

能 量 转 换

剪 报 资 料

总 65 期
5/2023.5

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. 可再生能源发展今年开局良好4
2. “中国在全球能源转型中的作用不可替代”——访国际可再生能源署总干事卡梅拉 ..6
3. 我国非化石能源发电装机占比首超 50%7
4. 开发新型减污降碳催化氧化技术8
5. 新能源开发中的安全风险应引起重视9
6. 能源转型“先立后破”的三个维度11
7. 加强能源消费绿色转型政策引导13
8. 发力“水风光”织密能源安全网16
9. 新能源“高铁”将成现实18
10. 广东可再生能源发电装机将达 7900 万千瓦20
11. 国内首次超大城市坚强局部电网黑启动试验成功21
12. 中国—中亚深化能源全产业链合作22
13. 国际可再生能源署发布报告指出——加速绿色转型，资本成本是关键25
14. 《数字中国发展报告（2022）》发布27

二、热能、储能、动力工程、节能

2. 积极稳妥推进新型储能产业化28
3. 新能源和储能检测认证迎来黄金期29
4. 我国建成最大规模动力电池产业体系31
5. 高安全型高压链式储能系统投入使用32

6.	广东将大力推广节能及新能源汽车.....	33
7.	液冷将成储能装置核心冷却方式.....	34
8.	广东启动建筑节能增效行动.....	36
9.	国内首套煤电机组耦合蒸汽熔盐储热调峰项目投运.....	37
10.	供热系统改造，还要多方互补.....	38
11.	亟待建立体现储能价值的市场机制.....	39
12.	国家电网牵头的 6 项电力储能国家标准发布.....	42
13.	拓展农村新能源汽车市场.....	43
14.	国家发改委部署加快重点领域节能降碳步伐.....	44
15.	风光储氢协同发展获突破.....	44
16.	建设地下储能库 助力能源结构升级.....	46
17.	新材料让水系锌离子电池更安全、更长寿.....	48
18.	国家能源局：开展熔盐储热等能源综合利用项目安全排查.....	49
19.	“超级充电宝”助建新型能源体系.....	50
20.	三、碳达峰、碳中和	
1.	数字化智能化赋能发电企业绿色转型发展.....	55
2.	我国“双碳”标准体系建设提速.....	58
3.	坚持降碳减污扩绿增长协同推进.....	60
4.	深挖甲烷减排利用潜力 助力经济社会绿色低碳转型.....	62
5.	“双碳”背景下如何更好推进挥发性有机物减排.....	64
6.	自然资源部发布蓝碳系列技术规程.....	67
7.	城市能源低碳转型还面临三重挑战.....	67
8.	加快“双碳”标准体系建设.....	69
9.	高质量推进国家水网建设 助力“双碳”目标实现.....	70
10.	我国 CCUS 项目建设取得新进展.....	72
11.	加速绿色低碳技术产业化.....	75
21.	四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1.	“木霉菌+木薯皮渣”发酵机制.....	77
2.	低温下分解塑料的微生物发现.....	77
3.	餐厨垃圾里“长出”生物降解材料.....	78
4.	将二氧化碳“变魔术般”制成衣服.....	80
5.	防治污染，让微生物“吃掉”有害气体.....	83

6. 首套二氧化碳回注系统具备投用条件	85
7. “无废工厂”减排增效	86
8. 生物质能发展如何破局	87
9. 生物质能产业发展潜力如何挖掘	89
10. 人造树叶可制成清洁液体燃料	92
11. 两部委发布危废重大工程建设方案	93
12. 变废为宝有新招	94
13. 以构建全国统一大市场为契机推进固废污染防治	95
14. 二氧化碳又添新归宿两步法高效生成乙酸	97
15. 新模型评估二氧化碳最佳封存地	98
16. 青海首座生活垃圾发电厂：让垃圾“变废为能”	99
17. 生活垃圾焚烧飞灰资源化利用新技术喜获成功	100
22. 五、太阳能	
1. 风电光伏发电总装机超 8 亿千瓦	101
2. 发展“渔光互补”，助力生态产品价值实现	102
3. 风光大基地管建还要管配	105
4. 龙源电力完成光伏项目倾斜摄影三维建模	106
5. 浮式光伏发电走红全球	107
6. 风电光伏设备回收再利用升温	109
7. 发展人工光合成产业是“一石三鸟”之举	110
8. 《光伏电站工程项目用地控制指标》8 月起实施	113
9. 促进分布式光伏友好并网	114
10. 隆基绿能 26.81%效率纪录研究成果在《Nature Energy》发表	116
11. 交通与能源“牵手”会擦出怎样的火花	118
12. 光伏需在电站资产管理上下功夫	121
13. 我国研制出高柔韧性单晶硅太阳能电池	123
23. 六、地热能	
1. 董志塬上的第一口热水井	124
24. 七、海洋	
1. 院士专家论道海洋技术发展	124
2. 海藻保鲜膜：来自海洋的天然“塑料”	126
3. 他们用“浪出来”的能源打造远海粮仓	128

4. 让海洋成为更优质的“碳库”——专家解读蓝碳系列技术规程.....	131
5. 我国最大海水提铀海试平台建成投运.....	133
6. 浪里潮间有绿能.....	135
25. 八、氢能	
1. 着力破解绿氢输送难题.....	136
2. 国家重点研发计划“氢能技术”启动.....	138
3. 新技术将大幅降低“绿氢”价格.....	138
4. 氢能应用蓄势待发.....	139
5. 广州第一本氢能产业蓝皮书发布.....	142
26. 九、风能	
1. 浮式海上风电或走进北极圈.....	143
2. 全国首台新能源并网线路快速时域距离保护装置挂网试运行.....	145
3. 国家能源局：豁免部分分散式风电项目电力业务许可.....	146
4. 我国首座深远海浮式风电平台“海油观澜号”并网投产.....	146
5. 世界首台串列式双风轮风电机组完成吊装.....	147
27. 十、核能	
1. 田湾核电 7 号机组穹顶球带成功吊装.....	147
2. 探索高温气冷堆制氢 拓展核能多元化应用.....	148
3. 主要核电堆型设备国产化率超 90%.....	151
28. 十一、其它	
1. 我国首个大规模抽水蓄能人工智能数据分析平台投用.....	152
2. 清洁氨商业应用喜忧参半.....	154
3. 国家能源局综合司发布通知：进一步做好抽水蓄能规划建设.....	155
4. 新技术全天候从稀薄空气中发电.....	156
5. 我国超高水头抽水蓄能工程关键技术取得突破.....	157
6. 中共中央、国务院：推进水网与电力行业融合发展.....	157
7. 国内在建最大煤电项目投产发电.....	158

本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

可再生能源发展今年开局良好

人民日报 2023.5.5

今年以来，我国持续推进大型风电光伏基地建设、重大水电项目和抽水蓄能建设，可再生能源发展实现良好开局。国家能源局新能源和可再生能源司副司长王大鹏介绍，截至一季度末，全国可再生能源装机达 12.58 亿千瓦；一季度，可再生能源发电量达 5947 亿千瓦时，同比增长 11.4%，其中风电、光伏发电量达 3422 亿千瓦时，同比增长 27.8%。

看风电，一季度全国风电新增并网装机 1040 万千瓦，其中陆上风电 989 万千瓦，海上风电 51 万千瓦；“三北”地区占全国新增装机的 67.7%。一季度全国风电平均利用率 96.8%，与上年同期基本持平；风电投资完成约 249 亿元，同比增长 15%。

看光伏发电，一季度全国光伏新增并网装机 3366 万千瓦，同比增长 154.8%，其中集中式光伏发电 1553 万千瓦，分布式光伏发电 1813 万千瓦。一季度全国光伏发电利用率 98%，同比提升 0.7 个百分点；太阳能发电投资完成 522 亿元，同比增长 177.6%。

当前，我国正积极推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设。王大鹏介绍，截至目前，第一批 9705 万千瓦基地项目已全面开工，项目并网工作正积极推进，力争于今年年底前全部建成并网投产；第二批基地项目已陆续开工建设；第三批基地项目清单近期已正式印发实施。

煤炭是我国能源安全稳定供应的“压舱石”，煤矿智能化对于保障煤炭安全稳定供应、推动行业高质量发展具有重要意义。国家能源局煤炭司副司长任立新介绍，目前全国累计建成 1043 个智能化采煤工作面、1277 个智能化掘进工作面。智能化煤矿为近两年煤炭增产保供发挥了关键作用，据调度，国家能源集团、中煤集团等 7 家重点煤炭企业，已建成智能化产能 13.93 亿吨/年，占其总产能的 74.7%，综采工作面平均人员劳动工效提升 27.7%。

煤矿智能化发展也有力推动了煤炭上下游产业转型升级。初步统计，目前全国煤矿智能化建设总投资近 2000 亿元，投资完成率超过 50%。智能化市场需求的增加，有效带动了矿山物联网、煤机装备制造、智能控制系统、安全监测预警等新产业新业态快速发展。

近年来，我国新能源汽车蓬勃发展。国家能源局综合局副局长张星介绍，截至3月底，全国已有超过5700个高速公路服务区建成超过1.8万台充电设施，人民群众出行充电需求得到进一步保障。近日，国家能源局联合交通运输部印发《关于切实做好节假日期间新能源汽车充电服务保障有关工作的通知》，从持续提升全社会充电保障能力、提前开展充电需求预判、全面开展充电设施运维检查、加强节假日充电引导等方面提出切实举措，加强公路沿线及旅游景区等场景充电服务保障能力，优化群众节假日出行体验。

能源行业如何为乡村振兴作出更大贡献？国家能源局发展规划局副局长董万成表示，将主要采取四方面措施：一是继续实施农村电网巩固提升工程。聚焦边远地区、脱贫地区等农网薄弱地区，加大建设改造力度，进一步提高农村供电质量保障水平。二是开展农村能源革命试点县建设。以县域为基本单元，推动农村清洁能源高质量发展，探索建设多能互补的分布式低碳综合能源网络，将清洁能源产业与发展壮大农村集体经济、建设宜居宜业和美乡村有机结合。三是抓好北方地区冬季清洁取暖。目前我国北方农村地区清洁取暖率已超过60%，国家能源局将稳妥有序推进新增清洁取暖项目，切实保障清洁取暖用能稳定供应和持续运行。四是加快推进充电基础设施建设。探索充电设施与光伏、储能相结合，加大县乡村充电网络建设运营支持力度，为新能源汽车下乡创造良好条件。

“中国在全球能源转型中的作用不可替代”——访国际可再生能源署总干事卡梅拉

中国电力报 2023.5.11

“中国在全球能源转型中的作用不可替代，我非常希望能够用一切可能的方式，和中国的朋友开展密切合作。”日前，国际可再生能源署（简称IRENA）总干事弗朗西斯科·拉·卡梅拉在接受独家专访时，高度赞赏了中国可再生能源发展取得的跨越式成绩，他指出，“中国能源转型为全球减排作出了重大贡献。”

弗朗西斯科·拉·卡梅拉于今年初成功连任IRENA总干事，任期4年。4月18-20日，拉·卡梅拉连任以来首次访问中国，其间会见了国家能源局等政府部门及能源央企、金融机构、高端智库等单位负责人，并出席中国-IRENA合作研讨会、国际水电抽蓄论坛等活动。“我们认为，与中国开展更全面的接触是有益的。”拉·卡梅拉表示。

“中国在碳减排方面的努力为全球作出了重大贡献”

“中国对于可再生能源领域的持续推动以及持之以恒的进取心，令我印象深刻。”
拉·卡梅拉不吝赞美之词。

“中国加快建设以可再生能源为基础的能源系统，中国已经成为世界上最大的可再生能源装备国，中国还通过科技和投资为其他国家的可再生能源发展作出贡献。无论对于国内还是国际，中国都在能源转型进程中发挥了积极作用，在碳减排方面的努力为全球作出了重大贡献。”

拉·卡梅拉表示，十年前，他以意大利环境、领土与海洋部可持续发展、环境损害和欧盟与国际事务司司长的身份访华，在代表意大利政府同中国商讨合作时，内心就建立起了与中国合作的一种情分。而今，以 IRENA 为平台，他希望能够有更多来自中国的合作伙伴加入，将创新与技术展示给 IRENA 各成员国。

IRENA 始终强调务实且具有远见的领导力，认为这是应对多重全球危机——包括气候危机、能源危机、经济复苏以及全球通货膨胀等问题不可或缺的重要因素。

“此次，我们与中国国家能源局进一步深化合作，旨在吸纳所有相关主体都能有机会参与到这项公共事业中来，从而加快能源转型速度、扩大能源转型规模。”拉·卡梅拉相信，只有各方都有机会探讨前进道路，并为此努力筹划，才能实现上述目标。

“这也能让我有更多机会到访北京以及更多的中国城市，了解并参与其在可再生能源领域所做探索与实践，我愿意为这些努力尽一份力。”

“确保能源安全，可再生能源是正确的选择”

IRENA 最新研究显示，尽管全球能源转型出现了一些令人鼓舞的趋势，但是转型的速度和规模还是不足的。作为全球可再生能源领域最具影响力的国际组织掌门人，拉·卡梅拉在呼吁对能源转型战略进行修正以确保其回归正轨的同时，也坚定表明了对可再生能源的未来充满信心。IRENA 将从四个方面持续推动各成员国在可再生能源发展上更具行动力。

“首先，IRENA 是非常可靠且值得信赖的数据来源，我们为国家提供知识产品，支持各成员国开展能源规划。同时，为了应对当前的气候危机，我们还发起了很多资金项目，这将影响所有国家和经济体。”拉·卡梅拉重申，可再生能源是最清洁、最高效、最实惠的发电方式，不仅对政府有益，还惠及企业和个人——为投资单位提供着更多的工作岗位。

“现在，我们有了第四方面的责任，就是推动保障能源安全。”拉·卡梅拉坦言，当前，80%的国家依赖于化石燃料进口，各国对地缘政治的依赖并不乐观，导致这些国家在能源系统中意欲获取更多的化石能源。

“但同时，我们也看到，越来越多的行为体正在参与建立与集中式化石能源系统相对的分式能源，而分式系统则是基于可再生能源的。很明显，为了使本国能源供应系统更加安全可靠，可再生能源是正确的选择。”

拉·卡梅拉指出，加快可再生能源全球部署并扩大规模的主要途径有三个方面：一是覆盖海上、陆上及码头的基础设施建设或改造升级，从而建立起一个基于可再生能源的开放、公平、公正的能源体系。二是要重新思考建立包括法律、政策、监管在内的整体政策制定方式，以推动能源转型实现系统性变化。三是密切关注机构与人的能力建设，重点在于不断创新思想，包括重新评估国际及区域组织、多边金融机构、双边机构等角色和责任，才能够在新的能源时代建立起更有效的国际合作。

我国非化石能源发电装机占比首超 50%

人民日报 2023.5.8

内蒙古鄂尔多斯，全球最大规模“沙戈荒”风电光伏基地项目建设正忙；福建福清，“华龙一号”全球首堆示范工程通过竣工验收；海南文昌海域，我国首座深远海浮式风电平台“海油观澜号”完成海上安装……今年以来，一批非化石能源项目加速推进，能源绿色低碳转型成效显著。

中国电力企业联合会近日发布的报告显示：截至3月底，全国全口径发电装机容量26.2亿千瓦，其中非化石能源发电装机容量13.3亿千瓦，同比增长15.9%，占总装机容量比重为50.5%，首次超过50%。具体看，水电4.2亿千瓦，核电5676万千瓦，并网风电3.76亿千瓦，并网太阳能发电4.3亿千瓦，形成了多元化清洁能源供应体系。

非化石能源发电投资较快增长。一季度，全国主要发电企业电源工程完成投资1264亿元，同比增长55.2%，其中非化石能源发电投资1140亿元，同比增长62.8%，占电源投资的比重达到90.2%。具体看，太阳能发电、核电、风电投资同比分别增长177.6%、53.5%、15%。

非化石能源发电技术走在前列。我国风电、光伏关键零部件占到全球市场份额的70%，百万千瓦级水电机组建造能力领跑全球，核电形成了自主品牌的“华龙一号”“国和一号”等三代大型先进压水堆技术。1—2月，全国光伏多晶硅、组件产量同比增长均超过60%，晶硅电池产品出口同比增长超过156%。

据国家能源局介绍，下一步要持续推动能源生产消费方式绿色转型，加快主体能源由化石能源向非化石能源转变，力争未来五年，非化石能源消费比重年均增长 1 个百分点；到 2035 年，新增电量 80%来自非化石能源发电。

开发新型减污降碳催化氧化技术

中国科学报 2023.5.11

中科院大连化学物理研究所研究员孙承林、卫皇翌等在废水催化氧化研究方面取得新进展，开发出新型减污降碳催化氧化技术。相关成果发表于《美国化学会-应用材料与界面》。近日，研究团队与相关企业利用新技术，针对蒽醌法制双氧水生产废水完成中试试验，实现铁泥产量降低 95%以上、运行费用降低 45%以上。

高浓度有机废水组分复杂、浓度高、毒性大，常规生化法难以处理。作为危险废物，其处理成本高达 4000 元至 12000 元/吨。催化湿式氧化法（CWAO）具有清洁高效、运行成本低等特点，可解决企业面临的环保瓶颈问题。催化剂是 CWAO 的核心，如何通过催化剂结构与性能的构效关系揭示 CWAO 催化氧化机制，研制出具有高稳定性、高性能的催化氧化催化剂，实现催化过程智能控制，是相关研究的核心科学问题。

孙承林团队将科学发现同产业发展相联系，以“催化剂寿命-催化机制-工程过程控制”为研究主线，围绕国际前沿的催化材料，结合国内企业需求，发展了新型催化剂改性方法及工程应用装备。

团队研发出限域型废水催化氧化催化剂，通过构建催化剂颗粒表面纳米空间限域层的策略，提高了催化剂表面的活性氧利用率，从而强化催化氧化反应。团队构建的超结构限域催化剂在间甲酚污染物的氧化降解过程中，实现了 8 分钟内近 100%的去除效果，与传统单原子催化剂相比，去污效率大幅提升。研究发现，催化剂表面纳米管阵列结构构成的限域空间对催化反应有至关重要的促进作用。

该研究为提高催化氧化降解污染物效率以及减少氧化剂投加量提供了新思路。

新能源开发中的安全风险应引起重视

中国能源报 2023.5.22

能源安全一直是国家高度重视的问题。我国不断增长的能源需求与外部供给通道狭窄之间的矛盾、传统化石能源的结构性矛盾、能源消费与环境保护及碳减排之间的矛盾，是影响我国能源安全的主要矛盾，也是影响我国经济安全的重要因素。

工业化以来，能源利用成为驱动经济社会发展和提升国力的主要力量，各国围绕能源资源的争夺从未停息。2022年发生的大国对能源的争夺，目标已不完全是占有资源、保障己方的能源安全，而是带有给竞争对手造成能源危机并限制其发展的强烈意图。

近年来，在美国顽固坚持逆全球化和“脱钩”政策的影响下，基于分工提高效率的共识一再被美国所谓的“国家安全论”破坏，以至于全球经济的安全假设被动摇，国际分工和全球化被安全追求所侵蚀，世界经济发展进入了效率与安全并重的时期。在经济领域，某些国家除了对自身技术绝对安全的追求，还存在着对自身能源绝对安全的追求，以及利用能源供给威胁其他国家经济安全的追求。这种威胁目前还处在可能状态，而一旦发生根本利益冲突，潜在的能源安全威胁就可能转化为现实安全破坏。

本世纪以来，以风电和光伏为代表的新能源高速发展，即将打破能源争夺的局面，化石能源产能很可能逐渐过剩，困扰各国经济发展的能源安全问题将逐步缓解。通过发展新能源，各国不再过分依赖国际化石能源市场和运输通道；以化石能源为基础构建起来的金融体系也将被重组，并且对以制造业为本的大国经济产生深远影响。

中国一直以和平发展和坚持全球化为追求目标，基于世界长期和平稳定的假设而发展经济并开发新能源。如今，这些目标面临很大的外部挑战甚至冲击，发展假设也必须加以重估。为了维护国家能源安全，履行减碳承诺，新能源开发的节奏不但不能减慢，而且需要加快。

不过，新能源的开发虽然可以降低能源对外依赖的安全威胁，其自身也将面临新的产业安全威胁问题。主要表现为以下几个方面：

一是集中开发的安全风险。风电场和集中式光伏发电基地如果过于集中，易受到安全挑战，破坏这些设施的成本很小而受益较大。以我国为例，在空间分布上，目前新能源设施主要集中在西部、北部和东南沿海地区，其中西部、北部风能和太阳能处于并驾齐驱的状态，东南沿海主要是风能，特别是海上风能开发正蓬勃发展，特定区域的装机规模较大。成片开发的风、光基地装机容量较大，特别是光伏基地密度较大，一旦受到攻击，损失较大。

二是新能源存储和能量形式转换中的安全风险。由于新能源发电具有不连续、不稳定性，大规模发电场需要配建储能设施，包括电池储能和抽水蓄能等形式，而储能设施比电

场本身更加集中，破坏设施的成本就更低。

三是输送电网的安全威胁。集中于西部和北部地区的新能源电力要输往东南部地区需要通过特高压线路，除了电网本身的安全之外，如果线路过于集中，在特殊时期容易成为攻击目标。

四是远海开发风电的规模越来越大，海上风电单机容量越来越大，单体价值越来越高，攻击成本较低而攻击价值较大。东南沿海地区外部形势较为复杂，风电开发过于集中存在安全风险。

针对上述分析，必须慎重对待新能源开发面临的风险，研究制订相应的对策，在新能源开发中考虑做出某些政策调整以降低安全风险。面对日益复杂的安全形势，新能源开发要在经济收益与安全之间取得平衡，而不能把降低经济成本作为唯一目标。应尽可能缩短能源供需距离，尽可能短距离消化新能源电力。在新能源基地建设方面，我国适宜开发的区域很多，在重视连片开发的成本效益优势的同时，在集中式开发中必须适度考虑项目的分散；要把分布式开发作为突出重点，在经济发达地区充分利用建筑物的开发价值。低风速地区的风力资源仍然具有很大开发潜力，并且距离电力消费终端较近，输送成本较低，需要加大开发力度。远海大容量风机和海上光伏开发的节奏要与安全形势相适应。与此同时，加大薄膜型太阳能电池在民用建筑领域的推广应用。在电能利用、储能和能量转换环节，在集中的新能源基地优先考虑布置电能直接利用项目，以及电能转换为氢能进行利用的项目，重点是基础冶金工业项目和化工项目，以减轻依赖电网输送的风险。对于分散的水库储能项目，库容不宜太大。在大型水电站周边，应充分利用新能源进行蓄能和发电。

当前，已经实现了商业化应用的各种新能源正在我国蓬勃发展，处于世界领先地位；同时，在以可控核聚变为代表的“终极能源”领域，研究也取得了巨大进步，与世界先进水平同步。基于抢占能源竞争制高点、保障我国现代化进程顺利实现的目标，国家仍需加大可控核聚变技术研究的投入，以确保未来我国能源安全。

能源转型“先立后破”的三个维度

中国能源报 2023.5.22

“当前和今后一段时间，化石能源依然重要。因此，在此期间，化石能源与非化石能源需协调互补，先立后破，构建有韧性的能源体系，保证当前和长远的能源安全。”中国工

程院院士、国家气候变化专家委员会顾问杜祥琬近日在“能源中国——能源转型再出发：先立后破，稳步推进”专题研讨会上做出上述表示。

当前，经济复苏、能源安全、应对气候变化等多重战略和政策目标相互叠加，如何在诸多目标之间统筹协调、在推进落实中安排好衔接次序，成为热点问题。

转型离不开金融支持——“预计 2050 年我国碳中和累计投资规模约为 180 万亿元”

“在‘双碳’目标推进过程中，我国会面临产业结构变化、劳动生产率提高、碳排放下降、GDP 继续增长等情况。预计到 2060 年，我国 GDP 会从现在的 100 多万亿元涨到 400 多万亿元。”中国国际经济交流中心副理事长朱民指出。

水电水利规划设计总院总规划师张益国表示，可再生能源是实现“双碳”目标的主要途径。发展可再生能源是减碳不减生产力的重要支柱。近年来，我国以风电、光伏发电为代表的新能源发展成效显著。2022 年，我国可再生能源发电累计装机容量首次超过煤电，达到 12.13 亿千瓦。

能源转型离不开金融支持。朱民表示，碳中和投资规模大、周期长、风险高。碳达峰前的投资主要集中在新能源基础设施和新能源科技创新，这将为未来转型打下基础。同时，也需要创新投资工具，对现有投融资体制进行改革，推动债券市场发展，比如扩大 REITs（不动产投资信托基金）产品在新能源领域的投资规模。据分析，预计到 2050 年，我国碳中和累计投资规模约为 180 万亿元人民币。

“要加大对绿色建筑的绿色金融支持力度，做好包括绿色住宅全生命周期的绿色认定，这涉及从土地招拍挂、城市规划、住宅建筑设计到住宅建筑绿色性能监测、住宅建筑绿色性能保险保证等一系列配套。”中国银保监会政策研究局一级巡视员叶燕斐强调。

须做到“以立为先”——“立电源、立储能、立电网”

杜祥琬提醒，能源转型是做加法，而非做减法。要构建韧性能源体系，让化石能源与非化石能源协调互补，先立后破，保证当前和长远的能源安全。

能源基金会首席执行官兼中国区总裁邹骥指出，能源转型要做到“先立”，且应有“三立”。“第一要立电源，加速发展风光等可再生能源；第二要立储能，拥有一个高比例可再生能源的新型能源系统，才有可能提供稳定的能源供给，储能在此过程中将发挥重要作用；第三要立电网，中国要有强大的电网，既要解决可再生能源的就地消纳问题，又要能实现省际互通互济。如果能通过更灵活、更及时的跨地区调电输电，把现有资产存量调动起来，中国是有可能不用再建新的火电电源的。”

针对电网规划建设，全球能源互联网发展合作组织经济技术研究院院长周原冰表示，

构建新型电力系统尤其需要加快建设大范围高效配置的大电网、灵活柔性智能主动的配电网，推动网源荷储协同发展，实现清洁能源的广域高效配置与就近消纳，适应经济社会高质量发展可持续发展要求。“规划建设大范围高效配置的大电网，需要从三个方面入手：一是科学规划布局跨省跨区输电通道；二是持续优化区域骨干电网网架；三是不断完善省级电网主网架。”

电煤消费或在 2030 年后进入下降通道——“预计到 2060 年煤炭消费量将降至约 3 亿吨”

电力行业减排是能源低碳转型的关键。从长期看，非化石能源将在未来整个能源系统中占据明显比重，煤炭消耗量应争取尽快达峰并进入下降通道。但从现实层面看，煤电仍起着重要作用。

“虽然 2022 年我国新能源快速增长，但仍需煤电补足用电缺口。非化石能源的新增发电量仍只能满足约 3/4 的新增电力需求，这意味着余下的 1/4 需求需用常规能源补足，其中一半源自煤电。”能源基金会战略规划主任傅莎说。

傅莎进一步表示，电煤消费预计将在 2030 年后进入下降通道，之后可再生能源电力将大幅替代煤炭，预计到 2060 年，煤炭消费量将降至约 3 亿吨。针对电煤消费下降和电力需求攀升，以及煤电行业转型面临的挑战，傅莎建议，短期内要严控新增煤电项目，设计煤电转型的顶层规划，同时，煤电企业应积极寻求转型。

以内蒙古为例，作为我国的富煤地区，该区的能源转型尤其值得关注。内蒙古北辰智库研究中心首席专家文风预计，内蒙古未来将实现“两个超过”和“两个率先”：到 2025 年，内蒙古新能源装机要超过火电装机，达到 1.35 亿千瓦以上；到 2030 年，新能源发电量要超过火电发电量。同时，在全国率先建成以新能源为主体的能源供给体系，率先在全国构建以新能源为主体的新型电力系统。

加强能源消费绿色转型政策引导

中国电力报 2023.5.24

核心提要

●深度发展电气化，拓宽氢能、生物燃料等替代能源在钢铁、化工等高耗能行业的清洁化应用，在具备条件的行业和地区推进电能装备替代

●扩大全国碳交易市场的行业覆盖范围，尽快纳入化工、建材、钢铁、有色金属等高耗能行业交易主体，提升市场活力和交易流动性

●优化农村能源消费结构，因地制宜挖掘风能、太阳能、地热能、生物质能等可再生能源资源潜力，推进可再生能源试点工程

随着非化石能源占比逐步提升，消费侧用能方式需更加灵活，能源供需联系将更加紧密，这对提升能源消费弹性、智能化水平、自主供应能力等均提出更高要求。当前，我国能源消费侧仍面临体制机制制约，需以主要用能行业消费结构转型为牵引，加强能源消费和生产协同转型，多措并举以政策引导能源消费绿色低碳转型。

新型能源体系下能源消费侧变化趋势

能源消费电气化和智能化水平不断提升。电气化是促进能源结构调整和绿色低碳转型的重要途径，是支撑新型能源体系和构建新型电力系统，助力实现碳达峰碳中和的重要举措。随着能源系统数字化和智能化的快速发展，涌现出智能微网、虚拟电厂、综合能源服务、能源大数据中心等新型供电技术，这些新技术新业态主要布局在消费侧，改变了传统供能模式和用能行为，其商业化应用将有效提高新型电力系统的运行控制、决策调控、资源配置、风险预警能力和水平，进一步丰富电力消费应用场景，加速终端能源消费的电能替代。

能源消费空间流动更加复杂。未来，由大型风电光伏基地和分布式能源协同发展的趋势已成必然，相较于传统的集中供能模式，新型能源体系下消费侧能源渠道更加多样化，既包含来自新能源大基地的远程消纳，也包含来自屋顶光伏、小型风电、生物质能发电、新型储能等多种分布式能源的就地消纳。能源消费者和生产者的界限将变得模糊，供需流向趋于复杂，一方面配电系统的承载压力增加，亟待升级并配套新型储能设施；另一方面能源消费的需求预测和及时消纳的不确定性增大，对能源系统规划和运维管理提出挑战。

能源消费与供给互动性增强。随着经济社会高质量发展、人民生活水平不断提高，以及极端天气趋多趋强，全国用电负荷逐年上升，呈现尖峰值高、峰谷差大、夏冬双峰等显著特征。以可再生能源为主的能源供给稳定性受季节和极端天气影响较大，能源系统将不可避免面临供给波动性和随机性的增加，短时能源时空错配导致的供能过剩或缺乏矛盾将进一步凸显，亟须改变能源供需调节反馈模式。在长时储能获得商业化应用之前，供需两端应双向发力，除了能源供给侧的发电能力调节，能源消费侧也需要探索更为灵活的用能方式，根据电力供需季节、时段特征和供需紧张状况主动改变自身用电习惯，提高能源消费弹性，主动适应新的能源供应模式，对供应量动态变化作出快速响应，调整消费量或消

费来源以尽快恢复供需平衡。

我国能源消费面临的体制机制制约

减排消纳责任落实有待细化，绿色能源消费动力不足。一是部分行业碳达峰实施方案仍不明确。自2020年9月“双碳”目标提出以来，建材、科技、有色、建筑等高耗能领域已陆续发布行业碳达峰实施方案，但能源、钢铁、石油石化行业的碳达峰实施方案尚未出台，且对已发布政策的执行力度没有建立明确的披露和考核制度。二是可再生能源电力消纳责任分配机制仍需健全。目前，可再生能源电力“保量保价”的分省消纳保障机制已向落地，但考核约束和权重指标分配仍需完善。考核约束方面有待加强，当前政策对未达配额指标要求的责任主体仅规定了限期整改和列入不良信用记录、予以联合惩戒等较为笼统的措施，未设立罚金机制；权重指标分配方面有待细化，省级权重除落实到各地电网企业外，还应将责任逐级分解至售电公司和电力终端用户，并将分布式电源纳入其中，充分发挥市场的资源配置作用。

分布式能源配套政策有待完善，绿色能源消费应用场景有限。分布式能源系统能够针对消费侧用能需求和当地能源禀赋进行定制化设计，可广泛用于工业园区、办公楼宇、居民区等多种应用场景，但我国规模化商业应用较少，仍以试点项目为主。目前，分布式能源的发展面临三大体制机制挑战。一是分散上网主体的监管。不同于传统集中供电的单向流动，分布式能源使得能源生产和消费的界限进一步模糊，政策方面需捋顺双向市场行为下的生产消费关系，规范散点上网的电费收支管理模式。二是数据信息的监测披露和隐私保护。随着分布式能源比例增加，电力生产和消费要在更短时间内达到更高层次的协同平衡，监管部门需对电力供需动态变化进行实时监测，并将数据披露给系统运营商，同时还需通过加密技术和权限控制手段优化数据安全和隐私保护。三是多方主体的协调。分布式能源项目涉及利益相关主体众多，包括用户、建筑产权人、电网企业、发电企业、燃气公司、数据和金融服务公司等，跨部门协调难度高于传统集中式项目，需在政策引导下进一步明晰商业模式。

电力市场化改革有待深化，绿色能源消费成本竞争力较低。电力价格市场化能够有效促进电力资源优化配置，推动电力产业上下游协同发展。近年来，我国电价体制改革已进入深水区，下阶段政策需根据实际运行中发现的问题动态调整，以适应市场环境变化。一是逐步放开煤电以外的其他类型电源，探索研究新能源和其他类型电源参与电力市场的模式及问题，完善各种类型电源参与电力市场竞争的市场机制，鼓励参与电力市场交易竞价，充分释放各类型电源的潜力。二是进一步完善电力市场功能，推进电力现货市场建

设，深化电力辅助服务市场建设，建立健全电力辅助服务市场工作机制，推动电力现货市场和电力辅助服务市场有效衔接，以灵活的市场价格引导电力生产和消费。三是建立健全配套的电力市场监管机制，强化监管部门的职责和权力，规范电力市场中各参与主体的行为，加强对运营的监测和分析，防止市场垄断和不正当竞争，确保电力市场公正、透明和有效。

能源消费绿色转型政策引导的重点方向

加强用能领域基础设施升级。一是在工业领域，深度发展电气化，拓宽氢能、生物燃料等替代能源在钢铁、化工等高耗能行业的清洁化应用，在具备条件的行业和地区推进电能装备替代，提高综合能效和绿色用能水平，研究“氢能+CCUS”等技术手段，打造一批可推广、可复制的清洁示范工程。二是在建筑领域，提高建筑绿色节能排放标准，研究制定绿色零碳建筑改造方案，应用清洁可持续的建筑材料，鼓励推广建筑屋顶光伏、分布式能源和储能系统，促进分布式供能与外部能源系统双向互动。三是在交通领域，推动交通工具电气化、清洁化、智能化升级更替，积极扩大电力、天然气、生物液体燃料等清洁能源的应用，在城市交通领域适度超前推动新能源汽车、配套电网、加注（气）站等绿色配套基础设施建设。

拓宽绿色金融体系服务范围。一是扩大全国碳交易市场的行业覆盖范围，尽快纳入化工、建材、钢铁、有色金属等高耗能行业交易主体，提升市场活力和交易流动性，激励重点行业领域节能增效，提升绿色能源消费比重。二是推出面向高耗能领域的转型金融服务原则和标准，满足企业节能减排设备升级和电气化改造融资需求，着力化解阻碍高耗能企业绿色转型的重点难点问题。三是鼓励绿色产品生产制造，对绿色能源消费量高的产品核发节能减排标签，对相关生产商提供优惠费率的绿色贷款，减免生产流通环节税费，扩大绿色产品的市场占有率。四是推动循环经济发展，建立健全循环经济标准化体系，重点规范退役发电组件、动力电池的回收再利用渠道，明确梯次利用各阶段责任主体，加强再利用产品的安全和性能监管。

推动可再生能源高水平消纳。一是统筹协调绿证、绿电、CCER，避免减排项目的重复计算，加强与现有碳交易市场机制对接，简化项目审批流程，扩大适用和核发的技术类型，推动电力电量由分省分区平衡向全网平衡转变，实现电力资源跨省跨区共享互济和优化配置。二是改善可再生能源优势地区投资环境和市场条件，有序引导部分高耗能产业迁移或投资建厂，同时考虑资源环境承载力情况，遏制盲目发展，避免造成重大环境负面影响和生态失衡。三是优化农村能源消费结构，因地制宜挖掘风能、太阳能、地热能、生物

质能等可再生能源资源潜力，推进可再生能源试点工程，加快替代散煤、薪柴等低能效高碳排放能源，健全农村清洁取暖补贴机制，加快燃气管网向农村社区的延伸建设。(张厚和)

发力“水风光”织密能源安全网

中国能建西北电力三公聚力新能源建设助推“双碳”目标实现

中国电力报 2023.5.23

今年以来，中国能源建设集团西北电力建设第三工程有限公司（以下简称“西北电建三公司”）加快转型发展节奏，优化业务架构，全力推进“水”“风”“光”新能源、智慧能源等项目，聚焦“双碳”目标与乡村振兴战略，积极对接“三新”目标，各业务板块活力竞相迸发，该公司高质量发展迈入新阶段。

驭“水”逐梦 开先河结硕果

在汉川腹地，麻河渔光互补发电现场，一排排光伏板整齐排列，水上发电、水下养鱼，成为当地一道独特风景线。

汉川地处汉江平原腹地，因汉江横贯全境而得名，素有“鱼米之乡、江汉明珠”的美誉。2021年西北电建三公司中标汉川南河10万千瓦渔光互补项目、汉川麻河20万千瓦渔光互补项目，为该公司开拓该地区光伏领域奠定了良好的开局。

汉川麻河20万千瓦渔光互补项目占地6300亩，是国能长源汉川市新能源百万千瓦基地的子项目，采用渔光互补方式进行开发，项目投产后，年平均发电量约3.06亿千瓦时，年产值1.27亿元。每年可节约标煤9.64万吨，减少二氧化碳排放约23.69万吨，节能减排效果显著，对于地方产业发展和能源结构调整具有重要意义。

项目建设期间，西北电建三公司不断突破水上光伏施工技术难题，多方合理调配资源，从项目前期策划到并网、从升压站场坪建设到设备安装、从首次打桩到并网带电，以清单式布置、销号式落实，推动项目管理升级，确保工程项目完美履约。

乘“风”破浪 辟蹊径创佳绩

面对国内仅次于火电和水电的第三大电力来源的风电项目，西北电建三公司紧随国家能源产业调整步伐，顺势而为，蹚过风电“抢装潮”的考验，从青海共和中青5万千瓦风电项目到重庆奉节、重庆南川、华电榆阳小壕兔、大唐胡尖山、大唐靖边天赐湾等风电项目到如今在建的深圳能源若羌祁曼10万千瓦风电项目、威宁风电项目，足迹遍及大江南

北。

目前，在建的深圳能源若羌祁曼 10 万千瓦风电项目，总投资 6.08 亿元，项目建成后，每年可为电网提供清洁电能约 22.5 亿千瓦时，每年可节约标准煤约 7.65 万吨，减少二氧化碳排放量 20.36 万吨，对若羌新能源产业发展、实现“双碳”目标起到积极的推动作用。

在建的威宁项目，项目建成后预计每年向电网输送清洁电能 1.15 亿千瓦时，年平均利用小时数达 2299 小时左右，每年可节约标煤 3.51 万吨，减排二氧化碳约 9.66 万吨，具有较好的经济效益、环境效益和社会效益，对推动和改善当地能源产业结构，促进当地经济快速发展具有积极作用。

逐“光”勇进 破瓶颈开新局

西北电建三公司深耕“光伏+”产业互补新模式，从平地集中式光伏、水上光伏、屋顶光伏、分布式光伏到山地光伏，已实现涉及渔光互补、农光互补、牧光互补等业务全覆盖，装机容量超过 194 万千瓦，有力促进了经济、生态和社会效益和谐统一。

已完工的宁夏嘉泽 10 万千瓦平价复合光伏项目，在建的礼泉西岭 20 万千瓦农光互补光伏项目、湖北咸宁石城方山 10 万千瓦光伏项目、中核新华永昌河清滩 20 万千瓦光伏项目、华能临高 10 万千瓦农林光互补项目、韩城桑树坪 10 万千瓦农光互补光伏项目等，建成后可减少二氧化碳、二氧化硫的排放，对能源和环境可持续发展、促进当地经济可持续发展有着重要意义。

光伏赋能，助力乡村振兴之路；创新发展，绘就绿色发展蓝图。西北电建三公司将继续围绕国家能源安全新战略，服务“双碳”目标，以“水”“风”“电”新能源等一批具有突破性、创新性的项目，成为推进绿色低碳的典范，用新的业绩推进高质量发展。

新能源“高铁”将成现实

中国科学报 2023.5.24

新能源汽车如今家喻户晓，但用新能源支持电气化铁路运行，过去是想都不敢想的。这一“听起来不可能”的铁路供电方式，即将在我国成为现实。

不久前，国能新朔铁路有限责任公司完成“轨道交通‘网-源-储-车’协同供能应用技术研究”项目的公开招标，将在新准铁路上接入光伏和储能装置，建成我国首个以新能源

为供能主体的牵引变电所。

“将光伏、风电、储能等新能源接入铁路，就相当于给铁路‘健身’，改变其‘饮食结构’。”北京交通大学电气工程学院院长吴命利打了个比方。

完全依赖高压电网将成历史

我国传统电气化铁路完全依赖高压电网。运行中，铁路变电所使用两路电源供电，一路停电，另一路会紧急切换投入供电。

即便如此，近年来列车因断电停运的新闻仍时有曝出。吴命利估算，以运煤的重载铁路计算，中断半小时，少跑3列万吨列车，至少造成上百万元损失。

目前，我国电网约70%是火力发电。在“双碳”战略目标下，电网开始向清洁能源转型，引入太阳能、风能等可再生能源。

吴命利团队联合新朔铁路供电分公司开发的“网-源-储-车”协同供能技术，实际上是通过公用电网、可再生能源发电、电池储能、列车4个元素相互作用，将铁路沿线的可再生能源就地开发、消纳利用。

在西北等缺少高压电网的偏远地区，利用铁路沿线丰富的太阳能、风能等自然资源，可以实现就地开发，直接接入铁路使用。“如果铁路沿线有大量分布式电源，即使原先的高压电源‘临时罢工’，也不至于出现铁路无法跑车的现象。”吴命利指出。

电气化铁路供电一般需要110千伏，高速铁路更是需要架设220千伏以上的高压专用线。铁路电源从发电厂至变电所，通过电网传输，先升至高压再降至中压供给列车。“如果就地开发的可再生能源足够，那么支持列车运行所需的公用电网甚至可降至10千伏或35千伏，还可以避免在升压、传输、降压等环节产生损耗。”吴命利告诉《中国科学报》。

为铁路运行节省开支

一列以每小时250公里运行的8辆编组高铁耗电量近5000度，时速达350公里时耗电量大致翻倍。电费一直是高铁运营成本的一项巨大支出。据统计，我国轨道交通年用电量超过1000亿度。

一个变电所造价约2000万元，很多时候，电气化铁路外部电源造价几乎与铁路供电设施造价持平，甚至更高。

如果采用新能源供电，铁路将不再需要如此高昂的电费与造价。“我们做过核算，新能源供电大约10年内就能收回成本，而新能源供电设备的寿命通常为15至20年。”吴命利说，由于造价相对便宜、自身资源丰富、不受变电所扩建约束，矿山铁路已向新能源供电抛来橄榄枝。

针对这项符合“双碳”战略的解决方案，我国正与欧洲、印度赛跑。德国、西班牙、日本的新能源供电，主要服务于车站，如照明。目前，全球唯一将新能源直接供给电气化铁路运行的是印度。2020年，印度巴拉特重型电力有限公司在铁路上投产了1.7兆瓦的太阳能光伏电站，直接为铁路的牵引系统供电。

然而，印度在铁路沿线接入的光伏发电仅作补充之用。“我们在新准铁路开展的试点项目，不仅可补充供能，还可以完全替代变电所独立供电，这一探索在世界上是首次。”吴命利说。

他告诉《中国科学报》，我国目前已有10万公里电气化铁路，而在电网薄弱地区，更适合采用新能源供电的方式开展新线建设，如川藏铁路可充分利用当地的太阳能、风能为列车供电。

此外，在可再生能源丰富地区，既有铁路牵引供电系统也可接入新能源，扩大清洁能源占比，逐步实现电气化铁路能源转型。

新能源给铁路供电可靠吗

铁路上运行的列车时有时无，而可再生能源发电并不是说有就有，能量该如何调度？怎样把可再生能源所发的电都用在列车上？什么时候储能、什么时候放能？

在设计方案时，这些不断涌现的科学问题萦绕在研究者心头。“我们借鉴电网综合能源系统的做法，并预测列车负荷，制定了一套调度算法，最终在保障列车足够供电的情况下，实现能源的最优利用。”吴命利说。

很多人疑惑，电气化铁路运行需要很大电力，新能源供电究竟能否支持这么大的电力？

北京交通大学电气工程学院教授杨少兵指出，铁路运输具有间歇性特点，即轨道上并不总是有列车运行，特别是在偏远地区，可能一天就发七八趟车。无车的时候变电所可以把能源存储起来，待到有车时再提供支持。只要协调好可再生能源发电和储能的配比，新能源足够支撑铁路运行。

那么，是高铁使用的高压电网可靠，还是新能源的中压电网可靠？

杨少兵表示，高压电网的可靠性无须置疑，除非是整个电网遭到破坏，但这也不是没有可能。遇到战争、极端自然灾害，比如2008年的南方冻雨就破坏了大范围的区域电网，导致电气化铁路停运。如果沿线有分布式能源，列车行驶到哪里都有供能装置，就可以在应急的时候发挥作用。

如今，新能源铁路供电即将开展工程试点。吴命利又把目光对准了大规模推广时可能

遇到的问题。“下一步，分布式电源沿线几十公里都要布局，如何开发沿线的可再生资源，从而实现集中供电，我们将通过示范工程一步步摸索。”

广东可再生能源发电装机将达 7900 万千瓦

中国能源报 2023.5.29

5月24日，《广东省能源局关于印发广东省推进能源高质量发展实施方案的通知》（以下简称《通知》）正式发布。

《通知》指出，大力发展可再生能源。规模化开发海上风电。推动海上风能资源集中连片开发利用，打造广东海上风电基地；加快推动已纳入规划的海上风电场址建设；有序推进国管海域场址项目试点示范，组织做好新项目业主竞争性配置和国管海域项目示范开发等工作。

据悉，广东将新增建成阳江沙扒、汕尾甲子、汕头勒门、揭阳神泉、惠州港口、湛江外罗、珠海金湾等约 800 万千瓦海上风电项目；开工建设阳江青洲、阳江帆石、汕尾红海湾、珠海高栏等约 1200 万千瓦海上风电项目。

在因地制宜开发风电的同时，广东还将推动新能源发电项目能并尽并。统筹新能源发电、配套储能，送出工程同步规划、同步建设、同步投运。到 2025 年，广东省可再生能源发电装机规模达到 7900 万千瓦。

《通知》指出，将积极拓展新型储能多元化应用场景，推进“新能源+储能”建设，规划引导独立储能合理布局，鼓励用户侧储能发展。完善新型储能参与电力市场机制和电网调度运行机制，建立健全储能标准规范，提升储能建设质量和运营安全水平。积极推动新型储能技术创新，促进新型储能与大数据中心、5G 基站、数字电网等新型基础设施融合应用，支持各地开展源网荷储一体化、多能互补、虚拟电厂等试点、示范。到 2025 年，储能装机容量达到 300 万千瓦。

据悉，广东还将支持煤炭与煤电联营、煤电与新能源联营。按照“市场为主、企业自愿”的原则，促进煤炭与煤电、煤电与新能源企业合作联营。鼓励支持广东省电力企业与外省煤炭企业开展联营，通过项目合资、单向或交叉持股等方式实现优势互补，增强电煤供应保障能力。支持煤电与新能源互补开发，统一送出、统一调度，提高送出通道利用率，提升新能源消纳能力，建立兼顾煤电灵活性与新能源低碳化的联营模式。

国内首次超大城市坚强局部电网黑启动试验成功

中国电力报 2023.5.30

近日，随着黑启动系统启动本地保障电源，并送电至实际用户负荷，广州坚强局部电网黑启动试验取得成功，这也是我国首次举行超大城市坚强局部电网黑启动全过程试验，全方位检验了广州电网应对极端故障的供电保障能力，填补了该领域国内的实践空白。本次试验是在国家能源局南方监管局、广东省能源局精心指导下完成的。演练前期，国家能源局南方监管局组织有关调度机构进行多次会商，对演练方式、实战方案、试验路径和预期效果提出了明确要求。

南方电网电力风控办、广东电网电力调度控制中心联合组织，南方电网广东广州供电局联合 220 千伏协鑫电厂、福新电厂具体实施，试验路径涉及“两厂三站六线”，模拟广州部分区域突发大面积停电，通过协鑫电厂“黑启动”，启动本地保障电源并恢复实际用户负荷的过程。

本次试验路径长、技术要求高、协调难度大。广州供电局精心策划、厂网协作、用户联动，依托南网科研院、南网电力科技技术支持，周密制定试验方案和 7 项风险控制预案，全方位防控试验期间电网安全、用户供电和舆情风险。

整个试验历时 7 个小时，其间系统各项运行参数均保持稳定，验证了在极端情况下局部地区发生大面积停电时，广州坚强局部电网“黑启动”可迅速有效恢复城市重要负荷，成功构筑了城市电网应对极端故障的生命线，在维护国家能源安全、保障核心城市供电安全方面具有标杆示范作用。

中国—中亚深化能源全产业链合作

中国能源报 2023.5.29

5 月 18 日至 19 日，国家主席习近平在陕西省西安市主持首届中国-中亚峰会并发表主旨讲话，哈萨克斯坦总统托卡耶夫、吉尔吉斯斯坦总统扎帕罗夫、塔吉克斯坦总统拉赫蒙、土库曼斯坦总统别尔德穆哈梅多夫、乌兹别克斯坦总统米尔济约耶夫出席。这是今年中国首场重大主场外交活动，也是中国与中亚五国建交 31 年来，六国元首首次以实体形式

举办峰会，在中国同中亚国家关系发展史上具有里程碑意义。

主旨讲话指出，建设中国-中亚命运共同体，要做到四个坚持：坚持守望相助、坚持共同发展、坚持普遍安全、坚持世代友好。主旨讲话特别指出，我们要继续在共建“一带一路”合作方面走在前列，推动落实全球发展倡议，充分释放经贸、产能、能源、交通等传统合作潜力，打造金融、农业、减贫、绿色低碳、医疗卫生、数字创新等新增长点，携手建设一个合作共赢、相互成就的共同体。

外交关系迈向新高度能源合作将提档升级

这次峰会为中国同中亚合作搭建了新平台，开辟了新前景。主旨讲话指出，扩大能源合作。中方倡议建立中国-中亚能源发展伙伴关系，加快推进中国-中亚天然气管道 D 线建设，扩大双方油气贸易规模，发展能源全产业链合作，加强新能源与和平利用核能合作。

推进绿色创新。中方愿同中亚国家在盐碱地治理开发、节水灌溉等领域开展合作，共同建设旱区农业联合实验室，推动解决咸海生态危机，支持在中亚建立高技术企业、信息技术产业园。中方欢迎中亚国家参与可持续发展技术、创新创业、空间信息科技等“一带一路”专项合作计划。

根据海关总署统计数据，今年前 4 个月，我国与中亚五国进出口 1730.5 亿元，同比增长 37.3%。其中，4 月月度进出口规模首次突破 500 亿元，达到 502.7 亿元，迈上新台阶。进口方面，前 4 个月，我国自中亚 5 国进口煤、原油、天然气等能源产品 324.5 亿元，占同期我国自中亚五国进口总值的 55%；进口金属矿砂 105.9 亿元，增长 13.7%。

截至今年 3 月底，我国对中亚五国直接投资存量超过 150 亿美元，累计完成工程承包营业额 639 亿美元。通过持续推进基础设施、油气采矿、加工制造、医疗卫生、教育科技、数字经济等领域合作，一批大项目成功落地，助力中亚各国产业升级、互联互通和民生改善。

国内外舆论对中国和中亚关系迈上新台阶予以高度关注。俄罗斯卫星通讯社援引俄罗斯政治技术中心专家尼基塔·马斯连尼科夫的话称：“中国—中亚峰会将为双边贸易发展提供新动力，双方在能源以及矿产金属生产和供应链方面存在诸多共同利益。”

中化能源股份有限公司前首席经济学家王能全表示：“这次峰会之后，中国—中亚能源合作将提档升级，届时将对中国和中亚国家以及全球能源市场带来广泛且深远影响。”

《哈萨克斯坦实业报》指出，中国—中亚峰会意义深远，中国正迈向与周边地区关系架构的新高度。

英国《金融时报》指出，中国—中亚峰会标志着中国与中亚五国的合作开始机制化，

这将极大推动区域发展，并对未来中俄关系发展起到良性功效。

《华尔街日报》撰文称，多年来，中国与中亚五国之间的外交和经贸关系始终稳步发展，中国—中亚峰会彰显出中国日益提升的国际地位，为进一步加深双边与多边经济联系奠定基础。

油气领域合作硕果丰打造新亮点和新布局

中国—哈萨克斯坦原油管道（以下简称“中哈原油管道”）和中国-中亚天然气管道是中国和中亚油气合作两大旗舰项目。中哈原油管道项目立项建设时，王能全有幸参与项目论证和讨论工作，据他介绍，中哈原油管道是我国第一条跨境长输原油管道，西起哈萨克斯坦阿特劳，东至我国阿拉山口，全线总长近 3000 公里，规划年输油能力为 2000 万吨，被誉为丝绸之路第一管道。

“中哈原油管道建成，改变了我国以往原油进口仅靠海上运输的方式，实现能源进口多样化，有力保障了我国能源安全，对我国西部地区经济发展起到巨大推动作用，加强了与‘一带一路’沿线国家能源合作。”王能全坦言。

中国-中亚天然气管道西起土库曼斯坦的阿姆河气田，途径乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦，全长 1833 公里，在我国新疆与西气东输管道系统相连接，形成一条将中亚天然气输送至中国东部沿海、环渤海、长三角、珠三角等地区的巨大能源战略通道，总输送能力 550 亿立方米，目前 A/B/C 线均已投入运营。

截至 2023 年 5 月 19 日，中国-中亚天然气管道 A/B/C 线累计向我国输送天然气超 430 0 亿立方米，有力保障了我国 27 个省区市和香港特别行政区近 5 亿人口的用气，是目前世界上线路最长、供应覆盖面积最大、受益人口最多的天然气管道。土库曼斯坦作为中国-中亚天然气管道的主要气源国，也是我国陆上进口气的主要来源地，已累计对华供气逾 3500 亿立方米。

本次峰会期间，中国和中亚国家还达成了一系列新的油气合作。其中，中国石油与塔吉克斯坦签署博格达项目补充协议，并与哈萨克斯坦签署了《中国石油天然气集团有限公司与哈萨克斯坦能源部关于扩大中哈能源合作框架协议》《中国石油天然气集团有限公司与哈萨克斯坦“萨姆鲁克-卡泽纳”国家福利基金股份公司关于扩大战略合作协议》等。

中国石化则与哈萨克斯坦国家石油天然气公司签署了哈萨克斯坦乙烷制乙烯项目关键条款协议，这标志着中国石化将以合作伙伴的身份共同参与并推进项目开发实施，各方预计 2024 年作出最终投资决策。该项目是哈萨克斯坦大力发展石油化工产业的标志性项目，厂址位于哈萨克斯坦国家石化科技园，利用伴生气分离的乙烷资源建设单套规模为 127.5

万吨/年的乙烷裂解装置，下游配套建设 2 套 62.5 万吨/年的聚乙烯装置。

新能源合作优势凸显结成能源转型好伙伴

中国和中亚应充分发挥地理相邻优势，打造“油气+新能源”能源转型伙伴关系。中国石油集团经济技术研究院院长陆如泉撰文称，过去 30 年，中国能源企业本着互利共赢、共同发展的原则，在中亚五国开展了兼具广度和深度特点的合作。由此形成了中哈石油合作、中土天然气合作、中乌油气通道合作、中塔和中吉可再生能源合作的全方位合作格局，擎起中国与中亚经贸合作一片天。

在新能源领域，中国和中亚合作涉及水电、风电、太阳能等诸多种类和行业。其中，中哈合资建设中亚最大风电项目江布尔州 100 兆瓦风电项目于 2021 年 6 月全容量并网发电，总装机容量达 100 兆瓦，投产后每年可发电 3.5 亿度。2021 年，中国电建集团总承包建设的乌兹比克斯坦纳沃伊 100 兆瓦光伏电站并网发电，这是乌境内首座大型光伏电站。

本次峰会期间，围绕清洁能源达成的新合作同样抢眼。5 月 18 日，国家电力投资集团公司（以下简称“国家电投”）中电国际与哈萨克斯坦能源部、“萨姆鲁克-卡泽纳”国家福利基金股份公司、三一重能签署在哈建设 1 吉瓦“风电+储能”谅解备忘录。

同日，中国铁建、国家电投与吉尔吉斯斯坦签订吉首个大型集中式光伏项目伊塞克库 1000 兆瓦光伏发电厂项目投资框架协议。扎帕罗夫指出，吉当前正在进行一系列能源结构改革，伊塞克库 1000 兆瓦光伏发电厂项目，是吉首个大型集中式光伏项目，可大大提升自主供电能力。

当前，国际能源格局持续震荡，中国和中亚通过积累的深度政治互信，应该继续以多维度深层次的交流拓展能源合作高度、深度和广度。

陆如泉认为，就能源领域而言，主要是抓好中国与中亚政府间、企业间和民间的“硬联通、软联通、心联通”建设。以“硬联通”实现沿线能源安全互保，以“软联通”助推能源合作高质量发展，以“心联通”促成能源合作行稳致远。

国际可再生能源署发布报告指出——加速绿色转型，资本成本是关键

中国能源报 2023.5.29

国际可再生能源署日前发布一项针对陆上风电、海上风电和太阳能技术资本成本的全

球调查报告指出，资本成本是影响可再生能源电价的主要决定因素。

资本成本是指投资一个公司或一个项目的预期财务回报或最低收益率，主要依靠债务成本和股权成本之间的加权平均值计算。其中债务成本是项目从贷方获得的利率，股权成本是股东提供资本所期望的财务回报。

资本成本可以反映金融市场感知风险的程度，比如可再生能源取代煤炭的速度等，是金融体系与实体经济之间的关键传导机制，影响着金融机构和企业的投资决策。全球范围内，推动绿色转型提速的关键在于如何进一步降低绿色能源和技术的资本成本。

可再生能源资本成本存在技术和区域差异

资本成本是决定可再生能源平均度电成本的重要因素，这在不同国家和技术路径之间存在实质性差异。国际可再生能源署通过对 2019-2021 年间全球 45 个经济体调查发现，各国风光电力项目资本成本加权平均值并不相同。如果资本成本为 10%，代表电力成本将增加 80%。

按区域划分，陆上风电、海上风电、太阳能这 3 项技术在成熟市场的区域资本成本加权平均值较低，欧洲 4.4%、北美 5.4%。新兴市场则相对较高，亚太地区 5.6%、拉美地区 6.9%。中东和非洲的区域资本成本加权平均值最高，达 8.2%。

以太阳能为例，成熟市场资本成本更低，这意味着可再生能源融资可以为可再生能源发电能力部署提供保证。在中国、北美和西欧等太阳能发展较成熟的市场，可再生能源发电能力与资本成本之间保持良性平衡。公用事业规模太阳能发电的区域融资成本加权平均值在中国为 3.9%，其他亚太国家为 6.1%、西欧为 4%、东欧为 7.7%、中东为 8.7%、拉美为 6.6%、北美为 5.4%。

按国家划分，中国位居全球前列，根据国际可再生能源署数据，2020-2021 年间，中国、澳大利亚、美国、印度的可再生能源资本成本分别为 3.9%、4.6%、5.4%、7.1%。墨西哥、埃及和突尼斯可再生能源资本成本最高。

欧洲地区，德国最低，陆上风电为 1.1%、太阳能为 1.4%、海上风电为 2.4%，荷兰和瑞典紧随其后。非洲地区表现最好的是南非和肯尼亚，均为 6.9%，而突尼斯高达 10.7%。

碳密集行业资本成本随时间变化愈来愈高

全球大型能源咨询和认证机构 DNV 指出，尽管存在地区差异，但总体而言，煤炭的资本成本最高，石油和天然气的资本成本略增加，可再生能源和核能的资本成本则随着时间推移趋于稳定，同时低碳和可再生制氢的资本成本将下降。

显然，随着绿色转型加速，全球范围内，投资碳密集型产业的风险越来越大，资本成本也将愈来愈高。拥有较高太阳能和风能发电份额的可再生电力公用事业公司的股权和债务成本，明显低于专注于化石燃料的同行。

牛津可持续金融集团调查发现，全球范围内，煤炭开采的资本成本最高，2021 年的债务成本增加到 7.9%，股权成本增加到 18.2%，其次是石油和天然气。

牛津大学史密斯企业与环境学院可持续金融项目指出，过去 20 年，可再生能源资本成本大幅下降，煤炭开采煤炭和发电资本成本持续上升，石油和天然气项目变化不大。

相比 2007-2010 年间，2017-2020 年可再生能源平均资本成本下降 12%。2015 年以来，可再生能源资本成本下降速度不断加快，太阳能、陆上风电和海上风电的平均资本成本分别下降 20%、15%和 33%。

较 2007-2010 年间，2017-2020 年间煤炭发电和煤矿开采项目资本成本分别增加 38%和 54%。2011-2020 年间，煤炭发电和煤矿开采项目平均资本成本比上一个 10 年分别上升 56%和 65%。其中，发达国家煤矿开采资本成本上升幅度最大，欧洲上升 134%，北美上升 80%，澳大利亚上升 71%。

相关政策制定和落实 资本成本是关键因素

“资本成本是决定能源项目整体成本的关键因素，绿色能源资本成本下降，有助于绿色转型。”牛津大学史密斯企业与环境学院可持续金融项目负责人本·考尔德科表示，“对能源行业而言，与气候相关的转型风险是一种长期风险，这类风险正被转化为实际价值，煤炭资本成本激增，可再生能源资本成本骤降。”

因此，加强对资本成本构成以及相关数据评估，对于根据不同技术和国家风险而量身定制的政策机制和市场设计至关重要。如果评估不准确，随着时间推移，在不同国家和地区以及不同技术之间，绿色电力成本也将面临严重扭曲，甚至还将误导相关政策和机制条款的制定和落实。

DNV 总裁兼首席执行官艾瑞民指出，在低收入国家，成本是能源政策的主要驱动因素，导致发展趋势不同。“全球能源转型最强劲动力来自太阳能和风能成本的迅速降低，其效益超出短期内能源系统受到的负面冲击。”

国际可再生能源署表示，项目融资在资本成本构成中占据主导地位，占比达 88%。可再生能源融资交易几乎全部通过项目融资进行，少部分资产负债项目在太阳能和陆上风电之间平均分布，主要发生在亚洲国家。

债务和股权对加权平均资本成本总值影响也不小。能够获得低成本债务的成熟市场可

以实现非常低的资本成本，让可再生能源平均度电成本具有竞争力。股权成本通常高于债务成本，有利于补偿更大风险。债务成本通常由银行提供，股权成本则通常为项目开发商想要的股权回报，这部分成本根据项目开发商对项目风险和最低投资回报率的评估而有所不同。

《数字中国发展报告（2022）》发布

中国电力报 2023.5.30

5月23日，国家互联网信息办公室发布《数字中国发展报告（2022年）》（以下简称《报告》），总结推进数字中国建设成效，并明确2023年将加快传统产业数字化转型，持续深化交通、能源等领域数字技术创新应用。

《报告》指出，2022年我国数字经济规模达50.2万亿元，总量稳居世界第二。数字基础设施建设取得显著成效，工业互联网、车联网、能源互联网等应用基础设施加速赋能高质量发展。其中，北斗系统已全面服务交通运输、公共安全、应急管理等行业，融入电力、通信等基础设施；能源互联网和智能充电设施发展迅速。《报告》指出，数字化有力支撑能源结构绿色化转型。其中，国网系统内智能电网调度控制系统超400套，智能变电站超5000套，电力调度控制专用物联网实时测点达2亿多个，推动构建与新能源相适应的新型电力系统。

《报告》重点评估了2022年31个省（自治区、直辖市）在夯实基础、赋能全局、强化能力、优化环境以及组织保障等方面的进展成效。综合评价结果显示，浙江、北京、广东、江苏、上海、福建、山东、天津、重庆、湖北等地区数字化综合发展水平位居全国前10名。其中，江苏省高质量推进数字江苏建设，加快布局工业互联网、智能交通、城市能源互联网等应用基础设施。

《报告》提出，2023年将全面赋能经济社会发展，做强做优做大数字经济，培育壮大工业互联网、区块链、人工智能等数字产业，打造具有国际竞争力的数字产业集群。

二、热能、储能、动力工程

积极稳妥推进新型储能产业化

人民日报 2023.5.8

不久前，我国首个高压移动式储能电站在河北投入使用。这种新式储能电站，能够实现灵活移动，发挥应急电源功能，保障电力可靠供应。以往储能电站安装位置固定，需要配套变压器升压，才能达到接入电力系统的电压要求。移动式储能电站采用新技术，大幅提升了利用效率。技术装备不断提升，成为新型储能产业蓬勃发展的生动缩影。

储能是构建新型电力系统的重要支撑，它改变了电力系统即发即用、生产和消费同时完成的传统模式。随着我国新能源装机的不断增加，“新能源+储能”模式已成为解决新能源消纳难题的有效途径。其中，抽水蓄能是当前技术最成熟、经济性最优的储能技术，已形成清晰的商业模式，适合规模化开发建设。新型储能是指除抽水蓄能外，以电力为主要输出形式的各类储能技术，包含锂离子电池、液流电池、压缩空气储能等。新型储能建设周期短、选址简单灵活、调节能力强，与新能源开发消纳的匹配性较好，优势逐渐凸显，加快推进先进储能技术规模化应用势在必行。

近年来，我国新型储能行业在技术装备研发、示范项目建设、商业模式探索、政策体系构建等方面取得进展，市场应用规模稳步扩大。截至2022年底，全国已投运新型储能项目装机规模达870万千瓦，比2021年底增长110%以上。不过，新型储能行业整体还处于发展初期，在核心材料、关键部件、系统集成、调度运用、安全防护等方面还有大量技术难题有待解决，要想形成可持续的商业模式仍需进一步探索。

新型储能具有多重价值，发展前景可期。《“十四五”新型储能发展实施方案》提出，到2025年，新型储能由商业化初期步入规模化发展阶段，具备大规模商业化应用条件。这为新型储能的发展带来了政策利好。在初具规模的基础上，进一步推进新型储能市场化发展，还需多措并举疏解堵点。一方面，要着力推动新型储能技术多元创新、加速技术更新迭代，不断完善材料、部件、集成等上下游产业链，促进新型储能成本下降。另一方面，要加快推进电力市场体系建设，促进新型储能与电力系统各环节融合发展，为其营造良好发展环境。聚焦各类应用场景，因地制宜，循序渐进，才能稳妥推进新型储能产业化。

新型储能是实现碳达峰碳中和目标的重要支撑，也是参与国际竞争的重要赛道。当前，我国新型储能进入快速发展期，相关产业链加速布局，对能源转型的支撑作用初步显现。在行业由研发示范向商业化初期的过渡阶段，坚持稳中求进，以技术创新为内生动力，以市场机制为根本依托，以政策环境为有力保障，定能推动新型储能高质量发展，为

加快构建清洁低碳、安全高效的能源体系添砖加瓦。

新能源和储能检测认证迎来黄金期

技术标准体系不断完善，相关检测机构及企业争相布局

中国能源报 2023.5.1

我国产品检测认证行业起步较晚，且质量技术服务市场较为分散，随着可再生能源、储能、新能源汽车等行业迅猛发展，以新能源和储能为核心的检测服务业务迎来黄金期。业内对检验检测机构的技术资质和公信力提出了更高要求。

一方面，电动汽车、储能行业迅猛发展带动锂离子电池需求激增，从而带来锂电池研发、生产、运输以及工程应用各环节的性能检测，其中运输安全检测尤为突出；另一方面，电池本体因素仍然是储能系统安全核心，全球范围内，储能系统爆炸事故层出不穷，对质量检测水准提出更高要求。

需求水涨船高

随着电池、储能检测需求增长，相关检测机构和企业都在围绕需求痛点，争抢这块大蛋糕。

以锂离子电池检测为例，性能检测和评价主要包括对电池一致性、功能性、安全性及可靠性的检测和评价，是锂电池后段生产中的核心设备。在锂离子电池批量生产过程中出现的误差，直接影响整批次产品的质量，严重时甚至会导致整批次产品报废，因而对锂电池生产过程中的实时检测至关重要。

4月20-21日，CVC威凯华东新能源检测基地正式落户浙江，CVC威凯是隶属于中国电器科学研究院股份有限公司（以下简称“中国电研”）的专业第三方质量技术服务品牌，在能源装备领域，致力于为新能源及储能行业提供相关质量技术服务。

中国电研总经理陈立新表示，CVC威凯华东新能源检测基地将和广州两个新能源检测基地形成区域互补，进一步夯实公司在能源装备领域的服务能力。

CVC威凯华东新能源检测基地位于嘉兴南湖高新技术产业园区，具备动力电池、储能电池、消费类电池的安全、性能、环境可靠性等测试服务能力，以标准、检验、检测、认证、计量等NQI质量基础设施为支撑，搭建一站式质量技术服务平台。目前，一期建设已完工并正式投运，服务类型覆盖标准服务、产品检测、国内外认证、企业研发验证等。新

基地将为南湖区、嘉兴市乃至长三角新能源及储能行业的高质量发展提供强有力的技术支撑。

运输安全检测能力需提高

在运输领域，锂离子电池及配套的消费类电子电器、新能源汽车、储能系统等备受关注，凸显了产品检测认证的重要性。

大型锂电池空运特批法规和流程、集装箱式锂电储能系统出口海运要求，给了企业实用性指导，为进一步提升相关产品在运输安全方面规范化铺平道路。

运输安全鉴定方面，CVC 威凯已获得包括中国国际航空、中国东方航空、中国南方航空、UPS 联合包裹、联邦快递等 70 余家国内外航空公司和海运公司的认可。同时，还是中国民航总局首批指定开展电池航空运输安全检测及鉴定的机构。

中国民航危险品运输管理中心主任台枫表示，加强各类新型电池产品规模化应用，推动企业及产品满足各类运输标准要求，是行业高质量发展的共同目标。“基于这一目标，未来将通过深化与第三方质量技术服务机构的产学研合作模式，共同提升锂电池产品的质量和运输安全。”

如何进一步提升锂离子电池检测行业的技术水平？2022 年，国家认监委主办“锂离子电池常温外部短路及拆解技能竞赛”，有效提高了锂离子电池检测数据的一致性。通过以赛促教、以赛促学的方式精钻技能，对专业建设和人才培养提供更多帮助。

储能系统质检刻不容缓

随着全球储能市场规模的扩大，储能安全隐患随之增大。公开数据显示，近 10 年间，全球发生 30 多起比较严重的储能安全事故，其中包括韩国的 24 起、美国 2 起、日本 1 起。

事实上，全球范围内，很多储能项目在质量、安全方面都存在问题，包括能否按照设计功率安全运营、系统寿命能否达到承受值、长期年限运行可靠性等。

储能要实现大规模应用需要迈过质检门槛，这无疑是检测认证服务机构的新机遇，同时储能作为具有发展潜力的战略性新兴产业，产业链结构逐渐清晰，新应用、标准体系也在逐步完善。

中国电力企业联合会电动交通与储能分会指出，储能是支撑新型电力系统的重要技术和基础装备，安全是储能产业健康发展的前提，国家组织开展一系列电化学储能电站及产业发展的安全制度设计，其中建设储能电站安全监测平台是重要内容。去年 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》，明确提出积极配合参与电化学储能

电站安全监测信息平台建设，按照有关规定报送电池安全性能、电站安全运行状态、隐患排查治理、风险管控和事故事件等安全生产信息，提升电站信息化管理水平。

今年2月，中电联标准化中心支撑国家标准化管理委员会、国家能源局发布《新型储能标准体系建设指南》。据介绍，今年计划制修订100项以上新型储能重点标准，开展储能电站安全、应急、消防等标准预研，结合新型电力系统建设需求，初步形成新型储能标准体系，基本能够支撑新型储能行业商业化发展。到2025年，在电化学储能、压缩空气储能、可逆燃料电池储能、超级电容储能、飞轮储能、超导储能等领域形成较为完善的系列标准。

我国建成最大规模动力电池产业体系

经济日报 2023.5.8

日前，在召开的2023新能源汽车零部件论坛暨动力电池招商大会上，作为新能源汽车的核心部分，我国动力电池的材料和新技术应用不断取得突破，形成了从材料研发、电池生产、回收利用到设备支撑的全球产业链最全、规模最大的动力电池产业体系。

“正极、负极、电解液和隔膜四大原材料基本摆脱进口依赖，锂电设备国产化率已达90%以上，其中关键工序的装备国产化率达到80%以上。电池产业发展对电动汽车被市场接受起到了关键作用。”中国工程院院士、北京能源协会会长李阳说。

中国企业联合会党委书记、常务副会长兼理事长朱宏任认为，当前新能源汽车异军突起，正在全面重塑我国汽车产业新格局。我国拥有完备的新能源汽车产业体系优势，有利于汽车零部件企业通过新技术快速大规模应用和叠加优化，加速科技成果向现实产业生产力转化。

同时，我国动力电池产业还面临一些困难和挑战。中国工业经济联合会执行副会长路耀华分析，结构性矛盾依然突出，高端、低端产能分化加剧；企业面临在工艺、技术方面持续保持领先，以及稳住并扩大市场的压力；发达国家也在逐步加大对动力电池企业的投入和扶持，国际市场竞争日趋激烈。

中国工业经济联合会会长李毅中表示，在电动汽车需求侧，应继续提高动力电池效能，研制钠电池、固态电池等新型高效电池；加快充电桩建设，通过智能有序充电、车网互动等缓解电网压力；规划电动汽车动力电池接入电网，形成智能充放电新储能体系。

“动力电池企业要加强与下游车企之间的协同，形成发展合力；加强供应链管理，确保原材料供应稳定、安全；加大对新材料新技术的研发投入，不断提升电池的可靠性、安全性等，逐渐解决续航里程短、充电慢等难题；要在电池回收方面做好文章。”路耀华说。

李毅中认为，要攻克电池的技术难关，应看到钠电池、固态电池等新型先进电池尚在实验试产中，企业要加大研发投入并重视团队建设。目前，电池产业出现了多元化、社会化无序竞争态势，低端产能过剩显现。需大力提质降本增效，淘汰落后，加快重组整合。在招商引资上，应严格技术标准，甄别论证技术路线，防止低水平重复建设。

中国工程院院士陈清泉认为，汽车产业变革的上半场是电动化，主要核心技术是轻量化车体、高性能动力总成一体化、高性能安全电池包。下半场是智能化、网联化、共享化，主要核心技术是汽车芯片和操作系统。在车规级半导体技术上，新能源汽车电机控制器轻量化、高性能、长寿命的发展趋势，对芯片技术和封装技术提出了更严苛的要求。

在李阳看来，未来的汽车将是能源互联网体系中的个体单元，是存储和消纳间歇性可再生能源的强大载体。新能源汽车可通过有序充电、车网互动、换电、退役电池储能等方式对高比例可再生电力系统形成补充，解决以风电、光伏为代表的可再生能源发电受季节、气象和地域条件影响的不连续性和不稳定的问题，支撑能源体系转型。

高安全型高压链式储能系统投入使用

科技日报 2023.5.4

日前，国网河北省电力有限公司电力科学研究院（以下简称国网河北电科院）研发的高安全型高压链式储能系统以 10 千伏直连方式并入电网，标志着该套储能系统正式投入运行。

研发人员介绍，高安全型高压链式储能系统采用一簇一变流技术，将单组电池簇的变流器交流端相串联，有效解决了传统低压电池储能系统多电池簇间充电电流不均衡问题，在实现高压大容量储能同步变流的同时，大幅降低了储能系统充放电能量损耗。经测算，传统电池储能系统能量转化效率约为 97.5%，而高安全型高压链式储能系统能量转化效率将达到 99%以上。

此外，该套储能系统输出电压为 10 千伏，省去升压环节可直接并入电网，以建设一兆瓦级储能系统为例，其建设运行成本将降低 10%。

传统低压电池储能系统通常采用大电量电池堆，通过大功率储能逆变器经变压器升压接入电网，电池并联数量过多、电池容量及运行安全性较差。为此，国网河北电科院研发人员采用“能量裂解”方式，将大电量电池堆和大功率储能逆变器裂解为小电量电池簇和小功率逆变单元，有效解决了多电芯或电池簇并联带来的容量利用和能量损耗问题。

该套储能系统还配置了独立的液氮灭火系统，相较于其他灭火系统，液氮灭火系统具有降温快、膨胀比高等优点，可实现对电池室的快速全淹没式灭火，储能系统运行稳定可靠性处国内领先水平。

据了解，该套储能系统容量为 100 千瓦时，预留了电池试验舱，可同步开展多类型储能电池不同运行工况下的特性测试。下一步，国网河北电科院将依托该系统，进一步探索“源网荷储”一体化高效协同控制关键技术，破解储能发展的难点问题，高效助力新型电力系统建设。

广东将大力推广节能及新能源汽车

2025 年实现高速公路服务区快充站全覆盖

羊城晚报 2023.5.9

5 月 8 日，广东省发展改革委等部门印发《广东省全面推行清洁生产实施方案（2023-2025 年）》（以下简称《方案》），确立工作目标为到 2025 年实现全省单位地区生产总值能耗和规模以上工业单位增加值能耗均比 2020 年下降 14%，高速公路服务区快充站全覆盖，港口码头泊位岸电覆盖率达 70% 以上。

《方案》提到，要大力推广节能及新能源汽车，推动城市公共服务及货运配送车辆电动化替代，提高城市公交、出租车、城市配送、邮政快递、机场转运、铁路货场等电动新能源运输工具的比例。有序发展氢燃料电池汽车，稳步推动电力、氢燃料车辆对燃油商用、专用等车辆的替代。全面实施重型柴油车国六排放标准和非道路移动柴油机械国四排放标准，基本淘汰国三及以下排放标准的柴油和燃气汽车。推广使用 LNG 动力船舶、纯电动船舶，加快推进码头岸电设施建设，推动船舶靠港使用岸电应接尽接。

加强塑料污染综合治理。包括减少一次性物品的使用。推进宾馆、酒店、民宿等场所不再主动提供一次性塑料用品工作。推动电子商务、外卖、快递等行业包装减量与可降解包装替代、包装物循环利用，逐步减少使用一次性不可降解塑料包装袋、胶带和一次性塑

料编织袋，全面推广使用电子运单。

推动绿色交通基础设施建设。持续推进城市公交、出租汽车、城市物流配送车辆的电动化，推动氢燃料电池汽车的示范运用，加快高速公路服务区、港区、公交站场等建设加氢、充电站（桩），全面推进港口船舶岸电使用。到 2025 年，实现高速公路服务区快充站全覆盖，港口码头泊位岸电覆盖率达 70%以上。

推进 5G、工业互联网、云计算、人工智能、数字孪生等信息技术在绿色制造、清洁生产领域的应用，结合省碳排放监测智慧云平台建设进展，探索提供清洁生产信息化公共服务。提升钢铁、石化、建材、有色金属等流程型工业企业制造过程核心装备和关键工序的数字化水平，实现生产过程物质流、能量流等信息采集监控、智能分析和精细管理。

推进机械、汽车、船舶、电子、家电等离散型工业企业开展全面数字化管理，以数据为驱动提升行业绿色低碳技术创新、绿色制造和运维服务水平。鼓励工业企业开展资源能源碳排放信息化管控系统及污染物在线监测系统建设，推动重点用能设备、新能源设备等数字化改造。

《方案》确立了主要目标，到 2025 年，清洁生产推行制度体系基本建立，工业领域清洁生产全面深入推行，农业、服务业、建筑业、交通运输业等领域清洁生产进一步深化。

到 2025 年，全省单位地区生产总值能耗和规模以上工业单位增加值能耗均比 2020 年下降 14%，万元地区生产总值用水量和万元工业增加值用水量较 2020 年降幅不低于 20%和 10%，新增高效节水灌溉面积 32 万亩，城镇绿色建筑占新建建筑比重力争达到 100%，城镇新建建筑中装配式建筑比例达到 30%。

液冷将成储能装置核心冷却方式

——访厦门科华数能科技有限公司技术中心总经理曾春保

中国能源报 2023.5.8

目前，我国锂电池储能系统的冷却技术主要是风冷和液冷。液冷因其高效、节能等因素，吸引企业纷纷涌入赛道。自从 2022 年 5 月，厦门科华数能科技有限公司（以下简称“科华数能”）率先发布液冷储能系统后，近期南都电源等不少企业均发布新一代液冷系统。那么，我国液冷储能行业应用情况如何？企业缘何跑步入局液冷领域？液冷储能系统未来发展前景如何？围绕上述问题，专访了为国内首个百兆瓦级电力电子化液冷储能项目

提供技术支撑的科华数能技术中心总经理曾春保。

液冷技术是热门研究方向

中国能源报：从去年开始，宁德时代、远景能源、阳光电源等诸多企业均推出了液冷储能产品，您觉得企业为何积极布局液冷储能？

曾春保：最近一年，液冷技术尤为火爆，吸引了众多研究储能的企业。液冷系统，可谓是目前电池热管理的热门研究方向。液冷技术是利用冷却液高效散热方式，通过循环带走电池系统热量，实现电池包的最佳工作温度条件。液冷技术具有导热率高、散热更均匀、能耗较低、占地面积少等优势。

液冷储能最大特点是冷却能力强，通过冷却液对流直接对电芯散热，不受外界条件影响，对温度的控制更精确。液冷储能系统不仅更安全、经济，而且更适合大容量储能。相较于传统风冷集装箱，能量密度可提升 100%，节省占地面积 40%以上。液冷系统比风冷系统可节能 30%左右，可保障电芯温度更低、温度均匀性更好，有效延长电池寿命，降低经济投入，缩短回本年限。

基于上述优点，企业跑步进入液冷储能赛道，液冷或将是未来储能装置核心的冷却方式。

中国能源报：您刚才提到液冷系统比风冷系统优越，到底好在哪里？

曾春保：目前，锂电池机组主流的热管理方式有两种：风冷和液冷。风冷系统简单、制造成本低、便于安装，可实现快速交付部署。不过，风冷系统体积较大，受外部环境影响较大，电芯散热温差大，在系统安全、效率和经济性方面存在不少难题。液冷储能正好解决了上述难题。

储能项目建设的规模愈来愈大，电池单体容量和系统能量密度也需要不断提高。以一个百兆瓦级储能项目为例，需要十几万甚至几十万个电芯组合，对储能系统温控管理提出了更高要求。液冷储能可以及时均匀散发热量，延长电池寿命，防止出现热失控而带来火灾风险。相较于风冷系统，科华数能 S3 液冷储能系统散热功耗降低超过 30%，LCOS 可降低 15%。

此外，液冷储能系统可采用预制模块化设计，厂内预制，无需现场安装调试。以我们的液冷储能系统为例，初始投资成本可以降低 2%以上。

开启大规模应用阶段

中国能源报：既然有那么多优势，目前液冷储能应用情况如何？

曾春保：目前，液冷技术渐渐成为大型储能系统的主流方案，进入大规模应用阶段。

去年，液冷储能基本上得到了市场认可。现在，大型储能项目招标近 80%是采用液冷储能技术，也有很多工程师在研究相变材料和液冷或风冷的混合模式。

中国能源报：在您看来，液冷储能还面临哪些挑战？

曾春保：伴随大规模储能时代的到来，对电池技术及储能系统提出了更高的要求，液冷储能也面临一些挑战。首先，液冷管路复杂，接口多，如何保障整体全生命周期下管路的运行可靠性是重点；其次，防冻液的寿命偏短，需要定期维护，一般 3-5 年后需要涉及一定的运维或更换；最后，液冷 pack 的整体重量是几百公斤等级，对 pack 级的维护需要专用设备及工具，也对运维提出了较高的要求。

打造液冷储能行业标杆

中国能源报：与其他液冷储能企业相比，科华液冷储能最大特点是什么？优势在哪里？

曾春保：科华数能有着 35 年的电力电子技术积累以及多年的新能源项目研发与工程实战经验，我们在光储融合应用场景上有明显竞争优势。例如，我们去年 5 月推出的科华数能 S3 液冷储能系统深度融合了电力电子技术、数字化技术和并网控制技术，采用“三级消防+三级防爆+三重绝缘”的安全设计，实现了系统长期高安全、高可靠和高稳定。凭借智能簇级控制技术和在线绝缘检测技术，我们的液冷储能可有效降低木桶效应和短路电流风险，提升系统寿命和收益。

中国能源报：S3 液冷储能系统应用效果如何？

曾春保：S3 液冷储能系统出货量已经超过 1GWh。我们为宁夏灵武市的一座 100MW/200MWh 独立共享储能电站提供一体化液冷储能系统集成解决方案，这也是国内首个百兆瓦级液冷储能的电力电子化应用。我们的液冷储能系统集成构造要求高，需要优选电池及各个核心元器件，并充分考虑安全、运输、安装、调试、运维等因素。如今，该技术产品适应于各种高温、高海拔、强风沙等恶劣环境，为液冷储能系统应用树立了标杆。

广东启动建筑节能增效行动

中国建设报 2023.5.10

近日，广东省住房和城乡建设厅等部门印发《广东省建筑节能增效行动计划（2023~2025）》（以下简称《行动计划》），大力推动建筑领域节能增效。

在开展既有建筑运营节能降碳行动上，支持广州、深圳、珠海、东莞作为试点城市，率先实施能耗或能效限额管理。同时，计划到 2025 年，新建公共建筑和居住建筑能效水平分别提升 20%和 30%。

《行动计划》主要从新建建筑能效提升、既有建筑运营节能降碳、建筑用能结构优化、区域节能降碳四方面开展节能增效行动。

在开展新建建筑能效提升行动方面，修订《广东省居住建筑节能设计标准》和《广东省公共建筑节能设计标准》，研究制定岭南特色超低能耗建筑、近零能耗建筑和零碳建筑技术标准等，提高新建建筑节能标准。落实星级绿色建筑标识项目激励政策，出台专项政策要求绿色金融支持的绿色建筑项目原则上须取得绿色建筑标识。开展超低能耗建筑、近零能耗建筑、“光储直柔”技术应用等示范项目建设。大力推行绿色施工，推进智能家电与住宅产业融合发展等。

在开展既有建筑运营节能降碳行动方面，推动公共建筑能源资源消耗数据共享平台建设，开展建筑基本信息和能源消耗数据年度统计与更新常态化工作。支持广州、深圳、珠海、东莞作为试点城市，率先实施能耗或能效限额管理。加强既有建筑节能运行管理与调适，珠三角九市先行开展建筑能效测评或绿色性能后评估。鼓励采用大型公共建筑“业主自建+数据共享”模式进行建筑运行能耗及能效监测管理。支持有条件的城市申报国家公共建筑能效提升重点城市，推进既有建筑节能绿色化改造。

按照《行动计划》，到 2025 年，广东省城镇新建居住建筑能效水平提升 30%，城镇新建公共建筑能效水平提升 20%。建设岭南特色超低能耗及近零能耗建筑 300 万平方米以上，完成既有建筑节能绿色化改造面积 3000 万平方米以上。建筑运行一次、二次能源消费总量控制在 1.12 亿吨标准煤以内，建筑用能电力消耗比例超过 80%。

国内首套煤电机组耦合蒸汽熔盐储热调峰项目投运

中国电力报 2023.5.22

5 月 15 日，国内首套由中国华能集团有限公司自主研发的 66 万千瓦煤电机组耦合蒸汽熔盐储热调峰、调频示范项目在魏家峁煤电公司成功投运，填补了我国“熔盐储热 + 热水储热”辅助煤电调峰调频的技术空白。

该项目依托中国华能重大科技项目“火电厂高温蒸汽熔盐储热技术开发与工程示范”

以及内蒙古自治区 2021 年《基于火电厂高温蒸汽或烟气加热储热的深度调峰关键技术研究》科技重大专项，由北方联合电力有限责任公司组织，西安热工研究院联合西安交通大学等高校与科研院所共同研发，在魏家峁煤电公司实现了工程示范。该项目研发了具有自主知识产权的液固两相蓄热材料、低温四元配方的新型熔盐、储放热一体化、蒸汽储热梯级利用等系列装置和关键技术，累计申请授权相关国际、国内专利 20 余项，申请行业标准 1 项。

该示范项目储热容量为 8 万千瓦时，机组最低可调峰至 20%额定负荷，负荷响应速率可增加 0.5%额定负荷/分钟以上，同步大幅度提升机组的调频能力。每年可增加新能源消纳电量 6 亿千瓦时，节约燃煤 18 万吨，减排二氧化碳 30 万吨。从目前看该技术路线明显扩大了熔盐蓄热的温度范围，降低了工程造价，单位造价的经济性优于其他形式的储能技术路线工程。

供热系统改造，还要多方互补

中国能源报 2023.5.15

据清洁供热产业委员会统计，截至 2022 年底，我国北方地区供热总面积 238 亿平方米，清洁供热面积 179 亿平方米，清洁供热率为 75%。

在清洁供热取得一定成果的基础上，供热行业如何完成降低碳排放的新要求？在日前召开的第四届中国清洁供热产业峰会上，与会专家给出答案。

减污到降碳 改造在路上

“目前我国 18%的能源消耗被用于建筑供暖，而对大城市来说，供暖在能源消耗中所占的比例甚至能达到 30%。”中国工程院院士、国际欧亚科学院院士武强指出，“2022 年煤炭在全国一次性能源生产中的占比达到 69.8%。虽然煤炭的消费占比降低至 56.2%，但在能源消费中取而代之的更多是石油和天然气。”

武强认为，当下利用化石能源解决供热问题不仅会造成环境问题，也是一种能源浪费。“煤炭的燃烧温度可以达到 800 摄氏度，天然气能达到 1000 摄氏度，而供热所需的温度只有 50-60 摄氏度，因此建筑供热还有着很大的发展空间。”

北京市煤气热力工程设计院有限公司高级研究员郑娜也指出，供热行业的碳排放占全国碳排放总量的 10%左右。虽然热源清洁化改造已取得一定成效，但现在供热行业不仅要

考虑降低污染，还要注重降低碳排放。

热电要协作 关键在储热

目前供热系统的降碳改造主要包括三个方面，郑娜指出：“在负荷端，提高整个建筑的能效水平，加快居住建筑跟公共建筑节能改造，推动节能建筑规模化发展。通过推进热电联产集中供暖，加快工业余热在供热中的规模化应用，并推进新能源利用，实现源端热源的清洁低碳化。网端则进行智能化改造，通过热计量来促进整个行业的节能降碳。”

郑娜同时指出，供热行业的降碳也要依赖于新型电力系统的建设：“热电联产的供热量已经占供热总量近 70% 的水平，电力系统可再生能源比例提高，供热系统的碳排放也能随之降低。”但同时，随着新能源接入电力系统，传统的“以热定电”灵活性不足的缺点会进一步突出，供热会受限于电力系统发展，因此需要通过构建新型供热系统以匹配新型电力系统。她认为“热惰性又让用热调节十分困难，因此调整负荷端的方案不可行，只有通过发电和用热解耦才能让供热更加灵活可控，而实现这一点的核心就在于储热。”

“相较于储电，储热成本要低 5-10 倍，同时安全性高，没有爆炸风险。”郑娜介绍，储热要想在新型电力系统中发挥作用，需要结合智慧供热概念，通过智慧调控，以类似虚拟电厂的手段把末端负荷聚合，将区域内并网困难的新能源电量直接进行电热转化并储存，解决新能源消纳的同时满足周边供热需求。

“供热+节能” 耦合能双赢

同时新型供热系统也需要加强和建筑耦合，中国建筑科学研究院中建研科技副总工程师、低碳所所长邓高峰表示，依托可再生能源综合利用、建筑本体高性能围护结构和建筑用能智慧化，低碳建筑改造建设取得一定成果，部分建筑已经能够实现自主供热。但为了维持冬季适宜的生活温度，目前的节能建筑依然离不开市政热力供应。

邓高峰建议：“市政供热应给予节能建筑一定的供热优惠，同时通过管网延伸带来更大供热面积，扩展供热需求增加收入。”她认为，节能建筑有希望作为新能源热源并入大管网，助力新型供热系统构建，但现阶段要解决的问题在于其供热温度过低。管网建设融资困难，供热公司积极性普遍不高，想要实现供热和建筑的进一步结合，需要有政策和资金支持，确保双方共同受益。

亟待建立体现储能价值的市场机制

《2022 年度电化学储能电站行业统计数据》发布

中国电力报 2023.5.16

如何推动电化学储能电站健康可持续发展？

- 建立体现储能价值的市场机制
- 科学合理规划各地储能建设
- 加快建设电化学储能电站安全监测体系
- 建立科学合理的新型储能电站评价指标体系

国家电化学储能电站安全监测信息平台日前发布了《2022 年度电化学储能电站行业统计数据》（以下简称《数据》），汇总了 2022 年的电化学储能电站建设、运行、电力电量、能效、可靠性以及消防等情况。从数据反映的情况来看，电化学储能产业发展迅速，预期还会爆发式增长，但产业发展中存在的问题也不可忽视，亟待建立体现储能价值的市场机制，进一步进行规范。

产业发展“五喜”振奋人心

《数据》显示，2022 年电化学储能电站产业发展中呈现 5 个特点，令人欣喜。

一是投产增长快。根据《数据》，截至 2022 年底，全国电力安全生产委员会 19 家企业成员单位总计报送 500 千瓦/500 千瓦时以上的累计投运电站 472 座、总功率 689 万千瓦、总能量 1405 万千瓦时，同比增长 126.79%；2022 年新增投运电化学储能电站总能量 786 万千瓦时，占已投运电站总能量的 60.16%，同比增长 175.81%。

二是增长潜力大。根据《数据》，2022 年在建电站 300 座，总功率 1170 万千瓦、总能量 2903 万千瓦时。按照电化学储能电站建设周期一般为 6~8 个月计算，在不计新增项目的情况下，2023 年同比也将增长超 100%。考虑到新增新能源配储、电网侧储能电站的增长和地方政府可能放松的用户侧储能电站限制政策等多种因素，2023 年电化学储能电站的新增装机将呈现爆发式增长的态势。

三是产业分布集中度开始显现。根据《数据》，已投运的电化学储能电站分布排名前 10 的山东、江苏、宁夏、湖南、青海、内蒙古、河北、西藏、甘肃、新疆等省（自治区、直辖市）的总能量占全国总能源的 82.58%，其中，宁夏、山东新增总能量均超过 100 万千瓦时。从企业分布来看，三大电网、五大发电集团累计投运总能量 548 万千瓦时，占比 39%。

四是储能作用开始显现。根据《数据》，2022年电化学储能电站充电电量139086万千瓦时、放电电量116549万千瓦时，其中，调峰电站总充放电量129000万千瓦时，调频电站总充放电量72500万千瓦时。2022年火电配储和用户侧储能运行较为充分，年运行小时数分别为2933小时和2800小时，其中，产业园配储年利用小时数最高，达5893小时。

五是储能安全态势较好。根据《数据》，2022年未发生重大储能电站安全事故。截至2022年底，已投运的电化学储能中，有311座储能电站通过了消防验收，有215座储能电站与所在属地消防机构建立了协同机制。

实际运行“四忧”仍需重视

2022年电化学储能电站在实际运行中也暴露了当前产业快速发展面临的问题。这些问题有浅层次的，也有深层次的，主要表现在4个方面。

一是重建设轻运行现象依然严重。《数据》表明，电站实际运行情况与设计日充放电策略差异较大。虽然2022年用户侧储能运行较为充分，但电源侧储能中新能源配储运行不充分，新能源配储装机占比约40%，但利用效果远低于其他应用场景，储能调节作用未能有效发挥。

二是储能电站管理水平亟待提升。电化学储能电站建设模式不同于水电、火电等常规电源，投资主体多元化、运维模式多样化，存在业主方、运维方、使用方不统一的现象。电化学储能电站还没有建立起类似常规电源的成熟完备的电站建设、验收、运维制度体系，租赁使用、代为运维的各方职责还需进一步分解明确。

三是关键产品质量有待加强。虽然2022年电化学储能平均转换效率为81.06%，但是各地、各企业间差距较大，最高为92.51%，最低为33.91%。从投运时间段来看，投产1年内的平均转换效率为80.53%，5年以上的平均转换效率为60.86%，反映出电池产品整体质量还不十分成熟稳定。

四是新型储能电站运营效益亟待提升。目前，电源侧的新能源侧配储还没有成熟的收益模式，从新能源配储电站的实际运行效果来看，也反映了新能源储能电站运行的“窘相”。电网侧的独立储能受制于政策波动，辅助服务收益无法达到预期值，容量租赁价格差异明显，租赁期限较短，储能电站收益无法长期保障。替代性储能的收益还有待于纳入输配电成本的政策支持。用户侧储能主要收益方式包括峰谷套利、需量电费管理、动态增容、需求侧响应等。目前，峰谷套利是用户侧储能最主要的盈利方式，在峰谷差价比较大的省份，效益较好。

解决“四忧”要“四面”发力

2022 年储能产业出现爆发式增长，这种可喜局面的形成得益于政策拉动、科技进步、产业规模化效益以及“双碳”目标的实施落地等众多因素合力。《数据》分析指出，推动电化学储能电站走上健康可持续发展之路，可以从 4 个方面发力解决其“四忧”。

一是建立体现储能价值的市场机制。要公平合理评价新型储能电站与抽水蓄能电站在电力系统中的作用，本着“同责任、同义务，同作用、同收益”的原则，出台新型储能电站的容量电价机制。持续完善储能参与中长期交易、现货和辅助服务、需求响应等各类电力市场的技术标准、准入条件、交易机制、结算方式，丰富拓宽储能参与市场交易品种，适度拉大现货市场峰谷价差，为储能发展提供稳定的市场空间，形成新型储能电站在电力市场中的价值发现机制和收益实现机制。

二是科学合理规划各地储能建设。应以发挥储能电站应有作用为导向，进一步确定新能源配储的原则，基于地区电源装机、电力负荷、调峰调频等条件，结合已建储能电站实际数据和地方储能规划，动态进行政策实施效果评估，引导储能电站建设。

三是加快建设电化学储能电站安全监测体系。按照国家能源局相关要求，应加快建立集团级、电站级的电站安全监测信息平台，加强电池运维安全监测及评估，制定严格的安全防范措施，切实提高电站运维水平，避免各类潜在的安全风险隐患。对于电池安全，要严格落实电池产品抽查机制，保障电池产品质量的一致性；高度重视新能源配储的产品质量，特别是使用梯次利用电池的电站安全管理。要制定严格的安全防范措施，保障电站在建设安装调试及检修维护环节的安全，避免潜在风险隐患。

四是建立科学合理的新型储能电站评价指标体系。新型储能电站的特性与常规水电、火电不同，需要建立与储能电站特性相适应的电站运维效果评价指标体系。

国家电网牵头的 6 项电力储能国家标准发布

国家电网报 2023.5.17

近日，国家电网有限公司牵头的 6 项电力储能国家标准获批发布，进一步健全我国储能标准体系。

6 项标准涉及电化学储能电站危险源辨识、检修规程、应急演练规程以及电力储能用电池管理系统等方面，对于强化储能安全事故应急处置能力、保障分布式储能电站安全稳定运行具有重要意义，为运行单位及时、经济、高效开展储能设备检修及相应试验提供全

面可靠指导，为电池管理系统新产品开发指明了技术方向。

近年来，我国电力储能获得广泛应用，需要加强电力储能标准化工作。在公司部署下，中国电科院等单位开展储能技术研究，扎实开展技术攻关，全面布局标准体系建设，积极发挥标准领域带头作用。2021年，在中电联指导下，中国电科院与业内相关单位联合编写专著《电力储能安全蓝皮书》，梳理储能标准现状，提出下一步标准工作建议；2022年，中国电科院承担国家能源局储能研究课题《基于应用场景的新型储能标准体系及应用指南》，基于“十四五”时期新型储能应用场景构建新型储能标准体系，为国家标准化管理委员会、国家能源局制定《新型储能标准体系建设指南》提供有力支撑。

公司将持续开展储能标准化工作，加快推动新型储能高质量规模化发展，助力新型电力系统建设，推动能源电力绿色低碳转型。

拓展农村新能源汽车市场

人民日报 2023.5.24

日前，国家发展改革委、国家能源局发布实施意见，支持地方政府结合实际开展县乡公共充电网络规划，加快实现适宜使用新能源汽车的地区充电站“县县全覆盖”、充电桩“乡乡全覆盖”。新能源汽车下乡再迎政策利好。

近年来，凭借更加优异的性能和质量、相对低廉的使用和维护成本，新能源汽车正日益得到农村消费者喜爱。2020年7月起，工业和信息化部、农业农村部、商务部、国家能源局等部门连续3年开展新能源汽车下乡活动，引导新能源汽车消费市场下沉。至2022年底，新能源汽车下乡车型累计销售超410万辆。同时也要看到，目前在县乡市场，纯电动车型市场渗透率仅为17%，与一些实施传统燃油车限购大城市30%的市场渗透率相比，发展潜力依然巨大。

当前，我国新能源汽车产业已经进入全面市场化拓展期。拓展农村新能源汽车市场，是汽车产业可持续发展的必然要求，也将为乡村振兴增添新动力。

拓展农村新能源汽车市场，亟须打破一系列制约消费的突出瓶颈。首先要解决的，是要大力发展农村充换电网络。截至去年底，我国累计建成充电桩521万个、换电站1973座，已建成世界上数量最多、辐射面积最大、服务车辆最全的充电基础设施体系。不过，广大农村地区仍存在公共充电基础设施建设不足、居住社区充电设施安装共享难、时段性

供需矛盾突出等问题，制约了消费意愿的提升、消费潜力的释放。为此，要适度超前建设充换电基础设施，创新充电基础设施建设、运营、维护模式，确保“有人建、有人管、能持续”。

拓展农村新能源汽车市场，要进一步优化支持新能源汽车购买使用的政策。过去几年，财政补贴、免购置税、使用权和路权支持等优惠政策，对我国新能源汽车发展起到了关键作用。拓展农村市场，除了优化现有支持政策之外，还应推动企业建立健全销售服务网络，满足不断增长的新能源汽车维修保养需求，让更多消费者“买得开心、用得省心”。

拓展农村新能源汽车市场，还要引导车企研发生产更加适应农村需求的产品。在我国农村地区，交通路况、5G网络覆盖、电网承载能力、新能源汽车使用场景、互联网使用习惯、消费能力等，均与城市有一定差异。吸引城市消费者的超长续航、高压快充、智能网联、智能辅助驾驶等一些功能，并不一定完全适应农村消费者的需求。为此，要鼓励车企针对农村市场开发更多“爆款”产品，不断开拓市场“蓝海”。

拓展农村新能源汽车市场是项系统工程。期待政府、企业共同努力，补短板、优服务、强供给，让新能源汽车下乡更顺畅，为汽车产业发展和乡村振兴增添更大后劲。

国家发改委部署加快重点领域节能降碳步伐

广州日报 2023.5.26

24日至25日，全国重点领域节能降碳工作现场会在浙江宁波召开。国家发展改革委产业发展司司长卢卫生25日在全国重点领域节能降碳工作现场会上表示，要加快重点领域节能降碳步伐，促进制造业绿色化发展。

我国工业能源消费量约占全国总体消费量的三分之二。钢铁、有色、石化、化工、建材等行业，是工业能耗和排放的主体，推动重点领域实施节能降碳，有助于加快制造业绿色化转型，加快构建现代化产业体系。

近年来，我国重点领域节能降碳工作取得积极进展。卢卫生介绍，重点领域节能降碳工作已初步建立起以能效水平引领绿色低碳发展的政策体系；系统梳理了重点领域的节能降碳先进成熟技术装备和改造升级重点项目，支持了一批骨干企业实施节能降碳技术改造。

卢卫生说，下一步，要准确把握重点领域节能降碳的重点任务：一是聚焦重点领域，

优化完善清单方案。在钢铁、有色、石化、化工、建材 5 个重点行业 25 个重点领域基础上，进一步拓展印染、化纤、造纸 3 个行业，增加乙二醇等 11 个重点领域，加快开展节能降碳工作。二是严格能效管理，加快实施分类改造。一方面，要严把项目准入关口；另一方面，要推动实施改造升级。三是加快先进技术推广应用，构建绿色低碳技术体系。四是加强政策协同，有效激发内生动力。强化能效监督考核，有效发挥政策激励作用，完善标准规范体系。

工信部节能与综合利用司司长黄利斌介绍，要持续推进工业能效提升行动计划，引导和支持企业实施节能降碳技术改造，推进重大节能降碳技术攻关。加快推动制造业绿色低碳转型，推进绿色制造体系建设。

风光储氢协同发展获突破

中国能源报 2023.5.22

近日，全球最大光伏制氢生产项目——中国石化新疆库车绿氢示范项目 220 千伏变电工程投产送电。该项目是我国首个万吨级光伏绿氢示范项目，预计每年可减少二氧化碳排放 48.5 万吨，对推动绿氢产业链发展、推动我国能源产业转型升级、保障国家能源安全等具有重要意义。

该项目只是我国风光储氢协同发展的一个缩影。有测算显示，要实现碳达峰碳中和，风电、光伏发电装机容量预计将达到 50 亿千瓦左右。风光、氢能与储能将进一步融合发展。

示范意义显著

“在构建新型能源体系过程中，协调不同能源品类的定位、确保不同能源品类的平衡是个大课题。”在近日召开的 2023 电力新能源专题研讨会上，国能能源研究院院长张福龙说：“以政策为指导和引领，相关部门正积极尝试和探索，稳步推进风光储氢一体化项目。”

去年 3 月，国家发改委、国家能源局在《“十四五”新型储能发展实施方案》中明确提出“在东北、华北、西北、西南等地区充分发挥大规模新型储能作用，通过‘风光水火储一体化’多能互补模式，促进大规模新能源跨省区外送消纳，提升通道利用率和可再生能源电量占比。”此后，内蒙古、新疆、宁夏多地开展风光储氢示范项目建设，产业热度空

前。

业内专家普遍认为，在“双碳”目标下，氢能既能解决能源问题，同时也是实现“双碳”目标的重要抓手。

中国电力科学研究院新能源研究中心资深专家丁杰认为，高能量密度固态储氢技术有利于解决风能、太阳能等新能源发电的稳定并网和弃风弃光问题，催生电力系统内氢能存储新业态。“电氢双向转换的热电联供系统，可以有效降低氮氧化物的排放，降低输送环节的损耗，实现冷、热、电的梯级利用和协同供应，是提升能源消费终端综合利用的重要手段。”

“用风、光发电，再采用电解水制氢，整个生产过程都是绿色、纯生态的。因此，风光储氢一体化项目的示范意义显著。”丁杰说，示范后再大面积推广，一方面可以产出经济、无碳、环保的绿氢，另一方面将对电力电网的储能需求、灵活性供应及调控模式产生前所未有的积极作用。

减碳效果明显

目前氢能产业规模持续增长，对税收和就业的贡献将来可能超过风电、光伏，并形成万亿元级甚至十万亿元级市场。”隆基氢能科技有限公司副总裁王英歌说。

在江苏天合储能有限公司储能战略市场与产品管理总监李秉文看来，光伏发电、储能、氢能和智能电网是实现碳达峰碳中和的4个关键因素，而跨季节的长时储能需要氢能去解决。

那么，风光储氢项目究竟是如何“施展魔法”的？以中国石化新疆库车绿氢示范项目为例，该项目主要包括光伏发电、输变电、电解水制氢、储氢、输氢五大部分。项目建成投产后，将利用光伏发电进行电解水制氢，这些氢气将替代之前的天然气制氢，作为还原剂供应至中国石化塔河炼化有限公司，生产炼油装置。通过此模式，该项目每年可减少二氧化碳排放48.5万吨。

另外，据张福龙介绍，京能乌兰察布150万千瓦风光火储氢一体化大型风电光伏基地项目也已于4月正式开工。该项目充分利用现有火电的灵活调峰能力，通过先进风力发电技术，将凉城县丰富的风资源优势转化为促进地方经济发展的动力。“项目建成后，每年可生产约36.28亿千瓦时绿色电能，节约标煤约125.57万吨，减少二氧化碳排放约304.69万吨。”

建议企业不要盲从

在多位与会专家看来，风光储氢协同发展是大势所趋。

李秉文认为这一市场会越来越大。他介绍，以风光储氢市场的一部分——光储融合为例，预计今年这一市场的规模将达到 84.9 吉瓦，到 2030 年市场占比将达到 55% 以上。随着西部大开发的持续推进，西北五省的风光新增装机量将超 170 吉瓦，到 2027 年，新增电化学储能规模预计可达 55 吉瓦时。

张福龙称：“风光火储氢一体化示范项目建设的推进，一定会带动上下游一批项目投资方、设计方、设备提供方、运维方等不同环节的企业进入，让产业链各环节企业变得更加活跃。”

“地方政府和能源央企、国企依然是风光储氢项目建设的主导者和推动者，他们承担着引领能源转型的重任。对于其他相关企业来说，这是一个最好的发展机遇期，也是大家可以获得更大收获的时期。”张福龙说，“但是，我们呼吁企业要理性看待这一市场的发展趋势和变化，不要盲目追随，而要掌握适合自己公司发展的业务和节奏。”

张福龙同时提醒：“无论是风电、光伏，还是储能、氢能，都要考虑怎么让它们互相配合，怎么让清洁能源份额变得更大、更稳，而不能让各能源品类之间造成无谓的内耗。”

“地下储能”香山科学会议召开，专家呼吁——

建设地下储能库 助力能源结构升级

中国科学报 2023.5.23

“大力发展地下储能，是实现中国‘碳中和’和能源结构升级转型的关键。”近日，香山科学会议第 748 次学术讨论会召开，会议执行主席、中国工程院院士杨春和在会上表示。

此次香山科学会议以“地下储能”为主题，与会专家集中探讨地下储能的核心技术难点和技术路线图。

地下储能是指利用深部地下空间，将石油、天然气、氢气、压缩空气及二氧化碳等能源或能源物质，以及氢气等战略稀缺物资储存其中。“地下储能技术的发展关系到国家能源安全、‘双碳’战略实现和战略物资安全等国家重大需求。”杨春和说。

与会专家认为，目前，我国地下储能建设的任务艰巨，未来发展中存在诸多挑战。

“国家要求 2035 年全国储气调峰能力达到 700 亿至 800 亿立方米，缺口巨大，任务艰巨，急需加大储气调峰能力建设。未来 5 至 10 年，中国储气库库址筛选评价与建库运行面

临挑战。”会议执行主席、中国工程院院士赵文智说。

截至 2022 年底，全球 36 个国家共建成地下储气库 716 座，主要集中于美国、欧洲、俄罗斯，工作气量达 4230 亿立方米；我国已建地下储气库 38 座，工作气量近 200 亿立方米，主要集中在华北地区和长江经济带。

“气源、市场分布不均衡，气源在西部而市场在东部，储气库的合理战略布局面临挑战；构造稳定性及地震带活动给储气库安全运行带来挑战；油藏提高采收率与储气库协同建设面临挑战；复杂层状盐岩盐层薄、品位低、成腔率低，提高盐层动用效率面临巨大挑战；库址筛选与建库技术理论欠缺，面临挑战。”赵文智说。

他建议，加强储气库战略布局攻关研究；加强水层、矿坑储气库资源普查力度，筛选优质库址资源；加强室内实验和矿场试验投入，创新基础理论，打造储气库原创技术策源地；加强储气库配套政策研究，出台激励政策，加快和促进中国储气库高质量建设。

在科学问题和关键技术方面，杨春和指出，目前，我国虽然在地下储能方面积累了大量研究成果，但还存在一些局限。“一是地下储能介质与围岩体多尺度相互作用机理不清楚；二是地下储能库渗漏灾变的时空演化机理仍不明确；三是地下储能库长期稳定性及库群相互作用机理方面有待开展具有针对性的研究；四是低渗围岩体多尺度渗透性测试技术亟待发展。”

此外，杨春和认为，在地下储能空间的 4 种类型——油气藏型、水层型、盐岩型、矿坑型中，利用盐岩地层进行储能应该是中国今后实施大规模能源储备优先发展的方向。

“盐岩具有物性稳定、渗透率低、损伤自修复、易溶于水和分布广等特征，是大规模能源储备的理想地质体。目前全世界已经有超过 10 亿桶石油和 330 亿立方米天然气存储在盐穴中。”杨春和说。

他同时指出，我国盐岩资源丰富，但与国外盐丘型盐岩相比，我国盐岩地层为典型湖相沉积的层状盐岩，具有厚度薄、杂质含量高和夹层多等特征，在这种地层中进行大规模能源储备需要解决一系列关键的科学和技术难题。

他建议，应当利用中国层状盐岩进行大规模能源储备关键理论研究，同时开展层状盐岩系列关键技术研究，为我国后期实施大规模能源储备提供理论和技术保障。

新材料让水系锌离子电池更安全、更长寿

科技日报 2023.5.25

水系锌离子电池被认为是最具潜力的可持续储能技术之一，但因其面临着枝晶生长、析氢、腐蚀等问题，限制了电池的循环寿命，影响了其产业化进程。

据悉，华北电力大学能源动力与机械工程学院储能电池材料与应用技术研究所所长、材料科学与工程教研室主任田华军教授团队通过低成本、快速、通用的合成技术，制备出的三维锌基合金界面材料能有效抑制电池负极表面的枝晶生长等，助力生产高安全、长循环、高性能水系锌离子电池，也为其他新型电化学储能体系的开发，提供了技术和理论指导。相关研究成果近日发表在国际学术期刊《自然·通讯》上。

电池锌负极存在枝晶、析氢与腐蚀问题

水系锌离子电池的工作原理与锂电池相似，即利用电解液中的锌离子在正负两个电极间的往复穿梭来存储和释放电能。

田华军介绍，与碱性电解液体系电池相比，基于中性或近中性水系电解液的锌离子电池技术，具有理论上更长的锌负极循环寿命。而且锌离子电池的原材料锌储量丰富，电池装配、储存、运输和维护又相对简单，因此被认为在大规模储能领域具有更加广阔的应用前景。

与锂电池采用高度可燃性的有机电解液不同，水系锌离子电池主要用水作为电解液溶剂，因此不存在锂电池的可燃、易爆等问题，具有安全性高、环保性好、成本低等优势，在电子设备和储能系统中广受关注。但是作为负极的金属锌，在水系电解液中存在着严重的枝晶、析氢、金属腐蚀等有害副反应，从而阻碍了水系锌离子电池的大规模应用。

田华军解释，枝晶是指充放电过程中，锌离子会在锌负极上发生不均匀沉积，从而使电池负极上出现树枝状金属锌晶体。在电池充放电过程中，枝晶还会不断长大，最终刺穿隔膜与正极接触，导致电池因内部短路而失效。析氢是指作为电解液溶剂的水，在电池充放电过程中会分解、释放氢气，导致电池胀气，甚至爆炸。腐蚀主要是由于金属锌较为活泼，会自发地与水发生化学反应，从而持续消耗锌负极材料和电解液，导致电池使用寿命大幅缩短。

新材料解决水系锌离子电池面临的问题

“我们团队研发的三维纳米结构锌基合金界面材料，用作水系锌离子电池负极材料，以解决枝晶等问题。”田华军说，新的负极材料的三维结构类似于一个个“小房子”，锌离

子会自动进入“小房子”中，即优先沉积在锌基合金界面材料的三维结构内而不是聚集在表面，从而阻止了枝晶生长。同时，电解液里增加了含锌、铜等离子的溶剂，以减少水的活性，抑制析氢反应，从而解决了锌负极界面不稳定等问题，延长了锌负极的寿命。该锌基合金界面材料表面还自然形成了一层锌铜合金层，使负极电极表面强度增加、电化学稳定性增强，明显提高抗腐蚀性能。

为了更好地研究新材料的性能，田华军带领团队开发并利用原位光学显微镜，研究低电流密度、高电流密度下三维纳米结构锌基合金界面材料的形貌演变规律，证明了该材料有利于高效调节锌沉积和溶解反应过程，使枝晶形成的可能性最小化等。

目前，已经商业化的水系锌离子电池主要是基于碱性水系电解液的镍锌电池、锌锰电池，其应用场景包括偏远地区的微网、通信设备、楼宇备用电源等。

“我们还通过一种低成本、快速、目前通用的合成技术，制备了一系列具有功能表面结构的三维锌基合金界面材料，获得了具有超高倍率性能、高循环稳定性、高能量密度的水系锌离子电池器件。”田华军说，该制备工艺可以在室温下进行，不需要任何煅烧处理，还可以在环境友好的水溶液中进行制备，生产和反应时间非常短，只需几十分钟就可以完成，适宜未来的工业化生产。“这也使得该负极改性修饰制备材料技术，在成本可控、效益提升以及大规模生产大型高安全性的储能电池系统方面，应用前景广阔。”田华军说。

国家能源局：开展熔盐储热等能源综合利用项目安全排查

中国电力报 2023.5.25

日前，国家能源局综合司印发《关于开展熔盐储热等能源综合利用项目安全排查的通知》（以下简称《通知》），要求系统排查熔盐储热项目及其安全风险管控情况，加强安全生产管理。

《通知》要求，各电力企业要严格落实安全生产主体责任，立即组织开展熔盐储热项目安全排查，抓紧摸清本单位投资建设或参与建设的熔盐储热项目个数、位置、投资主体等情况，准确把握熔盐材料成分配比，会同材料设备供应商及有关专家认真分析项目安全风险，针对性制定落实风险管控措施。

《通知》要求，各电力企业要系统梳理本单位所属涉及新技术、新设备、新材料、新工艺等的能源综合利用项目情况，从安全生产组织机构建设、责任体系健全、双重机制落

实等方面深入排查项目安全管理薄弱环节，采取有效措施补齐短板、堵塞漏洞，提升项目安全生产水平。

《通知》要求，各电力企业要进一步加强对能源综合利用科学研究、试验试点等项目的安全生产管理，强化教育培训、技术交底和现场管理，督促指导全体从业人员，特别是基层一线人员、新进转岗人员、外包外委人员全面了解项目的生产原理、运行机理、工艺特点、风险隐患、管理要求等情况，熟练掌握安全防护措施和逃生避险方法，切实保障项目安全生产，防范遏制各类事故发生。

国家电网积极推动储能产业发展

“超级充电宝” 助建新型能源体系

国家电网报 2023.5.24

清晨，大别山深处，国网安徽金寨抽水蓄能电站上水库波光荡漾，水流涌动。伴着水库水位逐渐升高，电站机组静静地等候用电高峰的到来，蓄能待发。

“如果4台机组满抽，6个小时就能蓄满上水库，给金寨电站这个‘超级充电宝’充进700多万度电。”国网安徽金寨抽水蓄能有限公司董事长朱安平介绍，在用电高峰时，电站会根据电网调度指令启动机组，从上水库向下水库放水发电，保障电力供应、维护电网平衡。

在用电低谷时将电力储存起来，等到用电高峰再释放——大批近似于“超级充电宝”的储能项目，正通过削峰填谷避免电力系统“忙闲不均”，保障电力系统安全稳定运行，支撑清洁能源大规模发展。

储能作为能源转换的关键环节，是建设新型能源体系的重要一环。国家电网如何推动储能产业发展？攻克了哪些技术难题？拓展了哪些应用场景？一起去看看——

规模扩大储能技术“百花齐放”

目前，储能主要包括抽水蓄能和新型储能两类方式。其中，抽水蓄能是目前技术最成熟、经济性最优的储能技术，适合规模化开发建设。新型储能则是指除抽水蓄能外，以电力为主要输出形式的各类储能技术，包含锂离子电池、压缩空气储能、机械储能等。

“新型储能响应速度快、调节精度高，且布局灵活、建设周期较短，但受到成本、安全性等因素制约。”中国电力科学研究院首席技术专家惠东介绍，抽水蓄能具有容量大、可

靠性高、经济性好、应用技术成熟等优势，在保障大电网安全、促进新能源消纳中发挥重要作用，但也受选址条件高、建设周期长等因素限制。

不同储能技术路线利弊兼有，却不影响其“百花齐放”。随着“双碳”目标的提出，中国储能产业进入快速发展期，成为构建新型电力系统、建设新型能源体系的重要支撑。

前不久，河北省承德市大山深处，国网河北丰宁抽水蓄能电站6号机组正式投产发电。据介绍，该电站在装机容量、储能能力、地下厂房规模、地下洞室群规模方面创下4个“世界第一”，书写了中国抽水蓄能发展史上的多个纪录，创造了抽蓄建设的奇迹。

长400多米、宽25米、内高50多米的地下厂房建于6条双向水道上方，在厂房中央，12台发电机组一字排开，连接地下输水系统。“抽水时用电驱动水泵，发电时则由势能推动水轮机发电，一台机组兼具抽水和发电功能。机组可以在5分钟内由满负荷抽水转变为满负荷发电。”国网河北丰宁抽水蓄能有限公司副总经理吴培枝说，2021年12月，电站首批机组投产发电，接入张北柔性直流电网，在源头上降低了新能源发电的波动性。这不但开创了抽水蓄能发展史上的先河，也为破解新能源大规模开发利用提供了宝贵的“中国方案”。截至目前，丰宁电站已累计投产机组10台，装机容量达300万千瓦。

国网新源集团基建部主任张学清介绍，中国抽水蓄能在水库防渗、高水头压力管道、复杂地质地下洞室群等方面达到了国际先进或领先水平，机组朝着大容量、高水头、高转速、可变速方向发展。中国电力企业联合会提供的数据显示，截至2022年底，中国抽水蓄能总装机规模达4579万千瓦，是2012年底的2.2倍以上，规模居世界首位。

与此同时，新型储能在示范项目建设、商业模式探索、政策体系构建等方面也取得积极进展，市场应用规模稳步扩大。

张北草原上，国家风光储输示范工程是世界上规模最大的集风力发电、光伏发电、储能系统、智能输电于一体的新能源示范电站工程。依托该示范工程，国家电网成功完成国内外首个高比例新能源系统的涉网性能试验。在这里，无限“风、光”化为绿色电能，源源不断向外输出。该工程助力北京冬奥会全部场馆实现100%绿电供应，“张北的风点亮北京的灯”成为绿色冬奥的闪亮名片。

国家能源局能源节约和科技装备司副司长刘亚芳介绍，截至2022年底，全国已投运新型储能项目装机规模达870万千瓦，平均储能时长约2.1小时，比2021年底增长110%以上。

国网能源研究院能源战略与规划研究所所长鲁刚指出，当前正处于能源绿色低碳转型发展的关键时期，“超级充电宝”作为储能新方式，对满足电力系统调节需求、保障电力系

统安全、促进新能源大规模开发和消纳利用有着重要意义。

攻克难题实现多项技术突破

我们常把抽水蓄能电站比作一个“超级充电宝”，但想在山水间顺利地安置抽水蓄能电站这个“超级充电宝”，可不容易。除了建设难之外，机组的整体调试也面临种种挑战。下厂房、做统筹、盯进度、解难题……对于众多储能项目建设者来说，这早已成为“家常便饭”。

“3号主变压器受电一次性通过！”近日，在工作人员的阵阵欢呼声中，位于河南省南阳市南召县的国网天池抽水蓄能电站3号主变压器顺利投运。记者了解到，天池抽水蓄能电站主变压器位于地下厂房，因主变压器单件运输最重、安装工艺要求高、安装时受空间限制大，被认为是整个地下厂房机电设备安装技术难度最大的设备之一。

“必须严格执行3号主变冲击试验方案。”国网天池抽水蓄能电站运维检修部专责徐志壮说，3号主变送电冲击前，天池电站严格执行送电冲击试验作业二级风险管控措施，抽调各方参建人员按照试验方案配置人员，指派中控室人员汇总信息并现场调度、调试人员现场指挥，确保各区域人员做好设备检查、保护检测、状态巡视等协调配合。经过连续120分钟的冲击试验，3号主变差动保护躲过励磁涌流的性能最终得到验证。

比起抽水蓄能电站的建设，新型储能项目的建设者则将更多精力集中在技术创新突破上。

在安徽省六安市全国首座兆瓦级氢能综合利用示范站，一台台质子交换膜纯水制氢设备，正源源不断地生产氢气，通过管道输送到先进的氢燃料电池中进行发电利用。

“研发、设计等难题一度让我们的研究止步不前。”国网安徽电力氢能综合利用示范站技术负责人滕越说，好在这些难题都通过技术创新得到了解决。“我们首创了大功率低能耗氢电转换核心装备技术，开发了整站安全预警与防护技术，实现了对氢气泄漏的早期预警与事故预防，还在国内首次开创了兆瓦级‘制氢—储氢—氢能发电’的全链条技术贯通和满功率运行。”

如今，该站突破了20余项技术瓶颈，年制氢可达70余万标立方，氢发电70余万千瓦时，所制氢气可在氢燃料电池车、氢能炼钢、绿氢化工等领域应用，真正将“零碳循环”书写在江淮大地上。

《中国新型储能发展报告2023》显示，目前新型储能仍处于发展初期，在核心材料、系统集成、调度运用、安全防护等方面还有大量技术难题有待解决。未来应充分调动各方积极性，加大新型储能技术创新力度，通过打造一批原创性技术，带动产业升级。

“充放”自如满足多元应用场景

因具备削峰填谷、调频调相和“充放”自如等功能特征，储能项目又被视为电网安全运行的“稳定器”“调节器”，在多种应用场景下投入使用。

在江苏省扬中市新坝镇电气工业品城内，国网镇江供电公司投运了一套光储充直柔的微电网。“用屋顶光伏面板发的电给汽车充电，充电时间比用电网电快了1倍。”5月16日，市民王先生在用微电网给自己的电动汽车充电时说。

据了解，微电网分布灵活、高效应用。相较于传统电网单向接受能源的形式，其不仅能自给自足，实现光伏电在区域内的自发自用，还能根据外部环境灵活调整运行模式，以直流电向相邻台区进行柔性互联，可在“互联”和“孤岛”两个模式中切换。

“光伏发电产生的电量被存储在储能装置中，既可以给电动汽车充电，也可就近向相邻线路输送，在临近线路故障的情况下，它还可承担故障线路的负荷，向用户供电。”国网镇江扬中市供电公司副总经理包磊介绍。据测算，经过灵活切换，微电网内的整体能效提升6%以上，每年可节省二氧化碳排放3.62吨。

这只是储能多种应用场景之一。在新能源产业蓬勃发展的大潮下，储能产业发展潜力巨大，不仅有利于激发经济高质量发展新动能，对促进经济社会发展全面绿色转型也有重要意义。

位于湖南省长沙市的晟通科技集团是全球规模领先的铝箔、铝膜板生产企业。作为中国节能减排突出贡献企业，该公司在自身园区、现有停车位建设光储充一体化项目，储能总容量为16.5兆瓦/40兆瓦时。该项目于去年10月投产并网，首日发电量为3.4万千瓦时，储能两充两放，每天最高可提供约8万千瓦时错峰电量。晟通集团有关负责人表示：

“光伏储能项目建设后，大大削减了公司用能成本，预计未来每年可为公司节约开支超360万元。”

据悉，为做好储能项目并网工作，国网湖南电力主动对接项目建设开发主体，确保早并网、早投产。预计到6月底，湖南将新增各类新型储能装机1000兆瓦，有效保障今夏湖南电网平稳运行。

业内人士指出，从电力系统来看，储能应用可以分为电源侧储能、电网侧储能和用户侧储能三大场景。

滕越介绍，电源侧储能，主要配置在电源端，可以匹配风、光等新能源，促进新能源高效并网与消纳；电网侧储能，分布在电网关键节点，可提供调峰、调频等多种服务，提升系统抵御突发事件和故障后恢复能力；用户侧储能，则安装在用户负荷端，可提升用户

灵活调节能力。

不同的储能技术因其性能特点不同，适用不同的应用场景。国网能源研究院新能源与统计研究所副所长黄碧斌分析，抽水蓄能电站容量效益强、单站规模大，适宜电网侧大规模、系统级应用；新型储能单站体量可大可小，环境适应性强，能够灵活部署于电源、电网和用户侧等各类应用场景，可以作为抽水蓄能的有益增量补充。

专家预测，在传统的应用场景基础上，未来水风光储一体化、风光储一体化等应用场景将不断涌现，储能项目在西南水电基地等大型新能源基地开发中作用凸显，中小微储能项目的建设应用将更加广泛。多类型、多场景的储能应用格局将逐步显现。

效益显著惠及人民美好生活

在推动能源绿色低碳转型之外，许多储能项目不忘将生态优先融入建设，生态效益已成为蕴含在建设过程中的重要内核。

在国网浙江宁海抽水蓄能电站施工现场，目光所及，绿意盎然。“复绿可是我们建设‘超级充电宝’最重要的工作之一。”国网浙江宁海抽水蓄能有限公司工程部副主任夏万求指着周围一个又一个山头说道，“那边有宽叶草、高羊茅、紫花苜蓿，这边还有刺槐、多花木兰、车桑子等。”

据现场工作人员介绍，工程施工开挖出来的多是岩石面，坡度近 90 度。复绿时，他们要像蜘蛛人一样，悬挂着去给岩石钉上铁丝网，再一遍一遍喷上特殊配方的混凝土，既可固定植物种子，也能进一步保土护坡固沙。2018 年项目开工以来，边施工边复绿，复绿面积已超过 25 万平方米。

“超级充电宝”建设带来的不仅是绿水青山的重现，还通过拆迁安置、完善基础设施等举措惠及居民生活，实现经济效益与社会效益的最大化，带动投资和相关产业发展。

明净的乡村小道，靓丽的绿化带，成排的两层小楼……走进河南省洛阳市洛宁县涧口乡鳧池村，蓝天白云掩映下的村镇显得格外秀美。然而，曾经的鳧池村却隐藏在熊耳山深处，多年来仅有一条羊肠小道通向外界。

随着国网河南洛宁抽水蓄能电站的建设，鳧池村村民进行了移民搬迁。工程建设中，电站建设方主动修建周边外延道路，吸收鳧池村村民就业，尽可能地让搬迁群众多得实惠。

“抽水蓄能电站项目给我们村带来了翻天覆地的变化，不仅家家户户都住进了新房子，村里还建起了卫生室，老人就医更方便了。”鳧池村党支部书记吉军委介绍，如今村子已成为洛宁县新农村建设示范和乡村振兴的典型。

加快发展抽水蓄能和新型储能是建设新型能源体系的迫切需求，是保障电力系统安全稳定重要支撑，也是新能源大规模发展的重要保障。国家电网公司表示，将坚持开放发展的理念，加强与各方合作，加快抽水蓄能电站建设，力争 2025 年、2030 年公司经营区抽水蓄能装机分别达到 5000 万千瓦、1 亿千瓦；支持新型储能规模化应用，预计 2030 年公司经营区新型储能装机达到 1 亿千瓦。

三、碳达峰、碳中和

数字化智能化赋能发电企业绿色转型发展

——《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》解读之五

中国电力报 2023.5.9

近日，国家能源局发布《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》（以下简称《意见》），为我国能源及发电行业数字化智能化转型提出明确发展目标与具体实施路径。国家电力投资集团有限公司高度重视数字化工作，在数字化智能化推动绿色转型发展方面开展了诸多良好实践。《意见》的出台，将进一步推动国家电投在绿色转型和高质量发展方面取得突破。

加速能源企业清洁低碳转型

《意见》明确，以数字化智能化技术加速发电清洁低碳转型，为发电企业加快数字化智能化升级明确了方向。国家电投新能源发电装机规模、可再生能源装机规模、光伏发电装机规模位居世界第一，风电装机规模位居世界第二。新能源发电功率预测对经营质量提升具有重要意义。国家电投自主研发的“御风”风功率预测系统，是电力和气象两个专业领域深度融合的一项重要集成创新成果，已实现规模化应用，各项技术指标达到国际先进水平。自主研发的“逐光”光功率预测系统是行业内首个将户用和工商业分布式光伏统一纳入功率预测服务范围的功率预测系统，为集中式光伏电站和分布式光伏电站提供高精度的短期、超短期及中长期功率预测服务，对促进新能源消纳、维护电力系统稳定运行、保证电力企业安全生产具有重要意义。

在水电领域，国家电投率先实现对流域电站的远程集控，首创跨流域大坝群及库区地质灾害的全天候安全监测、全流域水情信息自动预警。在核电领域，国家电投开发建设的核电信息化、数字化系统，有力地支撑了核电产业管理和业务水平的提升。在火电领域，

除常规智能模块外，国家电投还将人工智能应用在大比例掺烧、协调控制、早期预警、状态检修等方面，大大提高了能源利用效率，通过全链条数字电厂建设，有序推动火电绿色转型。

《意见》的出台，将推动国家电投进一步提升新能源和水能功率预测技术的完善升级，加快火电、水电数字化设计建造和智能化升级，积极发挥新型储能灵活调节等作用，在供给侧清洁低碳转型中实现更大作为。

加快需求侧能源综合服务能力提升

《意见》明确，以数字化智能化用能加快能源消费环节节能提效，以新模式新业态促进数字能源生态构建。国家电投在转型发展中，坚持推动从传统发电向用户侧延伸，把用户侧综合智慧能源作为重要发力点、创新点和增长极，积极向智慧城镇、集群楼宇、产业园区及用能终端用户拓展，打造了一批综合智慧能源示范项目。“天枢一号”作为国家电投具有完全自主知识产权的综合智慧能源管控与服务平台，集成了能源预测、调控、运维等9类功能于一体，采用“横向跨界融合、纵向业务贯通”的系统集成，实现能源网、政务网、社群网“三网融合”，打造“天枢云”生态，支撑智慧城市、美丽乡村建设。

数字化智能化技术是促进能源供需有效匹配的关键驱动。国家电投在国内首先提出“雪炭行动”，立足能源消费侧，创新提出发展建设综合智慧零碳电厂，与分布式能源、储能及建筑、交通等能源需求元素相结合，与智能系统相配合，集成调控源、网、荷、储元素，使能源的利用更加清洁、安全与稳定。通过发挥建立在用户侧的优势，综合智慧零碳电厂有效解决传统发电企业“重发、轻供、不管用”的问题。截至目前，国家电投已经有多个综合智慧零碳电厂建成投运，在建项目近40个，有效推动需求侧能源管理水平提升，为保障能源安全注入新动能。

随着数字化智能化新技术、新模式、新业态加速涌现，供给侧与需求侧之间的“能源”与“数据”两大要素正在深度融合。国家电投将把握《意见》出台带来的机遇，发挥专业化优势，进一步提升需求侧能源综合管理水平，以数字化智能化用能推动消费领域节能提效。

强化数据管理推动数据价值发掘

《意见》明确，推动能源数据分类分级管理与共享应用，推动加强数据安全治理，有序推动数据在产业链上下游的共享。数据是能源数字化智能化转型的核心驱动要素，国家电投牵头建设运营的能源工业互联网平台，是工业互联网重大专项工程之一。该平台通过国家引导、行业共享，整合电力行业源、网、荷、储，以及设备制造与工程建设等各个环

节信息，以及各类能源产业链信息，汇聚能源生产、经济、消费、安全等数据，构建可感、可知、可视、可控的数字化平台，培育开放共享的能源工业互联网产业生态，打造“国家智慧能源大脑”。

数据的关联方交叉复杂，不同主体间数据壁垒问题是数据挖掘的关键。国家电投通过建立健全数字化转型体制机制，完善顶层设计，全面推进6类主数据治理，制定主数据管理标准18个，实现主数据统一标准、统一系统、统一源头、统一运维审核。通过持续建设产业数据中台，初步建成全球最大的新能源集团化数字化平台，支撑国家电投开展生产经营管理。

《意见》为打破数据壁垒，推动数据共享，实现数据价值赋能新型能源体系构建提出了实施举措。国家电投将以此为契机，继续发挥产业优势，有序实现数据互通，规范数据使用，为数据便捷应用创造良好条件，严格加强数据安全管控，做数据价值赋能新型能源体系的实践者、引领者。

加快技术突破拓展多元场景试点示范

《意见》明确，推动共性技术突破，推进多元化应用场景试点示范，加强试点示范项目评估管理。能源数字化智能化是个系统工程，需要持续加强自主关键技术的开发，并在试点示范中不断完善。国家电投倾力打造核电软件自主创新之路，牵头承担了国家科技重大专项“核电关键设计软件自主化技术研究”课题，成功研发了我国首套具有自主知识产权的核电关键设计软件“COSINE”，为我国三代核电自主化发展作出了重要贡献，在安全分析、工程设计、模拟仿真、培训教学等领域提供了核电软件支撑，助力我国向核电强国目标迈进。

国家电投发挥创新主体作用，强化与数字化智能化领域头部企业的战略合作，高质量完成天枢体系设计，不断提升天枢云、天枢一号功能建设，以开放构架打破边界，落地场景丰富，可以实现交通、医疗、学校、园区多种应用场景全覆盖，为综合智慧能源多区域、多场景的管理提供统一的解决方案。

国家电投将根据《意见》要求，加大先行先试力度，在推进数字化智能化转型试点和场景示范方面不断探索，开拓智能电厂、新能源及储能并网、智能微网、氢电耦合、电碳数据联动监测、综合能源服务等数字化智能化应用新场景，强化示范试点项目经验总结，推动其在能源转型中发挥实效，为技术创新、模式创新成果全面推广提供支撑。

到 2025 年，围绕基础通用标准以及碳减排、碳清除、碳市场等发展需求，基本建成碳达峰碳中和标准体系

我国“双碳”标准体系建设提速

中国能源报 2023.5.1

国家标准化管理委员会、国家发展和改革委员会等 11 部门近日联合发布的《碳达峰碳中和标准体系建设指南》（以下简称《建设指南》）指出，要加快构建碳达峰碳中和标准体系。到 2025 年，围绕基础通用标准，以及碳减排、碳清除、碳市场等发展需求，基本建成碳达峰碳中和标准体系。

这是继 2022 年 10 月市场监管总局等 9 部门联合发布《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》后，国家层面发布的有关推进“双碳”标准体系建设的又一重磅文件。

当前，在碳达峰碳中和目标背景下，以煤炭、石化、电力等为代表的相关行业正加速推进节能降碳以及低碳清洁能源布局。在业内人士看来，“双碳”标准体系的建设和完善，是支撑我国各行业加速能源转型、推动实现碳达峰碳中和目标的重要前提条件，意义重大。

2025 年实现主要行业标准全覆盖

《建设指南》提出，到 2025 年，制修订不少于 1000 项国家标准和行业标准（包括外文版本），与国际标准一致性程度显著提高，主要行业碳核算核查实现标准全覆盖，重点行业和产品能耗能效标准指标稳步提升。该体系覆盖能源、工业、交通运输、城乡建设、水利、农业农村、居民生活等重点行业和领域碳达峰碳中和工作。

具体来看，在基础通用标准领域，主要涉及碳信息披露、碳监测核算核查等标准，推动解决碳排放数据“怎么算、算得准”的问题。在碳减排标准领域，主要涉及节能、化石能源清洁利用等标准，重点解决碳排放“怎么减”的问题。在碳清除标准领域，主要加快固碳和碳汇、碳捕集利用与封存等标准的研制；在市场化机制标准领域，则要加快制定绿色金融、碳排放交易和生态产品价值等标准。

“做好应对气候变化和‘双碳’工作需要坚实的数据基础，碳排放统计核算体系发挥着对‘双碳’工作提供数据支撑和基础保障的作用。同时，碳排放统计核算涉及社会生产生活各领域和很多行业、很多技术产品，门类非常多，核算方法也是多样的。在这种情况下，我国急需建立完善统一规范的统计核算体系。”生态环境部应对气候变化司司长李高此

前在例行新闻发布会上表示。

全球气候变化智库阿德尔菲咨询公司高级经理陈志斌表示：“怎么计算排放的碳有多少、减的碳有多少，是一件非常需要统一标准的事情。除了基础的碳排放、碳减排标准体系外，《建设指南》也把很多工业的标准纳入碳达峰碳中和框架体系内，让大家有一个统一标准去衡量工作成效。以低碳为抓手，促进整个工业转型升级，是非常有意义的事情。”

让老标准适应“双碳”新形势

据了解，我国国家标准、行业标准、地方标准、团体标准、企业标准等各层级标准中均有一定数量的碳达峰碳中和相关标准。

中国标准化研究院发布的《碳达峰碳中和标准体系建设进展报告》显示，目前，我国在石油、天然气、煤炭、电力等传统能源领域的国家标准共计 900 余项。在现有国家标准中，覆盖计量、能耗限额、能源管理、节能技术评价等节能类国家标准 390 余项，现行强制性能耗限额与能效标准分别为 112 项和 75 项。碳排放领域涉及计量、监测、核算、管理和评估等系列标准，已发布温室气体管理相关 16 项国家标准，正在修订的标准 30 余项。

“实际上，行业内以前有很多老标准现在也都在沿用。但这些标准此前在制定的时候，可能更多地是从节能、环保角度出发的，并没有提升到碳达峰碳中和这个高度。‘双碳’目标提出后，就需要把现行的一些标准重新修订和完善，再增加一些新东西，使其与碳有更紧密的联系。要把这些标准都整合到碳达峰碳中和标准体系中，还有很多工作需要做。”一位不愿具名的某央企相关研究人员表示。

中国标准化研究院院长、党委副书记宿忠民指出：“近年来，我国在节能、碳排放管理、非化石能源利用、化石能源清洁高效低碳利用等领域标准化工作取得了突出成效，并在特高压输变电、智能电网、风电、光伏等方面实现国际标准引领。但与碳达峰碳中和工作的迫切需求相比，‘双碳’标准体系的全面性、协调性、先进性都有待提升，标准与政策衔接、标准有效实施机制、标准国际化水平等还存在不足。”

应注重标准体系间的协调统一

在多位业内人士看来，碳达峰碳中和标准体系涉及的标准众多、覆盖领域广，在建设过程中，应尤其注重各标准之间的统一和协调。

中国石油和化学工业联合会产业发展部节能与低碳发展处专家翁慧在近日举办的石化产业发展大会能源与双碳分论坛上指出：“低碳标准体系推进工作，从生产流程、技术发展、生命周期、产业链条、金融市场等多个维度统筹规划，综合考虑产品、装置、企业、供应链的碳排放特点，也应注重与现有的节能与综合利用、绿色制造等标准体系的协调配

套。”

“立项前，要调研清楚是否存在同类型标准，避免重复或内容相互冲突；有国际通则的，应严格按照通则要求，并统一采用国标通则相关附录数值；标准名称要充分考虑适用范围；及时关注国家标准或国际标准制定情况，体系、内容上下统一。”翁慧表示。

“《建设指南》明确细分了很多领域，但每个领域是否有一个牵头单位来负责整体把控，怎样对行业不同领域进行协调，又由哪个部门负责审核这些信息和标准，这些都是需要考虑的。因为涉及的标准非常多，需要保证标准之间是统一的，不打架、不矛盾，各标准之间的协调，需要整体把控。”上述不愿具名的某央企相关研究人员说。

“目前，可能有多个部门在同一行业都制定了自己的标准，这样就造成在使用时不知道选用哪个标准的问题。部门之间在制定标准时怎么去协调统一，怎么去更新、使用，接下来还需进一步明确。”陈志斌指出，“在标准的国际化方面，现在欧盟通过市场准入、产业政策等积极布局全球的标准制定。中国如何参与国际的标准规则制定，用什么样的途径、怎样去完成这件事情，目前看来挑战还是比较大的。”

坚持降碳减污扩绿增长协同推进

经济日报 2023.5.16

党的二十大报告对“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”作出重要部署，提出“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、节约集约、绿色低碳发展”，为更好统筹生态文明建设和经济社会发展指明了方向。

高质量发展是全面建设社会主义现代化国家的首要任务，推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节，必须充分认识“协同推进降碳、减污、扩绿、增长”在这一过程中的重要意义，既要全面准确认识其内涵要求与内在机理，又要积极探索、主动实践，从实际出发扎实推进，加强体制机制建设，确保取得实效。

协同推进降碳、减污、扩绿、增长，其实质就是要在完整、准确、全面贯彻新发展理念的过程中，形成生态系统与经济系统的相互促进。

就其内涵要求而言，强调降碳、减污、扩绿、增长的协同，就是要求统筹发展和安全，把握好全局和局部、当前和长远、宏观和微观、主要矛盾和次要矛盾、特殊和一般的

关系，在经济社会发展的多重目标中寻求动态平衡，形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式，以实现生态环境保护与经济发展双赢来更好促进经济社会发展全面绿色转型。

就其内在机理而言，降碳、减污、扩绿、增长相互交织、相互作用。降碳、减污、扩绿一体推进，将推动生态环境保护发生广泛而深刻的变革，形成更大合力，倒逼总量减排、源头减排、结构减排，推动产业结构、能源结构、交通运输结构、农业投入结构加快优化调整，实现改善生态环境质量从注重末端治理向更加注重源头预防和源头治理有效传导，牵引经济社会发展全面绿色转型和生态环境质量持续改善。

就其实践路径而言，降碳，重点是从源头上减少污染物排放；减污，重点是提高生态环境质量；扩绿，重点是增强碳汇能力，提升生态系统多样性、稳定性、持续性；增长，主要体现为在生态环境高水平保护的基础上加快绿色转型发展，推动产业结构调整，形成绿色生产生活方式，推动经济实现质的有效提升和量的合理增长。

协同推进降碳、减污、扩绿、增长，需坚持系统观念，做到一体谋划、一体部署、一体推进，构建推动实施的有效机制。

推进降碳，关键在于创造条件全面推动碳排放总量和强度“双控”，形成全社会参与降碳的激励约束体系。这就要求用好碳市场、碳税等手段构建和完善激励约束机制，激发各级政府、企业以及个人的积极性。要不断完善碳交易机制，深入分析碳价格变化与形成规律，设计更加合理的碳定价机制；探索社会碳减排的收益渠道，研究地方低碳试点、地方碳账户、地方碳交易市场等多种渠道实现机制；设计自愿碳减排鼓励机制，增加企业通过自愿碳减排获得收益的机会。

推进减污，关键在于坚持精准治污、科学治污、依法治污。可通过构建政府、企业、社会组织、社会公众共同参与的实施机制，从市场激励约束机制、政府规划引导机制、公众监督机制等方面推动减污降碳。要建立起以企业为主体的环境治理市场激励约束机制，引导企业采取减少污染物排放、加强绿色创新技术研发等一系列环境友好行为。发挥财政政策和货币政策的重要作用，引导减污降碳有序开展，加强环境税相关政策的推进与落实，完善环保补贴政策。同时，进一步提高广大群众对环境治理的主动参与意识。

推进扩绿，关键在于不断提升生态系统多样性、稳定性、持续性。要不断完善资源环境价格机制，根据各类自然资源要素的特点与属性，设计差异化定价机制；形成金融支持机制，根据绿色产业体系的构成及各阶段发展重点，制定支持主要产业发展的投融资机制；形成消费转型机制，重点从绿色消费理念的传播、绿色产品的推广、绿色技术的普及

应用等方面着力促进全社会消费绿色转型。

推进增长，关键在于实现绿色增长、高质量增长，充分发挥我国制度优势、技术潜力和市场活力。要根据绿色技术创新对降碳、减污、扩绿的影响，积极研发和推广节能降碳、清洁能源、资源节约集约循环利用、环境保护、生态保护修复等技术，增强绿色经济竞争力；要大力促进绿色低碳产业发展，积极健全绿色低碳循环发展的生产体系；要完善支持绿色发展的财税、金融、投资、价格政策和标准体系，更好提供保障。

万事万物是相互联系、相互依存的。坚持降碳、减污、扩绿、增长协同推进，关键在于坚持系统观念，在多重目标中寻求动态平衡，将降碳、减污、扩绿、增长纳入生态文明建设整体布局和社会经济发展全局，构建整体协同推进的体制机制，确保全面系统协同推进降碳、减污、扩绿、增长。

深挖甲烷减排利用潜力 助力经济社会绿色低碳转型

中国能源报 2023.5.15

作为结构最简单的碳氢化合物，甲烷广泛存在于天然气、煤矿瓦斯、沼气之中，既是优质燃料，也是制造合成气和许多化工产品的重要原料。在漫长的历史进程中，人类活动产生的甲烷排放量并不大。但工业革命以来，随着煤炭开发、油气开采、垃圾填埋、牲畜养殖、水稻种植等活动大规模开展，甲烷排放出现较快增长，成为温室气体的第二大来源。评估显示，全球人为甲烷排放中，40%来自农业，35%来自能源，20%来自废弃物。甲烷排放持续增加，导致大气中甲烷浓度攀升至创纪录高位，加剧全球气候变暖。2021年，大气中甲烷平均浓度突破1900ppb，达到工业化前水平的2.6倍，为近80万年来最高水平。

甲烷虽然是短寿命温室气体，在大气中的平均停留时间约为10年，排放量不及二氧化碳，但因在相同质量下、20年时间尺度上的全球增温潜势是二氧化碳的86倍，使其成为仅次于二氧化碳的全球气候变暖贡献者。减少甲烷排放可对减缓气候变化起到立竿见影的效果。同时，甲烷本身也是宝贵的清洁燃料，控排、采集、回收甲烷兼具经济、社会、安全等多重效益，具有实现气候、经济双重效益的潜力。

随着气候变化风险加剧，全球气候治理逐渐从注重二氧化碳减排转向全经济领域温室气体低排放发展，甲烷减排紧迫性持续上升。2019年，联合国环境规划署、气候与清洁空

气联盟发起“全球甲烷联盟”，致力于支持设定更具雄心的甲烷减排承诺。2021年，有关国家和组织发起“全球甲烷承诺”倡议，超过100个国家加入。欧盟将“甲烷减排战略”作为《欧洲绿色协议》的组成部分。一些国际油气公司发起成立“油气气候倡议组织”，承诺降低供应链上游甲烷排放强度。

我国是甲烷排放大国。根据我国向联合国机构提交的报告，2014年全国甲烷排放量为5357万吨，约为11亿吨二氧化碳当量，约占温室气体排放总量（不包括土地利用、土地利用变化和林业）的9%、非二氧化碳温室气体排放量的56%，其中煤矿开采产生的甲烷排放占甲烷总排放的46%。近年来，我国不断加强甲烷等温室气体管控，支持煤矿瓦斯回收利用，推动甲烷回收利用及检测，构建水稻丰产与甲烷减排的稻作模式，促进畜禽养殖废弃物资源化利用，强化垃圾回收利用和低碳化处置。一些企业和机构还制定甲烷排放管控行动方案，搭建“中国甲烷论坛”，发起《中国城市燃气企业甲烷控排倡议书》，成立“中国油气企业甲烷控排联盟”，加快推动行业甲烷低排放和高质量发展。

预计未来一段时期内，我国甲烷排放回收、利用、减排挑战与机遇并存。一方面，随着经济发展、城镇化和居民生活水平的提高，甲烷排放仍将较大。同时，甲烷泄露和排放的监测统计核算体系不完善，一些领域甲烷减排技术成熟度较低、推广成本较高，工作机制和激励约束机制不健全。另一方面，经济发展为甲烷减排创造了更好的物质技术基础，甲烷排放控制政策标准体系加快完善，甲烷检测和回收利用路径选择更多、技术加快成熟，低甲烷排放场景更加丰富和多元。

锚定美丽中国建设和碳达峰碳中和目标愿景，应坚持稳中求进的工作总基调，把握好发展与甲烷减排的阶段性和区域性特征，充分考虑甲烷回收、利用、减排的经济可行性和技术可行性，统筹好近期与远期、减排与利用、减排与安全、减排与民生的关系，以能源活动为重点，统筹农业活动和废弃物处理，通过数据管理、工程示范、技术推广，分阶段、有步骤地推进甲烷排放控制，推动甲烷低排放发展，夯实经济社会发展的绿色低碳转型基础，充分释放气候效益和经济效益。

一是建立感知体系。加强能源、农业、废弃物领域基础统计体系，提高甲烷排放核算活动水平数据的覆盖度和精准度。常态化编制国家、省、市温室气体清单，逐步建立长时间序列、多空间维度的甲烷排放数据库。健全细分领域甲烷排放核算方法和指南，加快补齐油气运输和终端消费、污水处理、垃圾处理、种植业、养殖业等领域甲烷排放主体的核算短板。加强甲烷排放及其核算关键参数实测水平，开展高精度甲烷监测评估，推动排放因子实测化、本地化。

二是优化政策支持。加快出台控制甲烷排放的顶层设计文件，明确甲烷减排的优先序、时间表和路线图，有效指导甲烷控制行动。将甲烷减排纳入能源发展、农业农村、生态环保等领域政策体系，研究制定煤层气、农村沼气开发利用和垃圾焚烧发电、畜禽粪污处理等专项扶持政策，完善既有垃圾填埋场、废弃煤矿井、高甲烷排放工业污水处理厂甲烷回收利用支持政策。探索将甲烷排放影响纳入能源发展和生态环保项目环境影响评价体系，推动减排措施调整优化。

三是明确减排路径。加大煤层气勘探开发，探索关闭煤矿的残存煤层气资源开发。严格控制气井火炬排放，推动评价井、边远井试采气天然气回收，开展地面工程集输系统和敞开液面密闭流程改造，推广光纤预警系统、次声波泄漏监测系统和带压补漏、套筒修复等管道修复技术。强化稻田水分灌溉管理，降低水稻单产甲烷排放强度。改进畜禽饲养管理，推广粪污密闭处理、气体收集利用或处理技术。减少原生生活垃圾填埋，逐步消纳存量填埋垃圾。研究推广甲烷低排放污水处理工艺，鼓励食品饮料等行业和园区建设污水厌氧处理产生甲烷的回收利用设施。

四是突出科技支撑。加强甲烷回收利用和减排技术研究，加强关键前沿减排技术攻关。开展甲烷排放检测、监测、核算等技术方法研发。开展低渗煤层气水平井增产措施等煤层气勘探开发技术攻关。选择具有采气、集输、处理等工艺代表性的天然气（页岩气）区块，开展甲烷减排整体技术可行性先期试点。鼓励重点天然气（页岩气）勘探开发企业开展碳排放影响评价。支持甲烷排放检测与控制示范，打造甲烷减排技术集成示范区。

五是强化机制保障。将甲烷减排纳入生态环境保护、碳达峰碳中和工作布局，发挥政府在政策制定、标准统一、机制搭建方面的作用，同时发挥排放企业的减排主体责任，自觉采取减排措施。统筹发展气候投融资和绿色金融、转型金融，加大财政资金对甲烷回收利用和减排工程建设、技术攻关、试点示范等的支持，支持符合条件的甲烷利用项目参加国家温室气体自愿减排交易机制。开展甲烷控制能力建设活动，加强优良实践和适用技术研发推广。

“双碳”背景下如何更好推进挥发性有机物减排

中国环境报 2023.5.15

“挥发性有机物（VOCs）管控水平正处在爬升阶段，目前大部分企业已经解决了治理

设施‘有没有’的问题，但效果‘好不好’仍是当前 VOCs 管控的重点。”5月5日，在生态环境部环境工程评估中心主办的挥发性有机物污染防治技术论坛上，评估中心党委书记、主任谭民强表示。

“VOCs 治理不仅是技术问题，政策性也很强，需要政策和技术同向发力；不仅需要做好规划、管理、标准等制度性工作，也需要落实好每一个治理项目；技术层面不仅需要好的工艺、技术路线，还需要好的装备和运营管理。”南京大学环境规划设计研究院集团股份有限公司总经理陆朝阳说。

本次论坛邀请生态环境管理人员、科研人员、行业专家和企业环境管理人员，就 VOCs 污染防治工作的热点难点问题和管控技术经验展开交流研讨，为推进 VOCs 污染防治工作作出谋划策。

“双碳”战略有利于 VOCs 减排，总体要求再升级

当前，VOCs 污染防治顶层设计日臻完善，管理标准体系日趋健全，但相较 SO₂、NO_x 等传统污染物，VOCs 治理工作仍是大气环境管理的重点和突出短板。

生态环境部大气环境司固定源处处长王凤认为，当前 VOCs 治理在源头控制、污染治理、规范管理、管理能力 4 个方面还不够到位。分析源头控制不到位的原因，王凤说：“除了管理短板和技术上的问题，一些企业在认识上还没有转变，对一些成熟的技术不敢用或是觉得成本高。事实上，有些企业做完源头替代以后，通过全环节、全流程测算核算会发现是节省了成本的。有关应用案例可以在行业内更多地分享和推广。”她指出，应在源头替代、排放控制、监测监控、监督执法、技术创新方面全面加强相关工作。“对于有组织排放管理，部分地区低质低价、简易低效治理设施仍普遍存在，下一步我们还要开展简易低效设施全面排查整治，当然，提升改造过程也不能‘一刀切’要求所有企业建设 RTO（蓄热式热力焚化炉）、RCO（蓄热式催化燃烧设备），应当以适宜为第一位，建设适宜高效的治污设施。”

“双碳”战略与 VOCs 治理的关系一直是业界关心的话题。华南理工大学环境与能源学院院长叶代启分析了“双碳”背景下的 VOCs 治理情景，认为“双碳”政策的实施有利于 VOCs 减排。同一经济发展速度下，2060 年“双碳”情景下 VOCs 减排量比强化减排情景预计增加 42.8 万吨—43.2 万吨。中国环境保护产业协会空气净化委员会秘书长栾志强认为，“双碳”战略和减污降碳目标对 VOCs 污染源的排放管控、治理过程与治理工艺选择都将产生重要影响。在 VOCs 治理项目层面上，进行治理工艺选择时就需要对碳排放进行核算，在治理效率提升和碳排放之间寻求平衡点。

技术、机制同发力，区域园区管控更精细

推进涉 VOCs 产业集群治理提升，是 VOCs 污染治理达标行动的要求之一，推进工业园区和产业集群 VOCs 污染源的精细化管控和深度治理需要探索和积累有效经验。

上海市环境科学研究院高级工程师张钢锋介绍说，针对化工园区 VOCs 污染企业集中度高、源强位置相对分散、污染问题错综复杂等众多特点，上海市化工园区在以往 VOCs 综合治理的基础上，采取更加精细化的思路和方法，做好 VOCs 源头和过程管控。例如，采用高效密封呼吸阀、快速干式接头、自动密闭采样等配件设备，做好呼吸阀、装卸连接、采样过程的无组织逸散管控。总结上海市十多年来 VOCs 污染防治从无到有、从有到全的成功经验，张钢锋说：“技术和机制要同时发力。技术和产品是工具，要实现好的治理效果，怎样使用工具非常重要，而机制能让好的工具通过合理的设计更好地发挥作用。”

在城市层面，青岛欧赛斯环境与安全技术有限公司高级工程师段潍超关注到“城市型炼厂”问题。因城市规模不断扩大并逐步向周边拓展，建厂之初远离城区或位于城市边缘的炼化企业逐渐融入城市，出现“城围炼厂”现象。其生产过程中存在的安全和环境风险引起政府、媒体及周边居民的高度关注。“‘城市型炼厂’达标排放只是基本要求，需进一步提升安全、环保绩效，降低对环境敏感区域的影响。”段潍超分析了整体搬迁和就地提升两种“城市型炼厂”发展模式的优势劣势和实现路径。他认为，VOCs 全过程精细化管控是 VOCs 减排的必由之路，需要企业各部门、各专业共同推进，并与节能减排、减污降碳、绿色发展相协同。

减排利民有“技”可施，行业企业创新空间大

VOCs 污染防治具有鲜明的行业特点。除了 VOCs 污染防治相对成熟的石化等重点行业，与会专家还关注了原料药、木质家具等行业企业的 VOCs 污染防治问题。其中，铸造等产生恶臭异味物质的行业企业 VOCs 污染问题被多次提及。

恶臭污染为何成为典型的扰民污染？浙江省环境科技有限公司高级工程师朱剑秋解释说，VOCs 与异味污染物质高度同源，而异味污染既是一种常见的大气环境污染，又以人的嗅觉感知为判断标准，具有阵发性、瞬时性的特点。恶臭感觉取决于瞬间的臭气浓度波动峰值，而不是长时间平均值。“嗅觉刺激只需要 1 次呼吸就足够了，时间大概只有 0.5 秒—5 秒。但实践中，大多数大气扩散模拟预测和监测模式都低估了恶臭的影响。部分恶臭污染物嗅阈值极低，意味着异味的消除难度远高于 VOCs 排放标准。国标+民标，是基层恶臭污染治理的无奈之举和创新举措。”朱剑秋认为，大风量、低浓度废气往往存在“达标性污染”，且治理和管理存在难度，不能采用常规的治理模式，必须兼顾节能降碳减污和环

境影响可接受性的多目标最优化。

针对产生异味物质的不同行业的特点，生态环境部南京环境科学研究所研究员王娜介绍了南京所异味物质污染治理技术和实践。比如，在铸造行业，团队基于异味物质情况摸排、源强计算、精准溯源分析，自主开发工艺设备，初步构建了铸造行业异味溯源—中试试验—示范工程—效果评估全链条的成套技术体系。

论坛现场，挥发性有机物污染防治技术联合研究中心正式成立。联合研究中心由环境工程评估中心牵头联合 6 家单位共同组建，将打造 VOCs 污染防治领域新型共性技术服务平台，为政府、企业和社会提供更多 VOCs 污染防治领域的技术和智力服务。

自然资源部发布蓝碳系列技术规程

发挥海洋固碳作用，助力实现“双碳”目标

中国自然资源报 2023.5.17

5月13日，自然资源部办公厅印发实施6项蓝碳系列技术规程，对红树林、滨海盐沼和海草床三类蓝碳生态系统碳储量调查评估、碳汇计量监测的方法和技术要求作出规范，用于指导蓝碳生态系统调查监测业务工作。

2021年，自然资源部海洋预警监测司启动了蓝碳生态系统碳储量调查试点工作，在充分衔接国际相关标准的基础上，同步编制印发了红树林、滨海盐沼和海草床三类蓝碳生态系统碳储量调查与评估技术规程试行稿。经过一年多的试行，在充分验证了方法可行性的基础上，编制组结合实践并广泛听取各部门、各地方意见后，修订了试行稿，形成了印发稿。

2022年，随着蓝碳试点工作的深入开展，自然资源部海洋预警监测司启动了蓝碳生态系统碳汇监测试点工作，历时近两年编制完成了红树林、滨海盐沼、海草床碳汇计量监测技术规程（试行），并在黄河口、曹妃甸等我国蓝碳生态系统重要分布区域进行了试点方法验证。

蓝碳系列技术规程在充分吸收联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）推荐的方法学等国际标准的基础上，立足我国国情，对三类蓝碳生态系统的调查内容、碳储量计算、碳汇计量监测方法等提出了明确要求，填补了蓝碳生态系统业务化调查监测技术规程的空白，对于摸清我国蓝碳生态系统碳储量本底和碳汇潜力，充分发挥海洋的固碳作用，助力

实现“双碳”目标等具有重要意义。

城市能源低碳转型还面临三重挑战

中国能源报 2023.5.29

当前，我国城市能源消费量占一次能源消费总量比重较高。同时，由于城镇化率快速提升，近年来能源消费增量主要由城市贡献。所以，减少城市温室气体排放对我国实现碳达峰碳中和目标具有决定性作用。不过，业内专家认为，城市能源低碳转型仍面临多重挑战。

挑战一：城镇化拉动能源需求增长

在业内人士看来，随着城市规模扩大和经济发展，城市能源需求将稳步增长。目前城市能源消费量占我国一次能源消费总量的70%-80%，城市地区人均能耗、单位建筑面积能耗是农村地区的数倍。

“城市碳排放量约占全球总排放量的75%，城市是承载碳排放的主要空间形式，具有碳排放管理集约高效等特点。”住房和城乡建设部原副部长、中国城市科学学会理事长仇保兴在近日召开的“2023中国城市碳达峰碳中和论坛”上提出，长期以来，我国农村地区的人口、技术、资金等生产要素源源不断地单向流入城市。实施以城市为主体的碳达峰碳中和战略，有利于发挥中心城市的辐射带动作用，促进新技术新业态新模式发展，促进各城市因地制宜探索碳达峰碳中和实施路径。

国家电网有限公司副总工程师兼国网能源研究院党委书记、执行董事（院长）欧阳昌裕也表示，我国城镇化发展较快，去年城镇化率已达65%以上，城市能源消费在我国能源消费总量中的占比达88%，碳排放比重也达到85%，而且总量尚未达峰，是实现碳达峰碳中和与能源革命的主战场。

国网能源研究院发布的《城市能源“碳达峰碳中和”蓝皮书》（以下简称“蓝皮书”）指出，我国城市碳排放总量高、强度大，随着城市人口及经济平稳增长，用能需求在一段时间内仍将保持上涨趋势，受产业发展惯性以及资源禀赋等因素影响，以煤为主的能源结构短期内无法改变，城市减排任务艰巨。近年来，我国大气污染物末端治理工作取得显著成效，然而碳捕集、封存及利用等碳减排核心技术仍未成熟，碳减排缺乏最直接、有效、经济的技术手段。

对此，业内人士普遍认为，碳排放与城市能源结构调整以及产业结构升级的耦合度更高，如何在保持城市稳步发展的同时，实现能源深度减排进而实现经济效益与生态效益相统一，是当前城市发展面临的重大命题。

挑战二：大部分城市内部能源资源禀赋不足

在中国能源研究会智慧能源与产业零碳化发展专委会秘书长鲁刚看来，我国大部分城市能源资源供需矛盾较为突出，绝大部分能源需要从城市外部输入。我国城市能源消费在空间分布上呈现出明显的集聚特征，城市能源消费集中在东部沿海发达地区和区域中心城市，特别是以长三角、珠三角、京津冀为代表的大型城市群能源消费高度集中。由于城市内部能源资源禀赋不足，能源需求缺口较大。

业内人士认为，“双碳”目标下，亟须提升城市能源消费的清洁化、电气化水平，推动能源结构优化、能效升级。能源资源输入型城市的核心问题是解决清洁低碳、安全高效的现代城市能源体系建设问题。由于城市间存在较大差异，能源转型路径、节奏、特色均会不同。未来城市能源低碳转型需提升能源储备能力，发展城市本地可再生能源，提高本地能源供给率，推动多种能源优势互补、梯级利用，实现能源“从远方来”与“从身边来”相得益彰。

挑战三：多种能源协同机制尚未形成

据了解，目前，我国城市各能源系统独立运行，存在偶尔协调不足的情况。城市能源系统主要包括电力系统、燃气系统和供热系统，在规划与运行层面需要综合统筹考虑不同能源子系统之间的互补互济，实现经济、环境、能源利用效率提升等综合效益。当前，我国城市能源规划与管理仍主要以条块分割、各自为政为主，尚存较大优化空间。

蓝皮书也显示，目前行业内市场壁垒、信息壁垒还比较严重，资源得不到最大化综合利用。能源基础设施建设缺乏系统规划和建设，相关供能主体普遍希望占据新增用能市场，存在相互掣肘现象。各行业之间数据壁垒严重，缺乏数据共享和协同治理机制，能量流和数据流的融合面临较大挑战。

谈及如何系统科学谋划城市碳达峰碳中和，中国能源研究会理事长史玉波表示，一要整体统筹城市发展，科学制定城市自身碳达峰碳中和行动方案与路线，尊重城市自身发展规律与差异，有序推动城市科学、持续降碳。二要统筹城市产业科学转型与升级，系统谋划城市产业低碳发展的近期与中长期战略，积极推动高碳产业脱碳改造，加快低碳零碳产业培育与布局。三是统筹城市能源系统发展规划，高度重视城市低碳零碳能源系统的先锋引领作用，科学谋划城市零碳能源共享共用机制。

欧阳昌裕认为，城市具有高度聚合创新不同元素的突出优势，有序推动能源系统的清洁、低碳、安全、高效，城市应承担起能源创新的使命和责任。从城市与能源协同角度出发，面向能源转型出现的新特征新变化，城市最有可能实现各类型灵活性资源聚合，实现系统分而治之的局部平衡，进而实现低投入高产出能源系统的构建，满足规划建设新型能源体系和新型电力系统的多种需求。

加快“双碳”标准体系建设

国家电网报 2023.5.16

当前，我国积极稳妥推进碳达峰碳中和，正在经济社会各领域掀起一场系统性的绿色变革。作为一项基础性工作，对不同领域、不同行业、不同门类及技术产品开展碳核算，如何算准数据？推动节能降碳与清洁能源利用，如何计算排放的碳有多少、减的碳有多少？回答这些问题离不开标准的统一。国家标准委等 11 部门近日联合发布《碳达峰碳中和标准体系建设指南》，进一步细化了标准体系，明确了标准化的工作重点。

据统计，当前直接支撑“双碳”的国家标准有 1800 余项，行业标准有 2300 余项，涉及碳排放核算核查、节能、非化石能源、新型电力系统、化石能源清洁利用、资源循环利用、碳汇等多个方面，为淘汰落后产能、节能审查、差别电价、碳排放权交易等政策实施提供了有力支撑。然而与实现“双碳”目标的需求相比，“双碳”标准化工作还存在不小差距。例如，标准的领域和范围还需进一步扩大，标准的数量和质量都需提高，协调推进力度也要加大。

实现“双碳”目标亟需构建结构合理、层次分明、适应经济社会高质量发展的“双碳”标准体系。《建设指南》助力能源、工业、交通运输、城乡建设、农业农村、林业草原、金融、公共机构、居民生活等重点行业和领域实现绿色低碳发展，这一举措及时补位，对实现资源高效利用、能源绿色低碳发展、产业结构深度调整意义重大。

《建设指南》绘制了未来 3 年“双碳”标准制修订工作的“施工图”。即到 2025 年，制修订不少于 1000 项国家标准和行业标准（包括外文版本），与国际标准一致性程度显著提高，主要行业碳核算核查实现标准全覆盖，重点行业和产品能耗能效标准指标稳步提升。对此，必须清醒看到，相较于提出目标，有效实施更为关键。应坚持统筹协调，强化任务落实，组织各行业协会、标准化技术委员会等按照标准体系建设内容加快推进，确保

“施工图”落地见效，为支撑我国各行业加速能源转型、推动实现碳达峰碳中和目标作出基础性贡献。

高质量推进国家水网建设 助力“双碳”目标实现

中国能源报 2023.5.29

践行“双碳”目标，是立足新发展阶段、推动国家水网高质量发展的必由之路。今年以来，我国以“联网、补网、强链”为重点，水利投资持续发力，国家水网加快构建。面对新任务新要求，国家水网建设如何通过探索“双碳”实施路径，同时实现绿色、安全、经济的三重协同，落实高质量发展，成为值得探讨的话题。

我国水资源时空分布不均，引调水工程是解决这一难题的重要举措。作为国家水网的主骨架和大动脉，南水北调工程是世界上建设规模最大、供水规模最大、调水距离最长、受益人口最多的调水工程，工程分东、中、西三条线路，从长江下游、中游和上游向北方调水，连通长江、淮河、黄河、海河四大流域，形成我国“四横三纵”为主体的国家水网主骨架，南北调配、东西互济的水资源配置新格局。东、中线一期工程分别于2013年、2014年建成通水，截至目前累计调水量已超600亿立方米，直接受益人口超过1.5亿。

当前，南水北调工程碳排放主要是已建成的东、中线一期工程运行中发生的能源消耗对应的碳排放量，碳排放结构以电力消耗对应的碳排放为主，燃油等其他能源消耗碳排放占比较低。南水北调东线一期工程需要通过13个梯级、共34座泵站逐级提水，工程全线总扬程65米，共安装水泵160台，装机总功率达到36.62万千瓦，能耗及碳排放强度相对较高；南水北调中线一期工程除惠南庄泵站外，基本可实现全程自流供水，电耗主要来自惠南庄泵站，以及全线沿途13座开关站。按照目前全国总调水量647.9亿立方米测算，调水行业年碳排放量约为392万吨。根据有关研究，我国当前二氧化碳年排放量约为100亿吨，调水行业年碳排放量占比约为0.04%，占比总体不大。

虽然碳排放整体占比不大，但应该看到，国家水网重大工程建设对增强我国水资源统筹调配能力、供水保障能力和战略储备能力，意义十分重大，并且具有缩减碳源、提高碳汇的天然优势。为此，应围绕“双碳”目标，研究调水工程建设和运行阶段的碳排放管理，“一企一策”制定碳达峰行动方案。以南水北调工程为例，建议国家水网建设在推进“双碳”目标方面重点关注以下几个方面：

一是将“双碳”理念融入国家水网建设全过程。在持续推进南水北调后续工程高质量发展过程中，从工程规划设计到建设运营，坚定不移贯彻绿色低碳发展理念。全面加强南水北调工程水源区和沿线地区生态环境保护，科学布局与优化调水线路、在试验探索的基础上合理确定总体调水规模、精准把握调水时序，充分发挥南水北调工程为沿线地区补水润心的生态效应，促进区域生态环境改善，打造绿色调水、生态工程、绿色行业的靓丽名片。

二是以完善体制机制推进绿色低碳管理。持续深入加强绿色低碳发展制度建设，建立“双碳”信息平台，动态监测能源消耗和碳排放，实现能源能耗和碳排放指标可监测、可报告、可核查；加强对“双碳”工作的统筹部署，确保主要目标、重点任务和工程可落实可执行；统筹碳达峰碳中和行动方案的监督考核责任，逐步由能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变。

三是以节水优先战略助力节水节能降碳。减少水资源消耗，对减少引调水的碳排放具有重要意义和显著效益。在高质量统筹调水和节水的前提下，坚持节水优先，将节水作为受水区的根本出路，在南水北调后续工程规划论证中加强节水评估，不断提高水资源集约节约利用水平。坚持源头减碳，减少能源资源使用量，大力推广使用绿色节能设施、器具和技术，打造绿色水利泵站和“零碳”站房。

四是以创新模式探索清洁能源替代与新能源开发。积极探索调水与新能源优势互补、相得益彰、高质量差异化发展的机会。在开展水利工程前期工作和规划论证的同时，结合沿线地区丰富的水风光资源，科学谋划新能源项目。同时，积极主动推进既有工程的能源消耗绿色低碳转型，基于已建成的引调水工程能源消费和生产情况，因地制宜推动风能、太阳能等清洁能源替代。按照先易后难、先小后大，整体开发、分散实施的原则，重点推进我国已规划实施的南水北调东、中线工程沿线和国家水网沿线光伏发电、风力发电、抽水储能等新能源项目开发，助力绿色低碳调水。

五是以建设生态水利助力生态保护与修复。通过采取水源置换、生态补水等综合措施，最大限度发挥南水北调工程的生态效益，保障沿线河湖的生态安全。同时，积极探索建立政府主导、企业参与、社会监督、多方配合的治污工作新模式，强化水源区和工程沿线水资源保护，持续进行后续工程环境影响评价，处理好发展与保护、利用与修复的关系，确保生态安全与可持续发展。

六是以绿色供应链管理降低调水工程生命周期碳排放。通过制定物资绿色采购标准，综合考虑节能、节水、环保、循环、低碳、再生等因素，参考相关国家标准、行业标准或

团体标准制定绿色产品清单，进而促进采购向清单内产品倾斜，并加大绿色产品推广力度。加强绿色低碳供应商管理，将低污染低能耗作为建立供应商库的重要考核指标，引导产业链上下游供应商进行绿色低碳转型升级。

七是以科技创新和人才队伍建设推进减排。加快推进已建工程的智能化改造和数字化转型升级，统筹推进后续工程和数字孪生工程的同步设计、建设和运行，加快谋划水网调度和大数据中心建设。积极承担国家绿色低碳重大科技项目，借助公募 REITs、国家低碳转型基金和绿色低碳产业投资基金等基础设施综合金融支持，发展绿色低碳示范工程，助力绿色低碳转型。加快建设绿色低碳专业技术队伍，鼓励校企合作联合培养，探索符合绿色发展要求的人才培养模式。

我国 CCUS 项目建设取得新进展

建成后将成为国内最大碳捕集利用与封存全产业链示范基地

中国能源报 2023.5.29

我国 CCUS（二氧化碳捕集、利用与封存）领域又传来好消息。近日，宁夏 300 万吨/年 CCUS 示范项目在宁东能源化工基地全面开工建设。该项目在全球首次实现现代煤化工和大型油气田开采之间的绿色减碳合作，建成后将成为我国最大的碳捕集利用与封存全产业链示范基地。

在业内看来，该项目的实施为现代煤化工行业低碳化发展作出有益探索，同时为我国大规模开展 CCUS 项目建设，实现末端减碳提供可复制、可推广的市场化积累实践经验，可有效助力我国实现碳达峰碳中和目标和绿色高质量发展。

现代煤化工牵手大型油气田

据了解，宁夏 300 万吨/年 CCUS 示范项目是由国家能源集团宁夏煤业有限公司负责的“宁东基地碳源捕集工程”和中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司负责的“长庆油区（宁夏）驱油封存工程”两部分组成。工程将全球单套装置规模最大的现代煤化工 400 万吨/年煤炭间接液化项目排放的二氧化碳气体捕集后，由国内最大的油气生产基地长庆油田进行驱油封存。建成投产后，每年可减排二氧化碳 300 万吨，30 年运营期内，累计注入二氧化碳 7450 万吨，累计增油 1700 万吨以上。

项目共包括 300 万吨/年二氧化碳捕集工程、300 万吨/年二氧化碳长输管道、250 万吨/

年 CCUS-EOR（二氧化碳捕集、驱油与封存）和 50 万吨/年 CCS（二氧化碳捕集与封存），按照“一次规划、分期建设”的原则分三期实施，总投资约 102 亿元。目前，一期项目已开工，主要建设 50 万吨/年二氧化碳捕集液化工程、40 万吨/年二氧化碳驱油封存工程和 10 万吨/年二氧化碳煤矿井下综合利用工程，总投资约 13.7 亿元，计划 2024 年建成投运。

宁东能源化工基地是国家重要的能源化工基地和现代煤化工产业基地，煤化工项目集中，具有二氧化碳排放大、来源足、浓度高、易捕集的特点。以国能宁煤 400 万吨煤制油项目为例，项目二氧化碳排放 2490 万吨/年，其中易于捕集的 98.5%以上浓度二氧化碳排放 1245 万吨/年，具有十分优越的碳源条件。

“以前用于油田驱油的二氧化碳也有来自煤化工排放的，但一般都是通过中间单位购买后再进行驱油封存，这个项目是首次大型煤化工企业和油田企业直接合作。”新疆敦华绿碳技术股份有限公司董事长徐玉兵表示，“和煤电厂等排放的二氧化碳相比，煤化工排放的二氧化碳浓度高，可达 90%以上，因此捕集成本低，且经济性较好。”

“最为现实有效可行的减排技术”

据了解，CCS 是将二氧化碳从工业排放源中捕集分离后直接加以地质封存，以实现减排的工业过程。CCUS 则是在 CCS 基础上增加碳利用过程，延展碳产业链条，更具商业价值。目前，二氧化碳利用主要包括地质利用、化工利用和生物利用三大类。

根据国际能源署（IEA）的预测，全球利用 CCUS/CCS 减碳将在 2030 年、2035 年、2050 年分别达 16 亿吨、40 亿吨和 76 亿吨，分别占 2020 年全球碳排放总量的 4.7%、11.8% 和 22.4%。

数据显示，截至 2020 年，全球大型二氧化碳捕集埋存项目共 28 个，年二氧化碳捕集能力 3816 万吨，其中 22 个 CCUS-EOR 项目年捕集能力 2926 万吨，占比 77%，是目前主要的埋存减碳方式。

“CCUS-EOR 是目前最为现实有效可行的二氧化碳减排技术，通过捕集-运输-驱油-埋存减排增效，可形成潜力巨大的新型产业链价值链和产业集群，有效支撑化石能源企业绿色低碳持续发展，为国家能源安全转型过渡和双碳目标实现做出重大贡献。”中国工程院院士袁士义此前在第七届碳捕集利用与封存国际论坛上指出。

徐玉兵也表示：“目前全世界公认二氧化碳用于驱油、封存是 CCUS 最有效的技术途径。二氧化碳用于驱油能够提高原油采收率 10-20%，目前能够看到有收益的，只有 EOR 有可能实现。其他的利用方式，技术并不成熟，经济性也相对较差。”

新产业培育发展潜力巨大

目前，全球 CCUS-EOR 项目主要集中在北美。上世纪 90 年代，美国 CCUS 产业链技术配套逐渐成熟，工业化应用持续快速扩大，并形成较为完整的技术标准体系和产业链。

在我国，中石油自 1960 年代开始探索，形成较为完整的陆相油藏 CCUS-EOR 技术和标准系列，持续引领产业发展。2022 年中石油年注入二氧化碳超 110 万吨，CCUS 进入工业化示范应用新阶段。中石化也开展了多种油藏类型二氧化碳驱油提高采收率技术攻关，取得明显的效果。

“利用石油企业的资源与产业优势，与碳排放企业联合，CCUS-EOR 规模化经济有效驱油和埋存二氧化碳有望实现商业化运行，可形成新兴碳产业。”袁士义指出，“以中石油为例测算，仅低渗透油田 CCUS-EOR 就可增加可采储量 11.1 亿吨，开发价值潜力 2.8 万亿元以上，同时具有巨大的碳埋存减排价值。”

在袁士义看来，CCUS 全产业链新产业培育及发展潜力巨大，但需要在观念、规划、技术、政策等方面配套推进。“我国 CCUS-EOR 矿场试验取得了重大突破，正处于工业化示范和规模产业应用阶段，但在捕集、输送、驱油与埋存等各环节仍需进一步攻关完善。首先需要解决大量中低浓度二氧化碳排放源低成本捕集问题，这制约着 CCUS 规模应用；运输环节中，车载运输方式成本高，大规模超临界长距离管道输送方面缺乏经验；驱油则需要进一步提高驱油效率和效益，加大应用规模。”

徐玉兵则建议，应建立国企、民营企业间的合作机制。“目前最根本的问题还是相关的项目实践不足，缺乏创新机制，落地的项目较少。主要的资源都掌握在国有企业手里，许多有创新能力的民营企业也需要参与进来，建立相互合作的机制，才能有效激发活力。”

加速绿色低碳技术产业化

经济日报 2023.5.31

2023 年中关村论坛平行论坛——“第二届碳达峰碳中和科技论坛”于 5 月 27 日在京举办。本届论坛邀请了 12 位国内外“双碳”领域院士专家，围绕“能源关键科技发展创新”话题开展深入交流。

专家们达成共识，要探索能源革命与产业绿色转型升级的技术路径，促进科研院所、高等院校、行业企业等各类创新主体开展多学科跨领域交叉融合，打通创新链和产业链，

齐心协力加速推进绿色低碳技术产业化。

中国科学院院士詹文龙表示，核能将有效助力实现“双碳”目标，并有望成为未来我国电力系统的基荷能源。核能作为一种低碳的清洁能源，相比风能、氢能等其他可再生能源，最显著的优势是稳定性强、功率密度高、经济性好。利用好核能，在实现“双碳”目标的过程中至关重要。我国描绘的2060年碳中和图景中，核能有望成为电力系统的基荷能源。

人类历史上的三次工业革命，从一开始蒸汽机的发明，到迈入电气化时代，再到后来原子能技术的诞生和应用，始终与能源密切相关。“第四次工业革命仍将以能源为主导。目前，在储能、光伏、加速器驱动核能、量子信息、电动汽车等领域，我国均处于国际先进水平。随着近年来整体科研环境的改善和科研投入的增加，我国未来的科技发展速度和效能将进一步提升。”詹文龙说。

除电力外，钢铁在我国所有行业中碳排放量最大，约占所有工业碳排放量的30%以上。“实现‘双碳’目标首先需要能源革命，而在工业化过程中，钢铁产业也对碳排放产生巨大影响。”中国科学院过程工程研究所副所长朱庆山表示，钢铁超低碳技术的发展对于实现“双碳”目标具有非常重要的意义。我国钢铁工业低碳发展的路径日渐明晰。一方面，需要坚持传统的减碳方式，要降低对粗钢的需求，并积极利用废钢生产钢铁产品。另一方面，还应发展和采用“氢冶金”“电冶金”等超低碳炼铁技术减碳。

中国科学院副院长、党组副书记阴和俊介绍，中科院充分发挥国家高端科技智库作用，提出“发电端”“消费端”“固碳端”的“三端发力”路线图和技术研发体系。系统谋划一体推进，启动实施“中科院科技支撑碳达峰碳中和战略行动计划”。立足科技创新使命，产出了50万吨煤制乙醇、百兆瓦大规模储能、二氧化碳制淀粉和液体燃料等一批重大原创成果。未来，中科院愿与各方一道精诚合作，为保障国家能源安全和“双碳”目标的实现作出国家战略科技力量新的更大贡献。

科学技术部副部长张雨东认为，科技创新是保障我国经济社会高质量发展和碳达峰碳中和目标同时实现的关键。科技部联合国家发展改革委等9部门编制发布《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030年）》，会同28个部门建立部际协调机制和国家碳中和科技专家委员会，组织实施“可再生能源技术”等一批领域重点专项。

下一步，科技部将从3个方面推进碳达峰碳中和科技创新工作。一是统筹协调相关部门以及地方进行低碳科技创新部署，建立碳达峰碳中和科技创新监测评价机制，促进各方面力量形成合力。二是营造适宜碳达峰碳中和科技发展的创新环境，加大对低碳技术知识

产权的保护力度，加强低碳科普。三是加强科技成果转移转化和产业化，形成促进经济社会低碳发展的新动能。

在新时代新形势下，科技创新已成为引领能源发展的第一动力。国家能源局总工程师向海平表示，要坚持创新在我国能源发展全局中的核心地位，强化能源领域国家战略科技力量，优化配置创新资源，提升国家能源创新体系整体效能。要以绿色低碳、安全高效为方向，加快推进能源技术革命，建立健全支持能源绿色低碳技术创新的政策措施，进一步补短板、强弱项、固根基、扬优势，构筑支撑能源科技高水平自立自强的体制机制。

北京作为首都，在市场机制、先行先试、区域协同、国际合作等方面优势突出，已经形成较为完善的“双碳”工作落实机制，开展了卓有成效的探索实践，绿色低碳科技支撑路径正逐步强化。北京市人大常委会副主任、秘书长于军表示，未来5年到10年，将围绕“双碳”关键核心技术攻关、“双碳”科技成果转化和示范应用等方面推动相关工作，让绿色低碳成为首都发展的关键动能。

四、生物质能、环保工程（污水）

“木霉菌+木薯皮渣”发酵机制

科技日报 2023.5.11

近日，海南大学植物保护学院刘铜团队揭示了木霉菌降解木薯皮渣的发酵机制。相关研究成果日前发表在国际权威学术期刊《工业作物和产品》上。

木霉菌是一种重要的生防真菌，经济高效的发酵原料是大规模生产木霉孢子粉的基础。团队有关负责人介绍，团队前期在从椰子壳、香蕉假茎、木薯皮、甘蔗渣、菠萝皮5种农业废弃物中筛选适合生产木霉菌的发酵基质时发现，木霉菌在木薯皮渣上菌丝生长最快，孢子产量最高。

在先前的研究中，团队发现木霉菌 T069 可利用木薯皮渣固体发酵产生高含量的木霉孢子粉，其可用于植物病害的防治，但是科研人员对该固体发酵过程的机制并不清楚。

在此次研究木霉菌降解木薯皮渣的机制时，为将木霉菌的水解酶系统与木薯皮渣的降解程度建立联系，团队测定了整个发酵过程中木霉菌胞外蛋白质组、木薯皮降解程度以及分解后糖类种类浓度的变化，来联合解释这一动态降解过程。

团队发现，木霉菌 T069 在发酵早期以产生半纤维素酶、木质素降解酶和果胶酶为

主，后期产生淀粉酶和纤维素酶，这些水解酶与木薯皮渣相互作用，使得木薯皮渣的主要成分被降解成低聚寡糖。研究还发现木霉菌 T069 在发酵过程中产生了丰富的碳水化合物水解酶和有趣的糖转化方式。

目前，该团队正在开展木霉菌伴侣型、多元共生型和不同功能型的微生物制剂研发工作，推广“利用农业废弃物生产微生物制剂的微工厂”新模式，推动我国绿色农业的发展。

低温下分解塑料的微生物发现

科技日报 2023.5.12

据发表于最新一期《微生物学前沿》杂志的论文，瑞士联邦森林、雪与景观研究所（WSL）的科学家在阿尔卑斯山和北极发现了能在低温下分解塑料的微生物。

论文第一作者、WSL 客座科学家乔尔·鲁提称，研究表明，从高山和北极土壤的“塑料球”中获得的新型微生物类群能够在 15°C 下分解可生物降解的塑料，这些生物可帮助降低塑料回收过程的成本和环境负担。

研究人员在格陵兰岛、斯瓦尔巴特群岛和瑞士对 19 种细菌和 15 种真菌进行了采样，这些细菌和真菌生长在自由放置或故意掩埋的塑料上，这些塑料在地里保存了一年。

研究人员让分离的微生物在实验室黑暗的 15°C 环境中以单菌株形式生长，并使用分子技术对它们进行鉴定。结果表明，细菌属于放线菌门和变形杆菌门的 13 个属，真菌属于子囊菌门和毛霉菌门的 10 个属。

然后，他们筛选每个菌株分解不同塑料的能力，这些塑料分别是不可生物降解的聚乙烯（PE）和可生物降解的聚酯—聚氨酯（PUR），以及可生物降解混合物聚己二酸对苯二甲酸丁二醇酯（PBAT）和聚乳酸（PLA）的无菌样品。

结果发现，这些菌株都不能分解 PE。但有 19 株（56%）菌株能够在 15°C 下分解 PUR，其中包括 11 株真菌和 8 株细菌，而 14 株真菌和 3 株细菌能够分解 PBAT 和 PLA 的塑料混合物。核磁共振和基于荧光的分析证实，这些菌株能够将 PBAT 和 PLA 聚合物分解成更小的分子。

研究人员表示，很大一部分测试菌株能够降解至少一种测试塑料，表现最好的是 *Neodermis* 和 *Lachnellula* 属中的两种未表征的真菌物种。

餐厨垃圾里“长出”生物降解材料

科技日报 2023.5.11

研究人员通过改造嗜盐菌，可以让其在质量不稳定、不可灭菌的餐厨废弃物水解物中生长，从而生产出可以完全降解的新型生物材料聚β-羟基丁酸酯。

随着塑料消费量的逐年提高，各国陆续出台禁塑令或限塑令，生物可降解塑料已成为热门研究和产业化方向。据悉，清华大学联合北京微构工场生物技术有限公司（以下简称微构工场）、诺维信（中国）生物技术有限公司等通过改造嗜盐菌，可以让其在质量不稳定、不可灭菌的餐厨废弃物水解物中生长，从而生产出聚β-羟基丁酸酯（PHB），这证明了用餐厨废弃物作为碳源，替代部分葡萄糖作为发酵底物或饲料生产生物降解材料的可行性。相关研究成果日前发表在《生物工程与应用微生物》上。

PHB 是聚羟基脂肪酸酯（PHA）的一种。包括 PHB 在内的 PHA，是一系列由微生物合成的天然高分子聚合物，能够在有氧和无氧条件下实现生物降解，是可以完全降解的新型生物材料，也是完全由生物合成的碳中和生物降解材料。目前，我国已走在全球 PHA 产业化的前列，规划产能超过 10 万吨。

丰富餐厨废弃物的资源化利用方式

“与传统的垃圾填埋、焚烧处理方式不同，餐厨废弃物资源化利用方式有 3 种，即高值化利用、能源化利用和肥料化利用。”同济大学生态文明与循环经济研究所所长杜欢政教授说。

高值化利用是指用餐厨废弃物来养虫子，再把虫子作为饲料来喂养鸡、鸭等动物。即通过餐厨废弃物，把动植物蛋白转换成昆虫蛋白，再转为动物蛋白。“高值化利用既可以增加蛋白来源，又可以解决废弃物的资源化问题。”杜欢政说。

能源化利用是指餐厨废弃物通过厌氧发酵，产生沼气用以发电或烹饪等；肥料化利用是指通过堆肥的方式，把餐厨废弃物转化成有机肥料。

而用餐厨废弃物来生产生物降解材料，为餐厨废弃物资源化利用提供了一个全新的途径。

改造后的嗜盐菌不易受杂菌影响

由于 PHA 具有类似塑料的物理机械性能和加工性能，工业上可以采用微生物批量生产

这种聚合物，并以此替代传统塑料。

包括 PHB 在内的 PHA 生物合成主要分为 3 部分，即嗜盐菌等底盘细胞、碳源、代谢途径与调控。简单来说，PHA 生物合成是通过基因编辑等手段，令底盘细胞能生长得更快，能高效“吃掉”碳源，令细胞中的 PHA “由瘦变胖”，提高碳源转化为 PHA 的效率；然后再把凝聚在一起的细胞，从餐厨废弃物水解物等培养液中分离、提纯出来。

相比普通塑料动辄上百年的降解周期，PHA 制品进入海洋后，约 1—3 年即可实现完全自然降解。同时，纯 PHA 制品对海洋和陆地动物无害，甚至可以被动物食用。

不过，餐厨废弃物成分复杂，用来生产生物降解材料并不容易，“染菌”就是其中的主要问题。“染菌”是指除 PHB 生产菌，即嗜盐菌以外的杂菌在培养液中进行生长代谢，它不仅与嗜盐菌竞争生存资源，还会严重影响目标产物的产量，给发酵过程带来较大的经济损失。因此，在发酵流程中需要利用高温高压蒸汽对整个发酵设备进行彻底灭菌，这一过程能耗较大。

微构工场等在合成生物技术平台的助力下，通过对嗜盐菌重新设计和构建，开创了一整套全新的 PHA 生产技术。改造后的嗜盐菌能在开放、无灭菌的情况下发酵，不易被其他杂菌影响，具备在餐厨废弃物水解物中生长的能力。

研究人员还发现，适当降低盐浓度和接近中性的 pH 值可能会进一步增加细胞干重和 PHB 的积累。经反复试验调整，最终结果表明，在细胞生长过程中，当 pH 值为 7 时，细胞内的 PHB 合成酶具有最佳活性，更有利于 PHB 的合成，这也使得餐厨废弃物得到了更好的利用。

新一代嗜盐菌还可利用废甘油、乙酸等进行生产

在 PHA 产业化进程中，成本控制是一个核心难点。微构工场联合创始人吴赴清说，嗜盐菌发酵不需要高温、高压灭菌，因此在规模化生产时，建设生产线的要求和成本较低。以餐厨废弃物作为碳源来生产降解材料，成本还将进一步降低。

根据普华永道发布的《PHA 生物可降解塑料产业白皮书》，PHA 优秀的降解与物理性能、日渐成熟的生产技术、不断扩大的市场规模等，都将为 PHA 产业的发展提供强劲的驱动力，使其成为最具成长潜力的生物可降解材料。预计在未来 3—5 年内，全球 PHA 市场规模将达 629 亿元，主要市场集中在不便于回收的强需求场景，如一次性包装材料、一次性餐饮具等。

微构工场研发团队也表示，除餐厨废弃物外，基于下一代工业生物技术体系的新一代嗜盐菌还可以利用不少废弃碳源进行生产，例如秸秆水解物、废甘油、糖蜜、乙酸等，能

更好应对环境和经济挑战。

将二氧化碳“变魔术般”制成衣服

中国科学报 2023.5.8

“二氧化碳不是坏东西，而是一种碳源，它不仅可以做玩具，还可以制衣服、制香水！”在华中科技大学光学与电子信息学院教授庞元杰眼里，很多人认为是个“问题”的二氧化碳简直是块“宝”。

据悉，华中科技大学庞元杰团队历时4年，以二氧化碳为原料高效制备醋酸，揭开了“零碳”制造梦想的一角。其研究成果多项指标大幅打破世界纪录，相关论文5月3日刊发于《自然》。

不过，他们的论文投稿也曾经历一波三折，被《科学》拒稿，转投《自然》，又在审稿专家要求下，将实验从15小时“跑”到“疯狂”的820小时……

一个“零碳”制造的科学梦想

为什么“盯上”二氧化碳？庞元杰告诉《中国科学报》，工业革命以后，如何应对以二氧化碳为代表的温室气体排放是人类面临的一个棘手问题。以往一些研究者也开展过针对二氧化碳的利用研究，但大多是单向利用。比如饮料中的二氧化碳，人喝下去以后，打个嗝二氧化碳又释放了出来，大多未能达到零排放和循环利用的目标。

能否以更先进的技术电解二氧化碳，获得人类需要的生产生活资源，从而变废为宝、循环利用，真正实现“零碳”？怀着这一梦想，2018年回国后，庞元杰在过往研究基础上，准备创新方法开展“零碳”制造技术研究。2019年，博士后金健加入庞元杰团队，这项研究正式启动。

该团队以“零碳”制造为目标，从醋酸着手，使用清洁可再生电能，生产过程不仅不产生二氧化碳，还能消耗二氧化碳。

醋酸，又名乙酸，是一种重要的有机化工原料，制造化纤衣物、香水香氛、塑料加工品等都需要大量使用这一原料。传统方法生产醋酸通常采用化学合成或淀粉发酵法，用这些方法，“每生产1千克醋酸会排放约1.6千克二氧化碳”。我国作为全世界第一大醋酸生产国，醋酸年产量超过800万吨，给生态环境治理带来了很大压力。

以醋酸为目标产物，庞元杰团队联合加拿大多伦多大学 E.H. Sargent 小组、武汉理工

大学麦立强小组，通过电催化二氧化碳还原技术，开展醋酸的“零碳”制造，期望能将二氧化碳“变魔术般”地制成衣服、香水等。

电催化二氧化碳还原技术是一种颇具潜力的清洁能源存储手段，但在电解过程中如何高选择性、高速地生产单一高附加值产物却是团队困惑已久的问题。电解水只获得氧气和氢气，电解二氧化碳却可以获得 20 余种产物。

“这项研究的一个难题就是从电解二氧化碳所得到的 20 余种产物中，精准得到我们想要的东西。”庞元杰介绍，为了稳定醋酸的生成率，研究团队要解决的首要问题是反应装置的设计与搭建，其次是催化剂的选择。

利用高压装置和催化剂上的创新，该团队以电催化二氧化碳还原技术为基础，采用“两步法”二氧化碳还原途径，稳定住醋酸反应路径的关键中间基团，最终高产率合成了醋酸。

直面《自然》给出的研究难题

为了稳定醋酸反应路径的关键中间基团，实现“零碳”制备目标，该团队自主发明了一套高压三相界面装置，并在此基础上开展了一系列研究。

“一开始就遇到很多困难。”团队成员金健说，这项技术的前期研究在国外，归国后庞元杰带领团队自主研发实验设备，将设备从常压版本升级为高压版本后，一直重复不了当时的数据。大家到处找原因，最后连“实验楼地线没有完全接地”之类的问题都摸排了。此外，合适的催化剂选择也是一个艰难的过程。

解决了上述问题，他们终于得到了“限制二碳吸附基团构象完成一氧化碳向乙酸盐电还原”这一重要研究成果。其主要原理是使用二氧化碳和水为原料，生成乙酸这种主要产物。

实验成功，团队成员都很兴奋。他们将论文成果投给《科学》，却很快被拒稿了。2021 年，他们将论文转投《自然》，审稿专家一针见血地提出“实验稳定性不够”。当时，他们的实验稳定时间仅为 15 个小时。

调整设备、优化催化剂选择、更加精细地进行实验，经过一系列努力，他们终于将稳定性提升至 50 小时，再次兴冲冲地投稿。然而，富有戏剧性的事又发生了。《自然》审稿专家回信认为，50 小时还不够，因为相关领域科学家已经发表成果，能够连续 500 小时保持乙酸生成率 50% 以上。

实验数据上的竞争对应着激烈的国际竞争。继续调整设备、优化催化剂选择、更加精细地进行实验，终于该团队的实验连续稳定性突破了 200 小时。“不要停！”庞元杰叮嘱科

研人员，“一定要让设备继续‘跑’下去！”

300 小时、400 小时、500 小时！“继续！”

刷新 500 小时的世界纪录后，团队成员视实验设备为珍宝。为了避免被人为中断，他们在实验室门上注明：“正在进行重要实验，恳请暂缓其他实验。”为了防止大楼保安、保洁等人员误入，他们贴上告示：“正在进行重要实验，有事电话联系，15 分钟内必到！”

终于，经过一段时间的紧张运行后，该实验在“820 小时”这一节点停了下来。

庞元杰：“停下来的原因不是实验本身的问题，而是一个柱塞泵滤网堵了。可能柱塞泵的制造厂商也没想到，居然需要让泵连续、高压运转那么久。”

在选择性、能量转化效率、稳定性上大幅刷新世界纪录后，庞元杰团队终于在 2023 年春节前收到了《自然》的接收通知。

努力让二氧化碳得到更广泛应用

“我记得很清楚，接到《自然》接收通知那天是腊月二十三，历经 4 年的煎熬，大家在春节前终于熬出来了！”庞元杰说，同行认可让他觉得自己多年的坚持是对的，没有辜负团队成员的信任。

执着于这项复杂研究的金健，此前因为一直没有产出显著成果，已经连续两次延期出站，“即便耐得住寂寞，却也掩盖不住焦虑”。4 年、上千个日夜的艰苦研究，终于有所回报。

“不仅是醋酸这类羧酸类化学品，烃类、醇类等重要化学品也有望实现‘零碳’制造。”谈及未来，庞元杰表示团队将利用上述技术，让二氧化碳在医药、燃料、化工原料的生产过程中得到更广泛应用。

他举例说，比如将太阳能发电板发出的电能转换为便于储存的燃料化学能，再将燃料化学能有序释放，实时满足生活和生产的各种用能需求。再比如，选用合适的催化剂进行乙醇（酒精）生产，从而摆脱对以农作物为原料生产乙醇的依赖，减少土地和粮食的资源消耗。

防治污染，让微生物“吃掉”有害气体

科技日报 2023.5.11

常用的生物大气治理技术主要有生物过滤、生物滴滤和生物洗涤 3 种。与其他有机废

气处理技术相比，生物大气治理技术具有安全性好、无二次污染等优点，对处理低浓度或生物可降解性强的有机废气效果较好。

随着我国工业的快速发展，为社会带来了巨大经济利益的同时，也产生了大量有害气体，不但污染了环境，同时影响人们的身体健康。据生态环境部公布的今年 1—3 月空气质量数据，全国 339 个地级及以上城市平均空气质量优良天数比例为 80.1%，同比下降 3.7 个百分点，重度及以上污染天数比例同比上升 1.5 个百分点。生态环境部大气环境司司长刘炳江表示，一季度空气质量形势不容乐观的主要原因之一是工业生产污染物排放量的增加。

工业生产排放是大气污染的重要源头。目前，对气态污染物的净化处理方法可分为物理法、化学法和生物法，其中生物法又称生物大气治理技术，是利用活性污泥等培养菌种，分解消化有害气体。那么，生物大气治理技术有何优缺点？应用情况如何？还有哪些难点有待突破？

用微生物将气态污染物变为无害物质、二氧化碳和水

河北科技大学环境科学与工程学院、挥发性有机物与恶臭污染防治技术国家地方联合工程研究中心、河北省大气污染防治推广中心的研究人员在《微生物学通报》上联合发表的论文《微生物生物技术处理气态污染物的研究进展》指出，生物大气治理技术可处理的气态污染物种类广泛，治理工业生产中产生的挥发性有机物（VOCs），硫化物、甲硫醇等恶臭气体，氯苯、氯代烃等含卤素有机物，氮氧化物等气态污染物，具有净化效率高、易操作等特点。其净化过程是气态污染物作为微生物能源或营养物质被利用，降解为无害的小分子物质、二氧化碳、水。研究表明，生物大气治理技术的本质在于吸附和微生物降解。

合肥工业大学教授徐从裕说，与其他有机废气处理技术相比，生物大气治理技术具有安全性好、无二次污染等优点，对处理低浓度或生物可降解性强的有机废气效果较好。

常用的生物大气治理技术主要有生物过滤、生物滴滤和生物洗涤 3 种。生物过滤技术是废气先进入水槽去除颗粒物和部分可溶成分等，同时对气体调温增湿，随后适宜温度的湿润废气进入附着泥炭、秸秆等微生物填料的反应器，被吸附并降解。生物滴滤技术是在生物过滤技术基础上取消了前端水槽部分，增加了滴滤系统，并在其中投加营养液，通过营养液调控废气的 pH 值和湿度等以适合微生物生存，再将其放入生物反应器进行吸附、降解。以微生物悬浮生长为特点的生物洗涤技术包括接触吸收塔与生物反应单元两个部分。在接触吸收塔中，由塔底进入的废气与塔顶喷淋的洗涤液交汇，吸收了废气中污染物

的洗涤液由塔底回流至生物反应器进行处理再生。

目前，生物大气治理技术在德国、荷兰、美国和日本等国家已广泛应用，生物过滤、生物滴滤技术使用较为普遍，技术已经成熟。

可应用于污水除臭和工业废气治理等多个领域

近些年，由于绿色环保的特性，生物大气治理技术日益受到重视，在生活垃圾、污水除臭，以及工业废气治理等方面均发挥了一定作用。

目前，已有不少企业采用生物大气治理技术进行工业废气治理。例如，佛山市三水金湖工程塑料有限公司从 2016 年开始投入运行生物过滤除臭工程。企业生产过程中产生的废气，通过鼓风机等收集后经管道进入箱式设施中，经水洗除尘降温、等离子除油处理后进入生物滤池，通过湿润、多孔和充满活性微生物的滤层，完成降解过程后，废气经净化后达标排放。该项目的污染防治效果和达标情况显示，企业排放的废气主要成分为苯、甲苯、二甲苯、苯乙烯，其中二甲苯浓度最高，生物过滤装置对二甲苯的去除率超过 98%，总 VOCs 去除率达 78.6%。

除了工业废气治理，在对作为公众投诉最强烈环境问题之一的恶臭处理方面，生物大气治理技术也有广泛应用。生态环境部大气环境司印发的《2018—2020 年全国恶臭/异味污染投诉情况分析》显示，2018 年、2019 年、2020 年恶臭/异味投诉分别占全部环境问题投诉举报件数的 21.5%、20.8%和 22.1%，占比超过 1/5；垃圾处理行业占全部恶臭/异味投诉的平均比例为 11.3%，为投诉最多的行业。而上海市垃圾处理中心采用生物滴滤塔，针对甲烷、硫化氢、氨气 3 种含量较高的恶臭气体进行处理。当 pH 值保持在 4.5—5.5，进气量为 600 毫克/立方米时，其处理效率可在 80%以上。

除此之外，生物大气治理技术还能解决污水处理厂的臭气问题。2006 年 8 月，深圳滨河污水处理厂污泥工段除臭工程完工。作为项目建设和运营方，西原环保（上海）股份有限公司副总经理刘启凯说，该工程采用的就是生物大气治理技术，通过风机将封闭空间内的空气抽出，送入生物滤池，经生化作用将空气中的臭味物质分解，净化后的空气再排入大气。经检测，该除臭系统出口硫化氢浓度已低于 0.06 毫克/立方米，通过了深圳市环境监测站检测，各项指标达到国家一级排放要求，解决了臭气扰民问题。

生物大气治理技术尚处于发展阶段

随着生物大气治理技术在国内应用范围的不断扩大，其技术水平也在不断提升。

刘启凯说，但总体来讲，我国生物大气治理技术尚处于发展阶段，市场也处于发展早期，很多客户对生物大气治理技术认识不足。

此外，生物大气治理技术本身也存在诸多局限。根据废气成分不同有针对性地选择培育微生物菌群，是该技术的核心所在。生物大气治理技术虽有不同种类，但存在的共同问题是均只适宜处理低浓度易溶废气，高浓度难溶废气净化率普遍偏低；在不同工况环境下，同一种生物处理方法效率存在较大差异；微生物群落组成与分布、物种差异等，可对净化效率产生较大影响。

徐从裕补充说，生物大气治理技术使用的设备主要包括壳体、填料、风机、洗涤泵、循环泵、计量泵、营养液投加系统等，设备占地面积较大，除设备成本外，其余成本主要为微生物培养驯化所需设施的投资，后期维护成本也不低。

《微生物生物技术处理气态污染物的研究进展》指出，从发展趋势来看，生物大气治理技术的深入研究需注重与其他技术结合创新，优势互补，拓宽应用范围。人们可以利用分子生物学手段探究微生物对污染物的代谢机理与途径，明确污染物种间代谢过程，以优化微生物群落结构，提高污染物的降解效率，并形成筛选高效菌株、调制复配菌剂、精细调控群落结构等的稳定工艺。

首套二氧化碳回注系统具备投用条件

中国电力报 2023.5.12

近日，中国海洋石油集团有限公司深圳分公司恩平 15-1 中心平台二氧化碳回注系统在额定工况下平稳运行 12 小时，二氧化碳压缩机及分子筛运行参数正常，标志着国内首套海上二氧化碳回注系统正式加载调试完成，具备投用条件。

该系统由超临界大分子压缩机、复合材料二氧化碳分子筛脱水橇及其他辅助系统组成。在前期研究阶段，项目组针对海上脱碳技术、海上二氧化碳回注工艺选择、关键设备选型、超临界二氧化碳腐蚀性、环境监测等多方面开展了深入全面的研究。

该系统投用后，恩平 15-1 油田群地层内开采出来的二氧化碳将被压缩到 11 兆帕，经深度脱水后，封存在距离海床深约 3 千米处的“穹顶”式地质构造中，封存规模约 164 万吨。

“无废工厂”减排增效

经济日报 2023.5.15

一团团白色水汽升腾空中，一道道水流倾泻而下，通过加装智能亚音频波设备，使得为焚烧炉余热降温的循环水得以安全、重复利用。“循环冷却水普遍采用地下水作为补充水，其水质含盐、碱度高，极易结垢和腐蚀设备。”中节能（即墨）环保能源有限公司技术部主任盛瑞林说，大部分企业的处理方式是添加药剂，但对水质有污染，成本也相应增加。为此，该公司添加了阻垢缓蚀和杀菌抑藻两个系统，通过物理方式解决循环水设备结垢问题，同时可提高换热效率，每年节约成本 35.28 万元。

近年来，青岛市即墨区持续推进绿色高质量发展。4 月份下发的“无废城市”建设实施方案以工业固体废物、危险废物等为重点，推动源头减量和资源化利用。

一汽大众青岛分公司今年以“无废工厂”创建为抓手，实施五大项目节能减排。公司涂装车间工程师崔明通介绍，其每年产生的 900 吨湿污泥，通过采取污泥干化减量技术，使出料污泥含水率降到 30%。

除源头减量，即墨还倡导企业循环利用废气资源。从 2021 年起，即墨区生态环境分局推动青岛彩立德包装有限公司开展技术升级改造，变排放废气为热源，给公司提供热蒸汽。“预计年节省费用近 200 万元，实现了减排增效双赢。”彩立德包装有限公司综合办负责人江鹏说。

“为促进‘无废城市’建设取得积极进展，我们在制度体系、技术体系、市场体系、监管体系 4 个方向加大建设力度，成立专门领导小组，确保任务落实到人，责任压实到岗。”即墨区委副书记、区长孙杰说。据了解，目前即墨近 40% 的热镀锌企业已完成或正进行搬迁升级，60 余家纸张印刷企业全部采用水性、植物油基等环保油墨，14 家凹版印刷企业升级了污染防治设施。去年，即墨完成对 22 家重点工业企业清洁生产的强制审核，通过技术改造节约标煤近 30 万吨。

生物质能发展如何破局

中国环境报 2023.5.11

“从金融角度来看，相比风电和光伏，生物质能在整个投资圈里是被冷落的对象。”近

日，在第四届全球生物质能创新发展高峰论坛上，华夏银行绿色金融首席顾问张勇淼希望从金融视角赋予生物质能新的含义，改善生物质能生存和发展状态。

据了解，从诞生至今，中国生物质产业已走过近 20 年的历程。在此期间，风能和光能在电力领域发展得“风生水起”。而同为可再生能源的生物质能的发展却步履蹒跚，令投资者望而却步。

近年来，生物质能的发展多靠政策引导。在政策及相关补贴的引导和支持下，生物质能发展尤其是垃圾焚烧发电稳步推进。不过，中国农业大学生物质工程中心教授程序表示，相比风电、光伏发电，生物质产业发展差距很大。究其原因，除了生物质能补贴难落地之外，主要是生物质自身在原料特性上有天生的缺陷。

有缺陷、被冷落、靠政策……存在于生物质能身上的这些标签与特质，也是妨碍其进一步规模化发展的桎梏。推进生物质能发展的破局之路亟待开启。

能量密度低、回收难、转化效率低 企业生产成本持续高企，难盈利

说起生物质能，可能大多数人比较熟悉的就垃圾发电。其实，生物质能种类远不止这一种。

依据是否能大规模代替常规化石能源来划分，生物质能分为传统生物质能和现代生物质能两种。传统生物质能主要包括农村生活用能，薪柴、秸秆、稻草、稻壳及其他农业生产产生的废弃物和畜禽粪便等；现代生物质能包括垃圾焚烧发电、生物沼气、燃料乙醇、生物柴油、微藻制油等，可以大规模应用。

据了解，能被用作生物质能原料的，主要是木质纤维类。其中，灌木类、草类和农作物秸秆等物质占比较高，当前，它们的能源转化效率低，这也是生物质能天生存在缺陷造成的。

程序指出：“生物质能源能量密度低，质量密度也很低，导致原料的收、运困难且成本高，能源转化路径受限(品种太少)、转化效率低下，是造成当下几乎所有的生物质产业成本持续高企、难以赢利和难以摆脱补贴的根本原因。”

以生物质直燃发电为例，由于生物质原料收、运困难，原料的大量使用没有保障，因而不得不采用小型锅炉。小型锅炉相应的温度和压力参数达不到高效发电的要求，因此，发电效率大多低于 25%，单机装机造价偏高。

也因此，投融资机构对这类企业支持较少，企业运行难，进一步导致生物质能原料利用率低也就不足为奇了。以生物天然气的重要新原料——秸秆为例，其在大量利用方面也面临着瓶颈。

目前，秸秆现代生物质能源利用率不到 5%。而在大量产生秸秆的东北地区，无处安放的秸秆成为当地的发展之困。据了解，为打好蓝天保卫战，仅禁止焚烧秸秆这一项工作，就耗费了当地生态环境部门大量的人力和时间。

生物质能及材料应用面窄，增值率低 生物质产业的根本弱质性难以改变

随着“双碳”目标的提出，我国碳减排要求日渐趋紧。作为传统化石能源的替代品，生物质能因具有再生性和绿色低碳、清洁等特质而备受关注。

据了解，生物质原料尽管燃烧时也会排出二氧化碳，但没有二氧化硫、氮氧化合物等，而植物生长过程中，吸收的是二氧化碳，所以能够在理论上达到零排放。

中国农业大学参与编制的《3060 零碳生物质能发展潜力白皮书》预测，我国到 2030 年生物质减排潜力达 9 亿吨，到 2060 年减排潜力为 20 亿吨。

但受限于生物质的天然缺陷，如何将其变成化石能源稳定的替代品，仍是难点。

受现代煤化工的启发，近年来，我国开始研发推动木质类生物质实现气化的技术。

“木质纤维类生物质是生物质资源总量中占比最大的一类。但它不能通过常规的发酵法制取沼气和生物天然气。”程序说，欧盟近年来在用木质纤维类原料甲烷化制取生物基合成天然气技术上取得一些突破，但仍存在低效率问题，导致设备和生产成本偏高，生物天然气市场竞争力不强。

据了解，国内外均有采用生物质热化学技术实现生物质气化的案例，但也无法形成经济和技术都可行的生物基合成气平台及其转化的系列产业。程序指出，气化后的生物质能源及下游材料应用面很窄，增值率又低，决定了生物质产业的根本弱质性难以改变。

生物质产业能“翻身”吗？

突破生物质气化技术是关键

在程序看来，能否通过突破生物质气化的上述技术障碍，是生物质产业彻底“翻身”的希望。

而要想取得突破，生物质的煤化改性、使其能量密度和物料气流输送性接近煤炭，是关键性的前提条件。

“煤炭是几亿万年在地下高压高温环境下产生的，生物质煤化的关键在于，能不能使生物质原料在几分钟以内模拟成煤过程。”程序说，“目前，由中国农业大学参与、内蒙古新木集团主要研究的生物质煤化技术已获得成功。这一技术采用创新的热化学方式，在 260 摄氏度和 2.6 兆帕的条件下，用过热蒸汽变压解聚等工艺，实现增氢、脱氧、表面官能团全部脱除，提升了生物质的密度和热值，使得生物质原料变为一种喷吹粉燃料，具有了

像煤一样的气力输送性。”

新木集团还开发出一个可移动设备，其最大的特点就是可以把它拉到生物质原料非常丰富的地方进行生物质煤化生产，可有效解决生物质原料收、运难题。而且，设备对原料的特性限制小，即使原料含水率达到 30%、40%也能用，秸秆类、灌木类作为原料尤为合适。

值得注意的是，用煤化生物质替代煤粉，还可以实现与现代煤化工并轨，最终可以制油、制气。例如，煤化生物质可以进一步转化为生物基富氢燃气，助力“氢经济”发展和“双碳”目标的实现。

基于生物质煤化技术的种种优势，张勇淼表示，这项技术很可能会颠覆人们对生物质能应用的认知，在充分调研技术相关参数，从而能预测其市场前景的基础上，可考虑将其作为重要的可再生能源新型利用技术，列入华夏银行与世界银行的合作项目中予以支持。

生物质能产业发展潜力如何挖掘

发挥拥有零碳排基因，原料资源种类多、分布范围广、产量大等优势

中国环境报 2023.5.16

“到 2030 年，生物质能整个行业处理有机废弃物大概能超过 7.6 亿吨，替代标煤量超过 1.3 亿吨。拉动整个产业上下游投资 6000 多亿元，带动就业人数在 42 万人左右”。

在不久前结束的第四届全球生物质能创新发展高峰论坛上，由中国产业发展促进会生物质能产业分会编制的国内首份《中国生物质能产业发展年鉴》（以下简称《年鉴》）正式发布。《年鉴》显示，我国生物质能未来发展市场前景广阔。

中国产业发展促进会副秘书长兼生物质能产业分会秘书长张大勇表示：“尽管前几年生物质能行业，特别是生物质发电经历了产业政策的调整期，但是，就生物质能未来的发展前景来看，还是值得我们去努力和期待的。”

与其他可再生能源相比，发展差距明显

了解到，我国生物质能的利用方式主要分为两大领域，一个是发电领域，一个是非电领域。

其中，生物质发电包括垃圾、农林和沼气发电等。根据《年鉴》数据，到 2022 年底，我国生物质发电装机容量累计达到 4132 万千瓦，已连续第四年位列世界第一。而在 2005

年可再生能源法立法之初，生物质能发电累计装机仅 200 万千瓦。

另外，非电领域包括清洁供热、生物天然气、液体燃料、成型燃料等。《年鉴》显示，我国规模化生物天然气产量不断扩大，目前，年产约 3 亿立方米；生物质清洁供热规模显著提高，供暖面积超过 3 亿平方米；生物质成型燃料年利用量约 2000 万吨；生物液体燃料也在快速增长，2021 年生物液体燃料产量 440 万吨，预计 2022 年产量将超过 520 万吨。

“多年来，我国生物质能产业获得了巨大发展，与其他国家相比，我国生物质能产业已居前列。不过，与其他可再生能源相比，生物质能表现出明显的差距。”国家发改委能源研究所可再生能源发展中心副主任任东明表示。

据介绍，2021 年，太阳能发电新增装机 5493 万千瓦，累计装机量已超过 3 亿千瓦，而直到 2022 年，生物质能发电装机容量累计只有 4132 万千瓦。在非电领域，各类生物燃料也无法和煤炭、石油、天然气比较。

另一个现实是，目前，风电、太阳能发电已实现平价，而生物质能发电还没有实现平价。加上生物质发电行业补贴拖欠比较严重，对整个行业的影响较大。

据了解，2022 年，生物质发电行业的年补贴需求大概在 300 亿元。但当年年底，行业补贴的拖欠额度已达到 600 多亿元。

综合来看，世界范围内，我国生物质能发展相对较快。但与我国风、光能等新能源相比，就其目前发展情况来看，并非绩优股。

拥有零碳排基因，符合未来新型能源体系建设要求

既然目前生物质能源发展面临诸多现实问题，那它还能否被当作“潜力股”来对待？

答案是肯定的。

首先，从政策来看，在“双碳”“1+N”政策体系的加持下，拥有零碳排基因的生物质能未来发展极具想象空间。

2022 年 1 月 30 日发布的《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》（以下简称《意见》）为生物质能未来发展指明了方向。

《意见》给出了生物质能作为零碳燃料的市场应用路径。生物质液体燃料、生物天然气作为零碳燃料，尤其是在电气化覆盖率较低的交通领域，替代传统化石燃料，实现绿色减碳发展意义重大。《意见》也明确指出纤维素燃料乙醇和生物航空煤油两大重点领域是未来生物质能技术研发主要方向，寻求技术突破，降低生产成本，这是基于我国能源发展需求和生物质高值化利用要求得来的。

任东明表示：“我国提出先立后破，建立新型能源体系，基本内容是建立以可再生能源

等非化石能源为主体的能源体系。生物质能不仅是可再生能源，还是本地化资源，符合未来新型能源体系建设几乎所有要求，应争取在其中占有一席之地。”

从相关机构对生物质能的投资前景分析，未来，随着技术的突破，生物质能的发展不容小觑。

“在‘双碳’目标下，实现发电领域零排放，生物质发电是非常重要的领域，因为它的碳排放是负值。在这个阶段我们不能放弃这个行业。”国金证券能源与政策首次分析师李蓉：“随着绿电市场的发展和 CCER 开放，生物质能后补贴时代收益率提升有了重要路径，尽管目前整个企业经营有困难，耐心等待，未来可能有更多机会。”

“作为中国对非洲投资的国家主力平台，我们一直认为，在全球能源转型大背景下，包括生物质能在内的清洁能源在非洲的发展，迎来新格局下的新机遇。”中非发展基金投资一部副总经理康开宇说，“以生物质能为例，因地制宜发展生物质能和城市生活垃圾焚烧发电在非洲部分重点国家是受欢迎的选项，也是我们一直努力的方向。”

生物质能原料缺陷会被克服吗？

中国环境报此前在报道中提到，生物质能能量、质量密度都很低，导致原料收、运困难且成本高，能源转化路径受限(品种太少)、转化效率低下是生物质能发展的天生缺陷。

不过，随着技术的进步，生物质能原料的这些缺陷将被克服。同时，由于原料的覆盖范围广，其在推动生物质能发展方面则成为优势。

了解到，目前，中国农业大学崔宗均教授团队研发出“高浓度梯度厌氧发酵工艺”和相应的技术及关键设备，取得了重大突破，展示了沼气和生物天然气行业大量利用资源极为丰富的干秸秆原料、高效产出沼气—生物天然气的光明前景。这一技术已经在华润集团德润公司五常拉林秸秆沼气项目(一期)投入使用。

另外，由新木集团研发的生物质煤化技术及其可移动设备，可直接将设备放在原料富有的地方进行生物质煤化生产，能有效解决生物质原料收、运难题。

在卡脖子技术难题逐步被解决之后，生物质能优势将更加凸显。

据悉，我国生物质能原料资源种类多、分布范围广、产量大。例如，我国每年的秸秆产生量可达 8.65 亿吨。另外，每年有 1.7 亿吨标准煤的林业剩余物，0.3 亿吨标准煤的生活垃圾及 0.6 亿吨标准煤其他有机废弃物资源可供开发利用。

《全国林业生物质能发展规划（2011—2020 年）》提到，我国现有林地面积约 3 亿公顷，现有森林面积约两亿公顷，森林蓄积 137 亿立方米，人工林面积 0.6 亿公顷，蓄积量 19.6 亿立方米。我国林木生物质能源资源研究专题组通过实地调查研究和综合分析，得出

现有林木生物质资源总量 180 多亿吨，而 8 亿吨—10 亿吨的可获得量中约有 3 亿吨可作为能源资源利用。从潜力看，我国还有 5700 万公顷宜林地和荒沙荒地，还有 1 亿公顷不适宜发展农业的边际土地资源，发展林木生物质能源潜力巨大。

从短期来看，据张大勇介绍，到 2030 年，预测生物质发电容量大概达到 5000 万千瓦。生物天然气产量预计在 30 亿立方米，清洁供热大概预计有 10 亿平方米的供热面积，生物液体燃料达 2500 万吨。

从长期来看，可以预见，随着我国生物质能技术持续发展、产业体系不断完善、装备制造能力不断提升，未来，我国通过发展生物质能，即可将数以亿吨计的“问题废弃物”变成宝贵的原料，彻底解决秸秆无处安置的难题。

人造树叶可制成清洁液体燃料

科技日报 2023.5.19

英国剑桥大学化学系研究人员开发了一种太阳能技术，可以将二氧化碳和水转化为液体燃料，并能直接作为临时燃料驱动汽车发动机。研究结果发表在近日的《自然·能源》杂志上。

研究人员利用光合作用的力量，只需一步就能将二氧化碳、水和阳光转化为多碳燃料，即乙醇和丙醇。这些燃料能量密度高，易于储存或运输。与化石燃料不同，这些太阳能燃料可实现净零碳排放，完全可再生。与大多数生物乙醇不同，它们无需任何农业用地。

虽然这项技术仍处于实验室规模，但研究人员表示，他们的人造树叶系统是摆脱以化石燃料为基础的经济的重要一步。

几年来，研究小组一直在开发受光合作用启发的可持续的零碳燃料。此前开发的人造树叶只能制造简单的化学品，如合成气，这是一种氢气和一氧化碳的混合物，用于生产燃料、药品、塑料和化肥。但为了使这项技术更实用，它需要能够在单一的太阳能驱动步骤中直接生产更复杂的化学品。

现在，人造树叶可以直接生产清洁的乙醇和丙醇，而无需生产合成气的中间步骤。

研究人员开发了一种以铜和钼为基础的催化剂。催化剂经过优化，使人造树叶能够产生更复杂的化学物质，特别是多碳醇，如乙醇和正丙醇。这两种醇都是高能量密度的燃

料，易于运输和储存。

此前研究已经能够使用电力生产类似的化学品，但这是第一次仅利用来自太阳的能量通过人造树叶生产复杂的化学品。

两部委发布危废重大工程建设方案

加快建设国家危废环境风险防控技术中心

中国环境报 2023.5.16

近日，生态环境部、国家发改委联合印发《危险废物重大工程建设总体实施方案（2023—2025年）》（以下简称《方案》），加快建设国家危险废物环境风险防控技术中心、6个区域性危险废物环境风险防控技术中心和20个区域性特殊危险废物集中处置中心（以下简称国家技术中心、区域技术中心和区域处置中心），加强危险废物污染防治。

其中，国家技术中心要围绕打造创新型危险废物生态环境风险防控科学研究、技术研发和管理技术支持平台，加强科研用房、科研设施和实验仪器装备等保障进行建设，为国家危险废物环境监管提供综合性科技支撑。同时，为华北区域提供危险废物生态环境风险防控技术支撑。

区域技术中心要围绕打造区域个性化科技创新平台和高水平政策研究智库进行建设，是国家技术中心功能的延伸与补充。按照区域统筹原则，建设东北、华东、华中、华南、西南、西北等6个各具特色、互为补充的区域技术中心，重点服务所在区域地方政府和企业危险废物环境监管和利用处置技术需求，为国家危险废物环境监管与技术创新提供区域性有力支撑。

20个区域处置中心是针对环境风险大以及当前处理技术不成熟、处置成本高，单独依靠市场机制和地方现有能力难以处置的特殊类别危险废物而建设的，强化环境基础设施保障，有效补齐特殊类别危险废物利用处置能力短板，进一步优化相关区域危险废物利用处置需求与能力布局匹配情况，发挥特殊类别危险废物生态环境风险防控托底保障和高水平利用处置引领示范作用，推动全面提升危险废物利用处置水平。

变废为宝有新招

经济日报 2023.5.2

生活垃圾自然发酵产生的渗滤液，经处理用作发电系统循环冷却水；半干的垃圾焚烧产生热能用于发电；废气中的重金属固化于水泥熟料中，焚烧后的灰渣则用作水泥生产原料……位于河北省唐山市古冶区的唐山冀东启新水泥有限责任公司(以下简称“启新水泥公司”)，近年来加快绿色发展转型升级步伐，建设水泥窑协同处置综合固废及余热发电循环生产线，对生活垃圾、工业废弃物等进行减量化、资源化、无害化处理，通过技术创新将废弃物变废为宝。

水泥窑协同处置综合固废及余热发电循环生产线于2022年10月投产，建设了固废储存设施、垃圾渗滤液处理系统、垃圾焚烧炉、汽轮发电机组、废气应急处理系统等设施设备。“现在，生产线每天处理生活垃圾三四百吨，年可处理综合固废15万吨，能满足唐山市固废处理需求。”启新水泥公司绿色能源部经理唐贺丰说。

在公司固废处置中心大楼的顶层抓斗控制室里，抓斗司机熟练操作着垃圾抓斗，将发酵好的垃圾运送到焚烧炉；在中控室里，操作员目不转睛地盯着监控显示屏，观察数据变化……水泥窑协同处置综合固废及余热发电循环产业项目现场一派繁忙景象。

据介绍，目前垃圾处理主要有填埋、水泥窑协同处置焚烧垃圾替代部分燃料、垃圾焚烧余热发电等方式，但均存在二次污染、成本高等缺陷。“我们这个项目将水泥窑协同处置与综合固废焚烧发电工艺相结合。相比于现有的垃圾处理方式，可充分利用垃圾处置过程中产生的废渣、废水、废气。”唐贺丰说。

在公司展厅悬挂的图表上，水泥窑协同处置综合固废及余热发电循环生产线的工艺流程一目了然：垃圾焚烧发电产生的废气从篦冷机进入水泥熟料回转窑，窑内超过1700摄氏度的高温将废气中的重金属与液相态硅酸盐矿物固化成熟料矿物；废气中的酸性有害气体经过熟料煅烧的碱性环境，中和形成化合盐类，构成水泥熟料的组成部分，实现废气零排放。而垃圾焚烧后形成的灰渣也进入回转窑，作为水泥原料利用，避免二次污染。

“项目建设过程中，垃圾焚烧产生的废气通过篦冷机顺利进入窑系统是个难点。”唐贺丰介绍，pH(酸碱度)值接近于1的酸性废气对篦冷机风室的腐蚀较严重，废气中未燃尽的粉尘颗粒容易堵塞篦板，少量窜入净风室的废气急速冷却形成固液相，还会堵塞篦缝。

为解决这个难题，公司技术团队潜心研究试验，先后制作40多套实验装置进行多轮测试，最终找到篦冷机篦缝被堵的主要症结，即废气中酸性气体和烃类在120摄氏度时会结

露，与废气中的粉尘颗粒混合形成黏稠状混合物。

技术人员反复调整垃圾焚烧炉点火方式和运行参数，提高废气温度，还利用窑系统热风对篦冷机两个进废气的风室进行预热，并对篦冷机风室内部做了防腐处理，杜绝结露现象，也解决了篦缝被堵塞和被腐蚀问题。

目前，水泥窑协同处置综合固废及余热发电循环生产线运行稳定。在保障熟料质量、水泥性能不受影响的前提下，其不仅降低烧成工序的电耗，还有助于解决城市垃圾污染问题，实现经济效益和生态效益双赢。“这个项目年可发电 4500 万千瓦时，换算成标煤约 1.8 万吨，减排二氧化碳约 5 万吨。相比传统垃圾焚烧发电技术，这种处置方式更环保、更安全，减碳减排明显，且成本更低。”唐贺丰说。

“近年来，我们积极探索绿色低碳发展路径，除了建设水泥窑协同处置综合固废及余热发电循环生产线，还积极布局光伏、风力、储能项目，推动企业打造零外购电工厂，致力于水泥产业向高端化、智能化、绿色化发展。”启新水泥公司经理谢荣华说。

以构建全国统一大市场为契机推进固废污染防治

中国环境报 2023.5.18

全国统一大市场是我国构建高水平社会主义市场经济体制，加快形成新发展格局，着力推动高质量发展的重要抓手。党的二十大报告提出，构建全国统一大市场，深化要素市场化改革，建设高标准市场体系。同时强调，实施全面节约战略，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。

当前，我国仍然存在现有固体废物回收网络不够完善发达、物资循环梗阻与盲区并存等问题。以资源再生产业为代表的静脉产业与动脉产业的融合程度不够，与城市功能规划脱节的现象比较明显。此外，固体废物治理行业也存在一定程度的地方行政垄断和市场割据现象。综上，建议以构建全国统一大市场为契机，培育发展全国统一生态环境市场，打通循环堵点，破除邻避现象。

第一，加强部门协调联动，共同构建高效规范、公平竞争的固废治理领域全国统一大市场。促进生态环境、发展改革、自然资源、能源、住建等相关部门高效协同，压实固废处理行业上下游各环节环境保护责任，将构建全国统一大市场与“无废城市”建设、“双碳”战略、“城市矿山”综合利用等热点议题紧密结合。深化相关部门的“放管服”改革，

从加强跨区域固废综合环境管理合作、推动跨行业同质固废协同处理、增强固废治理行业发展内生动力等方面广泛参与全国统一大市场的构建工作。深化固废环境综合管理体制改
革，将现有的固废“地方自治”政策优化调整为“地方负责，跨域合作”的模式。持续完善
固废治理和处理技术标准体系，建立健全固废排放与处理许可权交易市场，不断培育壮
大固废处理产业规模，提高固废处理效率和综合效益。

第二，坚持绿色共保联防联控，依托全国统一大市场，促进固废污染防治工作质效齐
升。牢固树立“一盘棋”的思想，加强市场、规则、标准、信息服务方面的软联通和环境
基础设施硬联通，形成固废“源头预防+过程控制+末端治理”全链条管理模式。鼓励各地
公共资源交易平台开设退役淘汰废旧设备交易专栏，促进废旧设备等产品类固废逆向物
流，打通废物便捷高效处置渠道。依托数字经济驱动相关信息平台搭建和发展，建议面向
社会定期公布全国范围内的固废收集、运输、贮存、资源化利用和无害化处置等全链条管
理环节的相关市场行情指数，促进固废污染治理资源资本合理有序流动和高效集聚。丰富
跨行政区域危险废物转移生态补偿制度工具，探索以县（区）或地市为基本单元的危险废
物跨区域利用处置生态补偿机制，明确补偿方式、分级分类补偿标准与豁免补偿条件。

第三，加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系，促进全国统一大市场建设过程中的
产业循环、市场循环、要素循环。坚持标准先行，纵深推进循环经济、清洁生产、资源再
生等方面产品标准、技术标准、管理标准、人才培养标准的制定工作。打造一批布局合
理、特色鲜明、优势互补、分工协作的大型固废龙头企业和专精特新环保“小巨人”企
业，促进现有的省（自治区、直辖市）属大型战略性环保产业集团间相互赋能、协同发
展。

第四，打通拓宽资源再生产业“双碳”目标实现路径，助力全国统一大市场建设。依
托全国统一大市场，深入推进再生资源回收网络与生活垃圾清运网络“两网融合”。鼓励以
网点化模式进行再生资源回收服务，打造一批发展效果好、创新活力强、产业后劲足、生
产安全可控的资源再生产业集群。鼓励重点城市群建设区域性再生资源加工利用基地，打
造一批资源再生与循环经济绿色示范区，增强相关二次战略资源产业链和供应链韧性。梳
理固废环境管理领域的能源流、废物流、信息流、物质流，完善资源再生产品的碳足迹核
算和标识制度，做好与现有碳排放核查系统的信息互联互通，探索通过“碳定价”等政策
提升资源再生产品的市场竞争力。探索以签订“碳交易合同”等形式促进静脉产业园区与
动脉产业园区的协调联动，加快形成废弃物闭环管理和资源化利用体系。

二氧化碳又添新归宿两步法高效生成乙酸

科技日报 2023.5.23

二氧化碳能做衣服、制香水，还能做成乐高玩具？科技改变世界的能力，超乎人们的想象。5月3日，《自然》杂志发表了我国科研团队的一项研究成果论文。该研究实现了以二氧化碳为原料高效制备乙酸，找到了一条乙酸绿色生产的新路径，或将使“零碳”制造的理想变为现实。

新型催化剂破解难题

上述论文作者之一、武汉理工大学材料科学与工程学院教授麦立强介绍，他所在的团队联合庞元杰教授团队、多伦多大学研究团队的最新研究，利用低品阶的可再生能源，通过二氧化碳催化电解手段，将二氧化碳转化为高附加值的碳基燃料或化学品。

二氧化碳的还原产物比较复杂，在以往的研究中，将二氧化碳电还原至一氧化碳较为简单。然而，将二氧化碳还原成乙酸等碳二化合物较为困难。为了解决这一难题，研究团队从二氧化碳电还原至碳二化合物的关键中间体——一氧化碳入手，攻克了一氧化碳还原至碳二化合物的难题，进而解决了以二氧化碳为原料制备乙酸等碳二化合物的技术问题。

这项成果对可再生能源的转换、存储及缓解气候变暖至关重要。在本项研究中，我国科研团队使用新型铜—银稀释合金催化剂，可在高压强反应条件下，利用电能将一氧化碳高效还原为乙酸。其反应最高选择性达91%，已和二氧化碳转为一氧化碳的电还原选择性相仿，实现了可再生能源的转换与存储。

经济技术可行性分析表明，该技术在未来应用前景广阔。这项研究证实了二氧化碳电还原技术在分布式清洁能源存储方面的应用潜力及使用二氧化碳电催化转化技术进行碳基化学品绿色合成的可行性。

多项指标打破世界纪录

乙酸又名醋酸，作为一种重要的有机化工原料，乙酸在制造化纤衣物、香水香氛、塑料加工品等产品中应用广泛。

“以前，人们通常采用化学合成或淀粉发酵法等传统方法生产乙酸，用这些方法，每生产1千克乙酸会排放约1.6千克二氧化碳。”上述论文作者之一、华中科技大学光电信息学院教授庞元杰表示，我国作为世界第一大乙酸生产国，乙酸年产量超800万吨，生产过程中排放的二氧化碳给生态环境带来了巨大压力。

庞元杰说，他所在的团队致力于“零碳”制造——不仅要让生产乙酸的过程不产生二

氧化碳，还能消耗二氧化碳制备乙酸，为实现“双碳”目标贡献科技力量。上述研究成果显示，该实验以二氧化碳和水为原料，可生成乙酸这一主要产物，并能连续 820 小时让乙酸生成率保持在 80%以上，在选择性、能量转化效率、稳定性上打破了现有世界纪录。

电催化二氧化碳还原技术是一种极具潜力的清洁能源存储手段。但在电解过程中，如何高选择性、高速地生产单一高附加值产物却是困扰研究团队已久的问题。电解水只可获得氧气和氢气，电解二氧化碳却可获得 20 余种产物。

“为稳定乙酸的生成率，首先要解决的是反应装置设计与搭建的问题，其次是催化剂的选择。”庞元杰说，利用高压装置和催化剂的创新，团队以电催化二氧化碳还原技术为基础，采用两步法二氧化碳还原途径，稳定住乙酸反应路径的关键中间基团，最终高产率地合成了乙酸。

利用该技术，除了乙酸这类羧酸类化学品，烃类、醇类等重要化学品也有望实现“零碳”制造。二氧化碳得以更广泛地应用在医药、燃料、化工原料的生产过程中。

该技术还可将太阳能发电板的电能转换为便于储存的燃料化学能，再将燃料化学能有序释放，满足生活和生产的各种用能需求。

新模型评估二氧化碳最佳封存地

科技日报 2023.5.23

俄罗斯提出了一个考虑到大量参数评估岩石中二氧化碳结合效率的模型。该项研究成果以高精度预测二氧化碳在给定条件下的行为，这有助于选择最佳埋藏地点。相关研究结果发表在《专家系统与应用》杂志上。

托木斯克理工大学赫瑞—瓦特中心研究人员表示，并非每种地质构造都可成为可靠的二氧化碳储存库。作为存储对象，主要考虑深层含水层，以及枯竭的油田和气田。

新模型基于机器学习方法，使用了 5450 个数据序列作为学习的原始数据。在此基础上，模型确定变量与结果之间的依赖关系，然后学习预测新数据的类似依赖关系。由于大量的训练样本和详细的试验计划，科学家们成功取得了预测的高度准确性。

青海首座生活垃圾发电厂：让垃圾“变废为能”

科技日报 2023.5.30

作为青海省首座生活垃圾发电厂，西宁市生活垃圾焚烧发电厂垃圾日处理规模可达3000吨，年发电量可达4.51亿千瓦时，可实现生活垃圾的“无害化、减量化、资源化”处理，为污染减排、节能降耗、环境改善起到积极促进作用。

生活垃圾如何转化为绿色电能？青海省西宁市深能湟水环保有限公司110千伏和佛湾生活垃圾焚烧发电厂（以下简称西宁市生活垃圾焚烧发电厂）给出了答案。

作为青海省首座生活垃圾发电厂，西宁市生活垃圾焚烧发电厂垃圾日处理规模可达3000吨，年发电量可达4.51亿千瓦时，可实现生活垃圾的“无害化、减量化、资源化”处理，为污染减排、节能降耗、环境改善起到积极促进作用。

黑科技助力垃圾“变身”

5月26日，西宁市生活垃圾焚烧发电厂内，一辆辆垃圾车从清运垃圾通道畅通无阻地进入卸料平台，在封闭式生产车间内，大型机械手臂源源不断将生活垃圾送入焚烧炉中……

西宁市生活垃圾焚烧发电厂位于西宁市大通回族土族自治县长宁镇，是青海省首座生活垃圾焚烧发电厂，该电厂于3月31日并网投运，能将西宁市生活垃圾转化为电能，可提升当地垃圾处理水平，改善环境质量，优化能源结构。

变垃圾为电能的“黑科技”，被称为机械炉排炉焚烧发电工艺。“进入垃圾仓的生活垃圾要通过垃圾抓斗抓取分区堆放。当天运送来的垃圾一般不直接焚烧，需要分区堆放，经过3天到5天的发酵和渗滤，提升垃圾热值，再投入焚烧炉处理。燃烧过程中产生的1000摄氏度以上的高温烟气，会与余热锅炉受热面进行热交换，产生过热蒸汽。这些蒸汽推动汽轮机旋转带动发电机运转，从而产生电能，实现并网发电。”西宁市生活垃圾焚烧发电厂总指挥梁涛介绍。

为满足该发电厂电力送出需求，早在西宁市生活垃圾焚烧发电厂项目建设初期，国网西宁供电公司就充分发挥属地供电优势，投资实施深能垃圾焚烧发电110千伏送出工程建设，新建110千伏山佛线接入山城330千伏变电站，线路总长13.82千米，新建杆塔44基，为项目的成功投运打下了坚实的电力基础。

目前该发电厂试运行1号和2号焚烧线，已实现“两炉一机”试运行和并网发电目标，并网试运行以来，已输送电能约1000万千瓦时，未来西宁市主城区的生活垃圾或将全

部运往西宁市生活垃圾焚烧发电厂。

优质服务护航垃圾焚烧发电

在发电厂内的垃圾仓操作室，工作人员用操作杆操控机械抓斗，将挤压后的垃圾放入指定区域等待发酵。而在中央控制区，工作人员通过中央控制平台对垃圾焚烧发电实时监测。在一旁的国网西宁供电公司员工正在开展上送数据核查工作，保证数据上送准确可靠。

作为西宁市生活垃圾焚烧发电厂的“智慧大脑”，中控室可以清晰直观地看到整个生活垃圾焚烧发电的过程。监控屏幕上实时显示着生活垃圾焚烧发电每个环节的运行情况。同时，在线监测焚烧炉内的烟气数据。

今年2月起，国网西宁供电公司相关部门多次主动联系、上门服务垃圾焚烧综合处理项目，协调站内验收，配合问题处理，促进工程尽快投入运行。

同时，该公司积极与当地政府、垃圾发电企业建立三方联络机制，组织输电、调度等部门多次会商，制订优化施工方案，并从技术指导、工程建设等方面进行全过程跟踪，提供“管家式”服务。针对垃圾焚烧发电并网运行遇到的难题，国网西宁供电公司技术人员勘查现场，与发电项目负责人对接，研究制订并网方案，强化涉网机组安全监督，助力清洁能源项目落地，确保垃圾焚烧发电“发得好、送得出、安全消纳”。

据了解，生活垃圾焚烧发电作为具有双重减排效应的产业，相较于传统填埋处置和堆肥处置具有显著优势，契合当前“双碳”目标，是生活垃圾处理方式的选择之一。

垃圾场变“聚宝盆”，西宁市这座新型垃圾发电厂的投运，使西宁市生活垃圾的处理方式自此从单一的“填埋”升级为“环保发电”，不仅为人们提供了电能，还极大地节约了填埋土地，实现了经济效益、环境效益和社会效益的“三赢”。

生活垃圾焚烧飞灰资源化利用新技术喜获成功

中国环境报 2023.5.30

5月26日，中国环境科学学会在北京组织召开了由光大环保（中国）有限公司（以下简称光大环保）和辽宁海天阁环保科技有限公司（以下简称海天阁环保）共同完成的“基于地聚合技术的生活垃圾焚烧飞灰资源化利用技术”科技成果鉴定会，会议邀请了生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、清华大学、中国矿业大学（北京）、中国环境科学研

究院、中国城市建设研究院等单位的多位专家对此技术进行成果评议和鉴定。

鉴定委员会专家组成员对此项目的完成情况、成果先进性及带来的环境效益、社会效益、经济效益给予了高度评价，并表示这一成果达到国际先进水平，市场应用前景广阔。此项技术在飞灰地聚合机理研究的基础上，成功研发了飞灰资源化处理新型工艺路线和专用设备，且可协同处置生活垃圾浓缩液及其他固体废物，并最终制备填埋场封场覆盖材料，实现了飞灰的安全处置及多种废物协同、定向资源化利用。

鉴定委员会主任委员、中国工程院武强院士表示：“利用飞灰添加工业固废等辅助材料制备地聚合固化体，实现危废和固废的协同处置，具有重要意义和良好的推广应用前景。”生态环境部固体废物与化学品管理技术中心副主任胡华龙研究员也对此技术成果给予充分肯定：“该技术理论可靠，技术路线合理，制备的飞灰地聚合固化体满足国家标准，推广应用潜力可观，可破解行业难题。”

光大环保作为国内垃圾焚烧行业的高新技术企业，长期以来，积极探索生活垃圾焚烧飞灰资源化处置新方法、新路径，引领行业持续发展。海天阁环保作为国家高新技术企业、专精特新企业，多年来，专注于地聚合技术在生态环境领域的创新及应用。为解决飞灰资源化利用难题，光大环保与海天阁环保充分发挥各自优势，携手联合攻关了生活垃圾焚烧飞灰资源化利用技术。技术研发的成功具有里程碑意义，有望成为我国飞灰资源化利用的重要途径，助力我国“无废城市”建设，对于低碳经济、循环经济的发展具有重要意义。

五、太阳能

风电光伏发电总装机超 8 亿千瓦

人民日报 2023.5.26

截至今年 4 月底，我国风电装机 3.8 亿千瓦，光伏发电装机 4.4 亿千瓦，风电光伏发电总装机突破 8 亿千瓦，达到 8.2 亿千瓦，占全国发电装机的 30.9%。8.2 亿千瓦，约为 36 个三峡电站的总装机容量。

今年以来，风电光伏发电工程投资持续增长，为能源保供注入更多绿色动能。1—4 月，风电完成投资 400 亿元，同比增长 20.7%；太阳能发电完成投资 743 亿元，同比增长 156.3%。在雅砻江流域，海拔 4600 米的柯拉光伏电站项目现场，建设者全力冲刺年中并

网发电目标。

“今年迎峰度夏关键时期，雅砻江梯级水电站保供能力预计为 494 亿千瓦时，相比去年同期增发 23 亿千瓦时。加上今年将投产的柯拉光伏、腊巴山风电等新能源发电项目，同期发电量预计还将增加 9 亿千瓦时，电力保供能力可达 503 亿千瓦时，能够满足 1600 万个家庭全年使用。”国投集团雅砻江公司集控中心副主任魏鹏说。

与此同时，我国风电光伏产业链竞争力持续保持全球领先水平。中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩介绍，我国已是全球最大的风电装备制造基地，部分关键零部件的产量占到全球市场的 70% 以上。光伏方面，中国光伏行业协会名誉理事长王勃华介绍，今年一季度，我国光伏多晶硅、硅片、电池片、组件 4 个环节产量同比增长均在 58% 以上；光伏产品出口总额 140 多亿美元，同比增长超 15%。

发展“渔光互补”，助力生态产品价值实现

中国能源报 2023.5.1

截至 2022 年底，我国可再生能源新增装机容量 1.52 亿千瓦，总装机容量突破 12 亿千瓦。2022 年新增光伏装机 87.41 吉瓦，同比增长 60.3%，创历史新高。在光伏产业发展进入快车道的同时，用地成本的不断走高也对光伏产业发展及能源布局产生影响。在此背景下，因为可实现“渔、电、环保”三方面的价值提升，“渔光互补”优势凸显，发展潜力巨大。

我国发展“渔光互补”有必要也有条件

2022 年 6 月，国家发改委、国家能源局等 9 部门联合印发《“十四五”可再生能源发展规划》，明确提出要大力推动光伏发电多场景融合开发，积极推进“光伏+”综合利用，鼓励农（牧）光互补、渔光互补等复合开发模式。事实上，我国发展“渔光互补”有必要也有条件。

首先，“双碳”目标下新能源需求量大增。我国长期依赖化石能源发电，能源供给较为单一。根据《2030 年前碳达峰行动方案》中提出的发展目标，2025 年非化石能源消费比重达到 20% 左右，单位国内生产总值能源消耗比 2020 年下降 13.5%；2030 年非化石能源消费比重达到 25% 左右，风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上。一方面，这一目标对我国原有的能源供给模式提出严格的政策约束，亟需加快能源结构调整步伐，引入

更多的清洁能源实现逐步替代。另一方面，随着技术的逐步成熟，我国风电、光伏发电等新能源的规模也在逐年扩大。2022 年我国新增光伏装机 87.41 吉瓦，可再生能源装机总量达 12.1 亿千瓦，创历史新高。未来的发展需要突破用地需求限制，在实现土地资源高效利用的同时，增加清洁能源产出。

其次，我国是最大的水产养殖国家，浅海滩涂养殖优势明显。根据国家统计局数据，2022 年我国全年水产品产量 6869 万吨，比上年增长 2.7%。其中，养殖水产品产量 5568 万吨，增长 3.2%。从养殖水域来看，我国海水养殖占据水产市场的一半以上，沿海地区分布着大量海鲜水产养殖基地，其中浅海滩涂养殖基地如渤海、黄海，承担着全国 4/5 以上的海带产量。相比淡水养殖，海水养殖具有生产周期短、养殖面积大、单位产量高等优势。

再次，我国沿海滩涂资源丰富，且滩涂面积增量。根据自然资源部发布的《第三次全国国土调查主要数据公报》显示，我国沿海滩涂总面积 151.23 万公顷（2268.50 万亩），占湿地总面积的 6.44%；内陆滩涂 588.61 万公顷（8829.16 万亩），占湿地总面积 25.08%。同时由于我国沿海入海河流平均每年带入 20 亿吨以上泥沙，在沿岸沉积形成滩涂，每年淤涨的滩涂总面积约为 40 万亩，导致我国滩涂资源不断增加。从滩涂资源分布来看，以平原海岸为主，其中渤海占 31.3%，黄海占 26.8%，东海占 25.6%，南海占 16.3%。由于地理因素影响，整体呈分散化、碎片化分布特点，难以建设大型的集中项目，大部分地区处于低效利用甚至荒废的状态，其价值亟待开发。

最后，渔业养殖碳排放以电力使用为主，能源转型需求强烈。传统渔业养殖以资源消耗型为主，存在对环境影响大、能源消耗大、生产效益低等问题。譬如，海产品在制冷、急冻方面的用电量较大，同时，由照明和智能化检测养殖设备使用而产生的电力消耗也较大。如何在不破坏生态资源环境的前提下，实现节能、环保、减排的经济转型要求，是新发展阶段下亟待解决的问题。在光伏复合项目模式下，可通过在湖泊、水库、池塘等水产养殖水面上方架设光伏板发电的方式，合理利用土地资源增加光伏发电装机容量，打造集约高效的光伏发电新形式，为水产养殖提供充足绿色能源。除利用内陆湖泊水库建设漂浮式光伏外，滩涂海域也具备建设固定式光伏条件，“渔光互补”模式将是渔业“双碳”转型的有效路径。

可实现经济效益与生态效益双赢

“渔光互补”是将传统渔业养殖与新能源光伏发电融合发展的方式，利用鱼塘上方闲置空间架设光伏板发电，发挥光伏板遮光降温和抑制藻类繁殖的优势，进而提高水产养殖

产量，形成“上可发电、下可养鱼”的发电新模式。作为清洁能源与水产养殖的跨界融合，“渔光互补”在探索国土空间高效利用的同时，可实现“渔、电、环保”三方面的价值提升。

在经济效益方面，一方面，“水上发电，水下养殖”的模式打破了过去渔业养殖需要外购电力的局限，利用光伏发电能够在节约成本的同时，提高清洁能源产出，进而实现土地资源的集约利用和产出效益最大化，缓解用地矛盾。同时，养殖水体对光伏组件具有较好的冷却作用，可提高光伏组件发电量。另一方面，“渔光互补”模式能够稳定水质和水温，为喜阴凉品种提供适宜的养殖环境，有利于扩大养殖品种。在促进养殖产业发展之外，“渔光互补”模式通常需配套建设现代化高水平设施和管理体系，其所形成的现代化产业特色景观能够为当地休闲旅游产业发展提供机会。

在节能环保方面，“渔光互补”模式一般通过减少碳排放、提高碳移除两种路径实现碳中和。“渔光互补”利用太阳能发电，可大大降低二氧化碳、二氧化硫、烟尘排放量。据估算，建设1兆瓦太阳能电站需要20-30亩的鱼塘水面，每年可以节省标煤348吨，减少二氧化碳排放约1000吨。同时，通过养殖贝类、藻类等重点碳汇渔业，可提升海洋碳汇能力，实现碳移除。此外，“渔光互补”模式对于节水也有重大意义，不仅能够降低水域蒸发量，减少养殖用水损耗，同时对水质也提出了很高的要求，力求养殖用水优质无污染，并通过养殖排放水的循环利用减少污染排放。

“渔光互补”频获政策和绿色金融支持

从政策支持层面来看，目前从国家部委到地方政府都出台了相关政策，明确在大力发展光伏复合项目的同时，严守生态红线，以不改变地表形态、不影响农业生产为原则，以实现互补共赢、低碳发展为目标，有序推进光伏复合项目。2022年，工信部等五部门出台《加快电力装备绿色低碳创新发展行动计划》，提出要推进新型电力系统建设，其中包括光伏建筑一体化等光电项目的建设，支持农（牧）光互补、渔光互补等复合开发，并落实相关税收优惠政策，为相关企业提供信贷支持等相关金融服务。在《“十四五”可再生能源发展规划》引领下，浙江、安徽、山东、福建、江苏等多个省份在已公布的“十四五”能源发展规划中均明确提出，积极推动“渔光互补”项目建设，并对“渔光互补”项目涉及到的水位高度、建设范围、桩基间列间距离等提出了明确要求，为金融服务有效介入提供了政策保障。

从金融支持层面来看，在人民银行指导下，各地通过创新绿色金融工具，推动“渔光互补”产业发展。江苏省人民银行总行推出碳减排支持工具，先后支持包括宜兴杨巷“渔

光互补”发电在内的 200 余个项目；人民银行南京分行推出普惠型绿色金融产品“苏碳融”和绿色再贴现业务，将绿色金融支持向绿色涉农企业、绿色小微企业、绿色民营企业等小微主体倾斜；兴业银行广州分行结合人民银行碳减排支持工具政策，支持湛江市坡头区钱塘镇 100 兆瓦的“渔光互补”光伏电站项目建设；广东省清远市在绿色金融支持方面则采取优化授信政策、简化流程、设立专项信贷额度、给予优惠利率等有效手段，2022 年 4 月向相关项目提供了 9081.61 万元贷款。金融机构也积极参与到支持“渔光互补”项目中，2020 年中国农业发展银行海南省分行贷款 6000 万支持琼中黎族苗族自治县岭镇大平村“渔光互补”扶贫项目，用于加强琼中基础设施建设，不仅为区域发展提供清洁能源保障，也为推动乡村振兴带来了现代化产业发展的新机遇。

应继续细化完善配套政策体系

“渔光互补”作为生态农业与清洁能源的结合产业，符合我国“双碳”目标与乡村振兴发展战略，是生态产品价值实现的有效路径之一，未来具有较大发展潜力。

第一，“渔光互补”模式可实现生态价值与经济价值平衡，包括湿地资源保护、水环境改善、生态系统修复、能源结构转型等，同时有利于提高海域、水域土地使用效率。在具体操作层面，可借鉴成熟经验，通过明确海域、水域立体使用权归属，为未来探索生态产品价值实现提供抓手。除此之外，还应继续细化完善相应的配套政策体系，通过加强“渔光互补”的基础研究，提升专业技术支持力度，推广“渔光互补”模式在适宜地区的应用。

第二，光伏发电并网技术成熟，稳定的电费收益有助于减少水产养殖经营主体成本，从而更好地分担经营风险，有效改善农业、渔业等靠天吃饭弊端，是巩固脱贫攻坚成果、有效衔接乡村全面振兴的有效手段，未来应在宜养水域大力推广。

第三，沿海地区普遍经济发展水平较快，能源需求量大。利用海岸线向海一侧开发利用，大规模开发建设海域滩涂“渔光互补项目”，对沿海城市能源结构转型具有借鉴意义。

第四，“渔光互补”项目存在资金回收周期长、初投资大的特点，目前光伏电站建设与渔业产业发展融资呈现脱钩状态。未来可结合生态保护与环境治理等具有较强“外部性”的项目，考虑运用 EOD 模式组织项目综合开发，或探索发行可持续发展挂钩债券、绿色 REITs 等，构建多元化融资路径。

风光大基地管建还要管配

经济日报 2023.5.10

国家能源局近日召开4月份全国可再生能源开发建设形势分析视频会指出，大型风电光伏基地存在部分项目没有编制接入方案、部分送出工程还需进一步加快建设的情况。另外，大型风电光伏基地配套电化学储能调峰设施建设进度较慢。会议强调，要进一步压实责任，明确整改时限，确保大基地按期建成并网。

近年来，我国以风电、光伏发电为代表的新能源发展成效显著，装机规模稳居全球首位，发电量占比稳步提升，成本快速下降，已基本进入平价无补贴发展新阶段。“十四五”时期，我国将推动新能源实现高质量跃升发展，加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏发电基地建设是重要抓手，消纳水平则是评判新能源高质量发展的重要标准之一。

习近平总书记指出，要加大力度规划建设以大型风光电基地为基础、以其周边清洁高效先进节能的煤电为支撑、以稳定安全可靠的特高压输变电线路为载体的新能源供给消纳体系。众所周知，特高压与储能配套是影响新能源消纳的关键环节，一旦大基地项目推进过程中重建设轻配套，势必会让过去大规模“弃风弃光”的现象再度出现。

目前，我国特高压电网建设总体滞后，资源配置能力不足，成为清洁能源发展一大掣肘。在“双碳”目标下，西部、北部地区新能源电站装机规模正快速提高，新能源消纳压力增大。与此相比，特高压工程建设速度略显滞后。按照正常节奏，特高压电网应建设先行，才能与建设速度更快的风光电站形成“源网匹配”，做到同时投产、良好消纳。过去几年，受疫情、特高压核准滞后等因素影响，电网工程建设进度在一定程度上有所滞后，已建成的特高压工程外送容量远不能满足清洁能源送出需要，亟须加快建设进度，以提升新能源并网能力。

随着新能源装机规模不断增加，电力系统稳定水平将会受到冲击。以电化学为代表的新型储能具有调节速度快、布置灵活、建设周期短等特点，对构建更加灵活高效的新型电力系统具有重要意义，是大基地配套的重要基础设施。但受制于成本较高、商业模式不成熟等因素，发电企业配储积极性不高。因此，需要出台相应政策，支持企业加大先进储能技术规模化应用力度。

面对新能源开发利用仍存在电力系统对大规模高比例新能源接网和消纳适应性不足、土地资源约束明显等制约因素，要继续加大政策供给，推动可再生能源重大工程建设，保

持良好发展势头。要坚持集中式与分布式并举，在积极推进大型基地建设的同时，组织开展“千家万户沐光行动”“千乡万村驭风行动”。积极适应能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变的新要求，完善绿色电力证书制度，扩大绿证核发和交易范围，推动形成绿色低碳生产生活方式。

龙源电力完成光伏项目倾斜摄影三维建模

中国电力报 2023.5.16

5月8日，国家能源集团龙源电力集团股份有限公司安徽霍邱冯瓠100兆瓦渔光互补光伏项目倾斜摄影三维建模成果通过验收。该项目首次采用倾斜摄影技术生成真实的三维模型，以创新设计引领光伏项目高质量建设。

霍邱冯瓠渔光互补项目位于安徽六安市霍邱县冯瓠镇，占地面积约2184亩，建成后年平均上网电量约15060万千瓦时，每年可节约标煤约46084吨，减排二氧化碳126655吨，具有明显的经济效益、环境效益和社会效益。该项目作为龙源电力2022年度十大重点科研项目之一“基于国产BIM的发电工程数字化关键技术研究”示范项目，创新采用多种手段优化设计，其中一项就是倾斜摄影技术。该技术通过从1个垂直、4个倾斜的视角同步采集影像，获取丰富的物体顶面及侧视的高分辨率纹理，不仅能够真实地反映地物情况，获取高精度地物纹理信息，还能通过先进的定位、融合、建模等技术生成真实的三维模型，综合考虑该项目场区内树木高度对组件的影响范围，不同地形对光伏桩基布置的影响等，优化项目设计方案。

该项目成功运用倾斜摄影技术对全场区进行三维建模，在设计阶段准确识别场区实际信息，取得了较好的成果，助力项目高质量建设。

浮式光伏发电走红全球

中国能源报 2023.5.15

国际学术期刊《自然》子刊《自然-可持续性》日前发布最新研究显示，在全球各地主要水库中放置浮式太阳能电池板，可以大幅提高发电量并实现节约用水，进而满足数千个城市用能需求。

这种将太阳能电池板放置并固定在水面且通过连接水下电缆实现发电的浮式光伏发电技术正加速走红全球。功能与陆地太阳能发电相同，但发电能力远超陆地，不仅节省了宝贵的土地面积，还可以减少水面蒸发，是太阳能领域因地制宜、不断创新的技术成果。

年发电潜力超 9000 太瓦时

《自然-可持续性》指出，全球有超过 11 万座水库符合应用浮式光伏的标准，总面积达 55.4111 万平方公里。如果这些水库 30% 表面被覆盖，即每个水库覆盖面积不超过 30 平方公里，每年可减少 106 立方千米水量蒸发，接近 3 亿人每年用水量，同时还可实现 9434 太瓦时的年均浮式光伏发电潜力，这约是美国 2021 年发电总量的 2.4 倍、欧盟 2021 年发电总量的 3 倍多。如果覆盖率降低到 20% 或 10%，浮式光伏年均发电量则分别为 7113 太瓦时和 4356 太瓦时。

该研究论文合著者之一、加利福尼亚州大学圣克鲁兹分校环境工程师埃利奥特·坎贝尔表示：“浮式光伏发电潜力惊人，是目前太阳能发电能力的 10 倍以上，如果问我什么时候可以推动这一技术，我认为就是现在。”

基于水库位置、人口密度、电力系统等因素，全球总计 6256 个城市可以通过浮式光伏发电实现能源自给自足，其中包括 154 个大都市。坎贝尔指出，浮式光伏发电需要稳定、无阴影的水面，灌溉渠、采石场湖或水库是理想地点。事实上，这一技术很大程度上有利于人口密度较小的城镇乡村地区。

美国《连线》指出，此前有研究表明，各国需要将各自土地面积的 0.5% 至 5% 用于太阳能发电，才有望实现全面脱碳。太阳能发电项目的单位能源占地面积是天然气发电项目的 70 倍。

我国浮式光伏发展最快

《自然-可持续性》总结了全球 20 个浮式光伏发电潜力最大的国家，其中，美国以每年 1911 太瓦时领先，中国以每年 1107 太瓦时紧随其后，巴西以每年 865 太瓦时位居第 3，印度和加拿大分别位居第 4 和第 5。

以美国 2021 年电力消费水平为基准，该国 30% 水库应用浮式光伏，可以满足全美近一半电力需求。截至目前，中国、美国、巴西等少数国家已经开始在有限容量下应用浮式光伏技术。

我国在该技术上发展速度最快、成效最显著。中国电建集团湖北工程有限公司在山东省承建的华能德州丁庄水库 320 兆瓦项目，是目前全球单体最大水上漂浮式光伏电站，于 2021 年底全容量并网发电。

去年底，我国和泰国合作修建的泰国最大水上漂浮式光伏项目实现并网，年发电量 9500 万千瓦时。2021 年 10 月，中泰两国在泰国东北部投建的浮动水力太阳能电场投产运营，可产生 45 兆瓦电力。该项目采用混合系统，即白天转化太阳能，晚上利用水力发电。

欧洲也在加速部署浮式光伏项目。据路透社报道，欧洲最大浮式太阳能发电场于去年 7 月开始发电，可以为大约 1500 户家庭供电。

成本仍是发展障碍

提高发电效率是浮式光伏重要优势之一。由于光伏模块温度越高自身耗能越大，因此，在水域环境下可以降低光伏组件的工作温度，从而提高组件工作效率。

美国科技趋势新闻网“科技艺术”指出，太阳能电池板可以遮荫，进而降低水温、减少水面蒸发；反过来，水可以冷却太阳能电池板，使浮式光伏效率较陆地光伏发电高出 15%。此外，节省陆地空间可以腾出更多土地用于农业或栖息地保护。

目前，制约浮式光伏技术应用的最大障碍就是成本，因为浮式太阳能电池板需要锚定系统固定，这就需要额外成本支出。美国国家可再生能源实验室能源技术和政策研究员西卡·加赞库表示，安装浮式光伏系统成本比陆地高 25%，而且可能降低水中含氧量，伤害鱼类并影响水域生态平衡，甚至给水质带来负面影响。

“考虑到水域生态系统，我们需要进一步研究浮式光伏的潜在影响。”加赞库坦言，“同时还需要解决政策、规划、融资、监管、技术支持和建设维护等一系列问题。”

风电光伏设备回收利用升温

中国能源报 2023.5.15

伴随我国风电、光伏等新能源的规模化发展，回收利用已成为我国风电、光伏行业面临的重要课题。

5 月 6 日，在首届中国风电光伏设备循环利用行业年会暨春享会上，中国物资再生协会会长许军祥表示，国家陆续出台的相关政策明确提出要推进退役风电机组、光伏组件等新兴产业废物循环利用，需要行业围绕政策、标准、技术等层面共同发力，携手加快健全相关循环利用体系，推动新能源产业实现高质量发展。

相关报告显示，以 20 年服役时间计算，预计中国风电产业将在 2025 年迎来第一批大规模退役潮，退役规模将超过 12GW；紧随其后的是，2030 年光伏组件将进入密集报废

期，预计可回收容量高达 17.8GW。到 2040 年，风电退役机组累计将达到约 280GW，光伏退役组件累计规模将达到约 250GW。

据了解，由于历史原因，相关企业在项目建设的可行性分析阶段，未能预先考虑风光固废产生及处置，难以保障产生后及时安全处置。

目前来看，新能源产业发展前期未能将固体废物处理处置纳入行业产业整体规划，存在由于末端固废总体处置能力受限，反向制约行业可持续发展的风险。

“近年来，国家为实现碳达峰碳中和战略目标，推动风光设备循环利用行业高质量发展，先后发布一系列的政策文件，面对即将到来的风电光伏设备退役潮，应秉承科学规划和创新理念，合理统筹行业资源，在解决环保问题的同时，深入挖掘风电光伏设备的循环利用潜在价值，通过这种方式必将能够开辟出一条新能源产业绿色低碳的循环发展之路。”国家发改委环资司资源处处长程慧强说。

会上，中国物资再生协会风光设备循环利用专业委员会正式发布“e 风光设备循环利用信息共享平台”和“中国风电光伏场站退役信息平台”。两个平台旨在实现信息共享，实现固废资源高值利用，共建循环利用和可持续发展生态系统。

业内人士建议，应根据产业发展阶段和规模的需求，加快包括退役风电机组、退役光伏组件在内的固废回收利用体系建设，全面提高资源利用效率，为绿色低碳发展提供切实可行的实施途径。考虑到风电光伏装机地域分布的广泛性，循环利用技术的多样性以及市场的复杂性，应避免一刀切的处置政策，鼓励和支持各地方因地制宜建立与当地产业特点和资源禀赋相适应的循环利用途径。

“在回收利用规模较小的初期，缺乏规模效应，可出台一些财政税收政策，并设立专门的风机回收利用基金。对拆解回收项目进行验收，验收合格后给予一定资金奖励；对于推动产业链实施、或满足绿色供应要求的企业，给予税收或金融政策优惠。”业内人士表示。

发展人工光合成产业是“一石三鸟”之举

科技日报 2023.5.5

自然界的光合作用给了我们启发。光合作用的本质是能量固定的过程。以人工方法实现光合作用的研究持续了很多年，有光催化、电催化、热催化、酶催化等技术路线。这些

研究正朝着不断提高人工光合作用的效率、实现规模化生产的方向前进。

党的二十大报告指出，推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。

实现绿色化、低碳化发展，自然界本身就蕴藏着可借鉴的路径。比如，光合作用不仅消耗二氧化碳，还将光能固定，为生命活动提供必需的能量。光合作用与能源利用过程可构成一个完整的生态循环。如果让光合作用规模与能源利用规模实现平衡，则可同时实现碳减排与经济发展。

然而，自然界光合作用在短时间内消纳的二氧化碳数量有限。那么，是否可以用工业化的方法，将光能固定，为生产生活提供能量，同时实现二氧化碳的消化或者利用呢？

答案是肯定的。在“双碳”目标的引领下，我国科研人员正在不断完善人工光合成技术。“它的规模化应用不仅可以充分利用可再生能源，大规模消纳二氧化碳，还能解决能源的多样化问题，以多种方式储存能源便于不同行业产业的利用，实现‘一石三鸟’的创新路径。”近日，中国科学院院士、中国科学院大连化学物理研究所研究员李灿就此接受了科技日报专访。

光伏发电能量利用率大幅提升

记者：当前光伏发电技术已经相对成熟并且应用广泛，还需要对太阳能进行更进一步的利用吗？

李灿：光伏发电是大家最熟悉的太阳能利用方式，其能量利用率近年来大幅提升，提升速度是10年前难以想象的。过去晶硅电池的太阳能利用率只有百分之十几，而今，太阳能的工业化利用效率平均可达22%，在实验室能达到26%。理论物理学家估算，太阳能单晶硅电池的太阳能利用率的极限值为31%，因此可以说，以光伏发电的方式利用太阳能，其能量利用率已经非常接近极限值。

如今，能量利用率不再是关键制约问题，并网利用的问题随之凸显。目前在我国新疆、青海、内蒙古、甘肃等西部地区，光伏发电量巨大。受资源分布限制，光伏、风电等的发电量大多来自偏远地区，这些地区很难铺设规模化电网或者特高压电网，发出的电难以并网使用。正因为如此，这些年出现了“弃风弃光”现象。

到2030年，我国光伏发电、风电装机容量要达到12亿千瓦的目标。目前看，这个目标可以超额完成，当前更大的挑战在于如何实现巨量风、光发电的有效利用。

为了解决这些问题，我们提出将太阳能转化为燃料或化学品加以利用（Power-to-X），从而通过适宜技术高效、便捷地使用大量已经发出来的电。

记者：您提到的适宜技术具体指什么？目前有哪些适宜的技术，应用后可达到怎样的效果？

李灿：这些技术是指在不修建输电网的基础上，将可再生能源产生的电能转化为其他能源形式，例如可运输的液体燃料。

自然界的光合作用给了我们启发。光合作用的本质是能量固定的过程。以人工方法实现光合作用的研究持续了很多年，有光催化、电催化、热催化、酶催化等技术路线。这些研究正朝着不断提高人工光合作用的效率、实现规模化生产的方向前进。

实现人工光合作用的规模化利用，将给生产生活带来很大变化。比如工信部正在倡导甲醇燃料汽车，以绿色甲醇代替汽油将大大降低污染物排放，并实现碳中和。另外，甲醇、甲醛等是材料合成、生物医药等工业的原材料，通过二氧化碳转化的方式获得这些原料将大大降低相关产业对化石资源的依赖。在人工合成淀粉的研究中，我们团队参与了前端环节。这项研究通过把二氧化碳转化成甲醇，再进一步合成碳水化合物，有望带来人类获取食物模式的变革。

人工光合成产业发展迎来新契机

记者：以人工方法实现光合作用的优势是什么？

李灿：发展人工光合成产业，初衷是把取之不尽的太阳能有效利用起来。10年前，中国科学院开启了一个太阳能利用行动计划，由我和褚君浩院士领衔推进。计划启动之初，我们对中国太阳能利用水平、技术路径、产业规模等做过全面的战略分析，认为发展人工光合成产业是极具潜力的方向之一。

随着我国“双碳”目标的确定，人工光合成产业迎来发展契机。光合作用的主要原料是二氧化碳和水，可以把二氧化碳从“废气”变为“资源”。

当前人类已经发展了一些消纳二氧化碳的技术，比如碳捕捉、碳封存，把工业排放的二氧化碳捕捉下来注入到深井里封存起来，但这种方式是净投入的，后续没有产出。人工光合成方法却可以“变废为宝”，在消纳二氧化碳的同时，生产出原料。因此我认为，人工光合成是可持续发展的“碳捕捉”方式。

记者：这样看来，二氧化碳也是一种资源，应如何利用这种资源呢？

李灿：二氧化碳的资源化利用研究由来已久，但由于二氧化碳的强惰性，需要足够的能源来激活，不像氢气、氧气活泼易利用，因此相关研究进展缓慢。

现在情况不同了，我前面说到光伏发电量大且成本降低，但并网困难。人工光合成技术可以将这些能源利用起来，比如一步法电解二氧化碳制备烯烃和含氧化合物等。另一种

规模化转化二氧化碳的技术是两步法，即通过光伏发电电解水制氢，然后加入二氧化碳制甲醇、汽油，再制成各种化学品。目前，通过这种方法制备甲醇已经进入工业示范阶段，制备汽油处于中试阶段，其他产品的制备还处于基础研究阶段。据估算，这种方法可为市场提供约1亿吨甲醇，减排空间达3.5亿吨；如制备汽油，减排空间达到6亿吨以上；其他制备路径也可在提供工业原材料的同时，实现数亿吨的碳减排。

推进技术的工业化落地是系统工程

记者：既然二氧化碳的资源化利用能带来多方面的收益，那为什么它的发展没有我们想象的顺利？

李灿：随着技术的进步，很多以前认为不可能的或艰难的工作，已经具备了条件。比如，制氢曾被定义为一项非常困难、非常耗能的技术，但实际上目前其成本已经非常可控了。当离网电价在每度0.3元时，电解水制氢成本是每公斤18元，比煤化工制氢的每公斤10元贵不少；但当离网电价降到每度0.1元时，制氢成本降到大约每公斤7元，在此基础上制备工业原料甲醇成本仅每吨1700元，比煤化工制甲醇每吨2500元的成本低很多。而光伏国际招标价已经降到每度0.14元。可见，太阳能发电电力成本的大幅降低，为人工光合成过程中的氢气、甲醇制备等问题“松了绑”。

记者：应如何推动人工光合成的产业化发展？

李灿：从最开始的基础研究、催化剂筛选到最终落地、规模化生产，甚至带动产业链的延伸，整个链条非常长，也面临一系列困难。

首先是成本问题。很多研究在实验室表现非常好，发的论文也很漂亮。但能不能转化落地、在市场中生存下来，成本是决定性因素。这要求研究团队在进行基础研究时就考量生产过程的反应条件、工程造价等问题，在成果转化过程中与企业合作攻关、不断调整优化方案，并与地方政府通力合作，促成项目落地。

其次是协同攻关问题。人工光合成的技术链条很长，一个企业很难在各类技术中都处于最优状态，需要多家企业合作。目前，以我们团队的研发成果为核心，在兰州新区已经建起了液态阳光甲醇合成示范项目。这一项目从零起步，没有任何可借鉴的样板，必须开展协同创新。目前这一项目正在与中煤集团合作推进十万吨级的工业化生产。

当前更多的人工光合成技术路线正在迈向产业化，例如冰岛利用地热能发电的二氧化碳制备甲醇技术已实现中试，智利进行了用空气中捕获的二氧化碳制备绿色汽油的百吨级示范；我国也进行了二氧化碳加氢制甲醇的工业化示范。未来，期待各方力量转变现有的碳减排思路，形成合力，挖掘二氧化碳资源化利用的潜力，从而在解决能源问题的同时实

现低碳发展。

《光伏电站工程项目用地控制指标》8月起实施

中国自然资源报 2023.5.16

自然资源部近日发布公告，《光伏电站工程项目用地控制指标》（以下简称《指标》）已通过全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会审查，自今年8月1日起实施。

自然资源部制定发布该行业标准，旨在规范光伏电站工程项目建设用地，贯彻落实党的二十大关于“实施全面节约战略，推进各类资源节约集约利用”的部署要求，深入贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰碳中和的重大战略决策。

《指标》规定了光伏电站工程项目用地的总体指标、光伏方阵用地指标、变电站及运行管理中心用地指标、集电线路用地指标及场内道路用地指标。光伏电站工程项目用地总体指标按光伏组件的全面积效率、安装所在地纬度、所在地形区类别、光伏方阵安装排列方式及不同升压等级计算确定。

《指标》适用于使用建设用地和未利用地的新建、改建和扩建地面光伏电站工程项目，明确了工程项目用地原则，即保护耕地、节约用地、统筹用地。

促进分布式光伏友好并网

中国电力报 2023.5.15

大量分布式光伏接入将改变配电网的供电模式，其出力特性与电力电子设备特性也将对配电网运行带来较大影响。

如何促进分布式光伏友好接入

- 既要保证并网要求相对统一，也要尊重区域间差异
- 把握新能源发展趋势，动态调整并网
- 要求有序分步探索分布式光伏运行管理模式

近年来，我国不断推动新能源发展，坚持集中式和分布式开发并举，大力支持分布式新能源发展。2022年，我国光伏发电新增装机8741万千瓦，其中分布式光伏新增装机5111万千瓦，占比超过58%。分布式发展已成为我国光伏发展的主要方式。

大量分布式光伏接入将改变配电网的供电模式，其出力特性与电力电子设备特性也将对配电网运行带来较大影响。因此，在其规模化发展的背景下，分析分布式光伏并网影响及完善并网技术要求十分迫切且必要。

分布式光伏规模化发展对电网的影响

从国内外实际运行情况来看，分布式光伏接入对配电网的影响主要体现在以下 3 个方面。

短路电流与继电保护方面，一是分布式光伏接入改变了配电网潮流大小及方向，为配电网的继电保护参数整定带来困难；二是其提供的短路电流也会影响配电网继电保护装置，可能导致断路器误动或拒动。

电压水平方面，分布式光伏接入容易导致配电网电压升高，变化幅度与分布式光伏接入容量及接入位置相关。一项针对澳大利亚南部 500 个分布式光伏站点的分析指出，并网点在大多数月份均出现了过电压现象。

电能质量方面，分布式光伏并网后可能导致配电网出现频率偏差、电压波动、电压闪变、电压不平衡、谐波畸变和直流注入等一系列电能质量问题，影响部分设备正常运行，甚至导致用户遭受较大经济损失。

国内外分布式光伏并网技术要求存在差异

国外部分国家和组织已经先行出台了一系列分布式新能源并网标准。2017 年，我国也发布了《分布式电源并网技术要求》，涵盖了电能质量、功率控制与电压调节、启停、运行适应性、安全、继电保护与安全自动装置、通信信息等内容。目前，国际上暂未形成具有统一约束力的分布式新能源并网标准。

从内容上看，国际上不同国家或组织制定的并网技术要求是相似的，但分类标准及参数设置存在一定差异。例如，欧洲虽然制定了统一的发电机接入要求，但波罗的海、欧洲大陆、英国、爱尔兰和北欧 5 个地区设定的容量阈值并不一致。欧洲大陆规定 1000 千瓦以上的电源需具备低电压穿越能力，爱尔兰则将该标准提高至 100 千瓦。此外，欧洲还允许各区域系统运营商在统一的并网技术要求上根据实际情况进行适当补充或调整。从实际运行情况来看，欧洲的并网技术要求较好地适应了不同区域电网承载能力以及分布式光伏发展实际情况。

随着分布式光伏渗透率提升，其并网技术要求也在不断提高。2012 年，德国耗资近 1.75 亿欧元，对超过 31.5 万台 10 千瓦以上的分布式光伏逆变器进行了改造，要求所有新建及现有的分布式光伏系统能够实现短时的高频（50.2 赫兹）穿越。2020 年，我国华东地区

也开展了分布式光伏涉网频率核查整改，核查分布式光伏 19.7 万座，整改不达标分布式光伏 3.1 万座，消除了大功率直流闭锁时分布式光伏大规模无序脱网风险。欧洲最近正准备修改小型发电设备并网标准，要求其逆变器具备无功功率控制能力，以满足并网点电压调节的需求。美国亚利桑那州也在积极推广高性能稳压稳频的逆变器，可根据配电网电压偏差调节注入或吸收无功功率，从而维持配电网的正常电压和频率。

关于我国分布式光伏并网的建议

结合国内外典型地区发展经验及我国电力系统与新能源实际发展现状，对制定新能源并网要求、促进分布式光伏友好接入提出以下 3 点建议。

一是既要保证并网要求相对统一，也要尊重区域间差异。从欧洲地区的并网技术要求来看，由于电力系统承载分布式新能源能力与其系统规模大小、区域间互济能力有着紧密的联系，因此不同规模电力系统对分布式新能源接入的相关参数需求也会存在较大差异。我国各区域电网规模、电源结构及负荷特性不一，“一刀切”的管理方案难以避免因部分区域并网要求过低或过高，产生影响电网安全稳定运行或分布式光伏成本压力较大等问题。

建议在制定并网技术要求的过程中，首先统一同步电网中与频率、有功功率控制相关的要求。这既有利于调度部门准确把握分布式电源运行特性，制定更科学合理的运行控制方案；也有利于在设备制造与调试验收等环节建立统一的标准，有效降低非技术成本。其次，要充分考虑所制定要求与各区域源网发展现状的兼容性，为区域性的特殊需求留出优化的空间。一方面可以在并网技术要求中，为各区域电力系统制定并列出差异化的适用参数；另一方面可以根据电源类别制定并网技术要求，其中电源类别划分标准可由各区域电力系统自行研究制定。

二是把握新能源发展趋势，动态调整并网要求。除电力系统规模等影响因素外，新能源渗透率也对分布式新能源并网及并网技术要求有重要影响。因此在制定分布式新能源并网要求时，建议提前做好新能源资源评估工作，分析新能源发展条件，把握新能源发展趋势。在此基础上，结合区域电网发展现状与规划，研究梳理当前必要与潜在并网技术要求，制定好分布式光伏并网要求的修订计划，并及时根据新能源发展情况进行动态调整，以满足源网协同发展的需要。

三是有序分步探索分布式光伏运行管理模式。新型电力系统将数字与物理系统深度融合，以数据流引领和优化能量流、业务流，其中发电侧将实现“可观、可测、可控”。然而目前分布式光伏点多面广，且其通信、控制等标准不一，实现难度较大；同时并网标准过快提高，可能给投资者带来巨大的成本压力。建议按照“新增全面可观、重点区域可测、

试点项目可控”的原则，综合考虑分布式光伏项目接入电压等级、并网规模、区域电网承载能力等因素，研究探索分布式光伏运行管理模式，有序分步实现分布式光伏“可观、可测、可控”。

隆基绿能 26.81%效率纪录研究成果在《Nature Energy》 发表

中国能源报 2023.5.22

近日，隆基绿能自主研发的晶硅异质结电池创新技术研究成果，在世界顶级材料科学领域学术期刊《Nature Energy》上发表。虽然该新型电池所需材料 95%与当前已有的晶硅电池相同，但其效率更高，达 26.81%，是目前晶硅太阳能电池效率的最高纪录。

《Nature Energy》杂志于 2016 年由 Nature 出版集团创办，是一本综合研究能源工程与技术的国际期刊。该刊已被国际重要权威数据库 SCI 收录，2021-2022 年度影响因子为 67.439，在中科院 JCR 最新升级版分区表中位列大类学科工程技术 1 区。

据悉，隆基绿能与中山大学和荷兰代尔夫特理工大学合作取得了这项突破性成果。隆基绿能研发团队通过改进“纳米晶硅空穴接触层”优化了太阳能电池设计。长期以来，这一超薄纳米材料只停留在理论层面，但从未在实验上被证实过。此外，中山大学团队分析和研究了该纳米膜层的电荷输运方向，荷兰代尔夫特理工大学的团队对此进行了先进的模拟分析，这均对该技术的创新起到了关键作用。

1.5%的实质性飞跃

从 2021 年 6 月至 2022 年 11 月，隆基绿能高效晶硅异质结电池研发团队不断打破并刷新纪录，电池效率从 25.26%提升到 26.81%，在 1 年 4 个月时间里，实现了绝对值增加 1.55%的成绩。电池效率的显著提升，得益于该团队在新的纳米膜层技术上的突破。

据《Nature Energy》杂志刊发的内容，新的纳米膜层能以更低的电阻输运电荷显著改善电池性能。相比以前的技术，实现了 1.5%的转换效率飞跃。研发团队基于工业量产硅片开发了这项新技术，所以能无缝推广至太阳能电池的工业生产中。

隆基绿能创始人、总裁李振国曾介绍，以 20%转换效率的电池片为例，经测算，每提高一个百分点的转换效率，可为下游电站节约 5%以上的成本。因此，哪怕电池转换效率只提高 0.01 个百分点都意义重大。

“在占全球太阳能电池生产份额 95%以上的晶硅电池技术中，这项技术在转换效率上拔得头筹。”隆基绿能中央研究院副院长徐希翔评论道。

将显著加速能源转型

在分析和研究该纳米膜层的电荷输运机理方面，中山大学的科学家发挥了关键作用。他们通过对比实验发现，合理的新膜层组合具有更低的激活能，能更好地输运电荷。他们表示，由于异质结电池表面钝化质量优异，基体中的俄歇复合成为效率损失的主导因素。实际上，正是这种极高的表面钝化质量保证了填充因子和转换效率进一步提升。

“低激活能晶硅空穴接触层的研究非常及时和重要，我们作为在探索空穴接触的电性能方面取得重大进展的代表，对于异质结、杂化结构和所有硅基太阳能电池的进一步开发有重要意义。”中山大学教授高平奇评论称，这种太阳能电池结构的出现将显著加速能源转型，推动更高效光伏组件的应用。

拓宽晶硅电池器件研究边界

此外，荷兰代尔夫特理工大学的研究团队提供了电荷输运建模方面的支持。

通过新模型，该团队揭示了关于电池背结界面处势垒的更多细节。模型分析了空穴在界面处的收集路径，从而在理论层面对电池的优异性能作出解释。

“看到理论上预测的能够实现理想空穴输运的最佳材料组合，在实际生产的大面积电池器件上实现，对我们来说很有意义。”代尔夫特理工大学博士后研究员 Paul Procel 说。

“隆基绿能对于超薄膜层沉积技术的掌握及对膜层光电特性的精细控制令人惊叹。对他们的太阳能电池进行模拟分析，拓宽了晶硅电池器件研究的边界。”代尔夫特理工大学教授 Olindo Isabella 补充说。

一直以来，隆基绿能不忘初心，以提升光伏发电效率为主线，通过高强度的研发投入，进一步推进新一代电池组件技术创新，促进不同应用场景下清洁能源最大效能利用。

可以说，创新是隆基绿能的灵魂，也是隆基绿能的行业使命。隆基绿能的技术创新会迅速转化为规模化的先进产能并在客户端推广应用，促进光伏度电成本持续降低。

交通与能源“牵手”会擦出怎样的火花

科技日报 2023.5.30

能源与交通息息相关、不可分割。交通是能源的最大负荷领域之一，能源的绿色发展

则是交通发展战略的必然要求。交能融合，即交通行业与绿色可再生能源的融合发展。推动交能融合发展，可以扩大可再生能源的利用范围；同时，新能源的不断发展，也让一些新型交通技术的实现成为可能。

在高速公路旁的斜坡上，一块块光伏板延伸向远方。而在看不见的地下，太阳能电力正源源不断地被送往千家万户。

5月26日，科技日报记者来到位于山东枣菏高速公路金乡服务区的我国首个全路段交通能源融合示范项目——枣菏高速交能融合示范工程。该项目由葛洲坝集团交通投资有限公司投资，中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司、中国能源建设集团山西电力建设有限公司联合总承包建设。来自中国能建葛洲坝交投公司的专家告诉记者，该项目首创性地将交通与能源融合在一起，打造了交能融合发展的新样板。

为何要将交通与能源融合发展？此次国内首个全路段交通能源融合示范项目建设有何难点？该项目对于推动交能融合发展有何意义？带着这些问题，记者采访了相关专家。

能源技术发展使交能融合成为可能

能源与交通息息相关、不可分割。交通是能源的最大负荷领域之一，能源的绿色发展则是交通发展战略的必然要求。

交能融合，即交通行业与绿色可再生能源的融合发展。推动交能融合发展，可以扩大可再生能源的利用范围；同时，新能源的不断发展，也让一些新型交通技术的实现成为可能。

近年来，我国交通运输部与能源部门充分考虑燃料、电力及绿色能源等输送特点，在新型交能设施统筹布局规划建设中不断探索，将共建共享理念融入交能基础设施，一方面提高交通设施利用效率，另一方面减少能源资源消耗。

随着光储一体化等新能源技术的发展与成熟，以及各种新材料在太阳能光伏发电、输电以及储电方面的成功应用，交能融合逐渐成为可能。交能融合设备或成为交通建设的重要基础设施之一。

2022年12月，2022世界交通运输大会召开，会议主题为“交能融合·绿动世界”，与会专家共商交能融合发展方案，绘制交能融合发展蓝图。更为引人注目的是，此次论坛发布了交能融合领域首个综合性报告——《交通与能源融合发展报告2022》，为推动交通与能源绿色融合发展、绿色转型给出了系统解决方案。

5月11日，由中国公路学会、中国能源建设集团有限公司共同举办的中国公路学会交通与能源融合发展工作委员会成立大会召开。注意到，本次大会对外发布了《交能融合一

体化解决方案》，该方案总结了交通行业面临的“供电难”“伪低碳”两个突出问题，指向了交通与能源融合的现实难题，并提出了解决路径。

枣菏高速交能融合示范工程便是该方案落地的典型样本之一。

据介绍，上述项目利用服务区、路侧边坡等高速公路基础设施潜力，就地开发新能源，设置分布式光伏、风电储能等设备，产生的电能自发自用，余电还可上网。“该项目将新能源、高速公路两个行业的系统相互融合，实现源网荷储一体化和车路能云一体化，为基础设施和运输车辆持续提供绿色清洁能源。”枣菏高速交能融合示范工程技术负责人高抗说。

在高速公路沿线布局光伏发电设施

高速公路的封闭性以及独特性，决定了其对能源的依赖性。然而，目前国内应用太阳能光伏发电的高速公路项目很少。引入光伏发电项目，不仅可以缓解高速公路服务区的能源压力，降低化石能源消耗，提高资源和能源的利用效率，同时还可以大力推进光伏发电的技术创新，为新的光伏项目提供落地环境，推动新能源产业发展。

目前来看，太阳能光伏发电在高速公路服务区的主要应用，大多集中在中小型负荷设备，如照明、监控、检测设备、小型发电机等。此外，随着新能源汽车的增多，未来光伏发电可在高速公路服务区为新能源汽车提供充电服务。

不过，在高速公路沿线布局光伏发电设施并不简单。

有交通专家在枣菏高速交能融合示范工程立项之前曾担心：在高速边坡施工会对边坡稳定性、边坡植被等产生不利影响，太阳能光伏板的光反射可能会干扰驾驶员视线，一旦发生车辆冲出隔离护栏的事故，路边的高压电设施可能会对驾驶员造成二次伤害。

2020年，交通运输部出台意见，鼓励在服务区、边坡等公路沿线合理布局光伏发电设施，与市电等并网供电。中国能建葛洲坝交投公司看到了从高速公路开展交能融合项目的潜力。

在中国能建葛洲坝交投新能源公司负责人李彬看来，山东太阳能辐照资源丰富，年均日照时间超2000小时；枣菏高速沿线地形平坦开阔，且有充足的路域资源可供使用，开发光伏电站较为适宜。

为消除安全隐患，中国能源建设集团葛洲坝交投公司委托交通运输部规划研究院进行安全性评估论证。在实验室里，研究人员乘坐不同的交通工具，模拟不同的坐姿、行动曲线、眩光角度，历经1年时间，经过100多次反复实验，最终用一份安全性评估报告消除了所有人的顾虑。

高抗强调：“这个项目实施可提高公路清洁能源自给率，实现交通电动化和电力去碳化。”而且这是国内首次在高速公路路侧布设太阳能发电项目，不但实现了金乡服务区的100%供电，富余电力还可以上网。

智慧平台一体化调控源网荷储

在金乡高速服务区，缕缕阳光汇集在光伏车棚、垂直轴风机、屋面光伏板上，整个服务区实现了100%“绿电”供应。将手机放在无线充电桌上，一会儿便能“满血复活”；无人超市里，只需拿着商品在机器上扫码、付款即可；十多分钟，电动汽车便充满了电。

据了解，当阳光充足时，枣菏高速交能融合示范工程的零碳电力在随发随用之外，还会被储存起来，按需取用。

“其实，这些还不是‘最硬核’的应用。枣菏高速交能融合一体化智慧平台才是交能融合的‘智能大脑’。”高抗说，它可以对能源网、交通网和数字网进行信息融合和智慧调控。

枣菏高速交能融合一体化智慧平台的一个核心功能是源网荷储一体化调控，可以对高速全域的光伏、储能、用电负荷和电网进行统一协调控制，使“绿电”优先在高速全域内部消纳利用。

着眼未来，中国能建葛洲坝交投公司研究院院长崔培强踌躇满志：“目前我们公司投资建设管理的高速公路总里程超过2700公里，为探索交能融合业务提供了载体。此次金乡段并网发电是企业交能融合项目的第一步，未来3至5年，我们将完成能源管理与智慧交通的深度融合，系统规划、建设冷链仓储物流、氢能中心等。”

“作为交能融合领域的先行者，中国能源建设集团目前在绿色公路、近零碳港口等领域进行了积极探索，取得了系列创新成果。”针对交通与能源领域下一步的发展，中国能源建设集团有限公司党委书记、董事长宋海良认为，应围绕绿色低碳、数字智慧“两化”转型，全力构建交能融合生命共同体，同时做强新平台，全力攻克交能融合技术装备难点堵点，拓展交能融合场景应用范围，并完善交能融合政策标准体系。

光伏需在电站资产管理上下功夫

中国能源报 2023.5.22

国家能源局数据显示，截至今年第一季度，光伏累计装机规模达4.25亿千瓦，超越水

电，成为全国第二大装机电源。1-3月，我国光伏新增装机规模达33吉瓦，甚至超过2019年全年装机规模。产业内预计，未来10年，我国光伏年新增装机将在100吉瓦至150吉瓦之间。

“一方面，光伏装机规模快速增长。另一方面，产业将逐渐告别传统统购统销固定上网电价模式。”中国光伏行业协会副秘书长刘译阳近日在第七届新能源电站运营及后服务市场研讨会上指出，“未来，新增和存量光伏电站都将进入全国统一电力市场，这给电站保质保价带来新挑战，电站运营压力明显提升。如何做好海量光伏电站的运维和资产管理成为摆在产业面前的新课题。”

运营难题凸显

在协合新能源集团副总工程师胥佳看来，电力现货市场交易模式下，电价波动是新能源运营面临的主要风险之一，电站投资收益分析模型将出现变化，资产收益不确定性大大增加，电站运行压力开始显现。

3月，分布式光伏装机大省山东发布《关于山东电力现货市场价格上下限规制有关事项的通知（征求意见稿）》，拟对市场电能出清设置价格上限和下限，其中，上限为每千瓦时1.5元，下限为每千瓦时-0.1元。另据山东省电力交易平台信息，2022年以来，山东电力现货市场发电侧售电价格曾多次出现负电价。

上述背景下，加强光伏电站运行稳定性、可靠性，提升电站发电效率、运维和资产管理水平已经成为当前光伏产业的现实问题。刘译阳指出：“国家主管部门多次在重要场合强调，电力市场改革要深入推进，新能源一定要参与到电力市场中来。随着各省陆续启动电力现货市场建设交易试点工作，光伏产业要加强研究，主动适应，提升光伏参与电力市场的能力，增强竞争力。”

国家可再生能源信息管理中心副主任郭雁珩表示，与传统发电机组不同，新能源项目具有单体规模小、分布广、数量多、业主多的特点，这正在改变传统电力运营及服务市场模式，新能源电站运营及资产提质增效难度也更加凸显。“这就需要从提升电站发电水平和降低运维成本角度出发，多措并举强化新能源电站运维水平。”

功率预测能力待提升

郭雁珩提出，要做好新能源电站运营和服务，就要重视基础能力提升。加强精细化管理水平，建立电站精细化管理体系，依托数据平台持续开展长效分析机制。基于设备运行数据、气象数据以及专业功率预测，不断提升功率预测精度，减少不必要的弃光。

沈阳嘉越电力科技有限公司研发副总修唯对此表示认同：“功率预测是新能源电站运维

的重中之重，直接影响新能源电站收益。前几年，产业对功率预测准确率要求还不是那么高，一个坐标点下，用时一年左右便能完成新能源电站实际功率预测建模。随着功率预测作用不断凸显，产业对准确率的要求也水涨船高。”

修唯指出，提升功率预测准确性的关键在于对环境数据和场站内各设备运行数据进行精细化分析。“基于环境数据我们可以得到短期预测功率，这一预测对实测气象和实际功率的依赖非常高，数据精度越高，预测结果准确率越高。另一方面，在添加了光伏组件、逆变器、升压站等设备后，功率预测可以通过数据变化监测到设备可能因为限电、故障等原因无法正常运行，从而更早发现问题并解决。当然，预测越精准，就需要收集大规模实测数据，数据积累是关键。”

中国气象局风能太阳能中心科学主任申彦波也表示，要提高功率预测精度，就要进一步提升气象预报准确率，发展专业化太阳能数值预报模式，做好高密度气象观测资料同化，以及辐射过程参数化方案和边界层参数化方案的改进。

强化无人运维技术

此外，业内还希望通过充分利用智能化技术、减少人工成本、提升运维能效来强化资产管理能力。郭雁珩指出，要提升运维管理水平、降低运维成本，就需要根据厂站自身特点，依托无人机、智能机器人、自动化清扫设备做到少人和无人运维，支撑辖区内电站抢修、设备定检、预防性实验等工作，深度挖掘发电设备运行状态，控制人工成本。

刘译阳表示，很多光伏电站选址较为偏僻，工作条件较为艰苦。愿意长久在这种环境下从事运维工作，且掌握专业光伏电站运维技术，具备相关经验的人才非常匮乏。而随着光伏电站数量越来越多，运维和资产管理公司招募运维人员难度也越来越高，这对智能化和无人化运维提出了更多需求。

在未来市场需求增长的情况下，光伏电站运维将迈向智慧运维新阶段。北京京能清洁能源电力股份有限公司安全生产部副部长安克强调，独立的场站运维模式已不适应光伏电站运维需求，未来将朝着无人值班、少人值守、集中监控、智慧运维的模式发展，集约化趋势将越来越明显。

国家电投集团内蒙古新能源有限公司生产运营主管乔殿城补充说，管理分散效率低、运营策略落后、检测系统确实、分析方式落后、运维成本高、团队管理困难是传统新能源电站存在的主要问题。而运用智能无人机巡检系统后，可以使运维人员减少 30%左右，并有效减少或避免电量损失，提升发电收益。

我国研制出高柔韧性单晶硅太阳能电池

中国能源报 2023.5.

柔性太阳能电池在移动通信、车载移动能源、航空航天等领域具有广泛的应用空间。近日，中科院上海微系统所的研究团队研制出一款可以像纸片一样弯曲且不易断裂的高柔韧性单晶硅太阳能电池。该成果于北京时间5月24日晚在国际学术期刊《自然》(《Nature》)发表。

在中科院上海微系统所，科研人员展示了他们研制的高柔韧性单晶硅太阳能电池，这一电池在科研人员手中就像我们平常看到的纸一样，可以大角度弯曲。

中科院上海微系统所研究员刘正新介绍，目前常见的光伏太阳能电池都由单晶硅制成。单晶硅是一种脆性材料，给它施加应力时容易碎，尤其要把它做得更便宜、厚度减薄时就更容易碎。大角度弯曲而不损坏的硅片在过去几乎不可能实现，其主要原因就是硅片的力学特征限制了其柔韧性。

中科院上海微系统所副研究员刘文柱介绍，硅片在弯曲应力作用下，总是从周围区域尖锐的微小沟槽区域发生断裂。基于这一发现，课题组开发了一种硅片边缘圆滑处理方法，即将硅片边缘表面和侧面尖锐的“V”字形沟槽处理成平滑的“U”字形沟槽，从而改变了硅片边缘的微结构以及力学特性，在增强硅片柔韧性的同时，也不影响硅片对光的吸收能力。

目前，科研团队已经可以实现将硅片厚度减薄为50—60微米。基于此技术生产的柔性单晶硅太阳能电池与传统太阳能电池相比，光电转换效率基本维持不变。

中科院上海微系统所副所长狄增峰介绍，柔性太阳能电池将极大拓展太阳能光伏应用场景，更好服务国家重大工程和碳达峰碳中和战略。

六、地热能

董志塬上的第一口热水井

甘肃自然资源报 2023.5.10

5月4日上午，在庆阳市西峰区地热开发利用项目现场，钻机发出隆隆的轰鸣声，一股股飘着轻烟的热水，从董志塬第一口热水井中流出，水温达到42.3℃，股股地下热水成

功流到地面，涌水量为 1536m³/d，这是甘肃煤田地质局庆阳资源勘查院用时 120 天的成果。

董志塬地处黄土高原，是庆阳市境内第一大塬面。长期以来，生活在塬上的群众都喝地下水，但从未使用过地下热水。作为董志塬第一口热水井，该井从钻井施工到后期开发面临诸多考验。针对深部井段层理发育，井壁易坍塌、含油层及煤层等难题，项目组潜心研究不同地层勘探技术，结合测井曲线，多次试验，最终确定钻入目的层时采用新技术逐级封堵油层及煤层，并严格控制钻井液性能，努力保证地热层的活跃性。该井在成井后对取水段热储层进行稳定流抽水试验，设计降深 3 次，获取含水层水文地质参数，并进行岩矿试验。

据悉，甘肃煤田地质局庆阳资源勘查院于 2022 年 11 月中标该项目，院领导高度重视，积极部署，快速组建项目组，针对区内含水层为多层复合孔隙-裂隙含水结构，强化基础研究和攻关，经多轮分析研究，不断细化，编制并通过了《钻探施工组织设计》。该井设计井型为三开直型探采结合井，是目前董志塬井深最深的地热能探采结合井。

该项目出水成功对推动西峰区清洁能源的开发利用，特别是地热资源（温泉）的开发利用，具有重要的地质意义和示范意义。项目成果将开辟西峰区清洁能源规模建产新领域，提升区内康养旅游产业品质，助力庆阳旅游、文化事业及经济发展，造福百姓。

七、海洋

院士专家论道海洋技术发展

中国自然资源报 2023.5.29

5 月 19 日，第六届全国海洋技术大会在浙江舟山开幕。会议为期三天，全国从事海洋技术及其装备研究的 1200 余名专家学者、企业界精英和青年学子齐聚一堂，共谋我国海洋技术与装备高质量发展。

本届大会由浙江大学、东海实验室主办，浙江大学海洋学院、舟山市委人才办承办。主要议题包括，交流海洋技术的学术与应用研究成果，探讨海洋技术发展趋势及新方向，交流海洋技术与装备的学术成果和技术经验，同时研讨海洋技术相关领域的人才培养，展示海洋技术最新产品。

中国工程院院士张偲、孙焕泉、王军成等专家作大会特邀报告，分别围绕海洋烃类能

源有序开发的“负碳”路径、海洋油气勘探开发技术进展与发展方向、海洋环境观测仪器装备发展战略研究、水声环境与声纳技术应用等主题，分享交流研究进展和最新成果，为我国海洋技术高质量发展把脉支招。

除特邀报告外，本届大会聚焦海洋传感器与海洋观测、新概念潜水器、水下光学与智能视觉、海洋“双碳”、深海采矿、极地海洋、水下动力推进与能源供给、海洋能源安全与装备、水下目标探测与识别、船舶海洋高端装备、海洋能、海洋生物、海洋生态评估等技术方向，开设了 13 个分会场报告。

作为大会的延伸，2023 国际海洋技术会展以国产化、自动化、智能化为主题，展示了近年来涌现出的近百种先进的装备与技术应用，特别是我国自主研发的海洋前沿科技产品成果。包括浙江大学近年来研制的水下显微成像系统及水下数字全息成像系统、海底有缆在线观测系统、水下无线光通信设备、全平台远距离高速水声通信机等创新成果。本届会展新推出特别栏目“浙”里海洋会客厅，邀请嘉宾就产学研用融合发展、海洋新市场的培育、海洋人才培养等话题进行思想碰撞，为海洋技术创新发展出谋划策。

5 月 18 日，大会重要议程、连续举办五次的海洋技术专业建设交流会先期举行，中国工程院院士、清华大学教授张建民作了“推动大工科下海，实施大类本科培养”的报告，并与 11 所高校的教育工作者就海洋技术专业建设和人才培养进行了交流讨论。

浙江大学副校长王立忠表示，期望以本次大会为契机，与会各方和专家学者聚焦世界科技前沿和国家战略，积极探索跨学科、跨领域的教育与研究，开辟海洋技术发展新领域、新赛道，提振创新能级；各海洋领域高校、科研院所、企业携手构建全方位、深层次、宽领域的科教融合、产教融合体制机制，开展跨学科、多技术集成攻关，开放共享相关成果，共同服务海洋强国建设。

海藻保鲜膜：来自海洋的天然“塑料”

科技日报 2023.5.18

科学家们发现，海藻富含多种多糖类物质，这些多糖类物质形成凝胶后可以延展成薄膜，较好的柔韧性使其拥有制作保鲜膜的潜质。海藻保鲜膜可以和包裹的食品一起进行烹饪或直接食用，如果不慎被人们丢进自然界，只要和足够的水接触超过 2 小时，就会分解为有机物，进入土壤中和大自然融为一体。

饥肠辘辘地打开冰箱，拿出一个包裹着保鲜膜的饭团或者汉堡，直接扔进微波炉里加热后，迫不及待地咬下一口还裹着保鲜膜的食物，津津有味地咀嚼，品味食物的同时，你仿佛还尝到了一丝大海的味道……

这看似电影里的无厘头情节，却是发生在生活中的真实一幕，这一切都要归功于以海藻为原料研制而成的新型环保保鲜膜——海藻保鲜膜。

近日，英国《新科学家》周刊网站报道了英国利兹大学的凯兰·沃德团队在海藻保鲜膜领域的一项研究成果。该团队使用一种名为马尾藻的褐藻，制作出了可安全地用于包裹例如鲜切水果等湿润食物的保鲜膜。

那么，海藻保鲜膜是怎样生产出来的？有什么不同寻常之处？带着这些问题，专访了中国海洋大学食品科学与工程学院许加超教授和王雷副教授，为大家揭开海藻保鲜膜的“神秘面纱”。

天然环保且来源广泛

塑料，是工业文明的结果，它给人类带来便捷的同时也带来了无穷的麻烦和灾难。目前，市面上的塑料保鲜膜都不能降解，如果把它们埋在土壤中，塑料中的塑化剂会渗透到土壤和水中，最终会随着水和植物进入人体内，同时塑料分子也可以进入人体，对人体造成危害。

如今，小小的海藻摇身一变，就可以成为新型环保保鲜膜，这为解决塑料污染提供了一种新的可能。

海藻种类繁多，共有两万多种，几乎所有海洋植物都可归入藻类。海藻拥有巨大的开发潜力，其中的活性物质可开发成药品、功能性食品、化妆品。现在，小小的海藻还能制备成保鲜膜。

科学家们发现，海藻富含多种多糖类物质，如褐藻胶、琼胶、卡拉胶等，这些多糖类物质形成凝胶后可以延展成薄膜，较好的柔韧性使其拥有制作保鲜膜的潜质。常规的塑料保鲜膜在使用一次之后就会被丢弃，而海藻保鲜膜可以和包裹的食品一起进行烹饪或直接食用。此外，一个普通的塑料袋，完全降解需要 200—1000 年，而海藻保鲜膜如果不慎被人们丢进自然界，只要和足够的水接触超过 2 小时，就会分解为有机物，进入土壤中和大自然融为一体。

但是，并不是所有的海藻都适合做保鲜膜，王雷说：“目前来看，用褐藻中的褐藻胶制成的保鲜膜性能较好。此外，红藻中的卡拉胶、琼胶，包括其他陆生植物胶类均可直接或通过复配制成膜。”

尝试用海藻制品替代塑料

海藻是一种应用广泛的自然资源。一直以来，为了更好地造福人类生活，解决塑料带来的环境污染问题，国内外科学家都在围绕用海藻制品替代塑料进行创新研究。

印度的科学家将晒干的海藻磨成颗粒，清除其中的杂质，然后放入特定的容器中加热，最终得到了真正的凝胶。这种凝胶可以被制成不同厚度的海藻薄膜，即使薄如蝉翼，也不会被轻易损坏。

印度尼西亚也是海藻生产大国，其一初创公司利用当地海藻生产优势，推出一种海藻制成的包装材料，不仅可以直接被食用，而且可以 100%生物降解。

除了这些国家之外，我国也对海藻保鲜膜进行了创新研究，并且早已致力于灾害性海藻生物质利用方面的研究。

许加超带领的科研团队发明了授权专利可食性全生物降解海藻食品保鲜膜。这款保鲜膜同传统保鲜膜相比，最大的优点在于安全性高、无塑化剂、无致癌物，能在 6—12 个月内实现 100%生物降解，对环境也不会造成污染。

基于对海洋生物多年的研究经验，许加超发现海带中的褐藻胶是制作保鲜膜的好原料。“褐藻胶是一种天然阴离子多糖，可与 Ca^{2+} 等发生反应生成变性凝胶褐藻酸钙。当大量 Ca^{2+} 存在时，其会与褐藻胶分子结合形成紧密的‘蛋盒’网状的变性凝胶结构，从而具有良好的成膜特性。”许加超介绍，但由于褐藻酸钙是一种强凝胶，形成的褐藻酸钙膜太脆，韧性比较差，不宜折叠和卷曲，限制了其实际使用，为此他们开发了双离子变性凝胶技术，该技术可以提高褐藻酸钙膜的柔韧性和机械性能。

许加超团队还推进研发了全生物降解海藻地膜。据统计，全国 5.8 亿亩覆膜土地正遭受“白色污染”的严重侵害，许加超团队将青岛海岸引发生态灾害的浒苔制备成全生物降解海藻地膜，可有效代替传统塑料地膜，化解“白色污染”难题。

除了保鲜膜、地膜，海藻还能被制成餐具。中国科学技术大学俞书宏院士团队从马尾藻工业废弃物中提取出一种食品级的马尾藻纤维素纳米纤维（SCNF）。SCNF 经钙离子交联后形成 SCNF 水凝胶。该团队将 SCNF 水凝胶制备成高强度和高热稳定性的马尾藻纤维素基结构材料。该结构材料具有良好的可加工性能及食品安全性，可加工成不同形状的餐具。

大面积推广要迈过多道坎

海藻制成的塑料替代制品展现出非常广阔的市场前景。目前，全球已有多家公司在推广海藻制成的吸管、餐具、包装袋等塑料替代制品，且在持续扩大海藻生物材料的生产规

模。

“我国保鲜膜市场有近 200 亿元，海藻保鲜膜推出后，会极大改变人们的生活。”王雷说，“海藻保鲜膜的开发对于海藻养殖和加工产业的发展能够起到强有力的刺激作用，可以创造巨大的经济价值，此外，还可解决塑料产品带来的‘白色污染’问题，有很好的生态、经济和社会效益。”

然而海藻保鲜膜想要大面积推广，依然面临许多亟待解决的问题。

和所有可降解材料一样，成本过高也是制约海藻保鲜膜发展的瓶颈之一。目前，传统的塑料保鲜膜仍旧占据主流市场，很大一部分原因是海藻保鲜膜的价格过高导致难以推广，人们在购买的时候，更倾向于价格较低的塑料保鲜膜。

“此外，海藻保鲜膜研发的难点还在于该类保鲜膜相对较厚，延展性和韧性还有待提高，需要继续加强科研投入；同时，海藻保鲜膜产业化所需的生产机械和生产线尚不健全，要解决这些难题，需要设备开发与基础研究同步进行，从而实现全产业链的共同发展。”许加超说。

目前，他们对海藻保鲜膜的研究在实验室阶段已取得突破性进展。尽管科技成果转化困难重重，许加超依然对海藻保鲜膜的市场化应用充满信心，他表示，这项技术推出后，会极大地造福和改变人们的社会生活，他希望联合企业以及各界力量尽快推动项目实现产业化。

他们用“浪出来”的能源打造远海粮仓

中国科学报 2023.5.8

凌晨，广东省珠海市万山海域，一艘造型独特的大船从海面缓缓上升 10 余米后，一个巨大的网箱随之露出海面。

“收鱼了！收鱼了！”伴随着此起彼伏的吆喝声，一尾尾肥壮的石斑鱼、金鲳鱼在网箱里跳跃，渔民们一网接一网地将鱼称重装船，就等着卖个好价钱。

矗立在海面上的大船宛如一座“海上堡垒”，它的名字叫“澎湖号”，由中国科学院广州能源研究所（以下简称广州能源所）主持研发。

“‘澎湖号’是我国首个半潜式波浪能养殖旅游平台。”广州能源所海洋能研究室研究员盛松伟近日在接受《中国科学报》采访时介绍，“未来，我们将依托具有自主知识产权的

鹰式波浪能发电技术，努力突破海上可移动多能互补平台大型化、规模化应用系列难题，服务远海岛礁和海上开发活动绿色可持续发展。”

波浪能发电

“发电了！发电了！”2012年12月28日11时，“鹰式一号”波浪能发电装置的发电指示灯再次亮起的那一刻，所有在风浪中奋战的广州能源所科研人员抑制不住内心的激动，兴奋地高呼。

然而就在不久前，他们刚经历了惊魂一刻。

当天6时，广州能源所科研人员将“鹰式一号”从调试地点拖往投放点的过程中，拖拽装置的缆绳在波浪的剧烈作用下突然断裂，装置瞬间失去牵引，在海面上任意漂流。

“当时，海上风力达7级，幸亏我们反应及时，将预先挂好的备用系泊锚链收紧，‘鹰式一号’才没有被大海卷走。”盛松伟回忆道，“鹰式一号”到达投放点后，按设定程序抛锚、下潜、调浮态、调负载，最终在波浪的推动下成功发电。

广州能源所研制的“鹰式一号”是一种新型海洋波浪能发电装置，可将波浪能转换为电能。谈及为什么叫“鹰式”，盛松伟解释：“波浪能吸波浮体的弧度，看起来特别像鹰嘴，所以称为鹰式装置。”

早在1979年，广州能源所就开始进行波浪能转换研究，40多年来倾注了5代科研人员的心血和汗水。其间，波浪能转换研究经历了从近岸到近海再到远海的过程，波浪能发电装置也完成了从岸式到漂浮式，再到为偏远海岛并网供电的升级。

2002年，盛松伟来到广州能源所工作，正式开启了波浪能研究。“波浪能是一种不稳定的能源，转换为电能非常困难。”

盛松伟告诉《中国科学报》：“当年刚好赶上岸式波浪能发电装置向漂浮式波浪能发电装置迭代的时期，我们希望从国外引进一台波浪能发电装置，却遭遇技术封锁。最困难的2006年团队只剩3个人。”

尽管如此，海洋能团队还是坚持了下来，成功研制出鹰式波浪能发电平台，突破了波浪能装置无法稳定发电的瓶颈。2020年6月，我国首台500KW鹰式波浪能发电装置“舟山号”正式交付。目前，全球单台装机功率最大的1MW波浪能发电装置即将建成。

打造“蓝色粮仓”

2016年，一家渔业企业准备在珠海某荒岛建渔业基地。因岛上缺水缺电，该企业找到盛松伟团队，希望他们把波浪能发电装置拉到基地，保障供水供电。

盛松伟从中发现，海上养殖要从近海走向远海，装备必须解决以下3个关键问题：一

是在风浪大的外海海域，抗风浪能力差；二是能源供给匮乏，无法为渔业机械化设施提供电力；三是缺乏搭载人员、设施和物资的稳定平台。

2019年7月，盛松伟团队将历时3年成功研发的“半潜式波浪能发电系统”安装在“澎湖号”上，后者正式下海投入养殖。

“澎湖号”长66米、宽28米、高16米，工作吃水12米，采用钢结构加软体网结合形成养殖水体，可提供1.5万立方米养殖水体；搭载可再生能源装机120KW，其中波浪能装机60KW、太阳能装机60KW，能源自给自足，全部来源于海上可再生能源。

盛松伟告诉《中国科学报》：“我们利用刚性主体框架与模块化柔性网衣安全连接技术，解决了传统海水养殖网衣难定型、易磨损的难题，有效提升了海水养殖的水体利用效率，减少了因网衣摩擦对养殖鱼类造成的损失。”

“在清洁开阔的海洋环境中养出的鱼口感好、品质接近野生，能在市场上卖个好价钱。”日前，在“澎湖号”收鱼的渔民说，去年“澎湖号”养殖的金虎斑全部售往香港并得到客户认可，今年收成可期。

“‘澎湖号’不仅包含各种现代化设备，还拥有生活空间和仓储空间，实现了人们在海上体验垂钓的愿望，促进了休闲渔业发展。”盛松伟希望通过团队的努力，开发新型波浪能与海洋渔业结合的养殖技术与装备，使海水养殖由港湾和近海走向开阔海域，打造“蓝色粮仓”。

与风浪正面“较量”

“我们每年有一半时间出差，不是在海上，就是在去海上的途中。”盛松伟笑着说，“远海岛礁的波浪能丰富，但也给科研人员的工作带来了危险。”

2020年一次远海试验，盛松伟一行4人刚把装置投放到海上，就来了台风。调整完装置后已经是凌晨2时，他们直接被困在了装置上。“考虑到早上风浪可能更大，我们找来一艘渔船，每人身穿两件救生衣，从实验装置的侧面跳上渔船，才得以安全回来。”

这样与风浪的正面“较量”，盛松伟在过去20年里遇到过五六次。“我们的工作就是跟风浪打交道，风浪越大的地方波浪能越丰富。”盛松伟笑着说。

海上天气变幻莫测，如何在恶劣环境中保障发电平台的安全？为此，盛松伟团队研发了“恒张力锚泊系统”，先后获得中国、美国、日本等国的发明专利授权。该技术大幅提高了发电平台抗击台风的能力，可实现平台长期驻海运行。

据悉，“澎湖号”已经无故障连续运行近4年，经历多个风暴及一次14级台风正面袭击，装置在风暴中锚泊牢固、姿态平稳、监控正常，无网箱内鱼群死亡现象发生。

这一切离不开科研人员的实践摸索。“科学家思维与工程师思维不同，需要两方面同时兼顾、二者有效结合才能实现由方法到产品的转型。”盛松伟感叹道，“科研院所初步实现了从 0 到 1，但如何实现从 1 到 10000，让技术真正服务经济发展，还需要很多探索。”

谈及未来，盛松伟表示，很多先进技术需要探索，如孤立平台的全直流电力系统，深远海养殖与大型风电、波浪能一体化研究等。目前，盛松伟团队已提前开展相关技术布局，希望通过持续研究，进一步提高平台的先进性、可靠性和经济性。

让海洋成为更优质的“碳库”——专家解读蓝碳系列技术规程

中国自然资源报 2023.5.23

红树林、滨海盐沼和海草床是三类国际公认的蓝碳（海洋碳汇）生态系统，由于独特的厌氧环境，其固碳量巨大、固碳效率高、碳存储周期长，是减少温室气体的有效方式之一。蓝碳关乎“双碳”目标的实现，是保护与发展两个重大命题的交集，近年来受到了越来越多的关注，各地各行业纷纷探索实践，这对蓝碳的相关管理提出更高要求。

近日，自然资源部办公厅印发实施 6 项蓝碳生态系统技术规程（以下简称蓝碳系列技术规程），对红树林、滨海盐沼和海草床三类蓝碳生态系统碳储量调查评估、碳汇计量监测的方法和技术要求作出规范。蓝碳系列技术规程由自然资源部海洋预警监测司组织编制完成，用于指导蓝碳生态系统调查监测业务工作。记者就蓝碳系列技术规程出台的背景和意义、具体内容和解决难题、主要作用及即将开展的工作，采访了编制组负责人及相关领域专家。

规范标准

记者：请介绍一下蓝碳系列技术规程的出台背景和意义。

王宇星（编制组负责人、自然资源部海洋减灾中心副研究员）：全球气候变化是当今人类面临的重大挑战。二氧化碳等温室气体排放导致的全球气候变暖趋势受到广泛关注，其带来的海平面上升、生物多样性变化、自然灾害加剧及对人类健康的影响逐渐显现。

2020 年，中国政府宣布在 2030 年实现碳达峰、2060 年前实现碳中和的目标。2023 年 4 月，自然资源部、国家发展改革委、财政部、国家林草局联合印发《生态系统碳汇能力巩固提升实施方案》，标志着生态碳汇的行动正式开始。为全面推动海洋碳汇相关工作，自

然资源部海洋预警监测司组织沿海地区开展了蓝碳生态系统碳储量调查评估、碳汇计量监测试点工作。

为有效指导试点工作，特制定蓝碳系列技术规程，为“双碳”目标需求提供技术支撑。

朱建华（中国林业科学研究院研究员）：此次自然资源部发布的蓝碳系列技术规程，在充分吸收联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）推荐的方法学等国际标准的基础上，立足我国国情，对三类蓝碳生态系统的调查内容、碳储量计算、碳汇计量监测方法等提出了明确要求，填补了蓝碳生态系统业务化调查监测技术规程的空白，为摸清我国蓝碳生态系统碳储量本底和碳汇潜力，充分发挥海洋的固碳作用，实现国家“双碳”目标作出贡献。

面向需求

记者：蓝碳系列技术规程的内容是什么？重在解决哪些难题？

王宇星：蓝碳系列技术规程包括《红树林生态系统碳储量调查与评估技术规程》《滨海盐沼生态系统碳储量调查与评估技术规程》《海草床生态系统碳储量调查与评估技术规程》《红树林生态系统碳汇计量监测技术规程（试行）》《滨海盐沼生态系统碳汇计量监测技术规程（试行）》《海草床生态系统碳汇计量监测技术规程（试行）》。在充分考虑中国国情的基础上，立足于海洋生态系统碳汇能力监测和提升两个关键，针对红树林、滨海盐沼、海草床三类国际关注的蓝碳生态系统，对碳储量本底调查、碳汇监测以及碳储量评估、碳汇计量工作的方法学框架、内容和技术要求进行了规范，并在黄河口和曹妃甸等典型滨海湿地开展了试点验证。

刘纪化（山东大学教授）：蓝碳生态系统受到海洋潮汐等物理过程影响，监测难度大，且沉积物固碳、甲烷排放等的监测技术不成熟。此次系列技术规程基于不同的监测区域和碳库，筛选监测指标，选择最适合的碳汇评估方法，并通过建模估算碳汇量，重点突出科学性和可操作性，为实现“可测量、可报告、可核查”目标，为中国开展蓝碳生态系统碳储量和碳汇调查监测评估，提供了急需的方法学。

可测量、可报告、可核查

记者：蓝碳系列技术规程有哪些特点？后续将开展哪些工作？

王宇星：蓝碳系列技术规程充分考虑了国家和地方对于蓝碳生态系统碳储量调查、碳汇计量监测业务的迫切需求。结合自然资源部海洋生态分区、海洋预警监测等现有业务工作，按照分区（土地利用类型）、分类（植被类型）的思路，为国家和地方开展区域蓝碳碳

储量评估和碳汇计量工作提供了统一的技术方法。

王进河（山东省东营市海洋发展研究院院长）：以黄河口为例，该区域分布着 150 平方公里以上的滨海盐沼生态系统，包括了芦苇、碱蓬、怪柳等我国典型的滨海盐沼植被类型，是我国最重要的滨海湿地区域之一。采用蓝碳系列技术规程，我们可以分植被类型获取滨海盐沼沉积物、生物量和凋落物等各类碳库的碳密度分配格局，准确评估黄河三角洲区域的海洋碳储量和碳汇能力。

高琳（自然资源部海洋减灾中心副主任）：围绕蓝碳系列技术规程，后续将开展以下工作：

一是蓝碳系列技术规程将继续结合业务工作实践，广泛听取各部门、各地方意见，作为生态系统碳汇计量体系的重要组成部分不断进行优化，推动构建蓝碳调查监测评估的行业标准。

二是开展蓝碳系列技术规程的宣传贯彻和培训，提高从业人员的业务能力。参与国际交流与合作，积极分享中国经验，提升我国蓝碳领域的国际影响力。

我国最大海水提铀海试平台建成投运

中国能源报 2023.5.29

5月17日，我国最大海水提铀海试平台——中核集团海水提铀海试平台在海南昌江黎族自治县海域建成投用并首次对外开放。据悉，该平台由8个8米乘8米的浮动网箱连接组成，距海南核电码头5海里。

据了解，现场试验是关乎海水提铀技术能否成功的关键一环，目前国内仅有少数单位开展了海水提铀现场试验。此次投运的海水提铀试验平台是我国建成的国内最大海水提铀试验平台，具备开展真实海洋情况下的材料验证试验能力，后续将面向我国海水提铀技术创新联盟单位开放使用。未来，该平台还将与研究试验中心、国际交流中心共同组成“两个中心，一个平台”的海水提铀科研基地，打造形成世界领先的海水提铀原创技术高地。

核工业是高科技战略产业，也是国家安全的重要基石，铀资源作为核工业“口粮”，在核燃料循环体系中发挥着重要的支撑和保障作用。《中国能源报》此前从业内专家处了解到，我国陆地铀资源潜在资源量较大但探明量不大，而且铀矿资源开采呈规模小、品位低、较分散特点，目前天然铀对外依存度较高，多渠道保障铀资源供应是现实诉求。

当前，在“双碳”目标背景下，我国核能发展迎来新的发展契机，按照业界预计的每年核准开工 6—8 台核电机组以及后续核能供热、供汽等多元化利用估算，预计到 2035 年，我国核电装机容量将达到 1.5 亿千瓦，天然铀需求量相应将突破 3 万吨。基于此，探寻开拓非常规铀资源，推动陆地和海洋铀资源并进开发，成为核能产业可持续发展的战略性选择。

经业界估算，海水中铀资源总量可达 45 亿吨，是传统陆地铀矿资源的 1000 倍，足以支撑核能产业“超长续航”。不过，海水铀储量虽十分客观，但其浓度却很低，1 吨海水中仅含铀 3.3 毫克，而且海水含有多种高浓度其他杂质，从中提取铀化合物，实现海水铀资源开采，犹如大海捞针。因此，经济回收海水铀资源既是一项前瞻性和颠覆性技术，也是一项待攻克的世界难题。

在国际上，2016 年《Nature》曾发表评论文章，总结出 7 个可改变世界的化学分离过程，其中之一便是海水提铀技术。在我国，中国工程院曾于 2014 年以重点咨询项目“开展从海水和盐湖中提取铀资源的战略研究”为基础，建议将海水等非常规铀资源开发关键技术纳入国家科技规划。2022 年，“制约海水提铀的关键科学问题是什么？”列入中国科协“2022 年重大科学问题、工程技术难题和产业技术问题”之一。

从研究层面看，从上世纪中期海水提铀发轫至今，各国纷纷致力于在海水提铀材料上寻求突破。上世纪 50 年代，英国、德国先后研制并发现关键吸附剂材料；上世纪 60 年代，我国从海水中成功提取出 30 克铀；上世纪 80 至 90 年代，日本研发吸附装置，开展规模性海洋试验并从海水中获得提 1 千克铀产品（黄饼）。可以说，经过几十年发展，海水提铀材料研制取得一定进展，但仍面临提铀技术的工程化应用挑战。

面对海水提铀研究这样的前沿性科技问题，最大限度吸引并聚集优势创新资源攻克挑战至关重要。

2019 年 11 月，中核集团联合国内 14 家科研院所，发起成立海水提铀技术创新联盟，旨在加快推动海水提铀技术早日实现工程化应用。据此前了解，联盟成立时就已明确未来 30 年海水提铀“三步走”路线图：第一阶段（2021-2025），实现海水中提取公斤级铀产品能力；第二阶段（2026-2035），建成海水提铀吨级示范工程；第三阶段（2036-2050），实现海水中提取铀产品连续生产能力。

浪里潮间有绿能

国家海洋技术中心“潮流能和波浪能发电装置现场测试与评价技术”成果综述

中国自然资源报 2023.5.29

在全球能源转型迫在眉睫的当下，蕴藏在潮汐、潮流、波浪等海水运动中的海洋可再生能源因其全球总储量巨大、资源分布极为广泛，开始得到更多关注。

近日，中国海洋工程咨询协会公布 2022 年度海洋工程科学技术奖获奖名单，国家海洋技术中心“潮流能和波浪能发电装置现场测试与评价技术”荣获特等奖。这充分体现了海洋技术中心在该领域的技术优势和强有力的技术保障。

向大海要能源

我国拥有漫长的海岸线和数量众多的海岛，海洋能资源丰富、类型多样，开展潮流能和波浪能发电装置现场测试与评价技术研究，进而推动海洋能发电装置产业化，是培育壮大海洋新兴产业、实现绿色低碳高质量发展、服务海洋强国建设的有力支撑。

海洋能发电装置的功率特性是衡量海洋能发电装置发电能力的重要指标，主要包括功率特性曲线/矩阵、转换效率、年发电量等。海洋能发电装置的电能质量特性是衡量海洋能发电装置输出电能品质的重要指标，主要包括电压偏差、频率偏差、总谐波畸变率、电压不平衡度、闪变等。现场测试与评价是验证与提升潮流能发电装置和波浪能发电装置综合技术性能、解决发电装置由样机到产品“最后一公里”的关键一环。通过开展现场测试与评价，既有利于提升潮流能发电装置和波浪能发电技术的研发和创新水平，也有利于推动潮流能发电装置和波浪能发电装置的产业化进程。

十年磨一剑

近十多年来，我国海洋能开发利用技术取得长足发展，在海洋能的基础科学研究、关键技术研发、工程示范和标准体系建设等方面取得大量成果，先后研发了 30 余台/套潮流能发电装置和 40 余台/套波浪能发电装置。

自 2011 年至今，在国家重点研发计划、海洋可再生能源基金项目等十余个项目的支持下，海洋技术中心以老带新，组建了一支以青年科研人员为主力军的海洋能发电装置现场测试与评价科研团队。

科研团队通过不断探索创新，首次建立了适应我国海域特点的潮流能发电装置和波浪能发电装置现场测试与评价方法；研发了集成式、模块化潮流能发电装置和波浪能发电装置现场测试系统；解决了复杂地形环境下潮流和波浪测量的难题；率先在我国开展了潮流

能发电装置和波浪能发电装置功率特性和电能质量特性现场测试与评价。

助力成果转化

截至目前，科研团队先后登上山东、浙江、广东、海南等地的近 10 座海岛，克服了艰苦的外业环境，共完成 9 台潮流能发电装置和 4 台波浪发电装置的现场测试与评价工作，出具了 20 余份现场测试与评价报告，获得 10 份应用证明，受到一致好评。

2022 年 8 月，海洋技术中心获得国家市场监管总局（国家认证认可监督管理委员会）颁发的国家资质认定（CMA）证书，成为我国首个具备潮流能、波浪能发电装置功率特性和电能质量特性检验检测认证资质的机构。截至 2022 年底，海洋技术中心已完成十余台（套）潮流能发电装置和波浪能发电装置的现场测试与评价工作，所形成的“潮流能和波浪能发电装置现场测试与评价技术”科学技术成果，荣获 2022 年度海洋工程科学技术奖特等荣誉。

在“双碳”目标背景之下，海洋能具有较好的研究基础和产业化转化条件，迎来了重大发展机遇。“潮流能和波浪能发电装置现场测试与评价技术”有利于推动潮流能和波浪能发电装置的产业化发展，为管理部门决策和节约集约利用海域资源提供了科学依据，为自然资源部履行职责提供强有力的技术支撑。

八、氢能

着力破解绿氢输送难题

经济日报 2023.5.4

氢能运输网络的建设是一项系统性工程，应根据市场需求特点，合理匹配各类储运方式，逐步提高氢气储存和运输能力，为构建新型能源体系提供有力支撑。

绿氢替代的关键掣肘是输送问题。中国石化近日透露，全长 400 多公里的“西氢东送”输氢管道示范工程已纳入《石油天然气“全国一张网”建设实施方案》，标志着我国氢气长距离输送管道进入新发展阶段。管道建成后，将用于替代京津冀地区现有的化石能源制氢及交通用氢，大力缓解我国绿氢供需错配矛盾，为破解大规模绿氢运输难题探路。

氢能是世界公认的清洁能源，也是各国能源转型的重点方向之一。目前我国使用的氢气大多是石化企业的工业副产氢，从生产源头看并不“清洁”，氢能转型的目标是采用可再生能源发电，再电解水制取绿氢进行替代。我国东部地区氢气需求量大，但制绿氢成本

高；西部地区拥有丰富的风、光资源，在低成本、大规模制取绿氢方面有得天独厚的优势。据预测，在 2060 年前实现碳中和目标下，我国氢气的年需求量将增至 1.3 亿吨左右，而西部地区可开发的绿氢资源超过 3 亿吨，完全能够满足我国可持续发展的能源需求。

“西氢东送”是绿氢替代的较好方案，但要把绿氢安全、高效、低成本输送到东部市场是个难题。制取、储运和应用是氢能产业的三大环节，氢的存储运输是连接氢气生产端与需求端的关键。由于氢气在常温常压状态下单位体积能量密度低，且易燃易爆，受此影响氢气的安全高效输送和储存难度较大，导致储输环节成本占比在现有氢能产业链中接近一半。若不能有效降低运输成本，再便宜的氢源到了东部市场也丧失了竞争力。因此，提升氢储运技术水平是绿氢大规模商业化发展的前提。

基础设施建设是向新型能源系统转换的关键。针对我国能源禀赋，大规模集中制氢和氢能长距离运输成为一大趋势。目前长管拖车仍是我国长距离氢气运输的主要方式，但这种方式成本高、效率低，无法实现规模化运输，极大制约了产业发展。管道输送储运能效高、输送能力强、维护成本较低，是一种经济可行的运输方式。正如石油、天然气凭借成熟的管网系统实现了对煤炭的快速替代，管道输氢也有助于扩大绿氢消费半径和销量。欧美是世界上最早发展氢气管网的地区，已有 70 年历史，目前全球范围内氢气输送管道总里程已达 5000 公里左右，我国输氢管道建设尚处于起步阶段，发展潜力巨大。

短期看，通过改造利用现有天然气管网是更佳选择。由于管道铺设难度大，一次性投资成本高，只有当氢气下游需求足够支撑大规模的氢能输送时，管道输氢才具备明显成本优势，在当前加氢站尚未普及、站点较为分散的情况下，管道运氢的成本优势并不明显。研究表明，在含量较低时氢气可以在不做重大技术调整的情况下掺混天然气。通过天然气管网掺氢输送，无需投资建设新的基础设施，可直接利用现有天然气管网输送氢气，实现低成本、规模化、连续性氢能供应。为充分利用现有天然气管道，还需要解决管材、调压站、流量计、探测器等配套装备的掺氢适应性，并提升管网安全运行保障标准和技术。

输氢管道投资拉动效益显著。随着氢气需求量和输送量的增加，制氢端对电解槽的需求也有望增加。在管道的建设过程中，还需要配套相应的增压站、集输站点，相应的氢气压缩设备、储氢罐需求也将迎来增长。氢能成本的降低也有助于促进加氢站建设，改善其盈利水平。据预测，氢能储运设备市场规模将达千亿元级别。

采取管道输氢的同时，也要积极革新公路运输技术。在输氢管道无法覆盖的市场末端，仍然需要公路运输作为补充。日前，由上海交通大学等联合研发的吨级镁基固态储氢

车正式亮相。该车将氢气存储在镁合金材料中，从运输气体变成运输固体，可实现氢气的长距离、常温常压安全储运，并具备大容量、高密度、可长期循环储放氢的能力，运氢成本仅为长管拖车的三分之一。未来，要继续加大科技创新力度，研发新材料、新装备，推动更安全高效的新型储运方式迈向商业化。

氢能运输网络的建设是一项系统性工程，应根据市场发展初期、中期和远期不同阶段的需求特点，合理匹配低压高压、气态液态固态等各类储运方式，逐步提高氢气储存和运输能力，着力破解绿氢“行路难”，为构建新型能源体系提供有力支撑。

国家重点研发计划“氢能技术”启动

中国电力报 2023.5.

近日，国家重点研发计划“氢能技术”重点专项“兆瓦级高效率长寿命发电用燃料电池堆工程化关键技术研发”项目（以下简称“项目”）启动会暨实施方案评审会召开。项目由国氢科技牵头，同济大学、新研氢能源科技有限公司、上海交通大学、武汉理工大学等共 10 家单位参与。

国家重点研发计划是我国推进科技创新、促进经济发展的重要计划。项目主要面向氢能发电领域应用的兆瓦级燃料电池堆需求，开展针对兆瓦单堆低压力、高效率、长寿命的关键技术研究，开发具有低阻力、高效传输能力的单体大功率电堆。通过本项目的实施，将攻克发电用燃料电池堆零部件及总装“卡脖子”技术，解决制造工程化技术难题，促进兆瓦级发电技术的大规模商业化推广应用。

据悉，本项目的实施将填补国内外发电用单体兆瓦级燃料电池堆的空白，为产品的批量化、国产化和自主化制造开辟新的道路，带动产业链上下游协同发展，助力氢能产业实现科技自立自强。国氢科技是目前国内唯一能够实现燃料电池及电解制氢产品关键材料和部件全产业链自主化的企业，在项目实施中，该公司与各承担单位将充分发挥产、学、研合作优势，严格按照项目任务书要求，制定项目的进度计划、质量计划、资金计划，并及时跟踪管控项目节点，确保项目如期收官，为加速构建“电-氢”能源体系、推动国家氢能产业快速发展奠定基础。

新技术将大幅降低“绿氢”价格

参考消息 2023.5.15

氢气的能量密度是汽油的 3 倍，但要先经过与其他元素分离的过程。到目前为止，应用最广泛的技术是电解技术。电解装置将水分解成氢气和氧气，而这需要大量电力。如果要在氢气前面加上“绿色”二字，所使用的电力还必须是可再生的。

西班牙 HySun 公司的工程师提出了一套涉及光热催化的解决方案。

该公司首席执行官马尔科·安东尼奥·卡拉斯科萨解释说，“我们实现了在催化剂中进行化学反应”，该解决方案“使我们能够降低氢气生产成本”。

据 HySun 公司计算，使用该方案生产氢气的成本为每公斤 1 欧元。根据国际能源署的数据，“绿氢”的生产成本目前在每公斤 3.5 至 5 欧元之间。

卡拉斯科萨解释说，HySun 公司的省钱秘诀是，“不使用电，因为电价不稳定”。这套解决方案涉及太阳能电池板、催化剂和不太纯净的水。

这位公司负责人说：“真正具有颠覆性的是我们所制得的催化剂，因为它是一种半导体与金属粒子的混合物，起到提高反应效率的作用。”

卡拉斯科萨说：“与电解过程相比，我们所用方法消耗的水更少。而且，我们不使用高纯度的水，所以不怎么能喝的水也能派上用场。”

生产这种清洁、高效和环保的氢气不需要连接电网，而是直接将太阳能作为可再生能源。该技术将太阳能转化为氢气的效率高达 40%，而其他技术的效率只有 10%。

然而，就目前而言，该技术还处于开发阶段。卡拉斯科萨说：“今年，我们将在西班牙能源、环境与技术研究中心做一个小型示范装置，并有望在大约 3 年后建成试验工厂。”

HySun 的路线图显示，预计将建设多达 35 座此类工厂，每年生产可再生氢气 10 万多吨。

氢能应用蓄势待发

中国能源报 2023.5.15

日前，全国首例大型煤电机组大比例掺氨燃烧工程示范在皖能铜陵公司取得成功，标志着我国燃煤机组大比例掺氨清洁高效燃烧技术率先进入工业应用阶段，为煤电企业节能

减排、绿色发展提供了一条新路径。

作为一种较易储运的储氢载体，氨主要由氢气和空气合成制取，又可经催化分解制取氢气，被业内认为是破解氢大规模储运难题的有效手段。另外，氨可以作为能源直接燃烧，且燃烧产物只有氮气和水，可用于热电锅炉以及船舶发动机等领域。因此，氨被视为氢能以外的另一种清洁低碳能源，是助力“双碳”目标的新路径之一。

破解氢储运难题

近年来，我国氢能产业迎来大规模发展，诸多企业纷纷布局。但目前，氢能主要以长管拖车等公路运输方式为主，长距离管道输氢技术仍处于项目示范阶段，运输成本高且效率低，严重制约产业进一步发展。

“氨最大的优势是储运远比氢安全、方便，而且体系成熟，可以实现大规模储运。”厦门大学能源学院教授王兆林表示，“从物理化学性质上讲，氨的沸点高，在-33摄氏度温度条件下就可以液化，比天然气液化还容易。相反，氢需要在-253摄氏度的超低温条件下才能液化，所以氨在储运方面比氢的成本低得多，这一点决定了用氨储氢运氢，比高压氢直接储运成本低。”

“从安全性上讲，氨不像氢那么易燃，也意味着不容易爆炸，因此氢能更安全。另外，氨分子比氢分子大得多，不容易泄漏，而氢比较容易泄漏，所以其密封相对麻烦。这些决定了氨比氢更容易大规模应用，也更易在商业化上走在前列。”王兆林补充道。

除了上述优势，液氨的体积能量密度也远大于液氢，同样体积液氨的储氢密度比液氢高60%。

曾长期从事氨领域研究工作的韩园元说：“氨能的提出最主要是想解决氢的储运问题，因为氢储运目前还存在难题，如果转成氨，能规避一定的技术瓶颈。我国氨产业规模很大，不管从技术上还是配套设施上，都比较成熟且经验丰富，可大幅降低氢储运成本。”

已有多个应用实践

据了解，此前氨主要用作化肥和化工品。近年来，随着“双碳”目标提出，氨作为一种绿色清洁能源逐渐走入大众视野。

“中国是全世界最大的合成氨使用国，如果发展氨能源，一定比其他国家有优势。”王兆林表示。

中国石油集团安全环保技术研究院副院长雍瑞生等撰文指出，氨的能源属性和储能属性使其在动力燃料、清洁电力和储氢载体等新市场方面具有极大发展潜力。一方面，氨可以直接用于供能。氨被认为在发电和重型交通运输领域具有脱碳应用潜力。氨直接燃烧或

与常规燃料混燃用于发电，有利于构建清洁电力系统；氨用于发动机燃料，有利于解决交通运输领域的碳排放问题。另一方面，氨可以间接供能使用。氨作为储氢介质，利用催化技术能够实现氨-氢转化，可打破传统的氢储运方式，为发展“氨-氢”绿色能源产业奠定基础。

“目前，氨作为能源应用主要有两个方向，一是‘氢-氨’转化，解决氢的储运问题；二是氨直接燃烧，替代燃煤发电、船舶用油等。”韩园元表示。

据了解，目前西方国家已开始 在 船 运 上 使 用 氨 作 为 燃 料 ， 我 国 的 氨 能 应 用 也 有 多 个 实 践 。

2022 年，中国石化与福州大学合作的全国首座氨现场制氢加氢一体站示范项目启动。项目以氨作为氢气的储能载体，实现氨在线制氢、分离纯化、升压加注等功能，解决了高密度储运氢气的安全性问题，为零碳氨氢能源利用打造一个闭环。

在水泥窑炉和热电锅炉上，氨能也已开始商业化应用。公开信息显示，皖能集团和合肥能源研究院实现 100MW—300MW 负荷下煤电机组燃煤掺氨比例 10%—35%多种工况的锅炉安全平稳运行，氨燃尽率达 99.99%。

绿氨投资建设提速

值得注意的是，虽然氨能利用领域多样，但目前，我国合成氨还未实现绿色生产。

“氨能利用真正卡脖子的问题是缺乏绿氨，目前主要制取来源还是灰氢。”王兆林指出，“绿氨只需要水、空气和绿电，就可以就地合成。西北地区有些无法消纳的光伏发电和风电，可以电解水制取氢气，再用来合成氨，这样可以很便利地从西北地区运送到东部，这一点对我国非常重要。目前我国能源对外依存度较高，如果能够就地合成氨，可在一定程度上摆脱对世界石油和天然气的依赖。”

注意到，今年以来，多家企业陆续布局了绿氨项目，绿氨投资步伐加快。来自亚化咨询的统计数据显示，中国石油、中国电建、国家电投、国家能源集团等企业今年均在推进绿氨项目，项目总投资额达 1267 亿元。

今年初，内蒙古自治区能源局发布公告称，巴彦淖尔市乌拉特中旗三一重能 50 万千瓦离网型风光制氢一体化示范项目成功入选示范项目。该项目总投资 42.7 亿元，建设 400MW 风电、100MW 光伏、电化学储能建设 40MW/80MWh，年生产绿氢 3.6 万吨、绿氨 15 万吨。

此外，内蒙古乌兰察布兴和县风光发电制氢合成氨一体化项目也于今年初正式获批。该项目是中国石油在内蒙古投资的首个风光发电制氢合成氨一体化项目，总投资 41.39 亿

元，将建设风电 350MW，光伏 150MW；年制氢能力 25700 吨，用于合成氨、尿素；项目计划 2024 年年底投产。

广州第一本氢能产业蓝皮书发布

羊城晚报 2023.5.27

5月26日，第35期花城院士讲坛暨青年论坛、《广州氢能产业发展报告（2022）》发布会举办。活动中发布的《广州氢能产业发展报告（2022）》（以下简称“报告”）是广州市第一本氢能产业的蓝皮书。

据悉，该报告由广州市氢能和综合智慧能源产业发展联合会在2022年下半年，历时4个多月编辑而成，涵盖了广州市氢能产业布局情况、行业政策、产业化示范应用、产业链代表企业的相关介绍以及院士、专家的指导意见。

报告指出，广州是广东氢能发展布局的重点区域。广州市政府相继发布了5个涉氢规划，以顶层设计之力全面催动本地氢能产业“制-储-运-加-应用”全面加速。同时，率先成立了广州市氢能和综合智慧能源产业发展联合会，成为推动广州氢能产业高质量发展的重要平台。

报告认为，目前广州氢能产业布局日趋完善，科技创新成效初现，示范应用规模逐步扩大，并且广州具有较好的氢气制备条件。报告显示，广州市制氢资源约占全省的10%，年制氢量约6000吨。

在应用层面，加氢站是氢燃料电池车规模化发展的首要基础设施，是打通氢燃料电池车落地的重要环节。据报告统计，截至2022年8月，全国已建成加氢站260座，正常运营的加氢站为248座，分布在26个省级行政区的85个城市，呈多地发展态势。广东省建成加氢站50座，在运营33座，其中广州市建成7座，在运营5座。

此外，报告还从氢气制储运加、氢能核心部件、氢能关键材料、燃料电池整车、核心技术、政策保障、行业协会等方面提出了一系列氢能产业的发展建议。报告建议，要推进关键材料国产化，突破卡脖子环节、打破国外垄断。重点推动膜电极、质子交换膜、催化剂、碳纸、双极板、碳纤维缠绕膜等氢能关键材料项目的研发及产业化。同时，建议尽快出台广州市氢能产业扶持、奖励办法，支持开展低谷电制氢示范，协调谷期电解水制氢电价执行广东省蓄冷电价政策。

九、风能

浮式海上风电或走进北极圈

中国能源报 2023.5.15

近日，挪威三家能源公司宣布，将在海上油气产区 Goliat 附近建设浮式海上风电场，利用深远海风能资源为海上油气平台提供绿色电力。值得注意的是，拟规划的浮式海上风电场址位于北纬 71 度附近，有望成为全球首个走入北极圈水域的浮式海上风电项目。

北极圈风能开发迎来突破

埃尼子公司 Var Energi 在其官网称，公司将与挪威浮式风电公司 Odfjell Oceanwind 和可再生能源开发商 Source Galileo 公司合作开发名为 GoliatVind 的浮式海上风电项目，目标是提升该区域油气产量以及整个芬马克地区的可再生能源利用水平。

据了解，Goliat 是位于挪威北海区域的油气生产平台，离岸距离约 50 英里，由 Var Energi 公司与挪威 Equinor 公司合资建设，2016 年正式投运，已发现油藏约 1.74 亿桶。当前，该油气生产平台主要通过海缆连接陆上电网实现供电，但在 GoliatVind 浮式海上风电项目投运后，其 75% 电力都将用于该油气生产平台，剩余 25% 将运送至当地电网。

公开信息显示，目前选定的浮式海上风电场址在挪威巴伦支海西北区域，地处北极圈内，这也意味着，该项目一旦建成，将是全球首个在北极圈水域投运的浮式海上风电项目。

Var Energi 公司高管 Vegard Bruaset 指出：“为达成既定气候目标，挪威政府已经决定要全面实现电气化，开发新可再生能源发电项目不可或缺。”

Source Galileo 公司作为项目投资商之一，在一份声明中称，建设这一项目的目的是为了¹提高可再生能源电力供应，提高社会电气化水平，并满足日益高涨的电力需求。“该项目建设在高度需要绿电的海域，建成后将对实现气候目标有所助益。”

或成严苛环境风电开发样板

值得注意的是，除了地处高纬度严寒地区外，GoliatVind 浮式海上风电项目更是进入深海区。Odfjell Oceanwind 公司透露，该项目面临的水深在 300 至 400 米之间，远超过当前主流海上风电项目的水深。

严苛的场址环境对项目设计、开发以及后续运维都带来考验，如何进行设备选型更是

成为项目关键。作为该浮式海上风电项目的设备供应商，Odfjell Oceanwind 公司表示，将提供该公司研发的“深海星”半潜式浮式风机基础。该公司称，GoliatVind 浮式海上风电项目暂定使用 3 至 5 台浮式海上风电机组，每台机组装机容量预计为 15 兆瓦，建成后项目总装机容量预计将达 7.5 万千瓦，足以满足油气生产平台的全部电力需求。根据规划，该项目预计 2026 年正式投入使用。

早在数年前，Odfjell Oceanwind 公司就开始深远海浮式风机半潜式基础的研究。今年 2 月，该公司推出的 12 兆瓦浮式海上风机半潜式基础获得行业机构 DNV 的设计认证；随后，该公司将新款浮式机型功率提高到 15 兆瓦，并表示 2025 年前后投入使用。

Odfjell Oceanwind 公司首席执行官 Per Lund 表示：“结合过去 50 年公司在挪威北海地区严苛环境下半潜式钢架结构的研发经验，加上过去 20 年浮式海上风电解决方案的设计尝试，15 兆瓦浮式海上风机有望在更大规模风电场投入使用，将大幅降低浮式海上风电平准化度电成本。”

时至今日，该浮式海上风电项目开发商仍强调该项目处于“早期阶段”，还将进一步“调查包括监管框架、激励措施和开发许可证等多项因素”。

深远海浮式风能潜力待挖

尽管浮式海上风电技术尚未进入大规模商用阶段，但在 Odfjell Oceanwind 公司看来，当前浮式海上风电技术已经成熟，如果这一试验项目成功，未来浮式海上风电将有望推广到更广阔的空间。同时，该公司还表示，将同期开发该款浮式海上风机的上下游产业链，以便在更多场景中实现风资源开发利用。

在业界看来，随着技术进步以及项目经验积累，浮式海上风电度电成本将快速下降，开发深远海风能资源将带来更大市场空间。

据挪威水资源和能源局分析，挪威北海地区南端到巴伦支海最北部区域都有大量适合建设海上风电场的空间，深远海风电开发将成为挪威北海油气产区乃至全国推动能源转型的一大重点。

不仅如此，DNV 在报告中更是指出，海上风电正在经历十年大发展，但随着空间变得稀缺，固定式风电无法适应更深水域，浮式海上风电正变得越来越有吸引力，并有望在海上风电总体市场中占据更大比例。对此，该机构预测，到本世纪中叶，浮式海上风电项目装机容量将占到全球海上风电总装机量的 15% 左右，总计规模可达 2.64 亿千瓦，市场潜力正有待进一步挖掘。

全国首台新能源并网线路快速时域距离保护装置挂网试运行

实现新能源场站并网线路故障快速识别与隔离

国家电网报 2023.5.16

5月10日，全国首台新能源并网线路快速时域距离保护装置在天津丰台风电场并网点挂网试运行。该装置实现了新能源场站并网线路故障快速识别与隔离，提高了新能源场站的抗扰动能力。

据了解，风电、光伏发电等新能源电源故障响应迥异于传统同步电源，具有显著的频偏、弱馈特征。传统的距离保护动作性能很难满足此类故障保护的要求。目前国内外新能源场站并网线路一般在场站侧退出距离保护，仅配置频率电压解列装置，在电网发生故障后无法实现选择性切除故障。天津电网是典型的城市电网，电气连接紧密，随着新能源发电并网规模扩大，单次电网扰动可能导致多个新能源场站同时脱网。

为解决这一问题，2022年，在国网天津市电力公司调度控制中心的组织下，天津电力科学研究院、宁河供电公司联合天津大学等单位，开展快速时域距离保护原理研究、装置研发与示范应用。

“安装了快速时域距离保护装置，就好比给新能源场站装上了测距仪，能够快速测算出故障发生位置到新能源场站的距离。这种测距技术不受新能源种类和运行状态影响，能获得准确的测距结果，有效提升对新能源场站并网线路故障的准确识别与快速隔离能力。”国网天津电力调度控制中心保护处处长张永伍介绍。

研发团队提出了基于拟合误差权重累积的快速时域距离保护新原理，提出了模型偏差下的测距结果快速稳定性收敛方法，攻克了零序电流分量整型舍入偏差导致保护误动的技术难题，并研制了新能源并网线路快速时域距离保护装置。“安装了这套装置后，新能源场站就能清楚地判断出故障点是否在自己的并网线路上，从而更加准确地对故障进行隔离。”天津电科院技术人员袁中琛介绍。

国网天津电力研发团队将根据积累的运行数据，继续提升装置运行稳定性、优化保护算法，为后续快速时域距离保护装置在新能源并网线路的全面推广应用提供保障。

国家能源局：豁免部分分散式风电项目电力业务许可

中国能源报 2023.5.29

5月25日，国家能源局发布《关于进一步规范可再生能源发电项目电力业务许可管理有关事项的通知（征求意见稿）》（以下简称《征求意见稿》）。《征求意见稿》指出，豁免部分分散式风电项目电力业务许可。在现有许可豁免政策基础上，将全国范围内接入35千伏及以下电压等级电网的分散式风电项目纳入许可豁免范围，不再要求取得电力业务许可证。

《征求意见稿》调整可再生能源发电项目(机组)许可延续政策。不再开展水电机组许可延续工作。水电机组申请电力业务许可证时，不再登记机组设计寿命。

《征求意见稿》同时明确了异地注册企业电力业务许可管理职责，指出可再生能源发电项目所在地与运营企业注册地不在同一省份的，该发电项目的电力业务许可证的申请及变更应向项目所在地派出机构提出。同一个企业在不同派出机构辖区运营多个可再生能源发电项目（未在市场监督管理部门登记为公司、非公司企业法人或分支机构）的，电力业务许可证的申请及许可事项的变更应由项目法人分别向项目所在地派出机构提出，一个派出机构辖区内各项目取得一个电力业务许可证正本和副本。

我国首座深远海浮式风电平台“海油观澜号”并网投产

中国电力报 2023.5.24

5月20日，我国首座深远海浮式风电平台“海油观澜号”成功并入文昌油田群电网，正式开启了为海上油气田输送绿电的新里程。标志着我国深远海风电关键技术取得重大进展，海上油气开发进军绿电时代迈出了关键一步。

“海油观澜号”位于距海南文昌136千米的海上油田海域，装机容量0.725万千瓦，由风力发电机、浮式基础、系泊系统和动态缆组成。其产生的绿色电力通过1条5000米长动态海缆接入海上油田群电网。投产后，年均发电量将达2200万千瓦时，全部用于油田群生产用电，每年可节约燃料近1000万立方米天然气，减少二氧化碳排放2.2万吨。

为保证风电并网后油田群电网能够持续平稳运行，文昌油田群打造了“风电+气电+智慧电网”的一体化供电新模式。通过油田能源管理系统、风机监控系统以及风功率预测

系统之间的相互配合，将油田群的 4 个燃料电站与“海油观澜号”风电平台融合成一个整体，形成主动控制与被动响应双重保障，进而确保油田微电网的安全与稳定。

世界首台串列式双风轮风电机组完成吊装

中国电力报 2023.5.18

5 月 13 日，随着前风轮与机舱实现精准对接，世界首台 0.27 万千瓦高效紧凑串列式双风轮风电机组“赛瑞号”在华能吉林通榆风电场顺利完成吊装，标志着这一突破性科技成果即将进入整机运行示范阶段。

“赛瑞号”双风轮风电机组由中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司自主研制，设计施工打破常规风电技术路线，实现多项世界第一：第一套多叶轮气动耦合叶片、第一套多叶轮叶尖扰流小翼、第一台大功率径向双转子发电机、第一套全解耦独立传动系统、第一台风电机组多端柔性并网变流器、第一套多叶轮风电机组控制系统、第一套多叶轮风电机组设计优化软件。项目团队还针对双风轮风电机组特殊设计要求，建立了包含上百件国家发明专利、软件著作权的完善知识产权布局，形成了世界首创的串列多风轮风能捕获基础理论与技术体系。

通过对风能高效梯次利用，双风轮风电机组比较传统风电机组可实现单机效率提高 15%，风机叶轮尺寸缩小近 1 倍，成本降低 10%以上，这意味着在同样面积的风电场，机位数和整场效益可提升 50%以上，同时机组对材料、制造、运输、安装、运维的要求更低，成本也随之降低，应用前景广阔。

十、核能

田湾核电 7 号机组穹顶球带成功吊装

中国电力报 2023.5.23

5 月 19 日，中国核工业集团有限公司旗下中国核电投资控股田湾核电 7 号机组穹顶球带成功吊装，标志着该机组从土建施工高峰全面转入安装阶段。

吊装当天，一声令下，田湾核电现场 2000 吨履带式吊车缓缓将起吊重量为 375.5 吨的

穹顶球带吊离地面，经过起钩、旋转、带载行走、调整等一系列高精度动作，穹顶球带缓缓在安全壳钢衬里筒体上平稳落钩，整个过程安全、有序、可控，吊装精度控制在毫米级。

作为致力于构建人类命运共同体的全球核能合作典范，田湾核电7号、8号机组被寄予打造核安全领域全球标杆的殷切期望，单机容量126.5万千瓦，每台机组每年预估发电约100亿千瓦时。

目前田湾核电基地是全球在建加在运总装机容量最大的核电基地，6台机组累计安全发电超过3700亿千瓦时。田湾核电7号、8号机组建成后，装机总量超900万千瓦，每年可提供清洁电力超过700亿千瓦时，相当于每年减少二氧化碳排放5740万吨，对构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系，推动绿色低碳发展，实现碳达峰、碳中和战略目标具有重要作用。

探索高温气冷堆制氢 拓展核能多元化应用

中国电力报 2023.4.28

如何推进高温气冷堆制氢技术规模化发展

- 将高温气冷堆制氢作为我国氢能战略的重要组成部分
- 将高温气冷堆及其制氢技术列入新一批国家科技重大专项继续给予支持
- 加强科普及宣传工作，提升公众对核能及氢能的认知和接受度

目前核能的使用以发电为主，若能用于制氢，不但可以提供大规模、高效、稳定的氢气供应方案，还可以拓展核能的应用领域，提高经济性。

多国加大核能制氢研发力度

核能制氢主要技术路线及其特点简述如下。

核热辅助的碳基燃料重整。目前，化石燃料转化制氢过程中，煤、天然气等既作为制氢过程原料，又作为吸热反应的燃料。如果利用高温气冷堆的工艺热，替代化石燃料或生物质热解或重整制氢过程中作为热源的部分，可以减少化石资源用量，并降低相应的碳排放。该技术成熟度高，与高温气冷堆耦合需要重点开发基于气体加热的甲烷重整器，适于近期或中期布置。

高温热化学循环分解水。热化学循环分解水制氢方法可在相对较低的温度下（如800

摄氏度)实现水分解,具有制氢效率高、易于放大、与高温反应堆耦合特性好等特点,被认为是最适宜利用高温气冷堆工艺热的核能制氢方法。目前,研究最充分、具有工业应用前景的过程包括碘硫循环和混合硫循环。该方法处于实验室到中试研发阶段。

高温蒸汽电解。用高温气冷堆或者太阳能技术给系统提供高温热、低温热或蒸汽,电能消耗可以大幅降低,实现高温下的蒸汽电解。其优点包括:热力学上需要的电能减少;电极表面反应的活化能垒易于克服,可以提高效率;电解池中的动力学可以得到改善等。该方法处于实验室到中试过渡阶段。

核电电解水制氢。目前广泛应用的核反应堆为压水堆,由于其蒸汽出口温度约 320 摄氏度,难以与热化学循环、高温电解、甲烷蒸汽重整等方法耦合,但可以利用核电经碱性电解或质子交换膜(PEM)电解实现制氢。在电力过剩、核电经济性好或者需要高纯氢气的场合,可采用核能发电再经常规电解方法制氢。在这种情况下,反应堆与制氢过程耦合仅通过方便的电力传输即可实现。该方法成熟度高,技术上基本不存在障碍,但从核能到氢能的整体转化效率较低。

核能制氢作为大规模绿氢制备的有效途径,受到美国、日本、法国、英国等国高度关注。多个国家纷纷加大研发力度和产业化推广,并给予政策支持。

日本从 20 世纪 80 年代即开始核能制氢研发,在热化学碘硫循环方向上进行了深入研究,建成了工程材料制作的实验室规模碘硫循环试验台架,并对核能制氢安全性、经济性 & 制氢厂与反应堆的耦合进行了广泛研究。在日本发布的氢能研发规划中,明确将高温堆制氢作为未来氢气制备的重要方法。

美国一直在推进核能制氢研究,主要聚焦高温蒸汽电解、混合硫循环及碘硫循环等技术研发。2020 年 10 月,美国能源部启动了首个利用核能的高温蒸汽电解制氢项目。

法国发布《制氢方法》,明确核能发电制氢具有可控和无碳双重优势。法国原子能委员会的核氢战略是集中发展可以与核电或再生能源耦合的、能够可持续生产的制氢工艺,并对高温蒸汽电解技术、碘硫循环进行了深入研究。

英国核工业委员会通过的《氢能路线图》提出,到 2050 年核能制氢将提供英国氢能总需求量的三分之一,计划使用大型核电站、小型模块化反应堆和先进模块化反应堆通过常规电解、电解高温蒸汽、高温分解水等方式制氢。

加拿大国家核实验室、安大略理工大学等多年来一直致力于与超临界水堆耦合的铜氯循环的研发,建成闭合循环台架,并提出开展中试的计划。

韩国政府也在 2005 年提出了明确的支持高温气冷堆及相关制氢技术的研发规划。印

度、俄罗斯等国也都开展核能制氢的研究。此外，国际原子能机构、国际经合组织核能署等机构对核能制氢也高度关注，并支持了多个协调项目。

高温气冷堆制氢优势独特

高温气冷堆具有固有安全性好、冷却剂出口温度高的优点，除发电外，在制氢、高温蒸汽供应等核能综合利用方面具有优势，是第四代先进核能系统的优选堆型。我国从 20 世纪 70 年代即开始了高温气冷堆研发工作，2001 年在清华大学核能与新能源技术研究院建成了 1 万千瓦高温气冷实验反应堆，并于 2003 年实现了满功率运行。2006 年，国家设立了“大型先进压水堆与高温气冷堆核电站”国家科技重大专项。在清华大学、中国核工业集团有限公司、中国华能集团有限公司等单位的通力合作下，重大专项工作取得了重要进展与成果，2021 年 9 月高温气冷堆示范电站首次达到临界，2022 年 12 月达到了双堆初始满功率，实现了“两堆带一机”模式下的稳定运行，为工程投产商运奠定了基础。这些成果标志着我国在高温气冷堆领域的发展居于国际领先水平。

如果将高温气冷堆技术与先进制氢技术耦合，可实现大规模、高效、持续、稳定制取无碳排放的氢气，有望成为我国大规模供应氢气的重要解决方案之一，也是占领第四代核能技术、核能制氢及其综合利用制高点的重要突破口。在重大专项支持下，清华大学从 2006 年开始了以高温气冷堆工艺热应用为背景的热化学循环分解水制氢和高温蒸汽电解制氢技术的研发。“十二五”期间，建成集成实验室规模的制氢装置并实现了连续运行，解决了制氢技术的关键工艺问题；“十三五”期间，重点开展了热化学循环制氢关键设备、中间换热器、核能制氢安全性等方面的研究；目前，正在进行设备放大、中试规模制氢厂设计等工作，已具备开展中试规模验证和示范的条件。

当前，高温气冷堆制氢正处在研发的关键时期，关键技术有待加快突破。高温气冷堆制氢需要将出口温度从目前的 750 摄氏度提高到 950 摄氏度左右，在超高温运行状态下相关反应堆物理热工设计、安全分析、工程材料研发，以及中间换热器等关键设备研制、热化学制氢工艺中试阶段的设备放大、系统优化以及与高温堆耦合等方面面临一系列工程化挑战，后续亟须保持持续稳定、高强度的研发投入，开展高温堆制氢中试规模示范及以核能制氢为核心的氢、电、热综合供应及其在工业领域的应用研究，继续保持我国高温气冷堆领域的领先技术优势。

由于高温气冷堆在工艺热供应方面具有独特优势，其制氢技术应主要考虑利用高温工艺热减少甚至消除制氢过程碳排放的技术路线。为此，近期到中期可重点发展技术相对成熟、可减少碳排放的核热辅助的甲烷重整，进行工程规模示范；开展无碳排放的热化学循

环制氢中试示范。中远期实现以热化学循环分解水制氢技术为核心的高温堆综合能源供应，并实现与氢冶金、石油化工等大规模用氢场景的结合。

高温气冷堆制氢有待推进

核能制氢前景广阔，高温气冷堆制氢有望成为我国核能制氢产业领先世界、实现高水平科技自立自强的一个重要突破口。根据我国技术和产业发展现状，我们认为到 2035 年可实现高温气冷堆制氢技术规模化发展，力争到 2060 年高温气冷堆制氢达到每年生产 2000 万吨氢的能力，供给我国 15%~20%的氢能需求，与核能发电在电力供应中的地位相匹配。

一是将高温气冷堆制氢作为我国氢能战略的重要组成部分。建议在研究制定国家氢能战略及发展路线图时，将核能制氢，特别是高温气冷堆制氢作为氢能战略的重要组成部分。

二是将高温气冷堆及其制氢技术列入新一批国家科技重大专项继续给予支持。我国高温气冷堆、热化学循环制氢等技术研究正处在关键阶段，需要长期大量的投入。建议加大研发支持力度，统筹考虑核能发展的技术布局，将高温气冷堆及其制氢技术列入新一批国家科技重大专项，进一步巩固我国在该领域的领先地位。

三是加强科普及宣传工作，提升公众对核能及氢能的认知和接受度。核电长期面临公众可接受性和邻避效应问题，民众担忧与地方压力已经成为制约我国核能发展的重要因素之一，也相应影响了核能制氢技术的发展。需要面向公众加强多角度、多渠道的教育和宣传工作。

主要核电堆型设备国产化率超 90%

中国高新技术产业导报 2023.5.1

4月26日，中国核能行业协会发布《中国核能发展报告 2023》蓝皮书。蓝皮书显示，我国核电关键装备自主化、国产化水平稳步提高，核电装备制造能力得到全面提升。

“我国核电装备自主化和国产化能力进一步提升，主要核电堆型设备国产化率达到90%以上。”中国核能发展年度报告首席专家、国家原子能机构原副主任王毅韧说。

蓝皮书显示，2022年国内核电主设备累计交付54台套，交付数量创近5年新高。“国和一号”湿绕组电机主泵和屏蔽电机主泵等一批核电关键装备首台套交付；示范快堆1号机组堆芯支承、热交换器、新组件装载机、提升机等设备陆续交付现场；聚变堆主机关键

系统综合研究设施 TF 线圈盒项目的研发工作取得阶段性成果。截至目前，“华龙一号”在国内外共有 5 台机组建成投产，9 台机组正在建设，“华龙一号”批量化建设有序推进，标志着我国真正自主掌握了三代核电技术。

核电装备制造的能力提升，有力支撑着我国核电有序发展。蓝皮书显示，2022 年以来，我国新核准核电机组 10 台，新投入商运核电机组 3 台，新开工核电机组 6 台。截至目前，我国在建核电机组 24 台，总装机容量约 2681 万千瓦，继续保持全球第一。商运核电机组 54 台，总装机容量 5682 万千瓦，位列全球第三。核电总装机容量占全国电力装机总量的 2.2%。

同时，蓝皮书预计 2030 年前，我国在运核电装机规模有望成为世界第一；预计到 2035 年，我国核能发电量在总发电量的占比将达到 10%左右，相比 2022 年翻倍。

十一、其他

我国首个大规模抽水蓄能人工智能数据分析平台投用

中国能源报 2023.5.1

4 月 26 日，我国首个大规模抽水蓄能人工智能数据分析平台——南方电网抽水蓄能人工智能数据分析平台 XS-1000D 投入运行。该平台实现了装机容量为 1028 万千瓦的 7 座抽水蓄能电站、34 台机组设备数据智能巡检、状态智能诊断和运维模式变革，标志着我国近 1/4 在运装机容量的抽水蓄能设备由传统线下人工管理向线上智能管理转变，每年可创造经济效益约 1760 万元。

当前，为满足新能源大规模、高比例接入电力系统的迫切需求，抽水蓄能电站正以前所未有的速度加快开发建设。但是，抽水蓄能电站工程规模大、机电设备多、系统结构复杂，仅以 1 台最广泛使用的 30 万千瓦机组为例，年度日常检修项目就多达 400 余个，约需 850 人日才能完成。2018 年起，南方电网启动了人工智能数据分析技术在抽水蓄能领域的研究应用，通过推进设备运维智能化不断提高劳动生产率。

“平台建设之初，我们就认识到，建立统一标准的数据体系才能有高质量的数据基础、结合实际开发出高质量的数据分析功能，否则就实现不了真正的人工智能替代。”南网储能修试公司副总经理巩宇介绍说。

为此，平台研发团队用时 38 个月，将 7 个电站近 60 个设备系统的 31 万个测点数据，

通过统一标准的数据体系，接入综合处理单元进行数据采集，再由服务器“上云”。经过艰巨严格的数据治理后，数据质量达到使用需求，云端服务器能够对设备数据进行多维度分析，直观、可视化地展示电站各级设备状态。XS-1000D 能够提供电压、电流、温度、压力、振摆、轴心轨迹等从简单到复杂的机组全状态、多维度数据智能分析；发现数据异常后，对故障精准排查，完成“电站群-电站-机组-系统-部件-单-算法”的贯穿式数据钻取分析，使技术人员能够快速掌握设备各层级数据信息，找到异常原因。

基于 XS-1000D 强大的数据分析功能，技术人员既能快速评估蓄能机组总体状态，又能快速定位到风险薄弱的部件环节，即便刚参加工作不久的新员工也能轻松驾驭平台。2023 年 3 月 6 日，南网储能修试公司自动化检修部新员工王彬收到系统发送的信息“某蓄能电站机组设备状态评价为‘注意’”，且被相关算法进一步分析确定为“机械制动时长异常，已超出正常范围 30 秒”。经现场确认，设备因密封损坏、油雾外溢导致刹车效率降低，部件更换后即恢复正常，及时消除了事故隐患。

XS-1000D 建设过程中，南网储能修试公司技术人员针对各类数据分析原理和设备运维需求，自主研发了 49 种可自由组合的算法模块，可形成应对不同数据分析场景的算法，使计算机能够模拟人工进行海量数据分析，快速给出结论。“这套算法工具全部由公司专业技术人员自主设计开发完成。现在每周都会有新增算法，也都是我们运维人员自己设计、自己组态，形成并持续增强其分析能力，把员工从重复、机械的劳动中解放出来。”南网储能修试公司党委书记郭小涛介绍道。

在 49 个算法模块灵活组合下，运维人员已在 XS-1000D 部署了近 1000 个智能分析算法。根据各电站系统不同智能算法组合，XS-1000D 提炼形成了越算越细、越算越准的数据分析标准，形成一系列具有自主知识产权的抽水蓄能电站设备状态智能分析方法。

此外，南网储能公司于本世纪初便在广州抽水蓄能电站探索实施“以可靠性为中心的维修（RCM）”，并逐步扩大推广范围。RCM 核心理念是按照以最少的资源消耗保持设备固有可靠性和安全性的原则，确定预防性维修要求的过程及方法。但如何判断设备可靠性，以及预测设备何时会变的不可靠，是一直困扰电力运维人员的难题。人工智能技术能帮助解决这一困扰，推动设备运维模式变革。该平台能够基于海量多维数据产出准确的设备状态评价结论，提前预判设备缺陷隐患，将设备数据分析与检修策略制定相结合，使 RCM 分析更全面、更准确，助力实现经验决策向数据决策的转变。

平台运行过程中，南网储能修试公司依托系统云端快速掌握设备运行状态和性能指标，参考机组发电机、水轮机、励磁、调速器等重要系统设备分析评价结论，灵活调整设

备检修策略。

一年里，运用 XS-1000D 替代了 90%以上的人工巡检，降本增效成效显著：检修周期优化后节约成本约 1200 万元；节约巡检成本约 280 万元；节约故障检修维护费用约 120 万元；减少停电检修可发电增收约 160 万元……平台一年便可创造约 1760 万元的经济效益。据统计，南网储能抽水蓄能电站 2022 年累计发电 93.3 亿度，同比增长 18%；2023 年一季度抽水蓄能业务收入更是同比增长了 24%。

清洁氨商业应用喜忧参半

中国能源报 2023.5.22

近期，全球范围内，围绕氨尤其是绿氨展开的研究和合作越来越多。然而，氨是否具备可持续资质仍存在较大争议。一方面，当前制氨工艺仍以化石燃料为主，商业化绿氨制备路径亟待突破。另一方面，高浓度氨存在毒性，且不受控制释放会给环境造成严重负担。

低碳氨开发如火如荼

4 月下旬，沙特首船获独立认证的低碳氨运抵日本。沙特阿美表示，这批低碳氨由沙特基础工业营养素公司使用沙特阿美提供的原料生产，商船三井株式会社负责运输，将运送到日本袖浦炼油厂用于混合燃料发电。

据悉，沙特运抵日本的这批氨之所以被认定为“低碳”，是因为对其制造过程产生的二氧化碳进行了捕集并应用于下游业务。不过，莱茵 TÜV 集团指出，由于全球排放标准不同，所谓“低碳”标签可能会产生误导，业内需要实际排放的标准化衡量指标，而不是标签。

即便如此，市场仍然对低碳氨趋之若鹜。根据埃克森美孚和吉宝达成的谅解备忘录，双方将为开发具有竞争力的低碳解决方案铺平道路。据悉，埃克森美孚位于美国得克萨斯州的综合设施将生产低碳氢和氨，然后寻求出口至亚洲地区。

业界普遍认为，低碳氨在难以脱碳的领域应用潜力巨大。沙特阿美化工业务高级副总裁奥立佛·托雷尔表示：“低碳氨可以助力公用事业和工业部门等关键部门在发电方面实现脱碳。”

绿电制氨成本待降

据了解，目前依赖化石燃料的制氨工艺仍会产生大量排放，全球约 1%的二氧化碳排放量来自传统的氨生产，低碳氨尤其是依靠清洁能源电力生产的绿氨才是助力行业脱碳的首选。

值得关注的是，丹麦能源创新公司 Skovgaard Energy、催化剂制造商托普索、风机制造商维斯塔斯以及 ABB 于 4 月在丹麦启动全球第一座直接与可再生能源连接的动态绿氨工厂，预计可降低 20%的制氨成本。据了解，通过电力多元化转换技术，可以根据可再生能源电力的供应情况自动调节氨的生产，但从该技术整体来看，制氨效益仍有待进一步优化。

另外，氨与氢相比能量更高，而且绿氨还可用作农业肥料。由于基础设施到位，氨的储运较氢也容易得多，这使得氨在短期内更容易商业化。国际能源署预计，到 2050 年，约 1.25 亿吨氨将用于船用燃料和发电等；到 2060 年，60%以上的新船将使用氨或氢燃料。

污染和安全有待考量

不过，氨气是大气氮循环的重要组成部分，同时也是造成氮污染的一大来源。据德哥尔摩应变中心调研，过量氮会导致生态系统恶化，其甚至是比二氧化碳更强的温室气体。因此，生产额外的氨作为可再生能源载体可能会使上述问题变得更糟。

此外，氨泄漏问题也不容忽视。哥伦比亚大学国际与公共事务学院全球能源政策中心估计，氨供应链泄漏到环境中的比例高达 6%，用氨代替化石燃料可能会减少运输的碳足迹，但如果氨从供应链中泄漏，将产生极其严重的后果。

哥伦比亚大学国际与公共事务学院全球能源政策中心指出，与氨有关的主要健康和环境问题是其易燃性、高浓度会产生急性毒性，而且大规模不受控制释放会造成大气污染，并给水生态系统带来负面影响，基于此，强化氨应用安全十分重要。

国家能源局综合司发布通知：进一步做好抽水蓄能规划建设 工作

国家电网报 2023.5.16

自《抽水蓄能中长期发展规划(2021~2035 年)》发布实施以来，抽水蓄能规划建设成效显著,进入新发展阶段。近日，国家能源局综合司发布《关于进一步做好抽水蓄能规划建设工

作有关事项的通知》(以下简称《通知》)。《通知》针对当前抽水蓄能规划建设以及行业发展新形势新情况安排相关工作,进一步推动抽水蓄能高质量发展。

《通知》指出,要充分认识推进抽水蓄能高质量发展的重要意义,抓紧开展抽水蓄能发展需求论证,有序开展新增项目纳规工作,大力提升产业链支撑能力。

《通知》强调,电力系统调节需求是抽水蓄能规划建设的重要前提和基本依据。针对目前部分地区前期论证不够、工作不深、需求不清、项目申报过热等情况,坚持需求导向,深入开展抽水蓄能发展需求研究论证工作,力争今年上半年全面完成。要分省分区域开展需求论证、科学研究分析未来合理需求、突出重点开展需求论证。

《通知》要求在抽水蓄能发展需求研究论证的基础上,各省级能源主管部门对本行政区域已纳规项目开展全面评估,统筹已建、在建和已纳规项目,区分抽水蓄能为本省服务、为区域电网服务以及为特定电源服务的不同功能定位,组织开展站址比选、布局优化和项目纳规工作,布局项目要落实到计划核准年度。对于需求确有缺口的省份,按有关要求有序纳规。对于经深入论证、需求没有缺口的省份,暂时不予新增纳规,但可根据实际情况,按照“框定总量、提高质量、优中选优、有进有出动态调整”的原则,提出项目调整建议。国家能源局根据需求论证情况和实际需要,及时对全国或部分区域的中长期规划进行滚动调整,保持适度超前,支撑发展。

新技术全天候从稀薄空气中发电

科技日报 2023.5.25

在未来世界,无论人们走到哪里都可获得清洁电力,而通用空气发电效应意味着这个场景可成为现实。美国马萨诸塞大学阿默斯特分校的科研团队最新研究表明,几乎任何材料都可以变成一种从湿润空气中不断收集电力的设备,这为清洁电力的获取打开一扇宽阔的大门。这项研究发表在新一期的《先进材料》杂志上。

空气中含有大量的电力。自然界的云朵只不过是一团水滴,每一个液滴都含有电荷,当条件合适时,它可产生闪电,但人们不知道如何可靠地从闪电中捕获电力。新研究所做的是创建一朵人造的小规模云,生产可预测和连续的电力,以便人们能够将其收获。

“人造云”的核心取决于“通用空气发电效应”,研究人员称,从字面上看,任何一种材料都可从空气中收集电力,只要它具有一定的特性——有小于 100 纳米的孔。

团队根据这个数字设计了一个电力收集器，该收集器由一层薄薄的材料制成，其中填充了小于 100 纳米的孔，水分子从材料的上部通过到下部时会产生电荷不平衡，就像在云中一样。这就有效地创建一个“电池”，只要空气中有水分就可以运行。

由于空气湿度始终存在，收集器可以风雨无阻地全天候运行，这解决了风能或太阳能等技术仅在特定条件下工作这一瓶颈。

这种空气发电设备的厚度还不及人类头发宽度，因此可数千个堆叠在一起，有效地扩大能量却不增加设备的占地面积。研究团队称这种设备将能够为一般电力公用事业使用提供千瓦级的电力。

我国超高水头抽水蓄能工程关键技术取得突破

中国能源报 2023.5.29

日前，南网储能公司《800m 级水头抽水蓄能电站超高压钢筋混凝土压力管道建设关键技术》顺利通过由中国工程院钮新强、张宗亮两位院士领衔的专家评委会鉴定。经鉴定，该项目研究成果丰富，学术价值与影响力显著，推动了行业科技进步，具有广阔的推广应用前景，整体技术达到国际领先水平。这标志着我国在超高水头抽水蓄能工程关键技术取得新突破，将有力促进高水头抽水蓄能电站工程建设技术水平的持续提升。

抽水蓄能电站枢纽建筑物由上水库、下水库、输水系统、地下厂房洞群及开关站等组成。其中，输水系统压力管道串联上、下水库和厂房，是电站运行过程中水体交换的“大动脉”。该压力管道通常分为“钢板衬砌型式”和“钢筋混凝土衬砌型式”。钢板衬砌型式全部由钢板承受内水压力，系统建设需耗费大量高强度钢板，且对钢板间焊接有极高的工艺要求，工程造价较高。钢筋混凝土衬砌型式为限裂透水构造，充分利用围岩的渗透稳定性来承受内水压力，能够大量减少钢用量，降低工程造价。

然而，围岩的渗透稳定性并非与生俱来，施工过程中需要通过高压灌浆施工来保持性能，水头越高，灌浆压力越大，施工难度也越高，随之带来一系列的技术难题。此前，我国水头最高的钢筋混凝土衬砌抽水蓄能电站最大净水头为 680m，而阳蓄电站最大净水头高达 799m。自 2018 年起，南网储能公司依托阳蓄电站工程建设实践，牵头开展了专项科技攻关工作，取得了系列创新和工程应用成果，形成一整套适用于超高压钢筋混凝土输水系统建设的关键技术体系，推动我国抽水蓄能电站压力管道的研究设计和建造施工上取得实

质性突破。研究成果降低工程造价、优化工程周期所创造的直接经济效益达 4.63 亿元、间接经济效益达 1.42 亿元。

该项目研究极大地推动我国钢筋混凝土衬砌高压水道建设水平的进步，使得我国钢筋混凝土衬砌高压水道的建设技术水平从 600m 级跃升至 800m 级，将为我国抽水蓄能中长期规划中的高水头抽水蓄能电站建设提供成熟技术支撑，经济效益和社会效益显著。

中共中央、国务院：推进水网与电力行业融合发展

中国能源报 2023.5.29

据报道，中共中央、国务院印发了《国家水网建设规划纲要》（以下简称《纲要》），并发出通知，要求各地区各部门结合实际认真贯彻落实。《纲要》规划期为 2021 年至 2035 年。关于能源，《纲要》多处涉及水电，提出推进水网与电力行业融合发展。

《纲要》明确，坚持先节水后调水、先治污后通水、先环保后用水，聚焦流域区域发展全局，兼顾生态、航运、发电等用水保障，推进南水北调后续工程高质量发展，实施一批重大引调水工程，加强互联互通，加快形成战略性输水通道，优化水资源宏观配置格局，增强流域间、区域间水资源调配能力和城乡供水保障能力，促进我国人口经济布局和国土空间利用格局优化调整。

《纲要》同时指出，推进水网与电力行业融合发展，加强国家水网与水电基地协同融合。推进水网与能源产业布局融合发展，在强化节水基础上，根据水资源承载条件，优化产业布局，合理规划水网建设，保障重要能源基地合理用水需求。推进水网与航运融合发展，加强水网与水运通道统筹，结合流域综合规划，科学论证和有序推进内河航运发展。巩固长江黄金水道、珠江、大运河黄河以南段等航运主通道，加强江汉运河、江淮运河等工程规划建设，推进平陆运河建设。

对有发电、供水等经营收益的水库和引调水工程，探索和规范推行项目法人招标、政府和社会资本合作等模式，积极引导社会资本依法合规参与工程建设运营。推动符合条件的项目开展基础设施领域不动产投资信托基金试点，盘活存量资产。

国内在建最大煤电项目投产发电

中国能源报 2023.5.29

5月23日，由哈尔滨汽轮机厂有限责任公司设计制造的国家能源集团内蒙古上海庙发电有限公司4号汽轮机组顺利通过168小时试运行考核，正式投入商运，标志着国内在建最大煤电项目4台超超临界百万千瓦机组全部投产发电。

上海庙项目位于内蒙古鄂尔多斯市鄂托克前旗上海庙镇国家能源化工基地内，规划建设4台100万千瓦超超临界间接空冷煤电机组，4台汽轮机组均由哈电汽轮机提供。其中，1号机组于2021年12月27日投产发电，2号机组于2022年7月9日投产发电，3号机组于2022年12月31日投产发电，机组主要指标均达到优良标准。

据了解，哈电汽轮机在该项目上集成了多级小焓降反动式叶型、预扭装配式动静叶片、高低压部分蜗壳切向进汽、铸铁低压内缸、高压部分红套环紧固、阀门直连、高中压部分n+1轴系等诸多公司研发的最新技术，最大限度提高机组运行效率及安全性稳定性。

公开信息显示，上海庙项目还实现了全国产自主可控智能分散控制系统(iDCS)在国内百万千瓦超超临界大型燃煤间冷机组上的成功应用，且拥有世界首台全钢结构百万机组冷却塔、国内领先的模块化输煤栈桥、九级回热抽汽等新技术新工艺。

上海庙项目是国家能源集团按照国家产业政策和“西电东送”能源发展战略规划建设的现代化、智慧化大型煤电一体化项目。机组采用国内技术领先的大容量、高参数、超超临界、超净燃煤发电技术，是上海庙至山东临沂±800千伏特高压直流输电工程重点配套项目，通过内蒙古上海庙-山东临沂线路向山东电网送电，满足国家“西电东送”战略目标。