该平台技术是基于团队过去20年的研究工作。经过反复试验论证，不断升级改善，直到5年前才实现成型。这也是盛松伟为何痴迷于科研工作的原因之一。

TA 说

大家是在风浪中工作的，一定要不怕困难，不能畏惧，遇到困难就克服它挑战它，最后才能做成大事。往往在生活或者工作中遇到的坎，也代表新的机遇要来了。

——盛松伟

对话

生活中遇到的坎 代表新的机遇要到来

盛松伟直言，如今闭门造车搞科研是走不通的，也是不可取的。“国家的政策导向是要实现成果转化，要搞真科研，研究要解决国民经济中真真实实的困难，而不是自己想象的困难，有技术基础有业务能力，然后赋能国民经济生产，为国家发展作出贡献。”盛松伟比喻：“我们是把论文写在了大海上。”

兴趣使然让盛松伟持续坚持。“工匠精神就是要专注。”在他看来，无论在什么岗位，都要专注于喜欢的工作，不断地提炼打磨自己的技术，便会越来越好，越做越有劲。

当代表国家在行业上取得了与先进国家水平相当的成绩时，他的自豪感油然而生。“以前我们是参考别人，或者是参照别人的模式来推，现在已经完全是自己搞创新，我们技术成果多年在国际能源署的报告里呈现，也充分说明了创新工作意义之大。”

盛松伟告诉南都记者，无论去到哪里，他总会随身带着笔和纸，出差和旅游更是随身带着电脑。因为当灵感闪现时，哪怕是在家楼下散步也要停下来把想法记下，再慢慢琢磨钻研，直至变成了科研成果。“在遇到想不出的难题时也喜欢去散步，有时走着走着就想通了。”他常和同事们说，大家是在风浪中工作的，一定要不怕困难，不能畏惧，遇到困难就克服它挑战它，最后才能做成大事。“往往在生活或者工作中遇到的坎也代表新的机遇要来了。”

盛松伟透露，今年年底，单体功率达一兆瓦的波浪能发电机将投入建设，预计明年可以

建成投入运行，届时将有望成为全球最大的实海况波浪能发电机。

十年的时间里，拥有中美英澳四国发明专利的鹰式波浪能发电机，发电功率从10瓦到一兆瓦，整整翻了100倍。提及此事，盛松伟的自豪感油然而生。“未来还要继续突破成果转化，这是进入下一个快车道要努力攻克的事情。”他期望借助发电平台，以粤港澳大湾区为核心，辐射广东其他沿岸城市，打造智慧海洋网络平台，为提升中国深海关键技术作出更大的贡献。

“蓝能” 点亮海上丝绸之路

——《2020年中国海洋经济统计公报》发布

中国科学报 2021.4.26

自然资源部日前公布的《2020年中国海洋经济统计公报》显示，2020年，全国海洋生产总值80010亿元，我国与“21世纪海上丝绸之路”沿线国家货物进出口总额达到12624亿美元。

然而，随着海上丝绸之路的不断延伸，电力瓶颈也日益凸显。

海军大连舰艇学院教员郑崇伟在接受《中国科学报》采访时坦言，“丝路沿线用电总量仅为世界水平的61%，部分国家农村用电普及率甚至只有40%。生活用电尚且存在巨大缺口，工业用电更是难以保障。”

如何破局？用好波浪能这一海上丝绸之路无处不在的资源宝库，成为一条出路。

打破电力困境

“由于边远海岛远离大陆，电力困境一直是世界性难题。”郑崇伟告诉记者，边远海岛通常采用船舶补给的柴油发电，但这种方式存在传统岛礁柴油发电面临的生态脆弱、补给线易被切断、恶劣海况影响补给等难题。

一方面恶劣海况会影响船舶补给，当海况大于5级时，船舶基本无法补给，受冷空气、季风潮、气旋等恶劣天气影响，边远海岛经常面临断水断电的风险；另一方面距离及海盜等因素容易导致补给线断裂，且防护难度较大。此外，柴油发电还会释放有害气体，破坏岛礁生态，且一旦发生，很难修复。

不过，郑崇伟同时指出，海况较差也意味着波浪能蕴藏丰富，可以因地制宜在岛礁周边实施海浪发电。“波浪能在海洋能中能量最高，无时不有、无处不在。此外，海浪发电装置可悬浮于海表，不仅不占用海岛土地资源，而且抗台风打击、船舶撞击能力强，能量供应比太阳能稳定。”

在他看来，随着电力问题的解决，海水淡化也会迎刃而解，从而有助于岛礁实现电力和淡水的自给自足。“这既是突破‘海上丝绸之路’能源困局的重要途径之一，也是推动互联互通、展开国际合作的良好契机”。

“虽然海洋可再生能源逐渐成为世界各国追逐的新焦点，尤其是波浪能和海上风能，但

总体而言，海洋可再生能源的开发和利用仍处于初级阶段，还应通过法律、减免税收等措施加大支持力度。”郑崇伟补充道。

突破选址瓶颈

实际上，波浪能也有不足之处。郑崇伟指出，由于海水具有腐蚀性，进而要求波浪发电装置材料具有抗腐蚀、廉价、耐久和可靠的特点，因此投资造价高昂。

此外，波浪能季节性、周期性变化显著，增加了开发利用难度，需要充分掌握资源特征。“但与陆上资料相比，海洋资料稀缺，制约了波浪能评价，包括海浪发电精准选址、业务运行、长期规划等。”郑崇伟说。

他表示，海洋可再生能源开发的主要难点在于提升采集和转换效率，资源评估和装备研发是关键环节。虽然各国在海洋能装备研发方面已取得显著成效，但资源评估仍面临资源等级区划、涌浪监测预警、资源动态预报能力不足等瓶颈。

“合理的等级区划是资源开发选址设计的关键依据，目前较通用的是美国能源部提供的风能等级区划方案，但该方案只考虑了资源特征，未考虑选址设计密切关注的环境风险和成本效益。”郑崇伟指出。

金风科技总裁曹志刚在 2020 中国新能源高峰论坛上指出，成本问题仍是海上风电行业发展的痛点，需要在技术、施工、运维、管理等方面进行大量技术创新，研发出真正适合中国海域的海上风电技术。

郑崇伟表示，现有资源等级区划结果固定不变，不能满足多样化的资源开发选址需求。例如，边远海岛的海洋能开发通常最关注资源可利用率，近岸商业发电则更关注资源富集程度、并网难度等。此外，基于传统方案资源区划结果的区域性差异并不显著。

“海洋可再生能源的开发利用亟须建立一套兼顾资源特征、环境风险、成本效益，具备动态自适应能力，满足多样化开发需求，并充分展现资源等级区域性差异的等级区划方案。”郑崇伟强调。

保障运行安全

涌浪具有巨大能量，一方面使海洋平台和船舶面临发生中垂中拱等严重威胁，另一方面有利于开展涌浪发电。“掌握涌浪传播特征对防范其威胁和利用其发电有重要意义，目前研究可展现涌浪大致传播方向，但不能准确展现其传播路径、速度、衰减率。”郑崇伟说。

他指出，虽然目前的气象和海洋预报产品非常丰富，但关于海洋能的动态预报产品并不多见，严重影响海洋能资源采集效率。因此，亟须建立一套能够展现涌浪传播路径、速度、源头、衰减率的涌浪监测预警模型。

“涌浪监测预警模型可以告诉工程人员涌浪的来源、路径，传播至所关注的海域还需多少时间及剩余能量，从而防范涌浪造成的巨大威胁，为海洋能装置、海洋平台、远洋航海等提供安全保障。”郑崇伟说。

他认为还应构建一套精准的海洋可再生能源预报模型。“人们通过天气预报可以安排未

来几天的计划，海洋可再生能源也应该通过短期资源预报，提升资源的采集和转换效率，保障未来的并网、电力调度等。”

建设海洋能源大数据

国际能源署海洋能源系统发布的《2020年科学状况报告：世界海洋可再生能源发展的环境影响》称，作为一个新兴产业，海洋可再生能源还没有全面的商业部署，缺乏基线数据和发电装置安装后的数据。数据不足将持续扰乱人们对真实风险和感知风险的认知能力。

在郑崇伟看来，我国与部分国家在海洋数据方面仍存在一定差距，如何从体量大、信息密度低的原始数据中提取有用信息，并形成数据集，是高效开展海洋建设的关键。

为了突破这一瓶颈，他从读博士期间就在中国科学院院士李崇银的指导下开展相关研究，并以海洋新能源开发、远洋航海、防波堤设计等实际需求为牵引，对庞大的原始数据展开分析。

经过十余年的攻关，郑崇伟团队终于创建出一套“海上丝绸之路”可再生能源评估和大数据建设关键技术体系。“其他国家提供的主要是体量大、信息密度低的原始数据，我们提供的是成品数据，能显著缩短建设周期。”郑崇伟表示，该体系突破了海洋能源开发面临的智能选址、长期规划、涌浪威胁防范等瓶颈，为“海上丝路”电力优化布局、环境安全保障提供了科学依据和数据支持。

中国海洋大学教授王晶在引用相关成果时评价，郑崇伟团队采用数值模拟方法，利用高分辨率海浪数据，系统全面分析了中国海域波浪能资源特征，在中国海域波浪能开发中扮演着重要角色，填补了这一领域的认知，为波浪能资源评估提供了重要参考。

郑崇伟认为，海洋能源的选址研究必须与具体工程建设、海洋能源大数据建设相结合，要将海洋能源选址方案应用于海浪发电、海上风电的示范工程建设，推动与“海上丝绸之路”沿线国家（地区）的成果共享。

“海洋能源大数据建设是支撑海浪发电、海上风电等高质量建设的关键所在，但提及海洋大数据，科研人员的第一反应往往是 ECMWF 等机构，我国的海洋数据亟待完善并提高认可度。”在郑崇伟看来，海上丝绸之路建设面临的一系列瓶颈，归根结底是学科建设和人才培养问题，应与沿线国家（地区）共建海洋可再生能源与环境前沿交叉学科，开设海上丝绸之路相关课程，拓宽相关领域学术交流研讨，推动“海洋命运共同体”理念深入人心。

中国海洋经济统计公报显示

2020年我国主要海洋产业稳步恢复

中国自然资源报 2021.4.1

本报讯（记者赵宁）近日，自然资源部海洋战略规划与经济司发布《2020年中国海洋经济统计公报》。公报显示，经初步核算，2020年全国海洋生产总值80010亿元，同比下降5.3%；占沿海地区生产总值的比重为14.9%，同比下降1.3个百分点。海洋第一产业增加

值 3896 亿元，第二生产增加值 26741 亿元，第三产业增加值 49373 亿元，分别占海洋生产总值的 4.9%、33.4% 和 61.7%。

根据公报，2020 年，我国主要海洋产业稳步恢复，全年增加值 29641 亿元。除滨海旅游业和海洋盐业外，其他海洋产业均实现正增长，展现了海洋经济发展的韧性和活力。海洋渔业实现恢复性增长，海洋捕捞得到有效控制，海水养殖实现较快发展；海洋油气业增加值取得较快增长，海洋油气产量继续保持双增长；海洋生物医药业研发力度不断加大，增加值稳步提高；海洋电力业快速发展，海上风电新增并网容量增幅较大；海水利用业保持良好发展，多个海水淡化工程建成投产；海洋船舶工业企业稳态势明显，新承接订单量增加；海洋工程建筑业继续保持平稳增长，智慧港口、5G 海洋牧场平台等新型基础设施建设加快推进；海洋交通运输业总体呈现先降后升，逐步恢复的态势；滨海旅游业受到前所未有的冲击，滨海旅游人数锐减，邮轮旅游全面停滞。

2020 年，北部海洋经济圈海洋生产总值 23386 亿元，比上年名义下降 5.6%，占全国海洋生产总值的比重为 29.2%；东部海洋经济圈海洋生产总值 25698 亿元，比上年名义下降 2.4%，占全国海洋生产总值的比重为 32.1%；南部海洋经济圈海洋生产总值 30925 亿元，比上年名义下降 6.8%，占全国海洋生产总值的比重为 38.7%。

七、氢能

“十四五” 将建千座加氢站 “中国第一氢能公司” 雏形初现

科技日报 2021.4.14

科技日报北京 4 月 13 日电（记者瞿剑）中国石化 13 日宣布，“十四五” 期间将规划建设 1000 座加氢站，以实现其由国内最大成品油供应商变身“中国第一氢能公司”的愿景。目前，中国石化除已在长三角、珠三角等国家规划“氢走廊”地区及广西、贵州等地布局加氢站点之外，日前又开工建设了重庆市首座加氢站——半山环道综合能源站，并力争 5 年内在重庆建成 30 座加氢站，为打造成渝“氢走廊”再作贡献。其“中国第一氢能公司”的雏形已初步显现。

中国石化表示，其战略目标，是加快打造“油气氢电非”（油品、天然气、氢燃料、充换电、非油品）综合能源服务商。为此，将从资本运营、技术研发、生产储运、网点布局、社会合作等各领域全面推进氢能全产业链建设，现已在加氢站、制氢技术、氢燃料电池、储氢材料等多个领域取得突破。

目前，中国石化氢气年生产能力超 350 万吨，占全国氢气产量的 14% 左右。在其旗下燕山石化、广州石化、高桥石化等地建有高纯氢生产装置和供氢中心，并为北京冬奥会期间氢燃料电池汽车用氢提供保障。“十四五” 期间，中国石化将进一步巩固氢能领域产业领先优势，锻造强韧高效的产业链。

新增应用、技术标准，为加氢站建设提供了执行参考，今年将陆续有多个关于液氢应用的标准出台

液氢加氢站“春天”将至

中国能源报 2021.4.12

目前全球已有 120 多座液氢加氢站，超过全球总加氢站数量的 1/5，其中运营时间最长的已超过 10 年。对比《加氢站技术规范》（2010 年版），多位业内人士认为，本次规范修订让加氢站建设“有据可依”，已在全球其它国家受到重视的液氢加氢站，在国内的发展前景逐渐明朗。

日前，《加氢站技术规范》GB50516-2010（2021 年版）正式发布，对比旧版《加氢站技术规范》，修订后的规范新增加了液氢应用的内容，并补充了氢管道、氢储存系统等技术标准。多位业内人士认为，本次规范修订为加氢站的建设提供了执行参考，更为重要的是，已在全球其它国家受到重视的液氢加氢站，终于在国内迎来发展可能。

建站有例可考

此前的《加氢站技术规范》（2010 年版）中，并未提及液氢在加氢站上的任何应用标准，而在新修订的《加氢站技术规范》中，则明确提出加氢站应结合供氢方式进行设计，可采用氢气长管拖车、氢气管束式集装箱、液氢罐车、液氢罐式集装箱运输或管道输送等方式供氢。

“从应用角度来看，目前全球已有 120 多座液氢加氢站，超过全球总加氢站数量的 1/5，其中运营时间最长的已超过 10 年，就此来说，液氢加氢站相关技术并非难以攻克。”张家港氢云新能源研究院院长魏蔚告诉记者，“从氢的加注和储运角度看，液氢是高密度、高品质的储运和加氢方式，纯度高、加氢效率高，适合大规模储运，规模效益显著，在我国着力发展可再生能源和氢燃料电池汽车的大背景下，液氢的重要性日益凸显。”

记者了解到，此次液氢作为供氢方式，被列入新修订的《加氢站技术规范》，除了液氢在加氢站的应用早已有相应的国际案例和标准参考，还因为我国在液化天然气领域的相关技术与应用已趋于成熟，LNG 加气站已分布于全国多个省市，而液氢在特性和技术上有很多相似之处，因此可以借鉴相关经验。魏蔚还透露，今年将陆续有多个关于液氢应用的标准出台，液氢发展前景逐渐明朗。

近年来，大规模电解水制氢和氢液化运输的巨大潜力，让越来越多的企业进军氢能产业。3 月 31 日，光伏巨头隆基股份注册成立西安隆基氢能科技有限公司，正式入局氢能。据记者不完全梳理，阳光电源、宝丰能源、晶科科技等光伏头部企业早在 2019 年就已开展光伏制氢的项目，而传统油气企业中石油、中化集团也早已布局氢能领域。

“气液结合”提升供氢效率

“液氢用泵增压比气态氢用压缩机增压能耗更低，如果能在原有的气氢作为加注氢源的

基础上，进一步利用液氢，可以显著提高加氢站的运营效率。”一位加氢站运营负责人说，在他看来，由于液氢更容易被损失气化，需要尽快使用，而气态氢比较灵活可以长期储存，多种加氢状态并存，将实现加氢站的多元化加注，让加氢更快捷、更有保障。

魏蔚认为，液氢是重载燃料电池汽车的刚需，目前国家重点发展重卡“柴改氢”，其车载储氢量较大，对燃料加注速度和效率要求较高，随着重卡的进一步规模化推广，气态氢将无法满足需求。

值得一提的是，液氢可以通过可再生能源远距离消纳储运的方式，助力各地尤其是东部地区的加氢站解决氢源问题。

“液氢适合长途运输，制备场地并不受限，我国西部、三北地区有大量可再生资源，且电价便宜，加上氢的液化需要用电，东部地区包括长三角、珠三角等经济发达地区，电费较贵、氢气价高、化工园区稀少，可在西、北部地区将廉价的电、廉价的氢气转变为液氢运出来，将这些地区的氢和电进行能源转移，有效降低氢气价格，拉动能源调配。因此，液氢在未来的规模化应用，也是拉动可再生能源发展的重要途径。”魏蔚表示。

落地仍面临多道难题

多位业内人士持有相同观点，虽然加氢站的相关技术规范在不断完善，但项目落地并非易事。

上述加氢站运营负责人表示，行业规范、标准能够反映的是整个行业对该技术的理想化构思，技术指标、数据等均为理论依据，但加氢站落地需面临的行政审批，才决定加氢站的建设方向。

事实上，氢应用的安全问题仍受质疑，让加氢站建设审批面临一定的阻碍。对此，魏蔚建议，如气氢、液氢的运输，并不应仅仅聚焦在氢气本身是否安全，还应重点关注运输用的罐车、罐箱设备是否合规、设计制造是否可靠、监管是否合理。

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，此次《加氢站技术规范》的修订，在液氢及其它技术领域做了更完善的补充，但更值得关注的是，虽然液氢加氢站已被正式纳入标准规划，但液氢的来源问题并未解决。“液氢产业目前仍处于技术经验积累和示范阶段，设备国产化、技术可行性和经济性问题仍待解决。”他说。

“氢作为能源，在我国还是新鲜事物，氢的特殊性质与天然气、汽柴油有差异，操作、使用不尽相同，在应用前期应重视对操作人员的培训。”魏蔚补充道。

技术升级“富”氢可期

中国科学报 2021.4.12

氦气，银河系第二多物质，含量仅次于氢。但在地球上，这种不可再生资源却非常稀缺。近年来，随着全球氦需求的上涨，氦短缺的消息时有曝出。

相比石油、天然气，氦气看似离生活很远，但小到气球充气，大到电子工业、生物医

疗、航空航天等领域，都离不开它，是高技术产业发展的基本物资之一。一旦短缺，后果将十分严重。

目前，我国氦气高度依赖进口，过去三四年间，氦气价格甚至翻了一倍。面对“氦短缺”，我国该如何面对？

勘探迫在眉睫

氦主要伴生于天然气或放射性矿石中，也被称为“黄金气体”。

过去，氦作为一种化学性质稳定、低密度的惰性气体，主要用作焊接等工艺的保护气和飞艇填充气；科技日新月异，人们发现氦的优良品质在其他应用中也能大放异彩。

随着航天科技的发展，人类又将氦用于燃料增压气和吹扫清洗气；极易扩散的特性使其变成优质检漏气体；凭借良好的导热性能，氦还可用作电子工业晶体生长的传热介质；液氦的温度接近绝对零度，可用作低温冷却剂和制冷剂，实现低温超导和超流体。

“氦的广泛用途由其独一无二的性质决定，人类至今还没有找到能够完全替代氦的物质。”中国科学院理化技术研究所副研究员胡忠军告诉《中国科学报》。

同时，氦资源在世界范围内分布不均，据美国地质勘探局估测，美国、阿尔及利亚、卡塔尔、俄罗斯和加拿大拥有全球约92%的氦资源。

目前，我国已探明具有一定含氦量的天然气田主要分布于渭河盆地、四川、塔里木盆地等地。但是，仅有少量氦气田实现工业化开发，国产氦的生产规模远不能满足科学技术和经济建设等发展的需求。

“我国氦气田分布零散，且普遍品质不高，氦含量偏低，提取成本高，导致业界对其商业化的热情不高。”长安大学资源学院教授付国民说，“更可惜的是，在中国早期的地质资源勘探中，人们未能意识到氦的重要性，并没有把氦勘探作为重要目标，造成大量气田在氦储藏数据上的空白。”

近年来，我国潜在氦资源研究逐渐升温。地质学家认为，氦储量95%以上分布在古老地台，据此，有专家预测，四川盆地、鄂尔多斯盆地或是我国探明氦资源的有利地区。付国民补充道，山前断陷也可形成氦气富集，储量规模也许不如古老地台巨大，但依然值得在今后的天然气勘探中加以重视。

胡忠军表示，我国氦工业面临的一大问题是氦资源家底不清，需要探测调查新的氦气藏，并在适宜开采的地区建立氦工厂，特别是大型氦液化工厂，实现氦远距离经济运输。

提氦技术亟须升级

氦生产主要采用低温冷凝分离工艺等，经过预处理净化、粗氦制取和纯氦精制三道主要工序，最终得到纯氦。付国民表示，我国在氦生产技术上并不存在不可克服的瓶颈，主要难在高品质氦气田的稀失。

一般来说，天然气氦含量达到0.1%以上才在经济上具有提取价值。美国天然气田中氦含量约为0.8%~7.5%，一般氦含量大于0.3%的天然气称为富氦天然气，而目前我国天然

气田的氮含量多远低于此。

为此，胡忠军建议，我国应着重研究和发展贫氮、含氮天然气提氮工艺。改进现有的深冷法提氮装置和工艺，降低能耗，发展低温法、吸附法以及膜分离相结合的复合工艺，通过 LNG 联产和扩大生产规模等降低提氮成本。

此外，氮在大气中的含量极低，约为百万分之五，即便被认为无经济价值的贫氮天然气，其氮含量也比大气氮含量高两个数量级。

胡忠军表示，必要的时候，可以从空分驰放气、合成氨尾气、富氮独居石、温泉气、金一铀矿的坑气中提取氮。以空气驰放气提氮为例，他解释，空气中的氮气、氧气均为重要的工业气体，两者被提取后，氮气在剩余气体的相对含量升高，具有一定商业提氮价值。

加强前沿研究

当前，我国部分高技术产业仍处于国际产业链末端，电子信息产业等高技术产业的高端生产工艺对氮气的需求量很大。随着我国高技术产业升级，对氮气的需求有望进一步增加。

胡忠军表示，除了加强勘探和技术升级，还应该重视氮相关基础研究。目前，人类对氮源的评价参数及氮气释放机制、复杂地质介质中氮的运载机制及控制因素、富氮气藏成藏过程及关键控制因素等并不完全清楚。

“跟石油、天然气类似，氮资源的勘探成本高昂，仅一口钻井往往就需要耗费数千万元，加强氮气富集规律研究能极大提高勘探效率。”付国民说。

近日，“富氮天然气成藏机制及氮资源分布预测技术”被列入“变革性技术关键科学问题”重点专项 2021 年度项目，相关申报工作已经启动。

胡忠军表示，业界学者的普遍关注和投入，将对氮生成、储藏规律、回收循环利用等产生巨大推动作用，人类更好利用氮资源未来可期。

欧洲输氢管道 20 年内可达 4 万公里

中国能源报 2021.4.26

本报讯 据路透社报道，日前，欧洲天然气传输系统运营商表示，预计到 2040 年，欧洲将有 4 万公里的氢气输送管道。

“我们发现，利用现有的天然气管道输送氢气，不管从技术上，还是经济上，都是可行的。”管道企业 Open Grid Europe 负责人 Daniel Muthmann 说，“未来，天然气管道将成为氢气输送的支柱之一。这利于资源的整合，以及为可再生能源远距离输送提供基础。”

根据测算，未来欧洲 69% 的氢气输送管道是由改造后的天然气管道构成，预计投资金额将达 430 亿—810 亿欧元。

欧洲天然气传输系统运营商同时表示，脱碳是欧洲各国的共同目标，虽然在短期未来内，还没有办法舍弃“灰氢”，但在制氢技术和基础设施不断发展的情况下，可再生能源发电制氢将替代天然气制氢，以实现传统油气产品的替代。（董梓童）

“碳信用”推动氢源低碳化

中国能源报 2021.4.26

碳排放权交易是控制温室气体排放的重要市场化手段。在上海环境能源交易所近日举办的首届“中国碳市场机制与绿氢评价”高级培训会上，与会专家指出，碳交易作为促进全球温室气体减排的市场机制，如果能够开发探索“碳信用”工具，将有利于实现氢能及碳交易市场的联动，并促进低碳清洁氢能供应体系的建立。

制氢路线加速向“绿氢”倾斜

中国工程院院士衣宝廉将氢能能在能源转型中的作用归结为以下几点：首先是可以实现大规模、高效的可再生能源消纳，并通过储运在不同行业和地区间进行能量分配；其次，氢能可充当能源缓冲的载体，提高能源系统韧性；再次，氢能对于降低交通运输、工业用能、冶金工业、建筑采暖等领域的碳排放也扮演着重要角色。

“当前我国的氢能来源主要为工业副产氢及化石燃料制氢。工业副产氢普遍纯度不高，需要进一步去除杂质；化石燃料制氢技术虽然较为成熟、成本较低，但需要将产生的二氧化碳捕捉和封存，才能达到碳减排目的。”衣宝廉强调，在低碳发展和能源转型背景下，目前最值得发展和期待的氢能制备途径还是可再生能源电解水制氢。

值得注意的是，可再生能源制取的“绿氢”作为一种低排放的能源，未来将对我国“碳达峰、碳中和”目标发挥重要作用，但现阶段，如何从生产“灰氢”过渡到“绿氢”缺乏相应的政策引导。专家指出，碳交易市场的建立与完善将使化石燃料制氢的碳排放问题更加凸显。在政策影响下，制氢技术路径和氢源将加速向“绿氢”倾斜。

“碳信用”连接碳、氢两个市场

据介绍，“碳信用”是指温室气体减排项目按照有关技术标准和认定程序确认减排量化效果后，由政府部门或其授权机构签发的碳减排指标。在碳交易机制中，控排主体在履约过程中，可以从碳市场购买一定数量的“碳信用”来抵消自身碳排放的整个过程。

上海环境能源交易所高级经理聂利斌表示，在我国的碳交易市场，国家核证自愿减排量（CCER）就是作为我国的“碳信用”而存在的产品，它由企业通过申报和实施项目削减温室气体而获得，可在自愿减排交易市场流通，并提供给需要强制控排的企业在需要时用于抵消部分碳排放。

这意味着，CCER可以看作是强制减排市场和自愿减排市场之间的“桥梁”，能在两个市场参与者之间建立联系。

“今年是落实全国碳排放权交易市场的关键之年，国家统一碳市场运行后，将有更多企业被纳入到控排体系中。就氢能产业而言，通过碳减排或绿色认证体系确定CCER后，即可进入全国碳交易市场，可以为氢能产业带来额外的市场化补贴和收益，也有利于引导产业低碳化发展。”相关业内人士表示。

数据显示，截至2020年4月，我国自愿减排平台交易信息公示平台CCER项目备案量达1047个，预计年减排量13957万吨，主要分布在风电、光伏、水电和农村沼气项目，其中风电项目最多。在聂利斌看来，我国自愿性碳市场将有更广阔的发展空间。

事实上，已有相关地方政府部门开始关注如何实现氢能与碳市场交易体系的互联互通。4月7日，北京市经济和信息化局对外发布了《北京市氢能产业发展实施方案（2021-2025年）》（征求意见稿），提出建设碳交易中心氢能产业板块交易平台，建立较为完善的清洁氢认证、碳排放核算方法体系、碳交易机制等创新制度体系，搭建能源互联网交易平台，服务绿色氢能产业发展。

量化氢能碳排放数据是基础

值得注意的是，碳减排量的精确核算是氢气定价的重要基础，未来的CCER以及碳排放配额价格也将对氢价形成重要参考。

对此，聂利斌指出，现阶段，量化氢能项目的碳排放数据，可以为打通氢能市场和碳排放市场奠定基础。例如，氢能企业可以通过精确测算减排量开发氢能CCER项目，从而获取“碳信用”，并进入碳排放权交易市场进行交易。

“碳交易市场的逐步建立，能够为低碳行业提供更好的商业机遇，也为氢能切入这一市场提供了机会。”聂利斌认为，未来几年，交通、工业和能源领域将会是氢能市场的主要增长点，也将是氢能CCER项目开发的主要着力点，在开发氢能CCER项目时，应加强碳排放数据管理，通过化石能源制氢、工业副产氢、可再生能源制氢等不同制氢路径进行碳排放核算，确定基准值，为CCER提供核算标准。

氢能谋求全产业链突破

中国能源报 2021.4.26

核心阅读：总体看来，全球氢能产业正处于全产业链关键技术初期示范和商业模式的探索阶段，我国氢能正迎来史无前例的发展机遇，但成本高企、氢储运模式待突破等问题，亟需全产业链协同突破。

“总体看来，全球氢能产业正处于全产业链关键技术初期示范和商业模式的探索阶段，我国也大致如此。”国家能源局监管总监李冶日前在中国氢能联盟举办的“十四五”氢能产业发展论坛上表示。

我国氢能产业在“碳达峰、碳中和”目标下，正迎来史无前例的发展机遇，多位与会专家指出，目前氢能产业成本高企问题持续、氢储运模式待突破，实现产业的高质量发展仍需不断探索商业模式，谋求全产业链协同发展。

储运效率低引重视

现阶段，氢能产业发展受到低效率的氢储运掣肘。有研科技集团首席科学家蒋利军表示，就氢的储运技术而言，我国现在仍以20MPa氢气运输为主，30MPa近期开始得到应用。

而目前，国外运氢基本采用 50MPa IV 型储氢瓶，虽然储运氢的相关标准正在逐步建立，但整体而言我国储运氢技术与国外相比还存在差距。

国家燃料电池汽车及动力系统工程技术有限公司副主任马天才指出，氢在我国还未作为能源看待，制氢需在化工园区内进行，进一步导致储运氢的便捷性缺失，限制了制氢加氢合建站的发展，加之氢气长管托车的压力限制在 20MPa 和 25MPa，氢运输成本高企。

此外，在马天才看来，制储运环节中，运输氢还缺乏完整的、体系化的规范，也没有专门的氢气长输管道和配送管道标准，商用液氢供应链标准空白亟待打破。在加氢站方面，缺乏标准的加氢站建设审批流程，无明确部委负责，氢加注协议与验收标准缺失，这些因素都将导致氢储运效率无法得到有效改善。

蒋利军指出，解决氢储运难题需要考虑的因素众多。从氢的分布角度来看，应根据氢的产地进行收集和转化，氢源较远应选择适合长距离运输的方式，本地使用时需考虑合适的配送储存和再转化。

蒋利军强调，对于船运、车运和管道这三种氢气运输方式，选择哪种方式必须考虑氢的运输距离、规模和最终用途，并根据储存的容量和时间，以及所需要的放氢速度和所处的地理条件选择相应的存储介质。最终寻求多种储运氢技术并举，在不同细分市场中发挥重要作用。

值得肯定的是，国家在“十三五”期间，组织了国家重点研发计划可再生能源与氢能专项工作，主要目标是为燃料电池汽车运行提供高效储运氢装备和可靠的加氢基础设施，解决绿色制储氢的关键技术和装备问题。

亟需探索商业化模式

中国汽车技术研究中心首席专家方海峰认为，国内氢能产业经过多年的积累，已初步形成研发创新体系，构建了制氢、燃料电池关键部件到整车相对完整的产业链体系，同时，社会资本投入的积极性也在明显提升。据统计，目前整个行业有超过 400 家企业从事氢能及燃料电池汽车业务，已建成的加氢站超过 100 座。但从国内外对比来看，国内整个产业还面临着核心技术包括关键零部件的缺失，加氢设施建设相对困难等一系列较为突出的问题。

除了技术方面的瓶颈，与会专家还指出，高成本也是氢能产业难以迈过的坎儿。方海峰坦言，由于当前整个产业链成熟度比较低，产业规模较小，因此无论是车辆成本还是用氢成本仍然居高不下。

上述问题如何解决？马天才认为，氢能产业的高质量发展需要构建合适的商业模式。他指出，目前氢燃料电池汽车推广难的原因是加氢不方便且加氢很贵，因此非常有必要更多地部署示范应用，同时，国家补贴的实施也将带动产业在初期快速发展，但值得注意的是，产业目前仍没有真正形成鲜明高效的商业模式。

马天才建议，针对不同的产业环节，要分别制定不同的技术路径与发展模式。在制氢方面，应追求因地制宜、多元的制氢方式，并根据距离和容量确定储运方式，在加氢站布局及建设方面寻求网络化、合建站模式及商业化，同时寻求扩大氢的应用范围，而不仅仅局限于

交通领域，打造氢的多元化应用场景。

产业链协同发展待提速

上海捷氢科技技术有限公司副总经理侯中军表示，除了寻求商业模式的探索，更为重要的是产业链的各个环节，包括技术、政策等协同推进，同时不断提升产品性能，进一步降低成本。

方海峰认为，氢能及燃料电池产业的发展不仅仅要解决技术问题，同时也依赖于氢能产业链的整体发展。培育氢能及燃料电池汽车产业链需要资源和要素的合理配置，也需要政策和标准的有效协同，更需要能源行业和汽车行业各方面共同努力。

在方海峰看来，即将启动的为期四年的示范城市群就是一次对氢能产业链整体发展的实践探索。他认为，这不是简单地追求规模上量，而是更多考虑了技术和商业模式的创新，产业链的培育以及发展环境的完善，对将来氢能产业的高质量发展打下扎实的基础。方海峰建议，入围的示范城市群坚持系统思维和实践思维，循序渐进地推进燃料电池汽车的示范应用，并重点围绕技术创新和全产业链高效建设。

值得关注的是，李冶在会上表示，国家能源局会同相关部门，将从我国国情和能源发展的实际需求出发，加强顶层设计，准确把握氢能在能源体系的战略地位，加快推进氢能全产业链的协同发展。

氢能经济是实现碳中和的重要路径

中国能源报 2021.4.26

我国实施碳达峰、碳中和，归根结底是能源转型问题。换言之，我国需要通过科技创新推动能源革命和绿色改造，即大力发展氢能等清洁能源，加快推进火电、交通、工业等重点行业和重要领域绿色改造。

大力发展氢能是不二之选

十九世纪，煤炭和蒸汽机火车引发了欧洲工业革命；二十世纪，石油和内燃机汽车促成了美国经济腾飞；二十一世纪，以氢能和燃料电池为基础的氢能经济有望成为人类可持续发展的理想选择，并为我国发挥后发优势、实践新型工业化道路、实现技术跨越式发展提供了历史机遇。

氢能是世界上最清洁的能源，目前在制氢环节，国内外制氢技术至今没有摆脱两步法的电解水路径依赖，存在高能耗、高成本弊端。其中，煤制氢成本相对较低，约10元/公斤，但煤制氢存在二氧化碳和污染物排放问题。可再生能源电解水制氢无二氧化碳和污染物排放，但成本较高，即使可再生能源电价降到0.3元/度，制氢成本也在30元/公斤左右（包括电费、设备及运行成本），是煤制氢的2-3倍，因此可再生能源制氢目前还不能支撑氢能大规模发展。相比之下，等离激元绿色制氢成本不到光伏发电电解水制氢成本的1/3。

等离激元绿色制氢技术是利用金属纳米催化剂的等离激元局域能量增强效应，模拟自然

界光合作用，以太阳光或工业废热为主要能量，不需要消耗一次能源，不需要消耗电能，只经过催化反应即可激活水的化学键，一步分解水并生成氢气，一步实现能量转化和利用，使制氢成本大幅降低。其中，光产业路径可在光照充足的荒地区域开展，实现国家大规模制氢战略；热产业路径可利用工业废热提供能量，依托火电厂、钢铁厂、化工厂、冶炼厂等废热，实现国家分布式制氢战略，同时，实现对重点行业和重要领域的绿色改造。

融入火电、交通等行业绿色改造

我国“富煤贫油少气”的能源资源禀赋，决定了碳达峰、碳中和路径不能简单对煤炭一去了之。煤炭占我国一次能源消费的60%左右，燃煤发电是我国碳排放的最大来源，占电力行业总碳排放的一半左右，可行的办法是运用等离子激元冶碳制能技术对火电厂进行绿色改造，在减少碳排放同时，生产新能源。

交通行业（包括公路、铁路、船运和航空）用能（主要是燃油）不仅是空气污染的主要源头，还导致了大量碳排放。交通行业实现碳中和的转型路径应该是，在常规公路、铁路交通中完全实现电动化和电气化；大力推广氢燃料电池汽车；鼓励船舶和航空运输业使用天然气、电能等清洁能源。

工业尤其是制造业的技术复杂程度高，降低工业碳排放水平需多管齐下：升级工业产业结构，根据发达国家经验，随着高附加值行业增加值占工业产出的比重上升，工业能耗会下降；提高工业体系能源和资源利用效率，有助于降低原料生产过程中的碳排放；推进工业部门电气化，推广低碳燃料/原料使用。

在钢铁冶金领域，利用等离子激元制氢技术得到氢气，可以作为基础冶炼还原材料及化工原料的氢原料，生产钢铁、化工和石化产品。如使用氢能替代焦煤作为钢铁生产的还原剂，可降低生产中的碳排放。

强力政策支持必不可少

为实现碳达峰、碳中和目标，支持有利于加速推进能源革命和绿色改造的创新技术势在必行，建议在“十四五”国家重点研发计划中增加“等离子激元碳中和技术”重点专项，加大创新支持力度。有序推进创新攻关的“揭榜挂帅”体制机制建设，大力实施重点项目“揭榜挂帅”，增加青年科学家项目，支持青年科研人才脱颖而出。

同时，加快形成“绿色新政”等制度机制，加强创新链和产业链对接，形成科技创新和技术产业良性发展的市场机制和政策体系。支持利用等离子激元冶碳制能、等离子激元绿色制氢等创新技术对火电厂、钢铁厂、化工厂等领域进行绿色改造。

此外，还应加快发展“绿色金融”，健全绿色金融标准体系，明确金融机构监管和信息披露要求，建立政策激励约束体系，完善绿色金融产品和市场体系；鼓励金融机构探索转型融资，包括设立转型基金和发行转型债券；支持化石能源企业向清洁能源转型，在认定标准、披露要求、激励机制等方面探索建立支持转型融资机制；支持金融机构推出转型债券、转型基金、转型保险等金融工具。

八、风热

全球最大海上风电打桩船启动入坞生产

中国能源报 2021.4.19

本报讯 4月12日，由上海振华重工为中交一航局一公司建造的140米级打桩船项目在振华启东海工举行搭载仪式，正式启动入坞生产节点。

该船采用了先进的智能船舶和数字船舶设计理念，通过专项研发的施工管理控制系统，可实现船舶智能化施工和数字化施工。140米级大型打桩船在规划阶段就充分考虑了桩基大型化和外海施工的施工需求，建成后将成为世界范围内打桩架高度最高、打桩能力最大、抗风浪能力最强的专用打桩工程船。预计可于2021年10月交付。（吴恽）

五部门发文引导加大对风电、光伏发电等行业金融支持力度

风光产业迎来“及时雨”

人民日报 2021.4.14

大力发展可再生能源，是推动绿色低碳发展的重要支撑，也是我国应对气候变化、履行国际承诺的重要举措。近年来，我国风电、光伏发电等行业快速发展。截至2020年底，可再生能源发电装机达到9.3亿千瓦、占总装机的比重达到42.4%。行业迅速发展的同时，受多方面因素影响，一些可再生能源企业现金流较为紧张，生产经营出现困难。

近日，国家发改委、财政部等五部门印发《关于引导加大金融支持力度 促进风电和光伏发电等行业健康有序发展的通知》，让不少企业看到了希望。

“《通知》的亮点之一是提出‘已纳入补贴清单的可再生能源项目所在企业，对已确权应收未收的财政补贴资金，可申请补贴确权贷款’。这一规定，对那些受补贴缺口影响、现金流为负的项目和资金链比较紧张的企业意义重大。”中国可再生能源学会风能专委会秘书长秦海岩分析，去年财政部等部门发布相关文件，规定了各类项目全生命周期合理利用小时数，确定了可再生能源发电项目享受中央财政补贴资金的总额度，从而对项目补贴权益进行了“确权”，“这样一来，金融机构相当于有了依据，可以测算相应现金流、应收未收补贴资金等，从而进行补贴确权贷款安排。”

此次对可再生能源企业加大金融支持力度，还包括以下几个方面：金融机构按照商业化原则，与可再生能源企业协商展期或续贷；自主发放补贴确权贷款；通过核发绿色电力证书方式，适当弥补企业分担的利息成本；足额征收可再生能源电价附加，保证可再生能源补贴资金来源等。

在国家发改委能源研究所可再生能源发展中心副主任陶冶看来，《通知》一方面明确按照市场化、法治化原则，以企业已确权应收未收的财政补贴资金为上限自主确定贷款金额；

另一方面提出了配套措施建议，通过设定专项账户实现对贷款的闭环管理。“《通知》提出，企业当年实际获得的补贴资金直接由电网企业拨付到企业还贷专用账户，不经过企业周转。这样可以降低银行贷款风险，提高银行的积极性。”

《通知》提到的“足额征收可再生能源电价附加”也备受关注。第三方评估报告指出，2015年至2018年可再生能源电价平均附加征收率仅为84.4%。一些地方存在着只对公共电网工商业用户征收，对自备电厂用户、地方电网用电长期未征、少征等问题。“目前看，近中期电价附加难以满足当年可再生能源补贴资金支持，可以探索以发行债券的方式解决存量补贴资金。”陶冶建议。

国家能源局有关负责人表示，对于《通知》提到的解决补贴拖欠和补贴资金滞后的主要办法，后续将会同有关部门进一步抓好各项政策落地，逐步缓解并最终解决问题。

全球海上风电集体步入运维时代

有机构预测，市场投资规模将以每年16%的速度增长

中国能源报 2021.4.5

风机的使用寿命长达20年，但风机制造商提供的质保期最多不过5年，在较长的使用年限内，风机能否在运转时期发挥最佳性能是衡量风电场，特别是海上风电场投资成败的关键。随着全球海上风电装机规模的大幅提升，全生命周期的风电运维正在成为海上风电市场关注的焦点。

据能源咨询公司伍德麦肯兹预测，从今年起，全球海上风电运维市场的投资规模将以每年16%的速度增长，到2029年，全球海上风电运维市场的总投资额将突破120亿美元。

■投资规模快速扩张

全球风能理事会的统计数据显示，截至2020年，全球海上风电累计装机规模已达36吉瓦。受益于全球海上风电装机规模的迅速扩张，运维市场将成为无补贴时代产业发展的新“蓝海”。

产业咨询服务机构前瞻产业研究院指出，在风电项目运营过程中，风机能否发挥最佳性能是衡量风电场投资成败的重点。除考验风机本身质量外，其生命周期内的运营维护更为重要。一般情况下，海上风机制造商提供的质保期在5年左右，不到风机寿命的1/4。为保证剩余十几年中风机的高效运转，风电运营商需不断投入运营维护支出。

据伍德麦肯兹测算，到2029年，欧洲海上风电运维市场规模将达到66亿美元，成为全球最大的风电运维市场。同时，亚洲海上风电的运维需求也将明显增加。中国有望成为一个新的重要市场。伍德麦肯兹预计，2020—2029年，中国海上风电新增装机规模在41吉瓦左右，累计装机容量将达49吉瓦。按照风机5年的质保期计算，到2029年，中国在海上风电运维市场的投资规模将能达到20亿美元，发展空间较大。

■加大运维促度电成本下降

东方证券认为，在全球各国低碳政策刺激新能源发展的背景下，风电行业竞争格局有望改变，促使风电运营商的关注点从风机转向全生命周期运营成本和效率。

行业咨询公司埃森哲的调研显示，海上风电运维成本约占海上风电场平准化度电成本的25%。平准化度电成本通常包含一个发电项目整个设计生命周期内所有已发生的和可预估因素的综合成本，包括电站建设、租金、融资利息、运维等。作为一个量化的经济指标，平准化度电成本常被用于比较和评估可再生能源发电与传统发电的综合经济效益。而在运维成本占海上风电场平准化度电成本1/4的情况下，要想凸显海上风电的竞争力，运维不可或缺。

伍德麦肯兹也持有相同的观点，认为未来随着海上风电补贴的逐渐退坡，产业降本压力将进一步加大。同时，由于海上风电场地理位置特殊，风机更为复杂，运维可达性差、物流成本高，给风电运营商带来新挑战。

数据显示，目前，全球海上风电累计装机中，仅有1.8吉瓦运行了10年以上；而到2029年，这一数字将达到20吉瓦，增长超11倍。

伍德麦肯兹强调，为了适应新的市场格局，海上风电运营商需不断加大对运维的投入，以确保项目的盈利能力。“这对于‘新老玩家’来说，也是新的发展机遇。”

■数字化运维需求高涨

在伍德麦肯兹看来，目前，全球风电运维产业整体来看还“很年轻”，缺乏长期运维和故障处理经验，海上风电运维领域更是如此。如果要实现全生命周期的运维管理、形成高附加值的服务模式，就需要借助高科技手段，加速海上风电市场步入“后运维”时代。

东方证券认为，当前，海上风电运维服务以维修为主，预测性维护较少。如果运用数字化技术，则可以实现机器对海上风电场进行日常监测、故障检测等，提升运维效率。

同时，海上风电场的特殊性也对预测性运维的需求更大。据东方证券统计，相比陆上风电，海上风电中对风机的运维成本占比更高。受海况、波浪等环境状况影响，人工进入施工区的时间也更长，而借助数字化技术，可有效增强海上风电产业链协同效应，提升价值。

伍德麦肯兹称，近年来，欧洲等主要海上风电市场一直致力于数字化运维技术的研究，目前已开发操作船、无人机等新型工具。在技术的加持下，过去8年，海上风电每兆瓦运维成本已经下降了44%。预计随着市场的不断拓展，到2029年，海上风电每兆瓦运维成本将进一步下降20%左右。

中国继续领跑，俄罗斯发展提速——

全球风电市场将开启10年高增长期

中国能源报 2021.4.5

去年，突如其来的新冠肺炎疫情没有阻挡全球风电装机创纪录增长的脚步，这一强劲势头也为风电市场后续稳步发展奠定了坚实基础。行业普遍预计，未来10年，全球风电市场将持续爆发式增长，这其中亚太地区仍将是风电新增装机的主力，特别是中国，有望占据全

球新增风电装机总量的“半壁江山”。

未来 10 年有望新增 1 太瓦装机

根据能源咨询公司伍德麦肯兹的数据，去年全球范围内新增风电装机 114 吉瓦，比 2019 年增长 82%，是有记录以来的最高年度安装量。其中，中国成为全球风电新增装机的主要驱动力。

伍德麦肯兹预计，随着中国、欧洲等风机安装量的持续增长，2021 - 2030 年间，全球风电行业有望新增 1 太瓦的装机量，期间中国预计新增 408 吉瓦，约占全球新增装机总量的 41%，亚太区其他国家和地区有望增加 126 吉瓦。

在欧洲，受“欧洲绿色协议”等激励政策影响，2021 - 2030 年间将新增 248 吉瓦风电装机容量。另有美国，随着去年底到期的税收抵免机制再延长 5 年，2021 - 2030 年间有望新增 35 吉瓦风电装机容量，其中 2024 - 2030 年间，该国海上风电装机容量将实现年均 4.5 吉瓦的增长。

值得一提的是，全球风能理事会（GWEC）、英国可再生能源协会于 4 月 1 日宣布成立第 26 届联合国气候变化大会全球风电行业联盟，旨在进一步提高全球对风电的关注，带动更大规模的风电投资。

GWEC 指出，全球每年至少需要 180 吉瓦的新增风电装机，才可能将全球升温幅度控制在 2 摄氏度以内，将借助这个联盟在全球范围更大程度地推广风电尤其是海上风电，帮助各国政府设定具体目标，以实现海洋可再生能源行动联盟制定的“2050 年全球海上风电装机达 1400 吉瓦”的愿景。

中国继续发挥领军作用

值得注意的是，伍德麦肯兹在报告中专门指出，鉴于中国已经提出了“30·60”双碳目标，未来 10 年间，中国将继续领跑全球风电市场的增长。

“在 2021 - 2030 年间，中国海上风电新增装机量将达到约 73 吉瓦，增幅达 800%。”伍德麦肯兹研究总监 Luke Lewandowski 表示，“中国将继续在风能和太阳能等可再生能源领域发挥领军作用。”

事实上，过去 10 年间，中国风能和太阳能产业发展迅猛，从今年开始，中国风电、光伏均将进入平价阶段，摆脱对补贴的依赖。“30·60”双碳目标的提出，正在加快推动中国风电、太阳能等新能源的跨越式发展。中国计划到 2030 年，风电和太阳能发电总装机容量达到 1200 吉瓦以上，非化石能源占一次能源消费的比重将达到 25% 左右。

中国国家能源局的数据显示，2010 - 2020 年间，中国风电装机容量已从 31 吉瓦增至 280 吉瓦，而太阳能装机则从 2015 年的 41.6 吉瓦增至 2020 年的 250 吉瓦。当前，不管是“风光”装机，还是太阳能电池板和风力涡轮机制造，中国都稳居全球领先地位，其中风力涡轮机制造已占全球份额的 45% 左右。

“新生力量” 俄罗斯崛起

此外，全球风电市场的“新生力量”——俄罗斯的风电潜力也不容小觑。德国弗里德里希·艾伯特基金会（FES）对俄罗斯风电市场进行了为期4年的调研发现，该国目前风电装机总量约为1吉瓦，虽然离全球主要风电市场相差甚远，但整体增速十分喜人。

FES莫斯科办公室副主任 Lisa Gurth 表示：“研究表明，俄罗斯在可再生能源尤其是风电领域，拥有巨大潜力，还有很多工作要做。”

世界风能协会（WWEA）数据显示，去年，尽管受到新冠肺炎疫情的影响，但俄罗斯仍然实现了700兆瓦的新增风电装机量，俄罗斯风电的推进情况“令人印象深刻”。“在缺席多年后，俄罗斯即将重新进入全球风电领域。在该国能源转型战略的促进下，俄罗斯有望很快从新生力量变成中坚力量。”WWEA 秘书长 Stefan Gsanger 强调。

据俄罗斯卫星通讯社报道，伏尔加河下游的阿斯特拉罕州有望成为俄罗斯海上风电发展的首选地。俄罗斯可再生能源发展协会指出，俄罗斯南部海域经济区发展风电的潜力很大，如里海沿岸的阿斯特拉罕州，预计到2024年，“风光电力”装机有望达到680兆瓦，其中风电装机377兆瓦、太阳能发电装机303兆瓦。

全球掀起深远海风电开发热潮，国内漂浮式风机研发工作稳步推进

浮式海上风电“等风来”

中国能源报 2021.4.19

近年来，随着全球海上风电逐步向深海、远海进发，浮式海上风电技术作为新一代海上风电技术，获得了业内的广泛关注。记者了解到，截至目前，浮式海上风电项目在多个欧美国家已陆续落地。在我国，包括三峡新能源、中国海装在内的多家企业已开始研发浮式海上风电技术。“火”遍全球的浮式海上风电在我国应用前景广泛。

投资持续火热

“从储量上来看，我国浮式海上风电潜力非常巨大。”中国船舶重工集团海装风电股份有限公司浮式风电装备研制总设计师董晔弘在接受记者采访时表示，“根据初步研究，我国深远海地区风能储量是近海的三倍以上。”走向深海、远海，始终是海上风电产业的一大方向，漂浮式海上风机的问世让这一设想成为了现实。

记者了解到，目前我国已有3-4家企业开展了本土漂浮式海上风电样机试验，包括金风科技、明阳智能等多家国内头部整机商也在最新公告中披露，将扩大对漂浮式海上风机的投资，同时大连理工大学、哈尔滨工程大学等高等院校也在积极开展相关领域的研究。

2017年，全球首座商业化运行的苏格兰 Hywind 浮式海上风电场正式投用，该风电场已连续三年表现良好，其平均容量系数甚至高于英国其他海上风电场，这也成为浮式海上风电技术大规模应用的开端。今年4月，美国油气巨头雪佛龙宣布正式涉足浮式海上风电领域，与挪威公司进行合作，共同开发10兆瓦浮式海上风电样机，成为加入浮式海上风电研发领域的最新一员。挪威能源企业 Equinor、法国油气公司道达尔、西班牙能源企业 Iberdrola 等

欧洲能源公司也相继入局浮式海上风电领域，在多国开启了浮式海上风电项目的示范探索。

优劣势都很明显

世界银行此前发布的数据显示，全球范围内海上风资源可开发潜力超过 71 太瓦，其中约有 71% 属于较深水域，这正是浮式海上风电技术的“用武之地”。有测算认为，只要能够开发全球海上风电资源的 1%，就能够满足全球约 10% 的电力需求。

欧洲行业协会也预测称，到 2022 年，英国、法国、葡萄牙等国总计将有 350 兆瓦浮式海上风电项目投入使用，而到 2030 年，全球浮式海上风电装机总量预计将超过 1500 万千瓦。

站在“风口浪尖”的浮式海上风电究竟好在哪里？

董晔弘表示，与当前主流的固定式海上风电技术相比，浮式海上风电技术适用于更加广阔的海上空间，不受海床地质条件影响，在 50 米及以上水深区域里，更加具备成本优势。同时，其安装施工对环境的影响相对较小，风机选址相对更加灵活。

尽管技术优势颇为明显，但开发难度同样不容忽视。“由于漂浮式基础稳定性相对较弱，在运行过程中可能存在倾斜、位移等问题，这对风机等相关设备提出了更高的要求，不仅需要一定的加固、密封等优化措施，而且要对控制系统做出一定的调整，以适应更加复杂的海上环境。”董晔弘告诉记者。

有望迎来商业化开发

正值我国海上风电产业“去补贴”的关口，浮式海上风电作为“下一代海上风电技术”，其应用前景究竟如何？

一位不愿具名的业内人士告诉记者，尽管目前国内还没有漂浮式海上风电样机，但从目前国内浮式海上风电技术的开发现状来看，3-5 年后，我国浮式海上风电技术将进入初步具备商业化开发能力的阶段。

业内分析认为，一旦投入使用，在深远海地区，浮式海上风电场不仅能够为陆上居民提供大量的可再生能源电力，还能与可再生能源制氢、养殖业等新兴领域合作，实现就地消纳，前景可期。

“如果各方面条件允许，到 2025 年，我国或将迎来第一个可商业化运行的浮式海上风电场。”董晔弘表示，“我国漂浮式海上风电市场尚处起步阶段，应与现有的固定式海上风电市场分开看待，将是全新的蓝海。”

科尔沁区打造全球最大陆上风电装备制造基地

中国能源报 2021.4.26

本报讯 4 月 22 日，科尔沁区东方电机、东方风电、金风科技、天顺风能、龙马重工项目顺利开复工，标志着科区在建设全球最大陆上风电装备制造基地进程中迈出了坚实步伐。

近年来，科尔沁区依托区位、交通、资源等多方面先天优势，瞄准全球领先绿色能源供

应商，成功引入龙马重工、东方电机、东方风电、金风科技、天顺风能等一批绿色能源领军企业，建设全球最大的陆上风电装备制造基地。

2020年，山东龙马集团在通辽市投资135亿元，布局建设高端装备制造产业园，打造铸造、锻造、机械制造于一体的高端制造产业链，一期项目投产后将达到铸造100万吨、锻造100万吨的生产能力，项目全部建成后将实现产值200亿元以上，带动就业近万人。企业生产的定转子、轮毂、主轴等产品是风电装备产业的核心部件，能够厂内供应东方电机、东方风电、金风科技等上下游企业，实现产业链供应链紧密衔接。

东方电气集团是全球最大的发电设备研发制造和电站工程总承包企业集团之一，创造了众多“国之重器”，夺得了多项中国第一和世界第一。作为东方电气集团的核心子公司，东方电机公司计划投资3亿元，建设年产能200万千瓦大型风力发电机制造项目；东方风电公司计划投资2亿元，建设年产能200万千瓦陆上风电主机制造项目。2个项目投产后，可实现产值80亿元，利税15亿元以上，带动就业500人以上。

2021年，金风科技以龙马高端装备制造基地为载体，计划总投资5亿元，建设绿色智慧能源示范园区，打造国内一流绿色风电装备制造产业集群。项目投产后具备年产风电机组1000台的能力，满产达效后年产值达70亿元以上，利税10亿元。

天顺风能计划投资6亿元，在科尔沁区建设风机塔架及组件配件项目，预计2022年6月份建成投产，投产后可实现产值15亿元，利税3亿元。

随着上述项目的开复工，三年内将拉动投资超过150亿元，实现产值近400亿元。“十四五”期间，中车电机、远景能源等项目也将陆续落地建设，风电装备制造产业总产值将突破500亿元，建成全球最大的陆上风电装备制造基地。（科融）

九、核能

世界最大“人造太阳”气体注入系统复合管道全部制造完成

科技日报 2021.4.12

科技日报讯（记者陈瑜）4月10日，由中核集团中核二三承担的国际热核聚变实验堆（ITER）气体注入系统复合管道产品制造项目在广东惠州全部完成，最后一批产品将于近期运往法国。该项目的完成，是中核集团为ITER计划顺利推进以及积极应对全球气候变化、推动人类可持续发展贡献中国智慧、中国力量的具体体现。

“人造太阳”是可控核聚变装置的俗称，是全球核聚变人一代代接力奔跑，致力于照亮人类未来的终极能源梦想。ITER是规模仅次于国际空间站的国际大科学工程计划。

ITER气体注入系统是我国首次承接的涉氦采购包。ITER气体注入系统复合管道主要是为ITER装置提供等离子体运行、维护、控制和处理所需气体，同时为加热和诊断中性束提供氢气和氦气，为弹丸注入系统提供弹丸推进所需要的气体，并为聚变装置提供聚变功率紧急关闭功能。该系统是最高级别的真空部件，技术要求远高于目前国内的商业核电管道，对

设计和生产制造提出了巨大挑战。

在中国国际核聚变能源计划执行中心的协助和推动下，中核二三联合核西物院、中科院合肥等离子体物理研究所等单位齐心协力，发挥各自优势，严格按照技术要求开展生产，按计划完成各批次生产制造工作，确保项目现场安装进度。

中国核能行业协会预测，减碳目标下，我国自主三代核电会按每年6-8台的核准节奏，实现规模化批量化发展。预计到2030年，核电在运装机容量达到1.2亿千瓦，核电发电量约占全国发电量的8%；到2035年，核电发电量占比将从目前的近5%提升至10%——

核能产业发展迈入扩容转型期

中国能源报 2021.4.19

“未来15年仍是我国核电发展的重要战略机遇期，到2035年，我国核电在运和在装装机容量将达到2亿千瓦左右，发电量约占全国发电量的10%左右。”4月14日，在中国核能行业协会举办的“中国核能可持续发展论坛”上，该协会副理事长兼秘书长张廷克作出预测。

中国核能行业协会当天发布的《中国核能发展报告2021》指出，在碳达峰、碳中和目标下，我国能源电力系统清洁化、低碳化转型将提速，核能作为近零排放的清洁能源，预计保持较快发展态势，自主三代核电会按照每年6-8台的核准节奏，实现规模化批量化发展。预计到2025年，我国核电在运装机7000万千瓦左右，在建约5000万千瓦；到2030年，核电在运装机容量达到1.2亿千瓦，核电发电量约占全国发电量的8%。

针对上述预期，参会专家普遍认为，“十四五”期间核能产业发展不仅要扩大规模，更要加快由核电向核能综合利用的转型，同时通过科技创新和产业协同，推进核安全治理现代化，不断提升核能的安全性和经济性，拓展产业发展空间。

量质并举 速效并重

近年来，我国核电建设在确保安全的前提下稳步发展，坚持量质并举、速效并重。“十三五”期间，国内核电机组保持安全稳定运行，新投入商运机组20台，新增装机容量2344.7万千瓦，核能发电占比由2016年的3.5%提升至2020年的约5%；新开工核电机组11台，装机容量1260.4万千瓦，在建机组装机容量保持全球第一。

张廷克指出，核电产业链长、技术密集、科技含量高、投资强度大，经过多年连续不间断地建设、运营，我国已具备较高水平的核电全产业链能力和迈向核电强国的产业基础。

国家核安全局副局长郭承站介绍，过去五年，华龙一号、AP1000、EPR全球首堆在我国相继建成投产，国和一号、高温气冷堆等自主技术示范工程建设进展顺利，我国核电建设率先迈入三代时代。“另外，小型堆、四代堆等新一代核能系统研发与国际水平基本同步，新一代‘人造太阳’装置建成并实现了首次放电。”

“高温气冷堆、钠冷快堆等四代技术正在建设示范工程，预计分别于今年和2025年前建成投运，另外多种小堆技术也基本具备示范条件。”国家能源局总经济师郭智透露。

据了解，“十三五”期间，我国核电装备制造国产化和自主化能力不断提升，掌握了一批具有自主知识产权的核电关键设备制造技术，三代自主核电综合国产化率达到了88%以上，形成了每年8—10台套核电主设备供货能力，建设施工能力保持了全球领先。

综合利用 小堆蓄力

我国核能产业实现规模化发展的同时，也面临转型挑战，即从发展核电向核能综合利用拓展，借助大堆、小堆两条路径，打破单一发电的“天花板”。

张廷克表示，随着核电技术的不断突破和安全性、经济性提升，大型核电机组综合利用范围将进一步扩大，小型模块化反应堆也将在供电、供热、工业制氢、海水淡化等多个应用领域迎来重要发展机遇。“核电发展还将带动国内装备制造业、建筑安装行业发展，促进我国创新能力提升。”

大型堆方面，批量化、型谱化研发建设正在推进。今年《政府工作报告》明确提出，“在确保安全的前提下积极有序发展核电”。不久前发布的“十四五”规划也指出，“安全稳妥推动沿海核电建设。”

对于小型堆，中国核能行业协会专家委常务副主任赵成昆介绍，为扩大核能应用范围，适应低碳能源发展需求，过去十年我国陆续开发出面向不同应用领域和市场需求的小型堆，部分技术已经具备开展示范的工程条件。

资料显示，目前我国正在开发和落地建设、适用陆地和海洋应用的小型堆共有10种，几乎全部为压水堆，大部分处于设计阶段。赵成昆认为，目前小型堆最大的应用市场在工业和居民供热领域。另外，海水淡化、制氢以及海洋开发能源供给均有较好前景。

“供热是全球最大的终端能源消费领域，追求电力低碳化的同时，需要兼顾供热领域的低碳化，核能利用尤其是小型堆在该领域市场空间广阔。”赵成昆指出，“小型堆建设周期短，在选址方面灵活性较大，安全性好，很适宜作为供热热源。”

补齐短板 降本增效

从核电到核能，再到参与新型电力系统运转，核能产业亟需补齐短板。

“一方面，受制于国内技术能力和工艺制造水平，少数技术含量高、工艺难度高的关键设备或核心零部件的设计制造技术仍未掌握；另一方面，国内企业具备一定研发能力，但由于技术人才短缺、产品市场份额小，加上核电设备质保管理体系严格，导致自主研发意愿不强。”中国核能行业协会专家委政策研究组组长黄峰直言我国在先进核电技术方面的软肋。

黄峰指出，基础能力薄弱是制约先进核电技术自主化发展的最大短板，另外部分已经国产化的设备难以在工程实践中得到推广应用。“如仪控设备等，因为配套设施不健全，加之高昂的研发及转换成本与成熟产品市场价格存在矛盾，企业行业存在壁垒，信息不对称，资源缺乏统筹协调。”

成本是决定竞争力的关键因素，也是市场选择的核心考量。作为我国新建核电的主力堆型，三代核电经济性及市场竞争力备受关注。中国核能行业协会副理事长、中核集团副总经理曹述栋指出，三代核电建设投资若控制在 1.3 万元/千瓦以内，与其他清洁能源相比才更具竞争力，但目前的造价在 1.7 万元/千瓦左右，仍有下降空间。

对于小堆推广落地较慢的困境，赵成昆认为，小堆的经济性一定程度上影响了投资者的参与热情。“当前需要努力实现小堆系统要求简化，向标准化、批量化、模块化等方向发展，以有效提高其竞争力。目前国内尚不具备一套相对完整的适用于模块化小堆发展的法规标准和用户要求，这些法规标准涉及项目核准、安全评审、核应急以及安保等领域，需逐步补充和完善。”

十、其他

以色列不断创新水资源可持续利用技术

科技日报 2021.4.16

新冠肺炎疫情已在全球蔓延一年多，水资源短缺、用水安全重新成为全球重点议题。水资源短缺问题十分重要，因为它对人类及地球其它生命造成威胁，也给气候变化、荒漠化、全球水污染率升高带来新的影响因素。以色列不仅具备全球最先进的供水系统，在水资源管理和利用领域的成就也举世瞩目。

据统计，全球大约 25 亿人口（占全球人口 36%）生活在缺水地区。未来几十年内，气候变化、人口增长、工农业产品需求上升，都会导致更严重的水资源短缺，甚至还会引发移民问题、战争和冲突，全世界数亿人民将因此面临迁移的风险。

要克服水短缺，找到解决方法，需要采取全面措施，将一切必要步骤整合起来。以色列在水资源管理和利用上不断创新，研发了诸多领先的水资源可循环使用技术。

以色列在下水道污水治理和回收领域持有一项世界纪录——将近 90% 的废水治理并回收应用在农业领域。这项技术如果在全球加以推广，让治理后的净化水流回自然和农业，将有可能极大减少温室气体排放，预防环境污染，防止对自然生态系统造成破坏，重建农业对气候变化的恢复力。

以色列在防止城市系统水流失方面也走在世界前列。以色列城市供水系统的水流失比例很小，但在全球其他国家，该比例有的高达百分之几十。对于干旱和缺水的国家来说，缺乏可利用水资源是一个严重的负担。为防止供水系统水流失，以色列已经开发出一系列全面、多样化的技术和方法，比如通过远程传感器探测渗漏等。

此外，以色列还在海水脱盐、农业用淡盐水、滴灌、发展多种耗水少的农业活动甚至从空气中提取水等水资源开发和利用上进行了大量研发创新。

作者简介：吉迪恩·贝哈尔系以色列外交部气候变化及可持续发展事务特使，约拉姆·莫拉德系以色列外交部水事务特使。（张佳欣整理）

北京再生水年利用量达 12 亿立方米

污水治理从“削减污染物”向“污水资源化”转变

中国环境报 2021.4.20

从工业、农业利用到河湖景观补水，从绿地灌溉到道路压尘等市政杂用，随着污水处理能力的快速提升，再生水已成为北京市稳定可靠的“第二水源”。

北京市水务局提供的数据显示，2013 年至 2019 年底，北京市新建再生水厂 68 座，升级改造污水处理厂 26 座，建设规模超前 10 年总和。2020 年，完成东坝、北苑污水处理厂升级改造，全市污水处理率达到 95%。在工业、河湖环境、市政杂用、园林绿化等方面大力推广再生水利用，再生水年利用量达到 12 亿立方米。

北京用实践证明：污水经过深度处理，完全可以循环利用。

大力建设再生水厂，破解人口增长带来的污染难题

“我喜欢钓鱼，但以前从不在家门口的这条河里钓，因为那会儿河水又黑又臭。现在你瞧，这水多清，环境多美。”在清河东岸，正在散步的市民潘承义说。

清河，曾是北京城区北部一条有名的臭水河。“好在从前北京雨水多，倒也不觉着很臭。后来，上游来水渐渐少了，清河水变得又黑又臭，成了一条‘龙须沟’。”潘承义说。

2000 年，北京市政府投资 7.17 亿元建设清河污水处理厂，日处理污水 20 万立方米。建厂初期的数据表明，清河流域每天入河污水量约为 20 万立方米，刚好与污水处理厂的消纳量持平。“夏天打开沿河的窗户，真不臭了。”潘承义说。

可没过两年，随着附近一个个居住小区拔地而起，“傍水而居”“清河清流”的口号被印上售楼单进行宣传。住户多了，但配套的污水处理设施及截污管线没跟上。多余的生活污水溢出管道直排入河。“眼见着楼房越来越多，清河又成了臭河。”潘承义感叹。

正在一筹莫展的时候，2006 年，清河下段水环境治理工程初步设计方案得到北京市规划委员会批复。

当年 11 月 8 日，这项总投资约 6.42 亿元的工程全面开工，对清河下游 13.4 公里河道进行整治。2008 年，清河流域共有清河、肖家河、北苑 3 座污水处理及再生水厂，基本能够“消化”流域所有污水。

可此后不到一年，伴随着人口的大量涌入，超负荷的生活污水使清河水污染再次加剧。2010 年，清河流域人口达到 290 万。而这一数字在 2000 年是 80 万。

2013 年 4 月，《北京市加快污水处理和再生水利用设施建设三年行动方案（2013 - 2015 年）》（以下简称三年行动方案）发布。这一方案以提升污水处理设施的处理能力为重点。根据这个方案，全市将规划新建 47 座再生水厂，升级改造 20 座污水处理厂，并新建和改造近 1300 公里污水管线。

2016 年 4 月，清河北岸污水管线贯通，污水由此进入刚刚投运的清河第二再生水厂。

这是三年行动方案所确定的再生水厂之一，日处理能力 50 万立方米。至此，清河沿线 4 座再生水厂日处理能力超过 100 万立方米。

大量污水被净化，成为再生水，重新流回清河。与此同时，河流承载的排放压力也在减轻。北京市 2015 年初开始试点水影响评价审查。内容之一便是在工程立项之前，把这一区域是否具有足够的污水处理能力作为前置审查条件。涉水“红线”刚一划出，便卡住了清河北岸拟建的一处大型住宅区。清河流域污水处理能力跟不上的问题得以解决。

北京市水务局相关工作人员介绍，建设再生水厂涉及前期审批、征地拆迁等问题，耗时很长。但三年行动开始后，得到了很多政策方面的支持。比如，把此前按部就班办理手续的模式改为“一会三函”。“之前，办理审批手续需要去发改委、国土局等十几个部门，一个办完才能办第二个。这样算下来，前期审批差不多得一年。现在利用‘一会三函’，审批时间甚至不超过一个月。”

据介绍，重点污水处理项目均已通过市政府会议审核。工作人员只需拿着市政府的文件，便能直接到发改委等部门办理手续，其他手续可在开工过程中补齐。

“另外，这些年，所有新建的污水处理设施都要求建成生态型再生水厂，定期向社会公布污水处理情况，如出水指标等，且要有专门的设施收集处理臭气及降低噪音。”一位工作人员说。

高品质再生水补给湿地，改善动植物生存环境

目前北京再生水标准大致相当于地表水Ⅳ类水，可与人体接触，能够广泛用于工业生产、河道环境中。

“再生水是北京湿地的主要补给水源。”北京市园林绿化局野生动植物和湿地保护处副处长黄三祥介绍，“2018 年北京湿地总补水量为 12.45 亿立方米，其中再生水占比高达 85.9%，为 10.7 亿立方米。”以昆明湖 200 万立方米水为参照，这相当于 535 个昆明湖的水量；按 2000 万人口计算，北京城平均每天消耗的自来水量约为 190 万立方米，10.7 亿立方米可供使用一年半。

位于丰台区的槐房再生水厂就藏身于一片 18 公顷的湿地之下。

这座亚洲规模最大的全地下再生水厂日处理污水能力达 60 万立方米，全年满负荷运转可将两亿立方米的污水转化为可利用的再生水。净化后的再生水，一部分用于湿地补水，其余进入管线排入河道，供市政杂用、环境用水等，并改善下游凉水河的水生态环境。

在槐房再生水厂的展厅，摆着 4 管水样，依次为总进水（污水）、膜产水、总出水（再生水）和自来水。污水浑浊且发黑，再生水的色度则相当清澈，和自来水相比，肉眼几乎看不出差别。

据介绍，槐房再生水厂具备生产高标准再生水的能力，其制胜法宝是一种看着像面条的新型过滤膜丝，膜丝上布满直径 20 纳米的小孔。污水处理厂加入这个程序后，可以将水中绝大部分的细菌、病毒过滤掉。

“再生水对北京恢复、增加湿地面积，维护湿地的自然生态属性具有重要意义。同时，河湖景观的补水利用，在很大程度上减少了清洁水源的消耗。”黄三祥说。

在圆明园遗址公园，水的灵气无处不在。圆明园占地 350 公顷，其中水面面积约 140 公顷，每年需补水近 900 万立方米。自 2007 年起，清河再生水厂每天为圆明园补充近 3 万立方米再生水，且水质稳定在地表水Ⅳ类标准。每到盛夏，超过千亩的大荷塘中，200 多种荷花竞相开放，都是靠再生水滋养。

公园管理处生态科的王沛然介绍，由于再生水氮磷含量偏高，且入园后不再外排，缺乏流动性，容易导致水体富营养化，产生水华现象。“为避免这种现象发生，公园定期投放苦草、眼子菜、金鱼藻等沉水植物及各种微生物、水生动物。”王沛然说：“各方处于动态平衡时，水体就能清澈健康。”

经过多年的水生态修复，2019 年，消失多年的北京原生物种鳊鱼、金线蛙重现圆明园。它们的再度回归是对这里水生态环境改善的最好证明。

“一般情况下，污水处理厂处理后的出水只是达到排放标准，但不能被再次利用。而再生水厂对这些达标出水进行深度处理，生产出高品质再生水，就是把大量污水变成资源，实现污水处理从‘削减污染物’向‘污水资源化’的重要转变。”北京市水务局相关工作人员表示。

工业生产中再生水替代清洁水源，再生水厂还可“兼职”光伏发电

再生水对清洁水源的替代同样体现在工业生产中。2007 年，北京 9 座热电厂的生产冷却用水全部用再生水替代，年新水使用量减少 1.2 亿立方米。2011 年，在北京经济技术开发区，再生水成为不少企业的用水首选。

京东方公司 8.5 代 TFT-LCD 生产线完全采用再生水生产，实现了“生产不用新水”的目标。按照每天使用两万吨水计算，每年可节省自来水约 700 万吨。“再生水水量稳定，水质符合要求，生产出来的超纯水符合液晶面板生产的要求，水价还比自来水低。”公司副总经理顾香春介绍，“使用再生水后，光是用水这一项，企业每年可节省约 1000 万元。”

“看，这些板子就是光伏板。它们正在源源不断地将太阳能转化成电能。”在小红门再生水厂，工作人员指着绿地上的一排排灰色板子说，“水厂每天生产过程中所需要的一部分电量，就是通过这样的方式自给自足的，剩余的电量，还能通过电网输送到周边百姓家中。”

小红门再生水厂日处理能力为 60 多万立方米，承担北京市西部和南部大部分地区的污水处理。与普通再生水厂不同的是，厂内办公区的楼顶、绿地、沉淀池和曝气池的正上方，整齐排列着一排排灰色板子，宛若给水厂披上了一片片灰色盔甲。

小红门再生水厂充分利用再生水厂曝气池、沉淀池、清水池等构筑物上方的闲置空间安装光伏板，采用柔性支架技术，为水厂增加了不少安装面积。记者发现，这些光伏板用钢索串联，悬垂在池子上方。

水厂 24 小时运转，用电需求大，为何光伏板产生的电能还会有剩余？工作人员介绍，光伏只能白天发电，发电高峰是中午 11 时至 14 时，而再生水厂用电负荷全天相对平稳。“电量是无法存储的，所以在光伏发电量较大、水厂负荷‘吃’不掉的时候，就可以将余电上网。”

行业动态

青海建设 16 万吨高能密度锂电材料生产线

科技日报 2021.4.7

科技日报讯（记者张蕴）青海泰丰先行锂电科技有限公司 3 月 25 日开工建设年产 16 万吨高能密度锂电材料智能制造基地项目。此举将有力推动锂电关联产业低碳循环发展，对建设世界级盐湖产业基地、打造国家清洁能源产业高地以及实现 2030 碳达峰、2060 碳中和等战略部署具有深远影响。

西宁市委常委、西宁（国家级）经济技术开发区党工委常务副书记、管委会常务副主任孔令栋表示，“十四五”时期以及未来很长一段时间，锂电等一批新能源制造项目将是驱动我国能源发展的中坚力量，为抢抓这一历史机遇，青海泰丰先行公司依托青海盐湖得天独厚的锂资源优势，进一步扩大产业规模，建设总投资 30 亿元年产 16 万吨高能密度锂电材料生产线，项目建成投产后，预计可实现年产值 200 亿元。

青海泰丰先行董事长高力介绍，未来 5 到 10 年，锂电产业市场将迎来井喷期，世界将进入 TWH（亿千瓦时）时代。按照测算，这将需要 220 万吨正极材料，需要碳酸锂 80 万吨。而 2020 年全球正极材料产量仅 70 万吨左右，碳酸锂产量仅 30 万吨左右，正极材料和碳酸锂供给缺口巨大，这将带来上游材料的爆发式增长。

深圳首个石墨烯产业园在坪山揭牌

坪山区加速布局未来产业

广东科技报 2021.4.16

为加快培育发展未来产业，建设现代化经济体系，打造高质量发展高地，4 月 8 日下午，由深圳市科技创新委员会、坪山区人民政府联合主办，坪山区科技创新局、贝特瑞新材料集团股份有限公司、深圳市天使投资引导基金管理有限公司、深圳市先进石墨烯应用技术研发院携手承办的“深圳市石墨烯产业园启动仪式暨深圳市石墨烯产业发展战略咨询专家委员聘任仪式”在坪山举行。深圳市副市长聂新平出席会议并为专家委员颁发了证书，市科创委党组书记王有明、坪山区委书记陶永欣等参加活动。

支持石墨烯前沿成果在深圳转化

本次活动启动了深圳市首个石墨烯专业产业园，成立了深圳市石墨烯产业发展战略咨询专家委员会，聘请了诺贝尔物理学奖得主、中国科学院外籍院士安德烈·盖姆，中国科学院成会明院士、刘忠范院士、俞大鹏院士、谢毅院士、郑泉水院士等 18 位国内外知名专家担任专家委员。

聂新平表示，深圳是全国最大的石墨烯应用市场，产业链配套条件全国领先。市委市政府高度重视石墨烯产业发展，布局建设了“深圳盖姆石墨烯研究中心”诺贝尔奖科学家实验室等研究机构，培育引进了一批具有国际影响力的石墨烯研发团队，大力支持石墨烯前沿成果在深圳转化和产业化。坪山是深圳国家高新区的两个核心园区之一，也是深圳的未来产业试验区。今年 3 月，市政府出台《深圳市人民政府关于支持深圳国家高新区坪山园区建设世界一流高科技产业园区的意见》，支持坪山对标世界一流打造现代产业体系，大力发展以石墨烯为代表的未来产业。

王有明表示，为抢占石墨烯产业发展先机、构建比较优势，加速石墨烯基础研究成果向产业工程应用转化，市科创委高度重视石墨烯等新材料的基础科学研究和产业化发展，在石墨烯基础研究、产业化和创新载体建设方面科学规划、精心布局。市科创委积极贯彻落实市委市政府决策部署，在充分考虑坪山高新区土地资源、空间情况和产业基础上，选定坪山国家高新区为核心启动区，谋划建设高水平、高标准、配套设施完善的石墨烯产业园。

陶永欣表示，坪山作为深圳最年轻、最具发展潜力的行政区之一，被市委市政府赋予深圳东部中心城区、深圳国家高新区核心园区、深圳未来产业试验区的发展定位。石墨烯产业园能够落户坪山，既倍感光荣振奋，也倍感压力责任。前期已经集聚了石墨烯新材料领军企业贝特瑞、新宙邦，引进布局了由成会明院士团队领衔的烯材科技、刘剑洪教授团队领衔的本征方程等石墨烯创新项目，并加快谋划建设高水平、高标准、配套设施完善的石墨烯专业园区。接下来，我们还将围绕石墨烯产业集聚发展和产业园建设，在石墨烯技术研发、检验检测、生产代工等平台引进，以及石墨烯产业应用推广、环保用电配套等方面制定专项政策支持，全力做好各项服务保障工作。

成会明表示，石墨烯作为先进碳材料，是引领未来产业革命的关键性材料，是当今世界高端新材料领域的发展热点。当前，深圳市已拥有石墨烯的广大应用市场和开发能力，拥有以华为、比亚迪、贝特瑞、烯旺科技、德方纳米、烯材、本征方程、华烯等一批石墨烯领军企业，在能源材料、导热散热、医疗器件等领域的产品开发和技术创新取得了全球瞩目的成绩。今天成立深圳市石墨烯产业发展战略咨询专家委员会，将充分发挥行业资深专家在产业发展规划、重大项目实施以及关键决策部署中的智力支撑作用，引导深圳市石墨烯产业健康有序、集群式发展。

刘忠范表示，石墨烯是材料科学创新发展的重要方向，有“新材料之王”之称，是新一轮科技革命和产业变革的重要领域，在新能源、电子信息、航天航空、生物医药等领域具

有广阔的应用前景。以石墨烯为代表的新材料产业必将成为未来高新技术产业发展的基石和先导，对全球经济、科技、环境等各个领域发展产生深刻影响。

一批机构与企业签约进驻

现场还举行了深圳盖姆石墨烯研究中心转化中心、清华大学深圳国际研究生院石墨烯检测中心、香港中文大学（深圳）先进碳材料实验室、深圳大学石墨烯材料转化中心、石墨烯产业技术公共服务平台（国家 863 计划材料表面工程技术研究中心坪山分中心）等 5 家机构的签约进驻仪式；以及深圳市先进石墨烯科技有限公司、深圳市贝特瑞新能源技术研究院有限公司、深圳市本征方程石墨烯技术股份有限公司等 9 家企业的签约进驻仪式。

坪山作为深圳最年轻、最具发展潜力的行政区之一，被市委市政府赋予深圳东部中心、深圳国家高新区核心园区、深圳未来产业试验区的发展定位。今年 3 月，市政府专门出台《深圳市人民政府关于支持深圳国家高新区坪山园区建设世界一流高科技产业园区的意见》，这是继光明科学城、河套深港科技创新合作区之后，市委市政府再次专门对一个区域发展作出支持部署，对于切实发挥好坪山高新区在“双区”建设中的重要支撑作用，进一步提升坪山的发展能级具有重大意义。

深圳市石墨烯产业园的成功落地，标示着未来深圳市及坪山区将在以石墨烯为标志的高新技术创新领域，进一步强化基础研究、应用技术研究和产业化的统筹衔接，推动产业链上下游产业协同发展等方面创新发展模式，加速石墨烯产业技术创新，实现坪山区构筑以石墨烯为核心的新材料应用产业集群，打造坪山区新材料应用产业核心竞争力。

链接

深圳市石墨烯产业园围绕石墨烯产业发展面临的痛点堵点难点，努力打造集“石墨烯专业环保配套 + 公共检测平台 + 研发代工（CDMO）中心 + 产业孵化器”为一体的、功能齐备的专业园区，加快石墨烯上下游应用技术研发和成果转化，促进石墨烯全产业链规模化、高端化发展。深圳市石墨烯产业园共计占地 7.4 万平方米，总建筑面积共计 43 万平方米，包括深圳市石墨烯产业园（贝特瑞园核心园）10.2 万平方米，深圳市石墨烯产业园（百泰园）15.2 万平方米，深圳市石墨烯产业园（周大生园）17.5 万平方米，未来可提供约 15 万平方米的产业空间。目前贝特瑞园核心园和百泰园已基本建成，可投入使用；周大生园预计 2022 年中旬建成投用。

深圳市石墨烯产业园将充分利用贝特瑞在行业的龙头地位和影响力，重点将其坪山基地作为核心启动区，以石墨烯应用产业化为目标，集中布局石墨烯研发实验、产品小试、中试放大、公共服务检测等平台，并协同专业园区运营机构（力合科创），全方位开展石墨烯产业招商、管理和运营工作。同时，积极研究石墨烯产业基金配套和孵化器建设，加快园区项目的培育和发展。

搭建专业环保处理系统，解决企业后顾之忧。针对石墨烯材料实验、成果转化及产业化涉及的环保共性问题，按照特征污染物种类和污染物浓度高低、排放量大小，配套移动式环

保处理设施及危险品储存仓库，对微小排放量废气、废水、废物就地处理。同时，采取“预处理+后处理”模式，对于风险系数高、大排放量的污染物，经就地预处理后无法解决的，由专业运营团队集中收集，送往辖区在建危水处理厂和危废转运中心集中处理。入园企业无需担心发展石墨烯过程中污染物排放面临的环保问题。

合作建设石墨烯公共技术服务平台，占据石墨烯产业制高点。主要依托贝特瑞集团、深圳 863 新材料及深圳新材料协会资源，并整合清华大学深圳国际研究生院材料与器件检测中心（CNAS 认证）等机构，合作建设集石墨烯检验检测、标准制定、应用研发、技术咨询等服务于一体的公共技术服务平台，开展石墨烯共性技术研究，建立知识产权保护体系，形成标准库、专利池，占据石墨烯产业制高点，促进石墨烯产业的规范化、规模化和持续健康发展。

设立石墨烯“研发代工”CDMO 中心，打通产学研用壁垒。协调整合贝特瑞旗下石墨烯研究院、深圳盖姆石墨烯研究中心、广东省石墨烯制造业创新中心以及北京石墨烯研究院资源，深度对接成会明院士、刘忠范院士等创新团队，组建由高水平专业人员构成的专门研发团队，成立企业研发代工中心，面向市场需求开展定制化的技术研发，“研发代工方”与“企业方”通过全过程利益捆绑，实现从基础研究到产业化落地的无缝衔接。同时，该中心配置建设石墨烯“中试放大试验基地”，助力石墨烯等先进碳材料科研成果跨越从实验室样品到产业化应用的“最后一公里”障碍。

建立以石墨烯为主的先进碳材料产业孵化器，促进成果转化落地。充分发挥石墨烯检测平台的集聚效应，围绕后端石墨烯应用，加快一批附加值高、需求强、前景广的创新成果落地转化与产业孵化，并联合专业产业资本，研究建立石墨烯等先进碳材料科技成果转化引导基金，促进孵化项目壮大发展，保障前端研究成果落地。

零下 271℃！我国自主研发出超流氦大型低温制冷装备

科技日报 2021.4.19

4月16日，科技日报记者从中国科学院理化技术研究所获悉，国家重大科研装备研制项目“液氦到超流氦温区大型低温制冷系统研制”通过验收及成果鉴定，我国具备了研制液氦温度（-269℃）千瓦级和超流氦温度（-271℃）百瓦级大型低温制冷装备的能力，打破了发达国家的技术垄断。

项目成果鉴定专家组认为，该项目整体技术达到国际先进水平，其中高稳定性离心式冷压缩机技术和兆瓦级氦气喷油式螺杆压缩机技术达到国际领先水平。

五年攻关的背后是几十年的技术积累

正如某些材料在特定温度下会出现电阻为零的超导现象一样，一些材料在特定温度下，也会出现流阻为零的超流现象。

当温度低到-271℃时，液氦就会变成超流氦。“此时，流阻变为零，而且还会出现杯

子内的液氦能够沿着杯子壁流到杯子外面等奇特现象。”项目首席科学家、中科院理化所研究员李青说。

液氦是制造超低温的“神器”。随着社会经济的高速发展，我国已成为大型低温制冷设备的使用大国。

“然而，由于缺乏大型低温制冷系统、关键子设备及集成技术，我国大型低温制冷装备长期被国外垄断，几乎全部依赖进口。”中科院理化所党委副书记刘新建坦言。

2015年12月，中科院理化所开始启动液氦到超流氦温区大型低温制冷设备的研制工作。“从中国科学院院士洪朝生，到中国科学院院士周远，在几十年低温技术积累的基础上，我们坚持走自主创新道路，经过5年多的拼搏奋斗，在液氦温度（-253℃）制冷机的基础上，今天终于自主研制出了技术指标为2500W@4.5K和500W@2K的大型氦制冷机。”李青说。

“该装备的研制成功，不仅可以满足大科学工程、航天工程、氦资源开发等国家战略高技术发展的迫切需要，而且可以促进相关领域先进技术的发展。”刘新建充满自豪。

项目打造了“边研究、边应用、边转化”发展模式

该项目在应用和成果转化方面也获得重要进展，打造了“边研究、边应用、边转化”的发展模式。2016年，依托于该重大科研装备研制项目产生的核心技术，中科院理化所联合社会资本共同创立科技成果转化企业——北京中科富海低温科技有限公司。

百瓦级大型制冷机实现了成功应用，包括用于宁夏盐池液化天然气闪蒸汽提氦项目，初步打通了我国氦资源开发的技术链条；应用于国内直线加速器；出口应用于韩国核聚变大科学装置（KSTAR）等，得到用户广泛认可，支撑了相关行业的发展。

更重要的是，项目的成功实施，培育了20余家优秀配套企业，通过与配套企业开展关键核心技术攻关，增强了企业的制造和创新能力，提升了企业工艺工程化水平，带动我国高端氦螺杆压缩机、低温换热器和低温阀门等行业的快速发展，提高了一批高科技制造企业的核心竞争力，使相关技术实现了从无到有、从低端到高端的提升，在我国初步形成了功能齐全、分工明确的低温产业群。

“未来，我们将继续开展万瓦级制冷机和液化器技术攻关和装备研制，为满足量子科技发展和应用，布局mK级大冷量制冷机的研究。”刘新建说道。

年捕集二氧化碳超10万吨示范基地建成

中国科学报 2021.4.12

本报讯4月9日，记者从中国石化新闻办获悉，中国石化华东石油局与南化公司已合作建成CCUS（碳捕集、利用与封存）示范基地，年捕集二氧化碳超10万吨。

据介绍，华东石油局回收南化公司合成氨装置和煤制氢装置生成的二氧化碳被用于油田压注驱油。他们于2020年10月分两期建成了10万吨/年的捕集装置。截至目前，该CCUS

基地已累计回收二氧化碳达 16.5 万吨，助力华东石油局、江苏油田等上游企业驱油增产约 5 万吨。

CCUS 技术是把生产过程中排放的二氧化碳进行提纯，继而投入到新的生产过程中进行循环再利用或封存，作为重要的减排技术，是碳达峰后实现“碳中和”的重要技术支撑。近年来，中国石化持续开展碳减排技术研发和示范应用，在胜利、中原、华东等油气田企业实施 CCUS 项目，取得增油和减排双重效益，已累计注入二氧化碳约 125 万吨、增油约 27 万吨。（计红梅）

空间太阳能电站专业委员会成立

中国科学报 2021.4.6

本报讯（记者温才妃）近日，中国宇航学会空间太阳能电站专业委员会成立大会在北京召开。

专业委员会聘请王希季、闵桂荣、杨士中、葛昌纯、龙乐豪院士为专委会终身顾问，聘请刘吉臻、邓宗全院士为专委会名誉顾问。大会提名产生 68 名专委会委员，聘请段宝岩院士为专委会名誉主任委员，推选中国航天科技集团有限公司第五研究院科技委主任李明为专委会主任委员。

中国宇航学会副理事长兼秘书长王一然表示，借助空间太阳能电站专业委员会这个平台，更多的科技工作者能对空间太阳能电站技术发展中面临的基础问题、共性关键技术难题集智攻关，提出独特、创新的解决方案，实现学科研究和技术应用的跨越式发展。

我国生物质发电装机连续三年居世界首位

中国能源报 2021.4.26

本报讯（记者姚金楠）报道：中国产业发展促进会生物质能分会日前发布的《中国生物质发电产业发展报告》显示，截至 2020 年底，我国生物质发电累计并网装机容量达到 2952 万千瓦，连续第三年位列世界第一。

《报告》指出，2020 年我国生物质发电新增装机 543 万千瓦，年发电量 1326 亿千瓦时，年上网电量 1122 亿千瓦时。截至 2020 年底，我国生物质发电装机占可再生能源装机总量的 3.2%，发电量占比达到 6.0%。

2020 年，我国生物质发电累计装机排名前五位的省份为山东、广东、江苏、浙江和安徽，装机规模分别为 365.5 万千瓦、282.4 万千瓦、242.0 万千瓦、240.1 万千瓦和 213.8 万千瓦。新增装机前五位的省份是山东、河南、浙江、江苏和广东，新增装机分别为 67.7 万千瓦、64.6 万千瓦、41.7 万千瓦、38.9 万千瓦和 36 万千瓦。

分类别看，2020 年我国垃圾焚烧发电新增装机 311 万千瓦，累计装机达到 1533 万千瓦。《报告》指出，国内生活垃圾清运量和无害化处理率保持持续增长，对于垃圾焚烧的需

求也在日益增加。为满足垃圾焚烧消纳生活垃圾的需求，随着垃圾焚烧发电市场从东部地区向中西部地区和乡镇移动，垃圾焚烧量将持续保持增长。农林生物质发电方面，2020年新增装机217万千瓦，累计装机达到1330万千瓦。《报告》指出，2018年开始，由于可再生能源补贴持续拖欠，农林生物质发电项目利用小时数逐年走低。统计显示，2019年全国利用小时数超过5000小时的项目为188个，总装机达到526万千瓦。《报告》判断，全国约有一半项目在承受电价补贴拖欠的压力下，仍在坚持正常运营。

《报告》特别强调，当前我国生物质发电行业发展仍面临巨大挑战，垃圾焚烧发电仍存在区域发展不平衡情况，环保排放引发的邻避问题依旧突出，在垃圾处理费偏低的背景下行业对电价补贴的依赖程度过大。另外，农林生物发电局部地区布局不合理问题依然存在，原料供给保障困难，部分发电项目在转型热电联产的过程中升级改造难度偏大。

《报告》预计，“十四五”期间，我国农林生物质发电新增容量将达到370万千瓦，总装机容量将达到1700万千瓦；垃圾焚烧发电新增容量将达到670万千瓦，总装机容量预计将达到2200万千瓦。

首个氢电耦合国家重点项目落地宁波

中国能源报 2021.4.5

本报讯3月30日，国家重点研发计划项目“可离网型风/光/氢燃料电池直流互联与稳定控制技术”项目实施方案论证暨启动会召开，这是国家电网公司牵头承担的首个氢能相关的国家重点项目。

据记者了解，该项目将在宁波建成“氢电耦合直流微网示范工程”。该工程突破氢电耦合直流微网在安全、稳定、经济运行方面关键技术，自主研发高效电解制氢系统、燃料电池热电联供系统、氢能与电池混合储能、多端口直流换流器等核心装备，将电、氢、热等能源网络中的生产、存储、消费等环节互联互通，实现绿电制氢、电热氢高效联供、车网灵活互动、离网长周期运行等多功能协同转化与调配，形成以电为中心的电氢热耦合能源互联网示范。

据悉，该工程每日制氢规模可超100千克、供热能力超120千瓦，满足10辆氢能燃料电池汽车加氢、50辆纯电动汽车直流快充对电网的冲击需求。（姚金楠）

粤港澳大湾区规模最大的海上风电场全部并网投产

电从海上来！

羊城晚报 2021.4.3

羊城晚报讯（记者程行欢、通讯员岳殿）报道：4月2日上午11时，粤港澳大湾区目前建设规模最大的海上风电场——珠海金湾海上风电场项目全部55台、共计装机容量30万

千瓦的风机实现全容量并网投产，预计年上网电量达 7.29 亿千瓦时，可满足近 100 万珠海市居民一年的生活用电需求。

珠海金湾海上风电项目作为广东省第二批启动建设的重点海上风电项目，自去年 11 月 18 日首台风机并网投产以来，仅历时不到五个月就实现了全容量并网投产。按火力发电标准煤计算，该项目每年可节约标煤 22.96 万吨、减排二氧化碳 45.63 万吨，为广东“碳达峰”“碳中和”贡献力量。

该项目的全面并网投产将助力粤港澳大湾区提升清洁能源比例，为珠海市加快打造珠江西岸重要门户枢纽发挥电源支撑作用，对推动广东省能源结构转型、构建以新能源为主体的新型电力系统具有积极意义。

国内陆上最大永磁直驱风力发电机研制成功

中国能源报 2021.4.12

本报讯 近日，具有完全自主知识产权、国内首台陆上 5.5 兆瓦永磁直驱风力发电机在东方电气集团东方电机有限公司山东风电电机制造基地成功下线，标志着目前国内陆上最大的永磁直驱风力发电机研制成功。

该机型为陆上中高风速区域量身定制，具有可靠性高、效率高、维护成本低等特点。电机采用平台化设计，从首序到顺利下线用时仅 20 余天，创造了行业大容量风电电机研发制造的新纪录。

在可靠性方面，机组采用直接空冷技术，冷却效率高，能够有效提升发电机性能。发电机采用双轴承支撑结构，承载能力高；同时应用磁钢盒防护专利技术，防止磁钢退磁和脱落。机组采用电气双回路设计方案，可实现单回路独立运行，提升平均无故障工作时间。

在发电能力上，在 8m/s 的年平均风速下等效利用小时数超过 3600 小时，发电机效率在业内处于高位水平。机组采用高效率柔性叶片设计，采用涡流发生器、襟翼和锯齿尾缘等先进技术，有效提升叶片气动性能和降低叶片噪音。

在运维成本方面，机组部件少，定检工作量更少，定检停机时间短，发电损失小。机组采用直驱技术路线，省去齿轮油、滤芯和发电机碳刷的定期更换，运维耗材少。

此外，东方电机有限公司为 5.5 兆瓦永磁直驱风力发电机开发的平台，可根据用户需求，灵活可调，覆盖 5.5 - 6 兆瓦等级风电机组，为后续机组研制奠定了坚实基础。（姚金楠）

国内最大 7. X MW 高速永磁同步风力发电机下线

中国能源报 2021.4.26

本报讯 4 月 21 日，由中车永济电机公司自主研制的 7. X MW 高速永磁同步风力发电机在山西永济成功下线。这是目前国内最大功率海上高速永磁同步风力发电机，已获得北京鉴

衡认证中心认证，技术达国际领先水平。

随着“碳达峰、碳中和”目标的推进实施和风电技术的不断进步，高速永磁风力发电机因其体积小、效率高、成本低等特点有着广阔的应用前景。此次下线的 7.XMW 发电机配套中国海装风电机组。

7.X MW 高速永磁同步风力发电机项目自 2020 年 12 月启动，历经 5 个多月完成研发试制。2021 年是“十四五”规划的开局之年，也是风电平价上网元年。7.X MW 高速永磁发电机是国内首台 7MW 级高速永磁发电机，其高可靠、低成本的优势，将有力助推海上风电发展。（吴怵）

