

# 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7期 2021年4月

## 目 录

总论 .....	1
深入开展用能权交易正当时 .....	1
双碳目标下必须加快能源技术创新 .....	3
天津探路能源互联网综合示范区建设 .....	4
韩国能源转型挑战重重 .....	5
“能联全球”数字化平台正式启动 .....	6
“碳中和”博弈里的中国机遇：能源行业是破局关键 .....	7
“碳中和”元年 我国距能源转型还有多远 .....	10
实现碳中和，中国是认真的 .....	12
清洁低碳，能源结构这样转型 .....	13
致力实现“双碳”目标 生态环境部部长提出三点倡议 .....	15
热能、动力工程 .....	16
“双碳”目标倒逼新型电力系统建设提速 .....	16
储能系统变革在即 .....	18
电力系统低碳转型开启加速模式 .....	19
中国碳达峰、碳中和研究报告出炉 .....	21
“两个替代”和中国能源互联网将对我国碳中和贡献度超80% .....	22
新能源主体地位已明 电网系统性变革将至 .....	24
农房节能改造不容忽视 .....	25
各行业碳达峰时间表不应“一刀切” .....	27
三问发电侧配储 .....	29
0.42吨，北京何以做到碳排放强度全国最优 .....	30
建筑碳中和须与城市统筹联动 .....	32
减碳当前，灵活性电源地位凸显 .....	33
农村能源清洁化转型箭在弦上 .....	35
北京航空航天大学经济管理学院教授朱磊：实现碳中和，这项技术不可或缺却前路多艰 .....	36
一次能源与二次能源循环实现能源清洁利用 .....	39
如期实现“碳中和”具备良好基础 .....	42
2020年湖北碳市场交易额逾83亿元 占全国“半壁江山” .....	43
生态环境部部长：中国实现碳达峰碳中和的难度比发达国家更大 .....	44
碳达峰、碳中和顶层设计“快马加鞭” 部分行业力求率先达峰 .....	45
在能源需求不断增长的情况下 如何实现二氧化碳排放达峰？ .....	46
二氧化碳捕集与驱油封存技术：实现“碳达峰”“碳中和”的“加速器” .....	48
储能配比10%，山东将出台支持储能产业发展政策 .....	49



国内首个水系锌基电池储能系统投运 .....	50
2020 年，电池领域的十大科技突破 .....	51
纽约市所有化石燃料调峰电厂 2030 年前可被储能等清洁方案替代 .....	55
8 万座数据中心余热大多直排！亟待重视回收 .....	56
2021 年欧洲累计部署电池储能系统容量或将超过 8.2GWh .....	58
新型“双高”混合型电化学储能器件获进展 .....	60
“3060”目标开启低碳新时代 能源大户按下减碳“快进键” .....	60
地热能 .....	62
地热能有望“后卫”转“先锋” .....	62
生物质能、环保工程 .....	64
德国“沼气证书”的启示 .....	64
2022 年广州市预计生活垃圾焚烧设计处理能力将达到 3.3 万吨/日 .....	65
太阳能 .....	66
浮式光伏开发潜力不容小觑 .....	66
光伏全产业链谋变革 .....	67
光伏光热建筑一体化获政策力挺 .....	68
韩国 2020 年光伏新增装机规模约 4.1GW .....	70
海南光伏平价项目需配 10%储能！2021 年已有八省明确新能源配储比例要求 .....	70
中国装机规模、储能规模最大的 135 兆瓦光热电站开建 .....	74
海洋能、水能 .....	74
中长期规划将出“十四五”抽水蓄能迎发展窗口期 .....	74
科学发展水电产业，按下碳达峰的“加速键” .....	75
抽水蓄能是以新能源为主体的新型电力系统的重要组成部分 .....	76
风能 .....	77
中国 2020 年新增海陆风电装机均居全球第一 .....	77
海上风电“大爆发”拐点已现 .....	78
中国海上风电装机紧追英国，跃居全球第二 .....	79
比欧洲落后 10 年，美国海上风电终于有望起飞！ .....	81
国内海上风电基础创新取得重大突破 .....	82
广东海上风电投产规模 2030 年将达到 3000 万千瓦 .....	83
新能源春天来了！带你看看贵州最美山地风电场 .....	83
氢能、燃料电池 .....	84
液氢产业化步伐加快 .....	84
陕鼓签约全球首个氢能源还原制铁项目 .....	85
碳中和下可再生能源制氢大有可为 .....	86
氢能产业写入“十四五”规划，从企业家建言看未来走向 .....	88
国内首个！四川成都成功研制液态金属天然气 .....	90
核能 .....	90
山东海阳核能综合利用效应初显 .....	90
中国“人造太阳”拟 4 月底完成升级改造 .....	91
“十四五”核电产业发展重点解读 .....	92
“十四五”核能产业要着力做好这些事 .....	93
1 亿摄氏度“燃烧”100 秒！中国“人造太阳”将再冲新高 .....	94
“人造太阳”产氦实验包层项目启动 .....	95



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

## 深入开展用能权交易正当时

用能权交易机制是一种促进社会节能的市场机制，通过能源消费量交易，引导社会资本向节能领域投资并促进绿色技术进步。自“十三五”首次在国家层面正式提出以来，用能权交易机制不断推进和完善，成为了助力能源消费革命、促进绿色低碳发展的重要举措之一。

### 四省已开展用能权交易试点

2015年10月，《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》中提出：“建立健全用能权、用水权、排污权、碳排放权初始分配制度。”2016年7月，国家发改委印发了《用能权有偿使用和交易制度试点方案》（以下简称“《方案》”），提出在浙江省、福建省、河南省、四川省开展用能权有偿使用和交易制度试点工作。2017年12月，国家发改委办公厅下发《关于浙江省、河南省、福建省、四川省用能权有偿使用和交易试点实施方案的复函》（发改办环资〔2017〕2078号），正式批复四省开展用能权有偿使用和交易试点工作。2021年3月，《中华人民共和国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》中进一步明确“推进排污权、用能权、用水权、碳排放权市场化交易”。

具体而言，2015年，浙江省率先启动了用能权交易试点，在2018年和2019年分别印发了《浙江省用能权有偿使用和交易试点工作实施方案》《浙江省用能权有偿使用和交易管理暂行办法》，并于2019年12月26日正式启动市场交易；2017年，《福建省用能权有偿使用和交易试点实施方案》印发，率先在水泥和火电两个行业（共88家单位）开展用能权交易试点，并于2018年12月19日正式启动用能权交易；2018年，《河南省用能权有偿使用和交易试点实施方案》印发，形成了用能权“1+4+N”制度体系，同年，《四川省用能权有偿使用和交易管理暂行办法》印发，确定了钢铁、水泥、造纸三个行业首批纳入用能权交易，公布了110家第一批纳入用能权交易的重点用能单位名单。河南省和四川省分别于2019年12月22日和2019年9月26日正式启动用能权交易。

### 有利于提高全社会能效

根据国际能源署（IEA）的《全球能源回顾2019》和《世界能源投资2020》等相关报告显示，能效提升是促进绿色低碳发展的最重要途径之一。2019年针对建筑、交通、工业部门能效提升的投资总额为2500亿美元；扣除物价上涨因素，各国政府用于新型能效技术研发的资金总计高达45亿美元，同比增长12%。能效已成为能源相关研发投资中占比最大的方向之一。

用能权交易与绿色低碳发展之间通过能效形成了连接纽带。一方面，能效管理是开展用能权交易的基础条件。从用能权交易制度体系设计来看，用能单位初始用能权的确定是非常重要的，确权的基础就是科学合理地进行能效管理和评估。

《方案》指出：“产能严重过剩行业、高耗能行业可采用基准法，即结合近几年产量、行业能效‘领跑者’水平以及化解过剩产能目标任务，确定初始用能权。”通过各行业的能效水平确定各企业的能耗总量配额，即初始用能权，低能耗企业与高耗能企业构成能源消费的供需双方，从而展开用能权交易。

另一方面，用能权交易有利于促进用能效率提升。交易的本质是实现资源的最优配置，在保障企业投入产出不变或增长的同时，实施用能权交易能够倒逼企业为提升效益或减少损失而主动提升用能效率，并减少能源浪费，实现单位产量或产值的能耗下降，从而促进绿色低碳发展。

从企业角度看，对于单位生产能耗较高的企业，在保证产出的前提下，必须通过购买用能权或进行技术改造来降低单位生产能耗，一旦大部分企业选择购买用能权，则会提高其市场价格，进而不断增加用能成本，最终倒逼企业进行技术进步投入以降低单位生产能耗，否则，企业在价格竞争



方面将处于劣势。对于单位能耗较低的企业，其产品价格本身就存在优势，在用能权交易的前提下，可以通过出售用能权余量获得额外收益，其中部分收益又可以进一步投入到技术改造中，从而实现正向循环，保持技术领先。

从行业角度看，高耗能行业是当前用能权交易的重点，其他行业将逐步纳入考核范围。按发电煤耗法计算，2018年我国能源消费总量为47.2亿吨标准煤，工业能源消费占比为65.9%。其中，包括钢铁制造和铁合金制造行业等在内的黑色金属冶炼和压延加工业，有色金属冶炼和压延加工业，包括水泥、陶瓷、混凝土、玻璃等在内的建材工业，包括原油加工、乙烯、合成氨、烧碱、纯碱等制造在内的石化和化学工业，以及电力、煤气、水生产和供应业等行业的能源消费总量占比较大，相关企业将最先被纳入用能权交易考核。

从全社会角度看，用能权交易制度通过设定能源消费总量目标并将其确权给用能主体用于交易，从而实现用能主体间的能源消费匹配。供需双方形成的市场价格可以使边际用能成本较低的企业从中获利，并加强节能力度，从而降低用能成本。换言之，可交易的用能权可以促使在受约束的用能主体之间建立起一个分配能源消费的市场，确保用能主体能以更低的成本用能，以及降低产品单耗。同时，单位能源资本的生产率将得到提升，最终实现全社会整体能效提升。

#### 需完善政策、机制设计

考虑用能权交易市场的运行成本。在我国碳达峰、碳中和的目标愿景下，用能权交易的重要性更加凸显，是未来我国缓解能源约束和实现碳减排以及推进生态文明体制改革的重要举措之一。用能权交易体系的构建是一个系统工程，需要付出巨大的社会成本，涉及用能企业的覆盖面和交易制度的复杂程度都直接影响用能权交易市场构建与运行的成本。因此，在用能权交易体制机制设计上要注重成本与效益的关系。

加强监管力度和引入惩罚机制。加强政府监管可以促进市场有效运行，维护企业利益，保障企业的活跃度和市场的流动性。在未来的用能权交易机制设计中应进一步明确责任主体和监管部门，并逐步引入类似于碳市场交易中的惩罚机制，以提高企业参与用能权交易或实施节能改造的积极性。

科学合理设定用能权交易初始价格。《方案》规定的交易价格为：“用能权初始交易价格由试点地区确定，伴随市场发展，逐步过渡到由交易方集合竞价方式形成交易价格。”初始交易价格即政府指导价格，合理的市场价格能够反映用能权的稀缺性。只有保持用能权的稀缺性，才能激励企业减少不必要的能源浪费，并增加技术进步投入。

考虑用能权考核中的绿色能源电力的使用。《方案》规定的用能权配额指标为：“在能源消费总量控制目标的‘天花板’下，合理确定用能单位初始用能权。”能源消费总量既包含化石能源消费，也包含非化石能源消费，虽然政策中指出“鼓励可再生能源生产和使用，用能单位自产自消可再生能源不计入其综合能源消费量”，但这并未排除绿色能源电力的购买和使用量，与大力推进可再生能源消纳要求并不协调。因此，为进一步促进可再生能源消纳，建议在制度设计中考虑企业绿色用能考核的相关问题。

#### 要注重衔接碳交易市场

考虑用能权市场、碳市场和电力市场的协同耦合。以高耗能的发电企业为例，用能权交易与碳排放权交易分别是企业实现节能和减排的两种市场行为。在两个市场中，企业或者付出交易成本购买配额，或者选择技术进步投入降低单位能耗和碳排放，或者承担高额罚金。企业在用能权市场和碳市场中需要付出成本，而在电力市场中通过售电获取收益。因此，用能权市场、碳市场和电力市场不是相互独立的，三个市场需形成完善的协同耦合机制，才能既实现企业的节能减排，又能保证企业的利润，从而支撑绿色低碳循环发展的经济体系。

考虑用能权交易与需求侧管理间的协同。需求响应通过经济手段引导用户改变用能行为，本身也应属于广义的“用能权交易”范畴。如在电力尖峰时段，用户可以根据自身实际选择削减负荷获得收益，也可以选择继续用电但付出较高昂的电费，这实际就是一种间接的用能权交易。用能权交易只明确了用能总量的约束，而需求响应则更强调特定时段的“用能权”，非特定时段无约束，这就可

能出现用户响应后只是调整了用电（能）时段，并未影响用电（能）总量的情况。但需要注意的是，虽然用电（能）总量未改变，但通过改变用电（能）时段可以实现削减尖峰负荷、降低峰谷差等作用，对提升电力系统的整体效率仍具有重要意义。因此，在后期用能权交易的细则设计中，可以在总量约束的基础上，考虑时序因素的影响。

（作者均供职于国网能源研究院有限公司经济与能源供需研究所）

吴鹏 张玉琢 刘小聪 贾跃龙 中国能源报 2021-03-22

## 双碳目标下必须加快能源技术创新

“国家能源集团宣布将在‘十四五’时期实现清洁能源的跨越式发展，计划新增装机 7000-8000 万千瓦。”在接受记者采访时，国家能源集团北京低碳清洁能源研究院（下称“低碳院”）院长卫昶说。

自 2020 年 9 月我国提出“30·60”双碳目标至今，能源企业纷纷加快行动，多家能源央企近期陆续公布了行动计划，卫昶指出，可再生能源的规模化、传统能源的碳减排、能源细分领域的技术创新和碳市场的有序发展非常重要。

### ■可再生能源、碳减排双管齐下

“我国目前的能源结构中，煤炭仍占很大的比重，对中国来讲，要实现碳达峰、碳中和的目标，面临很大挑战，我们必须大规模发展可再生能源。”卫昶向记者坦言，“但好在我国可再生能源已经有了很好的产业基础，风电、光伏等清洁能源的发电成本已出现了大幅下降，前景非常光明。”

在卫昶看来，由于可再生能源自身天然的不确定性和间歇性，以及电网系统的灵活性和兼容性仍有待提高，基于智慧电网的技术创新以及储能技术的提升和大规模应用不可或缺。

卫昶认为，在大力发展可再生能源的同时，不能忽视化石能源的碳减排，尤其是燃煤发电碳排放的大幅度降低仍然是一个挑战，产能限制和效率提升是短期可能实现的途径，但最终还是要归结到二氧化碳的捕集、封存或者应用（即“CCS”或“CCUS”），这亟待技术突破以实现其规模化和成本降低。

“二氧化碳的最终去处是关键。”卫昶说，“一方面封存的成本依然偏高，而且要考虑封存后的长期稳定性；另一方面应用的需求与排放量不匹配，而且二氧化碳转化技术距离实际应用依然很远。二氧化碳封存和转化可能是并存的路径”。

### ■成本问题是“相对的”

在卫昶看来，推动可再生能源大规模并网应用和化石能源碳排放的大幅度降低以光伏、风电、储能、CCUS 等领域的技术创新和技术突破为前提。他说：“在风电领域，海上风电的大规模开发将会成为行业的一大增长亮点。在光伏领域，除组件本身效率的进一步提升外，从集中式到分布式、进一步到移动式甚至可穿戴式光伏应用场景的变化也值得期待。在储能方面，成本依然会有较大的提升空间，不论是当前广泛应用的锂电池，还是正在兴起的大规模高安全性能的液流电池储能系统，在未来都将会会有更大的应用前景。”

卫昶提到，储能不仅仅是储电这一种形式，储热、储氢等领域都是亟待开发的“新星”。“事实上，在太阳能领域，由光转换为热的效率远比光转化为电更高，如何将太阳能以热的形式储存起来，直接用于对高品质热有较大需求的领域，或许是未来值得重视的技术创新领域。

尽管技术前景颇为乐观，但从目前国内技术研发现状来看，不论是大规模储能，或是“绿氢”和储热等新兴领域，“成本之困”始终是业内关注的一大焦点，企业怎么算“经济账”？

在卫昶看来，成本问题都是“相对的”，随着全国碳市场的逐步建立成熟，低碳技术的应用也将迎来新动力。“从商业维度来讲，成本应是企业最为重要的考量因素。”卫昶指出，“如果二氧化碳减排能够有足够的价值体现，成本的计算方式就有所不同，新技术的发展成本就会是相对的。”

### ■新兴技术产业链有待打通

卫昶认为，对于氢能、光热等新兴领域而言，打通全产业链将更加利于降本。

“以氢能为例，目前我国氢能行业还在产业发展初期，未来有很大的发展潜力。在可再生能源电解制氢方面，随着可再生能源成本的降低、电解效率的提升、新型制氢办法的推动，都会进一步降低制氢成本，同样加氢站的大规模建设和使用也会有效降低加氢设备的成本。我国目前氢能发展基础设施建设尚不完全，国内在营加氢站数量还不够多，氢能产业链发展也不完整，这导致了氢能应用的整体成本偏高。此外氢能领域中部分关键零部件尚不能国产化，甚至还存在‘卡脖子’的现象，直接导致了成本居高不下。”卫昶表示。

“同理，光热领域也面临着类似的问题。事实上，低碳院目前也正研发最新的储热材料，取得了很好的进展，但光热这一领域仍面临着尚未规模化、产业链不成熟的瓶颈，要进行大规模推广尚需时日。”卫昶称。

本报记者 李丽旻 中国能源报 2021-03-29

## 天津探路能源互联网综合示范区建设

### 核心阅读

智慧能源小镇在能源转型及电网、产业、服务等多个领域实现创新突破，为智慧能源和能源互联网建设作出成功的探索。

日前，天津市委市政府携手国家电网公司全面建成两个智慧能源小镇，同时启动滨海能源互联网综合示范区建设和津门湖充换电综合示范站建设，推动天津实现“双碳”目标。

### 实现多领域创新突破

3月16日，中新天津生态城惠风溪“生态宜居型”智慧能源小镇和北辰大张庄“产城集约型”智慧能源小镇在天津全面建成并对外发布。两个小镇区域供电可靠性、清洁能源利用比例、电能占终端能源比重、综合能源利用效率等核心技术指标均达到国际领先水平。

在业内人士看来，两个智慧能源小镇建设充分体现了能源互联网清洁低碳、安全可靠、泛在互联、高效互动、智能开放的特征，是落实天津市与国网战略合作、构建以新能源为主体的新型电力系统的最新成果。

记者了解到，两个智慧能源小镇涵盖能源转型、电网升级、产业升级、智慧服务、智慧共享10项技术创新成果和政企合作、生态构建、品牌影响、管理创新10项模式创新成果。区域内供电可靠性超过99.999%；清洁能源利用比例达到90%；电能占终端能源比重超过45%。另外，智慧能源小镇用户类型齐全，既涵盖工业、服务业用户，又涵盖政府和居民用户，与此同时，全面融入了供电、供水、供气、供热、交通、通讯、绿化、文化和体育等城市基础设施，涵盖电气冷热多能源、源网荷储多环节、生产生活多场景智慧能源应用。

中国工程院院士余贻鑫评价称，智慧能源小镇在能源转型及电网、产业、服务等多个领域实现创新突破，为智慧能源和能源互联网建设作出成功的探索，对天津构建清洁低碳、安全高效的能源体系具有重大实践意义。

国网天津市电力公司相关负责人透露，依托智慧能源小镇等创新实践成果，天津电力将利用两年时间，在滨海新区建设国际领先的能源互联网综合示范区，建成“生态宜居智慧能源服务、智慧港口绿色能源供应、园区高可靠能源保障、多产业高效能源利用”四大典型能源发展业态，形成整体示范效应，引领天津能源互联网建设，到2025年，天津电网初步建成国际领先的能源互联网。

### 打造多功能综合充电服务中心

储能电站是智慧能源小镇的基础性工程，3月16日，国网天津电力启动了津门湖综合充电服务中心建设项目，这是国内首座“数字化、网联化、智能化”，集“政府监管、品牌运营、产品体验、技术研发、多站融合”等多功能场景为一体的城市新能源汽车综合充电服务中心。建成后，将实现天津市新能源汽车与能源、交通、信息通信等多领域相互赋能、协同发展、互融共生、合作共赢的产业

发展新格局。

国网天津电力预计在今年 6 月投产一批充电设施种类与充电方式最全、电动汽车与能源互联网融合互动市场化交易品种最多、充电服务生态圈活跃度最高的国际领先新能源汽车充换电综合示范站，成为《新能源汽车产业发展规划（2021-2035）》落地先行区。

此外，国网天津电力还将发挥电网企业资源平台配置作用，邀请国网电动汽车公司、国网电商、曹操专车等入驻，与特斯拉、蔚来等国内外一线品牌联合运营，与天津大学、中汽研等共同建设车联网实验室，牵头成立新能源汽车充电服务联盟。

变“故障抢修”为“主动防御”

能源智慧在智慧能源小镇里无处不在。110 千伏游乐港智慧变电站是储能电站服务生态城能源互联网的通道。这座变电站外表与普通变电站并无差别，但“内核”却充满科技感。站内安装了设备带电监测类、新技术设备检测类、取代传统表计检测类、环境检测类、辅助设施监控类以及智慧五防六大类共 1508 个传感器，智慧物联、5G 通信、大数据技术的应用覆盖发输变配用和网源荷储各环节。电网运行模式由传统“人工巡视”“故障抢修”转变为“智能巡视”“主动防御”。

国网天津滨海公司运检部主任张志朋介绍说，110 千伏游乐港变电站每周一次的人工例行巡视已完全被变电站智能巡检功能所代替，此外，变电站智能巡检系统还能辅助运维人员每月对变电站开展一次全面巡视。该站 2019 年投运以来，至今已累计开展例行巡视 112 次，全面巡视 28 次，节省运维人员到站 321 次，节约巡视时间 878 小时，提升了巡视效率和准确性。

据悉，国网天津电力为改善智慧能源小镇用户用电感知，在对 116 个低压配电台区实施信息化改造基础上，部署了智能配变终端、低压故障传感器、能量路由器等感知设备，让配网状态检测范围更广，让智能化主动抢修配电物联网成为可能，让能源互联互通的服务优势得以发挥。

本报记者 苏南 中国能源报 2021-03-22

## 韩国能源转型挑战重重

近日，韩国政府宣布，为达成减排目标，将在今年 4 月推出“年度煤电生产计划”，设定每年煤电生产的上限，以限制该国煤电的增长。这是自去年 10 月，韩国宣布将在 2050 年前实现“碳中和”之后，又一促进能源转型的举措。不过，业界普遍担忧，作为全球第四大煤炭进口国、第三大海外煤炭项目投资国，韩国能否依托这些政策真正摆脱化石能源，实现能源低碳转型。

多举措“限煤”

据市场分析机构阿格斯的消息，韩国政府计划自今年第三季度起，为该国每年的煤炭发电量设置一个上限，具体限制体量将依据韩国减排时间表规划，并将视实际进展逐月减少。一旦确认，在保证供电安全的情况下，政府每月将最低煤炭发电配额分至韩国各大发电企业，同时将保留部分煤炭发电配额用于拍卖，如果煤电企业该月发电量超出获得的煤电限额，则将面临一定量的罚款。

与此同时，韩国政府还在酝酿改革碳税系统，计划增加煤电领域碳排放的成本。据韩国电力交易所透露，目前韩国的碳排放交易制度尚不完善，碳排放交易权仍有一大部分无偿分配给了高碳排的企业。在随后的改革中，韩国政府计划针对燃煤发电和天然气发电企业引入有偿拍卖制度，并利用金融机制将证券公司等金融企业引入碳排放交易市场中，在提高碳市场活力的同时，进一步提高企业碳排放的成本，从而遏制化石能源发电企业的碳排放量。

另外，自去年下半年起，韩国政府和许多主要能源企业还纷纷加入了投资可再生能源的行列。去年 12 月，韩国政府宣布，将建全球最大的浮式海上风电场，其中，韩国政府将为该项目投资约 0.9 万亿韩元。而包括 SK 集团、KHNP 等韩国主要能源企业则在近几个月里，相继与国际能源巨头达成合作协议，扩大在海上风电领域的布局，同时也将推动韩国氢能产业的发展。

煤电地位难撼动

虽然韩国近一段时间以来频频推出低碳转型的相关政策，但事实却是煤电在韩国能源系统中的



地位一时间难以“撼动”。从短期来看，韩国的煤炭消费量甚至可能出现上涨。

油价网撰文称，虽然韩国制定了可再生能源发电目标，但目前该国核电仍有约 30%的份额，随着核电的缓慢退出，加上 LNG 供应不稳定，该国向清洁能源转型的进程可能面临能源供给紧张的难题。

事实也证明了上述观点。因季节及油价回暖等因素影响，近几个月来东亚地区 LNG 价格明显上涨，直接导致天然气发电受阻，为保证本土电力供应，今年 2 月，韩国煤炭进口量就出现了大幅上涨。阿格斯汇编的数据显示，今年 2 月，韩国煤炭进口量达到了 740 万吨，较 1 月大幅上涨了 120 万吨，已经恢复至去年疫情前的水平。阿格斯预测认为，今年 3 月，由于多座核电站将延长检修维护时间，韩国的煤炭消费量短期内持续攀升的可能性极大。

另外，还有消息显示，韩国目前仍有 7 座在建的煤电站。对此，油价网也预测称，韩国煤电装机量很可能尚未达峰，到 2025 年前，该国的煤炭发电量很可能将持续上涨。

#### 高碳能源体系引质疑

在业内看来，韩国仅依靠近期出台的一系列举措来改变其高碳排的能源体系还远远不够，想到设定的气候目标更是挑战重重。

据了解，韩国一直以来都是化石能源进口“大户”，统计数据显示，韩国目前每年的煤炭进口量占全球煤炭进口市场的 10.7%左右，是全球第四大煤炭进口国。与此同时，韩国还是全球第三大液化天然气（LNG）进口国。

根据国际能源署（IEA）发布的数据，2020 年，韩国一次能源消费中，包括石油、天然气以及煤炭在内化石能源消费占能源消费总量的 85%以上。

为实现经济绿色转型，降低对进口能源依赖，同时为刺激经济复苏，去年 7 月，韩国宣布，将投资 73.4 万亿韩元（约合 609 亿美元）用于实现“绿色转型”，计划到 2025 年，将该国的可再生能源电力装机从目前的 12.7 吉瓦，大幅提升至 42.7 吉瓦，同时也将大幅提高动力电池以及燃料电池汽车的保有量。

此外，韩国还设定到 2030 年，电力系统中可再生能源电力的占比达到 20.8%，年发电量约为 121.7 太瓦时。而根据阿格斯的测算，要达成这一目标，韩国煤炭发电占比到 2030 年需降至 29.9%，为 174.9 太瓦时，较 2019 年的 226.8 太瓦时大幅下降。然而，2020 年的数据却显示，煤电在韩国电力供给中的占比仍超过 40%，可再生能源发电占比则低于 6%，与目标相距甚远。

此前，《卫报》曾援引韩国环保人士的话称：“要实现气候目标，韩国还有许多工作要做。目前对于韩国来说，最紧迫的任务是提出到 2030 年逐步淘汰煤炭的清晰路线图，并彻底停止对煤炭业的融资。”

本报记者 李丽旻 中国能源报 2021-03-29

## “能联全球”数字化平台正式启动

本报讯 记者李文华报道：3 月 23 日，全球能源互联网发展合作平台发布活动在京举行，由全球能源互联网发展合作组织（以下简称“合作组织”）开发完成的“能联全球”平台正式亮相。这是合作组织推动全球能源互联网倡议落地实施、共促世界绿色低碳发展的又一创新举措。

本次活动采用“现场会议+网络会议”形式召开，来自联合国、政府部门、使馆、组织、企业、机构、高校的 500 多位嘉宾在现场或通过网络参加会议。

合作组织主席、中国电力企业联合会理事长刘振亚表示，全球能源互联网是促进人类可持续发展的全球性解决方案，不仅能够解决能源、气候、环境、资源等问题，而且对基础设施建设、产业升级、科技创新、经济增长具有巨大的推动作用，将为相关国家和行业企业带来重大发展机遇。

刘振亚指出，作为世界上首个致力于推动全球能源电力发展合作的数字化平台，“能联全球”平台以推动绿色能源全球互联为目标，着力打造覆盖全球、跨界融合、协同创新、共建共享的全球能

源互联网“合作圈”，为各国政府、国际组织、企业机构提供项目、技术、资金等方面的综合服务，打造共促绿色低碳发展的全球网络、加快全球能源互联网建设的创新载体以及价值共创、互利共赢的合作平台，让全球能源互联网建设更经济、更便捷、更高效。

国家能源局监管总监李冶表示，中国政府和能源业界着眼保障能源安全、应对气候变化、推进“一带一路”建设等重要任务，推动能源绿色转型和国际合作取得了突出成效，合作组织打造的“能联全球”平台能够有效促进政府机构、企业、金融智库等对接需求、整合资源、创造价值，推动各方积极参与全球能源互联网建设。

几内亚能源部部长娅塔拉表示，“能联全球”平台致力于推动清洁能源全球大规模开发、输送和使用，借此平台，几内亚、刚果（金）、埃塞俄比亚、埃及等国的能源可供给整个非洲大陆、甚至全世界。

“该平台的启动是 2020 年第四届非洲能源和可再生能源周主题‘区域一体化促进能源成功转型’的具体落实和实现。几内亚能源战略的基础是最大限度地利用可再生能源，以应对全球变暖，保护环境，并选定在西非地区建立大规模的电力互联网，以便在非洲大陆创造一种包容性的活力。”娅塔拉说。

“去年上合组织政府首脑会议强调要提高能源效率。各成员国政府支持进一步发展能源领域合作，实施旨在提高所有类型能源效率和环保的措施，以及应用先进技术，向环保节能型经济过渡。”上海合作组织秘书长诺罗夫介绍，在上合组织内部，中国、俄罗斯和印度是替代能源发展潜力和用量最大的国家，能够在上合组织创建“绿色”能源供应体系工作中发挥重要和积极作用，确保替代能源持续健康发展。

诺罗夫表示，“能联全球”平台的机制有利于切实改善参与国能源供应体系，促进现代能源基础设施建设以及推广跨境项目，为上合组织成员国与合作组织开展有效合作创造了新的机遇。

南非驻华大使谢胜文表示，实现公平的能源转型必须进一步提升电力普及率，部署具有商业可行性和可负担的技术，依靠网络化、数字化核心技术驱动的“能联全球”平台将有效汇集资源、激发创新，赋能经济跨界融合发展。

据介绍，“能联全球”平台依托合作组织项目资源、研究成果、资讯数据、会员网络及国际合作体系五大优势，集项目推动、交流合作、资源共享、会议服务等功能于一体，贯穿全球能源互联网规划、投资和建设等环节，促进需求对接与资源共享，打造能源电力领域平台经济的新引擎。

另外，平台将赋能全球能源电力基础设施建设与绿色低碳转型，聚焦电力互联互通、清洁开发、低碳高效等领域，提供项目展示、投资指引、定制咨询、宣传推介的“一站式”项目推动服务，为项目寻找技术和资金，为投资者匹配优质项目，推动全球能源互联网在世界范围加速落地。

同时，该平台面向各方开放，政府部门可以发布招商引资、发展规划、政策法规等信息；企业可以推广自身品牌，跟踪行业动向，寻找市场机会；金融机构可以获取投资机遇，提供投融资服务；智库、高校、国际组织可以发布最新研究动向及成果，为规划研究、项目咨询提供智力支持。用户通过平台线上交互信息，线下对接洽谈，实现互利共赢。

中国能源报 2021-03-29

## “碳中和”博弈里的中国机遇：能源行业是破局关键

中国是世界最大的温室气体排放国家，巨大的排放量遭到了世界的“口诛笔伐”。在经过精准的测算之后，中国公布了力争于 2060 年实现碳中和的目标，这一目标的实现节点比多数欧美国家迟了 10 年，一场碳中和的大国博弈也从此开始。

为了让“力争”成为“肯定”，碳排放大户——责任重大的能源行业应当积极探索，寻求既能满足生产需求，又能实现碳中和的生产方式。这不仅关系着油气煤一类传统行业的命运，还是中国在碳中和博弈中胜出，和重新成为“世界中心”的必要条件。

## 碳中和的囚徒困境

近年来，世界对于碳排放十分“感冒”，气候变化相关协议签订、政策出台和大型实体战略调整屡见不鲜。随着《巴黎气候协定》的签订，现代的气候变化控制进入了人们的视野，“争 1.5 保 2”的温度升幅控制也成了各个国际组织的工作要点和百余个国家地区的减排方向。不论是《碳中和联盟声明》的多国签署，“气候雄心联盟”的成立，还是“零碳竞赛”的如火如荼，越来越多的国际气候行动敦促世界各国推出碳中和的相关法律和政策英国、欧盟、瑞典、法国、丹麦、新西兰等多个国家和地区出台了相关法律或通过了相关的法律草案。

碳中和时间划定方面，截至 2021 年 1 月，已有超过 120 个国家和地区设立了明确的碳中和实现时间节点。除了各个国家对于温室气体排放和气候变化控制的积极响应外，大型实体也是履行气候变化责任的对象：有如英国石油公司（bp）、壳牌、道达尔等的多家大型的欧洲石油公司都积极配合欧盟在 2050 年实现“净零碳排放”的目标，计划了朝向综合性能源公司的转变。对碳中和的重视也可以在这些石油巨头的统计数据中窥见：bp 向公众发布的 2019 年能源统计中，“二氧化碳排放”这一统计项首次被提到了最显眼的位置。

作为负责任的大国，中国也积极地向世界许下了控制气候变化的承诺。中国“二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。这一计划是我国承担国际责任的充分体现，值得世界各国充分的肯定和支持。

根据我国的以往做法，此次公开的碳中和时间节点一定是经过了缜密计算，且符合我国当下发展规律的最快时间。然而，纵观世界碳中和政策，2060 年这个时间节点略显“尴尬”：美国、日本、加拿大、欧盟等 120 多个国家和地区都将碳中和的实现节点定在了 2050 年。假设这些国家都能按期完成碳中和任务，这也就意味着 2050 年之后，世界上还未碳中和的超级大国，只剩下中国一个。

由于发展阶段不同的国家的国情和经济水平的差异，其对于气候变化的认识也不尽相同。对于发展中国家而言，提振经济和提升人民生活水平是其各类政策方针制定和实施的首要目标，延缓气候变化的优先级自然就相对靠后。即便推出相关的政策，也需要在一定程度上保持经济的增长。但多数发达国家已经并无经济增长的压力，有足够的资源参与全球气候变化的治理。

但是发达国家往往忽视了其自身在发展阶段的时候，也曾有过大量的碳排放，反而是把矛头指向了目前具有高碳排放总量的发展中国家，这才有了当前有如中国一般的发展中国家在“对外”——控制气候变化和“对内”经济增长的“夹缝”中生存的状态，即陷入了“控制气候变化，能源消费会受到影响，从而影响经济发展水平；而不控制气候变化，未来发展的可持续性无法得到保证”的囚徒困境。

对于传统大国而言，气候变化博弈往往和传统领域的博弈相结合，这种复杂的关系将为今后的气候变化政策差异导致的进一步集团化和国际关系动荡埋下“定时炸弹”。我们可以预料，在未来，即强调“美欧日区域化”的美式全球化发展和强调“一带一路”的中共全球化发展博弈之时，和全球未碳中和的超级大国仅有中国之时，指向中国的矛头将越发多、越发锋利。也就是说，中国正在面临的，不仅是“碳中和”在技术和经济方面的压力，还有前所未有的国际形势挑战。

## 能源行业是破局关键

以上困局如何破解？我国碳中和的速度将是重要的突破点。为了更高效地实现碳中和的目标，让“力争”变为“肯定”，让 2060 变为更早，削减化石能源即油气煤的消费量是必由之路，因为碳排放量与一次能源消费密切相关。目前，我国化石能源在消费一次能源消费中所占比例约为 85%，而煤作为化石能源中的“碳排放大户”，占到了全国能源消费结构的近 60%。根据《能源生产和消费革命战略（2016~2030）》，到 2030 年和 2050 年，非化石能源占能源消费总量的比例分别要达到 20%和 50%。在数据背后，我们可以预见，中国的能源结构必将经历一次前所未有的“洗牌”，随着技术的不断提高，可再生能源将会逐渐占据原本属于油气煤的位置，“飞入寻常百姓家”。

近年来，我国可再生能源技术迅猛发展，多项技术日趋成熟。但是，罗马非一日建成，新能源技术也非立可商用。其原因主要有两种：一是部分可再生能源的获取成本仍然较高，经济性较差；二是如太阳能（光热、光伏）、风能、潮汐能等多种重要的可再生能源发展对象都来自自然，存在着

非连续、能量密度相对于化石能源较低的劣势，且人类无法改变这一特性。如在夜晚这一用电的高峰时期，太阳能无法获取，而在白天太阳能资源又十分充足。

解决这一问题的思路很简单，将供给端和需求端以“互联网”的形式串联，将过剩时期的能量以其他的能量形式储存，待用电高峰时段再释放利用。这就是“能源互联网+储能”的分布式能源模式。除了集中的大型电站之外，连入能源互联网的每个用户都有发电储电、产热用热并综合利用和控制能源产生的权限，这为能量的储存与释放提供了充分的条件，并且为可再生能源的不连续性问题提供了较为可行的解决方案。

这一结合了能源分配和可再生能源利用的能源模式，将“满足人类生产生活需求”和“实现碳中和”融为一体，在经济可行的状态下，将为我国的碳中和注入强劲的动力，也将为我国在“碳中和”的大国博弈中获得决定性胜利奠定稳固的基础。

这一模式的成果落地，离不开可再生能源行业的发展，离不开传统油气煤行业的支持，也离不开电力行业的制度创新。一方面，对于可再生能源行业而言，其发展备受国家支持，在科研投入和经济支持方面都站在行业前列，因此可再生能源行业需要不辱使命，将“提技术、降成本”作为发展的首要任务，即提升可再生能源技术水平以在供给端提高能源效率，降低可再生能源应用成本以实现上述模式的经济可行性。另一方面，对于传统的油气煤行业而言，长期而言的需求削减已经被写入了发展规划，成为了无法改变的事实。

但是在短期，即可再生能源的成本和不连续性问题未被解决之前，油气煤仍然会是我国能源消费结构中重要组成。因此，为了加速“能源互联网+储能”能源模式的发展，油气煤行业要在稳定现今能源供应的基础上，积极探寻适合企业实际情况、符合我国国情的转型方式，并利用好现有的科研实力和各类物质资源，攻关储能技术。

除此之外，目前的电力系统供给端和需求端划分明确，且市场化程度相对较低。而为了实现上述的能源模式，市场化、自主发电的自由上网定价和管理都是全新的、待探索的问题，因此，上述模式的落地最终需要电力行业探索新的电能定价机制和电力管理模式，引入竞争机制、提升市场化水平从而实现高质高效供电，扶持可再生能源发电、支持自由上网从而实现减耗减排愿景。

#### “绿电人民币”的可行方案

除了调整能源模式，实现减排雄心之外，为了真正地跑赢“碳中和”的大国博弈，实现人类命运共同体的共同利益，中国需要推进以能源为核心的经济发展。

大家知道，现在的石油主要以美元结算。这一现象可以追溯至 20 世纪 70 年代。当时，美国政府停止了美国兑换黄金，为了保证美国的财政安全，时任美国总统尼克森与沙特阿拉伯谈判，同意为沙特提供武器和保护，但要求沙特全部的石油交易使用美元结算。鉴于沙特是世界第一大石油输出国，其在石油输出国组织（OPEC）和全球石油市场中都具有重要的影响力，OPEC 国家也逐渐开始使用美元作为唯一计价货币，石油美元体系从此确立。这桩将国际石油交易与美元挂钩的谈判意味着只要有国际石油交易，就要有美元的购入和储备，导致美元在国际货币金融体系中的地位大大提高，逐渐形成了如今“美元霸权”的局面。

为了打破这一局面，中国正在积极地与石油输出国谈判，以推动石油和天然气的人民币结算体系形成。这一“去美元化”的举措将会在一定程度上提升中国的国际地位。但是，如上文所述，在碳中和的世界竞赛中，油气煤作为能源的属性将逐渐被“能源互联网+储能”的能源模式取代，绿电，即生产过程中二氧化碳排放量为零或趋近零的电力，将会成为世界能源消费的“排头兵”。在这一背景下，中国有希望、且有能力构建全新的“绿电人民币”结算体系。

具体来说，绿电人民币结算体系“天时地利”。天时方面，在特高压技术得到突破后，“一极一道”的风能和太阳能资源将会成为各国应用的重要资源。中国应发挥大国作用，主导世界能源互联网体系的构建，积极与绿电输出国谈判，一方面向这些“一极一道”国家提供先进的可再生能源技术、储能技术和基础设施建设资源，在最短的时间内最大化绿电输出国的能源供应水平，同时推进绿电的人民币结算，掌握绿电结算主动权，提升人民币在国际货币金融体系中的地位，实现互利共赢。在

此基础之上，中国强大的生产能力还可为人民币在世界的推广献上一计“助攻”：绿电人民币在世界的地位得到巩固之时，世界各国都需要购入和储备人民币以进口绿电，人民币也将会如同现在的美元一样，成为世界流通的货币，此时中国出口的非能源类货物的人民币结算，将在很大程度上与绿电人民币相互促进、正向反馈，形成“货物出口—绿电进口—人民币结算”的绿电人民币体系。而在地利方面，中国具有得天独厚的地理优势。中国西部地区的风能和太阳能资源极为丰富，且多为人口密度和土地利用程度较低的沙漠、高原地区，这为我国在西部大批量修建大型光伏、光热以及风力发电厂提供了“量身定制”的条件。

凭借这一地理优势，我国可以用最先进的技术扩大绿电产能并上传至世界能源互联网，进一步提升人民币在世界范围内的地位，从而在石油美元体系逐渐瓦解之时，凭借绿电人民币这一基于能源的经济体系，重新站回世界的中心。

世界碳减排的舞台，中国是“后来者”，也是“压轴者”，但在能源行业的强劲支持、绿电人民币体系的逐步构建下，以能源为核心发展经济的中国将逐渐取代美国的地位，重新成为世界的中心。彼时，中国将不忘“永不称霸”的承诺，为人类命运共同体的共同利益奋斗。

李宗瀚 王建良 冯连勇 能源杂志 2021-03-16

## “碳中和”元年 我国距能源转型还有多远

最近一段时间，碳达峰、碳中和“刷屏”。3月18日，中国碳达峰碳中和成果发布暨研讨会首次提出“通过建设中国能源互联网实现碳减排目标”，一天之后，国家发展改革委产业司又主持召开钢铁、有色金属、建材行业碳达峰工作研讨会，组织相关部门积极编制碳达峰方。3月21日，中国发展高层论坛上，央行行长易纲再次就此发言，表示“双碳”目标耗资巨大，实现碳中和仍需依靠市场资金。

连日来，“30-60”概念被反复提及，碳达峰、碳中和升级为国家战略，“碳中和”元年也正式开启。我国作为工业大国，也是世界“能耗大户”，其自身能源禀赋基底深厚，转型也非朝夕之功。然而，“双碳”目标开启的不仅是节能减排的愿景，还有我国在行业层面诸多关于体制机制从无到有的创造与可能。

### 迈向“30-60”

继去年9月，我国首次向全球宣布碳达峰和碳中和目标后，今年3月全国“两会”期间，碳达峰、碳中和被首次写入政府工作报告，将“扎实做好碳达峰、碳中和各项工作”列入重点任务清单。“双碳”目标也成为国家战略。

按照目标，我国将力争在2030年前，二氧化碳排放达到峰值；力争2060年前实现碳中和，通过植树造林、节能减排等形式，达到相对“零排放”。

根据3月18日提出的“通过建设中国能源互联网实现碳减排目标”的系统方案，明确将推进能源开发清洁替代和能源消费电能替代；实现能源生产清洁主导、能源使用电能主导；能源电力发展与碳脱钩、经济社会发展与碳排放脱钩。

实际上，这并非是年内关于“双碳”目标的首个方案，在此之前，企业早已闻风而动。3月1日，中国最大的能源公司国家电网在京公布了其“十四五”期间“碳达峰、碳中和”的行动方案。提出加快推进能源供给多元化清洁化低碳化、能源消费高效化减量化电气化；3月11日，中国三峡集团党组书记、董事长雷鸣山公开披露，三峡集团力争于2023年率先实现碳达峰，于2040年实现碳中和。

从地方层面来看，据不完全统计，全国至少已有北京、天津、河北、山西、江苏、上海、浙江、福建、湖北、湖南等25省市、自治区在其年内披露的政府工作报告中，公开了其关于“双碳”目标的相关举措。

例如，北京市提出明确碳中和时间表、路线图，推进能源结构调整和交通、建筑等重点领域节能。“十四五”期间，碳排放稳中有降，碳中和迈出坚实步伐，为应对气候变化做出北京示范。河北省



制定实施碳达峰、碳中和中长期规划，支持有条件市县率先达峰；上海提出启动第八轮环保三年行动计划，加快全国碳排放权交易市场建设。而浙江、湖北、湖南、重庆等地则提出开展低碳工业园区和“零碳”体系试点建设等。

实际上，自2020年以来，我国已陆续开展6个低碳省（区）和81个低碳城市、52个低碳工业园区、400余个低碳社区和8个低碳（镇）试点，已初步形成了多层次、全方位的低碳试点体系。目前，各地已在逐步布局“零碳”体系建设。例如，青岛首个“零碳社区”项目已在实施，通过零碳采暖、能效提升、终端优化、可再生清洁能源利用和零碳人文，力争打造全国首个“零碳社区”。

“能耗大户”

研讨会期间，中国电力企业联合会理事长刘振亚等也指出，想要实现“双碳”目标，我国需转变能源发展方式，实现能源体系的低碳、脱碳、清洁化，但这并非易事。

作为全球碳排放“大户”，节能减排无法一蹴而就。根据国际能源署统计，2019年我国碳排放总量是113亿吨，能源领域碳排放是98亿吨，占比达87%。其中，电力行业的碳排放是42亿吨，占全国碳排放总量的37%。

然而，从我国能源消费数据来看，能源结构调整仍迫在眉睫。根据国家统计局日前发布的数据显示，2020年能源消费总量49.8亿吨标准煤，较2019年增长2.2%。其中，煤炭消费量占能源消费总量的56.8%，虽比上年下降0.9个百分点，但以煤炭为主的能源结构尚未根本转变。

“在我国的能源结构中，六成仍是煤炭，这个占比未来可能会逐渐下降，但接下来三、五年时间内占比可能仍会在四成以上。短期内，基于我国能源结构和能源禀赋，仍需保持传统能源和可再生能源使用的相对平衡。”北京低碳清洁能源研究院院长缪平认为，一味提高成本或将导致部分产业企业难以维系。作为企业端，可尝试通过可再生能源替代燃煤发电或替代燃气发电，但这是个漫长的过程。

此外，作为制造业大国，我国也是全球钢铁产量最高的国家，实现“双碳”目标的压力同样不言而喻。据统计，去年我国粗钢产量首次突破10亿吨级大关，占全球钢产量的57%。但在制造业31个门类中，该行业碳排放量也位居首位，约占总排放量的15%。

在3月20日召开的“2021(第十二届)中国钢铁发展论坛”上，中国钢铁工业协会副会长骆铁军坦言，近几年钢铁行业效益好转，得益于供给侧结构性改革和国家一系列应对疫情的宏观政策。但需要清醒认识到，去年这种高增长是“非常态”的。要实现全部行业的碳达峰，钢铁行业同样要“走在前面”。

以何转型？

“实现碳中和需要巨量投资，要以市场化的方式，引导金融体系提供所需要的投融资支持。”易纲指出，对于实现碳达峰和碳中和的资金需求，各方面有不少测算，规模级别均为百万亿人民币。

据清华大学测算，按照将全球平均气温升幅控制在2摄氏度以内目标导向的转型路径，2020年至2050年能源系统需要新增投资约100万亿元，占GDP的1.52%，而要实现1.5度的目标，需要新增的投资约138万亿元，超过每年GDP的2.5%。

眼下，政府已在尝试通过财政拨款的方式解决转型的燃眉之急。根据日前公布的年度财政预算草案，支持加强污染防治和生态建设。其中包括，大气污染防治资金安排275亿元，增长10%，重点支持北方冬季清洁取暖和打赢蓝天保卫战。支持做好碳达峰、碳中和工作。进一步支持风电、光伏等可再生能源发展和非常规天然气开采利用，增加可再生、清洁能源供给等。

不过，易纲也指出，“这样巨大的资金需求，政府资金只能覆盖很小一部分，缺口要靠市场资金弥补”。北京特亿阳光新能源总裁祁海坤表示，历史原因造成中国计划经济的基因太过深厚，使得中国一些传统产业的发展结构失衡。当前，我国的传统产业欠缺的是真正市场化的思维和机制。

当前，全国碳排放权交易市场开市在即。3月18日，生态环境部应对气候变化司副司长陆新明透露，将加快全国碳市场建设，争取今年出台《全国碳排放权交易管理暂行条例》。不过，清华大学公共管理学院教授齐晔公开表示，碳市场的确可提高效率和成本收益，但让碳市场真正发挥作用的

要素仍是价格。影响我国碳市场活跃的一个主要难点，则是解决企业碳排放测算和监控困难的问题。

陶凤 刘瀚琳 北京商报 2021-03-22

## 实现碳中和，中国是认真的

在江苏省宿迁市泗洪县天岗湖乡，成片的麦田像一块块绿色画板装扮着大地。水上光伏、岸上风电、纵横交错的电网，源源不断送出绿色电源。昔日闭塞贫困的江苏“西南岗”已成为绿色能源新高地。图为3月21日，无人机从空中拍摄的当地景色。

陈玉摄（人民图片）

最新数据显示，2020年，中国新增的可再生能源发电设备规模相当于120座核电站，火力发电占比首次降至50%以下，风力发电创历史新高。而且，中国“十四五”规划纲要设计未来经济路线时，将应对气候变化列为主要目标，表明中国将采取更为有效的减排措施。外媒纷纷赞叹，中国应对气候变化的决心是真诚的。事实也在不断证明，中国正在采取有效行动。对于中国减排的未来，世界充满信心。

“相当于120座核电站”

近来，一系列数据显示，中国在新能源领域取得了令人赞叹的成就。

据英国《金融时报》网站3月17日报道，2020年中国创纪录的风电装机容量，确保了其在全球风电行业的领先地位。总部设在比利时的全球风能理事会发布报告称，中国2020年新增风电装机容量达52吉瓦，是2019年该国新增风电装机容量的2倍多。报道称，中国风电行业市场在2020年的新增装机容量，比该机构的预测值高出70%以上，这使得中国目前的风电装机容量超过欧洲、非洲、中东和拉丁美洲的总和。

日本《每日新闻》报道也注意到，2020年，中国新建风力发电机组总装机容量为2019年的2.7倍，太阳能发电增长80%。短短1年内，中国新增的可再生能源发电设备规模相当于120座核电站。报道称，据中国电力企业联合会统计，去年中国火力发电占比首次降至50%以下，风力发电创历史新高。风力和太阳能发电均呈迅速增长趋势。

此外，今年2月1日，中国碳排放权交易市场正式启动。法国《回声报》文章《中国启动全球最大碳交易市场》指出，该市场规模及交易量将远远超出欧洲碳市场，中国希望依靠该市场来争取2060年前实现碳中和的目标。《日经亚洲评论》报道指出：“随着《碳排放权交易管理办法（试行）》开始施行，中国谨慎地将碳交易扩展到全国范围，这是该国大幅削减温室气体排放计划的关键组成部分。”

同时，中国正在积极有序推动核电发展。美国彭博社关注到中国在今年两会上对核能源的重视，以《中国大力发展核能以推动绿色发展》为题做详细报道。文章写道：“核能行业的未来得到了详细规划。中国为核能发展提供了新的支持，将其作为减少碳排放的关键工具。”美国《福布斯》网站文章也指出，截至2021年1月，中国已有49座核反应堆投入使用。就核发电量而言，中国自2019年以来仅落后于法国和美国。中国的“十四五”规划纲要将重点发展核能，假以时日，中国的核发电量将超过上述两国。

“决心是真诚的”

2020年9月，中国宣布，力争于2030年前达到二氧化碳排放峰值，并努力争取2060年前实现碳中和。美国《外交政策》杂志撰文写道，中国应对气候变化的决心是真诚的。文中提及，中国对2014年的《中美气候变化联合声明》和巴黎气候协定都作出了负责任的承诺。此后，中国致力于加强环境整治力度，加速发展可再生能源产业，遏制气候变化并且降低治污成本。

英国广播公司也指出，中国“十四五”规划纲要设计未来经济路线时，将应对气候变化列为主要目标，表明中国将采取更为有效的减排措施。报道指出，英国知名环保公益组织中外对话创始人希尔顿分析，中国正在研究未来的低碳技术，为中国成为全球低碳商品和技术供应国奠定基础。绿色

发展将成中国未来五年发展主旋律。

英国路透社在今年中国两会前就曾预测，中国将进入一个“更绿色、更创新、更加减少对世界依赖”的发展时期，“通过继续减排来实现 2060 年前碳中和的目标是‘十四五’规划纲要的头等大事之一”。

英国《金融时报》网站报道称，中国有关部门近日表示，将构建以新能源为主体的新型电力系统，分析人士将这一说法解读为中国继续对可再生能源提供强有力政策支持信号。

日本《每日新闻》评论称，中国在新能源领域取得了一系列成果，其背后原因不仅在于国家的强力号召，还在于中国的太阳能发电板厂商在世界上优势明显，激烈竞争降低了发电成本。例如，最新太阳能设备的发电成本已能同煤炭火力发电相匹敌。报道介绍，若要进一步推广可再生能源发电和去碳化，除了大规模完善输电网以外，还必须提高蓄电池的蓄电能力。近年来，中国电池制造商的发展势头迅猛，在技术层面也已处于世界领先地位。中国政府在截至 2035 年的中长期发展规划中，表明了支持“绿色技术”创新的态度，他们希望克服困难，坚定走可再生能源之路。

“向中国学习什么？”

决心是真诚的，行动是有效的。外界对中国在新能源领域的发展充满信心。更重要的是，近年来，中国的绿色能源技术已经走向海外，助力当地企业降低能源成本。

墨西哥《金融报》发文指出，“中国制造”的绿色能源技术不断输出到海外，中国正在全球范围内帮助企业降低太阳能电池板和风力发电的成本。今年，中国企业生产的智能风力发电机在墨西哥普罗格雷索风电场投入使用，帮助当地民众用上更安全、更实惠的清洁能源。该文章还称，使用这些绿色能源生产电力的成本甚至比烧煤的成本还低。

西班牙埃菲社发布题为《中国企业提供的储能技术为中小企业赋能》的报道指出，中国企业“走出去”后，帮助了很多当地企业降低获能成本。该报道称，中国企业提供的太阳能储存技术为墨西哥企业提供了不依赖公共电网的能源供给，降低了能源成本，从而帮助企业获得更多盈利。

多国媒体也纷纷表达了在应对气候变化领域与中国加强交流合作的信心。俄罗斯塔斯社援引俄罗斯高等经济学院欧洲与国际综合研究中心副主任迪米特里·苏斯罗夫的观点表示，俄罗斯可以和中国加强气候和环境对话，共同向全世界提出一项环境议程，鼓励所有国家发展绿色科技。

印度媒体《电线报》在科学版面以《印度可以向中国学习什么？》为题发表文章，称能源与清洁空气研究中心专家劳瑞·梅利维尔塔认为“中国的防污行动计划中有一些方面绝对可以借鉴，包括设立地区性的防治计划，为防治目标设立时间线并且落实监管”。

张红 人民日报海外版 2021-03-29

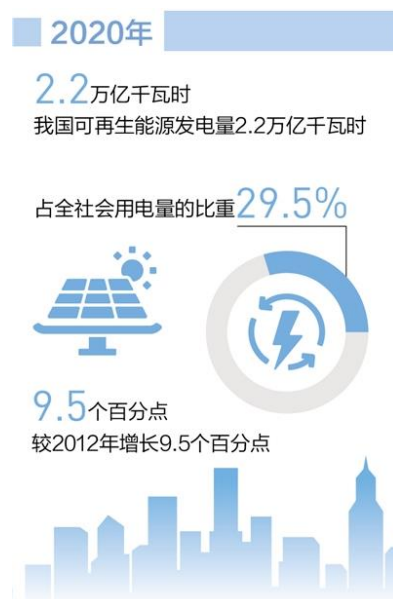
## 清洁低碳，能源结构这样转型

“近年来，我国可再生能源实现跨越式发展，开发利用规模稳居世界第一。”国家能源局局长章建华 30 日表示，截至 2020 年底，我国可再生能源发电装机总规模达到 9.3 亿千瓦，占总装机的比重达到 42.4%，较 2012 年增长 14.6 个百分点；2020 年，可再生能源发电量达到 2.2 万亿千瓦时，占全社会用电量的比重达到 29.5%，较 2012 年增长 9.5 个百分点。

可再生能源包括水能、风能、太阳能、生物质能等，是绿色低碳能源。实现碳达峰、碳中和目标，能源领域将采取哪些更加有力有效的举措？在 30 日举行的国新办新闻发布会上，国家能源局有关负责人进行了介绍。

到“十四五”末，可再生能源将从能源电力消费的增量补充变为增量主体

数据显示，截至 2020 年底，我国水电装机 3.7 亿千瓦、风电



装机 2.8 亿千瓦、光伏发电装机 2.5 亿千瓦、生物质发电装机 2952 万千瓦，分别连续 16 年、11 年、6 年和 3 年稳居全球首位。如果拿三峡电站 2250 万千瓦的总装机容量来比较，9.3 亿千瓦的可再生能源发电装机差不多相当于 41 个三峡电站。

“可再生能源既不排放污染物、也不排放温室气体，减污降碳成效显著。”章建华说，2020 年，我国可再生能源开发利用规模相当于替代煤炭近 10 亿吨，减少二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物排放量分别约达 17.9 亿吨、86.4 万吨与 79.8 万吨，为打好大气污染防治攻坚战提供了坚强保障。与此同时，随着技术装备水平大幅提高，可再生能源的发电成本持续下降，近 10 年来陆上风电和光伏发电项目单位千瓦平均造价分别下降 30%和 75%左右，产业竞争力快速提高。

确保如期实现碳达峰、碳中和目标，“十四五”可再生能源发展格局将呈现什么样的新特征？“面临新形势、新任务，可再生能源发展的边界条件、发展逻辑以及发展机制都将发生一系列重大变化。”国家能源局新能源和可再生能源司司长李创军概括了 4 方面特点：

——“大规模”，到“十四五”末，可再生能源发电装机占我国电力总装机的比例将超过 50%。

——“高比例”，到“十四五”末，预计可再生能源在全社会用电量增量中的占比将达到 2/3 左右，在一次能源消费增量中的占比将超过 50%，可再生能源将从原来能源电力消费的增量补充，变为能源电力消费的增量主体。

——“市场化”，进一步发挥市场在可再生能源资源配置中的决定性作用，从今年开始风电光伏发展将进入平价阶段，摆脱对财政补贴的依赖，实现市场化和竞争化发展。

——“高质量”，“十四五”将提升新能源消纳和存储能力，既实现可再生能源大规模开发，也实现高水平消纳利用，更加有力地保障电力可靠稳定供应。

大力提升电力系统的灵活调节能力，构建以新能源为主体的新型电力系统

风电、光伏等新能源一定程度上“靠天吃饭”，具有波动性、间歇性等特点，未来大规模高比例接入，如何保障电力稳定供应并且实现高水平消纳利用，是业内比较关注的问题。日前召开的中央财经委员会第九次会议提出，构建以新能源为主体的新型电力系统。

对此，国家能源局电力司司长黄学农介绍，接下来将通过着力构建适应大规模新能源发展的电力产供储销体系、提升电力系统的灵活调节能力、推动源网荷储的互动融合、加大新型电力系统关键技术推广应用、推进电力市场建设和体制机制创新等方面，来确保电力稳定供应。

提升电力系统的灵活调节能力方面，黄学农说，在发电侧，要加强火电灵活性改造，推动抽水蓄能电站、天然气调峰电站的建设；在电网侧，要加大基础设施建设，提升资源优化配置能力，特别要发挥大电网资源互济作用；在用户侧，推进终端电能替代特别是绿色电能替代，提高需求侧响应能力；此外，要加快储能的规模化发展，推动电力系统全面数字化，构建高效智慧的调度运行体系。

“比如一辆电动汽车就可能成为电力系统的一个储能装置，在用电低谷时，电力系统给它充电；在用电高峰时，通过采取经济性措施等让电动汽车给电力系统放电。”黄学农举例。

发挥规划引导和约束作用，多元化发展非化石能源

我国提出，到 2030 年非化石能源占一次能源消费比重将达到 25%左右。“任务确实非常艰巨。”国家能源局发展规划司司长李福龙分析，“十三五”时期，我国非化石能源消费比重从 12.1%提高到 15.9%，平均每年提高了 0.76 个百分点。到 2030 年非化石能源消费比重达到 25%左右，意味着今后 10 年平均每年要提高 0.9 个百分点，相当于平均每年要增加非化石能源大约 7000 万吨标准煤。

李福龙介绍，接下来将发挥规划引导和约束作用，多元化发展非化石能源。在确保安全的条件下，积极有序推进沿海核电建设；坚持生态优先，以西南地区、黄河上游等重点流域为重点，开发建设水电站；锚定 2030 年 12 亿千瓦以上的目标，大力发展风电和太阳能发电；同时因地制宜推动生物质能、地热能等其他可再生能源的开发利用。

除了大力发展非化石能源之外，章建华表示，还将大力推行绿色用能模式，采取更加严格的能耗标准，支持推动工业、建筑、交通等重点行业和领域非化石能源替代和用能方式改变。推动加快

发展新能源汽车、建筑光伏一体化等绿色用能模式，加快取暖、炊事用能等方面电能替代，提升全社会电气化水平。

“下一步，国家能源局将加快实施能源领域碳达峰行动，制定更加积极的新能源发展目标，有力推动可再生能源从能源绿色低碳转型的生力军成长为碳达峰碳中和的主力军，为构建清洁低碳、安全高效的能源体系提供坚强保障。”章建华说。

丁怡婷 制图：张丹峰 人民日报 2021-03-31

## 致力实现“双碳”目标 生态环境部部长提出三点倡议

今年是“十四五”的开局之年，中央经济工作会议将“做好碳达峰、碳中和工作”作为今年要抓好的重点任务之一。实现这一目标的难点和重点在哪里？

在3月21日举行的中国发展高层论坛2021年会上，生态环境部部长黄润秋在“促进经济社会全面绿色转型”单元发表演讲。黄润秋提出，当前中国生态文明建设和生态环境保护工作任重道远，生态环境保护结构性、根源性、趋势性压力总体上尚未根本缓解，最突出的是“三个没有根本改变”。

“三个没有根本改变”是指，以重化工为主的产业结构、以煤为主的能源结构和以公路货运为主的运输结构没有根本改变，污染物排放和生态破坏的严峻形势没有根本改变，生态环境事件多发频发的高风险态势没有根本改变。

他强调，当前中国距离实现碳达峰目标已不足10年，从碳达峰到实现碳中和目标也仅有30年，与发达国家相比，我们实现碳达峰、碳中和远景目标时间更紧、幅度更大、困难更多、任务异常艰巨。

他表示，面对复杂形势和诸多挑战，我们将坚定不移贯彻新发展理念，以经济社会发展、全面绿色转型为引领，以减污降碳为主抓手，加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路。一是加快发展方式绿色转型。二是深入打好污染防治攻坚战。三是积极推进应对气候变化。四是完善绿色低碳政策和市场体系。五是广泛培育绿色低碳生活方式。

面对生态环境挑战，人类是一荣俱荣、一损俱损的命运共同体。为共同建设清洁美丽世界，他提出三点倡议：

一是加强绿色低碳发展国际合作。希望国际社会秉持人类命运共同体的理念，加强应对气候变化、生物多样性、全球海洋治理等领域的国际合作，中国将继续推动联合国气候变化框架公约第26次缔约方大会取得的积极成果，筹备办好生物多样性公约第15次缔约方大会，扎实推进气候变化南南合作，为推动全球绿色低碳发展、应对全球气候变化做出我们自己的贡献。

二是推进绿色低碳技术创新。希望国际社会共同维护全球化进程，共同维护开放型世界经济和稳定的全球产业链，抓住新一轮科技革命和产业变革的历史性机遇，大力发展绿色低碳经济，促进绿色技术创新和低碳绿色产品装备研发与应用，推动疫情后世界经济绿色复苏，汇聚起可持续发展的强大合力。

三是担当绿色低碳发展引领者。希望国际社会共同发展绿色基础设施建设，绿色投资、绿色金融，支持发展中国家开展应对气候变化行动，支持落实联合国2030可持续发展议程，推动《巴黎协定》全面而有效的持续实施，共同推进全球气候治理体系，向更加公平合理合作共赢的方向迈进。

第一财经 2021-03-23



## 热能、动力工程

### “双碳”目标倒逼新型电力系统建设提速

截至 2020 年底，我国风电装机 2.81 亿千瓦、光伏发电装机 2.53 亿千瓦，合计达 5.34 亿千瓦。要实现碳达峰、碳中和目标，到 2030 年我国风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上，这意味着风电、太阳能发电装机还将至少增加 6.66 亿千瓦。为此，近日召开的中央财经委员会第九次会议提出，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，这为推动能源电力转型发展指明了方向。

在能源革命和数字革命相融并进，以及碳达峰、碳中和目标的大背景下，能源电力行业正发生前所未有的变化。以安全可靠、清洁经济、智慧开放、可持续发展的能源节约型社会为目标，以高渗透率的可再生能源、高比例的电力电子设备、高速增长直流负荷“三高”为主要特征的新一代电力系统正在逐步形成。特别值得关注的是，碳中和将加速电力增长零碳化进程，发展清洁和循环经济，更需要坚强大电网和智能配电系统协同发展，相得益彰，逐步向综合能源系统演化。

当前，我国已成为世界级的能源生产和消费大国，形成了煤炭、电力、石油、天然气、新能源、可再生能源全面发展的能源供给体系，能源事业发展取得举世瞩目的成就，但过去粗放式能源发展导致的生态环境问题日趋严重，能源综合利用效率相对偏低。目前，由于大量可再生能源出现，能源开发将向集中生产与分布式生产并重转变，根据资源的自然禀赋和负荷时空特性，新的能源必须连接到系统，或通过远距离输送，或就地到最终用户，可再生能源将逐步成为电网中的主要一次能源来源。优化调整电源结构，保障能源供给安全清洁可持续发展是重中之重。

新型电力系统面临的主要挑战是：高渗透率的分布式可再生能源将对电网安全稳定运行带来冲击，特别是大量分布式能源聚合体对电网运行能力和调度水平带来严峻考验，因此需加快整体电力系统结构改造，为可再生能源消纳提供有力保障；分散能源资源将大量小规模资产连接到配电网，并出现新的电网参与者，如当地能源社区和消费者；可再生能源渗透率与弃电率整体呈现正相关关系，降低弃电率成为挑战，也是未来电力系统改造升级和投资布局的重点。为保障可再生能源高效消纳，需提升对风电和太阳能发电出力的预测精度，为机组组合和调度做好预案，也要加强对发电侧、输电侧、用户侧、储能侧的灵活性改造、建设，提升深度调峰和快速响应能力。

为保证电能供给质量（电压、频率等），风电和太阳能发电在并网发电过程中也需要必要的辅助服务，从而产生消纳成本，导致电价上升。借鉴发达国家电力系统低碳发展的标杆德国的历程，2019 年，德国电力系统可再生能源发电占比突破 40%，电费比 2015 年增长约 8%。因此，可再生能源的全系统消纳成本将随着渗透率提升而增加，电力市场、价格、体制机制和各种不确定因素将影响电网发展。

提高现有电力系统的利用率，以达到物尽其用、提质增效是重要工作。同时，积极应对极端天气和气候变化，保障可靠供电，也是电力系统面临的一大任务。

未来电网将成为实现各能源网络有机互联的链接枢纽，以及含有源-网-荷-储的多元、非线性、时空变化、网中网的复杂大系统，是能源互联网的基础和核心，应具有先进的人工智能装备、充足的系统灵活性、高标准的系统可靠性。

具体而言，电网将呈现大电网、局域电网和微电网并存的电网格局：广域大电网可有机整合各种可再生能源的时空互补性，并实现资源密集区域的电力向负荷密集区域的大容量远距离输送；局域电网和微电网可就地利用分散资源，将大量小规模资产连接到配电网，并出现新的电网参与者，如当地能源社区和消费者，形成众多的产用储一体化聚合体。

同时，分布式能量自治单元——就地收集、存储和使用能源的微单元，成为被控制的一个简单可调度负荷，可以在数秒内作出响应，以满足电网系统需要。对于用户，微电网可以成为一个可定

制的电源，向用户提供差异化（电能质量、电压等级、交直流供电模式、供电可靠性等）服务。通过能源载体的电力转换，终端用户和电网的耦合加强，反之亦然。此外，对现有电网输配电能力的提升挖潜、精益化资产管理将是重要任务。

**负荷侧：**电能是未来最重要的终端能源，终端电气化是大方向，将带来新负载模式，如电动汽车快速充电，其特点是短时内高功率充放电会对电网造成冲击。

自下而上采用物联网（如电动车等可控负荷）及身联网（如健身环，心脏起搏器等）和人工智能等新技术，将为负荷的柔性化和优化响应奠定基础。另外，直流已在用户身边，电子设备等直流负荷快速增长，风光储直柔的直流微电网和聚合体将大幅增加，大量并网主体如分布式电源、微电网、电动汽车（V2G）、新型交互式用能设备等多兼具生产者与消费者双重身份。在高比例新能源背景下，“源随荷动”式传统的解决电力系统平衡问题的基本方式将出现“荷随源动”的趋势。

因此，应研究出台由各个利益相关者参与的有吸引力的价格机制，让具有强大响应能力的用户参与调峰。负荷的柔性处理和主动响应将是能源电力改革的新蓝海。

**储能：**储能技术是支撑可再生能源普及的战略性技术，也是提高电力系统灵活性和可靠性的关键技术。

电力系统的灵活性越高，调节能力越强，则越能满足高比例可再生能源带来的调峰、调频和备用需求，保障电能供给质量。随着技术发展和材料革命，越来越多不同技术路线的规模化储能，如抽水蓄能电站和燃气调峰电站、氢能、碳捕集与利用技术和储能装置，以及蓄电（机械转换、化学转化等）和蓄热（水/冰蓄冷、热化学存储）等将根据不同需求在源网荷侧安装，参与控制，平衡时空变化的源与荷。因此，要加强对发、输、用侧和储能侧的灵活性建设，提升深度调峰和快速响应能力，提高供电可靠性和电能质量。

**电力系统运行模式：**将逐步演变为以可再生能源发电为主、交直流混合电网、源网荷储协同互动，灵活智能控制运营成为重中之重。

以大电网为“主干网”，以微网、能量自治单元为“局域网”，能够“即插即用”，以开放对等的信息-能源一体化架构，真正实现能源的双向按需传输和动态平衡使用，提供共享能量和信息平台及协作的机会。此外，大电网和微电网二者相互补充，相得益彰，因地制宜成为关键。应从现有系统中唤醒沉睡的资源，实现源网荷储的高效和最大利益化的优化调节利用。

**能源和电力物理信息系统：**将产生海量多源、离散的大数据，为数字化能源电力奠定基础，实现信息流、能源流、业务流融合。

信息化对智能电网的支撑作用，正逐步由以IT技术为核心转变为以数据数字化为核心。值得注意的是，未来的信息服务模式，将由应用建设向数据分析服务模式转变，实现数字赋能。

**大量高新技术集成融合：**从技术上向新一代电力系统升级，“大云物移智”等新技术将逐渐成为标配。

其中，人-机-物高度融合，无人化、芯片传感、数字化等新技术和多功能融合的新设备、材料、新器件将层出不穷，能量的产、输、配、转换和使用均具备一定智能，能源互联网将具备“智慧、能自学习、能进化”的生命体特征。

**理想目标：**向着综合能源互联体系演进，逐步实现综合能源体系。

以电为核心、网为平台，以因地制宜的多元能源结构为基础，信息能源基础设施一体化的综合能源体系将朝着低碳化、高效化、数字化及可持续发展的清洁循环经济方向发展，形成以“能源结构生态化、产能用能一体化、资源配置高效化”为特征的全新的能源生态体系。

回顾人类三次工业革命，都源于重大科学发现和理论突破。传统的能源竞争，就是哪里有资源，就去抢夺，甚至是战争。但是，以风能、太阳能为代表的新能源，其竞争方式不是资源竞争，而是核心技术竞争。

目前，世界上主要国家和地区均把能源技术视为新一轮科技革命和产业革命的突破口，因此，我们应深刻理解“科技独立自主是发展大局的根本支撑”，开展独立自主的创新，必须深入分析面临

的挑战及技术成熟性、可行性、经济性，前瞻未来发展，进而科学理智地制定切实可行的技术路线，群策群力，努力践行。应以清洁、低碳、数字、高效和物联为发展方向，以安全高效、循环可持续为驱动和目标，以研究与创新为支撑、智慧互连共享为核心，孕育新模式、新业态，推动跨界融合，实现产学研用协同。同时，从基础理论、新材料、关键技术、软硬件设备到真正能复制的工程示范，探索颠覆性技术，实现能源技术自主创新，保障可再生能源和新型电力系统理智、健康、有序发展，助力碳达峰、碳中和目标实现。

山东大学特聘教授 马钊 中国能源报 2021-03-22

## 储能系统变革在即

2021年开年不足四个月，山西、陕西、宁夏、青海、内蒙古等多个省区已经陆续发布文件，要求新建新能源项目配置一定规模的储能。

随着“新能源+储能”日渐成为标配，从“配不配储能”到“配怎样的储能”，储能系统落地的规范要求、技术标准正在成为行业关注的焦点。

### ■规范性能指标

#### 避免劣币驱逐良币

日前，陕西省能源局日印发的《关于促进陕西省可再生能源高质量发展的意见（征求意见稿）》中明确提出，新增项目储能设施按连续储能时长2小时以上，储能系统满足10年（5000次循环）以上工作寿命，系统容量10年衰减率不超过20%标准进行建设。

由此可见，衰减率等核心指标已经进入到地方政府对新建储能装置的要求中。

“粗略统计，2020年我国储能系统新增装机容量首次突破吉瓦大关，中国储能正在步入规模化发展的快车道。”中关村储能产业技术联盟秘书长刘为表示，经历“量”的增长，更要关注“质”的提升。“进入到2021年，其实，各省对于新能源配置储能的要求比过去更深了一步，开始关注到各项性能指标，这也是当地政府、电网公司和发电企业等多方相互配合的结果。”

“我们不能只是一味强制要求新能源发电企业去配储能，却不关注具体储能系统的性能，所以相应的配套细则必须跟上。”刘为指出，只有对储能系统的使用寿命、衰减率等性能参数设置一定的“门槛”，才能避免劣币驱逐良币。

### ■“集中”模式短板突出

#### 系统容量或现指数级衰减

“一谈到衰减，大家首先想到的基本都是电池不行。其实，现在主流电池厂家的产品做到4000-5000次循环是没有太大问题的。如果系统在2-3年内就衰减特别严重，很可能并不是电池的问题。”华能集团清洁能源技术研究院储能技术部负责人刘明义认为，问题可能出在“集中工作”的模式上。“在传统的储能方案中，电池模块直接并联，电压被强制平衡。充电时，有一个电池单体充满，并联的全部电池簇都要停止充电。同样，放电时，有一个电池单体放空，并联的全部电池簇都要停止放电。这就是所谓的‘木桶效应’，系统的整体寿命取决于寿命最短的电池。”

刘明义告诉记者，在储能系统的运行应用中，由于具体环境不同，电池很难保持高度的一致性。“大部分电池在出厂时一致性是非常好的，电芯也没有问题，但后天的应用环境却很难保证一致。比如一个非常重要的因素——温度。储能电池对温度特别敏感，尽管在运行中都有热管控环节，但实际上偏差非常大，这就直接导致了电池的不一致。系统容量可能因此出现指数级的衰减。”

“在一个大的集装箱中有若干个电芯，如果温控做的不好，局部温度过高，影响的不仅是单体电池，而是整个系统的使用寿命。”华为智能光伏业务总裁陈国光指出，“电池简单并联带来的容量失配问题非常严重。一些已经投运的储能系统首年容量损失就超过15%，实际发电量远远低于标准容量。”

### ■一包一优化、一簇一管理

“组串式”方案提供化解思路

未来的储能系统要如何面对上述挑战？“集中工作”的模式能否拆解优化？

“在逆变器领域，组串式替代了传统的集中式产品，给光伏行业带来了巨大变革。这样的方式是不是也同样适用于储能领域？一包一优化、一簇一管理、分散式散热，那么传统储能衰减快、寿命短的问题就可以迎刃而解。”陈国光告诉记者，为了解决传统储能方式“牵一发而动全身”的弊端，华为一直着力于打造一种分散式的储能方式。华为智能组串式储能解决方案也正是在这样的思路下应运而生。

陈国光介绍，华为智能组串式储能解决方案使用的是 20 尺标准集装箱，额定容量 2064 千瓦时。“我们把 2064 千瓦时分解成六个电池簇，每个电池簇再继续分成 21 个电池包。每一簇都有控制器，每一包都有优化器。通过优化器，打破电池包传统的串联模式，可以实现每个电池包单独充放，实践证明，这样的方式可以有效提升充放电容量 6%。在此基础上，把每一个电池簇接入智能电池簇控制器中，电池管理系统可以通过智能控制器单独调节每个电池簇的工作电压，让充放电电流保持一致，从根本上避免了偏流的产生。通过单独管理，充放电容量又可以提升 7 个百分点。”

对于关键的散热问题，陈国光介绍，华为智能组串式储能解决方案也采用了分布式的散热架构。“每个电池簇独立配置工业空调，这样就可以有效规避集装箱散热效果的差异。一旦一个空调故障，其它空调还可以继续工作，降低散热的影响。而且，冷风和热风的风道也是隔离的，可以避免局部过热造成额外的温升，整个集装箱的温差就可以控制在 3 摄氏度以内。”

在刘明义看来，分散式、模块化的解决方案其实是拆“大桶”为独立的“小桶”，然后在“桶”内各自补短板，最大限度的优化整个系统。

“在智能化、组串式的方案下，单个电池包出现问题，影响大概只有 16 千瓦时，其他电池包里完全不受影响，可以继续工作。”陈国光表示，叠加智能内短路检测，实现被动安全到主动安全，储能系统成本将降低约 10%。

对于储能行业未来的变革与发展，陈国光满怀期待：“十年前，集中式逆变器占据大半江山。十年后，融入智能化技术的组串逆变器已经成为了行业主流。我们期待，储能行业能再次迎来新的颠覆式创新，通过组串式、数字化，让储能系统将变得更高效、更稳定、更安全，让光储平价提前到来。”

本报记者 姚金楠 中国能源报 2021-03-22

## 电力系统低碳转型开启加速模式

日前发布的《中华人民共和国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》（以下简称《纲要》）明确了我国未来 5—15 年电力系统转型发展的路径，并提出非化石能源占能源消费总量比重提高到 20% 左右目标。那么，“十四五”我国电力系统发展的重点“窗口”和调整有哪些？电力系统如何助力“30·60”双碳目标实现？记者就此采访了相关专家。

目标

非化石能源消费占比 1/5，加快发展“风光水核”等清洁能源

《纲要》指出，加快发展非化石能源，坚持集中式和分布式并举，大力提升风电、光伏发电规模，加快发展东中部分布式能源，有序发展海上风电，加快西南水电基地建设，安全稳妥推进沿海核电建设，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源消费占能源消费总量比重提高到 20% 左右。

中电联最新数据显示，我国非化石能源消费占比从 2015 年的 12.1% 提高到 2019 年的 15.3%。“十四五”时期，非化石能源消费占比提高至 20% 左右。

北京先见能源咨询有限公司总裁尹明表示，《纲要》明确了分布式能源在国家能源体系中的发展定位和空间布局，负荷集中的东部、中部地区加快发展分布式能源是“十四五”能源体系的一大亮点，

同时现代能源体系更加强调煤炭生产的集约化和合理控制煤电发展。

“另外，‘十四五’跨区跨省大容量输电、全国联网持续发展，各大通道上清洁能源电量占比将大幅提高；西部用电需求增长较快，区域间、省间电力互济加强；西北新能源与煤电并重，西南水电为主，东部核电与新能源并重；分布式能源快速发展，‘源网荷储用’一体化将被广泛应用。”尹明预测。

长沙理工大学教授叶泽表示，全国电力系统规划、建设与运营将变得更为紧迫。“当前全国范围内的统一运营非常重要。目前我国的电量计划是按发电厂电量消纳分配的，这并不是最优结果，应推倒原来的电量分配计划，在现有电力需求与电网能力的基础上考虑电网约束。当然，与全国统一的大趋势相对应的，要做好分布能源与智能电网建设‘小大’并存、灵活运营。”

#### 路径

“大型清洁能源基地+电力外送通道”提高非化石能源消费占比

如何实现 20%的目标？《纲要》明确了具体路径：大力发展清洁能源的同时，提高特高压输电通道利用率。加强源网荷储衔接，提升清洁能源消纳和存储能力，提升向边远地区输配电能力，推进煤电灵活性改造，加快抽水蓄能电站建设和新型储能技术规模化应用。

长期以来，特高压因利用效率低下而备受关注。国家能源局 2017 年发布的《浙福特高压交流等十项典型电网工程投资成效监管报告》、全球能源互联网发展合作组织 2020 年发布的《新发展理念的中国能源变革转型研究》均显示，多条已投运特高压输电通道实际送电功率和利用小时数远低于设计值。

尹明告诉记者，“十四五”时期，以多能互补的大型清洁能源基地为主，配套电力外送通道实现电力转型，特别强调提高特高压输电通道的利用效率。“可以预见，单纯的大型煤电基地开发外送将越来越少，‘风光火’‘风光水火’等多能互补将是大型能源基地主要开发利用模式。为适应此变化，基地中的煤电机组需要适应高比例风光发电接入，提高灵活性，拓宽营销渠道和市场规模。同时，政府应考虑为配套电源提供新的市场机制和政策。”

叶泽表示，“风光”电量消费比重提升，电网系统的穿透率需引起政府高度重视。“加强电网传输能力建设，扶持储能发展，同时开放跨省跨区电网，由发电企业和用户直接开展跨省跨区交易，促进非余缺调剂和安全用电以外的跨省跨区交易。”他还指出，在此过程中，应更加重视能源生产供给能力的建设，特别是具有安全兜底功能的传统能源的发展，“安全是能源转型、清洁低碳发展的首要前提和基础。”

#### 调整

核电运行装机 7000 万千瓦，内陆核电破冰无望

除开发大型清洁能源基地、建设电力外送通道外，“沿海核电”也是《纲要》现代能源体系重要组成部分之一。《纲要》指出，安全稳妥推动沿海核电建设。同时，建成华龙一号、国和一号、高温气冷堆示范工程，积极有序推进沿海三代核电建设。推动先进堆型示范。建设核电站中低放废物处置场，建设乏燃料后处理厂。开展山东海阳等核能综合利用示范。核电运行装机容量达到 7000 万千瓦。

中国核能行业协会此前发布的数据显示，截至 2020 年底，我国大陆在运核电机组共 49 台，装机容量为 5102.71 万千瓦；核准及在建核电机组共 19 台，装机容量为 2099.26 万千瓦，位列全球第一。

中国电力发展促进会核能分会秘书长汪永平指出，核电运行装机容量达到 7000 万千瓦，意味着 2020 年底在建机组 16 台（总装机容量约 1738 万千瓦），以及另外 3 台已获得国务院核准后尚未开工机组（总装机 361 万千瓦），均要按期建成。一位不愿具名业内人士表示，换言之，目前已核准及在建机组顺利投产，“十四五”规划目标即可完成。

记者注意到，相较“十三五”规划纲要，最新《纲要》有关核电发展及布局的表述出现显著变化。其中，“十三五”规划纲要中提出的“积极开展内陆核电项目前期工作”，在新版《纲要》中并未提及。汪永平指出，内陆核电项目或将继续被搁置，“十四五”期间无望“破冰”。



汪永平指出，“十四五”核能将为实现碳中和目标提供更可行的实施方案。“沿海核电有望进入有序发展的新阶段，核能综合利用更加多元化、多用途发展，乏燃料后处理厂建设提上日程，同时目标明确指出建设核电站中低放废物处置场，积极落实‘区域处置+集中共享处置’等多途径中低放废物处置模式。”

本报记者 赵紫原 中国能源报 2021-03-22

## 中国碳达峰、碳中和研究报告出炉

3月18日，由中国发起成立的全球能源互联网发展合作组织在京举办中国碳达峰碳中和成果发布暨研讨会。会议发布了中国2030年前碳达峰、2060年前碳中和、2030年能源电力发展规划及2060年展望等研究成果，并在国内首次提出通过建设中国能源互联网实现碳减排目标的系统方案。

2020年9月，中国在第七十五届联合国大会提出2030年前碳达峰、2060年前碳中和目标。全球能源互联网发展合作组织基于在清洁发展、电网互联、气候环境等领域的长期积累，对我国碳减排路径与能源电力转型方案开展了深入研究，于2020年12月编写完成《中国2030年前碳达峰研究报告》《中国2060年前碳中和研究报告》《中国2030年能源电力发展规划研究及2060年展望》三项研究成果，提出以特高压电网引领中国能源互联网建设，加快推进能源开发清洁替代和能源消费电能替代（“两个替代”），实现能源生产清洁主导、能源使用电能主导（“双主导”），能源电力发展与碳脱钩、经济社会发展与碳排放脱钩（“双脱钩”）的系统减排路径与方案。

特高压电网是构建中国能源互联网的关键

全球能源互联网发展合作组织主席、中国电力企业联合会理事长刘振亚指出，面对碳排放总量大、高碳发展惯性强的严峻形势，中国要用不到10年时间实现碳达峰，再用30年左右时间实现碳中和，任务非常艰巨。碳排放问题的根源是化石能源大量开发和使用，治本之策是转变能源发展方式，加快推进清洁替代和电能替代，彻底摆脱化石能源依赖。“建设中国能源互联网，加快推进‘两个替代’是实现我国碳达峰、碳中和的根本途径。”

刘振亚认为，中国能源互联网实质是“智能电网+特高压电网+清洁能源”，是清洁能源在全国范围大规模开发、输送和使用的基础平台，是清洁主导、电为中心、互联互通的现代能源体系。建设中国能源互联网将统筹发展与减排，加快清洁能源大规模开发消纳和电能广泛使用，在能源生产消费各环节、碳排放各领域对煤、油、气等化石能源进行全方位深度替代，以能源体系零碳革命加快全社会碳减排，实现我国碳达峰、碳中和目标。

刘振亚表示，特高压电网和高铁都是我国基础产业重大技术创新的典范，在本世纪初几乎同时起步建设。虽然我国已在特高压技术、装备、标准、工程等方面实现全面引领，建设投运了30个特高压工程，但相比高铁发展明显滞后，功能和作用远未发挥。

“加快发展特高压电网是构建中国能源互联网的关键，对于实现碳达峰、碳中和目标至关重要。”刘振亚强调，无论是去年我国湖南、浙江等地的“拉闸限电”，还是今年美国得州的大面积停电，都凸显了大电网互联对保障能源供给与安全的极端重要性。如果没有特高压电网，我国清洁能源无法大规模开发利用，雾霾、酸雨等环境问题不能根本解决，碳达峰、碳中和目标将难以实现。立足当前、着眼长远，亟需加快特高压电网建设，尽早形成覆盖全国、广泛互联、坚强可靠的“电力高速网络”，在推动我国能源绿色低碳转型，实现碳达峰、碳中和目标中发挥关键作用。

实现能源电力体系低碳转型是重中之重

中国气候变化事务特使解振华指出，实现碳达峰碳中和目标，目前最重要的任务是实现能源体系的低碳转型，将碳达峰和碳中和目标与经济社会发展、生态环境保护和能源革命目标结合起来，实现绿色、低碳、循环的高质量协同发展。建设能源互联网是加速推进能源系统深度脱碳化进程的重要措施，全球能源互联网发展合作组织的研究成果将对我国和全球能源低碳转型和碳中和发挥重要作用。

“大力压减碳排放是能源行业的责任，推动能源清洁低碳转型、促进能源经济社会可持续发展是能源行业的使命所在，对电网系统而言推动实现双碳目标既是机遇也是挑战。”国家电网有限公司副总经理张智刚表示，国家电网有限公司努力争当能源清洁低碳转型的先行者，发布“碳达峰、碳中和”行动方案，提出推动电网向能源互联网升级，着力打造清洁能源优化配置平台，到 2025 年初步建成国际领先的能源互联网。

促进全社会碳排放净零的系统方案

由全球能源互联网发展合作组织发布的研究报告提出，以特高压引领中国能源互联网建设，推动我国碳减排总体分三个阶段：

第一阶段是 2030 年前尽早达峰，2025 年电力率先实现碳达峰，峰值 45 亿吨，2028 年能源和全社会实现碳达峰，峰值分别为 102 亿、109 亿吨；

第二阶段是 2030-2050 年加速脱碳，2050 年电力实现近零排放，能源和全社会碳排放分别降至 18 亿、14 亿吨，相比峰值下降 80%、90%；

第三阶段是 2050-2060 年全面中和，力争 2055 年左右全社会碳排放净零，实现 2060 年前碳中和目标。报告同时提出，构建中国能源互联网，全社会碳减排边际成本约 260 元/吨，远低于 700 元/吨左右的全球其他减排方案。

“这是技术上可行、治理上占主动、经济上可承受的方案。”合作组织经济技术研究院院长周原冰表示，在气候变化和碳减排领域，我们研究提出为全球落实《巴黎协定》2 度和 1.5 度温控目标的“中国方案”，建立了主要国家的全球能源经济环境综合评估模型及数据库；在能源转型和电力规划领域，我们已发布全球及各大洲电力规划展望报告和全球清洁能源资源开发与投资报告，对全球及中国能源电力系统转型的目标、路径、技术、工程、政策开展系统分析。这都为我们能在较短时间内，顺利完成系统性、专业性研究成果，做了充分准备。

本报记者 李文华 中国能源报 2021-03-22

## “两个替代”和中国能源互联网将对我国碳中和贡献度超 80%

3 月 18 日，中国碳达峰、碳中和成果发布暨研讨会发布了中国 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和、2030 年能源电力发展规划及 2060 年展望等研究成果。记者结合报告引发能源业界广泛关注的创新观点、技术热点、实施难点等方面问题，专访了全球能源互联网发展合作组织经济技术研究院院长周原冰。

中国能源报：报告提出，2028 年前后，我国能够以 109 亿吨左右（不含碳汇为 115 亿吨左右）的较低水平实现碳达峰，在可行性、经济性和战略性上是如何考虑的？另外，您如何评价我国实现碳中和的减排阶段划分、快慢节奏和综合成本？

周原冰：碳排放峰值要考虑经济社会发展需要，不能过低，但也不能过高。如果碳排放峰值过高、达峰时间滞后将增加后期减排压力和成本。碳达峰是碳中和的前提和基础，低成本实现碳中和目标，就要求以较合理的峰值尽早达峰。

欧美国家碳达峰至碳中和历经 60 年，而我国从碳达峰到碳中和仅有 30 年，面临着比发达国家时间更紧、幅度更大的减排要求。

从正常的投资回收周期来分析，“十四五”“十五五”新建的高碳项目，增加的碳排放将延续到 2050 年后，给 2060 碳中和目标带来巨大压力。研究表明，如果煤电装机峰值增加 2 亿千瓦，将导致碳排放峰值增加 7 亿吨，新增减排成本约 3.7 万亿元；如果碳达峰推迟 2—4 年，将额外增加减排成本 5—8 万亿元。

综合分析我国经济社会、能源电力、技术产业发展，通过加快构建中国能源互联网，实施“两个替代”，能够使煤炭消费得到有效控制，2028 年分别降至 27 亿、25 亿吨标煤；石油、天然气消费增速放缓，并分别于 2030 年、2035 年左右达到峰值 7.4 亿吨油、5000 亿立方米。

统筹考虑我国国情、国际减排责任以及全社会减排成本，报告研究提出 2030 年前尽早达峰、2030—2050 年快速减排、2050—2060 年全面中和，分三个阶段实现“双碳”目标的综合路径。其中，2028 年实现达峰，峰值控制在 109 亿吨左右是技术上可行、治理上占主动、经济上可承受的方案。

在尽早达峰阶段，关键要控制化石能源总量，提高清洁能源发展速度，如果每年风、光新能源发电装机增长 1.2 亿千瓦以上，则可实现以较低的峰值达峰，并为碳中和争取时间。

在快速减排阶段，要先经过达峰后稳中有降的过程，进入加速减排轨道。其主要驱动力就是以更加先进成熟的新能源发电、储能、特高压、电制氢和合成燃料等技术为支撑的中国能源互联网。

在全面中和阶段，依托深度脱碳、碳捕集与封存技术和碳汇资源中和剩余少量的化石能源碳排放，有望 2055 年左右实现全社会碳中和。

另外，基于中国能源互联网的减排方案，全社会减排成本相对较低。这一方案全社会边际减排成本约 260 元/吨二氧化碳，低于全球 1.5°C 情景边际减排成本，位于全球 2°C 情景边际减排成本的中间水平。

中国能源报：“两个替代+中国能源互联网”对我国碳中和的贡献度将在 80% 以上，这是报告的鲜明观点。电力行业在 2050 年前实现净零排放，特高压电网对电力行业 and 全社会净零排放的作用和贡献如何？

周原冰：电力服务于工业、交通、商业及居民等各行各业，电力系统在能源活动及全社会实现碳中和的过程中发挥关键作用。建设中国能源互联网，大力推进电能替代，能够减少化石能源消费，促进全社会快速减排。研究表明，电力有条件成为减排力度最大、脱碳速度最快的领域，2050 年前能够实现电力生产近零排放，之后为实现全社会碳中和提供负排放。

中国能源互联网、实施“两个替代”对我国实现碳中和目标，累积减排贡献超过 80%。其中“清洁替代”和“电能替代”起主导作用，能源互联网将为“两个替代”提供有力保障和支撑。

预计到 2050 年前中国能源互联网建成，我国将运行 61 回特高压直流工程和 36 回跨国直流工程，输电容量达到 6.7 亿千瓦，通过将西部北部以及周边国家优质清洁能源，输送配置到中东部负荷中心，促进减排难度大、成本高的地区实现减排，实现在全国范围内配置 22 亿吨碳减排量。

中国能源报：报告提出，基于中国能源互联网的碳中和实现路径，代表了以新能源为主体、少量化石能源+CCS（碳捕集与封存）和必要碳汇的综合路径。这一路径背后的技术、经济和战略研判是什么？对 CCS 技术的角色定位是如何考虑的？

周原冰：能源系统减排对实现碳中和起着决定性作用，电力在其中扮演关键角色，中国能源互联网是促进碳减排和碳中和的重要基础平台。

未来电力系统将以新能源为主体，不能保留过多的化石能源。若通过化石能源电源大规模配置 CCS 的方式实现电力系统净零排放，将会大幅增加用电成本。我们专门做过经济性测算，保留大量煤电、气电的方案，相比保留少量煤电、气电的方案，运行年费用高 9000 亿元。

CCS 主要用在难以脱碳的领域，例如水泥、钢铁、煤化工、火电等，并且要与碳捕集后的利用相结合，总体上 CCS 是补充性手段。

碳汇是实现全社会碳中和的必要手段，在 2050 年电力系统率先实现近零排放后，针对少量无法完全实现电能替代的产业，通过自然碳汇、碳移除等措施，促进实现 2060 年前碳中和目标。

中国能源报：报告提出实现“双碳”目标我国每年清洁能源装机要超过 1 亿千瓦以上，到 2050 年全国总装机达到 75 亿千瓦、全社会用电量达到 16 万亿度，这都是非常高的水平，是否确有必要、是否有可行性？

周原冰：实现“双碳”目标最根本的措施，就是实现能源生产清洁化和能源消费电气化。

能源消费环节加快电能替代、提升电气化率十分必要。从中长期来看，中国经济仍将保持长期稳定增长，终端能源需求仍有增长空间。电能具有清洁、高效、安全、便捷等优势，是利用效率最高、经济效率最高的终端能源品种。随着工业、交通、建筑等领域电能替代推进，电能在全社会终端能源消费占比将从目前的 27% 提升至 66%，这将带动电力需求快速增长，达到 14-15 万亿千瓦时。

同时，为满足工业、建筑和交通领域深度脱碳要求，需要发展电制氢、甲烷和甲醇等电制燃料和原材料产业，这部分需求，预计用电量在 2.6 万亿千瓦时左右，2060 年全社会用电量总量 17 万亿千瓦时。

构建以新能源为主体的新型电力系统，需要更大的装机规模来满足可靠供应要求。以清洁绿色方式满足电力需求，需要科学、合理的电源规划。

一方面，由于风电、太阳能发电利用小时数低，需要更多装机才能满足电量需求；另一方面，风电光伏的置信容量低，季节性电量不平衡，为保证系统充裕度和安全性，新能源应承担部分系统的备用和辅助服务责任。这些因素都将促使清洁能源装机快速增长。

考虑资源、技术、经济、产能等因素，我国能源生产环节大规模开发清洁能源具备可行性。

资源方面，我国清洁能源资源丰富，目前水能、陆上风能、太阳能开发率仅为 50%、4%、0.2%，风电、太阳能年发电量分别可达到 14 万亿、193 万亿千瓦时，完全能够满足我国未来能源需求。

技术方面，我国已经形成了大容量风电机组整机设计和风电装备制造体系，晶体硅太阳能电池产业技术具备较强国际竞争力，掌握了核心技术和全套装备制造能力。

产能方面，我国风电、光伏等产能占全球的一半以上。按照我们的情景，预计 2050 年前国内需求平均每年可消化风电产能超过 6000 万千瓦、光伏产能约 1 亿千瓦。

中国能源报：今年是全国碳市场建设和运行的关键年。报告里首次提出将电力市场和碳市场链接和融合的机制建议，请问电力市场和碳市场融合有哪些必要性？对实现“双碳”目标又有哪些重要作用？未来如何实现电—碳市场？

周原冰：市场是实现碳减排的关键手段。我国正稳步推进电力市场与碳市场建设。在电力市场中，通过建立有利于清洁能源优先消纳的交易机制，促进清洁电能的普及利用，推动能源系统的低碳发展；在碳市场中，通过限制企业允许排放的总量，达到控制碳排放的目的，推动各行业降低排放。当前碳市场应抓紧运作并发挥作用，纳入更多行业、部门，让更多市场主体参与，提升市场活跃度。两个市场都对促进社会碳减排、实现“双碳”目标发挥重要作用。

中国电-碳市场将电力市场和碳市场的交易产品、管理机构、参与主体、市场机制等要素深度融合。在发电侧，发电成本与碳排放成本共同形成电碳-产品价格，通过价格动态调整不断提升清洁能源市场竞争力，促进清洁替代；在用能侧，建立电力与工业、建筑、交通等领域用能行业的关联交易机制，用能企业在能源采购时自动承担碳排放成本，形成清洁电能对化石能源的价格优势，激励用能侧电能替代和电气化发展；在输配侧，电网企业推动全国范围电网互联互通，促进优质、低价清洁能源大规模开发、大范围配置、高比例使用。

电-碳市场以气候与能源协同治理为方向，能够将相对分散的气候与能源治理机制、参与主体进行整合，实现目标、路径、资源等高效协同，有效解决当前两个市场单独运行存在的问题，提供科学减排方案与路径，激发全社会主动减排动力。

本报记者 李文华 中国能源报 2021-03-22

## 新能源主体地位已明 电网系统性变革将至

3 月 15 日，中央财经委员会第九次会议提出，深化电力体制改革，构建以新能源为主体的新型电力系统。

新能源发电普遍具有波动性、间歇性等特点，被认为对电网安全稳定运行有一定冲击。业内认为，在构建新能源为主体的新型电力系统形势下，需要电源解决“电网友好性”的问题，同时，更需要电网从适应传统化石能源为主向适应新能源为主加速转变。

对新能源发电适应能力不足

据业内人士介绍，在新能源占比较低的时候，其并网性能对电网所产生的影响有限，但未来随着新能源渗透率提升，将从根本上改变传统电力系统以火电同步发电机为主体的运行模式，其并网

性能将直接影响到电网的运行安全。

一位不愿具名的业内人士表示，我国电网中局部的新能源电站脱网现象时有发生，过电压问题、谐振问题、电压稳定问题、次同步振荡等这一系列问题背后，都与新能源比例快速攀升直接相关。这些问题暴露了当前新能源发电的电网适应能力不足。

不过，据新能源业内人士介绍，无论是风电还是光伏，在不断提升预测功率精度的基础上，利用大数据、人工智能等新型技术，叠加储能，已经从被动适应电网向主动支撑电网转变。

现在，构建新能源为主体的新型电力系统目标已定，电网的转型迫在眉睫。

电网需进行系统性优化

随着碳达峰、碳中和目标推进，新能源将大规模并网，新型用能设备将广泛接入，电力系统呈现高比例可再生能源、高比例电力电子设备的“双高”特征，同时，新能源发电量占比进一步提高，这要求电网系统不得不做出一系列改变。

有分析认为，从适应高比例可再生能源发展的新型电力系统，到以新能源为主的新型电力系统，表述上的差别折射出电力系统更清晰的发展目标和演进方向。

一位电力行业的资深研究专家表示，之前提出的“适应高比例可再生能源的电力系统”更强调供应，现在提出的“新能源为主的新型电力系统”更倾向整体性。这表明，不仅要解决供应系统的问题，而是要解决整体问题、实现系统优化。也就是说，未来不应强调“谁适应谁、谁配合谁”，而是要把各个环节有效衔接、有机融合在一起。在这样的顶层设计之下，实现全局优化，以达到整个系统清洁、低碳、安全、高效的目标。

上述业内人士认为，在新能源为主体的新型电力系统中，新能源、储能增加，传统能源势必减少，但是，电网仍然需要系统提供备用容量。在这样的情况下，电网如何完善作为毛细血管的配电网，怎么能够在性价比、成本效益方面得到最优解，都需要探索。

循序渐进推动电力系统转型

中国社会科学院财经战略研究院副研究员冯永晟指出，实行市场、计划“双轨制”的前提是，能够分清哪些是市场，哪些是计划。新能源要发展并成为主体，继续靠财政补贴的路子难以走通，建市场，进市场，是唯一的路径。

基于现实来看，电力难以分类平衡，“计划电”对“市场电”产生了挤压，这使得“双轨制”在电力领域的应用可能导致市场推不动，不得不回归计划。

据记者了解，主管部门也在探讨，“双轨制”是中国经济体制的实际国情，加上“双碳”目标下新能源比例不断提升带来的挑战，目前的电力市场设计是否需要调整。

对此，有专家认为，以新能源为主体的新型电力系统需要体制机制的变革，但变革并非一蹴而就，这需要一个渐进式推进的过程。

该专家表示，“适应新能源为主体的新型电力系统，首先对电力市场机制提出了新要求，需要开发深度调峰辅助服务（而非传统意义上的辅助服务）品种。同时，对碳排放权交易和市场也提出新要求，需要深入研究碳排放权与绿证、碳金融交易市场、电力市场、可再生能源配额制之间的关系，并力争在体制机制方面有所突破。”

本报记者 韩逸飞 中国能源报 2021-03-22

## 农房节能改造不容忽视

“户主姓名：侯冬艳；房屋面积：60平方米；热源侧改造：低温空气源热风机；用户侧改造：墙面粘贴50mm挤塑板；综合能效提升比例：提升35%以上”。“户主姓名：高军堂；房屋面积：132平方米；热源侧改造：成型生物质；用户侧改造：墙面粘贴50mm聚苯板；综合能效提升比例：提升30%以上”……

在河南鹤壁岗坡村、姬屯村等村落，家家户户门前都贴着这样的“清洁取暖改造户标识牌”，基本

信息一目了然。“过去用小煤炉，火要一直烧着，不然屋里就冷了。脏乱不说，半夜起来添煤，麻烦得很。现在这种热风机随开随用，就像开灯一样方便。村里还统一做了墙面、门窗改造，屋子也比以前保温了。”家住岗坡村的侯冬艳说。

“为确保清洁取暖效果可持续，我们在用户侧推行农房节能改造，综合能效提升平均不低于 30%，最大限度降低老百姓取暖支出。”鹤壁市城管局局长牛海民告诉记者，节能 30%相当于节约 30%的用能成本。

前端清洁热源改造和后端房屋节能改造，是清洁取暖工程的两大主要环节。但据记者了解，截至 2019 年底，后端实际完成量仅为热源侧改造完工量的 3.6%，且目前进展依然缓慢。尤其在广大农村，农房节能改造整体滞后，究竟改多少、钱由谁来出、改成什么样，成为多地面临的共同难题。

“最需要改造的农村地区，推动反而最慢”

“治理散煤也好、改善居住环境也好，最重要的环节是把建筑节能做好。第一是解决房屋保温问题，第二才是清洁取暖方式，两件事不能颠倒了。”在中国工程院院士江亿看来，二者就像“锻炼”与“治病”的关系，做好节能改造好比强身健体，让房屋“不生病”是实现清洁取暖效果可持续的基础。“但目前，这项工作在各地进展不均衡。而且很多地方很重视热源改造，却忽视了建筑节能改造。这两件事应一视同仁。”

在不少农村地区，农房节能改造更是成为了“被忽视的角落”。“近两年，我们整村实施清洁煤替代散煤，对于推广多少清洁炉具、购买多少清洁煤，上级部门均有明确要求，检查也很严格。但到目前为止，我们没有接到过关于房屋节能改造的通知，听都没听说过这项要求。”河北保定曲阳北台乡某村村干部孙某坦言，农民住房条件不一，但大多存在不同程度的跑冒滴漏现象。“农村房屋大多较高，空间更宽敞，保温性能通常不如城里的房子。很多农民自建房屋，根本就没什么节能概念。”

家住河北定州庞村镇西坂村的于某告诉记者，去年采暖季前，家里改装双层铝合金窗户，门前新建了阳光房。“有点像城里的房子封个阳台，热气少跑了很多，效果挺好。”但他也称，村里仅统一做了“煤改气”工程，房屋改造纯属自发行为，耗资 1 万多元。

记者获得的一份数据显示，截至 2019 年底，北方地区房屋节能改造完成 1.84 亿平方米，仅为热源侧改造完工量的 3.6%；房屋节能改造累计投入的资金，仅为热源清洁改造投入的 12.4%。“最需要改造的农村地区，推动反而最慢，仅为城镇推进量的 1/3。在返煤高发的农村地区，更是不到城镇投入的 1/5。”一位来自住建系统的供热专家表示，“做好房屋节能，既可减少清洁取暖改造初始投资，还能有效降低后期采暖支出。此前多地陆续出现散煤复烧，有城市返煤率最高接近 40%，一个很大的原因就是居民认为采暖费高、不愿意用。测算显示，当前潜在返煤用户超过 500 万户，各地若陆续取消取暖补贴，返煤可能达到 800 万户。经过 3 年多努力，重点区域好不容易完成约 2500 万户改造，一旦大面积返煤，很多工作前功尽弃。越往长远看，发挥建筑节能的作用越显重要。”

“农村地区点多面广，房屋质量参差不齐，哪怕同一个村也面临不同状况”

记者调研发现，农房改造面临的突出难题无外乎改造规模、资金投入及方式方法三方面。

究竟改多少合适？根据国家发改委等 10 部委发布的《北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2021 年）》，农房节能改造目标为 5000 万平方米。但多位受访专家认为，相比北方农村 70 亿平方米的供热面积，这一目标明显弱了很多，“农房改造受重视程度远远不够。”

“客观来说，目标制定本身就不容易。”清洁取暖行业专家赵文瑛称，确定改造面积，需建立在充分摸底的基础上，“农村地区点多面广，房屋质量参差不齐，哪怕同一个村也面临不同状况，统计调研的难度很大。一个村按照什么节奏合适，先改哪几户、后改多少家，目前也没有大范围的实施经验。”

钱从哪里来是第二道难题。孙某称，其所在村生活着 400 多户村民，条件好的人家住小楼房，但比例大约只占 10%。“资金主要用于危房改造，简易房、土坯等全部改了。但改造主要从安全性出发，节能性不在考虑范围内，也没有条件对普通住宅大面积改造。”

北京化工大学生物质能源与环境工程研究中心主任刘广青表示，由于工程量大且复杂，节能改



造的户均费用远高于热源侧，不同地区差别较大，但低的也在三四千元，高的则达一两万元。“热源侧改造有硬指标，比如要求装2万台壁挂炉，到时间对标考核；初始安装、后期运行也有补贴，更容易层层落实。但房屋节能改造的钱由谁出？政府全部承担，还是农户自付一部分？这些问题在很多地区都长期缺乏明确说法。”

另外，具体怎么改，也是诉求多样、众口难调。“不同于城镇建筑，农房情况复杂，标准制定、组织实施均难以统一部署。”上述住建系统的供热专家直言，即便同一个村，也可能需要多种技术路线，必须先做好科学评估，否则返工代价更大。“节能改造不像安一台壁挂炉、热风机那么便捷，需要大量人力、时间。加上屋里搭脚手架、拆除更换门窗等，难免给老百姓生活带来不便。方式若不合理，改造难上加难。”

“无论热源效率、设备效率多高，缺失了建筑节能，所有工作可能都是白忙活”

赵文瑛表示，根据今年政府工作报告，今年底北方地区清洁取暖率要达到70%，完成这一目标难度不大，难的是如何把效果保持下去。“要想进一步降低农民用能成本，做好节能改造意义重大。此外，建筑运行产生的二氧化碳，已占到全国碳排放总量的20%。在‘30·60’双碳目标下，大量民用建筑的节能降碳是关键一环。无论从现实需求，还是从长期发展来看，农房节能改造都应作为下一阶段的重点工作。”

赵文瑛提出，清洁取暖改造涉及住建、环保、能源等多部门，但农房节能改造长期处于“空白”状态，没有明确的牵头部门，导致资金支持、路线选择、监督检查等工作难以推动。“即便如此，省级、地市层面也可指定一个牵头部门，或成立临时工作小组，至少在组织层面责任到人。”

一位参与清洁取暖中期评估的专家告诉记者，农房节能改造未被纳入监督考核范围，地方自发推进的积极性不高。“中期评估时，房屋改造仅作为一项统计数据报上来，对个别典型案例进行过分析。目前，更侧重于引导性鼓励，而非强制性要求。建议将其纳入清洁取暖考核体系，并严格监督实施。无论热源效率、设备效率多高，缺失了建筑节能，所有工作可能都是白忙活。”

清华大学教授、中国城镇供热协会农村清洁供热工作委员会主任杨旭东表示，考虑到农村房屋多样、布局分散的特点，若全部满足节能标准要求，节能效果虽很可观，但改动量大、初投资高。因此，应根据实际使用特点，找出薄弱环节进行重点保温，做好了也能实现约30%的节能量。“应该根据‘大用大保、小用小保、不用不保’，对墙面、门窗、屋顶等主要结构进行优化改造，真正做到百姓能承受、政府能承受、资源能承受。”

本报记者 朱妍 中国能源报 2021-03-29

## 各行业碳达峰时间表不应“一刀切”

### 核心阅读

受用能方式、技术路线、产品性能等因素影响，各行业在碳达峰中的作用有别、进程不一。可推进钢铁、冶金、炼油等高耗能行业率先达峰。期间，既要考虑不同行业之间的差异，避免简单“一刀切”，也要对同一行业的所有企业一视同仁，在同一标准和尺度下开展碳减排工作。

为确保如期实现“30·60”双碳目标，国家发改委于近期密集召开多场会议，研究制定顶层设计方案。记者了解到，针对钢铁、建材等重点行业，相关部门还开展了专题研讨，以求加速产业低碳转型、提升能源利用效率。目前，部分行业已提出在2025年前率先达峰的目标，并将相关方案上报国家发改委。

生态环境部部长黄润秋也在近日表示，当前距离实现碳达峰目标不足10年，正在推动制定2030年前碳达峰行动方案。其中，将“支持有条件的地方和重点行业、重点企业率先达峰”。

加快产业结构转型是实现碳中和的必由之路。但目前，我国能源需求尚未达峰，工业、交通、建筑等终端用能仍在攀升。而受到用能方式、技术路线、产品性能等因素影响，各行业在碳达峰中的作用有别、进程不一。如何把握不同行业的降碳路径？

## 工业、建筑等行业减排难度大

据清华大学气候变化与可持续发展研究院统计，工业部门能源消费占全国总终端能耗的 65%，是最主要的碳排放部门。其次分别为建筑、交通部门，能耗比重各占 20%、10%左右。

诸如钢铁、石化等行业，既是排放大户，也属于难以减排的领域。国家发改委能源研究所助理研究员符冠云举例，钢铁生产需要使用焦炭作为还原剂，石化、化工行业需要来自化石能源的氢气作为原料。“这些领域一年排放二氧化碳近 15 亿吨，占到全国能源碳排放量的 15%左右。而且，化石能源用作工业原料产生的碳排放，很难利用可再生能源电力来替代。”

再如，在目前备受关注的氢能领域，石化、化工也占据绝对比重。石油和化学工业规划院副总工程师韩红梅表示，从生产来看，煤制氢比重约为 58%，加上近 20%的焦炭和兰炭副产氢，以煤为基础的氢源是主力。相比每年 4000 万吨级的工业副产氢量，我国电解水制氢的产量，目前仅在 10 万-20 万吨。“越重质的能源制氢，碳排放量越高。从使用来看，氢能目前主要用在以石化、化工为主的工业领域。预计未来 10 年，工业氢气需求依然呈增长趋势，如何实现深度脱碳意义重大。”

多位专家表示，加速终端部门电气化，可在一定程度上取代化石能源的直接燃烧和利用，但电气化并不能解决全部排放问题。“交通部门碳排放尚未达峰，商用车、民航等领域脱碳面临技术瓶颈。比如，重卡的碳排放量约占道路交通排放的 40%-55%，但目前，我国电动汽车主要用在乘用车领域，对于排放大户，恰恰缺乏商业化量产的电动化技术。”一位来自发改系统的专家告诉记者。

## 各行业不可一哄而上、层层加码

时间紧、任务重，多行业纷纷制定达峰计划。在中国科学院院士、中国石化集团副总工程师谢在库看来，其过程不可一哄而上、层层加码。脱离资源禀赋实际、过分追求碳达峰，将大幅增加减排成本。

“实现碳达峰是一项复杂的系统工程，需统筹考虑各行业投入产出效率、发展迫切程度、产业国际竞争力、治理成本及难度等多种因素。”谢在库认为，对于充分参与国际竞争的行业和产品、“卡脖子”关键技术，在其发展突破初期，可结合实际情况，在碳排放空间中预留部分容量，避免丧失机遇。

以乙烯工业为例，谢在库称，过去 10 年，我国乙烯当量消费均保持在 8%以上的高速增长，2020 年达到 5800 多万吨。作为重要的工业品，其在“十四五”期间仍将保持 5%以上的增长水平，此后才能逐步放缓。“要不要发展乙烯？答案是肯定的。但乙烯又是含碳的，除了产业自身向高端化发展，建议在顶层设计时，对这类基础石化产品，充分考虑达峰时间余量。”

谢在库还称，受碳排基数、用能方式、技术路线、产品性质等因素影响，不同行业在碳减排进程中的作用存在很大区别，把握好降碳节奏很关键。“应在总量达峰最优框架下，测算哪个行业率先达峰、哪个行业正常达峰、哪个行业减排对社会的影响最大、哪个行业减排成本最低，进而制定最经济有效的降碳顺序和路径。”

对此，国家气候变化专家委员会副主任何建坤也称，我国尚处工业化和城镇化发展中后期，对未来经济增长仍有较高预期。尽管不断加大节能降碳力度，能源总需求在一定时期内仍会持续增长，碳排放也将呈缓慢增长趋势。“要根据自身情况，研究确定各自战略重点和实施路径，实现差别化和包容式低碳转型。”

## 不同行业碳达峰时间各有不同

行业碳达峰，什么样的节奏更为合理？何建坤表示，工业碳排放占到全国排放总量的 40%左右，因此是重点所在，力争到 2025 年左右实现总体达峰。尤其是部分重化工业，应争取在“十四五”期间更早达峰。

“通过发展绿色建筑、建筑节能及能源替代，建筑部门争取在‘十五五’期间达到峰值。由于消费仍在增长，交通部门达峰困难一些，通过提高车辆燃油经济性、发展电动汽车等方式，争取 2030 年左右达到峰值。”何建坤认为，由此，可保证在全国范围内 2030 年前实现碳达峰。

谢在库表示，可推进钢铁、冶金、炼油等高耗能行业率先达峰。期间，既要考虑不同行业之间的差异，避免简单“一刀切”，也要对同一行业的所有企业一视同仁，在同一标准和尺度下开展碳减

排工作。

“事实上，这些行业在节能管理上仍有空间。现在很多数据库建设还没有跟上，可通过应用物联网、云计算等现代科技，提高全行业能耗监测和能源管理水平，推动能源效率提升。同时，工业过程和装备的节能也有很大空间，要积极推广节能减排技术，加快全行业高能耗设备的升级换代。”谢在库称。

上述来自发改系统的专家提醒，低碳指标就像产品质量、价格、服务指标一样，已成为行业核心竞争力之一。若不能有效采用低碳、零碳技术进行改造，排放密集型行业的竞争力难免下降，市场份额将逐渐被低碳产品所取代。低碳转型还伴随着大量新增投资及就业机会，“取代”过程或大幅提速，排放大户还可能面临失业问题、资产减值损失等。在此背景下，制定合理的减排路径，才能充分享受绿色转型带来的效益。

本报记者 朱妍 中国能源报 2021-03-29

### 三问发电侧配储

据记者了解，山东省《关于开展储能示范应用的实施意见》将于近期出台，今年2月，该省还曾印发《2021年全省能源工作指导意见》，提出建立独立储能共享和储能优先参与调峰调度机制。

山东并非个例，虽然各省市纷纷出台相关政策支持储能产业发展，但从目前公布的全国和各省开发建设方案来看，储能义务集中在了发电侧，且责任主体并未局限在新增项目当中，而是在向存量项目蔓延。

是否必要？

当前，发展储能的核心原因有二：对内，提升电能质量；对外，降低限电风险，发电侧配储能可以起到哪些作用？是否存在必要？

储能行业资深投资专家张大鹏认为，发电侧配储能，尤其是可再生能源发电装置配储能核心目的就是为了解决弃风弃光、改善可再生能源发电质量，最大限度提升新能源发电的消纳水平，另外，储能装置本身除了可以实现上述功能外，还可以参与地方电力现货市场交易，满足区域电力灵活性调度需求。

“个人认为，当前地方政府强制发电侧配备储能，主要还是为了加快可再生能源快速发展的‘缓兵之计’，地方新能源产业的发展不可能等待电网侧储能发展成熟后再追赶，因此发展分布式电化学储能装置就是当下最适合的解决方案。”张大鹏说。

盛世景资本智造中国投资总监吴川告诉记者，发电侧配储能的核心目的是实现电源的可调度性，包括调频和调峰两种能力的优化。目前，传统电源侧重辅助调频，新能源侧重平滑和弹性输出。“从更宏观的视角来看，‘储’本身就是能源系统中的必然结构，未来也不可或缺。”

是否对等？

记者发现，目前配置储能的权利义务明显不对等。回顾最早期的新疆项目试点政策，增加储能后会有保障小时数增加的回报，但现在梳理各地的政策，强配储能后的权利只字未提，比如，没有做出新增平价项目能够签署连续20年PPA的承诺、没有配储能项目必然不限电、储能设备会被按照要求逐日调用、不再需要分摊调峰费的承诺。

张大鹏认为，当前阶段发电储能投资人还是相对弱势。“主要是由于发电侧储能的商业模式都是由三方投资的收入分成模式，其并网、结算都需要借助电厂的‘通道’，如电厂消极应对、拖欠费用、或因其他原因长时间停机都将对投资人带来不利影响。”

在吴川看来，2019年以来，光伏和风电的发电成本接近火电，产业逻辑发生了变化，叠加“30·60”双碳目标政策支持，行业热情非常高。但是，近来，各地发布了对新能源配储能的要求，规定了配置储能的义务，虽然能够提高新能源电的质量，却推高了新能源发电成本。目前，政策的制定滞后于产业发展，权责利的划分不够明晰，“权利”滞后于“义务”，会损伤投资者的热情。

是否可行？

在传统能源体系中，煤炭、油、天然气等化石燃料承担“储”的功能，向电网输出“二次电力”，是“储+发”的一种电源形式。未来光伏、风电等“一次电力”成为主要电源，电源侧必将演化为“发+储”的电源形式。“储”的内涵也从储存化石燃料演化为“储电”。

吴川表示，现阶段，锂电池储能辅助调频和新能源并网，已经验证了储能在发电侧的功能。但是发电侧配储能仍需面临技术和政策两大难点，首先，低成本的中等规模储能技术和高可靠性辅助调频储能技术尚不成熟，需要尽快示范和推广；其次，各种形态的储能方式加入电网，对并网和调度提出更高的要求，电网也需要进行装备和技术革新。同时，“储能”方式改变，电网参与主体的关系也发生了改变，相关政策需要跟上。

不过就现阶段发电侧配储的时间节点来看，张大鹏建议，在当前各地纷纷出台强制配储的背景下，发电侧最关键的是需要在成本控制的同时，防范储能产品质量、安全风险，不断优化提高储能装置运营效率。

“另外，要积极参与区域电力现货市场交易，增加储能装置盈利能力，培养现货市场交易团队，积极探索创新‘新能源发电+储能’合作模式，如在区域内建立大规模独立储能电站，通过与独立储能电站租赁容量、现货交易等多种合作方式，减少自身投入，最大程度发挥储能装置在区域内的‘海绵’效应。”张大鹏说。

本报记者 韩逸飞 中国能源报 2021-03-29

## 0.42 吨，北京何以做到碳排放强度全国最优

“大力推动绿色北京建设”是“十四五”时期北京经济社会发展的主要任务之一。来自北京市生态环境局信息显示，据初步预算，北京市 2020 年万元 GDP 碳排放强度（下称“碳排放强度”）降至 0.42 吨，为全国省级地区最低，比 2015 年下降 23% 以上，超额完成国家下达的“下降 20.5%”规划目标。

3 月 24 日，北京市政府印发的《北京市关于构建现代环境治理体系的实施方案》提出，完善碳排放权交易制度，承建全国温室气体自愿减排管理和交易中心。

作为全国首批开展碳排放交易的试点省市，北京市自 2013 年正式启动了碳排放权交易市场（下称“碳市场”）工作，有力支撑了北京市“十三五”碳排放强度下降目标的实现。

重点排放单位全部纳入碳市场

从严从紧推动高碳企业控排

“只有通过建立以碳交易市场为代表的交易机制，才能低成本、高效率地减少二氧化碳排放。”北京绿色交易所总经理、北京绿色金融协会秘书长梅德文指出。

北京市作为首批开展碳排放交易试点省市，截至目前已完成 7 个完整年度的履约工作。记者从北京市生态环境局了解到，目前，该市排放超过 5000 吨以上的企业均已全部纳入碳市场，重点碳排放单位 800 余家，成交额突破 19.4 亿元，主体覆盖了电力、热力、水泥、石化、工业、服务业、交通运输等 8 个行业。

记者了解到，北京碳市场实行总量控制管理制度，根据本市社会经济高质量发展要求和各行业实际发展情况，设定年度控排系数，引导高碳企业提高可再生能源和清洁能源利用率，更多采用低碳技术、加强管理、市场交易等手段实现碳减排，以较低的投入获取较大的收益。

为建立创造良好的市场供需关系，北京从严从紧开展碳市场配额分配。记者了解到，北京碳市场近期碳价为 60—90 元/吨，高于大多数试点地区。

“价格越高，越能增加企业减排压力，从而激发动力，促使企业主动采取节能改造、采用新能源等方式进行低碳转型，这几年碳市场传导机制成效非常明显。”北京市生态环境局相关负责人告诉记者。

上述负责人举例道，某石化企业多年来将石油焦作为燃料直接进行燃烧，由于排放量超过发放

的碳配额，2019年，该企业花费上千万在碳市场上购买配额。巨大的支出让企业加快了低碳转型的脚步。2020年，该企业石油焦转而作为其他化工产品的原料，发电则采用了天然气等清洁能源。

节省购买碳排放成本是动力，出售多余配额也大大激发了其潜力。“北京公交集团2016—2019年碳排放强度下降约50%，降幅十分明显。2020年，公交集团将剩余的配额在市场出售获得收益300万元，成为自身节能减排的很好奖励。”上述负责人称。

碳市场对北京碳排大户——电力行业的碳减排经济激励作用尤为显著。北京市电力行业虽然只有13家单位，但是排放量约占纳入碳市场的排放总量约三分之一。据统计，北京自2013年启动碳市场以来，截至2019年电力行业碳排放总量下降了近15%。

以某电力企业为例，其供电碳排放强度从2009年以煤发电为主时的1005kgC<sub>2</sub>/MWh降到2015年以气发电的350kgCO<sub>2</sub>/MWh，且最近几年呈逐年下降趋势，目前仅有320kgCO<sub>2</sub>/MWh。

发力“一城一策”

法律法规体系建设日趋完善

碳市场履约期间，当企业出现配额不够用的情况，不愿意花钱购买配额怎么办？完善的法律法规体系必然是督促企业认真完成履约任务的重要手段之一。

对此，清华大学中国碳市场研究中心主任段茂盛特别强调，为保证全国碳市场健康、稳定运行，从中长期来看，尽快出台强有力的法律依据十分有必要。

作为全国碳市场规则制度体系最为完善的试点之一，截至目前，北京已形成“1+1+N”的碳交易政策法规体系，即北京市地方性法规、北京市碳排放交易管理办法，以及若干部门规章和技术文件。

较为完善的法律法规制度体系和市区两级碳市场管理体制机制，保障了碳市场顺利开展，并以科学的配额分配机制、严谨的第三方核查制度、灵活的抵消机制、规范公开的市场操作和最严格的执法，确保了市场主体公平竞争、有序运行，控排单位碳排放有效降低。

在此基础上，2021年1月，北京市正式实施了二氧化碳排放与核算系列地方标准，覆盖电力、热力、水泥、石化、热力、道路运输等7个行业。这是北京首次以地方标准方式明确了上述行业二氧化碳排放核算报告的范围、核算步骤与方法、数据质量管理、报告要求等，并提出具有可操作性、统一的要求和数据收集与监测方法。

“北京市的《标准》是一个非常好的探索，未来可以在碳减排领域实施‘一城一策’，根据城市自身特点量身定做碳减排方案。”国家城市污染控制技术研究中心研究员彭应登认为。

积极倡导探索自愿减排

让“碳市场”深入公众

碳减排除了依靠重点碳排放单位进行履约之外，也离不开公众参与。

记者了解到，北京市为了鼓励公众参与碳市场工作，还专门开发了绿色交通碳减排项目，公众只要在电子地图上进行注册登记后，乘坐地铁、公交、骑自行车、步行等绿色出行的方式均可计算出相应的减排量。通过平台把所有注册账户的减排量合计生成的产品，也可以在北京碳市场上出售，收益再返回给注册账户。通过公众参与的方式，让北京市民更多地了解碳市场，采用绿色生活方式。

大型赛事活动也成为北京动员全民自愿减排的重要场景。根据《北京2022年冬奥会和冬残奥会低碳管理工作方案》，北京市鼓励涉奥企业向北京冬奥组委捐赠全国及北京碳排放权交易市场排放配额、国家核证自愿减排量，以中和北京冬奥会部分温室气体排放量。

该工作方案同时在全社会积极倡导低碳生活方式，推广普惠制，搭建面向公众的自愿减排交易平台，鼓励企业、社会组织 and 个人的低碳环保行为，支持其捐赠国家、北京市及河北省等主管部门认定的碳减排量，积极参与多元化的低碳冬奥行动。

就在2020年9月，国务院批复的《中国（北京）自由贸易试验区总体方案》已明确提出，在北京城市副中心探索设立全国自愿减排碳交易中心。

北京市委常委、副市长殷勇近日表示，未来北京将在人民银行等国家金融管理部门的指导下进一步完善绿色金融的服务体系，积极申请和创建绿色金融改革创新试验区和绿色金融国际中心，努

力探索绿色金融引导绿色发展的体制机制，助力中国如期实现碳排放的目标，全力建设面向全球的碳市场。

本报记者 全晓波 齐琛同 中国能源报 2021-03-29

## 建筑碳中和须与城市统筹联动

“如果按既有发展模式，我国城市建筑在 2030 年很难实现碳达峰。”近日，长期从事建筑能源与环境管理研究的资深专家、国际制冷学会终身名誉会员、同济大学高密度智能城镇化协同创新中心特批教授龙惟定在接受记者专访时坦言，如果从现在到 2030 的 10 年中不作任何改变，按城市建筑将新增 220 亿平方米测算，将新增碳排放约 14 亿吨，届时城市建筑碳排放总量将达 39 亿吨。

龙惟定进一步指出，但若下大力气在建筑节能减排方面做文章，我国城市建筑将有望在 2030 年实现碳达峰，届时碳排放量可比既有模式减少近 50%。“可以说，建筑将在清洁能源转型与城市碳达峰过程中扮演中心角色。同时要求城市的开发建设方式必须从粗放型外延式发展转向集约型内涵式发展，从增量扩张建设逐步转向存量提质改造。”

### 建筑碳中和需与城市碳中和联动

当下，除了新冠肺炎疫情外，另一个对人类产生巨大威胁的是全球气候变化。由于新冠肺炎疫情蔓延，2020 年全球能源需求下降 5%，与能源相关的二氧化碳排放比 2019 年下降约 7%。但是大气中温室气体的浓度却仍在继续上升。

“能源系统虽然是主要的碳排放源，但要实现净零排放，就不能只是能源系统的任务。需要在能源、土地、城市和基础设施（包括交通和建筑）及工业系统方面进行快速而深远的转型。”龙惟定说。

在龙惟定看来，全球范围正处于高增长期的建筑将在清洁能源转型与应对气候变化过程中扮演重要角色。

据国际能源署(IEA)预计，到 2050 年，全球新增建筑面积将是中国现有存量的 2.5 倍。“新增建筑主要在发展中国家，而大部分发展中国家建筑节能的标准法规体系很不完备，很可能会锁定高能耗和高碳排放的特性。就全球而言，到 2050 年建筑领域预计会造成额外的 35 亿吨标准煤能耗与 20 亿吨二氧化碳排放，不能不引起重视。”龙惟定指出。

龙惟定进一步解释，建筑温室气体核算包括三个方面：直接碳排放，如建筑的锅炉、煤炉、燃烧灶具和燃气热水器等直接燃烧排放二氧化碳；间接碳排放，如建筑用电，或利用区域供热供冷的蒸汽和冷热水过程中产生的碳排放；隐含碳排放，包括建筑材料和构件在开采、制造、运输全过程中的碳排放，建筑施工、装修、改造中的碳排放，以及初期土地利用和最后建筑拆除过程中的碳排放。

“实际上，上述三方面的空间分布已经超出了建筑本体，需要在邻里、街区、社区乃至城市的广阔视角中考量。因此，必须要综合考虑建筑全生命周期的碳排放。建筑碳中和在本质上要与城市碳中和相结合。”龙惟定认为。

城市是人口密集、各种要素集聚的场合。数据显示，2020 年，世界城市化率约为 56%，预计到 2050 年将增加到 68%。城市能源需求占全球能源需求的 2/3，占能源部门碳排放量的 70%，建筑将成其中重要贡献者。“从目前到 2050 年，大部分新建建筑将在新兴经济体和发展中经济体的城市中建造。建筑面积的增长是必然，建筑碳中和涉及城市人口、城市形态和基础设施，需要综合研究。”龙惟定强调。

### 有必要建立建筑“健康档案”和“病历卡”

建筑寿命越长，分摊到每年的隐含碳排放强度越低。我国建筑寿命短，如果寿命只有 30 年，则城市住宅建筑中隐含碳排放占比超 50%。在建筑生命周期的两端——建造和拆除过程中的消耗和排放水平惊人。

“美国的住宅建筑平均寿命是 75 年，日本提倡‘几代人的住宅’，中国至少应达到设计标准中的 50



年。商品住宅则更应该延长到 70 年（合同年限）。”龙惟定认为，“对建筑质量要有更严格的技术标准和监控制度，结合 BIM（建筑信息模型）技术建立建筑的‘健康档案’和‘病历卡’，并将建筑的能效标识纳入质量管理体系。通过技术和政策的双管齐下，将有望使我国城市民用建筑碳排放峰值控制在 21 亿吨左右。”

在他看来，建筑领域要实现碳中和，首先在政策层面要适应差异化管理，同时应借鉴美国、日本等国经验，要着力提高建筑质量，延长建筑寿命。此外，在技术层面，也要着力实现建筑材料的低碳化，“建议尽快发布水泥等主要建材生产厂家产品的碳排放和能耗数据，并推动形成市场倒逼机制，促使高碳产品企业主动减碳。”

记者注意到，当下，城市居住建筑和公共建筑供暖碳排放分别占运行碳排放的近 70%、43%，是建筑碳中和需要解决的最主要问题。

“北方集中供暖是民用建筑能耗和碳排放最高的领域。北方城市集中供暖系统的改进和优化必须作为建筑碳达峰和碳中和的重点。这是一个重大挑战。”龙惟定认为。

在这种情况下，在北方地区新建建筑推行供暖电气化（热泵供暖）和供暖分户计量，势在必行。与此同时要注重新建建筑采暖向利用余热和废热以及室内低温供暖（如地板供暖）等方式转变；对于南方城市住宅集中供暖的需求，则应采用能耗限额设计、资源共享、以及像“能源总线”等高效新技术加以引导，既可满足居民对高质量供暖的需求，又可最大化控制建筑碳排放，并可作为推动经济内循环的措施之一。

建筑用能低碳化必须融合智慧化

“超低能耗建筑和降低碳负荷，这一措施是实现碳中和的基础和必要条件，且需要提升到城市高度总体考量。”龙惟定认为，超低能耗建筑无论从推广利用被动式技术方面，还是从优化建筑用能结构方面看，都需要在城市范围内协调、协同和资源共享。

碳中和时代的建筑能源系统将是一个多源、多载体、多主体及利益多元的复杂系统，建筑的用能更关系到人的健康、舒适和效率。因此，其管理系统必须融合大数据和人工智能技术。

“电气化是建筑碳中和的主要路径。”采访中，龙惟定特别强调。

相关数据显示，建筑在运行过程中由于耗能而产生的碳排放占排放总量的 28%，其中 2/3 来自快速增长的用电量。自 2000 年以来，建筑物中的电力需求增长速度是电力部门碳排放强度降低速度的 5 倍。

对此，有业内专家指出，电气化是建筑碳中和的主要路径。

与此同时，提升可再生能源使用比例是公认的能源结构优化重要方向。业内甚至预计，可再生能源将成为“十四五”期间能源增量主体。就建筑领域而言，随着可再生能源发电应用比例逐步提升，因可再生能源具有能量密度低、产能波动大等特点，解决空间利用和与供需之间的匹配将成为建筑电气化需要解决的主要矛盾之一。这就对建筑和城市的能源管理系统提出更高要求。

“基于大数据和人工智能的建筑智慧能源管理系统，建成建筑综合能源系统，可以实现电、热、气三网合一、源网荷储用协调，通过强化需求侧响应，大幅提升可再生能源利用的灵活性、可靠性，是助力实现建筑碳中和的重要路径。”因此，综合能源规划应该成为城市规划体系中的重要组成部分。

本报记者 张胜杰 中国能源报 2021-03-29

## 减碳当前，灵活性电源地位凸显

抽水蓄能电站是建设新型电力系统、平衡新能源电力的措施之一，并要和其他形式的灵活性资源进行组合优化，共同为电力系统提供支撑，其中包括需求侧响应、各类储能技术等。与此同时，在相当长的时间内，仍需煤电作为一种重要的调节电源。

日前，国家电网公司（以下简称“国网”）出台加快抽水蓄能开发建设六项重要举措，提出“十四五”期间力争在新能源集中开发地区和负荷中心新增开工 2000 万千瓦以上装机、1000 亿元以上投资

规模的抽水蓄能电站。

在“30·60”双碳目标确立之后，能源电力系统清洁低碳转型步伐加快。日前召开的中央财经委员会第九次会议提出要“构建以新能源为主体的新型电力系统”，业内人士认为，这将给本就缺乏调峰等灵活性资源的现有电力系统带来更艰巨的挑战，对灵活性电源的需求也将愈发迫切。

抽蓄发展按下“快进键”

据了解，截至 2020 年底，我国抽水蓄能装机容量刚刚超过 3000 万千瓦，国网此次提出“十四五”期间新开工 2000 万千瓦以上抽水蓄能电站，无疑将极大加快抽水蓄能发展速度。

2019 年底，国网曾下发《关于进一步严格控制电网投资的通知》，提出“不再安排抽水蓄能新开工项目”，并同时叫停电网侧储能项目。但 2020 年开始，随着“六稳”“六保”工作对能源领域提出要求，国网旗下抽水蓄能项目逐渐重启。有业内人士指出，作为抽水蓄能电站的主要建设者，国网此次出台的六项举措，对于明确电力系统清洁低碳转型方向意义重大。

华北电力大学教授曾鸣认为，上述六项措施中有两方面特别需要强调。“首先抽水蓄能电站应在电力系统中尽可能实现时间、空间上的最优布局，如此才能保证其最大程度上发挥灵活性电源价值，保证电网平衡和安全运行。”

“另一方面，抽水蓄能未来要在电力市场中体现价值、回收投资，需要进一步完善运营机制，保证灵活性电源可持续发展，让新型电力系统能够在保证经济性、安全性的同时，实现双碳目标。”曾鸣说。

灵活电源“供不应求”将加剧

对于目前的电力系统乃至未来以新能源为主体的新型电力系统而言，灵活性电源的需求正在快速增加。

厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强指出：“灵活性电源在电力系统中的地位将越来越重要。一方面，为了应对气候变化，更多地建设风电、光伏，电力系统不稳定性随之增加；另一方面，气候变化使得极端天气越来越多，气象条件更加不稳定，风电、光伏的不稳定性会被放大。两方面的不稳定叠加，给未来电网安全运行带来巨大挑战。”

中国水力发电工程学会副秘书长张博庭认为，要构建以新能源为主体的新型电力系统，水电是非常重要的支撑。“从国际经验看，几乎所有全部使用清洁能源的国家或地区，都有大量水电做支撑。我国水能资源相对丰富，依靠水电进行能源转型是可行的。”

张博庭直言，抽水蓄能未来能否获得健康发展，取决于政策和市场对煤电的态度。“抽水蓄能电站规划的目标容量近年来一降再降，从最初的 2020 年底达到 1 亿千瓦降至‘十三五’规划的 4000 万千瓦后，目标仍未完成，其中一个重要原因在于，电网更愿意调用大量现成的闲置煤电机组。抽蓄电站建好之后若不能被充分使用，将成为比抽蓄电价机制更棘手的问题。”

煤电仍是电力系统转型关键

曾鸣指出：“抽水蓄能电站是建设新型电力系统、平衡新能源电力的措施之一，并要和其他形式的灵活性资源进行组合优化，共同为电力系统提供支撑，其中包括需求侧响应、各类储能技术等。与此同时，在相当长的时间内，仍需要煤电作为一种重要的调节电源。”

我国存量煤电机组仍有较大灵活性改造空间，但由于碳排放压力当前，煤电地位在“30·60”双碳目标提出后显得更为尴尬。煤电的“进退”不仅决定煤电自身的市场定位，也影响着整个电力系统转型的步伐。

“我国煤电占比仍然很高，近年来很多煤电机组完成了超低排放和节能改造，实现了低煤耗、低排放、高效率。但在双碳目标提出之后，这些机组受制于碳排放，未来定位也将由主要承担基荷逐渐转向为新能源电力进行调峰。”曾鸣直言，这些机组在低负荷运行时，煤耗、能效、排放等指标势必受到一定影响，但系统整体经济性仍是划算的。“目前煤电调峰的成本相较电化学储能等技术要低得多，安全性方面也更有保障。算‘经济账’要从系统整体的投入产出来算总账，不能单纯考虑某一维度、某一环节。”

林伯强表示：“在风电、光伏占据电力系统主体地位后，必将有很多煤电机组被挤出电量市场；从减碳的角度考虑，煤电利用小时数下降也是必然。但这些煤电机组可以作为容量电源备用，为电力系统运行提供保障。而如何应对煤电投资带来的沉没成本、如何让这些低利用小时数的机组能够生存，也是必须要解决的问题。”

本报记者 卢彬 中国能源报 2021-03-29

## 农村能源清洁化转型箭在弦上

民族要发展，乡村必振兴。日前发布的《中共中央国务院关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见》，是21世纪以来中央一号文件连续第18年聚焦“三农”问题。记者注意到，在提及农村能源工作时，“实施乡村清洁能源建设工程”被摆在了第一条。农业农村部2021年1号文件、《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》紧随其后，分别提出“加强乡村清洁能源”“增加农村清洁能源供应”等要求。

多份文件同时聚焦，农村能源转型箭在弦上。多位专家坦言，目前虽在推行电气化、煤改气等工程，但城乡能源发展差距较大，农村地区仍处于“能源相对贫困”的状态，尤其是清洁能源发展滞后，构建农村清洁能源体系迫在眉睫。

长期无序发展

像是“被遗忘的角落”

室外冰天雪地，气温降至零下十多度；室内热气腾腾，阵阵暖风扑面而来——这是记者早前在辽宁铁岭新台子镇采访时，走进一处锅炉房的直观感受。一捆捆成型生物质燃料进入炉膛，“吃”掉废弃秸秆，释放清洁热源。秸秆由合作社统一收集处理，相比过去烧煤，每平方米可节省燃料成本5元左右，在当地颇受欢迎。但同时，记者感觉到锅炉房内的气味有些呛人，空气里漂浮的细小颗粒物肉眼可见。生物质能供暖虽比烧煤干净，但自身在排放方面的短板依然明显。

上述“喜忧参半”的情况，正是农村用能现状的一个缩影。以生物质能为例，清华大学教授杨旭东表示，这是目前唯一的零碳燃料，但要真正做到高效清洁利用，前端收集加工、后端排放管理是两个关键环节，不少地区对此仍缺乏科学认知。“部分燃料收集半径长、储存空间大，无形中拉高成本，老百姓不愿用。为缩减成本，一些炉具偷工减料，燃烧不充分、排放不达标。种种现实问题，都会直接影响使用效果。”

更多地区则未真正重视清洁用能问题。“过去很长一段时间，农村能源像是‘被遗忘的角落’，处于无序发展，甚至自生自灭的状态。无论是行业主管部门，还是地方政府，重视程度远远不够。”吉林省能源局新能源和可再生能源处原调研员佟继良举例，部分地区投入大量人力、财力推行煤改气、煤改电，但由于只是简单替代，没有形成系统化的推进机制，也未结合农民实际需求。

中国工程院院士江亿表示，目前，我国农村建筑用能总量为3.1亿吨标煤，约占我国建筑运行用能总量的1/3。尽管户均商品能源消耗量低于城市居民，但农村户均用能总量已高于城市居民，解决清洁用能问题迫在眉睫。

缺乏可复制推广的

成熟路线、商业模式

江亿进一步指出，在广大农村地区，非商品能源使用比例逐年降低，取而代之的是燃煤、燃气和电力等商品能源，后者已占到农村用能总量的70%。“近年来，在清洁取暖的推动下，农网扩容改造如火如荼，燃气管道建设方兴未艾。不可否认，这些工程改善了室内外空气环境，大大提高了农民生活水平。然而，是否还要继续这样改下去？农村能源系统是不是一定要参照城市发展模式？”

佟继良坦言，农村地区推广清洁能源，尚未形成可复制、可推广的成熟路线。“以老百姓普遍关注的取暖问题为例，采暖锅炉和户用炉具技术发展滞后，设备标准不健全、产品质量良莠不齐，常常导致农户无从选择。由于缺乏可盈利的市场化推广模式，一些已建成项目也仅限于‘示范’，难以实

现可持续运转。”

推广不力的背后，折射出顶层设计缺位等深层次问题。“目前来看，农村能源发展仍处于农业农村部、国家能源局‘两不管’的状态。虽然出台了多项文件，政策之间却未形成合力，行业之间也不通气。即便做了清洁能源项目，大多也是零打碎敲、难成气候。”佟继良表示。

一位来自农业系统的人士也称，诸如生物天然气并入城镇燃气管网、可再生能源工程用地等优惠政策，在相关文件中均有明确规定，但执行起来“要么是面临部门之间协调难度大的问题，要么是到了地方不能落实”。

“农村可再生能源开发利用，兼具农业废弃物处理、农村清洁能源供应、农村生态环境保护等多重效益，但是现阶段，经济性确实比不上化石能源。按照现行政策，农村地区可再生能源的开发利用暂无专项资金支持。”在该人士看来，资金有限也是农村用能清洁化转型的一大制约。

以农民接受不接受、  
满意不满意为“标尺”

多位受访专家一致表示，广大农村地区正在经历能源结构、用能方式的转变，特别是在“30·60”双碳目标的框架下，农村能源清洁低碳化发展亟待加速。

江亿提出，农村地区首先应考虑就地取材，以生物质能为基础，建设分布式新能源系统。“农村是生物质能的重要应用基地，农业秸秆、林业枝条、畜禽粪便等资源总量，折合约8亿吨标准煤。通过加工转换为固体成型燃料，或规模化制沼气再生成生物燃气，综合能源效率可由现在的10%-15%提高到40%以上。而目前，农村年均使用燃料约3亿多吨标煤，未来不超过4亿吨标煤。用好生物质能，可满足农民炊事、取暖、生活热水等需求。”

同时，上述人士建议“开展农村能源综合建设，系统解决农村清洁用能问题”。例如，分区域打造一批各具特色的低碳、零碳示范村；利用荒山荒坡、农业设施棚顶、滩涂鱼塘等空间，稳妥推广光伏农业；加强多能互补，推广“生物质能+”“太阳能+”等系统解决方案。“这些工作涉及农业农村、能源、财政等部门，需建立多部门参与的沟通协调机制，合力推进落实。”

佟继良提醒，农村能源体系建设，必须以农民接受不接受、满意不满意为“标尺”，以是否符合农村实际需要为“准绳”。“面对大量的生物质资源，建议以试点示范为先导，因地制宜探索适合不同农村的技术路线和发展模式。选择具备条件的区域进行推广，不好高骛远、遍地开花。实事求是测算农户、村屯、乡镇系统运营成本，摸清哪些应交给市场或由农民承担，哪些需要政府补贴。在规模上不贪大求多，资金投入上‘不撒芝麻盐’，做到建一个成一个，立得住、走得远。”

朱妍 中国能源网 2021-03-17

## 北京航空航天大学经济管理学院教授朱磊：实现碳中和，这项技术不可或缺却前路多艰

在我国碳达峰与碳中和目标实现的全局中，二氧化碳捕集、利用与封存技术（CCUS）是不可或缺的一块拼图，在一系列重大科技规划中，均将其列为重点支持、集中攻关和示范的重点技术领域。然而，CCUS大规模商业化运行之路并非坦途。

“CCUS不仅对能源行业非常重要，在更宏观的层面，它在国民经济和社会发展中同样具有重要地位。”在北京航空航天大学经济管理学院研究员朱磊看来，CCUS是未来大规模减少温室气体排放，应对气候变化的解决方案，是目前唯一一项能够实现化石能源低碳利用的技术。如何建立相应的高效商业模式，正成为其发展道路上新的挑战。

CCUS发展面临多重挑战

CCUS是将二氧化碳大型排放源排放的二氧化碳进行捕集、压缩后输送并封存利用的一种技术。该技术将二氧化碳作为资源处理，不仅可减少碳排放量，还能产生显著的社会经济价值，是全球应对气候变化行动的关注热点，也是我国践行低碳发展战略的重要技术选择。

“理论上，所有的燃煤电厂和大型排放源均可以改造加装碳捕获与封存设施。”朱磊指出，经过近

20年的发展，我国已初步形成了CCUS发展的技术体系。碳中和目标的提出，为CCUS技术的发展提供了新动力，同时也提出了新要求。

“与风能、太阳能等产业相比，CCUS涉及二氧化碳的捕获、运输、封存、利用4个环节，具有较长的产业链，涵盖电力、石油、煤炭、化工、钢铁等多个行业，资金需求量大，且融资关系复杂、融资期限长、融资风险高。”朱磊介绍道。

此外，CCUS技术的高昂成本，同样对其产业发展进程产生了直接影响。“按照现有技术，每封存1吨二氧化碳，需要耗费约合300—500度电。”朱磊说，“CCUS技术发展至今，各环节的设备在其他行业均有一定的利用，很难再有成本下降空间。”

国际能源署（IEA）的报告指出，在整体煤气化联合循环发电系统中加装CCUS系统后，每千瓦时的发电能耗增加了14%—25%。CCUS项目初期改造投资成本昂贵，使大量企业望而却步。即便在付出高昂的成本后，无论以何种技术方式封存二氧化碳，均无法完全消除泄露风险，对生态环境可能产生难以评估的影响。

“市场化激励机制和商业模式的缺失，也是限制CCUS进一步大规模应用的重要阻碍。”据朱磊介绍，我国尚未形成规模化的二氧化碳需求，商业化发展基础薄弱。“就华北地区来说，每年的二氧化碳需求估计不超过10万吨。而单个大型火力发电厂每年捕获的二氧化碳就可能在10万吨以上。”有限的买方需求，加上高昂的前期投入成本，严重削弱了CCUS商业化发展的可能性。CCUS产业链包含能源生产、消费的多个环节，涉及到多个企业间合作及利益分配，若不能合理解决这一系列问题，建立起有效的企业间协调合作机制，就将极大地削弱企业参与CCUS产业的积极性。

目前，CCUS项目尚缺明确的政策指引和强有力的法律法规。据悉，自2006年至今，国家层面发布的CCUS相关政策文件有20余项，但针对CCUS的专项政策很少，也缺乏具体的落实方案。虽然多个指导性文件涉及CCUS技术发展，并在一定程度上对相关项目起到了规范性指导作用，但尚未建立起专门针对CCUS技术的法律法规。

#### CCUS 迎来新机遇

碳中和目标提出后，国内“弃煤”呼声更高，一系列大力发展可再生清洁能源以替代煤电的政策相继出台。业内有观点认为，CCUS技术的使用频率将随着煤炭的逐步被替代而减少，成为众多低碳减排技术中的“预备选手”。实际上，CCUS的发展需求源自我国仍以煤炭为主的能源消费结构。

国家统计局公布的数据显示，2020年，煤炭消费量占我国能源消费总量的56.8%，比2019年下降0.9个百分点。不过，由于2020年的能源消费总量比上年增长2.2%，煤炭消费量还是增长了0.6%。同时，2020年天然气、水电、核电、风电等清洁能源消费量占能源消费总量的比重上升了1个百分点，达到24.3%。

可再生能源比例增长速度有限，以煤为主的能源结构短期内难以改变。随着碳中和目标的提出，和随之而来的对能源系统整体碳减排的更高要求，CCUS技术因其能够捕集发电过程中使用化石燃料所产生的90%二氧化碳，势必能够成为碳减排的高效方案。

2020年10月，IEA发布《CCUS在低碳发电系统中的作用》报告。报告指出，CCUS技术是化石燃料电厂降低排放的关键解决方案，在推进电力系统低碳转型、实现全球气候目标方面发挥重要作用。如果不采用CCUS技术，要实现全球气候目标，可能需要关闭所有化石燃料发电厂。

目前投入使用的CCUS项目已经达成一定的碳减排成果。如广东省碳捕集测试平台项目采用燃烧后捕集技术，依托华润海丰电厂1号100万千瓦超超临界燃煤机组建设，每年可从燃料燃烧后产生的烟气中捕集约2万吨二氧化碳，按一棵树一年吸收18.3吨二氧化碳计算，相当于1000多棵树吸收一年的二氧化碳量。

此外，CCUS成套技术还可以作为能源密集型依赖行业的能源方案，如水泥、钢铁、化工等难以依靠可再生能源的行业。

“高效的电网具备高效稳定、灵活便捷、绿色低碳的特征。随着风光等波动性较强的可再生能源占比上升，电力系统面临日益增长的灵活性需求、韧性需求。”据朱磊介绍，多位业界人士指出，火

力发电厂在平衡波动性能源造成的季节性电力缺口方面能够发挥重要作用。装配 CCUS 设备的火力发电厂与可再生能源发电结合，能够满足电网的灵活性、可靠性需求，同时满足碳减排需求。

此外，与常规的碳捕集、封存（CCS）技术相比，CCUS 可以实现二氧化碳的资源化，捕集到的二氧化碳可以广泛应用于食品加工、离岸驱油、化学产品生产等工业化利用领域，因此也更具实用价值。随着能源清洁低碳转型不断加快，国家电力行业碳排放交易政策落地，通过 CCUS 技术来实现低碳减排将愈发成为“潮流”。

配套商业模式呼之欲出

“为实现 CCUS 的长期大规模应用，在相关技术与设备已日趋成熟的情况下，建立起具有盈利能力的商业模式已成为最迫切的需求之一。”

近日，在气候投融资全球征文学术沙龙系列活动中，朱磊介绍了以下四种 CCUS 项目商业模式模型：

一是二氧化碳独立运输商模式（见图 1）。由电厂或大型排放源捕获二氧化碳后，由收取定额费用的运输商将二氧化碳运输至油田或其他购买方手中，油田或其他购买方决定封存及用于驱油的比例。在该模式下，油田所属企业只需将二氧化碳用于驱油，便能够在无额外成本的情形下产生经济效益，而电厂一方由于承担了 CCUS 技术改造成本与二氧化碳捕获成本，其盈利将远远小于油田一方。

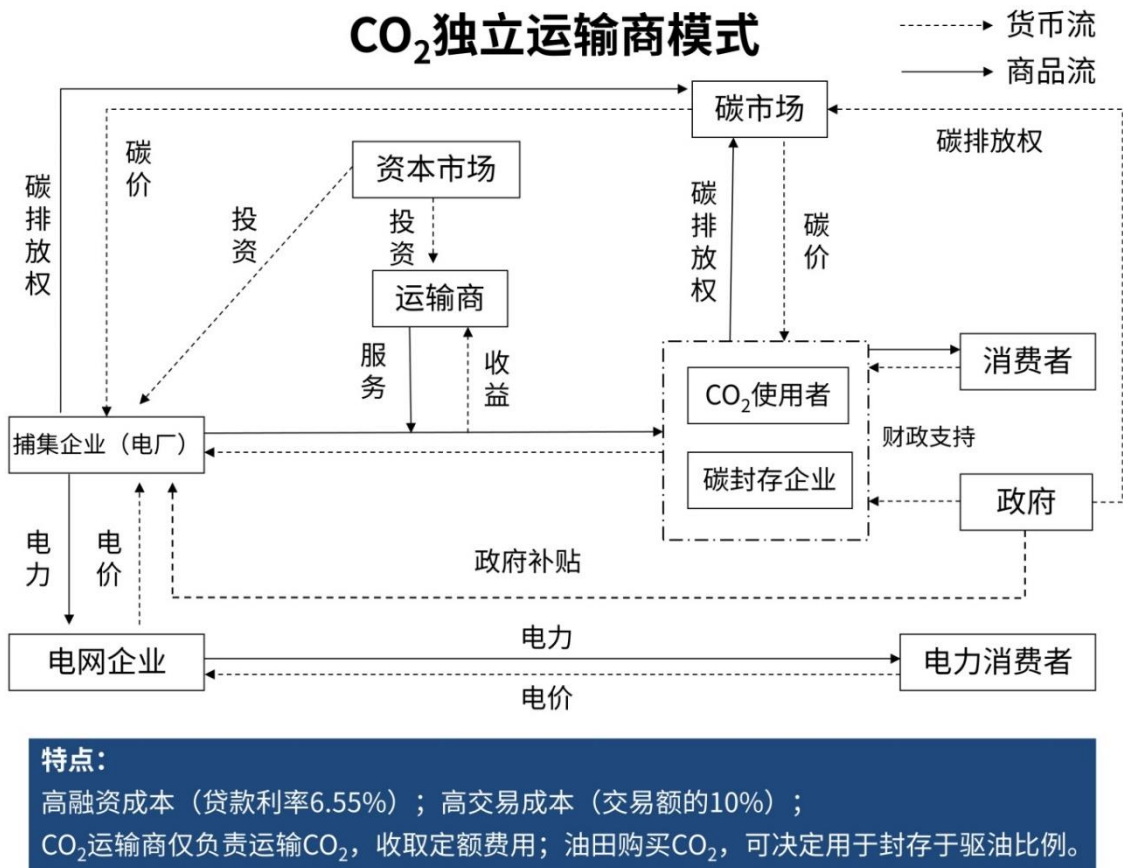


图 1 二氧化碳独立运输商模式

二是 CCS 运营商模式（见图 2）。在该模式下，第三方运营商对电厂或大型排放源所使用的碳捕集设备进行投资改造，进而获得二氧化碳的捕获权，并决定将二氧化碳出售或封存。“在运营商模式下，油田虽可获利，但获利的概率并非百分之百。”朱磊表示。据悉，这一商业模式最早由哈尔滨工业大学教授梁大鹏于 2009 年提出。



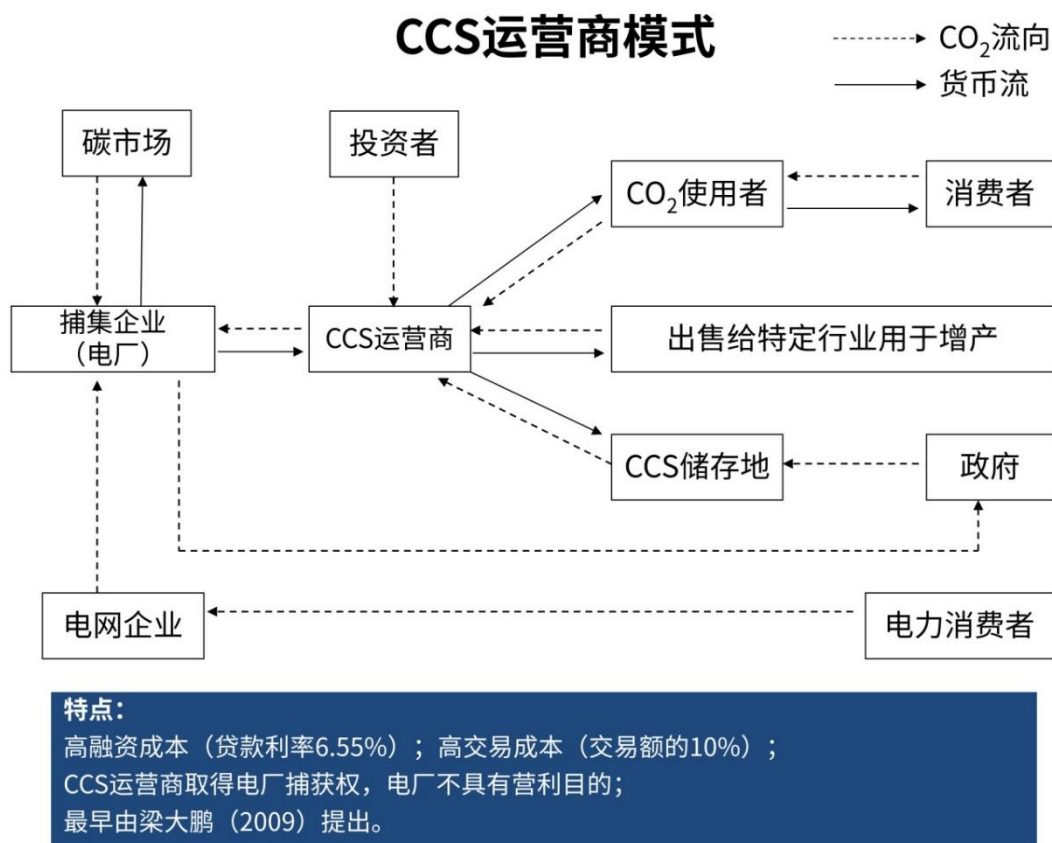


图 2 CCS 运营商业模式

三是国有企业模式（见图 3）。该模式也称为纵向一体化模式，即 CCUS 全过程由单一大型国有企业实现，在交易成本低、融资成本低的同时，对企业要求较高，需要企业同时具备二氧化碳捕获源与利用二氧化碳的油田等。……

张榕馨 能源高质量发展 2021-03-18

## 一次能源与二次能源循环实现能源清洁利用

“十三五”以来，国家能源局坚持贯彻“四个革命、一个合作”能源安全新战略，在推动能源供给革命、消费革命等方面取得显著成绩。

据统计初步核算数据显示，我国 2020 年能源消费总量约为 49.7 亿吨标准煤，煤炭消费所占比重已降至 56.7%，同比下降 1.0 个百分点，清洁能源消费占比已升至 24.5%，同比上升 1.1 个百分点；我国非化石能源发电装机占总装机比已达到 44.8%，煤电占比首次降至 50% 下，同时，天然气作为一种低碳能源，在我国一次能源消费中的占比不断提升，2020 年我国生产天然气 1888.5 亿立方米，已连续四年增产超过 100 亿立方米。

为进一步推进生态文明建设，实现我国能源清洁利用，可以通过电力网和燃气网的双网融合发展，形成一次能源和二次能源循环发展格局，优化发电行业内部机制，升级为电力工业与燃气工业的双网循环优化，更重要的是，将探索出一条二次能源与一次能源的转换途径。

### 一次能源开发利用和发展

从取火到机械能、水能、煤、油、天然气、核能、光能、风能、潮汐能、可燃冰和氢能等，人类对于能源的利用虽然经历了不同阶段和类型，但每种能源的使用时间都并不漫长，尤其是化石能源的开发利用所耗时间，与其形成过程相比微不足道。

按照能源类型分类，人类对一次能源的利用大致经历了四个发展阶段：第一个阶段是相对漫长

的薪柴时代；第二个阶段是煤炭时代，第一次工业革命特别是蒸汽机的发明和使用，促进了煤炭的大量使用，使之成功替代薪柴，大大促进了世界工业化进程；第三个阶段是石油时代，随着内燃机的发明和使用，动力机械中石油迅速取代煤炭，成为第三代主体能源，煤炭转为电力、制造和热力能源主体；第四个阶段是目前正在发生的向多能利用转型过渡的阶段，为了保障能源供应安全，降低环境污染，减缓气候变暖，世界各国能源结构不断优化，向低碳化发展的进程持续推进，天然气和以新能源为代表的各类非化石能源成为能源发展的主要方向。

《BP世界能源展望》（2020年版）显示，在现有的政策及技术发展趋势不变的情景下，到2050年以风、光为主的非水可再生能源在一次能源中的占比将达到20%，天然气需求将在未来30年持续增长，到2050年比2018年增加三分之一（见图1）。

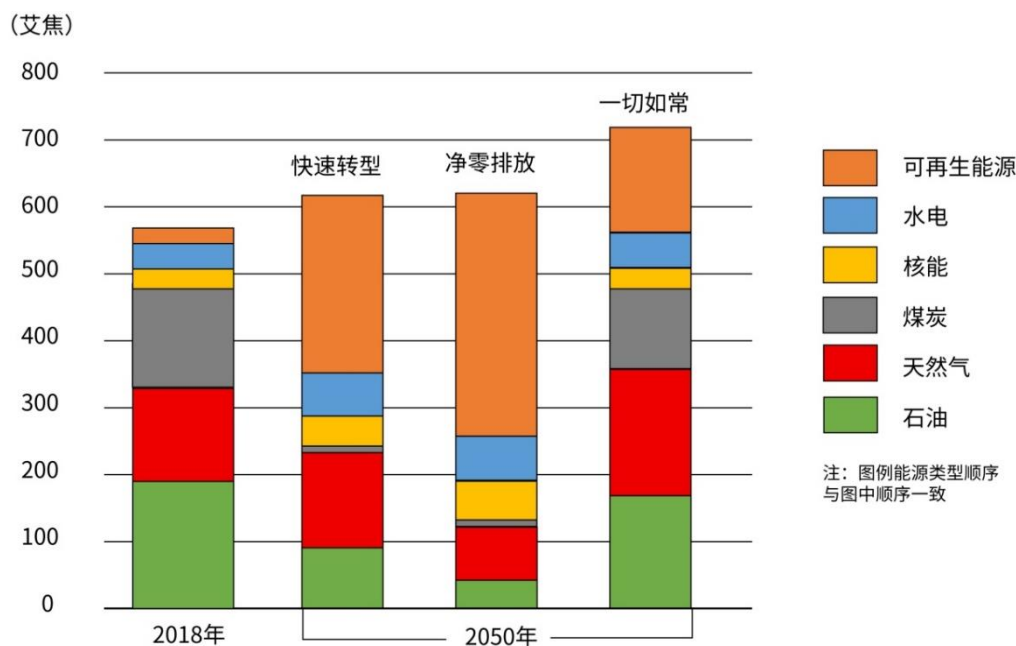


图1 2050年一次能源消费预测

### 二次能源的产生和发展

在能源的使用过程中，一次能源往往不能直接利用，需通过加工或转换，得到其他形式的能源，即二次能源，包括焦炭、汽柴油、蒸汽、热水、电能等类型。在各类二次能源中，电能是使用最广泛、最清洁的二次能源，并且，随着技术的进步，几乎所有一次能源都可以转换为电能。

从爱迪生发明电灯起，尤其是自交流电出现后，电力使用进入快速发展阶段，很快从单一点对点发用电，形成垂直一体化的发输配用电力网络，实现了能源的大范围、远距离输送。值得注意的是，在这期间，由于早期使用了大量化石能源，特别是煤，造成了大气污染现象，产生的二氧化碳也成为导致气候变暖的主要原因之一，对人类经济发展和生态环境带来了巨大压力与挑战。这也促使世界各国开始思考对现有的一次能源结构进行优化。

尽管各类一次能源看似独立，但它们之间可以通过一个共性因子——二次能源中的电能相互关联，形成闭环的能源系统。通过合理配置各种来源电能的比例，可使能源系统更加均衡、运转更加稳定，生命周期延长。并且，可在确保能源安全的基础上，提升系统弹性和协调性，提高运行效率。尤其是风、光等新能源，由于很难单独大规模直接利用，还具有间歇属性，需要通过转换为电能，并与其他一次能源或储能协调配合，才能发挥效用。因此，电能是二次能源对一次能源优化的最佳方式。

此外，由于庞大的电力网的建设，电能可实现大空间维度下的一次能源优化。

构建气电双网循环，实现一次能源和二次能源循环发展

双网循环发展的构想，即充分发挥电能作为共性因子的作用，构建电力网和燃气网的双网融合

发展，实现一次能源和二次能源循环发展格局（见图 2）。

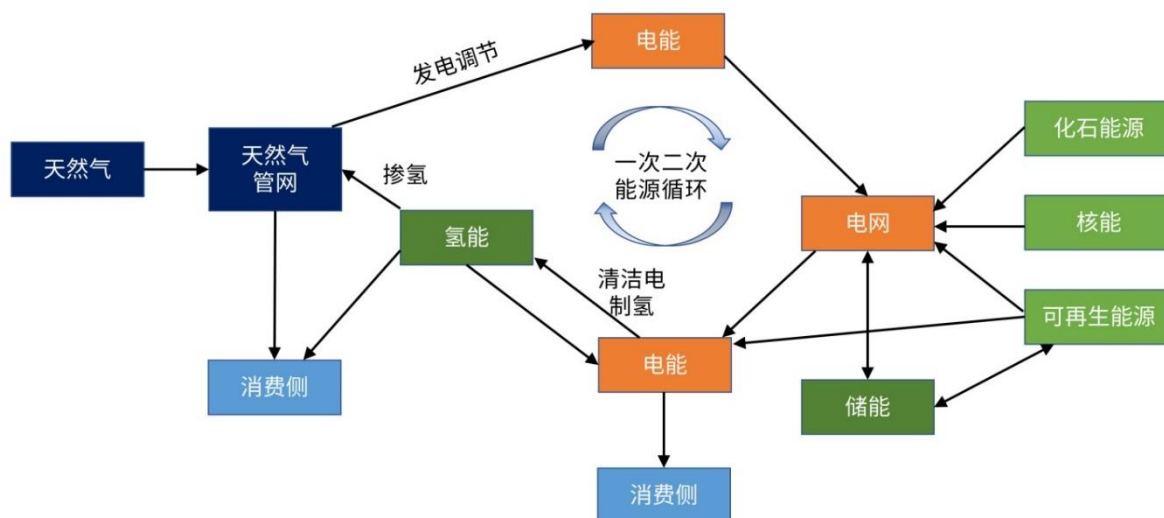


图 2 双网循环发展结构图

双网循环结构中的一次能源，包括可再生能源、化石能源、核能等，通过发电装置形成电能，实现一次能源到二次能源的转换。其中的储能装置，可通过对电能的存储和释放，实现电能生命周期的延长。而清洁能源发电，可以通过电解水制氢，形成氢能，掺入燃气管网，形成一种新类型的一次能源——混氢天然气，实现二次能源到一次能源的转换，通过发电反馈回电网。最终，整个过程形成了一个完整的一次能源与二次能源的循环链，其中，通过调节电能制氢和储能，可以实现对整个系统的调节和优化。

从结构图中可以看出，氢能在一、二次能源循环链中发挥了重要作用。氢能易存储性，可以通过电能制备，在能源转换中互为补充，承担优化调节作用。氢能不仅是一种高效零碳的能源，有着非常广泛的应用场景，而且是一种灵活的可存储能源载体，通过可再生能源制氢（P2G），提升风、光消纳能力，并通过存储以及燃料电池发电，完成对风、光的优化调节。可再生能源制氢的原料是水，氢能利用后产生的依然是水，在整个自然系统中是可循环的。

#### 制氢和氢能利用

目前，氢气制取主要有以下三种较为成熟的技术路线：一是以煤炭、天然气为代表的化石能源重整制氢；二是以焦炉煤气为代表的工业副产制氢；三是电解水制氢。可再生能源制氢属于电解水制氢，通过电解槽实现，相较于其他两种制氢方式，属于零碳排的绿氢。

可再生能源制氢是完全可以实现的，其中碱性电解制氢商业应用成熟，质子交换膜制氢逐步成为主流。电制氢制取成本受电价影响最大，占到总成本的 70%以上，现行终端电价政策下，无经济性可言。但是，随着风电、光伏实现平价甚至低价上网（目前部分利用小时数上网电价可以做到接近 0.1 元/千瓦时），可通过直接交易模式，利用富余可再生能源电制氢，经济上已经初步具备可行性。同时，随着电制氢的规模加大，风电、光伏并网规模也相应加大，规模效应下未来成本被市场接受是完全有可能的。

氢能利用前景也非常广泛，涉及交通运输、工业及能源、建筑等多个领域。在交通运输领域，氢燃料电池车是氢能利用的一个主要方向；在工业及能源领域，主要应用在氢能炼钢、化工生产以及天然气掺氢，特别是化工生产需要由灰氢向绿氢转型；在建筑领域，主要应用在家用小型燃料电池热电联产系统，天然气管道掺氢为商户或家庭供能等。

在应对气候变化、保障能源安全等因素的驱动下，全球很多发达国家都提出了未来氢能发展战略。例如，日本是全球较早试点推动氢燃料电池汽车和家用热电联产项目的国家，并取得了一定成效。为了进一步发展氢能，2017 年底，日本公布了“基本氢能战略”，意在创造一个“氢能社会”，主

要目标是实现氢能平价，建设加氢站，逐步替代燃油汽车、天然气及煤炭发电，积极发展家用小型燃料电池热电联产系统，同时，重点推进海外氢能供应链建设。

#### 双网循环发展实践

天然气作为一种低碳能源，有着较为成型的网络，可以满足现在能源清洁利用的快速发展需求，因此，对于天然气充足的地区，可以发展燃气机组，提升电网调峰能力，减少对煤电的依赖，从而提升风电、光伏、核电等新能源的消纳水平。燃气供热可以增加热网供热来源，亦可减少对大型热电机组依赖。新能源占比提升后，可以通过余电制氢和燃气掺氢技术，降低燃气成本，也将实现一次能源燃气和二次能源电能的循环。

双网循环发展的具体措施有如下三点：

一是加快推进完善天然气管网建设，实现天然气管网在全国范围内的互通；同时，完善相关省内燃气网络，研究利用现有管道的燃气掺氢技术，提高燃气利用效率，降低燃气成本，也为用户侧“煤改气”创造条件。

二是推动电网向“网源荷储”方向布局发展，实现各大区域间良性互补循环，提升非化石能源发电接纳能力，也为将来用户侧“煤改电”创造条件；同时，提前规划燃气机组和可再生能源（风电、光伏发电等）发展布局，配套开展接入线路建设工作。

三是推动大容量电储能、电制氢和燃气掺氢技术的产研转化，开展氢燃料电池推广利用。

#### 双网循环长远发展方向

在双网循环发展中，可再生能源制氢扮演着重要角色。电储能的载体为各种物理能、化学能，除了热（冷）能，大部分情况下需转换成电能送回电网，而可再生能源制氢利用的载体是氢能，不仅可实现储能，而且作为一种清洁能源，利用场景非常广阔。

从长远看，可再生能源制氢将使氢能从制备到使用实现完全清洁零碳，有利于加速能源的清洁转型，加之氢能产业链条长，也有望为当地经济增长提供新动能。积极发展可再生能源制氢，也有利于风、光等可再生能源的大规模并网，从而进一步降低制氢成本，形成双向互动的良性循环。天然气掺氢促使氢能使用比例提升，同时也会减少对进口天然气的依存度，远期来看可提高我国的能源自给率和能源供应安全水平。

但不可忽视的是，氢能易燃、易爆，具备危化品.....

苑舜 能源高质量发展 2021-03-18

## 如期实现“碳中和”具备良好基础

我国力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和，是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策。“碳中和”相关目标之所以备受关注，原因之一在于，其涉及面广、影响深刻，势必对全球政治经济格局带来深刻变化，同时也意味着我国在经济发展、能源结构、技术革新、气候政策等方面都要进行全方位深层次的改革。另一个原因是，作为世界上最大的发展中国家，我国现行的碳排放规模、行业结构、资源能源结构都意味着要实现“碳中和”目标并非易事。与世界主要碳排放国家相比，未来将面临更加巨大的压力与挑战。

作为一项影响重大的战略决策和选择，我国“碳中和”目标的提出不是凭空想象出来的，不是空中楼阁，更不是好高骛远。它是在权衡目前我国国情和未来发展前景的基础上，综合评价目标实现的各项基础上才作出的战略选择。综合各方面条件看，我国具备实现“碳中和”目标的良好基础。

强大的国家综合实力为实现“碳中和”目标奠定坚实经济基础。“碳中和”在某种意义上意味着经济结构调整和能源转型，而经济结构调整和能源转型是有代价的，需要有强大的经济实力来支撑。党的十九大确立了我国到 2035 年基本实现社会主义现代化、到 2050 年建成社会主义现代化强国的奋斗目标。2020 年，我国经济总量已迈上百万亿元台阶，今后我国将进一步提升创新能力，全面深化改革，努力保持经济中高速增长，力争到 2035 年基本实现新型工业化、信息化、城镇化、农业现

代化，建成现代化经济体系。

相关技术的支撑为实现“碳中和”目标奠定了基础。绿色、新能源技术是实现“碳中和”的根本途径，经过多年发展，目前我国在可再生能源、新能源汽车等领域处于领先地位，拥有强大装备制造能力与国内超大规模市场优势，掌握核心技术和关键产业链优势。2019年我国水能、风能、太阳能发电装机容量占世界比重分别达到30.1%、28.4%和30.9%，2008年至2018年年均增速分别为6.5%、102.6%和39.5%，而同期世界平均增速仅为2.5%、46.7%和19.1%。尤其是光伏产业，目前我国生产和市场规模世界第一，并已实现全产业链国产化。可以说，在未来堪称以人工智能、互联网、清洁能源技术为代表的新一轮工业革命中，我国已做好准备，很多领域还处于领先地位。

碳减排取得的成效为实现“碳中和”目标奠定经验基础。近年来，我国积极推动产业结构调整、能源结构优化、重点行业能效提升，碳减排取得显著成效：单位GDP能耗降低，碳排放总量增速变缓。2019年单位GDP碳排放比2015年、2005年分别下降18.2%、48.1%，超过对外承诺的2020年比2005年下降40%至45%的目标，基本扭转了碳排放快速增长的局面。同时，我国新能源成本也在不断下降。2019年全国光伏发电成本相比2010年降低了82%；陆上风电降低了39%，已经形成对煤电的价格竞争优势，并进入平价上网阶段；海上风电成本也持续下降。另外，我国的绿化工作取得显著进展，碳汇能力不断提升。据世界银行统计，2010年至2020年中国森林面积年均净增193.7万公顷，居全球首位，是紧随其后的澳洲和印度的4.3倍和7.3倍。

体制优势为实现“碳中和”目标奠定了社会基础。主要体现在三个方面：一是绿色低碳发展理念的形成。随着我国经济社会的发展进步，环境保护和生态文明建设越来越受到重视，“绿水青山就是金山银山”理念日益深入人心。二是社会认同。过去多年碳减排工作取得的成效，让社会普遍认识到碳减排与经济增长并不是相悖的，不会阻碍经济增长，“碳中和”会推动清洁技术更快发展，由此带来清洁能源成本进一步下降，推动清洁能源价格下降。三是体制优势。我国社会主义制度集中力量办大事的优势，有利于调动各方面积极性、主动性和创造性，为“碳中和”目标的实现注入强大动力。

（作者系国家发展改革委价格监测中心高级经济师）

经济日报 2021-03-18

## 2020年湖北碳市场交易额逾83亿元 占全国“半壁江山”

2020年湖北碳市场累计配额成交3.56亿吨，占全国50.8%；成交额83.51亿元(人民币，下同)，占全国54.4%。湖北碳排放权交易中心市场交易规模、引资规模、纳入企业参与度等市场指标居全国首位。

湖北省政府新闻办18日举行新闻发布会，湖北省地方金融监管局副局长严宓介绍上述信息。

碳排放交易是为促进全球温室气体减排，减少全球二氧化碳排放所采用的市场机制。政府通过招标、拍卖等方式将一定的二氧化碳配额，发放给有排污需求企业，配额富余企业可将富余配额出售给配额不足企业，形成一定减排收益。

湖北于2011年获批成为全国七个碳排放权交易试点之一，3年后启动碳市场交易，也是国内首个外资主体参与的碳市场。

数据显示，截至目前，湖北碳市场已纳入373家控排企业，总排放量2.75亿吨，约占全省45%；总产值1.1万亿元，约占全省30%。碳市场覆盖工业领域的温室气体排放，占第二产业产值的70%，涉及电力、钢铁、水泥和化工等16大行业。

同时，以碳汇交易为代表的精准扶贫模式在湖北展开，利用省内贫困地区林业生态资源，湖北探索生态补偿机制。截至目前，推动全省农村户用沼气和林业碳汇项目开发达128个，预计年均减排量214万吨。全省已有217万吨贫困地区产生的碳减排量进入市场交易，为贫困地区带来收益超过5000万元。

据悉，全国碳市场将于今年6月底前启动上线交易。落户湖北的全国碳交易注册登记系统(中碳



登)当前正为 2225 家履约企业办理开户手续。

严宓表示，下一步，湖北将推进全国碳排放权登记结算公司和湖北交易场所登记结算公司等新兴交易平台建设，支持各类所有制企业参与要素交易平台建设。

梁婷 张熙 中国新闻网 2021-03-22

## 生态环境部部长：中国实现碳达峰碳中和的难度比发达国家更大

由国务院发展研究中心主办、中国发展研究基金会承办的中国发展高层论坛 2021 年会，于 2021 年 3 月 20-22 日在北京钓鱼台国宾馆线上线下同步举行。在 3 月 21 日晚举行的“促进经济社会全面绿色转型”主题环节，生态环境部部长黄润秋表示，近年来，中国绿色发展成效逐步显现。“十四五”时期中国进入了新发展阶段，对照新目标、新愿景、新要求，生态环境保护结构性、根源性、趋势性压力总体上尚未根本缓解。与发达国家相比，中国实现碳达峰、碳中和远景目标时间更紧、幅度更大、困难更多、任务异常艰巨。

黄润秋在发言中指出，“十三五”期间，我国化解钢铁、煤炭过剩产能 1.7 亿吨和 10 亿吨，关停水泥产能 3 亿吨，平板玻璃 1.5 亿重量箱。2020 年中国煤炭消费量占能源消费总量的 56.8%，比 2015 年下降了 7.2 个百分点，清洁能源占能源消费的比重达到了 24.3%，光伏、风能装机容量、发电量均居世界首位，新能源汽车销售量、保有量占世界的一半，资源能源利用效率大幅提升，碳排放强度持续下降，截止 2020 年底中国单位 GDP 二氧化碳排放较 2005 年降低了约 48.4%，提前超额完成下降 40—45% 的目标。他强调，我们坚决向污染宣战，生态环境质量持续改善。“十三五”规划纲要确定的 9 项生态环境约束性指标超额完成。2020 年，全国地级及以上城市优良天数比率为 87%，比 2015 年上升 5.8 个百分点；细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）未达标地级及以上城市平均浓度相比 2015 年下降 28.8%（目标 18%）。全国地表水优良水质断面比例从 2015 的 66% 提高到 2020 年的 83.4%（目标 70%）。全国森林覆盖率增加到 23.04%，森林蓄积量超过 175 亿立方米，连续 30 年保持“双增长”，成为同期全球森林资源增长最多的国家。初步划定的陆域生态保护红线面积约占陆域国土面积的 25%。各级各类自然保护地总数达 1.18 万处，保护面积占全国陆域国土面积的 18%。人民群众身边的蓝天白云、清水绿岸明显增多，生态环境获得感、幸福感、安全感显著增强。

他表示，中国积极参与全球环境治理，成为全球生态文明建设的重要参与者、贡献者和引领者。引领全球气候变化谈判进程，为《巴黎协定》的达成签署、生效和实施作出了突出贡献。去年习近平主席在联合国大会上宣布了中国的目标，在 2030 年前实现碳达峰，2060 年实现碳中和，这充分彰显了中国应对全球气候变化的大国担当。

黄润秋说，“十四五”时期中国进入了新发展阶段，对照新目标、新愿景、新要求，当前中国生态文明建设和生态环境保护工作任重道远。生态环境保护结构性、根源性、趋势性压力总体上尚未根本缓解，最突出的是“三个没有根本改变”，也就是以重化工为主的产业结构，以煤为主的能源结构和以公路货运为主的运输结构没有根本改变，污染物排放和生态破坏的严峻形势没有根本改变，生态环境事件多发频发的高风险态势没有根本改变，特别是当前中国距离实现碳达峰目标已不足 10 年，从碳达峰到实现碳中和目标也仅有 30 年，与发达国家相比，我们实现碳达峰、碳中和远景目标时间更紧、幅度更大、困难更多、任务异常艰巨。

他表示，面对复杂形势和诸多挑战，中国将坚定不移贯彻新发展理念，以经济社会发展、全面绿色转型为引领，以减污降碳为主抓手，加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路。一是加快发展方式绿色转型。二是深入打好污染防治攻坚战。三是积极推进应对气候变化。四是完善绿色低碳政策和市场体系。五是广泛培育绿色低碳生活方式。

面对生态环境挑战，人类是一荣俱荣、一损俱损的命运共同体。为共同建设清洁美丽世界，他提出三点倡议：

一是加强绿色低碳发展国际合作。希望国际社会秉持人类命运共同体的理念，加强应对气候变化、生物多样性、全球海洋治理等领域的国际合作，中国将继续推动联合国气候变化框架公约第26次缔约方大会取得的积极成果，筹备办好生物多样性公约第15次缔约方大会，扎实推进气候变化南南合作，为推动全球绿色低碳发展、应对全球气候变化做出我们自己的贡献。

二是推进绿色低碳技术创新。希望国际社会共同维护全球化进程，共同维护开放型世界经济和稳定的全球产业链，抓住新一轮科技革命和产业变革的历史性机遇，大力发展绿色低碳经济，促进绿色技术创新和低碳绿色产品装备研发与应用，推动疫情后世界经济绿色复苏，汇聚起可持续发展的强大合力。

三是担当绿色低碳发展引领者。希望国际社会共同发展绿色基础设施建设，绿色投资、绿色金融，支持发展中国家开展应对气候变化行动，支持落实联合国2030可持续发展议程，推动《巴黎协定》全面而有效的持续实施，共同推进全球气候治理体系，向更加公平合理合作共赢的方向迈进。

澎湃新闻 2021-03-23

## 碳达峰、碳中和顶层设计“快马加鞭” 部分行业力求率先达峰

今年全国两会后，国家发展改革委密集召开座谈会，以求加快碳达峰、碳中和顶层设计。记者了解到，碳达峰、碳中和的顶层方案设计思路或为“1+N”政策体系，其中“1”为指导意见，“N”为各行业细化方案。

记者还了解到，部分行业编制的碳达峰、碳中和技术路线图已经上报国家发展改革委，最快有可能上半年就浮出水面。

连开3次座谈会 全部与碳达峰有关

全国两会之后，短短一周多的时间，国家发展改革委围绕碳达峰、碳中和已召开3次座谈会。

其中，3月19日，国家发展改革委产业司召开钢铁、有色金属、建材行业碳达峰工作研讨会，围绕科学制定重点行业碳达峰方案、推进产业低碳转型、提升能源利用效率等问题进行交流。

此次会议提出了研究制定钢铁、有色金属、建材等行业碳达峰方案，助力实现国家碳达峰、碳中和目标等任务。

另一场座谈会是由国家发展改革委环资司主持召开的专家座谈。与会专家建议加快出台碳达峰、碳中和顶层设计政策文件，进一步提高各方认识，突出碳达峰、碳中和的工作重点，科学设定各阶段目标，明确基本原则、工作方向和主要任务，压实各行业、各地方主体责任，推动形成“1+N”政策体系，确保如期实现碳达峰、碳中和目标。

各行业快马加鞭

水泥钢铁业或将率先达峰

记者从国家发展改革委获悉，围绕碳达峰、碳中和主题，相关部门密集召开座谈会的目的，就是为了尽早敲定“1+N”的顶层政策方案。

“我们的材料已经报送了国家发展改革委，预计很快会有批复，或许今年上半年就能浮出水面。”一位水泥业内权威专家向记者透露说。而此前，中国水泥协会正在编写《水泥行业碳达峰、碳中和的技术路线图》。

“钢铁行业或将在2025年前碳达峰，成为率先达峰的行业。”钢铁行业的一位权威专家向上海证券报记者透露，从去年我国提出碳达峰、碳中和目标后，行业内就开始研究起草钢铁行业碳达峰行动方案，目前几大关键时间点已经初步形成。首先钢铁行业将在2025年前达峰；到2030年前钢铁行业碳排放量将下降30%，并为其他行业达峰创造条件；到2035年钢铁碳排放量将有较大幅度下降，到2060年将完成最终目标。

3月20日，国家发展改革委产业发展司一级巡视员夏农在第十二届中国钢铁发展论坛上表示，钢铁行业是我国供给侧结构性改革先行行业，在工业领域中也应率先实现碳达峰。生态环境部



应对气候变化司司长李高也表示，钢铁行业要科学制定实施行动方案，推动行业碳排放尽早达峰。

于祥明 王文嫣 上海证券报 2021-03-23

## 在能源需求不断增长的情况下 如何实现二氧化碳排放达峰？

日前召开的中央财经委员会第九次会议强调，实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，拿出抓铁有痕的劲头，如期实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标。这向我们传递了什么信号？如何实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标？为尽早实现碳达峰，我国当前应该着力解决的问题是什么？针对这些问题，本报记者采访了国家气候变化专家委员会副任何建坤。

何建坤，清华大学气候变化与可持续发展研究院学术委员会主任，中国国家气候变化专家委员会副主任，北京市应对气候变化专家委员会主任。曾任清华大学副校长、常务副校长，并曾兼任经济管理学院院长、清华大学低碳经济研究院院长。

未来10年，要尽快实现二氧化碳排放达峰，峰值实现时间越早，峰值排放量越低，越有利于未来实现长期碳中和的目标。

中国环境报：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，这意味着什么？

何建坤：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，这意味着我国要以碳排放达峰和碳中和作为目标导向，来推进经济发展方式的转变和产业结构的转型升级。这对于疫情之后促进我国经济发展的绿色低碳转型和高质量发展有着非常重要的意义。同时，也会引领全球应对气候变化的进程和疫情之后坚持绿色低碳复苏的发展趋势。

中国环境报：我国提出二氧化碳排放要力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。在您看来，当前碳达峰的实施路径应该如何设计？

何建坤：我国现在还处在工业化和城市化发展中后期阶段，能源消费相应会有所增长，二氧化碳的排在一定时期内也会有缓慢增长。所以，当前主要是控制二氧化碳排放的增量，使得二氧化碳排放达峰，然后再转为持续下降趋势，最终实现碳中和。

在当前能源需求不断增长的情况下，实现二氧化碳排放的达峰，第一是要节约能源。一方面，通过调整和优化产业结构，优先发展数字经济、高新技术产业和现代服务业，坚决抑制煤电、钢铁、水泥、石化、化工等高耗能强度的重化工业产能的扩张，推进产业结构升级，使单位GDP能耗快速下降，控制能源消费总量增长。另一方面，通过推广先进节能技术，提高能源使用的效率，实现技术节能。

第二是要改变能源结构。大力发展新能源和可再生能源，降低化石能源的比例，提高像水电、风电、太阳能发电、核电等这些非化石能源的比例，使得随经济增长新增加的能源需求基本上由非化石能源满足，但二氧化碳的排放不再增长。我国提出，到2030年非化石能源比例要达到25%左右，去年，我国风电、太阳能发电的装机大概有1.2亿千瓦，今年可能也会大体相当。

所以，今年中央经济工作会议提出要加快调整优化产业结构、能源结构，推动煤炭消费尽早达峰，大力发展新能源，并提出完善能源消费双控制度，这是当前最为务实的举措，也是最需要解决的问题。未来10年，要尽快实现二氧化碳排放达峰，达峰实现时间越早，峰值排放量越低，越有利于未来实现长期碳中和的目标。

为尽早实现达峰，“十四五”期间要严格控制煤炭消费量的增长，到“十四五”末实现煤炭消费量的稳定达峰并且开始下降。“十五五”期间争取石油消费能够趋于稳定，达到峰值。天然气消费增长带来的二氧化碳排放的增加，要由煤炭消费量的减少所降低的二氧化碳排放抵消，总体的二氧化碳排放才能达峰。

未来10年，如果仍沿袭传统的发展方式，增加高碳的基础设施和高耗能重化工业产能，对于实现碳中和就会有更大困难。所以，未来10年是我们转变发展方式，贯彻新的发展理念，构建绿色、

低碳、循环产业体系的关键时期。如果这 10 年转型比较早，能够顺利实现碳达峰目标，那么也会为长期实现碳中和奠定基础。

调整和优化产业结构、能源结构，努力实现二氧化碳排放达峰，也是当前打好污染防治攻坚战的重要抓手和政策着力点。

中国环境报：此前，中央经济工作会议指出，要继续打好污染防治攻坚战，实现减污降碳协同效应。您如何看待这一要求？

何建坤：在 2035 年之前，社会主义现代化建设第一阶段，还要继续打好污染防治攻坚战。

环境治理如果仅靠末端的治理措施，措施会越来越来少，潜力也会越来越来收窄。从最根本来讲，要从源头上减少常规污染物的排放。实现碳达峰，大力改进能源结构，使得煤炭消费量下降，从源头上就减少了常规污染物排放的来源，这样就能够保证主要地区 PM2.5 的浓度不高于 35 微克/立方米。所以，要发挥减污降碳的协同效应。因此，调整和优化产业结构、能源结构，努力实现二氧化碳排放达峰，也是当前打好污染防治攻坚战的重要抓手和政策着力点，打造经济高质量发展、环境质量持续改善和二氧化碳减排协同治理的新发展格局，从而保障到 2030 年环境质量达标和二氧化碳排放达峰两方面目标的同时实现。

中国环境报：目前，多地已提出力争在全国率先实现达峰，一些行业企业也纷纷提出了碳达峰、碳中和行动方案，您认为哪些地方、哪些行业可以率先实现达峰？

何建坤：中央经济工作会议提出要支持有条件的地方率先实现二氧化碳排放的达峰，有两类地区可率先实现达峰：一类是东部沿海的一些地区，这些地区经济比较发达，产业转型比较领先，现在二氧化碳的排放有的已进入了峰值平台期，经过努力，一些省市在“十四五”期间就可率先实现二氧化碳排放的达峰。另外一类是西南的一些地区，水电、风电等可再生能源资源比较丰富，尽管经济相对来讲还比较滞后，但通过大力调整能源结构，发展可再生能源，也有可能率先实现二氧化碳排放的达峰。

我国地域比较广大，每个地方产业结构不同，发展定位不一样，能源禀赋也不一样，在每个地区实现碳达峰时间也会有差别。要根据每个地方的实际情况，以碳达峰和碳中和的目标为导向，确立适合自己地方的达峰路径，由此可以实现全国包容式、差别化的低碳转型路径和方式。

除了区域之外，有一些行业也可率先实现二氧化碳排放的达峰。总体来讲，工业部门的能源消费占了全国终端能源消费的 2/3，工业部门二氧化碳的排放占了全国二氧化碳排放的 40%左右，电力部门（二氧化碳的排放）占了 40%左右，建筑和交通部门各占 10%左右。所以，工业部门实现二氧化碳排放达峰应该是重点，特别是像钢铁、水泥、石化、化工、炼铝这些高耗能的重化工业部门，要进入稳定甚至开始下降阶段，“十四五”期间，工业部门就能够争取到 2025 年左右实现总体二氧化碳排放达峰。建筑部门通过发展绿色建筑、能源替代，争取“十五五”期间达到峰值。交通部门要通过提高车辆的燃油经济性、发展电动汽车来代替传统汽车，争取在 2030 年左右达到峰值，这样总体上能够保障全国范围内 2030 年前二氧化碳排放达到峰值。

在未来全球碳中和目标之下，我国应加强技术创新，在先进脱碳技术竞争中争取先机和优势，打造核心竞争力。

中国环境报：疫情影响下，一些地方为恢复经济，扩充传统的钢铁、煤电等高耗能产能的冲动明显，煤炭等化石能源需求呈反弹趋势。如何才能抓住新的经济增长点，避免走高污染高耗能的传统“老路”？

何建坤：疫情之后，为恢复经济，一些地方仍沿袭传统的增加投资、扩充重化工业产能的方式拉动经济增长，这样就会抬高能源的需求和增加二氧化碳的排放。

从现在来看，国际上很多金融企业都在发展绿色金融，宣布不再给煤炭、石油等高耗能产业和化石能源投资，高耗能产能的发展面临着融资困难、未来不可持续、缺乏竞争力等各方面的问題。所以，应加快经济转型，大力发展数字经济、高新科技产业、现代服务业来取代高耗能产业的扩张，这也是目前要推进的产业发展方向。

于企业而言，低碳发展能力也是企业核心竞争力的体现。目前，很多跨国大企业都宣布自身生产经营过程中实现碳中和的目标，如力拓、壳牌、BP 都宣布 2050 年实现碳中和，苹果公司宣布 2030 年就要实现碳中和，我国也有华能、国电投等企业宣布了实现碳达峰的时间表。此外，很多大企业在采购链中实现低碳采购，比如生产设备要用的钢铁，一定是炼钢过程中能耗低、二氧化碳排放低的钢材。

在整个经济社会技术变革趋势下，新的业态和规则不断向碳中和目标演变的情况下，低碳因素和低碳指标就像产品的质量指标、价格指标和服务指标一样，变成了一个核心竞争力指标。在这样的情况下，企业只有低碳转型，才能增强自身的竞争力，实现高质量发展。

中国环境报：有观点说，未来各国竞争的焦点将聚焦于碳中和技术，您如何看待这个观点？在这方面我国需要付出怎样的努力？

何建坤：实现长期碳中和目标需要技术创新的支撑，具有深度脱碳的技术就能够引领世界变革的方向，就能够有竞争力、新的发展机遇和新的经济增长点。未来，先进的低碳甚至“零碳”技术会成为几个主要大国战略必争的高科技领域，也会成为国际竞争的前沿领域和热点领域。

目前，有一些技术已经比较成熟，但有一些技术还需要革命性的突破。当下，风电、太阳能发电这些新能源技术成本越来越低，能够与常规能源相竞争，可以大量发展。但在可再生能源大比例发展的情况下，因可再生能源是间歇性的电力，需要有先进的储能技术和智能电网技术，这些技术还需要进一步的研究和发展。

在工业生产过程中，炼钢采用焦炭作还原剂会排放二氧化碳，将来要用氢代替焦炭作还原剂，发展“零碳”炼钢工艺。所以，未来氢能技术是一项前沿技术，现在大国也都在布局发展。另外一个先进的核能技术，用核电可以适应波动性电网的要求。因核能有安全性问题，所以现在世界范围内应致力于加强核能的安全性，建立发展小型化、灵活性的核反应堆。还有化石能源发电过程中的二氧化碳捕集和封存技术，把在化石能源发电过程中产生的二氧化碳捕集起来，埋在地下，让它与大气隔绝，不产生温室效应，这样也相当于减少了碳的排放……这些各种各样的技术发展，将来都有可能成为支撑碳中和的关键技术。

在这些技术领域，我国和发达国家基本上都在同步研发。我们有自己的优势，很多发达国家在一些关键技术上也有他们的优势。欧盟提出 2035 年前要完成深度脱碳关键技术的产业化研发，美国也计划在氢能、储能和先进核能领域加大研发投入，其目标是氢能制造成本降到与页岩气相当，电化学储能成本降低到当前锂电池的 1/10，小型模块化核反应堆建设成本比当前核电成本降低一半。日本在可再生能源制氢、储存和运输、氢能发电和氢燃料电池汽车领域都具有优势，其目标是氢能利用的综合系统成本降低到进口液化天然气的水平。

在未来全球碳中和目标之下，我国应加强技术创新，在先进脱碳技术竞争中争取先机和优势，打造核心竞争力。我国政府和企业要积极部署和行动，加快先进技术研发和产业化，在全球低碳转型变革趋势下和新的竞争格局中创造自身优势和发展机遇，这也是我国未来建成社会主义现代化强国一个非常重要的目标。

周亚楠 中国环境报 2021-03-22

## 二氧化碳捕集与驱油封存技术：实现“碳达峰”“碳中和”的“加速器”

近日，2020 年度湖北省科技奖励大会在武汉召开，由中石化江汉石油工程设计有限公司、中石化南京化工研究院有限公司、中国科学院武汉岩土力学研究所、中国石油大学（华东）等单位共同完成的“低能耗相变吸收体系捕集二氧化碳与驱油封存关键技术开发及应用”项目获湖北省 2020 年度科学技术进步奖一等奖。

“碳减排的主要途径有提高能源利用率、开发清洁可再生能源和二氧化碳捕集、利用与封存等。其中，二氧化碳捕集与封存，也就是 CCS，因具有减少整体减排成本、增加实现温室气体减排灵活

性的潜力，不仅是当前碳减排的主要途径之一，也是 2060 年实现‘碳中和’目标的兜底技术。”中石化石油工程建设公司教授级高级工程师、项目第一完成人、总负责人陆诗建博士介绍道。

据悉，作为 CCS 的主力技术，二氧化碳捕集与驱油封存（CCS-EOR）技术不仅能够实现二氧化碳的捕集与驱油、封存，增加原油产量，保障国家能源供给，更具有显著的环境效益。

“利用二氧化碳捕集与驱油封存技术，可先从燃煤电厂、钢铁厂、水泥厂等低浓度气源捕集并提纯二氧化碳，再运输到油田进行驱油和二氧化碳地质封存。这一过程，存在着多项技术难题。”陆诗建说。

自 2008 年起，陆诗建带领团队相继解决了二氧化碳捕集能耗高、输送安全风险大、产出液集输管道易堵塞、环境风险监测难度高等难题，取得了多项创新成果，实现了二氧化碳捕集与驱油封存的规模化、资源化、一体化和低成本减排。

“除单项技术的研发外，最关键的是要让技术真正为项目所用，将研究成果最经济、最合理地应用到项目中。”陆诗建以中国神华所属国华锦界电厂二氧化碳捕集和封存全流程示范工程为例介绍说，“作为全国最大的烟气碳捕集工程，该工程为规模 15 万吨/年，不仅应用了我们公司多项专利工艺技术，还用到了浙大、清华、中科院、南化院、湖北兴达石化等机构的多项成果，包括药剂、装备等。为此，团队形成了多项专题报告，召开过 3 次论证会，最终研究出了最优的技术方案，实现了耦合优化。”

陆诗建还表示，目前，该公司的二氧化碳捕集与驱油封存技术已应用于多个重大项目中，团队走在了科技成果转化的最前方。“例如，随着胜利电厂 4 万吨/年二氧化碳捕集纯化与驱油联用工程、延长石油 36 万吨/年 CCUS 示范工程、新疆塔河油田酸气永久封存项目、华电句容电厂碳捕集工程和锦界电厂 15 万吨/年二氧化碳捕集纯化工程等项目相继实施，我们估计产业化推广项目年减排二氧化碳可超 105 万吨。”

“从‘十一五’国家科技支撑计划‘烟道气二氧化碳超重力法捕集技术开发’起步，到‘十三五’重点研发计划课题‘化学吸收系统热能综合利用与集成优化技术’，我们一直在探索最前沿、最先进的碳减排技术。”陆诗建说，“未来，我们计划持续推进技术研发，发力降低捕集能耗，对大型反应器进行设计优化，抑制吸收剂降解和夹带损耗，攻关大规模、长距离管道输送技术，改进捕集、输送和产出液集输、产出气回收回注等环节节能工艺，开展 CCUS 与氢能产业协同发展研究，为碳减排、利用与封存项目的长期稳定运行夯实技术根基。”

张榕馨 中国能源网 2021-03-30

## 储能配比 10%，山东将出台支持储能产业发展政策

进入 2021 年以来，山东储能产业不断迎来利好。

山东省《关于开展储能示范应用的实施意见》将于近期出台。该文件从总体要求、任务目标、支持政策等全方面，以试点促推广应用、以示范促深化发展，着力推动储能技术和产业实现新突破，为山东能源高质量发展提供重要支撑和有力保障。

其中，备受瞩目的当属其支持政策。新增并网的集中式风电光伏项目，按照不低于 10%比例配建或租赁储能设施，连续充电时间不低于 2 小时。同等条件下，配建或租赁示范项目的，优先并网、优先消纳；

示范项目参与电力辅助服务，在火电机组调峰运行至 50%以下时，优先调度；

示范项目实行充电电量与放电电量相抵原则，损耗部分按工商业及其他用电单一制电价执行。其中结合存量煤电建设的示范项目，损耗部分参照厂用电管理但统计上不计入厂用电。

除了明确支持力度和标准，该文件的亮点还体现在以下几方面：

制定任务目标。通过开展试点示范，建立健全相关标准体系，探索形成可复制易推广的经验做法，推动山东省储能加快发展。首批示范项目规模约 50 万千瓦，后期视电力系统发展和首批示范项

目运营情况确定后续示范规模。

明确示范标准。调峰示范项目接入电压等级为 110KV 及以上，功率不低于 5 万千瓦、连续充电时间不低于 2 小时。联合火电机组调频示范项目单体功率不低于 0.3 万千瓦。锂电池储能电站交流侧效率不低于 85%、放电深度不低于 90%，电站可用率不低 90%，其他形式储能电站，按照“一事一议”原则确定。

创新发展模式。统筹利用当地资源，因地制宜推动风光(火)储一体化项目建设。支持各类市场主体投资建设和运营共享储能设施，鼓励风电光伏项目优先租赁共享储能设施，租赁容量视同其配建储能容量。鼓励风电、光伏发电制氢，装机运行规模视同配套储能规模。

健全支撑体系。建立储能备案机制，按年度发布容量需求信息。依托山东电力交易平台，培育储能辅助服务和容量租赁市场，规范储能建设和管理，完善设计、验收、检测、接入等标准，建设省级储能监测、调度平台、强化日常监测和运行管理。

促进产业发展。优先发展大容量、长时间、低成本的调峰储能技术，加强储能关键材料、单元模块和控制系统研发。重点培育青岛、济宁、枣庄储能产业基地，加快建设济南储能设备集成和工程创新中心，逐步形成材料生产、设备制造、储能集成、运行检测全产业链。

这是继今年 2 月印发《2021 年全省能源工作指导意见》，提出建立独立储能共享和储能优先参与调峰调度机制，新能源场站原则上配置不低于 10% 储能设施之后，山东省又一次大力助推储能产业发展。

去年，山东发改委和山东电力现货市场还分别针对储能出台了 AGC 调频+拉大峰谷价差等利好储能的政策。

山东作为能源消费和电力消费大省，正在积极推进新旧动能转换。从山东的电源结构可以看出，灵活性调节电源明显不足，占比 1%，远低于全国平均 6% 的水平。

山东省能源局副局长邓召军曾在新闻发布会上表示，随着山东新能源装机比例迅速增加，省外来电送入电力大幅提高，山东电网调峰形势较为严峻，亟需增加调峰资源和丰富调峰手段，提升电网调节能力。

山东电力工程咨询院智慧能源事业部设计总工程师裴善鹏也在一次线上活动上表示，山东省电网调峰压力较大，2020 年，山东省系统调峰容量缺口为 914 万千瓦，预计到 2025 年，这一缺口将达到 1319 万千瓦。

在刚需的背景下，火电联合调频、可再生能源+储能、用户侧储能在山东将迎来不错的机遇，山东的储能市场前景有望比肩江苏、广东等储能大省。

储能之声 2021-03-23

## 国内首个水系锌基电池储能系统投运

3 月 15 日，记者获悉，由天津大学电化学储能团队研发的水系锌基电池光储充一体化项目在温州乐清湾港区海洋经济产业科技孵化园日前完成投运和验收。温州乐清湾港区海洋经济产业科技孵化园于 2018 年 3 月正式投入使用，总投资约 3.646 亿元，占地面积 63.5 亩。

白色集装箱为 50 千瓦/105 千瓦时锌基电池储能系统







50 千瓦/105 千瓦时锌基电池储能系统外观

据悉，此次投运的光储充一体化项目的核心——50 千瓦/105 千瓦时储能系统由 2944 节新型水系锌镍电池电芯组成，标志着水系锌镍电池在国内储能领域的首次应用。该电池由于采用水系电解质，具有高安全性，适合规模储能领域中的应用，还具有低温性能优异、支持快速充放电等特点，可应用于电网侧储能，太阳能和风能的并网，以及通信、UPS 等后备电源系统。

据天津大学电化学储能团队相关负责人介绍，光储充一体化系统的工作模式主要有光伏消纳和削峰填谷两个模式。光伏消纳模式下，系统将尽可能利用本地交接箱内的负载（即充电桩）消纳光伏发电量，光伏发电量大于负载用电时，通过储能系统存储光伏电量，当负载用电大于光伏发电量时，通过储能向负载供电。削峰填谷模式下，系统将根据当地每天的峰谷电价时段，设置充电时段和放电时段，利用峰谷电价差套利。

马爱平 科技日报 2021-03-16

## 2020 年，电池领域的十大科技突破

锂离子电池的发展是现代世界发展进步的推进器，人们对如何提高电池性能保持着高度关注，科研人员正在不断探索各种途径来优化电池的性能。无论是制造世界上最快的电极，用核废料制造电池部件，还是借助声波防止火灾危险，在 2020 年，科学家向我们展示了开发下一代储能技术方面他们是多么富有想象力。

科研人员探究了很多改进电极性能的方法，比如，添加少量的石墨烯使电解质变得更加坚固、先进的材料是如何实现电池快速充电或提供更高的能量密度。。外媒 Newatlas 网站评选出电池领域的十大科技突破，下面和锂电前沿小编一同看看这些研究的亮点以及一些颠覆性、跳脱于常规思维定式的电池设计？

今当电池计及化学行业发展是受高度关注的科研领域，在 2020 年间科研人员提供了许多改进设备的方法，且这些设备将会在未来的几年内得到改进。

锂金属材料的开发和应用

Min-Kyu Son 教授带领 WSU 研究小组提出了一种新的锂电池设计

通过引入新材料来提升电池性能有很多的选择，其中一种选择是具有巨大的开发潜力锂金属。有人把锂金属描述为一种“梦幻材料”，用锂金属作为阳极来代替目前使用的石墨和铜，可以显著提高电池的能量密度，使电池能够工作更长的时间以及储存更多的能量。

但使用锂金属最大的问题是安全性。当电池充电时，锂金属表面会形成树突状锂枝晶，进而导致电池短路、起火，最终导致设备故障。在 2020 年有一些解决这个问题的新方法，其中一个是在华盛顿州立大学教授 Min-Kyu Son，他们防止锂枝晶形成的方法是在阴极和电解质溶液中加入某种化学物质，在锂金属阳极表面形成保护层，使其在 500 次的充放电循环中保持稳定。值得一提的是，这个过程可以集成到现有的制造程序中，以便于大规模生产制造。

#### 无枝晶的固态电池



QuantumScape 固态电池（右）比普通锂离子电池（左）在重量和体积上储存的能量要多得多，而且通过了一系列与电动汽车相关的测试

12 月，加州电池制造商 QuantumScape 公布了用于电动汽车的固态锂金属电池的一些性能数据。数据显示：一辆平板电动车能在短短 15 分钟内就可以充电到 80%。该公司声称可以做到部分原因是：使用了固体电解质而非液体电解质，以及由锂金属制成的阳极在充电时，这种阳极会自身形成隔离物，有效避免了枝晶问题。

这种电池具有出色的能量密度，大约是特斯拉 3 型锂电池的四倍，容量为 1 千瓦时/升。在重量方面，这款电池还提供了 380 至 500 瓦时/公斤的电量，超过了特斯拉电池组的 260 瓦时/公斤。研究还发现，这种电池在经过 800 次循环后仍能保持 80% 的容量，在电池寿命和安全性方面同其他电池更为优越。

#### 声波方面的探究

在声波方面，加州大学圣地亚哥分校的科学家们发现了一种解决电池问题的潜在方法

今年 2 月，加州大学圣地亚哥分校的一组研究人员探索出了一种颇具想象力的方法来防止锂金属电池中的枝晶生长。该研究小组制造了一个微型超声波装置，并将其整合到锂金属电池中，使其能够通过液体电解质发送高频声波，使其流动平缓，这将有助于在阳极上形成整齐、均匀的锂分布，而不是形成导致枝晶生长的不均匀团块。在测试中，这种配备了超声波的电池可以在 10 分钟内从 0% 充电到 100%，并在 250 次充电循环中保持稳定，再次预示着锂金属电池的安全性提高。

#### 一种快充电池

科学家们在开发先进的锂电池方面取得了突破性进展，这种电池可以使电池充电更快，更不容易发生故障

德州农工大学的科学家展示了一种装置，这种装置采用了由碳纳米管制成的微小支架作为阳极，这是科学家们就如何实现锂金属电池的又一个例子。这些分子与锂离子结合在一起，有助于避免在表面形成树突。

虽然这种设计在安全性方面与传统设计相差无几，但这种电池结构也被证明了这种电池能够产生更大的电流。事实上，它的体积要比传统电池大得多，以至于研究小组报告说，这个装置能处理的电流是传统电池的五倍，这就提供了一种电池能短时间充满电的研究方向。



### 添加硅元素

在锂离子电池的结构中加入硅元素可以极大地提高电池的能量密度

虽然锂金属作为一种阳极材料具有很大的潜力，但其他金属也具有可开发的前景。硅就是其中之一，它的锂离子储存能力是当今石墨和铜的四倍，但容量往往会迅速下降。

在六月份，韩国科学技术研究所的科学家们使用了一种称为锂预加载的技术来提高电池的寿命，这包括将硅阳极浸入一种特殊的溶液中，使电子和锂离子渗入电极，以弥补循环过程中的损失。

大多数硅基负极在最初的充电循环中锂离子流失超过 20%，而这种新阳极在测试过程中流失不到 1%。它的能量密度也比市面上的同类产品高出 25%。

### 微波和盐的开发和应用

塑料瓶是一个巨大的废物来源，但科学家们已经发现了一种将其用于下一代电池的方法

另一种具有巨大潜力的电池化学物质是钠离子，但原因截然不同。锂金属比较稀有，开采锂成本高昂，而且对环境有害。而世界上盐的来源广泛，可以有机会转化成成本更低的电池，应用于电网等。在四月份，电池的一个重要部件被发现可以同样从丰富的材料中获得。

Purdue 大学的科学家们能够从可回收的 PET 塑料还原成薄片，然后用超快微波辐射处理，使其变成一种被称为对苯二甲酸二钠的物质，这种有机小分子有着优异的电化学性能，长期以来一直被认为是一种潜在的阳极材料，研究小组称它是钠离子电池组件的一部分。

首席研究员维拉斯·波尔说：“源于社会对气候变化和能源资源限制的关注和日益增强的意识，我们正在解决可再生能源转换和储存激增的问题。”

### 来自海洋的灵感

在虾壳中发现的几丁质已被用于生产一种可持续的流动电池电极

为可再生能源提供电网规模存储解决方案的另一种替代电池设计是氧化还原液流电池。这些装置不是将能量储存在电池内部，而是将能量储存在巨大的外部槽中的液体电解质中，这意味着通过增大槽的尺寸可以增加储存潜力。

今年 6 月，麻省理工学院的一个研究小组演示了如何用更可持续的材料制造这些电池的关键构件。几丁质是一种类似纤维素的多糖，存在于虾壳中，研究人员能够将其与毛毡结合使用，为具有更高能量密度的氧化还原液流电池制造电极。

这项研究的资深作者弗朗西斯科·马丁·马丁内斯说：“它的好处不仅在于其良好的性能，而且在于起始材料的低成本，并且考虑了废物的再利用，这使得电极更具有可持续性价值。”

### 充分利用地心引力

重力演示设施的概念图，应于 2021 年初开放测试

大规模储存可再生能源的另一个解决办法可能在于重力的利用。苏格兰公司 Gravitricity 正在开发一种新型的储能系统，它由巨大的砝码、强大的绞盘和缆绳组成。能量来自于重物从一根转动绞车并发电的轴上落下。

在短短的 15 分钟内制造出的能量，可持续输出功率长达 8 小时，峰值输出之间的 1 至 20 兆瓦。这将是一个低成本、可持



续的能源解决方案，该公司正在加紧建设一个原型系统，这将在 2021 年底于爱丁堡完成测试。

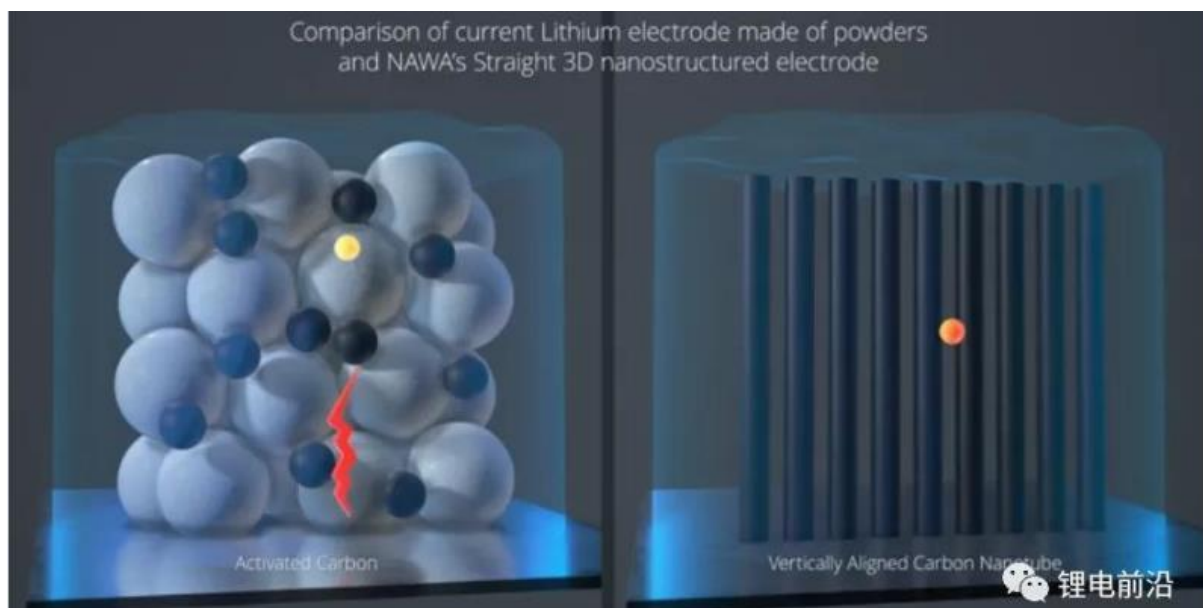
利用石墨烯增加硬度

通过在陶瓷材料中添加石墨烯，制造出迄今为止最坚硬的固体电解质

在六月份，另一种固态电池的研发受到高度关注。一般来说，将液体电解质换成固体电解质，以获得更高的能量密度，但这通常就会导致电池的破裂和被腐蚀。

布朗大学的一个研究小组通过研究石墨烯材料来寻求解决此问题的方案，他们将少量石墨烯添加到陶瓷材料中，形成一种新型固体电解质，他们声称这种电解质是迄今为止最坚硬的。这项研究的新奇之处在于石墨烯具有很高的导电性，这对于电解质来说并不是一个好的性能指标，但是他们将石墨烯的浓度保持在足够低的水平，找到了一个阻止石墨烯导电的最佳点，并且仍然能够提供很高的硬度。

世界上最快的电极



电池性能取决于一个离子能够把电荷携带到多远；左边是一个典型的，混乱的电极结构的描述，一个离子必须经过长距离和迂回的距离。右边是垂直排列的碳纳米管结构的刚性结构，它将每一小块活性物质和其中的离子直接连接到集电器

所有的电池都有一对电极，即阴极和阳极，电流通过它们流动，而这些通常都是杂乱无章的结构，离子需要携带电荷在复杂的环境下运动。超级电容器制造商 Nawa 在 10 月份推出了自己的电极设计，提供了一种更为快捷的离子传输通道。

这种电极由一个垂直排列的结构组成，类似于梳子的结构，1000 亿个高导电性的碳纳米管竖立在螺栓上，并涂上活性材料，如锂离子。这等于为移动的离子创造了一条高速公路，使它们能够以更方便的方式进出电池。

实际上，该公司表示，它的电极可以将电池的充放电效率提高 10 倍，可实现在 5 分钟内实现 0-80% 的充电。与此同时，能量密度可能会跃升两到三倍。

Nawa 表示：其生产这些电极的工艺成本低廉，并有信心与现有的电极相比更具有成本竞争力。该公司预计，这项技术将于 2022 年开始进入市场，到 2023 年后能开发出更加先进的技术系统。目前，该公司正与多家汽车公司就此展开商谈，在法国已经找到了大客户 Saft。

锂电前沿 2021-03-16

### 纽约市所有化石燃料调峰电厂 2030 年前可被储能等清洁方案替代

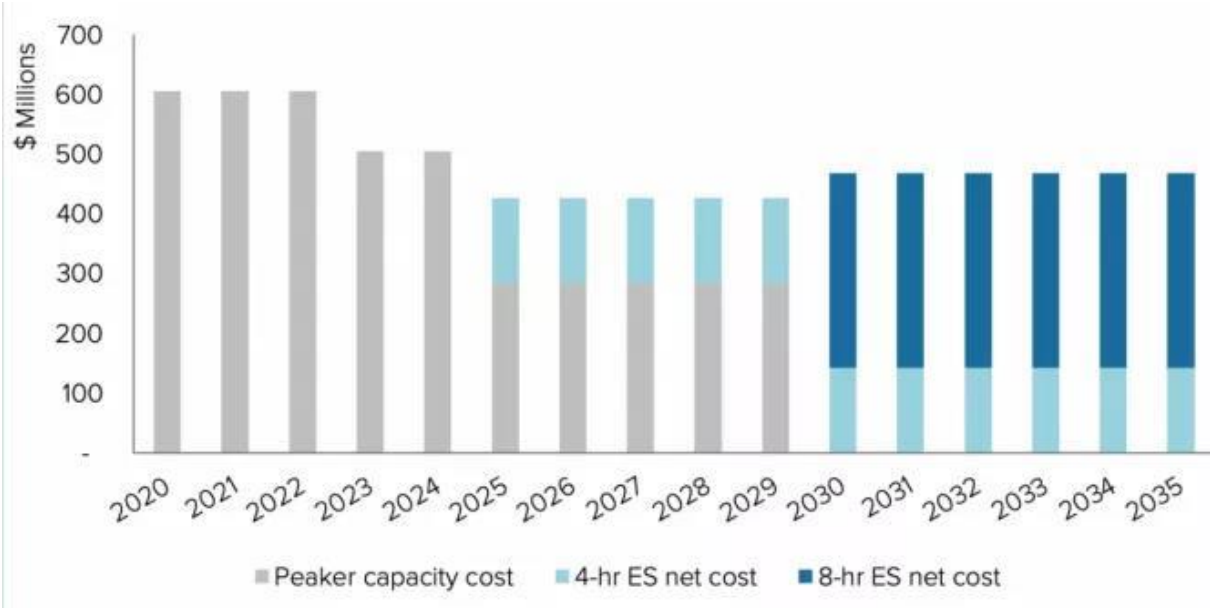
据外媒 3 月 19 日报道，一项新的研究发现，到 2030 年，可再生能源、能效和储能可以有效替代纽约市超过 6GW 的化石燃料发电厂。

纽约市的化石燃料发电厂是电网中利用率最低的资产之一，发电成本最高，温室气体排放高，特别是氮氧化物、二氧化碳和二氧化硫，增加了健康风险。由于城市人口稠密和电力负荷的限制，大多数化石燃料发电厂都位于市中心附近。

这些电厂只有在需求高峰期才会投入使用，但它们仍可获得全年约 4 亿美元的容量服务费用，每年都是如此。这意味着，虽然它们的电价可能比该州的平均电价高出 1300%，但纽约市的大多数发电厂全年只运行约 5% 的时间。同样，绝大多数发电厂一次运行时间从未超过 8 小时，而且通常要短得多。

在一项由 Peak Coalition 环境正义组织委托进行的新研究中，到 2030 年，大约 5.6GW 的屋顶太阳能、3GW 的海上风电、5400GWh 的能效措施和 4.2GW 的储能可以满足该市能源需求。Peak Coalition 的成员包括民间组织 UPROSE、社区发展组织 The Point CDC、New York City Environmental Justice Alliance (NYC-EJA)、New York Lawyers for the Public Interest (NYLPI) 和 Clean Energy Group (CEG)。

到 2025 年，超过一半的 6093MW 的化石燃料发电厂可以使用包括 4 小时储能在内的多种资源来取代。其中许多电厂自 20 世纪中叶以来一直在运营，远远超过预期的时间。到 2030 年，需要更长时的储能，持续时间约为 8 小时，作为新的替代传统调峰电站的资产，可以运行更长的时间。Strategen 的报告《The fossil fuel endgame: A frontline vision to retire New York City’s Peaker Plants by 2030》称，用更清洁的替代品取代传统的化石燃料调峰电站资产，每年可为纽约州节省约 4.26 亿美元，到 2035 年可节省逾 10 亿美元。



纽约市用 4 小时储能和 8 小时储能取代化石燃料发电的成本。来源：Strategen Consulting。

电力分配不均

整个州约 87% 的可靠性能源来自纽约市的发电，但尽管人口较少的纽约州北部地区已经能够依赖 90% 的清洁能源，包括大型水力发电，但纽约州北部地区约 60% 的电力仍然来自化石燃料，纽约市仍然是最依赖可靠性电力供应的地区。

许多老旧的传统发电厂仍然在使用污染最严重的燃煤电厂，还有些新的发电厂是天然气电站。纽约市居住在化石燃料发电厂一英里以内的 350 万人中，78% 的人属于低收入群体或有色人种社区，

受到当地污染的影响最严重。

这些发电厂的发电量仅占该州总发电量的三分之一多，但却贡献了该州高达 97%的一氧化二氮排放量。Strategen Consulting 还证实，在过去的十年里，全州居民在过去十年里为这些电厂支付了大约 45 亿美元，其中包括对大部分闲置资产的容量费。

这项研究是在 Strategen 去年年底发布的另一项类似研究的基础上进行的，该报告发现，用储能技术取代纽约长岛地区的 2300MW 电厂在技术上是可行的，也是划算的。储能是实现这一过渡的主要技术，同时海上风电、太阳能发电和能效的提高所占份额也在不断增长。

包括 New York Power Authority (NYPA)在内的纽约公用事业公司已经在采取行动，提供该州约 25%的电力负荷的 NYPA 已与 Peak Coalition 达成协议，就如何减少排放和其他负面影响进行评估，这些电厂装机容量为 461MW。

储能被认为是这一行动的一个潜在选择，NYPA 在其最近的战略转型计划中表示，到 2030 年，它将在其服务区域内实现 450MW 的储能部署，并视情况专注于长时和短时储能技术。

在今年早些时候的一次采访中，NYPA 的首席商务官 Sarah Orban Salati 表示，从包括化石燃料发电厂在内的天然气转型是关键优先事项。环境正义也是 NYPA 战略中的一个关键支柱，由于可靠性要求意味着该州 80%的发电需要接近负荷，以及配备储能，所以像分布式社区太阳能和电动汽车充电桩这样的设施，在通常处于不利地位的地区得到了支持。位于纽约市皇后区的一个 100MW/400MWh 电池储能项目已经在建设中，该项目主要用于调峰。

纽约州州长 Andrew Cuomo 在可再生能源和气候问题上的领导力备受赞誉，他的气候保护政策的目标是到 2040 年实现 100%的零碳排放，并在 2025 年和 2030 年分别部署 1.5GW 和 3GW 的储能。化石燃料发电厂就是一个很好的例子，说明了深入研究能源转型将如何实现的具体细节可以产生负担得起的、有效的成果。

中关村储能产业技术联盟 北极星电力网 2021-03-23

## 8 万座数据中心余热大多直排！亟待重视回收

2019 年初，工业和信息化部等三部门在联合发布的《加快构建绿色数据中心的指导意见》中提出，应“鼓励数据中心在自有场所建设自有系统余热回收利用等清洁能源利用系统”。芬兰、瑞典和俄罗斯等国数据中心的余热利用已形成固定回收模式，并取得了良好的经济和环境效益。然而，我国在这方面的成熟案例依然较少，尚未形成规模。

基于此，为实现我国 2060 年碳中和目标，积极推进数据中心的余热利用，引导数据中心走高效、低碳、集约、循环的绿色发展道路，就成为一种必然。

我国数据中心余热利用市场尚未充分开发，  
与欧美国家差距明显

我国数据中心余热回收情况不理想，浪费巨大。数据中心的服务器在运行过程中，会释放出大量中低品位余热，这些余热易提取、产热稳定且热量大，是一种优质热源，可加热生活用水、供暖，或满足其他热需求。

利用热泵技术将数据中心余热回收并用于区域供暖，在我国北方有着广阔的市场前景及节能意义，在帮助用户降低用热成本的同时，也可间接减少因使用化石燃料产生的二氧化碳。此外，余热回收的耗电量不计算在数据中心总电耗中，也会相应减少数据中心制冷系统的散热负荷，从而有效降低 PUE 值，有益于数据中心提升品牌价值。按现有数据中心规模计算，我国北方地区数据中心的可回收余热总量约 10GW，理论上可支持 3 亿平方米建筑供暖。

我国大约有 8 万座数据中心，多数余热直接排向大气，浪费巨大。目前，余热回收利用系统应用案例仅有阿里巴巴千岛湖数据中心、腾讯天津数据中心和中国电信重庆云计算基地等寥寥数家企业。现阶段我国数据中心行业的节能重点环节是空调系统和 IT 系统，余热回收利用往往被忽视。随



随着数据中心建设规模及数量的快速增长，政府对数据中心节能的要求越来越高，余热利用问题将引发更多关注。

欧美各国普遍进行数据中心余热利用，已形成固定回收模式。早在 2010 年，欧美国家就开始回收数据中心余热用于市政供暖。特别是北欧国家，其余热回收利用产业链完整，拥有专业从事数据中心余热回收的节能服务公司，在取热效果、热能输送等方面具有全球领先的技术。余热利用项目在瑞典、芬兰、丹麦等国已展现出良好的经济效益，出售废热所得已成为一些数据中心运营商的固定收入来源。比如，联合爱迪生公司 Con Edison 销售的热量为 0.07 美元/千瓦时，其 1.2 MW 数据中心产生的余热可带来每年超过 35 万美元的收入，这对运营商而言是非常高的财务激励。Apple Inc.、IBM、Google、H&M 等公司运营的数据中心均有余热利用的成功案例。

名称	余热利用技术	余热用途	经济效益
俄罗斯 Yandex 数据中心	空气源热泵	为当地社区提供热水	为当地居民减少 5% 的取暖费支出
斯德哥尔摩数据公园	水源热泵、冷热电三联供	住宅供暖	为 2500 套住宅公寓供暖
芬兰 Sonera 数据中心	空气源热泵	提高游泳池水温	满足 27 万当地居民 10% 的供热需求
挪威 DigiPlex 数据中心	空气源热泵	数据中心办公区采暖	为 10,000 套公寓供暖

表 1 国外数据中心余热利用典型案例

相较风冷系统，液体冷却技术更有利于余热回收利用。随着数据中心 IT 负载的不断增长，传统风冷已无法满足高密度计算的发展需求，液冷逐渐成为数据中心制冷的新模式。制冷方式的变化将引发一系列变革，随之发生改变的还有余热回收装置设计。就技术角度而言，风冷系统携带热量的介质为空气，存在废热流动缓慢、品位较低、不适合长距离运输、体积较大等缺陷，需要铺设更大的管道。液冷系统则通过液体直接导向热源带走热量，换热效率高、便于运输、同等体积携带的热量更多。

此外，余热利用设备在回收热量的同时，还可为数据中心供冷，成为系统空调的备用冷源。数据中心不需要投资任何费用，即可免费获得备用冷源一套，不但提升了机房品质，还实实在在节省了运行费用。就经济性而言，液冷技术规模化应用之后，只需在架构上设置冷却液回流机制，将携带废热的液体接入换热器，换热后的液体流入数据中心循环反复，可节约余热回收装置费用及冷却液费用。数据中心余热回收利用技术已经过学术界的模型研究和小规模验证，可复制性强，具有较高的推广价值。

#### 我国数据中心余热利用未形成规模的原因

2020 年 11 月，通过对易华录信息技术股份有限公司、中国电信集团有限公司、太极计算机股份有限公司等数据中心建设企业的调研发现，我国数据中心余热利用技术推广难存在三大障碍：

经济性尚不明显。一是余热利用基础设施建设一次性投资成本较高且回报周期长，这也是目前应用案例较少的最主要原因。进行余热利用，需单独设置热泵机组、采购热交换器和回收设备、增设辅助热源以达到一般居民供热系统的供水温度，且投资回收期在 5 年以上。调研中，多数企业反映其可承受的节能技改投资回收期在 18 个月左右。二是安装余热利用设施需要企业部分停工停产、延长项目交付时间，会影响到经济效益。三是间接和直接融资渠道不畅，融资需求得不到满足。金融机构对数据中心节能技术了解有限，对余热利用的商业模式和投资效益难以把握，在一定程度上放大了投资风险，部分有潜力的项目难以得到及时支持。

技术不够成熟。一是标准不健全。目前国内尚未出台数据中心行业余热利用设计标准、余热利用设备及运维标准，余热利用产品的质量和规格参差不齐，在客观上进一步加大了技术推广难度。二是余热回收设备对 IT 系统性能可能产生负面影响，而数据中心的首要目标是满足用户算力需求，设计者普遍不会采用影响 IT 系统功能的节能技术。比如，数据中心的冷冻水往往含有腐蚀性物质，

是余热设备长期安全稳定运行的隐患。把热量从数据中心转移至热用户时必须采用特制的钛管换热管或其他抗腐蚀材料并合理布置换热器结构。三是缺乏余热利用配套基础设施。余热利用的首要条件是居民区要拥有区域供热系统，其次是数据中心要有一个大型管道与市政供热系统相连接。

节能技术供需两端信息不对称。数据中心余热利用技术在技术原理、应用条件等方面存在着复杂性，涉及多个子系统，专业性较强。多数技术人员对余热利用技术产品缺乏系统全面的认知与辨识，在决策时缺乏足够的示范案例作为参考。

#### 几点建议

多手段提升余热利用技术的经济性。一是研究设立工业节能技术推广基金、数据中心节能技改专项资金的可行性，对积极探索新节能技术、首次使用新技术的企业予以奖励或补贴，进一步激发其内生动力。二是加大金融支持。丰富绿色金融产品，为采用常规融资手段困难的企业提供“节能贷”、“特许经营权贷”或“合同能源管理未来收益权质押贷款”等创新产品。三是在“国家绿色数据中心”评选中向采用余热利用的企业倾斜。对《国家绿色数据中心先进适用技术产品目录》实施动态更新，将最新的余热利用技术和产品纳入其中。增加余热利用技术在《绿色数据中心评价指标体系》中的得分权重。四是利用数据中心能效专项监察、强制性标准《数据中心能源消耗限额》和节能设计标的制修订等工作，对违规用能企业进行限期整改，倒逼企业依法依规加大节能技术改造力度。

完善标准体系及鼓励技术研发，推动技术成熟。一是制定完备的数据中心余热利用标准体系。尽快建立和完善数据中心余热利用技术的产品质量标准，以及覆盖设计、施工、验收和使用维护全过程的建设标准规范。例如，将周边是否有热用户、与废热处理厂距离、是否便于接入区域供热管道网等有利于开展余热利用的因素，纳入数据中心选址考量条件。在制冷系统上留有余热回收接口，方便日后接入区域供热系统等。二是加大对数据中心余热利用技术的研发。联合数据中心用户、余热利用解决方案提供商和行业协会等成立数据中心余热利用技术工作组。探索成熟的余热利用技术整体解决方案，推动解决数据中心余热利用技术发展中的痛点问题，特别是水源热泵技术的研发与攻关。

持续完善数据中心节能技术推广机制。一是建立余热利用示范推广中心，制定技术推广路线图和实施方案等，向社会宣传节能效果显著、经济适用、技术成熟的优秀典型案例。二是组织开展现场推广活动，搭建节能技术产品供需对接桥梁。邀请施工企业、设备方案及服务提供商、设计院、运营商、绿色金融机构，以及检验检测机构、行业协会、媒体等参与技术推广对接会，展示数据中心行业节能技术创新成果，交流数据中心节能应用经验。（作者供职于赛迪工业和信息化研究院）

谭力 中国能源网 2021-03-25

## 2021 年欧洲累计部署电池储能系统容量或将超过 8.2GWh

根据调研机构预计，欧洲累计部署电池储能系统总容量超过了 5GWh，2021 年部署的电池储能系统容量可能比 2020 年增加将近一倍。

欧洲储能市场发展在去年出现了一些亮点，尽管储能行业受到了冠状病毒疫情的不利影响，而根据欧洲储能协会（EASE）与行业分析和研究机构 Delta-EE 公司最近共同发布的“欧洲储能市场监测”的季度报告，欧洲在 2020 年部署电池储能系统的储能容量为 1.7GWh，与 2019 年期间的约 1GWh 部署量相比有了显著提高。

调查报告表明，斯洛文尼亚最近部署了两个大规模的商用和工业（C&I）电池储能系统，采用了总计 28MWh 的 Tesla Megapack 电池储能系统，这为东欧地区的商用和工业（C&I）市场带来了显著增长

报告预测，在欧洲各国对可再生能源的目标和承诺以及各种电网服务市场机会的开放推动下，2021 年部署的电池储能系统的总储能容量约为 3GWh。Delta EE 公司分析师 Joao Coelho 在一次网络研讨会上表示，自从 2016 年以来，欧洲电池储能系统部署数量和装机容量正在持续增长。

欧洲累计装机容量已从 2016 年的约 0.55GWh 猛增至 2020 年底的 5.26GWh，如果今年的表现如预测那样强劲，那么到 2021 年累计部署的电池储能系统的储能容量将超过 8.2GWh。电网侧储能系统将占到欧洲储能市场规模 50% 以上。2021 年，电网侧储能系统在市场占据主导地位的趋势似乎仍将持续，随着收入来源开放，欧洲各国在努力实现 2030 年清洁能源目标的同时，加强了对可再生能源承诺。

相比之下，分析机构 Wood Mackenzie 公司调查表明，美国在 2020 年部署了约 1,464MW / 3,487MWh 电池储能系统，这比美国前六年部署的总和还要多。该公司此前在另一项研究中表示，尽管欧洲在可再生能源容量增长方面将超过中国和美国，但在认识到储能系统在这一转变中的重要性方面却远远落后于美国和中国。此外，另一家研究机构 Guidehouse Insights 公司预计，到 2023 年，主要由中国加快部署可再生能源而驱动发展的亚太地区将成为一个比北美地区规模更大的电网规模储能市场。

据媒体报道，德国住宅储能市场规模持续增长，累计部署的储能容量达到约 2.3GWh，覆盖 30 多万户家庭用户。而“欧洲储能市场监测”季度报告表明，预计德国将继续占据欧洲住宅市场的主导地位，2020 年德国累计住宅部署住宅储能系统的储能容量约为 616MWh。

该报告同时也分析了欧洲各国市场显著增长模式。随着西班牙在 2020 年取消了一项具有争议的惩罚性税收措施（这项措施对于那些使用自己的太阳能发电设施的电力而不是将其送入电网的家庭用户征收惩罚性费用），西班牙住宅电池储能市场的储能容量从 2019 年的约 4MWh 跃升到 2020 年的 40MWh，增长了 10 倍。还有一些国家和地区的太阳能发电设施和储能系统部署补贴计划也产生了影响。与此形成鲜明对比的是，法国的住宅太阳能+储能市场在 2019 年至 2020 年间大幅缩减了约 75%，这主要是由于冠状病毒疫情封锁带来的影响，去年只安装了约 6000 套住宅太阳能+储能系统。

在电网侧储能部署方面，英国可能仍将是规模最大的储能市场，英国在 2020 年部署了装机容量约为 941MW 电网侧电池储能系统。Solar Media Market Research 公司最近举办了一次网络研讨会，将 2020 年描述为英国的“电池年”，大量电池储能项目也将于 2021 年上线运营。根据 Delta EE 公司和欧洲储能协会的预测，意大利和爱尔兰将是欧洲地区今年增长率最高的储能市场。意大利电网运营商 Terna 公司正在开放辅助服务市场机会，爱尔兰已经开放了其辅助服务市场，一些电池储能项目开始上线运营，其中包括在爱尔兰 DS3 电网服务市场运营的一个装机容量为 100MW 电池储能系统。

另外值得关注的是北欧几个国家，随着芬兰的风力发电等可再生能源项目的上线运营，以及瑞典将其部分水力发电站与电池储能系统混合部署，北欧国家正在加快部署储能系统，并寻求部署电池储能系统作为缓解电网拥塞和发电设施与负荷之间缺乏接近性的措施。总体来说，欧洲部署的电网侧电池储能项目持续放电时间正在不断增长。

Delta-EE 公司储能和灵活性业务负责人 Jon Ferris 说，“由于进入储能市场的机会不断增加（尤其是用户侧储能系统），以及电池储能系统从多个市场中获取价值的能力不断增强，再加上各国政府对‘绿色复苏’计划的支持，我们预计欧洲储能市场将会加快增长。”

从另外的角度来看，欧盟的应对疫情的经济复苏计划很可能将公共资金用于清洁能源技术的投资，而储能技术则是受益者。该计划投资金额可能高达 1.8 万亿欧元，约 37% 资金必须用于气候投资和改革。这些计划将在今年 4 月前获得批准，以便在 2026 年前实施。

尽管欧盟绿色协议和清洁能源一揽子计划仍然是欧盟政策制定者的优先事项之一，从电池供应链监管到氢储能的气候目标和战略都在进行中，欧洲储能协会政策负责人 Brittney Elzarei 在网络研讨会上表示，欧盟成员国实施清洁能源一揽子计划的情况千差万别，欧盟仍缺乏支持储能系统推广的明确战略。欧洲议会的几位议员去年也表示，电池、氢气和其他储能技术应该成为欧盟“能源政策的关键议题”，因为他们正在撰写一份关于储能系统在能源网络中重要作用的报告。

在欧洲部署储能系统的另一个主要障碍是，在包括德国在内的许多国家中，仍然存在使用电网的双重收费制度。换句话说，储能系统必须为从电网中获取电力而支付一次费用，然后为向电网中



供电而再次支付费用。但是该报告承认，对这些收费制度进行改革是欧洲在储能行业采取的积极措施之一。

刘伯洵 中国储能网 2021-03-25

## 新型“双高”混合型电化学储能器件获进展

锂离子电池和超级电容器是常用的电化学储能器件。记者从中科院大连化物所获悉，该所研究员吴忠帅团队在混合型电化学储能器件方面取得新进展，构建出具有与锂离子电池类似摇椅式工作机理的电池—超级电容器混合储能器件，并通过电极容量和动力学“双匹配”策略，器件能量和功率密度实现了“双高”。

据介绍，该储能器件的性能优于以往报道的具有摇椅式构型的锂离子电池—超级电容器混合储能器件，同时也优于电极容量或动力学不匹配的其他混合储能器件，为“双高”混合储能器件的构型设计和电极优化策略提供了新思路。相关研究结果发表在《能源与环境科学》上。

传统锂离子电池受限于迟缓的体相反应，功率性能较差；超级电容器利用快速的表面过程存储电荷，能量密度较低，这两个“种子选手”并不能满足对能量和功率密度都有较高要求的应用场景。

以往，研究人员主要使用电池型负极和双电层电容型正极，但基于此构建的器件构型充放电过程所需的离子由电解液提供，导致电解液用量大，其性能还受到电池型电极和电容型电极之间极不匹配的电荷存储容量和电极动力学的限制。

吴忠帅介绍，他们选取了具有本征锂离子插层赝电容性质的正交五氧化二铌为负极，镍钴铝三元氧化物（NCA）锂离子电池材料为正极，让锂离子在正负极之间来回穿梭，构建了摇椅式锂离子电池—超级电容器混合储能器件。

该器件中，正负极皆拥有来自氧化还原反应的高容量，但纳米结构应用于高压正极，可能会带来非活性表面重构以及不稳定的电极/电解液界面等问题。为此，研究团队构筑了三维导电网络，以协同降低充放电过程中的内阻和极化，最终使正负极具有高度匹配的容量和倍率性能。

郝晓明 科技日报 2021-03-30

## “3060”目标开启低碳新时代 能源大户按下减碳“快进键”

“3060”碳达峰、碳中和无疑是2021年最热的词之一。

从“十四五”规划纲要到政府工作报告，再到中央财经委员会第九次会议，做好碳达峰、碳中和工作均被重点提及。

“要在剩下不到10年时间里实现碳达峰目标，时间已经非常紧迫。”生态环境部研究员、原国家生态环境保护督察专员夏光如说道。

当前，我国碳排放仍然处在“总量高、增量高”的历史阶段。《中国2030年前碳达峰研究》报告（以下简称“报告”）显示，2019年我国能源活动碳排放约98亿吨，约占全社会碳排放比重的87%。可以说，能源行业想要实现减碳愿景，任重道远。经济日报-中国经济网记者注意到，近期各大能源企业编制的碳达峰、碳中和路线图纷纷“出炉”，为绿色发展、减碳进程按下“快进键”。

碳排放大户 煤炭行业面临巨大挑战

长期以来，煤炭为主的化石能源在我国能源结构中占据主导地位。报告显示，燃煤发电和供热排放占能源活动碳排放的44%，煤炭终端燃烧排放占35%，石油、天然气排放分别占15%、6%。这意味着煤炭行业这样一个碳排放的传统“大户”，要实现碳减排目标，将面临巨大挑战。

作为我国最大的煤基能源企业，国家能源集团早在去年年底就已着手制定2025年碳排放碳达峰行动方案。国家能源集团党组副书记、总经理刘国跃介绍，“十四五”时期，国家能源集团将继续加大可再生能源开发力度，预计可再生能源新增装机达到7000-8000万千瓦。其次，大力推进“生态林”建

设，计划新增造林 10 万亩以上，矿区生态与碳汇减排协同发展。“积极探索化石能源低碳减量可行先进技术，稳步推进全产业链效率提升、节能减排、用能电气化替代，加快终端用能零碳排放”，刘国跃说。

全国第二大煤炭企业——晋能控股集团今年 1 月与中国煤炭科工集团签署“碳达峰、碳中和”战略研究合作协议，旨在全面梳理晋能集团碳排放现状，共同探讨“碳达峰、碳中和”目标实施路径。

碳达峰、碳中和目标对于煤炭工业和煤炭企业来说，在新发展转型升级阶段，既是机遇，又是挑战，更是一场硬仗。那么，煤炭企业要如何迎接这样一场硬仗呢？开源证券资深投资顾问刘浪分析称，从“十四五”规划纲要来看，明确提出了要推动煤炭生产向资源富集地区集中，合理控制煤电建设规模和发展节奏，推进以电代煤。

国务院发展研究中心资源与环境政策研究所副所长常纪文在接受第一财经采访时同样提出，优化煤炭消费压减和能耗指标的区域实施机制，将产业发展劣势地区的指标通过市场机制有偿转移到优势地区，既达到全国减排和节能的目的，又提升综合经济绩效。对火电厂等行业实行大气污染物排放指标交易，对用能权、温室气体排放实行指标交易，在国内开展碳源与碳汇的中和交易。“以问题为导向，设计市场化交易政策和制度。”

电力行业迎政策“春风”

春日暖阳，和风徐徐。进入 2021 年以来，政策暖风频吹。

近日，国家发展改革委等五部门联合印发《关于引导加大金融支持力度促进风电和光伏发电等行业健康有序发展的通知》，强调加大对风电和光伏发电等行业的金融支持力度。国家能源局透露，将制定更加积极的新能源发展目标，同时，还将出台推动能源领域“碳达峰”的相关政策，涉及促进能源低碳智慧转型、新能源高质量发展、新一代电力系统建设、新型储能发展等重点任务。

随着这股“春风”，电力企业绿色转型脚步逐渐加快。作为电力龙头企业，国家电网有限公司透露“千亿大项目”将至。3 月首日，国家电网发布“碳达峰、碳中和”行动方案，提出到 2025 年，要输送清洁能源占比达到 50%的近期目标。此外，将在未来 5 年年均投入超过 700 亿美元来推动电网向能源互联网升级，促进能源清洁低碳转型，助力实现碳达峰、碳中和目标。19 日，国家电网再加码，发布服务碳达峰、碳中和构建新型电力系统的重要举措，提出开放 1000 亿元股权投资，吸引社会资本参与“十四五”时期新增的 2000 万千瓦抽水蓄能电站建设。

在国家电网董事长、党组书记辛保安看来，构建以新能源为主体的新型电力系统，是能源电力行业服务碳达峰、碳中和的重要责任和使命。而抽水蓄能是以新能源为主体的新型电力系统的重要组成部分，对于保障电力供应、确保电网安全、促进新能源消纳、推动构建清洁低碳安全高效的能源体系、更好服务碳达峰、碳中和，具有十分重要的意义。

3 月 18 日，中国南方电网有限责任公司也发布了服务“碳达峰、碳中和”工作方案，提出 21 项措施推动供给侧能源清洁替代，以“新电气化”为抓手推动能源消费方式变革，全面建设现代化电网，带动产业链、价值链上下游加快构建清洁低碳安全高效的能源体系。

光大证券认为，大力发展新能源，2030 年新能源装机较 2020 年新增 4 倍。能源需求侧推动“新电气化”进程，可支撑单位 GDP 碳排放下降；电网侧提升清洁能源资源优化配置能力。

“气超油”只是开始 “三桶油”全面推进绿色低碳发展

构建清洁低碳、安全高效的能源体系，已成为全球油气行业的共识和发展方向。中国石油集团、中国石油化工集团、中国海洋石油集团正在全面推进绿色低碳发展，并在天然气、新能源、氢能领域加大投入。

早在去年 11 月，中国石油便已推动其自身绿色转型，践行碳中和目标。11 月 11 日，中国石油首个大庆油田马鞍山碳中和林揭牌成立，预计栽植乔木 2.126 万株，为全面加强森林碳汇业务迈出了重要的一步。新年伊始，中国石油对外发布消息，2020 年，集团公司国内油气产量首次突破 2 亿吨，其中天然气当量突破 1 亿吨，首次超过原油产量，提前 10 年实现“气超油”。

要想加快实现碳达峰、碳中和目标，应对气候变化，实现低碳发展，提高天然气在一次能源中

的比例势在必行。实现“气超油”只是一个开始，“随着我国碳达峰和碳中和目标的提出，天然气将迎来新的更大的发展机遇期”，“十四五”发展院士专家咨询研讨会上传出这样的声音。

“三桶油”中的另外两家中石化和中海油，同样在用各自的方式助力 3060 碳目标的实现。去年 11 月，中国石化与国家发展改革委能源研究所、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、清华大学低碳能源实验室三家单位分别签订战略合作意向书，共同研究提出中国石化率先引领能源化工行业碳达峰和碳中和的战略路径。

据了解，“十三五”以来，中国石化在控制温室气体排放，碳减排工作取得了明显成效。在开发洁净能源方面，加大常规天然气产能建设的同时，加大页岩气、煤层气勘探开发力度；加快布局氢能产业，建成国内首座油氢合建站。在强化节能管理方面，加快产业结构调整，淘汰落后产能；推进“能效提升”计划，已累计实施 3406 个项目，实现节能 548 万吨标煤，减少温室气体排放 1348 万吨。

中海油则在今年新年伊始正式启动碳中和规划。1 月 15 日，中国海洋石油集团宣布，通过多部门组成的研发机构开展双碳目标的顶层设计，在绿色低碳生产进程推进、“绿色油田”、“绿色工厂”建设等方面集中发力，构建清洁能源供应体系。

碳达峰、碳中和目标正深切改变着我国“富煤、贫油、少气”的能源格局，3060 目标催生新能源产业迅速崛起，倒逼能源行业向着清洁低碳、安全高效转变，加快形成能源绿色生产和消费方式，助力生态文明建设和可持续发展。（经济日报-中国经济网记者王婉莹）

王婉莹 经济日报-中国经济网 2021-03-29

## 地热能

### 地热能有望“后卫”转“前锋”

“随着国家对深层地热能的重视度越来越高，未来地热能有望从原来的‘后卫’转为‘中锋’或‘前锋’。”中国科学院地热资源研究中心主任庞忠和近日在接受《中国科学报》采访时说。

此前，美国佛罗里达理工大学等高校的科研人员在《欧洲物理杂志》发布论文称，通过浅井获得的地热能会随着时间推移逐渐降低，可能在几十年内失效，如果技术和资金允许，应考虑更深的钻探。

不过，庞忠和指出，在高温地热发电和深层地热能开发利用技术方面，欧美等发达国家已经研究了近 50 年，而我国刚刚起步，与国外尚存差距。

“要想迎头赶上，一方面必须加强基础研究，另一方面还要让基础研究为产业服务。”庞忠和说。

地球“充电/热宝”

面对“2030 年前碳达峰，2060 年前实现碳中和”的奋斗目标，地热能作为清洁非碳基可再生能源迎来空前的发展机遇。近日出台的《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》明确指出，要因地制宜发展地热能，加快大容量储能技术研发推广。

为进一步推动我国地热地质学和深层地热能的发展，3 月 19 日，国家自然科学基金委员会“地热地质学与深层地热能”方向战略研究项目联合启动会在中国科学院地质与地球物理研究所召开，会议由中国科学院院士汪集暘主持，多位专家共同“把脉”我国地热能的高效利用和可持续发展。

作为“深层地热能的地球科学问题研究”项目负责人，庞忠和指出，地下“储能”是地热能未来发展的重要方向之一，通过将各种余热回灌至地下空间存储，可有效发挥地热能作为连续稳定基础负荷的作用。“好比是将原来的一次性电池改为可充电循环电池，解决能源的规模化长期存储问题”。

中国地质大学（北京）教授李克文直言：“仅依靠现在的风能太阳能等作为清洁能源，我国很难在规定时间内实现碳中和，必须大力开发和利用地热能。”

实际上，早在 2018 年李克文团队就提出了“零碳中国”的构想，还为此研究了实现“零碳中国”的

可行性和技术路线，并在热光伏发电等技术的基础上开始了零碳建筑的有关研究，获得了相关的国家发明专利授权。

国务院新闻办公室发布的《新时代的中国能源发展》白皮书指出，目前我国地热产业在热利用总量上已位居世界第一，截至 2019 年底，我国浅层和中深层地热能供暖建筑面积超过 11 亿平方米。“人均 1 平方米的地热供暖面积还是太少了，未来仍有巨大的发展空间。”庞忠和表示。

#### 开展前瞻性研究

2017 年，国家发展改革委、国土资源部及国家能源局共同编制的《地热能开发利用“十三五”规划》正式发布，我国地热产业迎来“第二个春天”，逐步走上高质量发展之路。

“对于地热能开发利用，不仅要突破当下的技术瓶颈，更要从现在开始探讨未来可能被‘卡脖子’的技术。”李克文告诉记者。

庞忠和表示，实现地热的弯道超车不能开展重复简单的研究，必须找出世界前沿性问题，找出当前我国地热的重大需求和瓶颈问题。此外，还要利用好现有研究能力，认清我国地热研究队伍、平台、研究积累等实际情况。

为此，他建议要进一步加强青藏高原及周边地热资源研究，梳理地热开采的关键地学问题，破解深部地热能开发利用“卡脖子”技术难题，揭示新生代重大构造—热事件对深层地热能的影响，开展深层地下高温储能系统的关键问题研究等。

“深层地热开采的诱发地震研究是国际研究热点，虽然我国在这方面已有一定积累，但还需针对复杂地热岩体动力破坏规律与破坏准则、多场耦合条件下断裂活化与扩展规律、诱发地震的多场耦合扰动过程与主控因素等关键科学问题进行梳理，并结合国家战略需求制定 2025 年深部地热中的诱发地震研究方向框架。”庞忠和指出。

“中国西南地区高温水热型地热资源研究与开发利用的发展战略”项目负责人、中国地质大学（武汉）教授郭清海表示，水热型地热资源是目前人类主要开发利用的对象，国际上大型地热电站的建设均首选高温水热型地热区，截至 2018 年 10 月，全球地热发电总量达 14369MW，绝大部分来自于高温水热系统的贡献。

在他看来，高温水热型地热资源比中、低温水热型地热资源在理论研究和开发利用方面更具价值和采能效率。此外，在当前经济技术条件下，高温水热型地热资源比干热岩型地热资源的开发和利用更具普遍性和可行性。

郭清海指出，我国水热型地热资源分布不均匀，尤其是高温水热型地热资源主要分布于西南部的藏南、滇西、川西一带以及东南部的台湾。

“要查明高温水热型地热资源的分布规律，高温水热系统的形成机制研究是关键所在。此外，还要查明我国西南地区高温水热系统已完成调查和研究工作的薄弱环节，理清其勘查和开发利用技术的发展瓶颈。”郭清海强调说。

#### 亟需加强政策扶持

近年来，我国在地热能技术研发上的投入逐渐增加，但制约地热能发展的因素仍然存在，其中高成本是让众多投资商望而却步的重要原因。

一块银色的薄板，只要将手放在上面即可产生电流，记者体验了李克文团队最新研发的热光伏发电成果。“只要有温差，就能将热能转化为电能。”李克文说。

多年来，李克文团队一直关注地热能研究与产业的对接，他坦言，“高成本的高温钻井仍然是地热能开发利用的重要制约因素，政府应该加大补贴等支持力度，同时在制定相关政策时关注技术的延展性，过细过严都不利于新技术的发展。”

“我国地热研究人才十分短缺，应该尽快完善从本科、硕士生到博士生系统性的地热能教学体系。为此，中国地质大学（北京）经教育部批准，新成立了与地热有关的本科生专业。当然，也要避免盲目跟风开设地热学科专业。此外，国家和社会还应该营造正确的舆论氛围，提高年轻人的薪资待遇，引导更多的年轻人走进地热等制造业。”李克文表示。

对于“十四五”时期如何更好推动地热能高效开发利用，汪集暘和庞忠和从体制和政策方面提出了 5 点建议，一是把“政策供暖线”边界由黄河为界调整到以长江为界；二是推广“特许经营权”等有效的市场准入模式，基于开放提高产业发展质量；三是为地热发电提供电价补贴，改变我国地热发电的落后局面；四是基于地热能的可再生能源本质属性，落实免税政策；五是改革地热矿权管理机制，形成适合地热流体矿产的新机制。

此外，他们还指出“十四五”要面向未来支持新的研究方向，壮大地热能战略科技力量。重点支持地下“储能”等“前置”技术研发，发展优势互补的综合能源系统。“前锋”与“后卫”呼应，形成倍增效应和全天候保障能力。

科学网 2021-03-22

## 生物质能、环保工程

### 德国“沼气证书”的启示

“当时，我在德国柏林一个零碳科技园参观，园区厂房屋顶上装了光伏板，内部交通完全采用纯电动车。令人疑惑的是，园区里还有一个燃气热电联产项目，这怎么是零碳呢？园区的工作人员告诉我，他们用的是沼气，还有‘沼气证书’。”清华大学能源转型与社会发展研究中心常务副主任何继江日前给记者讲起自己在德国考察时的见闻，提到“沼气证书”令人印象深刻。

“经过了解，原来园区使用的沼气，来自一个距离柏林城区 80 公里的村庄，沼气经过净化后，直接并入天然气管网。”何继江说，虽然园区从管网公司购买的不是最初生产并网的沼气，但由于额外支付了一笔费用购买“沼气证书”，当地政府就视之为使用了沼气。

据何继江介绍，为鼓励当地沼气业发展，德国能源署特别开发了“沼气证书”机制。在德国，沼气站可将沼气洗净达到天然气管网内甲烷气的标准，然后按天然气的价格售出，另外获得等量的“沼气证书”。如果有燃气用户在购买燃气用于热电联供的同时，购买了等量的“沼气证书”，则被视为使用了沼气，就能以政府确定的沼气发电电价向电网公司销售其所发的电力。何继江表示：“中国完全可以借鉴这样的制度，特别是为了实现‘30·60’双碳目标，更需要鼓励像沼气这样的零碳能源更为广泛地使用。”

不过，乐山太阳能研究院院长姜希猛指出：“目前，沼气发电如何并网是国内面临的现实问题。”他坦言，如果要在国内施行类似“沼气证书”的制度，就必须解决沼气的并网难问题。“让天然气管道对沼气开放。在这一过程中，要设计相应的鼓励和保障机制，例如，可以规定并网和安装的成本分配，由管网运营商和沼气生产商共同承担并网费用，其中沼气生产商承担成本的至少 25%左右，超出部分则由管网运营商承担。还可以引入质量平衡规则来追踪入网气体，假设在管线任意点位都可以提取被注入的生物天然气，在这样的前提下进行质量追溯。”

姜希猛同时强调，一旦管网对沼气敞开，就要严格设定沼气洗净并入天然气管网的技术标准。“这一环节可以参考国外相关的行业技术规范和法律法规，制定严格的监测流程和标准。”

当前，我国在陆上风电和光伏发电领域正在推行绿色电力证书制度。但施行至今，成交量微乎其微。一旦推行“沼气证书”，是否会出现类似的“水土不服”呢？如何在前期制度设计的过程中尽量减少可能出现的问题呢？

何继江表示，德国之所以能够顺利推行“沼气证书”制度，得益于欧洲成熟的碳市场。“如果用户不购买‘沼气证书’，而是直接使用天然气，是要为碳排放付费的。去年，受到新冠肺炎疫情影响，欧洲碳市场的碳价在 20 欧元/吨左右，现在已经涨到每吨 37 欧元-38 欧元。这时，消费者就会进行成本比较，如果购买“沼气证书”比碳交易价格更划算，“沼气证书”就自然会受到市场的青睐。只要有终端用户购买，就会鼓励生产企业的积极性，进而就会带动行业的发展。”

姜希猛也指出，在德国拥有“沼气证书”就能以沼气发电的电价，向电网销售所发的电力。“如果要引进类似的制度，就要根据我国沼气发电及相关产业的发展现状，推出符合沼气工业发展特色的‘沼气证书’制度。尤其是要明确沼气发电向电网销售的电力的价格及补贴政策。另外，如果可以配套推出相应的强制配额制度，也将使‘沼气证书’的推广更加顺畅。”

本报记者 姚金楠 中国能源报 2021-03-22

## 2022年广州市预计生活垃圾焚烧设计处理能力将达到3.3万吨/日

近日，广州市城管局在回复广州市人大代表方雪容提出的《关于加大公共设施建设管理，提升市民幸福感获得感的建议》（第20212074号）的建议中表示，近年来，广州市城管局与相关部门和区密切合作，全力推进生活垃圾处理设施建设工作，目前，广州已建成运营的资源热力电厂7座，处理能力达到1.55万吨/日。南沙、花都、增城、从化四区率先实现了原生垃圾零填埋；预计到2022年，全市生活垃圾焚烧设计处理能力将达到3.3万吨/日，生化处理能力将达到5000吨/日，基本满足2035年前常住人口2000万人、管理人口2500万人的发展要求。

广州已建成运营资源热力电厂7座，处理能力达1.55万吨/日

广州市城管局表示，为进一步巩固广州市“焚烧为主、生化为辅、填埋兜底”的生活垃圾处理新格局，市城管局与相关部门和区密切合作全力推进各生活垃圾处理设施建设工作，建成运营的资源热力电厂7座，处理能力达到1.55万吨/日。南沙、花都、增城、从化四区率先实现了原生垃圾零填埋；生化处理设施建设方面，广州市已建成生化处理设施4座，处理能力4680吨/日。此外，广州市还建成一批分散式餐厨处理设施，与广州市目前生活垃圾分类处理的需求基本匹配。

广州5座垃圾焚烧处理设施在建，预计新增焚烧处理能力17600吨/日

与此同时，广州市也在持续推动城市生活垃圾处理设施建设。据统计，目前广州有5座焚烧处理设施和4家生化处理设施正在建设中。

其中，在建焚烧处理设施有5座，分别是福山循环经济产业园生活垃圾应急综合处理项目、广州市第四、五、六、七资源热力电厂二期工程及配套设施，预计建成后可新增焚烧处理能力17600吨/日。

在建生化处理设施有4座，分别是广州东部固体资源再生中心（萝岗福山循环经济产业园）生物质综合处理厂二期工程、南沙区餐厨垃圾处理厂、花都生物质综合处理厂、从化固体废弃物综合处理中心餐厨垃圾及易腐有机废弃物处理厂项目，预计建成后可新增生化处理能力2470吨/日。并建设一批分散式餐厨处理设施。

垃圾压缩站也要“小设施，大师作”

市城管局还编制《广州市大中型生活垃圾压缩站及主城区环卫停车场布局规划2020-2035》，合理规划布局，确保生活垃圾压缩站建设用地得到保障。

据介绍，“十四五”期间，广州市计划建设1座大中型压缩站和10座中小型压缩站，进一步增强全市特别是老城区的垃圾压缩中转能力；并针对目前存在设施陈旧、外观形象较差、地面破损较多的压缩站，按照“小设施，大师作”要求进行升级改造，引入先进设备，降噪除臭，彻底改变压缩站传统的脏乱形象。

2022年，广州生活垃圾焚烧设计处理能力将达3.3万吨/日

下一步，市城管局将按照“市区联动、部门协调、属地管理”的原则，进一步加大对各项目的建设运营管理力度，重点加大对在建项目的督查督办和统筹协调力度，全面加快推进新一轮生活垃圾处理设施建成落地。

预计到2022年，全市生活垃圾焚烧设计处理能力将达到3.3万吨/日，生化处理能力将达到5000吨/日，基本满足2035年前常住人口2000万人、管理人口2500万人的发展要求，基本形成“焚烧为主、生化为辅、填埋兜底”的垃圾分类处理新格局。同时，积极推进越秀区地下大型生活垃圾转运站

（1000 吨/日）建设，从根本上解决老城区垃圾压缩转运能力不足等问题，进一步优化人居环境。

贾政 广州日报 2021-03-28

## 太阳能

### 浮式光伏开发潜力不容小觑

随着绿色转型浪潮席卷全球，浮式光伏日益受到重视，多国明确鼓励开发浮式光伏电站。预计未来 5 年，全球浮式光伏市场的投资总金额将增长 3 倍有余。

与地面光伏电站相比，浮式光伏电站不需占用较多的土地资源，一直被视为民众接受度更高的清洁能源。根据咨询机构 Prescient & Strategic Intelligence（以下简称“P&S”）的最新报告，随着绿色转型浪潮席卷全球，浮式光伏日益受到重视，多国政府明确相关政策，鼓励开发浮式光伏电站。预计未来 5 年，全球浮式光伏市场的投资总金额将增长 3 倍有余。

不过，也有业界人士指出，受突如其来的新冠肺炎疫情影响，浮式光伏行业的发展步伐已被打乱，要实现爆发式增长还有一段距离要走。

多数项目延期并网

据市场研究机构 SPE 估计，2020 年，全球光伏新增装机规模约在 112 吉瓦左右，较 2019 年下滑 4%。在光伏大市场新增装机容量整体下滑的情况下，浮式光伏市场的发展也受到了影响。

P&S 的报告显示，2020 年，新冠肺炎疫情在全球范围内的流行抑制了浮式光伏新增装机规模的增长。上半年，受多国封城等防疫措施影响，大部分光伏组件厂商或降低产能、或关闭生产线，导致建设浮式光伏项目所需的设备产品严重不足，多数原定于 2020 年底并网发电的浮式光伏项目建设进度远远落后于计划。

P&S 认为，光伏主要制造环节的短暂“停摆”影响了整个供应链。虽然 2020 年下半年，光伏市场快速复苏，但主要还是商业模式更为成熟的地面光伏电站和户用屋顶光伏项目大范围恢复安装，作为尚处于发展阶段的新兴产业，浮式光伏所受影响更大。

P&S 预计，随着全球各国逐渐摆脱新冠肺炎疫情对交通运输和经济发展的影响，浮式光伏项目的建设将不断恢复，诸多 2020 年无法并网的在建浮式光伏项目，有望于今年下半年陆续并网发电。

仍需依赖政策红利

近年来，光伏产业的快速崛起促进了浮式光伏等细分市场的发展，使其逐步进入大众视野，并获得了资本市场的关注。根据 P&S 的统计，2019 年，全球浮式光伏市场投资总金额已经突破 6.8 亿美元，目前正向两位数进发。

然而，业界普遍认为，不能忽视的是，浮式光伏产业尚不成熟，开发进度也慢于预期。截至目前，市场对这一细分领域装机规模还没有较为精确的统计。行业咨询机构惠誉统计的数据显示，2020 年，全球规划或在建的浮式光伏项目共 16 个，总装机规模约 11 吉瓦。

不管从项目数量还是规模来看，浮式光伏市场都有拓展空间。多家研究机构认为，各国政府在促进浮式光伏产业发展上能够发挥较大的作用。在补贴等政策红利的激励下，将会有更多投资者青睐浮式光伏项目。

P&S 在报告中指出，比如在越南，浮式光伏项目的电价已经达到 7.69 美分/千瓦时，远高于地面光伏电站等其他类型的光伏项目，对投资者而言更有吸引力。另有印度设定的浮式光伏项目电价为 5.81 美分/千瓦时，除了直接补贴外，印度政府还允许浮式光伏项目签订长期购电协议，提前找好买家，此举也对市场起到了一定的刺激作用。

开发潜力不容小觑

尽管浮式光伏在全球范围内尚处于发展阶段，P&S 仍然认为，浮式光伏日益受到政府的重视和



市场的关注并不是偶然。

随着全球能源转型进程不断提速，各国均设定了具体的可再生能源发展目标。为了尽早实现既定装机规模，大基地光伏建设必不可少，但目前主流的集中式地面光伏电站因占用大面积土地而颇受诟病，相比之下，浮式光伏项目可以利用湖泊、水库、海洋等闲置水体表面，优势明显。

P&S 在报告中指出：“尽管光伏发电绿色可靠，但部分投资者因土地占用问题并不愿选择传统的地面光伏电站项目。如果未来可利用土地面积越来越有限，占地问题或将影响光伏产业的整体发展空间。浮式光伏则可以有效解决这一困境。”

另据行业研究机构 DNV GL 最新发布的研究报告，如果将全球现有水电站的水库利用起来，发展浮式光伏项目，潜在的装机容量将达到 4 太瓦。

在此背景下，P&S 认为，资本市场对浮式光伏的认可度还将进一步提高，预计到 2026 年，全球浮式光伏市场的投资总金额有望超过 23 亿美元，较 2019 年的 6.8 亿美元增长 3 倍有余。

惠誉则表示，随着浮式光伏成为能源领域新的投资热点，未来 5 年，全球浮式光伏的新增装机容量有望超过 10 吉瓦。

本报记者 董梓童 中国能源报 2021-03-22

## 光伏全产业链谋变革

日前，中国光伏行业协会和阳光电源联合举办的光伏先进技术研讨会在合肥召开。多位与会专家认为，“30·60”双碳目标的提出，给光伏、风电等新能源发电行业带来广阔的发展前景，同时也带来艰巨的挑战，面对史无前例的发展机遇，光伏产业还需自我突破，加强技术创新。

上网电价将持续降低

中国光伏行业协会副理事长兼秘书长王勃华分析，到 2030 年，风电、光伏发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上，预计今年新增装机 55-65 吉瓦，“十四五”期间，光伏年均新增装机规模将达到 70-90 吉瓦。

同时，光伏发电成本也迎来快速下降。“2010 年以来，全球新投运的光伏发电电价下降了 70% 以上，未来发电成本仍将持续下降，随着光伏转换效率和工艺制造水平持续提升，光伏产业中长期内将成为我国上网电价最低的供电方式，预计 2035 年光伏装机将超过煤电，成为我国装机规模最大的电源。”水电水利规划设计总院总工程师谢宏文说。

阳光电源股份有限公司高级副总裁赵为认为，过去十年我国光伏发电成本下降 90%，风电成本下降 25-40%，当前光伏、风电的平准化度电成本已低于煤电，随着储能成本的快速下降，风储、光储的平准化度电成本可能分别在 2021 年、2022 年低于煤电。

推动跨界融合

多位与会专家认为，实现“30·60”双碳目标的关键，在于光伏等新能源企业在技术上的迭代创新。

“今年 1、2 月，新注册的可再生能源企业数量达上万家，这说明新能源产业形势可期，但可再生能源的缺陷不容小觑，比如间歇性、波动性问题，产业链非常长等。”阳光电源股份有限公司董事长曹仁贤表示，光伏产业横跨化工行业和电力行业，超长产业链让企业之间的博弈异常激烈，这无形中分散了很多企业的精力，削弱了企业的洞察力，导致缺少有针对性的创新。

“目前，我国的末端电价非市场化，光伏企业最需要面对的，是如何做好企业和产品的迭代创新，适应高比例可再生能源发展带来的机会和挑战。”曹仁贤说，诸多条件限制，让光伏企业尤其是下游企业，创新起来非常难，但“30·60”双碳目标的紧迫性，需要光伏企业达成共识，一起为行业降本创新出力，共同推进光伏行业的跨界融合。

隆基绿能科技股份有限公司董事长钟宝申也认为，过去的能源体系依赖资源，而在未来，应大力发展能源科技，摆脱对一些基础自然资源的依赖。“由于光伏产品服役时间为 25-30 年，尤其是光伏组件，要适应 50 年甚至百年一遇的突发天气，所有创新一定要基于稳健可靠，可靠性、适应环境

能力不够的创新，最终成本反而会上升。”在钟宝申看来，未来的光伏创新，首先要聚焦于核心的电池效率的提高，其次要聚焦于和场景应用的结合。

“2020年，受自然灾害及新冠肺炎疫情影响，行业内硅料减产，导致短期内供给严重不足，而今年，全年硅料供应仍将持续紧张，价格也将持续增长，除此之外，自去年下半年以来，光伏玻璃价格连续上涨，使光伏企业不堪重负。”在王勃华看来，供应链的把控能力也将成为光伏企业竞争制胜的关键。

#### 解锁更多应用场景

寻求技术变革外，光伏的应用场景和边界也应不断寻求突破。天合光能股份有限公司董事长高纪凡指出，光伏产业的核心问题之一在于缺乏应用场景。

比如东部的江苏、安徽等省份想要发展光伏，没有那么多屋顶，怎么解决？在高纪凡看来，光伏企业未来应按应用场景考虑解决方案，多做“光伏+氢能”、“光伏+储能”等模式，不单纯以追求组件销售量为目标，而是构建一套以用户为中心的低碳能源整体解决方案，也就是智慧能源互联网体系。

此外，发电端和用电端之间距离较远，也是光伏产业面临的问题之一。

高纪凡表示，仅靠建设特高压“西电东送”不能完全解决问题，需要建立电网体系和非电网体系相结合的新能源电力体系。比如，通过建立可再生能源支撑的储能或氢能，以线下运输的方式把电能送到用能中心直接使用。

浙江正泰新能源开发有限公司董事长陆川也表示，光伏发电的应用场景多样化，是光伏企业未来需要致力的方向。“在地面电站方面，我国东部虽然是用电负荷中心，但是土地资源非常稀缺，尽管有相关企业尝试了多种“光伏+”的模式，比如农光互补、林光互补等，但装机容量远远不够。因此对于工商业分布式光伏、户用光伏、地面电站等几大类应用场景，光伏企业需做更多探索。”

本报记者 仲蕊 中国能源报 2021-03-29

## 光伏光热建筑一体化获政策力挺

为进一步扩大北方地区冬季清洁取暖支持范围，持续推进绿色发展，近日，财政部、住房和城乡建设部、生态环境部及国家能源局综合司联合印发《关于组织申报北方地区冬季清洁取暖项目的通知》，启动了北方地区除2017—2019年已纳入中央财政冬季清洁取暖试点之外城市的清洁取暖补贴申报。

太阳能取暖、既有建筑节能改造再次与“煤改气”“煤改电”，以及地热能、生物质能、工业余热、清洁燃煤集中供暖（满足超低排放标准）等并列被纳入支持范围。

结合当前我国建筑领域节能低碳发展的迫切需求，在业内解读看来，国家上述积极举措将再次为太阳能光热建筑一体化在北方地区的推广应用注入强劲动能。以此为契机，未来，以太阳能为中心的多能互补或成为绿色建筑的必由之路。

#### 发展严重滞后预期

实际进度不及规划目标 1/4

记者注意到，这并不是太阳能第一次出现在国家清洁取暖相关文件中。早在2017出台的《北方地区冬季清洁取暖规划（2017—2021年）》（下称《规划》）首次明确清洁取暖的概念和范围时，就已有关于支持太阳能取暖的相关表述。

《规划》鼓励积极推进太阳能与常规能源融合，采取集中式与分布式结合的方式进行建筑供暖，鼓励在条件适宜的中小城镇民用及公共建筑上推广太阳能供暖系统。进一步推动太阳能热水应用，支持农村和小城镇居民安装使用太阳能热水器，推动太阳能热水系统与建筑的统筹、规划设计和应用。

根据《规划》目标，到2021年，实现太阳能供暖面积目标5000万平方米。然而，中国农村能

源行业协会太阳能热利用专业委员会发布的统计数据显示，尽管 2020 年我国新增太阳能供暖面积已突破 1000 平方米，达到 1225 平方米，但仍只相当于上述规划目标的不到四分之一。

记者实地调研中也发现，太阳能取暖实际工作推进一直只是中央倡导“雷声大”，地方落地“雨点小”；市场需求大，政策难给力。对此，一位不愿具名、从事北方清洁取暖示范城市咨询工作的人士告诉记者，其团队曾多次向一些地方政府呼吁试点太阳能取暖，但得到的回复均是“不在补贴范围内”，最终不了了之。

建筑碳达峰、碳中和

光伏、光热建筑一体化是必由之路

“太阳能与建筑相结合有着天然的优势。”中国建筑科学研究院低碳研究中心主任邓高峰告诉记者。

她具体分析，在空间上，我国建筑面积广阔，达到 600 多亿平方米，大量的屋顶和立面可以用于光伏发电和光热；在能量匹配上，光伏光热正可对应建筑电和热为主的用能方式，且和大工业用能相比，光伏光热基本可满足建筑的能源需求；在能源形式上，光伏的直流的形式也适用于建筑内电器、照明。

太阳能与建筑节能相结合的应用形式有两种，一种是 BIPV（光伏建筑一体化）；一种是光热建筑一体化。

英利集团首席技术官、光伏材料与技术国家重点实验室主任宋登元介绍，BIPV 产品并不是简单的光伏板，而是可以发电的新型绿色建材，这正与节能建筑在绿色建材方面的需求高度契合。

北京瓦得能科技有限公司董事长王欣荣告诉记者，光热建筑一体化是利用光热组件组成的屋面系统或墙面系统，通过吸收太阳能辐射热，用于生活热水供应以及冬季建筑供热，亦可成为我国既有建筑改造的重要方向。

从欧美发达国家的综合利用太阳能示范建筑实践看，太阳能建筑节能率可达到 75%左右。“从整个行业发展态势看，内因和外因都非常支持在建筑领域与太阳能利用深入结合，在不远的将来，建筑与光伏、光热一体化是必由之路。”邓高峰指出。

在 BIPV 为例，记者梳理公开报道发展，目前已经有北京、浙江、广东等近 20 个省份发布政策支持分布式光伏发展。业内预计，作为建筑领域完成碳达峰、碳中和目标任务不可或缺的一环，以及绿色建筑主要技术路线之一，未来我国 BIPV 年均新增装机可达到 36 吉瓦左右，按照当前价格对应市场规模超 2000 亿元。

光伏光热+多能互补

让建筑成为“会挣钱的房子”

“目前太阳能热水器、光伏发电、生物质取暖等技术均已成熟，代表了可再生能源在建筑领域比较理想的应用模式，具有投资少、运行费用低、操作简便等优势。”德桥能源技术研发中心主任韩培学表示。

宋登元进一步指出，虽然 BIPV 价格高于传统玻璃幕墙，但由于产品发电功率可达 30 年以上，一方面可节约建筑自身用电成本；另一方面可持续产生发电收益，甚至在建筑全生命周期内成本为零或者负，成为“会挣钱的房子”。

有专家同时指出，光伏、光热应用到清洁取暖时，还可与其他热源设备耦合多能互补，以确保满足建筑全部用能需求。

在韩培学看来，“太阳能+”热泵是最为现实可行的建筑多能互补模式。“未来，‘太阳能+’工业余热、污水热源、空气源热泵等均可成为可复制可推广的清洁取暖路线。”

记者了解到，目前，不少地区已经开始对光伏和热泵供暖进行布局。

例如，山东省目前已相继建成一批“太阳能+”多能互补热利用供热采暖项目。例如山东省邹平市明集镇怡和家园社区采用了“太阳能+空气能+地热能”三热源互补联供，保证了居民室内温度持续达到 25 度左右，解决了全村 230 户居民取暖问题。

多位受访专家表示，希望国家尽快明确“太阳能+”建筑的发展方向，规范光伏、光热建筑一体化实施细则，并出台公正、科学的光伏、光热建筑一体化行业技术标与多能互补在低碳建筑应用的标准规范，使其走上可持续发展轨道，成为贡献“碳达峰、碳中和”的重要力量。

韩培学亦建议，开展零碳村镇阳光住宅示范项目，以此总结经验，推动“太阳能+建筑”规模应用，助力乡村振兴与美丽乡村建设。

本报记者 齐琛同 中国能源报 2021-03-29

## 韩国 2020 年光伏新增装机规模约 4.1GW

韩国贸易工业和能源部（MOTIE）估计，去年韩国并网发电的新光伏系统约为 4.1GW，累计光伏装机容量达 15.6 吉瓦左右。如果得到官方统计数据的确证，2020 年成为该国有记录以来最成功的一年，2019 年光伏装机 3.8 吉瓦，2018 年光伏装机 2.4 吉瓦。

总部位于首尔的 Solutions for Our Climate 的研究人员 Yeji Kim 对光伏杂志说：“去年是韩国政府宣布到 2030 年实现 20% 的可再生能源计划的第三年，这导致了太阳能的繁荣。”

然而，今年的增长率可能低于 2020 年，因为一些地方政府正在通过针对项目选址的新法规限制公用事业规模项目的开发。这位分析师援引韩国能源署（KEA）的最新数据称，今年第一季度新安装的光伏容量达到 0.56 GW，而在 2020 年同期，新的光伏系统总计超过 1 GW。

据了解，韩国目前计划到 2030 年安装 30.8 吉瓦的太阳能，这个宏伟的目标有望通过建立巨型太阳能公园来实现，例如 2.1 吉瓦的浮动太阳能项目和为 Saemangeum 宣布的 3 吉瓦的地面光伏阵列。

最近，韩国政府宣布了一项计划，到 2030 年再增加 2.1 GW 的浮动光伏发电。此外，MOTIE 计划今年在两个光伏招标中分配约 4 GW 的太阳能发电能力，这两个招标可能会在 4 月和十月启动。该部最近还宣布，希望通过允许国内电力消费者通过购电协议（PPA）从可再生能源电力生产商那里购买电力来帮助开发无补贴的太阳能。

北极星电力网 2021-03-28

## 海南光伏平价项目需配 10%储能！2021 年已有八省明确新能源配储比例要求

3 月 15 日，海南发改委发布《关于开展 2021 年度海南省集中式光伏发电平价上网项目工作的通知》，其中明确每个申报项目规模不得超过 10 万千瓦，且同步配套建设备案规模 10% 的储能装置。2021 年截至目前，明确提出新能源发电配置储能比例的地区已达八个省份。

2021 年从已发布的相关政策来看，储能行业延续了 2020 年的热点，焦点仍在新能源储能。

为发展壮大新能源产业，落实国家“碳达峰、碳中和”工作，在 2021 年的能源工作计划中，储能被多次提及，且都要求了配置比例，如果说以前是鼓励，今年多地则是强制。目前来看，配置比例要求在 10% 的较多，发布省份也多集中在可再生能源资源聚集区域。

2021年新能源发电配置储能政策					
序号	省份	文件	配置要求	时间	发文机构
1	海南省	《关于开展2021年度海南省集中式光伏发电平价上网项目工作的通知》	全省集中式光伏发电平价上网项目实施总规模控制，每个申报项目规模不得超过10万千瓦，且同步配套建设备案规模10%的储能装置。	2021/3/15	海南省发改委
2	新疆阿克苏地区	《关于组织开展阿克苏地区2021年光伏发电项目竞争性配置工作的通知》。	阿克苏地区2021年新增光伏发电项目总规模20万千瓦，纳入开发建设光伏发电项目需按不低于10%的装机比例配置储能项目建设规模，储能项目与光伏发电项目要求一体开发，同时开工、同步建设。	2021/3/12	新疆阿克苏阿瓦提县发改委
3	陕西省	《关于促进陕西省可再生能源高质量发展的意见（征求意见稿）》	从2021年起，关中、陕北新增10万千瓦（含）以上集中式风电、光伏发电项目按照不低于装机容量10%配置储能设施，其中榆林地区不低于20%，新增项目储能设施按连续储能时长2小时以上，储能系统满足10年（5000次循环）以上工作寿命，系统容量10年衰减率不超过20%标准进行建设，且须与发电项目同步投运。鼓励地方政府或大型企业牵头在升压站附近配置集中式储能电站。	2021/3/11	陕西省能源局
4	贵州省	《贵州省风电光伏发电项目管理暂行办法》	新建的风电、光伏发电项目应按照“同步规划、同步设计、同步建设、同步投产”的原则配套储能；储能建设规模不应低于电网测算建议配置的规模。	2021/3/5	贵州省能源局
		《关于上报2021年光伏发电项目计划的通知》	申报项目为集中式光伏电站，单个项目不限规模。在送出消纳受限区域，计划项目需配备10%的储能设施。	2020/11/20	贵州省能源局
5	山东省	《2021年全省能源工作指导意见》	建立独立储能共享和储能优先参与调峰调频机制，新能源场站原则上配置不低于10%储能设施。全省新型储能设施规模达到20万千瓦左右。	2021/2/7	山东省能源局
6	青海省	《支持储能产业发展的若干措施（试行）》	新建新能源项目，储能容量原则上不低于新能源项目装机量的10%，储能时长2小时以上。	2021/1/29	青海省能源局
7	山西大同	《大同市关于支持和推动储能产业高质量发展的实施意见》	增量新能源项目全部配置储能设施，配置比例不低于5%；	2021/1/13	大同市人民政府
8	宁夏回族自治区	《关于加快促进自治区储能健康有序发展的指导意见（征求意见稿）》	“十四五”期间，储能设施按照容量不低于新能源装机的10%、连续储能时长2小时以上的原则逐年配置；	2021/1/8	宁夏发改委

#### 海南省

发改委《关于开展2021年度海南省集中式光伏发电平价上网项目工作的通知》

为全面贯彻落实中央关于碳达峰及碳中和的总体要求，以及国家发展改革委、国家能源局有关工作部署，“十四五”期间我省光伏发电项目建设将坚持分布式和集中式并举，积极大力发展分布式光伏发电项目，有序发展集中式光伏发电项目，我委将另行研究制定大力发展分布式光伏发电项目实施意见，各市县要结合本地实际，研究出台相关支持分布式光伏发电项目的政策。

文件要求全省集中式光伏发电平价上网项目实施总规模控制，具体由省发展改革委根据2021年度及“十四五”期间全省可再生能源电力消纳责任权重确定。每个申报项目规模不得超过10万千瓦，

且同步配套建设备案规模 10%的储能装置。

#### 新疆阿克苏地区

新疆阿瓦提县发改委转发《关于组织开展阿克苏地区 2021 年光伏发电项目竞争性配置工作的通知》

阿克苏地区 2021 年新增光伏发电项目总规模 20 万千瓦，初步分成 4 个标段、每个标段 5 万千瓦。规划“光伏+农业（畜牧等）”多产业融合项目优先入选，发电规模根据建设条件灵活设置，县（市）间可整合使用。纳入开发建设光伏发电项目需按不低于 10%的装机比例配置储能项目建设规模，储能项目与光伏发电项目要求一体开发，同时开工、同步建设。根据并网时间规划要求，项目于 2021 年 12 月 31 日前建成并网。

#### 陕西省

陕西省能源局发《关于促进陕西省可再生能源高质量发展的意见（征求意见稿）》

从 2021 年起，关中、陕北新增 10 万千瓦（含）以上集中式风电、光伏发电项目按照不低于装机容量 10%配置储能设施，其中榆林地区不低于 20%，新增项目储能设施按连续储能时长 2 小时以上，储能系统满足 10 年（5000 次循环）以上工作寿命，系统容量 10 年衰减率不超过 20%标准进行建设，且须与发电项目同步投运。鼓励地方政府或大型企业牵头在升压站附近配置集中式储能电站。

另外文件要求推动源网荷储一体化和多能互补发展，增量风光储项目要优化储能配置规模，充分发挥调峰调频作用，降低风光储发电成本。

#### 贵州省

贵州省能源局发《贵州省风电光伏发电项目管理暂行办法》

文件要求，为满足电网安全稳定运行及调峰需要，已投产的风电、光伏发电项目应在投产一年内配套储能；新建的风电、光伏发电项目应按照“同步规划、同步设计、同步建设、同步投产”的原则配套储能；储能建设规模不应低于电网测算建议配置的规模；对自建储能困难的企业可购买同等容量的储能服务。工商业分布式光伏发电项目规模须纳入省级年度计划，备案前需落实屋面、电网接入条件并配备一定比例储能。

而在 2020 年 11 月 20 日，贵州省能源局印发《关于上报 2021 年光伏发电项目计划的通知》开展 2021 年光伏发电项目计划申报工作，其中指出在送出消纳受限区域，计划项目需配备 10%的储能设施。此外还鼓励风光互补、火光互补、水光互补等联合送出，鼓励区域内多家项目单位多个项目打捆联合送出，提升消纳能力；鼓励农光互补、林光互补、渔光互补等项目融合开发。

#### 山东省

山东省能源局发《2021 年全省能源工作指导意见》

到 2021 年底，新能源和可再生能源发电装机达到 5200 万千瓦以上，占电力总装机比重达到 32%以上；在电源侧，重点推动莱州土山 昊阳“光伏+储能”、国能蓬莱电厂热储能、华能黄台电厂电化学储能等项目建设；在电网侧，加快推动沂蒙、文登、潍坊和泰安二期抽水蓄能电站建设；在用户侧，重点推动煤炭领域“储能 +”应急电源、电力需求响应等场景示范应用，建成 1-2 个示范工程。建立独立储能共享和储能优先参与调峰调度机制，新能源场站原则上配置不低于 10%储能设施。全省新型储能设施规模达到 20 万千瓦左右。

#### 青海省

青海省能源局发《支持储能产业发展的若干措施(试行)》

积极推进储能和可再生能源协同发展。实行“新能源+储能”一体化开发模式。新建新能源项目，储能容量原则上不低于新能源项目装机量的 10%，储能时长 2 小时以上。对储能配比高、时间长的一体化项目给予优先支持。实行“水电+新能源+储能”协同发展模式。新建、新投运水电站同步配置新能源和储能系统，使新增水电与新能源、储能容量配比达到 1：2：0.2，实现就地平衡。（责任单位：省能源局、各市州政府）

#### 山西省大同市



大同人民政府发《大同市关于支持和推动储能产业高质量发展的实施意见》

“十四五”期间，建成一批不同技术类型、不同应用场景的试点示范项目，探索出可推广的商业模式。储能产业产值达到 100 亿元左右，成为我市经济支柱产业之一。

鼓励新能源场站合理配置储能设施，降低弃风弃光率，促进新能源产业健康发展。储能企业根据我市新能源产业实际并与相关企业紧密联系，开发提供适应性较强的优质产品。“十四五”期间，我市增量新能源项目全部配置储能设施，配置比例不低于 5%；存量新能源项目鼓励企业分期适量配置。

宁夏回族自治区

宁夏发改委发《关于加快促进自治区储能健康有序发展的指导意见（征求意见稿）》

依托我区清洁能源聚集优势，推进储能产业发展，在新能源富集的宁东、吴忠、中卫地区先行开展储能设施建设。建设“新能源+储能”示范应用项目，并在全区推广应用；“十四五”期间，储能设施按照容量不低于新能源装机的 10%、连续储能时长 2 小时以上的原则逐年配置；探索储能设施运营商业模式，培育一批有竞争力的市场主体；储能产业发展进入商业化应用，储能对于能源体系转型的关键作用全面显现。

原则上新增项目储能设施与新能源项目同步投运，存量项目在 2021 年底前完成储能设施投运。从 2021 年起，对于达到以上要求的新增新能源企业，在同等条件下优先获得风光资源开发权；对于达到以上要求的储能项目，支持参与电力辅助服务市场。

海南省发展和改革委员会

关于开展 2021 年度海南省集中式光伏发电平价上网项目工作的通知

琼发改便函（2021）584 号

各市、县、自治县人民政府，洋浦经济开发区管委会，海南电网有限责任公司，各有关企业：

为全面贯彻落实中央关于碳达峰及碳中和的总体要求，以及国家发展改革委、国家能源局有关工作部署，“十四五”期间我省光伏发电项目建设将坚持分布式和集中式并举，积极大力发展分布式光伏发电项目，有序发展集中式光伏发电项目，我委将另行研究制定大力发展分布式光伏发电项目实施意见，各市县要结合本地实际，研究出台相关支持分布式光伏发电项目的政策。现就 2021 年度我省集中式光伏发电平价上网项目工作有关事项通知如下：

#### 一、项目组织实施范围

（一）禁止以任何方式占用永久基本农田和一般耕地中的水田、严禁在国家法律法规和规划明确禁止的生态保护红线等区域内建设光伏发电项目。

（二）水库、海面及海滩、河面及河滩不宜建设光伏发电项目。

（三）集中式光伏发电平价上网项目应按照农光、渔光、林光互补的模式进行建设。

#### 二、申报要件

（一）项目已取得建设用地有关手续（租赁协议等）。

（二）项目已取得所在地市县人民政府或市县发展和改革部门同意项目在该地块建设的明确意见。

（三）海南电网公司对项目同意接入电网的明确意见。

#### 三、相关要求

（一）全省集中式光伏发电平价上网项目实施总规模控制，具体由省发展改革委根据 2021 年度及“十四五”期间全省可再生能源电力消纳责任权重确定。每个申报项目规模不得超过 10 万千瓦，且同步配套建设备案规模 10%的储能装置。

（二）已取得第二款“申报要件”的企业，到省发展改革委书面申报备案，省发展改革委审核通过后，通知项目业主按有关规定办理备案手续，签订购售电合同，登陆可再生能源发电项目信息管理平台填报项目信息等。

（三）项目备案后，项目公司名称、项目法人、项目主控股方、项目建设地点在项目取得发电

业务许可前不能更改。

(四) 项目实际建设规模不得超过核定备案规模, 建设规模低于实际核定备案规模 30%的也需重新备案。

(五) 项目备案后 2 年内未实际开工建设的, 将取消备案资格, 收回相应的指标规模。未按照申报模式建设的, 将责令整改, 整改后仍未能达到要求的, 将停止并网发电资格, 并向“信用中国(海南)”推送该失信行为。

海南省发展和改革委员会

2021 年 3 月 15 日

北极星电力网 2021-03-16

## 中国装机规模、储能规模最大的 135 兆瓦光热电站开建

青海省柴达木循环经济试验区 2021 年第一批项目 25 日集中开复工, 其中位于德令哈市的青海众控德令哈 135 兆瓦光热发电项目正式开建, 这也是目前中国装机规模最大、储能规模最大的光热电站。

柴达木循环经济试验区地处青藏高原北部, 位于青海省海西州境内, 总面积 25.6 万平方公里, 是目前世界面积最大、资源较为丰富、唯一布局在青藏高原少数民族地区的循环经济产业试点园区。

据浙江中控太阳能技术有限公司总裁徐能介绍, 青海众控德令哈 135 兆瓦光热发电项目装机容量 13.5 万千瓦, 储能时间 11.2 小时, 是中国装机规模最大、储能规模最大的光热电站。

该电站占地面积 9.52 平方公里, 镜场面积 145 万平方米, 使用熔盐约 37240 吨, 项目总投资 31.26 亿元人民币, 计划于 2022 年 9 月 30 日前正式并网发电。该项目建成后, 预计每年可产生清洁电量约 4.35 亿千瓦时, 年节约标准煤约 13.3 万吨, 减排二氧化碳约 36.5 万吨。

海西州人民政府副州长栾凤江表示: “海西州具有发展清洁能源产业高地的先决条件, 此次集中开复工的 27 个新能源项目和今年计划新增的 200 万千瓦清洁能源项目, 将进一步提升海西州能源产业融合发展的创新能力, 为青海乃至中国‘碳达峰’‘碳中和’贡献海西力量。”

孙睿 中国新闻网 2021-03-27

## 海洋能、水能

### 中长期规划将出 “十四五”抽水蓄能迎发展窗口期

“十四五”规划纲要提出, 要构建现代能源体系, 加快抽水蓄能电站建设和新型储能技术规模化应用。国家能源局监管总监李冶近日透露, 抽水蓄能电站作为优质的调节电源, 在促进新能源消纳方面具有突出的作用和优势。目前我国在运抽水蓄能电站装机规模 3179 万千瓦, 在建规模 5463 万千瓦, 预期到 2025 年, 在运装机总规模将达到 6200 万千瓦, 国家能源局目前正在组织开展新一轮抽水蓄能中长期规划, 推动完善价格形成机制, 以保障抽水蓄能健康发展。

业内人士建议, 鼓励多元化投资。就在 3 月 19 日, 国家电网有限公司(下称“国网”)发布服务碳达峰碳中和、构建新型电力系统、加快抽水蓄能开发建设六项重要举措, 提出力争“十四五”期间在新能源集中开发地区和负荷中心新增开工 2000 万千瓦以上装机、1000 亿元以上投资规模的抽水蓄能电站。同时, 向社会开放国家电网拟建抽水蓄能项目, 合作模式一厂一议、灵活选择, 社会资本可参可控。

水利部总规划师汪安南表示, 抽水蓄能是电力系统中稀缺的调节资源, 能够有效地促进新能源的消纳, 降低系统总体能耗, 保障电网安全稳定运行。具有显著的环境效益和节能减排效应, 在服

务实现碳达峰、碳中和的目标，推进能源清洁低碳转型，构建新型电力系统中发挥着关键作用。

水电水利规划设计总院有限公司党委书记、董事长郑声安也表示，考虑到未来新能源大规模发展，作为重要支撑措施的抽水蓄能电站将有更大的发展空间。“十四五”是碳达峰也是抽水蓄能发展的“关键期”和“窗口期”，重点任务之一是编制抽水蓄能电站中长期规划，按照国家能源局的相关安排和要求，近期各省（区、市）对抽水蓄能站点资源进行了初步摸底。

经济参考报 2021-03-22

## 科学发展水电产业，按下碳达峰的“加速键”

中国力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年实现碳中和，是我国向世界做出的庄严承诺。实现这一宏伟目标，关键在于必须充分利用中国水、风、光资源丰富的禀赋条件，构建清洁、低碳的新型能源体系。

中国拥有世界上最丰富的水能资源，理论蕴藏量 676 吉瓦。考虑到中国水、风、光能源的规模差异性，以及水电自身灵活性强、开发潜能大、技术成熟等特点，利用好中国独一无二的水电资源有利条件，实现化石能源清洁替代，必将助推中国碳达峰、碳中和的重要途径，也是完善国家新型能源战略布局，保障国家能源安全的重要抓手。

### 水电产业发展的关键难点

水能资源与用电负荷空间逆向分布。水能资源集中分布在西南 6 省市区（四川省、云南省、贵州省、广西壮族自治区、重庆市、西藏自治区），约占全国可开发水能总量的 70%；水能资源理论蕴藏年发电量为 4450 亿千瓦时，约占全国水电 75%。用电负荷主要集中在京津冀、长三角、珠三角等中东部及沿海地区。通过西电东送中线、南线工程基本上完成了西南、华中、华东、华北、华南、西北跨省跨区域输配电通道建设，为解决我国水能资源与用电负荷空间逆向分布问题提供了工程基础。但跨区域大规模输配消纳仍然存在较大困难，弃水弃电与拉闸限电并存。

水电开发经济成本较高，水电受季节影响大。水利水电工程往往兼具防洪、发电、灌溉、航运等多重功能，但真正用于产生经济回报的只有水电输出一项功能，水电价格形成机制的不完善导致水电开发成本居高不下，四川、云南地区甚至出现水电下网价格高于江苏等用电端火电价格的现象。同时，受流域水资源时空分布不均影响，水电开发存在显著的不确定性，季节波动、年度波动显著，加大了水电替代化石能源的难度。

水电开发影响流域生态系统稳定性。水电开发会减少典型河段生境多样性，减弱流域的流量年际变幅、水温季节变幅，影响鱼类繁殖行为、缩短鱼卵生长期，改变流域生态系统稳定性。2000 年至 2019 年，长江上游流水河段长度由 4404 公里减少为 2905 公里，相应流水河段比例由 97.6%降低为 64.4%。20 世纪 80 年代金沙江下游鱼类多达 141 种，而金沙江下游梯级水电开发后，仅调查到鱼类 78 种。

水电开发面临移民难问题。水电工程多在西南高山峡谷地区，普遍面临土地贫瘠、人多地少、文化多样等移民问题，现行移民补偿安置政策和技术规范面临一些问题，传统的以土安置、异地远迁模式并未能保障移民适应新生活，甚至出现不少返迁移民，移民难始终是水电开发最为显著的社会问题，也制约着水电开发进程。

### 水电产业助推碳达峰的关键举措

面对后疫情时代下的百年未有之大变局，水电行业应当承担起担当碳达峰、碳中和“加速键”，筑牢保障国家可持续能源安全“绿色基石”的时代重任。应贯彻新发展理念，树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念，坚持发展与保护的辩证统一关系，在发展中保护，在保护中发展。谋篇布局，推动流域生态保护与高质量发展，助推国家碳达峰碳中和战略。

生态优先，统筹规划，合理布局水电产业。统筹水电产业发展战略规划。围绕“生态优先、统筹考虑、适度开发、确保底线”的水电开发指导思想，在保护生态的前提下积极发展水电，制定合理的

水电开发规模和强度规划。强化生态保护措施，减轻水电开发可能导致的生态破坏。根据工程特点和环境影响特征，采取分层取水、鱼类增殖放流、人工鱼巢、生态鱼道等多种保护措施，减缓水电开发对水生生态系统的影响。

科技赋能，外引内培，积极推动通道建设。提升电网工程的输送效率。提升远距离输配电的基础研发能力，探索精准预测、场景应对、联调联供的电力产能适配技术，进一步提高现有输送通道的利用效率。持续推进输电技术升级，增强输电网效能。协同推进各级电网配套工程建设。在统筹规划国家骨干电网工程基础上，地方电网应积极对接国家电网建设，加快推进地方各级电网配套工程建设。

风险共担、利益共享，建立健全水电投融资机制。充分利用国家能源通道，多措并举，促进水电开发共建共享。用电方积极投资参与西南水电资源科学利用。地方用电主体应着力沿国家能源通道主动追踪在建水电工程，按照风险共担、利益共享的原则，完善资金、技术等多种投入机制，积极参与沿通道水电工程建设，提升水电供给量。进一步提升水电外送的法制化治理能力。积极推进水电输配的中长期交易合同管理制度，重点保障规模、价格、组织管理三方面。完善水电开发收益共享机制，加大水电移民后期扶持力度。落实《关于做好水电开发收益共享工作的指导意见》（发改能源规〔2019〕439号）文件精神，进一步完善水电开发收益分配机制，协调水电供需双边政策发展，优先保障移民权益；尊重移民意愿与地区实际，从基础设施、公共服务等方面开展移民精准扶贫。

王慧敏 王圣 仇蕾 中国环境报 2021-03-22

## 抽水蓄能是以新能源为主体的新型电力系统的重要组成部分

3月19日，国家电网有限公司在京召开发布会，深入贯彻习近平生态文明思想，认真践行“四个革命、一个合作”能源安全新战略，发布服务碳达峰碳中和、构建新型电力系统、加快抽水蓄能开发建设重要举措，为实现碳达峰、碳中和贡献力量。

公司董事长、党组书记辛保安，国务院国资委党委委员、中国安能董事长、党委书记周国平，水利部总规划师汪安南，国家能源局监管总监李冶，哈电集团董事长、党委书记斯泽夫，三峡集团总经理、党组副书记王琳，国家能源集团总经理、党组副书记刘国跃，东方电气集团总经理、党组副书记俞培根，中国电建总经理、党委副书记丁焰章，中电联党委书记、常务副理事长杨昆，华北电力大学校长、党委副书记杨勇平，中核集团、中国华能、中国大唐、中国华电、国家电投、中国建筑、中国中铁、中国铁建、中国交建、中国能建、中广核、中国电机工程学会、水电学会、水电总院、清华大学等企业、机构领导和高校代表出席会议。公司副总经理、党组成员刘泽洪主持会议。

周国平说，国家电网公司出台加快抽水蓄能开发建设重要举措，充分彰显了央企“顶梁柱”的责任担当。安能集团愿与国家电网一道，为构建清洁低碳、安全高效的能源体系贡献更大力量。汪安南表示，国家电网公司发布六项重要举措，充分体现了高标的政治站位。水利部将统筹生态保护和高质量发展，全面提升水安全保障能力，科学利用水资源，促进抽水蓄能开发建设。李冶代表国家能源局对发布会成功举办表示祝贺。他指出，国家电网公司出台的重要举措是贯彻新发展理念、构建新发展格局的具体实践，目标明确、行动有力。国家能源局将推动完善价格机制，强化政策保障，推动抽水蓄能高质量发展。

辛保安表示，去年9月，习近平总书记提出了我国碳达峰、碳中和的目标，并在多次重要讲话中作出重要指示、提出明确要求。今年3月15日，习近平总书记在中央财经委员会第九次会议上，对碳达峰、碳中和作出了进一步部署，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，为我们提供了根本遵循、指明了前进方向。国家电网公司把服务碳达峰、碳中和作为一项重大战略任务，在发布碳达峰、碳中和行动方案的基础上，进一步出台加快抽水蓄能开发建设六项重要举措，努力当好能源清洁低碳转型的引领者、推动者、先行者。

辛保安指出，构建以新能源为主体的新型电力系统，是能源电力行业服务碳达峰、碳中和的重

要责任和使命。新能源具有随机性、波动性、间歇性，大规模开发并网后，电力系统“双高双峰”特征日益凸显，对确保电网安全运行和电力可靠供应带来巨大挑战，迫切需要通过发展储能等措施，提高系统的灵活调节能力。抽水蓄能是以新能源为主体的新型电力系统的重要组成部分，对于保障电力供应、确保电网安全、促进新能源消纳、推动构建清洁低碳安全高效的能源体系、更好服务碳达峰、碳中和，具有十分重要的意义。

辛保安表示，国家电网公司一直高度重视抽水蓄能发展，已建成抽蓄电站 22 座，在运、在建装机规模达到 6229 万千瓦。“十四五”期间，将力争新增开工 2000 万千瓦以上。当前，抽水蓄能发展正面临重要的窗口期、机遇期，政策预期良好，发展前景广阔。国家电网公司欢迎社会各方共同参与投资、建设和运营，秉持互利共赢的原则，与各参与方共担风险、共享发展成果。同时，积极履行电网企业的责任和义务，全力为经营区内抽蓄电站提供公平公正、优质高效的并网服务，营造良好发展环境。

此次发布的加快抽水蓄能开发建设重要举措共包括六个方面，即：优化布局、加快开发，广泛合作、互利共赢，精心组织、优质建设，科学调度、高效利用，尽职尽责、专业服务，自主创新、联合攻关。与会代表纷纷表示，国家电网公司发布六项重要举措，必将发挥引领和带动作用，将秉承共创共享、共同发展理念，深化合作、携手共进，推动抽水蓄能产业发展，为碳达峰、碳中和贡献智慧和力量。

当天，辛保安还分别会见了周国平、斯泽夫、俞培根，就优质高效推进抽蓄电站建设、加快关键核心技术攻关、研发应用高端电工装备等工作进行了深入交流。

马佳 国家电网报 2021-03-22

## 风能

### 中国 2020 年新增海陆风电装机均居全球第一

3 月 25 日，全球风能委员会（以下称“GWEC”）正式发布《2021 年全球风能报告》。数据显示，2020 年是全球风电行业创纪录的一年，全球新增风电装机 93GW，同比增长 53%。目前，全球风电装机已达到 743GW。

GWEC 指出，得益于技术创新和规模效应，全球风电市场规模在过去十年几乎翻了一番，成为最具成本竞争力和韧性的电力来源之一。中国和美国是全球两个最大的风能市场，2020 年，两国的风电装机量实现了创纪录的增长，新增装机占全球新增的 75%，累计风电装机达到全球总量的一半以上。

不过，报告指出，现有的增长速度仍难以满足在 2050 年实现全球净零排放的需要。GWEC 测算，在未来十年，全球风电装机需要以目前三倍的速度增加，才能实现 2050 年净零排放目标，避免气候变化造成的严重影响。根据国际可再生能源署和国际能源署等机构的研究，全球每年至少需要新增 180GW 风电，才能实现温控 2 摄氏度目标。要想在 2050 年实现净零排放，每年需新增 280GW 风电装机。

GWEC 建议政策制定者采取以下措施以更快推进风电发展，包括简化手续，加快项目许可和批准流程；大幅增加对电网、港口和其他基础设施的投资，更快速度提高装机安装量；推动能源市场调整，确保化石燃料承担真实的社会成本，推动能源供应向以可再生能源为基础的构快速过渡。

2020 年全球陆上风电新增装机前五名分别是中国（48940 兆瓦）、美国（16913 兆瓦）、巴西（2297 兆瓦）、挪威（1532 兆瓦）、德国（1431 兆瓦）；

2020 年全球海上风电新增装机前五名分别是中国（3060 兆瓦）、荷兰（1493 兆瓦）、比利时（706 兆瓦）、英国（483 兆瓦）、德国（237 兆瓦）；

2020 年全球陆上风电总装机前五分别是中国(278324 兆瓦)、美国( 122275 兆瓦)、德国( 55122 兆瓦)、印度( 38625 兆瓦)、西班牙( 27238 兆瓦)；

2020 年全球海上风电总装机前五名分别是英国(10206 兆瓦)、中国( 996 兆瓦)、德国( 7728 兆瓦)、荷兰( 2611 兆瓦)、比利时(2262 兆瓦)。

中国能源报 2021-03-29

## 海上风电“大爆发”拐点已现

### 核心阅读

近日，广东、江苏、浙江等多沿海省份陆续出台“十四五”规划，积极谋划海上风电开发，明确进一步扩大装机规模，数据显示，未来五年内我国海上风电装机将突破 30GW。

日前，江苏省发布“十四五”规划，提出将“有序推进海上风电集中连片、规模化开发和可持续发展，加快建设陆上风电平价项目，打造国家级海上千万千瓦级风电基地”。

在海上风电降本的关键时期，近两个月来，广东、江苏、浙江等多沿海省份海上风电规划已陆续出台，“十四五”期间我国海上风电装机量预计将迎来“大爆发”，海上风电集中成片式开发“蓄势待发”。

### 海上风电装机规模扩容

根据规划，江苏省未来将“加快能源绿色转型，全面提高非化石能源占一次能源消费比重”，并“有序推进海上风电集中连片、规模化开发和可持续发展”。江苏省能源局此前印发的《江苏省“十四五”可再生能源发展专项规划（征求意见稿）》则指出，到 2025 年，江苏省风电新增约 1100 万千瓦，新增投资约 1200 亿元，其中海上风电新增约 800 万千瓦，新增投资约 1000 亿元。

由此看来，海上风电已然成为江苏省未来五年里清洁能源规划发展的重点。厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强指出，在江苏、浙江等沿海发达省份，陆上土地资源相对较为稀缺，海上风电将成为各省份实现清洁能源转型的“必然之选”，同时沿海地区作为耗能大省，其海上风电场消纳前景也较为可观。

事实上，在沿海省份中，除江苏省外，截至目前，广东、浙江等沿海海上风电大省也已发布海上风电相关规划。今年 2 月，广东省能源局在相关征求意见稿中明确指出将进一步扩大海上风电装机规模，到 2025 年底全省累计建成投产装机容量达 1500 万千瓦。浙江省随后发布的相关文件称，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 500 万千瓦”。保守估计显示，未来五年内我国海上风电装机将突破 30 吉瓦。

### 规模化、基地化开发受期待

规划纷纷出台，但造价成本远高出陆上风电的海上风电，始终面临着降本难题，因地制宜地进行集中成片式开发“海上风电大基地”，是否能够成为未来海上风电降本的一大重要途径？

一位不愿具名的风电业内人士告诉记者，由于陆上风电平价时代的到来，可再生能源发展对于成本的要求将更加苛刻，因此以规模化、基地化开发来均摊成本是必然趋势，加上未来海上风电场离岸距离的增加，更需要集中开发来降低海缆、海上升压站的成本。

上述人士向记者表示：“大基地项目最主要的好处是可以均摊成本。一方面，大基地项目原来可以分成两个或者多个项目，那么其电网接入、升压站、海缆、可行性研究、经济性都需要分别考虑，这其中难免有很多重复性的工作和不必要的投资，而采用大基地项目的形式，可以从统一规划的角度减少这些不必要的投入。另一方面，大基地项目开发对于产业链乃至新产品、新技术的开发也将有更加明确的指导方向。另外，通常情况下，海上项目尾流影响较大，如果以原来的方式各自为政，只考虑已建成的和自己场址范围内的尾流影响，但对同时建设的处于下游的场址并无统一考虑，可能导致下游场址的发电量与预期相差较大，统一开发则能规避相应风险。”



### 全产业链挑战尚存

记者查阅相关资料了解到，2020 年我国风电新增并网装机达到 7167 万千瓦，其中海上风电新增装机达到 306 万千瓦，截至 2020 年底，我国海上风电累计装机约 900 万千瓦。海上风电行业迅猛扩张的背后，却也不断有隐忧浮现。据了解，因海上风电电价补贴政策变化，过去一年多里，项目方为在最后的补贴窗口期赢得项目收益，各地风电项目建设进入加速阶段，但因“抢装潮”引发的安装施工能力不足、零部件供应紧缺等问题也直接推高了造价成本。

业内普遍认为，伴随着今年“抢装潮”结束，海上风电成本的短期上涨将有望得到缓解，但从长期来看，我国海上风电行业仍面临着运输、吊装、运维等多方面难题，风电机组本身以及运维技术的可靠性都还需要更长时间的验证。

对此，上述业内人士建议认为，利用海上风电大基地模式实现从叶片开发与制造、主机开发到运输、基础制造与安装、吊装施工等整个产业链同步升级将尤为必要。

上述业内人士向记者表示：“针对海上风电大基地项目，首先应在政策上予以引导，从规划之初便让上下游产业链内主要的参与方进行定制化联合设计，可以很大程度地降低项目成本及风险，第二，大基地项目由于容量大，投资高，电网的接入和消纳也是项目成败的关键因素，因此也需要电网在接入和消纳方面给予一定的保障。另外，海上项目的军事、渔业、航线等对场址的限制影响因素也非常多，导致项目的核准手续也十分复杂和困难，这也需要在规划阶段做更多的调研与协调工作。”

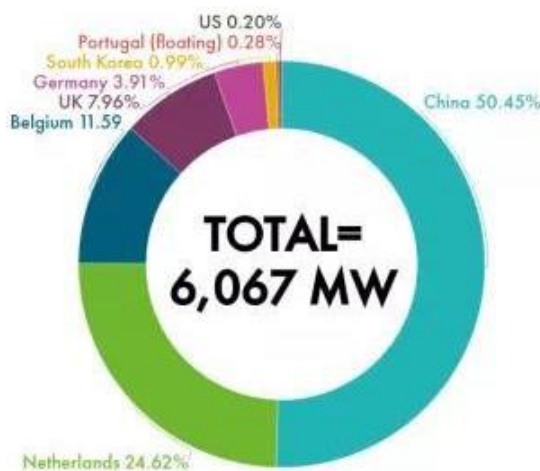
据记者了解，江苏省作为我国最早开发海上风电的省份之一，海上风电产业已相对较为成熟。早在去年底，江苏省如东县就已建成了国内首个海上风电母港，这也为该地区海上风电机组物流运输提供了有力支撑。

本报记者 李丽旻 中国能源报 2021-03-22

## 中国海上风电装机紧追英国，跃居全球第二

根据全球风能委员会 GWEC 发布的最新数据，2020 年全球海上风电新增装机容量 6.067GW，其中中国新增容量超过 3GW，占全球新增一半以上。这是中国连续第三年在海上风电年新增装机容量方面居世界首位。

### Global annual offshore wind installations in 2020

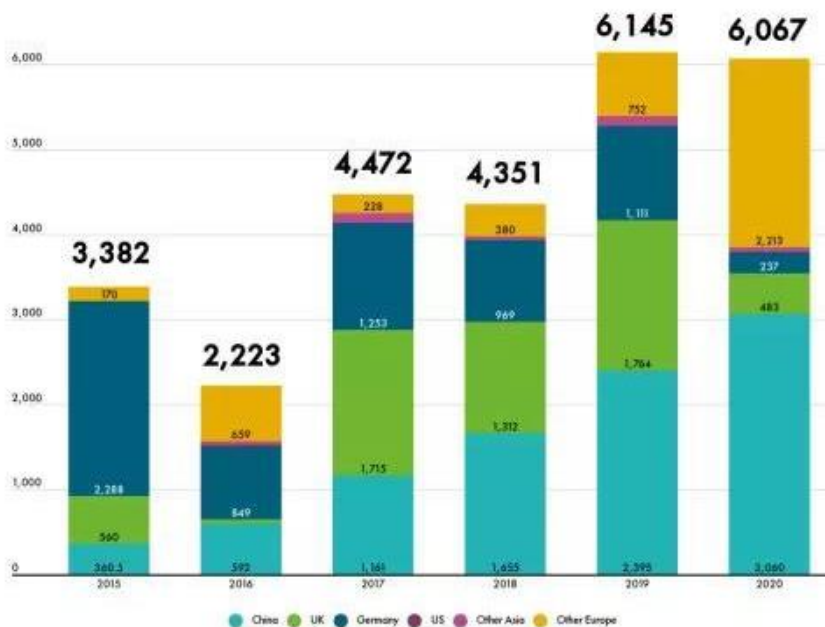


## Global cumulative offshore wind installations by end of 2020



来源: GWEC

## Global annual offshore wind installations from 2015-2020 (MW)



来源: GWEC

截至 2020 年底，全球海上风电装机已经超过 35GW，几乎是五年前的三倍。英国的海上风电装机容量为 10.206GW，稳居第一；中国以仅少于英国 308MW 的 9.898GW 装机总量，超过德国居全球第二。

整体上，欧洲依然保持稳定增长，占据大部分新增容量。其中，荷兰的年新增容量仅次于中国，安装近 1.5GW；比利时（706MW）、英国（483MW）和德国（237MW）也有所新增；新增漂浮式海上风电装机仅来自葡萄牙（17MW）。

GWEC 表示，英国增长放缓是由于最近一次差价合约（中标价格）比之前价格降幅较大；而德国增长放缓的主要原因是中不利的条件和短期海上风电项目开放资源不足。

除中国和欧洲以外，韩国和美国去年分别安装了 60MW 和 12MW 的海上风电。

GWEC 市场信息与战略主管赵峰表示，全球海上风电产业在疫情期间依然保持增长，证明了该行业的韧性。首先受到新冠疫情冲击的中国，早在去年 3 月就恢复了正常生产，海上风电领域受到的影响微乎其微。中国的上网电价补贴（Feed-in-Tariff）将于今年底到期，中国创纪录的海上风电建设热潮有望在 2021 年继续。

“尽管欧洲仍然是全球最大的海上风电市场，但随着日本、韩国等最近制定了雄心勃勃的海上风电目标，亚太地区将在推动行业增长方面发挥越来越重要的作用。此外，在拜登政府明确表示将推进海上风电发展的背景下，美国也将成为重要的海上风电市场。”

GWEC 全球海上风电任务组主席 Alastair Dutton：目前全球海上风电发电量已帮助减少了 6250 万吨的碳排放，相当于减少了 2000 万辆汽车的启动排放。随着各国制定绿色经济复苏战略，海上风能的社会经济利益比以往任何时候都更加重要。目前，海上风电项目相关建设和运营已经为全球提供了约 70 万个工作岗位。

“并且，在海上风电的巨大潜力方面，我们只是看到了冰山一角。世界银行集团报告显示，以当前技术，全球海上风电潜力超过 7.1 万 GW。利用这一资源是将全球变暖控制 1.5°C 以下的关键，同时带来显著的经济效益。要充分开发这一潜力，稳定的政策、行业与政府的合作将是关键。此外，在未来十年加快海上浮式风电的商业化进程，对于挖掘新的海上风电的增长潜力、尽可能多地开发风能资源来说至关重要。”

中国储能网 2021-03-16

## 比欧洲落后 10 年，美国海上风电终于有望起飞！

在经历了多年的延宕之后，在拜登政府的支持下，美国七个沿海州承诺购买购电，加上数十亿美元的新投资，美国海上风电将沿着东海岸起飞。

到目前为止，美国东海岸海上风电产业只有两个小型试点项目，一个在罗德岛附近有五个风机，另一个在弗吉尼亚州附近有两个风机。由于公民反对以及州和联邦监管障碍，美国海上风电产业已经落后于欧洲同行十多年。现在，随着东海岸各州和联邦政府加大无碳电力生产的力度，美国海上风电产业有望起飞。

拜登希望到 2035 年将美国电力部门的碳排放量降至零，他呼吁到 2030 年将海上风力发电能力增加一倍，这一目标很可能意味着联邦海洋能源管理局将开放更多的海域用于风电的开发。风电开发商在东海岸投资，是因为这里有可靠的风力供应，而且靠近人口稠密的市场。纽约、新泽西、弗吉尼亚、马萨诸塞、康涅狄格、罗德岛和马里兰州通过立法或行政行动，共同承诺到 2035 年购买约 30 吉瓦的海上电力，据美国清洁能源协会（ACPA）称，这足以以为约 2000 万户家庭供电，提倡可再生能源。到目前为止，总发电量为 11 吉瓦的项目已经中标。根据联邦海上风电投资税收抵免政策，开发商可以冲销风电场的资本成本，能够在电力拍卖中开出更具竞争力的竞价。目前，这项税收抵免政策有效期至 2026 年。

全球咨询公司 Wood Mackenzie 在 2020 年的一项研究显示，到 2030 年，风电投资预计将为纽约

-新泽西地区创造约 38000 个直接和间接就业岗位。2025 年至 2055 年间运营和维护部门每年将新增 5800 个工作岗位。预计海上风电将扩展到卡罗莱纳州、缅因湾以及最终扩及加利福尼亚州开发海域，对经济产生更大的推动作用。

因为居民担忧海景被破坏或影响视野，大多海上风电项目都建在离海岸足够远的地方。同时，鸟类通常靠近海岸，远海的风电场缓解了人们对风力涡轮机可能杀死候鸟的担忧。由于涡轮机基座周围形成了类似礁石的环境，鱼类数量实际上可能会增加。不过，环境保护主义者对风电场是否会干扰露脊鲸的迁徙仍有担忧。

特拉华大学教授威利特·肯普顿（Willett Kempton）表示，过去 8 年来海上风力发电的成本已经下降了约三分之二。随着行业的发展，越来越多的涡轮供应商进入市场，风机变得更大、效率更高，可以用更少的资本支出生产更多的电力。目前该行业面临的巨大挑战将是提供制造和组装海上风电组件的设施。随着首批风电场的建成，一些风力涡轮机和其他部件将在美国制造。预计随着美国供应链对不断增长的需求作出反应，美国国产设备的数量将增加。

尽管开发商和环保人士持乐观态度，海上风电仍遭到一些沿海居民的抵制，他们认为该行业的基础设施将破坏沿海环境。本月早些时候，长岛富裕的韦恩斯科特社区的居民起诉东汉普顿市政府，声称镇政府官员过早批准了一项计划，将一条高压电缆从蒙托克角以东 35 英里的南福克风力发电项目（South Fork Wind project）带上岸，违反了州环境审查法。商业捕鱼业也反对在一些地区安装风力涡轮机，担心风力发电场将限制其打渔作业，涡轮机的激增也可能使应急服务更难救助困境的渔船。作为回应，东海岸的五家风力发电公司已经提议将涡轮机间隔一英里，并采用标准的南北向和东西向配置。

总之，随着州政府和联邦政府致力于减少碳排放，海上风电的壁垒迅速下降，多数观察家都认为，美国海上风电行业在经历多年停滞后的前景初见曙光。

——美国第一个开始商业运营的大型海上风电场可能是 Vineyard Wind 项目，距离马萨诸塞州玛莎葡萄园 15 英里。在那里，开发商-哥本哈根基础设施合作伙伴和 Avangrid 可再生能源公司-计划从 2023 年开始发电 800 兆瓦，或足够为大约 40 万户家庭供电。

——在纽约蒙托克角以东约 60 英里处，一片 12.8 万英亩的大西洋，预计在未来几年内，当这里安装了风力涡轮机并与陆上电网相连时，将产生足够的电力为大约 85 万户家庭供电。

——离新泽西州大西洋城 15 英里的地方，另一片多风的海洋将在 2024 年开始为大约 50 万户家庭提供足够的电力，届时 850 英尺高的涡轮机森林将开始在那里运转。

——在南部 200 英里外的弗吉尼亚州海岸，一个由公用事业公司主导的海上风电项目计划在 2026 年建成后，生产出相当于 100 万辆汽车的无碳电力。

国际能源小数据 2021-03-18

## 国内海上风电基础创新取得重大突破

3 月 19 至 20 日，我国南海海域首批两台大直径单柱复合筒风机基础在三峡新能源阳江沙扒一期 300 兆瓦海上风电项目顺利安装完成，标志着三峡集团在海上风电新型基础应用上又迈出坚实一步，对解决海上风电浅覆盖层嵌岩基础施工有重大意义。

本次安装的单柱复合筒基础由三峡上海院设计，江苏道达海上风电工程科技有限公司施工。该基础是国内首次应用在大型风机基础上，也是南海首个大直径纯钢型的新型基础形式，该批单柱复合筒基础筒裙直径 36 米，筒高 9.5-12.5 米，单柱直径达 10 米，总高度 55.2-58.2 米，总重约 2200 吨，通过吸力泵使筒内外形成压差，在负压的作用下沉贯入持力层。

由于国内单柱复合筒基础成功施工经验不足，为保证项目顺利实施，阳江项目团队对设计、建造、运输、安装下沉全过程严格把控。

充分考虑土体循环弱化特性，并对单柱复合筒基础的极限承载力、变形、沉降、土体刚度弱化、

筒基贯入等进行多方面计算。

邀请业内经验丰富专家对施工方案进行把关及细化，确保运输、沉放、灌浆等施工过程有十足把握，提前落实好船舶等资源。

采用 5000 吨起重船“华西 5000”和大型自航驳船“汇宗海”等大型船舶进行海上施工，并设计专用工装结构，精准控制吸力筒内外压差，保持水平度，在缓慢下沉过程中达到设计标高，首台施工，为了保障万无一失，整个施工过程放慢节奏，但两台基础全过程施工仅用 40 小时，全部负压下沉达到设计标高，最终水平度控制在千分之一以内。

在当前海上风电平价化的大背景下，技术创新作为海上风电降本增效的利器，三峡集团始终贯彻落实习近平总书记“坚持新发展理念，勇攀科技新高峰”的重要指示精神，阳江项目团队将加强与设计院及各参建单位合作，深化海上风电技术的研究应用，致力于成为“海上风电引领者”，努力将阳江海上风电项目建设成为高质量精品工程。

肖瑶瑶 倪道俊 三峡新能源 2021-03-22

## 广东海上风电投产规模 2030 年将达到 3000 万千瓦

记者了解到，近日在广东珠海三角岛桂山二期风电场，广东电网自主研发的 8 兆瓦级大容量海上风电机组一体化测试平台正式启动现场测试工作，预计 5 月完成平台首台海上风电机组并网测试。

广东阳江、珠海、汕头等地区沿海多个海上风电工地现场也已在紧锣密鼓施工当中。自 2020 年至今年 2 月底，广东累计投产海上风电 113.2 万千瓦，开工建设规模超 800 万千瓦，预计到 2030 年，投产规模将达到 3000 万千瓦。

据悉，为更好助力实现碳达峰、碳中和目标，南方电网将海上风电作为优化能源结构的重要举措，2021 年底前计划投产广东海上风电送出工程 6 项，预计可确保 600 万千瓦、力争 700 万千瓦海上风电的送出。

随着广东海上风电大规模并网，如何保障电网安全稳定运行也备受关注。广东电网全力服务政府做好海上风电规划、技术经济研究，加快大规模、远距离海上风电接网技术研究应用，联合产学研用各方推动广东省“1+N”统一海上风电试验场和海上风电联合实验室实体化运作，保障广东省内海上风电有序高效并网。

同时，广东电网还专门成立海上风电服务中心，面向海上风电各方提供一站式平台和技术服务，联合推动海上风电健康发展。

马灿 沈甸 羊城晚报 2021-03-29

## 新能源春天来了！带你看贵州最美山地风电场

近日，中央财经委员会提出，要构建“以新能源为主体的新型电力系统”。“十四五”布局之年，中央定调，意味着新能源的春天来了！阳春三月，在贵州黔东南苗族侗族自治州，春天已然来临。蓝天白云映衬下，中广核雷山大塘风电场的 22 台远景能源 EN-121/2.2MW 智能风机悠然转动。贵州省电力行业协会统计，2020 年，该风电场累计发电量 14757 万千瓦时，平均利用小时数 3049 小时，在贵州省全容量并网风场中排名第一。

雷山大塘风电场，才华（电量）与颜值（环保规划）并重。

该项目为典型的复杂山地项目，海拔高度 1200-1450 米，机位间海拔高低落差较大，山体坡度较陡，地形复杂多变，部分区域存在高湍流、高尾流的情况，可研年等效满负荷小时数 1884 小时。2020 年实测平均风速 5.644m/s，实际利用小时数超 3000 小时。值得注意的是，该项目可研年份为 2017 年，项目并网时间为 2019 年底，实际发电小时数高于设计预期的背后，在于风机技术及产品性能的时代技术进步。

在中东南部复杂山地风场，风机先进性和可靠性是提升风场发电量的关键因素。远景能源认为，无论风机叶轮直径还是功率，都是基于不同区域及风况环境差异化的定制化设计。针对复杂地形和高湍流高尾流，远景能源 EN-121/2.2 通过机械部件的加强，同时采用大扭矩的齿轮箱，增大传动链系统扭矩，降低了叶轮转速，降低了机组整体载荷，更好地适应山地复杂风电场。

远景能源 中国能源网 2021-03-31

## 氢能、燃料电池

### 液氢产业化步伐加快

#### 核心阅读

尽管液氢产业仍处于技术经验积累和示范阶段，但由于氢气大规模需求时代即将到来，液氢产业正在各方力量加持下，加强经济性、技术性、环保性突破，为推动氢能产业大规模发展奠定基础。

近日，佛燃能源、国富氢能等四大企业联袂推进“液氢储氢加氢站项目”，根据协议，四方将发挥各自在液氢制储运加用方面的优势，采用国际先进、国内领先的工艺流程，推动建设不少于三座液氢储氢型加注站，同时开展自主液氢与深冷高压技术和装备的开发。

此前，受技术水平和成本高企约束，我国液氢产业较多用于航天领域。2020年4月，鸿达兴业股份发布公告，称其投建的国内首条民用液氢生产线已生产出液氢产品，标志着我国液氢产业在民用领域实现了零的突破。随着氢能及燃料电池产业化步伐加快，氢气的大规模需求时代或将到来，液氢产业有望“大展拳脚”。

#### 弥补氢源不足

近年来，我国多个省市出台政策鼓励推广氢能产业，但因面临“用氢地区不产氢”困境，氢气储运成本又居高不下，导致氢源问题始终无法解决。

根据氢燃料电池汽车产业发展规划，2030—2035年，我国燃料电池汽车推广规模将达到百万辆，届时所需氢气或将达数千万吨。

“佛山作为我国氢能产业发展最早的区域，是氢能产业的龙头城市。虽然广东省拥有全国最多的燃料电池汽车和加氢站，但由于佛山化工园区不多，化工副产氢匮乏，氢源的供应压力已成为制约当地汽车运营规模的关键问题。”张家港氢云新能源研究院院长魏蔚表示，受资源禀赋限制，佛山要实现在未来推广燃料电池汽车更大规模运营，就需要外部的氢源保障佛山的氢能发展，“现阶段，氢气管网尚未建立，高压氢无法满足更大规模、跨省运输氢气的需求，因此规划液氢产业具有非常重要的意义。”而此次的“液氢储氢加氢站项目”正由佛山龙头企业佛燃能源主导，意在为佛山氢能产业更大规模发展奠定氢源基础。

除了佛山，2020年11月，嘉兴港区管委会与林德集团、上海华谊集团三方代表也签署了氢能产业链项目合作框架协议，在氢能的生产和供应、纯化和液化、储存和运输以及加氢站充装等方面展开深入合作。据了解，嘉兴是浙江燃料电池示范城市群的牵头城市，大力推进液氢项目正是为了解决浙江乃至长三角地区的氢源问题。

北京中科富海低温科技有限公司氢能业务中心总经理宁永强坦言：“液氢产业与整个氢能源产业发展密切相关，氢能是实现‘30·60’双碳目标的有效方式之一。目前，氢能在交通领域的应用最为广泛，我国汽车保有量庞大，一旦将其中1%替换成氢燃料，就能形成巨大的氢能市场规模，而如果氢的供应端有5%-10%使用液氢，其形成的液氢需求及规模也不容小觑。”

#### 寻求经济性与环保性兼得

值得注意的是，用于制备液氢的氢气来源反映出目前氢能产业链在绿色能效上的普遍问题。

一位不愿具名的业内专家向记者表示：“未来，我国氢能产业对氢的需求会非常庞大，但发展氢



能的正确方向永远是‘绿氢’，液氢目前来看可以解决的是氢的长距离储运，但产业链环节降本、上游绿氢来源才是产业需要面对的核心问题。”

“现阶段，在市场规模不大的前提下，可以使用工业副产氢制备液氢，而当形成一定规模，可再生能源电解水制氢再压缩成液氢更具后劲，相比高压氢其对用氢地区的供应能力更强，如果最终制成液氢，那么完全不必担心氢源杂质问题。”魏蔚强调，不同的阶段会有不同的市场需求和技术路线，我国大规模绿氢生产仍待实现规模化，因此要实现可再生能源制液氢的经济性仍需一定时间的发展。

宁永强也表示，我国有丰富的工业副产氢资源，现阶段将这些副产氢合理利用，同样是一种促进产业规模扩大和最终实现节能减排的有效方式。

魏蔚进一步补充称，氢的液化需要消耗大量电能，因此液氢的生产需要在电价和氢源便宜的地方，随着我国可再生能源降本进程提速，风光资源富足的“三北”地区是建设液氢工厂和生产液氢的理想场所。

#### 自主研发要提速

宁永强表示，液氢纯度高，对燃料电池的寿命及耐用性更有好处。“日本、美国等国家已经证明，液氢的运输成本仅为高压氢气的八到十分之一，因此液氢在氢能规模化储运方面具有明显优势，是降低氢储运成本的重要方式。”

“液氢作为氢最高效的储运方式，其推广应用顺应了产业发展规律，此外，在解决氢的储运方面，液氢工厂的建设周期比氢气长输管道要少数年。”在魏蔚看来，液氢加氢站的建设，一方面为液氢打造了终端应用场景，另一方面则让液氢工厂的建设项目能够看到将来的用武之地。

魏蔚提到，尽管国内液氢项目落地速度加快，但我国在液氢的加注、装备的性能、大规模工程化降本等方面和国外仍有一定差距，核心零部件、阀门、控制元器件、液氢泵等，仍未拥有核心技术，因此国内液氢装备企业应加大研发力度，加速相关设备、零部件的国产化进程。

同时，液氢也更多地出现在各政策目标和重要课题中。《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》中提出，要在 2025 年实现液氢在能源领域实现规模化生产与应用的目标，科技部也连续两年在“氢能与可再生能源”专项中发布与液氢相关的重大课题。

宁永强表示，由于此前缺乏氢液化在民用领域的相关经验，目前相关的项目落地、审批、安全评估等各地的管理办法不尽相同，全国没有明确统一的标准。“因此，在技术可行、经济性和需求问题尚未解决前，液氢产业目前仍处于技术经验积累和示范阶段。”

本报记者 仲蕊 中国能源报 2021-03-22

## 陕鼓签约全球首个氢能源还原制铁项目

3月18日，陕西鼓风机（集团）有限公司（以下简称“陕鼓”）旗下一家子公司已正式签约河钢张宣高科氢能源开发和利用工程示范项目。据悉，该项目为全球首座使用富氢气体的直接还原铁工业化生产厂项目。

有行业研报显示，按照目前钢铁生产的主流工艺技术，每生产1吨粗钢就会产生约2吨二氧化碳。作为高耗能产业，钢铁业的温室气体排放约占全球温室气体排放的7%。

要实现“30·60双碳目标”，诸如钢铁业一样的高碳产业要作出怎样的改变？“低碳冶炼”又要怎样落到实处？

氢能冶炼——陕鼓和河钢张宣高科的这次尝试或许能够给出一个答案。

“河钢张宣高科氢能源开发和利用工程示范项目是承载中国低碳冶炼新技术、新工艺的创新实践。陕鼓为该项目氢直接还原工艺系统提供的2套富氢工艺气、冷却气压缩机系统解决方案，将助力打造一个引领世界冶金行业低碳绿色实践的重要示范项目。”陕鼓该项目负责人裴大海告诉记者。

记者了解到，河钢张宣高科氢能源开发和利用工程示范项目从分布式绿色能源利用、低成本制氢、气体净化、氢气直接还原、二氧化碳脱除和深加工、水处理等全流程和全过程进行创新研发。

建设内容主要包括焦炉煤气净化系统、还原脱氧竖炉系统、CO<sub>2</sub> 脱除系统等，产品为高品质脱氧球团。这个项目通过用氢能源代替传统的碳能源，将大幅降低制造生产过程中的碳排放问题。

“由于该工艺系统工况变化大、工艺气体组分复杂，也对压缩机材质、机组稳定性提出了更高要求。”陕鼓离心气动技术专业带头人聂永康介绍说。

对此，陕鼓在富氢真实气体压缩机材质、安全性、稳定性等各方面下功夫，关键核心部件选用满足压缩机工况要求的新型合金材料，并对工艺系统进行优化升级，以为客户量身定制的氢直接还原工艺系统最优方案，助力该项目的安全稳定长周期运行。

“氢能是人类清洁能源终极方向之一，也是‘双碳’目标的有效实现路径。陕鼓战略聚焦分布式能源的发展方向，符合‘双碳’目标和氢能的发展趋势，同时在助力氢能利用领域方面历史悠久。”陕鼓集团党委书记、董事长李宏安告诉记者。

据悉，自 1997 年以来，陕鼓先后与国内外多家机构开展多层次的技术交流与合作，在“氢还原炼铁工艺技术”、“化石能源制氢技术”、“有机化学储氢技术”、“氢能源综合利用技术追踪”等多项涉及氢能的技术领域进行探索和研究。截至目前，陕鼓为流程工业领域市场和客户提供的加氢、脱氢装置已达 147 个，煤制氢工程总承包项目 2 个，同时还有 5 个与氢有关的产业发展项目正在推进中。

李宏安表示，“此次陕鼓将汇聚优势资源，全力以赴为河钢张宣高科氢能源开发和利用工程示范项目氢直接还原工艺系统提供最优产品和方案。未来，陕鼓将致力于将制氢、储氢、运氢技术与钢铁冶炼和煤化工工艺耦合，助力相关产业实现低碳排放和绿色制造。”

中国能源网 2021-03-18

## 碳中和下可再生能源制氢大有可为

自 2020 年 9 月我国提出 2030 年碳达峰、2060 年碳中和目标以来，储能、氢能受到广泛重视。中国科学院大连化学物理研究所俞红梅提出，可再生能源制氢技术未来可以用到发电储能，可以替代天然气、石油，为碳中和做出贡献。目前可再生能源制氢技术应用效果、制氢成本是业内关注焦点。

3 月 19 日，北极星储能网受阳光电源邀请走进了企业产业园区并实地参观可再生能源制氢示范站，实地了解阳光电源在储能及制氢领域的战略布局和技术应用。

储能未来市场增速与市场容量值得期待

阳光电源以逆变器起家、深耕新能源领域多年，业务布局覆盖光伏、储能、风电及氢能，形成了能源装备生产与电站开发设计两大板块。

据阳光电源负责人介绍，2015 年阳光电源和三星 SDI 成立合资公司，同年开始部署储能业务。目前阳光电源的锂电池产品主要有三元锂电池和磷酸铁锂电池，合计年产能达到 5GWh，其中三元锂电池产品具有大功率充放电、高能量密度等特点，主要面向海外市场，磷酸铁锂电池产品最大优势是长寿命，循环次数可达 8000 次以上。

储能系统集成方面，阳光电源可以提供涵盖发电侧到电网侧、用户侧全场景的储能系统解决方案，系统集成能力达到年产 6GWh，2020 年阳光电源储能全球出货量已达到 800MWh。

阳光电源董事会秘书解小勇先生认为，储能的市场空间未来会比光伏更大，储能未来整个市场增速及未来的市场容量，都很值得期待：“阳光电源在这个（储能）层面上布局的很早，目前我们处在行业领先位置。这也会为阳光电源未来业务增长、利润增长，带来很大的贡献。”

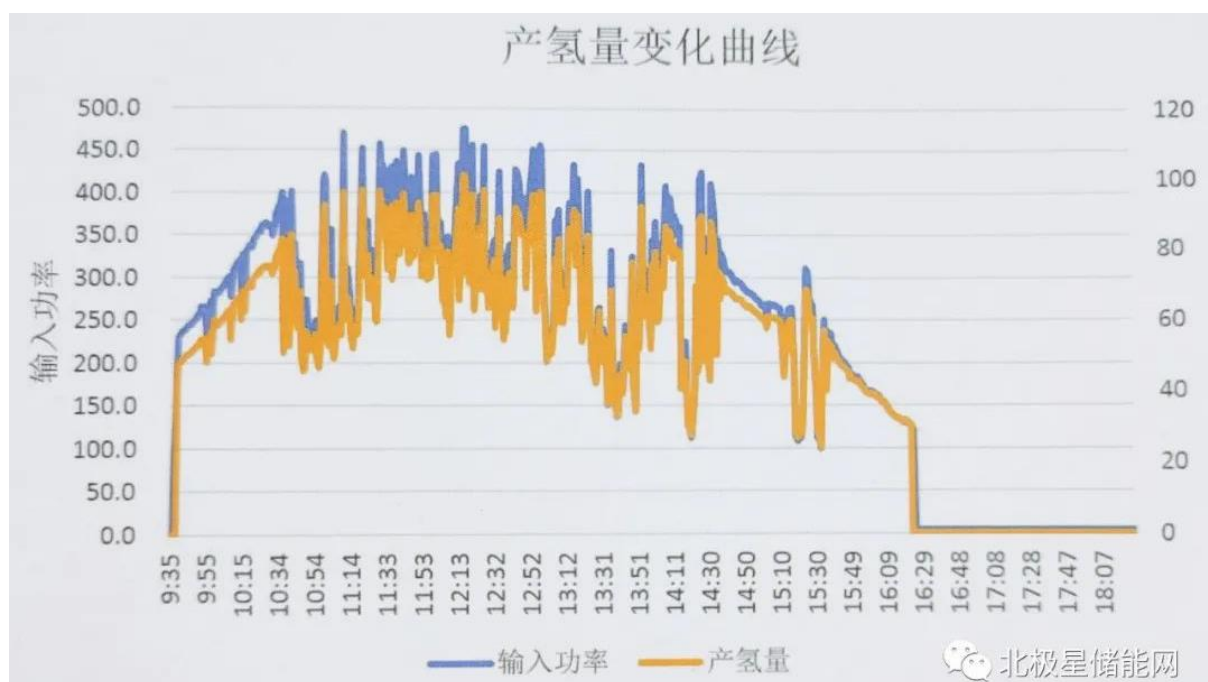
具备制氢全套解决方案供货能力

目前电化学储能主要解决短时间段的电力负荷峰谷挪移，而氢能因具有能量密度大的天然优势，未来在季节性的长时间储能领域或将具有广阔发展前景。北极星储能网获悉，目前国内外传统电解水制氢大都是从电网取电，据测算其用电成本占制氢成本的 70~80%，成为影响制氢成本的最大因素，也是阳光电源研究制氢技术的契机所在。

在阳光电源氢能事业部氢能系统研发中心经理江才带领下，我们参观了位于产业园区内的光伏变功率制氢示范站。该制氢示范站整体占地面积约 2000 平方米，于 2020 年 1 月开始设计建造、2020 年 6 月投运，截至目前已进行了大量数据验证实验和测试。

项目光伏装机容量 647.28kW，采用 2088 块 310Wp 组件、国内主流的 1500V 光伏系统。核心制氢部分采用集装箱布置，通过 DC/DC 电源将 100Nm<sup>3</sup> 的碱水制氢装置与光伏系统连接，在转换电压等级的同时，还能在光伏功率波动下最大限度提升系统转换效率，提升系统制氢能力。

该项目的一大特点是配置了 274kWh 储能系统，组成了光储网多模式混合制氢系统。其中储能系统可以将早上和傍晚功率比较低的光伏发电量收集起来到中午集中释放，也可以在中午阳光条件好、647kW 光伏板满功率运行时，将高于电解槽额定功率的多余能量储存在储能系统中，待制氢功率不满时再进行释放，进一步提升转换效率。



根据半年多的测试经验及测算，在此套制氢系统中，2kg 的原料水经过净化处理、大约用 4.9~5.1kWh 的电可生产 1m<sup>3</sup> 的氢气，氢气纯度可达 99.999%，并以气态形式储存在 10m<sup>3</sup>、2 兆帕的储氢罐中。此外项目配置一套 50kW 燃料电池发电系统，每立方米的氢气可产生 1.2~1.3kWh 电能，转换效率为 45% 左右，和国际上燃料电池转换效率相当。

据江才说，当前业内做的比较好的氢气售价约 45~50 元/kg，其成本分散在制氢和储运、加氢等各个环节当中，其中制氢阶段成本占约 30~50%。而如果采用加氢站附近或站内制氢的模式，则储运环节成本大幅降低，阳光电源目前正在规划为某加氢站提供 1000 标方的制氢设备。

阳光电源自 2016 年开始从事氢能方面技术研究工作，目前可以对外可以提供可再生能源制氢整套系统解决方案和关键设备的供应（包含制氢电源、电解槽、辅助系统、能量管理系统等）。

在碳达峰碳中和宏伟目标下，新能源发电装机将持续大幅增长，未来将对电力系统构成较大挑战，储能、氢能将成为助力新能源持续发展的新动力。中国工程院院士衣宝廉提出，氢能、发展可再生能源制氢有利于解决碳排放问题，有利于解决环境问题，也有利于解决我国能源安全问题，“要实现碳中和，就一定要发展氢能、发展可再生能源制氢。”

据国际可再生能源署预测，2030 年可再生能源制氢技术将再翻一番达到 100GW。在低碳转型的能源发展浪潮下，阳光电源的可再生能源制氢业务将大有可为！

北极星电力网 2021-03-22

## 氢能产业写入“十四五”规划，从企业家建言看未来走向

《中华人民共和国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》第九章第二节“前瞻谋划未来产业”：“在类脑智能、量子信息、基因技术、未来网络、深海空天开发、氢能与储能等前沿科技和产业变革领域，组织实施未来产业孵化与加速计划，谋划布局一批未来产业。在科教资源优势突出、产业基础雄厚的地区，布局一批国家未来产业技术研究院，加强前沿技术多路径探索、交叉融合和颠覆性技术供给。实施产业跨界融合示范工程，打造未来技术应用场景，加速形成若干未来产业。”

2021 年是“十四五”开局之年，也是推动“碳达峰、碳中和”目标达成的关键时期，氢能作为实现脱碳的重要解决方案，在实现这一美好愿景中发挥着重要作用，得益于技术进步、规模化推广和政策支持，氢能及燃料电池产业链将日益完善，并进入快速发展轨道。

《中华人民共和国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》中，氢能正式出现在第九章第二节“前瞻谋划未来产业”中，与类脑智能、量子信息、基因技术、未来网络、深海空天开发等前沿科技，被共同规划为“组织实施未来产业孵化与加速计划，谋划布局一批未来产业。”

氢产业前景广阔，政策利好迎来投资热潮

近年来，我国氢能发展呈现新一轮热潮，国家相关部委密集出台政策引导并鼓励氢能和氢燃料电池技术的开发和发展，加速了氢能产业化进程。在《中国制造 2025》《节能与新能源汽车技术路线图》《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书(2016)》中提出了 2020—2030 年加氢站建设的规划。2020 年 3 月，发改委、司法部印发《关于加快建立绿色生产和消费法规政策体系的意见》，要在两年内对氢能立法，氢能源行业将迎来前所未有的发展机遇。

政策利好下，各地方政府纷纷发布相关产业规划，资本大量进入，氢能产业迎来一轮投资热潮。2019 年以来，广东、山西等 10 个省份将发展氢能写入政府工作报告，山东、河北、浙江等省份陆续发布本地氢能产业发展规划。

氢能将成为中国能源体系的重要组成部分。据前瞻研究院预计，到 2050 年氢能在中国能源体系中的占比约为 10%，氢气需求量接近 6000 万吨，年经济产值超过 10 万亿元。全国加氢站达到 10000 座以上，交通运输、工业等领域将实现氢能普及应用，燃料电池车产量达到 520 万辆/年，固定式发电装置 2 万台（套）/年，燃料电池系统产能 550 万台（套）/年。

根据中国氢能联盟发布的《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》显示，2020、2025、2030 年加氢站分别建成 100、300、1500 座，十年间年复合增速达 31.1%。到 2050 年加氢站数量将达 10000 座，行业产值达 12 万亿元。

氢产业呈现五大分区，央企纷纷深度布局

目前，中国氢能产业已初步形成“东西南北中”五大发展区域：东部区域以上海、江苏和山东为代表，是中国燃料电池车研发与示范最早的地区；西部区域以四川省为代表，是国内可再生能源制氢和燃料电池电堆研发的重要地区；南部区域以广东佛山、云浮为代表，是中国燃料电池车大规模示范和加氢网络规划较为成熟的地区；北部区域以北京、河北和辽宁为代表，是中国较早开展燃料电池电堆和关键零部件研发的地区，并在 2008 年北京奥运会期间进行了燃料电池车试运行；中部区域以湖北和河南省为代表，是中国燃料电池重要零部件研发和客车大规模示范地区。

现在大批企业也开始涉足氢能产业，其中，央企的布局尤为显眼。氢能与传统油气、化工产业链联系密切，中石化、中石油在油气储运零售终端建设和运营方面有一定的技术基础和整合优势，是其中的典型代表。国家能源集团、中船重工(718 所)则在氢能产业链及氢能装备方面深入布局。国家电投、东方电气、中船重工(712 所)等央企则侧重于研发氢燃料电池及其核心部件，突破核心技术，建立自主品牌。在终端应用燃料电池汽车方面，东风集团、一汽集团和中国中车等央企也进行了深度布局。

新能源汽车再迎风口，氢燃料电池备受瞩目

中国汽车工业协会最新数据显示，今年2月，新能源汽车销售同比增长近6倍，已连续8个月刷新当月产销历史纪录。

作为新能源汽车技术路线中的一种，氢燃料电池汽车也是我国未来发展的重点之一。近年来，随着技术的提升、成本逐步下降，氢燃料电池在推广应用方面进展迅速。今年全国两会期间，氢燃料电池技术的发展也成为参会的代表、委员关注的一个焦点。多位汽车行业的代表委员都针对氢燃料电池技术的发展提出建议。

全国人大代表、长城汽车总裁王凤英提交了三项议案，其中两项与新能源汽车发展直接相关。王凤英指出，目前，我国氢能产业战略导向尚不明朗，支持政策尚不完善，加氢站管理缺位，车用氢能供给体系尚不健全，关键材料和零部件自主化能力还不足，整车制造及氢气价格过高导致产业化进程受阻。对此，王凤英建议，制定氢能的国家级顶层设计，完善标准法规；引导加大氢燃料电池基础科研投入，突破核心材料和关键部件的技术瓶颈；加快燃料电池汽车产业化能力，鼓励多手段降低推广成本；加强优质资源协同，优化产业发展环境。

在全国人大代表、上汽集团董事长陈虹看来，人工智能引领的第四次工业革命将驱动汽车产业的颠覆与重构，而陈虹今年全国两会带来的四项议案则主要围绕智能网联汽车发展和绿色出行两个热点领域。值得注意的是，上述两个领域也是当下上汽集团重点发力的领域。陈虹建议，加快制定我国氢能战略发展路线图，明确阶段性目标和分步实施的重点。扩大全国碳排放权交易市场配额管理的减排项目范围和碳交易的试点范围。同时，在氢燃料电池汽车示范城市群对使用绿氢进行一定时期的专项补贴。

看好氢能发展优势，能源企业加快产业转型

作为布局氢能进展最快的企业，中石化具备强大的制氢能力、成熟的能源安全管理经验及全面的网络站点体系，年产氢气能力超300万吨，是国内最大的氢能源供应商之一。早在2019年，中石化就加入了国际氢能委员会，与国家能源集团、长城汽车、潍柴、上海重塑一同成为氢能委员会的五个中国成员。

在今年的全国两会期间，全国政协委员、中石化总经理马永生表示，为了尽早实现我国“碳达峰”与“碳中和”的目标，化石能源企业需全力推动产业升级转型。截至2020年底，我国已建成加氢站128座，投入运营101座，仅次于日本，位居全球第二。当前各方都看好氢能发展优势并进行产业布局，但已经出现产业雷同、重复建设的苗头，对此国家应加强氢能产业顶层设计，而企业层面则要加强核心技术攻关。此外，马永生还建议，要加强标准体系制定以及明确财政、税收等多方面政策支持标准和支持时限，推动产业可持续发展。

而全国政协常委、全国工商联副主席、正泰集团董事长南存辉的多份提案则是围绕我国能源转型以及“3060碳目标”实现提出的。南存辉表示，现阶段，我国商用氢气96%以上是从化石燃料中制取的灰氢，且氢能的应用以就近消纳为主，多局限于传统化工生产领域。为此，南存辉建议，首先，要落实可再生能源补充发电的政策；其次，鼓励以氢燃料电池为核心的分布式能源网络建设。同时，发展氢燃料电池在大交通领域的应用。

“光伏、风电和储能将成为‘新煤炭’，氢燃料和动力电池将成为‘新石油’，智能物联网将成为‘新电网’。”在全国人大代表、远景科技集团CEO张雷看来，要实现“双碳”目标，一方面要推动能源清洁低碳安全高效利用，统筹好“源、网、荷、储”，实现多能互补，建立零碳新能源体系；另一方面要持续推动零碳能源在交通、建筑、钢铁和化工等领域深度运用，构建零碳新能源体系。

“氢能冶金”走上日程，钢铁企业加快研发

“碳中和”背景下，“氢能冶金”前景广阔。实际上，在“氢能冶金”方面，韩国与瑞典已经走在了全球前列，而我国，钢铁企业跨界氢能已非个案，甚至是由钢铁央企带头切入氢能领域。

2019年1月，宝武集团、清华大学与中核集团携手合作，采用了“核能制氢+氢能冶金”的联合方式，降低氢气的成本。核能制氢技术研发成功后，制氢成本将比现在降低40%以上。同年3月21日，河钢集团与中国工程院战略咨询中心、中国钢研、东北大学签订合作协议，联合组建“氢能技术与产

业创新中心”，共同推进氢能产业发展。时隔不到一个月，中钢集团旗下上市公司中钢天源也发布公告称将投资燃料电池石墨双极板项目。

2020年，山东钢铁集团首度上榜《财富》世界500强排行榜，成为山东第5家上榜世界500强企业。全国人大代表，山东钢铁集团党委书记、董事长侯军表示，面对钢铁产量高企与行业产业集聚集中度低以及新一轮压减产能等问题交织，钢铁行业格局必将深度调整。他建议，钢铁企业要优化能源结构，发展低碳产业，积极跟踪氢冶金、碳捕集利用等低碳技术，降低碳排放强度。

全国人大代表，冀南钢铁集团党委书记、董事长王树华也建议，钢铁企业必须加快做好行业低碳转型发展的顶层设计，提前谋划布局碳减排工作。要推动非化石能源尤其是氢能在钢铁行业的应用，优化完善产业布局，同时，借鉴国际经验，建立健全钢铁行业碳排放管理标准体系。

针对氢能冶炼等新技术研发问题，全国政协委员，安钢集团公司党委书记、董事长李利剑表示，在工艺流程方面，以氢能冶炼为代表的新技术研发进度将按下“加速键”，废钢使用、短流程电炉冶炼在行业的占比可能会进一步提高。

中国企业报 2021-03-25

## 国内首个！四川成都成功研制液态金属天然气

减少碳排放、发展清洁能源是未来发展的必经之路。氢能源作为清洁、高效、可存储的二次能源，是推动传统化石能源清洁高效利用的理想能源。记者昨日获悉，四川大学苟富均教授带领的液态金属团队在国内首次研发出液态金属热裂解装置，以液态金属为媒介，助力甲烷裂解，实现零排放、低成本、高效制氢。

据了解，现阶段国内主要采用的制氢方式为化石能源重整制氢和水电解制氢，化石能源重整制氢会排放大量二氧化碳，水电解制氢成本又太高。“液态金属热裂解技术使甲烷转化率达到90%以上，只产生单一的氢气，完全不含二氧化碳。”实验室里，苟富均教授指向这套制氢设备介绍道，在这个3米高的“方盒子”内，液态金属燃烧形成高温环境，甲烷从“方盒子”尾端输入后，经过裂解，从顶部输出氢气。

优化制氢产业链关键环节、突破技术瓶颈，如何在算好“生态账”的同时，算好“经济账”？苟富均教授介绍，天然气水蒸气重整制氢，1公斤氢气耗电约11度，而电解水制氢要耗电约48度；虽然化石能源重整制氢耗能小，但会排放约10公斤二氧化碳。目前，液态金属天然气制氢设备产生1公斤氢气耗电约16度。

“如果将产生的高温氢气和固态石墨的余热再循环利用，电力成本将与传统制氢成本持平。”苟富均教授说，进一步优化工艺后，还将产生碳纳米管、碳纤维等形态的纳米先进材料，提高副产物价值，可以极大降低制氢成本。此外，记者了解到，四川省天然气及页岩气资源储量十分丰富，是发展氢能源的良机，这将有利于改善四川省能源结构，促进天然气就地绿色转换。

曹澌源 李菲菲 杨静耕 成都日报 2021-03-26

## 核能

### 山东海阳核能综合利用效应初显

本报讯 早春时节，位于山东烟台的海阳核能供热二期450万m<sup>3</sup>供热项目施工现场一片繁忙景象。换热器间钢结构立柱全部吊装完成，结构横梁已吊装完成30%，厂区循环水管道支架基础已进入结构施工阶段，换热器疏水管道正在施工……

不远处的海阳核电员工宿舍区内，暖意融融，清澈的淡化海水从水龙头汩汩流出，员工和家属



交口称赞：“口感很好，没有咸味儿，也没有杂质。”

在海阳核电，国家能源核能供热商用示范工程和世界首个水热同传实践工程，不仅实现了核能清洁供暖，而且创新实现水热同传，让核电站员工率先感受到核能综合利用带来的新鲜和低碳。

不仅如此，以海阳核电的创新实践为起点，核能综合利用示范纳入了备受社会各界关注的“十四五”规划。近日发布的《中华人民共和国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》明确提出，开展山东海阳等核能综合利用示范。而且，山东省能源局发布此前发布的《2021 年全省能源工作指导意见》也提出，积极开展胶东半岛地区核能综合利用规划研究。业内认为，从国家到地方，核能综合利用正在为我国核能产业发展开辟出一条全新的跑道。

其实，核能供热作为海阳核电核能综合利用第一步，早在两年前就已迈出。

2019 年 11 月，海阳核能供热一期工程 70 万 $m^2$ 项目建成投运，开创了国内先河，被国家能源局命名为“国家能源核能供热商用示范工程”，山东省能源局委托独立第三方评估首季运行情况，结论为清洁、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。

目前，70 万 $m^2$ 核能供热第二个供暖季正在运行，本季海阳核电通过内部挖潜，增大对外供热输出，覆盖面在去年三十多个小区的基础上，新增三个小区。而且，在实现国内首次核能商业供热后一年，烟台市于去年底开启了全国“零碳”供暖城市创建，国家能源核能供热商用示范工程二期也同步开工。

据山东核电有限公司介绍，国家能源核能供热商用示范工程二期各项工作目前正在紧锣密鼓推进，满足今年供暖季建成投运的目标，届时将实现海阳城区居民核能供热全覆盖，创建全国首个“零碳”供暖城市，预计每个供暖季节约原煤 10 万吨，减排二氧化碳 18 万吨，减少当地 80%废气排放。同时，海阳核电还在开展远距离大规模核能供热研究，力争让延伸至整个胶东半岛。

同时，作为世界首个水热同传实践工程，海阳核能综合利用首次实现了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%，提高了能源效率，降低了用能成本，为同步解决城市清洁取暖和淡水需求等民生问题提供了现实可行的方案。

水热同传是海阳核电“智慧小区”项目的一部分，除此之外，这个“智慧小区”还包括储电、储热、光伏发电、智慧路灯等，即通过控制系统，实现多能互补联合经济运行，目前建安工作基本完成，部分功能已投入使用。

据了解，依托国家电投综合智慧能源的成熟模式和海阳市打造“新能源综合利用示范城市”的契机，海阳核电正在积极策划“风光核储一体化”项目，充分利用自身资源、存量设施和人才优势，加大核能多场景综合利用的创新和开发，加强与不同产业合作，通过核电同海水淡化、分布式光伏、海上风电、储电、储热多能互补，向市场用户提供电、热、水、氢等不同的产品和服务，实现智慧核能综合利用，打造智慧小区、智慧城市。

张爱美 中国能源报 2021-03-22

## 中国“人造太阳”拟 4 月底完成升级改造

新华社电 中科院合肥物质科学研究院近日透露，该院有“人造太阳”之称的全超导托卡马克核聚变实验装置（EAST），将于近期完成新一轮升级改造，向芯部电子温度 1 亿摄氏度、100 秒长脉冲等离子体的科研新目标发起挑战，力争将世界可控核聚变能源研究推向新高度。

中科院合肥物质科学研究院副院长、等离子体物理研究所所长宋云涛介绍，EAST 是我国重大科学工程，目标为人类开发核聚变能源提供工程和物理实验基础，建成以来已开展实验 96000 余次，先后实现了稳定的 101.2 秒稳态长脉冲高约束等离子体运行、电子温度 1 亿摄氏度 20 秒等离子体运行等国际重大突破。

从去年 7 月起，EAST 启动新一轮升级改造，在尖端材料、关键部件、主要子系统等方面实施一

系列重大提升。“装置升级的技术难度高，工作量大！”中科院等离子体物理研究所研制中心主任吴杰峰说，“‘人造太阳’非常复杂，要让上亿摄氏度高温与零下 269 摄氏度低温 1 米内共存，上万个零部件，有一点点瑕疵，未来实验可能就会失败。”

“从 1 亿摄氏度 20 秒到 1 亿摄氏度 100 秒，这是一个巨大的技术跨越，也将把人类核聚变能源研究推向一个新高度！”中科院等离子体物理研究所托卡马克物理实验研究室主任龚先祖介绍，目前升级改造工作进展顺利，预计将于 4 月底结束改造，向“1 亿摄氏度 100 秒”的新目标发起冲击。

徐海涛 陈诺 中国能源报 2021-03-29

## “十四五”核电产业发展重点解读

“十四五”规划不仅提出“安全稳妥推动沿海核电建设，建设一批多能互补的清洁能源基地”，而且列出了未来五年核能产业需要重点建设和推进的项目“计划表”，体现出国家对核电发展节奏、技术路线、产业多元应用、废物处置等关键环节的部署。

### 内陆核电破冰无望

截至 2020 年底，中国大陆运行核电机组共 49 台，装机容量约 5102 万千瓦。“十四五”规划明确提出核电运行装机容量达到 7000 万千瓦，意味着 2020 年底在建机组 16 台（总装机容量约 1738 万千瓦），以及另外 3 台已获得国务院核准后尚未开工机组（总装机 361 万千瓦），基本都要按期建成。

相较于“十三五”规划，“十四五”规划中有关核电发展及布局的表述出现不小变化。其中，“十三五”规划中提出的“积极开展内陆核电项目前期工作”，在“十四五”规划中未再出现。但明确了“十四五”时期将加快推进能源革命，构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系，提高能源供给保障能力，要“加快发展非化石能源”。

核电是安全、清洁、低碳、高能量密度的战略能源，与“风光水”等非化石能源共同组成了清洁低碳能源体系，因此“十四五”将迎来可期的发展空间。同时，积极有序推进沿海三代核电建设，意味着“十四五”内陆核电项目将继续被搁置，破冰无望。

### 自主三代核电形成型谱化产品

“十三五”期间，我国引进了三代核电陆续投产，实现良好运行。同时，自主三代核电技术满足国际最高核安全要求，核电装备国产化能力不断提升。在建设、设计、装备制造、运营管理方面积累经验的基础上，自主三代核电已进入批量化建设。

关于核电技术路线，“十四五”规划提及的华龙一号、国和一号、高温气冷堆等，都是拥有自主知识产权的核电型号。“十三五”核准的新项目中，基本都采用了进一步融合后的华龙一号技术。考虑到华龙一号和国和一号等自主三代压水堆安全性达到国际一流水平，现役核电机组性能也得到不断改进，未来随着国内自主三代核电机组的批量化、规模化生产，建设周期有望缩短，将带动技术进步、安全性提升和发电成本下降。同时，自主三代核电形成型谱化产品，可实现从设计上实际消除大规模放射性物质释放，成为未来核电规模化发展的主力，将带动核电全产业链发展，积极应对和解决核电发展面临的可持续性、安全与可靠性、经济性、防扩散与实体保护等方面的挑战。

“十三五”我国积极开展核电项目前期工作，开发和储备了一批适合发展自主三代核电项目的厂址，其中部分项目已获准开展前期工作。“十四五”期间，安全稳妥推动沿海核电建设，我国沿海核电有望进入有序发展的新阶段。

### 核能多元综合利用迎来“窗口”

“十四五”规划明确了推动模块式小型堆等先进堆型示范和核能综合利用，意味着核能的多元化应用、多用途发展按下加速键，“十四五”期间可能成为“多能互补的清洁能源基地建设”的重要选项。

小型模块化核反应堆造价更低、建造周期短、更安全灵活，能够满足直接面向用户的分布式能源系统的供电、城市供热、工业供汽和海水淡化、同位素生产等各种领域应用的需求。其中，海上浮动式核动力平台、核动力破冰船等，可为海洋石油开采和偏远岛屿提供安全、有效的能源供给，

也可用于大功率船舶和海水淡化领域。

目前，我国能源转型深入推进，对核能多用途发展提出了更高要求，先进堆型示范呈现出积极发展的态势。近年来，我国积极探索模块化小型堆（含小型压水堆、高温气冷堆、铅冷快堆等）多用途发展和综合利用，其中中核集团研发的玲龙一号模块化小型堆 2016 年成为全球首个通过国际原子能机构通用安全审查的小型堆，并于 2019 年 7 月启动示范工程建设。我国高温气冷堆技术世界领先，在此基础上发展的超高温气冷堆，将是核能多用途发展和综合利用的重要途径之一。

此外，我国正在加快核能综合利用示范建设，2019 年底山东海阳核电建成投运的首例商业核能供热项目实现了 70 万平米居民和公共建筑供热，而且核电水热同供创新示范项目效应初显。未来，大型核电机组及低温供热等小型反应堆叠加风能、光伏、储热联合经济运行，可同步缓解城市清洁取暖和水资源制约发展诸多难题，为实现“碳中和”目标提供现实可行的方案。

#### 废物处置补齐短板

相比“十三五”规划提出的“加快论证并推动大型商用后处理厂建设”，“十四五”规划关于核燃料循环后端的表述更为明确，既反映出我国乏燃料管理压力增大、核电发展面临可持续性突出问题、核燃料循环后端需求日益迫切的实际情况，也明确了我国坚定执行核燃料循环闭合的政策。

无论从提高铀资源利用率、保障核能长远发展角度，还是从减少核废料角度而言，乏燃料后处理都是核燃料循环中极其关键的环节。经过特殊后处理，乏燃料中的铀和钚可以分离并返回反应堆，作为燃料循环使用，形成核燃料的循环。

我国早在 2005 年就与法国展开建设大型商用乏燃料后处理厂的初步交流和洽谈。截至 2019 年，中法乏燃料后处理合作项目有关商务谈判基本接近尾声。

此外，针对低中放固体废物处置，近年来我国发布了《核设施放射性废物处置前管理》（HAD401/12-2020），《放射性废物地质处置设施》（HAD 401/10-2020）《放射性废物处置设施的监测和检查》（HAD 401/09-2019）等核安全导则和核安全法规技术文件等，并建立了包括废物核实认定、接收、码放、填充、回填和封顶等各项环节的技术体系，以及相应的辐射防护、环境监测、安全和质量保证与应急响应等保障体系，为建设核电站废物处置场奠定了良好基础。

“十四五”规划明确建设核电站中低放废物处置场，将进一步推进放射性废物管理法规制定工作，有利于落实放射性废物处理处置责任，统筹规划推进处置场能力建设，为落实“区域处置+集中共享处置”等多途径中低放废物处置模式奠定必要的基础。（作者供职于中核工程咨询公司）

汪永平 樊柳言 张萌 中国能源报 2021-03-29

## “十四五”核能产业要着力做好这些事

“十四五”规划发布，核能产业新的任务清单随即亮相。相比“十三五”，未来五年，不仅核电运行装机规模要增加，需要推进建设的领域和问题也更多元。除了自主三代和四代核电示范工程，小堆、高温堆、浮动堆的示范，以及中低放废物处置场、乏燃料后处理厂、核能综合利用纷纷“入围”。

回顾中国核电产业的发展历程，可以看出，这份清单所列，都是短中期行业最需要做好的事。

首先，建设华龙一号、国和一号、高温气冷堆示范工程，积极有序推动沿海三代核电建设。核电示范工程，是核电自主化发展的里程碑，也是由核电大国迈向核电强国的标志，更是未来参与国际核电市场竞争的“拳头”产品。

目前三代核电中，华龙一号全球首堆已投产，后续多个项目在建或已核准，国和一号处于建设期；四代核电中，高温气冷堆示范电站已进入并网“倒计时”。在此背景下，高标准、高质量建好示范工程，并推进后续项目批量化建设，是提升核电产业链核心竞争力的关键。因此，以示范项目为引领，在沿海布局新的三代核电项目，保持产业稳健发展的节奏和耐力，十分关键。

其次，推动模块式小型堆、60 万千瓦级商用高温气冷堆、海上浮动式核动力平台等先进堆型示范。放眼全球，各核电强国正通过小型堆、四代先进核能系统抢占下一轮核能技术创新的“制高点”，

不惜投入巨资支持研发，体现出核能产业作为战略性新兴产业的重要性。

过去十年，在核能领域科技创新的风口下，我国陆续研发出模块化小型堆、商用高温气冷堆和海上浮动核动力平台，但限于标准缺失、资金投入和商业模式等障碍，迟迟未能顺利落地。所以未来五年，需要打破体制藩篱，打破固有思维，尝试新模式，行业合力抢占“高地”。

第三，建设核电站中低放废物处置场，建设乏燃料后处理厂。中国核电产业发展至今，要说最难补的短板，恐怕就是“后端”。

目前我国在运核电厂 90%以上的低放废物滞留积存于核电厂临时贮存场所，影响核电厂正常运行、增加环境风险，更加剧了公众对核电安全的担心。作为核电大国，应果断扫清障碍，尽快建设中低放废物处置场，为核电可持续发展减轻安全压力。

另外，安全稳妥发展核电，要求我国要最大限度提升铀资源利用率，并降低乏燃料存贮压力，解决好核电“口粮”的同时，“善后”乏燃料。所以，建设乏燃料后处理厂，建立起适应我国核电产业发展的核燃料闭式循环体系，提升和增强核循环产业能力显得尤为迫切。

最后，开展山东海阳等核能综合利用示范。除了发电，核能还可以供热、海水淡化、工业供汽、制氢、制冷，尤其在山东海阳核电率先尝试商业供暖、海水淡化和水热同传，并在取得初步成效的基础上，多元化利用已经成为核能产业转型发展的关键路径。

从碳减排、节能降耗、清洁取暖的角度看，核能综合利用优势明显，但在初期探索阶段，要全面考虑安全标准、经济性、商业模式等社会关注的问题，为后续推广应用做好铺垫和示范。

朱学蕊 中国能源报 2021-03-22

## 1 亿摄氏度“燃烧”100 秒！中国“人造太阳”将再冲新高

新华社合肥 3 月 25 日电 记者从中科院合肥物质科学研究院获悉，该院有“人造太阳”之称的全超导托卡马克核聚变实验装置（EAST），将于近期完成新一轮升级改造，向芯部电子温度 1 亿摄氏度、100 秒长脉冲等离子体的科研新目标发起挑战，力争将世界可控核聚变能源研究推向新高度。

“万物生长靠太阳，EAST 拥有类似太阳的运行机制，因此有‘人造太阳’之称。”中科院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所王腾博士说，煤、石油、天然气未来有枯竭的危险，还存在一定的环境污染，而“人造太阳”核聚变反应所需的原材料在地球上几乎取之不尽、用之不竭，生成物也没有危害，被认为是理想的“终极能源”。

中科院合肥物质科学研究院副院长、等离子体物理研究所所长宋云涛说，EAST 是我国重大科学工程，目标为人类开发核聚变能源提供工程和物理实验基础，建成以来已开展实验 96000 余次，先后实现了稳定的 101.2 秒稳态长脉冲高约束等离子体运行、电子温度 1 亿摄氏度 20 秒等离子体运行等国际重大突破。

从去年 7 月起，EAST 启动新一轮升级改造，在尖端材料、关键部件、主要子系统等方面实施一系列重大提升。“装置升级的技术难度高，工作量大！”中科院等离子体物理研究所研制中心主任吴杰峰说，“‘人造太阳’非常复杂，要让上亿摄氏度高温与零下 269 摄氏度低温 1 米内共存，上万个零部件，有一点点瑕疵，未来实验可能就会失败。”

“党员带头，我们每个人都是缺一不可的螺丝钉！”EAST 升级改造项目内部施工负责人胡凯说，近百人的科研工程团队每天超过 12 个小时“争分夺秒”工作，从春节前到现在一直没有休息。

“从 1 亿摄氏度 20 秒到 1 亿摄氏度 100 秒，这是一个巨大的技术跨越，也将把人类核聚变能源研究推向一个新高度！”中科院等离子体物理研究所托卡马克物理实验研究室主任龚先祖介绍，目前升级改造工作进展顺利，预计将于 4 月底结束改造，向“1 亿摄氏度 100 秒”的新目标发起冲击。

徐海涛 陈诺 新华社 2021-03-25

## “人造太阳”产氙实验包层项目启动

“人造太阳”项目近日迎来新进展，国际热核聚变实验堆（ITER）中国氦冷固态实验包层系统（HCCBTBS）首个项目在四川成都启动，这标志着中国在 ITER 上开展产氙技术测试进入具体实施阶段，人类离实现聚变清洁能源梦想又近了一步。

据了解，此次中核集团核工业西南物理研究院（以下简称“核西物院”）牵头完成前期预研设计工作，正式接棒国家赋予的工程设计和系统研发测试任务。产氙包层是未来聚变堆实现氙自持和发电的核心部件，产氙技术是未来聚变堆急需解决的关键技术问题之一。

国际热核聚变实验堆（ITER）实验包层计划的目的是在 ITER 上提供真实聚变堆环境下开展产氙包层技术验证，是 ITER 的三大工程目标之一。这一系统是中国参与 ITER 计划至关重要的组成部分，也是自主掌握产氙包层技术并发展未来商用聚变堆的关键一环。

在科技部的支持下，由中国国际核聚变能源执行中心组织，核西物院作为系统技术牵头单位，与各参与单位一起经过 10 多年设计与研发，攻克低活化钢、功能材料和关键部件制造工艺难关，达到国际先进水平，验证了中方 ITER 实验包层方案的技术可行性，培养了一支具有创新精神和国际视野的科研团队。同时，为保障项目和合同顺利启动和执行，核西物院建立了符合 ITER 要求的核安全和质量保障体系，制定了详细项目实施方案。

孙浩 中国环境报 2021-03-22