

能 量 转 换

总 60 期
12/2022.12

剪 报 资 料

中国科学院广州能源研究所 广东省新能源生产力促进中心

中国科学院可再生能源重点实验室 中国科学院天然气水合物重点实验室

广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室

目 录

一、总论

1. 能源转型是做加法而非减法..... 5
2. 全球可再生能源快速普及..... 7
3. 不纳入消费总量控制利好可再生能源发展..... 8
4. 中沙不断深化能源领域合作 10
5. 今年能源供需回顾与明年形势研判 12
6. 不得将全容量建成作为新能源电力项目并网必要条件 15
7. 我国累计发电装机容量约 25 亿千瓦..... 16
8. “科技 + 能源” 服务新型城镇化服务 16
9. 清洁能源高质量发展需全社会共同参与 17
10. 能源保障安全需正确认识我国能源资源禀赋..... 19
11. 数读 2022 年能源工作成绩单 20
12. 新能源踔厉奋发向未来..... 21
13. 未来五年可再生能源全球装机增量或将翻番..... 23
14. 新能源大规模发展 三大难题待解 25
15. 加快建立清洁能源供应加注体系..... 27

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 新一代液流电池储能技术研究获进展 28
2. 锂电产业结构性产业过剩预警拉响——《关于做好锂离子电池产业链供应链协同稳定发展工作的通知》 28
3. 新加坡首个储能项目 GIS 通过耐压试验 30
4. 中国研发新技术缓解全球变暖 31
5. 含三万多种储能分子数据库创建 32

6. 钠离子电池产业化进程提速	33
7. 众专家给独立储能发展支招	35
8. 十措并举推动储能电池发展	37
9. 俄开发固体氧化物燃料电池新工艺	42
10. 电化学储能健康发展仍有难关要闯	42
11. 加快压缩空气储能产业化示范	45
12. 高性能导电钙钛矿量子点固体薄膜制成	46
三、碳达峰、碳中和	
1. 微电网：为实现“双碳”目标发挥“微”力	47
2. 中国碳收支有了自己的评估系统	49
3. 探索电气零碳路径	51
4. 中国对 2022 年全球减排贡献突出	54
5. 石化行业固碳潜力巨大	56
6. 深挖减排潜力 推动电碳协同发展	57
7. 各类技术助力电力行业实现数字化突破	59
8. 全国首个“双碳”地方标准体系发布	61
9. “双碳”主战场能源绿色转型见成效	62
四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1. 生物技术将“废料”变“绿色饲料”	63
2. 国内最大燃煤机组耦合生物质发电项目投产	66
3. 脱硫废水减量项目首次在百万机组成功实践	66
4. 建设“无废城市”破解固体废弃物污染困局	67
5. 探索“双碳”下生物质能发展商业道路	69
6. 华中最大固废循环经济产业园垃圾发电项目并网	70
7. 美科研人员研究将生活废水变沼气	70
8. 太原农村生活污水处理设施运行率近九成	71
五、太阳能	
1. 新型柔性光热电器件研制成功	72
2. 光伏建筑一体化离不开系统性设计	72
3. 阳光为亚洲带来金色收益	74
4. 超轻太阳能电池可将物体表面变为电源	76
5. 国内首个光伏与主粮融合项目首季水稻丰收	77
6. 精细化施策，走稳“光伏+”采煤沉陷区治理之路	77
7. 水上“漂”来绿色电	78
8. 甘肃“十四五”首座百万千瓦级光伏汇集站并网	79
9. 32.5%！钙钛矿/硅串联电池效率刷新纪录	79

10. “太阳地球工程”：让太阳光变暗给地球降温	80
11. 水库换新颜 激滟生光辉	82
12. 全球首创用防爆型大容量锂离子装置研制成功	84
13. 长三角地区首个新能源大型风光基地项目并网发电	84
14. 初心驱动探索 使命引领创新	85
六、地热	
1. 开辟地热开发利用新天地	89
七、海洋	
1. 国内外专家探索海洋新能源产业发展	92
2. 我国海洋经济稳步迈向深蓝	92
3. 海南首个海洋能源立体开发示范项目动工	95
4. 能源转型不可忽视海洋能开发	96
5. 海洋能源成为保供和转型新生力军	99
6. 新技术或可提供无限淡水	101
八、氢能	
1. 澳大利亚酝酿“超级枢纽”制氢计划	102
2. 新技术可在海水里原位直接电解制氢	102
3. “不加选择地使用氢”将拖累能源转型	103
4. 华南最大氢燃料电池供氢中心投用	105
5. 准能两项煤基纳米碳氢燃料技术被签定为国际领先	105
6. 加快突破新能源制氢系列关键技术	106
7. 2025年初步建成具有国际影响力的氢能枢纽	108
8. 不断寻求电解水制氢技术最优方案	109
9. 自主研发兆瓦级 PEM 电解水制氢装置投产	112
10. 欧盟计划建设首条大型绿氢输送走廊	114
11. 我国绿氢技术迎来持续突破	112
12. “光储氢”协同发展势在必行	115
13. 天然气掺氢拓宽深度脱碳路	116
九、风能	
1. 新能源发电持续快速增长	118
2. 海上风电如何向深远海进发	118
3. “海上风电+海洋牧场”在摸索中前行	119
4. 法国加速推进海上风电发展	121
5. 我国百米级风电叶片首次批量出口	123
6. 龙源电力主编的国内首部陆上风场测量标准发布	123
7. 全球最大漂浮式海上风电项目获核准	124

8. 交得出”“发好电”“靠得住”成海上风机制胜关键	124
9. 全国最大平价海上风电场在汕尾建成投运	126
10. 研究表明：火星风将为人类建基地提供动力	126
11. 大容量风机时代到来	127
12. 国际首例排土场风电机落户内蒙古	129
十、核能	
1. 我国重大核环保科学研究工程获关键进展	130
2. 全球最大“人造太阳”核心部件完成首件制造	130
3. “玲龙一号”全球首堆核岛安装工程开工	131
4. 我国首个核能工业供热项目建成投运	131
5. 筑起核电发展安全线	132
6. 我国首座核电超大型冷却塔开建	135
7. 我国钠冷快堆研发获积极进展	136
8. 美能源部宣布实现核聚变净能量增益	137
十一、其它	
1. 粤港澳大湾区开建首个变速抽水蓄能机组	137
2. 亚洲最大海上石油生产平台投用	139
3. 推动深水油气资源高效开发利用	139
4. 四川盆地再添超千亿方页岩气田	143
5. 全球化石燃料需求将在 15 年内达峰	143
6. 全国首部煤炭清洁高效利用省级法规出台	144
7. 能源先进产能平稳有序释放	145
8. 我国建成世界最大清洁能源走廊	146

本简报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

能源转型是做加法而非减法

——访中国工程院院士、原副院长杜祥琬

中国能源报 2022.12.5

今年以来，国际能源局势发生重大变化，欧洲能源危机正在改变世界能源供需格局，并对世界政治经济产生深远影响。世界变局之下，我国如何端稳能源饭碗？转型与变革之中，能源行业该如何锚定目标持续发力？围绕这些问题，本报记者近日专访了中国工程院院士、原副院长杜祥琬。

可再生能源资源丰富是我国能源资源禀赋重要特点

杜祥琬认为，欧洲能源危机的根源，在于其没有将能源的饭碗端在自己手里。尤其是在对俄罗斯的制裁中，更是“伤敌一千，自损八百”。为应对能源危机，目前欧洲在战术上积极发展各种能源以度过即将到来的寒冬，例如重启煤电、核电甚至柴薪等，但在长远战略上方向没有改变，仍是通过积极发展可再生能源以谋求能源独立。

尽管欧洲能源危机引发世界高度关注，但在杜祥琬看来，这并不会对我国能源基本盘产生太大影响。“我国80%的能源都能自给自足，其中，煤炭是第一贡献者。虽然油气进口可能有波动，但也基本稳定。”

在此基础上，杜祥琬强调，当前，一定要用好化石能源，尤其是煤炭。同时，应大力发展可再生能源。立足我国的能源资源禀赋，坚持先立后破。所谓“立”就是要积极发展可再生能源以及核电，实现规模化和安全稳定供应；“破”则是逐步减退化石能源，而不是化石能源的退出。“能源安全是首要的，转型是做加法而非减法。不能新房子还没盖好就把老房子拆了。”

杜祥琬的这一解读是建立在对我国能源资源禀赋的全新认识之上。长期以来，“富煤贫油少气”成为我国能源资源禀赋的代名词，但杜祥琬认为，这一说法并不完全准确。“‘富煤贫油少气’只描述了化石能源之间的关系。事实上，我国还有非常丰富的可再生能源资源，而且目前已经开发的可再生能源尚不足技术可开发资源量的1/10。我国能源资源禀赋的准确描述应该是‘富煤贫油少气，可再生能源资源丰富’。”

新型能源系统必须打破“不可能三角”

能源类型多元、影响广泛，因此，既要实现安全可靠，又要经济可行，还要绿色低碳，常常被认为“几乎不可能”，这也被称为能源的“不可能三角”。但是，要实现能源系统的高质量发展、可持续发展，就必须打破这种“不可能三角”，实现“可能三角”。

对此，杜祥琬认为，可再生能源在绿色低碳方面具备先天优势，目前成本下降也十分明显，基本符合经济可行的要求。但因为风能、太阳能等新能源“靠天吃饭”，具有波动性和间歇性，在安全可靠方面还需继续努力。这也是构建新型电力系统的核心问题，是能源科技

创新的关键点。

要解决这一问题，杜祥琬建议把新能源与灵活性资源、储能、智能电网结合起来。例如，充分发挥煤电的调峰作用，对电网进行灵活性改造。尤其要重视储能的作用，不仅要应对白天、黑夜短周期内新能源发电的不稳定性和间歇性，也要应对长周期的不稳定性，发展长周期储能技术，这是目前全球技术研发的焦点。“其中，氢能是极具潜力的储能载体。”

氢不仅可用于燃料电池、工业冶金，还可以做长周期储能。可再生能源发电具有波动性，目前还存在一定程度的消纳难题，但是，如果利用可再生能源制氢，氢便成为很好的储能形式，需要时使用，不需要时储存起来，考虑到气态氢不便运输，还可以转为液态。把氢作为长周期储能手段，与可再生能源协调配合发展，可以帮助新能源发电稳定、高质量的输出。

除了从“源”的角度加以改善，杜祥琬认为，要构建新型电力系统、建设新型能源体系，实现“可能三角”，还要在“网”的角度加以改革。长期以来，电网已经适应了以煤电为主力的电力系统。现在，电网要走向智能电网，适应各种不同的电源，包括化石能源发电和非化石能源发电、集中式发电与分布式发电。因此，电网要大力发展灵活性、数字化技术，向智能电网进化。尤其是我国中东部，未来将出现大量分布式可再生能源发电，电网必须做好准备。

能源安全保供要正确处理化石能源与可再生能源关系

杜祥琬认为，立足我国能源资源禀赋，高效清洁地用好化石能源，同时高质量地发展非化石清洁能源是主线和趋势，这是我国能源行业转型的方向，是地方政府出台相关能源政策的立足点，也是能源企业未来的机遇所在。

对于能源保供，杜祥琬认为，2021年曾在部分地区出现的电力短缺并不是因为资源匮乏、缺煤缺电，而是“市场煤计划电”机制导致煤与电各自为营，煤价高企时，煤电企业发电越多亏损越多。因此，很多拉闸限电都是因为没有处理好煤与电的关系，这是一个管理问题。

“做好煤炭这篇大文章，坚持清洁高效利用，是当前和今后一段时间的重点。同时要积极发展可再生能源和核能，实现安全可靠高质量输出，之后再稳步有序替代化石能源。”杜祥琬强调。

杜祥琬同时提醒，在大力推动新能源发展的同时，必须要求新能源能够输出优质电力，输出符合经济社会发展需要的电力，自建或购买调峰电源。新能源配储是重要方向，这就要求储能技术必须进一步发展、成本进一步降低。这也意味着，新能源发电成本需要考虑同时配置储能的成本，计算综合成本。

此外，杜祥琬还表示，在大力发展可再生能源的背景下，农村能源革命反而更易实现，农村能源转型过程中同样蕴藏着巨大的机遇和挑战。“此前，农村缺少能源，化石能源基础设施不完善。但事实上，农村的资源禀赋天然地以可再生能源为主，有丰富的风能、太阳能

和生物质能。如果把这些可再生能源因地制宜利用起来，加之不涉及大规模基础设施改造，可以有效改变以往农村缺少能源的境遇，实现转型发展。”（别凡 张子瑞）

全球可再生能源快速普及

科技日报 2022.12.5

近年来，极端天气事件频发，世界各国加快行动遏制气候变化的必要性显著上升；俄乌冲突也让世人再次认识到能源安全的重要性。鉴于此，全世界正在加快推动能源稳定供给和脱碳的步伐，可再生能源得以高歌猛进。正如国际能源署署长比罗尔所说：“不仅仅是气候变化，能源安全现状也迫使各国转向清洁能源。”

但可再生能源迅速扩张也面临相关基础设施仍不完善等障碍，此外，各国也应制订更强有力的政策，促进可再生能源领域投资大幅增加。

向可再生能源加速转型

据英国《卫报》等媒体报道，今年，英国的电费和取暖费已经翻了一番，越来越多家庭为降低电费开支开始在自家屋顶安装太阳能电池板。英国太阳能行业协会的数据显示，在8月末，每周有超过3000户安装屋顶光伏板，比两年前增加了3倍。英国并非唯一屋顶光伏四处开花的国家。据日本广播协会报道，日本东京都决定，从2025年起，新住房必须安装光伏发电系统，以削减温室气体排放。

《日本经济新闻》在11月28日的报道中指出，这只是全球可再生能源快速普及的一个小缩影。

国际能源署的数据显示，2021年全球太阳能、风能和其他可再生能源发电的产能增加创下新纪录，随着各国政府越来越多地寻求利用可再生能源的安全和气候效益，预计这一趋势在2022年还将进一步加剧。彭博新能源财经的报告显示，今年上半年，全球可再生能源投资达2260亿美元，中国占43%，成为全球可再生能源投资领域的“领头羊”。此外，今年上半年，全球太阳能和风能的融资额分别为1200亿美元和840亿美元，同比分别增长33%和16%。2022年太阳能光伏装机有望占全球可再生能源增长的60%，紧随其后的是风能和水电。而且今年和明年，全球新增太阳能光伏发电量有望再破纪录，到2023年全年达到200吉瓦。

此外，今年10月，国际能源署将5月发布的2022年可再生能源发电增幅预期从8%提高到20%。即使仅按照现行政策推进，全球可再生能源发电总量也将在2030年达到2021年的大约两倍，其中美中两国都将达到此前的两倍左右。

三大因素是“幕后推手”

可再生能源受到大力追捧的一个重要因素是：在资源价格高企的大背景下，可再生能源的成本相对下降。欧洲的天然气的价格在今年一度涨至去年的20倍以上；煤炭价格也创历史新高。国际可再生能源署指出，化石燃料的竞争力大幅下降，太阳能发电和风电变得更有吸

引力。

另外，国际能源署 11 月 4 日发布的《2022 年世界能源前景》报告称，一些关键设施和技术（包括电池、太阳能光伏和电解槽）的供应链正不断扩大，也加速了可再生能源的快速扩展。

国际能源署 10 月发布的预测显示，2022 年全球二氧化碳排放量将比去年增加 1%，虽然仍在上升，但与 2021 年 4% 的增幅相比已经大幅放缓。英国一家智库的数据也显示，得益于 2022 年 1 月至 6 月风力和太阳能发电的增长，全球减少了约 2.3 亿吨的二氧化碳排放。

国际可再生能源署今年 3 月发布的《全球能源转型展望》报告也指出：化石燃料价格高企、气候变化的紧迫性等均凸显了向可再生能源加速转型的迫切需要。

仍面临不少障碍

《日本经济新闻》在报道中指出，尽管如此，可再生能源的普及仍面临诸多难题。

首先，适用于可再生能源发电的基础设施仍不完善。比如随着可再生能源的迅速扩张，越南的输电线开始短缺。国际能源署认为，为实现在 2050 年如期达成全球碳中和的目标，到 2030 年前，针对输电网的年投资额必须提高到 8000 亿美元，是现有水平的 3 倍以上。

其次，化石燃料占比依然较多。英国石油公司的数据显示，2021 年全球可再生能源发电量已经增至 1985 年的大约 4 倍，占全球总发电量的 28%，但煤炭和天然气发电仍占 36% 和 23%。而且，由于可再生能源发电量易受天气情况影响，目前火力发电在调节供需方面仍不可或缺。

最后，《2022 年世界能源前景》报告指出，要想实现《巴黎协定》提出的将全球平均升温控制在 1.5℃ 的目标，到 2030 年全球可再生能源年投资额应达到 4 万亿美元，为此，各国应制订更强有力的措施，加大对可再生能源领域的投资。正如国际能源署此前发布的《2050 年净零排放路线图》所强调的，政策需要推动清洁能源投资在未来十年实现历史性激增。（刘霞）

不纳入消费总量控制利好可再生能源发展

中国电力报 2022.12.9

近日，国家发展改革委、国家统计局、国家能源局联合印发了《关于进一步做好新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制有关工作的通知》（以下简称《通知》），提出将有序推进新增可再生能源电力消费量不纳入能源消费总量控制，“十四五”期间每年较上一年新增的可再生能源电力消费量，在全国和地方能源消费总量考核时予以扣除。

业内人士认为，对于市场及地方政府而言，《通知》的发布将令其更有动力调整用能结构，大比例开发、使用可再生能源。能源转型发展再添解题思路。

促进绿色电力消费意义重大

随着经济的发展，特别是工业化、城镇化的进一步推进，我国能源需求量呈现不断上涨态势。能源发展如何既满足地方经济用能所需，又能在国家能源消费总量考核中“达标”？

新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制，为完善能源消费强度和总量“双控”制度提供了保障。

“新增可再生能源消费不纳入能源消费总量，将更有助于能耗‘双控’政策与碳达峰碳中和目标的衔接。”华北电力大学经济管理学院教授袁家海说。

过去10年，我国非化石能源消费占比提高了6.9个百分点，达到16.6%，绿色日益成为经济社会高质量发展鲜明的底色。为实现碳达峰碳中和的目标，我国非化石能源消费比重在2025年要达到20%左右，到2030年要达到25%左右，到2060年要达到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》明确，要实施可再生能源替代行动，大力发展风能、太阳能、生物质能、海洋能、地热能等，不断提高非化石能源消费比重。新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制，旨在鼓励可再生能源和非化石能源的发展，有助于实现中央设定的能源转型目标。

国家可再生能源信息管理中心主任赵增海认为，新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制，有利于统筹推进绿电、消纳责任权重、碳市场等相关政策机制的衔接，形成基于绿证的可再生能源电力计量体系，有助于发挥政策合力，推动能源绿色低碳转型，助力实现碳达峰碳中和目标。

同时，政策的发布还将促进全社会绿色电力消费。赵增海指出，一直以来，用电侧对于新能源的接受度是影响可再生能源发展的重要因素。《通知》将进一步激发全社会绿色电力消费意识，提升绿证市场活跃度，提高绿证认购交易量。用电侧对于可再生能源消费接受度的上升，在一定程度上将促进新能源的消纳，让实现能源绿色低碳转型更有抓手，也有利于推动我国可再生能源电力的发展。

绿证交易有望加速

《通知》明确提出“以绿证作为可再生能源电力消费量认定的基本凭证”“绿证核发范围覆盖所有可再生能源发电项目，建立全国统一的绿证体系”。

“推行绿色电力证书交易，即通过市场化的方式给予生产清洁能源的发电企业必要的经济补偿，是可再生能源产业实现可持续健康发展的有效措施，是一种市场化的补贴机制。”国家电网有限公司数字化工作部监测分析处苑帅告诉记者。

通过绿证交易推动绿电消费在国内并不是一个新鲜词汇。早在2017年我国便启动自愿绿证交易，随后我国绿证交易量持续提升，社会认可度不断增强。2021年全国绿色电力交易试点正式启动，绿电交易被视为企业践行绿色低碳用能，助力实现“双碳”目标的主要手段。

此次《通知》的下发，要求建立全国统一的绿证体系，无疑释放出积极推进绿证交易市场建设的信号。

厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强指出，可再生能源电力配额和绿色电力证书搭配的体系，是为了通过市场化的手段，发现绿色电力的市场价格，以替代逐渐退坡的财政补贴政策，是平价上网时代的可再生能源政策体系。

绿证制度实施以来，我国正在推动建立一整套规范、有效的绿证核发和交易体系，证书核发、认购交易总体趋于平稳有序。

业内人士指出，受益于相关政策的落地，国内绿证交易或将进一步加速，可再生能源企业在平价时代有望通过参与绿证交易获益，增厚自身业绩。

“从国内层面来看，通过完善绿证交易，可促进绿色能源消费，满足‘双碳’目标的发展要求。”袁家海说，绿证原则上可转让，让绿证拥有了更高的市场价值，对新能源的发展将大有裨益。

在苑帅看来，绿色电力证书作为消费绿色电力的凭证，需要制定相应的激励措施。例如在评奖评优的过程中将绿证作为一项评选依据，为认购绿证的公司加贴绿电标签等，提高企业的社会形象，调动企业和个人更多地参与到绿证的认购中。（邱燕超）

中沙不断深化能源领域合作

经济日报 2022.12.9

中国和沙特分别是全球重要的能源消费和生产国，两国具有良好的能源合作基础以及互补的能源战略，沙特多年来始终是中国可靠的能源合作伙伴和供应方。近年来，中沙两国不断拓展能源领域务实合作，推动传统能源和新能源的开发利用，取得了丰硕成果，给两国人民带来了实实在在的利益。根据中国海关数据，2022年1月至10月，中国自沙特进口原油累计金额为555.16亿美元。

当地时间12月8日，中沙双方在沙特利雅得交换了氢能领域合作文件文本。中方表示，愿同沙方加强能源政策沟通协调，扩大原油贸易规模，加强勘探开发等合作。沙方也表示，欢迎更多中国企业积极参加沙特重大基础设施建设和能源项目合作，愿同中方加强清洁能源、绿色发展等领域合作。

石油石化产业是沙特的经济命脉，沙特持续优化传统能源产业发展策略，增加行业投资和技术创新，巩固其在全球范围的优势地位。2020年，沙特出台石油可持续发展计划（OSP），整合多个政府机构、研究机构和企业等利益相关者，通过增加投资、提升技术等手段确保石化能源的利用效率和可持续性，并强化对外合作交流，在全球范围支持新兴市场发展，消除能源获取障碍。沙特阿美同年完成了对沙特基础工业公司（SABIC）70%股权的收购，整合二者石油石化产品的生产和制造战略，提升炼化业务综合能力，积极拓展下游市场。

中国在传统能源领域始终积极推动对沙特高水平合作，中资企业注重与沙方进行技术共享和产业合作，助力当地石油石化产业可持续发展。

延布炼油厂项目是中沙能源合作的典范。该厂是中国在沙特乃至中东地区最大的投资项目，由沙特阿美石油公司与中国石化共同投资 86 亿美元建设，其中中国石化占股 37.5%，年炼化产能达 2000 万吨，为当地民众创造了超过 1000 个就业岗位。近年来，中国石化利用先进的技术经验和高水平的工程团队，提升炼油技术与效率，确保项目平稳运行。本年度，中国石化与沙特阿美签署多份谅解备忘录，双方将在现有炼油化工和未来扩建项目的基础上充分发挥优势，进一步强化长期合作关系。沙特阿美下游业务高级副总裁穆罕默德·卡塔尼表示，此次签署的备忘录将进一步促进沙特阿美在亚洲的下游业务整合和拓展，通过向中国提供低碳强度的原油来满足其日益增长的能源需求。

中国国家能源局局长章建华与沙特能源大臣阿卜杜勒-阿齐兹于 10 月份举行视频会见。双方认为，当前国际形势复杂多变，给石油市场带来很多不稳定因素，但石油长期可靠供应对于市场的整体稳定至关重要，沙特将继续作为中国在原油领域最可靠的合作伙伴和供应方。

全球清洁能源转型的趋势促使沙特加快能源转型步伐。自 2017 年以来，沙特启动国家可再生能源计划（NREP），将其作为 2030 愿景组成部分，目标是到 2030 年实现新能源发电装机 58.7GW，构成发电装机总量的 50%，其中光伏发电装机量占新能源之首达 40GW。目前，沙特能源部正在进行第四轮的 5 个新能源项目招标，总装机发电量 3300MW。

中国积极参与沙特能源转型计划，与沙特公共投资基金（PIF）及其控股的沙特国际电力和水务公司（ACWA Power）等参与新能源项目的企业机构密切合作，助力推进沙特能源结构转型和绿色低碳发展，拓展了中沙双方在新能源领域的务实合作。

去年 2 月，中国电建所属山东电建三公司与 ACWA Power 签署沙特红海公用事业基础设施项目 EPC 合同，这是中资企业在沙特承建的首个大型基建类综合体项目，包括光伏、储能、电网、海水淡化、供水管网、废水处理等诸多模块，其中红海新城储能项目储电量高达 1300MWh，是全球最大储能项目。今年 10 月，中国能建与 ACWA Power 签署了阿尔舒巴赫 2.6GW 光伏电站项目授标协议，主要工程包括光伏电站的设计、采购、施工及调试工作。该项目是全球最大的在建光伏电站，预计为当地提供 3000 个就业岗位，每年减少碳排放量约 312 万吨。沙特国际电力和水务公司董事会主席穆罕默德·阿布纳彦对双方务实合作表示高度赞赏，期待与中国能建持续深化务实合作，创新合作模式，实现互利共赢。

此外，中沙双方正积极探索合作开拓第三方能源项目。沙特期待抓住我“一带一路”倡议的重大机遇，借助中国企业的海外项目运作优势，与我共同探索国际能源市场的合作机会。

9 月，丝路基金与 ACWA Power 签署股权购买协议，向其购买乌兹别克斯坦锡尔河天然气发电站项目 49% 股权。沙特驻华大使阿卜杜拉赫曼·哈勒比在 11 月会见丝路基金董事长朱隽时表示，期待进一步加强在可再生能源等可持续领域的合作，助力“一带一路”倡议与沙特“2030 愿景”规划相对接。沙特能源大臣阿卜杜勒-阿齐兹在上述会见中也与我谈

及了在“一带一路”沿线国家开展合作和联合投资。沙方表示，愿利用自身衔接三大洲的区位优势为中国制造商建设区域中心，从而加强能源供应链方面的合作。

中沙能源合作符合双方共同利益，两国能源领域高水平合作的不断深入必将为两国乃至全球经济复苏与发展作出更大贡献。（罗怀伟）

今年能源供需回顾与明年形势研判

中国能源报 2022.11.28

编者按：

岁末之时，亦是复盘前瞻之际。今年以来，面对全球能源供需格局的深刻变化，中国能源行业锚定“双碳”目标，着力夯实能源安全基石，稳步推进绿色低碳转型，努力构建新型电力系统，能源供应链、产业链弹性韧性进一步增强，有效应对了全球能源供应的巨大波动。未来一个时期，面对更加错综复杂的国际形势和能源市场上的一些不确定性，主管部门该如何决策，能源行业该如何发力，能源企业该如何布局？为此，本报推出“复盘2022 前瞻2023”专栏，希望为这些“时代之问”探寻应对之策。

2022年我国能源领域深入贯彻落实党中央、国务院关于能源保供各项决策部署，能源保供能力不断提升。随着稳经济一揽子政策和接续政策措施的推进落实，国民经济延续恢复发展态势，能源消费同比增长2.5% -2.6%，全社会用电量增长3.8%左右。预计2023年，经济稳步回升，能源消费总量持续增长，全社会用电量增长5.5%。

2022年能源生产与消费分析。

（一）国内经济呈现回稳向上态势。

受疫情反弹影响，今年前三季度我国经济呈现二次探底、再回升的“V”型变化特点。面对2021年年底的经济下行压力，宏观政策前置发力，一季度经济增速有所回升。4月，受新冠肺炎疫情和俄乌冲突影响，我国多项经济指标大幅走弱。5月，疫情防控形势总体好转，主要宏观指标降幅收窄。在疫情缓和与更多稳定经济大盘的政策措施落地作用下，6月份主要经济指标企稳回升，供需两端加快恢复。7-9月，疫情防控形势总体稳定，稳增长政策持续落地，主要经济指标持续恢复。今年四季度，外需拉动趋弱，疫情多发散发拖累消费，但随着我国将继续推动稳经济一揽子政策措施全面落地、充分显效，巩固和拓展了经济回稳向上态势，后续经济恢复的预期和信心持续增强。。

（二）能源生产保持稳定，能源消费持续增长。

《2022年能源工作指导意见》中明确全国能源生产总量达到44.1亿吨标准煤左右，近三年每年能源净进口量10亿吨标准煤左右（2021年11亿吨标准煤）。根据1-10月份进口情况，预计2022年进口量约为10亿吨标准煤左右。

根据初步测算，前三季度能源消费总量同比增长2.5%。预计全年能源消费总量同比增长2.5% -2.6%，为53.7亿吨标准煤左右，非化石能源消费占比同比提高0.6个百分点，

为17.3%左右。煤炭占比提高0.4个百分点，石油下降0.7个百分点，天然气下降0.3个百分点。

（三）煤炭生产同比减少，电煤库存处于高位。

国内生产方面，煤炭企业扎实做好煤炭增产增供工作，在确保安全的前提下继续挖潜增产，煤炭产能稳步释放，煤矿开工率维持高位，煤炭产量同比快速增长。1-10月，生产原煤36.9亿吨，同比增长10.0%。进口方面，受全球能源供需紧张影响，进口煤和内贸煤价格倒挂，煤炭进口意愿受到抑制，1-10月我国进口煤炭2.3亿吨，同比下降10.5%。

煤价高位运行，但总体在合理区间。2月25日，国家发改委发布《进一步完善煤炭市场价格形成机制》的通知，设定了煤炭中长期交易价格合理区间。秦皇岛港下水煤（5500千卡）中长期交易价格每吨570-770元（含税）较为合理。山西地区热值5500千卡的煤价合理区间为370-570元/吨，陕西为320-520元/吨，蒙西为260-460元/吨，蒙东为200-300元/吨。现货价格上限不超过中长期价格上限的50%。由于国家采取了加强中长期合同履约率监管等一系列保供稳价措施，今年以来煤价总体运行在合理区间。

电煤库存处于历史高位。在保供稳价政策引导下，全国电厂库存水平同比大幅增长。迎峰度夏前，全国统调电厂存煤达到1.6亿吨以上，同比增加5000多万吨，可用天数32天。迎峰度夏期间（6-8月），电煤供需两旺，电煤库存充足，处于历史最高水平。9月以来，电煤供应持续向好，全国统调电厂存煤保持在1.7亿吨以上，比去年同期增加了约1倍。

（四）油、气生产同比增长，价格震荡下行。

原油生产同比上升、进口同比下降，国际原油震荡下行。1-10月，生产原油17098万吨，同比增长3.0%；进口原油41353万吨，同比下降2.7%。截至11月20日，布伦特原油现货离岸价格为87.41美元/桶，较今年高点已下降约34%。

天然气生产同比上升、进口同比下降，天然气价格下降。1-10月，生产天然气1785亿立方米，同比增长6.0%；进口天然气8874万吨，同比下降10.4%。国内天然气价格下降，11月上旬，国内液化天然气（LNG）价格为6154元/吨，环比下降10.4%；液化石油气（LPG）价格为5323元/吨，环比下降0.4%。

（五）电力供应较快增长，全社会用电量同比增长3.8%。

1-10月，从电力需求看，全国全社会用电量同比增长3.8%，逐月增速波动较大。分产业看，三次产业和城乡居民生活用电量增速分别为9.9%、1.7%、4.2%、12.6%，受极端高温天气影响，居民生活用电两位数增长，成为用电增长主要拉动力。从电力供应看，截至10月底，装机容量为25.0亿千瓦，同比增长8.3%。从电力供需平衡看，受高温干旱天气影响，迎峰度夏期间全国电力供需平衡面临空前严峻挑战，山东、上海、江苏、浙江、安徽、湖北、湖南、河南、江西、陕西、四川、重庆等省市先后执行负荷管理措施，川渝地区首次在汛期出现“电力电量双缺”。

立足全年，从电力需求来看，经济方面，稳增长政策持续发力，四季度经济增速继续回

升；气温方面，国家气候中心预计今冬明春气温较常年同期略偏高，但仍可能发生阶段性强降温过程，采暖电量将平稳增长，预计 2022 年我国全社会用电量增长 3.8% 左右。从电力供应看，预计全国新增发电装机总规模约 2.8 亿千瓦，年底装机容量为 26.4 亿千瓦，比上年增长 11.1%。从电力供需平衡看，预计今冬明春全国电力供需总体平衡偏紧，华东、华中、西南电网电力供需紧张。。

2023 年能源供需形势研判。

（一）经济稳步回升，能源消费总量持续增长。。

总体来看，2023 年，国际环境和新冠肺炎疫情仍存在不确定性。全球经济下行风险加大，外需动能减弱，我国出口难以保持较快增长。国内疫情管控更加科学，疫情对经济的影响逐步减弱，国内消费、投资成为国内经济平稳增长的主要动力，消费的支撑作用增强。政策持续支撑，投资保持平稳。先进制造业投资增速提升，新型基础设施投资快速增长，稳地产政策下房地产投资恢复性增长。疫情防控更加精准，疫情对消费及服务活动影响进一步减小，消费增速将显著回升。参照权威机构预测结果，预计 2023 年全国 GDP 增速为 5.0% 左右，三次产业对 GDP 增长的贡献分别为 5.8%、41.0% 和 53.2%。综合考虑经济发展、能耗双控考核方式调整、新基建发展、能效提升、能源替代等因素，预计 2023 年能源消费总量达到 55 亿吨标准煤左右，增速达 3% 左右，单位 GDP 能耗持续下降，非化石能源占比达到 18% 以上。。

（二）煤炭供需基本平衡，煤价逐渐进入合理区间。。

2023 年大概率煤炭产量同比上升、进口同比减少，产能投放力度和供应能力增量较大。今年上半年煤炭需求较弱，明年煤炭需求主要受“保交楼”政策、疫情、国际形势的影响。目前来看，稳住基本盘最有效、最见效的手段还是基础设施建设，预计明年传统经济对煤炭的需求比今年 5-9 月中旬的情况要强，但是全年整体需求与今年基本持平。电力行业主要决定了需求的总量，随着风光核发电占比上升，预计明年电煤需求增幅较小。综合来看，供给侧增速较快，需求侧增速较低，煤炭供需朝宽松方向发展，叠加油气价格高位运行挤压进口量，明年煤炭供需基本平衡，煤价逐渐进入合理区间。。

（三）油气供需博弈加剧，价格持续高位震荡。。

欧盟对俄罗斯原油的禁令临近，且 OPEC 收紧原油供给端，但出于对经济衰退的担忧，近期原油市场疲软。中短期，原油价格仍将围绕 80-100 美元/桶高位震荡，甚至仍有上涨的可能性。当前美国天然气库存持续维持历史较低水平，受地缘政治影响，欧洲或持续维持增加 LNG 进口以减少对俄罗斯管道气依赖，而美国为欧洲 LNG 进口主要供应国，不能排除 2023 年全球天然气荒的可能性。在当前全球供需格局下，叠加地缘政治的影响尚未消退，油气价格仍将在未来一段时期处于高位震荡区间，我国进口量可能进一步缩减。。

（四）电力需求稳步增长，供需平衡偏紧。。

从电力需求来看，经济方面，稳增长政策持续发力，国内经济逆势上行，但仍落后于潜

在增长水平；气温方面，根据国家气候中心预测，当前拉尼娜事件将延续到 2023 年冬季，通常发生拉尼娜事件后，我国大部地区冬季气温将较常年同期偏低；加之全球变暖背景下，夏季气温较常年同期大概率偏高，气温因素仍将在 2023 年用电增长中发挥正向作用，预计 2023 年我国全社会用电量增长 5.5%。从电力供应看，预计全国新增发电装机约 3.2 亿千瓦，年底装机容量为 29.6 亿千瓦，比上年增长 12.2%。从电力供需平衡看，迎峰度夏和迎峰度冬期间，预计全国电力供需平衡偏紧，华北、华东、华中、西南高峰时段电力供需紧张。。

能源形势应对建议。

一是做好极端天气下能源供需形势分析研究。气象因素对能源电力系统的影响日益增大，极端天气下能源供应难以保障。今年夏季受罕见高温干旱天气影响，四川部分主力水电厂水库相继见底，8 月中旬四川水电日发电量较 7 月初断崖式下降 5 成左右。预计 2023 年夏季气温接近常年同期到偏高，大概率出现大范围持续性高温天气，亟需建立极端天气下能源供需分析的研究框架和方法理论，提高能源供需预测准确度。

二是构建能源安全预警体系。建立健全能源安全信息沟通制度，加强煤炭、石油、天然气等能源供、耗、存监测，加强水情跟踪监测，提升水情预报准确性。加强能源安全应急保障制度建设，针对安全警戒线下的供应主体企业进行必要的监督考核，保障能源安全供应和国民经济稳定运行。

三是提高新能源消纳能力。加强风电、太阳能等新能源发展规划，进一步明确新能源新增建设规模、装机布局和开发时序，深化水新联动柔性调度机制应用，推动风电、光伏电站按需求配置储能装置，引导社会资本有序参与建设储能电站，不断拓展清洁能源消纳空间。（刘之琳 刘青 姚力 郑海峰 李江涛）

国家能源局：

不得将全容量建成作为新能源电力项目并网必要条件

中国能源报 2022.12.5

本报讯 11 月 28 日，国家能源局发布《关于积极推动新能源发电项目应并尽并、能并早并有关工作的通知》（以下简称《通知》）。

《通知》指出，各电网企业在确保电网安全稳定、电力有序供应前提下，按照“应并尽并、能并早并”原则，对具备并网条件的风电、光伏发电项目，切实采取有效措施，保障及时并网，允许分批并网，不得将全容量建成作为新能源项目并网必要条件。

今年以来，我国新能源发电持续快速增长并保持较高利用水平，第四季度新能源投产并网较为集中。保证新能源发电项目及时并网，既有利于增加清洁电力供应，发挥新能源在“迎峰度冬”期间的保供作用，也有利于促进能源清洁低碳转型，助力实现碳达峰碳中和目标。

《通知》要求各单位加大统筹协调力度，加大配套接网工程建设，与风电、光伏发电项目建设做好充分衔接，力争同步建成投运。同时，科学组织力量，优化工作流程，合理安排工期，在确保安全生产和做好疫情防控工作的前提下，做好各项工作，为能源电力供应保障发挥积极作用。

《通知》指出，对于第一批、第二批大型风电光伏基地项目，由各省级能源主管部门梳理本行政区域内尚未提交接网申请、接网送出工程建设滞后及接网送出工程未纳入国家或省级电力规划情况；各电网企业梳理本供电营业区内尚未提交接网申请及接网送出工程未纳入国家或省级电力规划情况；各发电企业梳理本企业接网送出工程建设滞后情况，形成清单，并于2022年12月5日前将清单反馈国家能源局新能源司。（仲能）

国家能源局发布1~10月份全国电力工业统计数据

我国累计发电装机容量约25亿千瓦

中国电力报 2022.11.24

本报讯（记者杨鲲鹏）11月22日，国家能源局发布1~10月份全国电力工业统计数据。

截至10月底，全国累计发电装机容量约25.0亿千瓦，同比增长8.3%。其中，风电装机容量约3.5亿千瓦，同比增长16.6%；太阳能发电装机容量约3.6亿千瓦，同比增长29.2%。

1~10月份，全国发电设备累计平均利用3083小时，比上年同期减少103小时。其中，火电3619小时，比上年同期减少52小时；核电6226小时，比上年同期减少245小时；风电1817小时，比上年同期减少10小时。

1~10月份，全国主要发电企业电源工程完成投资4607亿元，同比增长27.0%。其中，太阳能发电1574亿元，同比增长326.7%。电网工程完成投资3511亿元，同比增长3.0%。

“科技+能源”服务新型城镇化服务

中国电力报 2022.12.12

日前，科技部、住房城乡建设部联合印发《“十四五”城镇化与城市发展科技创新专项规划》，明确在国家可持续发展议程创新示范区、雄安新区以及京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝地区等重点区域，建设一批高品质绿色健康建筑和低碳宜居示范城市。一起来看看，“科技+能源”如何与新型城镇化相融合

基本原则

坚持绿色低碳可持续发展。面向碳达峰碳中和目标，狠抓城镇化领域绿色低碳技术攻关，全方位全过程推行绿色规划、绿色建造、绿色运维、绿色消纳，有效降低能源消耗与温室气体排放

重点任务

►加强绿色健康韧性建筑与基础设施研究

为推进绿色建筑与基础设施建设，提升人居环境，提高居民满意度和获得感，通过整合信息化、新能源和新材料技术，在基础理论和设计方法、工程技术标准、新型绿色建材、围护结构系统和部品、高效机电设备、高性能绿色建筑、健康社区与健康建筑、韧性城市等方面实现全链条技术产品创新并进行集成示范

►加强城镇发展低碳转型系统研究

★以建筑领域积极落实碳达峰碳中和目标为导向

★面向城镇能源系统发展目标

★从单纯追求能源消费侧的节能减量转变为以低碳发展为导向的能源消费侧革命

★积极开展城镇低碳发展表征评价方法与监测系统、城市低碳能源系统、光储直柔新型配电系统、市政基础设施低碳减排与提质增效、城市生态修复与功能完善、零碳建筑、绿色消纳等关键技术与装备研究

★推进零碳零排放城市示范

清洁能源高质量发展需全社会共同参与

中国能源报 2022.12.12

党的二十大报告提出，立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰行动。深入推进能源革命，加强煤炭清洁高效利用，加快规划建设新型能源体系。积极参与应对气候变化全球治理。

如何构建新型能源体系？在构建新型能源体系的过程中，清洁能源将扮演怎样的角色？如何推动清洁能源高质量发展？在12月6日召开的“清洁能源多一小时”公益活动启动仪式暨清洁能源发展论坛上，多位业内专家、企业人士就相关问题展开深入探讨。

可再生能源资源基础丰厚

国家发改委资源节约和环境保护司司长刘德春9月22日公开表示，2012年以来，我国以年均3%的能源消费增速支撑了年均6.6%的经济增长，能耗强度累计下降26.4%，相当于少用了14亿吨标准煤。

“能源强度和碳强度逐步下降是走向碳达峰的必要步骤。”中国工程院院士、中国工程院原副院长，国家能源咨询专家委员会副主任杜祥琬指出，虽然近年来我国的能源强度和碳强度已经有了明显降低，但目前仍明显高于世界平均水平，比发达国家高得很多。同时，产业结构偏重、能源结构偏煤、效率偏低、高碳发展路径依赖惯性大等四大挑战不可忽视。“实现‘双碳’目标是一个复杂的系统工程，是一个长达几十年的科学转型过程，政策性很强，需要把握好节奏，积极而稳妥，防止一刀切、简单化，同时也要防止转型不力带来落后和无效投资。”杜祥琬表示。

在杜祥琬看来，能源低碳转型与保障能源安全并行不悖，不仅要保障能源的供需安全，能源、经济社会发展也需要有合理的增长。“从长期来看，供给侧的优化、提效、服务将增强能源安全性和独立性。可再生能源比例的增高使能源的安全性、独立性更好。”

同时，杜祥琬强调：“要重新认识我国能源资源禀赋，把能源资源禀赋跟‘先立后破’联系起来，只有正确认识了能源资源禀赋，才知道‘立什么’。我们有的‘可立’，也有的‘可破’。要看到丰富的可再生能源资源，这是我国资源禀赋的重要组成部分。所以，我国发展高比例可再生能源的资源基础是丰厚的。”

风光担大任要把全产业链做好

与会专家认为，以风光等为代表的新能源将成为能源变革的主力军。相关数据显示，我国到2050年实现88%左右的一次能源来自于清洁的可再生能源是技术可行、经济可行的。在能源低碳转型的过程中，以风光为主的清洁可再生能源将发挥重要作用。

“风和光要担当大任，不仅要增加装机，更要高质量发展。”在杜祥琬看来，在多能互补的未来，可以通过电力交易来解决调峰问题。“我国已经提出，新能源发电企业可以自建或购买调峰能力。虽然风和光有一定的间歇性，但通过自建或者购买调峰能力，做好调峰，可以实现高质量发电。”

天合光能股份有限公司董事、常务副总裁曹博介绍，天合光能持续推动“四高一低”，即超高功率组件、电池组件更高效率、更高可靠性、更高发电量以及持续降低光伏的度电成本。25年来，天合光能提供的清洁电力产品累计发出1350亿度清洁电，相当于减排二氧化碳13460万吨、二氧化硫405万吨、碳粉尘3672万吨。

杜祥琬指出，目前，由于技术进步、成本下降，风光经济性大大增加，成为风光大发展的前提。同时，风电和光电本身都有庞大产业链，也需要把整个产业链做好，包括从前端材料科学到后端循环利用，才能支撑风光长远发展，以核心技术和新科技争得发展权。

消费者积极参与同样重要

杜祥琬表示，实现碳达峰碳中和不仅有路径、可操作，还可以带动一系列技术进步，带来新能源、新电力、新工业、新交通、新建筑，推动新产业、新经济和生态文明。在他看来，车棚、公路、桥梁等应用场景都可以采用BIPV。“全国可用的建筑面积大约有200亿平方米，可以装20亿千瓦的光伏发电，这是很有潜力的分布式光伏。”凯盛科技集团副总经理王丛笑也提到，BIPV让建筑走向负能耗发展。

国际能源署署长高级顾问安丰全表示，实现“双碳”目标需要大量的行动，覆盖经济社会的方方面面，包括经济结构、产业结构、外贸结构和能源结构的持续优化。同时，实现“双碳”目标还需要科技创新的重大突破及其产业化，特别是绿氢技术、储能技术、CCUS技术以及一些重化工低碳化工艺技术，没有这些技术的革命性突破，未来全球碳中和的任务难度将进一步加大。

安丰全表示，发展清洁能源不仅需要发挥企业的生力军作用，而且需要全社会的共同参

与。企业是推动清洁能源发展的主力军、生力军，无论是清洁能源的科技创新还是清洁能源项目的开发建设、运营以及清洁能源的消纳利用，都需要企业的积极参与、创新性参与，同时也需要全社会的积极参与。

世界自然基金会（瑞士）北京代表处首席代表卢伦燕表示：“发展可再生能源不仅仅是发电端和输电端的事，电力消费者也应该参与到这个过程中，这样才能更好地形成全社会共识。”（杨梓）

能源保障安全需正确认识我国能源资源禀赋

中国电力报 2022.12.12

党的二十大报告要求，积极稳妥推进碳达峰碳中和，立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰行动，深入推进能源革命，加强煤炭清洁高效利用，加快规划建设新型能源体系，积极参与应对气候变化全球治理。重新认识我国的能源资源禀赋，是正确认识本国国情的要素，是影响我国能源政策、能源战略的关键点，对于确保国家长远的能源安全、引导能源转型具有方向性、战略性的意义。

我国能源资源禀赋新认识

我国能源低碳转型的资源基础丰厚，科学技术基础坚实。曾以“富煤贫油少气”对我国能源资源禀赋进行的描述，是化石能源在我国一次能源中占绝大多数时的认识，然而放在当前发展形势和客观情况下看，这一描述忽略了我国可再生能源资源丰富的特点。因此，需要根据最新实践和研究数据，完整准确理解我国能源资源禀赋，为我国能源转型奠定准确的基础认知。

首先，要正确认识所谓“富煤”。根据谢和平院士《碳中和目标下煤炭科学产能资源量及支撑能力分析》一书数据，我国现有煤炭科学产能可供开发资源量约为 3258 亿吨，其中在产煤矿可供开发资源量约为 1710 亿吨。这意味着，如果仅考虑在产煤矿现有可供开发资源量以及现有的技术和回采率水平，按照 40 亿吨左右的年产量规模，我国煤炭产能只能支撑 40 年左右。所以，“富煤”相较于国内油气资源而言，是“相对富煤”。但对比全球，我国人均煤炭资源占有量仅为世界平均水平的一半。

其次，要充分评价可再生能源的潜力。BP 发布的《2022 年世界能源统计回顾》数据显示，2021 年风能和太阳能发电量占全球发电量的比例首次超过 10%，达到 10.2%。同年，我国风电、光伏发电量占全社会用电量的比重达到 11.7%。目前，我国水电、风电、光伏、生物质发电装机规模稳居世界第一。风电、太阳能发电的装机容量均超过 3 亿千瓦。即便如此，可再生能源已开发资源量尚不足其技术可开发资源量的十分之一。

最后，要准确把握我国油气资源的新增态势。目前我国石油的年产能为 2 亿吨左右，天然气的年产能可在 2000 多亿立方米。尽管我国石油公司在努力加大勘探力度、提升增储上产能力，但数量级并没有变化。自然资源部数据显示，截至 2021 年底，我国石油、天然气剩

余探明技术可采储量分别达 36.89 亿吨、63392.67 亿立方米，由此可计算出二者的储采比分别仅为 18 年、30 年左右。

不能忽视可再生能源资源的利用

全球能源体系深刻变革，能源低碳转型的必要性已经形成共识。把能源饭碗端在自己手里，更不能忽视可再生能源资源的利用，因为这是我国自己可以掌控的，它不依赖国际地缘政治的变幻，有利于能源体系的独立性和安全性。

基于现阶段能源电力保供形势与能源转型发展策略，建议如下：

一是节能提效。这是我国能源战略之首，也是绿色低碳的第一能源，更是保障国家能源安全、供给安全、环境安全、气候安全的要素。在化石能源为主的能源结构下，节能提效仍是减排的主力。

二是清洁高效利用煤炭。基于化石能源资源的有限性、重要性，仍需充分发挥煤炭的“压舱石”作用和煤电的基础性调节性作用，大力提升油气勘探开发力度。

三是坚持先立后破原则，大力发展非化石能源。尤其是推动风电和太阳能发电高质量发展，以及水电、核电重大工程建设，因地制宜发展生物质能、地热能等其他可再生能源。同时，要坚持集中式和分布式相结合原则发展可再生能源。纵向建立源网荷储一体化，横向构建多能互补，通过智能电网集成新能源和储能等灵活性资源，使电力系统具有柔性平衡功能，实现优质的电力输出。在可再生能源可靠替代、顶峰出力的基础上，实现化石能源逐步减退。

四是低碳转型和能源安全并行不悖。我国的人口规模要实现中国式现代化，既要保证目前 80% 以上的能源自给率，也要保证未来长远的能源安全，需始终确保能源安全，这是兼顾当下和长远的大计。（杜祥琬）

数读 2022 年能源工作成绩单

中国电力报 2022.12.31

12 月 30 日，2023 年全国能源工作会议在北京召开。国家能源局发布 2022 年能源工作成绩单。

99.999%

圆满完成党的二十大保电任务，北京地区供电可靠率达到 99.999% 的最高标准

44.5 亿吨

全力推动煤炭增产增供，煤炭总产量约 44.5 亿吨、同比增长 8%

2 亿吨、2170 亿立方米

全力推动油气增储上产，原油产量重回 2 亿吨，天然气产量超过 2170 亿立方米

2 万亿元

加快推进一批保供应、调结构、稳增长的重大工程，预计全年全国重点能源项目完成投

资 2 万亿元左右

1.2 亿千瓦

第一批大型风电光伏基地 9705 万千瓦已全部开工，第二批、第三批基地项目陆续推进，全年风电光伏发电新增装机预计 1.2 亿千瓦以上

20 亿吨

预计全年电煤中长期合同实际兑现量约 20 亿吨，稳住电煤供应的基本盘

1800 亿元

全面完成提升“获得电力”服务水平主要目标任务，基本实现用电报装“三零”“三省”服务全覆盖，累计为电力用户节省办电投资超过 1800 亿元

2023 年能源工作 8 大重点任务

深入学习宣传贯彻党的二十大精神

全力提升能源生产供应保障能力

着力调整优化能源结构

着力加快科技自立自强

着力深化重点领域改革

着力加强能源监管

着力加强能源国际合作

着力以高质量党建引领能源高质量发展

新能源踔厉奋发向未来

中国能源报 2022.12.12

“推动绿色发展”——党的二十大报告锚定方向，我国经济社会发展目标明确。回首 2022 年，作为能源绿色发展的主力军，光伏、风电等可再生能源频迎政策利好，产业发展蹄疾步稳。展望 2023 年，在加快实施可再生能源替代行动、持续扩大清洁供给的道路上，中国新能源正踔厉奋发。

政策红利持续释放“十四五”发展思路明晰

碳达峰碳中和“1+N”政策体系中统领性文件已于 2021 年发布。回顾 2022 年，新能源领域的“N”个支持政策密集出台。

站在“十四五”发展的关键节点，国家及各地方层面的可再生能源发展规划相继出炉。《“十四五”可再生能源发展规划》明确提出，以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点，加快建设黄河上游、河西走廊等七大陆上新能源基地；重点建设山东半岛、长三角、闽南等五大海上风电基地集群；重点部署城镇屋顶光伏行动、“光伏+”综合利用行动、千乡万村驭风行动、千家万户沐光行动、新能源电站升级改造行动等九大行动。“十四五”期间发电量增量在全社会用电量增量中的占比有望超过 50%，风电和太阳能发电量将实现翻倍。

在国家目标的指引和昭示下，各省区因地制宜，提出“十四五”期间可再生能源发展的个性思路。浙江指出，要大力发展生态友好型非水可再生能源，实施“风光倍增”工程；山东明确，要打造山东半岛千万千瓦级海上风电基地、鲁北盐碱滩涂地千万千瓦级风光储一体化基地、鲁西南采煤沉陷区光伏发电基地、外电入鲁通道可再生能源基地；青海表示，要积极打造国家级光伏发电和风电基地；以生态保护为前提，探索三江源地区新能源开发新模式。

在夯实风电、光伏发展政策体系的基础上，在储能、氢能、生物质能等细分领域，政策红利也在不断释放：新型储能的技术创新、试点示范等重点任务部署明确；氢能“能源属性”定位明晰；生物质能迎来首个五年规划，“生物能源环保产业示范工程”稳扎稳打。

财政支撑、科技支撑，加持乡村振兴、助力城市减碳，交通、建筑多领域融合，2022年，可再生能源发展在多方面政策的保驾护航下行稳致远。

装机消纳持续向好制造业势头强劲

数据是最好的佐证。国家能源局新能源和可再生能源司副司长王大鹏在四季度新闻发布会上指出，2022年前三季度，我国风电新增装机1924万千瓦、光伏发电新增5260万千瓦、生物质发电262万千瓦，分别占全国电力新增装机的16.8%、45.8%和2.3%。截至2022年9月底，我国风电累计装机达到3.48亿千瓦、光伏发电装机3.58亿千瓦。可再生能源发电量稳步增长。2022年前三季度，全国风电发电量达到5441亿千瓦时，同比增长15.9%；光伏发电3286亿千瓦时，同比增长32.2%。与此同时，可再生能源持续保持高利用率水平。2022年前三季度，全国风电平均利用率96.5%，光伏发电平均利用率达98.2%。

在市场驱动下，制造业发展势头强劲。中国光伏行业协会名誉理事长王勃华指出，在光伏供应端，今年前三季度，我国多晶硅、硅片、电池片、组件产量分别达到55万吨、2.56亿千瓦、2.09亿千瓦和1.91亿千瓦，同比分别增长52.8%、43%、42.2%和46.9%。在充分的市场竞争下，风电整机价格下行，对风电平价上网形成有力支撑。在机组性能提升上，相关数据显示，国内风电机组的大型化进程持续推进，2022年，单机功率为10兆瓦及以上风电机组陆续问世，国内风电机组最高功率纪录已达到16兆瓦。

2022年，我国积极推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地规划布局，目前第一批9500万千瓦基地项目已全部开工建设，第二批项目清单已经印发并正在抓紧推进前期工作，第三批基地项目正处于组织谋划之中。狠抓“大基地”的同时，整县屋顶分布式光伏开发试点也在稳步推行，截至今年6月底，全国试点累计备案规模6615万千瓦。在山东半岛、长三角、闽南、粤东和北部湾等区域，海上风电基地的建设有序推进。

累累硕果之下，我们也必须正视发展中暴露出的问题与挑战。这一年，我国开展可再生能源国家补贴清查工作，大量新能源电站经历“史上最严”审查，并网时间、容量等细节标准引发全行业热议；这一年，我国光伏供应链出现阶段性供需错配，部分环节价格剧烈震荡、高位运行，当前虽已出现下行拐点，但下游观望氛围依旧浓厚。

发现问题、直面问题才能更好发展，面向 2023 年，中国可再生能源前行的步伐不会停歇，脚步会更加坚实。

面向未来持续扩大清洁能源供给

国家发改委能源研究所可再生能源发展中心副主任陶冶指出，面向 2023 年乃至更长一段时间，增强能源供应能力，就要统筹推动非化石能源发展和化石能源清洁利用。

加快实施可再生能源替代行动，持续扩大清洁能源供给，做好风、光、水、核等清洁能源供应体系建设工作。同时发挥好煤炭、煤电在推动能源绿色低碳发展中的支撑作用。

展望 2023 年，放眼“十四五”，王大鹏指出，在生产方面，我国将继续优化发展方式，大规模开发可再生能源。在“三北”地区大力推进风电和光伏发电基地化开发，在中东南部地区积极推进风电和光伏发电分布式开发，在西南地区统筹推进水风光综合基地一体化开发，在东部沿海地区积极推动海上风电集群化开发。

在消费方面，促进存储消纳，高比例利用可再生能源。加快建设新型电力系统，提升可再生能源存储调节能力，强化电网基础设施支撑，加强可再生能源终端直接利用，扩大可再生能源非电利用规模，推动可再生能源规模化制氢。

在技术方面，坚持创新驱动，高质量发展可再生能源。加大可再生能源技术创新攻关力度，补齐技术装备短板，加快培育新模式新业态，提高产业链现代化水平，提升供应链弹性韧性，持续巩固提升我国可再生能源产业国际竞争力。

在体制方面，健全体制机制，市场化发展可再生能源。深化“放管服”改革，完善可再生能源电力消纳保障机制，健全可再生能源市场化发展机制，建立健全绿色能源消费机制。

在国际合作方面，坚持开放融入，深化可再生能源国际合作。积极参与全球能源转型变革，深度融入共建“一带一路”高质量发展和构建人类命运共同体战略布局。（姚金楠 董梓童 李丽旻）

国际能源署《可再生能源 2022》报告指出：

未来五年可再生能源 全球装机增量或将翻番

中国能源报 2022.12.19

近日，国际能源署（IEA，International Energy Agency）发布的《可再生能源 2022》（Renewables 2022）报告（以下简称“报告”）指出，全球能源危机将史无前例地推动可再生能源发展势头。未来五年可再生能源的全球总容量增长将几乎翻番，在取代煤炭成为最大发电来源的同时，并有可能将全球变暖限制在 1.5 摄氏度。

◆可再生能源将改变全球电力结构，成为最大的电力来源

全球能源危机，推动可再生能源的强劲发展。报告提到，近期化石燃料供应的中断更加凸显了可再生能源的安全效益，这使许多国家加强了支持可再生能源的相关政策。同时，全球化石燃料价格上涨提高了光伏和风力发电的相对竞争力。

“未来五年的可再生能源产能扩张将比我们一年前的预期要快得多。在 2022 - 2027 年，主要预测显示，可再生能源将增长近 2400 GW，相当于中国目前的全部装机容量。这比前五年的增长了 85%，比去年的报告预测增长了近 30%，这是 IEA 有史以来最大的一次预测上调。”报告指出，在预测期（2022 - 2027 年）内，可再生能源将占全球电力容量扩张的 90% 以上。预测上调主要是由中国、欧盟、美国和印度推动的，这些国家都在实施现有的政策、监管和市场改革，同时在应对能源危机时比预期更快地推出新政策。

到 2025 年初，可再生能源将超过煤炭，成为全球最大的发电来源。预计在预测期内，可再生能源在电力结构中的份额将增加 10 个百分点，2027 年将达到 38%。可再生能源是唯一有望增长的发电来源，煤炭、天然气、核能和石油发电的份额将下降。

值得注意的是，报告提到，尽管中国逐步取消了风能和太阳能补贴，但随着未来五年增长速度的加快，预计 2022 - 2027 年中国将安装全球可再生能源电力的近一半。“中国《‘十四五’可再生能源发展规划》政策方针表现了其雄心勃勃的可再生能源目标、市场改革和强有力的政府支持。在主要预测中，预计中国将提前五年实现 2030 年的目标，即风力和太阳能发电总量达到 1200 GW。”

◆ 防止供应短缺，探索新的关键增长领域

到 2027 年，太阳能装机容量有望超过煤炭装机容量，成为世界上最大的装机容量。报告预测，2022 - 2027 年，累计太阳能发电量几乎翻三倍，增长近 1500 GW，到 2026 年超过天然气，到 2027 年超过煤炭。

此外，全球风力发电能力几乎翻了一番，海上项目占增长的五分之一。预计在 2022 - 2027 年期间，超过 570 GW 的陆上风电容量将投入运营。全球海上风电增长加速，因为中国的快速扩张，欧洲海上装机容量的份额将从 2021 年的 50% 降至 2027 年的 30%。

报告指出，未来五年，风能和太阳能发电量将增加一倍以上，在 2027 年提供全球发电量的近 20%，并占全球可再生能源发电量增长的 80%，这对电力系统灵活性提出了额外的要求。与此同时，包括水电、生物能源、地热和集中太阳能在内的可调度可再生能源的增长仍然有限，尽管它们对风能和太阳能融入全球电力系统方面发挥着关键作用。

“未来五年，致力于生产氢气的全球可再生能源产能将增长 100 倍，为工业和运输业脱碳提供了机会。”报告指出，预计在 2022 - 2027 年期间，各大洲超过 25 个国家推出的政策和目标将使达 50 GW 的风能和光伏发电能力重点用于制氢。其中，中国引领增长，澳大利亚、智利和美国紧随其后。

到 2027 年，三分之一新的生物燃料生产将来自废物及残渣。欧洲和美国的运输温室气体减排政策正在推动全球对废物及残渣的需求。美国的《通胀削减法案》政策奖励温室气体浓度较低的燃料，推动生物燃料生产商专注于废物及残渣；在欧洲，现有的可再生能源政策和成员国政策也奖励利用废物和残渣制造生物燃料；新加坡和中国也在扩大利用废物和残渣生产可再生柴油和生物喷气机，以服务于欧洲和美国市场。

◆应对挑战，缩小当前可再生电力与“净零”的差距

与此同时，报告明确了目前全球可再生能源所面临的挑战。首先，报告指出，可再生能源供暖的增长速度不足以遏制化石燃料的使用。

2022 - 2027 年，用于供暖的可再生能源消费量预计将增加近三分之一。到 2027 年，可再生能源在热能方面的使用率将从 11% 提高到 14%。可再生能源目前受益于政策势头，在工业和建筑部门，可再生能源在电力部门中的份额不断增加，并更多地依赖电力供暖，包括通过热泵供暖。然而，可再生能源的发展不足以控制化石燃料的热消耗。

报告还指出全球可在生能源发展的加速案例：若各国能够应对政策、监管、许可和融资挑战，全球可再生能源产能将比主要预测增加 25%。大多数发达经济体在实施方面面临挑战，并需要可再生电力在供暖和运输部门更快地普及；而在新兴经济体，政策和监管的不确定性仍然是可再生能源加速扩张的主要障碍；最后，发展中经济体由于电网基础设施薄弱，以及无法获得可负担的融资等因素，阻碍了项目的及时投产。“如果各国能够应对这些挑战，全球可再生能源产能可能会增加近 3000GW。这一更快地增长将大大缩小 2050 年净零排放所需的可再生电力增长差距。”（杨晓冉）

新能源大规模发展 三大难题待解

中国能源报 2022.12.19

“新能源大规模高比例发展不能一蹴而就”“我国是在电力需求刚性高速增长的情形下发展新能源，能源系统面临巨大的挑战”“过高的新能源利用率会导致系统附加成本的快速上升”“目前新能源发展面临的土地约束开始显现”，这是记者在中国能源研究会 12 月 13 日举行的“大规模、高比例发展新能源的可行路径”会上听到的声音。

与会专家认为，将新能源转化为稳定电力供应的技术体系尚未形成，构建以新能源为主体的新型电力系统，面临电力保供、生态红线、经济性等诸多挑战。新能源大规模发展需要把握转型节奏，统筹考虑“能源安全性、可持续性、经济可承受性”三要素来构建更系统、更稳妥的发展路径。

■电力系统调度复杂性陡增

在业内人士看来，新能源靠天吃饭带来的出力不稳定增加了电力电量平衡难度。随着清洁能源占比逐渐提升，电气化水平不断提高，能源供应保障的重心和责任主体将逐步向电力系统转移。

“高比例新能源电力系统，不仅易引发电力系统运行安全的问题，还涉及到供应安全的问题。”国网能源研究院新能源研究所所长李琼慧表示，新能源发电空间分布广、单体数量大、运行特性复杂。目前，国网经营区大型新能源场站超 6000 个、低压接入的分布式发电系统约 260 万个。未来，全国集中式和分布式新能源发电单元将达数千万个，信号数量可达数十亿。“高比例新能源电力系统是一个多时空尺度、多层级、多系统耦合的复杂巨大系

统，电网调度运行更为复杂，复杂海量的控制信号数据带来了网络安全隐患。”

“新能源在系统电量比例达到 30% 时，不仅是电力系统运行安全的问题，还涉及到供应安全的问题。”李琼慧表示，目前，国内煤炭供需格局失衡引发大范围电煤短缺和供电紧张的风险依然存在。与此同时，新能源同时率水平低，波动大，供电保障能力不足。新能源“大装机小电量”、“极热无风晚峰无光”特征显著。区域范新能源年平均同时率较低，仅 17% 左右，对尖峰电力支撑能力有限。尤其是冬季负荷晚高峰期间，水电支撑能力下降、光伏出力基本为零，冬季保供用电负荷晚高峰时段只能按照装机水平 15% 的保障性出力纳入电力平衡。

电力规划设计总院清洁能源研究院副院长饶建业也提出，不同于欧美国家在达到基本饱和和用电量情形下发展新能源，我国是在电力需求刚性高速增长的情形下大力发展新能源，这对能源保供以和能源转型提出更高的要求。

记者采访获悉，明年电力供需形势将依然偏紧，随着疫情防控政策的调整，很多省份将会迎来经济增长和用电需求的快速增长，可能加剧明年部分地区的用电缺口。

■■区域环境承载力冲突加大

与会专家认为，除了要协调考虑新能源的消纳和保供问题外，应考虑新能源大规模开发利用与区域环境承载力的冲突。

自然资源部国土空间规划局明确，位于生态功能极重要、生态极脆弱区域零星的已建风电、光伏等设施可划入生态保护红线，新建风电、光伏等设施应避让生态保护红线。一些省区相继出台了相关生态保护规划和政策，部分省区提出全域一半以上的国土划入生态保护红线，已批准在建运营的矿山、风电、光伏等项目到期退出。

水电水利规划设计总院综合能源部主任工程师李少彦认为，在发展空间方面，由于能量密度低，新能源发展高度依赖土地，相比较于百万千瓦火电厂用地约 800 亩，同规模的光伏电站占地 2.5 - 3 万亩、风电场用地 2000 亩（外包络线 15 万亩）。面向碳达峰碳中和要求，新能源持续大规模发展面临的土地约束开始凸显，为此，应首先在国土空间规划中预留出新能源发展空间，同时探索开发场地融合、多样化场景的发展模式。

在李琼慧看来，要依托技术创新破解环境承载压力，可以充分考虑生态承载能力，鼓励开发建设具有生态修复作用的“新能源 +”项目，加快推进以沙漠、戈壁、荒漠化地区为重大的大型风电光伏基地项目建设。

■■系统施策降低转型成本

业内人士认为，新能源与传统电源不一样，其本身不能随着负荷的需求变化而调节，所以，保障能源安全、推进“双碳”目标在相当长时间内是需要付出经济代价的，对此需要有充分的制度和政策准备。

“研究新能源经济性问题，要从三个维度需要考量。一是宏观经济的维度，从国家层面、环境代价来讲，发展煤电虽然便宜，但是煤电本身造成的环境损失综合算下来肯定不如

风光。”李琼慧表示，二是行业经济性和项目经济性维度，新能源平价，可能是从项目上网、项目本身的经济性来谈，但是新能源电在电力市场不同时段价格不一样，所以现在谈的平价更多的讨论是从项目维度谈度电成本，但问题是谈项目经济性时不谈行业经济性问题，这样的讨论是没有太大价值的。三是需要从行业层面或者说系统层面看新能源的经济性问题，需要考虑新能源消纳的系统成本，新能源开发布局 and 开发时序，不仅要考虑项目本身经济性，还要考虑从输送到终端，从整体电力系统考虑新能源经济性。

李琼慧认为，未来需要优化新能源开发布局 and 时序，系统施策降低转型成本。要加强新能源规划与电力系统规划的协调，避免大幅推高电力供应成本。新能源不同的开发布局 and 时序的带来的系统成本不同。研究表明，2021 - 2030 年，新能源开发采用“优化开发时序”相比“无序开发”模式，电力供应成本上升幅度可降低约 1.6 个百分点。（苏南）

加快建立清洁能源供应加注体系

国办印发《“十四五”现代物流发展规划》

中国电力报 2022.12.20

本报讯（记者 王若曦）12 月 15 日，国务院办公厅发布《“十四五”现代物流发展规划》（以下简称《规划》），明确“十四五”时期推动构建现代物流体系，推进现代物流提质、增效、降本。为推进物流领域节能减排，《规划》明确在运输、仓储、配送等环节积极扩大电力、氢能、天然气、先进生物液体燃料等新能源、清洁能源应用。加快建立天然气、氢能等清洁能源供应和加注体系。

针对物流结构性降成本，《规划》提出支持港口、铁路场站加快完善集疏运油气管网，有效对接石化等产业布局，提高管道运输比例。

针对发展绿色物流，《规划》提出加强货运车辆适用的充电桩、加氢站及内河船舶适用的岸电设施、液化天然气（LNG）加注站等配套布局建设，加快新能源、符合国六排放标准等货运车辆在现代物流特别是城市配送领域应用，促进新能源叉车在仓储领域应用。继续加大柴油货车污染治理力度，持续推进运输结构调整，提高铁路、水路运输比重。推动物流企业强化绿色节能和低碳管理，推广合同能源管理模式，积极开展节能诊断。

对于绿色物流，《规划》还提出建设绿色低碳物流创新工程。依托行业协会等第三方机构，开展绿色物流企业对标贯标达标活动，推广一批节能低碳技术装备，创建一批绿色物流枢纽、绿色物流园区。

针对提高专业物流质量效率，《规划》提出优化能源、矿产、粮食等大宗商品物流服务，提升沿海、内河水运通道大宗商品物流能力，扩大铁路货运班列、“点对点”货运列车、大宗货物直达列车开行范围，发展铁路散粮运输、棉花集装箱运输、能源和矿产重载运输。此外，《规划》还提出有序推进油气干线管道建设，持续完善支线管道，打通管网瓶颈和堵点，提高干支管网互联互通水平。

二、热能、储能、动力工程

中科院金属研究所

新一代液流电池储能技术研究获进展

中国科学报 2022.12.

本报讯（记者沈春蕾）近期，中科院金属研究所材料腐蚀与防护中心腐蚀电化学课题组在新一代低成本全铁液流电池储能技术领域取得了一系列进展。

水系液流电池技术以其本质安全、环境友好等优势，成为长时储能领域首选技术之一。但是，现阶段较高的钒价格，在一定程度上限制了技术成熟度最高的全钒液流电池技术规模化发展。全铁液流电池以中性氯化亚铁作为活性物质，成本低廉、环境友好、能量密度高，但铁负极存在析氢、水解和铁枝晶团簇问题，严重制约了铁负极和全铁液流电池的长期循环稳定性。

针对这一问题，研究人员在氯化亚铁水溶液中引入柠檬酸钠，强配体柠檬酸根通过羧基与 Fe^{2+} （铁离子）结合形成稳定的配位结构，改变了 Fe^{2+} 在水溶液中固有的六水合结构形式，进而抑制水解及避免还原过程中的析氢反应，有效改善了 Fe/Fe^{2+} 沉积 - 溶解反应的可逆性，组装的全铁液流电池实现了 99.3% 的电流效率、70% 的能量效率和 300 圈循环 100% 的高容量保持率，循环寿命提升了 11 倍。

研究结果证明，配位化学设计策略可有效改进铁负极固有问题，为实现全铁液流电池铁负极高效沉积 - 溶解反应提供了新途径。相关研究成果发表于《材料化学杂志 A 辑》。

研究还发现，配位化学设计策略在提升全铁液流电池循环可逆性方面效果显著，但高结合能下铁配位结构的氧化还原电位会发生偏移，限制了全铁液流电池高功率输出特性。

针对这一问题，研究人员选取富含极性基团的极性溶剂 DMSO 作为负极溶液添加剂，得益于极性溶剂的双功能调控，组装的全铁液流电池可实现 $134 \text{ mW}/\text{cm}^2$ 的输出功率密度、75% 的能量效率和 98.6% 的容量保持率，循环稳定性提升了 130%，为低成本长寿命全铁液流电池技术产业化开发提供了技术支撑。相关研究成果发表于 Small。

锂电产业结构性产能过剩预警拉响

《关于做好锂离子电池产业链供应链协同稳定发展工作的通知》

中国能源报 2022.11.28

11月18日，工信部和市场监管总局联合发布《关于做好锂离子电池产业链供应链协同稳定发展工作的通知》（以下简称《通知》），其中特别指出，国内锂电产业链供应链部分环节产能盲目扩张，低质低价竞争时有发生。

近年来，锂电全产业链热度有增无减。但在此背景下，盲目扩产、产能过剩等隐忧逐渐

浮现。多位业内人士提醒锂电结构性产能过剩将至，企业与地方需控制节奏，因时因需推进扩产。

■扩产潮再现

《通知》指出，近来随着下游需求及产业规模爆发式增长、疫情复杂多变、经济下行压力加大等因素影响，国内锂电产业链供应链阶段性供需失衡严重，部分中间产品及材料价格剧烈波动超出正常范围。

上海钢联的数据显示，11月23日电池级碳酸锂均价达59万元/吨。记者注意到，与去年同期相比，其价格已翻了十余倍。

供需失衡是锂电原材料上涨的一大因素。中汽协的数据显示，今年1-10月，我国新能源汽车销量达548.5万辆，同比增长1.1倍。根据此前预测，今年新能源汽车销量将达600万辆。除动力电池外，储能等需求的扩大也带动了锂电需求的上升。

事实上，锂电相关企业扩产并不是新消息。今年以来，包括宁德时代、国轩高科、赣锋锂业、亿纬锂能、欣旺达、孚能科技等主要锂电上下游企业相继宣布多个扩产计划。

近一个月以来，扩产消息仍不断。10月26日，国轩高科连发两份公告称，拟在广西柳州和安徽合肥再建两大动力电池生产基地，磷酸铁锂和三元锂电池产能合计30吉瓦时，累计投资115亿元；10月30日，欣旺达东风宜昌动力电池生产基地项目在宜昌高新区生物产业园正式开工，项目总投资120亿元，规划建设30吉瓦时动力电池产能，项目分两期建设，其中一期为20吉瓦时产能；10月31日，蜂巢能源在四川遂宁基地举行了蜂巢能源遂宁动力电池锂离子电池项目投产仪式。据悉，遂宁基地建设采用分步建设、分步投产模式。此次投产的是遂宁基地一期项目，未来满产后产能可达20吉瓦时；11月18日，蜂巢能源申报科创板IPO获上交所受理，拟募集资金150亿元在常州、湖州多地投建动力电池项目……

与此同时，锂电扩产项目逐渐向矿产资源丰富地区靠拢，部分地区也在积极争取电池企业落户，四川宜宾、四川遂宁、山东枣庄、江西宜春等地均在争抢“锂电之都”。

■结构性产能过剩将至

不过，下游新能源汽车行业景气度持续攀升使得锂电产业链供应链积极扩产的同时，也给整个行业带来隐忧。

今年3月，中国科学院院士欧阳明高就已发出电池产能过剩预警。他表示，2025年中国电池产能可能达到3000吉瓦时，届时电池出货量可达1200吉瓦时，产能将大幅过剩。

11月16日，亿纬锂能董事长刘金成再次提醒：“明年，最晚到后年，从锂矿开始，全产业链都会过剩。”他进一步表示，唯一不会出现过剩的是质量上乘、成本低的电池产品。

此前，一位业内人士在接受记者采访时指出，我国锂电产业链存在优质产能不足、劣质产能过剩现象。近日，璞泰来表示，在中低端负极材料方面，因其在技术门槛、资金门槛与产品品质、一致性等方面要求较低，市场新进入者将主要集中在中低端市场。因此，未来在传统、量化的细分产品领域中可能形成供大于求的竞争格局；中高端负极材料的进入门槛较高，使得新增供给规模相对有限，未来仍可能存在有效供给不足的情形。

江西新能源科技职业学院新能源汽车技术研究院院长张翔表示，“通常，企业扩产投资都会进行可行性论证。在这个过程中，产能过剩、投资浪费，甚至没有回报的现象都会存在。新能源车企在采购电池时，会选取比较优质的供应商。规模较小、技术水平较低的供应商很容易被淘汰，其产能未来就会造成浪费。”

■ 因时因需稳步发展

“产能过剩会使投资没有回报，最终导致企业破产，这都是资本的浪费，还会导致一些竞争力差的供应商用低质低价电池吸引车企。车企使用低质低价电池装车后会降低车辆性能，例如，电池性能过早衰减，甚至发生自燃爆炸等。”张翔表示。

在张翔看来，长期低质低价竞争不利于企业长久生存，也会使整个行业无法良性发展。还有业内人士认为，锂电产业链未来结构性失衡局面可能形成。

“虽然整体看来锂电产业扩产速度和实际下游需求匹配，但目前电池行业还是投资太热、资本太多，大家都急于在这个行业寻找商机。”张翔坦言。

《通知》明确，在关键材料供应稳定、研发创新投入充足、配套资金适量充裕的前提下，因时因需适度扩大生产规模，优化产业区域布局，避免低水平同质化发展和恶性竞争，建立创新引领、技术优先、公平竞争、有序扩张的发展格局。

根据 GGII 的预测，2025 年全球动力电池及储能出货量合计将达 1966 吉瓦时，相当于 2021 年全年动力电池装机量的 6.6 倍。“地方政府在对锂电投资扩产项目进行审批时，一定要核实企业的真实技术水平，衡量其产品未来是否具有竞争力，企业究竟能不能盈利，能不能给地方政府带来真正的 GDP 增长以及能否切实解决就业问题。对于盲目扩产的企业与低质低水平的产品坚决不要引入，这样才能保证行业健康有序发展。”张翔表示。（杨梓）

新加坡首个储能项目 GIS 通过耐压试验

中国电力报 2022.11.28

本报讯（全欢）11月4日~6日，中国西电集团所属西安西电开关电气有限公司（以下简称“西开电气”）承担的新加坡能源局首个储能项目——裕廊岛储能项目，Banyan 站、Sakra 站 66 千伏 50 千安 GIS 现场交流耐压试验均一次性通过，为电站的如期送电奠定了坚实基础。

Banyan 站、Sakra 站位于新加坡西南部的裕廊岛工业园内，是新加坡首个电池储能项目，也是东南亚最大的能源储存系统，项目总规划容量为 200 兆瓦/200 兆瓦时，项目建成投运后将加快岛上落实洁净能源解决方案，减少碳排放量。

西开电气承担裕廊岛储能项目两个站 66 千伏 50 千安 GIS 生产安装任务，该项目为新加坡地区首户外 GIS 项目，西开电气高度重视项目的履约情况。在设计阶段多次组织技术专家召开评审会，制定个性化的设计方案及应急预案。在生产阶段，西开电气与各成套单位商讨成套难点、确认成套需求，第一时间拉动相关单位生产成套，保证项目能够按期开工。

中国研发新技术缓解全球变暖

参考消息 2022.12.8

俄罗斯自由媒体网 12 月 6 日刊发记者康斯坦丁·奥利尚斯基撰写的题为《中国科学家知道如何缓解全球变暖阻止世界末日》的报道，全文编译如下：

全球变暖可能在不久的将来停止——中国科学家将冷却地球。他们发明了一些革命性技术，可以减少温室气体排放和储存绿色能源。

借助这些技术，中国的目标是到 2030 年前实现二氧化碳排放达到峰值、2060 年前实现碳中和。

“吃”二氧化碳的微藻

中国依然是全球最大的温室气体排放国。这主要是因为中国大部分的电力仍依赖煤炭。与此同时，中国受全球变暖的影响也很大。2020 年在中国发生的灾难性洪水造成了数百亿美元的经济损失。

此前人们一直缺乏以有利可图的方式来利用二氧化碳。中国学者发现，藻类可以“吃”二氧化碳，且比树木还快。

中国科学院青岛生物能源与过程研究所团队研究了微藻的能力，它们能吸收二氧化碳并产生可作为生物燃料的油。

单细胞微藻存在于世界各地的水体中。中国科学家建议培育一种新的经过基因编辑的藻类，它将能够比现有微藻更快地处理二氧化碳。

新型微藻可以产生更高浓度的富芳烃生物燃油。

超级钒电池

在不久的将来，利用先进技术可以储存“清洁”能源。中国科学院大连化学物理研究所团队开发了这样一种技术：全钒液流电池。

研究人员表示，钒电池安全、可靠、寿命长、可循环利用、对环境友好。辽宁省已经建成基于该技术的大连液流电池储能调峰电站，（按照中国居民日常生活每日人均用电 2 度左右计算）可以供应 20 万居民一天的用电需求。

该电站相当于一个“电力银行”，起到“削峰填谷”的作用：在电网用电低谷时，利用风能、太阳能等可再生能源发电给电池充电；在电网用电高峰时，将储存于电池中的化学能转化为电能进行放电。

中科院大连化学物理研究所副所长李先锋说，以风能、光能为代表的可再生能源具有波动性和间歇性，这对电网稳定运行与能源持续供应提出了重大挑战。大规模储能电站对于促进新能源高比例消纳、保障电力安全供应具有重要作用。

新型制冷技术

中国科学院合肥物质科学研究院固体物理研究所的研究人员提出了一种绿色环保制冷新

思路。

随着人口增长、城市化和生活质量改善，全球制冷需求将继续增长。同时，由于全球变暖，肉类和奶制品行业也受到影响。奶牛因气候炎热体重增长缓慢，产奶量下降。全球变暖令美国畜牧业每年损失约 400 亿美元，全球损失数千亿美元。

各国牲畜饲养者在奶牛场使用专门的制冷设备。然而，现有制冷设备主要采用气体压缩循环技术，通过制冷剂达到制冷效果，能耗较高，且进一步加速了全球变暖。

中国研究人员发现，正构烷烃（石蜡的主要化学成分）在一定压力驱动下通过液态、固态相变能够实现制冷效果，为发展绿色环保的新型制冷技术开辟了新思路。

制冷行业的二氧化碳排放量是全球总排放量的重要组成部分。

中国科研人员利用石蜡液态、固态相互变化从而产生热响应的环保制冷技术，可以使制冷设备在不久的将来实现零碳排放。

含三万多种储能分子数据库创建

可加快氧化还原液流电池开发

科技日报 2022.11.30

科技日报北京 11 月 29 日电（记者张梦然）荷兰基础能源研究所（DIFFER）科学家创建了一个包含 31618 个分子的数据库，这些分子有可能用于未来在储能方面前景广阔的氧化还原液流电池。同时，研究人员使用人工智能和超级计算机对这些分子特性进行了识别。研究成果发表在 28 日的《科学数据》杂志上。

近年来，化学家设计了数百种分子，这些分子有可能用于液流电池的储能。DIFFER 团队设想，可在数据库中快速轻松地访问这些分子的属性。然而，问题在于许多分子的特性是未知的。分子特性的例子包括氧化还原电位和水溶性等。这些特性很重要，因为它们关系到氧化还原液流电池的发电能力和能量密度。

为了找出分子迄今未知的特性，研究人员执行了四个步骤。首先，他们使用台式计算机和智能算法创建了两种分子的数千个虚拟变体。这些醌类和氮杂芳烃分子家族，擅长可逆地接受和提供电子，这对电池非常重要。研究人员随后为计算机提供了 24 种醌、28 种氮杂芳烃以及 5 个不同的化学相关侧基的骨架结构，计算机由此创造了 31618 种不同的分子。

第二步，研究人员使用超级计算机计算了每个分子的近 300 种不同特性，计算机使用量子化学方程式来做到这一点。这些公式很难求解，而功能强大的超级计算机正是一种得心应手的工具。第三步，研究人员使用机器学习来预测分子是否可溶于水。最后一步则创建了一个人类和机器可读的数据库。

研究创建的数据库是可开放获取的，DIFFER 以外的研究人员亦可轻松地开发氧化还原液流电池搜索可能的分子。例如，他们可简单地购买或合成分子并进一步研究它们。此外，科研人员还可使用该数据库来改进机器学习模型，以加快设计用于储能的高质量分子。

【总编辑圈点】

之前的圈点文章中介绍了可即时预测任何材料的结构和属性的 AI 算法，今天的这篇也有些相似。科研人员创建了一个包含了数万种分子的数据库，并利用人工智能和超级计算机来识别分子的特性。这些分子是为液流电池的储能而设计的。与锂电池相比，液流电池具有安全性高、循环寿命长、生命周期性价比高等优势，被视为大规模储能技术的首选技术之一。如今，全球的科研人员都可以从这个的数据库搜寻自己感兴趣的分子，改进自己的模型，推动技术的进步。

钠离子电池产业化进程提速

中国能源报 2022.12.5

“我国首套钠离子电池行业标准——《钠离子电池术语和词汇》《钠离子电池符合和命名》正在业内征求意见，争取在明年完成报批工作。”在近日召开的钠离子电池产业链与标准发展论坛上，中国电子技术标准化研究院副院长刘贤刚透露，下一步，将根据钠离子电池技术发展现状和趋势，组织钠离子电池领域相关单位积极开展钠离子电池的标准体系研究，通过制定适用的标准支撑钠离子电池产业的健康持续发展。

随着标准的出台，钠离子电池发展有了量度和规范。在锂资源短缺、价格大幅度上涨的情况下，钠离子电池获得政策力推、资本争相入局，多家企业更是宣布电池及正负极、电解液材料量产在即，行业已然驶入发展快车道。

■ ■ 加快发展迫在眉睫

近年来，电化学储能、电动汽车发展势头迅猛，但其关键原材料锂资源严重依赖于进口，触发业内担忧。市场将目光转向替代或备选技术——钠离子电池。

“钠离子电池在资源丰富度、成本、安全性等方面具有一定优势。”国家市场监督管理总局标准技术管理司信息技术与自动化标准处处长刘大山指出，近年来，我国钠离子电池逐步进入规模化示范阶段，在低速电动车、储能领域崭露头角，部分企业开始小批量生产，相关测试数据较为乐观。未来，随着产业投入加大，高性价比的钠离子电池有望成为锂离子电池的重要补充，对于保障我国能源安全意义重大。

据悉，钠元素在地壳中储量丰富且分布均匀。钠离子电池与锂离子电池结构和工作原理非常相似，关键材料都包括正极、负极、电解液和隔膜，企业生产线可以快速切换和上量。

“原材料在电池成本构成中占比超过 60%。目前锂离子电池原材料碳酸锂价格已超过 50 万元/吨，而钠离子电池原材料碳酸钠价格仅为 3000 元/吨。”兴储世纪首席电池科学家刘杨指出，钠离子电池正负极集流体可用成本更低的铝箔替代铜箔，可以进一步降低成本。

中国工程院院士陈立泉认为，随着产业链的完善、技术成熟度的提高和规模效应，钠离子电池成本有望比磷酸铁锂电池低 20% 以上。在低速电动车辆和储能领域，钠离子电池将成为主流。

中科院大连化物所储能技术研究部副研究员郑琼预计，到 2025 年，国内钠离子电池的潜在需求量将达 123 吉瓦时，有望形成 537 亿元的市场空间。

■ ■ 产业链初步形成

今年以来，我国钠离子电池发展加速。国家发改委、能源局的规划文件中多次提及钠离子电池，提出尽快推动钠离子电池市场化应用。市场上，企业融资和电池生产线落成，以及正负极材料、电解液投产运行的消息接连发布。

中科海纳总经理李树军透露，作为国内首家专注于钠离子电池开发与制造的企业，公司一期年产 2000 吨正负极材料产线已建成，预计明年完成二期 2 万吨正极、1 万吨负极材料产线投建；2024 年完成 10 万吨正极、5 万吨负极材料线项目建设。在电芯产业化方面，明年，中科海纳安徽阜阳产线将扩产至 3 - 5 吉瓦时，2024 年与客户合作扩产至 10 吉瓦时以上。

电解液开发方面，新宙邦相关人士表示，该公司已完成钠离子吨级生产的工艺开发，钠离子电池新型添加剂和溶剂在江苏翰康和湖南福邦规划量产。多氟多此前也宣称，其具备年产千吨六氟磷酸钠的生产能力，拥有从六氟磷酸锂产线快速切换六氟磷酸钠产线的工程技术。

目前，虽然我国钠离子电池已初步建立起“材料 - 电芯 - 系统”的产业链，但要实现产业化还面临诸多问题。以正极材料为例，“钠离子电池正极材料包括过渡金属氧化物、普鲁士蓝类化合物、聚阴离子类化合物三种类型。过渡金属氧化物是主流材料选择，理论能量密度和电压平台均高，但循环性能、稳定性较差；普鲁士蓝类化合物成本较低，材料稳定性好，但制备过程中难以控制配位水，可导致循环性能、稳定性差；聚阴离子类化合物热稳定性好、电压平台高，但理论能量密度低，导电性差。”刘杨指出，钠离子电池材料体系尚未完全确定，关键材料性能还有待提升，生产工艺技术成熟度不够且尚未出现规模效应。整体来看，行业还处于研发和产业化初期，预计在 2025 年钠离子电池才能开启真正意义上的产业化发展。

■ ■ 发挥标准引领作用

“在锂离子电池领域，我国发布并实施了多项锂离子电池安全强制性国家标准。这些标准的制定和实施对提高市场准入门槛，保障消费者生命财产安全具有积极意义。”刘大山指出，钠离子电池的标准化工作刚刚开始，在产业发展初期更需要制定基础性标准，发挥规范引领作用。

工信部电子信息司基础处处长金磊认为，钠离子电池正处于技术攻关的关键时期，要支持产业链生态链协同发展，继续支持和引导钠离子电池加快创新成果转化，特别是要加强生产工艺的突破，促进批量生产和规模应用，并通过对上游材料、工艺、设备等环节的提前布局，促进全面协同发展。还要加强标准化引领，继续加快钠离子电池有关产品材料以及上下游相关标准的制定，推动产业的健康发展。

李树军建议，要以正负极材料产能为先导，合作研发生产高性价比电解液，构建钠离子电池产业化基础能力；以电芯产能为依托，进行钠离子电芯的定义和定型，引导技术路线规格和制造工艺的标准化。以储能系统的示范推广探讨不同应用场景下钠离子电池系统技术架构，促进钠离子电池系统的快速应用。

中科海钠董事长胡勇胜指出，今年是钠离子电池产业化的关键之年，国内已率先实现材料和电芯的量产，但要真正完善产业链，还需要大量资金的投入。他呼吁企业将市场筹集到的资金真正用于完善钠离子电池产业链，切实推进钠离子电池产业化进程。（卢奇秀）

众专家给独立储能发展支招

中国能源报 2022.12.12

“新能源空间和时间上的电量不平衡与传统电力系统形成尖锐冲突”“新能源爆发式增长给电力系统带来颠覆性影响”“新能源和储能宛如孪生姐妹，相互支撑发展”“交给电力市场，才能真正体现出储能价值”……这是记者在近日召开的第七届中国储能西部论坛上听到的业内声音。

与会专家认为，储能大规模发展势在必行，独立储能市场潜力巨大。未来，储能将重构电力系统。短期内，储能可平抑电力不平衡，长期看，储能可平抑能量不平衡。业内人士认为，要实现我国储能产业的大规模发展，除了技术要不断进步外，还需要完善政策机制，加速构建电力市场等。

独立储能将成主流

今年以来，我国风电、光伏等新能源发展势头强劲。国家能源局发布的最新数据显示，截止到10月底，全国风电、光伏累计装机容量分别为3.5亿千瓦和3.6亿千瓦，分别同比增长了10.6%和29.2%。

中关村储能产业技术联盟理事长、中国能源研究会储能专委会主任委员陈海生表示，据不完全统计，截至今年10月，全国已有27个省份明确了储能装机规划，总规模达73.6吉瓦。从各省规划来看，多数省份鼓励发展新能源加储能的应用模式，鼓励建设集中式的共享储能和电网侧的储能示范项目。“随着‘双碳’目标的推进和可再生能源占比的不断提高，电力系统中储能的配置比例以及配置时长都会不断提高，大规模储能建设成为大势所趋。”

华能天成租赁有限公司产业链金融业务部总经理助理林佳荔表示，未来储能发展将经历三个阶段。2030年之前，以2-3小时的新型储能项目为主，技术路线主要是磷酸铁锂；2030年之后，随着规划的大批抽水蓄能项目逐渐投运，抽蓄将起到重要的支撑作用；2035年之后，当优势的抽蓄资源开发殆尽，4小时以上的长时新型储能将成为市场主力，包括压缩空气储能、液流储能以及氢能。

“未来，独立储能是主流发展趋势，”林佳荔表示，独立储能自2021年开始呈现爆发式增长。2021年，我国已投运的独立储能项目达1.3吉瓦，同比增长195%，主要分布在山

东、江苏、湖南等 8 个省份，其中山东、江苏、湖南均有百兆瓦级的独立储能项目投运。2022 年上半年，我国规划在建的独立储能项目已达 45 吉瓦，在规划在建新型储能项目中的占比超过 80%。据中关村储能产业技术联盟预测，未来 5 年，独立储能年均新增装机规模将达 7.2 吉瓦，市场潜力巨大。

确定合理规模是关键

在储能进入发展快车道的同时，还需要清醒地认识到，这一行业还面临着很多挑战。“首先，政策机制不完善，直接影响了独立储能的项目收益能力以及收益的稳定性。”林佳荔表示，其次，储能收益来源比较单一，我国电力市场建设尚处于初期，相关政策和规则仍不完善，中长期交易、现货交易及辅助服务市场、省间与省内市场衔接机制不够成熟，储能系统的多重价值评估以及认定还比较困难。最后，在建期储能项目资金需求量大，但匹配民营投资主体在建期的资金供给有限，资金与项目进度错位。这也是当前储能项目规划规模较大，但实际投运较少的重要原因。

林佳荔建议，对于政策和机制不完善，应总结先进省份独立储能政策以及实际投运项目的经验，结合各省实际情况，充分考虑地方政府、电网企业、新能源场站业主以及储能投资方等各方利益诉求，实现多方共赢。对于收益来源比较单一的问题，最行之有效的解决方法是通过建立市场化程度较高的多层次统一电力市场体系来解决。对于民营投资主体在建期资金供需不平衡问题，建议选择产业金融能力较强，最好是拥有在建期储能项目投资成功案例的金融机构，根据不同区域不同收益来源特点设计融资方案，为独立储能匹配在建期资金支持。

国网西北分部副主任范越认为，在新型电力系统中，电力不足与弃电并存，总量平衡中新能源电量占比较高，导致过程平衡难度增大。整体对局部除了电力支援，还有调峰共享等，省间潮流交换更为频繁。储能的应用对系统安全、保供、消纳具有重要意义。但是，目前储能行业发展存在合理规模如何确定的问题。“大规模储能会带来巨额的电价分摊压力，所以，储能规划宜采取国、网、省三级迭代的优化方式确定规模。我们需要对各类储能的配置需求进行分析计算，各类储能均能在‘充电积木图’上找到更经济的工作位置。”

与新型电力系统之间的关系还需深入研究

在业内人士看来，构建新型电力系统是一场涉及广泛、影响深远的长周期系统性工程，储能是其中的一项重要支撑技术，需要深入研究其与新型电力系统间的关系，从政策和技术两方面入手，促进其发展。

在国网西北分部技术中心主任段乃欣看来，除了健全大规模储能的技术标准之外，还应考虑不同地区的需求，开展大规模储能控制性能的优化工作，提升新型电力系统安全稳定水平。在高比例新能源、大规模储能的新型电力系统中，电源数量多，特性杂、分布广，需要开展适应储能类电源接入的新型电力系统概率化的平衡理论研究，从模型构建、分区优化、算法求解等方面深入探索，实现源网荷储高效协同的大规模平衡统筹。

清华大学电机系教授、中国能源研究会储能专委会副主任委员夏清则表示，在发电侧和负荷侧分布式地安装储能，可“熨平”新能源出力和负荷曲线，将系统电力平衡转变为电量平衡，减少为满足尖峰负荷投资的输电线路，使源网荷三个环节协同共赢发展。新型电力系统是以新能源、电网、储能、主动负荷重构能源系统，只有满足激励相容的机制，才能激活各环节的活力，激发网源荷储高效精准的互动，激励新能源与储能的协同发展。（苏南）

十措并举推动储能电池发展

中国能源报 2022.12.12

铬铁电池与全钒电池优势对比

	铬铁电池	全钒电池
标准电压	1.18V	1.26V；随硫酸浓度升
膜及成本	阳离子交换膜占电堆成本的 10%	全氟磺酸膜或全象多孔膜，成本较高
活性物质	价廉，2 价、3 价价格无毒	稀有，贵，要严管有毒的 V^{5+}
工作温度	-20℃ -70℃	45℃以上钒析出
电解液稳定性	稳定	W^{5+} 可能腐蚀正电极
系统效率	80%，液泵要额外耗电	约 80%，需冷却低于 45℃，耗电较多
目标系统成本	约 2000/千瓦时	3687.5 元/千瓦时（大连储能电站）

实现碳达峰碳中和是我国今后 40 年的奋斗目标，人人有责、代代相传。实现“双碳”目标必然要用大规模可再生能源发电，建立以新型电力系统为主体的新型能源系统。可再生能源受季节、时间、天气等影响，发电的波动性必然造成不稳定性；在可再生能源发电量不能完全消纳的时段，还会发生弃风、弃光，浪费能源。所以，在新型电力系统中，从发电侧、电网侧到用户侧，都必须将规模储能作为重要组成部分。本文针对我国发展规模储能电池提出以下十条建议。

■■ 电池能够承担规模储能重任

1、充分认识规模储能电池优势

电池的能量转换效率高（最高可达 95%）、响应速度快、选址容易、建设周期短，各种规模均适宜，可与物理法储能（转换效率最高为 75%）互相补充，且具有物理法储能无法替代的优势。在碳达峰碳中和目标下，规模储能电池的重要性和优越性将愈发突出。

除建立新型电力系统需要规模储能电池外，大数据中心也要求稳定、可靠的备用电源。随着大型和超大型数据中心的快速发展，其耗电量和备用电源的规模也不断扩大。为了节省电费，数据中心呈现出两大发展趋势：一是超大型数据中心向水力发电站靠近，二是不间断电源转向自建大型光伏电站配吉瓦时级储能电站，这都意味着必须使用大规模储能电池，除此之外，别无他法。

诞生 160 多年来，电池还从未遇到过像今天这样如此规模大、寿命长、成本低的全方位

高要求。但是，现有电池经过改造适配，在使用中已有较好的表现。近几年技术进步促使成本大幅下降，再加上政策逐渐完善，储能已能盈利。当然，由于并非“量身定做”，难免各有不足之处，应在发挥优势的同时抓紧改善、提高。同时，发展专用的新型规模储能电池前途不可限量。

2、规模储能电池的性能要求要恰当排序

发展规模储能电池应该坚持“安全第一，效益根本”原则。

“安全第一”的原则本应容易理解、接受，因为储能电站如果一遭失火则“一切皆空”。但实际情况却是，由于主观因素的干扰，现在还只是承认“安全很重要”，而不愿提“安全第一”。思想认识上的差距自然会反映到实际行动和后果上，迎“危”而上者大有人在，导致储能电池燃、爆事件频发。

规模储能是商业行为，这意味着效益就是生存力，是企业的根本。电池储能的经济效益可由 YCC 指数算得，储能电站削峰填谷的毛利率 = YCC - 1。

$$YCC = \frac{\text{电价}_{\text{出}} - \text{电价}_{\text{进}} \div \text{能量转换效率}}{\frac{\text{输出 1KWh 的初投资}}{\text{循环寿命} \times \text{充放深度}} + \text{输出 1KWh 的运营成本}}$$

为使 YCC 指数大于 1，初始投资应该尽量低，必须使用资源储量大、价格低廉、易于生产的物质。同时，能量转换效率要高，循环寿命要长，充放电深度要深，这些都是涉及效益的主要参数。其中，循环寿命与充放电深度互相矛盾，运行时工作条件要选两者乘积的最大值。现在做电池基础研究的人看重出文章，较少顾及成本对储能电池应用前途的限制，应该引起注意。

至于比能量、比功率、环境友好、使用方便、地理适应性等，因为储能在固定场所使用的特点而退居次要位置，不可人为地使其“喧宾夺主”。个别场合需要电池的比功率较高，可通过对此特定电池的设计和制作工艺来解决，而不可违背“安全第一，效益根本”的原则。

3、储能电池研发应近远并重

历史经验表明，一种新电池从原理提出到大量应用需要经历 20 年左右的时间。如今科技进步加速，这一时间可能缩短，但仍然需要 10 - 15 年。因此，规模储能电池发展要近远两条战线并重，不可偏废。

当前，为应对碳达峰急需，只能从已有的电池中筛选出基本可用的品种加以改造。这些可用的电池是铅炭电池、液流电池和锂离子电池，它们各有优点和不足，需要边使用边完善，找到各自尽量合适的使用场景。

从碳中和长远考虑，要立足规模储能的特点发展安全、高效、长寿、廉价的新型储能电池。这是一项难度极大的科学工程，必须整体谋划，立即开始。即使从现在开始研发，也只能在 2040 年前后才能真正用上新型的、性能更全面的规模储能电池。

■ ■ 改进现有技术促进碳达峰

4、进一步延长高安全铅炭电池寿命

铅炭电池是在铅蓄电池的负极中添加特制的导电性多孔炭，解决了负极活性物质颗粒变大的问题，电池的寿命因此大为延长，同时保持了铅蓄电池安全性高、价格最低廉等优点，应是当前规模储能的首选电池。近两年我国新建大批数据中心的备用电源基本都采用这种电池。

工信部督导铅炭电池行业消除生产中的污染，推动生产设备和工艺的现代化转型，对我国铅炭电池技术进入世界前列起到了很大的推动作用。目前，我国已建成中小型铅炭电池储能电站几十座，最大容量达 300 兆瓦时，同时，还出口德国 75 兆瓦时调频电站，多年来均运行正常。2021 年，美国得州一数据中心洽购我国铅炭电池用于建设 4 吉瓦时储能电站，为该数据中心 24 小时供电，其规模已等同 100 万千瓦抽水蓄能电站。实践证明，铅炭电池适合短时调频、中时削峰填谷、长时稳定供电，而且大、中、小规模皆宜，唯一不足的是比能量较低造成占地面积较大。

铅炭电池寿命在 60% DOD 时已达 5000 次，如初投资 1200 元/千瓦，电站的能量转换效率为 0.83（= 电池效率 × PCS 效率 - 空调功耗 - 线损 = 0.90 × 0.955 - 0.02 - 0.01），进、出电价分别为 0.3 元/千瓦时和 1.0 元/千瓦时，电站输出 1 千瓦时电量的运营成本为 0.04 元，算得 YCC 为 1.45，即储能电站削峰填谷毛利率为 45%。这还未计其废电池再生中仍有 30% 的残值收入，可见，其经济效益相当可观。

同时，当前我国的废铅酸电池已实现 100% 回收处置，铅是再生利用率最高的金属之一。

铅炭电池技术需进一步提高，也需改变“墙里开花墙外香”的窘境。国家重大研究计划应扶一把铅炭电池，将其循环寿命翻一番，并发展减少铅用量的技术，进一步降低成本，让铅炭电池为我国实现“双碳”目标充分发挥作用。

5、加紧扶持铬铁液流电池发展

液流电池最大的优点是可长时间储能，铬铁液流电池更是价廉。而全钒液流电池经过国家 20 年的持续支持，现已比较成熟，可以用于生产。今后其技术还要提高，但应是企业行为。

钒，本属稀有金属，主要用于炼钢。如今，全钒液流电站发展火热，每千瓦时的电解液需用 8 公斤高纯 V_2O_5 ，总价为 1500 元，已高出其它电池电芯的 2 - 3 倍；再算电堆，价格又加一倍。接近两年的建站需求估算， V_2O_5 的需求量将以每年 20% - 30% 的速度增加，高价位的态势难以改变。因此，全钒液流电池高成本这一弱点将持续存在。

铬铁液流电池受冷落多年，发展迟缓。应该加紧扶持，加速其发展，让其有机会参与竞赛，接受市场考验。

6、锂离子电池储能规模应稳步扩大

锂离子电池优点很多，最大的优点是比能量高，但安全性仍是大问题。韩、美、澳储能电站多次失火、爆炸，其中韩国的次数最多。10月15日，韩国一重要数据中心电池起火断电，导致两大互联网中断服务，3.2万个服务器瘫痪，金融、交通、运输等领域都受到了严重影响。

安全性的高低可用事故概率来表达。在其它影响因素不变的条件下，储能电站的事故概率与其规模成正比。所以，为了保证很低事故概率，储能电站的建设规模应该随着电源系统安全水平的提高而逐渐扩大，不可操之过急。

我国可再生能源发电发展迅速，叠加政策扶持，带动了大批锂离子储能电站建设，单站规模也见长。目前表观事故概率远低于韩国，除了韩国电池多用三元正极之外，主要是因为我国电站通过接入验收后的实际使用率极低（不超过10%）。这造成了一种“安全性不差”的假象，同时又反过来助长了大胆建站和盲目扩大规模。如果有朝一日这些锂离子储能电站真的全部运转起来，后果难以预料。

锂离子电池储能正在努力提高安全性，但这需要时间。已建电站要扎扎实实运转起来，经过长时间试用考验，发现问题、提高可靠性，也可为逐步放大规模积累经验。

目前，电池储能电站的事故概率计算还是空白，可以学习核电站的成熟方法，建立电池储能电站的安全性计算体系。此外，为了让锂离子电池储能电站大胆地正常运转起来，也为了让保险公司收取合理的保险费，可对电力系统中的储能电站实行单独的“安全保险”。

■创新发展储能电池实现碳中和

7、创新研发规模储能专用电池

为适应可再生能源规模越来越大的需求，必须将发展新的高安全、高效益储能电池列为国家重大工程，抢占新的储能电池技术制高点，建设电池储能强国。

首先，必须大力推进储能电池新原理、新体系、新材料的创新和技术攻关。

其次，在电池的水系、有机两电电解液体系中，应以安全性高的水系电解液体系为主。

再次，无机材料用作正极可有较高的电位，应当继续开发、优选。要注意解决其在水中的水化、溶解引起的寿命偏短问题。

同时，应十分重视有机电极材料的创新，发挥其在水中难溶、结构稳定、碳氢氧氮硫等元素量大价廉、废电池易于处置的优势，设计新型有机氧化还原化合物，发展廉价的有机合成新工艺。

8、促进多种电池在竞争中发展

储能市场极大，前景非常广阔，能够容纳各类技术路线的电池各显神通。因而，要从政策、舆论等各方面为它们创造顺利发展的条件和公平竞争的氛围，不必偏好一方。

化学物质丰富多彩，电化学反应变化多端，可发展的电池体系不可限量，繁荣之中才能出异彩，积极引导发展之下一定会出现多种通用型和特色性的电池新体系。

不要轻易给老电池贴上“落后”的标签。相反，要重视老电池的技术革新，让其“焕

发新春”。

新兴的钠离子电池在低温、成本等方面具有一定优势，可继续优化提高其安全性和循环寿命，从小、中规模储能开始，试行替代锂离子电池。

大型储能企业还可以探索两种电池并用，充分利用两者优势进行互补，并从中掌握真实对比资料，以促进后续发展。

9、完善研发全过程支持机制

相关部门要组织好储能电池基础研究、实用化研究、工程化开发、规模示范四个阶段的衔接发展和一条龙服务。

科研成果转换率低是我国长期想解决而没有解决好的难题。究其原因，是在国家和省、市自然科学基金支持基础研究和国家重点研发计划支持规模示范之间，没有实用化研究和工程化研究的支持机制，也少有相应的机构。特别是在将文献上不断报道的大量新体系、新材料进行有选择地验证甄别，使之转化为可实用电池的实用化研究方面，院校因为感觉难出文章而不愿安排研究生完成，企业因为感觉不定因素多、与产业化相距太远而不愿涉足，使其成为比工程化开发更少人问津的最薄弱环节。

解决这一问题，需要政府出面，企业牵头，风险基金介入，建立行之有效的产—学—研—金结合机制，吸引不愁经费的转化成果专门机构来补齐和加强这一薄弱环节。大型电力企业的研究院所要当仁不让，尽早介入新型储能电池研发，积极接手储能电池的创新成果转化，主导提高技术成熟度。国有投资机构要带头改变观念，实施“有风险的”风险投资，大力支持技术创新升级。

此外，目前电池行业人才十分紧缺。电池界的高薪挖人是损人利己行为，对于行业整体发展有害。教育部门要充分估算并及早扩大电池—电站相关专业各级人才的培养规模。

■■实现人类与化学电源融洽共存

10、各种电池的污染都应消除

电池已经进入人类活动的各个领域和环节，将与人类永远共存，二者必须融洽相处。

电池是通过化学物质的氧化还原反应储能，所有电池必用化学物质。各种化学物质毒性大小不等，如果管控不好，从原料生产到废电池处置全过程，都有可能造成不同程度的环境污染。所以，认为锂离子电池是“绿色的”说法并不正确，因为其中除了含有毒性较大的钴之外，还有对人体有害的氟化物、有机物。但是，管控好了不污染环境就可以大量使用。同样，现在如果再说铅酸电池是“污染的”，也是不对的，因为前几年工信部已牵头推行规范生产，重点治理铅对环境的污染。如果罔顾技术和管理的进步，仍然顽固地坚持成见，认为“铅蓄电池污染环境”，那就违背了实事求是的思想路线。

各种电池可能造成的污染都必须消除，也能消除。规模储能电池的化学品是集中使用、集中控制，比其它零星分散的小电源的污染治理应该做得更好，也能够做得更好。关键在于政府担责，持续管控，不能有丝毫懈怠。同时，企业要遵守规则，认真执行相关政策，不可

取巧谋利。

具体来说，一要在前几年钒安全生产初步整顿的基础上，做好全钒液流电池所需新增钒原料的生产，同时注意保护环境。二要对废锂离子电池加紧处置、绿色处置，特别要杜绝处置中产生的固体废物氟化钙填埋污染地下水。三要试行“电池生产者负责（或委托负责）回收并处置废电池”，以便“处置废物责任明，甜苦全包很公平，材料再生保来源”。

总之，规模储能电池是实现“双碳”目标的重要大事，应该近处着手，长远着眼，全盘谋划，切实执行。（杨裕生）

俄开发固体氧化物燃料电池新工艺

科技日报 2022.11.30

科技日报莫斯科11月28日电（记者董映璧）俄罗斯研究人员开发出用于生产固体氧化物燃料电池的完整技术循环，并选择了有效的制造材料，这些元件是由陶瓷和复合材料组成的多层结构。论文近日发表在《应用电化学杂志》上。

维亚特卡州立大学无机物质和电化学生产技术系主任安东·库兹明表示，科研人员已开发出一套形成单一燃料元件所必需的方法和工艺流程，现在可复制和改变它的主要特性：电阻、功率密度、燃料利用率等等。在第一阶段，通过注塑成型，获得了多孔轴承金属陶瓷管（它们充当阳极）。通过浸入特别选择的悬浮液组合中，将薄层电解质和电极材料涂抹到现成的基底上。每一层施加后，进行多级热处理。

库兹明表示，总共有六级这样的层。层的各种参数可以改变，如材料成分、粉末尺寸、悬浮液黏度、温度和燃烧时间，以取得最佳操作参数。这种方法使获得具有最大功率的单个固体氧化物燃料电池元件成为可能。此外，在研究过程中，还获得了新的电极材料。例如，阳极集电层复合材料的电阻是标准商业产品的一半。这将允许在未来增加单个固体氧化物燃料电池的尺寸并减少它们的开关损耗。

研究人员解释说，所开发的阳极功能层材料的生产率提高了10%，并且在使用各种碳氢化合物燃料或氨时可能特别有效。一般来说，与已知类似物相比，新材料的使用将显著提高燃料电池的比功率、重量和尺寸特性。最困难的任务是从单一的实验室样品过渡到成熟的工业产品原型。研究人员正在努力寻找能够将技术引入大规模生产的解决方案，其中包括经济可行性方案。

电化学储能健康发展仍有难关要闯

中国电力报 2022.12.14

今年年初，国家发展改革委、国家能源局印发了《“十四五”新型储能发展实施方案》，旨在把握“十四五”新型储能发展的战略窗口期，加快推动新型储能规模化、产业化和市场化发展，保障碳达峰碳中和工作顺利开局。在接受媒体采访时，国家能源局相关负责人预

计 2025 年新型储能装机规模将超 30000 兆瓦，年均增长 50% 以上。

目前，全国已有近 30 个省份出台了“十四五”新型储能规划或新能源配置储能文件，大力发展“新能源 + 储能”。受一系列利好因素影响，以电化学储能为代表的新型储能发展迅速。

在 11 月份召开的中国电力企业联合会 2022 年年会上，中电联发布《新能源配储能运行情况调研报告》（以下简称《报告》）。《报告》认为，要使以电化学储能为代表的新型储能健康发展，新型储能安全管理水平不高、成本难以消化、分散方式难以发挥有效作用、储能与电网规划协调配合等问题亟待解决。

电化学储能电站近 10 年增加 2600 多倍

根据《报告》，截至 2021 年底，全国储能装机规模达到 42660 兆瓦，其中新型储能装机 6268 兆瓦，同比增长 56.4%。新型储能中 90% 为电化学储能。

根据相关资料，2012 年，我国电化学储能电站投运总能量只有 2 兆瓦时，至 2018 年这一数字提升至 606 兆瓦时（当年新增投运总能量 349 兆瓦时），此后几年，电化学储能电站一直呈几何级数量增加。中电联电动交通与储能分会最新发布的《电化学储能电站行业统计数据》（以下简称《数据》）显示，截至 2022 年 8 月 31 日，全国电力安全生产委员会 19 家企业成员单位总计报送 0.5 兆瓦/0.5 兆瓦时以上的电化学储能电站 478 座、总功率 7359.09 兆瓦、总能量 14879.02 兆瓦时，其中在运电站 248 座、总能量 5270.09 兆瓦时，在建电站 158 座、总能量 8767.40 兆瓦时，停运电站 72 座、总能量 841.53 兆瓦时。也就是说，从 2012 年的 2 兆瓦时到 2022 年 8 月 31 日的总能量 5270.09 兆瓦时（在运），短短 10 年间，不计已停运的电化学储能电站，我国电化学储能电站投运总能量增加了 2600 多倍。

根据《数据》，截至 2022 年 8 月 31 日，全国累计投运电化学储能电站主要分布在 20 个省（市、自治区）。累计投运总能量排名前十的省（市、自治区）分别是：江苏、山东、青海、内蒙古、甘肃、广东、安徽、北京、新疆、浙江，累计投运总能量 4983.50 兆瓦时、占比 94.56%，其中累计投运总能量达 500 兆瓦时以上的省份 3 个。

群雄逐鹿加快布局电化学储能市场

根据《报告》，目前各省规划的新型储能发展目标合计超过 60000 兆瓦，是国家能源局《关于加快推动新型储能发展的指导意见》文件中提出的 2025 年达到 30000 兆瓦目标的两倍。其中，电源侧配储能是各个省份的重点支持方向，近期逐步加大了对独立储能的发展要求。

目前，我国已经形成群雄逐鹿电化学储能市场的格局，投资主体越来越多样化。《数据》显示，截至 2022 年 8 月 31 日，国家电网有限公司、中国南方电网有限责任公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司三大电网累计投运电化学储能总功率 369.32 兆瓦，总能量 863.34 兆瓦时、占比 16.38%；中国华能集团有限公司、中国大唐集团有限公司、中国华电集团有限公司、国家电力投资集团有限公司、国家能源投资集团有限责任公司五大发电集团

累计投运总功率967.73兆瓦，总能量1543.85兆瓦时、占比29.29%；三大电网和五大电力集团之外的其他投资主体累计投运总功率1324.09兆瓦，总能量2862.90兆瓦时、占比超过一半，达54.32%。

群雄逐鹿电化学储能市场，使电化学储能应用场景分布也越来越多样化。截至2022年8月31日，累计投运电源侧项目104座，累计投运总能量1782.77兆瓦时；电网侧项目43座，累计投运总能量1823.78兆瓦时；用户侧项目101座，累计投运总能量1663.54兆瓦时。2022年1~8月，新增投运的电化学储能项目主要为电网侧项目。新增投运电网侧项目10座，投运总能量573.39兆瓦时；电源侧项目22座，投运总能量384.34兆瓦时；用户侧项目32座，投运总能量335.11兆瓦时。在电源侧项目中，比较常见的是“新能源+储能”和常规火电配置储能，而电网侧项目则主要是“配电网+储能”和智能微电网储能等。

安全是电化学储能健康发展主要掣肘

“十三五”以来，我国电化学储能技术创新取得长足进步，电化学储能逐渐由研发示范向商业化过渡，国家和地方层面政策机制不断完善，对能源转型的支撑作用初步显现。但对电化学储能来说，安全这支“达摩克利斯之剑”始终高悬。

根据公开报道统计，2012年至今，全球共发生40多起电化学储能电站起火爆炸事故。国外以及国内的储能起火事故说明，安全问题是影响新型储能规模化健康稳定发展的关键因素。在高成本压力下，部分项目选择了性能较差、投资成本较低的储能产品，增加了安全隐患。据统计，2022年1~8月，全国电化学储能项目非计划停机达到329次。电化学储能的安全标准、管理规范有待进一步提升。

今年4月，国家能源局印发《关于加强电化学储能电站安全管理的通知》，以强化电站设备本质安全、建立健全电站安全管理体系、加强电站消防应急处置为主线，紧紧围绕电化学储能电池安全特性，对电化学储能电站规划设计、设备选型、施工验收、并网验收、运行维护、应急消防处置能力等方面都作出了明确规定。

中电联副秘书长、中电联电动交通与储能分会会长刘永东在接受记者采访时表示，电化学储能电站安全问题始终存在，但技术突破加上各方面对安全的空前重视，会让安全问题得到极大缓解。

电价机制及商业模式有待进一步完善

除了安全问题外，刘永东认为，电化学储能电站高质量发展还存在另外一些问题。一是成本问题。要进一步降低储能成本，完善新型储能商业模式和电价机制。二是建立电化学储能电站与电网的协同发展机制。要站在服务构建新型电力系统的角度，根据分地区、分场景、分类型的新型储能电站特点和电网的灵活性资源需求，实现分步骤协同发展。三是提高电化学储能电站运维水平。针对电化学储能电站电芯数量庞大、系统复杂的特点，充分利用信息系统，加强电站运行监测。

为此，刘永东建议，一是完善市场机制。健全新型储能电站参与电力市场规则。按照

《关于进一步推动新型储能参与电力市场和调度运用的通知》和国家加快建设统一电力市场要求，制定相关配套政策及实施细则，促进新型储能更好更快融入电力市场。二是完善规划设计。建立发电与电网的规划协同机制，根据电网发展需要和发电资源配比，科学合理确定新型储能发展规模。建立电化学储能电站运行评价机制，及时发布电化学储能电站运行水平，评估储能效益，建立动态新能源配置储能规模需求数据分析。三是加大科技创新与运维管理。建立电池选型和检测体系，严格梯级电池性能评估，开展电池模块及电池管理系统到货抽检及储能电站并网检测。加大电池运行安全模型研究，提升储能安全监测预警模型准确性。（苏伟）

加快压缩空气储能产业化示范

经济日报 2022.12.28

近日，中国能建辽宁朝阳、甘肃酒泉两个 300 兆瓦压缩空气储能电站示范项目正式开工。上述项目采用中国能建压缩空气储能电站系统解决方案，是全球首台（套）300 兆瓦人工硐室压缩空气储能项目，破解了压缩空气储能受地理条件制约的世界性难题。

压缩空气储能系统是目前除了抽水蓄能之外技术最为成熟的物理储能技术之一。中国能建数科集团市场开发事业部总经理李军介绍，与抽水蓄能相比，压缩空气储能的单机规模已经达到 300 兆瓦级，系统综合转换效率达 70% 以上，与主流的抽蓄一致，其功率造价、容量造价与抽蓄相当。但压缩空气储能的选址比抽蓄更为灵活，且 3 年左右的建设周期远低于抽蓄的 8 年左右周期，同时压缩空气储能不存在移民搬迁及生态环境影响等问题。

记者了解到，辽宁朝阳、甘肃酒泉两个示范项目均采用“中国能建压缩空气储能电站系统解决方案”——300 兆瓦级非补燃绝热 + 宽温储热 + 大型地下硐室的压缩空气储能系统，实现核心技术的全面自主研发、百分之百国产化，核心经济指标单位容量造价降至 1400 元/千瓦时左右。

2022 年以来，不断有企业入局压缩空气储能项目。据不完全统计，截至 2022 年 11 月，备案、签约、在建、投运项目合计 35 个。参与企业包括中国能建、中储国能、中国电建等。

据中国能建数科集团党委副书记、总经理宋玉文透露，中国能建将在湖北、山东、辽宁、甘肃、青海等多地布局百座压缩空气储能电站，远期规划千座，为构建新型电力系统打造“电力基石”。同时，带动可再生能源、新型储能、装备制造、绿色建材等多个产业，推动基地化发展。

值得注意的是，甘肃酒泉与辽宁朝阳两个项目采用的均是每日满功率释能 6 小时的运行模式，规划建设大型地下储气空间，是世界上首次将这么大规模的人工硐室应用于压缩空气储能项目储气。“压缩空气储能主要有废弃或天然地下盐穴储气、地面高压储罐储气、地下人工硐室储气等三种方式。”李军说，盐穴地质构造特殊，适合用于压缩空气储能的废弃或天然地下盐穴资源有限；地面高压储罐占用地面面积，造价高；而人工硐室多选择硬岩地

质，在地形条件上要求山体雄厚，避免较大地形起伏，因此选址更灵活。

人工硐室储气技术的成熟，将极大拓宽压缩空气储能的市场空间。李军表示，基于人工硐室储气的压缩空气储能项目在选址上摆脱了以往盐穴类项目对盐穴的依赖，降低了项目选址限制因素，结合我国资源禀赋，可将大规模储能与风光资源形成有效联动。此外还具有压力上限更高、波动可利用范围更大、系统转换效率更高、埋深更浅，易于检修等优点。

当前，在储能技术装备研发和应用示范、电力市场建设和储能价格机制等方面，还缺乏更明确的政策支持与相关标准体系。宋玉文建议，面对目前压缩空气储能电站的相关电价政策仍不明确的情况，可争取与抽水蓄能电站类似的两部制电价，通过容量电价和电量电价实现盈利。（王轶辰）

高性能导电钙钛矿量子点固体薄膜制成

科技日报 2022.12.23

科技日报天津12月22日电（记者陈曦）记者22日从南开大学化学学院获悉，该院袁明鉴研究员、陈军院士带领的科研团队与加拿大多伦多大学爱德华·萨金特教授课题组合作，围绕高性能半导体量子点固体合成中面临的关键科学问题，发展了高性能导电钙钛矿量子点固体薄膜制备全新策略，实现了多材料、跨尺寸的钙钛矿三原色电致发光器件的可控构筑。相关研究成果近日发表在《自然》上。

量子点是一种尺寸微小、直径在2—10纳米的半导体纳米晶体材料。由于其颗粒半径小于或者接近波尔半径，体系中的电子或空穴的运动相当于被限制在量子力学势阱中，原本在宏观体系下准连续的能级分布变得分立，量子点因此展现出一系列量子化效应，称为量子尺寸效应。因其这种独特的性质，量子点材料得到了深入研究和广泛应用。自20世纪70年代中期以来，利用量子点代替传统的半导体材料实现高性能光电器件成为非常重要的研究方向。

在传统胶体量子点合成中，为了维持其在溶剂中的稳定性，量子点表面会被引入大量有机配体。然而，有机配体的存在极大地阻碍了电荷在量子点之间的输运效率，严重限制了量子点材料在众多半导体光电器件中的应用潜力。因此，深挖量子点形成机制与材料内部载流子动力学输运行为，开发“新材料、新工艺、新器件”是实现高性能量子点光电器件、推动半导体量子点技术革新的必然需求。

在持续探索适配于器件制造工艺的钙钛矿半导体材料合成新方案的过程中，研究团队发现，通过改变有机配体结构，可以有效诱导钙钛矿材料维度信息、电子能带结构、激子效应等理化特性转变。

基于上述发现，研究团队随后对配体进行理性设计，创造性地实现了在基底表面上的高质量导电钙钛矿量子点固体薄膜原位合成全新策略。由于该策略可以有效避免传统量子点制备策略中所面临的配体易脱落、配体过多致使光学性能和导电性差等问题，所合成的钙钛矿

量子点固体薄膜具有极佳的光学与电学性质。同时，研究团队将该高性能钙钛矿量子点固体薄膜材料引入电致发光二极管器件中，成功实现了具有高能量转换效率的三原色电致发光二极管的可控构筑。

该研究是从化学学科出发，利用光学、凝聚态物理、半导体器件等交叉学科手段，成功实现半导体材料理化性质可控调节的典型范例。相关成果打破了传统量子点合成策略的瓶颈，发展了全新的原位合成量子点固体薄膜新原理与新方法。

《自然》期刊审稿人对该研究给予高度评价：“这项工作作为钙钛矿量子点合成及应用提供了一种具有高度普适性及精确可控性的全新范例。更为重要的是，该策略以固体薄膜的形式实现了这一点，而这是电致器件制造所必须的组成部分。由于此前无法获得足够小的高质量导电量子点固体，相关领域的发展多年来一直受到制约。这项研究以一种普适的方式妥善地解决了这个问题，是这一领域的重大突破。”

三、碳达峰、碳中和、能源数字化

微电网：为实现“双碳”目标发挥“微”力

科技日报 2022.12.6

近日，浙江宁波首个高山光储协同微电网项目正式投运。系统投运后，会自发余电上网。与此同时，内蒙古电力集团首个“源网荷储”微电网示范项目也于近日在额济纳旗正式开工建设，该项目是国内首个具备独立运行能力、低短路容量、泛电压等级、广覆盖范围的“源网荷储”新型电力系统项目。

党的二十大报告提出，加快规划建设新型能源体系。随着我国微电网建设的发展，微电网可否改写我国电网格局，在我国能源革命进程中发挥巨大“微”力？

麻雀虽小五脏俱全的微电网

“微电网是指由分布式电源、储能、能量转换装置，以及负荷、监控和保护装置等汇集而成的小型电力系统。”天津大学电气自动化与信息工程学院副教授冀浩然介绍，微电网“麻雀虽小、五脏俱全”，它是一个能够实现自我控制和管理的自治系统，具备完整的发电、配电和用电功能，能够有效实现网内的能量优化。

之所以称之为微电网，是相较传统大电网而言。那么，为何在大电网建设十分成熟的当下，要进行微电网建设呢？

当前，“双碳”目标是我国能源发展新阶段的主要目标。在能源需求与环境保护的双重压力下，国内外都将目光投向了各种可再生能源的分布式发电相关技术领域。

但光伏、风机等分布式电源具有较强的间歇性和随机性，受环境影响较大，这些电源难以依靠自身的调节能力来满足功率平衡的要求。现有研究表明，将分布式电源以微电网的形式接入到电网中并网运行，与大电网互为支撑，是发挥分布式电源效能的有效方式。

“建设微电网，可以有效消纳新能源，解决各种分布式电源并网运行时的主要问题。”

冀浩然说，“按照是否与大电网连接，微电网可分为联网型微电网和独立型微电网。”

联网型微电网一般情况下并网运行，依靠大电网稳定电压和频率，可以实现能量的双向交换。在大电网发生故障时，微电网又可切换为独立运行模式，保证对重要负荷的供电。独立型微电网不与大电网相连，仅依靠自身的分布式电源和储能系统为负荷供电，通常需要利用内部的柴油发电机和储能系统等稳定电压和频率。

微电网不是大电网的“迷你版”

虽然都叫电网，但是微电网可不是传统大电网的“迷你版”。

“微电网在功能、结构和运行方式上与传统电网存在较大区别。”冀浩然解释，微电网主要是以分布式电源为主、利用储能系统和控制装置进行调节来满足负荷需求。因此，一般情况下微电网的容量较小，电源较为分散且靠近负荷，可以实现分布式能源的就地消化、就地平衡，同时也可以和大电网进行能量交换，互为辅助。

微电网可以有多种结构，具有较大的灵活性，可以根据当地的环境特点和资源分布，充分利用各种类型的分布式能源，建设独特的网架结构，满足一些特殊用户的供电需求。

此外，微电网支持独立组网运行，在大电网发生故障时可以迅速切断与大电网的电气联系，依靠自身能力继续向重要负荷供电。

“由于微电网具有较为复杂的动态运行特性和能量管理问题，未来微电网发展的技术核心在于规划设计、保护控制、能量管理以及仿真分析。”冀浩然解释，微电网在规划设计时往往需要考虑运行控制策略的影响，因为两者具有高度的耦合性。

微电网的规划设计主要是根据综合用能、资源分布和现有网络状况，确定最优的系统建设方案，满足用电的经济性、可靠性和环保性要求。通过微电网的保护控制，可以迅速识别系统故障，协调各种类型的分布式电源，保证系统安全稳定运行。

微电网的能量管理则是从更高层次实现对系统内各装置的管理和控制，与传统电网的能量管理系统不同的是，工程技术人员需要通过对微电网内部数据的实时监控以及外部信息的及时交互，制定合理的微电网运行方案。在微电网实际工程实施之前，一般需要进行详细的实验仿真测试工作。因此，提高仿真分析的精度和速度，可以更加真实地反应实际装置的运行特性，为微电网建设提供良好的实验基础。

边远地区用电不再是难题

随着微电网的出现，边远地区、海岛等地方的用电不再是难题。

边远地区一般土地面积大、人口规模小，而且远离大电网，交通不便，采用传统的配网形式往往成本较高，不利于持续发展。但是边远地区的可再生能源丰富，功率需求小，具备建设微电网的有利条件。

我国海岛数量众多，人口居住量少，总体用电量不大，与大电网连接需要远距离架设输电网络，对于远离大陆的岛屿还需要铺设海底电缆，投资和维护成本巨大。建设海岛微电网可以充分利用海岛地区丰富的风能、光能等资源，是解决离网型海岛用电问题的有效途径。

“其实微电网在部分城市地区也非常适用。”冀浩然解释，城市地区的人口规模大，用电需求高，电力系统调峰调频是十分突出的问题，在自家屋顶安装光伏组件，再加上储能装置，就可以搭建一套用户级的微电网系统。这样不仅可以实现自消纳，还可以余电上网，辅助电力系统进行调峰调频。

未来微电网将有很大发展空间

近几年，我国陆续出台了多项政策支持微电网行业发展，大力推动微电网工程建设。

目前，我国有 200 余个已经完工的微电网项目，在理论研究、实验室建设和示范工程建设方面都取得了一系列成果。其中，江苏大丰风电淡化海水微电网项目研发并应用了世界首台由大规模风力发电机进行直接供能的孤岛运行控制系统。天津生态城的微电网项目实现了“零能耗”，全年发用电总量保持平衡。

与此同时，我国分布式发电装机总量逐年递增，微电网市场增幅较大，预计未来市场规模会持续增加，有很大的发展空间。

“目前，在整个电网体系中，微电网起到了承上启下的作用，是分布式电源与电网结合的有效方式，同时也是解决部分地区独立供电的重要途径。”冀浩然表示，微电网具备智能配电网的雏形，通过建设微电网，可以简化配电网的优化调度过程，实现系统局部层面的能量优化，大大提高分布式电源的渗透率。微电网还具备独立运行模式，在大电网故障时也能够继续向重要负荷供电，提供更加安全可靠的电力供应。

微电网技术就是为了解决数量庞大、形式多样的分布式电源并网运行时的主要问题。对于新能源建设，微电网可以大大提高新能源利用率，为光伏、风电等新能源的发展提供应用平台，提高电力系统对新能源的消纳和控制能力，减小可再生能源波动的影响，有利于可再生能源的优化利用和电网的削峰填谷，促进清洁高效的新能源发挥产业优势，扩大市场规模，推动能源结构转型，加速实现“双碳”目标。（陈曦 刘晓艳）

中国碳收支有了自己的评估系统

中国科学报 2022.11.24

11月23日，第二次青藏科考队“气候变化与生态系统碳循环”科考分队宣布，他们成功研发了完全自主的“贡嘎”（GONGGA）大气碳反演系统（以下简称“贡嘎”系统）。这是“全球碳计划”2022年全球碳收支报告首轮脱颖而出的大气反演系统。

这一成果标志着我国科学家在全球碳收支评估中的角色，由数据贡献者向大气反演领域引领者转变。

专家表示，“贡嘎”系统作为首个获得“全球碳计划”认证的我国完全自主的碳收支综合评估系统，扭转了我们对全球及中国碳收支评估依赖国外反演系统的局面，增强了我国在碳收支评估和气候谈判中的话语权。

用自己的模型说清“碳收支”

“全球碳循环有两个关键科学问题：一是碳汇分布在哪儿，二是碳汇如何发生。”中科院院士、中科院青藏高原研究所（以下简称青藏所）研究员朴世龙指出，准确回答这两大问题，有助于理解全球碳循环过程和机制，更有助于制定碳补偿和减缓政策。

基于这一背景，2001年，国际地圈-生物圈计划、国际全球环境变化人文因素计划和世界气候研究计划联合发起了“全球碳计划”，旨在对二氧化碳、甲烷和一氧化二氮的全球收支进行评估，以期解决温室气体浓度上升的问题。

自2007年起，“全球碳计划”开始发布全球碳收支年度报告。项目组将国际上各研究团队提交的反演结果与全球40多个基准站点观测的大气二氧化碳年增长率进行对比，并用基于洲际飞机的高空独立观测加以验证，达到精度要求后方可入选全球碳收支年度报告。其成果是联合国政府间气候变化专门委员会第五次、第六次评估报告以及国际气候变化政策制定的科学基础。

朴世龙介绍，传统全球陆地碳汇估算方法以野外调查为主，探测量少，难以捕捉到碳汇年际连续变化，更重要的是，缺乏“unhealthy（不健康）”生态系统碳源汇的监测。20世纪90年代中期，科学家研发了更为先进的“大气碳反演系统”。

“贡嘎”系统研发骨干、青藏所研究员田向军介绍，大气碳反演系统是基于大气传输模式模拟、大气二氧化碳浓度观测以及二氧化碳排放清单估算自然碳汇的重要手段，能够实时估算全球和区域尺度陆地与海洋碳通量大小、评估全球碳收支。

“我们早期利用国外的模型估算我国生态系统碳汇量。几年前，美国模型估算碳汇量结果比英国模型估算结果减少了50%左右，误差非常大。”朴世龙说，我国科学家过去在“全球碳计划”中扮演的角色主要是基础数据的贡献者，尚未拥有自主研发的碳收支评估模式，因而限制了在全球碳收支报告以及气候政策制定中的话语权。

在第二次青藏科考的支持下，朴世龙带领的“气候变化与生态系统碳循环”科考分队开始研发自主大气碳反演系统，期望用我们自己的数据、方法和模型，说清楚我们自己的碳收支。

“我们不仅要全球尺度的二氧化碳源汇评估，而且希望通过更高精度观测数据了解青藏高原碳源汇，为我国碳中和目标提供科学依据，提高国际影响力。”朴世龙说。

自主系统“牛”在哪儿

“取名为‘贡嘎’，就是为了与青藏高原科考更为贴近。”田向军说。

“贡嘎”系统在“天河”超级计算机上部署运行并得出数据，经“全球碳计划”独立评估验证，与美国国家海洋和大气管理局观测的大气二氧化碳增长率相比，其反演结果和观测之间的均方根误差最小。

与国际其他反演系统相比，“贡嘎”系统有三大优势和特点。

田向军表示，首先，“贡嘎”系统所采用的NLS-4DVar是本年度全球碳收支评估所有大气碳反演系统中唯一兼具集合与四维变分方法优势的系统。其次，系统设计了独创性双通

道优化框架，实现二氧化碳通量与浓度误差的有效分离、联合同化，确保系统的反演精度。再次，系统可灵活转化为国产碳卫星验证平台，贯通碳卫星设计、发射与应用的全流程技术链条，可实现碳卫星载荷指标与“贡嘎”系统反演精度的有效联动。

“贡嘎”系统得到了国际科学界的充分认可。11月11日，“全球碳计划”发布了《全球碳收支2022》报告，中国、法国、荷兰、日本等国的大气碳反演系统贡献了陆地和海洋碳汇的全球分布数据。其中，“贡嘎”系统成为首轮入选的4个先进国际系统之一。

“全球碳计划”执行主席 Josep Canadell 指出，“贡嘎”系统为本年度碳收支计算作出了重要贡献。

此外，科考队还利用“贡嘎”系统，提出了优化、经济布设观测站点的思路，为建立温室气体综合观测平台以实现青藏高原碳收支准确评估提供科学依据。

未来，“贡嘎”系统将发挥重要作用。田向军介绍，团队将在第二次青藏科考的支持下，基于“贡嘎”系统兼容性设计，构建全球-全国-高原“贡嘎”多要素（二氧化碳和甲烷）反演体系，包括构建区域“贡嘎”系统、聚焦青藏高原碳汇评估，同时利用区域“贡嘎”系统开展全国自然碳汇综合评估，深度参与国际合作、全球碳收支评估，增强中国系统与中国数据的国际影响力。

2023年，“贡嘎”系统将第一次在全球碳收支盘点中发出“中国声音”，为我国进行“碳中和”核算和国际气候履约谈判提供有力的科学工具与数据。（韩扬眉 刘晓倩）

探索电气零碳路径

——GE2030年前HA级燃机有望实现100%氢气替代

中国电力报 2022.11.28

在“双碳”目标下，燃气轮机机组低碳、环保、启停灵活，能与可再生能源形成互补的独有优势，承担起从传统能源向新能源过渡的桥梁作用。

“GEHA级燃机是世界上最大、最高效也是增长速度最快的燃机，特别适合在大城市集群用作纯凝发电或作为调峰机组与可再生能源进行互补。”GE燃气发电集团中国区重型燃机销售总经理、哈电通用燃气轮机（秦皇岛）有限公司总经理马俊在近日举办的媒体圆桌会议上表示。

从研发初期，HA级燃机就以其效率高、出力大、更低碳，成为天然气发电行业的翘楚。随着天津华电军粮城电厂等HA级燃机项目的落地和推进，GE也在中国市场开启了HA级燃机新时代，助力我国新型电力系统迈向零碳未来。

发电结构从F级向H级转化

“燃气轮机机组分成工业型和小型以及重型，重型是指B、E、F、H级机组。2010~2012年，H级机组开始占有一定比例。近年来，H级燃机的应用量在逐年上升。可以预见，未来5到10年，HA级比例还会大幅增加。”马俊表示。目前，全球燃气发电结构正在经历

从 F 级到 H 级燃气轮机逐渐转化的过程。根据 McCoy 报告显示，2012 年 F 级燃气轮机的全球占比是 55%，2021 年这一比例下降到 24%。截止到 2021 年，H 级燃气轮机的全球占比已从过去的 14% 提高到 39%。

过去几年间，GE 已为亚洲电力市场提供了 19 台 HA 级燃机，累计发电装机约为 10 吉瓦，在越南、泰国、马来西亚、中国等天然气发电市场均有优异表现。未来三到四年间，GE 还将在亚洲新增超过 40 台 HA 级燃机装机。在中国市场，截至目前 GE 燃气发电共收获 4 个 HA 级燃机项目，涵盖 9 台 9HA 燃机，包含 6 台 9 HA.01 燃机及 3 台 9HA.02 燃机，总装机量突破 640 万千瓦。

“不难看出，重型燃气轮机的技术趋势、客户认可度以及市场趋势，已逐渐从 B、E、F 级向 H 级过渡。H 级效率最高、出力最大，既适用于纯凝，又适用于调峰，决定了它在天然气发电历史上将会扮演更加重要的角色。”马俊说道。

相比 9F 燃机，9HA 机组表现为“更高效、更环保、更灵活、更经济、更紧凑”。“目前，9HA.02 联合循环效率已经达到 64% 以上，而国内 9F 联合循环效率在 60% 左右。经核算，70%~80% 的度电成本来源于燃料，发电效率高直接决定了发电成本的高低。按 4000 小时/年运行计算，效率差 4 个百分点，单台 9HA 燃机较 9F 节约燃料费用约 5.7 亿元人民币。”GE 燃气发电集团中国区产品技术总经理阎福华补充介绍说。

HA 级燃机出力大，9HA.01 一拖一联合循环出力可达 661 兆瓦，9HA.02 可达 838 兆瓦；升降负荷速度快，9HA.01 能达到 65 兆瓦/分钟，9HA.02 达到 88 兆瓦/分钟，能在 30 分钟内实现启停，到并网、满负荷，并已在法国布尚电厂经过验证；具备低负荷运行能力，在满足排放前提下，HA 级燃机负荷可以低至 33%，快速响应电网需求；建设周期短，因为 HA 级机组所有的辅机全是模块化制造生产、模块化进行安装，较之前设计的机组在现场安装周期大幅缩短，同时单位千瓦占地相比更小、更加紧凑。

掺氢燃烧探寻气电零碳路线

党的二十大报告指出，加快规划建设新型的能源体系和完善碳排放的统一制度。全球 41% 二氧化碳排放量来自电力行业，在“双碳”目标下，能源是主战场，电力是主力军。电力行业减碳任重道远，“减煤提气”也成为十年甚至二十年能源结构调整的重要举措。

“相比燃煤机组排放，HA 级燃机的碳排放强度比煤电低 60%。根据 2020 年 12 月 30 日生态环境部发布的《2019—2020 年全国碳排放权交易配额总量设定与分配实施方案（发电行业）》，300 兆瓦等级以上的常规燃煤机组供电碳排放基准值是 0.877 吨/兆瓦时，即 877 克/千瓦时，燃气机组供电碳排放基准值 0.392 吨/兆瓦时，即 392 克/千瓦时。与煤电相比，燃机的碳排放强度只占煤电的 45%。在氮氧化物的排放方面，9HA.02 燃机可以实现 15PPM 氮氧化物的排放，并且不采取任何附加措施，而煤电需要用脱硝等附加装置才能实现比较低的氮氧化物排放。”阎福华表示。

阎福华进一步介绍说，以煤改气项目为例，2021 年国内首台 9HA.01 燃机已于天津华

电军粮城电厂成功投运，实现对原有几台 20 万千瓦煤电机组的替代，是煤改气的典型案例。这台 9HA.01 机组，100% 负荷修正后的联合循环效率为 63.36%，在目前中国已投运的 HA 级燃机机组中效率最高，每小时可为电网输送高达 661 兆瓦的电力，区域供热面积达 700 万平方米，可满足十余万居民的用电和采暖需求。

除了替代燃煤以外，根据加速推进燃气轮机发电和可再生能源的战略部署，精进低碳或接近零碳发电的技术，不仅可以快速实现大幅度减排，还将助力中国新型电力系统的建设和“双碳”目标的实现。

天然气掺氢可以提高天然气燃烧效率，同时具有节能环保效益，是天然气发电未来实现零碳排的关键路径之一。GE 旗下 E/B 级燃机已具备 100% 燃氢能力，其功率最大、最高效的 HA 级燃机目前燃氢能力为 50%。GE 的目标是在 2030 年前实现 HA 级燃机 100% 燃氢能力。

目前，国外已经拥有先进的案例，美国汉尼拔 LongRidge 电厂是全球首座投运的 GEHA 级燃气轮机掺氢燃烧电厂。汉尼拔电厂所用的 GE7HA.02 燃气轮机的掺氢燃烧体积比例为 15% ~ 20%，预计在未来具备 100% 的燃氢能力。该电厂在 2021 年 10 月投入商业运行，今年 3 月 30 日完成掺氢测试。

在中国市场，2021 年 12 月 7 日，广东省能源集团旗下的惠州大亚湾石化区综合能源站正式向 GE 及哈电集团订购含两台 9HA.01 重型燃气轮机的联合循环机组。项目投产后，两台燃机将采用 10%（按体积计算）的氢气掺混比例与天然气混合燃烧，并在未来提高掺氢燃烧比例，成为中国内地首座天然气—氢气双燃料 9HA 电厂。该电厂预计于 2023 年正式投入商业运行，为电网新增电力 1.34 吉瓦，并为广东省加强国际合作，构建低碳、包容、协调和可持续发展的城市群提供助力。

“掺氢燃烧是燃气轮机发展的趋势，也是 GE 为天然气发电市场开辟的一条零碳路线。我们还在不断探索，目标在 2030 年之前实现 HA 级燃机 100% 用氢气作为燃料。”阎福华表示。

本地化支撑全生命周期服务

“双碳”目标下，在构建新型电力系统的过程中，气电的优势远不止清洁高效。可再生能源在间歇性、波动性和不稳定性的局限下，气电凭借灵活性、调峰能力成为可再生能源的有力补充。

“根据中国新型电力系统的发展方向，我们侧重研究不同的应用场景。在西北地区，与可再生能源有效互补，风、光、气、电、储能、调峰多种应用场景，应用 9HA 燃机不仅可以消纳绿氢，也可以为风电厂、光伏电厂提供调峰。此外，作为基荷的电源点，在靠近负荷地区可替代煤电，比如在大湾区的东莞宁洲电厂 9HA.02 燃机项目。针对华南、华东、华北不同的热用户，我们提供热电联产的应用方案，提供电能以及不同品质的蒸汽，既能满足工业的蒸汽需求，也能满足区域供暖的需求。”阎福华表示，“无论从燃气轮机的设计还是在

中国市场的应用，GE HA 级燃机都充分结合了中国用户的需求。”

为了更好地服务中国市场、推动燃机的本地化进程，多年来 GE 都在大力推进本地化，以支撑燃机的全生命周期服务。

马俊表示：“GE 在中国本土化经历了三步走，起初所有的技术人员都是从国外调派，中国的机组一旦出现问题，要从国外调集技术人员、技术工人现场拆装、检修。自上世纪 90 年代开始，燃气轮机在中国落户，我们就开始不断地培养中国现场的检修技术力量。2003 年在秦皇岛建立了维修和服务基地，目前维修基地规模位列全球前三。2019 年在秦皇岛又成立了合资公司——哈电通用燃气轮机（秦皇岛）有限公司，生产整机及备件，提供全生命周期的解决方案。目前秦皇岛合资公司已有 7 台机组的订单，包括 5 台 9HA01 订单、2 台 9F 订单，首个订单为惠州大亚湾石化综合能源站的 2 台 9HA.01 燃机机组，预计在明年一季度将会下线交付。”

马俊介绍，国产化后，交货期从之前的至少 20 个月缩短到 14 个月，极大缩短了交付期。秦皇岛合资公司将实现 9F.05 燃机和 9HA 燃机热通道部件、燃烧室部件的本地化生产，产业链也将转移到中国。秦皇岛合资公司将为客户提供真正的本土化制造与一站式全生命周期的服务，不仅能为客户降低成本，满足市场需求，还能为运输周期、交付周期提供强有力的保障。（赵汀）

中国对 2022 年全球减排贡献突出

中国环境报 2022.11.14

《联合国气候变化框架公约》第二十七次缔约方大会（COP27）正在召开，各国代表围绕气候议题展开磋商谈判。2022 年即将收尾，今年全球碳减排成绩单如何？国际能源署（IEA）日前给出一个答案。这个答案与中国密切相关。

“IEA 认为，虽然能源供应紧张，煤炭消费不降反升，但是，与去年相比，2022 年全球 CO₂ 排放量的增幅将不到 1%，这主要得益于中国可再生能源发展对世界做出的贡献。” COP27 期间，国际能源署署长法提赫·比罗尔接受了中国环境报记者采访。

中国可再生能源发展为全球减排做出贡献

IEA 表示，从碳排放的增长因素来看，发电行业和航空业是主要推手。受地缘政治的影响，全球对能源供应担忧扩散，使得煤炭需求不断走高。特别是有些地区，燃煤发电的趋势正在扩大。此外，因疫情而陷入低迷的旅行需求开始回升，源自航空部门的排放也有所增加。因此，碳排放大幅攀升成为不少业内专家的预判。但事实数字却并非如此。

“各方普遍认为，今年全球 CO₂ 排放会呈火箭式增长，实际上经我们研究，仅增长 0.9%，这主要得益于中国可再生能源发展对世界做出的贡献。”法提赫·比罗尔在 COP27 期间告诉记者，“IEA 数据显示，2022 年，全球燃烧化石燃料产生的 CO₂ 排放量约达 338 亿吨，将比上一年增加 3 亿吨，增幅不到 1%。”

1%这个数字看似出人意料，但据法提赫·比罗尔介绍，其背后离不开为减排做出贡献的中国。“清洁能源的发展和有效减缓了今年的全球碳排放增幅，中国在可再生能源发展领域持续领跑。”他说。

IEA 数据显示，各国正在进一步推广普及可再生能源，预计今年全球光伏发电量和风力发电量的增加将超过 700 太瓦时，有望创有史以来最高的年增长率。如果没有可再生能源和电动汽车的普及，今年 CO₂ 排放量的增加将接近 10 亿吨。

“我们今年看到了电动汽车数量大幅增长，其中有 50% 来自中国。当然还有其他大力发展清洁能源国家一起努力，实现了另外的 50%，这是多方共同努力的成果，是一个良好的信号。”法提赫·比罗尔告诉记者。

清洁能源、新能源汽车成为各国低碳发展的战略交汇点

“得益于世界范围内可再生能源技术的蓬勃发展，包括太阳能、风能、氢能和核能等，碳排在 2022 年增速放缓，在这些领域，中国近年来都做了很好的探索和发展，并且一直处于领跑位置。”法提赫·比罗尔介绍道。

那么，中国的可再生能源成绩单究竟如何？

习近平主席特别代表、中国气候变化事务特使解振华在中国代表团首场媒体发布会上也列举了一个数字——11.2 亿千瓦。

“中国的可再生能源在 2021 年年底已经达到了 11.2 亿千瓦，11.2 亿千瓦是什么概念？现在很多发达国家加起来，它的可再生能源的装机总量也没有达到中国这个水平，美国全国总装机容量将近 12 亿千瓦。也就是说，中国的可再生能源的装机容量已经相当于美国全国的总装机容量了，可见中国在可再生能源发展方面取得的进展，这也充分说明了我们的减排的力度和行动。”解振华说。

在他看来，要解决能源领域转型的问题，应减少化石能源增加的排放，但它的前提是必须要大力发展可再生能源。“所以，现在中国把整个能源转型系统地来考虑，首先我们坚持‘先立后破’的原则。”

数据显示，通过摸索和建设，中国建成了世界最大的清洁发电体系，水电、风电、光伏等全口径非化石能源发电装机容量突破 11 亿千瓦。风、光、水、生物质发电装机容量都稳居世界第一。

党的十八大以来，中国加快转变能源利用方式，大力提升能源利用效率，单位国内生产总值能耗累计降低 26.4%，相当于减少能源消费约 14 亿吨标准煤，以能源消费年均约 3% 的增长支撑了国民经济年均 6.6% 的增长。

不仅如此，COP27 期间，中国新能源汽车领域的发展被联合国秘书长古特雷斯、国际能源署署长法提赫·比罗尔接连点赞。

2021 年，全球新能源汽车销售约 675 万辆，同比增长 1.08 倍，市场渗透率大幅提升到 8% 左右。中国和欧盟是全球新能源汽车的主要市场。2022 年上半年，中国新能源汽车销量

达 260 万辆，同比增长 1.2 倍，同时新能源汽车保有量突破 1000 万辆。

“新能源汽车是全球主要经济体多元发展目标战略交汇点。当前全球经济发展进入新一轮变革期，全球产业和消费开启新一轮调整和升级。新能源汽车正是这一轮变革下的焦点，各国竞相布局和发展新能源汽车技术、产业和市场，力求在全球技术、产业和消费深度调整中构建全新竞争力。”国务院发展研究中心市场经济研究所副所长王青表示，全球新能源汽车已进入高速发展窗口期，新能源汽车将与其他数字化绿色化产品一起，掀起全球新一轮消费浪潮，成为各国消费市场的新增长点。（张倩）

石化行业固碳潜力巨大

中国电力报 2022.12.1

本报讯（记者 王若曦）11 月 24 日，北京大学能源研究院气候变化与能源转型项目课题组在京举办《中国石化行业碳达峰碳减排路径研究报告》（以下简称《报告》）发布会。《报告》认为，石化行业固碳潜力巨大，石化行业低碳转型将为我国“双碳”目标的实现提供有力支撑。

《报告》从生产过程和重点产品两个维度对石化行业碳排放情况进行分析。从生产过程来看，燃料燃烧及电力和热力供应是石化生产中碳排放量最大的环节，碳排放量占比达 66.1%，其次是工业生产过程碳排放，占比为 33.9%。

《报告》认为，化石燃料燃烧和工业生产过程中的碳排放基本只涉及炼油、乙烯和对二甲苯，其他产品的碳排放基本都来自于净购入的电力和热力。因此，减少炼油、乙烯和对二甲苯生产环节的燃料燃烧和工艺工程中的碳排放是关键。对于其他产品的生产，则更多需用清洁电力和热力替代当前以煤炭为主体的供电和供热系统。

从产品来看，炼油、乙烯、聚乙烯、聚丙烯、对二甲苯、PTA、乙二醇、聚酯等八大重点子行业碳排放量占全行业碳排放量的 76.6%。其中炼油行业占总排放量的 51.3%，是碳排放量占比最大的子行业。

针对炼油行业，《报告》认为应严格控制其产能，淘汰落后产能，推进产业结构调整，促进炼油和石化行业大型化、一体化发展。建议到 2025 年将炼油产能控制在每年 9.3 亿吨以内，之后炼油产能只减不增。

为探究我国石化行业碳达峰路径，《报告》设定“基准情景”和“碳减排情景”两种情景。通过模型测算发现，“基准情景”下，石化行业预计在 2035 年实现碳达峰，峰值碳排放量约 6 亿吨。而在“碳减排情景”下，通过产业结构调整、节能降耗及深度电气化、轻质原料替代、发展绿氢、CCUS 等减排措施的实施，石化行业可于 2025~2030 年间实现碳达峰，峰值不超过 5 亿吨。

在技术革新方面，《报告》建议推广应用成熟节能降碳技术，鼓励先进低碳技术研发。同时通过财政和金融手段为应用绿色低碳技术的企业和行业提供扶持，促进行业推动绿色低

碳技术创新，降低企业减碳成本。

在标准制定方面，《报告》建议编制重点石化产品碳排放限额标准。在绿色制造体系的基础上，建立完善低碳评价体系，建立碳回收再利用产品的认证、绿色低碳技术评估等服务体系和平台。

此外，《报告》建议推动石化行业在 2023 ~ 2024 年纳入碳交易市场，完善有利于绿色低碳发展的财税、价格、金融、土地、政府采购等政策。

深挖减排潜力 推动电碳协同发展

中国电力报 2022.12.7

围绕构建新能源占比逐步提升的新型电力系统这一目标，本文深入思考了电碳协同的典型场景，提出了“无协同、弱协同、静态协同、动态协同 1.0、动态协同 2.0”的发展路径，并从发电侧、调度侧、市场侧等不同角度提出建议。

电碳协同发展演变路径

电碳无协同。从发电侧的视角，自新一轮电力体制改革以来，通过多元主体竞争的市场化交易来获得发电量已经成为优化运行的常态。在碳市场未建立时，发电企业的优化决策不需要考虑碳排放要素，只需在电力市场上提交各自的发电报价，并接受由交易和调度机构出清的发电计划。从调度侧的视角，电碳无协同阶段对应着传统的低碳调度，即节能调度。此时，调度机构按照节能、经济的原则，优先调度可再生发电资源，按机组能耗和污染物排放水平由低到高排序，依次调用化石类发电资源，最大限度地减少能源、资源消耗和污染物排放。

电碳弱协同。随着全国碳市场的建立，电力企业首先参加电力市场，然后依据实际发电量产生的碳排放，前往碳市场交易剩余或缺少的碳配额。由于两个市场的决策过程是相互独立的，相对高排放的企业在电力市场中难以联动传导碳排放的成本，相对清洁的企业也不能充分利用碳市场带来的成本优势。与此同时，调度侧与发电侧及碳市场的协同程度不够，只能默认机组碳排放强度和碳市场的价格固定不变，碳市场被简化成了碳税的形式。二氧化碳排放被固定地纳入了度电成本中，调度侧能够相对经济地实现低碳调度。

电碳静态协同。发电企业可以基于历史统计数据评估一段时间内某机组的平均碳排放强度（可以理解为静态碳排放强度），并根据碳排放特性协同决策在两个市场中的报价。如果碳排放强度高于基准值，可以提高电力报价向用电侧传导碳排放成本；如果低于基准值，既可以保持原有电力报价，也可以采取降低报价的方式获得更多的发电量，从而在碳市场出售更多的碳配额。这种情况下，每个发电企业都需要交易碳配额，碳市场价格将随着电力交易结果的影响而变化。此时，碳市场价格能够有效体现当前时段的碳配额供需情况和边际碳减排成本，调度侧则需要接收碳市场的价格信息开展低碳调度，所形成的调度方案可有效促进机组进行低碳化改造。

电碳动态协同 1.0。根据火电机组的实测运行数据，机组的碳排放强度与运行工况存在动态关联，在火电机组频繁参与调峰、调频任务的场景下，静态碳排放强度将难以满足发电企业精细化的碳管理需求。通过烟气排放连续监测系统（CEMS）小时级采样数据，可以得出火电机组的动态碳排放强度，实时反映不同发电工况下的碳排放水平。

发电企业可以在电力市场中动态灵活地传导碳排放成本，甚至可以改变在碳市场中的买卖角色。当前发电出力水平下的碳排放强度高于基准值，企业可以提高发电报价向用电侧传导碳排放成本，也可以降低发电报价以获得更多的发电量，由此提高机组负载率使得碳排放强度降低至基准线以下，由碳市场的买方转换为卖方。如果碳排放强度低于基准值，发电企业更有动力降低自己的发电报价以获得更多的发电量，进一步降低自己的碳排放强度，从而在碳市场出售更多的碳配额。

调度侧需要同时接入碳市场价格信息和各发电机组的动态碳排放强度信息，火电机组频繁参与调峰、调频所导致的供电煤耗升高、碳排放量升高等成本被纳入调度决策中，所形成的调度方案能兼顾机组不同工况的碳排放水平，同时提升火电机组深度调峰时段的电力价格。

电碳动态协同 2.0。伴随着电源结构向“新能源+火电”互补形态的逐步发展，碳市场向碳金融发展，电碳动态协同阶段也将迎来 2.0 版本。一方面，“新能源+火电+储能”的互补发电量中混合了大量的新能源电力，新能源占比程度越高，打包的碳排放强度越低；另一方面，发电企业可以基于对未来碳配额价格的预期，通过合理配置碳金融衍生品实现在碳市场不同时间尺度间的套利，形成包含碳期权、碳期货交易的电碳协同。通过融合碳配额、绿证、国家核证自愿减排量、碳期权、碳期货等多种减排标的，动态碳排放强度逐渐向虚拟动态碳排放强度演变，为调度侧电碳协同优化决策提供了新的思路。

多形式促进电碳协同发展

一是加强对机组碳排放强度的监测，优化发电企业参与电、碳市场的协同决策。与欧美国家的碳市场不同，中国的碳市场配额不是基于排放总量上限确定的，而是基于碳排放强度，即根据火电企业所拥有燃煤、燃气机组的实际产出量（含供电、供热）和预先规定的碳排放强度基准值，向其免费分配配额。因此，碳排放强度是评价火电机组碳排放水平和发电企业制定碳市场交易策略的核心指标。然而，火电机组碳排放强度并不是固定的，基于理论推导和实测数据的研究表明，碳排放强度是动态变化且与机组负载率成反比的。因此，亟须通过有效手段实现对机组动态碳排放强度的监测，并构建合理的机制体制，优化发电企业参与电、碳市场的协同决策，在降低碳排放的基础上提升发电企业的经济效益。

二是围绕新能源占比逐步提升的新型电力系统运行，发展电碳协同优化调度技术。在发电侧精准掌握动态碳排放强度并参与电力市场和碳市场协同决策的基础上，电力系统的调度侧亟须发展电碳协同的优化调度技术。引入碳市场价格信息、发电机组的动态碳排放强度信息，构建电碳协同的调度模式；在机组组合、经济调度等环节考虑建立电碳协同机制，构建

动态碳排放强度及碳市场价格优化调度模型；分析不同场景下电碳协同调度模式的作用效果，实现碳排放成本在新型电力系统运行层面的合理分配。

三是推动碳金融的发展，从更长时间尺度实现电碳协同过程的有序传导。目前，全球碳金融市场每年交易规模超过 600 亿美元，开发了包括碳期权、碳期货、碳债券等在内的多种金融产品。我国在 2021 年以电力行业为突破口建立了全国碳市场，但目前发电侧的碳资产管理手段仍十分有限，电网侧难以评估中长期电源结构的碳排放风险，社会资本也缺乏投资清洁能源的有效途径。而通过推动碳金融发展，恰恰可以提供有效的碳风险对冲工具、碳市场履约手段、碳价格中长期信号来解决上述问题。因此，亟须在夯实碳现货市场的基础上，加快发展碳金融市场，构建完善碳金融制度体系，充分挖掘电力上下游主体的碳减排潜力，实现更长时间尺度电碳协同过程的有序传导。（刘念 蒋凯）

各类技术助力电力行业实现数字化突破

中国能源报 2022. 12. 12

近日，基础设施工程软件公司 Bentley Systems（以下简称“Bentley 软件”）举办了 2022 基础设施数字化光辉大奖赛，旨在表彰 Bentley 软件的用户在推进全球基础设施的设计、施工和运营方面做出的杰出贡献。共有来自 47 个国家/地区的 180 多个组织提交了近 300 个参赛项目。

据了解，Bentley 软件是一家基础设施工程软件公司，其为电力能源等多个行业及工程提供创新软件解决方案，共服务于 186 个国家/地区。产品包括基于微型工作站的建模和模拟应用程序，助力项目交付的流程化、标准化的工程全生命周期管理系统，用于资产和网络性能管理的实时资产情报系统，以及构建工业元宇宙的 iTwin 数字孪生云平台。

数字孪生技术促项目高效施工

在数字孪生技术方面，除了拥有兼具开放性和扩展性的基础设施架构，Bentley 软件还涉及实景建模和物联网，这些基础设施架构技术所提供的丰富数据可以支持工业基础分类的产出。

今年 11 月，Bentley 软件通过了 SYNCHRO 4D 的功能增强、SYNCHRO Cost 和 SYNCHRO Perform 应用程序的加入，用于对电力等基础设施工程项目的规划、管理和执行方式。

据了解，SYNCHRO 4D 用于为基础设施工程提供 4D/5D 模型制作功能，可以创建可施工组件，并向模型分配施工属性，进行混合现实建模、施工几何图形放样以及通过网络和移动方式访问信息以改善团队协作、状态更新和现场进度报告。而 SYNCHRO Cost 的加入使项目团队可以利用多合同采集、付款申请跟踪和变更单管理等功能，控制预算并跟踪整个合同期限中的财务进展，降低财务风险，并使项目利润最大化。SYNCHRO Perform 则可增强施工绩效管理，包括采集每日工程量进度、日记、计划外事件、时间表、票据和估算现场成本等功能，可为项目反馈和生产效率洞察提供最短的周期时间。

湖北省电力勘测设计院提交的武汉徐东 220kV 高智能化地下变电站数字化项目，荣获 2022 基础设施数字化光辉大奖赛能源通信网络类别大奖。湖北院作为设计单位，在建设过程中，先后进行了 5D 数字化施工过程精准管控、设备安装三维模拟、变电站建造费用精准管控、VR 模拟以及 AR 技术应用、变电站数字孪生技术应用等方面的技术创新，全面实现数字化设计、建造和运维一体化。

“2018 年以前，因电力工程本身具有静电，我们的工程在组塔架线高空作业这些高风险性环节中，面临着成员承载力、施工承载力、管理承载力、机械承载力的挑战，安全空间方面亟需更加直观可靠的数字化手段。在多方调研下，我们把目光放在了 Bentley 软件上并选择了 SYNCHRO 软件。”国网衡水供电公司建设部副主任张舵告诉记者，经过 SYNCRHO 4D 施工过程推演模拟人梯留口、作业横板铺设等关键节点，保障了施工安全与效率。

碳计算赋予低碳清洁转型以抓手

除了助力基础设施项目的数据采集、设计建模、施工和运维，Bentley 软件数字孪生平台还助力基础设施碳计算，在基础设施数字孪生中零成本实现隐含碳计算、报告和分析。

Bentley 软件的 iTwin 平台包含碳计算的集成工作流，该集成支持利用建筑隐含碳计算器（EC3）在基础设施数字孪生解决方案中进行碳估算。集成了 EC3 之后，Bentley 软件基于 iTwin 的基础设施数字孪生解决方案以及构建于 iTwin 平台之上的第三方应用程序能够基于免费开源式 EC3 碳数据库和计算器，简化并加快生成碳报告和数据分析。

湖北省电力勘测设计院有限公司数字化分公司副经理王伟认为，数字化对于双碳目标的实现非常重要。“双碳目标主要就在于构建清洁低碳高效的能源体系，控制石化能源的总量，着力提高能效。风电和光伏是未来新型电力系统主体。”但这将对未来电网的安全运行带来一定挑战。风电和光伏的体量比较小，布点数量多，需要电网拥有快速获取实时数据并高效分析运行、调整运行策略的能力。王伟指出，未来的电力系统为能源互联网，数字化就是能源互联网的核心抓手。而数字化孪生技术将打通“源网荷储”各个环节，把海量分布式能源通过数字化手段形成虚拟的能源调控中心，以助力新能源的接入和使用，实现清洁低碳的目标。

拓展数字化的广度深度应用

Bentley 软件专家在光辉大奖赛上告诉记者：“就今年入围项目的应用情况而言，我们很清晰地看到数字化技术在电力行业的深入应用和推广，并在两个方向上有比较明确的拓展和突破。”

上述专家指出，从应用的广度上来说，在电力项目全生命周期的不同阶段都有相应的突破，相应的可落地技术方案不断地被尝试和应用。数字化技术的应用帮助相应企业用户拓展新的业务领域、打破原有传统业务的形式和范围，进而不断提升企业本身的竞争力，获得良性的发展。

“另外一个方向就是在数字化技术深度应用方面的精耕细作，在施工项目中琐碎的人、

机、料、法、环各个环节的管理，我们看到很多项目从设计到后续的运维应用处理，数字化技术在深度的应用方向上不断地细化。”

该专家同时强调：“行业已由前两年的数据产生与提炼，逐步过渡到知识库的创建和完善，并且基于数据库的支撑，实现最终业务定制和满足业务需求。在整个发展过程中，Bentley 软件一直充分发挥自身长处，如 BIM 建模技术、实景建模技术、数字化施工管控技术、数据孪生应用技术，以及虚拟现实技术和云计算相关新技术，把这些新技术不断地落实到相应的电力能源行业解决方案中，支持用户的数字化和智能化发展，为用户在技术层面上保驾护航。”（杨晓冉）

全国首个“双碳”地方标准体系发布

中国电力报 2022.12.29

本报讯（记者 支彤）近日，记者从山东省青岛市市场监管局获悉，《青岛市碳达峰碳中和标准体系建设指南》（以下简称《指南》）正式发布，成为全国首个“双碳”地方标准体系。

《指南》以国内外碳达峰碳中和标准化成果全收录、青岛市各产业低碳发展标准化需求全体现为导向，收录了“双碳”领域国际标准、国家标准、行业标准、地方标准等 5098 条，为青岛市绿色低碳高质量发展提供全方位技术支撑。

《指南》按照系统性、先进性和科学性原则，结合青岛市实际需求，从“基础通用”“碳管理”“碳减排”“碳清除”“市场化机制”5 个标准子体系构建顶层设计。“基础通用”囊括术语、分类等基础标准。“碳管理”主要包括碳规划、碳监测核算核查、碳评价等标准，将为开展碳达峰碳中和工作提供统一的基础与管理技术规范。“碳减排”涵盖能源清洁利用、新型电力系统、节能提效等标准，支持碳达峰碳中和过程中的节能减排与协同降碳工作。“碳清除”围绕生态系统固碳和增汇、碳捕集利用与封存及其他碳清除技术标准，为实现碳中和的各类碳清除和负碳技术提供技术支撑。“市场化机制”涉及碳交易、用能权交易、绿色金融、生态产品价值实现等新兴标准领域，将为“双碳”市场化运作提供有益指引。

“双碳”地方标准体系的搭建是实现碳达峰碳中和不可或缺的技术基础，推进低碳标准体系建设是提高地方能源利用效率、改善能源结构、减少能源消耗、减少碳排放的重要手段，为地方实现碳达峰碳中和明确了目标与路径。

作为国家低碳试点城市，青岛市始终将应对气候变化工作作为推动青岛市经济社会发展全面绿色转型的总牵引。记者获悉，近年来，青岛市市场监管局积极落实国家“双碳”工作部署，开展了一系列推进活动。今年 10 月，青岛市市场监管局和青岛市发展改革委联合成立青岛市碳达峰碳中和标准化工作组，建立起标准化助推“双碳”的统筹规划和协调管理机制，向全市征集涉及碳排放量和碳减排量核算、低碳评价、“双碳”职业认定等“双

碳”领域标准制修订需求 50 余项，为《指南》的编制提供重要参考。11 月，青岛市市场监管局受邀在“碳达峰碳中和案例”可持续发展国际会议暨 2022 全球可持续发展标准化城市联盟大会上发言，分享青岛市标准化“双碳”工作开展经验。

“双碳”主战场能源绿色转型见成效

中国电力报 2022.12.12

能源是推进碳达峰碳中和的主战场。在实现“双碳”目标的进程中，能源绿色低碳转型目前成效如何？近日，国家发展改革委发布的“碳达峰十大行动”进展中指出，各地区各有关部门积极稳妥有序推进能源绿色低碳转型行动，取得显著成效。

非化石能源开发步伐加快

大力发展新能源是能源绿色低碳转型行动的重要内容。我国制定实施以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地规划布局方案，规划总规模约 4.5 亿千瓦，目前第一批 9500 万千瓦基地项目已全部开工建设。有序推进山东半岛、长三角、闽南、粤东和北部湾等海上风电基地建设。2020 年以来，新增风电、太阳能发电装机容量连续两年突破 1 亿千瓦，占年新增全部发电装机的六成左右。稳步发展生物质发电，截至今年 7 月底，生物质发电装机 3967 万千瓦。2021 年，新能源年发电量首次突破 1 万亿千瓦时大关。

同时，我国统筹水电开发和生态环境保护，大力推动金沙江上游、雅砻江中游、黄河上游等重点流域水电规划和重大水电工程建设。截至今年 6 月底，全国水电装机容量达到 3.6 亿千瓦左右，比 2020 年增加约 2000 万千瓦，“十四五”期间新增 4000 万千瓦的目标已完成近 50%。

此外，核电保持平稳建设节奏。华龙一号、国和一号示范工程、高温气冷堆示范工程等在建工程，在确保质量的前提下推进建设。截至今年 7 月，我国在运在建核电机组共 77 台、装机规模 8335 万千瓦。

化石能源开发利用清洁高效

在非化石能源加快开发利用的同时，化石能源清洁高效开发利用也取得积极进展。充分发挥煤炭煤电对能源绿色低碳转型的支撑保障作用。持续打好煤炭增产保供“组合拳”，实施煤炭安全保供责任制，稳定煤炭保供政策，加强全国煤炭产量调度，持续释放先进产能，切实稳定增加煤炭产量。2021 年，煤电以不足 50% 的装机占比，生产了全国 60% 的电量，承担了 70% 的顶峰任务。全面实施煤电节能降碳、灵活性和供热改造“三改联动”，2021 年已完成改造 2.4 亿千瓦，今年将继续实施改造 2.2 亿千瓦。

在能源转型中，油气高质量发展深入推进。扎实推进油气勘探开发七年行动计划，2021 年原油产量 1.99 亿吨、连续三年企稳回升，天然气产量 2076 亿立方米、增量连续五年超百亿立方米。加快推进非常规油气资源规模化开发，2021 年页岩油产量 240 万吨、页岩气产量 230 亿立方米，煤层气利用量 77 亿立方米，保持良好增长势头。加快推进油气基础设施

建设，推动油气干线管道和互联互通重点工程建设，“全国一张网”进一步完善。天然气储备能力快速提升，储气规模三年多实现翻番。油气消费保持合理增长，2021年油气消费约占一次能源消费总量的27.4%。

值得一提的是，终端用能清洁替代也在加快实施。国家发展改革委、国家能源局等10部门联合出台《关于进一步推进电能替代的指导意见》等政策，推动工业、交通、建筑、农业农村等重点领域持续提升电气化水平。截至2021年底，北方地区清洁取暖面积达到156亿平方米，清洁取暖率73.6%，超额完成规划目标，累计替代散煤超过1.5亿吨，对降低PM2.5浓度、改善空气质量贡献率超过三分之一。电动汽车充电基础设施建设加快推动，截至今年7月累计建成398万台，可基本满足电动汽车发展需求。

新型电力系统建设蹄疾步稳

加快建设新型电力系统是行动的重要内容。随着雅中—江西、陕北—武汉、白鹤滩—江苏特高压直流等跨省区输电通道的建成投产以及白鹤滩—浙江、闽粤联网直流工程、南阳—荆门—长沙、驻马店—武汉等跨省区特高压交流工程建设的加快推进，跨省区电力资源配置能力稳步增强。截至2021年底，全国西电东送输电能力达到2.9亿千瓦，比2020年底提高2000万千瓦。

电力系统灵活调节能力明显提升。截至2021年底，实施煤电机组灵活性改造超过1亿千瓦。国家能源局印发《抽水蓄能中长期发展规划（2021—2035年）》，推动各省制定实施方案和“十四五”项目核准工作计划。截至今年6月底，抽水蓄能装机达到4200万千瓦。国家发展改革委、国家能源局出台《“十四五”新型储能发展实施方案》，加快新型储能多元化、产业化、规模化发展。截至2021年底，新型储能装机规模超过400万千瓦。

与此同时，能源体制改革不断深化。国家发展改革委、国家能源局印发实施了《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》，此后又批复南方区域电力市场建设实施方案，并积极稳妥推进电力现货市场建设。今年上半年全国市场化交易电量2.5万亿千瓦时，同比增长45.8%，占全社会用电量的61%左右。此外，国家发展改革委、国家能源局还印发了《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》和煤炭、石油天然气行业碳达峰实施方案，出台了《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》，系统推进能源绿色低碳转型工作。（杜敏）

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

生物技术将“废料”变“绿色饲料”

科技日报 2022.12.1

“水稻秸秆不能烧，烂在田间会影响后续耕作，还易导致病虫害，成了‘生态包袱’。”近日，湖南省常德市农业农村局农业资源保护与利用科负责人罗元峰在接受科技日报记者采访时表示，常德探索水稻秸秆产业化利用新模式，将回收的水稻秸秆制作成青贮饲料，将

“生态包袱”变成“绿色财富”。

“我国饲料工业发展突飞猛进，生产持续增长，集中度不断提高，转型升级步伐加快，但也面临资源约束日益突出、个别环节质量安全隐患仍然存在等挑战。大力发展生物饲料，是确保未来饲料工业高质量发展的必然方向和战略举措。”农业农村部畜牧兽医局副局长辛国昌说。

不仅绿色环保还可减少抗生素使用

《中国生物饲料行业市场调研及“十四五”发展趋势研究报告》指出，生物饲料是指以饲料和饲料添加剂为对象，以基因工程、蛋白质工程、酶工程、发酵工程等现代生物技术为手段，利用微生物酶解发酵开发的安全高效、环境友好、无残留的新型饲料资源和饲料添加剂的总称。生物饲料包括生物发酵饲料、酶解饲料、菌酶协同发酵饲料和生物饲料添加剂等。

生物饲料的取材非常广、成本也相对专用饲料更加经济实惠，并且生物饲料具有可再生性。生物饲料的应用有助于开发非常规饲料资源，降低养殖成本；有利于节约粮食，减缓人畜争粮的问题；可降低畜禽粪氮、粪磷的排放量，大幅度降低环境污染，促进畜牧饲料行业健康可持续发展；减少养殖环节抗生素使用，对获得优质安全的畜产品具有重要意义。

近年来，生物发酵技术在改善饲料品质、提高利用效率、促进动物健康等方面的效果较好，生物饲料产品的市场接受度日益提高，已成为一个快速发展的新兴产业。

以生猪生态养殖为例，浙江大学动物科学学院院长、教授汪以真说，“生物发酵饲料是一种含有益生菌及其代谢产物的生物活性饲料，微生物发酵可以通过改变饲料底物的理化特性，提高饲料的消化利用率。同时在发酵过程中，可以扩大培养益生菌菌体，进而通过益生菌的作用，维持猪的肠道微生物稳态，改善其肠道功能和机体免疫，最终达到生猪机体健康提升和优质安全生产的目的。”因此，使用生物饲料是非洲猪瘟、饲料禁抗和环保压力背景下实现生猪健康绿色生态养殖的重要举措。

此外，生物饲料还可以延长农业产业链、提升价值链、优化供应链、构建利益链，促进农村一二三产业融合发展，是繁荣农村经济、增加农民收入的重要举措，是推进农业供给侧结构性改革、加快农业农村现代化的重要抓手。生物饲料上游关联种植业，下游关联养殖业和无抗畜产品加工业，能够大力带动种植和养殖业健康发展，是打造种植业、养殖业和无抗畜产品加工业三大产业融合的重要抓手。生物饲料高质量发展必将促进种植业、养殖业和无抗畜产品加工业三大产业融合。

综合施策助力生物饲料产业发展

我国高度重视生物饲料产业发展，综合施策，从管理制度和技术标准等多方面采取有效措施，有力促进了产业规范化健康发展。

生物饲料领域第1个团体标准《生物饲料产品分类》于2018年1月1日发布，《发酵饲料技术通则》于2018年9月7日发布，正式结束了生物饲料市场混乱、产品质量良莠不齐

的局面。

2020年，国务院办公厅印发的《关于促进畜牧业高质量发展的意见》明确提出“加快生物饲料开发应用”，为生物饲料产业加快发展指明了方向。此后，自2011年国务院修订发布《饲料和饲料添加剂管理条例》（以下简称《条例》）以来，又对《条例》进行了3次修订。

农业农村部依据《条例》规定，按照国务院“放管服”改革有关要求，及时制定发布相应的配套规章和规范性文件，累计制定了5个部门规章、16个规范性文件，发布实施了600余项国家标准或行业标准，初步形成了相对完善的饲料管理制度体系。

全国各地也出台了有关政策，大力发展生物饲料。如早在2009年，贵州省政府印发了《贵州省人民政府办公厅关于开发利用农作物秸秆生物饲料推进我省生态畜牧业又好又快发展的意见》。该意见提出，科技、农业部门以及大中专院校、科研机构、龙头企业要积极引进和消化省内外的先进技术，开发、集成适宜贵州省不同区域、不同养殖方式的秸秆生物饲料多样化利用技术体系，加快生物饲料研发及其成果的转化应用，提高秸秆生物饲料的营养价值和利用率、消化率，增强适口性。今年3月30日，黑龙江省政府印发的《黑龙江省“十四五”生物经济发展规划》正式发布并实施。规划明确，推动兽药产业接轨先进水平，培育壮大生物饲料产业，谋划建设微生物制剂、发酵饲料、饲用维生素、新型饲料蛋白等饲料添加剂和生物饲料项目。

生物饲料的未来机遇将与挑战并存

“政策和标准的建立对我国生物饲料行业的规范性和健康发展作出了重要贡献。使得我国生物饲料产业发展迅速，年产量已超过400万吨。目前，我国仅从事生物发酵饲料生产的企业就有1000余家。其中，发酵豆粕、酵母培养物、发酵糟渣和发酵构树叶等发酵产品呈稳定增长趋势，在饲料和养殖行业得到广泛应用。”汪以真表示。

预计到2025年，生物饲料产品市场份额将达到2000亿元/年，而且生产技术和应用技术水平将大幅度提高并实现标准化。

《中国生物饲料行业市场调研及“十四五”发展趋势研究报告》指出，发展健康、环保、高效的无抗替代品成为饲料行业未来的发展趋势，生物饲料将成为未来饲料行业抗生素减量替代的重要环节之一。随着养殖行业日趋规模化、集约化，将有力促进生物饲料行业的快速发展。

虽然我国生物饲料产业具有巨大的发展前景，但现阶段，我国生物饲料整体研发和产业化水平还有待提高，在产业发展中仍存在一些亟待解决的问题。

在标准制定方面，目前我国生物饲料产业急需研究制定完善具体的产品标准、质量检测评价方法标准、标签标识标准，以及生物饲料添加剂标准等。在生产制备方面，要提高菌种性能、原料配比科学性、产品稳定性等，减少杂菌污染，培养更多规模化生产工程技术人员。在推广应用方面，动物营养和微生物营养的协同性和安全性认识仍需提高，营养数据库和合适添加量尚需完善。在行业管理方面，生物安全防控和生物饲料评价体系的安全预警平

台工作力度需要继续加强。

相关链接

全球生物饲料技术、产业发展迅速

国外从 20 世纪 60 年代初开始研发微生物发酵饲料。最初用于生产生物饲料的原料主要是一些富含纤维素的固体残渣（稻草、秸秆、甘蔗渣等）。

随着技术的进步，国外生物饲料的发展迅速，原料也越来越广泛，所采用的益生菌菌株数量也在不断增加。

在生物饲料的应用方面，欧美等国家和地区生物饲料的使用比例已经大于 50%；德国已有超过 15% 的猪场采用生物液体饲料；荷兰、芬兰规模化猪场应用生物饲料饲喂率达到 60%；法国使用流体生物饲料设备的猪场约占猪场总数的 15%。

在生物饲料技术研究方面，通过专利检索发现，在全球范围内，从 2012 年开始，相关专利数量快速上升，全球生物饲料技术进入研究爆发期。（马爱平）

国内最大燃煤机组耦合生物质发电项目投产

中国能源报 2022.12.12

本报讯 12 月 4 日，大唐安徽发电有限公司 660MW 超临界燃煤机组直燃耦合生物质发电项目正式投产，这是目前国内最大的燃煤机组耦合生物质发电项目，也是国内首台套生物质散料直接破碎燃煤耦合掺烧项目。

该项目今年 5 月启动建设，克服无成熟经验借鉴、系统设备集成创新、燃料收购存储、疫情防控等挑战，对 1 台 660MW 燃煤机组进行技术改造，实现机组每小时掺烧生物秸秆 40 吨，每年可产生 2.3 亿度绿电，全年利用生物质燃料 25 万吨（折合标煤 10 万吨），减排二氧化碳 27 万吨。项目具有运行效率高、经济效益好、零碳排放的特点，实现了农村秸秆等生物质能源的高效利用。（马英豪 李纲）

脱硫废水减量项目首次在百万机组成功实践

中国电力报 2022.11.24

本报讯（记者莫非 通讯员孙海峰）截至 11 月 15 日，国家能源投资集团有限责任公司宁夏电力鸳鸯湖公司 3 号间冷却塔内脱硫废水蒸发浓缩减量设备累计减少脱硫废水排量 10.5 万吨，实现经济效益 380 万元，取得环保经济双效益，标志着自主研发的科技成果“一种脱硫废水处理装置”首次在百万机组获得成功实践。

脱硫废水减量项目是国家能源集团 2021 年第一批科技示范项目，计划在鸳鸯湖电厂二期 2×100 万千瓦机组 3 号、4 号间间接空塔内分别建设一座特殊“脱硫废水蒸发塔”及相应附属装置，脱硫废水经循环水泵加压送至“脱硫废水蒸发塔”内，通过配水管、喷头进行喷淋，与高温、低湿空气逆向流动进行传热、传质，实现脱硫废水的浓缩蒸发减量，解决

脱硫废水消纳难题，同时为后期实现脱硫废水零排放奠定基础。目前，鸳鸯湖电厂4号间接空冷塔内脱硫废水蒸发浓缩减量设备正在加紧安装调试，将于年底投入使用。

建设“无废城市”破解固体废弃物污染困局

中国环境报 2022.11.10

党的二十大报告提出，推进美丽中国建设，统筹产业结构调整、污染治理、生态保护、应对气候变化，协同推进降碳、减污、扩绿、增长，推进生态优先、集约节约、绿色低碳发展。为了破解宁夏回族自治区长期以来的固体废弃物污染困局，持续提升固体废弃物治理能力和治理水平，必须深入学习贯彻党的二十大精神，坚持减污降碳协同增效，按照减量化、资源化、无害化原则建设“无废城市”，统筹城市发展和固体废弃物综合管理改革，推动城市发展全面绿色转型。

坚持问题导向，提振“无废城市”建设的信心

过去很长一段时间，宁夏因资源禀赋、产业结构、基础设施建设、区域位置等原因，固体废弃物特别是工业固体废弃物呈现产生量大、增长速度快、产生强度高、填埋处置量大、综合利用率低的特点。全国第二次污染源普查结果显示，2017年宁夏一般工业固废产生企业2740家，产生量5290万吨/年，综合利用率仅为37.2%。工业固废污染防治成为宁夏突出的生态环境问题之一。

党的十八大以来，以习近平生态文明思想为根本遵循和行动指南，美丽新宁夏建设迈出重大步伐，建成了一批市场化程度高、产品竞争力强的固体废弃物资源化利用项目、工程。今年以来，宁夏组织召开了“无废城市”建设启动会，牵头成立了自治区“无废城市”建设协调推进领导小组和专家库，组织开展“无废城市”建设项目现场观摩推进会，印发了宁夏“无废城市”建设典型案例，为扎实推进“无废城市”建设工作提供了有益借鉴和参照。

第一，坚持市场导向。固原市利用煤矸石制备加气混凝土砌块、板材，通过规模化、工业化生产，实现多级脱碳后低热值矿尾渣的全面利用，产品有较强的市场竞争力。重点畜禽养殖龙头企业在加工处理自身养殖粪污的同时，带动周边分散养殖场户生产有机复合肥，不仅满足市场需求，还能有效减少化肥使用量。

第二，突出项目建设。银川经济技术开发区利用紧邻热电项目的优势，引进建设蒸汽加压混凝土板材、砌块生产线，通过密闭管道直接将粉煤灰、炉渣、脱硫石膏输送至原料车间，生产的产品填补了市场空白，显现出良好市场前景。通过招商引资，引进专业公司对建筑垃圾筛分、破碎，生产替代天然砂石的再生骨料，用以生产墙体砌块、再生砖制品，年可处置建筑垃圾100万吨，填补了宁夏此类项目空白。

第三，依靠科技创新。宁东能源化工基地依靠科技创新，将气化细渣含水率由80%—90%降至25%，取得节能、节水、节地、节财等多种成果。石嘴山市传统高载能企业通过加强科技研发，实现冶金废渣回收再利用，取得12项国家专利。

第四，注重系统治理。石嘴山市、固原市优化城市布局、完善基础设施，统筹规划建设垃圾焚烧发电、建筑垃圾回收利用、市政污泥和餐厨垃圾处理、医疗废物集中处置产业园项目，实现城市生活垃圾、建筑垃圾、医疗废物集约化协同处置、资源化利用。产生的蒸汽用于发电和对外供热，焚烧产生的飞灰经固化稳定后填埋。

坚持需求导向，推进“无废城市”建设工作

党的二十大报告提出，“推进各类资源节约集约利用，加快构建废弃物循环利用体系”，对“无废城市”建设提出了新的要求。我们要深入学习贯彻党的二十大精神，深刻认识开展“无废城市”建设的重要意义，不断增强做好工作的政治自觉、思想自觉、行动自觉。

一是更新观念。固体废物污染防治一头连着减污，一头连着降碳。要把固体废物存量和增量视为资源，把固体废物“三化”转化利用作为集约节约、循环利用和招商引资、项目建设的动力和优势。通过建设固体废物综合利用产业项目，提升工业、农业、生活和建筑领域固体废物的全过程管理水平，探索大宗工业固体废物贮存处置总量趋零增长，持续推进固体废物源头减量和资源化利用，将固废的生态环境影响降至最低。

二是突出重点。宁夏工业固废仍处于快速增长期，2010年以来的十年间，产生量增长近一倍，产生强度远高于同期工业增加值增长速度和全国平均水平，2021年达到7920.9万吨/年。银川、石嘴山市占全自治区总量的44%。工业固废半数以上靠填埋，途径单一。要围绕重点地区、重点类别开展“无废城市”创建工作，做好预防、减少、回收和再利用，变废为宝、化害为利，提高资源回收产业发展水平。构建党委领导、政府主导、企业主体、社会组织和公众共同参与的“无废城市”建设工作格局。

三是协同推进。“无废城市”建设，涵盖农业、工业、服务业等经济社会发展各领域，是统筹产业结构调整、污染治理、生态保护、应对气候变化，协同推进降碳、减污、扩绿、增长，建设美丽新宁夏的重大举措。要以全面提高资源利用效率为目标，以推动资源综合利用、产业绿色发展为核心，从城市整体层面深化固废综合管理改革，持续推进固废源头减量和资源化利用。

坚持结果导向，破解固体废弃物污染困境

今年，生态环境部将宁夏银川市、石嘴山市纳入“十四五”“无废城市”建设名单。推进“无废城市”建设，必须统筹固体废物管理与城市绿色低碳发展。要通过这项工作，有效减少固体废物产生量、促进固体废物综合利用、最大限度削减固体废物填埋量，推动形成绿色发展方式和生活方式，努力形成一批可复制、可推广的经验做法，为打造绿色生态宝地、助力绿色低碳循环经济高质量发展作出积极贡献。

一是定方案。坚持“一市一策”，将“无废城市”建设与循环经济、工业资源综合利用、大宗固体废物综合利用、生活垃圾分类、废旧物资回收利用、建筑垃圾综合利用、塑料污染治理等专项工作相互关联、协同推进。

二是建机制。“无废城市”建设是一项创新性工程，涉及面广、系统性强，需要自治区

和各地齐抓共管、共同推进。要建立分工明确、权责明晰、协同高效的运行管理体制机制，细化任务分工，明确时间表、路线图，狠抓工作落实。

三是列清单。重点和关键是制定好废物清单、任务清单、项目清单、责任清单4张清单。全面摸清城市固体废物基本信息和管理现状。分解细化各地各部门职责任务，完善“无废城市”建设项目库。明确各重点领域部门职责，统筹推进、调度、督导和考核，形成建设“无废城市”的强大合力。

四是兴文化。大力开展“无废细胞”培育工程，形成一批覆盖社会各方面的“无废细胞”。开展“无废城市”宣讲进机关、进社区、进家庭、进企业、进农村、进学校活动，营造良好的社会氛围，建立健全建设“无废城市”的长效机制。（陈建华）

碳市场、生物天然气相关报告发布

探索“双碳”下生物质能发展商业道路

中国电力报 2022.11.29

本报讯（记者苏伟）生物质能企业如何开发碳市场？生物天然气企业的绿色生态环境价值如何体现？11月23日，中国产业发展促进会生物质能产业分会、天津排放权交易所有限公司、德国国际合作机构（GIZ）等相关机构联合发布《生物质能项目参与碳市场研究报告》和《欧洲和德国生物天然气证书交易体系一对中国的经验启示》，为国内生物质能企业开发碳市场及体现绿色生态环境价值提供指导。

《生物质能项目参与碳市场研究报告》立足生物质能行业视角，对碳市场的基本情况、碳市场体系与结构、企业参与方式进行梳理，分析了碳信用市场交易情况及市场风险，结合不同类型生物质能项目，为生物质能企业以更全面、更客观的方式了解和参与碳市场提供参考。该报告建议，企业要仔细考虑国际同类市场管理机制和项目评估标准面临调整的情况，依托专业的技术机构，尽早启动碳市场开发工作，特别是一些同类项目较多的集团性公司，应组建专门的团队承担开发工作。

《欧洲和德国生物天然气证书交易体系一对中国的经验启示》通过对欧洲和德国的生物天然气证书交易体系的分享，为我国生物天然气的发展之路提供参考意见。据报告介绍，德国生物天然气证书由相关机构发放，目前主要在自愿市场流通，生物天然气企业的绿色生态环境价值得以体现。报告建议由国家行业主管部门牵头，协调第三方或者行业协会搭建认证平台和相关体系建设。遵循政府主导、监管，第三方核证、推广和运营，企业作为市场主体积极参与，最终形成规范、高效、开放、充满活力的生物质能绿证核发和认购体系。

本次报告发布会上，与会专家针对“双碳”背景下生物质能目前发展规模、产业情况以及未来发展趋势，进行了充分讨论。专家认为，发展生物质能，应当立足“双碳”目标，把握碳市场机遇，借鉴国内外优秀经验、案例，充分考虑产业发展经济性，探索出可行的商业道路，从发展思路和技术探索上寻求突破。

华中最大固废循环经济产业园垃圾发电项目并网

中国电力报 2022.11.29

本报讯（记者金迪）近日，中国建筑集团有限公司官网发布消息，由中建集团旗下中建三局投资、建设、运营一体化实施的华中地区最大固废循环经济产业园核心项目——武汉千子山循环经济产业园生活垃圾焚烧发电 PPP 项目一次并网发电成功，正式整套启动试运行。

项目运行后，将处理武汉市每年五分之一以上的生活垃圾，每年实现发电量约 2.59 亿千瓦时，满足约 20 万户居民家庭用电，减少近 25 万吨二氧化碳排放。对提升武汉市垃圾综合处理能力，提高生态环境治理成效具有重要意义，为落实“双碳”目标贡献力量。

为提升机组工作效率，该项目选用中温次高压余热锅炉，热效率及发电效率较常规机组提高近 15%，有效保证锅炉长期稳定运行。采用“SNCR + 半干法 + 干法 + 活性炭喷射 + 袋式除尘 + SCR”“六步法”烟气净化工艺，确保烟气排放指标优于国标。

为进一步保障项目运行稳定有序，项目采取数字化手段赋能生产运行，自动燃烧控制系统（ACC）与燃烧成像识别系统联合调控，进一步提高大型炉排炉运行稳定性，分散控制系统（DCS）将焚烧设备、烟气净化系统、热力系统和电气系统进行链接、实时展现全厂工艺流程参数，进一步提高运行决策效率。安全连锁系统（SIS）运用遍布全厂的传感器实时抓取数据，经过高精度、高速度、高可靠性分析处理，发送至日常管理信息系统（MIS），打破各生产部门“围墙”，保障电厂整体运行效率，实现安全、环保、可持续发展。

美科研人员研究将生活废水变沼气

中国电力报 2022.12.7

根据美国华盛顿州立大学（WSU）发布的消息，该校化学工程与生物工程学院一个研究小组在《废物管理》杂志上发表了最新科研成果。该成果可以有效地将居民废水中的污泥转化为沼气，帮助居民社区降低废物处理成本，同时保护环境。

研究小组在传统处理废水的方法上增加了一个额外步骤，使用含氧高压蒸汽分解废水污泥，可以将超过 85% 的有机材料转化为沼气，生产的甲烷总量比传统方式增加了 98%。生产的沼气可直接用于发电或处理升级为可再生天然气，注入当地天然气网络供居民使用。

目前常用的废水处理方式有物理法、化学法、生物法等。物理法的方式比较粗犷简单，化学法则费用较高。研究小组介绍，美国大约一半的废水处理厂使用生物法——利用厌氧菌来处理废水污泥。但微生物分解废物的效率低下，分解后的剩余产物被称为生物固体，通常被送进垃圾填埋场，造成环境负担。

研究人员介绍，在这项新技术中，WSU 研究小组在厌氧消化过程之前添加氧气，并将污泥置于高温高压环境中——高压条件下的少量氧气可以充当催化剂，分解有机废物中的聚

合物。

多年来，WSU 研究人员一直在研究利用这种预处理过程来分解稻草和木质材料，他们不确定这种方式是否适用于不同成分的废水污泥（包含脂质和蛋白质），但实验结果让他们感到惊喜。

“这虽然不是一个非常高科技的解决方案，” WSU 化学工程与生物工程学院教授布里奇特表示，“但它被证明非常有效，这令人兴奋。这实际上是一种即使在小规模状态下也很有用的解决方案，而且效率很高。我们可以在华盛顿州开始试点，将废水污泥转化为具有潜力的能源，拥有循环经济的重大优势。”布里奇特补充说，该技术可能对较小的居民社区更有帮助，有助于减少社区居民的资源浪费以及减少对气候变化的影响。社区中的废水处理设施使用大量电力来清理城市废水，它们通常是小型社区中最大的电力消耗者。

目前，研究团队正与美国太平洋西北国家实验室等合作，将华盛顿试点社区工作扩大，以进一步证明技术的实用性，便于下一步推广。同时，团队还在研究如何通过新的生物工艺将沼气有效转化为更有价值的可再生天然气。这项工作目前已经获得美国能源部的资助。

太原农村生活污水处理设施运行率近九成

采取“一村一策”生活污水治理模式

中国环境报 2022.12.15

本报讯 记者日前从山西省太原市生态环境局获悉，今年太原市开工建设的 26 个行政村生活污水治理项目已全部完工，全市农村生活污水处理设施运行率达九成，有效改善了农村生态环境。

按照“突出重点、梯次推进，因地制宜、分类治理、绿色发展”的思路，今年太原市将农村生活污水治理与美丽乡村建设、农村人居环境整治“厕所革命”等紧密结合，启动了小店区、杏花岭区、清徐县和阳曲县等 4 个县（区）26 个行政村生活污水治理项目建设。

由于各县（区）农村地区的地理位置、人口分布、生活污水总量等千差万别，因此，太原市采取了“一村一策”生活污水治理模式，逐村出具设计方案，科学制订建设计划，严格落实月调度排名制，坚持量质并重，统筹推进农村生活污水处理与资源化利用项目。截至目前，26 个行政村生活污水治理工作全部完成。

太原市生态环境局相关负责人介绍，经过近几年坚持不懈的努力，截至 12 月，太原市共 269 个行政村完成了污水治理，治理率达到 42.77%。目前，太原市共有农村生活污水处理设施 102 台（套），其中集中式农村生活污水处理设施 101 台（套），分散式农村生活污水处理设施 1 台（套），农村生活污水处理设施正常运行率达 89.22%，超过 80% 的省考标准，有效改善了农村生态环境，有力推动了美丽乡村建设。（高岗栓）

五、太阳能

新型柔性光热电器件研制成功

中国科学报 2022.11.16

本报讯（见习记者王敏）近日，中国科学技术大学俞书宏院士团队研制出一种新型柔性 Janus（两面型）螺旋结构的纳米线组装体光热电器件。这种器件可以在不耗费额外能量的同时，以一种柔性结构最大限度地被动捕获和耗散热量，为实现普适性和高性能热电器件设计提供了一种新途径。相关研究成果发表于《先进材料》。

光热电器件不仅能将废热很好地转化，还能利用光热效应进一步提高发电效率。在该项工作中，研究人员发展了一种将辐射冷却和选择性光谱吸收材料协同利用的策略。为制备这种 Janus 器件，研究人员首先制备了一张辐射冷却薄膜，然后在其背面组装 p/n 型热电和选择性太阳能吸收层，最后将薄膜螺旋化得到 Janus 螺旋光热电器件。

研究人员将制备好的器件置于户外测试，发现在中午约 0.6 个太阳光（相当于每平方米 600 瓦太阳光辐射强度）的光照下，这种 Janus 螺旋光热电器件两端可以产生近 30 摄氏度的温差。当器件处于阳光照射下时，一方面，顶部辐射冷却层可以通过最大程度地反射阳光来减小光热效应，同时与温度为 3K 的宇宙深空进行辐射换热，产生一个较低的温度而不需要外接冷却装置。另一方面，器件底端的选择性太阳能吸收层则在最大化吸收太阳光的同时，减少热量的辐射热损失。

不同于绝大多数光热电器件，这种器件的光热端因设置在底部，使其具有和废热协同发电的潜力。此外，由于器件两端辐射率存在很大的差异，其在夜间仍能利用一定的温差来进行发电。

光伏融入建筑后，懂光伏的不懂建筑，懂建筑的不懂光伏

光伏建筑一体化离不开系统性设计

中国能源报 2022.11.28

“要积极稳妥推进碳达峰碳中和，深入推进能源革命，就要发展分布式建筑光伏系统。”日前，在中国（无锡）国际新能源大会暨展览会 2022 中国光伏建筑一体化（BIPV）论坛上，无锡市住房与建设局党委副书记、副局长李先光表示，通过利用可再生能源提升建筑发电能力，是建筑领域实现“双碳”目标的重要途径。

作为碳排放的主要来源之一，建筑领域的节能降碳是光伏行业近年的重点研究课题。在国家 and 地方层面发布一系列鼓励和指导政策的背景下，业界一致认为，BIPV 有望迎来更广阔的发展空间，但其不仅是建筑，还是一个发电系统，只有将二者巧妙融合，让产品兼具建筑 and 光伏的特性，才能真正推动 BIPV 技术和功能全面提升。

■新建筑应安装光伏系统

无锡极电光能科技有限公司产品经理包旭翔表示，目前，解决建筑能耗与碳排放问题主要分为三个阶段，第一个阶段是降低建筑物的耗能；第二个阶段是在节能的同时，让建筑物自发地产能，打造零能耗建筑物；第三个阶段是实现建筑物的增能，建设正能量的建筑物。

包旭翔认为，光伏组件有一定的建材基因，是众多可再生能源技术路线中可以与建筑相融共生的技术，组件的建筑语言具备多元化影响建筑师创作理念的能力。“另外，从我国建筑的经济性和产能效率来看，屋面光伏技术应用是最佳选择。”

早在2019年，国家发改委在《产业结构调整指导目录》中就将太阳能建筑一体化组件设计与制造、BIPV部品部件列入鼓励类产业。2021年9月，住建部发布《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（以下简称《规范》），对建筑领域碳排放指标提出明确要求，同时要求新建建筑应安装太阳能系统，太阳能系统应做到全年综合利用，根据使用地的气候特征、实际需求和适用条件，为建筑物供电、供生活热水、供暖或（及）供冷。据悉，《规范》已于今年4月正式实施。

“上海、浙江等地随后也发布了相关鼓励和指导文件。浙江提出力争到2025年，省内新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏覆盖率达到30%。目前，上海新报建的建筑图纸要附带光伏。”江苏天合智慧分布式能源有限公司BIPV技术负责人程强介绍。

■产品建筑功能尚待提升

在上述背景下，券商对未来BIPV市场做出了积极预测——到2025年，BIPV装机规模将突破1000万千瓦。而多位光伏企业高管认为，这一预测过于保守。“另有预测显示，到2030年，BIPV装机规模有望达到6150万千瓦，BIPV在分布式光伏市场的渗透率将会达到87.3%。”包旭翔称。

“BIPV发展前景极为广阔，建筑与光伏两个行业的融合，对光伏建筑一体化发展至关重要。从业者不仅要从建筑看光伏，还要从光伏看建筑，从设计院和施工单位的角度看待光伏建筑一体化，重视防腐、防风、防水、抗老化等问题，真正推动BIPV全面提升。”李先光表示。

不过，提升BIPV产品的建筑功能是目前光伏企业面临的挑战。

“BIPV的概念与BAPV相对，BAPV是指在现有建筑上安装光伏。两者区别很大，虽然组件的寿命都是在25-30年左右，但每半年或一年就需要检测BAPV系统的连接器，在全生命周期还可能更需要更换相关部件。而在BIPV系统中，发电器件在幕墙里面，要及时做好接头的检测和更换比较困难。”龙焱能源科技（杭州）有限公司太阳能设计研究院院长邹积凯表示。

“从目前BIPV施工图审查及竣工验收情况看，节能和消防是重点。虽然组件原材料为不燃材料，但其作为发电器件有连接线，电缆为可燃材料。在降低消防风险上还需要光伏企业不断探索。”协佳电力工程设计有限公司设计部主任徐亮说，“此外，BIPV产品构造较复

杂，多以机械连接的方式，风振作用或温度作用下，导水槽容易产生机械错动及偏位，造成渗水和漏水情况。”

■融合亟待系统性设计

中国 BIPV 联盟副秘书长卞水明指出，建筑设计过程对光伏产业提出了新的要求。此前光伏企业更关注产品转换效率、发电量的提升，而 BIPV 产品是光伏和建筑的融合，只有兼顾和平衡两者之间的关系，才能让其发展得更快更好。

上述《规范》也特别明确，太阳能建筑一体化应用系统的设计应与建筑设计同步完成。在既有建筑上增设或改造太阳能系统，必须满足建筑结构的安全性要求。

“BIPV 并非分布式能源系统中锦上添花的存在，而要发挥雪中送炭的作用。”隆基绿能产品管理中心 BIPV 研发总监张松强调，BIPV 首先必须是一个合格的建筑产品，发电只是附加属性。“这就需要从建筑属性出发拓展和延伸相关技术，只有参考建筑的标准和规范，才能提升产品可靠性。”

对此，光伏企业提出，要从源头出发统筹好设计工作。邹积凯表示，在传统建筑设计过程中，各部分割裂情况较明显，往往是设计师提出方案后，幕墙设计院、电气设计院、景观设计院再进行调整优化。“光伏融入建筑后，懂光伏的不懂建筑，懂建筑的不懂光伏，所以一开始就需要各部门联合起来，做好系统性设计工作。”

张松表示，BIPV 产业的发展，不能仅依靠一家公司或几家公司，而需要全产业链、供应链，以及光伏、建筑企业形成合力，共同推进技术发展和迭代，让潜在市场真正成为可以开发的市场。（董梓童）

阳光为亚洲带来金色收益

研究报告显示太阳能发电助力 7 个亚洲国家节省 340 亿美元

中国电力报 2022.11.25

11 月 10 日，欧洲能源智库 Ember、芬兰智库能源与清洁空气研究中心（CREA）、能源经济与金融分析研究所（IEEFA）联合发布的一份报告显示，仅在 2022 年上半年，太阳能发电就助力 7 个亚洲国家（中国、印度、日本、韩国、越南、菲律宾、泰国）节省了 340 亿美元的化石燃料成本。

报告结合了亚洲主要经济体的太阳能发电情况、能源发电成本估算，作出深入的政策评估，并对以上地区扩大太阳能发电面临的挑战和机遇给出了分析。

哪些亚洲国家太阳能装机位居全球前列？

报告指出，虽然天然气和煤炭价格在 2022 年飙升，但中国、印度、日本等七国太阳能发电的增长帮助这些国家避免使用昂贵的化石燃料，带来巨大收益。根据报告的统计数据，2022 年 1~6 月，太阳能发电为 7 个主要亚洲国家节约了 340 亿美元的潜在化石燃料成本，相当于这些国家同期发生的化石燃料总成本的 9%。

十年前，只有两个亚洲国家（中国、日本）在全球十大太阳能经济体之列，欧洲国家在全球太阳能装机容量排名中独占鳌头。现在，印度、越南、韩国也加入了前十名“俱乐部”。到2030年，亚洲的5个经济体（中国、印度、菲律宾、日本和印度尼西亚）的太阳能发电预计将以22%的年均增长率呈指数级增长。

报告认为，通常来讲，亚洲不断增长的能源需求是通过发展煤炭、天然气或核能来实现的，但在过去的十年，这7个国家显著增加了太阳能在各自能源结构中的份额。报告预计今年中国有望新增7500万~9000万千瓦的太阳能，这一数据接近美国现有太阳能总装机容量，是德国太阳能装机容量的1.5倍，是澳大利亚的4倍之多。

长期以来，日本也是太阳能的领导者——过去11年中一直位居全球太阳能装机容量前五名。其太阳能装机容量从2010年的400万千瓦增加到2021年7400万千瓦。菲律宾和泰国的太阳能装机容量也有所增长。目前，泰国的太阳能发电占比不到3%，菲律宾不到2%。

“亚洲国家已经证明，快速部署太阳能是可能的，为其他地区树立了榜样并提供了宝贵经验。随着太阳能和储能的价格快速下降，潜在的成本效益开始显现，太阳能在亚洲的主导地位比预期来得要早。” Ember亚洲电力分析师艾哈迈德·沙赫拉姆·艾迪安托说。

为什么太阳能对亚洲来说至关重要？

国际能源署认为，亚洲的电力需求增长速度超过世界其他任何地方。

根据国际能源署今年1月发布的报告，亚洲几乎占全球能源需求的一半，是世界上碳排放量最高的地区。国际能源署预计，电力需求的增长将主要来自亚太地区，这使得亚洲的清洁能源转型比以往任何时候都更加关键。

全球化石燃料市场一直处于波动之中。在经历了一段时间的相对稳定之后，能源进口国正通过支付过高的价格来确保其能源供应，凸显了继续依赖化石燃料的风险。

除了煤炭出口大国印度尼西亚，大多数亚洲国家都在进口大量煤炭、石油和天然气以满足电力需求，这使得亚洲地区的主要经济体更易受到全球能源市场价格波动的影响。过去一年的经验表明，过于依赖化石燃料的国家在面临全球能源市场波动时，国家能源安全性降低，直接导致能源贫困加剧，经济增长放缓。

太阳能产能扩张主要受成本效益驱动。根据国际可再生能源署的数据，在过去十年中，新型公用事业规模太阳能电池板的平准化电力成本（LCOE）下降了88%。可再生能源必须具有成本效益，才能成为未来弹性电力系统的基石。亚洲地区太阳能的巨大潜力，使得发展太阳能成为亚洲能源转型和经济扩张的重要途径。

“亚洲国家需要利用其巨大的太阳能潜力，迅速摆脱昂贵且污染严重的化石燃料。太阳能的潜力是巨大的，加快其与风能等其他清洁能源的部署，对亚洲的能源安全至关重要。虽然雄心勃勃的目标很重要，但坚持到底将是向前发展的关键。” CREA东南亚分析师伊莎贝拉·苏亚雷斯表示。

中国发展太阳能为什么能成功？

IEEFA 能源金融分析师诺曼·韦特认为，太阳能在亚洲成功扩张的一个关键挑战在于，对电网稳定和能源市场改革的投资，而这又取决于太阳能对投资者的吸引力。“但在短期内，资本成本、燃料成本以及运营和维护成本等要素对释放亚洲的太阳能潜力十分重要。”

研究者根据彭博新能源财经的数据，评估了每个国家为增加太阳能发电占比的努力。他们得出的结论是，中国的太阳能发电装机量将继续引领全球，因为中国是发展太阳能条件最好的国家。

报告认为，自 2000 年以来，通过政府扶持政策、上网电价制度、优惠融资等系列措施，促使太阳能投资大幅增加，中国的太阳能供应链全面发展。中国国家电网公司通过努力，对长距离输电线路的投资使新疆、青海、甘肃等地区变成了大型清洁能源基地。此外，中国的太阳能已经变得非常便宜，即使配备了储能设施，与煤炭和天然气发电相比依然具有竞争力。

与中国相比，日本想要扭转太阳能装机容量的下降趋势，需要解决成本高昂的问题。

目前，日本是世界第三大太阳能装机市场。彭博新能源财经对平准化电力成本的最新估计显示，该国的太阳能发电成本位居世界第二，主要原因是建筑、土地和劳动力成本高昂。虽然以前日本可以通过调节上网电价来克服这一影响，但随着供应链问题和日元疲软，资本支出成本随之上升。（于琳娜）

超轻太阳能电池可将物体表面变为电源

科技日报 2022.12.14

科技日报北京 12 月 13 日电（记者刘霞）美国麻省理工学院（MIT）工程师在最新一期《小方法》杂志上刊发论文称，他们开发出一款超轻太阳能电池，可快速方便地将任何表面变为电源。这款比人头发丝还纤薄的太阳能电池黏附于一块织物上，重量仅为传统太阳能电池板的百分之一，但每千克的发电量是其 18 倍，可集成在船帆、救灾帐篷和防水布、无人机的机翼及各种建筑物表面。

为生产太阳能电池，MIT 有机和纳米结构电子实验室团队使用了电子墨水形式的纳米材料。在纳米洁净室内，他们使用挤出式涂布机将纳米电子材料层沉积到 3 微米厚的基底上，随后使用丝网印刷术，印制出电极并完成太阳能模块，接着将厚度约为 15 微米的印刷模块从塑料基板上剥离，形成一种超轻太阳能装置模块。

但这种纤薄而独立式的太阳能模块很难处理，且很容易撕裂，因此难以部署。为此，研发团队需要找到一种轻质、柔韧的基材，将太阳能电池黏附在其上，最终他们找到了每平方米仅重 13 克的复合材料“大力马”（Dyneema）。通过添加一层只有几微米厚的固化胶，他们将太阳能组件黏附在“大力马”上，最终形成超轻且坚固的太阳能结构。

测试结果显示，独立式太阳能电池每千克可产生 730 瓦的功率，如果将其黏附在高强度“大力马”织物上，每千克约产生 370 瓦的功率，是传统太阳能电池的 18 倍。而且，即使

将该织物太阳能电池卷起、展开 500 多次后，仍保持 90% 以上的初始发电能力。这种电池生产方法可以扩展，生产出面积更大的柔性电池。

不过，研究人员强调，虽然他们的太阳能电池比传统电池更轻、更柔韧，但制造电池的碳基有机材料会与空气中的水分和氧气相互作用，可能降低电池的性能，因此需要包裹另一种材料来保护电池不受环境影响，他们目前正在开发超薄封装解决方案。

国内首个光伏与主粮融合项目首季水稻丰收

中国电力报 2022.12.3

本报讯（记者 莫非）近日，国家能源集团广西公司光伏发电与主粮生产融合发展试验项目种植的首季水稻迎来大丰收。至此，国内首个光伏发电与主粮（水稻）生产融合发展的保粮供能创新模式试验项目取得阶段性成果。

该项目位于广西横州市峦城镇新兴村、格木村，总装机容量 30.16 兆瓦，占地约 500 亩，在非基本农田的旱地基础上加以改造，满足水稻种植条件，试验田分为核心试验区 and 对比试验区，是广西公司与南京农业大学联合推进的光伏发电和主粮生产保粮供能创新试验项目。项目采用新型 LED 补光灯，将光伏发电与水稻种植相结合，在保证粮食生产的同时提高土地利用效率，有利于土地综合利用和提高土地综合产出率，也有利于新耕地的创造和农田生态环境的保护，开创土地可持续利用的新模式。同时，通过在光伏组件背板布置新型 LED 补光设备，减少光伏组件阴影对水稻生长的影响，保证水稻产量。

光伏发电农作物栽培是实现能源减排和碳固定的重要技术手段和可行模式，研究其在粮食作物农光互补中的具体应用形式和效果，对扩大光伏发电规模、保证粮食生产有着重要意义。

精细化施策，走稳“光伏+”采煤沉陷区治理之路

中国自然资源报 2022.12.6

近日，安徽省发展改革委发布的一则消息，吸引了不少受众的目光：近年来，该省积极利用采煤沉陷区受损土地发展光伏等新能源，目前已建成采煤沉陷区光伏发电项目 14 个，综合利用受损土地约 2.3 万亩。有专家认为，这种“光伏+采煤沉陷区”的治理模式，可以为采煤沉陷区综合治理带来新的解题思路。

多年来，我国煤炭开采留下了大面积采空区和沉陷区，这些“大地的伤疤”随着矿井的持续开发，面积仍在增加。采煤沉陷区综合治理，已成为各煤炭产区地方政府亟待解决的问题。煤炭开采后遗留下来的主要问题是地表塌陷积水，进而导致耕地受损、生态恶化。传统的治理方式包括植被恢复、农业种植、景观打造等，大多存在着土地利用单一、整体经济效益不够理想等问题。

所谓“光伏+”，便是光伏发电和传统业态的深度融合，从实践来看，可以有效解决上

述问题。首先，依托“光伏+”，不仅可以促进采煤沉陷区的生态修复治理，还可以将闲置资源变为经济优势。以安徽淮南的泥河镇为例，当地利用采煤沉陷区地表下沉形成的常年积水区域，引入漂浮式水面光伏电站项目，实现“水上发电、水下养鱼”，在不占用土地资源的基础上，提高了单位面积的经济产出。其次，光伏电站的建设发电，可以促进地区能源结构改善和绿色转型，实现综合治理效益最大化。此外，新产业的注入还可带动当地就业，对改善农民生活和乡村振兴具有积极意义。

当前，山西、宁夏、内蒙古等煤炭产区纷纷在采煤沉陷区建立光伏示范基地。成功实践的背后，离不开政策的支持和引导。2021年，国家发展改革委、自然资源部等5部门联合发文，明确创新“光伏+”模式，支持包头、鄂尔多斯、石嘴山等城市因地制宜利用采煤沉陷区、露天矿排土场、关停矿区等建设风电光伏发电基地。今年，国家发展改革委、国家能源局下发的《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》提出，支持在石漠化、荒漠化土地及采煤沉陷区等矿区开展具有生态环境保护和修复效益的新能源项目。

但同时，我们也应当看到，不同采煤沉陷区的情况各异，治理需求也有所不同，尤其是部分矿区还涉及煤炭资源压覆、遗留固废处置等问题。对此，笔者以为，各地要摸清采煤沉陷区实际情况，在方案设计、技术保障、日常监测、运营维护等多方面下“绣花功”，做到一案一议、精细化操作、个性化推进。比如，针对地表下沉形成的常年积水区域，可考虑建设漂浮式光伏电站等；鼓励优质产业项目投资，推动实现“边开采、边治理”，最大限度减少对自然环境的损害，等等。

放眼未来，“光伏+”模式治理采煤沉陷区已取得积极成效。我们期待，以精细化施策、精细化管理，走稳“光伏+”采煤沉陷区治理之路，让更多“大地的伤疤”恢复美丽“容颜”。（王瑜）

水上“漂”来绿色电

——国家能源聊城发电公司水库光伏发电项目建设掠影

中国电力报 2022.12.13

站在高空俯瞰，373436块蓝色光伏板组成列列方阵，在4000余亩水面铺展开来，蔚为壮观。11月29日，国内第二大水上漂浮式光伏电站、国家能源集团公司最大的水上光伏项目——国家能源聊城发电有限公司20.2万千瓦水库光伏发电项目组件安装完成，为年底投产发电奠定坚实基础。

聊城20.2万千瓦水库光伏发电项目位于山东省聊城市东昌府区堂邑镇，是聊城市可再生能源示范工程。该工程总投资9.6亿元，利用自用水库4475亩闲置空间，建设规模20.2万千瓦水库光伏电站，实现工业用水与光伏发电利用完美结合。项目建成后，预计年发电量达2.2亿千瓦时，年可节约标准煤约6.9万吨，减少二氧化硫排放量约42.2吨、氮氧化物排放量约44吨、烟尘排放量约8.5吨、温室效应性气体排放量约18.9万吨。

该项目采用先水上安装浮筒固定锚，然后岸上安装光伏阵列浮体、支架及组件，移动光伏阵列入水，最后在水上拼装光伏方阵并进行就位固定的先进技术。在 133 天工期内，圆满完成水底抛锚 8851 块、水上组装 37 万余片光伏组件、安装 789 台逆变器及 51 台箱式变压器等设备。自开工以来，国家能源聊城发电公司上下攻坚克难，有条不紊推进项目建设。一方面，派专人驻厂蹲站督促协调各供应商，全力保障光伏组件和施工材料供应；另一方面，加强与当地政府相关部门沟通，及时解决施工单位进场、车辆运输等问题。项目施工期间，该公司全面加强项目现场管理，科学合理安排建设工序，统筹调度现场施工人员及设备，建立标杆模板单元，统一施工安装标准，全面提高项目建设进度与工程质量。

另外，聊城 20.2 万千瓦水库光伏发电项目配套建设储能功率 4.4 万千瓦、容量 8.8 万千瓦时的储能电站，实现光储一体化，有效解决光伏间歇性及波动性影响，促进消纳水平，提升用能品质。目前，该公司正在紧锣密鼓地进行光伏区电缆铺设、箱变安装调试及升压站 220 千伏送出线路工程设备安装工作，确保实现今年年底投产发电。（陈清辉 邢爱兵）

甘肃“十四五”首座百万千瓦级光伏汇集站并网

中国电力报 2022.12.13

本报讯（张占东）日前，甘肃省“十四五”第一批新能源项目首座 330 千伏汇集站在张掖市山丹县东乐镇并网。

该项目是甘肃省“十四五”第一批新能源项目的百万千瓦级光伏汇集站，该汇集站于 3 月 15 日开工建设，总投资 1.8 亿元，建设 3 台 36 万千伏安主变，以一回 330 千伏线路直接接入 750 千伏甘州变。该汇集站是一个名副其实的新能源“蓄水池”，不仅可以满足 100 万千瓦新能源发电送出的需求，更有利于新能源项目规模化、集中化发展。

甘肃是我国重要的清洁能源基地和输送通道，而河西走廊是全国风能和太阳能资源最丰富的地区之一。“十四五”期间，甘肃省支持酒泉市向特大型风电基地迈进，并着力打造张掖、金昌等 3 个千万千瓦级风光电基地，形成风电、光伏发电、光热发电、储能等融合发展新格局。

32.5%！钙钛矿/硅串联电池效率刷新纪录

科技日报 2022.12.21

科技日报北京 12 月 20 日电（记者刘霞）据德国亥姆霍兹联合会表示，德国柏林亥姆霍兹中心（HZB）科学家称，他们生产出一种钙钛矿/硅串联太阳能电池，可将 32.5% 的入射阳光转化为电能——光电效率高达 32.5%，创下新的世界纪录！意大利认证机构欧洲太阳能测试装置（ESTI）测试并正式确认了这一纪录。

研究负责人史蒂夫·阿尔布雷希特领导的团队使用了一种先进的钙钛矿结构，并对界面进行了非常巧妙的修饰，以减少载荷子的损失，随后，他们对电池的光学性能进行了改进。

总而言之，界面和光学方面的改进实现了最高光电压（开路电压），最终使电池创下 32.5% 的光电转化效率新纪录。

串联太阳能电池光电转化效率纪录在不断被打破。2021 年下半年，HZB 团队通过周期性纳米织物实现了 29.8% 的光电转化效率；2022 年夏天，瑞士洛桑高等理工学院首次报告超过 30% 的光电转化效率——他们研制出的串联电池的光电转化效率达到 31.3%。

现在，HZB 再次刷新了这一纪录。阿尔布雷希特表示：“这是一个我们几个月前没有预见的巨大飞跃。我们对新纪录感到非常兴奋，因为它表明钙钛矿/硅串联技术在促进可持续能源供应方面非常有前景。”

HZB 科学总监伯恩德·雷什教授表示：“HZB 研制的串联太阳能电池的光电转化效率目前高达 32.5%，以前只有昂贵的 III/V 族化合物半导体——比如砷化镓、镉镓磷和氮化镓等才能实现，这些元素都在周期表的三族和五族里面。”

“太阳地球工程”：让太阳光变暗给地球降温

参考消息 2022.12.21

【美国《纽约人》周刊网站 11 月 22 日文章】题：让太阳光变暗以便给地球降温是绝望的想法，然而我们正慢慢靠近它（作者 比尔·麦吉本）

如果我们决定对地球展开一项“太阳地球工程”——向平流层喷洒硫磺等高反射性颗粒，通过反射太阳光使地球冷却，那么这将是人类进行的第二个昂贵工程。第一个昂贵工程显然是持续不断向大气中排放碳和其他吸热气体。

太阳辐射管理不易

太阳地球工程的想法本质上是模仿火山爆发时将颗粒物喷入大气层时的效果，类似 1992 年菲律宾皮纳图博火山那样的大规模喷发可以使地球显著降温一到两年。不出所料，几乎没有人公开倡导这种想法，甚至那些希望研究其可行性的人也表示，要真正实施这一工程还要再等几十年。

哈佛大学环境中心主任、地球工程项目顾问委员会成员丹·施拉格就说：“我不是说明天就要这样做。”他今年夏天在剑桥与我会面时也说：“我们可能还有 30 年的时间可以等。”

然而，其他人正在努力加快这一时间表。目前至少有三个关于太阳辐射管理（即所谓的 S. R. M.）的提议正在研究之中。一个由 15 位现任和前任全球领导人以及一些环境和治理专家组成的委员会提出，要探讨应对气候变化的“政策选择”以及监督政策实施的办法；另一个是卡内基国际事务伦理委员会提出的探讨如何通过联合国管理地球工程；另一个是得到几个基金支持的气温控制组织，其总部在英国，它把筹措来的资金用于研究在发展中国家实施太阳辐射管理的可能性。这些尝试即便达不到实施太阳辐射管理的目的，也会使这种想法正常化。这个设想之所以受到认真对待，还是因为某些因素的推动：比如，地球温度过热带来的恐惧。

今年，南亚次大陆经历了史无前例的春季热浪，欧洲遭遇干旱，巴基斯坦遇到几十年来最严重的洪灾，非洲之角连续第五次遭遇雨季缺水。这一切还叠加了更多的系统性破坏，比如南极冰川融化，导致全球平均气温比工业革命前上升逾1摄氏度。即便各国在气候问题上观点各异，至少大家已经达成需要控制气温上升的共识。而且，2016年的巴黎气候协定承诺要“将全球平均气温的升高幅度控制在2摄氏度以内，同时争取将幅度控制在比工业革命前高1.5摄氏度以内”。

实现这个方法应该用清洁能源取代化石燃料，从而减少二氧化碳和甲烷的排放。这种转变正在发生——事实上，转变速度在美国正在明显加快，拜登政府决定实施《通货膨胀削减法案》，而且决定向可再生能源领域投入大量资金。

清洁能源发展滞后

但这个速度还不够快：政府间气候变化专门委员会说，我们需要在2030年前将全球碳排放量减少一半，我们距离这一目标并不近——不管是在美国还是在全球范围内。我们甚至有可能在2030年之前冲破温度提高1.5摄氏度的大关，至少会暂时出现这种状况。美国国家航空航天局科学家詹姆斯·汉森一直是全球变暖问题的吹哨人。他9月底指出，与最近几十年的大多数年份一样，2022年被称作有记录以来最热的一年，但这次不同寻常，因为太平洋正处在拉尼娜（海面温度偏冷）控制之下。汉森指出，明年某个时候可能会出现厄尔尼诺现象，这意味着2024年很可能成为气温猛升的一年……“厄尔尼诺”哪怕只是来小小地闲逛一下，几乎算不上正式发威，也足以创下新的全球高温纪录。如果2023到2024年出现一次典型的强厄尔尼诺现象，全球气温很可能被推高1.5摄氏度以上。

换句话说，这种情况很可能迫使人们重新考虑太阳能地球工程。安迪·帕克是英国气候研究人员，他从事地球工程研究十多年——先是在英国皇家学会，后来到哈佛大学肯尼迪学院——现在他负责总部在英国的一家气温控制组织。他说：“在我从事这项研究的过程中，不管你什么时候问实施这项工程的时间表，得到的回答总是再等几十年。但未来十年左右发生的一些事会使人们的态度更加坚决。当气温增高幅度逼近并超过1.5摄氏度时，那将是一个不容商讨的时刻。”

他还说：“那将是首个被我们打破的、全球认可的气温大关。除非我们找到一种大幅减碳的方法，否则，地球工程将是阻止或扭转气温迅速升高的唯一途径。”

碳排放破坏难“内化”

每个研究太阳能地球工程的人似乎都认同实施这项工程是件糟糕的事情。帕克对我说：“这个想法近乎荒谬。”参与这一研究的孟加拉科学家穆罕默德·拉赫曼说：“这太疯狂。”负责卡内基气候计划的匈牙利资深外交官帕斯托也是如此认为。他说：“人们感到怀疑是正常的。”曾担任世贸组织负责人的帕斯卡尔·拉米也表示赞同，他说：“采取这个方案即意味着某种失败。”长期倡导地球工程研究的杰西·雷诺兹近日撰文称，不得已支持地球工程的是一群绝望的环保人士，他们认为只减少温室气体排放可能不足以给地球降温。拉米说：

“我自己的回答很简单：我们摆脱化石燃料的速度不够快。”碳排放者仍没有为他们的“外化”污染付出代价，或者他们把问题转嫁到了其他人身上。拉米说：“出现这样问题的原因就是，无论我们愿意与否，在一个资本家控制的全球市场体系中，碳排放造成的破坏是无法‘内化’的。”

未来几年，向清洁能源的过渡应该会越来越容易，因为随着我们使用清洁能源经验的逐步积累，清洁能源价格也一直在下降，同时因为太阳能和风能的支持者逐渐增多，拖延向清洁能源过渡的政治势力也在逐渐减弱。如果我们想在 2030 年之前将碳排放量减少一半，并且争取相当大的机会实现在巴黎设定的减排目标，就必须支持向清洁能源的过渡。如果我们认为减排是最值得一试的办法，能够避免地球被碳破坏，避免地球受到太阳能管理的威胁，那么我们就应该更认真地对待这个最后期限。太阳能电池板和风力涡轮机不仅是我们抵御高温的最佳疫苗，也会是避免另一场豪赌的上佳之选。

水库换新颜 潏滏生光辉

——探访中泰合作诗琳通大坝浮体光伏项

参考消息 2022.12.22

在距离泰国首都曼谷 600 多公里的乌汶府诗琳通水库上，漂浮着七个硕大的蓝色方形“岛屿”。这是中泰两国联合承建的诗琳通大坝综合浮体光伏项目，是泰国最大的浮体光伏项目。

12 月的泰国，艳阳高照。记者从岸边望去，水面波光粼粼，远处的光伏电池板在阳光映照下熠熠生辉。自去年 10 月投入商业运营以来，这些中国制造的电池板全年无休，将日光转化为清洁的电能输送至千家万户。

每年减少数万吨碳排放

依托于上世纪 70 年代建造的诗琳通大坝水电站，新落成的浮体光伏与水电综合能源项目巧妙地将两种可再生能源相结合，取长补短，达到了“1+1>2”的效果。

据介绍，该项目的优势在于可以根据负荷变化调节水电和光伏发电，既可以启动白天光伏供电、夜间水电站供电，也能实现光伏和水电同时发电的运行模式，使长时间连续、稳定发电成为可能。

谈及项目建设初衷，泰国国家电力局负责电站工程与建设的助理局长查猜对本报记者说，为应对气候变化，各国都在加速向碳中和迈进。泰国同样重视利用可再生能源发电，并致力于开发低成本、高稳定性和生态友好的绿色能源项目。

查猜说，这一综合能源项目的设计完全符合他们的设想，一年来，项目在满负荷发电情况下运营数据良好。未来，这一试点项目将会推广至全国另外 15 个水电站。

作为浮体光伏项目的总承包方之一，中国能建山西院国际工程分公司副总经理孟春炜向记者介绍，该项目共安装光伏组件 14.4 万余片，总装机容量 58.5 兆瓦。“每年可以减少 4.7

万吨二氧化碳排放，助力泰国减少对高污染火力发电的依赖，实现到 2037 年可再生能源占比提高至 35% 的目标。”

泰国计划到 2050 年实现碳中和，到 2065 年实现温室气体净零排放。在此驱动下，泰国国家电力局在最新修改版的可再生能源规划中提到，将在 2037 年之前将浮体光伏项目的总发电量提高至 2725 兆瓦。

保持水库原有生态环境

浮体光伏项目占水域面积约 121 公顷，相当于 160 个足球场大小。记者乘坐的快艇花了十几分钟才在项目外围转完一圈。

泰方负责人之一、泰国国家电力局水电及可再生能源部控制系统工程室主管素维塔对记者说，整个项目仅占水库总面积的 1% 左右，不仅没有占用农业用地，也不会对当地渔业和其他社会活动带来负面影响。

孟春炜表示，中方在项目设计过程中充分考虑泰方对环境保护的要求，比如在材料选择上，浮体是由高密度聚乙烯制成，与水源地用于供水的材料相同；采用水平定向钻技术在水底铺设电缆，避免破坏水下生态环境等。

此外，这些浮体的组合排列方式，既可以使阳光适当照射进来，又不会对水下生物带来影响。根据泰国国家电力局的数据，将太阳能电池板放置在水面上也有助于减少电池板的热量，并减少水库的水蒸发量约 46 万立方米/年。

素维塔对中国合作伙伴给予了高度评价。“项目建设期间，中泰合作方建立了深厚的友谊。”她说，“中国能源建设集团拥有非常丰富的浮体光伏建设经验，我们对他们的专业技术充分信任。”

新晋观光“打卡”胜地

为了推广可再生能源理念，项目建成后，泰国国家电力局将它作为学生和公众可再生能源学习中心，并将此地打造成新的旅游景点。通过修建空中景观栈道和展示中心，游客们得以驻足欣赏水库风光，眺望壮观的漂浮太阳能电池板。

24 岁的那塔蒙是水库附近居民，因为展示中心的开放而获得了一份接待工作。她对记者说，平日里她主要负责给预约参观的当地学校师生讲解这个光伏项目的建成始末。

一年来，这个空中栈道成为游客必打卡的景点之一。那塔蒙说，如今，这个项目的知名度越来越高。今年泼水节期间，每日到访的游客数量高达 5000 至 6000 人次。

就在记者逗留的两个小时内，就看到四五辆大巴车先后到达景区，身着校服的学生在老师的带领下在栈道及周边游玩参观。

游客的络绎不绝为当地人创造了更多的就业机会，景点附近随处可见售卖当地产品的商铺，旅游观光的设施也一应俱全。

诗琳通大坝综合浮体光伏项目的成功让泰国国家电力局信心倍增。今年初，它正式宣布推进第二个浮体光伏项目建设，该项目位于东北部孔敬府的乌汶叻大坝。据了解，这一项目

也将由中国企业承建。

近年来，瞄准泰国可再生能源市场发展潜力并借助“一带一路”机遇，中国光伏企业和技术出海屡见不鲜，不少大型企业已在泰国实现规模化生产，诗琳通大坝综合浮体光伏项目仅是中泰可再生能源合作的一个缩影。（宋宇 郭鑫惠）

全球首创矿用防爆特殊型大容量锂离子电池装置研制成功

中国能源报 2022.12.26

本报讯 日前，由中煤科工（上海）新能源有限公司（以下简称“煤科新能源”）研制的矿用防爆特殊型锂离子蓄电池电源装置通过专家论证，该技术及装置为全球首创。

论证会上，专家组认为该产品采用风险评估和功能安全的设计思路，融合多种防爆保护技术，系统性解决了电池热失控可能发生的风险，提高了产品在极端情况下的安全可靠，与传统隔爆型产品相比，产品能量密度提高近50%，对推动煤矿辅助运输装备的“电动化”和煤矿智能化开采具有重要意义，有较好的推广应用前景。

近年来，国家对于煤矿智能化、绿色开采越来越重视，无污染防爆新能源运输车辆、井下机器人等装备的研发应用受到广泛关注，而安全、便捷、高效的大功率供电问题成为制约上述装备研发应用的“卡脖子”技术。从现有技术看，大容量锂电池是实现上述装备“电动化”的唯一途径。目前，国际上还没有大容量锂离子电池电源的防爆标准，而且现阶段商品化的大容量锂电池还无法从根本上实现不燃烧、不爆炸。

煤科新能源由中国煤炭科工集团旗该公司致力于矿用新能源产品的研发和制造，业务范围涵盖矿用辅助运输装备动力电源、安全生产监控系统后备电源、大容量动力后备电源、矿用机器人驱动电源等。（钟梅珂）

长三角地区首个新能源大型风光基地项目并网发电

中国能源报 2022.12.26

本报讯 12月21日，长三角地区首个利用闲置煤矿塌陷区打造的新能源大型风光基地项目顺利并网发电。

该新能源基地位于安徽阜阳南部，包括65万千瓦光伏电站和55万千瓦风电场，一座300兆瓦/600兆瓦时储能电站。

三峡能源东部建设管理部项目经理胡乐超表示，阜阳基地项目采用了风电、光伏、储能、塌陷区治理有机结合的新能源基地化开发模式，将风光能源的高效利用与采煤沉陷区的综合治理深度融合，既节约了土地资源，又突出了生态环保理念。

阜阳风光储基地项目所包含的光伏电站规划用地全部为采煤沉陷区闲置水面，以“以光养水，净水养绿，水光互补”为原则，通过合理布局抑制藻类过快繁殖，在常规发电收益基础上结合“渔光互补”模式发展渔业养殖，实现水体环境改造，构建具有自我调节能

力的浅水湖泊水生态系统。

项目全部建成并网后，年平均发电量可达 19 亿千瓦时，每年可节约标准煤约 60 万吨，减少二氧化碳排放约 157 万吨。（宗和）

初心驱动探索 使命引领创新

——记中科院青岛生物能源与过程研究所固态能源系统技术中心钙钛矿电池研究组

中国科学报 2022. 12. 8

随着社会的发展，我们已经来到了信息时代。半导体材料与器件不仅是现代信息社会的支柱，也是信息技术革命的先导，具有多学科交叉的特点，是一个极富创造性和挑战性的领域。在此领域中，不断有新的材料进入人们的视野。钙钛矿材料作为一种新兴的半导体光电材料，近年来在新材料、新技术、新理论、新性能等方面不断获得创新与突破。

2021 年，《“十四五”能源领域科技创新规划》提出“发展钙钛矿等先进光伏技术”。2022 年 8 月 18 日，科技部等九部门印发《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030 年）》，提出重点研发高效硅基光伏电池、高效稳定钙钛矿电池等技术，使钙钛矿这一新材料再次成为基础科学和产业技术的研发焦点。

在此背景下，中国科学院青岛生物能源与过程研究所（以下简称青岛能源所）研究员逢淑平研究组聚焦钙钛矿材料的相关应用，在钙钛矿电池设计合成、结构优化上做出了探索，进而实现了大面积钙钛矿薄膜气体修复技术并揭示了钙钛矿溶液的老化过程，推动了我国在新能源领域的创新发展。

超越晶硅电池迎来行业发展新节点

目前，光伏主流技术是晶硅电池，其市场份额超 95%，但是，晶硅电池的效率已接近极限。随着硅基太阳能电池的成本和能耗不断上升，留给其降本增效的空间已经很小。晶硅电池已逐渐达到了产业“天花板”。

与之相比，钙钛矿材料具有优异的光学和电学特性，其作为吸光层表现出非常优异的光电性能。这样的优越性来源于其独一无二的构型。钙钛矿材料是一类 ABX₃ 构型的材料，A、B 和 X 分别代表一价有机阳离子（包括甲胺离子和甲脒离子等）或无机铯离子、二价金属阳离子（包括铅离子和锡离子等）和卤素离子（包括碘离子、溴离子和氯离子等）。

钙钛矿的优越性也陆续得到了科学家的验证：2009 年日本桐荫横滨大学教授 Tsutomu Miyasaka 首次将甲胺基钙钛矿材料用作染料敏化太阳能电池的光敏层，获得了 3.8% 的光电转换效率。2013 年，美国《科学》杂志将钙钛矿列入“年度十大科学突破”。经过十余年的迅速发展，目前经过认证的钙钛矿太阳能电池的最高效率已达到 25.7%，基于钙钛矿材料的叠层电池的最高效率为 31.3%，在器件稳定性方面也得到了很大程度的提升。

在此基础上，钙钛矿太阳能电池具有两大优势，一是简易的制备工艺，二是较高的光电转换效率。正是这两大优势，使其成为目前最有前景的新一代光电转换材料之一。

伴随着各国科研的积极投入和相关研发平台总体水平的提升，钙钛矿太阳能电池用十余年时间，走完了晶硅电池半个多世纪的发展之路。隆基、晶科、天合、凯辉、宁德、腾讯等一众行业龙头、创投基金和产业资本纷纷布局钙钛矿，纤纳光电、协鑫光电、仁烁光能、极电光能、万度光能、华能新能源等主要钙钛矿产业链上的优势企业已陆续安装完成了百兆瓦级中试产线。钙钛矿光伏技术迎来了行业发展的新节点。

各路人才全情投入行业发展新起航

2011年，师从德国科学院院士 Klaus Müllen 的逢淑平学成回国，入职青岛能源所固态能源系统技术中心。

该中心主任崔光磊研究员针对国家能源战略的重大需求，前瞻性地布局光伏领域，刚归国的逢淑平对崔光磊说：“钙钛矿太阳能电池是一种新兴的光伏技术，这项技术起始原料简单，光学带隙接近太阳能电池的理想带隙，虽然现在效率还不高，但是未来发展潜力很大，是全球光伏行业的前沿技术。”

在崔光磊的指导下，逢淑平带领研究组在固态能源中心团队染料敏化太阳能电池技术研究的基础上，于2012年进入钙钛矿电池研究领域，成为国内最早开展钙钛矿电池研究的团队之一。

这10年来，该研究组尤其关注新材料和新方法的研究与开发工作，在一次次失败和不断尝试中，取得了属于他们的耀眼成就。

崔光磊提出，围绕太阳能电池的器件工作原理核心，从光生载流子的产生、分离、注入和传输过程几个方面入手，凸显出三个关键问题——材料体系、器件结构以及器件工艺。解决这几个关键问题，成为逢淑平研究组科研攻关的重中之重。

最终，逢淑平带领的研究组合成了新的钙钛矿材料，拓宽了光伏材料的光谱吸收范围；开发了气体修复技术，结合新型的界面钝化材料，实现了器件光电转化效率和寿命的同步提升；揭示了钙钛矿前驱体溶液老化过程中不稳定性的关键副反应，提出了抑制这些副反应的新方法，提高了器件一致性。

完善材料体系：设计合成与结构优化

要想提升电池器件的性能，材料是一切的基础。

而吸光特性是光电转换材料的最基本特性。最早被研究的钙钛矿材料是甲胺铅碘，但甲胺铅碘晶体材料光吸收限与单结电池的理想值相比还有一定差距，降低了对太阳光的利用率。

“于是，我们小组提出利用甲脒离子替代甲胺离子作为有机阳离子骨架的思路，这能有效提高钙钛矿材料晶格的对称性，拓宽材料对太阳光的吸收范围，在很大程度上提升了钙钛矿太阳能电池的理论光电转换效率。”研究组成员、副研究员邵志鹏介绍。

相关材料体系的提出，引起了国际同行广泛关注，也为后续钙钛矿太阳能电池发展起到了很大的推动作用。该研究组被国际同行认为是世界上率先报道甲脒铅碘新钙钛矿材料的课

题组之一。

甲脍铅碘作为一种新型钙钛矿材料，其优点除了具有较高的理论光电转换效率外，在热和光照稳定性方面也优于传统甲胺基钙钛矿材料体系，而不足之处是其钙钛矿相结构在室温，尤其在水汽作用下容易相变。

因此，如何有效抑制甲脍铅碘材料的相变是甲脍基钙钛矿太阳能电池的核心问题。2015年，研究组通过“中间相调控”途径有效解决了这一问题。

“我们开发了一种‘相诱导’的方法，一方面杜绝了溶液法中非钙钛矿相甲脍铅碘的生成；另一方面，通过平衡空间应力的设计思路，得到了室温下稳定的甲胺/甲脍二元阳离子钙钛矿相，在不影响光吸收范围的基础上，显著提升了钙钛矿太阳能电池的工作稳定性。”研究组成员、副研究员王啸解释道。

“我们还发现了另一种提高甲脍基钙钛矿稳定性的方法。”王啸补充说，“那就是引入无机离子掺杂，如用铯离子取代部分甲脍离子。”

此外，为了实现钙钛矿材料中光生载流子的有效分离，邵志鹏等研究人员借鉴传统晶硅电池的思路，提出了在薄膜内部构建本体异质结，通过缩短光生载流子在半导体层的停留时间来减少载流子的复合损失，并通过中间相调控的策略，构建了n型钙钛矿掺杂相和p型钙钛矿非掺杂相的本体异质结。同时，得益于载流子在异质结界面的有效分离，减少了在电池界面处的载流子积累，提高了电池的开路电压，降低了电池中存在的回滞效应，使电池的光照运行稳定性进一步改善。

优化器件结构：大面积钙钛矿薄膜气体修复技术

电池器件要想真正落地，器件结构上的大面积成膜是关键。

逢淑平说：“我们首次发现了气态甲胺分子可以被钙钛矿材料自发地吸入和脱附，并且吸入甲胺气体后可以生成流动的甲胺铅碘-甲胺复合中间相。”基于该新颖现象，该研究组提出了气体修复钙钛矿薄膜中缺陷结构的新方法。修复可以填平初始薄膜中的孔洞结构，极大降低钙钛矿薄膜的粗糙度。

气体修复钙钛矿薄膜方法得到众多国内外专家和企业的关注：《科学》杂志对其进行了亮点报道；中国科学院院士李永舫在《中国科学·化学》杂志上专门撰写题为《甲胺气体处理修复钙钛矿薄膜缺陷》的介绍文章，认为“甲胺气体修复钙钛矿薄膜缺陷工艺有望用于大面积高效率钙钛矿太阳能电池的制备，对促进钙钛矿太阳能电池的实际应用具有重要意义”。

“钙钛矿材料的结构特性决定了目前商业化设备很难实现大面积均匀钙钛矿薄膜的低成本制备，所以我们研究组一直在研究更为高效的钙钛矿薄膜的制备方法和装置，以满足将来制备电池组件的要求，并尝试开发了一系列实验设备。”逢淑平说。

2015年，实验室自主搭建了第一代气体修复装置，利用甲胺气体作为气源并成功制备出较大尺寸的均匀钙钛矿薄膜。基于已授权的气体修复专利技术，该研究组随后与原厦门惟华光能公司合作开发甲胺气体修复设备。2016年实现半自动化的第二代气体修复装置。

2017 年实现全自动化的第三代气体修复装置。基于该技术制备的甲胺基钙钛矿薄膜的粗糙度可以控制在 10nm 以下，在均匀性方面完全达到了光电转换器件的要求，充分证明了该工艺技术在大面积制备钙钛矿薄膜方面的优势。

针对目前主流的甲脒基钙钛矿材料，为了杜绝修复气体与薄膜材料之间的副反应，研究组研究人员进一步提出氨气用于甲脒基钙钛矿薄膜的修复技术，实现了甲脒基钙钛矿薄膜的高效修复。

此项研究构筑了氨类气体修复钙钛矿薄膜技术的化学基础，且该工艺可以与目前商业化的涂布工艺兼容，适用于目前主流的钙钛矿材料体系，易于规模化放大，有望加速推动钙钛矿太阳能电池的产业化进程。

钙钛矿太阳能电池的优势是可以采用低成本溶液法制备，而这种途径制备的钙钛矿薄膜为多晶结构，在体相、晶界和表面上不可避免会形成多种缺陷。这在很大程度上会影响钙钛矿太阳能电池效率。

缺陷的存在还会诱导光生载流子重组，并为离子迁移提供途径，导致了太阳能电池性能的衰退。

王啸等研究人员通过在晶界和表面引入具有配位、氢键等弱相互作用的添加剂或界面层，调节钙钛矿薄膜表界面的化学键，大幅降低了电池晶界处的电压损失，使电池开路电压的提升达到了世界最好水平，在保持原有器件良好工作稳定性的同时兼具高效率。

求精器件工艺：揭示钙钛矿溶液老化过程及解决方案

在解决了材料和器件构件问题的基础上，要想进一步推动钙钛矿产业化，需要强化一致性，这便需要揭示钙钛矿溶液的老化过程，并提出解决方案。

钙钛矿太阳能电池的效率很大程度上取决于钙钛矿光活性层的结晶质量，这也是溶液法制备钙钛矿薄膜所需考虑的首要问题。

在溶液法制备钙钛矿薄膜前，需要一定的温度和搅拌来确保前驱体充分溶解，在工业化生产过程中，这个过程可能更长。因此，需要钙钛矿前驱体溶液成分保持足够稳定。

而目前主流的钙钛矿前驱体溶液体系在储存过程中会发生一系列的化学副反应，造成的结果是每次做器件前都需要新配置溶液，这不仅给器件研究工作带来了繁琐，也带来了很大的不可控性，成为限制钙钛矿器件发展的重要阻碍之一。

针对这一难题，逢淑平和王啸等科研人员对钙钛矿前驱溶液的老化过程进行了深入剖析，发现在甲胺/甲脒混合阳离子钙钛矿溶液中发生了明显的加成副反应，证明溶液内部的副反应是电池效率一致性差的重要原因之一。

发现问题的目的是解决问题。经过近两年的尝试，团队最终找到了抑制这些副反应的解决方案。研究人员通过引入弱路易斯酸到溶液中，利用路易斯酸与碘离子的相互作用，提高了钙钛矿前驱体溶液稳定性，这对将来钙钛矿电池的工业化生产尤为重要。

面向未来抢占钙钛矿行业制高点

钙钛矿光伏技术已经迎来行业的发展新节点，但是在基础理论研究和产业放大技术上依然存在不足。

其中尤为重要，目前钙钛矿太阳能电池的工况稳定性还不能满足商品化需求，封装技术仍存在难点；其次是某些功能层沉积技术还不能很好地从实验室转移到产线上；三是钙钛矿电池产业化的技术路线尚未确定，基础研究领域尚处于百家争鸣的阶段。

10年来，该研究组一直深耕钙钛矿电池领域，逐渐形成了特色鲜明的研究方向，取得了多项原创性研究成果。该研究组还为钙钛矿电池领域培养了大量人才，累计培养研究生和博士后40余人，很多研究生被陆续输送到瑞士洛桑理工学院、美国布朗大学、加拿大多伦多大学、瑞典林雪平大学、中国科学技术大学、上海交通大学、华中科技大学等顶尖学府继续深造。

党的二十大报告指出，坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，加快实现高水平科技自立自强。报告还特别提到要加强基础研究，突出原创，鼓励自由探索。

逢淑平表示，科技创新是实现民族复兴的强大驱动力。广大科学家和科技工作者要肩负起历史责任，坚持“四个面向”，加快实现高水平科技自立自强。

作为青岛能源所先进储能党支部书记，逢淑平表示，在具体科研工作中，研究组将继续弘扬老一辈科学家精神，作为“国家队”“国家人”，必须心系“国家事”、肩扛“国家责”，夯实基础，加快突破关键核心技术，努力抢占科技制高点，使自己成为有理想、敢担当、有能力、有作为的新时代科研工作者。

“在今后的科研工作中，我们研究组将不忘科技工作者的初心和使命，产出重大原创性成果，开发和掌握钙钛矿太阳能电池领域的核心技术，助推国家新能源产业建设，为保障国家能源安全而不懈奋斗。”逢淑平充满信心地说。（廖洋 夏雪）

六、地热

开辟地热开发利用新天地

——聚焦天津、雄安深部地热资源调查与科技创新

中国自然资源报 2022.12.27

开发利用地热资源能够节约化石能源，有助于我国能源结构的调整优化，有助于节能减排、环境保护，有助于双碳目标的实现。京津冀地区地热资源丰富，开发利用起步早，利用程度较高，在全国具有示范引领作用。

基于京津冀地区的地热资源禀赋和开发基础，中国地质调查局组织开展了京津冀地热资源调查评价科技攻坚战，其中深部地热资源调查和科技创新瞄准了天津东丽区、河北雄安新区。项目实施以来，不仅实现了深部地热资源调查的突破，还在理论、技术、装备等方面取

得进展，开辟了地热资源开发利用的新天地。

开拓深部热储第二空间

天津、雄安深部地热资源调查与科技创新高举“向地球深部进军”的大旗，早在2017年就正式启动，主要依托于自然资源部中国地质调查局的京津石地热资源调查、天津潘庄凸起构造区地热资源调查、雄安新区地热清洁能源调查、天津东丽区—河北牛驼镇地热资源调查与试验项目，以及国家重点研发计划中的深部地热资源动态评价方法与储层改造增产关键技术、深部热储地球物理探测技术联合研究等。项目针对性强、涉及专业多，中国地质调查局集中优势力量开展科技攻坚，取得了诸多突破。

天津东丽湖地区位于四级构造单元潘庄凸起上，沧东断裂北东向贯穿全区，有利于开展深部地热勘探工作。中国地质调查局在天津东丽湖地区实施完成了CGSD-01和CGSD-02两眼深部地热井，首次在京津冀主力开采层以下开拓了深部热储第二空间，实现深部找热重大突破。两口井的成井深度分别为4051.68米和4103.48米，出水温度达100℃，出水量均超过100立方米每小时，创造了深度最大、产能最高、取心最深、取心量最大等多项天津地热纪录，显示出良好的资源前景。

雄安新区地热资源丰富，适宜规模化开发利用。自设立以来，雄安新区努力探索“地热+多种清洁能源”的集成利用模式，力图打造地热利用的“雄安模式”。2021年9月1日正式实施的《河北雄安新区条例》明确提出，雄安新区应当充分发挥并科学利用地热资源优势，统筹天然气、电力、地热等能源供给方式，形成多能互补的清洁供热系统。而深部地热资源调查是实现这一目标的重要路径。近年来，中国地质调查局在雄安新区实施多口地热井，进入主力储层雾迷山组下部高于庄组新储层，探获深部热储第二空间，评价了新储层的开发潜力。据调查，雄安新区深部热储第二空间具有厚度大、温度高、水量丰富的特点，大幅度提高了新区地热可采资源量，为新区地热可持续开发提供了稳定的后备资源保障。

深部储层改造增产过半

深部地热资源潜力巨大，清洁、无污染，是大地馈赠给人们的热能宝藏。目前，钻探取热是深部地热开发利用的唯一手段，提高地热井单井产量，可提高地热资源的开发利用率，降低成本，促进这一深部热能宝藏的开发利用。

中国地质调查局水文地质环境地质调查中心在京津冀地热勘查开发科技攻坚战中设立了岩溶热储储层改造增产关键技术专题研究任务，依托深部地热地质调查项目和国家重点研发计划开展技术研发与试验。

该研究针对京津冀地区深部岩溶热储储层特征，探索耐高温缓释酸液配方，通过控制酸液与碳酸盐岩反应速度，扩大储层改造波及范围，并制定了酸化压裂储层改造技术方案，选择4000米岩溶热储深井实施了技术试验。结果显示，实施热储层增产改造后，地热井地热水产能由改造前的每小时130立方米提高到超过200立方米，单井涌水量从每日3120立方米提高到每日4800立方米，单井产能提高54%。

此外，中国地质调查局水文地质环境地质调查中心还开展了地热开发的地面变形响应研究。该研究采用岩石力学分析、岩石 CT 扫描和 D - InSAR 等方法，分析地热开发对地面变形的影响。其中 D - InSAR 分析结果表明：地热开采区地面沉降的季节性沉降不明显，不同期次的地面沉降区发生位置大多不同，地面沉降发生区与地热集中开采区（特别是雾迷山组热储）并无直接对应关系，不具有时空两个维度的显著相关性。扎实的基础研究为地热资源开发利用决策和规划提供了技术支撑。

技术装备创新成果丰硕

深部地球物理探测技术如同一双可以入地的眼睛，是深部地热资源调查和勘查的“利器”。为改进技术，提升应用效果，中国地质调查局水文地质环境地质调查中心分三个阶段，开展了深部地球物理探测技术研究与实践。第一阶段为构造、断裂与地层格架划分，适用于区域普查和调查，可选用天然地震、重力、磁法、区域大地电磁测深等方法。第二阶段为地层、断裂精细探测，适用于调查和预可行性勘查，可选用大地电磁法、时频电磁法、二维地震等方法。第三阶段为储层预测，适用于预可行性勘查及以上，可选用时频电磁法、二维地震、测井等方法。该研究还制定了《地热勘探时频电磁法技术规程》，改进了二维地震探测技术，提出了华北平原深部岩溶热储二维地震探测数据采集参数建议。

地热资源的可持续开发利用，离不开对地热资源进行实时动态监测。中国地质调查局水文地质环境地质调查中心开展了地热动态监测技术装备研发与应用，通过自主研发和集成创新，基本形成地热监测技术、装备、标准体系，并实现有效应用。

在装备方面，耐温 300℃ 的深井分布式光纤温度监测系统，精度 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 的浅层地热能准分布式温度监测装备，耐温 80℃、120℃、150℃ 的水位水温自动采集与传输终端；以及耐温 120℃，流量、温度、压力、液位测试精度分别为 5%、2.5%、1% 和 0.5% 的地热资源监测传感器、自动采集及传输装置先后研发成功并得到应用。

在浅层地温监测技术方面，中国地质调查局水文地质环境地质调查中心研发了基于电子温度传感器技术的浅孔地温监测技术和基于光栅解调技术的浅孔地温监测技术。在天津东丽湖地区，通过基于连续地温分布式监测，确定了恒温带埋深。

中国地质调查局水文地质环境地质调查中心还开发了地热井远程监测系统，包含数据采集终端，井口保护、温度、流量监测，无线传输以及数据管理网络等。该中心在雄安新区开展地热动态监测网建设示范，基本查明热储动态特征。水位监测表明，2019 ~ 2021 年，雄安新区地热水位明显回升。此外，该中心通过研发和改进深部高温地热井测温技术，使得测量深度可达 5000m，测量温度范围适用于 300℃ 以下，温度精度可达 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

中国地质调查局水文地质环境地质调查中心牵头编制了三项地热监测技术标准，分别由国家能源局和雄安新区管委会正式发布；建设了监测仪器检测检验实验室，由中国合格评定国家认可委员会官方授权，是自然资源部唯一的地热监测仪器质量检测检验平台，有权提供权威性和互认性的质量认可证书，并提供检测、检验、校验、实验服务。（王少勇）

七、海洋

国内外专家探索海洋新能源产业发展

中国自然资源报 2022.121.29

本报讯 11月24日下午，“2022中国海洋新能源产业发展论坛”在深圳举行。论坛以“促进海洋新能源产业高质量发展，助力实现‘双碳’目标”为主题，围绕海洋新能源产业的政策机制引导、高新技术创新、产业应用示范、公共服务平台建设、国际交流合作等热点问题开展交流和讨论。

该论坛是2022中国海洋经济博览会重要专业论坛之一，国内外海洋能产业链相关企业、社团、高校和研究所的代表线上线下参加论坛。

国家海洋技术中心海洋能项目管理办公室副主任王冀在主旨主旨报告介绍了国际海洋新能源产业发展趋势、我国海洋新能源产业最新动态，并从政策、技术和产业等方面分享了推动我国海洋新能源产业高质量发展的相关思考。国际能源署海洋能系统技术合作计划执委会秘书安娜，美国西北太平洋国家实验室高级研究员安德里亚·考平，欧洲海洋能中心商务经理弗林，欧洲风能研究院副主席、英国思克莱德大学阿萨纳西奥斯·考里奥斯等国际海洋能领域知名专家就各国海洋能开发和技术研究等方面作专题报告。

在国内专家报告环节，来自中国长江三峡集团有限公司、海南电网有限责任公司、中国科学院广州能源研究所，以及中国海洋大学、苏州科技大学、哈尔滨工业大学、深圳大学等单位、高校的专家学者，以海洋风能、潮流能、波浪能的综合利用，海岛可再生能源开发、海洋新能源技术创新、温差能技术进展、海上氢能开发利用等内容为主题作了专题报告。

本次论坛还特别邀请了国家海洋技术中心专家，就国家海洋综合试验场建设进展、海洋新能源开发用海政策等海洋新能源产业发展相关重要议题向论坛作了报告。此外，论坛邀请深圳证券交易所专家向论坛介绍了资本市场支持海洋新能源产业发展的多种融资方式，为社会资本多元化支持海洋新能源产业发展提供了新的思路。

我国海洋经济稳步迈向深蓝

经济日报 2022.11.29

浩瀚海洋蕴藏无限机遇。党的二十大报告提出“发展海洋经济，保护海洋生态环境，加快建设海洋强国”。近日，在全球海洋中心城市论坛上，这一议题引发热议。

海洋经济综合实力提升

自然资源部总工程师张占海表示，海洋是高质量发展战略要地，蕴藏着重要的战略资源，海洋经济已经成为新的全球经济增长点。

近年来，我国海洋产业体系逐步完善，海洋经济综合实力不断提升。自然资源部海洋战

略规划与经济司司长何广顺表示，在能源、粮食和水资源安全保障方面，海洋能源供给保障能力持续增强。

我国海洋原油占全球原油产量的比重由 2012 年的 21.4% 提升到 2021 年的 27.6%。海上风电累计装机容量跃升至全球第一位。我国自主研发的兆瓦级潮流能发电机组连续运行时间保持世界领先。

同时，我国海产品供应持续增加，海水养殖规模保持增长，海水养殖产量占全球一半以上，海水淡化工程规模达到每天 186 万吨，相较 2012 年增长了 140%。

在推动新旧动能转换方面，海洋新兴产业不断壮大，海洋科技成果转化速度明显加快。2012 年至 2021 年，海洋新兴产业增加值年均增速超过 10%，我国自主研发的海洋药物占全球已上市产品类目的将近 30%，海洋糖类药物研发进入国际先进行列，建成了全球规模最大的海洋微生物资源宝库。海洋信息化建设实现大跨越，海洋工程取得阶段性成果，初步构建了天、空、岸、海、浅一体化海洋应急通讯网络。

何广顺表示，我国世界造船大国的地位也进一步巩固。2021 年造船完工量、新接订单量、手持订单量分别占全球的 47.2%、53.8% 和 47.6%，海洋工程总装进入第一方阵，市场份额保持全球领先。2021 年，海洋工程装备交付、新接和手持订单的金额分别占全球的 44.8%、42.2% 和 44.6%。

与此同时，我国海运船队的运力规模持续壮大，截至 2021 年底，达到 3.5 亿载重吨，居世界第二位。港口规模位居世界第一，2021 年全球港口货物吞吐量和集装箱吞吐量排名前十位的港口中，我国的港口分别占 8 席和 7 席。

在海洋科技创新方面，我国在轨运行的海洋卫星已达 10 颗，海洋星座正式建成。以“蛟龙”号、“奋斗者”号潜水器为代表的海洋探测技术实现了质的飞跃。“潜龙二号”填补了我国在基地科考重大装备领域的空白，首套自主研发的潜水水下采油树系统取得了国际认证。

国家海洋信息中心在此间发布的 2022 中国海洋经济发展指数显示，中国海洋经济发展指数 114.1，比上年增长 3.6%，海洋生产总值首次突破 9 万亿元大关，我国海洋经济呈现稳中向好态势。

海洋油气增量占全国八成

中国海洋发展基金会副理事长潘新春表示，过去数年，我国油气增量绝大部分来自海洋，2021 年中国海油国内原油产量达到 4864 万吨，同比增长了 323 万吨，增幅 7%，海洋石油增量占全国原油增量近 80%。

数据显示，从 2009 年开始，我国石油对外依存度已经超过 50% 的警戒线。2021 年，我国石油产量 1.99 亿吨，石油消费量 7.2 亿吨，石油对外依存度超过 70%，保障能源安全成当务之急。

取得突破的一个重要方面是向海洋深水进军。深水是未来全球油气资源的主要接替区和

世界大国争夺的重要战略区。全球超过70%的油气资源蕴藏在海洋之中，其中44%来自深水。

潘新春表示，我国油气资源最丰富的南海，绝大部分油气资源隐藏在深水区域，过去由于技术和装备能力限制，我国深水区域油气勘探程度十分有限，随着科技进步和装备能力建设，我国深水油气勘探开发已经拉开序幕。

据了解，2000年以前我国深水油气产量基本为零，2012年占比仅为8%左右。但随着位于珠江口盆地的中国首个深水气田群、首个深水油田群，以及琼东南盆地的“深海一号”超深水大气田等深水油气田的陆续投产，目前我国深水油气产量已达上千万吨。

10年来，中国海油已在南海北部深水海域共计勘探开发油气田11个。2021年6月25日，我国首个自营超深水大气田“深海一号”投产，而气田的“心脏”就是由我国自主研发建造的全球首座十万吨级深水半潜式生产储油平台——“深海一号”能源站。这个能源站最大排水量达11万吨，相当于3艘中型航母。这一突破，标志着我国海洋石油勘探开发和生产能力实现了从300米到1500米超深水的历史性跨越，进入“超深水时代”。

中国海油董事长汪东进表示，我国深水油气勘探开发仍处于初期阶段，增储上产前景广阔。当前，我国南海莺歌海、琼东南、珠江口3个盆地总体探明天然气储量近8000亿立方米；在珠江口盆地先后发现多个深水油田，实现了我国深水原油勘探重大历史性突破。

未来机遇挑战并存

何广顺说，当前海洋技术创新步伐加快，创新驱动日益成为海洋经济发展的主要力量。海洋自然条件复杂多变的特征决定了海洋经济发展对技术的要求比陆地经济更高，未来海洋产业的发展将更多地依靠创新来驱动。

他表示，绿色低碳环保成为海洋经济发展的新主题。气候变化、环境恶化使得世界各国纷纷改变过去在海洋产业发展过程中过度依赖能源的粗放型发展方式，不断进行技术创新与减少海洋开发活动，并更加注重海洋可再生能源的开发力量。

与此同时，海洋经济新的增长点不断涌现，产业结构升级的态势明显。经过多年发展，海洋传统产业受市场空间的限制逐步萎缩，海洋新兴产业呈现蓬勃发展态势，成为海洋经济发展新的增长点。未来，将会有更多的新业态、新产业萌芽发展并不断壮大。

有关专家认为，对照海洋经济高质量发展的要求，我国海洋产业还存在自主创新能力不足、海洋产业升级压力大、海洋领域投融资支撑不足、海洋资源与环境生态约束加大等现实问题。

为此，应统筹规划推进海洋产业协同发展，充分发挥各涉海部门的作用，形成政策合力，推动实施好“十四五”海洋经济发展规划各项重点任务，推动海水淡化和海洋能规模化利用。加大国内海洋油气勘探力度，壮大海洋清洁能源，建设世界一流港口，加快现代海洋服务业协同发展。

同时，强化科技创新，努力实现高水平自立自强。坚持节约集约，统筹海洋资源开发保

护，出台海洋保护与综合利用规划，陆海统筹推进资源整体保护和节约集约利用，优化海洋带生态、生产和生活空间的布局。

潘新春则表示，受形势所迫，在科学技术日新月异发展的今天，海洋产业通过充分利用高新技术、人工智能、大数据等方式，完全可以实现向绿色、低碳、智能、高效、安全方向发展。

“未来，海洋清洁能源开发、绿色海洋牧场与深远海大型智能养殖、海水淡化与综合利用、海洋医药与生物制品等海洋产业将大有前景。”潘新春说。（黄晓芳）

海南首个海洋能源立体开发示范项目动工

中国能源报 2022.12.5

本报讯 11月30日，明阳集团东方 CZ9 海上风电场示范项目动工，这是海南首个海洋能源立体开发示范项目，将建设成面向无补贴时代“海上风电+海洋牧场+海水制氢”立体化海洋能源创新开发示范项目，打造国内领先、省内第一的平价海上风电示范标杆。

该项目总装机容量为1500兆瓦，投产后预计每年可为海南提供49.5亿度绿电，供206万户普通家庭一年用电，减少二氧化碳排放约383.4万吨，有效提高绿色能源占比，推进新型电力系统建设，支撑“十四五”和中长期海洋经济开发建设。

与此同时，全球首台7兆瓦级抗台风漂浮式风机——MySE7.25-158正式下线。该机组针对深远海环境定制，采用全球领先的半直驱、抗台风、漂浮式技术，最高可抵抗17级台风，应对复杂洋流和波浪，单台机组每年可输出3600万度清洁电能，可满足10000个三口之家1年家庭正常用电，可减少燃煤消耗6500吨，减少二氧化碳排放18200吨。

同步下线的还有首台海南造10兆瓦海上大兆瓦风电机组。该机组采用先进气动翼形设计叶片，配置气动套件技术，达到高气动效率。240米+超大叶轮直径，扫风面积达45240平方米，相当于6.5个标准足球场大小，凭借可靠性设计、优异的抗台风性能、富有竞争力的发电量和卓越的经济性，领跑海上风电平价的新征程。

明阳东方高端装备智造基地也迎来竣工，该基地是海南首个新能源高端装备智造基地，也是明阳打造的海洋能源装备产业基地。未来将充分发挥海南区位优势，立足东方，服务海南，面向东南亚，携手明阳在海南布局的国际业务总部、深远海海洋能源技术研究院、国家级大型海上风电机组孵化中心，将先进装备、创新技术、开发模式辐射到环北部湾与东南亚两大市场。

海洋是高质量发展的战略要地，加快海洋能源融合开发是促进海上互通、推动蓝色经济发展、海洋文化交融的重要举措，是人类通往能源转型、绿色低碳发展和自然和谐共生的必由之路。

明阳凭借自主研发面向深远海的抗台风型风机与漂浮式技术、柔性直流输电技术、全球最大单体水电解制氢装备等全产业链，紧扣国家“双碳”战略和绿色发展重大机遇，大力

推进海洋能源装备制造产业高端化、智能化、绿色化和集群化，加快海上风电国际运营、创新研发及海洋能源重大装备制造，创新推动海洋能源和海洋经济高质量融合发展，为率先实现“双碳”目标贡献智慧和力量。（曹瑞雪 李珊珊）

能源转型不可忽视海洋能开发

中国能源报 2022.12.19

海洋可再生能源通常指附着在海水上的潮汐能、潮流能、波浪能、温差能和盐差能，是一种能源源不断产生的清洁能源。在能源转型和应对全球气候变化的压力下，海洋可再生能源以其不占用土地空间、资源分布广泛、开发潜力大、可持续利用、绿色清洁等优势，成为全球可再生能源发展的重要组成部分和当前国际能源领域研究开发的热点和前沿。海洋能源有着巨大的减排潜力，每千瓦海洋能装机容量每年能够减少 1.67 吨二氧化碳排放量。全球海洋能总储量巨大，海洋能的实用化开发与商业化利用如果得以合理开发，各种海洋能发电量之和理论上将远超当前全球每年电力消费需求。

据国际可再生能源署预测，随着各类海洋能源技术的发展，全球海洋能装机容量预计未来 5 年可达 3.0 千兆瓦，至 2030 年和 2050 年分别可达 70 千兆瓦和 350 千兆瓦。在全球化石能源不断枯竭、生态环境恶化的今天，发展海洋能已经成为新一轮国际竞争的战略制高点。以海洋能作为未来发展的战略性技术储备，将为增强国家能源安全提供有效保障，并将为各国实现碳中和提供重要支撑。

■ ■ 加快海洋能开发利用意义重大

我国海洋资源丰富，海域面积大（管辖海域约为 300 万平方公里），海岸线长 18000 公里，海岛资源丰富（面积大于 500 平方米的海岛达 6900 多个），在我国近岸及其毗邻海域蕴藏着丰富的海洋能资源，能量密度位于世界前列，具备规模化开发利用的有利条件。根据联合国环境规划署公布的全球海洋能源开发利用数据，中国占全球海洋能源发电储量的近 1/5。其中，温差能是我国蕴藏最多的海洋能源类型，其资源可开发量估计超过 13 亿千瓦。我国的潮汐能资源可开发量约为 2200 万千瓦，处于世界中等水平。此外，现有潮流能和波浪能的可开发资源量分别约为 1400 万千瓦和 1300 万千瓦。

2020 年，我国海洋能源累计装机容量约为 8 兆瓦，位列全球第五。年并网发电量约为 7 吉瓦时。其中，浙江江夏潮汐电站以高达 0.32 万千瓦的装机容量位列全球第三。我国潮流能和波浪能的累计装机容量约为 4 兆瓦，约占全球该类能源装机总容量的 1/4。近年来，我国相继出台了 13 项关于海洋能利用的国家标准，以促进海洋能产业规范化发展。专利申请量多年高居世界首位，新技术和新方法不断涌现。

海洋能源及其相关产业属于典型的战略性新兴产业和绿色环保产业，包括装备制造、交通运输、电力运营等上下游产业，其特点为产业链长、带动性强。海洋能源的深化利用和推广不仅能优化能源结构，还将成为蓝色经济发展的新增长点。同时，海岛缺电现象严重，发

展海洋能可为边远海岛提供充足、稳定的能源和淡水供给，有利于解决我国海防建设、宜居海岛和生态岛礁开发、沿海地区民生改善等用电用水问题，是维护我国海洋权益、建设海洋强国和海洋生态文明建设的重要保障和必然要求。

自2006年以来，我国海洋能源开发利用进入前所未有的机遇期，海洋能源发展被纳入《可再生能源法》《可再生能源发展第十三个五年规划》和《能源生产和消费革命战略（2016-2030）》等多个重大国家计划。2022年最新出台的国家《“十四五”可再生能源发展规划》从总体部署与关键任务等不同维度统筹规划发展进程，明确要“稳妥推进海洋能示范化开发”，始终坚持“引进来”和“走出去”相结合的技术创新发展战略，乘势大力推动海洋能开发，争取在海洋能开发利用领域有突破性进展，走在世界前列。党的二十大报告提出，要立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，深入推进能源革命，加快规划建设新型能源体系，坚定不移推动能源绿色低碳发展，积极稳妥推进碳达峰碳中和。

自“双碳”目标实施以来，海洋可再生能源的开发利用进程逐渐加快。大力发展海洋能不仅可为我国带来生态环境上的改变，对于推动经济发展也有很大的潜力，海洋可再生能源产业发展可提供大量的就业岗位。随着海洋可再生能源产业化加快，其创造的经济效益也在不断增加，应充分利用海洋能资源优势和产业基础，抢抓“一带一路”和“双碳”目标机遇，加快海洋能利用开发的相关研究，积极推进试验性项目，加快发展海洋可再生能源产业，并使之成为我国海洋经济的重要支柱。

■ ■ 我国发展海洋能还面临四个难题

与巨大的海洋能储量形成鲜明对比的是目前我国海洋能发电才刚起步。目前，我国海洋能源发展主要面临四方面问题：

首先，在理论技术层面，我国海洋能源基础研究相对薄弱，对能量捕获与转换机理、设备的抗腐蚀与疲劳机理等研究亟待加强。虽然潮汐能技术水平居世界前列，但万千瓦级潮汐电站的建设尚未实现。潮流能和温差能技术分别处于比例样机的海试和实验室验证阶段。盐差能则处于探索性研究阶段，距产品市场化应用尚有很大差距。多数发电装置在寿命、转换效率、稳定性和成本上落后于国际先进水平。

其次，在政策指引层面，多数海洋能研发项目设备制造投入巨大且缺乏稳定持续的资金，导致发电成本相对过高。国家目前尚未在上网电价、电价补贴等方面出台相关扶持政策和强有力的整体战略规划。大多数地方政府对海洋可再生能源研究不全面，尚未制定地方海洋可再生能源发展计划以及相关项目的海洋和土地使用等配套政策。缺乏激励政策和中长期规划目标，企业吸引力不足，难以实现海洋能开发利用的商业化运行。缺乏统一、协调的海洋新能源应用发展的管理机制，海洋环境保护形势和生态建设的任务依然较为严峻。

再次，在产业层面，由于海洋能资源不稳定、能量密度较低且具有多风险性，我国海洋能技术大多停留在科研院所和高校，示范工程的安装规模较小，应用效果不及预期，还处于产业发展的萌芽阶段，投入巨大且建成后维护管理困难，主要依靠政府财政引导，相关的配

套技术和产业发展环境尚不成熟。另外，我国还没有针对海洋可再生能源发电设备的试验标准、技术标准和成熟的产品检测体系，这也成为制约我国海洋能产业规模化发展的一个瓶颈。

最后，在平台及能力建设层面，建立国家海洋可再生能源海上试验场等综合试验平台，可以提供统一的试验和认证服务，积累经营管理经验。我国在公共研发服务平台与示范区建设方面经验较少，相比于欧洲海洋能中心（EMEC）等国际先进公共测试场，相关工作亟待加强。现有的从事海洋能源领域的科技研发力量分散，尚未形成合力。人才缺口较大，在推动海洋可再生能源装备从“能发电”向“稳定发电”转变上力度不够。

■ ■ 六角度发力推动开发利用

目前，我国海洋能源开发利用正处于工业化、规模化发展的关键时期。基于当前我国海洋能发展情况，提出以下六点建议：

一要优化顶层设计。以党的二十大精神为指引，立足海洋能开发利用的全产业链，加快制定《海洋能发展“十四五”规划》的相关配套政策。科学制定符合我国国情的海洋能产业中长期发展路线图。明确我国海洋能产业在装机规模、技术创新、就业指标、生产总值、政策革新、电力消纳保障等方面的宏观战略目标、阶段发展进程与具体实施方案。完善海洋能用地优惠政策和审批政策，建立并形成绿色、低碳、循环可持续发展的经济体系。

二要加大政策保障。加大对海洋能基础理论研究、海试效果较好的海洋能装置等方面的持续性资金支持力度。拓宽产业融资渠道，准许凭借股权、债务等形式获得资本，探索商业性金融、股权融资等手段，积极引导、鼓励民间资本进入，逐步建立稳定持续的多元化资金投入机制。设立“海洋能源利用与转化基金”，加强海洋能研究与应用的资金保障。细化落实产业激励政策，加快制定海洋能上网电价激励政策。

三要重视基础研究。加强研发与技术人员培育，充分调动科研院所、高校与骨干企业的科研力量，重点突破提高多种海洋能综合利用的能量转换效率、装备稳定性、系泊避险技术、防腐防污技术、收放运维技术和多能互补技术等关键技术，超前部署重点领域前沿性、颠覆性技术攻关，构建面向未来的战略性技术储备优势。加强高效转换的基础理论与室内、海上先进测试技术的全面支撑，充分利用海上综合试验场的条件，引领国家在本领域的原始创新与技术创新。构建国际先进的多元化多层次海洋新能源开发科技创新平台，加速推进产学研合作项目，切实推动海洋能重大技术研发、重大装备制造和规模化水平。

四要强化示范应用。加强海洋能国家重点实验室和海上试验场等平台建设，加速威海、舟山、万山和南海海上试验场的建设，为我国波浪能、潮流能发电装置的研发定型、海洋科学研究和相关标准体系建设提供重要公共平台，为海洋能产业化发展奠定技术和标准化基础。加强海洋能资源高效利用技术装备开发和工程示范，促进海洋清洁能源多元化开发与应用，通过产研结合的方式，适时扩大各类海洋能示范工程规模，加快推进我国海洋能发电技术达到规模化、商业化应用水平。

五要深化国际合作。充分利用我国能源技术和产业优势，加强与发达国家的技术研发、转让和能力建设等合作，加速推动我国海洋能技术和产业实现跨越式发展。抓住“一带一路”机遇，依靠双多边合作机制和平台，推动沿线国家海洋能源技术和装备推广。积极参与世界海洋能合作平台和发展计划，逐步提高我国在国际可再生能源署、国际能源署海洋能系统技术合作计划等国际组织中的影响力。

六要拓展应用领域。积极拓展海水淡化和制冷、海水制氢、深海远洋开发、海岛开发、海上能源供应、海上国防建设等多个领域的应用。通过建设多能互补的海洋能源和海洋能源陆上传输网络，促进清洁海洋能成为偏远岛屿和深远海洋活动的能源保障。拓展海洋能应用新场景，除为海岛及其通讯、海洋监测等提供电力外，还应与海水养殖、海水淡化、海洋采矿等场景相结合，以实现海洋能技术和产业不断相互促进。做到按需定制，解决海上设备能源供给问题，形成海洋能应用新技术、新业态和新场景。（刘媛 郭振）

海洋能源成为保供和转型新生力军

中国能源报 2022.12.19

近日，第二届中国海洋能源发展论坛暨《中国海洋能源发展报告2022》（下称《报告》）发布会日前召开。《报告》指出，新形势下，海洋能源将成为社会发展的重要原动力，海上油气生产已成为不可或缺的能源增长极。《报告》预计，2022年，全球海洋油气勘探开发投资大幅增长，中国海洋油气产量再创新高，海洋石油将贡献全国石油增产量的一半以上。

国家能源局副局长任京东表示，海洋能源将在新型能源体系构建中扮演更加重要的角色。中长期内，海洋油气资源、特别是深水油气资源将成为重要资源接替区，有力保障我国油气安全。

海洋油气表现亮眼

中国海油集团能源经济研究院院长王震表示，2022年，受油气价格大幅攀升的带动，全球海洋油气投资大幅增长。今年全球海洋油气勘探开发投资有望达到1672.8亿美元，同比增长21.3%，占油气总投资的33.2%。

近年来，我国持续加大海洋油气勘探开发力度，勘探投入比例不断提升，以寻找中大型油气田为主线，聚焦风险勘探和领域勘探，推进油气新发现和储量增长。2022年，全球海上钻井工作量中，近40%来自中国海域。同时，先后获得7个油气新发现，评价了20个含油气构造，实现了海上页岩油勘探重大突破。

在勘探开发成绩亮眼的同时，我国海洋油气产量再创新高，海洋石油贡献全国石油增产量的一半以上。“预计海洋石油产量5862万吨，同比增长6.9%；海洋天然气产量216亿立方米，同比增长8.6%。勘探技术进步与创新促进海洋油气不断获得新发现，开发技术进步、智能化生产提升了海洋油气开发效率。”王震说。

“值得一提的是，国内油气生产保持良好势头，我国原油、天然气对外依存度有望下降。报告预计2022年国内原油产量达到2.05亿吨左右，是2016年以来首次超过2亿吨；预计全年我国天然气产量达2211亿立方米，同比增长6.5%。”王震说。

根据《报告》，明年中国海洋石油产量有望突破6000万吨大关，继续保持全国石油生产增量的领军地位；海洋天然气产量则有望突破230亿立方米。

海洋低碳能源开发潜力巨大

尽管我国海洋能源资源较为丰富，是国内油气资源增储上产的主战场之一，但总体上开发程度仍相对较低，未来还有更大的开发空间。

值得注意的是，除了海上油气资源，海洋低碳能源也具有巨大的开发潜力。潮汐能、波浪能、温差能、盐差能，以及海上风能、海上光伏等可再生能源都属于海洋低碳能源的范畴，可以为能源行业绿色发展、低碳转型提供有效助力。

国际能源署署长高级顾问安丰全表示，大力发展清洁能源，包括海洋清洁能源，替代传统化石能源，将有助于未来减少和避免能源危机的发生。

中国海油相关负责人表示，海洋新能源新产业是助力实现“双碳”目标的重要支撑。近年来，中国海油积极顺应绿色低碳发展大势，大力发展海上风电、海底碳封存等新能源新产业。未来还将大力实施绿色发展跨越工程，积极探索“油气电氢”多能互补融合发展，加快向海洋综合能源供应商转型。

当前，我国正加快规划建设新型能源体系。“海洋能源将在新型能源体系构建中将扮演更加重要的角色。围绕海洋能源完善建立海洋产业体系，可以推动将新型能源体系有机整合到全产业链的转型中，培育经济发展新动能，服务经济社会可持续发展。”任京东表示。

要以技术为驱动导向

在北京大学能源研究院副院长杨雷看来，海洋能源是新型能源体系建设的高地。新型能源体系不仅“新”在新能源比例的提高，更“新”在能源结构以及形式的变化。在构建新型能源体系的过程中，技术的进步是基础，商业模式的创新是关键，体制机制的变革是保障。

“海洋是油气勘探开发技术创新的前沿领域。多变复杂的自然条件决定了未来海洋能源发展也将以技术驱动为根本导向。”任京东指出，在新一轮工业革命中，大数据、人工智能、物联网等技术也将与海洋能源发展深度融合，推进海洋能源产业向数字化、智能化发展。

中国工程院院士谢玉洪指出，近年来，新能源领域技术迭代突飞猛进，技术进步是促进产业规模化发展、成本竞争力显著提升的内在动力，跨界融合、多能互补、智慧互联已成为未来能源行业发展的必然趋势。

谢玉洪表示，要以高端智库、院士工作站、国家重点实验室、科研院所及高校为依托，明确科技攻关重点方向，搭建多元协同研发平台，整合边缘交叉科学，推动产学研用一体

化，攻克我国海洋油气勘探开发技术、核心装备技术瓶颈，加强能源综合利用技术研究，协同推进化石能源与新能源的高效开发与利用。（渠沛然）

利用海洋上空水蒸气 新技术或可提供无限淡水

参考消息 2022.12.27

【澳大利亚科学预警网站 12 月 25 日报道】题：新技术能够利用几乎无限的淡水供应地球上没有足够的淡水可用，预计未来若干年里这一问题只会进一步恶化。

为满足日益增长的需求而限制用水并循环利用无法让我们走得更远。科学家需要找到这种维持生命的液体的新来源，以满足我们的需求。

目前尚未得到利用的一个来源是海洋上空的水蒸气。就供应而言，这种水资源几乎是无限的。一项新研究概述了如何利用收集装置将这种水蒸气转化为饮用水。

美国伊利诺伊大学厄巴纳 - 尚佩恩分校的土木与环境工程师普拉温·库马尔说：“最终，我们需要找到增加淡水供应的办法，因为节约现有水源和循环用水虽然至关重要，但将无法满足人类的需求。”

他还说：“我们认为，我们新提出的方法可以大规模地做到这一点。”

他们设计的集水装置长约 210 米，高约 100 米，大致相当于一艘大型邮轮的高度，它模仿了包括输送、凝结和收集的自然水循环过程。

潮湿空气被从海面上方输送至附近海岸，冷却系统将水蒸气凝结成液体。研究团队说，所有这一切都将利用可再生的风能或太阳能。

尽管研究人员尚未提供设计细节，但他们的确对全球 14 个研究地点的可收集水分数量进行了计算。仅其中一个装置就有可能满足约 50 万人的日均饮水需求。

这可能对已在全球多地运行、去除海水中盐分的海水淡化厂的一个巨大补充。

伊利诺伊大学厄巴纳 - 尚佩恩分校的大气科学家弗朗西娜·多明格斯说：“以前没有这样做过，我认为那是因为研究人员过于关注陆基解决方案。但我们的研究表明，事实上存在其他选择。”

饮用、洗浴和灌溉所需的淡水仅占全世界水量的 3%，其中大部分污染太严重或无法方便地取用。虽然我们已看到数个可能增加我们获得淡水资源机会、有前景的项目，但我们仍在等待能真正大规模发挥作用的技术。

安全、可饮用的水资源的稀缺往往对世界上最贫穷的人打击最大，其连锁反应延伸至健康、安全和收入领域。与上述装置类似的系统有可能在不破坏生态系统或周边环境的情况下产生巨大影响。

作为研究的一部分，研究人员还考虑了气候变化和干旱地区变得更干旱的潜在后果。他们断言，即使地球变暖，他们的系统仍将是可持续的。

伊利诺伊大学厄巴纳-尚佩恩分校的研究生阿菲法·拉赫曼说：“气候预测显示，随着时间推移，海洋水蒸气通量只会增加，进而提供更多淡水供应。因此，我们提出的想法在气候变化的情况下仍是可行的。”

他还说：“这为适应气候变化提供了一个亟须且有效的办法，尤其是对生活在全球干旱和半干旱地区的脆弱人群而言。”

上述研究成果发表在英国《科学报告》杂志上。

八、氢能

澳大利亚酝酿“超级枢纽”制氢计划

中国电力报 2022.11.30

本报讯 据 CNBC 报道，11 月 21 日，澳大利亚金属集团的可再生能源子公司 Fortescue Future Industries (FFI) 表示，将与可再生能源公司 Windlab 开展项目合作，在昆士兰州北部打造专注于风能、太阳能发电与绿色制氢于一体的“超级枢纽”。

FFI 在声明中表示，该中心“可以生产超过 1000 万千瓦的风能和太阳能，并支持昆士兰州建设专门设施，生产工业规模的绿色氢能”。计划项目的初始阶段将围绕 180 万千瓦风电场建设展开，在获得批准的情况下，第一阶段的建设将于 2025 年开始，并于 2027 年发电。FFI 表示：“该项目产生的一部分能源将用于生产绿色氢气，另一部分则输送至电网。”

FFI 首席执行官马克·哈钦森认为，澳大利亚的自然资源在生产绿色能源尤其是绿色氢能方面具有无与伦比的潜力。“工程将解决我们工业规模制绿氢动力不足的问题。‘超级枢纽’将为我们提供足够数量的可再生能源，以支持昆士兰州大规模生产绿色氢能。”

该消息传出之际，其他大型经济体正寻求制定绿色氢能计划。例如，欧盟委员会表示，希望到 2030 年在欧盟安装 4000 万千瓦的可再生氢电解槽。（于琳娜 编译）

新技术可在海水里原位直接电解制氢

中国科学报 2022.12.2

本报讯（记者陈欢欢）11 月 30 日，中国工程院院士谢和平与他指导的深圳大学、四川大学博士生团队在《自然》发表论文，以物理力学与电化学相结合的全新思路，建立了相变迁移驱动的海水无淡化原位直接电解制氢全新原理与技术。该技术彻底隔绝了海水离子，实现了无淡化过程、无副反应、无额外能耗的高效海水原位直接电解制氢，即可在海水里原位直接电解制氢。

由于淡水资源紧缺，向大海要水是未来氢能发展的重要方向。但复杂的海水成分（约 92 种化学元素）导致海水制氢面临诸多难题与挑战，先淡化后制氢工艺流程复杂且成本高昂。上世纪 70 年代初有科学家提出海水直接电解制氢的思路，但半个世纪以来未产生突破

性的理论与原理，无法彻底避免海水复杂组分对电解制氢的影响。

谢和平团队提出以物理力学与电化学相结合的思路解决海水直接电解制氢面临的难题与挑战，通过将分子扩散、界面相平衡等物理力学过程与电化学反应巧妙结合，建立相变迁移驱动的海水直接电解制氢理论模型，揭示了微米级气隙通路下界面压力差对海水自发相变传质的影响机制，形成电化学反应协同海水迁移的动态自调节稳定电解制氢方法，破解了有害腐蚀性这一困扰海水电解制氢领域半个世纪的难题，目前已申请专利。

同时，该团队研制了全球首套 400 升/小时海水原位直接电解制氢技术与装备，在深圳湾海水中连续运行超 3200 小时，验证了这一技术的稳定性和规模化。同时，该技术可探索推广到多元化水资源（如河水、废水、盐湖等）原位直接制氢。论文作者表示，海水无淡化原位直接电解制氢技术未来有望与海上可再生能源相结合，构建无淡化、无额外催化剂工程、无海水输运、无污染处理的海水原位直接电解制氢工厂。

该论文评审专家认为，“很少有论文能够令人信服地从海水中实现规模化稳定制氢，但该论文的工作恰恰做到了这一点。他们完美地解决了有害腐蚀性这一长期困扰海水制氢领域的难题，将打开低成本燃料生产的大门，有望推动变革走向更可持续的世界。”

国际可再生能源机构：

“不加选择地使用氢” 将拖累能源转型

中国能源报 2022. 11. 28

国际可再生能源机构指出，尽管氢能拥有巨大潜力，但其生产、运输和转化都需要能源，同时也需要大量投资。因此，不加选择地使用氢不仅不会加速绿色能源时代的到来，反而会拖累全球能源转型的脚步。

近日，国际可再生能源机构（IRENA）发布最新报告称：“不加选择、不分青红皂白地使用氢，可能反而拖慢全球能源转型进程。应设置氢气应用的优先级别，并尽快建立一个全球性的跟踪认证机制，以进一步促进氢能产业、尤其是绿氢产业的可持续发展。”

●有必要设置氢气应用优先级别

“如果要达到《巴黎协定》规定的控制升温 1.5 摄氏度的目标，氢能必须在全球能源转型中发挥关键作用。” IRENA 总干事弗朗西斯科·拉卡梅拉表示，“同时，氢能行业发展还要维持一定程度的平衡。”

IRENA 指出，尽管氢能拥有巨大潜力，但其生产、运输和转化都需要能源，同时也需要大量投资，因此，不加选择地使用氢不仅不会加速绿色能源时代的到来，反而会拖累全球能源转型的脚步。

IRENA 认为，氢能行业发展需要政策指引并设置优先级别。氢应用场景的最优先选择应该与脱碳相关，其次是航空、钢铁、航运和化工等难脱碳行业。在全球范围内加快低碳和可再生氢的开发，重点是难以减排的行业，确定并填补低碳和可再生氢价值链升级方面的现

有差距，以及对低碳和可再生氢的市场增长作出财政承诺，进而支持低碳和可再生氢在天然气和电力系统脱碳中的作用。

欧洲氢气协会也表示，任何与氢相关的投资和开发都应该负责任地进行，而且某些领域或场景应该享有优先权。关于如何确定优先顺序，应该尽可能通过对碳排放情况、能源供应安全等方面的评估来确定，同时避免“对某些领域自上而下的教条式限制”。

● G7 应加快绿氢市场建设

IRENA 指出，推进氢能产业发展，发达国家应该作出更多表率。如果要实现到本世纪中叶净零排放目标，七国集团（G7）需要大量部署绿氢，即通过太阳能、风能等清洁能源制成的氢气，届时 G7 氢气使用量需要比 2020 年至少增长 4 至 7 倍。

有数据显示，目前，G7 国家氢气消耗量占全球氢气消耗总量的 28%，2020 年 G7 成员国的氢气总需求约为 2420 万吨，主要来自化石燃料。

“G7 国家应更多发挥带头作用，通过联合行动和重点合作，可以成为发展氢能产业的先行者。”弗朗西斯科·拉卡梅拉表示，“政策制定者还必须与国际社会分享知识、资金和政策诀窍，以便在世界其他地方复制最佳做法。至关重要的是，在国际合作下，新兴的氢能市场有可能更具包容性，向投资者和行业传递更多积极信号。”

IRENA 呼吁 G7 加快全球绿氢市场的建设，敦促其建立氢交易和支持氢气发展的共同可持续性标准，并制定氢气认证的方法和统一技术标准。此外，G7 应该进一步开展国际合作，分享早期实施的经验教训，实施创新计划的同时，解决技术差距和转让技术知识。

在氢气供应和创造需求方面，G7 应该进行适当的平衡，包括优先考虑氢气需求难以缓解的工业应用、就难脱碳行业的共同行动达成一致、协调供应和需求之间的关系、有计划地扩大融资规模等。为了更好地促进氢气在工业中的应用，G7 还应该测试和实施新的政策，创造一个公平的竞争环境，并支持颠覆性和不断创新的技术。

据悉，G7 于今年 5 月启动了《氢气行动公约》，旨在加强在电力多元化转换、氢能和衍生品方面的联合行动，并简化现有多边倡议的实施流程，以加强成员国之间在发展绿色和低碳氢价值链方面的合作。

德国总理朔尔茨表示，绿氢是实现气候中性世界的最重要技术之一。“绿氢是经济脱碳的关键，特别是对钢铁、化工、航运、航空等领域。不过，助推氢能产业从新兴走向成熟还需要大量工作，目前其生产成本仍然过于昂贵。”

● 氢贸易亟待统一国际标准

行业咨询机构埃信华迈指出，当前，国际公认的定义标准和政策机制是全球氢贸易的主要障碍。

全球范围内，海运、钢铁、化工等不同工业部门对氢应用愈发重视，氢能的终端用户规模正在迅速扩大。除了交通运输部门，工业脱碳也是当今绿氢发展的重要领域。目前，工业已经成为氢能的主要消费领域，但需要注意的是，从基于化石燃料制备的灰氢转向可再生能

源制取的绿氢，需要进一步的产业政策支持。

截至目前，绿氢在工业领域的应用仍受到成本、技术壁垒、缺乏市场和目标政策缺失等因素阻碍。

一方面，绿氢尚未在成本上与灰氢竞争，制定新的、适应性强的监管框架和标准，可以更好地促进绿氢的生产、贸易、运输和使用。根据 IRENA 估计，绿氢目前生产成本为 4 美元/千克 - 6 美元/千克，而灰氢仅为 1 美元/千克 - 2 美元/千克。

另一方面，绿氢市场目前仍处于初级阶段，政策制定主要集中于绿氢在交通运输领域的应用，对化工和钢铁制造等难以减排的行业关注较少，因此，需通过完善绿氢产业政策，最大程度发挥绿氢的脱碳价值。（王林）

华南最大氢燃料电池供氢中心投用

中国电力报 2022.12.10

本报讯（记者 安栋平）记者从中国石油化工集团有限公司新闻办获悉，近日，华南最大氢燃料电池供氢中心——中国石化茂名石化氢燃料电池供氢装置成功产出合格的 99.999% 高纯氢。该项目日产氢能力达 6400 千克，每年可向社会供应高纯氢 2100 吨。作为粤西地区目前唯一的供氢项目，该供氢中心为打通茂名、阳江、江门至佛山和广州等大湾区核心城市的“氢走廊”打下了坚实的基础。

目前，项目一期配备 3000 立方米/小时氢气纯化装置和 3000 千克/天加氢母站，生产出来的氢气将陆续供应佛山等大湾区城市，先期可满足当地氢能公交车的用氢需求。项目二期将适时再增加一台充装压缩机和两台加氢柱，可供应 10 个加氢站、满足约 400 辆公交车或物流车的用氢需求，助力粤港澳大湾区氢能产业快速发展。

中国石化已建成 9 个氢燃料电池供氢中心，加快打造中国第一氢能公司。近年来，中国石化聚焦氢能交通和绿氢炼化两大领域，大力发展氢能一体化业务。氢能交通方面，除了加快加氢站布局，中国石化燕山石化、天津石化、齐鲁石化、青岛炼化、高桥石化、上海石化、广州石化、海南炼化及茂名石化在全国先后建成 9 个氢燃料电池供氢中心，引领我国氢能产业链高质量发展。

准能两项煤基纳米碳氢燃料技术被鉴定为国际领先

中国能源报 2022.11.28

本报讯“煤基纳米碳氢燃料工业化制备”和“煤基纳米碳氢燃料火力发电”两大技术体系，近日被中国煤炭工业协会鉴定为“国内外首创，达到了国际领先水平”，这标志着准能集团循环经济发展迈上新台阶。

自 2021 年 3 月起，准能集团立足煤炭开采和火力发电两大主业，集聚各方科研力量，集中进行技术攻关，开发出了“煤基纳米碳氢燃料工业化制备”和“煤基纳米碳氢燃料火

力发电”两大技术体系。

据了解，煤基纳米碳氢燃料是由煤、水和少量添加剂经先进的纳米化处理工艺制成的一种基本颗粒粒度为纳米级、具有较高表面活性的液态煤基特种燃料，是一种新型、高效、清洁的环保燃料，具有原料热值低、燃料固含低、点火温度低、燃料热值高的特点，可使煤炭热值较常规水煤浆提升 10% 至 30%，发电煤耗降低 50 克/千瓦时，二氧化碳排放降低 128 克/千瓦时，实现节能、降耗、减污、增效的清洁化燃烧。

基于煤基纳米碳氢燃料特性，准能集团相继完成了试验平台、半工业化试验台、150 兆瓦循环流化床锅炉工业化应用研究，完成了煤基纳米碳氢燃料炉前存储输送、雾化控制、低温点火、燃烧调整、高效分离、布风、超低排放等七项关键技术研究，建立了煤基纳米碳氢燃料火力发电技术体系。

目前，准能集团已实现了 4000 大卡煤制备的 50% 浓度煤基纳米碳氢燃料在 180 摄氏度至 200 摄氏度的低温下成功点火，并将持续进行工艺优化，为传统火电机组灵活性改造打通技术路径，为能源行业实现“双碳”目标、推动煤炭清洁高效利用提供了技术支撑。（王国灏 刘艳 王思琦）

加快突破新能源制氢系列关键技术

——访中国石油化工股份公司化工事业部副总经理郭安翔

中国能源报 2022.12.5

自从国家提出构建新型电力系统后，电力行业、储能行业、油气煤行业及专家学者纷纷研究新型电力系统。在今年国家电网公司发起成立的新型电力系统技术创新联盟中，“三桶油”赫然在列。那么，油气企业如何跨界构建新型电力系统？其破圈建设新型电力系统的优势是什么？如何开展新能源系统电氢一体化综合利用？围绕这些业界关注的热点，本报记者近日专访了中国石油化工股份公司化工事业部副总经理郭安翔。

■■■依托能源基地项目研究新型电力系统

中国能源报：在“双碳”目标及能源行业加快融合发展的背景下，中国石化如何参与构建新型电力系统？

郭安翔：我国向世界作出碳达峰碳中和的庄重承诺后，能源低碳化转型进程显著加快，一场广泛而深刻的经济社会变革即将到来。中国石化锚定世界领先洁净能源化工公司愿景，构建“一基两翼三新”（以能源资源为基础，以洁净油品和现代化工为两翼，以新能源、新材料、新经济为重要增长极）产业格局，提出打造“中国第一氢能公司”的目标。我们开展了新疆库车光伏发电制绿氢项目建设，接着又开展了内蒙古鄂尔多斯 3 万吨/年风光制氢与中天合创煤化工耦合示范项目，这两个项目是中国石化氢能产业链全流程的典型示范项目和绿氢炼化重大示范项目，投产后将成为世界上最大的绿氢生产项目。

中国石化在参与构建新型电力系统的过程中，依托在建的绿电制氢重大项目开展大型能

源基地协同构建模式研究，以新疆库车光伏发电制绿氢项目和内蒙古鄂尔多斯绿氢项目为依托，开展大型风光基地电源优化组合、风光配比及配套调节电源规模研究，同时开展能源系统电氢一体化综合利用与深度减排技术、电-氢-煤化工联产提升新能源就地消纳能力关键技术示范应用。

根据集团公司相关部署要求，中国石化有意向参加新型电力系统重大技术联合创新框架内容6个大项15个子项的工作。近期，中国石化以开展的绿电绿氢项目和电碳集中交易为依托，启动新型电力系统相关重大技术创新研究。

中国能源报：如何定位中国石化在新型电力系统构建中的地位和作用？

郭安翔：中国石化是新型电力系统技术创新联盟副理事长单位，在新能源资源开发利用和绿电、绿氢生产，以及氢能制备技术等方面都走在央企前列，在氢能炼化和氢能交通方面的业绩为打造中国第一氢能公司创造了条件。同时，新疆库车等大型新能源发电及绿氢生产项目即将投产，海上风电和鄂尔多斯、乌兰察布等项目正在论证，燕山石化等制氢中心、充换电站和加氢站建成投运……总的来说，中国石化在绿电和绿氢方面开展了多个重大专项研究和工程实践，具备一定技术先导优势。

■■■致力于打通风光绿氢全流程关键环节

中国能源报：电-氢-煤化工联产提升新能源就地消纳能力关键技术示范应用是新型电力系统重大技术联合创新框架重要内容之一。那么，中国石化是如何开展新能源系统电氢一体化综合利用的？

郭安翔：氢能是全球能源技术革命的重要方向，能有效促进能源结构调整和能源转型发展，具有绿色、高效、应用范围广等优势，被认为是推动传统化石能源清洁高效利用和支撑可再生能源大规模发展的理想互联媒介，也是实现交通运输、工业和建筑等领域大规模深度脱碳的最佳选择。

中国石化首次在国内规模化利用光伏发电制氢，将突破性地解决基于光伏发电、风电等可再生波动电源条件下制氢的多项技术难题，如大规模绿氢生产的工程技术、系统控制技术、装备优化及选型、氢气储运工艺技术及材料研发、综合技术集成优化、新能源制氢关键技术标准与规范研究、波动性高负载对电网影响等，具有重要意义。

我们依托新疆库车绿氢项目，将贯通风光发电、绿电输送、绿电制氢、氢气储存、氢气运输、绿氢炼化等绿氢生产-利用全流程关键环节，能有效扩大绿氢应用场景，提升绿氢产业整体发展质量，对促进国内制氢设备产业快速发展具有重要意义。项目将新能源电力、氢能有机结合，形成了新能源、氢能的高效综合利用，将为后期综合能源基地建设提供有力参考。此外，项目减排效果良好，将成为炼化产业促进国家“双碳”目标的典型示范，对于实现炼化全产业减排减碳目标起到先锋军的领头作用。

中国能源报：中国石化对绿电制绿氢示范项目的研究，为构建新型电力系统突破了哪些新能源规模制氢关键技术？

郭安翔：具体突破了以下关键技术：探究不同新能源电源输入方式的源/网特征的模拟技术，解决了风电、光伏发电等多种波动电源一体化设计难题；研究了新能源等波动电源制-储-输氢源荷一体智能演化决策模型及计算方法，形成适应复杂工况的电解制氢系统配置优化与过程控制技术；突破了复杂运行工况对电解堆性能和寿命的影响机理，形成了适应波动性输入的电解堆经济性设计和优化技术。

在光伏、风电等波动电源制氢复杂工况下，我们形成了碱液、PEM 两种电解堆的最优配置方案设计技术，同时研究解决风电、光伏发电等新能源发电直接制氢的产氢波动性和化工企业用氢稳定性之间的矛盾，优化形成更适合规模化的成套绿电制氢系统；研究形成了适应复杂工况的电解制氢系统配置优化与过程控制技术，使风光发电功率与制氢设备负荷同步均衡荷载，在确保设备安全可靠的同时，提升系统效率；研究源网荷储的协调开发和科学配置，形成了针对项目的“源网荷储氢一体化”模式，提高了系统稳定运行效率，在一定程度上解决了电网、新能源、波动负载之间的矛盾。

■■■将合作开展电力系统诸多颠覆性研究

中国能源报：中国石化在电力系统潜在颠覆性技术布局还有哪些研究？

郭安翔：除上述新能源规模制氢技术突破外，中国石化还加大了 CCUS（碳捕集、利用与封存）技术研发，针对碳捕集、分离、运输、利用、封存及监测等各个环节开展核心技术攻关。我们以“胜利发电厂 100 万吨/年 CO₂ 捕集与利用”为依托，开展了“碳捕捉利用及封存技术”等电力系统潜在颠覆性技术布局。同时，开展电力市场、碳市场、用能权市场相互影响机理及关联关系、分析模型研究；开展电-碳价格耦合方式、传导机理研究；开展绿电、绿证、CCER 等指标间相互核算关系研究；开展电力交易数据参与碳排放数据和用能指标核算的模型和方法研究。

中国能源报：中国石化还开展了高温气冷堆与石化耦合的调研，请谈谈目前的进度和成果？

郭安翔：在国家“双碳”目标下，中国石化与中核集团优势互补、开放合作，大力推动先进核能与石化耦合发展技术深化和示范项目落地。在双方团队的紧密配合下，海南洋浦绿能项目已完成高温气冷堆厂址普选报告编制和评审，正有序开展项目初可研工作，计划 2022 年底前完成初可研评审。

当前正值国家核能厂址复核纳规工作的窗口期，中国石化与中核集团将以此为契机，加快项目推进速度，以试点项目落地为目标，加强耦合问题研究和攻关。未来将进一步明确合作路线图，完成初可研等前期工作，争取早日纳入国家有关规划。（苏南 董梓童）

2025 年初步建成具有国际影响力的氢能枢纽

中国能源报 2022.12.12

本报讯 12 月 6 日，广州市新能源汽车发展工作小组办公室印发《广州市燃料电池汽车

示范应用工作方案（2022 - 2025 年）》（以下简称《方案》）指出，到 2025 年，广州燃料电池汽车达到规模化推广应用，全产业链实现补链强链，综合实力居全国前列，加氢站布局建设稳步推进，初步建成具有国际影响力的氢能枢纽。

《方案》指出，到 2025 年，力争广州市燃料电池汽车产业规模超过 100 亿元，培育不少于 5 家在产业链核心零部件领域排名全国前五的头部企业，引领燃料电池汽车的技术升级和成本下降，打造覆盖全产业链、技术先进的燃料电池汽车核心零部件和整车研发制造基地。

《方案》明确，到 2025 年，形成广州市内年产约 3 万吨、市外年供应 1 万吨车用氢气的稳定保障体系，完善加氢站建设审批、运营管理，力争建成加氢站 50 座以上，形成与燃料电池汽车推广应用相匹配的车用供氢网络。

《方案》同时指出，示范期内，对获得国家示范城市群考核“关键零部件研发产业化”积分的企业给予财政资金奖励，参照国家综合评定奖励积分，原则上每 1 积分奖励 5 万元，每个企业同类产品奖励总额不超过 5000 万元。（宗合）

不断寻求电解水制氢技术最优方案

——访考克利尔能源亚太区总裁、考克利尔竞立（苏州）氢能科技有限公司总经理林立邦

中国能源报 2022.12.5

11 月 24 日，宝丰能源发布公告称，宝丰能源内蒙古“绿氢+”煤制烯烃项目正式获批，该项目将通过电解水制取出绿氢和绿氧，用绿氢替代煤作为原料进行生产。在碳达峰碳中和目标推动下，氢能产业热度不减，我国可再生能源装机规模目前居全球第一，绿氢供给潜力巨大，以绿电制绿氢，促进氢能产业可持续发展成为行业共识。

在政策支持及市场需求带动下，电解水制氢设备市场迎来快速发展。当前，电解水制氢技术如何进一步提升？制氢产业还有哪些问题亟待完善？在考克利尔能源亚太区总裁、考克利尔竞立（苏州）氢能科技有限公司总经理林立邦看来，低能耗、低成本和大型化是未来电解水制氢设备行业发展的重要趋势，在此过程中，设备关键材料、制造工艺、系统集成等将迎来持续变革，产业标准体系亟待进一步完善。

碱性电解水制氢技术居于领先地位

一组数字即可体现碱性电解槽发展现状。2021 年，全球电解槽出货量超过 458 兆瓦，其中碱性电解槽出货量占比将近 70%，约 317 兆瓦左右。仅考克利尔竞立一家企业的出货量就达到 160 兆瓦，占全球碱性电解槽出货量的 50% 左右。预计 2022 年，全球电解槽出货量大概会超过 2 吉瓦，碱性电解槽占比提升至 75% 左右。

林立邦指出，全球范围内，碱性电解水制氢技术可以追溯到 100 多年前，上个世纪 20

年代左右，西方国家就已开始将这一制氢技术用于工业产氢。我国碱性电解水制氢技术于上世纪 70 年代由国外引进，一开始用于军工等领域需求，后来逐渐转到民用，上世纪 90 年代开始迎来大幅发展。从这个角度看，国内的碱性电解水制氢技术一开始就引进了国外的成熟技术，再加上国内这 30 年来持续研发，因此，我国碱性电解水制氢技术水平在国际已居于领先地位。

从技术和成本角度看，碱性电解水制氢技术暂时难以被其他技术路线赶超。“碱性电解水制氢在所有制氢路线中，技术最成熟，成本最低，同时也最能够实现产业化。”林立邦表示，现阶段，化工、冶金等领域需要大规模的氢气产能，碱性电解槽产能目前已能做到 1000 标方/小时到 1500 标方/小时，相对其他制氢技术来说规模最大，成本最便宜。如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、宝丰能源的电解水制氢项目均采用碱性电解槽。

林立邦指出，虽然另一主要制氢方式——质子交换膜（PEM）电解具有响应速度快的优势，但其成本、寿命仍有待进一步提升。例如，目前质子交换膜仍主要依赖进口，PEM 使用的贵金属催化剂导致其制氢成本是碱性电解水制氢的 4 - 5 倍，同时，PEM 电解槽的寿命只有碱性电解槽的 1/4 - 1/5。由此看来，未来至少 8 - 10 年内，碱性电解水制氢将持续成为主流制氢技术。

与此同时，林立邦强调，对于技术本身而言，并不存在互相取代的情况，随着产业的进一步发展，未来应用场景将不断拓宽。需要大规模制氢产能的化工冶金领域将持续采用碱性电解槽制氢，而在分布式能源场景中，如现场制氢加氢站这种氢能产量较小的场景，PEM 电解槽将具有独特优势。“行业技术路线应百花齐放，‘双碳’目标下，氢能将成为未来重要能源之一，针对不同应用场景选择不同技术路径是大势所趋。随着各个技术的发展，产业整体成本也将进一步降低，利好氢能产业高质量发展。”

大型化、低成本、低能耗是产业发展共识

2022 年 6 月 1 日，国家发改委、国家能源局等 9 部门联合印发了《“十四五”可再生能源发展规划》，提出推动可再生能源规模化制氢利用，开展规模化可再生能源制氢示范，打造规模化的绿氢生产基地。

现阶段，绿氢替代灰氢和蓝氢是氢能产业的重要市场之一。林立邦表示，传统能源相关企业碳减排压力巨大，石油、炼化、冶金等领域都将是未来我国绿氢市场的需求大户。与此同时，氢能在交通方面的应用也会不断增加。“此外，分布式能源也将成为绿氢重要应用场景，如在机场航站楼屋顶铺光伏板，再配合电解水制氢设备制取绿氢，机场里面的大巴、叉车等交通工具都可进行燃料电池替换，除机场外，上述模式还可应用在大型商场、大型医院等。”

政策激励和市场需求驱动下，我国绿氢未来供不应求的趋势极为明显，实现设备大型化、低成本、低能耗成为产业发展重要共识。记者了解到，在制氢设备大型化方向上，考克

利尔竞立已在 2017 年研制出全球首台套产氢量 1000 标方/小时的制氢设备，2021 年研制出国际首台套 1200 标方/小时和 1300 标方/小时电解水制氢设备，未来将积极发力 1500 标方/小时及以上的制氢设备。

在碱性制氢设备快速向大型化跃进过程中，如何兼顾成本能耗的降低、提升系统集成能力持续考验着整个行业。“以设备大型化为方向，业界都在进行持续研发，1500 标方/小时的单台产能还远远不够。”林立邦同时提醒，如果单台设备越来越大，在运行、运输、维修等各方面都会遇到问题，一味增加电解槽体积，最后的边际效应将呈现递减状态。因此大型化并非无止境的一直放大，在此过程中，寻求成本、能耗以及大型化之间的平衡点尤为重要。

在林立邦看来，系统的优化集成是关键。“以多台电解制氢设备集成生产替代单台大体积设备，将更为灵活和方便。在此过程中，提高电流密度、降低能耗、优化结构等，都是系统优化集成的重要着力点。

“事实上，行业内不同企业已经在从不同角度为之努力。以考克利尔竞立为例，去年下线的 1300 标方/小时的电解制氢设备，由于在增加单台制氢产能的同时，顾及了结构的优化和材料效率的提高，该设备比原先 1000 标方/小时设备体积还要小 25%。”林立邦指出，如果要进一步突破目前技术研发的“天花板”，隔膜和电极等关键材料都有待革新，业界应各显神通、不断创新，持续追求更高效的隔膜以及效能更好的电极。

建立标准体系为产业提供权威参考

企业不断寻求技术突破外，产业发展也离不开更多维度的支持。林立邦提出，随着碱性电解槽应用规模不断扩大，碱性电解槽相关标准需要不断完善。“与其他工业设备有更明确、统一的标准不同，目前虽然已有部分碱性电解水制氢相关行业标准出台，但还远远不够。”

除此之外，制氢设备相关的产品标准也有待完善。林立邦指出，由于不同客户有不同的需求，把产品标准化可以给行业和客户一个具体明确的参考指标，同时自身产品标准化后，有利于量产步伐进一步加快，整体成本也将迎来降低，对企业和用户而言都是利好。“当前，我国约有 100 多家电解水制氢企业，但总体而言鱼龙混杂，虽已有中国氢能联盟等氢能行业内较有公信力的组织开始制定电解水制氢相关标准，但整体标准体系的建立和完善仍在路上，需要政府或权威行业协会牵头，制定更加权威、科学的标准体系。”

“‘双碳’目标下，我国绿氢产业未来发展潜力巨大，对产业而言，企业间相互协作尤为重要。”林立邦认为，正常的企业行为外，企业间应加强交流合作，发挥“1 + 1 > 2”的作用，共同推动技术创新。

制氢产业作为氢能全产业链各环节之一，离不开全产业链的共同发力。“整个氢能产业基础应用环环相扣，一方面，整个价值链上的不同产业要有更多的沟通合作，另一方面，在电解水制氢产业、企业间要在竞争中求合作，创造好的产业生态，共同推动制氢技术的快速

普及。”林立邦称，在此过程中，需要权威行业协会、大型国企央企或者政府这样有公信力的第三方牵头，为企业沟通交流搭建有效平台，加快推动产业协作。（仲蕊）

自主研发兆瓦级 PEM 电解水制氢装置投产

中国电力报 2022.12.16

本报讯（记者 安栋平）12月14日，记者从中国石油化工集团有限公司新闻办获悉，中国石化首套自主研发的兆瓦级质子交换膜（PEM）电解水制氢装置在燕山石化成功开车，产出合格高纯度氢气。该项目年产氢180吨，生产全过程实现零碳、零污染物排放，标志着中国石化质子交换膜电解水制氢成套技术实现工业应用，将有效助力我国氢能产业链发展。

该项目由中国石化科科院和燕山石化共同开发和建设，应用了国产化程度最高的单槽兆瓦级 PEM 电解水制氢成套设备。相较于多电解槽组合而成的制氢装置，单电解槽技术难度大，对材料和制造工艺要求更高，但其体积小、功率密度高、成本更低，是电解槽未来发展的主要方向。中国石化采取集成设计、一体成撬的设计理念，整撬围绕电解槽进行整体布局和管路优化设计，设备占地面积不到40平方米。

电解槽是质子交换膜电解水制氢装置的核心设备，中国石化自主开发阴极、阳极催化剂和膜电极，最大产氢量可达250标准立方米/小时，功率调节范围大，氢气纯度达99.999%。

据悉，该项目采用的是“绿电”，产出的“绿氢”主要销往北京、河北、山东等地区。作为北京市最大的氢气生产和供应企业，燕山石化已经被北京市房山区及大兴区列入北京市氢燃料电池城市示范群制氢重点企业名单目录，日供氢能力达4.5吨。

下一步，中国石化将加快催化剂、膜电极技术迭代，整合相关产业链，进一步降低装置成本，提高 PEM 电解水制氢技术市场竞争力。

我国绿氢技术迎来持续突破

中国能源报 2022.12.26

12月19日，以“无碳世界，与氢同行”为主题，由天合元氢、中国碳中和五十人论坛、中国能源报共同举办的“氢能产业高质量发展论坛暨天合元氢新品发布会”在常州成功举行。碳达峰碳中和背景下，氢能产业迎来快速发展机遇，以绿电制绿氢逐步成为产业发展的重要方向。在此过程中，部分氢能企业持续进行技术创新，制氢装备在性能、效率和可靠性等方面不断提升，我国绿氢技术有望迎来持续突破。

■ ■ “光储氢”协同发展势在必行

天合光能董事长高纪凡表示，当前，太阳能、风能正成为新型电力系统的重要支撑，未来，氢能将成为新型能源体系的重要基石。“在能源加速转型背景下，高比例新能源对电力系统灵活调节能力提出更高要求，迫切需要大量储能承担削峰填谷、改善电能质量、提升运行稳定性的作用。绿氢既可提供季度级别的长时储能，又可解决可再生能源消纳难题；在难以

通过电气化实现深度脱碳的钢铁、化工等工业领域，绿氢甚至是目前唯一可行的绿色技术。”

“当前，降低成本、提升经济性，成为可再生能源制氢最重要的一环。如何建立低成本的绿氢体系，如何实现绿氢体系与应用端、应用场景衔接，是我国氢能行业当前面临的重大课题。”天合元氢董事长高海纯表示。

碳达峰碳中和目标下，我国光伏产业发展迅猛，为光伏制绿氢产业提供了技术支撑，绿氢作为氢能产业的重要发展方向，也为光伏制氢产业提供了巨大市场。

高海纯认为，与氢能产业相比，我国光伏产业已在全球具备全产业链优势，光伏制氢可实现生产源头的无碳化。同时，氢作为储能介质具有比锂电池更高的能量密度，适合作为长时间储能手段，从而解决光伏发电所遇到的日间不平衡、季度不平衡等问题。光伏、储能、氢能的协同发展势在必行。

“受制于电能成本难题，目前电解水制绿氢成本约是灰氢制造成本的2-3倍，随着科技创新推动光伏发电成本持续下降，绿电制绿氢的经济性优势逐步显现，未来，绿电制绿氢既能推动氢能实现全生命周期的低碳环保，又能助力清洁电能实现高效储存和运输。在能源互联网和大数据技术的加持下，绿电、绿氢、储能之间的协同作用还将进一步彰显。”高纪凡表示。

■技术创新为产业创造发展空间

中国能源汽车传播集团党委书记、董事长、总编辑兼中国能源报社总编辑谭介辉表示，今年以来，我国已出台多项绿氢相关支持政策，我国绿氢规模化应用迎来巨大发展机遇。当前我国可再生能源装机规模居全球第一，绿氢供给潜力巨大，以绿电制绿氢，助力能源转型发展成为行业共识。这其中，大规模、低成本制取绿氢尤为关键。这对制氢设备的性能、效率和可靠性提出了更高要求。

随着电解水制氢部署规模的不断扩大，为适应未来绿氢大规模制取需求，我国制氢设备在成本、能耗、产氢效率等技术方面迎来持续提升。日前，天合元氢“天擎”系列新品重磅发布。据介绍，本次下线的成套碱性电解水装置主体设备包括电解槽、后处理装置、氢气纯化装置、干式变压器、整流柜、控制柜、配电柜、除盐水冷却装置等，由天合元氢公司自主独立设计并生产制造，整个生命周期没有污染排放，具备绿色环保特性。

天合元氢副总经理卞铁铮介绍，天擎碱性电解水制氢系统的首台电解槽单槽产氢量为1000Nm³/h，与传统同等级设备相比，电解槽电流密度提高50%—75%，与传统电解槽相比直流电耗降低10%—15%，具有高密度低能耗的特性，可实现多维能源融合，更加契合绿电的发展需求。天擎电解槽具备25%—120%宽功率波动的制氢能力，配合独有的控制技术，可以更好地适配可再生能源电力。同时，天擎系统采用模块化设计，框架式产品结构，采用标准模块集成，适应大规模解决方案；碱槽框架多对一设计，进一步降低制氢单位系统成本。基于此，在大规模制氢项目中，综合情况下设备投资可减少30%，为规模化更低价格获得绿氢提供了更加可靠的技术基础。

“近几年，我国碱性电解水制氢板块得到快速发展，各个行业龙头企业都在积极投入碱性电解水制氢板块。在国内市场中，由于成本相对较低，本身技术较为成熟，碱性电解水制氢设备发展拥有广阔前景。然而，受限于碱性电解水制氢材料、设计等方面的限制，目前碱性电解水制氢设备技术尚没有颠覆性革新。天合元氢一直以来都致力于技术创新探索，在催化剂、隔膜等方面尤甚，未来碱性电解水制氢领域将朝着更新的形式发展，未来空间可期。”卞铁铮表示。

■ ■ 开辟更多市场化应用场景

当前，我国氢能发展正在向工业、化工等领域多元化应用全面推进，亟需统筹推进氢能“制储输用”全链条发展，推进可再生能源制氢等低碳前沿技术攻关，加强氢能生产、储存、应用关键技术研发、示范和规模化应用。

国务院原参事、中国可再生能源学会理事长石定寰表示，我国在氢能产业中已耕耘多年，但不得不承认，对于氢能的开发和利用，我们仍处在前期和发展中的水平，许多关键技术问题仍未得到解决，如制氢、储氢，以及氢能的开发利用等。如何更好地将氢能应用到我们的能源系统，并使其进入到一个高效可利用的能源系统中，还有很多工作需要做，其中制氢就是一个至关重要的环节。

“氢能应用需要行业平台发挥支持作用，创造更好的发展条件，寻找相应的示范场景，开辟更多面向偏市场化的示范应用。相关氢能企业和应用方需加强合作，共同探索氢能规模化应用，拉动市场化发展。”国研智库未来产业中心主任张长令表示。

中国科学院大连化学物理研究所俞红梅表示，对绿氢产业而言，成本问题尤为关键。乐观预期下，未来5-7年，绿氢规模有望推广到一个可观水平。如今碱性电解水制氢已有规模化生产趋势，虽然相比光伏的规模化还存在较大差距，但随着像天合元氢这样的领头羊企业加入氢能产业，未来氢能技术从实验室落地商业化的步伐也会加快，成本将迎来大幅下降。（仲蕊）

欧盟计划建设首条大型绿氢输送走廊

中国自然资源报 2022.12.22

【欧盟委员会官网12月9日消息】“欧盟—地中海峰会”在西班牙阿利坎特召开，西班牙、法国和葡萄牙3国领导人在会议期间共同宣布启动欧盟首条大型绿氢输送走廊H2Med建设计划。该走廊始于葡萄牙，途经西班牙等欧洲国家，穿过地中海，修至法国马赛。三方就共同推进水下氢能管道建设达成一致，管道总长约455公里，总耗资约25亿欧元，其中一半由欧盟承担，另一半由法国、西班牙、葡萄牙三国的国家能源公司及私人投资完成。项目将在2030年前投入使用，每年输送绿氢200万吨，约占欧盟绿氢消费量的10%。欧盟委员会主席冯德莱恩表示，该项目有望成为欧盟“共同利益重要项目”的组成部分，而伊比利亚半岛也将成为欧盟主要能源枢纽。

天合元氢董事长高海纯：

“光储氢”协同发展势在必行

中国能源报 2022.12.26

全球能源行业正经历着以零碳化、绿色化、电气化为方向的第三次能源变革。作为一种清洁、高效、安全、可持续的二次能源，氢能最有潜力成为整合不同基础设施的能源载体，以提高经济效率、可靠性、灵活性，助力电力和交通部门减碳。因此，氢能也势必成为第三次能源变革的重要媒介。

回顾人类社会发展的历史，每一个工业化进程的重大节点，总是伴随着对能源的大规模利用和技术突破，从煤炭到石油再到新能源变迁的过程正是一部浓缩的人类生产进步史。如今，氢能时代的大幕正在全球徐徐拉开。

与二十多年前，光伏刚在中国起步时的境遇不同，氢能一进入业内视野，便受到政策的高度认可，并被寄予厚望。

2019年，氢能首次写入《政府工作报告》，从而被纳入中国能源体系之中，开启了氢能在中国大发展的元年。2021年10月，中共中央、国务院印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》之后，已有10余个省份在本省的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的实施意见》中给出了发展氢能的具体方向。

去年以来，在一系列的政策加持和顶层设计之下，氢能和氢能产业在我国战略定位进一步明确：氢能是未来能源体系的重要组成部分、是用能终端实现绿色低碳转型的重要载体，关乎国家能源战略安全，是战略性新兴产业和未来产业重点发展方向。

截至目前，全国已有25个省市发布氢能规划和指导意见，98家中央企业中已有46家开始布局氢能。京津冀、长三角和大湾区三大区域氢能产业初具规模，并呈现集群化发展态势。

降低成本、提升经济性，成为可再生能源制氢最重要的一环。如何建立低成本的绿氢体系，如何实现绿氢体系与应用端、应用场景的衔接，是我国氢能行业当前面临的重大课题。

伴随可再生能源发电平价上网，电解水制氢成本势必会持续下降，电解水制氢势必成为未来制取绿氢的主流方式。根据中国氢能联盟发布的白皮书，到2050年，我国可再生能源电解制氢将占氢气供应结构的70%。

与氢能产业相比，中国光伏产业已在全球具备全产业链优势，光伏制氢可实现生产源头的无碳化。同时，氢作为储能介质具有比锂电池更高的能量密度，适合作为长时间储能手段，从而解决光伏发电所遇到的日间不平衡，季度不平衡等问题。光伏、储能、氢能的协同发展势在必行。

当前，我国氢能发展正在向工业、化工等领域多元化应用全面推进。亟需统筹推进氢能“制储输用”全链条发展，推进可再生能源制氢等低碳前沿技术攻关，加强氢能生产、储

存、应用关键技术研发、示范和规模化应用。

作为一家绿色能源解决方案企业，未来，天合元氢将立足于氢能产业，通过不断的创新，链接光伏能源、储能、氢能、智能电网“四个关键”来助力“双碳”目标，助推新能源产业发展；通过技术、产品、商业模式及管理创新，继续引领行业发展，推动世界前行。

我们愿与业界携手，共同推动基础关键技术研发，拓展氢能燃料电池的应用场景；共同推动可再生能源制氢广泛应用，打造氢能产业绿色低碳发展体系；共同推动氢能产业碳市场建设，推进绿色氢能产业全环节融入国家碳循环管理体系，为建设美好的零碳新世界贡献力量。

我们坚信，光伏、储能、氢能的协同互补，将是通往零碳新世界的必经之路。（仲蕊/整理）

天然气掺氢拓宽深度脱碳路

中国能源报 2022.12.26

“推进零煤城市建设。2030年前开展天然气掺混氢气等低碳技术在燃气发电和供热中的试点。”日前印发的《崇明世界级生态岛碳中和示范区建设实施方案（2022年版）》提出上述重点任务，上海崇明成为首个明确天然气掺氢时间点的地区，引发业内关注。

天然气掺氢混合，不但能够拓展氢能应用场景，还可改善终端设备的燃烧性能，减少二氧化碳、氮氧化物等排放，绿色低碳特性让其越来越受热捧。据中国工程院院士彭苏萍团队预测，若按掺氢比例10% - 20%、“制储输用”全生命周期成本（30元/千克）计算，全产业链产值将达800亿 - 1800亿元/年。面对广阔的市场前景，如何抢抓发展机遇？

■ ■ 为减碳提供新思路

在众多氢能相关技术中，天然气掺氢的走红不是偶然。

“二者融合发展是实现深度脱碳的重要选择。”在近日举行的第十八届中国分布式能源国际论坛上，中国石油集团发展计划部副总经济师朱兴珊表示，把氢掺入天然气，相当于增加了供应量，在缓解后者供应压力的同时，带动碳排放强度大大下降。当前氢能储运仍是“卡脖子”环节，掺混有利于氢的低成本储运和规模化利用。“天然气和氢能在运、输、用等产业链环节，本就具有相似特点，可在发电、建筑工业等应用场景中找到大量融合机会。”

北京市燃气热力工程设计院道石研究院总工程师王洪建进一步给出印证：以掺氢比例10% - 20%计算，等热值碳减排量在3.5% - 7.6%；充分利用已有燃气管网基础设施，大规模、长距离输氢成本每百公里为0.3 - 0.8元/千克。“国际上从2000年开始相关研究，全球共有40多个示范项目，每年约2900吨氢气掺入天然气管网，掺氢比例最高达20%。在我国，随着氢能中长期规划明确提出，开展掺氢天然气管道等试点示范，研究工作和论证示范加速展开。”

除了区域层面，部分企业也先行先试。记者从国家电投获悉，该集团所属荆门绿动能源有限公司在运燃机，于9月底成功实现30%掺氢燃烧改造和运行。这是我国首次在重型燃机商业机组上实施高比例掺氢燃烧改造试验和科研攻关，也是全球范围内首个在天然气联合循环、热电联供商业机组中进行高比例掺氢燃烧的示范项目。仅荆门一台54兆瓦燃机，在掺氢30%的情况下，每年即可减少二氧化碳排放1.8万吨以上。

■■ 产业尚处起步阶段

价值备受公认，但想真正将天然气掺氢用起来，目前还有较长的路要走。厦门大学中国能源政策研究院教授张博坦言，部分省份虽已发布地方规划，将其作为氢能储运及终端应用的突破口，但国家层面尚未出台发展规划，产业整体尚处于起步阶段。

“这是一个复杂的系统工程，既要考虑技术可行性，还受安全性、经济性制约。在大规模推广应用之前，一些关键问题必须解决。”张博表示，以安全为例，相较天然气主要成分甲烷，氢的爆炸极限范围更大，更易发生泄漏自燃，掺混后爆炸等风险相应扩大，对天然气长输管道、城市燃气管网及终端用能设备，均提出了更高要求。研究掺氢天然气泄漏扩散规律及安全风险管控，是需要重点关注的问题。

朱兴珊也称，现阶段成熟项目不多，加上缺乏规划和标准体系，带来安全隐患不明晰等问题。“比如，在役管道对不同掺氢比例的适应性、如何提高储运和终端设备的掺氢比例，研究得还不够、不深。没有经过大量研究和实验，管道运营商往往不敢做。根据不同掺氢比例，终端用能设备在设计、制造、运行、维护、检测等方面，标准规范也是缺乏的。”

此外，还有经济性问题。天然气管道掺氢输送，可在短期内以相对少的投入，实现氢能长距离、大规模运输。然而，同样体积氢气的热值只有天然气的1/3，若要保证天然气掺氢后在终端提供相同热值，氢价理论上也应是气价的1/3。“按照现行天然气门站价格计算，得出的氢气价格，远低于现阶段制氢成本。换句话说，从全产业链视角来看，天然气掺氢项目的商业化应用目前并不具备经济可行性。”张博称。

■■ 亟待加强顶层设计

在多位业内人士看来，加强顶层设计和战略研究是当务之急。“天然气掺氢发展，关系到整个氢能产业高质量发展、天然气工业转型，应深入剖析其技术路线与重点任务，覆盖基础研究、装备研发、技术实证、应用研究、规范标准、性能测试、商业模式创新等方面。同时，完善天然气掺氢产业的管理模式，建立相关激励机制。”张博表示。

具体如何推进？张博举例，需高标准开展天然气掺氢产业的安全与应急管理体系建设，探索建立基于信息技术、数字技术的产业安全监管平台。加强管理部门之间的沟通协作，可延续天然气行业管理模式，明确天然气掺氢各环节的监管部门及责任义务。在当前天然气管网监管框架的基础上，完善掺氢工程建设的监管审批流程，梳理产业标准化工作重点，保持掺氢天然气与氢能、天然气、城镇燃气标准的协调发展。

王洪建认为，从未来空间看，以天然气为燃料作为重点趋势，可借助燃气管网实现氢的

储运，进而达到多元化燃料供应，从氢到氢能和天然气并行。“现阶段通过评估，在终端和管道掺氢 10% - 20% 的比例，技术完全可行，部分改造后甚至可提升到 20% - 30%。但是，更高的掺氢比例还需验证分析，尚缺乏系统的评估方法和数据库。包括管材性能劣化规律、完整性管理与风险评价、泄漏监测等环节，均需要进一步研究完善。”

“先充分利用已有基础设施，再考虑新建掺氢应用，新建大型燃机应该优先选用掺氢。”朱兴珊建议，由国家层面组织开展天然气掺氢重大示范工程，选取不同应用场景，包括管道掺氢、掺氢燃机等，因地制宜开展示范，积累经验、探索路径。（朱妍）

九、风能

第一批大型风电光伏基地已全部开工

新能源发电持续快速增长

人民日报 2022.12.1

本报北京 11 月 30 日电（记者丁怡婷）今年以来，我国新能源发电持续快速增长并保持较高利用水平，第四季度新能源投产并网较为集中。国家能源局近日印发通知，提出积极推动新能源发电项目应并尽并、能并早并。

截至 10 月底，全国风电装机容量约 3.5 亿千瓦，同比增长 16.6%；太阳能发电装机容量约 3.6 亿千瓦，同比增长 29.2%。目前，第一批大型风电光伏基地已全部开工，第二批项目正在陆续开工，第三批项目审查抓紧推进。

据介绍，保证新能源发电项目及时并网，既有利于增加清洁电力供应，发挥新能源在迎峰度冬期间的保供作用，也有利于促进能源清洁低碳转型，助力实现碳达峰碳中和目标。

根据通知，各电网企业在确保电网安全稳定、电力有序供应前提下，要按照应并尽并、能并早并原则，对具备并网条件的风电、光伏发电项目，切实采取有效措施，保障及时并网，允许分批并网，不得将全容量建成作为新能源项目并网必要条件。此外，各单位要加大统筹协调力度，加大配套接网工程建设，与风电、光伏发电项目建设做好充分衔接，力争同步建成投运。

海上风电如何向深远海进发

中国自然资源报 2022.12.1.29

近半年来，我国漂浮式海上风电利好不断：8 月，我国首台自主研发的深远海漂浮式海上风电装备“扶摇号”落户湛江徐闻罗斗沙海域；10 月 31 日，国家电投山东半岛南 3 号海上风电场深远海漂浮式光伏 500 千瓦实证项目成功发出第一度电。

好消息鼓舞人心。近年来，我国海上风电发展迅速，但项目主要布局在沿海和近岸，已呈现过度开发的态势。近浅海空间资源趋于饱和，给近海生态环境带来一定的压力。因此，

推动海上风电“由近及远、由浅入深”成为未来发展的一种趋势。而作为深远海海上风电开发的“主力军”，漂浮式海上风电让丰富的深远海风能资源不再遥不可及。

不同于传统的固定于近海海床上的风电机组，漂浮式海上风电更像一个“漂”在海面上的“大风车”。它能够在获取深远海域更稳定、优质的风能资源的同时，不影响近岸相关产业活动。如今，不断推陈出新的漂浮式风电技术，正持续拓宽我国海上风电的可开发范围。

前不久，国务院发文支持山东打造千万千瓦级深远海海上风电基地，有望加快漂浮式海上风电进程。福建、上海、广西等地也密集发文，布局深远海风电项目示范开发。可以预见，随着深远海风电项目的陆续启动，今后我国海上风电项目平均离岸距离也将进一步拉长。

然而，逐浪深海并非易事。我国深远海风电开发仍面临发展规划和政策机制有待完善、技术有待创新、输出机制有待研究等一系列挑战。对此，有专家指出，促进深远海海上风电资源的科学开发，需要从规划、技术、市场等方面系统谋划、共同推动。

坚持规划先行。国家能源局相关负责人表示，“十四五”期间将加快研究制定全国深远海海上风电规划和管理办法。笔者以为，要进一步规范相关开发建设活动，各地应尽快开展深远海海上风电开发规划及配套支持政策研究，围绕开发利用规模、产业链条、空间布局、产业融合等方面建立健全相关管理体系，同时要严格限制风电在滩涂和近岸地区布局。

强化技术攻关。海上风电向深远海挺进，绕不开的难题是漂浮平台建造、超远距离输电等工程技术。而技术创新带来的降本增效是海上风电实现可持续发展的关键。因此，各地在谋求平价的同时，要找到适合我国国情的开发模式，突破深远海海上风电的技术瓶颈，加大漂浮式风电等前沿技术研究。

明确市场主导。今年是海上风电无国家补贴的第一年。在我国海上风电行业进入低成本、规模化发展的阶段，各地可因地制宜制定相关补贴办法和扶持政策，推动海上风电向全面平价过渡。同时，我们还应大力培育深远海风电开发市场，并将其打造成为海洋经济新的增长点，以更好支撑海上风电高质量发展。

不论是制定规划、创新技术还是培育市场，都需要一步步调整，不可能一蹴而就。但可以预期的是，未来进军深远海海上风电行业的门槛将会抬高，行业规模也将扩大。这意味着，唯有拥有核心技术和成本优势，才能一路劈波斩浪、昂立潮头，迎来深远海风电的蓬勃发展。对于海上风电的“入局者”来说，考验仍在前方。

“海上风电 + 海洋牧场” 在摸索中前行

中国能源报 2022.12.5

近日，在山东省烟台莱州市土山镇北部芙蓉岛西侧国家级海洋牧场示范海域，全国首个海上风电与海洋牧场融合发展研究试验项目顺利并网发电。该试验项目规划装机 304 兆瓦，

主要试点工作集中在“深水网箱+海上风电”“深远海养殖+休闲海钓”及海洋牧场、深远海养殖渔场与海上风电融合发展领域。

随着风电技术的日趋成熟，如何实现海域的综合利用正在成为海上风电发展过程中的新课题。在“光伏+”模式遍地开花的今天，“海上风电+”能否打开类似的突破口，实现“海上风电+海洋养殖”的融合发展呢？这又将给海工装备领域带来哪些挑战？

■ ■ 现阶段“空间融合”更易实现

虽然首个试验项目刚刚并网，但福建、广东、江苏等沿海省份却一直都在进行海上风电与海洋牧场结合的相关研究工作。在海上风电发展成熟的国家，相关实践也在陆续展开。欧盟的“多用途场景实现中的近海低营养水产养殖”项目在近4年内就有超过820万欧元的相关投入。在德国赫尔戈兰和丹麦东部卡特加特的海上风电项目内，已经建立起海带和贻贝养殖试点。

南方科技大学海洋科学与工程系博士后吴海涛不久前在第六届中国海上风电工程技术大会上表示，目前，海上风电与养殖的融合主要有结构融合和空间融合两种思路。结构融合是将风电的基础结构作为养殖网箱的框架，属于深度融合。而空间融合则是在海上风电场的空白区域布置养殖设施，实现空间充分利用。“就现阶段而言，结构融合的技术风险还比较高，空间融合分布松散、较为独立，技术风险低，相对更容易操作。海上风电与养殖的融合应该本着从易到难、先分后合的原则，逐步深化。”

在“空间融合”的思路下，吴海涛表示，在风电场的中心区域，可以布置鱼类养殖网箱，形成一定规模，采用自动化设施提高效率。在次中心区域，则设置贝类养殖区，提高饵料利用率的同时还可改善水质。外围区域则是藻类养殖区，可以减弱波浪、进一步净化水质，同时，藻类还可作为某些贝类的饵料。此外，在风电场外部，与波浪能的利用相结合，可以提高海域资源利用率，实现多种养殖共赢。

■ ■ 智能化装备需求增加

吴海涛强调，在融合发展的过程中，海洋养殖的品种要依据风电场的具体环境确定，具体装备设施要根据养殖品种进行选择。“养殖设施应具备抗台风等极端工况的能力，保证安全。同时，养殖设施要不断提升智能化水平，减少人类活动。”

据悉，目前丹麦技术大学已经成立了相关实验室，专门研发可用于海上风力发电和海水养殖的模块化的水下机器人。丹麦技术大学电气工程专业副教授 Roberto Galeazzi 介绍，该机器人将主要用于海上风机运转情况检查、海水养殖鱼类的健康状态监测，以及海上油气田环境特征调查等领域。与既有的海洋特种机器人不同，Roberto Galeazzi 指出，这款模块化的机器人各个部件可单独进行工作且功能不一。“比如，当风机水下基座上的传感器出现故障时，机器人的某个部件可充当备用传感器。”

同样，国内相关企业、高校和科研机构也在智能海洋装备领域不断发力。在海上风电巡检、海上风机叶片维修、水下焊接检修等领域都有专用的机器人产品不断应用。吴海涛表

示，智能化设备的应用一方面可以助力海上风电与海洋养殖成本不断下行，另一方面还能有效减少人工操作过程中给风电场带来的碰撞风险。

■ 规模化建设尚需时日

此外，对于海上风电与海洋养殖的融合，吴海涛也表示，涉及海工和电气技术、网箱和养殖技术等交叉领域，要在规划、施工、运维等方面充分考虑融合设计。

“在规划过程中，需要在满足风电和养殖发展的需求同时，保障安全，提升生产运维效率。”吴海涛表示，在功能区域划分上，应根据海上风电场的机位和集电线路分布，明确划定海上风电场内部功能区域类别，包括机位海域以及海缆安全区、海洋养殖作业区和公共航道区。在空间拓扑规划上，要根据机组运维作业和海洋养殖作业的时间和空间特点，在海洋养殖作业区域内选择合适位置开展养殖。“在项目建成后，也要最大限度进行联合运维，其间包括运维船只共用、航次共用、监控和调度系统共用等诸多细节。”

从试点到开展规模化建设，海上风电与海洋养殖的融合模式未来将如何推进呢？其实，在去年的全国两会期间，已有代表提出了推动海上牧场和海上风电建设的建议。农业农村部也在回复中明确指出，虽然探索工作初见成效，但海上风电是否会对海洋牧场中渔业资源产生影响还需要长期监测评估，目前还不具备从国家层面出台相关政策和规划的基础条件。农业农村部同时也表示，将视海洋牧场与海上风电融合发展试点情况和专家研究成果，研究论证成立协调推进机制的可行性。（姚金楠）

法国加速推进海上风电发展

首座商业运营海上风电项目投产 未来5年新增装机有望超350万千瓦

中国能源报 2022.12.5

近日，法国电力公司宣布，法国首座商业规模的海上风电项目 Saint - Nazaire 风电场正式投产，成为了法国海上风电发展的重要节点。

与德国、英国、丹麦等欧洲国家相比，法国海上风电发展明显更慢，但作为核电大国的法国近期却多次强调海上风电在未来能源系统中的重要作用。在欧洲国家遭遇前所未有的经济通胀之际，初生的海上风电市场能否帮助法国冲破能源危机的阴霾？

■ 核电大国转身投入海上风电

据法国电力公司消息，此次投运的 Saint - Nazaire 海上风电场位于法国西南部海域，距离海岸 12 至 20 千米左右，总装机容量为 48 万千瓦，投运后将满足周边区域 20% 的年电力消费需求，将惠及周边至少 70 万居民。

多年以来，核电都是法国能源供给中的“绝对主角”。据国际能源署及世界核能协会等行业研究机构发布的数据，法国境内总计有 56 座在运的核电反应堆，电力供应系统中核电占比可达 70%。然而，受到核电站老化、极端天气、河流干旱等不利因素影响，近期法国核电出力波动明显。与此同时，欧盟国家用能成本不断攀升，正面临着前所未有的通胀压

力。多重因素刺激下，法国对于替代能源的需求更为迫切。

然而，近 10 年来，法国可再生能源装机占比虽有所增长，但时至 2021 年法国仅有 23.4% 的电力来自于可再生能源，其中约有一半为水电，风电、光伏装机增速仍相对较慢。其中，到 2021 年，风力发电量仅占法国电力供给总量的 2.2%，远低于欧盟国家平均水平。

如今，首座商业化海上风电场的投运有望改变这一局面。法国电力可再生能源公司首席执行官布鲁诺·本萨松指出，过去 10 年里，Saint - Nazaire 海上风电项目对法国建立海上风电产业做出了诸多贡献，同时也提供了大量相关就业岗位，该项目将助力法国达成既定的能源转型目标。

■浮式海上风电受关注

根据法国政府最新通过的可再生能源法案，到 2030 年，法国可再生能源供给占比应达到 32%。此外，法国总统马克龙还曾提出到 2050 年建成约 50 座海上风电场的目标。业界估算认为，在 2022 年至 2027 年期间，法国将至少建成 7 座海上风电场，总装机规模有望达到 350 万千瓦。

不仅如此，从法国政府最新公布的信息来看，浮式海上风电更是成为了未来发展的一大重点。去年 10 月，法国政府曾提出，将为新兴能源技术提供至少 200 亿欧元的投资，其中就包括浮式海上风电技术。根据计划，到 2030 年，法国将至少完成 200 万千瓦浮式海上风电装机。而在今年 3 月，法国政府又推出了浮式海上风电竞争招标方案，成为欧洲首个对商业规模浮式海上风电项目进行竞标的国家。

据悉，今年法国政府推出的浮式海上风电项目招标容量为 50 万千瓦，截至 8 月，已有 13 家企业进入了候选名单。多位法国业界人士都表示，欧洲能源危机下，各国都不得不增加能源供给来源，浮式海上风电将是未来能源结构中的重要一环。

法国政府积极转向海上风电产业的举措得到了可再生能源业界的广泛认可。法国可再生能源联盟主席安妮·乔治林表示，欧洲 12 家海上风电整机制造商中有 4 家都位于法国，但与其他欧洲邻国相比，法国海上风电发展还是太慢，企业应利用当前政府大力支持的机遇，在法国领土上建设海上风电场。

■产业链发展仍存挑战

不过，多位业界人士也提醒称，法国海上风电产业想要壮大仍面临着多重挑战。其中，漫长的审批时间、渔民强烈的反对声浪等因素仍在困扰着法国海上风电产业。

欧洲媒体 Euractiv 援引多位业界人士的话称，一直以来，渔民抗议、海域争端等问题悬而未决，法国目前也没有海上风电场的成功运营经验，法国各界对海上风电开发尚有诸多分歧。

欧洲渔民协会 EMK 更是发声称，与海上风电产业成熟的北海区域不同，法国海岸附近海床条件复杂，水深更深，固定式海上风电开发建设难度明显更大，还可能对附近渔业资源造成损害。

不仅如此，也有行业机构人士进一步指出，法国虽将注意力放在了浮式海上风电上，但目前浮式海上风电技术尚不成熟，诸多技术细节尚不确定，法国如果要大规模发展浮式海上风电还需要跨过技术门槛。

路透社援引业界人士的话称，目前，法国海上风电项目从计划到投运所需的时长仍远高于欧盟国家的平均水平，法国政府应进一步促进降低海上风电场的审批时间，从目前平均所需的10至12年降低至6年左右。另外，法国政府还应考虑降低海上风电选址难度，为项目开发提供更多便利。（李丽旻）

我国百米级风电叶片首次批量出口

中国电力报 2022.12.13

本报讯（毛晨熙 薛有雄 陈川）12月8日，装载着8片全球量产最长风电叶片的船舶缓缓驶离福建福清的福州港江阴港区，启程远赴欧洲，这也是我国百米级以上风电叶片首次外贸批量出口。

本次出口的风电叶片单片长108米、自重100吨，是目前全球已实现量产的最长风电叶片，对装卸作业提出较高要求。福建福州港江阴港区于今年9月正式启用风能集散中心，对本次吊装发挥了重要作用。该中心占地约105亩，目标是打造成为吸引风能设备中转、堆存及外贸出口的物流新通道。

近年来，福建海上风电产业发展迅速，福建三峡海上风电国际产业园已成为中国海上风电原创技术策源地，多家风电龙头企业集聚于此，形成结构件、电机、叶片、整机等完整的产业链，具备年产300万千瓦以上的风机及主要零部件生产、配送、售后服务等能力，带动福建海上风电装备产业走在世界前列。

龙源电力主编的国内首部陆上风场测量标准发布

中国电力报 2022.12.13

本报讯（迟洪明）12月5日，龙源电力北京设计公司主编的《陆上风电场工程测量规范》作为中国电机工程学会团体标准正式发布。该标准是国内首部针对陆上风电场工程的测量标准。

该标准包含九章内容，分别为范围、规范性引用文件、术语和定义、平面控制测量、高程控制测量、施工测量、变形测量、资料整编及检查验收等，对陆上风电场前期开发、项目建设及运行阶段的测量工作提出了明确的技术要求，适用于陆上风电场全生命周期的测量工作。

该标准的发布，填补了国内陆上风电场测量标准的空白，进一步提升了陆上风电场的标准化水平。

全球最大漂浮式海上风电项目获核准

中国电力报 2022.12.22

本报讯（陈乐棉）12月12日，海南省发展改革委下发《关于中电建万宁漂浮式海上风电试验项目一期工程核准的批复》，标志着由中国电力建设集团有限公司以“投一建一营”一体化模式推进实施的全球规模最大的商业化漂浮式海上风电项目正式获得核准。

中国电建海南万宁漂浮式海上风电试验项目（以下简称“万宁项目”）位于海南省万宁市东部海域，规划总装机容量100万千瓦，计划分两期建设，一期工程建设规模为12台单机容量16兆瓦以上风机，装机规模为20万千瓦，2025年底全部建成并网；二期工程装机容量80万千瓦，计划于2027年底全部投产。项目建成后将每年带来40亿千瓦时以上的清洁电力。

万宁项目由中国电建新能源集团有限公司投资开发，是中国电建首个投建营一体化漂浮式海上风电项目，对提升我国深远海风电开发领域核心技术能力、推动全国规模化开发漂浮式海上风电市场具有重要的战略意义。

万宁项目的建设有助于我国风电产业形成完整的大容量深远海漂浮式风电原创技术体系，培育漂浮式风电装备及其国产化产业链配套供应能力，全面掌握漂浮式海上风电项目设计、建造和施工技术，推动我国海上风电技术进步和产业升级，进一步稳固我国风电行业的全球领先地位，对服务好我国能源转型和新型电力系统建设具有积极意义。

“交得出”“发好电”“靠得住”成海上风机制胜关键

中国能源报 2022.12.12

截至今年第四季度，我国多个沿海省份陆续发布百万千瓦级海上风电招投标规划。据记者不完全统计，今年海上风电项目招标总容量已超过1300万千瓦，刷新历史最高纪录。

正值海上风电国补退坡元年，海上风电市场的火热势头却丝毫不减。面对庞大的市场需求，海上风电整机商正摩拳擦掌，市场也开始重新洗牌。

■■ 项目招标创新高

从公开信息来看，今年，广东、山东、浙江、江苏、辽宁、福建等沿海省份均有大量海上风电项目上马。其中，广东海上风电发展势头尤为猛烈，招标规模超过700万千瓦，占据全国海上风电项目的半壁江山。与此同时，山东、浙江、江苏等沿海省份海上风电项目总招标容量也都超过了100万千瓦。

不仅如此，今年内，国内各省份更是发布了最新的“十四五”海上风电发展规划，除广东、福建等传统海上风电大省外，广西、山东等“新秀”也加入海上风电开发行列。粗略估算，“十四五”期间，国内海上风电总规划装机量已超过5000万千瓦。

另据行业合作发出的《全球海上风电倡议》，综合当前发展条件以及我国的目标，到

“十四五”末，我国海上风电累计装机容量需达到1亿千瓦以上；到2030年，累计装机量需达2亿千瓦以上；到2050年，累计装机量不少于10亿千瓦。

不过，随着海上风电国补的退坡，海上风电成本压力激增，为进一步降低海上风电度电成本，近年来，机组大型化趋势愈加明显。据风能专委会发布的数据，国内风电机组的大型化进程持续推进，2021年，海上风电与陆上风电的机组平均功率分别达到了5.6兆瓦与3.1兆瓦，相较此前年份有大幅提升。

■ ■ 整机市场形成新格局

从今年数据来看，海上风机大兆瓦趋势更为明显。目前公布的海上风电项目招投标结果显示，新中标项目的单机容量普遍在8兆瓦及以上。

在高风速海域，明阳智能今年内占整机中标市场超过30%。与此同时，远景能源、金风科技、上海电气等整机制造商也陆续获得订单，而中标机型单机容量大多为10兆瓦及以上水平。其中，远景能源旗下的EN-252/14机型凭借其可以适应更大的极限风和更多气旋的能力，不仅获得广东等省的海上风电项目订单，更进一步远销海外。

在中低风速区域，远景能源旗下的EN-226/8.5机型拿到了华能苍南、龙源射阳、中广核惠州三个海上风电项目，共计容量近150万千瓦。另外，运达风电、中国海装、明阳智能等整机制造商也斩获了不少订单，中标机型单机容量也均在8兆瓦以上。

实际上，今年以来，受风电整机制造市场竞争加剧与风机大型化趋势的影响，海上风电机组投标价呈持续下降态势。最新数据显示，截至今年9月，海上风机招标价格已较今年初下降了50%以上，海上风机的招标价格区间已达到3500元/千瓦左右。

■ ■ 把控细节成竞争关键

值得注意的是，在业界看来，大兆瓦机组虽是降本利器，但要真正实现海上风电高质量发展，风机制造商要有对安装、发电、运维各个细节的把控。

远景能源的工作人员告诉记者，平价时代，海上风机首先需要具备优异的发电性能。“只有高发电量才能算得过来账。EN-226/8.5机型每千瓦扫风面积可达4.72平方米，即使在低风速环境下，也能保障较低的工程造价。同时，远景通过自研的第四代先进叶片翼型和整机优化控制协同，显著提升了风机捕风性能，通过适配的功率和风轮，确保海工设备具有高可寻性，支撑项目快速投建完工。”

为适应海上风电的快速发展需求，远景还配套了高效的海上产品供应网络，通过自研自制的核心零部件快速实现生产交付。

另据行业研究机构华龙证券发布的数据，目前，海上风电项目全生命周期成本中，风电机组、吊装、运维成本占比分别约为28%、11%、28%，这意味着，海上风电项目建成后的运维成本仍不容忽视。远景打造了相对灵活的工程方案，利用货架式模块化开发特性，可实现零部件的分合和空中更换，降低吊装难度，节约海上风电机组的安装和运维成本。

在保障海上风机稳定运行方面，上述工作人员向记者表示，EN-226/8.5机组依托伽利

略超感知系统及远景全方位多层级测试验证体系，该机型采用了基于寿命预测的自适应控制，对整机载荷做了进一步优化，不仅能够实时监控风机运行情况，更能够基于伽利略实测大数据平台，实现精准部件诊断及预测，优化运维，保障机组高可利用率。

目前，国内主流整机制造商陆续宣布在沿海省份建设海上风电装备制造产业园区，在业界看来，在区域优势的加持下，海上风电关键设备和零部件有望实现就近配套，运输成本有望进一步下降。（李丽旻）

全国最大平价海上风电场在汕尾建成投运

南方日报 2022.12.21

12月20日9时38分，随着中国广核集团（以下简称“中广核”）汕尾甲子240万千瓦海上风电项目最后一台风电机组并网发电，中广核汕尾甲子90万千瓦海上风电场正式实现全容量并网发电，标志着全国最大的平价海上风电场建成投运，也标志着中广核汕尾近海浅水区140万千瓦海上风电项目全面建成投产。

中广核汕尾甲子海上风电场场区中心离岸距离约25km，水深30m到37m之间，布置78台6.45MW和50台8.0MW海上风电机组，配套建设2座220kV海上升压站及一座500kV陆上升压站。汕尾甲子2项目于2022年6月海上主体开工，仅用时半年实现全容量并网发电，创造了新的行业纪录。

在汕尾海域，中广核已于2021年11月25日建成汕尾后湖50万千瓦海上风电场，随着汕尾甲子90万千瓦海上风电场的建成投运，粤东首个超百万千瓦级海上风电基地正式建成，共计装机容量140万千瓦。该基地每年可为广东省提供清洁电能超45亿千瓦时。（刘倩 汪旭莹）

研究表明：火星风将为人建基地提供动力

参考消息 2022.12.24

【英国《新科学家》周刊网站12月19日报道】从理论上讲，火星上的风力涡轮机可以提供足够的能源，以供科学家在载人飞行任务中安全探索这颗行星的边远地区。

对于调查火星赤道附近的区域而言，太阳能或许就足够了，但要想常年生活在更靠近两极的地方，还需要其他能源。

位于加利福尼亚州芒廷维尤的美国国家航空航天局（NASA）艾姆斯研究中心的维多利亚·哈特威克说，结合太阳能使用的话，置于适当地点的风力涡轮机可以为6个人提供足够的能源，让他们一年四季在火星上生活和工作，而不必面临与核能相关的辐射风险。

她说：“令人感到特别兴奋的是，通过将潜在的风能与其他能源结合起来，我们使探索火星上的大片区域成为可能，这些从科学角度讲确实有趣的区域此前因为能源方面的要求或许没有受到科学界的重视。”

由于火星上大气稀薄，与地球上同样速度的风相比，火星风的风力要小约 99%。20 世纪 70 年代以来对火星风的研究，要么集中在着陆区（出于安全原因，着陆区必须是低风速区），要么集中在对山脊的单一评估。哈特威克说，这些不能提供一个地区风力潜能的全貌，而一个地区的风力在一天、一个季节和一年时间里可能存在相当大的差异。

她和同事们修改了原本为地球设计的一个全球气候模型，以便观测火星。他们使用了火星全球探测器和“海盗”任务生成的火星地图所提供的具体信息，比如火星的精确地貌、不同地区的热能、尘埃水平和太阳辐射情况。根据这些信息，该模型模拟了火星各地的各种风速——昼夜、各季节甚至各年的风速，因为火星上的风暴每年都有变化。

对于火星上的每个单位面积，研究人员计算出可以用 100% 效率的风力涡轮机产生的最大发电量。他们还计算了目前在地球上使用的 4 种大小不同的商用涡轮机的理论风能回报。然后，他们把其与之之前的研究结果所确定的在火星上执行 6 个人、持续 500 个火星日的任务的预计能源需求进行了比较。

哈特威克说，研究人员发现，风能不仅能补充太阳能（特别是在夜间以及遮蔽阳光的重度沙尘暴期间），而且能在某些地点完全取代太阳能。

她说：“这是研究得出的令人难以置信的结果之一，我们并没有想到会得出这样的结果。”

风能在火星陨石坑边缘和火山高地显示出最强的潜力。她说，在北半球，冬季在积冰地区刮起的大风就像“海风”，可能会为研究价值高的勘探场所提供一些必要的能源。

她说：“当我们谈论人类登陆火星的任务时，我们想要在最有趣的科学地点获得稳定的能源资源。借助风能与太阳能的联合使用，一些真正有趣的地点就可以探索了。”

她说，在火星上建造风力涡轮机的可行性还需要进一步研究。但轻型、小容量的气球式涡轮机和对火星材料的就地使用，可能是避免在太阳系中运送庞大设备的务实选择。

全球新增最大海上机组容量已达 16 兆瓦

大容量风机时代到来

中国能源报 2022.12.26

近期，金风科技与三峡集团合作研发的 16 兆瓦海上风电机组在福建三峡海上风电国际产业园下线，刷新了目前全球最大单机容量、全球最大叶轮直径纪录。

从全球风能理事会统计的数据来看，全球风电产业用了 20 年时间将海上风电机组的平均功率从 2000 年的 1.5 兆瓦提升至 2020 年的 6 兆瓦，而近两年来，各大整机制造商已陆续推出了单机容量在 14 兆瓦及以上的海上风电机组，海上风电机组的大型化趋势正不断加速，大容量海上风机时代已经到来。

■大容量海上风机降本效果明显

2021 年前，我国吊装的海上风机中大部分单机容量都不超过 5 兆瓦，而今年内各大能

源企业发布的海上风电项目风机招标信息显示，大部分项目都对风机容量做出了明确要求，最终中标机型中6至8兆瓦以上机型已经成为主流，部分中标机型容量甚至突破了10兆瓦。行业研究机构伍德麦肯兹统计的数据显示，2022年上半年，8兆瓦及以上海上风电机组的新签订单份额已超过75%。

在金风科技海上产品线总监樊彦斌看来，大兆瓦海上风电机组如此快速发展，正是海上风电行业不断变化的开发场景以及降低度电成本需求所致。“一直以来海上风电项目的造价相对较高，但测算显示，金风科技旗下的13.6兆瓦和16兆瓦机组可以显著降低海上风电度电成本，快速的风机大型化可很好地适应目前海上风电的平价需求。”

2020年，国家发改委出台了《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见》，提出新增海上风电不再纳入中央财政补贴范围，这也意味着，2022年并网的海上风电项目上网电价预期较一年前下降近一半。

在此情况下，海上风机容量的快速增长成为海上风电快速降本的答案。有业界测算显示，截至今年10月，在中标风机容量不断增加的情况下，平价海上风电项目含塔筒机组价格已从去年下半年的4000元/千瓦以上，降至最低的3306元/千瓦，年内降幅可达20%。

■拓宽海上风电可开发范围

据信达证券统计，沿海各省发布的“十四五”期间海上风电新增规划总规模已超过5500万千瓦。但实际上，在业内看来，我国沿海省份海上风资源禀赋各有不同，不同的风速条件需要更多差异化的机组来满足发电需求，为拓宽海上风电的可开发范围，大容量机组的应用更是成为必然。

樊彦斌告诉记者，随着海上风电装机规模的不断扩大，离岸距离和水深都在不断增加，同时各省份用海资源也受到生态等方面的限制，海上风电项目用海面积进一步受限。为了更好地获得风能，更长叶片、更大风轮直径成为必需，大容量机组的发展将很大程度上降低项目造价，机组的大型化可有效拓宽海上风电的可开发资源范围。

据了解，金风科技最新下线的16兆瓦海上风电机组叶轮直径可达到252米，扫风面积约5万平方米，相当于7个标准足球场的面积。在满发风速下，该款机型每转动一圈可发34.2度电，每年所发电量可满足3.6万户三口之家一年的正常用电。

不仅如此，自2019年起，三峡海上风电国际产业园相继下线了自主研发的最新6.7兆瓦、8兆瓦、10兆瓦、13兆瓦、13.6兆瓦、16兆瓦海上风电机组，不仅可满足不同环境下发电需求，更是多次刷新我国海上风电发展纪录。

■同质化竞争下可靠性成关键

值得注意的是，面对海上风电平价时代对大容量机组的高需求，今年以来，国内主流风电整机厂商纷纷推出了10兆瓦及以上海上风机产品。据记者不完全统计，目前国内已有9家风电整机厂商宣布将研发或下线10兆瓦及以上海上风机产品，机型种类至少有30余种。

在樊彦斌看来，在目前高度竞争的海上风机市场中，高可靠、高收益、可信赖正是海上

风机产品所需的关键要素。“首先，海上风电产品应选择成熟可靠的技术，并通过完备的测试验证工作，最大限度避免创新产品在实际应用过程中的安全风险，确保下线产品可靠。其次，海上风机产品应通过各方面的技术细节提高发电量，例如使用创新性的长柔叶片、大数据实时跟踪机组的运行状态等方式，确保机组的运行安全和高效发电。另外，产业链的稳定供应能力同样不可或缺，金风科技海上风电产品国产化率均超过了90%，突破了主轴承等核心零部件的技术难题，有可靠的供应链资源来保障大容量海上风机产品的交付。”

■大型化要求筑理论根基

“海上风机大型化并不是简单的‘变大’，最重要的是筑牢底层基础，掌握大型化带来的有别于以往的底层基础科学理论规律。同时，需要将已经突破的认知闭环应用到机组开发设计中，打开大型化机组技术黑盒子。自2018年，金风开始规划自主整机仿真平台GTSIM，仿真与测试偏差可低至5%，很好结合了高精度与快评估速度。另外，借助完善的测试验证体系，金风科技可提前验证产品全生命周期可靠性，实现产品性能优化。最终，现场海量的运行数据又可以反哺到仿真模型中，通过不断的优化，形成可以不断学习和进化的仿真工具。”樊彦斌指出。

樊彦斌进一步表示：“机组的大型化最终要依靠基于设计、仿真、测试、验证、运行五位一体的整机可靠性体系，确保机组大型化开发行稳致远，更要保持开放心态，通过与国内外同行的不断沟通交流，共同推动海上风电产品的高质量可持续发展。”（李丽旻）

国际首例排土场风电机落户内蒙古

中国电力报 2022.12.26

本报讯（苏锋 朱浩楠）近日，国际首例排土场风电机组在国家电投内蒙古公司北露天煤矿排土场顺利完成吊装，成功实现了风电项目在露天煤矿排土场上“零”的突破。

近年来，在减碳降碳以及推进露天煤矿绿色转型发展的大背景下，北露天煤矿开始向新能源“进军”。2021年10月，该矿创新提出利用露天煤矿闲置土地建设排土场分散式风电示范项目。

据了解，本项目总装机容量4000千瓦，计划于今年12月末并网发电，项目配备灵活调节的电化学储能系统，采用“自发自用”模式，全容量投产后平均年发电量1166.2万千瓦时，所发电量将用于新能源矿卡充电，单台矿卡每年可节约柴油67000升，减少二氧化碳排放9586.16吨。

“我们在排土场上建设风机属于国际首创，针对露天煤矿排土场工程地质条件差，风机建设基础易产生不均匀沉降等因素，我们创新采用了强夯+可调式桩基的设计。”北露天煤矿科技创新部主任刘树栋介绍道。

面对物理力学性质较差等不利影响，该矿与山东电力咨询设计院开展了微缩模型试验、数值模拟计算、现场勘测及物探试验等大量的研究与现场试验工作。该项目的研究成果可以

为排土场等不良地质情况下的风机建设提供理论和技术支撑，同时，对促进“源网荷储”能源供应模式在露天煤矿的应用也具有重大的示范意义和实践价值。

十、核能

全球首台大坡度螺旋隧道掘进机“北山一号”投用 我国重大核环保科学研究工程获关键进展

中国能源报 2022.11.28

本报讯 11月18日，国家“十三五”规划的重点工程之一、国家重大核环保科学研究工程——中国北山地下实验室主体工程建设取得重大阶段性进展。当天，在甘肃省肃北县北山现场，中核集团核工业北京地质研究院（以下简称“核地研院”）举行全球首台大坡度螺旋隧道硬岩掘进机——“北山一号”步进启动仪式，正式向洞内进发，标志着国际上首条采用连续小转弯、大坡度的全断面硬岩隧道掘进机（TBM）工法施工的螺旋斜坡道进入施工阶段，为高质量建成国际先进、世界一流地下实验室提供了技术装备解决方案。

“北山一号”由中国铁建重工集团和中铁十八局集团联合为中国北山地下实验室工程量身打造，整机长约100米，直径为7.03米，生产下线后便分装自湖南长沙陆续起运。历时1个多月，项目团队成功克服超长距离运输等系列挑战，顺利将“北山一号”TBM部件全部运至施工现场，完成3000公里的长途运输及北山现场组装。

据中核集团介绍，“北山1号”能够实现水平200米转弯半径、同时竖向380米曲线半径螺旋式掘进，首创锥面刀盘、短主梁设计、大直径小间距滚刀+辅助破岩技术等特别设计和技术突破了连续完整极硬岩破岩技术难题，为地下实验室主体工程建设提供了先进可靠的新一代施工装备。

公开信息显示，中国北山地下实验室工程是我国核燃料闭式循环科技创新体系的重要组成部分。2019年，项目经国家原子能机构批复立项，由核地研院作为业主单位组织开展建设，于2021年6月正式开工。工程全面建成后，将成为世界上规模最大、功能最全、参与范围最广的地下实验室，填补我国在高放废物处置技术地下现场研发平台及设备的空白，为保障核工业健康可持续发展提供重要科研平台和技术保障。（朱学蕊）

全球最大“人造太阳”核心部件完成首件制造

中国电力报 2022.11.24

本报讯（记者白宇）11月22日，全球最大“人造太阳”国际热核聚变实验堆（ITER）的核心部件——被誉为ITER“防火墙”的增强热负荷第一壁取得重大进展，完成首件制造。据悉，其核心指标显著优于设计要求，具备了批量制造条件，标志着我国全面突破“ITER增强热负荷第一壁”关键技术。

科技部中国国际核聚变能源计划执行中心主任罗德隆表示，我国第一壁团队多年来付出了巨大的努力，做了大量卓有成效的研发工作，取得了巨大成就。这些工作不仅为我国自主掌握关键技术、履行国际承诺、展现大国担当作出了巨大贡献，也为 ITER 计划提供了重要的“中国智慧”和“中国方案”。

资料显示，国际热核聚变实验堆计划是目前全球规模最大、影响最深远的国际科研合作项目之一。其目标是在和平利用聚变能的基础上，探索聚变在科学和工程技术上的可行性。

在中国国际核聚变能源计划执行中心指导下，中国核工业集团有限公司所属核工业西南物理研究院承接 ITER 增强热负荷第一壁全尺寸原型件研制，在成功批量制备增强热负荷手指部件后，与贵州航天新力科技有限公司通力合作，解决了一系列技术难题，成功完成部件的焊接装配。

首件见证仪式结束后，中核集团核工业西南物理研究院与中国航天科工集团第十研究院签订战略合作协议。双方将不断拓展合作领域、建立常态化的合作机制，为核聚变和航天事业发展作出更大贡献。

“玲龙一号”全球首堆核岛安装工程开工

中国电力报 2022.12.10

本报讯（记者 白宇）11月30日15时18分，伴随核岛反应堆厂房R11区JR110房间内一道焊花闪动，“玲龙一号”全球首堆反应堆厂房管道支吊架开始安装，标志着“玲龙一号”海南昌江多用途模块式小型堆核岛安装工程正式开工。

资料显示，反应堆厂房是核电厂的主体，各个机械设备构成了核电站的各个“器官”，穿梭在其间的管道构成了连接各个“器官”的“血管”。反应堆厂房的安装将极大地带动其他厂房的安装建设步伐。

据了解，“玲龙一号”是全球首个通过国际原子能机构通用设计审查的第三代模块式小堆，具备核能发电、供热、制冷、海水淡化等多用途功能。面对全新的安装领域，中核工程海南项目部迎难而上，秉承着精益求精的态度，脚踏实地地稳步推动“玲龙一号”全球首堆建安工作，以“党员突击队”为先锋队，发挥示范带头作用，并成立“青年突击队”、设立“青年安全生产示范岗”，发挥广大青年团结协作、攻坚克难的意志信念，确保了反应堆厂房的安装开工顺利进行。

我国首个核能工业供热项目建成投用

中国能源报 2022.12.19

本报讯 12月15日，我国首个核能工业供热项目在浙江海盐正式建成投用。这是继2021年浙江海盐核能供热示范项目一阶段工程建成后，中核集团秦山核电和海盐县在核能综合利用方面取得的又一重大突破，它搭建起了中国首个核能工业供热示范平台。

该项目从7月15日开工到11月15日主管网建设完成，再到11月21日开始试运行，仅用4个月时间完成项目建设，为多家工业用热企业提供能源替代。项目建成投产后，能够提供24小时热能供应保障，年工业供热约28.8万吉焦，相当于节约标准煤约1万吨，减排二氧化碳约2.4万吨，对当地生态环境保护和节能降耗有着重要意义。

据悉，秦山建成了我国核电机组数量最多、堆型最丰富的核电基地，被誉为“国之光荣”。2021年，秦山核电与海盐县共同建设浙江海盐核能供热示范工程，开创了我国南方核能供热先河，为海盐核能工业供热奠定了良好的工程基础。2022年，秦山核电和海盐县积极开展浙江海盐核能工业供热项目建设，推动减排降耗，助力实现“双碳”目标。

为积极推动核能供热的多元化发展，探索核能供热在公益、公建、农业、商业等领域的应用，秦山核电还将联合海盐县继续推动核能供热广泛利用，继续推进核能供热在海盐县居民小区推广，通过联通新建小区的供热设施和推进学校、商场、已建成小区的核能供热改造，将核能温暖送给海盐的千家万户。（朱雯）

筑起核电发展安全线

经济日报 2022.12.7

提供保障的境内核财产价值超9000亿元有力地支持了国家核电运营与发展

中国核共体参与的境外核保险业务

涉及26个核电国家和地区的350余座核反应堆及其他民用核设施

核能是清洁低碳、安全高效的优质能源。党的二十大报告提出，积极安全有序发展核电。近年来，我国核电快速发展，已经成为全球第三大核电国家和最大在建市场。

核安全是核事业的生命线，核保险是核事业的安全线。核保险是专门为涉核风险提供保险服务的特殊风险保险，是分散重大核事故风险的有效手段。作为核能风险管理体系中的一环，由中再集团担任主席单位的中国核共体集合保险行业力量，每年提供超过130亿元的风险保障，并提供风险检验和防灾防损服务，为核能事业保驾护航。

支持核能实体发展

今年冬季，辽宁省红沿河核电站核能供暖示范项目正式投运供热。这是东北地区首个核能供暖项目，取代了红沿河镇原有的12个燃煤锅炉房，为当地近两万居民提供冬季取暖保障。红沿河核电站是我国在运装机容量最大的核电站，年发电量可达480亿千瓦时，约占辽宁省全社会用电量的20%；与同等规模燃煤电厂相比，等效于减少标煤消耗约1452万吨。

红沿河核能供暖项目并不是国内首次实现核能供暖。早在去年冬季，山东省海阳市“暖核一号”与浙江省海盐县秦山核能供暖项目就已先后正式投运供热，其中，秦山项目有望助力长江以南的群众实现冬季集中供暖的愿望。

在“双碳”目标、助稳经济大盘、能源安全等多重背景下，我国核电已进入新的发展周期。“今年以来，国务院常务会议先后两次核准了5个核电项目共10台机组，创下2008

年以来年度核准机组的数量之最。”在日前召开的2022年中国核共体年会上，中国核保险共同体主席和春雷表示，国内核电发展的积极信号对核共体来说是利好，更是挑战。

多年来，全球均主要依靠试验堆生产医用放射性同位素，在某些特定疾病诊疗领域更是起着不可替代的作用。我国的碳-14同位素供应几乎全部依赖进口，价格昂贵且供应得不到保障，供应紧缺严重制约相关产业发展。今年5月份，全球首批商用堆碳-14辐照生产靶件在中核集团秦山核电三厂2号重水堆机组入堆，开始商用堆生产碳-14同位素，预计2024年开始向市场供货，届时产量可充分满足国内需求。中国核共体通过各类核保险为本次重大技改提供保险保障。

当前，中国核共体的各类核保险产品覆盖了境内所有运营核电机组，承保了田湾、三门、大亚湾等17个核电厂54台核电机组的核物质损失险、核第三者损害责任险、相关核雇主责任险，并为其他有关核设施、核活动提供了乏燃料贮存责任险、核材料运输责任险等核损害责任险保障。

其中，核物质损失险主流保单的每一危险单位保险限额为20亿美元，是国际核保险市场上保障范围最全面、保险限额最高的保单品种之一，目前为价值超9000亿元的境内核财产提供保障，有力地支持了国家核电运营与发展。同时，中国核共体为核电行业两万多名一线员工提供累计高达130亿元保额的商业保障，为高技术人员解决后顾之忧。

和春雷表示，核共体将在完善现有险种条款的基础上，加强核能供热、海水淡化、制氢等核电厂核能综合利用领域的保险产品创新，积极探索核电全寿期的保险保障，促进核保险与核工业的深度捆绑。同时将创新保险产品和模式，为我国正攻关的快堆、浮动堆、小型堆等先进核电技术的落地保驾护航。

强化保险服务能力

有效利用核能，需要牢牢守住核安全这条生命线，核保险共同体正是保险业服务核安全的重要力量。目前，国际上基本都采用共同体的方式专业化经营核保险。我国于1999年成立了中国核保险共同体，专门开办核保险业务。中国银保监会财险部主任李有祥认为，核保险是核能产业共生共长的重要配套体系，是维护国家能源安全、核安全，服务政府核安全公共安全治理的重要市场化机制，也是绿色保险支持低碳能源发展的范例。

“从美国核保险制度的运营情况看，1979年三里岛核事故发生后，耗尽了美国核共体自1957年成立以来的所有保费积累；目前，我们成立23年以来所收取的全部保费还不足以覆盖最大保险责任的一半，净自留口径的总保费差距更大，在落实核巨灾准备金管理要求、鼓励成员公司应提尽提的力度还不够大。”和春雷表示，核能的生命周期可达百年，重大核事故一旦发生损失极大，而我国核巨灾准备金累积仍不够充足。

核能行业安全水平高，事故概率低，而核保险的整体规模小，赔付责任大，因此需要将不出险年份的承保盈余提留为准备金留存。2020年10月份，银保监会、财政部、生态环境部联合发布《核保险巨灾责任准备金管理办法》，确认了核保险经营不以商业盈利为目的，

要求核保险巨灾准备金按核保险承保盈利的 75% 计提，从而最大程度地保证核保险承保盈余获得有效积累，提高核保险巨灾准备金的积累速度。同时，要求核保险巨灾准备金永久留存，以形成适应核能全寿期风险的长期保障能力。

各项新的核安全制度安排渐次铺开，为核保险深度参与核安全管理创造了条件。2022 年中国核共体大会审议通过《核事故损害赔偿评估指引》，进一步完善我国核保险应急与赔偿体系。这是中国核共体首次就重大核事故可能造成的核损害应如何评估进行的一次创新性探索，有助于加强保险业对核事故和核损害的认识和准备。

《评估指引》的通过还标志着以“四个一”为支撑的重大核事故核保险应急与赔偿机制基本建成。中国核共体的核保险应急与赔偿机制除《评估指引》外，还包括：一个系统平台，即核损害赔偿应急响应平台，通过地图可视化、数据空间化等技术，对核电厂发生重大核事故造成的损害进行模拟评估和赔偿应对；一个整体预案，即《核保险应急与赔偿预案》，从组织体系、响应方式、资源保障、培训演习等方面对核共体核保险应急与赔偿响应做出规定；一个操作手册，即《核事故损害赔偿应急手册》，细化各成员公司参与应急与赔偿工作的标准、流程，组成了覆盖面广、专业能力突出的重大核事故损害赔偿处置力量。

李有祥表示，中国核共体要始终以护航实体经济为核心，着力构建覆盖核能全产业链、全寿期的保障体系，不仅要巩固好核共体现有“险前”预警、“险后”补偿的优势，更要补足“险中”响应的短板，发挥核共体的组织优势和团队优势，加大对风险的减量管理和应急支持。

共建核安全共同体

中国核共体的诞生，不仅支持了民族核工业的快速发展，也使得中国核保险摆脱了严重依赖境外再保险市场的局面。在核共体成立当年，我国首座大型商用核电站——大亚湾核电站的续保保费较上一年下降 36.7%，保障范围极大扩展，由列明风险扩大为一切险。20 多年后的今天，中国核共体成员公司已从成立时的 5 家扩大至 31 家，包括了国内主要的财产保险公司和再保险公司，发展成为保险行业服务实体经济、护航核工业发展、服务国家核风险管理的重要平台。

随着中国核共体的成立及发展壮大，中国核保险在国际核保险领域的自主权和话语权不断提升。中国核共体参与的境外核保险业务涉及 26 个核电国家和地区的 350 余座核反应堆及其他民用核设施，境内外风险组合进一步优化；已成为境外核保险市场的重要再保险人。

中国核共体全面参与国际核共体体系的各项公共管理事务，在总目标委员会、工程分委会、理赔分委会中都拥有席位。中国核共体在核保险承保、理赔、风控等领域的自主权和主导权持续加强，为我国核工业企业提供了具有全球竞争力的保障服务和费率水平。例如，针对“二代加”成熟核电机组实施独创性的多年期保险合作方案，针对全新的第三代核电机组树立具有国际竞争力的费率标杆，有力地维护了民族核工业的利益。

在了解掌握国际核电第一手风险信息方面，中国核共体参与境外现场风险检验的频次和

深度不断提升，风险检验活动覆盖了全球三分之一的核电机组。在与境外核共体深度合作方面，中国核共体与英国核共体（国际核共体体系秘书长单位）签署战略合作协议，借鉴国际核共体体系在核风险管理领域的机制优势，为我国核工业发展提供更全面、更充分的保险保障和专业服务。李有祥认为，中国核共体要始终以坚持双向开放为重点，充分利用全球承保能力分散中国核风险，充分发挥国内先进核技术推动全球规则更新，充分吸引全球资源要素推进国内核保险持续发展。

和春雷表示，近年来，中国核共体已跻身全球核共体体系中心，这要求中国核共体坚持高水平双向对外开放，汇集国际资源共建核安全命运共同体，不断丰富国内核巨灾风险生态圈。一方面充分发挥国内核电的规模优势和技术创新优势，坚持以我为主，通过主导和参与相关规则、标准、导则的制定，将中国经验和中国判断融入国际准则，进一步提升在全球核保险风险管理体系中的地位和作用。另一方面培养国际化的高端人才、打造全球服务能力，为“一带一路”沿线更多国家和地区的核电产业提供承保能力和专业技术，助力核电及其装备制造业“走出去”。

我国首座核电超大型冷却塔开建

中国能源报 2022.12.19

本报讯 12月15日，我国首座核电站超大型冷却塔——广东廉江核电项目一期工程冷却塔顺利浇筑第一罐混凝土。该塔高218.7米、零米直径174.552米，淋水面积达到全球之最的20000平米，采用逆流式自然通风高位集水，一机一塔，由国家电投绿能科技（国核电力院）EPC建设。

今年6月，绿能科技（国核电力院）EPC团队组建完毕。设计团队发挥龙头优势，采购流程快速衔接，一众精干力量驻场攻坚。从凌晨至深夜，团队坚持高标准严要求，围绕开工准备先决条件清单，逐项攻坚克难，连续鏖战26天，确保节点目标高质量完成。随着第一罐混凝土浇筑应声就位，标志着廉江核电项目一期工程主体工程开工建设，实现了对国家、广东省、地方能源局“年内核准、年内开工”的重要承诺。

超大型冷却塔关键技术研究，是国家科技重大专项——大型先进压水堆及高温气冷堆核电站研究的子课题之一。国核电力院作为主体，负责对世界领先的核心技术引进、消化、吸收、再创新。基于对比利时哈蒙公司全过程的技术咨询，联合中国水科院、浙江大学、同济大学等国内一流科研院所，设计团队先后开展热力、阻力、风洞和抗震模型等试验28项，获得专利授权7项，开发软件13项、软件著作权8项、技术秘密11项、专有技术3项，制定企业标准4项。

由此，国核电力院在国内率先攻克了核电冷却塔超高超大、高位集水、高效节能、耐久性等技术难题，掌握了热力阻力特性计算方法、荷载取值计算方法、静动力分析方法、寿命评估方法、高位集水装置设计制造等关键技术，形成了一套较为完善的超大型冷却塔设计方

法和施工方案，培养了一批掌握超大型冷却塔研发设计关键技术的人才。

核电站需要冷却水。与传统核电站将热量带向大海不同，有了超大型冷却塔，就能将热量传递到大气。广东廉江核电项目一期工程建设两座超大型冷却塔，采用海水二次循环冷却方案，从而大大减少了用海面积，降低了排水余热，对海洋环境、通航产业和沿海经济更加友好。超大型高位海水冷却塔的使用属于世界首创，使不具备海水直流循环冷却条件的沿海厂址具有建设核电项目的可能性，对我国今后核电选址具有重要借鉴示范意义。（谢科隆）

我国钠冷快堆研发获积极进展

中国能源报 2022.12.26

本报讯 中国原子能科学研究院（以下简称“原子能院”）小型钠冷快堆核电源研发工作近日取得重要突破，在国际上首次实现耦合斯特林发电系统的小型钠冷快堆核电源非核集成测试装置“一键启停堆”验证试验。截至目前，该院已完成包括“一键启停堆”、满功率运行、紧急停堆等全部验证试验，为下一步开展小型钠冷快堆核电源工程示范奠定了坚实基础。

钠冷快堆是采用液态金属钠（亦可用钠钾）作为冷却剂的反应堆，是第四代核能系统的主力堆型之一。小型钠冷快堆具有功率密度高、固有安全性好、小型化性能好、全寿期不换料等优势，可应用于远海岛礁等偏远地区，也可与风能、光伏等新能源耦合运行提高微电网稳定性，是小型先进反应堆的优选技术路线之一。

原子能院基于多年钠冷快堆研发经验，在中国实验快堆等工程的基础上，瞄准海岛用供电供水联产综合供能平台，启动了小型钠冷快堆核电源研发工作，并创新采用了小型钠冷快堆耦合斯特林发电系统的设计，使运行操作更加简便，可实现高度智能化控制和“一键启停”。耦合斯特林发电系统的小型钠冷快堆核电源装置具有技术成熟度高、材料体系完整、工业基础深厚的优势，可通过工厂制造和预组装，将集成的模块运输到用户现场快速组装调试，实现安全稳定发电。

该项目由原子能院牵头，联合国内企业成立了关键技术联合攻关团队，于今年相继完成装置设计、建造、调试工作，并于10月完成了满功率发电168小时试验，热电转换效率达到25%以上，突破了集装箱式系统总体设计技术、液钠-氦气高效换热技术、仪控系统小型化技术、钠冷快堆-斯特林发动机耦合控制等关键技术，实现了核电源工厂模块加工制造、组装调试、快速启动、稳定发电的全流程演示，为后续示范应用项目的设计、建设和运行奠定了坚实基础。

未来，原子能院将加快推进装置工程示范和产业化步伐，积极寻找目标用户，尽快促成小型钠冷快堆核电源在新能源微电网、大数据中心、高耗能企业等领域的工程应用示范，助力“双碳”目标实现。（袁梓）

美能源部宣布实现核聚变净能量增益

中国科学报 2022.12.15

本报讯（记者倪思洁）北京时间12月13日23时，美国能源部宣布，其下属的劳伦斯利弗莫尔国家实验室的“国家点燃实验设施”（NIF）团队首次在可控核聚变实验中实现核聚变反应的净能量增益，即通过核聚变产生的能量比激发聚变所使用的能量更多。这项突破将为推动清洁能源发展提供宝贵见解，有助于实现零碳经济目标。

美国能源部在一份声明中说，12月5日，NIF团队用192束激光束，向一个微型燃料颗粒输送了2.05兆焦耳的激光能量，点燃核聚变燃料，最终产生了3.15兆焦耳的聚变能量输出，实现净能量增益，首次证实了惯性核聚变的基本科学原理和可行性。

美国能源部表示，要获得简单、充足的惯性核聚变能，并将能源输送给家庭和企业，仍需要许多先进的科学技术支持。美国能源部目前正在重启一项广泛协同的惯性核聚变能计划，将与私营部门协调合作，推动核聚变商业化的快速发展。

核聚变是太阳和恒星的能量来源。在这些星体核心的巨大热量和重力下，氢原子核相互碰撞，聚合成更重的氦原子，并在此过程中释放出大量能量。核聚变能具有燃料来自海水、效率是化石能源千万倍、没有长期核废料、没有碳排放等特点，被视为未来社会的“终极能源”。目前受控核聚变的研究主要分为两大主流方案——惯性约束核聚变、磁约束核聚变。

惯性约束核聚变实验，是将聚变材料制成小靶丸，然后从四面八方均匀射入高能激光束以持续压缩并最终引爆靶丸，形成微型“氢弹”爆炸，产生热能。为了验证惯性约束核聚变实验，2009年NIF建成。

磁约束核聚变，则是通过托卡马克装置产生强大的磁场，把等离子体约束在尽可能小的范围内，对其持续加热并使温度维持在数千万度甚至上亿度，以达到核聚变对温度的要求。国际热核聚变实验堆计划（ITER）和位于我国合肥的“东方超环”（EAST）就是针对磁约束核聚变的研究。

十一、其他

粤港澳大湾区开建首个变速抽水蓄能机组

工程年设计发电量13.5亿千瓦时，每年可节约系统标准煤约36万吨

中国电力报 2022.11.29

肇庆浪江抽水蓄能电站

电网的“蓄电池”“稳压器”和“调节器”

- 总装机容量120万千瓦计划2025年底前投产发电
- 工程年设计发电量13.5亿千瓦时每年减少二氧化碳排放量90万吨、二氧化硫排放量

2.7 万吨、氮氧化物排放量 1.35 万吨

●工程建设中将拉动上下游产业链投资近 170 亿元
到 2030 年

大湾区抽水蓄能总装机规模将扩大至 2000 万千瓦稳居世界湾区第一

本报讯（黄昉）11 月 25 日，我国能源领域首台（套）重大技术装备项目依托工程、国家抽水蓄能中长期发展规划“十四五”重点项目、广东“十四五”重点电源工程——南方电网肇庆浪江抽水蓄能电站全面开工。

该电站是粤港澳大湾区首个变速抽水蓄能机组项目，由南网储能公司主导开发，总装机容量 120 万千瓦，将安装 4 台 30 万千瓦机组，其中 1 台机组为我国自主研发的可变速机组。工程总投资约 86 亿元，计划 2025 年底前投产发电，将助力粤港澳大湾区加快建成新能源高比例消纳的新型能源体系和绿色能源基地，为保障我国能源领域关键技术装备产业链供应链安全作出积极贡献。

抽水蓄能电站具有上、下两个水库，夜间用电低谷时将山水库的水抽到山上，在白天用电高峰时放水发电，相当于把电存储起来，实现随时调用，帮助电网顶峰发电，促进风力发电、光伏发电等新能源有效接入电网。该项目被称为电网的“蓄电池”“稳压器”和“调节器”，是目前技术最成熟、经济性最优、最具大规模开发条件的电力系统绿色低碳清洁灵活调节电源。

当前，粤港澳大湾区正在加快构建清洁低碳、安全高效的新型能源体系。在粤港澳大湾区城市群中，肇庆的国土面积最大（占 26% 以上），土地开发强度最小（6.5%），森林覆盖率最高（70.7%），风能、光能、水能资源丰富，正全力打造粤港澳大湾区绿色能源基地。肇庆浪江抽水蓄能电站作为粤港澳大湾区（肇庆）绿色能源基地首个开工的重大工程，是肇庆市委市政府和南网储能公司今年重点推进的绿色能源项目之一，被写进今年广东省政府工作报告里。工程年设计发电量为 13.5 亿千瓦时，每年可节约系统标准煤约 36 万吨，相应每年可减少二氧化碳排放量 90 万吨。工程的如期开工，将带动基地内 164 个风电、光伏发电等绿色能源项目加快落地。

肇庆浪江抽水蓄能电站在建设过程中将拉动上下游产业链投资近 170 亿元，建成后将为地方政府带来稳定税收。“加快规划建设新型能源体系，我们将首次采用‘正井法’的方式施工超深大直径竖井，首次在大湾区抽蓄工程运用全断面硬岩隧道掘进机开挖自流排水洞，不断优化工程工期，力争电站早投产、早发电，为大湾区加快构建新型能源体系作出应有贡献。”南网储能公司肇庆浪江抽水蓄能工程项目部总经理郑智介绍。

目前，粤港澳大湾区 6 座投运的抽水蓄能电站总装机容量已达到 968 万千瓦，肇庆浪江抽水蓄能电站的开发将推动大湾区 2025 年底前建成世界首个千万千瓦抽蓄湾区。与此同时，南网储能公司还在粤港澳大湾区的惠州、江门等地开展多座抽水蓄能电站的前期开发工作，预计到 2030 年，大湾区抽水蓄能总装机规模将扩大至 2000 万千瓦，稳居世界湾区第一。

亚洲最大海上石油生产平台投用

南方日报 2022.12.8

南方日报讯（记者/马芳 刘倩）12月7日，亚洲最大海上石油生产平台恩平15-1平台在深圳西南约200公里的大海中建成投用。当天，中国海洋石油集团有限公司（下称“中国海油”）宣布，恩平15-1油田群首期项目正式投入生产，该油田群全面投产后，高峰日产石油近5000吨，将为粤港澳大湾区经济社会发展注入新动力。

记者在恩平15-1平台获悉，该平台是恩平15-1油田群最重要的海上设施，由中国海油自主设计、建造、安装及生产运营，总高度约160米，总重量超过3万吨，单层甲板面积相当于10个篮球场，安装设备及系统近600台套，相当于常规平台的2倍，是目前亚洲甲板面积最大、组块重量最重、设备最多、功能最齐全的海上石油生产平台，可实现钻井、修井、无人化远程操控、二氧化碳回注封存、自主发电与电力组网、油气水综合处理等多项功能。

恩平15-1油田群位于我国珠江口盆地，所在海域平均水深约90米。除了恩平15-1平台，该油田群还有南海东部首个新建无人平台恩平10-2平台、我国首套海上二氧化碳封存装置等，其首期项目投产对于保障国家能源安全、推进海洋科技自立自强、实现碳达峰碳中和目标具有重要意义。

恩平15-1油田群是我国南海首个高含二氧化碳油田群，中国海油联合国内厂家集中攻关，研制适用于海洋环境的首套超临界大分子压缩机、首套复合材料二氧化碳分子筛脱水橇，实现了海上二氧化碳封存关键设备的国产化突破，形成了海上二氧化碳捕集、回注、封存的技术体系和成套装备。中国海油恩平油田生产经理张琳告诉记者：“该装置将油田伴生的二氧化碳捕集处理后，再回注到海底一定埋深的地层中永久封存，实现二氧化碳的零排放，对海上油气田的绿色开发具有重要示范意义。该项目预计高峰年可封存二氧化碳30万吨，累计封存二氧化碳近150万吨，减排量相当于植树近1400万棵或停开近100万辆轿车一年。”

据悉，中国海油以此为基础开展“岸碳入海”研究，已在广东惠州启动我国首个千万吨级二氧化碳捕集与封存集群项目，将捕集大亚湾各企业排放的二氧化碳，输送到海上进行封存。

推动深水油气资源高效开发利用

——访中国工程院院士、水下油气生产系统项目长谢玉洪

中国电力报 2022.11.26

9月14日，中国海洋石油集团有限公司（以下简称“中国海油”）发布消息，随着位于我国南海的东方1-1气田东南区乐东块开发项目竣工投产，我国自主研发的首套深水水

下生产系统正式投入使用，这标志着我国深水水下油气开发关键技术装备研制取得重大突破，对打造自主可控的海洋油气装备体系、保障国家能源安全具有重要意义。

近年来，从“深海一号”能源站到“海基一号”平台，海洋石油资源勘探开发的中国技术、中国装备令世界瞩目。日前，记者专访了中国工程院院士、水下油气生产系统项目长谢玉洪，听他讲述“海上坚守40载，我为祖国献石油”的故事。

打造国家战略科技力量

中能传媒：习近平总书记强调，把科技的命脉牢牢掌握在自己手中。您怎样理解这句话的深刻含义？在贯彻落实的过程中，如何部署发力？

谢玉洪：科技兴则民族兴，科技强则国家强。科学技术的创新是不断解放和发展社会生产力、促进国民经济持续发展的重要力量，也是不断推动国家发展壮大的有力保障。科技自立自强已经成为决定我国生存和发展的基础能力，科技创新的制高点目前已成为国际战略博弈的主战场。谁牵住了科技创新这个“牛鼻子”，走好了这步“先手棋”，谁就能占领先机、赢得优势。科技自立自强是国家强盛之基、安全之要。

特别是当前国际复杂严峻的政治经济环境，建设科技强国、把科技的命脉牢牢掌握在自己手中，比过去任何时候都更加迫切。“惟创新者进，惟创新者强，惟创新者胜”，科技只有独立性、自主性才有安全性，才能在未来竞争中立于不败之地。

今天的中国已经成为世界第二大经济体，“不能总是用别人的昨天来装扮自己的明天”，需要将科技实力从量向质转化、从单一向综合能力提升，开辟国民经济高质量发展的新支点，构筑世界主要科学中心和创新高地势在必行。

我是1982年中国海油成立元年即服役海洋石油战线的一名“老兵”，亲历了中国海洋石油工业技术发展之路。通过“引进、消化、吸收、集成创新、自主创新，到自立自强相结合”，走上了一条具有中国海油特色的科技创新道路，为海洋石油工业蓬勃发展注入了新动能，为保障国家能源安全贡献了巨大价值。

2021年6月25日，我国自主开发建设的“深海一号”能源站投产，实现了海洋油气勘探开发从300米水深到1500米水深的历史性跨越，推动了从地质理论、核心技术到工程实施全方位科技创新引领，标志着我国基本具备了在超深水油气勘探开发的科技研发能力、装备制造能力和作业实施能力，深海油气勘探开发综合实力显著增强。

但是，我们也必须有清醒的认识，随着海洋油气勘探向深层、深水、高温高压领域拓展，生产安全风险与操作成本也随之骤升；油气田资源品质大幅劣质化，经济效益日趋边际化；常规技术、传统理论越来越难以适应海洋油气勘探开发面临的挑战，勘探开发难度呈级数增加。

面对严峻的国际政治经济环境和我国油藏地质特点，创新重大前瞻性油藏地质理论、开展原创引领性技术攻关迫在眉睫。为此，中国海油深入实施创新驱动战略，强化重大科技布局，加快海洋深水、深层等油气成藏理论和关键核心技术攻关，完善科技创新体系和人才队

伍建设，部署“深水/超深水油气勘探开发技术”等16个重大科技攻关工程，实现海洋石油从浅水、深水向超深水，从浅层、中深层向深层/超深层，从常规向非常规，从化石能源向综合能源协同的4个突破，为打造国家战略科技力量、助力公司高质量发展奠定坚实基础。

推动海洋整体资源开发利用

中能传媒：您创新性地提出“把油气生产变成盆地能源”的理念，请具体介绍下思路 and 方向。

谢玉洪：这个理念主要基于充分利用“盆地”的勘查数据，挖掘海洋环境、海底底质、海底深部数据信息，达到数据利用最大化；用“盆地能源”理念替代单一常规油气能源的传统思维，依托油气勘探生产的实施，驱动海洋资源的开发，最大限度动用海洋资源，从而实现海洋总体资源的高效利用、减少综合利用成本、助力海洋石油工业高质量发展。主要包括油气在内的其他海洋资源从勘探到开发生产的多个环节，多专业交叉学科的融合特性凸显，这需要基础研究。在此基础上指导和支撑“盆地能源”的规模性发现和利用，实现盆地内全资源的高效勘探生产。

“盆地能源”综合性勘查。以“勘查数据湖”综合利用为导向，实现价值利用，在数据采集时兼顾海洋环境、海底底质、海洋水合物、浅层气、咸水层、中深层油气等探测，为海洋油气、风光电等资源的开发和海洋水合物封存、固化、利用等提供研究基础；在成熟油气探区，以油藏地质、区域海洋环境评价等为基础，突出油、气、水、电、讯、人力资源等多位一体，实施以地质工程为基础的导管架建设标准化及以油气性质/油品为基础的上部组块建造标准化；油气输送管网材料创新配套技术等，降低油气勘探开发门槛，缩减油气田建设周期，支撑边际资源量由无效转为有效勘探开发，极大限度地动用地下资源，将地下资源“吃干榨净”，引领盆地油气集群化勘探开发。

“盆地能源”融合开发利用。以减少能源消费为导向，实现节能增效。能源企业既是能源生产大户，也是能源消费大户，应在生产过程节能增效。以分布式能源供给模式为基础，充分融合集群化勘探开发，做好自备电、岸电、风能、地热能等海洋能（盆地能源）协同开发。在规模性储能技术取得突破之前，可再生能源发电具有分散性、不稳定性、成本高等特点，“盆地能源”有机融合的生产动力系统，可以大幅降低可再生能源存在的负面效应。通过“盆地能源”开发，持续做大“减碳”“零碳”“负碳”，推动海洋油气高质量勘探开发生产。

“盆地能源”协同增效。以“勘查数据湖”为基础、资源共享为导向，实现海洋能源协同增效。创新海洋能源集成勘查和开发技术，实现海洋浅层气、深层气联合开发和海洋水合物封存、监测、利用，进而推动包括太阳能和潮汐能等海洋可再生资源开发利用。打好海洋能源开发的“组合拳”，实现“盆地能源”融合，开创化石能源和新能源融合发展的新时期。

中能传媒：相较陆地而言，海洋油气勘探开发的风险和投入更高，在提质增效、增储上产方面有何应对之策？

谢玉洪：海洋油气勘探开发涉及材料、船舶、通信、海洋工程、机电仪器、交通运输等多个领域，是一项高集成、跨学科系统工程，技术链长且复杂，风险与挑战极大。整体而言，海上的油田勘探开发成本是陆地常规油田的6~10倍，提质增效是重中之重。

我们团队在勘探生产中不断完善管理，融合了系统工程和价值流理论，提出了集群化价值勘探开发工程管理体系。该体系的核心要素包括地质油藏理论认识、勘探开发技术与作业能力、勘探开发投资、区域油气与工程资源、大数据技术等，各要素之间相互约束和互补，提升了理论、技术与作业系统创新力，达到安全高效勘探开发海洋油气的目的。举个例子，在南海深水/超深水领域，通过建立勘探开发一体化模式，打破了勘探—评价—开发各环节之间的壁垒，将三阶段间歇式接力模式转换为无缝衔接；创建了“三井合一”勘探开发模式，探井在井位部署、井筒设计等方面具备了探井、评价井、开发井“三井合一”的功能，并以井筒安全等为约束，突破多元作业协同关键技术瓶颈，实现三井一体化，减少了钻井数量，降低了单个勘探目标的资源门槛，在增储上产的同时缩短了建产周期、减少了开发成本、加快了探转采节奏，实现了海洋油气勘探的价值最大化。

加速可再生能源产业发展

中能传媒：在“双碳”背景下，石油行业面临哪些机遇与挑战？中国海油在可再生能源发展方面做了哪些工作？下一步作何布局？

谢玉洪：人类生存的需要，注定“双碳”将是未来很长一段时间内国际社会能源企业发展的背景色，正在重塑能源行业的发展格局。我国石油行业正面临着诸多挑战，包括需求逐步减缓、碳减排力度大、时间紧、电能替代竞争日益激烈等，预计石油需求在2030年前后达峰并逐步进入下降通道，天然气需求在2035~2040年达峰后下降。但同时我们也应该看到，作为国家重要的战略性供给保障，近年来我国石油、天然气对外依存度分别达到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，油气仍是我国保障能源安全的主要战略领域。因此，国内油气企业在推进油气增储上产上仍然是主旋律。

对于《“十四五”可再生能源发展规划》，需要关注两点，一是可再生能源将成增量主体，考虑到利用规模相对有限，“十四五”可再生能源开发利用仍以电力为主；二是规划突出了多元融合，既强调可再生能源各品种之间的互补发展，也强调与化石能源的融合发展。

“双碳”转型对于中国海油未来发展来说，机遇远大于挑战。中国海油主动顺应能源绿色低碳转型发展趋势，稳步推进绿色低碳战略。2022年4月新能源分公司成立，进一步突出海洋优势，注重融合协同，因地制宜开展海洋能源布局，探索“海洋水合物+浅层气+中深层”“天然气发电+海洋风能”“天然气发电+风光潮汐发电”“天然气发电+海洋风

能+海洋牧场”等海洋综合能源协同开发新模式，加速可再生能源产业发展，推动绿色能源转型的再提速。（曲艺）

四川盆地再添超千亿方页岩气田

中国能源报 2022.11.28

本报讯（记者吴莉）报道 11月24日，记者从中国石化新闻办获悉，中国石化“深地工程·川渝天然气基地”又获重大突破，由中国石化勘探分公司和西南石油局提交的綦江页岩气田首期探明地质储量1459.68亿立方米通过自然资源部专家组审定，标志着我国又一个超千亿立方米的大型整装页岩气田诞生。

綦江页岩气田位于重庆市綦江区和贵州省习水县境内，处于四川盆地川东南盆缘复杂构造区，受强烈构造运动改造，具有地表和地下“双复杂”的特征。

据悉，该气田是我国盆缘复杂构造区发现的首个中深层-深层页岩气大气田。通常而言，埋深超过3500米的页岩气，被定义为深层页岩气，綦江页岩气田的页岩层埋深从1900米跨度到4500米，主体部分埋深大于3500米。深层页岩气上覆地层复杂，存在着页岩埋深大、地应力多变等多项世界级难题，对技术要求高，勘探开发难度大。如果说浅层页岩气开发是将“羊肠小道”扩建为“高速公路”，那么深层页岩气开发便是在青藏高原上开山架桥，修建复杂交错的“盘山公路”，勘探开发难度高。

多年来，中国石化在深地油气领域研究及勘探开发上持续发力。今年8月，公司率先推出“深地工程”成果报道，“深地工程”技术被业内认为是深层油气勘探开发的“大国重器”，具有广阔前景。在深层页岩气领域，中国石化在四川盆地矿权区内拥有深层页岩气资源量6.3万亿立方米，是页岩气未来增储上产的重要领域。

全球化石燃料需求将在15年内达峰

中国科学报 2022.11.25

本报讯 根据国际能源署（IEA）的数据，化石燃料需求预计将在15年内达到峰值。该机构表示，世界正在加速向清洁能源过渡。

IEA近日最新发布的《世界能源展望》指出，即使没有加大化石燃料的淘汰力度，全球煤炭需求也将在几年内开始下降，石油需求将在2035年前趋于稳定。至关重要的是，天然气需求预计从2020年后趋于平稳。

IEA有影响力的分析师首次表示，在他们预测的所有未来情景下，即使只实施当前的政策，化石燃料的需求也将达到峰值或趋于稳定。

化石燃料使用的峰值标志着全球经济的历史性转折点，即各国国内生产总值和化石燃料使用自工业革命以来首次脱钩。

“这是一个相当重要的声明。”研究气候变化对金融市场影响的“碳追踪”智库的Mike

Coffin 表示，“这是在向油气行业传递一个信息：嘿，一切照旧是不会长久的。”

这也为全球气候带来了好消息。IEA 表示，由于需求放缓，能源行业的全球排放量预计在 2025 年达到峰值。

IEA 发现，当前，全球能源市场出现动荡。但从长远来看，该组织表示，由于各国都在寻求促进增长并加强能源安全以应对危机，世界将加速向低碳能源过渡。

例如，IEA 表示，美国《通胀削减法案》将加快风力和太阳能发电在该国的推广，并在未来 10 年增加上路的电动汽车数量。

同时，基于 Fit for 55（“减碳 55”）计划，到 2030 年，欧盟对天然气和石油的需求将下降 20%。该计划将推动电动汽车、热泵和可再生能源的部署。

IEA 执行主任 Fatih Birol 在一份新闻稿中表示：“不仅是现在，未来几十年能源市场和政策都会发生变化。”

“即使在今天的政策背景下，能源世界也发生了巨大的变化。世界各国政府的承诺，将使它成为一个历史性和决定性的转折点，朝着更清洁、更负担得起和更安全的能源系统迈进。” Birol 说。

根据 IEA 的设想，随着人们驾驶更多电动汽车，以及各国更多依赖可再生能源、核能与其他低碳技术供热和发电，对化石燃料的需求将趋于平稳。按照目前的政策，到本世纪中叶，化石燃料在全球能源结构中的份额将从目前的 80% 左右降至略高于 60%。

需要指出的是，这种变化的速度尚不足以遏制气候变化。IEA 预测，按照目前的政策，到本世纪末，全球气温将上升约 2.5 摄氏度。这与联合国近日发布的评估结果一致。科学家警告说，这种程度的变暖对生态系统稳定性构成了严重威胁。

然而，如果各国采取更多措施减少排放，这一转变的步伐可能会加快。

假设各国都能按时完全实现气候目标，那么全球对煤炭、石油和天然气的需求将在 2030 年达到峰值，至 2050 年逐渐下降。在这种情况下，气候导致的气温上升将控制在比工业化前水平高 1.7 摄氏度的范围内。（王方）

全国首部煤炭清洁高效利用省级法规出台

中国电力报 2022.12.14

12 月 9 日，山西省十三届人大常委会第三十八次会议表决通过了《山西省煤炭清洁高效利用促进条例》（以下简称《条例》）。这是全国第一部专门针对煤炭清洁高效利用促进工作的省级地方法规。一起来了解《条例》的重点内容

实施时间

《条例》将于 2023 年 1 月 1 日起实施

重点内容

《条例》共 6 章 28 条，围绕煤炭清洁高效利用，规定了切实可行的举措，涵盖了煤炭

生产、加工、利用、转化全链条

●规划与管理部分

提出省人民政府应当优化产业布局，推动煤炭和煤电、煤炭和煤化工一体化发展；县级以上人民政府应当合理控制煤炭消费总量，改善能源消费结构，逐步降低煤炭在能源消费中的比重；县级以上人民政府有关部门应当完善商品煤质量管理体系；煤炭相关企业应当制定商品煤质量保证制度，并建立商品煤质量档案等条款

●生产与加工部分

聚焦煤炭生产、洗选、运输领域，鼓励和支持煤炭生产企业推行绿色、智能生产方式，明确政府及其相关部门应当优化煤炭洗选企业布局，建立煤炭洗选企业备案管理制度，加强煤炭洗选企业标准化管理，推进煤炭运输通道及其配套设施建设

●利用与转化部分

针对燃煤发电、焦化、煤化工、钢铁冶炼、建材等重点用煤行业，规定了绿色发展和节能减污降碳的各种具体措施。另外，针对山西省煤系固体废弃物的特征和问题，提出省人民政府应当制定煤矸石井下充填、地面回填等技术标准，规范煤矸石综合利用

●扶持与服务部分

明确省人民政府应当加大资金投入，设区的市、县（市、区）人民政府应当依法落实税收、土地等支持政策并设立专项资金，能源主管部门应当建立煤炭清洁高效利用公共服务平台；鼓励和支持社会资本参与煤炭清洁高效利用技术研发以及项目的投资、建设和运营

能源先进产能平稳有序释放

中国能源报 2022.12.19

本报讯 12月15日，国家统计局发布2022年11月份能源生产情况。11月份，能源保供稳价政策有力推进，能源先进产能平稳有序释放，规模以上工业原煤、原油、天然气和电力生产同比保持增长。与10月份相比，原煤、原油增速加快，天然气、电力增速放缓。

原煤生产增速加快，进口由升转降。为做好今冬保暖保供工作，原煤生产企业持续加大增产增供力度。11月份，生产原煤3.9亿吨，同比增长3.1%，增速比上月加快1.9个百分点，日均产量1304万吨。进口煤炭3231万吨，同比下降7.8%；上月则增长9.0%。1—11月，生产原煤40.9亿吨，同比增长9.7%。进口煤炭2.6亿吨，同比下降10.1%。

原油生产稳定增长，进口保持较快增长。11月份，生产原油1678万吨，同比增长2.9%，增速比上月加快0.4个百分点，日均产量55.9万吨。进口原油4674万吨，同比增长11.8%，增速比上月放缓2.3个百分点。1—11月，生产原油18777万吨，同比增长3.0%。进口原油46026万吨，同比下降1.4%。

原油加工增速略有放缓。11月份，加工原油5961万吨，同比增长0.3%，增速比上月放缓0.5个百分点，日均加工198.7万吨。1—11月，加工原油61599万吨，同比下降3.9%。

天然气生产增速回落，进口降幅明显收窄。11月份，生产天然气189亿立方米，同比增长8.6%，增速比上月回落3.7个百分点，日均产量6.3亿立方米。进口天然气1032万吨，同比下降3.9%，降幅比上月收窄14.5个百分点。1—11月，生产天然气1974亿立方米，同比增长6.4%。进口天然气9901万吨，同比下降9.7%。

电力生产增速有所放缓。11月份，发电6667亿千瓦时，同比增长0.1%，增速比上月放缓1.2个百分点，日均发电222.2亿千瓦时。1—11月份，发电7.6万亿千瓦时，同比增长2.1%。

分品种看，11月份，火电、风电、太阳能发电增速回落，水电降幅收窄，核电增速加快。其中，火电同比增长1.4%，增速比上月放缓1.8个百分点；风电增长5.7%，增速比上月回落135个百分点；太阳能发电同比持平，增速比上月回落24.7个百分点；水电下降14.2%，降幅比上月收窄3.5个百分点；核电增长11.1%，增速比上月加快3.7个百分点。
(李欣)

白鹤滩水电站全部机组投产发电 我国建成世界最大清洁能源走廊

人民日报 2022.12.21

本报北京12月20日电（记者王浩、叶传增）记者从三峡集团获悉：12月20日，世界综合技术难度最高、单机容量最大、装机规模全球第二大水电站——白鹤滩水电站最后一台机组顺利完成72小时试运行，正式投产发电。至此，白鹤滩水电站16台百万千瓦水轮发电机组全部投产发电，标志着我国在长江之上建成世界最大清洁能源走廊。

目前，长江干流的乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝、三峡、葛洲坝6座巨型梯级水电站共安装110台水电机组，总装机容量达7169.5万千瓦，形成世界最大清洁能源走廊。这条走廊跨越1800公里，形成总库容919亿立方米的梯级水库群和战略性淡水资源库，其中防洪库容376亿立方米，对保障长江流域防洪、发电、航运、水资源利用和生态安全具有重要意义。

