

# 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 1 期 2021 年 1 月

## 目 录

总论 .....	1
能源革命一定要算好“经济账” .....	1
IEA 发布 2020 版《可再生能源——2025 年分析预测》 .....	2
世界能源蓝皮书系列报道一：可再生能源发展将呈现三大趋势 .....	7
世界能源蓝皮书系列报道二：受全球经济陷入衰退影响，石油需求不振 .....	8
世界能源蓝皮书系列报道三：中国城市能耗与排放情况显著改善 .....	8
习近平宣布：到 2030 年风电、太阳能发电总装机容量达 12 亿千瓦以上 .....	9
打破能源“三元悖论”要增强政策灵活性 .....	10
日本绿色能源转型挑战重重 .....	12
推动能源耦合发展 突破行业用能壁垒 .....	13
《巴黎气候协定》的目标能实现吗？按下“绿色开关”需要你！ .....	15
欧盟新能源战略雄心勃勃 .....	17
中国将制定碳排放达峰行动方案 能源结构将迎哪些变化？ .....	18
“十四五”“十五五”期间 我国将大力发展风电和太阳能发电 .....	19
《新时代的中国能源发展》白皮书 发布 .....	21
推广清洁能源 共享绿色发展 .....	40
中国能源发展进入新时代 清洁能源占比 23.4% .....	42
章建华：加快风电光伏发展 风电、光伏发电新增装机总量较“十三五”有大幅增长 .....	43
能源结构优化升级 .....	44
火核水 铸国之重器 谋深度转型 .....	46
能源产业这 5 年 .....	48
日本发布“绿色增长战略”，确定 2050 年实现净零排放的路线图 .....	51
新能源 立足新起点 迈向新征程 .....	53
热能、动力工程 .....	55
中科院工程热物理所在水泥窑炉低氮脱硝技术研发中获进展 .....	55
2020 年第三季度美国已部署 476MW/764MWh 电池储能项目 .....	56
电力是能源系统实现碳中和的关键 .....	58
电力系统低碳转型要“多线出击” .....	59
电力系统灵活性提升难在哪 .....	61
钢铁行业节能减排与绿色发展空间巨大 .....	63
落实碳达峰，节能降耗刻不容缓 .....	65
日本：太阳能在实现 2050 年碳中和目标中的作用 .....	66
英拟到 2030 年底至少减排 68% .....	68
杜祥琬院士：“碳中和”目标将带来能源行业新增长点 .....	68



联合国环境规划署：全球化石燃料年减产 6%才能实现温控目标 .....	69
南澳大利亚州将部署 2MW/8MWh 钒液流电池储能项目 .....	70
Azelio 公司计划在迪拜部署热储能系统 可实现 13 小时持续放电 使用寿命约 30 年.....	71
日本“脱碳”之路不平坦 .....	72
山东：科学构建新能源供热体系 多措并举推进清洁供暖.....	74
《2020 年中国碳价调查报告》：调查报告:全国碳市场预计五年内趋于成熟 .....	76
广东碳交易累计成交额居全国第一 .....	78
“降碳”已成大气污染治理“牛鼻子” .....	80
城市摆脱“高碳锁定”路在何方？ .....	81
杜祥琬：节能提效应是“碳中和”首要举措 .....	83
交通运输业节能减碳刻不容缓 .....	86
可再生能源配套储能的四个基本原则 .....	87
我国提前实现碳排放强度下降目标 .....	89
无铅储能陶瓷：从“小众”走向“大众” .....	90
能源化工产业进入低碳转型关键期 .....	92
交通运输业节能减碳刻不容缓 .....	94
日媒：减排新思路！二氧化碳有望“变身”食物 .....	95
我国减碳按下“加速键”，广东省如何付诸努力？ .....	96
降碳成“十四五”生态保护总抓手 转型之路如何走？ .....	97
地热能 .....	99
充分利用地热加快实现园区清洁化(建言献策·园区综合能源服务规划系列二).....	99
地热+建筑要成清洁园区“新风尚” .....	101
内蒙古中西部发现特大型地热田 .....	102
地热清洁供暖成效初显 .....	103
生物质能、环保工程 .....	105
秸秆生产交通燃料油技术实现新突破 .....	105
垃圾焚烧发电厂烟气工艺提升对垃圾处理费的影响 .....	106
污泥发电 变废为宝 .....	108
垃圾摆对地方就是资源 “十三五”期间广州用垃圾发电超 50 亿度 .....	110
优化能源生产利用，助力生态环境保护 .....	111
原料处理技术不完善制约沼气发电 .....	114
厨余垃圾处理劲吹“绿色风” 浙江宁波市厨余垃圾处理厂建设投用纪实 .....	115
广东省生活垃圾无害化处理率达 99.95% .....	117
海南进入生活垃圾全焚烧时代 日处理能力超万吨 .....	117
生态环境部发布《2020 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》 .....	118
太阳能 .....	119
分布式光伏“十四五”前景几何？如何解决电网调节难题 .....	119
美国研发超高速钙钛矿制程，一分钟制出 12 公尺太阳能薄膜 .....	120
美国成本最低的实现清洁电网办法：大规模开发分布式光储项目 .....	121
福建物构所钙钛矿太阳能电池研究获新进展 .....	121
为了有效改善电池的稳定性，美国研发低成本效率太阳能电池 .....	122
效率可突破 25%，异质结电池关键设备突破 .....	122
新材料可将太阳能储存数月甚至数年 .....	123
英媒：科学家发现一种无需电子元件可存储太阳能方法 .....	124



下一代光伏技术渐行渐近? .....	124
加强光伏合作 推动绿色发展 .....	126
广东将建省内最大的平价上网光伏复合项目 .....	127
异质结与颗粒硅点燃预期 光伏业迎来技术切换期 .....	127
海洋能、水能 .....	130
欧盟计划“大规模改变”潮汐能和波浪能 .....	130
全球海洋能发电装机 5 年内将增 3 吉瓦 .....	130
助力碳达峰碳中和 国网加速推进抽水蓄能电站建设 .....	131
“十四五”抽水蓄能将保持较快发展态势 .....	131
风能 .....	133
风资源没有“天花板” 低风速风电能否唤醒风电产业“第二春” .....	133
中国海上风电或开启“东电西送”通道 .....	135
站在全球海上风电的前沿——苏格兰海上风电报告 .....	137
装机容量 770 万千瓦左右! 2020 年河南全省拟投产风电项目 152 座 .....	138
国内首个单体大容量在运海上风电项目全容量并网 .....	138
氢能、燃料电池 .....	139
英国打造全球首个“绿氢”供热项目 .....	139
“绿氢”经济性优势渐现 .....	140
核能 .....	141
中国环流器二号 M 装置建成: 问鼎人类终极能源 中国人在奔跑 .....	141
我国核电技术更具经济竞争力 .....	144
为人类可持续能源贡献“中国方案” ——华科大为“人造太阳”耕耘二十年 .....	145
能源政策 .....	148
中央定调: 财政部、能源局“三连鞭” 开启全民光伏新时代! .....	148
分布式光伏暂不纳入优先发电序列! 山西出台 2021 年全省电力市场交易组织方案 .....	150

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

## 能源革命一定要算好“经济账”

“我国能源转型发展进程中，走向清洁低碳是必然趋势，保障能源安全供给是根本任务，提高能源生产与消费的效率是重要内涵。要实现我国 2030 年前碳排放达峰和 2060 年前碳中和的目标，是一项十分紧迫、十分艰巨的战略任务，也是一项十分复杂的系统工程，必须科学规划，制定好不同时期的发展目标、重点任务和实施路径。”中国工程院院士刘吉臻近日表示。

刘吉臻指出，面向 2035 年的能源发展战略思路为“化石能源清洁化、清洁能源规模化、多种能源综合化”。“这三者相辅相成，既不能相互割裂，也不能各自为政、忽略相互的支撑作用。其中，值得注意的是，能源革命技术方向的选择一定要与经济性结合，算清能源革命的‘经济账’。在能源消费侧，再电气化是我国能源转型的根本途径和关键所在。”

### 能源革命要讲性价比

十九大报告指出，要推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系。哪种能源能担起能源转型的重任？

刘吉臻指出，如果储能技术有突破性进展，那能源革命的问题也就迎刃而解了。“在大电网系统内建设电化学储能电站，10 万千瓦不够，建设 20 万千瓦，如果还不够，再建 30 万行不行？很明显，在现阶段储能技术条件下，靠储能解决大电网问题路径不通，经济性难以承受。”

目前氢能发展“大热”，有声音认为氢能是未来的终极能源。在刘吉臻看来，在现有技术条件下，氢能经济性有待检验。“目前生产 1 立方米氢气需要消耗大约 5-5.5 千瓦时电能，如果电价低于 0.2 元/千瓦时，制氢价格可以承受。只有用低价的可再生能源制氢才是正确的路径，加之氢能具有一定的储能属性，可将氢能定位为可再生能源的‘搬运工’。”

刘吉臻进一步指出，燃料电池方面，如果用铂做催化剂，明显不划算。再比如碳捕捉、利用与封存技术（CCUS），现有技术条件下这种处理方式是不可持续的，示范项目的成本相对过高，还将增加一次能源消耗。受控核聚变为探索性、颠覆性的前期研究，目前没有实质性进展。

刘吉臻通过上述例子反复强调：“现有技术条件下，能源转型的‘经济账’一定要算清。能源转型过程中，技术必须和经济结合起来，先进的技术也需要合理的经济性。”

### “西电东送”规模或现拐点

据刘吉臻测算，如果在 2060 年前实现碳中和的目标，我国电力系统需再增加 60 亿千瓦的可再生能源装机。“风光”随机性、波动性的特性不变，电力系统能否稳定提供电能？届时用电成本多少？以德国为例，2019 年，德国可再生能源装机占比超过 40%，10 年提高了 24 个百分点，其电价是 10 年前的 1.5 倍。

刘吉臻直言：“能源革命不是‘请客吃饭’，现在的电力系统不是为这么大规模新能源准备的，新能源装机已超出系统承受范围，弃风弃光问题凸显，高比例新能源电力系统需付出极大经济成本。”

刘吉臻表示：“可再生能源大规模发展的背后，火电厂为其作了大‘嫁衣’。没有 12 亿千瓦的火电装机，就没有今天可再生能源的蓬勃发展。现有技术条件下，如果新能源装机增加 10 亿千瓦，火电装机再降 6 亿千瓦，电网将立即崩溃。能源革命不能一蹴而就，未来新能源占比将逐步提升，化石能源占比将逐步下降，但火电需要有‘活路’，安全、高效、清洁、灵活、智能是火电未来的发展方向。”

同时，刘吉臻指出：“可再生能源开发利用需要采取‘集中开发、远距离输送’与‘分布式开发、就地消纳’并举的发展模式。”中国工程院《我国未来电网格局研究（2020 年）咨询意见》指出，随着我国西部产业发展和东部清洁能源的开发，东部和西部源荷不平衡程度将降低，“西电东送”规模会出现拐点。未来中东部电力负荷供应将形成“西电东送+海电西送+本地传统能源+就地分布式新能源”

四足鼎立的局面。

### 再电气化助力能源转型

在终端消费侧，刘吉臻认为，再电气化是我国能源转型的根本路径，应大力实施电能对终端化石能源的深度替代，即“以电代煤、以电代油、以电代气”。

数据显示，截至 2019 年底，我国电力占终端能源消费占比为 26%。据国际可再生能源署预测，2050 年电力在我国终端能源的比重将增长至 47%。据了解，电气化水平每增加一个百分点，单位 GDP 能耗可减少 2 到 4 个百分点。2019 年我国单位 GDP 能耗为 0.49 吨标准煤/万元，是发达国家的 2 倍。

刘吉臻指出：“解决人类未来的能源问题将依赖新能源电力，新能源电力安全高效的生产与利用将是新能源时代永恒的主题。化石能源清洁化是能源转型的基础，清洁能源规模化是能源转型的核心。”

“绿色革命，既要算好‘经济账’，又要具有高效率。目前能源转型，包括实验室做研究，应该紧紧围绕目标展开行动，让不同的能源都能因地制宜高效利用，切忌异想天开、脱离实际。”刘吉臻说。

本报实习记者 赵紫原 中国能源报 2020-12-07

## IEA 发布 2020 版《可再生能源——2025 年分析预测》

国际能源署（IEA）2020 年 11 月发布 2020 版《可再生能源——2025 年分析预测》，对新冠疫情在电力、热力和运输领域就可再生能源的影响进行了详细的分析与预测。总体看来，尽管疫情仍在继续影响全球经济和日常生活，但可再生能源市场特别是发电技术，已经显示出在应对危机中的独特韧性。

### 电力行业提升可再生能源的韧性

与其他燃料形成鲜明对比，2020 年可再生能源发电量将增长近 7%。2020 年，全球能源需求将下降 5%，但长期合同、优先并网政策以及新建电厂都在支撑可再生能源发电量的强劲增长，这足以弥补经济活动减少导致的工业用生物能源和运输用生物燃料的下降。最终结果是 2020 年可再生能源需求总体增长 1%。

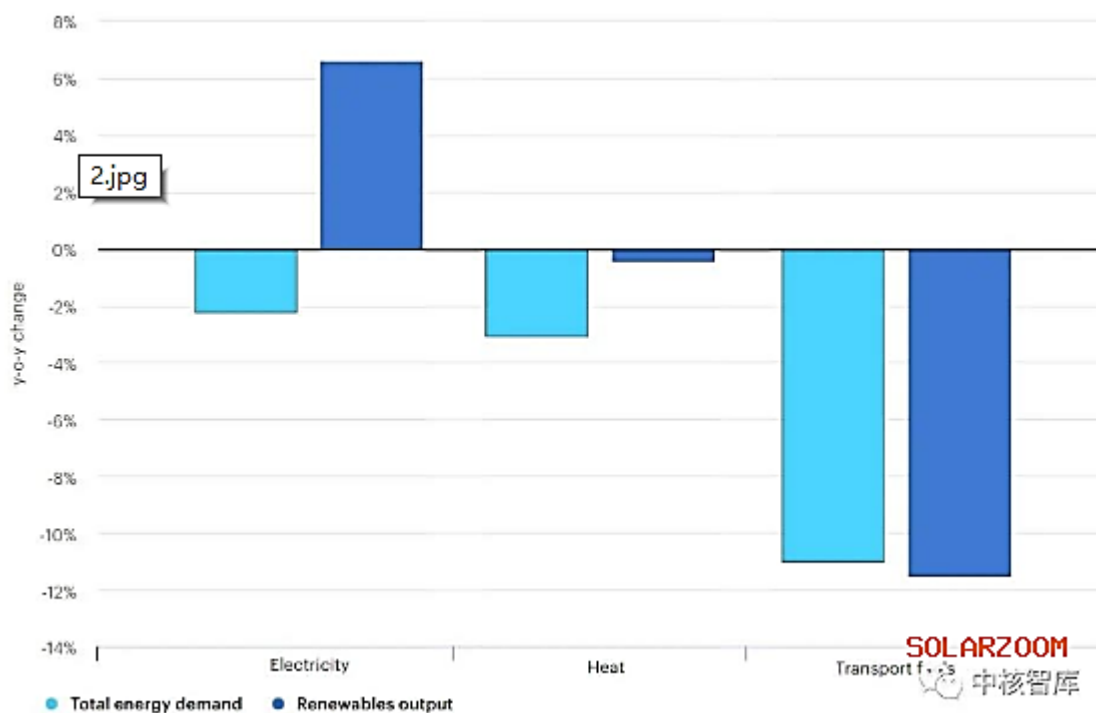


图 1 2019-2020 年电力、热力和运输领域能源需求与可再生能源产量变化情况

尽管存在经济不确定性，投资者对可再生能源的兴趣依然不减。2020年1月至10月，可再生能源的拍卖产能比去年同期高出15%，创下新纪录。与此同时，由于中期业务的健康增长和财务状况的预测，公开上市的可再生能源设备制造商和项目开发者的股票表现良好，优于多数主要股市指数和整体能源板块。2020年10月，全球太阳能公司的股价比2019年12月翻了一番多。

#### 疫情难阻可再生能源增长创新纪录

在中美两国的推动下，2020年全球可再生能源净装机容量将增长近4%，达到近200GW。风能和水力发电的增加使2020年全球可再生能源发电能力的增加创下新的纪录，占全球总发电能力增长的近90%。太阳能光伏发电项目的总体增长预计将保持稳定。此外，随着开发商赶在政策变化生效前完成项目，中美两国的风能和太阳能光伏新增数量将跃升30%。

可再生能源行业迅速适应了疫情危机的挑战。本报告将IEA对2020年全球可再生能源产能增加的预测值上调了18%。供应链中断和建设延误导致上半年可再生能源项目进度延缓。近期，工厂建设和制造业活动再次迅速加快，自5月中旬以来，随着跨境限制的放松，物流方面的挑战基本得到了解决。根据IEA月度新增产能数据库显示，截至9月，新增产能已超出之前的预期，表明中国、美国和欧洲的复苏速度加快。

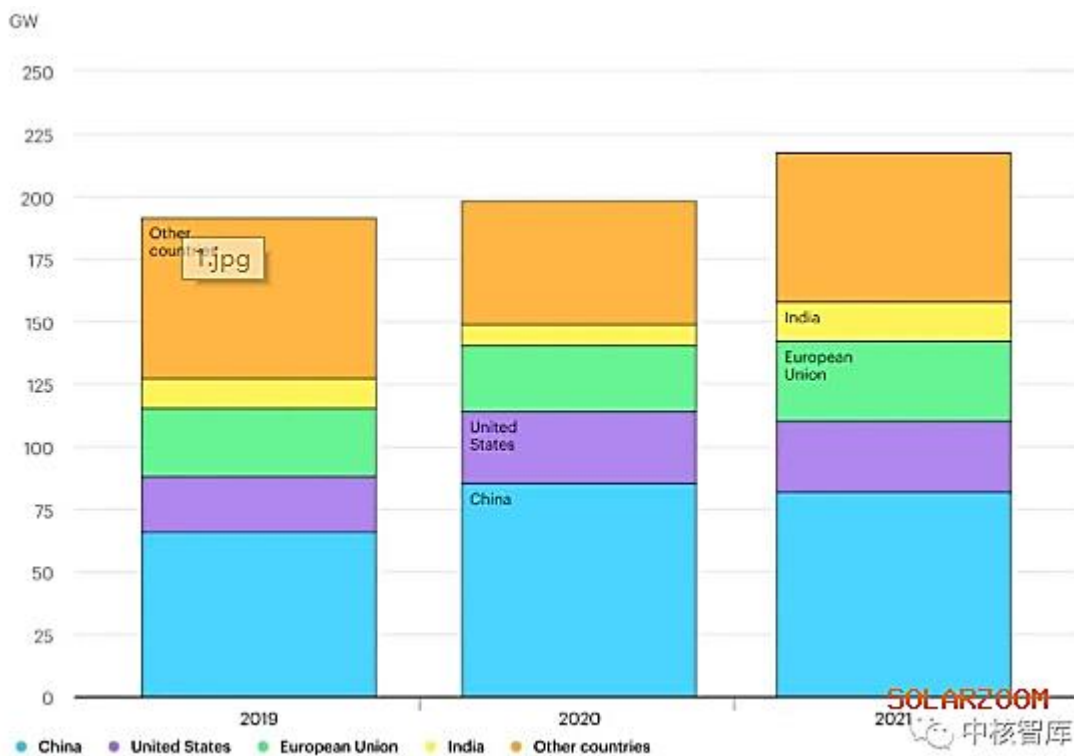


图2 2019-2021年按国家/地区划分的可再生能源新增装机容量

#### 欧洲和印度将在2021年引领可再生能源热潮

2021年，可再生能源的新增产能有望达到近10%，创下2015年以来最快增长记录。原因主要有两点：首先，建筑和供应链市场的延迟项目开始启动。美国、印度和欧洲等国政府已对关键市场采取措施，授权开发商在2020年年底政策或拍卖截止日期前完成项目。其次，2021年，美国、中东和拉丁美洲等市场将持续增长，在疫情发生之前，这些市场的项目进展良好，主要归功于成本连续下降和不间断的政策支持。

预计印度将成为2021年可再生能源增长的最大贡献者，年新增量几乎较2020年翻了一番。由于疫情以及合同谈判和土地收购方面的挑战，大量拍卖的风能和太阳能光伏项目预计将在延迟后投入运营。

预计欧盟2021年的新增产能将大幅增加，这主要是之前在法国和德国拍卖的太阳能光伏和风能

项目上线的结果。欧盟成员国为实现 2030 年可再生能源目标而制定的政策，以及欧盟复苏基金提供的低成本融资和赠款，为产能增长提供了支撑。在中东、北非地区和拉丁美洲，可再生能源的增加将在 2021 年有所回升，这主要得益于之前通过竞争性拍卖授予项目的投产。

提高关键市场的政策确定性可显著推动可再生能源部署

可再生能源能抵御新冠疫情危机，但不能抵御政策不确定性。本报告预测，关键市场的激励措施到期，以及由此带来的政策不确定性，将导致 2022 年可再生能源产能增量小幅下降。在中国，陆上风能和太阳能光伏补贴今年到期，海上风能支持将于 2021 年到期。2021 年至 2025 年的政策框架将于明年年底公布，这将给 2022 年及以后中国可再生能源扩张速度带来不确定性。2022 年，可再生能源的增加还将受到美国陆上风电生产税收抵免到期、印度配电公司持续的财务困境以及拉丁美洲拍卖延迟的阻碍。特别值得一提的是，全球陆上风电新增数量预计将减少 15%，而海上风电在全球范围内继续加速扩张。

若各国解决政策不确定性，正如在加速情景中的设想，2022 年全球太阳能光伏和风能发电可能会分别增加 25%。这将推动可再生能源新增产能达到创纪录的 271GW。仅中国一国就将占增长的 30%。太阳能光伏年新增容量可能达到约 150GW，在短短三年内增长近 40%。在美国，如果实施更多的清洁电力政策，太阳能光伏和风能可能会更快部署，从而推动美国电力行业更快地脱碳。

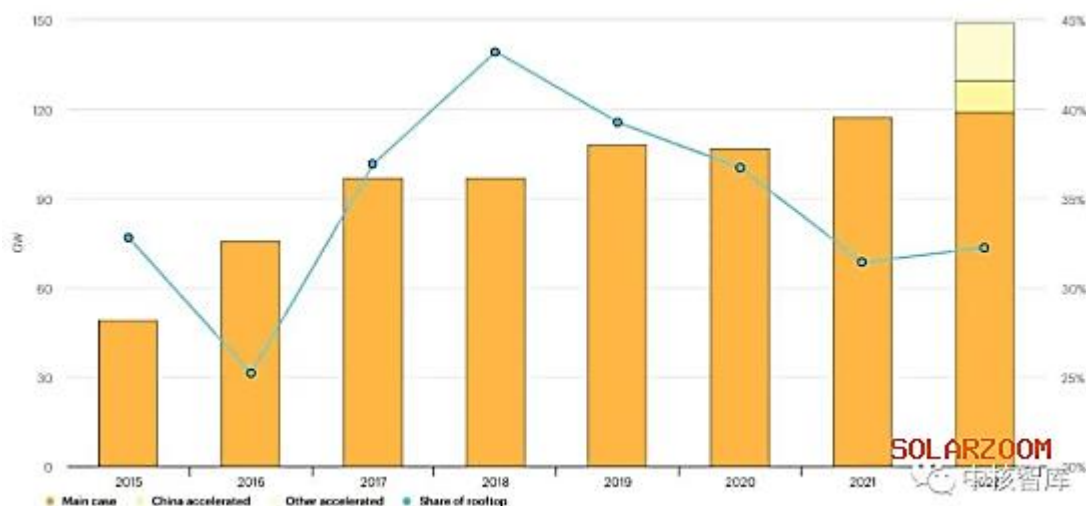


图 3 2015-2022 年太阳能光伏装机容量增量及主情景和加速情景

可再生能源将引领全球电力行业

降低成本和持续的政策支持预计将推动 2022 年后可再生能源的强劲增长。尽管疫情危机带来了挑战，但并未影响可再生能源的扩张。在当今大多数国家，太阳能光伏和陆上风能已成为新建发电厂最便宜的方式。在拥有良好资源和廉价融资的国家，风能和太阳能光伏发电厂将挑战现有的化石燃料发电厂。目前太阳能项目的电力成本处历史最低。总体而言，到 2025 年，可再生能源将占全球发电能力净增的 95%。

风能和太阳能光伏总装机容量有望在 2023 年超过天然气，2024 年超过煤炭。预计到 2025 年，仅太阳能光伏就占到了所有可再生能源新增产能的 60%，风能提供了另外 30%。在持续下降的成本推动下，每年新增海上风电数量将激增，占 2025 年风电年度市场总量的五分之一。海上风电市场的增长已从欧洲转移到中美等潜力巨大的新市场。全球范围内可再生能源的快速增长需要更多的政策关注，以确保其安全、经济且高效地融入电力系统。

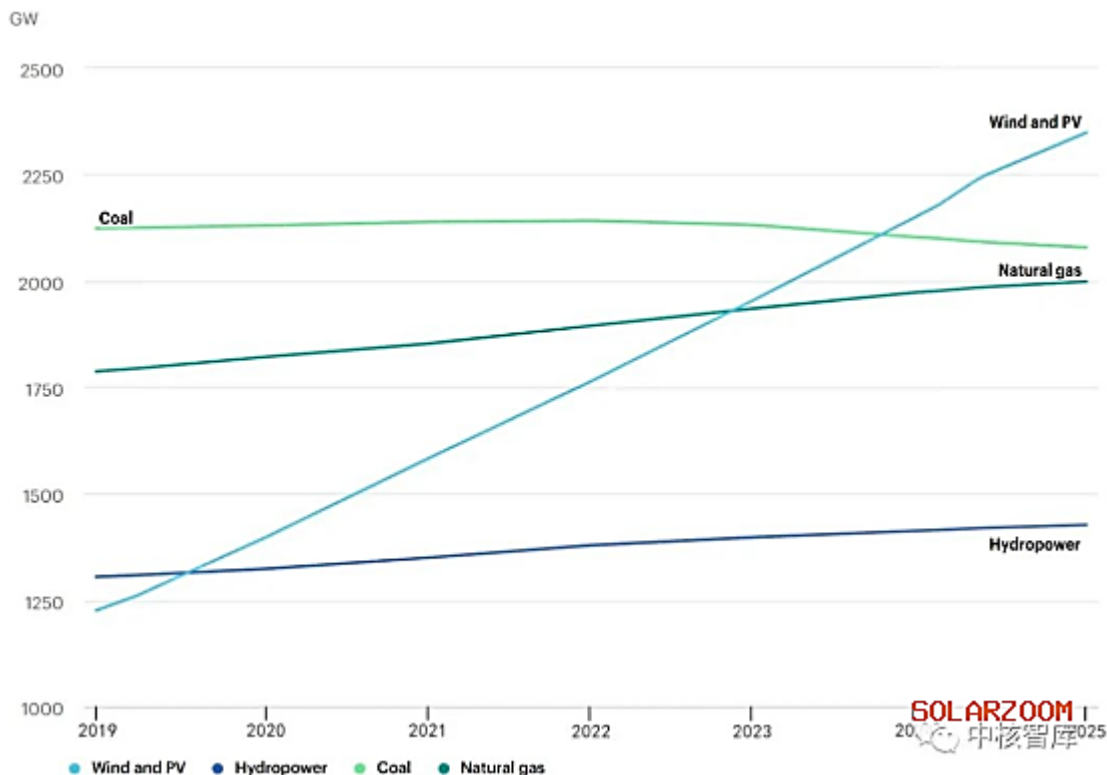


图 4 2019-2025 年风能和太阳能光伏、氢能、煤炭和天然气发电的总装机容量预测

到 2025 年，可再生能源将超过煤炭，成为全球最大的电力来源。可再生能源预计将提供世界三分之一的电力。目前世界上最大的可再生电力来源为水电，提供全球近一半的可再生电力，紧随其后的是风能和太阳能光伏。

可再生能源成本的持续下降正在改变投资者的前景和政策的作用。除拍卖和上网电价等政策项目外，完全由市场因素导致的可再生能源增长份额，到 2025 年将从现在的不到 5% 增长到 15% 以上，是现在的三倍。包括企业购电协议、受批发电价影响较大的电厂或其他合同。尽管政策和监管框架对保持长期收入稳定至关重要，但竞争将继续压低合同价格。未来五年，拍卖和绿色证书计划预计将覆盖全球可再生能源产能扩张的 60%。从 2020 年到 2025 年，各大石油和天然气公司对新的可再生电力产能投资预计将增加 10 倍。

#### 疫情导致生物燃料 20 年来首次收缩

生物燃料行业受到了疫情危机的严重影响。预计 2020 年全球运输生物燃料的产量将比 2019 年下降 12%。这是 20 年来的首次减少，原因是运输燃料的需求下降，以及化石燃料价格下降削弱了其经济吸引力。产量同比降幅最大的是美国和巴西的乙醇及欧洲的生物柴油。



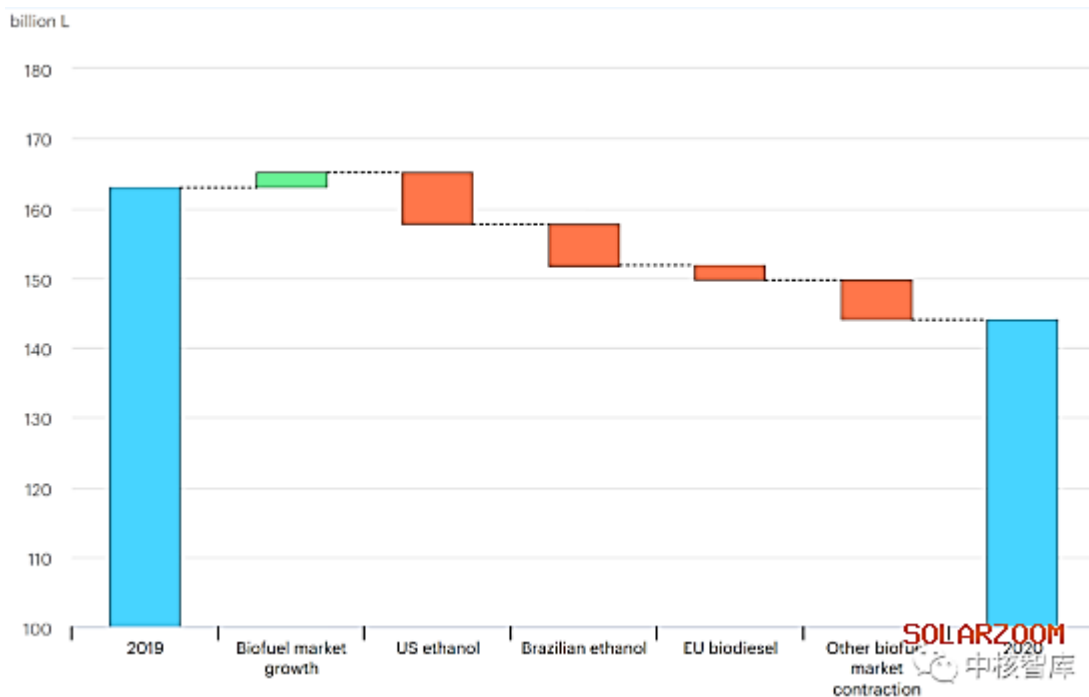


图 5 2019 年全球生物燃料产量及 2020 年各因素变化明细

燃料需求的复苏和关键市场更强有力的政策可刺激生物燃料产量在 2021 年反弹，并持续增长到 2025 年。在这种情况下，产量增幅最大的将是中国和巴西的乙醇，以及美国和东南亚的生物柴油和加氢处理的植物油。

#### 需求冲击影响可再生供热的消费

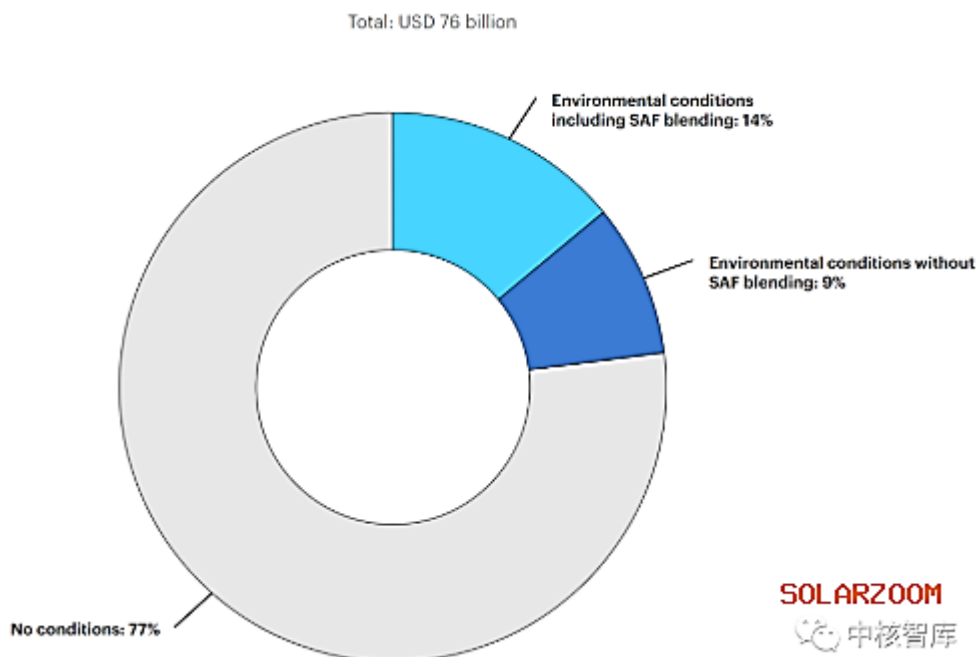
据预测，疫情导致的经济活动下降对工业热消耗的影响大于对建筑业，从而影响了可再生能源的需求，特别是工业中的生物能源使用。在其他领域，疫情对短期可再生供热消费的直接影响较小。尽管全球工业和建筑业对热的电力需求正在下降，但由于可再生能源在发电领域的比重增加，2020 年这两个行业与热相关的可再生电力消费势必上升。

未来五年，可再生能源的份额预计将保持基本不变。预计 2025 年全球可再生热能消耗量将比 2019 年高出 20%，建筑行业的增长势头将强于工业。尽管出现了这一增长，但到 2025 年，可再生能源将仅占全球热耗的 12%，因为在工业活动的推动下，市场总量预计将扩大。在不可再生热能消耗没有明显变化的情况下，2025 年与热相关的二氧化碳排放总量预计仅比 2019 年减少 2%。

#### 最近的政策势头可能进一步推动可再生能源的使用

以清洁能源为重点的经济刺激措施可直接或间接地支持可再生能源。尽管目前个别国家宣布的 4700 亿美元能源刺激计划中，大多目的主要是进行短期经济救济，但预计约有 1080 亿美元的目标是提供经济增长，并重点聚焦于清洁能源。这些措施可以直接或间接地通过建筑、电网、电动汽车和低碳氢等领域提供额外的资金支持，从而支持可再生能源。即将出台的欧盟经济复苏计划也是如此，该计划预计将包含约 3100 亿美元的气候相关支出。

运输用可再生燃料领域因受到疫情危机影响严重，最有可能得到支持。然而，各国政府可以且应该做得更多。例如，在全球 30 家航空公司中，只有两家在应对危机时得到了政府支持，另有两家被要求承诺将航空燃料混合的可持续水平控制在 2%。



关键市场的净零排放目标预计将加快可再生能源部署。继欧盟和几个欧洲国家后，亚洲三个主要经济体最近宣布了到实现净零排放的目标：日本和韩国到 2050 年，以及中国到 2060 年。虽然现在评估其确切影响还为时尚早，但这些雄心勃勃的目标将会进一步加快可再生能源在所有行业的部署，并对全球市场产生重大影响。

中核智库 2020-12-08

## 世界能源蓝皮书系列报道一：可再生能源发展将呈现三大趋势

世界可再生能源电力发展迎来历史性转折。随着成本优势的显现、储能技术的发展、全球对环境和气候问题的关注以及支持政策的完善，可再生能源已展现出良好的发展前景。

12 月 11 日，中国社会科学院研究生院国际能源安全研究中心、社会科学文献出版社联合在京发布《世界能源蓝皮书：世界能源发展报告（2020）》（下称《世界能源蓝皮书》）。

《世界能源蓝皮书》称，2020 年及今后一段时间内世界可再生能源发展将呈现三大趋势：第一，成本进一步下降并最终实现平价上网；第二，越来越多的国家、地区和企业开始重视可再生能源发展；第三，新的技术将在可再生能源领域得到更多应用。

《世界能源蓝皮书》介绍，2019 年以来，以风能、太阳能为代表的可再生能源发展保持较快增长。2019 年，光伏和风电发电成本显著下降，较传统化石能源发电的成本优势开始显现。可再生能源发电即将进入平价时代。

研究发现，2019 年可再生能源电力发展迎来历史性转折。国际可再生能源署（IRENA）的数据显示，在没有补贴的情况下，可再生能源发电成本已低于化石燃料。

IRENA 指出，技术的不断突破，使太阳能和风能的发电成本大幅下降；同时碳排放规定愈加严格，让燃煤电站的维修和污染控制成本不断走高，这导致越来越多的煤电项目成本高于风能和太阳能发电项目，成本优势使可再生能源电力的竞争力越来越强。

近期，全球能源研究机构也纷纷表示，低成本的绿色电力正在成为常态，低价可再生能源将主导电力市场发展。

IRENA 预计，2020 年太阳能发电的平均成本将再下降 13%，陆上风电的平均成本将再下降 8%。届时，全球将有超过 3/4 的陆上风电、1/5 的太阳能发电项目价格低于最便宜的燃煤、石油和天然气发电成本。

《世界能源蓝皮书》认为，经过数十年发展，可再生能源电力终于克服了技术、成本等难题，迎来告别补贴的时代。在世界各国共同面对气候变暖、能源结构调整等挑战的背景下，发展具有竞争力的可再生能源电力将成为全球实现“脱碳”目标的重要途径。

牟思南 环球网能源频道 2020-12-12

## 世界能源蓝皮书系列报道二：受全球经济陷入衰退影响，石油需求不振

受全球经济陷入衰退影响，2019年石油需求不振。新的石油市场格局尚未稳定，仍存在较大的不确定性。

12月11日，中国社会科学院研究生院国际能源安全研究中心、社会科学文献出版社联合在京发布《世界能源蓝皮书：世界能源发展报告（2020）》（下称《世界能源蓝皮书》）。

《世界能源蓝皮书》称，总体上来看，2019年全年布伦特原油均价为64美元/桶，相比于2018年71美元/桶的价格，下降幅度为9.9%。除供需方面的影响，2019年发生的多次地缘政治事件也对原油市场造成了冲击，使得下半年油价一直呈现出大幅震荡的行情。

《世界能源蓝皮书》称，2019年美国页岩油产量的稳定增加冲击了国际石油市场，大幅减弱了欧佩克和俄罗斯等产油国对油价的控制能力，全球石油市场仍处在美国页岩油冲击的调整期和窗口期，加之全球经济放缓的需求冲击，新的石油市场格局尚未稳定，仍存在较大的不确定性。

《世界能源蓝皮书》说，2019年国际油价与2018年相比整体上处于低位。总体来看，沙特、俄罗斯等产油国对欧佩克+联盟减产协议的高执行率，对上半年油价上涨趋势起到了重要的支撑作用，但全球经济增速放缓及中美贸易摩擦所导致的需求下降在下半年主导了油价走势，造成了油价的下跌趋势，美国页岩油产量供应的稳定增加也削弱了欧佩克+减产协议的效果。

《世界能源蓝皮书》对世界石油市场形势进行了展望：第一，全球经济将陷入衰退，石油需求量将下降；第二，新冠肺炎疫情在全球快速蔓延，显著增大油价的下行压力；第三，主要产油国的博弈竞争加剧，原油市场不确定性上升；第四，美国页岩产业扩张势头将严重受阻，页岩油产量或会下降；第五，地缘政治紧张局势升级，石油供应不确定性升高。

《世界能源蓝皮书》预计2021年全球原油日需求量将增长100万桶，布伦特原油中枢价格可能反弹至55美元/桶左右。

但与全球相比，预计“十四五”期间，中国天然气消费量将依旧保持快速增长。预测数据显示，2025年，中国天然气消费量为4827亿立方米，是2019年的1.59倍；2020-2025年，中国天然气消费量复合增长率为8.4%。

《世界能源蓝皮书》称，随着进口天然气依存度的不断攀升，中国天然气的进口格局也将发生巨大变化，在保障长期供应稳定的同时，中国将充分发挥现货资源的市场调节作用，加强与重点天然气出口国多双边合作，加快推进国际合作重点项目。

《世界能源蓝皮书》称，中国天然气国际化合作对全球天然气产业的发展意义深远，有利于推进全球天然气一体化，推动全球天然气产业可持续发展。

牟思南 环球网能源频道 2020-12-12

## 世界能源蓝皮书系列报道三：中国城市能耗与排放情况显著改善

最新研究成果显示，中国城市经济与能源消费转型已取得显著成效，城市能耗与排放情况显著改善。

12月11日，中国社会科学院研究生院国际能源安全研究中心、社会科学文献出版社联合在京发布《世界能源蓝皮书：世界能源发展报告（2020）》（下称《世界能源蓝皮书》）。

《世界能源蓝皮书》称，近年来，中国不断推进能源生产与消费转型，并已取得显著进展。在

全民环境意识不断提高下，中国城市致力于转型发展，在污染排放、能源消耗、环境绿化、产业结构等方面取得了较好成效。

《世界能源蓝皮书》称，随着节能技术的发展与应用，城市能源消耗呈现下降趋势。环境绿化覆盖方面，随着国家对环境保护的重视，生态城市发展被全国各地所重视，各地城市绿化面积不断提升。

产业结构转型方面，随着城市产业结构不断升级，城市产业结构逐渐由技术含量较低的劳动密集型产业转向了以知识密集型产业为主的高技术型产业，并保持了较高的增长率。

《世界能源蓝皮书》课题组梳理了多种评价方法，并从经济发展、能源现状和能源转型趋势三个角度分析了城市发展与能源消费转型机制，构造了城市发展和能源消费转型的指标体系，以将中国城市在经济与能源消费转型方面取得的成就以量化的方式呈现并横向对比分析，最终结果以省、市、城市群、大区等多维度行政区域的得分和排名展示。

牟思南 环球网能源频道 2020-12-12

## 习近平宣布：到 2030 年风电、太阳能发电总装机容量达 12 亿千瓦以上

国家主席习近平 12 日在气候雄心峰会上通过视频发表题为《继往开来，开启全球应对气候变化新征程》的重要讲话，宣布中国国家自主贡献一系列新举措。

习近平提到：到 2030 年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到 25%左右，森林蓄积量将比 2005 年增加 60 亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上。

12 月 12 日，国家主席习近平在气候雄心峰会上通过视频发表题为《继往开来，开启全球应对气候变化新征程》的重要讲话，宣布中国国家自主贡献一系列新举措。

习近平强调，5 年前，各国领导人以最大的政治决心和智慧推动达成应对气候变化《巴黎协定》。5 年来，《巴黎协定》进入实施阶段，得到国际社会广泛支持和参与。当前，国际格局加速演变，新冠肺炎疫情触发对人与自然关系的深刻反思，全球气候治理的未来更受关注。

习近平提出 3 点倡议。

第一，团结一心，开创合作共赢的气候治理新局面。在气候变化挑战面前，人类命运与共。中方欢迎各国支持《巴黎协定》、为应对气候变化作出更大贡献。

第二，提振雄心，形成各尽所能的气候治理新体系。各国应该遵循共同但有区别的责任原则，根据国情和能力，最大程度强化行动。发达国家要切实加大向发展中国家提供资金、技术、能力建设支持。

第三，增强信心，坚持绿色复苏的气候治理新思路。大力倡导绿色低碳的生产生活方式，从绿色发展中寻找发展的机遇和动力。

习近平强调，中国为达成应对气候变化《巴黎协定》作出重要贡献，是落实《巴黎协定》的积极践行者。中方已经宣布将提高国家自主贡献力度，我愿进一步宣布：到 2030 年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到 25%左右，森林蓄积量将比 2005 年增加 60 亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上。中国历来重信守诺，将以新发展理念为引领，在推动高质量发展中促进经济社会发展全面绿色转型，脚踏实地落实上述目标，为全球应对气候变化作出更大贡献。

习近平最后强调，“天不言而四时行，地不语而百物生。”地球是人类共同的、唯一的家园。让我们继往开来、并肩前行，助力《巴黎协定》行稳致远，开启全球应对气候变化新征程！

气候雄心峰会由联合国及有关国家倡议举办，旨在纪念《巴黎协定》达成五周年，进一步动员国际社会强化气候行动，推进多边进程。

新华社 2020-12-13

## 打破能源“三元悖论”要增强政策灵活性

“十四五”及今后更长一个时期，我国将全面进入新发展阶段，构建新发展格局，迫切需要加快能源革命和能源转型步伐。但是，能源问题历来十分复杂，涉及安全保障、公平可及、生态保护等方面，必须坚持系统观念，统筹考虑和部署。联合国世界能源理事会提出的“三元悖论指数”，能够比较全面地反映能源转型过程中的国家战略选择和政策平衡。

“三元悖论”是各国能源转型普遍面临的难题

在世界各国推进能源转型过程中，普遍面临着既要保障能源安全，又要消除能源贫困、实现公平可及，还要保护生态环境的政策选择或平衡难题，被称之为能源政策的“安全、公平、生态”“三元悖论”现象。自2010年以来，联合国世界能源理事会开始陆续发布《世界能源三元悖论指数》(World Energy Trilemma Index)，对世界主要国家和地区的能源安全、能源公平、能源生态（或环境可持续性）政策平衡效果进行评价。其中，能源安全主要衡量能源供需的可靠性、稳定性，核心是能源供应保障能力；能源公平主要评价能源的可及性、普惠性、便利性、经济性或可负担性，核心是消除“能源贫困”的努力程度与效果；能源生态主要考察能源的低碳、清洁化程度以及环境的可持续性，核心是推动能源转型、碳减排、污染防控的政策力度与成效。

在2020年发布的世界108个国家和地区的能源“三元悖论指数”排名中，处于领先地位的主要来自欧洲地区，其中瑞士、瑞典、丹麦位居前三。中国在综合排名中居第55位（2019年为72位），被评为进步最快，特别是生态指标改进最佳的10个国家之一，主要得益于中国坚持绿色发展及治理污染、减少排放、保护环境的政策措施。

近年来，世界各国纷纷采取积极的能源政策，依靠技术进步、大力发展可再生能源、加强国际合作等，扩大了平衡能源“三元悖论”难题的空间，绝大多数国家的整体表现有所改善，但很少有哪个国家能够实现每个方面的持续、同步改善。普遍的做法是实施动态优化的平衡政策，即根据不同发展时期或阶段的实际需要，明确能源政策的着力点和优先级。“十四五”及今后更长一个时期，我国能源转型发展的“三元悖论”矛盾将进一步显露，能源规划和政策同样需要统筹处理好能源安全、能源公平、能源生态的优化平衡问题。

我国能源转型“三元悖论”日渐显现

首先，“十四五”期间，我国能源供需矛盾依然较大，油气进口的不确定、不稳定因素增多，在构建“双循环”新发展格局中，“保能源安全”变得更加重要。目前，我国能源总体自给率保持在80%以上，但石油和天然气的对外依存度已达70%和45%，油气在一次能源消费结构中占近30%，存在进口来源地动荡、运输通道受阻等多方面风险隐患。面对日益复杂的国际形势，如果突出考虑能源安全问题，就应该立足国情，最大程度发挥国内煤炭和油气的基础保障作用。但是，煤炭属于高碳能源，清洁高效利用成本较高，在低碳转型中本应承担减量削峰任务；国内油气资源储量品位劣质化特征明显，陆上石油开发的平均完全成本已超过目前国际油价水平。此种情况必然会增加社会综合用能成本及碳减排压力，不利于实现能源公平和能源生态目标。

其次，“十四五”期间，我国开始从全面建成小康社会向基本实现社会主义现代化迈进，提高能源的可及性、普惠性、可负担性等，将是衡量城乡居民生活质量水平的重要指标。目前，我国高碳能源利用广泛、价格低廉，清洁低碳能源开发利用严重不足。2019年，我国一次能源消费结构中，煤炭占57%、石油占20%、天然气占8%，而这三种能源消费的全球占比分别是27%、33%和24%。我国人均能源消费量只有西方发达国家平均水平的一半、美国的三分之一。特别是中西部偏远贫困地区，刚刚消除“能源贫困”，电力能源供应还不稳定。在这种情况下，如果突出考虑能源公平，就应该借国际油价低迷之机，大规模进口石油和天然气，减少国内低产低效高成本油气田生产；允许农村及边远地区燃烧具有经济性的柴薪和散煤等。但是，此举必然持续增加油气对外依存度及碳排放，相应削弱能源安全自主保障能力，并影响到能源生态环境改善。

再次，“十四五”期间，我国的碳减排、污染防治、环境治理任务十分艰巨，能源清洁化转型要在“美丽中国”与生态文明建设中发挥重要作用。我国已承诺将按照《巴黎协定》要求，为应对全球气候变化提高国家自主贡献力度，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。在 2020 年决胜污染防治攻坚战、打赢蓝天保卫战的基础上，必须采取更加有力的政策和措施，加快能源的清洁化、低碳化转型。在这种情况下，如果突出考虑能源生态问题，就应该大力发展太阳能、风能等清洁、低碳能源，提高终端用能的电气化水平，大幅削减碳峰值。但是，限于目前的技术水平，此类可再生能源因其间歇性、分散性特点以及能量密度弱势，短期内无法大规模替代煤炭和石油，难以实质性形成国家能源安全保障能力，也无法有效满足人民群众对用能便利性、经济性、稳定性的要求。

由此可见，在坚持实施“四个革命、一个合作”能源安全新战略不动摇的同时，迫切需要增强政策的灵活性、针对性，按照矛盾主次、轻重缓急、由近及远，调整能源安全、公平、生态政策的着力点和优先级。

破解“三元悖论”要更好利用国内国外两个市场

党的十九届五中全会审议通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》，为能源转型发展指明了方向，明确要加快推动绿色低碳发展，推进能源革命，保障能源安全，促进能源资源配置更加合理、利用效率大幅提高，主要污染物排放总量持续减少，不断实现人民对美好生活的向往。这也是我们破解能源“三元悖论”的基本准则。

总体来讲，应立足当前实际、着眼长远目标，坚持底线思维、划分轻重缓急。坚持把保障能源安全作为首要任务，并按照应急安全与战略安全层级进行中长期部署，致力于构建本土化、区域化的可再生能源供应体系；把促进能源公平作为发展宗旨，进一步提高全面建成小康社会后的能源可及性，使优质能源普及程度成为衡量城乡居民生活水平的重要指标；把保护能源生态作为约束条件，严格能源消费总量和强度“双控”政策，设定碳排放上限，用可再生能源满足能源消费增长，到 2035 年基本实现能源安全、能源公平、能源生态的平衡协同改进。

首先，在保障能源安全方面，“十四五”时期，以应急安全保障为主，坚持底线思维，继续加大国内油气勘探开发力度，继续扩大石油、天然气储备能力；多措并举推进煤炭清洁高效利用，大力推广先进燃煤发电技术。发展煤炭分质分级梯级利用，开发富油煤的热解技术；适度发展煤制油、煤制烯烃产业等。2025-2035 年期间，以战略安全保障为主，大力发展可再生能源，全面推进能源转型以及对煤炭、石油等化石能源的替代，加快构建本土化、区域化的可再生能源供应体系。同时，强化节能提效政策落实及能源消费总量与强度“双控”目标约束。

其次，在促进能源公平方面，“十四五”时期，考虑到全面建成小康社会后，部分地区能源供应的普及性、可负担性基础还比较脆弱，需进一步加强能源基础设施建设，防止出现“能源返贫”。深化能源重点领域和关键环节体制机制改革，依靠市场开放和竞争，增强能源供应的多样性、灵活性，降低社会用能价格和成本。加强能源需求侧管理，建立完善紧急情况下民生用能保障机制和需求压减机制。2025-2035 年期间，立足于扩大优质能源的普及程度，推进城乡新能源新生活建设。实施“风光水火储一体化”和“源网荷储一体化”建设工程，形成多能互补、深度协同的能源生产和消费模式，不断提高人民群众用能的便利性、可负担性、可持续性，增强具有中国特色的能源民生福祉。

再次，在改善能源生态方面，“十四五”时期，可从能源消费增量结构优化入手，提高可再生能源增量占比。在继续大力发展陆上风能和太阳能的同时，加大海上风电、地热能、城市垃圾发电等可再生能源发展。优化可再生能源发展政策体系，综合利用风能、光能、生物质、地热和天然气等，构建分布式低碳能源网络，健全可再生能源电力消纳保障机制。将限制碳排放纳入发展规划，明确碳排放上限，为实现 2030 年气候目标奠定基础。2025-2035 年期间，进一步降低能源生产和消费对生态环境的影响，持续优化经济布局、调整产业结构、改变生产消费方式，提高能源效率、严格控制排放标准，从源头上摆脱高碳时代的“路径依赖”，推动经济社会全面转型升级。

在当前和今后一个时期，谋划我国能源“三元悖论”平衡需要围绕构建国内国际双循环、相互促

进的新发展格局，把立足国内开发与加强国际合作有机结合起来，更好地利用国内外两个市场、两种资源，在扩大对外开放中促进能源安全、能源公平、能源生态的协同发展，并成为畅通国内大循环、联通国内国际市场的重要纽带。（作者系中国石油集团国家高端智库研究中心专职副主任）

吕建中 中国能源报 2020-12-14

## 日本绿色能源转型挑战重重

12月8日，日本经济产业省宣布启动国家能源政策审查，以保障油气稳定供应为前提，加速推进太阳能和风能等可再生能源的应用，同时评估天然气制氢和氨的前景，为氢能经济战略规划铺路。业界普遍认为，日本此举是希望通过能源政策调整为2050年完成碳中和目标扫清障碍，但该国可再生能源发展始终面临着发电成本高、并网难等瓶颈。

### “绿电”需求难以满足

事实上，昂贵的可再生能源电力，正在成为日本企业的“不可承受之重”，部分日企甚至有迁移海外的打算。据彭博社报道，目前，日本大型企业都在“积极清理”旗下业务和投资组合，有40多家日企承诺将100%利用可再生能源电力，但由于日本清洁电力昂贵且购买渠道艰难，这些企业已经开始考虑从日本迁离。

索尼公司日前表示，日本可再生能源政策没有为企业发展提供良好支撑，这导致其不得不将生产业务移至海外，否则难以完成100%利用可再生能源的目标。该公司首席执行官吉田宪一郎称：“在日本，购买可再生能源电力非常困难，数量有限、价格又太高。在多国企业寻求将全球供应链转向100%使用可再生能源之际，日企在消除自身碳足迹方面仍然步履维艰。”

据了解，索尼计划到2040年旗下所有业务和部门都采用绿色能源。该公司在欧洲的工厂已经全部实现100%可再生能源供电，北美的工厂将于2030年前完成转型，但日本本土的工厂要完成这一目标异常艰难。面对同样困扰的还有光学机器制造商理光、金融服务公司日生资管等日企。

《金融时报》汇编的数据显示，日企的“绿电需求”根本无法得到满足，目前该国制造领域的工厂仅1%的电力来自可再生能源。彭博社指出，如果要达到上述日企100%绿色运营目标，日本不仅要大幅提高可再生能源发电水平，还要大幅调整清洁电力购买机制，以鼓励企业和民众可以较低成本、较便捷途径购买到清洁电力。

### “风光”平价上网难

一直以来，日本企业不断呼吁政府放宽可再生能源法规，尤其是土地、海岸线、港口的利用限制，以促进更多太阳能电站、风电场的投建，从而让日本尽快进入“风光”平价上网时代。

为了推进可再生能源快速发展，日本于2012年7月引入了固定电价制度，在该制度框架下，电力公司“有义务”在一定期间内、以相同的价格收购可再生能源电力，但其中涉及的税费等则被转嫁至企业和家庭身上，导致购买可再生能源电力成为了一种“奢侈”。

日本经济产业省指出，实施固定电价制度8年来，取得了积极的成效，但也暴露了很多问题，特别是在可再生能源高比例、大规模普及的情况下，必须重新审视该制度，更多地通过市场手段来推动可再生能源平价上网。去年8月，日本经济产业省通过了固定电价临时修正方案，明确将工商业用太阳能、风能发电项目列为“竞价项目”，旨在通过市场交易和竞标等方式，培育具有竞争实力的电力企业，同时减少民众和企业负担。

行业咨询机构伍德麦肯兹指出，日本大型太阳能电站的成本是全球最贵的，目前，该国太阳能发电竞标平均报价为每千瓦时12.57日元（约合0.12美元）。这主要是因为日本对废弃农用地的使用限制、电网限制，使得太阳能开发商获得土地异常艰难。

与此同时，日本“风光”电价过高也限制了氢能的发展。据伍德麦肯兹研究总监Prakash Sharma表示，日本电价昂贵，使得该国可再生能源制氢成本比化石燃料制氢高2-4倍。“日本政府期望在2030年将可再生能源制氢成本降至30美元/千克，但这有个前提，太阳能与风电的平均能源成本至少得

再降 37%。”

企业对实现碳中和信心不足

今年 11 月至 12 月期间，日本行业研究机构“日经研究”对约 500 家日本大中型企业进行调查发现，超过 2/3 的日企认为，日本很难甚至根本无法完成 2050 年碳中和的目标，这凸显出该国推进绿色能源转型面临着极大挑战。

接受调查的日企中，有 50% 的公司认为，未来 10 年内，日本有望将二氧化碳排放量减少 10%；有 40% 的公司认为，日本有望将二氧化碳排放量减少 30%。约 44% 的受访企业表示，核电站应继续按当前水平运行，以助力日本实现 2050 年碳中和的目标；而 27% 的受访企业坚持认为，日本必须让更多核电站恢复运行，否则光靠太阳能、风电等可再生能源，根本无法完成碳中和目标。

一家日本精密机械制造公司的负责人对路透社表示：“大刀阔斧的削减排放，不仅需要超前技术，更需要庞大的资本投入，资源优势本就不足日本，做出 2050 年净零排放的承诺，很难让人信服。”

日本《外交学者》杂志撰文称，尽管日本加强了应对气候变化的决心，但却面临着可再生能源发展的困境，森林和多山的地形极大限制了日本太阳能和风电的发展空间，使得该国成为全球清洁发电成本最高的国家。日本向清洁能源过渡是一项艰巨的挑战，不仅需要对全国能源基础设施进行全面改革和升级，还要在可再生能源政策方面予以更为明确的激励和支持。

本报记者 王林 中国能源报 2020-12-14

## 推动能源耦合发展 突破行业用能壁垒

“十四五”期间，我国将进入新发展阶段，能源结构将持续向绿色低碳方向发展。根据中国电力企业联合会和国家统计局的统计数据，我国 2019 年发电总装机容量为 201066 万千瓦，发电总量为 71422.1 亿千瓦时，全年耗煤 22.9 亿吨，火电、水电、核电、风电、太阳能五种发电形式装机容量占比分别为 59.3%、17.7%、2.4%、10.4% 和 10.2%，发电量占比分别为 72%、16%、5%、5% 和 2%。从统计结果可以看出，火电装机容量仍占全国总装机容量的近 60%，发电量占比接近 3/4，这是由我国“富煤、贫油、少气”的资源禀赋和当前电力技术水平共同决定的。水电、核电、风电、太阳能发电装机容量占比已经超过 40%，尤其以风电、太阳能为代表的新能源发电占比已经超过 20%，发电行业向绿色低碳转型的速度不断加快。

但同时也应注意到，从单位 GDP 能耗看，我国与世界平均水平相比还存在差距，是世界平均值的 1.5 倍，进一步降低能耗水平、减少污染物排放的任务依然面临巨大压力；从煤炭消耗总量看，我国每年消耗 40 多亿吨标准煤，其中电煤消耗占比为 57%，钢铁、化工、建材等行业也有较大的煤炭消耗量；从能源转换效率看，随着技术水平的不断提高，火电机组节能水平突飞猛进，目前全国新建 60 万千瓦以上机组供电煤耗已降低至 300 克/千瓦时以内，达到世界先进水平。

在当前形势下，提高可再生能源使用占比，实现能源清洁化是大势所趋，而提升能源利用效率，降低能源消耗，更是今后能源行业发展的首要任务。

能源耦合发展是提升能效新思路

能源产业要实现绿色低碳发展，实现能源利用效率提升，主要有两种路径：一是行业内纵向优化，进一步挖潜增效；二是行业间横向合作，实现能源耦合发展。

近年来，在电力行业，大容量、高参数超超临界机组全面实现了国产化，“二次再热”等技术也日益推广，我国各类机组的平均供电标准煤耗逐年下降，2019 年平均煤耗仅为 307 克/千瓦时，较本世纪初年均节煤可达数亿吨。同时，减排技术的不断升级也使火电厂实现了二氧化硫、氮氧化物、烟尘的“近零排放”。随着技术进步，其它用能行业的能耗水平也得到有效控制，2019 年单位 GDP 能耗下降到 0.49 吨标准煤/万元。

能源耦合是指通过能源纵向梯级利用或横向多行业互补运行，打破能源企业和行业间壁垒，提高全社会能源整体利用效率的能源利用方法。能源耦合发展首先是行业内不同能源形式的耦合。“十



四五”期间，我国将在充分发挥火电基础性保障作用的同时，大力推动清洁电力建设。以储能技术为突破口，依托精细化功率预测、优化调度、需求侧响应等一系列集成技术手段，以“风光水火储一体化”“源网荷储一体化”为主要模式，大力建设一批“系统友好型”的综合能源项目，进一步促进区域清洁能源的开发利用，带动能源电力产业的转型升级，实现我国能源绿色低碳的发展目标。

能源耦合发展也是跨行业、跨产业间的能源耦合。近年来，针对如何提高能源利用效率，各能源领域都在行业内部进行了大量有益的探索和实践，也取得了许多重大成果。然而，就能源利用效率提升而言，各行业的“产出/投入比”越来越小。因此，打破行业间能源壁垒，开展跨行业合作，以能源耦合发展的方式，形成不同行业间能源利用形式的优势互补，实现资源梯级利用，进一步提高能源利用效率，成为我国能源革命的必由之路。

#### 跨行业能源耦合发展潜力巨大

根据我国能源禀赋，煤炭是最重要的一次能源，如何利用好煤炭资源是提高能源利用效率的关键。近年来，煤化工行业发展迅猛，已经成为最重要的煤炭资源转化途径。同时，煤化工也是重要的能源消费行业。由于自身工艺特点，煤化工系统中存在大量的用汽、用能需求，其解决方式通常是采用小容量、常规参数的锅炉直接供能，产出的蒸汽一般直接供应或减温减压后供应给各工艺分系统。这种供能方式的能源利用效率不高，能耗较大，也未能实现能源的有效梯级利用。

目前，煤化工项目数量急剧增加，规模也越来越大，而且现代煤化工园区一体化建设模式成为新的发展趋势。在这一大趋势下，热负荷总量和电力需求也大大增加，客观上需要统一规划园区及项目的供能系统，电力和煤化工的跨行业耦合越来越成为可能。

在此背景下，煤化工园区（或项目）采用先进成熟的高参数燃煤发电技术，一方面可以大幅提高能源利用效率，使燃烧效率同比提高 3%—4%；另一方面，高参数蒸汽在优先发电做功后，依然可提供给化工系统，满足化工工艺用途，从而实现能量的梯级利用。采用这一耦合流程后，煤化工项目的发电能力得以放大，发电容量可达常规项目的三倍以上，而且产出的电力能耗低、成本低，煤耗仅为常规纯凝发电机组的 1/2，可有效实现能源的高效梯级利用。此外，项目产生的余热、余汽可通过发电回热系统充分回收利用，产生的固废可用作燃料进行掺烧，从而最大程度地解决能源利用效率、排放总量、固废处理等一系列综合性问题，实现耦合的最大效益。

近年来，在华电天津滨海新区南港发电工程、榆林化学煤炭分质利用示范工程等项目的应用实践表明，能源耦合型发展不但可大大降低化工项目的能耗水平及排放总量，而且对于提高终端产品市场竞争力、减少市场风险，同样具有极其重要的意义，经济效益和社会效益非常显著。

煤气化联合循环发电（下称“IGCC”）与煤制油的耦合也是实现跨行业能源耦合、降低能源消耗的路径选择。IGCC 技术是一种超洁、高效的发电技术，最高发电效率可达 45%。相关研究表明，如果将煤制油与 IGCC 进行耦合发展，其综合能量转化效率可达 60%，高于单独发电（45%）或单独制油（50%）的能量转化效率，应用前景良好。

化工产业与新能源发电耦合发展是推动我国新能源发展的有力手段。在大型化工项目周边建设风力发电、光伏发电及新能源相关的装备制造业等，在为化工项目提供可再生能源电力的同时，更可以制氢、供热，为煤化工行业提供动力及化工原料。

#### 以跨行业能源耦合推动能源高质量发展

同时，我们也必须清醒地认识到，目前跨行业能源耦合多联产系统集成和设计优化尚未形成完整的理论体系，根据多个行业 and 产品的市场定位，通过对工艺单元、中间产物、目标产品市场变化等方面的互补性分析，有针对性地设计整合出合适的生产工艺路线进行耦合优化，从而实现理想的能源耦合联产，仍任重道远。

目前，部分地方政府及企业凭借区位和资源优势，率先尝试将石油、天然气、煤化工、电力进行跨行业耦合联产，在实现多能互补与平衡、提高能源资源利用率的同时，力争为能源革命做出示范。

综上所述，在我国“十四五”和未来相当长一段时期内，我国能源结构将持续向绿色低碳转型，能

源效率也将不断提升。行业内的纵向挖潜和横向耦合是“节能减排”的有力手段，而跨行业的能源耦合发展，对于打破能源、化工和动力等传统行业间的用能壁垒，实现多种能源的综合梯级转换利用，最终实现能源的高效、可持续发展，更是具有积极而深远的意义。

（作者系中国能建规划设计集团西北院党委书记、董事长，本文仅代表作者个人观点）

胡明 中国能源报 2020-12-14

## 《巴黎气候协定》的目标能实现吗？按下“绿色开关”需要你！

2020年12月12日是《巴黎气候协定》达成5周年纪念日。这份协定的主要目标是要将本世纪全球平均气温上升幅度控制在2摄氏度以内。上周，由多国气候变化研究专家组成的“气候行动追踪组织”发布报告称，目前看来，到本世纪末，人类的确有望通过行动接近或实现《巴黎气候协定》提出的核心目标。

这可以说是在2020年，地球人听到的一个难得的好消息。

12月12日，全球首个通过“净零碳排放法案”的主要经济体英国，宣布到2030年，其碳排放量要比1990减少68%，比之前承诺的53%有了大幅提高。

英国能源与气候情报主管 布莱克：（在这方面）英国已领先于大多数国家，比欧盟的承诺更加有力，比美国和澳大利亚所做的都要多。

为实现“碳中和”目标，英国每年需在减排项目上投入约500亿英镑，但在未来十年，这些减排项目也能让英国在能源消耗方面节约180亿英镑。

德国气候学家 霍恩：（接近核心目标的）趋势非常明显，我们正在朝着正确的方向前进，我们看到越来越多的国家，严肃认真地对待（气候变化）问题，并设定了十分具有影响力的目标。

2020年9月，在第75届联合国大会上，中国向国际社会作出承诺：到2030年前，力争二氧化碳排放达到峰值，到2060年前力争实现碳中和。

《华盛顿邮报》认为：在目前110多个作出碳中和承诺的国家中，中国的承诺意义深远，影响最大，实现这一承诺可在本世纪末令全球升温减少约0.3摄氏度。

自然资源保护协会亚洲总监 费楠莱：中国的（碳中和）承诺为国际气候谈判提供了强大动力，也令中国国内的政策有所改变，我们可以看到（中国）每个部门、每个公司、每个国有企业、每个研究机构现在必须将气候变化，与碳中和承诺考虑在内。

“碳中和”并非“零”碳排放，而是允许排放适量二氧化碳，但同时要通过节能减排等行动抵消在一定时间内所排放的二氧化碳，从而实现“净零碳排放”，即“碳中和”。

和绝对的零碳排放相比，“碳中和”较少受限于经济发展，对于发展中国家而言是更具现实意义的目标。

发展新能源，是中国实现碳中和目标的重要手段。

全球风能理事会（GWEC）发布的《2019年全球风能报告》显示，2019年，全球风力发电发展迅速，其中中国新增风力发电站数量居于首位，占全球新增总量的43%。据《华尔街日报》报道，到今年10月底，中国已成为拥有太阳能发电站和风能发电站最多的国家。

自然资源保护协会亚洲总监 费楠莱：现在（中国）已成为全球领先的可再生能源生产商、投资者和消费者。现在，全球三分之一的太阳能电池板、三分之一的风力涡轮机都在中国，中国拥有全球一半的电动小汽车，以及全球98%的电动公交车。

据国际能源署统计，截至2018年末，中国的可再生能源发电量占总供电量的26.73%。但据清华大学气候变化研究院的测算，要在2060年前实现“碳中和”目标，中国的可再生能源发电量占比至少要达到90%。

在中国作出“碳中和”承诺后，日本和韩国也作出了在本世纪中叶实现“碳中和”的承诺。

日本首相 菅义伟：政府将会竭尽全力达成绿色社会，具体目标是在2050年前，实现碳中和，

让日本成为净零碳排放国家。

11月6日，日本首架使用可持续航油的“绿色”航班从东京羽田机场起飞，该航班由全日空航空公司执飞，采用由芬兰公司供应的、从食物垃圾中提炼出的可持续航油，成功飞越太平洋，抵达美国得克萨斯。之后，全日空航空公司宣布将于2023年开始使用可持续航油。

可持续航油，被视为航空业减少碳排放的关键，但与传统航空燃油相比，可持续航油产量少、价格高。据彭博社报道，目前全球可持续航油年产量为4千万升，仅占全球航油市场的0.015%，价格则相当于传统燃油的3到4倍。



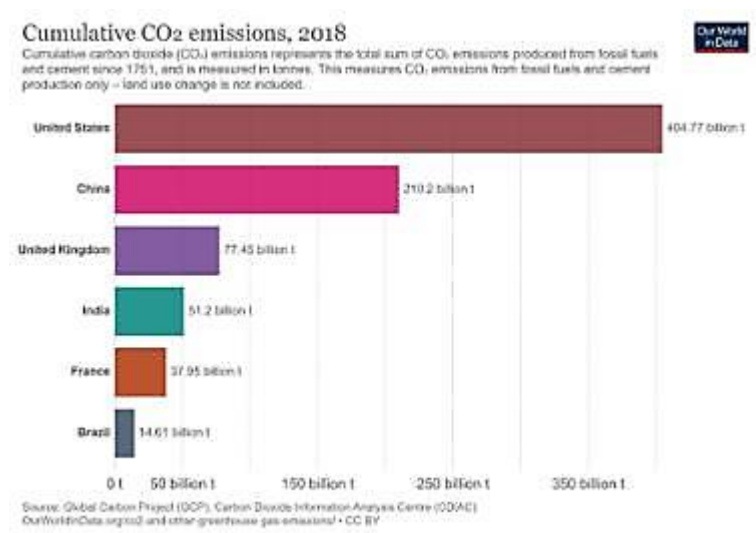
2020年11月28日，上海浦东机场。一架由法兰克福飞来的波音777货机，完成了德国汉莎航空公司的首次“碳中和”货运航班飞行。

汉莎货运集团董事长 格伯：这趟航班的特别之处是可以做到碳中和。作为全球首个碳中和货运航班，这无疑是一个里程碑。

该航班往返行程都使用由动植物油脂制造的可持续航油，比使用传统航油减少了约80%的碳足迹，而剩余的20%碳足迹将通过植树造林进行抵消，从而实现碳中和。

汉莎航空表示，将在2021年尝试在中欧航线定期执飞“碳中和”航班，但目前尚未给出航班执飞表。

迄今为止，在应对气候变化方面，国际社会作出的最大努力便是由186个国家与地区参与的《巴黎气候协定》，110多个国家作出了在本世纪中叶实现“碳中和”的承诺。



但碳排放累计总量位居全球第一的美国，对于《巴黎气候协定》的态度却是忽退忽进。特朗普：美国将退出巴黎协定，重新开启煤矿，开始新的海上油气租赁计划。

自 2011 年至 2017 年 6 月，特朗普在推特上至少 115 次对气候变化提出质疑。

特朗普：奥巴马经常说全球变暖这件事，这基本上就是场骗局，这就是场骗局，这只是一些赚钱的工厂，对吧，这就是场骗局。

上任第一年，特朗普就推翻了数十项由前任政府推行的气候变化相关法案，放宽了 128 条环保法规，并将重振传统煤炭产业作为其核心政策之一。

特朗普：宾夕法尼亚州的矿工们，当我还不是总统时，我就说过，我将终结煤炭战争，让你们这些优秀的矿工，重新投入工作。

2019 年 11 月 4 日，特朗普政府向联合国秘书长提交书面通知，美国正式退出《巴黎气候协定》。

2020 年，在竞选连任期间，特朗普仍多次为其退出《巴黎气候协定》辩白，称该协定将扼杀美国经济。

特朗普：看看俄罗斯、看看印度那么脏，空气那么脏，退出巴黎协定是因为这协定将让我们不得不花费数万亿美元，这对我们非常不公平。

特朗普：巴黎协定的目的不是拯救环境，而是要摧毁美国经济。

2020 年 9 月，美国《政客新闻网》报道称，特朗普执政四年间，美国政府在气候政策上的一系列改变，如果持续推行下去，从 2020 年至 2035 年，美国的温室气体排放量将增加 18 亿吨，超过德国、英国和加拿大三国一年排放量的总和。《纽约时报》称之为：特朗普影响最深远的政治遗产。

VOX 能源气候专栏记者 罗伯特斯：如果特朗普连任，全球升温 1.5 摄氏度的目标，就彻底不可能实现了，只升温 2 摄氏度的可能性也几乎没有了。

而随着特朗普在 2020 大选中败北，当选总统拜登发出了不同的声音。

今年 7 月，拜登提出，不仅要带领美国重归《巴黎气候协定》，还提出了一项两万亿美元的环境计划，包括对环保减排设施的大力投资，鼓励可再生能源产业的发展。

据“气候行动追踪组织”预计，拜登的“碳中和”计划如果得以实施，可令全球升温减少约 0.1 摄氏度，但倘若民主党人最终无法同时拿下参众两院，拜登计划的可行性将大打折扣。

世界气象组织报告显示，2011 年至 2020 年是有记录以来全球“最暖的 10 年”，温室气体浓度创下新高并且还在持续上升。

联合国秘书长古特雷斯形容今年是人类面临的一个十字路口，如果各国能坚守对“碳中和”作出的承诺，人类将有望走上更安全、更可持续和更加公平的发展道路。

联合国秘书长 古特雷斯：我坚信，2021 年将会是朝着碳中和大步迈出的一年。

2020 年已经接近尾声，2021 年，人类可能迎来多场旨在保护地球应对气候变化的重要国际会议，包括将在中国举办的《生物多样性公约》第 15 次缔约方会议、在英国举办的《联合国气候变化框架公约》第 26 次缔约方会议、以及原定今年召开、但因疫情推迟的全球可持续交通会议、联合国海洋大会等。

正如联合国秘书长古特雷斯所说：“对于人类和地球来说，现在就是按下‘绿色开关’的决定性时刻。唯有全人类共同努力，才能塑造更美好的地球未来。

央视网 2020-12-15

## 欧盟新能源战略雄心勃勃

日前，欧盟委员会公布一份“近海可再生能源战略”草案，旨在大幅度提升可再生能源在总体能源消费中的占比。欧盟制定的风能开发战略雄心勃勃，一方面是为应对气候变化，另一方面是为寻求保持全球领先地位。

欧盟委员会日前公布一份“近海可再生能源战略”草案，旨在大幅度提升可再生能源在总体能源消费中的占比。根据草案，预计到 2030 年欧盟整体海上风电产能将达到 60 千兆瓦，到 2050 年则增加到 300 千兆瓦。当前，欧洲海上风电产能为 23 千兆瓦。风力涡轮机主要分布在北海、波罗的海、

大西洋、地中海和黑海沿岸，北海目前是世界海上风电的最佳位置。

欧盟制定如此雄心勃勃的风能开发战略事出有因。一方面是为了应对气候变化。根据国际能源署（IEA）发布的《世界能源展望》，在符合《巴黎协定》将全球温升控制在低于 2 摄氏度这一“可持续发展设想”下，核能、太阳能光伏、水电和陆上风电在 2025 年后都将保持相对稳定发展势头。欧盟煤炭市场几乎消失，天然气消费在 2025 年后将出现拐点。但海上风电将迎来快速发展期。也就是说，天然气将是确保短期减排的关键因素，海上风电将是中长期减排的主导因素。国际能源署执行主任法蒂赫·比罗尔认为，如果海上风力发电大规模部署顺利实施，欧盟在 2050 年实现净零排放的目标完全可以实现。他还断言，一个碳中和的欧洲必须把海上风电放在能源发展的优先位置上。

另一方面是寻求保持全球领先地位。欧盟在海上风力发电领域处于世界领跑地位，目前全球 42% 的海上发电能力分布在欧洲沿海。欧洲业内人士不无骄傲地称：“海上风电是关乎欧洲‘无可争议的技术创新和工业领导地位’的故事。”世界上第一个海上风电场早在 1991 年就在丹麦南部海岸文德比成功运转。不过，全球各地的竞争者正在追赶，特别是中国和印度正在挑战欧洲风电先发优势。此外，欧盟现在还要面临来自英国的激烈竞争。在美国，外界推测民主党将重启绿色能源政策，重点也是推进风能技术。

当然，有竞争就有合作。欧洲将充分利用其风电技术优势，如北海风电场在削减成本、提高效率等方面取得了重大突破，引起来自中国、美国和其他地区投资者的浓厚兴趣。据分析，到 2040 年海上风电项目在全球将吸引 1 万亿美元投资。最为关键的因素是海上风电较少环保压力，随着技术不断取得突破，可以在降低成本方面实现重大飞跃。这也是许多具有近海油气钻探经验的石油和天然气公司开始介入海上风电开发的原因。

此次最新制定的欧盟风电战略草案有针对性地提出了需要解决的几方面内容。第一是资金筹措。为保证海上风电快速发展，该战略计划耗资 7890 亿欧元，同时也将创造 6.2 万个就业机会。资金预计将来自多个渠道，包括欧盟应对新冠肺炎疫情复苏基金，各国公共资金将承担部分投资，即将修订的“欧盟国家能源项目援助指南”也将为海上项目融资提供帮助。

第二是欧盟成员国需要加强相关领域跨境投资合作。目前，欧洲海上风电跨境混合场地的立法仍处于起步阶段，涉及复杂的跨国谈判和法律问题。例如，位于德国和丹麦之间的海上风电场就因为缺乏欧盟立法，只能通过过渡性安排运营。草案为此提出了一个解决框架，欧委会将批准建立海上电力招标区，以确保发电融入欧盟电力市场，将规模较小的国家项目与完全网格化的近海能源系统和电网有效地连接起来。

第三是解决产业链价值链问题。最新公布的风电行业数据显示，2019 年欧洲新增海上风力发电量达到创纪录的 3.6 千兆瓦。专家认为，这一速度仍然太慢，无法达到气候目标要求。因此，欧盟再生能源战略旨在完善海上风电的整个价值链，包括促进部分制造和陆上港口基础设施建设。其中，港口配套建设是重中之重，需要加固码头、深水泊位，以及为超过 100 米的叶片提供存储空间。此外，在岸电网的扩展也是海上价值链不可分割的一部分。

欧洲曾是风能行业的摇篮。今后有可能再次领先 10 年吗？也许在不远的未来，海上风电技术取得突破，产业成本大大降低，人们终将看到一场无声的、类似美国页岩油革命的降临。届时，风电大发展局面就形成了。

翁东辉 经济日报 2020-12-15

## 中国将制定碳排放达峰行动方案 能源结构将迎哪些变化？

中国碳排放达峰行动方案已提上日程。2020 年中央经济工作会议将“做好碳达峰、碳中和工作”作为明年重点任务，并提出要抓紧制定 2030 年前碳排放达峰行动方案，支持有条件的地方率先达峰。

会议还提出，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，加快建设全国用能权、碳排放权交易市场，完善能源消费双控制度。要继续打好污染防治攻坚战，

实现减污降碳协同效应。要开展大规模国土绿化行动，提升生态系统碳汇能力。

“新达峰目标与碳中和愿景，表明对中国当前和今后一个时期，乃至本世纪中叶应对气候变化工作、绿色低碳发展和生态文明建设提出了更高的要求、擘画了宏伟蓝图、指明了方向和路径。”中国能源研究会常务理事、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心研究员李俊峰如是说。

上述一系列举措将给中国能源结构带来哪些变化？中国人民大学重阳金融研究院研究员崔震海对中新社记者说，目前直接影响碳减排的核心障碍是煤电排放，这需要通过清洁能源(太阳能、风能、核能)进行替代。

“中国目前是全球最大的太阳能和风能制造国和使用国，中国先后投入巨资补贴支持太阳能和风能绿色产业高速发展。”崔震海表示，经过十多年高速发展，太阳能技术已非常成熟，所转换电能接入电网后，价格已同煤电价格趋同，完全可以替代煤电。

在李俊峰看来，煤炭消费率先达峰，为非化石能源(可再生能源加核电)或低碳能源(非化石能源加天然气)的发展留出空间；工业部门率先达峰，为其他行业特别是人民生活水平提高所增加的二氧化碳排放增加留出空间；东部地区率先达峰，为中西部地区的发展留出排放空间。

清华大学气候变化与可持续发展研究院学术委员会主任何建坤则从更为长远的角度给出了建议。他指出，“十四五”末期中国非化石能源占比要达到20%左右，能源消费总量要控制在55亿吨标准煤，二氧化碳排放总量要低于150亿吨。

在此背景下，何建坤表示，为了推进中国在“十五五”期间实现二氧化碳排放的达峰，“十四五”要重点观察的是东部沿海地区经济比较发达、转型比较领先的城市，要鼓励其率先实现达峰，而高耗能的行业，比如钢铁、水泥、石化等也要争取在“十四五”期间实现二氧化碳的达峰。

中国碳达峰和碳中和之路亦有丰富的国际经验可以借鉴。李俊峰表示，过去近30年，国际上积累了有关大气污染物减排、二氧化碳减排、能源低碳发展的诸多经验，包括政策工具、市场设计、技术积累、管理经验等，中国可充分借鉴，利于缩短实现碳中和的进程。

正如能源基金会最新发布的《中国碳中和综合报告2020》所言，中国已经做好充分准备，进一步加快新的增长路径，实现向清洁、充满活力的普惠经济过渡；此外，中国也将提供解决方案，为应对全球气候变化做出重大贡献并发挥全球领导作用。

夏宾 中国新闻网 2020-12-19

## “十四五”“十五五”期间 我国将大力发展风电和太阳能发电

光伏发电从规模上有望超过风电成为全国第三大电源。

自日前在联合国大会上提出“碳中和”目标之后，12月12日，我国又在气候雄心峰会上宣布，到2030年，全国非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右，风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上。

这对于近十年来发电成本下降最快的光伏产业来说，无疑是重大利好。

虽然今年的新冠肺炎疫情给能源行业带来一定冲击，但光伏产业仍然表现出顽强韧性，实现快速复苏。据国家能源局统计，到2020年三季度末，全国风电、光伏累计装机均达到2.23亿千瓦。

“今年年底，光伏发电从规模上有望超过风电，成为全国第三大电源。‘十四五’新增光伏发电装机规模需求也将远高于‘十三五’。”近日，国家能源局新能源司副司长任育之在“2020中国光伏行业年度大会”上的一席话，更是让整个光伏圈为之一振，扩产热情高涨。

不过，在“大干快上”的背后，隐藏的风险却不可忽视。

“了不起”的中国光伏

回顾“十三五”中国光伏产业的发展，中国光伏行业协会副理事长兼秘书长王勃华作出三个字的评价“了不起”。他表示，“十三五”是“大事不断的五年”，也是“引以为傲的五年”。

2018年6月之前，我国的光伏产业犹如一辆疾速行驶的列车，但6月1日下发的一纸文件《关

于 2018 年光伏发电有关事项的通知》，限制了光伏补贴规模，也使光伏发展陷入了“低潮”。

“断奶”之后的光伏，经过一轮优胜劣汰，重新驶入快车道。截至 2019 年底，我国光伏发电累计装机已超过 2 亿千瓦。中国光伏新增装机连续七年全球第一，光伏累计装机连续五年全球第一，并基本实现全产业链国产化。

“过去 5 年，中国光伏的四个主要环节——多晶硅、硅片、电池片、组件，均在制造端实现了翻倍增长。其中，硅片增长最多，超过了两倍，电池片增长也接近两倍。”王勃华称，目前，我国有多项技术达到全球领先水平，产品性价比全球最优，在设备、零部件、原辅材、软件系统、标准体系等方面基本实现国产化。

在规模大幅增长的同时，光伏各环节成本也在稳步下降。“十三五”期间，多晶硅价格下降近 25%；硅片、电池片、组件价格均下降 50%；系统价格下降约 47%。

值得一提的是，“十三五”期间我国光伏产业融资环境明显改善，光伏企业市值已超 2 万亿元。在王勃华看来，光伏装备制造企业和辅材辅料企业上市数量增多，说明我国光伏行业的综合实力正在增强，短板正在被补齐。

而在碳中和的目标下，不少全球巨头开始纷纷跨界布局光伏产业。百度在其云计算中心投建光伏发电项目，日本东芝也将增加新一代太阳能电池研发投入……

国际能源署分析预测，2019~2025 年，可再生能源将满足 99% 的全球电力需求增量，到 2025 年，光伏在所有可再生能源新增装机中的占比将达到 60%，拥有非常好的发展前景。

“‘十四五’时期国内年均光伏新增装机规模在 70 吉瓦左右，乐观预计这一数字将提升至 90 吉瓦。”此前，业内曾预计“十四五”光伏新增装机容量达 250 吉瓦，年均 50 吉瓦以上。显然，王勃华做出的上述最新预测已大大超出了原有预期。

#### 热闹背后隐藏风险

2020 年，全国大部分地区光伏发电都具备了平价上网条件，超预期的目标也刺激了企业扩张的热情。面对新一波扩张热潮，商务部贸易救济局副局长李颢更担心“过热”背后的风险。

“我国光伏行业已经从跟随者转变为领军者，这种身份的变化就更需要做好风险预测，掌握发展的主动权。”在李颢看来，在当前严峻的国际形势之下，我国光伏行业对风险的预测和防范还远远不够。

“很多企业发展规划的依据是来源于国外研究机构的数据，这一事实蕴含着太大的风险。如果预测出现问题，就会非常被动。”对此，李颢提醒光伏从业者，“一定要想办法在做好市场的供求预测、风险防范后，再做出抉择，掌握发展的主动权。”

任育之也表示，光伏发电产业链长，快速发展会对相关产业产生影响。但国际上的政策变化以及市场都具有很强的不确定性。因此，光伏行业需要增强风险意识，相关企业、协会、学会、商会要加强对全产业链各个环节国内外市场的风险研究，对问题要及时跟踪研判，并及时与国家相关部门沟通解决。

而对于技术的迭代，如果过快也存在一定的风险。阿特斯阳光电力集团制造与研发高级副总裁张光春表示，技术迭代过快，设备投资了两三年就要更换，会产生巨大的浪费。他觉得，目前整个行业有过热的倾向，尤其是制造领域的投资人，头脑一定要保持冷静。

“很多人把实验室的研发技术和制造业的产业化相混淆，这是非常危险的事情，弄不好就打水漂了。实验室技术走向产业化是一个再开发的过程，并不是所有技术都能顺利走出实验室。如果认识不到这一点，很多投资就是无效的。”张光春提醒道。

除了这些可以预测到的风险之外，光伏产业扩张之前还要面对很多亟须解决的现实问题，摆在首要位置的就是成本。过去十年，光伏发电的成本下降已超过八成，越往后发展，成本下降就越困难。

天合光能董事长高纪凡表示，2021 年我国光伏将全面进入平价时代，但随着总体成本的下降，非技术成本占比也越来越高。据统计，大概有 15% 左右的成本并非光伏企业自身能够控制，如土地、

税收等。

此外，任育之表示，光伏行业如何继续以较快速度扩大规模、如何融入电力系统、如何成功参与电力市场等，都是“十四五”主攻的难题。“随着光伏大规模、高比例接入电网，消纳问题将变得越来越困难，这需要电网和光伏行业共同商讨解决。”他说。

“十四五”需拓宽应用场景

据任育之透露，目前，“十四五”光伏产业相关发展规划正在制定中，一大批项目和配套支持政策也将陆续出台。其中包括新能源基地示范工程行动计划，并考虑在三北、西南布局多个千万千瓦级的新能源基地，在各地推动建设一批百万千瓦级的光伏发电平价基地，因地制宜地建设一批农光互补、牧光互补等多模式的光伏发电项目。

任育之坦言，目前光伏发电刚刚实现表观平价上网，全面参与电力市场，和煤电等传统能源竞争还存在比较大的难度。但必须认识到，随着市场不断深入，光伏风电等新能源必须逐步参与电力市场竞争，这是大势所趋。

为不断拓宽应用场景，创新商业模式至关重要。据任育之透露，“十四五”期间我国将推进一批示范项目建设，创建“光伏+储能”、光伏制氢、光伏直供等新产业新业态，并实施一批行动计划，促进光伏发电多点开花。

王勃华也表示，“十四五”应更加注重光伏与其他产业的融合，例如，“光伏+工业园区”实现多能互补、集成优化，源、网、荷、储一体化运行，在能源消费地区实现终端一体化，供能、消费与需求相结合；“光伏+建筑”不占用土地，采用并网光伏系统实现建筑节能；“光伏+交通”可在高速公路、服务区、边坡等沿线布局光伏发电设施，“光储充”将成为最具潜力组合；“光伏+通信”解决无电地区及城市电网供应不稳地区基站用电问题等。

“十四五”我国将不断完善光伏行业配套支持政策，初步考虑继续完善可再生能源消纳权重考核制度和绿证交易制度，推动平价时代光伏定价政策出台，做好与电力市场的衔接。”任育之表示，在保证项目基本收益的前提下，我国还将逐步有序推动新增光伏发电参与电力市场交易，推动新一代电力市场建设，确保大规模光伏发电的接入和消纳，加强光伏发电和用地环保政策的结合以及推动出台建筑上安装光伏的强制性国家标准。

李惠钰 中国科学报 2020-12-17

## 《新时代的中国能源发展》白皮书 发布

新华社北京12月21日电 国务院新闻办公室21日发布《新时代的中国能源发展》白皮书。全文如下：

新时代的中国能源发展

（2020年12月）

中华人民共和国

国务院新闻办公室 目录

前言

一、走新时代能源高质量发展之路

（一）能源安全新战略

（二）新时代能源政策理念

二、能源发展取得历史性成就

（一）能源供应保障能力不断增强

（二）能源节约和消费结构优化成效显著

（三）能源科技水平快速提升

（四）能源与生态环境友好性明显改善



- (五) 能源治理机制持续完善
  - (六) 能源惠民利民成果丰硕
  - 三、全面推进能源消费方式变革
    - (一) 实行能耗双控制度
    - (二) 健全节能法律法规和标准体系
    - (三) 完善节能低碳激励政策
    - (四) 提升重点领域能效水平
    - (五) 推动终端用能清洁化
  - 四、建设多元清洁的能源供应体系
    - (一) 优先发展非化石能源
    - (二) 清洁高效开发利用化石能源
    - (三) 加强能源储运调峰体系建设
    - (四) 支持农村及贫困地区能源发展
  - 五、发挥科技创新第一动力作用
    - (一) 完善能源科技创新政策顶层设计
    - (二) 建设多元化多层次能源科技创新平台
    - (三) 开展能源重大领域协同科技创新
    - (四) 依托重大能源工程提升能源技术装备水平
    - (五) 支持新技术新模式新业态发展
  - 六、全面深化能源体制改革
    - (一) 构建有效竞争的能源市场
    - (二) 完善主要由市场决定能源价格的机制
    - (三) 创新能源科学管理和优化服务
    - (四) 健全能源法治体系
  - 七、全方位加强能源国际合作
    - (一) 持续深化能源领域对外开放
    - (二) 着力推进共建“一带一路”能源合作
    - (三) 积极参与全球能源治理
    - (四) 携手应对全球气候变化
    - (五) 共同促进全球能源可持续发展的中国主张
- 结束语

## 前言

能源是人类文明进步的基础和动力，攸关国计民生和国家安全，关系人类生存和发展，对于促进经济社会发展、增进人民福祉至关重要。

新中国成立以来，在中国共产党领导下，中国自力更生、艰苦奋斗，逐步建成较为完备的能源工业体系。改革开放以来，中国适应经济社会快速发展需要，推进能源全面、协调、可持续发展，成为世界上最大的能源生产消费国和能源利用效率提升最快的国家。

中共十八大以来，中国发展进入新时代，中国的能源发展也进入新时代。习近平主席提出“四个革命、一个合作”能源安全新战略，为新时代中国能源发展指明了方向，开辟了中国特色能源发展新道路。中国坚持创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，以推动高质量发展为主题，以深化供给侧结构性改革为主线，全面推进能源消费方式变革，构建多元清洁的能源供应体系，实施创新驱动发展战略，不断深化能源体制改革，持续推进能源领域国际合作，中国能源进入高质量发展新阶段。

生态兴则文明兴。面对气候变化、环境风险挑战、能源资源约束等日益严峻的全球问题，中国树立人类命运共同体理念，促进经济社会发展全面绿色转型，在努力推动本国能源清洁低碳发展的同时，积极参与全球能源治理，与各国一道寻求加快推进全球能源可持续发展新道路。习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，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。新时代中国的能源发展，为中国经济社会持续健康发展提供有力支撑，也为维护世界能源安全、应对全球气候变化、促进世界经济增长作出积极贡献。

为介绍新时代中国能源发展成就，全面阐述中国推进能源革命的主要政策和重大举措，特发布本白皮书。

## 一、走新时代能源高质量发展之路

新时代的中国能源发展，积极适应国内国际形势的新发展新要求，坚定不移走高质量发展新道路，更好服务经济社会发展，更好服务美丽中国、健康中国建设，更好推动建设清洁美丽世界。

### （一）能源安全新战略

新时代的中国能源发展，贯彻“四个革命、一个合作”能源安全新战略。

——推动能源消费革命，抑制不合理能源消费。坚持节能优先方针，完善能源消费总量管理，强化能耗强度控制，把节能贯穿于经济社会发展全过程和各领域。坚定调整产业结构，高度重视城镇化节能，推动形成绿色低碳交通运输体系。在全社会倡导勤俭节约的消费观，培育节约能源和使用绿色能源的生产生活方式，加快形成能源节约型社会。

——推动能源供给革命，建立多元供应体系。坚持绿色发展导向，大力推进化石能源清洁高效利用，优先发展可再生能源，安全有序发展核电，加快提升非化石能源在能源供应中的比重。大力提升油气勘探开发力度，推动油气增储上产。推进煤电油气产供储销体系建设，完善能源输送网络和储存设施，健全能源储运和调峰应急体系，不断提升能源供应的质量和安全保障能力。

——推动能源技术革命，带动产业升级。深入实施创新驱动发展战略，构建绿色能源技术创新体系，全面提升能源科技和装备水平。加强能源领域基础研究以及共性技术、颠覆性技术创新，强化原始创新和集成创新。着力推动数字化、大数据、人工智能技术与能源清洁高效开发利用技术的融合创新，大力发展智慧能源技术，把能源技术及其关联产业培育成带动产业升级的新增长点。

——推动能源体制改革，打通能源发展快车道。坚定不移推进能源领域市场化改革，还原能源商品属性，形成统一开放、竞争有序的能源市场。推进能源价格改革，形成主要由市场决定能源价格的机制。健全能源法治体系，创新能源科学管理模式，推进“放管服”改革，加强规划和政策引导，健全行业监管体系。

——全方位加强国际合作，实现开放条件下能源安全。坚持互利共赢、平等互惠原则，全面扩大开放，积极融入世界。推动共建“一带一路”能源绿色可持续发展，促进能源基础设施互联互通。积极参与全球能源治理，加强能源领域国际交流合作，畅通能源国际贸易、促进能源投资便利化，共同构建能源国际合作新格局，维护全球能源市场稳定和共同安全。

### （二）新时代能源政策理念

——坚持以人民为中心。牢固树立能源发展为了人民、依靠人民、服务人民的理念，把保障和改善民生用能、贫困人口用能作为能源发展的优先目标，加强能源民生基础设施和公共服务能力建设，提高能源普遍服务水平。把推动能源发展和脱贫攻坚有机结合，实施能源扶贫工程，发挥能源基础设施和能源供应服务在扶贫中的基础性作用。

——坚持清洁低碳导向。树立人与自然和谐共生理念，把清洁低碳作为能源发展的主导方向，推动能源绿色生产和消费，优化能源生产布局 and 消费结构，加快提高清洁能源和非化石能源消费比重，大幅降低二氧化碳排放强度和污染物排放水平，加快能源绿色低碳转型，建设美丽中国。

——坚持创新核心地位。把提升能源科技水平作为能源转型发展的突破口，加快能源科技自主创新步伐，加强国家能源战略科技力量，发挥企业技术创新主体作用，推进产学研深度融合，推动

能源技术从引进跟随向自主创新转变，形成能源科技创新上下游联动的一体化创新和全产业链协同技术发展模式。

——坚持以改革促发展。充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，更好发挥政府作用，深入推进能源行业竞争性环节市场化改革，发挥市场机制作用，建设高标准能源市场体系。加强能源发展战略和规划的导向作用，健全能源法治体系和全行业监管体系，进一步完善支持能源绿色低碳转型的财税金融体制，释放能源发展活力，为能源高质量发展提供支撑。

——坚持推动构建人类命运共同体。面对日趋严峻的全球气候变化形势，树立人类命运共同体意识，深化全球能源治理合作，加快推动以清洁低碳为导向的新一轮能源变革，共同促进全球能源可持续发展，共建清洁美丽世界。

## 二、能源发展取得历史性成就

中国坚定不移推进能源革命，能源生产和利用方式发生重大变革，能源发展取得历史性成就。能源生产和消费结构不断优化，能源利用效率显著提高，生产生活用能条件明显改善，能源安全保障能力持续增强，为服务经济高质量发展、打赢脱贫攻坚战和全面建成小康社会提供了重要支撑。

### （一）能源供应保障能力不断增强

基本形成了煤、油、气、电、核、新能源和可再生能源多轮驱动的能源生产体系。初步核算，2019年中国一次能源生产总量达39.7亿吨标准煤，为世界能源生产第一大国。煤炭仍是保障能源供应的基础能源，2012年以来原煤年产量保持在34.1亿—39.7亿吨。努力保持原油生产稳定，2012年以来原油年产量保持在1.9亿—2.1亿吨。天然气产量明显提升，从2012年的1106亿立方米增长到2019年的1762亿立方米。电力供应能力持续增强，累计发电装机容量20.1亿千瓦，2019年发电量7.5万亿千瓦时，较2012年分别增长75%、50%。可再生能源开发利用规模快速扩大，水电、风电、光伏发电累计装机容量均居世界首位。截至2019年底，在运在建核电装机容量6593万千瓦，居世界第二，在建核电装机容量世界第一。

能源输送能力显著提高。建成天然气主干管道超过8.7万公里、石油主干管道5.5万公里、330千伏及以上输电线路长度30.2万公里。

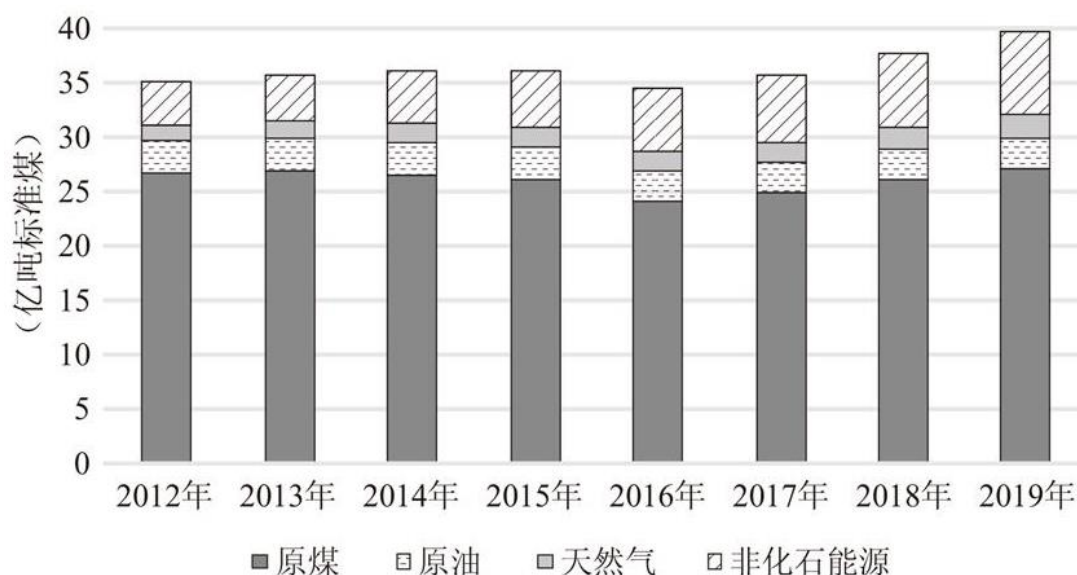


图1 中国能源生产情况(2012—2019年)

数据来源:国家统计局

能源储备体系不断健全。建成9个国家石油储备基地，天然气产供储销体系建设取得初步成效，煤炭生产运输协同保障体系逐步完善，电力安全稳定运行达到世界先进水平，能源综合应急保障能力显著增强。

### 专栏1 可再生能源开发利用规模居世界首位

截至2019年底,中国可再生能源发电总装机容量7.9亿千瓦,约占全球可再生能源发电总装机的30%。其中,水电、风电、光伏发电、生物质发电装机容量分别达3.56亿千瓦、2.1亿千瓦、2.04亿千瓦、2369万千瓦,均位居世界首位。2010年以来中国在新能源发电领域累计投资约8180亿美元,占同期全球新能源发电建设投资的30%。

可再生能源供热广泛应用。截至2019年底,太阳能热水器集热面积累计达5亿平方米,浅层和中深层地热能供暖建筑面积超过11亿平方米。

风电、光伏发电设备制造形成了完整的产业链,技术水平和制造规模处于世界前列。2019年多晶硅、光伏电池、光伏组件的产量分别约占全球总产量份额的67%、79%、71%,光伏产品出口到200多个国家及地区。风电整机制造占全球总产量的41%,已成为全球风电设备制造产业链的重要地区。

#### (二) 能源节约和消费结构优化成效显著

能源利用效率显著提高。2012年以来单位国内生产总值能耗累计降低24.4%,相当于减少能源消费12.7亿吨标准煤。2012年至2019年,以能源消费年均2.8%的增长支撑了国民经济年均7%的增长。

能源消费结构向清洁低碳加快转变。初步核算,2019年煤炭消费占能源消费总量比重为57.7%,比2012年降低10.8个百分点;天然气、水电、核电、风电等清洁能源消费量占能源消费总量比重为23.4%,比2012年提高8.9个百分点;非化石能源占能源消费总量比重达15.3%,比2012年提高5.6个百分点,已提前完成到2020年非化石能源消费比重达到15%左右的目标。新能源汽车快速发展,2019年新增量和保有量分别达120万辆和380万辆,均占全球总量一半以上;截至2019年底,全国电动汽车充电基础设施达120万处,建成世界最大规模充电网络,有效促进了交通领域能效提高和能源消费结构优化。

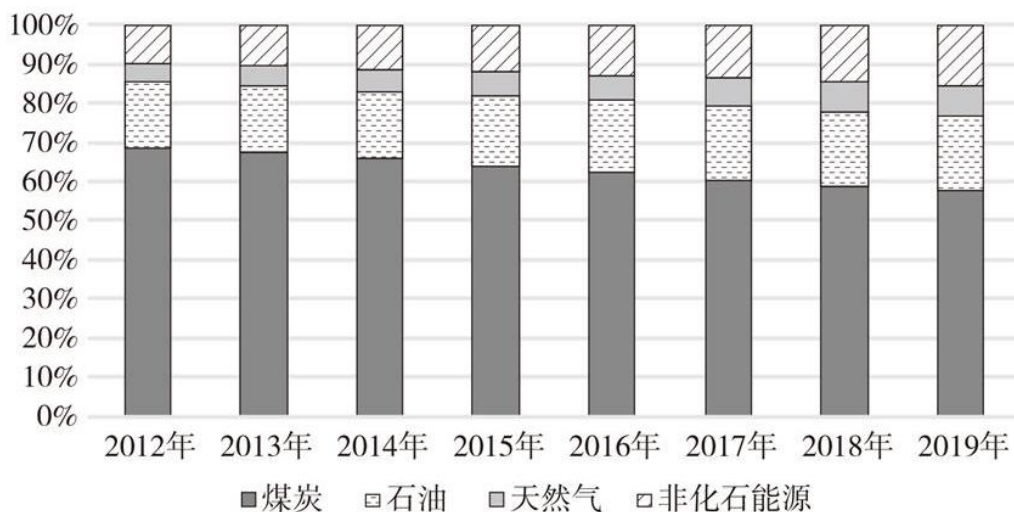


图2 中国能源消费结构(2012—2019年)

数据来源:国家统计局

### （三）能源科技水平快速提升

持续推进能源科技创新，能源技术水平不断提高，技术进步成为推动能源发展动力变革的基本力量。建立完备的水电、核电、风电、太阳能发电等清洁能源装备制造产业链，成功研发制造全球最大单机容量 100 万千瓦水电机组，具备最大单机容量达 10 兆瓦的全系列风电机组制造能力，不断刷新光伏电池转换效率世界纪录。建成若干应用先进三代技术的核电站，新一代核电、小型堆等多项核能利用技术取得明显突破。油气勘探开发技术能力持续提高，低渗原油及稠油高效开发、新一代复合化学驱等技术世界领先，页岩油气勘探开发技术和装备水平大幅提升，天然气水合物试采取得成功。发展煤炭绿色高效智能开采技术，大型煤矿采煤机械化程度达 98%，掌握煤制油气产业化技术。建成规模最大、安全可靠、全球领先的电网，供电可靠性位居世界前列。“互联网+”智慧能源、储能、区块链、综合能源服务等一大批能源新技术、新模式、新业态正在蓬勃兴起。

### （四）能源与生态环境友好性明显改善

中国把推进能源绿色发展作为促进生态文明建设的重要举措，坚决打好污染防治攻坚战、打赢蓝天保卫战。煤炭清洁开采和利用水平大幅提升，采煤沉陷区治理、绿色矿山建设取得显著成效。落实修订后的《大气污染防治法》，加大燃煤和其他能源污染防治力度。推动国家大气污染防治重点区域内新建、改建、扩建用煤项目实施煤炭等量或减量替代。能源绿色发展显著推动空气质量改善，二氧化硫、氮氧化物和烟尘排放量大幅下降。能源绿色发展对碳排放强度下降起到重要作用，2019 年碳排放强度比 2005 年下降 48.1%，超过了 2020 年碳排放强度比 2005 年下降 40%—45% 的目标，扭转了二氧化碳排放快速增长的局面。

#### 专栏 2 化石能源清洁发展成效突出

煤炭清洁开采水平大幅提升。积极推广充填开采、保水开采等煤炭清洁开采技术，加强煤矿资源综合利用。2019 年原煤入选率达 73.2%，矿井水综合利用率达 75.8%，土地复垦率达 52%。

建成全球最大的清洁煤电供应体系。全面开展燃煤电厂超低排放改造。截至 2019 年底，实现超低排放煤电机组达 8.9 亿千瓦，占煤电总装机容量 86%。超过 7.5 亿千瓦煤电机组实施节能改造，供电煤耗率逐年降低。

燃煤锅炉（窑炉）替代和改造成效显著。淘汰燃煤小锅炉 20 余万台，重点区域 35 蒸吨/时以下燃煤锅炉基本清零。有序推进对以煤、石油焦、重油等为燃料的工业窑炉实行燃料清洁化替代。

车用燃油环保标准大幅提升。实施成品油质量升级专项行动，快速提升车用汽柴油标准，从 2012 年的国三标准提升到 2019 年的国六标准，大幅减少了车辆尾气排放污染。

### （五）能源治理机制持续完善

全面提升能源领域市场化水平，营商环境不断优化，市场活力明显增强，市场主体和人民群众办事创业更加便利。进一步放宽能源领域外资市场准入，民间投资持续壮大，投资主体更加多元。发用电计划有序放开、交易机构独立规范运行、电力市场建设深入推进。加快推进油气勘查开采市场放开与矿业权流转、管网运营机制改革、原油进口动态管理等改革，完善油气交易中心建设。推进能源价格市场化，进一步放开竞争性环节价格，初步建立电力、油气网络环节科学定价制度。协同推进能源改革和法治建设，能源法律体系不断完善。覆盖战略、规划、政策、标准、监管、服务的能源治理机制基本形成。

### （六）能源惠民利民成果丰硕

把保障和改善民生作为能源发展的根本出发点，保障城乡居民获得基本能源供应和服务，在全面建成小康社会和乡村振兴中发挥能源供应的基础保障作用。2016年至2019年，农网改造升级总投资达8300亿元，农村平均停电时间降低至15小时左右，农村居民用电条件明显改善。2013年至2015年，实施解决无电人口用电行动计划，2015年底完成全部人口都用上电的历史性任务。实施光伏扶贫工程等能源扶贫工程建设，优先在贫困地区进行能源开发项目布局，实施能源惠民工程，促进了贫困地区经济发展和贫困人口收入增加。完善天然气利用基础设施建设，扩大天然气供应区域，提高民生用气保障能力。北方地区清洁取暖取得明显进展，改善了城乡居民用能条件和居住环境。截至2019年底，北方地区清洁取暖面积达116亿平方米，比2016年增加51亿平方米。

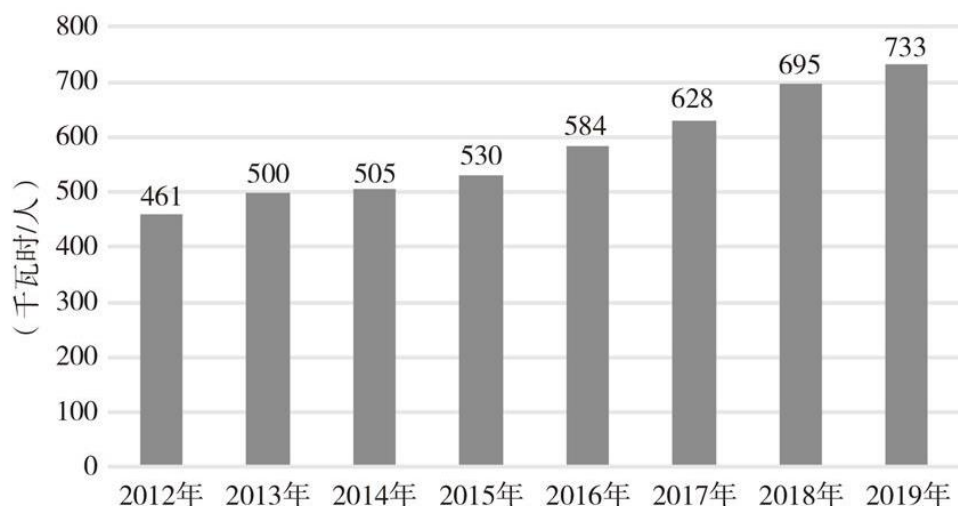


图3 中国人均生活用电量(2012—2019年)

数据来源:中国电力企业联合会

### 三、全面推进能源消费方式变革

坚持节约资源和保护环境的基本国策，坚持节能优先方针，树立节能就是增加资源、减少污染、造福人类的理念，把节能贯穿于经济社会发展全过程和各领域。

#### (一) 实行能耗双控制度

实行能源消费总量和强度双控制度，按省、自治区、直辖市行政区域设定能源消费总量和强度控制目标，对各级地方政府进行监督考核。把节能指标纳入生态文明、绿色发展等绩效评价指标体系，引导转变发展理念。对重点用能单位分解能耗双控目标，开展目标责任评价考核，推动重点用能单位加强节能管理。

#### (二) 健全节能法律法规和标准体系

修订实施《节约能源法》，建立完善工业、建筑、交通等重点领域和公共机构节能制度，健全节能监察、能源效率标识、固定资产投资项目节能审查、重点用能单位节能管理等配套法律制度。强化标准引领约束作用，健全节能标准体系，实施百项能效标准推进工程，发布实施340多项国家节能标准，其中近200项强制性标准，实现主要高耗能行业和终端用能产品全覆盖。加强节能执法监督，强化事中事后监管，严格执法问责，确保节能法律法规和强制性标准有效落实。

#### (三) 完善节能低碳激励政策

实行促进节能的企业所得税、增值税优惠政策。鼓励进口先进节能技术、设备，控制出口耗能高、污染重的产品。健全绿色金融体系，利用能效信贷、绿色债券等支持节能项目。创新完善促进绿色发展的价格机制，实施差别电价、峰谷分时电价、阶梯电价、阶梯气价等，完善环保电价政策，调动市场主体和居民节能的积极性。在浙江等4省市开展用能权有偿使用和交易试点，在北京等7省市开展碳排放权交易试点。大力推行合同能源管理，鼓励节能技术和经营模式创新，发展综合能源服务。加强电力需求侧管理，推行电力需求侧响应的市场化机制，引导节约、有序、合理用电。建

立能效“领跑者”制度，推动终端用能产品、高耗能行业、公共机构提升能效水平。

#### （四）提升重点领域能效水平

积极优化产业结构，大力发展低能耗的先进制造业、高新技术产业、现代服务业，推动传统产业智能化、清洁化改造。推动工业绿色循环低碳转型升级，全面实施绿色制造，建立健全节能监察执法和节能诊断服务机制，开展能效对标达标。提升新建建筑节能标准，深化既有建筑节能改造，优化建筑用能结构。构建节能高效的综合交通运输体系，推进交通运输用能清洁化，提高交通运输工具能效水平。全面建设节约型公共机构，促进公共机构为全社会节能工作作出表率。构建市场导向的绿色技术创新体系，促进绿色技术研发、转化与推广。推广国家重点节能低碳技术、工业节能技术装备、交通运输行业重点节能低碳技术等。推动全民节能，引导树立勤俭节约的消费观，倡导简约适度、绿色低碳的生活方式，反对奢侈浪费和不合理消费。

### 专栏 3 重点领域节能持续加强

加强工业领域节能。实施国家重大工业专项节能监察、工业节能诊断行动、工业节能与绿色标准化行动，在钢铁、电解铝等 12 个重点行业遴选能效“领跑者”企业。开展工业领域电力需求侧管理专项行动，发布《工业领域电力需求侧管理工作指南》，遴选 153 家工业领域示范企业（园区）。培育能源服务集成商，促进现代能源服务业与工业制造有机融合。

强化建筑领域节能。新建建筑全面执行建筑节能标准，开展超低能耗、近零能耗建筑示范，推动既有居住建筑节能改造，提升公共建筑能效水平，加强可再生能源建筑应用。截至 2019 年底，累计建成节能建筑面积 198 亿平方米，占城镇既有建筑面积比例超过 56%，2019 年城镇新增节能建筑面积超过 20 亿平方米。

促进交通运输节能。完善公共交通服务体系，推广多式联运。提升铁路电气化水平，推广天然气车船，发展节能与新能源汽车，完善充换电和加氢基础设施，鼓励靠港船舶和民航飞机停靠期间使用岸电，建设天然气加气站、加注站。淘汰老旧高能耗车辆、船舶等。截至 2019 年底，建成港口岸电设施 5400 余套、液化天然气动力船舶 280 余艘。

加强公共机构节能。实行能源定额管理，遴选发布政府机关、学校、医院等公共机构能效领跑者，实施绿色建筑、绿色办公、绿色出行、绿色食堂、绿色信息、绿色文化行动，开展 3600 余个节约型公共机构示范单位创建活动。

#### （五）推动终端用能清洁化

以京津冀及周边地区、长三角、珠三角、汾渭平原等地区为重点，实施煤炭消费减量替代和散煤综合治理，推广清洁高效燃煤锅炉，推行天然气、电力和可再生能源等替代低效和高污染煤炭的使用。制定财政、价格等支持政策，积极推进北方地区冬季清洁取暖，促进大气环境质量改善。推进终端用能领域以电代煤、以电代油，推广新能源汽车、热泵、电窑炉等新型用能方式。加强天然气基础设施建设与互联互通，在城镇燃气、工业燃料、燃气发电、交通运输等领域推进天然气高效利用。大力推进天然气热电冷联供的供能方式，推进分布式可再生能源发展，推行终端用能领域多

能协同和能源综合梯级利用。

#### 专栏4 能源绿色低碳消费水平不断提升

推进终端领域电能替代。制定《关于推进电能替代的指导意见》，在居民采暖、生产制造、交通运输等领域推行以电代煤、以电代油，稳步提升全社会电气化水平。2019年完成电能替代电量2065亿千瓦时，比上年增长32.6%。

加强分散燃煤治理。制定《燃煤锅炉节能环保综合提升工程实施方案》，提高锅炉系统高效运行水平，因地制宜推广燃气锅炉、电锅炉、生物质成型燃料锅炉。大气污染防治重点区域加快淘汰燃煤小锅炉，根据大气环境质量改善要求，划定高污染燃料禁燃区。

推进北方地区清洁取暖。制定《北方地区冬季清洁取暖规划（2017—2021年）》，将改善民生与环境治理相结合，坚持宜气则气、宜电则电、宜煤则煤、宜热则热，大力推进清洁取暖。截至2019年底，北方地区清洁取暖率达55%，比2016年提高21个百分点。

#### 四、建设多元清洁的能源供应体系

立足基本国情和发展阶段，确立生态优先、绿色发展的导向，坚持在保护中发展、在发展中保护，深化能源供给侧结构性改革，优先发展非化石能源，推进化石能源清洁高效开发利用，健全能源储运调峰体系，促进区域多能互补协调发展。

##### （一）优先发展非化石能源

开发利用非化石能源是推进能源绿色低碳转型的主要途径。中国把非化石能源放在能源发展优先位置，大力推进低碳能源替代高碳能源、可再生能源替代化石能源。

推动太阳能多元化利用。按照技术进步、成本降低、扩大市场、完善体系的原则，全面推进太阳能多方式、多元化利用。统筹光伏发电的布局与市场消纳，集中式与分布式并举开展光伏发电建设，实施光伏发电“领跑者”计划，采用市场竞争方式配置项目，加快推动光伏发电技术进步和成本降低，光伏产业已成为具有国际竞争力的优势产业。完善光伏发电分布式应用的电网接入等服务机制，推动光伏与农业、养殖、治沙等综合发展，形成多元化光伏发电发展模式。通过示范项目建设推进太阳能热发电产业化发展，为相关产业链的发展提供市场支撑。推动太阳能热利用不断拓展市场领域和利用方式，在工业、商业、公共服务等领域推广集中热水工程，开展太阳能供暖试点。

全面协调推进风电开发。按照统筹规划、集散并举、陆海齐进、有效利用的原则，在做好风电开发与电力送出和市场消纳衔接的前提下，有序推进风电开发利用和大型风电基地建设。积极开发中东部分散风能资源。积极稳妥发展海上风电。优先发展平价风电项目，推行市场化竞争方式配置风电项目。以风电的规模化开发利用促进风电制造产业发展，风电制造产业的创新能力和国际竞争力不断提升，产业服务体系逐步完善。

推进水电绿色发展。坚持生态优先、绿色发展，在做好环境保护和移民安置的前提下，科学有序推进水电开发，做到开发与保护并重、建设与管理并重。以西南地区主要河流为重点，有序推进流域大型水电基地建设，合理控制中小水电开发。推进小水电绿色发展，加大对实施河流生态修复的财政投入，促进河流生态健康。完善水电开发移民利益共享政策，坚持水电开发促进地方经济社会发展和移民脱贫致富，努力做到“开发一方资源、发展一方经济、改善一方环境、造福一方百姓”。



安全有序发展核电。中国将核安全作为核电发展的生命线，坚持发展与安全并重，实行安全有序发展核电的方针，加强核电规划、选址、设计、建造、运行和退役等全生命周期管理和监督，坚持采用最先进的技术、最严格的标准发展核电。完善多层次核能、核安全法规标准体系，加强核应急预案和法制、体制、机制建设，形成有效应对核事故的国家核应急能力体系。强化核安保与核材料管制，严格履行核安保与核不扩散国际义务，始终保持着良好的核安保记录。迄今为止在运核电机组总体安全状况良好，未发生国际核事件分级 2 级及以上的事件或事故。

因地制宜发展生物质能、地热能和海洋能。采用符合环保标准的先进技术发展城镇生活垃圾焚烧发电，推动生物质发电向热电联产转型升级。积极推进生物天然气产业化发展和农村沼气转型升级。坚持不与人争粮、不与粮争地的原则，严格控制燃料乙醇加工产能扩张，重点提升生物柴油产品品质，推进非粮生物液体燃料技术产业化发展。创新地热能开发利用模式，开展地热能城镇集中供暖，建设地热能高效开发利用示范区，有序开展地热能发电。积极推进潮流能、波浪能等海洋能技术研发和示范应用。

全面提升可再生能源利用率。完善可再生能源发电全额保障性收购制度。实施清洁能源消纳行动计划，多措并举促进清洁能源利用。提高电力规划整体协调性，优化电源结构和布局，充分发挥市场调节功能，形成有利于可再生能源利用的体制机制，全面提升电力系统灵活性和调节能力。实行可再生能源电力消纳保障机制，对各省、自治区、直辖市行政区域按年度确定电力消费中可再生能源应达到的最低比重指标，要求电力销售企业和电力用户共同履行可再生能源电力消纳责任。发挥电网优化资源配置平台作用，促进源网荷储互动协调，完善可再生能源电力消纳考核和监管机制。可再生能源电力利用率显著提升，2019 年全国平均风电利用率达 96%、光伏发电利用率达 98%、主要流域水能利用率达 96%。

#### 专栏 5 张家口可再生能源示范区加快建设

2015 年国家批准张家口可再生能源示范区规划。规划提出，推进“三大创新”：体制机制创新、商业模式创新、技术创新；实施“四大工程”：规模化可再生能源开发工程、大容量储能应用工程、智能化输电工程、多元化应用示范工程；打造“五大功能区”：低碳奥运专区、可再生能源科技创业城、可再生能源综合商务区、高端装备制造聚集区、农业可再生能源循环利用示范区。

截至 2019 年底，张家口市可再生能源发电总装机容量达 1500 万千瓦，占区域内全部发电装机容量的 70% 以上。风电供暖面积超过 800 万平方米，绿色数据中心消纳可再生能源电力 2.85 亿千瓦时，可再生能源占区域能源消费比重达 27%。新能源汽车推广量约 3000 辆，一批氢燃料电池公交车投入运营。张北±500 千伏柔性直流电网试验示范工程和张北—雄安 1000 千伏特高压交流工程的建设，促进形成京津冀绿色能源协同发展新模式。

到 2030 年，张家口市 80% 的电力消费以及全部城镇公共交通、城乡居民生活用能、商业及公共建筑用能将来自可再生能源，全部工业企业实现零碳排放，形成以可再生能源为主的能源供应体系。

#### （二）清洁高效开发利用化石能源

根据国内资源禀赋，以资源环境承载力为基础，统筹化石能源开发利用与生态环境保护，有序发展先进产能，加快淘汰落后产能，推进煤炭清洁高效利用，提升油气勘探开发力度，促进增储上

产，提高油气自给能力。

推进煤炭安全智能绿色开发利用。努力建设集约、安全、高效、清洁的煤炭工业体系。推进煤炭供给侧结构性改革，完善煤炭产能置换政策，加快淘汰落后产能，有序释放优质产能，煤炭开发布局和产能结构大幅优化，大型现代化煤矿成为煤炭生产主体。2016年至2019年，累计退出煤炭落后产能9亿吨/年以上。加大安全生产投入，健全安全生产长效机制，加快煤矿机械化、自动化、信息化、智能化建设，全面提升煤矿安全生产效率和安全保障水平。推进大型煤炭基地绿色化开采和改造，发展煤炭洗选加工，发展矿区循环经济，加强矿区生态环境治理，建成一批绿色矿山，资源综合利用水平全面提升。实施煤炭清洁高效利用行动，煤炭消费中发电用途占比进一步提升。煤制油气、低阶煤分质利用等煤炭深加工产业化示范取得积极进展。

清洁高效发展火电。坚持清洁高效原则发展火电。推进煤电布局优化和技术升级，积极稳妥化解煤电过剩产能。建立并完善煤电规划建设风险预警机制，严控煤电规划建设，加快淘汰落后产能。截至2019年底，累计淘汰煤电落后产能超过1亿千瓦，煤电装机占总发电装机比重从2012年的65.7%下降至2019年的52%。实施煤电节能减排升级与改造行动，执行更严格能效环保标准。煤电机组发电效率、污染物排放控制达到世界先进水平。合理布局适度发展天然气发电，鼓励在电力负荷中心建设天然气调峰电站，提升电力系统安全保障水平。

提高天然气生产能力。加强基础地质调查和资源评价，加强科技创新、产业扶持，促进常规天然气增产，重点突破页岩气、煤层气等非常规天然气勘探开发，推动页岩气规模化开发，增加国内天然气供应。完善非常规天然气产业政策体系，促进页岩气、煤层气开发利用。以四川盆地、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地为重点，建成多个百亿立方米级天然气生产基地。2017年以来，每年新增天然气产量超过100亿立方米。

#### 专栏6 非常规天然气勘探开发取得突破

页岩气。海相页岩气勘探开发取得重大突破，建设了四川长宁—威远、昭通、重庆涪陵等国家级页岩气示范区，推动页岩气规模化开发，2019年产量突破150亿立方米。

煤层气。初步建成沁水和鄂东两大煤层气产业化基地，为富煤地区发展绿色低碳经济作出重要贡献。2019年全国煤层气（煤矿瓦斯）抽采量超过180亿立方米。

致密气。致密砂岩气勘探开发取得重要进展，直接促进了鄂尔多斯盆地和川中地区致密气产量的快速增长。

提升石油勘探开发与加工水平。加强国内勘探开发，深化体制机制改革、促进科技研发和新技术应用，加大低品位资源勘探开发力度，推进原油增储上产。发展先进采油技术，提高原油采收率，稳定松辽盆地、渤海湾盆地等东部老油田产量。以新疆地区、鄂尔多斯盆地等为重点，推进西部新油田增储上产。加强渤海、东海和南海等海域近海油气勘探开发，推进深海对外合作，2019年海上油田产量约4000万吨。推进炼油行业转型升级。实施成品油质量升级，提升燃油品质，促进减少机动车尾气污染物排放。

#### （三）加强能源储运调峰体系建设

统筹发展煤电油气多种能源输运方式，构建互联互通输配网络，打造稳定可靠的储运调峰体系，提升应急保障能力。

加强能源输配网络建设。持续加强跨省跨区骨干能源输送通道建设，提升能源主要产地与主要消费区域间通达能力，促进区域优势互补、协调发展。提升既有铁路煤炭运输专线的输送能力，持

持续提升铁路运输比例和煤炭运输效率。推进天然气主干管道与省级管网、液化天然气接收站、储气库间互联互通，加快建设“全国一张网”，初步形成调度灵活、安全可靠的天然气输运体系。稳步推进跨省跨区输电通道建设，扩大西北、华北、东北和西南等区域清洁能源配置范围。完善区域电网主网架，加强省级区域内部电网建设。开展柔性直流输电示范工程建设，积极建设能源互联网，推动构建规模合理、分层分区、安全可靠的电力系统。

健全能源储备应急体系。建立国家储备与企业储备相结合、战略储备与商业储备并举的能源储备体系，提高石油、天然气和煤炭等储备能力。完善国家石油储备体系，加快石油储备基地建设。建立健全地方政府、供气企业、管输企业、城镇燃气企业各负其责的多层次天然气储气调峰体系。完善以企业社会责任储备为主体、地方政府储备为补充的煤炭储备体系。健全国家大面积停电事件应急机制，全面提升电力供应可靠性和应急保障能力。建立健全与能源储备能力相匹配的输配保障体系，构建规范化的收储、轮换、动用体系，完善决策执行的监管机制。

完善能源调峰体系。坚持供给侧与需求侧并重，完善市场机制，加强技术支撑，增强调峰能力，提升能源系统综合利用效率。加快抽水蓄能电站建设，合理布局天然气调峰电站，实施既有燃煤热电联产机组、燃煤发电机组灵活性改造，改善电力系统调峰性能，促进清洁能源消纳。推动储能与新能源发电、电力系统协调优化运行，开展电化学储能等调峰试点。推进天然气储气调峰设施建设，完善天然气储气调峰辅助服务市场化机制，提升天然气调峰能力。完善电价、气价政策，引导电力、天然气用户自主参与调峰、错峰，提升需求侧响应能力。健全电力和天然气负荷可中断、可调节管理体系，挖掘需求侧潜力。

#### （四）支持农村及贫困地区能源发展

落实乡村振兴战略，提高农村生活用能保障水平，让农村居民有更多实实在在的获得感、幸福感、安全感。

加快完善农村能源基础设施。让所有人都能用上电，是全面建成小康社会的基本条件。实施全面解决无电人口问题三年行动计划，2015年底全面解决了无电人口用电问题。中国高度重视农村电网改造升级，着力补齐农村电网发展短板。实施小城镇中心村农网改造升级、平原农村地区机井通电和贫困村通动力电专项工程。2018年起，重点推进深度贫困地区和抵边村寨农网改造升级攻坚。加快天然气支线管网和基础设施建设，扩大管网覆盖范围。在天然气管网未覆盖的地区推进液化天然气、压缩天然气、液化石油气供应网点建设，因地制宜开发利用可再生能源，改善农村供能条件。

精准实施能源扶贫工程。能源不仅是经济发展的动力，也是扶贫的重要支撑。中国合理开发利用贫困地区能源资源，积极推进贫困地区重大能源项目建设，提升贫困地区自身“造血”能力，为贫困地区经济发展增添新动能。在革命老区、民族地区、边疆地区、贫困地区优先布局能源开发项目，建设清洁电力外送基地，为所在地区经济增长作出重要贡献。在水电开发建设中，形成了水库移民“搬得出、稳得住、能致富”的可持续发展模式，让贫困人口更多分享资源开发收益。加强财政投入和政策扶持，支持贫困地区发展生物质能、风能、太阳能、小水电等清洁能源。推行多种形式的光伏与农业融合发展模式，实施光伏扶贫工程，建成了成千上万座遍布贫困农村地区的“阳光银行”。

推进北方农村地区冬季清洁取暖。北方地区冬季清洁取暖关系广大人民群众生活，是重大民生工程、民心工程。以保障北方地区广大群众温暖过冬、减少大气污染为立足点，在北方农村地区因地制宜开展清洁取暖。按照企业为主、政府推动、居民可承受的方针，稳妥推进“煤改气”“煤改电”，支持利用清洁生物质燃料、地热能、太阳能供暖以及热泵技术应用。截至2019年底，北方农村地区清洁取暖率约31%，比2016年提高21.6个百分点；北方农村地区累计完成散煤替代约2300万户，其中京津冀及周边地区、汾渭平原累计完成散煤清洁化替代约1800万户。

## 专栏7 农村能源建设和扶贫取得显著成就

实施新一轮农网改造升级。2017年,小城镇中心村农网改造升级、农村机井通电和贫困村通动力电全面完成,惠及7.8万个村、1.6亿农村居民;为160万口机井通了电,惠及1万多个乡镇、1.5亿亩农田;为3.3万个自然村通了动力电。2019年完成新一轮农网改造升级目标,实现农村电网供电可靠率99.8%,综合电压合格率97.9%。全国农村地区基本实现稳定可靠的供电服务全覆盖。

全面解决无电人口用电。2013年至2015年,国家安排投资247.8亿元,实施无电地区电网延伸工程建设,为154.5万无电人口通电。实施光伏独立供电工程建设,为118.5万无电人口通电。2015年底全面解决无电人口用电问题,实现用电人口全覆盖。

实施光伏发电扶贫。光伏扶贫是精准扶贫十大工程之一。2014年以来,国家组织编制光伏扶贫规划,出台财政、金融、价格等政策,加强电网建设和运行服务,按照政府出资、企业实施方式,推动多种形式光伏扶贫工程。累计建成2636万千瓦光伏扶贫电站,惠及近6万个贫困村、415万贫困户,每年可产生发电收益约180亿元,相应安置公益岗位125万个。

### 五、发挥科技创新第一动力作用

抓住全球新一轮科技革命与产业变革的机遇,在能源领域大力实施创新驱动发展战略,增强能源科技创新能力,通过技术进步解决能源资源约束、生态环境保护、应对气候变化等重大问题和挑战。

#### (一) 完善能源科技创新政策顶层设计

中国将能源作为国家创新驱动发展战略的重要组成部分,把能源科技创新摆在更加突出的地位。《国家创新驱动发展战略纲要》将安全清洁高效现代能源技术作为重要战略方向和重点领域。制定能源资源科技创新规划和面向2035年的能源、资源科技发展战略规划,部署了能源科技创新重大举措和重大任务,努力提升科技创新引领和支撑作用。制定能源技术创新规划和《能源技术革命创新行动计划(2016—2030年)》,提出能源技术创新的重点方向和技术路线图。深化能源科技体制改革,形成政府引导、市场主导、企业为主体、社会参与、多方协同的能源技术创新体系。加大重要能源领域和新兴能源产业科技创新投入,加强人才队伍建设,提升各类主体创新能力。

#### (二) 建设多元化多层次能源科技创新平台

依托骨干企业、科研院所和高校,建成一批高水平能源技术创新平台,有效激发了各类主体的创新活力。布局建设40多个国家重点实验室和一批国家工程研究中心,重点围绕煤炭安全绿色智能开采、可再生能源高效利用、储能与分布式能源等技术方向开展相关研究,促进能源科技进步。布局建设80余个国家能源研发中心和一批国家能源重点实验室,围绕煤炭、石油、天然气、火电、核电、可再生能源、能源装备重点领域和关键环节开展研究,覆盖当前能源技术创新的重点领域和前沿方向。大型能源企业适应自身发展和行业需要,不断加强科技能力建设,形成若干专业领域、有影响力的研究机构。地方政府结合本地产业优势,采取多种方式加强科研能力建设。在“大众创业、万众创新”政策支持下,各类社会主体积极开展科技创新,形成了众多能源科技创新型企业。

#### (三) 开展能源重大领域协同科技创新

实施重大科技项目和工程,实现能源领域关键技术跨越式发展。聚焦国家重大战略产业化目标,实施油气科技重大专项,重点突破油气地质新理论与高效勘探开发关键技术,开展页岩油、页岩气、

天然气水合物等非常规资源经济高效开发技术攻关。实施核电科技重大专项，围绕三代压水堆和四代高温气冷堆技术，开展关键核心技术攻关，持续推进核电自主创新。面向重大共性关键技术，部署开展新能源汽车、智能电网技术与装备、煤矿智能化开采技术与装备、煤炭清洁高效利用与新型节能技术、可再生能源与氢能技术等方面研究。面向国家重大战略任务，重点部署能源高效洁净利用与转化的物理化学基础研究，推动以基础研究带动应用技术突破。

#### 专栏 8 重大能源技术装备取得新突破

可再生能源技术装备。掌握水能、风能、太阳能等能源系统关键技术。大型水电机组成套设计制造能力世界领先。风电、光伏发电全产业链技术快速迭代，成本大幅下降，形成一批世界级龙头企业。生物质能、地热能、海洋能等技术取得长足进步。

电网技术装备。全面掌握特高压输变电技术，柔性直流、多端直流等先进电网技术开展示范应用，智能电网、大电网控制等技术取得显著进步，输变电技术装备处于国际领先水平。

核电技术装备。掌握百万千瓦级压水堆核电站设计和建造技术。自主研发三代核电技术装备达到世界先进水平。具有自主知识产权的首个“华龙一号”示范工程——福清5号核电机组取得重要进展。“国和一号”(CAP1400)示范工程和高温气冷堆示范工程建设稳步推进，快堆、小型堆等多项前沿技术研究取得突破。

油气勘探开发技术装备。形成先进的低渗透和稠油油田开采技术，实现特大型超深高含硫气田安全高效开发技术等工业化应用，开发了超高破裂压力地层压裂技术，海洋深水勘探开发关键技术与装备取得重大进展，自主研发了以“海洋石油981”为代表的3000米深水半潜式钻井平台。自主研发了“蓝鲸1号”“蓝鲸2号”，助力海域天然气水合物开采技术获得突破。

清洁高效煤电技术装备。具备超超临界煤电机组自主研发和制造能力，发电煤耗下降至256克标准煤/千瓦时。燃煤发电空冷、二次再热、循环流化床、超低排放等技术领域处于世界领先水平。建成10万吨级碳捕集利用和封存示范装备。

煤炭安全绿色智能开发利用技术装备。煤炭安全绿色开采技术达到国际先进水平，煤炭生产实现向自动化、机械化、智能化转变。形成具有自主知识产权的煤制油气等煤炭深加工成套工艺技术。

#### (四) 依托重大能源工程提升能源技术装备水平

在全球能源绿色低碳转型发展趋势下，加快传统能源技术装备升级换代，加强新兴能源技术装备自主创新，清洁低碳能源技术水平显著提升。依托重大装备制造和重大示范工程，推动关键能源装备技术攻关、试验示范和推广应用。完善能源装备计量、标准、检测和认证体系，提高重大能源装备研发、设计、制造和成套能力。围绕能源安全供应、清洁能源发展和化石能源清洁高效利用三大方向，着力突破能源装备制造关键技术、材料和零部件等瓶颈，推动全产业链技术创新。开展先进能源技术装备的重大能源示范工程建设，提升煤炭清洁智能采掘洗选、深水和非常规油气勘探开发、油气储运和输送、清洁高效燃煤发电、先进核电、可再生能源发电、燃气轮机、储能、先进电网、煤炭深加工等领域装备的技术水平。

#### (五) 支持新技术新模式新业态发展

当前，世界正处在新科技革命和产业革命交汇点，新技术突破加速带动产业变革，促进能源新模式新业态不断涌现。大力推动能源技术与现代信息、材料和先进制造技术深度融合，依托“互联网+”智慧能源建设，探索能源生产和消费新模式。加快智能光伏创新升级，推动光伏发电与农业、渔业、牧业、建筑等融合发展，拓展光伏发电互补应用新空间，形成广泛开发利用新能源的新模式。加速发展绿氢制取、储运和应用等氢能产业链技术装备，促进氢能燃料电池技术链、氢燃料电池汽车产业链发展。支持能源各环节各场景储能应用，着力推进储能与可再生能源互补发展。支持新能源微电网建设，形成发储用一体化局域清洁供能系统。推动综合能源服务新模式，实现终端能源多能互补、协同高效。在试点示范项目引领和带动下，各类能源新技术、新模式、新业态持续涌现，形成能源创新发展的“聚变效应”。

## 六、全面深化能源体制改革

充分发挥市场在能源资源配置中的决定性作用，更好发挥政府作用，深化重点领域和关键环节市场化改革，破除妨碍发展的体制机制障碍，着力解决市场体系不完善等问题，为维护国家能源安全、推进能源高质量发展提供制度保障。

### （一）构建有效竞争的能源市场

大力培育多元市场主体，打破垄断、放宽准入、鼓励竞争，构建统一开放、竞争有序的能源市场体系，着力清除市场壁垒，提高能源资源配置效率和公平性。

培育多元能源市场主体。支持各类市场主体依法平等进入负面清单以外的能源领域，形成多元市场主体共同参与的格局。深化油气勘查开采体制改革，开放油气勘查开采市场，实行勘查区块竞争出让和更加严格的区块退出机制。支持符合条件的企业进口原油。改革油气管网运营机制，实现管输和销售业务分离。稳步推进售电侧改革，有序向社会资本开放配售电业务，深化电网企业主辅分离。积极培育配售电、储能、综合能源服务等新兴市场主体。深化国有能源企业改革，支持非公有制发展，积极稳妥开展能源领域混合所有制改革，激发企业活力动力。

建设统一开放、竞争有序的能源市场体系。根据不同能源品种特点，搭建煤炭、电力、石油和天然气交易平台，促进供需互动。推动建设现代化煤炭市场体系，发展动力煤、炼焦煤、原油期货交易和天然气现货交易。全面放开经营性电力用户发用电计划，建设中长期交易、现货交易等电能量交易和辅助服务交易相结合的电力市场。积极推进全国统一电力市场和全国碳排放权交易市场建设。

### 专栏9 电力领域市场化改革取得重要突破

健全输配电价监管体系。基本确立以“准许成本+合理收益”为核心的输配电价监管制度框架，改变电网企业盈利模式，为加快推进电力市场化改革奠定基础。

推进交易机构独立规范运行。组建北京、广州两家区域交易机构和33家省（自治区、直辖市）交易机构。实施交易机构股份制改造，完善治理结构。

放开配售电业务。鼓励社会资本参与增量配电业务。鼓励符合条件的企业从事售电业务，赋予用户更多自主选择权。截至2019年底，推出380个增量配电改革试点项目，在电力交易机构注册的售电公司近4500家。

推进电力市场建设。有序放开发用电计划，全面推广中长期交易，在8个地区开展电力现货试点，在5个区域电网、27个省级电网推进电力辅助服务市场建设。2019年，全国市场化交易电量约2.71万亿千瓦时，约占全社会用电量37.5%。

(二)完善主要由市场决定能源价格的机制 按照“管住中间、放开两头”总体思路,稳步放开竞争性领域和竞争性环节价格,促进价格反映市场供求、引导资源配置;严格政府定价成本监审,推进科学合理定价。

有序放开竞争性环节价格。推动分步实现公益性以外的发售电价格由市场形成,电力用户或售电主体可与发电企业通过市场化方式确定交易价格。进一步深化燃煤发电上网电价机制改革,实行“基准价+上下浮动”的市场化价格机制。稳步推进以竞争性招标方式确定新建风电、光伏发电项目上网电价。推动按照“风险共担、利益共享”原则协商或通过市场化方式形成跨省跨区送电价格。完善成品油价格形成机制,推进天然气价格市场化改革。坚持保基本、促节约原则,全面推行居民阶梯电价、阶梯气价制度。

科学核定自然垄断环节价格。按照“准许成本+合理收益”原则,合理制定电网、天然气管网输配价格。开展两个监管周期输配电定价成本监审和电价核定。强化输配气价格监管,开展成本监审,构建天然气输配领域全环节价格监管体系。

### 专栏 10 油气领域市场化改革取得积极进展

推进油气勘查开采体制改革。推进矿产资源管理改革,实行探采合一制度,允许符合准入要求的市场主体参与常规油气勘查开采。已开展多轮油气探矿权竞争出让活动,竞争出让油气勘查区块,引入国有石油公司之外的多家市场主体。实行更加严格的区块退出机制,加大区块退出力度。

推进油气管网运营机制改革。2019年,组建国有资本控股、投资主体多元化的国家石油天然气管网集团有限公司,促进上下游市场公平竞争。推动油气管网设施公平开放,支持油气管网设施互联互通和公平接入。

改革油气产品定价机制。缩短成品油调价周期。逐步放开非常规天然气价格。理顺居民用气门站价格,促进更好反映供气成本和供需变化。加强天然气输配环节价格监管,减少中间供气环节,2017年核定长输管道运输价格。

完善油气进出口管理体制。完善成品油进出口政策。支持符合条件的企业开展原油非国营贸易进口业务,形成了多元、有序、有活力的原油进口队伍。

### (三)创新能源科学管理和优化服务

进一步转变政府职能,简政放权、放管结合、优化服务,着力打造服务型政府。发挥能源战略规划和宏观政策导向作用,集中力量办大事。强化能源市场监管,提升监管效能,促进各类市场主体公平竞争。坚持人民至上、生命至上理念,牢牢守住能源安全生产底线。

激发市场主体活力。深化能源“放管服”改革,减少中央政府层面能源项目核准,将部分能源项目审批核准权限下放地方,取消可由市场主体自主决策的能源项目审批。减少前置审批事项,降低市场准入门槛,加强和规范事中事后监管。提升“获得电力”服务水平,压减办电时间、环节和成本。推行“互联网+政务”服务,推进能源政务服务事项“一窗受理”“应进必进”,提升“一站式”服务水平。

## 专栏 11 用电营商环境显著改善

优化用电营商环境是提升市场主体和人民群众“获得电力”的获得感和满意度的重要内容。在全国范围内推行低压小微企业用电报装“零上门、零审批、零投资”服务。2019 年底,各直辖市、省会城市实现低压小微企业用电报装“三零”服务,办电时间压缩至 30 个工作日以内。世界银行报告显示,2017 年至 2019 年,企业办电环节平均由 5.5 个压减至 2 个,办电时间和办电成本大幅降低,“获得电力”指标排名从第 98 位提升至第 12 位。

引导资源配置方向。制定实施《能源生产和消费革命战略（2016—2030）》以及能源发展规划和系列专项规划、行动计划，明确能源发展的总体目标和重点任务，引导社会主体的投资方向。完善能源领域财政、税收、产业和投融资政策，全面实施原油、天然气、煤炭资源税从价计征，提高成品油消费税，引导市场主体合理开发利用能源资源。构建绿色金融正向激励体系，推广新能源汽车，发展清洁能源。支持大宗能源商品贸易人民币计价结算。

促进市场公平竞争。理顺能源监管职责关系，逐步实现电力监管向综合能源监管转型。严格电力交易、调度、供电服务和市场秩序监管，强化电网公平接入、电网投资行为、成本及投资运行效率监管。加强油气管网设施公平开放监管，推进油气管网设施企业信息公开，提高油气管网设施利用率。全面推行“双随机、一公开”监管，提高监管公平公正性。加强能源行业信用体系建设，依法依规建立严重失信主体名单制度，实施失信惩戒，提升信用监管效能。包容审慎监管新兴业态，促进新动能发展壮大。畅通能源监管热线，发挥社会监督作用。

筑牢安全生产底线。健全煤矿安全生产责任体系，提高煤矿安全监管监察执法效能，建设煤矿安全生产标准化管理体系，增强防灾治灾能力，煤矿安全生产形势总体好转。落实电力安全企业主体责任、行业监管责任和属地管理责任，提升电力系统网络安全监督管理，加强电力建设工程施工安全监督和质量监督，电力系统安全风险总体可控，未发生大面积停电事故。加强油气全产业链安全监管，油气安全生产形势保持稳定。持续强化核安全监管体系建设，提高核安全监管能力，核电厂和研究堆总体安全状况良好，在建工程建造质量整体受控。

### （四）健全能源法治体系

发挥法治固根本、稳预期、利长远的保障作用，坚持能源立法同改革发展相衔接，及时修改和废止不适应改革发展要求的法律法规；坚持法定职责必须为、法无授权不可为，依法全面履行政府职能。

完善能源法律体系。推进能源领域法律及行政法规制修订工作，加强能源领域法律法规实施监督检查，加快电力、煤炭、石油、天然气、核电、新能源等领域规章规范性文件的“立改废”进程，将改革成果体现在法律法规和重大政策中。

推进能源依法治理。推进法治政府建设，推动将法治贯穿于能源战略、规划、政策、标准的制定、实施和监督管理全过程。构建政企联动、互为支撑的能源普法新格局，形成尊法、学法、守法、用法良好氛围。创新行政执法方式，全面推行行政执法公示制度、行政执法全过程记录制度、重大执法决定法制审核制度，全面落实行政执法责任制。畅通行政复议和行政诉讼渠道，确保案件依法依规办理，依法保护行政相对人合法权益，让人民在每一个案件中切实感受到公平正义。

### 七、全方位加强能源国际合作

中国践行绿色发展理念，遵循互利共赢原则开展国际合作，努力实现开放条件下能源安全，扩大能源领域对外开放，推动高质量共建“一带一路”，积极参与全球能源治理，引导应对气候变化国际合作，推动构建人类命运共同体。



### （一）持续深化能源领域对外开放

中国坚定不移维护全球能源市场稳定，扩大能源领域对外开放。大幅度放宽外商投资准入，打造市场化法治化国际化营商环境，促进贸易和投资自由化便利化。全面实行准入前国民待遇加负面清单管理制度，能源领域外商投资准入限制持续减少。全面取消煤炭、油气、电力（除核电外）、新能源等领域外资准入限制。推动广东、湖北、重庆、海南等自由贸易试验区能源产业发展，支持浙江自由贸易试验区油气全产业链开放发展。埃克森美孚、通用电气、碧辟、法国电力、西门子等国际能源公司在中国投资规模稳步增加，上海特斯拉电动汽车等重大外资项目相继在中国落地，外资加油站数量快速增长。

#### 专栏 12 能源领域外商投资准入持续放宽

2017年，修订发布《外商投资产业指导目录》，首次提出全国范围实施的外商投资准入负面清单。2018年起，《外商投资准入特别管理措施（负面清单）》从目录中独立出来发布，负面清单之外的领域按照内外资一致原则实施管理。

2018年《外商投资准入特别管理措施（负面清单）》取消了以下准入限制：

- 电网的建设、经营（中方控股）。
- 特殊和稀缺煤类勘查、开采（中方控股）。
- 新能源汽车整车制造的中方股比不低于50%。
- 加油站（同一外国投资者设立超过30家分店、销售来自多个供应商的不同种类和品牌成品油的连锁加油站，由中方控股）建设、经营。

2019年《外商投资准入特别管理措施（负面清单）》取消了以下准入限制：

- 石油、天然气（含煤层气、油页岩、油砂、页岩气等除外）的勘探、开发限于合资、合作。
- 城市人口50万以上城市燃气和热力管网建设、经营须由中方控股。

### （二）着力推进共建“一带一路”能源合作

中国秉持共商共建共享原则，坚持开放、绿色、廉洁理念，努力实现高标准、惠民生、可持续的目标，同各国在共建“一带一路”框架下加强能源合作，在实现自身发展的同时更多惠及其他国家和人民，为推动共同发展创造有利条件。

推动互利共赢的能源务实合作。中国与全球100多个国家、地区开展广泛的能源贸易、投资、产能、装备、技术、标准等领域合作。中国企业高标准建设适应合作国迫切需求的能源项目，帮助当地把资源优势转化为发展优势，促进当地技术进步、就业扩大、经济增长和民生改善，实现优势互补、共同发展。通过第三方市场合作，与一些国家和大型跨国公司开展清洁能源领域合作，推动形成开放透明、普惠共享、互利共赢的能源合作格局。2019年，中国等30个国家共同建立了“一带一路”能源合作伙伴关系。

建设绿色丝绸之路。中国是全球最大的可再生能源市场，也是全球最大的清洁能源设备制造国。积极推动全球能源绿色低碳转型，广泛开展可再生能源合作，如几内亚卡雷塔水电项目、匈牙利考波什堡光伏电站项目、黑山莫茹拉风电项目、阿联酋迪拜光热光伏混合发电项目、巴基斯坦卡洛特水电站和真纳光伏园一期光伏项目等。可再生能源技术在中国市场的广泛应用，促进了全世界范围可再生能源成本的下降，加速了全球能源转型进程。

加强能源基础设施互联互通。积极推动跨国、跨区域能源基础设施联通，为能源资源互补协作和互惠贸易创造条件。中俄、中国—中亚、中缅油气管道等一批标志性的能源重大项目建成投运，中国与周边 7 个国家实现电力联网，能源基础设施互联互通水平显著提升，在更大范围内促进能源资源优化配置，促进区域国家经济合作。

提高全球能源可及性。积极推动“确保人人获得负担得起的、可靠和可持续的现代能源”可持续发展目标的国内落实，积极参与能源可及性国际合作，采用多种融资模式为无电地区因地制宜开发并网、微网和离网电力项目，为使用传统炊事燃料的地区捐赠清洁炉灶，提高合作国能源普及水平，惠及当地民生。

### （三）积极参与全球能源治理

中国坚定支持多边主义，按照互利共赢原则开展双多边能源合作，积极支持国际能源组织和合作机制在全球能源治理中发挥作用，在国际多边合作框架下积极推动全球能源市场稳定与供应安全、能源绿色转型发展，为促进全球能源可持续发展贡献中国智慧、中国力量。

融入多边能源治理。积极参与联合国、二十国集团、亚太经合组织、金砖国家等多边机制下的能源国际合作，在联合研究发布报告、成立机构等方面取得积极进展。中国与 90 多个国家和地区建立了政府间能源合作机制，与 30 多个能源领域国际组织和多边机制建立了合作关系。2012 年以来，中国先后成为国际可再生能源署成员国、国际能源宪章签约观察国、国际能源署联盟国等。

倡导区域能源合作。搭建中国与东盟、阿盟、非盟、中东欧等区域能源合作平台，建立东亚峰会清洁能源论坛，中国推动能力建设与技术创新合作，为 18 个国家提供了清洁能源利用、能效等领域的培训。

#### 专栏 13 中国推动完善全球能源治理体系的努力

在国际多边合作框架下，中国积极推动全球能源市场稳定与供应安全、能源绿色低碳转型发展、能源可及性、能效提升等倡议的制定和实施。

- 倡议探讨构建全球能源互联网，推动以清洁和绿色方式满足全球电力需求。
- 推动在二十国集团(G20)框架下发布《G20 能效引领计划》《加强亚太地区能源可及性:关键挑战与 G20 自愿合作行动计划》《G20 可再生能源自愿行动计划》。
- 与国际可再生能源署等国际组织创设国际能源变革论坛。
- 推动成立上海合作组织能源俱乐部。
- 在中国设立亚太经合组织可持续能源中心。
- 推动设立金砖国家能源研究平台。
- 作为创始成员，加入国际能效中心。

### （四）携手应对全球气候变化

中国秉持人类命运共同体理念，与其他国家团结合作、共同应对全球气候变化，积极推动能源绿色低碳转型。

加强应对气候变化国际合作。在联合国、世界银行、全球环境基金、亚洲开发银行等机构和德国等国家支持下，中国着眼能源绿色低碳转型，通过经验分享、技术交流、项目对接等方式，同相关国家在可再生能源开发利用、低碳城市示范等领域开展广泛而持续的双多边合作。

支持发展中国家提升应对气候变化能力。深化气候变化领域南南合作，支持最不发达国家、小岛屿国家、非洲国家和其他发展中国家应对气候变化挑战。从 2016 年起，中国在发展中国家启动 10

个低碳示范区、100 个减缓和适应气候变化项目和 1000 个应对气候变化培训名额的合作项目，帮助发展中国家能源清洁低碳发展，共同应对全球气候变化。

#### （五）共同促进全球能源可持续发展的中国主张

人类已进入互联互通的时代，维护能源安全、应对全球气候变化已成为全世界面临的重大挑战。当前持续蔓延的新冠肺炎疫情，更加凸显各国利益休戚相关、命运紧密相连。中国倡议国际社会共同努力，促进全球能源可持续发展，应对气候变化挑战，建设清洁美丽世界。

协同推进能源绿色低碳转型，促进清洁美丽世界建设。应对气候变化挑战，改善全球生态环境，需要各国的共同努力。各国应选择绿色发展道路，采取绿色低碳循环可持续的生产生活方式，推动能源转型，协同应对和解决能源发展中的问题，携手应对全球气候变化，为建设清洁美丽世界作出积极贡献。

协同巩固能源领域多边合作，加速经济绿色复苏增长。完善国际能源治理机制，维护开放、包容、普惠、平衡、共赢的多边国际能源合作格局。深化能源领域对话沟通与务实合作，推动经济复苏和融合发展。加强跨国、跨地区能源清洁低碳技术创新和标准合作，促进能源技术转移和推广普及，完善国际协同的知识产权保护。

协同畅通国际能源贸易投资，维护全球能源市场稳定。消除能源贸易和投资壁垒，促进贸易投资便利化，开展能源资源和产能合作，深化能源基础设施合作，提升互联互通水平，促进资源高效配置和市场深度融合。秉持共商共建共享原则，积极寻求发展利益最大公约数，促进全球能源可持续发展，共同维护全球能源安全。

协同促进欠发达地区能源可及性，努力解决能源贫困问题。共同推动实现能源领域可持续发展目标，支持欠发达国家和地区缺乏现代能源供应的人口获得电力等基本的能源服务。帮助欠发达国家和地区推广应用先进绿色能源技术，培训能源专业人才，完善能源服务体系，形成绿色能源开发与消除能源贫困相融合的新模式。

#### 结束语

中国即将开启全面建设社会主义现代化国家的新征程。进入新的发展阶段，中国将继续坚定不移推进能源革命，加快构建清洁低碳、安全高效的能源体系，为 2035 年基本实现社会主义现代化、本世纪中叶全面建成社会主义现代化强国提供坚强的能源保障。

当今世界正经历百年未有之大变局。生态环境事关人类生存和永续发展，需要各国团结合作，共同应对挑战。中国将秉持人类命运共同体理念，继续与各国一道，深化全球能源治理合作，推动全球能源可持续发展，维护全球能源安全，努力实现更加普惠、包容、均衡、平等的发展，建设更加清洁、美丽、繁荣、宜居的世界。

新华网 2020-12-21

## 推广清洁能源 共享绿色发展

中国中央财经大学绿色金融国际研究院的报告显示，今年上半年，中国对共建“一带一路”沿线国家和地区可再生能源领域投资首次超过化石能源领域投资。据统计，中国在光伏、风电、水电、热能等领域已与全球超过 100 个国家开展了合作，在共建“一带一路”沿线国家和地区可再生能源项目投资额每年均维持在 20 亿美元以上。

在中东欧国家，一批批绿色低碳、可持续、惠及人民的清洁能源合作项目持续推进，绿色成为“17+1 合作”和共建“一带一路”的鲜亮底色。

匈牙利考波什堡光伏电站项目——“两国清洁能源合作的典范”

匈牙利西南部，考波什堡光伏电站项目的工地上，上万块太阳能光板在太阳的照射下熠熠生辉，颇为壮观。

为实现欧盟减排目标，匈牙利大力发展清洁能源，规划在 2021—2030 年期间减排温室气体 40%、

提高可再生能源比例至 20%。考波什堡光伏电站是匈牙利目前最大的光伏项目，规划装机容量 100 兆瓦，总投资约 1 亿欧元，由中国机械进出口（集团）有限公司（简称“中机公司”）投资兴建。自 2019 年开工以来，中匈两国员工通力合作，今年疫情防控期间，项目执行严格的防疫措施，顺利稳步推进，预计在 2021 年 2 月全厂移交并投入商业运行。“项目建成后，预计每年发电 1.3 亿千瓦时，可节约 4.5 万吨标准煤，相当于减少 12 万吨二氧化碳排放。”中机公司董事长阮光介绍。

考波什堡光伏电站项目的建成，将显著促进匈牙利能源转型和可持续发展目标的实现。项目电气工程师亚当·贝瑞伊说，中国企业秉持清洁、生态的环保理念并推广新能源技术，“以欧洲标准来看都是先进的”。“为了保护当地生态环境，中方聘请了园林专家按照匈牙利的气候条件进行生态规划，还在厂区周围进行大规模的绿化。项目建成后，不仅能为匈牙利提供大量清洁能源，也会带来长远的社会和生态效益。”

除了严格依据当地环保要求进行施工外，中机公司还采取一系列措施来增加项目的环境友好性。“施工过程中，我们在厂内布置蓄水渠，以减少雨水对土壤的冲刷，同时避免雨水流出厂区对周围造成影响；在光伏支架的选用上，我们以螺旋桩代替冲击桩，减少了对土壤的破坏。”中机公司总经理康虎彪介绍。

据了解，项目建设阶段将带动当地就业 200 人以上，在未来 25 年的运营期间，还将提供大量稳定长期的就业岗位。考波什堡市市长卡洛里说：“考波什堡光伏电站项目不仅是匈中两国清洁能源合作的典范，也是两国友谊的见证，相信项目建成后将成为考波什堡市一张亮丽的绿色名片。”

#### 黑山莫祖拉风电站——“丰富了清洁能源的多样性”

沿着亚得里亚海秀美蜿蜒的海岸线，走进黑山共和国南部城市巴尔。大海之畔莫祖拉山高耸的山脊上，23 台中国制造的 2.0 兆瓦低风速智能风机（见图，本报记者叶琦摄）迎风飞转。

总装机容量 46 兆瓦的莫祖拉风电站，由中国国家电力投资集团所属上海电力控股有限公司与马耳他政府携手共建。项目自 2017 年 11 月开始施工，于 2019 年 12 月 30 日正式投入商业运行，年平均发电量 1.118 亿千瓦时，占黑山年社会用电量的 5%。

黑山国内电力供应长期不足，需要从塞尔维亚、北马其顿、阿尔巴尼亚等国进口予以补充。2017 年，黑山电力进口量约占电力消耗总量的 32%。

“水电是黑山电力供应的主要来源，很多地区一到枯水期便会陷入电量短缺的困境。”风电站员工达可·米约维奇说，莫祖拉风电站投入运营近一年以来，给当地带来许多积极改变。“莫祖拉风电站运行后，极大丰富了清洁能源的多样性，保障地区电力的稳定供应，还帮助我们实现节能减排目标。”

黑山依山傍海，风能资源丰富。“莫祖拉风电站对于黑山能源转型有着重要的意义。”黑山“17+1 合作”国家协调员贝兰表示。

莫祖拉风电站正式运营后，每年可为黑山减少 3000 吨二氧化碳的排放量，具有重要的生态意义。黑山经济部前部长德拉吉察·塞库利奇表示：“黑山可再生能源富足，发展潜力巨大。作为黑山可再生能源标杆工程，莫祖拉风电站为沿海地区实现稳定供电作出了重要贡献。”

#### 波黑达巴尔水电站——“期盼已久的民生工程”

今年 5 月，中国能建葛洲坝集团与波黑塞族共和国电力公司下属达巴尔电力公司在特雷比涅签署了达巴尔水电站项目工程总承包合同，总金额达 2.2 亿欧元。项目完成后，通过引水隧洞，奈雷特瓦河流域的水将被源源不断地引入特雷比尼察河流域，由此产生的水头落差年发电量可达 2518 亿千瓦时。

达巴尔水电站位于波黑南方多山地区，目前已完成引水渠隧道建设，2025 年项目建成后，将是一座典型的引水式电站。“该项目的建设，不仅可以充分利用当地丰富的水资源，也能优化农村水利灌溉系统，进而促进农业发展和农民增收。”波黑社会学家阿迪尔·库莱诺维奇表示。

波黑塞族共和国能源和矿业部长彼得·奥基奇也特别强调了项目对农村地区发展的促进作用。“达巴尔水电站的建设和投产将帮助调节河流水量和水质，让波黑东部地区农民的生产方式更加清洁高效。”

波黑境内河网密布，水力资源丰富。现有水电发电量虽占全国发电量的 50%以上，但水电潜能利用率仅为 40%。因受战争摧残，自然资源丰富的波黑经济复苏缓慢，失业率居高不下，一直处于欧洲经济发展的最末梯队。

达巴尔水电站是中资企业在中东欧地区承建的最大水电项目。项目建成后，将有效缓解区域电力紧缺问题，创造绿色生态效益，成为驱动波黑经济发展的强劲引擎。葛洲坝集团国际工程有限公司董事长吕泽翔介绍：“我们将秉持绿色发展理念，高标准、高质量推进工程建设，积极保护当地环境，助力波黑能源体系绿色低碳发展，为‘17+1’能源合作注入新动力。”

“达巴尔水电站项目是波黑人民期盼已久的民生工程，在促进波黑经济社会发展的同时，也将带动周边地区经济发展。未来，波中两国企业将通力合作，共促可再生能源项目顺利推进。”波黑塞族共和国总理拉多安·维斯科维奇对未来深化与中国的务实合作充满期待。

叶琦 于洋 人民日报 2020-12-21

## 中国能源发展进入新时代 清洁能源占比 23.4%

12月21日，国务院新闻办公室发布《新时代的中国能源发展》白皮书，并举行发布会介绍有关情况。白皮书指出，新时代中国能源发展取得了历史性成就，为服务经济高质量发展、打赢脱贫攻坚战和全面建成小康社会提供了重要支撑。

### 能源革命成果显著

白皮书指出，中国坚定不移推进能源革命，能源生产和利用方式发生重大变革，能源发展取得历史性成就。能源生产和消费结构不断优化，能源利用效率显著提高，生产生活用能条件明显改善，能源安全保障能力持续增强，为服务经济高质量发展、打赢脱贫攻坚战和全面建成小康社会提供了重要支撑。

中国在能源政策方面呈现出以下新特征：一是坚持以人民为中心，始终把民生用能放在首位，加强能源普遍服务；二是坚持清洁低碳导向，加快能源绿色低碳转型，提高清洁能源和非化石能源消费比重；三是坚持创新核心地位，加快能源科技自主创新步伐，推进能源领域关键技术突破和产业链协同技术进步；四是坚持以改革促发展，建设高标准能源市场体系，不断释放市场活力；五是坚持推动构建人类命运共同体，深化全球能源治理合作，加快全球能源绿色低碳转型，共建清洁美丽世界。

新时代中国能源发展取得了历史性成就。党的十八大以来，中国能源生产和利用方式发生重大变革，基本形成了多轮驱动的能源稳定供应体系，全面推进能源节约，以能源消费年均 2.8% 的增长支撑了国民经济年均 7% 的增长。清洁能源占能源消费总量比重达到 23.4%，比 2012 年提高 8.9 个百分点，水电、风电、太阳能发电累计装机规模均位居世界首位。建立了完备的清洁能源装备制造产业链，支撑清洁能源开发利用。碳排放强度明显下降，中国 2019 年碳排放强度比 2005 年降低 48.1%，提前实现了 2015 年提出碳排放强度下降 40%-45% 的目标。

“我们希望通过发布这部白皮书，让大家深入了解中国在推动能源绿色低碳转型方面付出的艰辛努力，以及为应对全球气候变化和促进能源可持续发展作出的积极贡献。”国家能源局局长章建华表示。

### 电力供应总体平稳有序

#### 进入冬季，如何平衡保障供电与节能减排？

国家发展改革委秘书长赵辰昕介绍，近期受工业生产高速增长以及低温寒潮叠加的影响，电力需求超出预期，需求出现高速增长，尤其是湖南省和江西省 12 月份用电需求增速在全国位居前列。

其中，12 月上旬，湖南最大用电负荷比过去最高峰负荷高出了 100 多万千瓦；江西省 12 月上旬发电量同比增长 18.4%，最大用电负荷达到 2631 万千瓦。

“夏季用电高峰往往会出现负荷最大的情况，江西这个情况比夏季历史最高负荷也高出了 50 至

60 万千瓦。湖南和江西都创造了高点。”赵辰昕介绍，用电需求增加的还有浙江省，12 月上旬发用电量同比增长 9.2%，增速位居东部省份前列。

他指出，湖南、江西等省份由于煤炭运输距离较远，外受电能力受到限制，历年来都是冬季保障的重点地区。近期，针对这几个省份出现的电力缺口，地方政府及时采取有序用电措施，有计划地压减了一部分工商业企业用电，确保了电力供需平衡和居民用电需要，保障了电力整体平稳运行。

“截至目前，电力供应总体保持了平稳有序，居民生活用电没有受到影响。”赵辰昕表示，面对入冬以来用电需求的快速增长，国家发展改革委、国家能源局会同有关部门和电力企业积极采取措施，切实保障电力需求，确保电力供应总体平稳有序。

#### 积极参与全球能源治理

一批重大能源合作项目落地实施，能源合作多边、双边机制不断完善，能源政策和技术交流日益频繁……在共建“一带一路”倡议引领下，中国的能源国际合作取得了丰硕成果。

白皮书倡议国际社会共同努力，协同推进能源绿色低碳转型，协同巩固能源领域多边合作，协同畅通国际能源贸易投资，协同促进欠发达地区能源可及性，推进全球能源可持续发展，维护全球能源安全。

中国已成为世界上最大的能源生产国和世界上最大的能源消费国。章建华表示，面对新形势和新挑战，中国将务实推动“一带一路”能源国际合作高质量发展。

一方面，积极参与全球能源治理合作。中国将秉承开放包容理念，建设好“一带一路”能源合作伙伴关系，促进能源互利合作，继续加强与国际组织多边机制合作，积极开展各种多边能源合作和交流活动。

另一方面，高质量推动能源合作项目。中国将深度参与全球能源转型变革，研究推进与有关国家在核电、风电、光伏、智能电网、智慧能源、互联互通等方面的合作，研究绿色能源和绿色金融相结合的政策，推动双边和多边合作项目。

徐佩玉 人民日报海外版 2020-12-22

## 章建华：加快风电光伏发展 风电、光伏发电新增装机总量较“十三五”有大幅增长

12 月 22 日，2021 年全国能源工作会议在北京召开。国家能源局党组书记、局长章建华在题为《深入贯彻落实能源安全新战略 为全面建设社会主义现代化国家提供坚强能源保障》的报告中指出，要加快风电光伏发展，风电、光伏发电新增装机总量较“十三五”有大幅增长。

#### “十三五”能源行业成绩亮眼

今年是“十三五”收官之年，回望五年的发展，我国能源行业成绩亮眼。据章建华介绍，我国非化石能源消费比重已超过 15%，能源清洁低碳转型加速。“十三五”期间，我国能源领域严格落实能源消费总量和强度“双控”制度，能源消费总量控制在 50 亿吨标煤以内，清洁能源在能源消费增量中占 65%以上，超低排放煤电机组达到 8.9 亿千瓦。

同时，能源自主保障能力始终保持在 80%以上，全力保障国家能源安全。章建华表示，我国原油产量连续两年企稳回升，今年预计达 1.94 亿吨，天然气连续 4 年增产超过 100 亿方，今年预计超过 1860 亿方。页岩油产量超过 100 万吨，页岩气产量达到 200 亿方，非常规油气资源规模化开发成为新的增长点。超额完成“十三五”煤炭去产能目标，关停落后煤电机组超过 3000 万千瓦，煤电装机控制在 11 亿千瓦以内。水电、风电、光伏、在建核电装机规模等多项指标保持世界第一。风电、光伏发电和水能利用率均提高到 95%以上。

章建华指出，“十三五”期间，能源重点领域和关键环节改革取得重要进展，改革红利进一步释放。电力体制改革迈出重大步伐，电力中长期交易和辅助服务市场实现全国范围全覆盖，启动 8 个现货市场建设试点，推进 483 个增量配电网改革试点，售电公司注册超过 4500 家，投资主体更加多元化。辅助服务市场累计促进增发清洁能源超过 2000 亿千瓦时，增加系统调峰能力超过 5000 万千瓦。

瓦。油气体制改革取得重大突破，推动放开上游勘探开发市场，开展多轮油气探矿权竞争出让，组建国家油气管网公司，推动原油期货成功上市，“X+1+X”市场体系加快形成。

此外，在科技创新方面，据章建华介绍，“十三五”期间，我国自主创新和重大装备国产化取得积极进展，从“跟跑、模仿”为主，向“创新、主导”加速转变；在国际合作方面，我国与29个国家发起成立“一带一路”能源合作伙伴关系，国际影响力和话语权全面提升；在产业扶贫方面，“十三五”期间，我国建成2636万千瓦光伏扶贫电站，惠及6万个贫困村、415万贫困户。

#### 八项重点明确明年方向

对于明年能源工作的方向，章建华提出八大重点：着力增强安全保障能力，着力提高能源供给水平，着力升级能源消费方式，着力推进能源科技创新，着力深化体制机制改革，着力加大能源监管力度，着力拓展国际合作空间，着力提升党的建设质量。

章建华指出，要持续提升能源自主保障水平，增强能源产业体系抗冲击能力，确保国家能源安全的战略主动权牢牢掌握在自己手中。持续提升油气勘探开发力度，把国内油气勘探开发作为保障油气安全的“压舱石”。要完善产供储销体系，认真抓好中俄天然气东线南线建设，力争开工建设川气东送二线、西三线中段等一批重大项目，全力打造“全国一张网”，积极推进东北、华北、西南、西北等“百亿方”级储气库群建设。要夯实煤炭煤电兜底保障，多渠道保障供应，确保不出现短供断供问题，因地制宜做好煤电布局 and 结构优化。要深化电力安全监管。

“持续做好能源绿色转型发展这篇大文章，推动实现在生态文明建设条件下的能源高质量发展。”章建华强调，要加快风电光伏发展，风电、光伏发电新增装机总量较“十三五”有大幅增长。要稳步推进水电核电建设，按期建成投产白鹤滩水电站首批机组、福清核电5、6号机组等重大项目。要大力提升新能源消纳和储存能力，大力发展抽水蓄能和储能产业，加快推进“风光水火储一体化”和“源网荷储一体化”发展。要深入推进煤炭清洁高效开发利用，大力推广煤矿绿色生产开采和智能化建设。要进一步优化完善电网建设，加快构建适应高比例大规模可再生能源发展的新一代电力系统。

章建华表示，要坚持节约优先战略，把节能提效贯穿能源发展全过程各领域，加快形成绿色生产生活方式。大力提高能源利用效率，积极推广综合能源服务，着力加强能效管理，提升终端用能电气化水平。要扎实推进冬季清洁取暖，全力做好天然气、电力、煤炭供应保障，确保人民群众温暖过冬，积极推广生物质、地热、核能等供暖新模式，确保2021年实现北方地区清洁取暖率70%的目标。

在科技创新方面，章建华指出，要加快核心技术装备新突破，大力实施能源技术装备补短板行动，明年要力争在5-10万千瓦燃气轮机，特高压套管、分接开关、绝缘材料，1.2万千瓦海上风电等领域取得突破，全面推进煤电控制系统和芯片国产化替代。要努力打造能源技术装备新优势，加快能源产业数字化转型升级，大力加强北斗系统、5G、区块链等新技术新装备在能源领域的推广应用，持续推进三代核电、小型核反应堆、风电、光伏等优势技术创新和工程实践，抢占能源科技制高点。

此外，在国际合作方面，章建华表示，要高质量推动“一带一路”能源合作，切实加强周边国家能源基础设施互联互通，推动电力、新能源、油气等领域合作，加大“一带一路”绿色能源合作水平。

国家能源局 2020-12-24

## 能源结构优化升级



60%以下——2018年，我国煤炭消费比重历史性地降至60%以下，并且提前两年完成煤电超低排放和节能改造目标任务；

100亿立方米——2017年至2020年，天然气产量连续4年增产超100亿立方米，油气增储上产成效显著；

2亿千瓦——2019年，风电、光伏发电装机容量首次双双突破2亿千瓦，清洁能源发展更“风光”……

习近平总书记指出，发展清洁能源是改善能源结构、保障能源安全、推进生态文明建设的重要任务。“十三五”以来，我国加快调整能源结构，减少煤炭消费、稳定油气供应、大幅增加清洁能源比重。2019年，我国非化石能源占一次能源消费比重达15.3%，提前一年完成“十三五”规划目标任务。

——结构优化，能源供应更多元。

今年5月9日至8月16日，国家电网青海省电力公司对三江源地区连续100天全部使用清洁能源供电，刷新了全清洁能源供电的世界纪录，由此可减少燃煤消耗6.1万吨，减少二氧化碳排放16.6万吨。

水流奔涌而下、风机呼呼转动、光伏板熠熠生辉……“十三五”以来，我国可再生能源装机规模年均增长约12%，水电、风电、光伏发电装机容量均居世界首位；截至2019年，煤电装机占全国电力总装机容量的比例为51.95%，较2015年下降7.05个百分点。能源供应体系正由以煤炭为主向多元化转变，可再生能源逐步成为新增电源装机主体。

供应更多元，布局更优化。“十三五”以来，清洁能源开发从资源集中地区向负荷集中地区推进，集中与分散发展并举的格局正在形成。截至今年9月底，中东部及南方地区风电装机占全国风电装机容量比重达31.2%，同比提升1.7个百分点；全国分布式光伏装机占光伏总装机容量比重达32%，同比提升1.2个百分点。油气进口通道不断完善，“十三五”以来，我国西北、东北、西南和海上四大油气进口通道持续推进。

——技术创新，能源利用更高效。

走进位于河北省廊坊市的国家能源集团国华三河电厂，看不见黑烟滚滚，也闻不到刺鼻气味，电厂窗明几净。“通过采用先进节能环保技术进行改造，电厂每年的烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放总量比改造前分别降低了90.4%、50%、90.9%。”电厂副总工程师徐宪龙说。

“十三五”以来，借助先进的节能环保技术，煤炭利用逐步向清洁化方向转变——实现超低排放的煤电机组达到8.9亿千瓦，占煤电总装机容量的86%，我国已建成全球最大清洁煤电供应体系。

与此同时，随着技术创新加速推进，我国可再生能源发电效率不断提高、开发范围持续扩大、经济性显著提升。2016年至2019年，可再生能源发电量年均增长约10%，占全国电力总发电量的比例由25.7%提升至27.9%。风电、光伏等可再生能源已基本具备与煤电等传统能源平价的条件。

在龙源电力安徽龙湖风电场，每台风机上安装了100多个传感器，让它们拥有了灵敏的“触觉”，能够快速感知风速、温度、震动等状况。龙湖风电场场长陈峰告诉记者，在智能物联操作系统帮助下，风机能够实现故障预知、效能预警等功能，“同等风速条件下，年发电量可提升300余万千瓦时，运营成本降低700余万元。”

——替代加速，清洁能源利用更普及。

霞光下，一片片光伏板覆盖在京雄城际铁路雄安站顶棚，好似波光粼粼。光伏屋顶收集的能源，能够满足车站20%的用电需求。

绿色建筑、绿色交通、清洁供暖……“十三五”以来，清洁能源利用新方式大规模推广，持续促进能源转型升级。

绿色交通加速发展。我国新能源汽车成交量连续5年位居全球第一，累计推广量超过480万辆，占全球一半以上。截至今年10月底，我国各类充电桩保有量达149.8万个，公共充电桩数量位居全球首位。

以气代煤有序推进。“前几年，掏炉灶，掏炉灰，满手满脸都是灰；如今用上天然气，再也不用



把火烤，再也烧不坏新棉袄……”说起“气代煤”，家住河北霸州市的一位老大爷高兴地编起了顺口溜。2017年以来，我国北方农村地区因地制宜推进煤改气、煤改电和可再生能源供暖，重点地区农村清洁取暖率已达71%。

日前，我国宣布将采取更加有力的政策和措施，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。白鹤滩水电站加快建设，页岩油气加速勘探开发，清洁油品拓展来源，自主核电建设提速，地热能、生物质能开发利用技术逐步突破……“十四五”时期，能源清洁低碳安全高效利用将持续推进，美丽中国新画卷正徐徐展开！

丁怡婷 寇江泽 人民网—人民日报 2020-12-27

## 火核水 铸国之重器 谋深度转型

“十三五”即将收官，在电力行业加速“脱碳”、电力市场化改革深入推进的背景下，“水火核”将迎来深度转型发展的新机遇，也将面临高质量发展的新挑战。

火电

减排控量担重任 灵活转型变角色

■本报记者 卢彬

“十三五”收官，煤电行业正置身于控量增效、灵活转型的历史转折点。

今年以来，煤电行业在经历了煤炭价格暴涨、计划电量取消、“基准价+上下浮动”机制确立、利用小时数走低之后，投资收益回报模式已今非昔比：抓好生产只是企业生存发展的必要条件，想在竞争中占据优势，市场营销的重要性日渐凸显。

放眼整个电力系统，可再生能源规模迅速增长、发电成本快速降低，“风光”在发电集团业务版图中的利润贡献占比已逐渐超过煤电。尤其是，我国“3060”减碳目标的提出，不仅倒逼煤电在规模和发展节奏上逐步让出市场份额，更倒逼其尽快完成角色转换，加强自身在系统中的支撑调节作用。

目前，我国完成超低排放改造的煤电机组占比接近90%，“十三五”期间全国停建、缓建煤电产能1.5亿千瓦，淘汰落后产能0.2亿千瓦……五年来，煤电行业挑起了环保达标、节能降耗、产能限制、利润缩水的重担，而这些重担，随着能源转型步伐和电力系统低碳化加快，已成为煤电行业无法分割的一部分。

清洁能源在装机和电量份额上的扩张不会逆转，“规模增长”的任务未来将由其主导，这是低碳发展的大势所趋。然而，“让位”并不意味着“被取代”，相反，煤电在完成角色转变后，将承担更重要的系统调节职责。受制于机制建设进度落后，煤电灵活性改造至今远未达到目标，但同时，电力市场对灵活性资源的需求正越来越迫切；一旦价格机制打通，煤电将迅速从“以量取胜”的传统经营方式切换到“基荷电量+尖峰负荷+容量备用”多种状态结合、更能适应电力系统需求的新模式。届时，没有在技术、市场等方面做好准备的煤电企业，势必面临更加严峻的生存压力。

“十四五”即将起步，售电、现货、综合能源服务等新一轮电力体制改革培育的新业态，无疑是煤电乃至整个电力行业转型提效的共同出路。当市场机制建立成型，煤电的稳定、高效、灵活都将“明码标价”，不再是眉毛胡子一把抓的“糊涂账”，也只有如此，煤电企业才能充分根据自身特性寻找市场定位，真正从单纯的“生产者”转变为“经营者”，将命运掌握在自己手中。

核电

四台“华龙”获核准 自主三代核电多点开花

■本报实习记者 赵紫原

2020年9月，随着4台华龙一号核电机组获核准，我国自主三代核电步入批量化建设阶段，后备机组不断扩容。目前，我国商运核电机组48台，总装机容量4987.5万千瓦，居全球第三；在建核电机组14台，总装机容量1553万千瓦，规模居全球第一，在建项目几乎全部为三代机组。

除了装机规模，我国先进核电的建造质量和进度也实现了全球领跑。11月，华龙一号全球首堆

福清核电 5 号机组并网，创全球三代核电首堆最短建造工期，我国正式进入核电技术先进国家行列；华龙一号海外首堆巴基斯坦卡拉奇核电 2 号机组装料，开启并网发电“倒计时”。另外，三代核电自主化标志性成果国和一号 9 月底成功发布，进一步增强了我国先进三代核电技术的核心竞争力。

作为我国由核电大国迈向核电强国的标志性成果和“拳头产品”，华龙一号和国和一号的研发和建造不仅是我国核电产业四十多年发展的集大成之作，更是未来实施“走出去”战略的国家名片。尤其在我国加快“脱碳”的背景下，核电行业安全有序规模化发展先进技术的信心倍增。行业机构测算，2035 年我国核电装机规模将达到 1.5 亿千瓦左右，2030 年之前，每年将保持 6 台左右的开工节奏。若以每台投资 100 亿元—200 亿元计算，年投资规模高达千亿元，而且批量化将助力三代核电成本持续下降。

在产业格局上，华能集团今年正式拿到中国第四张核电牌照，晋升核电“新业主”，国内核电产业三家独大的格局被打破，行业竞争或许会更激烈。在科技创新领域，核聚变装置——新一代“人造太阳”首次放电，标志着我国自主掌握了大型先进托卡马克装置的设计、建造、运行技术，进一步提升了在聚变领域的话语权。

今年以来，辽宁、江苏、福建、广西等地核电企业陆续试水市场化交易，纳入“优先发电计划”的核电打开了参与电力市场的“口子”，浙江省统调核电机组入局电力现货市场。但核电“入市”是把双刃剑，不参与不利于价格信号的形成，参与后其稳定、低碳的优势又难以在市场交易中“变现”。

眼下，核电市场化电量占比正不断提升，量价难两全的问题也将更加凸显，给核电企业的经营理念、管理模式、机组性能等带来了不小的挑战。

水电

“大水电”树标杆 产业发展迎拐点

■本报记者 苏南

今年以来，随着乌东德、大藤峡、加查、丰满等大型水电水利工程部分机组陆续投运，我国水电投产规模实现了回升。不过，“十三五”前四年常规水电投产速度远低于“十一五”“十二五”，仅与“十五”期间相当，截至今年底，我国实际未完成“十三五”新增水电装机规划目标。

过去五年，因水电规模化开发接近尾声，加之“十三五”期间水电前期项目储备总体有限，具备潜力的项目只集中在川滇两省，我国水电建设明显放缓。同时，随着中、东部地区常规水电基本开发完毕，未来我国水电开发“主战场”将转移至高边坡、高海拔、大温差等高山深谷复杂区域。

过去五年，乌东德、白鹤滩、两河口等在建大型水电站已攻克高海拔、高边坡、高土石坝、高泄洪流速等诸多世界级技术难题与挑战，不断推动我国高土石坝建设跨入国际先进行列。尤其是“十三五”期间唯一新开工的超大型水电站——白鹤滩水电站成为我国乃至世界水电建设史上的“新标杆”，其主要特性指标均位居世界水电工程前列、地下洞室群规模世界第一、100 万千瓦单机容量世界第一、300 米级高坝抗震参数世界第一、圆筒式尾水调压井规模世界第一、无压泄洪洞规模世界第一、300 米级高坝全坝使用低热水泥混凝土世界第一。这座综合技术难度超高的水电工程不仅铸就了“大国重器”，而且整个机电工程在设计、制造、安装等领域全部实现国产化，八台百万千瓦水轮发电机组均由我国自主研制，进一步奠定了中国水电在全球的引领地位。

总体而言，“十三五”是我国常规水电建设勇攀高峰的五年，水电建设质量发生了质的飞跃，不仅实现了建造运行全周期精细化管控，而且智能建造体系覆盖了在建水电工程全周期、全要素，三维数字化协同管理、水电工程全过程数字化等数字高科技不断付诸实践，“智能”成为水电站大坝建设运营的一大“标签”。

未来五年，随着乌东德、白鹤滩、两河口、双江口等骨干水电工程陆续投产，我国常规水电将迎来新一轮投产高峰，水电行业也将迎来新的发展拐点：装机规模不断增加的同时，水电在电力系统中的传统功能定位也会发生改变，即从大规模建设转向流域治理，更好地服务于防洪、供水、生态等领域，实现水资源的高效综合利用。

中国能源报 2020-12-28

## 能源产业这 5 年

### 碳排放快速增长局面扭转

“应对气候变化不是别人要我们做，而是我们自己要做。”“十三五”以来，我国碳排放强度不断下降、能源结构持续优化，为应对全球气候变化作出重要贡献。

截至 2019 年底，我国碳强度较 2005 年降低约 48.1%，提前完成对国际社会承诺的到 2020 年下降 40%-45% 的目标，扭转了二氧化碳排放快速增长的局面；全国规模以上企业单位工业增加值能耗较 2015 年下降 15% 以上，相当于节能 4.8 亿吨标煤，节约能源成本约 4000 亿元；全国碳市场如期建立、平稳运行……

在此背景下，2020 年我国进一步提出“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”的新目标，并宣布到 2030 年，单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 65% 以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到 25% 左右，风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上。宏伟蓝图已经绘就，能源产业需要以更大的决心和毅力，推动产业高质量发展，为构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系不懈努力。（朱妍）

### 新一轮电改进入深水区

“十三五”是新一轮电改真正开始落地的 5 年。2015 年我国启动新一轮电改，确立了“三放开、一独立、三强化”的改革思路。2016 年出台的《电力发展“十三五”规划》，给出了明确时间表：2017 年底前，核定输配电价，逐步减少电价交叉补贴；2018 年底前，启动现货交易试点，完成售电侧市场竞争主体培育工作；2020 年，全面启动现货交易市场，逐步取消优先发电权以外的非调节性发电计划。

电改推进 5 年，成绩可圈可点——省级电网第二监管周期输配电价“出炉”、现货试点进入试运行阶段、电力交易机构电网资本占比至多 80%、上万家售电公司如雨后春笋般诞生。但问题也同样突出——交叉补贴仍未给出解决路径、现货市场全面启动难度不小、交易机构距离独立规范运营还很遥远。

如今，电改已来到关键节点。未来电改能否尽快取得更多实效，亟需行业、企业尤其是主管部门更加担当有为。（赵紫原）

### 油气改革打通关键一环

“十三五”是我国油气行业快速发展的一个时期。这 5 年来，围绕“管住中间、放开两头”的油气体制改革大刀阔斧，重磅举措频出，不断推动行业向着市场化方向迈进，其中最为重大和根本性的改革举措当属推动完成了油气管网的独立。

2020 年 9 月 30 日，国家管网公司完成油气管网资产交割，正式接收“三桶油”旗下主要管道、储气库和接收站资产，结束了几十年来我国油气管道建设运营由“三桶油”掌控并各自为政的历史局面，成为油气体制市场化改革中的标志性事件和转折点。

当前，国家管网公司具有在全国范围内统筹调配、输送和存储油气资源的核心能力，形成了“全国一张网”，并定期向社会公开剩余管输和储存能力，推动实现油气基础设施向第三方用户公平开放。随着油气管网的独立，油气行业未来的市场化改革之路将更加顺畅，一个更加开放、多元、健康、高效的油气市场体系值得期待。（李玲）

### 煤炭产能结构大幅优化

“十三五”期间，煤炭行业以推进供给侧结构性改革为主线，重点坚持上大压小、增优汰劣；坚决淘汰不具备安全环保条件、不符合产业政策的落后产能；推行产能置换长效机制，引导低效无效产能有序退出。“去产能”取得一系列成果——截至 2019 年，累计退出产能近 9 亿吨，提前完成化解淘汰落后产能 8 亿吨左右的总量目标。2020 年继续深化供给侧结构性改革，计划再去产能约 1 亿吨，科学产能占比有望超过 70%。

以此为基础，煤炭生产结构不断优化。全国煤矿总数减至约 5300 处，其中大型煤矿超过 1200

处、产量超过 30 亿吨。对比 2015 年的全国共有煤矿 1.2 万处，大型煤矿不到 1000 个、产量 23 亿吨，大型现代化煤矿现已成为全国煤炭生产的主体。行业主要任务也由“总量性去产能”转向“结构性优产能”。（朱妍）

#### 国企并购重组迎来新高潮

深化国有企业改革、做大做强做优国有资本意义重大。作为国民经济骨干力量，“十三五”期间，能源产业加快国企改革。在央企层面，神华、国电合并重组为国家能源投资集团，成为我国近年来最大规模的央企重组；中核、中核建重组成立“新中核”集团，主业更强、产业链更齐、话语权更重；中国化工与中化集团合并重组正在进行，将催生化工行业万亿级“巨无霸”。此外，国家管网公司形成“全国一张网”，央企煤电资源区域整合试点第一批资产划转也已完成……能源央企改革形式多样、成效突出。

地方国企的改革同样如火如荼。山东能源与兖矿集团重组诞生出“新山能集团”，是我国第三个煤炭年产量超 2 亿吨的煤企；山西同煤、晋煤和晋能集团联合重组，新成立的晋能控股集团成为巨型现代化能源企业……能源领域国企改革正在为提高国有企业核心竞争力不断注入新动能。（朱妍）

#### 煤电控产能取得理想效果

煤电行业“十三五”高开低走。2015 年末、2016 年初，动力煤价格一度跌破 400 元/吨，煤电投资热情高涨，然而从 2016 年下半年开始，随着煤炭去产能取得实质成果，煤炭价格快速回升且持续高位运行至今。煤电企业的境遇随之急转直下，急剧攀升的发电成本、不断减少的计划电量、持续降低的度电价格，让众多电力行业投资者认识到，煤电“大建快上”的时代已经结束。

为给过度发展的煤电建设“踩刹车”，2016 年国家发改委、国家能源局先后印发《关于促进我国煤电有序发展的通知》等多份文件，提出“取消一批、缓核一批、缓建一批”，严控煤电产能扩张。

“十三五”期间，全国停建、缓建煤电 1.5 亿千瓦，淘汰落后产能 0.2 亿千瓦，取得预期效果。严控煤电产能也为“十三五”后几年可再生能源的迅速发展，乃至近期提出的“碳达峰”“碳中和”目标的实现赢得了空间。（卢彬）

#### 水电建设勇闯“无人区”

“十三五”时期，我国常规水电建设已近尾声。虽然常规水电累计新增投产和新开工装机容量均未完成“十三五”规划目标，但这 5 年，水电建设已经由规模化开发转向智慧化、数字化、无人化高质量发展，攻克了世界水电发展的一系列关键技术难题，水电机组也实现了由“中国制造”向“中国创造”的飞跃。

例如，以“十三五”开工建设的白鹤滩水电站为标志，我国水电建设能力迈上一个新台阶，继续引领世界水电发展。白鹤滩水电站装机 1600 万千瓦，规模世界第二；单机容量 100 万千瓦，规模世界第一。工程建设难度极大，堪称“中国乃至世界技术难度最高的水电工程”。期间，白鹤滩水电站攻克了抗震安全性问题、拱坝建设过程中混凝土温控防裂问题、枢纽泄洪消能问题等六大世界水电技术难题，标志着我国水电建设能力已进入“无人区”。（苏南）

#### 三代核电拉开批量建设大幕

“十三五”我国核电迎来稳步重启，装机规模实现稳步增长。截至 2020 年 9 月底，我国商运核电机组 48 台，总装机 4987.5 万千瓦；在建核电机组 14 台，总装机 1553 万千瓦。规模虽不及《电力发展“十三五”规划》提出的在运 5800 万千瓦、在建 3000 万千瓦的装机目标，但在运在建机组规模已分别居世界第三和第一。

5 年来，AP1000 全球首堆、EPR 全球首堆先后投产，浙江三门一期、山东海阳核电一期、台山核电一期全面建成。同期，我国自主三代核电技术华龙一号全球首堆已并网，国和一号研发完成并开工建设，标志着我国已完全具备先进核电自主化能力。2019 年以来，我国先后核准位于广东、福建、浙江和海南的华龙一号后续项目，华龙一号步入批量化建设阶段，为我国先进核电技术提升核心竞争力增加了后劲，也使我国核电实现了从二代到三代的全面跨越。（赵紫原）

#### 光伏奋力迈入平价时代

降成本，去补贴。对于光伏产业来说，“十三五”是全力冲刺平价时代的5年。这5年，国内光伏电站系统成本下降近一半，标杆电价成为历史，光伏产业开启竞价上网和平价项目申报相结合的发展新阶段。

告别标杆电价，是技术升级的必然结果。“十三五”期间，在第二批、第三批共18个光伏领跑者项目的推动下，单晶PERC等先进制造技术迅速铺开，太阳能电池片转换效率快速提升。“十三五”期间，光伏电站系统成本从超7元/瓦降至约4元/瓦，降幅近48%。

2018年，“5·31”政策的发布促使光伏去补贴进程提速，迎来“竞价”和“平价”共舞新时代。2020年，我国有13个省市区申报平价项目获批，竞价项目入选省份进一步减少至15个省市区。

5年征程，光伏产业努力践行“不依赖国家补贴的市场化自我持续发展”，在平价之路上蹄疾步稳。（董梓童）

#### 风电开发格局持续优化

过去的5年，是我国风电激昂奋进的5年。从草原荒漠到高山丘陵，从内陆平原到深海远海，历经5年技术革新，风机已在全国各地屹立成群。

“十三五”期间，我国可再生能源发电逐步走向平价，风电累计装机规模稳步扩容。国家能源局数据显示，到2020年三季度末，全国风电累计装机已达2.23亿千瓦，其中陆上风电2.16亿千瓦、海上风电750万千瓦，超额完成“十三五”规划目标。我国稳居全球风电第一大国。

始于“三北”，辐射全国。得益于大兆瓦机组、大尺寸叶片以及更加精细化的风场设计，如今风机已走得更高更远，“低风速”地区也已不再是不可开发之地。数据显示，2020年前三季度，我国“三北”地区与中东南部地区风电开发已呈现“齐头并进”之势，风电开发结构正在不断优化。（李丽旻）

#### 特高压登上国际电力工业制高点

“十三五”期间，我国特高压工程建设加速推进，新增投运数量达到“10交10直”（截至2020年底累计投运“13交16直”），另有“3交3直”在建（核准）。

期间，我国特高压技术不断创新升级，如±800千伏电压等级工程额定输送功率从640万千瓦升至1000万千瓦；±1100千伏准东-皖南特高压直流设计输送容量已达1200万千瓦，线路长度达3324公里，是目前世界上电压等级最高、输送容量最大、输送距离最远、技术水平最先进的特高压输电工程；乌东德电站送电广东广西特高压多端直流示范工程，创造了世界首个特高压多端混合直流工程、世界首个特高压柔性直流换流站工程等多个世界第一……

此外，“十三五”期间，藏中联网工程、阿里联网工程等一批其他电压等级重点电网工程相继投运，在稳投资、促发展、拉动经济增长等方面发挥了重要作用。（王旭辉）

#### 氢能迅速成为能源领域新宠

对于我国氢能产业而言，“十三五”是产业捕捉机遇、孕育发展潜力的5年。

期间，政策利好不断，为行业稳步发展注入“强心剂”。例如，2016年国务院印发的《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》明确提出，将氢能与燃料电池技术发展创新列为国家重点发展任务；2019年3月，氢能首次被写入我国《政府工作报告》，氢能行业迎来前所未有的发展机遇。

在此背景下，氢能相关布局规划“火”遍全国，氢能产业成为各地区竞逐的“新蓝海”，行业基本形成了氢能研发、制备、储运、加氢、应用等完整产业链。但值得注意的是，产业无序竞争和产能过剩风险也已初步显现。行业亟需在降成本、强基建、攻技术上下足功夫，在“查漏补缺”中搏得更大、更实的发展空间，实现高质量发展的“蜕变”。（仲蕊）

#### 新能源汽车告别高补贴

“十三五”时期，是新能源汽车产业高速发展的5年。在财政补贴及全行业共同推动下，新能源汽车产业规模迅速壮大，电动汽车续航低、充电难等问题逐渐改善，市场接受度显著提升。

期间，新能源汽车保有量已从2015年的42万辆，增加到2020年11月的520万辆，增长12倍；同期充电桩保有量从6.6万台增至153.9万台，增长超23倍。新能源汽车在市场上立住了脚、扎稳了根。

为长远计，须摆脱补贴依赖。2019 年新能源汽车补贴标准在 2018 年基础上平均退坡 50%，且续航里程在 250 公里以下的纯电动汽车不再享受中央补贴。随后，新能源汽车销量罕见地出现月度同比“十二连降”，观者为之捏了把汗。但自 2020 年 7 月起，新能源汽车产销迅速攀升，且以私人购买为主。涅槃重生，产业发展新局面已然打开。（卢奇秀）

本报编辑部 中国能源报 2020-12-28

## 日本发布“绿色增长战略”，确定 2050 年实现净零排放的路线图

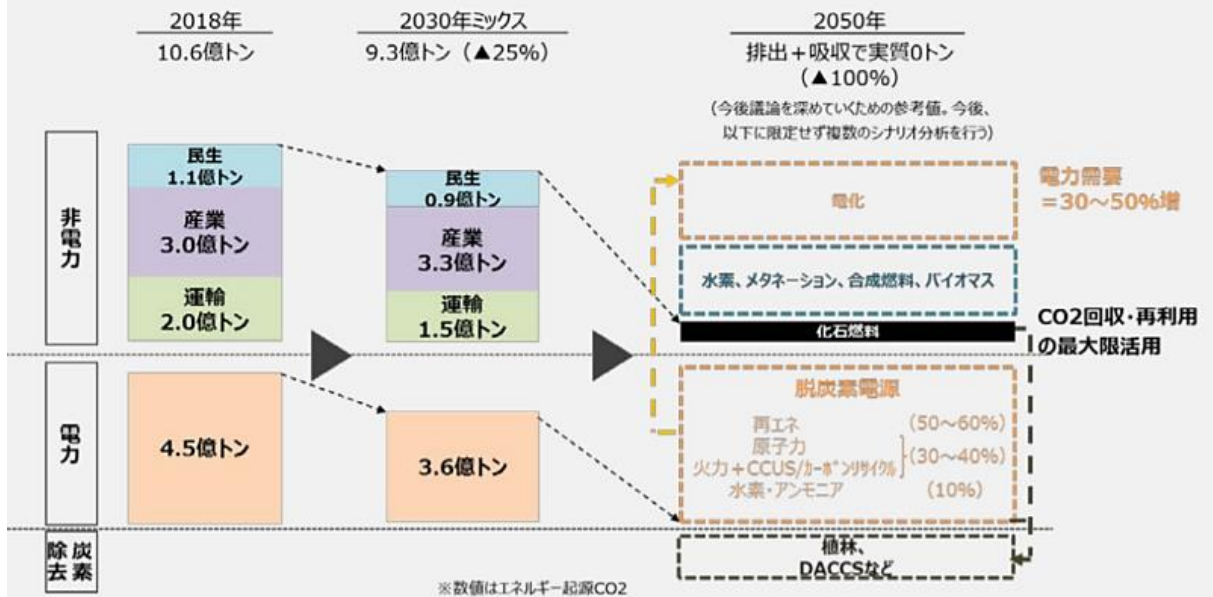
日本政府 12 月 25 日发布“绿色增长战略”，在 14 个领域确定路线图，到 2050 年实现净零碳排放，每年创造近 2 万亿美元的绿色经济增长。

### 目次

<b>1. 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略</b> .....	1
(1) カーボンニュートラルとグリーン成長戦略の関係 .....	1
(2) 2050 年カーボンニュートラルの実現 .....	2
<b>2. グリーン成長戦略の枠組み</b> .....	4
<b>3. 分野横断的な主要な政策ツール</b> .....	6
(1) 予算（グリーンイノベーション基金） .....	6
(2) 税制 .....	7
(3) 金融 .....	10
(4) 規制改革・標準化 .....	12
(5) 国際連携 .....	14
<b>4. 重要分野における「実行計画」</b> .....	15
(1) 洋上風力産業 .....	16
(2) 燃料アンモニア産業 .....	19
(3) 水素産業 .....	21
(4) 原子力産業 .....	25
(5) 自動車・蓄電池産業 .....	28
(6) 半導体・情報通信産業 .....	32
(7) 船舶産業 .....	36
(8) 物流・人流・土木インフラ産業 .....	38
(9) 食料・農林水産業 .....	43
(10) 航空機産業 .....	47
(11) カーボンリサイクル産業 .....	50
(12) 住宅・建築物産業／次世代型太陽光産業 .....	53
(13) 資源循環関連産業 .....	57
(14) ライフスタイル関連産業 .....	59

这一战略确定 2035 年以电动汽车取代汽油车的目标。由于工业、交通和家庭部门的电气化，预计到 2050 年日本的电力需求将比目前水平增长 30%-50%，尽可能扩大可再生能源来满足需求。参考目标是到 2050 年可再生能源占全国电力供应的 50%至 60%，大大高于截至 2020 年 3 月的财政年度的 18%。其余的电力将来自使用氢和氨的发电厂，占电力的 10%，而核能和具有碳捕获技术的火力发电站将提供剩余的 30%-40%。

(参考) カーボンニュートラルへの転換イメージ



为了促进绿色能源，日本计划到 2030 年安装高达 10 吉瓦的海上风电装机容量，到 2040 年达到 30-45 吉瓦，同时在 2030-2035 年前将成本削减到每千瓦时 8-9 日元（0.08 美元至 0.09 美元）。预计 2030 年氢作为混合燃料在火力发电站的使用率达到 20%；将氢的年消耗量增加到 300 万吨，到 2050 年达到 2000 万吨。力争在发电和运输等领域将氢成本降低到每立方米 30 日元，到 2050 年每立方米 20 日元。

①洋上風力産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	~2030年	~2040年	~2050年
魅力的な国内市場創出	官民協議会を通じた、官民一体となった需要の創出（国は導入目標にコミット、民間は国内調達率・コスト低減目標にコミット）							
【国の目標】	再エネ海域利用法に基づく公募（導入見通し1GW/年、2030年10GW）							
●導入目標 2030年 10GW	国主導による社会実証（風況・地質等の事前調査）							
2040年 30~45GW	プッシュ型の案件形成（日本版セントラル方式の確立）							
●国内調達比率 2040年60%	第一次マスタープラン策定、直流送電の具体的検討							
●コスト目標 2030~2035年 8~9円	風力発電適地と電力需要地を結び系統整備							
	基地港湾の着実な整備							
投資促進、サプライチェーン形成	競争力があり強靱な国内サプライチェーン形成（産業界の目標設定と着実な実行）							
【民間の目標】	2030~2035年 発電コスト8~9円/kWh							
●国内調達比率 2040年60%	2040年 国内調達比率60%							
●コスト目標 2030~2035年 8~9円	サプライヤーの競争力強化							
	公募で安定調達に資する国内調達に加点、JETROを通じたマッチング支援等							
	サプライチェーンの構築に資する支援を検討							
	規制改革の推進（安全審査合理化、残置規制等）							
	規制改革の更なる推進							
	人材育成プログラム策定							
	人材育成の推進							
アジア展開も踏まえた次世代技術開発、国際連携	技術開発ロードマップ策定							
	浮体式等の次世代技術開発（基金も活用）							
	浮体式の商用化・導入拡大							
	海外展開を見据えた二国間対話や共同研究開発・国際実証の推進							
	海外展開に向けたファイナンス支援（NEXI/JBICの支援）							
	浮体の安全評価手法等の国際標準化							

日本政府还将提供税收优惠和其他支持，比如 2 万亿日元（190 亿美元）的绿色基金，以鼓励对

绿色技术的投资。预计到 2030 年将实现 90 万亿日元（8700 亿美元）的绿色 GDP，到 2050 年将达到 190 万亿日元（1.8 万亿美元）。

国际能源小数据 2020-12-28

## 新能源 立足新起点 迈向新征程

光伏 从“制造大国”跨入“应用强国”

■本报实习记者 董梓童

2020 年，是我国太阳能“十三五”规划收官之年，也是光伏产业交上五年答卷的大考之年。虽然年初突如其来的新冠肺炎疫情险些打乱行业发展步伐，为产业前景增添了不确定性，但面对不可抗力，我国光伏产业展现出顽强韧性，在供应链吃紧、物流不畅、用工紧张等一系列难题下，快速实现复工、复产，稳步度过全面奔向平价上网的关键一年。

攻坚克难，光伏装机规模持续扩大。从今年二季度开始，光伏产业走上正轨，在建项目进度提速。前三季度，全国光伏新增装机 1870 万千瓦，预计今年全国光伏新增装机将达 3500 万千瓦，再夺光伏新增装机量世界第一的桂冠。

规模化是新兴产业走向成熟的起点。截至今年 9 月，全国光伏累计装机 2.23 亿千瓦，较 2015 年的 4318 万千瓦增长 193%，远远超过太阳能“十三五”规划中“到 2020 年底，光伏发电装机达到 1.05 亿千瓦以上”的既定目标。我国光伏实现从“制造大国”到“应用强国”的转变，中国“新名片”名副其实。

技术至上，先进光伏技术争奇斗艳。应用铺开的背后是光伏发电成本快速下降，站在全面实现平价上网的最后关口，不断提高太阳能电池转换效率成为光伏企业的共同选择。

今年光伏产品更新换代仿佛按下“快进键”。各大企业押宝不同技术路线，大尺寸和高密度组件一决高下，182 毫米和 210 毫米规格鏖战犹酣。技术之争促进光伏组件功率快速提升，迈入 500W+，甚至 600W+时代。

诚然，只要用户还没有做出最终选择，技术的博弈就不会停止。但要注意的是，产品的革新正是技术进步的外在表现。“十三五”期间，我国光伏企业/研究机构十余次打破太阳能电池片转换效率纪录。截至目前，国内领先光伏企业单晶电池片转换效率突破 23%，异质结、TOPCon、钙钛矿等新型技术初步实现产业化，顺利完成“十三五”发展目标。

伴随“5·31”政策下发，高补贴时代成为历史。“阵痛”在所难免，但丢掉“拐杖”才能让行业更加有力、成熟。今年，光伏电站系统成本已降至约 4000 元/千瓦，较 2015 年超 7000 元/千瓦的价格下降近半，光伏竞价项目平均补贴强度也已降至每度电 3.3 分。同时，平价项目分布省份数量进一步提升至 13 个省市，越来越多的地区初步具备平价上网条件，并开始呈现遍地开花之势。

然而，在“2021 年我国风电、太阳能发电合计新增 1.2 亿千瓦”这一更高的发展目标下，光伏产业还需更上一层楼。这要从电力系统整体发展出发，进一步融入电力系统，成为受系统欢迎、让百姓爱用的绿色经济的能源。

风电 实现平价只是新的起点

■本报记者 李丽旻

今年是“十三五”收官之年，也是陆上风电冲刺全面平价的关键一年，“平价”“抢装”成为这一年的行业热搜词。回望五年发展，我国风电装机容量快速提升，风电设备制造能力大幅增强，截至今年第三季度末，我国风电累计装机已超 2.2 亿千瓦，稳居“世界第一”。

实际上，早在 2019 年底，我国风电累计并网装机容量达 21005 万千瓦，已提前完成“十三五”装机目标。在过去五年里，风电不仅重回了“三北”，中东南部地区也迎来了开发热潮。不论是高原还是山地，不论是村落还是港口，风电正走向大众，风机正成为一道道风景。

在海上，风电也走向“深蓝”、步向远海。广东、江苏、福建等沿海地区“海风”正劲，浮式海上风电纷纷试水。截至今年底，我国海上风电累计并网装机量超过 750 万千瓦，同样超额完成“十三五”



目标。

与此同时，风电技术不断推陈出新，新材料、长叶片、大容量，智能化、精细化、数字化，创新力量源源不断。今年以来，已有多家整机厂商推出 10 兆瓦以上海上风电机型，国产风机走上全球舞台。截至今年初，全球风电整机商排名前十中，中国企业已占据近半数席位。

风电供热、风电制氢、“海上风电+海洋牧场”“海上风电+生态渔业”……风电“破圈”发展，“跨界”合作，在提升产业经济性的同时，也促成更多应用场景落地。

这五年来，风电不仅取得了巨大的经济效益，同样也产生了重大的生态效益和社会效益。风电扶贫，留住了“绿水青山”，也带去了“金山银山”。

今日成就，来之不易。特别是今年以来，“抢装潮”叠加新冠肺炎疫情影响，行业经历了供应链吃紧、施工进度告急等种种挑战，也承受着安全风险、交付逾期等多重压力，但依然实现了高速复工复产，向着更高质量、更高效率的目标迈进，展现出了行业的韧性与弹性。

全面平价并非行业奋斗的终点。在力争实现 2060 年“碳中和”的大背景下，风电行业将肩负起新的时代使命，进一步降低成本，进一步提升技术，成为人人爱用、人人用得起的普惠能源。

氢能 从“默默无闻”到“名动天下”

■本报实习记者 仲蕊

过去五年，氢能以“终极能源”的姿态快速跃入能源人的视野。

2016 年国务院印发的《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》等政策，明确提出将氢能与燃料电池技术发展创新列为国家重点发展任务。2019 年氢能首次被写入政府工作报告，氢能开始在我国受到前所未有的关注。今年 9 月补贴政策落地，各地加紧布局，产业活力进一步得到释放。

在此背景下，燃料电池产业链国产化加速，成本下降超预期。特别是今年四季度以来，电堆产品市场价格下降显著。一方面，得益于国产化、自主化的不断精进，加速了行业技术发展和成本下降；另一方面，也要谨防部分企业盲目跟风降价可能带来的潜在风险。

加氢基础设施网络初具雏形，配套设施及市场条件需进一步跟进。截至今年 11 月，我国共建有加氢站 104 座，但与此同时，加氢站建设面临商业模式滞后、盈利缓慢，以及“有站无车”或“有车无站”的局面。在初期如果没有合适的商业模式，产业持续高速发展无疑将备受考验。

车用氢能技术标准体系初步构建。截至 2020 年 10 月，累计发布现行有效的国家标准 95 项，在研国家标准 6 项，除国家标准和行业标之外，一些行业协会、标准化机构和企业也积极制定车用氢能相关团体标准，推动氢能产业良性发展。

在政策、市场、标准等各方因素的合力驱动下，氢能产业投资热度持续高涨，产业链雏形初步建立。目前，我国燃料电池汽车产业链企业数量已超过 400 家，已基本形成氢能研发、制备、储运、加氢、应用等完整产业链；但也必须看到，在不断高涨的“氢能热”中，有些地方为追求经济增长规模与速度，不顾当地资源环境条件，盲目布局氢能，加剧产能过剩风险。

总体而言，伴随政策与技术的全面推进，我国氢能产业步入发展快车道，但关键材料和核心技术差距、基础设施建设不足、商业化推广模式尚未建立等诸多问题尚未完全解决，科学发展格局和有序的行业竞争有待进一步构建。

如何突破行业掣肘，进一步挖掘氢能价值和潜力，是未来氢能产业迈向高质量发展阶段，必须面对的课题。 储能

“中国速度”成产业注脚

■本报实习记者 韩逸飞

站在 2020 年年尾，回首我国储能产业“十三五”发展历程，“中国速度”成为产业发展的最好注脚。

截至 2019 年底，我国已投运的储能项目（含物理储能、电化学储能、储热）较 2016 年增加了 32%，电化学储能规模增加了 7 倍。电化学储能装机规模 1702MW/4055.4MWh，锂离子电池装机约为 1395.8MW，占比 82.4%。截至 2020 年 9 月底，我国累计装机规模达到 33.1GW，同比增长 5.1%。

复盘“十三五”我国储能发展之路，产业总体上进入高速发展期，且各区域储能市场特征鲜明：

华东地区主要以电网侧和用户侧工商业削峰填谷为主；西北地区主要以新能源+储能市场为主；华北地区以集中式新能源+储能、山西电源侧调频市场为主；华南地区主要以广东电源侧调频为主。

探究我国储能产业高速增长之谜，是主客观多方面因素综合作用的结果。首先，储能系统成本快速下降为商业化应用奠定了基础。今年以来，锂离子电池储能系统价格已经进入应用领域的盈亏平衡点，为即将实现商业化发展打下坚实的基础。

其次，从材料、设备、系统到回收，储能行业已初步建立较为完备的产业链。目前，虽然在一些关键环节仍依赖于国外技术，但我国在主流技术与前沿技术上都有布局，并培育了以宁德时代、比亚迪、南都电源为代表的一大批技术领先的储能厂商。行业龙头企业的军团式涌现，奏响了我国储能产业突破藩篱、实现规模化发展的序曲。

再次，我国储能项目的规模化实施与运行，印证了储能在主要应用领域所具有的不可替代功能和得天独厚优势。实践证明，通过合理配置储能可以提升电力系统的稳定性、灵活性，提升系统的运行效率，实现电力与电量的平衡，有效解决目前电力系统面临的结构性矛盾。

最后，储能产业之所以能够在“十三五”期间实现跨越式发展，固然有产业发展初期基数较小、增长速度易于爬坡的客观原因，但从行业发展总体情况来看，方方面面的政策支持同样功不可没。毋庸讳言，政策是一把双刃剑，若节奏把握不当，也可能对产业发展造成波动和干扰。

展望“十四五”，我国储能产业要真正做大做强，关键是要成为具有自我发展能力的市场驱动型产业。为此，必须着眼根本和长远，切实摆脱政策依赖，既考虑能源结构转型和新能源发展等外部需求因素，又考虑储能自身技术的发展状况，既积极拓展相关产品和服务，又着力推动完善相应的政策体系和电力市场环境。

中国能源报 2020-12-28

## 热能、动力工程

### 中科院工程热物理所在水泥窑炉低氮脱硝技术研发中获进展

近日，中科院先导专项水泥窑炉低 Nox 关键技术与示范课题宁夏胜金 2500t/d 水泥窑炉示范工程实现试运行并进行了第三方测试，在 SNCR 正常投运条件下，水泥窑炉 Nox 排放低至 80mg/m<sup>3</sup>。研究所项目团队在流态化燃烧氮氧化物控制技术的基础上，提出了水泥窑炉 Nox 原位还原工艺，突破了水泥窑炉原位还原脱硝技术、还原炉/分解炉耦合技术等关键技术，形成了水泥窑炉低氮脱硝技术并成功在该示范工程中应用，与不匹配低氮脱硝技术相比，Nox 排放进一步降低 60%以上。项目团队已于今年 6 月实现了该示范工程的稳定运行，经过不断优化完善，本次调试结果相较于前一次在 Nox 还原效果和运行连续稳定性上有显著提升。该示范工程对我国燃煤水泥窑炉低氮甚至无氮脱硝技术领域具有重要意义。

我国水泥工业氮氧化物排放量占到全国排放总量的 10%以上，对环境影响非常突出。目前，我国水泥工业 Nox 排放国家标准限值为 400mg/m<sup>3</sup>，重点地区不超过 320mg/m<sup>3</sup>，但是随着环保政策日趋收紧，越来越多的地方政府制定了比国标更为严苛的排放标准，尤其是山东、河北、河南、宁夏以及江浙等地区，Nox 排放标准提升至 100mg/m<sup>3</sup>，传统脱硝技术已经难以直接满足当前水泥工业超低排放的环保要求。

中国科学院工程热物理研究所在中科院 A 类洁净能源战略性先导专项支持下，系统研究了水泥窑炉条件下煤粉、半焦与热解气对 Nox 的不同还原特性及相关机理。获得了煤粉对 Nox 均相、异相还原机理，揭示了水泥生料对于促进焦炭异相还原的机理，获得了温度与氧气浓度等关键参数对 Nox 还原特性的影响机理。在此基础上提出并开发了适用于燃煤水泥窑炉的低氮脱硝技术。该技术通过煤粉原位还原实现燃料氮的预脱除，部分燃料氮定向转化为氮气，同时生成具有较强还原性的高温

半焦-煤气，进入分解炉后通过均相及异相还原反应将回转窑产生的高浓度  $\text{Nox}$  还原成  $\text{N}_2$ 。项目团队在 1t/d 和 3t/d 水泥生料分解过程低  $\text{Nox}$  控制中试试验中积累了大量的研究数据，为该示范工程的建设和运行提供了技术原理和数据支撑。

水泥窑炉低氮脱硝技术通过对现有水泥工艺的优化实现  $\text{Nox}$  减排，突破了水泥窑炉现有脱硝技术面临的氮还原转化率限制等瓶颈问题，是一种有效减少  $\text{Nox}$  排放的综合控制技术，在脱硝效率、环境兼容性、以及投资运行成本等方面显示出了较强的优越性，有望使水泥窑炉摆脱对氨水的依赖，解决现有脱硝技术面临的效率和环保两难的问题。下一步项目团队将继续对示范工程进行优化以期实现无氨更低  $\text{Nox}$  排放，并积极推进该技术的广泛工程应用，为解决困扰我国水泥行业发展的瓶颈问题贡献中科院智慧力量。



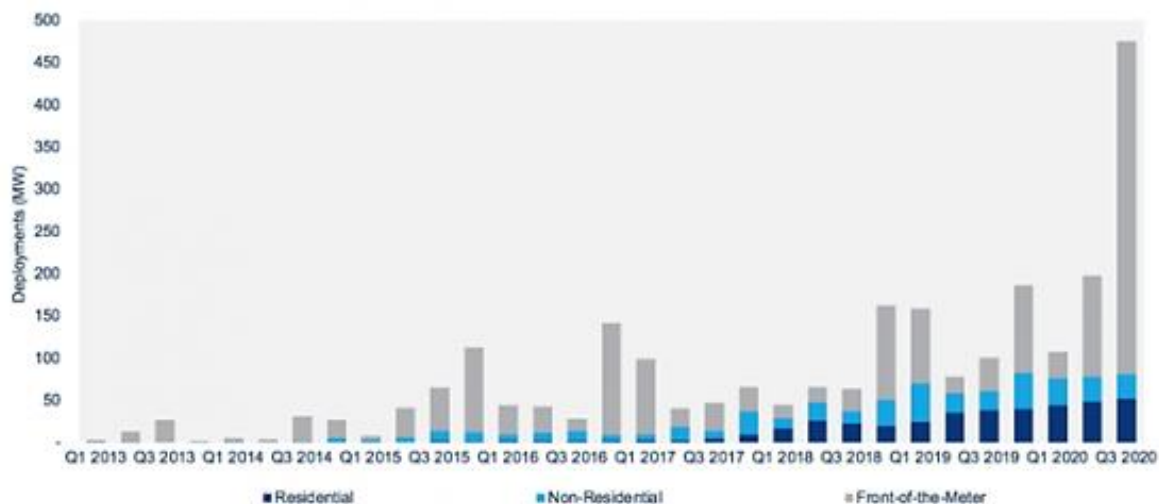
2500吨每天水泥窑炉低 $\text{NOx}$ 关键技术示范工程

中科院工程热物理研究所 2020-12-03

## 2020 年第三季度美国已部署 476MW/764MWh 电池储能项目

根据调研机构 Wood Mackenzie 公司和美国储能协会（ESA）日前共同发布的调查报告，美国在 2020 年第三季度部署了 476MW/764MWh 电池储能系统，创下新的季度部署纪录，与上一个季度纪录相比增长了 240%。

Quarterly U.S. energy storage deployments



Source: Wood Mackenzie Power & Renewables

这份报告预测，到 2025 年，美国电池储能市场规模与 2020 年相比将增长六倍，2025 年部署的

电池储能系统装机容量将达到 7.5GW，投资规模达到 73 亿美元，这主要是由于公用事业公司开展大规模的采购，其中大部分电池储能系统将 与太阳能发电设施配套部署。

美国储能协会（ESA）首席执行官 Kelly Speakes-Backman 在一封电子邮件中表示，该报告跟踪了所有并网的固定式储能项目，今年第三季度部署的绝大部分（超过 99%）储能系统是锂离子电池储能系统。其大部分增长来自电网侧储能系统，总计达到近 400MW/578MWh，这是由加州部署的一些电池储能系统（如 Gateway 储能项目的第二阶段项目）推动的。

Speakes-Backman 对于 2021 年储能行业发展前景表示乐观。她表示，美国总统大选的结果表明民众希望下一届政府在气候方面授权采取行动。她期望美国到 2030 年实现部署装机容量为 100GW 储能系统目标，并且正在积极推动储能部署，这是美国储能协会对未来能源发展更广阔愿景的一部分。

Wood Mackenzie 和美国储能协会（ESA）合作发布一份名为《美国储能监测》报告，该报告的统计数据再次显示了储能行业在应对疫情引发经济低迷具有的弹性。

Speakes-Backman 说，“有迹象表明，未来几年的储能部署将出现前所未有的增长，这将使我们更进一步实现到 2030 年部署 100GW 储能系统愿景。相信在各州和联邦一级的持续政策支持和监管改革的推动下，储能行业有望加快发展，并为所有人提供更具弹性、更高性，更具持续性和负担得起的电力。”

根据这份报告，美国第三季度部署的电网侧储能系统的装机容量比过去七年任何一个季度部署的装机容量都要多。加州、新泽西州和阿肯色州在第三季度的前沿部署方面处于领先地位，其部署的储能容量分别为 510MWh、40MWh 和 10.5MWh。

Wood Mackenzie 公司储能业务主管 Dan Finn-Foley 在一份新闻稿中说，现在只是美国储能市场扩展的开端。

他说，“储能系统成本大幅下降和确保投资税收减免资格的努力为指数级增长奠定了基础，美国储能市场的快速发展只是刚刚拉开帷幕。考虑到预计 2021 年储能部署规模，我们认为这一部署记录不会持续很长时间。”

他指出，美国联邦能源监管委员会（FERC）发布了第 2222 号命令，以继续提供激励措施，这些努力旨在确保分布式能源的公平市场参与，包括将电池储能系统部署到区域性有组织批发市场中。

Wood Mackenzie 公司储能分析师 Chloe Holden 在一份新闻稿中表示，2020 年第三季度，美国住宅储能市场部署了 52MW/119MWh 住宅储能系统，并在过去六个季度中继续保持增长趋势。该行业有望在未来五年内增长六倍，特别是在纽约州、马萨诸塞州和 PJM 互连公司的服务领域。预计电网规模储能部署将明年激增，到 2025 年，电网侧储能部署的装机容量预计将占据美国储能市场三分之二以上。

但是 Holden 指出，非住宅用户侧市场相比 2020 年第二季度减少了 3%，部分原因是发生了疫情导致项目部署减少。疫情在某些方面影响了储能行业发展，例如，一些州的许可证发放有所延误，以及与社交远离要求相关的工程延误。但总体而言，大部分正在部署的储能项目保持了进展。

她解释说：“当初很多人对疫情影响都很担心，并试图以从今年 3 月至今的签署合同中说明这一点，但疫情带来的影响远低于预期。”

Wald 还预计，鉴于美国大选已经结束，该行业将继续增长，甚至可能比以前更快。

她补充说，“现在是美国储能行业发展的关键时期。在过去几年中，储能行业一直在蓬勃发展。而现在能否以一种以前所未有的方式快速发展，取决于能否得到政府部门大力支持。很多变化可能是在监管领域，例如评估和计算储能和辅助服务等价值。”

中国储能网 2020-12-07

## 电力是能源系统实现碳中和的关键

“电力将成为能源系统实现碳中和的关键。在条件具备的情况下，只有构建更加灵活和互联的电力系统才能实现全球的电气化发展。”

电力技术问世 200 多年以来，显著改善了人们的生活水平。而随着电力技术的不断进步，未来 30 年，为实现可持续发展而进行的电气化变革更将给世界带来前所未有的变化。

电力将成为能源系统的支柱

近期，围绕全球能源系统发展的多项分析研究显示，到 2050 年，电力在全球能源需求总量中的占比将从当前的 20% 增长至 40%。其中，部分地区的电气化水平还将更高。

因此，未来碳中和的世界将高度依靠电力供能，电力将成为整个能源系统的支柱，并助力社会实现可持续发展。

如今，三个驱动要素正助力实现碳中和电力的未来：大规模风能、太阳能和水力发电并入电网；全球交通、建筑和工业领域的电气化；在直接电气化效率低或无法实现电气化的领域，引入补充性和可持续的能源载体，如绿色氢能。

其中，让世界实现电气化的最有效、最清洁和最具成本效益的方式就是充分利用自然界储备丰富的风能、太阳能和水资源等，提升可再生能源发电装机容量。

灵活高效的电网保驾护航

而可再生能源发电的大规模增长也会带来诸多新的挑战，其中两项尤为突出：大量分布广泛和难以预测的发电场所将增加电网的复杂性；同时，电力需求的快速增长要求电网大幅升级和扩充容量。

为了管理波动的电力生产和新的消费模式，能源系统需要更加灵活，并需要新的技术手段来实现这一目标。采用电力电子技术的创新电网组件将提供灵活的性能，使电网运行变得更加高效。传感器将提供必要的信息，而数字化解决方案则可以处理智能电网控制中心的大量信息。这些技术将帮助我们在一个前所未见的动态环境中更快地做出决策。

扩大电网容量则可以通过两种方式来解决：优化利用现有电网；升级和扩展电力系统。

我们可以依靠电力电子和数字化技术的巧妙组合来优化现有电网的效率。例如近期在苏格兰，我们全新的高压直流输电线路将设德兰群岛（Shetland Islands）与英国的输电系统连接起来。这条输电线路将提升岛上的电力供应安全，并将岛上产生的风电输送到英国电网，助力英国实现脱碳目标。

未来，电网容量需要扩大两倍以上，这需要延伸高压电网，并实现跨区域的电网互联，将偏远地区（如离岸数公里的风电场）的可再生能源电力并入电网。

从需求侧来看，电网容量的大幅扩充将使一些目前低负荷地区的电气化水平得到大幅提升。举例而言，电气化让越来越多的数据中心可以建在偏远地区。我们也可以期待看到更多的工业企业，如钢铁厂和采煤矿，从碳密集型工艺向电气化转变，同时提升生产效率。

在未来的 30 年中，我们很有可能看到，电力系统将在目前电网扩张计划中较少触及的区域得到更多发展。

储能及氢能提供助力

随着大规模和不稳定的分布式可再生能源电力越来越多地并入电网，电网系统需要应对日益增加的复杂性。每当需要提升电网灵活性的时候，第一个同时也是最为认可的技术方案即电网扩展和电网互联。一旦电网容量达到上限，储能就开始在实现碳中和能源系统的进程中扮演重要角色。

在过去几年中，电池储能技术已取得了令人瞩目的进步。随着可再生能源电力的兴起，对短期电力储能的需要日益增长，以确保电力系统的稳定性。电池技术正在成长为满足短期储能需求的主要解决方案。这一技术将提供最大的灵活性和最具吸引力的成本效益比。

在当今能源系统中，能够对电力生产变化起到缓冲的方式，除水力发电外，主要来自于化石能源发电，例如石油、天然气和煤炭。这些在能源系统中导致排放密集的元素需要在未来的碳中和世

界中逐步淘汰。

在直接电气化不可能推行或无法实现时，就需要补充性的能源供给。研究表明，作为一项正在加速发展的技术，氢能将在规划季节性储能需求时发挥重要作用。当然，为了实现可持续发展，我们关注的是由可再生能源生产的绿色氢能，它可以帮助那些不能轻易进行直接电气化的行业降低碳强度，例如交通部门的部分领域（如飞机和大型船舶）。

#### 基础设施投资建设仍需加速

在能源系统迈向碳中和的过程中，时间至关重要。最近出台了几项颇受欢迎的政策公告和倡议，为碳中和的未来设定了宏伟的目标。其中包括中国提出的碳中和目标、欧盟旨在加速绿色交易的刺激措施和目标，以及英国、日本、韩国等提出的绿色目标。

上述目标均值得称赞，但同时也需要加快计划和执行周期，以释放对能源基础设施的必要投资。需要制定清晰的时间表并落实执行，包括建立正确的监管框架并确保在关键领域内（如电网规范和市场机制领域）进行一定程度的协作。为了最大化普及可再生能源的应用，区域性的互联电网也变得越来越重要。合作显然将成为关键的成功因素。

我们正在解决一个基本的社会问题——为所有人提供可负担、可靠和可持续的能源。从驱动电动汽车的北极风能，到为空调系统供电的沙漠太阳能，实现了碳中和的能源系统将重塑世界。面对这一艰巨的挑战，我们需要所有的可持续解决方案，同时应专注于建立可持续的伙伴关系。

在先进技术的帮助下，为今天和未来的世代建立一个全球的、互通互联的且真正可持续的能源系统，将为社会的可持续发展带来难以预估的价值。致力于实现这一愿景让我倍感兴奋与自豪。

（作者系日立 ABB 电网首席技术官，本文仅代表作者个人观点）

Gerhard Salge 中国能源报 2020-12-07

## 电力系统低碳转型要“多线出击”

我国稍早前提出了“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”的目标，为我国应对气候变化、加快能源转型提供了方向指引。

目前，我国能源领域是二氧化碳排放的主体，约占总排放量的 85%，能源系统对实现碳排放目标起决定性作用，未来能源碳排放应及早达峰，且尽可能控制峰值，为非能源二氧化碳排放、非二氧化碳温室气体排放争取更多空间。在能源碳排放中，电力系统排放约占四成，未来电力将扮演越来越重要的角色，应通过电能替代方式减少终端用能部门的直接碳排放，并以自身加速减排推动能源碳排放大幅降低。

#### 电力系统碳排放有望在 2025 年后达峰

电力系统在能源低碳发展中承担着越来越重要的作用，考虑到经济社会发展的电力需求和各类电源的发展约束，以在 2030 年前尽早实现碳排放达峰为目标，对近中期电力低碳发展进行量化分析。“十四五”和“十五五”期间电力系统将呈现如下低碳发展态势：

一是新能源装机规模将快速提升。“十四五”期间，新能源将实现“倍增”式发展，按年均增长 1.2 亿千瓦规划，其中风电 4500 万千瓦，光伏 7500 万千瓦。2025 年新能源装机量将达到约 11 亿千瓦，较 2020 年提高一倍以上，新能源装机占比约 35%。在“十五五”期间，新能源规模将进一步提升，2030 年风电、太阳能发电装机容量将分别达到约 8.1 亿千瓦、9.3 亿千瓦，在电源装机容量中占比达到约 44%。新能源发电量占比显著提升。2025 年，新能源发电占比约 18%，提升 9 个百分点。2030 年，新能源发电量达到约 3.2 万亿千瓦时，占比约为 28%。

二是各类电源将呈现多元化发展态势。“十四五”期间煤电装机容量仍有小幅增长空间，2025 年前后达峰，峰值约为 12 亿-13 亿千瓦。煤电装机容量虽将呈现先升后降趋势，但未来较长一段时期内，我国约 9 亿千瓦高参数大容量低排放煤电机组仍将在电力系统中发挥重要作用。同时，气电、核电、水电稳步发展，2025 年装机容量或将分别达到约 1.2 亿千瓦、0.9 亿千瓦、3.9 亿千瓦。2025

年全国电源装机总规模达到约 30 亿千瓦。

三是电力碳排放将达峰并保持稳中有降态势。“十四五”期间电力碳排放总量增速放缓，2025 年碳排放量达到约 44 亿吨，并有望在稍后达峰，峰值控制在 45 亿吨以内，此后稳中有降。度电排放强度显著下降，2025 年降至约 460g/kWh，较当前水平下降约 120g/kWh。非化石能源特别是新能源装机占比持续提升，是电力碳减排的主要贡献因素。

电力系统低碳转型的关键在于消纳高比例新能源

远来看，低碳电力系统的发展更加有赖于技术创新突破，面临更多不确定性。因此，应通过设置不同路径，探讨未来电力低碳发展情景。新能源大规模发展是实现碳中和愿景的必然要求，电力系统低碳转型的关键在于高比例新能源的消纳利用。围绕解决高比例新能源消纳的不同技术路线，设置以下三种路径：路径一主要依靠电力系统自身实现高比例新能源消纳利用；路径二是通过大规模发展电制氢，跟踪新能源波动性出力，助力新能源利用；路径三是基于绿氢和煤电 CCUS 产生的二氧化碳制取甲烷、甲醇，实现电-氢-碳协同发展。

路径一——依靠电力系统自身消纳利用高比例新能源

新能源主要通过转化为电力进行利用，提升电力系统自身的新能源消纳利用能力是未来能源电力低碳发展的基本要求和关键所在。该路径下，需要电力系统源、网、荷、储各环节全面发力，持续优化电源结构，加强互联网建设，挖掘需求响应资源，推动新型储能快速发展，增强系统对新能源的消纳利用能力。但随着新能源渗透率大幅提高，电力系统的灵活调节能力和安全稳定运行将面临更大考验，新能源发展规模可能受限。

由于新能源发电出力存在高度波动性和不确定性，随着装机规模逐步扩大，其出力波动范围和波动速率也将日益增大。因此，亟需多措并举提升系统灵活调节能力。在电源侧激发多元电源的协同调节潜能，在电网侧实现更加灵活优化的运行方式，在负荷侧推动需求响应常态化，在储能侧引导各类储能资源参与系统调节。

此外，新能源大量接入导致系统转动惯量降低，频率问题逐渐凸显，动态无功支撑能力降低，易诱发机理复杂的宽频震荡，当发生大规模脱网时将以潮流转移等形式引发级联故障，扩大停电范围，引发恶性循环。因此，亟需加强“双高”（高比例新能源、高度电力电子化）电力系统的运行机理和稳定特性研究，对多类型电力电子装备精准建模，进行系统动态仿真，通过广泛部署同步调相机等设施提高电压支撑能力，持续完善“三道防线”。

路径二——以电-氢协同助力新能源消纳利用

利用清洁能源发电制氢被称为绿氢，是未来氢能发展的重要方向。电制氢设备能够容许较大程度的输入电力波动，大规模制氢是平抑新能源出力波动的有效途径。该路径下，可充分发挥制氢负荷的灵活性，通过离网、并网等方式大规模部署电制氢设施，在源侧和网侧实时跟踪新能源发电波动性出力，有效解决高比例新能源下电力系统的灵活调节问题。

从氢能制取-储运-终端利用环节来看，碱性电解水和质子交换膜电解水能接受波动性电源输入，适合作为消纳新能源的主要电制氢技术。储运是制约氢能大规模发展的关键因素。气态储运效率低，液体储运成本高，安全、经济的储运技术有待突破。目前国内储氢罐关键材料依赖进口，低温液氢技术、储氢材料技术与国外先进水平存在较大差距，产业化相距甚远。在氢能的终端利用方面，氢能在重卡等终端消费细分市场具有一定应用前景，可作为电能的重要补充，预计 2050 年氢能在我国终端能源消费中占比有望达到 10%左右。

从经济性来看，现阶段氢气的终端应用领域和经济竞争力相对不高，但随着电制氢技术的成熟、新能源发电成本持续降低以及氢气储运瓶颈的突破，电制氢将实现规模化生产，“绿氢”全链条经济性将逐步增强。预计 2030 年之后绿氢的热当量成本有望与油气大致相当。同时，从电力系统调节角度看，未来电制氢装置的初始投资与储能大致相当，同时可产生氢、氧等产品，收益方式更加多元，建设电制氢装置将是提供系统灵活性的一种可能路径。

路径三——以电-氢-碳协同实现全链条优化

在发挥电制氢灵活调节性能的基础上，通过在煤电机组加装 CCUS，为系统保留转动惯量的同时可捕捉二氧化碳，与绿氢广泛结合大规模制取甲烷或甲醇，在终端替代进口油气。从全环节来看，该路径不仅可以有效支撑大规模新能源消纳利用、促进煤电资产的高效低碳延寿使用，还可以大幅降低我国能源对外依存度、提升国家能源安全，综合效益显著。

相较于氢气，甲烷和甲醇更易存储和运输。从储存来看，甲烷的液化温度高于氢气，液化成本较低；甲醇无需液化。从运输来看，氢气管道造价较高，且甲烷可注入天然气管道；甲醇可通过汽运方式运输。从安全性来看，相较于氢气，甲烷的扩散系数更低、点火能量更高，更加安全；甲醇作为液体，不易扩散，安全性高。未来，随着新能源度电成本的下降，甲烷和甲醇在终端利用的经济性将逐步显现，可作为动力替代进口油气。初步测算表明，当新能源度电成本降至 0.1 元/kWh 左右时，制取的甲醇相比传统油气具有价格竞争力。

同时，制取甲烷或甲醇为火电厂 CCUS 捕集的二氧化碳提供了应用场景，是发展循环碳经济的可行方式。我国未来仍将存在大量高参数大容量低排放煤电机组，如何利用好现有的高效率煤电机组是未来我国电力低碳发展亟待回答的重大问题。煤电加装 CCUS 在实现净零排放的同时，保留了系统转动惯量，有助于保障电力系统安全稳定运行，是符合我国国情的战略性选择。从经济性来看，预计 2030 年前后我国加装 CCUS 的度电增量成本和新能源并网的度电系统成本大致相当，都在 0.2 元/kWh 左右，加装 CCUS 相较于发展新能源替代煤电并不会明显推高系统成本。随着第二代 CCUS 技术的逐步成熟，2050 年 CCUS 技术的成本有望进一步下降至 100 元/吨左右，煤电加装 CCUS 的度电增量成本有望下降至约 0.1 元/kWh，经济竞争力更加明显。

总体来看，以上三种路径各有千秋，未来电力系统低碳发展应当是多种路径融合发展的结果。电力系统需要不断提升自身对高比例新能源的消纳利用能力，同时充分发挥电制氢的调节作用，并积极探索电制甲醇等 P2X 技术路线，共同支撑新能源的大规模发展。

展望未来，我国电力低碳化发展路径将大致经历以下三个阶段：近期，以电力系统支撑新能源消纳利用为主；中期，仅依靠电力系统消纳高比例新能源难度日益增大，需探索电、氢、碳多元耦合发展方式；远期，多元化路径并存，要多措并举支撑大规模新能源消纳利用，助力循环碳经济发展。

（张运洲系国网能源研究院有限公司董事长（院长）；代红才、张宁均供职于该公司）

张运洲 代红才 张宁 中国能源报 2020-12-07

## 电力系统灵活性提升难在哪

国际能源署日前发布的《2020 年世界能源展望》预计，未来 10 年全球电力需求增量的八成将依靠可再生能源来满足；“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”目标的提出，也决定了我国未来将进一步大幅提高风电、光伏发电等可再生能源电力占比，推动电力系统向清洁低碳转型。但风电、光伏发电等清洁能源波动性特征明显，电力输出极不稳定，需要电力系统的灵活调节。而横向对比其他新能源占比较高国家的电力系统，灵活性不足恰是我国电力系统的关键短板。

中国电力企业联合会稍早前发布的《煤电机组灵活性运行政策研究》显示，目前国际上新能源发展较好的国家，灵活电源比重普遍较高，其中，西班牙、德国、美国占比分别为 34%、18%、49%。反观以煤电为主力电源的我国，抽水蓄能、燃气发电等灵活调节电源装机占比还不到 6%。其中，“三北”地区新能源富集，风电、太阳能发电装机分别占全国的 72%、61%，但灵活调节电源却不足 3%，调节能力先天不足。

为增加灵活性电源占比、提升电力系统灵活性，《电力发展“十三五”规划》明确提出，“十三五”期间，将在“三北”地区推行热电机组灵活性改造约 1.33 亿千瓦、纯凝机组改造约 8200 万千瓦；抽水蓄能电站装机达到 4000 万千瓦左右；全国气电装机 2020 年达到 1.1 亿千瓦以上。然而，“十三五”收



官在即，电力系统灵活性提升目标却远未完成：截至 2020 年 9 月底，我国气电装机容量 9637 万千瓦、抽水蓄能装机容量 3089 万千瓦，均大幅低于规划目标；煤电灵活性改造进度更为缓慢，截至 2019 年底，只改造完成 5775 万千瓦，仅为目标改造容量的 1/4，且截至目前情况并无明显改观。

激励机制不畅 改造动力严重不足

记者在采访中发现，无论是抽蓄、气电建设，还是煤电灵活性改造，都卡在了“不赚钱”上。

厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强指出，抽水蓄能电站前期投资大、建设周期长，非常依赖足够高的电价来收回成本。“抽蓄电站在用电低谷时从电网购电，在用电高峰时向电网售电，靠低买高卖‘吃差价’收回投资。但当前我国电价机制不到位，大部分电网的峰谷电价差都不够大，电站不赚钱，央企都很难激励，更不用说民间资本了。这是制约抽蓄发展的关键问题。”

近年来经营压力巨大的煤电企业，对改造成本与调峰价格的不匹配也十分敏感。甘肃某煤电企业负责人直言，一些 60 万千瓦甚至 100 万千瓦级的机组都在参与调峰，出力不高的情况下，大型机组低煤耗、低排放、高效率的优势无从体现，运行成本极高；煤电灵活性改造单位千瓦调峰容量成本约在 500-1500 元；加上后期运维等成本，若没有合理经济回报，电厂难以承担调峰损失。“虽然煤电灵活性改造相比新建抽蓄、燃气电站成本更低，但微薄的调峰补贴也难以激发煤电企业改造意愿。”

同样的问题也出现在气电身上。国务院发展研究中心资源与环境政策研究所研究员郭焦锋说：“事实上，气电调峰是双向的。一方面，作为电力生产方，气电可以参与电力系统的调峰；另一方面，作为天然气使用方，气电也可以参与天然气系统的调峰。但目前我国缺少电力调峰和天然气调峰的补偿政策，气电的双向调峰均难以得到合理回报。”

“三种灵活性电源--抽蓄、气电、灵活性煤电目前面临的共性问题，还是没有长期可预见的盈利模式。”

华北电力大学教授袁家海说，目前大部分地区对于灵活性电源提供的调节服务是通过政府补贴、补偿的方式进行。“气电方面，现在只有个别发达地区可以补贴得起，并且广东、浙江等地也在逐渐改革补贴政策。而煤电灵活性改造方面，比较典型的东北地区出台了深度调峰机制，取得了一定成效，但本质上这种补偿机制并不能长期、更大规模地延续。”

煤电过剩 灵活性改造陷入路径依赖

然而，有观点认为，相比价格机制的不到位，抽蓄、气电规模难以达标的更深层次阻力，来源于“十三五”初期新建煤电机组的过剩问题。

“抽蓄、气电的出力调节范围都可以达到 0-100%，而煤电目前压负荷最低也就能达到 20%左右的水平，调节性能明显不如抽蓄、气电，还会影响效率、污染物控制等。抽蓄还可以将风、光富余电力储存起来，但煤电不行。抽水蓄能规划最初希望到 2020 年底达到 1 亿千瓦，‘十二五’降到了 6000 万千瓦，‘十三五’又降到 4000 万千瓦。抽蓄规划目标一降再降，但仍然没有完成，很大程度上是受了煤电过剩的影响。”中国水力发电工程学会副秘书长张博庭认为，“现在的情况是，一边是电网需要灵活性电源，一边是大量现成的、闲置的煤电机组可以接受灵活性调度。这就放大了抽蓄和气电在资源约束、投资、价格等方面的劣势。电力系统也形成了对煤电的‘路径依赖’。抽蓄、气电没有了市场空间，自然也就失去了竞争力。”

但一位不愿具名的电网公司研究人员直言，各省电网差异较大，电力系统究竟需要何种规模、何种路线的灵活性资源并不能一概而论。“例如，宁夏当地的煤电调节能力当前已经发挥得很充分，且西北地区整体水电调节能力已经使用殆尽。西北地区蒸发量大，抽蓄效率不高，宁夏地区的煤电未来还要考虑为整个西北电网服务。因此，到底建什么、建多少，每个地方需要具体分析。”

上述研究人员进一步指出，从现状来看，存量煤电的灵活性改造是提升系统灵活性最现实、经济的方式，存量改造应优先于新建增量。“大建快上的时代过去了，应该走精益化发展的道路。但一方面，地方仍然有通过新建煤电、抽蓄来拉动投资的需求，另一方面，从调度的角度讲，你是愿意系统调节能力宽裕一些，还是卡着极限天天操心呢？”

“减碳”当头 政策、市场需双管齐下

尽管三个主流灵活性电源的建设、改造均未达到预期目标，但根据国网公司统计，2019年，该公司经营区新能源利用率高达96.7%，完成了2019年初制定的“新能源利用率达95%以上”的目标。在灵活性资源支撑力度未达预期的同时，全国平均弃风、弃光率已分别降至4%和2%。

“其中一大因素是来源于用电需求超预期的增长，当然电网公司在其中也做了大量工作，包括推进跨区域省间富余可再生能源电力的日前现货交易等。国网公司印发的《促进新能源发展白皮书2018》中提出的20项具体措施，都在同步推进。”前述电网公司人员说。

袁家海说：“由此可以看出，灵活性资源的不足，客观上也倒逼电网作出了调整，包括调动各个通道的富余能力促进电网之间更好地互济等。但也应看到，电网自身机制的优化也是有限度的。现在很多地区要求新建可再生能源项目配置储能，或要求新能源场站具备一次调频能力。正是灵活性资源缺乏，提高了可再生能源发展的门槛。”

多位受访专家认为，未来要实现碳达峰、碳中和目标，必然会大幅提高可再生能源接入系统的比例，现有的灵活性资源建设模式和步伐将无法未来需求。

“提高系统灵活性、促进可再生能源消纳，就是要推进能源革命。如果系统运行反过来越来越依赖煤电，能源革命就还是没有迈开步伐。”张博庭直言，假设现在电力系统减少2-3亿千瓦煤电，增加5000万千瓦抽蓄，让煤电都以5000或6000的利用小时数基荷运行，整个发电、电力行业的成本都将大幅下降。“现阶段应尽可能减少煤电新建项目，让存量煤电按照容量等级各自发挥应有的作用，避免更大规模的投资浪费，并尽快明确煤电退出的时间表。”

“近中期来看，引导煤电灵活性改造还是要建立起市场化机制，用现货市场上的价格信号，引导企业自行找到利润最大化的运行、调节模式。”袁家海说。

林伯强说：“煤电承担更多灵活性调节任务的现状，从侧面说明了对系统效率的关注不够。这种缺乏效率的手段可以用一时，但不应该作为中长期的策略去布局。今后还是应该建立健全电价机制，以便大幅提高抽蓄、气电在电力系统中的占比。”

本报记者 卢彬 贾科华 中国能源报 2020-12-07

## 钢铁行业节能减排与绿色发展空间巨大

“近些年，中国钢铁工业在吨钢能耗和吨钢排放量方面都取得了明显进步，但是由于新世纪以来粗钢产出总量剧增，从而引起钢铁工业的总能耗、总排放量非但没有下降，反而明显增加！”中国工程院院士、原冶金部副部长殷瑞钰在近日举办的钢铁行业节能技术和高效节能电机交流会上说。

作为碳排大户，钢铁行业如何摘掉高碳的帽子，成为业界关注的重点。殷瑞钰院士的一番话恰恰指出了钢铁行业碳减排的难度之大、问题之重，尤其是在我国提出努力在2030年前实现碳达峰和努力争取2060年实现碳中和的大背景下钢铁行业的节能减排的意义，提升到了新高度。

实现2060碳中和目标钢铁行业减排潜力巨大

冶金工业规划研究院党委书记、总工程师，中国节能协会冶金工业节能专业委员会主任委员李新创表示，“十三五”以来，我国钢铁行业节能与绿色发展取得了巨大成就，但目前仍存在能源消费和环境排放总量压力巨大、工艺流程结构不合理、绿色发展水平不平衡等问题；同时，行业中使用高效节能电机比例较少，电机系统运行效率相对较低，存在大量绿色化改造空间。

从数据来看，目前我国钢铁行业能源消费总量约占全国能源消费总量的九分之一；碳排放量占全球钢铁碳排总量的60%以上；黑色金属冶炼和压延加工业二氧化硫、氮氧化物和颗粒物排放量在全部工业行业中分别排名第三、第三、第一。

据了解，我国钢厂在节能方面，经历了两个主要阶段，分别是20世纪80年代的单体节能及与之相应的系统节能，以及90年代的工序/装置结构重组和流程整体优化的系统节能。

殷瑞钰表示：“钢铁行业作为工业的重要领域，是能源消费大户，同时也是二氧化碳排放大户。我国粗钢产量巨大，造成了我国钢铁行业二氧化碳排放总量占全国二氧化碳排放总量的份额仍然较

高。此外，由于我国钢铁行业用能结构以煤为主，且流程结构上高炉-转炉长流程占主导，导致吨钢二氧化碳排放处于较高水平。未来要实现国家的碳减排承诺，我国钢铁工业仍然将面临着巨大的压力，必须走钢铁工业‘脱碳化’发展的道路。”

而电炉炼钢恰恰符合“脱碳化”的发展道路。

据了解，电炉炼钢主要利用电弧热，在电弧作用区，温度高达 4000℃。电炉短流程炼钢工艺由于直接使用废钢作原料，直接省去了造成污染的诸多环节，受到许多钢铁企业的青睐。据环保专家测算，用废钢直接炼钢比用铁矿石炼铁炼钢可减少 86%的废气，76%的废水和 97%的废渣，有利于清洁生产和排废减量化。

李新创表示，目前我国电弧炉短流程炼钢工艺生产的粗钢产量仅占总产量 10%左右，远低于美国 68%、欧盟 40%、日本 24%的发展水平；废钢比仅为 18.7%，仍有较大提升空间。

值得注意的是，到 2020 年，我国钢铁蓄积量将达到 100 亿吨，废钢资源年产出量将超过 2.1 亿吨；到 2025 年，我国钢铁蓄积量将达到 120 亿吨，废钢资源年产出量将达到 2.7—3 亿吨；2030 年，我国钢铁蓄积量将达到 132 亿吨，废钢资源年产出量将达到 3.2—3.5 亿吨。届时，以废钢为原材料的电炉炼钢工艺必将在粗钢产量总量中占据重要地位。

产量增加不代表行业春天的到来

数据显示，我国 2019 年粗钢产量达到 9.96 亿吨，国内钢材市场占有率达到 98.6%，2020 年将再创 10 亿吨以上新高。

“产量增加并不代表行业春天来了，在看到钢铁产量增加的同时，还应该参考铁矿石的采购价格以及国内钢材市场中钢材的售价是多少。目前国内仍然存在产能过剩问题。”殷瑞钰认为。

只注重产品生产数量，忽略产品的生产成本以及销售价格，很容易使人盲目自信。我国钢铁工业的发展离不开充足的能源供给，在钢铁冶炼过程中会消耗大量的煤炭资源、水资源以及铁矿石。

工信部节能与综合利用司副司长王孝洋表示，我国目前已成为世界第一制造大国，2019 年，我国规模以上工业增加值达 31.7 万亿元，占 GDP 的比重为 32%，能源消费总量 48.6 亿吨标准煤，其中工业能源消费占比超过 60%，工业领域大宗资源消耗量占全社会 90%以上，水资源消耗占四分之一左右。进口铁矿石超 10 亿吨，对外依存度超过 85%，石油对外依存度约 70%，天然气对外依存度超 40%，资源瓶颈日益突显。

为达成能源利用效率提升的工业绿色发展重要目标，工信部近年在工业节能、绿色发展方面做出了一系列强有力的动作。

王孝洋表示，工信部近年不断加大新技术、新产品筛选和推广力度。定期编制印发《国家工业节能技术装备推荐目录》《“能效之星”产品目录》《绿色数据中心先进适用技术目录》等技术装备产品推广目录，引导工业企业采用先进高效节能技术产品。

此外，还通过加大节能监察工作力度等行政手段，推动企业淘汰低效电机。

据统计，2016—2019 年，全国累计监察高耗能企业超过 2 万家，钢铁等主要高耗能行业基本实现全覆盖。查处违反强制性单位产品能耗限额标准的违规企业 888 家，不达标电机 14 万台。高强度的节能监察执法持续向企业传递正向压力，推动企业加快实施节能技术改造，依法依规合理用能。

值得注意的是，工信部还针对创新开展节能诊断服务工作，推动企业采用高效节能设备。培育壮大一批节能诊断服务机构，帮助企业全面查找用能问题，充分发掘节能潜力。近两年来，累计组织为 1.4 万家企业提供节能诊断服务，有效推动工业节能向各行业、中小企业全面深入推进，进一步促进企业节能降耗、降本增效，提高节能管理水平。

“通过不断努力，2016—2019 年，规模以上企业单位工业增加值能耗下降超过 15%，相当于节省了 4.8 亿吨标准煤，节约能源成本约 4000 亿元，实现了经济效益和环境效益的双赢，为推动制造业绿色高质量发展作出了积极贡献。”王孝洋说。

节能减排助力钢铁行业健康发展

节能曾被认为是煤炭、石油、天然气、核能以外最重要的“能源”。

中国节能协会秘书长宋忠奎表示，节能的意义在于，在创造同等体量 GDP 以及生产相同数量、质量的产品同时，所消耗的能源以及排放量均有所减少，从而成为实现减排、碳中和的有效途径。

电机是我国用电量最大的终端用能设备。据统计，电机的总用电量占全社会的 64%左右，其中，工业领域电机用电量约占工业用电量的 80%。大力推进高效电机设备的生产和应用，是加快工业节能与绿色发展的重点领域和重要举措。同时，钢铁行业作为电机使用大户，目前使用高效节能电机的比例还比较少，电机系统运行效率相对也较低，存在大量绿色化改造空间。

湘潭电机股份有限公司研究员级高工周慧玲表示，在冶金企业中，高压电机消耗了绝大部分的电能，其拖动的负载多为离心风机和水泵及轧钢机械负载。而不同的电机在节能方面采用的技术方法也就不尽相同，有些是电机本身不断降耗增效、有些是异步改永磁使低负荷运行时更具节能效益、有些是改变系统从而节能，其中电机是应系统的要求而改变。

在节能方面，为了保障高效节能电机应用的健康发展，国家于 2011 年全面推行高效节能惠民政策，这使得电机行业的发展迈上了一个新台阶。全国各大电机供应商在财政部节能补贴的推动下，主动进行节能优化。随后又在 2013 年推行高压电机能效分级，国家质检总局及国家标准化管理委员会联合发布了《高压三相笼型异步电动机能效限定值及能效等级》国家强制标准。

随着市场竞争的压力，以及我国对环境和能源的日益重视，近年来各钢铁企业开始关注烧结过程的能源利用和污染物排放控制，开始向清洁烧结，绿色烧结转变。烧结烟气循环技术作为一种高效的节能减排技术逐渐在我国钢铁企业中研究实施。

2020 年中国环境保护产业协会发布的《钢铁企业超低排放改造实施指南》提到，鼓励企业结合自身实际，配套烧结机头烟气循环系统。目前已有多家钢铁企业进行了烧结烟气循环工艺改造，节能减排效果显著。

根据国务院印发《“十二五”节能减排综合性工作方案》，新建烧结机必须配套建设烟气处理设施，对脱硫脱硝装置的要求是全部外排烟气都要经过脱硫脱硝。为了适应发展需要，以降低烧结烟气处理装置的基建成本和生产成本，应用节能技术为目的，应在新建烧结机上实施烟气循环工艺。在已经投产的烧结机上实施改造，应用烧结烟气循环工艺，应针对各厂自身的实际情况和需求，站在不同角度，有针对性地实施。

北京中冶设备研究设计总院有限公司能源所所长刘江表示，烧结工序烟气排放量较大，占钢铁企业总排放量的一半以上。随着国家环保要求越来越严格，从 20 世纪开始，相继在烧结厂采用了脱硫、脱硝、二噁英等烟气处理装置。而且不同于燃煤电厂，烧结烟气处理装置面临投资大、运行费用高、效率低、副产品复杂等问题，但如果直接外排烧结烟气则会带走大量的热量，造成能源浪费。因此，针对烧结固体燃料较高问题，能耗仍有降低空间。

王长尧 中国能源报 2020-12-07

## 落实碳达峰，节能降耗刻不容缓

### 全球碳排放现状不容乐观

“今年以来，全球各国受到新冠肺炎疫情影响，今年 4 月全球碳排放量较去年同期下降了 17%左右，然而随着各国经济活动逐步恢复，到今年 6 月全球碳排放水平已恢复至去年同期的 95%左右。”会上，世界资源研究执行副主席兼常务董事 Manish Bapna 指出，“从目前碳排放的情况来看，全球各国仍面临着比较严峻的挑战，去碳化任务仍然艰巨。”

记者了解到，世界气象组织（WMO）最新数据显示，截至今年 11 月，与去年同期相比，地球大气中二氧化碳浓度水平并未出现下降，新冠肺炎疫情对于大气二氧化碳浓度影响微乎其微。

在此情况下，自今年 9 月我国宣布“提高国家自主贡献力度，二氧化碳排放力争于 2030 年前达峰，并努力争取 2060 年前实现碳中和”目标以来，“碳中和”已成为国际社会关注的高频词。

联合国原副秘书长、“一带一路”绿色发展国际联盟咨询委员会主任委员 Erik Solheim 在接受记

者采访时表示，中国此时提出的“2060年前碳中和”愿景十分鼓舞人心，对于全球来说，这正是一针“强心剂”。“在中国提出碳中和目标后，日本、韩国也踏上了相应的道路，这也正是中国领导力的体现。”

#### 节能、低碳是未来能源发展重点

在与会专家看来，碳减排行动已是刻不容缓。与会专家普遍认为，对于我国而言，在我国经济持续增长的情况下，挖掘工业、建筑、交通等领域的节能空间，推动低碳能源发展尤为重要。

“尽管设立了碳达峰目标，但这也并不意味着中国能源需求不再增长。不论是现在还是以后，从长期来看，我国经济总量仍将持续增加。”国家发改委能源研究所原所长周大地在接受记者采访时表示，“‘十四五’期间，节能降耗是一项需要高度重视的问题。在过去的发展进程中，我国工业、交通、建筑等领域都没有将高效节能放在首位，这些领域仍有巨大的节能潜力。”

周大地同时强调称，在“十四五”期间，我国每年新增可再生能源装机需要大幅提高，新增能源装机需要尽可能用非化石能源来解决，新增部分应做到低碳甚至零碳，光伏、风电、水电以及核电等低碳能源不仅需要用于满足需求，更要逐步替代高碳能源。

同时，国家气候战略中心主任徐华清也指出：“我国的碳达峰是建立在最大限度满足老百姓高品质生活需要以及零碳未来的基础之上，但要在未来十年内实现碳达峰，我国也面临着前所未有的困难与挑战。”

#### 倒逼机制、目标导向尤为重要

在会上，多位与会专家强调，碳排放达峰不应以2030年作为设想规划的目标年，“力争2030年前达峰”更意味着“提前”。

徐华清在会上指出：“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，其中最核心的点就是两个‘前’。这是强烈的国家战略意图和政策导向，也明确提出人类需要自我革命，加快形成绿色的发展方式和生活方式。”

周大地也指出，碳排放达峰不应以2030年作为设想或规划的目标年。“如果仅能在2030年碳达峰，这一目标实现得越晚，风险也越大。要实现碳达峰，理应在达峰年前2、3年甚至更早，就开始大幅降低碳排放速度。”

对于未来规划，全国政协经济委员会副主任、国务院发展研究中心原副主任刘世锦则建议，对于碳减排工作来讲，政治意愿以及预期将起到全局性、战略性的作用，在“十四五”规划中应建立一个倒逼机制，具体措施可包括建立制定碳减排总量以及人均指标、将单位GDP碳排放强度列入宏观经济经常性考核指标等。

世界资源研究所中国能源与气候部主任杨晓亮则建议，应在“十四五”规划中全面纳入应对气候变化相关指标，协同推进绿色低碳转型与经济社会高质量发展，加速发展可再生能源，推动市场化减排机制，加强自下而上的地方行动，鼓励先进区域、省市率先达峰，加快疫后绿色经济重建。另外，各行业自发的积极推动，以及民间力量的参与，作用同样重大。

本报记者 李丽旻 中国能源报 2020-12-07

## 日本：太阳能在实现2050年碳中和目标中的作用



日本的一处漂浮光伏电站

在日本实现 2050 年温室气体排放量降至零的政策目标中，太阳能很有可能发挥重要作用。至 2030 财年，太阳能累计装机容量可能达到 130GW-160GW。

上周，就 10 月底菅义伟首相在上任后的首次政策演讲中做出的碳中和承诺，东京一家分析公司 RTS Corporation 举行了网络研讨会。除了提供太阳能市场的最新进展外，专注于光伏市场研究 30 多年的 RTS Corporation 还展望了这一市场 2030 年和 2050 年的发展前景。

RTS 首席分析师 Izumi Kaizuka 表示，日本的目标是建设“绿色社会”，可再生能源、核电和今后的氢气将在其中发挥重要作用。因此，这一政策及其对光伏市场产生的预期效果都是“很好的消息”。菅义伟表示，日本将“从根本上改变燃煤发电政策”，向碳中和转变所带来的产业和社会结构变化会推动经济显著增长。

菅义伟在日本国会上概述了这些目标，之后，他在 G20 全球领导人在线会议中又重申了这些目标。在此之前，日本的目标是 2050 年温室气体减排 80%。与此匹配的是政府经济产业省设定的目标，即 22%-24% 的电力来自可再生能源，主要是太阳能。RTS 的 Izumi Kaizuka 指出，日本当前的产能目标是 2030 年太阳能光伏发电量达到 64GW，今年，日本已经超额完成了这一目标。

在这一目标已经实现的情况下，RTS Corporation 提出了一个更为雄心勃勃，又是可以实现的 2030 年光伏发展新目标，即累计装机容量达到 150GW。公司预计，在 2020 年日本财年期间，即到 2021 年 4 月初，日本将安装 5GW-7GW 太阳能项目。Kaizuka 在网络研讨会上指出，新冠疫情导致一些项目的建设延误。

政策法规改革成型，新商业模式将出现

经济产业省正准备推出第六个能源战略计划文件，其中列出了政策路线图，而环境部也将出台措施，支持太阳能自用和社区使用可再生能源。同时，预计行政改革部将放宽太阳能的分区规定，增加包括废弃农田和部分国家电站在内的太阳能项目的开发地点。

据悉，日本一直在对 2012 年出台的上网电价及其他促进太阳能光伏开发的政策进行全面改革，这些政策都是在此前一年的福岛核事故之后推出的。2012 年，10kw 以下的可再生能源上网电价为每千瓦时 42 日元，10kw 以上的电价为每千瓦时 40 日元。

在连续几年的电价回归后，本财政年度的电价范围是：10kW 以下系统为每千瓦时 21 日元，50kW-250kW 系统为每千瓦时 12 日元，超过这一上限的系统必须参加招标。此外，现在允许 50kW 以下小型系统用户在现场自用一部分发电量，只有多余的发电量才能获得适当的补贴。

RTS Corporation 预计自用市场会有所起色，虽然如此，当前日本光伏市场主要还是由上网电价政策覆盖的项目推动的，大量 2MW 以上的公用事业项目已经拿到合同，但仍有待建设。Izumi Kaizuka 表示，目前仍有超过 20GW 的此类项目(21.9GW)，其中 12.7GW 项目已在开发当中。

未来数年，日本将引入新的市场机制，即上网电价（FIP）机制。目前方案仍在讨论中，尚待决定。同时，日本政府《关于建立灵活的可持续能源系统的法案》（FIP 是其中的一部分）还包括了设定富有竞争力的可再生能源产业的目标以及改革输电网络运营和支付方式的总体规划。

Kaizuka 表示，日本未来的光伏市场将由不同的商业模式组成：从自发自用购电协议，再到地方政府批准的上网电价政策、高压和特高压项目招标等等。鉴于菅义伟首相此前做出的承诺，这些新商业模式很有可能带来市场的快速增长。

太阳能成为“主流电力来源”

Izumi Kaizuka 在 RTS 的同事 Takashi Ohigashi 补充表示，在这一政策宣布后，太阳能光伏将在 2030 年和 2050 年成为日本的“主流电力来源”。在 RTS 创新促进科工作的 Ohigashi 表示，根据公司调查，2030 年，系统价格将降至每瓦 89-111 日元，即每千瓦时的平准化度电成本低于 6 日元。

根据公司分别模拟的一切照旧和加速增长情况，Ohigashi 还预测称，光伏市场将增至 8GW-13GW。至 2030 年，累计装机容量将达到 133GW-165GW。预计户用领域的增长将由包括第三方所有权、无偿安装（“零日元”）和虚拟电站在内的新商业模式驱动。

在回答观众提问时，两人表示，随着市场规模的扩大，自发自用和 VPP 模式的普及，储能会在

未来发挥更大的作用。目前，根据包括日本北部的北海道电力公司在内的一些地区电力公司提出的要求，新建太阳能电站必须包括储能系统以减少停电现象，缓解电网拥堵问题。

然而，日本还没有像其他一些国家那样，通过市场结构让电池和其他储能提供包括频率响应辅助服务在内的电网服务。但 Izumi Kaizuka 表示，未来几年，日本很可能会引入这类机制和机遇。

Andy ColthorpeSe PV-TECH 2020-12-08

## 英拟到 2030 年底至少减排 68%

据英国使馆新闻处最新消息，英国首相鲍里斯·约翰逊 4 日宣布了新的排放目标，与 1990 年水平相比，到 2030 年底英国将至少减少 68% 的温室气体排放。该目标旨在确保英国到 2050 年实现温室气体净零排放，以在全球范围内应对气候变化。

报道称，这是英国在对国内脱碳潜力进行全面分析的基础上，政府各部门确定的英国可能实现的最高目标，也是英国脱欧后制定的第一个目标，同时意味着英国承诺将以领先全球主要经济体的最快速度减少温室气体排放。报道还表示，英国将会通过国内行动而非使用国际信贷来实现这一目标。

该目标紧跟英国 11 月 18 日公布的绿色工业革命 10 项计划，即在创造并支持多达 25 万个绿色清洁就业岗位的同时，消除英国导致气候变化的因素。

“英国率先提出了一个宏大的新目标，这一速度比其他主要经济体都要快，绿色工业革命 10 项计划可助力实现目标。”鲍里斯称，“但应对气候变化需要全球努力，因此在下周气候峰会上英国将敦促世界各国领导人提出各自的宏伟计划，以减少碳排放并设定净零排放目标。”

英国商务和能源部长兼第 26 届联合国气候变化大会主席阿洛克·夏尔马表示：“应对气候变化是我们一生中最紧迫的共同努力之一，需要每个国家采取大胆行动，以防止灾难性的全球变暖。”

据了解，联合国和英国将于 12 月 12 日共同主办全球气候峰会，届时也正值《巴黎协定》5 周年纪念日。本届峰会呼吁全球各个国家在第 26 届联合国气候变化大会前提出各国应对气候变化的自主贡献方案或其他气候目标。第 26 届联合国气候变化大会将于明年在英国格拉斯哥举行。

此前，英国的国家自主贡献目标是将碳排放降低 53%。在 12 月 12 日的气候峰会前，英国将向《联合国气候变化框架公约》提交其国家自主贡献的全部目标和相关信息。

科技日报 2020-12-08

## 杜祥琬院士：“碳中和”目标将带来能源行业新增长点

“十四五”期间，我国可再生能源将迎来前所未有的大发展机遇，可再生能源新材料、新工艺包括储能、节能、绿氢等技术也将获得更多的创新和市场发展空间。

在今天（10 日）召开的第三届（2020）中国城市能源变革峰会暨第二届分布式能源生态论坛上，中国工程院院士、国家能源咨询专家委员会副主任杜祥琬表示，近年来，我国可再生能源行业快速增长，正由“微不足道”变为“举足轻重”，由能源供给的“补充”变为“主流”，将在能源变革和未来能源供给中担当大任。

今年 9 月，中国明确提出二氧化碳排放量力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现“碳中和”的目标。

杜祥琬表示，“碳中和”目标对我国能源行业既是挑战更是机遇，能源行业的投资方向更加明确，将带来新产业、新增长点，实现经济与环境双赢。

“‘十四五’期间，我国能源的增量将主要靠非化石能源，特别是可再生能源提供。”杜祥琬说，一个关键的变化是可再生能源的成本快速下降，2010 年至 2019 年，在全球范围内光伏发电、光热发电、陆上风电和海上风电项目的加权平均成本已经分别下降了 82%、47%、39% 和 29%。

杜祥琬预测，到 2025 年，我国非化石能源在一次能源中的占比将达到 20%，电力在终端能源中占比将超过 30%，非化石电力装机占比达到 50%，发电量占比超过 40%。这涉及水电、风电、太阳能、生物质能、地热等领域，还包括新能源汽车等技术领域和综合能源服务，以及电网、微网、虚拟电厂等新业态。

“分布式低碳能源网络的形成，将培育一大批可再生能源的产消者。这批产消者，自发自用，寓电于民，也可与集中式电网互动。”杜祥琬说，数字化技术、储能技术和调峰技术可以把非化石能源变成稳定输出的优质电源，将在实现能源替代、降低化石能源比例的过程中发挥重要作用。

研究显示，改革开放以来，我国能源的快速增长支撑了经济的高速增长。近年来，我国能效有明显提高，但与先进国家相比差距仍大。“能源结构有改善，但不够革命性。目前能源碳排放强度是世界平均水平的 1.5 倍，不可持续。产业结构偏重、能效偏低、结构高碳，使环境问题日趋突出。”杜祥琬说。

数据显示，从行业看，目前我国电力行业、交通行业、建筑和工业碳排放占比分别为 41%、28% 和 31%。

杜祥琬说，“碳中和”有两个公式，一为碳排放，即能源消耗乘以化石能源的占比，再乘以单位化石能源排放；二为碳汇，包括碳吸收及 CCUS（碳捕获、利用与封存）碳移除。若两项基本相等，即为碳中和。

他说，在化石能源为主的今天，全球和中国降碳的首要措施是“提能效、降能耗”。其次是提速能源替代，在能源结构中，降低化石能源（特别是煤炭），高比例发展非化石能源（特别是可再生能源），使之成为高质量能源。同时增加碳汇。

杜祥琬表示，目前中国能源转型正处在化石能源和非化石能源多元发展阶段，应协调互补，此消彼涨，向绿色低碳、安全高效转型，实现电气化、智能化、低碳化，核心是低碳。“十四五”期间，应坚持煤炭的清洁高效利用；同步推动能源空间格局优化和能源结构优化，重点关注东部地区能源发展战略目标的转变，由能源消费者逐步成为能源产消者。

章轲 第一财经 2020-12-10

## 联合国环境规划署：全球化石燃料年减产 6%才能实现温控目标

本报讯 日前，联合国环境规划署联手多家环境研究机构共同发布《2020 年生产差距报告》。该报告指出，到 2030 年，要实现 1.5 摄氏度温控目标，全球每年必须将化石燃料的产量削减 6%。

据了解，《2020 年生产差距报告》由斯德哥尔摩环境研究所、国际可持续发展研究所、海外发展研究所、E3G 和联合国环境规划署共同完成，来自多个大学和研究机构的数十名研究者参与了研究。

该报告主要研究实现《巴黎协定》目标所要求的煤炭、石油和天然气产量与各国计划产量之间的差距。报告计算发现，两者间的差距依然很大，2030 年前，全球各国的化石燃料计划产量，是实现 1.5 摄氏度温控目标要求产量的两倍。

斯德哥尔摩环境研究所主任迈克尔·拉萨鲁斯指出：“研究非常清晰地表明，如果各国维持当前的化石燃料生产水平，我们将面临严重的气候问题，更何况各国还在计划增加化石燃料产量。”

根据该报告，为实现 1.5 摄氏度的温控目标，全球在 2020 年至 2030 年期间，每年必须分别削减 11%、4% 和 3% 的煤炭、石油、天然气产量。

报告指出，今年以来，受新冠肺炎疫情影响，煤炭、石油、天然气的产量的确有所下降，但是，鉴于多国在疫情前已经制定了增产计划，加上疫情后所采取的刺激措施，未来全球化石燃料的实际产量与实现温控目标的需求将相差甚远，这可能造成严重的气候影响。

报告显示，发达国家中的澳大利亚、加拿大、美国等化石燃料生产大国仍在扩大化石燃料供应。

对此，国际可持续发展研究所可持续能源供应主任依维塔·杰拉辛查克表示：“今年，由于新冠肺炎疫情疫情影响，需求遭受冲击、石油价格暴跌，许多化石燃料依赖型地区的脆弱性再次凸显。他们摆



脱这一陷阱的唯一途径是淘汰化石燃料，实现经济多元化发展。然而，许多国家却持续加码化石燃料生产，造成上述地区的脆弱性进一步加剧。各国应将复苏资金用于经济多元化发展和清洁能源转型，以产生更强大的长期经济发展和就业潜力。”

据了解，报告提出了六个行动领域，并为政策决策者在实施疫情复苏计划时着手削减化石燃料产量提供了方案。这些方案有利于减少各国对化石燃料的支持，限制化石燃料产量，并确保刺激资金用于绿色投资。同时，报告还探讨了如何加强能源转型过程中的国际合作。

联合国环境规划署执行主任英格尔·安德森表示：“各国必须抓住机遇，持续推动经济体和能源体系从化石燃料向清洁能源转移，重建更加美好、公平、可持续、具有韧性的未来。”

姚喆 中国能源报 2020-12-14

## 南澳大利亚州将部署 2MW/8MWh 钒液流电池储能项目

据外媒报道，南澳大利亚州日前宣布将投资 2030 万澳元（合 1536 万美元）部署一个电网规模的太阳能+钒液流电池储能项目，以展示钒液流电池储能系统与太阳能发电设施配套部署所提供功能。

钒液流电池（VFB）解决方案提供商 Invinity Energy Systems 公司将在南澳大利亚州 Yadlamalka 部署一个 2MW/8MWh 钒液流电池储能系统，与其配套的是集成直流耦合逆变器的装机容量为 6MW 太阳能发电设施。钒液流电池（VFB）储能系统不仅可以使太阳能发电设施向电网按需提供电力，还将提供频率控制辅助服务（FCAS）。该电池储能系统将由可再生能源、电池资产优化和贸易商 Habitat Energy 公司调度，这标志着这家合资成立的公司首次进行电网规模电池储能系统的优化和交易。



Invinity Energy 公司的钒液流电池储能系统（VFB）与太阳能发电系统配套部署

澳大利亚可再生能源署（ARENA）在日前发布的一份新闻稿中表示，钒液流电池储能系统被认为是解决澳大利亚中长期储能需求的解决方案。

澳大利亚能源市场运营商和政府今年早些时候发布的《低碳排放技术声明》都强调了这一需求。澳大利亚可再生能源署（ARENA）将代表该国政府提供 570 万澳元资助。该机构将钒液流电池储能描述为适用于大型分布式太阳能项目的固定式长时储能系统。

这个名为 Yadlamalka Energy 项目将部署在奥古斯塔港以北约 80 公里处的 Neuroodla 变电站。澳大利亚可再生能源署（ARENA）表示，该项目在开通运营之后将进入澳大利亚国家电力市场（NEM），它将被用来展示钒液流电池（VFB）储能系统在为电网提供服务方面的潜力。

Yadlamalka Energy 公司创始人兼董事长 Andrew Doman 说：“该项目计划于 2021 年底开通运营，将为南澳大利亚州的电网提供至关重要的支持。南澳大利亚州目前严重依赖间歇性可再生能源的电力，因此供电容易受到阳光和风力不足的影响。澳大利亚可再生能源署（ARENA）提供的资助对于使该项目部署至关重要，我们期待与他们合作。”

Doman 指出，钒液流电池（VFB）储能系统存储太阳能发电设施的电力并在电力需求峰值期间放电，可以利用电网的电价变动来获利。除此之外，还将从提供频率调节服务以帮助电网平衡的获得收入。现有运营的锂离子电池储能项目的分析数据表明，通过提供频率调节服务成为获得投资回报的主要方法。

Yadlamalka 钒液流电池（VFB）储能系统能够以每小时 2MW 的额定功率放电 4 小时，该项目可以每天充放电一次，如果需要的话，还可以实现一天两次充放电，具体取决于定价。而钒液流电池（VFB）储能系统不会像锂离子电池储能系统那样容易退化，并且不易燃。

澳大利亚可再生能源署（ARENA）指出，液流电池可以通过扩大电解液储罐体积来增加其装机容量，与抽水蓄能设施相比，钒液流电池（VFB）储能系统的部署更加轻松快捷。

澳大利亚可再生能源署（ARENA）首席执行官 Darren Miller 表示，钒液流电池（VFB）储能系统可以为澳大利亚市场上更成熟的储能技术（例如抽水蓄能设施和锂离子电池储能系统）提供补充，

他说，“在澳大利亚能源转型中，太阳能和风力发电等可变可再生能源发电量的增长促进了部署储能系统的需求，钒液流电池储能系统可能在满足这一需求方面发挥重要作用。我们期待与 Yadlamalka Energy 公司合作开展这一令人振奋的项目，以展现液流电池储能系统的好处，尤其是能够将可再生能源电力调度到电力需求峰值期间。”

Invinity Energy Systems 公司今年早些时候由美国钒液流电池（VFB）供应商 Avalon Battery 公司和英国钒液流电池（VFB）公司 redT 公司合并而成。

Invinity Energy 公司最近公布了在加利福尼亚州部署四个储能项目的计划，其总储能容量为 7.8MWh。加州能源委员会通过竞争性招标选择了该公司部署这些项目。

刘伯洵 中国储能网 2020-12-14

## **Azelio 公司计划在迪拜部署热储能系统 可实现 13 小时持续放电 使用寿命约 30 年**

据外媒报道，瑞典长时热储能初创厂商 Azelio 公司日前宣布获得其第一笔商业订单。该公司发言人对这一储能项目的规模及其应用进行了解释。他说：“这是 Azelio 公司第一个商业订单，我们的热储能系统是一个装机容量为 13kW 模块化热储能系统。这个名为 TES POD 热储能系统可以在 4~6 个小时充电之后，然后根据需求持续放电 13 个小时。当太阳能发电设施不能提供充足电力时，该储能系统被用来提供基本负载电力。而配套部署的电池储能系统不用于提供基本负载电力，但将用于电网平衡。”

Azelio 公司 TES POD 储能系统采用回收的铝合金作为相变材料来存储热量，然后将热量转化为电能。

Azelio 公司的发言人表示，该公司计划在阿联酋迪拜的一个大型太阳能发电综合体开发项目第四阶段的游客中心内部署一个长时热储能系统。该系统将与穆罕默德·本·拉希德·阿勒马克图姆太阳能发电站（MBR）配套部署。

该公司的热储能（TES）技术将能量转换为热量存储在相变材料（PCM）中，该相变材料由可以加热到 600°C 的铝合金制成，然后使用斯特林发动机将其转换为电能。Azelio 公司发言人声称，其热储能技术可实现 13 小时持续放电时间，并按需提供热量，该储能系统在炎热或寒冷的气候中均可有效运行，预期系统使用寿命为 30 年。

尽管 Azelio 公司没有透露其热储能系统的规模，但表示将与太阳能发电设施和配套部署的一个快速响应的锂离子电池储能系统共址部署。虽然电池储能系统将稳定游客中心微电网的稳定性，但该公司部署的热储能（TES）系统将提供能量转移服务。

Azelio 公司表示，该订单来自该项目的主要工程、采购和建筑（EPC）合作伙伴 ALEC Energy 公司。这份订单对于 Azelio 公司来说具有重要的战略意义，并且是一个重大的里程碑。Azelio 公司还与 ALEC Energy 公司签署另一份谅解备忘录（MoU），计划部署一个装机容量为 49MW 热储能系统，

而 ALEC Energy 公司还将与清洁能源开发商 Masdar 公司和当地大学一起在阿布扎比安装 Azelio 公司的储能系统作为验证项目。

据悉，Azelio 公司已与约旦、印度、墨西哥等国家的合作伙伴签署了谅解备忘录（MoU），并于去年年底与摩洛哥可持续能源局（MASEN）合作在摩洛哥开通运营了该公司首个电网规模储能系统。Azelio 公司在今年 8 月表示，已选择 UL 作为其储能技术的认证机构。

Azelio 公司几个月前在摩洛哥开通运营其第一个电网规模储能项目

Azelio 公司首席执行官 Jonas Eklind 表示：“在迪拜的这个太阳能发电综合体项目中，我们可以向客户展示热储能解决方案，并展示长时储能技术如何以负担得起的方式全天候提供电力。”

虽然在这个太阳能发电综合体项目总体开发计划中，到 2030 年最终将部署装机容量为 5GW 的太阳能发电设施，但第四阶段将部署装机容量为 950MW 的聚光太阳能发电（CSP 设施）和太阳能光伏发电设施（PV）。该项目目前已经部署的太阳能发电设施的装机容量为 1,013MW。

负责该项目的迪拜电力和水资源管理局（DEWA）在 11 月下旬表示，这个太阳能发电综合设施的第四阶段项目将拥有持续放电时间 13 小时供电能力，能够全天候提供能源”。

而迪拜电力和水资源管理局（DEWA）旗下的 Noor Energy 1 公司将与沙特阿拉伯可再生能源开发商 ACWA Power 公司开展合作，负责设计、建造和运营这个太阳能发电综合体项目。

中国储能网 2020-12-15

## 日本“脱碳”之路不平坦



图为位于日本大分县的光伏发电站。苏海河供图

今年的 12 月 12 日是《巴黎协定》签署 5 周年。近来，世界各国为应对气候变化，实现 2050 年碳中和目标，纷纷发表 2030 年行动计划，绿色发展成为拉动世界经济的新引擎。据国际能源机构测算，2050 年之前世界新能源投资每年将达 1.2 万亿美元（1 美元约合 6.5 元人民币），且将带动世界 GDP 增长 3.5 个百分点，并为全世界创造 900 万个就业机会。对此，日本首相菅义伟在其首次国会施政演说中也提出到 2050 年实现碳排放中和目标。但是，日本采取的措施与西方主要国家有所不同，被日本媒体称作“路径纷争”。

汽车产业路径骑虎难下

自《巴黎协定》签署以来，各国为减少碳排放，纷纷开发利用太阳能、风能等可再生资源。与他国不同，日本更加注重提升石化能源效率，通过降耗实现减排。

根据 2018 年统计，日本碳排放中的 16%来自汽车，而且日本是全球汽车制造大国，所以日本汽车业能否实现零排放具有重要意义。与世界主要国家将充电式汽车定义为电动汽车的概念不同，日

本提出的电动汽车是包括油电混合、氢燃料发电等不同动能的汽车在内的。可是，由于欧美部分国家限制油电混合汽车，氢能源车普及难度大，日本汽车产业减排之路漫漫。

在欧洲、中国等地开发普及充电式电动汽车之时，日本的重点放在了普及油电混合动力汽车上。日本政府和汽车业界当初作出这一判断的逻辑是，即便充电汽车零排放，但如果发电系统不减排也难以减少环境负荷，油电混合汽车却能实现真正减排。可是，日本这一逻辑已被现实否定。最终结果是当其他国家实现电动汽车零排放时，日本的油电混合汽车仅仅实现了低排放。日本第一生命研究所研究员熊野英生认为：“如果日本企业坚持油电混合动力发展方向，将与国际市场脱节，最终影响其长期战略。”此外，有专家指出，日本汽车制造业产业链固化，在全国 6730 万就业人口中，从事汽车制造、销售、服务的从业人员达 540 万人，大型汽车公司又关联着众多零部件供应商，如果取消传统汽车，还将引发严重失业问题。

再看氢能源车，根据日本政府 2017 年制定的氢气基本战略，到 2030 年氢气采购量将达到 30 万吨，生产成本降低 2/3，并使氢燃料电池汽车普及率达 80 万台，家庭用氢燃料发电设备达 530 万台。

但现实情况是，尽管在巨额财政补助下，丰田、本田汽车开发出了世界领先的氢能源汽车，但由于价格昂贵以及充气站不足等原因，导致氢能源车无法普及。6 年来，全国仅销售了 4000 辆。加之日本氢气生产力不足，需要依赖进口，价格偏高，到今年底销售量仅达到政府目标的十分之一。因此，2050 年之前不可能用氢能源汽车完全代替化石燃料汽车。统计显示，自 2014 年首台氢燃料电池汽车面世以来，日本在全国建立的充气站将近 140 所，尚有 16 个县无充气站。日本政府计划到 2030 年将充气站扩建至 900 所。12 月 7 日，丰田汽车、三菱住友银行等 88 家企业合作成立氢能源推进协议会，旨在普及氢能源技术。12 月 9 日，丰田汽车的新一代氢能源汽车“未来”上市，一次充气的行驶里程可达 850 公里。但每台达 800 万日元（1 日元约合 0.06 元人民币），虽然补助金最高可达 225 万日元，但普通家庭仍难以接受。

#### 政策加码各地积极行动

日本政府将减排和数字经济作为引导后疫情时代经济发展的两大重要引擎，并致力于向世界出口节能减排技术。为此，政府将从财政和税制上激励企业投资节能减排，新出台了本年度第三次经济对策，设立 2 万亿日元基金，鼓励新能源、新科技研发。同时，新税法修正案对开发新型电池、半导体等项目和风力发电等投资额的法人税予以 5%至 10%减免。此外，日本经济产业省还提出了扩大减排技术出口的贸易保险额度，理赔额从 90%提升至 100%，以鼓励相关企业对外投资出口海上风力发电、氢能源等技术。同时，日本政府决定明年在政府设施采购中，来自风能、太阳能等新能源电力的比例达到 30%，以表明国家为实现 2050 年碳中和的决心。日本环境省提出其所管辖的全部设施 2025 年达到 90%、2030 年全部采用可再生能源。

当下，日本钢铁、化工、机械等制造业也是排放大户。据日本国立环境研究所最新统计，2019 年度日本二氧化碳排放量为 10.3 亿吨，其中制造业占比达 36%。这些传统行业也在努力实现减排目标。日本最大的钢铁企业——日本制铁公司日前宣布启动对化石燃料的高炉改造工程，引进氢氧制铁法，增加电解炉，目标是到 2050 年实现零排放。不久前，川崎重工业公司在神户建成 1000 万千瓦级氢气发电站。

现实迫使充电式汽车成为日本政策的唯一选项。近来，日本政府开始鼓励充电汽车发展，丰田、本田、日产等车企纷纷推出充电车型。同时，政府不仅对购置环保车型提供购车补助，还在税收方面实施优惠政策。不过，目前日本电动汽车发展环境尚不完善，充电站不足，制约了充电汽车的普及。据统计，目前日本全国快速充电桩只有 3 万个。

据报道，日本经济产业省正在研究到 2030 年中期停止纯燃油汽车生产，全部采用电动汽车，各地方政府更是积极行动。东京都更先于政府宣布 2030 年开始全部销售电动汽车，为此将修改条例，放宽充电桩设置标准，并为住宅区、公务区设置公用充电桩提供财政补助。横滨市在 2018 年就发表了 2050 年零排放宣言，新建成的市政府大厦，已经完全采用可再生能源。德岛县在全国率先制定“脱碳条例”，提出尽量利用当地生产的可再生能源。熊本县提出可再生能源产地销计划，并与周边 18

个市町村共同发表了 2050 年零排放宣言，将在近期内出台生物发电行动计划。截至目前，已有 187 个地方自治体提出了 2050 年零排放目标，覆盖人口占到日本总人口的 68%。在碳排放大户发电行业的 10 家电力公司中，冲绳电力公司宣布 2050 年实现零排放，东京电力公司称正在研究实现零排放的具体步骤，并将“脱碳”作为提升企业形象的重要手段。

根据日本政府原定减排目标，到 2030 年实现碳排放比 2013 年减少 26%，这显然无法实现 2050 年碳中和目标。当前，虽然菅义伟政府致力于追赶并领先世界能源发展潮流，但具体落实举措还有待观察。

苏海河 经济日报 2020-12-15

## 山东：科学构建新能源供热体系 多措并举推进清洁供暖

冬季供暖是关系国计民生的大事。目前我国供暖能源结构依然以煤炭为主，供暖系统中有 60% 以上的热源来自燃煤锅炉或燃煤的热电生产，不可避免地对环境产生了污染。推进冬季清洁供暖，是打赢蓝天保卫战，改善群众生活质量、推进高质量发展的重要举措。青州市围绕加强生态环境建设和提高保障改善民生水平的目标要求，以保障群众温暖过冬、减少大气污染为立足点，按照企业为主、政府推动、居民可承受的方针，因地制宜多措并举推进新能源供热，探索出一条安全、绿色、节约、高效、适用的冬季清洁供暖“青州路径”。

污水源热泵供暖温度不低于 20℃

12 月 8 日，室外温度不高，青州市阳光华苑小区刘先生家里，却是暖意融融。他家里的温度计显示室温是 24℃，在家里厚衣服根本就穿不住，只穿一件薄秋衣，就特别舒适，天气好的时候，甚至还需要开窗通风。自去年搬进新家后，他家里的温度没有低于过 20℃。

与普通的住宅小区不同，这个小区并不是使用集中供热管网取暖，采用的是污水源热泵这种新能源供暖方式，目前来看效果还不错。阳光华苑小区位于青州市东城片区，受地理条件限制，建成后一直无法纳入城市集中供热管网，而小区居民又迫切渴求集中供暖。为了让小区居民能温暖过冬，青州市创造性地在该小区推行了这种新能源供暖方式。

“以前我们都是靠自己烧炉子取暖，不仅费用高，比较脏，供暖效果还不好，家里老人小孩更遭罪。”刘先生说，本来以为小区没热源，又是管网盲区，短时间内通暖无望，没想到被政府用这种新能源供暖方式给解决了，去年开通供暖以后，效果一直非常不错，大家伙都很高兴，非常感谢政府。

另外一位小区居民李仲良说，刚开始他们还不知道这种新型供暖方式效果是否能够让人满意，但小区迟迟无法接入集中供热管网，没法享受集中供暖，家里有老人有孩子，冬天实在太难熬了，所以政府提出在小区里使用污水源热泵供暖时，居民们都纷纷支持。自去年供暖以来，他家里的温度一直没有低于过 21℃，供暖效果出乎意料的好，非常满意。

在潍坊首创污水源热泵供暖 实现污水循环利用

青州市东城片区，建有一座污水源供热中心，这里有 4 台污水源热泵机组，从青州市美陵污水厂达标排放的中水里提取低温热能，通过专用热回收装置将其提升为高温热能，为青州市政务服务中心、阳光华苑、凌云居等地提供供暖服务。

虽然这种供热方式名字叫做污水源供热，但实际上使用的并不是污水，而是经过无害化处理后的中水，这种水对人体没有任何坏处，反而是一种不可多得的清洁能源。中水的排放温度高于 15℃，一年四季的水温都很稳定，如果白白排放掉，会造成资源浪费。利用先进的热泵供热技术对这些中水进行再加热，将这些低品位的热能，转化为高品位热能，以此来向覆盖区域进行供热。

污水供热的核心设备就是热泵，这是一种将低温热源的热能泵入高温热源的装置，其工作原理与冰箱压缩式制冷剂一致。即温度较高的污水流经蒸发器时，将热量传递给蒸发器内的低压液体制冷剂，污水自身温度降低，制冷剂蒸发成气体，并流向压缩机，压缩机将气体制冷剂压缩成高压气体并输送到保温水箱里的冷凝器，高压气体在冷凝器中凝结成液体，把热传递给水箱里的水，使供

热管道内水源温度上升。而凝结的液体制冷剂会流回蒸发器与污水换热。如此周而复始，实现供暖功能。

青州市已经建成并投入使用的污水源热泵供暖，在潍坊市范围内属于首创，与传统的供热模式相比，这种供热方式具有环保效益显著、高效节能、运行稳定可靠等显著优点。不仅可以解决冬季取暖问题，夏天也可以为周边小区、单位提供冷源以及中水回用条件。

在运行过程中，中水与其他设备或系统不会产生接触，密闭循环，不污染环境和其他设备。供热的时候，能够省去燃煤、燃气、燃油等锅炉房系统，没有燃烧过程，避免了排烟污染；供冷时省去了冷却水塔，避免冷却塔的噪音及霉菌污染。不产生任何废渣、废水、废气和烟尘，环境效益显著。

#### 建设新能源供热中心 推动绿色节能供暖

青州市福宁小区10号楼居民朱家平家中，室温同样非常高，温度在20℃以上。和阳光华苑小区一样，福宁小区同样是使用新能源供热，不同的是这里采用的是土壤源热泵供暖方式，效果同样很棒。

福宁花园小区位于青州市南部科教创新园区，目前同样因为地理位置的原因，没有接入集中供热管网。为了让小区居民能够温暖过冬，青州市在充分调研该片区实际情况的基础上，决定在该小区因地制宜，先推行土壤源热泵供暖。

与之情况类似的还有青州市东南部艺术小镇区域，同样是因为距离青州市中心城区距离较远，目前的城市集中供热管网无法覆盖，但居民又有比较强的供热需求。为此，青州市在这两个区域，分别建设一处集地源热泵、能源塔热泵、空气源热泵、相变蓄热等多能源互补的供热中心，以满足两处区域的供热需求。

目前两处供热中心的一期建设，主要是以地源热泵为主热源，地源热泵是一种利用地下浅层地热资源既能供热又能制冷的高效节能环保型空调系统。地源热泵通过输入少量的高品位能源(电能)，即可实现能量从低温热源向高温热源的转移。

在冬季，可以通过使用土壤源热泵，把地下土壤中的热量给“取”出来，进行处理提高温度后供给室内用于采暖；在夏季，则可以把室内的热量“取”出来释放到土壤中去，在给室内降温的同时，常年能保证地下温度的均衡，绿色节能环保，而且供热效果非常好。

未来，这两处供热中心还将大力推进能源塔热泵、空气源热泵、相变蓄热等多能源供热方式，为片区居民提供更优质节能环保的供暖服务。

#### 龙头企业示范带动 推广新能源供热项目

推进冬季清洁取暖，是践行以人民为中心的发展思想、满足人民日益增长的美好生活需要的内在要求，是打赢蓝天保卫战、改善群众生活质量、推进高质量发展的重要举措。

为了提高民生水平，保障群众温暖过冬，减少大气污染，青州市根据《北方地区冬季清洁取暖规划(2017—2021年)》和《山东省冬季清洁取暖规划(2018—2022年)》有关要求，结合青州市实际情况，编制《青州市清洁供暖专项规划》，科学确定全市清洁取暖发展目标、推进策略、技术路线和保障政策，指导全市清洁取暖积极稳妥有序推进。

同时，青州市还按照企业为主、政府推动、居民可承受的方针，在潍坊市打造了首家利用污水源、土壤源、相变蓄热等多种新能源模式供热的供热企业青州市万信新能源工程有限公司，在青州市全市范围内大力推广新能源供热项目，由政府给予企业政策扶持，以企业为主进行投资，在不给居民增添负担的情况下，为广大居民解决冬季供暖问题。

目前，在全国各地都有小区试点推行土壤源热泵、空气源热泵、相变蓄热等新能源供暖方式，但成效有好有坏，所以广大居民对于这些新能源供热方式，总体上还是持怀疑态度。但青州市走出了一条不一样的道路，利用打造的龙头企业，在城区范围内因地制宜推广新能源集中供热，目前来看成效还不错。

青州市住建局相关负责人介绍，开发商自己建造的新能源供热项目，受制于资金、养护管理和工艺水准等多重因素，更多还是以“单打独斗”方式出现，供暖效果不能保证。青州市政府对企业给

予政策支持，督促以万信新能源工程公司为代表的新能源供热企业，持续加大投资力度，采用国内尖端技术，连片集中发展新能源供热，已经初步形成规模，效果比较突出。

#### 多措并举推进清洁供暖 探索清洁供暖“青州路径”

自 2016 年开始，在青州市政府的倡导支持下，青州市万信新能源工程有限公司投资 1000 万元，在青州市东城新区铺设美菱污水处理厂至东城新区供热站 3.8 公里的中水管网。2017 年投资 4950 万元，建设了污水源供热中心。今年又投资 5 亿元，启动南部科教园区和东南部艺术小镇两处新能源供热中心建设，目前正在建设中。

青州市在积极争取气源指标，实现中石化、中石油双气源保障基础上，有序推进煤改气供暖，在充分考虑资源禀赋、清洁能源供应保障等因素情况下，按照供用气合同落实的气源，合理确定煤改气规模，有序推进煤改气清洁取暖。目前，青州市全市燃气管网已铺设 800 余公里，积极推广利用天然气壁挂炉等进行供暖，现已有冯宫小区、市场小区等 70 个小区 5000 户采用了天然气供暖，全市天然气供暖面积达 5 万余平方米，青州市清洁取暖体系初步形成。

接下来，在符合清洁利用标准的基础上，青州市还将按照宜气则气、宜电则电、宜煤则煤、宜热则热、宜可再生能源则可再生能源的原则，因地制宜多措并举推进冬季清洁取暖，构建安全、绿色、节约、高效、适用的清洁取暖体系，为加快推进新旧动能转换重大工程、提升群众获得感幸福感作出积极贡献。

#### 清洁取暖面积连年攀升 节能减排效果凸显

青州市持续推进地热能、污水能、工业余热等清洁取暖方式，为减少化石能源消费、增强取暖方式的灵活性和多样性，打赢蓝天保卫战作出积极贡献。最近几年，青州市城区清洁取暖面积连年攀升，节能减排效果凸显。截止到现在，青州市全市清洁取暖面积已达 1600 万平方米，清洁取暖户 13 万户。

目前，在青州市东城片区，现利用污水源热泵提供供暖服务，供暖面积达 70 万平方米，并计划新增空气源热泵、地源热泵等新能源热源，使供暖面积达到 200 万平方米，每年可节约标准煤 2 万吨。在东南部中晨艺术小镇、南部科教园区启动的这两个多能源互补的供热中心建设，一期建成后可满足 180 万平方米供暖需求，与传统燃煤供暖相比每年可减少标准煤量 20646 吨，并减少二氧化硫 175.5 吨、二氧化碳 54090 吨、氮氧化物 152.784 吨。全部建成后，可满足 930 万平方米的供暖需求，与传统燃煤供暖相比每年可减少标准煤量 10 万吨，并减少二氧化硫 900 吨、二氧化碳 27 万吨、氮氧化物 700 吨，实现污染物的零排放。

另一方面，青州市还投资 4 亿元启动工业余热引入集中供暖管网工程，铺设 DN1000 的管网，将弘润石化、博奥炭黑等工业企业的生产余热，通过供暖管网引入集中供暖管网，工程完成后，可满足 700 万平方米的供暖需求，可减少标准煤量 8 万吨。

未来，青州市还将按照起点高、技术强、规模大的要求，多维度多方位地推动清洁供暖，采取应对减排和气候变化、缓解能源及环境问题的有力措施，打造更多民生工程，服务百姓，惠及大众。同时，探索出一条内在安全、结构简单和经济合理的清洁能源推广路径，为缓解北方城市供暖期雾霾问题提供有益借鉴。

中原新闻网 2020-12-15

## 《2020 年中国碳价调查报告》：调查报告:全国碳市场预计五年内趋于成熟

12 月 8 日，由中国碳论坛、ICF 国际咨询以及北京中创碳投共同编写的《2020 年中国碳价调查报告》（下称“报告”）在北京发布。报告称，目前我国重点排放企业已在为碳市场建立积极筹备，业内普遍认为，全国碳排放交易体系预计将在未来五年内趋于成熟完善。

据介绍，这一报告收集了 567 位各行业人士对于中国碳市场预期的反馈。在受访者之中，约有 75%来自于重点排放行业，其中有 32%的受访者来自于当前我国碳市场试点地区，67%来自于非试点

地区。分析认为，此次报告调研的范围已覆盖到全国绝大部分省市，全国各地对碳市场的参与度已越来越高。

报告结果显示，约半数的受访者预计全国碳市场将于2021年正式启动交易，电力行业将是首先纳入交易的重点领域，随后碳市场涵盖范围最有可能纳入水泥、钢铁、化工、电解铝等重点排放行业。同时，超过70%的受访者认为，在2025年前我国能够建立一个成熟完善的碳市场。

据记者了解，此次碳市场调查开展于2020年7月至8月，调查开展后不久，我国就作出了力争在2060年实现碳中和的重要承诺。报告共同作者之一、欧洲环保协会中国办事处首席代表龙迪（DimitrideBoer）认为，调查结果表明了受访者对中国气候行动的信心。“即使在中国作出碳中和承诺之前，同时也有疫情的挑战，市场仍预期全国碳市场将很快启动。”

报告预测称，在建立之初，全国碳排放权交易价格预期约为49元/吨，到2030年碳价有望达到93元/吨，并于本世纪中叶超过167元/吨。同时，考虑到我国在调查开展之后作出了碳中和承诺，报告作者认为，最新价格预期很可能高于调查结果。

据记者了解，在2013年至2016年期间，我国已在北京、重庆、上海、天津、深圳五个城市以及广东、湖北和福建三个省份相继启动碳市场试点，在配额分配机制、覆盖行业、抵消机制等方面进行了尝试。在今年11月，生态环境部发布《全国碳排放权交易管理办法（试行）》和《全国碳排放权登记交易结算管理办法（试行）》并就两项文件公开征求意见，也成为了自碳市场试点启动以来首次发布的国家层面系统性规则。

我国碳市场建立在即，报告结果却显示，在调查过程中，有超过半数的受访企业准备仍有所不足——“不知何时会被纳入碳交易市场”、“企业领导不够重视”、“没有专职员工负责碳资产管理和排放交易业务”等反馈均出现在报告回复之中。

对此，报告援引一位来自湖北某电力公司受访者的建议称，在加入全国碳排放权交易体系前，“公司内部相关制度建设、部门职责分工需要进一步优化”。同时，也有业内人士建议，纳入碳排放体系的公司需要开展相关法律法规的内部管理和培训。

报告结论称，从近几年的调查结果来看，业内人士普遍认为碳排放权交易体系的建设将对投资决策产生越来越大的影响。龙迪指出，随着气候转型在中国和全球范围内蓄势待发，企业在作出投资决策时，应该将碳价这一重要因素考虑在内。

联合国开发计划署驻华代表白雅婷（BeateTrankmann）在发布会上表示：“碳价反映了燃烧化石燃料的所有成本，是激励低碳经济转型的重要因素，也是我们应对气候变化、实现可持续发展目标所作出的共同努力的一部分。”

能源基金会中国低碳转型项目主管陈灵艳则指出，最近我国提出的碳达峰以及碳中和目标对市场释放了一个强有力的信号，但同时也需要大量的资金和人力投入来实现这一目标。为此，她强调：“要实现气候目标需要公共资金与市场资源形成合力，在‘十四五’期间，建议我国环境部门和金融部门进行更多的对话，更加关注碳市场以及碳金融的衔接，在碳市场的机制设计等方面开展更多的协调工作。”

联合国开发计划署亚太区高级经济顾问郝博霖（BalázsHorváth）也强调，中国碳市场的建立很可能影响到未来可再生能源等行业的投资决策，各大机构以及企业在作出投资决策时，应更多地关注未来碳价预期，而不仅仅局限于当下的碳价。

报告的另一位共同作者——中创碳投公司副总经理钱国强则表示：“碳价将是推动减排的重要手段之一，这对中国实现到2060年建成一个碳中和社会的长期愿景尤为重要。我们希望全国碳市场能尽快开始交易。”

李丽旻 中国能源报 2020-12-16



## 广东碳交易累计成交额居全国第一

应对气候变化是经济社会发展的重要战略和加快经济发展方式转变及经济结构调整的重大机遇。今年9月22日,我国提出碳减排新目标: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,并多次向国际社会表态,显示出我国做好应对气候变化工作的坚定决心和必胜信心。

广东始终高度重视推动绿色低碳发展工作,作为国家首批低碳省试点和碳排放权交易试点,广东充分发挥绿色低碳引领生态文明建设和增强可持续发展能力的作用,积极探索低碳发展体制机制,超额完成国家碳强度下降约束性指标,十年累计下降超44%。

在碳排放交易方面,截至今年12月,广东省碳排放配额累计成交量1.69亿吨,累计成交金额34.89亿元,占全国碳交易试点的38%,继续位居全国第一。在全国应对气候变化工作中发挥了先锋模范作用。

广东碳市场健康运行,减碳增效激励作用明显

由于不同企业的二氧化碳减排成本各不相同,与其他商品交易一样,温室气体排放权也可以进行交换。碳交易有效促使社会整体减排成本下降。因此,碳排放权交易成为市场经济框架下解决碳排放问题最有效率的方式之一。

2013年12月,广东省正式启动了碳排放权交易,至目前,已经走过了7个履约年度,实现碳排放总量和强度双下降。

目前,广东碳市场年度排放配额总量达4亿吨左右,配额规模排名全国第一、全球第三(仅次于欧盟、韩国碳市场)。经过六年多的不断探索,广东逐步将占全省碳排放约65%的钢铁、石化、电力、水泥、航空、造纸等六大行业约242家企业纳入碳市场范围,交易量及交易额均居全国七个试点碳市场首位。

值得一提的是,广东省是国内碳交易中唯一实行配额免费和有偿发放相结合制度的试点,2013年以来共组织了17次有偿配额竞价拍卖,拍卖收入超过8亿元。2013年企业免费配额的比例为97%,2014年电力企业进一步降低到95%。企业既获得了大部分免费的碳资产,又承担了一定的减排压力,体现了“资源稀缺、使用有价”的理念,提高了企业主动减碳的意识。

据了解,广东碳市场运行以来,减碳增效激励作用明显,超过80%的控排企业实施了节能减碳技术改造项目,超过60%的控排企业实现单位产品碳强度下降,除了石化行业因为油品升级使控排企业单位产品碳排放没有下降之外,其他五个行业控排企业单位产品碳排放均呈总体下降趋势,电力、水泥、钢铁、造纸、民航行业单位产品碳排放量分别下降11.8%、7.1%、12.7%、15.9%、5.4%。

对于如何衡量碳交易市场是否健康,广州碳排放权交易所总经理孟萌认为,需要关注四个维度:一是市场的配额分配方案是否合理科学、公开透明;二是交易市场的组织是否公平、公正、公开;三是后续的核查机制是否合理、严格;四是全流程的信息披露过程是否完善。

事实上,广东省早已建立起较为完善的碳排放信息报告核查机制。从2014年开始,控排企业和第三方核查机构违反《广东省碳排放管理试行办法》的行为将被纳入金融征信系统,同时还建立了第三方核查机构“黑名单”制度,纳入“黑名单”的核查机构将不予安排核查任务。

此外,广东省还建立交易信息管理和风险管理制度,实时公布交易行情、交易价格、交易量等信息,对交易活动进行风险控制和监督管理。通过加强市场监管,广东省进一步增强碳排放相关数据的准确性、交易的公平性和管理的透明性,推动碳市场的健康和可持续发展。

小微企业减碳激励机制建立,低碳生活理念融入居民生活

随着广东省碳市场的健康发展,其交易产品也不断丰富。为发挥碳市场的绿色融资和服务实体经济的作用,广东先后推出了配额抵押融资、配额回购融资、配额远期交易等多个碳金融相关业务产品;研究开发碳期权等更丰富的碳金融衍生产品,并大力支持和鼓励银行、保险公司、基金公司等发展碳金融服务业务,争取将碳资产打造成为企业的新型融资工具。

另外,广东还创新性地建立了碳普惠制核证减排量管理体系,主要基于小微企业、家庭及居民

低碳行为的自愿减排项目的开发管理及市场交易系统，涵盖林业碳汇、分布式光伏发电与节能家电使用等低碳领域，并建立与广东省碳排放权交易市场的有效制度连接。

碳普惠工作与市民息息相关。以中山市为例，2020年，该市把建设碳普惠试点社区、校园或企业减排项目纳入该市十件民生实事，推动低碳城市建设。

作为广东省唯一一个社区类近零碳排放试点项目，中山市小榄镇北区社区开创了社区建设近零碳排放区示范项目的先河。目前，北区社区建成了低碳驿站、太阳能光伏屋顶、太阳能充电桩、智能垃圾分类系统、雨水回收、太阳能路灯等低碳设施，形成了低碳生活宣传及文化推广常态机制，逐步将低碳生活理念融入社区居民日常生活，取得了显著成效。

据介绍，该社区人均碳排放为0.818吨，可再生能源利用率达5%，社区绿化率达50%，各类指标均达到或超过广东省低碳社区评价指标标准，受到了省发展改革委的高度肯定，得到了国内低碳领域专家的认可。

而在达能（中国）食品饮料有限公司中山工厂，同样进行着减排探索。2017年，该公司分布式光伏发电项目顺利并网试运行，借助技术的力量减少碳排放，截止现在，累计光伏发电超过8240MWH，累计二氧化碳减排约8212.4吨。

在个人层面，广东省也在逐步形成公众低碳行为减排量核算方法学体系，公众低碳意识逐步提升。截至2020年10月初，碳普惠平台商城累计提供约220种商品，累积发放碳币约250万个，累计兑换碳币29万个。截至2020年10月初，累计备案签发来自森林碳汇、分布式光伏发电、共享自行车骑行等项目152.25万吨PHCER（碳普惠核证自愿减排量）。PHCER累计成交量380.57万吨，成交金额6851.93万元。

生态林纳入碳汇交易体系，林业碳汇交易助力生态扶贫

碳普惠制是广东在全国首创的为市民和小微企业等节能减碳行为赋予价值的减碳激励机制，而林业碳汇碳普惠制则充分考虑生态质量和生态效益，让更多地方森林的经营和保护产生的生态效益得到体现。

肇庆市怀集县的红光村是广东省省定贫困村，由于基础条件差，村民的生活十分贫苦。最近，该村通过“卖空气”的方式，让村集体年收入增加了12.4万元，首次突破了30万元的大关，村子成功摘掉了贫困村的帽子。村民笑逐颜开，真真切切地感受到“绿水青山就是金山银山”。

基于广东省碳排放管理和交易法规制度体系，高碳排放行业碳排放量超标则必须通过碳排放交易市场，购买碳排放指标，而在碳排放指标的供应方中，就有像红光村林地这样拥有净碳能力的项目。

这所涉及的就是生态补偿机制的林业碳汇。林业碳汇指利用森林的储碳功能，通过造林、再造林和森林管理，减少毁林等活动，吸收和固定大气中的二氧化碳，并按照相关规则与碳交易相结合的过程、活动机制，直接把林地自然生态资源变成纯收益。

事实上，红光村的案例并非个案，早在2017年，广东省级林业碳普惠核证减排量达成的第二笔交易，其来源就是韶关市的贫困村——翁源县翁城镇沾坑村。

近年来，广东省全面推广基于林业碳汇的生态补偿模式，全省符合开发标准的生态林均可纳入碳汇交易体系。

广东通过搭建林业碳普惠制平台并与碳排放权交易平台对接，实现了林业碳普惠减排量用于省内控排企业碳排放配额的抵消，形成了高耗能、高排放地区对经济欠发达生态功能区的市场化长效补偿机制。

数据显示，至目前控排企业累计购买了150多万吨的林业碳汇，为贫困地区、革命老区、民族地区的省定贫困村以及生态发展区带来2500万元收入，为广东的精准扶贫、生态扶贫提供了有效的补充手段，也是区域协调发展市场化生态补偿机制的新尝试。

陈伟峰 南方网 2020-12-17

## “降碳”已成大气污染治理“牛鼻子”

“近年推出的‘大气十条’行动、打赢蓝天保卫战三年行动计划等，让空气质量改善非常明显。但目前，治理正进入相对困难的瓶颈期，越到后期、难度越大。若把现行措施比作‘地面攻打’，如今仅仅靠地面力量已经越来越费劲，急需呼叫‘空军’支援，为深度治理大气污染提供强有力的推动。”临近“十三五”末，大气污染防治迎来阶段性收官，在谈及治理现状时，中国工程院院士、清华大学环境学院教授贺克斌如是说。

贺克斌口中的“空军”，是指当下备受关注的应对气候变化行动。为持续改善空气质量，产业、能源、交通及用地结构调整是必须触碰的难点，而它们的结构调整恰恰又与‘减碳’紧密关联。碳减排目标及碳中和愿景，为进一步实施大气污染防治提供了现实可行性，蓝天与低碳的目标应协同推进。

### 大气污染格局发生变化

以“十三五”规划提出的两项大气环境约束性指标——地级及以上城市空气质量优良天数、PM2.5未达标地级及以上城市浓度为参照，治理进展有目共睹。

中国工程院院士、北京大学环境科学与工程学院教授张远航给出一组数据：2015年，PM2.5达标城市有106个，截至去年，这些城市的PM2.5浓度平均再降10.8%，其中75个城市已无重污染天气。当时未达标的231个城市，到去年PM2.5浓度平均下降22%，提前完成“十三五”目标。最新统计虽还没出，但从今年情况看，完成地级及以上城市空气质量优良天数的概率很大，预计可圆满完成“十三五”目标。

但张远航同时表示，受多重因素影响，大气污染格局也在发生深刻变化。由污染源直接排放到大气中的一次污染物浓度下降，二次污染特征日益凸显。“多污染物+多介质+跨行业+全过程”的协同防控，显得越来越重要。

中国工程院院士郝吉明也称，蓝天保卫战虽已取得阶段性胜利，但我国大气污染防治仍整体处于初期阶段，与世界卫生组织提出的10微克/立方米指导值差距很大。“为此，我们进一步提出气候友好的大气污染防治策略，协同控制大气污染物与温室气体，突出以降碳为源头治理的‘牛鼻子’。”

而在协同控制过程中，能源被视为重中之重。贺克斌表示，要达到《环境空气质量标准》提出的PM2.5浓度一级标准，即15微克/立方米，不与减碳结合是非常困难的。“其中，能源结构调整将做出最大贡献。要实现15微克/立方米，70%左右是能源结构调整的贡献；要降到10微克/立方米，贡献则在75%以上。”

### 能源是二者协同的基础

蓝天与低碳为何能够协同控制？记者了解到，二者“同根同源”，在规划目标、治理主体、实际措施等多方面相互渗透。

国家发改委能源研究所能源环境与气候变化研究中心主任熊华文表示，从城市排放清单来看，70%以上的大气污染物排放与生产、生活用能紧密相关；在温室气体排放中，来自能源部门的贡献占到72%左右。能源是空气质量与温室气体协同控制的基础，二者同等重要。2020年前，以空气质量改善为主，带动二氧化碳减排；随着碳中和目标的提出，今后将更偏重以碳减排推动大气污染防治。

以机动车污染为例，郝吉明表示，我国不断推动“车-油-路”一体化的污染控制进程，排放标准也与国际最严接轨。通过多项措施，交通领域氮氧化物排放削减约60%、挥发性有机物等其他污染物削减量超过80%。而上述措施，对于机动车排放达峰、低碳交通发展而言同样关键。

“我国已成为全球电动汽车产销第一大国，2017-2019年，电动车销量占据全球市场半壁江山。通过全生命周期的分析显示，直至2030年左右，电动汽车发展将对空气质量、人体健康和温室气体减排产生综合效益，且推广成本远低于温室气体减排单一措施所付出的成本，经济上也有合理性。”郝吉明称。

以能源为基础，二者在治理目标、路径及实施主体等方面也有诸多共同点。熊华文举例，空气质量改善目标与应对气候变化目标均已纳入国家规划体系，且统一划归至生态环境部进行管理。再

如，高耗能企业同为二者的治理重点，产业结构调整、能耗强度和总量“双控”等措施基本相通。

重点在于加快能源转型变革

结合碳中和目标，专家提出应多方推进协同治理，重点是加快能源转型变革。

生态环境部环境规划院大气所所长雷宇建议，从区域、部门和措施等角度入手，将大气治理融入减碳行动。“京津冀及周边、长三角和汾渭平原，目前已是大气污染防治重点区域。这些区域加上广东省的二氧化碳排放，占全国碳排放总量的 53.4%。‘十四五’期间应继续作为重点，通过区域协同管理实现双重效应。”

电力、钢铁、工业锅炉和民用散煤等，既是耗能大户，也是碳排放大户，以能源结构调整为抓手也将取得较好的控制效果。雷宇举例，2016-2019 年，京津冀及周边“2+26”城市共推行清洁取暖改造约 1500 万户，减少煤炭消耗 2505 万吨，使人口加权平均 PM2.5 浓度下降 10.7 微克/立方米，同时净减少二氧化碳排放 1749 万吨。“实际上，很多大气污染防治措施对减碳同样有用，尤其是直接针对用能方式的调整，此前只是没有充分整合。”

熊华文提出，为实现平稳、提前达峰，低峰值水平达峰，协同控制既要定准方向、打好基础，也要杜绝达峰前的逆向冲刺。“能做的，必须尽快做、尽早做；暂不具备条件的，提前谋划布局。”

“我国尚处经济上升期、排放达峰期，碳排放量虽在不断下降，绝对量却依然很大。碳中和要求能源生产和消费方式在 2060 年前实现根本性转变，即一次能源结构非化石化、能源综合利用高效化，任务艰巨性前所未有。”郝吉明表示，以 2030 年前碳达峰为目标，倒逼能源结构绿色低碳转型和生态环境质量协同改善。到 2035 年，若能将温升控制在 2 摄氏度，可带动约 1/4 的 PM2.5 减排；若进一步实现 1.5 摄氏度情景，PM2.5 浓度可继续降低 1/4 左右。

本报记者 朱妍 中国能源报 2020-12-21

## 城市摆脱“高碳锁定”路在何方？

城市作为第二三产业的空间载体和居民高度密集区，经济产出占比超过 90%，能源电力占比甚至逼近 95%。作为一个国家或地区经济发展的牵引力量，城市约占地球陆地面积的 3%，然而，却产生了全球 72% 的温室气体排放。这意味着“碳中和”的重点就在城市。

国家“碳中和”战略目标的兑现，不仅事关经济社会转型，也将成为城市用能文明、低碳文明和绿色文明的重要指引。换言之，未来，城市的可持续发展势必要与“脱碳”行动紧密联系在一起。

那么，在以化石能源为主的今天，城市“降碳”的主要路径有哪些？各方应如何开展工作？近日，在第三届（2020）中国城市能源变革峰会暨第二届分布式能源生态论坛上，多位与会专家围绕此话题展开了分享、讨论。

### ■城市“+光伏”蓝图已现

中国能源研究会副秘书长王凡指出，我国要完成 2030 年“碳达峰”、2060 年“碳中和”的既定目标，预计电力需求会增至目前的三倍以上，届时需 100 亿千瓦左右的新能源装机量，可再生能源市场规模将大幅扩大。

以光伏为例，乐观预计，“十四五”期间，光伏年均新增装机容量将较“十三五”翻倍。

“‘3060’国家战略目标的提出，大大拓展了新能源产业的发展空间和机会。未来 25 年，68% 的电力将来自于可再生能源。光伏产业又将迎来一个新的浪潮。”澳大利亚国家技术科学和工程院院士、上海电力大学教授施正荣说。

施正荣认为，在国家“碳中和”战略目标框架下，光伏可在建设城市能源“心脏”方面发挥重要作用。

“对城市而言，要大力推进‘+光伏’，而非‘光伏+’，从而实现各行各业与人民生活与光伏融合发展。”在施正荣看来，未来，光伏在城市中的应用包括，建筑+光伏、工商业屋顶+光伏、居民屋顶+光伏、光伏幕墙、光伏车棚和充电桩、移动光伏能源、城市户外家具+光伏、储能+光伏、光伏制氢，

乃至全球可再生能源互联等诸多方面。

在不占用城市土地的情况下，可充分利用城市空间，通过对光伏产品与技术的创新应用，最大限度利用可再生能源。

测算显示，如果沿着高速公路布局光伏发电，在不占用一亩土地的情况下，可实现“每年节约 20% 的柴油消费”目标。

#### ■各方跃跃欲试

记者了解到，事实上，能源行业的“减碳”实践早已开始。

据施正荣介绍，围绕城市“零碳光源”建设，目前上海、南通等十多个城市已经进行了实践探索，如将光伏作为室外家具，不仅可推动“碳中和”未来城市建设，还可为城市景观“增色”。

在本届峰会的“‘碳中和’为城市能源带来哪些新机遇和新挑战”圆桌论坛上，陕西鼓风机(集团)有限公司副总经理、总工程师贾亚妮，广州珠江新城能源有限公司总经理滕林，远大能源利用管理有限公司副总经理曹亮与中国金茂绿建公司工程技术部部门经理张向荣分别向与会者分享了各自在绿色低碳智慧能源方面的项目实践。

与会专家一致认为，“碳中和”国家战略目标的提出，势必将倒逼能源产业“减碳行动”加速。

“在去碳和减碳方面，陕鼓一直在行动。”据贾亚妮介绍，陕鼓集团自 1971 年开始研发工业领域的能量回收，截至目前，实施能量回收的机组累计达到 20.5GW，相当于 90% 的三峡水电站装机，累计节约 4500 万吨标煤，减排二氧化碳达到 1 亿吨。2016 年以来，聚焦智慧城市建设，陕鼓集团又开始布局冷、热、电、风、水等“九联供”能源互联岛项目，并成功打造了全球同行业万元产值能耗最低、排放最少的绿色低碳智能制造基地。

“我们正与相关方合作共同参与中国‘零碳行动’，包括零碳工厂、医院、学校建设，目前已经在陕西敲定了数个医院作为零碳的示范项目。陕鼓致力于搭建一个开放式的合作平台，希望能够结合市场需求，与在座有志之士达成紧密合作，共同践行‘零碳行动’。”贾亚妮在圆桌论坛上向与会人士抛出了合作“橄榄枝”。

#### ■呼唤加强顶层设计

如前述，“碳中和”的重点和难点在城市。当前，我国城市化进程尚未完成，公开数据显示，到 2035 年我国城市化率还要再新增 15 个百分点。有专家指出，城市由于人和经济活动密集，仅在城市空间范围内实现“碳中和”几乎不可能。“一方面未来城市发展必须要摆脱‘高碳锁定’；另一方面，城市需要区域空间协同，为‘碳中和’提供‘零碳’能源保障。”

为此，专家建议，我国应在城市经济社会发展的“十四五”规划中，明确实现“碳排放达峰”的要求，且要制定明确的时间表、路线图。这是城市走向“碳中和”的第一步和关键一步。

“顶层设计必不可少。”结合自身多年的实践感受，谈及此话题时，滕林直言，在 2030 年“碳达峰”、2060 年“碳中和”的政策目标指引下，地方政府决策者们更需要提升城市能源体系建设理念，通过建立和完善地方综合能源规划、区域能源规划，引领并推动城市能源体系的变革与升级。“只有这样，行业才能更好服务于‘碳中和’目标实现。”

与此同时，从技术层面讲，由于新旧能源体系的转换刚刚开始成规模落地，作为新兴业态，致力于践行绿色低碳的区域能源项目和综合能源项目价值潜力仍有待深度挖掘。

“区域能源项目和综合能源项目后期运行管理对最终实现设计效果非常重要，由于二者的建设和运用模式介于民用与工业之间，但在管理方面要基本达到工业用户级别，这就要求从项目设计规范开始就需要做出有序调整，在解决方案和系统管控方面不断优化升级，从而达成预期成效。”滕林说。

本报记者 全晓波 张胜杰 中国能源报 2020-12-21

## 杜祥琬：节能提效应是“碳中和”首要举措

中国工程院院士杜祥琬：节能提效应是“碳中和”首要举措

改革开放以来，我国能源结构不断改善，能效明显提高，但仍不够革命性。产业偏重、能效偏低、结构高碳等瓶颈，使我国环境问题日趋尖锐。

近年来，虽然我国已将能源强度、碳强度列入考核指标，能源弹性系数逐步下降，但目前能源强度依然是世界平均水平的 1.5 倍。因此，“十四五”期间我国需要对节能提效有明确要求。

节能提效应为我国能源战略之首，成为绿色、低碳的第一能源，保障国家能源供需安全和能源环境安全的要素。特别是在当前以化石能源为主的能源结构下，节能提效应是减排的主力。

“十四五”期间，能源行业要走上高质量发展新征程。化石能源要尽可能适应能源转型需要。在推进能源转型过程中，我国要以较低的能源弹性系数（小于 0.4%），满足能源消费 2% 的年增速，需主要依靠非化石能源+天然气。

近几年，光伏发电、光热发电、陆上风电、海上风电项目成本分别下降了 82%、47%、39% 和 29%， “十四五”时期，可再生能源将成能源增量主体。通过水电、核电、风电、太阳能、生物质能、地热、储能技术、新能源汽车等技术领域和综合能源服务、智能电网、微网、虚拟电厂等新业态的进一步发展，预计到 2025 年，我国非化石能源在一次能源中占比将达到 20%；电力在终端能源中占比将超 30%；非化石电力装机占比达 50%，发电量超 40%。

届时，煤炭消耗将不再增长，实现“煤达峰”，甚至“煤过峰”。“十五五”期间，通过非化石能源增长和再电气化，中国东部地区/城市将率先在 2030 年实现碳达峰。

在化石能源为主的今天，全球和中国降碳的主要措施有三要素：首要措施应是“提能效、降能耗”，主要集中在建筑、交通、工业、电力节能领域；其次是“能源替代”，应高比例发展非化石能源，特别是可再生能源；第三是碳“移除”，增加碳汇，大力发展 CCUS 技术等。

澳大利亚国家技术科学和工程院院士、上海电力大学教授施正荣：

光伏产业新“风口”将至

“2060 年碳中和”意味着中国将需累计减少 2150 亿吨二氧化碳排放。个人认为，要实现该目标，就需通过能源结构转型、模式升级、能效提升及碳捕获与储存技术等多种途径来实现，其中最为关键的是能源结构转型，降低度电二氧化碳排放。

未来 25 年，68% 的电力将来自可再生能源。以光伏为例，目前，中国已经主导全球光伏产业。到今年年底，全球光伏总装机预计将超过 700GW，其中中国将超过 250GW。初步预测，全球到 2025 年，平均每年新增装机容量将达到 220GW。更加乐观地预计，这一数字可望达到 250GW。可以预见，光伏产业又一个“风口”将至。

那么，要建设城市能源“心脏”，光伏可发挥什么作用？很多人都讲“光伏+”，我不同意这样的说法，应该是“+光伏”，这意味着城市各行各业与人民生活都可以与光伏相融合。

光伏在城市中的应用包括，建筑+光伏、工商业屋顶+光伏、居民屋顶+光伏、光伏幕墙、光伏车棚和充电桩、移动光伏能源、城市户外家具+光伏、储能+光伏、光伏制氢，乃至全球可再生能源互联等。

如在不占用土地的情况下，如污水处理厂、篮球场、网球场等都可以“+光伏”，以充分利用城市空间，最大限度利用可再生能源。

值得一提的是，通过光伏、风电等间歇性可再生能源制取“绿氢”，可将低能量密度的间歇性能源变成高能量密度的稳定能源，以驱动重卡、物流车，甚至潜艇、坦克、飞机、大炮、火车等，这将是一件非常了不起的事情。

目前，国外与国内不少地方已经开始了探索“未来城市”建设，虚拟电网概念和相关实践应运而生。我的个人畅想和愿望是将光伏、风能作为一次能源，通过“绿氢”与燃料电池、全球电网互联两条路，来实现全球 100% 可再生能源，进而实现“碳中和”的目标。

国家发改委能源研究所高级顾问、中国城市能源变革产业发展联盟理事长韩文科：

城市能源规划要摆脱“摊大饼”

“十四五”的到来与“碳达峰”“碳中和”目标的提出，让城市能源变进入全面加速时代。可以说，城市能源变革将是“十四五”期间一项重大工作任务。

一方面，城市能源发展要以电气化、高效化、智能化为导向，推动城市能源消费方式升级。

其中最主要的是要通过推动电气化，打造中高级能源消费体系。同时还要强化工业、新型建筑、交通运输节能技术应用大幅提升能效。

另一方面，城市要以多元化、提高供给质量和效益为导向，推动能源生产方式升级。

一是要以多元化供给为目标，形成真正多轮驱动的能源供应体系。保障能源供应安全、改善能源结构，也需要在能源供给侧推进结构性调整，实现真正意义上的多能互补、多元化供应结构。二是要集中式和分布式并举，大规模发展可再生等清洁能源。在通过竞争和评价政策降低制造和安装成本的同时，降低非技术成本，并千方百计提升本地消纳能力。

城市是能源技术革命的重点、能源体制革命的重点。展望城市能源变革趋势，我认为，首先要做好城市能源基础设施规划。

能源基础设施，即综合能源网络，是城市建设与发展的根基和血脉。能源体系规划是保障城市高质量发展的重要一环。城市要做好规划，将城市供需和智慧能源系统更好地结合起来，建设综合能源网，在供需匹配、多能互补、智能管理等方面做好协同，使城市规划摆脱“摊大饼”。

中国城市燃气协会分布式能源专业委员会主任、上海航天工业（集团）有限公司总裁方建平：  
分布式能源是城市能源绿色韧性转型重要“抓手”

在我国，未来，能源发展方向主要表现在：一是向靠近终端的智慧化发展；二是低碳化发展。

其中，在终端智慧化方面，由于政策要求的逐渐趋严、能源供应的多样化，以及技术装备的不断进步，靠近终端的能源供需成本将不断降低、管理将趋于精细化，这为分布式能源这种新型能源利用模式提供了广阔的舞台。换言之，分布式能源将在实现终端能源供需系统的韧性化转型方面扮演重要角色，成为新兴产业群；

而在低碳化方面，未来十年，伴随着我国能源结构发生巨变，以及新型能源体系向绿色、韧性转型，其催生的绿色能源投资将达到现有 GDP 的 4%，约 4 万亿元。在此过程中，能源行业特征与市场格局将有望得到重塑，能源政策、标准、行业协会、能源媒介等支持与服务体系将同步发生巨变。

从低碳化、数字化能源发展方向来看，能源系统由集中式向分布式转变，大网与小网相组合是大势所趋。分布式能源也应把握“新基建”数字化、智能化的核心，将向低碳化、数字化的综合智慧能源演进。

从技术创新角度看，打造安全可靠、绿色低碳、高效经济的韧性能源将是智慧能源与分布式能源的战略使命。

截至目前，我国已构建完成基本的能源保障体系。伴随着能源结构低碳化，与城市管理终端化、精细化发展，分布式能源技术借助可控可靠、启动快速的优势，将有望在解决韧性化能源系统建设方面扮演重要角色，成为解决城市能源供应与管理痛点和难点的重要“抓手”，在城市能源大脑建设过程中提供基础应急安全保障能力。

国际应急管理学会中国委员会副主席、上海市应对突发公共安全事件专家组组长柴俊勇：

城市能源安全应急不怕“十防九空”

防灾减灾、抗灾救灾是人类生存发展的永恒课题。应对突发公共安全事件，通电和通路最关键。通电比通路更重要，有电就有光明，有光明才能安人心。

相比于能源生产与输送环节的相对集中化，能源在城市中的输配及与终端用户的互动性相当低，从而影响了城市能源系统整体效率。

为此，个人建议：

一、畅通无阻，输送千家万户。构建城市能源供给的“物理层”，实现电网、石油管网、天然气网，供水管网、供热网等耦合集成，在此基础上，搭建“智慧层”，充分挖掘城市大数据潜力，保障现代城市用能需要。

二、能量无限，做到节能增效。传统电力行业是能源的重要生产者，火电厂要实现清洁生产，从长远看还要考虑电力结构的调整，大力发展清洁能源，以多元化能源供应保安全。

三、衔接无缝，多方齐心协力。城市化进程中的能源问题，需要政府部门、能源公司、居民用户等多方努力。

四、常态无忧，保持居安思危。社会的用电需求实时变化，昼夜和季节性用电负荷存在着峰谷差，储能十分必要，有利于削峰填谷，以提高供电稳定性。要居安思危，以防为主，防、控、救相结合。

五、应急无险，时刻常备不懈。以上海为例，上海要更加强化超大型城市应急能源保障系统工程建设，建设基于“云大物移智”的坚强智慧能源网，实现可移动、分布式、多样化的超大型城市应急能源保障。

特别指出，在城市区域能源安全应急处理问题上，必须要始终保持高度的政治责任感和对人民极其负责的态度，甚至不怕“劳民伤财”，不怕“十防九空”。

同济大学教授龙惟定：

提高热泵能效是城市热力碳减排关键路径

供热在经济复苏中是重要的民生工程，符合国家经济复苏和国际国内“双循环”发展的思路。疫情凸显了建筑供暖的重要性，随着南方集中供热需求越来越大，许多城市已经开启了区域供冷/供热实践。

对热力行业而言，减少热泵供热的碳排量，提高终端热泵能效是碳减排关键路径。

所谓“能源总线”，是来自于可再生能源或低品位热源的热源、热汇水，通过管网汇集起来，给分散式的热泵作为热源热汇，为用户供冷/供热，之后再回到源头。

相比前四代供热系统，第五代区域供热供冷系统或者能源总线有六大优势：

一是采用去中心化的分布式水源热泵系统，不需要大型冷热源能源中心；

二是管网水温低至 12—30°C，可以利用更多的低品位可再生能源和余热废热资源；

三是将不同空间分布的分散资源集成聚集到总线中共享，起到能源枢纽或电网聚集器的作用，是典型的能源互联网；

四是没有供回水管的概念，只需要一根冷管和一根暖管，可以同时供冷供热。并通过管网实现建筑间的热量交换。有些用户既是使用者又是供应者，即“产消者”；

五是当供冷供热不平衡时，需要系统有储热装置，生活热水需要单设增温热泵和蓄热水箱。通过蓄热，热水直接送到住宅后，用户可独立控制，调节热泵的运行时段，避免高峰用电，消纳可变可再生能源；

六是住宅用户的能耗完全根据家庭电表计费。能源效率高于空气源热泵，供冷供热品质高于分体空调。非常适合在我国南方地区使用，解决困扰多年的住宅集中供暖问题。

总之，无论第五代区域供热供冷系统技术，还是能源总线技术，均增强了分散式能源系统中热力、电力和燃气的部门耦合，形成城区的智慧能源网。在城市能源转型和碳减排中可以发挥重要作用，是前几代区域供热（供冷）网所无法比拟的。

英国（皇家）燃气专业学会（IGEM）会长、香港中华煤气有限公司市务及营业总经理黄维安：  
2050 年氢能与生物甲烷将主导英国燃气供应

回顾英国的能源转型，其是从油气到煤，再到可再生能源的过程。过去 50 年，英国陆续告别燃煤发电，大力增加石油、天然气的使用。进入 21 世纪，英国将能源发展重点放在可再生能源，比如大力推进生物甲烷与核电等低碳能源在工业和民用领域的使用，为迈向“碳中和”铺路。

根据预测，2050 年以后，包括蓝氢、绿氢在内的氢能将成为英国能源结构中非常重要的组成部



分，可以广泛用于民用、交通运输、工商业、航空等领域。届时，氢能和生物甲烷将成为英国的燃气主体能源，标志着英国进入“零碳”天然气时代。

为推动氢能发展，英国燃气行业于 2020 年推出了一项“绿色燃气计划”，主要目的是应对天然气“去碳化”挑战，同时推动政策实施。计划包括投资零碳项目、气体质量与安全、多方面的消费者选择、系统增强、氢能转化、沟通和利益相关者参与等六方面。

目前，英国燃气行业非常支持政府的“2050 碳中和”目标。但如果氢能实践普及应用，需要四方面的先决条件：首先是允许使用现有的燃气管网设施；其次可以大量生产；再次是可以用于工业、企业和家庭用户，最后，氢能与其他低碳加热技术相比表现良好。

为兑现在 2050 年前实现碳中和的承诺，英国政府近期将发布有关能源、氢能和热力相关的主要政策，并通过布局重点氢能示范项目，致力于在减碳方面走在世界前列。在此过程中，工业园区将率先试点开展“去碳化”工作，并使用 CCUS 技术。英国燃气专业学会也将在燃气质量与安全、输配气及应用行业标准以及支持政策等方面发挥积极作用。

本报记者张胜杰、实习记者齐琛同、张金梦/整理 中国能源报 2020-12-21

## 交通运输业节能减碳刻不容缓

交通运输领域一直是碳排放大户，基于“2030 年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”的愿景，行业迫切寻找低碳发展路径。

“随着经济社会的快速发展，工业化和城镇化进程加快，全国交通运输行业碳排放总量还将保持快速增长态势。”能源基金会清洁交通项目高级主任龚慧明日前向记者表示，交通领域实现碳中和目标面临诸多挑战，必须采取更强有力的政策和手段。

2025 年交通碳排放还将增加 50%

中国工程院院士杜祥琬指出：90%的碳排放来自煤、石油、天然气等化石燃料的燃烧，从行业看，电力、交通、建筑和工业分别占比为 41%、28%和 31%。

生态环境部发布的《中国移动源环境管理年报（2020）》显示，2014 年，交通运输温室气体排放量约为 8.2 亿吨二氧化碳当量，其中二氧化碳排放占 99.0%，甲烷排放占 0.2%，氧化亚氮排放占 0.8%。

“全世界都还没有找到有效解决碳排放的措施，发达国家工业、建筑等领域的碳排放出现了下降，但交通运输领域还没有大改变。我国人均汽车保有量与发达国家相比还有较大差距，正处于快速增长阶段。”龚慧明表示，交通运输行业碳排放还将持续增长，预计到 2025 年在现有基础上增加 50%。

截至今年 9 月，全国机动车保有量达 3.65 亿辆，其中汽车保有量 2.75 亿辆。国务院办公厅 11 月发布的《新能源汽车产业发展规划（2021—2035 年）》明确，2025 年我国新能源汽车新车销量占汽车总销量的 20%左右。这意味着，未来很长一段时间，我国大部分新车仍将是传统燃油车。

相较于其他领域，交通运输行业的碳排放也更为复杂。龚慧明进一步指出，交通运输行业既属于制造业，又有服务属性，“交通载人运货，很多排放不完全由自身决定，与外界存在很多联系，使用强度、运输周转量与国家经济结构、能源结构和产业布局密切相关。此外，交通运输是移动污染源，常常跨区域行驶，管理难度较大。”

兑现碳中和愿景存在挑战

在龚慧明看来，随着煤炭、水泥、钢铁等大宗散货产销逐步达峰，其运输周转量将出现下降，加之运输结构的持续优化，交通运输领域有望在 2025 年左右提前迎来碳达峰。但实现 2060 年碳中和目标存在挑战，“碳中和意味着零排放，长途公路运输、船舶、飞机也在探索氢能和生物质等燃料的应用，但目前还没有特别成熟的解决方案。”

在交通运输行业快速增长的二氧化碳排放中，道路交通占主导地位，占比高达 75%。龚慧明强调，大规模普及新能源汽车，扩大交通电力消费规模，全面电动化是落实交通减排的最根本保障。

此前，交通运输部新闻发言人蔡团结在国务院政策例行吹风会上表示，据测算，交通运输行业

推广应用新能源汽车每年可减少碳排放约 5000 万吨。

一方面要大力发展新能源汽车，另一方面传统燃油车要进一步降低油耗。《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》已明确，到 2025 年，传统能源乘用车油耗将到 4.8 升/100 公里；货车、客车油耗较 2019 年降低 8%—15%；混合动力乘用车油耗达到 4.5 升/100 公里。

新技术将在交通运输减排中发挥重要作用。中国汽车动力电池产业创新联盟副秘书长王子冬指出，汽车轻量化技术与节能效果呈线性关系，每 10%的轻量化率，可以带来 8.5%的节能效果，且车辆轻量化具有持续稳定的节能效果。他建议，汽车制造采用新型工艺技术，取消冲压、焊接、涂装的方式，以减轻车身重量。

调整运输结构，也是交通运输低碳发展的主攻方向。龚慧明表示，碳中和目标需全社会共同努力，要充分发挥各种运输方式的比较优势和组合效率，实现结构减排效应的最大化，“公路货运向铁路和水运转转移的减排效果明显，要长期坚持下去。”

“低碳”到“无碳”要靠新能源

“整体来看，以往措施的力度，难以满足交通运输快速减碳需求。”业内人士认为，行业要以更大力度，拿出一套全面的改进方案，包括电动化、清洁燃料使用、车辆节能提效、完善公共交通等方式加速推进。

在中国科学院院士欧阳明高看来，碳中和愿景对新能源汽车而言，是挑战也是机遇。汽车行业既要实现自身减排，又能以新能源汽车拉动整个能源领域的减排。日前，英国宣布将自 2030 年起禁售燃油车，比原计划提前了整整 10 年。我国新能源汽车的发展节奏也要更加积极。

欧阳明高认为，交通运输从低碳到无碳，最终要依靠新能源。风电、光伏等新能源发电可直接用于电池充放电，也可以电解水制氢。反过来，动力电池和氢燃料电池还能作为储能推动新能源发展。

践行低碳交通，欧盟已迎来“最严碳排放法规”。自今年 1 月 1 日起，欧盟成员国境内新销售的乘用车二氧化碳平均排放量上限，从之前的每公里 130 克减少到 95 克。如果不达标，每辆车平均每超标 1 克将被处以 95 欧元（约合人民币 740 元）的罚款。

“我国汽车燃油经济性标准，应进一步对标国际先进水平。”龚慧明同样表示，交通运输行业需采取更强有力的减排措施。一方面依靠技术进步，推动新能源汽车获得更高的市场份额；另一方面，借助政策驱动，加速城市交通电动化进程。他建议，有条件的地方开展全面电动化试点，先行先试。面向未来全面电动化的终极目标，城市规划应提早统筹，从土地供给，基础设施建设、电网保障等方面做好整体设计。

本报记者 卢奇秀 中国能源报 2020-12-21

## 可再生能源配套储能的四个基本原则

长期来看，储能的应用对可再生能源项目开发至关重要。

可再生能源的开发利用可以有效应对能源危机和环境问题，是世界各国能源转型和低碳经济发展的重要支柱。随着技术进步和成本逐年下降，近年来可再生能源得到了快速发展。2019 年中国可再生能源新增并网装机（含水电、生物质发电）约 6475 万千瓦；全国风电、光伏累计装机分别为 2.1 亿千瓦和 2 亿千瓦，在电力装机中占比达到 20%。

以风电、光伏为代表的可再生能源具有波动性和间歇性特点，大规模并网给电力系统带来了稳定性和可靠性挑战。

储能技术配套应用于可再生能源发电，可以提供削峰填谷服务以及平滑出力波动、跟踪预测曲线等功能，是解决可再生能源并网问题的有效途径之一。

储能技术种类较多，以抽水蓄能和电化学储能为主。根据储能需求特性和时长要求的不同，储能技术大致可以分为容量型、功率型、能量型和备用型四种类型。

其中，容量型储能一般要求连续储能时长大于 4 小时，例如削峰填谷场景或离网储能场景；功率型储能要求储能系统的连续储能时长往往小于 30 分钟，例如储能辅助调频或平滑间歇性电源功率波动场景；能量型储能介于容量型和功率型之间，一般为 1 小时左右的复合储能场景，要求储能系统能够提供调峰调频和紧急备用等多重功能；备用型储能在电网突然断电或电压跌落时，能够作为不间断电源立即提供紧急电力，一般要求持续时间不低于 15 分钟。

可再生能源发电存在分钟、小时、连续数天甚至跨季节等不同时间尺度上的波动性或间歇性，因此存在容量型、功率型、能量型和备用型等不同储能技术类型的需求，以及储能配置规模、成本要求等方面的差异。

#### 可再生能源配套储能的主要问题

长期来看，储能的应用对可再生能源项目开发至关重要。目前由于储能技术成本较高，从经济性角度无法有效刺激新能源电站主动配置储能系统。加之商业模式单一，缺乏储能与新能源的利益分配机制，因此风电或光伏配套储能项目仅在弃电上网标杆电价较高的少数地区具备竞争力，“可再生能源+储能”模式推广和被接受程度较低，相关储能项目仍以示范为主。

未来储能度电成本还有较大下降空间，在电力市场改革和建设过程中，“可再生能源+储能”的模式也可以通过多种手段参与电力市场获益。因此，在储能成本下降和电力市场改革的双重推动下，“可再生能源+储能”将会逐渐成为未来能源发展的标配模式。在这个过程中，需要我们梳理配套的基本原则。

#### 可再生能源配套储能的基本原则

可再生能源配套储能主要是解决可再生能源发电的波动性问题和间歇性问题。

2020 年以来，我国已有江西、湖南、新疆等 10 多个省份相继出台可再生能源配套储能的相关政策。政策的引导和支持有助于促进储能产业的发展，但相关配置原则仍需探讨。结合目前我国可再生能源开发和储能技术发展的实际情况，可再生能源配套储能可能需要遵循以下基本原则：

##### (1) 理想目标匹配原则

水力发电主要受丰水期和枯水期的影响，储能方面需要重点关注跨季节储能系统或采用风光水互补方案。

风电波动性大，消纳匹配性较差，且存在连续数天大风或无风天气的情况，风储结合应用的关键在于通过合理的容量配置和适当的运行策略来抑制因波动性和间歇性引发的系统冲击；配置 10 小时以上长时储能系统可相对有效应对风电波动性和间歇性问题。

光伏发电主要存在昼夜差异和短时波动，峰谷特性明显，发电输出与负荷匹配度较好，储能可实现定期充放，利用率相对较高。光伏电站应用储能技术可以实现平滑功率波动、削峰填谷、调频调压的功能，理论上需要配置 4 小时以上容量型储能系统，同时兼备平滑波动的功能。

##### (2) 循序递进原则

上一个匹配原则是未来储能度电成本大幅下降后拟实现的理想目标，也是储能大规模发展后的情景。然而，目前的储能度电成本尚不足以支撑上述理想目标的完全实现。因此，中短期内（5~8 年）可以根据储能系统发挥的不同功能价值以及可再生能源电力系统可接受的成本约束，按照备用型（离网黑启动）、功率型（平滑功率波动，调频）、能量型（平滑波动及不超过 1 小时的临时顶峰输出）、容量型（4 小时以上的削峰填谷）的循序递进方式，逐步实现规模应用目标。

##### (3) 集中共享原则

考虑到当不同地区光伏和风电联网叠加时，某种程度上存在功率及容量的概率互补，而且这种互补情况随着分布式新能源的增多会更加明显。因此可再生能源+储能应由分布式逐步过渡到集中式，尽可能遵循集中共享原则，提升公共资源利用效率，降低设备应用成本。

##### (4) 并网质量主导原则

除了根据新能源特性和储能功能确定储能配置方案外，相关部门应对可再生能源的并网质量提出要求。由可再生能源业主根据质量要求，结合储能系统的安全性和经济性综合考虑，自行决定是

否配置储能或配置多大规模的储能。

采用行政命令手段强制发电业主必须匹配多少容量的储能，这种方式并不可取，很容易造成储能系统性能指标弄虚作假的局面，不利于储能产业的健康可持续发展。

可再生能源发电在电力系统中的占比会持续增加，储能系统的配置可以有效解决弃风弃光及可再生能源并网带来的电力系统稳定性和灵活性问题。目前储能成本较高、收益模式尚不完善，可再生能源配套储能尚处于初期探索阶段。储能系统在可再生能源发电中的应用首先是解决波动性问题，未来成本下降后可进一步解决可再生能源发电的间歇性问题。可再生能源配套储能的发展过程中，建议遵循上述四个基本原则，以避免盲目性和资源浪费，促进储能产业的健康发展。

陈永翀 冯彩梅 刘勇 能源杂志 2020-12-21

## 我国提前实现碳排放强度下降目标

12月21日，国务院新闻办公室发布《新时代的中国能源发展》白皮书，同时举行新闻发布会，介绍和解读白皮书主要内容。

白皮书显示，2012年以来，中国能源生产和利用方式发生重大变革，基本形成了多轮驱动的能源稳定供应体系，以能源消费年均2.8%的增长支撑了国民经济年均7%的增长。清洁能源占能源消费总量比重达到23.4%，比2012年提高8.9个百分点，水电、风电、太阳能发电累计装机规模均位居世界首位。能源的绿色发展对碳排放强度下降起到了重要作用，中国2019年碳排放强度比2005年降低48.1%，提前实现了2015年提出的碳排放强度下降40%至45%的目标。

### 低碳发展“路线图”浮出水面

当前，中国已成为世界上最大的能源生产国，同时也是最大的能源消费国。要保障经济社会高质量发展，能源供应保障不仅要跟得上、能满足，而且要提品质、增效果，特别是当前全球能源低碳转型步伐加快，做好能源安全保障面临着新挑战。

今年9月份，我国在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布：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。12月份，我国在气候雄心峰会上进一步宣布：到2030年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达25%左右，风电、太阳能发电总装机容量将达12亿千瓦以上。

在新的目标下，我国目前低碳发展实现的途径具体有哪些？国家能源局局长章建华表示，要加快构建多元安全的能源供给保障体系，保障能源供需动态平衡，坚持实施更大范围、更宽领域、更深层次对外开放，努力实现开放条件下能源安全。

在能源清洁低碳转型方面，2019年我国非化石能源消费比重达到15.3%，预计到今年年底，这一比重将达到15.8%。章建华透露，“十四五”期间，我国将进一步创新发展方式，加快清洁能源开发利用，推动非化石能源和天然气成为能源消费增量的主体，更大幅度提高清洁能源消费比重。“非化石能源消费比重2030年要达25%左右，这个压力还是很大的，意味着我们接下来能源增量70%以上以非化石能源为主。”

同时，还要实施惠民利民工程。章建华指出，将继续加强能源基础设施建设，大力提升城乡电气化水平，显著提高人民群众生产生活的用能水平。

此外，我国还将继续深化能源改革。推进电力、油气领域市场化改革，建设高标准能源市场体系，深化能源领域“放管服”改革，优化能源领域营商环境，进一步释放市场活力。

### 新能源消纳成为一道必答题

随着碳中和目标的提出，“十四五”期间风电、光伏等新能源将迎来爆发式增长，如何解决大规模新能源消纳成为一道必答题。

“‘十四五’期间将面临消纳和接入两个问题并存，要解决消纳问题，首先要加快构建适应高比例可再生能源发展的新型电力系统，也就是新一代电力系统。”国家能源局法制和体制改革司司长朱明

说。

针对新一代电力系统，朱明解释，一是要加快构建智能化的电力调度交易和运行的机制，推动柔性直流输电、局域智能电网和微电网等技术的应用，加快跨省份、跨区域的电力通道的建设，发挥大电网综合平衡的能力。二是大力推动传统的煤电机组灵活性改造，还要加快抽水蓄能、调风气电等灵活的电源建设，以及各类储能规模化的示范，提高系统的灵活性。三是着力释放需求响应潜力，提高用户侧的智能化水平和高载能负荷灵活性，促进源荷双向的智能互动。

在完善和落实可再生能源电力消纳保障机制上，要强化可再生能源电力消纳责任，推动将消纳保障机制纳入到相关法律，并上升为法定义务。

总体电力供应能力有保障

近期，湖南、江西、浙江等多地区采取了限制用电措施，引发外界关注。监测显示，受工业生产高速增长及低温寒流的叠加影响，导致我国部分地区电力需求超出预期，出现短期高速增长。

国家发展改革委秘书长赵辰昕表示，近期，针对这几个省份出现的电力缺口，湖南、江西政府相关部门提前做了一些预判，在预判的基础上及时采取了有序用电的措施，按照制定的预案，有计划地压减了一部分工商业企业的用电，确保电力供需平衡、确保居民用电需要。浙江不存在电力供应不足的问题，省内个别地方是为了促进节能减排，采取了限制电力消费的措施。

国家发展改革委和能源局将继续指导各地供电企业共同做好能源保障工作，将提高发电能力，优化运行方式。进一步多渠道增加电煤供应，同时将会协调解决供应问题，针对一些确实存在短期电力供应缺口的地区，将科学合理地进行调度，确保居民生活用电不受影响。

章建华表示，“我国现在总体电力供应能力是有保障的，电力不足情况是个别地方出现的，有一些偶然性因素。从整体来说，我们的能源供应，包括电力供应不会出现大的问题”。

经济日报 2020-12-22

## 无铅储能陶瓷：从“小众”走向“大众”

研究人员在陶瓷烧结前对温度传感器进行调整。蔡子明供图

最近，化学圈、材料圈和物理圈都在关注一则消息：在近日公布的《2020 研究前沿》报告（以下简称报告）中，核心论文篇数和被引频次这两项指标并不突出的无铅储能陶瓷，竟然在化学与材料科学领域 Top10 热点前沿中排名第一。

无铅储能陶瓷如此出众，受访专家并不意外，他们均提到“环保”和“能源”这两个关键词。

“无铅”相对的就是“含铅”。作为有毒的重金属，铅对人体及环境的影响已广为人知。储能陶瓷一般含有铅元素，如钛酸铅、锆钛酸铅等，其中 100 克钛酸铅中铅含量高达 68 克。

由于愈发严格的环保要求以及能源行业转型的需要，“含铅”变“无铅”成为储能陶瓷领域新的研究方向。

“小众”无铅储能陶瓷凭借其“新”，逐渐走向大众，但这仅是让更多人了解无铅储能陶瓷，距离真正走进生活还须时日。

从能源“大热”说起

上述报告由中国科学院科技战略咨询研究院、中国科学院文献情报中心和科睿唯安联合发布。根据报告，无铅储能陶瓷在化学与材料科学领域 Top10 热点前沿中，核心论文篇数仅有 33 篇，排名第六；被引频次 2130 次，更是排在倒数第一。但无铅储能陶瓷领域核心论文的平均出版日期最近，为 2017 年 9 月。

相关统计发现，无铅储能陶瓷领域最早论文发表时间在 1997 年前后，起初只有 10 篇左右；到 2010 年，发表量也未过百。无铅储能陶瓷研究热潮从 2014 年开始，一直热度不减。

上述结果得到了西南大学材料与能源学院教授刘岗的肯定，他及其团队在统计相关论文时，也得到类似的结论。“近五年来，无铅储能陶瓷的论文发表量虽然不是直线上升，但一直呈现稳步上升

的趋势。”刘岗告诉《中国科学报》。

巧合的是，2014年后也是能源领域论文增长的阶段。

于是，有分析认为，无铅储能陶瓷方向之所以“热”，并不是学科研究方向发展的自我突破，而是在整个能源大背景下的“再发掘”。原因在于，早期对无铅储能陶瓷的研究集中在介电过程，而没有将其同更绿色的能源应用关联到一起。

“可再生能源的间歇性特点限制了其利用。解决这一问题的关键是，将可再生能源转化为电能存储在装置里。”安徽大学物理与材料科学学院教授汪春昌介绍道。

目前电能储存装置主要有化学储能装置，即电池和固体燃料电池；电化学电容器；介电储能电容器。“介电储能电容器各项指标相对更优。”汪春昌综合分析发现，如果能提高介电储能电容器储能密度，则可减小储能装置的体积，使得其在小型化、集成化的电路系统中的应用更加广泛，甚至有可能超过化学储能装置和电化学超级电容器在储能装置中的应用水平。

储能陶瓷正是介电储能电容器所使用的重要材料，其具有较大的介电常数、较低的介电损耗、适中的击穿电场、较好的温度稳定性、良好的抗疲劳性能等优点，在耐高温介电脉冲功率系统上有应用前景。然而，目前储能性能优异的储能陶瓷一般含有铅元素。

去年7月1日，欧盟修订的《关于限制在电子电器设备中使用某些有害成分的指令》有关铅的豁免条例正式实施。其中，条例明确指出电子电气器件的玻璃或陶瓷（电容中介电陶瓷除外）中的铅，以及玻璃或陶瓷复合材料中的铅的豁免最长至2024年。

“上述条例对储能陶瓷器件还没有明确的规定。”中国矿业大学材料与物理学院副教授蔡子明在接受《中国科学报》采访时表示，“从环保的角度而言，开发高性能无铅储能陶瓷是十分迫切的。”

储能密度和效率要兼顾

无铅储能陶瓷由于具有高功率密度和快速充放电能力，其主要应用领域是功率变换和脉冲功率系统。但专家也表示，含铅陶瓷的优异性能目前还难以在无铅陶瓷体系中实现。

就弛豫铁电体而言，景德镇陶瓷大学材料科学与工程学院教授沈宗洋告诉《中国科学报》，近年来弛豫铁电体作为储能电容器的研究越来越深入，报道的储能密度和效率均很高，但其并没有反铁电的场致铁电转变特征。在他看来，最可行的方法是用无铅的反铁电陶瓷替代含铅的反铁电陶瓷。

“考核”储能陶瓷的两个关键指标为储能密度和储能效率，两者无法分开已成为业界共识。就目前的研究来看，储能密度依然被当作基础和核心，在保证高储能密度的基础上，通过成分改性或结构改性等手段来提高储能效率。“如果从应用角度来看，需要对储能效率给予更多关注。”刘岗告诉记者。

蔡子明表示，无铅弛豫反铁电体系的研究，为无铅储能陶瓷的研究打开了新的思路。

《中国科学报》了解到，李飞课题组的研究就属于这一种。该课题组报道的NBT-SBT弛豫反铁电陶瓷体系，兼具高极化强度、高击穿场强和高储能效率，是最有希望商用的无铅储能陶瓷体系之一。但当前无铅的弛豫反铁电陶瓷体系报道较少，缘于将反铁电陶瓷调控为弛豫反铁电陶瓷具有一定的难度。

除此之外，基于高性能的无铅储能陶瓷体系，制备出多层陶瓷电容器（MLCC）是当前研究的最大热点。蔡子明告诉《中国科学报》，考虑到成本，开发高性能抗还原无铅储能陶瓷体系具有重要意义。

学科融合促发展

无铅储能陶瓷原本属于凝聚态物理范畴，但因为涉及到“材料+能源”，这一领域被看成是化学、材料和物理之间契合点的产物。“对于无铅储能陶瓷的研究，亟须不同背景的研究者深入交流，为高性能无铅储能陶瓷的研究和应用提供更多新的解决方案。”蔡子明说。

“无铅储能陶瓷的研究是材料、物理与化学的强交叉。”蔡子明向记者进一步解释道，材料学是无铅储能陶瓷研究的基础，对于无铅陶瓷材料的宏观组成、晶体结构、微观形貌、电畴形貌等的研究均是材料学中的重要方法。对于无铅陶瓷介电常数和介电损耗以及极化电场响应对温度或频率的变

化等内容的理解，都需要以电介质物理或铁电介电物理为基础。而对于无铅储能陶瓷的制备，无论是固相法还是化学法等，都离不开化学学科。

就目前而言，无铅储能陶瓷仍为“小众”，大部分研究人员来自于传统的电子陶瓷类研究机构，一些物理和化学类颇有名气的机构较少涉足这一领域。

刘岗在英国伯明翰大学攻读博士学位时，主攻研究方向是陶瓷成型工艺。2013年回国后，基于西南大学的研究特色，特别是关注到专家学者主持的相关国家项目后，刘岗开始转向功能陶瓷方向，关注无铅储能陶瓷。

刘岗向《中国科学报》介绍，他们团队分别从钛酸钡基和铁酸铋基无铅储能陶瓷体系出发，近期已陆续取得了一些重要进展。

随着国家的重视及越来越多研究人员的进入，中国在无铅储能陶瓷方向的研究水平越来越高。“目前国内对无铅储能陶瓷的研究手段更加丰富，研究范围更加全面。”蔡子明说。

而这一点也在与报告同时发布的《2020 研究前沿热度指数》（以下简称《指数》）上得到印证。根据《指数》，在化学与材料科学领域，中国的研究前沿热度指数得分为 39.49 分，是美国的 2.7 倍，排名第一，具有明显的前沿研究活跃度比较优势。其中，中国在无铅储能陶瓷研究热度指数得分为 3.11，排名第二的美国仅为 0.59。

但刘岗强调，只有不同学科深度融合，才能源源不断地产出创新性成果，进而为无铅储能陶瓷真正服务于国家需求与社会发展提供可能。

秦志伟 《中国科学报》 2020-12-24

## 能源化工产业进入低碳转型关键期



12月22日，位于内蒙古锡林郭勒盟的“五站五线”新能源汇集工程正式投运。该项目把当地丰富的风电资源通过特高压线路送往北京、天津、河北、山东、江苏等地，为大气污染防治和加快能源绿色低碳转型贡献力量。

能源化工企业积极应对严峻挑战，新一轮炼化扩能蓬勃兴起，产业新格局正加快重塑。

低碳能源取代化石燃料的趋势逐渐明朗，内外因素变化倒逼石油公司低碳转型。

我国已启动氢能顶层规划工作，年底预计有超过 8000 辆燃料电池商务车、100 座加氢站进入示范运营。

全球产业布局正处于变革调整期，新冠肺炎疫情引发全球供应链及我国产业布局的改变。在此背景下，我国能源化工产业状况如何？未来将有哪些新变化？在日前举行的《2021 中国能源化工产业发展报告》发布论坛上，业内人士对此进行深入解读。

#### 能源结构显著优化

中国石油化工集团有限公司总会计师张少峰表示，当前全球能源化工产业格局、市场秩序动荡，产品需求及增速普遍下行，价格大幅下跌，企业经营状况恶化，业绩持续下滑。但中国能源化工企业迎难而上，积极应对巨大冲击和严峻挑战。新一轮的炼化扩能蓬勃兴起，大型炼化基地加速形成，炼化产业呈多元化发展趋势，产业新格局正加快重塑。

报告显示，目前，我国能源结构显著优化，基本上可以实现“十三五”目标。中国石化经济技术研究院有限公司副总经理余皎表示，“十三五”期间，我国能源消费总量可以控制在 50 亿吨标煤以内，非化石能源占比达到 15%。炼化产业正在由大国向强国迈进，炼化产能占全球的 18%，新材料自给率接近 70%。

余皎认为，当前我国能源转型成效显著，低碳能源增量达到 70%，碳排放强度下降 45%，成品油品质也快速升级。报告显示，目前我国原油累计进口 23 亿吨，天然气 5600 亿立方米，海外油气权益产量 2.1 亿吨当量，已超过国内原油产量。

中国石化经济技术研究院有限公司产业发展研究所所长刘潇潇预测，2020 年我国能源消费总量将达到 49.4 亿吨，“十三五”期间以年均 2.8% 的能源消费增速支撑了 5.8% 的经济增长。

“这是非常了不起的成就。”刘潇潇说，自 2013 年起我国制造业比例首次超过第二产业后，能源消费增速下降具有一定的自然性和必然性。但也必须看到，和发达国家相比，目前我国人均能源消费整体处在偏低水平。

#### 化工产品向高端迈进

据了解，随着低碳能源取代化石燃料的趋势逐渐明朗，内外因素变化倒逼石油公司低碳转型。“十四五”期间，我国炼化行业将进入新增产能全面释放、竞争白热化时期，也是行业整合转型升级期，成品油市场化进程将基本完成，化工产品高端化、绿色化发展成为新趋势。

报告预计，2025 年，我国一次能源需求约 54 亿吨标煤。其中，化石能源占比约 81.2%，比“十三五”末降低 3.1 个百分点，煤炭占比将下降 5.4 个百分点至 51%，仅天然气占比有所提升。非化石能源占比将持续提升，达 18.8%，单位 GDP 能耗将比 2020 年再降低约 17%。

张少峰表示，从国际环境来看，疫情影响远未结束，全球经济复苏的不稳定性、不确定性将继续增加。世界石油需求缓慢增长，市场将开启再平衡新周期，油价回升、产能过剩或将使能源化工产业继续面对艰难时期。

“中国能源产业必将进入一个高质量、绿色低碳发展的转型新时期。”张少峰说，油气产业将进入全产业链市场化改革深水期，上游资源多主体多渠道供应、中游统一管网高效集输、下游销售充分竞争的油气市场体系将加速形成。随着油品需求达到峰值，炼油产业将加快转型升级，加快向“减油增化”深度调整。石化产业产能规模持续攀升，多元化供应格局日趋稳固，产业合并与升级将加速推进。

疫情对国际石油市场影响深刻，未来 5 年国际油价将呈现中低位震荡复苏走势。世界石油供需两侧将进入高存量、低增量的新阶段，国际油价将保持高波动、中低位新常态。

报告预计，“十四五”期间，受新能源汽车发展影响，石油需求增速将显著放缓，并渐进峰值；而天然气作为低碳能源，依然保持 7% 以上的年均消费增速。国内勘探开发投资持续加码，确保近 2 亿吨的石油产量和 5% 左右的国产气增速。



氢能产业前景良好

炼化化工行业综合实力不断提高，“十四五”期间发展重点是加快结构调整，实现高质量发展。目前，我国炼油、乙烯能力稳居世界第二，PX 产能跃居世界第一，千万吨级炼厂数量增加，形成了环渤海、长三角、珠三角的炼化产业集群。

中国石化经济技术研究院有限公司副总工程师柯晓明表示，未来炼化行业将瞄准转型升级、高质量发展。加快炼油结构调整，以先进产能淘汰落后产能，提升炼化一体化等，同时与新能源汽车产业融合发展，将加油站转变为“油气电氢”综合能源补给站。

与此同时，要实现化工差异化、高端化发展。优化烯烃产业链结构、提高芳烃产业链竞争力、突破高端材料技术瓶颈；拓展化工原料多元化渠道，提升价值链空间。

2020 年我国已启动氢能顶层规划工作，疫情没有改变氢能产业投资增长热情，20 余家大型能源央企跨界氢能产业，年底预计有超过 8000 辆燃料电池商务车、100 座加氢站进入示范运营。

预计 2025 年前我国氢燃料汽车和加氢站仍以示范运行为主，2035 年燃料电池车有望达到百万辆级商业应用规模。

据悉，目前中国石化、中国石油、中国化工等企业已经开始涉足氢能行业，相信通过各类企业的协同创新，我国氢能产业将迎来美好的前景。

彭源 经济日报 2020-12-25

## 交通运输业节能减碳刻不容缓

交通运输领域一直是碳排放大户，基于“2030 年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”的愿景，行业迫切寻找低碳发展路径。

“随着经济社会的快速发展，工业化和城镇化进程加快，全国交通运输行业碳排放总量还将保持快速增长态势。”能源基金会清洁交通项目高级主任龚慧明日前向记者表示，交通领域实现碳中和目标面临诸多挑战，必须采取更强有力的政策和手段。

2025 年交通碳排放还将增加 50%

中国工程院院士杜祥琬指出：90%的碳排放来自煤、石油、天然气等化石燃料的燃烧，从行业看，电力、交通、建筑和工业分别占比为 41%、28%和 31%。

生态环境部发布的《中国移动源环境管理年报（2020）》显示，2014 年，交通运输温室气体排放量约为 8.2 亿吨二氧化碳当量，其中二氧化碳排放占 99.0%，甲烷排放占 0.2%，氧化亚氮排放占 0.8%。

“全世界都还没有找到有效解决碳排放的措施，发达国家工业、建筑等领域的碳排放出现了下降，但交通运输领域还没有大改变。我国人均汽车保有量与发达国家相比还有较大差距，正处于快速增长阶段。”龚慧明表示，交通运输行业碳排放还将持续增长，预计到 2025 年在现有基础上增加 50%。

截至今年 9 月，全国机动车保有量达 3.65 亿辆，其中汽车保有量 2.75 亿辆。国务院办公厅 11 月发布的《新能源汽车产业发展规划（2021—2035 年）》明确，2025 年我国新能源汽车新车销量占汽车总销量的 20%左右。这意味着，未来很长一段时间，我国大部分新车仍将是传统燃油车。

相较于其他领域，交通运输行业的碳排放也更为复杂。龚慧明进一步指出，交通运输行业既属于制造业，又有服务属性，“交通载人运货，很多排放不完全由自身决定，与外界存在很多联系，使用强度、运输周转量与国家经济结构、能源结构和产业布局密切相关。此外，交通运输是移动污染源，常常跨区域行驶，管理难度较大。”

兑现碳中和愿景存在挑战

在龚慧明看来，随着煤炭、水泥、钢铁等大宗散货产销逐步达峰，其运输周转量将出现下降，加之运输结构的持续优化，交通运输领域有望在 2025 年左右提前迎来碳达峰。但实现 2060 年碳中和目标存在挑战，“碳中和意味着零排放，长途公路运输、船舶、飞机也在探索氢能和生物质等燃料的应用，但目前还没有特别成熟的解决方案。”

在交通运输行业快速增长的二氧化碳排放中，道路交通占主导地位，占比高达 75%。龚慧明强调，大规模普及新能源汽车，扩大交通电力消费规模，全面电动化是落实交通减排的最根本保障。

此前，交通运输部新闻发言人蔡团结在国务院政策例行吹风会上表示，据测算，交通运输行业推广应用新能源汽车每年可减少碳排放约 5000 万吨。

一方面要大力发展新能源汽车，另一方面传统燃油车要进一步降低油耗。《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》已明确，到 2025 年，传统能源乘用车油耗将到 4.8 升/100 公里；货车、客车油耗较 2019 年降低 8%—15%；混合动力乘用车油耗达到 4.5 升/100 公里。

新技术将在交通运输减排中发挥重要作用。中国汽车动力电池产业创新联盟副秘书长王子冬指出，汽车轻量化技术与节能效果呈线性关系，每 10% 的轻量化率，可以带来 8.5% 的节能效果，且车辆轻量化具有持续稳定的节能效果。他建议，汽车制造采用新型工艺技术，取消冲压、焊接、涂装的方式，以减轻车身重量。

调整运输结构，也是交通运输低碳发展的主攻方向。龚慧明表示，碳中和目标需全社会共同努力，要充分发挥各种运输方式的比较优势和组合效率，实现结构减排效应的最大化，“公路货运向铁路和水运转转移的减排效果明显，要长期坚持下去。”

“低碳”到“无碳”要靠新能源

“整体来看，以往措施的力度，难以满足交通运输快速减碳需求。”业内人士认为，行业要以更大力度，拿出一套全面的改进方案，包括电动化、清洁燃料使用、车辆节能提效、完善公共交通等方式加速推进。

在中国科学院院士欧阳明高看来，碳中和愿景对新能源汽车而言，是挑战也是机遇。汽车行业既要实现自身减排，又能以新能源汽车拉动整个能源领域的减排。日前，英国宣布将自 2030 年起禁售燃油车，比原计划提前了整整 10 年。我国新能源汽车的发展节奏也要更加积极。

欧阳明高认为，交通运输从低碳到无碳，最终要依靠新能源。风电、光伏等新能源发电可直接用于电池充放电，也可以电解水制氢。反过来，动力电池和氢燃料电池还能作为储能推动新能源发展。

践行低碳交通，欧盟已迎来“最严碳排放法规”。自今年 1 月 1 日起，欧盟成员国境内新销售的乘用车二氧化碳平均排放量上限，从之前的每公里 130 克减少到 95 克。如果不达标，每辆车平均每超标 1 克将被处以 95 欧元（约合人民币 740 元）的罚款。

“我国汽车燃油经济性标准，应进一步对标国际先进水平。”龚慧明同样表示，交通运输行业需采取更强有力的减排措施。一方面依靠技术进步，推动新能源汽车获得更高的市场份额；另一方面，借助政策驱动，加速城市交通电动化进程。他建议，有条件的地方开展全面电动化试点，先行先试。面向未来全面电动化的终极目标，城市规划应提早统筹，从土地供给，基础设施建设、电网保障等方面做好整体设计。

卢奇秀 中国能源报 2020-12-23

## 日媒：减排新思路！二氧化碳有望“变身”食物

据《日本经济新闻》网站 11 月 24 日报道，利用温室气体二氧化碳制造的人造肉和酒已经诞生。为了到 21 世纪中期实现温室气体净零排放，日本国内外的初创企业开始研发把二氧化碳“吃掉”的技术。目前尚不清楚这种技术能否发展为一项产业，但它作为将来减少大气中二氧化碳的思路之一而备受期待。此类技术也显示出为实现净零排放，连饮食生活也必须要有做出改变的决心。

日本初创企业二氧化碳资源化研究所利用以氢为能源、靠吸收大气中二氧化碳生长的细菌来制造人造肉的蛋白质。这种细菌具有与植物相同的“二磷酸核酮糖羧化酶/加氧酶”，会吸收二氧化碳。它制造 1 千克蛋白质需要约 2 千克二氧化碳。蛋白质占该细菌质量的约 85%，而鱼粉的蛋白质占比仅为 50% 至 60%。这种细菌有望用于人造肉和饲料。

报道称，为了加快细菌的繁殖，研究人员把氢气和二氧化碳转为微细气泡后向细菌供应。使培育温度保持在 52 摄氏度需要耗费电力，但如果考虑到能作为蛋白质回收的二氧化碳的量，总体的二氧化碳排放量将为负值。

美国企业空气公司(Air Company)则利用二氧化碳和水开发出了空气伏特加(Air Vodka)。据称其产品的二氧化碳用量相当于 8 棵树每天吸收的量。

该公司没有透露具体细节，不过这项技术是利用催化剂把从大气中回收的二氧化碳和水变为乙醇。制造 1 千克乙醇需要 1.5 千克二氧化碳，副产品只有氧气。据悉进行一系列作业所需要的能量可通过光伏发电获得。

报道称，这些技术可减少现有食品生产带来的二氧化碳排放，朝着再利用方向迈出一步。要实现“到 2050 年温室气体净零排放”，或许可以说连饮食生活也不得不改变。

新华社 2020-12-26

## 我国减碳按下“加速键”，广东省如何付诸努力？

日前，习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上指出，“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。”这是中国对国际社会的承诺，也是对国内的动员令，意味着我国在持续为减缓气候变化影响做贡献的基础上，按下了减碳的“加速键”。

中国为何要提出这样的目标与愿景？广东省如何付诸努力？正值《巴黎协定》签署五周年之际，羊城晚报全媒体记者采访梳理了广东省国家低碳省试点工作十周年所取得的成就。

广东碳排放配额交易量、交易金额均居全国第一

“二氧化碳气体虽不直接影响人体健康，却是引发全球温室效应的罪魁祸首。”中山大学广东省应对气候变化研究中心主任曾雪兰指出，目前联合国提出要将全球平均气温上升幅度控制在 1.5-2°C 之间的目标，气候变化情况比较严峻。“如果放任气候危机不管，世界许多沿海城市将在未来几十年后面临被淹没风险。”

曾雪兰介绍，所谓“碳达峰”就是二氧化碳的年排放量不再增长，达到峰值后将慢慢减少。“碳中和”指的是针对排放的二氧化碳，通过植树造林、节能减排等方式全部抵消，实现二氧化碳的净零排放。“从碳达峰到碳中和，发达国家有 60 到 70 年的过渡期，但中国只有 30 年时间，这意味着中国二氧化碳减排的速度和力度都要比发达国家大。”

一直以来，广东非常重视低碳工作。从 2010 年启动国家低碳省试点工作起，历经十载，广东超额完成超 44% 的碳排放下降目标。长期以来，广东省通过行政主导、问责推动取得一定成效，但节能减碳形势仍然严峻。因此，引入市场机制，探索基于总量控制的碳排放权交易成为了高效率、低成本完成节能减碳约束性指标的现实选择。

2013 年 12 月，广东省正式启动了碳排放权交易，将钢铁、石化、电力、水泥、航空、造纸等六大行业 250 家左右的控排企业纳入碳市场范围，覆盖广东省约 70% 的能源碳排放量。截至 2020 年 12 月，广东省碳排放配额累计成交量 1.69 亿吨，占全国碳交易试点的 38%，累计成交金额 34.89 亿元，占全国碳交易试点的 34%，均位居全国第一。

“碳排放权交易目的是利用市场机制控制和减少温室气体排放，政府根据减碳目标和发展规划设定配额总量，通过免费和有偿的形式发放给企业，企业可根据自己实际生产需要购入或售出配额。”广州碳排放权交易所总经理孟萌表示，施行以来，减碳增效激励作用明显，超过 80% 的控排企业实施了节能减碳技术改造项目，超过 60% 的控排企业实现单位产品碳强度下降。

碳普惠助推“生态扶贫”理念走向现实

为鼓励小微企业、社区家庭和个人加入到低碳减排的行列中，广东开展碳普惠制试点已有五年时间，在广州、惠州、中山、深圳等城市都取得不错的成果，融入了公共出行、垃圾分类、旧衣回收等领域。

“如乘坐地铁出行、节约用水等，个人践行低碳行为即可参与碳减排认证。”曾雪兰指出，通过碳普惠建立的碳普惠核证减排机制，个人的碳减排量经过核证、量化后，即可换购商品，或者在广东省碳排放交易所出售。碳普惠正在成为推动节能减排、新能源发展、精准扶贫、生态补偿、普及公众低碳意识的重要市场机制。

在中山市小榄镇北区社区，部分家庭设有太阳能光伏屋顶、太阳能充电桩、雨水回收、太阳能路灯等低碳设施，低碳生活的理念逐渐融入社区居民日常生活。“据统计，社区人均碳排放为 0.818 吨，可再生能源利用率达 5%。”中山市小榄低碳发展促进中心主任何益清介绍，“由社区、企业共同参与的光伏发电项目经碳普惠核证减排 646 吨，切实地为广东碳减排贡献力量。”2017 年底，该社区入选首批省级近零碳排放区示范工程。

基于碳普惠制，“生态扶贫”的市场化理念逐渐走向现实。广东省定贫困村上洞背靠丰富的林业资源，走上了一条“林业碳汇”的新路径。在广州碳排放权交易所达成了共计 95503 吨的省级碳普惠核证自愿减排量交易中，上洞村获得了 155.8 万元收入。“没想到我们世代守护的山林可以直接换来收入，绿水青山果真就是金山银山，以后我们要更加努力地爱林护林。”上洞村村民刘保成说道。

据统计，控排企业累计购买了 150 多万吨的林业碳汇、分布式光伏类等碳普惠核证减排量，为贫困地区、革命老区、民族地区的省定贫困村以及生态发展区带来 2500 万元收入，为广东的精准扶贫、生态扶贫提供了有效的补充手段。

调整绿色能源结构，广州公交电动化达 100%

曾雪兰指出，“碳达峰、碳中和目标的实施将有力倒逼能源结构、产业结构不断调整优化，带动绿色产业强劲增长。”十年来，广东正积极调整产业结构、转变经济发展方式、推动科学发展，积极探索节能减排工作新领域、新机制。

据悉，广东非化石能源占能源消费比重从 2010 年的 14% 提高到 2019 年的 29%。目前，全省城市公交电动化率达到 93.5%，广州、深圳、珠海、汕尾均实现公交车 100% 电动化。达能（中国）食品饮料有限公司中山工厂于 2017 年开展的分布式光伏发电项目，已累计光伏发电超过 8240MWH，减排二氧化碳约 8212.4 吨。

同时，广东大力淘汰落后、高能耗高排放产能，着力实施现代服务业和先进制造业双轮驱动发展战略，加快建设高端高质高新现代产业体系，加快产业结构优化升级。截至 2019 年底，广州现代服务业增加值占服务业增加值比重达到 67.1%，成为首批国家服务型制造示范城市；先进制造业增加值占规模以上制造业增加值的比重达到 64.5%；高技术制造业增加值占规模以上工业增加值比重达 16.2%。

未来，在目前低碳工作的成果基础上，广东省将严格控制全省煤炭消费总量，大力发展可再生能源发电和核电，推广碳捕集等先进低碳技术，为我国实现碳达峰和碳中和承诺贡献广东力量，推动全省二氧化碳排放在全国率先达到峰值，珠三角城市群在全省率先达到峰值。

陈亮 夏嘉欣 粤环宣 羊城晚报 2020-12-28

## 降碳成“十四五”生态保护总抓手 转型之路如何走？

我国在联合国大会上明确提出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。在刚刚结束的中央经济工作会议上，“做好碳达峰、碳中和工作”被列为明年的重点任务之一。

“‘十四五’生态环境保护规划将抓住降碳这个总抓手，推动 2030 年前实现碳排放达峰。支持有条件的地方率先达峰，鼓励一些重点行业率先达峰，加快建立全国碳市场，同时鼓励地方开展试点示范。”在生态环境部 12 月 29 日举行的新闻发布会上，生态环境部综合司司长徐必久说。

我国在联合国大会上明确提出，力争于 2030 年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。在刚刚结束的中央经济工作会议上，“做好碳达峰、碳中和工作”被列为明年的重点任

务之一。要求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，加快建设全国用能权、碳排放权交易市场，完善能源消费双控制度。

那么，如何认识“碳达峰、碳中和”的重要意义？我国未来的低碳转型之路怎么走？它将给社会经济发展带来哪些影响？

实现碳中和是保护生态环境的根本措施

“中国新气候目标的提出，对国内疫情后加速低碳转型和长期低碳发展战略的实施，以及推进全球气候治理进程都会产生重要指引作用。”清华大学气候变化与可持续发展研究院学术委员会主任何建坤教授解释说，碳达峰、碳中和，实际上是两个阶段的奋斗目标。

第一个阶段，在 2030 年前，我国二氧化碳排放达到峰值。何建坤说，这是由于目前我国还处在工业化和城镇化进程中，经济发展比较快，能源需求仍然在增长。在能源需求持续增长的情况下，实现 2030 年前碳排放达峰，就必须大力改善能源结构。新增的能源需求主要由新增的非化石能源供应来满足，保证煤炭、石油等化石能源基本不再增加，这样才有可能尽快实现碳排放达峰。

“这一阶段的目标正好与 2035 年中国现代化建设第一阶段目标，即基本实现现代化、生态环境根本好转、美丽中国建设目标基本实现相吻合。”何建坤说。

生态环境部发布的数据显示，“十三五”期间，我国蓝天、碧水、净土三大保卫战成效显著。实现超低排放的煤电机组累计达 9 亿千瓦，全国 6.2 亿吨粗钢产能正在进行超低排放改造。蓝天保卫战重点区域监督帮扶，共帮助地方发现、解决问题共 27.2 万个；累计完成 2804 个饮用水源地 10363 个生态环境问题整改，约 7.7 亿居民饮用水安全保障水平得到提升，全国地级及以上城市建成区黑臭水体消除比例超过 95%。

第二阶段，努力在 2060 年之前实现碳中和。何建坤强调，要实现碳中和，能源系统要建成以新能源和可再生能源为主体的近零排放的能源体系。煤炭、石油、天然气等消费量要控制在极低水平。从根本上减少化石能源消费中产生的常规污染物的排放，比如二氧化硫、氮氧化物、PM2.5 等。

“虽然我国在化石能源消费过程中采取了很多节能减排和治污的措施，但随着末端治理措施空间越来越小，从根本上减少化石能源消费才是提升环境质量、保护生态环境的最根本措施。因此，实现碳中和是我国自身现代化建设可持续发展的要求，与在本世纪中叶建成社会主义现代化强国和美丽中国的目标相契合。”何建坤说。

重点省份和行业优先制订减碳路线图

目前我国各地正加紧制定碳达峰、碳中和的路线图。特别是山西、陕西、河南等化石能源富集省份，该如何走低碳转型之路？

中国工程院院士杜祥琬以河南省为例说，河南省开封市兰考县正在进行我国首个农村能源革命试点。作为中部地区的一个农业县，兰考的风能资源比起内蒙古来说不算丰富，太阳能资源也称不上富集。但是，如今“风能、太阳能都转起来了”。3 年前刚开始试点时，兰考主要依赖的是外来的煤电，通过技术发展，预计到明年，兰考的可再生能源发电量可基本满足全县用电需求。

杜祥琬强调，兰考的案例说明，我国中部和东部地区虽不如西北地区的可再生能源丰富，但本地也有足够利用的可再生能源资源。特别是随着我国可再生能源开发技术的提高、成本下降，大力发展非化石能源的前景越来越明晰。

中国科学院上海高等研究院副院长魏伟说，工业是经济发展的根本，我国有着强大的工业体系，需要寻找适合我国工业发展的低碳路径或脱碳路径。

据统计，全球碳排放 75% 左右来自能源，而我国碳排放的 90% 左右来自能源。我国是制造业大国，工业部门的能源消费占总终端能源消费的 2/3。

魏伟说，工业部门排放量高，减排难度大，碳锁定效应明显。比如，2018 年，我国钢铁行业的粗钢产量 9.96 亿吨，占全球产量的 53%，对我国整体 GDP 的贡献为 8.32%。钢铁生产流程长，碳排放节点多，而且每个节点碳排放的浓度也不同，解决途径也不一样。加上高度依赖高碳能源、低碳能源难以介入、新技术成熟度低等因素，钢铁行业现有措施剩余的碳减排空间约为 15%—20%，实

现难度极大。因此，要实现 2060 年碳中和的目标，钢铁行业需要制订详细的“路线图”，引入创新技术。

何建坤说，短期内，实现工业快速转型并减少碳排放，会导致一些能耗高、污染严重的行业发展受限。但从长期来看，能够促进产业结构调整 and 转型升级，激励数字经济、高新科技产业和现代服务业的发展。

多措并举完成低碳转型和技术升级

何建坤强调，在应对气候变化、全球低碳转型的大趋势下，低碳的核心技术和发展能力，以及低碳的产业结构是现代化的标志和核心竞争力的体现。“技术创新往往会超越我们的想象，就像 10 年前谁也想不到，今天光伏的发电成本会降低 80%—90%，风电的成本会降低 40%—60%。”他说。高耗能、高碳排放的产业唯有进行技术创新，实现低碳转型和技术升级，未来才会有发展潜力和竞争力。

徐必久说，“十四五”时期，将加快推动绿色低碳发展，积极应对气候变化，制定实施 2030 年前碳排放达峰行动方案。建设并运行全国碳排放权注册登记结算系统和交易系统；深化低碳试点示范，启动气候投融资地方试点。

在能源方面，国家发改委秘书长赵辰昕说，“十四五”时期将坚持和完善能源消费总量和强度双控制度，建立健全用能预算等管理制度；加强重点用能单位管理，加快实施综合能效提升等节能工程，深入推进工业、建筑、交通等重点领域节能降耗，持续提升新基建能效水平；加快建设全国用能权交易市场，广泛开展全民节能行动，营造有利于节能的整体社会氛围。

《巴黎协定》提出，在本世纪末之前，把全球平均温升控制在前工业水平的 2°C 以内，并将努力把温升限定在 1.5°C 内。据测算，如果实现 2°C 目标导向的转型路径，2020—2050 年能源系统需要新增投资约为 100 万亿元，约占每年 GDP 的 1.5%—2%；如果实现 1.5°C 目标导向的转型路径，需要投资约 138 万亿元，大概相当于每年 GDP 的 2.5% 以上。

何建坤说，可以预见，低碳转型过程中会有一些成本和代价。比如，会让一些还没到寿命期的煤电站关掉，造成搁浅成本，进而会带来财务风险。但从长期来看，由煤炭转成可再生能源也带来了新的经济增长点和新增就业机会，并减少了环境污染，保障了人民的健康，能源经济低碳转型的正面效应是大于负面影响的。

李 禾 科技日报 2020-12-31

## 地热能

### 充分利用地热加快实现园区清洁化(建言献策·园区综合能源服务规划系列二)

地热水源丰富型园区能源消费主要集中在建筑领域，应坚持“一能尽用、多能协同”原则，建设绿色低碳、安全高效的园区能源体系，积极采用绿色建筑提高自身绿色发展水平，助力构建生态宜居宜业的城市环境。

地热资源作为一种新型可再生能源，主要包括浅层地温能、水热型地热资源及干热岩地热资源三部分，其利用方式主要有地热发电、地热供暖、温泉沐浴和地热养殖。

目前，我国仅地热能供暖面积已超过 1.5 亿平方米，地源热泵装机容量达到 2 万千瓦，形成了一系列较为完备的地热能开发利用新技术，培育了一大批技术先进、实力过硬的地热开发利用企业，打造了以“雄县模式”为代表的地热能科学、高效、可持续开发利用模式。

因此，研究地热水源丰富型园区能源系统特征对指导该类园区能源规划具有重要意义。

利用地热水源资源的低品位特性，匹配建筑暖通负荷为主的园区能源需求，助推园区清洁化发展

地热水源丰富型园区依靠其资源特性多发展旅游、商务、居住等功能性产业，形成了以机关、学校、医院、福利院等公共建筑以及居民建筑为主的建筑格局。

从经济发展来看，此类园区处于城镇化后期阶段，经济发展潜力大，未来创新型经济将成为主要发展引擎。

从能源消费来看，此类园区能源消费主要集中在建筑领域。同时，随着未来经济水平和人民美好生活需求的上升，园区能源需求增长空间大。

在国家绿色发展以及园区高质量发展的背景下，园区应积极采用绿色建筑提高自身绿色发展水平，构建生态宜居宜业的城市环境。

地热水源资源冬季温度较外界环境温度略高，夏季较外界环境温度略低，能够提供稳定的冷热源，保障热泵机组的高效率运行，满足园区建筑暖通空调低品位能源需求。

此外，通过热泵技术进行采集为建筑物供暖制冷，较常规供暖技术节能 50%—60%，运行费用降低约 30%—40%。因此，此类园区应充分利用地热水源资源，匹配建筑暖通空调负荷需求，加快园区清洁化进程。

充分挖掘园区地热水源资源，综合利用太阳能、空气能、天然气等清洁能源，打造园区清洁低碳、安全高效的能源供应系统

地热水源丰富型园区能源利用应坚持“一能尽用、多能协同”的原则，充分挖掘园区地热水源资源，综合利用其它清洁能源协调运行，进而建设绿色低碳、安全高效的园区能源体系。

围绕“一能尽用”原则，应根据规划园区地热水源资源禀赋以及工程经济性，合理选择浅层地源热泵、地下水源型水源热泵、地表水源型水源热泵、污水源型水源热泵等共四种地热水源利用技术满足园区基本暖通空调负荷需求。

对于水源热泵，还需考虑水质情况，适应性选择直接利用系统或间接利用系统。围绕“多能协同”原则，应考虑园区暖通空调负荷的调峰需求，根据安全可靠、经济低碳原则，合理选择太阳能集热器+空气源热泵，冷水机组+冷却塔，燃气锅炉、电锅炉等供能技术，搭配地热水源热泵系统，满足园区暖通空调负荷系统。

除此之外，还应充分利用蓄热蓄冷技术，实现园区暖通空调峰荷的时空转移，尽量减少调峰设备的配置。常见的适用于园区的蓄热蓄冷技术是水蓄热和水蓄冷技术。当园区调峰资源品位较高时，也可选择相变蓄热、固体蓄热和熔盐蓄热等技术。

杭州奥体中心主体育场面积 115608 平方米（其中空调面积 29521 平方米），其空调冷热源采用江水源热泵系统。江水源热泵系统承担体育场全部空调冷热负荷，制冷供热机房内设置 3 台江水源热泵机组：制冷量 1522kW（433RT），制热量 1130kW。杭州奥体中心主体育场夏季供冷采用“江水源热泵”，冬季供热采用“江水源热泵+燃气锅炉辅助供热的节能技术”。通过江水源热泵的合理利用，大幅降低了冷却塔的使用量，缓解了城市局部区域的“热岛”效应，避免或减少温室气体的排放。

地热水源开发应以经济性为目的，宜集中则集中、宜分散则分散，打造符合园区特性的综合能源系统

地热水源的开发应综合考虑供能区域负荷密度等特性，以经济性为目的，合理选择集中和分散供能模式：

高密度商务型社区主要用能主体是办公、酒店、商场等企业机构，呈现出高建筑密度、高负荷密度和高容积率的“三高”特点。这类社区建筑特别适合采用集中式的冷热系统，通过功能混合实现负荷平准化，降低社区尖峰负荷的能源需求，减小设备容量与投资。

以创新产业、休闲生活等为主的低密度商务型社区容积率低、绿化率高的商务园区适合采用分布式的冷热系统，同时通过被动式技术降低建筑能耗，利用地热水源等可再生能源可以实现超低能耗或近零能耗社区的建设。

打造园区智慧能源管控平台，优化园区地热水源资源与其它资源协同运行，挖掘园区需求侧响应等增值服务模式

地热水源丰富型园区同时配备有燃气锅炉、电锅炉、电制冷机等辅助能源设备，园区能源供应系统复杂且相互耦合。

因此，此类园区十分有必要结合 5G、物联网、人工智能、云计算等新兴技术，建立智慧能源管控平台，优化园区能源系统运行，提高能源利用效率，实现绿色低碳、安全高效的能源使用目的。同时，通过智慧能源管控平台还可以挖掘园区综合能源增值服务，实现园区需求侧响应、故障诊断、节能服务、分布式能源交易等模式发展。

总之，地热水源丰富型园区应充分利用地热水源资源，综合太阳能等可再生能源，打造集中或分散的园区能源系统。同时搭建智慧能源管控平台，优化园区能源系统运行特性，挖掘园区综合能源增值服务，实现园区清洁化发展。（作者供职于国网（苏州）城市能源研究院）

陈杰军 中国能源报 2020-12-07

## 地热+建筑要成清洁园区“新风尚”

地热水源丰富型园区能源消费主要集中在建筑领域，应坚持“一能尽用、多能协同”原则，建设绿色低碳、安全高效的园区能源体系，积极采用绿色建筑提高自身绿色发展水平，助力构建生态宜居宜业的城市环境。

地热资源作为一种新型可再生能源，主要包括浅层地温能、水热型地热资源及干热岩地热资源三部分，其利用方式主要有地热发电、地热供暖、温泉沐浴和地热养殖。

目前，我国仅地热能供暖面积已超过 1.5 亿平方米，地源热泵装机容量达到 2 万兆瓦，形成了一系列较为完备的地热能开发利用新技术，培育了一大批技术先进、实力过硬的地热开发利用企业，打造了以“雄县模式”为代表的地热能科学、高效、可持续开发利用模式。

因此，研究地热水源丰富型园区能源系统特征对指导该类园区能源规划具有重要意义。

利用地热水源资源的低品位特性，匹配建筑暖通负荷为主的园区能源需求，助推园区清洁化发展

地热水源丰富型园区依靠其资源特性多发展旅游、商务、居住等功能性产业，形成了以机关、学校、医院、福利院等公共建筑以及居民建筑为主的建筑格局。

从经济发展来看，此类园区处于城镇化后期阶段，经济发展潜力大，未来创新型经济将成为主要发展引擎。

从能源消费来看，此类园区能源消费主要集中在建筑领域。同时，随着未来经济水平和人民美好生活需求的上升，园区能源需求增长空间大。

在国家绿色发展以及园区高质量发展的背景下，园区应积极采用绿色建筑提高自身绿色发展水平，构建生态宜居宜业的城市环境。

地热水源资源冬季温度较外界环境温度略高，夏季较外界环境温度略低，能够提供稳定的冷热源，保障热泵机组的高效率运行，满足园区建筑暖通空调低品位能源需求。

此外，通过热泵技术进行采集为建筑物供暖制冷，较常规供暖技术节能 50%—60%，运行费用降低约 30%—40%。因此，此类园区应充分利用地热水源资源，匹配建筑暖通空调负荷需求，加快园区清洁化进程。

充分挖掘园区地热水源资源，综合利用太阳能、空气能、天然气等清洁能源，打造园区清洁低碳、安全高效的能源供应系统

地热水源丰富型园区能源利用应坚持“一能尽用、多能协同”的原则，充分挖掘园区地热水源资源，综合利用其它清洁能源协调运行，进而建设绿色低碳、安全高效的园区能源体系。

围绕“一能尽用”原则，应根据规划园区地热水源资源禀赋以及工程经济性，合理选择浅层地热型地源热泵、地下水源型水源热泵、地表水源型水源热泵、污水源型水源热泵等共四种地热水源利用技术满足园区基本暖通空调负荷需求。



对于水源热泵，还需考虑水质情况，适应性选择直接利用系统或间接利用系统。围绕“多能协同”原则，应考虑园区暖通空调负荷的调峰需求，根据安全可靠、经济低碳原则，合理选择太阳能集热器+空气源热泵，冷水机组+冷却塔，燃气锅炉、电锅炉等供能技术，搭配地热水源热泵系统，满足园区暖通空调负荷系统。

除此之外，还应充分利用蓄热蓄冷技术，实现园区暖通空调峰荷的时空转移，尽量减少调峰设备的配置。常见的适用于园区的蓄热蓄冷技术是水蓄热和水蓄冷技术。当园区调峰资源品位较高时，也可选择相变蓄热、固体蓄热和熔盐蓄热等技术。

杭州奥体中心主体育场区面积 115608 平方米（其中空调面积 29521 平方米），其空调冷热源采用江水源热泵系统。江水源热泵系统承担体育场全部空调冷热负荷，制冷供热机房内设置 3 台江水源热泵机组：制冷量 1522kW（433RT），制热量 1130kW。杭州奥体中心主体育场夏季供冷采用“江水源热泵”，冬季供热采用“江水源热泵+燃气锅炉辅助供热的节能技术”。通过江水源热泵的合理利用，大幅降低了冷却塔的使用量，缓解了城市局部区域的“热岛”效应，避免或减少温室气体的排放。

地热水源开发应以经济性为目的，宜集中则集中、宜分散则分散，打造符合园区特性的综合能源系统

地热水源的开发应综合考虑供能区域负荷密度等特性，以经济性为目的，合理选择集中和分散供能模式：

高密度商务型社区主要用能主体是办公、酒店、商场等企业机构，呈现出高建筑密度、高负荷密度和高容积率的“三高”特点。这类社区建筑特别适合采用集中式的冷热系统，通过功能混合实现负荷平准化，降低社区尖峰负荷的能源需求，减小设备容量与投资。

以创新产业、休闲生活等为主的低密度商务型社区容积率低、绿化率高的商务园区适合采用分布式的冷热系统，同时通过被动式技术降低建筑能耗，利用地热水源等可再生能源可以实现超低能耗或近零能耗社区的建设。

打造园区智慧能源管控平台，优化园区地热水源资源与其它资源协同运行，挖掘园区需求侧响应等增值服务模式

地热水源丰富型园区同时配备有燃气锅炉、电锅炉、电制冷机等辅助能源设备，园区能源供应系统复杂且相互耦合。

因此，此类园区十分有必要结合 5G、物联网、人工智能、云计算等新兴技术，建立智慧能源管控平台，优化园区能源系统运行，提高能源利用效率，实现绿色低碳、安全高效的能源使用目的。同时，通过智慧能源管控平台还可以挖掘园区综合能源增值服务，实现园区需求侧响应、故障诊断、节能服务、分布式能源交易等模式发展。

总之，地热水源丰富型园区应充分利用地热水源资源，综合太阳能等可再生能源，打造集中或分散的园区能源系统。同时搭建智慧能源管控平台，优化园区能源系统运行特性，挖掘园区综合能源增值服务，实现园区清洁化发展。（作者供职于国网（苏州）城市能源研究院）

陈杰军 中国城市能源周刊 2020-12-09

## 内蒙古中西部发现特大型地热田

内蒙古自治区自然资源厅日前公布消息说，近期自治区地热资源勘查取得重大成果，其中内蒙古中西部地区发现我国少有的特大型地热田。

消息显示，专项地质勘查工作队在呼和浩特市和林格尔新区白垩系地层中，成功打出出水温度达 62 摄氏度、日涌水量 4030 立方米、水头高度 110 米的地热井，单井可稳定供暖 22 万平方米，地热资源分布面积近 360 平方公里。

同时，在呼包（呼和浩特-包头）平原、西辽河平原、临河盆地、鄂尔多斯盆地、二连浩特等地成功打出 73 眼地热井，发现了丰富的地热资源。其中，在呼和浩特市土默特左旗打出水头高出地面

40.02 米、日自流稳定出水量 3954 立方米、出水温度 66 摄氏度的优质地热井。

此外，在西辽河平原打出 1 眼降深 72.50 米时、涌水量为每天 2148.336 立方米、出水温度 45 摄氏度的地热井，实现了西辽河平原地热勘查的重大突破。

地热勘查成果表明，内蒙古中西部的呼包平原、临河盆地、鄂尔多斯盆地等大型断拗陷盆地是我国少有的特大型地热田，地热资源潜力巨大，对当地清洁能源的开发利用具有重要意义。

贾立君 新华网 2020-12-16

## 地热清洁供暖成效初显

温暖就是民生，蓝天就是幸福，绿水青山就是金山银山。今年入冬以来，一些变化悄然在百姓身边发生：燃煤供暖的少了，窗外的蓝天多了，冬天家里的温度更有保障了。这都得益于国家四年来不断加大对清洁供暖工作的深入推进。

2016 年 12 月，中央财经领导小组第十四次会议强调推进北方地区冬季清洁供暖，关系北方地区广大群众温暖过冬，关系雾霾天能不能减少，是能源生产和消费革命、农村生活方式革命的重要内容。要按照企业为主、政府推动、居民可承受的方针，宜气则气，宜电则电，尽可能利用清洁能源，加快提高清洁供暖比重。

国家：立意深远，政策先导，机制保障。

四年来，国家和地方支持政策密集出台，推进清洁能源供暖替代传统能源供暖，已成为目前最行之有效的选择方案。清洁供暖作为我国减少碳排放、促进能源结构调整、改善民生的一个重要抓手，部署周密、发展迅速、成绩显著。

2017 年，政策发力，全面推进。

这一年《地热能开发利用“十三五”规划》、《关于中央财政支持北方地区冬季清洁供暖试点工作的通知》、《北方地区冬季清洁供暖规划（2017-2021 年）》等国家政策密集出台，制定了清晰而宏大的清洁能源供暖发展目标，要求将可再生能源供暖面积从当时的约 7 亿平方米提升至 2021 年的 31.5 亿平方米。

2018，机制健全，勇担重任。

这一年《关于扩大中央财政支持北方地区冬季清洁供暖城市试点的通知》、《关于印发北方地区冬季清洁供暖试点城市绩效评价办法的通知》，清洁供暖绩效考核机制稳步健全，提供了机制保障。同年国务院印发《打赢蓝天保卫战三年行动计划》相继出台，清洁供暖工作担当起打赢三大攻坚战的历史重任。北方地区冬季清洁供暖作为打赢蓝天保卫战的关键战役，清洁供暖工作全面启动、势头良好。

截止到 2018 年末，北方地区新增清洁供暖面积约 15.5 亿平方米，清洁供暖率达到约 46%，减少散煤消费约 2100 万吨。

2019，成效突显，走向国际。

这一年，围绕大气污染防治攻坚任务，积极壮大清洁能源产业，推进能源清洁高效利用，中央财政持续积极支持污染防治，将打赢蓝天保卫战作为重中之重，大气污染防治资金安排 250 亿元，增长 25%。全国新增清洁供暖面积约 15 亿平方米，清洁供暖率达 55%，累计替代散烧煤约 1 亿吨，“2+26”重点城市清洁供暖率达 75%，超额完成 5%。为经济社会发展、生态环境保护、民生改善提供了坚强有力的保障。这一年国家能源局切实抓好“一带一路”能源合作，在首批公布的四个中芬能源合作示范项目中，采用了智能控制的“周口地区地热能清洁供暖项目”更是其中一大亮点。

2020，成绩斐然，势头正劲。

这一年，全国各地围绕大气污染防治攻坚任务，深入细化配套电价等政策支持，积极壮大清洁能源产业，深度推动“一带一路”国际能源合作。2020 年预计全国新增清洁供暖面积 15 亿平方米左右。全国地级及以上城市空气质量优良天数比率 82%；PM2.5 未达标地级及以上城市年均浓度同比

下降 2.4%；二氧化硫、氮氧化物排放量同比下降 4.4%、3.5%；化学需氧量、氨氮排放量同比下降 3.2%、3.3%；单位国内生产总值二氧化碳排放下降 4.1%。“十三五”规划确定的上述 9 项约束性指标，其中有 7 项已提前完成 2020 年目标任务，单位国内生产总值二氧化碳排放下降指标已接近完成，地级及以上城市空气质量优良天数比率预计 2020 年能够如期完成，到 2021 年力争实现“2+26”重点城市清洁供暖率达 90%的目标。

河南：协调统筹、积极引导，扎实发展

河南省作为北方地区的人口大省和煤炭资源消费大省，紧抓国家大力推动清洁供暖的机遇，因地制宜探索清洁供暖新模式。

2017 年，河南省政府出台《河南省“十三五”可再生能源发展规划》，提出将水热型地热供暖纳入城镇基础设施建设中，集约规划，统一开发。2018 年，《河南省集中供热管理试行办法》，鼓励利用清洁能源和可再生能源发展集中供热事业。同年 5 月，《关于开展地热能清洁供暖规模化利用试点工作的通知》印发，要求以县为单位采取特许经营模式，选择地热能清洁供暖利用较好的县区作为试点，推进地热能供暖区域连片开发模式。

2019、2020 连续两年分别在周口和郑州召开地热能供暖现场推进会，通过现场推进会向全省 18 地市推广地热能清洁供暖实施模式和实施经验。会议上提出，要为清洁供暖工作提供有力政策体系保障，省财政安排 100 多个亿专项资金给予支持。省住建厅出台《城镇集中供热的实施方案》，鼓励社会资本参与供暖建设与运营；省自然资源厅把地热供暖项目纳入了审批的绿色通道；水利厅简化清洁供暖取水审批程序，缩短审批时间；生态环境厅组织了地热供暖的专项调研，把地热供暖纳入了大气污染防治攻坚的重点工作。全省清洁供暖推动工作已经形成稳固的协同机制。推进指明方向，切实做好清洁供暖推进工作。以地热为代表的清洁供暖工作，在中原大地形成星火燎原之势。截止到 2020 年 10 月，河南省地热能供暖面积将近 1 亿平方米，折合可以节约标煤 115 万吨，减排二氧化碳 300 多万吨。

河南省政府积极将清洁能源与大数据、物联网等新基建领域深度融合应用，在万江集团建成“地热能+数字化”清洁供暖云平台，通过物联网、大数据、综合集成法的运用，实现对供热系统的远程自主调控，达到节能降耗和节省人力成本的双重作用。搭配清洁地热能供暖项目建设灵活，建设周期短，无需开挖城市路面，不影响小区容积率，可以实现当年建设当期供暖的优势，不仅可以缓解城市减少煤炭燃烧带来的热源不足问题，更能快速满足传统大管网覆盖不到区域以及城乡结合部居民的用暖需求，让老百姓温暖过冬，居民的获得感、幸福感提升一大截。

郑州：抢抓机遇，百姓受益，温暖蓝天

作为北方地区清洁供暖试点城市，郑州将地热能供暖纳入清洁供暖试点城市建设，作为大气污染防治和国家中心城市建设的重要举措积极推进，鼓励有经验、有实力的新能源企业进入地热能开发领域。截至 2020 年供暖季，已建成投运地热能供暖项目 27 个，总投资约 17.2 亿元，可实现供暖面积近 900 万平方米，有效缓解了集中供热未覆盖区域居民冬季供暖问题。与传统的供暖模式相比，每年可节约 14.8 万吨标准煤，减少 38.79 万吨二氧化碳排放，实实在在为保卫郑州蓝天白云做出了突出贡献。地热供暖作为一种清洁无污染又可有效填补郑州热力管网覆盖不到区域的供暖方式，近年来越来越受到人们重视。

2018 年，郑州市政府印发《郑州市清洁供暖试点城市建设工作方案（2017—2020）》，从热源侧和用户侧实施清洁供暖改造。在集中供热没有覆盖的城区，鼓励开发中深层水热型地热供暖，计划 3 年内新增可再生能源区域集中供热能力 1500 万平方米。为实现这一目标，各级政府开辟清洁供暖项目审批绿色通道，发展改革、规划、环保、自然资源、城乡建设、城市管理、水务等部门优先安排用地、环保、用水等指标。市级财政部门也依据国家政策积极稳妥为清洁供暖项目建设提供资金支持。

清洁供暖未来可期

十四五期间，清洁地热能供暖工作将紧紧依靠国家要“一点、两带、三区、国际化”，来实现地热

能产业高质量发展。一点就是雄安新区，国家规划地热产业全球行业的全球制高点。两带就是黄河、长江两个地热能产业发展的潜力带，三区就是重点发展北方地区冬季清洁供暖，南方夏热冬冷地区和青藏高原地区。实现地热产业在一带一路沿线地区的布局和推广。河南清洁供暖产业发展，也将牢牢抓住市场优势，把产业做大做强，对内紧密与国家十四五规划结合，积极参与沿黄地区“绿色能源廊道”布局，打造千万平方米的地热供暖高质量发展的连片示范区；对外积极参与一带一路国家建设和产业推广，进军国际清洁供暖市场。

四年真抓实干，四年成效斐然。在生态文明建设的核心思想指导下，坚持“企业为主，政府推动，居民可承受”的重要原则。以提高公共服务水平和质量，加强基础设施薄弱环节为行动指南。既去旧、又育新，既减少无效供给、又扩大有效供给。北方地区各省市坚持以生态文明统领城乡建设，以绿色低碳新型城镇化建设为目标，清洁供暖工作中在实践中不断完善、不断发展、不断创新。在如火如荼的发展过程中，积极培育出一批以万江集团为代表的清洁供暖龙头企业，打造出更多如“雄安新区”、“周口模式”、“郑州速度”等清洁供暖工作样板城市。

毕波 中国能源网 2020-12-22

## 生物质能、环保工程

### 秸秆生产交通燃料油技术实现新突破

秸秆生产交通燃料油技术实现新突破

本报讯 记者路郑报道：近日，由中国科学院广州能源所创新发明的“一种秸秆生产交通燃料油的方法”专利获第六届广东省专利金奖。业内专家认为，该技术路线国际领先，能将原料碳利用率提高30%以上，燃料产品各项性能指标均达到国际ASTM-D7566标准。在技术路线方面，10吨秸秆能生产出1吨航油，并联产0.25吨乙酰丙酸，系统能效达36.8%。

据了解，“一种秸秆生产交通燃料油的方法”技术路线获得的烃类化合物产率可高达10%，经过炼制可用作汽油、柴油和航空煤油的替代品或添加剂。

“我们在国际上，首次实现以秸秆为原材料的汽、柴、航油生产，提升了生物质燃料品位，产品性能和碳数分布与石油燃料一致，不需要更换当前发动机和燃油系统，可直接使用，有效解决了传统技术中生物质原料利用率低、转化效率低、产物单一品质低、原料适用性差、应用推广难等瓶颈问题。”中国科学院广州能源研究所所长、国家能源生物燃料研发中心主任马隆龙告诉记者。

据悉，该专利技术完全满足汽、柴、航油对理化特性的要求，提升了生物质燃料品位，产品性能和碳数分布与石油燃料一致。

“项目组建成了生物汽油中试示范工程和百吨级规模的生物航油中试示范系统，完成了技术的稳定可靠性的测试验证，为商业化推广应用奠定基础。”马隆龙说。

目前中国生物质能产业初具规模的技术领域主要是生物天然气及沼气发电、生物质成型燃料及发电，液体燃料主要是燃料乙醇和生物柴油。

“这些技术在原料的适用性、产品用途和技术经济性方面存在一些问题。”马隆龙介绍，其中纤维素燃料乙醇技术面临成本和关键技术瓶颈，还不具备产业化的前景，生物柴油用的原料主要是废弃油脂、难以利用农林废弃物或者不能全成分利用，如纤维素燃料乙醇技术只能利用里面的纤维素组分，而半纤维素、木质素不能转化利用。此外，对于热解油及气化合成油，由于油品品质低、或者关键技术瓶颈未突破，目前处于关键技术攻关阶段。

马隆龙说，“该专利技术主要针对目前生物质能液体燃料技术的发展瓶颈，创新开拓出一条新的技术途径，称之为水相催化技术。”该专利技术建立了农林废弃物利用的新技术体系，在原料全成分利用、转化效率与产品品质方面实现重大突破，引领了生物质能液体燃料从低品质的含氧燃料向

更先进的烃类燃料发展,显著促进了生物质燃料技术的跨越发展,开拓了一条新的生物质能源技术。

“要提高这些生物质的能源化利用率,必须充分考虑它的结构特性和目标产品的关联性。”马隆龙告诉记者,无论从原料的成分及其结构特点的利用,还是从技术的共性方面以及产品的多用途来说,能大幅度提高技术经济性,并应用到国民经济体系中去。生物质能的发展方向,必然面向利用共性技术能实现多类型产品的生产,未来需要扬长避短的发挥生物质原料及产品的优势。

中国能源报 2020-12-07

## 垃圾焚烧发电厂烟气工艺提升对垃圾处理费的影响

目前国内相当一部分焚烧厂采取“半干法+干法”的脱酸工艺和“SNCR”的脱硝工艺,而这种脱酸和脱硝工艺已无法满足新烟气排放标准的要求,因此需要对烟气处理的脱酸工艺和脱硝工艺进行升级,以达到新的排放标准。

### 1 烟气工艺技术的提升

#### 1.1 烟气脱硝工艺的提升

目前,国内垃圾焚烧厂脱硝工艺大部分采取 SNCR 系统,该系统可使烟气中  $\text{Nox}$  浓度降低至  $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。但该工艺已无法满足目前部分地方政府对环保的新要求,因此烟气脱硝工艺需要增加 SCR 脱硝系统。

SCR 系统(选择性催化还原脱硝工艺)的原理是将袋式除尘器出口的烟气通过加热器加热到适合的温度进入 SCR 反应塔,在催化剂的作用下烟气中的  $\text{Nox}$  与还原剂  $\text{NH}_3$  进行脱  $\text{Nox}$  反应。 $\text{NH}_3$  将  $\text{Nox}$  分解为氮气和水蒸气。SCR 系统脱  $\text{Nox}$  效率高,通常效率能达到 60% 以上。

目前,SCR 系统工艺选择的关键有两个:①技术可靠;②催化剂及反应温度选择(最经济选择)。其中,催化剂及反应温度选择与投资、运行费用等的经济相关性较大。目前国内南京江南/江北项目 SCR 系统催化剂使用低温催化剂( $170^\circ\text{C}$ ),北京首钢/海淀项目采取中温催化剂( $230^\circ\text{C}$ )。低温催化剂与中温催化剂相比的优点是使用温度低,蒸汽消耗量小,缺点是对  $\text{Sox}$  浓度更加敏感,单价格高,供货来源单一。采取低温催化剂虽然建设费用较高,但运行费用较低,综合比较采取低温催化剂更有优势。

同时,根据目前采取了低温催化剂工厂的运行案例来看, $\text{Nox}$  的排放浓度能够稳定地达到  $80\text{mg}/\text{Nm}^3$  以下。由此,低温催化剂 SCR 系统是首要选择。

目前生活垃圾焚烧项目中采用的 SCR 还原剂有氨水和尿素两种。相比较而言,采用氨水作为还原剂,投资成本、运行成本均较低;采用尿素作为还原剂安全性相对较好,但需增设尿素热解装置,投资及运行成本较高。从投资、运行成本、布置及安全性考虑,建议采用 25% 氨水作为 SCR 系统的还原剂,同时作为 SNCR 系统的还原剂。

#### 1.2 烟气脱酸工艺的提升

目前,垃圾焚烧发电厂有相当一部分采取了“半干法+干法”的脱酸工艺,如上海金山、南京江北、南京江南、北京海淀、北京首钢等项目。

旋转喷雾半干法(SDA)是目前国内外垃圾焚烧厂应用最广泛的烟气脱酸工艺,主要由吸收剂( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )制备、吸收剂浆液雾化、雾化浆液和烟气混合等系统组成。吸收剂为浓度 9%~13% 的石灰石浆液。

“半干法+干法”工艺投资较节省,运行费用较低,但根据实际数据表明,其脱酸的效率以及排放指标的稳定性均无法满足最新排放标准的要求。特别当垃圾中塑料等含氯成分增加时,烟气中  $\text{HCl}$  原始浓度较高。为了稳定可靠地达到排放标准,目前较可行的工艺是增加一套“湿法”的脱酸工艺,确保烟气达标排放。

湿法工艺采用的吸收剂为烧碱溶液,烧碱溶液从洗涤塔上部的喷嘴喷入,烟气从洗涤塔下部进入,两者进行充分的化学反应,产生各种  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaCl}$  等盐类,随吸烟废水排出。烟气净化后的

温度约 63℃，再经 GGH 系统加热至 125℃后排放至空气中。烟气经湿法除酸后 HCl 浓度在 10mg/Nm<sup>3</sup> 以内，Sox 浓度在 30mg/Nm<sup>3</sup> 以内，完全满足最新的排放标准。

在设置 SCR 工艺的基础上设置湿法工艺，由于低温催化剂 SCR 系统对 Sox 的浓度十分敏感，所以需将湿法设于 SCR 工艺上游，如正常使用催化剂，Sox 浓度不宜超过 20mg/Nm<sup>3</sup>，方可保证催化剂正常使用寿命。按此工艺，需相应增加 GGH 塔，对湿法处理后的烟气进行热量交换回收，以减少将烟气加热到 SCR 反应温度所需的蒸汽量。

### 1.3 新增废水处理系统

烟气工艺提升后，虽然可以显著减少烟气中 NO<sub>x</sub> 和各种酸性气体排放量，但同时也会产生大量的废水。所以需要新增一套废水处理系统，该系统按照常规药剂螯合+过滤的方式处理洗烟废水，处理后的洗烟废水全部回用于炉渣冷却。

## 2 新增工艺系统经济分析

为了满足各地新的烟气排放标准，根据烟气处理工艺提升的技术分析，需新增 SCR 脱硝系统、湿法脱酸系统及洗烟废水处理系统。

### 2.1 投资分析

以某个规模为 2×600t/d 的焚烧厂为例，新增工艺方案的投资额共计 7100 万元，增加明细如表 1 所示。

项目	新增投资额 (万元)	备注
建筑工程费	1030.48	新增烟气净化间建筑面积约3060m <sup>2</sup>
设备购置费	5500.00	
SCR	1800.00	
湿法	3280.00	
洗烟废水	420.00	
安装调试费	454.60	
SCR	150.20	
湿法	262.40	
洗烟废水	42.00	
总计	6985.00	

### 2.2 运行成本分析

#### 2.2.1 药剂费

新增工艺系统运行所需的药剂费用，如湿法脱酸系统使用的 NaOH 溶液 (30%)、SCR 系统使用的氨水 (25%)、SCR 催化剂，以及洗烟废水药剂等需要的费用。

#### 2.2.2 电费

主要包括几方面：因 SCR 系统 SGH 加热使用蒸汽而减少的发电量、新增工艺系统耗电设备的耗电增加量、烟气净化系统阻力增加所引起的引风机压头增加的耗电量。最终比对按上网售电收入的差值考虑。

以某 2×600t/d 的焚烧厂为例，新增工艺方案的运行成本共增加 2060.29 万元，增加明细如表 2 所示。

表2 新增工艺方案的运行成本表

项目	新增年运行成本 (万元)	备注
药剂消耗	1275.76	指新增药剂
NaOH溶液(30%)	744.16	年耗量4134t, 单价1800元/t
氨水(25%)	81.60	
SCR催化剂	400.00	
洗烟废水药剂	50.00	
电费	744.53	
使用SCR新增耗蒸汽而减少的发电量	404.64	单条线新增耗蒸汽约2.5t/h, 两线合计5t/h; 年蒸汽消耗量相当的发电量约800万kWh
工艺设备功率增加	242.78	新增工艺设备的用电功率约600kW, 年耗电480万kWh
引风机功率增加	97.11	单条线引风机功率增加120kW, 两线合计240kW; 年耗电192万kWh
洗烟废水污泥处置费用	40	按危废处理, 年处置量约350t
新增运行成本合计	2060.29	

### 2.3 对垃圾处理费的影响

垃圾焚烧发电厂通过垃圾处理费获得收益，因此由于烟气处理工艺提升而增加的投资和运行成本，最终需反应在垃圾处理费上。根据以上对某个规模为2×600t/d的焚烧厂进行的经济性分析，对于新增SCR脱硝系统、湿法脱酸系统以及吸烟废水系统后，增加的投资及运行成本对垃圾处理费的影响如表3。

表3 新增工艺方案对垃圾处理费的影响

项目名称	增加金额	增加垃圾处理费	备注
新增投资	6985万元	20.96元/t	根据该项目的财务测算, 每增加1000万投资, 增加垃圾处理费3元/t
新增运行成本	2060.29万元	47.04元/t	该项目每年共处理垃圾43.8万t
合计		68元/t	

### 3 结语

以某规模为2×600t/d的焚烧厂为例，原该项目垃圾处理费为75元/t，提升烟气处理工艺后，需增加垃圾处理费68元/t，增幅达到91%。

陈劲松 节能与环保 2020-12-11

## 污泥发电 变废为宝

在电影《流浪地球》中，科学家建造的行星发动机以石头为燃料推动地球在太空中流浪。在今天的现实生活中，污泥已经成为一种燃料。

近日，中国能建华东院（以下简称“华东院”）签约江苏省张家港市污泥干化EPC总承包项目，将依托沙洲电厂，通过燃煤耦合污泥发电技术，助力该市解决区域污泥环保处置问题。

### 开辟新市场

污泥是指水体和污水处理过程所产生的沉淀物质，处理方式有填埋、堆肥、自然干化、焚烧等。

随着社会快速发展，污染程度重、治理基础差、排污总量大的污泥已成为政府和百姓的“心病”之一。

污泥脱水或干化后可作为低热值燃料，污泥耦合发电不但消除了污泥堆放产生的环境影响，也将污泥中的有机物全部碳化能量，使污泥得到彻底充分利用。因此，燃煤耦合污泥发电成为不少城市污泥综合利用处置利用的新途径。

“燃煤耦合污泥发电可利用现役煤电机组设施，规模化、资源化处理污泥，降低污泥处理费用，助力火电企业转型升级，是实现循环增长和业态延伸的有效途径。”华东院副总经理叶勇健说。

“污泥焚烧对环保企业不是新技术，但电力单位要从头学起。”华东院机务处处长蒋健说，“早在2010年，公司便开始了污泥耦合技术研究。目前，国内污泥处置市场尚处于启动阶段，我们‘嗅’到市场机遇，对国内污泥市场容量、运营模式和技术路线进行了深度调研。”2016年，该公司组织编制了专题分析和拓展推介材料——《燃煤耦合污泥发电市场分析及实施》，一经推出即受到业界广泛关注。

### 精研“黑科技”

近年来，利用自身技术和建设资源全周期的服务优势，华东院翻开了燃煤耦合污泥发电发展新篇章。

2017年5月，由该公司承担全过程设计和环评工作的上海外高桥第二发电厂、第三发电厂污泥耦合掺烧项目启动，后者还被国家能源局列为国家试点项目。

燃煤耦合污泥发电，即先利用电厂蒸汽将污泥干化至含水率30%左右，再与燃煤掺混，加入电厂锅炉燃烧，产生的热量用于发电，剩下的灰渣体积仅为原污泥量的5%左右，可用于建材行业综合利用。

“把理论转化为实践并不容易。”华东院物料与固废处理科科长冯丽敏说，虽然污泥焚烧技术已日趋成熟，但运用到电厂进行掺烧的经验却较少，“那是我们第一次承接污泥耦合技改项目，对污泥的特性不甚了解。”

为此，华东院展开多方调研，联合多专业攻关，研究确定了最佳掺烧比例，以减少污泥耦合发电对锅炉系统及烟气处理系统的影响，还解决了建筑物防火等级确定、不同含水率污泥以及不同规模电厂设备选型等难题。

两个项目投运后情况良好，日处理污泥超过600吨，对含水率30%至60%的污泥均具有较好的适应性。以项目为依托，华东院又与上海电力大学合作，承担了上海市科学技术委员会《1000兆瓦级燃煤机组污泥掺烧关键技术研究及示范》的课题申报和污泥掺烧试验的相关研究工作。

之后，华东院再接再厉，与宁波富仕达电力工程公司合作开发了污泥真空干化系统——真空节能型圆盘干化技术，在北仑电厂4号干化机实施运用，既大大减少了污泥干化过程产生的臭味，又有效降低了能耗。不久，华东院又设计完成了富仕达电力工程公司污泥干化项目二期增容工程，设计含水率60%污泥干化掺烧。

### 实现全覆盖

燃煤耦合污泥发电不需调峰调频等配套调节，电能质量与火电没有差别，不存在技术因素导致的上网消纳问题，具有投资省、见效快、排放低、电能质量稳的特点，社会效益明显。

目前，华东院在系统热平衡分析、能耗计算、设备选型、除臭方案、系统配置和市场经济性分析等多方面形成了独特的技术路线，已基本实现燃煤耦合污泥发电技术路线全覆盖，并且取得了有效应用。2020年，申报的“燃煤污泥耦合发电系统”获国家知识产权局颁发的实用新型专利，可有效降低污泥干化过程的耗能和耗水，提高煤燃尽性能和锅炉效率。

“现在，污泥处置新技术和新工艺不断涌现，公司将继续与国内外各大制造企业、科研院所等机构合作，以污泥耦合处置为契机，研究、储备、开发固体废弃物处置技术，构建工程科学技术平台，将成熟、可靠、节能、环保的新工艺系统推向应用市场，还将根据市场需求，以技术开发为先导、资本市场注入为孵化，形成技术开拓与资本培育的良好循环。”叶勇健说。

特约通讯员 朱音衡 冯斌 符成龙 中国能源报 2020-12-14



## 垃圾摆对地方就是资源 “十三五”期间广州用垃圾发电超 50 亿度

生活垃圾具有资源利用价值，要实现这一价值离不开有序的治理手法。12月8日，广州市城市管理和综合执法局对外通报了“十三五”期间广州生活垃圾处理情况。根据情况通报，虽然因城市不断发展广州生活垃圾量依然在增长，但在分类处理思维导向下垃圾已不再是放错地方的资源。不少生活垃圾已转变成电能，为市民生活和工作增添便利。

### “围城”垃圾获得资源化利用

据广州城管统计，当前广州日产生生活垃圾超过3万吨，且每年仍以6%-8%的幅度在增长。

由于缺乏先进的处理理念和现代化的处理设施，广州在“十二五”期间承受着“垃圾围城”的压力。为破解这一难题，广州自2012年起以“能卖拿去卖、有害单独放、干湿要分开”的策略在社区推广垃圾分类；并以“焚烧为主，生化为辅，填埋兜底”的思维规划新一批现代化生活垃圾处理设施。在基层推广分类和终端推动建设的同时，磨合生活垃圾中端环节上的“专桶专用、专车专收、专线专运”分类收运模式。上述工作，为“十三五”期间取得成绩打下基础。截至2020年底，广州已建成16座垃圾终端处理设施（包括7个资源热力电厂、5个填埋场、4个生化处理厂），焚烧处理能力达1.55万吨/日，生化处理能力达4680吨/日。广州“十二五”期间生活垃圾过度依赖填埋方式处理的旧貌，基本在“十三五”期间，因新一代处理设施逐步落成投产而得到改变。

处理设施的更新换代，让以往“围城”的垃圾获得资源化利用的机会。广州城管通报称，2018年起广州城镇生活垃圾无害化处理率达到100%，“十三五”期间全市共接收处理生活垃圾3500余万吨。生活垃圾不仅被迅速处理避免“围城”，还在新一代设施处理下采用焚烧和生化处理方式发电超50亿度，使“摆对地方”的垃圾成为资源。

### 离不开准确分类投放收运

“终处理上的‘摆对地方’，离不开前几步的‘摆对地方’。”广州市城市管理和综合执法局相关负责人表示，生活垃圾在末端处理实现资源化利用，和前端的分类投放和中端的分类收运分不开。

自2019年下半年广州开始全面推动生活垃圾分类工作以来，住宅小区全面实施的生活垃圾楼道撤桶定时定点分类投放制度，已让不少家庭养成了“家里分好类、定时拎下楼、定点精准投”的习惯。为了让更多市民参与垃圾分类，广州持续开展全民行动日，“小手拉大手”，环保志愿服务，垃圾分类进校园、进教材、进课堂等实践活动。为了让更多行业参与垃圾分类，广州在2019年针对机团单位、学校、酒店、宾馆、农村等领域量身定制了12项工作指引，深入推进教育、医疗、酒店、快递、物业等行业12项垃圾分类源头减量专项行动，在各级党政机关推行低碳办公，加大限塑和过度包装检查。为推动垃圾分类的法制建设，广州市制定出台了《广州市生活垃圾分类管理条例》，2017年9月至2020年10月，广州市累计检查单位10万余次，发出整改通知书11648份，立案4520宗。通过强制规范和教育引导“双管齐下”，促进市民垃圾分类习惯养成。

截至今年底，广州生活垃圾回收利用率达到38%，居民分类知晓率、参与率分别达到99.1%、95.5%。3653个物业管理小区、2907个非物业管理居住区全部完成楼道撤桶、定时定点投放，配置1.6万座垃圾中转站、3501辆分类收运车辆，1492条分类运输线路，率先建立生活垃圾分类处理循环经济产业体系，提前完成住房和城乡建设部试点目标。

### 新一批处理设施正在建设

市城市管理和综合执法局相关负责人介绍，根据广州城市高速发展形势和垃圾增长趋势，做好垃圾分类工作仍是实现垃圾源头减量、资源循环利用的重要实践。广州市目前在建14座垃圾终端处理设施（包括5个资源热力电厂、4个填埋场、4个生化处理厂、1个污水处理厂），上述设施不仅有助广州的生活垃圾“摆对地方”并进一步实现资源化利用，还为预料之外的应急处理提供兜底保障。广州还将根据《广州市深化生活垃圾分类处理三年行动计划（2019-2021年）》，在“十三五”跨“十四五”期间做好生活垃圾分类处理工作。

梁怿韬 金羊网 2020-12-15

## 优化能源生产利用，助力生态环境保护

生物柴油大气污染防治功能受限

生物柴油是以植物油、动物油、废弃油脂或微生物油脂与甲醇或乙醇经酯转化而形成的脂肪酸甲酯或乙酯，主要用于交通燃料。生物柴油具有十六烷值高、燃烧稳定充分、环保、可再生等优点，性能优于石化柴油，使用过程中无需对原有柴油引擎、加油设备、储存设备和保养设备进行改动。作为国际公认的先进可再生清洁能源，世界生物柴油产业正在快速发展。2019年，我国柴油表观消费量约为1.5亿吨，按B5（即添加5%生物柴油）估算，国内生物柴油需求量可达750万吨左右，按此规模可减排CO<sub>2</sub>约1800-2800万吨；按照B10（即添加10%生物柴油）标准调合估算，国内生物柴油需求量可达1500万吨左右，可以减排CO<sub>2</sub>约3700-5500万吨。

发展利用生物柴油，对于降低CO<sub>2</sub>和颗粒物排放、治理大气污染具有重要意义，而且对于以餐厨废弃油脂（“地沟油”）为主要原料生产生物柴油的我国来说，发展生物柴油产业对杜绝“地沟油”回流餐桌、确保食品安全同样具有十分重要的意义。

三道“门槛” 阻碍生物柴油推广应用

然而，当前我国生物柴油产业规模仍然偏小，2019年产量仅占世界的3%；同时，出口占比较高，约占全国生物柴油产量的55%。生物柴油仍未全面进入成品油销售主渠道，推广应用落后于国际实践。导致生物柴油推广应用困难、难以在大气污染防治中充分发挥作用的原因是多方面的，从原料收集到终端销售、从政策配套到标准建设、从法律实施到管理体制，存在一系列系统性问题，亟待从全局角度加以系统解决。

首先，可追溯的废弃油脂收集监管体系有待建立。与欧盟等经济体以豆油、棕榈油、菜籽油等粮食作物和植物油为主要原料不同，我国生物柴油生产以废弃油脂为主要原料。由于“地沟油”等废弃油脂产生源头众多，餐饮企业、酒店宾馆、屠宰企业、肉类和皮革加工企业、行政企事业单位食堂以及居民家庭厨房等数量巨大、分布广泛，集中收集十分困难。《关于进一步加强“地沟油”治理工作的意见》（下称“国办30号文”）明确要求“建立健全追溯体系”，如果没有配套的政策、技术设备以及处置企业，很难实现废弃油脂集中收集、集中处理、全过程可追溯管理，致使大量废弃油脂资源不清、去向不明，难以保障大气污染治理所需生物柴油的原料供应。当前，我国除少数城市有比较完善的废弃油脂收集体系外，大部分城市和地区废弃油脂收集体系建设进展较慢，亟待加大落实国办30号文的力度，加快建立安全透明、全程监控、可追溯的废弃油脂收集管理体系。

其次，政策法规与标准体系有待完善。根据国际经验，对生物柴油等先进生物燃料的支持政策主要有直接支持和间接支持两种。直接支持包括强制添加、财政补贴、税收减免、政府采购、建造基础设施等；间接支持包括对技术研发支持、创造良好的应用环境，特别是利用CO<sub>2</sub>减排、细颗粒物治理、碳市场交易机制等政策提升石化柴油使用成本与生物柴油成本的比例。

在中央政府层面，我国先后出台了生物柴油免征消费税和增值税即征即退等优惠政策、B5国家强制标准，但在执行过程中存在一些问题。我国废弃油脂可以作为工业级混合油出口，既享受《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》规定的增值税70%即征即退，又享受13%的出口退税，而生物柴油出口退税税率为零。给予废弃油脂出口退税导致废弃油脂大量出口，国内价格飞涨，生物柴油发展举步维艰。一方面国内生物柴油原料得不到保障，另一方面把碳减排效益拱手让与欧盟等其他经济体，带来碳减排方面的被动。

在地方政府层面，上海市出台了地方性法规和相关扶持政策，对B5生物柴油加油站、水上加油站以及经相关部门认可的内部加油站给予调配销售企业补贴，最高不超过每升0.24元；当0号柴油批发价低于6000元/吨时，实行应急托底保障补贴。上海市的经验值得总结与推广。

在标准方面，我国仅制定了B5柴油标准，缺少B10、B20、B30等其他添加比例的生物柴油标准，且B5柴油标准没有与国VI柴油标准质量指标完全对应。政策与标准的不配套，导致石化企业执行B5柴油强制标准的动力不足，成为制约废弃油脂资源再利用、治理大气污染的瓶颈。

再次，统一高效的工作协调机制有待建立。《可再生能源法》对生物柴油作了有关规定，但其后没有制定实施细则，没有设立强制性的生物柴油添加量化指标和实施时限，也没有对生物柴油原料保障明确强制性措施，特别是没有对建立统一高效的工作协调机制，导致责任不清、定位不准，因此“地沟油”治理-生物柴油-大气污染防治”产业链各环节任务分工难以落实。餐厨废弃物资源化利用和无害化处理试点城市的废弃油脂、公安部门查扣的涉案废弃油脂等缺乏规范进入生物柴油行业的具体措施。禁止废弃油脂进入饲料油的相关政策，也因缺乏相应的执法力量而难以执行。在《成品油价格管理办法》中，只纳入了乙醇汽油，而没有纳入生物柴油，成为生物柴油进入成品油销售主渠道的一个障碍。尽管《可再生能源法》对生物柴油产业的主管部门作了相关规定，但由于“地沟油”治理-生物柴油-大气污染防治”涉及面广、部门多，只有建立统一高效的工作协调机制才能实现《可再生能源法》的目的，切实发挥生物柴油在“地沟油”治理和大气污染防治中的重要作用。

#### 建立全产业链协同机制刻不容缓

今年9月，我国二氧化碳排放“力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”目标确定。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》也明确提出，要“推动能源清洁低碳安全高效利用”“加强细颗粒物和臭氧协同控制，基本消除重污染天气”“推进垃圾分类和减量化、资源化”。建立“地沟油”治理-生物柴油产业-大气污染防治”全产业链协同机制，减少CO<sub>2</sub>与细颗粒物排放，消除“地沟油”冲击食品安全，刻不容缓。

一要制定实施生物柴油推广应用实施细则。在《可再生能源法》框架下，制定实施生物柴油推广应用实施细则，以法规或规章形式明确规定石化柴油中生物柴油添加比例、实施时限、原料保障、销售供应、工作机制、责任奖惩、监督管理等内容。

建议至2025年，B5标准得以全面落实，车用柴油的生物柴油添加比例至少达到5%，废弃油脂年收集量达到500万吨；至2030年B10标准全面实施，车用柴油的生物柴油添加比例至少达到10%，废弃油脂基本实现全部收集。

二要健全政策与标准体系。完善资源综合利用产品增值税优惠政策，调整工业级混合油出口退税率为0，将生物柴油享受的增值税70%即征即退调整为100%即征即退；将生物柴油纳入《全国碳排放权交易管理办法（试行）》和《全国碳排放权登记交易结算管理办法（试行）》，与国际碳交易接轨；修改成品油价格管理办法，推动生物柴油进入成品油销售主渠道。

借鉴上海市经验，综合考虑餐厨垃圾收集、处理、生物柴油生产、石化企业混配及销售等各个环节的成本和相关费用，科学设计适合不同地区的生物柴油价格机制，特别是在废弃油脂原料保障、柴油终端销售环节进行符合实际的科学设计，制定补贴和税收、进出口等政策，充分利用大数据、互联网、区块链等现代信息通信技术，建立安全透明、全程监控、可追溯的废弃油脂管理体系，确保生物柴油原料足、供得上、用得起，使市场各参与主体均能获得利益。

同时，鼓励车用柴油B10、B20、B30以及生物柴油B100、脂肪酸酯型柴油抗磨剂等团体标准、国家标准的编制和推广使用，研究启动B5柴油标准的修订工作，与石化柴油在质量指标上完全对应，确保B5柴油在全国范围内通用。

三要建立统一高效的工作协调机制。以形成“地沟油”治理-生物柴油产业-大气污染防治”完整的产业链供应链为目的，建立由国务院有关部委牵头、相关部门参加的统一高效工作协调机制，以问题为导向，加强顶层设计，编制专题规划，制定工作方案，统筹推进“地沟油”治理、生物柴油产业发展、大气污染防治等各环节工作，形成强大工作合力。

地方政府层面，要建立由省政府有关厅局牵头、相关部门参加的工作协调机制。打击“地沟油”进入食用油、饲料油等违法犯罪行为，规范废弃油脂进入生物柴油生产企业；加强产品质量监测，与成品油销售公司合作，推动生物柴油进入加油站系统。重点推进京津冀、云南昆明、陕西西安、河南邓州等地区和城市“地沟油”治理、生物柴油产业发展和大气污染防治。

同时，委托第三方机构建设“地沟油”治理-生物柴油-大气污染防治”平台，开展行业调研，进行政策法规研究，建立废弃油脂、生物柴油运行监测系统，编制行业标准，加强行业自律，开展国际

交流，促进技术和行业进步，发挥桥梁纽带作用。

四要建立生物柴油推广应用考核机制。将生物柴油推广应用指标完成情况纳入各地区（行业）经济社会发展综合评价体系和干部考核体系。综合考虑“地沟油”治理、CO<sub>2</sub> 减排，科学设定考核评价指标，充分调动各地区各部门积极性，形成发展生物柴油产业、推进大气污染治理的强大合力。

（薛学通 冀星 易可 三作者均供职于中国石油和化学工业联合会，本文仅代表作者观点）  
积极探索大气污染物与温室气体协同减排

过去三个月来，中国已成为全球气候治理领域的焦点。2020年9月22日，在第75届联合国大会一般性辩论上，我国郑重承诺将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，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；在12月12日的气候雄心峰会上，我国进一步明确到2030年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上；非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右；森林蓄积量将比2005年增加60亿立方米；风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上。这些目标不仅彰显了中国积极参与全球气候治理、推动构建人类命运共同体的负责任大国形象，也为国内履约工作和低碳转型指明了方向。

与此同时，国内应对气候变化的相关工作正紧锣密鼓地展开，从中央部委到地方政府，从重点行业到重点区域城市，都在积极利用“十四五”规划的关键窗口期，围绕“碳达峰”目标和“碳中和”愿景抓紧制定相应的碳排放控制任务。特别是城市，其作为经济发展主力军、能耗大户和碳排放主要贡献者，低碳转型发展迫在眉睫。需要说明的是，受限于管理机制不健全、数据基础薄弱以及能力建设投入不足等诸多因素，城市层面专项碳排放控制工作开展相对有限。

统筹协调大气污染物减排与温室气体控制意义重大

纵观国内实践，近年来众多城市立足当前，正在将蓝天保卫战视为协同减排温室气体重要驱动力量和重要依托。因为现阶段，我国许多城市正面临着大气环境质量改善的巨大压力，蓝天保卫战正在各地如火如荼开展。根据今年发布的《中国生态环境状况公报》，2019年，全国337个地级及以上城市中，共有157个城市环境空气质量达标，占全部城市数的46.6%；180个城市环境空气质量超标，占53.4%。

得益于2018年国务院机构改革中应对气候变化职能转隶到生态环境部，统筹生态环境保护和应对气候变化有了重要机制保障，同年7月，国务院发布的《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，首次在目标设定方面提出了污染物与温室气体协同控制的表述，即明确提出了“大幅减少主要大气污染物排放总量，协同减少温室气体排放”的目标；2019年生态环境部出台的《重点行业挥发性有机物综合治理方案》《工业炉窑大气污染综合治理方案》等部门规范性文件中也提出了要协同控制温室气体排放的目标。

对于广大城市管理者而言，如何统筹协调大气污染物减排与温室气体控制不仅是城市绿色低碳发展转型的现实需要，也是推进环境与气候协同治理体系和治理能力现代化的重要举措，更是推动经济高质量发展和生态环境高水平保护、促进城市碳排放达峰行动的战略选择。

能源结构优化对大气污染物和温室气体协同减排效果明显

实践证明，以调整能源结构、产业结构、运输结构等为主要任务的蓝天保卫战行动对于能源活动水平有直接影响，具有显著的温室气体协同减排效果。其中能源结构优化措施的主要目标是构建清洁低碳高效能源体系，具体措施包括北方地区取暖清洁化、重点区域继续实施煤炭消费总量控制、燃煤锅炉综合整治、提高能源利用效率、发展清洁能源和新能源等。以唐山市为例，在生活源方面，通过积极推进冬季清洁供暖工作，2018年共完成农村居民“煤改气”“煤改电”14.7534万户，实现二氧化碳协同减排26.75万吨；在燃煤锅炉整治方面，通过取缔35蒸吨/时以下燃煤锅炉55台（1103蒸吨），完成65蒸吨/时以上燃煤锅炉提标改造7台（685蒸吨），淘汰461台企业煤气发生炉、加热炉等燃煤设施，协同减少310.8万吨二氧化碳排放。就京津冀及周边“2+26”城市而言，2016-2018年通过推动清洁取暖，该地区清洁取暖率达到72%，其中，城市城区清洁取暖率高达96%，农村地区为43%。这些措施共削减散煤5147万吨，分别减排SO<sub>2</sub>27.6万吨、NO<sub>x</sub>30.8万吨、CO226.8

万吨和 15.8 万吨 PM2.5，协同减少二氧化碳约 9700 万吨。

产业结构调整措施的目标是促进产业绿色发展，具体举措包括：严控“两高”行业产能，特别是重点区域严禁新增钢铁焦化、电解铝、铸造、水泥和平板玻璃等产能；强化“散乱污”企业综合整治。2018 年，唐山市共化解炼钢产能 500.25 万吨、炼铁产能 298 万吨，压减煤炭产能 201 万吨、焦炭产能 185 万吨、平板玻璃产能 300 万重量箱，共实现二氧化碳协同减排 1069 万吨。以大气污染防治行动计划为例，2013-2017 年通过压减电力、钢铁、水泥、平板玻璃、焦炭等行业过剩产能，共实现二氧化碳协同减排 7.37 亿吨，相当于德国 1 年的二氧化碳排放量。

交通运输结构优化措施的目标在于发展绿色交通体系，其主要措施包括优化调整货物运输结构、加快车船结构升级、加快油品质量升级、强化移动源污染防治。以机动车结构升级为例，2018 年唐山市通过淘汰老旧汽车 4545 辆和推广 3299 辆新能源汽车，协同减排二氧化碳 105.39 万吨。持续推进运输结构调整，实施货物运输“公转铁”“公转水”，也有利于协同减少温室气体排放。有关研究显示，以天津港、上海港和深圳港 2017 年煤炭、矿石、集装箱运量为基础，结合上述港口铁路集疏运发展目标测算，结果表明，通过采取“公转铁”措施，即推进港口集疏运铁路运输代替公路运输，2020 年与 2017 年相比，在分别减排 NO<sub>x</sub>、PM10、CO 和 HC 13.57 万吨、0.74 万吨、6057 万吨、1.10 万吨的同时，可实现二氧化碳减排 1318 万吨。

建议鼓励相关城市开展基于蓝天保卫战的温室气体协同减排绩效评价试点

鉴于蓝天保卫战行动措施的执行对于协同减少温室气体排放的积极作用，建议地方政府认真把握“十四五”规划以及碳排放达峰行动计划编制的战略机遇期，在制定大气环境质量目标、温室气体强度下降目标乃至碳排放控制目标的同时，应统筹兼顾和协同考量，努力在城市层面推动将协同控制指标目标纳入相关规划或行动计划。

同时，为推动重点区域城市的温室气体排放管理工作，建议鼓励相关城市开展基于蓝天保卫战主要措施的温室气体协同减排绩效评价试点工作，探索以实现空气质量改善目标为主要约束的城市“双达标”（空气质量目标和碳排放强度控制目标）优化路径，聚焦社会经济高质量发展，识别大气污染物与温室气体协同控制的关键领域，协同推动能源、产业、运输等结构优化调整，以协同控制综合绩效考核为管理抓手，推进城市绿色低碳转型发展。

（冯相昭 作者供职于生态环境部环境与经济政策研究中心）

中国能源报 2020-12-21

## 原料处理技术不完善制约沼气发电

沼气发电原料复杂多样

研究数据显示，沼气发电只是“小个子”，2019 年仅占生物质发电装机的 4%。虽然沼气发电装机容量占比少，但沼气发电的原料却有禽畜粪便、秸秆、杂草、垃圾、污水、污泥等，这些原料通过厌氧发酵技术处理产生沼气后可发电、供热，实现资源化利用。

在中国投资协会能源投资专业委员会副会长庄会永看来，沼气发电的模式、路线都很成熟，因地制宜的沼气发电有利于处理粪便和湿垃圾，应该鼓励。但是把沼气提纯燃气作为“升级、转型”来取代发电，是错误的做法。沼气无论是发电还是提纯，都受原料、气候以及沼液沼渣废弃物环保处理的限制。“以农作物秸秆用于沼气发电或提纯燃气为例，除了原料品种限制问题，以及原料发酵后期面临污水、沼渣等一系列环保问题外，还需要考虑冬季寒冷区域规模化发酵工艺能耗很高、原料及剩余物储运困难等因素，这些都增加了项目整体的成本，严重影响其经济性。”庄会永对记者说。

浙江省政府相关人士对记者直言：“原料处理技术不突破，秸秆发电只能处于‘叫好不叫座’的尴尬处境，很难作为主材用于沼气生产。目前，沼气发电商业化的关键问题是原料技术问题，现有技术无法保证沼气稳定生产。”

原料处理技术五花八门

如今，沼气发电最难的问题在于原料的厌氧发酵处理。厌氧发酵工艺技术类型较多，根据发酵温度的不同可分为常温、中温和高温发酵；按照投料运转方式可分为连续和序批式发酵；按照发酵物料中固废含量的多少可分为湿式和干式厌氧发酵；按照反应是否在同一反应器进行分为单相和两相厌氧发酵。“沼气发电原料处理技术五花八门，到底哪种技术科学合理，尚没有标准答案。”一位不愿具名人士坦言。

虽然在业内专家看来，有机固体废弃物总固体浓度大于 20%的干式厌氧发酵技术是沼气最主要的发展方向之一，但我国目前运用湿式厌氧发酵技术较多，国内建成并持续稳定运营的干法厌氧沼气发电项目屈指可数，建成的干法厌氧沼气发电项目也存在很多难题尚待破解，比如减量化指标、资源化利用率指标、经济效益指标等不如焚烧、填埋等手段。

“主要原因在于，国内有些企业在学习、模仿发达国家干式厌氧发酵技术的过程中，只学到了它的轮廓，未能学到它的精髓，导致项目在调试运行过程中问题不断，或者失败。”厦门市联谊吉源环保工程有限公司刘军晓直言，“比如，未能摸清设备构造、设备参数的作用，在细节上做得也不到位。即使采用了全套的沼气发电进口设备，调试运营也会困难重重。”

建议在气候、资源适宜地方试点

刘军晓坦言，国内外项目处理物料的性质、成分不同，没有项目经验积累。而不同类型干式厌氧发酵技术都具有它们的“个性”，我们需要在掌握其要领后，根据不同的项目进行量身定制，否则“依样画葫芦”，失败风险很大。

在此背景下，多位业内人士认为，我国沼气发电原料处理环节需要建设一批示范项目或者示范区，探索新技术、商业模式、收费机制等。此外，企业也应通力合作，共同为行业献计献策，打破技术制约瓶颈，进而促进行业健康发展。

厦门市联谊吉源环保工程有限公司技术部经理陈家钦表示，从沼气原料预处理到厌氧发酵，再到沼气资源化处理等全生产过程，前后紧密关联，需要同步稳定运行，否则会因某个环节不畅，造成连锁反应、整体生产停滞。“以厨余沼气发电为例，目前亟需建立厨余垃圾厌氧发酵行业技术平台，从理论到实践进行全系统梳理。应在原料、气候适宜的地方积极开展试点示范，通过成功的示范工程总结经验，完善厨余垃圾厌氧发酵工程项目的设计、建设、运行相关标准，这样才有利于行业健康发展。”

本报记者 苏南 中国能源报 2020-12-21

## 厨余垃圾处理劲吹“绿色风” 浙江宁波市厨余垃圾处理厂建设投用纪实

宁波市厨余垃圾处理厂由宁波华聪建筑节能科技有限公司提供绿色建筑设计、宁波首创厨余垃圾处理有限公司运营管理。该项目作为中国第一家真正意义上配套垃圾分类的厨余垃圾专项处理终端，具备完备的生产技术工艺，是中国首个采用世行贷款的 PPP 厨余垃圾综合处理项目、首个获得“绿建三星运行”的市政项目，也是国家发改委第二批 PPP 试点项目、财政部第二批 PPP 试点项目。

每吨厨余垃圾可产生 50 余立方米沼气

截至今年 11 月底，该项目已累计处理厨余垃圾 15 万吨，沼气提纯天然气并网 734 万立方米，全面实现厨余垃圾无害化、减量化、资源化处理。

宁波市厨余垃圾处理厂项目是宁波市城镇生活废弃物收集循环利用示范项目的重要组成部分，是解决厨余垃圾处理末端问题的必要处理设施，也是确保生活垃圾“源头居民分类、中间分类清运、末端分类处置”大框架能够顺利落实的关键。

处理厂位于鄞州区洞桥镇宣裴村宁波市固废处置中心园区内，总占地面积 76728 平方米。其中建筑面积 19141 平方米，绿化面积 31350 平方米，绿化率达到 40.9%。

项目采用先进的厨余垃圾处理工艺，主工艺流程为：预处理（机械分选）+干式厌氧发酵（立式干式厌氧）+沼气净化制天然气（湿法+干法脱硫+变压吸附脱碳提纯）。处理厂设计处理能力每天 800

吨，已经完成一期工程，处理能力每天 400 吨。

据悉，处理厂厨余垃圾预处理分选系统实现了全自动化，可将夹杂在厨余垃圾里的塑料袋、易拉罐等垃圾自动分离，提取出厨余垃圾中的有机物，输送到厌氧罐进行厌氧发酵。经过 30 天左右的厌氧降解，最终产生沼气。根据现有的厨余垃圾进厂质量和数量，每吨厨余垃圾可产生 50 余立方米沼气。未来，待二期项目建成投产后，产能还将大幅提升。

值得一提的是，处理厂在固废利用上可圈可点：脱水后的沼渣通过皮带机输送至沼渣堆肥车间。先进行混料处理，到适宜范围后，通过装载机转运至发酵仓。发酵后的堆体通过筛分机筛分，筛分出以玻璃小石砾为主的杂质并外送作填埋处理。熟化肥料一部分作为干料回用至一次发酵区的发酵池，用于调整混料中的 C/N 比和水分，同时可以有效维持微生物的活性。筛下物作为营养土运出售卖。

#### 全面应用绿色建筑生态技术

“这个项目在满足厨余垃圾处理工艺要求的基础上，全面应用了成熟的绿色建筑生态技术，解决了多项技术难题。”项目设计单位宁波华聪建筑节能科技有限公司有关负责人介绍，项目主要在以下方面有所突破：

**空调通风系统节能：**综合楼一层环保教育中心采用辐射空调系统，其室外机风冷热泵模块能效等级不小于国家标准 2 级要求，传达室、污水处理间、厌氧综合间、预处理车间均设有分体式空调，所有分体式空调能效等级均达到 2 级及以上，综合楼采用多联式空调机组，所有多联式空调机组均达到现行国家标准规定的 2 级及以上能效等级，所有空调、通风风机的效率值均达到现行国家标准的 2 级能效等级，锅炉设于污水处理车间，锅炉效率满足国家标准 2 级要求。新风选用一台 YT-2/3 专用新风除湿机，新风经风道送入各个空调房间，区域新风量根据区域二氧化碳传感器实现自动控制，各个区域的二氧化碳浓度增减时，新风机的档位自动升降，实现变流量控制。

**电气节能：**本工程一般照明优先采用高效、长寿、安全、稳定的光源，如采用金属卤化物灯、一体式电子节能灯与 T8 管稀土荧光灯。所选光源满足眩光限制和配光要求，选用灯具效率不低于《建筑照明设计标准》相关要求。

**太阳能生活热水系统：**项目采用集中式真空管太阳能热水系统，在综合办公楼屋顶设置 16 块太阳能集热板，集热器总面积为 56 平方米。本项目每年 4 月到 11 月利用太阳能可提供热水量为 86 立方米，占生活用水量比例为 55.16%。

**太阳能光伏系统：**项目在预处理车间北坡面以 10 度倾斜角度朝南安装布置，其余光伏面板沿坡屋面安装，共布置太阳能光伏组件 310Wp890 块，太阳能光伏面板面积为 1456.752 平方米，总装机容量为 275.9KWp。根据太阳能光伏电站的运行数据，太阳能光伏发电系统首年实际发电量为 286161 千瓦时。

**能耗监测系统：**项目设总电能计量装置，装设于厂区变电站内；建筑中安装分项计量装置和标准的能耗监测系统，对建筑内用电实现独立分项计量，包括照明、空调、电梯、水泵动力、厨房用电等，计量结果可用于建筑物的节能管理；对水、燃气、供热、供冷等能源消耗情况实行分类计量，经营性公建实行分类、分户计量与收费管理。

“从综合能耗上看，经与苏浙周边同类项目比较，宁波市厨余垃圾处理厂的能耗指标位于行业先进水平。”宁波华聪建筑节能科技有限公司介绍。该公司是一家提供绿色建筑整合设计咨询服务的专业化公司，迄今为止，完成绿色建筑（含建筑节能）设计项目已有 200 多个。

宁波首创厨余垃圾处理有限公司相关负责人表示，垃圾分类、垃圾资源化利用是对全民的一项绿色行为的考验，一个厨余垃圾处理项目能否生存，与居民的垃圾分类意识息息相关。提高厨余垃圾的有效利用率，可以加快垃圾中转系统分拣效率，减少垃圾运输系统的转运成本，降低筛分系统的工作负荷，提高单位垃圾处理量。

宁波日报 2020-12-25

## 广东省生活垃圾无害化处理率达 99.95%

广东省人大常委会 23 日举行新闻发布会披露，广东省生活垃圾无害化处理率达 99.95%，广州市连续三年实现城镇生活垃圾 100%无害化处理。

广东省住房城乡建设厅副厅长刘玮介绍，“十三五”以来，全省新建成生活垃圾处理设施 99 座，生活垃圾无害化处理率从 90.06%提升到 99.95%，焚烧处理能力占比从 34.41%提升到 66.78%。

“截至 12 月，全省建成生活垃圾处理设施 172 座，总处理能力 14.9 万吨/日，设施数量和总处理能力多年居全国首位。”刘玮说道。

广州市城市管理和综合执法局副局长张颖表示，2018 年起广州市城镇生活垃圾 100%无害化处理，垃圾围城困境得到破解。目前，广州市设置居民小区生活垃圾分类投放点约 1.8 万个，配置 1.6 万座垃圾中转站、3501 辆分类收运车辆、1492 条分类运输线路，生活垃圾回收利用率达 39.7%。

“广州生活垃圾分类起步较早……初步探索出一条适应超大城市发展和具有广州特色的垃圾分类路子。”张颖说道。

据了解，《广东省城乡生活垃圾管理条例》将于 2021 年 1 月 1 日起施行，突出生活垃圾全过程管理，设置源头减量、分类投放、分类收集、运输与处理、设施建设与保障等专章，细化投放、收集、运输、处理四个关键环节的分类要求。

该条例提高了单位和个人未按分类规定投放生活垃圾的罚款额度，对单位最高处罚 50 万元，对个人最高罚款 500 元。

张怡晟 新华社广州 2020-12-26

## 海南进入生活垃圾全焚烧时代 日处理能力超万吨

文昌市生活垃圾焚烧发电二期项目投入运行。 王子谦 摄

12 月 28 日，伴随着海口生活垃圾焚烧发电三期项目、文昌市生活垃圾焚烧发电二期项目、琼海市生活垃圾焚烧发电二期项目同时点火运营，海南省“十三五”期间规划建设垃圾焚烧发电项目全部投入运营。至此，海南省生活垃圾迎来全焚烧时代，生活垃圾焚烧处理能力达 11575 吨/日。

海南省于 2001 年建成首座垃圾无害化处理设施——海口颜春岭生活垃圾卫生填埋场，处理垃圾 800 吨/天。随着经济社会快速发展，城镇化步伐加快，全省生活垃圾量也急剧攀升，垃圾处理量从 2010 年的 151 万吨增加到 2019 年的 378 万吨。快速增长的生活垃圾给海南省终端处理设施带来极大压力。

记者从海南省住房和城乡建设厅了解到，过去海南省生活垃圾主要采取“卫生填埋+焚烧处理”的模式，其中又以填埋处理为主，焚烧为辅。截至 2019 年底，全省正常运营的焚烧项目仅 4 座，设计处理能力为 4375 吨/日，而同期生活垃圾产生量每天超过 1 万吨。16 座生活垃圾填埋场中，尽管有些已经超负荷或超库容，但由于焚烧项目没有建成，填埋场还不得不继续采取扩容、增高坝体等措施，来继续处理每天源源不断新产生的生活垃圾。

为扭转这一被动局面，海南省按照“沿海市县人口相对集中、垃圾量大、地势平坦、交通便利，优先采用焚烧处理技术；中部城市人口密度小，垃圾量少，多以山地为主，交通受限，主要纳入相邻市县生活垃圾焚烧发电厂处理”等思路进行总体布局，近期共规划建设 9 座生活垃圾焚烧发电设施。

与传统卫生填埋和堆肥相比，垃圾焚烧发电或供热的处理方法能有效地减少垃圾重量 70—80%，减少体积 90%，可有效的节省用地。焚烧技术作为一种有效的垃圾处理工艺，具有无害化彻底、减容、减量效果好、有利于资源再利用、焚烧技术比较成熟、综合效果好等特点，已被经济发达而土地资源相对紧缺的地区所采用，焚烧技术在相当长的时间内是垃圾处理技术的主导技术之一。

海口生活垃圾焚烧发电厂三期扩建项目建设方、中电国际新能源海南有限公司副总经理叶景芳



介绍,生活垃圾焚烧后产生 17%-18%的炉渣,可用于制作环保砖或道路施工;另产生 2%-3%的飞灰,可经专业处理后填埋。在烟气净化上,该项目烟气净化系统采用“炉内脱硝 SNCR+干法+半干法+布袋除尘+活性炭喷射+湿法脱酸+SCR”组合工艺,确保净化效果。叶景芳告诉记者,该项目年处理生活垃圾 65.70 万吨,年发电量达 3.22 亿千瓦时。

海南省住建厅城乡环境卫生管理处处长许虹介绍,在生活垃圾全焚烧处理后,海南目前 120 座存量垃圾堆放点全部治理完成,16 座生活垃圾填埋场将全部停止接收生活垃圾,全省城乡生活垃圾全部运往焚烧发电厂进行处理。

据悉,海南省计划指导有条件的市县邀请第三方专业机构对投入运营的生活垃圾焚烧发电项目进行监管,督促其规范安全运营;省级层面也将对包括生活垃圾焚烧项目在内的终端处理设施开展第三方巡查和监管,确保焚烧项目安全运行,确保生活垃圾无害化处理。

王子谦 中新网 2020-12-28

## 生态环境部发布《2020 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》

为增强社会各界对固体废物污染防治工作的认识和理解,生态环境部自 2014 年起,每年发布全国大、中城市固体废物污染环境防治年报。近日,生态环境部发布《2020 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》(以下简称《年报》),向社会公开 2019 年全国固体废物污染防治工作的相关情况。

《年报》主要依据 2019 年生态环境统计重点调查企业数据及 196 个大、中城市已经发布的固体废物污染防治信息汇总编制而成,分为全国大、中城市固体废物信息发布情况,全国固体废物污染防治相关工作进展情况,以及地方固体废物污染防治工作实践三个部分,较为系统地介绍了当前我国固体废物污染防治的相关情况。

《年报》第一部分介绍了全国 196 个大、中城市 2019 年固体废物污染环境防治信息发布情况。经统计,此次发布信息的大、中城市一般工业固体废物产生量为 13.8 亿吨,工业危险废物产生量为 4498.9 万吨,医疗废物产生量为 84.3 万吨,生活垃圾产生量为 23560.2 万吨。

《年报》第二部分介绍了 2019 年全国固体废物污染防治工作的总体情况。在固体废物进口管理制度改革方面,生态环境部会同有关部门先后两次调整进口固体废物管理目录,大幅减少固体废物进口种类和数量,严格固体废物进口管理。在“无废城市”试点建设方面,2019 年生态环境部筛选确定“11+5”个“无废城市”建设试点城市和地区,编制印发《“无废城市”建设试点实施方案编制指南》

《“无废城市”建设指标体系(试行)》等指导性文件。配合立法机关推进《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(以下简称《固废法》)修订工作,新修订的《固废法》于 2020 年 4 月 29 日审议通过,自 2020 年 9 月 1 日起施行。在危险废物环境管理方面,截至 2019 年,全国各省(区、市)危险废物(含医疗废物)许可证持证单位核准收集和利用处置能力达到 12896 万吨/年,实际收集和利用处置量为 3558 万吨。开展打击固体废物环境违法行为专项行动,通过卫星遥感等方式对长江经济带 11 省(市)126 个城市以及仙桃、天门、潜江等 3 个省直管县级市的固体废物堆存、倾倒和填埋等情况进行排查,截至 2019 年底,发现 1254 个问题,其中 1163 个已完成整改。在废弃电器电子产品管理方面,截至 2019 年底,全国共有 29 个省份的 94 家处理企业实际开展了废弃电器电子产品拆解处理活动,共拆解处理废弃电器电子产品 8417.1 万台(套),同比增长 3.9%。

《年报》第三部分选择了具有代表性的部分省市,分别从不同侧面介绍了各自的工作实践、管理经验和主要做法。

生态环境部 2020-12-31

# 太阳能

## 分布式光伏“十四五”前景几何？如何解决电网调节难题

经历了 2018 年“531”新政的打击后，中国分布式光伏在 2019、2020 年又恢复了快速增长。2020 年是“十三五”的收官之年，在即将到来的“十四五”，分布式光伏的前景如何呢？

11 月 26 日，第四届分布式光伏嘉年华在苏州举行，逾 600 名行业人士到现场参加了此次会议，共同探讨分布式光伏在“十四五”期间的机遇与挑战。

与会嘉宾普遍看好分布式光伏的发展前景。随着光伏产业链成本持续下降，分布式光伏的经济性呈现越来越强的竞争力；中国对世界承诺的碳中和目标，也为分布式光伏的发展注入了强劲动力。

中国光伏行业协会副秘书长王世江表示，平价上网为分布式光伏大规模发展扫平了道路，越来越多的中小企业看好分布式光伏的投资价值，展望“十四五”，在碳达峰、碳中和的目标下，分布式光伏将成为其中不可或缺的重要组成部分。

作为分布式光伏市场逆变器的领导者，固德威电源科技公司董事长黄敏认为，在碳中和的时代背景下，以光伏为代表的清洁能源，将替代化石能源成为主力能源，分布式光伏也将迎来一个新的快速增长阶段。

正泰新能源是中国最大的民营光伏投资公司，以分布式光伏投资为主。正泰新能源总裁陆川表示，在全球倡导节能减排和清洁能源的大背景下，分布式光伏以其独有的优势以及最靠近消费端的特性将在“十四五”迎来较大的发展空间。

前景：“十四五”年新增装机将达 30GW

国家发改委能源研究所可再生能源研究中心研究员时璟丽表示，“十四五”分风电、光伏装机规模是一个热点议题。不少光伏行业内企业提出，“十四五”年新增装机在 70GW。

据悉，2019 年，可再生能源研究中心曾根据“2030 年碳排达峰、非化石能源占比 20%”目标进行测算，“十四五”风电年新增装机在 20GW-30GW，光伏年新增装机在 40GW-60GW。

考虑到中国承诺力争 2030 年前碳排达峰，力争 2060 年实现碳中和，相应风电、光伏在“十四五”期间的年新增装机也应相应增长。

时璟丽表示，如果未来 5 年风电、光伏年新增装机达到 1 亿千瓦，非化石能源占比有望在 2025 年达到 20%，其中光伏年新增装机将达到 70GW，这样分布式光伏年新增装机就需要达到 30GW。

智汇光伏创始人王淑娟也从碳中和角度对分布式光伏发展前景进行了测算。

王淑娟表示，“十四五”在碳中和的顶层设计下，光伏至少将迎来 300GW-400GW 总装机规模的增长，从占比来看，分布式光伏起码将有 100GW 以上的新增规模。

从产业业态看，未来 5 年分布式光伏的应用场景将极大丰富。

王世江表示，分布式光伏达到平价后，各种应用场景可支撑形成更大的市场规模。根据国家发改委能源研究所“中国可再生能源展望研究”，仅考虑建筑、铁路、高速公路、水面、农业设施等，应用潜力超过 8 亿千瓦。如果再加上其他应用的话，潜力会超过 10 亿千瓦。

国网能源研究院新能源与统计研究所高级工程师冯凯辉介绍，分布式光伏有三大发展趋势：从规模总量上看，分布式光伏在未来电源中的占比将大幅增加；从物理形态看，分布式光伏发展呈现出分布广泛化、多元集成化和平台化管理趋势，分布式光伏+储能等形式将逐步推进；从市场定位看，分布式光伏不再是简单的电源角色，正与市场化改革深度融合、相互促进。

冯凯辉预测，2025 年我国分布式光伏技术可开发潜力为 12.9 亿千瓦，其中，主要是农村、城镇住房屋顶光伏和工矿厂房，合计 11.4 亿千瓦，占到技术可开发总潜力的 88%。2030 年我国分布式光伏技术可开发潜力可达到 15 亿千瓦。

而综合考虑国家能源发展战略要求、政策趋势、开发潜力约束和技术经济性条件等因素，结合

目前发展现状，“十四五”分布式光伏发展规模在 1 亿~1.7 亿千瓦范围之间。

挑战：如何解决电网调节难题

不仅仅是分布式光伏，以光伏、风电为代表的新能源装机快速增长，为电网的安全稳定运行带来了挑战，随着“十四五”新能源的进一步发展，电网端如何更好应对这些挑战，服务新能源的发展成为了迫在眉睫的问题。

国家电网电力调度控制中心副总工程师裴哲义表示，新能源的发展已经进入了发展的新阶段，对电网带来三大挑战。

一是波动性的新能源增大电网的调节难度；二是新能源大量并网降低了电网的抗干扰能力；三是改变了配电网的形态，使电网运行控制更为负责。

裴哲义称，通过提高调度管理和加强电网建设，中国的新能源消利用率达到了 95%，这在全世界也是比较高的水平。

面对“十四五”新能源大规模增长的前景，裴哲义建议，进一步加强电网建设，让新能源调节范围进一步扩大；做好市场机制的顶层设计，使之既负荷电力市场发展，又符合电力系统的运行规律；进一步提高系统灵活性，包括进一步对火电进行灵活性改造，以及加强储能发展等。

分布式光伏的发展不仅给电网带来一定挑战，设备系统端的安全问题也不容忽视。固德威太阳能学院高级解决方案经理卢欢介绍道，分布式光伏一方面有系统安全的要求，另一方面也有数据安全的要求，随着分布式光伏的发展，未来数据安全的风险会更加凸显。

卢欢表示，作为逆变器厂商，固德威特别针对分布式光伏系统的安全分风险，已经研发并推出了系列安全技术，为分布式光伏系统全生命周期的安全保驾护航。

沈小波 能源杂志 2020-12-01

## 美国研发超高速钙钛矿制程，一分钟制出 12 公尺太阳能薄膜

钙钛矿太阳能身具转换效率高、制程相对简易与环保优势，但在实现规模商业化、更普及之前，得解决不稳定与加速制造速度等问题，以免跨不出「死亡之谷」，对此，斯坦福大学为加速钙钛矿电池发展，也研发出专用的「快速制造设备」，一分钟就可以制造出 12 公尺的钙钛矿薄膜。

斯坦福大学博士后 Nick Rolston 表示，钙钛矿太阳能正站在商业化与失败的交叉路口上，过去有好几百万的资金投入该技术，但如果科学家没有在 3 年内突破电池稳定性困境，未来可能就会以失败收场钱包逐渐见底。

钙钛矿太阳能电池是由便宜、丰富的碘、碳和铅化学物质制成的晶体，可以在水中以近沸点的温度下成长，与传统需要 3 千度高温精炼的硅晶太阳能电池相比，所需能源较少，且钙钛矿重量轻、又可以制成可挠模块，太阳能板设计能更加多样，更何况转换效率还达 25%。

只可惜这项技术距离跨出实验室大门还要一段时间，目前转换效率较高的钙钛矿太阳能电池，其实尺寸跟指甲差不多大，一旦扩大尺寸，电池就会产生缺陷与针孔（pinholes），效率大打折扣。

对此，团队打算在实验室制造出全新小型示范设备。团队透过专利的快速喷涂电浆技术，以两个喷嘴来造钙钛矿太阳能薄膜，首先先将化学溶液喷涂到底层玻璃上，再用另一个喷嘴释放出高反应性的离子化气体或电浆，Rolston 表示，传统制程要烘烤钙钛矿溶液 30 分钟，但电浆技术可以加速液态钙钛矿转变成薄膜的速度。

团队研究指出，新型的快速喷涂制程每分钟能制造出 12 公尺的钙钛矿薄膜，比硅晶太阳能电池快上 4 倍，除此之外，制造成本也比较低，每平方英尺 0.25 美元，远比硅晶太阳能的 2.5 美元还要便宜许多，其功率转换效率也达 18%，放置 5 个月，转换效率则降到 15.5%。

Rolston 表示，团队希望这项技术能被广泛地使用，虽然电浆处理系统听起来非常 fancy，但其实我们可以用合理的价格在市场上购入。

目前硅晶太阳能每度电成本已降到 5 美分，为市面上最常见的太阳光电技术，但随着科技日新

月异，也有许多潜在技术在暗处冉冉发光，Rolston 认为，若能制造出 30 年不衰退的钙钛矿太阳能电池，就能将每度电成本降到 2 美分以下，为此团队下一步是打造更好用的防潮封装技术。

科技新报 2020-12-01

## 美国成本最低的实现清洁电网办法：大规模开发分布式光储项目

一份新报告发现，为了实现 2050 年美国向清洁能源系统的过渡，开发至少 247GW 屋顶和社区太阳能项目以及 160GW 本地储能项目是最具成本效益的方式。

Sunrun、Vote Solar 和社区太阳能普及联盟（CCSA）发布的一份联合研究报告称，这些新增电力足以美国逾 25% 的家庭供电，同时还能为消费者节省高达 4730 亿美元的电费支出。

研究使用了 Vibrant Clean Energy 公司开发的新规划工具，分析了将最具成本效益的资源组合引入电网会带来的好处。

Sunrun 首席政策官 Anne Hoskins 表示，“为了给老化电网提供有效、高效和可靠的解决方案”，这份联合报告阐释了分布式能源在未来系统规划中必须发挥的“关键作用”。

分析表示，除了减少对调峰站的需求外，扩大本地太阳能和储能规模可以有效管理和降低对配电系统的需求，同时提高电网的灵活性。

屋顶和社区太阳能新增项目也可以释放公用事业光伏项目的潜力。研究表明，让不经常运行的化石燃料电站退役以及更有效的开发本地储能项目会有助于在 2050 年前整合 798GW 公用事业太阳能项目。

CCSA 执行董事 Jeff Cramer 表示，如果当选总统乔·拜登的清洁能源计划包括扩大本地太阳能和储能的规模，那么就可以为美国节省数千亿美元。“除了创造巨大的社会效益外，更为本地化的分布式电网还可以节约资金。”

从经济收益的角度而言，研究表示，至 2050 年，扩大本地太阳能和储能规模会带来超过 200 万个新工作岗位，提供从可再生能源中获益的更公平的机会。

报告得到了太阳能行业协会的认可，协会的州事务副总裁 Sean Gallagher 表示，这一报告为“采用先进建模工具的重要工作打开了一个窗口”，“大量开发各种规模的太阳能-储能项目可以实现电力系统脱碳，为客户节约资金，清洁我们的空气并助推美国经济发展。”

PV-Tech 每日光伏新闻 2020-12-04

## 福建物构所钙钛矿太阳能电池研究获新进展

近年来，新兴的有机无机杂化钙钛矿太阳能电池发展突飞猛进，在短短十年里其光电转化效率从 3.8% 迅速发展到目前 25.5% 的认证效率，被视为最具有应用潜力的新型高效率太阳能电池之一。虽然钙钛矿太阳能电池具有很高的光电转换效率已与多晶硅薄膜电池相媲美，但是电池的长期稳定性远未达到商业化的要求。此外，传统的低温溶液法可以便利地制备钙钛矿薄膜，但所制备的钙钛矿通常是多晶薄膜极易在晶界或表面产生针孔和缺陷。产生的缺陷不仅可以捕获光生载流子，限制载流子的扩散，降低载流子的寿命，而且还会引起离子迁移和扩散，最终导致器件的稳定性和效率下降。

### ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS

Full Paper

Donor- $\pi$ -Acceptor Type Porphyrin Derivatives Assisted Defect Passivation for Efficient Hybrid Perovskite Solar Cells

Chi-Lun Mai, Qin Zhou, Qiu Xiong, Ching-Chin Chen, Jianbin Xu, Zhuangzhuang Tang, Hsuan-Wei Lee, Chen-Yu Yeh , Peng Gao 

First published: 17 November 2020 | <https://doi.org/10.1002/adfm.20200776>

中科院功能纳米结构设计与组装/福建省纳米材料重点实验室高鹏课题组针对钙钛矿太阳能电池表面缺陷和水分侵蚀所导致的稳定性问题，开发了一系列 D- $\pi$ -A 型卟啉分子，并在使用这一系列卟啉小分子钝化钙钛矿表面缺陷作用机制方面的研究取得重要进展。

研究发现，以该系列卟啉分子 CS0, CS1, CS2 处理钙钛矿表面，不仅可以有效地钝化钙钛矿表面缺陷从而抑制 perovskite/HTM 界面间的非辐射复合，由于卟啉分子上的疏水型长烷基链的存在同时还可以有效地阻挡空气中水分子的入侵。最终基于 CS0, CS1, CS2 钝化的钙钛矿太阳能电池均表现出良好的湿稳定性和提升的器件性能，基于 CS1 钝化的器件获得了 22.37% 的最高电池效率。测试表明，编号为 CS0-CS2 的卟啉材料上的氨基丙烯酸官能团成功钝化钙钛矿晶格表面和晶界的缺陷，从而提高器件的 VOC 和 FF。

相关工作发表在国际期刊 *Advanced Functional Materials*(DOI: 10.1002/adfm.202007762) 上。本文通讯作者为中科院福建物质结构研究所高鹏研究员，第一作者为麦绮伦副研究员，共同第一作者为博士研究生周勤。

周勤 化学人生 2020-12-07

## 为了有效改善电池的稳定性，美国研发低成本效率太阳能电池

佛罗里达州立大学的研究人员在钙钛矿太阳能电池中使用了一种名为喹吡啶酮（QA）的低成本工业有机颜料作为表面钝化剂，以提高其稳定性和效率。

与此同时，斯坦福大学的科学家使用了带有两个喷嘴的机器人设备来快速生产钙钛矿薄膜。通过这些薄膜，他们制造出钙钛矿电池和组件的效率分别为 18% 和 15.5%。他们认为，这种技术可以生产钙钛矿模块，每平方英尺的成本约为 0.25 美元。

该美国组织指出，质量保证（QA）是一种广泛用于红色涂料和化妆品的工业有机颜料，在空气中稳定、无毒，每公斤售价仅为 0.50 美元左右。该颜料的超分子结构赋予它良好的物理化学性质，包括高的抗光和热稳定性和优良的载流子迁移率。

通过纺丝包衣—退火工艺将该颜料应用于卤化物甲基铅碘（MAPbI<sub>3</sub>）薄膜。研究合著者马碧武说：“太阳能电池在没有色素层的情况下效率为 18.9%，有了它，这个数字上升到了 21.1%。”

此外，科学家表示由于有了新的色素层，该细胞在环境条件下 1000 小时后仍能保持 90% 的初始效率。他们进一步解释说：“通过简单的溶液处理和热退火添加不溶性色素层也会使细胞疏水性，这意味着水不能停留在细胞表面。”QA 层的能量水平使级联、定向空穴从钙钛矿转移到空穴传输层，同时抑制电子转移，这分别提高了空穴提取效率和降低了电荷重组。

疏水性被认为是薄膜和太阳能电池本身的高稳定性的原因。学者们总结道：“这项工作表明，用低溶解度工业颜料对卤化物钙钛矿薄膜进行表面钝化是解决钙钛矿太阳能电池长期稳定性问题的一种有前途的策略。”

本文介绍了低成本的工业有机涂料制备的高效、稳定的钙钛矿太阳能电池的涂料及其涂装工艺，并发表在 *Angewandte Chemie* 上。

OFweek 锂电网 - 产业新闻 2020-12-08

## 效率可突破 25%，异质结电池关键设备突破

目前，太阳能电池正在全球范围快速发展，每年新增装机量都在不断提高，给可再生能源和环保事业作出了巨大贡献。

为了增加光伏在能源市场上的竞争力，从业者不仅一直在改进太阳能电池的设计，使其效率不断提高，同时在提高转换效率的工艺方面也付出了巨大努力。

此前，太阳能电池主要采用了 BSF 电池，后来随着 PERC 电池的量产问题得到解决，厂家纷纷

导入 PERC 电池生产线，使其市场份额快速增长。同时相关公司也在不断进行技术创新，让其转换效率得到进一步提高。当然，研究人员也并未停下前进的脚步。

2013 年德国弗劳恩霍夫太阳能系统研究所于提出了 TOPCon 电池的概念，其前表面与 N-PERT 电池没有本质区别，主要区别在于采用超薄二氧化硅（SiO<sub>2</sub>）隧道层和掺杂非晶硅钝化背面，其转换效率相比 PERC 电池又有了进一步提高，理论极限效率可达 28.7%，是后 PERC 电池时代备受关注的技术。

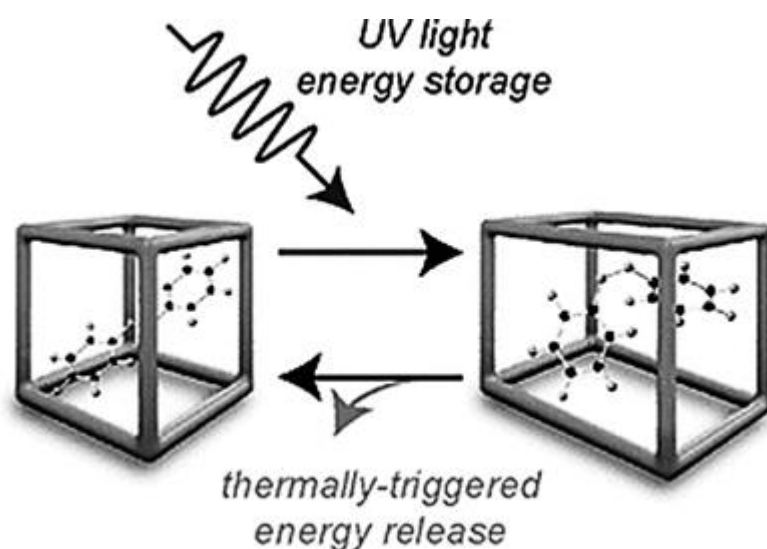
不过在 TOPCon 电池兴起的同时，HJT 电池也成为了很多企业研究的重点，相比 TOPCon 电池，其极限转换效率相仿，同时在工艺方面也要相对简单一些，这意味着未来会有更大的降本空间。尤其是在大规模量产之后，丝毫成本的降低都会对其市场份额产生巨大影响。

但是这两种新的电池技术，其转换效率优势并未完全释放，还需要相关设备厂商继续努力。

日前，佳捷伟创宣布其异质结关键工艺设备板式 PECVD5500 正式迎来交付，据悉该设备生产的异质结电池，转换效率可超过 25%，领先于大部分量产设备，也让异质结电池再次得到业界关注，也是太阳能电池的又一次突破。

Watson OFweek 太阳能光伏 2020-12-08

## 新材料可将太阳能储存数月甚至数年



图片来源：Science Alert 网站

果人类想在利用可再生能源方面做得更好，科学家们就必须在寻找有效的能量存储方式上更加努力。据最新一期《材料化学》杂志报道，英国科学家已经确定了一种可将太阳能存储数月乃至数年的特殊材料——金属有机框架（MOF）材料。

英国兰开斯特大学研究人员表示，这种材料的功能有点像用于暖手器供热的相变材料。但是，MOF 的好处是它可以直接从太阳中捕获免费能源。

在 MOF 中，碳基分子通过连接金属离子形成结构。至关重要的是，MOF 是多孔的，因此它们可与其他小分子形成复合材料。通过添加吸收光的化合物偶氮苯分子，最终形成的复合材料能在室温下将吸收的紫外线能量储存至少四个月，然后再释放出来。这是对目前大多数光响应材料所实现的能存储几天或几周能量的重大突破。

偶氮苯作为光开关——一种分子机器，可对外部刺激（例如光或热）作出响应。在紫外线的作用下，分子在 MOF 孔框架中停留的同时改变形状，有效地存储了能量。向复合 MOF 材料施加热量会触发能量的快速释放，该能量本身会散发出热量，然后可潜在地用于加热其他材料或设备。

研究人员表示，尽管过去的研究也关注将太阳能存储在光电开关中，但通常需要将其保存在液

体中。转换为 MOF 复合固体意味着该系统更易于装配且化学稳定性也更高。该材料没有移动或电子部件，因此在存储和释放太阳能方面也不会损失。

测试表明该材料一次可以保持数月的能量，但材料的能量密度却相对较低。不过，可对本研究中使用的设置进行调整来改善结果。

研究人员称，尽管该材料仍需做一些改进才能使其在商业上可行，但最终可用于为汽车挡风玻璃除冰，或为家庭和办公室提供额外的热量。像这样的光电开关在数据存储和药物输送中也有潜在的应用。随着技术进一步的发展，有望制造出能够存储更多能量的其他材料，从而带来另一种经济高效且可靠的能量存储方式。

冯卫东 科技日报 2020-12-18

## 英媒：科学家发现一种无需电子元件可存储太阳能方法

据英国《独立报》网站 12 月 5 日报道，科学家发现了一种在无需电子元件的情况下存储太阳能达数十年之久的方法。

报道称，在研究了一类通常被用于对水进行淡化或过滤处理的水晶状材料后，英国兰开斯特大学的研究人员意识到，这是一种极其有效的捕获和存储太阳能的方法。

报道指出，这一突破将为一系列全新的应用领域铺平道路。例如，这种材料可以被用作建筑物的涂层以存储夏季能量，以便之后可在冬季以热量形式释放出来。

这些研究人员说，另一个潜在的应用将是贴在汽车车窗和挡风玻璃上的透明薄膜，它们可以在严寒冬日的早晨迅速除冰。

据报道，偏远地点或不在电网内的系统也可以受益于这种材料的长时间储能特性。

这项研究的联合首席研究员、兰开斯特大学的约翰·格里芬博士说：“这种材料的功能有点类似于暖手器中用来供热的相变材料。不过，暖手器需要加热才能补充热量，而这种材料的妙处是它们直接捕捉来自太阳的‘免费’能量。它们也没有任何的移动或电子部件，因此在太阳能的存储和释放过程中没有任何能量丢失。”

这种材料所采集的能量被以一种类似于压缩弹簧的方式存储起来。这意味着在需要时能量可以非常迅速地得到释放。要想释放能量，可以对这种材料施加少许热量作为“引信”。

报道称，研究团队成功地在室温下利用这种材料把太阳能存储了 4 个月，但他们估计这种材料最长可保存太阳能 4 年半时间。

美国学术期刊《材料化学》杂志发表的一篇论文概要介绍了这项研究。

王天僚 新华社 2020-12-10

## 下一代光伏技术渐行渐近？

### 核心阅读

和 PERC 电池相比，异质结电池拥有更高的转换效率，目前已接近 26%，预计叠加其他技术后还将进一步提升。不过，异质结电池能否如业内所愿，成为继 PERC 电池后的下一代主流技术还有待验证。

12 月 15 日，爱康科技第一片异质结电池试样生产正式下线，电池片转换效率达 24.59%，高于目前光伏行业主流技术产品 PERC 电池近 2%。

自 2018 年“5·31”政策颁布后，光伏发电补贴逐年降低，开始向无补贴时代过渡。在行业毛利率不断下降的背景下，加速硅片、电池片、组件等产业链主要产品环节的技术升级换代成为了光伏企业提升自身竞争力的重要方向。

其中，异质结在众多储备技术中最受追捧。今年以来，越来越多的企业押宝异质结，先后宣布

布局吉瓦级异质结产能，但在其成本仍不具有优势的情况下，异质结能否如业内所愿，成为继 PERC 后的下一代主流技术还有待验证。

#### 产线标准提升 异质结呼声高涨

不管是光伏企业还是分析机构，都将 2020 年视为异质结电池产业化元年。

据记者不完全统计，今年以来，光伏制造端对外宣布的产能规划已经超过 30 吉瓦，设备供应商也表示公司具有异质结量产设备的生产能力。截至目前，晋能科技、东方日升等企业已经有百兆瓦级中试线投产，阿特斯等企业也公开宣布异质结项目已经开工建设。

中信建投认为，异质结已经从稳步爬升期进入商用成熟期。一方面传统主流企业逐步转变，纷纷开启中试线。另一方面，在设备端已经可以看见国产化整线的推出，给日后扩产提供了基础。

异质结缘何在众多光伏储备技术中脱颖而出？越来越高的技术要求是不容忽视的驱动因素。今年 5 月底，工信部印发《光伏制造行业规范条件（2020 年本）》（征求意见稿），其中明确提出，新建和改扩建的多晶电池和单晶电池项目产品的平均光电转换效率分别不低于 20%和 23%。

这已经是现阶段 PERC 电池产线最高的转换效率。虽然在产业内部看来，单晶 PERC 电池转换效率仍有提升空间，但由于技术越来越成熟，提升 1%要付出的时间、成本等代价也越来越大。

和 PERC 相比，异质结拥有更高的转换效率，目前最高转换效率已经接近 26%，预计叠加其他技术后还将进一步提升。

晋能科技总经理杨立友告诉记者：“异质结技术结合了薄膜与晶体硅技术，具有 N 型双面电池结构，结构对称可使电池的工艺步骤降至四步。同时，其整线采用约 200°C低温制程工艺，不仅节约能源还能有效降低成本。”

#### 装备国产化替代 生产成本始降

虽然技术优势明显，但一直以来异质结并未在行业内实现量产应用，主要原因在于生产设备基础尚不牢靠。

光大证券指出，异质结电池生产设备与常规晶硅电池路线不兼容。如果光伏企业选择了异质结技术，无法通过改造现有的电池生产线实现新技术的量产，只能投资建设一条全新的生产线，导致企业在初期推广中的投资成本过高。

原国务院参事石定寰也曾表示，异质结技术发展的薄弱环节是装备国产化程度较低。没有可靠的国产化设备，成本自然很难下降。

据了解，目前，异质结生产设备占异质结生产成本的大头。以核心装备 PECVD 为例，一直以来，该设备的主要生产厂家是德国企业梅耶博格等国外企业，这无疑增加了国内企业推广异质结技术的压力。

杨立友坦言：“其实，业内早已认识到这一问题。近几年，国内设备厂家陆续投入到整个电池产线生态的研发工作上，促进异质结电池的技术发展。目前，异质结生产设备国产化取得了突飞猛进的进步，已经从此前的国外垄断过渡至群雄逐鹿阶段。”

据中信建投统计，截至目前，国内布局异质结整线的设备企业包括捷佳伟创、迈为股份、钧石能源以及金辰股份。这将在很大程度上降低异质结产线的初始投资门槛，为异质结成为光伏企业扩产的主流选择打下坚实基础。

另外，记者发现，进入异质结领域的光伏装备企业队伍正不断扩大。今年下半年以来，已有京山轻机、捷造光电等多家企业宣布将研发异质结核心设备。

#### 进入量产导入期 产业链协同促发展

行业咨询机构 PV Infolink 的数据显示，2019 年，全球异质结产量不足 1.5 吉瓦。在去年全球 138.5 吉瓦的组件产量中，占比不到 1%。其中，我国异质结产量接近 0.5 吉瓦。

这种体量的技术产品被业内称为处于量产导入期的技术。除异质结外，TOPCon、IBC 等电池技术均处于这一阶段。集邦咨询旗下新能源研究中心 EnergyTrend 认为，处于量产导入期的技术，需要产业链各环节设备、辅材等企业与产品端协同优化产线，随着产品通过终端电站应用测试验证，才



有望进入市场推广阶段。

即使进入市场推广，想真正成为下一代主流技术还有“擂台”要打。有业内专家测算，只有异质结电池的商业化量产转换效率和成本下降速度高于 PERC 电池，才可能显现出更强的竞争力。

对此，杨立友认为，技术创新是系统工程，应该从整个系统的角度出发。不仅关注设备端，还需包括原材料端、电池端、组件端、系统集成端，相互合作、共同促进异质结技术的发展。

“目前，异质结电池银浆耗量大约是传统电池的近三倍，因此，降低低温银浆成本变得尤为重要。”杨立友说，“建议首先引入多主栅技术降低银浆的使用量，其次从推动银浆的国产化入手，促进银浆价格降低，同时还可以开发贱金属混合浆料，进一步降低银浆价格。预计未来银浆价格的降幅可达 50%—70%。”

业内普遍认为，随着产业化进程不断提速，异质结技术正渐行渐近。

本报实习记者 董梓童 中国能源报 2020-12-21

## 加强光伏合作 推动绿色发展

### 推动技术创新

在巴西米纳斯吉拉斯州乌贝兰迪亚的太阳能发电园里，除了整齐排列的太阳能面板，还有一个长约 6 米的巨大箱体。作为发电园的“充电电池”，这是由比亚迪开发的能源储存系统在巴西的首次应用。

此前，巴西的光伏电站只能在白天供电，新的能源储存系统则在白天储存电量，等到太阳能无法发电时继续向电网供电 1 至 3 小时，实现了“光储一体化”。

在 500 公里外的圣保罗州坎皮纳斯州立大学内，研究人员正在实验室里测试不同条件下光伏组件的效率、安全性和可靠性，以找出更适合潮湿炎热环境的光伏技术和组件材料。2017 年，比亚迪巴西分公司与坎皮纳斯州立大学建立合作关系，为学校打造先进的太阳能实验室，实验室设备全部由比亚迪提供。

“这间实验室在巴西是独一无二的。以往只能在国外实验室进行的测试，现在都可以在这里完成。”坎皮纳斯州立大学电气与计算机工程学院教授路易斯·克莱特利说，“与中企的合作可以为巴西市场上的光伏组件定义新的质量标准，对巴西光伏产业发展意义重大。”

比亚迪在坎皮纳斯市还建有工艺领先的光伏面板工厂，其生产线已成为巴西产量最大的光伏面板生产线之一。“即使今年面临疫情带来的挑战，我们上半年的销量还是比去年同期增加了 40%。”比亚迪巴西分公司市场、新业务和可持续发展总监阿达尔贝托·马卢夫说。

当前，拉美的光伏产业蓬勃发展。根据国际可再生能源机构的预测，拉美和加勒比地区 2050 年的光伏发电装机容量将是 2018 年的 40 倍。中国已成为这一地区光伏产业的重要合作参与者。巴西太阳能协会执行主席罗德里戈·萨瓦伊亚表示：“中国企业的产品和技术处于领先地位，中企的参与对巴西和拉美光伏产业发展不可或缺。”

### 优化能源结构

以光伏为代表的可再生能源正成为东南亚国家解决电力缺口的重要方式。据行业咨询机构伍德麦肯兹预计，未来 5 年，东南亚光伏市场将保持快速发展势头，光伏发电累计装机规模将在 2019 年的基础上增长 3 倍。

泰国能源部前部长颂缇拉表示，泰国政府积极推广可再生能源，能源部门鼓励、启动了社区发电厂计划，以促进利用太阳能等可再生能源发电。自 2016 年下半年开始，泰国政府部分放开对太阳能发电投资的限制，一些太阳能电厂项目取得进展，屋顶光伏发电等也在积极推进。

在共建“一带一路”框架下，中国光伏企业在泰国投资办厂，顺应了泰国可再生能源发展的需要。2014 年，腾晖技术（泰国）有限公司在泰国罗勇工业园建厂，经过 6 年的发展，目前员工已经逾千人，产值达 25 亿元人民币。“企业不断壮大，一来是因为国际市场对光伏产品的需求，二来是泰国

国内需求也在不断增加。光伏发电代表着未来能源产业的发展方向。”公司董事长兼总经理徐胜文说。

泰国民众初猜家中屋顶装了腾晖生产的太阳能电池板，用来给电子设备供电。“太阳能是清洁能源，而且用之不竭，能省很多钱。”初猜说。

#### 助力经济发展

位于埃及南部的阿斯旺本班光伏产业园占地 37 平方公里，是世界最大光伏产业园之一。去年园区建成投产后，埃及利用太阳能产出的电能总量在该年度达到 24 亿千瓦时，而 2018 年仅为 300 万千瓦时。中国在该光伏产业园建设中发挥了重要作用：浙江正泰、特变电工等中国企业参与园区中多个发电站建设，中国工商银行等金融机构为数十个项目提供资金支持，中国技术和中国制造的太阳能面板、组件等也得到园区各项目广泛使用。

浙江正泰承建的 165.5 兆瓦光伏项目，今年 1 月正式移交业主运营维护。参与建设的侯萨姆·侯赛因表示：“就在几年前，我们还常常遇到停电的尴尬局面。如今从产业园各个电站输出的充足电力，为埃及的经济社会发展提供动能。”

项目的建设和投产有助于缓解埃及的用电紧张，也为当地创造了大量就业机会。仅正泰项目建设高峰时期，就有 3000 多人同时工作，培养了大批熟练工人。浙江正泰项目现场运维经理赫夏姆·马吉德表示，中国企业在系统设计能力、产品质量和售后服务等方面的高水准工作值得称赞，他在工作过程中获得了许多宝贵经验。“中国企业为我们的经济和民生发展作出了贡献。”

埃及电力和可再生能源部副部长穆萨表示，中国在发展清洁能源方面有着先进技术和经验，与中国的合作至关重要。埃及《金字塔报》网站刊文指出，“埃中在清洁能源方面的合作取得许多成果。近几年，埃及大力建设电力基础设施，促进经济转型和复苏，中国在这个过程中是重要的合作伙伴。”

（本报里约热内卢、曼谷、开罗、北京 12 月 21 日电）

朱东君 丁子周 鞠沈小晓 人民日报 2020-12-22

## 广东将建省内最大的平价上网光伏复合项目

12 月 24 日上午，广东省内最大的平价上网光伏复合项目——广东能源葵潭农场光伏复合项目（以下简称“葵潭项目”）开工活动在揭阳市惠来县葵潭农场举行。葵潭项目由广东能源集团和广东农垦集团共同出资建设，规划建设容量 500 兆瓦，投资总额约 25 亿元。建成后的光伏电站，将成为省内单体容量最大的光伏电站，年均可提供清洁电量超 5 亿千瓦时，每年可节约标煤超 16 万吨、减排二氧化碳 54 万吨。

据了解，葵潭项目采用光伏发电与农业综合利用相结合的方式，因地制宜，在不改变用地性质的前提下，光伏阵列上方接收太阳光实现发电，下方及周边种植如冬瓜、剑麻等当地宜养农作物，饲养鸡、鸭等家禽家畜，实现阳光、土地资源的立体高效利用，是一个集清洁能源发电、农业种养殖于一体的高科技生态环保项目。葵潭项目的落地建设，将为揭阳市的清洁能源发展再添巨大引擎。建设光伏复合项目，是对阳光、土地资源进行立体高效利用的有效形式，将实现“一地多用，效益倍增”的效果，有利于推动政府、企业和当地群众互利共赢。

程行欢 岳殿 羊城晚报 2020-12-26

## 异质结与颗粒硅点燃预期 光伏业迎来技术切换期

岁末的光伏行业有多火？在碳中和及“十四五”目标逐步明确的情况下，上下游几乎是忙作一团。一家光伏电池供应商告诉记者，“前段时间，天合、阿斯特每天都坐在我们会议室里等，让我们安排发货。”而另一名从业人士谈到，碳碳复合材料、坩帮等单晶炉配件更是“一筒难求”，单晶厂采购人员都选择驻厂发货。

今年以来，光伏行业经历了大规模的扩产，涉及产业链的各个环节。但是，在不少人看来，未

来更需要关注的是，光伏行业即将面临技术赛道的切换。正如过去七八年中，单晶技术打败多晶一样，在对光伏度电成本下降的不懈追求中，各环节都在尝试新的技术。

实际上，光伏行业的新技术变革贯穿全年，这一点在资本市场也得到了充分映射。年初的异质结电池（HJT）异军突起，山煤国际等个股表现强势；年末的颗粒硅受到追捧，3个多月时间，港股保利协鑫能源股价暴涨超过300%。而瞄准新技术，二线厂商也正期待弯道超车。

#### 颗粒硅引爆市场预期

今年9月以来，保利协鑫启动了多个颗粒硅项目的建设。9月8日，公司旗下江苏中能规划产能10万吨、首期5.4万吨颗粒硅项目正式开工扩建，该项目也是全球单体最大规模的颗粒硅项目。10月18日，保利协鑫四川乐山颗粒硅项目宣布正式开工建设。

12月10日晚间，保利协鑫公告称，预期至2020年底，公司硅烷流化床法（FBR）颗粒硅的有效产能将由目前6000吨提升至10000吨。

入主颗粒硅并非一朝一夕那么简单，早在六七年前，市场就曾预计保利协鑫颗粒硅将实现万吨级量产。为何早已存在的产品在六七年后又火了？保利协鑫有关负责人在接受记者采访时称，公司在具有自主知识产权的多晶硅技术基础上，叠加2017年收购的美国SunEdison, Inc.旗下的FBR技术团队和专有技术设备，颗粒硅生产工艺终于得到重大技术突破。

该负责人告诉记者，公司目前已经完全掌握成熟的可复制的颗粒硅规模化生产技术，其产品在市场接受度上已得到客户的广泛验证和认可。此外，现有颗粒硅产能已实现连续稳产、商业化量产和市场化销售，产品质量上得到了数量级的优化和提升。

除保利协鑫以外，陕西天宏也是颗粒硅市场的供应商，公司引进美国REC Silicon FBR-B（第二代流化床）技术生产粒状多晶硅，并宣称是国内唯一具备大规模量产能力的粒状硅生产企业。

针对这一情况，保利协鑫向记者回应，公司是唯一具有规模化低成本高质量生产颗粒硅的企业。“相比于别的企业，我们有着与之完全不同的硅烷技术工艺和生产路线，在金属杂质控制上，我们的纯度在数量级上具有领先优势。”

保利协鑫提供给记者的颗粒硅产能规划路径显示，公司徐州基地项目2021年第三季度产能达到3万吨，2022年第一季度末产能有望达到5.4万吨；乐山项目产能规划以4+2+2的模式展开。另外，还有一些其他意向性城市。

记者从业内获得的数据显示，改良西门子法生产的多晶硅占全球硅料市场的份额达到95%左右，相比之下，颗粒硅产能规模目前还不足以撼动多晶硅的市场地位。颗粒硅的出现之所以能引爆市场，在于其生产成本、环保工艺及技术创新等方面的优势，硅料环节的降本可积极带动光伏终端度电成本的下降。

保利协鑫向记者表示，FBR颗粒硅与西门子法棒状硅相比，具有投资强度更低、生产能耗更低、项目人员需求更少等优势。且颗粒硅产品形似球状，流动性好，更好满足复投料尺寸要求，无需破碎工序，避免损耗和降低破碎成本，并消除破碎过程中引入杂质的风险。

保利协鑫披露的数据显示，相比传统工艺，FBR工艺生产技术流程更短，能够使投资强度下降30%，生产电耗降低约65%，项目人员需求降低30%。上述负责人进一步介绍说，在生产成本上，保利协鑫的颗粒硅与一线棒状硅相比成本下降30%左右，而且未来仍有下降空间。

受颗粒硅投建及量产等一系列消息影响，保利协鑫近期股价表现强势，9月份以来，累计涨幅达到347.6%，期间最高涨幅超过400%。

#### 下游应用决定前景

“我们研究过颗粒硅，但是认为应该跑不出来，成熟的、稳定的技术路线还是改良西门子法。”谈到对颗粒硅的看法，一家主流棒状多晶硅企业人士向记者指出，颗粒硅还没有实现完全意义上的商业量产，至于厂商能不能把它推向更大规模，发挥所展望的品质与成本优势还有待跟踪。“我们认为还有很大不确定性，这个阶段无法证实或者证伪，我们也没法否定别人。”

从公开调研纪要来看，以颗粒硅为源头来生产N型电池还存在一定壁垒，这也是部分企业对颗

粒硅仍然持谨慎态度的原因。

例如，上述多晶硅企业人士就指出，光伏行业未来一定是更加的高效化，一个方向就是光伏电池要由 P 型向 N 型过渡。“但是，N 型电池对于硅料的纯度要求非常高，现在看来，颗粒硅只能达到多晶硅中的菜花料水平，距离致密料还差好几个等级。”

该人士认为，颗粒硅厂商首先需要回答的问题是未来的技术路线图是怎样的，“未来大的趋势是产品高效化带动产品成本降低，进而刺激市场需求，如果颗粒硅厂商对该产品的展望这么好，应该有更激进的扩产规模，来抢占市场份额。”

保利协鑫告诉记者，目前，颗粒硅的下游应用主要是中环和协鑫两家公司，晶澳、隆基、晶科等数家企业在批量试用。“下游市场对颗粒硅持有非常开放的态度，明年在粉和氢方面突破后，上机、隆基、晶科、晶澳都乐意迅速切换使用颗粒硅。”

记者从中环股份了解到，公司 2019 年开始就在使用颗粒硅，据称使用效果“还不错”。公司人士告诉记者，虽然现在颗粒硅的产能有了，但是产量还没起来，其成本优势取决于上量之后的实际变化，“颗粒硅的成本具有优势，给我的价格具有优势，我才更愿意大批量使用。”

安信证券在最近的研报中指出，当前，保利协鑫颗粒硅出货较少，主要供给中环以及自用，其他主流硅片企业态度中性、部分偏谨慎，反馈的主要问题是氢跳、粉尘以及金属等问题。判断颗粒硅能否大规模替代的关键是下游大规模应用的边际趋势能否形成，需密切跟踪下游除中环和协鑫以外的大规模应用。

针对市场质疑颗粒硅只能掺杂使用或者不兼容 N 型电池的问题，保利协鑫向记者称，各家使用过程中均是单炉纯投验证，验证合格后再小批量使用，未来的市场份额主要取决于颗粒硅产能是否能匹配上多晶硅需求产能。

此外，保利协鑫表示，云南宇泽已使用颗粒硅做 N 型硅片，产出的质量与韩国多晶硅企业 OCI 相当，略低于德国企业瓦克，好于国内所有多晶硅企业。

#### 光伏电池进入技术切换期

从整个产业链来看，电池技术的更迭或许将成为下一个爆点。就在近期，光伏电池领域也取得了不少进展。

12 月初，中来股份宣布，控股子公司泰州中来在 N 型单晶电池量产效率方面取得了重大进展，泰州中来生产的 TOPCon 电池量产转换效率达到了 24.5%，公司称，下一步将实现转换效率 25% 的目标以及产能扩张。

一周后，在异质结电池领域耕耘多年的爱康科技宣布，子公司浙江爱康光电长兴基地的第一片异质结电池试样生产正式下线。该电池片为 G1 尺寸，叠加 MBB 技术，电池效率达 24.59%。这一转换效率仅比中来股份几天前公布的高了 0.09%，但电池企业的明争暗斗已显而易见。

“目前这个节点对于下一阶段哪种新技术能跑出来的争论比较激烈。”一家 A 股专门从事光伏电池制造的厂商人士告诉记者，光伏行业里，三年就会出现一个大的更替，“PERC 电池是 2017 年出来的，现在眼看着 PERC 即将面临下一个新技术替代的时间节点。”

该人士进一步指出，PERC 电池的转换效率已经达到较高水平，要想实现大的突破只能依靠新技术。谈到最近电池转换效率上的突破，该人士称，“我们很乐意看到这种结果，因为别人做了这个技术并验证可行，而我们又有相应技术储备，可以沿着他们的路往前走，这比单纯理论上的争论更有意义。另外，如果他们的验证结果不成功，我们也有其他路线储备。”

山煤国际是在异质结电池领域投入较大的一家企业，目前，公司已启动 10GW 高效异质结(HJT)太阳能电池产业化一期 3GW 项目。截至 10 月末，一期项目建设用地已摘牌，并完成了项目单位建设环评工作。

记者从爱旭股份了解到，交叉背接触电池(IBC)可以与异质结电池(HJT)形成新的组合，也可以与 TOPCon 形成新的组合，因此，公司对电池技术演进的核心观点是，“既然 IBC 可以和 HJT 结合，也可以和 TOPCon 结合，我们觉得 IBC 会更保险一些，可以两头都兼具。”

据了解，到今年底，爱旭股份将拥有 36GW 的 PERC 电池产能，明年一季度将经历产能的爬坡。在公司的新增 PERC 电池产能中，公司采用了大硅片技术，而针对明年的新增产能情况，公司人士称，未来将不再采用 PERC 技术了，而是其他技术路线。虽然 PERC 电池的生命周期还不会很快结束，但由此也可以看出，今明两年电池企业正在经历深刻的技术变革。

针对光伏电池环节的技术切换，中信建投电新首席分析师王革指出，光伏行业的上一个七八年时间是从单晶打败多晶的周期，未来七八年也会有新的机会，就是电池技术从 P 型向 N 型转换，“我们判断会有新的 N 型电池公司出现。”

王革认为，在原有 P 型电池赛道里面，PERC 电池受益于硅片大尺寸化的发展趋势，对于电池企业，单瓦成本更低，从而实现更高利润；另一个需要关注的逻辑就是电池从 P 型向 N 型切换，“现在来看，N 型异质结电池会接替 P 型 PERC 电池后面的任务，PERC 能够实现 23% 的转换效率，但是如果要进一步做到 25%，后面就需要异质结来担负起这个使命了。”

刘灿邦 证券时报 2020-12-25

## 海洋能、水能

### 欧盟计划“大规模改变”潮汐能和波浪能

欧洲动态网站 11 月 17 日消息。据悉，在欧委会拟于本周四发布的海上能源战略中，在主要集中在开发海上风力发电基础上，将纳入潮汐能、波浪能等其他形式的海洋能源，以充分彰显开发海上可再生能源的雄心。草案强调，自 2030 年起，海洋能源有望为欧盟能源体系和工业做出重大贡献。相较于风能和太阳能，波浪能和潮汐能发电更加稳，可被视为“在欧盟脱碳和稳定电网中起着至关重要的作用”。

同时，欧盟领导层也指出，限于技术发展程度，潮汐能和波浪能必须充分降低成本，才可发挥其潜力。但这并不意味着欧委会对潮汐能和波浪能等海洋能源缺乏雄心。在上述战略草案中，欧盟提出的目标是到 2030 年海上风能的装机容量达到 60 吉瓦、其它海洋能源的装机容量达到 1 至 3 吉瓦，到 2050 年这两种形式能源的装机容量将分别提高至 300 吉瓦和 60 吉瓦。在不到 30 年内完成该目标，将推动行业规模产生巨变。从总体看，到 2050 年，欧盟海上可再生能源的发电能力将提高 25 倍，从而为实现气候中和目标做出重要贡献。这一变化也意味着欧盟需投入约 7890 亿欧元的巨额投资，而这将是“非常具有挑战性的前景”。

商务部 2020-12-01

### 全球海洋能发电装机 5 年内将增 3 吉瓦

本报讯 日前，国际可再生能源署发布最新研究指出，全球海洋能发电潜力巨大，完全开发后相当于目前全球电力总需求的 4 倍。

据了解，潮汐电站、波浪能电站是当前海洋能发电技术的主要应用形式。根据国际可再生能源署的统计，截至目前，全球海洋能发电装机规模为 530 兆瓦，预计未来 5 年内，全球海洋能发电装机规模将增加 3 吉瓦；到 2030 年，或将突破 10 吉瓦大关。

为此，国际可再生能源署于近日同欧洲海洋能行业协会签署了谅解备忘录，双方将在推进海洋能发电技术上展开深度合作，共同促进海洋能发电项目的落地，不断创新、探索海洋能项目的可行商业模式。

董梓童 中国能源报 2020-12-07

## 助力碳达峰碳中和 国网加速推进抽水蓄能电站建设

中国政府承诺，力争 2030 年前碳达峰、2060 年实现碳中和。刚刚结束的中央经济工作会议对此再次重申，并表示要抓紧制定行动方案。

为了更好地完成中国二氧化碳排放的承诺目标，国家电网 12 月 23 日宣布，山西浑源、浙江磐安、山东泰安二期抽水蓄能电站项目集中开工。

国家能源局总工程师向海平在接受中国经济时报记者采访时表示，抽水蓄能电站对优化电网电源结构、缓解电网调节压力、提高当地风电光伏等新能源消纳具有重要作用，进入“十四五”时期，国家对抽水蓄能电站的需求更加强烈。

国家电网有限公司总经理辛保安向本报记者介绍，当天开工建设的山西浑源等 3 座抽水蓄能电站总投资 267.17 亿元，总装机容量 450 万千瓦，山西浑源、浙江磐安 2 座电站计划于 2028 年竣工投产，泰安二期电站计划于 2029 年竣工投产。

据投资估算，建设山西浑源等 3 座抽水蓄能电站，可以改善当地交通和生活基础设施，带动投资和相关产业发展，拉动地方 GDP 增长超过 590 亿元，提供各类就业岗位约 1.5 万个。电站投运后，每年可增加地方财政收入约 4 亿元，带动当地商业、旅游业配套发展，在服务当地经济社会发展中将发挥重要作用。

3 座抽水蓄能电站投运后，可实现与华东、华北地区新能源联合协调运行，促进清洁能源消纳。而且，抽水蓄能电站能够替代一定容量的煤电机组，提高网内运行机组的整体经济性，每年可减少原煤消耗 96 万吨，减排二氧化碳 186 万吨，二氧化硫 2 万吨，具有显著的环保效益。

辛保安表示，抽水蓄能是目前技术最为成熟的大规模储能方式，加快建设抽水蓄能电站在构建新发展格局、保障能源电力安全、促进清洁能源消纳、实现碳达峰和碳中和目标、促进大气污染防治中的战略意义和全局影响将更加凸显。

我国抽水蓄能电站装机容量世界第一，未来抽水蓄能将继续加快发展。目前，我国已经建成潘家口、十三陵、天荒坪、泰安、宜兴等一批大型抽水蓄能电站。国家电网抽水蓄能电站在运、在建规模分别达到 2066 万千瓦、4163 万千瓦。国家电网并网风电、太阳能发电装机合计已近 4 亿千瓦，成为全球新能源装机规模最大、发展最快的电网。随着风电、太阳能发电等新能源快速发展，这必然要求系统调节能力和保障手段的同步增强。

中国经济时报 2020-12-25

### “十四五”抽水蓄能将保持较快发展态势

12 月 23 日，山西浑源、浙江磐安、山东泰安二期抽水蓄能电站项目集中开工动员大会在京召开。据了解，这 3 座抽水蓄能电站总投资 267.17 亿元，总装机容量 450 万千瓦，其中，山西浑源、浙江磐安 2 座抽水蓄能电站计划于 2028 年竣工投产，泰安二期抽水蓄能电站计划于 2029 年竣工投产。

国家电网有限公司总经理辛保安在开工动员大会上指出：“3 座电站建成后，与当地火电、风电、太阳能发电等其他电源联合协调运行，将极大增强电网适应性、灵活性，每年可促进消纳富余风电、太阳能发电量超过 120 亿千瓦时。”同时，通过优化发输电设备运行条件、降低电力系统单位能耗，每年可节约原煤消耗 96 万吨，减排二氧化碳 186 万吨、二氧化硫 2 万吨。国家能源局总工程师向海平介绍，3 座抽水蓄能电站是保障华北、华东电力系统安全稳定运行、提高新能源消纳能力的重要工程。他还表示，希望电网企业加大力度，加快构建适应大规模高比例新能源发展的新一代电力系统。

“十三五”抽蓄电站集中开建

“十二五”期间，清洁能源迅猛发展，坚强智能电网加快建设，抽水蓄能电站迎来发展战略机遇期。进入“十三五”，尤其是 2016 年 11 月国家能源局发布《水电发展“十三五”规划》，提出加快开发

抽水蓄能电站以来，我国抽水蓄能电站呈现集中开工建设态势。

据统计，“十三五”期间，国网累计开工建设 21 项抽水蓄能电站工程，装机容量 2853 万千瓦，分别为：2016 年，陕西镇安、江苏句容、辽宁清原、福建厦门、新疆阜康 5 个抽水蓄能电站工程开工；2017 年，河北易县、内蒙古芝瑞、浙江宁海、浙江缙云、河南洛宁、湖南平江 6 个抽水蓄能电站工程开工；2019 年，河北抚宁、吉林蛟河、浙江衢江、山东潍坊、新疆哈密 5 个抽水蓄能电站工程开工；2020 年，山西垣曲及上述山西浑源、浙江磐安、山东泰安二期共 4 个抽水蓄能电站工程开工。同时，南网近年来也开工建设清远、深圳、海南琼中、梅州、阳江抽水蓄能电站工程。

从布局上看，华东地区重点布局浙江、福建、安徽，华中地区重点布局城市群和负荷中心附近，西北地区则围绕风电、太阳能发电等新能源基地及负荷中心加快建设抽水蓄能电站工程。此次集中开工的山西浑源等 3 座抽水蓄能电站所在的华北、华东地区，是我国重要的能源基地和负荷中心，电站建成投运后，装机容量将达到 450 万千瓦，可实现与华东、华北地区新能源联合协调运行，促进清洁能源消纳。

在电力系统发挥“稳定器”作用

目前，我国已积累了丰富的抽水蓄能电站建设经验，掌握了较先进的机组制造技术，蓄能机组设备基本实现国产化，电站整体设计、制造和安装、调试技术也达到国际先进水平。

实践证明，抽水蓄能电站通过调峰、调频、调相、储能、系统备用、黑启动六大功能和容量大、工况多、速度快、可靠性高、经济性好五大技术经济优势，在保障大电网安全、促进新能源消纳、提升全系统性能中发挥着基础作用。如此次集中开工的 3 座抽水蓄能电站将显著提升山西、浙江、山东 3 个省级电网及华北、华东电网的削峰填谷、调频调相和事故备用能力，为地方经济社会发展提供有力的能源保障。

具体而言，山西火电装机占比大，建设浑源抽水蓄能电站，对优化山西电网电源结构，缓解电网调节压力，促进地区风电、太阳能发电等新能源发展具有重要作用；浙江电力需求旺盛，大规模接受区外清洁来电，4 条特高压交直流线路落点浙江，磐安抽水蓄能电站具有功率双向、快捷、大容量调节特性，对特高压电网起着重要的支撑作用；山东电网规模大，随着社会用电结构变化和新能源迅猛发展，电网峰谷差不断扩大，调峰压力日益突出，泰安二期抽水蓄能电站建成后，可以较好地增强山东电网系统的灵活性、适应性。

未来需求更强烈

“随着能源转型进程持续深化，风电、太阳能发电等新能源更大规模、更高比例接入电网，迫切需要提高电网平衡调节能力，确保电力安全稳定可靠供应。抽水蓄能作为最成熟的储能技术，具有超大容量、系统友好、经济可靠、生态环保等优势特点，是目前公认的保障高比例新能源电力系统安全稳定运行的有效途径。”辛保安表示。

据了解，为实现“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。向海平认为，我国“十四五”及未来电力系统对抽水蓄能电站的需求将更为强烈，抽水蓄能电站将保持较快发展态势。

随着我国西部、北部大型风电基地、太阳能发电基地建设，迫切需要在送端地区配套建设调峰能力强、储能优势突出、经济性好，且能提高输电线路经济性的抽水蓄能电站。同时，随着东中部地区经济持续发展，也对保障大电网安全稳定运行提出了更高要求。因此，我国抽水蓄能产业仍处于重要发展期。

对此，两大电网企业均积极开展相关工作。辛保安表示，希望有关部委和各级党委政府以更大力度支持公司工作，共同开发更多优质站址资源。另据悉，南网也在开展南宁、肇庆抽水蓄能前期工作。

本报记者 王旭辉 中国能源报 2020-12-28

## 风能

### 风资源没有“天花板” 低风速风电能否唤醒风电产业“第二春”

2.17 亿千瓦、2.16 亿千瓦，这分别是截止 2020 年上半年，全国风电和光伏发电的累计装机量；而在短短 5 年前，这一数据分别是 1.29 亿千瓦和 4318 万千瓦。随着装机增速连年放缓，原本具有先发优势的风电产业正面临被光伏产业反超的境地。

近两年来，除了海上风电，平原低风速风电被认为是风电产业下一个“希望的田野”。未来，平原地区低风速风电能否再次打开风电产业增长的空间？低风速风电目前能否实现平价上网？产业发展还存在哪些瓶颈？为了回答以上问题，记者近日对全国首座整场大规模采用高塔的平原风场——汤阴风电场进行了探访调研。

低风速地区已具备大规模开发风电条件

驱车从河南省鹤壁市向北出城，驶上京港澳高速不久，就能看见三五成群的高大风机矗立在广袤的豫东平原之上，格外显眼。由于风速较低，我国中东南部的风电场通常修建在风速更高的大山之上，在人口稠密的中东南部平原上修建的风电场并不多见。

作为全国最具代表性的平原低风速风电场，由中国华能集团有限公司投资建设的河南安阳汤阴风电场让人们看到了低风速风电的市场潜力。该风电场一期工程安装 69 台远景 120 米高全钢塔筒、2.X 平台智能风机，装机容量 15.18 万千瓦，2017 年 9 月投资建设，2018 年 12 月并网，呈现了良好的经济社会效益。

“七八年前，我们认为在河南不太可能开发风电，至少平均风速得达到每秒 6 米以上才具有技术开发的条件。”作为风电行业的资深专家，中国可再生能源学会风能专委会秘书长秦海岩起初并不看好平原低风速风电的发展。

秦海岩的顾虑有其原因。此前，我国风电建设主要集中在高风速的三北地区（西北、华北和东北）和中东南部的山地，这些地区的风资源都明显好过平原地区，且这些区域往往地广人稀，具备较好的建设环境。

近年来，随着风电技术的进步，平原低速风电场迎来了快速发展的可能。十多年前，中东南部每年风电新增装机只占 20%，大部分是在三北地区建设风电场；但在近三五年，中东南部地区每年新增装机占比已经达到了 60%至 70%，风电建设总体开始向中东南部转移。

谈及转移的原因，秦海岩表示，一是三北地区电源建设比较多，而当地用电负荷有限，产生了一些弃风限电问题；二是中东南部是我国的电力消费中心，利于风电消纳。“以前风机技术不具备经济性，但是近几年随着风机控制策略和智能化的提升，塔筒增高、叶轮直径增大、单位千瓦扫风面积增加，以及制造成本的降低、效率的增加，平原地区、低风速地区也具备了开发的条件。”

在人口密集地区大规模开发分散式风电其实早有先例。德国跟我国中东南部地区情况比较类似，其风电开发以小规模分散式风电为主，并没有大规模发展风电基地，德国 98%的风电场风机数量不超过 5 台。在这种模式下，德国风电装机仍然高达 6000 万千瓦，单位国土面积装机量达 175 千瓦每平方公里。反观我国中东南部装机密度高的地方仅为 20 千瓦每平方公里。

中国工程院院士、原中国工程院副院长杜祥琬曾表示，他搞能源几十年了，最近这两年发生了一个认识上的转变。原来认为中国的能源资源是不匹配的，只能靠西电东送发展。现在他认为，只要中东南部充分利用身边的风光资源，完全可以实现能源自给。

“中东南部风资源理论上是没有天花板的。”秦海岩表示，他们曾经跟气象局做过风资源详查评估，在中东南部地区，地面风速定到每秒 6 米以上可以实现 2 亿千瓦装机；定到每秒 5.5 米以上保守估计具备 10 亿千瓦的开发潜力。

现有技术完全可以实现平价上网



行走在汤阴风电场，可以很轻易地发现其中风机的特别之处——塔筒更高，叶片更长。

对于这样特殊机型的选择，华能集团河南分公司总经理助理廖毛雄解释说，在风速条件方面，河南平原地区比三北地区要低，且风切变较高（高空风速更大）。为了捕获较高的风能，需要选择更高塔筒、更大叶轮直径即单位扫风面积更大的风机。

记者了解到，汤阴风电场项目设计年平均风速低至 5.62 米/秒，采用远景 2.X 平台 120 米高度全钢塔筒低风速智能风机，该机型可最大程度地发掘和利用河南平原地区高切变风资源优势。

能否提高经济性，实现平价上网，是平原低风速风电能否大规模推广的关键。据远景能源高级副总裁田庆军介绍，汤阴风电场建成已有两三年，属于中国比较早期的平原风电场，采用的是第一代平原风机，特点是“双 120”，即 120 米的塔筒高度加上 121 米的叶轮直径。这在当时还无法实现平价，基本是在原有国家补贴的基础上来实现经济价值。

不过，按照当前的技术能力，实现平价上网已不是难题。远景能源根据平原地区风资源高切变的特点，把塔筒的高度从以前的八九十米，抬升到了 120 米、140 米，甚至 150 米。风机叶轮直径也不断加大，用于增强风机千瓦扫风面积，获取风资源的可开发性。

田庆军说，远景去年推出第二代平原风机是“双 140”，140 米高的塔筒让风资源在原有基础上增加了 0.2 至 0.4 米左右每秒，叶轮直径也达到 141 米，基本实现了准平价。今年推出的第三代平原风机是“双 150”，150 米高的塔筒加上 156 米的叶轮直径，在平原地区可以有效地把风资源大幅度提升，从而实现平价上网。

以第三代平原风机为例，如果搭建 3.0 兆瓦 150 米塔筒 156 米叶轮直径的风机，年发电利用小时数可以在现有 2.2 兆瓦 121 米高塔筒风机基础上提升 800 个小时，达到 3000 小时以上。在单位造价 7500 元/千瓦情况下，可以将全生命周期度电成本降到 0.3 元/千瓦时，对比河南 0.3779 元/千瓦时的标杆上网电价，意味着一台 3 兆瓦的风机，平价上网以后每年纯利仍然可以接近 150 万元，经济效益非常可观。

“随着技术不断创新，新的材料、新的控制算法的应用会让未来的风机更加高效、发电量更高。”田庆军表示，以现有技术而言，在未来一两年内，中国几乎所有的中东南部省份都可以实现平价上网。“中国有 500 多个县是平原县域，初步估算平价以后可供开发的平原项目有 1 亿千瓦以上，所以风电平价以后的开发是没有瓶颈的，但可能会有其它方面的影响因素，比如政策的支持、消纳等问题。”

廖毛雄同样认为，下一步制约风电发展的主要因素不再是技术、经济因素，中东南部人口稠密，未来更多是建设环境制约，比如老百姓觉得不好看，地方政府不接纳等等。“尽管技术先进，能够实现可持续发展，但地方不让建也没办法，这个问题对风电行业可持续健康发展是很关键的因素，否则中东南部发展风电是很困难的事。”

与环境融为一体，和地方和谐共生

“刚开始以为建好这个项目会对我们生活造成什么影响，没想到成了风景区。”谈起自家门口的风电场，汤阴县宜沟镇香寺村村民张树亮竖起了大拇指。

除了高塔筒、长叶片，汤阴风电场还有一个令人称道的特点——与环境融为一体，和地方和谐共生。

记者发现，在塔筒设计上，该项目改变了传统白色烤漆设计，取而代之的是创意涂装。图案选用了汤阴精忠报国、甲骨文等文化元素和太行山水画面，宣传的是地方文化元素和人文景观，这在全国尚属首创，这让风机成了文化艺术品和网红打卡地。

走进风场升压站，映入眼帘的不是传统简陋的普通厂房，而是一座古色古香的古建筑，建筑内部则是独具现代科技特色的控制中心，古今、科技、环境融合，相得益彰。

此外，在汤阴风电场的上空，也看不见传统风电场密布的杆线，场区内 7 条集电线路全部以地埋电缆的形式进行铺设，不但保持了空间环境特色，也为政府后期规划留足了空间。

“在人口密集的平原地区修建风电场，最大的难题是与当地老百姓和政府沟通。”廖毛雄说，老百

姓觉得占用土地了，政府认为影响环境了，所以在这些项目的建设，更应该考虑如何做到协调发展的问题，要解决风电与环境的融合，消除对当地景观上的影响。

平原低风速风电场普遍面临土地资源紧缺挑战，如何合理规划并使用有限的土地资源非常关键。田庆军表示，在项目规划阶段，华能做了大量准备工作，充分调查拟规划区域的土地可利用性，随着项目输入资料的完整性和准确性，远景采用自主研发的格林威治云平台，在给定的限制性因素下对可开发的区域做精细化的资源评估及收益复核，在通过平台智能寻优最终迭代出最优的微观选址方案，在少占用农田耕地的前提下实现了项目收益的最大化。

据了解，目前在平原地区修建风电，复耕后，一个机位仅需占用 100 平方米的空间，建设期还能帮助当地进行道路硬化，完善路网建设。

在景观设计方面，风机上可做的文章也还有不少。“风机这么大的塔筒，既可以彩绘，也可以做电子屏等。随着风电行业发展，将来创新一定会层出不穷。”田庆军说。

此外，对于没有资源优势 and 交通优势的贫困地区而言，发展风电是拉动经济发展，实现脱贫致富的有效手段。秦海岩透露，一个行政村只需要拿出 200 平方米的土地，安装 2 台 3 兆瓦的风机，在平价上网的前提下，一年可以给村集体贡献近 300 万元的净利润。

“所以说，风电不仅能够解决当地能源结构调整的问题，贡献清洁电力，同时可带动县域经济发展，还能够给当地制造一个新的人文景观，提高当地旅游收入，助力美丽乡村建设。”秦海岩表示，“要让更多老百姓接受风电，这样风电的发展空间就打开了，发展的最大障碍也解除了。”

经济日报新闻客户端 2020-12-01

## 中国海上风电或开启“东电西送”通道

“这一波海上风电投产潮结束后，中国海上风电还将迎来不短于 30 年的长期发展高潮期”。

12 月 5 日，在 2020 中国海上风电工程技术大会上，中国海洋工程咨询协会海上风电分会会长蔡绍宽作出上述表述。

经过十余年的发展，中国海上风电产业步入蓬勃期，投资成本也逐步下降。

华东勘测设计研究院有限公司副总工程师赵生校在会上表示，“十三五”期间，中国已投产或完成决算的海上风电项目平均造价在 1.4 万元-1.8 万元/千瓦，海上风电投资成本降幅在 15-20%左右。

粤港澳大湾区是中国风电资源最丰富的地区。作为海上风电开发热省，广东省的规划装机规模将再度增加。

中国南方电网有限责任公司董事、党组书记毕亚雄在会上称，广东省近期进行了进一步摸排，预计在此前规划基础上，还可新增海上风电装机规划约 1560 万千瓦。

据《广东省海上风电发展规划(2017-2030 年)》，广东省将建设海上风电场 23 个，规划总装机容量 6685 万千瓦。

以此计算，到 2030 年广东省海上风电规划总装机容量达 8245 万千瓦。这是目前全国海上风电累计装机的十倍多。

截至 2019 年底，中国海上风电累计并网装机容量 593 万千瓦，提前一年完成规划目标，成为仅次于英国和德国的世界第三海上风电国家。截至今年三季度末，中国海上风电累计装机达到 750 万千瓦。

中国工程院院士、中国工程院原副院长杜祥琬表示，海上风电发展起来后，将开创“东电西送”，广东省海上风电大规模建设后，还能实现“南电北送”。

南方电网科学研究院有限公司董事长、党委书记饶宏对此认为，广东省海上风电季节特性显著，春、冬季节风速高，夏、秋季节低，与“西电东送”曲线具有较好的互补特性，可实现跨区域风、水资源的优化配置与利用。

中国工程院院士、华北电力大学原校长刘吉臻指出，中国工程院《我国未来电网格局研究（2020

年) 咨询意见》显示, 随着中国西部产业发展和东部清洁能源的开发, 东部和西部源荷不平衡程度将降低, “西电东送”规模会出现拐点。未来中东部电力负荷供应将形成“西电东送+海电西送+本地传统能源+就地分布式新能源”四足鼎立的局面。

中国海上风电起步较晚, 与欧洲海上风电发展水平相比还存在较大差距, 行业发展仍有痛点。

中国海洋工程咨询协会会长、国家海洋局原党组成员周茂平称, 随着中国海上风电快速发展, 海上风电产业出现了技术不适应的新难题, 比如勘察设计技术、水文观测分析、施工技术等, 这需要政府、开发商、施工方、设备制造方协同创新。

中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司院长助理郭辰表示, 中国海上风电工程勘察、设计、制造、建设和运维等技术标准体系不够健全, 技术培育尚不充分, 深远海风电规模化高效开发技术仍不成熟。

刘吉臻也提及, 中国海上风电亟需解决“卡脖子”问题, 加快 IGBT、主轴轴承、国产化控制系统、高压直流海底电缆等核心技术部件研发, 提高设备国产化率。

海上风电发展还面临降本压力, 距离平价有较大距离。

2022 年及以后, 新增海上风电项目不再纳入中央财政补贴范围。因中国海上风电资源与欧洲相比较差, 建设条件更为复杂, 行业普遍认为, 目前尚需五年时间, 才能够逐步实现平价。

毕亚雄表示, 随着未来新核准的海上风电逐步退补, 只有降低成本, 具备与传统燃煤标杆电网相应的价格竞争力, 才能保证海上风电开发收益率和产业的良性循环发展。

郭辰认为, 规模化、集约化开发是进一步降低风电成本的关键, 需在重点区域打造千千瓦级大基地。

刘吉臻也提出, “十四五”期间, 需支持东部沿海地区加快形成海上风电统一规划、集中连片、规模化滚动开发态势。

赵生校演示的数据显示, 100 万千瓦以上海上风电项目的规模化开发, 可以降低项目投资 3%-5%, 项目上网电价可以降低 0.02-0.03 元/千瓦时。

受 2019 年“5·24”风电电价新政影响, 中国大批海上风电项目建设提速, 并集中计划在 2021 年底前并网, 较原规划投产时间整体提前了 2-3 年, 开发商抢装并网时间与电网标准建设周期难以匹配, 这给并网带来挑战。

毕亚雄称, 海上风电出力的波动性、间接性显著, 同时具有显著的反调峰特性, 将给电网的调节能力提出更高要求, 海上风电的送出和消纳将面临较大挑战。

他建议, 应科学合理设置海上风电上网电价与补贴退坡的节奏与机制, 并开展海上风电开发利用的总体规划, 统筹建设海上风电输电通道。

此外, 电网企业需介入海上风电开发, 统筹考虑电网格局和电网安全影响, 统一负责外送电力设施的规划和建设。

多位与会人士还提出, 海上风电输电设施成本, 应计入电力系统过网费, 归口电网公司承担, 而不应纳入上网电价, 计入海上风电上网成本。

国资委中央企业专职外部董事杨亚表示, 在英国的海上风电招标机制中, 海上风电的送出并网工程由开发商统一建设, 不纳入上网电价, 两年以内向电网移交, 按成本加成的原则核定海上输电的价格, 单独计价。

他认为, 这一点很值得中国借鉴, “否则海上风电的成本很难与光伏竞争。”

毕亚雄则表示, 需推动以“海上升压站/换流站”为划界的投资运营模式, 实现发电侧和电网侧的产权划分和资源整合, 实现边际效益的最大化, “这是最直接和有效的降本措施。”

界面新闻 2020-12-07

## 站在全球海上风电的前沿——苏格兰海上风电报告

苏格兰位于大不列颠岛的北部，东濒北海，西临大西洋，拥有 12000 公里的海岸线和 790 多个岛屿，平均风速常年在 9 米/秒以上，海上风电储量超过 169GW，占全欧洲的四分之一。

凭借优越的地理位置，丰富的行业经验，前瞻的政府引导和顶尖的研发设施，苏格兰在海洋能源发展中处于世界领先地位，屡破可再生能源纪录。

近期，【欧洲海上风电】将为您梳理苏格兰海上风电产业的方方面面.....

### 三、完善的运营体系和产业配置

旨在推动全球气候行动的联合国气候峰会 COP26，将于 2021 年 10 月在苏格兰格拉斯哥召开。这一号称英国有史以来最大的外交活动，将吸引 3 万名来自全球各地的气候、能源、经济、政治的代表聚首，决议全球绿色经济走向。苏格兰政府在推动全球气候变化行动中担当着领导角色。

#### 政府机构——

政府监管部门：英国商业、能源和工业战略部（Department of Business, Energy and Industrial Strategy）

经济监管机构：英国天然气和电力市场办公室（Ofgem）

海域使用管理机构：苏格兰皇家资产管理局（The Crown Estate Scotland）；

政府行政组织：苏格兰国际发展局（Scottish Development International）；

电力开发商及网络运营商——

南苏格兰电力公司（SSE）

苏格兰电力公司（Scottish Power）

苏格兰电网公司（SP Energy Network）

英国国家电网公司（National Grid）

苏格兰输电公司（SPTL）

海工港口——

英国最大海工制造基地：尼格港（Nigg）

阿伯丁港（Aberdeen）、邓迪港（Dundee）、爱丁堡港（Edinburgh）

### 四、雄厚的科研实力

苏格兰在可再生能源高等教育上的研发和投资领先于英格兰，拥有 700 多名可再生能源科学家、工程师和学者，其技术研发 R&D、电力输配电 T&D 设施处于世界领先地位。

可再生能源研究机构、实验室——

Orkney EMEC：全球唯一并网的波浪能与潮汐能测试中心，13 个并网测试泊位可供全球海洋能开发人员使用；还拥有陆上制氢技术示范站点，利用潮汐能和风能制绿色氢气；

ORE Catapult：英国标志性的科技创新研究中心，其成员包括：EDF、EDPR、Equinor、Mainstream、Shell、Total、Scottish Power、SSE、Celtic cluster、Deepwind cluster、Oil&Gas Technology Center、Carbon Trust；

国家 HVDC 中心：欧洲首个多终端 HVDC 电网设计，英国唯一的电网仿真和培训设施，耗资 11 亿英镑，于 2018 年投运，研究超高压输送风电到南部英格兰地区，解决风电消纳问题；

能源技术合作伙伴关系（ETP）：欧洲规模最大、应用最广泛的能源研究合作伙伴，提供世界一流的研发能力和资源；

斯特拉斯克莱德大学 PNDC：推动和塑造未来能源网络；

爱丁堡大学 Flowave：波浪能研究中心和测试槽；

阿伯丁国际油气科技中心：180 万英镑政府间合作项目；

Balmoral 深水研究中心：静水压力、机械和实验室试验；

知名的高等学府——

爱丁堡大学（University of Edinburgh）

格拉斯哥大学（University of Glasgow）

圣安德鲁大学（University of St Andrews）

阿伯丁大学（University of Aberdeen）

斯特拉斯克莱德大学（University of Strathclyde）

欧洲海上风电 2020-12-08

## 装机容量 770 万千瓦左右！2020 年河南全省拟投产风电项目 152 座

根据监管统计，2020 年河南全省拟投产风电项目 152 座，装机容量 770 万千瓦左右。调查显示，12 月份项目投产比较集中，将近有 96 座合计 430 万千瓦左右风电拟投产并网。

河南能源监管办认真落实国家能源局关于做好 2020 年度新能源发电项目并网接入工作要求，持续强化新能源发电机组并网运行监管，监督指导电网企业按照“能并尽并”原则，做好新能源发电项目并网接入工作，推进全省清洁能源规范有序发展和消纳。

河南能源监管切实加强清洁能源发电并网监管，及时与电力质量监督管理部门沟通，全面掌握河南省新能源发电项目和送出线路工程建设和质量监督情况，组织省调和 18 个地调部门、以及全省 90 多座拟并网风电项目负责人，召开风电项目并网运行管理视频会议，对项目建设安全管理、机组并网运行管理、发电许可证办理等提出要求，督导电力项目业主单位认真履行安全主体责任，电力调度部门依法依规实施并网管理和提供并网服务，厂网协调加强联系，确保新能源项目安全有序接入。

下一步，河南能源监管办持续加强新能源发电并网监管，会同有关部门到新能源项目实地调研督导，掌握跟踪风电项目并网情况，协调并网运行管理中出现的问题，推动全省新能源有序规范并网，实现清洁能源高质量发展。

国家能源局河南监管办公室 2020-12-12

## 国内首个单体大容量在运海上风电项目全容量并网

12 月 16 日，中广核新能源广东阳江南鹏岛 40 万千瓦海上风电项目实现 73 台风机全容量投产运行。该项目是国内首个单体大容量在运海上风电项目，也是广东省首个“双十”（距离海岸线超过 10 公里，水深超过 10 米）海上风电项目，年上网电量达 10.15 亿千瓦时，可节约标煤 31.15 万吨，减少二氧化碳排放 82.88 万吨。

阳江南鹏岛海上风电项目位于广东省阳江市东平镇南侧、海陵岛东南侧海域，水深在 22 至 31 米之间，离岸最近距离约 19.5 公里，最远距离约 35 公里，布置 73 台风电机组，同时配套建设 1 座 220kV 海上升压站和 1 座陆上集控中心，总装机容量 40 万千瓦。

2018 年 10 月 15 日，阳江南鹏岛海上风电项目海上主体工程开工，该项目所处海域属于淤积地形，海底淤泥悬浮层就有数十米深，工程建设难度非常大。同时，受冬季大风及夏季台风影响，全年可作业天数仅 110 天左右。面对难题，中广核组建攻坚队投入项目建设，于 2019 年 11 月 1 日完成了首批机组并网带电。今年春节后，面对新冠肺炎疫情影响，项目建设团队科学调配资源，以 4 天安装 1 台风机的速度全力推进工程建设复工复产。

“阳江南鹏岛海上风电项目顺利投运，为即将到来的海上风电建设高潮树立了行业标杆。”中广核新能源执行董事、总经理李亦伦表示，中广核新能源继承了中广核在核电领域的优秀基因，用核电标准建设海上风电，在做到自身项目“安全第一、质量第一、追求卓越”的同时，还具备为其它海上风电开发企业提供工程管理和施工服务的能力。

据悉，中广核新能源未来将综合其开发优势、投资优势和工程建设优势，向全国海上风电开发建设主力军和践行国家海洋战略排头兵目标迈进。

朱学蕊 中国能源网 2020-12-17

## 氢能、燃料电池

### 英国打造全球首个“绿氢”供热项目

日前，英国能源监管机构 Ofgem 宣布，将为苏格兰地区一个可再生能源制氢供热项目提供 2412 万美元的资金支持。这是该项目继获得苏格兰政府支持后，再度获得英国监管方的“首肯”。作为全球首个试验性的“绿氢”供热项目，该项目的推进一时引发行业热议。

#### 绿色制氢获多方支持

根据计划，这个名为 H100 Fife 的项目将利用英国苏格兰地区丰富的海上风电资源制氢，作为居民的供热燃料。据悉，这些“绿氢”未来将输送至附近 Fife 小镇约 300 户居民家中，而这些家庭将收到免费的氢气锅炉等配套设施，在未来超过 4 年的时间里，利用这些设备体验“绿氢”供能。

作为这一项目的管道建造商，苏格兰天然气管网公司 SGN 在一份公告中表示，该公司将尽快开始该项目的氢气运输管网建设工作。预计到 2022 年，将建成纯氢气运输管网。

据了解，苏格兰政府此前已经承诺，将为该项目提供约 690 万英镑投资。

英国《卫报》指出，如果第一期项目试验成功，后期将有 1000 户居民将加入到这一试验性项目中。同时，根据该项目设定的目标，在 2030 年前，该项目将进一步扩大“绿氢”供热规模，最终将供氢扩展到整个 Fife 小镇。

据了解，项目方还将通过这一试验性项目的结果对“英国是否能够完全利用可再生能源制氢实现零碳气候目标”这一议题进行评估。

#### 积极筹建“零碳未来”

近年来，氢能日渐成为各行业关注的焦点。此前，国际能源署（IEA）曾多次公开强调氢气在工业、交通等各耗能领域中的作用。随着全球对抗气候变化的呼声越来越高，供热行业变革的步伐也逐渐加快。在此情况下，氢气供热也被行业提上了任务日程。

据彭博社报道，英国政府将于明年出台最新的氢能战略，预计将对这一产业的发展提供大力支持。根据咨询机构高盛提供的数据，英国氢能工业总产值预计将达到 12 万亿美元。

彭博社援引英国国家电网公司项目总监 Anthony Green 的话称：“要实现英国的去碳化目标，我们需要采用更加绿色的替代燃料，而氢气就是其中一个合适选项。对于供热这类难以去碳化的领域来说，用氢气代替天然气是一个不错的选择。”

根据 Ofgem 公开资料，该机构也将为英国国家电网提供约 1270 万英镑的资金，用于考察利用英国现有的天然气管网运输氢气是否安全可行。

#### 可行性受质疑

据了解，为推动能源系统减碳，目前全球已有多国尝试采用天然气管道运输氢气。截至目前，日本、韩国、德国等国均已有相关试点项目。然而，利用 100% 可再生能源所制氢气并使用管道运输进行供热，H100 Fife 项目却是全球首例。这一“激进”项目遭到了业内质疑。

清洁能源资讯网站 GTM 撰文称，考虑到天然气与氢气性质不同，直接采用运输天然气的方式去运输氢气恐有安全隐患。

根据美国能源部国家可再生能源实验室此前的一项研究，与甲烷相比，氢气更容易与金属管道发生反应，导致管道变脆易破损，尤其在高压环境中，采用金属管道运输氢气泄露的风险更高。

同时，氢气与天然气的燃烧过程也颇为不同，盲目将氢气送入居民家中使用这一做法也遭到业

界批评。芬兰能源企业瓦锡兰公司增长与发展美洲部主任 Jussi Heikkinen 指出：“氢气燃烧起来十分剧烈，宛如‘爆炸’，这给业界带来了安全以及工程方面的挑战。”

另外，也有业内人士认为，目前，“绿氢”的生产成本仍相对较高，用其供热市场竞争力十分有限。相比之下，当前技术相对成熟的热泵高效节能，在供热领域的市场应用前景十分广阔。

本报记者 李丽旻 中国能源报 2020-12-07

## “绿氢”经济性优势渐现

### 核心阅读

以光伏发电制氢为例，现在光电转化率达 20%以上，制氢效率已达 16%，稳定性良好。据测算，10%以上的制氢效率已经具备了商业化价值。从成本上看，电解水制氢包括 60%的可再生能源发电成本和 35%的电解水成本，这两项成本一直都在下降，“绿氢”落地并不遥远。

“大规模不可控‘风光’并网对电网安全性带来巨大挑战，如果可再生能源用来制氢，对其消纳具有重要意义，也有利于我国达到碳中和的目标。”中国科学院院士李灿近日在 2020 张家口长城·国际可再生能源论坛上表示。

各地纷纷布局氢能产业之际，不少地区走出了一条与众不同的氢能发展之路。近日，兰州新区绿色化工园区全球首个千吨级“液态太阳燃料合成示范工程”项目顺利通过连续 72 小时试运行。

去年，国家能源集团牵头承担的国家重点研发计划“大规模风/光互补制氢关键技术研究及示范”获批，进入启动阶段。据不完全统计，仅今年以来，我国已签约“风光”制氢项目超过 20 个。“风光”发电制氢成本不断下降，为制氢环节脱碳提供了一条可行路径。

### 可再生能源制氢前景广阔

氢气是公认的清洁能源，但我国制氢过程并不“洁净”。目前，我国制氢主要原料为煤或天然气，由于生产过程排放大量二氧化碳，被视为不完全清洁的“灰氢”。

风电、光伏等可再生能源已成为我国新增电力的主力，其新增装机量及累计装机量均排名世界第一，清洁能源替代作用日益显现，但弃风、弃光、弃水问题同样严峻。以风电为例，虽然今年全国风电红色预警全面解除，但弃风现象犹存，不止于“三北”，湖南省弃风率竟也高达 35%以上。

中国可再生能源学会氢能专业委员会主任委员蒋利军认为可再生能源制氢是未来的发展方向。“如果能用可再生能源制氢替代现有的煤制氢，既能促进可再生能源电力消纳，获得真正洁净的‘绿氢’，还可为煤化工和石油化工提供洁净的原料氢。”

苏州竞立制氢设备有限公司总经理助理董太明表示认同。“可再生能源制氢一举两得，实现双赢。弃电制氢，就地解决大量弃电、富余电的同时，还大大减少了二氧化碳的排放，可逐步替换传统的化石能源制氢。”

据董太明测算，如果把“风光水”弃电的一半用来制氢，一年大概可制氢 5.5 亿公斤。按每辆公交车日用氢气 8 千克计算，可供 18 万辆公交车使用一年。

我国氢能产业发展已按下“加速键”。去年我国氢气产量突破 2000 万吨，成世界第一“产氢大国”。中国氢能联盟去年发布《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》显示，氢气需求量接近 6000 万吨，占终端消费 10%。蒋利军预测，伴随氢气需求日益增长，将带动可再生能源再发展。

### 电价、储运环节均有降本空间

可再生能源制氢如此“完美”，为何现阶段我国仍以煤制氢和天然气制氢为主？

蒋利军表示，目前风光制氢的成本仍高于化石能源。“从制氢上游成本电价来说，目前生产 1 立方米氢气需要消耗大约 5-5.5 千瓦时电能，如果电价低于 0.3 元/千瓦时，制氢价格可以承受。目前我国风电平均发电成本 0.29 元/千瓦时、光伏发电成本 0.35 元/千瓦时。”

无论何种原料制氢，都要面对氢能储运成本和安全性难题，可再生能源制氢的特殊之处在于，大型可再生能源基地远离负荷中心，储运问题更加突出。

北京低碳清洁能源研究所氢能研发部门经理何广利表示，可再生能源制氢有两种模式：一种模式是在电源侧直接制氢，但我国大型可再生能源基地分布在西北、东北、西南地区，如何把氢高效、低成本的运出来是个问题；另一种模式是直接利用上网的“绿电”在需求侧制氢，可避免氢气的远距离运输，但需要负担电网过路费。

氢气生产制造、储存运输的目的，是为了满足终端消费，但目前氢能终端市场建设尚不完善。蒋利军表示，目前加氢站用国产设备的可靠性还需要提高，大部分新建加氢站为了保证安全稳定运行，在压缩机和加氢机关键部件等方面仍采用进口设备，导致建站成本偏高。

由于氢气具有易燃易爆的特性，老百姓往往“谈氢色变”，政府也将氢气作为危化品来管理。在北京中电丰业技术开发有限公司总经理王德军看来，虽然氢气在大部分国家也属于危险化学品，但并不妨碍它的第二种属性，氢气也需要被赋予能源属性。

#### 可再生能源制氢逐渐成熟

何广利表示，对可再生能源电解水制氢而言，项目具有可行性的关键在于电价、电解水装置的负荷率。“如果每公斤制氢消耗可再生能源电能 40-45 千瓦时，且保证装置接近满负荷运转，从成本上说，将具备竞争力，这也会大大促进可再生能源制氢的发展。”

“绿氢”落地看似藩篱重重，但并非遥不可及。就成本问题而言，李灿指出，以光伏发电制氢为例，现在光电转化率 20%以上，制氢效率已达 16%，稳定性良好。据测算，10%以上的制氢效率已经具备了商业化价值。从成本上看，整个电解水制氢包括 60%的可再生能源发电成本和 35%的电解水成本，这两项成本一直都在下降，“绿氢”落地并不遥远。

蒋利军指出，我国可再生能源电价成本有相当一部分是非技术因素构成的。“如果有合理的政策引导，‘风光’发电成本将进一步下降，同时，可再生能源离网制氢具有非常广阔的前景。”

对于储运难题，李灿指出，将可再生能源产氢与二氧化碳反应转化为甲醇，可解决氢能储运的安全问题，甲醇与水进行重整反应制氢，可为加氢站制氢，能现用现制。“甲醇可以解决氢运输安全问题。把甲醇用水重整，到加氢站再放出氢气，储氢效率至少 12%。如果运输过程中不加水，到加氢站再加水，效率可达 18.75%，每吨甲醇可放 187 公斤氢气，而商业化储氢效率达 7%就具备经济性。”

本报实习记者 赵紫原 中国能源报 2020-12-14

## 核能

### 中国环流器二号 M 装置建成：问鼎人类终极能源 中国人在奔跑

12月4日下午，在成都西南角的中核集团核工业西南物理研究院（简称核西物院），中国环流器指挥控制中心突然沸腾了。大家相互击掌祝贺，有的人眼里还噙满了泪花。

此时，位于大厅中央的巨型屏幕上，一道电光闪过，稍作间歇又是一道，频繁闪烁……由该院自主设计建造的新一代先进磁约束核聚变实验研究装置中国环流器二号 M 装置(HL-2M)成功放电。

“这标志着 HL-2M 已经建成。为了这一刻，大家拼搏了许多个日日夜夜。”中核集团核西物院中国环流器二号 M 项目负责人刘永说，“作为我国新建的先进托卡马克装置，HL-2M 等离子体离子温度可达到 1.5 亿摄氏度，可实现高密度、高比压、高自举电流运行，将大力提升我国堆芯级等离子体物理研究及相关关键技术研发先进水平，为我国深度参与 ITER 计划及自主设计建造聚变堆提供重要技术支撑。”

#### ITER“卫星”

万物生长靠太阳。支撑人类社会发展的所有能量来自太阳，而太阳的能量则来自核聚变。

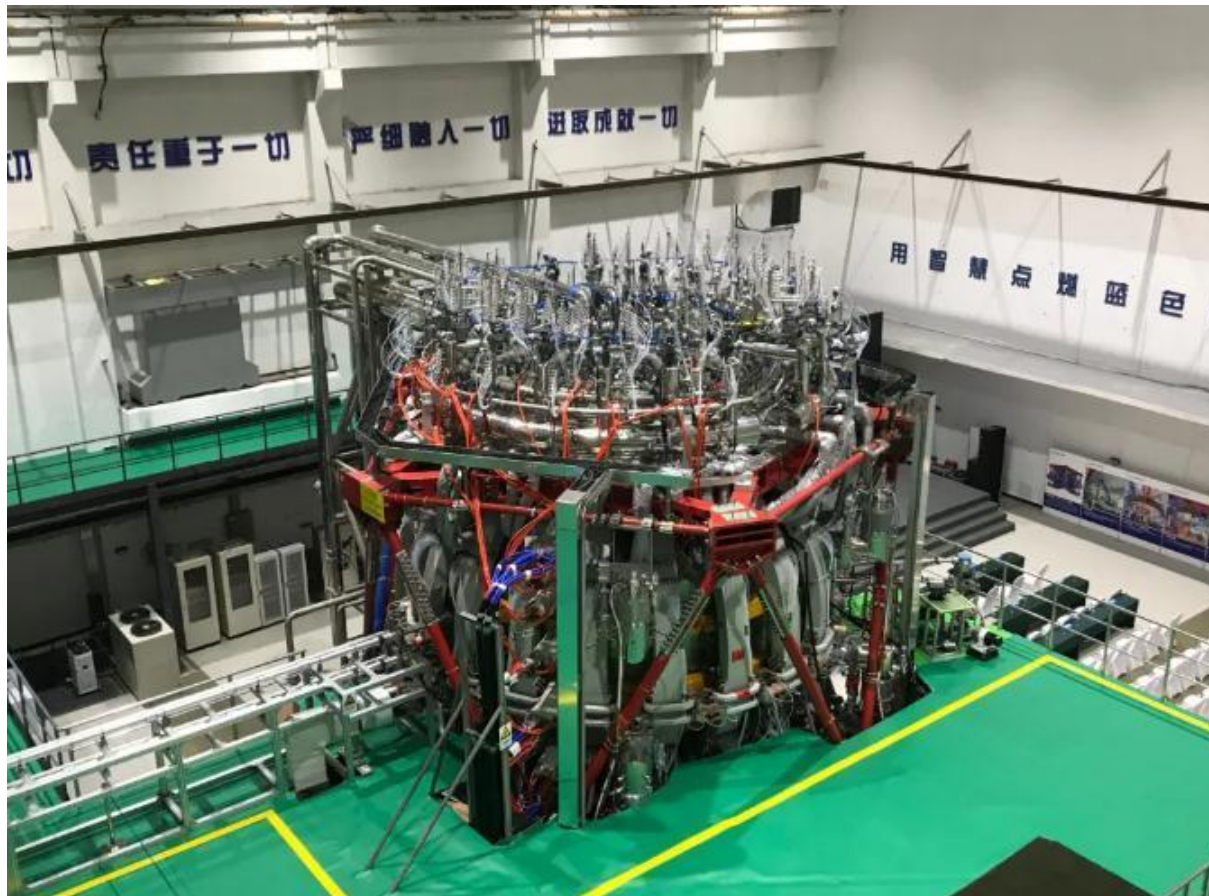
其实，核聚变并不神秘，只要将氢的同位素氘和氚的原子核无限接近，使其发生聚变反应，就



能释放出巨大能量。

然而，原理看似简单，但要让聚变反应持续可控，可以说难于上青天。

据刘永介绍，要实现可控核聚变反应，必须满足三个苛刻条件：一是温度要足够高，使燃料变成超过 1 亿摄氏度的等离子体；二是密度要足够高，这样两原子核发生碰撞的概率就大；三是等离子体在有限的空间里被约束足够长时间。



这就是聚变界通常所说的“三乘积”中的要素——离子温度、密度和能量约束时间。别小覷这三要素，自上世纪 50 年代至今，国际聚变界的科学家们可谓前赴后继、攻坚克难、煞费苦心、孜孜不倦，但仍然面临巨大的挑战。为此，ITER 计划被推出，集全世界力量以攻克难关；中国成为七方重要成员之一。

其实，中国可控核聚变研究与世界几乎同步。自 1955 年钱三强、李正武等老一辈科学家提议开展“可控热核反应”以来，取得了一系列重要科研成果。特别是 1965 年核西物院成立后，先后发展了脉冲磁镜、角向箍缩装置、仿星器、超导磁镜、反场箍缩装置和托卡马克等多种类型的磁约束聚变研究装置。其中，最为典型的是 1984 年在四川乐山建成的中国环流器一号（HL-1）。这是我国核聚变研究史上的一个重要里程碑，标志着我国可控核聚变研究从原理探索进入规模化实验研究新阶段。从此，中国核聚变研究由小到大、由弱到强，进入高质量发展的新阶段。2002 年，由核西物院建造的中国环流器二号 A（HL-2A）成为这一时期的代表。这也是我国第一个具有偏滤器位形的托卡马克装置。

刘永说：“HL-2M 装置是 HL-2A 的改造升级装置，是实现我国核聚变能开发事业跨越式发展的重要依托装置，同时也是我国消化吸收 ITER 技术不可或缺的平台。”

据他介绍，自 2006 年国际启动 ITER 计划后，各国均是一方面积极参与 ITER 计划，另一方面也在推动本国核聚变研究。有的是改进以前的科学装置，有的是建设新的科学装置，目的是在 ITER 建成前的这一段时间里，依托各自国内装置和平台全面掌握 ITER 的技术和能力。

“对于中国人来说，若要在 ITER 上发挥更多作用，像 HL-2M 这样高参数运行的装置不可或缺，一方面支撑 ITER，为 ITER 开展预先研究、并探索相关物理与工程问题，另一方面就是作为我国可控核聚变人才培养的重要平台。这是承上启下的重要一步，不可逾越。”刘永补充道，“通常像 HL-2M 这样的高参数运行装置，可被称为 ITER‘卫星’。而全世界正在运行的称得上 ITER‘卫星’的科学装置不多。HL-2M 名副其实。”

中国聚变不能只等 ITER

1984 年，核西物院建成了我国首座受控核聚变托卡马克大科学装置——中国环流器一号（HL-1），之后陆续建造中国环流器新一号（HL-1M）、中国环流器二号 A（HL-2A），HL-2M 是核西物院建造的第四座托卡马克实验装置。在先进性方面，HL-2M 与前三个装置相比有着跨越式的提升。

据刘永介绍，HL-2M 在装置物理与结构设计、特殊材料研制与连接技术研发、关键部件制造与总装集成等方面取得了多项突破。

的确，为了确保装置的性能能够满足在堆芯级等离子体参数条件下开展物理实验研究的要求，HL-2M 与 HL-2A 相比，装置主机性能参数需大幅提升，为此，采用了更先进的结构与控制方式，造成工程技术难度及工艺复杂性大幅增加。

那么，核西物院为什么会选择迈出跨越式发展这一步呢？

ITER 计划实施后，中国核聚变如何发展成为了摆在刘永等中国核聚变人面前无法回避的问题。当时，HL-2A 已经难以满足核聚变研究的要求，他们亟需性能更高、参数指标与国际先进水平媲美的平台做支撑。

“当然，参数越接近 ITER 越有利于中国在全球核聚变领域发挥作用。但是，这是对国家综合实力，特别是工业制造能力一项严峻的考验。”刘永回忆道。

在前 ITER 时代，参数很低的装置显然没有必要建造；但是对于建造参数高的装置，中国技术积累够不够，是否具备建造能力，人才是否有支撑，经费是否能保障，成为一长串问题。决策保守，没有创新性，价值有限，难以前进；决策冒进，我国工业基础难以支撑，风险太大。如何平衡和把握先进性和可靠性之间的关系，成为了大家反复讨论的焦点。但专家们最终的意见是：努力跳，够得着。

刘永再次强调说，中国聚变研究不能只等 ITER。中国全方位参与 ITER，但也必须要有自己的研究计划，为此必须要有 HL-2M 这样能与国际一流比肩的装置和平台做支撑。

让刘永等人庆幸的是，此项认知得到了政府主管部门、我国聚变研究领域的广泛支持。

HL-2M 于 2009 年由国家原子能机构批复立项，由核西物院自主设计建造。

当然，在 ITER 计划执行中，中国始终恪守国际承诺，相关企业和科研人员勇挑重担，与国际同行齐心协力，为计划的顺利推进贡献了中国智慧和力量。今年 7 月 28 日，在 ITER 计划重大工程安装正式启动仪式上，国家主席习近平致贺信，并表示中国愿继续同各方加强科研交流合作，合力突破重大关键科学和技术，推进全球科技创新，为增进各国人民福祉、实现全球可持续发展不断作出新贡献。

为人类核聚变事业贡献中国力量

十年弹指一挥间。在这闪烁的电光之间，十年里的画面一幕幕浮现在大家眼前。

为了成功制造 HL-2M 关键核心部件真空室，建造人员冉红数次腰疾复发，她都强忍着坚守制造现场，解决一系列技术问题和难点，连续克服了数个技术瓶颈；同为建造人员的宋斌斌，累计驻厂近 5 年，连续 3 年放弃国庆假期和高温假，坚守制造现场，即使车间高达 40℃ 以上，挥汗如雨的他也未离开；

为了中心柱安装万无一失，线圈组负责人刘晓龙带领团队成员反复讨论，一个月内做了十几个方案，反复验证，甚至整个团队放弃了 2018 年整个春节，在现场苦战整整 3 个月；

装置工程联调是装置放电前的关键环节，需要上百个系统同时调试并达到运行条件。联调协调人季小全一边组织团队讨论调试方案和计划、一边组织专家讨论解决技术难点，晚上还要协调各外协厂家加班加点赶进度，经常晚上最后一个走……

为了实现“努力跳、够得着”，HL-2M中的不少材料和工艺都是前人没有做过的。可以说，从装置的前期调研、设计到建造、安装，核西物院HL-2M工程项目的科研人员、设计师、工程师和管理团队300多人都不断在向极限挑战。

刘永说：“的确，现实情况比起初预想要困难得多，但是我坚信我们能够成功，因为我们具备这个能力和水平。”

精诚所至，金石为开。在建设HL-2M装置过程中，核西物院联合国内多家研制单位，在装置物理与结构设计、特殊材料研制、材料连接与关键部件研发、总装集成等方面取得了多项突破，实现了可拆卸线圈结构，增强了控制运行水平，提升了装置物理实验研究能力；攻克了高镍合金双曲面薄壁件大型真空容器模压成型和焊接变形控制等关键技术；掌握了具有国际先进水平的异形铜合金厚板材制造成型工艺，实现了高强度膨胀螺栓组件的自主国产化；研制成功国际先进水平的国内首台大型立轴脉冲发电机组。

刘永说，HL-2M装置的建成，为开展堆芯级等离子体物理实验提供了硬件平台，将有助于提升我国核聚变能源领域的自主创新能力，为我国未来核聚变堆的自主设计与建造打下坚实基础。

但他冷静地说道，ITER计划是实现聚变能应用的关键一步，要实现聚变能的商用，还有很长的路要走，需要几代核聚变人接力奔跑。核西物院将依托HL-2M这一先进平台，培养并储备一批核聚变领域年轻的技术研发人才与团队，为人类核聚变事业贡献中国智慧和力量。

中核集团 2020-12-05

## 我国核电技术更具经济竞争力

日前，华龙一号国内外首堆——福清核电5号机组和巴基斯坦卡拉奇核电2号机组先后并网、装料。其中，福清核电5号机组创造了全球三代核电首堆最短建设工期，K2机组开启并网“倒计时”模式，两台机组的积极进展为提升华龙一号的市场接受度增加了砝码。

记者了解到，近年来，全球大部分三代核电项目遭遇了不同程度的工期延误和成本超支问题，尤其在核安全要求不断提高、疫情影响导致建设工期延误等因素影响下，核电建造成本不断攀升。对此，各核电大国纷纷通过技术升级和造价控制积极应对和解决高成本问题，以提高本国核电项目的市场竞争力。

各国为降本绞尽脑汁

“各国情况有所不同，有些是技术上的问题，有些是项目组织管理上的问题，都会导致核电项目成本升高。”中国电力发展促进会核能分会秘书长汪永平告诉记者，当前三代核电技术安全性要求较高，法规管理认证等要求更严格。“另外，为适应电力市场改革发展和环保要求，一些地方的政策因素也会无形中抬升核电的运行成本。”

据了解，为提高核电安全性，法国三代核电技术EPR在设计上采用了“加法”，即在第二代核电技术的基础上再增加和强化专设安全系统，因此核电站系统更复杂、设备更多、工程量更大，建造成本也因此更高。过去几年，全球采用EPR技术的项目均出现不同程度的工期延误，导致成本大幅增加。今年10月，法国电力集团表示，计划在2021年之前推出造价更低的新型EPR2反应堆技术。该设计将充分吸收EPR反应堆设计、建设、调试的反馈经验以及当前在运机组的运行经验，设计成本将大大降低。

此外，俄罗斯国家原子能公司早在2010年便推出VVER-TOI设计。该设计由该国三代核电技术VVER-1200的成果开发而来，并在此基础上进行了升级。其中，为降低建造与运行成本，VVER-TOI机组建设周期仅为40个月。世界核协会的数据显示，2019年全球核电机组平均建造时间为117个月。

为提高核电项目经济性，韩国三代核电技术APR1400近年也针对大型化应用进行了优化升级，并采用能够缩短燃料再装时间和故障率极低的高可靠性设备。数据显示，APR1400的建设工期只有

48个月，并应用了许多新工艺，大大节省了总建设成本，还通过延长设计寿命降低了年折旧费。

我国核电项目成本相对较低

相关数据显示，美国 AP1000 和法国 EPR 的单位造价目前大约在 6000—7000 美元/千瓦，俄罗斯 VVER 单位造价约在 4000 美元/千瓦，我国华龙一号预算造价不到 2500 美元/千瓦。

中核集团原设计部副总工程师温鸿钧公开表示，华龙一号规避了美法两国三代机型开发建设成本高、周期长、风险高、反复延误、大幅超支等问题，成为三代核电机型中安全性高、经济性高、接受度高的机型之一。

据了解，随着自主化三代核电技术华龙一号和国和一号，以及高温堆气冷项目建设稳步推进，我国率先实现由二代向三代核电技术的全面跨越。同时，通过批量化建设所积累的大量经验反馈，我国核电技术也正在安全性和经济性方面持续优化。

“我国核电项目规模效应明显，建设运行安全质量状况总体良好，多年来持续不断发展，积累了大量宝贵经验，而且围绕自主品牌，核电全产业链已经基本形成，相对其他国家有较大优势。”汪永平表示，“除了较低的人力成本，建设运行队伍素质和管理水平也在逐步提高，已成为我国核电项目成本相对较低的主要原因之一。”

但汪永平坦言，现阶段受疫情影响，核电“走出去”难度有所增加，要从实际出发，在疫情结束前保持进出口渠道畅通，并管理好海外项目，才有利于进一步开拓国际市场。

国内核电批量化建设仍有空间

在全球气候变化问题日趋严峻、碳减排诉求不断增强的背景下，核电因低碳高效、技术成熟、能量密度大等优势，在全球能源转型中发挥着越来越重要的作用，已成为未来清洁能源系统中不可缺少的重要组成部分。

中国核能行业协会 10 月底发布的数据显示，今年前三季度，我国运行核电机组累计发电量 2700.14 亿千瓦时，占全国累计发电量的 4.99%。与燃煤发电相比，核能发电相当于减少燃烧标准煤 7755.21 万吨，减少排放二氧化碳 20318.65 万吨，减少排放二氧化硫 65.92 万吨，减少排放氮氧化物 57.39 万吨。

业内人士认为，碳减排和绿色发展的趋势，为核电发展提供了更好的政策环境和新机遇，核电在能源体系中的占比仍有较大上升空间。

据了解，截至今年 9 月底，我国在运核电机组 48 台，总装机容量 4987.5 万千瓦，装机容量居全球第三；在建核电机组 14 台，总装机容量 1553 万千瓦，在建规模全球第一。随着 9 月 2 日国务院核准 4 台华龙一号核电机组，我国自主三代核电步入批量化建设阶段，核电装机规模进一步扩容已成大概率事件。

本报实习记者 杨梓 中国能源报 2020-12-14

## 为人类可持续能源贡献“中国方案” ——华科大为“人造太阳”耕耘二十年

2020 年 11 月，一份为国家新能源战略建言献策的报告牵动着党中央与华中科技大学中国工程院院士潘垣团队的心。这份报告以详尽的数据和科学的论证，重点汇报了改善我国能源结构、解决能源环境问题的相关途径与方法。

作为报告起草人，20 年来，潘垣团队以从根本上解决人类能源问题为目标，积极参与国际大科学工程，主动贡献“中国方案”。

近年来，国际各界逐渐意识到，无论是传统的化石能源，还是近年来兴起的多种新能源，实际上都无法满足未来人类社会发展的需求。

于是，不断发光散热的太阳就成了科学家在能源领域重点关注的研究对象：我们可以模拟太阳发光发热的机制，升起一轮能自主掌控的“人造太阳”吗？

核聚变，正是太阳能量秘密之所在。但核聚变研究是一个时间跨度长，对物质人力有着超高需

求的大型研究项目，单凭某一个组织或者国家是不可能实现的。因此，国际热核聚变实验堆（ITER）计划应运而生。此项研究由我国与欧盟、印度、日本、韩国、俄罗斯和美国六方一同参与，是目前全球规模最大、影响最深远的国际科研合作项目之一，旨在模拟太阳发光发热的核聚变过程，为人类提供“无污染、无碳、安全、实际上不产生废料的能源”。

潘垣团队就活跃在这项国际大科学工程中。在“等离子体破裂”这一研究领域，团队的等离子体不稳定性控制和破裂危害缓解技术位居全球领先地位。同时也是全球唯一能做到破裂逃逸电子完全抑制的科研团队，在实验中得到的逃逸电流耗散速率曾创下世界第一的纪录。

潘垣团队的国际影响力日益提升，其成员多次在相关领域顶级国际学术会议上作特邀报告，为其他国家同行提供技术指导。今年10月，团队的J-TEXT实验装置也被国际科技顾问委员会列为四大破裂缓解技术研究装置之一，进一步确立其研究在国际领先方阵的地位。

这一切都源于团队20年来从未改变的信念与坚持。

早布局抓时机从向外借力到自主发力

1980年建成的TEXT（后升级为TEXT-U）本是建在美国得克萨斯大学的磁约束聚变实验研究装置。在美运行期间，开展了大量富有成效的实验研究工作，在国际聚变界具有重要影响。

然而由于美国政策的变化，到了2001年，TEXT-U面临要么报废、要么拆迁的选择。

就在此时，得知消息的潘垣立刻意识到，这是我国以低成本直接介入磁约束聚变研究前沿，参与国际合作研究的绝好机会。更有意义的是，该装置结构紧凑，运行费用低，可频繁放电，特别适合作为教学装置，培养我国聚变工程所急需的高级人才。

在多方争取下，2003年年底，TEXT-U漂洋过海，落户武汉喻家山脚下。这不仅是大型实验设备一般意义上的搬迁，而且是实验室学术地位、研究特色、国际群体等“无形资产”的继承，使新实验室一开始就站在国际合作的高起点上。

装置回国后，在潘垣、于克训教授的带领下，聚变所第一批研究人员一齐上阵，奋战两年，终于在2006年这个关键节点上让TEXT-U在喻家山下恢复放电，重新运转起来，并改名为有着中美合作含义的J-TEXT（Joint-TEXT）。

2006年5月24日，我国与其他六方一起，在比利时布鲁塞尔草签《国际热核聚变实验堆联合实施协定》。这标志着ITER计划实质上进入正式执行阶段，也标志着我国成为ITER计划的实质成员国。在国内，相关工作立马热火朝天地开展起来。

依托这一装置，学校不仅发展了等离子体物理及核聚变等学科，还依托其大型脉冲发电机组，建成了教育部部属高校和湖北省首个国家重大科技基础设施——武汉国家脉冲强磁场科学中心。

随着工作的正式展开，研究团队也日益壮大，从当初的六七人发展到如今有研究人员27人，技术人员14人，研究生超过100人。先后承担了国家级重大研究项目数十项，发表SCI论文近200篇。更为重要的是，从一开始团队就以ITER计划中最重要的问题——磁流体不稳定性及其导致的等离子体大破裂为主攻方向，积极准备着在ITER上开展实验，与世界各国同台竞技。

以合作谋突破以高水平研究助推人才培养

2016年，还在聚变所任教的胡启明在《核聚变》上发表研究文章，对利用撕裂模控制领域的研究极具指导意义和深远的影响。同年底，该文被选为期刊高亮论文。

胡启明就是“土生土长”的华科大电气人，2009年保送到聚变所攻读博士学位。

刚接触到J-TEXT的相关研究，他也是“两眼一抹黑”。但在导师的指导和课题组师兄师姐的帮助下，很快就“上了路”。“聚变所有一个传统，就是无论工作再怎么忙，也要挤出时间来组织学习，对领域内的理论基础和前沿热点做梳理、总结。一方面开阔了眼界，另一方面更是打牢了年轻人的研究基础。”

正是这篇文章吸引了美国普林斯顿大学等离子体物理国家实验室的相关负责人。他们力邀胡启明加盟，继续从事相关研究。

无独有偶，如今在加州大学洛杉矶分校的陈杰同样是在聚变所找准了自己的研究路径与方向并

取得了突出成绩。

2008年，正在物理学院学习的他对聚变产生了兴趣，听说电气学院有相关的研究机构。他就自己跑到聚变所了解情况。没想到正好碰上在所里开会的潘垣与时任所长庄革。两位老师面对这个虚心求教的年轻人，打开了话匣子。

陈杰自此立下了要在聚变领域闯出一番天地的志向。2014年博士毕业时，他关于等离子体内部磁场检测仪器相关的研究走在了业界最前沿，其精度超过了美国麻省理工学院的双色偏振仪，得到聚变界高度关注。

陈杰不仅获邀在国际高温等离子体诊断学术大会上作特邀报告，还被美国最大的聚变实验室聘请，为相关装置设计偏振仪诊断。

加强与国际高水平大学的合作，联合推进高水平基础研究和高技术研究，提高创新人才培养质量，为高水平人才提供更好的发展空间，也正是聚变所长期以来所追求的目标。

围绕 J-TEXT 的研究，华科大、聚变所培养了一批又一批人才，不断提高我国在聚变领域的国际竞争力。国内两大聚变院所——核工业西南物理研究院、中国科学院合肥物质科学研究院陈伟、季小全，亚太物理学会等离子体物理大会“杰出青年科学家奖”获得者王璐，“青年科学家奖（U30）”获得者郭伟欣以及现任 ITER 工程司副司长武松涛，他们都是我国在该研究领域的佼佼者。

盯需求望前沿为国际大科学工程写就中国方案

潘垣认为，科学研究既要不等不靠，也离不开强强联手。通过国际合作，结合全人类的智慧将能更快地实现跨越式的突破。

等离子体大破裂对实验装置稳定运行带来的巨大危害，多年来始终困扰着研究者。

2008年，聚变所丁永华教授团队在对比研究了过去普遍使用的经典研究思路后，提出了一种新的思路来解决这一问题。

而为了验证这一思路是否可靠有效，实验一做就是近 10 年。团队成员饶波说，实验每年按照计划要进行两轮，每次持续 3 个月左右。在完成其他相关工作的基础上，团队其他时间都一心扑在分析实验数据，调整实验方案、设备上。

经过大量实验，团队验证了新方案的效果。这一研究成果在 2018 年荣获湖北省科技进步一等奖。

选择强强联手、加强国际合作，那就要有坐得下来、张得开口、说得明白的能力。

2018 年 10 月，聚变所青年教师程芝峰以 ITER 合伙人的身份前往法国总部开展研究工作。

在总部，程芝峰要与来自多国的顶尖科学家联手参与研发。此前并没有海外留学经历的他，不免还有些发怵。真正投入工作后，程芝峰渐渐放下了悬着的心。早在聚变所打下的基础，这时发挥了作用。“所里经常会邀请国内外专家过来做报告、举行国际会议、开展联合实验，这为我融入法国总部的工作奠定了坚实的基础。”在自己负责的设计方案与性能评估报告顺利通过评审后，近期 ITER 组织光谱诊断负责人还邀请他给印度方帮忙，完善其负责的边界 X 射线光谱系统的设计与分析。

德国于里希研究中心、美国普林斯顿大学、韩国国立聚变研究所……聚变所研究人的脚步迈向全球，能力过硬、方向明确，他们成为 ITER 计划不可或缺的一支中国力量。

展望新征程，面对研究中的两个关键问题，潘垣团队已经明确了自己的发展方向——坚持面向前沿、布局未来，聚变中子源国家重大科技基础设施已被教育部推荐参加“十四五”国家重大科技基础设施评选；继续发挥优势与特长，进一步开展破裂机理、破裂缓解、破裂保护研究。

中国人升起自己的“人造太阳”的信念不曾动摇，人类追求聚变的梦想也不会止步。华科大聚变人在升起这轮全球瞩目“红日”的征程中，还将不断燃烧，释放更多的光与热。

夏静 汪泉 郑玮 光明日报 2020-12-22

## 能源政策

### 中央定调：财政部、能源局“三连鞭” 开启全民光伏新时代！

疫情之下的初冬，寒风萧瑟，一股由能源革命推动的“光伏热”正扑面而来，明亮的“蓝板板”变成黄灿灿的“金罐罐”，温暖着山西省忻州市偏关县 91 个贫困村 3393 户贫困户的心。

中国“光伏热”

近日，新华社旗下《经济参考报》以《光伏扶贫：“蓝板板”变成“金罐罐”》报道了山西省忻州市偏关县的光伏扶贫情况，再次突出光伏扶贫在打赢脱贫攻坚战的作用。

同时，另一家党报——人民日报也不吝笔墨报道了我国光伏产业取得的成就。11 月 24 日，人民日报海外版发布了《中国光伏新增装机量保持全球领先》一文，肯定中国光伏产业。

实际上，上党报、上各大证券公司研报，甚至上央视，对光伏行业来说已是司空见惯。

就在前两日，11 月 21 日、22 日，光伏还连上央视《对话》、《天下财经》两档栏目。阳光电源董事长曹仁贤、天合光能董事长高纪凡、隆基股份董事长钟宝申、通威集团董事局主席刘汉元等四大天团共同出境，面向全国电视观众论道光伏。

中央顶层设计

从“两头在外”到三个世界第一，是中央顶层设计之下，全民光伏新时代开启的必然结晶。

谈及光伏产业的涅槃重生，化茧成蝶，中央、地方的政策续力功不可没。光伏“国八条”成功化解欧美“双反”带来的政策壁垒，后续能源“四个革命，一个合作”坚定产业发展方向。日前，中央提出到 2020 年实现“碳中和”目标，则进一步明确产业方向，为光伏日后的可持续高质量发展提供了续航动能。

中央力挺光伏等可再生能源产业的政策脉络清晰可见。11 月 22 日，国家主席习近平 22 日在二十国集团领导人利雅得峰会“守护地球”主题边会上致辞。继三次提及“力争二氧化碳排放 2030 年前达到峰值，2060 年前实现碳中和”国家承诺后，国家主席习近平在致辞中首提，中方支持后疫情时代能源低碳转型，实现人人享有可持续能源目标。

实现人人享有可持续能源目标，也就是让每个人都在能源消费中享受到可再生能源。从这段表述上可见，“十四五”时期乃至更长一个时间段，国家能源发展政策的重心都会倾向于可再生能源，不断地提高光伏、风电等可再生能源电力在能源费中的占比，遂可以理解为让全民都用上光伏、风电等可再生能源电力。

财政部等“三连鞭”

中央政策定调之下，国家各部委稳定的政策“输出”，主管部门国家发改委、国家能源局、财政部的政策“三连鞭”，为光伏的壮大发展打开了空间。

第一鞭：财政部致力解决欠补

单就近期而言，财政部 5 天内就下发了两则利好可再生能源发展的政策文件，分别是 11 月 20 日的《财政部关于提前下达 2021 年可再生能源电价附加补助资金预算的通知》和《关于加快推进可再生能源发电补贴项目清单审核有关工作的通知》。

前一则《通知》提前下达了 33.8 亿元光伏项目补贴资金预算，并明确在拨付补贴资金时，应优先足额拨付国家光伏扶贫项目、50kW 及以下装机规模的自然人分布式项目；优先足额拨付 2019 年采取竞价方式确定的光伏项目、2020 年采取“以收定支”原则确定的新增项目；对于国家确定的光伏“领跑者”项目和地方参照中央政策建设的村级光伏扶贫电站，优先保障拨付至项目应付补贴资金的 50%；对于其他发电项目，按照各项目应付补贴资金，采取等比例方式拨付。

后一则《通知》则明确，2006 年及以后年度按规定完成核准（备案）手续并且完成全容量并网的所有项目均可申报进入补贴清单。据了解，这次补贴申报确权，将令 2017 年 8 月以后并网的，约

有 42GW 的光伏项目进入补贴名单，进而拿到补贴。

也就是说，在所有建成的合规光伏项目进入补贴清单后，就不存在一些合规的光伏项目需要“排队”进入名单，等着拿补贴的情况了。这一政策的落地，将会极大的缓解 2017 年 8 月以后并网项目业主的资金压力，堪称是财政部致力于解决欠补问题的一大力作。

众所周知，欠补一直是制约中国光伏产业发展的一座大山，令投建光伏电站的企业苦不堪言。如今，财政部以股权分置改革“新老划断”的方式将所有合规项目都纳入补贴清单，对光伏企业来说无疑是一重磅利好。

此前，财政部、国家发改委、国家能源局于 1 月 20 日联合下发《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见》，明确表示要完善现行补贴方式，完善市场配置资源和补贴退坡机制，优化补贴兑付流程，对补贴发放、兑付流程等方面做了统筹规划。

### 第二鞭：市场化的光伏新政

如果说致力于解决欠补是三部委的重要“一鞭”的话，那具有市场化特色的光伏新政和付诸行政的手段可再生能源电力消纳配额制则可视作第二“鞭”和第三“鞭”。前者以补贴额度定装机规模，首次采取竞价补贴模式，将户用光伏单列并单独给予规模，形成了集中式和分布式光伏齐头并进的发展势头，为户用光伏的遍地开花创造了条件。

### 第三鞭：可再生能源电力配额制

可再生能源电力消纳配额制，则是解决可再生能源电力消纳问题的重要途径。目前，随着这一政策机制的展开，全国各省、区、市对消纳可再生能源电力的热情空前提高。

新近，山东省能源局发布《关于做好 2021 年全省电力市场交易有关工作的通知》明确提出，有序放开集中式新能源发电机组进入电力市场交易，优先消纳。云南省能源局印发《2021 年云南电网优先发电计划安排的通知》，将光伏、风电发电列入一类优先发电计划。

在可再生能源电力获得充分的消纳前提下，才会降低“弃光率”、“弃风率”，充分利用清洁能源给人们带来的便利。同时，我国的光伏、风电装机规模才会进一步扩大。

### 全民光伏新时代已来

欠补问题有望迎刃而解，碳中和目标之下，光伏正迎来新的发展契机。

数据显示，截至 2020 年 10 月，中国光伏年内新增装机 18.7 吉瓦、同比增长 17%，光伏发电量 2005 亿千瓦时，同比增长 16.9%。

11 月 15 日，国家能源局官宣，截至 10 月底，全国累计纳入 2020 年国家财政补贴规模户用光伏项目装机容量为 661.44 万千瓦，已超过 2020 年度可安排的 600 万千瓦新增项目年度装机总量。

对此，业内人士预测，今年户用光伏新增装机有望达到 8 吉瓦，创出历史新高。

“旧时王谢堂前燕，飞入寻常百姓家。在补贴退坡到 0.08 元/千瓦时的前提下，户用光伏装机量不降反升，表明光伏发电、户用光伏的市场价值已获市场认可，正开始全面走向千家万户，全民光伏新时代正在到来。”该业内人士补充说。

提及全民光伏新时代，绕不过去全民光伏的概念。从高纪凡 1997 自《京都议定书》签订和“美国百万太阳能屋顶计划”获得启发创立天合光能，到协鑫集团董事长朱共山定义“遍地开花”的分布式理想国，从丁文磊下海创立山东航禹太阳能制订“全民光伏”愿景，到全国人大代表姜希猛两会首提“人人光伏”发展战略，再到里夫金在《第三次工业革命》对能源发展的描摹，全民光伏这四个字都承载了所有光伏人的梦想与期冀。

全民光伏——往大了说扩大光伏发电应用场景，提高光伏发电在能源世界中的消费占比，而往小了说，它可以包“光”到户，让更多的工商厂商、家庭屋顶装上光伏电站，让人们享有更清洁的能源电力。

曾记否，到中流击水，浪遏飞舟？仍清晰记得锦浪科技（300763）董事长王一鸣在 2017 年时打过一个形象比喻，2014、2015 年是“雷声大雨点小，现在分布式光伏市场已挂上一档、二档开始动了。

事实正如所料。各个层面的数据显示，现在那个光伏人期待的全民光伏新时代——它来了！可



以猜想，回首 2020，展望 2021：“我们迎着东方红，昂首走进全民光伏新时代……或成为 2021 最优美、动听的光伏好声音！”

能源 100 能源 100 2020-12-01

## 分布式光伏暂不纳入优先发电序列！山西出台 2021 年全省电力市场交易组织方案

12 月 9 日，山西省能源局发布关于《2021 年全省电力市场交易组织方案》的通知。

《方案》明确，2021 年，受新冠疫情及全球经济等因素影响，预计统调用电量与 2020 年持平或略有增长，全年预安排统调发电量 2280 亿千瓦时。

2021 年全省发电量调控目标预安排为：优先发电量 774 亿千瓦时，新投产机组调试电量 20 亿千瓦时，市场化发电量 1486 亿千瓦时。市场化发电量折算市场交易电量约 1350 亿千瓦时（含自备机组自发自用电量 120 亿千瓦时、西龙池招标电量 26 亿千瓦时）。

《方案》还指出，全省现役燃煤机组、燃气机组、光伏发电（暂不含分布式光伏和扶贫光伏）、风电、水电（不含抽水蓄能）、生物质燃烧发电机组，参与市场的发电企业应符合国家产业政策，取得发电业务许可证，污染物达标排放。

2020 年已完成市场注册并开展交易的发电企业、电力用户、售电公司直接列入 2021 年度市场主体目录，参与 2021 年市场交易。

在交易机制中，风电、光伏等新能源企业执行政府定价以外的电量应积极参与交易，新能源企业暂按双边协商交易方式参与普通交易，交易时序安排在火电企业参加交易之前，不再参加挂牌交易。新能源市场交易合约只能在新能源企业之间开展合同转让。

同时，鼓励新能源企业按照山西省相关规定优先参与“煤改电”交易，“煤改电”交易在非现货期间可根据市场情况采取不间断滚动挂牌的方式开展，由新能源企业根据需要随时进行摘牌，与月度交易同步出清；在现货期间根据实际情况，与各类电力直接交易统筹安排。

鼓励新能源企业与可控负荷聚合商，按照《“新能源+电动汽车”协同互动智慧能源试点建设方案》（晋能源电力发〔2020〕473 号）相关规定，开展月度挂牌交易，确定次月弃限电时段参与需求侧响应的交易价格和排序。

另外，根据 2021 年山西省电力现货市场结算试运行的相关安排，2021 年电力直接交易合同分为非现货与现货两种模式，在非现货市场结算试运行期间履行的合同采用非现货模式，在现货市场结算试运行期间履行的合同采用现货模式。

**2021 年优先发电量预测情况表**

单位：亿千瓦时

序号	类别	2021 年优先发电量
1	风电机组	372
2	光伏机组	160
3	水电机组	45
4	煤层气、瓦斯气机组	15
5	燃气机组	82
6	背压机组	11.18
7	供热机组增补电量	20
8	灵活性改造奖励机组	20
9	贫困地区机组增补电量	3.62
10	迎峰度夏、度冬保供增补电量	10
11	淘汰落后机组补偿电量	35
合计		774

政策原文如下：

关于印发《2021 年全省电力市场交易组织方案》的通知

晋能源电力发[2020]591 号

各市能源局，国网山西省电力公司、山西地方电力有限公司，山西电力交易中心有限公司，各发电集团及有关发电、售电、用电企业：

为深入贯彻落实国家关于推进电力市场化改革的有关精神和省政府办公厅关于《山西省进一步推进电力市场建设工作方案》（晋政办发〔2020〕87 号）的要求，做好 2021 年全省电力市场交易组织工作，省能源局会同相关部门及单位结合实际研究制定了《2021 年全省电力市场交易组织方案》，经报省政府分管领导同意，现印发执行。

山西省能源局

2020 年 12 月 4 日

2021 年全省电力市场交易组织方案

为落实国家电力市场化改革的有关精神和省政府办公厅关于《山西省进一步推进电力市场建设工作方案》（晋政办发〔2020〕87 号）要求，有序推进我省电力市场健康发展，特制定 2021 年全省电力市场交易组织方案。

### 一、交易规模

2021 年，受新冠疫情及全球经济等因素影响，预计统调用电量与 2020 年持平或略有增长，全年预安排统调发电量 2280 亿千瓦时。按照国家有关放开发用电计划的政策要求和省能源局印发《全省电力供需平衡预案管理办法》（晋能源电力发〔2020〕493 号）精神，考虑我省新能源装机的快速增长等因素，2021 年全省发电量调控目标预安排为：优先发电量 774 亿千瓦时（详见附表），新投产机组调试电量 20 亿千瓦时，市场化发电量 1486 亿千瓦时。市场化发电量折算市场交易电量约 1350 亿千瓦时（含自备机组自发自用电量 120 亿千瓦时、西龙池招标电量 26 亿千瓦时）。

### 二、市场主体

#### （一）入市范围

参与电力交易的市场主体包括电网企业、发电企业、售电公司、电力用户等。应为具有法人资格、财务独立核算、信用良好、能够独立承担民事责任的经济实体，内部核算的电力用户、发电企业经法人单位授权，方可参加。

**发电企业：**全省现役燃煤机组、燃气机组、光伏发电（暂不含分布式光伏和扶贫光伏）、风电、水电（不含抽水蓄能）、生物质燃烧发电机组，参与市场的发电企业应符合国家产业政策，取得发电业务许可证，污染物达标排放。鼓励燃煤自备电厂余量发电参与市场，鼓励利用工业生产过程中余热、余压、余气自备电厂自发自用以外电量参与市场交易。

**电力用户：**除居民、农业、重要公用事业和公益性服务等行业电力用户以及电力生产供应所必需的厂用电和线损之外，逐步全面放开经营性领域电力用户参与市场交易。供气、供热、供水、污水处理等公用事业用户自愿申请参与市场交易，应向省电力交易中心提供市场风险自担承诺书。各类电力用户应符合国家产业政策要求，产品和工艺属于《产业结构调整指导目录》（2019 本）中淘汰类和限制类且执行差别电价政策的电力用户暂不参与市场化交易。执行大工业用电的电力用户不受电压等级和电量限制；执行一般工商业用电的电力用户不受电压等级限制，上年度（2019 年 11 月-2020 年 10 月）用电量应在 500 万千瓦时以上（果品冷藏用电和电信基站用电除外），或新投产企业用电报装容量应在 1500 千伏安以上；支持 14 个战略性新兴产业和出口加工贸易类企业、“煤改电”交易电量全电量参与市场交易，不受电压等级和电量限制；支持增量配电网试点参与市场交易，拥有配电网运营权的售电公司、区域内电力用户以打包形式全电量参与市场交易，不受电压等级和电量限制。

售电公司准入条件仍按照晋政办发〔2016〕113 号文件要求执行。已具有法人资格且符合售电公司准入条件的发电企业、电力建设企业，高新产业园区及经济技术开发区内供水、供气、供热等公

共服务公司和节能服务公司可以向工商部门申请增加售电业务。

## （二）入市程序

1.2020年已完成市场注册并开展交易的发电企业、电力用户、售电公司直接列入2021年度市场主体目录，参与2021年市场交易。完成市场注册但尚未开展交易的电力用户，在参与市场交易之前执行政府目录电价。无正当理由退市或被强制退市的电力用户，由为其提供输配电服务的电网企业承担保底供电责任，执行电网企业与电力用户交易的保底价格，具体由省价格主管部门确定。已开展交易的用电侧市场主体，未签订新的交易合同但发生实际用电时，不再按照政府目录电价结算，其中，参加批发市场的用户按规则进行偏差结算，参加零售交易的用户按照保底价格进行结算。

2.对于符合准入条件但尚未入市的电力用户，实行负面清单制，并进一步简化注册程序。由电网企业按照电力用户放开范围汇总提出新入市用户名单报省能源局，经组织各市能源局进行负面清单审查后，电网企业将负面清单以外电力用户的必要注册信息直接推送至省电力交易中心，并负责通知电力用户在省电力交易中心交易平台履行简单注册手续后即可直接入市。每月25日前完成注册的电力用户可从次月起参与电力交易。对5G等电信基站用电，以集团为单位统一安排入市。

3.新入市的发电企业，由各市能源局负责按准入规定进行核实并组织公示，公示无异议的发电企业通过山西省电力需求侧管理平台报省能源局，列入2021年度市场主体目录。

4.对新入市的售电公司，仍按原程序通过山西省电力需求侧管理平台进行网上申报，由省能源局组织公示，公示期为1个月，公示无异议后列入市场目录。已列入省内市场目录名单、且在省电力交易中心完成注册的售电公司，出现注册信息变更时，要在5个工作日内向电力交易平台提交变更材料；出现企业名称、股东或实际控制人、公司资产等重要信息发生变更的，仍按照原程序向省能源局申请变更相关信息，并进行为期5个工作日的公示。

5.新申报入市的发电企业和售电公司，申报账号按照属地管理原则由各市能源局分发，申报材料仍按照相关规定执行。2021年售电公司新入市申报按照《关于做好2021年售电公司申报工作的通知》开展。新能源等发电企业新入市申报时间为每月25日。

## （三）退出程序

1.不符合国家相关政策要求或按照电力市场规则属强制退市的市场主体，按照有关规定履行退市程序。

2.省工信厅对战略性新兴产业用户实行动态备案管理，对不符合战略性新兴产业备案条件的用户，将退出战略性新兴产业交易，改为普通交易。

## 三、交易安排

结合电力现货市场试运行情况，进一步规范电力中长期市场，并做好现货结算试运行期间中长期市场和现货市场的有效衔接。

### （一）批发市场

#### 1. 交易类型

长协交易。对煤电联营的发电企业与下游电力用户实现相互参股20%以上的、发电企业和电力用户属同一集团控股的、发电企业与就近园区开展综合能源服务试点的、发电企业与电力用户开展“自供煤代加工电力”深度合作的，允许双方开展长协交易。对2020年已参加长协交易的市场主体进行重新核定，满足长协交易条件的可继续纳入2021年长协交易范围，2021年长协交易总量不突破2020年规模。

战略性新兴产业用电交易。按照省委省政府安排，对14个战略性新兴产业企业的生产用电，以用户侧挂牌（电量和电价）、发电侧摘牌的交易方式组织，交易采用典型曲线，现货试运行期间根据电力市场相关规则双方可调整曲线。

普通交易。除长协交易及战略性新兴产业用电交易以外的所有入市电力用户均参与普通交易。参与长协交易的用户可以参与普通交易，战略性新兴产业用户不再参与普通交易。榆林地电公司增量用电可参与山西电力直接交易，通过双边协商方式按月开展交易，暂不设供需比。榆林公司暂不

参与山西省内现货市场。

## 2. 交易机制

为有效规避市场风险，提高市场交易效率，批发市场（除长协交易及新能源外）所有交易要实现全流程线上交易，零售市场和合同转让市场逐步过渡到全部线上交易。同时，为妥善处理现货试运行期间，与中长期交易的合理衔接，2021年普通交易暂不开展年度交易、暂不采取双边交易方式。

长协交易按年度（多年）双边自主协商方式组织；战略性新兴产业用电交易按年度、月度挂牌交易方式组织（并以单独序列形式与月内、周及周内普通交易同步组织挂牌交易）；普通交易按月度、月内、周及周内组织交易，主要采取挂牌交易方式，根据市场需求可增加集中竞价交易。

普通交易每次组织均设置火电企业可交易电量与需求电量的供需比  $K:1$ 。供需比  $K$  值根据上年度发电侧平均利用小时数、批发用户或售电公司上年度实际用电量及 2021 年用电增量、市场交易均价等因素，由电力市场管理委员会在 11 月底前提出并报省能源局，由省能源局会同山西能监办研究确定。

普通交易的月度、月内交易按相应交易批次用户侧挂牌电量作为基数，按照供需比  $K$  值核定火电企业交易总上限和各火电企业自身交易电量上限。为保障民生供热，具体火电机组按照是否供热区分供热期与非供热期的可交易量上限比例：在 1 月-4 月、11 月、12 月供热期，供热机组与非供热机组单位容量可交易量上限按照 6:4 执行；在 5 月-10 月非供热期，供热机组与非供热机组单位容量可交易量上限按照 4:6 执行。

普通交易摘牌分两个阶段组织：第一阶段，各火电企业最大可摘电量为自身交易量上限的 70%；第二阶段，各火电企业对剩余电量进行摘牌，不得超出自身交易量上限。

风电、光伏等新能源企业执行政府定价以外的电量应积极参与交易，新能源企业暂按双边协商交易方式参与普通交易，交易时序安排在火电企业参加交易之前，不再参加挂牌交易。新能源市场交易合约只能在新能源企业之间开展合同转让。

除局域电网配套电源点外，参与长协交易的火电企业，发电利用小时数暂不超过 4500 小时，后期随着用电增速变化适当调整，参与长协交易的火电机组不再参与除战略性新兴产业用电交易之外的省内普通交易（不含合同转让交易）。长协交易合同转让仅可转让次月及月内合同，用户侧长协交易合同只能在参与长协交易的用户（含售电公司）之间开展合同转让，发电侧长协交易合同转让不受限制。长协交易合约单独为一个序列，单独进行结算（不与其他业务单元打包结算）。

发电企业按照我省电力交易相关规则开展常规交易，同时可自愿选择参与战略性新兴产业用电交易。鼓励火电企业参与战略性新兴产业用电交易，在能够确保电网及机组安全稳定运行的前提下，战略性新兴产业用电交易不设置供需比。战略性新兴产业用电交易合约单独为一个序列，单独进行结算。战略性新兴产业用户侧（含售电公司）只能在参与战略性新兴产业用电交易的企业之间通过合同转让处理偏差（即不能跨序列进行合同转让），发电侧战略性新兴产业用电交易合同转让不受限制。

鼓励新能源企业按照我省相关规定优先参与“煤改电”交易，“煤改电”交易在非现货期间可根据市场情况采取不间断滚动挂牌的方式开展，由新能源企业根据需要随时进行摘牌，与月度交易同步出清；在现货期间根据实际情况，与各类电力直接交易统筹安排。鼓励新能源企业与可控负荷聚合商，按照《“新能源+电动汽车”协同互动智慧能源试点建设方案》（晋能源电力发〔2020〕473号）相关规定，开展月度挂牌交易，确定次月弃限电时段参与需求侧响应的交易价格和排序。

晋北风电基地新能源企业在优先满足雁淮直流送江苏需求后，富余发电能力可参与省内交易。

推动燃煤自备电厂积极落实《国家发展改革委 国家能源局关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》（发改能源〔2019〕807号）精神，按照相关规则与新能源企业开展发电权转让交易，完成消纳可再生能源电力的配额比例。

根据 2021 年我省电力现货市场结算试运行的相关安排，2021 年电力直接交易合同分为非现货与现货两种模式，在非现货市场结算试运行期间履行的合同采用非现货模式，在现货市场结算试运

行期间履行的合同采用现货模式。

非现货模式下的中长期直接交易机制：

(1) 非现货模式下的中长期直接交易不需约定曲线。原执行峰谷电价的用户继续按原结算模式执行。

(2) 按照《国家发改委关于深化燃煤发电上网电价形成机制改革的指导意见》(发改价格规〔2019〕1658号)文件精神，非现货模式下2021年我省燃煤发电机组中长期普通交易上网电价在“基准价+上下浮动”范围内形成，基准价按我省现行燃煤发电上网基准电价确定，浮动幅度范围为上浮不超过10%、下浮原则上不超过15%。

参与长协交易的市场主体在开展双边自主协商时，应按照发改价格规〔2019〕1658号，双方自主协商确定初始交易电价。双方可协商将电煤价格指数、下游产品价格和月度交易均价三个指标之一或多个作为浮动参考因素，约定电价浮动原则，在交易平台中选择相关参数，签订价格调整协议且上传至交易平台后，每月按照确定的浮动电价调整次月交易价格。具体合同格式参照国家发改委下发的《电力中长期交易合同示范文本》，根据我省实际情况确定合适的示范文本。交易时未约定浮动机制的，年度、季度交易价格不得调整。

中长期交易形成的上网电价包括脱硫、脱销、除尘电价和超低排放电价。

(3) 直接交易合同的偏差结算按照我省电力市场规则体系相关条款规定执行。

(4) 市场主体调整后的年度电力直接交易分月电量，均须通过安全校核后执行。安全校核不通过时，不同交易周期的电量，按照月内、月度和年度顺序依次核减；同一交易周期的，按照交易相关规则进行核减。被核减的年度合同分月电量不再滚动，核减相应的合同电量。

现货模式下的中长期直接交易机制：

(1) 市场主体所有直接交易合同均须分时定量定价并录入交易平台。分时价格约定范围及合同调整办法按照我省电力市场规则体系相关条款规定执行。现货模式下中长期交易的组织方式经山西省电力市场专班研讨确定后另行明确。

(2) 根据国家发改委专题会议要求，为保证市场稳定，规避市场风险和市场主体投机行为，引导市场主体签订中长期合同，在开展电力现货市场初期，电力用户、售电公司参与现货交易申报时应确保日内中长期（直接交易）合约总量不低于日总用电量（不含总表计量中不参与市场部分的电量）的95%（即规则体系中参数BL=95，后期根据市场成熟度逐步调整BL值），对低于95%部分电量的获利空间，按照我省电力市场规则体系相关条款进行费用回收与疏导。

(3) 为防止过度套利、控制市场运行风险，建立中长期交易曲线与实际用电曲线偏差回收机制，具体按我省电力市场规则体系相关条款规定执行。

## （二）零售市场

1. 年用电量超过1000万千瓦时的电力用户，或新投产企业用电报装容量超过3000千伏安的电力用户，可以通过批发市场与发电企业直接交易，也可通过零售市场与售电公司交易，二者只能选择一种，在交易合同履行期限内不得更改。无议价能力的电力用户和年用电量低于1000万千瓦时的电力用户或企业用电报装容量低于3000千伏安的新投产电力用户，通过零售市场与售电公司开展电力交易。

2. 经省工信厅备案的战略性新兴产业用户，参与战略性新兴产业用电交易不受电压等级和电量限制；按照相关规定公开遴选一批具有一定技术和实力的售电公司为战略性新兴产业用户市场交易提供服务，由用户从中自愿选择；不满足参与批发市场条件的用户，须与遴选出的为战略性新兴产业企业提供服务的售电公司绑定后，由其代理参与战略性新兴产业用电交易。

3. 山西电力交易平台提供五种售电公司与电力用户在零售市场交易的价格模式供市场主体选择（应当分别约定非现货模式与现货模式下的价格机制）：一是根据用户用电曲线分时定价（适合曲线波动较大或分时有电用户）；二是固定价格（适合曲线波动不大用户）；三是固定价格加利润分成模式；四是全部利润分成模式；五是成交均价+固定价差模式（成交均价指批发市场成交合同分月电量

电价的加权平均，不包含月内组织的各项交易)。

4.2021 年售电公司与零售用户在交易平台绑定全部以电子化合约形式实现，纸质合同由双方自行保存，作为处理争议的依据。支持开展综合电能服务项目合作的售电公司与电力用户签订 1 年及以下的战略合作协议。售电公司与零售用户在交易平台的绑定有效期最长不超过 3 个月，绑定期满后电力用户可重新选择售电公司进行绑定确认，不进行绑定确认的视为原绑定关系延续，售电公司与零售用户在交易平台进行绑定确认时，须如实填报零售电价和预计交易电量。

5.零售用户在同一周期仅可与一家售电公司在交易平台绑定，绑定后交易平台不再受理新的绑定申请。售电公司与用户签订合作协议时，要明确合同唯一性违约条款。对涉及“一户多签”的，由售电公司与用户自行协商或通过法律途径解决。对用户认为售电公司涉及伪造公章、伪造合同、以非法途径获得用户交易密码等情况，用户应向公安机关报案处理。对存在违法行为的售电公司或用户，按照有关交易规则进行处置。

6.各市场主体要提高市场风险防范意识，理性参与市场交易。山西电力交易中心月前组织售电公司及零售用户绑定结算方案，对于可能出现的批零价格倒挂情况，售电公司需按合同电量全额现金缴纳差额费用，未完成缴纳的，将暂停售电公司批零两级市场合同执行，具体按相关规则执行。

7.被强制退市或无正当理由退市的市场主体，其剩余合同由省电力交易中心组织公开进行转让，具体按相关规则执行。

8.为了降低市场主体交易和合同执行风险，在满足电网安全约束的前提下，市场主体可按照相关规则开展合同转让。为规避售电公司脱离电力用户囤积电量和恶意操纵市场，对售电公司月内中长期合同净转出（转入和转出相抵后）总电量占其当月成交（买入）电量的比例设置限值，即针对交易执行月，（售电公司可申报转出电量+已经形成交易合同的月度、月内转出电量-已经形成交易合同的月度、月内转入电量）/（年度直接交易分月电量+已经形成交易合同的月度、月内直接交易电量+已经形成交易合同的月度、月内转入电量）≤限制比例。具体限制比例按我省电力市场规则体系相关条款规定执行。

9.不具备分表、分时计量的入市电力用户（低压用户），应当尽快完善计量相关条件后参与现货市场；暂无法参与现货市场时，在零售市场通过售电公司购电。现货模式下售电公司绑定此类用户在批发市场交易时，只能选择典型曲线与电厂签订中长期合约，后期合约曲线形状不得调整。现货市场结算试运行期间，售电公司代理的此类用户的中长期合约偏差按照相关规则进行结算。

10.进入市场的售电公司要按照省能源局、省发展改革委、山西能监办联合印发的《全省电力市场售电公司信用评价与风险防范管理办法》要求，办理履约保函、缴纳风险保证金等手续。对在 2020 年度全省售电公司核查中，存在资产不实、技术人员不到位、财务审计报告不规范、信用核查异常等问题的售电公司，按照有关规定采取相应措施，进一步规范售电公司的运营管理。

11.鼓励售电公司不断创新服务项目和内容，认真落实省能源局印发的《全省电力市场售电公司服务能力评价标准》文件精神，向电力用户提供综合电能服务等增值服务；应用信息技术手段，加强零售市场电力用户的用能服务管理；按照省电力交易中心交易平台的接口技术规范，建立第三方交易辅助系统，实现与交易平台的数据贯通，进一步完善市场功能和激发市场活力。第三方交易辅助系统应满足相关技术标准和规范，履行与交易平台的对接手续后投入运营。鼓励无议价能力的电力用户和年用电量低于 1000 万千瓦时的电力用户，通过第三方交易辅助系统进行线上零售交易。

12.对果库冷藏用电和 5G 等电信基站用电，采取通过售电公司打包交易、分表计量、属地结算的方式参与市场。

### （三）其他事项

本方案未具体明确的事项，在非现货市场结算试运行期间与开展现货市场结算试运行期间，均按照我省电力市场规则体系相关条款执行。如有特殊或争议事项，由省能源局会同相关部门在交易开展前进行明确。

#### 四、相关要求

(一) 各市能源局要加强对市场主体的事中、事后管理。按照负面清单有关要求，及时发现并提出不具备参与市场交易和需退出市场的电力用户名单；对发电企业和售电公司要严把准入关，对申报材料的真实性进行查验，按规定的条件和程序组织进行网上申报。

(二) 对不具备分表、分时计量条件的电力用户，省电力公司、山西地方电力有限公司及增量配网运营企业要具体研究，推动尽快解决其参与电力现货市场的相关问题。省电力交易中心要进一步提升服务质量，建立和完善市场信息披露制度，为市场主体提供更便捷的交易服务；要进一步优化清算、结算流程，缩短电费支付时间，相关方案要向省能源局和山西能监办报备；要强化交易信息报备制度，每批次直接交易相关情况要向省能源局和山西能监办报备；要继续做好对第三方交易辅助系统接入的支持和服务工作。市场运营机构要完善电力市场规则体系及技术支持系统市场力检测相关条款及措施，注意防控市场风险。

(三) 各有关交易主体对申报材料的真实性承担责任，要按照交易相关安排要求，做好交易申报和结算等工作，坚持平等协商，自主交易，诚信为本；严禁串通联盟，形成价格堡垒，干扰交易秩序；要强化风险意识，立足实际开展电力交易，不断增强风险防控能力。对市场主体出现严重违规交易和不诚信行为的，将纳入诚信考核体系，情节严重的列入市场黑名单实施联合惩戒。

(四) 参加电力市场的电力用户要加强电力需求侧管理，尽快完成电能信息采集系统建设，并接入山西省电力需求侧管理平台，为企业实现电能实时监测、交易偏差处理、开展节电服务等提供技术支撑，并为参与现货市场积累电能量数据；电力用户在参与零售市场时要强化风险意识，要对合作的售电公司进行充分的了解，并在购售电绑定合同中明确违约条款和处理责任。

(五) 售电公司要注重风险防控，发挥好发电企业与电力用户之间的桥梁作用，坚决杜绝售电公司脱离发电企业和电力用户单边“赌市场”；要强化对电力用户用电曲线的监测能力，通过市场创新凸显价值、提升市场竞争力；售电公司应做好用户培训，引导用户优化用电习惯和降低交易风险；售电公司要结合电力用户用电特性和潜在停限产风险，灵活用好年度、月度、周交易和合同转让交易政策，有效规避市场风险。

(六) 电力市场管理委员会要在研究市场规划、制定交易细则、协调争议和加强监督等方面发挥作用，维护和保障市场主体的合法权益。

国际能源网 2020-12-10

#### 附件

### 2021年优先发电量预测情况表

单位：亿千瓦时

序号	类别	2021年优先发电量
1	风电机组	372
2	光伏机组	160
3	水电机组	45
4	煤层气、瓦斯气机组	15
5	燃气机组	82
6	背压机组	11.18
7	供热机组增补电量	20
8	灵活性改造奖励机组	20
9	贫困地区机组增补电量	3.62
10	迎峰度夏、度冬保供增补电量	10
11	淘汰落后机组补偿电量	35
合计		774