

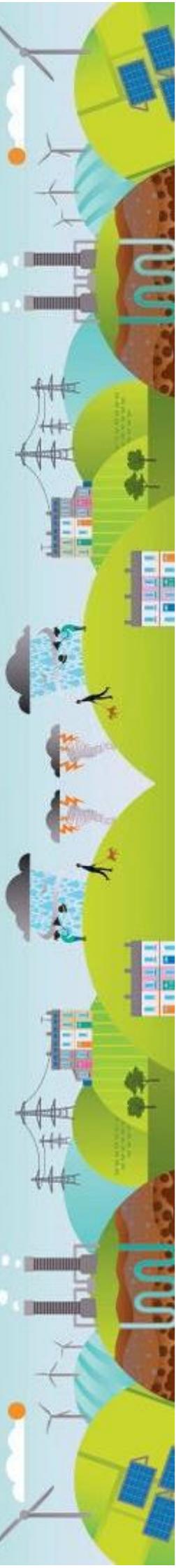
# 能量转换科技信息

广州能源研究所信息服务与编辑部 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

第10期 2021年5月

## 目 录

总论 .....	1
德国出台新气候目标 .....	1
兑现“碳达峰、碳中和”目标，能源数字经济要加力 .....	2
极端气候正严重影响全球能源供应 .....	4
甲烷减排是应对气候变化最有效的措施 .....	5
降碳与发展并不相悖 .....	6
能源互联网的冲击波正在全球释放 并挑战着传统的能源安全观 .....	7
欧盟正在筹划的碳关税会是什么样子？ .....	11
欧洲碳费突破 50 欧元 碳税法案也在酝酿中 .....	13
全球气候谈判之路漫长：分配减排责任存分歧 .....	14
碳中和，中国企业的五大误区 .....	15
生态环境部：中国如何管控非二氧化碳温室气体排放？ .....	18
为加快全球气候治理提出中国方案 .....	19
我国有能力成为有国际影响力的碳定价中心 .....	22
新能源技术突破前夜，我们准备好了吗 .....	23
中国如何管控非二氧化碳温室气体排放？ .....	26
周小川：建立碳市场需要回答的若干问题 .....	27
热能、动力工程 .....	29
“虚拟电厂”辅助浙江电网调峰进入常态化阶段 .....	29
北京冬奥会将实现 100%清洁能源供电 .....	30
创新清洁能源供热 助力碳达峰碳中和 .....	31
地方文件密集出台，近零能耗建筑“大戏开演” .....	34
电力行业实现“双碳目标”还需多方发力 .....	36
二氧化碳工业固定利用技术获突破 .....	37
钢铁业降碳需综合施策 .....	38
节能提效才是减碳第一优选 .....	38
荷兰大规模部署混合热泵 .....	40
李鹏：负荷中心将成为能源低碳转型的主战场 .....	41
能源“金三角”须摆脱“高碳”之困 .....	42
全球建筑能效市场快速扩容 .....	44
上海基于“虚拟电厂”实现削峰填谷 .....	45
借力“清洁能源岛”，零碳建筑海南需求加码 .....	46
首个“热带岛屿型”近零能耗建筑渐行渐近 .....	47
探索碳达峰碳中和的山西路径 .....	48



新技术可在石头中储存可再生能源突破锂电池局限.....	50
新型电力系统建设为光伏转型发展带来新机遇 .....	51
以能源低碳转型起笔 浙江勾勒新时代“富春山居图” .....	55
应对气候变化：迅速减少甲烷排放可事半功倍！ .....	56
制冷业节能减排潜力待挖 .....	57
用能升级：交通脱碳“杀手锏” .....	58
中科院上海硅酸盐研究所研制出聚合增强型的锂氟转换全固态电池 .....	60
周大地：电力系统低碳化单靠自由竞争不能实现 .....	60
地热能 .....	64
山西大同探建中东部首个高温地热发电项目 .....	64
政策护航，区域地热能数字化提上日程 .....	65
生物质能、环保工程 .....	66
“双碳”时代来临，环保产业该如何加速变革 .....	66
合肥建成安徽最大雨水调蓄池 .....	67
太阳能 .....	68
“风光”有望 15 年内取代化石燃料发电 .....	68
谷歌弗吉尼亚州数据中心将通过采用储能系统获得无碳电力 .....	69
异质结电池大规模产业化蓄势待发 .....	70
中国石化首座移动式光伏发电站正式投运 .....	71
海洋能、水能 .....	72
新价格机制将有力推动抽水蓄能发展 .....	72
风能 .....	73
海上风电开启“加速跑” .....	73
氢能、燃料电池 .....	74
低碳清洁供氢体系亟待建立 .....	74
光伏制氢尚需跨过“经济坎” .....	75
绿氢“成本比灰氢还低”不是梦 .....	77
氢能源，一场输不起的全球竞赛 .....	77
市场监管总局批准发布三项液氢国家标准 .....	78
碳中和愿景下氢能应用的竞争优势 .....	79
推动氢能过急，可能危及近期的温室气体减排目标 .....	80
核能 .....	83
海阳核电核能综合利用再破题 .....	83
深挖核能潜力，敢想更要敢干 .....	84
山东纵深推进核能综合利用 世界首个“水热同产同送”科技示范工程海阳投运 .....	85
我国明确海水提铀路线图 .....	85
能源政策 .....	86
积极开发陆上风电和光伏！广西发布“十四五”规划 .....	86
辽宁拟发布首个“渔光互补”用海政策 .....	87
新能源市场化交易来了 .....	87



本快报是内部资料，请注意保存。信息均转载自其它媒体，转载目的在于传递更多信息，并不代表赞同其观点和对其真实性负责，版权归原作者所有。严禁将本快报用于任何商业或其他营利性用途。用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。

《能量转换科技信息》半月一期。希望你对我们的工作提出宝贵意见。联系方式：02087057486，zls@ms.giec.ac.cn。



# 总论

## 德国出台新气候目标

业界普遍认为，德国政府此次更新气候目标，是对4月底德国联邦宪法法院就该国《气候保护法》作出的“细节模糊，亟待完善”裁决予以的回应，同时也是为了9月的大选提前铺路。德国总理默克尔在即将完成第4个总理任期之际宣布退出大选，使得德国迎来了16年来最具悬念的一届大选。今年，以环保政策为执政纲领的绿党在德国异军突起，目前支持率大幅攀升，在各项民调中均维持领先。

5月5日，德国公布了新的气候目标：到2030年，温室气体排放量较1990年水平的减少幅度从此前的55%，提升至65%；碳中和完成时间表则提前5年，从2050年提早至2045年。

### 设定2030年后减排目标

德国新气候目标近期还将提交至德国内阁，不出意外将顺利获批。路透社指出，德国政府更新气候目标是为了给接下来的《气候保护法》修订提前铺路。据了解，德国现行的《气候保护法》没有对2030年之后的减排目标予以细节化阐明，对于采取何种措施实现2030年减排目标、完成2050年碳中和目标也过于含糊。

德国环境部长Svenja Schulze表示，新的气候目标将包含在德国气候法的修订版中。“最新的气候目标旨在将更多减排责任放在当下，而非推迟到下一代。”她说，“这对年轻一代来说是一个公平的提议，因为我们没有把最大的负担留给未来，每一代人都要承担起相应的责任。”

据悉，德国修订后的《气候保护法》将提出更为细化的气候行动任务，即以2030年减排65%、2040年减排88%、2045年实现碳中和为目标，2020年代减少25%的排放量，2030年代再减少23%，2040年代进一步减少12%，减排措施包括加大可再生能源利用率、进一步提高碳价等。

据了解，德国于2019年11月通过了现行的《气候保护法》，首次以法律形式确定了国家中长期温室气体减排目标。该法案明确了能源、工业、建筑、交通、农林等不同领域所允许的碳排放量，并规定德国联邦政府部门有义务监督有关领域遵守每年的减排目标。一旦相关行业未能实现减排目标，主管部门须在3个月内提交应急方案，德国联邦政府将在征询有关专家委员会意见的基础上采取相应措施确保减排。

### 业界提醒：勿盲目重修气候法案

《金融时报》指出，德国联邦宪法法院4月底的裁决，促使德国政府将重修《气候保护法》提上了日程。4月29日，德国联邦宪法法院裁定《气候保护法》的部分内容违反宪法，相关立法机构必须在2022年底前完善相应法规，同时驳回对裁决的进一步申诉。

德国联邦宪法法院在一份声明中表示，现行《气候保护法》减排目标不足，同时未能就全球变暖问题拿出针对性措施，这将使得2030年之后的减排任务变得更为艰巨，无形中将减排负担转移到了下一代甚至下下一代，为后代增加了不公平的负担。

德国总理发言人Steffen Seibert随后表示，这是一个“开创性的裁决”，联邦宪法法院授权的立法变更，将对德国经济有利，并进一步敦促政府、企业详细做好未来的计划。“我们的经济更多应该取决于清洁电力。”

事实上，业界普遍表示，跟随时代变化重修气候法案无可厚非，但不管是设定更严格的减排目标，还是重新修订现行法规条款，都应该有规划、有重点，不应该是为了回应法律裁决而在匆忙之下做出的不实际决定。

“德国政府不应盲目重修气候法案，而应着眼于实现现行减排目标的最佳方法和路径，包括如何扩大可再生能源利用率、如何更有效促进对气候友好技术的投资、如何消除新建基础设施的监管壁

垒等。”德国智库“经济研究所”的专家 Thilo Schaefer 表示，“所谓的气候法案，不是以设定雄心勃勃的减排目标为重点，而是要以如何快速实施最积极的气候行动方案为宗旨。”

“气候大选”即将到来

德国经济部长阿尔特迈尔表示，联邦宪法法院的最新裁决，对气候领域和年轻一代而言具有划时代意义，为德国的绿色转型带来了更大确定性，甚至会影响到今年德国的大选。

据了解，只有 40 年党龄、以环保为纲领的绿党，目前已在德国的多项民调中领先，其一直主张制定“极为苛刻的”减排目标。德国电视二台新闻网报道称，德国绿党迎来了新成员申请的热潮，当前，在德国的许多农村地区以及前煤炭和钢铁工业腹地鲁尔区，绿党获得了很高的支持率。凭借对气候变化以及能源、交通转型的关注，民众对德国绿党提名的总理候选人 Annalena Baerbock 的支持，远超默克尔所在的联盟党提名的总理候选人 Armin Laschet。

德国民调机构 Kantar Emnid 的最新调查显示，进入 5 月，德国绿党的支持率已经攀升至 27%，超过目前执政的德联盟党，位列第一名。事实上，德国绿党的支持率 4 月初已经攀升至 25%，涨幅近 7 个百分点。

在德国绿党 40 余年的历史中，环保政策始终是该党派的核心。其政治主张也非常贴合现在年轻选民们的诉求及生活观念，因此在外界看来，绿党似乎更贴近时代潮流。不管 9 月大选结果如何，未来很长一段时期内，绿党都将对德国政界产生重要影响。

德国《明镜周刊》撰文称，《气候保护法》被视为默克尔政府最重要的成就之一，现在被联邦宪法法院“批评”，无疑为其最后任期蒙上一层阴影，为了给即将到来的大选造势，设定更严苛气候目标无疑是最有效手段，德国即将迎来一场史无前例的“气候大选”。

本报记者 王林 中国能源报 2021-05-10

## 兑现“碳达峰、碳中和”目标，能源数字经济要加力

来自权威研究机构的统计数据显示，我国二氧化碳排放总量的 80%以上来自能源活动。因此，降低能源活动的碳排放量是我国实现“碳中和、碳达峰”目标的有效途径和关键环节。

当前，能源革命正在与数字革命走向深度融合，数字化成为能源领域实现高质量发展的重要途径和必然选择。各国纷纷加快在能源领域推广大数据、云计算、人工智能等数字化技术，积极探索能源数字化转型的可行路径。

作为数字经济在能源领域的具体应用，能源数字经济通过在能源的生产、消费、传输、运营、管理、计量、交易等环节和链条进行广泛应用，将能够直接或间接减少能源活动产生的碳排放量，助力我国“碳达峰、碳中和”目标的实现。

能源数字经济是碳减排主要路径

在能源生产环节，大数据、云计算、物联网、传感器等数字化技术能够提升能源生产侧的高效采集和广泛互联能力，实现能源生产过程的精细化、在线化、智能化。各种数字化技术在能源生产侧的广泛应用是新能源大规模消纳的必要前提，也是能源生产运行安全可靠的底层基础。

国际能源署（IEA）在《数字化和能源》一书中预测，通过大规模应用数字化技术，2040 年全球可以将太阳能光伏发电和风力发电的弃电率从 7%降至 1.6%，届时可减少 3000 万吨二氧化碳排放。

宁夏银川市之宝丰农光一体化产业基地是全球最大的农光互补电站。通过积极应用人工智能、云计算、智能传感器等数字化技术和设备，宝丰农光一体化产业基地构建起一套智能化的光伏解决方案，实现了对电站运行信息的实时数据收集和分析。自 2017 年建成至 2020 年底，该基地累计减少二氧化碳排放 204.7 万吨，相当于新种植约 8900 多万棵树。

在能源消费环节，大数据、人工智能等数字化技术改变了能源的消费方式，降低了能源需求，推动形成能源消费的新理念，提升了能源使用效率，增强了需求侧响应的灵活性，助力工业、商业、住宅等领域的传统消费者从单纯的“能源消费者”转向“能源生产者”，最终以各种直接或间接的方式

降低了能源消耗的总量和强度。

《BP 技术展望（2018 年版）》曾预测，通过技术变革，能源使用效率将大幅提高，一次能源消费可节约 40%。该报告进一步指出，在未来所有可能的技术革命中，无论是油气、可再生能源还是氢能、核能，都无法脱离数字化带来的影响。报告预计，到 2050 年，建立在云计算基础上的传感器、超级计算机、数据分析、自动化和人工智能等数字工具的应用可以使全球一次能源需求和成本减少 20%—30%。

在能源传输环节，无论是适应新能源的大规模、高比例并网，还是分布式能源、储能、电动汽车等交互式、移动式设施的广泛接入，都需要以数字化技术为能源传输赋能，推动传统电网尽快地转型升级成为更安全、更智慧、更友好的能源互联网。

建设能源互联网，特高压是关键，而各种数字化技术则是支撑我国特高压工程顺利推进的幕后英雄。来自全球能源互联网发展合作组织的数据显示，依托特高压电网，我国清洁能源装机占比从 2010 年的 25%提高到目前的 43%，每年减排二氧化碳 15 亿吨。

在能源运营环节，大数据、人工智能、物联网等数字化技术以及数据中台、业务中台等新型 IT 架构模式能够优化决策流程、提升决策效率、缩短决策时间，减少传统生产要素的投入数量。

能链快电是中国最大的第三方充电平台。通过大数据与精准算法，能链快电可将新能源车主导向最优质的充电场站，提高充电桩的使用效率，通过“大数据+算法”这一组合的“高效运转”减少甚至是取代了人员、车辆等传统生产要素的“实际流动”，以“数据+算法”的“多跑”实现了其他要素的“少跑”。仅在 2020 年，能链快电就助力减少碳排放达 180 万吨。

在能源管理环节，工业互联网、云计算等数字化技术支持了平台经济、共享经济等能源数字经济新业态的涌现，推动形成了合同能源管理、环境污染第三方治理、环境托管、虚拟电厂等能源开发利用的新模式，实现了能源利用方式的重组、能源商业模式的重构、能源配置方式的优化，提高了能源管理的精细化水平和能源利用的整体效率。

联元智能是一家能源领域的工业互联网 SaaS 平台提供商，致力于为工业、商业、数据中心、楼宇等高耗能的 B 端用户提供整体性的能效解决方案。联元智能通过助力某上海领先的热电企业开展智慧能源服务，使该企业的年碳排放量下降 4.42 万吨，年能耗量下降 17000 吨标煤。

在能源计量环节，大数据、云计算、区块链、数据爬虫、数字孪生等数字化技术能够在碳排放源锁定、碳排放数据分析、碳排放监管和预测预警等方面发挥重要作用，实时监测企业进行碳排放的全过程，支撑监管机构构建完整的碳排放监控体系，服务国家治理现代化。

在发电侧和电网侧，浙江省能源大数据中心成功研发了电力系统碳排放监测平台，用于监测浙江全省发电及电网企业的二氧化碳排放情况，能够为发电企业和电网企业控制与管理电厂、机组和设备的碳排放量提供准确的决策依据；在需求侧，南方电网公司率先在国内建成了能源消费侧碳排放监测平台，能够实现对南方电网公司经营范围内各区域、各行业乃至各企业的碳排放总量、单位 GDP 碳排放强度的测算及动态监测，有助于政府及相关方及时了解企业的碳排放情况和碳中和发展进程，为制定相关政策提供参考。

在能源交易环节，大数据、区块链、人工智能、云计算等数字化技术能够支撑数字化交易平台的建设，促进碳资产管理、碳交易、碳税征收、绿证交易、绿色金融等相关制度和机制的建设和完善。

基于上述分析，能源数字经济必将对我国实现“碳达峰、碳中和”双碳目标发挥关键作用。

### 三大举措发力能源数字经济

一是着力打通数据壁垒，推进能源大数据的汇聚、融通。当前，受到我国尚未制定全国统一的能源大数据的管理标准、能源大数据的开发利用仍然缺少健全、规范的法律制度以及能源企业主动开放共享自身数据的动力不足和机制不完善等因素的影响，我国能源大数据的汇聚、融通仍然处于初级阶段。下一步，有必要从制定能源行业的数据管理标准和法律规范、健全能源企业之间的数据互换和共享机制等方面入手，着力打通能源数据壁垒，充分发挥和释放能源大数据的巨大价值。

二是打造智能化、智慧化、综合性的能源资源配置平台。融合大数据、云计算、物联网等数字化技术与新能源业务，加快推进能源管理云平台建设，为发电企业和客户提供项目并网、运维、交易、结算等在内的一站式服务。加快推进以电为中心、以电网为平台的能源物联网建设。积极构建能源互联网生态圈，布局能源产业链、创新链、供应链、价值链，实现能源资源在更大范围的优化配置。

三是完善电力市场和碳排放权交易市场体系。面对市场化交易带来的更多商业机遇与挑战，能源消费侧的工业、商业和居民用户对挖掘数据价值的需求将显著提升。通过完善电力市场和碳排放权交易市场相关机制，建设全国统一的电力市场和碳排放权交易市场，我国将能够充分利用不同地区、行业、企业在碳减排方面的成本差异，以最低的经济成本实现预期的碳减排目标。

（作者均供职于国网能源研究院有限公司）

陈光 郑厚清 尹莞婷 中国能源报 2021-05-10

## 极端气候正严重影响全球能源供应

5月以来，巴西遭遇近20年来最严重的干旱，长期无雨的极端天气导致巴西的水电站无法正常运行，产能严重下降，巴西电力供应持续吃紧。

值得关注的是，巴西的遭遇并不是个例。今年4月，美国能源信息署（EIA）就曾发布警告称，持续的干旱已经影响到了美国水电站的蓄水量，导致水电产能有所下降。

多家行业研究机构指出，气候变化导致的极端干旱天气正在全球范围内频发，不仅给多国的能源供应带来影响，更将给行业带来严重的经济损失。

### 水电无水致巴西缺电

据悉，巴西的传统雨季通常是从11月持续至次年3月。然而，据巴西国家电网运营商（ONS）主管Luiz Carlos Ciocchi表示：“今年，巴西的降雨量已降至20年来最低，少雨的局面到今年年底都难以缓解。为弥补水电产能降低导致的电力空缺，巴西电力供给系统已转向使用成本更高的火电。”Luiz Carlos Ciocchi还在一份声明中指出，目前电力供应短缺的局面已导致巴西用电价格高企。

路透社汇编的数据显示，巴西电力供给中约有3/4来自于水电，是全球范围内水电占比最高的国家之一。

今年5月，巴西总统博索纳罗发表演讲称：“巴西雨季通常在3月结束，预计未来这段时间巴西的降雨将非常少。巴西正在经历历史上最严重的供水危机，这将严重影响电力生产系统。”

据悉，由巴西政府、技术部门以及ONS等机构组成的巴西电力行业监管委员会已于5月初宣布，为保障巴西电力供应，将启用更多火力发电产能，同时还将从阿根廷、乌拉圭等邻国进口电力。

Luiz Carlos Ciocchi在接受路透社采访时表示，如果不是巴西经济处于增长期，同时遭遇了新冠肺炎疫情，巴西在去年就很可能因极端天气面临电力供应紧张的难题。“值得庆幸的是，由于目前巴西气温相对不高，居民用电需求尚没有激增。现在巴西正尽可能开启火电供应。”

### 高温拉高多国电力需求

而对于美国来说，则没有巴西这样的“运气”。美国得州电力可靠性委员会（ERCOT）日前宣布，由于近期该州持续面临高热、干旱的天气，今年夏季该州电力需求预计将出现激增。

ERCOT指出，今年夏季，得州很可能面临与去年冬季类似的电力供应紧张问题。“尽管今年夏季出现电力供应严重不足的概率相对较低，但高企的电力需求、火电产能退役，以及风光发电利用率偏低等因素都可能导致得州供电出现紧张。”而今年2月，美国得州还曾因极端寒流出现大规模停电事故，数百万人在严寒中失去电力供应。

事实上，不仅得州，多个美国南方州也都在近期遭遇了干旱天气，内华达州、加州、亚利桑那州等均未能幸免。早在今年4月，EIA就曾发布预测称，今年4月至9月期间，美国南部地区的降水量预计将低于往年，这很有可能导致今年夏季美国全境水力发电量大概率要下降。

另有美国研究机构预测认为，今年第二、三季度，美国哥伦比亚河上游地区的 Dalles 水电站的蓄水量将较近 30 年来的平均值低约 9.7%。

与此同时，墨西哥也在经历类似的极端干旱天气。根据美国国家航空航天局发布的数据，今年 4 月，墨西哥全国近 85% 的地区遭遇了干旱，墨西哥境内水电站的蓄水量大都处于“极低”水平，甚至耗尽了用于饮用、农业的用水资源。

气候变暖是最大诱因

业内普遍认为，全球气候变暖正是极端天气频发的主要诱因。早在 2019 年，英国《自然》杂志就曾刊发一篇气候科学论文称，人类在 20 世纪对全球的干旱状况产生了影响，人类活动产生的温室气体、气溶胶等物质都会影响到降雨情况。

今年 5 月，巴西政府公布的最新数据显示，巴西亚马逊热带雨林损毁量较去年同期增长了 43% 以上，这也是这一数字连续第二个月出现上涨。雨林减少加剧了温室效应的同时，极端干旱天气的出现也将推高山火发生的风险，导致雨林进一步遭到毁坏。

美国媒体 CBS 新闻网报道称，在过去的 20 年里，美国分别在 2003 年、2013 年经历了两次严重的干旱天气，但今年发生的干旱情况很可能超过上述两个年份。

另外，2018 年、2019 年，欧洲也经历了两次“异常罕见的”连续干旱天气，超过 40°C 高温延续数周，一时导致欧洲用电需求激增，电价也出现大幅上涨。

行业研究机构 Carbon Brief 援引意大利学者 Gustavo Naumann 的研究报告称，干旱天气很可能对电力行业带来严重影响，干旱不仅会直接影响到水电产能，也会间接影响到电力生产系统中冷却水系统的使用情况。对欧洲北方地区来说，水电是尤其重要的电力来源之一，干旱带来的影响也会显得更加明显。

Gustavo Naumann 在研究中建议，各国应适当采取一定的措施，降低极端干旱天气对农业、能源等行业造成的不利影响，“提高电力生产中的水利用效率”尤为重要。

本报记者 李丽旻 中国能源报 2021-05-17

## 甲烷减排是应对气候变化最有效的措施

本报讯 5 月 6 日，联合国环境规划署和气候与清洁空气联盟（Climate and Clean Air Coalition）联合发布报告称，减少人类活动产生的甲烷排放，是缓解全球气候变化最经济、最有效的措施之一。

报告指出，如采取有效措施，在 2030 年前每年减少排放 1.8 亿吨甲烷，即在 2030 年实现比 2020 年甲烷排放减少 45%，那么全球将有可能在本世纪 40 年代，避免约 0.3°C 的升温，每年还可以减少因臭氧浓度过高引发的 25.5 万例过早死亡、77.5 万例与哮喘有关的医院就诊、极端高温导致的 730 亿小时劳动损失、2600 万吨的作物减产损失。

联合国环境规划署执行主任英格·安德森表示：“削减甲烷是未来 25 年内，我们减缓气候变化的最强有力的手段，也是对减少二氧化碳的必要努力的补充。对社会、经济和环境的好处是多方面的。”

据了解，甲烷是人类活动排放的第二大温室气体，仅次于二氧化碳，但其温室效应却比二氧化碳高 22 倍。报告显示，自 20 世纪 80 年代有记录以来，人为造成的甲烷排放的增长速度超过了任何时候，全球大气中的甲烷平均浓度比工业化前高出 2.5 倍，处于有记录以来的最高点。甲烷还会形成危险的污染物“地面臭氧”，损害人类健康、生态系统循环和农作物收成。

同时，甲烷也是一种“短寿命”气候污染物，在大气中仅能存在 10 年，意味着及时采取减排行动，可以更快取得成效。这也是气候紧急状态下，减缓全球变暖的重要抓手。

报告发现，全球人类活动排放的甲烷中，超过 95% 源自三个行业：化石燃料产业排放约占 35%，其中，石油和天然气开采、加工和运输占 23%，煤炭开采占 12%；废弃物处理约占 20%，主要包括垃圾填埋和废水处理；而农牧业的甲烷排放也占到 40%，其中有 32% 来自牲畜的排泄物和肠道发酵反应，8% 来自水稻种植。

另外，报告还发现，石油和天然气行业中有 60%-80%的环节能够实现“低成本减排”，捕获逃逸的甲烷气体甚至可以带来额外收入，有可能实现“负成本”减排。该行业也因此是三大行业中甲烷减排经济性最高的。

甲烷排放急剧飙升，也被认为与近年全球尤其是美国天然气产量迅速增长有关。作为全球最主要的天然气出口国，美国的天然气开发存在严重的甲烷泄漏问题。有研究指出，美国天然气行业的甲烷排放至少被低估了 60%，全球来看可能也存在约 20%-45%的甲烷排放未能纳入统计。

主持气候和清洁空气联盟评估的美国杜克大学气候科学教授德鲁·辛德尔表示：“为了实现全球气候目标，我们必须减少甲烷排放，同时紧急减少二氧化碳排放。好消息是，大多数所需的行动不仅带来了气候效益，还带来了健康和经济效益，而且所有所需的技术都是现成的。”

穆紫 中国能源报 2021-05-10

## 降碳与发展并不相悖

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

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

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

能源增长需求与减排降碳压力同在

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

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

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

中国标准化研究院资源环境研究分院院长林翎同样认为，我国经济体量大、发展速度快、用能需求高，能源结构以煤为主，使得我国碳排放总量和强度“双高”。加之我国目前仍处于工业化和城镇化发展阶段，具有高碳的能源结构和产业结构，发展惯性大、路径依赖强。用不到 10 年时间实现碳达峰，再用 30 年时间实现碳中和，意味着碳排放要快速下降，几乎没有缓冲期，实现减碳目标需要付出艰苦努力。

降碳与经济发展并行不悖

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

“如今，碳减排已经成为各经济体之间博弈的重要战场。”骆建华表示，中国、墨西哥等发展中国家仍然没有实现碳达峰。碳拐点的出现，与经济发展水平、城市化率、产业结构和能源结构密切相关。

关。从经济发展水平看，欧洲国家实现碳达峰时的人均 GDP 为 2 万美元左右，美日的这一数据为 4-5 万美元。而中国目前的人均 GDP 仅为 1 万美元，在人均 GDP 水平不高的情况下，未来我国经济仍将保持较高增速。

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

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

发现真实碳价是关键

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

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

在骆建华看来，碳达峰、碳中和本身是一个环境目标，或将对环保行业带来新的变革。在碳达峰、碳中和目标下，环保产业将迎来 3 个转变：从末端治理向源头控制转变，从二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物单因子控制向协同控制转变，从环保产业常规污染物控制向特殊污染物控制转变。“实现碳达峰、碳中和目标要求处理好政府和市场、存量和增量、减排与碳汇三个关系，抓住电力、工业和交通运输三个关键领域，建好碳交易和电力两个市场。”

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

本报记者 苏南 中国能源报 2021-05-10

## 能源互联网的冲击波正在全球释放 并挑战着传统的能源安全观

全球能源互联网或许是人类拯救地球家园的重要选择——由清洁能源转换并存储、运输、连网成网的电，有利于减少污染、降低碳排放，是人类可持续发展的未来

推进全球能源互联网，既是新能源和旧能源、新策略和旧思维的博弈，也是新网络和旧联盟、新地球和旧家园的切换

在浩瀚宇宙中悠悠运行了 46 亿年的地球，看上去依然美丽。

但这颗蔚蓝色星球早已伤痕累累——绿色植被遭到破坏、蓝色海洋遭受污染、全球气温逐年上升等威胁近在眼前。

2019 年，国际能源署首次评估化石燃料使用对全球气温上升的影响，发现自前工业化时代以来，全球平均气温上升了 1°C，其中超过 0.3°C 由煤炭消费排放的二氧化碳造成。

另有研究表明，如果全球温室气体排放保持目前水平，到 2100 年，海洋生物量损失将达 17%。地球升温的后果不止于此——冰川消融、海平面升高、极端高温等，可能让更多人的生存陷入“水深火热”之中。

显然，地球迫切需要一次能源转型。

能源是经济社会发展的重要物质基础。能源资源主要有煤炭、石油、天然气等化石能源，以及水能、风能、太阳能等清洁能源。人类对能源的利用，曾经历从薪柴到煤炭再到油气的两次转型。每一次的能源更替，都伴随生产力的巨大飞跃和人类文明的重大进步。

而今，人类再一次站在了如何从地球汲取生命之源的十字路口。面对这一关键抉择，中国提出的构建全球能源互联网方案，正得到包括联合国在内越来越多的国际组织和国家的认同。

全球能源互联网是清洁能源在全球范围大规模开发、输送和使用的重要平台，由智能电网、特高压电网和清洁能源 3 个要素组成。

在全球能源互联网发展合作组织（下称合作组织）主席刘振亚看来，全球能源互联网有助于实现能源生产从化石能源向清洁能源主导的转变，以及能源消费从煤炭、油、气等向以电为中心的转变，能够统筹利用世界各国、各地的资源差、时区差、季节差、电价差等，促进全球清洁能源集约化开发和大范围高效配置，实现能源结构优化和使用效率提升。

联合国秘书长古特雷斯认为，全球能源互联网是实现人类可持续发展的核心和实现全球包容性增长的关键，并敦促全球各国政府为推动世界能源转型加强行动。

全球能源互联网为何深入人心？已经在中国、巴西等国运转起来的能源互联网，又将如何在国际社会扮演更重要的角色？

能源动脉堵点何在

全球能源互联网的理念出自中国并非偶然。

我国化石能源资源禀赋先天不足——富煤、贫油、少气，给能源安全和可持续发展带来严峻挑战。

煤电问题突出。我国煤炭占一次能源消费比重约 58%，一半以上用于发电，且探明储量只能开采 50 年。目前我国煤电装机超过 10.4 亿千瓦，占全球一半。2019 年以来，我国新投产和在建煤电约 1.2 亿千瓦，接近欧盟国家现有煤电总和（1.4 亿千瓦）。全球减排背景下，我国煤电装机不降反升，面临的国际压力越来越大。

油气受制于人。我国石油、天然气占一次能源消费比重约 27%，受资源条件限制，生产与消费缺口持续扩大，对外依存度分别达 72%、43%，保障油气安全压力巨大。国网能源研究院副院长蒋莉萍说，我国进口石油的 65%来自中东地区，运输需经过印度洋、马六甲海峡等海域，地缘政治复杂。“特别是在经济逆全球化抬头、油价巨幅震荡、中美经贸摩擦等不确定因素可能长期存在的情况下，把能源安全系于国际市场靠不住，能源安全也买不来，油气对外依存度过高不利于国家安全。”

资源现实、绿色发展、经济安全的三重约束下，我国以化石能源为主的能源生产和消费方式亟待调整，发展清洁能源成为核心选项。

我国清洁能源资源丰富。水能、陆上风能、太阳能资源技术可开发量分别超过 6 亿、35 亿、100 亿千瓦，目前开发率分别低于 50%、4%、5%。合作组织秘书长伍萱认为，清洁能源只要转化为电能就能被高效利用，而我国水、风、光资源庞大，只需开发一半左右就可满足到 2060 年的能源需求。“随着太阳能发电、风电技术等的不断升级，以及风电、光伏成本的持续快速降低，清洁能源完全有可能成为我国主导能源。”

障碍也有。最突出的莫过于资源与需求逆向分布——70%左右电力消费集中在东中部地区，但水能、风能、太阳能资源 80%分布在西部北部地区。

这意味着，中东部用电大省清洁能源缺乏，而清洁能源富集的西部北部地区用电需求有限。

这些清洁能源富饶之地，因无力消纳本地清洁能源，只能“三弃”——弃风、弃光、弃水。数据显示，2016 年，全国“三弃”电量高达 1100 亿千瓦时，超过同年三峡水电站发电量约 170 亿千瓦时，直接经济损失超 500 亿元。

清华大学电机工程与应用电子技术系教授周远翔认为，造成“三弃”的原因在于，我国大型能源基地与东中部地区的负荷中心，相距大多在 1000 公里以上，有的甚至达到 3000 公里，大大超出传

统超高压输电线路的经济输送距离。“传统的高压、超高压电网，没办法把电送到数千公里之外，因为路上远距离传输损耗的电能太多。”

显然，清洁能源要想更好发力，迫切需要建设远距离、大容量、低损耗的外送通道。

特高压适时登场。

特高压输电技术是指交流 1000 千伏、直流±800 千伏及以上电压等级的输电技术。其最远输电距离可超过 5000 公里，同时由于电压超高，特高压远距离输电的沿途损耗极低。

特高压输电是世界级技术难题。上世纪 60 年代起，美国、苏联、日本、意大利等国均开展特高压研究试验、设备研制和工程尝试，受制于政治、经济、技术等因素，纷纷无果而终。我国从上世纪 80 年代中期开始特高压技术的部分前期研究与试验，2005 年正式启动工程可行性研究，依靠自主创新，最终实现了技术、设备、标准和工程的全面突破，后发赶超，成为目前全球唯一掌握特高压核心技术和全套装备制造能力并将其投入商业化运营的国家。

特高压电网是构建全球能源互联网最为重要的关键技术，在某种意义上，也是我国实施能源战略转型的一把钥匙——特高压输电距离可远至 5000 公里，理论上无论能源来自我国何处，也无论能源以何种形式存在，只要能转换成电能，就均可经由特高压电网，输送到全国。

据了解，一条±1100 千伏特高压直流输电线路，输电容量可达 1200 万千瓦，相当于 4 个葛洲坝水电站。与±500 千伏超高压线路相比，输电容量提高了 4~5 倍，输电距离增加了 5~6 倍，输电损耗不到其 1/4，单位造价只需其 40%。

特高压电网正在我国快速发展。目前，我国已建成全球规模最大的特高压交直流混合电网，累计投运 30 个特高压工程，在建 5 个特高压工程，在运在建特高压线路 4.8 万公里，变电（换流）容量 4.7 亿千伏安（千瓦），累计输电超过 2.5 万亿千瓦时。特高压电网已然成为我国西电东送、北电南供的能源大通道。

有了特高压加持，在能源的供给端，清洁能源的生产力有望彻底释放。数据显示，得益于特高压工程的大量投运，“三弃”情况近年大幅改善：2019 年前三季度，全国弃光率降至 1.9%，弃水率降至 4.1%，弃风率降至 4.2%，清洁能源利用率全部提升到 95%以上。

在能源的需求侧，特高压电网不仅大大缓解了煤电运紧张的“老大难”问题，而且降低了供电成本，其落地电价比当地火电上网电价低约 5 分/千瓦时。以浙江为例，目前该省全年 1/3 用电量（1500 亿度）都从四川、宁夏等地输送而来。

与此同时，特高压对清洁能源发展意义重大。以西南水电为例，2020 年，西南部复奉、锦苏、宾金、楚穗、普侨、新东 6 回水电直流外送通道输送电量共计 1700 亿千瓦时，相当于节约标准煤 5400 万吨，减少二氧化碳排放 1.4 亿吨、二氧化硫排放 40 万吨、氮氧化物排放 34 万吨。

特高压电网在中国取得的成功，在实践上验证了特高压输电的先进性、安全性、经济性和环境友好性，不仅有力推动了中国能源创新发展，而且为加快世界能源转型和可持续发展提供了成熟技术和成功经验。

能源互联加速成网

有了特高压在中国的大显身手，人们开始期待：把特高压的“套路”复制到其他国家。

甚至可以把大洲之间乃至全球范围的能源尽数连接起来。

毕竟，中国的能源状况不光是全球的缩影，而且是相对困难的版本。

在化石能源方面，全球总量有限且资源与消费分布不均的问题突出，能源开发越来越向少数国家和地区集中，一些资源匮乏国家的能源对外依存度不断提高，能源安全形势严峻。

在清洁能源方面，同样需要破解资源丰富但不均衡的矛盾——清洁能源富集地区大都远离能源消费地区，其间相距数百甚至数千公里。

特高压远达 5000 公里的输电距离，让全球电网连接变成可触摸的现实。合作组织经济技术研究院院长周原冰说：“全球各大清洁能源基地与负荷中心之间的距离都在特高压输送范围内。在我们看来，实现全球能源的互联，技术上没有任何障碍。”

事实上，跨国、跨区电网互联的构想早已有之。欧洲、北美、海湾国家等，也已形成一批跨国互联电网，一些跨洲联网方案也在推进之中。

与这些电网互联的策略不同，我国徐徐铺开的全球能源互联网方略，实现了理论、规划、项目等的突破，具有技术可行、经济性好、可操作、可复制、可量化的特点。

在刘振亚看来，“我国的全球能源互联网方案，因为同时需要强大的基建能力、高超的电力技术，特别是集中力量办大事的整体思维，决定了这个方案只有我们想得到，也只有我们办得到。”

先看理论突破。刘振亚说，我们提出的“两个替代、一个提高、一个回归、一个转化”“能源、交通、信息三网融合”等创新理念，回答了能源转型向哪转、怎么转的问题，构建了以特高压电网推动世界电力革命、以全球能源互联网推动世界能源革命、以三网融合发展推动人类经济社会革命的理论体系，为世界能源变革和可持续发展提供了理论指导，占领了世界能源革命和经济社会可持续发展的理论高地、战略高地，在国内外产生巨大影响力。

再看规划突破。我国在调研全球一百多个国家能源资源、经济社会、电力供需等情况基础上，创新性提出全球能源互联网“九横九纵”骨干网架，搭建完成全球及各大洲的能源互联网和清洁能源开发投资规划体系、全球能源互联网技术标准体系等“四梁八柱”。2020年11月，合作组织在全球首次发布全球及各大洲清洁能源开发与投资研究系列报告，提出全球经济性好的35个水电、94个风电、90个光伏基地的投资建议及跨国输电方案，为世界各国清洁能源开发和电网互联互通提供了行动路线图，也为加速落实碳中和目标提供了中国方案。

最后是项目突破。据了解，合作组织积极推进国际能源项目合作，已遴选提出219个清洁能源基地和110个跨国跨洲联网工程，推动中国与周边国家及“一带一路”沿线国家电力互联互通项目取得突破，中—韩联网项目完成项目预可研，中—缅—孟联网项目成立政府间联合工作组，埃塞俄比亚—海湾国家项目签署三方合作协议。

在全球能源互联网的恢弘布局下，世界正朝向清洁能源的电力结网不断前进。刘振亚认为：“这既是电的联网，也是文明的联网，势必重塑化石能源时代的全球能源格局。”

能源互联网的冲击波正在全球释放，并挑战着传统的能源安全观。

在化石能源主导的时代，石油主宰世界地缘政治格局。刘振亚说，“在石油‘话事’的时代，一些国家倾向于占有能源资源，以获得能源的安全感。那么哪里是石油运输的咽喉要道，哪里就是国家的生命线。但在能源互联网时代，我们希望加深各国之间的相互依赖。大家互联、互通、共济，越融合越安全。”

全球能源互联网理念得到世界多国、多地认同。合作组织秘书长李宝森介绍，截至目前，全球能源互联网已纳入落实联合国《2030年可持续发展议程》、促进《巴黎协定》实施、推动全球环境治理、解决无电贫困健康问题以及“一带一路”建设、中阿合作、中非合作等工作框架，连续三年纳入联合国高级别政治论坛政策建议报告，写入第五十四届西非国家经济共同体首脑峰会公报和第九届清洁能源部长级会议成果文件。

欧洲气候议会秘书长尼古拉斯·邓洛普认为，全球能源互联网这一中国倡议展示了中国的全球领导力。

当然，全球能源互联网的项目落地也还面临地缘政治风险与困难，国家间关系的亲疏远近、区域局势影响等，以及传统能源安全观、资源民族主义观等阻碍。

比如，合作组织曾两次参加联合国经社理事会咨商地位答辩，均因美国代表阻挠未获通过。“当然反过来，这也说明合作组织在落实全球能源互联网中国倡议方面取得的显著成效，以及在国际上的影响力被美方高度关注。”合作组织有关负责人说。

“地理决定命运”，曾被奉为形容这个世界的真理。但是现在，它却显得有些过时——随着全球交通、通信和能源基础设施的发展，高速公路、铁路、机场、油气管道、电网和光缆等，正让世界加速转向“互联互通决定命运”。

对地球公民来说，全球能源互联网或许是人类拯救地球家园的重要选择——即便化石能源还有，

但地球却已经不起其燃烧带来的后果。而电，特别是由清洁能源转换并存储、运输、连通成网的电，有利于减少污染、降低碳排放，才是人类可持续发展的未来。

当前，延缓、阻碍全球能源互联网的，不是理念、不是技术，而是思想观念、地缘政治的壁垒。

在这个意义上，是否支持全球能源互联网，既是新能源和旧能源、新策略和旧思维的博弈，也是新网络和旧联盟、新地球和旧家园的切换。

地球的命运握在各国人民手中，人类的前途系于各国人民抉择。我们期待，跨过自我设限、孤立封闭的旧时光，迈入开放互联、融通聚合的新时代，会越来越近。

张冉燃 《瞭望》新闻周刊 2021-05-15

## 欧盟正在筹划的碳关税会是什么样子？

“碳关税”最近成了新闻热词。这是个通俗的叫法，在欧盟的官方名称是“碳边界调节机制”。这个官方名称避开了“税”字所带来的歧义和负面联想。不管叫什么名字，它的本质都是对进口到欧盟的产品加税，以使进口产品和欧盟产品在碳成本上“扯平”。

今年3月10日，欧洲议会通过了设立碳边界调节机制的原则性决议。按照时间表，欧洲议会将在今年6月底之前提出立法草案，预计2022年完成立法，2023年开始实施。

碳关税会直接影响欧盟及其贸易伙伴的贸易竞争力，欧盟对此的关注丝毫不弱于其对气候变化的关注。欧洲议会表示，将通过来自减排措施较弱的国家的进口产品征税，以确保其不比欧盟产品更便宜。

2020年，中国已成为欧盟的第一大贸易伙伴，对欧盟的贸易顺差达到1808亿欧元。如果欧盟碳关税落地，首当其冲受影响的就是中国。在一定程度上，中国的出口成本将增加，贸易竞争力会下降。中国是出口大国，所以碳关税是应当预先评估并妥善应对的议题。针对欧盟碳关税可能的具体制度设计，笔者将从政策工具形态、覆盖贸易流、征收国别、行业范围、排放范围、税基等进行分析。

覆盖贸易流——进口 vs 出口。通常理解，碳关税是针对进口的，意在削减进口产品的碳成本优势。但另一方面，欧盟产品出口到排放标准较低的国家也存在碳成本劣势。从保护欧盟产品竞争力的角度，是否要在欧盟产品出口时“退税”——返还碳成本？

“出口退税”则会带来两个问题。第一，这与推行碳关税所鼓吹的促进全球减排的总目标背道而驰。第二，以出口为条件返还碳成本，有违反WTO反补贴规则的较大风险。对此，欧洲议会《决议》的态度是，以对气候有积极影响并符合WTO规则为前提，欧委可考虑“出口退税”的可能性。笔者认为，至少在执行的初期阶段，碳关税只涉及进口，不会对欧盟产品“出口退税”。

政策工具形态。在公开咨询阶段，欧盟列出了碳税的四种可能形式，包括关税、扩展欧盟排放交易体系(ETS)、镜像欧盟排放交易体系(ETS)和消费税。

根据欧洲议会的《决议》，欧盟最有可能采取的方式是镜像ETS，即在欧盟排放交易体系之外设立一个进口产品的虚拟排放额度池，虚拟排放额度的价格锚定欧盟碳市场的排放额度价格。

这种主张相当自我，意味着全球输欧商品都要支付欧盟标准之碳价。欧盟的理由是，国外和本土厂商应当承担相同的碳成本。其隐含假设是，一个国家的碳成本等于其减排努力。这有点类似于说一国的劳动力成本等于劳工保护水平。它忽略了人口规模、年龄结构等所有其他影响劳动力成本的因素。

国别范畴。碳关税的基本原则是，碳关税适用于所有国家的输欧产品。在这个大原则下，欧洲议会《决议》强调了应给予最不发达国家和小岛屿发展中国家特殊待遇。欧洲气候变化与可持续转型圆桌会议(ERCST)还建议豁免与欧盟建立了碳市场挂钩的国家，理由是其碳成本与欧盟相同，不存在碳泄漏风险。这实质也是将欧盟标准推向全球，很可能被采纳。

欧盟是否会依据其他国家的减排承诺、加入《巴黎协定》等气候行动指标进行豁免？不大可能。

首先，欧盟认为承诺不等于实际行动。欧洲议会环境委员会主席帕斯卡尔坎芬(Pascal Canfin)在谈及碳关税时直指中国。他说，仅仅根据中国的减排承诺而豁免是不严肃的，中国的承诺值得赞赏，但是从产业竞争的角度看没有用。他的这些话有助于揣摩欧盟力推碳关税的实际用意。

**行业范围。**根据欧洲议会《决议》的相关表述，碳关税将适用于已纳入欧盟 ETS 管控的所有产品，且似乎会将含有管控产品成分的半成品和成品一并纳入。也不排除在初期将课税范围限制在欧盟认定的高碳泄漏风险行业。总之，电力、水泥、钢铁、铝、炼油、造纸、玻璃、化工和化肥行业几乎肯定会榜上有名。

一个重要的不确定性在于，碳关税是否和如何向下游延伸。在某些行业，对上游原料课征的碳关税会使碳泄漏向下游传导。在公开咨询阶段，各方普遍认为，仅关注 ETS 管控产品还不够，还要考虑价值链。欧洲气候变化与可持续转型圆桌会议(ERCST)则建议应将碳关税的适用范围扩展至部分下游产品，以解决碳泄漏向下游传导的问题。欧洲议会在《决议》中强调，碳关税的设计要避免对欧盟内部市场和整个价值链的扰乱。如何避免，就目前资料来看并不清楚。

**排放范围。**根据全球最广泛应用的温室气体核算体系(GHG Protocol)，企业的温室气体排放分为三个“范围”。范围一是企业的直接排放，如燃烧排放和公司车辆排放。范围二是间接排放，指企业消耗的外购电力、蒸汽、热力所产生的排放。范围三是其他所有间接排放，涵盖了企业在其价值链活动中的所有其他间接排放，例如采购的原料和服务、运输和配送、出差、员工通勤、垃圾等等。

欧洲议会的《决议》说，在计算进口产品的碳含量时，应同时包括直接排放和间接排放。如果计入间接排放，就必然要回答：1、外购电力的排放是否计入？2、其他间接排放中，哪些计入？

去年 12 月，欧洲议会环境委员会主席帕斯卡尔坎芬(Pascal Canfin)在接受采访时被问及如何准确量化进口产品的碳成本时说，选项之一是看一个国家的电力结构，然后根据电力结构的碳密度计算产品的碳含量。他的话和欧洲议会《决议》相互呼应。坎芬在这次采访中基本是以中国为假想敌，而欧盟也很清楚，能源结构导致了中国电网的碳密度比欧盟高得多。中国的煤电比例为 60%—70%，而欧盟的煤电比例则为 10%—20%。

欧洲气候变化与可持续转型圆桌会议(ERCST)则建议，进口产品的碳排放量=燃料排放+原材料相关排放，但不计入外购电力的排放。ERCST 的理由是，欧盟企业所承担的通过电价传导的减排成本，应当继续通过欧盟现行的电价补贴机制解决，而非通过碳关税解决。

**确定进口产品的碳含量(税基)。**从欧洲议会的《决议》来看，如果出口企业不能提供自己的排放强度数据，那么就套用一个默认的排放密度行业基准(benchmark)，再据以计算产品的碳含量。行业基准可能细化到不同生产工艺。现在看，欧盟似乎倾向于以全球平均的行业排放强度作为基准。

出口企业将有机会自证其实际排放强度低于默认值，但数据要经欧盟认可的第三方机构进行核查和认证。如果没有这个“单独税率”机制，碳关税可能会成为奖励高碳(减排成本低)产品占领欧盟市场的措施。

**防止双重保护和双重征税。**碳关税的目的是让进口产品付出和欧盟产品一样的碳成本。欧盟的高能耗/贸易暴露产业获得了很多免费的排放配额，免费配额之外的排放才需要负担成本。如果对进口产品的碳排放量全部征税，就会使欧盟产品获得“双重保护”。所以首先要在进口产品的碳排放量中扣除欧盟产品的免费排放配额。

还要避免对进口产品的碳含量双重征税。如果出口企业在本国已经支付了碳成本，那么这部分成本就应当从应缴碳关税中扣除。出口企业在购买欧盟排放配额时，只需支付欧盟配额价格与出口国碳价之差。如果出口企业在本国也获得了免费排放配额，那么免费配额所覆盖的那部分碳排放就没有成本，所以这部分碳排放应当以正常价格购买欧盟配额。

但如果出口国没有碳定价机制(既无排放交易系统，也无碳税)，应当如何量化其国内碳价？欧洲气候变化与可持续转型圆桌会议(ERCST)认为，即使在没有明确碳价的国家，各种减排措施也使碳排放有一个隐含成本。所以 ERCST 建议欧盟和出口国通过谈判商定一个隐含的碳价。这个建议有点乌托邦。

欧盟碳关税如果落地，将对中国的出口产生全面出击，不可轻视。碳关税将会全面影响出口产品的价值链，包括原材料成本、生产工艺的能效要求以及产品的碳足迹管理。国外的研究显示，当碳成本为 40 美元每吨时，高能耗贸易暴露产业的产值会下降 2.5%。而目前欧盟的碳价已突破 50 欧元。

从现有信息看，欧盟碳关税的制度设计确有贸易壁垒之忧，而方法论中则可看到不少反倾销制度的影子。

碳关税是全球规则制定的一个新热点，欧盟正在积极成为主导者，其措施会有很强的域外效力。从日本政府最近公布的“绿色增长战略”来看，为了确保日本企业的竞争力，日本也正在讨论实施碳关税。一般认为，由于美国没有全国性的排放交易体系，所以推行碳关税从道理上讲不通，在机制上行不通。但要注意的是，美国总统拜登一上任就通过颁发行政令“将气候危机置于美国外交政策和国家安全的核心”。这样气候措施就名正言顺地披上了国家安全的外衣。总统有权以国家安全为理由加征关税，不需要通过漫长的立法程序。

碳关税貌似是气候措施，实则是贸易措施，应当由贸易主管部门来应对。欧洲议会已经给碳关税所应对问题戴上了“气候倾销”的帽子，提出了“反气候倾销”的概念。未来碳贸易壁垒很可能会成为贸易摩擦的主要形式之一，“碳倾销”、“碳补贴”甚至“碳保障措施”都可能出现。中国的贸易主管部门应当高度关注并着手进行理论和实践的准备。积极参与国际规则的讨论和制定，同时借鉴欧盟，研究制定中国碳关税相关法律法规，并着手进行产业碳关税贸易脆弱度评估。在企业层面，应当考虑进行出口碳风险评估。

吴必轩 中国新闻网 2021-05-17

## 欧洲碳费突破 50 欧元 碳税法案也在酝酿中

北京时间 5 月 6 日 17 时，美国洲际交易所(ICE)的欧盟排放权配额(European Union Allowance, EUA) 12 月期货价格升至每公吨 49.51 欧元。本周，EUA 12 月期货价格一度升至每公吨 50 欧元以上。

这是 2005 年碳市场推出以来的最高水平。今年以来，该合约价格已飙升逾 50%。

所谓欧盟碳排放配额，简单地说是欧盟国家的许可碳排放量。欧盟明确规定成员国每年的二氧化碳许可排放量，各国政府根据本国的总排放量向各企业分发碳排放配额。如果企业在一定期限内没有使用完碳排放配额，则可以出售；一旦企业的排放量超出分配的配额，就必须从没有用完配额的企业手中购买配额。

有分析师认为，欧盟碳价达到 50 欧元具有里程碑意义，未来有可能会攀升至新的高位，有利于吸引技术和资本投资于清洁能源领域。

“当前有许多乐观因素推升碳价涨到目前水准。”路孚特碳分析师索胡斯表示，这些乐观因素包括欧盟针对最新气候目标的政策支持，金融投资者受到碳价上涨吸引而进场，带动配额需求上升。

分析师认为，欧盟碳价要攀升至一定的高水准，才能促使产业积极削减二氧化碳，让低碳的替代方案成本竞争力，提升到足以与传统化石燃料技术竞争的水准。

“碳价必须够高，以便欧盟 2050 年实现净零排放的目标，预计碳价在 2030 年以前升至每公吨 90 欧元是合理预期。”法国巴黎银行首席永续研究策略师路易斯说。

在碳中和政策支持力度上，欧盟上个月承诺，将在 2030 年之前将温室气体排放量较上世纪 90 年代的水平降低至少 55%，高于之前制定的减排 40% 的目标。

此外，欧盟 2020 年 1 月发布的《欧洲绿色协议投资计划》预计，未来 10 年内动员至少 1 万亿欧元的可持续投资，促进向碳中和、绿色、竞争性和包容性经济过渡所需的公共和私人投资。今年 4 月，欧盟发布了绿色投资分类体系，从明年开始其将据此决定哪些经济活动为可持续性投资，希望借此帮助吸引私人资本进入绿色投资领域，以加快实现减排目标。

在大幅减少国内碳排放的同时，欧盟也努力控制进口商品的碳排放量。

今年3月，欧盟议会投票通过设立“碳边境调节机制”（下称“碳边境税”）的议案，决定自2023年起，与欧盟有贸易往来的国家若不遵守碳排放相关规定，其出口至欧盟的商品将面临碳关税。市场预期，欧盟将在今年6月的气候政策一揽子计划中公布其提议。

欧盟委员会的“经济复苏计划”测算，根据不同的范围和具体条款的设定，碳边境税每年大约可以为欧盟带来50亿至140亿欧元的额外收入。

中信证券分析师认为，欧盟碳边境税2023年或率先在水泥和电力行业开征，预计将影响全球贸易格局。

汤翠玲 上海证券报 2021-05-07

## 全球气候谈判之路漫长：分配减排责任存分歧

在《巴黎协定》签署多年来，全球气候谈判前景仍然艰难。2015年达成的《巴黎协定》以及后续通过的实施细则极大地推动了全球气候治理进程，呼吁世界各国尽早实现碳达峰。截至目前，全球2021年至2030年全球减排承诺尚未达成，因此，第26届格拉斯哥联合国气候变化大会（COP26）备受关注。由于新冠疫情原因，本次气候变化大会推迟一年至2021年11月1日至12日举行。

### 全球减排目标达成仍存障碍

相对于去年，今年有利于COP26气候大会的因素是，美国大选已经尘埃落定，美国对《巴黎协定》的态度出现逆转。2019年11月4日，美国向联合国正式提交了退出《巴黎协定》的通知。根据协定规定，退出将于通知书送达后一年生效。2020年11月4日，美国正式退出了《巴黎协定》。在去年拜登赢得美国总统大选之后，2021年2月19日，美国正式重新加入应对全球气候变化的《巴黎协定》。美国国务卿布林肯当天在一份声明中说，《巴黎协定》是“一个前所未有的全球行动框架”。该协定有助于避免灾难性的地球变暖，并在全球范围增强应对气候变化影响的能力。

根据联合国环境规划署《2020年排放差距报告》，要实现2度目标，到2030年，年排放量须比当前的无条件国家自主贡献低150亿吨二氧化碳当量；要实现1.5度目标，年排放量需要比当前的无条件国家自主贡献低320亿吨二氧化碳当量。气候变化对全球人类和生态系统造成了巨大的影响，带来的气候风险日益加剧，为了应对全球气候变化，各界纷纷采取行动，通过气候变化国际谈判，达成多个代表性的国际公约，并形成各自的国际承诺。

基于推动实现可持续发展的内在要求和构建人类命运共同体的责任担当，2020年9月，中国即宣布碳达峰和碳中和目标，这反映了《巴黎协定》“最大力度”的要求，体现了中国应对气候变化的最大决心。近年来，中国积极节能减排、不断自我加压，以更切实有效的行动，积极应对气候变化。“实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。”3月15日，习近平总书记在主持召开中央财经委员会第九次会议发表重要讲话时强调，要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，拿出抓铁有痕的劲头，如期实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标。

然而，当前国际上在分配减排责任上存在分歧。以欧盟为首国家认为，为了控制升温在2度以内，计算出全球剩下的排放空间，然后根据各国不同的责任和能力进行分配。但是这种方法最大的缺陷是没有各国都认可的公平的分配标准，争议焦点在于主要发展中国家，尤其是发展中大国如何承担自上而下的减排义务。以美国为首的“伞形集团”国家则认为应当通过自下而上的模式，由各国根据各自国情和能力，自愿提出减排目标，并通过国际层面的测量、报告与核实机制确保透明度，但是这种方式没有办法给世人保障未来能有一个安全气候环境。即使《巴黎协定》中所有无条件国家自主贡献承诺都得到充分落实，全球气温升幅在本世纪末也有可能达到甚至超过3.2度。

发展中国家认为，发达国家应当按照自上而下的模式，根据其历史责任和科学要求分担减排义务，而发展中国家自下而上地自愿参与减排。在经历了《京都议定书》“共同但有区别的责任”与《巴黎协定》的全员参与后，未来排放责任分担的不确定性有所加强。有专家表示，总体而言，美欧会

更倾向于排放量分配方案，如基数方案和平等方案，而发展中国家会更倾向于能力方案和责任方案等减排量分配方案。气候谈判之路漫长，欧美国家很可能开启新一轮有关气候变化责任的“甩锅”潮。

“一带一路”倡议将助力发展中国家低碳转型

气候变化不仅会给全球经济带来巨大影响，也将各国央行带入未知领域。国际清算银行（BIS）在瑞士巴塞尔发布的报告显示，气候变化可能是未来 10 年各国央行压倒一切的工作主题。对比而言，2008 年由次贷危机引爆的全球金融危机仍让全球金融监管者心有余悸，但气候风险蕴含的金融风险更不容忽视。举例来说，如若海平面上升和沿海洪水一旦暴发，这不仅会造成相关国家房地产危机，更可能会导致相关居民无处居住且农业大幅受损。由国际货币基金机构官方论坛（OMFIF）和国际审计和咨询公司玛泽（Mazars）联合发布的报告显示，70%的国家央行和监管机构将气候变化视为对金融稳定的“重大威胁”；未来压力测试中加入气候因素的可能性将大幅增加；但各国央行在行动责任归属问题上存在分歧。

在应对气候变化的减缓和适应行动中，气候投融资需求巨大。据经济合作与发展组织预测，到 2030 年需要每年投入 6.9 万亿美元才能实现气候和发展目标。根据《联合国气候变化框架公约》，发达国家缔约方应提供财政资源，协助发展中国家缔约方实现低碳转型。事实上，中国在“一带一路”倡议中已经开展了大量支持发展中国家低碳转型的行动。例如，中国在“一带一路”沿线国家进行可再生能源投资，以帮助这些国家和地区实现经济转型；并且以清洁、安全的方式推动绿色基础设施建设，有助于为这些国家和地区建造全新的城市能源体系和交通体系。

金融时报 2021-05-17

## 碳中和，中国企业的五大误区

中国政府提出 2030 年碳达峰、2060 年碳中和后不到半年，“碳中和”已成为中国企业言必提及的关键词。

反应最快的当属央企。国电投、宝武钢铁、大唐、华电纷纷表示力争提前碳达峰，将时间线提前到了 2023 或者 2025 年，三峡集团与宝钢则将碳中和目标设置在 2040 与 2050 年。这部分央企的碳中和规划比政府的“双碳目标”更加积极。

金融企业紧跟其后。在过去几个月的公开发言中，中国工商银行、中国建设银行、兴业银行、中心银行以及农业银行纷纷宣布将承销首批“碳中和债”，中国银行则支持几家国有电力公司成功完成国内首批碳中和债券的发行。

与此同时，互联网大厂也加入了碳中和竞赛。腾讯在今年 1 月 12 日宣布启动碳中和目标规划，3 月 12 日蚂蚁集团锁定在 2030 年实现净零排放目标。很少进入公众视野的数据中心行业新星——秦淮数据也在今年 1 月宣布将在 2030 年前实现碳中和，并提出以 100%可再生能源为核心的具体实施路径。

从能源、钢铁等传统高碳排产业，到能耗剧增、碳排放不断增长的新兴科技产业，陆续有新的企业加入“碳中和”队伍，这是确保中国实现“双碳目标”的关键力量。4 月 22 日，中国国家主席习近平在“领导人气候峰会”上提出“支持重点行业、重点企业率先达峰”，相信更多的企业将加入碳中和长跑。

不过，除了点赞企业的快速响应，我们也看到目前企业普遍缺乏对碳中和的科学认知，以及“公关稿先行”的投机心态。通过分析目前各家企业在公开场合对于“碳中和”的讨论，目前中国企业普遍存在五大误区，需要审慎对待。

### 01

误区一：空谈理念，没有具体目标与时间线

我们观察到一个现象，很多企业在宣传时大谈碳中和，但并无企业碳中和目标与时间线，行动速度跟不上宣传速度。腾讯早在今年 1 月就高调宣布启动碳中和规划响应中国碳中和目标，但数月

过去，仍未见腾讯提出明确的碳中和目标和时间线。

细究背后原因，首先对于企业来说，碳中和这趟车不得不搭。例如能源、钢铁等高碳排行业的央企，既面临着双碳目标的落地执行压力，同时承担着央企的政治任务与表率作用，反应迅速并不奇怪。对于互联网科技企业来说，其不断增长的能耗与碳排放被外界广泛关注，迫使其关注碳中和话题。绿色和平与华北电力大学报告显示，2018年中国数据中心总用电量为1609亿千瓦时，约占中国全社会用电量的2%，预计到2023年，中国数据中心总用电量将增长66%，碳排放将达到1.63亿吨。与此同时，互联网科技企业需要对外传递进取姿态，也需要在热议的“反垄断”背景下应对巨大的合规压力，“搭车”碳中和无疑是顺势而为。

另外，资本市场也在其中发挥着重要的促进作用。在ESG（环境、社会与公司治理）投资日趋主流的背景下，上市企业面临着来自投资人对于企业气候行动的更高要求与期待，需要企业对外释放应对气候变化与时俱进的信号。不过，由于碳中和可能影响企业未来的成本与收益预期，上市企业需要更严谨地制定相关计划，可能会拖慢企业提出具体实施方案的步伐。

企业“公关稿先行”更多是一种表态，在表态之后认真研究与落实碳中和目标、提出更具体的实施计划与路径，才是企业真正迈向碳中和的第一步。

## 02

### 误区二：只有总目标，没有明确的碳排放范畴

企业实现碳中和的核心依据是明确其全生产和运营范围内的碳排放量，也就是范畴一、二和三的碳排放量。范畴一指企业的直接排放，例如燃料燃烧、公司所有车辆和其他逸散性排放，范畴二则主要来自外购电力的间接排放，范畴三包括了外购商品和服务、上下游产业链以及售出产品的使用过程等更广阔范围的碳排放量。

由于企业业务类型的不同，其在各范畴的碳排量也不同。通常来说，能源行业以范畴一的碳排放为主（燃料燃烧），互联网科技行业则以范畴二的碳排放为主（数据中心的外购电力）。所以，企业设定的碳中和目标中，需要明确在以上哪个碳排放范畴实现碳中和、或是全范畴。目前国内企业的碳中和目标，仅有蚂蚁科技明确了在2030年在范畴一、范畴二、范畴三实现净零排放，以及秦淮数据提出在范畴一与范畴二实现净零排放。

在碳中和目标中明确碳排放范畴，也有利于企业对运营全范围的碳排放进行梳理，特别是被长期忽略的上下游供应链的碳排放，有利于构建更系统、一盘棋的碳排放管理体系。

## 03

### 误区三：过度依赖植树造林等碳抵消方式

植树造林、修复红树林或增加土壤碳储量等碳移除、碳补偿手段常被企业提及，将这些“基于自然的解决方案（Natural-based Solutions, NbS）”作为实现碳中和的路径之一。例如蚂蚁集团与苹果公司在其最新公布的碳中和计划中，都提及要使用NbS来解决“无法减排的部分”。

那么，以森林碳汇为代表的NbS是实现碳中和的万能药吗？

过去十余年间，NbS在完成减排目标、减缓气候变化方面的潜力被广泛讨论。据较乐观估算，成本效益合理的NbS方案能够为约30%的近期气候调节需求作出贡献（Griscom et al., 2019），国际上也普遍认可NbS有助于达到碳中和、应对气候危机。

然而，企业利用森林碳汇等NbS方案实现碳中和存在巨大漏洞。试想：企业通过投资森林或者其他NbS方案获得了碳补偿，但是一场森林大火、干旱或者虫害都可能导致核算时储存在树林、土壤等其他自然系统中的碳排放重新释放出来。虽然企业获得了碳中和的称号，但全球碳排放却并没有因此而减少。

这背后的核心问题是，NbS的固碳作用存在着不确定性。首先，自然生态系统对碳的储存并不具有永久性，并且容易受到灾害和未来开发利用的影响，再次形成碳源。其次，以碳为度量标准，通过自然生态系统从大气中吸收和固定碳不是一蹴而就的，而是需要若干年的时间，很难用“种一棵树等于减少多少碳排放”的简单公式来换算。

同时，NbS 方案需要严谨的科学验证，不同方案的综合收益差异明显。从保护未受侵扰的自然生态系统、到恢复退化的生态系统、再到创建新的人工管理的单一物种系统（单一树种人工林、人工绿地），不同 NbS 方案的人工干预程度、对生物多样性的支撑程度有显著差异，会导致当地生物多样性的韧性和抗风险能力受到不同程度的影响。

只有经过科学规划、有效实施、公平参与的基于自然生态系统的方案，才能实现气候、生物多样性、社区生计等方面的正收益。否则，诸如“湿地种树”、“草原植树”等破坏自然生境的方案反而会对气候带来损害。

综合来看，基于自然的解决方案不应成为企业逃避直接减排责任的手段。提高可再生能源利用比例、摆脱对化石能源的依赖，才是企业碳中和的重中之重。

#### 04

误区四：避重就轻，不谈“核心减排”

直面直接减排的挑战、还是选择碳补偿的方式，是区分企业是真正致力于碳中和还是在“漂绿”的标尺。

以苹果公司为例。前面提到，苹果公司将使用基于自然的解决方案来解决“无法减排的部分”，那么无法减排的部分是什么、占比多少，需要企业做出负责任的数据披露。苹果公司表示，“公司将在 2030 年前直接减少供应链和产品中 75% 的碳排放，而剩余的 25% 碳排放则由修复基金 (Restore Fund) 通过清除大气中的碳予以解决”。相对比，蚂蚁集团在碳中和路线图中未提及“无法减排的部分”占到其整体排放的比例。

事实上，这个比例直接显示了企业致力于碳中和的诚意和决心。负责任的碳中和，需要企业直面其碳排放最大的业务部分并进行直接减排。上文提到的秦淮数据将通过 100% 可再生能源采购实现其碳排放最大的部门（范畴一和范畴二）的减排，汽车企业福特已经做出承诺着手解决其范畴一到范畴三约 95% 的直接碳排，包括在 2030 年在欧洲地区实现其销售车辆 100% 的零碳排。

与之形成鲜明对比，部分公司的碳减排计划因为其“不成比例的过度依赖碳移除和碳补偿”而遭到广泛质疑。美国航空公司 (American Airline) 在其碳减排计划里提及“使用碳移除方式实现其整体减排的 50%”，而国际航空集团 (International Airlines Group) 这一比例甚至达到了 90%。老牌石油公司壳牌在其公布的净零减排计划中，也包含了大量的碳移除计划，包括“种植西班牙国土大小的森林”来作为其碳补偿手段。讽刺的是，由于森林种植面积和土地面积有限，全球可开发和利用的碳补偿“额度”其实很有限。仅壳牌一家，其宣布的五千万公顷面积的森林种植计划，可能已经用掉了全球可用额度的十分之一。

对于壳牌这样的石油公司来说，迈向碳中和，更重要的是减少化石能源生产，业务模式转向可再生能源生产，而不是转向更容易实现但却并未带来直接减排的碳补偿。近期在国内的碳中和讨论中，我们也屡屡看到石油公司开展建设诸如“碳中和林”的行动，这无疑存在“漂绿”的嫌疑。

#### 05

误区五：碳中和是终点

最后，也是常被忽视的一点，碳中和远远不是企业气候行动的终点。放眼全球，已经有很多公司的气候行动不止步于碳中和，而是进一步实现负碳排放。全球生物医药公司阿斯特拉捷利康 (AstraZeneca)，日前宣布在 2030 年实现其全产业链的负碳排。已经实现 100% 可再生能源目标的微软，也进一步承诺要在 2030 年实现负碳排放。碳中和仅是二氧化碳排放的“正负抵消”，不再增加额外排放而已；负碳排放则是去除二氧化碳的“净效果”。

就在上周，根据英国天空新闻 (SkyNews) 报道，世界最大的冰山 A68a 已经融化并分裂成碎块。在不断升高的全球气温下，冰川稳定性结构失衡，冰川灾害正在变得更加频发。对于碳中和目标而言，鉴于全社会范畴内经济活动的复杂性与多样性，我们需要以更长的尺度来衡量国家与企业的气候减排目标，从碳中和到最终抵达负排放。

在不断加剧的气候变暖面前，碳中和远远不是终点，企业更多减排、甚至做到负排放，我们才

有可能实现全球温升不超过 1.5 度的气候目标。

财经十一人 2021-05-07

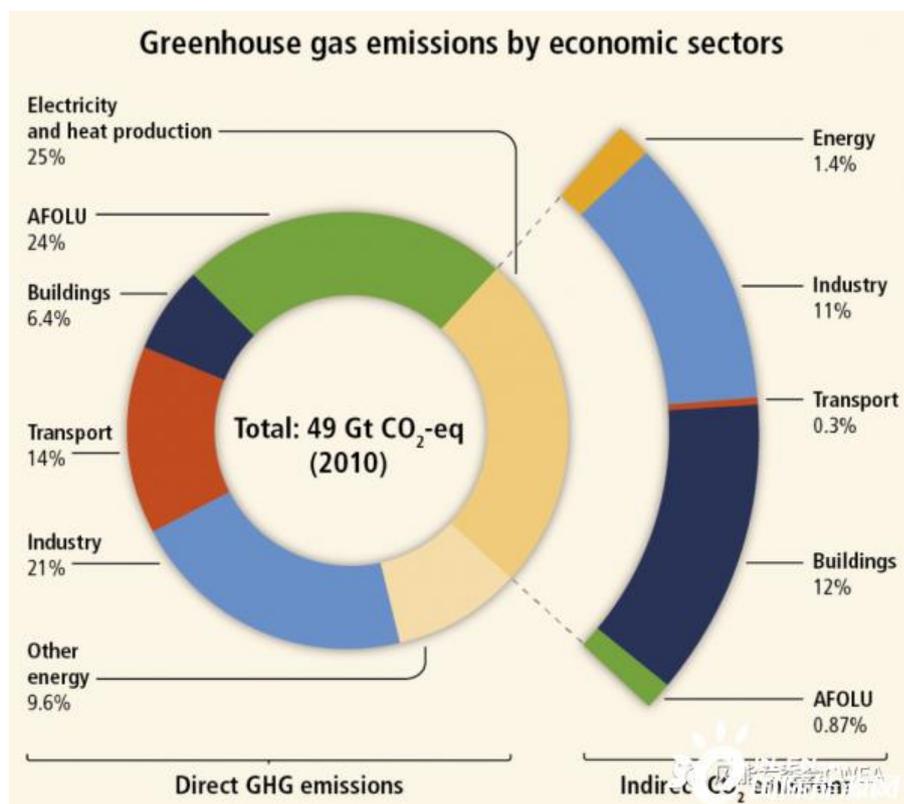
## 生态环境部：中国如何管控非二氧化碳温室气体排放？

具有强大温室效应的氢氟碳化物(HFCs)，其全球变暖潜势可达二氧化碳的成千甚至上万倍，中国为实现碳达峰的过程中，如何遏制包括“超级温室气体”HFCs 在内的非二氧化碳温室气体排放，显得尤为关键。

中国生态环境部应对气候变化司司长李高日前对记者表示，目前中国自主贡献目标、碳强度约束性指标主要是针对二氧化碳。下一步，要按照相关要求，加强氢氟碳化物的控制，并将逐步从加强管控氢氟碳化物延伸到其他所有的非二氧化碳温室气体。

“超级温室气体”：减排潜力巨大

根据 1997 年制定的《京都议定书》，除二氧化碳外，温室气体还包括甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O，一氧化二氮)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟化碳(PFCs)、六氟化硫(SF<sub>6</sub>)。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第五次报告指出，工业革命以来，约有 35%的温室气体辐射强迫源自非二氧化碳温室气体排放。



日前举行的中法德领导人视频峰会上，中国决定接受《〈蒙特利尔议定书〉基加利修正案》，加强氢氟碳化物等非二氧化碳温室气体管控。

数据显示，中国政府自 2014 年起补贴处置氢氟碳化物等，据测算 2014 年至 2018 年累积减少了约 4.7 亿吨二氧化碳当量的氢氟碳化物排放。

“到 2020 年底，中国已经通过财政资金累计减排 HFC-23(三氟甲烷)共计 6.53 万吨，因为这种温室气体增温潜势很大，相当于减排了二氧化碳 7.64 亿吨”，李高说。

三氟甲烷是中国排放量最大的氢氟碳化物。作为制冷剂和发泡剂生产过程中的副产物，三氟甲烷的温室效应潜能值是二氧化碳的 1.24 万倍，也被列入了基加利修正案。

非二氧化碳温室气体：如何管控？

清华大学环境学院循环经济产业研究中心主任温宗国日前接受记者采访时说，2016年10月，《蒙特利尔议定书》基加利修正案将18种氢氟碳化物(HFCs)列入受控物质清单，旨在未来几十年内逐步减少气候变暖。缔约国被要求自2020年1月1日起以缔约方核准的技术对氢氟碳化物进行销毁。为了照顾发达国家与发展中国家的发展阶段差距，该协议给各国制订了三套氢氟碳化物淘汰时间表，其中发达国家于2019年之前就要开始削减氢氟碳化物用量，而包括中国在内的第一梯队发展中国家则要从2029年开始淘汰。

温宗国认为，加强氢氟碳化物等非二氧化碳温室气体管控，一方面意味着中国将承担更多的责任，同时也极大地提振了全球对气候变化“关键一年”的谈判信心，彰显了中国应对气候变化的责任与决心。

对于如何开展非二氧化碳温室气体管控工作，李高说，围绕非二氧化碳温室气体排放控制，从制度方面鼓励企业减少非二氧化碳排放，要进一步开展系统性工作，包括完善非二氧化碳温室气体监测报告评估技术体系，提高温室气体排放清单编制频率，更好地摸清中国非二氧化碳温室气体排放的情况和趋势，加强形势分析判断。

同时，进一步加大对氢氟碳化物、氧化亚氮、六氟化硫的排放控制力度，继续推动HFC-23的销毁工作，推动硝酸、己二酸行业开展氧化亚氮的减排，继续推动农业减少化肥使用。

李高表示，下一步，将在电网逐步淘汰使用六氟化硫，推广节能、低增温潜势的相关电力设施。对于冰箱制冷行业，要提高能效，进一步推动制冷剂替代工作。通过以上工作，全方位地推动非二氧化碳温室气体排放的控制。

阮煜琳 中国新闻网 2021-05-11

## 为加快全球气候治理提出中国方案

主要大国围绕气候变化问题的碳政治博弈是全球气候治理格局的决定性因素。基于国家利益竞争与合作，各国在以联合国气候变化公约组织为主的机制平台上就减缓、适应、资金、技术等议题展开激烈交锋，并与利益相近的国家组成利益集团。随着谈判议题深入及国内政策改变，不同利益集团也不断进行着分化组合，利益主张也更加复杂，推动着全球气候治理格局演变。

自1992年《联合国气候变化公约》签署以来，全球气候治理格局发展演变主要经历了欧美及发展中国家博弈、中美欧三方博弈、中欧合作博弈等阶段。随着美国重返《巴黎协定》，强势推行气候外交，将成为全球气候治理格局进一步发展变化的重要因素。

从《气候变化公约》到《京都议定书》

欧美及发展中国家博弈

自《联合国气候变化公约》签署至《京都议定书》达成，发达国家与发展中国家的对立是气候治理格局的主要特征，但同时，欧美发达国家间也存在较大分歧，形成欧、美及发展中国家三方博弈的格局。

这一时期的谈判主要围绕“共同但有区别责任”的原则展开。欧盟在低碳产业和技术方面具有比较优势，为尽快形成全球共识，更多照顾了发展中国家的主张，在“共区”原则下于1997年推动达成了《京都议定书》。《京都议定书》是一种“自上而下”的对发达国家碳减排提出强制性要求的制度安排。美国、加拿大、日本等发达国家出于其能源经济结构的考虑，并不完全赞同。当时，克林顿政府签署了《京都议定书》，但未获国会批准，小布什政府则在2001年退出，加拿大、日本等国也相继退出。这一阶段博弈中，可以说欧盟与发展中国家均取得一定胜利，欧盟成功推动气候治理上升为国际社会重要的政治议程，发展中国家则争取了“共区”原则。

随着新兴经济体国家快速崛起，美国愈发激烈地抵制“共区”原则，强调发展中国家，尤其是新兴经济体有能力也有义务承担减排责任。美国不断加强与加拿大、日本、澳大利亚等国的协调一致，

形成“伞形集团”，气候谈判中的“南北”关系更为紧张。欧盟则在其间发挥利益协调作用，并促使各方妥协，“共区”原则有所松动。2007年的巴厘岛气候大会提出了“共同但有区别的责任和各自能力”的原则，要求新兴经济体与发达经济体共同承担减排义务，同时，发达经济体应对发展中经济体提供减排技术和资金支持。

从巴厘路线图至《巴黎协定》

中美欧三方博弈

巴厘路线图实现了“南北”对立主张的折中，全球气候治理在美国等国退出《京都议定书》处于低谷后又注入了新动力。巴厘路线图至《巴黎协定》期间，全球气候治理格局进一步发展演变。

一方面，谈判议题由以减排为核心向适应、资金、技术等多议题并重转变；另一方面，中国低碳经济发展迅速，大力推动生态环境治理背景下应对气候变化成为国家优先政策，渐而以更开放的态度面对碳减排责任，在全球气候治理中的话语权逐步提升。气候谈判的欧、美、发展中国家间的博弈格局转变为欧美中为主导的三方博弈格局。

在这一博弈格局中，中国代表发展中国家发声，但发展中国家阵营也出现一定程度的分化。发展中国家数量众多，利益主张多元，本身就不甚稳定。其中，一些小岛屿国家、最不发达国家具有最大的气候脆弱性，巴西等热带雨林国家在全球气候行动中可获取碳汇收益，这些国家倡导更高目标的减排行动，并在巴黎气候大会上与欧盟、美国一起组成了气候“雄心壮志”联盟，要求提高《巴黎协定》法律效力；中国不断作出气候承诺，提高自身减排目标，积极推动全球气候行动；一些发展中国家，尤其是印度等排放大国指责中国迎合发达国家，背离发展中国家集体利益，发展中国家阵营进一步分化。

中美欧博弈中，三方均存在较大分歧。其中，中美间的分歧主要是，美国强调新兴经济体要与其它发展中国家有所区别，承担更多减排责任。中美共同反对欧盟建立全球总量控制和约束性减排机制的立场。随着中国减排信心不断增强，中美矛盾有所缓解，中美与欧盟的立场分歧成为主要矛盾。2009年哥本哈根会议上，欧盟倡议确立激进的减排目标，但遭到中美一致反对，自下而上的自主性减排理念受到更多支持。2014年，中美发表气候变化联合声明，对气候行动作出承诺，这对2015年达成《巴黎协定》具有重要的推动作用。

美国退出《巴黎协定》

中欧合作博弈并存

特朗普上台后，美国政府宣布退出《巴黎协定》，全球气候治理受到较大冲击，但同时，中欧加强气候合作，避免了全球气候行动出现大的倒退。这一阶段，中欧合作博弈是全球气候治理格局的主要特征。美国依然参加联合国气候变化大会等气候治理平台，但在国际道义上受到广泛批评，气候谈判中的影响力大打折扣。

《巴黎协定》签署后，实施细则的制定成为中欧博弈的主要内容。尽管在资金、技术、透明度、碳市场机制等议题上存在较多分歧，但美国退群后如何确保全球气候合作、履行《巴黎协定》是中欧共同面对的难题，促使双方尽可能搁置争议，并推动2018年的卡托维茨气候大会就2020年后落实和履行《巴黎协定》的实施细则达成了共识。实施细则确立了国家自主贡献“减缓”部分的信息和核算导则，提高了对目标、行动和支持的透明度要求，在除市场机制外的其它多数议题上作出一揽子安排，为有效实施《巴黎协定》提供了明确的指导。

美国重返《巴黎协定》

全球气候治理呈现新格局

如今，美国政府重返《巴黎协定》、强势回归气候治理的国际舞台，全球气候治理又由中欧主导转变为中美欧三方博弈、共同主导。

总体上，中美欧三方相互牵制，没有一方能够发挥主导作用，但欧美合作将增强，中国压力增大。具体来说，一方面，美国试图赢得全球气候治理领导权，但难以如愿。拜登政府上台伊始签署行政命令，明确将应对气候危机确定为外交政策和国家安全的基本要素，申明在执行和巩固《巴黎

协定》目标的过程中，美国将发挥领导作用，以促进全球“气候雄心”的显著提升。随后，美国便开展了密集的气候外交，气候特使克里先后访问欧洲与中国，在世界地球日举办领导人气候峰会，并计划重启主要经济体能源和气候论坛。但美国在气候履约方面欠账过多，并曾退出《京都议定书》与《巴黎协定》，国际信用不足，难以担当重任。同时，美国的气候行动仍将面临较大的国内政治掣肘，难以形成两党共识。而且，中欧继续加强合作，中法德在克里访华期间召开气候峰会，充分表明中欧并不认同美国的领导地位。

另外，美欧全球气候治理合作有加强之势，增强发达国家规则制定的主导力。《巴黎协定》后，全球气候治理基本转向“自下而上”模式，欧盟难以坚持强制性减排立场，谈判态度愈加务实。同时，拜登政府强调“气候雄心”，与欧盟立场拉近，欧美合作基础有所增强。欧盟将气候问题合作视为重建欧美关系的重要支柱，欧盟委员会在拜登尚未正式就职时便发布了《全球变化下的新美欧关系日程》提案，强调双方应共同加强在全球气候治理中的领导力。美国强调美欧关系必须建立新的跨大西洋绿色伙伴关系，拜登政府气候外交的第一项重要行动，便是派出气候特使克里访欧，就全球气候治理合作展开协商。

根据《巴黎协定》设定的谈判议程及卡托维茨会议达成的实施细则，基本可以判断，碳减排目标及资金、技术等议题的技术细节将是未来几年欧美中谈判博弈的焦点。多数议题上美欧利益接近，中国面临较大压力，各议题谈判的方向或是在坚持“自下而上”模式的同时，增加约束性安排。欧美将共同推动更高的减排目标，美国已多次在重要多边场合表示，应将温控目标限制在 1.5 摄氏度以内。欧美将要求各国提高国家自主贡献目标，并在《巴黎协定》实施细则有关透明度、核查等方面条款的基础上继续增加确保履约的约束性条款。

与提高减排目标相关，欧美或在碳关税、绿色金融等方面加强合作，对未履行减排义务国家的高碳产品征收碳税，制定绿色产业标准，主导国际金融机构的“绿色融资”进程，为发展中国家平衡减排与发展造成更大压力。资金、技术方面的议题，《巴黎协定》虽有涉及，但仅出现在不具有法律约束力的“决定”文本中。中国及其它发展中国家将在资金数量、资金路线图、技术转移机制等方面提出增加更加细化的、约束性条款的要求，以确保发达国家资金、技术支持到位。欧美则将继续为此设障以减轻自身责任，尤其在是否设立易于发展中国家获取技术的知识产权制度方面，欧美中依然将进行激烈的谈判角力。

尽早实现双碳目标

研究提出中国方案

应对气候变化是世界政治和大国关系的主要议事日程，“南北”对立仍将是气候博弈的主要表现，《巴黎协定》规则条款进一步细化的技术性细节将成为气候谈判的重点。中国已然成为全球应对气候变化的引领性国家，既要统筹自身减排与发展问题，也要推动全球积极行动，还要充分为发展中国家发声，促进气候公平。

为此，中国应从政策、市场、技术等各方面努力，促进尽早实现双碳目标，实现履约责任，提升负责任的大国形象；加强气候外交行动，在全球气候治理中进一步团结发展中国家力量，着重在技术、资金等议题上为发展中国家争取更大权益；促进明确《巴黎协定》下发达国家援助资金的定义及数量，推动建立切实可行的资金核算、跟踪方法；加强国内绿色金融标准的国际衔接，做好气候相关信息披露机制的顶层设计，落实“一带一路”绿色投资原则，推进绿色“一带一路”建设；推动气候技术合作纳入已有双边、多边合作机制，加强全球气候技术合作，推动建立有利于气候技术转让的专门的知识产权制度；在碳排放权配额分配方法、碳交易规则执行与监管、气候履约核查等重点议题上加强研究并提出中国方案。（作者供职于国网能源研究院有限公司）

毛吉康 王春明 中国能源报 2021-05-03

## 我国有能力成为有国际影响力的碳定价中心

建设碳排放权交易市场（以下简称“碳市场”），是利用市场机制控制和减少温室气体排放的一项制度创新，也是实现碳达峰、碳中和目标的核心政策之一。全国碳市场将于6月底启动交易，其重要性愈发凸显。

作为交易“枢纽”的全国碳排放权注册登记系统（以下简称“中碳登”）落户湖北武汉，主要承担碳排放权确权登记、交易结算、分配履约等业务。目前，首批电力企业已全部完成资料审核、开户等工作，进入筹备交易启动的关键阶段。如何建设好全国碳市场？近日在接受记者专访时，湖北碳排放权交易中心总经理刘汉武阐述了自己的观点。

“碳市场机制的建立是碳达峰  
碳中和目标实现的重大举措”

在刘汉武看来，建立符合我国国情的碳交易制度，是以市场机制应对气候变化、减少温室气体排放的重大创新。

“碳市场与降低排放总量紧密挂钩，是实现碳强度或峰值总量目标的最直接手段。量化目标可进一步限制化石能源消费，为控制化石能源消费总量、温室气体排放总量贡献力量。”刘汉武表示，碳市场将会覆盖电力、石化、化工、建材等八大行业，而这些行业的企业正是我国碳排放的主要源头，能源消费总量分别占到全国及工业比重的50%、75%以上。“经济要发展，必然伴随着二氧化碳排放，未来碳排放空间将逐步缩小。通过强度控制，能够更好平衡经济社会发展与碳减排的关系，也可体现各地区减排工作的力度。”

对于企业而言，参与碳市场既有动力，也有压力。“人类活动大量使用能源资源，对大气环境容量过度占用，导致巨大环境负担。碳市场设定的排放控制目标，则明确了环境容量资源的有限性和稀缺性。在碳交易中，减排成本较低的企业处于有利地位，减排可获得富裕的碳排放配额，并进一步通过交易获取经济收益。减排成本较高的企业，可以选择购买碳排放权配额，不必投入超出社会平均减排成本的代价。”刘汉武称，这样的市场机制可调动企业减排积极性，解决社会减排成本过高的问题。“近年试点碳市场的经验也很好验证了这一点。”

“市场、技术加上资金，三重驱动  
为实现碳中和目标提供强劲动力”

记者了解到，自2011年起，北京、天津、湖北等七省市率先启动试点碳市场。截至今年3月，近3000家重点排放企业累计覆盖4.4亿吨碳排放量、成交金额约104.7亿元。其中，湖北试点的交易规模、引进社会资金量、企业参与度等指标均位居全国首位。

“湖北试点现有各类市场主体9860个，纳入控排的企业总排放量2.49亿吨，约占全省总排放量的45%，有效覆盖工业领域的温室气体排放。通过市场交易，纳入企业累计实现减排收入5.04亿元。”刘汉武介绍，湖北作为欠发达省份，与大部分中西部省份一样，尚处工业化和城镇化高速发展阶段。湖北试点的积极成效，充分证明了碳交易制度在中西部省份、乃至全国的可行性。

在积累多年经验的基础上，刘汉武坦言，在我国能源结构中，煤炭消费占比过大，能源利用效率却依然偏低。从另一角度来说，其也为减排留下潜力和空间。“广泛采用成本有效的节能减排技术、燃料和原料替代技术、新能源技术，实施技术转型可大幅减少碳排放量。碳市场则为企业选择治理技术供了更大的灵活性和激励性。”

刘汉武认为，碳减排的经济价值逐步放大，无疑将催生更多、更好的低碳技术孵化。碳市场特殊的金融属性，还可为新技术、新产业募集到更多社会资金。“市场、技术加上资金，三重驱动将对加快清洁能源发展、促进能源结构调整起到至关重要的作用，进而推动经济向绿色低碳转型，为实现碳中和目标提供强劲动力。”

“适时扩大碳交易覆盖行业范围，  
让更多金融机构参与进来”

“全国碳市场尚处发展初期，还有很多地方需要完善升级。”刘汉武进一步称，所有试点市场均曾面临制约，包括制度体系不健全、管理机制不顺畅、配额分配失衡、市场流动性不足、价格变化剧烈、企业消极履约等多个方面。“同样，全国碳市场也会经历逐步完善优化的过程，需要通过总量控制、管住存量企业排放，尽快完善相关政策条例、支撑系统，完善配额分配、排放数据核查等。”

刘汉武举例，受试点碳市场区域限制，交易不充分、碳价偏低现象尚存。目前，我国试点地区的碳价多在 14-90 元/吨，而欧盟 ETS 2019 年平均碳价约为 28 欧元，2020 年持续上涨并多次突破 30 欧元/吨关口。再如，我国碳市场只有现货交易，金融化程度不高。欧盟碳市场在建设之初就内置金融功能，实现现货期货一体化。

“随着机制体制不断完善，这些问题将逐步解决。”刘汉武建议，尽快明确全国碳市场的金融属性，诸如碳排放权等环境权益的法律属性是否可抵质押，金融机构、碳资产管理公司等非控排主体的市场准入资格等。

在全国碳市场启动后，适时扩大碳交易覆盖范围，碳金融培育力度将随之加大，让更多金融机构参与进来。“既要丰富交易品种，也需鼓励碳资产抵质押融资、碳债券等碳金融创新，引导金融资源进入碳市场，助推企业转型发展。由此，把我国建设成为有国际影响力的碳定价中心，提升我国在气候变化领域的国际竞争力和话语权。”刘汉武称。

本报记者 朱妍 中国能源报 2021-05-17

## 新能源技术突破前夜，我们准备好了吗

能源，不仅是现代工业的血液，也是正常生活得以维持的基石。千百年来，人类主要依靠化石能源维系，目前也是如此。但化石能源总有耗尽的一天。那么，什么可以接替化石，未来能够为人类提供清洁、可持续的能源？当前，世界主要国家或地区均将发展新能源技术视为引领新一轮能源革命以及科技创新的重要突破口，新能源技术正以前所未有的速度加快迭代。日前，中国科学院科技战略咨询研究院、武汉文献情报中心、广州能源所与施普林格·自然团队发布了《未来科技系列报告（第一期）》——《新能源技术研究的机遇与挑战》，对全球 2000-2019 年间（尤其是 2015-2019 年间）太阳能、风能、生物质能、地热能、核能、氢能、储能、能源互联网等八个不同新能源技术领域整体及其 20 项代表性技术主题进行系统分析，访谈了欧阳明高院士、李灿院士、Joël Ruet 教授等中外能源领域的科学家，对未来能源进行了定量和定性的分析，并从全球尺度重点关注了中国新能源技术的研究特点以及研究竞争力。

风能、太阳能、生物质能……哪种新能源最受科技界青睐？

氢能将是打造未来能源体系、实现能源变革的重要媒介，太阳能燃料技术的突破及其成本降低或将快速降低对化石燃料的依赖

中国科学院科技战略咨询院研究员郭剑锋介绍，通过对发表论文的分析发现，新能源技术正处于加速发展期，2015-2019 年间除核能外，太阳能、风能、氢能等 7 个技术领域发文量均超过近 20 年总量的 40%，其中 5 个领域超过一半以上。进一步聚焦 2015—2019 年发文情况发现，全球对新能源的关注度持续升温，五年期间在新能源领域共发表了 388416 篇论文，发文量年均复合增长率约为 10%。

郭剑锋介绍，统计被引频次最高的前 10 篇论文可以揭示全球不同新能源技术领域关注和聚焦的研究方向：生物质能研究主要关注木质素热解、催化剂、预处理、微藻生物燃料、生物精炼等方向；储能研究主要聚焦锂离子电池、钠离子电池、锂硫电池、正负极材料、快充技术等方向；地热能研究热点方向包括增强型地热系统（EGS）、地热系统数值模拟、地热钻井技术等；氢能研究主要关注非贵金属催化剂、金属有机框架材料、钴基催化剂、双功能催化剂等领域；核能研究主要的关注点包括核废料处理技术、核电站安全技术、耐辐照材料、磁约束核聚变、惯性约束核聚变等；太阳能研究重点关注方向包括钙钛矿太阳能电池、叠层太阳能电池、太阳能光催化制氢、催化剂、半导体

电极等；能源互联网研究重点关注智慧能源系统、大数据、智慧家居能源管理系统、需求响应等方向；风能研究的主要热点方向包括高功率能量转换器、风力涡轮机、风电数值模拟、风电高比例稳定并网等。

在这些领域中，无论是论文统计还是科学家访谈都发现，氢能和太阳能是大家重点关注的两个新能源。

报告中介绍：在未来能源体系中，氢能是重要的降碳二次能源，制氢、储氢以及氢能的输送和利用研究热度都在快速增长。其中，最先受到关注的氢燃料电池或氢发动机可以变革传统交通工具，解决交通燃油消费带来的城市大气污染和脱碳问题。在可再生能源发电规模快速增加的过程中，电网消纳能力是瓶颈之一，通过电解水制氢灵活消纳弃风、弃光，为解决光伏和风电规模受消费侧需求和电网消纳能力限制问题提供了新路径。同时，可再生能源制氢也将成为未来可持续的绿氢来源。

氢能是助推能源体系深度脱碳重要切入点。2018 年至今，包括日本、韩国、澳大利亚、英国、法国在内的诸多国家发布了氢能领域最新规划。日本明确提出，到 2025 年将全面普及氢能交通，扩大氢能在发电、工业和家庭中的应用，到 2030 年，氢能使用成本将不高于传统能源。欧盟 2020 年 7 月发布的《欧盟氢能战略》提出了欧洲构建“氢能生态系统 2050 年战略路线图”，2030 年前的目标是迅速减少氢气生产过程中的碳排放，开发其他形式的低碳氢，以支持向可再生能源制氢过渡。中国在氢能关键技术研发方面表现较活跃。中国最早的氢能发展部署是将氢燃料电池汽车列为新能源汽车发展方向之一。但由于制氢技术和氢燃料电池的高成本以及加氢站的布局等问题制约产业发展，与纯电动汽车和混合动力汽车相比，氢燃料电池汽车还处于示范运营阶段。与此相呼应，中国在制氢、储氢、加氢等关键环节的研究活跃度也排在新能源领域前列。

零碳太阳能燃料技术研发是科研界高度关注的焦点。报告显示，太阳能燃料研究的发文量和关注度都位居前列，表明人类持续追求利用可持续的自然资源（水、二氧化碳）和能源（太阳能），以求通过更为生态、高效的转化机制获得绿色燃料。科学家们在光解水制氢、太阳能燃料等领域作出了很多努力，但距离应用还有一段距离。例如光催化制氢仍处于实验室研发阶段，如何降低太阳能燃料制备成本，仍然是其产业化的瓶颈。

产业化遭遇瓶颈，谁是新能源应用的“拦路虎”？

全球新能源领域研究成果技术转化率整体较低，产学研结合有待加强；储能技术和能源互联网受到全球关注

中国科学院武汉文献情报中心战略情报中心副主任、研究馆员陈伟总结，全球新能源领域研究成果技术转化率整体较低，产学研结合有待加强。相对而言，储能、生物质能和太阳能的研究成果转化率相对较高，锂离子电池和有机太阳能电池是国内外产业转化共同关注的技术热点。

结果显示，储能、太阳能和氢能技术研究的国内外市场关注度最高，而产业转化度相对较高的技术为储能、生物质能和太阳能技术。而全球及中国产研共同关注的新能源技术热点集中在电池储能和太阳能光伏领域，尤其是锂离子电池和有机太阳能电池。

在新能源技术中，关注度最高的是储能技术和能源互联网。

储能技术是现代能源体系建设重要组成，特别是电池储能方面的论文发文量、增长率以及头部高质量研究的综合表现在评估中得分位居第一。陈伟介绍，可再生能源发电、智能电网和分布式多能互补系统、电动汽车均为各国电力系统低碳转型的重点方向，而储能技术是实现上述领域变革必不可少的技术支撑，是未来能源系统具备柔性、包容性和平衡功能的软链接关键节点。

随着储能技术在能源生产、消费以及低碳智慧转型中的广泛应用，提高储能电池的安全性、能量密度、容量规模、续航能力、服役寿命以及降低电池成本的需求越来越迫切。论文和专利分析表明，电极材料、电解质等电池材料是提高电池性能的研究热点。领域相关专家认为，磷酸铁锂电池和三元锂电池已相继成为动力电池材料创新的主要技术方向。电池性能突破路线主要包括储能电池系统结构创新、电池包空间利用优化、电池能量密度及安全性提升、电池成本大幅降低等。

能源互联网是现代能源系统的新型基础设施。随着能源需求不断增加和电气化趋势的显现，未

来全球将加快形成以石油、天然气、煤炭、可再生能源为主的多元化能源结构，并在 21 世纪中叶完成向以非化石能源为主的能源结构转型。因此，虽然分能源品种的能源技术创新依然重要，但多种能源融合的集成组合、融合匹配、智慧运维、供需双向互动、多网互动等系统技术的突破也显得尤为重要和迫切。同时，现代能源系统必然需要大数据挖掘、信息流管理、检测和网络泛在、决策优化等跨界科学技术交叉融合的支持。

在全球实现碳中和情景下，能源系统将具有多元、智慧、安全、柔韧的基本属性，这意味着能源互联网技术、智慧能源系统技术等研究的重要性凸显，应用基础研究、应用性技术研发将持续受到关注。

报告分析认为，目前能源互联网研究仍需关注如下问题：一是关注能源互联网架构和核心装备技术研究，在能源生产消费的智能化、能源互联网系统规划、多能流能源交换与路由技术、能源智能传输技术、智能网络的协同控制技术等方面取得突破；二是关注能源系统大数据采集、挖掘和利用技术研究，在能源互联网通信、能量信息化与信息物理融合、能源大数据应用技术、能源互联网管理技术等方面取得突破；三是关注能源互联网技术落地转化，在多学科交叉、信息网络基础设施和能源基础设施链接的研究设计、示范应用、落地实施等方面取得突破。

新能源研发竞赛，中国表现如何？

中国在新能源研究领域贡献总量较大，头部高质量研究贡献量也较高；但与发达国家相比，研究整体效率仍需提升

中国科学院科技战略咨询院可持续发展战略研究所副所长、研究员谭显春介绍，报告对新能源研究头部国家对领域发展的主要贡献进行了对比，发现各国在研究效率上存在差异。中国在新能源 8 个技术领域的发文量均位居世界前两位，表明其在新能源研究各主要方向具有较强的活跃度。综合分析 8 个技术领域的研究影响力（篇均被引频次和优质研究论文数量），中国在所有技术领域的优质论文数量均排名前六，但大部分领域论文篇均被引频次排名相对靠后，表明中国在新能源技术领域的研究效率仍需进一步提升。

例如，在国别对比中，中国能源互联网领域发表论文数量最多，且优质论文数量也处于领先，表明中国科研界对能源互联网的理论前沿研究高度关注，在能源互联网领域研究具有一定竞争力。然而，从论文篇均被引频次国家排名来看，中国仅位居全球第五名，表明中国论文的影响力与英国、美国比还有一定差距，仍需加强关键核心技术攻关，提高能源互联网领域研究水平。

但中国在很多领域表现也很亮眼。谭显春说，例如，中国储能产业发展迅速成为全球后起之秀。报告中特别提到，中国能源研究会储能专委会等联合发布的《储能产业研究白皮书 2020》显示，2019 年全球电池储能累计装机规模为 9520.5MW，其中锂离子电池储能累计装机规模占比 88.6%。中国的储能产业虽然起步较晚，但近几年发展速度令人瞩目，已投运电池储能累计装机规模达到 1709.6MW，其中锂离子电池储能累计装机规模占比 60%，在 2015—2019 年间锂电池储能累计装机年均增长超过 100%。

报告对中国新能源的发展提出了建议：

一是大规模储能技术的突破和普及是发展可再生能源的有力支撑。风能、太阳能等可再生能源以及智能电网产业的迅速崛起，使得储能技术成为全球各国亟须攻克的技术壁垒。大规模高效储能技术是实现可再生能源普及应用的关键技术，可以解决发电与用电的时差矛盾以及间歇式可再生能源发电直接并网对电网的冲击，是未来能源系统具备柔性、包容性和平衡功能的软链接关键节点。中国应进一步完善促进储能产业发展的政策机制，通过金融和市场化手段引导长期资金投入，构建储能科技创新与技术储备体系，加强新能源与储能集成应用研究，推动大规模储能技术突破和商业化应用。

二是氢能将成为打造未来能源体系、实现能源变革的重要媒介。随着人类社会的低碳化、无碳化转型，氢能技术的突破利用成为能源清洁化发展的重要方向。全球多个国家和地区已经出台了氢能发展战略路线图，将氢能规划上升到国家战略高度。作为多种能源网络互联互通和协同优化的重

要能源媒介，氢能能够提高可再生能源利用率，实现电网和气网的耦合，增加电力系统的灵活性，同时具备储能功能，通过可再生能源电解水制氢，实现能源消纳与储存。因此，要强化氢能的顶层设计，明确规模化应用场景，合理提出不同场景下氢能发展路线图，并制定相应的标准规范，加速绿氢制取、储运和应用等产业链发展。

三是太阳能燃料技术突破及其成本降低将助力减少石油依赖。太阳能燃料技术正逐步从基础科学研究发展成为工业可行技术，有望从根本上改变能源和化工领域过度依赖化石资源的现状。太阳能发电技术、风力发电技术的进步将会进一步降低发电成本，带动可再生能源电解水制氢迅速成为绿色、可持续的太阳能燃料生产路线。而利用太阳能将水和二氧化碳高效转变为燃料或化学品的关键是如何降低成本、提高效率。中国应继续加大太阳能燃料技术的研发力度，强化太阳能发电技术与建筑等基础设施一体化应用技术的研发和应用，选择阳光资源丰富的地区开展典型示范工程，推进太阳能技术的工业化生产进程。

四是能源互联网将发挥“互联网+”和智慧能源双重优势，实现能源统筹优化配置。能源互联网可以实现能源生产和消费秩序重构，将能源生产、输送、存储、消费以及市场运营等环节与信息通信技术深度融合，创造新的商业模式，实现能源共享的新能源生态系统。能源互联网建设需要加强移动互联网、云计算、大数据和物联网等技术在智能电网中的融合应用，构建金融支持平台，强化共享能源基础设施建设管理体系，实现能源互联网市场化，构建安全、高效、可持续的智慧能源系统。中国要积极推动能源互联网关键技术研发，加强不同能源网络间的互联互通，推进综合能源网络基础设施建设，完善能源互联网服务和管理运行机制。

齐芳 光明日报 2021-05-06

## 中国如何管控非二氧化碳温室气体排放？

具有强大温室效应的氢氟碳化物(HFCs)，其全球变暖潜势可达二氧化碳的成千甚至上万倍，中国在实现碳达峰的过程中，如何遏制包括“超级温室气体”HFCs在内的非二氧化碳温室气体排放，显得尤为关键。

中国生态环境部应对气候变化司司长李高日前对记者表示，目前中国自主贡献目标、碳强度约束性指标主要是针对二氧化碳。下一步，要按照相关要求，加强氢氟碳化物的控制，并将逐步从加强管控氢氟碳化物延伸到其他所有的非二氧化碳温室气体。

“超级温室气体”：减排潜力巨大

根据1997年制定的《京都议定书》，除二氧化碳外，温室气体还包括甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟化碳(PFCs)、六氟化硫(SF<sub>6</sub>)。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第五次报告指出，工业革命以来，约有35%的温室气体辐射强迫源自非二氧化碳温室气体排放。

日前举行的中法德领导人视频峰会上，中国决定接受《〈蒙特利尔议定书〉基加利修正案》，加强氢氟碳化物等非二氧化碳温室气体管控。

数据显示，中国政府自2014年起补贴处置氢氟碳化物等，据测算2014年至2018年累积减少了约4.7亿吨二氧化碳当量的氢氟碳化物排放。

“到2020年底，中国已经通过财政资金累计减排HFC-23(三氟甲烷)共计6.53万吨，因为这种温室气体增温潜势很大，相当于减排了二氧化碳7.64亿吨”，李高说。

三氟甲烷是中国排放量最大的氢氟碳化物。作为制冷剂和发泡剂生产过程中的副产物，三氟甲烷的温室效应潜能值是二氧化碳的1.24万倍，也被列入了基加利修正案。

非二氧化碳温室气体：如何管控？

清华大学环境学院循环经济产业研究中心主任温宗国日前接受中新社记者采访时说，2016年10月，《〈蒙特利尔议定书〉基加利修正案》将18种氢氟碳化物(HFCs)列入受控物质清单，旨在未来几十年内逐步减少气候变暖。缔约国被要求自2020年1月1日起以缔约方核准的技术对氢氟碳化物进

行销毁。为了照顾发达国家与发展中国家的发展阶段差距，该协议给各国制订了三套氢氟碳化物淘汰时间表，其中发达国家于 2019 年之前就要开始削减氢氟碳化物用量，而包括中国在内的第一梯队发展中国家则要从 2029 年开始淘汰。

温宗国认为，加强氢氟碳化物等非二氧化碳温室气体管控，一方面意味着中国将承担更多的责任，同时也极大地提振了全球对气候变化“关键一年”的谈判信心，彰显了中国应对气候变化的责任与决心。

对于如何开展非二氧化碳温室气体管控工作，李高说，围绕非二氧化碳温室气体排放控制，从制度方面鼓励企业减少非二氧化碳排放，要进一步开展系统性工作，包括完善非二氧化碳温室气体监测报告评估技术体系，提高温室气体排放清单编制频率，更好地摸清中国非二氧化碳温室气体排放的情况和趋势，加强形势分析判断。

同时，进一步加大对氢氟碳化物、氧化亚氮、六氟化硫的排放控制力度，继续推动 HFC-23 的销毁工作，推动硝酸、己二酸行业开展氧化亚氮的减排，继续推动农业减少化肥使用。

李高表示，下一步，将在电网逐步淘汰使用六氟化硫，推广节能、低增温潜势的相关电力设施。对于冰箱制冷行业，要提高能效，进一步推动制冷剂替代工作。通过以上工作，全方位地推动非二氧化碳温室气体排放的控制。（中新社记者 阮煜琳）

阮煜琳 中新社 2021-05-06

## 周小川：建立碳市场需要回答的若干问题

预计今年 6 月底，中国全国性碳排放权交易市场将启动运营。相关部门正在就管理条例征求意见，提出要逐步扩大碳排放配额的有偿分配比例，金融管理部门将配合相关部门参与碳市场的管理。

博鳌亚洲论坛副理事长、十二届全国政协副主席、中国人民银行前行长周小川指出，配额类市场大体上属于拍卖型市场，如果搞错了，容易走弯路。如果设计的市场基础框架不好，简陋、有毛病，也不稳定，衍生的更高级的功能，可能根本就没有办法去搭建。所以，当前建立合格的碳市场的基础框架是非常重要的。此外，还要防止碳市场的钱被用于别的方面，导致更大的气变融资缺口。

我想讲的是如何设计和论证我们所要建立的碳市场。碳市场和碳价格将为未来碳达峰、碳中和起到重要作用，一个主要的功能考核就是它能否引导大量投资进入碳减排和碳汇（或者称为碳沉降）的领域。要实现未来的净零排放目标，需要大量投资。这个市场并不是很简单的。确实来讲，金融业搞这么多金融市场，是有经验、有功底，特别是过去做过金融市场产品和金融工程的人，往往能够想出办法来实现。所以我提出几个题目，碳市场应该要能解决这几个题目。如果不能解决这几个题目，碳市场的设计就不到位了。

有人说 6 月底全国性碳市场就开业了，这比我想象的快。究竟如何设计碳市场？看到的细节不够多。其中也看到有一些非金融系统的人在设计市场时不太知道这个市场如何弄，就来学习股票交易所，看看股票市场和外汇市场怎么做。他们提出要有很多参与者，而且要金融参与者进来积极地交易，使得市场交易很热，才能来定价。我认为这是一种误解。其实配额类市场大体上属于拍卖型市场。如果搞错了，容易走弯路。

我提几个考核的题目，看看如何解决：

一是碳价格应能够产生足够的激励，而且碳价格相对比较稳定，所以能够对长期投资、科技创新起到引导的作用。也有人说，要解决当前跟 GDP 的平衡能力，每次挤牙膏挤一点，算作碳配额，要收费。具体举例来说，如果用大家比较认可的数字，现在中国每年碳排放量大约是 100 亿吨，2030 年碳达峰假定是到 105 亿吨，每年新增 0.5 亿吨二氧化碳，把这 0.5 亿吨拿出来卖。如果拿出来拍卖或交易的配额在总排放量中的比重过小，这个市场可能不稳定，甚至也有人说，弄不好会出现负价格，激励机制就不足且不稳定。因此，第一条考核是要有有效的中长期的激励机制，同时价格要相对稳定。

第二条，关于碳配额，多排放的人要购买碳配额，碳配额收到的费用应该干什么？我个人看法应该是百分之百全部用于减排的经济活动。而且即便这样也许还不够，为什么？未来40年需要上万亿元的投资量，即便是碳配额价格合理，出售碳配额的收入全部用于减排方面，也许还需要另外更多地吸引公众和私人的投资。如果出售碳配额自身的这部分钱还拿去干别的，或者是投到别的行业，或者是社保拿去用了，我们控制碳排放的任务就会更加困难了。所以出售碳配额的收费要全部用于碳减排。否则就会变成一个罚款市场。你违规了就罚你一点钱，你踩线了就罚你一点钱，罚完钱以后，收支两条线，那边政府按照预算增收来安排支出，这是不行的，也起不到激励的作用。所以一定要把这些钱用于激励减排，特别是用于引导气变投资和激励投资。

这个投资确实是需要激励的。为什么？因为从现在的科技和价格趋势来讲，有排放的生产和消费活动，终究还是便宜的，如果真正做到减排或者是零排放的生产、消费活动，肯定比有碳的活动昂贵很多。因此激励是不够的，一定要增加补偿机制，最重要的补偿机制就是通过碳市场、碳配额、价格转移和利益转移形成的激励机制。也有人提出来，现在很乐观，新能源已经变得很便宜，不需要任何补贴都可以做到了。其实事情并不是那么简单。因为这不是今天的主题，这里就不多说了。

第三个考核是，实现碳达峰和碳中和是一个过渡过程，在这个过渡过程中，过渡性减排的经济活动能不能得到补偿？能不能在碳配额交易当中得到适当的激励机制？刚才说了，如果碳汇、植物吸收或者是其他工艺确实可以吸收碳，就形成负值的碳配额，就可以拿去卖，或者有一个机制把碳配额分给这些创造碳汇的人，他们卖出的金额，由排碳的人出钱补偿，形成激励机制。这可能需要一些金融产品。但是在整个过渡过程中，特别是前期，其实有一些经济活动没有能够达到零排放，没有真正吸收掉碳，但是它减少了碳，而且可能减得还挺显著，这样的活动能不能得到补偿？如果碳市场设计得不好，这类活动是得不到补偿的。所以这是一个题目。

从过渡的过程来看，大体上来讲，我们未来40年，可能前20年有一些新工艺只要能减少碳排放，就是好事。到后20年，仅仅减少碳排放可能还不够，还得真正做到零排放或者是负排放才行。所以这种分阶段过程中有不一样的激励对象，前若干年对过渡性减排的激励机制够不够，也是非常值得研究的，碳市场要想办法给出解决答案。

举个例子，大家可能知道的，燃煤电厂是碳排放最大的，烧天然气大概碳排放会减到三分之一左右，且其它污染也少，能不能获得利益的补偿？要不要鼓励呢？后20年的时候恐怕烧天然气也不行。关键是烧天然气的电厂，还有很多是可以用于调峰的，也就是说电力的使用不均衡，正是因为有了调峰的设备，就可以使电网更多吸收太阳能和风电，如果没有调峰的能力，就不愿意吸收太阳能和风电，因为技术上存在很多的挑战。因此，如果前20年天然气发电起到这样的作用，是否需要补偿？还不能简单地说天然气发电每度电成本并不高，因为它起调峰作用，所以每年的发电小时数很少，根本就不是满负荷运行的。所以这种发电最后折算下来成本高，成本高就要补偿，没有补偿的话，投资人就不愿意干。所以要考虑过渡前期对逐步减排活动的激励是否到位，要设计一些产品使得这种减排（但不是零排）的投资及运行也能够得到合理适度激励和补偿。

再举个例子。大家知道有很多住房的屋顶可以搞太阳能发电，白天有电，但晚上要点灯、看电视，还有电冰箱、空调要转，这个怎么办？你设想，白天有电用不掉，就多送给电网，然后晚上的时候用电，电网给我电，这个事情合算不合算呢？很难说。送给电网的成本是很高的，那么小的电量，要经过电控设备直流变成交流，交流再经过几轮升压才能进电网。当然技术也会发展。很多人说要上储能设备。从家庭的例子来看，储能设备要有蓄电池之类的设备，蓄电池本身并不吸收碳，所以你不能拿它去出售配额。这一类设备价格也很贵，如果不经补偿的话，就没有足够激励去研发和投资储能技术及设备。也就是说，像这样的过渡性减排活动，碳市场也应能够给它提供激励机制，给予补偿（如果纯用政府的钱就是补贴），否则没有积极性去做。

第四个考核就是中长期科技研发和投资的激励。假设有一个吸收碳的科技项目，最开始是想法，如果逐步搞成的话，5年以后或者7年以后能够投入商业使用，这中间可能还会有风险。假设5年以后能够提供某个装置能够每月吸收一吨的二氧化碳，它的激励机制在哪里？就是要把5年以后的

碳配额的预期销售价格拿过来，作为未来预期的收入，然后计算投资回报，才能使投资者有兴趣投资。5年以后的碳价格，那就是碳配额期货价格，到底能不能产生出来？能不能稳定？风险多大？风险概率是如何分布的？这个市场一定要提供碳期货、碳远期这样的价格，才能把相当多的投资，包括有一部分风险投资给吸收过来。靠未来的定价和这个过程当中的风险管理所计算出来的投资回报，起到鼓励这种投资的作用。

老实说，真正有风险管理能力的专业力量大多都在金融界，所以要设计金融市场的话，要知道其所需要的功能并选用合适的人才。金融业内部分工也很细，也有很多金融人士不擅长这一行，不知道怎么做。真正熟悉金融产品设计和交易的人，特别是金融工程的人，会觉得这个跟我读研究生时做作业差不多，我可以设计出来。我们是有这样的人才能够设计出来的。但是仅仅能够设计出来还不行，你设计出来还要跟大家讲清楚，要论证清楚，可能还要做模拟，要做模拟还得建立模型，通过模拟的效果让大家信服，说明这个市场就是好用的。这里面的技能就不简单了。

还有一条，如果能实现上述这些功能，如果能够让人满意，往往需要在市场基础框架之上，再去设计多个产品去满足这些功能。如果设计的市场基础框架不好，简陋、有毛病，也不稳定，这些衍生的更高级的功能，可能根本就没有办法去搭建。所以，倒推过来，当前建立合格的碳市场的基础框架是非常重要的。

我出了这四个题目。我的想法是，现在搞碳市场的人积极性很高，有些地方没有搞明白，也要上碳市场，全国来讲不一定需要搞那么多碳市场，而是需要基础框架好、能搭建各项主要功能的市場。谁能想清楚、设计好，才能往下做。

今天的场合不适于讨论碳市场建设的技术细节，我只想简略提示一下如何应答上述四个功能题目的思路。对于第一题，应拿出足够比例的碳排放进入碳市场，而不是只挤出一点点“牙膏”。对于第二题，按照年度总量控制目标测算出几个主要行业当年碳排放的物理强度平均值，将年度配额分给低于平均值（即创造负值配额）的经济活动者。对于第三题，按照总量控制的过渡过程路线图，测算几个主要行业排放均值的过渡过程路线图，以及重要产品的替代/协同系数，来安排配额的跨期、动态分配。对于第四题，在好的基础框架上搭建碳期货、碳远期等衍生工具交易，用于引导跨期投资和风险管理。欢迎这方面的研究与讨论。

最后我再重复一下，在当前全球多国财政赤字大幅上升、多个政府都债务过重的情况下，特别要防止碳市场的钱被用于别的方面，导致更大的气变融资缺口。所以，不仅是定价要好，交易机制要好，衍生功能要好，还要考虑好如何使用碳市场调动的资金。

（本文根据作者在博鳌亚洲论坛“金融支持碳中和”圆桌会议上的发言整理）

周小川 北大金融评论杂志 2021-05-16

## 热能、动力工程

### “虚拟电厂”辅助浙江电网调峰进入常态化阶段

本报讯 五一假期，丽水绿色能源虚拟电厂聚合小水电和充电桩等源荷弹性资源，在浙江电力调控中心的远程控制下辅助调峰 326 兆瓦，精准减少电网调节和新能源消纳压力，持续助力能源电力“碳达峰、碳中和”行动。该项工作首次实现电源和负荷双侧弹性资源的有效聚合，也标志着虚拟电厂辅助浙江电网调峰进入常态化应用阶段。

今年五一假期正值浙江电力现货市场第四次结算试运行工作期间，电网调峰压力直接转化为市场运营压力。浙江电力调控中心精准预测用电负荷需求和新能源发电，综合协调省内和省外可调资源，评估出 5 月 1 日凌晨 2 时-5 时和午后 12 时-15 时两个调峰窗口，其中，凌晨 2 时-5 时是全天用电需求最小的时段，12 时-15 时用电需求较小但光伏发电大量供应。这两个窗口可能出现煤电机组

低负荷率运行和启停调峰等工况，单位功率煤耗和污染物排放迅速增加，市场运营压力持续高位。

丽水绿色能源虚拟电厂管控模块通过数字化手段计算调峰窗口内源荷可调能力，与浙江高弹性电网智慧调度平台进行双向信息交互，精准实施零碳零成本调峰。在电源侧，蓄积 326 兆瓦小水电出力，响应调峰指令，让出新能源消纳空间；在负荷侧，聚合管理丽水市 110 个充电桩，通过“正好充”自动控制电动汽车夜间 6.64 兆瓦的充电负荷从 4 月 30 日 22 时至次日 1 时平移至 5 月 1 日凌晨 2 时至 5 时，减小负荷峰谷差，提升电能利用效率。

虚拟电厂将全域星罗棋布的风、光、水等可再生能源小型电站和百万个分散的负荷用户聚集成具备统调模式的集中式电厂，提供了分布式资源直接参与大电网平衡的路径和方法，将原本海量的无序资源变得高效有序可调节。丽水绿色能源虚拟电厂是浙江省首个实现电源和负荷双侧弹性资源有效聚合的“特殊”电厂，为源网荷储资源协同互动提供了坚强支撑，具有很强的推广价值。

在首次实施虚拟电厂辅助调峰试点工作的基础上，国网丽水供电公司在资源聚合、数字化手段、新业态构建和管理流程等方面做了全面优化提升，建立省地水电智慧调度运行监测体系，构建地县“1+9”台虚拟机组，优化各级调控对分散资源的精细化管理，实现虚拟电厂辅助电网调峰的常态化应用。

下阶段，国网浙江电力将进一步开展城市级虚拟电厂体系建设，大幅提高资源调控效率，深化研究源网荷储协同互动的运营能力，探索虚拟电厂的商业模式，促进电网系统高承载高效能低碳化运行，实现多场景零碳化电网高效运行的示范价值，助力构建以新能源为主的电力系统和浙江高质量提前实现碳达峰。

张思 杜倩昀 中国能源报 2021-05-10

## 北京冬奥会将实现 100%清洁能源供电

### 科技支撑碳达峰碳中和

随着冬奥倒计时的“滴答”声响，第 24 届冬季奥林匹克运动会各项“涉奥”工程在紧锣密鼓地高效推进。“绿色办奥”是北京冬奥会的重要理念之一，全部场馆 100%使用清洁能源供电更将是奥运史上的创举。

那么，如何实现“全绿电”供应，助力碳中和？科技日报记者来到距离京城 270 公里的坝上地区——张北可再生能源柔性直流电网试验示范工程（以下简称张北柔直工程），探寻其背后的秘密。

### 张北“风光”点亮冬奥场馆

“合闸，执行！”随着运行人员一声令下，张北换流站阀厅内的刀闸和 4 座直流断路器顺利合闸，主控室监控大屏上的光伏功率曲线开始逐步上升——张北柔直工程正式投入运行。这意味着，源自张家口的绿色电力从此接入北京电网。

张北风电、太阳能发电资源十分丰富，素有“风的故乡、光的海洋”美誉，开发条件十分优越，规模高达 8500 万千瓦，是国家规划的大型可再生能源基地。

“张北柔直工程显著提升了当地新能源外送能力。这项工程每年可向北京输送约 140 亿千瓦时绿色电力，供应北京市大约 1/10 的用电量，其中包括直接满足北京冬奥会北京、延庆两个赛区场馆用电需求，加上张家口赛区冬奥场馆就地消纳当地绿色电力，使得北京冬奥会场馆实现奥运历史上首次 100%使用绿色电力的目标。”国网冀北电力有限公司建设部主任田生林介绍。

记者了解到，该工程 2018 年 2 月开工后，建设者们攻坚克难，确保施工质量和进度，2019 年 12 月完成建设任务。随后，工程进入调试阶段，2020 年 6 月 25 日成功通过全面严格的调试试验和 168 小时试运行，6 月 29 日正式投运。

聚焦绿色办奥，打造清洁低碳奥运专区。张北柔直工程总投资 125 亿元，新建张北、康保、丰宁和北京 4 座换流站，额定电压±500 千伏，额定输电能力 450 万千瓦，输电线路长度 666 千米。其将张北新能源基地、丰宁储能电源与北京负荷中心可靠互联，大幅提升能源供给的清洁比重，为冬奥会提供坚强、充裕的绿色能源保障。

### 细节成就世界领先原创技术

张家口地区是我国重要的新能源基地。由于新能源固有的随机性、波动性等特征，大规模新能源并网是世界性难题。张北，又有何破解之招？

据介绍，张北柔直工程采用我国原创、领先世界的柔性直流电网新技术，具有可控能力强、功率调节速度快、运行方式灵活等特点，能够有效抑制交流电压波动，减少功率波动对受端电网的影响，有效解决风电、光伏等间歇式能源发电并网安全问题。

“将交流电转化为直流电是有效实现电力从源头输送到客户端的方法之一，直流电远距离传输的速度更快。”为这项工程提供换流阀的南瑞继保电气有限公司技术负责人表示。

犹如“神操作”，该公司制造的换流站可将风力涡轮机的能量转化为直流电，当直流电到达城市电网后，新的换流站再度上演“变形记”，能量便可转换为交流电供家庭使用。

而确保换流站正常运行起关键性作用的“幕后”是泵制造商格兰富提供的解决方案。“由于换流站运行时会产生大量热量，冷却工作显得尤为重要，格兰富苏州工厂特别设计 NKG 和 CRN 水泵，并且为水泵铸就坚固底座，让其在换流站冷却过程中牢牢‘盘踞’原地，不至于因强震动而损坏。”格兰富中国高级销售工程师余勇辉介绍说。

正是诸多这样过硬的细节，成就张北柔性直流工程创下 12 项世界第一，有效解决了张北地区绿色电力“并不上”“送不出”“难消纳”三大难题，将张家口大规模、不稳定的可再生能源进行多点汇集，形成稳定可控的电源，向北京输送绿色电力。

特别值得一提的是，该工程投产后，能够满足 700 万千瓦新能源装机的外送和消纳需求，全面满足北京及张家口地区的 26 个冬奥会场馆用电需求，每年节约标准煤 490 万吨，减排二氧化碳 1280 万吨。

华凌 科技日报 2021-05-06

## 创新清洁能源供热 助力碳达峰碳中和

中国将在 2030 年以前达到碳达峰，力争在 2060 年实现碳中和。这是中国政府向全人类可持续发展做出的承诺，也给出了未来能源革命的最终目标及清晰的时间表，它将对中国社会经济全面发展产生巨大的影响，更会深刻影响包括国内供热行业的高质量发展之路。因此，作为耗能大户，全国供热系统怎样在实现碳达峰、碳中和的过程中切实落实绿色环保、高效节能的政策举措，既是当前的迫切要务，也是一项长期艰巨的任务。

全面深刻认识实现碳达峰、碳中和重大战略的重大意义和重要责任

首先，要从思想高度深刻领会党中央提出碳达峰、碳中和战略目标重大意义。实现碳达峰、碳中和是中国进入新的发展时期的重大战略决策，关乎中国未来可持续高质量发展的长远目标，更体现中国对全世界、全人类共同发展的担当和责任，是构建人类命运共同体的重大决策。人类社会从使用传统能源，到大规模使用化石能源，已经经历了从农业时代到工业时代的巨大变迁，更经历了两次工业革命的历史性进步。在人类发展进入信息革命时代，资源约束、环境恶化等问题越来越成为人类不断进步和持续发展的重大制约因素。因此，实现碳达峰、碳中和重大战略目标，是全人类的共同课题，也是包括全国供热系统在内的一切能源消耗体系需要共同致力于解决的重大问题。

其次，要从高质量发展的高度认识实现碳达峰、碳中和重大战略目标的紧迫性和重要性。我国是能源消耗大国，大量的能源消耗不仅使我国面临煤炭、油气等资源逐步匮乏、严重依赖进口的局面，现在我国石油进口占用油量的 70%，天然气进口占用气量的 40%，因此国家的能源安全问题是客观存在的，这给我国实现可持续发展带来了巨大挑战。实现碳达峰、碳中和重大战略目标，不仅将逐步解决我国社会经济发展过度依赖传统能源的局面，也是为高质量、可持续发展开辟一条创新的绿色之路。

再次，要从绿色环保、造福子孙后代的高度认识实现碳达峰、碳中和重大战略目标的意义。由

于人类大量使用能源导致二氧化碳排放量高，并引发大气污染、地球温度升高，雪山融化、海平面上涨，生态环境恶化，大量物种消失等许多不可逆问题，人类赖以生存的家园将灾难性毁灭。当前，过量碳排放造成的严重大气污染和环境问题，已经越来越成为影响我国人民美好生活的重大问题。中央多次提出要打赢蓝天保卫战，但要在根本上彻底解决大气污染问题，给老百姓一个净朗的天空和洁净的空气，就得彻底解决化石能源问题。

正式基于上面这些认识，全国供热系统更感觉自身责任重大，更决心在实现碳达峰、碳中和重大战略目标的进程中贡献最大的力量。全国供热系统的目标方向是，既要全面满足城市经济发展和人民安居乐业的不断增长的需求，又要努力提高高效节能的创新举措将供热热源导致的二氧化碳排放最大限度地降下来。

积极探索全国供热系统推进实现碳达峰、碳中和战略目标的创新之路

国家能源局 2021 年 4 月 22 日发布了《2021 年能源工作指导意见》，指出加大清洁取暖工作力度，建立健全的清洁取暖政策体系，实现北方地区清洁取暖率达到 70%，研究推进西南高寒地区清洁取暖改造。依据这一目标，中国工程院院士江亿在碳达峰碳中和与供热发展相关会议上指出，未来供热的两种零碳热源方式：

一是电动热泵作为主要热源，全面实现电气化，主要包括空气源热泵、水源热泵、地源热泵，以及大量工业低品位余热，包括垃圾焚烧，包括数据中心的热量等等

二是热电联产余热作为主要热源，作为集中供热传统热源。

针对未来供热热源的选择使用进行可行性比对分析，以下几种都具有可行性，可依据不同地区、不同环境、不同条件因地制宜。

(1) 电驱动空气源热泵：运行稳定，安装使用灵活，适用于居民小区、工商业办公、生产等建筑，空气源热泵将作为未来供热行业热源的首选，适合大面积推广。

(2) 水源热泵：前提必须有充足的水源，靠近湖、江。

(3) 地源热泵：能效相对较高，但会受地域限制，热平衡限制，不适宜大面积发展。

(4) 高效回收低品位余热技术，受地域限制，能源数量限制，只能解决附近周边部分建筑取暖问题。

(5) 热电联产余热：主要面临三方面的技术突破。一方面是热电联产是我们传统供热热源，以往缺陷在于受到远距离输送和面积饱和两方面因素的限制。二方面是现有 CCS 技术的应用不够成熟，投入成本也很大很麻烦，所以还是尽可能减少这一块煤油气的使用，能用电尽可能优先用电。三方面是待解决的跨季蓄能技术，通过收集电厂余热，储存到一个很大的单体蓄热池内，用于秋冬季节取热，单体蓄热池子建设标准容量一千立方米以上，深度大于 30 米，再把上面给盖上。综合考虑土地价格等因素，这种技术成本太高了，单方造价控制还未解决。

供热系统探索节能降耗、绿色低碳技术突破的创新案例

河北中实新能源设备制造有限公司通过多年探索与研究，与哈尔滨工业大学进行合作，共同研发一套高效、稳定的供热自动化控制系统——“3+1”智慧供热系统。通过与河北盛博热力合作实践，取得了很好的节能效果，形成一个新的供热格局。

什么是“3+1”智慧供热系统呢？

“1”稳定、高效的电驱动空气源热泵

“1”智能化供热机房

“1”末端平衡系统

“+1”清洁能源远程管控一体化平台

以上就形成了我们的“3+1”智慧供热系统。下面我们具体介绍一下“3+1 智慧供热系统”的设计理念以及能解决的问题。

首先，热源的选择

就目前几种热源形式，如水源热泵，地源热泵及高效回收低品位余热技术虽然能效相对比较高，

但他们都有共同的缺点受到地域的局限，其次地源热泵还会受到热平衡等方面因素限制，这样的热源还是不够稳定、不够充足；再比如选用热电联产余热作为热源，就 CCS 技术及尚需开发的跨季储热而言，管网敷设面积太大，前期投资成本过高，同时不方便维护管理，甚至偏远地区无法实现。

综合考虑到前期投资建设、后期运行成本、地域限制、运行稳定等多方因素。我们自主研发了空气源热泵。在设计研发中，我们综合考虑并解决了的设备高效除霜问题、气候补偿问题及振动噪音问题。我们拥有国家一级实验室，通过不断的研究试验，目前能根据不同地区的气候条件量体裁衣，生产出适合于当地区域运行效果最佳的空气源热泵，也可以根据建筑物的性质，比如住宅、写字楼等，设计侧重制热为主或者制冷为主的空气源热泵。做出了一款稳定、高效、优质更具特色的电驱动空气源热泵，达到了行业内领先水平。

其次，智能化管理的供热源站：我们秉承的节能、环保的设计理念，通过与河北盛博热力公司多年的合作交流，研发生产出了高效节能、智能集成的供热机房系统。

我们是如何实现高效节能、智能集成的呢？

高效节能化：一方面根据系统逻辑匹配合理的水泵等设备，达到减阻增效的能力；另一方面通过采集用户侧室内温度、和采集当日室外温度、湿度等因素，自动调整每台设备运行数量及系统运行模式，做到用多少热产多少热，按需供热，最终达到稳定输出的最佳节能效果。块

智能集成化：是取代现场建造的一种方式。系统设计采用 3D 全站扫描仪对现场机房进行全方位的精确扫描测量，根据测量的点云数据用 BIM 反向建模，设计出人性化、智能化、高效精准的机房模型。

通过等离子切割机、自动焊接机和最先进的测控技术，在工厂内完成机房系统构建，管组模块预制加工、检测、预装配、最后将拼装组件运至现场进行装配，保证系统组装的精度，提高了安装质量，缩短了安装周期，精准美观。解决了哪些问题？1、季节性安装，工期紧张，标准化机房从设计在出厂 5 天完成。2、焊接技术有保证，接缝处平整，减少系统阻力。



最后，末端平衡系统：

通过采集每户室内温度信息，调整每户的阀门开度，是每户温度平衡，有效的解决中间户过热，边角户温度不达标的难题，并有效的减少热损失，也达到了节能的效果。

终极，“1”代表了我们的清洁能源管控一体化平台

能够解决什么问题？1、能够精准的掌握各供热站的运行情况，对各站运行参数进行实时预警，减少人员的配备。2、精准供热，高效节能。

清洁能源管控一体化平台是基于物联网、云计算等信息技术及供热运行大数据、综合集成法、虚拟技术、三维建模、自控建模等工具和方法的应用，依托互联网实现各环节信息共享，实现供热

系统全面透明的信息化管理；智能融合能源站生产能力和气象模型参数等，实现用户热负荷供需平衡在线模式分析和评估，达到按需精准供热、高效节能的目的。

综上，我们通过一个清洁能源管控一体化平台，有机整合供热热源、供热能源站、末端平衡系统，打造出一款顺应国家政策走向，适合于供热行业环保、节能、稳定的“3+1”智慧供热系统。我们力争做清洁能源集中供暖的先驱者，供暖行业的变革者，智慧能源的创造者。

成功案例：（以下电费计算依据，供热当地电价执行标准，采用峰谷电价：谷：0.28 元/度，峰 0.52 元/度）

案例一、中捷三分场和悦住宅小区，是新农村搬迁的住宅小区，始建于 2012 年，建筑面积 10.44 万 $m^2$ ，早期采暖方式是地热井供热，2019 年河北省政府加强地热井开发利用管理，地热井被依法关停取缔，2019 年冬季将该小区热源改造为空气源热泵。2020 年该小区实际供热面积为 8.15 万 $m^2$ ，入住率 78.1%，热耗 0.33GJ/ $m^2$ ，综合能效达到 2.407，每平米电费为 17.83 元/ $m^2$ ，室内温度在 20-22 $^{\circ}C$ ，完美解决了偏远地区因市政管网未敷设，存在的居民供热难题。

案例二、中捷四分场和顺住宅小区，属于新农村搬迁的住宅小区，总建筑面积 6.34 万 $m^2$ ，自 2010 年开始采用地源热泵方式供热，冬季取走的热量在夏季得不到补偿，长此以往地下浅层温度失去平衡，导致系统无法运行，在 2020 年冬季将该小区改造为空气源热泵供热。2020 年该小区实际供热面积为 4.09 万 $m^2$ ，入住率 64.52%，热耗 0.34GJ/ $m^2$ ，综合能效达到 2.64，每平米电费为 15.19 元/ $m^2$ ，室内温度 20-22 $^{\circ}C$ ，效果很理想，在保证给老百姓提供舒适温暖的居住环境同时，供热系统也做到了稳定、节能。

案例三、中捷博爱家园，属于商品住宅小区，总建筑面积 25 万 $m^2$ ，2020 年入网供热 12 万 $m^2$ （一期），21 年入网供热 13 万 $m^2$ （二期），该小区采用的“3+1”智慧供热系统，热源为空气源热泵。2020 年该小区实际供热面积为 7.62 万 $m^2$ ，入住率 63.08%，热耗 0.31GJ/ $m^2$ ，综合能效达到 2.66，每平米电费为 13.22 元/ $m^2$ ，室内温度 20-22 $^{\circ}C$ ，该项目成功落地，使我们更坚信了我们未来的发展目标，作为运营方，既做到了清洁能源供热，同时成本也得到有效的控制，减少了资源的浪费；对于老百姓来说室内温度很舒适，取暖价格也不贵，供暖效果得到了老百姓的认可，做到了零投诉。

结束语：供热行业未来的发展方向，1、供热行业涉及民生，必须保证供热持续稳定性，不受地域限制，供热温度舒适温馨；2、成本问题：投资建设成本开发建设单位能够承担，取暖费老百姓也满意；3、也是我们目前最热门，最关心的问题零碳供热，为实现我们 2060 年碳中和这一目标，最终给我们子孙后代留下一个洁净的地球奉献出一份力量。

河北盛博新能源开发有限公司总经理 吴昊 中国能源网 2021-05-11

## 地方文件密集出台，近零能耗建筑“大戏开演”

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

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

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

### 建筑节能要花“大力气”

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

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

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

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

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

### 超低能耗建筑“多点开花”

记者近日梳理发现，当前，我国各地超低、近零能耗建筑发展速度正不断加码。

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

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

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

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

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

### 技术创新亟待强化

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

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

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

本报记者 张金梦 中国能源报 2021-05-10

## 电力行业实现“双碳目标”还需多方发力

在实现“双碳目标”的道路上专家认为电力行业需兼顾4个关系



“在实现‘双碳目标’的道路上，电力行业需兼顾4个关系，即兼顾碳排放控制与能源发展安全、近期达峰与远期中性目标、电力行业与其他行业达峰关系、技术可行与经济高效关系。”近日在由北京大学能源研究院气候变化与能源转型项目主办的“电力行业能否率先碳达峰”沙龙上，全球能源互联网发展合作组织研究院气候处处长杨方表示。

据了解，电力是我国碳排放最大的行业，约占全国总排放量的40%。我国提出“2030年前碳达峰、2060年前实现碳中和”的目标后，电力行业不断寻找实现目标的方案。在沙龙上，有关专家表示，电力行业如果能提前实现碳达峰，不仅会对其他行业起到示范和引领作用，还将显著地推动“双碳目标”的实现。但电力行业实现“双碳目标”的时间和路径，仍需加强探讨和研究。

### 目标倒逼 兼顾各方

“我国碳排放仍在增长，碳达峰是一个倒逼目标。与发达国家相比，我国实现碳达峰、碳中和面临着最大减排规模、最短过渡时间和最快减排速度等困难。”杨方说，仅从过渡期来看，我国从碳达峰到碳中和的过渡期只有30年，而发达国家普遍需要60年至70年。

杨方介绍，在碳达峰问题上，能源需要先行，需要有更大的担当，必须设立一个倒逼型目标。4月底，国家发改委有关人士表示，关于推动实现“双碳目标”的顶层设计正在进行。国家发改委正在进行政策研究，制定2030年前碳达峰的具体行动方案，推动全国碳市场尽快发布登记交易结算规则等。

杨方表示，在实现“双碳目标”的过程中，要兼顾碳排放的控制和能源发展安全的关系。“不能以牺牲经济增长，或者是牺牲能源安全，来推动碳减排，相反，它们应该是相辅相成、相互促进的。这也是实现‘双碳目标’的先决条件。”她说。

事实上，我国的电力消费是一个快速增长的过程，未来我国碳排放还会有一定的增长空间。但杨方强调，要兼顾电力行业与其他行业达峰的关系。“电力行业有一个双重的减排身份，一方面电力行业排放量最大，我们必须先减到位才能达峰，才能中和。另一方面，能源活动终端大量消费也产生排放，而这个排放的减少关键是靠电能替代。”

### 低碳转型 统筹发展

“走低碳转型之路，是电力行业实现‘双碳目标’的必然选择。”国网能源研究院能源规划所室主任元博表示。他认为，要实现减排，控制能源消费总量是最直接最有效的方式。而这依赖于产业结构的调整，还有全社会的节能提效。

同时，在电力行业实现低碳转型的过程中，要关注的重大问题是科学确定煤电的发展定位和达峰时间。数据显示，截至2020年底，我国全口径煤电装机容量10.8亿千瓦，占总装机容量比重从2015年底的59%下降至2020年底的49.1%。

元博认为，综合考虑电量平衡、保障供应安全及电力供应成本等因素，煤电发展难以做到“急刹车”。

“新增煤电主要发挥高峰电力平衡和应急保障作用。”元博指出，从系统安全角度，煤电可以作为应急电源，来提供高峰容量支撑和安全备用。

新能源在实现“双碳目标”过程中起决定性作用。杨方认为，电力行业脱碳路径就是构建以新能源为主体的新型电力系统的过程，也就是加快建设我国能源互联网。

“我们国家新能源产业链条非常完整，光伏组件产能占到全球 90%以上，成本与技术经济性处于下行通道，从这些角度来看，未来新能源还是实现碳中和要依托的决定性电源。”元博表示。

#### 政策驱动 科技支撑

要实现电力行业碳达峰并不是一蹴而就的简单行动，需要多方配合。杨方认为其中很重要的一点是要推动电力市场和碳市场的融合发展。在电力市场建立有利于清洁能源消纳的机制，推动能源系统的低碳化发展，通过电力市场的价格机制和碳排放的成本机制相结合，提升清洁能源电力的市场竞争力。国家需要整合相关的政策，让两个市场可以协同发展。

“碳达峰和碳中和目标的实现，需要强化科技攻关。”国家发改委能源研究所原所长戴彦德表示，风电潜力提高、太阳能效率提升、CCS（碳捕集封存）等技术的推广，都是未来创新发展的重要方向。

元博也表示，碳达峰碳中和是政策驱动与技术驱动联动的工作，需要超前布局、集中攻关。“像 CCUS（碳捕集封存与利用）技术，常规电源的低碳化，氢能、储能、电网数字化等一批核心关键技术，在助力‘双碳目标’方面，都有比较乐观的预期。”元博说。

周娟娟 中国煤炭报 2021-05-10

## 二氧化碳工业固定利用技术获突破

本报讯 记者别凡报道：碳减排目标时间紧、任务重，社会各界开足马力出实招。在以绿色能源替代化石能源之外，“用碳不排碳”的化石能源固碳利用技术也成为业内探讨的热点。山东大学教授朱维群日前在接受记者采访时表示，将煤炭、石油、天然气等化石能源使用过程中产生的二氧化碳直接转化为三嗪醇，是化石能源固碳利用的一条可行之路。

山东省生态文明研究中心主任周勇认为，目前权威机构列出的碳中和技术高达一百多种，但其中的成熟技术不足 20%，我国进行减碳技术开发并取得知识产权的时间窗口仅为 5 年左右，亟需在低碳技术方面联合攻关，并取得知识产权。

据介绍，固碳利用是指二氧化碳在生态系统中的固定利用。以二氧化碳为主要原料，做成稳定的固碳产品，实现二氧化碳的工业固定利用，是实现二氧化碳减排的重要途径。

“与其它二氧化碳固定或封存产品相比，生成 1 吨三嗪醇需要消耗 1 吨二氧化碳，是目前二氧化碳利用率和固定量最高的产品；同时，三嗪醇也是目前能量消耗最少的一种二氧化碳固定产物，可实现长期固碳，二氧化碳一旦被以此形式‘封印’，便很难再释放返回大气中。”朱维群表示。

据了解，三嗪醇用途广泛，可用于生产高分子材料，如通过三嗪醇合成的三嗪胺比现有三嗪胺生产方法可减少 1 倍的原料消耗，具有低成本、低碳排放、低内能等优点，目前三嗪胺的市场容量高达千万吨级，且正以每年 10%左右的速度增长；同时，三嗪醇还可应用于燃煤烟气脱硫脱硝治理，且无需再进行废水和烟气“消白”二次治理，预计市场容量也高达千万吨；此外，三嗪醇还可用作漂白剂、杀菌剂等精细化工产品以及缓释肥，市场需求为百万吨级。

据介绍，该二氧化碳工业固定利用技术已有实验项目开展中试，打通了工艺流程，得到纯白色固体三嗪醇，且三嗪醇纯度高于 85%。如果大规模工业化应用，预计可封存二氧化碳数亿吨，有望成为减少碳排放的一条新路径。

中国能源报 2021-05-10

## 钢铁业降碳需综合施策

我国提出“力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和”，体现出我国在应对气候变化方面的巨大勇气和坚定决心。

作为全球第二大经济体和最大的发展中国家，中国的碳排放接近全球总量的 30%，如果把中国的碳排放按照产业来分解，我们会发现钢铁产业是 31 个制造业门类中碳排放量最大的行业，约占到总排放量的 15%。因此，钢铁产业的降碳工作对于我国顺利实现碳达峰、碳中和目标将产生重要影响。

目前，国内钢铁产业的降碳工作正在有序推进。产业层面，工信部《关于推动钢铁工业高质量发展的指导意见（征求意见稿）》中提出，到 2025 年，行业超低排放改造完成率达到 80%以上，重点区域内企业全部完成超低排放改造。微观层面，各大钢厂陆续提出降碳目标和工作计划。但要清醒认识到，钢铁产业实现碳达峰和碳中和目标并不轻松。

从产量上看，中国粗钢产量大，而且依然在保持增长。2020 年，中国粗钢产量 10.53 亿吨，同比增长 5.2%，占全球粗钢产量一半以上。而降低粗钢产量是最简单直接的减碳手段。今年一季度全国粗钢产量 2.71 亿吨，同比增长 15.6%，从全年来看，完成工信部提出的压缩粗钢产量，确保粗钢产量同比下降的目标有巨大压力。

从冶炼方式来看，国内钢铁冶炼以长流程占主导，能源以煤为主，短流程炼钢仅占 10%，而美国短流程炼钢比例能达到 70%，这导致我国吨钢碳排放处于较高水平。当前长流程炼钢的技术已经接近热力学极限，其碳排放已经接近技术最小值。因此，如果不调整长短流程炼钢的比例，或者没有颠覆性技术出现，就很难大幅降低碳排放。

从区域布局来看，产地远离消费市场带来的“北钢南运”，以及原料和产品在汽运中的大量短倒，都带来了物流环节的大量碳排放。从实现减碳目标的时限来看，欧盟、美国、日本等国都已实现碳达峰，这些国家从碳达峰到碳中和有 40 年至 50 年的时间，但中国钢铁产业要完成这一任务时间仅有 30 年左右，可以说时间紧，任务重。

因此，要实现钢铁产业的降碳目标，需要综合施策，统筹推进。从粗钢产量上，要坚决完成今年粗钢产量同比下降的目标，为之后的粗钢产量总量控制打下坚实基础。从进出口贸易上，通过调整钢铁进出口政策优化贸易结构，减少为满足其他国家的需求而产生的低附加值产品碳排放。从冶炼流程结构上，提高短流程炼钢比例，推动中小高炉冶炼的长材用电炉冶炼替代。从区域布局上，应科学优化产业的区域布局，切实改变“北钢南运”的现象。从技术研发上，应积极推动低碳冶金技术的突破，加强碳捕集、封存及利用等技术的研发和应用。从能源结构上，应积极提高清洁能源的使用比例，进一步提高能效水平。从碳排放交易上，推动钢铁企业积极研究和参与全国碳排放交易，通过碳成本倒逼企业降碳。从消费端上，提高高强度钢材的应用，减少用钢总量，促进供给侧的产量控制。

经济日报 2021-05-14

## 节能提效才是减碳第一优选

### 核心阅读

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

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

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

煤炭主体能源地位短期难改变

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

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

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

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

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

现代煤化工是重要途径

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

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

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

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

谢克昌还称，由于欠缺技术的创新和突破，以及部分重大装备和关键性材料的制约，产业自身能源利用率与资源转化率偏低。这不仅导致碳排放成为现代煤化工的软肋，还大大影响产业竞争水平。“具体表现是初级产品多，精细化、差异化、专用化下游产品开发不足，产业比较优势不明显、竞争力不强。加上技术集成度和生产管理 etc 水平存在差距，产品成本偏高，整体能效有待提高。除了煤制烯烃外，现代煤化工所有产业都在亏钱。”

从基础研究出发加强创新

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

键所在”

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

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

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

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

本报记者 朱妍 仲蕊 中国能源报 2021-05-17

## 荷兰大规模部署混合热泵

日前，荷兰国家区域电力和天然气网络运营商协会公布了一项混合热泵发展规划，截至 2030 年，将在荷兰安装 200 万台混合热泵。从 2024 年开始，年安装量将达到 10 万台以上。

旨在替代燃气供热

荷兰国家区域电力和天然气网络运营商协会表示，将与荷兰全国电力安装商协会和环境协会合作，共同制定发展规划。荷兰资源融合联盟指出，通过大规模安装混合热泵，将有效减少二氧化碳排放 260 万吨。当地多个行业组织也发布联合声明表示，这一发展规划将为荷兰实现自身的应对气候变化目标和欧盟碳减排目标作出重要贡献。

荷兰国家区域电力和天然气网络运营商协会主管 Dick Weiffenbach 表示，当前，荷兰已经具备在各地安装混合热泵的条件，混合热泵的逐步推广将为荷兰完全告别天然气供热打下基础。

根据发展规划，荷兰每年需要更换天然气锅炉 40 万台以上，同时还会适时尝试将高效的新型锅炉和混合热泵结合推广。Dick Weiffenbach 指出，这种模式不但安装简单，而且与天然气供热相比，将为房主减少约 70% 的能耗。

荷兰国家区域电力和天然气网络运营商协会强调，目前希望将发展重点放在荷兰境内那些暂时无法使用天然气的居民区。此外，荷兰政府还会选择部分地区作为混合热泵推广的试点。荷兰全国电力安装商协会总裁 Doekle Terpstra 说：“在项目推进的第一阶段，我们会尽最大可能控制二氧化碳的排放。随着项目发展的深入，后续安装了混合热泵的房屋将可以完全告别天然气。”

呼吁政府补贴支持

为使项目推广更加顺利，荷兰资源融合联盟呼吁荷兰政府对混合热泵发展给予约 6 亿欧元的财政补贴。

对于补贴的分配使用，荷兰资源融合联盟表示，截至 2026 年，荷兰政府每年应支付约 1.2 亿欧元的补贴资金用于支持混合热泵的发展。具体而言，荷兰资源融合联盟建议，补贴资金应优先用于试验性项目、创新型产品和混合热泵相关的监测系统。2026 年后，随着混合热泵产品的推广，生产

和安装成本有望进一步降低，届时，国家财政补贴也可逐步退出。

但对于补贴适用的场景，有行业专家指出，混合热泵的碳减排量很大程度上取决于热泵使用了多少绿色能源。“如果热泵使用了生物质天然气、绿色氢气等清洁能源，那么确实可以给予更多补贴鼓励发展，但如果热泵的电力来源依旧是‘灰色电力’，那么补贴的强度也应当相应调整。”

有助于电力灵活性需求响应

此外，随着热泵应用范围的扩大，荷兰输电系统运营商 Tennet 表示，智能化的混合热泵将创造更多的灵活性电力需求。

Tennet 指出，在可再生能源发电欠佳的时段内，部分供热系统可能会处于短暂的停滞状态。如果采用混合热泵，在可再生能源电力短缺的情况下，可暂时依赖其他燃料实现供热。智能化的混合热泵可以关停切换，用户侧便可以实现灵活响应。“在风电和光伏高出力期间，如果电网容量有超负荷运转的风险，通过灵活响应便可以降低峰值负荷。这样的灵活性有助于在充足的时间内最大限度地利用各种风电和光伏资源，同时在没有太阳能和风能的时间内减少电力需求。”

Tennet 预测，到 2030 年，通过这样的方式，可以为荷兰的大电网提供 0.5-1 千兆瓦的临时灵活性空间。

据悉，目前 Tennet 和德国供热、工业和制冷系统制造商 Viessmann 正在联合推进一个试点项目，旨在利用混合式热泵的潜在灵活性调节电网的拥堵情况。试点项目能够将热泵和储能系统相结合，形成虚拟电厂，以此缓解电网压力。

不仅如此，Tennet 还表示，通过灵活响应优势，可以与电力供应商签订弹性的价格合同，从而降低能源使用成本，实现综合收益最大化。

本报记者 姚金楠 中国能源报 2021-05-03

## 李鹏：负荷中心将成为能源低碳转型的主战场

在“双碳”目标下，未来十年是新型电力系统构建，以及更大规模新能源消纳至关重要的“窗口期”。在这十年中，新能源的发展速度和规模已经不再是单一维度的考量指标——对于经济仍处于中高速发展阶段的我国而言，如何以社会总成本最小的原则实现全社会的低碳转型，更需要政策制定者着眼长远，以未来的能源利用场景为基础，做好顶层设计、理顺发展机制，以此实现碳中和愿景目标。

以光伏和风电为代表的新能源，更像是一层散落在地面上的能量膜，其特点是能量密度较低，且呈现离散式分布。所以离散式的管理，或者建立一个能够适应离散式发电和用电模式的新型电力系统，才能更好地适应和承接新能源的发电特性。因此不难判定，要构建以新能源为主体的新型电力系统，无论是其物理架构、运行逻辑，还是与之配套的体制机制都要发生颠覆性的变化，而且这种变化是具有合理性和必然性的，是所有新型电力系统参与者都将面对的现实。

事实上，我们并不需要全盘否定现有电力系统的运行逻辑，但可以肯定的是，既有电力系统对于承接更高比例的新能源会付出高昂的系统成本。比如在过去以往，用户被视作刚性负荷，需要通过发电侧追踪用户侧的波动来维持系统的安全稳定。当供给侧有大量波动性、不可调节电源加入后，系统释放出的灵活性需求，往往只能通过配比一定量的储能设施来平抑系统波动；当系统存在尖峰负荷的需求时，就需要通过新建发电厂来“顶尖峰”。由此不仅导致系统内电源利用率降低，同时，供电成本也将难以避免地呈现叠加式上涨。再比如，未来消费侧可能会有几亿辆电动车，每辆车的瞬时充电功率至少有几百千瓦，如果还将延续既往高度集中的大电网管控模式，最终将导致无法承受的系统成本。

能源革命的核心是能源消费革命，能源变革的主战场就在负荷中心。未来以新能源为主体的新型电力系统，一方面需要更多地去适应新能源离散、波动和间歇等特性；另一方面，系统建设的重心也应该转移到配网，也就是消费侧——用户的深度参与和源网荷的常态化互动将成为新型电力系统的核心特征之一。在这一场史无前例的全社会低碳转型中，只有通过能源消费侧的绿色革命才能

带动能源生产侧的结构调整。因此，负荷在哪里，能源革命的重心就应该在哪里。

近几年，我国新能源发电技术取得了长足进步，一方面大幅降低了度电发电成本，另一方面逐步摆脱了新能源发电技术对于资源分布的依赖。比如以往发电技术建设的 1.5 兆瓦风电机组，根本无法适应低风速的资源条件，因而只能转战青海、新疆等风资源丰富的地区进行部署。随着新能源发电技术、储能技术逐步趋于成熟，未来将有越来越多的分布式能源系统嵌入到用户侧的场景之中，特别是对资源依赖性不强的光伏。

在未来，无论是三北地区，还是中东部地区，都将逐步具备新能源项目开发的经济性条件，新能源也会自然而然地实现遍地开花，就近消纳；与此同时，随着分布式新能源发电总量的逐步提升，在特定区域内对系统调节资源的需求也会随之降低。当可中断负荷和虚拟电厂被普遍引入时，用户侧的灵活性也将被充分发挥，进而引导现有电力系统顺利、平滑地过渡到以新能源为主体的新型电力系统之中。

此外，除了技术进步和机制革新奠定的转型基础，电力生产链条上所有参与者做出的适时调整更值得关注。无论是发电企业、电网企业，抑或是电力消费者，这些或宏观或细微的改变，对于低碳转型的作用都是巨大且深刻的。未来，发电企业不能够只关注发电，电网企业也不能够完全统购统销，用户也将更为关心自己使用的电力是否“绿色”——新型电力系统的铸造需要所有参与方为之做出或主动或被动的调整，特别是发电企业，必须要将自身的发展融入到为用户提供更好的绿色低碳电能服务，实现从电力生产企业向能源服务企业的转型。

李鹏 能研慧道 2021-05-16

## 能源“金三角”须摆脱“高碳”之困

“去年，宁东基地煤炭转化量约 9000 万吨，大概要排放几千万甚至上亿吨二氧化碳。加上单位 GDP 能耗强度和总量，比全国平均水平高出很多，几项指标摆出来，再发展大项目的空间就没有了。这些问题实在让我们很困惑，尤其是碳排放，已成为很大挑战。”

“作为一个成长型资源城市，如何实现高碳城市的低碳化发展，我们一直在探索。但仅靠地方自身，力量很薄弱，希望专家、同仁帮我们提供思路，如何在碳达峰、碳中和要求下走出一条科学路径。”

“大路工业园建成现代煤化工产能 460 万吨，早在 2018 年产值就已超 500 亿元。目前，我们也遇到很多瓶颈，在碳达峰、碳中和目标下如何发展，需要大家坐在一起，推心置腹地研究。”

近日，在银川召开的一场闭门座谈会上，来自宁夏宁东能源化工基地、陕西榆林、内蒙古鄂尔多斯的代表直言当地能源发展新困。上述三地处于我国能源“金三角”地区的核心区域——以不到 1.4% 的国土面积，聚集着全国约 47.2% 的已探明化石能源储量，是目前我国最大的煤炭调出、电力外送、煤炭深加工转换区。

在碳达峰、碳中和目标下，我国将在“十四五”时期严控煤炭消费增长、“十五五”时期逐步减少。一边是保供之重任，一边是减排新要求，能源“金三角”面临严峻考验。大象如何转身？

“宁东乃至整个能源‘金三角’，高碳排放已成为共性挑战”

一座座巨型装置高耸林立，盘旋半空的乳白色管道布满厂区，国家能源集团宁煤 400 万吨/年煤炭间接液化项目坐落在一片“钢铁森林”之中。在这里，经过近 4000 公里的管道，煤可变身柴油、石脑油等多种产品，由黑色到透明、从固体到液态，成就了全球单套装置规模最大的煤制油项目。

项目所在地，就是以“再造一个宁夏经济总量”为建设目标的宁东能源化工基地。该基地是西北第一个产值突破千亿元的能源化工园区，目前已形成煤化工产能 2450 万吨、火电装机 1735 万千瓦、外送电规模 1200 万千瓦。

宁东基地氢能产业发展中心主任闫新民告诉记者，基地园区始建于 2003 年，历经 18 年发展，宁东形成了相对庞大的煤化工产能。“但随之而来的是碳排放量过大的问题，万元工业增加值碳排放

长期处于高位。”

宁东基地管委会副主任陶少华进一步称，到 2025 年，基地工业生产总值计划突破 2500 亿元，由于基地处于欠发达地区，下一步的发展仍离不开煤、电等资源。“但是，高质量发展必须建立在解决现有矛盾的基础上。对于宁东乃至整个能源‘金三角’，高碳排放已成为共性挑战。”

高碳的负面影响已经显现。中国石油和化学工业联合会园区工作委员会秘书长杨挺指出：“当前能源‘金三角’地区的部分项目在规划层面已开始遭遇拖延，部分已批准的项目面临重新审批，还有的地方已禁止新上煤化工项目。”

“按照国家能源局《煤炭深加工产业示范‘十三五’规划》等政策文件，榆林在煤化工领域积极谋划。但从去年起，项目推进遇到很大困难。”榆林市发改委能化中心副主任胡滨举例说，“某央企投资的 90 万吨/年烯烃项目，环评本已通过生态环境部部会，但在碳达峰、碳中和要求下，生态环境部主动把项目退了回来，要求企业拟定碳中和方案。面对新挑战，我们有很多新的困惑。”

“作为一个高碳化工园区，我们迎来了前所未有的挑战。”榆林经济技术开发区管委会副主任张彦军也称，尽管已采取国内、国际先进技术，排放、能耗表现相对较好，并已通过土地、水资源等审核，但园区内一批重大能源化工项目仍出现迟滞。“迫切希望尽快找到解决高碳排放问题的钥匙。”

“在相似的能源资源禀赋和发展条件下，宁东、榆林和鄂尔多斯的产业结构高度同质”

结合现实状况，多位园区负责人提出，考虑到能源“金三角”区域的特殊性及其重要作用，可否在减排指标上给予合理倾斜？

“能源‘金三角’既是能源经济发展区，也是生态相对脆弱地区。如何解决‘绿’和‘富’同行的问题，需要行业共同探讨。同时，也需要从政策层面给予我们这些区域一定支持。”鄂尔多斯苏里格经济开发区书记曹银山提出了这样的诉求。

然而，在石油和化学工业规划院副院长李志坚看来，满足这一诉求的难度很大。

“当前，正处于碳达峰目标的关键节点，实现碳中和时间也非常紧迫。碳达峰不是冲高峰，要求国家单独‘开口子’、争取更大碳排放容量的做法不可行。”

李志坚认为，对于能源“金三角”而言，更现实的做法是尽快淘汰低端、落后产能，为高端、低碳项目腾出空间。“化石能源富集区希望将资源优势转化为经济优势，带动地方发展及能源资源高效利用，思路有其合理性。但问题在于如何转化，不能再以简单粗放的方式，让低端产业占用过多排放指标。‘十三五’期间，不少传统能源化工项目一窝蜂上马，其中的部分项目甚至不符合国家鼓励的清洁高效利用方向。一个项目动辄百万、千万吨级的碳排放量，大大占据了减排空间。眼下最急迫的事情就是停止无序扩张，在耗费同等能源资源、排放更少二氧化碳的情况下，创造更多价值。”

对此，中国工程院院士谢克昌直言，难题并非一日形成。大约 10 年前，能源“金三角”已暴露出能源资源开发粗放、能源外输压力大、煤炭转化无序竞争、产业同质化严重等问题。目前，前两个问题有所缓解，后两个问题非但没有改观，还有愈演愈烈之势。大量无序、重复转化，在一定程度上加剧了碳排放。“由于覆盖多个行政区域，能源‘金三角’长期缺乏一体化发展规划。在相似的能源资源禀赋和发展条件下，宁东、榆林和鄂尔多斯的产业结构高度同质，无非就是煤制油、制烯烃、制乙二醇等产品。这个问题一直在强调，但仍未得到有效解决。”

此外，能源“金三角”虽然拥有丰富的可再生能源，各个能源系统却相对独立，资源利用整体效率不高。“一方面，缺少能打破系统壁垒、促进多能融合的关键技术；另一方面，在机制体制上，存在条条框框的管理障碍。”谢克昌认为，孤立的能源系统难以合并同类项，结构性矛盾突出，也是减排路上的一大“阻力”。

“不能再像过去那样一味追求规模，今天 300 万吨、明天 500 万吨铺开了干”

面对减排大考，能源化工项目还能不能发展？谢克昌认为，答案是肯定的。“能源‘金三角’化石能源资源富集，也蕴含丰富的风、光等可再生能源资源，因此被赋予保障国家能源安全的重任。西煤东用、西气东输、西电东送工程，源头都在这里。这里也是重要的能源化工基地，布局了全国超过 1/3 的现代煤化工项目。从上述角度来说，发展不能投鼠忌器，不能因为煤基能源化工是高碳产业

就不发展了。但发展必须建立在清洁低碳、安全高效的框架下。”

李志坚也称，碳减排并不意味着一个能化项目都不能做，关键在于选择什么样的项目。“应在淘汰落后产能、腾出排放空间的基础上，谨慎、科学布局。不能再像过去那样一味追求规模，今天 300 万吨、明天 500 万吨铺开了干。此外，能源‘金三角’的新能源发展虽有一定优势和产业基础，但与化石能源相比远不在一个量级，技术储备、产能建设均未跟上。近期工作重点应该是做好融合示范，为远期大规模碳中和做好技术储备。既要稳住化石能源兜底作用，也要大力发展可再生能源，把产业要素尽量向高端方向集中，在经济总量增加的同时，尽量少增或不增碳排放。”

在减碳路径方面，杨挺认为，通过多能融合，可降低能源化工产业的高碳属性。“除了煤炭，能源‘金三角’还具有集石油、天然气以及风光等可再生能源于一体的资源组合优势。煤化工与石油化工、盐化工、生物化工、新能源等产业耦合协同，可打造出技术路线多元的大型能源产业集群体系。”

“在此过程中，一定要以一体化的姿态，从顶层设计入手突破技术难题和体制障碍。应促进区域能源产业与生态环境协同发展，防止行政壁垒、产业同质化竞争。考虑到能源及能化产品的外输贡献量、国家能源安全贡献度等指标，可共同争取统筹安排碳减排政策。”谢克昌提出，能源“金三角”的未来发展路径，在于“以煤炭为中心，保证区域社会经济健康发展；以煤化工为拓展主体，延长煤炭产业链与附加值；发展区域多元化能源格局，加快新型能源发展建设”。

记者了解到，来自能源“金三角”的 17 家能源化工园区，已联合签订绿色协同发展倡议，承诺将“结合实际走出一条生态优先、绿色低碳的区域高质量发展道路，齐心协力助推应对气候变化工作和碳达峰、碳中和目标达成”。对于能源“金三角”减排路上的困与纾，本报将持续关注。

本报记者 朱妍 仲蕊 中国能源报 2021-05-10

## 全球建筑能效市场快速扩容

本报讯 行业研究机构 AEE 日前发布报告称，过去 10 年中，建筑能效在全球范围内不断提高。全球建筑能效市场规模持续攀升，其中，2019 年增长了 9%、2020 年增长 5%，2020 年达到 3417 亿美元。在 2011-2020 年期间，全球范围内建筑能效市场的复合年增长率达到 11%。

该报告指出，数据显示，受新冠肺炎疫情影响，2020 年，全球建筑能效市场规模仅增长了 5%，与 2019 年 9% 的增长率和 2011-2020 年 11% 的增长率相比，显著下降。与此同时，2019 年至 2020 年期间，建筑能效的每个细分市场增长率都有所下降。其中，商业和工业建筑受到的影响更大。但是，住宅建设和家庭装修市场的支出则有所增加，有助于提高整体的建筑能效。另外，2020 年，全球住宅节能和服务市场也增长了 15%，达到 344 亿美元。

报告预计，未来 10 年，支持建筑电气化和节能的产品和服务，如高效暖通空调系统（包括空气源热泵）、相关控制、建筑围护结构改进以及安装和调试服务等将持续增长。其中，热泵已成为通过电气化对建筑物进行脱碳的核心解决方案，助力低能耗的热泵技术已经成为建筑领域最受欢迎的节能技术。

AEE 指出，目前，与传统能效产品，如智能建筑管理系统 BMS、储能和现场发电等相衔接的技术创新，已经成为推动建筑能效市场变革的主要力量。随着新技术进入市场，供应商和客户看到了建筑范围和建筑到电网解决方案的机会，这些解决方案能够满足节能之外的多种建筑运营需求。

报告同时显示，由于不断升级的建筑规范和标准、企业可持续发展计划、公用事业激励措施已经不断下降的技术成本，建筑业主正朝着提高能效的技术方向发展，这一点在照明领域最为明显。

根据 AEE 的统计数据，全球范围内，节能照明的市场规模已从 2016 年的 1215 亿美元，增长到 2020 年的 1413 亿美元。不过，近年来，随着 LED 市场开始饱和，增长率有所下降，2019 年到 2020 年全球增长率仅为 1%。

此外，报告还发现，受新冠肺炎疫情影响，2020 年，用户在家的时间更长，导致住宅用电量增加。随着家庭公用事业费用的上涨，能源负荷从商业和工业用地转移到住宅领域，吸引更多的住宅

用户对公用事业和其他电力供应商来说变得越来越重要。不过，在疫情严重期间，许多能效项目被迫暂停，导致行业开始探索新的模式解决建筑节能问题。例如，一些电力公司正在转向使用新技术增强的行为需求侧管理方法，改进节能的预测和实现和，通过在线互动的方式及时为客户提供与节能相关的信息。

从地区来看，报告指出，在美国，已有多个州和城市通过法规和政策，强调电气化在建筑环境脱碳中的作用。“尽管商业建筑中存在多种脱碳方法，例如将可再生天然气整合到天然气供应中，但电气化被广泛认为是实现建筑行业脱碳的最具商业可行性的途径。电热泵，特别是可变制冷剂流量（VRF）系统等技术可满足美国大多数气候条件下的供暖需求，并有助于实现温室气体排放目标。在过去 5 年中，这些技术的采用率已经持续增长，美国一些州通过公用事业能效项目为其提供了激励措施”。

欧洲则是建筑脱碳技术最成熟的市场之一，VRF 系统在整个地区的商业建筑中得到广泛采用。

在亚太地区，政策和技术市场目前主要侧重于建筑部门的能效目标，亚太许多国家未来的电气化可能与欧洲的路径相似，强调地区系统在供热方面的作用。

不过，报告认为，拉丁美洲、中东，以及非洲地区目前在建筑脱碳、节能系统和电气化方面的需求有限，监管支持也较为薄弱。

（穆紫）

中国能源报 2021-05-17

## 上海基于“虚拟电厂”实现削峰填谷

本报讯 记者韩逸飞报道：日前，国家电网在上海开展国内首次基于虚拟电厂技术的电力需求响应行动，通过对用电侧的精准管控，实现智慧减碳。

上海电网是典型的超大城市电网，白天和夜晚的用电负荷峰谷差较大，这给电网稳定运行带来一定挑战。有别于传统的有序用电和“刚性”调控负荷，电力需求响应手段突出“柔性”。即通过引导用户主动地在电网高峰时段削减用电负荷，或者在低谷时段增加用电负荷，从而对电力负荷进行再平衡，解决电力供需矛盾问题。

五一假期后的第一个工作日，下午 2 点是上海城市用电的高峰时段。在一栋写字楼里，在不影响正常运转的情况下，其中几台空调主机和水泵临时关闭，部分电梯暂停，就连地下车库的照明也部分熄灭。这并不是停电，而是上海通过能源互联网技术，精准地将当时没有使用的电力设施有序暂停，进行“虚拟电厂”需求响应行动。

所谓虚拟电厂，就是距离市中心十多公里外的上海市电力需求响应中心对用电侧进行精准管控，把可以节约出来的用电停下来，腾出负荷空间给需要的地方。

仅这一栋楼，在不影响生产生活用电的情况下，一次性就腾出了 500 千瓦的负荷。同一时间，包括工业企业、商业写字楼、储能电站、电动汽车充电站等在内的 11536 家电力用户参与行动。聚沙成塔，腾出来的负荷达到 15 万千瓦，成为一个虚拟的发电厂。

上海市电力需求响应中心郑庆荣介绍说：“这相当于为我们的城市建设了一台 15 万千瓦的发电机组，这些电可以为我们的 3000 多辆电动车充电一次，最大减少碳排放 40 吨。”

据了解，“虚拟电厂”响应自动、控制精准，机组特性曲线可模拟常规发电机组，负荷调节的颗粒度更为精细，与承载基荷调节功能的工业等类型负荷组合后，让整体响应曲线更为精准的满足了电网运行调节需求。

依托在全国率先建立的需求响应虚拟电厂平台，国网上海电力深层连接和精准接入客户用能设备，实现对闲散的、碎片化的负荷的聚合、交易和调配，从而达到资源聚合和协调优化的目的。

“虚拟电厂”不仅可以在用电高峰时段削峰，还可以在夜间用电低谷时段填谷，通过多用电来消纳夜间发的水电、风电等清洁能源。

5月6日凌晨1点开始，浦东的某座公交车充电站里，150台智能充电桩同时开启集中充电，旁边的商务楼里，冰蓄冷中央空调系统开始制冰。三个小时的时间里，有12837家电力用户参与了“虚拟电厂”响应行动，最大填谷负荷达到了50万千瓦。按照碳排放折算，可以减少碳排放400吨以上。

不仅如此，此次“虚拟电厂”响应行动，还在上海临港工业区，尝试通过电网的精细化调节，优先消纳周边的风电、太阳能发电等清洁能源，实现一定区域内用电负荷的自平衡。

上海市经济和信息化委员会电力处副处长肖明卫表示，目前上海的“虚拟电厂”已经初具成效，初步建成了将近100万千瓦的能力，这样就把分散的资源集中成了电网可用的珍贵的用电负荷资源。

“‘虚拟电厂’的需求侧响应，对于整个能源的安全保障和效率提升，能够提供非常多的支持，支撑绿色转型发展。”上海市发展改革研究院能源环境所所长张瀚舟说。

中国能源报 2021-05-10

## 借力“清洁能源岛”，零碳建筑海南需求加码

海南是我国经济特区、自由贸易试验区，亦是全国生态文明示范区。为全面推进海南深化改革，去年发布的《海南能源综合改革方案》中明确提出，到2025年，海南清洁低碳、安全高效的能源体系将初步建立；到2035年，海南清洁能源岛基本建成。

全力打造清洁能源岛，离不开交通、建筑、工业各领域的清洁低碳转型。记者了解到，近年来，海南省发布的多项城市绿色发展文件中，“零碳建筑”“低碳建筑”等词频现，发展绿色建筑成了海南省实现清洁能源转型的重要抓手。

然而作为国内唯一一个热带岛屿省份，海南省在发展零碳建筑方面可借鉴经验少之又少。公开材料显示，该省自2013年印发《绿色建筑行动实施方案》以来，截至目前，省内建成投运的零碳建筑示范项目屈指可数，零碳建筑的技术路径和标准也尚未形成。中国建筑科学研究院环境与能源研究院院长徐伟表示，海南省零碳建筑发展尚属初起步阶段。“碳达峰、碳中和”目标加持下，海南省该如何趟出独具特色的零碳建筑技术路径？近日，由海南省住房和城乡建设厅、中国建筑科学研究院环境与能源研究院联合主办的“2021年海南自贸港‘零碳建筑高峰论坛’”上，来自海南省住建领域专家与中国建筑节能协会超低能耗建筑分会60位理事针对这一议题展开了深入研讨。

### “清洁能源岛”建设

#### 催生零碳建筑新需求

“重返绿水青山，是海南省建设国际旅游岛最明显的优势，因此，绿色发展是近二十年来海南省一直坚持的发展理念。”海南省住房和城乡建设厅副厅长刘联伟在会上如是介绍。

为深入推动海南省绿色可持续发展，《国家生态文明实验区（海南）实施方案》、《海南省清洁能源汽车发展规划》、《海南能源综合改革方案》等一系列绿色低碳转型的政策密集出台。其中，《国家生态文明试验区（海南）实施方案》明确提出，要将海南建设成为清洁能源优先发展示范区，建设海南清洁能源岛。这也是全国4个国家生态文明试验区中唯一一个清洁能源优先发展示范区。

特殊的能源发展定位，使得海南省在各领域绿色发展方面不断加码。尤其在绿色建筑领域，推广面积呈倍数攀升。据海南省住房和城乡建设厅勘察设计处处长陈永富介绍，海南全省装配式建筑项目从2017年零起步一路攀升至2020年上半年的842万平方米，增长迅速。

据刘联伟介绍，作为尚处开发建设之中的自贸港，未来，海南省将会有大量的建筑需求。面对打造清洁能源岛目标，海南省推进绿色建筑步伐也逐渐由装配式建筑向低碳建筑、零碳建筑迈进。

今年2月，海口江东新区管理局就在其印发的《零碳新城建设工作方案》中提出，发展低碳建筑，推动提升建筑能效，以《近零能耗建筑技术标准》为指导，形成零碳发展特色模式，实现绿色低碳建筑系统化设计、智慧化管理。

#### 海南特色“零碳建筑”

仍待探索

记者了解到，虽在推行装配式建筑领域小有成效，但发展低碳建筑、零碳建筑仍是海南省绿色建筑推行的软肋。

“零碳、低碳建筑建设需因地制宜，当地的气候特征很大程度上决定了零碳建筑的技术路径。”中国建筑节能协会超低能耗建筑分会副理事长、五方建筑科技集团董事长崔国游说，海南岛全岛长夏无冬，年平均气温为 22—27℃，昼夜温差小，太阳光辐射能力强，且全岛海洋气流受中部山地阻隔，使得省内各地降雨蒸发都各不相同，形成东西南北中五个微气候区域，分别为北部半湿润区、中部山地湿润区、南部半干旱半湿润区、西部半干旱区和东部湿润区。

“冬季时，北部的寒流被阻挡在北纬 18 度线以北，北部吹着冷风时，南部的人则依然可以吹着海风晒太阳。”崔国游说。

特殊的气候环境，使得海南省零碳建筑技术路径也与其他城市有所差异。陈永富对此表示，我国零碳建筑实践不在少数，但结合海南省特殊的热带、亚热带气候特征，适用于高温高湿的零碳建筑技术路径尚无较大突破，因此，海南省内零碳建筑技术路径和标准仍有待进一步探索。

建议发力高比例可再生能源

打造低碳建筑“海南样板”

“海南省处中国最南端，北以琼州海峡与广东省划界，西临北部湾与越南相对，东南和南边在南海中与菲律宾、文莱和马来西亚为邻，是‘一带一路’沿线国家和地区交流合作的重要桥梁。海南省零碳建筑技术路径与标准的探索，对于‘一带一路’沿线国家发展零碳建筑具有重要意义。”刘联伟说。

谈及海南省如何建设特色零碳建筑，徐伟分析称，海南省地区太阳能辐射总量大于 5000MJ/平方米，根据目前海南省既有 3.4 亿平方米建筑面积，全省年建筑能耗总量为 121 亿千瓦时。“根据海南省特殊气候环境，零碳建筑应更多结合太阳能光伏，采用多层次的建筑遮阳，以减少紫外线照射；其次，应根据全年室内外温差较小特性，合理确定选取隔热材料；再次，海南省部分地区处半干旱半湿润地区，对室内除湿有较高要求，这就需要建筑规划通风设备，优化门窗通风。”徐伟表示，海南省零碳建筑方案应更着手自然通风、调节遮阳、建筑微环境和区域低碳规划的基础上，高比例应用可再生能源，打造低碳建筑的“海南方案”。

河北奥润顺达窗业有限公司副总裁范振发介绍：“结合海南高温高压复杂气候条件，我们正着力研究‘热带亚热带地区的超低能耗及产能型建筑技术体系’‘岛礁建筑模块化产能型新技术’‘岛屿型建筑的雨水回收系统和智能遮阳系统’‘热带亚热带建筑地区建筑防台风’等技术体系，推动零碳建筑技术融合，满足海岛公民特殊建筑需求。”

本报记者 张金梦 中国能源报 2021-05-10

## 首个“热带岛屿型”近零能耗建筑渐行渐近

本报讯 记者张金梦报道：记者近日在海南自贸港首个近零能耗建筑探索项目采访时获悉，该项目预计今年年底建成投产，建成后将填补海南省近零能耗建筑示范项目的空白。

据了解，该项目位于海南省乐东黎族自治县西南部的九所镇，是我国最南端近零能耗建筑。项目自去年 4 月开工建设，一期规划了 6 栋近零能耗建筑单体，总建筑面积达 1.8 万平方米。2020 年，该项目获得中国建筑节能协会超低能耗建筑分会“近零能耗建筑”设计标识。

业内专家认为，该项目有力推动了海南岛自贸港零碳园区目标落实，对于热带岛屿型地区发展零碳、低碳建筑具有探索性意义。

4 月底，记者跟随中国建筑节能协会超低能耗建筑分会调研团队走进这一近零碳建筑示范工程，6 栋近零能耗建筑呈弧形排列，建筑外层已经“裹”上一层银灰色“保温衣”。目前工程建设进度已完成 60%，现场工人们正在进行屋面防水、门窗安装作业。

这一层仅 50mm 厚的“保温衣”看似和普通外墙无异，但作用大得很。据项目施工方——五方建筑科技集团董事长崔国游介绍，“保温衣”是一种以石墨聚苯板为主的特殊隔热材料，当建筑“穿”上

后,可有效阻挡室外热空气传递,同时建筑外表面采用高反射隔热涂料,比普通涂料表面温度低 10—20 摄氏度,两者结合可有效降低室内温度,节省空调用电,实现最大程度节能。

崔国游进一步介绍,为尽可能减少阳光照射,在对太阳运动轨迹与辐射强度分析后,项目 6 栋建筑均采用竖向固定遮阳与活动百叶式外遮阳结合,在满足室内自然采光的同时,最大程度减少室外太阳光热对室内舒适度以及制冷能耗的影响。此外,室外活动式百叶外遮阳还配备了风光雨智能控制系统,以应对突发天气的影响。

据了解,九所镇地处山区,属沿海平原热带气候区域,热带季风气候,冬暖夏凉,年均平均温度 20 摄氏度以上,年均降雨量为 1000—1300 毫升。

“九所镇光照强度非常大,光照居全岛之冠,太阳能辐射量在 6140MJ/平方米。年总日照时间达 2600 小时。遵循太阳运动轨迹与辐射的特点,我们在九所镇近零碳建筑设计初期,着重加强了屋顶遮阳功能与光伏建筑一体化(BIPV)的应用。”崔国游说,通过建筑围护结构的节能以及充分利用太阳光资源,建筑达到了近零能耗建筑标准。

相关数据显示,目前,该项目每栋建筑 BIPV 面积已达 300 平方米,年均发电量可达 3.8 万千瓦时。

除此之外,海南作为气候宜人的“天然氧吧”,通风正是当地人日常生活中与吃、穿、住并重的行为习惯。但与此同时,高温、高湿的气候特点也要求海南近零能耗建筑通风系统的设计建设有异于其他地区。

“在新风系统空调措施方面,我们采用全热回收新风机设备,在回收温度的基础上,亦可有效阻碍大气中花粉、尘土等有害微生物及 PM2.5,有助于应对九所镇所处地区多沙尘的气候特点;在制冷方面,通过外围护结构以及外遮阳的隔热措施,项目 6 栋建筑较传统建筑减少了空调的使用,同时采用电风扇辅助提升室内舒适度,一定程度上节省了空调制冷能耗。”崔国游说。

通过分析计算,通过上述一系列节能低碳举措,该建筑年终端能源消耗量为 17.5 万千瓦时,较普通建筑节能 60%。相对国家节能标准而言,可实现节约标准煤 6.3 吨,减排二氧化碳 16.76 吨,减少二氧化硫减排量 0.13 吨,氮氧化物减排量 0.24 吨,节能减排成效显著。

中国能源报 2021-05-10

## 探索碳达峰碳中和的山西路径

4 月底,山西省科研单位承担的国家重点研发计划“煤炭清洁高效利用和新型节能技术”3 个项目在太原启动。“做好碳达峰、碳中和工作”被列为今年的重点任务之一,山西省将自觉扛起碳达峰碳中和山西行动的政治责任,强化碳达峰、碳中和牵引作用,深化能源革命综合改革试点,全力打好这场硬仗。在国家重点研发计划 5000 多万元经费支持下,项目中各项低碳研发技术的突破将为山西省实现目标提供坚实支撑。

### 10 年内完成碳达峰 任务异常艰巨

今年山西省政府工作报告指出,2021 年要实施碳达峰、碳中和山西行动。作为能源大省,山西当前煤炭消费量占到全省一次能源消费总量的 80%以上。“‘十三五’时期是山西新旧动能转换力度最大、成效最为显著的一个时期,但碳排放总量仍居全国前列,10 年内完成碳达峰任务异常艰巨。”山西省社会科学院能源经济研究所所长韩东娥研究员认为,我省要实现碳达峰、碳中和目标面临的压力来自三方面:一是全省发展不平衡不充分不协调问题仍然突出,面临着发展经济、改善民生等一系列艰巨任务,经济增长处于高速度高质量发展期,能源需求在不断增加,碳排放仍处于上升阶段;二是煤炭消费比重过大;三是单位 GDP 能耗较高。这些挑战需要从转变经济发展模式、能源供应和消费模式等多维度发力。

2019 年山西省通过碳汇交易,提升林地附加值,助力全省生态持续改善。对碳捕集、封存与利用等关键核心技术的研发和技术示范,增强工业固碳能力。中国科学院山西煤炭化学研究所研究员

邓蜀平认为，现代煤化工项目可以富集高浓度的二氧化碳，与山西钢铁、焦化、化肥、铝镁等行业排放的弛放气结合，可生产碳酸二甲酯、二苯基脲、聚氨酯等精细化学品和高端材料产品，大幅减少大气污染和碳排放。

一边要实现碳达峰、碳中和，一边要经济社会发展，如何齐头并进？科技是保障二者同时实现的关键，碳达峰、碳中和将检验并催生一系列科学结论、科学方法及技术创新成果。

把压力转变为新发展机遇，以创新实现高碳能源低碳化利用

当前，山西省煤炭利用正逐步向清洁化、大型化、规模化、集约化发展，推动煤炭由单一燃料属性向燃料、原料方向转变，推进分级分质利用，从而实现高碳能源低碳化利用。煤炭分级分质梯级利用是煤炭清洁高效利用技术创新的战略方向之一。分级转化技术是先从低阶煤里提取出价值较高的油气，剩余的半焦或残炭作为燃料继续燃烧发电，这样最大程度地发挥了煤炭的利用价值。

似乎顺着这条思路，就能把煤炭“吃干榨净”。然而，到了操作层面，一切并非想象中那么简单。煤经气化、费托合成的间接液化路线制取优质液体燃料和化学品是最主要的煤洁净高效转化途径之一。虽然山西国百万吨级煤制油工业化在技术指标、生产效率、能耗、运行规模等方面居世界领先地位，但在产品高值化和深加工方面，与国际水平尚有较大差距。此次，中科院山西煤化所董梅科研团队承担的“煤间接液化产品高值转化技术及工业化”示范项目将深入研究费托合成低值产品活化和定向转化的催化与反应工程科学问题，突破费托合成尾气制芳烃、石脑油和轻质柴油制高品质航空煤油组分、费托合成蜡制高端润滑油基础油等核心技术，打造出我国较为完善的煤间接液化产业链。

低热值煤高效清洁发电利用是山西省能源结构调整的重要方式。太原理工大学科研团队将努力攻克煤泥、煤矸石等低热值煤发电存在的燃烧效率低、低负荷时污染物排放难以控制、应对新能源电力的热电调峰能力严重不足及燃烧副产物难以利用等一系列问题。“能源革命要跨越化石能源到清洁能源这道坎，能源转型必须发展突破性科学技术。一方面，继续发挥煤炭‘压舱石’作用，支撑清洁煤炭发电；另一方面，大力发展可再生能源，实现多能源互补，保证能源安全。”项目负责人、太原理工大学教授马素霞表示。理工大将联合清华大学、华中科技大学、华北电力大学等科研单位深入开展低热值煤清洁高效燃烧利用与灵活发电关键技术研究，构建低热值煤—发电—建材产业链、延伸煤炭、电力产业链条、发展循环经济。山西河坡发电有限责任公司正高级工程师姜平领衔的科研团队在这个大项目的基础上，又分别设置“多元低热值煤大容量高效清洁燃烧”“发电机组余热梯级利用及灵活热电联产”“350MW 机组低热值煤灵活发电技术与工程”“燃煤副产物与烟气协同碳化规模化利用及示范”“低热值煤灰渣定向转化高值利用关键技术与应用”5个课题，通过解决3大科学问题，攻克5项关键技术、完成3项工程示范，最终实现“低热值煤清洁高效燃烧资源利用与灵活发电”总体目标。

加快能源革命步伐，为实现碳中和目标贡献山西力量

中科院山西煤化所研究员吕春祥提出，发展高性能碳材料产业，对山西实现“碳达峰”和“碳中和”目标具有举足轻重的作用。他认为，山西是我国高性能碳材料的重要研发和产业基地。未来，要把新一代高性能碳纤维及其复合材料、高性能石墨等高性能碳材料作为战略性新兴产业，建设高技术攻关、产业、应用的项目集群。

韩东娥认为，碳达峰、碳中和目标下，山西作为能源大省，电力输出大省，必须加快能源革命步伐，努力摆脱对化石能源的依赖，要在满足经济与民生对能源需求、经济上合理且安全稳定的前提下，推动能源体系从高碳化石能源为主向碳中性能源、低碳能源和非碳能源转型，为我国实现碳中和目标贡献力量。

一是控制煤炭消费量和碳排放量。由于山西省能源体系以化石能源尤其是以高碳的煤炭为支撑，减少煤炭消费能为碳中和目标贡献巨大力量。加快解决民用散煤，包括小锅炉、工业窑炉、冶金建材化工用煤，以及煤化工等源头污染问题，积极推进煤炭清洁高效利用，努力介入和推动碳捕捉、封存和利用技术创新发展。

二是加快煤电行业转型升级。煤电在“十四五”及较长一段时期内，仍是电力系统的托底保障电源，山西省煤电高质量发展要在严控煤电规模基础上，走清洁、高效和灵活的道路，引导煤电从电量供应主体逐步转向容量供应主体，加强调峰调频、辅助服务等功能，保障电力供应和系统安全，持续减少碳排放。

三是加快发展风电、光伏等可再生能源。新能源发展，不仅要关注新能源量的增长，更需要认识到新能源对灵活调节能力的要求和电力系统安全的影响，更加注重新能源的发展质量。通过发展可再生能源，电力行业要加快向以可再生能源为中心的电力系统转型，加速能源电力系统脱碳进程。

四是加强综合能源服务。综合能源服务利于提高能源生产和利用效率，降低单位 GDP 能耗，通过能源互联网，大幅提升清洁能源的利用效率，缓解对于化石能源的依赖。

沈佳 山西日报 2021-05-16

## 新技术可在石头中储存可再生能源突破锂电池局限

随着 GridScale 示范工厂的建设，在石头中存储可再生能源的概念离实现又近了一步：该电站将成为丹麦最大的电力储存设施，容量为 10 兆瓦时。豌豆大小的石头，在大型的绝缘钢罐内被加热到 600°C。

这项技术将电能以热能的形式储存在石头中，被称为 GridScale，它可以成为一种廉价而有效的替代锂电池中储存太阳能和风能的方法。就锂电池的成本效益而言，它一般仅适用于 4 小时的短期能源供应，而 GridScale 的电力存储系统将有效地支持较长时期的电力供应，最长可达一周。

这项技术的背后力量——气候技术公司 Stiesdal storage Technologies 希望，能通过 GridScale 能源存储系统，把在有风和阳光的天气产生的电力节省下来，供以后使用。

GridScale 技术简单点来看，就是在一套或多套绝缘钢槽中加热或冷却玄武岩，将其压碎成豌豆大小的小石头。当有来自风能或太阳能的剩余能量时，存储设施通过一个压缩机和涡轮机系统充电，它将一个或多个装满冷石头的储水箱中的热能，泵到相同数量的装满热石头的储水箱中。

这意味着在冷槽里的石头变得很冷，而在热槽里它们变得很热——温度高达 600 摄氏度。热量可以在石头中储存许多天，装满石头的水箱的数量，可以根据所需的储存时间长短而变化。

当再次需要电力时，这一过程就发生了逆转，所以热槽中的石头会变冷，而冷槽中的石头会变暖。该系统基于一种廉价的存储材料和成熟的、众所周知的充放电技术。

GridScale 原型将是丹麦电力系统中最大的存储设施，而一个主要的挑战将是使存储的灵活性以一种提供最佳价值的方式在电力市场上可用。这也将是项目的一部分。

该创新项目的全称是“GridScale-高成本效益的大规模电力存储”，该项目将运行三年，总预算为 3500 万丹麦克朗(470 万欧元)。丹麦能源机构下属的能源技术发展和示范项目(EUDP)为该项目提供了 2100 万丹麦克朗(280 万欧元)的资金。

除了 Stiesdal 和 Andel 公司，合作伙伴还包括奥尔胡斯大学(AU)、丹麦技术大学(DTU)、Welcon、BWSC (Burmeister Wain Scandinavian Contractor)、丹麦能源集团(Energi Denmark)和丹麦能源集群(Energy Cluster Denmark)。

合作伙伴将为石材存储设施提供能源系统分析和设计优化，并优化技术概念，使 GridScale 技术成熟，成为一个随时可以上市的可扩展解决方案。

例如，奥尔胡斯大学(AU)开发的欧洲能源系统模型将与丹麦技术大学(DTU)开发的涡轮机优化模型相结合，以考量欧洲环境下石材存储设施的潜在作用，并优化设计。

原型储存设施的确切地点尚未决定。当下，探索在哪个国家、在何时落地这一绿色转型技术会发挥最大的价值，以及寻找能为存储解决方案优化的能源技术组合，都将非常关键。奥尔胡斯大学机械与生产工程系副教授戈姆·布鲁恩·安德烈森(Gorm Bruun Andresen)说：“我认为，石头储存技术在

世界许多地方都有巨大潜力，在绿色转型中可能具有巨大优势。”

前瞻网 2021-05-08

## 新型电力系统建设为光伏转型发展带来新机遇

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

碳中和倒逼新型电力系统加速建设

能源生产端碳减排是实现

碳达峰碳中和的根本措施

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

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

新型电力系统是

电力系统转型的内在要求

构建以新能源为主体的新型电力系统，符合电源结构向风电、光伏发电过渡的发展趋势，可有效适应电源建设主体多元化、快节奏的发展需求。同时，建设新型电力系统是满足新型电源结构下电力系统安全稳定运行的基本要求。新型电力系统运行需要构建新的稳定运行策略，实现发电和用电实时平衡。

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

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

光伏面临融资、土地成本高等制约

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

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

光伏发电项目延期并网，这将降低分布式光伏项目的经济性。

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

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

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

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

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

#### 光伏高质量发展迎来历史性机遇

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

#### 符合国际能源转型

##### 整体趋势

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

#### 已入列“十四五”

##### 重点发展行业

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

《十四五规划和2035年远景目标规划纲要》（以下简称《纲要》）明确提出，加快发展非化石能源，坚持集中式和分布式并举，大力提升光伏发电规模，加快发展东中部分布式能源，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源占能源消费总量比重提高到20%左右。另外，针对当前困扰光伏等可再生能源发展的消纳问题，《纲要》也提出了多种解决办法，如加快电网基础设施智能化改造和智

能微电网建设，提高电力系统互补互济和智能调节能力，加强源网荷储衔接，提升清洁能源消纳和存储能力。

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

#### 我国光伏设备制造 及应用全球领先

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

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

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

#### 双碳目标下

##### 我国光伏发电市场空间广阔

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

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

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

#### 需创新体制机制和研发前沿技术

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

#### 协调长期与短期、 整体和局部的关系

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

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

#### 创新商业模式

##### 丰富光伏发电应用场景

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

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

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

#### 加快电力体制改革

##### 构建新型电力系统下的运行机制

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

目前，各省（市）要求光伏配备一定容量的储能，由于电池成本较高，这将造成光伏项目经济性下降，影响其更大规模应用。因此，建议完善电力辅助服务市场，从电力系统全局考虑灵活性调节问题，提高灵活性电源的利用效率，这可以借鉴更多的光储应用场景，而不是采用行政命令一刀切，要求各项目均配备储能。如澳大利亚光伏发展速度较快，面临中午高峰期发电能力强、电网难以消纳的问题。对此，澳大利亚能源市场委员会（以下简称 AEMC）近日提出，拟对向电网出售太阳能电力的居民征收“太阳能税”。根据公布的规则草案，AEMC 建议在中午时段对上网的太阳能电力征税 2 美分/千瓦时。AEMC 表示，征税将发送“价格信号”，以帮助减少电网拥堵，并鼓励更多的家庭安装电池存储设备，减少高峰期上网电力。

#### 协同供需两侧

##### 挖掘光伏发展空间

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

#### 科技赋能

##### 光伏转型发展

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

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

（作者均供职于海南省绿色金融研究院）

孙李平 史英哲 云祉婷 中国能源报 2021-05-10

## 以能源低碳转型起笔 浙江勾勒新时代“富春山居图”

4月的大陈岛草木葱郁，海风和煦。这一位于浙江台州东南洋面的岛屿，不久前在全国率先开工建设海岛“绿氢”综合能源系统示范工程，正越发热闹。

“岛上年平均风速6.8米/秒，年有效风能时数达7000小时……工程项目依托当地风电资源，要构建基于100%新能源发电的氢能源综合利用系统。”国网台州供电公司相关负责人介绍，工程预计在今年12月底前投运，将利用“风制氢—储氢—燃料电池热电联供/燃料电池汽车加氢站”，实现从清洁电力到清洁气体能源转化及供应的全过程零碳。

“十四五”开局以来，浙江积极推动能源清洁低碳转型，该海岛“绿氢”综合能源系统示范工程的建设，仅是其中一例。

根据《浙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，浙江提出将全过程推动绿色低碳循环可持续发展，落实碳达峰、碳中和要求，促进人与自然和谐共生，高水平绘好新时代“富春山居图”。

如果俯瞰浙江海宁尖山新区，一定会被厂房上密布的光伏发电装置所吸引。作为我国分布式光伏等新能源起步最早的区域之一，尖山新区截至2020年底新能源装机容量已达314.4兆瓦，人均光伏容量9.7千瓦，超过浙江省人均0.23千瓦40倍以上。

据了解，2020年全年尖山新区新能源发电量5亿多千瓦时，占地区全社会用电量比例超过30%。按照每月用电200度计算，足够20多万户家庭使用一年，且为清洁能源，相当于年节约标煤20多万吨，减少排放二氧化碳近50万吨。

公开统计数据显示，“十三五”期间，浙江省能源能效稳步提升。2009年至2019年，浙江煤炭（高碳能源）消费占一次能源消费总量比重由63.2%降至45.3%；天然气（低碳能源）占比由1.49%升至8.0%；非化石能源（零碳能源），如核电、水电、风电、太阳能光伏发电等占比从13.6%升至29.9%。

此外，2020年，浙江省单位GDP能耗完成国家下达的目标任务，能效水平居全国前列，为力争在2030年前率先实现能源领域碳排放达峰，并在完成目标期间更加“精打细算”。

2月25日，国网浙江省电力有限公司推出“能源碳效码”，并接入浙江政府服务平台“浙里办App”，依托电力大数据平台，集成企业生产经营的电、气、煤、油等能耗数据，转换成单位产值碳排放量，进行精准统计、分析和赋码，科学直观反映区域碳排放强度及行业、企业碳效水平。

国网浙江电力有关负责人解释道，企业能源碳效分为5个等级，等级1、2表示企业单位碳排放量低于行业平均，碳效最高，等级3表示企业单位碳排放量近于行业平均水平，等级4、5表示企业单位碳排放量高于行业平均水平，碳效最低。“查询‘能源碳效码’后，自己直观地认识到了企业能耗较高但产值低下的情况。”长兴旭日粉体科技股份有限公司总经理王德芳表示。

截至3月底，在湖州长兴县，共有23个行业领域792家规上企业的碳效测算已完成，碳排放水平一“码”了然。

浙江省发改委2月份发布的《浙江省绿色循环低碳发展“十四五”规划（征求意见稿）》提出，要加强清洁能源开发利用，到2025年，非化石能源占一次能源消费比重达到24%，光伏装机容量达到2400万千瓦左右，风电装机容量达到830万千瓦左右，生物质发电装机达到260万千瓦左右。

浙江省能源局二级巡视员王京军表示，面向“十四五”，浙江省将实施风光倍增工程，其中光伏的新增装机力争达到1200万千瓦以上，着力推进可再生能源加储能创新发展，创建若干个新增非水可再生能源装机超百万千瓦。

洪恒飞 江耘 科技日报 2021-05-07

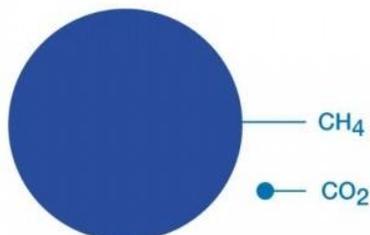
## 应对气候变化：迅速减少甲烷排放可事半功倍！

减少人为造成的甲烷排放是最快、最具成本效益的气候战略之一，可以降低气候变暖的速度，并有助于将气温上升限制在 1.5 摄氏度。减少甲烷排放的全球行动对人类健康、粮食安全和生态系统还有额外的好处，可以抑制对流层臭氧的形成，这是一种具有多重有害影响的空气污染物。

### Key methane facts

**86x**

**more powerful**  
than CO<sub>2</sub> over  
a 20-year period



Atmospheric lifetime of **12 years**



Causes **1+** million premature deaths per year

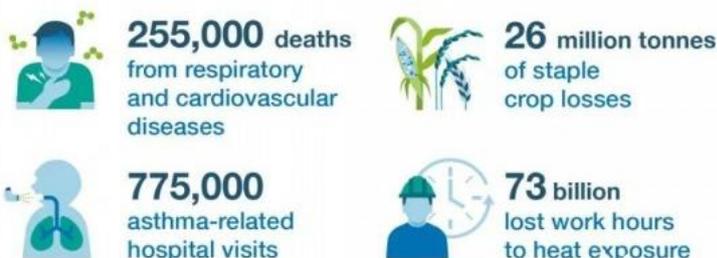
as a driver of tropospheric ozone formation

从导致气候变化的因素来看，甲烷仅次于二氧化碳。全球甲烷排放量的一半以上来自三个部门的人类活动：化石燃料（占人为排放量的 35%）、废物（20%）和农业（40%）。

### Reducing methane emissions by 45% means

 **0.3°C** warming  
avoided by **2040**

Preventing every year:



甲烷相对较短的大气寿命，加上其强大的变暖潜力，意味着减少排放的行动可以在几十年内带来好处，让世界走上符合巴黎协议 1.5 摄氏度的目标。到 2030 年，甲烷排放量必须比预计水平减少 45%（相对于当前排放量约 35-40%），不仅对气候，而且对农业、人类和生态系统健康都将带来立竿见影、持久的多重效益。

## Limiting warming to 1.5°C at the lowest cost

By **2030**

methane emissions need to be reduced in  
each of the three main emitting sectors:



现在需要扭转甲烷排放的趋势，以便在 2030 年之前实现多种效益。可以迅速采取有针对性的措施，以减少矿物燃料和废物部门的甲烷排放量，其中大多数是低成本的：

石油和天然气部门：减排每吨甲烷平均成本：520 美元

煤矿：减排每吨甲烷平均成本：190 美元

废水处理：减排每吨甲烷平均成本：3240 美元

农业部门：减排每吨甲烷平均成本：830 美元

国际能源小数据 2021-05-11

### 制冷业节能减排潜力待挖

一直以来，家用空调都是“能耗大户”，也是制冷行业低碳发展的重点。如何通过制冷技术创新减少空调及制冷业温室气体排放持续受到重视。

近日，在全球制冷技术创新大奖赛颁奖仪式上，行业专家纷纷表示，作为世界最大的家用空调市场和家用空调制造国，突破性制冷技术的开发应用、政策的大力支持，对我国制冷行业低碳发展尤为重要。

制冷业降耗减排承压

据国际能源署预测，到 2050 年，全球家用空调量或达 45 亿台，能源消耗将超过全球能源消耗总量的 10%。届时，我国家用空调存量也将达到 10 亿台。

“全球社会经济发展和气候变暖推动着人们对舒适性制冷空调的需求，目前全球大中城市空调用电负荷，占到了夏季高峰负荷的 40%—60%，空调数量增加带来的电量消耗和温室气体增长成为全球重大挑战之一。”中国工程院院士、中国制冷学会理事长江亿表示。

国际能源署等发布的《能源转型时代的可再生能源政策—供热和制冷》指出：“供热和制冷约占全球能源消耗的一半，而这些能源大多来自化石燃料或生物质能的低效利用，其碳排放量占全球能源碳排放量的 40%以上。因此，发展高效的供热和制冷技术已成各国需要优先落实的事项。”

据了解，目前我国制冷能耗仍面临总量高、增速快的困境，尤其需要解决家用空调制冷带来的气候影响。

值得注意的是，4月16日，我国宣布接受《〈蒙特利尔议定书〉基加利修正案》，将加强对氢氟碳化物等非二氧化碳温室气体的管控。而氢氟碳化物恰是目前制冷行业常用的制冷剂。江亿认为，这对我国制冷行业提出了更高要求，也为行业绿色发展带来巨大机遇。

部分空调制冷效率不足两成

国家气候变化专家委员会主任科技部原副部长刘燕华认为，应对气候变化，实现碳达峰、碳中和目标，在很大程度上取决于科技水平的提高，尤其是核心技术的突破，以及标准水平的提升。我国能耗和二氧化碳排放的四个大户——电力、工业、建筑和交通都离不开制冷技术和设备。据测算，全球制冷占全球用电的10%左右。制冷技术的进步对于节能提质增效意义重大。

“目前市场上一些家用空调产品的制冷效率不到理论上限值的20%，相比LED、太阳能光伏等，空调制冷的潜力有待深挖。”江亿认为，我国作为全球最大的制冷产品生产、消费和出口国，拥有该领域规模最大的科技人员群体，应在技术创新中发挥引领作用。

自然资源保护协会和中国标准化研究院等发布的《空调附加功能发展状况及对节能的影响》显示，不同类型空调的附加功能对能效的影响不同。因此，鼓励研发和推广明显提升性能、效率的附加功能，有助于进一步提高空调能效。

支持政策有待加强

“碳达峰、碳中和目标的明确，加速了我国碳减排的进程，对于空调制冷行业而言，主要科研方向包括低GWP制冷剂替代、降低实际排放和提高设备能效，这三个方面也是空调制冷领域未来一段时间的重要挑战。”清华大学建筑技术科学系教授王宝龙表示。

“制冷行业的排放，一方面来自于用电、生产过程中的二氧化碳排放，另一方面来自于制冷剂等非二氧化碳温室气体的排放。”王宝龙认为，制冷行业应通过行业内部用能结构调整，以及增加清洁能源使用比例来减排。“例如优化用能弹性，提升可再生电力使用量；减少制冷剂泄露，推动制冷剂的回收、再生及重新利用，做好制冷剂替代等。”

在华商国际工程有限公司制冷专业总工程师马进看来，制冷行业深度参与碳减排，还需增加政策支持力度。“建议把制冷行业纳入碳排放交易管理范围。同时，通过税收、信贷、安监、环保等政策形成合力，共同推进行业碳减排进程。”

珠海格力电器股份有限公司董事长兼总裁董明珠表达了类似观点。她表示，国家应加快制定制冷行业“零碳发展”的标准和技术规范，以推动行业进步。

本报记者 仲蕊 中国能源报 2021-05-17

## 用能升级：交通脱碳“杀手锏”

减碳目标下，交通行业的用能变革之路备受关注。

“碳达峰、碳中和目标将为经济社会可持续发展带来深远影响，能源和交通领域碳达峰、碳中和目标的实现是重中之重。”在日前召开的第二届世界内燃机大会上，中国科学技术协会主席万钢在致辞中表示。

碳减排倒逼行业加速革新

交通运输业是全球第二大碳排放源，也是各国碳中和行动的焦点。面对排放要求升级和新能源汽车的挑战，传统内燃机如何节能减排成为焦点话题。

国际内燃机学会主席金东寒认为，未来很长一段时间，内燃机仍将作为陆上交通、船舶运输和工程机械的主流动力，也是实现交通运输业节能减排以及碳减排最具潜力的产品。

中国汽车工程学会常务副理事长兼秘书长张进华表达了类似观点。他指出，近年来，为应对环境和能源挑战，汽车能源动力系统正进行深刻变革，特别是碳达峰、碳中和目标，进一步加快了汽

车能源动力系统电动化转型的进程。不过在他看来，这是一个渐进过程，在相当长的时期内，内燃机将是汽车产业节能降碳的主要贡献者。

“面对汽车产业百年未遇的大变革，我国政府在加速内燃机转型升级的同时，也在积极推动新能源汽车的技术创新、示范应用，以及规模化市场推广。”万钢表示，目前我国一些汽车和内燃机企业已经应用自主研发的基础技术，推动内燃机与电动化、智能化趋势深度融合，助力内燃机稳定、高效、低排放运行。同时，研发了新型插电、增程式混合动力系统，实现了高效和低碳目标，取得了显著的市场成效。

万钢进一步表示，今后一段时间，氢能和燃料电池发动机将是重要发展方向，要深入研究燃料电池发动机与传统内燃机在原理、结构、工程和技术等方面的差异性和相似性，结合燃料电池发动机的需求，对内燃机共轨喷射、进气增压等成熟技术进行再研发、再应用，提高燃料电池发动机的研发质量和应用水平。

提高内燃机热效率是当前最现实选择

中国船舶集团有限公司第七一一研究所所长董建福表示，距离 2030 年碳达峰目标只剩 10 年时间，为确保这一目标实现，对碳排放贡献较大的内燃机行业必须有很明显的技术进步。

业内人士普遍认为，提高内燃机热效率是目前实现燃油车节能减排的重要途径之一。

“效率提高本身就是减排，因为很多碳排放正是由于燃烧不充分、效率不高造成的。”董建福指出。

记者了解到，目前乘用车汽油机产品的有效热效率，已由 20 年前的 30%左右提高到当前的 40%-42%，并正向 45%-50%迈进，特别是重型内燃机的热效率也屡创新高。“未来我国柴油机热效率肯定会提到 50%。”在天津大学教授尧命发看来，柴油机热效率提升到 55%是完全可能的。记者了解到，去年 9 月 16 日，潍柴动力已发布全球首款突破 50%热效率的商业化柴油机。

“高效率带来了低能耗，是节能降碳最现实的手段。目前我国内燃机产业的一些领军企业已经走在世界前列，对实现我国能源和交通领域的节能减排降碳和应对气候变化，发挥了引领和带动作用。”万钢表示。

可再生燃料大有可为

“零碳一定是全产业链的，而非只是用能终端的零碳。所谓的碳中和也是这个概念。”董建福表示。

在中国工程院院士黄震看来，在碳达峰、碳中和目标下，中短期内，内燃机要不断提高热效率，走低碳、清洁发展之路。而从中长期来看，必须依靠变革性的燃料技术，利用可再生燃料使内燃机成为碳中性和零碳动力。

“未来交通业的动力标准，是电力零碳化和燃料零碳化。”黄震表示，可再生燃料是未来的发展趋势。“可再生能源发电制氢，然后和捕集的二氧化碳合成甲醇、二甲醚，形成完全碳中性的燃料，可实现燃料合成、燃烧、碳排放、燃料合成的碳元素有效循环。”

据了解，冰岛已建成了世界上第一座基于 CO<sub>2</sub> 循环利用的商业化甲醇厂，甲醇年产能已达 4000 吨；中科院大连化物所也在做类似项目，该项目由太阳能光伏发电、电解水制氢、二氧化碳加氢合成甲醇三个基本单元构成，达产后可每年生产“液态阳光”——甲醇 1440 吨。

张进华表示：“到 2035 年，混合动力将是内燃机的主要形式，基于内燃机的乘用车平均能耗将低于 4L/100km，新型低碳甚至零碳燃料的使用比例将逐步提高。”

此外，可再生能源发电成本的快速下降，也为之后通过绿电合成可再生燃料提供了可能。黄震认为，通过绿电做可再生燃料也可解决可再生能源的储能问题，可实现“源储荷”离线可再生能源利用，实现二氧化碳净零排放，是一项极具潜力的变革性技术。

本报实习记者 杨梓 中国能源报 2021-05-03

## 中科院上海硅酸盐研究所研制出聚合增强型的锂氟转换全固态电池

当前商用化的锂离子电池使用可燃性和挥发性强的液态电解质，其存在较大的安全隐患，此外，锂离子电池还面临能量密度低（一般低于 250 Wh/kg）的问题，因此，开发出能量密度和安全性双重升级的固态电池具有重要意义。由金属锂匹配廉价氟基正极（如氟化铁）构建的转换反应型锂/氟化物电池的能量密度有望突破 500 Wh/kg，但其面临正极端转换反应可逆性差和负极端的锂沉积/剥离稳定性差的双重挑战，固态电解质的介入有望解决正负极稳定性和可逆性的问题（ACS Energy Lett.5, 1167-1176, 2020）。

近期，中国科学院上海硅酸盐研究所研究员李驰麟团队研制出聚合增强型的锂氟转换全固态电池。该团队通过“硬质”C-N 聚合物（g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>）介孔微球堆垛填充策略，不仅加强了“软质”PEO 聚合物电解质的机械性能和对锂负极的形变抑制（锂金属对称电池至少 1 万小时的超长沉积/剥离循环），而且通过 C-N 微球的超薄二维纳米片单元与聚氧化乙烯基质和锂盐（LiTFSI）中阴离子的多尺度成键交联，构建出具有“渗流效应”的丰富高导界面，提高了复合电解质的离子导电率（60°C 时为 2.5×10<sup>-4</sup>S/cm）、锂离子迁移数（高达 0.69）和高电压稳定性（可承受三元层状氧化物正极的稳定循环）。g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/PEO 复合电解质表现出高的机械强度，维持了优异的柔韧性（可弯曲 180 度），可实现薄至 25 微米的薄层膜制备。FeF<sub>3</sub>-聚合物的软界面紧致接触，实现了氟基正极循环过程中转换反应产物的空间限域和溶解抑制效应，可赋予全固态 Li/FeF<sub>3</sub> 电池在 5C 大倍率下仍有 200 mAh/g 的大容量释放，1C 下可循环至少 1200 次，其赝电容贡献和扩散系数分别高达 55% 和 10-12cm<sup>2</sup>/s。该成果解决了转换型全固态电池高倍率性能的问题，为发展高安全、高能量密度的柔性氟基固态电池提供了新的技术方向。相关研究成果发表在 Science Bulletin 2021, 66, 694-707 上。

氟基固态电池的另一重要方向是新型氟系固态电解质的开发（Energy Storage Mater.28, 37-46, 2020）。针对氯化或溴化反钙钛矿电解质吸潮严重的缺点和钠基固态电解质结构原型缺乏的难题，该团队提出以空气稳定性好的氟化硫酸盐（Na<sub>3</sub>SO<sub>4</sub>F）作为氟系（富钠）反钙钛矿型固态电解质的构想，通过精准可控的异价 Mg<sup>2+</sup>掺杂和大尺寸 Cl<sup>-</sup>配位，实现了 Na<sub>2.98</sub>Mg<sub>0.01</sub>SO<sub>4</sub>F<sub>0.95</sub>Cl<sub>0.05</sub> 离子电导率的升级（在 60°C 接近 10<sup>-4</sup>S/cm），揭示了双掺杂策略对诱导 Na 空位产生、晶格膨胀、优化钠离子通道的积极效果。基于这一新型固态电解质组装的 Na-Sn/Fe[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub> 钠基固态电池在经过 20 圈循环后的容量仍保持在 77 mAh/g。相关研究成果发表在 Energy Storage Matter.2020, 31, 87-94 上。

上述研究成果的第一作者分别为助理研究员胡九林、硕士生樊胜胜和雷萌。研究工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金委等的支持。

上海硅酸盐研究所 中国科学院 2021-05-06

## 周大地：电力系统低碳化单靠自由竞争不能实现

改革开放四十年以来，我们早已习惯了经济增长目标的硬约束，而从 2021 年到 2060 年，未来四十年，中国的社会经济发展将面临一条新约束：低碳。

两个四十年碰撞之际，如何求解交集？

电力作为低碳转型的最重要领域之一，必须铆足力量回答这一问题。

以高碳煤电为主体电源的电力系统将转变为以新能源为主体，这意味着传统利益格局的改变。什么样的机制能够促进实现新的发展目标，如何调整、平衡各主体间的利益关系，是构建新型电力系统的关键所在。

以最小成本实现清洁低碳转型成为业内的基本共识，但这一路径并非坦途，存量的功能如何转变，增量需要怎样的支持才能蓬勃发展，新技术和跨界工具又能带给电力行业什么惊喜等话题都亟待探讨和实践。

中央财经委员会第九次会议指出，“十四五”是碳达峰的关键期、窗口期。要构建清洁低碳安全高

效的能源体系，控制化石能源总量，着力提高利用效能，实施可再生能源替代行动，深化电力体制改革，构建以新能源为主体的新型电力系统。

新型电力系统“新”在哪里？如何理解“以新能源为主体”？电力市场未来将扮演怎样的角色？围绕这些问题，记者采访了中国能源研究会副理事长周大地。

既定目标明确

电力系统面临重大的结构性改变

记者：新型电力系统跟此前的能源互联网、新一代电力系统等概念有什么区别？

周大地：之前的一些电力改革概念可以说是在既定目标不是很确定的情况下提出的，而现在随着碳达峰、碳中和目标的提出，能源系统的发展目标已明确为，从以化石能源为主，转变为以非化石能源为主。这一目标的提出是建立在电力系统技术不断进步的前提下，比如中国目前可再生能源发电技术已比较成熟，发电量占比接近 5%，另外，终端信息技术水平也在不断提高，电网控制和运行技术水平不断进步，可以适应新的需求。

我们现在需要燃烧化石能源，进而将热转化为电，终端用能如锅炉、窑炉也不是直接用电。而随着新型电力系统的推进，能源转换方式会发生变化，更多的一次能源将直接以电力形式进入能源系统。而在终端用能侧，电能替代也将有更大规模的应用。电力系统将成为能源系统的核心，从总量上占绝大部分，能源消费体系也将以电为中心。

这次中央提出深化电力体制改革，构建新能源为主体的新型电力系统，意味着电力系统需要进行重大的结构性改变，从运行规则、安全规则到上下游关系，都会有重大变化。

记者：如何理解新型电力系统中“新能源”的概念？

周大地：电力系统里，“新能源”在过去本身并没有一个非常固定的定义，不同时期的“新”有不同的含义，大多数时候指有别于传统的——比如说煤油气为主的——能源。

但现在，在构建以新能源为主体的新型电力系统目标里，新能源主要有几层含义。一是非化石能源为主，二是用能方将有大量的用能系统需要改造，以推动用能低碳化，另外，新能源还指现在还未流行甚至未出现的能源，比如生物质、地热、氢能、零碳合成燃料等。

新能源指围绕低碳环保，实现碳中和改造过程的新的电力供应方式、新的能源方式、新的用能设施，这些都可以算是新能源。

记者：构建新型电力系统与实现双碳目标是怎样的关系？

周大地：世界各国都提出了碳减排的相关目标，而要实现减碳目标，电力系统要先行，要提前实现。如果一个国家的电力系统本身以化石能源为基础，实现高度电气化就可能达不到减碳的目的。

我国能源系统要在 2050—2055 年实现低碳化，电力系统应争取在 2040—2045 年实现低碳化。要实现这个目标，短期看，“十四五”期间煤炭总量肯定是下降的，而且下降越明显越好。中国石油消费在 2025 年之前达峰，这在石油界已基本达成共识。对天然气的发展有不同的看法，但最后也是要退出，因为它是过渡性能源。我认为 2030 年前要达峰，不可能一直增长到 2040 年，然后天然气 2050 年也要清零了。天然气的增长应该不是开拓新的用途满足一次能源增长，而主要应该替代煤炭，天然气用得越多，煤炭就要下降得更快。

从目标看，电力系统减碳压力很大，因此要从现在开始进行系统设计，朝目标努力。

电力市场目标调整

需加强系统能力建设

记者：当前电力系统需要解决的主要矛盾是什么？

周大地：改革要以当前的问题为导向推进。中国的电力系统曾经很长时间需要解决供应不足的问题，所以原来进行的电力体制改革，搞发输分开，把原来的国家电力公司分为两个电网公司和若干个发电公司，鼓励更多的主体进入电力行业。

随着改革的推进，我们遇到的主要矛盾发生了变化：后来不缺电了。

在不缺电的情况下，一开始并没有明确电力往非化石能源方面加速转变，所以焦点集中在如何

更好地实现“合理上网”。对这个问题，采取的方案是竞争上网，进行市场调节。过去以分配式的上网方式为主，现在因为电源种类多了，发电能力富余，也就想引进一些市场方式，竞争性上网。电力市场实现的是从发电计划分配式，到采取一些经济措施来鼓励竞争，在某段时期内有一定的合理性。

但是，现在的问题不是要解决发电能力短缺或过剩的矛盾，我们现在是要有计划、有目的地把发电从以化石能源为主的发电系统，转化成以新能源为主体的发电系统，最后要变成一个完全的非化石能源零碳发电系统。这个任务不是自由市场竞争可以解决的。

我们要以问题为导向，而现在能源转型过程中碰到的问题，已经不是说哪个便宜就干哪个，碳排放高的电源即便现在便宜也不能长期存在下去。

记者：从目前的情况看，与新型电力系统存在怎样的差距？

周大地：以前的电力系统还是建立在大规模集中式的发电设备，然后通过输变电系统输送包括长途输电，给下游提供电力。发方和供方是上下游关系，分得很清楚。发用之间联系不密切，储能系统地位相对次要。

而在以后的新型电力系统里面，用户既是用电方也会成为发电方，包括储能系统、分布式可再生能源发电系统、电动车充放等，都将成为电力系统重要的组成部分。

这种趋势牵涉到很多利益变化，包括不同的电价体系，怎么将这些不同的电源、不同的用户更好、更科学地组织起来，是需要解决的问题。我们需要从机制上进行利益关系的调整和引导，才能逐渐建设起新的电力系统。

这种引导不是单纯的市场竞争能解决的——如果仅靠市场竞争，火电说我现在已经建起来了，只要能够把流动成本给覆盖了，就可以坚持低价竞争发电——那么转型过程就会很慢，因此需要更多改革来推动。

记者：转变过程中，需要怎样的电力市场设计？

周大地：改革本身就是探索过程。电力改革不能以西方的模式作为我们的目标，好像不够西方、不够市场就是没完成改革，这不是我们的改革目的。

改革目的是以自身的问题为导向，现在问题是要怎么加快能源转型、电力转型，怎样调整关系，使转型顺利，更好地容纳新能源进入电力体系，更好推动新型电气化。

我想电力市场也会根据这些目标来调整。

首先是要加快向低碳发电结构转变；其次，转变过程中政策要对低碳、零碳发电的非化石能源倾斜，让其尽可能发挥能力；第三，要确保整个电力系统能够在稳定运行中尽快转型，也不是一句话把火电关掉就可以了，要考虑火电怎么转变功能，如果火电发电小时数因为建设过量而被压缩了，那应该考虑怎么才能抑制这些不合理的投资，怎么利用更新的方式去解决电力系统的稳定性问题，而不是因为一有所谓稳定安全运行的新挑战，就又回到煤电为主的体系上去。

我们需要通过改革来调整运行体制和运行原则，思考如何优化价格机制，传递出合适的信号，实行既定转型目标下的最小成本优化，把发电成本控制在比较合适的范围内等。

记者：新型电力系统是集中模式还是分散模式更合适？

周大地：低碳转型是一场硬仗，对电力系统的规划能力、调度能力等都提出了新的要求，当然我们也要考虑在市场经济条件下，资源如何分配的问题。

电力系统越散越好，可能解决不了这个问题，安全运行需要强有力的系统进行保障。电力系统要加强建设，包括组织建设、市场主体的建设。但也不是最后搞一个大电力公司出来。我们要在已经有好的电力系统保障的前提下进行转型，这其中有一部分是分散的电力系统可以解决的问题，但更多还是需要能提供较大地区范围甚至全国性的优化解决方案。

设立低碳转型基金

帮助认真转型的资源大省

记者：传统化石能源如何逐步退出当前电力系统？

周大地：首先是不要盲目建设新的火电，包括所谓的燃气调峰电厂，都要慎重，特别是煤电。

现在很多地方对于电力需求以后怎么发展的研究做得不够，特别是节电这方面没有认真考虑。国内曾出现过几百亿度电被人用在挖比特币上，类似这些事情必须进行控制。

接着再看现有火电厂怎么发挥作用和逐渐退出。首先，要加快非化石能源电力的发展，不能因为煤电多了就控制其他能源发展。现在煤电的问题也不完全是如何利用存量的问题。各地每年还想增加几千万千瓦火电，好像可再生能源发展越快，火电也要配套增加，这没有道理。保障电力安全稳定运行一定要走新路，通过储能，用电侧响应，提高电力电子技术应用范围和水平等等新的途径，解决支持高比例可再生能源发展的运行新问题。其次，过去以煤电为中心的能源基地建设方向肯定要改变。这些煤电基地中，有的可再生能源资源也很丰富，可以发挥可再生能源生产基地作用，但这对于输电有新的技术要求，同时需要有就地调整稳定供电的能力。这些地方要加强就地储能调峰能力。可再生能源占比少的时候依靠其他电源得到照顾。发展成主体了，谁照顾谁啊，自己要解决稳定供电和调峰问题。可再生能源外送基地要根据用电需求来提高发电质量，包括加大发电端的储能建设和调整发电时间的能力建设等，现在电力系统基本上是“发这边是一套，用这边是一套”，之间互动关系不大，储能系统还起不到重要的调峰和保障安全运行作用。以后的储能系统应该成为一个重要电力系统组成部分。

记者：以煤电为基础的能源基地中，也有一些地方可再生能源不丰富，如何帮助这些省区进行转型？

周大地：山西、内蒙古等地，曾经是以化石能源为中心的能源基地，现在整个能源系统转型，这些省区由于传统能源在经济中占比较高，转型压力比较大。转型对他们来说，存量是要减少的，会有损失的。比如对某种化石能源投入这么多年，围绕它有相关知识产权和设备制造能力，现在不能扩张了，反而还要减下去，压力是客观存在的。

面对这个情况，国家可以适当建立如低碳转型基金，扶他们一把，帮助他们在其他方面进行投入，减少一些压力和成本。这对整个国家地区之间的平衡有好处，有助于减少能源转型之中出现的阻力。经济上我觉得可以采取多种方式的帮扶。但前提是这些地方不能犯错误。现在的问题是尽管低碳转型已经开始了，但有些地方还是舍不得原来熟悉的产业，仍然围绕挖煤、运煤，煤炭转换，给煤炭开拓下游，继续大量往里面投钱。我们不能补贴这种高碳发展。如果认真转型，过程中出现了困难，国家可以帮扶，自己干蠢事的不行。

记者：在新型电力系统中，核电将起到怎样的作用？面临怎样的挑战？

周大地：核电是低碳电力之一。国际上有不同的选择。核电发展比较好的国家，低碳路径里面核电仍然起到非常重要的作用，甚至到目前为止，从电力体系的低碳化来看，核电多的地方，实现低碳转型也比较容易一些。

在新型电力系统中，核电不会成为负担，应该成为一种有用的低碳电力。

但核电本身也有很多挑战，比如说现在安全性要求特别高，人们对绝对安全的期望值把核电搞得越来越复杂了，以至于核电的包袱很重，经济性上存在挑战。

我觉得第一，不能排除核电作为低碳能源的重要选择；第二，中国的核电也要在不同的低碳电力竞争当中显示自己的优势。安全应该是合理的足够的安全，不能无限提高安全标准，就像汽车一样，要求汽车结实也不能人人都开坦克。大家对核电技术的安全性进步一定要有正确的认识，核电目前的技术已经是足够安全的，已经可以确保不会出现大规模核污染扩散的问题了。核电的技术要不断进步，不是指越搞越复杂，而是在经济性、更广泛的用途等方面，做进一步探索。

在提高经济性方面，核电应该考虑规模化标准化制造。现在国内不同的堆型太多了，科研成本、制造成本、建设成本等都太高，应该重点选择少数堆型发展，不限制只有一种，但也不能所有都试一遍。

从科研角度，核电需要不断探索新领域，核电企业应该在实现有效经营的基础上多一些科技投入，但目的还是要发电，要提供能源，不能把核电等同于技术研发实验室。

南方能源观察 2021-05-16

## 地热能

### 山西大同探建中东部首个高温地热发电项目

本报讯 记者齐琛同报道：仲春的山西大同，乍暖还寒。近日，当记者走进山西大同天镇县的山区，几间白色小屋在蓝天白云下的旷野里格外显眼，一旁围栏上“地热试验井”五个红色大字十分醒目。这就是我国中东部首个高温地热发电项目——山西大同天镇县高温地热能科研示范试验电站（下称“试验电站”）。

“试验电站一期占地约 50 亩，井深 1624 米，出水温度 160 度，整体工程有勘察井、厂区发电机组、水处理区、办公区和生活区。”电站建设方、山西省第一水文地质工程地质队副队长施红政向记者介绍。

走进两个发电车间，各类管道与柜组井然有序。据了解，1 号试验机组装机容量 300 千瓦，由山西易通环能科技发展有限公司制造并承建，2 号试验机组装机容量 280 千瓦，由南京天加热能技术有限公司制造并承建。

“地热发电项目主要是通过换热实现发电，目前国际领先技术是有机朗肯循环（ORC）发电，其在平均温度范围内发电效率高，效率最高可达 25%。天加的发电设备系统集成度高，可轻松实现一键启停，并可为机组提供远程监控，实现无人值守。”南京天加热能技术有限公司副总裁王强告诉记者。

2 号试验机组的电子屏幕上显示，当前出水量为 53 吨/小时，发电功率为 251 千瓦，总发电量为 15666 度。“目前电站所发电量供电站内部使用，理论上这口地热井满负荷时发电能力可达 3.5—4MW，可满足附近玉泉镇上所有 5 万名居民的生活用电。”施红政介绍。

发电之后的热水温度依然很高，在水处理车间，含矿物质较多的地热尾水经净化处理后清澈不少。据了解，试验电站接下来将设计地热尾水回灌方案，基于低成本、高性能的地热尾水处理技术，为地热尾水回灌打下有益基础。

“这个电站确实让人眼前一亮，设备先进，空间亮堂，在技术和环境上都比五十年前进步太多了！”中国能源研究会地热专业委员会专家委员会主任郑克棣 20 世纪 70 年代就曾参与地热发电试验项目，看到这座试验电站十分欣慰。

这样亮堂的试验电站背后，是项目施工团队在严寒中忙活着的“热”事业。据了解，此次试验电站建设面临着“工期紧”“难度高”“环境差”等重重考验。

王强回忆道，2 号机组原定施工期只有 47 天，在荒芜的施工现场，项目施工团队冒着最低零下 32℃的天气日夜奋战，克服了难以想象的困难，提前 16 天实现发电。

“这是我国中东部首个高温地热发电项目，试验项目的成功，对我国中东部地热资源勘查和开发很有示范意义。”能源行业地热能专业标准化技术委员会首席专家赵丰年表示。

施红政介绍，试验电站下一步重点努力方向是不断完善工艺，总结经验数据，提高发电效率，实现回灌，并探索商业化梯级利用。

“地热水热量蒸发排出后的地热尾水仍具有约 80℃的温度，可用作区域供暖、洗浴康养、水产养殖、蔬果种植等，实现地热资源的梯级开发利用。同时通过对管路热源等可持续的观测和数据积累，可为科学有效地开发地热资源提供参考，为山西省乃至全国提供可复制的高温地热开发模式。”他告诉记者。

记者注意到，国家能源局近日印发的《关于促进地热能开发利用的若干意见(征求意见稿)》提出，在资源条件好的地区建设一批地热能发电示范项目。适时出台电价或相关支持政策，在西藏、川西、滇西等高温地热资源丰富地区组织建设中高温地热能发电工程，鼓励有条件的地方建设中低温和干热岩地热能发电工程。

谈及大同地热能开发，郑克桢建议，接下来应摸清大同盆地重点地区深部高温地热资源及地热资源开发利用潜力，建立高温地热资源勘查技术完整体系，为山西能源结构的调整和转型奠定基础。

中国能源报 2021-05-10

## 政策护航，区域地热能数字化提上日程

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

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

### 区域地热能数字化走进视野

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

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

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

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

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

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

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

### 北京先行先试

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

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

记者了解到，北京城市副中心行政办公区就全部应用了以浅层地热能为主、深层地热能为辅、其他清洁能源为补充的能源供给方案，并建立了地上、地下立体监测、联调的智慧控制系统，地下

监测系统监管地下热源的动态变化情况，能源管控平台自动调节系统运行，达到最高效节能的目标。

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

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

以数字化助力地热“加盟”碳交易

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

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

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

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

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

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

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

本报记者 齐琛罔 中国能源报 2021-05-10

## 生物质能、环保工程

### “双碳”时代来临，环保产业该如何加速变革

面向“十四五”和国家“碳达峰”“碳中和”目标，环保产业如何进一步整合资源，加快制定和完善环保产业标准体系建设，推动环保产业整体技术创新和产业变革？

“黄河、长江是中华民族生存和发展的母亲河。目前，长江流域正面临着严重的生态环境问题。”在 4 月 17 日于江苏宜兴国际环保中心举行的第 13 届中国环境产业大会暨宜兴环保产业高质量发展大会上，中国工程院院士、河海大学教授王超说，保护长江生态环境是企业的重要职责，能否保护好长江取决于先进技术和产品，环保产业的兴旺发达和持续创新是根本保证，而环保产业标准是技术应用的关键途径，政产学研合作更是标准产生的原动力。

长江流域生态环境问题日益突出

王超介绍，在全国两万多家化工企业中，位于长江沿岸的有近万家。此外，长江流域的重大水利工程建设虽是我国经济社会发展的必然要求，但重大水利工程建设，也给河口环境和生态安全带来严峻挑战。

其中，5万多座水坝、成千上万的水闸堤坝等，使长江即将变成一条“渠道化”的河流，致使长江流域森林植被破坏、湿地系统退化、库区富营养化、水环境质量恶化、生物多样性丧失等问题日益突出。

“长江口已成为我国近海富营养化最为严重的水域，赤潮发生面积不断增大。”王超说，因此，要科学规划长江经济带发展模式、生态经济模式、资源节约模式、低碳环保模式。

在中国工程院院士、南京大学任洪强教授看来，要深入实施可持续发展战略、完善生态文明领域统筹协调机制、构建生态文明体系、促进经济社会发展全面绿色转型、建设人与自然和谐共存的现代化，就必须加快推动绿色低碳发展，持续改善环境质量，提升生态系统质量和稳定性，全面提高资源利用效率。

加速环保装备制造走向标准化

“‘双碳’时代的到来，节能环保产业作为绿色发展的重要支撑力量，在这一过程中将有更大用武之地，迎来最佳机遇期。”宜兴市委常委、环科园管委会主任朱旭峰说，当前，碳减排目标正在逐渐变成具体行动，绿色清洁技术、碳计量服务、碳交易服务、绿色金融体系和绿色基建，都将成为环保市场重要发展方向。

“目前，我国亟待突破以‘水—生态—人体’健康融合为核心的关键技术与装备难题，来满足环境卫生的污水处理、环境需求的部分指标控制、水资源利用部分指标控制，以及满足水资源、水环境和水生态健康需求。”任洪强说。

王超提出，要加快制定和完善水、土、固等重点领域治理的核心技术标准，长江流域天、空、地同步监测监控技术标准，流域水污染控制和生态保护与修复技术标准，污染物去除先进装置和成套高质量设备标准，各类污染物现场监测传感器和传输系统标准，各类污染物含量检测分析和化验仪器的标准，规模化、标准化和装备化环保企业管控标准，先进理念、设计、制造、产品和施用的标准。

任洪强介绍，环境工程对碳排放的贡献，涉及水、气、固等环境要素和产业，目前产业的现状是体系庞大、非标制造与通用性突出，因此要尽快解决污染防治设备标准化问题，促进环保装备制造走向标准化、模块化、智能化，实现全面升级。

任洪强说，我国正在加快环保设备标准化制造与产业创新平台的构建，今后将重点突破一批关键核心原材料和零部件，重大技术装备整体达到国际先进水平，建设一批环境综合治理技术集成与应用项目，初步构建符合我国社会发展的新型环保产业体系，以此来满足自主可控、提质增效、绿色发展和全球治理的产业需求，确保生态环境根本好转、美丽中国建设基本实现的目标。

科技日报 2021-05-06

## 合肥建成安徽最大雨水调蓄池

安徽省合肥市南淝河中游重点排口初雨污染控制工程调蓄站近日建成运行。

这标志着安徽省城市最大规模雨水调蓄池正式投用。此前，南淝河全年溢流频次约为70次，经过调蓄后，有望减少24次。南淝河中游水质和污染治理效率会明显提升，每年可削减COD排放1397吨。

南淝河干流雨水汇流面积约为115.5平方公里，有61个雨水子分区。干流两岸较大的排口多达25个。

其中，亳州路桥至当涂路桥段汇水区域的重点排口为二里河、史家河、池郢泵站及西李郢泵站4处。

数据显示，南淝河干流的城市溢流污染负荷占全流域面源污染负荷的66%左右，二里河、史家河、池郢泵站及西李郢泵站排口占南淝河干流全年溢流污染负荷的40.95%左右，成为南淝河水质保障的重点区域。

为科学解决干流中游段的污染问题，南淝河中游重点排口初雨污染控制工程在滨水公园内新建地埋式调蓄站一座。在滨河路、巢湖路新建大型截流管道。管道长度为 2700 米，管道容量为 2.7 万立方米。

这一工程的总汇水面积约为 21.06 平方公里。调蓄池中的初期雨水水质经过提升后，进入巢湖南路污水主干管，最终流至小仓房污水处理厂进行深度处理。

据项目负责人夏伦学介绍，调蓄池为全地下式，建成后上部恢复为滨水公园。这一调蓄池的“胃口”很大，调蓄容量为 5 万立方米。

“工程采用鱼腹梁钢支撑技术，配合支护灌注桩，更加有效地保障基坑的稳定，加快了建设效率，节省了工期。工程实施后，将有效改善南淝河水质，提升周边人居环境。”夏伦学介绍。

李孝林 中国环境报 2021-05-14

## 太阳能

### “风光”有望 15 年内取代化石燃料发电

根据国际智库“碳追踪倡议”组织的最新预测，如果风能和太阳能发电继续按照目前速度增长，本世纪 30 年代，其将代替化石燃料成为电力领域的“主力”；到 50 年代则将全面取代化石燃料，为全世界供能。

“风光”潜力只发挥了一小部分

碳追踪倡议组织指出，现有太阳能和风能技术，只让“风光”潜力发挥了一小部分，但每年仍然可以提供 670 万兆瓦时的电力，这是全球需求的 100 倍以上，其中太阳能可实现 580 万兆瓦时的供能。

该组织的统计显示，2010 年以来，太阳能发电成本年均下降 18%，发电量年均增长率则高达 39%，几乎每两年发电量就可以翻一番；与此同时，风电成本年均下降 9%，发电量年均增长约为 17%。今年，已有 60% 的太阳能电力和 15% 的风电可以在没有补贴的情况下，与传统化石燃料发电直接竞争。

显然，持续下降的成本以及不断改善的设备效率，会继续推动太阳能和风能发电量呈指数级增长。碳追踪倡议组织指出，如果以每年 15% 的速度增长，最早 2030 年、最晚 2035 年，届时只需要太阳能发电和一半的风电就可以全面取代化石燃料发电。

“事实上，只需要全球土地面积的 0.2% 用于太阳能发电项目、全球土地面积的 0.5% 用于陆上风电项目，整个地球的能源需求就可以满足。”斯坦福大学教授 Mark Jacobson 坦言。

基于此，碳追踪倡议组织做出评估：如果仅利用太阳能为全球供能，以现有技术条件，需要 45 万平方公里的土地，仅占全球土地面积的 0.3%，远远少于开采煤炭、油气所需要的土地面积。

碳追踪倡议组织的首席战略家 Kingsmill Bond 表示：“在我看来，石油需求已在 2019 年触顶，2022-2023 年间或多或少会回到 2019 年水平并继续维持几年，但不会超过 2019 年。可再生能源主导的新时代已近在咫尺。”

清洁能源革命比肩工业革命

“我们正在进入一个可以与工业革命相提并论的新时代。”Kingsmill Bond 强调，“可以在世界任何地方的 5 平方米土地上放置一块太阳能电池板，每年获得的能量与从一桶石油中获取的能量相当。”

据了解，碳追踪倡议组织基于可再生能源的潜力将全球的国家 and 地区分为 4 个类别，分别是：潜力至少是需求 1000 倍的“资源过剩国家”，如撒哈拉以南的诸多非洲国家，纳米比亚、博茨瓦纳、埃塞俄比亚等，尤其是可再生能源基础设施方面，非洲的潜力更是不容小觑，该地区有能力成为“可再生能源超级大国”。潜力至少比需求大 100 倍的“资源丰富国家”，包括摩洛哥、智利等。潜力至少是需求 10 倍的“资源饱满国家”，代表是中国、美国，可以有效利用可再生能源，并引领“风光”发电技术进一步发展。

而日本、韩国以及欧洲大部分国家被归类为潜力不足需求 10 倍的“资源紧缺国家”。这些国家在如何最有效地利用可再生能源方面往往面临困难。德国就是其中的典型代表。该国对可再生能源需求较高，但可再生能源的发展潜力相对却较低，土地使用成本过高、过分依赖财政补贴等问题一直困扰其可再生能源产业的发展。

#### 能源转型仍需加速

与可再生能源发展高歌猛进形成鲜明对比的是，化石燃料投资风险变得愈来愈高。气候问题智库 Ember 的数据显示，2012-2020 年间，全球对化石燃料公司的投资达 6400 亿美元，但这些公司却带来了 1230 亿美元的损失。

尽管如此，金融业并未放弃对化石燃料投资。美国 CNBC 新闻网援引《2021 年气候混乱的银行》报告称，《巴黎协定》签署以来，全球最大的 60 家商业和投资银行在化石燃料领域投资 3.8 万亿美元，其中 33 家银行在 2016-2020 年间增加了对化石燃料行业的投资。

值得关注的是，2020 年，对化石燃料投资最多的 3 家银行全部来自美国，分别是摩根大通投资约 513 亿美元，花旗投资约 484 亿美元，美国银行投资约 421 亿美元。

非营利组织国际环境法中心首席执行官 Carroll Muffett 表示，对化石燃料领域不断的投资，正在拖累全球向可再生能源转型。尽管许多跨国能源企业承诺减少碳足迹，但他们本质上仍然在使用化石燃料。

“能源转型进展太慢，一些净零排放战略实际上仍在依赖化石燃料使用的增加。这些政策通常严重依赖未经证实的、可能非常危险的碳去除策略，以使二氧化碳神奇地消失。”Carroll Muffett 表示，“我们在美国就看到了这种情况，特别是在拟议对碳捕获和封存技术进行大规模投资的背景下。”

《巴伦周刊》指出，去年，清洁能源公司的 IPO 筹资规模首次超过化石燃料公司。在能源转型过程中，清洁能源行业已处于一个长达数十年的长期投资机会的开端，如果再不抓住这样的机会，《巴黎协定》的控温目标将落空。

本报记者 王林 中国能源报 2021-05-03

## 谷歌弗吉尼亚州数据中心将通过采用储能系统获得无碳电力

据外媒报道，谷歌公司在弗吉尼亚州运营的一个数据中心将采用可再生能源发电设施和储能系统的资产组合提供的电力，而这些能源资产经过专门设计，可以为谷歌公司运营的这个数据中心直接提供无碳电力。

根据调研机构的研究，数据中心耗电量约占全球能源使用量 1%。虽然谷歌公司早在 2007 年就实现了碳中和，但该公司承认，更多的是通过购买可再生能源的电力来抵消数据中心使用的化石燃料设施提供的电力。

截至 2017 年，该公司在全球各地数据中心的能耗与其采购可再生能源电力 100%相匹配，但该公司只有 61%数据中心直接使用了在本地采购的无碳能源。

谷歌公司去年设定了一个目标，到 2030 年实现电力供应的脱碳并且全天候采用清洁能源提供的电力。谷歌公司日前与美国电力和可再生能源开发商 AES 公司达成合作伙伴关系，签署了一项为期 10 年的供电协议，将为谷歌公司在美国东南部各州运营的数据中心提供来自清洁能源电力。

这些数据中心将采用总装机容量为 500MW 的风力发电设施、太阳能发电设施、抽水蓄能设施以及电池储能设施的能源组合提供的电力，其中包括 AES 公司自己部署和第三方部署的能源项目，并计划在今年晚些时候开始提供电力。

虽然尚未披露这种混合部署能源的详细信息，但在 AES 公司发表的一篇文章解释了其协议的范围以及如何为谷歌公司提供电力的长期目标，该文章指出，该公司部署并运营的储能系统将从早上 8 点到 12 点充电 4 个小时，然后从下午 4 点到晚上 9 点左右放电：通常是在太阳能发电量最高的时段进行充电，然后在太阳能发电量逐渐减少之后，在午后到傍晚的电力需求峰值期间放电。

AES 公司表示，该公司分析了与谷歌公司数据中心负荷如何采用位于同一地区的电网和新的可再生能源发电设施和储能项目的电力，并通过分析进行研究将成本和风险降至最低，同时最大限度地利用无碳能源。

AES 公司将管理电力调度和调度负荷和资源的市场运作，同时还将管理其所声称的面临的重大市场和商品风险，并以固定价格为谷歌公司的数据中心负荷匹配供应可再生能源发电设施提供的电力。

换句话说，AES 公司需要承担发电量过剩和不足的风险，并通过电力市场按小时进行销售和购买，而谷歌公司则以约定的价格获得可靠的电力供应。AES 公司还表示，谷歌公司能够就采用当地的所有可再生资源进行谈判并签署协议，这降低了商业清洁能源采购的复杂性。

谷歌公司能源总监 Michael Terrell 说，“与 AES 公司的合作不仅是谷歌公司实现采用全天候无碳能源目标的重要一步，也为其他寻求自身业务脱碳的组织奠定了基础，无论是对用户还是电网运营商。我们希望这一模式能够被复制，以加速清洁能源的转型。”

其他数据中心采用储能系统的情况

2020 年 1 月，谷歌公司和内华达州公用事业厂商 NV Energy 公司向该州的公用事业委员会(PUC)提交了一项提案，以开发一项太阳能+储能项目，为谷歌公司耗资 6 亿美元在拉斯维加斯附近的亨德森建设的一个数据中心提供电力。根据这项提案，这个太阳能+储能项目计将在 2023 年下半年投入运营。

几个月前，谷歌公司还在比利时的一个数据中心部署一个示范项目，该项目将部署一个电池储能系统来提供备用电源，该系统还将为当地电网提供多种电力服务。这反映了欧洲公用事业厂商 RWE 公司的一项商业计划，该公司于 2020 年 4 月开始推出一项技术解决方案，可以使数据中心的不间断电源(UPS)用于帮助稳定当地电网和整合可再生能源的电力。

此外，其他公司也宣布推出一些可以为数据中心供电的储能项目，其中包括一个名为 Energos Reno 的混合部署的能源项目，其总装机容量为 500MW，并将采用初创厂商 Ambri 公司提供的新型高温熔融金属电池储能系统。锌电池储能系统制造商和集成商 Zinc8 公司日前表示开始部署一个试点项目为数据中心提供电力。而镍锌电池制造商 ZAF Energy Systems 公司在 2020 年签署一项协议，为佐治亚州亚特兰大的一个数据中心提供电池储能系统以替代铅酸电池。

尽管许多数据中心都有 UPS 电源或某种形式的储能系统提供备份电源，但还有一些数据中心仍然使用柴油发电机作为备用电源。谷歌公司与 AES 公司的此次合作被认为是同类交易的首例。谷歌公司全球数据中心副总裁 Joe Kava 去年在该公司网站上发表的一篇博客文章中指出，该公司在全球数据中心部署了总装机容量为 20GW 柴油发电机，而采用电池储能系统替代柴油发电机，将为数据中心的现代化和脱碳提供巨大机会。

刘伯洵 中国储能网 2021-05-07

## 异质结电池大规模产业化蓄势待发

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

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

早在 1990 年，日本三洋公司成功开发出异质结电池，彼时的转换效率为 14.5%。2015 年，异质

结专利到期，技术壁垒消除，国内外领先的光伏企业开始大力发展和推广异质结技术，当前异质结电池量产效率普遍已在 24%以上。

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

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

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

（吴烽）

中国能源报 2021-05-17

## 中国石化首座移动式光伏电站正式投运

5 月 7 日，中国石化发布消息，由中国石化西北油田自主研发的首座移动式光伏电站于 4 月 23 日试运行成功。该站年发电量可达 11.68 万度，年碳减排量预计 90.7 吨。

移动式光伏电站节能减排成效显著。移动式光伏电站是西北油田清洁能源发展的先驱，具有清洁、安全、成本低、占地少、机动性强等优势，是利用“退井还林”闲置的井场光伏板和蓄电池等设备建造而成，采用并网、离网双模式，可实现偏远井场无人值守，每年可节约煤炭 66.3 吨，节约用水量 36.3 吨。

中国石化西北油田正加快实施扩建工程。西北油田前线地处塔克拉玛干沙漠，太阳能资源丰富，且地域辽阔，光伏发电具有得天独厚的优势。据了解，西北油田正加快实施扩建工程，预计今年 9 月建成。扩建工程全部完成后，该移动式光伏电站年发电量将达 2800 万度，年碳减排量将达 2600 吨。近年来，该公司积极践行绿色低碳发展理念，全力建设洁净能源和转型升级双示范企业，推进实施多项绿色能源环保项目，连续 5 年获中国石化节能先进单位，连续 2 年获中国石化环保先进单位。

光伏发电是将太阳能资源转换为洁净的可再生能源，能有效减少二氧化碳排放。和传统能源发电相比，光伏发电具有无枯竭危险、安全无噪声、无污染排放等优势，成为达成碳中和目标不可或缺的重要途径之一。

中国石化 中国能源网 2021-05-07

## 海洋能、水能

### 新价格机制将有力推动抽水蓄能发展

3月15日，中央财经委员会第九次会议明确了实现碳达峰、碳中和的基本思路和主要举措，强调要构建以新能源为主体的新型电力系统。国家“十四五”规划和2035年远景目标纲要指出，要构建现代能源体系，提升清洁能源消纳和存储能力。随着能源体系向清洁低碳安全高效转型，电力系统运行特性将发生显著变化，需要配备足够的灵活调节电源和储能设施，加大加快抽水蓄能开发建设更加迫切。

抽水蓄能具有调峰、调频、调相、储能、系统备用和黑启动等“六大功能”，在保障大电网安全、促进新能源消纳、提升全系统性能、助力乡村振兴和经济社会发展中发挥着重要作用，是以新能源为主体的新型电力系统的重要组成部分。我国抽水蓄能电站建设规模持续扩大，目前在运装机3179万千瓦、在建装机5243万千瓦，未来我国抽水蓄能建设步伐还将进一步加快，发展前景十分广阔。但随着电力市场化改革的加快推进，也面临与市场发展不够衔接、定价机制不够统一、容量分摊难以协调等问题。

日前，国家发改委及时完善了抽水蓄能价格形成机制，明确了抽水蓄能电价定价和疏导政策，为抽水蓄能电站加快发展、充分发挥综合效益、助力实现双碳目标创造了更加有利的条件。

新机制全面体现抽水蓄能在新型电力系统中的功能定位，将抽水蓄能电价纳入输配电价监管，更加完善了公平合理的电力价格体系。一是新机制科学界定了抽水蓄能在电力系统中的功能定位。抽水蓄能电站作为电力系统的主要调节电源，在不同工况下快速转换中发挥各种服务电网功能作用，在以新能源为主体的新型电力系统中基础性、综合性和公共性特征更加显著。新机制坚持和优化了两部制电价，通过价格政策全面体现了抽水蓄能提供的服务价值，反映了抽水蓄能服务系统的本质特性。二是新机制完善了抽水蓄能价格监管体系。明确了抽水蓄能容量电价核定办法，由政府统一核定抽水蓄能容量电价，并纳入输配电价进行监管，随输配电价监管周期同步调整。三是新机制理顺了抽水蓄能电价疏导途径。明确了抽水蓄能容量电费纳入输配电价回收，核定省级电网输配电价时提前考虑未来三年投产的抽水蓄能电站容量电费，明确了容量电费在多个省级电网分摊的方式和规则，促进了抽水蓄能电费公平分摊。

新机制与电力市场建设发展相衔接，实现激励与约束并重，有利于促进抽水蓄能充分发挥综合效益。一是新机制与电力市场有效衔接，发挥现货市场在电量电价形成中的作用，引入竞争机制形成电量电价。二是新机制提出现阶段容量电价统一核定并纳入输配电价，将来适应电力市场建设发展和产业发展需要，适时降低政府核定容量电价覆盖比例，符合当前我国电力市场建设进程的客观要求。三是新机制要求强化抽水蓄能调度管理，加强对抽水蓄能利用情况的监管和考核，有利于合理安排抽水蓄能电站运行，充分发挥抽水蓄能电站综合效益，有效应对新能源、微电网、互动式设备大量接入给电网带来的重大挑战，提高电力系统的调节和消纳能力，保障电力系统安全稳定经济运行。

新机制科学合理可操作性强，将有力保障抽水蓄能持续稳定经营，促进抽水蓄能快速有序发展。一是新机制保障了在运和在建抽水蓄能电站经营稳定。明确了抽水蓄能容量电价定价办法，制定了事前核定、定期调整的明细规则，电价疏导结算可操作性强，确定了在建和在运电站执行新机制时点，有力保障抽水蓄能电站获得稳定收入来源，实现稳定经营。二是新机制强化了抽水蓄能合理有序开发。要求加强抽水蓄能电站建设管理，充分考虑电力系统需要、站址资源条件、项目经济性、电价承受能力等因素，有利于抽水蓄能实现统一规划、合理布局、有序建设。三是新机制有力促进各方投资抽水蓄能意愿。按照经营期定价法核定容量电价，明确了资本金内部收益率等核价参数，畅通了电价疏导渠道，提出了确保电站平稳运营保障投资主体利益措施，有利于投资主体获得稳定

的投资预期，能够充分发挥电价引导作用，调动各方面积极性，加快推进我国抽水蓄能健康有序高质量发展，服务碳达峰、碳中和目标。

国网新源公司作为国家电网公司集约化、专业化建设运营抽水蓄能电站的平台企业，将充分发挥管理和技术优势，当好抽水蓄能开发和建设的“排头兵”“主力军”，加大开放合作力度，共筑抽水蓄能发展“快车道”，构建合作共赢“生态圈”，高质量开发建设抽水蓄能电站，为建设以新能源为主体的新型电力系统，助力“双碳”目标实现作出新的积极贡献。

国网新源控股有限公司董事长、党委书记 侯清国 中国能源报 2021-05-10

## 风能

### 海上风电开启“加速跑”

近日，南方电网公司发布服务海南“碳达峰、碳中和”工作方案，提出在“十四五”时期，推动实现海南光伏、海上风电等新增装机 520 万千瓦，清洁能源装机占比由 2020 年的 67%提升至 80%以上，清洁能源发电量占比由 2020 年的 50%提升至 70%以上”。海南曾经是海上风电的活跃省份之一，但已于 2017 年全面叫停，至今尚未有项目投产，此次重启瞬间引发热议。

实际上，今年以来，不仅是一些在业内领跑的省份加码布局海上风电，也有一批新入局者势头强劲。据记者不完全统计，截至今年 5 月，包括浙江、江苏、广东、广西等多个沿海省份均陆续发布了“十四五”期间海上风电相关规划目标，新增装机预期已超过 25 吉瓦，我国海上风电市场规模预计将实现快速增长。

#### 迎来“新入局者”

据记者了解，海南作为国家低碳试点省、国家生态文明试验区，对于应对气候变化这一议题始终颇为积极。在今年“两会”期间，全国政协港澳台侨委员会副主任于迅就曾建议高质量建设海南“碳中和岛”。有测算显示，海南 70 米高度平均风速达 6.0-7.5 米/秒，是我国海上风资源最好的地区之一，但截至目前，该省尚未有海上风电项目并网，业内分析认为，在“碳达峰、碳中和”目标的推进下，其海上风电装机很可能迎来突破，成为我国海上风电装机的新“增长点”。

山东、广西也是“新入局者”。2020 年 9 月，广西壮族自治区人民政府办公厅发布《广西加快发展向海经济推动海洋强区建设三年行动计划（2020—2022 年）》称，将“规模化、集约化、可持续开发海上风电资源”，培育海上风电产业，到 2022 年，初步构建海上风电装备产业园，力争年产风电装备装机容量 100 万千瓦以上，初步建成海上风电装机容量 50 万千瓦以上。

5 月 9 日，火电占比高达 93%的能源大省山东，在海上风电领域也实现“零的突破”，华能山东半岛南 4 号海上风电项目顺利完成山东省首台海上风机吊装。业内分析认为，山东省海岸线相对较长，海上风电资源条件优异，海上清洁能源的利用有助于该省持续推动能源转型。

#### 强省持续发力

“后来者”势头强劲，“老牌”海上风电大省更是磨砺以须。

我国海上风电装机量首屈一指的江苏，在今年初发布的《江苏省“十四五”海上风电规划环境影响报告书》称，在“十四五”期间，规划的海上风电场址共计约 42 个，规划装机容量 1212 万千瓦，规划总面积约 1780 平方公里。据了解，这一计划装机容量远超《江苏省“十四五”可再生能源发展专项规划（征求意见稿）》中提出的“新增约 800 万千瓦”的目标。

3 月，福建在其《国民经济和社会发展第十四个五年规划和二 三五年远景目标纲要》中提出，将重点建设福长乐外海、平海湾、漳浦六鳌等海上风电项目以及深远海海上风电基地示范工程。2 月，浙江省能源局则在《浙江省能源发展“十四五”规划（征求意见稿）》中指出，将打造“近海及深远海海上风电应用基地+海洋能+陆上产业基地发展新模式”，到 2025 年力争全省风电装机容量达到 630

万千瓦，其中海上风电装机容量达 500 万千瓦。广东省发布的《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》显示，该省计划打造粤东千万千瓦级基地，拟在省管海域风电项目建成投产装机容量超 800 万千瓦，促进海上风电实现平价上网。

不仅装机容量预期乐观，多省份也在其规划文件中指出，将大力推动海上风电产业链升级，近海深水区海上风电柔直送出、漂浮式海上风电、海洋波浪能、大容量海上风电机组、海上风电制氢等重点技术研发也列入规划之中。

#### 长期盈利挑战大

多家市场研究机构普遍看好我国海上风电前景。行业分析机构伍德麦肯兹在 3 月发布的一份报告中指出，未来十年，中国海上风电市场将实现快速发展，有望成为全球最大的海上风电市场，2020-2030 年间，我国海上风电新增装机将达到 73 吉瓦，在当前基础上翻 8 倍以上。

尽管海上风电行业发展如火如荼，多位业内人士也向记者表示，我国海上风电市场相对“年轻”，未来发展仍面临着诸多挑战。

2019 年我国海上风电度电成本降至 0.77 元/千瓦时，但因受近两年“抢装期”影响，海上风电产业链产能受波及，多位业内人士向记者透露，目前海上风电成本不降反升、海上风电安装船的短缺等因素，或将导致海上风电安装进度不及预期，部分已核准项目甚至面临难以竣工的困境。

与此同时，业内人士也提醒称，海上风电场的长期运营维护、实现全生命周期的盈利，也是各大开发商亟需关注的重要议题。有分析认为，尽管海上风电行业热情高涨，但随着海上风电国家补贴的退出，开发商正面临着较大的运营挑战，如何保障项目长期盈利将是开发海上风电项目的焦点所在。

本报记者 李丽旻 中国能源报 2021-05-17

## 氢能、燃料电池

### 低碳清洁供氢体系亟待建立

近日发布的《中国氢能源及燃料电池产业白皮书 2020》（以下简称《白皮书》）显示，截至 2020 年底，占全球 GDP 总量 52% 的 27 个国家里面，有 16 个国家已全面制订国家层面的氢能发展战略，还有 11 个国家正在制定相关战略，全球氢能产业发展势头强劲。

在“碳达峰、碳中和”目标下，我国氢能产业正迎来全新机遇，脱碳成为本轮发展的第一驱动力，建立并完善低碳清洁氢供应体系至关重要。

#### 在难脱碳领域发挥重要作用

氢能将在我国重工业、重型交通等难以脱碳的行业中发挥重要作用。《白皮书》预测，2060 年我国氢气年需求量将从 3342 万吨增加至 1.3 亿吨左右，在终端能源体系中占比达到 20%。其中，工业领域用氢占比仍然最大，约 7794 万吨，占氢总需求量 60%；交通运输领域用氢 4051 万吨，建筑领域用氢 585 万吨，发电与电网平衡用氢 600 万吨。

“应对气候变化的脱碳已经成为大规模部署氢能的主要动力，低碳清洁氢就是实现碳中和的一个主要抓手。”中国氢能联盟专家委员会主任、同济大学教授余卓平表示，氢能可以发挥三个层面的作用，一是脱碳，实现交通、工业领域的脱碳，这是氢能能够发挥的重要作用；二是固碳，将碳捕捉与制氢相结合；三是将生物质制氢与碳捕捉相结合，可形成负碳的概念。

余卓平表示，未来，氢能第一个应用是交通部门的脱碳。到 2060 年，商用车领域中燃料电池汽车占比将到达 65%，燃料电池乘用车占比较少，大概在 15% 左右。另外未来在短途航空领域和船舶领域，燃料电池也有望得到大规模应用。

#### 可再生能源制氢规模增长

“在未来的能源结构中，可再生能源占有重要的位置，可是由于其不稳定性、分散性等特点，存在如何与现有能源和应用统一的问题。以氢作为介质，有利于可再生能源的利用以及与现有能源系统的统一。”科技部原部长、中国科学院院士徐冠华表示。

余卓平指出，依托我国丰富的可再生能源，绿氢的潜在产能庞大，未来氢能产业在供应侧将有足够的保障。“未来 1.3 亿吨的氢气需求，其中一亿吨的氢来自可再生能源，只用掉可再生能源的 5%-10%。”

大连化学物理研究所研究员俞红梅认为，工业制氢中 2/3 是特定目的制氢，在“碳达峰、碳中和”的目标下，指望工业发展氢是不现实的，一定要发展可再生能源的绿氢。

“据《白皮书》预测，到 2030 年，我国电解水制氢装备累计市场预计会超过 3000 亿，绿氢市场规模将达到 1 万亿。”余卓平说。

除了发展规模增长，可再生能源制氢经济性也有望大幅提高。《白皮书》预测，2030 年我国可再生能源制氢有望实现平价，预计到 2030 年，光伏与风电的新增装机发电成本预计将达到 0.2 元/千瓦时，可再生能源电解水制氢成本将低至 15 元/千克，具备与配套 CCUS 的煤制氢进行竞争的条件。

完善低碳清洁氢政策体系是关键

随着低碳清洁氢能技术的日益普及和成本降低，氢能支持政策需求也随之呈现阶段性变化，需要明确优先顺序。

“十三五”至今，全球氢能处于导入期，低碳清洁氢刚刚起步，处于技术准备期，经济性问题亟待解决。现阶段，需要通过中长期的国家氢能战略规划鼓励电解槽和 CCUS 等低碳清洁制氢技术应用，并以财政政策专项基金等方式直接推动低碳清洁氢的发展。

此前，国务院印发的《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》和五部门出台的《关于推动燃料电池汽车示范应用的通知》均明确鼓励发展绿氢，但多位专家学者建议，除此之外，还需要进一步支持有条件的地区通过发展低碳清洁氢气制取项目率先实现碳达峰，并探索“制氢电价”“加氢站强制低碳清洁氢气使用比例”等需求刺激政策。

根据《白皮书》，“十四五”中期到 2030 年，低碳清洁制氢项目将蓬勃发展，市场加速渗透，经济性得到解决，部分应用场景将与电力或传统能源解决方案相竞争。在此期间，要充分鼓励各类市场主体扩大技术研发和项目规模，如探索“碳税”等补充政策，制定国际标准和规范。

而在 2030 年之后，低碳清洁制氢技术将逐步成熟并实现平价，市场规模快速增长，《白皮书》认为，此阶段不再需要直接的政策支持，而应综合评估低碳清洁氢能对碳中和以及相关行业的影响，确保资金高效流动。要大力推动低碳清洁氢气市场基础能力建设，做好不同种类氢气标准、计量、检测和认证体系，逐步构建统一开放、竞争有序的低碳清洁氢能市场体系，着力清除各类政策壁垒，提升绿色发展的可持续性。

本报记者 仲蕊 中国能源报 2021-05-03

## 光伏制氢尚需跨过“经济坎”

“‘光伏+氢’可谓是万能的能源，两者的组合不仅易得、可持续，还具备经济性和安全性。既不像水电和风电一样受到地理位置的限制，也不像煤电一样带来环境污染。”日前，晶科能源副总裁钱晶透露，公司已经成立专门的“光伏+氢”解决方案事业部，专注于为光伏制氢提供更高效的组件产品，取得更低的光伏发电成本和更低的制氢成本。

今年以来，以晶科能源、隆基股份等为代表的光伏企业纷纷宣布布局氢能领域，“光伏+氢”正催生出新“蓝海”。市场虽广阔，但要想真正实现规模化、商业化发展，就要不断增加价格优势，跨过“经济性”这道坎。

“超过 0.35 元/千瓦时，优势不大”

“光伏+氢”被市场普遍看好。万联证券认为，“光伏+氢”作为零碳电力和清洁能源电力载体，在

减少二氧化碳排放方面可以发挥巨大的作用。同时，光伏制氢具有储能效用，不仅可以平抑光伏发电的不稳定性，还可以将光伏发电转换为氢能，以低于化学储能的成本，实现跨天、跨周甚至跨月、跨季度的储能。

据研究机构测算，到 2050 年，全球氢需求将达到 6—8 亿吨/年。未来 30 年，全球年均新增的制氢规模约为 2500 万吨，将带动光伏年新增装机规模达 900 吉瓦，形成万亿级市场。

虽然未来“光伏+氢”大有可为，但现阶段光伏制氢项目推进缓慢。钱晶告诉记者：“其实，目前制氢技术已经很成熟了，但和灰氢相比，绿氢成本稍高一些，光伏制氢仅在部分地区具备经济性。根据我们的经验，一旦光伏电价超过 0.35 元/千瓦时，优势就不大了。”

4 月上旬，国家发改委就 2021 年新能源上网电价政策征求意见。根据征求意见稿，2021 年，新建可再生能源发电项目的指导上网电价统筹考虑 2020 年各地燃煤发电基准价和市场交易平均价分省确定。最终上网电价不得高于指导价，而在已公布的共计 32 个地区中，仅有 9 个地区的指导电价低于 0.35 元/千瓦时。

“加上运氢成本，就失去了优势”

其实，电价仅仅是影响光伏制氢经济性的因素之一。

“如果考虑西北弃电因素，使用弃电，即以电费为 0 元计算，光伏制氢当然具备优势。但那些地区人烟稀少，对氢气几乎没有需求，无法在当地使用，还是需要经过长途运输到有需求的地区，加上运氢成本，就失去了优势。”钱晶说。

在钱晶看来，目前光伏制氢技术不是问题，也不考虑成本，但不能忽视氢气存储和运输的经济性，“这一部分的投资太大了。”

钱晶提出的问题也是目前行业共同面临的困境——储运是影响光伏制氢大规模应用的关键。据了解，在制氢环节，光伏开发规模和产能每年都在扩大，然而后续的氢气储存、运输环节并没有打通，外送存在问题，氢能产业链下游应用场景的开发就无法与上游匹配，解决消纳才能真正促进光伏制氢产业的发展。

“无论是在压缩还是液态情况下，氢气的存储和运输都很有挑战性。”钱晶指出。

为此，学术界提出了一个新的技术思路——“太阳燃料”，即将氢气和二氧化碳相结合，变成甲醇。甲醇可以像汽油一样运输、储存，到了加氢站再把它转化成氢，这样就可以解决氢燃料电池“制、储、运、加”的问题。

“最好是终端决定选址”

钱晶则有另一个想法：“开发光伏制氢项目最好是终端决定选址，哪里有氢能需求就在哪里发展光伏制氢，采取就地发电、就地制氢、就地使用的模式，光伏的分散性可以让每个城市都是制氢选址点。”

同时，钱晶补充道，油气企业布局氢能更具优势，不仅可以将现有的天然气管线改造升级后运输氢气，也有实力架设专门的氢气管线，更重要的是还可以将传统加油站改造成加氢站。

实际上，已有光伏企业和油气企业联手开拓光伏制氢领域。4 月中旬，隆基股份与中国石化签署战略合作协议，双方约定未来将以“碳达峰、碳中和”目标为指引，发挥各自优势，通过全方位协同，在分布式光伏、“光伏+绿氢”等多领域形成深度合作，共同开拓清洁能源应用市场。

据记者不完全统计，截至目前，全国处于筹备或建设中的“绿氢”项目已达 30 个。其中，超过 20 个项目选择“光伏+氢”这一技术路线。

随着一批批项目的落地，光伏装机规模的持续扩张以及发电成本的进一步下降，预计未来光伏制氢将进一步下降，进入发展正循环。据万联证券，到 2025 年，光伏系统度电成本将下降至 0.22—0.462 元/千瓦时，在光资源充沛的区域，光伏制氢电力成本有望达到 0.15 元/千瓦时，带动制氢成本持续降低，扩大产业发展空间。

本报记者 董梓童 中国能源报 2021-05-10

## 绿氢“成本比灰氢还低”不是梦

灰氢是通过化石燃料（例如煤炭）燃烧产生的氢气。这种类型的氢气约占当今全球氢气产量的95%。灰氢还包括在电解水制氢的过程中，使用的电力由化石燃料产生（存在碳排放）。绿氢是利用可再生能源（例如太阳能或风能）发电后通过电解工序制氢，其碳排放可以达到净零。蓝氢也由化石燃料产生，主要来源是天然气。与绿氢相比，蓝氢电力需求较低，且配套了碳捕集与封存（CCS）技术。由于CCS技术需要相对罕见的地质条件，因此在全球范围内蓝氢比绿氢更难获取。

在炼油或氨生产中，约有80%的专用氢气生产（氢气也作为其他过程的副产品产生）用作原料。天然气制氢最常用的方法是蒸汽甲烷重整，从重整过程中释放出高浓度的二氧化碳，而从天然气燃烧中排放出浓度较低的二氧化碳。将碳捕集、利用与封存应用于蒸汽甲烷重整工艺流程，是制备蓝氢的方法，其二氧化碳排放量比灰氢少50%~60%（从产生的每千克氢约10千克二氧化碳到每千克氢约5千克二氧化碳）。

当前，蓝氢的生产成本随着二氧化碳储率的增加而上升。碳捕集使灰氢的成本每千克增加0.25美元，这意味着减排成本约为每吨二氧化碳50美元，相当于2020年美国环境保护署使用碳的全球社会成本估算值。此外，从废气中捕集二氧化碳，将使每千克氢气的生产成本增加0.40美元，每吨碳减排成本将超100美元。

随着碳捕集设备成本下降和基础设施扩大、从蒸汽甲烷重整到自热重整的转变（过程和燃烧排放结合在一起），蓝氢的成本可能会降低。据预测，到2030年，自热重整产生的蓝氢将捕集高达95%的二氧化碳排放，每千克氢气的成本为1.25美元，仅比低排放的每千克氢气高0.20美元，超过如今的低端蒸汽甲烷重整成本。

绿氢的生产成本明显高于蓝氢，尽管蓝氢的固定成本高于绿氢。氢气具有相似的能源效率，生产成本的差异是两个因素造成的：首先，电力的能源成本远高于天然气。以能源为基础，天然气每百万英热单位为3.5美元，相当于电力每兆瓦时12美元，相比之下，补贴前的风能和太阳能成本为每兆瓦时30~40美元。其次，由于绿氢的生产受到零碳能源可用性的限制，它只能在很短的时间内运行。因此，尽管每兆瓦绿氢容量的投资成本低于蓝氢，但低利用率使绿氢的每千克氢气的资本成本高于蓝氢。

降低绿氢成本取决于更低的电力成本和更低的资本成本。在最佳位置上，太阳能和陆上风电的成本可能会在2030年降为每兆瓦时25美元左右，到2050年降至每兆瓦时15美元。利用率的提高受到风能和太阳能容量因素的限制，但在发电情况互补的地方结合风能和太阳能，或电池储存，可以帮助生产更多的绿氢。尽管核能将提供连续的能源，但因为太昂贵而没有价格优势。每千克氢的成本也会随着电解槽成本的降低而降低，这可以通过扩大生产规模和自动化而降低。到2050年，电解槽的成本预计下降90%，如果实现，生产绿氢的成本将低于灰氢。

中国石化报 2021-05-17

## 氢能源，一场输不起的全球竞赛

据中央广播电视总台经济之声《天下财经》报道，氢能今年迎来布局热潮，一些光伏企业纷纷进入这个领域。对比其它能源，氢能清洁环保，能量密度大，被一些人看作“终极能源”。但要大规模发展氢能，还面临制、储、运、用多个环节，产业链长，技术复杂等瓶颈。专题报道《掘金氢能源》本期播出：《氢能源，一场输不起的全球竞赛。》

能源大国俄罗斯不久前发布《2024年前氢能发展行动计划》(以下简称行动计划)，明确2024年前全面建立氢能产业链。行动计划还提出，到2050年，俄罗斯氢能出口量将达790-3340万吨，出口创收将达236-1002亿美元。

作为石油和天然气资源富集的国家，俄罗斯为什么突然决定大力发展氢能源？一些专家分析，主

要是因为俄罗斯两大能源出口市场——欧盟和中国都在大力推动绿色低碳发展，这意味着传统化石能源出口可能将受到影响。以欧盟为例，煤炭进口去年大幅下降接近 40%，油气进口接下来也势必萎缩。俄罗斯显然是在积极寻求能源转型。至于为什么选择氢能，中国氢能联盟专家委员会主任、同济大学教授余卓平说，与其它新能源相比，氢能有一大特点。“电由于它的不可储存性，实际上没有办法交易，包括可再生能源也不是能源交易产品。但是可再生能源转换成氢气以后，氢可以成为一个大宗交易的新型能源载体。所以从交易特征来看，它将为全球应对气候变化的合作提供一个非常好的平台。”

在俄罗斯的东面，日本是全球最早押注氢能的 国家之一。众所周知，日本氢燃料电池汽车技术独步全球。今年，日本将开始从澳大利亚进口液态氢，这标志着氢能商业化迈出关键一步。日本的邻国——韩国最近则宣布研发氢能燃气轮机，研发成功后将建设燃氢火电厂，做到无碳发电。

有业内人士告诉记者，实际上，氢能的利用方式远远不止这些。“像德国是把制的氢掺到天然气管道里，掺一定比例，让居民使用，效果也挺好，因为这样相当于把氢气当天然气使用，有经济上的效益。大家研究各种途径，也都有人尝试，但是并不一定说哪一种就一定特别好，要因地制宜。”

专家观察，随着能源革命在全球推开，各国正在就氢能展开一场全球竞赛。谁占得先机，就能抢占未来产业链的制高点。余卓平说，虽然氢能技术目前并不像其它清洁能源那样成熟，但各国谁也不愿承担巨大的机会成本。余卓平说：“从整个国际形势来看，全球氢能产业发展的势头非常强劲。现在占全球 GDP 大概 52% 的 27 个国家里面，有 16 个国家已经全面制定了国家的氢能源发展战略，另外还有 11 个国家正在制定国家的氢能源战略。”

值得注意的是，我国也是这 11 个正在制定氢能源战略的国家之一。目前，我国已经有 23 个省(区、市)发布了氢能规划和指导意见，不少市场主体正快速进入氢能产业链的上下游。

在谈到下一步如何促进氢能发展时，国家能源局监管总监李冶提到：“在能源法的征求意见稿中，我们首次将氢能纳入了能源体系管理，统筹推动氢能产业的发展。在我局正在组织研究编制的能源技术创新‘十四五’规划中，拟将氢能及燃料电池技术列为‘十四五’期间能源技术装备的主攻方向和重点任务。”

中国氢能联盟战略指导委员会主任、中国科学院院士徐冠华提醒，与一些起步较早的国家相比，我国氢能技术还不完善，产业发展也面临着较多难题，但这都是发展过程中必须经历的阶段，各参与方要保持战略定力。徐冠华说：“发展氢能源是一个战略性的问题，如果在这个问题上没有形成共识，就不能形成力量。氢能源科学技术的进步和产业化的过程，也是一个统一思想的过程。不能因为氢能源战略性而一哄而起，也不能因为发展氢能源的长期性而放弃战略目标，坐等别国的成果。”

吕红桥 央广网 2021-05-16

## 市场监管总局批准发布三项液氢国家标准

市场监管总局批准发布的三项液氢国家标准：《氢能汽车用燃料 液氢》、《液氢生产系统技术规范》和《液氢贮存和运输技术要求》进一步完善了氢能标准体系，使液氢民用有标可依，为指导液氢生产、贮存和运输，加强氢燃料质量管理，促进氢能产业高质量发展提供重要标准支撑，并于 2021 年 11 月 1 日起实施。

GB/T40045-2021 汽车《氢能汽车用燃料 液氢》

主要起草单位：北京航天试验技术研究所、中国标准化研究院、佛山绿色发展创新研究院、北京低碳清洁能源研究院、浙江大学、北京海德利森科技有限公司、中国电子工程设计院有限公司、江苏国富氢能技术装备有限公司、中国科学院理化技术研究所、北京航天雷特机电工程有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、高质标准化研究院（山东）有限公司。

GB/T40061-2021 《液氢生产系统技术规范》

主要起草单位：北京航天试验技术研究所、浙江大学、江苏国富氢能技术装备有限公司、中

国标准化研究院、北京低碳清洁能源研究院、北京海德利森科技有限公司、中国科学院理化技术研究所、中国电子工程设计院有限公司、佛山绿色发展创新研究院、北京航天雷特机电工程有限公司、广东普发氢能科技有限公司、山东威海湛威新能源科技有限公司、北京特种工程设计研究院、高质标准化研究院（山东）有限公司。

GB/T40060-2021《液氢贮存和运输技术要求》

主要起草单位：北京航天试验技术研究所、浙江大学、中国标准化研究院、北京低碳清洁能源研究院、北京海德利森科技有限公司、中国电子工程设计院有限公司、深圳国氢新能源科技有限公司、中铝山东有限公司、佛山绿色发展创新研究院、江苏国富氢能技术装备有限公司、中国科学院理化技术研究所、北京航天雷特机电工程有限公司、山东冰轮海卓氢能技术研究院有限公司、广东普发氢能科技有限公司、北京特种工程设计研究院、高质标准化研究院（山东）有限公司。

中国储能网 2021-05-08

## 碳中和愿景下氢能应用的竞争优势

据天然气世界(Natural Gas World)5月5日消息，挪威可再生能源公司 Nel 的一个部门表示，该公司收到一份购买 2 兆瓦电解槽的订单，该电解槽将支持瑞士的绿色氢基础设施。Nel 销售与市场营销区域副总裁雷蒙德·施密德表示：“这是开发商业绿色氢基础设施所取得的新里程碑，这清晰地表明，重型车辆用氢如今已成为现实。”

在全球迈向碳中和进程中，氢能将发挥重要作用。国际智库能源转型委员会在 4 月 27 日发表的一份报告中说，全球经济 2050 年前要实现温室气体净零排放，每年需要消耗 5 亿到 8 亿吨的清洁氢，这是目前市场规模的 5 到 7 倍。

氢可以作为原料和燃料，还可以作为储能介质，在工业、交通、建筑等众多领域应用前景广阔，尤其是在储能、高耗能工业、以及重型车辆、航运、航空航天燃料等领域有着其他能源无可比拟的优势，对实现碳中和至关重要。

首先，氢气是一种极好的能量存储介质。风电、水电、光伏等可再生能源虽然零排放，但存在随机性、波动性问题，弃电现象难以避免，造成能源浪费。国家能源局数据显示，2020 年，全国主要流域弃水电量约 301 亿千瓦时，全国弃风电量约 166 亿千瓦时，全国弃光电量 52.6 亿千瓦时。如此巨大的弃电量，如若制备成绿氢储存，为氢能体系供能，对于节能减排具有非常大的意义。

雷斯塔能源发布报告称，目前 1 兆瓦以上的绿色制氢装机超过 60 吉瓦，其中 87%是吉瓦级项目，这意味着商业化大规模可再生能源制氢正在加速普及。与此同时，可再生能源制氢也在逐步下降。彭博新能源财经预测，到 2030 年，绿氢的成本预计将低于蓝氢；到 2050 年，它的成本甚至将低于“更脏”的灰氢。

其次，氢能在钢铁、冶金、水泥等高耗能工业减排上有着巨大的发展机遇。这些工业既是碳排放大户(占全球工业碳排放的 45%)，又是深度减碳的难点。可再生能源电气化手段只能降低高耗能产业中低位热能那部分碳排放，而这部分只占 20%左右。80%的碳排放因原料和高位热能而产生，电气化目前还是无能为力。

传统的碳冶金中碳、氮、硫氧化物排放本质上不可避免，仍然较高，而氢冶金有望实现零排放。为进一步解决钢铁行业碳排放问题，世界各国钢铁企业纷纷开展氢冶金研究。日本 2008 年启动了 150 亿日元 COURSE50 氢冶金项目，德国、瑞典等国随后纷纷跟进。国内氢冶金强力跟进，蓄势待发。4 月底，内蒙古赛思普公司投资 10.9 亿元的国内首条氢基熔融还原高纯生铁生产线正式建成。氢冶金或成为钢铁行业发展新趋势，助力碳中和目标达成。

最后，氢作为燃料在长距离运输的重卡、航运、航空航天等领域有很大竞争优势。与锂电池相比，氢燃料电池有能量密度高、续航里程长、负载能力强和加氢快等优势，更适合长距离、重载荷

运输领域的重型卡车。与氢能乘用车相比，氢能在卡车领域已实现弯道超车。此外，重卡是交通领域排放大户，氢动力是重卡实现减排的重要且有前景的方法。

在布局上，去年一季度，美国燃料电池重卡技术路线图重磅出世，紧接着欧洲发布燃料电池重卡联合声明。近年，日本、韩国的汽车企业在开发氢燃料重卡上举措频频。而早在 2017 年 7 月，中国重汽就推出了国内首台重卡产品——氢燃料港口牵引车。氢动力重卡或将成为氢能应用经济性和产业化的重要突破口。中国工程院院士干勇表示，在国内的主要港口大量密集地使用氢能重卡，加氢站的建设规模就可以扩大，成本也会在规模效应下得以降低。

在航运领域，世界银行发布的最新报告显示，氨和氢是零碳船用燃料，最有可能成为航运业未来脱碳的主要贡献者。这是分析一系列不同的零碳候选燃料(包括生物燃料、氢、氨和合成碳基燃料)各自有利特性后综合得出的结论。壳牌同样指出，氢燃料电池作为零排放技术，最有可能帮助航运业在 2050 年前实现净零排放。壳牌 4 月 21 日表示，正在与合作伙伴进行可行性研究，以试验在新加坡的船舶上使用氢燃料电池。

氢气是自然界中最轻的气体，而且能量密度是汽油的 3 倍。这一特点使氢气特别适合应用在航空航天领域。早在 20 世纪 40 年代，氢气就已经应用于火箭发动机的液体推进剂。目前，一种被称为“固态氢”的新材料已经被开发出来。此外，氢燃料有望在航空脱碳战略中发挥关键作用。早在 2008 年，美国波音公司就已成功完成全球首次氢动力飞机的试飞。全球首架商业规模的氢动力飞机去年在英国试飞，空客公司也在布局氢混合动力飞机。

总体来看，氢能尚处在发展初级阶段，技术尚不成熟，成本也比较高。但是由于存在上述诸多竞争优势，氢能在碳中和愿景下显示出广阔的应用前景，并将保持快速发展的势头。随着氢能及燃料电池技术进步和规模产业化，氢能成本将迅速下降，应用也将更加广泛。

中国石油报 2021-05-16

## 推动氢能过急，可能危及近期的温室气体减排目标

波茨坦气候影响研究所 (PIK) 学者在《自然·气候变化》杂志上发表文章指出，氢基燃料主要用于航空或工业过程等不易于电气化的领域。但是，生产这些燃料的效率太低，成本太高，而且它们的可用性也太不确定，无法广泛地取代化石燃料，例如汽车或供暖。对大多数行业来说，直接用电，例如在电池电动汽车或热泵中，更具经济意义。依赖以氢为基础的燃料，反而导致进一步依赖化石燃料和温室气体排放。



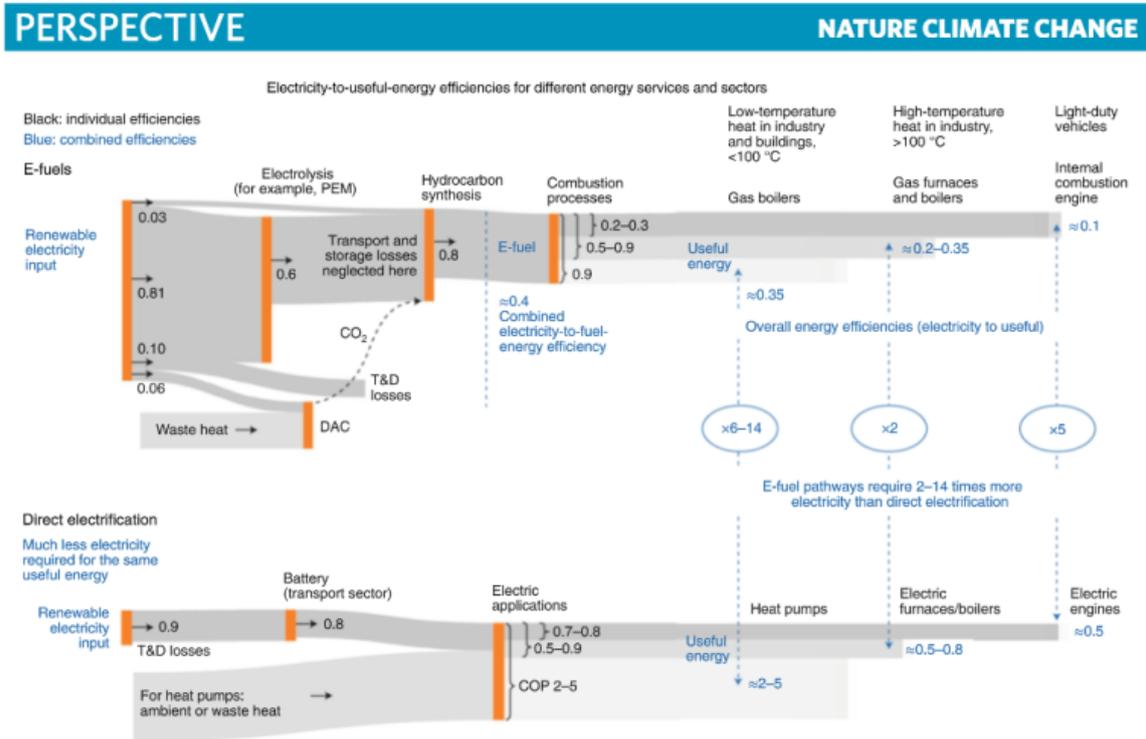
nature climate change PERSPECTIVE  
<https://doi.org/10.1038/s41558-021-01032-7>  
Check for updates

### Potential and risks of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation

Falko Ueckerdt<sup>1</sup>, Christian Bauer<sup>2</sup>, Alois Dirnreichner<sup>1</sup>, Jordan Everall<sup>1,3</sup>, Romain Sacchi<sup>2</sup> and Gunnar Luderer<sup>1,4</sup>

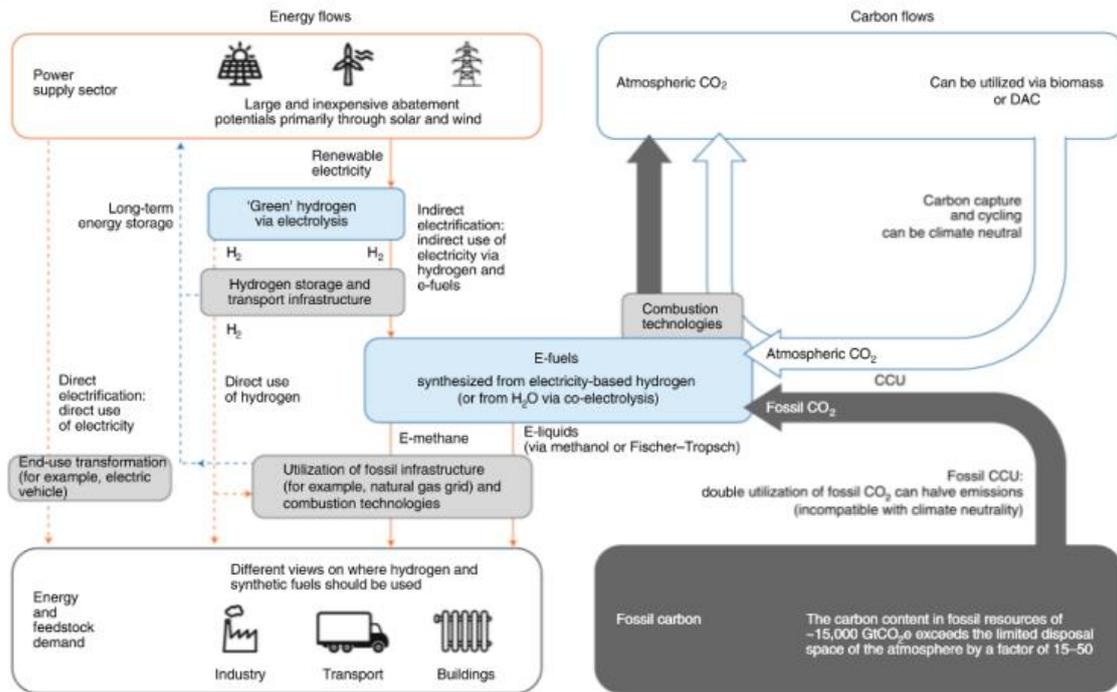
**E-fuels promise to replace fossil fuels with renewable electricity without the demand-side transformations required for a direct electrification. However, e-fuels' versatility is counterbalanced by their fragile climate effectiveness, high costs and uncertain availability. E-fuel mitigation costs are €800-1,200 per tCO<sub>2</sub>. Large-scale deployment could reduce costs to €20-270 per tCO<sub>2</sub> until 2050, yet it is unlikely that e-fuels will become cheap and abundant early enough. Neglecting demand-side transformations threatens to lock in a fossil-fuel dependency if e-fuels fall short of expectations. Sensible climate policy supports e-fuel deployment while hedging against the risk of their unavailability at large scale. Policies should be guided by a 'merit order of end uses' that prioritizes hydrogen and e-fuels for sectors that are inaccessible to direct electrification.**

氢基燃料是一种很好的清洁能源载体，但其成本和未来应用的风险也很大。以氢为基础的燃料作为一种通用的气候解决方案可能有点不靠谱，不应指望它们能广泛取代化石燃料。氢基燃料在未来至少十年内很可能是稀缺的，没有竞争力。押注于氢基燃料的广泛使用可能会增加对化石燃料的依赖：如果我们维系燃烧技术系统，并试图用氢基燃料“喂养”它们，当氢基燃料的成本太高、太少的时候，那么我们最终将继续燃烧石油和天然气，并排放温室气体危及短期和长期的气候目标。



**Fig. 2 | Energy efficiencies for major conversion steps from electricity input to useful energy.** These are considered across sectors for e-fuel applications (top) and direct electrification applications (bottom); individual conversion efficiencies (black) and combined efficiencies (blue) are shown. The overall electricity-to-useful-energy efficiencies of e-fuels range from roughly 10% (e-gasoline in a light-duty vehicle) to 35% (e-methane boiler), which translates into (renewable) electricity generation requirements that are 2-14 times higher than for direct electrification alternatives. The underlying data originate from life-cycle assessment inventories (Supplementary Information S1) and additional literature (references in the main text and in Supplementary Information S2). PEM, proton-exchange membrane; T&D, transmission and distribution.

因此，我们应该将这些珍贵的氢基燃料优先用于它们不可或缺的应用领域：长途航空、化工生产原料、钢铁生产以及一些可能的高温工业过程，因为这些是我们很难直接通电的领域和应用。我们目前离 100%的可再生能源还很远，因此有效利用可再生能源是关键。然而，如果我们使用氢基燃料而不是直接电气化替代品，发电量需要 2 到 14 倍（取决于不同技术应用）。



**Fig. 1 | Basic principle of e-fuels in an energy system.** Left: energy flows. E-fuels and hydrogen are forms of indirect electrification in which (renewable) electricity can be used via electrolysis and e-fuel synthesis to meet energy demands that rely on gaseous and liquid fuels. A competing option is direct electrification, which requires an end-use transformation to electric applications. Right: carbon flows associated with e-fuels when using CO<sub>2</sub> from atmospheric or fossil sources. Only utilizing atmospheric CO<sub>2</sub> (through biomass or DAC) creates a carbon cycle that is compatible with carbon neutrality.

如果按照目前的电力结构，氢基燃料将增加而不是减少温室气体的排放。在 2018 年的德国电力结构中，在汽车、卡车或飞机上使用氢基燃料将产生比使用化石燃料高约 3 至 4 倍的温室气体排放。

研究人员计算，假设 100%的可再生电力生产绿氢，使用氢基燃料避免 1 吨二氧化碳排放的成本目前液体燃料为 800 欧元，气体燃料为 1200 欧元。这远高于目前的二氧化碳价格，例如在欧洲排放交易计划中，目前的价格低于每吨 50 欧元。但是，随着二氧化碳价格的上涨，氢基燃料可能在 2040 年具备成本竞争力。考虑到减少温室气体排放以稳定气候的紧迫性，对于那些存在直接电气化替代品的部门来说，这为时已晚。

尽管未来成本存在不确定性，但氢基燃料有可能成为 2040 年左右替代所有剩余化石燃料的后盾技术。然而，这一目标的实现有赖于大规模的政策支持。事实上，在仅仅通过提高碳定价达到商业可行性之前的大约 20 年里，对于氢基燃料的补贴是必不可少的。

长远来看，氢基燃料的前景还是有希望的。利用全球太阳带巨大的风能和太阳能潜力，氢基燃料可以进行全球交易，从而解决日本、欧洲等人口稠密国家的可再生能源匮乏的瓶颈。然而，由于国际和国家气候目标要求立即减排，从应对气候变化的角度来看，直接电气化应放在首位。

国际能源小数据 2021-05-08

## 核能

### 海阳核电核能综合利用再破题

5月11日，由国家电投山东核电与清华大学联合建设的“水热同产同送”技术示范工程在山东海阳投运，该技术通过抽取海阳核电机组的蒸汽，驱动水热同产装置，将海水直接变成95℃的高温高品质淡水，首次在源侧实现水、热同步产出与供给。

“十四五”规划在现代能源体系建设工程专栏中，明确提出“开展山东海阳等核能综合利用示范”。山东核电董事长吴放表示，该示范工程实现了核能先发电、后制水、再供热的三级高效利用，并首次实现了“零碳”供暖的同时“零能耗”制水，大幅提高能源资源利用效率，实现安全、环保、民生等多方受益，具有大规模推广应用价值。

#### “零能耗”制出高纯度淡水

据了解，海阳核电水热同产同送技术示范工程利用海阳核电机组的抽汽和余热驱动水热同产设备，每小时生产5吨满足饮用水标准的95℃高品质淡水，再通过一根管道输送到用户侧，并在此进行水热分离，热量进入热力系统，放热后的水进入供水系统使用。该示范工程供能面积1万平方米，每日可提供饮用水120吨。

在示范工程项目现场，工作人员用量杯盛出一杯经过海水淡化装置制备的淡水，检测仪器显示，这杯淡水的电导率在1到2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 之间。

“生活用水的电导率标准是1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，医疗、电子工业用水的电导率标准是20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。这一数据说明，这个项目产出的淡水水质非常好。”中国工程院院士、清华大学建筑节能研究中心主任江亿告诉记者。

不仅如此，这种品质远高于一般生活、工业用水标准的淡水，生产用能全部来源于核电站产生的用于供热的蒸汽，不需要额外消耗能源。

“传统的海水淡化需要输入电能或热能，供热则需要用蒸汽加热热网。通过水热同产装置，两个流程可以结合在一起，让高温蒸汽先作为海水淡化的热源，再去加热热网，实现水热同产，海水淡化过程也没有额外热耗。”清华大学教授付林介绍称，“同时，用一根管线输送热淡水实现水热同送，可以大幅降低输热成本，即便不考虑输水带来的收益，水热同送的输热成本也比传统长输供热低40%。”

“如果只考虑发电，目前核电站实际热效率不到40%，有大量热量被排放到海洋中，这些热量白白浪费的同时也对近海温度有所影响。水热同产不仅将本来要‘扔掉’的热量利用起来供热，还利用供热的热量制备了淡水，这一工艺流程的装置成本也比传统热法海水淡化的成本有所降低。”江亿说。

据了解，该示范工程采取了两种工艺流程来完成海水淡化和水热同产，分别是多级闪蒸和多效蒸馏，目前正在对两种工艺的技术指标、经济性、安全性等进行对比与验证。

#### 为淡水紧缺提供新的可行方案

在核电站投资建设海水淡化装置，究竟有何意义？

“我国是世界上最缺水的13个国家之一，人均淡水资源占有量不到世界平均水平的1/3，北方地区缺水更严重。”中国工程院院士王浩从淡水资源缺乏的角度阐述了海水淡化的重要性，“大家可能想不到，从南到北，除了广州、上海之外，我国所有沿海城市都严重缺乏淡水资源。在沿海地区进行海水淡化，不是‘拆东墙补西墙’，是做加法、做增量的解决方案。”

水资源缺乏的北方地区，恰恰也是供热需求旺盛的地区，水热同产、同送的重要意义可见一斑。“水热同产同送”技术示范工程所在的山东省正是我国北方严重缺水省份之一，据介绍，山东人均水资源占有量仅为全国水平的1/6，尤其胶东半岛，淡水资源短缺危机隐现，向海取水、海水淡化已被列为该省解决缺水问题的重要手段。

“根据规划和展望，2030-2040年，连云港以北的北方沿海地区按照有1亿千瓦核电机组测算，水热同产同送技术可满足沿海至内陆200公里范围内50亿平方米供暖需求和40亿吨年淡水需求。”付林说。

规模化应用需多方统筹

水热同产同送技术为社会提供淡水、供热服务的同时，无疑也为国内其他核电站探索核能综合利用提供了更多参考。

“商用核电站供热的一大问题，在于核电站往往距离城市较远。水热同产同送技术的突破，在传统长距离供热的基础上，可以使供热经济半径进一步延长到200公里，解决核电厂址远离城市和热负荷集中在城市这种地理上的不匹配。”江亿直言，海阳示范工程的技术路径是可以复制的，但从工程实际的角度，想要实现有经济性的商业化推广，仍有许多现实问题待解。

“示范工程的单位造价低于传统模式，但要实现商业化应用、体现经济性，需要规模化建设，单个项目的投资总规模可能需要达到几十亿、上百亿，又由于涉及水资源、土地、发电、供热等多种要素，国土资源、能源、住建、环境等多部门都需要统筹，并非单纯依靠某个企业的力量可以推动，而应该从国家层面进行推动落实。”江亿直言。

江亿还指出，如何低成本地加入跨季节储热装置，以实现系统的高效利用，进一步增加系统经济效益和社会效益，避免巨额投资的设备在非供暖季的闲置，也是下一步需要研究突破的重要课题。而这种大型储热装置的建设落地，更加离不开各个主管部门之间的统筹推进。

本报记者 卢彬 中国能源报 2021-05-17

## 深挖核能潜力，敢想更要敢干

从发电到供热、水热同传，再到水热同产同送，核能综合利用的边界仍在外扩。

2019年11月，位于海阳核电站的核能供热一期工程建成投运，开创了核能商业供热的国内先河，该项目当时即被国家能源局官方认可为“国家能源核能供热商用示范工程”。2020年11月，在核能供热二期工程开建的同时，海阳核电又实现了世界首个水热同传实践工程投用。而几天前投运的“水热同产同送”科技示范工程再升一级：通过对核能进行先发电、后制水、再供暖的三级高效利用，实现源侧的水、热同步产出与供给。从功能用途看，上述项目和技术的一举多得值得肯定。

一年一个台阶，一步一个突破，海阳核电核能综合利用的速度，让人想起某运动品牌的广告词——一切皆有可能。不过，这个可能并非凭空而生，而是绿色发展背景下能源资源利用方式急速转变带来的全新诉求，比如用最低的能耗、最少的碳排放生产出高品质的蒸汽、淡水、稳定可靠的热能等能源产品，而这些正是核能综合利用短期最可能现实的“靶向”目标。

核能供热的概念在我国不是个新鲜词，早期的池式堆，过去若干年研发的壳式堆，都在小型堆的范畴内探索供热的可行性，但受制于小型堆的安全法规和标准体系缺失，以及经济性门坎、公众接受度低等障碍，小堆供热多年来始终未实现商业化推广，很多技术只能停留在图纸或者小范围演示验证阶段。

小堆供热障碍多，但大型核电机组多年来也只专心发电，不搞副业。原因很简单——我国在运核电站几乎都分布在南方沿海，而南方城市没有大面积、长时间的民生供热需求，海水淡化等需求可以通过其他方式实现，所以出于安全性和经济性考虑，源侧没有“节外生枝”。

但近年来，北方地区清洁取暖已上升为绿色发展所需和国家战略，稳定可靠又清洁的热源成为稀缺资源，尤其在碳减排目标推动下，清洁供暖的意义和效应正在凸显。以此为契机，地处山东烟台的海阳核电站率先试水，短时间内实现多次突破，不仅证明了大型核电商业供暖的可行性，更为核能多元化综合利用拓宽了路径。

不过，在感叹科技强大的同时，也有人会问：核电站又发电又供热，还要产淡水，经济上划算吗？

海阳核能供热一期工程首季运行结束后，山东省能源局委托独立第三方评估情况，得出的结论是：清洁、安全、稳定、高效，在技术上取得了核能利用效率的提升，经济上具备了与燃煤供热持平的竞争力，具有大规模推广应用价值。对于水热同传实践工程，山东核电发布的数据显示：供热和供水的跨界组合比传统分传技术节省投资约 50%，节省运维成本约 20%，提高能源效率的同时，降低了用能成本。

其实，作为“首吃螃蟹”的项目，不管是供热，还是水热同传，核能综合利用的技术改造和创新均没有前车之鉴，从图纸到实施，都需要试错和成本投入，不能用现有标尺来衡量示范项目的经济性，就像核电项目“首堆”一样，示范意义和经验反馈的重要性远大于经济性的一时考量。另外，供热、供水均为民生项目，且是系统工程，从生产到输送，再到入户，离开城市市政部门和企业各个环节的配合，仅凭核电企业一己之力无法实现。所以，从示范到推广，从近期到远期，经济性到底如何，现在下结论为时尚早。

核能综合利用到底好不好，在安全的前提下如何持续开发，光靠想不行，关键要敢干，敢于付诸实践，因为不做永远不知道可能性，也算不出经济性。

朱学蕊 中国能源报 2021-05-17

## 山东纵深推进核能综合利用 世界首个“水热同产同送”科技示范工程海阳投运

由国家电投山东核电与清华大学联合建设的世界首个“水热同产同送”科技示范工程，今天在海阳投运。该工程通过抽取海阳核电机组蒸汽，驱动水热同产装置同步产送高温高品质淡水。这标志着山东纵深推进核能综合利用又取得重大突破。当日，6 位院士等与会专家观摩研讨后，一致认为该工程安全、稳定、清洁、高效，具有重要的示范及推广意义。

海阳核电“水热同产同送”科技示范工程，通过核能“先发电、后制水、再供暖”三级高效利用，首次实现“零碳”供热和“零能耗”制水同步，大幅降低供热供水成本。所谓同产，是指利用在运核电机组的抽汽和余热，通过多级闪蒸、多效蒸馏等工艺，每小时可生产 5 吨满足饮用水标准的 95℃ 高品质淡水。所谓同送，是通过一根管道将高温高品质淡水输送到用户侧，经过水热分离，热量进入热力管网系统，降温淡水进入供水系统。据了解，该工程实现供暖面积 1 万平方米，日提供饮用水 120 吨。按此测算，一台百万千瓦核电机组完成发电“主业”同时，采用“水热同产同送”技术，一个采暖季可产出 3000 万吨高品质淡水，并满足 3000 万平方米居民供暖。

据省能源局负责人介绍，“水热同产同送”科技示范工程开创“零碳”供热新时代，拓展热法海水淡化技术新应用，提高了能源综合利用效率，为全国加速核能综合利用、推进碳达峰、碳中和战略目标实现提供重要借鉴。下一步，我省将依托海阳、荣成等大型核电基地，加快“水热同产同送”先进技术推广应用，为后续向青烟威地区长距离供热供水做好技术验证和经验积累。

左丰岐 大众日报 2021-05-12

## 我国明确海水提铀路线图

本报讯“海水中铀的蕴含量约 45 亿吨，是陆地上已探明铀储量的近千倍，开发陆地铀资源的同时，探寻和开拓非常规铀资源，是我国核工业发展的战略性选择之一。”“开展海水提铀材料和设备的研制及性能验证研究，实现海水提铀工业化，达到世界领先水平。”近日在京召开的中国海水提铀技术创新联盟（以下简称“联盟”）理事会成立大会上，再次明确了我国海水提铀的战略地位，同时锁定了目标任务，规划出未来 30 年的海水提铀路线图。

据了解，我国海水提铀将实施“三步走”战略路线：第一阶段（2021-2025），实现海水中提取公斤级铀产品能力；第二阶段（2026-2035），建成海水提铀吨级示范工程；第三阶段（2036-2050），实现海水中提取铀产品连续生产能力。

核能产业的可持续发展和天然铀需求的增长，是铀资源开发从陆地转向海洋的现实诉求。

“核工业是高科技战略产业，是国家安全的重要基石，铀资源在核燃料循环体系中发挥着重要的支撑保障作用。预计到 2035 年，我国核电运行装机将达到 1.5 亿千瓦，在建 5000 万千瓦规模，天然铀的需求正逐年加大，探寻和开拓非常规铀资源将是战略性选择之一。”中核集团总经理、联盟理事长曹述栋表示。

中国铀业董事长、联盟副理事长陈军利介绍，我国陆地铀资源潜在资源量虽然较大，但探明量不大，而且铀矿资源开采呈“规模小、品位低、较分散”特点，目前天然铀对外依存度较高。“按照目前规划的每年开工 6—8 台核电机组，预计到 2035 年，我国天然铀需求量为 3—3.5 万吨，铀资源供需矛盾将更加凸显。”

陈军利认为，海水中蕴含着的丰富铀资源可以保障我国核能产业发展“无限”续航，然而经济回收海水铀资源是前瞻性和颠覆性技术，是一项世界难题，需要最大限度吸引、容纳和聚集优势创新资源。

中国工程院院士、联盟学术委员会副主任石碧进一步解释称，尽管海水中含铀总量巨大，但浓度却极低，1 吨海水中只有 3.3 毫克铀，而且海水中含有多种高浓度的其他杂质，从其中提取铀的难度很大。

石碧介绍，海水提铀经过几十年的发展，包括我国在内的很多国家持续开展了大量研究工作，但是除日本于 2000 年前后采用多次锚定吸附方式获得了约 1kg“黄饼”的规模性海洋试验外，总体上仍致力于在海水提铀材料上寻求突破。“从国内外研究现状看，虽然在海水提铀材料研制方面取得了一定进展，但目前未达到工程化水平，尤其海水提铀材料性能尚需优化、实施方式尚需验证并改进、评价标准尚需统一等关键问题还未根本解决。”

鉴于海水提铀研究与开发在战略上的重要性，以及开发难度大、距工程化尚有差距等现状，2014 年中国工程院曾以重点咨询项目“开展从海水和盐湖中提取铀资源的战略研究”，建议将海水等非常规铀资源开发关键技术纳入国家科技规划。中核集团于 2019 年将海水提铀研究作为先导技术研究纳入“创新 2030”工程，加大开展海水提铀前瞻技术研究。

“为满足国家核能事业发展，提高铀资源战略储备，我们要解放思想，加快创新，常规铀资源和非常规铀资源并举，陆地铀资源和海洋铀资源并进，尽快突破非常规铀资源和海水铀资源工业化利用的瓶颈技术，拓展铀资源新的空间、新的领域。”陈军利进一步建议。

中国海水提铀技术创新联盟于 2019 年 11 月成立，由中核集团牵头发起，中国铀业组织实施，中核矿业科技作为秘书单位，联合国内 23 家高校和科研院所成立。未来，该联盟将按照“小核心、大联合、高标准”的总体建设思路，建成研究/试验中心、国际交流和培训中心、海上测试平台的“两中心、一平台”海水提铀科研基地。

朱学蕊 赵琦 中国能源报 2021-05-10

## 能源政策

### 积极开发陆上风电和光伏！广西发布“十四五”规划

近日，广西壮族自治区人民政府发布关于印发广西壮族自治区国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要的通知，通知指出，大力发展清洁能源，深度开发水电，安全稳妥发展先进核电，积极开发陆上风电和光伏发电，建设红水河水风光一体化基地。开展“新能源+储能”示范应用，探索“风光水火储”、“源网荷储”一体化发展模式，创新消纳方式，提升消纳能力。

原文如下：

广西壮族自治区人民政府关于印发广西壮族自治区国民经济和社会发展第十四个五年规划和

## 2035年远景目标纲要的通知

(桂政发〔2021〕11号)

各市、县人民政府，自治区人民政府各组成部门、各直属机构：

现将《广西壮族自治区国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》印发给你们，请认真贯彻执行。

广西壮族自治区人民政府

2021年4月19日

广西壮族自治区人民政府 2021-05-14

## 辽宁拟发布首个“渔光互补”用海政策

本报讯 4月22日，辽宁省自然资源厅发布《关于明确渔光互补用海管理有关事项的通知（征求意见稿）》，明确利用已确权养殖用海区域，合理规划渔光互补海洋功能区域。

《征求意见稿》提出渔光互补光伏发电项目选址应符合国土空间规划分区及用途管制要求，严禁在生态保护红线区及国家法律法规和规划明确禁止的海域内建设。沿海各地区要综合考虑本地区海域资源环境承载能力、经济社会发展水平和管理需要，按照光伏发电项目相关标准，节约集约利用海域资源，积极稳妥探索渔光互补用海管理，既要避免“一刀切”，更要防止盲目圈占海域。

在协调一致且可以有效避免相互影响的前提下，光伏发电项目用海同围海养殖用海，实施分层设权管理。渔光互补项目申请用海时，需提交利益相关者协调协议。光伏发电项目用海申请人应与养殖用海使用权人充分协商处理好权属关系、使用年限、作业安排及利益补偿等有关事项，并达成一致意见，避免产生权属纠纷。光伏发电项目的水下电缆涉及穿越其他海域开发利用活动的，应与利益相关者协调一致，避免相互影响，并分层设置海域使用权。

渔光互补光伏发电项目和围海养殖海域使用权除依法申请审批取得外，也可通过招标、拍卖、挂牌等市场化出让方式取得，按照用海审批权限，由市、县自然资源主管部门组织制订具体方案。

吴怿 中国能源报 2021-05-03

## 新能源市场化交易来了

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

如何引导？

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

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

10%意味着什么？

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

据记者了解，在首批电力现货市场试点中，已有省份对可再生能源项目参与市场交易进行了大规模开放。以甘肃省为例，根据甘肃省工信厅2021年发电量安排专题会议的要求，2021年甘肃省风

电、光伏保障性消纳电量总计 137 亿千瓦时，同年甘肃省新能源最大发电能力目标在 415 亿千瓦时。据此测算，甘肃省新能源保障性收购电量占比仅为 1/3 左右。换言之，约有 2/3 的电量需要进入市场进行交易。

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

前述研究人员还指出，目前 10%的交易比例中并未区分增量和存量项目，对于既有光伏扶贫、光伏领跑者等项目也没有特别说法。“而且随着试点的推进，这一比例可能也会有所调整。特别是在一些可再生能源资源比较富集的地区，放开的规模可能会慢慢增大。”

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

何为全生命周期保障收购小时数？

《通知》特别强调，市场化交易部分可不计入全生命周期保障收购小时数。

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

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

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

新闻链接

最低保障收购年利用小时数

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

全生命周期合理利用小时数

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

本报记者 姚金楠 赵紫原 中国能源报 2021-05-17