

能 量 转 换

剪 报 资 料

总 52 期
4/2022.4

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. 加快构建现代能源体系..... 5
2. 《“十四五”能源领域科技创新规划》出台..... 8
3. 高比例新能源需要怎样的电力市场?..... 9
4. 2025 年电能占终端能源消费比重达三成..... 11
5. “双碳”目标下我国能源电力系统发展前景和关键技术——“十四五”能源领域科技创新规划解读之二..... 12
6. 坚持系统观念 强化能源发展——“十四五”现代能源体系规划解读..... 15
7. 雄心勃勃! 英国发布新能源战略..... 18
8. 德国立法锁定 2035 年实现全绿电..... 20
9. “十四五”能源发展的挑战与对策..... 22
10. 全国发电装机容量约 24.0 亿千瓦..... 24
11. 青海: 多能源电力系统相关技术获突破..... 25
12. 去年全球可再生能源装机量维持高速增长..... 26
13. 发展清洁能源技术, 17 种矿产必不可少..... 27

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 我科研人员开发高压电解液构筑高能量密度锂电池体系..... 28
2. 大规模电化学储能方案过审..... 29
3. 高效利用弱磁能新型收集器助物联网传感器“自发电”..... 29
4. 国内首次无储能支撑新能源电压源机组运行..... 31
5. BIPV (光伏建筑一体化) 有望迎来快速发展黄金期..... 32
6. 加大能源技术装备和核心部件攻关力度..... 33
7. 新型热机效率堪比蒸汽轮机..... 34

8. 空气电池离我们越来越近	35
9. 日本研发植物微生物燃料电池	37
10. 未来燃料电池车有望开进一体化加氢站	38
11. 地铁用上兆瓦级飞轮储能装置有望年节电 50 万度	39
12. 新材料加持规模储能首选技术成本更低	
13. 铂金太贵？新催化剂让燃料电池成本大降	40
14. 国家发改委加快完善储能成本疏导机制	41
15. 建筑节能降碳管控趋严	42
16. 新型储能新增规模首次突破 2 吉瓦	44
17. 巧用“渔网”制备新型柔性电极	45
三、碳达峰、碳中和	
1. 中国工程院发布《我国碳达峰碳中和战略及路径》成果	46
2. 化石能源如何实现零碳	47
3. 世界须在 2030 年前将碳排放减少四成	48
4. 聚焦双碳目标建设统一能源市场	50
5. 近零碳排放区建设国家标准体系缺位	51
6. 以系统观念科学推进“双碳”工作——碳达峰十大行动	53
7. 正确认识和把握碳达峰碳中和	55
8. 狠抓绿色低碳技术攻关	59
9. 实现“双碳”目标应形成战略战术共识	60
四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1. 广东破解铝灰渣治理难题	63
2. 港媒报道：中国废旧手机成回收“富矿”	65
3. 越南采取措施减少塑料垃圾	66
4. 污水厂或将“藏”在公园底下	67
5. 推进农作物生物质资源化利用的三点建议	68
6. 巴西积极发展生物甲烷能源	69
7. 新技术规范注重全过程控制锰渣污染	70
8. 农业农村部全面实施秸秆综合利用行动	72
9. 治理农村生活污水，需处理好三个“差异”	73
10. 把造纸废料“扔”到海里吸油去	75
11. 发明工业微藻高产油新技术	76
12. 英国一大学 测算化石燃料二氧化碳排放有新法	77
13. 二氧化碳能合成葡萄糖和脂肪酸	78

五、太阳能

1. 新型太阳能电池板可夜间发电	80
2. “十四五”新增光伏装机102万千瓦	81
3. 瑞典去年光伏装机创新高	82
4. 实现各类超薄钙钛矿普适性生长	82
5. 太阳能将在未来“碳中和”中扮演最重要角色	83
6. 河北搭建光伏逆变器实测模型	83
7. 钛酸锂筑牢新型储能安全防线	84
8. 光储联合运行策略是挖掘储能价值的必要手段	85
9. 光伏、锂电及“双新”产业受欢迎	86
10. 江苏分布式光伏新增及累计装机均居全国前列	89
11. 效率超40%的热光伏装置问世	90
12. 高效倒置钙钛矿太阳能电池的有机金属功能化界面	90
13. 我国太阳能资源分析及利用潜力研究	91

六、海洋

1. 海洋能：蓝色低碳能源宝库——国际能源署—海洋能源系统（IEA - OES）发布《年度报告：2021年海洋能产业活动概览》	95
2. 欧洲海洋能装机量创新高	97
3. 海洋经济强劲恢复 高质量发展亮点突——《二〇二一年中国海洋经济统计公报》解读	98
4. 关键领域创新能力不断增强 中国海洋经济总量去年首破九万亿	100
5. 欧洲海洋能领跑全球的背后	101

七、氢能

1. 氢能探路规模化发展	102
2. 中长期规划出台，我国氢能发展再添“指示牌”	104
3. 氢能何以如此受宠？	106
4. “煤”“氢”联动效益递增	107
5. 欧洲电解水制氢规模不断扩大	109
6. 氢燃料电池汽车产业国内领先——广州、佛山等地形成产业集聚	110
7. 氢能发展需突破成本安全等瓶颈	114
8. 电网企业瞄准氢电耦合新赛道	115
9. 佛山南海区发布氢能产业发展三年行动计划	117
10. 推动氢能关键技术研发 助力能源低碳转型——“十四五”能源领域科技创新规划解读之八	118

11. 我国加氢站数量位居世界第一	120
-------------------------	-----

八、风能

1. 去年全球“风光”发电占比创记录	121
2. 我国海上风电按下“快进键”	122
3. 中国继续引领全球风电装机增长	122
4. 下发“十四五”第二批风电光伏建设指标	124
5. 江苏风电光伏出力双创历史新高	124
6. 去年全球新增风电装机容量 93.6 吉瓦	125
7. 23 省明确“十四五”风电光伏装机规模	125

九、核能

1. 我国核工业水平从“跟跑”追至“并跑”	126
2. 核能获得越来越多青睐	128
3. 迷你核反应堆可用卡车运输	130

十、其他

1. 以先进煤气化技术助力煤炭清洁高效利用	131
2. 煤炭清洁高效利用迈上新台阶	132
3. 国家发展改革委、国家能源局部署加快“十四五”时期抽水蓄能项目开发建设	134
4. 智能调控两种光照强度 这种窗户让室内冬暖夏凉还节能	135
5. “煤炭+新能源”之路越走越宽	137
6. 今年我国炼油产能将跃升至全球第一	139
7. 煤电深度调峰助降碳一臂之力	140
7. 国家能源局：今年全国能源生产总量达 44.1 亿吨标煤左右	142

行业动态

1. 潮流能发电国家标准发布——海洋技术中心为第一起草单位	143
2. 新疆首个水风光储一体化清洁能源大基地建设启动	144
3. 到 2025 年我国燃料电池车辆保有量约 5 万辆	144
4. 新型储能发电全面市场化	149
5. 氢能产业链多环节取得突破性进展	150

本简报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

加快构建现代能源体系

人民日报 2022.4.1

能源是经济社会发展的基础和动力源泉，对国家繁荣发展、人民生活改善和社会长治久安至关重要。党的十八大以来，面对错综复杂的国际国内形势，以习近平同志为核心的党中央高瞻远瞩、审时度势，创造性提出了“四个革命、一个合作”能源安全新战略和“能源强国”新目标，为新时代我国能源高质量发展指明了方向、开辟了道路。日前，《“十四五”现代能源体系规划》已经国务院批复同意并印发实施。“十四五”时期，要加快构建现代能源体系，建设能源强国，全力保障国家能源安全，助力实现碳达峰碳中和目标，支撑经济社会高质量发展。

深刻认识和准确把握能源发展形势

当今世界正经历百年未有之大变局，我国发展环境面临深刻复杂变化。全面准确把握国际国内能源发展形势，是做好“十四五”时期能源工作的前提和基础。

全球能源供需版图深度调整。当前，国际政治经济格局进入动荡变革期，世界经济复苏进程中风险持续累积，全球产业链供应链面临严峻挑战。能源消费重心东倾、生产重心西移，亚太地区成为能源需求增长的主要地区，北美地区原油生产增量占全球增量的比重超过80%，世界能源多极化供应格局进一步凸显。

绿色低碳成为能源发展主旋律。技术进步推动新能源跃升发展，近5年可再生能源提供了全球新增发电量的60%左右。全球应对气候变化开启新征程，超过130个国家和地区提出了碳中和目标，加快能源低碳转型已成为世界各国共识。我国能源结构持续优化，非化石能源消费比重达到16.6%左右。“十四五”时期是碳达峰的关键期、窗口期，能源发展转型任务更加紧迫。

创新引领能源发展作用更加凸显。全球新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起，新能源、非常规油气、先进核能、新型储能、氢能等新兴能源技术以前所未有的速度加快迭代，成为全球能源转型变革的核心驱动力。近年来，我国能源科技创新能力显著提升，新能源和电力装备制造能力全球领先，各类新模式新业态不断涌现。“十四五”时期，亟须加快推动能源产业基础高级化、产业链现代化，进一步激发能源创新发展新动能。

能源安全保障任务依然艰巨。经过多年发展，我国形成了煤炭、石油、天然气、非化石能源多轮驱动的能源供给体系，有力保障了经济社会发展和民生用能需求。同时，我国能源安全新旧风险交织，油气资源短板长期存在，区域性、时段性能源供需紧张问题时有发生，网络安全等非传统安全风险日益突出，做好能源安全保障工作尤为重要。

深入贯彻党中央国务院对能源发展的各项要求

“十四五”时期，能源发展要坚持以习近平总书记提出的“四个革命、一个合作”能源

安全新战略为根本遵循，全面贯彻党中央、国务院对构建清洁低碳、安全高效能源体系的总体思路和具体要求。

关于国家安全战略的要求。习近平总书记强调：“必须坚持统筹发展和安全，增强机遇意识和风险意识，树立底线思维”。安全是发展的前提，发展是安全的保障。“十四五”时期，能源发展必须落实总体国家安全观，立足以煤为主的基本国情，坚持先立后破、通盘谋划，以保障安全为前提构建现代能源体系，协同推进低碳转型与供给保障，着力筑牢国家能源安全屏障。

关于生态文明建设的要求。能源活动是碳排放的主要来源，推进能源绿色低碳发展是生态文明建设的必然要求。党的十九大将能源发展作为生态文明建设的重要方面，强调要推进绿色发展，推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系，满足人民日益增长的美好生活需要。中央财经委员会第九次会议把碳达峰碳中和纳入生态文明建设整体布局。“十四五”时期，能源发展必须坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路，稳中求进推动能源生产消费模式绿色低碳变革，助力经济社会发展全面绿色转型。

关于创新驱动发展的要求。党的十九届五中全会《建议》对创新作出专章部署，并放在各项规划任务的首位，充分体现了党中央对以改革促创新、以创新促发展的高度重视。“十四五”时期，能源发展必须坚持把创新作为引领发展的第一动力，以实现能源科技自立自强为目标，以完善能源科技创新体系为依托，着力增强能源科技创新能力，提升能源产业链现代化水平。

关于区域协调和民生保障的要求。我国能源生产和消费逆向分布特征明显，中东部地区能源消费量占全国比重超过70%，而重要能源基地主要分布在西部地区。“十四五”时期，能源发展必须优化开发利用布局，发挥能源富集地区战略安全支撑作用，加大能源就近开发利用，提高资源配置效率，促进区域协调发展。同时，坚持民生优先、共享发展，着力提升能源普遍服务水平，推动能源发展成果更多更好惠及广大人民群众。

关于治理体系和治理能力现代化的要求。经过多年探索创新，我国能源体制改革“四梁八柱”主体框架基本确立，体制机制初步完善，但总体上仍跟不上能源转型变革的步伐。“十四五”时期，能源发展必须坚持市场化改革方向，着力完善能源发展法治保障，破除制约能源高质量发展的体制机制障碍，全面提升能源治理效能。

关于高水平对外开放的要求。能源国际合作是国际交流合作的重要组成部分，我国已成为世界第一大能源生产国和消费国，国际社会对我国的期待和倚重不断增加。“十四五”时期，能源发展必须落实全球发展倡议，坚持以共建“一带一路”为引领，聚焦实施更大范围、更宽领域、更深层次能源开放合作，推动形成互利共赢的国际合作格局，努力实现开放条件下的能源安全。

采取有力举措全面构建现代能源体系

为贯彻落实“四个革命、一个合作”能源安全新战略，“十四五”时期能源发展要以推

动高质量发展为主题，以深化供给侧结构性改革为主线，以改革创新为根本动力，以满足经济社会发展和人民对美好生活的需要为根本目的，推动现代能源体系建设取得重要进展。

全方位提升能源安全保障能力。增强忧患意识，坚持底线思维，防范化解能源发展面临的各类风险挑战，重点加强“两个能力、一个体系”建设，增强能源供应链稳定性和安全性。提升能源战略安全保障能力，通过加大国内油气勘探开发力度、提升储备能力、加强能源国际合作等途径，多措并举增强油气供应保障能力。增强能源系统平稳运行能力，发挥好煤炭煤电安全托底保障作用，化解区域性、时段性能源供需矛盾。健全能源安全风险管控体系，强化特大城市、核心区域和重要用户的电力安全保障，布局一批坚强局部电网，防范化解非传统安全风险。

打造清洁低碳能源生产消费体系。以主要用能行业消费结构转型为牵引，以能源清洁供应保障为支撑，协同推进能源消费和供给革命。实施可再生能源替代行动，加大力度规划建设以大型风光电基地为基础、以其周边清洁高效先进节能的煤电为支撑、以稳定安全可靠的特高压输变电线路为载体的新能源供给消纳体系。积极稳妥发展水电、核电，开工建设一批重大工程项目。推动终端能源消费转型升级，完善能耗“双控”制度，重点控制工业、建筑、交通等行业化石能源消费。构建新型电力系统，逐步提高新能源占比，健全以绿电消费为导向的市场机制，全面推进电能替代。

推动区域城乡能源协调发展。深入实施区域重大战略和区域协调发展战略，优化能源开发利用布局。加快西部清洁能源基地建设，实施“风光水（储）”“风光火（储）”等多能互补工程。提升中东部地区本地能源自给率，加快发展分布式新能源、沿海核电、海上风电等。强化区域间资源优化配置，充分挖掘存量通道的输送潜力，新建输电通道可再生能源电量比例原则上不低于50%。提升城乡能源普遍服务水平，聚焦满足人民生活生活用能需求，完善城乡供能基础设施，支撑新型城镇化和乡村振兴战略实施。

提升能源产业科技创新能力。努力实现能源科技自立自强，提升能源产业链现代化水平。巩固提升能源产业链竞争力，立足我国新能源产业优势，锻造能源技术装备长板。推动能源技术与现代信息、新材料、先进制造技术深度融合，探索能源生产和消费新模式。完善能源科技创新体系，整合优化科技资源，实行“揭榜挂帅”等制度，引导各类社会资本投资于能源科技创新领域。

增强能源治理效能。完善能源法律法规体系，全力推进能源法制定工作，加快电力法、煤炭法、石油储备条例等制修订。健全能源转型市场化机制。坚持系统观念，统筹推进电力、油气等领域改革。重点聚焦系统灵活调节能力、绿色能源消费、综合能源服务和新模式新业态发展等方面，推动机制建设取得新突破。深化能源领域“放管服”改革，针对增量配电网、油气勘探开发、储气能力建设等领域市场化改革存在的难点堵点，加大改革力度，充分激发市场主体活力，持续优化营商环境。

开拓能源合作共赢新局面。坚持维护开放条件下的能源安全，共建“一带一路”能源

合作伙伴关系，稳步扩大“朋友圈”，深入推进与主要能源资源生产国的务实合作，加强与周边国家能源基础设施互联互通。深化能源绿色合作，发挥我国新能源产业优势，巩固和拓展与相关国家绿色发展战略对接，建成一批绿色能源合作项目。积极参与全球能源治理体系改革和建设，加强与主要能源国际组织的交流合作，在联合国、二十国集团、亚太经合组织等多边框架下讲好中国能源故事。

蓝图已经绘就，使命催人奋进。做好“十四五”时期能源发展改革工作，任务艰巨而繁重。我们要更加紧密地团结在以习近平同志为核心的党中央周围，以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党中央、国务院决策部署，克难奋进、开拓进取，以踏石留印、抓铁有痕的劲头努力开创能源低碳转型和高质量发展新局面。（章建华）

《“十四五”能源领域科技创新规划》出台

科技日报 2022.4.6

4月2日，国家能源局和科学技术部联合印发的《“十四五”能源领域科技创新规划》（以下简称《规划》）正式公布。

“我国能源科技创新与世界能源科技强国和引领能源革命的内在要求相比还存在明显差距。”谈及《规划》出台背景，国家能源局科技司、科技部高新司负责同志提到，突出表现为3个方面。

一是部分能源技术装备尚存短板，关键零部件、专用软件、基础材料等大量依赖国外。二是能源技术装备长板优势不明显，能源领域原创性、引领性、颠覆性技术偏少，绿色低碳技术发展难以有效支撑能源绿色低碳转型。三是推动能源科技创新的政策机制有待完善，重大能源科技创新产学研“散而不强”，重大技术攻关、成果转化、首台（套）依托工程机制、容错以及标准、检测、认证等公共服务机制尚需完善。

“必须充分发挥科技创新引领能源发展第一动力作用，立足能源产业需求，着眼能源未来发展，健全科技创新体系、夯实科技创新基础、突破关键技术瓶颈，为推动能源技术革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系提供坚强保障。”国家能源局科技司、科技部高新司负责同志表示。

国家能源局科技司、科技部高新司负责同志介绍，《规划》提出了“十四五”时期能源科技创新的总体目标：能源领域现存的主要短板技术装备基本实现突破；前瞻性、颠覆性能源技术快速兴起，新业态、新模式持续涌现，形成一批能源长板技术新优势；适应高质量发展要求的能源科技创新体系进一步健全；能源科技创新有力支撑引领能源产业高质量发展。

“《规划》围绕先进可再生能源、新型电力系统、安全高效核能、绿色高效化石能源开发利用、能源数字化智能化等方面，确定了相关集中攻关、示范试验和应用推广任务，以专栏形式部署了相关示范工程，并制定了技术路线图。”上述负责同志说。

例如，在先进可再生能源发电及综合利用技术方面，《规划》提出聚焦大规模高比例可

再生能源开发利用，研发更高效、更经济、更可靠的水能、风能、太阳能、生物质能、地热能以及海洋能等可再生能源先进发电及综合利用技术，支撑可再生能源产业高质量开发利用等。

在新型电力系统及其支撑技术方面，《规划》提出加快战略性、前瞻性电网核心技术攻关，支撑建设适应大规模可再生能源和分布式电源友好并网、源网荷双向互动、智能高效的先进电网等。

“为确保‘十四五’期间能源科技创新工作有序开展，《规划》围绕创新协同机制、创新平台体系、成果示范应用、企业主体地位、技术标准体系、规划资金支持、科技国际合作、科技人才培养等8个方面，提出了相关保障措施。”国家能源局科技司、科技部高新司负责同志表示。（刘园园）

高比例新能源需要怎样的电力市场？

中国能源报 2022.4.4

今年1月底国家发改委和国家能源局发布的《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》，以及近日国家能源局发布的《2022 能源工作指导意见》等，均对“加强电力现货市场与中长期市场的衔接”做出明确表态。

受此推动，多地积极开展相关工作。就在不久前，甘肃专门发布《关于进一步加强省内电力现货市场与中长期市场衔接的通知》（下称“《通知》”），对“电力现货市场与中长期市场衔接”的具体工作做出进一步部署，在机制层面要求“补充建立现货市场结算与发电侧中长期交易相关联的偏差损益回收和补偿机制”。

加强电力中长期市场与现货市场的衔接，有助于实现电力市场的稳定并实时反映电力商品价值。那么，未来工作应如何推进？

中长期与现货市场相辅相成

有受访专家指出，电力市场的中长期和现货就像是一个硬币的两面，不可分割。中长期价格锚定电力现货价格，现货市场通过实时价格反映电力系统运行的真实情况，为中长期的电力交易提供价格基准。

“在现货市场未建立以前，中长期交易实际上是没有带时标曲线的电量合同，而有了现货市场之后，中长期交易就要实现带时标曲线的电力交易。”电力行业资深从业者赵克斌告诉记者，一般来讲，现货交易波动较大，在这种情况下，中长期交易有助于为交易双方“锁定风险”。

上海电力大学能源电力科创中心常务副主任谢敬东进一步解释，中长期市场的作用之一是引导投资，市场价格波动小、频率低。现货市场则波动性大，就需要“锚”来“固定”现货市场价格，而中长期市场正是这个“锚”。“换言之，在现货市场建立之初，需要用中长期价格作为现货市场成交价格的参照，在此基础上再依据电力供需形势适当波动。”

华北电力大学教授张粒子指出，在没有建立现货市场时，中长期市场交易和实际发用电偏差是按政府定价结算的，“但政府定价模式是基于一段时期内的平均成本核价，并不能及时反映市场供需变化。”在建立现货市场后，交易主体签订中长期合同时就要对未来的现货市场作出判断，以此决定其在中长期市场上的操作。

“高占比新能源”避险需要“合力”

事实上，目前，中长期交易仍是电力市场的“压舱石”。甘肃上述《通知》就提出，“为更好发挥中长期合同压舱石和稳定器作用，鼓励发电企业合力签订中长期合同。在2022年省内电力现货市场结算试运行期间，发电企业签订的中长期合同（含优先发电）比例，水电应不低于其月度发电量的95%，不高于其月度发电量的105%；火电、风电、光伏企业应不低于其月度发电量的70%，不高于其月度发电量的130%。”

“以中长期交易为主，对用电侧而言，即使现货涨价也只能影响到小部分用电量，基本可以保证供应价格的整体相对平稳。”张粒子分析，同时，对以新能源为主体的新型电力系统而言，现货市场发挥着无可替代的作用。“对可再生能源高占比的电力系统而言，实时的现货市场价格信号能够促进灵活性电力资源经济投资和优化配置。但若没有现货市场价格信号，就不可能真正建立起以新能源为主体的新型电力系统。”

中长期合约作为规避电力现货价格风险的金融工具，必须体现电价的时空价值，以更好平衡电力系统，减少一些不必要的辅助服务，进而提高电力系统的整体效率。因此，现货市场环境，中长期合同必须要进行曲线分解。为此，国家发改委、国家能源局自2016年底联合印发《电力中长期交易基本规则（暂行）》以来，已多次强调“鼓励带电力曲线的中长期交易”，即从之前的“电量交易”转变为“带时标的电力、电量交易”。

“像甘肃这样新能源占比较高的电力市场，可再生能源签订中长期曲线合同时受阻。”赵克斌坦言，新能源高占比的电力现货试点地区，若仅要求可再生能源按峰平谷时段签订中长期带曲线合同，这并不符合当地电力系统特性。“可再生能源发电与天气强相关，无法预期，这样一来带曲线的中长期新能源电力交易就如同‘赌博’，潜在风险很大。”

“对新能源而言，中长期电力交易并不能准确反映新能源的时空价值，新能源高占比情况下，像中长期市场那样人为分时段并限定分段价差的方式，对新能源起不到保障收益、规避现货波动风险的作用。而现货市场本身就具备分时价格和需求侧响应特点，因此高比例的新能源电力系统离不开现货市场，需要中长期市场与现货市场的有效‘合力’。”赵克斌进一步指出。

现货试点要健全中长期交易机制

张粒子认为，要加强中长期市场与现货市场的衔接，避免“两张皮”，首先中长期交易产品要带时标。“要明确交易电量的时间段，这样一来中长期交易与实际发用电的各时段偏差电量就可以按现货市场价格结算，售电公司也能针对不同用电特性设计差异化售电合同，从而引导用户削峰填谷、合理用电。”

赵克斌同时建议，各电力现货市场试点地区要按照供需与成本影响价格形成的机理，健全中长期市场价格发现机制，完善带电力负荷曲线交易机制。“建立中长期合同市场化调整机制，实现中长期交易市场的连续开市，并丰富中长期交易品种，健全中长期交易方式，才能抓好中长期市场与现货市场的衔接工作。”

“要研究解决‘计划+市场’双轨制、妥善处理不平衡资金的问题。”赵克斌指出，按国家规定放开用户准入，进入中长期市场的电力用户要同时全部进入现货市场，以此解决发电侧全电量参与现货市场，而用户侧参与现货市场规模少，以致现货市场产生大量不平衡资金，并造成现货电价不能向用户传导的问题。

此外，张粒子指出，电力交易都在统一平台上完成，交易规则是否合理，直接影响市场效率。“这就要求交易平台要建立起能够真正提高资源效率、优化资源配置的市场机制。”（杨晓冉）

2025 年电能占终端能源消费比重达三成

中国能源报 2022.4.4

本报讯（记者赵紫原）报道：国家发改委、工信部、财政部等十部门近日联合发布的《关于进一步推进电能替代的指导意见》（以下简称新版《意见》）明确提出，到 2025 年，电能占终端能源消费的比重达到 30% 左右。

电能替代是指在能源消费中以电能替代煤炭、石油、天然气等化石能源的直接消费，事关环境保护、大气污染治理、清洁能源发展和能源消费革命。2016 年，国家发改委等八部门联合出台的《关于推进电能替代的指导意见》明确，2020 年电能占终端能源消费的比重达到 27%。

2016 年版《意见》出台后，电能替代快速发展。中电联 2021 年底发布的《电力行业碳达峰碳中和发展路径研究》显示，截至 2019 年底，我国电能占终端能源消费比重为 26%，高于世界平均水平 17%。2016 年—2019 年，电能替代累计新增用电量约 5989 亿千瓦时，对全社会用电增长的贡献率达到 38.5%。

华北电力大学能源互联网研究中心主任曾鸣指出：“加快推进能源生产清洁替代和能源消费电能替代，通过能源革命引领全社会加速脱碳，有利于打造清洁低碳、安全高效的现代能源体系。”

新旧两版《意见》有何不同？

记者注意到，针对“指导思想”，新版《意见》明确提出“全面推进终端用能绿色低碳转型，积极消纳可再生能源，系统提升能源利用效率，推动清洁低碳、安全高效的现代能源体系加快建设”。相比 2016 年版“因地制宜，分步实施，逐步扩大电能替代范围”，新版“指导思想”更贴合降碳目标。

新版《意见》明确提出深化输配电价改革。“将因电能替代引起的电网输配电成本纳入

输配电价回收。完善峰谷电价机制，引导具有蓄能特性的电能替代项目参与削峰填谷，根据本地电力供需情况优化清洁取暖峰谷分时电价政策，适当拉大峰谷价差，延长低谷时长。同时还支持电能替代项目参与电力市场中长期交易、现货交易和电力辅助服务市场。鼓励电能替代项目参与碳市场交易、鼓励以合同能源管理、设备租赁等市场化方式开展电能替代。”

曾鸣表示，电能替代引起的电网输配电成本纳入输配电价回收应全局优化。例如，储能可提升系统调节能力，让电能替代用户多消纳绿电，从这个意义上说，这部分储能成本应合理纳入输配电价进行成本回收。“但储能技术多样，除了储电也可以储热储冷，应用情景多样，可作为复合聚集商参与电力现货市场、辅助服务市场，这部分功能在电力市场已取得相应盈利，无需纳入输配电成本进行回收。”

如何高质高效实现新版《意见》目标？国家能源局日前印发的《2022年能源工作指导意见》明确，今年将新增电能替代电量1800亿千瓦时左右。

在实施路径中，新版《意见》体现出明显的扩围趋势。2016年版《意见》在“居民采暖、生产制造、交通运输、电力供应与消费”等领域重点发力，新版《意见》则明确在“工业领域、交通运输、建筑领域、农业农村、科研创新、用户灵活互助和新能源消纳”等领域推进电气化。新版《意见》指出，加快工业绿色微电网建设，引导企业和园区加快厂房光伏、分布式风电、多元储能、热泵、余热余压利用、智慧能源管控等一体化系统开发运行，推进多能高效互补利用。

另外，新版《意见》还明确提出推进“电能替代+综合能源服务”，并细化具体落地实施路径。

“双碳”目标下我国能源电力系统发展前景和关键技术

“十四五”能源领域科技创新规划解读之二

中国电力报 2022.4.11

在一系列国家战略规划指导下，我国未来能源电力系统的发展蓝图和关键技术途径有了明确的导向性，即以“2030年前碳达峰、2060年前碳中和”为战略目标，以落实“构建清洁低碳安全高效的能源体系、构建以新能源为主体的新型电力系统”为实施路径。本文从新型电力系统主要特征和核心指标出发，构建“双碳”目标下我国能源电力系统发展情景，分析我国能源电力转型实现路径和关键技术需求，提出综合能源生产单元设想，为能源转型路径规划及战略制定提供一定的参考。

一、新型电力系统主要特征和核心指标

新型电力系统作为未来我国能源体系的核心组成部分，具有5个主要特征：高比例可再生能源广泛接入、高比例电力电子设备大规模应用、多能互补综合能源利用、数字化智能化智慧能源发展、清洁高效低碳零碳转型。

为进一步量化描述上述特征，体现新型电力系统在能源转型中的重要作用，提出以下5

项核心指标：非化石能源在一次能源消费中比重、非化石能源发电量在发电量中比重、电能在终端能源消费中比重、系统总体能源利用效率、能源电力系统碳排放总量。

二、“双碳”目标下我国能源电力系统发展情景分析

将 2021 ~ 2060 年 40 年期，划分为 2020 ~ 2030 年、2030 ~ 2050 年、2050 ~ 2060 年三个时间段，分别为前、中、后 3 个时间段，预估“双碳”目标下能源电力总体发展需求：一次能源消费总量指标方面，2020 ~ 2030 年（前段），考虑经济社会发展水平的刚性增长需求，仍将保持每 5 年 4 亿 ~ 5 亿吨标准煤的增长速度，至“十四五”末达到 55 亿吨标准煤左右，2030 年左右达到峰值 59 亿吨标准煤，此后呈现下降趋势；2030 ~ 2050 年（中段），前 15 年间每 5 年下降 1 亿吨标准煤，2045 年降至 56 亿吨标准煤后基本保持稳定；2050 ~ 2060 年（后段），仍具有小幅下降空间，2060 年保持在 55 亿吨标准煤左右水平。

非化石能源消费占比指标方面，总体呈现前后两段稳定增长，中段加速增长的趋势。2030 年前（前段），考虑目前新能源发电、电网安全稳定运行控制、储能等方面技术发展水平尚未取得突破性进展，灵活调节资源和技术手段仍较为紧缺，无法全面支撑可再生能源高比例接入和大规模应用，仍需要煤电等传统发电机组提供重要的基础保障作用，而非化石能源以一次电力为主要消费形式，故这一时段非化石能源消费在一次能源消费总量中的占比应保持相对稳定的增长速度，避免过快增长对电力系统安全稳定带来的冲击，以保证能源供应平稳过渡。该指标于“十四五”末达到 20%，2030 年达到 25%，满足国家最新提出的目标要求。2030 ~ 2050 年（中段），非化石能源加速发展，在一次能源消费中的占比快速提高，二十年间由 25% 提高至 75%，力争 2050 年为 2060 年实现碳中和创造基础条件。2050 ~ 2060 年（后段），仍将在较高水平基础上保持一定速度的平稳增长，2060 年达到 90%，为碳中和目标实现提供重要支撑。

全社会用电总量指标方面，综合电气化等因素，总体保持增长且速度呈现“前高后低”趋势。在“十四五”和“十五五”期间（前段），分别以 4.5% 和 3.5% 年均增速保持稳定增长，至 2030 年达到 11.1 万亿千瓦时的水平。2030 ~ 2050 年（中段），年均增长率逐步下降，2050 年全社会用电量为当前水平的 2 倍，约为 16 万亿千瓦时。2050 ~ 2060 年（后段），增速进一步放缓，2050 ~ 2055 年间年均增速仅为 1%，2055 年后基本保持稳定不再增长。

基于上述能源电力发展需求，预估 2020 ~ 2060 年我国电力装机及发电结构，由此得到风光发电量、煤电发电量、非化石能源发电量占比等关键参数演化趋势。

电力装机方面，随着风光等新能源发电快速发展，非化石能源发电在电力装机总量中的占比持续提高，“十四五”末将超过 50%。新能源发电装机不断增加，2025 ~ 2030 年间，风光装机总量超过煤电，2030 年将达到 16.1 亿千瓦，占装机总量 41.5%；2035 年达到 24.3 亿千瓦，超过电力装机总量的 50%，成为装机主体；2060 年达到 70.1 亿千瓦，在电力装机总量中的占比超过 85%。

发电量方面，2030 ~ 2035 年间非化石能源年发电量超过 50%，形成非化石能源发电为

主体的电力系统；风光发电量快速提升是非化石能源发电量占比提高的主要原因，2030年风光发电量达到2.3万亿千瓦时，占总发电量20%；2035~2040年间风光发电量开始超过煤电，之后煤电进一步加速退役，风光发电量在总发电量中占比加速提高，2045~2050年间超过50%，成为发电主体；2060年风光发电量11.9万亿千瓦时，占总发电量69.2%，为构建以新能源为主体的新型电力系统创造必要条件。

针对上述我国能源电力发展场景，初步测算能源电力系统年碳排放指标，可得到以下结论：能源系统和电力系统的年碳排放均可实现2030年前达峰，2050年和2060年，能源系统年碳排放分别降低为峰值的28.0%、10.5%，电力系统碳排放分别降低为峰值的25.4%、1.6%，为实现2060年前碳中和目标奠定基础。

三、我国能源电力转型实现路径和关键技术

为推动我国能源电力转型、落实“两个构建”，需考虑5个方面实现路径。一是大力开发利用可再生能源，发展核能、生物质能、地热能等非化石能源综合利用，在电力系统中形成以非化石能源为主的电源结构，是实现能源转型的关键；二是积极推动煤电灵活性改造，为高比例可再生能源电力系统运行提供紧急备用和灵活调节能力，探索煤电碳资源综合利用，助力煤电实现低碳无碳转型；三是持续推进终端用能的电气化，实现以电为中心的多能互补用能结构，大幅提高电能在终端能源消费中比重，提高能源综合利用效率；四是加强电力电子和储能等关键技术创新，通过数字化转型，推动新一代输配电网和能源互联网建设，促进高比例可再生能源电力消纳，确保电力系统安全稳定运行；五是完善能源转型各项政策，坚持市场化改革方向，加快完善推动绿色电力、碳交易市场建设，助力国家应对气候变化碳中和目标的实现。

技术进步是构建新型电力系统的根本动力，围绕未来电力系统以新能源为主体的发展需求，综合考虑新能源开发、传统能源转型两个角度，从系统安全、低碳减排、综合能源、灵活性需求等多个方面，提出以下10类关键技术需求：1. 高效低成本电网支持型可再生能源发电和综合利用技术；2. 燃煤发电提高灵活性低碳排放和碳资源利用技术；3. 高可靠性低损耗新型电力电子器件装置和系统技术；4. 安全高效低成本长寿命新型储能技术；5. 清洁高效低成本氢能生产储运转化和应用技术；6. 超导输电和新型综合输能技术；7. 新型电力系统规划运行调度和仿真控制保护技术；8. 数字化智能化综合能源电力系统技术；9. 信息物理融合的能源互联网/物联网技术；10. 综合能源电力市场技术。

四、综合能源生产单元（IEPU）设想

“双碳”目标下，我国能源电力系统清洁低碳转型任务艰巨，如何科学推进传统煤电升级改造及有序退出、同时促进新能源消纳成为能源转型路径规划和相关战略制定的重要议题。我们提出一种融合火电机组碳捕集、燃煤机组混烧生物质、可再生能源电解水制氢、甲烷/甲醇合成等技术的设想——综合能源生产单元（以下简称“IEPU”），期望能作为火电低碳/无碳转型路径方案的一种选择。

IEPU 基本结构如图 1 所示，其基本工作方式为：白天利用低成本的光伏发电制取绿氢，夜间利用低谷时段电网供电或火电机组发电，利于电解制氢系统持续稳定工作，产出的氢气与煤电机组捕集的碳进一步合成生产甲烷/甲醇等绿色燃料或化工产品。

与此同时，IEPU 也可有不同类型的结构方案：IEPU 所需的碳可由火电厂碳捕集，未来也可从空气中捕集；IEPU 可由风光发电与电解水制氢装置、水电厂与电解水制氢装置组成，生产的绿氢与空气中氮气耦合制氨；IEPU 可由燃气电厂与风光发电及电解水制氢、储氢耦合组成，未来燃气电厂的燃料将由绿氢提供，成为应对长周期能源不平衡的绿色重要措施。IEPU 本身可以是实体的也可以是虚拟的。

IEPU 将电解制氢、可再生能源发电、甲醇/甲烷/氨合成、二氧化碳捕集等设备集成为一体，具有以下两个方面的优点：一是以电解制氢装置作为可控负荷，通过与火电、水电等可调机组联合运行，在单元内部各子系统协同优化的同时，实现与电网互动，成为具有高灵活性的虚拟发电单元，为高比例新能源电力系统应对长周期能源供需不平衡提供灵活性支撑；二是通过二氧化碳直接与氢气合成，生产甲烷、甲醇等便于存储、运输的绿色燃料或作为重要化工原料产品，一方面可规避大规模二氧化碳捕集后压缩及封存的高额成本投入，另一方面借助合理可行的产品收益模式，有利于火电企业推广应用二氧化碳捕集与利用技术，在促进火电行业碳减排及转型发展的同时，所生产的氢气本身及与二氧化碳、氮气合成生成的绿色燃料化工原料产品，也可为能源相关领域化石燃料和原料替代提供一定的来源补充。

综合能源生产单元解决方案与数字化智能化技术相结合，可构成未来能源供应侧的智慧型基本单元，与预想的能源消费侧智慧型基本单元一起，组成未来新型电力系统能源生产消费的基础单元结构，可能对电网的储能需求、灵活性供应及调控模式产生重要影响。该发展模式的实现将会促进能源领域不同行业之间的融合，对此需要体制机制的突破和创新。（周孝信）

坚持系统观念 强化能源发展

“十四五”现代能源体系规划解读

中国电力报 2022.4.12

能源是实现碳达峰碳中和战略目标的主战场，也是全方位推动社会主义现代化强国建设的重要支撑。近期，国家发展改革委、国家能源局编制印发了《“十四五”现代能源体系规划》，系统全面阐明了我国“十四五”能源发展方针、主要目标和任务举措。

国网能源研究院充分发挥智库平台作用，前期在国家部委组织下，开展了能源安全、煤电峰值、“十四五”电力规划、智慧能源、电力“双碳”路径等方面研究论证工作。结合前期成果，主要从能源安全、清洁转型、产业链现代化三个方面谈一谈对“十四五”及中长期构建现代能源体系的认识。

一、保障全方位能源安全是能源转型发展和构建现代能源体系的首要任务

能源安全是在总体国家安全观下涵盖能源资源安全、能源科技安全、供应链安全等在内的全方位安全。以总体国家安全视角审视能源生产、进出口、运输、消费全环节，这包括能源自给率应保持在较高水平，特别是油气等战略性能源资源对外依存度不宜过高，输送通道要进一步多元化以分散风险；还要高度重视新形势下战略性矿产资源对外依存度、网络安全、信息安全等新的安全风险，形成产业、科技、金融等多维度能源安全保障体系。随着电气化水平不断升高、可再生能源迅猛增长，需要突出发挥好电力工业基本依赖国内供应的战略优势。

以煤炭为主体的化石能源依然是保障我国能源安全的基石。我国石油、天然气资源相对匮乏，对外依存度较高。我国煤炭资源丰富，保障能源供应自主可控，必须立足我国能源以煤为基础、国内供应为主的基本国情，统筹协调发展和利用好各类能源，加快构建清洁低碳、安全高效的能源体系。

从电力行业看，“十四五”电力供应保障面临着一系列新挑战：一是新能源出力与负荷特性匹配度不高，在负荷高峰时段电力支撑能力不足。二是受碳减排约束、燃料价格居高不下等因素影响，煤电、气电等常规保障电源发展积极性不高。三是新能源占比快速提高情况下，长时段电力平衡问题更加凸显。四是极端天气频发给电力供需平衡带来新的挑战。

为实现电力安全可靠供应，必须立足我国能源资源禀赋，推动供需两侧多元化发展，走出一条符合我国国情的能源电力安全保供之路。一是统筹协调好全社会资源调配，从战略层面建立保障电力供需平衡的系统性机制；二是以科学规划为引领，加强能源电力应急储备体系建设，推动建立全社会应急体系和跨部门能源综合预测预警体系，提升区域统筹协调支援能力；三是推动供给侧电源多元化发展。常规电源特别是煤电仍将发挥基础支撑和兜底保障的重要作用，同时充分发挥煤、气、水、核、风、光、储等多能互补优势，构建多元化电源体系，更加清洁低碳满足中长期电力需求，保障电力供应的稳定性。四是需求侧推动终端用能形成多元化格局。充分发挥不同能源品种的互补特性，构建多元化终端用能体系，提高能源综合利用效率，降低主要靠单一能源品种满足需求带来的短缺风险。

二、能源清洁低碳转型重点在于构建多元化清洁能源供应体系，循序渐进推动化石能源清洁化利用

推动能源清洁低碳转型是一项长期复杂的系统性工程，以转型激进的德国为例，化石能源占一次能源消费的比重从 1965 年的 98.4% 下降到 2020 年的 75.7%，时间跨度长达 55 年。2020 年，我国能源消费总量为 49.8 亿吨标准煤，化石能源占一次能源消费的比重为 84.1%，化石能源消费规模巨大。我国未来较长时期仍处于工业化、城镇化快速发展的重要阶段，制造强国稳步推进，工业用能比重明显高于西方国家，人均用能增长尚有较大空间，经我们最新研究，预计能源消费峰值将达到 62 亿~66 亿吨标准煤。从未来保障能源供应的视角来看，既要考虑增量能源需求更多地以非化石能源来满足，又要在技术、市场、政策等方面采取综合举措，安全有序推动庞大的存量化石能源消费清洁化利用，平稳渐进过渡到存

量替代的阶段。

从电力系统角度看，需要在统筹平衡、各有侧重的前提下，明确各类型电源发展定位，实现协同发展。我国新能源发电资源潜力丰富，成本下降快，在替代化石能源过程中将发挥决定性作用。风电方面坚持陆海并重，完善海上风电产业链，鼓励建设海上风电基地。太阳能发电方面加快智能光伏产业创新升级和特色应用，推进光伏发电多元布局，积极发展太阳能光热发电。同时应认识到，新型电力系统建设单纯依赖新能源增长存在较大风险，要统筹各类电源协同发展，实现能源绿色低碳转型与灵活性调节资源补短板并重。积极开发水电，重点推进大型水电基地建设。安全高效发展核电，加快沿海核电建设。不失时机地加大灵活性资源开发力度，统筹抽水蓄能与新型储能发展。发展生物质发电等其他清洁能源，兼顾清洁电量供应与灵活性资源补短板。

煤电清洁化发展是电力系统兼顾低碳转型与保障供电的关键所在。煤电清洁化发展的重点在于深度脱碳，结合 CCUS 技术改造成为“近零脱碳机组”，煤电也将成为“清洁电力”，这是基于国情和确保能源安全所决定的。新能源与煤电等常规电源并非此消彼长的关系，而是多元协同、优势互补和相辅相成的关系。煤电将由主体电源逐步向基础保障性和系统调节性电源并重转型，同时逐步实现自身清洁化。

三、提升能源产业链现代化水平，积极发挥能源电力产业提供经济发展新动能的重要功能

现代能源体系下，能源产业特别是新型电力系统产业链，将以全新的价值形态、企业形态、空间形态和循环形态，为创造经济发展新空间，支撑、促进、引领经济发展方式和布局绿色升级提供持久动能。这要求增强能源电力科技创新能力，加强能源电力产业链竞争力和供应链稳定性，营造产业发展良性生态等。

能源产业链现代化高度依赖科技创新，必须超前谋划、统筹安排基础理论研究和关键技术装备研发。充分发挥新型举国体制优势，在新型电力系统等战略性、基础性、前瞻性领域集中力量联合攻关，系统构建技术创新体系，充分考虑关键技术的成熟度、竞争力、需求潜力和资源条件等要素，分领域、分阶段统筹发展。CCUS、氢能、小型堆等关键技术与装备对新型电力系统构建及能源转型至关重要，应提前布局，尽早实现商业化。

围绕能源电力产业链竞争力和供应链稳定性，补足能源电力行业短板。充分考虑产业链竞争力和供应链安全，按照战略自主原则，审慎选择新型电力系统产业的技术发展路线。提前做好风险排查，密切追踪战略性矿产资源、关键原材料情况，提升重大风险监测预警和防控能力，尽可能规避供应链脆弱、核心技术卡脖子等风险，同时做好专利布局，提高国际竞争力。我国已构建系统的特高压和智能电网“中国标准集群”，未来在新能源、能源互联网等领域亟待抓住机遇、补足相应产业链标准短板，推动电力科技创新形成新优势。

加强产业链治理能力，促进能源电力产业发展形成良性生态。推动形成能源电力产业链和产业集群协同管理、协同规划、协同运行、协同应急保障、协同资源匹配等管理制度；推

动产业链上下游协同开展关键战略性领域科技的科技创新和成果转化；充分发挥产业链枢纽和龙头企业的创新供给、组织带动和市场培育作用，增强电力产业链全环节赋能能力；加强产融结合，探索产业链金融、绿色金融等金融手段，助力能源转型与新型电力系统产业发展；继续迭代升级数字化技术，释放数字赋能产业链的巨大潜力。（张运洲）

雄心勃勃！英国发布新能源战略

科技日报 2022.4.18

近日，英国政府网站正式公布新的能源安全战略，旨在“促进长期能源独立、安全和繁荣”，为实现这一目标，英国计划生产更多“清洁”和“负担得起”的能源。

根据这份《英国能源安全战略》，未来英国将在核能、海上风电、氢能等可再生能源领域加大投资，力争到2030年，英国95%的电力将来源于低碳能源，此前英国政府设定的目标是在2035年之前使该领域“脱碳”。

据美国消费者新闻与商业频道网站近日报道，英国政府称其最新的能源安全战略“雄心勃勃”，但由于该战略也包含石油和天然气，引发了一些人的批评。

着力发展核能

根据该新能源战略，到2050年，英国的核能发电量将从现在的7吉瓦（1吉瓦=10亿瓦）增加到24吉瓦，满足英国四分之一电力需求。

另据英国媒体报道，为实现上述目标，英国政府将设立名为“大英核能”的新机构，以推动核能开发。此外，英国计划从明年起到2030年间每年批准建设一座、总计8座核反应堆，包括大型和小型模块化反应堆。小型模块化反应堆即比传统核反应堆更小的核裂变反应堆，但尚未被证明能够大规模商业化运作。英国政府还将启动其1.2亿英镑的“未来核能扶持基金”支持核能的发展。

由于新建核电站成本高昂、建设周期长（大型核电站可能需要10年才能建成），近年来，英国核能开发推进困难。批评者表示，不管目的是降低碳排放还是能源价格，建设核电站都难以及时满足。英国牛津大学环境变化研究所副教授莎拉·达比博士表示：“任何核项目都很昂贵，建造时间长，且经常超出预算，还会留下我们仍然不知道如何处理的核废物。”

不过英国核工业协会对这一新能源战略表示欢迎，称这一计划可以助力英国最终实现减排目标并创造数以千计的就业岗位。

英国皇家学会副主席、牛津大学化学家彼得·布鲁斯教授则建议英国可以用一种“更聪明”的方式使用核能。目前产生的核能中，有65%作为废热而白白损失，可以利用其生产“绿氢”等。所谓“绿氢”指的是利用太阳能、风能等可再生能源发电，再用这些电来电解水生成氢，整个过程不产生二氧化碳，因此被视为实现碳中和的最佳方式。

海上风电受关注

英国媒体报道称，除核能，英国政府的新能源计划还包括增加海上风电、氢能和太阳能生产。

其中海上风电是新战略中的重点。根据该计划，到 2030 年，英国海上风电装机容量将从目前的 40 吉瓦提高到 50 吉瓦。英国政府在其新闻稿中称，这将“足以为英国每家每户提供电力”。

这 50 吉瓦中，英国政府希望“其中 5 吉瓦以上来自漂浮式风电场”。目前，世界上首座漂浮式风电场位于苏格兰，已于 2017 年正式向苏格兰电网供电，足够为 2 万户家庭提供电力。相比传统海上风电场，运用浮动的方法可允许涡轮机安装在更深的水域。位于苏格兰的风力发电场最水深深达 129 米，而传统的固定在海底的风力发电场一般深度为 50 米。

为实现上述目标，英国政府计划为海上风电建立“一条符合质量标准的快速审批途径”，将新的海上风电场的审批时间从 4 年缩短至 1 年。

非政府间环保组织地球之友的能源活动人士丹尼·格罗斯指出，虽然加速开发海上风电“很受欢迎”，但英国必须“更进一步，充分利用英国巨大的陆上风电资源”。

英国政府还希望，到 2030 年“低碳”氢能发电装机容量能达到 10 吉瓦，其中至少一半来自于“绿氢”。此外，到 2035 年，太阳能装机容量将从目前的 14 吉瓦增加到 70 吉瓦。英国太阳能产业协会对此表示欢迎，认为如果实现这一目标，届时英国太阳能行业可容纳 6 万个就业岗位。

支持石油引批评

英国新能源战略在支持可再生能源开发的同时，也不忘拥抱传统能源。英国政府表示，其战略将“在近期内支持国内石油和天然气的生产”，将授权能源企业进一步开发北海石油和天然气田，以便在“较短期内平抑价格”，许可证的发放工作将于今年秋天启动。

英国商业和能源大臣夸西·夸滕说：“一个简单的事实是，我们在国内生产的能源越便宜、越清洁，我们就越不容易受到我们无法控制的全球市场设定的化石燃料价格的影响。扩大廉价可再生能源和新核能的规模，同时最大限度地提高北海石油和天然气的产量，是确保我们未来几年实现能源独立的最佳和唯一途径。”

尽管夸滕对该新战略及其前景持乐观态度，但该计划也引发了一些批评。

格罗斯说：“这是一种失败的策略，因为它没有做最明显的事情来减少能源需求，保护家庭免受价格上涨的影响。深入挖掘英国的可再生能源宝藏而不是化石燃料，是满足能源需求的最可靠途径。”

气候变化智库 E3G 的项目负责人丽莎·菲舍尔认为，北海的未来在于可再生能源，而不是石油和天然气。她说：“推动海上风电很好，但同时拥抱石油和天然气将拖慢英国向可负担得起的清洁能源迈进的步伐。”

在《英国能源安全战略》发布的同时，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）也发布了一份最新报告。IPCC 还在一份新闻稿中表示：“限制全球变暖需要能源部门进行重大

转型。这将涉及大幅减少化石燃料的使用、广泛地电气化、提高能源效率，以及使用替代燃料（如氢能等）。”

国际可再生能源署发布的《2022 年世界能源转型展望》认为，如果要将全球变暖控制在 1.5°C 以下，则 2030 年前全球每年需新增 800 吉瓦可再生能源。

国际能源机构今年 3 月发布报告称，2021 年与能源相关的二氧化碳的排放量上升了 6%，达到了 363 亿吨的历史最高纪录。（刘霞）

德国立法锁定 2035 年实现全绿电

中国电力报 2022.4.13

据 4 月 6 日德新社消息，德国联邦政府内阁通过了旨在摆脱化石燃料、加速清洁能源发展的一系列立法草案，集中提出了对多项能源法案的修订建议，并且设立了两阶段目标：2030 年实现 80% 的可再生能源供电，2035 年争取实现 100% 可再生能源供电。

立法草案还对各可再生电源发展目标进行了细致规划，主要包括光伏、生物质和风能。

这一系列立法草案已提交德国联邦议会，并进入相应的立法程序。

一份“加倍紧迫”的法案

德国政府在立法草案中明确提出，“可再生能源的使用，符合公共利益且服务于国家安全。”

在此宗旨下，立法草案对《可再生能源法》进行了修改。据悉，德国《可再生能源法》于 2000 年出台，经历了 6 次修订。2012 年版法案首次吸收了可再生能源电力的长期目标，提出 2050 年实现 80% 可再生能源供电。法案最新一次修订在 2021 年，提出所有电力行业和终端用电到 2050 年实现碳中和，并进一步增加各类可再生能源电力的装机。

德国副总理兼经济与气候行动部长罗伯特·哈贝克表示，在气候危机和俄乌冲突的双重背景下，这一法案“加倍紧迫”。他指出：“近期的一些事件表明，摆脱化石燃料并持续发展可再生能源至关重要。”

气候能源智库 Ember 的欧洲负责人查尔斯·摩尔这样评价德国新立法草案：“这对全球应对气候变化的努力和国际能源政治来说是一个重要时刻。德国的行动证明一个发达经济体可以迅速切断电力系统对化石燃料的依赖。更多的国家加入在 2035 年实现 100% 清洁电力的行列只是时间问题，这也证明净零承诺可以做到言出必行。”

国际可再生能源署知识、政策与融资中心主任拉比亚·费鲁基提醒德国应注意在这一过程中的人才培养问题：“德国是为能源部门低碳转型设定了雄心勃勃的技术目标的几个主要经济体之一。然而，除了从技术角度出发处理能源转型问题，还需要采取必要的措施和政策来加速培养相关人才。到 2030 年，可再生能源行业将需要约 3800 万人。为使人力需求与人才技能相匹配，综合考量能源转型、劳动力需求和教育发展的互动至关重要。”

光伏和生物质领域的新目标

目前，德国可再生能源发电占总发电量的 42% 左右，海上及陆上风电、光伏和生物质能是德国最主要的可再生能源电力来源。为在 2030 年实现 80% 可再生能源供电，此次的立法草案明确了具体的装机目标：到 2030 年，太阳能装机达 2150 万千瓦，陆上风电装机总量达 1150 万千瓦，海上风电装机总量达 300 万千瓦。

在光伏领域，立法草案要求调整光伏发电发展路径、目标和装机量，逐步达到每年新增装机 220 万千瓦；在新增的光伏装机中，屋顶光伏和地面光伏应各占一半，并向并网的私营和公有光伏电力供应商提供补贴。为提高参与方的多样性以及本土居民对风能和太阳能项目的接受度，与欧盟的规定一致，德国本土能源公司将在 5 年内免除公开招标程序。

在生物质能领域，立法草案支持高度灵活的调峰电厂使用生物质能发电，发挥生物质能作为可储存能源的优势，服务电力系统整体发展。同时，立法草案计划从 2023 年起，生物质能发电招标量将逐渐减少，生物甲烷发电招标量将增加到每年 60 万千瓦。未来，生物甲烷将仅用于高度灵活的调峰电厂。此外，有限的生物质资源未来将更多用于脱碳难度较高的领域，如运输业和工业。

鼓励更多资本进入风能领域

风能是本次立法草案的一个亮点。立法草案对德国风能的发展细分为海上、陆上两部分进行了详细规划，不仅设立了装机目标，还涉及相关优惠政策，以鼓励资本进入。海上风电装机增长分 3 步走：2030 年至少达到 300 万千瓦，2035 年至少达到 400 万千瓦，2045 年至少达到 700 万千瓦。陆上风电则计划保持平稳速度增长，调整陆地风力发电发展路径、目标和装机量，逐步达到每年新增装机 100 万千瓦。

为降低海上风电融资成本，法案建议在已完成集中预调查的区域降低招标价值，帮助投标人申请为期 20 年的差价合同（Contract for Difference），同时在市场价格高涨时避免运营商超额收益。在未完成集中预调查的地区也要开展招标，但将以定性标准和投标方报价为准。定性标准包括风机发电量、签署购电协议（PPA）、与自然保护与生物多样性保护兼容性、风机叶片可回收性四部分。同时立法草案明确，投标付款收入（bid payments）的 70% 将用于海上风电电网征税，20% 用于自然保护，10% 用于环境友好型渔业。

为支持陆上风电发展，立法草案为每个联邦州分配 2% 的土地用于安装风电装机，目前各州这类用地占比平均约为 0.8%。考虑到此前用地冲突阻碍了陆地风电装机的增加，本次立法草案规定，风电装机可以在最低级别的保护区内或无线电导航装置及气象雷达设施附近安装。

全球风能协会 CEO 本·巴克维尔表示：“德国的新政策表明，风能和可再生能源是通往更安全、更有韧性的能源系统的渠道。德国政府表示将落实融资，让对陆上和海上风能投资的强大激励延续到 2045 年，同时将简化许可程序，以确保项目的快速开发和部署。风能作为保护能源消费者和支持可持续增长的手段，在保障公共利益中发挥着越来越大的作用。”

（于琳娜）

“十四五” 能源发展的挑战与对策

中国电力报 2022.4.20

当前，碳达峰碳中和目标对能源转型发展提出了新要求，能源安全在经济社会发展全局中的重要性日益凸显，“十四五”能源发展面临诸多新挑战。《“十四五”现代能源体系规划》（以下简称《规划》）立足新发展阶段，把握新发展形势，对今后一段时期能源发展作了具体部署。结合对《规划》的学习领会，“十四五”能源发展形势和任务可概括为“八大挑战与对策”。

碳中和对能源创新发展带来的挑战与对策。

目前，130 多个国家和地区提出了温室气体净零排放或实现碳中和的目标，但具体如何实现，还没有可行的系统性解决方案。要实现碳中和，必须要在绿色低碳领域取得颠覆性重大技术突破，这对能源创新发展提出了巨大挑战。

《规划》坚持把创新作为引领发展的第一动力，瞄准“双碳”目标，部署了一系列科技创新任务，强化储能、氢能、碳捕集利用与封存、天然气水合物等前沿科技攻关，巩固我国在非化石能源开发利用方面的优势，提高化石能源清洁高效利用技术水平，完善能源科技和产业创新体系，实施科技创新示范工程等。

化石能源消费增长给碳达峰带来的挑战与对策。

能源领域碳排放量与化石能源消费量密切相关。根据需求预测，“十四五”全国油气消费还将保持较快增长，遏制煤炭消费增长势头也存在很大困难。“十四五”是碳达峰的关键期、窗口期，如何在保障能源供应稳定的前提下有效控制化石能源消费，是“十四五”面临的重大挑战之一。

《规划》坚持先立后破，一方面大力发展非化石能源，实施可再生能源替代行动；另一方面坚决遏制高耗能高排放低水平项目盲目发展，严格合理控制煤炭消费增长，优化天然气使用方向，推进炼化产业转型升级。通过化石能源与非化石能源“此消彼长”，实现安全供应和低碳转型统筹推进。

油气对外依存度攀升对能源安全的挑战与对策。

我国油气资源比较匮乏，石油、天然气对外依存度已达到 70%、40% 以上，“十四五”时期随着油气消费量增长，对外依存度将继续攀升。当前及今后一段时期，油气都是我国能源安全的主要短板。

《规划》坚持“立足国内、补齐短板、多元保障、强化储备”，重点从以下几方面提升油气安全保障能力。一是加大国内油气勘探开发力度，推动油气增储上产。二是完善油气储备体系，加强安全战略技术储备。三是推进石油消费替代。四是增强进口多元化和安全保障能力，分散安全风险。

需求季节性波动对能源供应保障的挑战与对策。

“十三五”时期，我国能源供需总体宽松，但电力、煤炭、天然气均出现了区域性时段性供应紧张的情况，主要原因是迎峰度夏期间制冷和度冬期间采暖需求陡增，供应能力难以满足尖峰负荷需要。如何保障季节性尖峰负荷和极端天气下的能源供应安全，是全球共同面临的难题。

《规划》兼顾系统安全性和经济性，在合理安排产能建设规模的基础上，一是全面加强能源储备能力建设，除油气储备外，还要建立健全煤炭储备体系；二是挖掘需求侧调节潜力，增加用能需求弹性；三是强化底线思维，针对可能出现的极端情况，制定应急预案，提高应急安全管控和事故恢复能力。

新能源快速发展对电力系统带来的挑战与对策。

随着碳达峰碳中和目标的提出，新能源发展将进一步提速。风电和光伏发电具有随机性和波动性的特点，出力基本不可控，电力电子设备应用广泛，供需实时平衡和安全稳定运行的难度大幅增加，对电力系统规划、设计、运行提出了巨大挑战。

为适应和保障新能源快速高质量发展，《规划》把构建新型电力系统作为一项重要任务，从源、网、荷、储4个方面提出了具体举措。在电源侧，推进煤电灵活性改造和调峰电源建设，提高电源灵活调节能力。在电网侧，创新电网结构形态和运行模式。在负荷侧，大力提升电力负荷弹性，促进供需双向互动。在储能侧，积极发展多种技术路线多种应用场景的新型储能，为新能源发展提供支撑。

系统日益庞大复杂给优化运行带来的挑战与对策。

我国能源系统规模庞大而且还在不断增加。随着风电和太阳能发电、储能、氢能、电动汽车等发展壮大，能源系统运行特性更加复杂，系统安全高效优化运行的难度和挑战日益增加，传统管理运行模式已不能满足能源体系转型升级的需要。

《规划》把加快能源产业数字化智能化升级作为推动系统优化的重要手段，一是推动能源基础设施数字化，提高能源系统灵活感知和高效生产运行能力，实现智能调控管理；二是建设智慧能源平台和数据中心，发挥能源大数据在行业管理和社会治理中的服务支撑作用；三是实施一批智慧能源示范工程，探索可复制可推广的发展模式。

人民美好生活需要对共享发展带来的挑战与对策。

近年来，我国能源民生服务水平不断提高，人民美好生活对能源发展的要求也在不断增加，比如对电动汽车充电设施便捷性的要求、对冬季经济清洁取暖的要求等，人民群众在能源发展中的获得感还有待增强。

《规划》坚持民生优先、共享发展的原则。一是着力提高能源普遍服务水平，推动城乡供能基础设施均衡发展。二是提高人民生活用能清洁化水平，提高供电可靠性，强化居民用气保障力度，持续推进北方地区冬季清洁取暖，推动农村用能清洁化替代。三是提高能源发展共享水平，积极发展分布式新能源，推动形成新能源富民产业。

能源绿色低碳转型对体制机制带来的挑战与对策。

近年来，我国能源体制机制改革取得了一定成效，但仍不能充分适应能源转型变革的需要。为实现“双碳”目标，今后能源转型步伐将进一步加快，如何破解体制机制障碍，为能源绿色低碳发展保驾护航，是“十四五”迫切需要解决的问题。

《规划》坚持深化改革，充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，更好发挥政府作用，明确了完善能源体制机制的方向。重点在促进能源绿色低碳转型方面，提出了完善市场体系，深化价格机制改革，创新有利于非化石能源发电消纳的电力调度和交易机制，引导支持储能设施、需求侧资源参与电力市场交易，通过市场化方式拓展新能源消纳空间。

碳达峰碳中和“1 + N”政策体系和《“十四五”现代能源体系规划》对未来能源发展和转型路径作了系统性部署。目标任务已经明确，但困难前所未有的，只有找准问题、直面挑战、脚踏实地、下狠功夫，才能真正推动现代能源体系建设不断取得新成效。（电规总院供稿）

国家能源局发布 1~3 月全国电力工业统计数据

全国发电装机容量约 24.0 亿千瓦

中国电力报 2022.4.21

本报讯 4 月 20 日，国家能源局发布 1~3 月全国电力工业统计数据。截至 3 月底，全国发电装机容量约 24.0 亿千瓦，同比增长 7.8%。其中，风电装机容量约 3.4 亿千瓦，同比增长 17.4%；太阳能发电装机容量约 3.2 亿千瓦，同比增长 22.9%。

1~3 月，全国发电设备累计平均利用 899 小时，比上年同期减少 18 小时。其中，核电 1847 小时，比上年同期增加 30 小时；风电 555 小时，比上年同期减少 65 小时。

1~3 月，全国主要发电企业电源工程完成投资 814 亿元，同比增长 2.5%。其中，太阳能发电 188 亿元，同比增长 181%。电网工程完成投资 621 亿元，同比增长 15.1%。

全国电力工业统计数据一览表

指标名称	单位	3 月	同比增长 (%)	1~3 月累计	同比增长 (%)
全国全社会用电量	亿千瓦时	6944	3.5	20423	5.0
其中：第一产业用电量	亿千瓦时	78	12.3	241	12.6
第二产业用电量	亿千瓦时	4790	2.3	13214	3.0
工业用电量	亿千瓦时	4713	2.1	12980	3.1
第三产业用电量	亿千瓦时	1063	4.0	3551	6.2
城乡居民生活用电量	亿千瓦时	1013	8.8	3417	11.8
全国发电装机容量	万千瓦	-	-	240367	7.8
其中：水电	万千瓦	-	-	39427	6.2
火电	万千瓦	-	-	129872	3.0
核电	万千瓦	-	-	5443	6.6
风电	万千瓦	-	-	33652	17.4

太阳能发电	万千瓦			31855	22.9
全国供电煤耗率	克/千瓦时	-	-	219.2	-3.2★
全国供热量	万百万千焦	-	-	218279	2.0
全国供热耗用原煤	万吨	-	-	13407	3.7
全国供电量	亿千瓦时	-	-	17466	5.7
全国发电设备累计平均利用小时	小时	-	-	899	-18★
其中：水电	小时	-	-	636	36★
火电	小时	-	-	1115	-2★
核电	小时	-	-	1847	30★
风电	小时	-	-	555	-65★
太阳能发电	小时			300	持平
全国发电累计厂用电率	%	-	-	4.5	-0.05▲
其中：水电	%	-	-	0.3	-0.04▲
火电	%	-	-	5.5	-0.02▲
电源工程投资完成	亿元	-	-	814	2.5
其中：水电	亿元	-	-	182	-25.6
火电	亿元	-	-	122	51.9
核电	亿元	-	-	105	36.0
风电	亿元	-	-	216	-33.5
太阳能发电	亿元	-	-	188	181.0
电网工程投资完成	亿元	-	-	621	15.1
新增发电装机容量	万千瓦	-	-	3175	824★
其中：水电	万千瓦	-	-	343	234★
火电	万千瓦	-	-	581	-479★
核电	万千瓦	-	-	116	1★
风电	万千瓦	-	-	790	265★
太阳能发电	万千瓦			1321	788★
新增220千伏及以上变电设备容量	万千伏安	-	-	5941	175★
新增220千伏及以上输电线路长度	千米	-	-	7417	-1301★

注：1. 全社会用电量为全口径数据，全国供电量为调度口径数据。

2. “同比”列中，标★的指标为绝对值；标▲的指标为百分点。

青海：多能源电力系统相关技术获突破

科技日报 2022.4.26

科技日报讯（记者张蕴 通讯员傅国斌 张静）4月22日，记者获悉，“多能源电力系统互补协调调度与控制”项目通过国家工业和信息化产业发展促进中心综合绩效评价。此举

标志着青海电网在多能源电力系统互补协调调度与控制关键技术方面取得重大突破，对促进青海乃至我国新能源发电产业的健康可持续发展、建设新型电力系统、实现“双碳”目标具有重要意义。

国家重点研发计划“智能电网技术与装备”重点专项“多能源电力系统互补协调调度与控制”项目由国网青海省电力公司牵头，3家省级电网公司、2家科研型企业、9所国内知名高校和2家发电企业共同组成了科研团队。国网青海省电力公司电力科学研究院项目负责人介绍，该项目历时5年，产学研用联合攻关，科研团队揭示了多种异质能源的多时空变化规律，为多能源电力系统规划中的可靠性量化评估提供了依据，解决了随机优化调度方法工程实用性难题，构建了多能源电力系统调度运行与风险防控一体化构架，提升了可再生能源消纳能力。

截至目前，青海电网可再生能源占比已达六成以上，给电网协调控制带来了极大的挑战。为此，2017年以来，国网青海省电力公司对大规模新能源并网电网开展了整体消纳能力和灵活性评估，综合研究了风、光、水、火及储能等多种类型电源的最优布局，以及多能源机组优化调度和新能源场站最大化发电的情况，在青海电网、新疆电网示范应用了“新能源发电年/月电量优化调度软件”“新能源发电日前/日内随机优化调度系统”以及“多能源电力系统互补协调调度系统”等成果，实现了最大化消纳新能源的同时有效降低调度决策风险，提高了调度决策的安全性、可靠性，为青海可再生能源实现跨越式发展提供了理论依据和技术支撑，对贯彻国家能源战略、保障国家能源安全具有重要意义。

去年全球可再生能源装机量维持高速增长

中国能源报 2022.4.25

本报讯 日前，国际可再生能源署（IRENA）发布《可再生能源容量统计 2022》报告指出，2021年，全球可再生能源装机维持了高速增长的态势，截至去年末，全球可再生能源累计装机已经达到30.64亿千瓦，同比涨幅高达9.1%。

报告统计显示，在全球可再生能源发电装机中，水电装机占比最大，累计总装机量达到了12.3亿千瓦。不过，从新增装机情况来看，风电和光伏占据了去年的主导地位。数据显示，去年，风光发电装机占可再生能源新增装机的81%以上，截至2021年末，光伏累计装机同比上涨了19%，风电累计装机涨幅也达到了13%。

值得注意的是，2021年，全球可再生能源新增装机约有60%都位于亚洲国家，数据显示，去年，亚洲可再生能源累计装机突破10亿千瓦，创下历史新高。

另外，去年，欧洲和北美地区可再生能源新增装机分别为3900万千瓦和3800万千瓦。相较之下，非洲、中美洲等地区可再生能源新增装机速度则相对较慢，低于全球平均水平。为此，IRENA呼吁，应加强这些区域与其他国家的合作，以优化当地电力市场，并推动可再生能源发展。

IRENA 总干事 Francesco la Camera 表示，去年，全球范围内可再生能源电力的持续增长，表明该领域具有很强的适应能力，但他同时强调，尽管可再生能源发展势头良好，但目前的能源转型速度仍不足以达成气候目标，未来应进一步推动可再生能源快速发展。（李丽旻）

发展清洁能源技术，17 种矿产必不可少

中国自然资源报 2022.4.28

全球要实现碳排放目标，需要能源结构向清洁能源转型。一要削减煤炭、石油、天然气等高化石能源发电；二要大规模发展并利用低碳清洁能源技术。

世界银行 2020 年发布的《矿产促进气候行动：清洁能源转型的矿产强度》报告认为，雄心勃勃的气候行动将带来对矿产的大量需求。至 2050 年，全球需要消耗 30 多亿吨新能源矿物和金属；有 17 种矿产必不可少，包括锂、钴、天然石墨、铝、铁（钢铁）、铜、镍、铬、铝、镁、铅、钒、钢、钛、银、钛和锌。

清洁能源技术主要包括风力涡轮机发电、太阳能光伏或聚光发电、电动汽车电池、电网储能、地热能、核能、碳捕获与储存，以及煤炭、天然气的清洁利用等。按照在清洁能源技术领域中的应用范围和供需影响程度，这 17 种矿产可划分为 4 类。

第一类为高影响力矿产，包括锂、钴和石墨等 3 种，主要用于锂离子电池技术，目前基本没有替代品，其供需对未来影响巨大。

锂、钴主要用于电池正极材料，石墨用于电池负极材料。据中国地质调查局全球矿产资源战略研究中心公布的数据显示，锂、钴为中国紧缺矿种，对外依存度分别超过 60% 和 95%；石墨主要指天然晶质石墨，其性能非人造石墨可比，是中国的优势矿种。

第二类为高影响力并广泛应用于多种清洁能源技术的矿产，包括铝和铁（钢铁）。

其中，87% 的铝应用于光伏发电，9.7% 应用于风能，其余应用于水电、核能和储能。铁为金属之王，钢铁可应用于各技术领域。全球铝土矿资源估计在 550 亿 ~ 750 亿吨之间；铁矿石资源量超过 8000 亿吨，其中含 2300 亿吨以上的金属铁；同时，金属铝、铁还可以回收一部分使用。这两种矿产均足以满足未来世界需求，但中国对铁矿石和铝土矿需求巨大，对外依存度分别超过 80% 和 50%。

第三类为广泛应用的矿产，包括铜、锦、铬、铝、镁、铅等 6 种，具有稳定的需求条件，对清洁能源技术影响力中等。

其中，铜的应用范围最广，应用于全部清洁能源技术中。锦是合金之王，应用于除聚光太阳能之外的所有清洁能源技术。铬应用于除聚光和光伏太阳能之外的其他技术。

铝的 47.3%、47.1% 分别应用于风能和地热能，其余应用于核能、光伏发电、水电以及储能。镁应用于除太阳能和核能之外的其他技术。铅应用于风能、光伏、水电、储能和核能。铜、锦、铬为中国紧缺矿种，铝、镁、铅为中国优势矿种。

第四类为中等影响力的矿产，包括钒、钢、铁、银、钛和锌等 6 种，其应用范围中等，

需求适度，资源储量充足。

钒应用于全钒液流电池，在电网中能存储上亿瓦时的能量，被视为巨型储能金属。钢主要应用于第三代太阳能电池—铜钢嫁砷化物薄膜太阳能电池，其余应用于核能。用铁制造的高强度铁磁铁，用于混合动力汽车和风力发动机的发电机。大部分银应用于太阳能光伏发电系统中，主要用于晶体硅，少量银需求与聚光太阳能、核能有关。钛的 64% 将应用于地热技术，在碳存储和煤炭清洁利用中占 34%。锌需求来自风能，主要用于保护风力涡轮机免受腐蚀，其余少量用于能源存储与光伏发电。上述 6 种矿产的需求增量在全球范围和中国都有保障。

或许有人担心，开发利用这么多种矿产资源，会不会伴随更多的碳排放呢？世界银行专家对这 17 种矿产的碳排放规模进行了评估后认为，它们的碳足迹极少，从其开采到产品出厂，所产生温室气体排放量仅占化石燃料的 6%。因此，这些矿产是能源结构向清洁能源转型的可靠保障。（李效广 徐方）

二、热能、储能、动力工程

我科研人员开发高压电解液构筑高能量密度锂电池体系

科技日报 2022.4.1

3月31日，记者从中国科学院青岛生物能源与过程研究所获悉，该研究所先进储能材料与技术研究组在武建飞研究员的带领下，近期在高电压电解液体系开发应用方面取得关键性进展，相关研究成果近日发表于国际期刊《化学工程杂志》。

据介绍，当前锂离子电池由于其出色的电化学性能已经广泛应用于电动汽车，正极材料是影响锂离子电池性能的关键因素之一，使用高比能正极材料（如 NCM811）以及提高电池工作电压（ $>4.2V$ ）是获得更高能量密度的最有效途径。然而，传统的碳酸酯基电解液无法适配高压电池体系，同时三元正极材料在高电压下发生各种副反应，最终导致体系劣化、容量衰减。

记者了解到，该研究团队开发了一种新型的高压氟化电解液体系，将 NCM811 正极材料的工作电压从 4.2V 突破性地提高到 4.6V，拓展了三元体系的使用上限和应用范围，解决了两个重要问题：极大提高了高镍三元正极体系的比容量和工作电压，抑制 NCM811 正极在高电压下的结构相变、过渡金属离子溶出以及二次粒子的开裂，降低了极化，从而提高体系的能量密度和循环性能。构建了稳定的 CEI 和 SEI，实现高负载量高镍三元体系电池在高电压下的可逆稳定循环。

武建飞介绍，通过密度泛函理论（DFT）计算系统阐述了该高压电池体系性能提升的原因。氟取代基（-F）具有很强的吸电子作用，降低了溶剂的最高被占据分子轨道（HOMO），从而提高了电解液的氧化电位。通过在正极表面形成了薄而均匀的富 B 和富 F 的无机电解质界面，减少了二次粒子的开裂从而缩小正极和电解液之间的接触面积，极大地抑制

了电接触不良、副反应以及过渡金属离子溶出，从而突破了高镍三元正极在高电压下容量衰减严重等障碍，为设计开发高能量密度锂离子电池提供了新的思路和途径。（王健高 刘佳高雪）

大规模电化学储能方案过审

中国电力报 2022.4.15

本报讯（通讯员 王国栋 王猛）报道 近日，国网青海省电力公司研究形成的《青海省“十四五”电化学储能统一规划建设工作方案》通过专家组评审。该方案将为青海省乃至我国电化学储能大规模发展提供重要借鉴。

作为新能源大省，“十二五”以来，青海电网新能源装机增速显著，成为全国清洁能源、新能源装机占比最高的省域电网。与此同时，电网消纳空间受限，“双高”电力系统安全稳定压力持续加大等问题随之而来。加快储能设施建设是提升电力系统调节能力、促进新能源消纳的有效举措。预计“十四五”期间，青海省集中统一新建电化学储能规模将达648万千瓦，届时，电化学储能总规模将达到704万千瓦，位居全国前列。

为有效推进电化学储能产业大规模高质量发展，青海电力围绕“双碳”目标落地，发挥电网设施高质量、标准化建设的技术、管理和经验优势，经过深入研究和科学论证，提出了“四统一”发展模式，即由省能源局主导，青海电力按照“统一规划、统一建设、统一调度、统一运营”的模式加快推进青海省电化学储能建设。

青海电力发展部副主任刘庆彪介绍，“四统一”模式是根据电力系统总体需求进行全网优化储能布局，集中管控建设质量，精准实施充放电，实现储能效益最大化。该模式将极大程度提升新能源企业经营效益，解决青海省新能源快速增长带来的电压支撑和转动惯量不足、电网安全隐患突出、可调节电源不足、新能源消纳困难等问题，对保供电、保消纳、保安全，推动国家清洁能源示范省建设，实现“双碳”目标具有重要意义。

高效利用弱磁能新型收集器助物联网传感器“自发电”

科技日报 2022.4.6

这种新型弱磁能收集器结构，可使物联网传感器免于更换、维修电池等种种人工繁琐操作，实现弱磁条件下的“自发电”，其输出功率比传统磁能收集结构提高约120%。

我国“双碳”战略倡导绿色、环保、低碳的生活方式，这有赖于绿色能源技术的不断发展创新。在我国大力发展可再生能源的当下，磁能等现实环境中微能源的回收再利用引起众多研究者的关注。

哈尔滨工程大学水声工程学院与创新发展基地“海洋磁传感器和探测”团队青年教师、副教授储昭强研究设计了一种新型弱磁能收集器结构，可使物联网传感器免于更换、维修电池等种种人工繁琐操作，实现弱磁条件下的“自发电”，其输出功率比传统磁能收集结构提

高约 120%。近日，该研究学术论文“两端夹持磁—力—电俘能器件中显著增强的弱磁能量回收性能”在能源材料领域国际著名期刊《先进能源材料》在线发表。

回收再利用环境中的微能源

“万物互联”是打造智能世界的一个重要引擎，也催生了物联网技术的快速发展。目前，发展物联网的一大挑战是寻找传感通信节点的自供能技术，以支持大规模、分布式传感网络的构建。

针对这一技术挑战，我国多个领域都在积极筹划以图破解之道。2021 年国家重点研发计划“智能传感器”重点专项针对人体多参量生物传感器在无线场景下自供能入网难题，提出研究从人体获取能量的自供能技术；2022 年国家重点研发计划“智能传感器”重点专项针对配用电网络状态感知分布式传感器的供能入网难题，提出了磁电耦合自供能磁场敏感元件及传感器的项目指南；2022 年国家自然科学基金也将攻关航天用微型压电振动俘能技术纳入指南范围。

可以说发展分布式能源获取技术，实现环境中微能源的回收再利用具有重要价值，也是响应国家节能减排战略，助力碳达峰的有效举措。

对于环境微能源的回收利用，在振动能、辐射能和近场电磁能等众多可收集能源中，电力电缆、工业机械和家用电器等产生的杂散磁能由于其频率固定和分布广泛，比风能等低频能量获取效率更高，一直受到研究人员的关注。特别是在建设智能电网的背景下，对输电线路状态参数的在线监测与故障诊断迫切需要从架空电缆中俘获能量而构建可持续的自供能传感网络。

就如小说《三体》中描绘的那个美丽新世界，杯子无需电源、电池，可以自加热，空中的飞车也不用电池，却能不停地飞，永远也不会没有电，都是由于电源用微波或其他形式的电磁震荡来发电而形成的无线供电场。这种技术其实就是目前用于手机无线充电的技术。最初，人们也把目光投向了这种传统线圈式感应取电装置。但是这种技术有着体积大、安装不便和难以耐受短时大电流冲击等突出问题。

因而，人们开始研究一种由磁能转化为机械能再转化为电能（MME）的俘能装置，这一技术有望成为下一代低频磁场能量收集的新选择。

储昭强介绍，这种新型俘能器件是利用磁扭矩效应以及磁滞伸缩效应，再利用压电效应实现机械能与电能之间的转换，其优势在于无需线圈式感应取电装置所需的闭合磁路，且可以实现更高效率的能量转换和对强电流脉冲的更高耐受度。

适用于低场能量收集的新方法

储昭强从 2016 年开始接触振动和磁场的能量收集技术。从 2016 年到 2021 年，一直致力于基于传统悬臂梁式谐振结构的材料和器件方面的研究。这是一种一端固定而另一端自由，且在自由端附加质量块（磁铁）的能量收集器结构。这种结构由自由端磁性质量块提供驱动扭矩，同时贡献了超过 90% 的等效质量。在这种情况下，如果要维持谐振器 50 赫兹

(Hz) 的谐振频率不变, 则难以单纯通过增加自由端磁铁的质量来增强磁—力耦合性能。也正是这个原因, 目前大多数研究的悬臂梁式磁—机—电器件仅局限于对强磁场, 即大于 5 奥斯特 (Oe) 磁场的能量收集。世界卫生组织指出公众可接触的 50/60Hz 交变磁场安全阈值为 10e, 而且环境中杂散磁场的大小一般也低于此参考值。因此也有必要探索适应于低场能量收集的新原理和新方法。

基于“磁—机—电俘能器件如何降低自由端磁性质量块的等效质量”这一思考, 储昭强大胆创新, 提出了一种两端夹持梁的设计思路。这种设计使磁—机—电俘能器件的两端都固定起来, 采用一种二阶振动模式, 降低了中心磁性质量块的动能, 从而减小了其对谐振系统等效质量的贡献, 在增加磁铁体积的情况下大大提升了系统在 50Hz 弱场条件下的输出性能。

实验表明, 在弱磁环境的相同激励条件下, 该能量收集器在同等单位时间内可输出的电能是传统悬臂梁式结构的 2 倍多, 完全可以使没有安装电池的传感器正常工作并与手机终端进行通信连接。

储昭强表示: “在科研工作中, 起到关键作用的往往就是一个小小的, 甚至不起眼的设计方法。但是这个方法的来源一定是基于长期的研究和思考。”

未来或用于水下小型仿生平台

“目前, 这种对于磁场的能量收集技术在应用上还有一定的局限性, 科学总是解决了一个问题就会带来很多新问题的过程。”储昭强向科技日报记者表示, 未来, 他将主要考虑进一步优化两端夹持磁—机—电俘能器件在材料方面、几何方面的参数设计, 进一步实现增加适应的磁场变化范围和微型化的集成, 为研制自供能磁场敏感元件, 电网输变电智能感知与配用电网络拓扑关系识别等应用提供关键技术。

储昭强同时表示, 团队将结合哈尔滨工程大学船海科研特色优势, 深入研究水下小型仿生平台如水下机器鱼、无人水下航行器等基于超声和磁场的无线供能技术, 这不仅能解决小型仿生平台等能源“取”的问题, 同时解决能源“供”的问题。

储昭强所在的哈尔滨工程大学水声学院与创新发展基地“海洋磁传感器和探测”团队于 2017 年成立并不断发展壮大, 团队瞄准水下目标多传感探测的基础理论、关键技术和工程应用, 全面开展了基础磁材料、磁传感器研制、水下信息感知和处理等技术研究。

国内首次无储能支撑新能源电压源机组运行

中国电力报工程周刊 2022.4.12

本报讯 (通讯员 彭一苇 胡畔 甘依依) 报道 近日, 国网湖北省电力有限公司电力科学研究院在广水成功实现多机并联及电压源带电试运行 1 个月, 标志着构网型新能源机组技术取得突破, 首次在国内实现无储能支撑新能源电压源机组运行。

自 2021 年起, 该院攻关构网型新能源机组“自同步电压源控制技术”, 提升已投运新

能源机组改造、运维效率，降低投资成本。研究团队实现了在不增加储能硬件投资下对新能源机组的电压源控制，使其具备了同步电源的控制特性，并在广水英姿寨风电场、宝林电站分别开展风机及光伏电源实际改造。

BIPV（光伏建筑一体化）有望迎来快速发展黄金期

中国能源报 2022.4.11

本报讯 4月1日起，住建部去年10月出台的国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（以下简称《规范》）正式开始施行。《规范》明确新建建筑应安装太阳能系统，组件设计使用寿命应高于25年。这一标准的施行将有力推动光伏建筑一体化（以下简称“BIPV”）的发展。

事实上，在双碳目标的大背景下，政府对于建筑节能和绿色建筑愈发重视，而BIPV通过将光伏与建筑结合在一起，完美契合当前绿色发展的主旋律，相关部门以及多个地方政府都陆续出台了多项政策推动BIPV的发展。今年3月，住建部发布《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》，指出到2025年全国新增建筑太阳能光伏装机容量5000万千瓦以上。安徽、广东、浙江、陕西、吉林、山东、河北、西安、宁波等多个省市也相继出台了支持分布式光伏发展的政策。

随着政策的不断出台和完善，BIPV有望迎来快速发展的黄金期。第三方机构预测，2025年BIPV市场规模将超过1000亿元，这也吸引了众多企业加入。3月29日，东方日升举行超低碳系列产品发布会，推出最新BIPV产品——适用于工商业建筑屋顶的“超能顶”和适用于民用建筑屋顶的“超能瓦”。据介绍，“超能顶”可作为建材融入建筑系统，防水、防火、抗风性能优异。逆变器企业固德威联合曼宁家、凯伦、威卢克斯等建筑建材企业，正式发布了“旭日瓦”“北极瓦”“星宇瓦”等系列光电建材产品。

事实上，从2021年开始，光伏企业与建筑企业联合发展的模式已逐渐成为一种趋势，通过强强联合、优势互补，推进BIPV发展。今年3月，隆基股份斥资16.35亿元成为森特股份第二大股东，双方优势互补共同开拓BIPV市场。森特股份发布公告反向收购隆基股份子公司，和隆基股份彼此互为BIPV领域的唯一合作伙伴，深度聚焦BIPV业务。另一光伏龙头企业晶科同样在积极布局BIPV领域。晶科能源专门为工业厂房屋顶打造的晶彩BIPV彩钢瓦解决方案，将光伏组件以及其它的电气设备直接安装在建筑屋顶上。英利旗下子公司嘉盛光电已推出“青砖”“黛瓦”“琉璃”“壁影”等多种光伏绿色建材，产品已应用于雄安中交未来科创城、雄安高铁站、大连国际会议中心等百余个绿色建筑项目。

与此同时，天合光能、中信博等光伏企业也推出了优秀的BIPV产品，除此之外，协鑫集成、东方雨虹、秀强股份、芯能科技、杭萧钢构、东南网架、福斯特、龙元建设等各行业企业也纷纷跨界进入BIPV行列。

尽管BIPV被称为超千亿市场蓝海，但尚处于起步阶段，目前光伏建筑仍主要以BAPV

模式为主，即在现有建筑上安装光伏发电系统。BIPV 作为未来光伏建筑发展的重要方向，能够很好地解决 BAPV 系统存在的一些痛点。BIPV 主要的应用场景包括幕墙和屋顶，也就是所谓建筑的屋面和立面。屋顶资源是当下 BIPV 领域抢占的重点，尤其是结合整县推进的政策，屋顶 BIPV 产品发展愈发快速。目前光伏企业主推的 BIPV 产品多为产品化，可以适应不同的建筑屋顶，同时也能规模化生产，有利于扩大市占率和降低生产成本。综合考虑，未来 BIPV 产品的发展方向将是既能做标准化的产品，也能做定制化的产品，从而满足不同用户和不同场景的需求。（奚霞）

加大能源技术装备和核心部件攻关力度

中国自然资源报 2022.4.7

本报讯（记者赵宁）3月29日，国家能源局发布《2022年能源工作指导意见》（以下简称《意见》），提出加大能源技术装备和核心部件攻关力度，积极推进能源系统数字化智能化升级，提升能源产业链现代化水平。

《意见》明确了2022年能源工作的3项主要目标。一是增强供应保障能力。全国能源生产总量达到44.1亿吨标准煤左右，原油产量2亿吨左右，天然气产量2140亿立方米左右。保障电力充足供应，电力装机达到26亿千瓦左右，发电量达到9.07万亿千瓦时左右，新增顶峰发电能力8000万千瓦以上，“西电东送”输电能力达到2.9亿千瓦左右。二是稳步推进结构转型。煤炭消费比重稳步下降，非化石能源占能源消费总量比重提高到17.3%左右，新增电能替代电量1800亿千瓦时左右，风电、光伏发电量占全社会用电量的比重达到12.2%左右。三是着力提高质量效率。能耗强度目标在“十四五”规划期内统筹考虑，并留有适当弹性。跨区输电通道平均利用小时数处于合理区间，风电、光伏发电利用率持续保持合理水平。

《意见》提出，加强能源科技攻关。加快实施《“十四五”能源领域科技创新规划》。继续抓好核电科技重大专项和《核电技术提升行动计划》，加快推进小型堆技术研发示范。以“揭榜挂帅”方式实施一批重大技术创新项目，巩固可再生能源、煤炭清洁高效利用的技术装备优势，加快突破一批新型电力系统关键技术。持续推动能源短板技术装备攻关，重点推动燃气轮机、油气、特高压输电、控制系统及芯片等重点领域技术攻关。推进深远海海上风电技术创新和示范工程建设，探索集中送出和集中运维模式。加快新型储能、氢能等低碳零碳负碳重大关键技术研究。

加快能源系统数字化升级。积极开展煤矿、油气田、管网、电网、电厂等领域设备设施、工艺流程的智能化升级。推动分布式能源、微电网、多能互补等智慧能源与智慧城市、园区协同发展。加强北斗系统、5G、国密算法等新技术和“互联网+安全监管”智能技术在能源领域的推广应用。适应数字化、自动化、网络化能源基础设施发展，建设智能调度体系，实现源网荷互动、多能协同互补及用能需求智能调控。实施“区块链+能源”创新应

用试点。

推动完善能源创新支撑体系。开展能源领域碳达峰、碳中和标准提升行动计划，加快构建能源领域碳达峰、碳中和标准体系。围绕新型电力系统、新型储能、氢能和燃料电池、碳捕集利用与封存、能源系统数字化智能化、能源系统安全等6大重点领域，增设若干创新平台。开展创新平台优化整改工作，积极承担国家能源科技创新任务。开展2022年度能源领域首台套技术装备评定并推广示范应用。完善依托工程推动能源技术装备创新和示范应用的政策措施。

在加快能源绿色低碳转型方面，《意见》提出，坚持以立为先，深入落实碳达峰、碳中和目标要求，深入落实《“十四五”可再生能源发展规划》，大力发展非化石能源，着力培育能源新产业新模式，持续优化能源结构。具体包括大力发展风电光伏、有序推进水电核电重大工程建设、积极发展能源新产业新模式。

新型热机效率堪比蒸汽轮机

有朝一日或能实现全脱碳电网

科技日报 2022.4.18

科技日报北京4月17日电（记者张梦然）据英国《自然》杂志近日发表的一项研究，美国国家可再生能源实验室和麻省理工学院工程师设计了一种没有运动部件的热机。演示表明，它以超过40%的效率将热能转化为电能，这一性能优于传统蒸汽轮机。

热机是一种热光伏（TPV）电池，类似于太阳能电池板的光伏电池。研究人员计划将TPV电池整合到电网规模的热电池中。该系统将从太阳能等可再生能源中吸收多余的能量，并将这些能量储存在高度绝缘的热石墨库中。当需要能量时，例如在阴天，TPV电池会将热量转化为电能，并将能量分配给电网。

“TPV电池是证明热电池成为可行概念的最后一个关键步骤。”麻省理工学院机械工程系教授阿塞根·亨利说，这是在推广可再生能源和实现完全脱碳电网的道路上至关重要的一步。

近年来，科学家们一直在研究固态能量转换器。科学家认为，固态能量转换器的一个优点是它们可在更高温度下以更低的维护成本运行，因为它们没有运动部件。

TPV电池为固态热机提供了一条探索途径。就像太阳能电池一样，TPV电池可由具有特定带隙的半导体材料制成。但迄今为止，大多数TPV电池的效率仅达到20%左右，最高的也仅为32%。

在新的TPV设计中，亨利及其同事希望从更高温度的热源中捕获更高能量的光子，从而更有效地转换能量。与现有的TPV设计相比，该团队的新电池采用更高的带隙材料和多个结或材料层。

该电池由三个主要区域制成：高带隙合金位于带隙稍低的合金之上，其下方是镜面状的金层。第一层捕获热源的最高能量光子并将它们转换为电能，而穿过第一层的低能量光子被

第二层捕获并转换以增加产生的电压。任何穿过第二层的光子都会被镜子反射，回到热源，而不是作为废热被吸收。

研究团队将电池暴露在高温灯下，并将光集中在电池上。然后，他们改变了灯泡的强度或温度，并观察了电池的功率效率如何随温度变化。在 1900℃ 至 2400℃ 的温度范围内，新型 TPV 电池的效率保持在 40% 左右。

实验电池约为一平方厘米。对于电网规模的热电池系统，研究人员设想 TPV 电池必须扩大到约 900 平方米。

亨利表示，该技术在其生命周期内是安全的、对环境无害的，并且可对减少电力生产中的二氧化碳排放产生巨大影响。

总编辑圈点

电是清洁绿色的吗？这得取决于它由什么能源转化而来。因为电是一种二次能源，需要通过一次能源转化获得。比如，我们开纯电动汽车，虽然车不产生尾气了，但如果给车充的电来源于化石能源，还不能说它是完全绿色清洁的。推进电网的绿色低碳转型也是这个道理，用越来越先进的技术，让越来越清洁的能源接入电网，走进千家万户，这是人们实现绿色低碳生活的重要途径。

空气电池离我们越来越近

参考消息 2022.4.18

【《日本经济新闻》4月17日报道】题：空气电池——电池的最终形态（记者 草盐拓郎）

用空气制造电力的终极蓄电池有望在不久的将来出现。它也叫空气电池。这种电池不需要传统的电极，重量是现有锂电池的五分之一。韩国和中国企业围绕空气电池的开发正在进行激烈竞争。

飞行汽车关键技术

业界正力争在本世纪 30 年代以后普及飞行汽车，而兼顾轻便与容量的蓄电池将成为飞行汽车不可或缺的动力来源之一。

在日本，道路拥堵每年会导致 10 万亿日元（约合 800 亿美元）以上的经济损失。在城市里，有时去往 10 公里远的地方也要花费半小时，非常浪费时间。据世界卫生组织统计，全世界每年约有 130 万人死于道路交通事故。

这些问题虽然没有堪称杀手的解决方案，但利用广阔的天空而不是地面的道路可以成为一个选项。这在目前之所以看起来像是一句空话，是因为缺少轻巧且性能优秀、足以让汽车悬浮在空中的蓄电池。今后的时代不能再依靠燃烧化石燃料来飞行。

正在开发飞行汽车的 Sky Drive 公司（位于东京都新宿区）计划在 2025 年左右采用 2 人乘坐的配置，将飞行汽车投放到出租车行业和急救运输领域。这就需要把目前约为 5 至 10

分钟的飞行时间进一步加以延长。

精通电池研究的 APB 公司（位于东京都千代田区）首席执行官堀江英明说：“汽车要飞行大约 1 小时，需要每千克 450 瓦时以上容量的电池。”锂电池则面临每千克 300 瓦时的瓶颈。如果能把电池做得更轻，容量就可以增加，但是锂电池中占整体重量将近一半的电极（正极）阻碍了重量减轻。

中韩攻克技术难题

于是就轮到空气电池出场了。它大胆改变结构，用从空气中吸收的氧代替正极，与锂金属制成的电极进行组合。外面的空气就是电池的材料。如果没有了正极，锂金属就可以占据电池主体的大部分。这样做的好处是，电池不仅重量轻，而且锂含量高，可以增加蓄电容量。

提取电能的时候，从电池的缝隙中进入的“帮手”氧，会在容器的碳和树脂中与锂离子结合。氧在形成氧化物团的同时，会帮助驱动电子。在充电过程中，完成任务的氧会离开氧化物团，与锂离子分离后再次回到外面。

不过，氧很难从氧化物团中分离出来，金属锂则有很高的起火和产热风险。由于技术研发难度大，这种电池一直被认为是“终极电池”。但是，最近中国和韩国的科研人员开始找到克服问题的方法。

中国汽车电池研究所在锂空气电池的电极结构上想办法，使电池达到了每千克 769 瓦时的容量。据说，将来“有可能用于航空航天产业和电动汽车”。

韩国的三星电子集团和蔚山科学技术院为了减少电池中氧气通过区域的老化，用有机材料代替了陶瓷，由此充放电的次数从不到 10 次增加到了 100 次。虽然仍达不到锂离子电池的 4000 次充放电次数，但在电解液的改良上找到了办法。

“终极电池”走向实用

使用锂的空气电池在使用过程中负极会变形，容易引起短路。因此，韩国企业也将探索使用其他元素、容量少但容易制造的空气电池。

日本 FDK 公司连接了几个用空气代替镍氢电池正极的氢空气电池，成功实现了充放电。如果增加所连接的电池数量，从理论上讲就会超过锂电池的容量。

美国的电池初创企业福姆能源公司（Form Energy）计划研制用铁和氧驱动的铁空气电池，用于储存使用可再生能源制造的电力。

如果飞行汽车是电动的，它将不需要燃烧燃料，但是依靠电池到底能不能飞行还是个问题。要想浮在空中，既要解决电池没电的困扰，又要把电池做得轻到极致。

单从重量来说，主要材料采用树脂的“全树脂电池”也颇具前景。APB 公司开发的新型锂电池比同类锂电池轻 20%，将面向无人潜水艇供货。虽然有观点认为很难增加电池容量，但堀江指出，“如果在电极原料等方面下功夫，也可以用于飞行汽车”。

在电池的世界里，使用空气中氧的空气电池的出现，可以说类似于利用太阳光进行光合作用的微生物给地球带来大量氧气。在氧的作用下，人类在 18 世纪的工业革命以后，燃烧

大量的煤炭、石油、天然气，创造了丰富的生活。但现在为了不燃烧化石燃料，人类又将氧气用于电池。正因为需要在想法上做出大的转变，被寄予厚望的空气电池开发还面临一些困难。

日本研发植物微生物燃料电池

参考消息 2022.4.20

【《日本经济新闻》4月18日报道】题：日本开发出植物微生物燃料电池

利用常见植物和微生物来发电的技术正受到关注。日本山口大学副教授阿齐兹·莫克苏德开发出“植物微生物燃料电池”，利用芋头、茄子等植物和微生物的作用来提取电力。它产生的电力能够用来点亮小灯泡等，且对环境的负面作用也很小。现在，全球有16亿人用不上电，如果能从地球上丰富的植物和微生物中生产出电力，到2050年前后，这些人也许可以告别不通电的生活。

莫克苏德副教授出生在孟加拉国。他说，孟加拉国现在仍有30%至40%的人过着没有通电的生活，希望有一天自己开发的技术能让他们用上电。

他开发的燃料电池是利用植物的光合作用所产生的有机物和以有机物为食物的微生物的作用来发电。植物利用太阳光，从水和二氧化碳中制造出自身生长所必需的有机物，并将其中的大部分储存在根部。这些有机物中可能有高达60%的部分会从植物根部流失到土壤中，而土壤中的特定微生物食用这些有机物后发生分解，就会释放出电子。利用这个过程，莫克苏德把电极插入土壤中提取出电力。

但是，以前使用这种方法只能从浸水状态下生长的植物中提取到电力，因此，莫克苏德在电极上想办法，以便能够不受植物种类的影响而提取电力。如果能利用芋头、茄子等蔬菜和水稻，就可以一边种植农作物一边发电。据说，也无需担心发电会导致作物生长不良、产量下降。

不易受环境影响、能够稳定发电也是其优点。太阳能、风能等可再生能源因受天气影响，发电量容易不稳定。大规模的发电设施建设也会破坏环境。使用植物和微生物的燃料电池对环境也很友好。

山口大学开发的燃料电池产生的电力目前最高仅为每平方米3瓦左右。莫克苏德说，即便如此，在一些发展中国家，“这对于夜里可供孩子学习的小灯泡来说，电力已经足够”。它也适合用作测量气温和湿度等的环境监测器的电源。通过与企业合作加以改良并提高输出功率，这种燃料电池可望在3至5年内投入使用。

东京农工大学教授直井胜彦和助教冲田尚久等人则希望开发出使用观叶植物和微生物来发电的技术。利用这种电力点亮的照明设备也在开发当中。他们打算与企业共同开发，争取在2022年度内拿出样品。

对于植物微生物燃料电池来说，降低电极成本是普及使用的关键。莫克苏德从竹子、杉

树等常见植物中提取碳材料，正着手研究可以降低电极制造成本的技术。

在山口大学和东京农工大学等开发出在干燥环境下发电的方法之前，植物微生物燃料电池一直被设定为主要利用水田。发电的微生物一方面讨厌空气，另一方面会在水中变得活跃，进而使发电量得以增加。水稻种植非常普遍的日本有很多水田，便于让植物经常泡在水里。微生物发电还具有抑制水田产生温室气体的次要功效。

东京药科大学教授渡边一哉是研究利用微生物、通过水田发电的一名科研人员。他在千叶县等地进行了实证实验，了解到从每平方米水田可获得几十至一百毫瓦左右的电力。他的计算结果是，如果使用一块水田，产生的电力就可以驱动小型电子设备。

微生物发电还有助于抑制甲烷气体，这种气体产生的温室效应约为二氧化碳的 25 倍。如果让发电的微生物吃掉作为饵料的有机物，对于产生甲烷的微生物来说，食物就会相应减少，其活动进而受到抑制。

据国际农林水产业研究中心称，源自人类活动的甲烷约有 10% 是通过种植水稻产生的。如果能够用微生物产生的电力来驱动监测水田的感应器，就有可能在推进农业信息技术化的同时减少温室气体。

未来燃料电池车有望开进一体化加氢站

羊城晚报 2022.4.20

羊城晚报讯（记者戚耀琪）报道：近日，国家发展改革委举行专题新闻发布会，国家发展改革委高技术司副司长王翔、国家能源局科技司副司长刘亚芳出席发布会，介绍氢能产业发展中长期规划（2021—2035 年）有关情况，并回答了记者提问。

近日，国家发展改革委正式公布《氢能产业发展中长期规划（2021 - 2035 年）》（以下简称“规划”）。规划展望了 2030 年和 2035 年发展目标。到 2030 年，形成较为完备的氢能产业技术创新体系、清洁能源制氢以及供应体系，产业布局合理有序，有力支撑碳达峰目标实现。到 2035 年，形成氢能多元应用生态，可再生能源制氢在终端能源消费中的比例明显提升，对能源绿色转型发展起到重要支撑作用。

规划部署了 4 项重点示范任务，包括有序推进交通领域示范应用。重点推进氢燃料电池中重型车辆应用，有序拓展氢燃料电池大巴/卡车等新能源客货车辆的市场应用空间，探索氢燃料电池在船舶/航空器等领域的示范应用，不断扩大交通领域氢能应用市场规模。

规划指出，要扩大清洁低碳氢能在用能终端的应用范围，推广燃料电池车辆，减少交通领域汽油、柴油使用。那么关键的一环怎么做，即与氢气储运、加注有关的基础设施建设如何解决？

对此，国家发展改革委相关负责人回应表示，据有关市场机构统计，我国已建成加氢站 200 余座，但主要以 35MPa 气态加氢站为主，70MPa 高压气态加氢站占比小，液氢加氢站、制氢加氢一体站建设和运营经验不足。此外，我国现有加氢站的日加注能力主要分布于 500

~1000 公斤的区间，大于 1000 公斤的规模化加氢站仍待进一步建设布局。对此，规划在统筹全国氢能产业布局的基础上，提出了关于氢能基础设施建设和安全管理的具体要求，致力于加快构建安全、稳定、高效的氢能供应网络。

按照规划，需要因地制宜布局制氢设施，逐步构建高密度、轻量化、低成本、多元化的氢能储运体系。在高压气态储运方面，致力于提高储运效率、降低储运成本，有效提高商业化水平；在低温液氢储运方面，积极推动产业化发展；同时，探索固态、深冷高压、有机液体等储运方式应用，开展掺氢天然气管道、纯氢管道等试点示范。此外，还要统筹规划加氢网络。依法依规利用现有加油加气站的场地设施改扩建加油站，探索站内制氢、储氢和加氢站一体化的加氢站等新模式。

地铁用上兆瓦级飞轮储能装置 有望年节电 50 万度

科技日报 2022.4.20

科技日报讯（记者俞慧友 通讯员姜波）4 月 14 日，记者从湘电集团获悉，由湖北东湖实验室、湖南湘电动力有限公司联合研制的我国首台套 1 兆瓦飞轮储能装置，日前在青岛地铁 3 号线完成安装调试并顺利并网应用。据悉，这是我国轨道交通领域首台套具有完全自主知识产权的兆瓦级飞轮储能装置，打破了国外在该领域的技术垄断。同时，据估算，青岛地铁中安装的飞轮储能装置投入使用后，有望年节电 50 万度，30 年寿命周期节电 1500 万度，节省电费约 1065 万元。全面推广应用后，线网每年可节电 5000 万度，年减少二氧化碳排放约 5 万吨。

飞轮储能是一种高功率密度、高可靠性、长寿命、环境友好的储能技术，除应用于轨道交通领域外，还可应用于电力能源、石油化工和船舶等行业。飞轮储能装置安装于轨道交通牵引变电所内，其采用磁悬浮技术，飞轮转子在真空室内无风阻环境下运行。列车进站制动，飞轮吸收其能量，将电能转换为动能，转速高达每分钟 20000 转；当列车出站加速时，飞轮释放能量，将动能转化为电能，释放能量供列车使用，具有良好的节能和稳压作用。据了解，该飞轮储能装置研制过程中，突破了高能量密度飞轮电机一体化设计与制造、低损耗高可靠性大承载力混合磁轴承等关键核心技术。

新材料加持 规模储能首选技术成本更低

科技日报 2022.4.22

科技日报讯（记者郝晓明）记者近日从中国科学院大连化学物理研究所获悉，该所储能技术研究部李先锋研究员团队在高性能、低成本碱性体系液流电池用膜材料规模化制备及应用方面取得新进展，通过连续卷对卷式制膜工艺，实现了非氟阳离子传导膜的大面积制备，以及其在碱性体系液流电池储能技术中的应用。

储能是构建以新能源为主体的新型电力系统的关键，液流电池储能技术具有安全、可

靠、寿命长、效率高等优势，是规模储能的首选技术。因此，降低成本特别是降低液流电池关键材料——离子传导膜材料的成本，对于推动液流电池的实用化进程尤为重要。

目前，碱性体系液流电池用离子传导膜的研究十分有限，全氟磺酸离子交换膜由于其优异的稳定性，成为目前液流电池乃至碱性体系液流电池的首选膜材料。然而，全氟磺酸离子交换膜存在生产工艺复杂、生产过程中的副产物对环境与人类健康危害较大、价格昂贵，以及在碱性体系下因离子传导率低导致电池效率低等问题。

“开发低成本、结构可控、制备工艺简单的非氟类阴离子交换膜有望解决这些问题，但在碱性体系下，传统非氟类阴离子交换膜——季胺型阴离子传导膜上的季胺基团会发生霍夫曼消除和亲核取代反应，使得该类膜稳定性较差。”研发人员介绍。

基于对碱性体系离子传导膜结构设计，以及对离子传输机理的深刻认识，研究团队通过亲电取代反应，合成制备出公斤级的磺化聚醚醚酮高分子聚合物树脂，再利用连续卷对卷式制膜工艺，大面积批量制备出非氟阳离子交换膜材料，并实现了其在碱性体系液流电池中的应用。

研究发现，该膜材料的刚性骨架结构及其电荷特性使其具有优异的耐碱稳定性和电导率。该研究有望提高新一代液流电池性能，加速其从实验室走向规模应用，并对降低新一代液流电池储能技术成本、推进液流电池储能技术实用化进程具有积极的促进作用。

铂金太贵？新催化剂让燃料电池成本大降

科技日报 2022.4.26

科技日报北京4月25日电（实习记者张佳欣）英国伦敦帝国理工学院开发出一种氢燃料电池，它使用的催化剂由铁而非稀有昂贵的铂制成，降低了氢燃料电池的成本。该技术让氢燃料广泛部署成为可能，并最终将减少温室气体排放推进世界走上净零排放的道路。

氢燃料电池将氢气转化为电能，唯一的副产品是水蒸气，这使它们成为一种有吸引力的绿色替代能源，尤其是对于汽车行业。然而，它们的广泛使用在一定程度上受到了主要部件之一的成本的阻碍。为了促进产生电力的反应，燃料电池依赖于由铂制成的催化剂，这种催化剂既昂贵又稀缺。

来自帝国理工学院化学系的首席研究员安东尼·库塞纳克教授说：“目前，单个燃料电池成本的60%左右来自铂催化剂。要使燃料电池成为化石燃料真正可行的替代品，我们需要降低成本。”

现在，由伦敦帝国理工学院研究人员领导的一个欧洲团队已经创造出一种只使用铁、碳和氮，这种廉价且容易获得的材料作催化剂，并表明它可以用来在高功率下运行燃料电池。他们的研究结果25日发表在《自然·催化》杂志上。

在这种新型催化剂中，所有的铁都以单原子的形式分散在导电碳基质中。其中所有原子都聚集在一起，使其更具反应性。这些特性意味着铁促进了燃料电池所需的反应，是铂的良

好替代品。在实验室测试中，该团队表明，在真实的燃料电池系统中，单原子铁催化剂的性能接近铂基催化剂。

此外，该团队开发的方法还可以适用于除燃料电池之外的其他应用，例如使用大气中的氧气而非昂贵的化学氧化剂作为反应物的化学反应，以及使用空气去除有害污染物的废水处理。

第一作者、帝国理工学院化学系的阿萨德·马哈茂德博士说：“我们已经开发出一种新的方法来制造一系列‘单原子’催化剂，这为一系列新的化学和电化学过程提供了机会。具体而言，我们使用了一种被称为‘金属转移’的合成方法，避免了在合成过程中形成铁簇。这一过程或许对其他希望制备类似催化剂的科学家有所助益。”

国家发改委加快完善储能成本疏导机制

中国能源报 2022.4.25

本报讯（记者韩逸飞）报道：“充放电都补1毛钱有什么用呢？相对储能的成本来说是杯水车薪。”日前，一位来自陕西某储能企业的员工赵先生联系到记者，称陕西出台的《陕西省2022年新型储能建设实施方案（征求意见稿）》提到，2022年示范项目充电电价按照当年新能源市场交易电价，给予100元/兆瓦时充电补偿，放电电价按照燃煤火电基准电价，给予100元/兆瓦时放电补偿，“这对储能电站的成本投入来说，显得微不足道。”

实际上，储能成本疏导问题一直饱受关注。国家发改委价格成本调查中心近期发布《完善储能成本补偿机制 助力构建以新能源为主体的新型电力系统》（以下简称《机制》），提出研究与各类储能技术相适应，且能够体现其价值和经济学属性的成本疏导机制，或将能够解决赵先生的难题。

《机制》提出，为促进储能产业健康可持续发展，推动社会参与储能投资建设和运营的积极性，引导储能在不同场景下充分发挥对电网安全的调节作用，亟待完善储能政策顶层设计，研究各类储能技术在新型电力系统中的应用场景，建立符合我国国情和电力市场化发展阶段的储能成本补偿机制。

在中关村储能产业技术联盟副秘书长李臻看来，结合各地资源禀赋以及能源发展的实际需求，各地出台补贴政策的思路和侧重点不同，江苏、浙江、广东等东南沿海地区的补贴主要针对用户侧，而陕西、宁夏、青海、新疆等地主要以新能源发电侧、独立、共享式储能为主。“陕西的补贴针对的是集中式共享储能电站，补贴方式是在充电时在新能源交易电价的基础上降0.1元，放电时以燃煤标杆电价为基准加0.1元，主要明确了独立电站充放电电价的问题。”

“也有主要针对电站运营的补贴。”李臻表示，“现在针对储能的补贴补偿方式主要有电站初投资补贴，电量运营补贴、调峰补偿、容量补偿等。”

中国能源建设集团储能技术专家楚攀同样认为：“各地补贴差异很大，需要研究相适应

且能够体现其价值和经济学属性的成本疏导机制。”

一位发改委专家告诉记者，现在新型储能商业化模式仍在探索阶段，市场化机制与成本疏导机制仍不完善，多种储能技术与应用场景的界定仍不清晰，“可以说储能技术成熟度与实用性都有待提升。”

楚攀表示，补贴政策出台有利于前期布局的储能项目。“补贴政策短时间内会刺激储能项目的建设，带动装机量增长。《机制》提出建立符合我国国情和电力市场化发展阶段的储能成本补偿机制，是为了储能的长期发展。”他认为，储能成本的最终疏导还是需要靠市场化，未来电力辅助服务市场可以让优质的储能电站获益增加。

李臻告诉记者，“在东南沿海等高电价地区，补贴叠加较高的峰谷价差，用户侧储能将有不错的收益，可以有效缩短投资回收期。”她认为随着新型储能规模化发展，各地将逐步设置门槛，如北京在2021年发布了国内首个储能领域地方性标准，以规范储能项目的落地实施。

目前，新型储能可以参与辅助服务市场、现货市场、中长期市场等，随着电力市场改革的深化，市场机制的设计应能够充分反映不同灵活性调节资源的作用和价值，这将有利于新型储能形成可持续发展的商业模式，推动多元化储能技术发展。“储能成本疏导的落脚点一定是市场化。”上述发改委专家表示，《机制》提出加强储能政策顶层设计，开展储能在新电力系统中的应用场景及成本补偿机制研究，也是储能将市场化疏导成本的体现。

建筑节能降碳管控趋严

中国能源报 2022.4.25

根据住房和城乡建设部发布的《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（下称《规范》）从今年4月1日起，我国建筑将强制性要求实施碳排放计算。

当前，建筑领域碳排放量占到我国碳排放总量的一半以上。全面实现碳达峰碳中和目标、推动经济社会绿色低碳可持续发展，大力推进建筑领域节能降碳时不我待。

记者近日了解到，为落实《规范》要求，北京、浙江、贵州、新疆、深圳、成都等多地积极响应，对建筑领域碳排放指标提出明确要求，建筑领域碳排放研究工作有序开展。与此同时，低碳住宅、低碳公寓、低碳商业建筑、低碳校园等相继涌现，低碳化、零碳化已成建筑行业发展主流趋势。

建筑降碳重要性凸显

根据《2021中国建筑能耗与碳排放研究报告》，2019年，我国建筑全过程碳排放占全国总量的50%。有业内人士预计，2035年前，我国每年新建建筑面积仍将保持在20亿-25亿平方米左右，到2060年，二氧化碳排放量则要降至27.2亿吨。

“《规范》此次提出的‘强制执行建筑领域二氧化碳排放计算’要求，是加大建筑减排力度、推进建筑行业绿色低碳发展的有力举措，也是强化建筑行业碳排放总量和强度‘双

控’的重要手段。”中国建筑科学研究院专业总工、建筑环境与节能研究院院长徐伟表示，强制执行建筑领域碳排放指标是建筑行业实现从能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变的良好开端，未来，碳指标在建筑行业绿色低碳评价体系中的地位将越来越重要。

记者了解到，受此推动，去年下半年以来，北京、深圳、广东、浙江、河南、贵州、新疆等多地均积极部署启动建筑领域二氧化碳计算相关工作。如今年1月，贵州省住房和城乡建设厅发文要求，在不同阶段均需强制进行建筑碳排放计算，并提交碳排放计算书；去年12月，广东省住房和城乡建设厅关于印发《建筑碳排放计算导则（试行）》的通知，明确了建筑建造、运行、拆除三个阶段的碳排放核算方法；去年9月，新疆发布《关于进一步加强建筑全寿命周期碳排放管控工作的通知》，要求自今年1月1日起，强制实行建筑碳排放计算。

“零碳”建筑规模逐渐扩大

在建筑低碳发展需求不断加大、建筑领域碳指标要求不断提高的背景下，各地低碳、零碳建筑“样板”正不断涌现。

位于河南省郑州市的“五方零碳楼”，作为中原地区首个近零能耗建筑示范项目，于去年底通过河南省住房和城乡建设厅主持的专家评审，成为建筑由用能迈向产能的一大创新成果。据五方建筑科技研发总监晁岳鹏介绍，该建筑面积近400平方米，通过在建筑中增加光伏、储能、直流电及柔性控制等技术，可实现每平方米排放二氧化碳-505千克，即建筑不仅不排放二氧化碳，还能抵消一部分电网中的碳排放量，实现“负碳”运行。

新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市首个“零排放”超低能耗建筑示范工程——乌鲁木齐市现代设施农业科技示范园综合楼也是零碳建筑的典型案例。据记者了解，该建筑集保温、太阳能跨季蓄热供暖、太阳能光伏发电、新风余热回收、抗震加固等多项低碳技术于一身，建筑运行已不再消耗化石能源，实现了建筑运行的“零排放”。

去年8月正式开工建设的北投大厦项目，将绿色低碳理念贯穿设计全过程。北投大厦项目负责人向记者介绍，该项目规划设计“地源热泵+市政热力+冷水机组+冰蓄冷”的复合式能源系统，同时屋顶布设403.2千瓦光伏系统，建成后预计每年可减少二氧化碳排放近1500吨。

立足碳计算强化全生命周期减碳

受访专家指出，伴随着低碳理念不断深化、低碳建筑发展规模逐渐壮大，未来，建筑全生命周期碳计量、碳核查会日趋严格。

“建筑碳排放涉及从建材生产、建筑建造与运行等全生命周期各环节，涉及多专业、多行业，但目前各地区针对建筑碳排放的计算方法不一，标准体系不完善，相关实施主体对于碳排放计算的认识还不够全面，从而制约了建筑碳排放的控制。”徐伟建议，下一步应着力完善碳排放计算细则，建立健全分类建筑碳排放计算标准体系。

亦有建筑行业从业者向记者表示，碳计算只是建筑降碳第一步。建成投运后，实际运行

效果能否达到既定降碳指标更加重要。

在江苏泓科被动式建筑装饰工程公司碳资产管理师李安勇看来，伴随着相关规章制度的完善、标准体系的建立健全，未来，要保证建筑全生命周期碳排放达标，就要对建材生产、建筑建造与运行等各环节的碳排放量都进行严格控制、核算与监管，以满足相应碳排放标准要求。（张金梦）

新型储能新增规模首次突破 2 吉瓦

中国电力报科技装备 2022.4.28

本报讯（记者于海江）报道“2021年，中国新增投运电力储能项目装机规模首次突破 10 吉瓦，达到 10.5 吉瓦；新型储能新增规模首次突破 2 吉瓦，达到 2.4 吉瓦/4.9 吉瓦时。”4月26日，由中国能源研究会储能专委会、中关村储能产业技术联盟联合主办的“2022年全球储能行业发展回顾与展望研讨会”线上线下同步举行，重磅发布了《储能产业研究白皮书 2022》，并公布 2021 年中国储能企业排行榜。

根据中国能源研究会储能专委会/中关村储能产业技术联盟（CNESA）全球储能项目库的不完全统计，截至 2021 年底，全球已投运电力储能项目累计装机规模 209.4 吉瓦，同比增长 9%。其中，抽水蓄能的累计装机占比首次低于 90%，比上年同期下降 4.1 个百分点；新型储能的累计装机规模紧随其后，为 25.4 吉瓦，同比增长 67.7%，其中，锂离子电池占据绝对主导地位，市场份额超过 90%。

储能正在成为当今许多国家用于推进碳中和目标进程的关键技术之一，即使面临新冠肺炎疫情和供应链短缺的双重压力，2021 年，全球新型储能市场依然保持着高速增长态势。2021 年，全球新增投运电力储能项目装机规模 18.3 吉瓦，同比增长 185%，其中，新型储能的新增投运规模最大，并且首次突破 10 吉瓦，达到 10.2 吉瓦，是 2020 年新增投运规模的 2.2 倍，同比增长 117%。美国、中国和欧洲依然引领全球储能市场的发展，三者合计占全球市场的 80%。

截至 2021 年底，中国已投运电力储能项目累计装机规模 46.1 吉瓦，占全球市场总规模的 22%，同比增长 30%。其中，抽水蓄能的累计装机规模最大，为 39.8 吉瓦，同比增长 25%，所占比重与上年同期相比再次下降，下降了 3 个百分点；市场增量主要来自新型储能，累计装机规模达到 5729.7 兆瓦，同比增长 75%。

就新型储能区域分布来看，2021 年新增项目分布在全国 30 多个省市，山东依托“共享储能”创新模式引领 2021 年全国储能市场发展；江苏、广东延续用户侧储能先发优势，再叠加上江苏二期网侧储能项目的投运，以及广东的辅助服务项目，而继续保持着领先优势，内蒙古因乌兰察布电网友好绿色电站示范等新能源配储项目首次进入全国储能市场前五之列。

2021 年中国储能企业排行榜分别对国内储能技术提供商、储能 PCS 提供商、储能系统

集成商，按照其 2021 年在国内市场新增投运项目的装机规模和出货量进行了排名。

随着电力市场的逐渐完善，储能供应链配套、商业模式的日臻成熟，新型储能凭借建设周期短、环境影响小、选址要求低等优势，有望在竞争中脱颖而出。预计 2026 年新型储能累计规模将达到 79.5 吉瓦，2022 年 ~ 2026 年复合年均增长率为 69.2%。

“十四五”是加快构建以新能源为主体的新型电力系统，推动实现碳达峰目标的关键时期，新能源的大规模并网带来不同时间尺度的电力供需平衡问题，新型储能不仅可促进新能源大规模、高质量发展，助力实现“双碳”目标，作为能源革命核心技术和战略必争高地，有望形成一个技术含量高、增长潜力大的全新产业，成为新的经济增长点。

巧用“渔网”制备新型柔性电极

中国科学报 2022.4.20

渔网是如何从水产业跨界到可穿戴人机交互领域的？玄机就在渔网出水那一瞬间。

受这一瞬间启发，中科院宁波材料技术与工程研究所研究员李润伟团队联合宁波诺丁汉大学教授朱光团队设计出具有柔性自适应导电界面的超稳定、可拉伸电极。该电极经过 33 万次 100% 拉伸应变循环，电阻仅变化 5%，面对冷热、酸碱、浸水等环境变化，依旧表现出稳定的电性能，解决了柔性电极导电率和拉伸率不可兼容、循环变形下电性能不稳定的问题。

该电极可以应用在全天候心电监测、智能人机交互系统及人体热疗等方面，有望助力基于万物互联的可穿戴健康监护系统及电子皮肤人机交互界面的持续发展。

近日，相关论文作为《信息材料》封面文章刊发。

“水膜—渔网”结构性能最佳

在智能可穿戴电子领域，实现稳定耐用的柔性可拉伸导体仍是巨大挑战。尤其针对人体表皮生理信号，稳定的可拉伸电极可以实现长时间精准的收集。

目前，柔性电极主要分为表面结构设计型、导电材料复合型和本质可拉伸型，但这三大类型均难以实现在动态变形下稳定的电性能。

论文第一作者、两个团队联合培养博士曹晋玮告诉《中国科学报》，为了攻克挑战，他们最初考虑过模拟窗纱结构，但窗纱柔性不足。在后续观察和寻找中，他们发现人工渔网是最佳模拟对象——渔夫拉网出水时，网上会附有一层水膜，这个“水膜—渔网”结构能够很好地适形，可以跟随基体变动却又不失去自身连续的形貌。

这正是稳定可拉伸电极所需要的特性。

该团队提出，利用聚氨酯（TPU）静电纺丝与液态金属（LM）微纳颗粒，经静电纺丝和静电喷涂进行原位复合，随后进行机械激活，形成液态金属 TPU 二维仿“水膜—渔网”结构薄膜，可制备出具有柔性自适应导电界面的超稳定可拉伸电极（NHSE）。

实现低电阻、高稳定、可拉伸

据研究人员介绍，该电极实现了 $52\text{m}\Omega/\text{sq}$ 的极低初始方阻，应变下通过 TPU 网孔束缚

液态金属的对外扩展和在网孔内的自适应流动，解决了可拉伸电极曾面临的导电率和拉伸率不可兼容、循环变形下电性能不稳定的问题，具备优越的动态循环稳定性，经过 33 万次 100% 拉伸应变循环，电阻仅变化 5%。

“你可以理解为，我们用液态金属替代水，用 TPU 静电纺丝替代渔网线，制出的 TPU 液态金属复合材料不仅薄，而且具有出色的柔性、拉伸性，以及处于行业领先优势的耐久性。”曹晋玮介绍，面对冷热、酸碱、浸水等服役环境的变化，该电极依旧表现出稳定的电性能。

适用于多类场景

论文中介绍列举了数种应用途径，例如，通过局部激活和激光切割，可以将 TPU 液态金属复合材料制备成多层、多功能人机交互系统。

上层电容传感阵列连接在集成电路和蓝牙模块上，可以实现无线信号传输，在拉伸和弯曲状态下均可以对计算机输入无线指令，可应用在智能可穿戴游戏控制等方面。下层蛇形加热器展现出良好的电热稳定性，可以实现 45℃ ~ 90℃ 稳定加热，并展现出优异的加热循环性能，可用于人体加热治疗。

该电极良好的生物相容性和极低毒性，还可以实现人体表皮全天候心电信号检测。研发团队根据人的活动场景，为电极设计了静态、运动、水冲等 3 个工作场景，极低的初始电阻使该电极收集心电信号的信噪比达到 0.43，尤其在水冲场景中依然能够收集到稳定、清晰的心电信号。

《信息材料》审稿人认为，对于可穿戴电子设备来说，电性能的稳定性、耐久性至关重要，而论文作者通过精心设计，实现了超稳定可拉伸电极的制备，在动态拉伸、浸水、酸碱、冷热等服役环境变化中，均证明了 NHSE 具有良好的应用前景。（张楠）

三、碳达峰、碳中和

中国工程院发布《我国碳达峰碳中和战略及路径》成果

中国科学报 2022.4.1

本报讯（记者韩扬眉）3月31日，第六届创新与新兴产业发展国际会议在北京、上海以线上线下相结合的方式举行。中国工程院院长李晓红、上海市副市长张为、工业和信息化部副部长辛国斌等出席开幕式并致辞。会议发布了中国工程院重大咨询项目《我国碳达峰碳中和战略及路径》成果，李晓红介绍了该成果的具体内容。咨询项目由中国工程院组织 40 多位院士、300 多位专家、数十家单位开展。

研究提出，为有序推进我国碳达峰碳中和工作，应坚持八大战略。一是节约优先战略，二是能源安全战略，三是非化石能源替代战略，四是再电气化战略，五是资源循环利用战略，六是固碳战略，七是数字化战略，八是国际合作战略。

研究建议通过以下路径实现碳达峰碳中和。第一，提升经济发展质量和效益，以产业结

构优化升级为重要手段实现经济发展与碳排放脱钩；第二，打造清洁低碳安全高效的能源体系，这是实现碳达峰碳中和的关键和基础；第三，加快构建以新能源为主体的新型电力系统，安全稳妥实现电力行业净零排放；第四，以电气化和深度脱碳技术为支撑，推动工业部门有序达峰和渐进中和；第五，通过高比例电气化实现交通工具低碳转型，推动交通部门实现碳达峰碳中和；第六，以突破绿色建筑关键技术为重点，实现建筑用电用热零碳排放；第七，运筹帷幄做好实现碳中和“最后一公里”的碳移除托底技术保障。

为更好解决我国实现碳达峰碳中和过程中的问题，项目组综合研判后提出三方面的建议。一是保持战略定力，做好统筹协调，在保障经济社会有序运转和能源资源供应安全前提下，坚持全国一盘棋、梯次有序推动实现碳达峰碳中和。二是强化科技创新，为实现碳达峰碳中和提供强大动力，尤其是必须以关键技术的重大突破支撑实现碳中和。三是建立完善相关制度和政策体系，确保碳达峰碳中和任务措施落地。加快推动建立碳排放总量控制制度，加速构建减污降碳一体谋划、一体推进、一体考核机制，不断完善能力支撑与监管体系建设。

化石能源如何实现零碳

经济日报 2022.4.7

我国要想在碳中和时代下继续扮演重要角色，提升全球竞争力，必须在零碳技术上加大投入。要重视 CCUS 技术创新和推广，加强顶层设计，出台和完善财税金融政策与市场化机制，逐步形成符合国情的 CCUS 产业体系。

在全球减碳浪潮下，作为一种大规模温室气体减排技术，碳捕集利用与封存（CCUS）日益成为各国净零排放道路上的重要选项。最新数据显示，仅 2021 年世界各国就宣布约 100 个新 CCUS 项目，如果这些项目顺利推进，到 2030 年全球碳捕集能力将翻两番，达到每年 1.6 亿吨。然而这一数字与庞大的碳排放总量相比仍无济于事，在紧迫的减碳目标下，CCUS 将成为各国在绿色技术领域竞争的关键点。

所谓碳中和，并不是完全不排放二氧化碳，而是指二氧化碳达到人为碳排放和碳去除的平衡，即二氧化碳净零排放。为达到这一目的，主要有两大实现路径：一方面，可通过提升清洁能源占比、提高能源效率等方式降低实际碳排放量；另一方面，可针对一些较难降低碳排放的领域，提升碳去除水平。过去，我们的工作重心更多放在“降低碳排放”上。长远看，要实现整体深度脱碳，必须更加重视碳去除技术。

CCUS 是指将二氧化碳从工业排放源中分离后，运输到特定地点加以利用或封存，以实现二氧化碳减排的工业过程。在众多温室气体减排技术中，CCUS 是目前唯一能够大幅减少火电与工业二氧化碳排放的技术，也是低碳氢的重要生产途径。理论上说，有了 CCUS 技术，化石能源也能成为“零碳”能源。按照国际能源署（IEA）的预计，到 2070 年，全世界实现碳中和，仅二氧化碳捕集与封存的减排贡献度能占全球总减排量的 19%。

近年来，CCUS 受到越来越多国家和企业的重视，开始快速发展。2019 年，二十国集团（G20）能源与环境部长级会议首次将 CCUS 技术纳入议题。英国石油公司计划到 2030 年捕集并封存二氧化碳 1000 万吨，建设英国第一个零碳工业区；道达尔承诺将总科研经费的 10% 投入到 CCUS 技术研发；壳牌公司策划的鹿特丹项目，预计 2030 年实现封存二氧化碳 1000 万吨。去年以来，我国也先后启动首个海上二氧化碳封存示范工程，并建成首个百万吨级 CCUS 项目。

CCUS 对能源结构以煤为主的中国具有特殊意义。煤的二氧化碳排放系数要高于石油和天然气，为降低碳排放，西方国家普遍走出了一条从煤炭向石油、天然气转型的道路。作为能源消费大国，我国油气对外依存度高，大规模提升油气消费占比不利于保障能源安全，能源转型将从煤炭时代直接跨越到可再生能源时代。由于短期新能源大规模并网仍存技术瓶颈，我国不可能完全抛弃自身的煤炭资源优势。

当前应对气候变化的压力日益增大。“双碳”目标下，需要为庞大的煤基能源产业以及钢铁、水泥等难以完全电气化的行业寻找绿色出路。在支撑经济合理增长、应对气候变化与保障能源安全的多重目标下，CCUS 技术是基于基本国情、基本能情实现我国大规模深度减排的必然选择，是我国减少二氧化碳排放的重要战略储备技术。

目前，我国在 CCUS 技术研发和应用方面还处于初级阶段，成本过高，也存在一定安全风险。虽然现阶段 CCUS 技术暂不具备大规模推广应用的条件，然而，这仍是一项需要重点发展的技术，在难以进行电能替代的领域将有广泛应用场景。从 2020 年开始，全球主要国家和企业已经加大技术投入，随着技术突破和规模效应的产生，未来 CCUS 成本或将降低到商业化水平。

我国要想在碳中和时代下继续扮演重要角色，提升全球竞争力，必须在零碳技术上加大投入。对于 CCUS 这种关键性的零碳技术，在其经济性较差时，可以不大规模发展，但要超前进行技术储备和应用示范。要从国家能源安全和经济可持续发展的战略高度，重视 CCUS 技术创新和推广。要加强顶层设计，出台和完善财税金融政策与市场化机制，逐步形成符合国情的 CCUS 产业体系，为构建化石能源与可再生能源协同互补的多元能源供给体系提供重要支撑，这样才能牢牢掌握发展主动权。（王轶辰）

世界须在 2030 年前将碳排放减少四成

科技日报 2022.4.8

将全球变暖限制在 1.5℃ 是《巴黎协定》最雄心勃勃的目标，根据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）4 月 4 日发布的最新报告《气候变化 2022：减缓气候变化》，为了实现该目标，除非全球温室气体排放量在 2025 年前达到峰值，并在 2030 年之前减少 43%，否则世界可能会遭受极端气候影响。然而，以目前气温上升的水平，温室气体排放可能会造成两倍的全球变暖水平：到 2100 年达到约 3.2℃。

地球大气中的温室气体处于人类历史上的最高水平。由于疫情带来的封锁，2020 年的温室气体排放量急剧下降，但在 2021 年，它们等同于甚至超过了 2019 年的记录。2019 年的排放量比 2010 年高出约 12%，比 1990 年高出 54%。

该报告是 IPCC 第六次评估报告的第三部分，也是最后一部分。它向世界传达了一个鲜明的信息：实现《巴黎协定》的气候目标在技术上仍然可行，但需要立即、迅速和协调一致的国际努力来彻底改变我们赖以生存的家园。

“如果我们想要将全球变暖控制在 1.5°C 以内，机不可失，时不再来。” IPCC 第三工作组联合主席吉姆·斯凯亚表示，“如果所有行业不立即大幅减排，这将是不可可能的。”

事实上，这份报告并非完全悲观。尽管排放量上升，但有迹象表明，一些缓解措施已经在发挥作用。IPCC 主席李会晟在新闻发布会上表示：“我们正处于十字路口。我们现在作出的决定可以确保一个宜居的未来。我们有限制气候变暖所需的工具和技术。”

两种技术助力减少 CO₂ 排放

报告指出，各国要实现其设定的净零排放目标，仅减少排放量是不够的，还需要从大气中提取二氧化碳（CO₂）。这将抵消工业和航空等部门的剩余温室气体排放。各国可通过扩大森林面积和改善农业实践，或通过各种新兴技术来促进碳吸收，这些技术可从工业来源或直接从大气中捕获碳排放。

报告得出结论，要想有三分之二的机会将全球气温上升控制在 2°C 以下，气候模型预测，从现在到 2100 年，我们需要采用一两种新兴技术，从大气中吸收 1700 亿至 9000 亿吨 CO₂。

在第一种名为生物能源碳捕获和存储（BECCS）的方法中，发电厂燃烧产生的 CO₂ 在烟囱中被捕获并埋在地下，从而从大气中去除 CO₂。在被称为直接空气捕捉（DAC）的第二种技术中，机器通过化学反应从空气中吸收 CO₂。

报告也提出，这两种方法存在缺陷。第一种方法需要大量的水，可能会对生物多样性产生负面影响。而第二种方法可能会增加其他生产领域的排放。

深入、快速地削减甲烷排放至关重要

尽管甲烷的寿命比 CO₂ 短，在大气中的含量也比 CO₂ 低，但甲烷是一种更强大的温室气体。预计到本世纪中叶，甲烷将占非 CO₂ 温室气体排放的 60%。然而，由于它在大气中不那么持久，大幅削减甲烷排放可迅速减少其对气候变暖的影响。

要做到这一点，最有效的方法之一就是瞄准“逃逸的”排放物——在天然气开采和运输过程中，或从废弃已久的油井中逸出到大气中的甲烷。据 IPCC 计算，逃逸排放的甲烷约占全球排放到大气中甲烷的 32%，占有温室气体排放的 6%。

IPCC 报告称，所有行业都需要减少排放，各国应设法摆脱化石燃料，包括工业和交通运输部门。

清洁能源是减排“潜力股”

要想将全球变暖控制在 1.5℃ 以内，就必须在全球范围内削减 95% 的煤炭使用量，同时到 2050 年，石油和天然气的消耗量必须分别减少 60% 和 45%。幸运的是，对于许多地方来说，安装新的清洁能源比运营现有的化石燃料能源更便宜，而且往往比安装新的化石燃料基础设施更便宜。

从 2010 年到 2019 年，太阳能和锂离子电池的成本平均下降了 85%，而风能的成本下降了 55%。这种下降使这些技术得以更广泛地部署。例如，电动汽车的使用量在此 10 年间飙升了 100 倍，太阳能在全球范围内的普及率提高了 10 倍，尽管这些数字因国家和地区而异。

“至少在研究、开发和示范阶段，我们已经拥有了实现经济脱碳所需的所有技术，而那些我们仍然需要开发的技术，可在正确的政策下迅速开发出来。” End Climate Silence 组织的创始人吉纳维芙·根瑟表示，“只要我们用心去做，就能创造奇迹。”

形势紧急但并非没有希望

尽管报告的结论本身就具有紧迫性，但美国马萨诸塞州史密斯学院环境科学与政策助理教授亚历山大·巴伦称，不要以为，如果温室气体排放量在 2025 年之后继续上升，这场战斗就基本上失败了。“即使气温上升超过 1.5℃，我们只要将升温控制在 2℃ 以下，其间的每十分之一摄氏度，都将大大减少人类遭受的痛苦。我们真的需要在所有战线上加快一切努力，我们等待的时间越长，造成的气候破坏就越大。”

“IPCC 报告中最大的不确定性是人们会做什么，这不是我们所能控制的。我们可以选择一条路或另一条道路。问题是，有多少人会为之而战。”巴伦说。（张佳欣）

聚焦双碳目标建设统一能源市场

经济日报 2022.4.18

近日公布的《中共中央 国务院关于加快建设全国统一大市场的意见》指出，在有效保障能源安全供应的前提下，结合实现碳达峰碳中和目标任务，有序推进全国能源市场的建设。这一表述，为今后一个时期建设全国统一的能源市场、推进能源产业改革发展提供了指引。

经过多年发展，目前我国已成为全球最大能源生产国、消费国，能源市场规模和发展潜力巨大，能源产业体系相对完善。但也要看到，我国虽然是能源大国，但不是能源强国，能源市场仍存在制度规则不统一、要素资源流动不畅通、地方保护和区域壁垒等问题，影响了能源市场功能及规模效益的发挥。近年来，国际形势错综复杂，不确定性不稳定性明显增多，全球能源供应链受到严峻挑战，我国能源进口的安全风险和成本风险增大。为此，我国提出有序推进全国能源市场建设，建设全国统一的能源市场，不仅是解决现实难题的客观需要，更是谋划长远发展的必然要求。

建设全国统一的能源市场，可促进能源在更大范围内畅通流动，激发市场参与主体的活力，短期内可提升国内能源统筹供应能力，降低能源供需错配风险和市场交易成本，为我国

能源“保价稳供”助一臂之力。从油气来看，发展能源期货市场，有助于实体企业合理利用金融工具抵御外部风险，保障国内供应；油气管网互联互通且公平开放，有助于打破行业垄断，实现能源增产保供。从煤电来看，建立和完善全国电力和煤炭交易中心，既能促进产地与消费不同地区间的平衡，减少供需错配和地方保护风险，同时还能形成贯通上下游的合理定价机制。

而且，建设全国统一的能源市场有助于打破地方保护和市场分割，畅通国内国际双循环，破除能源清洁低碳转型和高质量发展的“肠梗阻”，促进能源市场在市场基础制度规则、市场设施标准、要素与资源市场、商品和服务市场、市场监管方面的统一，进一步规范不当市场竞争和市场干预行为，更好地推动我国从“能源大市场”转向“能源强市场”，从“能源大国”向“能源强国”转变。

建设全国统一的能源市场，既要推进市场设施高标准联通，包括建设现代流通网络、完善市场信息交互渠道、推动交易平台优化升级等基础设施方面的硬件建设，更需要完善市场体制机制，健全市场规则制度，推动要素市场化改革，破除市场壁垒，维护公平竞争等体制机制方面的软件建设。相关部门需统一认识，深化改革，打通“堵点”“难点”，在执行过程中做好统筹协调和政策配套。要坚持问题导向，从当前能源市场中存在的问题出发，以“统一性、开放性、竞争性、有序性、公平性和共享性”为目标，建设真正意义上的全国统一的能源市场，营造更优质的市场环境，畅通更广阔的流通空间，让市场主体绽放更大活力，市场消费释放更大潜力，市场优势得到更大体现。（刘满平）

近零碳排放区建设国家标准体系缺位

中国能源报 2022.4.

近日，成都市生态环境局等7部门联合印发《成都市近零碳排放区试点建设工作方案（试行）》（下称《工作方案》），计划到2025年，建成不少于30个近零碳排放园区、工业企业、公共机构、景区，不少于30个近零碳排放社区，实现区（市）县全覆盖。

近零碳排放区示范工程建设是我国控制温室气体排放方案部署的重要任务，也是深化低碳省份试点、积极探索近零碳排放发展模式的重要抓手。自2016年国务院印发《“十三五”控制温室气体排放工作方案》，明确提出到2020年建设50个近零碳排放区示范工程以来，我国各地近零碳排放区示范工程建设大规模展开。

目前，我国已有厦门市东坪山片区近零碳排放示范区、珠海市万山镇近零碳排放区、武汉中法生态示范城等已开展的近零碳排放区示范工程，为其他地区开展近零碳排放区示范工程建设、提升低碳发展水平积累了有益经验。有专家表示，完成50个示范工程的目标不算难事，但当前近零碳排放区缺乏国家层面的统一标准体系，发展仍存“误区”。

降碳评价标准各不相同

近零碳排放区示范工程指在一定区域范围内，通过能源、产业、建筑、交通、废弃物处

理、生态等多领域技术措施的集成应用和管理机制的创新实践，实现该区域内碳排放快速降低并逐步趋近零的综合性示范工程。其中包含园区、工业区、社区等多种试点区域。

“实际上，所谓近零碳排放区并不是指严格要求实现近零碳排放或零碳排放，一些建筑区、工业区、城市密度较大的园区实现零碳排放难度非常大，所以近零碳排放区常以区域内能耗下降或碳排放量稳步下降为目标。”中国城市规划设计研究院生态市政院副总工程师魏保军说。

但怎样算快速下降？下降多少算达标？目前各地评判标准不尽相同。

如深圳市生态环境局、深圳市发改委此前发布的《深圳市近零碳排放区试点建设指引（试行）》，设定近零碳排放区域试点主要指标为既有区域碳排放总量较2020年下降30%以上，区域人均碳排放量小于3.5吨/年，可再生能源消费比重大于等于5%。

而《上海市低碳发展实践区（近零碳排放实践区）申报创建指标体系》则明确，创建期满后，实践区碳排放强度应低于全市同类区域的平均水平，或较创建期下降20%以上；碳排放强度应达到全市同类区域的先进水平或低于创建期的50%以上，可再生能源利用占比达到20%以上。

除近零碳排放区评判标准不一外，试点界定范围也不相同。此次成都发布的《工作方案》规定，近零碳排放区试点范围包括园区、工业企业、社区、公共机构、景区等，而《湖北省近零碳排放区示范工程实施方案》中则以城镇、园区、社区、校园、商业等试点区域为突破口，不包含公共机构与景区等地。

有业内人士表示，目前，近零碳排放区示范工程的遴选及建设仍面临概念不清、遴选指标缺失、建设路径不完善等普遍性问题，有些地方甚至还存在将近零碳排放区示范工程建设等同于低碳发展试点的“误区”。

影响节能降碳技术发展

“出现上述现象的主要原因是缺失统一的近零碳排放区国家标准体系。”魏保军表示，从已开展近零碳排放区示范工程建设情况来看，由于缺失统一的近零碳排放区国家标准体系，加之各地经济发展水平、低碳发展基础不同，资源禀赋各异，因此所选择的实施对象、建设目标和实现路径也大不相同。

目前，近零碳排放区覆盖试点类别多，不同类别示范区标准制定各有区分。如近零碳排放园区试点以单位产值或单位工业增加值碳排放量和碳排放总量下降为主要评判标准；近零碳排放社区试点则以人均碳排放量和碳排放总量下降为主要评判标准。

不同试点类别、不同城市使用的节能技术差异也很大。有业内人士指出，当前，各近零碳排放区节能降碳强度不等，所用降碳技术良莠不齐，降碳产品质量参差不齐，若没有统一的近零碳排放区国家标准体系规范引领，降碳效果明显、能耗水平低的先进技术或被逐渐淹没，得不到广泛推广，而那些成本低但节能效果一般，甚至全生命周期内并不节能的技术则可能大行其道。

对此，魏保军表示，目前近零碳排放区国家标准体系尚未出台，部分地区近零碳排放区建设也没有完善的建设导则与整体规划方案。当前近零碳排放试点示范项目尚处试行阶段，积累经验有限，建立近零碳排放区国家标准体系非常有必要，其可以指导各类试点示范区实现碳排放稳步下降，也可以增加生态环境、工信、住建等部门之间的协调和统筹，加快示范工程的建设与示范效应。

中国社会科学院生态文明研究所副所长庄贵阳在接受记者采访时表示，今年国家层面发布的相关政策文件中没有涉及近零碳排放区的相关内容，全国层面尚未对近零碳排放区建设工作作统一部署，建议依据地方先行先试经验，将近零碳排放区国家标准体系建设尽快提上日程。

国家标准体系制定要因地制宜

那么，如何构建一套相对完善，且适用于各类近零碳排放区的国家标准体系？

魏保军建议，要针对不同地区的能源消费结构与碳排放特点，在综合考虑资源禀赋条件、经济发展水平、产业与工业结构等基础上，各省市可根据本地试点项目所选技术及指标实际完成情况，制定具有可操作性的近零碳排放示范区评价标准与建设指南。“由于各个地方气候及资源条件、城市发展阶段、居民收入水平等本身就存在差异，近零碳排放的标准不宜采用完全一样的指标数据，否则也会出现不公平现象。因此，在制定近零碳排放区国家标准体系时，更需要多结合各地的实际情况。”

魏保军进一步指出，要建立完善近零碳排放区的相关顶层设计，最好从体制机制入手，打破不利于低碳技术推广应用的壁垒，比如接入电网问题、能源灵活交易问题等。“另外，在标准体系的设计上，应为跨领域技术集成提供政策支持，为研发及设备生产企业留出利润空间，为新节能降碳技术用户提供适当补贴。”

此外，详尽的碳数据是推进近零碳排放区发展的基础。对此，庄贵阳建议，下一步还应建立准确、详尽、科学的碳数据统计核算体系，加强碳排放统计核算能力建设，为近零碳排放区示范工程建设遴选和评价考核提供数据支撑。（张金梦）

以系统观念科学推进“双碳”工作

碳达峰十大行动

经济日报 2022.4.14

碳达峰十大行动

将碳达峰贯穿于经济社会发展全过程和各方面，重点实施——

- 能源绿色低碳转型行动
- 节能降碳增效行动
- 工业领域碳达峰行动
- 城乡建设碳达峰行动

- 交通运输绿色低碳行动
- 循环经济助力降碳行动
- 绿色低碳科技创新行动
- 碳汇能力巩固提升行动
- 绿色低碳全民行动
- 各地区梯次有序碳达峰行动

实现碳达峰碳中和，是贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展的内在要求。站在统筹发展和安全的高度，需立足资源禀赋、加强科学考核、兜牢民生底线、狠抓技术攻关，坚持系统观念，科学有序推进碳达峰碳中和工作。

立足禀赋——打好能源替代组合拳

中央经济工作会议明确提出，“传统能源逐步退出要建立在新能源安全可靠的替代基础上”“要立足以煤为主的基本国情”“推动煤炭和新能源优化组合”。立足于基本国情来制定切实可行的碳达峰碳中和目标，是党中央在深思熟虑基础上作出的战略部署。2021年9月习近平总书记在陕西榆林考察时指出，“煤炭作为我国主体能源，要按照绿色低碳的发展方向，对标实现碳达峰、碳中和目标任务，立足国情、控制总量、兜住底线，有序减量替代，推进煤炭消费转型升级”。因此，基于经济成本、可获得性与供给安全等方面的考量，我国在推进能源替代过程中遵循先立后破原则，即创造安全可靠的新能源体系在先，推进对传统能源的大规模替代在后。在这一循序渐进的过程中，新旧能源之间的关系从互补为主逐渐过渡到替代为主。我国碳达峰碳中和工作明确的先立后破原则，是基于对经济社会运行的通盘考虑而提出的，既务实又稳妥，有利于有效遏制运动式“减碳”的苗头，确保发展和减排之间的良性互动。

科学考核——对标碳排放“双控”

中央经济工作会议明确要求，“创造条件尽早实现能耗‘双控’向碳排放总量和强度‘双控’转变”。这是我国为实现碳达峰碳中和目标而调整“指挥棒”的重要举措。需要看到的是，能耗“双控”的核心在于减少能源消耗并提高能效，对我国经济增长与化石能源的“脱钩”发挥着重要作用。但也要看到，碳达峰碳中和的关键在于降低碳排放总量并提高碳生产率，如果继续坚持能耗“双控”考核体系，就可能限制可再生能源总量，从而不利于实现“双碳”目标。中央经济工作会议提出的“新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制”，意味着可再生能源不再受“能源消费总量”这一指标的限制。我国“双碳”工作的“指挥棒”直接对标碳排放总量和碳排放强度，从深层次体现出我国发展理念的转变。碳排放“双控”考核指标的提出，传递出一个强烈的信号，即在控制碳排放总量前提下必须实现碳效率最大化。

保供稳价——兜牢民生底线

中央经济工作会议要求，2022年经济工作要稳字当头、稳中求进。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，也要坚持稳中求进工作总基调。保供稳价需要从供给和需求两侧同时推进。供给侧要充分发挥煤电油气运保障工作的协调机制作用，加强能源产供储销体系建设，增强电力系统安全性和稳定性，大企业特别是国有企业要带头保供稳价，最大限度兜牢民生底线。需求侧要坚持实施全面节约战略，加快建立健全绿色低碳循环发展的经济体系，科学制定实施有序用电方案，保障民生用电用能平稳安全。我国承诺实现从碳达峰到碳中和的时间，远远短于发达国家所用时间，没有现成的模板可套用，需要我国付出艰苦努力并不断探索。推进“双碳”工作必须坚持以人民为中心的发展思想，在能源转型和技术替代过程中必须时时兜牢兜住民生底线，在安全可靠、成本可担、商业可行的基础上探索符合国计民生的方案。

创新驱动——狠抓技术攻关

中央经济工作会议明确指出，“要狠抓绿色低碳技术攻关”。我国碳达峰碳中和时间紧、任务重，而且没有国际先例可循，必须依靠强大的绿色低碳技术攻关来实现，必须把核心技术牢牢掌握在自己手中。当前，我国的水电、风电、光伏发电、生物质发电等可再生能源开发利用规模居世界第一，这是数十年来我国产业政策与技术攻关良性互促的成果。未来，在解决可再生能源波动性和间歇性等问题上，绿色低碳技术具有海量需求与无限前景，决定着迈向低碳绿色可持续发展的进度，也是各国高科技领域角力和竞争的焦点与重点。同时还要看到，我国以煤为主的基本国情决定了我国绿色低碳技术攻关方向不仅要针对可再生能源，而且还要解决如何高效清洁利用煤炭的问题。应通过加快关键核心技术攻关，促进煤化工产业高端化、多元化、低碳化发展，发展煤基特种燃料、煤基生物可降解材料等，为其他发展中国家树立绿色转型的典范。因此，要推动科技政策扎实落地、优化科技创新生态、深化产学研结合、开展国际科技合作，为绿色低碳技术创新提供体制机制保障。（周亚敏）

正确认识 and 把握碳达峰碳中和

经济日报 2022.4.14

中国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，是以习近平总书记为核心的党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策，也是进入新发展阶段后我国面临的一个新的重大理论和实践问题。中央经济工作会议强调，“要正确认识 and 把握碳达峰碳中和”。这就要求我们必须进一步明确做好“双碳”工作的重大意义，找准关键和重点，并探索行之有效的办法来实现长远目标。

做好“双碳”工作意义重大

碳达峰碳中和是两个环环相扣、密切相关的目标，碳达峰是碳中和必须经历的阶段。我国从碳达峰到碳中和的碳排放强度起点高、实现时间紧。发达国家从碳达峰到碳中和一般需用40年以上甚至70年，而我国只有约30年时间。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，“十四五”时期是我国实现“双碳”目标的关键期、窗口期。我们必

须对做好碳达峰碳中和工作的重大意义有充分而深刻的认识。

从推动高质量发展的角度看，做好“双碳”工作是内在要求。我国经济社会发展已取得举世瞩目的伟大成就，人民的获得感、幸福感、安全感显著增强。同时，我国传统产业占比较高，战略性新兴产业、高技术产业尚未成为经济增长的主导力量，转方式调结构任务艰巨繁重，产业链供应链处于向中高端迈进的重要关口。推进“双碳”工作，持续壮大绿色低碳产业，将加快形成绿色经济新动能和可持续增长极，为我国全面建设社会主义现代化强国提供强大动力。

从加强生态文明建设的角度看，做好“双碳”工作是战略举措。党的十八大以来，我国生态文明制度不断健全，生态文明建设发生了历史性、转折性、全局性变化。但也应当看到，“十四五”时期，生态文明建设进入以降碳为战略方向、推动减污降碳协同增效、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期。应当坚持先立后破，继续推进节能减排降碳，发展清洁生产，加快形成绿色低碳生产生活方式，促进生态文明建设不断取得新成就。

从维护能源安全的角度看，做好“双碳”工作能够提供重要保障。能源是经济社会发展须臾不可缺少的资源。我国能源消费中非化石能源占比较少，不少领域能源利用效率与国际先进水平相比还有较大差距，而且油气资源对外依存度较高。随着工业化和新型城镇化的推进，能源消耗量还将刚性增长。做好“双碳”工作，要以保障安全为前提构建现代能源体系，更好满足经济社会发展的能源需求，提高能源自给率，增强能源供应的稳定性、安全性、可持续性。

从推动构建人类命运共同体的角度看，做好“双碳”工作体现大国担当。中国宣布“双碳”目标，并提出一系列提高国家自主贡献力度的具体举措。中国积极参与全球气候治理，为《巴黎协定》达成、生效和实施发挥了重要作用，是全球生态文明建设的重要参与者、贡献者、引领者。中国有序推进“双碳”工作，为全球实现《巴黎协定》目标注入强大动力，并为构建人类命运共同体、共建清洁美丽世界贡献中国智慧、中国方案。

抓住关键领域和重点环节

推进“双碳”工作，必须坚持从实际出发，尊重经济规律，抓住重点、把握节奏。去年发布的《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》与《2030年前碳达峰行动方案》，前者明确了我国“双碳”工作的时间表、路线图，后者细化部署了“碳达峰十大行动”。在做好顶层设计的基础上，要充分发挥我国的制度优势，扎实推进关键领域的各项重点工作，确保推进碳达峰碳中和取得积极成效。

实现能源绿色低碳发展。能源是经济社会发展的重要物质基础，也是碳排放的最主要来源。要优化能源结构，构建清洁低碳安全高效的能源体系，在保障供应的前提下，努力控制化石能源总量，推动煤炭消费尽早达峰；合理发展天然气，安全发展核电，大力发展水电、风电、太阳能、生物质能等非化石能源，实施可再生能源替代行动，努力以非化石能源满足新增能源需求、替代存量化石能源消费量；改善能源供给、转化和利用方式，形成少排碳、

不排碳的新模式；深化电力体制改革，构建以新能源为主体的新型电力系统，积极发展“新能源+储能”、源网荷储一体化和多能互补，实现能源管理数字化、智能化。要逐步提升非化石能源消费比重，坚持安全降碳，坚持节能优先，降低二氧化碳等温室气体排放强度，实现能源的安全、高效、清洁、低碳、可持续发展。

推进产业结构转型升级。从发达国家的发展经验来看，减碳曲线与一个国家的产业结构以及城市化水平密切相关。要深化供给侧结构性改革，推进存量优化和增量提质，推动钢铁、有色、建材、石化等行业碳达峰。工业既为人民群众的衣食住行用提供丰富的产品，也是碳排放的主要领域之一。要把坚决遏制“两高”项目盲目发展作为重中之重，加快产业绿色低碳转型和高质量发展。切实减少工农业生产过程中的碳排放，加快发展战略性新兴产业，推动服务业低碳发展；大力推行绿色设计，完善绿色制造体系，建设绿色工厂和绿色工业园区，优化产能规模和布局，促进石化化工与煤炭开采、冶金、建材、化纤等产业协同发展；推动新一代信息技术与绿色低碳产业深度融合，引导钢铁、有色、建材等行业向轻型化、集约化、制品化转型，推动产业结构由高碳向低碳、由低端向高端转型升级。

加快城乡建设和交通运输绿色低碳转型。将绿色低碳发展要求贯穿城乡建设管理各环节，推动城市组团式发展，增强城乡气候韧性，建设海绵城市。结合城市更新、新型城镇化建设和乡村振兴战略的实施，强化绿色设计和绿色施工管理，加快推广超低能耗、近零能耗建筑，推动超低能耗建筑、低碳建筑规模化发展，提高新建建筑节能水平。提升城镇建筑和基础设施运行管理智能化水平，推进热电联产集中供暖，因地制宜推行热泵、生物质能、地热能、太阳能等清洁低碳供暖。建设集光伏发电、储能、直流配电、柔性用电于一体的“光储直柔”建筑。加快形成绿色低碳运输方式，积极扩大电力、氢能、天然气、先进生物液体燃料等新能源、清洁能源在交通运输领域应用。推动不同运输方式合理分工、有效衔接，降低空载率和不合理客货运周转量。大力推广新能源汽车，推广电力、氢燃料、液化天然气动力重型货运车辆，不断提升铁路系统电气化水平。将绿色低碳理念贯穿于交通基础设施规划、建设、运营和维护全过程，优化公共交通基础设施建设，降低全生命周期能耗和碳排放。发展智能交通，构建便利高效、适度超前的充换电网络体系，加快交通运输电动化转型。

巩固提升生态系统碳汇能力。推进山水林田湖草沙一体化保护和修复，优良的生态环境具有高质量的固碳能力，可将大气中自由运动的“动碳”转化为内嵌于生物圈、水圈、岩石圈的“静碳”，从而减轻大气温室效应。发展富碳农业，依据自然界植物生长规律，遵循生态环境学、能源经济学、土壤学、植物学等基本原理，运用系统工程和现代科技成果，将工业生产活动中产生的大自然不能自然消纳的巨量二氧化碳用于农作物生长，同时减少化肥、农药使用，提高土壤有机质含量，提高农作物品质和产量。发展光伏发电不仅不需要水资源，还能增加低碳能源供应。持续推进生态系统保护修复重大工程，着力提升生态系统质量和稳定性，为巩固和提升我国碳汇能力筑牢基础。以森林、草原、湿地、耕地等为重点，

科学推进国土绿化、实施森林质量精准提升工程、加强草原生态保护修复、强化湿地和耕地保护，不断提升碳汇能力。加强与国际标准协调衔接，完善调查监测核算体系，鼓励试点探索。

多措并举实现长远目标

碳达峰碳中和是一个多维、立体、完整的系统工程，不可能由一个地区、一个行业、一个单位“单打独斗”。必须坚持全国一盘棋，发挥地方、行业、企业和公众的积极性和创造性。必须加强党的领导，分类施策、持之以恒、重点突破。各地各部门要从实际出发制定落实措施，鼓励有条件的地方、行业、企业积极探索，形成一批可复制、可推广的经验模式。

加强绿色低碳技术的科技创新和推广应用。加大创新力度，发挥新型举国体制优势，强化理论和制度创新，提前布局低碳零碳负碳重大关键技术，有序推动开展低碳零碳负碳新材料、新技术、新装备的攻关。深入研究全球气候变化成因、碳汇等基础理论和方法，突破储能、智能电网等关键技术，实现氢能及储能技术、先进安全核能技术、碳捕集利用与封存技术协同推进，把核心技术牢牢掌握在自己手中，破解“卡脖子”难题，并为颠覆性技术留足空间。大力发展碳循环经济，变能源和工业生产排放的二氧化碳“废物”为含碳材料等有用资源，实现多能互补、梯级利用。加快培养一批碳达峰碳中和基础研究、技术研发、成果转化、应用推广等领域的专业化人才队伍。

健全法规标准和政策体系。完善投资、金融、财税、价格等政策体系，加大财政对绿色低碳产业发展、技术研发等的支持力度。建立健全碳达峰碳中和标准计量和统计监测评价体系，完善碳排放数据管理和发布制度，并与国际标准衔接。构建绿色低碳循环发展的经济体系，推动产业结构和能源结构的调整优化，保障能源安全和产业链供应链安全，为实现高质量发展注入新动能。发展绿色金融，设立碳减排货币政策工具，有序推进绿色低碳金融产品和服务的开发。统筹推进绿色电力交易、用能权交易、碳排放权交易等市场化机制的建设。

坚持政府和市场两手发力。实现“双碳”目标，既要充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，以引导要素向绿色低碳发展集聚，也要更好发挥政府作用，提供更多的公共产品和服务，并激发市场主体绿色低碳转型的内生动力和创新活力。要进一步深化改革，大力破除制约绿色低碳发展的体制机制障碍，为绿色低碳经济体系的建立创造公平、公正、公开的市场环境。应推动形成绿色低碳生产生活方式，大力倡导勤俭节约，坚决反对不合理的奢侈浪费，鼓励公众低碳出行、积极参与垃圾分类等，从而使简约适度、绿色低碳、文明健康的生活方式成为社会时尚。

推动构建人类命运共同体。坚持发展中国家定位，坚持共同但有区别的责任原则、公平原则和各自能力原则，积极参与应对气候变化国际谈判，主动参与气候治理国际规则和标准制定，推动建立公平合理、合作共赢的全球气候治理体系。扎扎实实办好自己的事情，加快共建“一带一路”投资合作绿色转型，深化与各国在绿色技术、绿色装备、绿色服务、绿色基础设施建设等方面的交流与合作，为进一步推动构建人类命运共同体、共建清洁美丽世

界作出应有贡献。

同时，还要处理好减污降碳和能源安全、产业链供应链安全、粮食安全、群众正常生活的关系，有效应对可能出现的风险，确保安全降碳。

实现碳达峰碳中和，是贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展的内在要求，是党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策。今年政府工作报告提出，有序推进碳达峰碳中和工作。落实碳达峰行动方案。参加全国两会的代表委员表示，必须深入分析推进碳达峰碳中和工作面临的形势和任务，充分认识实现“双碳”目标的紧迫性和艰巨性，研究需要做好的重点工作，统一思想和认识，扎扎实实把党中央决策部署落到实处。

——2022年1月24日习近平总书记在主持中央政治局第三十六次集体学习时的讲话
到2025年，为实现碳达峰、碳中和奠定坚实基础

单位国内生产总值能耗比2020年下降13.5%

单位国内生产总值二氧化碳排放比2020年下降18%

非化石能源消费比重达到20%左右

森林覆盖率达到24.1%，森林蓄积量达到180亿立方米

到2030年，二氧化碳排放量达到峰值并实现稳中有降

单位国内生产总值能耗大幅下降

单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降65%以上

非化石能源消费比重达到25%左右

风电、太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上

森林覆盖率达到25%左右，森林蓄积量达到190亿立方米

到2060年，碳中和目标顺利实现

绿色低碳循环发展的经济体系和清洁低碳安全高效的能源体系全面建立

能源利用效率达到国际先进水平

非化石能源消费比重达到80%以上

——《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（周宏春）

狠抓绿色低碳技术攻关

人民日报 2022.4.25

中央经济工作会议强调，要狠抓绿色低碳技术攻关。今年的《政府工作报告》提出，推进绿色低碳技术研发和推广应用。不久前出台的《“十四五”现代能源体系规划》也明确提出，加快能源领域关键核心技术和装备攻关。实现绿色发展、推动能源革命、实现双碳目标，绿色低碳技术尤为重要。

推动绿色低碳技术取得重大突破，既是加快构建现代能源体系、推动能源高质量发展的

必然要求，也是实现碳达峰碳中和目标的关键动力。以战略思维瞄准科技前沿，推动绿色低碳科技革命，加快先进适用技术研发和推广应用，将创造出新的就业机会，有助于我们走好生态优先、绿色发展之路，对于推动高质量发展意义深远。

加速发展可再生能源等低碳减排项目、促进绿色经济复苏，离不开对技术创新的持续投入。我国新型电力系统建设已取得阶段性进展，安全高效储能、氢能技术创新能力显著提高，减污降碳技术加快推广应用。同时，电气化、氢能、生物质能及碳捕集、利用与封存等关键技术领域创新投入不足。“十四五”期间，能源研发经费投入计划年均增长7%以上，新增关键技术突破领域将达50个左右，未来有必要进一步增加绿色低碳技术的研发投入，增强创新发展能力。

绿色转型和技术攻关无法毕其功于一役，要循序渐进、先立后破，加快示范项目的部署，实施科技创新示范工程。进行技术应用试点和推广示范项目，有助于降低成本，控制投资风险，改善用户体验，积累技术经验。同时，开展示范项目也有助于加深社会公众对绿色低碳技术的了解，有利于根据最终需要进行升级改造、进行更为周全的安全设计，还可吸引更多社会资本参与。

未来，推动绿色低碳技术的创新，不仅要通过研发和示范，还要考虑建设和改造相关技术所需的基础设施。以氢能技术为例，需要新建管道运输捕集的二氧化碳，在港口和工业区之间建设运输氢气的系统。改革监管框架、制定相关规划和激励措施，推动各方加强合作，稳定市场和投资者预期，吸引社会资本广泛参与，就能促进智能电网等基础设施的投资建设或改造。

气候变化是全球挑战，国际科技合作是大趋势，必须构建低碳技术国际合作新格局。国家间的分享合作对于推动技术进步至关重要。各国相向而行，保持密切的国际协调，能源转型和气候保护才能成为创新和可持续发展的增长引擎。以当前热议的氢能推广为例，就需要共建国际市场，明确相关安全和环境标准。我们要更加主动地融入全球创新网络，在开放合作中提升绿色低碳科技创新能力。

狠抓绿色低碳技术攻关，科学有序推动能源绿色低碳转型，要求我们统筹发展和安全，坚持系统思维、通盘谋划。以保障安全为前提构建现代能源体系，充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，更好发挥政府作用，坚决破除制约绿色低碳发展的体制机制障碍，才能形成推动实现碳达峰碳中和目标的强大合力，为高质量发展提供坚实能源保障。（许余洁）

实现“双碳”目标应形成战略战术共识

访中国工程院院士、国家能源咨询专家委员会副主任杜祥琬

中国电力报 2022.4.19

“‘双碳’目标于2020年提出后，已经历了第一个整年。这一年里，社会各方面的讨论非常热烈，观点多种多样。经过一年多的发展，大家应该形成两点明确共识，一是‘双碳’

目标是国家战略，不是别人让我们做，而是我们自己必须要做，要坚决保持战略定力；二是在战术上要积极而稳妥，既要避免运动式减碳，也要避免运动式增碳，总结好‘双碳’工作第一年的经验教训。”近日，中国工程院院士、国家能源咨询专家委员会副主任杜祥琬就“双碳”目标和“十四五”能源规划等话题接受中能传媒记者专访。

杜祥琬表示，实现“双碳”目标首在节能提效，要深入调整产业结构，以科学供给满足能源合理需求，要统筹好能源当前安全和长远安全。

保持碳达峰碳中和的战略定力

“在‘双碳’目标提出之初，有人质疑这是否是西方国家给中国设置的陷阱，社会上曾存在一些摇摆的声音。”杜祥琬说，实现碳达峰碳中和，是党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策。

他指出，在战略方面，第一，从国内来看，实现“双碳”目标，不是别人让我们做，而是我们自己必须要做。这是我国实现高质量发展、可持续发展的内在要求。根据走向现代化的发展规律，我国一定要实现碳达峰；根据全人类的发展需要，我们一定要走向碳中和。第二，从全球来看，应对气候变化是全人类的共同挑战和共同事业，中国应与各国一道作出贡献。习近平总书记指出，应对气候变化《巴黎协定》代表了全球绿色低碳转型的大方向，是保护地球家园需要采取的最低限度行动，各国必须迈出决定性步伐。“双碳”目标就是在《巴黎协定》的基础上更进一步，提出国家自主贡献承诺。

在战术方面，实现碳达峰碳中和是一个复杂的系统工程，是长达几十年的科学转型过程，政策性很强，要保持积极而稳妥的态度，防止两种倾向，一种倾向是简单化、一刀切。第二种倾向是转型不力，走老路导致发展落后。

“需要注意的是，‘双碳’目标提出后的第一个整年，虽然个别地区出现了运动式减碳现象，但全国二氧化碳排放增加了4亿吨，这是近年来没有过的高排放增量。”杜祥琬强调，如今进入“双碳”目标提出后的第二个整年，碳达峰进入了窗口期，要总结好第一年的经验教训，坚持稳中求进，在避免运动式减碳、一刀切的同时，也应注意避免运动式增碳，避免冲高峰、攀高峰。

节能提效的关键在于产业结构调整

中国工程院日前发布的《中国碳达峰碳中和战略及路径》提出，通过积极主动作为，全社会共同努力，中国二氧化碳排放有望于2027年前后实现达峰，峰值控制在122亿吨左右。在此基础上推动发展模式实现根本转变，可在2060年前实现碳中和。

杜祥琬表示，积极主动作为，全社会共同努力的前提至关重要，只有在这样的条件下，2027年碳达峰和122亿吨的峰值才有可能实现。工程院的咨询研究还给出了另一种排放情景，即2029年碳达峰，峰值则是127亿吨二氧化碳。

他指出，节能提效是中国能源战略之首，是降碳的首要举措。当前，中国单位GDP能耗水平是世界平均水平的1.5倍，单位GDP碳排放是世界平均水平的1.7倍，之所以碳强

度要比能耗强度高一些，是我国以煤为主的能源消费结构决定的，区别于西方国家以油气为主的能源消费结构。而与 OECD（经济合作与发展组织）国家相比，我国的能耗强度是其 2.7 倍，节能降耗的潜力是很大的。

节能降耗的潜力在哪？为什么会与 OECD 国家有这么大的差别？杜祥琬认为，关键在于产业结构。比如我国的钢铁、水泥产能分别占全世界的 56%、57%。钢铁行业，如果切实落实严禁新增产能、继续压减产能的要求，即使吨钢能耗不下降，钢铁行业碳排放也将实现达峰，再加上技术和管理进步，钢铁行业能耗和碳排放将明显下降。

杜祥琬指出，产业结构调整是高质量发展的要求，是补短板、强弱项。《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（以下简称《意见》）首先着重强调深度调整产业结构，其后是调整能源结构。要坚决遏制“两高”产业盲目发展，大力发展高技术产业、战略新兴产业，实现经济增长与碳排放脱钩。

统筹好能源当前安全与长远安全

对于能源安全的理解，杜祥琬强调，要深入理解习近平总书记提出的能源安全新战略，“推动能源消费革命，抑制不合理能源消费”。能源安全首先是供需安全，以往，我们理解的能源安全就是供需安全，当供应跟不上需求，就是不安全。一些地区就依靠高耗能高排放产业的冲动拉动本地 GDP，这是需要抑制的不合理需求。因此，在将供需安全放在能源安全首位的同时，一定要抑制不合理需求，要以科学供给满足合理需求，这才是真正的供需安全。

杜祥琬指出，除供需安全外，能源安全还应包括环境安全、气候安全，并统筹好当前安全和长远安全。当前安全和长远安全是一致的，不是对立的。为此，要把化石能源特别是煤炭的高效洁净利用做好。同时，非化石能源包括可再生能源是我们本国可以掌控的能源，不受国际地缘政治变化的影响。提升非化石能源比重，我们自己能够掌控的能源越多就越安全，越独立，这是长远的能源安全。可再生能源的波动性、间歇性问题要通过智能调峰、运用灵活性资源，并把可再生能源与化石能源、储能技术等结合好，构建新型电力系统，形成优质电力输出，从而实现当前安全与长远安全的统一。

构建现代能源体系要把握多能互补、源网荷储

谈及“十四五”能源规划，杜祥琬表示，能源发展五年规划首次以“现代能源体系规划”命名，这是能源发展贯彻落实新发展理念的具体体现。《“十四五”现代能源体系规划》作出“我国步入构建现代能源体系的新阶段”的判断，提出能源安全保障进入关键攻坚期、能源低碳转型进入重要窗口期、现代能源产业进入创新升级期、能源普遍服务进入巩固提升期四个特征。这四个特征体现了电气化、低碳化、智能化的能源发展方向。

他进一步指出，构建现代能源体系离不开“多能互补、源网荷储”8个字。在“源”侧，新能源的绝对量和比重都将持续提升，《意见》提出，到 2060 年，非化石能源消费比重将达到 80% 以上，这意味着仍有近 20% 的化石能源需起到调配作用，非化石能源要与化

石能源协调互补，加强能源资源综合开发利用，实现多能互补。在“网”侧，要实现智能化发展，发展智能电网和配电网，提升电网的灵活性、可控性，使其具备吸纳不稳定电源的能力。在“负荷”侧，要发展灵活性资源，引导用户根据市场情况调整电力需求，维持系统平衡。在“储能”侧，要做好与新能源的配合，提高系统的可控性和灵活性。

“‘十四五’能源发展的任务艰巨。”杜祥琬表示，在这个过程中要摸索两个经验：一是化石能源与非化石能源协调互补，不仅仅是确定发展比例，还要探索如何统筹发展；二是摸索新能源和储能在实践上如何结合好，要形成具体的实践结果，实现优质电力输出。（刘泊静）

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

广东破解铝灰渣治理难题

中国环境报 2022.4.1

“2021年，广东省790家产生单位申报铝灰渣产量22.07万吨，安全处置20.03万吨，其余规范贮存，污染防治到位。”广东省生态环境厅厅长鲁修禄在今年全国“两会”期间接受媒体采访时介绍，通过一年多的努力，广东有效破解了铝灰渣处理处置短板问题。

能力不足，规范处置面临巨大压力

作为中国铝材加工制造大省，广东省共有铝加工企业300多家，2021年产量达510多万吨（产量全国排名第三），是具有规模优势和品牌优势的产业。但行业的发展同时也带来了环境风险，再生铝和铝材加工过程中产生的铝灰渣对人体健康和环境都有可能产生危害。

“按照熔铸工序的烧损率进行估算，初步估计广东省铝加工行业产生的铝灰渣总量约20万吨/年，是铝灰渣主要产生者，涉及的总量较大。”广东省固体废物和化学品环境中心高级工程师辜剑波介绍。

随着国家监管力度的加大，铝灰渣（含二次铝灰）等均被纳入《国家危险废物名录（2021年版）》。而对广东而言，处理处置行业的能力建设、企业的管理理念等方面没有及时跟上，导致铝灰渣贮存、利用处置等方面都存在诸多问题。

佛山市是广东省铝材加工企业最主要的集中地之一，产能约占全省的65%。据当地生态环境局固体废物与辐射安全科负责人介绍，由于2021版危废名录实施过渡时间短，佛山有资质处理铝灰渣的单位较少，处置能力严重不足，导致铝灰渣的处置价格一路飙升，一度提高了4至10倍，超出铝材加工企业的承受范围，不少铝材加工企业因此将铝灰渣暂存厂内。2021年7月，佛山全市铝材加工企业铝灰渣贮存能力接近饱和，环境安全隐患日益突显。

佛山的情况也是当时广东省内铝材加工大市共同面临的窘境。根据广东省固体废物环境监管信息平台统计数据，部分地市的铝型材行业企业有色金属采选和冶炼废物库存量大，存在环境污染风险隐患。

“广东省内现有的危险废物经营企业中具备铝灰渣危废处理资质的较少，处理能力不足，新建利用处置铝灰渣需申领危险废物经营许可证，建设周期比较长。”辜剑波表示，而且运行中的部分企业利用处置铝灰渣存在工艺不成熟等问题。

广东省科学院资源利用与稀土开发研究所教授级高级工程师曹洪杨则表示，“二次铝灰渣利用价值低，列入危废管理名录之前，很多企业对铝灰渣的处理方式是倾倒或者填埋。”2021年之后，铝灰渣全部列入危废进行管理，原有的处理方式已经不适应形势发展，但是企业的意识并没有及时跟上。2021年7月，广东省生态环境执法部门对江门市62家涉铝行业企业进行检查时发现，企业普遍存在以老方式、老方法对待铝灰渣，仍将其作为一般固废交由其他企业处置，且大部分处置单位无相关环保手续。

联防联控，堵住非法转移风险

针对铝灰渣处理处置现状及存在的问题，广东省及时开展风险排查，打击非法处置或倾倒铝灰渣等违法行为。

2021年6月初到7月中旬，广东省生态环境厅就先后发布了加强铝灰渣环境污染防治工作、摸查铝灰渣环境管理信息等多个通知，要求各地市生态环境局依法开展铝灰渣环境风险排查，从组织排查登记造册，严格落实申报登记等多个方面着手，督促指导辖区内电解铝、再生铝等企业做好危险废物环境管理工作。

同年7月，广东全省铝灰等危险废物专项检查行动全面启动，重点做好铝灰、废机油、废铅蓄电池等危废的摸底排查工作，搞清产量、存量、去向等基本情况。通过这次专项行动，广东着力查处了一批非法转移、倾倒铝灰等危废的违法行为。

为堵住跨省转移风险，广东省生态环境厅与省公安厅在肇庆、清远等9个地市的省界运输通道节点联合设立执法检查点，对前往广西、湖南、江西、福建等方向的货运车辆开展抽查检查，加密频次加大力度，有力堵截铝灰渣等危险废物非法跨省转移处置。同时联合省公安厅组织开展为期两个半月的铝灰渣专项执法行动，检查企业208家次，对发现问题现场指导整改并实施清单管理，向公安机关移送26条涉刑线索，形成强大的打击震慑作用。

与此同时，广东省生态环境厅组织专家团队先后在佛山、清远、肇庆开展“送法规、送技术”服务，举办铝灰渣污染防治专题宣讲活动，并深入重点企业给予现场把脉问诊服务，助力企业规范铝灰渣管理。

“通过加强铝灰渣监管，全面推进底数摸查、应急处置、设施建设、政策宣传、联防联控强化打击等5项工作，全省铝灰渣处理处置工作逐步得到规范。”广东省生态环境厅固体废物负责人介绍道。

应急处置，推动提升处理能力

如何缓解企业铝灰渣处理面临的成本高、出路难的问题？广东省明确分阶段实施、因地制宜的原则，引导各市合理规划利用处置设施建设，鼓励企业加强技术改造，支持危险废物产生量大的企业自建利用处置设施。

对于省内还未建成相应处理处置资质项目的地市，允许开展铝灰渣应急利用处置工作并在2022年6月底前结束。同时深化“放管服”改革，将铝灰渣利用处置的经营许可审批权限委托给产生量前三的佛山、肇庆、清远市生态环境局行使，优化申办流程、简化申请材料，持续提升政务服务效能。

在此基础上，各地一边启动应急处置项目，一边逐步推进处置项目的建设。

铝材加工企业和铝单质回收企业产生的二次铝灰主要依托水泥窑、砖窑等工业炉窑进行协同（利用）处置，而佛山市内虽无大型水泥生产企业，但制砖企业较多且生产管理水平较高。在经过铝灰渣定向利用技术论证后，当地于2021年7月份正式启动佛山市铝灰渣应急处置工作，4家二次铝灰渣应急处置单位投入运行。二次铝灰渣协同处置能力达到200吨/日以上。

四会市开工建设辉煌金属制品有限公司铝灰无害化综合利用项目，高要金岗水泥厂水泥窑协同处置铝灰项目也拟申请危险废物经营许可证。同时，肇庆拟定金岗水泥作为铝灰渣应急处置单位，应急处置时间截止到2021年12月31日，其应急处置能力为3万吨/年。

梅州市利用较发达的水泥行业应急解决省内部分铝灰渣，梅州皇马水泥有限公司、广东塔牌集团股份有限公司蕉岭分公司、蕉岭县龙腾旋窑水泥有限公司等单位开展铝灰渣应急处置工作，有效解决省内部分地市处置能力不足问题。

据介绍，2021年，广东全省启用34个铝灰渣应急利用处置设施，能力达195.73万吨/年；累计利用处置铝灰渣20.03万吨，省政府部署的“库存清零”任务按期完成。（郑秀亮）

港媒报道：中国废旧手机成回收“富矿”

参考消息 2022.4.7

【香港《南华早报》网站4月6日报道】题：中国废旧手机到2025年将达60亿部，提供了很大程度上未加利用的稀有金属资源 [记者 李佳星（音）]

根据中央电视台报道，到2025年，中国——世界最大智能手机市场——将有超过60亿部闲置手机，在北京抗击气候变化的努力中，这将有助于二手电子产品行业的繁荣。

中央电视台援引中国电子装备技术开发协会（CAEETD）的数据说，中国的手机保有量近年来一直在增长，到2021年底超过18亿部。这个数字包括不再使用的手机。随着更多的中国消费者每年把手机更换为新机型，旧手机越来越多。

绿色和平组织东亚分部的研究显示，在中国，只有不到2%的智能手机得到了恰当回收利用，其余的大多要么通过不当处理而丢弃，要么闲置在家。

手机中的许多材料可以重复使用，这激励企业回收这些设备。这些材料包括金、银、铂和钯等贵金属，以及一些难以开采的稀土金属。

但CAEETD秘书长唐爱军说，回收废弃手机的门槛相对较高。唐爱军对媒体说：“这需要大规模的前期投资，运营成本很高，但利润率相当低。”

联合国训练研究所发布的《2020 年全球电子废弃物监测》报告显示，2019 年，在收集和回收电子废弃物方面，亚洲以 11.7% 的回收率排名第二，欧洲以 42.5% 的回收率居全球领先地位。

美洲和大洋洲的回收率分别为 9.4% 和 8.8%，非洲的回收率为 0.9%。

中国最新的五年规划概述了直到 2025 年的中国社会和经济发展目标。该计划说，循环经济是中国的一项重大战略，对推动实现碳达峰、碳中和，促进生态文明建设具有重大意义。

在今年的全国两会上，多位代表就计算机、通信和消费电子产品的回收利用问题提出了建议。智能手机制造商小米的首席执行官雷军提出了一项个人碳交易计划，其中包括回收废弃手机。

在新冠疫情期间，专门的二手电子产品市场也出现了显著增长，因为疫情导致芯片供应紧张和许多相关产品短缺。

越南采取措施减少塑料垃圾

人民日报 2022.4.11

接过小男孩依次递来的 5 个空塑料瓶后，工作人员将一个造型可爱的陶瓷小动物放进小男孩掌心，接过礼物的小男孩在妈妈怀里露出甜甜的笑容。这一幕发生在越南旅游胜地会安市街头。当地日前举办“塑料垃圾兑换纪念品”环保活动，几个空塑料瓶即可兑换一件陶瓷工艺品。活动组织者阮陈芳说，希望通过这一活动唤醒人们对塑料垃圾问题的重视。

越南自然资源和环境部数据显示，越南每年产生塑料垃圾 180 万吨，占固体垃圾总量的 12%。在河内市和胡志明市，平均每天产生约 80 吨塑料垃圾，给当地环境带来严重影响。

从 2019 年开始，越南在全国范围发起限制塑料垃圾活动。为提高民众的环保意识，越南多地开展了有特色的活动。胡志明市还启动了“塑料垃圾换大米”计划，市民可用塑料垃圾换取同等重量的大米，每人最多可换取 10 公斤大米。

越南 2021 年 7 月通过“加强塑料垃圾管理的方案”，力争到 2025 年各购物中心和超市 100% 使用可降解的环保袋，所有景区、酒店、饭店不再使用不可降解的塑料袋和塑料制品。为实现这一目标，越南计划鼓励人们自带盥洗用品和餐具等，同时设置替代一次性塑料制品过渡期，酒店对确有需要的顾客可收取一定费用，以起到环保提示和限制使用塑料制品的作用。

越南还利用农业资源优势，研发推广替代塑料制品的环保产品。清化省一家企业，依托当地优质的竹子资源和研发工艺，生产的竹子吸管冷热环境下不膨胀、不开裂，每月获得的奶茶店和咖啡馆订单超过 10 万支。越南还在全国的餐饮店、商场、影院和学校开展“绿色越南行动计划”，向塑料吸管说“不”。据越南媒体报道，随着竹子和纸质吸管日渐被广大民众接受和使用，每年可减少 676 吨塑料垃圾的产生。

除了竹子，木薯、甘蔗、玉米，甚至植物的叶茎也被用作替代塑料制品的原材料。目前，河内市 170 多家商超中的 140 家，已改用可降解的木薯粉食品袋。一些餐馆和小吃店也改用甘蔗渣制作的餐盘、饭盒。胡志明市为鼓励市民使用玉米粉食品袋，3 天内免费发放了 500 万个，相当于减少了 80 吨塑料垃圾。胡志明市商业合作社联盟从 2019 年开始发动企业和菜农，用新鲜香蕉叶包裹蔬菜，目前已在全国推广。河内市民胡氏金钗对本报记者说：“这充分做到了物尽其用，是用行动落实保护环境的好方法。”（杨晔）

污水厂或将“藏”在公园底下

广州日报 2022.4.13

污水厂、变电站、垃圾压缩站等市政设施通常被认为是邻避设施，面临着选址难、落地难等问题。近日，《广州市市政公用设施用地集约化利用工作指引（试行）》正式印发实施，提出污水处理厂+地面公园、变电站+商业服务设施、垃圾压缩站+地面公园等多种可落地操作的集约化利用模式，推动实现广州市市政公用设施绿色低碳可持续高质量发展，增强老百姓对市政公用设施的认同感和获得感，提升城市空间品质。

梳理 48 种市政公用设施集约化利用规划布局

目前国内关于土地集约化利用的研究主要集中在土地开发和利用模式的研究，缺乏针对邻避型市政基础设施与其他设施兼容用地集约共建系统性的研究。坚持以人民为中心的出发点和落脚点，满足广大人民群众对加快提高生态环境和人居环境质量的热切期盼，2021 年广州市政府工作报告提出“加强市政设施和公共设施用地兼容集约利用”。为落实市政府工作要求，市规划和自然资源局牵头制定了《广州市市政公用设施用地集约化利用工作指引（试行）》（下称《指引》）。

《指引》通过吸收借鉴国内相关城市优秀案例，提出污水处理厂+地面公园、变电站+商业服务设施、垃圾压缩站+地面公园等多种可落地操作的集约化利用模式，促进传统市政规划建设向用地集约化利用转变，填补了土地集约化利用中关于市政公用设施用地集约化利用的空白，属市政公用设施规划领域的重要革新，深化落实市政公用设施用地集约化利用理念，促进传统市政规划设计往集约化利用方向转变。

《指引》将用地集约化利用理念与工程实际结合，创新提出多种可落地操作的集约化利用模式，包括两类用地集约形式（兼容用地、整合用地）和六种建设模式（分建、合建、贴邻共建、分层共建、共用整合、贴邻整合），并梳理形成 48 种市政公用设施集约化利用规划布局的推荐组合。

有效缓解市政公用设施落地难、选址难问题

《指引》从助力市政公用设施落地及降低邻避效应出发，统筹考虑各类设施与市政公用设施之间空间关系、防护距离、邻避关系、退让间距等因素，科学细化分类，主要以供水、排水、供电、通信、环卫和其他公用设施六类用地分别与其他类型用地进行组合，形成集约

化利用组合模式和建设形式 17 个推荐表，系统指导各层次规划编制、新建项目选址、方案设计等环节的市政公用设施集约化利用规划建设。

《指引》将推动实现广州市市政公用设施绿色低碳可持续高质量发展，打造系统完备、高效实用、智能绿色、安全可靠的现代化市政公用设施体系，填补了业内空白，高效节约用地，合理科学兼容各类市政设施用地，推广市政公用设施用地集约化利用理念的应用。

同时从政策上破解市政公用设施邻避效应和多占用的不利局面，有效缓解市政公用设施落地难、选址难的问题，将各自为政的排他性空间规划为和谐共处的邻利性空间，探索市政设施与公园、停车场等设施复合用地，以增加公众喜闻乐见的功能来减少老百姓对邻避设施的抵触情绪，增强老百姓对市政公用设施的认同感和获得感，推动市政公用设施高质量发展，提升城市空间品质。

节约集约用地 充分释放土地资源利用潜力

市规划和自然资源局有关负责人表示，《指引》印发实施，贯彻落实自然资源部的《节约集约利用土地规定》关于“提升土地资源对经济社会发展的承载能力，促进生态文明建设”的要求，可进一步促进广州节约集约用地，在兼顾环境效益和社会效益的前提下，达到提高土地的利用效率、增加经济效益、节约集约用地的目的，充分释放土地资源利用潜力，为广州土地利用高质量发展争取更大空间。

至 2035 年规划建设期末，广州市规划建设市政设施项目超过 2500 宗，市政设施复合化、地下化、立体化建设，可以有效提高用地集约利用度，释放土地空间。以净水厂为例，如按照《指引》推荐分层共建全地理地下净水厂，至 2035 年，广州市将建设全地理地下净水厂 25 座，可释放地面空间约 305 公顷。（杜娟）

推进农作物生物质资源化利用的三点建议

中国环境报 2022.4.11

农作物生物质制成肥料、饲料、燃料、基料和原料，将促进农业生产和农民增收，同时改善农村生态环境，推动绿色低碳发展。而且，组织实施农作物生物质资源化利用，将加强和创新农村的社会治理。由此可见，推动农作物生物质资源化利用可以实现一举三得。

全国各地乡村每年产生 8 亿吨以上富含有机质和氮磷钾等元素的农作物生物质，面广量大质优，是可再生且具有固碳减碳价值的资源，用途广泛，值得资源化利用。

但农作物生物质资源化利用是一项极具挑战的事务，面临组织实施不力、内生动力不足、处理能力不足、资源化利用率低、农业回用萎缩、外部资本投资意愿不大和处理设施建设缓慢等问题。正因如此，农作物生物质露天焚烧屡禁不止。推动农作物生物质资源化利用，笔者认为可以从以下几方面着手。

一是保障农作物生物质的供应。加强和创新组织管理，尤其要发挥村两委的组织领导作用，完善法律、经济、信用等激励机制，鼓励农村问题农村解决，将种植户的意愿统一到

“必须实行农作物生物质资源化利用”上来。

因地制宜选择经营模式，可以采用“村（自然村或行政村）集中利用+种植户”模式，“种植户（家庭、农场）+中间组织（合作社、企业）+利废企业（利用废水、废气、废渣生产产品的企业）”模式，或者“利废企业+种植户”模式，将种植户与利废企业有效结合在一起，保障与平衡农作物生物质的供应与利用。为种植户收集、运输、贮存（甚至仓储）农作物生物质提供便利，如利废企业控制处理规模，以缩短运输距离、提供储仓以解决储存困难，合作社提供机械打捆、粉碎、运输等服务。完善农作物生物质采购机制，惠及农民，激发种植户参与农作物生物质资源化利用的自觉性和积极性。

二是构建有序和谐的农作物生物质资源化利用体系，发展农村循环经济。明确资源化利用的路线，提倡就近农业回用，推广综合利用和梯级利用，加强资源化利用体系建设，推动资源化利用现代化（工业化、专业化、规模化、低碳化、智能化）。制定各种资源化利用方法的阶段性目标，如力争农业回用65%以上（其中直接还田20%，饲料化+肥料化梯级利用45%）、燃料化30%左右、基料化与原料化5%以上。将资源化利用嵌入农村生产的生态链，推广种养结合和农工商结合，发展农村循环经济。提倡物质利用优先和物质利用与能量利用并举的综合利用方式，提高农作物生物质的固碳减碳效果和资源化利用率。

三是加快资源化利用设施建设。将农作物生物质回用设施纳入农业公共基础设施建设项目，由政府统筹，为农业回用设施建设提供保障。创新农村土地政策，为农业回用设施落地建设创造条件。完善农产品市场的宏观调节，保障农产品销售渠道畅通和销售利润稳中有升。此外，鼓励城市资本投资农作物生物质资源化利用设施建设，拓宽资金来源。鼓励资源化利用设施协同处置同质的生活垃圾和工业垃圾，鼓励多种经营，拓宽收入来源。（熊孟清）

巴西积极发展生物甲烷能源

人民日报 2022.4.14

巴西政府近日宣布，将生物甲烷投资纳入基础设施发展特别激励计划，免除相关项目在购买机械设备、组件和建筑材料上的税收。

巴西是世界最大的甘蔗生产国，在生产糖和乙醇等的甘蔗加工过程中可产生丰富的沼气资源。生物甲烷特性和使用条件与天然气类似，由沼气提纯制取，可代替化石燃料用于供热、发电及运输等领域。巴西一家能源公司负责人若朗表示：“政府部分税收的免除，预计将使投资建厂生产生物甲烷的成本降低10%，将进一步加速行业投资，延续发展势头。”

除了减税降费，巴西环境部近日推出倡议，鼓励城市和农村地区利用有机废物产生的沼气，将其转化成生物甲烷为汽车提供燃料。巴西环境部长若阿金·莱特表示：“把来自养殖场、甘蔗加工厂和垃圾填埋场的垃圾转化为生物甲烷，可以为卡车和公共汽车等交通工具提供动力。在当前石油价格上涨的背景下，此举有助于降低运输成本。”据介绍，巴西国内已有超过500辆以生物甲烷为动力的卡车。随着货运部门对新技术需求的上升，预计未来几年

这一数字还将大幅增加。

近年来，生物甲烷能源在巴西快速发展，仅去年一年就有 45 家生产生物甲烷的新工厂落成，生物甲烷产量增加 37%，日产量大约 40 万立方米。巴西政府还计划拨款 70 亿雷亚尔（1 元人民币约合 0.74 雷亚尔），在圣保罗、南里奥格兰德、马托格罗索等 6 个州建设和运营 25 家生物甲烷生产工厂，创造至少 6500 个工作岗位。巴西媒体称，在新措施的带动下，预计到 2027 年，巴西生物甲烷日产量将达到 230 万立方米，提升 5 倍多，可以满足 90 万辆轿车一年的能源需求，并将减少碳排放近 200 万吨。

当前，巴西 30% 的柴油依靠进口，同时通过管道每天从邻国玻利维亚进口约 3000 万立方米的天然气。当地媒体认为，政府出台的一系列鼓励措施，有助于促进生物甲烷的生产和可持续利用，不仅为天然气管道尚未铺设的内陆地区居民带来极大便利，还可以减少对化石燃料的外部依赖，推动绿色发展。（邵世均）

全国锰渣累计堆存量已超 1 亿吨，每年新增超 1000 万吨

新技术规范注重全过程控制锰渣污染

中国环境报 2022.4.14

生态环境部近日发布《锰渣污染控制技术规范》（以下简称《技术规范》），这是我国第一个专门针对锰渣污染控制技术制定的国家生态环境标准。《技术规范》规定了锰渣在收集、贮存、运输、预处理、利用、充填、回填和填埋过程中的污染控制技术要求，以及监测和环境管理要求。

新发布的《技术规范》重点强调了什么？对于大量累积堆存的锰渣和新产生的锰渣该如何处理？锰渣治理的途径有哪些？哪些环节还可以优化升级？针对这些问题，本报采访了中南大学化学化工学院化学工程系主任、锰资源高效清洁利用湖南省重点实验室常务副主任王帅教授。

为何出台专门的技术规范来控制锰渣？

是锰行业中对生态环境影响最大的风险源

锰是国民经济发展的重要基础物资，被广泛应用于钢铁、有色、金属冶金、新能源、电子信息、医药、化工、航空航天等领域。生态环境部固体废物与化学品司有关负责人曾在采访中表示，我国是全球电解金属锰、电解二氧化锰和高纯硫酸锰的主要生产国，其中电解锰产能占全球总产能的 97%。

为何要出台专门的技术规范来控制锰渣？王帅解释，“锰渣具有产量大、可溶性污染物含量高、颗粒细小等特点，是锰行业中对生态环境影响最大的风险源。”

新发布的《技术规范》有何特点？

王帅表示，《技术规范》针对的处理对象包括电解锰锰渣、电解二氧化锰锰渣和高纯硫酸锰锰渣，全面规定了锰渣在收集、贮存、运输、预处理、利用、充填、回填和填埋过程中

的污染控制规范，对加强锰渣全过程污染防治提出具体要求，为开展相关领域环境管理工作提供明确的技术指导。

根据《锰渣污染控制技术规范（征求意见稿）》编制说明，全国锰渣累计堆存量已超 1 亿吨，每年还新增超 1000 万吨。

怎么用好《技术规范》？

环评、排污许可管理、清洁生产审核等都有了技术标准

“《技术规范》将于 2022 年 10 月 1 日正式实施，正式实施前堆存的锰渣，在利用、充填和回填过程中的污染控制适用于此规范。”王帅说道，企业目前缺乏的是经济有效的无害化处理和资源化利用技术，历史上堆存的 1 亿吨锰渣，一方面应加强安全管理和环境管理，避免产生安全事故和环境风险；另一方面，随着技术的进步，也可以加以利用。

实际上，目前，我国在锰渣无害化处理和资源化利用方面已经有足够的技术储备，锰渣制备水泥、泡沫砖、锰肥等也已经得到了初步应用，但新技术成果转化仍需加快。以《技术规范》的实施为契机，新技术将不断实现成果转化，锰渣处理问题将得到有效解决。

每年新增超 1000 万吨的锰渣怎么办？在《技术规范》实施后，处理上会有哪些变化？王帅表示，新增锰渣的收集、贮存、运输、预处理、利用、充填、回填和填埋过程中的污染控制，都需要符合《技术规范》。在《技术规范》实施之后，开展锰渣预处理、利用、充填、回填和填埋有关建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工环境保护验收、排污许可管理、清洁生产审核等工作就有了技术标准。

锰渣治理途径有哪些？

源头减量化和末端处理的无害化与资源化

锰渣属于第 II 类一般工业固体废物，含水率为 20%—30%，含有大量的硫酸锰、硫酸铵等可溶性硫酸盐，还含有锌、铜、镍、钴等重金属，成分复杂，处理难度大。

王帅向记者介绍，“锰渣在处理过程中出现的环境风险主要有：如果锰渣填埋场建设、运行中出现坝体不稳，就易发生溃坝，引发安全事故，威胁人民群众生命财产安全；如果在锰渣填埋场防渗措施处理的不到位，就会造成锰渣渗滤液污染地表水、地下水和土壤；如果在锰渣收集、贮存、运输、堆存过程中作业不规范，会出现锰渣撒漏、无序堆放的情况，导致周边环境被污染。”

从锰行业生产全流程来看，锰渣治理都有哪些途径？王帅提到要注重锰渣处理的源头减量化和末端处理的无害化与资源化。

源头减量化的途径主要是对碳酸锰矿进行选矿提高其锰品位，提高资源利用率从而减少锰矿石用量，以及采用高品位氧化锰矿代替低品位碳酸锰矿等。我国的锰矿石资源以碳酸锰矿石为主，氧化锰矿石主要依靠从国外进口。因此，发展低品位碳酸锰矿石选矿技术，提高锰资源利用技术水平，是保障我国锰资源安全的根本途径。此外，积极发展废旧含锰电池材料、催化剂、吸附剂的回收利用技术，也有利于减少锰矿石消耗，从而降低锰渣排放量。

末端治理技术主要包括无害化处理技术和资源化利用技术，无害化处理技术主要是对锰渣中的可溶性盐、重金属和氨氮进行处理，将其去除或者固化稳定化，资源化利用技术主要是将锰渣中的金属、非金属组分进行进一步的提取利用等。

根据《技术规范》，含有大量可溶性硫酸盐和重金属的锰渣将不能直接进行露天堆存，至少需要进行无害化处理后才能进行填埋、回填、充填。在锰渣资源化利用过程中，也要考虑避免产生新的环境风险。

锰渣处理哪些环节可以“更上一层楼”？

从发展全流程减排技术、开拓多样化的锰渣资源化利用途径等方面入手

“党的十八大以来，我国对生态环境保护工作越来越重视。以电解锰行业为例，产业集中度不断提高，落后产能不断淘汰，电解锰企业已由原来的 200 多家减少至现在的 40 多家。”王帅表示，《技术规范》的实施对我国锰业既是挑战，也是实现产业升级和高质量发展的重大机遇。

王帅说：“为达到《技术规范》要求，相关企业会面临一定的压力，一部分落后产能会被继续淘汰。短期内，锰渣处理量最大的途径是填埋，填埋场将消纳绝大部分的新增锰渣，关键是要按照标准执行。长期来看，应该发展多元化的处理途径。”

未来，在锰渣处理链条中，哪些环节可以“更上一层楼”？

王帅指出，锰渣处理的优化升级可以从发展锰业全流程减排技术、锰渣水洗液与浸出液高效分离技术以及开拓多样化的锰渣资源化利用途径等 3 个方面入手。

锰业全流程减排技术，即减量化、无害化、资源化协同，可以有效提高资源利用效率，从根本上减少污染物排放，实现锰业的清洁生产。发展萃取、离子交换等高效分离技术，可以制备高纯硫酸锰等高附加值产品。开拓多样化的锰渣资源化利用途径，可以实现锰渣的多渠道消纳，解决锰渣量大而单途径消纳量有限的问题。

锰渣造成的环境污染已成为制约锰行业高质量发展的核心问题之一。在此背景下制定的《技术规范》是完善锰行业环境管理标准体系、加强锰业集聚区域污染防控、解决损害群众健康的突出环境问题的必然要求，也是充分发挥生态环境保护引领、优化作用，推动促进锰产业绿色健康发展的重要举措。（张韵晨）

农业农村部全面实施秸秆综合利用行动

中国自然资源报 2022.4.27

近日，农业农村部对 2022 年秸秆综合利用工作进行专题部署，全面实施秸秆综合利用行动，坚持农用优先、多措并举，以肥料化、饲料化、能源化为主攻方向，推动需求端供给端协同发力，在全国建设 300 个秸秆综合利用重点县、600 个秸秆综合利用展示基地，确保全国秸秆综合利用率稳定在 86% 以上。据介绍，秸秆综合利用行动将优先选择秸秆资源量较大县（市、区）作为综合利用整体推进重点县，每个重点县建设不少于 2 个秸秆综合利用

展示基地。同时，在县域范围内，围绕秸秆沃土、产业化利用、资源化利用、全量利用、与其他废弃物协同利用等进行创新实践，打造一批秸秆综合利用典型模式。支持有基础、有意愿的秸秆利用重点县，探索建立以绿色低碳为导向的秸秆生态补偿制度。

治理农村生活污水，需处理好三个“差异”

分区治理，因地制宜选择治理技术模式

中国环境报 2022.4.14

日前，生态环境部、农业农村部等部门印发实施《农业农村污染治理攻坚战行动方案（2021—2025年）》（以下简称《行动方案》），明确要求加快推进农村生活污水垃圾治理，分区分类治理农村生活污水。

农村生活污水治理是农村人居环境改善的必答“命题”。在差异比较中找准农村生活污水治理定位，是答好这道题的关键。为此，记者专访了生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心（以下简称土壤中心），从农村生活污水治理城乡差异、东西差异、典型地区差异这3个“差异”入手，供各地找准定位，突出重点，分类施策。

农村生活污水治理要区别于城市

经过多年发展，城市生活污水治理体系已经比较完善，相较之下，农村生活污水治理起步较晚，也显现出了差距：截至“十三五”末，农村生活污水治理率达到25.5%，远“落后”于城市生活污水治理率。

土壤中心主任洪亚雄表示，“农村生活污水治理不能完全照搬城市污水治理模式，因为相比城市生活污水，农村生活污水有其自身的特点。”

洪亚雄介绍，在污染物排放总量不大、强度不高的情况下，农村生活污水经过无害化处理后可以利用起来，比如用于农田灌溉、园林绿化等；进一步处理达标后，可以回用于景观和生态补水等。

随着新型城镇化和乡村振兴相关战略规划的实施，村庄发展格局、人口分布也在发生变化。农村生活污水治理作为乡村环境基础设施建设内容，要遵循城乡发展建设规律，做到先规划后建设，根据村庄类型、人口变化趋势，合理测算污水治理需求。

“与城市相比，农村居民居住分散，建设收集管网成本较高，这是其治理的一大‘难点’。”土壤中心副主任王谦表示。据初步了解，一些地区前期农村规划建设时，农村生活污水治理往往被“忽略”，没有铺设污水收集管网，大大增加了道路硬化后管网铺设的成本。而且农村房屋多以自建房为主，户用污水收集系统大多不够完善，后期建设改造成本较高，户用污水收集系统与公共系统衔接难度较大。

从前期现场调研情况来看，目前不少地区农村生活污水收集成本较高，导致部分地区采取渗井、渗坑等方式排放生活污水，造成地下水污染的风险。

王谦解释：“农村生活污水治理起步晚、底子薄，需要进一步完善农村生活污水治理体

系，建立健全相应的法规政策、标准规范等，如农村生活污水处理设施建设验收、运行维护、资源化利用等标准规范，从而指导各地选择符合农村实际的生活污水治理技术，提升设施质量和长效运行水平。”

东、中、西部分区治理，不搞齐步走

洪亚雄介绍，“十三五”期间，生态环境部会同农业农村部等部委印发多个文件，加强农村生活污水治理顶层设计和系统谋划，为农村生活污水治理顺利起步夯实了基础。

截至“十三五”末，农村生活污水治理率达到 25.5%，东、中、西部地区农村生活污水治理率分别达到 36.3%、19.3% 和 16.8%。

此次《行动方案》划定了新目标：到 2025 年，东部地区、中西部城市近郊区等有基础、有条件的地区，农村生活污水治理率达到 55% 左右；中西部有较好基础、基本具备条件的地区，农村生活污水治理率达到 25% 左右；地处偏远、经济欠发达地区，农村生活污水治理水平有新提升。数字背后，是更加重视因地制宜、突出重点、分类施策的考量。

虽然“十三五”农村生活污水治理有了一定工作基础，但是东、中、西部治理进展不平衡，个别省份治理率低于 10%。这主要是缘于各地农村自然气候条件、经济社会发展水平、生产生活习惯等差异较大。

洪亚雄解释，差异化的分区目标，主要考虑就是引导各地在农村生活污水治理过程中坚持数量服从质量、进度服从实效，在加强调查研究基础上，结合实际科学合理确定目标任务和工作措施，不照搬照抄，不盲目求快，不搞齐步走、“一刀切”。

精准治理，因地制宜选择治理技术模式

气候地理条件是影响农村生活污水治理技术模式选取、建设运行成本的重要因素。因此，因地制宜在农村生活污水治理方面就显得至关重要。

《行动方案》提出，2023 年底前，各省要筛选建立适合本地区的农村生活污水治理模式和技术工艺。

土壤中心农村部陈盛解释说，一般来讲，平原地区人口数量较多，经济相对发达，污水产生量较多，环境容量相对较小，具备一定的污水收集处理条件，可根据实际情况采取纳入城镇管网，或建设治理效果相对较好的处理设施。

山地、丘陵地区往往人口数量较少，经济欠发达，污水产生量较少，生态环境质量相对较好，但管网建设难度大，宜充分利用环境自净能力，采取生态处理技术就地就近处理。

缺水地区污水产生量少、水资源缺乏，可利用农村生活污水成分相对简单的特点，在不造成环境污染的情况下，对黑水、灰水经无害化处理后进行资源化利用。

海拔较高、气候寒冷地区自然条件恶劣，人口数量较少，经济发展滞后，污水产生量小，收集处理难度高，需要更加注重源头管控，避免化粪池出水直排。

水源保护区等生态环境敏感地区，需要根据相关生态环境保护要求，有针对性地开展农村生活污水治理。

“以上典型区域代表了农村生活污水治理的主要类型，分地区探索差异化的治理技术模式，对做到精准治污、科学治污、依法治污，加快推进农村生活污水治理，具有重要意义。”陈盛补充道。

为鼓励积极性较高、有较好基础条件的市县扎实开展农村生活污水治理，积极探索适宜技术模式和长效机制，示范带动其他地区，今年，生态环境部联合财政部开展农村黑臭水体治理试点示范，并会同国家开发银行、中国农业发展银行推动农村生活污水治理金融支持项目储备，为实现《行动方案》目标提供保障。（薛丽萍）

把造纸废料“扔”到海里吸油去

科技日报 2022.4.22

研究团队发现，他们制备出的木质素聚氨酯泡沫经过一个太阳光照（辐射功率每平方米1000瓦特）后，表面温度可达90℃，可在6分钟内实现自身6倍以上质量的原油回收。

大面积的油污覆盖在海面上，大量海洋生物身陷其中缺氧死亡……随着海上运输业迅速发展，原油和有机溶剂泄漏事故频繁发生，对生态环境与人体造成危害。

针对泄漏事故，目前国际通用的原油吸附泡沫，原料多来自石化资源且不可降解，与绿色环保理念并不契合。开发一种生物质来源且吸附力强的吸油材料，成为相关领域的重要研究方向。

近期，中国科学院宁波材料技术与工程研究所生物基高分子材料团队陈景研究员和朱锦研究员与加拿大多伦多大学颜宁教授团队合作，设计研发了一类木质素基聚氨酯泡沫，可用于治理海上油污泄漏，还能在温和碱性环境下无害化降解。

木质素吸附漏油更环保

在自然界的植物中，木质素是含量仅次于纤维素的第二大天然有机高分子聚合物。在木本植物中，木质素含量能占到约25%。在工业生产中，木质素通常作为造纸行业的副产物，被燃烧或直接丢弃。

“当前的吸油材料大多以泡沫、气凝胶等多孔材料为主。其中聚氨酯泡沫在油水分离中的应用特别普遍。”陈景介绍，聚氨酯材料由多元醇与异氰酸酯经过聚加成反应得到，传统聚氨酯材料所用的多元醇来源于石油。

是否可以将普遍被浪费的木质素利用起来，提高聚氨酯材料的环境友好性？2019年下半年，研究团队开始着手研发，希望通过引入木质素，降低聚氨酯材料的成本，并且使其实现降解。

起初，研究团队采用一步法制备了碳纳米管复合的木质素基聚氨酯原油吸附泡沫，用于高效原油回收。

“所谓一步法，就是将制备好的多元醇与异氰酸酯混合，快速搅拌，倒入模具，无需维持环境条件，一步生成聚氨酯泡沫。这与传统聚氨酯泡沫制备方法一致。”陈景解释说。

常温下原油黏度较高，类似固体，但在较高温度下其黏度会显著降低，有助于提高泡沫吸收速率。通过模拟海洋环境实验，研究团队发现，制备出的木质素聚氨酯泡沫经过一个太阳光照（辐射功率每平方米 1000 瓦特）后，表面温度可达 90℃，可在 6 分钟内实现自身 6 倍以上质量的原油回收。

“通过挤压这种泡沫，可将其吸附的油污进行回收处理再利用。”陈景表示，美中不足的是，碳纳米管不可降解，还会阻碍泡沫材料的降解速率。

通过与中国科学院宁波材料所黄庆研究员合作，研究团队替换碳纳米管，将具有可降解性、光热转换能力更佳的 MXenes 纳米片引入泡沫基体中。

据了解，MXenes 纳米片能够在热氧环境下降解成对环境无污染的二氧化钛等物质，提高聚氨酯泡沫的环境友好性。

新材料适用多种工况

由于处理人员无法接近某些具有特殊用途的有毒油相废液，因此需要能够精准定向进行油污吸附的材料。基于已有的合作成果，研究团队进一步开发，研制出了一种超疏水磁性木质素基聚氨酯泡沫。

“将四氧化三铁纳米颗粒引入泡沫中，能使泡沫整体具有一定的磁性和光热性能，通过硅烷的表面修饰则使其具有超疏水性。”陈景解释道，超疏水磁性木质素基聚氨酯泡沫在太阳光下可以借助光热辅助原油回收，阴雨天能够通过超疏水的表面性质实现常规油水分离，实现 24 小时作业。

研究团队经过实验发现，在一个太阳光照下，超疏水磁性木质素基聚氨酯泡沫表面最高温度能达到 66.5℃，吸附约自身 5 倍质量的原油。由于该泡沫具有磁性，因此人们可以利用磁场对由该泡沫加工而成的吸附剂进行驱动和回收。

除了应对海上原油泄漏，木质素基聚氨酯泡沫还可作为抗菌敷料、过滤材料、保温材料、隔音吸波材料等。目前，研究团队已与企业合作，将木质素基聚氨酯泡沫材料率先用于汽车内饰中。

“木质素的大量使用，使得这类泡沫制作成本非常低廉（较商用聚氨酯泡沫成本下降 30% 左右），在环保方面的优势相当突出。下一步，团队将尝试提升这类泡沫材料的吸油速率。”陈景表示，这项研究不仅为木质素基聚氨酯泡沫的应用找到了出口，也为今后生物基高分子材料的应用提供了一种思路。（洪恒飞 江耘）

发明工业微藻高产油新技术

中国科学报 2022.4.21

本报讯（记者廖洋 通讯员刘佳）微藻是地球上最主要的初级生产者之一，通过光合作用，微藻把光能和 CO₂ 转化为油脂（甘油三酯，TAG）等高能储碳物质。近日，中科院青岛生物能源与过程研究所单细胞中心在工业产油微藻（微拟球藻）中发现一种蓝光特异性

诱导的油脂合成调控机制，并基于此发明了 BLIO 这一全新的“光控”高产油技术，将峰值油脂生产率提高了一倍。该工作在线发表于《自然—通讯》。

TAG 的合成是微藻细胞针对环境胁迫的应激反应之一，在寻觅诱导 TAG 合成新方法的过程中，单细胞中心博士后张鹏和副研究员辛一带领的研究小组在工业产油微藻即海洋微拟球藻中，发现了一个未知的“BlueLight – NobZIP77 – NoDGAT2B”通路。基于该通路，该团队发明了名为 BLIO 的蓝光特异性诱导高产油技术。研究人员还运用 RACS – Seq 系统筛选了大量的工程藻株、培养条件和培养时间点的组合。在白光和氮素丰富的情况下，敲除了 NobZIP77 的微拟球藻工程株生物质产率没有降低，油脂产率却提高了两倍；而随着微藻逐渐消耗氮源，启动蓝光照射，TAG 大幅度累积。与恒定白光下野生型微藻的培养过程相比，在峰值产油状态下，BLIO 的 TAG 生产率提高了整整一倍。

“如此简洁高效的从光质感应到油脂合成的调控机制，以前并不为人所知，因此是一个令人兴奋的合成生物学模块雏形。”该论文通讯作者、单细胞中心主任徐健表示。同时，作为一种理想的过程控制工具，光质具有调控方便、低成本、高时空精度、可扩展性强和高能量效率等优势，因此，“BlueLight – NobZIP77 – NoDGAT2B”模块的揭示和 BLIO 技术的发明，为产油微藻的分子育种、光生物反应器设计、培养工艺优化等展示了一个新方向。

英国一大学 测算化石燃料二氧化碳排放有新法

中国科学报 2022.4.26

本报讯 由英国东安格利亚大学（UEA）领导的研究团队在检测化石燃料二氧化碳排放量方面取得重要突破。相关研究 4 月 22 日发表于《科学进展》。

利用韦伯恩大气基线观测站对大气二氧化碳和氧气的测量数据，研究人员量化了 2020 年到 2021 年新冠疫情期间区域化石燃料的二氧化碳排放量。

此前的研究无法高精度、实时量化区域范围内化石燃料二氧化碳排放量的变化。由于现有的大气基线方法在很大程度上无法将化石燃料排放的二氧化碳从巨大的自然二氧化碳变率中分离出来，因此，对因疫情封锁而带来的二氧化碳排放变化的评估必须依赖间接数据源，并需要花费数月或数年的时间来编写。

该研究使用了一种新方法——大气氧气基线方法以分离大气中陆地植物和化石燃料排放的二氧化碳，实现快速、高频二氧化碳变率测量。

该方法还同时测量了大气中的氧气和二氧化碳。当植物被用作食物，或腐烂、燃烧时，大气中流失的氧气与增加的二氧化碳的比率约为 1.1。对于煤炭，该比率约为 1.2，天然气则为 2。

UEA 是英国唯一高精度大气氧气测量实验室所在地。其研究人员与荷兰瓦格宁根大学、德国马克斯·普朗克生物地球化学研究所的研究人员合作，利用韦伯恩大气基线观测站 10 年来每小时对大气中氧气和二氧化碳的高精度测量数据进行了研究。

他们首先使用机器学习模型消除了大气输送对氧气和二氧化碳数据集的影响，然后根据新冠疫情前的数据对机器学习模型进行训练，以估算如果疫情从未发生，从韦伯恩大气基线观测站收集到的化石燃料二氧化碳排放数据。

研究人员将上述估计值与 2020 年到 2021 年间韦伯恩大气基线观测站实际观测到的化石燃料二氧化碳排放数据进行了比较，结果显示二氧化碳排放量相对减少。

该研究主要作者、UEA 海洋和大气科学中心 Penelope Pickers 博士说，目前化石燃料二氧化碳排放量的官方报告均采用“自下而上”的方法测量，即使用将排放系数与能源统计数据相结合的方法计算排放量。

“利用大气中的氧气和二氧化碳分离其中的化石燃料二氧化碳排放，使我们首次能够使用‘自上而下’的方法检测和量化这些重要信号。我们的研究表明，建立连续测量点网络，在区域层面上提供化石燃料二氧化碳排放量具有巨大潜力。” Pickers 指出，基于氧气的方法具有成本效益，并有可能在更精细的空间尺度上（如县、州或城市）快速提供化石燃料二氧化碳排放量估算。

“我们需要化石燃料二氧化碳排放量的可靠估算数值，以便监测和及时制定气候变化政策，防止全球变暖达到 2℃。” Pickers 说。（徐锐）

二氧化碳能合成葡萄糖和脂肪酸

人民日报 2022.4.29

核心阅读

我国科学家最新研究表明，通过电催化结合生物合成的方式，将二氧化碳高效还原合成高浓度乙酸，进一步利用微生物可以合成葡萄糖和脂肪酸。该成果以封面文章形式，于北京时间 4 月 28 日发表于国际期刊《自然·催化》上。这项突破为人工和半人工合成“粮食”提供了新技术，为进一步发展基于电力驱动的新型农业与生物制造业提供了新范例。

去年 9 月，我国科学家在合成生物学领域取得重大突破，在国际上首次在实验室实现了二氧化碳到淀粉的从头合成。那么，二氧化碳除了可以合成淀粉，还能合成其他东西吗？

日前，由电子科技大学夏川课题组、中国科学院深圳先进技术研究院于涛课题组与中国科学技术大学曾杰课题组共同完成的最新研究表明，通过电催化结合生物合成的方式，将二氧化碳高效还原合成高浓度乙酸，进一步利用微生物可以合成葡萄糖和脂肪酸。

北京时间 4 月 28 日，该成果以封面文章形式发表于国际期刊《自然·催化》上。“该工作为人工和半人工合成‘粮食’提供了新技术。”中国科学院院士、中国化学会催化专业委员会主任李灿说。

二氧化碳先转化为一氧化碳，再合成乙酸

二氧化碳究竟如何合成葡萄糖和脂肪酸？

“首先，我们需要把二氧化碳转化为可供微生物利用的‘原料’，方便微生物发酵。”曾

杰说，清洁、高效的电催化技术可以在常温常压条件下工作，是实现这个过程的理想选择。

至于要转化为哪种“原料”，研究人员将目光瞄准了乙酸。因为乙酸不仅是食醋的主要成分，也是一种优秀的生物合成碳源，可以转化为葡萄糖等其他生物物质。

“二氧化碳直接电解可以得到乙酸，但效率不高，所以我们决定分两步——先高效得到一氧化碳，再从一氧化碳到乙酸。”曾杰说。

目前，一氧化碳到乙酸的电合成效率（即乙酸法拉第效率）和纯度不尽如人意。对此，科研人员发现，一氧化碳通过脉冲电化学还原工艺形成的晶界铜催化合成乙酸法拉第效率可达52%。

“实际生产中，提升电流可以提升功率，但是可能会降低法拉第效率。”夏川说，就好比把每天的工作时间从8小时延长到12小时，虽然时间更久，但工作效率反而会下降。“因此，我们把最高偏电流密度提升到 $321\text{mA}/\text{cm}^2$ （毫安/平方厘米）时，乙酸法拉第效率仍保持在46%，能够较好地保持高电流和高法拉第效率的平衡。”

不过，常规电催化装置生产出的乙酸混合着很多电解质盐，无法直接用于生物发酵。所以，为了“喂饱”微生物，不仅要提升转化效率，保证“食物”的数量，还要得到不含电解质盐的纯乙酸，保证“食物”的质量。

“我们利用新型固态电解质反应装置，使用固态电解质代替原本的电解质盐溶液，直接得到了无需进一步分离的纯乙酸水溶液。”夏川介绍，利用该装置，能超140小时连续制备纯度达97%的乙酸水溶液。

把乙酸“喂”给酿酒酵母，生成葡萄糖和脂肪酸

得到乙酸后，科研人员开始尝试利用酿酒酵母这一微生物来合成葡萄糖。

“酿酒酵母主要用于奶酪、馒头、酒等食品的发酵，同时也常被用作微生物制造与细胞生物学的模式生物。”于涛说，利用酿酒酵母通过乙酸来合成葡萄糖的过程，就像是微生物在“吃醋”。酿酒酵母通过不断地“吃醋”来合成葡萄糖。

然而，在这个过程中，酿酒酵母本身也会代谢掉一部分葡萄糖，所以产量并不高。为了解决这一问题，科研团队通过敲除酿酒酵母中代谢葡萄糖的3个关键酶元件，废除了酿酒酵母代谢葡萄糖的能力。敲除之后，实验中的工程酵母菌株在摇瓶发酵的条件下，合成的葡萄糖产量达到 $1.7\text{g}/\text{L}$ （克/升）。

“利用模式生物酿酒酵母‘从无到有’的在克级水平合成葡萄糖，这代表了该方式较高的生产水平与发展潜力。”于涛说，为了进一步提升合成的葡萄糖产量，不仅要废除酿酒酵母代谢葡萄糖的能力，还要加强它本身积累葡萄糖的能力。

于是，科研人员又敲除了两个疑似具备代谢葡萄糖能力的酶元件，同时插入来自泛菌属和大肠杆菌的葡萄糖磷酸酶元件。

于涛表示，这两种酶可以将酵母体内其他通路中的磷酸分子转化为葡萄糖，加强了酵母菌积累葡萄糖的能力。经过改造后的工程酵母菌株的葡萄糖产量达到 $2.2\text{g}/\text{L}$ ，产量提高了30%。

在利用乙酸制备脂肪酸的过程中，研究人员通过类似的基因编辑技术，强化了酵母细胞生成脂肪酸的能力。经过改造后的酵母菌株对脂肪酸的产量达到 448.5mg/L（毫克/升）。

新型催化方式，有助于高效制备高附加值化学品

中国科学院院士、上海交通大学微生物代谢国家重点实验室主任邓子新认为，这项研究工作开辟了电化学结合活细胞催化制备葡萄糖等粮食产物的新策略，为进一步发展基于电力驱动的新型农业与生物制造业提供了新范例，是二氧化碳利用方面的重要方向。

近年来，随着新能源发电的迅速崛起，二氧化碳电还原技术已经具备与依赖化石能源的传统化工工艺竞争的潜力。因此，研究关于二氧化碳电还原制备高附加值化学品及燃料的高效工艺，被学界认为是实现零碳排放的重要研究方向之一。

目前，如何高效、可持续地将二氧化碳转化为富含能量的长链分子仍是巨大挑战。

夏川说：“为了规避二氧化碳电还原的产物局限性，可考虑将二氧化碳电还原过程与生物过程相耦合，以电催化产物作为电子载体，供微生物后续发酵合成长碳链的化学产品，进而用于生产和生活。”

合适的电子载体对微生物发酵至关重要。由于二氧化碳电还原的气相产物均难溶于水，生物利用效率低，因此优先选择二氧化碳电还原的液相产物作为生物发酵的电子载体。然而，普通电化学反应器中所得的液体产物是与电解质盐混在一起的混合物，不能直接用于生物发酵。固态电解质反应器的开发有效解决了二氧化碳电还原液体产物分离的问题，可以连续稳定地为微生物发酵提供液态电子载体。

微生物的优点是产物多样性很高，能够合成许多无法通过人工生产或人工生产效率很低的化合物。

曾杰表示：“接下来，我们将进一步研究电催化与生物发酵这两个平台的同配性和兼容性。”未来如果要合成淀粉、制造色素、生产药物等，只需保持电催化设施不改变，更换发酵使用的微生物就能实现。（吴月辉）

五、太阳能

新型太阳能电池板可夜间发电

参考消息 2022.4.9

【美国《新闻周刊》网站4月6日报道】题：工程师发明夜间太阳能电池板以利用本该逸入太空的能量

工程师们已经设计出了一种能够在夜间发电的太阳能电池板，从而将解决太阳能的关键缺陷之一。

太阳能是一种有前途的可再生能源。据美国太阳能技术办公室称，在 1.5 小时内投射至地球表面的阳光量足以提供整个地球一整年消耗的能源。

太阳能的难题之一是如何设法利用这种能量。另一个问题是如何在太阳落山之后使之得

到维持。太阳能电池板的工作原理是利用光伏电池吸收阳光中的能量，并将其转化为电流。夜间问题的一个解决方案是把太阳能储存起来，以便在没有太阳的时候使用——但在这方面进行的许多尝试都遇到了问题。例如，电池存在效率问题，而且使用成本昂贵。

另一个解决方案是制造即便在太阳落山后仍能继续产生能量的太阳能电池板。一个研究团队认为自己已经做到了这一点。

他们拟议中的模型利用太阳能电池板中的光伏电池与周围空气的温差发电。

这一过程之所以可能发生是因为任何时候当热量从热源流向低温槽时，都会产生能量。由于地球大气层无法将所有的辐射热量留住，任何时候都存在辐射热量从地球向外层空间的持续流出。研究人员称，这种现象对于与天空接触的任何物体都是存在的。

由于光伏电池制造过程中所使用的材料具有出色的热辐射性能，它们在夜间的温度会比环境温度低几度。

研究人员认为，这种温差，可以成为即使在夜间也能产生稳定电力的关键——此时太阳能电池板实际上转换为反向模式。

他们设计的太阳能电池板模型目前的发电能力为每平方米 50 毫瓦，考虑到照明通常需要数瓦的电力，这不算很可观。根据美国物理学会发布的新闻稿，利用他们目前的设计，驱动几盏电灯需要的光伏面积大约为 20 平方米。不过这肯定存在改善的空间。

论文作者范汕洵在新闻稿中说：“这些元件没有一个是专门为这项用途制作的，因此我认为存在改善的空间。从这层意义上来说，如果真的按照我们的用途来专门制作所有元件，那么我认为性能会更好一些。”

另一位论文作者祖奈德·奥迈尔在同一份新闻稿中说：“我们在这项研究中成功利用现成的元件搭建了完整的太阳能电池板，它具有非常好的热接触，而整个装置中成本最昂贵的部分就是热电元件本身。”

该研究论文发表于 5 日出版的美国《应用物理通讯》半月刊上。

“十四五”新增光伏装机 102 万千瓦

中国能源报 2022.4.11

本报讯 4 月 7 日，广东省揭阳市人民政府印发《揭阳市能源发展“十四五”规划》，提出到 2025 年，全市清洁能源发电装机占比达到 55%，电源装机规模达到 997.5 万千瓦。积极发展光伏发电，因地制宜建设集中式光伏电站项目，支持光伏发电与农业、林业、渔业的融合发展，开展平价上网光伏复合项目应用示范。

《规划》支持揭东区整区推进屋顶分布式光伏开发试点，重点推进广东能源葵潭农场 50 万千瓦光伏复合项目、惠来县鳌江镇 10 万千瓦渔光互补光伏发电项目、惠来县将军亭 10 万千瓦渔光互补光伏发电项目、揭西县五经富镇 12 万千瓦光伏发电平价项目、揭西五云镇 10 万千瓦农光互补光伏发电项目等。“十四五”期间，全市计划新增光伏发电装机容量约 102

万千瓦。

此外，大力推进乡村绿色能源示范。推进新能源示范乡镇建设，建设好揭东埔田“近零碳排放”全国特色小镇。充分利用太阳能、土地、水等自然资源，坚持因地制宜，积极实施清洁能源倍增计划，不断提高清洁能源供给能力和利用效率，高效推进农光互补、渔光互补等“绿色能源”项目，采取“光伏企业+农业合作+农户”等合作模式，推动光伏产业与农副产业相互融合，助力乡村振兴。（林中源）

瑞典去年光伏装机创新高

中国能源报 2022.4.11

本报讯 据油价网报道，瑞典能源机构 Energimyndigheten 日前发布最新数据显示，2021 年，瑞典光伏新增装机 50 万千瓦，打破此前纪录。截至 2021 年底，瑞典光伏累计装机规模已达 159 万千瓦。

Energimyndigheten 指出，2018 年-2021 年，瑞典光伏新增装机规模分别为 18 万千瓦、28.7 万千瓦、40 万千瓦和 50 万千瓦，其中，2021 年是瑞典光伏部署最快的一年。

分布式光伏项目一直是瑞典光伏装机规模增长的主要推动力，去年，分布式光伏占瑞典光伏新增总量的比例超过 50%。Energimyndigheten 认为，由于电价维持在高位，近年来，分布式光伏在瑞典市场需求高涨。同时，补贴政策进一步激发了消费者安装分布式光伏的意愿。目前，瑞典分布式光伏项目可享受退税优惠，2021 年瑞典政府计划投入 2960 万美元补贴分布式光伏项目。截至 2021 年，瑞典为此已投入 5.1 亿美元。

据了解，为促进能源低碳绿色转型，除分布式光伏项目外，瑞典还在部署集中式光伏项目，总容量高达 50 万千瓦以上，这些项目不享受电价补贴，但相关部门将允许发电企业和售电企业签署长期购电协议。（董梓童）

实现各类超薄钙钛矿普适性生长

中国科学报 2022.4.11

本报讯（见习记者荆淮侨）近期，武汉大学科研人员及其合作者发展了一种超薄钙钛矿单晶的普适性生长策略，即构建一种由固液相电荷分离引起的界面电场诱导的定向溶剂微环境，能有效控制前驱体的分布，有利于前驱体过饱和度和高的区域晶体优先成核并以横向模式生长。相关成果近日在线发表于《先进材料》。

钙钛矿由于其组分丰富、光电性质优异受到了广泛关注。相比于块体，超薄钙钛矿由于突破了三维晶格限制，具有更高的组分可调性。此外，厚度减薄所带来的晶格弛豫和量子限域效应，会赋予超薄钙钛矿不同于块体的新光学、电子特性。因此，超薄钙钛矿的制备及其种类的拓展对于充分利用钙钛矿优异性质、挖掘其潜在应用可能性具有重要意义。然而，由于其结构、组成的差异性，超薄钙钛矿的普适性制备极具挑战。

该项研究实现了从层状到非层状、从有机到无机、从有毒到低毒的各类超薄钙钛矿的普适性生长。这一策略可以进一步扩展到其他前驱体可溶的晶体的二维生长中。研究人员介绍，这一工作也为通过组分工程探索超薄钙钛矿的基础物性及其在光电器件中的应用奠定了基础。

太阳能将在未来“碳中和”中扮演最重要角色

广州日报 2022.4.21

广州日报讯（全媒体记者杨朝露）博鳌亚洲论坛2022年年会上，“实现碳中和：企业在行动”分论坛昨日举行。来自全球的多家企业讨论各自在实现“碳中和”道路上的探索经验，探讨未来能源发展的趋势，并提出相关的建议。

太阳能光伏未来在碳中和里扮演什么样的角色？商业发展如何进行零碳转型？与会嘉宾就“碳中和”的相关议题交流了各自意见和经验。

“太阳能将会在未来整个碳中和中扮演最重要的角色。太阳能光伏未来会成为全球最便宜的清洁、安全的能源，这是毫无疑问的。”天合光能股份有限公司董事长高纪凡提出，太阳能资源如果能够充分发展，会成为解决现在能源争端、地缘政治的问题的一个切口。

“实现碳中和目标需要从产品和服务的整个生命周期做转型。”达索系统亚太区执行副总裁许善淞表示，在企业的发展过程中，可以使用数字化、大数据、机器学习、人工智能等先进技术来达成零碳。许善淞结合新能源汽车的设计到制造流程，他表示，“在虚拟孪生技术和数字化技术加持下，整个流程的碳排放将更小。”

河北搭建光伏逆变器实测模型

科技日报 2022.4.18

科技日报讯（通讯员王磊 齐锦涛 记者刘廉君）历经数月的持续攻关，由河北电科院技术人员搭建的光伏逆变器实测模型，近日在河北省能源互联网仿真建模与控制重点实验室完成，通过实测参数可建立河北南网精准模型，确保新能源安全稳定并网运行。

据介绍，该项工作需运用硬件在环实时仿真技术，开展光伏逆变器在不同功率、不同跌落深度、不同故障类型条件下数十种工况半实物测试，基于测试数据辨识逆变器模型参数，运用电力系统分析计算软件进行相同工况仿真验证，不断优化参数，以确保仿真结果与测试结果一致。

近年来，随着新能源渗透率的不断增加，河北南部电网稳定特性已发生深刻变化，为确保新型电网结构安全可靠供电，亟须在电网模型上对其继电保护功能进行大范围仿真计算和校验，而传统的新能源典型计算模型已无法准确反映其运行特性。河北电科院此次搭建的光伏逆变器实测模型，创新应用硬件在环仿真技术，该项技术融合物理仿真与数字仿真两者优势，具备了高逼真度的特点，能够准确反映光伏逆变器运行参数，确保仿真计算结果精确

度，保障光伏新能源安全可靠并网发电。

河北电科院始终致力于不断提升新能源技术支撑能力，并依托自身技术优势推动能源转型发展，破解新能源高速发展中痛点、难点、堵点问题，为实现“碳达峰、碳中和”目标切实履行企业责任，为新型电力系统安全稳定运行保驾护航。

钛酸锂筑牢新型储能安全防线

中国电力报科技装备 2022.4.14

近年来，我国储能产业在政策支持、产能布局等方面均加快发展的脚步，无论是电动汽车还是储能领域，在新兴产业发展初期，一些缺乏核心技术的企业受政策和补贴吸引进入到行业中，导致安全问题频发。

安全是储能的生命底线

有电力专家称，引起储能电站起火原因来自两个方面，一是非储能系统的其它来源，比如储能电站附近的电气设备和附属设施。二是储能系统本身，具体指储能电池。储能电池在外界电、热激源刺激下，电池会发生热失控反应，释放出大量高温可燃的气液混合物，遇到外部空气中的氧气，在条件合适的时候，就会发生爆炸。

储能电池是一个渐变的电化学体系，电池的各项参数在长期运行下易发生变化，这也是导致储能系统安全问题层出的原因之一。

据了解，国家相关机构将研究出台全国性的电化学储能政策，推动新型储能产业高质量发展。电化学储能指的是以锂电池为主要代表的电池储能。正极材料主要集中在钴酸锂、锰酸锂和三元材料等类别，负极材料主要以石墨材料、合金材料、钛酸锂为主。由于石墨电极与金属锂的电位接近，当电池过充电时会在石墨电极表面析出金属锂形成锂枝晶，锂枝晶会刺穿电池隔膜引起短路，从而发生起火甚至爆炸。

钛酸锂大倍率储能通过鉴定

近年来，钛酸锂以安全见长的特性受到业界愈发重视。近日，基于钛酸锂电池的格力钛高安全大倍率储能系统在被鉴定为“国际领先”之后，再次获评广东省机械工程学会科学技术奖一等奖。专家认为，该储能系统对促进储能领域的安全稳定发展有着显著作用，具有重大的推广应用价值。中国科学院院士欧阳明高表示，“一个是高安全，一个是高倍率，该项目做了很多创新，作为科技成果我很赞成。”

不同于石墨材料电池，钛酸锂电池在充放电过程中几乎不形成稳定性较差的 SEI 膜，极大降低电池本身起火爆炸的隐患。

相对于石墨材料，钛酸锂对锂电位较高，为 1.55 伏 (vs Li/Li+)，即使在充电后期、低温或高倍率状态下，钛酸锂的电位也不会达到 Li+ 还原成金属锂的电位，因此不可能析锂或形成锂枝晶。同时，电化学活性的 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 与满电态 $\text{Li}_7\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 均为不燃物。

从化学角度上看，钛酸锂具有自我保护功能，短路时可由导电相变为高阻相，在一定程

度上抑制热失控。石家庄市公共交通总公司技术设备部负责人表示：“安全性是我们最关心的问题，钛酸锂的优点就是电池的安全性高，石家庄公交现有格力钛钛酸锂车辆没有发现过冒烟着火的情况。”据有关数据显示，在投放市场的装载格力钛电池的格力钛车辆或储能项目中，因电池诱发的安全事故为零。

电池本身安全须重视

储能的安全不应只是电站投运前对设备的检测，需特别关注储能电池本身的安全。

一份来自中国兵器装备集团兵器装备研究所测试试验中心、中国兵器装备特种产品质量监督检测中心的结果显示，经浸水和枪击性能检测，格力钛电池在水中浸泡2小时后，无漏气、无漏液现象，而后在自然温度条件下进行枪击，均未出现爆炸、起火现象。

以技术创新，格力钛坚持钛酸锂技术路线，从电池根本解决安全隐患。2021年，凭借高安全、高效率的钛酸锂电池，格力钛新能源斩获“中国产业最佳储能电池供应商”奖、“中国储能产业最佳光储充一体化解决方案”等行业奖项。华中科技大学教授曹元成认为格力钛钛酸锂储能系统安全，“对公众来讲，我们找到了一个技术能解决安全问题，这是最重要的，增强了普通大众对储能的信心！”（陈雪贤）

光储联合运行策略是挖掘储能价值的必要手段

——访西安隆基清洁能源有限公司技术专科唐小棠

中国电力报科技装备 2022.4.14

伴随着越来越多光储一体项目并网，行业对项目系统方案的设计水准越发重视，安全、可靠、高效能的系统设计方案在开发前期就为项目收益提供了有力保证。

中能传媒：目前，光储一体项目发展状况如何？

唐小棠：新能源大规模接入电网，在此背景下今年几乎所有已出台新能源管理办法的省份都要求光伏电站配套储能，配置比例10%~30%不等，储能时长1~4小时不等。

发展新能源侧储能不仅是新能源发展和高效消纳的需要，也是保障未来大电网安全稳定运行的需要，具有必然性和可行性。从系统层面来看大型独立储能电站可以更好地达成以上目标，规范建设标准可以提高系统可靠性，电网统一调度管理更有利于新能源电量消纳，另外也更有利于新能源侧储能商业模式空间的快速打开。“共享储能”商业模式可以推动光储一体项目经济社会效益最大化。不久的将来，储能共享时代的到来将会是大势所趋。

中能传媒：光储一体项目在系统方案设计规划时需要特别注意哪些环节？

唐小棠：光伏电站配套储能，要正确发挥储能的价值。在系统方案顶层设计时，要特别注意光储联合运行策略的设计，合理的光储联合运行策略是挖掘储能价值的必要手段，也是未来发展光储一体项目的基础。

光伏电站储能系统有多种工作模式，比如系统调峰、一次调频、AGC调频、跟踪计划出力、平滑控制、经济运行等。不同地区对储能的要求会有所不同，但光储联合运行策略整

体设计原则要做到三点，首先要满足两个目标，一是响应调度调频或调峰要求，二是实现光储电站的经济性目标；其次各工作模式要根据实际需求设置合理的优先级；最后要做到多种工作模式协调运行与无缝切换。

中能传媒：众所周知，储能系统的安全性在整个项目运行中十分重要。如何确保储能系统的安全，隆基有何具体的实施方案。

唐小棠：谈到储能的安全设计，首先要清楚诱发锂离子电池事故的核心原因。外部因素（如过充、过放、过电流、过热等）和电池内部短路导致电池由安全状态演化至热失控，电池发生热失控后内部产热速率远高于散热速率，引起连锁反应，导致电池起火和爆炸，进而引起一系列的严重事故。

锂离子电池储能系统的可靠应用离不开严格的设备选型、全面的系统设计、全过程的质量把控和合理的运行维护，隆基从各个环节综合把控，力争将储能事故发生的风险降至最低。

在设备选型方面，隆基选用成熟可靠的磷酸铁锂电芯、BMS、PCS 及 EMS，而且 BMS、PCS 及 EMS 之间有完善的协调配合逻辑。

在系统设计方面，隆基为锂电池集装箱配置了可靠的温控系统，确保电池能在合适的环境下运行，也增加了完善的防爆、通风设计，并在储能设备厂区敷设完整的消防水管路和接口，集装箱均配置水消防对外接口，将水消防作为安全的最后一道防线。

在运行维护方面，隆基为锂电池系统设置合理的充放电区间，避免电池过充过放；强化设备绝缘检测并进行定期维护检查，强化保护装置的可靠性；从电池安全状态的实时评价和预测着手，针对电池本体及运行条件等多因素耦合作用的长期演化特性，配备电池安全风险的早期预警系统，从源头降低电池系统热失控风险；形成完善的储能事故处理应急预案，避免储能系统发生事故后造成二次影响。（赵汀）

光伏、锂电及“双新”产业受欢迎

信息时报 2022.4.22

今年部分 A 股公司的投资大项目

证券名称	投资金额（亿元）	投资项目
三友化工	570	“三链一群”项目
万华化学	231	高性能新材料一体化及配套项目
ST 新海	208	光伏电池等项目
隆基股份	195	年产 20GW 单晶硅棒和切片项目 30GW 高效单晶电池项目及 5GW 高效光伏组件项目
特变电工	176	20 万吨多晶硅项目
东方盛虹	141.26	年产 100 万吨智能化功能性纤维项目和可降解材料项目（一期）工程
晶澳科技	134.6	电池片、组件、电站等项目
通威股份	120	30GW 高效晶硅电池项目

一年之计在于春，2022年，A股上市公司的投资方向集中在哪些领域？据不完全统计，今年以来，至少有20家上市公司披露了百亿级规模的投资项目。总体来看，在这些项目中，新能源扛起了大旗，光伏、锂电池等新能源领域里的分支，以及围绕新能源新材料的基础化工行业，都是A股上市公司大手笔投资的方向。

方向1：光伏成“香饽饽”

政策利好频出、预期前景广阔……以光伏、氢能、风电等为代表的清洁能源正在成为A股上市公司的热门投资赛道。其中，光伏即光伏发电系统，是利用半导体材料的光伏效应，将太阳辐射能转化为电能的一种发电系统。

3月13日，光伏巨头隆基股份抛出一份高达195亿元的投资计划，投建年产20GW单晶硅棒和切片项目、30GW高效单晶电池项目及5GW高效光伏组件项目。另一巨头通威股份也不甘示弱，同样公布了一笔120亿元的投资大单——旗下通威太阳能与四川天府新区眉山管理委员会签署投资协议，拟投建32GW高效晶硅电池项目。

除了上游企业对原有项目的扩大生产外，下游企业也在“磨拳擦掌”。晶澳科技在2月和3月分别宣布，拟投资34.6亿元和100亿元用于电池片、组件、电站等项目建设。

同时，光伏也引来一些上市公司的跨界投资。特变电工近日宣布，旗下子公司拟在新疆昌吉准东产业园区投资建设20万吨多晶硅项目，项目总投资约176亿元。日前，ST新海与中国电力公司投资208亿元建设光伏电池等项目。

北京特亿阳光新能源总裁祁海坤对信息时报记者表示，“当前，光伏行业既有国家政策的支持，又有产业创新的基础，以及庞大的应用市场，可以更好地发挥出光伏行业的低碳属性、能源属性和金属属性等绿色产业特点。引来众多投资并不意外。”

朗新科技集团副总裁吴琦认为，短期来看，在“光伏+”政策利好的推动下，随着“光储充放”技术的不断整合与发展，光伏充电桩制造、光伏充电桩建设业务和市场规模将逐渐扩大，“光伏+新能源汽车”的应用模式将逐渐普及，为新能源汽车行业的发展带来新的增长点。

方向2：锂电乘风而起

受益于新能源汽车需求的快速增长，锂电产业链公司也动作频频，相关上市公司动辄几十亿、上百亿地投资扩产。记者梳理发现，目前电池厂商在下游需求催化下加速扩产，新产能规划持续涌现。

2月16日，云天化公告称，公司与玉溪市政府、恩捷股份、亿纬锂能、华友钴业的第一大股东华友控股将共同建设新能源电池产业链，总投资额达517亿元。

3月份，欣旺达也再度扩产，与什邡市政府签署协议，自筹80亿元资金建设20GWh动力电池及储能电池生产基地。此前，欣旺达还宣布与珠海市政府合作，投资120亿元建设动力电池等相关项目。据不完全统计，今年以来，A股上市公司在新能源领域的拟投资总额已经超过1700亿元。

“由于新能源汽车产业革命的启动，锂电池行业的向好趋势已经确立。目前不仅是在国内，放眼全球都在大力发展新能源汽车，市场争夺锂矿资源的现象频频出现。”祁海坤说。

开源证券在研报中指出，随着全球能源转型升级、碳排放要求不断提高，新能源汽车产业高景气度持续。电池作为电动汽车最重要的部分之一，电动汽车发展如火如荼，也在不断推动锂电池需求量快速增长，进一步刺激市场对锂电相关产业链的需求。

如今，锂电产业链企业纷纷扩产，是否会出现产能过剩的问题？对此，深度科技研究院院长张孝荣认为，目前锂电池行业发展热火朝天，市场供不应求，相关产业链行业，尤其是上游锂盐行业必然需要扩大产量。“由于需求旺盛，短期内还会增加。在替代锂电池的新产品问世之前，产品销路不是问题。”张孝荣说。

方向3：“双新”产业迎布局

围绕新能源新材料“双新”产业，也是A股上市公司的新投资热点。

4月6日，万华化学公告称，公司拟通过控股子公司万华化学（蓬莱）有限公司在万华化学蓬莱工业园建设高性能新材料一体化及配套项目。现阶段，已完成可研项目计划投资额231亿元，项目建设资金以自有资金与银行贷款组合的形式筹集。万华化学表示，该项目大多采用自主研发或迭代后的技术，具有绿色、环保、高效、低成本的竞争优势，为后续高端精细化学品及高端新材料的产业化奠定基础。万华蓬莱基地也将通过最先进的装置内能量优化与集成，余热与二氧化碳的回收与综合利用，结合核电、风电、光伏等新能源，实现碳排放的大幅度降低。

3月份，三友化工开启了一轮声势浩大的投产计划。这份计划投资金额高达570亿元，项目涉及“三链一群”。其中，新能源新材料“双新”产业集群布局计划耗资高达220亿元。

东方盛虹也在3月份连发两个公告公布新投资项目，分别是投资66.55亿元的“年产100万吨智能化功能性纤维项目”和投资74.71亿元的“可降解材料项目（一期）工程”，合计投资金额达141.26亿元。

在业内看来，化工行业是重投入的行业，产业周期也比较长。目前来看，这些项目虽然披露投资总额较大，但分摊到两三年内依然是合理的。目前，化工行业高景气依然在持续，快速提升产量与规模是业内公司发展的一个趋势。

对于化工行业切入新能源、新材料，祁海坤表示，“化工行业在这方面有先天的优势，产品附加值会更高，也是企业转型升级的一种体现。”

投资建议

光伏和锂电最被看好

从上市公司的投资方向来看，新能源、新材料等炙手可热。不过在二级市场方面，去年一直强势的新能源板块近期出现较大幅度回调，使得不少投资新能源板块股票的投资者产生怀疑。

近日，前海开源基金经理崔宸龙表示，本轮调整主要原因是“杀估值”，新能源板块的长期投资逻辑并没有被破坏。从基本面来看，新能源行业一直在高速发展当中。

在崔宸龙看来，新能源是个很广泛的行业，单就一个锂电池产业链就包括上游的正负极材料、电解液、隔膜，中游的电池的加工、封装、组装等，以及下游的应用如消费电子、交通工具、工业储能等众多行业。其中，他最看好的三个细分领域投资包括：新能源生产端的光伏、应用端的锂电和新能源的运营商。

国信证券环保公用行业首席分析师黄秀杰也称，之所以有大量资本涌入新能源，主要是看重未来40年新能源发展的高增长、高确定性。目前，该板块的投资热度很高，整个行业也在用业绩的高增长消化估值，但还没到过热这种状态，仍然是投资较好的选择。值得注意的是，新能源的技术迭代很快，在投资过程中需要紧跟前沿技术，甄选真正有潜力的标的。（张柳静）

江苏分布式光伏新增及累计装机均居全国前列

中国电力报 2022.4.16

本报讯（记者邱燕超）报道 近日，记者从江苏省国际商会新能源专委会获悉，为帮助行业人士更好梳理江苏省分布式光伏市场发展脉络，了解发展现状，分析发展特点，预测发展走势，江苏省国际商会新能源专委会与无锡新能源商会秘书处联合发布《江苏省分布式光伏市场发展报告2021》（以下简称《报告》）。《报告》指出，2021年江苏分布式光伏新增及累计装机规模均位居全国前列，且未来分布式光伏市场潜力巨大。

根据国家能源局公布的数据，截至2021年底，江苏省累计光伏装机规模为1916万千瓦，其中，集中式光伏电站941.08万千瓦，占比49.12%，分布式光伏装机为974.9万千瓦，占比50.88%。《报告》显示，2021年1~12月，江苏省光伏装机232万千瓦，同比增长16%，其中，地面光伏电站装机45.17万千瓦，同比下降39.74%；分布式光伏装机186.8万千瓦，同比增长50%。

据悉，“十二五”期间，江苏光伏装机以新增集中式光伏为主；“十三五”期间，分布式光伏电站装机明显提速，江苏光伏装机逐渐转变为以新增分布式光伏为主；2021年，分布式光伏装机首次超过集中式光伏装机。在国家能源局统计的各省累计光伏装机规模排名中，江苏第三，累计分布式光伏装机规模排名中，江苏第四。2021年新增分布式光伏装机规模排名中，江苏第五。无论新增规模，还是累计规模，江苏分布式光伏装机均居于全国前列。

《报告》指出，江苏作为光照资源三类地区，在没有省级补贴的情况下，装机规模尚且居于全国前列，未来考虑到“双碳”目标催生的市场需求，以及巨大的用电负荷，江苏分布式光伏市场潜力巨大。

江苏省发展改革委数据显示，2021年江苏省用电量突破7000亿千瓦时，其中工业用电

量达 4980 亿千瓦时，工业用电量居全国第一。从用电负荷分析，江苏分布式光伏市场的重点是工商业分布式，而工商业较为突出的苏南，将成为江苏分布式光伏市场的重中之重。

效率超 40% 的热光伏装置问世

中国科学报 2022.4.20

本报讯 在既没有阳光又没有风的情况下，如何将可再生资源储存起来？这是阻碍绿色电网建设的最棘手问题之一。近日，研究人员在《自然》上报道了一种将储存的热量转化为电能的装置。

在这项新研究中，美国麻省理工学院和国家可再生能源实验室的一个团队实现了超过 40% 的热光伏（TPV）转化效率。TPV 是一种半导体结构，可以将热源发出的光子转化为电能，就像太阳能电池将阳光转化为电能一样。

论文通讯作者、麻省理工学院机械工程师 Asegun Henry 表示，“TPV 电池是证明热电池成为可行概念的最后一个关键步骤，也是在推广可再生能源和实现完全脱碳电网的道路上至关重要的一步。”

当第一个 TPV 在 20 世纪 60 年代被发明出来时，它们只将百分之几的热能转化为电能。这一效率在 1980 年跃升至 30% 左右，此后基本上一直停滞不前。在新 TPV 的设计中，Henry 和同事希望从更高温度的热源中捕获高能光子，以提高效率。

新装置主要由 3 个部分构成：高带隙金属合金位于带隙稍低的金属合金之上，其下方是镜面状的金层。顶层捕获热源的最高能量光子，并将它们转换为电能。穿过顶层的较低能量光子被下层捕获并转换，以增加产生的电压。任何穿过前两层的无法捕获的光子都会被镜面层反射回热源，以避免能量流失。

研究人员通过实验证明了高带隙串联 TPV 电池的效率——41.1%。“我们认为有一条明确的途径可以实现 50% 的效率。” Henry 说。

密歇根大学安娜堡分校材料工程师 Andrej Lenert 认为，“这是 TPV 第一次进入真正有前景的效率范围。作为可再生能源系统的廉价备份，这项新工作与相关进展一起极大促进了热电池的大规模推广。”

将来这些新装置可以集成到 TPV 系统中，用于热能电网存储，以足够高的效率和足够低的成本实现由可再生能源供电的脱碳电网。事实上，Henry 最近成立了公司，将团队的技术商业化。“这种技术每千瓦时存储电能的成本为 10 美元，还不到电网级锂离子电池成本的 10%。”（王方）

高效倒置钙钛矿太阳能电池的有机金属功能化界面

中国科学报 2022.4.

进一步提高倒置钙钛矿太阳能电池（PSC）的性能和稳定性对其商业化至关重要。

研究组报道了一种有机金属化合物（二茂铁—双噻吩—2—羧酸盐 [FcTc₂]）对卤化物钙钛矿界面的多功能化，同时提高了倒置 PSC 的效率和稳定性。

在模拟 AM 1.5 光照条件下，在最大功率点连续运行 1500 小时后，合成装置的功率转换效率达到 25.0%，并保持其初始效率的 98% 以上。

此外，FcTc₂ 功能化设备通过了成熟的光伏国际标准，并在湿热试验（85℃ 和 85% 相对湿度）中表现出高稳定性。

我国太阳能资源分析及利用潜力研究

中国电力报新能源 2022.4.22

编者按

大力发展光伏产业，对调整能源结构、推进能源转型具有重要意义。全国各区域光伏项目经济性如何？是否具有投资潜力？该采取怎样的发展模式？针对这些问题，本期从太阳能资源分布、光伏发电量以及光伏发电的经济性等方面，深度分析了我国太阳能资源利用潜力。

在全球“碳中和”目标的推动以及我国相关产业政策的引导下，我国光伏发电行业得到快速的发展。

我国光伏产业发展迅速。2021 年我国新增光伏发电并网装机容量 5488 万千瓦，连续 9 年稳居世界首位，光伏发电并网装机容量达到 3.06 亿千瓦，连续 7 年稳居全球首位。户用光伏成为分布式光伏发展的主力军。2021 年我国分布式新增 2928 万千瓦，占比 53.4%，历史首次突破 50%，其中户用分布式光伏新增装机 2160 万千瓦，创历史新高，占我国新增装机 39.4%，同比增长 113.3%。光伏全产业链实现稳步增长。2021 年全年多晶硅、硅片、电池、组件产量分别达到 50.5 万吨、22700 万千瓦、19800 万千瓦、18200 万千瓦，分别同比增长 27.5%、40.6%、46.9%、46.1%。各类电池技术水平和转换效率不断提升。量产 P 型 PERC 电池效率达 23.1%，N 型 TOPCon 电池实验效率突破 25.4%，HJT 电池量产速度加快。市场应用持续扩大，光伏产品出口再创新高。2021 年中国光伏产品出口总额（硅片、电池片、组件）约 284.3 亿美元，同比增长 43.9%。受行业快速发展及产能不足等影响，投资成本略有提升。2021 年我国地面光伏全投资成本约 4.15 元/瓦，较 2020 年上涨 0.16 元/瓦；分布式光伏系统初始投资成本约 3.74 元/瓦，较 2020 年上涨 0.36 元/瓦。

“十四五”是碳达峰的关键期、窗口期，能源绿色低碳发展是关键，根据我国《“十四五”现代能源体系规划》，将全面推进风电光伏等新能源的发展，加快分布式能源和荒漠化大基地建设。截至目前，初步统计已有 23 个省公布“十四五”期间具体的装机规模，风电、光伏的总规模超过 62000 万千瓦。因此对全国光资源分析和利用潜力评估具有重要意义。

我国太阳能资源及分布

我国太阳能总辐射资源丰富，地区性差异较大，总体呈“高原大于平原、西部干燥区

大于东部湿润区”的分布特点。根据全国 700 多个气象台站长期观测积累的资料表明，我国各地的太阳辐射年总量大致在 930 ~ 2333 千瓦时/平方米之间，其平均值约为 1628 千瓦时/平方米。其中，青藏高原最为丰富，年总辐射量超过 1800 千瓦时/平方米，部分地区甚至超过 2000 千瓦时/平方米。四川盆地资源相对较低，存在低于 1000 千瓦时/平方米的区域。

我国光伏发电量测算

以全国行政区域划分为基础，将全国 31 个省级行政区域（不含台湾地区、香港和澳门特别行政区等 3 区域）划分成 375 个区域进行研究。技术方案采用固定最佳倾角安装方式、单晶硅双面组件，测算系统综合效率和年总发电量。

我国光资源区与负荷中心地理分布总体错配，西北光资源好、光伏项目发电小时数高，但本地用电负荷低，弃光限电严重，消纳送出问题突出；中东南部光资源较差、光伏项目发电小时数低，但本地用电负荷高，消纳条件好。经测算，西藏首年发电小时数最高（1724 ~ 2350 小时）、重庆最低（737 小时），四川的高值和低值差距最大（764 ~ 1804 小时），西北地区、青藏高原、云贵高原普遍较高，中东部及南方地区相对较低。

我国光伏上网电价分析

基于全国各区域光伏项目实际运行情况分析了全国各省光伏项目实际上网电价。在基准电价的基础上，考虑当前电力市场交易降价实际情况，以及调峰辅助服务费、“两个细则”考核费用对电价的影响，实际上网电价在不同区域间差异较大，主要由于我国的资源区与负荷中心地理分布总体错配。尤其是西北五省区，光资源丰富，光伏项目发电小时数高，但本地用电负荷低，消纳送出问题突出，弃光限电严重，新能源电力市场交易降价较多，项目总体综合上网电价较低，普遍低于 0.2 元/千瓦时；而中东南部地区光资源较差，光伏项目发电小时数低，但本地用电负荷高，消纳条件好，新能源上网电价较高，基本执行当地基准电价，普遍在 0.4 元/千瓦时左右。

储能对光伏经济性影响的分析

关于新能源强配储能，目前多个省区已出台相关政策，要求储能与新能源装机比例大部分在 10% ~ 20%，时长为 1 ~ 2 小时。本次测算在各地典型方案的基础上，项目装机容量 10 万千瓦，增加 10% ~ 20% 比例/2 小时储能装置，不考虑运维、设备更换、电价变动等。

根据储能配置情况，在基本方案基础上，增加 10%，2 小时储能，资本金内部收益率下降约 2 个百分点；每多增加 5%，2 小时储能，资本金内部收益率下降约 1 个百分点。

我国光伏发电经济性分析

结合当前光伏项目投资、各区域发电量和实际上网电价，对项目经济性进行测算，全国 375 个省/市区域光伏发电项目的资本金内部收益率相差较大。根据当前实际电力市场下全国光伏发电经济性，将全国资源区划分为 4 类区。

资本金内部收益率

IRR > 9% 的区域

主要集中在内蒙古，东三省西北部，北京、奥北，真南的元部。四川（阿坝、凉山），陕西榆林，湖北随州，广东，广西南部，海南，上海，江苏北部，浙江东部，福建北部，山东，安徽北部等区域。华北，东北电价略低但光资源较好，东南地区光资源稍差但送出消纳条件好，电价整体较高。该区域综合测算项目经济性较好。

资本金内部收益率

6% < IRR ≤ 9% 的区域

主要集中在蒙西大部，蒙东通辽、东三省北部、天津、冀南大部、山西朔州、湖北大部、四川攀枝花、陕西延安、广西中部、江苏南部、浙江、福建大部、江西南部、安徽大部等资源区。整体经济性基本满足投资收益要求。

资本金内部收益率

4% < IRR ≤ 6% 的区域

主要集中在吉林和辽宁的南部、黑龙江东北郎、山西西部、河南北部、湖南东部、湖北西南部、云南中部、贵州六盘水、宁夏北部、广西东南部、福建东部。江西大部、安徽南部等资源区。需进一步优化建设方案、细化条件，提升项目竞争力。

资本金内部收益率

IRR ≤ 4% 的区域

主要集中在青海，新疆，西藏，甘肃，宁夏南部，重庆，云贵川大部，陕西大部（除延安、榆林），江西北部，广西北部，湖南西南部、河南和山西大部等资源区。西北五省区光照资源好，但目前消纳送出问题突出，弃光限电、交易降价严重，项目综合上网电价较低。上述地区需考虑“区域性、战略性、一体化，经济性”四大原则，同时兼顾外送通道建设和大型风光基地规划等给合因素开发建设新能源。

发展趋势

根据新能源发展的“区域性、战略性、一体化、经济性”4大原则，投资建设光伏项目呈现以下几种趋势：

优先在中东南部发展各类集中式和分布式电站。一是中东南部地区作为我国经济社会发展的主战场，靠近负荷中心，电量电力需求大、电价上浮潜力大；二是分布式能源具有就近开发建设、就近消纳利用以及推广发展的潜力，全面推进分布式光伏开发，因地制宜、宜建尽建；三是创新分布式光伏开发模式，加快光伏建筑一体化、路侧分布式光伏、经济开发区等屋顶光伏的开发利用。

稳步推进以沙漠、戈壁、荒漠为重点的大型基地建设。一是优先选择距离负荷中心近的能源基地，优先发展蒙西等靠近华北负荷中心的大型风光基地；二是重点考虑区域的电源供给和调峰情况，在煤电机组较多的区域，优先建设新能源基地项目，发展以火电为基础的“风光火储”基地；三是科学选择外送条件，充分考虑受端省份电网坚强程度和水电大省的风险性；四是积极争取现有和在建外送通道以及煤电“点对网”交流通道配套新能源项目。

如青海至河南、上海庙至山东等直流输电通道，蒙西至天津南、锡盟至山东等交流输电通道。

依托重要流域一体化建设清洁能源基地。一是以流域优质调峰资源为核心，结合流域内风光资源、开发条件等优势，梳理各流域水电、风电、光伏等开发现状及潜力；二是对流域资源配置、调度运行、项目布局、开发时序、体制机制等分析，统筹推进可再生能源一体化基地建设；三是依托已有流域，进一步细化方案，加强所在流域风光和水电装机规模配比、发电特性配置、电力负荷特性、电力市场、外送线路等研究，结合风光和水电发电规律的组合，优化设计方案的综合配置，提升水风光开发规模和质量，尽量使一体化项目经济效益最大化、能源综合利用率最大化。（孙丽平 易晓亮）

京能集团：十堰首个分布式光伏项目开工

本报讯（通讯员车群）报道 近日，京能集团在湖北十堰的首个厂外屋顶分布式光伏项目——首创东风（十堰）水务有限公司吴家沟自来水厂和工业新区污水处理厂屋顶分布式光伏项目正式进入工程建设阶段。

该项目建设周期为2个月，生产运行期为25年，主要建设内容为光伏阵列、水池屋顶结构，项目总装机容量为0.075万千瓦，平均年发电量为75万千瓦时。项目建成后，将采用“自发自用为主、余电上网”的模式，与当地电网联网运行，将清洁能源并入当地电网，可有效缓解地方电网的供需矛盾，优化系统电源结构，减轻环保压力。

泰州发电：屋顶分布式光伏项目获备案

本报讯（通讯员朱强）报道 4月7日，国家能源集团泰州发电有限公司泰州港易成建设、永成投资0.25万千瓦屋顶分布式光伏项目获得备案。

该项目位于泰州市核心港区，在泰州港易成建设股份有限公司、泰州永成投资开发有限公司约2.63万平方米厂房屋顶建设分布式光伏电站，项目总装机容量0.25万千瓦，采用“自发自用、余电上网”模式。项目投产后，预计年平均发电量为252.68万千瓦时，与相同发电量的火电相比，相当于每年可节约标煤774吨，减少二氧化碳约2117吨、二氧化硫约0.47吨、氮氧化物0.49吨，具有良好的社会效益、环保效益和经济效益。

裕华热电：第一笔绿电收入已到账

本报讯（通讯员焦红）报道 “到账啦！到账啦！光伏发电项目的第一笔电费到账啦！”4月13日，河北华电石家庄裕华热电有限公司收到河北东盛生物科技有限公司自发自用电量结算款1.68万元，这是裕华热电新能源项目投产后收获的“第一桶金”。

今年以来，该公司以参加“聚绿色动能、助‘双碳’目标”劳动竞赛为契机，目标导向，大抓落实。目前该公司厂区0.59万千瓦光伏项目建设进入收尾阶段，并网发电后年可提供700万千瓦时清洁电能，预计年收益255万元。该项目并网发电并产生效益后，标志着企业已由传统火电向新能源转型迈出关键一步，实现了向“绿色能源”的转型，同时为后续光伏项目运营积累了宝贵经验。

海控新能源：分布式光伏项目获备案

本报讯（通讯员谢鸿浩）报道 4 月 12 日，国家能源集团海控新能源公司圆满完成东方富之源 0.454 万千瓦分布式光伏发电项目的备案工作。

该项目位于海南省东方市大田镇富之源养殖场内，所在区域光照资源丰富，电网消纳能力较好，项目规划养殖棚屋顶占用面积约 26498 平方米，规划容量为 0.454 万千瓦，共布置 420 个子方阵，总投资约 2099.74 万元，项目建成投产后，采取全额上网的方式，预计年均发电量可达 571.9 万千瓦时，与传统火电项目相比，每年可节约标准煤约 0.17 万吨，具有良好的环保、经济效益。

下一步，该公司将组建光伏项目专班，定期召开进度分析会，研究制订开发策略，稳步推进项目开发工作。

当涂发电：推进“零碳楼宇”建设

本报讯（通讯员王欢 张松涛）报道 近日，马鞍山当涂发电有限公司综合办公楼屋顶 30 千瓦分布式光伏一期工程顺利发电，标志着该公司正式成为大唐安徽公司系统及马鞍山区域内第一个分散式风光储充“零碳楼宇”综合能源建设单位。自投产以来，该项目已累计发电超过 4200 千瓦时，在落实“双碳”目标，深化“多能互补”方面做出了有益探索。

“零碳楼宇”综合能源项目的建成投产，预计可降低综合办公楼能耗 20% 以上。投运后，预计实现年均发电量近 90 万千瓦时，可节约标准煤约 270 吨，减少二氧化碳排放量近 800 吨，真正将“双碳”目标落于实地、落到实处。下一步，该公司还将深入推进以职工楼和停车棚为重点的二期工程建设，进一步深化“零碳楼宇”建设成效。

六、海洋

海洋能：蓝色低碳能源宝库

中国自然资源报 2022.4.1

近日，国际能源署—海洋能源系统（IEA-OES）发布《年度报告：2021 年海洋能产业活动概览》，对美国、中国、欧盟委员会等 22 个成员有关海洋能源的国家政策、研究和技术监督进行了最全面的年度概述，介绍了海洋能源系统合作项目取得的成就和进展。

报告有关中国海洋能产业的发展情况章节的作者、中国自然资源部国家海洋技术中心副主任彭伟指出，中国政府高度重视气候变化应对，正通过开发包括潮汐能和波浪能在内的可再生能源，助力国家“双碳”目标的实现。

国际合作：加快海洋能源系统研究

报告对国际能源署—海洋能源系统新的五年计划、成员具体情况、执行委员会构成和任务、工作计划等内容进行了介绍。

国际能源署—海洋能源系统作为海洋能源国际权威机构，致力于开展国际合作，旨在以环境可持续方式加快海洋能源系统的可行性研究、应用和社会认可。

主要任务包括：以有利于环境并为相关人员提供经济回报的方式加速海洋能源系统的研

究、开发和部署；支持政府、机构、公司和个人开发和部署海洋能源系统；向全球介绍海洋能源系统的特性、开发和部署现状及其有益影响，提高技能并加强研究；与海洋能源领域的组织和个人开展知识交流，以加速海洋能源系统发展并提高经济和环境效益。

报告明确了海洋能源系统 2022 年 - 2026 年战略目标：促进成员间的合作，以应对海洋能源领域面临的挑战并避免重复工作；提高海洋能源系统的影响力，并保持自身作为全球高质量信息来源的领军地位；提供信息交流平台，以提高对海洋能源潜力和效益的认知；加强与利益攸关方和国际组织的合作，分享专业知识和资源。

2021 年，海洋能源系统先后发布了《海洋能源技术国际评估和指导框架》《波浪能发展重点》《潮流能源发展重点》《海洋能源替代市场》《海洋热能转换白皮书》和《2022 - 2026 战略计划》6 份出版物，开展了环境项目、绩效矩阵、就业岗位评估、能源成本、能源替代市场等 5 项重点项目，并积极推动波浪能转换模型、潮汐能模型验证和确认、海洋热能转换 3 个国际工作组的工作。

其中，浪能转换模型国际工作组使用丹麦技术大学现有测试数据开发了一个新的振荡水柱式测试用例；海洋热能转换工作组发布了由日本、印度、中国、韩国、法国和荷兰专家合作编写的《海洋热能转换白皮书》。

多国出台措施：促进海洋能源产业发展

海洋能全球资源储量巨大。2021 年，多国通过出台配套政策、推动研究计划，推动海洋能源产业发展。

2021 年，美国海洋能源产业取得了巨大进步。《基础设施投资和就业法案》的出台将为包括海洋能源在内的全国各种基础设施和清洁能源项目提供大量资金。美国能源部为波浪能技术走向商业化提供了融资机会，且正在资助一系列致力于海洋能发展的倡议。

澳大利亚出台《海上电力基础设施法案 2021》。这是支持其海洋能源发展方面迈出的重要一步，并为其海上电力项目提供了政策框架。

目前，欧盟委员会正在通过一系列活动支持海洋能发展，特别是《欧洲绿色协议》、能源联盟、战略能源技术计划、“欧盟可持续蓝色经济新办法”等。

2020 年 11 月，欧盟委员会启动了《海上可再生能源战略》。欧盟委员会与其成员国密切合作，加大对海洋能的支持力度，并鼓励各国将海洋可再生能源发展纳入其 2030 年国家能源和气候计划之中。新的“地平线欧洲”计划于 2021 年启动，包括海洋能发展主题。新的创新基金已于 2021 年发布了首批项目征集，包括波浪能设备示范项目，潮汐能设备创新转子、叶片和控制系统示范项目等。

报告还对美国、中国、英国等 14 个国际能源署 - 海洋能源系统成员有关海洋能装机容量进行了概述。在所列运营项目中，潮差能装机容量最高的是韩国西瓦湖潮汐发电项目，装机容量 25.4 万千瓦，潮流能装机容量最高的是英国 MeyGen 项目，装机容量为 6000 千瓦，波浪能装机容量最高的是印度波浪动力导航浮标项目，装机容量为 900 千瓦。

我国海洋能发展前景：推进规模化利用

海洋能源开发利用快速发展，成为助力实现我国“双碳”目标的蓝色路径。报告从出台国家战略、健全市场激励政策、发布公共资助计划等角度，介绍了我国海洋能产业的发展情况。

2021年，我国实施了一系列气候变化战略、措施和行动，支持包括海洋能在内的可再生能源发展，并将在下一阶段发布相关部门和行业的实施方案和配套措施，以期构建碳达峰碳中和“1+N”政策体系。

为健全市场激励政策，我国出台了促进风电、光伏发电等可再生能源产业发展的政策措施，包括优惠贷款、绿色电力证书、上网电价等，为进一步研究制定海洋能产业政策提供参考依据。

潮差能、潮流能和波浪能是未来海洋能重点发展方向。科技部发布“可再生能源与氢能技术”国家重点研发计划，支持有关海洋能高效转换机制、关键技术与装备的研究。在海洋能基础研究方面，由中国海洋大学牵头的研究团队正在研究潮差能、潮流能和波浪能的高效转换机制；海洋热能转换技术研究方面，东南大学正在开展海洋热能转换关键技术的研究。

一批技术示范工程先后涌现

——万山兆瓦级波浪能示范项目由中国科学院广州能源研究所、中国南方电网、招商局重工有限公司等单位联合实施。首台500千瓦波浪能发电装置“舟山号”已完成首轮外海测试。第二艘500千瓦波浪能发电装置“长山号”已于2021年4月建成并部署于万山岛附近进行海试。

——首台半潜式水产养殖平台“澎湖号”于2019年6月完成海试。截至目前，“澎湖号”已在广东省珠海市水产养殖基地完成了28个月的示范运营，成功完成了金鲳鱼、石斑鱼等多个品种的多季养殖，取得了良好的示范效果和经济效益。半潜式水产养殖平台“澎湖号”提供了绿色能源支持的近海养殖新形式。中国科学院广州能源研究所已完成多款模型设计，以满足不同用户需求，并为平台签署了商业订单。

——中国（浙江）LHD潮流能示范项目已连续运行超过50个月，连续运行时间和发电量均居世界前列。该项目计划在其1号平台附近建造2号平台和兆瓦级新涡轮机。目前，2号平台已经安装，兆瓦级新涡轮机主体结构已经完成，将于2022年投入使用。（于婷 魏婷）

欧洲海洋能装机量创新高

中国能源报 2022.4.4

本报讯 日前，行业机构欧洲海洋能源（OEE）公布最新统计数据称，2021年，欧洲国家波浪能和潮汐能新增装机分别达到681千瓦和2200千瓦，创下历史新高，2021年，海洋能源领域新增投资也大幅上涨，预期将进一步推动装机增长。

OEE统计的数据显示，2021年全球潮汐能新增装机总量为1380千瓦，波浪能新增装机

约为3120千瓦，其中欧洲国家是目前全球海洋能源新增装机的“主力”。2021年，欧洲国家针对这两大新兴海洋能源的投资总量突破7000万欧元，较2020年同比上涨幅度高达50%。与此同时，欧盟已经制定了海洋能源技术开发目标，预期在2025年前完成至少10万千瓦波浪能和潮汐能装机，并将在2030年前达成装机100万千瓦的目标。

据了解，多年以来，波浪能与潮汐能受到技术不成熟、成本高昂等因素制约发展缓慢，去年，装机增速还不到海上风电新增装机的5%。但在OEE首席执行官Remi Gruet看来，开发新型的能源供给方式仍非常必要，波浪能和潮汐能将是欧洲可再生能源布局中不可缺少的一环。（李丽旻）

海洋经济强劲恢复 高质量发展亮点突出

——《二〇二一年中国海洋经济统计公报》解读

中国自然资源报 2022.4.7

- 全国海洋经济总量首次突破9万亿元
- 经济结构不断优化，新兴产业增势强劲
- 海洋产业人才链、创新链与产业链深度融合
- 资源供给稳定，海洋能源供给力度不断增强

近日，自然资源部海洋战略规划与经济司发布《2021年中国海洋经济统计公报》，2021年，沿海地方和涉海部门深入贯彻落实党的十九大和十九届历次全会精神，立足新发展阶段，贯彻新发展理念，加快构建新发展格局，持续推进海洋经济高质量发展，我国海洋经济强劲恢复，产业结构调整步伐加快，自主创新能力不断提升，供给保障能力持续增强，国际竞争优势进一步巩固，实现“十四五”良好开局。

海洋经济强劲恢复，市场主体活力逐步释放

2021年，我国海洋经济总量再上新台阶，首次突破9万亿元，达90385亿元，比上年增长8.3%，高于国民经济增速0.2个百分点，对国民经济增长的贡献率为8.0%，占沿海地区生产总值的比重为15.0%，比上年增长0.1个百分点。海洋经济结构不断优化，海洋一、二、三次产业占比为5.0: 33.4: 61.6，主要海洋产业增加值34050亿元，比上年增长10.0%。

市场潜力逐步释放。重点监测的规模以上海洋工业企业营业收入利润率显著增长。重点监测的海洋行业中新登记企业数同比增长5.7%，注吊销企业数同比下降5.1%，其中海洋渔业和海洋旅游业注吊销企业数同比下降18.1%和1.7%。资本市场活跃度大幅提升，“蓝色100”股票指数涨幅达到30.2%；海洋领域52家企业完成IPO上市，融资规模853亿元，同比增长478.6%，占全部IPO企业融资规模的15.0%。

科技创新能力不断增强，关键领域技术取得新突破

科技创新机制持续深化。沿海地方坚持海洋科技创新与体制机制创新“双轮”驱动，

纷纷推行“揭榜挂帅”制度，激发海洋科技力量新活力。同时，加大多元化资金投入，支持海洋科技创新和成果转化，促进海洋产业人才链、创新链与产业链深度融合。如：山东发起设立海洋共同体基金，重点支持原始创新、海洋成果转化和高端海洋科技产业化项目培育；广东持续提供海洋经济发展年度专项资金3亿元，支持海洋工程装备、海上风电、海洋电子信息、天然气水合物、海洋生物、海洋公共服务六大产业协同创新和集聚发展。

自主创新科技成果不断涌现。我国海洋高端装备研发制造能力进一步提升，海上LNG产业链族谱再添重器，国内首艘17.4万立方米浮式液化天然气储存再气化装置顺利交付；我国自主研发制造的抗台风型漂浮式海上风电机组在广东并网发电，国内首个“海上风电+储能”海上风电场建设进入储能交付期；波浪能发电装置“舟山号”“长山号”正在海试。体内植入用超纯度海藻酸钠完成国家药品监督管理局药品审评中心（CDE）登记备案，打破了国际垄断，实现国产化生产。我国自主研发的首套浅水水下采油树系统在渤海海试成功，结束了水下采油树系统依赖进口的历史；海底高压主基站、海底光电复合缆等一批海洋创新技术达到国际先进水平。

海洋产业结构持续优化，有效保障资源要素供给

产业结构调整优化步伐加快。海洋新兴产业增势强劲，海洋生物医药业、海洋电力业、海水利用业增加值分别同比增长18.7%、30.5%和16.4%，显著高于主要海洋产业增速，领跑海洋经济；产业公共服务能力日趋增强，国家海洋综合试验场（威海）正式挂牌，海水淡化与综合利用示范基地在天津临港完成一期中试实验区建设。海洋传统产业转型升级加速，现代化海洋牧场综合试点有序推进，截至2021年底，创建国家级海洋牧场示范区136个；海洋船舶建造绿色低碳化发展，绿色动力船舶订单占全年新接订单的占比达到24.4%，特种船舶21万吨LNG动力散货船、7000车双燃料汽车运输船、甲醇动力双燃料MR型油船等也实现了批量订单承接；沿海港口建设智慧化推进，已在厦门港、青岛港、上海港、深圳港、日照港、天津港等8个港口建设了33个自动化码头。

海洋资源稳定供给能力显现。海水淡化规模持续扩大，天津市、河北省、山东省和浙江省先后启动了大型海水淡化工程建设，保障缺水地区淡水资源供给。海洋能源供给力度不断增强，海洋油气产量同比分别增长6.2%、6.9%，其中海洋原油增量占全国原油增量的78.2%，深水油田群流花16-2、“深海一号”超深水大气田先后投产，增强了海洋油气的持续性供给能力；海洋清洁能源开发势头强劲，全国海上风电新增并网容量1690万千瓦，同比增长4.5倍，累计容量跃居世界第一。优质海产品供给能力不断提升，深远海养殖深入推进，亚洲最大深海智能网箱“经海001号”顺利下水并提网收鱼，全潜式深海养殖装备箱“深蓝1号”首次实现“三文鱼”规模化收鱼。

优势产业国际竞争力增强，对外贸易增势稳健

海洋交通运输业和海洋船舶制造业国际竞争优势凸显。2021年全球经济回暖，国际货物贸易需求增长，港航市场持续向好，海运价格暴涨，我国海洋交通运输业实现较快增长，

增加值比上年增长 10.3%。沿海港口完成货物吞吐量和集装箱吞吐量分别为 99.7 亿吨、2.5 亿标准箱，居世界第一；海洋交通运输业新登记企业数同比增长 47.5%。同时，国际航运市场复苏叠加船舶批量更替周期，带动全球新造船市场超预期回升，我国船企抓住机遇承接大量订单，海船三大指标实现全面增长，国际市场份额保持领先，海船完工量、新承接订单量、手持订单量分别同比增长 11.3%、147.9% 和 44.3%。

海洋对外贸易持续增长。2021 年我国海运进出口总额同比增长 22.4%，其中船舶出口金额 247.1 亿美元，同比增长 13.7%；海上风电整机也实现了首次出口。沿海港口外贸货物吞吐量 41.9 亿吨，同比增长 4.6%。

涉海政策密集出台，“十四五”海洋经济发展路径更加明晰

2021 年进入“十四五”规划开局之年，经国务院批复同意印发《“十四五”海洋经济发展规划》，明确走依海富国、以海强国、人海和谐、合作共赢的发展道路，推进海洋经济高质量发展，建设中国特色海洋强国。11 个沿海省（市、自治区）和部分沿海城市先后印发了促进海洋经济发展的相关规划。为促进涉海相关行业发展，相继出台了《海水淡化利用发展行动计划（2021-2025 年）》《“十四五”全国渔业发展规划》等。

2022 年，虽然疫情影响、国际地缘政治紧张等不确定性因素仍在持续，但海洋经济持续恢复和向好发展的态势没有改变，支撑海洋经济高质量发展的生产要素条件没有改变。未来，我们将继续认真贯彻落实党中央决策部署，坚定不移贯彻新发展理念，进一步优化海洋经济结构，着力保持海洋经济主要指标在合理区间运行，持续推进海洋经济高质量发展。（崔晓健）

关键领域创新能力不断增强 中国海洋经济总量去年首破九万亿

科技日报 2022.4.7

科技日报北京 4 月 6 日电（记者操秀英）自然资源部 6 日发布的《2021 年中国海洋经济统计公报》显示，初步核算，2021 年全国海洋生产总值 90385 亿元，比上年增长 8.3%，占沿海地区生产总值的比重为 15.0%，比上年上升 0.1 个百分点。其中，海洋第一产业增加值 4562 亿元，第二产业增加值 30188 亿元，第三产业增加值 55634 亿元，分别占海洋生产总值的 5.0%、33.4% 和 61.6%。

国家海洋信息中心副主任崔晓健介绍道，2021 年我国海洋经济总量再上新台阶，首次突破 9 万亿元。值得一提的是，海洋领域科技创新能力不断增强，关键领域技术取得新突破。崔晓健称，科技创新机制持续深化。沿海地方坚持海洋科技创新与体制机制创新“双轮”驱动，纷纷推行“揭榜挂帅”制度，激发海洋科技力量新活力。同时，加大多元化资金投入，支持海洋科技创新和成果转化，促进海洋产业人才链、创新链与产业链深度融合。如：山东发起设立海洋共同体基金，重点支持原始创新、海洋成果转化和高端海洋科技产业化项目培育；广东持续提供海洋经济发展年度专项资金 3 亿元，支持海洋工程装备、海上风

电、海洋电子信息、天然气水合物、海洋生物、海洋公共服务 6 大产业协同创新和集聚发展。

此外，自主创新科技成果不断涌现。崔晓健表示，我国海洋高端装备研发制造能力进一步提升，海上 LNG（液化天然气）产业链族谱再添重器，国内首艘 17.4 万立方米浮式液化天然气储存再气化装置顺利交付；我国自主研发制造的抗台风型漂浮式海上风电机组在广东并网发电，国内首个“海上风电 + 储能”海上风电场建设进入储能交付期；波浪能发电装置“舟山号”“长山号”正在海试。体内植入用超纯度海藻酸钠完成国家药品监督管理局药品审评中心（CDE）登记备案，打破了国际垄断，实现国产化生产。我国自主研发的首套浅水水下采油树系统在渤海海试成功，结束了水下采油树系统依赖进口的历史；海底高压主基站、海底光电复合缆等一批海洋经济创新技术达到国际先进水平。

欧洲海洋能领跑全球的背后

中国自然资源报 2022.4.14

海洋能指依附在海水中的可再生能源，海洋通过各种物理过程接收、储存和散发能量，这些能量以潮汐能、波浪能、温差能、盐差能、海流能等形式存在于海洋之中。作为可再生、清洁能源，海洋能的开发和利用对于服务海洋资源开发、缓解能源紧缺，以及应对全球气候变化等具有重要的战略意义。

在过去的几年里，国际社会对海洋能的关注急剧升温。与发展较为成熟的海上风电产业相比，以潮流能、波浪能为代表的海洋能产业，在成本、技术等方面目前仍存在很多问题，但其发展仍得到了各沿海国家，尤其是欧洲国家越来越多的重视。

近日，欧洲海洋能组织发布《海洋能发展趋势和统计报告 2021》（以下简称《报告》），对过去一年欧洲潮流能和波浪能行业发展现状、重要里程碑事件进行了统计，并展望了 2022 年全球潮流能和波浪能行业发展。《报告》指出，尽管新冠肺炎疫情使全球供应链受到较大冲击，但欧洲海洋能行业在 2021 年仍取得显著进展，潮流能和波浪能新增装机容量均较 2020 年大幅增长，恢复至 2019 年水平。多个国家宣布开发新的海洋能发电场项目，英国、西班牙等国出台多项政策促进海洋能产业发展。

潮流能新增装机增长超过七倍，发电量保持领先

数据显示，2021 年，欧洲潮流能新增装机容量 2200 千瓦，相较 2020 年新增装机容量（260 千瓦）增长 746%，自 2010 年以来，欧洲潮流能累计布放了 30200 千瓦机组，目前仍有 11500 千瓦机组在持续发电。

截止 2021 年底，欧洲潮流能累计发电量达到 6800 万千瓦时，在全球遥遥领先。其中，2021 年发电量约 800 万千瓦时，相较 2020 年下降约 30%，主要是因为英国“梅根”潮流能电站一期工程（装机 6000 千瓦）在连续运行 3 年后，对现有 4 台机组中的 3 台进行了回收维护（其中 1 台于 2022 年 3 月重新布放发电）。

2021 年布放的潮流能机组分别是英国的 O₂ 水平轴式机组（装机 2000 千瓦）、瑞典的

DG100 潮流风筝式机组（装机 100 千瓦）、荷兰的 VAWT 垂直轴式机组（装机 100 千瓦）。

破浪能新增装机增长超过两倍，技术种类多样化

数据显示，2021 年，欧洲波浪能新增装机容量 681 千瓦，相较 2020 年新增装机容量 200 千瓦，同比增长 241%。自 2010 年以来，欧洲波浪能累计布放了 12700 千瓦装置，目前仍有 1400 千瓦装置在海试。

目前，波浪能发电装置仍以技术示范为主。2021 年布放的 5 台发电装置包括 4 种不同技术类型，例如，西班牙布放的“企鹅”2 号旋转体式装置（装机 600 千瓦）、荷兰布放的 S-Mill 点吸收式装置（装机 40 千瓦）、挪威布放的 HWEC 振荡水柱式装置（30 千瓦），英国布放的 Bule X 衰减式装置（装机 10 千瓦）等。

欧洲海洋能行业投资增长较快，多项配套政策出台

2021 年，欧洲海洋能行业获得投资 7000 万欧元，同比增长 559%，投资方式包括公共资金、首次公开募股、股权转让、众筹等。在新型融资方式中，众筹对于欧洲海洋能开发商的吸引力越来越大，过去 3 年有多家公司共进行了 17 轮众筹融资，2021 年有两家公司共获得 720 万欧元众筹资金。

英国亚特兰蒂斯资源公司、诺瓦创新公司，瑞典海基公司等积极开拓日本、印尼、百慕大等国际海洋能市场，亚特兰蒂斯资源公司为日本提供的 AR500 潮流能机组经过近一年的示范应用，发电量接近 25 万千瓦时。

2021 年，欧洲多个国家出台多项海洋能配套政策，有力促进了欧洲海洋能产业发展。例如，英国于 2021 年 12 月启动了可再生能源差价合约固定电价制第四轮竞标，潮流能在本次竞标中有望获得最高 2000 万英镑的年度补贴，最大可支持建设 60000 千瓦潮流能电站。法国出合规定，允许海洋能开发商与能源监管机构就上网电价进行谈判。西班牙发布了 2030 年海上风能及海洋能发展路线图，提出了海洋能 60000 千瓦的中长期发展目标。

《报告》展望了 2022 年全球海洋能行业前景：欧洲海洋能新增装机有望超过 4000 千瓦，国际其他地区高海能新增装机将超过 2000 千瓦。（麻常雷 历鑫）

七、氢能

氢能探路规模化发展

中国能源报 2022.4.4

“碳达峰碳中和目标下，我国氢能产业将担当重任。到 2030 年，我国非化石能源占比将从目前的 15% 提高到 25%，终端能源消费氢能占比将从 2030 年的 5% 增长到 2050 年的 20%。”国家电投集团氢能科技发展有限公司首席技术官柴茂荣在 3 月 27 日举办的“氢能产业论坛”上表达了对氢能产业可持续、高质量发展的期望。

事实上，《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》（下称《规划》）出台后，业内人士普遍认为，我国氢能产业将迎来大规模示范新阶段。在此背景下，我国氢能产业应该如

何发展？推动氢能在交通、工业、建筑、储能等多个领域的规模化示范过程中，如何让这些“示范应用”实现可持续、可复制？

深挖氢能跨界应用潜力

2021年12月，国家工信部、科技部、自然资源部联合印发的《“十四五”原材料工业发展规划》提出，组织研发富氢碳循环高炉、氢能窑炉、氢基直接还原等技术，实施氢冶金、非高炉炼铁等低碳冶炼试点项目，明确了氢在工业减排中的重要作用。

《规划》也提出，发挥氢能对碳达峰碳中和目标的支撑作用，深挖氢能跨界应用潜力，因地制宜引导多元应用，推动交通、工业等用能终端的能源消费转型和高耗能、高排放行业绿色发展，减少温室气体排放。

“氢是一个非常高效的还原剂，可以作为重要的工业原料帮助多个行业实现深度脱碳。”庄信万丰高效自然资源板块中国区董事总经理钱挺表示，氢作为工业原料和还原剂，是化工、钢铁、有色金属和水泥等高排放行业实现深度脱碳的重要抓手。

钱挺提醒称，目前我国主要氢气来源仍是基于化石能源制备的灰氢，生产过程会产生远超过自身重量的碳排放，未来应结合碳捕捉技术或可再生能源制氢生产蓝氢、绿氢，进一步帮助高碳行业实现低碳化、无碳化转型。

持续创新保持竞争力

如何保证氢能在交通、工业、建筑、储能等多个领域发挥作用？业内专家一致认为，应提升产业技术创新能力、促进降本增效。

中国电动汽车百人会副理事长兼秘书长张永伟直言，如何通过不断的技术创新和商业模式创新，实现企业可盈利，是所有氢能产业链企业当前遇到的困境，也是亟需解决的问题。

北京亿华通科技股份有限公司常务副总经理于民认为，持续的技术创新是推动氢能产业进步的关键。对于燃料电池汽车领域而言，为满足不同阶段市场扩展需求，燃料电池发动机系统需向轻量化、高里程、长寿命、低成本、强环境适应性方向发展。另外，为提升产品续航里程能力，高储氢密度。车载氢系统开发也尤为重要，预计到2025年前后，70兆帕高压IV型储氢瓶技术将在我国得到应用，同时液氢发展也将初具规模。

“实现产业快速降本也非常重要，以燃料电池降本为例，一方面可以从整合集成，变更材料等维度出发，在提升性能的同时，推进技术降本。另一方面，加速规模化也是实现降本的有效途径，根据美国能源部测算，当燃料电池年产量达到50万套时，成本可以下降至45美元/千瓦，与传统内燃机成本相当。”于民表示。

事实上，着眼于技术创新，我国氢能企业已成功实现多项技术研发。柴茂荣表示，国电投氢能作为国电投集团旗下从事氢能产业技术创新和产品研发制造的科技公司，已经完成从催化剂到质子交换膜、膜电极、双极板、电堆、系统的自主化，并且相关产品已在多个场景开展示范运行。在绿氢崛起的背景下，国电投氢能还完成了成体系的制氢设备产品开发。

推进全产业链协同发展

上述专家进一步表示，经过多年探索和发展，我国已初步形成了较为完整的氢能产业体系，但成本高企问题持续、储运模式待突破，实现产业的高质量发展需谋求全产业链协同发展。

“自科技部‘十五’电动汽车重大专项启动燃料电池汽车技术研发以来，经过 20 年的科技投入，以燃料电池汽车为氢能应用的先导已经初步掌握了氢燃料电池及关键零部件动力系统，整车集成和氢能基础设施等核心技术，基本形成氢气制备、储运、加注、燃料电池应用等完备的产业链。”中国电动汽车百人会副秘书长王贺武指出。

不过，产业链发展不均衡问题持续存在。在壳牌氢能事业部亚太区总经理陈肇南看来，由于氢能产业链较长，因此在氢能产业发展初期，很难保证产业链上每一个环节都能齐头并进实现盈利，如果每一个环节各自为政，那终端用户的氢气价格将难以下降，更不用说和传统化石能源进行竞争。

陈肇南建议，通过端到端的一体化和规模化发展，加速降本增效，给终端用户创造更多价值。“在产业链不同环节，整车厂希望有订单，能源供应商希望有稳定的氢气需求，用户侧则希望有便利高效低成本的车型选择和燃料供应网络。产业链各环节需要将彼此的诉求相结合，统筹规划协同发展。”（仲蕊）

中长期规划出台，我国氢能发展再添“指示牌”

科技日报 2022.4.12

《氢能产业发展中长期规划（2021—2035 年）》明确了氢能的三大战略定位：氢能是未来国家能源体系的重要组成部分；氢能是用能终端实现绿色低碳转型的重要载体；氢能产业是战略性新兴产业和未来产业重点发展方向。

最近，氢能产业发展再次走到聚光灯下。

近日，国家发改委公布该委与国家能源局联合印发的《氢能产业发展中长期规划（2021—2035 年）》（以下简称《规划》）。

“在业界热切期待和国内外高度关注下，《氢能产业发展中长期规划（2021—2035 年）》出台的靴子终于落地，这是我国首个氢能产业中长期规划。”中国国际经济交流中心科研信息部部长、研究员景春梅说。

氢能的三大战略定位明确

氢能与电能类似，是常见的二次能源，需要通过一次能源转化获得；不同之处在于，氢能的能量密度高、储存方式简单，是大规模、长周期储能的理想选择，为可再生能源规模化消纳提供了解决方案。

“可再生能源的主要载体就是电和氢，在动力、储能方面两者具有互补性，作为无碳工业原料，氢具有不可替代性。”中国科学院院士、清华大学教授欧阳明高如此概括氢的角色。

“氢能被国际社会誉为 21 世纪最具发展潜力的清洁能源，氢能科技创新和产业发展持

续得到各国青睐。美国、日本等发达国家纷纷将发展氢能上升为国家战略，抢占产业发展先机和制高点。”中国国际工程咨询有限公司总工程师杨上明说。

我国出台的《规划》也明确了氢能的三大战略定位，即氢能是未来国家能源体系的重要组成部分；氢能是用能终端实现绿色低碳转型的重要载体；氢能产业是战略性新兴产业和未来产业重点发展方向。

可再生能源制氢是必然选择

“解决氢从哪里来的问题是氢能产业发展的基础，不新增碳排放是发展氢能产业的前提。”在《规划》公布当天举行的新闻发布会上，国家发改委高技术司副司长王翔表示。

我国已是世界上最大的制氢国，年制氢产量约 3300 万吨，其中，达到工业氢气质量标准的约 1200 万吨。从氢的来源看，我国工业副产氢工艺成熟、成本较低，近期仍将是主要氢源；但从长远发展看，可再生能源制氢规模潜力更大，更加清洁可持续，随着成本下降，将成为重要氢源。

欧阳明高分析，如果基于化石能源制氢，存在能量利用效率低、二氧化碳排放高等问题。虽然可再生能源制氢在生产—储运—利用全链条上也存在能源转化效率问题，但随着可再生能源装机不断扩大，效率问题可转化为成本问题。

“在国务院批复建设的张家口可再生能源示范区，我们的团队尝试开展从可再生能源制氢到终端应用的全链条工程验证，当可再生能源电力价格低于 0.15 元/千瓦时的时候，可再生能源制氢的经济性就能得以保障。”在欧阳明高看来，可再生能源制氢是坚持绿色低碳发展道路的必然选择。

在全球氢能产业竞争中抓住机遇

最新出台的《规划》将创新摆在产业发展的核心位置，聚焦氢能制备、储存、输运、应用全链条，突破关键核心技术，提升装备自主可控能力，促进产业链创新链深入融合发展。

“氢能技术链条长、难点多，现有技术的经济性还不能完全满足实用需求，亟须从氢能制备、储运、加注，以及燃料电池、氢储能系统等主要环节创新突破，重点攻关关键技术。”欧阳明高说。

欧阳明高认为，同时也要面向氢能科技前沿开展基础研究和应用基础研究。例如，电解水制氢催化剂和阴离子膜、光电催化制氢、基于超导强磁场高效磁制冷的氢液化循环以及中压深冷气态储氢等新一代氢能科技。

相比于电化学动力电池，我国氢燃料电池在技术储备、产业基础、人才队伍等方面较为薄弱，与国际先进水平也存在一定差距。欧阳明高建议，尽快建立氢能创新平台，开展关键核心技术攻关和人才培养，打造自立自强的科技体系。

“在全球氢能产业竞争中，我们要抓住机遇，努力实现氢能科技革命性突破，推进氢能与燃料电池技术的全面成熟，促进氢能在交通、工业等重点应用领域大规模市场渗透，抢占国际前沿阵地。”欧阳明高说。（刘园园）

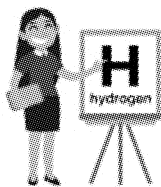
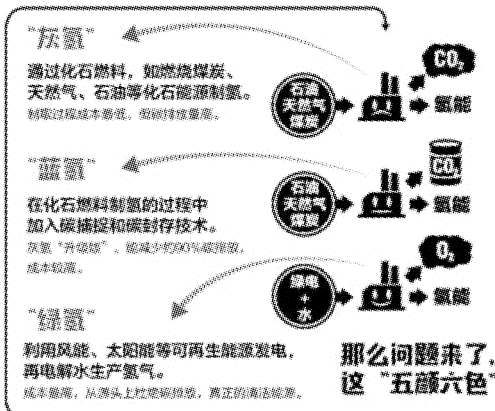
氢能何以如此受宠？

中国电力报 2022.4.15

氢能何以如此受宠？

提起氢能，您最先想到的是什么，是小时候玩的氢气球？还是清洁能源？抑或是燃料电池？如今氢能已经从国家战略层面正式成为我国能源体系的重要组成部分。就在3月23日，我国首个氢能产业中长期发展规划——《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》（以下简称《规划》）发布，明确了今后15年我国氢能产业的整体布局。

国家大力发展的氢能到底是什么？它从何而来？又有什么优势？有何应用前景？本期《能源科普》就围绕氢能一探究竟。



想了解氢能，就得先明白什么是氢

氢是一种化学元素，也是自然界存在最普遍的元素，位于元素周期表第一位。在常温常压下为气态。燃烧性能好，燃烧产物是水。

是氢在物理与化学变化过程中释放的能量，也就是氢气球里面的氢气产生的化学能。

那么氢能又是什么？从何而来？

具体来说，氢是从以下几个地方制取的

- 一次能源转化
- 工业副产氢
(炼油、化学、钢铁和冶金等，这也是目前我国氢气的主要来源，年产量约3000万吨，缺陷是会产生一定的碳排放)
- 电解水制氢
- 可再生能源制氢

氢能是二次能源，它是利用其他能源制取的，不像煤、石油和天然气等可以直接从地下开采。同时，氢能也是除核燃料外发热值最高的，是汽油发热值的3倍，煤炭的4.5倍，也被视为21世纪最具发展潜力的清洁能源。

由于氢能的来源较多，所以它们分别被称为：

“灰氢” “蓝氢” “绿氢”

那么问题来了，这“五颜六色”的名称分别代表什么？



问题又来了，为什么要用“电—氢—电”这种绕圈的方式制作绿氢呢？

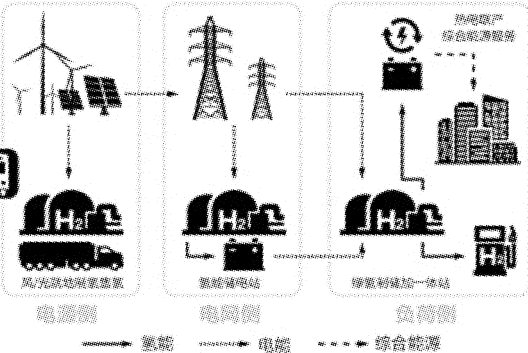
因为电不易储存，用稳定性相对较低的太阳能、风能发的电来制氢，一方面可以避免部分电能的浪费，另一方面也解决了能源的存储问题。

在实现“双碳”目标的背景下，作为“终极清洁能源”的氢能愈发受到重视。而用绿氢代替灰氢作为化工原料，是实现化工行业深度脱碳的重要途径。绿氢还能帮助化解弃风、弃光、弃水等现象，提高可再生能源利用率。《规划》明确，未来我国会重点发展可再生能源制氢，以此形成清洁化、低碳化、低成本的多元制氢体系，与此同时，严格控制化石能源制氢。



如此优秀的氢能应用场景也很广泛

而氢能和电擦出的最耀眼火花应该就它在新型电力系统中的应用。氢能是新型电力系统灵活调节的重要手段，先进的电解水制氢装置具有较高的功率波动适应性，可实现输入功率秒级、毫秒级响应，为电网提供调峰调频等辅助服务，提高电力系统的安全性、可靠性、灵活性。



这么多的应用，其实氢能离我们最近的地方，就是眼前马路上的行了。就在不久前结束的北京冬奥会，多辆氢能车、150辆氢能大巴车成功执行了7205班次运营任务。

那么氢能大巴与普通大巴有什么区别？

关键就是尾气排放，氢能大巴只排放水蒸气。

原理：氢气产生电化学反应



一方面产生接近50%电能和50%的热量，效率非常高；

另一方面副产温水，无污染。

此外，氢能大巴在寒冷的冬季无需预热；

续航里程也比纯电动公交车长，在氢源、电网的情况下，可达到400-600公里。

为氢能大巴补充氢气的加氢站是否安全？

氢气虽然燃点很低，但具有挥发性非常强，尤其在露天开放的环境下，氢能想要形成易燃易爆或者易燃的浓度非常难。有关研究显示，氢气的安全性好于天然气和汽油。

专家有话

中国国际经济交流中心科研部部长、研究员 景春梅：氢能具有长周期、大规模运输优势，能够带动我国可再生能源规模化发展，推动氢能、电能、热能系统融合一体化发展。

中国科学院院士、清华大学教授 欧阳明高：《规划》提出要构建清洁化、低碳化、低成本的多元制氢体系，这意味着，可再生能源制氢在我国氢能长期发展过程中将逐步成为供应氢气的重要来源。

“煤”“氢”联动效益递增

中国能源报 2022.4.4

“2021年2月9日第一台电解槽开始送电调试，首批建设30台1000标方/小时的电解水制氢设备，绿氢产能2.4亿标方/年（2.14万吨），项目产出的氢气送入化工装置。自2022年起，规划每年增加绿氢产能3亿标方，年新增消减化工装置碳排放总量的5%，力争用10年时间完成企业50%碳减排，用20年时间率先实现企业碳中和。”日前，宁夏宝丰能源集团股份有限公司（下称“宝丰能源”）发布2021年年报，披露其在氢能产业方面的最新进展。

宝丰能源主产聚乙烯、聚丙烯和焦炭等，产品原料无一例外来自煤炭。正如其年报所言，“煤炭的稳定供应是公司生产经营稳定运行的基础”。布局绿氢，不仅可推动减排，带来生态效益，还可助力探索出新能源与现代煤化工产业一体化融合发展的新模式，并产生经济效益。

随着氢能产业加速发展，“煤”“氢”联动效益如何持续显现，已成为煤炭上下游企业共同关注的热点话题。

助力煤炭下游产业深度脱碳

“煤的碳含量高、氢含量低，烯烃恰好相反，因此煤制烯烃生产过程需要加氢。以煤和水制取氢气的方式，同时会排放大量二氧化碳。”以煤制烯烃产品为例，宝丰能源相关人士解释称，不同于传统制氢路线，电解水制氢纯度等级高、杂质气体少，“只要有足够的绿氢，煤制烯烃排放二氧化碳的问题可以基本消除。”

事实上，高碳排放亦是煤炭下游产业面临的共性难题。开源证券分析指出，在碳达峰碳中和目标下，现代煤化工等“用煤大户”亟待实现低碳排放，清洁低碳转型压力与日俱增。“在政策大力支持下，氢能行业具备广阔发展前景。随着政策体系不断完善，已在氢能产业进行布局或者规划的传统能源企业将从中受益。”

记者注意到，不少企业已采取行动。例如，兖矿能源依托现有煤化工产业优势，有序发展下游制氢等产业，将力争5年-10年让氢气供应能力超过10万吨/年。国家能源集团将推进新能源制氢与现代煤化工耦合发展、煤炭生产运输及辅助环节的氢基新能源替代，更好发挥氢能与传统化石能源、新能源的耦合作用。除了单个企业，部分大型基地也已明确目标。以我国现代煤化工产业示范区宁东基地为例，其将在“十四五”期间大力发展氢能。到2025年，基地可再生能源制氢产能将达到30万吨以上，降低煤炭消费360万吨标煤、减排二氧化碳700万吨。

“布局氢能对宝丰能源来说是一条长远的绿色发展之路。绿氢作为连接可再生能源与终端应用场景的绿色二次能源，将在现代化工领域扮演深度脱碳的重要角色。”上述负责人告诉记者。

工业副产氢未得到充分利用

除了“用于煤”，部分氢能也产自以煤为原料的项目及生产工艺。诸如合成氨、甲醇合成等装置，以及高温焦化副产焦炉气、兰炭副产煤气等生产过程，均富含可观的工业副产氢。“我国基础工业发达，工业副产氢总产量全球第一，且氢源更易获得。”北京佳安氢源科技股份有限公司总经理江风表示。

国家发改委近日印发的《氢能产业发展中长期规划（2021 - 2035 年）》提出，结合资源禀赋特点和产业布局，因地制宜选择制氢技术路线，逐步推动构建清洁化、低碳化、低成本的多元制氢体系。在焦化、氯碱、丙烷脱氢等行业集聚地区，优先利用工业副产氢，鼓励就近消纳，降低工业副产氢供给成本。“十四五”期间，“初步建立以工业副产氢和可再生能源制氢就近利用为主的氢能供应体系”。

定位已经明确，行动须跟上。“工业副产氢的利用率依然不高。”天能控股集团董事长张天任坦言，工业副产氢是产品生产过程的副产物，但因纯度较低、成分复杂，加之受制于技术手段，在工程建设之初的工艺设计时未对其综合利用进行统筹考虑，目前多采用燃烧等低效利用途径，甚至直接送到火炬排空。

张天任举例，去年全国烧碱产量约 3900 万吨，每吨烧碱副产约合 0.025 吨氢气。很多企业往往更关注主产品，副产氢放空率高达 30%，意味着全年近 30 万吨氢气被白白放空。“按照每辆氢燃料电池车每天加注 5 公斤氢气，行驶里程 200 公里来算，仅这些副产氢经过纯化，就能够供应约 16.4 万辆氢燃料电池车。煤化工行业也将富余的工业副产氢进行‘点灯’‘排空’处理，若进行提纯利用，既有效降低了氢气成本，也解决了大规模生产难题，真正做到变废为宝。”

分阶段因地制宜推进联动

“现阶段，我国氢源相对单一，电解水制氢和可再生能源制氢尚未大规模推广利用。中短期，可重点提高工业副产氢的综合利用，建议因地制宜，鼓励副产氢企业开展技术攻关，进行工艺提纯，将副产氢转化为可高值利用的氢能源。重点鼓励副产氢企业布局加氢站，打通氢能运输通道，完善氢能供应链。”张天任进一步建议。

江风认为，站在市场角度，工业副产氢也应该分阶段发展。“初期以示范项目为主，氢气用量较小，对工业生产影响小，以氢源经济便利为主。中期以大工业项目为主，氢气用量适中，应结合当地资源禀赋。当氢气需求和使用量巨大时，需要更注重绿色发展，统筹规划氢源分布，与其他氢源一起实现多元供给。”

加强“煤”“氢”联动的路径还有很多。张天任举例，在煤化工行业加大技改补贴，鼓励企业优化工艺工序，减少煤制氢的权重，将可再生能源制氢作为煤化工下游原辅材料的来源。在冶金行业，以氢气代替煤炭作为还原剂的氢冶金技术是最佳脱碳途径，鼓励企业加强对氢能冶炼等低碳冶炼技术的研发应用力度，鼓励钢铁等冶炼企业推广“氢冶炼”。

“煤炭企业可充分利用已有产业基础，进行多能融合发展。”在国务院发展研究中心资

源与环境政策研究所研究员郭焦锋看来，煤矿较多集中于山西、内蒙古、新疆、宁夏等地区，这些地区风光资源丰富，发展可再生能源电解水制氢潜力巨大。有能力的企业可利用煤矿现有的土地资源优势，有序、合理开发可再生能源制氢产业链，同时实施煤化工与新能源耦合发展，推动现代煤化工绿色低碳转型。（仲蕊 朱妍）

欧洲电解水制氢规模不断扩大

中国能源报 2022.4.4

本报讯 近日，欧洲两家电解槽制造商共同宣布了2.5亿美元的增资，以助其扩大制氢产能规模。据了解，随着欧盟大幅提高绿氢生产目标，欧洲多家绿氢生产商正迅速扩大生产能力，并推动电解水制氢设备成本下降。

今年3月，挪威氢气公司Nel表示，已通过私募融资筹集了大约1.72亿美元的资金，同时，还考虑发行多达1000万股的新股，募集的资金将用于扩大产能。德国制氢设备生产商Sunfire日前也宣布，将与哥本哈根基础设施合作伙伴和Blue Earth资本两家企业合作，通过融资增加9500万美元的投入用于扩大产能。

与此同时，欧洲电解水制氢项目投资部署规模也在不断扩大。去年10月，欧洲氢气生产商INEOS宣布，将在电解水制氢项目上投资超过20亿欧元，在挪威、德国、比利时建立首批工厂，生产零碳排的绿氢。西门子能源近日则宣布，将投入约为3300万美元，在德国柏林启动电解水制氢设备的规模化生产，初始产能约为100万千瓦/年。

业界普遍认为，电解水制氢产能规模的扩大得益于欧洲多国的利好政策。以德国为例，其于2020年通过了《国家氢能战略》，计划2030年部署500万千瓦容量的电解槽，2040年有望扩大到1000万千瓦。此后，欧盟委员会也推出了欧盟层面的氢能战略，提出要在2030年前让欧盟境内的绿氢产能达到4000万千瓦。

根据美国投资银行杰富瑞发布的一项研究，预计到2030年，全球总共需要超过4亿千瓦装机容量的电解槽用于生产绿氢，但以当前的部署速度，届时仅能实现7000万千瓦容量电解槽的部署。业内人士认为，全球低碳能源转型趋势下，绿氢需求将迎来大幅增长，电解水制氢规模亟需不断扩大。

在欧盟看来，受俄乌紧张局势的影响，欧盟各成员国对能源安全的担忧日益增强，因此，需要不断发展氢能等新能源，以进一步提高能源独立性。

日前，欧盟委员会提出，应将欧盟绿氢生产目标再提高一倍，在2030年前增加1500万吨/年的绿氢产能，以减少能源依赖。为此，欧盟委员会表示，将制定监管框架，以促进欧洲绿氢市场发展，并支持氢储存和港口等基础设施的建设。

值得关注的是，在行业大幅扩产的趋势下，电解水制氢设备的成本有望快速下降。据国际可再生能源署（IRENA）预计，未来10年内，电解水制氢设备的成本下降速度有望赶上太阳能、风能发电。

根据 IRENA 发布的一份报告，2010 年至 2019 年期间，太阳能组件的成本下降了 82%，同期，陆上风电成本下降了 39%。“过去 10 年，从太阳能和陆上风电厂购买电力的价格大幅下降。对氢能而言，由于全球绿氢项目规模不断扩大，预计未来 10 年电解槽成本也将出现类似的下降幅度。” IRENA 表示，为实现这一成本下降目标，到 2030 年，全球绿氢产能需要超过 1 亿吨/年，到 2050 年需超过 4 亿吨/年，这将需要在 2030 年前每年部署约 1.36 亿千瓦容量的电解槽，其中 90% 是碱性电解槽，10% 是质子交换膜电解槽。

西门子能源全球首席执行官 Christian Bruch 表示，氢能是未来能源体系的重要组成部分，只有电解水制氢设备的制造成本大幅降低，才能保证氢能利用的经济可行性。（仲蕊）

广东汇聚氢能企业超 300 家 氢燃料电池汽车产业国内领先

燃料电池汽车示范应用入选全国首批示范群，目前已在广州、佛山等地形成产业集聚

南方都市报 2022.4.11

《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》提出，到 2025 年，形成较为完善的氢能产业发展制度政策环境，氢能示范应用取得明显成效，燃料电池车辆保有量约 5 万辆，部署建设一批加氢站。

去年 9 月，财政部、工业和信息化部、科技部、国家发展改革委、国家能源局正式批复燃料电池汽车示范应用广东城市群为首批示范城市群。目前，广东燃料电池汽车示范应用城市群已正式启动。

去年底在佛山举行的“2021 联合国开发计划署氢能产业大会”透露，广东已建成加氢站 39 座，汇聚氢能企业超过 300 家，氢能产业产值超过百亿元，燃料电池汽车产业处于国内领先水平。

A 加氢站建设在全国率先破题

2021 年 5 月 26 日，“仙湖 1 号”氢能游船在佛山南海仙湖下水。

这对佛山来说已不是什么新鲜事。在它的城市主干道上，随时可“偶遇”顶部略高的新型公交车。那高出的顶部，正是装载着汽车的动力系统——氢燃料电池。相比传统公交车，其环保性能更佳、加注时间更短、续航里程更长。这类燃料汽车，在南海已有 847 辆。南海也因此成为国内燃料电池汽车运行规模最大的地区。

可以说，南海是广东过去十年来发展氢能产业的典型。支持新兴产业，离不开政策的支持。南都记者采访了解，为支持燃料电池汽车产业发展，广东省近年来出台一系列政策措施，部分创新举措在国内多个地区推广。

广东城市群在全国率先破解加氢站建设难题，在加氢站行政审批流程、加氢站管理办法、燃料电池汽车示范推广机制等方面探索出“佛山模式”，在全国率先开展加油加氢一体化站、制氢加氢一体站等新的加氢站建设经营模式试点。目前，全省建成加氢站 39 座、在

建 10 座，数量位居全国首位。

从全省来看，广东已经基本实现了氢燃料电池汽车全产业链布局，搭建起氢燃料电池汽车产业政、企、学、研一体化产业格局，并依托良好营商环境，不断吸引全球核心企业落户。

2020 年广东省相关部门发布了《广东省加快氢燃料电池汽车产业发展实施方案》，为加快培育发展氢燃料电池汽车产业，持续增强新能源汽车产业核心竞争力。

氢燃料电池汽车产业是新兴产业，面对上下游庞大产业链以及多项核心技术的缺失，广东以外引内育的方式，短时间内打造产业基础，并迅速整合成产业链，目前在广州、佛山、云浮等地都形成产业集聚。

在“2021 联合国开发计划署氢能产业大会”上，广东省政府有关负责人在会上说，广东近年来先后出台政策大力支持燃料电池汽车产业发展，目前广东燃料电池汽车产业总体发展水平处于国内领先，已建成加氢站 39 座，在建 10 座。燃料电池关键零部件和材料研发制造体系基本建立，燃料电池汽车产业链比较完整，八大关键零部件企业均有布局。全省汇集超过 300 家相关企业，氢能产业产值超过百亿元，已成为我国规模最大的燃料电池汽车产业集群。

B 全产业链在全国具有领先优势

根据广东省发改委官方网站信息显示，广东省积极响应财政部等五部委关于开展燃料电池汽车示范推广的要求，结合产业发展实际，确定由佛山市牵头，联合广州、深圳、珠海、东莞、中山、阳江、云浮、福州、淄博、包头和六安等城市，组建燃料电池汽车示范应用广东城市群。

从上述内容可以看出，不仅有广东省内城市，还有外省城市，为推进燃料电池汽车的应用，要形成“大城市群”概念。

广东作为中国汽车制造业大省，从新能源到智能网联汽车产业，一直在探索具有示范性的发展路径。

从官方公布的信息来看，广东城市群产业也有相当扎实的基础。如产业链供应体系完整，电堆、膜电极、双极板、质子交换膜、催化剂、碳纸、空气压缩机、氢气循环系统等燃料电池八大关键核心零部件均有布局相关企业，建成较大规模的燃料电池汽车产业集群。

此外，广东燃料电池汽车产业技术水平全国领先，在膜电极、催化剂、碳纸、质子交换膜等领域已经有典型企业，如广州鸿基创能、广东济平新能源、深圳通用氢能、广州艾蒙特等一批龙头企业，拥有全国产能最大、技术水平最高的膜电极、催化剂、质子交换膜生产线。广州鸿基创能生产的膜电极、云浮国鸿氢能生产的电堆市场占有率均位居全国第一，利用自主化膜电极，在规模化生产条件下电堆功率密度达到 3.5kw/L、寿命 2 万小时（商用车），达到国际先进水平。

鸿基创能科技（广州）有限公司 CEO 邹渝泉曾向南都记者介绍，2019 年，鸿基创能建成了国内首条卷对卷连续化膜电极生产线，年产能达到 30 万平米，打破我国车用燃料电池

核心组件依赖进口的局面，解决了氢燃料电池技术发展上的一大“卡脖子”难题。邹渝泉认为，区域性推行燃料电池汽车示范运营的大方向下，广东省作为国家燃料电池产业推广的重点地区，已逐渐在技术及商场端确立了在国内的龙头地位。

现阶段，广东省内的公交领域电动化已基本普及，其他的商业应用例如物流车、重卡及特种工程车等领域，将是燃料电池技术今后的发展和应用重点。

C 广东城市群的主要任务和目标

2020年广东省相关部门发布了《广东省加快氢燃料电池汽车产业发展实施方案》，为加快培育发展氢燃料电池汽车产业，持续增强新能源汽车产业核心竞争力。

方案有六个主要方向：着力培育氢燃料电池汽车产业链、支持氢燃料电池技术研发创新、开展氢燃料电池汽车规模化推广应用、加快推进加氢站规划建设、多渠道增加氢源供应、着力完善产业配套。这也与国家发展燃料电池汽车应用方向相一致。

结合示范应用的目标，广东省发改委发布的最新信息显示，为充分发挥广东省燃料电池汽车产业的先发优势，把握纳入国家首批燃料电池汽车示范应用城市群的重大机遇，打破地域限制，探索构建统一的政策和市场体系，整合优势产业资源，加强全国范围内产业链协同联动。

培育壮大龙头企业，聚焦关键核心技术自主创新和产业化，补齐产业短板，为我国燃料电池汽车产业高质量发展提供有力支撑。

在技术创新和产业化方面，推动电堆、膜电极等关键部件，质子交换膜、催化剂和碳纸等基础材料，以及燃料电池系统集成与控制、整车的重大研发项目攻关，保持燃料电池汽车关键核心技术水平全国领先，加快自主技术创新与产业化。

在推广应用方面，以市场化机制推动燃料电池汽车规模化示范应用，通过技术创新促进氢燃料电池汽车制造成本不断下降，用氢成本不高于每公斤35元，实现示范期内推广一万辆以上氢燃料电池汽车的目标。在使用环境方面，以机制体制创新促进氢能供应体系（制-储-运-加）建设完善，加快建设加氢基础设施，建立安全稳定的氢气供应保障体系，实现示范期内建设超200座加氢站目标。

广东“氢”企

广州▶▷氢燃料电池垃圾运输车续航里程超过400公里

近年来，我国氢能产业链上装备国产化进程明显加快，核心技术不断突破。

今年1月，广州黄埔区举行氢燃料电池建筑废弃物运输车绿色低碳示范运营现场启动会，500台氢燃料电池建筑废弃物运输车绿色低碳示范运营项目就此启动。

该项目是全国首批、规模最大的氢燃料电池建筑废弃物运输车落地示范运营项目，也是2021年8月份广东省获批氢燃料电池汽车示范应用城市群以来，全国范围内首批如此大规模的氢能重载车辆投入运营。

据介绍，车辆充氢时间仅需8到15分钟，一次充氢可行驶400公里以上。车辆安装摆

臂式全密闭式盖板，能有效控制余泥撒漏和扬尘污染。据测算，500 辆氢燃料电池建筑废弃物运输车投入运营后，每年可减少碳排放 3.5 万吨，减少氮氧化物等污染物排放量 768 吨。黄埔区作为工业强区，在建项目数量多、体量大，投放运营氢燃料电池建筑废弃物运输车对于节能减排、扬尘防治和环境保护均有十分重要的意义。

佛山▶▷首个“氢能进万家”能源示范社区投运

2018 年，佛山禅城区首座加氢站建成营业，70 辆氢燃料电池公交车投入运营。佛山成为全省首个大规模使用氢燃料电池公交车的示范城市，并在氢能产业发展中领跑全国。

70 辆氢燃料电池公交车由佛山市飞驰汽车制造有限公司设计制造，车身全长 8.6 米，设计美观时尚，在运行过程中排放物只有水，实现零污染。

近年来，为打造佛山“氢城”的城市名片，佛山市委市政府高度重视氢能源车辆的发展，出台了一系列相关补贴和优惠政策进行氢燃料电池公交车的推广应用。

去年 2 月，中日韩智慧能源产业基地项目正式落户佛山南海，项目计划总投资 80 亿元，该项目汇聚了中、日、韩最先进的技术装备，这也是全国首个“氢能进万家”智慧能源示范社区。位于丹灶的丹青苑正是这个智慧能源示范社区所在地。

据了解，未来小区的光伏制氢运转起来后，还可以利用为小区加氢站、社区商业提供能源，实现整个社区的零碳排放。以目前的中、日、韩产业化条件，碳中和社区除了每平方米住宅造价需增加 1500 元成本外，小区居民可以不再缴纳燃气费和电费。

氢能百科▶▷氢能可以应用到哪些领域？

我们每天衣食住行中的出行就和氢能有着密不可分的关系。北京冬奥会、冬残奥会已经有 150 辆氢能大巴车共执行了 7205 班次的接驳任务，接送运动员、官员工作人员等达到了 16.07 万人次。

氢能大巴与普通大巴有什么区别？氢能公交车与普通公交车看上去并无太大差异，车开起来安静平稳且没有任何燃油味道，因为排放的尾气中只有水蒸气。

除了交通领域，未来，氢能将在哪些领域大展身手？

与电能相比，氢能便于储存、方便运输，可以作为载能体替代电能参与到交通、发电、储能、工业等领域。

华北电力大学校长、中国工程物理学会副理事长杨勇平说道：“氢能燃料电池可以驱动汽车，现在主要是在商用车上进行应用，将来可以替代石油，在乘用车领域进行应用，同时也能催生许多新的产业业态和产业模式。”

氢能与氢燃料电池汽车什么关系？

杨勇平介绍，未来，我们将会在矿区、港口、工业园区等运营强度大，行驶线路固定区域看到氢燃料电池的大货车。城市公交车、物流配送车、环卫车等公共服务车辆也将会试点应用氢能燃料，而氢能船舶、氢能无人机等也会在不久的将来出现。

由于氢能发电更加稳定，对于电能质量要求较高的金融商业等领域以及学校工矿企业等

非常适用，并可以给偏远地区、海岛等地提供电能。

中国科学院院士欧阳明高介绍，未来氢能不会仅仅应用在交通领域，氢燃料电池汽车只是氢能产业发展的“先导”。未来，氢能将与可再生能源结合，在交通、工业、建筑等主要耗能领域替代化石能源。

产业链源头是制氢，氢气从何而来？

要发展氢能首先要发展源头问题“制”，氢能大有用途，那么氢气从何而来呢？

氢能是现有能源的有益补充，但氢能也是二次能源，并非在自然界当中天然存在，而是必须在一次能源转化而来，比如煤炭、天然气等化石能源来制氢，或者利用工业副产品来制氢，这也是目前我国氢气的主要来源。用这种方式制氢年产量约 3000 万吨，主要用于生产化工产品，缺陷是会产生一定的碳排放。

最新发布的《氢能产业中长期发展规划（2020 - 2035 年）》中规划明确，未来我国会重点发展以可再生能源制氢，也就是太阳能、风能发的电，电解水制氢，被称为绿氢，以此形成清洁化、低碳化、低成本的多元制氢体系，与此同时，严格控制化石能源制氢。（丁境炫 徐劲聪 张丽缙 崔眠曲 郭一蓓 何佩盈 袁小涵 何芊慧）

氢能发展需突破成本安全等瓶颈

以技术突破为抓手，实现产业规模化、多场景应用

中国环境报 2022.4.18

在国家“双碳”战略目标下，氢能作为清洁低碳能源受到国家和地方多项政策的支持，氢能产业步入发展快车道。

以技术突破为抓手

近年来，国家相关部门大力推动氢能发展。例如，2022 年全国能源工作会议提出，重点推动氢能等重点领域技术攻关，力争绿色低碳前沿技术取得突破。

各地也在加快布局氢能发展。山东省青岛市率先提出建设“东方氢岛”计划，充分发挥带头引领作用，大力助力氢能源产业快速发展。氢气资源供应充足的安徽省六安市金寨县紧握绿色低碳发展机遇，致力于打造“绿色氢都”。四川省提出，统筹推进氢能安全生产和“制储输用”全链条发展，开展氢能运营试点示范，丰富应用场景，建设全国重要的氢能产业基地；稳步发展氢燃料电池产业，推进氢燃料汽车等新技术应用示范，构建成渝“氢走廊”等。

与此同时，企业也在协同发力。2021 年年底，苏州氢澜科技有限公司研发的氢燃料电池系统通过国家机动车产品质量监督检验中心强检。这一燃料电池系统可满足车载系统、储能及热电联供等多领域的场景应用，填补了氢能在这些领域的应用空白。

标准化奠定氢能产业发展基础

为贯彻落实《国家标准化管理委员会关于印发〈2021 年全国标准化工作要点〉的通

知》等文件要求，支撑实现“双碳”目标，充分发挥标准对氢能产业发展的引领作用，中国标准化研究院、全国氢能标准化技术委员会等单位联合行业专家共同编写了《氢能产业标准化白皮书》（以下简称《白皮书》）。

《白皮书》紧密围绕“双碳”发展愿景，立足绿氢供应以及氢能产业规模化、多场景应用发展的需求，构建了涵盖基础与通用、氢安全、氢制备、氢储存、氢运输、氢加注、氢能应用等7个子体系的全产业标准体系；从标准体系规划、关键核心标准制定与实施、氢能质量基础设施建设、国际标准化等方面提出发展建议。标准化工作为氢能产业科学化、规范化发展奠定了基础。

成本、安全等瓶颈问题需要突破

值得注意的是，目前在氢能生产、储存、运输和使用等环节，还存在成本、安全等诸多瓶颈问题，需要从政策、技术标准、资金等多方面寻找突破。

据北京低碳清洁能源研究院的分析，目前制约氢能市场的主要环节是储运氢。按照现有的储运技术，把氢气装好运出300公里到400公里，花费已经赶上制氢的成本。

未来氢能发展道阻且长。如何降低成本和能耗、减少研发周期、提高电池效率，提高其对环境变化的适应性，使其变得更智能、更稳定，成为亟须攻克的难题。（傅博）

电网企业瞄准氢电耦合新赛道

中国能源报 2022.4.25

核心阅读

“双碳”目标下，无论对于电网企业还是油气企业，打破自己的“一亩三分地”，破圈发展、跨界合作都将成为趋势。氢电耦合，将成为电网企业跨界融合的发力点之一。

近一个月来，国家电网董事长辛保安分别与国家能源集团董事长王祥喜、中国石化董事长马永生、中国海油董事长汪东进进行会谈，深化合作，共谋发展。

有分析认为，能源央企高层领导之间如此频繁的互访在历史上比较罕见。这也从一个侧面表明，在“双碳”目标的新形势下，无论对于电网企业还是油气企业，打破自己的“一亩三分地”，破圈发展、跨界合作都将成为趋势。

在上述企业高层会晤中，也透露出国家电网对于发展氢能的浓厚兴趣。氢电耦合，将成为电网企业跨界融合的发力点之一。

氢电耦合是方向

根据全球能源互联网组织的估算，到2060年，我国电制氢的规模将达到6000万吨，折合电能约为36000亿千瓦时。

一方面，氢能可减少化石能源的依赖，帮助交通、工业、建筑等难以深度脱碳的领域脱碳，助力电力行业实现绿色转型；另一方面，氢能可以实现脱碳电力的消纳，增加电网的弹性。这也电网企业青睐氢能的原因所在。

“储能并不是解决可再生能源不稳定性的唯一方式，氢能与电力的耦合也能支撑高比例可再生能源发展。”某氢能企业负责人张先生告诉记者，“氢与电更容易产生‘化学反应’，从而建立互联互通的现代能源网络。随着可再生能源制氢的高速发展，借助电网的优势，有望使可再生能源消纳摆脱束缚。”

国网能源研究院的相关人士坦言，新型电力系统的建设离不开氢电耦合。“随着新能源渗透率的快速提高，电网形态及运行特性将发生变化，电力电子化特征逐渐凸显，电网面临电力电量平衡困难、稳定控制难度大、调节能力不足等挑战，需要新的应对策略，氢电耦合技术在新能源消纳、能量转换与存储、稳定控制等方面显现出明显优势。”

佛山环境与能源研究院副院长王子缘表示，氢电耦合可理解成风电、光伏等可再生能源发电（绿电）后，通过电解水制氢的技术路径进行转化、储运以及消纳。近年来，国家发改委、国家能源局等多部门先后发布相关政策支持可再生能源发电及探索新型储能技术，以实现可再生能源规模化消纳，氢电耦合因此备受关注。“今年3月国家发改委正式出台的《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》，把发展可再生能源发电制氢（绿氢）推向高潮，氢电耦合也迎来了新发展阶段。”

成本高企是难题

“氢电耦合当前也面临一些问题：在发电端制氢，新能源企业参与度低，在负荷端制氢，成本又太高，只好在电网侧发挥其功效。”张先生告诉记者。

2021年4月国家能源局发布的《2021年能源工作指导意见》提出，要积极推进新能源“隔墙售电”就近交易，这意味着可在发电端通过离网制氢，降低电解水制氢的原料（电）成本。

“以广东地区为例，风、光、核等新能源发电标杆电价为0.43元/kWh，过网费用约0.11元/kWh，若不考虑售电端，电解水制氢成本超过33元/公斤。”王子缘表示，“主要的问题还是集中在成本上。”

王子缘认为，在当前电价构成情况下，采用电解水制氢，经济性没有优势。由于下游应用市场仍未完全兴起，业主虽然看好氢电耦合的解决方案，但在实际操作中，更多地还是把电卖给电网。

上述国网能源研究院人士认为，成本高企的问题将随新型电力系统的发展而逐步解决。“伴随电力现货市场试点工作开展以及全国统一电力市场的建立，可再生能源富裕时段的电力价格将进一步降低，电解水制氢的经济性将得到提升。”

政策推动是支撑

“氢电耦合将助力构建以电为核心的能源互联网，氢燃料电池汽车是对传统电动汽车的重要补充，电网公司可发展充电-加氢一体化综合能源站，拓展业务范围，促进电网与交通网的深度融合，构建电氢融合的零碳交通网。以氢能综合利用为基础，进一步开展电制甲烷、电制甲醇、电制氨，加强电网与气网的紧密联系，促进更多行业实现电能替代。”上述

国网能源研究院人士向记者坦言，“未来，电网方面将继续开展绿电制氢、高效储氢、生物质制气、高效热电联供、氢能支撑微网等氢电耦合关键领域的研究。

王子缘认为，电网企业涉足氢能产业，可充分发挥电网基础设施的独特优势，在负荷中心构建氢能制储供产业链，通过氢电耦合建立低碳绿色、多能互补的能源体系，从而提升电网韧性和供电安全性。

不可忽视的是，氢电耦合的能源微网系统集成技术难度高，电网企业目前经验较少，存在一定的技术风险。同时，随着水电、风电、光伏发电等可再生能源发电对电网的渗透率逐步提高，传统电网的调节、运营等成本将显著上升，整个电力系统的综合成本将不断提高。

“一方面，上游发电企业、中游电网企业、下游制氢企业以‘绿证’溯源的方式开展‘绿电’制‘绿氢’试点示范，政府结合实际情况给予扶持政策倾斜，另一方面，可在有条件的地区探索风光等可再生能源‘隔墙售电’交易试点，支持‘绿电’项目离网制氢并实现下游消纳与利用。”王子缘建议。（韩逸飞）

佛山南海区发布氢能产业发展三年行动计划

中国电力报 2022.4.25

本报讯（记者邱燕超）报道 4月21日，《佛山市南海区推进氢能产业发展三年行动计划（2022~2025年）》（以下简称《计划》）正式印发。《计划》的印发实施，将进一步夯实南海氢能产业发展的基础，促进技术水平不断提高，加快形成氢能推广应用和商业化模式，强化氢能产业在“两高四新”现代产业体系中的创新引领作用，助力“双碳”目标实现。

《计划》提出，到2025年，技术创新和产业体系方面，在质子交换膜、碳纸等关键材料领域实现核心技术和产业化突破，燃料电池8大关键零部件领域产品均通过第三方机构的综合测试，满足示范城市群车辆配套应用需求；燃料电池及系统产业化能力不断提升，市场竞争力巩固扩大；产研能力、人才培养建设取得成效；南海氢能品牌进一步加强。氢能基础设施方面，建成投入加氢站不少于30座，制氢产能不低于20吨/天，车用氢气终端售价原则上不高于35元/公斤。氢能多元化应用方面，实现不低于3000辆满足示范城市群实施应用需求的燃料电池汽车推广，达到公交线路50条、有轨交通线路两条，投入氢能两轮车1000辆、叉车500辆，分布式发电系统、备用电源、冷热电联供系统装机容量超过5兆瓦；在电氢融合、储能、工业应用等领域开展示范探索。产业政策和制度保障方面，制约产业发展的制度性障碍和政策性瓶颈逐步破除，氢气制、储、运、加等环节政策进一步创新，产业创新可持续能力得到提升。

《计划》实施期限为2022~2025年，结合国家《氢能产业发展中长期规划（2021~2035年）》、广东燃料电池汽车示范城市群工作任务以及《佛山市南海区氢能产业发展规划（2020~2035年）》有关精神，明确了总体要求和目标、主要任务、保障措施等。其中，主要任务将围绕构建技术创新和产业化高质量发展体系、推进加氢站和氢源等氢能基础设施网

络建设、推进氢能多元化商业化应用、完善产业发展政策和制度保障4方面提出了具体行动计划，在“双碳”战略下，为南海区未来3年氢能产业发展作出最新的科学设计和积极部署，将充分发挥南海氢能产业厚积薄发的优势，推动氢能技术不断进步，力争在“双碳”变革浪潮中占据主动，赢得未来。

推动氢能关键技术研发 助力能源低碳转型

——“十四五”能源领域科技创新规划解读之八

中国电力报 2022.4.28

“十四五”是能源技术革命的关键时期，也是推进“双碳”战略的重要窗口期。《“十四五”能源领域科技创新规划》（以下简称《规划》）提出了2025年前能源科技创新的总体目标，围绕先进可再生能源、新型电力系统、绿色高效化石能源开发利用等方面制定了技术路线图，部署了示范工程，与《“十四五”现代能源体系规划》等文件有机衔接，相互配合。《规划》就氢能制储输用全链条关键技术提供了创新指引，为氢能的示范应用和安全发展提供了重要指导。

氢能的定位和作用

氢能是未来国家能源体系的重要组成部分，是实现“双碳”战略的重要抓手，开发氢能先进技术和推动氢能产业化，也正在成为深入推进能源供给和消费革命的重要方向，其发挥的作用可以归纳为以下几点：

支撑新型电力系统建设。氢能既可以作为储能侧的“稳定器”，也可以作为用电侧的“燃料源”，是未来新型能源系统的重要补充。氢能可成为部分场景下相较于电力更优的脱碳选择，为能源转型提供更高的灵活转换能力。燃料电池热电联供综合效率高，是发展综合能源的重要技术手段。针对海岛、边防等偏远地区，可构建分布式电—氢耦合清洁供能系统，利用分布式电源制取氢气，利用燃料电池进行热电联供，满足用户多种用能需求。此外，固体氧化物燃料电池（SOFC）、熔融碳酸盐燃料电池（MCFC）可以直接使用碳基燃料，与现有能源供应系统兼容，在大中小型固定及分布式发电领域都有着广阔的应用前景；以氢气为能源、低温运行的质子交换膜燃料电池（PEMFC），在中重型交通、建筑脱碳领域则有广阔的发展空间。

推动难脱碳领域深度脱碳。在工业领域，钢铁、冶金、石化、水泥的生产过程中需要大量的高位热能，可利用绿色氢能燃烧热值高的特性，作为工业领域深度脱碳的重要抓手。在建筑领域，绿色氢能供热将成为未来天然气供热的替代。在现有天然气管道中掺杂氢气，可满足建筑领域供热需求，同时减少碳排放量，是氢能连接电网和天然气管网的重要途径，也是氢气大规模普及的重要渠道。在交通领域，主要包括道路、铁路、航空和航运这四种方式，在完善的电力基础设施和技术进步推动下，动力电池在道路交通上得到大规模应用，但动力电池特性不适用于重型道路交通和船舶、航空等场景，上述交通方式需要更多依靠氢能

等方式满足脱碳需求。

氨基合成绿色燃料和材料。氢气可合成绿色燃料和材料，构建零碳工业产品体系。随着氢的能量属性逐渐被重视，作为替代高碳燃料应用于高热值场景的氨基能源，绿氢合成氨、甲醇、甲烷、煤油等载能燃料进行储运或综合利用成为产业热点，带动了传统火电、航运、航空等多个行业的基础设施再利用和深度脱碳。此外，绿氢与二氧化碳合成制取化工产品，提供大规模二氧化碳利用的机遇，有望成为重大颠覆性技术，对石油化工、煤化工体系产生革命性影响。

氢能的发展现状及建议

从产业层面来看，我国氢能及燃料电池已具备产业化发展基础。产业链企业超过 1000 家，已初步形成京津冀、长三角和珠三角等氢能及燃料电池产业集群，以分布式能源领域、移动通信基站以及城市客运、物流等商用车型为先导开展了规模化示范运行。从技术层面来看，经过 4 个五年国家科技计划的组织实施，我国燃料电池从电堆、系统到关键部件技术研发均取得一系列关键突破，形成了涵盖制氢、储氢、氢安全、燃料电池及整车应用等技术的产学研用研发体系。同时，氢能产业发展仍然面临诸多挑战。一方面，地方政府培育氢能产业链的积极性愈发高涨，但产业发展同质化苗头有所显现。另一方面，氢能产业处于产业化前夜，实现关键核心技术自主可控是推动我国氢能产业高质量发展、走向全球产业链中高端的必行之举。基于目前产业发展现状，现提出如下建议：

“先立后破”，逐步推动氢源结构低碳化。与化石燃料制氢相比，可再生能源制氢成本近期较高，考虑氢能应用经济性，“煤制氢 + CCUS”、工业副产氢提纯将有效发挥过渡支撑作用，与可再生能源制氢技术将共同构成未来清洁化、低碳化、低成本的多元制氢体系。在多元化的供应格局中，技术发展程度取决于不同发展阶段的适用性、经济性、能源效率和环境效益。对于可再生能源制氢而言，重点是提升现有制氢装备技术水平以及规模化降本；对于化石能源制氢而言，重点是研发 CCUS 技术来控制碳排放；工业副产氢则应聚焦提纯技术，在近期应得到优先利用。从中长期看，加速推动可再生能源制氢规模化发展，降低可再生氢成本，逐步替代化石燃料制氢，是实现氢能可持续发展的应有之义。

加速推进核心技术、关键装备自主化。在核心技术、关键装备自主化过程中应坚持重点突破与协同推进相结合的原则，对于产业需求迫切、“卡脖子”现象严重、降本效益显著的技术与装备应予以重点突破，对于前瞻性技术、储备性技术、配套技术则协同推进。结合现有产业基础与需求，制氢领域应以可再生能源制氢为重点突破，攻关与可再生能源耦合负荷波动下电解水系统，探索多能互补可再生能源电解水最优容量配置，同时提升碱水制氢设备电流密度，综合提高和优化 PEM 制氢电耗、设备成本与寿命性能，协同推进副产氢提纯技术以及 SOEC、光解水制氢、热化学循环制氢等前瞻性技术。储运领域近期需聚焦氢能短途运输密集、液氢民用开启与天然气掺氢示范三大发展趋势，攻克 50 兆帕压力等级长管拖车运输；降低氢气液化能耗、氢气液化成本和液氢制备与储运装置自主化以及管道运氢核心技

术，协同推进轻质化固体材料、有机液态储氢等技术。加注领域以降低加注成本为核心目标，重点攻关氢气压缩机、70兆帕加氢机、传感器、流量计等核心零部件及整机的自主化，协同推进液氢储氢加氢站、制氢加氢一体站技术研发。燃料电池领域考虑多应用场景兼顾低温与高温燃料电池，长寿命 PEM 系统、关键零部件自主化、低载铂量催化剂开发；高耐久性 SOFC 电极材料、低成本量产技术，性能提升、集成优化设计；MCFC 堆叠技术优化，百千瓦级功率放大是主要攻关目标。氢安全领域关键在于要着力加强氢能安全的基础理论研究，例如氢能设施与设备的材料适用性与相容性研究、氢泄漏的预防与监测技术研究、应急处置装备等。

完善顶层设计体系，促进产业健康有序发展。氢能纳入能源管理范畴，以推进氢能服务经济发展，同时加强安全监管。安全是氢燃料电池产业健康持续发展的命脉，从氢能使用的设计、制造、建设、生产、运行和维护各个环节都应有足够高的可靠性，包括人员的可靠性。

强化产业引导手段，准确把握氢能产业发展趋势，充分吸取国内风电、光伏以及新能源汽车发展的经验和教训。一是宜氢则氢、准确定位，确立清洁低碳和灵活高效的氢能技术发展布局。基于氢能在能源转型与“双碳”目标下的发展定位以及技术发展现状，我国氢能产业发展必须紧紧围绕上述氢能的核心优势领域，重点布局氢能与可再生能源协同发展、工业清洁化生产以及基于燃料电池技术的交通运输动力系统。二是把技术水平作为制定氢能发展路径的依据。在氢能产业发展的初期阶段，坚持“示范先行”原则，在基于技术自主可控的前提下推动燃料电池汽车示范应用上，探索开展制氢示范、装备技术研发示范，并结合各地资源禀赋设立综合发展示范区，逐步在制氢、储能、氢冶金、绿色化工等其他应用领域开展示范，按照成熟一个、推进一个的原则以点带面地推动多领域示范推广应用，带动全产业链技术进步与产业规模化、商业化发展，以避免产业链重复建设和无序发展。（顾大钊）

我国加氢站数量位居世界第一

广州日报 2022.4.14

新华社北京4月13日电（记者戴小河）我国在氢能加注方面获得新突破，已累计建成加氢站超过250座，约占全球数量的40%，加氢站数量位居世界第一。

这是国家能源局科技司副司长刘亚芳近日在“中国国际经济交流中心—联合国开发计划署氢能产业高峰论坛”上透露的信息。

她表示，为应对气候变化，我国与其他世界主要经济体一样，高度重视氢能技术与产业发展。截至目前，全国20多个省份已发布氢能规划和指导意见共计200余份。在国家 and 各地政府鼓励下，国企、民企、外企对发展氢能产业都展现了极大的热情，长三角、粤港澳大湾区、环渤海三大区域的氢能产业呈现集群化发展态势。

在氢能制备方面，可再生能源制氢项目在华北和西北等地积极推进，电解水制氢成本稳

中有降；在氢能储运方面，以 20 兆帕气态高压储氢和高压管束拖车输运为主，积极拓展液态输氢和天然气管网掺氢运输。

在多元化应用方面，除传统化工、钢铁等工业领域，氢能在交通、能源、建筑等其他领域正稳步推进试点应用。在交通领域，我国现阶段以客车和重卡为主，正在运营的以氢燃料电池为动力的车辆数量超过 6000 辆，约占全球运营总量的 12%。

刘亚芳说，国家能源局高度重视并积极推动氢能技术与产业发展，近年来通过加强顶层设计、宏观引导，推动关键技术装备攻关，探索多场景高效利用，建立健全标准化体系，积极推动氢能产业发展。

中国国际经济交流中心常务副理事长张晓强认为，近年来国家、地方和企业在氢能领域的研发投入不断加大，应充分借鉴风电、光伏等新能源业态发展的经验，既发挥好企业的创新主体地位，也要加强优质创新资源整合，鼓励协同创新，加速突破氢能全产业链关键材料及核心技术设备瓶颈。

八、风能

去年全球“风光”发电占比创纪录

中国能源报 2022.4.4

本报讯 近日，能源环境独立智库 Ember 发布《全球电力评论》报告称，作为增长最快的电源，2021 年，风力、光伏发电在全球发电总量中的占比首次突破 1/10，达到 10.3%，创下新的纪录，同时，非化石能源发电量占全球总发电量的比例也已超过煤电，达到 38%。

据了解，Ember 的报告分析了 209 个国家和地区 2000 年至 2020 年的电力数据，其中，包括占全球电力需求 93% 的 75 个国家 2021 年的最新数据。

报告显示，自 2015 年签署《巴黎协定》以来，全球风力、光伏发电量在发电总量中的占比翻了一番。2021 年，全球有 50 个国家超过 10% 的电力供应来自风力和光伏发电。其中，报告特别提及，2021 年，中国风力、光伏发电量不仅在发电总量中的占比突破 10%，达到 11.2%，其年增长率也分别达到了 32% 和 27%，居全球领先地位。

另外，根据 Ember 的统计，全球向风电、光伏转型最快的国家是荷兰、澳大利亚和越南，在这些国家，过去两年间，有约 1/10 的电力需求实现了由化石燃料转向风能和太阳能的“等量替换”。与此同时，2021 年，有 10 个国家的风力、光伏发电占比超过 1/4。其中，丹麦的“风光”发电占比达到 52%。

不过，Ember 同时指出，2021 年，全球风力、光伏发电量实现创纪录增长主要是受电力需求强力反弹支撑，而这期间二氧化碳排放和煤电增长也创历史新高。

报告数据显示，尽管 2021 年全球风力、光伏发电量实现创纪录增长，但仅满足了全球电力需求增长的 29%，其余部分仍由化石燃料发电满足，这导致煤炭发电量增长了 9%，为 1985 年以来的最快年增长率。化石燃料发电的增长将全球电力行业的二氧化碳排放量推至

历史新高，比 2018 年的纪录值高出 3% 左右。而根据国际能源署的净零路线图，为了实现 1.5 度的温控目标，到 2030 年，风能和太阳能发电量需要达到全球发电总量的 40%，而煤电需要从 36% 下降到 8%。

Ember 全球负责人戴夫·琼斯表示：“即使煤电和电力行业的碳排放量再创历史新高，全球电力转型的趋势仍是显而易见的。风能和太阳能发电量正日益增长，这个趋势不是仅发生在少数几个国家。新增的风能和太阳能不仅有望替代化石燃料，同时还能提高能源安全保障能力。”（李慧）

我国海上风电按下“快进键”

报刊文摘 2022.4.11

据《人民日报海外版》4月5日报道，近年来，中国海上风电“蓝色引擎”动力十足，按下“快进键”。2021年，中国海上风电装机规模跃居世界第一，形成了完整的具有领先水平 and 全球竞争力的风电产业链与供应链。

3月21日，国家发改委和国家能源局印发的《“十四五”现代能源体系规划》提出，提升东部地区能源清洁低碳发展水平，要积极推进东南部沿海地区海上风电集群化开发，重点建设广东、福建、浙江、江苏、山东等海上风电基地。与此同时，多地也锚定“蓝海”。相继出台规划，推进海上风电规模化开发。

业内人士普遍认为，随着规模化发展的到来，漂浮式海上风电将成为未来新赛道。据了解，中国漂浮式海上风电目前处于工程化示范阶段，演示验证项目相继装机运行测试，如中国首台漂浮式海上风电试验样机——“三峡引领号”已于2021年正式完成风电机组吊装，中国海装工程化示范项目也将于今年初建设完成。

此外，海上风电与海洋牧场、海上油气、海水淡化等多种能源资源的综合开发利用及融合发展，也将是未来海上风电的重要发展方向

中国继续引领全球风电装机增长

中国能源报 2022.4.11

全球风电产业正处于快速上升期，但受新冠肺炎疫情等多重因素影响，去年，全球风电项目交付速度有所放缓，业界呼吁各国进一步加大对行业的支持力度。

4月4日，全球风能理事会（GWEC）发布《全球风能报告2022》指出，2021年，全球风电行业新增并网量达9370万千瓦，为仅次于2020年的历史第二高纪录。不过，受新冠肺炎疫情等多重因素影响，去年全球风电项目交付速度有所放缓。GWEC表示，各国应进一步加大对风电行业的支持力度，以推动风电装机以更高速度增长。

中国“一枝独秀”

根据GWEC最新发布的数据，截至2021年底，全球风电累计并网总量已经达到8.37

亿千瓦，同比增幅为12%。同期内，全球风电项目招标市场持续火热，总招标规模达8800万千瓦，同比涨幅高达153%，其中，陆上风电项目招标量约为6900万千瓦，占比约为78%，海上风电项目招标量约为1900万千瓦。

值得注意的是，中国持续雄居全球最大风电市场之位。GWEC的数据显示，去年，中国陆上风电新增装机量约为3007万千瓦，虽较2020年有所下降，但仍是全球陆上风电新增装机量最高的国家。美国位居第二，去年新增陆上风电并网装机容量为1270万千瓦。与此同时，欧洲、拉丁美洲、非洲以及中东地区去年陆上风电新增装机量也创下历史新高，同比涨幅分别高达19%、27%和120%。

在海上风电领域，2021年，全球海上风电新增并网量达到2110万千瓦，创下历史新高，全球海上风电累计装机量达到5700万千瓦，同比上涨了7%。

GWEC指出，2021年，中国海上风电新增并网装机量可谓“一枝独秀”，占全球新增总量的80%，这也让中国首次成为全球海上风电累计装机最多的国家，同时，这也是中国风电新增装机量连续第四年全球居首。同期内，英国海上风电新增并网容量超过230万千瓦，其中浮式海上风电新增装机量达到5.7万千瓦，创下历史最高纪录。另外，越南因海上风电电价补贴政策变化，2021年新增并网装机量为77.9万千瓦，成为去年全球第三大海上风电市场。

当前增量仍不足以满足需求

虽然去年风电行业整体发展势头喜人，但业界普遍认为，风电装机增速仍有必要大幅提升。2021年，国际能源署和国际可再生能源署相继发布了温升1.5℃能源发展路线图，其中都提到，要达成既定的气候目标，2050年全球风电装机容量需要突破80亿千瓦。国际可再生能源署在其发布的一份声明中更是明确指出：“到2030年，全球风电装机需要扩大到33.8亿千瓦，满足全球1/4的电力需求，这一数据是目前全球已并网风电装机的4倍左右。”

然而，从GWEC公布的数据来看，目前全球风电装机的增速远不能达成上述目标。GWEC市场信息平台预测，按照现在的发展速度，到2030年，全球风电装机量将不足上述路线图所需风电装机的2/3。

在此次发布的报告中，GWEC明确指出，风电行业正面临严峻挑战。“当前，物流成本和大宗商品价格高企，这严重挤压了风电整机和零部件制造商的利润。同时，新冠肺炎疫情影响了美国、印度等国家的风电项目建设速度，德国、意大利、波兰等欧洲国家风电项目也面临着项目审批缓慢、监管过严等阻碍，新推出的陆上风电项目招标往往投标不足。”

业界呼吁稳定政策

国际可再生能源署近期多次强调，目前，多国能源系统正面临着化石燃料价格波动导致的混乱局面，可再生能源将在化石燃料价格剧烈波动的情况下有效保护消费者，同时也将对冲用能成本的上涨趋势。风电和光伏既有助于实现气候目标，更能提供一个更加安全、有韧性的能源系统。

GWEC 首席执行官 Ben Backwell 表示：“风电行业正保持着良好的发展态势，但要想提高到实现净零排放和保障能源安全所需的水平，还需要一种新的、更加积极的方式来制定政策。如果继续持有‘一切照旧’的态度，我们将错过这个唯一的机会窗口。各国需要果断地解决审批及规划等问题。”

风电企业 Iberdrola 可再生能源董事总经理 Xabier Viteri Solaun 则指出：“未来 10 年内，风电产业必须加速发展，才能实现各国的碳减排目标，而政策制定者必须保证监管政策的稳定性，减少审批环节，并加快电网建设速度。各个国家及地区的政策必须尽快为风电等可再生能源的大规模部署扫清道路。”

GWEC 呼吁：“当前风电行业成本正快速上涨，这与目前风电行业的市场环境关系密切，能源转型需要政策制定者进行更多系统性设计，确保环境和社会发展与风电行业发展保持同步。同时，各国应尽快理顺风电项目审批流程，消除土地分配、并网许可等掣肘因素，并加强公私领域合作，国际上也应针对关键金属原材料出台更加有力的监管框架，另外，需要加强风电领域人才培养，以保证风电在能源转型中能够真正发挥重要作用。”（李丽旻）

下发“十四五”第二批风电光伏建设指标

中国能源报 2022.4.18

本报讯 近日，甘肃省发改委下发《关于下达酒泉市“十四五”第二批风电、光伏发电项目建设指标的通知》。《通知》提出，酒泉市“十四五”第二批风电、光伏发电项目指标为 400 万千瓦，风电和光伏发电各为 200 万千瓦，实施时间为 2023 年 - 2024 年，其中包括专项安排敦煌市 100 万千瓦，均为市场化消纳项目。

《通知》要求做好“十四五”第二批风电、光伏发电项目市场化并网储能配置工作，鼓励采取“光热 + 风光电”一体化建设的模式，确保电源和储能设施同步建成；要求省电力公司简化接网流程，加快办理新能源项目电网接入手续，全力推进电网配套工程建设，确保新能源项目和接网工程同步建成，实现能并尽并。同时，要结合产业发展优势，重点围绕产业链缺失环节开展招商引资推介，做好新能源配套产业和培育，着重做好全省新能源产业链缺失环节的“补链”工作。（张均瑶）

江苏风电光伏出力双创历史新高

中国电力报 2022.4.2

本报讯（通讯员 霍雪松 黄蕾）报道 入春以来，江苏各地气温变幅较大。其间，冷热空气移动等气象引发风力增加、太阳辐照度增强，促使全省新能源持续大发。国网江苏电力调控中心最新统计数据显示，3 月 28 日，江苏省光伏出力首次突破 1200 万千瓦，在当日 12 时 10 分达到最高值 1224 万千瓦，同时率 60.8%，占同时刻全省发电的 20.6%，相当于徐州、宿迁和淮安三地日均用电负荷之和。3 月 16 日 21 时 50 分，全省风电最高出力达 1924.

3 万千瓦。两项记录均创历史新高。

近年来，国网江苏省电力有限公司围绕能源清洁低碳转型，立足江苏资源禀赋等省情实际，实现了风电、光伏跨越式发展。截至目前，江苏全省风电装机 2221 万千瓦，同比增长 40.2%，光伏装机 2020 万千瓦，同比增长 16.8%。

面对高比例新能源电网，江苏电力始终坚持“风光并举、海陆并重”，在风光接入方案评审、并网服务和调控运行提供全过程的专业指导，顺利承接陆上光伏、陆上风电、海上风电“并网潮”。

结合江苏资源特点，该公司充分利用全省可调资源，优化全网机组开停机及电网运行方式，全力保障新能源消纳目标，最大化消纳新能源。同时，坚持科技先行及管理创新，成功实现了基于聚合感知的分布式光伏可观可测、智能预警的海上风电和分布式电源可控资源池综合调控等一系列攻关，为江苏清洁能源发展提供了有力支撑。

去年全球新增风电装机容量 93.6 吉瓦

中国自然资源报 2022.4.21

【全球风能理事会官网 4 月 4 日消息】近日，据全球风能理事会发布的《2022 年全球风能报告》显示，2021 年，全球新增风电装机 93.6 吉瓦，累计风电装机容量达 837 吉瓦，同比增长 12%；新增海上风电装机容量 21.1 吉瓦，其中中国占 80.02%，超越英国成为全球累计装机容量最大的海上风电市场。

此外，2021 年全球风电招标量达到 88 吉瓦，较上年增长 153%。全球风能理事会预计，未来 5 年内全球风电新增装机容量将达到 557 吉瓦。

23 省明确“十四五”风电光伏装机规模

中国能源报 2022.4.25

本报讯（实习记者姚美娇）报道：近日，国家能源局综合司下发《关于开展省级“十四五”可再生能源发展规划备案的通知》（下称《通知》），要求各省报备本地区的“十四五”可再生能源发展规划。经初步统计，共有 23 省的公开文件中明确风电光伏“十四五”装机规模，总规模达到 6.2 亿千瓦。

内蒙古印发的《内蒙古自治区“十四五”可再生能源发展规划》提出，“十四五”末内蒙古可再生能源发电装机达到 1.35 亿千瓦以上，其中风电 8900 万千瓦、光伏发电 4500 万千瓦，相当于新增风电项目 5115 万千瓦，光伏项目 3262 万千瓦，共 8377 万千瓦，包含本地消纳和外送两类。平均利用率保持在 90% 以上。

河北省发布的《河北省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》提出，2025 年风电、光伏发电装机容量分别达到 4300 万千瓦、5400 万千瓦。截止到 2020 年底，河北省风电、光伏装机分别为 2274 万千瓦、2190 万千瓦；因此，十四五期间，

河北省预期新增风电 2026 万千瓦、光伏 3210 万千瓦，合计 5236 万千瓦。

陕西省发布的《陕西省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》提出，2025 年电力总装机超过 13600 万千瓦，其中可再生能源装机 6500 万千瓦。截止 2020 年底，陕西省风电、光伏项目累计装机 1981 万千瓦。预期“十四五”期间，陕西省风电、光伏将新增装机约 4500 万千瓦。

甘肃省印发的《甘肃省“十四五”能源发展规划》提出，“十四五”期间，全省新增光伏发电 3200 万千瓦；风电项目 2480 万千瓦。

《通知》明确要求，有关省级能源主管部门需在 4 月 28 日前将本地区《“十四五”可再生能源发展规划》报国家能源局备案；尚未完成规划编制和印发的省（自治区、直辖市），需在规划编制和印发后 10 个工作日内完成备案；未专门编制“十四五”可再生能源发展规划的省（自治区、直辖市），需将有关规划中涉及可再生能源发展相关内容报送备案。

九、核能

我国核工业水平从“跟跑”追至“并跑”

中国科学报 2022.4.6

“目前，我国核工业，尤其是核能产业，其规模化、技术水平，以及支撑体系、供应链等，可比肩老牌发达国家，且正处于创新发展的阶段。”近日，在国家原子能机构举办的主题为“核科技引领未来”首届季度论坛上，国家原子能机构副主任董保同接受《中国科学报》专访时表示。

他认为，在创新发展过程中，基础研究、数据积累、特殊材料以及大型工业软件等方面的短板问题亟待解决，“核工业创新发展需要政府部门、企业集团、一线科研人员以及公众等的共同努力”。

从跟跑到并跑

核工业是国家战略性高科技产业。创新发展、全面提升核工业核心竞争力是当前核领域面临的重要课题。

董保同介绍，党的十八大以来，我国核工业实现了跨越式发展，产业规模翻两番；核燃料工业技术水平能够支撑整个产业发展，从铀的勘探生产到转化浓缩制造基本实现自主。此外，聚焦核工业发展瓶颈、短板，加强“卡脖子”技术攻关，取得了一大批科技研究应用成果，科技实力、创新能力和国际影响力显著提升，核工业治理体系和治理能力也有了很大提升。

“整体而言，与发达国家相比，我国核工业水平从跟跑到了并跑。”中国工程院院士、中核集团科技委副主任叶奇蓁说，所谓并跑，就是有的方面领先，有的方面还比较落后。

叶奇蓁告诉《中国科学报》，以核电技术为例，标志性的项目是“三代核电”，“我们积累了数十年的技术基础，研发了‘华龙一号’，且两台机组于去年和今年年初相继投产”。

“华龙一号”是我国具有完整自主知识产权的三代核电示范工程，两台机组年发电能力近 200 亿度，相当于每年减少标准煤消耗 624 万吨、减少二氧化碳排放 1632 万吨。

“我国也已建成第四代反应堆。”董保同表示，其最大的特点是固有安全性，未来要做的是降低成本、提高竞争力，在国际市场上形成具有主导力的堆型，“这还有很长的路要走”。

强化基础研究

第四代反应堆是一种新型的反应堆类型，是核领域的重大革命性创新，有多种堆型。叶奇蓁曾参与未来核电发展的国际评估，他指出，从全世界来看，钠冷式快反应堆和高温反应堆两种类型比较成熟。

叶奇蓁表示，我国已建成钠冷快中子实验堆，开发快堆的目的是增值核燃料，缓解天然铀资源可能的短缺。

“在启动钠冷式快反应堆系列项目前，需要解决此类反应堆的布置、相应的燃料闭式循环等科学技术问题，研究提高燃料的增值比，将周转期缩短为几年。”他说。

超高温反应堆也是一种极具潜力的高效产氢方式，可降低燃料电池成本。“核能制氢将开创氢能利用的良好前景，我们正在开展国际合作，突破关键材料问题。”叶奇蓁说。

关键核心技术攻关，离不开基础研究的支持。

“基础研究是核工业可持续发展的根本保障。”董保同表示，未来，要聚焦核科技未知领域，探索重大科学前沿，提出原创性科学思想，形成重大理论成果和科学发现，尤其要针对当前核物理在理论、实验、测量上存在的诸多难题，加强对核物理前沿理论及实验研究，以及数据测量方法的研究。v 董保同指出，此外，还要加强各领域大科学装置、综合试验平台等科研基础条件建设，推进现有大型科研设施优化升级，以促进关键核心技术攻关与颠覆性技术的研发。

核技术应用需要公众信任

“核技术应用是核工业的重要领域之一，其应用范围很广。”董保同表示，以核反应堆、加速器、同位素和核仪器仪表等基础设施为支撑，核技术在工业、农业、医学、环保等国民经济和人民健康领域有着广泛应用。

以农业应用为例，我国是核技术诱变育种大国。去年，我国科学家团队荣获核技术农业应用领域三项国际大奖。核技术诱变育种被誉为继选择育种、杂交育种之后又一现代育种技术。截至 2020 年底，我国育成和审定的突变品种数达 1033 个，占国际突变育种新品种总量的近 1/3。

“医疗、公共安全等也是核技术重要应用领域之一。”董保同说，目前，放射性药物、核医疗设备等在全球备受关注。

董保同表示，为了进一步推动核技术应用落地，国家原子能机构将做好规划，了解需求、增加研发投入。同时，将加强与国际原子能机构的合作，在发展中国家推广应用新技

术、培养人才和创新体系建设。

“更重要的是推动核技术应用的法制化。”董保同说，核领域特别需要法制管理，除了相关的专门法和行政条例，核领域的基本法亟待出台。

专家们同时表示，核技术发展应用中，离不开公众的理解和支持。

叶奇蓁表示，应建立一个与公众有效沟通的机制。“所建项目一定要公开透明，与当地经济发展和老百姓需求紧密结合。此外，尽量调动各种社会力量参与相关发展环节，用公众听得懂的语言讲清原理，提高公众的信任度。”（韩扬眉）

核能获得越来越多青睐

中国电力报 2022.4.16

倒春寒时有显现，但和煦春风已如期送来阵阵暖意。在这个春天，核能行业与时代一起发出强音，以踊跃向上的精气神、持续发力的高姿态呼应着昂扬奋进的发展浪潮。

回顾2022年一季度，不仅国内核电建设捷报频传，核电也再次成为国际能源界的焦点和“宠儿”。

积极安全有序发展核电的声音，也透过全国两会的平台陆续传出。包括加快推进《原子能法》出台、增强核电贡献力度、推动高温气冷堆与高耗能企业耦合发展、设立国家“核科学日”、强化核工业红色传承等在内，这些意见建议充分展现出了核电行业抢抓时代机遇的上行追求。

正如中国核工业集团有限公司党组副书记、总经理顾军所言，核能作为安全、经济、高效的清洁能源，对于贯彻新发展理念、构建新发展格局，引领全球在“后疫情时代”实现绿色、低碳复苏，具有独特作用和重要意义。

华龙一号“龙抬头”结构改革奠新基

延续2021年的发展势头，2022年我国在核电技术、发展模式上持续创新，成果斐然。

3月4日，恰逢中国农历“龙抬头”，“华龙一号”海外示范工程、全球第四台机组——巴基斯坦卡拉奇核电工程3号机组首次并网成功，标志着“华龙一号”海外示范工程第三、第四台机组全部并网发电，打造了响亮的“国家名片”。

看向国内，3月25日，“华龙一号”国内示范工程第二台机组——中核集团福清核电6号机组正式具备商运条件，“华龙一号”示范工程福清核电5号、6号机组全面建成投运。这是我国核电发展取得的重大成就，标志着我国核电技术水平和综合实力跻身世界第一方阵。在30余年核电科研、设计、建设、运行和管理经验的基础上，“华龙一号”三代核电技术满足国际最高安全标准，完全具备批量化建设能力，更为世界贡献了中国核电技术优选方案。

一季度，核能综合利用的进展同样可圈可点。2月23日，我国首个工业用途核能供汽工程在中核集团田湾核电基地打下第一根桩基，这是我国在核能综合利用领域开展的又一积

极探索，为优化调整我国能源结构，建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系提供了新示范。3月9日，国家电力投资集团有限公司东北公司与辽宁红沿河核电有限公司签署核能供暖示范项目建设和运维合作协议，该项目进入实质性推进阶段。这是继“燕龙”供热堆项目、秦山海盐核能基地供热项目之后，我国核能多元利用的又一重大进展。

“核科技是高科技战略产业，是要不来、买不来、讨不来的核心技术，是科技自立自强的国家名片。我国必须抓住核能发展的战略机遇，有序推进核电技术进步和核能多用途利用，按照核能发展‘三步走’热堆—快堆—聚变堆战略，不断夯实和提高我国核能产业核心能力。”中核集团科技与信息化部主任钱天林这样看待核电发展的自强之路。

“从去年提出积极安全有序发展核电的总体发展主题以后，近年来我国核电事业发展已经有很多突破。落到能源安全这个大主题上，核能事业发展和国家的战略核储备终归要担当越来越重要的角色，对行业自身发展也会起到积极的促进作用。”中核集团首席专家、科技委常委王黎明对未来一段时期内核能核电事业发展前景充满信心。

3月5日，国家发展改革委提请十三届全国人大五次会议审查的《关于2021年国民经济和社会发展计划执行情况与2022年国民经济和社会发展计划草案的报告》中指出，要深化重点领域体制改革，推进燃气发电、核电上网电价形成机制改革。业内普遍认为，此举释放出国家积极推进气电、核电发展，以适应新形势下电力系统高质量发展的信号。未来随着气电、核电装机规模持续扩大与市场化价格机制的深入推进，将进一步倒逼相关企业提升自身技术水平，降低建设成本、燃料成本，来保证自身经济优势，实现可持续发展。

能源宠儿再“得宠” 发展更应走出去

放眼世界，多国对于核电发展也重回拥抱姿态。

法国作为传统核电强国，法国总统马克龙近期宣布大规模重振核电计划，计划在2050年前新建6个EPR反应堆。哈萨克斯坦、巴西、菲律宾、印度、南非等国对于发展核电的态度也更加积极主动，纷纷列上议事日程。

已经持续了一个多月的俄乌冲突正对世界能源市场产生着重大影响。3月8日，欧洲原子能论坛呼吁欧盟考虑增加对核电的依赖，从而解决当前面临的能源危机。据欧洲原子能论坛已发布的信息显示，目前核电在欧盟电力结构中的占比达四分之一，将核能和可再生能源相结合是欧盟地区能源安全和稳定的关键。欧洲多国也表现出愈发倚重核电的趋势，英国、比利时等国纷纷表示将调整政策加大核电发展力度。

自俄乌冲突升级以来，国际铀价已经上涨了约40%，处于11年来高位。世界对于核电发展的态度之所以发生逆转，还在于核电能够实现几乎净零排放。如今，碳达峰碳中和已成为各国低碳发展策略的长期愿景和国际气候行动的重要内容。特别是全球应对气候变化共同愿景的确立、《区域全面经济伙伴关系协定》的生效，使得核电再次成为能源界的“宠儿”。也正因为此，加快推动我国核电“走出去”，成了构建能源领域人类命运共同体、落实“一带一路”倡议的重要抓手。

中国核动力研究设计院党委书记万钢近期提出，希望核电发展能被给予更多统筹协调力度和出口融资政策，加强在国际组织和国际活动中的宣传等，提升我国核电的知名度和竞争力，展现以人类命运共同体为己任的担当。

“目前中国的核能技术除了满足国内的发展要求以外，应做到和全人类共享，为人类命运共同体服务。”正如中国工程院院士罗琦所说，在这个崭新的春天，核能发展也正处在一个欣欣向荣的春天，世界的发展应该更好地共享春天。（徐小舒）

迷你核反应堆可用卡车运输

参考消息 2022.4.26

【《日本经济新闻》网站4月24日报道】题：日本三菱重工计划推出可用卡车运输的超小型核反应堆

日本三菱重工业公司将在本世纪30年代把可用卡车运输的超小型核反应堆投入商用。预计其发电量仅为现有100万千瓦级核反应堆的两千分之一，将在受灾地区等地作为脱碳电源灵活使用。小型反应堆可以埋在地下，易于控制事故风险。随着世界范围内的脱碳潮流，重新评估核电站的动向日益普遍，“小型化”技术的基础也在不断扩大。

三菱重工开发的是名为“微型反应堆”的核反应堆。其最大电力输出设定为500千瓦。不要说与超过100万千瓦的传统核反应堆相比，即使与该公司开发的小型核反应堆（30万千瓦）相比，“微型反应堆”的发电量也要小很多。

它是可以装进卡车集装箱中的核反应堆，高约3米，宽约4米，重量预计不到40吨。除了用在偏远地区和灾害地区之外，还设想可在太空中作为运输电源使用。在得到国内外的许可后，它可望最早在本世纪30年代实现商用。

与现有的核反应堆相比，“微型反应堆”因在人类生活范围内运行，安全性也将进一步提高。“微型反应堆”是将堆心和冷却剂等所有设备放入胶囊型容器中，因此气密性得以提高。由于使用的是高浓缩铀，因此可以在不更换燃料的情况下运转25年左右。如果燃料用完了，整个反应堆将被一起回收，这种运行机制尽可能减少了维护的必要性。通过将其安装在地下，还可以降低遭受灾害和恐怖袭击的风险。

冷却剂损失容易引发核电站事故，而“微型反应堆”也可以抑制冷却剂损失导致的核电站事故风险。由于采用的不是传统的液体、而是固体的石墨类高热导体，它被环绕式安装在堆芯周围，在反应堆启动时起到传导堆芯热量的作用，而在发生事故之际则有利用外部温度自然冷却的功能。

它的建设成本预计为数十亿日元（1元人民币约合19.6日元——本报注），大大低于现有核电站（120万千瓦、6000亿日元规模）。虽然1千瓦时的发电成本比现有核电站高，但是可以控制在离岛的电力成本水平，能够在偏远地区作为性价比较高的脱碳电源加以利用。

在世界范围脱碳进程加快的情况下，核电作为不排放二氧化碳的稳定电源被重新评估。

欧盟宣布，进入 2022 年以后，把核能定位成与天然气一道有助于脱碳化的能源。

在这种情况下，全球采用输出功率在 30 万千瓦以下小型反应堆的机会越来越大。因为功率低、易于维护，通过埋在地下或游泳池里，即使在发生地震等灾害时，它也比现有核电站的安全性更高。据海外电力调查会称，世界上正在开发的小型反应堆约有 70 座，美国、俄罗斯等国都在着手开发。

小型核反应堆的开发也在不断取得进展。美国国防部为了验证可作为应急电源使用的移动型超小型反应堆，选定美国 BWX 技术公司等进行合作。美国国家航空航天局也在为月球表面设置反应堆而征集设计方案。技术革新使得小型反应堆的应用范围正在扩大。

十、其它

以先进煤气化技术助力煤炭清洁高效利用

中国能源报 2022.4.4

日前召开的煤炭清洁高效利用工作专题座谈会指出，“要深刻认识推进煤炭清洁高效利用是实现碳达峰碳中和目标的重要途径，统筹做好煤炭清洁高效利用这篇大文章。”先进煤气化技术作为煤炭清洁高效转化和利用的核心技术，将为煤炭清洁高效利用提供坚强支撑。

当前，我国煤气化技术在基础研究、技术开发、工程示范、工业应用等方面均取得了长足进步，成功开发了具有自主知识产权的晋华炉热回收煤气化技术、四喷嘴大型水煤浆气化技术，实现了我国带废锅流程热回收及大型煤气化技术零的突破，使我国煤气化技术完成了从跟跑、并跑到领跑的跨越。但围绕煤炭清洁高效利用和稳妥实现“双碳”“双控”目标，煤气化技术和装备制造仍需实现新的创新突破：

要进一步拓宽煤气化装置的煤种适应性。不同的煤气化技术对煤品有不同的要求，包括水分、灰熔点、挥发分、灰分、黏结性、化学活性、成浆性能、成渣特性、机械强度和热稳定性等，煤品的性质不同会对气化结果产生不同的影响，但目前没有能广泛适用于各类煤品的煤气化技术。因此，未来煤气化技术在进行配煤时，应根据周边环境和实际情况科学选择配煤技术，科学进料。在充分研究的前提下，合理改进气化炉，扩大混合煤和单一煤种在气化炉中的应用范围，在后续运行环节添加相关装置设施，为气化炉稳定运行和节能降耗奠定基础。

要有效提升煤气化装置的能源转化效率。结合当前国内能源环保的实际情况，节能降耗将成为未来煤气化技术的主攻方向。提升煤炭气化转化率，降低气化炉氧气、煤炭、水等相关能耗比例是有效提升煤气化效率的主要措施，因此加强煤气化过程中高温余热的回收利用成为研究重点。

要进一步推进装置的大型化和智能化。大型化和智能化的煤气化装置占地面积较小、设施装置先进、成本低，符合化工企业未来发展方向。实现气化炉大型化的根本途径在于过程强化，提高气化炉单位体积处理能力，研究掌握煤颗粒在气化炉内的反应时间，将秒级反应

时间进一步降低，同时在原料制备、输送、烧嘴喷头喷射角度等方面进行深入研究。在智能化方面，目前数值模拟在气化炉系统的设计中得到广泛应用。但煤气化过程是复杂的热化学反应，受高温、高压反应条件限制，无法完全获得真实的气化炉内部情况。因此，煤气化数值模拟仿真仍需持续发展，以适应研究和开发的需求。目前，全国单体能力最大的晋华炉已在新疆天业汇合建设的60万吨/年乙二醇项目气化装置上成功运行。

要加快探索煤气化岛集约供气模式。随着煤气化技术的快速发展、工业园区（大型企业）规模的不断扩大以及相关产业的更替和优化升级，以专业化经营的煤气化岛为工业园来应对煤质变化、实现工业气体大量稳定供应、集中解决煤炭利用与环境影响问题已经成为趋势，通过对用气企业供气采用宽口径普适的气化岛模式，形成规模化、专业化、灵活性的优势，实现生产运行高效集约、生产服务统一调度，避免了企业分散建设导致的小规模装置重复建设的弊端，有利于园区统筹协调和长远发展。

总之，煤气化技术和装备关键技术不断突破，并由此构建完整的技术装置供应链和完善的煤气化商业服务模式，最终形成高效、环保、经济和安全的国际领先煤气化系统，将为煤化工产业绿色低碳转型发展和煤炭清洁高效利用作出新示范。（李广民）

煤炭清洁高效利用迈上新台阶

中国能源报 2022.4.4

中国煤炭工业协会（下称“中煤协”）3月30日公布的数据显示，2021年，现代煤化工四大主要产业——煤制油、煤（甲醇）制烯烃、煤制气、煤（合成气）制乙二醇产能，分别达到931万吨/年、1672万吨/年、61.25亿立方米/年、675万吨/年。其中，除了煤制烯烃同比保持齐平，其他产能均再创新高。

中煤协指出，现代煤化工正在向高端化、多元化、低碳化方向发展，产业化、园区化、基地化发展格局已初步形成。与此同时，碳基新材料研发取得突破，能源转化效率普遍提高，单位产品能耗继续下降，煤炭消费利用空间有力拓展，加速由单一燃料向燃料与原料并重转变。

“产供销”全面开花

近期召开的煤炭清洁高效利用工作专题座谈会、碳达峰碳中和工作领导小组全体会议等重要会议，均强调“推动煤炭清洁高效利用”。受此推动，各地新项目规划建设、老项目升级改造进展不断。

如新疆发改委3月25日公布2022年自治区重点项目清单，包括续建伊泰伊犁能源100万吨/年煤制油示范项目、储备新疆能源集团1000万吨/年煤炭分质分级利用项目在内，多个煤化工项目入选。

在中央与地方政府力推之下，企业行动也更加有力。宝丰能源近日透露，内蒙古400万吨/年煤制烯烃示范项目审批现已进入最后阶段，待环评批复后即可推进建设事宜；投资

12.5 亿元的河南平煤神马 220 万吨/年焦化大型化改造产业升级项目，已通过河南省生态环境厅环评批复，装置即将走向大型化、高效化……

“煤炭用于发电，能源转化效率一般在 40% 左右。而煤炭作为原料，不仅可以固碳，还能提供高附加值油品和化工品，实现从转化到终端利用全过程最大程度清洁。”新疆庆华能源集团副总经理任延杰向记者举例，用煤炭制备天然气，能源转化效率可达到约 60%。该集团已投产一期 13.75 亿立方米/年煤制气项目，目前正在推进二期年产 40 亿立方米天然气项目的前期工作。“2020 年 - 2021 年冬季，我们向国家管网稳定供气 11.32 亿立方米，实现煤炭清洁高效利用的同时为能源保供出力。”

一些煤化工产品更已开始走出“国门”。记者从国家能源集团获悉，其下属宁煤公司生产的聚烯烃产品，首次打通自营出口渠道，于 3 月初自主销往泰国。全集团去年累计出口聚烯烃 3.66 万吨、焦炭 6 万吨，远销 20 多个国家和地区，化工产品国际市场开拓进展喜人。

技术创新体系不断完善

推进煤炭清洁高效利用，加强科技创新是最紧迫任务。记者了解到，去年以来，我国新增省部共建煤基能源清洁高效利用国家重点实验室、大型煤气化及煤基新材料国家工程研究中心等 6 家重点研发中心，现代煤化工产学研深度融合的技术创新体系正不断完善。

“我们刚刚与西南化工研究设计院签订了 13.75 亿立方米/年煤制天然气项目 CNGC - 2 气体调节剂和 CNJ - 8 甲烷化催化剂供货合同，标志着煤制气催化剂首次完全实现国产化。”任延杰坦言，我国所有正在运行的煤制气项目，长期采用进口催化剂，受限于制造周期长、运距长、不可抗力影响大等因素，面临“卡脖子”断供的潜在风险。“历经 12 年，我国煤制气工艺技术与催化剂国产化取得重大突破，终于打破了国外垄断。”

据介绍，相较之下，西南院 CNGC - 2 气体调节剂变换活性更高、稳定性更好，CNJ - 8 甲烷化催化剂提升了单程甲烷化反应的转化效率，实践证明是更节能、更高效、适应性更强的新型催化剂。“目前，一期项目已完成国产催化剂侧线实验。我们对国产催化剂很有信心，将实现从低阶煤到天然气流程工艺技术、装备、催化剂 100% 国产化。”任延杰说。

记者获悉，目前煤化工产业发展仍有诸多技术难题需要攻克。潞安化机集团董事长李广民举例，作为煤炭转化的核心技术，煤气化是煤炭清洁高效利用的重要支撑。但目前，尚无能够广泛适应各煤种的煤气化技术。“不同煤气化技术对煤种有着不同的要求，煤炭性质反过来影响气化结果，要进一步拓展装置的煤种适应性。同时需要根据周边环境和实际情况科学选择配煤技术、科学进料，在充分研究的前提下合理改进气化炉，为稳定运行和节能降耗奠定基础。”

全过程“零碳排放”有待加力

“随着关键装备技术不断突破，完整的技术设备供应链和完善的煤气化商业服务模式将逐步得以构建，最终将推动形成高效、环保、经济、安全的国际领先煤气化系统，为煤化工产业绿色低碳转型发展和煤炭清洁高效利用作出新示范。”李广民进一步称，虽然当前，煤

气化在基础研究、技术开发等方面均有显著进步，但服务“双碳”“双控”目标，煤炭清洁高效利用技术和装备制造仍需实现新的突破。

如何加快煤炭消费升级——这正是全行业面临的新课题。“用什么标准来衡量是不是高质量发展？”陕煤集团副总经理尚建选认为，碳达峰碳中和目标将促使煤化工回归作为煤炭清洁高效转化利用手段的本质属性。“对此，必须立足原料煤特性，在技术和工艺选择方面要以低能耗、低排放作为衡量标准，满足物耗和能耗最低、排放最少，以及园区实现循环绿色多联产。”

中煤协副会长刘峰就此提出“高端化、多元化、低碳化”的发展思路，建议不断延伸产业链、开发高性能产品，充分发挥差异化发展优势、实现产品多元化，打造“零碳排放”煤化工产业。“研发新型高效催化剂、工艺和过程节能技术，实现煤化工过程源头减碳；突破可再生能源制氢制氧与煤化工合成耦合技术，应用绿氢绿氧，降低工艺过程碳排放；应用可再生能源绿电开展煤化工碳捕捉、封存和利用技术攻关，突破二氧化碳低成本捕集、化工和矿化利用、驱油地质封存技术，开发二氧化碳制芳烃、乙醇、乙二醇等化学品。”（朱妍）

国家发展改革委、国家能源局部署 加快“十四五”时期抽水蓄能项目开发建设

中国电力报 2022.4.7

本报讯（记者杨鲲鹏）报道 为贯彻《中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《国务院关于印发2030年前碳达峰行动方案的通知》，落实好《抽水蓄能中长期发展规划（2021—2035年）》，促进抽水蓄能高质量发展，近日，国家发展改革委、国家能源局联合印发通知，部署加快“十四五”时期抽水蓄能项目开发建设。

通知指出，加快发展抽水蓄能，对于加快构建新型电力系统、促进可再生能源大规模高比例发展、实现碳达峰碳中和目标，保障电力系统安全稳定运行、提高能源安全保障水平，以及促进扩大有效投资、保持经济社会平稳健康发展，具有重要作用。“十四五”是落实《抽水蓄能中长期发展规划（2021—2035年）》、加快推进抽水蓄能高质量发展的关键时期。做好“十四五”抽水蓄能项目开发建设意义重大。

通知要求，各省（区、市）发展改革委、能源局要将抽水蓄能项目开发建设作为当前重要能源工作，加强组织管理和统筹协调。组织项目单位做好项目前期工作，督促项目所在地政府建立工作机制，积极支持配合项目单位开展工作。加快项目核准的同时，加强部门协调，推动加快办理项目用地、环评等审批手续，具备开工条件的项目尽早开工建设。

通知要求，承担抽水蓄能项目开发建设任务的中央能源企业要优化完善内部流程，提高项目投资决策、招投标等工作效率，加快投入资金、人力等要素，支持项目核准和开工建设。电网企业在电网规划及实施中，做好与各省（区、市）抽水蓄能项目建设的衔接对接，

在项目接入系统设计的基础上，加快并网工程建设。

通知强调，用好国家重大项目用地保障协调机制，对符合条件的抽水蓄能项目加大用地保障力度。在抽水蓄能项目前期工作、项目建设及运行管理等全过程中，严格落实生态环境保护法律法规和相关要求，落实生态保护措施，做到与生态环境协调发展。以两部制电价为主体，通过竞争性方式形成电量电价，将容量电价纳入输配电价回收，推动抽水蓄能电站作为独立主体参与市场。

通知强调，加强抽水蓄能行业管理，建立调度协调机制，协调解决重大问题。发挥行业组织作用，加强行业培训教育和能力提升等工作。强化项目投资、设计、施工、设备制造等产业链协同。大型风电光伏基地所在地区，抽水蓄能规划建设要与大型风电光伏基地规划和项目布局、输电通道做好衔接协调，促进电力外送。

通知强调，各单位要按照要求，落实责任，加大力度，抓紧开展工作，加快抽水蓄能项目开发建设。请各省（区、市）发展改革委、能源局按照能核尽核、能开尽开的原则，加快推进 2022 年抽水蓄能项目核准工作，确保 2022 年底前核准一批项目，并做好与“十四五”后续年度核准工作的衔接，促进抽水蓄能又好又快大规模高质量发展。

智能调控两种光照强度 这种窗户让室内冬暖夏凉还节能

科技日报 2022.4.20

建筑物中的采暖、通风和空调系统消耗的能源，约占建筑物总能耗的一半。如今，一种最新设计的理论模型，通过智能调节窗户光学参数，控制太阳光和长波红外线强度，可让室内冬暖夏凉。

4月13日，记者从南京工业大学获悉，该校环境科学与工程学院副教授蒋腾耀与来自新加坡南洋理工大学、美国怀俄明大学等的合作团队，首次提出了同时调控太阳光和长波红外线两个波段的理想智能窗户模型，实现了双波段自响应调控，提升了建筑的节能效果。这一成果发表于国际期刊《科学》。

提出智能窗新模型，同时调控太阳光和长波红外线

《中国建筑能耗与碳排放研究报告（2021）》显示，2005—2019年间，全国建筑全过程碳排放由2005年的22.34亿吨，上升到2019年的49.97亿吨，年均增长5.92%。其中，2019年建筑全过程碳排放总量占全国碳排放总量的50.6%。因此，减少建筑能耗已成为最有效且最实用的节能解决方案之一。

身处建筑物中，如果室内温度能被调节在一个舒适的区间，而减少启用空调、采暖设备，将大大减少建筑使用过程的碳排放。

前述论文的共同第一作者蒋腾耀告诉科技日报记者，想避免室内太热，最直接的办法是挡住从窗户进入的太阳光，现有的智能窗户在太阳光透射率调控上已经取得了显著进展。然而，与热辐射和辐射制冷有关的长波红外波段对窗户能效的影响却鲜少被关注。

“辐射冷却材料会自发地向寒冷的外层空间辐射长波红外线，是炎热季节首选的冷却材料，现在已广泛应用于墙壁和屋顶，但很少应用于窗户，因为窗户是建筑中能效最低的部分之一。”蒋腾耀表示。

能否研发一款智能窗户，让它能同时调控太阳光和长波红外双波段，并保持可见光透过率。这是一个极具挑战性的课题。

在此次研究中，团队提出了同时调控太阳光及长波红外波段的理想智能窗户模型。

“在夏季，理想的智能窗户需要具有低近红外透过率，从而减少由阳光引起的室内升温；同时具有高长波红外发射率，以促进辐射制冷。在冬季，智能窗户应具有高近红外透过率和低长波红外发射率，以促进阳光透射和减小经由窗户的热损失。”蒋腾耀说，这个模型的关键和难点在于，根据不同的季节、温度动态调节长波光线的发射率，让窗户的长波红外辐射能力保持在一个适宜的区间。

窗户上3种材料涂层，动态调节光线实现节能

为了实现对两个波段的自调控，使太阳光和长波红外线自动发挥最大节能效果，研发团队设计并制备了一款双波段调控自响应智能窗。

“我们在玻璃上采用溶液工艺，用了热响应钨掺杂二氧化钒纳米颗粒，并涂了聚甲基丙烯酸甲酯以及氧化铟锡涂层，构成了一个法布里—珀罗谐振器。”蒋腾耀介绍，该谐振器能够对外界温度自响应，适应外界气温的变化。

这款谐振器中的灵魂之一，是掺杂了钨的二氧化钒材料。二氧化钒材料是材料界的“变色龙”。它在高温下处于金属态，在温度降低到一定程度后，变为绝缘态。

掺杂了钨的二氧化钒材料，相变温度从68摄氏度降至27.5摄氏度，接近体感舒适温度。这种材料对太阳光和长波红外的透过率会“区别对待”。

蒋腾耀介绍，“把钨和二氧化钒的混合材料涂抹在玻璃上，当玻璃表面温度低于27.5摄氏度时，太阳光经过玻璃，透过率就高，室内温度也随之提高；而当玻璃表面温度高于27.5摄氏度时，太阳光中的近红外线就会被玻璃反射出很多，这意味着对太阳光的隔绝效果提高。”

在玻璃表面温度低于27.5摄氏度时，二氧化钒涂层对长波红外线来说是透明的，不吸收长波红外。谐振器涂层对长波红外线有着较低的谐振频率，因此长波红外发射率较低，与市售低辐射玻璃相近，此时室内温度升高。

“相反，玻璃表面温度高于27.5摄氏度时，二氧化钒转变为金属态，吸收长波红外线，发射率增大。长波红外线穿过玻璃的二氧化钒涂层、聚甲基丙烯酸甲酯涂层后，被氧化铟锡涂层进一步反射，导致长波红外发射率提高，达到散热效果，室内温度就可以慢慢降低。”蒋腾耀解释。

此外，改变法布里—珀罗谐振器的结构，例如调节聚甲基丙烯酸甲酯涂层的厚度及二氧化钒的掺杂量，智能窗还能切换不同的长波红外线发射率，满足不同气候区的要求。

在现实中，这套模型是否能智能调节室温、实现建筑节能？蒋腾耀表示，研究团队在全球7个气候区进行模拟，发现双波段调控智能窗户较市售低辐射节能玻璃表现出更优异的节能效果，每平方米玻璃可实现最高达324.6兆焦的制冷/制热节能，“这相当于每年每平方米玻璃可节省约90度电”。

“这项成果为建筑特别是玻璃的智能节能发展提供了新的思路，也为全球的节能减碳事业提供了独特的解决方案。但想进入工业化生产，还需要继续探索工艺放大研究，例如材料的耐候性、使用寿命等问题。”蒋腾耀说。（金凤 朱琳）

“煤炭 + 新能源”之路越走越宽

中国能源报 2022.4.18

国家能源集团一季度完成新能源投资80.8亿元，同比增长99.4%；山东能源集团渤海上海风电A场址工程项目开工，成为山东省首个平价海上风电项目；晋能控股集团晋城市万鑫顺达二期100MW光伏项目、晋城100MW光伏项目集中开工；湖北华强化工公司光伏一期项目比计划提前10天实现全容量并网发电……连日来，多家大型煤炭集团公布一季度成绩单，记者注意到，除煤炭主业外，“增量”业绩同样喜人。

推动煤炭和新能源优化组合是实现“双碳”目标提出的新要求，也是传统煤企绿色低碳转型的重要路径。经历前期摸索，煤企对新能源产业认识逐步加深、投入力度不断加大，效益也随之显现。多位企业人士向记者证实，“煤炭+新能源”之路已越走越宽。

闲置土地上发电，阳光能“变现”

阴山南麓、高原之北，我国第七大沙漠——库布其沙漠横卧，由国家电投集团内蒙古能源有限公司（下称“内蒙古公司”）打造的40万千瓦达拉特旗光伏发电应用领跑者基地坐落于此。这一全国最大的沙漠生态光伏电站，将光伏与沙漠治理、节水农业相结合，每年治沙约1.6万亩，同时节省燃煤26.5万吨，减排二氧化碳66.3万吨。“我们就是要主动转型，向着绿色低碳、清洁智慧的新型能源企业转型升级。”该公司党委书记、董事长刘建平表示。

内蒙古公司现有煤炭产能8100万吨，在担当保供主力的同时，清洁能源发展屡屡突破。刘建平介绍，4月10日，乌兰察布风电基地一期600万千瓦示范项目首批120万千瓦就地消纳工程建设启动，今年主要完成升压站、风机基础等工作，预计2023年建成投产。“这是全球最大单一陆上风电基地，规划面积2072平方公里，建设规模600万千瓦。所发电量按照可再生能源优先发电原则参与京津冀电力市场交易，实施和火电平价上网。”

在老矿区，新能源发挥的“新效益”更加明显。“光伏发电项目运营后，已成为一个新的利润增长点。”龙煤鸡西矿业公司龙祥新能源公司经理王斌告诉记者，鸡西矿区已有70年建企史，去年底，分布式光伏发电项目一期100兆瓦工程并网发电。“矿区光能资源分布较为均匀，年平均日照达到2654小时左右，属光伏发电三类地区。充分利用关闭退出煤矿

闲置土地、棚户区治理区域，我们建成了龙煤集团首个光伏项目。下一步，还将推动新能源电力逐步形成规模，建成属于鸡西矿业公司自己的微电网，为高质量发展注入绿色能量。”

布局是现实之需，同时也面临挑战

上述案例，正是煤炭企业积极布局新能源业务的缩影。“在‘双碳’目标下，煤企既要‘立足煤、依托煤、延伸煤’不动摇，也要主动谋划新产业，从根本改变‘一煤独大’局面。实践证明，开发新能源项目一举多得，既降低企业用电成本，又达到节能减排目的。”王斌切实感受到优化组合带来的好处，“但同时也有短板。”

王斌坦言，作为以煤起家的老矿区，专业技术人员短缺是棘手难题。随着区域装机容量越来越高，消纳也可能渐成问题。“我们正在想办法加大专业技术人员招聘力度。建立区域性供电网络，合理调配电量。”

作为山西省最早投资开发风电、光伏发电的企业，晋能控股集团称得上“煤炭+新能源”的探路者。该集团相关负责人也称，挑战不容忽视。“目前，央企、地方国企、头部民企等纷纷上阵圈占资源，传统能源大型企业加入竞争，取得新能源指标有一定难度。省内开发资源有限，省外拓展也有难度。一些优质风光资源区域远离负荷中心，部分省份消纳能力有限，存在弃风弃光限电问题；有些资源好的地区没有风光建设指标，难以满足开发需求。再如，分布式光伏涉及的屋顶及其所有者、用能企业较多，分散性、多样性带来不确定因素增多，施工条件难保证，项目实施有困难。”

项目进入市场后也面临进一步考验。“去年起，新建风光发电项目全部取消补贴，设备价格持续走高，发电企业还要面对土地、消纳空间、电力市场交易等现实问题，使得新建项目投资收益率有所降低。加上电网对发电企业技术要求越来越严格，项目建成后还要进行补强、技改性投入，对盈利能力造成影响。”上述人士表示。

提高整体竞争力和可持续发展能力

“拓展新能源产业现已成为煤企绿色低碳转型的一大趋势。诸如国家能源集团等实力雄厚的大型集团，还设立了自己的专业投资公司，把‘卖煤’赚来的钱投到清洁能源项目建设开发中。不少煤矿手握土地、发电指标等资源，这是很多专做新能源的公司难以企及的优势。不过，煤企在新能源项目的管理经验、人员储备等方面，确实也存在不足。”中国新能源电力投融资联盟秘书长彭澎总结称。

记者在采访中发现，煤企也在纷纷转变观念——从煤炭到新能源，不仅仅是上几个项目、建几个电站，实际是从资源依赖型产业向技术驱动型、市场竞争型产业转变，其过程考验重重。“建议充分利用现有政策、资金、通道、区位优势，开展新能源产业科技研究、项目开发建设，与新能源企业联合协作，共同打造绿色、低电价、零碳产业园区等，形成产业集群，实现产业转型，同时也能享受低电价优惠，完成减排目标，从而提高整体竞争力和可持续发展能力。”上述晋能控股集团负责人表示。

刘建平介绍，乌兰察布风电基地一期项目后续480万千瓦外送工程，正在申报纳入国家

第二批大型风电光伏基地建设项目清单，计划“十四五”期间全部投产。“项目全容量投产后，预计每年约可提供180亿千瓦时绿色电能，将有效降低区域火电发电量，每年可减少原煤消耗约600万吨、二氧化碳排放约1530万吨，实实在在为‘双碳’作出贡献。”

“光伏发电是我国重要的战略性新兴产业，鸡西矿业将紧紧抓住发展新能源的政策机遇，构建‘一体两翼、协同集群、链式发展’产业格局，做大做强光伏发电产业。展望未来，我们信心满满。”王斌表示。（朱妍）

今年我国炼油产能将跃升至全球第一

中国能源报 2022.4.18

本报讯（记者李玲）报道：近日，中国石油集团经济技术研究院发布了每年一度的《国内外油气行业发展报告》（下称《报告》）。《报告》聚焦2021年度国内外油气行业总体形势，并展望2022年度油气行业发展态势。《报告》指出，2021年国内外油气行业发展的主基调是恢复和转型，2022年仍将延续。2021年以来，我国炼油产能持续较快增长，预计2022年将正式超过美国，成为全球第一大炼油国。

从国际市场看，《报告》指出，2021年国际石油市场最突出的特点是原油价格大幅反弹，布伦特原油均价70.95美元/桶，同比上涨64%，增速创30年来新高。这主要是由于三方面因素的支撑：一是世界石油需求快速恢复，全年需求同比增长近600万桶/日，增幅创历史最高；二是OPEC+持续大规模减产，全球石油供应仅实现了小幅增长；三是全球供应增量显著低于需求增量，全球石油供应量为9530万桶/日，同比仅提高150万桶/日，仅是需求增量的1/4，因此2021年供需基本面持续偏紧，全球库存创近7年最低。

《报告》预计，2022年新冠肺炎疫情持续叠加俄乌冲突，世界石油需求复苏的进程会受到阻碍，需求增幅仅能达到2021年的一半，增长约300万桶/日。在俄罗斯石油出口有限受阻、OPEC+维持当前适度增产策略、美国石油储备如期释放的基本情境下，预计2022年全年石油供应量会同比增长600万桶/日，远高于全年的需求增量，全年基本面呈现为整体供大于需的态势。但地缘政治溢价短期难以消除，不仅支撑油价处于高位，同时也会带来油价剧烈波动，基准情境下预计全年布伦特均价97-100美元/桶。

从国内市场看，《报告》指出，2021年国内原油产量继续增长，在国际油价高企的情况下，我国原油进口减少，石油表观消费量和对外依存度都实现了首次回落。其中，原油产量1.99亿吨，同比增长2.1%，连续三年保持增长；石油表观消费量7.15亿吨，同比下降2.3%；石油对外依存度实现首次下降，降至72.2%，较上年回落1.2个百分点。国内成品油市场的变化也较为突出，成品油消费保持复苏态势，消费总量3.85亿吨，同比增长3.2%。但成品油供应降至4.17亿吨，同比下降0.3%，已连续两年下降；另外，成品油出口也出现了近10年来首次下降，全年净出口3772万吨，同比下降11.5%。

《报告》预计，2022年，我国石油表观消费量7.41亿吨，同比增长3.6%；原油产量达

到2亿吨，但增速不及需求，预计对外依存度回升。2022年国内成品油消费量预计为3.96亿吨，同比增长3%，成品油供应量4.17亿吨，同比基本持平，成品油出口进一步下降。

在炼油领域，《报告》指出，2021年世界炼油能力出现了自1988年以来的首次净减少，总产能下降了4500万吨/年，发达国家炼油能力持续收缩。但我国炼油产能持续较快增长，净新增产能2520万吨/年，总炼油能力达9.1亿吨/年，赶上全球炼油能力第一大国——美国。2022年，世界新增炼油产能主要来自中东和亚太地区，总炼油能力将达到51.8亿吨/年左右。我国炼油产能预计新增2560万吨/年，达到9.4亿吨/年，将正式超过美国，位居全球第一。

在石化领域，《报告》指出，2021年世界乙烯产能大幅增长，主要来自亚太地区，新增产能占世界增量的89%，中国是重要的增长极，乙烯产能增量占世界新增产能的67%，创下历史纪录。其中，乙烯新增产能850万吨/年，总产能达到4370万吨/年。丙烯和PX分别新增产能520万吨/年、355万吨/年，总产能分别达到5000万吨/年和2910万吨/年。

得益于产能的增长，我国乙烯、丙烯当量自给率和PX（对二甲苯）表观自给率分别提高至66%、94.5%、61.7%。展望2022年，《报告》指出，世界乙烯产能将继续大幅增长，美国迎来第二波乙烷制乙烯装置投产浪潮。我国乙烯产能将持续快速增长，2022年规模将超过美国，产品自给率持续提高。

煤电深度调峰助降碳一臂之力

中国能源报 2022.4.25

甘肃省电力投资集团近日公布的一季度“成绩单”显示，常乐电厂1、2号煤电机组完成发电量28亿千瓦时，其作为祁韶直流唯一配套调峰电源，有效填补了该输电工程的调峰缺口，带动风电、光伏发电项目向华中地区外送电量57.7亿千瓦时。煤电深度调峰作用显现，让河西走廊的“风光”照亮更多家庭。

可再生能源发电易波动、难储存，装机规模越大，对灵活调峰电源的需求越大。特别是在“双碳”目标下，煤电机组成为新能源电力消纳的保障，但要实现“尖峰顶得上、低谷压得下”的目标，深度调峰势在必行。记者了解到，受供电煤耗增加等因素影响，完成调峰重任也非易事。如何做好深度调峰助力“双碳”，已成为众多煤电机组面临的现实难题。

煤电助力降碳的核心举措

“新能源发电的短板是‘不可控’。随着越来越高比例的间歇性电源接入电网，电力系统对调节电源容量的需求陡增，煤电机组因此承担起调峰任务，也就是通过改变出力工况来适应负荷变化。”清华大学能源与动力工程系教授毛健雄解释，机组调峰能力取决于锅炉对低负荷的适应能力，未来持续低负荷运行渐成常态，深度调峰是煤电助力实现“双碳”目标的最主要举措。

实践证明，煤电调峰为降碳打下了基础。国网东北分部调度控制中心计划处处长张晓天

告诉记者，东北电网已完成灵活性改造火电机组装机容量 4612 万千瓦，约占火电总装机容量的 45%。通过改造，增加深调能力 1657 万千瓦，成为确保电网安全供电、促进新能源消纳的“主力军”。“从 2014 年 10 月启动到去年底，新能源及核电受益电量达 1450 亿千瓦时，相当于节约标煤超过 4600 万吨，降低二氧化碳排放超过 1.1 亿吨。”

按照国家发改委、国家能源局去年底发布的《全国煤电机组改造升级实施方案》，现役机组灵活性改造要实现应改尽改，纯凝工况调峰最小发电出力要达到 35% 额定负荷。据此，更多电厂加速行动。

上海申能电力科技有限公司总经理冯伟忠举例称，我国首创的“亚临界机组 600℃ 升温改造技术”，可满足机组负荷在 20% - 100% 之间灵活调节的需求，已在徐州华润电厂 #3 机组实施改造并通过验证。“在没有投油助燃且保持超低排放条件下，机组最低稳定运行负荷能力从改造前的 55% 降到 19%，深度调峰能力得到质的提升。该方案具备可行性和普适性，若能在现役亚临界机组大规模推广，有望整体提升 20% 的深度调峰性能，腾出 7000 万千瓦调峰容量，相应增加 3.5 亿千瓦新能源消纳能力。”

要深度调峰，也要安全环保运行

深调虽好，操作不易。“深度调峰常被比作‘在钢丝上跳舞’，实际运行状况往往与设计工况差别较大，机组安全性受到影响，长此以往将加快寿命损耗。”一位不愿具名的电厂人士坦言，“从生产本身来说，我们并不愿意参与深度调峰，但为了适应变化又不得不做。”

如其所言，深度调峰意味着电厂降低出力，发电机组低于基本调峰范围。燃煤锅炉一般是按燃料性质及额定负荷设计，必须确保稳定着火和燃烧。频繁启动及大范围负荷变动，无形中会加剧安全风险。能不能克服这一问题？记者了解到，目前已有成功案例。

在陕煤集团信阳电厂，机组调峰深度一路从 40%、35% 降至 27% 常态化调峰运行。今年 3 月，3 号机组负荷率降低至 9%，维持运行 6.5 小时，创下同类型机组调峰运行的最低纪录。“煤电深调负荷不是越低越好，而是要依据机组实际情况。特别是调到 40% 以下后，很多参数处于临界状态，一旦出现波动，轻则导致机组非停、重则直接损坏设备。相比常规运行，深度调峰首先是对人员操作水平提出了更高要求。”该厂生产负责人陈某称，通过提前组织专业人员对重点操作开展风险分析，制定专项措施和预案，各级管理人员现场指导，运行人员规范操作、精细调整，最终，各项参数控制平稳，环保排放合格。

技术层面的问题更要因“机”制宜。陈星举例，燃煤锅炉需保持稳定燃烧，但低负荷易导致稳燃能力转差，带来一系列制约。“我们与厂家反复沟通，根据锅炉特性逐步调整试验，针对机组协调、辅机自动等开展多项热工逻辑优化。比如，针对严重影响稳燃的制粉系统断堵煤问题，我们不仅改造了原煤仓落煤管，尽可能保证其通畅，还在调峰期间掺烧优质烟煤，提高了燃烧稳定性。同时，投资 400 多万元对燃烧器进行等离子改造，大幅降低助燃成本。”

效益拉动“让我调峰”转为“我要调峰”

在确保安全的基础上，经济性是进一步追求。“1-3月，信阳电厂参与调峰获得了辅助服务补偿约3800万元，结合河南省网新能源装机容量情况，预计全年调峰收益将在7000万元以上。” 陈某表示，效益是影响电厂深度调峰行动的另一关键因素。

“没有经济性肯定不愿干。”这也是记者在采访中听到不少电厂的反馈。毛健雄证实，为鼓励更多机组积极改造，不少地区已对参与调峰的机组给予电价补偿。但目前，补偿费用远不足以弥补深度调峰带来的经济损失，甚至出现了电厂调峰时间越长，亏损越大的情况。“应尽量减少发电企业因承担维护电网安全、稳定和经济运行所付出的成本。建议相关部门进一步核算调峰补偿费用，适当提高补偿电价，并考虑不同容量和机组类型深度调峰的补偿差异。”

在这方面，东北电网走在了前列。“为缓解电网调峰矛盾，早在2014年我们便启动了东北电网辅助服务市场建设，并根据电网实际运行需要、辅助服务市场主体诉求，逐年修改完善规则。” 张晓天介绍，按照清洁能源接纳“全额不全价”“调峰资源价值最大化”的理念，以现有“火电机组最小运行方式核定制度”为基础，东北电网建立了调峰辅助服务日前报价、日内出清机制，鼓励火电企业进行深度调峰，而且要从“让我调峰”向“我要调峰”转变。

同时，“阶梯式”分摊机制可鼓励火电厂加大调峰力度，即能力越弱掏钱越多、能力越强得钱越多。将机组发电能力作为交易标的，发电企业还可按市场机制报价，以市场手段引导企业采取措施主动降低受阻容量，提升机组顶峰能力。“在有效激励下，预计到2025年新增灵活性改造装机容量661万千瓦以上，改造容量累计达到5272万千瓦。” 张晓天表示。（朱妍）

国家能源局：今年全国能源生产总量达44.1亿吨标准煤左右

中国能源报 2022.4.4

本报讯（记者姚金楠）报道：国家能源局3月29日发布《2022年能源工作指导意见》，提出增强供应保障能力、稳步推进结构转型和着力提高质量效率三大目标。其中，全国能源生产总量达到44.1亿吨标准煤左右，原油产量2亿吨左右，天然气产量2140亿立方米左右。电力装机达到26亿千瓦左右，发电量达到9.07万亿千瓦时左右，新增顶峰发电能力8000万千瓦以上，“西电东送”输电能力达到2.9亿千瓦左右。

在稳步推进结构转型方面，《意见》指出，煤炭消费比重稳步下降，非化石能源占能源消费总量比重提高到17.3%左右，新增电能替代电量1800亿千瓦时左右，风电、光伏发电发电量占全社会用电量的比重达到12.2%左右。在着力提高质量效率方面，《意见》明确，能耗强度目标在“十四五”规划期内统筹考虑，并留有适当弹性。跨区输电通道平均利用小时数处于合理区间，风电、光伏发电利用率持续保持合理水平。

《意见》提出，要夯实能源供应保障基础。加强煤炭煤电兜底保障能力，持续提升油气

勘探开发力度，积极推进输电通道规划建设。具体而言，要加快推进在建煤矿建设投产，推动符合条件的应急保供产能转化为常态化产能；坚决完成今年原油产量重回2亿吨、天然气产量持续稳步上产的既定目标；加快建设南阳—荆门—长沙、驻马店—武汉、荆门—武汉、白鹤滩—江苏、白鹤滩—浙江等特高压通道。

《意见》明确，要加快能源绿色低碳转型。大力发展风电光伏，有序推进水电核电重大工程建设，积极发展能源新产业新模式。具体而言，要优化近海风电布局，开展深远海风电建设示范，稳妥推动海上风电基地建设。积极推进“水风光”互补基地建设。继续实施整县屋顶分布式光伏开发建设，加强实施情况监管。因地制宜组织开展“千乡万村驭风行动”和“千家万户沐光行动”。推动雅鲁藏布江下游水电开发前期工作，建成投产白鹤滩、两河口水电站全部机组，加快推动雅砻江孟底沟、黄河羊曲水电站建设，推进旭龙水电站核准，水电装机达到4.1亿千瓦。建成投运福清6号、红沿河6号、防城港3号和高温气冷堆示范工程等核电机组，在确保安全的前提下，积极有序推动新的沿海核电项目核准建设。因地制宜开展可再生能源制氢示范，探索氢能技术发展路线和商业化应用路径。开展地热能发电示范，支持中高温地热能发电和干热岩发电，积极探索作为支撑、调节性电源的光热发电示范。

行业动态

潮流能发电国家标准发布

海洋技术中心为第一起草单位

中国自然资源报 2022.4.27

本报讯 日前，国家市场监督管理总局和国家标准化管理委员会发布了《潮流能发电装置功率特性现场测试方法》国家标准，将于今年10月1日开始实施。该项标准是由国家海洋技术中心作为第一起草单位，联合国家海洋标准计量中心、天津大学、哈尔滨瑞哈科技发展有限公司、山东电力工程咨询院有限公司等单位共同起草。

近年来，自然资源部系统推进国家海洋综合试验场体系建设，目前已经规划了威海、舟山、珠海和“深海”四个国家海洋综合试验场。《潮流能发电装置功率特性现场测试方法》国家标准，为国家海洋综合试验场对潮流能发电装置开展功率特性现场测试与评价工作，提供了科学、规范、统一的方法，保证了国家海洋综合试验场对潮流能发电装置开展功率特性现场测试与评价结果的科学性与权威性。

该国家标准的发布与实施，填补了国内潮流能发电装置功率特性现场测试领域内的空白，将使从事潮流能发电装置技术研发、装备制造、产业化运营、项目管理等机构受益，促进我国潮流能发电装置的产业化进程。（夏海南）

新疆首个水风光储一体化清洁能源大基地建设启动

中国能源报 2022.4.25

本报讯 4月19日，中核集团新华（布尔津）抽水蓄能发电有限公司（下称“中核集团新华发电”）举行揭牌仪式，标志着新疆首个水风光储一体化清洁能源大基地建设拉开序幕。

该项目是国家《抽水蓄能中长期发展规划（2021-2035年）》中部署的“十四五”重点实施项目，是中核集团首个围绕抽水蓄能电站打造的水风光储一体化大基地项目。项目以近期中标的装机规模140万千瓦布尔津抽水蓄能项目为基础，后续将按照1:4的配套比率，在布尔津河流域建设水风光储一体化项目，包括光伏200万千瓦、风电360万千瓦，规划总装机规模700万千瓦。目前，一期15万千瓦风电项目已启动建设。

中核集团新华发电在疆发展清洁能源20年来，先后建成了被誉为“新疆三峡”的阿尔塔什水利枢纽等一批大型水利水电及风电、光伏项目，在阿勒泰地区建设了额尔齐斯河支流布尔津河冲乎尔水电站、哈巴河吉勒布拉克水电、窝依莫克风电等6座电站。该集团利用其在阿勒泰地区形成的规模化、集约化产业优势，将通过清洁能源大基地建设，打造全疆绿色零碳发展的新高地，并将其建成为国家级综合能源示范区，为促进地区经济社会可持续发展作出新的更大贡献。（钟禾）

我国首个氢能产业中长期规划出台，可再生能源制氢为主要发展方向 到2025年我国燃料电池车辆保有量约5万辆

南方都市报 2022.4.11

国家发展改革委、国家能源局近日联合印发《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》，这是我国首个氢能产业的中长期规划。

业内专家表示，规划包含多项高“含金量”内容，首次明确氢能是未来国家能源体系的重要组成部分，确定可再生能源制氢是主要发展方向。

解读

1 明确氢的能源属性及氢能产业布局

氢能的发展对于我国实现碳达峰碳中和目标有重要的意义。去年10月发布的《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》要求，加强氢能生产、储存、应用关键技术研发、示范和规模化应用。今年1月，中共中央政治局第三十六次集体学习强调，要积极有序发展氢能源。

规划明确指出，氢能是未来国家能源体系的重要组成部分。“氢能作为一种来源丰富、绿色低碳、应用广泛的二次能源，明确其是我国未来多元化能源体系的重要组成部分，将对推动我国能源绿色低碳转型，实现碳达峰碳中和目标发挥重要作用。”中国国际经济交流中

心常务副理事长张晓强说。

长期以来，氢气被作为危化品管理，新建的制氢项目均属于“新建危险化学品生产项目”，被严格禁止在化工园区外新建、扩建。

业内专家表示，随着规划的发布实施，氢的能源属性进一步明确，相关部门也需出台专门的配套文件，加强氢能作为能源的规范管理。

作为我国首个氢能产业中长期规划，规划明确了到 2035 年我国氢能产业发展的总体布局，包括系统构建支撑氢能产业高质量发展创新体系；统筹推进氢能基础设施建设；稳步推进氢能多元化示范应用；加快完善氢能发展政策和制度保障体系等。

2 明确可再生能源制氢为主要发展方向

规划将清洁低碳作为氢能发展的基本原则，提出构建清洁化、低碳化、低成本的多元制氢体系，将发展重点放在可再生能源制氢，并提出严格控制化石能源制氢。目前我国氢气产量超 3000 万吨/年，主要是化石能源制氢、工业副产氢等，用于生产化工产品。化石能源制氢碳排放量很高，平均制取每公斤氢气会排放 10 - 30 公斤二氧化碳。

“在碳达峰碳中和背景下，化石能源制氢显然不能成为发展的主方向，可再生能源制氢将成为我国未来氢源的重要组成部分。”中国工程院院士干勇说。

国家能源集团国华投资公司氢能技术运营部副总经理董斌琦介绍，可再生能源制氢结合氢燃料电池，可以调节电网负荷和储能，能够大幅提高可再生能源发电并网比例，减少弃水、弃风、弃光。

规划对制氢的区域布局进行了综合考虑，提出在焦化、氯碱、丙烷脱氢等行业集聚地区，优先利用工业副产氢，鼓励就近消纳；在风光水电资源丰富地区，开展可再生能源制氢示范，逐步扩大示范规模，探索季节性储能和电网调峰。同时，对可再生能源制氢量设定了发展目标，预计 2025 年可再生能源制氢量将达到 10 万 - 20 万吨/年。

3 积极有序发展氢能源注重规模效益同步增长

作为一项重要的清洁能源，氢能在得到积极发展的同时，也需实现有序发展，“一哄而上”忽视项目可行性并不可取。

“发展氢能产业需要先示范后推广，不能出现低水平同质化竞争和重复投资建设。”张晓强说。在中国科学院院士欧阳明高看来，各地不能盲目上马氢能项目。“发展氢能是个长期的事业，并不是马上就能实现高产值高收益的。”他说，“这是一个循序渐进的系统工程，目前适宜发展氢能的地区需要可再生能源丰富、科技实力强、资金实力强、有龙头企业能整合产业链，还要有丰富的应用场景和市场。”

河北省张家口市是经国务院同意设立的可再生能源示范区。借力 2022 年“绿色”冬奥契机，张家口部署实施了一批氢能项目，产业投资达 200 亿元，初步实现氢能产业区域性集聚发展。

“张家口风能、太阳能等可再生能源丰富，并且张家口创新设计了‘政府 + 电网 + 发

电企业+用户侧’的四方协作机制，电价最低可降至0.15元/度，有效降低制氢成本，为氢能产业的市场化发展奠定了基础。”欧阳明高说。

此外，安全是氢能产业发展的重要前提，注重安全贯穿规划的全文，要求加强全链条风险预防和安全监管。

4 构建氢能产业创新体系自主掌握核心技术

规划提出，要系统构建支撑氢能产业高质量发展创新体系，并在关键核心技术、产业创新支撑平台、专业队伍、技术创新国际合作等方面提出了具体任务。

张晓强认为，与国际领先水平相比，目前我国氢能产业的核心技术、装备还处于“跟跑”的水平。部分核心关键技术、关键材料和装备制造等尚未实现自主可控，一些储运氢容器的基础材料、加氢设备零部件仍依赖进口，安全检测能力滞后于氢能发展的需要。

干勇建议，我国需重点突破下游燃料电池关键核心技术，带动上游制氢、储氢、加氢基础设施建设以及核心技术研发，提高燃料电池耐久性和关键材料、核心零部件的国产化能力，突破氢气储存难题和加氢站关键零部件的进口依赖。

“那么，我国能不能成为世界先进的氢能国家呢？我相信，通过十几年的努力，是完全有可能的。”张晓强说。

现状

绿氢成本不断下降，核心技术屡屡突破

与其他新能源相比，氢能源储量大、污染小、效率高。氢能源单位质量所蕴含的能量约是石油的3倍、煤炭的4.5倍。氢能应用场景广泛，氢燃料电池可应用于重载卡车、有轨电车、船舶、无人机、分布式发电等。

根据制取方式和碳排放量不同，氢能主要分为灰氢、蓝氢、绿氢。其中，绿氢是通过光伏发电、风电等新能源电解水制氢，被称为“零碳氢气”。

作为“零碳氢气”的绿氢正呈现技术逐渐成熟、成本不断下降、市场持续发展的趋势，国内多家企业纷纷布局绿氢项目。

去年11月30日，中国石化宣布我国首个万吨级光伏绿氢示范项目——中国石化新疆库车绿氢示范项目正式启动建设。这是全球在建的最大光伏绿氢生产项目，投产后年产绿氢可达2万吨。

中国氢能联盟预计，到2030年，中国氢能市场规模有望达4300万吨，其中绿氢的占比将从2019年的1%提高到10%，市场规模将增长近30倍。

近年来，我国氢能产业链上装备国产化进程明显加快，核心技术不断突破。

膜电极被称为燃料电池的“芯片”，决定燃料电池的性能、寿命和成本。鸿基创能科技（广州）有限公司生产的膜电极已基本满足产业化应用需求，并于2019年开始批量化生产，年产销量已超过100万片，供给全球超过70多个客户。

多地布局氢能发展，完整产业链逐步形成

《中国氢能源及燃料电池产业白皮书 2020》显示，截至 2020 年底，占全球 GDP 总量 52% 的 27 个国家中，16 个已制定全面的国家氢能战略。

近年来，我国在多项产业政策中明确提出要支持氢能产业发展。2019 年，氢能源首次写入政府工作报告，明确将推动加氢等设施建设。2021 年 10 月发布的《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》提出，统筹推进氢能“制储输用”全链条发展；推动加氢站建设；加强氢能生产、储存、应用关键技术研发、示范和规模化应用。

在“碳中和、碳达峰”背景下，氢能已被全国多个省份列入发展规划，产业规划和布局逐渐加速。

上海规划到 2023 年加氢站接近 100 座，形成产出规模约 1000 亿元，以及推广氢燃料电池汽车接近 10000 辆；广东提出开展氢燃料电池汽车规模化推广应用，加快推进加氢站规划建设，在珠三角核心区、沿海经济带布局建设约 300 座加氢站。

根据《中国氢能源及燃料电池产业白皮书 2020》，当前我国氢气产能约每年 4100 万吨，产量约 3342 万吨，是世界第一产氢国。中国氢能联盟预计到 2050 年，氢能在中国终端能源体系中占比超过 10%，产业链年产值达到 12 万亿元。

截至 2020 年底，我国建成加氢站 128 座，氢燃料电池汽车累计保有量达 7000 多辆。

业内人士称，国内氢能产业逐步形成完整产业链，氢能及燃料电池产业全国“遍地开花”，在京津冀、长三角、珠三角一些城市实现氢燃料电池汽车小范围规模化示范应用。

规划目标及摘要

总体目标

到 2025 年，形成较为完善的氢能产业发展制度政策环境，氢能示范应用取得明显成效，燃料电池车辆保有量约 5 万辆，部署建设一批加氢站。可再生能源制氢量达到 10 万 - 20 万吨/年，成为新增氢能消费的重要组成部分，实现二氧化碳减排 100 万 - 200 万吨/年。

到 2030 年，形成较为完备的氢能产业技术创新体系、清洁能源制氢及供应体系。

到 2035 年，形成氢能产业体系，构建涵盖交通、储能、工业等领域的多元氢能应用生态。

规划对国内外氢能发展现状与形势进行了分析，明确“氢能是未来国家能源体系的重要组成部分”“氢能是用能终端实现绿色低碳转型的重要载体”“氢能产业是战略性新兴产业和未来产业重点发展方向”三大战略定位。

同时，规划指出，聚焦氢能产业发展的关键环节和重大问题，在氢能规范管理、氢能基础设施建设运营管理、关键核心技术装备创新、氢能产业多元应用试点示范、国家标准体系建设等方面，制定出台相关政策，打造氢能产业发展“1 + N”政策体系，有效发挥政策引导作用。

重点任务

持续提升关键核心技术水平：着力推进核心零部件以及关键装备研发制造。

着力打造产业创新支撑平台：支持“专精特新”中小企业参与氢能产业关键共性技术研发，培育一批自主创新能力强的单项冠军企业。

推动建设氢能专业队伍：以氢能技术创新需求为导向，支持引进和培育高端人才，提升氢能基础前沿技术研发能力。

积极开展氢能技术创新国际合作：积极构建国际氢能创新链、产业链，积极参与国际氢能标准化活动。

氢能基础设施建设

合理布局制氢设施。推进固体氧化物电解池制氢、光解水制氢、海水制氢、核能高温制氢等技术研发。

稳步构建储运体系。推动低温液氢储运产业化应用，探索固态、深冷高压、有机液体等储运方式应用，开展掺氢天然气管道、纯氢管道等试点示范。

统筹规划加氢网络。坚持安全为先，节约集约利用土地资源，支持依法依规利用现有加油加气站的场地设施改扩建加氢站。探索站内制氢、储氢和加氢一体化的加氢站等新模式。

建议

产业发展亟须加强统筹与技术攻关

业内人士指出，目前我国的氢能技术储备不足，应用规模小，成本高，基础设施不完善，仍需要依赖补贴才能实现商业化闭环；地区间差异十分明显，大部分地区并不具备将技术装备向市场变现的能力和条件，氢能项目一哄而上的现象比较突出。

此外，氢能产业部分关键材料及核心零部件严重依赖进口的局面还没有得到根本改观。鸿基创能首席技术官叶思宇表示，目前公司批量化生产的膜电极所需的催化剂、质子交换膜、碳纸等尚需进口。

“中国国内并不缺乏对这些核心材料和技术的研究，难点在于如何通过工程验证转化为终端产品。”叶思宇说。

受访企业和专家认为，氢能产业的长远和可持续发展需加强顶层设计，推动产业链上下游的协同发展，加大力度进行核心技术攻关。

雄川氢能科技（广州）有限责任公司副总经理李荣军表示，发展氢能产业需要国家层面统筹协调，鼓励制氢资源丰富及财政相对充裕的地方优先发展氢能，做好前期的示范推广应用，推动国产化替代降低成本和技术迭代。

叶思宇等建议，通过产业联盟、创新平台等形式，组织产业链龙头企业与高校、研究所一起联合攻关，创新应用场景，扩大推广规模，加强工程验证，打通科技成果转化的“最后一公里”。（丁境炫 徐劲聪）

新型储能发力全面市场化

中国能源报 2022.4.4

本报讯（记者张金梦）报道：国家发展改革委、国家能源局近日联合印发的《“十四五”新型储能发展实施方案》（以下简称《实施方案》），明确了新型储能的独立市场主体地位，提出到2030年，新型储能实现全面市场化发展。

业内人士普遍认为，我国电力体制改革处于攻坚关键期，推进新型储能产业市场化发展，是统一电力市场体系下构建多层次电力市场构架与机制的必然需求，也是储能产业良性发展的必由之路。记者了解到，当前，我国新型储能市场化发展正由“盲目强配”向“市场引导”转变。“未来10年内，储能产业发展的重要任务是全面实现市场化，需要着重解决成本疏导、分摊机制等难题，以拓宽储能产业收益渠道，最大化发挥储能灵活性价值。”华北电力大学电气与电子工程学院副教授郑华说。

“国家发改委、国家能源局此前发布的《关于加快推动新型储能发展的指导意见》中，提出‘到2025年，新型储能装机容量达到3000万千瓦以上’的目标，《实施方案》中却没有体现。在电力市场机制相对完善的情况下，储能产业将会通过市场无形之手达成最优配置。”国电投战略规划部副主任、中国能源研究会储能专委会委员李鹏表示。

促进新型储能产业市场化发展，可以推动储能产业进一步制定合理的成本分摊和疏导机制。郑华表示：“促进储能系统参与各类电力市场，通过电力市场竞争机制与储能产业深度融合，可以构建全社会成本最低的供求体系与机制，实现能源科学配置。”

中关村储能产业技术联盟副秘书长岳芬认为，新型储能产业全面市场化指的是在不依靠补贴的情况下，储能可以回收成本并盈利、市场竞争充分、商业模式灵活。强调储能市场化发展，是防止过热现象发生。

“从政策机制来看，《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》、《新版‘两个细则’》《浙江省第三方独立主体参与电力辅助服务运营规则》《山西独立储能和用户可控负荷参与电力调峰市场交易实施细则（试行）》等国家及省级层面相关政策文件与运营规则相继颁布，市场期待多年的储能参与电力辅助服务的主体地位得以确认，规范化的市场体制机制正在加速构建。”郑华表示。

甘肃、山东、广东、山西、内蒙古等省区不断修订完善适合新型储能入市的交易制度。山东积极推动新型储能参与电能量现货交易、调峰调频等电力辅助服务，不断尝试多品种交易叠加。“从实践中看，甘肃推进新型储能在弃电期间调峰、非调峰期间可调频等市场机制，充分展现了通过合理储能价格机制可充分发挥新型储能的灵活性价值。”郑华称。

除此之外，拉大峰谷分时电价政策以及“探索将电网替代性储能设施成本收益纳入输配电价回收”意见的提出，进一步拓宽了储能多元化收益的渠道。

当前，锂离子储能、压缩空气等储能技术已经备规模化、商业化发展的能力。新型储能

规模化、市场化应用处于启动阶段，成本高、商业模式单一、市场机制不畅、成本疏导难等仍是全面实现市场化发展的棘手问题。

“当前我国电力市场相关运营规则等文件虽已在不断修改完善，市场规则与各类市场主体逐渐成熟，但现货市场试点数量有限、结算周期短、多层级市场机制间协同不足等问题仍需要进一步优化解决。”郑华坦言。

记者采访发现，尽管全国多地均已在新型储能参与各类电力市场方面有所尝试，但新型储能参与电力市场的准入条件、交易机制、结算细则等细节问题尚不清晰，试点示范模式还不成熟，地方实践对于全国新型储能市场化发展而言是否具有普适性，还有待进一步考量。

如何建立切实可行的商业模式？岳芬建议建立能够反映电力稀缺属性的电价机制或现货市场价格机制。“在现货市场建设过程中，应考虑设计存在时序和地点特性差别的电价机制，一方面引导用户用电行为与发电情况相匹配，另一方面发挥储能等灵活性资源的市场价值。”

一位不愿具名的储能企业负责人建议，应明晰储能相关受益主体，新型储能参与电力市场的准入条件、交易机制和技术标准，相关交易、调度、结算细则等。“完善‘按效果付费’的电力辅助服务补偿机制，丰富辅助服务交易品种，增加辅助服务收入电费占比，加快形成储能的收入形成机制。”

氢能产业链多环节取得突破性进展

中国能源报 2022.4.25

本报讯（记者仲蕊）报道：“发展氢能已成为各国实现碳中和目标的共同战略选择，我国将以龙头企业作为需求牵引，‘全国一盘棋’高水平布局氢能产业链。”全国政协副主席、中国科学技术协会主席万钢在近日举办的中国国际经济交流中心－联合国开发计划署氢能产业大会上强调，要以系统视角统筹推进氢能顶层规划落地，加速氢能及燃料电池商业化进程。

万钢表示，在交通、储能、发电、工业等氢能重点应用领域，应充分发挥龙头企业的牵引作用，抓住关键技术领域，提升产业技术水平。政府在鼓励产业上下游联合，努力培育补齐产业链的同时，还应优化投融资和市场环境，促进企业快速发展。“通过国家研发支持、产业扶持、示范工程等项目，鼓励整车企业、能源企业及装备制造企业联合加大对氢能及燃料电池产业的投资力度，提升产业化水平，增强行业集中度。”

记者了解到，《氢能产业中长期规划（2021—2035年）》（下称《规划》）的发布成为氢能产业发展的全新里程碑，在产业积极发展、政策支持加力的背景下，氢能制备、储运、基础设施建设等方面已取得多个突破性进展。截至目前，全国20多个省区市已发布氢能规划相关指导意见共计200余份，央企民企外企都对氢能产业展现出极大的热情。

国家能源局能源节约和科技装备司副司长刘亚芳介绍，目前，长三角、粤港澳大湾区、

环渤海三大区域氢能产业呈现集群化发展态势。在氢能制备方面，华北、西北等地区积极推进可再生能源制氢项目，电解水制氢成本稳中有降；在氢能储运方面，20兆帕气态高压输氢和高压管输拖车运输为主，积极拓展液态输氢和天然气管网掺氢运输；氢能加注方面，我国已累计建成加氢站超过250座，约占全球总数的40%，加氢站数量居世界第一，35兆帕智能快速加氢机和70兆帕一体加氢站推动加氢站技术获得突破；在多元应用方面，除传统化工钢铁等工业领域，氢能在交通、能源、建筑等其他领域正稳步推进试点应用。

“在交通领域，我国现阶段以客车和重卡为主，正在运营的以氢燃料电池为动力的车辆数量超过6000辆，约占全球运营总量的12%，已成为全球最大的氢燃料电池商用车生产和应用市场，形成了极具活力和特色的发展。”刘亚芳说。

氢能产业实现稳中有进，龙头企业在其中发挥着关键作用。万钢强调，《规划》是我国氢能产业发展的全新里程碑，在落实这一规划过程中，需要龙头企业牵引，“全国一盘棋”高水平布局氢能产业链。

刘亚芳表示，国家能源局高度重视并积极推动氢能技术与产业发展，近年来通过加强顶层设计、宏观引导，推动关键技术装备攻关，探索中长期高效利用，建立健全标准体系，积极推动氢能产业发展。“在此背景下，部分龙头企业开始探索全产业链生态、多应用场景氢能开发利用。龙头企业在氢能产业的布局已涉及制储输用各个环节，并积极探索氢能交通、氢冶金、应急电源等多元应用场景，正率先统筹数字氢能检测认证、金融与孵化等综合服务能力建设。”

2020年，工信部、国家能源局五部委联合下发《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》，先后加入的京津冀、上海、广东、河北以及河南已形成“3+2”示范城市群格局。万钢建议，可考虑在此基础上，统一规划，联合各省市，逐步构建跨区域联通氢能高速公路综合示范线，促进燃料电池汽车示范城市群跨区域联动发展。

“燃料电池汽车的发展要有一个从小到大，从量的逐步提升到实现较大突破的质变过程。”中国国际经济交流中心常务副理事长张晓强认为，现阶段要坚持安全为先，构建创新体系，因地制宜布局多元应用，重在开展试点示范，坚持“小步快走”，在保证产业“走稳走实走远”的同时，坚持开放合作，构建氢能产业发展的良好生态。

刘亚芳强调，要清醒认识到我国氢能领域发展仍存在不足，在产业链部分环节还存在一些突出问题。如氢能和燃料电池关键技术装备和国际先进水平还有差距，相关技术标准和检测认证，安全监管体系仍不健全。同时，氢能产业体系和商业模式尚不成熟，氢能制备、运输和应用等各环节尚处于初步示范阶段。“因此，应围绕全面提升氢能全产业链基础研究、前沿技术和原始创新能力，加速突破关键材料和核心技术装备攻关，重视产业化和示范应用，鼓励多样化商业模式创新，逐步降低用氢成本。”