# 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
第十四期　　2019 年 7 月

## 目　　录

重点实验室动态--科研进展 ..... 1
波浪能装置液压自动分级控制系统研究 ..... 1
溶剂吸收-称重法测定焦油的影响因素分析 ..... 1
中药生物质原料与药渣热解特性对比研究 ..... 1
太阳能光伏-PEM 水电解制氢直接耦合系统优化 ..... 2
利用水合物法分离捕集二氧化碳研究进展 ..... 2
一种基于 PTVE 正极的高电压钾-有机自由基电池 ..... 2
多能互补分布式能源系统容量配置和优化运行研究现状 ..... 2
重点实验室动态 ..... 3
“城镇及工业有机固废高效热解技术及大型化装备”项目启动会暨实施方案论证会在广州召开 ..... 3
陈勇院士一行调研“海洋石油 944”钻井平台 ..... 3
陈勇院士出席全国畜禽粪污资源化利用高峰论坛 ..... 5
创新使命-第二届可持续生物燃料国际会议在烟台蓬莱召开 ..... 5
赵黛青研究员参加中科大《工程科学前沿》课程授课 ..... 6
总论 ..... 7
“十四五”能源转型要立足煤炭 ..... 7
国网研究院多角度解读世界能源风向 ..... 8
中国综合能源服务产业创新发展联盟成立 ..... 9
中国高校能源经济管理创新战略联盟成立 ..... 10
开展综合能源服务需建立互联网思维及生态思维 ..... 10
国网聚力深拓综合能源服务“蓝海” ..... 12
可再生能源发展专项资金为啥给了非可再生能源？ ..... 13
印度新预算草案利好能源业 ..... 15
山西能源转型要敢为天下先 ..... 16
山西为全国能源转型探路 ..... 18
摆脱煤炭依赖，山西能源革命将更有前景 ..... 20
聚焦河北能源转型 ..... 22
我国风电光伏等可再生能源发电成本持续下降 经济效益提升 ..... 25
澳可再生能源发电首次超过火电 ..... 26
绿色能源加速迈入“零补贴”时代 ..... 26
能源互联网：“去中心化控制”势在必行 ..... 27
能源互联网助力能源自由 ..... 28

能源经济分析需要新理念 ..... 30
风光储 2050 年前将吸引 10 万亿美元投资 ..... 31
近 2300 万千瓦项目进入国家补贴目录 ..... 32
热能、动力工程 ..... 33
2019 年世界能源蓝皮书 “再电气化”已成全球大势 ..... 33
CDP:巨头投入不足致海运业减排难达标 ..... 34
LNG 持续增产推高甲烷排放 ..... 34
传统钢铁企业节能环保有新招 ..... 35
储能有突破，“绿电”可长跑 ..... 37
储能行动计划发布：使我国储能技术 5-10 年内处于国际领先 ..... 38
全钒液流电池：大容量储能技术明日之星 ..... 39
分布式发电市场化交易起步多艰 ..... 40
加州大学试点梯次电池储能系统 计划电池成本降一半 ..... 42
北京首个电网侧储能电站示范项目投运 ..... 43
协鑫港华助欧莱雅中国实现“零碳” ..... 44
天然气发电是对是错 ..... 44
新方法使二氧化碳还原效率提升 200% ..... 47
我国找到“人造太阳”高性能稳态运行模式 ..... 47
智慧能源：为能源安全高效发展拓路 ..... 48
河北如何破解能源消费“一煤独大”？ ..... 49
清洁生产助力企业节能降耗 ..... 51
物联网技术赋能综合能源服务 ..... 52
特高压助力非洲打造“能源心脏” ..... 53
电力市场短板掣肘可再生能源发展 ..... 54
研判气电是与非应有全局思维 ..... 55
离开分布式谈智能电网不可取 ..... 56
空气能成新能源 研发应用“新宠” ..... 57
美国再次逆势“松绑”碳排放规则 ..... 58
英国大手笔布局碳捕集 ..... 59
高温烟气余热回收技术让天空更蓝 ..... 61
地热能 ..... 62
京津冀地区钻获埋藏最浅干热岩 ..... 62
山东发现干热岩富存区 资源量折合 187.79 亿吨标准煤 ..... 62
生物质能、环保工程 ..... 63
农村废弃物能源化利用期待创新 ..... 63
徐矿综合利用发电公司污泥掺烧变废为宝 ..... 64
吉林规划建设多座生物质热电联产电站 ..... 64
湿垃圾变身绿色能源 上海近 30 个月累计发电 2500 万度 ..... 65
太阳能 ..... 66
中山格兰仕光伏项目发电量突破 2 亿千瓦时 ..... 66
光伏行业前景乐观，降低成本仍是要务 ..... 66
柔性铜铟镓硒（CIGS）组件效率创新高 ..... 67
用“风光”绿动齐鲁大地 ..... 67
边净水边发电的太阳能装置问世 ..... 68

缅甸首座太阳能电站投入商业运营 ..... 69
肯尼亚获世行贷款发展离网太阳能 ..... 69
阿布扎比将建全球最大单一光伏电站 ..... 69
风能 ..... 70
2030 年亚洲将成最大海上风电市场 ..... 70
中国铁建正式涉足海上风电建设领域 ..... 70
国内最大功率海上风机并网发电 ..... 71
国内最大单体风电项目全部并网发电 ..... 71
未来五年风电市场将持续繁荣 ..... 72
数字化三维风电场设计产品如何在大基地规划设计中显神通？ ..... 73
江苏射阳规划建设 5000 亩海上风电基地 ..... 76
海上装机有望提前实现“十三五”目标 ..... 76
澳大利亚 5 月风力发电量创新高 ..... 77
美国开工建设第二座海上风电场 ..... 78
风光产业持续“风光” ..... 78
氢能、燃料电池 ..... 79
2050 年氢能将成为中国终端能源主体 ..... 79
氢能储运瓶颈如何破解？ ..... 80
低压合金储氢能否解决车载储氢难题？ ..... 81
把氢作为能源进行定位和布局 ..... 83
未来氢能市场在重型交通和工业领域 ..... 84
是什么制约了液氢商业化应用 ..... 85
白城探索氢能发展新路 ..... 86
核能 ..... 88
国内两 VVER1200 核电项目常规岛及 BOP 设计合同签订 ..... 88
“国和一号”压水堆重大专项研发成果丰硕 ..... 88
技术助力中俄能源合作落地开花 ..... 89

本刊是内部资料，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。严禁将本刊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。

# 重点实验室动态--科研进展

## 波浪能装置液压自动分级控制系统研究

叶寅，游亚戈，王振鹏，盛松伟，王坤林

**摘要：**为解决波浪能装置如何根据波况自动加减液压负载问题,该文研究自动分级控制系统。该自动分级控制系统包括测量机构和执行机构,描述了自动分级控制系统的工作原理,并以实例来详细说明该自动分级控制系统的关键参数确定以及应用过程中需要注意的问题。目前,该自动分级控制系统已成功应用在鹰式波浪能装置上,并取得良好控制效果。

**基金：**中国科学院战略性先导科技专项 A 类资助（XDA13040202）；海洋可再生能源资金（GHME2016YY01）；广州市科技计划（201607010226）；广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室基金（Y607jh1001）

太阳能学报，2019 年 06 期

## 溶剂吸收-称重法测定焦油的影响因素分析

谢建军，刘华财，李伟振，阴秀丽，吴创之

**摘要：**在模拟焦油吸收装置和中试生物质气化炉系统考察正负压取样方式、粗燃气体积流量、焦油含量、取样时间、粗燃气中水分含量、焦油烘干时间、溶剂蒸发等因素对测定结果的影响。结果表明取样时间及溶剂蒸发是影响焦油测定结果准确性的 2 个主要因素,最佳的取样分析条件为:负压采样、粗燃气流量不大于 2.0 Nm~3/h、焦油吸收时间 10～15 min、取样前后量取吸收溶剂体积及 60℃条件下焦油烘干 6 h。在上述条件下,溶剂吸收-称量法定量焦油的相对误差可小于±5%。

**基金：**国家自然科学基金（51661145022；51576200）；广东省科技计划（2016A040403097；2014A010106017）

太阳能学报，2019 年 06 期

## 中药生物质原料与药渣热解特性对比研究

赵伟，袁洪友，黄艳琴，詹昊，阴秀丽，吴创之

**摘要：**以饮料厂副产物中药渣、单成分中药材及其蒸煮残渣作为研究对象,分析因蒸煮作用导致的燃料理化性质差异,通过热重、管式炉等实验手段以及气相色谱仪、气相色谱-质谱联用仪等测试手段研究中药渣的热解气液固产物特性。结果表明:相比于中药材,药渣的挥发分有所提高,Na、K、Mg、Cl、Si 等元素含量降低;基本有机官能团变化不大;蒸煮后,药渣的最大失重速率提高且失重峰向高温区移动,热解残余率降低;相同温度下,热解气热值蒸煮前后（15.04～18.57 MJ/m~3）变化较小,但比麦秆热解气热值（10.63～16.23 MJ/m~3）高;蒸煮后,相同温度下药渣的热解液相产率较高（55.72%～61.92%）,而焦油中苯酚的相对含量降低;相同温度下,蒸煮会降低药材的固体产率（27.62%～30.76%）,但有利于增加药渣热解半焦比表面积,进而有利于热解半焦的气化反应。

**基金：**国家自然科学基金（51661145022；51506206）；广东省科技计划（2016A010104011）

太阳能学报，2019 年 06 期

## 太阳能光伏-PEM 水电解制氢直接耦合系统优化

郭常青，伊立其，闫常峰，史言，王志达

**摘要：**利用水电解制氢进行氢储能是我国可再生能源弃电问题的解决新案之一。本文建立了太阳能光伏阵列与质子交换膜（proton exchange membrane, PEM）水电解直接耦合系统的分析模型,研究耦合系统优化运行工况。结果表明,天气变化易导致直接耦合系统工作点偏离光伏最大功率点,引起耦合失配开降低太阳能利用率。通过匹配太阳能光伏阵列串开联结构和水电解器工作槽数进行"粗调",改变 PEM 水电解器工作温度进行"精调",可使直接耦合系统工作在最大功率点附近,使系统能量损失最小。本研究为太阳能光伏-PEM 水电解氢储能直接耦合技术的运行策略和优化奠定了理论基础。

**基金：**广东省自然科学基金项目（2015A030312007,2015A030313716）；国家自然科学基金项目（51576201）；广东省科技计划项目（2014A020216030）

新能源进展，2019 年 03 期

## 利用水合物法分离捕集二氧化碳研究进展

谢文俊，徐纯刚，李小森

**摘要：**我国是以煤炭为主要能源的国家,面临着严峻的碳减排挑战。相对于传统气体分离技术,水合物法 CO2 分离捕集技术具有环境友好、工艺简单、能耗低等特点,被认为是具有应用前景的 CO2 分离捕集技术,因而被广泛研究。综合调研了国内外水合物法分离捕集 CO2 的研究,从热力学、动力学、微观分析、分离工艺及分离装备、成本比较等方面对相关研究迆行了系统分析及综合评价,开详细讨论了水合物平衡条件和不同类型添加剂对水合物平衡条件的影响。为迆一步开发水合物法 CO2 分离捕集技术的研究提供指导。

**基金：**国家自然科学基金项目（51736009）

新能源进展，2019 年 03 期

## 一种基于 PTVE 正极的高电压钾-有机自由基电池

罗玉文，史继富，雷凯翔，徐刚

**摘要：**钾/钾离子电化学储能系统具有诸多优势,如钾资源丰富、K+/K 标准电位低及 K+导电性高等。钾离子电池/超级电容器、K//O2 电池和 K//S 电池正受到越来越多的关注,同时也在实际应用中面临许多挑战,如缺乏高电压储钾材料等。因此,构建新型钾/钾离子电化学储能体系具有重要意义。本文成功组装了钾-有机自由基（K//PTVE）电池,开对其电化学性能迆行了研究。结果显示,该电池表现出较高的放电电压（3.63V）,具有良好的倍率性能和循环稳定性。

**基金：**国家重点研发项目（2018YFD0700200）；国家自然科学基金项目（21673243,21603108）

新能源进展，2019 年 03 期

## 多能互补分布式能源系统容量配置和优化运行研究现状

崔琼，黄磊，舒杰，王浩，吴昌宏

**摘要：**多能互补分布式能源系统作为能源互联网的重要物理载体,是推动能源可持续发展的重要手段。本文综述了能互补分布式能源系统与能源互联网之间的关系。基于分布式能源系统国内外发展现状,重点围绕多能互补分布式能源系统容量配置与优化运行的相关研究内容迆行全面梳理,阐明了其研究现状,开指出其未来的研究趋势。

**基金：**国家重点研发计划项目（2016YFB0901405）；海南省重点研发计划项目（ZDYF2018003）



# 重点实验室动态

## “城镇及工业有机固废高效热解技术及大型化装备”项目启动会暨实施方案论证会在广州召开

2019 年 4 月 2 日，国家重点研发计划“固废资源化”重点专项“城镇及工业有机固废高效热解技术及大型化装备”项目启动会暨实施方案论证会在广州召开，项目负责人为重点实验室青年科研骨干袁浩然研究员。重点实验室学委会主任陈勇院士，中国科学院广州能源研究所党委书记夏萍，项目实施方案跟踪专家王伟教授，以及项目参与单位代表共计 90 余人参加了会议。

夏萍代表中科院广州能源所对项目正式启动表示热烈祝贺，对专家和各参与单位代表的到来表示欢迎和感谢。她表示能源所将加强项目管理，积极配合项目实施，希望各参与的单位能够齐心协力，共同攻关以确保项目顺利完成。

袁浩然研究员从技术指标、任务分解、技术路线、进度计划、管理机制和预期成果等方面进行了总体汇报，东南大学副校长金保昇等 6 位课题负责人分别对各课题实施方案进行了详细汇报。该项目选取城镇生活垃圾及污泥为研究对象，研究热解过程有害物质迁移转化规律，并开发脱焦除硫控氮、重金属/二噁英/生物毒性等危害特性热阻断、高温热解气深度净化与高效利用、热解残渣安全高值化利用、新型结构大型化装备等关键技术，致力于开发生产符合我国国情的无害化处理与资源化利用新工艺、新装备和新产品，构建模块化与装备系统集成优化的工程示范，以助于提升我国有机固废热处置能力与资源化利用水平。

专家组认真听取了汇报，审阅了实施方案相关资料，经质询与讨论，一致同意通过实施方案论证，并为项目实施提出了中肯意见和建议。

## 陈勇院士一行调研“海洋石油 944”钻井平台

2019 年 4 月 8-10 日，重点实验室学委会主任陈勇院士一行赴“海洋石油 944”钻井平台调研，并进行了座谈。中海油海南分公司总工程师李中、张万栋，中海油科技部处长黄鑫，国家能源集团高级工程师张晓宇，重点实验室学术带头人郭华芳研究员、青年科研骨干袁浩然研究员等陪同调研。

针对中海油公司相关部门提出的普遍存在于各海上钻井平台含油岩屑处置问题，陈勇院士指出，

小型化推进式回转窑热处置方式和双疏材料研发符合海上平台以及环保要求，可以解决岩屑含油难题。双方一致同意将通过项目合作及工程示范建设共同开发相关技术，解决岩屑含油而导致难处置的问题。

“海洋石油 944”代表了我国最高水平的自升式钻井平台，该平台多项技术在国内乃至全球领先。平台采用大桩靴设计，在全球尚属首次，填补我国在软层土区作业空白。

## 陈勇院士出席全国畜禽粪污资源化利用高峰论坛

2019 年 4 月 17 日全国畜禽粪污资源化利用高峰论坛在广西南宁举行，重点实验室学委会主任陈勇院士应邀出席并作“创建代谢共生产业园，助力乡村振兴战略”的主旨报告。农业部副部长于康震，广西自治区副主席方春明，中国工程院印遇龙院士、李德发院士、张福锁院士等 1500 人参会。

陈勇院士在报告中首先强调了乡村振兴对于建成小康社会的重要性，分析了实施乡村振兴面临的挑战，针对农业农村废弃物处置关键问题阐述了农业废弃物污染源与能源资源双重特性，继而提出了代谢共生产业园的理念和模式，并介绍了支撑代谢共生产业园建设的相关技术。

## 创新使命-第二届可持续生物燃料国际会议在烟台蓬莱召开

2019 年 4 月 2 日- 4 日，由中国科学院广州能源研究所、山东省科技厅、烟台市人民政府主办的“创新使命-第二届可持续生物燃料国际会议”在烟台蓬莱成功召开。来自 10 个国家的 70 余名专家学者、各级政府及企业代表参加了开幕式。中科院广州能源所所长、重点实验室学委会副主任马隆龙研究员，以及重点实验室主任、副所长李海滨研究员出席了会议。

本次会议以“生物燃料的可持续，创新和互联互通”为主题，设立生化转化技术，催化转化技术，热化学转化技术、固体成型燃料和燃烧，“创新使命”国家产业化发展机遇 4 个专场，邀请了中国、加拿大、印度、巴西、荷兰、德国等 6 个成员国专家代表作国家发展报告。各位专家从本国可再生能源发展情况出发，介绍了全球范围内可再生能源产业技术的创新与科技革命的情况，为可再生能源全球化、商业化发展提出了新思路和新方法。马隆龙对此次会议的圆满召开表示祝贺，对各协助单位表示感谢，并亲手将 MI 旗帜移交下一次 MI 部长会议的主办国加拿大代表 Fernando Preto 教授。会议期间，科技部国际合作司陈霖豪副司长发来祝贺短片，表达了对各位来宾的亲切问候，预祝此次会议圆满成功。

此次国际会议的成功召开，加强了 MI 各成员国之间的合作交流，达成了通过加强信息交流以推进生物燃料项目国际合作、通过寻求政府参与的方式提高公众意识以实现可持续生物燃料大规模商业化的共识，积极有效的促进了可持续生物燃料的规模化、低成本化发展，推动了生物燃料技术的持续创新。

创新使命部长级会议（Mission Innovation，MI）为常设性全球高级别论坛合作机制，2016 年至今 MI 确立了 8 项创新挑战，其中挑战四 IC#4（Innovation Challenge #4）即为“可持续生物燃料创

新挑战”。

## 赵黛青研究员参加中科大《工程科学前沿》课程授课

4 月 17 日，重点实验室学术带头人赵黛青研究员走进中国科学技术大学为工程学院 200 多名一年级本科生作题为《能源转型与新能源科技发展》的工程科学前沿学术报告。

赵黛青研究员在报告中指出，我国正处于能源体系建设转型期，能源结构需调整以应对温室效应等气候问题，这不仅是履行中国在国际上的担当，也是“绿水青山”的要求。为此，一方面需不断提升能源效率，另一方面要极大提高清洁和可再生能源在能源结构中的比例。赵老师指出此时是能源科技创新机遇期，未来可再生能源体系是一种多元化的能源体系，多能互补，协同发展。另外，储能技术是新一代能源体系的重要组成部分。同时，智慧能源系统、环境友好与自然共生是先进能源体系的特征。最后,赵老师对先进能源技术发展进行展望，介绍了近期能源科技重要的技术课题，以及未来十年重点关注的能源技术，并对综合能源服务技术框架进行描述。

报告结束后，广大师生还就身边事例与赵黛青研究员展开了积极的讨论与交流。

《工程科学前沿》是由工程科学学院伍小平院士倡议的业界知名专家系列专题讲座组成的特色课程。此次报告还作为中国科大与中科院广州能源所共建“新能源英才班”2019 年第一场重量级活动，在工程学院充分展示了重点实验室的研究特色与优势，有力推动了“新能源英才班”的建设。

# 总论

## “十四五”能源转型要立足煤炭

“十四五”能源发展规划制定目前已经提上日程。中国工程院院士、“十四五”能源规划专家委员会成员谢克昌认为，“十四五”期间，我国对煤炭的注意力不应分散，应该把推动煤炭清洁高效开发利用作为能源转型发展的立足点和首要任务；同时，他还对如何构建清洁低碳、安全高效的能源体系及“十四五”能源规划的制定发表了观点。

煤炭清洁高效开发利用是能源转型的立足点和首要任务，非化石能源应成为能源需求增量的主体

中国能源报：您认为“十四五”期间，能源消费结构应实现什么目标？

谢克昌：“十四五”期间，世界和中国化石能源在一次能源结构中的占比都将在 80%左右，煤炭在中国一次能源结构中占比估计在 55%左右，因此对煤的注意力不要分散。但非化石能源应成为这一时期能源需求增量的主体，以保证实现 2030 年非化石能源在一次能源结构中占比达到 20%的承诺。

中国能源报：能源结构调整的重点有哪些？

谢克昌：应将“推进煤炭清洁化利用，加快解决风、光、水电消纳问题”落实到规划中，把推动煤炭清洁高效开发利用作为能源转型发展的立足点和首要任务。加快提升水能、风能、太阳能、生物质能等可再生能源比重，安全高效发展核电。

中国能源报：有关部门在制定能源“十四五”规划时应注意什么？

谢克昌：国家能源局是拟定并组织实施国家能源发展战略、规划和政策，推进能源体制改革、协调能源发展和改革重大问题的行政权力机构，建议统筹、协调其他部委、机构、智库等有关能源发展的战略咨询，以避免规划中部门与行业利益以及政出多门的倾向。

煤炭的科学开发和清洁利用应在规划中体现，更要用战略眼光看煤基燃料和化学品对油气的部分替代

中国能源报：为建成“清洁低碳、安全高效”的能源体系，“十四五”应如何部署？

谢克昌：能源革命不可能一蹴而就，建成“清洁低碳、安全高效”的能源体系是最终目标，“十四五”能源规划应紧紧围绕这一终极目标予以关注和部署。

清洁重点在推进化石能源，特别是煤炭的科学开发和清洁利用，提高煤炭使用的集中度。实现了清洁高效利用的煤炭也是清洁能源。由国家发改委牵头，包括国家能源局在内的六部委已将煤炭清洁利用、煤炭清洁生产列入《绿色产业指导目录（2019 年版）》，规划中也应具体体现。

低碳是在提高非化石能源比重的同时，将节能减排和提高能效作为当前中国低碳化过程中的重中之重，在这一过程中要坚持和维护《巴黎协定》的共区三原则，保证中国合理的发展权。

安全包括能源的供应、生态环境、科技和经济安全，在当前油气对外依存度不断攀升、地缘政治风云变幻的形势下，更要用战略眼光看待煤基燃料，如煤制油、气、醇、醚等，以及煤基化学品，如烯烃、芳烃等对石油、天然气的部分替代，并在规划中给予部署和支持。

高效是指能源生产、转化、利用的效率都要高，如果中国的能源利用效率提高到世界平均水平，就可以减少消耗 13.3 亿吨标煤，从而可以减少 34.6 亿吨二氧化碳排放，约占 2018 年碳排放总量的 1/3。

中国能源报：构建以上能源体系的关键是什么？规划中应如何体现？

谢克昌：能源技术革命，它不仅是构建能源体系的支撑，也是推进能源革命的动力。能源技术革命的实质是能源转换的革命，其目标是对能源的有效驾驭和高效转换。共性关键技术可以促进能源行业的转型升级；前沿引领技术可以提升示范工程的质量水平；现代工程技术可以实现示范工程

的大型化、商业化；而颠覆性技术则是能源低碳转型的关键。这些都应在“十四五”能源规划中有所体现。

对农村能源革命的关注不能少，注意将能源革命与区域社会发展战略紧密结合

中国能源报：“十四五”期间，推动能源革命还应关注哪些内容？

谢克昌：要大力关注农村能源革命和西部能源大通道建设。这需要控制散煤利用，推进农村煤炭消费方式变革；创新发展模式，推进农村可再生能源开发利用；构建能源网络，推进农村清洁电力和燃气发展；强化节能环保，推进农村综合服务体系建设。

同时要关注“一带一路”能源合作问题，要建立健全区域对话协商机制、做好风险评估与风险防控、注重风险对冲，形成风险管理与应对机制；鼓励利益方多元化的合作模式；完善境外突发事件应对体系；注重技术标准衔接与推广。

中国能源报：能源革命在推进社会发展和生态环境保护中应扮演怎样的角色？

谢克昌：“十四五”规划要将能源革命与区域经济社会发展战略紧密结合，充分发挥能源革命对推进经济社会发展和生态环境保护的作用。

如能源革命推动区域经济社会与生态环境协调发展、推动京津冀协同发展和雄安新区建设、推动长三角创新发展、推动珠三角开放发展、推动老工业基地转型发展、推动中部地区崛起、推动能源富集地区绿色发展、推动西南地区共享发展等。

本报记者 武晓娟　中国能源报　2019-07-08

## 国网研究院多角度解读世界能源风向

近日，国网能源研究院有限公司（以下简称“国网能源研究院”）能源战略规划研究所在京举办“‘世界能源风向’专栏成果发布暨‘中国能源战略’”书稿大纲研讨会。来自国家能源局、中电联、中共中央对外联络部研究室，以及高校、研究院所和媒体的专家参会，在肯定研究成果的同时，专家也对下一步研究工作建言献策。

国网能源研究院副院长王耀华介绍，该院能源战略规划研究所跟踪研究世界主要国家和地区能源战略演化进程及特色，于 2018 年 12 月在《中国能源报》开设“世界能源风向”专栏，连续报道了全球 18 个典型国家和地区的能源战略，引发行业内外广泛关注。“下一步，我们准备在前期工作基础上继续深入梳理相关国家的战略思路，以期对具有中国特色的能源战略思路提供借鉴和帮助。”

国网能源研究院能源战略规划研究所所长鲁刚表示，18 个典型国家能源战略演进从增强经济实力、谋求国际地位，抢占科技高点、追求能源独立，解决社会问题、实现政治诉求，发展能源金融、保障能源安全等多个维度为能源在国家发展中的定位提供了参考，十分具有借鉴意义。“对比来看，世界发达国家更注重引领能源变革、带动经济复苏，亚洲新兴经济体对能源安全和能源经济可承受性更加重视，而南美洲和非洲地区主要着眼于解决社会问题。”

“世界能源风向”研究成果显示，从政治视角看，美国最为突出，美元选择石油这一工业命脉作为新的锚定，依托得天独厚的地理优势和强大的海军力量，通过“石油—美元—美国国债”体系向全球输出流动性，并不断转嫁风险和获取利益。从美国能源战略发展看，美国能源战略思维早已超越了单纯的经济利益，成为其左右世界能源格局、进而发挥地缘政治影响力的重要考量。沙特通过石油输出国组织（OPEC）的成立成功跻身世界舞台、获得更高的地区和国际影响力。作为 OPEC“领头羊”的沙特，既可以通过产量控制、禁运、特殊时期提高标价等手段左右国际油价、影响全球市场，又通过怀柔政策等构建中东地区及阿拉伯世界的主导权。此外，印度近年来 GDP 增速不低，是印太地区一股强劲的新兴经济力量，是未来重要的能源需求国，纵观其能源发展历程，印度的能源外交在其“全球领导大国”战略实施中处于重要地位。而朝鲜在朝鲜战争后曾经建立了以石油为基础的能源体系，并迅速成为东亚地区现代化程度最高的国家之一，但东欧剧变后全球大国的博弈也制约了朝鲜能源战略的实施。

从资源视角来看，俄罗斯直接将能源作为经济发展的基石。虽然能源经济强相关是“双刃剑”，但长期以来能源出口已成为俄罗斯推动国内经济增长、参与世界经济体系、维护地缘政治影响、改善政治环境的重要战略手段。此外，提到资源型国家通常会想到“资源陷阱”这一问题，挪威和委内瑞拉是两个方向。纵观挪威能源发展历程，依靠水电立国、油气富国，更为重要的是通过能源与金融、企业、产业等领域的高效协同管理谋求可持续发展，这种协同管理机制是挪威能源战略最大的特色，也是其成功走出“资源诅咒”陷阱最重要原因。可以说，挪威是世界能源乃至社会发展的最成功范本之一。而委内瑞拉基于石油业打造的繁荣景象，伴随国际油价步入下行趋势而逐渐落下帷幕，恶性通货膨胀、政局不稳定和基本生活用品极度短缺等正将委内瑞拉一步步推向崩溃的边缘。成也石油、败也石油。

从金融视角来看，欧盟始终致力于构建内部统一能源市场，完善能源金融体系和法律保障体系。更值得注意的是，欧美作为发达地区，能源需求旺盛，在两次石油危机后分别建立 WTI 和 BRENT 原油期货市场，引入金融资本和产业资本，通过期货市场发现价格功能解决国际原油定价权问题，在一定程度上限制了欧佩克对原油价格的垄断地位。从英国来看，对“看不见的手”—市场的力量一直有着强烈的理想和追求，也是世界上最早进行能源领域市场化改革的国家，并为许多国家提供了改革经验和市场机制模板。值得注意的是，从实践来看，英国的私有化和市场化道路在不断调整过程中前进，并不是一概的反对国家干预，而是以务实的态度不断调整市场力量和政府管控的边界。

从地缘特征来看，主要着眼于提升国家能源战略对外势能。土耳其依靠欧亚非大陆枢纽这一天然优势，不断谋求能源枢纽地位并游走于欧美与俄罗斯等大国之间，期间不仅获得自身经济高速发展的能源资源，还显著提升了国际地位及话语权。新加坡依靠“海上石油运输咽喉要道”马六甲海峡东出入口的地理优势，炼油产业和石油进出口贸易得以蓬勃发展。

从生态视角看，德国最为突出，其能源在历经了煤炭、石油、核能之后，锚定了新的战略重心，即以可再生能源为核心的绿色转型。而这一次，德国不仅将可再生能源作为维持其工业强国的主导能源，更是凭借其先进的工业体系、精湛的工业技术、灵活的市场机制，将绿色发展理念和技术体系向全世界输出。在当前全球倡导清洁低碳转型的大背景下，德国的绿色转型俨然已从身位领先者，向着全球绿色转型的驱动器和领航员不断迈进。此外，巴西也颇具特色，丰富的水电支撑着全国四分之三的电量供应，生物燃油供应体系全球领先，这些因素促使巴西作为世界第七大经济体、第十大能源消费国，能够在当前仍然以化石能源为主的世界能源供应格局中保持可再生能源消费第一大国，能源的生态效益显著。

从科技视角来看，法国、日本、丹麦将“科技立国”观念落实到能源相关行业，能源科技走在世界前沿。以日本为例，利用科技创新解决能源短缺问题始终是其能源发展战略的核心。能源贫瘠的日本，早在第一次石油危机后就大力推动新能源、核电技术发展，致力于提升本国能源安全保障能力。日本始终将科技立国的理念贯穿能源战略之中，目前氢能领域也已走在世界前列，能源科技力量已成为日本国家实力的重要一环。

最后，南非从社会视角看待能源发展，大力支持“全民能源”，将消除种族歧视、创造就业、人才体系建设、提高国际地位等“硬货”纳入能源发展战略统筹考虑。（朱学蕊 李慧）

朱学蕊 李慧　中国能源网　2019-07-10

## 中国综合能源服务产业创新发展联盟成立

6 月 28 日，为促进政府、企业、社会各界共同推动中国综合能源服务产业创新发展，国家电网有限公司牵头发起成立的中国综合能源服务产业创新发展联盟成立大会在北京召开。联盟由南方电网、华能集团、大唐集团、华电集团、国家电投、国家能投、中节能、中电建、中能建等 20 家单位联合发起。据悉，该联盟由国网节能服务有限公司负责具体筹建和运作。

国家电网有限公司党组成员、副总经理韩君指出，下一步，国家电网有限公司将联合各发起单

位及联盟成员，共同搭建链接产业上下游、横跨多行业的交流合作平台，推动关键技术研究、核心产品研发以及示范项目实施，推进标准制定政策完善，合力打造共建、共治、共享、共赢的综合能源服务产业生态。相信联盟必定会在促进我国能源服务产业发展、助力全社会能效提升、优化能源结构等方面发挥重要作用，为推动能源生产和消费革命、保障经济社会持续发展做出积极贡献。

据了解，综合能源服务是一种基于泛在电力物联网技术，以满足客户多元化、个性化能源需求为中心，以提高能源利用效率、降低客户用能成本、促进新能源发展为目标的新业态。国家电网有限公司发起成立“中国综合能源服务产业创新发展联盟”旨在广泛聚合行业资源，充分链接产业链上下游，紧密联系能源电力企业、节能环保企业、设备制造商、大型供热集团、信息通信、互联网企业，以及相关行业协会、学术科研机构等，充分发挥各成员单位在科技资源、人才资源、市场资源、信息资源等方面的优势，积极推动综合能源服务产业发展，以更加高效、更加经济、更加环保的方式，满足人民群众美好生活的需求，共同打造“共创共建、互惠互利”的综合能源服务“朋友圈”。

李文华　　中国能源报　2019-07-01

## 中国高校能源经济管理创新战略联盟成立

中国高校能源经济管理创新战略联盟（简称“EEM30”）第—次理事大会 6 月 22 日在徐州召开。

随着我国经济、社会持续快速发展，对拥有安全、高效、低碳的能源保障需求日益迫切。实现绿色发展、安全发展、健康发展的国家能源战略目标，亟需打造—批高端智库和大批专业研发队伍，国家能源战略对能源类高校的人才培养、产学融合、服务大局提出了新要求。

为响应国家战略，服务行业发展，中国矿业大学发起倡议，与中国矿业大学（北京）、中国石油大学（华东）、中国石油大学（北京）、中国地质大学（北京）、中国地质大学（武汉）、华北电力大学等 7 所高校联合成立了 EEM30。作为第—家具有能源行业背景的高校创新联盟，目前 EEM30 汇集了全国煤炭、石油、电力、地质等 25 所专业知名高校及 29 个经管类学院单位，各理事单位已推荐 266 位理事。

国家应急管理部研究中心副主任贺定超指出，在当前复杂多变的国际形势下，保障国家能源安全的任务非常艰巨，创新联盟的成立必要而及时，能够将高校的学识聚焦于服务国家经济社会发展，服务国计民生的重要产业，同时也有利于提高高等院校在能源经济管理领域的知名度和国际影响力。

根据理事会决议，EEM30 还可吸收联盟需要的具有教育教学优质资源、资金等方面优势的能源行业类高校经济管理类学院、研究院所等单位加人，积极与能源行业企业开展战略合作。对此，中国矿业大学校长、EEM30 荣誉理事长宋学锋表示，联盟各成员单位将进—步强化彼此间的交流与合作，共同搭建优质的应用服务平台，不断吸收壮大联盟专家队伍，更好发挥人才资源聚合效应，实现联盟创新成果向现实生产力的有效转化，提升联盟的国际影响力。

“EEM30 旨在为服务国家战略与能源行业发展提供强有力的创新支撑，将不断为中国能源政策等贡献智慧和力量，努力让中国的能源事业在国际舞台发出中国声音。”中国矿业大学管理学院院长、EEM30 理事长陈红指出。

武晓娟　　中国能源报　2019-07-01

## 开展综合能源服务需建立互联网思维及生态思维

综合能源服务是一种基于泛在电力物联网技术，以满足客户多元化、个性化能源需求为中心，以提高能源利用效率、降低客户用能成本、促进新能源发展为目标的业态。综合能源服务的发展，一方面得益于泛在电力物联网的全面赋能，另一方面需要攻破政策机制、技术等壁垒。未来基于泛在电力物联网，综合能源的发展将进一步服务于智慧城市与智慧能源，并切实服务于能源革命和经济社会发展。

泛在电力物联网全面赋能综合能源服务

泛在电力物联网是综合能源服务各主体连接与共享的关键。综合能源服务各主体间普遍存在着数据墙、业务墙、行业墙，虽然能够构建统一的能源网络，但难以打破各自为政、缺乏协同的发展困境。要构建以“数据流”为核心路径，实现各主体间深度连接、信息共享、协同统一的数据网络，必须建设广泛覆盖、各模块即插即用的泛在电力物联网。泛在电力物联网是能源互联网能源流、业务流、数据流中数据流的载体，从“三流”角度来看，能源流始终贯通能源互联网各个环节，但数据流的两端却依然处于真空状态，即能源互联网生产数据只停留在电厂层面，能源消费数据只停留在用户层面。泛在电力物联网的建立则能够推动数据流入厂、入户、入设备，实现能源互联网数据流的全环节、全设备、全参与主体的连接与共享。

当前，泛在电力物联网尚且处于建设初期，对于客户主要提供信息化服务，服务内容多集中于能源销售等传统业务。未来必将建立泛在电力物联网平台，进一步实现“大云物移智”等新型能源电力基础设施的嵌入以及新能源出力预测等强能源电力属性的数字化技术共享，服务形式将进一步向数字化、智慧化升级。从服务内容的发展趋势来看，以价值创造为核心的赋能将是未来泛在电力物联网的主要发展方向。供给侧通过更为精准的新能源发电预测提高新能源消纳能力，并能实现发电设备的智慧运维，推动能源电力绿色低碳转型。消费侧能够通过能效诊断等提供节能服务，并能实现用户画像刻画，提供多元化的服务套餐，促进能源电力消费升级。

以互联网思维及生态思维适应新型竞争

综合能源服务具有与生俱来的互联网基因及生态属性。随着消费互联网日渐饱和，信息通信技术与传统行业深度融合的产业互联网时代开启，综合能源服务作为能源互联网的服务表征，具有深刻的产业互联网基因。此外，综合能源服务覆盖范围广、参与链条长、涉及能源种类多，且对专业知识与技术依赖严重。因此，综合能源服务要深植于能源革命、推动能源的绿色低碳转型，就必须要充分调动上下游产业链中众多企业、高校、科研机构甚至政府力量，汇聚各领域、各行业的人才、客户、数据等优质资源，打造“共建、共享、共赢”的综合能源服务生态圈。

作为综合能源服务重要参与主体的各能源供应商，普遍停留在传统优胜劣汰的竞争思维，且生产导向的传统思维惯性严重。综合能源服务不单单是多样化能源的供给，而要依托泛在电力物联网，提供综合能源规划建设、运行调控、节能环保、“互联网+”运营等一揽子服务，以个性化、差异化服务满足客户需求、开拓市场。因此，未来综合能源服务间的竞争将是服务间的竞争以及更高形态的生态圈间的竞争，作为综合能源服务生态圈的各主体间，必须以服务导向的互联网思维以及共生共赢的生态思维适应新型竞争形势。

攻破体制机制及技术壁垒加快落地

综合能源服务是产业互联网在能源这一垂直领域应用的先头部队，对能源产业互联网具有重要的引领作用，因此综合能源服务的发展必须率先攻破体制机制及技术壁垒，推动综合能源服务从示范到实践、从科研到应用，切实推动能源产业发展及绿色低碳转型。

首先，建立保障综合能源服务落地的政策机制。综合能源服务以提高能源利用效率、降低客户用能成本、促进新能源发展为目标，因而必然追求全系统综合效益的最大化。一方面，作为传统能源供应商的既得利益必然遭受侵蚀，因而必须以科学、前瞻性的政策措施加以引导，为综合能源服务市场拓展提供支撑，同时进一步倒逼传统能源供应商的转型。另一方面，作为综合能源服务生态圈的共生伙伴，必须建立完备的合作机制，确保在推广应用的过程中，能够进行高效协同，降低伙伴间潜在的交流沟通成本，并通过建立合理的利益分配机制推动共生生态的良性发展。

其次，保障综合能源服务技术经济性与安全性。综合能源服务是面向客户的市场化行为，通过市场引导还原能源的商品属性，因此以经济性为基础的价值创造及客户自主选择是发展及推广的必要条件，而提高综合能源服务技术成熟度是推动技术经济性，进而推动综合能源服务走向实践的根本手段。此外，随着泛在电力物联网与综合能源的进一步融合，信息安全、网络安全将成为能源供给全新的不稳定因素，用户隐私保护也将被日益重视并成为综合能源服务发展必须解决的问题之一。

目前，基于泛在电力物联网建设，国家电网有限公司已开展或正在开展诸多综合能源服务实践，围绕“泛在电力物联网+综合能源服务”的良好生态逐步建成。未来，依托泛在电力物联网的连接及共享功能，将为政府洞察城市内部产业结构变化提供便利的入口，有望进一步实现与智能家居、智慧城市、智慧能源的即插即用，并最终切实服务于能源革命及经济社会发展。

（作者王晓晨、徐沈智供职于国网能源研究院有限公司，陈迪为中国人民大学在读博士）

王晓晨 陈迪 徐沈智　中国能源报　2019-07-15

## 国网聚力深拓综合能源服务“蓝海”

7 月 9 日，中电联售电与综合能源服务分会在京成立，国网节能服务有限公司担任分会执行会长单位。就在前不久，6 月 28 日，中国综合能源服务产业创新发展联盟成立，由国网节能公司负责联盟的具体筹建和运作。不到半月时间，国网节能公司分别在两个综合能源服务相关组织里担任重要角色，这意味着什么？颇受关注的综合能源服务为何此时迎来快速发展的良机？本报记者近日对此进行了采访调查。

多年布局开始结果

据了解，综合能源服务是一种基于泛在电力物联网技术，以满足客户多元化、个性化能源需求为中心，以提高能源利用效率、降低客户用能成本、促进新能源发展为目标的新业态。近年来，综合能源服务作为适应现代能源供应体系和消费方式多样化变革应运而生，相比传统的能源消费习惯，在提高能源利用效率、提升可再生能源比重等方面优势明显。

“培育综合能源服务新业态，引领能源发展转型升级，是推动能源革命的最新实践，对提高能源供给体系质量效益、构建清洁低碳用能模式、推进能源科技创新、深化能源体制改革、扩大能源对外合作等均具有重要意义。”国网节能公司董事长、中电联售电与综合能源服务分会执行会长任伟理指出，综合能源服务聚焦能源发展和客户多元需求，增强泛在互联和深度感知能力，提升能源系统的灵活性和便利性，大幅降低全社会能源的生产和交易成本，是解决客户“痛点”、服务“盲点”的有效途径。

同时，综合能源系统将实现各环节万物互联、人机交互，具有状态全面感知、信息高效处理、应用便捷灵活特征的智慧能源综合服务系统，将助力我国抢占全球能源变革和能源互联网产业发展的制高点，实现能源电力创新发展、协调发展、绿色发展、开放发展、共享发展。

那么，为何将分会命名为售电与综合能源服务分会？国家能源局电力司副司长郭伟表示：“售电作为电力市场的重要组成部分，是开展综合能源服务的一种重要的服务手段和业务拓展手段。深入开展综合能源服务，推进售电市场化进程，能有效提高全社会的综合能效，降低企业投资运营成本，有利于推动电力体制改革和能源供给侧改革。”

近年来，在清洁低碳、安全高效的能源体系构建过程中，电力企业正在打破传统的“重发、轻供、不管用”机制，从能源供应商向服务商转型，在此背景下成立综合能源服务型相关组织正当其时。其实，国网在多年前就已开始布局综合能源服务业务，并于 2012 年 12 月成立国网节能公司。2017 年 11 月，国网下发《关于在各省公司开展综合能源服务业务的意见》，明确将综合能源服务做为主营业务，将综合能源服务业务做为新的利润增长点，培育新的市场业态，从卖电向卖服务转型，提升公司的市场竞争力，并在机构设置上做出重要调整，将“省节能服务公司”更名为“省综合能源服务公司”，由省电科院二级机构调整为省公司二级单位直接管理，显示了国网对综合能源服务的重视。

今年 2 月，国网印发的《推进综合能源服务业务发展 2019-2020 年行动计划》提出，该公司将统筹布局综合能效服务、供冷供热供电多能服务、分布式清洁能源服务和专属电动汽车服务四大重点业务领域，构建综合能源业务信息体系，推动泛在电力物联网技术应用。

能源转型的重要抓手

国家发改委能源研究所能源系统分析研究中心主任周伏秋预计，2019-2021 年，能源输配、售电、

分布式能源开发、节能、储能、综合智慧能源服务等领域的市场需求从数十亿元到数千亿元不等。无论是中电联售电与综合能源服务分会还是中国综合能源服务产业创新发展联盟，都聚集了能源电力企业、节能环保企业、设备制造商、大型供热集团、信息通信、互联网企业、售电公司等跨领域上下游企业。这些企业或已初探经验，或正跃跃欲试，都希望探索这片千亿元级别的“蓝海”。

中国能源研究会常务副理事长史玉波介绍：“近几年来，综合能源服务市场逐步活跃，跨行业的各类企业在冷热电三联供、工业余热余压利用、分布式能源综合利用等方面进行了积极尝试，不断提升能源清洁化程度、能源利用效率和能源服务水平，促进了能源使用的智能化，初步得到用户的接受和认可。随着用户对能源服务需求的不断提升，综合能源服务市场将蓬勃发展。”

综合能源服务覆盖面广，无疑是一项跨界工程。在客户能源需求上，灵活可靠的电能在新增工业园区和公共建筑用能中占比较高。据了解，战略新兴产业用电量大，在整体用能中占比大多在 50%以上；公共建筑除集中供暖能耗外，空调、照明、插座产生的用电能耗约占其总能耗的 90%，电能在满足终端需求和实现多能互补中处于核心地位。

“综合能源服务可有效提高能效，降低投资运营成本，有利于推进能源供给侧改革，带动和提升能源相关产业的国际竞争力。电网是综合能源服务的关键载体，电网企业将在综合能源服务中大有作为。”华为技术有限公司能源行业产品管理部总经理董伟嗣认为。

发展初期仍存诸多挑战

尽管综合能源服务发展正当其时，也是许多相关企业转型的发轫之始，但在发展初期，仍存在一些问题和挑战。

史玉波指出，首先，综合能源服务核心技术和商业模式创新有待突破，可再生能源接入和高比例应用、联合储能技术、多种能源的协调运行互补等技术仍需加大研发力度；其次，不同能源品种间仍存在一定的体制和市场壁垒，供电、供气、供冷、供热等各种能源供应系统单独规划、单独设计和独立运行，在规划、建设、运行和管理层仍相互独立，存在体制壁垒。“这些问题都需要以发展的眼光及作为加以解决，特别是在政策和标准制定、关键技术研发与推广、重点项目试验示范等方面，政府有关部门、企业界和知识界应该共同努力，推动综合能源服务技术和产业发展。”史玉波表示。

董伟嗣认为，发展能源一体化供应服务，面临的最大挑战是要打破不同设备、不同能源、不同主体间的壁垒，在体制机制变革、技术创新及政策的共同驱动下，实现互动互补、协同共享，创造价值。物联网技术开启了万物互联时代，将通过有机连接不同能源设备，提升其可感可控性，促进电气冷热多能互补和源网荷储不同市场主体间的互动互济，实现市场对能源资源的优化配置。

可以预见的是，随着物联网尤其是泛在电力物联网技术快速发展，促使能源流、信息流、价值流紧密耦合，必将促进融通融合，高效推动以能源一体化供应为代表的综合能源服务产业发展。

任伟理在不久前也表示，依托泛在电力物联网架构，国网节能公司建设运营“绿色国网”智慧能源综合服务平台，让互联网思维和技术为传统电网赋能，促进管理、运营、服务全面升级。此外，国网节能公司还将充分发挥客户用电数据优势，对接产业链上下游与客户侧资源，推动数据共享，促进数据价值的有效挖掘和各方价值交换，形成汇聚全产业链业务和数据的核心枢纽。

本报实习记者 齐琛冏　中国能源报　2019-07-15

## 可再生能源发展专项资金为啥给了非可再生能源？

6 月 20 日，财政部发布《关于<可再生能源发展专项资金管理暂行办法>的补充通知》。

《补充通知》明确，可再生能源发展专项资金适用于支持煤层气（煤矿瓦斯）、页岩气、致密气等非常规天然气开采利用。

对此，有可再生能源企业找到记者频频“诉苦”，可再生能源发展专项资金怎就支持了作为化石能源的煤层气（煤矿瓦斯）、页岩气、致密气等非常规天然气呢？

“此前，我们不需要关心补贴的‘大盘子’有多少，而现在业内都十分关心补贴总额的分配”

“支持可再生能源发展的专项资金怎么支持了煤层气、页岩气和致密气？这些算可再生能源吗？”

“可再生能源的度电补贴都拖了这么长时间了，为什么可再生能源发展专项资金还要用来补贴非可再生能源？”

“生物质天然气是可再生能源吧？国家不补贴我们就算了，怎么用可再生能源的钱去补贴化石能源里的非常规气呢？”

2015 年财政部印发的《可再生能源发展专项资金管理暂行办法》（下称《暂行办法》）显示，可再生能源发展专项资金，是指通过中央财政预算安排，用于支持可再生能源和新能源开发利用的专项资金。由财政部会同有关部门管理，实行专款专用，专项管理。专项资金重点支持范围包括可再生能源和新能源重点关键技术示范推广和产业化示范、可再生能源和新能源规模化开发利用及能力建设、可再生能源和新能源公共平台建设、可再生能源和新能源等综合应用示范以及其他经国务院批准的有关事项。

“只是保留了‘可再生能源发展专项资金’这个名字，方向上还是有扩展的”

那么，煤层气（煤矿瓦斯）、页岩气、致密气等非常规天然气的开发利用是否属于专款专用的重点支持范围呢？

从事煤层气开发利用的贵州盘江精煤股份有限公司董事杨世梁坦言，非常规天然气并非可再生能源。“煤层气、页岩气和致密气是矿产资源，是一次能源，用完即无，不可再生。但是，和其他一次能源相比，非常规天然气可减少对生态环境的污染，其排放的氮氧化物、二氧化碳和二氧化硫较低，因此应该从支持清洁能源的角度大力鼓励非常规天然气的创新开发利用。”

为此，记者也与财政部经济建设司相关工作人员取得了联系。工作人员告诉记者，此次《补充通知》中关于补贴煤层气（煤矿瓦斯）和页岩气的规定并非新政，只是针对 2015 年《暂行办法》的进一步说明，“专项资金支持煤层气和页岩气也是此前就有的，致密气是按照中央的要求新增的”。“十八届三中全会以后，国家对财政专项转移支付的管理有了一些调整，一些小的专项合并到大专项里了，针对煤层气等一部分行业的专项资金就统一划归到‘可再生能源发展专项资金’名目下了，只是保留了‘可再生能源发展专项资金’这个名字，方向上还是有扩展的。而且根据 2015 年的《暂行办法》，非常规天然气也是属于新能源范畴内的。”

“支持可再生能源发展的专项资金怎么支持了煤层气、页岩气和致密气？这些算可再生能源吗？”

合并了部分专项、保留了原有名称，那可再生发展专项资金的金额是否因此作出了调整呢？面对这一问题，财政部经建司工作人员则表示，经建司是业务司局，接受采访需要经过办公厅许可。“我只能跟你说一些背景，专项资金的划归、合并是十八届三中全会以后有专门要求的。”

财政部公布的 2017 年、2018 年可再生能源发展专项资金分配情况显示，专项资金总额分别为 463016 万元和 596577 万元。特别是 2018 年，用于支持煤层气和页岩气开发利用的分别为 109441 万元和 380249 万元，剩余 1809 万元和 105078 万元分别用于支持生物乙醇燃料和农村水电的增效扩容。据此计算，2018 年的可再生能源发展专项资金中有 80%以上用于支持了作为化石能源的煤层气和页岩气的开发利用。

虽然可再生能源发展专项资金下大力气补贴了非常规天然气的开采利用，但对于“小专项合进大专项”后的资金分配和使用，非常规气企业也有自己的想法。

中国石油华北油田公司副总经理朱庆忠告诉记者，此前国家对非常规天然气的补贴是有单独政策支持的。2007 年，财政部发布《关于煤层气（瓦斯）开发利用补贴的实施意见》，该项政策实施至 2016 年，2017 年起被合并至可再生能源发展专项基金。

朱庆忠表示，目前煤层气、页岩气和致密气三种都归为非常规天然气，列于可再生能源发展专项基金之一，然而在煤层气领域，要实现高效盈利开发还“任重而道远”，技术等方面还需要不断突破，“煤层气的补贴单独出来可以更好的支持行业发展”。

记者在采访中了解到，此前可再生能源发展专项资金对非常规天然气的奖补按照产量定额发放，

而自本年度起改为“多增多补”，对超过上年开采利用量的，按照超额程度给予梯级奖补，对未达到上年开采利用量的，按照未达标程度扣减奖补资金。同行业多数企业负责人都表示了对设置“扣减奖补资金”的不理解。

“虽然《补充通知》中，对计入奖补范围的非常规天然气开采利用量的计算方式，奖补资金分配系数及计算公式做出了明确规定，但对我们来说情况依旧不明朗，此前我们不需要关心补贴的‘大盘子’有多少，而现在业内都十分关心补贴总额的分配，这关系着我们今年的利润总额测算。”一位不愿透露姓名的煤层气企业相关负责人表示。

本报记者 姚金楠　实习记者 董梓童　中国能源报　2019-07-01

## 印度新预算草案利好能源业

7 月 5 日，印度新任财政部长尼尔马拉·西塔拉曼（Nirmala Sitharaman）向议会提交了 2019 至 2020 财年（2019 年 4 月 1 日至 2020 年 3 月 31 日）最新财政预算草案。草案中涉及的与能源产业相关的政策和主张普遍积极，包括提高本土石油产出、增加基建支出、鼓励电动汽车、放宽对外直接投资门槛等。印度总理莫迪表示，这份新的预算草案有助于发展现代化基础设施并增强印度企业的竞争力。

吸引外资参与上游开发

“当前，印度经济增速明显放缓，我们需要在油气开发、基础设施、数字经济和中小企业就业方面投入巨资。”西塔拉曼告诉议会，“2019 至 2020 财年的一大目标是将财政赤字占 GDP 比重降至 3.3%，并成为一个 3 万亿美元的经济体，到 2024 至 2025 财年成为一个 5 万亿美元的经济体。”

为了吸引更多外资和国际油企参与印度上游勘探和生产活动，印度政府将采取“减税或不收费”等措施。新预算草案中显示，根据产量分成合同在“特定”油田进行石油生产活动，或是通过国际招标获得新勘探许可政策授予的区块并参与开发，都将不再缴纳一定的税费。

印度《经济时报》指出，所谓“特定”油田指的是印度最大两家勘探商印度石油天然气公司（ONGC）和印度石油勘探公司（Oil India）旗下以“提高采收率”为重点的 66 块油气田。这 66 块油气田将通过招标授出，中标者将不再向印度政府缴纳每吨 1%的消费税，同时还拥有自主营销和自由定价权，可以通过市场竞争的方式出售油气。

这些油气田当前产量仅占印度总油气产量的 5%。有分析师指出，莫迪政府一直强调要降低对进口石油的依赖，但该国石油进口量估计仍将从 2018 至 2019 财年的 83.8%上升至 2019 至 2020 财年的 86.8%。

不过，新预算草案可能导致印度本土汽油和柴油变得更加昂贵。《今日印度》报道称，新财长计划提高本土汽柴油的消费税并将进口石油关税提高 1%，这预计将为印度国库带来 2.5 亿卢比的额外收入，届时该国汽油价格将超过 2.5 卢比/升，柴油价格将超过 2.3 卢比/升。

加速实现“一国一网”

印度新预算草案中还明确了电力改革事宜，强调会尽快公布电力部门一揽子计划。彭博社 7 月 8 日报道称，西塔拉曼并未对一揽子计划做出详细介绍，但表示将持续推动电力结构改革，以最终实现“一国一网”的目标。

“电力部门关税和结构改革将很快公布，为了将基础设施提升到新的水平，‘一国一网’目标十分重要。”西塔拉曼表示，“我们承诺凡是有意愿参与天然气和电力联网的农村家庭，政府将在 2022 年前帮助他们实现这一目标。”

印度《金融快报》指出，“一国一网”旨在为印度各邦提供负担得起的电力，同时也是该国电力改革的一部分。“一国一网”的雏形正是莫迪政府 2017 年提供的一个名为“好运项目”（Saubhagya）的供电计划，该计划力求打造一个可以将城市和农村全面覆盖的电网，以进一步实现家庭电气化。

截至目前，“好运项目”已经为超过 2500 万户印度家庭提供了免费连接印度国家电网或领取高额

供电补贴的资格，目前印度北部还有 4 个邦的农村仍没有接入国家电网。

印度电力和可再生能源部长 RK Singh 透露，天然气发电计划和关税政策正处于起草阶段。事实上，除了全面实现电气化，以合理价格保证不间断电力供应，也是印度电改的一大重点。

电动汽车获得强力支持

电动汽车和能储行业也得到了印度政府前所未有的重视。“我们希望通过提供广泛的财政激励措施、创建有利的监管环境，支持电动汽车行业的发展。”西塔拉曼称。

彭博社指出，印度正在寻求成为全球重要的电动汽车制造中心。为了带动电动汽车及其相关电池、储能业务的发展，该国计划下调现有电动汽车的消费税率，并为购买者提供一定的贷款补偿，同时还将取消对锂离子电池征收关税，以加速降低在海外生产的印度锂离子电池的成本，并为电池制造商提供投资相关的所得税减免。

市场调研机构 IHS Markit 指出，印度目前每年电动汽车销量不到 2000 辆，而燃油汽车年销量则高达 400 万辆。新预算草案中的利好机制，将极大带动该国电动汽车行业的发展。

印度当前已进入“实施混合动力和电动汽车快速采用和制造计划”的第二阶段，即进一步扩大电动汽车普及率，该阶段旨在 3 年内支出 1000 亿卢比，鼓励新建充电设施以及改进现有充电技术。

可再生能源投资机会多

在提到可再生能源产业时，西塔拉曼坦言：“为了提高生活质量和生活方式，保持更清洁的环境并确保可持续的能源使用至关重要。”

她向议会提交的一份经济调查报告显示，印度正在实施全球规模最大的可再生能源扩张计划之一，该计划到 2022 年将需要约 800 亿美元的额外投资，2023 年至 2030 年间将增加两倍多至 2500 亿美元，预计未来十年印度每年将有超过 30 亿美元绿色能源投资机会。

西塔拉曼介绍称，印度在全球风能、太阳能装机量方面分别排名第 4 和第 5，可再生能源整体装机量在全球也排名第 5，绿色电力在总发电量中占比已经从 2014 至 2015 财年的 6%升至 2018 至 2019 财年的 10%。

“可再生能源是一种战略性国家资源，利用这些资源是印度实现社会公平和能源转型愿景的一部分，同时也是实现能源安全、减缓气候变化、强大国家经济的重要手段。”她强调，“印度的可再生能源装机量约为 80 吉瓦，我们计划到 2030 年实现 175 吉瓦、到 2030 年实现 500 吉瓦的装机量。”

本报记者 王林　中国能源报　2019-07-15

## 山西能源转型要敢为天下先

一把看似普通的遮阳伞，由于表面多了一层柔性太阳能薄膜，一次性可储电 4 万毫安时、为伞架自带的 LED 灯供电 10 小时；伞柄装有 4 个 USB 接口，能满足 10 部电池容量为 3000 毫安时手机的充电需求。

一瓶不起眼的白色颗粒物，实则是一种熔点高达 110℃的高端蜡，可放心涂在盛满沸水的纸杯内壁用于防水，或用于化妆品生产等领域，每吨售价达万元。

一款超高效光伏发电产品——双面异质结电池组件，凭借 24.73%的光电转换效率达到世界领先水平，在不同环境下可推动发电量增加 8%—20%。

……

这些“清洁”产品，是记者近日在 2019 中国（山西）国际清洁能源博览会现场所见。而它们分别产自同煤集团、潞安集团及晋能集团——无一例外均为山西当地煤企。

传统煤企探路转型在山西并不鲜见。日前，中央深改委第八次会议审议通过了《关于在山西开展能源革命综合改革试点的意见》，标志着山西正式成为全国首个能源革命综合改革试点（下称“综改试点”）。正如国家能源局局长章建华所言，山西能源转型将为“深入推进能源革命总结可复制、可推广的有益经验”。山西究竟该往哪儿走，特别是如何走出“年年喊转型，年年转不动”的怪圈，随之

成为行业焦点。

“相比口号、决心，实际推进的速度、力度有待加强，行动效果因此受限”

综改试点为何落在山西？山西省社科院能源经济研究所所长韩东娥认为，既有历史原因，也有现实的紧迫需求。

“山西作为全国综合能源基地、煤炭产量第二大省，为全国经济发展贡献了力量，同时也带来了‘一煤独大’的结构性问题，遭遇结构失衡、市场剧变等切肤之痛。无论从煤炭产业本身，还是从经济社会发展看，山西均已到了‘不得不转’的关键时刻。”韩东娥称。

除制约发展，清华大学山西清洁能源研究院常务副院长张建胜指出，“因煤而困”的山西还面临巨大环境压力，例如，地下水污染、采煤沉陷区、大气污染等问题频发，群众对此意见较大。“种种因素叠加，山西早在七八年前便开始谋求转型。”

从“十二五”期间提出“绿化山西、气化山西、净化山西、健康山西”行动，到 2017 年印发《贯彻落实国务院支持山西省进一步深化改革促进资源型经济转型发展意见行动计划》《山西打造全国能源革命排头兵行动方案》，山西转型决心可见一斑。多位业内人士也称，山西主动“减煤”，为能源转型奠定了基础，但同时，“相比口号、决心，实际推进的速度、力度有待加强，行动效果因此受限”。

“以煤化工产业为例，立项、论证的项目很多。但部分虽通过了前期工作，最终却未落地；有项目对外宣传得响，实际长期亏损；有的甚至可能拖垮所在企业。比如 2018 年，山西省工信厅布局 100 个煤化工项目，截至目前至少一半难落实、不落实，有些仅停留在‘统计’层面，还有项目在今年的新计划中悄然没了身影。”一位知情人士坦言。

多项统计数据也可佐证山西“转型进度”远不及预期。如在 2014、2015 年有所下降的基础上，山西煤炭消费总量在 2016、2017 年连续反弹。受燃煤污染影响，在生态环境部去年公布的 169 个重点城市空气质量排名中，山西临汾位列倒数第一，后 20 位城市中山西独占 6 席。就在半个月前，山西省生态环境厅还主动约谈朔州、大同等 6 市，原因正是污染不降反升、空气质量持续恶化。

“山西环保压力很大。”山西省生态环境研究中心原主任袁进此前在接受记者采访时曾表示，截至 2017 年，山西煤炭消费仍占一次能源消费的 84%左右，高出全国平均水平 24 个百分点，可再生能源使用比例低于全国平均水平 9 个百分点。“在治理主动性上，山西仍显不足。”

“能源转型进展之所以相对缓慢，一个重要原因是传统观念尚未扭转”

多位业内人士指出，煤炭消费比重偏高、环境保护压力较大、技术及人才支撑不足是山西目前面临的公认难题，而其背后涉及思路、机制体制等更深层次的原因。“能源转型进展之所以相对缓慢，一个重要原因是传统观念尚未扭转。”

不止一位当地人士告诉记者，在全省号召之下，山西各市均在积极布局改革，其中一个主要手段就是通过“上项目”壮大清洁能源产业。不可否认，有些项目产生了实实在在的效益，但也不乏强摊派、硬上马的情况，给企业造成了负担。

“比如全市要上 10 个新项目，8 个都落在我们头上。实际上，有些新能源项目并不适合，有的合作伙伴我们也并不看好，但由于是政府出面牵线搭桥，我们身为当地支柱企业又不得不接。”一位煤企负责人无奈坦言。

而就已有项目，太原理工大学煤科学与技术实验室主任王建成认为，由于大多是“各自为政”，规模效应有限。“无论政府，还是个体的企业、科研机构都应站在全局视角。思路不变，仅靠一个企业、几个项目，或针对某个企业做技术革新，力量远远不够。”

上述情况也引起了中国社会科学院工业经济研究所能源经济研究室主任朱彤的关注。“谈及转型，有观点认为就是必须发展可再生能源。可再生能源固然重要，但我认为，转型的终极目标是减少二氧化碳排放，从这个意义上说不只包括可再生能源。通过提高能源利用效率，降低化石能源消费总量，从而达到碳减排效果，是另一个重要方向。结合山西实际，在短期内难以完全替代煤炭的情况下，二者不可偏废。”

朱彤同时指出，一味摊派显得机械：“是不是所有煤企都要发展可再生能源？要求企业必须有多

少份额的可再生能源，相当于把改革这一宏大目标，简单用行政手段予以干预，复制到企业身上，在一定程度上是抑制、削弱了企业活力。目标和行政手段之间要有效率意识，观念不改变，在能源转型体制本身存在问题的情况下，行政手段一定是短期、暂时的，出现反弹在所难免。”

“发展氢能一定就是清洁能源产业吗？我们还要考察氢是怎么来的。”张建胜举例，若通过高耗能产业生成氢气，这样的氢就是“黑色”的，只有全过程清洁才是真正干净的能源。“因此，转型先要实现公平的能源竞争环境，改变直接干预的宏观调控方式，从全生命周期进行考量，而不是仅看某一环节。”

“山西虽然发展多年，但现有技术对煤炭仍未真正做到‘吃干榨净’”“ 对煤的注意力不应分散”

“山西是中国传统能源基地，有着丰富而优质的煤炭资源，风能、太阳能等清洁能源也十分丰富。当前，山西正在积极打造能源革命综合改革试点，国家能源局将与山西省一道，为深入推进能源革命总结可复制、可推广的有益经验。”章建华说。

究竟什么样的转型路径真正适合山西？朱彤表示，鉴于转型的复杂性、长期性，现阶段很难一下子给出明确路线，但可以肯定，转型首先要树立正确意识。“就山西而言，不是简单说不让用煤就不用，一下子跑去发展非煤产业。同时也要认识到，山西必须实现煤炭消费总量控制，煤炭占比分步骤、分阶段逐步完成下降。”

“我认为，山西现已不像过去那么依赖煤炭，只是其他产业尚未迎头赶上，对比之下显得煤炭‘盘子’依然较大。山西已经明确，到 2020 年，煤炭产量控制在 10 亿吨以内，且煤炭在一次能源消费中的比例下降到 80%。在此框架下，重点是提高煤炭供应质量以及清洁高效利用。”韩东娥认为，面对“煤”与“非煤”的选择，山西应从单一领域扩展到能源全领域，在煤炭及电力、新能源、能源技术和对外合作等领域发力，努力走出一条产业优、质量高、效益好、可持续的新路径。

张建胜则表示：“从能源禀赋出发，山西对煤的注意力不应分散，通过立足煤炭、科学用煤，优化存量是能源转型的首要任务。同时引导能源结构多元化发展，未来能源消费的增量部分主要由清洁能源提供。这就好比，煤炭在未来较长一段时间内，仍将是山西的主要支柱。只是说，这根‘柱子’不会再像之前那么粗、那么大，在其周围越来越多的‘小圆柱’逐渐树立，共同支撑发展。”

在此基础上，张建胜指出：“山西虽然发展多年，但现有技术对煤炭仍未真正做到‘吃干榨净’，清洁高效利用的程度仍然不够。未来煤炭的一个重要角色，应是替代生产过去以石油化工为原料的产品，减轻石油消费压力。掌握适合我国国情的煤炭清洁高效利用和近零排放技术，实现煤炭由主导能源向基础能源战略转变。”

本报记者 朱妍　实习记者 李玲　中国能源报　2019-07-08

## 山西为全国能源转型探路

山西是煤炭大省，也是全国综合能源基地。煤炭产量全国排第二，外调量占总产量 3/4；2017 年，发电装机容量 8072.7 万千瓦，发电量 2765.5 亿千瓦时，外送电量占总发电量近 1/3；煤层气地面开发产能、产量、利用量占全国 90%以上，光伏领跑者发电规模位居全国第一。山西作为能源革命综合改革试点，若能够成功闯出一条路子来，就可以向其它类似的能源大省提供借鉴性的经验。可以说，山西的探索和尝试，也将为中国的能源转型升级提供山西经验，贡献山西智慧。

山西要以能源革命为契机，从更高层次的战略层面用好山西的比较优势，带动传统产业改造提升，逐步实现传统向现代的蝶变。

目前，山西经济已经到了必须转型的关键时期。长期以来，山西在为全国经济发展做出贡献的同时，也形成了高度依赖煤炭资源的经济结构，过多倚重煤炭价格。近 30 年来，随着煤炭市场的动荡起伏，山西经济呈现“三起三落”的特征。不仅如此，随着煤炭的高强度开发，山西生态环境脆弱，环境污染严重。如今，山西正处于一个重大历史拐点。无论是煤炭产业，还是整体经济，山西的经济结构需要全面转型升级，迫切需要在转型创新中焕发新活力。因此，山西转型发展要以能源革命

为契机，从更高层次的战略层面用好山西的比较优势，带动传统产业改造提升，逐步实现传统向现代的蝶变。

山西将从单一领域扩展到能源全领域，在煤炭、煤层气、电力、新能源、能源技术和对外合作等领域发力，努力走出一条产业优、质量高、效益好、可持续的发展新路。

在山西进行能源革命综合改革试点之前，中央已对山西推进能源革命进行了部署。2017 年 9 月，国务院印发《关于支持山西省进一步深化改革促进资源型经济转型发展的意见》，强调要把山西建成资源型经济转型发展示范区、打造能源革命排头兵；近年来，山西认真制定并印发了《山西打造全国能源革命排头兵行动方案》，全省以推动能源革命为引领，在能源供应、消费、技术、体制合作方面进行了一系列的改革和创新。严格控制煤炭产能，大力推进资源配置市场化，深化行政审批制度改革，大力推进电力体制、煤层气管理体制和国有煤炭企业改革，取得了较好成效。三年来，山西累计退出煤炭过剩产能 8841 万吨，先进产能占比达 57%，煤层气产量和利用量占全国 90%以上，新能源发电装机占比达到 22.9%，全省能源供给质量持续改善；晋煤集团建成煤层气开发技术研发体系，拥有国家专利 120 多项。

山西推动能源革命虽已走在全国前列，但仍面临诸多问题。煤炭消费比重高，资源综合利用程度低、能源生产和消费对生态环境质量改善压力大，能源技术水平总体落后，能源体制机制改革仍不完善。从 1980 年到 2013 年煤炭消费总量呈现较快增长态势，2014 年和 2015 年连续两年虽有下降，但 2016 年和 2017 年煤炭消费量又有反弹。2019 年 1-3 月，全国 333 个地级市地表水水质排名中，后 30 个城市中山西占了 3 个。

此前，山西的能源变革，如煤炭管理体制改革、电力体制改革，都是针对单一能源形式、单一能源领域进行的，相关试点也限定为该领域的改革。今后，山西将从单一领域扩展到能源全领域，在煤炭、煤层气、电力、新能源、能源技术和对外合作等领域发力，努力走出一条产业优、质量高、效益好、可持续的发展新路。

山西要完善煤层气勘查区块公开竞争出让制度，全面建立煤层气矿业权退出机制。深化电力体制改革，加快输配电价改革。完善国有资本授权经营体制，改革国有资本监督管理体制，调整优化国有资产布局，更大力度推进国有企业混合所有制改革。

今年 4 月，国家发改委印发的《2019 年国家综合配套改革试验区重点任务》中，对山西提出具体要求：完善煤层气勘查区块公开竞争出让制度，全面建立煤层气矿业权退出机制。深化电力体制改革，加快输配电价改革。完善国有资本授权经营体制，改革国有资本监督管理体制，调整优化国有资产布局，更大力度推进国有企业混合所有制改革。

具体讲：一是努力推进煤炭绿色开采和清洁高效利用。控制煤炭消费总量，推进煤炭减量置换和减量重组，加快先进产能建设、提高先进产能占比，推动产业结构优化升级。推动煤炭绿色开采，推进绿色矿山和智能矿山建设，提高煤炭清洁供给水平。二是加快建设国家非常规天然气保障基地，努力推进“三气共采”，建设煤系“三气”共探共采示范区。根据不同地区深部煤层气、致密砂岩气、页岩气三气共生特点，选择合适技术进行综合开发利用，降低开发成本，实现资源的高采收率。三是建设电力外送基地，全国 14 个煤电基地，山西就有 3 个，努力推动煤电产业优化升级，加快燃煤机组改造提升，积极拓展电力市场，加强电力外送通道建设，大力发展煤电调峰机组，积极推进电力市场化改革。四是努力发展现代煤化工。煤化工产业是煤炭产业转型的主导产业，重点向煤基清洁能源和煤基高端石化产业发展，坚持大型化、园区化、一体化的现代产业发展模式，以重大项目为龙头，充分利用煤炭资源优势，实现差异化发展。五是主要通过建立企业技术中心、依托企业开展能源领域的科技研发，提高科技成果转化率。

（作者供职于山西省社会科学院（省政府发展研究中心））

韩东娥　中国能源报　2019-07-01

## 摆脱煤炭依赖，山西能源革命将更有前景

今年 5 月召开的中央全面深化改革委员会第八次会议审议通过了《关于在山西开展能源革命综合改革试点的意见》。作为全国重要的煤炭大省和能源基地、煤炭主产区和五大综合能源基地之一，山西省正在为全国的能源革命综合改革探路。为什么试点选择山西？山西的能源优势和困境分别是什么？能源革命将为山西带来哪些改变？在山西开展能源革命综合改革试点一个月之际，记者专访了中国能源研究会副理事长、国家发改委能源研究所研究员周大地。

能源革命是经济转型的重大课题

记者：您认为能源革命试点为什么先选择山西？资源型城市的能源转型对城市的高质量发展起着什么样的作用？

周大地：能源转型不只涉及能源本身，而是整个经济转型中的重要行业，山西有着大量煤炭和火电，如今要“革命”，发展可再生能源，压力不可能不大，甚至会有点“割肉”的感觉，但是能源转型必须要进行。

为什么山西要转型？一方面，从能源发展角度来看，我国的原煤产量从十几吨上升到三十多亿吨，的确支撑了 21 世纪以来工业特别是电力、冶金、水泥等行业对能源的需求，但是也带来了巨大的环境压力——土地塌陷、城市污染、生产安全事故等等，各方面的负担都很重。山西曾经是中国煤炭的最大生产省，“煤老大”的帽子戴了很多年，山西也曾经提出过要控制煤炭产量，加强环境保护，提升煤炭煤矿的质量。但是 2002 年煤炭迎来了“黄金十年”，山西省也难以抵御市场的拉动，煤炭产量还是继续增长。

另一方面，从经济角度来看，现在扩张型的经济增长走到了平台期，应该追求高质量发展。高质量发展有很多方面的含义。如果不提高单位产出的效益，还是凭劳力、资源、环境，大量生产低附加值产品，那中国经济是不可行的。我国人均 GDP 现在好不容易达到 1 万美元左右，如果将来要达到中等发达国家 3—4 万美元的水平，靠现在这些低附加值产品是没有市场空间的。因此经济方面必须有新的增长点。

记者：中国工业和经济发展付出了较大的资源和环境代价，您认为推进我国能源生产和消费方式变革的背景和必要性是什么？

周大地：除了经济转型的需求外，国内和全球的环境问题也要求尽快能源转型。2013 年前后，雾霾问题在华北、华南、华东等地区都很严重，山西也不例外。

从环境和生态文明建设来看，人们生活质量要不断提高。城市化进程越来越集中，对于能源清洁化的要求越来越迫切。全世界的能源都在向安全高效、绿色低碳方面转型，为什么？因为气候变化的问题和挑战日益突出。能源低碳化成为现实问题，不管发展中国家还是发达国家，都要在这方面努力。

要实现《巴黎协定》温升控制在 2℃以内的目标，时间非常紧迫。中国的煤炭在一次能源消费中占 60%左右的比例，要实现这个目标，没有多少时间了。从能源研究的结果来看，中国要真的实现低碳化，首先要把煤炭产量和消费量都减下来。在此过程中，可再生能源来替代火电，天然气在过渡阶段可以大量替代煤炭，总之在化石能源之中，煤炭是第一个要退出燃料舞台的。

因此对于山西省来讲，依靠煤炭的经济增长空间不会更大了。增量不可依靠，存量也保不住，对于以煤为主的资源型省份来讲，是非常严峻的挑战。资源型省份和城市如果未来经济增长还是单纯依靠煤炭等资源为主，就可能落入“无路可走”的困境。

能源革命要避免只围绕煤炭做文章

记者:《山西打造全国能源革命排头兵行动方案》提出要推动煤炭清洁高效开发利用，在您看来，煤炭清洁化利用算不算能源革命？

周大地：煤炭行业的创新和清洁化利用，从能源革命的角度来说，还是眼光太局限了。 我认为围绕着煤炭转不会彻底解决碳排放问题，要防止在煤炭所谓的“产品链延伸”方面做文章。煤炭用传

统方法利用不再可行，维持存量的话就要找出路，进行清洁高效开发利用。但是煤化工投入巨大，附加值比较低，例如煤制油投资成本巨大，而且受油价影响较大，并且市场可扩张性、知识产权长期使用的范围也比较窄，市场前景有很多不确定性。

能源革命要防止只在煤上面做文章，煤炭的清洁高效开发利用并不能成为所谓的未来能源，而“今朝有酒今朝醉”的心态，用新瓶装旧酒，不是未来的最终方向。

煤炭清洁高效利用当然要做，但是绝对不能作为能源革命最重要的方面。煤炭的清洁高效利用，是不论是否转型都必须要做的事。我们需要全面理解什么叫能源革命，真正的能源革命要摆脱对煤的依赖，这个很关键。政府和社会要下定决心，鼓励向非煤行业发展。

记者：山西的能源革命对其他相似的资源型城市和地区有什么借鉴意义？

周大地：以传统能源为经济主要支柱的省份的确都面临类似的能源、环境和经济问题。在能源生产革命方面，尽管一些省煤炭产量高，火电也过剩，但是发展可再生能源，多产业带动经济发展，加快低碳能源转型，才叫能源革命。能源革命很多都是经济问题，经济不转型，能源就很难转型；但是只有能源转型，经济不发展也不行。所以，第一，对于像山西这样的资源型地区来说，经济发展要从依赖煤炭转到不依赖煤炭；第二，就算经济不转型，能源还是要转型，要做到能源供应的多元化。

经济要增长，必须发展其它产业，很多资源性的省份都存在着经济转轨的问题，现在连加工业为主的东部省份都要向高附加值产品行业转换。山西省如果产业再不转换，就可能会出现德国鲁尔区或者美国阿巴拉契亚山“铁锈带”一样资源枯竭导致的经济萧条的情况。山西的地理位置不错，利于能源输入和输出，如果山西都转不了型，其他资源型地区能源转型就更困难。

能源革命是长期工程 着不得急

记者：能源革命要摆脱对煤的依赖，那么不依赖煤炭的山西，在能源革命和经济转型要考虑哪些因素？

周大地：山西省作为三晋大地，有一定的历史文化积累，晋商也非常有名。抗日战争时期，山西省是晋察冀、晋绥等抗日基地的重要地区，历史文化和红色记忆都是山西的优势，现在依然有很大的文旅产业潜力。山西省可以发挥自己的长处，充分挖掘潜力，发展山西特色能源、特色地域经济。

如今我国老百姓的需求多样化，山西省在决定布局之前，先要弄清楚本地百姓的需求是什么。山西省有些方面做得不错，比如说太原市已经实现了出租车全部电动化，这在全国是比较早的，可以说当地政府的决策和执行能力很强。

新的产业会拉动经济增长，如果去造别人已经在造的东西，或者还是以粗加工产品出口为主，这很难做到创新。山西省应该利用现有的技术能力，在一两个方面做出突破。如果不给自己提更高的要求，就如同病人不想彻底恢复健康，只是保守治疗防止病情恶化，那他永远不会活蹦乱跳起来。

山西可以将绿色、低碳与合理、高质量的物质消费需求结合起来，在城市、交通、文化、医疗服务体系等方面充分发掘潜力，这比直接办工厂要难一些，但是在能源转型中是非常必要的。不只是山西，我个人认为全国城市的能源和经济转型都要贯彻“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念，要从老百姓需求出发，按照最绿色低碳、最可持续发展的模式来建设城市。

记者：您预计山西省何时能完成能源革命？

周大地：能源革命是一个漫长的过程，并不是短短一两年的努力就能成功，所以山西还要将能源革命继续下去。但是“革命”很不容易，山西发展煤炭这么多年，跨越到别的领域确实挑战重重。山西省要真正实现能源和经济转轨，确实着不得急。要用几年时间培养人才队伍，培养新兴产业。可以学习国内很多高科技公司，在人才引进和研发上加大投入，生产也是自动化程度无人操作，这样的产品附加值才高。

此外，山西具有良好的风能、太阳能资源，新能源也是重要的发展方向。山西省能源革命目标是到 2020 年，新能源装机占全省电力总装机规模的 35%左右，这是比较高的比例，短短一两年的时

间达到这个目标，存在很多挑战，所以技术实践上更要以绿色低碳为方向。

本报实习记者 齐琛冏　中国能源报　2019-07-01

## 聚焦河北能源转型

当下，城市发展模式正在深刻变革，在确保经济快速增长的同时，还要追求绿色低碳发展。近日，记者走进河北保定、唐山和张家口三地，探索其转型之路。保定在没有资源优势的前提下实现『绿色』转身，让蓝天重回，使经济结构变轻变绿；张家口依靠无限的风光，充分高效利用，为我国的可再生能源提供宝贵经验；唐山曹妃甸则依靠高质量项目，为当地经济高质量发展夯实了坚实基础……

绿色能源“捧红”张家口

近年来，张家口从“河北张”走向了“国际张”。捧红张家口的有“冬奥会”“氢能”“全国首个国家级可再生能源示范区”等多个热词。

实际上，从昔日的“沙平草远望不尽”到今朝的“风机悠悠望无际，光伏片片荡涟漪”，可再生能源在张家口的华丽蜕变中扮演了重要角色--2007 年，张家口坝上地区被确定为全国第一个百万千瓦级风电基地；2009 年，张家口成为全国首个双百万千瓦级风电基地；2015 年被确定为全国首个国家级可再生能源示范区。

看似“风光无限”，但如何把资源变成可驯服的能源，可再生能源又如何得到高效合理利用？张家口经验又对全国可再生能源发展起到何种示范作用？带着疑问，日前，记者来到张家口寻找答案。

现有风机装机容量是 1998 年的 900 多倍

“坝上一场风，从春刮到冬。”这是张家口流传的一句俗语。把丰富的风能资源转化为能源，20 多年前，张家口就已起跑。张家口能源局相关负责人介绍道，1998 年引进了 3 个国家的 5 种风电机型，在全市安装了约 24 台风机。张家口是当时中国风电产业发展的“试验田”。之后经历过 2004-2005 年、2008-2009 年两个发展高峰期。如今张家口的风机装机量达 932.665 万千瓦，是 1998 年的 900 多倍。

21 年来，一批批风机拔地起，“风车”取代了烧煤的烟囱。这期间，张家口的光伏、光热、生物质等可再生能源领域也不断发展。从张家口驱车北行一小时左右，记者来到了国家二类优质风能区——张北县。放眼张北，满目青绿，风机林立，数万亩光伏板整齐排列，浩如烟海。记者发现部分光伏板会随着阳光的方向转动，光伏板也像向日葵一样“追日”。张北县国家风光储输示范项目工作人员介绍说：“这是利用了高倍聚光光伏系统，根据阳光照射辐照度，提前算好不同时间段的转动角度，可以提高光电转化率。”据了解，国家风光储输示范项目可以将“难预测、难控制”的风、光资源储存起来，并转化为优质可靠的绿色电能。

据统计，目前张家口总光伏装机规模已超过 400 万千瓦，年发电量超过 45 亿千瓦时。包括风电、光伏在内的可再生能源装机容量达 1349.6 万千瓦，预计 2020 年装机容量达到 2000 万千瓦。

可再生能源占终端能源消费比重将达 27%，全世界少有

如今，作为可再生能源示范区的张家口，可再生能源消费情况成为业内人士最关心的话题。

国际可再生能源署（IRENA）2014 年发布的《中国可再生能源展望》报告显示，预计到 2030 年，中国可再生能源占终端能源消费比重可由目前的 13%提高到 26%。“而今年张家口可再生能源消费占终端能源消费比重将达到 27%，已经高于上述预期目标，在全世界也是少有的比例。预计 2020 年可达到 30%，2030 年达到 50%。”上述负责人介绍说

据了解，张家口可再生能源占比的提升主要侧重在电供暖、制氢、电动汽车和大数据等板块，“今年大数据中心已经安装了 30 万台服务器，而且单台服务器的用电量逐年上涨，以张北阿里巴巴数据中心最早的 400 瓦单台服务器为例，现如今怀来县的单台服务器最高功率可达 800-900 瓦，如果按照服务器的数量来计算用能量，初步估算 10 万台服务器的年用电量就是 4 亿度，而将来规划在全域安装服务器有 500 万台，年用电量可谓巨大。”该负责人表示。

既然大数据耗电量巨大，本地又无法全部消纳，为何不将风电直接供给大数据中心呢？面对记者的疑问，上述负责人回答说："大数据中心需要 365 天每分每秒不停歇工作，甚至每一秒都在进行交易，一旦出现故障损失就太大了，所以必须保障大数据中心的供电连续性和供电高质量。而风电具有不稳定性，需并网至电网，通过调峰调频至安全可靠的电力后供大数据中心使用。"

100%可再生能源多能互补为"未来城市"提前打样

截至目前，张家口国际首创的 100 兆瓦压缩空气储能项目、互联网+、微电网等一批国家示范项目都已在实施过程中，清洁能源供暖、大数据产业、氢能产业等多元化应用工程也接踵而至。

如今，在张家口搭乘氢燃料电池公交车已不是什么稀罕事，张家口现已投产并运行了 74 辆氢燃料电池公交车，是目前全国氢燃料电池公交车运营数量最多的城市。经过一年的运营，所有车辆运行情况良好，尤其面对张家口冬季寒冷天气时，氢燃料电池公交车的发动机也可满足在零下 30 摄氏度的低温环境下启动。据了解，今年张家口新采购了 100 辆氢燃料电池公交车，还将新建 2-3 座加氢站。

氢燃料电池汽车的广泛应用，让城市交通用能更加清洁、低碳，而在张家口市涿鹿县矾山镇黄帝城小镇，生活的全部用能（电、热、气）都将由可再生能源供应，似乎为"未来城市"提前打了个样。据了解，小镇推行了可脱网运行的 100%可再生能源多能互补示范项目，6MW 的风和 6MW 的光就能满足整个小镇的供电；供气方面，建立沼气池，将沼气转化为天然气，再通过管道输送到各家各户；供暖方面，采用太阳能跨季节储热技术，将夏季热能储存到蓄水池中，用于冬季供暖。据了解，整个示范项目有 3000 平米的供热面积，第二期项目也已在建设中，预计供热面积达 30 万平米。

采访过程中，多位受访者表示，目前张家口可再生能源的发展还存在一些亟需突破的难点，一是体制机制创新步伐需要加快，绿电价格机制的形成和可再生能源市场化交易的推广还需要不断完善；二是创新基础薄弱，新兴产业规模还不够大，企业创新动力不够强；三是张家口作为可再生能源示范区的示范引领效应还需突出，可再生能源消费占比、产业结构等与形成示范引领作用的要求还有一定差距。

保定：资源匮乏城市的"绿色"转身

无油、无气、缺电，是河北省保定市长久以来不得不面对的事实。石油、天然气、电力、煤炭等传统能源基本依赖外输外调，风电和水电等资源也十分有限。但是，作为"京畿重地""首都南大门"，同时也是京津冀地区中心城市之一，保定能源转型成功与否，也影响着京津冀能源结构转型升级，打赢污染防治攻坚战的成效。没有能源资源先天优势的保定，在能源上又将如何进行"绿色"转身？

去产能让蓝天增多

保定能源消耗结构多年来一直以煤为主，京津冀协同发展战略、雄安新区的设立，以及大气污染防治工作对保定能源转型升级形成的倒逼机制，无疑使保定面临着更加严峻的形势。保定提出，到 2020 年全市单位生产总值二氧化碳排放比 2015 年下降 21%，非二氧化碳温室气体控排力度进一步加大的目标。

如何才能有效完成二氧化碳排放目标？保定选择着重推进水泥产能化解、焦炭产能压减相关工作，完成了电力、钢铁、水泥行业深度治理。2017 年，保定成为省内首家通过去产能实现无钢的"无钢市"。曲阳田原热力公司、大唐保定华源热电公司两家企业已经先后拆除退出。2019 年保定关闭涞源县聚源生物工程有限公司（原保定市涞源煤矿）退出产能 30 万吨已经完成。

记者从保定发改委了解到，下一步针对火电行业将对 20 万千瓦等级及以下抽凝供热机组，鼓励实施背压机组替代或者燃料替代，不具备改造条件或替代条件的，2020 年全部淘汰关停；对大型供热机组能够覆盖的小机组，逐台落实供热替代方案后，有序实施关停。

去产能和开展的农村地区冬季清洁取暖工程让保定的蓝天数多了起来。2018 年秋冬季以来，PM2.5 浓度同比下降 44.76%，下降率在京津冀及周边"2+26"个城市中排名第四。

经济结构变"轻"变"绿"

如果说去产能是"壮士断腕"，那么产业结构调整则需要更大的勇气与决心。建国初期的保定打

下了坚实的工业基础。近年来市场的发展和国内外装备制造水平不断提高，相比之下，保定产业规模小、能耗高、效益差的劣势逐渐显现。

保定有着三十余年历史的汽车企业长城公司，汽车产业是保定的支柱产业之一。保定发改委相关负责人告诉记者，发展能源装备制造业和新能源产业逐渐成为保定工业的主要方向。在新能源方面，吸引了英利、惠腾、联合动力等企业，形成了光伏和风电制造等的新能源产业体系，与汽车产业形成了保定的两大重要产业支撑。

保定近年来围绕新能源、汽车、电子信息等产业，打造“中国电谷”、“中国汽车城”和智能电网制造基地。2018 年，新能源和能源设备制造业销售收入达 248.3 亿元，形成了光电、风电、节电、储电、输变电和电力电子六大产业体系。目前，保定又在加快氢能示范城市建设规划中再度打造新能源产业新的增长极。

在汽车和新能源两大产业支撑之下，保定又开始发力氢能产业。保定近日出台的《关于保定市氢能产业发展的实施意见（试行）》提出，以长城公司等燃料电池生产企业为主体，未来 5 年培育国内一流燃料电池电堆、关键材料、零部件研发制造企业约 2 家，燃料电池整车制造企业 1-2 家，集聚研发中心和检测认证中心 1-2 个，并率先在公共交通领域示范应用，探索加氢/加气等合建站发展模式，未来 5 年建成加氢站 5 座，公交等示范运行规模达到 50 辆以上，推动氢能在分布式能源领域的应用示范。

产业结构的“变轻”，开始让保定这个工业大市的经济变“绿”。2018 年，保定三种产业比重调整为 10.5：41.6：47.9（不含雄安新区），与 2013 年相比，一产比重下降 2.1 个百分点，二产比重下降 13.4 个百分点，三产比重提高 15.5 个百分点，现代服务业成为支撑经济发展的主要力量。

从社区着手建设低碳城市

经济变“绿”，生活也随之变绿。保定高新区源盛嘉禾社区的绿化覆盖率达到 51%。作为首批省级低碳试点社区之一，源盛嘉禾社区还是河北省首个光伏发电社区，年可发电 80 万千瓦时，为居民区内电梯间、地下车库、走廊等公用区域提供免费清洁电能。

被广泛讨论的垃圾分类，保定市两年前就开始了尝试。2017 年 9 月，保定市首个智能垃圾分类系统在嘉禾社区投入使用，密闭式垃圾箱体分为厨余垃圾、可回收垃圾、其它垃圾、有害垃圾四大类。居民投放垃圾后，屏幕上立即显示出所得积分。积分经过累计后，可以到物业领取相应奖品。

低碳社区和智能垃圾分类都是保定建设低碳城市的举措。2010 年，保定市被国家发改委确定为国家低碳城市试点。对此，保定提出了“关于建设可再生能源综合应用示范区”的构想。发挥保定市可再生能源资源种类多样、分布相对集中和能源装备制造基础雄厚的特点和优势，在不同区域推出一批不同类型的可再生能源开发利用示范工程。截至目前，保定市已建成集中式地面光伏电站 46 个，装机规模 1060 兆瓦；风力发电项目两个，装机规模 99 兆瓦。

雄安新区在区域上紧邻保定，谈起未来保定和雄安的对接，保定发改委相关负责人介绍，一是起草和制定《保定市对接雄安新区建设推进产业转型升级的发展规划》，及时跟进和对接新区规划进展，对新形势下保定产业转型升级进行统筹规划；二是借助雄安科技、人才和研发优势，推动先进制造、新能源及智能电网、新材料及节能环保等产业加速提升；三是加强与北京、天津、雄安新区的联系，通过开展合作、联合创新等，培育一批百亿乃至千亿级的龙头企业，支撑和推动保定产业转型升级。

唐山曹妃甸：发展循环经济降低“黑色”污染

从不足 4 平方公里的一叶小岛，到国家级经济技术开发区、京津冀协同发展示范区，十余年来，位于唐山市南部沿海的曹妃甸区，用行动演绎了从盐碱荒滩到新型工业化基地的创业历程。以钢铁、化工等重化工企业为主的产业结构，导致该地区单位 GDP 能耗一直偏高。在降低地区能源消耗总量，减少煤炭用量和污染物排放的道路上，曹妃甸现已迈出了一大步。

告别锅炉燃煤为主的供热方式，是曹妃甸在减少煤炭消耗，提高能源利用率上所作的其中一项转变。唐山市曹妃甸区发展和改革局局长安爱国介绍说，曹妃甸区现有曹妃甸新城、临港商务区、

曹妃甸城区和南堡开发区四大城市板块。临港商务区在 2009 年建设之初，就没有建造燃煤锅炉，而是直接利用距离商务区几公里远的华润电厂余热进行供暖，并逐步在商务区住宅、写字楼推广。2017-2018 采暖季到来之前，曹妃甸区开展集中供热长输管线项目建设，将华润电厂热源长距离输送覆盖到城区，彻底改变了过去以锅炉燃煤为主的供热方式。南堡通过三友热电厂的余热进行供热，新城则主要依靠冀东油田地热资源替代燃煤锅炉供热。“去年我们对供热还做了价格调整，原来每平方米大概是 27 元，现在调整到 26 元，而且长输管线出水恒温，供热效果比忽冷忽热的燃煤锅炉好，价钱更低。这项改造不但提高了百姓生活品质，城区优良天气比率也在提升。未来，曹妃甸将形成工业余热集中供热为主，冀东油田地热资源为辅，‘电代煤’‘气代煤’为补充的覆盖城乡全域的清洁能源供热体系。”

供热方式的改变，实现了社会效益和环境效益的双赢。统计数据显示，2017 年，曹妃甸区同比减少标煤用量 1.5 万吨，2018 年同比减少标煤用量 15 万吨。而在其中提供热源的工业企业，也实现了能源的充分利用。

安爱国补充道，重工业企业对工业余废进行二次利用以及应用新技术减少煤炭使用量都是提高能效的重要途径。今年 4 月，华润电力曹妃甸电厂二期 2x1000MW 工程#3 机组 168 小时满负荷试运行一次成功，这也是河北省首个百万千瓦超超临界燃煤发电机组项目，设计供电煤耗低于 263g/kWh，全厂热效率 48.3%，是目前全球范围内设计能耗最低的煤电机组。与此同时，从北京石景山到唐山渤海湾的首钢京唐公司，用新工艺使“经验炼钢”变成了“科学炼钢”，发电过程中产生的余热，用来蒸发海水；余热资源除满足企业自用外，还向周边企业供应采暖水；工厂尾气在加工后成为高附加值的燃料乙醇、天然气和高蛋白饲料……“循环经济”成为公司厂区的热词。

高质量项目的先后投产，为曹妃甸地区工业经济的高质量发展奠定了基础。安爱国告诉记者，曹妃甸区很大一部分区域是填海造地新建，地区经济建设产业聚集主要在这几年，原来没有工业基础，跟唐山老工业基地比不了。所以，但凡落地曹妃甸的企业、项目都必须是高标准的建设主体，必须是能源节约型单位，而且每个项目都必须经过能源评价，要符合国家产业政策。高耗能低产出、综合效益差的企业在考核阶段就会被淘汰。“下一步，我们将根据产业结构调整，逐步增加一些高科技含量的高质量项目，提高 GDP 总量的同时降低 GDP 能耗，实现曹妃甸地区清洁、低碳发展。”

张金梦　齐琛冏　彭扬中国能源报　2019-07-15

## 我国风电光伏等可再生能源发电成本持续下降 经济效益提升

26 日从水电水利规划设计总院举办的《中国可再生能源发展报告 2018》发布会上获悉，2018 年，我国水电、风电、光伏发电装机容量稳居世界第一。风电、光伏等可再生能源发电技术快速进步，成本持续下降，经济性显著提高，未来发展空间无限。

国家能源局监管总监李冶在致辞中表示，近年来，我国可再生能源比重持续提升，能源结构调整步伐不断加快，到 2018 年底，可再生能源发电装机占全部电力装机的 38.4%，发电量占全部发电量的 26.7%，在一次能源消费中占比提高至 12.4%，清洁低碳的绿色能源体系已初具规模。未来，可再生能源发展模式将由高速发展转变为高质量发展，技术类型、应用模式都将发生深刻变化，经济效益也将进一步凸显。

记者从发布会上了解到，2018 年，我国陆上风电项目平均造价水平较 2017 年进一步降低，平均单位千瓦造价约为 7100 元，部分地区风电项目单位千瓦造价已低于 6000 元；光伏发电产能持续扩大，规模化发展带动成本下降，全年平均单位千瓦造价约 5500 元，同比下降 15%，部分光伏电站单位千瓦造价已低于 5000 元。

同时，我国可再生能源“走出去”也取得成绩。“依托水电、风电、光伏发电技术优势，可再生能源已经成为‘一带一路’重点合作领域。”中国电力建设集团董事长晏志勇表示。

水电总院院长郑声安在发布报告时指出，截至 2018 年底，我国可再生能源发电装机容量约 72896

万千瓦，比 2017 年增加 7644 万千瓦。全年可再生能源发电量 18670 亿千瓦时，比 2017 年增加 1705 亿千瓦时。能源消费结构进一步优化，可再生能源占比显著提升。

报告预计，2020 年可再生能源并网装机规模将达约 88200 万千瓦，不断完善消纳长效体制机制，进一步提升发电利用率和资源利用率。

新华网　2019-07-01

## 澳可再生能源发电首次超过火电

据澳大利亚《金融评论》报道，根据最新公布的数据，2018/2019 财年（2018 年 7 月—2019 年 6 月），澳大利亚的可再生能源发电量首次超过火电的发电量。

澳墨尔本大学气候与能源学院研究员迪伦·马科内尔汇编的数据显示，今年第 2 季度，澳大利亚的火电发电量为 1248 千兆瓦，比上年同期减少 13%，为 1993 年以来的最低值。这导致澳大利亚 2018/2019 财年的火电发电量，低于包括水电、风电和光伏在内的可再生能源的总发电量。其中，风力发电成为今年第二季度，澳大利亚可再生能源中发电量增长最多的，同比增长 28%。

不过，澳可再生能源研究机构绿色能源市场（GEM）指出，去年以来，澳大利亚的电力批发价格一直呈上升趋势，今年第二季度已经达到 91.62 澳元/兆瓦时。另外，尽管可再生能源发电量不断增长，但新南威尔士州、维多利亚州、昆士兰州、南澳大利亚州的现状都表明，其到 2030 年的可再生能源目标难以实现。

王英斌　中国能源报　2019-07-15

## 绿色能源加速迈入“零补贴”时代

国际可再生能源署（IRENA）、21 世纪可再生能源政策网络（REN21）、彭博新能源财经（BNEF）日前相继发布了最新的可再生能源报告，这些报告不约而同地表达了同一个观点：即便没有财政补贴，可再生能源也是当前最便宜的发电来源。

“风光”发电最便宜

IRENA 在报告中指出，安装和维护成本是阻碍可再生能源大规模商业化应用的主要因素，鉴于该行业成本下降趋势已经确定，在没有任何经济援助的情况下，陆上风能和太阳能发电已经比任何低成本化石燃料替代品还要便宜和清洁。

即便是和现存在运中的燃煤电站相比，新的太阳能和风能发电设施的安装成本优势仍然十分显著。分析师指出，陆上风能和太阳能的电力成本将从 2020 年持续低于任何化石燃料，毋庸置疑将是全球实现“脱碳”目标的最大功臣。

IRENA 数据显示，全球某些地区的陆上风能和太阳能发电成本仅为 0.04 美元/千瓦时，而智利、墨西哥、秘鲁、沙特、阿联酋的太阳能发电拍卖价还曾创下历史新低的 0.03 美元/千瓦时。2018 年，集中式太阳能发电的全球加权平均成本同比下降 26%，生物质能下降 14%，光伏发电和陆上风电下降 13%，水电下降 12%，地热和海上风电下降 1%。

IRENA 预计，2020 年全球陆上风电的平均成本将再下降 8%达到 0.045 美元/千瓦时，光伏发电的平均成本将再下降 13%达到 0.048 美元/千瓦时。此外，2020 年全球将有超过 3/4 的陆上风电、1/5 的光伏发电的价格低于最便宜的新型燃煤、石油和天然气发电成本。

据 IRENA 统计，去年全球可再生能源行业从业人员达到 1100 万人，比 2017 年增加 6%，进一步证明该行业在全球经济和能源结构中的作用日益关键。就业主要集中在中国、美国、巴西和欧洲，其中亚洲国家占全球可再生能源就业市场的 60%，而太阳能仍是全球可再生能源行业的最大“雇主”。

低价绿电将成常态

21 世纪可再生能源政策网络（REN21）近日发布《可再生能源 2019 年全球状况报告》指出，去

年全球可再生能源投资出现下降，这主要是太阳能发电技术成本降低所致，但同时意味着该行业可以通过较低的成本实现所需的电力。

REN21 数据显示，去年可再生能源投资规模同比下降 11%约 2889 亿美元，但仍是连续第 9 年超过 2000 亿美元，连续第 5 年超过 2500 亿美元，其中中国以 912 亿美元投资规模连续第 7 年领军。

“整体投资下降时，我们很容易认为正在倒退，但事实并非如此。”BNEF 总编辑 Angus McCrone 表示，“可再生能源价格越来越低，使得其竞争力越来越强，我们可以用‘更少的钱办更多事’，亚洲、欧洲、中东和非洲等国都在加速布局绿色电力。”

全球范围内，太阳能仍然是最大投资重点，投资规模约 1397 亿美元，下降了 22%；风电则增长 2%达到 1341 亿美元。截至去年底，全球可再生能源装机 1246 吉瓦，其中中国占比达 32.4%，约 404 吉瓦；欧盟 28 国占比 27.2%，约 339 吉瓦；美国占比 14.4%，约 180 吉瓦。

当前，全球超过 20%的电力来自可再生能源，分析普遍认为，低成本的绿色电力正在成为常态。REN21 通过对 114 名能源专家调查发现，他们就“低价可再生能源主导电力市场”这一话题基本达成“压倒性共识”。

70%的的受访专家相信，可再生能源成本将继续下降，到 2027 年将很容易抵消所有化石燃料的成本。甚至有专家对 REN21 表示，到本世纪中叶，全球可以轻松转型成为 100%可再生能源结构。

补贴依赖即将结束

“需要固定电价政策等直接补贴的日子即将结束。”BNEF 能源经济主管 Elena Giannakopoulou 直言。她补充称，但实现能源转型且加速降低碳排放水平，还需要其他政策扶持，包括电力市场改革需要保证“风光”和储能可以根据其对电网的贡献获得相应补偿。

美国能源与环境政策分析公司“能源创新”（Energy Innovation）早前就发布报告称，美国当前 2/3 的煤电成本高于太阳能和风能发电成本，“风光”依赖补贴的阶段即将落幕。这份报告作者之一 Mike O’Boyle 指出，即使政策没有发生大转变，煤炭很快被替代的结局已经注定。

“分析表明，在风能和太阳能替代煤炭方面，我们能够走得更快。” Mike O’Boyle 强调。“能源创新”根据美国能源信息署的公共财政文件和数据，对燃煤电站以及方圆 35 英里区域内的风能和太阳能电站的发电成本进行了分析。

结果显示，由于燃煤电站的维修成本和污染控制成本不断走高，而太阳能和风能的发电成本因技术进步大幅下降，74%的煤电成本已经比风能和太阳能更高。煤电成本高于风能和太阳能的趋势几乎不会出现逆转，即使将新建风力涡轮机和太阳能电池板的成本考虑进去，到 2025 年美国几乎所有煤电成本都将高于风能和太阳能发电成本。

Mike O’Boyle：“可再生能源似乎可以和补贴说再见了，‘风光’发电既省钱又干净，谁还需要又脏又贵的煤电呢？”

本报记者 王林　中国能源报　2019-07-01

## 能源互联网：“去中心化控制”势在必行

“随着可再生能源逐步走向平价时代，在家庭、企事业单位等用户侧将生产能源和使用能源真正结合起来，在全国范围内实施光伏屋顶计划和‘光伏-储能-用能’一体化，这是我们的梦想，也是正在推进中的行动。”在日前举行的 2019 世界工业和能源互联网博览会上，天合光能股份有限公司董事长高纪凡向与会者阐释了自己对能源互联网的理解。“构建一个市场化和共享化的新能源体系，彻底颠覆传统的能源生产和消费之间的界限，让每一个人都是电力生产者和消费者。”

“人对能源的使用行为和方式，以及如何与能源供应进行互动，这是未来能源体系在控制优化过程中面临的重大挑战。”同样，在英国皇家工程院院士、帝国理工学院教授、未来能源实验室主任蒂姆·格林（Tim Green）看来，在这样的能源系统中，将所有的设备进行“中心化控制”无疑耗费巨大。“因此，能源要借助互联网的形式，在本地进行计算和决策，以有序的方式进行‘去中心化’‘非集中化’

的控制，这样才能为局域能源系统提供更高的供能质量和能量平衡服务。”

如何“一体化”？怎样“去中心”？能源互联网的理念和技术又在其中将发挥怎样的作用呢？

“我们通过一套系统软件和本地化的控制设备将局域范围内的设备进行连接，智能化的系统就会告诉设备将采取怎样的行动方案。”蒂姆·格林举例：“比如电压升高的时候，系统会调节电压，同时会分析旁边的设备是否也存在同样的问题。通过在系统中加入大量的传感器，根据相应节点的电压情况调整相邻节点，判断是否需要把高电压节点的部分工作分给周边的发电机实现平衡。在这个系统中，网络自行监测，控制系统自己做决策，这就是‘去中心化’的控制。”

蒂姆·格林强调，“去中心化”的过程中对供给侧的稳定性和需求侧的灵活性管理提出了更高的要求。“首先我们要知道各种能源形式的来源，从而让不同的能量来源可以更好互补，甚至实现秒级控制。同时，我们需要预测需求的改变。可能在国家层面做预测更加容易，但是如果到了区域层面甚至是更小的范围，这种个体性的预测相对比较困难。当然，这一过程中，在各个环节如何压减成本，提供更加便宜的解决方案也尤为重要。”

面临个性化预测的难点，心怀对秒级控制的追求，这些挑战需要如何克服？

在高纪凡看来，开放的能源互联网平台或可成为未来的方向。“目前，天合光能就正在和华为、阿里以及一些知名高校和研究机构展开合作，构建能源物联网开放平台，通过平台将发电、储能、智慧配电、智慧用能等充分结合起来，最大化的提升综合用能效率。我们的目标连接一亿用户，现在已经有超过十万的连接终端，我相信很快就会达到一百万。”

华为技术有限公司董事、战略研究院徐文伟表示，在工业互联网领域，华为公司的主要发力点在于平台搭建。“通过平台解决信息孤岛、网络安全、生产、流程和框架可视等一系列问题。真正实现智能生产、网络协同、个性定制、服务转型等新模式、新业态，达到提质、降本、增效的目的。”

本报记者 姚金楠　中国能源报　2019-07-01

## 能源互联网助力能源自由

“互联网+”智慧能源，即“能源互联网”是近几年能源行业不断探索的领域。今年 4 月底，入选国家能源局首批能源互联网示范项目迎来“验收大考”。截至目前，验收工作尚未结束，各能源互联网项目有经验，有波折，在技术和落地项目上各有特色，依然在探索中前行。本报将持续关注能源互联网发展，并调研相关项目的进展情况。

人类的能源利用历史可以追溯到 100 多万年前的钻木取火，而化石能源的大规模利用却是从 17 世纪末发明蒸汽机以后才开始的。以当前的能源消耗速度，全球化石能源最多只能维持两三百年。在人类利用能源的历史长河中，五六百年的化石能源史仅是沧海一粟，在可预见的未来，可再生能源可能会替代化石能源开启人类能源史的新篇章。反观目前的能源系统，人类社会对化石能源的过度依赖衍生出了集中式的能源管理体系，使其具有天然的垄断性和利益的独占性。构建用户主导的以绿色低碳清洁能源为载体的自下而上的分布式能源体系，实现各种能源形式的区域绿色生产、转换和消纳，有望实现能源产业模式的升级。

“自能源”终端枢纽打破能源系统壁垒

能源枢纽是实现能源互联网的基础，通过打造能源枢纽可以实现电力网络、供热网络和天然气网络之间能源流、信息流和业务流的转换与对接。然而，考虑到能源转换设备效率对能源利用率的影响、跨网信息交互技术以及全网信息公开造成的信息安全问题、能源交易机制不同带来的系统优化问题、不同能源时空尺度差异导致的能源调度问题和结算体制不同引起的利益分配问题等，由传统能源企业资源、利益的高度集中产生的电-热-气网间壁垒短期难以有效打破，在能源网侧建立能源枢纽实现多种能源转换短期难以大规模推行。

由终端用户主导的“自媒体”的爆发导致了互联网行业的跨越式发展，产生了很多新的业态，这一成功案例也可以推广到能源互联网行业。在能源互联网发展初期，我们可以主动将多能源互联节

点下沉到用户端，在终端实现多种能源的转换，这类具有能源枢纽特点的能源终端被定义为“自能源”。自能源作为能源互联网的能源终端，是由多种能源耦合而成的小型能源自治区域，具有全双工、分布式、对等化和智能化的重要特性。以终端枢纽打破不同能源系统壁垒，首先要在研究自能源的优化控制方法和智能算法的基础上，融合能源路由技术、多能源存储技术、多能源转换技术，从能源互联网边缘实现多种能源的枢纽和互联。然后自能源根据自身能源需求，优化调度内部设备的能源输出，从而达到自能源体的经济运行。

开放平台提升能源终端分配效率

纵观互联网的发展历程，之所以能出现爆发式增长与群众广泛参与、平台开放便捷是密不可分的，这种自下而上的互动结构极大地增加了用户的参与感和积极性。有鉴于此，在建设能源互联网过程中需要提供一个能够实现众多能源供应商和终端能源用户主动便捷参与的能源交易互动平台，由传统的“B2C”能源销售模式转型为“B2C-C2C”混合交易模式，将能源交易平台塑造成为能源界的“阿里巴巴”。能源交易平台不仅可以为能源终端提供低价、优质的能源商品，同时，针对不同的能源供需情况和源荷储特性为参与者提供个性化、定制化的服务，参与者可以在平台上自由进行不同形式的能源跨时空交易，从而实现能源的高效利用与良性互动。

正如电商通过互联网将生产厂家与消费者直面一样，自能源通过平台与区域内其他自能源及能源供应商进行匹配,从而实现能源供应与需求的面对面，能有效减少能源传输交易环节，降低能源交换成本。自能源作为能源互联网的草根阶层，是参与能源交易平台的主力军，通过参与能源交易充分优化能源市场环境，促进绿色能源高效利用，最大程度地实现能源资源的合理配置。

以群体共享促进能源产业模式升级

以低碳绿色为方向、以资源共享为目标的能源技术革命是促进能源产业由垄断模式转型为良性竞争模式的关键。在构建了终端能源枢纽以及能源交易互动平台的基础上，在资源共享的产业模式下，自能源体可以通过能源互联网平台获得优质低价甚至部分免费的信息、计算资源、知识、服务以及能源本身。可以预期的是，这是一场能源供应商、终端自能源体、能源网络运营商、能源交易平台之间的非零和博弈，广大能源终端用户的参与热情一旦被激发，能源市场的规模将在一定时期内呈现指数级增长，最终形成一场全民参与的能源转型升级盛宴，达成所有参与者的多赢格局。在这种扁平化的能源供需结构下，通过资源共享，辅以 5G 通讯、大数据挖掘、人工智能、物联网、云-边协同等先进技术，实现能源数据的复制复用和能源知识的智能处理分析。基于可再生能源边际成本递减的特性，利用储能协同控制技术、能源共享协议等实现能源的错时复用共享，以错时复用的形式最大化可再生能源的利用率，使得能源可以像信息一样复制共享，实现能源的有效共享。

随着各能源系统之间的壁垒逐渐消除，能源交易平台的日臻完善，能源互联网的未来愿景将日益清晰。而自下而上的改革，也更有利于能源互联网示范工程的落地。在未来的某一天，每个人都能使用到智能、廉价且绿色的能源。我们可以假想一个普通上班族的一天：在清晨准备上班时，通过能源共享协议，电动汽车借用了昨夜邻居风力发电多余电量将电池充满，而在白天屋顶的光伏发电将借用电量按照协议还给了邻居，同时通过智能终端将剩余的光伏发电量以竞价模式在能源交易平台上出售；在公司上班过程中，停车场根据每辆汽车预定的离开时间以及电池共享协议，在满足离开时最少电量要求的前提下，对连接充电桩的电动汽车储能电池进行充放电规划，从而实现通过能源网络的削峰填谷收益实现电动汽车免费充电并获益；晚上回到家中，调用白天通过光伏发电为区域共享储能设备存储的电量来满足夜间用电需求。这样在一天结束时，我们享用到了无碳排、零费用且全时段的能源供给。

历史经验告诉我们，在互联网时代，得用户者得天下。通过推行终端能源枢纽、构建能源开放平台、建立能源共享互动交易模式，激发终端用户参与能源互联网的热情，推动能源互联网自下而上的快速发展，不久的将来，我们所描绘的未来自由能源愿景有望实现。

（作者系东北大学信息科学与工程学院副院长、中国自动化学会能源互联网专委会秘书长）

孙秋野　中国能源报　2019-07-15

## 能源经济分析需要新理念

近年来，我国经济优化升级与能源清洁转型同步推进、相互影响，能源消费与经济发展之间的耦合关系也出现了新的变化和调整。笔者认为，在转型背景下，能源经济分析应遵守“四多四少”的原则。

多讲绝对，少讲相对

谈及能源与经济之间的关系，我们首先想到的是弹性系数。究其概念，是指一定时期能源消费（生产）增速与经济发展增速之间的比值。以 1 为界，弹性系数大于 1 表示能源消费增速高于经济发展增速；弹性系数小于 1 表示能源消费增速低于经济发展增速。

需强调的是，弹性系数描述的是能源消费与经济发展之间的相对速度关系。一方面，能源消费增速、经济发展增速都是相对数值，两者的波动分别受多个因素影响、呈现不同驱动机理，导致弹性系数易于变化且振幅较大；在月度、季度、年度等短期时间尺度上，分析弹性系数变化没有多大意义，也说明不了什么问题。另一方面，弹性系数的相对性决定了其应用的局限性：两个国家具有相同的弹性系数，并不代表两者能源消费与经济发展的耦合关系相同；发展阶段、产业结构相似的国家，弹性系数并不一定相同；一个国家当前和十年前拥有相同的弹性系数，并不能说明其能源消费与经济发展的相互关系保持不变。

总体上，弹性系数是一个应当逐渐被放弃的能源经济分析视角。在十年或更长时间尺度上，弹性系数可反映不同经济发展阶段能源消费与经济发展之间相对稳定的耦合关系，存在针对该发展阶段的相对稳定的数值水平。例如，工业化初期弹性系数通常大于 1，工业化后期弹性系数通常降至 1 以下。当前，我国经济向高质量发展迈进，能源增速低于经济增速是长期趋势，能源弹性系数较低，未来甚至可能会出现负值。在能源清洁转型进程中，电力增速高于能源增速是长期趋势，受能效提升、电气化等影响，电力弹性系数较高，大于 1 也是正常的。

多看长期，少看短期

从能源视角评价经济发展，我们最常用的指标是单位产值能耗或单位能耗产出，也就是通常所说的能源消费强度，或简称能源强度。究其概念，单位产值能耗指每生产一定的经济增加值需要消费多少能源；单位能耗产出指每消费一定的能源可以产出多少经济增加值。其中，单位产值能耗的概念，更符合能源经济分析的逻辑，因为产生价值通常会消耗能源，而消耗能源并不一定产生价值。

从短期看，能源消费受到气候变化、政策刺激等因素影响较大，并不全是经济活动的必然投入；单位产值能耗，尤其是细分品种中的单位产值电耗出现短暂波动，实属正常、并不突兀。特别地，2018 年的单位产值电耗上升，主要是经济向好，尤其是高耗能趋稳，以及降温采暖用电较快增长、电气化快速推进。从长期看，经济结构调整、应对气候变化、能源效率提升、终端能源替代、能源技术创新等因素是决定能源消费的主导力量，单位产值能耗、单位产值电耗自有其长期演变趋势。其中，单位产值能耗持续下降是大势所趋；单位产值电耗受效率提升影响有下降趋势，受电气化进程影响有上升动力，其变化是综合作用的结果。

多说细分，少说整体

能源经济分析的核心，无疑是能源效率；先澄清，弹性系数无法表征能源效率；而往往，我们将能源效率与能源强度划上等号。事实上，能源强度只是反映经济产出与能源消费关系的结果性指标，并不能反映经济产出与能源消费相互耦合的作用机理。从影响因素来说，结构差异对能源强度的影响极大，服务业的能源强度远远低于制造业的能源强度，但不能简单地讲服务业大国的能源效率就高于制造业大国的能源效率。此外，能源消费中包含城乡居民生活消费，而这些并不直接产生经济增加值。从作用机理来看，经济产出描述的是价值，能源消费描述的是能量，两者之间还隔着一层产品或服务。以制造行业为例，与能源消费具有相对稳定关系的是产品的产量，而非随着市场变化不断波动的价格。

谈论能源效率，不能始终停留在能源强度层面，还需要深入到细分行业、聚焦到具体技术。在

工业领域，效率提升的重点是关键设备强制能效标准的推广、电动机的更新换代和效率提高、冶金行业金属回收率的提高等。在交通领域，包括内燃机效率的提高、强制燃油标准的推广、电气化进程的推进、以及共享交通和自动驾驶的普及等。在建筑领域，包括建筑节能改造，尤其是隔热和通风，以及电器能效强制标准，尤其是空调、取暖、热水、照明和冰箱。在能源领域，包括提高资源利用率和加工转化率、降低生产消耗和传输损耗、扩大市场配置效率等。

多比自己，少比别人

谈及未来能源经济发展，我们通常的做法是将我国的人均能源消费或能源消费强度与国际水平进行对比，尤其是与经合组织国家平均水平或重点发达国家水平进行对比；很多时候，我们的研究结论会是何时超越平均水平、何时达到某国水平。

事实上，人口众多是我国长期不变的基本国情，数量庞大的分母会将无论多高的能源消费都拉至较低水平。我国当前人均能源消费略超 3 吨标准煤、人均电力消费近 5000 千瓦时，与人均能源消费长期保持 10 吨标准煤、人均电力消费高达 13000 千瓦时的美国，是没有可比性的。中国，不会走也没法走某些发达国家高人均、高浪费的能源模式。人均能源消费的上升是伴随经济社会发展而出现的必然结果；到了一定阶段，人均能源消费的下降又是结构调整、效率提升的必然结果。进行能源经济国际对比，重要的是在对比他国能源发展轨迹的基础上总结与我国发展阶段相匹配的适度水平；更重要的是与自己比，在保障经济社会发展的前提下提高能源效率和发展质量，而非追求更高的人均水平。

同样不具可比性的，还有能源消费强度。一方面，我国是世界制造业第一大国，产值超过美国、日本、德国的总和；制造业的较高能耗属性决定了我国无论与谁比，能源强度都较高。另一方面，一个国家能源消费强度在时间维度上的变化，受到通货膨胀导致货币购买力下降的影响，要么虚高了以往的能源强度，要么夸大了现在的下降幅度；进行国别对比，无论是采用货币汇率法还是购买力平价法，都很难准确反映某个国家的实际经济活动水平，只能是比个大概。回首过去三十年，我们值得骄傲的是，我国的能源消费强度年均降幅达到发达国家年均降幅的 2—3 倍；展望未来三十年，我们可以肯定的是，我国的能源消费强度仍将稳步下降，最终达到世界领先水平。

（作者供职于国网能源研究院）

李江涛　中国能源报　2019-07-15

## 风光储 2050 年前将吸引 10 万亿美元投资

彭博新能源财经（BNEF）近日发布 2019 年《新能源市场长期展望》报告指出，由于风电、太阳能和储能技术成本的大幅下降，到 2050 年全球近一半的电力将由这两种快速发展的可再生能源供给，同时，这些技术将确保电力部门在 2030 年前为保持全球温升不超过 2 摄氏度做出应有贡献。

根据该报告，全球电力需求预计将增加 62%，导致电力装机规模在 2018 年至 2050 年间几乎增长两倍。这将带来 13.3 万亿美元新投资，其中包括 5.3 万亿风电投资及 4.2 万亿光伏投资。除新建发电资产外，还有 8400 亿美元将投向储能，11.4 万亿将用来扩建电网基础设施。

报告同时显示，到 2050 年，煤电发电量在全球电力系统中的占比将从目前的 37%下降到 12%；与此同时，石油发电将基本消失；风电和太阳能发电量的占比将从目前的 7%增长到 48%。水电、气电和核电的市场占有率大致不变。

该报告首席分析师 Matthias Kimmel 表示："全球累计装机每翻一番，光伏组件、风力发电机和锂离子电池这三种技术的成本分别降低 28%、14%和 18%。预计到 2030 年，上述发电或者存储和调度的成本将全面低于已建煤电和气电的发电成本。"

报告还指出，可再生能源的预期增长表明，许多国家的电力发展路径能够在未来十五年有效帮助控制全球温升在 2 摄氏度以下；而且这些国家无需为太阳能和风电等现有技术提供更多直接补贴。

从地域上看，报告预计，到 2050 年，欧洲约 92%的电力供应将来自可再生能源；亚洲电力需求

将增加一倍以上，为满足不断增长的电力需求，整个亚太地区将几乎占到全球新投资的一半，达到5.8 万亿美元；另外，美国也将投资 1.1 万亿美元新增发电能力，使可再生能源发电量占比提高一倍以上，于 2050 年达到 43%。

报告同时强调，全球碳排放的趋势和控制温升在 2 度以下的前景喜忧参半：一方面，太阳能、风电和储能的发展将使全球至少在 2030 年前满足温升控制的目标。另一方面，之后需要付出更多努力，才能使世界继续保持在温升 2 度以下的轨道上。

一个原因是到本世纪中叶，风电和太阳能在储能的帮助下，能在许多国家提升其发电占比到 80%，但超越这一水平将非常困难，还需要其他技术发挥作用——可能的选择包括核电、沼气发电、绿色氢能发电以及碳捕获和储存。

彭博新能源财经项目主管 Seb Henbest 表示："我们的分析表明各国政府需要做两件事：一是确保电力市场为低成本风电、太阳能和储能的发展提供良好环境；二是支持其他技术的研究和早期部署，以便从 2030 年代开始大规模应用。"

值得注意的是，2019 年《新能源市场长期展望》报告中，首次考虑道路运输和住宅建筑供暖 100%电气化的情景。 与基准情景相比，此情景下的总体电力需求将增长 1/4，因此，报告认为，2050 年的总发电装机规模将需要达到目前装机量的三倍。同时，供暖和交通运输电气化将降低全经济范围的碳排放，在 2018 年到 2050 年之间，有望减排 1260 亿吨二氧化碳。

穆紫　中国能源报　2019-07-01

## 近 2300 万千瓦项目进入国家补贴目录

7 月 11 日，国家能源局公布 2019 年光伏发电项目国家补贴竞价结果并对竞价工作总体情况进行介绍。根据竞价结果，拟将北京、天津等 22 个省（区、市）的 3921 个项目纳入 2019 年国家竞价补贴范围，总装机容量 2278.8642 万千瓦，其中普通光伏电站 1812.3316 万千瓦，工商业分布式光伏发电项目 466.5326 万千瓦。

年度补贴需求约 17 亿元，小于预算金额

国家可再生能源信息管理中心统计显示，2019 年拟纳入国家竞价补贴范围的项目共 3921 个项目，较申报减少了 417 个；总装机容量 2278.8642 万千瓦，较申报减少了 177.0331 万千瓦；测算年度补贴需求约 17 亿元。

根据此前财政部发布的《可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法》，2019 年度安排新建光伏项目补贴预算总额度为 30 亿元，其中，7.5 亿元用于户用光伏、补贴竞价项目按 22.5 亿元补贴（不含光伏扶贫）总额组织项目建设。

换言之，根据此次公布的竞价结果，2019 年度所需的补贴金额比预算减少了约 5.5 亿元。

从电价降幅区间看，主要集中于 0.08—0.1（含）元/千瓦时以及 0.06—0.08（含）元/千瓦时两个区间。其中，电价降幅大于 0.1 元/千瓦时的项目装机容量为 539.6442 万千瓦。电价降幅在 0.08 到 0.1（含）元/千瓦时之间的项目装机容量为 649.9585 万千瓦。电价降幅在 0.06 到 0.08（含）元/千瓦时之间的项目装机容量为 623.163 万千瓦。电价降幅在 0.04 到 0.06（含）元/千瓦时之间的项目装机容量为 252.9375 万千瓦。电价降幅在 0.02 到 0.04（含）元/千瓦时之间的项目装机容量为 109.679 万千瓦。电价降幅在 0.02（含）元/千瓦时以下的项目装机容量为 103.482 万千瓦。

具体到各资源区电价，I 类资源区，普通光伏电站平均电价为 0.3281 元/千瓦时，最低电价为 0.2795 元/千瓦时；全额上网分布式项目平均电价为 0.3419 元/千瓦时，最低电价为 0.2899 元/千瓦时。II 类资源区，普通光伏电站平均电价为 0.3737 元/千瓦时，最低电价为 0.3298 元/千瓦时；全额上网分布式项目平均电价为 0.4027 元/千瓦时，最低电价为 0.3832 元/千瓦时。III 类资源区，普通光伏电站平均电价为 0.4589 元/千瓦时，最低电价为 0.3570 元/千瓦时；全额上网分布式项目平均电价为 0.4817 元/千瓦时，最低电价为 0.4110 元/千瓦时。

预计年内并网规模 4000—4500 万千瓦左右

国家能源局相关负责人强调，此次拟纳入国家补贴竞价范围的项目只是今年全国光伏发电建设规模的一部分。此外，加上此前已安排和结转的户用光伏项目、光伏扶贫项目、平价示范项目、领跑基地项目、特高压配套外送和示范类项目等，今年光伏发电项目建设规模在 5000 万千瓦左右，预计年内可建成并网的装机容量在 4000—4500 万千瓦左右。

国家可再生能源信息管理中心预测指出，除拟纳入国家竞价补贴范围的 2278.8642 万千瓦项目外，户用光伏项目 350 万千瓦左右，光伏扶贫项目约 450 万千瓦，平价上网示范项目约 450 万千瓦，光伏领跑者基地约 400—500 万千瓦，特高压配套项目已安排 900 万千瓦（预计年内能够并网的约为 450—500 万千瓦）。

对目前进入竞价补贴目录的项目，国家能源局相关负责人强调，省级能源主管部门要组织各项目单位建立建设进度月报制度，于每月 5 日前在国家可再生能源信息管理系统中在线填报截至上月底情况，并督促加快建设，确保按期建成并网。逾期未全容量建成并网的，每逾期一个季度并网电价补贴降低 0.01 元/千瓦时；在申报投产所在季度后两个季度内仍未建成并网的，取消项目补贴资格。

贵州拔得头筹，360 万千瓦进入补贴目录

竞价结果显示，在 22 个省（区、市）中，装机容量最多的省份为贵州，达到 360 万千瓦。对比申报情况，贵州省申报项目全额纳入补贴目录。

同时，装机容量超过 300 万千瓦的省份有 2 个，为贵州、山西；装机容量在 200 万千瓦到 300 万千瓦的省份有 1 个，为浙江；装机容量在 100 万千瓦到 200 万千瓦的省份有 6 个，为河北、江西、湖北、广东、陕西、宁夏；装机容量在 100 万千瓦以下的省份有 13 个。

对比申报情况和最终入选项目，全国共有 23 个省份 4338 个项目申报光伏发电国家补贴竞价，总装机容量为 2455.8979 万千瓦。最终有 22 个省（区、市）的 3921 个项目 2278.8642 万千瓦入选。

对于申报过程中出现的问题，国家能源局相关负责人也指出，个别项目申报电价超过对应类型指导价。如 III 类资源区全额上网分布式项目指导价为 0.55 元/每千瓦时，但有的项目申报电价为 0.56 元/每千瓦时。同时，还有个别省份存在一个项目重复申报的问题，有的项目甚至重复申报了 4 次。此外，申报的个别项目为 2019 年以前并网的光伏发电存量项目。申报项目中有一些已并网项目并网时间为 2017 年或者 2018 年。最后，还有部分申报项目的关键性支持文件不完备。如一些项目电网消纳条件未落实，未提供电网公司出具的消纳文件；有的项目土地条件未落实，存在占用林地的问题；有的项目申报容量与实际容量或电网消纳文件中的装机容量不一致，个别项目申报容量甚至为实际容量的 10 倍，0.04 万千瓦填报为 0.4 万千瓦。

本报记者 姚金楠　中国能源报　2019-07-15

# 热能、动力工程

## 2019 年世界能源蓝皮书　“再电气化”已成全球大势

由中国社会科学院研究生院与中俄能源基金会共同主办的“能源经济与能源安全国际论坛”暨《2019 年世界能源蓝皮书》（下称《蓝皮书》）新书发布会 6 月 22 日在京举行。

《蓝皮书》指出，电气化水平的不断提高将成为未来全球能源转型发展的重要标志，伴随着储能技术的不断完善、太阳能和风力发电技术的稳步提升，“再电气化”将成为不可逆转的全球化趋势。

《蓝皮书》认为，全球“再电气化”水平主要体现在电力的需求及消费方面。数据显示，到 2050 年，全球发电量将达到 47.9 万亿千瓦时，年均增速 2%，其中发电增量的 72%将来自非化石能源发电。在所有电力消费部门中，交通领域的电力消费增速最快，预计年均增速可达 4.6%，建筑业次之，年均增速为 2.1%。从全球电力需求趋势看，亚太地区将成为电力需求增量最大的区域，而非洲将成

为电力需求增速最快的地区。电力需求的快速增长是全球“再电气化”的重要保障。

“再电气化”水平不仅仅是对化石能源的消费替代，更体现在生产环节。国际可再生能源署（IRENA）的预测数据显示，到 2050 年，可再生能源发电可以满足全球电力需求的 80%，其中，光伏发电和风力发电量累计将占到总发电量的 52%。

《蓝皮书》指出，“再电气化”水平的提高主要依靠三个途径。一是智能电网建设。当前电力消费日趋经济、节能及多元，这使得电力市场发展更具灵活性、经济优质性、开放性和互动性，建设智能电网已成现实之需。二是低碳或无碳化发电。《巴黎协定》将全球气候治理的理念确定为低碳绿色发展，将所有成员国承诺的减排行动纳入统一的具有法律约束力的框架，使得全球都在加速发展可再生能源，努力构建低碳乃至无碳化社会。三是电动汽车的普及。截至 2018 年，全球范围内售出的电动汽车已达 450 万辆。随着电气化、移动出行和自动驾驶的相互作用，电动汽车充电需求会持续攀升，进而对交通运输领域产生深远影响。

《蓝皮书》认为，随着可再生能源发电、储能和电动汽车基础设施投资的持续增长，世界各国将采取更加积极的行动推动能源转型，提高电力使用效率。在此背景下，全球“再电气化”水平将呈现出不可逆转的增长趋势。

于欢　中国能源报　2019-07-01

## CDP:巨头投入不足致海运业减排难达标

碳排放领域的标准机构 Carbon Disclosure Project（CDP）近日发布报告称，由于全球海运巨头并未为了减少碳足迹而投入足够的技术资金，致使海运业可能无法达到国际海事组织（IMO）设立的“2050 温室气体减排 50%”的目标。

据了解，CDP 的报告对海运领域最大的 18 家上市公司进行了排名发现，这些公司虽然市值总计达 620 亿美元，但却难以突破减少碳足迹的技术难关，例如建造零排放航船。

根据该报告的排名，在商业低碳转型方面，日本邮船株式会社（NYK Line）和马士基集团（Maersk）处于领先地位，NS 联合海运等企业相对滞后。另外，马士基集团，现代集团（HMM）和丹麦航运公司 Norden 在制定减排长期目标方面最为积极，并且与 IMO 的战略一致。

CDP 在报告中指出，海运是全球经济不可或缺的一部分，而海运的排放量占全球排放总量的 3%，占运输总排放量的 10%，其比重与航空业大致相同。海运是碳排放最小的货物运输方式，随着货物运输需求持续增长，海运公司必须找到进一步减少排放的方法。

CDP 投资者研究主管 Carole Ferguson 评论说：“航运公司正面临着巨大的变革。基于现有技术，海运是排放最少的运输方式之一，对低碳转型至关重要。 但随着全球经济的增长，如果不采取行动任其发展，到 2050 年，该行业的排放量可占全球排放量的 17%。”

穆紫　中国能源报　2019-07-01

## LNG 持续增产推高甲烷排放

7 月 2 日，全球能源监测组织（GEM）发布报告显示，受北美开采热潮和亚洲天然气进口的推动，全球液化天然气（LNG）产能在近期将增加两倍。然而，天然气开采和运输过程中会产生大量的甲烷，天然气产能的扩建将锁定数十年的高排放量，同时还有 1.3 万亿美元资产面临搁浅的风险。

根据该报告，目前，全球至少有 202 个 LNG 终端项目正在开发中，包括 116 个出口终端和 86 个进口终端。其中，开发中的出口终端主要集中在美国和加拿大。这些项目将使全球 LNG 出口能力增加两倍。另外，正在开发中的的 LNG 终端项目总投资约为 1.3 万亿美元，其中 70%上网资金用于位于北美的出口终端。

报告指出，甲烷是天然气的主要成分，全球变暖效应的 25%是由甲烷排放导致的。自 2014 年以

来，大气中的甲烷浓度激增，科学家们一直在呼吁减少甲烷排放。有科学研究认为，对甲烷对引起全球变暖的效力正在上升，水力压裂开采和 LNG 运输都增加了甲烷的排放水平。因此，LNG 产能扩张规模对全球变暖的加剧作用不比煤电厂的扩展更小。

与此同时，由于可再生能源成本的下降，LNG 基础设施的扩张还面临着长期财务可行性和搁浅资产的风险。

报告作者之一、GEM 执行主任 Ted Nace 表示："LNG 产业正在快速发展，但其产能扩张过程中带来的甲烷排放的负面影响还没有得到足够的重视。 即使是现在，人们仍将天然气当成是低碳转型的桥梁能源。好在目前多数终端项目还处于施工前阶段，因此，在我们将自己锁定在更加不可逆转的气候灾难之前，仍有时间暂停 LNG 基础设施建设。"

穆紫　中国能源报　2019-07-08

## 传统钢铁企业节能环保有新招

"世界钢铁看中国，中国钢铁看河北，河北钢铁看唐山。"唐山周边有约 43 个钢铁联合体，可以说是个"钢铁扎堆"的地方。钢铁建起来的唐山也患有空气质量差的重工业城市"通病"。在严峻的形势下，部分钢铁企业选择了勇敢转型，在能源综合利用、余热废水再利用、能源管控等方面阔斧改革，一改传统"傻大黑粗"的形象，成为走在绿色清洁工业的"领头羊"。记者近日走进唐山部分钢铁企业，一探究竟。

海水淡化和废水处理节省淡水资源

华北地区人均水资源占有量是全国的 1.5%左右，是世界平均的 1/27，水资源严重紧缺。而钢铁企业作为水资源消耗的大户，尽管吨钢用水量已经从过去的 5 吨左右降低到 3 吨左右，但是，如何在高效节约用水上"做文章"，依然是钢铁行业能源资源综合利用的一个重要话题。

2007 年开始，首钢从北京搬迁至唐山曹妃甸，首钢京唐钢铁联合有限责任公司（简称"首钢京唐公司"）成为我国第一个建在海边的钢铁联合企业。公司能源与环境部副部长汪国川回忆说，"过去在北京炼钢主要水源是永定河以及地下水。搬到曹妃甸后，这一片都是填海形成，没有地下水。唯一的水源就是离这里 100 公里外的唐山市陡河水库，除了输送距离远，一旦出现断流，对钢厂生产都会带来极大影响。所以，如何利用临海的优势解决用水的问题，是首钢人从搬迁过来就开始的实践。2009 年海水淡化项目正式投产，现在利用海水淡化技术，日产水能力达 5 万吨，可以满足厂区生产一多半的用水需求。"

在厂区海水淡化实验楼，陈放着一座海水淡化模型，汪国川介绍说，海水淡化由 4 套采用低温多效蒸馏工艺的主体蒸发器组成，项目建设分为两步，一期一步 2 套装置，全部引进法国技术，一期二步 2 套装置，由首钢自主设计并现场加工制造。主体蒸发器在国内属于首次使用平行六面体形状，节省了检修单元的空间，便于更换换热管束。同时，多种运行方式相结合，实现了钢铁厂余热蒸汽使用量的动态调节，将热能转化为水储存，煤气、蒸汽零放散的目标。

设备技术落地是解决用水的第一步，运行过程中，项目技术负责人吴刚也逐渐发现了一些问题，比如溶垢。"就跟家里烧水壶用久了会有垢一样，如果控制得不好，设备每年将有 10%的衰减。现在我们 1-3 年进行一次清洗，设备产水效率就可以保持在高水平。"

汪国川补充说，淡化的海水用于钢厂生产，而海水淡化产生的浓盐水则供给附近的化工企业用于制碱或晒盐，有效实现了区域循环、增值利用，示范效应非常明显。

走进河钢集团唐钢公司（简称"河钢唐钢"）水处理中心，两个巨大的蓄水池中的中水、工业废水经旁边一道道水池处理后，最后一道水已经较为清澈。水处理中心主任梁宏书介绍，河钢唐钢已关停全部深井水，工业用水全部来自城市中水与企业自身的工业废水，采用超滤和反渗透等废水深度处理技术建设大型城市中水与工业废水处理设施，实现了城市中水与工业废水深度处理及综合利用。

据了解，中水又叫再生水，是指生活污水或工业废水等经适当处理后，达到一定水质指标，可

以在非饮用领域替代自来水、地表水的水源，被称为“城市第二水源”。城市工业生产耗水量巨大，然而很多情况下工业用水不必达到饮用水标准，这时处理后的废水就派上了大用场。“华北地下水超采造成了漏斗区，因此水资源要格外注意保护。炼钢本身是耗水大户，全部采用废水再利用对城市和企业都是好事情。”梁宏书具体介绍说，投资 3.26 亿元建设的华北地区最大的城市中水与工业废水处理项目。每天能够处理城市中水和工业废水各 7.2 万 m3；从污水处理厂购买城市中水比直接购买净水成本要低，投资建设水处理设备，经济账还是算得过来的。“希望政府对工业企业使用中水进行适量补贴，以鼓励企业使用中水、节省水资源的积极性。”

余废利用成节能减排“主力军”

河钢唐钢能源环保部副部长袁学军介绍说，为了进一步密切与城市和谐共生，河钢唐钢主要生产工序能耗指标不同程度地实现了优化，焦化、烧结、炼铁、转炉冶炼等工序能耗全部达到行业先进水平。二次能源进一步实现高效合理回收利用，企业总体余热余能自发电比例达到 60%以上。

“过去人们觉得没用的东西现在都是宝。别看芝麻粒大的东西，集起来是非常可观的量，节能从来不能小视。”袁学军介绍，河钢唐钢不断进行先进节能技术的完善，例如加热炉节能改造、高炉冲渣水余热利用、退火炉尾部烟气余热利用、烧结大烟道余热利用、高炉热风炉自动燃烧节能改造、太阳能、光伏发电等新能源利用等。淘汰落后低效发电机组，建立高效率、大容量发电机组，进一步提高余热余能利用水平。

袁学军举例说，厂里的金属油桶用完压扁后进行炼钢，一年也有几百吨的产出。高炉冲渣水的温度约 80-100℃，冬季可以为 200 万平方米的居民住宅区供暖，其他季节为企业食堂、浴室供热。

唐山市在全国重点城市中空气污染综合指数的排名中一直处于不利地位，环保治理形势十分严峻。空气污染综合指数中主要污染物的一氧化碳在唐山比其他城市高 2-3 倍，是造成唐山空气污染综合指数的排名落后的一个主要因素。一氧化碳正是钢铁企业的主要排放废气之一，河钢唐钢能源环保部副部长刘国良告诉记者，为此唐钢在唐山市率先针对一氧化碳排放量较高的生产环节进行技术攻关，对轧钢加热炉与高炉炉顶均压煤气管道进行一氧化碳减排改造，得到了唐山市政府的肯定。

“近几年，公司在环保方面的投入超百亿元，每吨钢花在环保上的成本有 200 元，这个投入在国内目前是最高的。”汪国川告诉记者，作为沿海钢铁厂的示范厂区，公司依托海水淡化项目形成了循环经济产业链，实现资源的高效利用。例如，在能源阶梯利用上，以钢铁厂富余煤气为热源，通过煤气锅炉制备蒸汽用来发电，同时将发电后的乏汽以及利用余热回收装置回收的低品质能源供给热法海水淡化制备淡化水，实现能量的梯级综合利用，不仅实现了煤气、蒸汽的的“零”放散，可大幅度降低海水淡化运行成本更好的实现热、电、水的联产。此外，公司自备电站两台 30 万发电机组锅炉采用煤-煤气混烧技术，首先减少了钢厂副产物煤气的放散，有利于改善空气环境质量。其次，煤气的回收利用，直接减少了原煤的消耗。按照机组目前掺烧情况，每年大约减少原煤消耗 60 万吨，减少二氧化硫产生量 3600 吨。

能源管理系统还需多信息融合

记者了解到，首钢京唐公司在“十二五”期间已建成能源管控中心，通过燃气系统实现煤气“回收最大化”“利用最优化”“效益最大化”；通过供气系统将达到气态氧及气态氮的零放散；通过供水系统实现原水、海淡和污水三水合一，污水零排放；通过电力系统结合上网售电，解决供用电成本以及供电可靠性问题；通过热能系统实现蒸汽系统的智能动态平衡，降低蒸汽消耗，让蒸汽成本最低。

在汪国川看来，能源管理中心如何进行智慧能源系统技术升级；如何实现物质流、能量流与信息流以及物质流网络、能量流网络与信息流网络之间的相互协同、融合与优化，成为钢铁行业能源管控中心升级改造的新命题。“目前，首钢京唐公司新装转炉煤气排水器全部采用新型智能煤气排水器，彻底解决因巡检周期长而造成的监护失控问题；氧气智慧优化运行系统的应用，解决了空分氧气生产稳定性与炼钢用氧间断性之间的矛盾；燃料资源的智能抉择系统的应用，让燃料真正发挥‘物尽其用、效益效率双提升’的功效；在强排泵站、空压机站、换热站、污水处理站，辅助泵站等区域实现集中监视，远程调控，做到无人值守。”

河钢唐钢也从能源管理手段上完善了体系，实现了专业化的一贯制管理。“之前各部门在能源方面是各干各的，近年来从能源环保部，到主体生产厂，再到生产线，进行垂直化管理。采用这种方式运作起来更加高效有序。”他告诉记者，企业按需用能，可以避免“小马拉大车”或“大马拉小车”等能源不合理配置现象。

除了改革管理体系，河钢唐钢五六年前在技术上将能源管理实现了信息化。运用信息化的手段，把各主要用能单元的各种参数实时统计并显示在调度大厅，实现能源的自动化管理和运行，节省了不少人力成本。但是袁学军也坦言，目前钢铁企业的能源管理系统还没有完全实现用能单元的智能化调节和各种情况自动处理，仍然需要不断完善，以实现钢铁企业能源更高效利用。

本报记者 彭扬 实习记者 齐琛冏 中国能源报 2019-07-15

## 储能有突破，“绿电”可长跑

一个省全部使用水、光、风等清洁能源供电，可行吗？在青海，这一设想已成为现实。

近日，青海连续 15 天全部以水、光、风等清洁能源供电，再次打破全清洁能源连续供电时长世界纪录。这背后，除了青海良好的能源结构，还离不开电力输送和储存技术的支撑。

同样热腾腾的锅炉，同样红彤彤的钢水，同样热火朝天的生产。不过，这半个月，青海省海东市乐都区烁华铁合金有限公司生产用的电都是“绿电”。“电费是硅铁行业生产成本中的大头，用绿电，清洁又便宜！”公司负责人朱辉说。

从 6 月 9 日 0 时至 6 月 24 日 0 时，国家电网在青海省组织实施“绿电 15 日”活动，连续 360 小时全部以水、光、风等清洁能源供电，实现用电碳的“零排放”。数据显示，“绿电 15 日”期间清洁能源累计供电量 28.39 亿千瓦时，相当于减少燃煤 129 万吨，减排二氧化碳 232 万吨。这是继 2017 年的“绿电 7 日”和 2018 年的“绿电 9 日”后，国家电网再次打破全清洁能源连续供电时长世界纪录。

绿电既清洁又便宜，受到企业欢迎

“新能源价格便宜，使用越多，电价成本越低。绿电 15 日，我们成本能节约 10 万多元。”朱辉说。

烁华公司的主打产品是硅铁合金，用电成本占到总成本的六成。与许多用电大户一样，以往这家公司选择在后半夜开工，避峰生产，从而能享受 1 毛 4 的低谷电价。如今，烁华公司平时用电中，新能源发电量占比超过 1/3，平均电价每度便宜了 3 分钱。朱辉说，“可别小看这 3 分钱，今年 4 月起我们开始满负荷生产，没有这 3 分钱的成本节约，根本做不到。”

“绿电 15 日”期间，新能源发电量占全部用电量的 34.7%，实现了高占比发电。为减少新能源弃电量，青海电力公司推出新能源消纳“绿色套餐”，活动规模由去年的 22 家硅铁企业扩大到青海省整个铁合金行业。5 月 25 日至 6 月 24 日，省内共计 30 家铁合金企业、101 台炉、157 万千瓦负荷参与峰谷时间段互换“绿色套餐”活动。37 万千瓦避峰负荷由夜间生产转移到上午 9 点至 12 点运行，增加光伏消纳 110 万千瓦时。

优化电力输送和储存技术，让绿电走得更远

利用光、风发电，是“靠天吃饭”。发的电多了要消纳，少了要补上，这样才能保持用电稳定，实现风光水电“和谐共鸣”。

“绿电 15 日”期间，在青海电网发电综合展示图上，一场无声的交响乐正在演奏：零点到 8 点，蓝线高举，水电缓缓奏响前奏；8 点后，绿线缓缓抬升，光电成为主声部，蓝线开始下降，持续到晚上 8 点，绿线画出一个丘陵，蓝线勾出一个谷地，蓝线重新占据高地，奏出尾声。

“蓝线代表水电发电量，绿线代表光电发电量，两线在白天交汇形成的馒头状越浑圆，说明调控得越好。阳光好时用光电，阳光差时用水电，起风了用风电。”国网青海电力公司调控中心主任方保民说，“别管天气怎么变，咱们都能用上电。”

让更远的地方用上电，首先是要具备电力输送条件，第二步是能让电实现交易。可是，以往用

户用电却分不清用的是谁家的电。国网青海电力公司调控中心自动化处相关负责人周炜说："电力输送好比一个水池，发电就好比灌水，送电就好比出水，进到池里的水都是水，我们现在做的就是要给这些'水'贴上标签，实现储能共享。"

清洁能源发电，储能很关键。"绿电 15 日"期间，国网青海电力试点应用共享储能辅助服务技术，使用区块链技术，研究实施基于智能合约的储能电站运行和交易模式，实现储能电站充放电量的智能研判和智能结算。

国网鲁能集团青海新能源公司董事长李静立介绍，作为"绿电 15 日"期间唯一一座参与共享储能市场化交易的电站，鲁能海西 100 兆瓦时储能电站加大了设备巡视检查力度，增加高温、大负荷、特殊天气下的特巡次数，严密监控设备运行状态，"绿电 15 日"期间共计放电 50.12 万千瓦时，有效发挥了对电网调频调峰、平衡输出、缓解新能源发电出力波动等作用。

去年，青海电力上线新能源大数据创新平台，累计接入 11 家发电企业 121 座电站，占全省新能源总装机容量的 1/3；试点实现 5 家企业 21 座电站"无人值班"，降低电站运营维护成本普遍超过四成。

探索绿电指数量化评价，推动清洁能源高质量发展

国网青海电力公司董事长董天仁认为，"绿电 15 日"的成功实践，与青海优良的电力能源结构不无关系，水电和光伏已经成为青海电网第一、第二大电源，且新能源间互补性比较强，同时，青海的用电负荷相对较低，这也为实现全清洁能源长时间供电提供了便利条件。

此外，先进电网控制技术支撑，以及良好的资源禀赋为全清洁能源供电提供了物质保障。今年省内电网规模进一步扩大，配置能力进一步增强，青海新能源装机达 1391 万千瓦，占比达 46.7%，新能源主要断面送出能力由 160 万千瓦提升至 240 万千瓦，同比提高 50%。

此外，青海电力联合国内专业科研机构，创新提出"绿电指数"概念。"它可以直观反映绿电开发利用水平及趋势，对全社会供电清洁化程度进行量化评价。"青海电力公司总经理祁太元说。

方保民说："要实现青海省全清洁能源的常态化，目前还存在一些困难。一方面，由于新能源间歇性、波动性的发电特性，难以满足负荷连续用电的需求。加之青海冬季枯水期水电出力不足，需要火电以及外购电进行支撑。未来在智能电网发展、风光水储多能互补技术进步、电源结构优化等支持下，我们正在向全清洁能源时代迈进！"

青海清洁能源发展研究院院长张海宁认为，清洁能源的高比例利用，并不能依靠青海一个省的示范和努力，而是需要在整体层面进行统筹规划，完善相关政策支持，把区位优势转化为经济优势，避免造成资源浪费，通过更多的积极消纳清洁能源的尝试，提高光伏发电、风电的比重。

人民网－人民日报　2019-07-03

## 储能行动计划发布：使我国储能技术 5-10 年内处于国际领先

7 月 1 日，国家发改委网站发布了《关于促进储能技术与产业发展的指导意见》2019-2020 年行动计划（下称"行动计划"）。行动计划提出，要加强先进储能技术研发，集中攻克瓶颈技术问题，使我国储能技术在未来 5-10 年甚至更长时期内处于国际领先水平。

该行动计划由国家能源局、国家发改委、科技部、工信部四部门于 6 月 25 日联合印发。

行动计划是对《关于促进储能技术与产业发展的指导意见》（发改能源【2017】1701 号，以下简称《指导意见》）的进一步落实。

《指导意见》于 2017 年 10 月由国家发展改革委、财政部、科学技术部、工业和信息化部、国家能源局联合发布，该意见指出未来十年内要分两个阶段推进储能产业相关工作，第一阶段实现储能由研发示范向商业化初期过渡;第二阶段实现商业化初期向规模化发展转变。

行动计划共 6 部分 16 条，包括加强技术研发、完善相应政策、推进项目示范应用以及建立标准化体系等方面，为下一阶段储能产业工作指明方向。

除了未来 5-10 要使中国的储能技术处于国际领先水平，行动计划还要求加大储能项目研发实验验证力度，重点推进大容量压缩空气储能等重大先进技术项目建设，推动百兆瓦压缩空气储能项目实验验证示范;继续推动储能产业智能升级和储能装备的首台（套）应用推广;提升储能安全保障能力建设，在电源侧研究采用响应速度快、稳定性高、具备随时启动能力的储能系统，在电网侧研究采用大容量、响应速度快的储能技术。

计划提出，推动配套政策落地，推进电力体制改革，加快增量配电业务改革和电力现货市场建设，完善电力市场化交易机制;规范电网侧储能发展，明确电网侧储能规划建设原则，研究项目投资回收机制，规范引导电力系统储能健康有序发展;建立储能项目备案制，按照《指导意见》要求，结合地方实际情况指定地方备案机关，督促地方备案机关建立备案流程、出台相关规定，指导企业进行储能项目备案。

计划提出，推进储能项目示范和应用，包括储能在大规模可再生能源消纳、分布式发电、微网、用户侧、电力系统灵活性、电力市场建设和能源互联网等领域的示范应用;积极推动储能国家电力示范项目建设，重点推动大连液流储能电站、江苏压缩空气储能电站和甘肃网域大规模电池储能电站建设工作;推进储能与分布发电、集中式新能源发电联合应用，研究探索信息技术、人工智能等前沿科技与可再生能源、储能领域的融合;开展储能保障电力系统安全示范工程建设，电网侧将储能应急电源在严重自然灾害下作为保底电源，用户侧开展重要用户储能应用示范工程建设;推动储能设施参与电力辅助服务市场，鼓励储能设施参与电力辅助服务市场。

计划还要求推进抽水蓄能发展，调整抽水蓄能电站选点规划并探索研究海水抽水蓄能电站建设;推进新能源汽车动力电池储能化应用，组织开展充电设施与电网互动等课题研究，持续推进停车充电一体化建设;完善储能标准体系建设，健全储能标准化技术组织，建立与国际接轨、涵盖储能系统与设备全生命周期，相互支撑、协同发展的标准体系。

陈凌瑶　澎湃新闻　2019-07-02

## 全钒液流电池：大容量储能技术明日之星

先进大容量储能技术特指应用在电力系统中、容量在千瓦级以上、综合性能优越的储能技术。作为解决可再生能源大规模接入、传统电力系统削峰填谷、分布式区域能源系统负荷平衡的关键支撑技术，大容量储能技术已成为世界未来能源技术创新的制高点。抽水蓄能、锂离子电池、铅蓄电池等目前主流的储能技术越来越难以满足快速发展的大容量储能需求，全钒液流电池由于具有安全环保、寿命长、规模大、效率高、选址自由等特点，成为大容量高效储能技术的首选之一。全钒液流电池技术应用价值日益受到重视，我国全钒液流电池技术与应用国际领先，有望成为大容量储能领域明日之星。

大规模储能后起之秀

我国全钒液流电池技术完备，产业发展全球领先。我国拥有全球领先的全钒液流电池技术服务企业，已形成了包括液流电池批量生产、模块设计制造、系统集成控制在内的全产业链全钒液流电池自主知识产权体系。我国已投运全钒液流电池储能项目累计规模仅次于锂离子电池、铅蓄电池两种传统的电化学储能技术，约占全国电化学储能规模的4%，占全球全钒液流电池储能规模的17.8%。我国也是全钒液流电池最大生产国，钒电解液国际市场占有率达 90%以上。

全钒液流电池优势明显，成为大容量储能领域首选技术之一。与其他储能技术相比，全钒液流电池优势明显：一是安全环保。全钒液流电池储能介质为含有钒离子的稀硫酸水溶液，不易发生爆炸和燃烧，钒电解液可反复循环利用。二是循环寿命长。电池充放电循环次数在 15000 次以上，使用年数在 15 年到 20 年。三是能量转换效率高，充放电特性良好。能量效率约 80%，响应速度快，可深度放电，适合大电流快速充放电。四是容量大。储能容量为数百千瓦时至数百兆瓦时，尤其适合大容量固定储能场合。

示范项目初现成效，已具备大规模推广条件。据统计，全球共有 40-50 个钒电池项目，2013 年起我国国电张北风光储输示范工程、国电龙源沈阳卧牛石风电场、辽宁风力发电有限公司黑山风电场、国电和风锦州风电场陆续配置了兆瓦级以上全钒液流电池储能示范项目，其中卧牛石风电场的全钒液流电池（5MW/10MWH）规模最大。示范项目在削峰填谷和减少弃风弃光上发挥了重要作用。

商业化面临三大瓶颈

一是成本尚待进一步突破，市场尚待进一步打开。尽管我国全钒液流电池成本低于国际水平，但与铅蓄、锂离子电池相比依然处于较高水平，全钒液流电池初始投资达到 3000-4000 元/kWh,10000-15000 元/kW，导致近两年全钒液流电池市场占比有所下降。

二是标准体系不够健全，标准建设刚刚起步。全钒液流电池储能作为新兴产业，国内外相关标准制定均处于积极探索阶段，我国作为具有国际领先水平的全钒液流电池技术持有国，仅出台了全钒液流电池术语、安全方面的国家标准。

三是商业模式亟待创新，补贴政策尚未建立。目前储能运行主要采用“投资+运营”模式，使得投资压力大、风险高，投资项目集中在发电侧和用户侧，发电侧主要依靠限电时段的弃电量存储、用户侧依靠峰谷价差实现套利和电费管理，但均存在定价、补偿机制不完善等问题。

从三方面着手推进

一是降低电池成本，推动技术产业化。开发低成本技术，建立全钒液流电池低成本技术研发基地，开发全钒液流电池离子传导膜、电解液等低成本技术；推动规模化量产，制定全钒液流电池产业化发展路线图，优先在河北、四川等钒资源大省布局全钒液流电池，以规模效应促进设备单位投资成本下降，力争到 2020 年，全钒液流电池成本下降到 2500 元/kWh；扩大应用领域，开展全钒液流电池在微电网、智能电网、替代柴油机组、海岛供电、新城市能源布局、充电站建设、工业园区多能互补等领域的试点示范，积累成功经验，通过扩大下游应用推动上游生产。

二是健全标准体系，积极参与国际标准制定。研究制定《中国液流电池技术行业标准》，以全钒液流电池应用流程为主线，划分为规划设计、设备及试验、安装调试、运行维护、回收利用等各个环节，规范电解液、离子膜等关键部件技术条件；国内领先企业应积极参与国际液流电池技术行业标准的制定工作，在国际标准中争取更多话语权的同时，争取将我国技术纳入国际标准。

三是探索建立补贴政策，培育可持续的商业模式。短期内，国家应建立示范电价（度电补贴）、建设补贴（千瓦补贴），优先并网接入及全额收购电力等补贴政策，支持储能产业当前发展。长期看，建立体现储能商业价值的电价或补偿机制，建议国家相关部门将储能发展纳入电力体制改革中，研究制定储能电价、调峰价格、调频价格、辅助服务等定价机制，建立储能项目在提高跟踪计划出力、改善电力输出质量以及环境效益等方面的补偿机制，通过经济杠杆手段，推动储能建设和发展。商业模式方面，推动合同能源管理、融资租赁等金融手段进行交易管理，推动 BOT、BOO、BOOT、BLT、PPP 等方式，引入多样化资本，推动储能项目的获取与实施。　　（作者供职于赛迪智库）

霍婧　中国能源报　2019-07-01

## 分布式发电市场化交易起步多艰

分布式电源参与市场化交易的模型尚不成熟，若进入市场，一定要明确其处于网络的哪个节点，而分布式电源的节点密密麻麻，屋顶分布式光伏的地理位置虽然可以明确，但判断处于哪个节点难度很大。目前没有相应的建模标准，影响了其市场推进。

自国家发改委今年 5 月公布首批 26 个、共 165 万千瓦分布式发电市场化交易试点名单后，“分布式发电市场化交易”正式进入实操阶段。虽然分布式发电“进军”市场，被公认为是其发挥优势的“良药”，也是行业发展的必然趋势，但记者在采访中了解到，作为新事物，分布式发电的市场化之路面临诸多问题：在电力市场中的定位模糊、交易模型不成熟、交易方式仍处于摸索阶段。

“隔墙售电”逐步落地

分布式发电是指接入配电网运行、发电量就近消纳的中小型发电设施。与集中式发电供电方式相比，分布式发电位于电力消费场所或与之相邻，能源生产和消费就近完成，具有减少电力损耗、能源利用率高、污染排放低等优点。

2017 年 3 月，国家能源局发布《（以下简称《通知》）意见的函》，组织分布式发电市场化交易试点，光伏发电、风电、天然气热电冷联供、沼气等生物质发电、余热余压余气发电和小水电等分布式电站均可参与电力交易。

2017 年 10 月，《通知》正式下发，明确“直接交易、委托电网企业代售电、电网企业按标杆上网电价收购”三种具体模式，电网收取过网费；2018 年 4 月，《分散式风电项目开发建设暂行管理办法》下发，允许分散式风电项目向配电网内就近电力用户直接售。而随着首批分布式发电市场化交易试点名单公布，“隔墙售电”正逐步落地。

中国电力科学研究院电力自动化研究所优化调度技术研究室主任耿建表示，今年国网提出的泛在物联网分析了很多场景，从市场角度看，很多场景更像是分布式电源。“比如储能和综合楼宇可等效为分布式电源，包括正在研究虚拟电厂，大量的泛在负荷被称为‘新型负荷’，这些负荷具备有源的特征，亟需探索新的商业模式。”

近两年，分布式光伏成为分布式发电的“主角”。北京电力交易中心副主任谢开认为，分布式电源发展迅猛，2018 年仅分布式光伏的并网容量达 4389 万千瓦，累计并网户数 11 万户，同比增长 82%，分布式电源在电力市场中的定位亟需进一步探索。

市场模型不成熟

有业内人士指出，分布式发电打破了中心化、集中式的电力供应模式，而允许分布式清洁电力进行市场化交易，是我国电力市场重要的突破口。无论普通百姓还是企业，均能实现电力的自发自用和自由交易。

不过，我国电力市场处于建设状态，市场规则和交易模式仍在探索。例如，节点边际电价（LMP）是电力市场的一种结算模型，由系统电能价格与阻塞价格构成，系统电能价格反映全系统的电量供需平衡情况，是目前我国电力现货市场集中式全电量竞价采用的定价机制。

这种模式是否适用于分布式发电？

国网华东电力调配分中心水电及新能源处副处长陆建宇表示，目前分布式发电进入市场尚不具备充分条件。“分布式电源参与市场化交易的模型尚不成熟，若进入市场，一定要明确其处于网络的哪个节点，而分布式电源的节点密密麻麻，屋顶分布式光伏的地理位置虽然能明确，但判断处于哪个节点难度很大。目前没有相应的建模标准，影响了其市场推进。”

东南大学电力经济技术研究所副所长王蓓蓓认为，用节点电价的思路评估分布式发电，会对集中优化模型带来很大改变。“分布式发电的网络密集，如果采用节点电价考核或者结算，在某些区域得到的‘天价’节点电价，惩罚性成本也非常高，这给分布式发电带来很大挑战，也给电网安全稳定带来一定冲击。”

“在技术层面，对分布式发电进入 市场的预测水平还处探索起步阶段，并不能准确预测发电曲线，即使能够预测，也不具备对预测结果进行合理校验的手段。” 陆建宇补充道。

交易方式亟待确立

既然分布式电源不适合用节点电价和复杂的计算，那其市场交易模型应该采取何种方式？

王蓓蓓认为，由于分布式电源出力波动，不易被电网消纳，可充分挖掘用户侧的需求相应、柔性负荷和储能潜力，形成利益联盟体，在电力市场起步阶段不失为有效的推广方式，但这对交易系统、相应的配套考核曲线也提出了更细化的要求。

王蓓蓓建议，配额制应延伸至分布式发电终端。“对分布式发电而言，现在网上核准电价备受关注，电价能不能覆盖成本？如果配额制交易市场化，比如新疆或甘肃的分布式电源上网，可以把绿证卖到江苏、广东，绿电和绿证能够实现市场化交易，而不是采用捆绑的方式，为分布式入网提供更有力的支撑。”

耿建则提出了挂牌交易的方式。“这种方式不涉及安全校核和潮流计算。不建议对分布式发电进行市场化考核，因为光伏随机性强，市场精确考核的成本非常高。同时，市场成员也没有精力和技能，分布式光伏未来走向市场是廉价的，免考核的电量可积攒到月度或年度结算。”

针对未来的交易模式，业内人士提出，采用区块链技术构建的交易平台，采用“双挂双摘”的方式，尽量避免主网出现复杂潮流的问题。“如若按台区设置，一个台区一个交易级，台区内买卖双方相互交易，以存电量进行报价，下一步拓展交易的类型和周期。分布式交易面临的问题比主网交易更加复杂，要结合场景来设定交易规则和方式，尽量体现分布式交易本身的特征以及用户的意愿。”

赵紫原　中国能源报　2019-07-01

## 加州大学试点梯次电池储能系统 计划电池成本降一半

美国太阳能产业协会强调，“太阳能发电产业的长期发展将取决于储能系统带来的成本效益。”通过使用电动汽车（EV）的二次电池，加州大学戴维斯分校研究人员正在验证一个可能解决这一挑战的方法。2019 年 1 月，他们委托一家公司部署电动汽车二次电池储能系统，以储存太阳能发电设施多余电能。

该储能系统由加州大学戴维斯分校绿色技术实验室的 Jae Wan Park 教授及其研究生共同开发。据称，该项目得到了加州能源委员会资助，将有效减少加州大学戴维斯分校 Robert Mondavi 研究所的峰值能耗和碳足迹，该研究所是一个酒厂、啤酒厂以及食品加工厂的综合体。开发团队在酒厂附近的一个集装箱中组装了大约 15 个电池组，这些电池组的总容量为 300kWh。开发的控制算法可以控制电池组采用一个装机容量为 200kW 住宅太阳能发电设施充电。然后在晚上将储存的电能释放，减少 Robert Mondavi 研究所 20%碳足迹和能耗。

Park 教授表示，其团队开发的储能系统具有独特优势。例如，研究人员不再花费数小时进行完全充电和放电，而是使用机器学习算法在几分钟内估算电池健康状况。然后，采用其他算法以串联和并联方式配置电池单元以优化性能。最后，该团队使用控制装置重新连接电池组，这些控制装置可测量并考虑电池容量的变化，以确保安全性、效率、使用寿命。

重要的是，这些功能可与加利福尼亚州电网运营商和消费者的需求保持同步。该州目前约 20%的电力来自太阳能发电设施，其间歇性输出严重影响了电网运营。日间发电量过剩促使批发电价下降，而夜间电价却达到峰值。然而，加利福尼亚州决策者在 2018 年加倍部署太阳能发电设施，实现了前所未有的 100%清洁能源目标，并授权在所有新住宅屋顶安装太阳能发电设施。而采用成本低廉且可扩展的储能系统可以支持该州实现这些大胆目标。

与此同时，公共政策和成本下降的结合推动了插电式电动汽车快速普及，现在插电式电动汽车占加州新车总销量 10%以上。为了减轻废弃的电动汽车二次电池对环境影响，该州立法机构正在制定规则，以确保它们在其生命周期结束时回收利用。而日产公司总经理 Francisco Carranza 表示，目前回收电动汽车电池成本是可回收电池材料价值的三倍。

重新利用二次电池可以推迟巨大的回收成本。鉴于电动汽车电池生命周期结束时通常存在 75%原始容量，因此重复利用可能性很大。这一机会促使 Park 教授改变其用途，并成立初创厂商 RePurpose Energy 公司，致力于使其团队的研究实现商业化。根据这家公司联合创始人 RyanBarr 的说法，该团队的目标是以新电池一半的成本向太阳能开发商销售重新利用的二次电池。

在加利福尼亚州这样需求费用很高的地区，夜间的电力价格比白天高很多，因此分布式太阳能开发商需要采用更具成本效益的电池。在这种情况下，为太阳能发电设施部署储能系统可以使其组合价值加倍。出于这个原因，RePurpose Energy 公司采用日产聆风汽车的二次电池，计划在一家拥有太阳能设施的酿酒厂部署储能系统，将为其减少电力成本和碳足迹。

然而，储能系统带来的好处并不只是减少电费和节能减排。美国各地电网运营商正在开发新的机制，使电池储能系统可以直接参与批发市场。与此同时，一些公用事业监管机构正在认识到电池

储能系统降低电网升级成本的潜力。因此，Park 教授及其团队的愿景是采用大量的二次电池组为电网提供服务。

如今，使用电动车二次电池的商业储能系统现已成为现实。接下来的问题是这种方法是否可以大规模应用，进一步改进电网的运营。RePurpose Energy 公司创始人表示，他们拥有丰富的开发经验，并为此做好了技术准备，如果获得成功，公用事业公司、汽车制造商和消费者都将受益。

中国储能网　2019-07-01

## 北京首个电网侧储能电站示范项目投运

7 月 5 日，经过紧张的并网调试工作，北京首个电网侧储能电站示范项目——怀柔北房储能电站正式投入运行，这相当于着北京新增了一个大型城市“充电宝”。

“储能系统在功率输出和能量储存方面具备优良特性，运行方式灵活可控，对于探索具备首都特色的能源互联网发展战略、提升首都电网安全稳定水平具有示范意义。”国网北京市电力公司发展策划部主任陈斌发介绍。

可供 1 万户家庭用电 2 小时

近年来，北京用电需求逐年增加，度夏度冬用电大负荷期间峰谷差已接近 46%并呈逐年增大趋势，这对电网发展和供电保障提出了新挑战。

电化学储能系统放电时间长、响应速度快、转换效率高、不受自然条件制约、单位造价较低、便于规模化应用等特点，尤其是可以实现能量在时间与空间上的转移，为应对上述挑战提供了新思路。

怀柔北房储能电站是北京首个电网侧储能电站项目，也是北京电网首座正式投入运行的储能电站。该电站位于北房 110 千伏变电站北侧，总用地面积 0.42 公顷，终期规模为 3 万千瓦时，最大输出功率达到 1.5 万千瓦，充满电时可供一万户家庭同时用电 2 小时。

储能电站可强化负荷感知和需求响应，对实现新能源消纳、电网削峰填谷、调压调频、提升应急供电能力等均具有积极作用，可实现“电源、电网、负荷、储存”系统的智能友好互动，也是构建“坚强智能电网+泛在电力物联网”的关键元素。

可实现毫秒级速度“替补”

怀柔北房储能电站的建设对怀柔科学城供电可靠性的提升增加了一个高科技的“新手段”。储能电站选取磷酸铁锂电池作为储能元件，采用“模块化设计、标准化接入”的预制舱模式建设，犹如给城市电网安装了大型“充电宝”。

陈斌发介绍，用电低谷时“充电宝”作为电力负荷充满电能，提升北京夜间风电消纳水平；用电高峰时当作发电电源释放电能，通过电能存储和释放削峰填谷，提升电网安全稳定和经济效益。

“新手段”是个“百米飞人”。怀柔科学城有很多大型科学装置，如高能同步辐射光源、子午工程等，精密仪器对供电可靠性要求极高。“这时候我们的储能电站的优势就凸显出来了，一旦电网突发故障，储能电站可以毫秒级的速度‘替补’上场，相当于 30 个发电车（常规容量 500 千伏安）同时接入供电，为地区电网‘接力续航’，满足怀柔科学城地区可靠供电需求。”陈斌发表示。

国网北京怀柔供电公司经理郑广君介绍：“储能电站投产后，将有效缓解怀柔 220 千伏变电站度夏度冬大负荷期间重过载问题，保障怀柔科学城重要负荷安全稳定运行，进一步提升电网供电能力及可靠性水平。”

推进延庆冬奥赛区储能建设

据了解，北房储能电站采用电芯级监测、AI 智能运检系统等先进技术，实时获取电池管理系统、变流器等设备运行状态数据，准确评估设备健康状态，及时反馈预防性运维通知和运维建议，显著提升了电池安全性、使用寿命和控制水平。

“北房储能电站从筹划到投产送电仅用时 4 个月。”相关负责人介绍说。据透露，下一步，国网

北京市电力公司将继续开展“多站合一”及电网侧储能电站规划工作，加快推进延庆冬奥赛区储能电站建设，提高延庆风、光等新能源消纳，优化储能电站孤岛运行策略，提升源网荷储体系调度运行水平，建立完善的储能标准体系，持续推进储能系统规划建设工作。

记者 苏南　中国能源报　2019-07-15

## 协鑫港华助欧莱雅中国实现“零碳”

6 月 25 日，世界 500 强欧莱雅集团在亚太地区最大的生产基地—苏州工业园区尚美工厂举行“零碳工厂”建成典礼，这标志着欧莱雅中国成为欧莱雅集团首个“零碳”分公司。

所谓“零碳工厂”，是指工厂整个生产过程全部使用清洁能源，二氧化碳的排放量为零。2014 年开始，苏州尚美建成装机容量为 1.5 兆瓦的太阳能发电系统，同年 8 月引入风力发电，二氧化碳排放量快速下降，但生产中需要的蒸汽部分仍由传统能源供给。今年 4 月，苏州尚美携手协鑫港华新建分布式热电联供系统，打通“零碳工厂”最后一公里。通过园区餐厨垃圾、园林垃圾沼气发电的“绿色蒸汽”项目，欧莱雅苏州尚美工厂的“零碳”目标最终得以达成。

协鑫港华表示，这个新建的分布式能源站将上游企业输送过来的沼气转变成工厂生产所需要的蒸汽及绿色电力，可满足每年约 18000 吨的全部蒸汽用量，年供电 180 万度，其能源四级梯级利用模式，还可回收热量 6200 吉焦，用于加热工艺热软化水。通过多能互补型综合能源管理系统，尚美工厂成为真正意义上的“零碳工厂”，经第三方环境咨询公司审计认可，二氧化碳排放符合国际碳中和标准，并于 2019 年 6 月实现二氧化碳零排放目标。

协鑫港华能源科技（苏州）有限公司由协鑫智慧能源股份有限公司与苏州港华燃气有限公司共同组建。该公司的成立，将充分发挥协鑫智慧能源在燃机运营方面的管理、技术优势，以及苏州港华燃气作为燃气运营商的资源优势，积极采用冷热电三联供和多种形式的分布式能源，布局清洁能源综合服务，与用户企业共谋绿色发展。

新文　中国能源报　2019-07-01

## 天然气发电是对是错

本报 5 月 6 日头版刊发的调查报道《天然气发电为何“掉队”》，揭示了承载厚望的气电产业发展现状远不及预期的现象，并预判“十三五”气电装机目标“落空”几成定局，引发舆论热议，并由此引出另一个业内关注的话题：气电的发展方向是否出现了问题？本报记者就此展开新一轮采访。

“我已多次说过，我国不应再发展天然气热电联产了，要尽快停止。”谈及气电发展，中国工程院院士、国家能源委员会专家咨询委员会委员江亿态度明确，“从电源结构上看，我国是需要天然气发电厂的，但需要的是天然气调峰电厂，而非天然气热电联产。”

值得注意的是，中国工程院院士倪维斗在不同场合也多次表达过类似观点。

记者日前从中国电力企业联合会获得的一份名为《电力“十三五”规划中期评估及优化建议》的文件显示，截至 2017 年底，全国气电装机 7629 万千瓦，其中 70%以上是热电联产。作为气电应用的“主流”方向，天然气热电联产为何引得两位院士一再“否定”？若早应叫停，其在气电领域的市场份额为何如此之高？气电的发展方向真的错了吗？

“应该将有限的天然气资源用在其他能源不能解决的问题上，即为电力系统调峰” “用于热电联产，就丧失了调节能力”

“我国天然气资源不多，目前天然气消费占比 7%左右，很难像发达国家一样达到 20%—30%。尽管比例很低，但去年我国已经超过日本，成为全球最大的天然气进口国，对外依存度超过 40%，如果再高，能源安全就会产生问题。”江亿说，“家底”摆在这里，任何行动不能脱离这一实际。

数据显示，2018 年我国天然气消费总量约 2800 亿立方米，其中进口约 1250 亿立方米。在“资源

不多”这一基础判断之上，江亿向记者阐释了他的思考。

“非化石能源——水电、光伏、风电、核电是我国能源未来发展最主要的方向，但除了水电之外，风电、光伏发电的灵活性都比较差，难以人为控制，核电也不适合频繁调整出力，考虑到电站的安全问题，核电最好也别调。发展非化石能源电力的最大瓶颈，很多人认为是电网输送能力不足。不对！问题出在缺少灵活性电源。”江亿说，“德国、丹麦等国风电都发展得不错，很重要的原因是有气电调峰。因为气电的调节性能非常好，就像汽车一样，一脚油门下去，速度马上起来，一抬脚，速度就慢下来，没有那么大的惯性，不像燃煤锅炉。”

据江亿介绍，我国近年来也建设了一些天然气调峰发电厂，但几乎未用，“因为我国缺少天然气资源”。而调峰能力的不足是造成可再生能源电力“三弃”——弃水、弃风、弃光的重要原因。国家能源局数据显示，近年来我国每年“三弃”电量超过 1000 亿千瓦时，与北京市全年用电量相当。“所以，我国应该将有限的天然气资源用在其他能源不能解决的问题上，即为电力系统调峰。天然气是宝贝，应该用在‘刀刃上’。反之，天然气用于热电联产，就丧失了调节能力。”江亿说。

为何天然气热电联产会丧失调峰能力？据介绍，这源于热电联产的物理特性。

热电联产同时生产热和电，但以生产热为主要目的。热电联产就像北方的火炕。火炕一头连着灶台，另一头连着炕，灶台可以烧火做饭，烟气会进入铺设在炕里的通道，为炕供热。换言之，热电联产中的电和热就像火炕的火和烟，两者是捆绑在一起的。

江亿表示，天然气热电联产的电力是随着供热需求而变化的，“不由自己做主”，也就失去了灵活性优势，所以，其对电力调峰的贡献不大。“另外，天然气热电联产与燃煤热电联产的最大区别，是天然气热电联产的‘热电比’要小得多，几乎差一倍，至少差 60%。”

热电比即热电联产项目供热量和发电量的比值，由于以供热为主要目的，所以热电联产的热电比越高越好。“但因天然气热电联产的热电比小，为了生产同样多的热，其生产的电量要比燃煤热电联产高出一倍，这就麻烦了。”江亿指出，“因为随着城市产业结构调整，高能耗工业的比例越来越低，主要的用电方已变为建筑用电。相比于工业，建筑用电量少、用热量高。如果都像北京一样，将燃煤热电联产改为燃气热电联产，立刻就会出现问题——生产的电会增加非常多！这就是热电比小引发的矛盾，尤其是在冬季供暖期间，为了满足期间不断增加的供热需求，就得发更多的电。所以，近年来北京频繁出现向外地送电的现象。然而气电原本可以与风电、光伏发电配合、互动，帮助风电、光伏发电等可再生能源上网，结果这样一来，反而把风电、光伏发电给‘挤’出去了，造成了弃光、弃风。”

“天然气就像是博士，很稀缺，就应该安排他去干些高级的活儿。而发电、热电联产这种事情不用安排博士去干，让本科生来干就可以了”

事实上，江亿“反对”天然气热电联产不仅仅是因为调峰能力受限。在他看来，相比于热电联产，气电的调峰作用更加稀缺、“珍贵”。

“煤炭利用的最佳用途就是发电，煤电的特性则决定了它适合做电力基础负荷、热电联产，这是煤炭最擅长的事儿。”江亿说，“而天然气就像是博士，很稀缺，应该安排他去干些高级的活儿。

而发电、热电联产这种事情不用安排博士去干，让本科生来干就可以了，否则博士就不够用了。得让博士干他擅长的事情——调峰。因为煤电调峰效率低、成本高，它根本干不了调峰的活儿。所以，就是应该让气电去调峰，煤炭老老实实地去发电、热电联产，各安其位。”

这一说法，也得到了中国工程院院士倪维斗的认同：“以煤为主是符合我国资源禀赋且不可改变的事实。相比而言，天然气更像是巴黎香水，宝贵的能源应该用在合适的地方，如果用在靓女俊男身上，就比抹在老头老太太脸上更合适。”

《电力“十三五”规划中期评估及优化建议》也明确提出，建议“调整天然气电站发展方式”。具体来讲，该文件建议将发展调峰电源作为气电主要发展方向，重点布局在气价承受能力较高的东中部地区和在新能源快速发展的西北地区。

“天然气不是宝贝，因为天然气资源压根儿就不稀缺”“多气源能够更好保障天然气的供应。能源

安全的问题确实需要考虑，但不能‘因噎废食’”

“我不认同江院士的观点，主要有两个问题，首先我认为天然气不是宝贝，因为天然气资源压根儿就不稀缺。”北京某上市公司旗下天然气热电联产企业主要负责人在接受记者采访时开门见山，否定了“我国天然气资源匮乏”的基本观点。

谈及天然气资源匮乏与否的话题，2017 年冬季供暖季出现的“气荒”是绕不开的话题。当年，我国北方地区出现天然气供应短缺，影响到部分居民的冬季采暖，引发社会舆论广泛关注。

“当时为什么出现‘气荒’？主要有两方面原因：一是供气方出现了问题，即中亚天然气供应被哈萨克斯坦截留了一部分，每天少了 5000 万立方米，因为当地天气也很冷，所以天然气消费量需求很旺盛。二是当年我国‘煤改气’动作太大了，‘运动式’的改造，天然气需求飙升。但天然气供应能力建设需要时间，所以导致了供需资源不匹配。”上述负责人认为，这次“气荒”是由天气方面的偶然因素和行政方面的干预因素叠加所致，并不能用来证明天然气“资源不多”。他进一步表示，随着“煤改气”日趋理性，近两年天然气需求的涨幅已趋缓，后续供需关系“不会太紧张”。

江苏省能源局气电及分布式能源工程研究中心秘书长刘志坦也告诉记者，2017 年底的“气荒”是特殊情况，不会成为常态。“因为国际市场是不缺气的。这也是天然气行业的主流观点。至少在 2025 年之前，全球天然气将呈现相对宽松的局面。包括中石油、中海油等上游企业和地方天然气公司等下游企业，都持这样的观点。”

“同时，国内也在加大力度开发天然气。前几年国内在天然气勘探开发上投资少，中石油等企业天然气资源‘占而不采’的现象比较严重。国家能源局等主管部门拿他们也没办法。但近两年情况明显改观，中石油从去年开始加大了勘探开发力度。”上述负责人说，“另外，我国页岩气资源储量全球第一。美国之所以能实现天然气净出口，就是因为他们在页岩气开采方面取得了技术突破。目前，中石化在页岩气开采方面已经掌握了比较成熟的技术。相信这些技术会在近几年迅速推广开来。事实上，技术达到了零界点，之后必然是爆炸式的增长。”

“有很多人担心天然气对外依存度高会引发能源安全问题，但其实没有那么严重，否则大豆等粮食岂不是更麻烦？”上述负责人说，例如，2017 年我国进口了 9500 万吨大豆，对外依存度超过 87%。“要是这么看待问题，那么日本、韩国天然气安全风险最高，因为他们几乎全靠进口。但实际上两国天然气并没有出现过供应安全问题。”

上述负责人表示，我国气源是多元化的，有国内自产气，也有进口气，且进口气战略方向很多：有俄罗斯的天然气，将在近两年从东北地区入境；有中亚的，从西北地区入境；有缅甸的，从云南入境；还有海上来的，即进口 LNG。

“多气源能够更好保障天然气的供应。能源安全的问题确实需要考虑，但不能‘因噎废食’。恰恰相反，我们更需要用天然气。”上述负责人说，“考虑天然气利用问题，需要用企业家思维，因为一个产业的发展，良好的投资循环是必需的。用得越少，投资就会越少，这个行业就越发展不起来。只有用了，才能吸引投资和促进技术进步，才能做大市场。换言之，天然气会‘越用越便宜’。”

“就电力供应来讲，未来可能会更多依靠可再生能源，但是热力不一定从远方来，而且新能源供热在一定程度上也是不经济的。最适合实现高品质供热的就是天然气热电联产”

“其次，江院士反对天然气热电联产，我不认同，也不太理解这个观点。”上述负责人说，“任何一项技术是否合理，都需要看它的应用场景。抛开应用场景谈一项技术是没有意义的，因为各类技术都有优缺点，都有其适合的应用场景。”

“在北京这种大气污染治理任务较重的中心城市，天然气热电联产是最经济、最合理的供热模式。”在上述负责人看来，天然气“干净”的特性是煤炭无法比拟的，“有观点说气电会排放氮氧化物，造成大气污染。这是事实，但相比于煤电，除了氮氧化物，气电的其他大气污染物排放要少得多，基本没有。”据他介绍，目前煤电“超低排放”改造后，声称能像气电一样干净。但事实上，“超低排放”只是跟气电的排放标准（氮氧化物 50 毫克/立方米、二氧化硫 35 毫克/立方米、烟尘 5 毫克/立方米）比较，而气电的实际排放水平远远优于这一排放标准。

“气电几乎没有烟尘和二氧化硫排放；烟气经过处理后，氮氧化物排放水平一般都低于 10 毫克/立方米。而煤电不仅排放二氧化硫、烟尘，其烟气经过处理后，氮氧化物排放水平也在 20—30 毫克/立方米。所以，天然气的环保优势明显。”上述负责人说，对于污染治理形势严峻的中心城市来讲，天然气热电联产是必然选择。

同时，多位受访专家表示，气电用水仅为煤电的 1/3，占地更少，非常适合建设在城市中心或周边。

刘志坦也表示：“天然气热电联产一定是北方重要大城市将来重要的供热方式之一。随着 2020 年后俄罗斯天然气东线贯通，东北地区将是消纳这部分天然气的重要消费市场之一，哈尔滨、沈阳、长春、大连 4 个城市都可以建设天然气热电联产机组，因为当地供热期长，供热需求大，这些因素都有利于发展热电联产项目。就电力供应来讲，未来可能会更多依靠可再生能源，但是热力不一定从远方来，而且新能源供热在一定程度上也是不经济的。最适合实现高品质供热的就是天然气热电联产。”

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也认为：“天然气热电联产因其环保特性好、能源利用效率高，非常适合建在城市地区尤其是环保要求高的地区。不能‘一刀切’、彻底否定天然气热电联产，还是要根据各地实际选择是否建设。天然气热电联产肯定是有发展空间的。”

（本报记者朱妍、卢彬、仝晓波、武晓娟对本文亦有贡献）

贾科华　中国能源报　2019-07-01

## 新方法使二氧化碳还原效率提升 200%

本报讯 日前，从中南大学获悉，该校刘敏教授团队和加拿大 Edward Sargent 教授、台湾科技大学黄炳照教授等团队合作，首次从金属量子点中“捕获”二氧化碳，使二氧化碳还原效率提升 200%以上，大大提升了碳循环利用效率。相关成果日前发表于国际著名学术期刊《焦耳》上。

据悉，利用电化学还原，在温和可控的条件下，将二氧化碳还原为有用的碳氢燃料和化学品，是“捕获”大气中二氧化碳、解决其循环利用的有效途径。然而，这一途径的实现，却受限于催化剂难觅之困。

据刘敏介绍，有一类名为“量子点”的重要低维半导体材料，其含有大量可导致光电性能下降的“缺陷点位”。这些“缺陷”，恰好能改善催化剂活性。只是，这种特性很难在常规金属催化剂中被利用。此次，三方团队合作，通过将硫化物量子点原位电化学还原，实现了高倍率金属空位量子点的制备，并将其应用在了二氧化碳还原领域。这种量子点衍生的催化剂，保持了 3—5 纳米的尺寸大小，但其金属空位高达 20%，并在金属量子点中呈现良好的原子级分散，从而为还原反应提供了合适的原子结构与电子结构。在数百小时的还原反应中，它均保持了良好的催化活性，性能超出现有催化剂两倍以上。

俞慧友　中国能源报　2019-07-08

## 我国找到“人造太阳”高性能稳态运行模式

近日，中科院离子体物理研究所 EAST 超导托卡马克团队在前期工作基础上，发展出一种高性能稳态等离子体运行模式，并系统验证了其与未来聚变堆若干运行条件的兼容性。研究成果已在线发表于国际物理期刊《物理评论快报》。

在托卡马克核聚变实验装置中，高约束等离子体的边界区域会周期性地爆发出一种称为边界局域模（ELM）的不稳定性。大幅度 ELM 类似太阳耀斑爆发，造成等离子体能量和粒子的瞬间释放，喷射出强大的热脉冲，侵蚀装置的内壁，甚至导致材料的熔化，并产生大量杂质粒子污染聚变堆芯部等离子体，制约聚变堆长时间稳态运行。

在未来聚变堆上，需要将 ELM 带来的瞬态热负荷降低至少 20 倍，这是国际热核聚变实验堆 ITER 面临的一个严峻挑战，探索无 ELM 或具有小幅度 ELM 的高约束运行模式及其物理机制，是磁约束聚变研究的一个重大科学前沿问题。

Grassy ELM 是一种特殊的自发高频小幅度 ELM，它带来的瞬态热负荷通常低于常规大幅度 ELM 的 1/20，但其机理和获得条件不清楚，国际一些主流托卡马克上一直难以稳定地获得这种运行模式。在未来聚变堆上，能否稳定可靠地获得这种运行模式，是国际聚变界亟待回答的问题。

EAST 团队在与未来聚变堆类似的金属壁、低旋转、电子主导加热等物理条件下，确认了获得这一模式的物理条件，实验中首次揭示出 Grassy ELM 形成的内在动力学机制，并发现其对杂质具有很强的排出能力，特别适合实现高性能等离子体的长时间稳态运行。这一运行模式为解决聚变堆瞬态热负荷瓶颈问题，实现聚变堆的稳态运行提供了一种潜在的新方案。

据悉，我国正在开展 1GW 聚变功率的聚变工程实验堆 CFETR 的集成工程设计，这种运行模式的等离子体部分归一化参数与 CFETR 的设计参数接近，为应用于未来 ITER 和 CFETR 高性能稳态运行模式奠定了物理基础。

吴长锋　中国能源报　2019-07-08

## 智慧能源：为能源安全高效发展拓路

智慧能源的核心是数字化，特点是网络化、智能化、综合化、清洁化和多元化。业内专家分析，在智慧能源系统中，清洁能源占比将越来越大，智慧能源的清洁化，一方面体现在能源结构优化，另一方面意味着智慧能源将实现碳减排的实时监控与可视化管理，引领节能减排和能效提升。

记者日前在中国智慧能源产业联盟（以下称“联盟”）与国家电投联合举办的“走进国家电投”活动上了解到，在能源行业转型改革的大背景下，信息化、智能化、数字化将成必然趋势，能源企业是推动智慧能源实践的最主要载体。目前，国家电投已在火电、核电、水电等领域率先进行了能源项目智慧化实践。

■智慧能源利于清洁低碳

据联盟工作人员介绍，智慧能源是以电力系统为核心，多种类型能源在物理网络上互联互通，同时充分利用互联网、物联网思维技术改造能源行业，实现横向多能互补，纵向“源网荷储”的协调优化，成为全面感知、广泛互联、开放共享、智能互动、多能协同的新型生态化能源体系。“未来，智慧能源将超越技术范畴，成为一种具有超强融合能力的生态环境，可能会彻底颠覆能源行业传统的行业结构、市场环境、商业模式、技术体系及管理机制。”

据了解，智慧能源的核心是数字化，特点是网络化、智能化、综合化、清洁化和多元化。业内专家分析，在智慧能源系统中，清洁能源占比将越来越大，智慧能源的清洁化，一方面体现在能源结构优化，另一方面意味着智慧能源将实现碳减排的实时监控与可视化管理，引领节能减排和能效提升。

国务院国资委规划发展局巡视员陈鸿表示，我国能源消费长期以煤炭为主，给环境造成了较大压力。世界能源署公布的数据显示，目前全球煤炭占能源的比重是 27%，中国煤炭占能源的比重为 60%，预测到 2040 年这个比重可能会降到 12.6%。“在加快构建绿色低碳可持续的现代能源产业体系过程中，需要加快智慧能源建设，提高资源利用率，促进能源与现代信息技术的深度融合。”

■“水火核”实践智慧能源

在国家电投与联盟智慧能源平台展厅，一组数据引起记者的注意：国家电投能源项目智慧化程度已达到“7、8、9”。“7 指 70%的机组已开展或正开展智慧化建设，8 代表智慧化建设覆盖全国 31 个省市 80%的区域，9 对应福建、浙江、青海、湖南等试点省份的 90%项目已开展或正开展智慧化建设。”上述工作人员解释。

记者了解到，国家电投已开展或正开展智慧化建设的机组，已覆盖到智慧火电、智慧核电、智

慧水电等领域。

工作人员介绍，在智慧核电方面，围绕研发、设计、验证、建造、制造、运维 6 大板块，构建“智慧核能”生态圈。利用智能设计，并结合虚拟现实和数字仿真技术，构建与真实电站完全对应的全数字化虚拟电站，人员可远程操作 1:1 完全还原的核电工程设计，通过设计安全保障现实安全。同时在核电站智能运维管理中，还可利用人工智能、物联网和大数据等新技术，加强设备状态监控、人员行为评价及应急响应支持，以确保核电厂安全可靠长期运行。

而智慧水电的实践目前包括智能梯级调度、水情智能预报和大坝在线安全监测。以长沙水电集控中心为例，水电站通过流域优化调度和智慧化运营，各梯级水电站每年多发电量 3%至 5%。同时因实现了远程操作，水电站达到了“一人一席多厂、现场无人值班、电厂夜间关门”的状态。

在新疆五彩湾电厂，国家电投将数字技术应用在火电厂安全、生产、环保和经营管理等领域，除常规智能模块外，还将人工智能应用在准东煤大比例掺烧、协调控制、早期预警、状态检修等方面，大大提高了能源利用效率。

■打造平台保障能源安全

陈鸿指出，能源网络是一个开放、互联互通的空间，能源网络安全事件具有多发性和突发性的特点，需要能源企业加强合作，共同应对。

“要加快建设能源行业网络安全态势感知平台，建立联动处置机制，在保障能源安全生产运营和网络信息安全方面提供降低和预防能源安全风险的解决方案。” 陈鸿指出。

国家电投副总经理刘祥民建议，未来能源智慧平台要实现对能源生产消费的监测、分析、预警，这将为能源管理决策提供技术支持，同时也将用于应对能源突发事件，有效保障信息化条件下的网络安全。

国家电投科技与创新部副主任赵伟明透露，对于未来能源智慧平台的发展，要在短期内开展能源网络安全态势感知和能源大数据平台的建设。

“目前我们已完成 12 家发电央企以及相关的地方能源企业的数据指标采集，相关信息已汇总至国务院国资委的相关数据管理平台上。数据采集的能源行业包括电网、煤炭、石油等相关的行业数据，可为后续相关决策机构、相关企业提供服务。智慧能源建设平台的使命是推进相关技术和实体经济的融合，引领推动能源行业的智慧化发展。”赵伟明表示。

本报实习记者 杨晓冉　中国能源报　2019-07-01

## 河北如何破解能源消费“一煤独大”？

《世界钢铁数据统计 2019》显示，2018 年中国粗钢产量位居世界第一，排名第二的印度产量为 1.065 亿吨，不及河北省的一半。钢铁等重工业超负荷发展，让河北的能源开发利用面临空前的环保压力。面对京津冀协同发展、北京携手张家口举办冬奥会、雄安新区成立、大气治污攻坚等新形势、新任务，加快推进能源生产消费革命势在必行。近日，本刊记者走进石家庄、雄安新区、张家口、保定、唐山等多个地市，试图记录河北能源结构调整与产业升级的“现在进行时”。

能源是国民经济和社会发展的重要物质基础，对国家繁荣发展、人民生活改善、社会长治久安至关重要。河北省主动适应经济发展新常态、新要求，着力增强有效供给、推进清洁替代、提高利用效率、完善基础设施，能源发展由速度消耗型加速向质量效率型转变。

加快能源转型

是河北经济社会发展的现实选择

河北是我国人口大省和经济大省，重化工业在国民经济中占有较高比重，对能源需求持续且强劲。河北能源的自有资源严重不足，一次能源省外依存度高且逐年扩大，二次能源加工能力不足，输配保障设施不完善。全省能源对外依存度达 77%，煤炭、石油、天然气需求主要依靠外供解决，外受电比重保持在 25%左右，电力、天然气等输入通道建设滞后，燃气及热力管网、电力及天然气

调峰设施等存在明显短板，能源安全保障能力不高。

河北偏重的产业结构对能源消费锁定效应明显，煤炭消费比重高于全国平均水平 23 个百分点，天然气、非化石能源消费比重分别低于全国 2.6 和 9 个百分点，“一煤独大”成为能源消费的显著特征。河北能源供给偏紧与综合利用效率偏低现象并存，单位 GDP 能耗较全国平均水平高 35%，煤电单位供电煤耗高于全国 3 克标准煤，梯级利用、分质利用、循环利用、集成利用等发展不足。河北煤炭消费不仅总量大，而且利用方式落后，电煤比重低于全国 14 个百分点，散煤直燃直排大量存在，成为大气污染及二氧化碳排放的重要源头。

与此同时，油气生产消费过程减排有待深化，煤炭采选疏干水、矸石治理及矿山生态恢复有待进一步加强。面对京津冀协同发展、大气污染综合防治等新任务、新要求，推进河北能源结构转型升级成为重大现实任务。

统筹供需是能源清洁高效利用的重要保障

围绕保供应、调结构、转方式、强支撑，河北制订了煤炭清洁高效利用、清洁能源替代、散煤治理等政策措施，出台了“十三五”能源发展规划及煤炭、电力、天然气、可再生能源、地热能等相关规划，形成了现代能源发展的政策体系。在能源供给侧，河北着力增强电力、热力、成品油等二次能源自给能力，持续稳定煤炭、石油、天然气输入，积极开发利用风能、太阳能、生物质能等各类清洁能源，社会用能需要得到有效保障。着眼解决能源供应紧张问题，河北大力推进“外电入冀”，加快推进雄安-石家庄、山东-河北环网特高压工程建设，加强与中石油、中石化、中海油合作，电油气输送能力不断提升。河北着力推动清洁能源供给，全省新能源发电装机容量达到 2625 万千瓦，位居全国第 3 位，2018 年新能源发电量 352.1 亿千瓦时，占全省发电量的 11.5%，其中风力发电量 261.8 亿千瓦时，占全省新能源发电量的 3/4。

在能源消费侧，河北强化能源消耗政策标准约束，实施能源消费总量和强度“双控”，严格限制高耗能产业发展，煤炭消费总量和所占比重明显下降，五年累计压减煤炭实物消费量 4300 万吨、煤炭消费占比降低 5 个百分点。河北广泛开展以电代煤、以电代油，2018 年完成替代电量 88.6 亿千瓦时，减排二氧化碳等污染物排放量 700 多万吨。同时，大力推进清洁取暖，8 个传输通道城市和张家口市列入北方地区清洁取暖试点城市，2018 年河北完成清洁取暖改造 181.2 万户，累计完成 535 万户。河北及时启动电动汽车充电站桩建设，初步建成满足全省及周边省市需求的充电网络，能源消费更加清洁低碳。

河北能源革命向纵深拓展需做好五个方面

当前，国内能源发展不平衡不充分问题日益凸显，能源发展的主要矛盾已经由保障供应向更好满足人民群众日益增长的美好生活用能需要转变，能源基础保障地位更加突出，河北能源发展改革必须向纵深拓展。

一要着力深化供给侧改革。按照存量调优、增量清洁要求，大力优化省内资源开发，积极拓展外部资源。推进南北电网互联互通，推动西南水电、北部能源基地至河北的输电通道尽快纳入国家规划，缓解河北南部地区“硬缺电”问题。

二要着力推动清洁高效利用。按照“减煤、增气、优电、纳新”的思路，大力提高绿色能源使用比例，推广先进用能模式，提高能源利用效率，降低污染排放；实施电能替代工程，提高电能终端消费比重。

三要着力推进油气电力体制机制改革。鼓励社会资本参与油气储输设施建设和运营，推动油气管输运营主体多元化；加快区域性天然气交易中心建设，鼓励天然气供应方与大用户开展现货交易；逐步放开油气领域竞争性环节价格，形成主要由市场决定价格的机制。

四要着力加快京津冀能源协同发展。统筹电网建设，规划建设雄安新区环网，与京津环网、河北环网协同构筑一体化坚强主网架。统筹油气管网互联互通，完善油气输配系统和区域内联络通道。统筹应急调峰系统，提高区域电力系统协调性和灵活性，提高区域天然气互济调峰和应急保障能力。

五要着力推进能源惠民共享。着眼保障居民采暖、提高用电质量、农村能源清洁化等薄弱环节，

构建优质高效的惠民服务体系。因地制宜深入实施集中供热、气代煤、电代煤、可再生能源“四个替代”，推进农村清洁取暖规模化、专业化、产业化发展，构建多元化清洁取暖格局。

（作者分别供职于河北省社会科学院、国网河北省电力有限公司经济技术研究院）

唐丙元 杨 洋　中国能源报　2019-07-15

## 清洁生产助力企业节能降耗

近年来，陕西省扎实推进清洁生产工作。记者从陕西省清洁生产审核评估中心办公室获悉，“十三五”以来，陕西通过清洁生产审核的企业为 79 家，关中、陕北居多，这两地完成清洁生产审核企业数量分别占全省总量的 49%、44%，涉及行业包括火电、化工、冶炼、机械电子、轻工、采矿等。

目前，陕西清洁生产审核体系初步建立，清洁生产意识普遍提高，“节能、降耗、减污、增效”作用发挥明显，有效降低了企业环境风险。记者近日走进两家清洁生产审核重点企业，看到了企业的变化。

发电厂超低排放改造，达到节能、降耗、减排、增效目标

位于西岳华山脚下的华能陕西秦岭发电有限公司，从 2016 年进行超低排放改造、实施清洁生产以来，实现了节能、降耗、减排、增效的目标。

火力发电企业是耗煤大户，也是重污染高耗能行业。作为清洁生产审核重点企业，华能陕西秦岭发电有限公司在 2016 年进行超低排放改造，首次在国内 60 万千瓦等级机组采用“四塔合一”技术，在脱硫塔上增设湿式静电除尘器，工程实现了间冷塔、吸收塔、湿式电除尘、烟囱的有机协调。

“我们总共投资 1.5 亿元，对两台机组进行超低排放改造，改造后烟尘、二氧化硫、氮氧化物 3 项污染物年排放量能减少 2/3，烟尘排放每立方米不到两毫克。”华能陕西秦岭发电有限公司生产管理部副主任高海潮介绍说：“我从事这份工作 20 多年了，发电厂从滚滚黑烟到现在，环境改变特别大。”

华能陕西秦岭发电有限公司副总经理邢胜利认为，实施清洁生产，挖掘企业内生动力，通过节能降耗产生良好的经济效益，达到节能、降耗、减排、增效的目标，可以实现企业经济效益和社会环境双赢。“通过这两年的努力，发电厂今年的供电煤耗比去年同比下降 10 克/千瓦时，以此计算，一年的经济效益约为 3000 万元左右，非常可观。”他说。

高海潮补充道，进行超低排放改造后，通过国家政策，公司可以享受到每千瓦时电一分钱的超低电价补贴，又多收入了 6500 万元。

煤化工企业进行清洁生产，污染物指标达到超低排放要求，运行成本显著降低

杨立是陕西咸阳化学工业有限公司生产运行中心的一名工程师。他所在的公司属于现代煤化工企业，主营业务是甲醇及其副产品的生产和销售，每年生产甲醇高达 60 万吨。

同为陕西省清洁生产审核重点企业，2018 年年底，陕西咸阳化学工业有限公司顺利完成 20 项清洁生产方案，优化多项工艺，调整水封介质，实施了 VOCs 有组织治理排放及锅炉烟气改造项目，其中臭氧脱硝和水洗塔顺利投运，各项污染物指标全部达到超低排放要求。

杨立介绍说，水洗塔的超低排放主要围绕降低除尘和氮氧化物进行。在超低排放改造前，粉尘排放国家标准是 20 毫克/立方米、氮氧化物是 100 毫克/立方米，改造后粉尘控制在 10 毫克/立方米以下、氮氧化物控制在 50 毫克/立方米以下。

通过清洁生产改造，陕西咸阳化学工业有限公司在节能降耗方面也取得了良好的经济效益。“我们通过汽轮机改造，把 25 公斤蒸汽合理利用，可推动汽轮机运转带动循环水泵运转，代替原来的电机，明显降低了电耗。汽轮机按每年 8000 小时运转计算，一年能节约 900 多万元费用。”陕西咸阳化学工业有限公司工程师吴亚萍说。

中国环境报　2019-07-05

## 物联网技术赋能综合能源服务

当作为数字化技术手段的能源物联网遭遇作为新业态的综合能源服务，二者将迸发出怎样的火花？有关专家认为，能源物联网支撑综合能源服务更好落地，并将“经历三个阶段，实现三种业务模式，创造三种价值”，但并不能一蹴而就，更不能急于求成。

能源物联网是信息技术的前沿力量，综合能源服务则是能源领域的新兴产业。如何加快推动在综合能源服务业务中融入能源物联网理念？有关专家日前接受记者采访时表示，所有市场参与主体应该以合作促共赢，实质性推进物联网在综合能源服务领域的集成创新和规模化应用，激发市场潜力，创造全新价值，努力推动实现能源领域深远变革。

物联网进入与工业相结合阶段

近年来，随着技术进步，物联网逐步应用于能源、交通等多个领域。业内专家认为，在政策层面，物联网相关国家标准、《信息通信行业发展规划物联网分册（2016-2020）》、《国务院关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》等文件相继出台。在产业层面，物联网已经从侧重于自身技术探索的 1.0 发展阶段步入了 2.0 发展阶段，也就是物联网与工业相结合的阶段。

结合物联网共识体系架构，有业内专家认为将能源领域“物联网+”可以细化为六个层级：一是能源设备层，包含能源电力基础设施和用能用电设备，例如新能源、配电系统、充电桩、储能、空调、照明等；二是传感层，包括各类传感器、量测装置、定位系统、红外感应器、射频识别等信息感知设备，例如电表、水表、气表、流量计、光感、烟感等，用于采集设备端数据；三是边缘层（边缘计算），主要设备是能源路由器，用于规约转换、数据清洗、故障研判等；四是传输层，实现数据传输和安全通信，随着 5G 时代的到来，海量传输成为可能；五是平台层，进行大数据汇集、整合与分析，并进行机器学习，产生新的知识；六是应用层，基于平台层输出，创新能源服务业务，包括能效监测、能源质量管理、能源系统优化调度、用能设备精准控制等。

助力综合能源服务落地

“能源物联网就是采用传感器、嵌入式芯片、边缘计算、区块链等技术，把能源生产、存储、配送、消费等能源基础设施通过先进信息通信技术、网络技术连接起来，并运行特定的程序，实现智能感知、智能计算、智能处理、智能决策、智能控制的目标。”能源行业资深专家冯庆东告诉记者。

冯庆东认为，能源物联网的特征重点包括智能、安全、可靠、可信、可控；其目标就是物理互联、信息互通、语义互操作。能源物联网本身是数字化技术手段，能否在能源行业得到应用，取决于其业务模式商业价值的体现。

冯庆东进一步指出，能源物联网支撑综合能源服务将体现一定的商业价值。根据能源产业的发展规律，能源物联网支撑综合能源服务将“经历三个阶段，实现三种业务模式，创造三种价值”，但不是一蹴而就，更不能急于求成。

冯庆东认为，第一阶段是实现能源基础设施互联。通过局部数字化，提升效率的业务模式创造价值。第二阶段是实现能量管理系统互通。通过区域精细化管理，降低成本的业务模式创造价值。第三阶段是实现系统互操作、智能边缘平台及云平台互操作。通过本地及全系统商业行为深度分析和服务的业务模式创造价值。

应用仍将面临诸多挑战

尽管能源物联网在综合能源服务领域的广泛应用刚刚起步，或将面临技术融合挑战、商业模式缺乏、跨行业壁垒等诸多挑战，但有专家分析认为，综合能源服务通过“物联网+”在能源领域快速兴起，已成为目前能源系统终端承载“物联网+”的最佳业务，而物联网技术也必将驱动综合能源服务实现更高价值。

值得注意的是，物联网只有覆盖到客户侧海量用能设备，才能实现数据采集和挖掘。但目前终端采集覆盖面远远不足，缺乏面向客户和设备的流量入口，亟需创新营销手段，实现客户的主动接入和网络效应。另外，目前综合能源服务平台只能达到数据整合、运行监控等基本要求，还难以实

现多能源优化互补、区域能源优化调度和设备远程精准控制等高级应用。因此，专家建议，当务之急是明确平台应用的思路和脉络，高效利用能源大数据，加快将“数据”转化为“知识”，将“知识”凝聚为“智慧”，才能实现更大经济社会效益。

李文华　中国能源报　2019-07-15

## 特高压助力非洲打造“能源心脏”

7 月 7 日，非洲联盟特别峰会在尼日尔举行，正式宣布非洲大陆自贸区成立。据了解，非洲大陆自贸区将成为世界贸易组织成立以来成员国数量最多的自由贸易区，并有望促成一个覆盖 12 亿人口、国内生产总值合计 2.5 万亿美元的大市场。

在非盟召开特别首脑峰会期间，全球能源互联网发展合作组织（以下简称“合作组织”）主席刘振亚赴非洲，先后拜访了布基纳法索、尼日尔、几内亚三国总统，全面宣介全球能源互联网“中国倡议”，推进刚果河下游水电开发和非洲能源互联网建设，得到三国总统的认可与支持。

中国能源综合解决方案助力非洲破解发展困局

业内专家表示，近 10 年来，中国一直是非洲最大的贸易伙伴，在设施联通、贸易便利、产业促进等方面积极采取行动。2018 年中非贸易额 2042 亿美元，同比增长 20%。非洲自贸区正式启动将为中非能源合作开辟新的前景。

非洲能源互联网是全球能源互联网的重要组成部分。自中非合作论坛北京峰会以来，合作组织研究发布了《非洲能源互联网规划研究》《“电-矿-冶-工-贸”联动发展研究》等报告，提出建设刚果河下游水电等一批跨国联网项目，得到相关非洲国家的大力支持。

相关研究表明，当前非洲能源发展水平较低，电力普及性问题突出。一是初级能源占比高，利用效率低。其中无电人口总数约 6 亿，占世界无电人口一半以上。二是能源使用成本高，限制经济发展和居民生活水平提升。非洲国家平均电价高达 14 美分/千瓦时，是发展中国家平均电价的 2-3 倍。三是现代能源利用率低，引发健康问题。传统的生物质能是非洲第一大使用能源，造成严重的室内空气污染。

合力打造覆盖全非洲的“电力高速公路”

合作组织提出，破解非洲能源困局，必须发挥清洁能源资源优势，走清洁发展的道路，核心是构建非洲能源互联网，加快非洲大型水电、风电、太阳能发电基地和各类分布式电源开发，加强各国电网建设和跨国跨洲互联，打造覆盖全非洲的“电力高速公路”。

据了解，合作组织与几内亚共和国政府联合发起成立非洲能源互联网可持续发展联盟，旨在团结各方力量，搭建合作平台，加快非洲电力开发和工业化发展，共同推动非洲能源互联网建设。目前已有 20 多个国家，80 多家企业、机构申请加入联盟。

在去年底尼日利亚阿布贾举行的第 54 届西共体首脑峰会上，非洲能源互联网作为议题之一纳入讨论。峰会公报指出，大会强调了西非各国将从全面电网互联中受益，尤其是能够获取供应稳定、价格较低的电力能源，促进工业中心、经济中心和社会中心的创建和发展。大会敦促西共体委员会和各成员国加入非洲能源互联网可持续发展联盟。

中国特高压技术支撑非洲能源大通道

刚果河地处非洲中部，水能资源极为丰富，特别是下游金沙萨至入海口河段装机规模和年发电量可达 1.1 亿千瓦、7000 亿千瓦时，分别相当于 5 个、7 个中国三峡电站。上世纪七、八十年代开发了大英加一、二期工程，但总装机仅 178 万千瓦，开发率还不到 2%。

中国特高压技术突破为刚果河水电开发创造了有利条件：±800 千伏、±1100 千伏特高压输电距离分别达 4000 公里、6000 公里以上，能够将刚果河水电高效输送至非洲各地。中国现已投运“八交十四直”22 个特高压工程，建成世界上规模最大的特高压交直流混合电网。特高压技术还输出至巴西，建成±800 千伏特高压直流工程，成为亚马孙河水电开发外送的能源大通道。

行业专家指出，依托特高压技术，加快刚果河下游水电开发，将打造非洲“能源心脏”，带动非洲各国电力基础设施建设和跨国互联，为各国发展提供充足、经济的电力保障。

布基纳法索能源部部长韦德拉奥戈表示，中国特高压技术是破解能源困局、推动能源革命的一把金钥匙，使得电力在各个国家间传输成为可能，对布基纳法索发掘电力潜能、降低用电成本具有重要启发。

联合国副秘书长兼非经委执行秘书松薇表示，技术、市场和投资是英加等项目开发的重要因素，应在满足刚果（金）本国用电需求的前提下，开展深入细致的论证，对三级电站进行依次开发。另据了解，非盟已将大英加水电开发纳入“2063 年议程”旗舰项目清单，刚果河流域相关国家正在积极推进水电开发。

本报记者 李文华　中国能源报　2019-07-15

## 电力市场短板掣肘可再生能源发展

目前电力市场还未达到真正以市场手段调节资源配置，电力市场化定价机制不健全且缺失自由选择的市场，导致可再生能源占比依然偏低。

我国建立电力市场的目标，就是解决资源配置的效率问题，只要实现这个目标，就能尽量避免不必要的能源转型成本，且可以显性化能源转型的实际社会成本。

记者日前在“第三届国际电力市场峰会”上了解到，我国电力市场的跨省区现货交易已通过双向报价、集中出清、边际结算等竞价机制对利用跨区通道富余能力、促进可再生能源消纳发挥了积极作用。然而，目前电力市场还未达到真正以市场手段调节资源配置，电力市场化定价机制不健全且缺失自由选择的市场，导致可再生能源占比依然偏低。

市场机制缺失制约发展

水电水利规划设计总院 6 月 26 日发布的《中国可再生能源发展报告 2018》指出，截至 2018 年底，中国各类电源装机容量 189948 万千瓦，其中主要可再生能源发电装机容量 72896 千瓦，占总电力装机容量的 38.4%。

随着可再生能源规模的增长，其消纳成为近年来电力行业的“顽疾”。今年 5 月，国家发改委和国家能源局发布《关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》，对各省级行政区域、以及区域内市场主体等设定了可再生能源电力消纳责任权重。

有业内专家指出，可再生能源电力消纳保障机制的最终目的，是实现能源结构的优化及可再生能源的无补贴发展。但在电力市场化程度尚未成熟的背景下，市场化因素和可再生能源之间如何高效互动成为新的问题。对此，能源基金会清洁电力项目主任陆一川认为，目前可再生能源在电力市场中遇到的困扰，在于电力市场某些机制的缺失，还有电源间的博弈矛盾未解决。

陆一川举例表示，在深度调峰辅助服务市场中，为了让 0.4-0.5 元/千瓦时的风电参与交易，电网系统要向火电支付 1 元/千瓦时的“调峰服务成本”。“当某些清洁能源以 0.03-0.05 元/千瓦时成交时，还有大量火电机组在以标杆电价成交。而且，经过灵活性改造的火电机组，才有更多机会进入深度调峰市场。”

记者在会议现场了解到，造成上述现象的根本原因在于，我国电力市场忽略了分工互补是市场基础这个事实。“我国在建立电力市场时，会为了某一类具有分工优势或者劣势的生产者，单独设置一个市场，比如由于可再生能源比例低，所以有些交易市场平台中就只有可再生能源，不允许和其他非同质的能源竞争边际成本。这种做法不是在建立市场，而是在破坏市场存在的基础。”业内专家表示。

陆一川也指出，电力运行的平衡要从全系统考虑。“某种电源发生了偏差，对其奖惩要看偏差的方向是否是系统所需的方向。但我国电力市场在运行中，无论电源偏差是否为系统需要，都会被罚。”他认为，对系统平台未产生影响的偏差，不应付出代价，否则整个系统就变成了罚款工具，没有真

正发挥满足电力运行需求的功能。

资源配置效率是关键

在目前电力市场机制阻碍可再生能源发展的情况下，多位专家指出，完善市场甚至重塑市场或能解决核心问题。

睿博能源智库政策项目主任 Frederick Weston 曾提出，中国的可再生能源市场潜力巨大，若进一步健全监管框架，完善市场机制，市场或将打开局面。“必须持续改善政策、监管框架、市场交易基础设施以及现有的定价动态，开辟新的机会并加速实现对可再生能源的需求。”

哈佛大学肯尼迪学院贝尔弗中心环境与自然资源项目研究员 Michael Davidson 在探讨未来高可再生能源占比的现货市场发展时提出，电力市场要推动可再生能源这样的低边际成本能源的发展，或应更加依赖容量机制、考虑重塑基本市场。

但完善或重塑市场是否能从根本上解决可再生能源目前的发展困境？对此，陆一川表示，不要高估市场对可再生能源发展的作用，现阶段我国需要的是一个没有壁垒的、可自由选择的市场来配置资源。

“市场对可再生能源来说只是一个必要条件，而不是充分条件，无法解决可再生能源、甚至能源转型本身带来的问题。”陆一川认为，我国建立电力市场的目标，就是解决资源配置的效率问题，只要实现这个目标，就能尽量避免不必要的能源转型成本，且可以显性化能源转型的实际社会成本。

本报实习记者 杨晓冉　中国能源报　2019-07-15

## 研判气电是与非应有全局思维

日前，中国工程院院士江亿“不应再发展天然气热电联产”的观点一经抛出，便在行业内引发巨大争议。支持者和反对者均为数不少，且立场鲜明、没有中间地带，气电发展的路线之争由此成为能源业界的一个舆论热点。

近年来，我国提出构建清洁、低碳、安全、高效的现代能源体系，并已取得不俗成绩，其中，天然气消费比重的不断提升便是突出表现之一。天然气清洁、低碳特性突出，能源利用效率高，已成为我国清洁能源体系中的重要组成部分。

但另一方面，“供应充足、价格低廉、清洁环保”被视为能源的“不可能三角”，即很难找到一种兼具三种优势的能源。例如，煤炭供应充足、价格低廉，但污染严重；风电、光伏发电清洁环保，但供应波动性较大，无法成为独立而稳定的电源；天然气清洁特性突出，但已超过 40%的对外依存度意味着它同样无法冲破“不可能三角”。根据现实国情“宜气则气”“宜煤则煤”“宜光则光”，甚至多能互补，以系统化思维寻找答案，才有可能破题。

需要指出的是，科学顺畅的体制机制是任何行业发展的基石，这也是讨论、预判气电行业未来必须考虑的一个要素。在此背景下，求同存异、聚力推动市场化机制建设，落实“使市场在资源配置中起决定性作用”，或许才是当下推动天然气高效利用、助力气电行业发展的理性态度和当务之急。

事实上，“尽快建立完善市场化机制”是此次争论双方的明确共识。

天然气发电涉及天然气和电力两个行业，实事求是地讲，两个行业的市场化程度在全国各领域中横向对比，都处于较低水平，长期因“垄断”之嫌而遭外界诟病。两个行业分别建立在油气管网、电网基础之上，都属于“网络型”产业，行业特性类似，市场化改革中遇到的困难也有雷同之处。在“管住中间、放开两头”的改革整体思路下，两个行业在相关领域的改革已经开展多年，也取得了一定成效，但远未及预期。例如，电力行业体制改革已经进行了两轮、目前已经进入第 17 个年头，但当前改革进度与既定目标相距甚远，“输配分开”“竞价上网”仍遥遥无期。

从某种意义上说，天然气发电行业是检验天然气和电力两大行业体制改革的“试金石”。天然气发电上接天然气市场、下连电力市场，上下游任何一端无法理顺，都会导致行业难以健康、可持续发展。例如，即使上游天然气价格实现了市场化，而下游电价仍然是缺乏灵活性的“标杆电价”，就有

可能在气电行业复制长期存在于煤炭、煤电行业的“煤电顶牛”，即“市场煤、计划电”导致上下游业绩“此消彼长”。届时，无论气价涨跌，气电的价格都无法相应体现和疏导天然气成本变化，“气电顶牛”恐难避免。

毋庸讳言，天然气与气电已出现“左右互搏”的迹象。近年来，我国天然气价格逐渐随行就市，但气电价格鲜有变化，发电企业利益因此大受影响，行业新增装机规模也随之下滑，且短期内难有抬头迹象。常言道，基础不牢，地动山摇。天然气和电力行业体制改革犹如搭建地基，无论是天然气调峰电站，还是天然气热电联产，都是建在这地基之上，不可不牢。

同时，天然气发电行业发展涉及面广，问题、困难千头万绪，争论、分歧在所难免。以清洁、低碳、安全、高效为必须达标的“硬杠杠”，站在全局高度思考气电发展问题显得尤为重要。

贾科华　中国能源报　2019-07-01

## 离开分布式谈智能电网不可取

智能电网更强调用户参与，即实现一般用户想用电就用电、想卖电就卖电，不需要向谁请示。由此电网末梢就会出现很多电源，好比原来是从树根向树叶输送，现在树叶端就已具备电源，整体运行方式将发生革命性变化。

电动汽车不仅是一个大功率电器，也可以是重要的分布式储能装置。管理不好，会给电网增加压力；管理得好，在低谷时用电时可作为重要调节手段。智能电网应该为这样的潜在电源提供一个即插即用的平台。

数以亿计的用户，在家庭、办公室和工厂自行利用可再生能源发电，由此产生的绿色能源通过“能源互联网”彼此分享，就像在线创造和分享信息一样——这是 2011 年美国学者杰里米·里夫金在其所著的《第三次工业革命》中描述的愿景，也是中国工程院院士、天津大学教授余贻鑫多次提及的发展构想。如今，随着能源互联网产业加速推进，上述构想正在走向现实。

“为适应能源转型，我们需要一个功能合理的现代电网来集成各相关方，并提高能源脱碳、转化与利用过程的效率。这个电网就是带有颠覆性的智能电网，以智能电网为核心的综合能源系统也将成为能源互联网的物理载体，乃至核心。”近日在接受记者采访时，余贻鑫进一步解释称。

能源互联网产业如何推动智能电网的建设？反过来，智能电网发展又将如何助力能源转型？

可实现用户想用电就用电、想卖电就卖电

近年来，电网智能化工作在我国持续推进。但余贻鑫认为，其进程依然偏慢。“我从 2006 年开始提出智能电网概念，目前已有 13 年时间。然而，我国对智能电网，特别是分布式电源的认识长期不深入，因此吃了一些亏。”

余贻鑫口中的“智能电网”，是指电网的第二次智能化进程。他介绍，第一次智能化始于可靠性、安全性等诉求。“以纽约大停电为契机，美国政府提出把计算机技术充分用起来，在 22 万伏以上的变电站装上大量的远方终端单元，并通过系统收集实时数据，建立能量管理系统。“这套管理模式已发展了几十年，只是由于当时的信息技术成本过高，制约了其进一步的推广。”

而今，通讯、信息技术快速发展、成本降低，让电网应用成为可能，且具有非常明显的效益优势。“第二次智能化重点在于 11 万伏及以下的电网。”余贻鑫解释，与传统电网相比，智能电网通过电力和信息的双向流动，建立起高度自动化和广泛分布的能量交换网络，终端用户由此可参与电网优化运行，容纳全部发电和储能选择；同时，智能电网可使得新产品、新服务和新市场成为可能，为数字经济提供电能质量，并实现优化资产利用和高效运行，对系统干扰、自然灾害等破坏可作出迅速反应，使其恢复运行。

换言之，现在的智能电网更强调用户参与。“就像计算机上网一样，希望实现一般用户想用电就用电、想卖电就卖电，不需要向谁请示。这样一来，电网末梢就多出很多电源，好比原来是从树根向树叶输送，现在树叶端就已具备电源，整体运行方式将发生革命性变化。”余贻鑫称。

高比例分布式可再生能源需要智能电网

“对智能电网发展的重视程度，我认为再怎么强调也不为过。”余贻鑫进一步表示，电网的第二次智能化，更是在能源转型中扮演重要角色。

余贻鑫指出，能源革命进程加速，对风光等可再生能源的利用提出更高要求。按照国家发改委能源研究所预测，到 2035 年，我国风光发电占总电量的比重将达到 25%左右；到 2050 年，该比例将进一步提升至 50%左右。

“我国拥有丰富的风光资源，现已证实可满足远景开发需求。但未来，高比例风光利用也给电网稳定带来挑战。”余贻鑫表示，由于风光资源的间歇性、波动性及不确定性，与之相匹配的灵活电源必不可少。

在我国电力系统中，灵活电源的比重现仅为 5.6%，约相当于美国的 1/8、德国的 1/4。也就是说，面对大规模、远距离输送模式的送端系统，火电电量至少占到打捆电量的 69%，每产生 1 千瓦时的可再生能源电量至少产生 2 千瓦时的火电，受电端可再生能源电量渗透率仅为 11.52%，与高比例可再生资源发展目标相悖。“相比之下，就地开发与利用模式更可取。”余贻鑫称。

“就地利用的风电形成一个个分区，电网系统接入这些分布式电源后互相备用，一定区域的系统可通过孤岛运行，在故障期间继续向负荷供电，尤其是向部分重要负荷供电。这样的控制和运行方式，可大大提高电网系统的可靠性与韧性。”余贻鑫表示，通过智能电网实现电力和信息的双向流动，把云计算、大数据等分布式计算等优势引入电网，达到信息的实时交换和设备层面瞬时的供需平衡。“智能电网就是一个典型的物联网，极具颠覆意义。”

智能电网既是“动力网”也是“通讯网”

“没有智能电网的支持，高比例分布式可再生能源难以克服瓶颈；反过来，若离开广泛的分布式电源，我认为谈智能电网也是一件可笑的事情。”提及具体做法，余贻鑫表示，智能电网既是一张“动力网”，也是一张“通讯网”，目标在于建立一个高度自动化和广泛分布的能量交换网络，就像互联网那样去改变人们的生活、工作等方式。

在此基础上，智能电网建设既包括通信、信息技术集成，分布式可再生能源发电集成，也涉及输电系统、配电网、成熟市场等配合。“尤其在用户需求配合方面，为实现需求响应，现在要做的是通过用户电表，带动整个电网最末梢一公里通信线路的完善。因为上面的线路已经建得很好了，完善‘最后一公里’，不止对电网本身有好处，也为智能城市的整体发展提供了契机。”

此外，余贻鑫提醒，目前还有一些潜在的分布式电源同样值得关注，给智能电网发展提出新的要求。

以电动汽车为例，余贻鑫称，其用电量十分可观，甚至在部分城市家庭，把家中其他用电设备加起来，也不抵一辆电动汽车的耗电量。根据现有规划，到 2030 年，我国电动汽车保有量最高将达 8000 万辆，对应电池容量 24 亿千瓦时。“未来，电动汽车不仅是一个大功率电器，也可以是重要的分布式储能装置。管理不好，会给电网增加压力；管理得好，在低谷时用电时可作为重要调节手段。因此，包括市场、技术等支持在内，智能电网也应该为这样的潜在电源提供一个即插即用的平台。”

中国能源报　20190715

## 空气能成新能源　研发应用“新宠”

本报讯 继太阳能、风能之后，空气能正成为新能源研发和应用的“新宠”。

空气能，即空气中所蕴含的低品位热能，又称空气源，和水能、风能、太阳能、潮汐能等同属于清洁能源。根据相关统计，空气热能作为一种可再生能源，2002 年国内总产值不到 100 万元，2014 年产业规模突破 70 亿，预计到 2020 年产值将超过 300 亿元。

近年来，多种利用空气能热泵技术研发的产品开始走进公众视野，如空气能热泵热水器、空气能热泵采暖设备、空气能热泵烘干机等。

中国节能协会热泵专业委员会副秘书长赵恒谊曾表示，同太阳能光伏、光热设备一样，空气源热泵是可再生能源产品。当前空气源热泵一次能源利用率是燃煤锅炉的 2 倍，电锅炉的 3 倍。

随着技术研发地深入，空气能的应用领域也变得越来越广，如取代北方煤炭取暖，保护环境；研发空气能汽车，节省石油资源、减少废气排放。

据悉，正在研发中空气动力汽车能有效地解决汽车产业发展与环境污染的矛盾，符合国家对汽车产业节能和环保的要求。

业内人士介绍说，空气能热水器之所以体积较大，根本原因在于技术制约。空气能汽车若要实现商业化应用，同样也需要突破技术层面的重重难关。

郑彦　中国能源报　2019-07-08

## 美国再次逆势“松绑”碳排放规则

美国总统特朗普为备战2020年总统大选再下“猛料”——取缔《清洁电力计划》（Clean Power Plan，CPP），推行《平价清洁能源》（Affordable Clean Energy，ACE），试图通过松绑碳排放规则为化石燃料复兴铺路。业内普遍认为，特朗普政府放宽排放标准会让美煤炭业迎来“翻身”的希望，但对气候政策和环保监管而言却是“开倒车”。

减排政策“大步倒退”

美国环保署（EPA）署长安德鲁·惠勒日前签署了实施 ACE 的文件，并强调这是奥巴马政府推行的 CPP 的“高级版本”，旨在未来 3 年内赋予 50 个州减排“自主权”，即在鼓励燃煤电站“继续运营”的前提下通过改进效率减少排放，从而自行制定本州的减排计划。

根据 ACE 细则，联邦政府将决定二氧化碳排放标准的权力归还给各州，各州根据 EPA 制定的“最佳减排路径”在 3 年内提交一份减排计划，内容包括如何减排及提高效能，最终目的是为国民提供经济实惠的可靠能源。

ACE 还列出了可用于降低燃煤电站碳排放的 6 项技术，如升级提高效率的现代化设施等，但对于碳捕捉和封存（CCS）技术、碳交易等则不予认可，即不允许电站计算通过 CCS 实现的减排量，也不允许碳交易或碳价。

惠勒指出，这一新规旨在“减排的同时消除过度监管以保持经济继续增长”，并鼓励各州制定更合理的减排目标，以确保国民获得可靠且负担得起的能源。“ACE 在煤炭利用方面提供了灵活性，完全实施后预计美国电力行业的二氧化碳排放量将比 2005 年的水平降低 35%，而且二氧化硫、氮氧化物和颗粒物的排放也将进一步减少。”惠勒表示，“与 CPP 严厉限制煤炭不同，ACE 在放松监管的同时，鼓励行业技术创新，即开发清洁的煤炭技术。”

EPA 指出，ACE 可能会延长全美几十个老化燃煤电站的潜在寿命，估计约有 600 个燃煤发电机组将受到 ACE 的“保护”，每年可为美国带来最高 7.3 亿美元的净受益，而由此开发的清洁能源技术，更将让全世界受益。

事实上，特朗普政府“放权”是为了使产煤州的生产掣肘减少，努力实现其曾经做出的将工作“还给”煤矿工人的承诺，但截至目前，煤炭就业率上升幅度并不显著。美国劳工统计局（BLS）数据显示，5 月美国煤矿开采就业人数为 5.28 万人，比特朗普 2017 年 1 月就职时增加 1800 人，但仍远低于奥巴马 2009 年 1 月就职时的 8.62 万人。

彭博社消息称，EPA 公布 ACE 的同时还解除了汽车、油井的温室气体排放限制，这意味着美国接下来将进入减排步调“不统一”的窘境，以纽约州、加尼福尼亚州为首的“环保先锋”将加大减排力度，而以宾夕法尼亚州为首的传统燃料开采州将继续挖煤大业。

拉拢“亲煤派”备战大选

ACE 的“横空出世”无异于特朗普为明年总统大选下的一剂“猛料”。《今日美国》撰文称，特朗普为了赢得连任正在让煤炭“卷土重来”。事实上，煤炭不仅是特朗普执政纲领“让美国再次伟大”的标志

性板块，同时也是摇摆州 2020 年总统大选的一个“考核指标”，当前俄亥俄州、宾夕法尼亚州等州仍在进行煤炭开采活动。

鉴于特朗普当前民调略逊色于其他角逐总统的民主党候选人，能否获得摇摆州的“青睐”可谓决定其继续连任的关键，适时地推化石燃料一把不啻为获得“亲煤派”选票的一个手段。美国清洁煤电力联盟（ACCCE）总裁 Michelle Bloodworth 就非常欢迎且支持 ACE 这一新规则，称其设定了“合理”标准，使得燃煤电站免于了被迫关闭的结局。

美国福克斯新闻频道近日公布的最新民调显示，特朗普支持度落后前副总统拜登以及其他 4 位有意角逐总统的民主党人士。这一结果引起了特朗普政府的“高度警觉”，针对最大对手拜登的“净零排放”环保牌，“复活煤炭”无异于一步险棋。据了解，拜登自 5 月中旬启动总统竞选活动以来一直“求绿”，做出了“清洁能源改革”承诺，即一旦当选总统，将投入 1.7 万亿美元推动美国 2050 年前实现“100%依赖清洁能源”和“净零排放”的目标。

在全球努力应对气候变化危机的大背景下，拜登的竞选纲领俨然“合情合理”。更重要的是，拜登甚至向传统能源业做出了“气候变化中间方案”的承诺，重回《巴黎协定》的同时，将保留以天然气为代表的传统能源，并承诺保障煤矿工人权益，包括获取政府补助、促进私人投资，帮助失业工人“再上岗”等。

有分析师指出，相较于特朗普对化石燃料“一边倒”的态度，拜登的“左右逢源”更容易让美国国民的感同身受。

环保热情“不降温”

事实证明，特朗普“松绑排放”的举措反而激起了本土的减排热情。纽约州等多个州以及众多环保主义者明确表示，将从法律层面上挑战 ACE，并至少将这一法律斗争拖延至 2021 年，届时寄希望于民主党胜出总统大选，从而彻底推翻特朗普政府在气候问题上所有不作为的政策和机制。

路透社报道称，在 ACE“问世”的隔日，纽约州议会随即通过了一项全美最进取的环保法案，目标是到 2030 年实现 100%可再生能源电力供应，到 2050 年实现碳中和，即该州温室气体排放较 1990 年减少 85%，其余 15%碳排放则以补偿方式如植树造林消除。

纽约州州长安德鲁·科莫坦言：“随着 ACE 的实施，我希望本州能够推行全国甚至全球最严格的环境法案。”在他看来，随着奥巴马清洁能源政治遗产被推翻，到特朗普带领美国退出《巴黎协定》，再到取代 CPP 的 ACE 的顺利出台，美国在应对气候变化危机方面早已懈怠不前。

虽然 EPA 声称 ACE 是 CPP 的“升级版本”，但二者本质明显背道而驰，ACE 的目的是重振以煤炭为首的化石燃料，而 CPP 的主张是应对气候变化危机。EPA 前空气质量管理局局长 Janet McCabe 表示，特朗普政府实施的标准远不如奥巴马政府那么雄心勃勃，后者是彻底远离煤炭，而特朗普只是给燃煤电站扣上了一个所谓“最佳减排提效”的指标帽子，这相当于为燃煤电站的生存“开后门”。

加州民主党众议院议长 Nancy Pelosi 更是嘲讽称，在全球气温不断升高、海平面持续上升、自然灾害事件创下纪录的情况下，特朗普政府仍然继续忽视科学，允许燃煤电站不断喷出空气污染物，将污染者的利益置于美国人民之前，此举令人不齿。

本报记者　王林　中国能源报　2019-07-01

## 英国大手笔布局碳捕集

在世界主要经济体中，英国是推进碳捕集及其相关技术态度最懈怠、速度最慢的国家，但随着该国日前重新修订《气候变化法案》并将“2050 年净零排放”目标列入法律规定，英国碳捕集及其相关技术布局正在加速驶入快车道。

强制实施“净零排放”目标

6 月 27 日，英国重新修订的《气候变化法案》生效，正式确定了该国到 2050 年实现温室气体“净零排放”的目标。这是 2008 年《气候变化法案》的升级版本，当时确定的目标是到 2050 年将碳

排放量在 1990 年的水平上降低至少 80%。

据了解，英国国会于 5 月 1 日批准了“地球处于气候紧急状态”的动议，隔日英国气候变化委员会（CCC）就提出了更为激进的“零碳路线图”，希望于 2050 年实现净零排放目标。英国政府随即围绕 CCC 的建议报告进行评估，并最终在 6 月底前确定了这个全球最激进的减排法案。

英国广播公司新闻网指出，英政府仅用了 1 个月的时间就将“净零排放”批准为正式法案，彰显出了该国加速应对气候变化的决心，同时也是给碳捕集和封存（CCS）、碳捕集和利用（CCU）以及碳捕集、利用和封存（CCUS）等一系列“除碳”技术在本土大规模实施铺路。

英国首相特蕾莎·梅强调，之所以用“净零排放”取代“减少 80%排放”，是因为新的目标是保护地球“最关键且最现实”的手段之一。英国政府同时呼吁，随着成本不断下降，碳捕集技术能够在本世纪 30 年代在英大规模应用。

英国负责能源与清洁发展事务的官员 Chris Skidmore 在一份声明中表示，英国是工业革命的发源地，工业革命曾经带动全球经济增长，但同时也增加了排放量。如今，英国成为第一个以法律形式确立到 2050 年实现“净零排放”的主要经济体，将清洁发展置于现代工业战略的核心。

由此，英国不仅成为世界主要经济体中率先以法律形式确立最激进减排目标的国家，也为其在碳捕集技术应用领域“重新正名”。

随着“净零排放”法案落地，英国多个碳捕集项目的“政府金援”也将随之到位，其中由印度塔塔集团（Tata Group）打造的英最大工业碳捕集示范项目终于等来了问世的最佳时机。

全球最大示范项目将问世

《金融时报》7 月 1 日报道称，塔塔在获得了英国政府 420 万英镑的资金之后，将在其位于英格兰西北部柴郡（Cheshire）的装机 96 兆瓦燃气电站着手打造这个耗资 1670 万英镑的英最大工业规模碳捕集示范项目，该电站主要为塔塔同处柴郡的 Northwich 纯碱生产工业基地提供蒸汽和电力。

负责该项目的塔塔化学欧洲公司（Tata Chemicals Europe，TCE）表示，这个示范项目每年可以捕集 4 万吨二氧化碳，这约占燃气电站总排放量的 11%，相当于路上减少了 2.2 万辆汽车。捕集后的二氧化碳在被提纯和液化后还将重新投入利用，成为 Northwich 基地高纯度碳酸氢钠制造厂原材料的“新来源”。液态二氧化碳是制造碳酸氢钠的关键原料之一，碳酸氢钠常用于食品和药品。

据了解，TCE 是英国唯一的纯碱和碳酸氢钠生产商，也是英国最大的液体二氧化碳单一用户。英国《泰晤士报》指出，TCE 的碳捕集示范项目实现了二氧化碳“自产自销”的完整运作模式，不仅节省自身运营成本，也为碳排放做出了很大贡献，初步预计该示范项目将于 2021 年问世。

TCE 总经理 Martin Ashcroft 表示，这个示范项目主要通过 CCU 技术展开，不储存二氧化碳而是用它来制造塑料或生物燃料等其他物质。

路透社指出，CCU 技术通过捕集发电站和工业产生的排放物并对其进行压缩和存储，进而使得最终产品在适用于其它生产的情况下最大化碳减排量。

Chris Skidmore 表示，TCE 的示范项目是英国 10 大碳捕集技术优先项目之一，该项目获得政府资助并顺利推进，将为其它碳捕集项目的展开带来利好影响。

碳捕集技术在英终获“眷顾”

显然，在气候变化危机加剧的背景下，英国碳减排的雄心终于为碳捕集技术在英广泛实施打开了机会之窗。

去年 11 月，英国政府发布了碳捕集技术部署路线图，列出了政府、行业和企业针对这一技术的“下一步”要求，即在成本降幅“足够”的前提下，实现 2030 年代大规模部署碳捕集项目的目标。

英国政府官方网站公开资料显示，随着英国加速迈进“净零排放”时代，政府将对 CCS、CCU 和 CCUS 等技术的推广和实施提供强有力的经济支撑。包括 TCE 在内的 9 家公司的碳捕集项目获得了总计 2600 万英镑的政府资金。

这 9 家公司主要通过两项政府基金获得 17 万至 700 万英镑不等的拨款，这两项基金分别是价值 2000 万英镑的碳捕集和利用计划基金（CCUD）和价值 2400 万英镑的 CCUS 创新计划基金（Call for

CCUS Innovation programme）。

CCUD 旨在鼓励工业基地每年捕获高达 7 万吨二氧化碳，然后将其用于工业应用，目前资助的项目除了 TCE 的碳捕集示范项目，还有英国德拉克斯集团（Drax Group）耗资 100 万的燃料电池生物碳捕获示范项目，获得拨款 50 万英镑英镑；Origen Power 耗资 35.6 万英镑的 Oxy-Fueled Flash Calciner 项目，获得拨款 24.9 万英镑。

CCUS 创新计划基金则旨在鼓励降低碳捕集技术成本并加速该技术在英国和国际上的推广，目前资助了 6 项创新技术，包括德拉克斯与英国利兹大学技术子公司 C-Capture 联合开发的生物能源碳捕获和存储（BECCS）技术，该技术有别于此前大多从煤炭燃烧烟尘中捕捉温室气体，而是发掘生物质发电燃烧后碳捕捉技术的潜力。

英国《独立报》指出，能源密集型产业目前产生约 24%的全球排放量，碳捕集技术对英国制造业的发展有利无弊。

本报记者 王林　中国能源报　2019-07-08

## 高温烟气余热回收技术让天空更蓝

把“命门”掌握在自己手中

冶金、化工、建材等高能耗高排放工业中高温烟气余热如何处置，是影响全球节能减排的重要因素。目前我国工业烟气余热回收率仅为 29％，比国际平均水平低 15％—20％。在这差距之中，相关技术的缺乏成了“拦路虎”。

2016 年以来，由重庆大学、北京科技大学、中国科学院过程工程研究所等十家科研院校和企业组成了“工业含尘废气余热回收技术”项目组进行。攻关，通过技术创新，掌握了“工业含尘废气余热回收技术”，在陶瓷膜过滤管上打破了国外的垄断，部分技术实现国内外首创，这让我国工业高温含尘烟气净化的应用成为可能。

高温烟气余热回收是技术难题

据统计，冶金，建材，化工三者能耗站全球总能耗的 70％，其中烟气余热占总余能的 35％。

要回收工业高温工业烟气余热并不容易。“高温工业烟气温度高达 800℃—1200℃，具有成分复杂、含尘量高、腐蚀性强、工况变化大等特点。”重庆大学能源与动力工程学院院长、低品位能源利用技术及系统教育部重点实验室主任、项目负责人廖强教授说，这些烟气中存在非凝结性和易凝结性成分，使得烟气余热回收和净化装置存在滤料堵塞、再生困难、换热面积灰、磨损、腐蚀及余热回收和净化效率低等瓶颈问题，这在国内外都是一个技术难题。

在国外该技术属于高端技术，主要用于清洁能源领域。而引进到国内，不仅价格昂贵，而且存在禁运的风险。

技术攻关突破难点打破国外垄断

为此，“工业含尘废气余热回收技术”项目组对此进行了科研攻关。

“我们根据烟气性质进行分类，分为含凝结性尘粒烟气，高温高含尘烟气，含低浓度亚微米级尘粒烟气三种。”廖强介绍，研究团队再分别针对三种烟气不同的特点分别采用陶瓷球移动床过滤技术、蜂巢体和三维肋管技术以及陶瓷滤膜技术对烟气进行净化和余热回收。同时也可以将三种技术有机结合，应对不同工业复杂背景条件下高温含尘烟气的净化及余热回收问题。

其中，采用陶瓷球移动床过滤技术处理含凝结性尘粒的高温烟气，及采用蜂巢体和三维肋管相结合的换热与净化一体化技术处理高温高含尘（尘粒浓度>2000mg/Nm3）属于国内外首创。

同时，低浓度亚微米尘烟气的净化与回收难度也非常大。因为烟气中很多粒径小于 1 微米，分离难，活性高，高温条件下容易附着，要把它在高温中分离出去犹如“火中取碳”。

“国际上采用的方式是陶瓷膜过滤管，不过国内陶瓷膜过滤管生产工艺基础薄弱，生产成本高、寿命短，导致运行成本高昂，难以推广；稳定性和循环再生水平达不到产业化需求，特别是氧化气

氛的最高使用温度只有 700℃左右，制约了其应用范围。”廖强说，他们通过反复试验，最终研发出多孔陶瓷膜过滤管，能够承受 1000℃以上温度，超过了国外碳化硅陶瓷膜过滤罐耐高温最多 750℃的水平，而售价仅为国外的 1/6。

同时，他们还开发了高温烟尘粒子高压预荷电陶瓷膜除尘净化技术。可以提高含尘气体的除尘效率，显著降低陶瓷膜过滤管的阻力，大大延长再生周期和陶瓷膜过滤管的使用寿命。

“这一难点的突破及推广应用将显著减少污染物的排放。”廖强解释，陶瓷膜过滤管净化后的烟气是超低排放，一般小于 5mg/m3，大大低于国家标准，可大幅度减少工业 PM2.5 的一次排放，降低工业对环境的压力。

余热回收率可达 7 成 产业推广潜力大

该项目已设计建成了世界首套高温高含尘烟气净化和换热一体化综合试验平台，中试结果显示，该装置能够实现余热回收率 70％以上，净化效率 99％以上。

目前，该项目共申请专利 32 项，国际专利 2 项，项目组与重庆商顺换热设备有限公司、山东京博石化等 11 家公司进行技术合作，相关技术已经在溢达自备电厂、大唐贵州发耳发电有限公司、重庆松藻电力有限公司等地方投用。

“使用这种高效的换热设备，可以把烟气中的热量进行深度回收，以降低能源消耗。”廖强教授介绍，回收的能源可用于发电、预热燃烧用的燃气或空气、取暖、原材料的干燥等。也可用于钢厂自用热蒸汽、热水或接入市政供热管网。若推广实施本项目各类烟气净化与余热回收技术，预期可以达到 70％的余热回收效率，效益显著。

下一步，项目组将进行装置的大型化技术研究，可靠性评估以及陶瓷膜过滤管的再生延寿技术研究，同时在冶金、建材、化工等行业进行推广。

科技日报　2019-07-12

## 地热能

### 京津冀地区钻获埋藏最浅干热岩

河北省煤田地质局 30 日在河北石家庄召开新闻发布会。中国工程院院士武强在会上表示，通过河北省煤田地质局组织局属第二地质队在唐山实施的“河北省唐山马头营区干热岩地热资源地质调查”，在马头营区域 3965 米深度探获了温度达 150℃的干热岩，这是目前京津冀地区钻获埋藏最浅的干热岩，实现了我国中东部地区干热岩勘查的重大突破。其中，4000 米、5000 米深度地温高于 150℃干热岩所分布的面积分别达到 80 平方公里和 500 平方公里以上。通过钻探发现，4000 米深度以浅，初步评估了干热岩远景资源量，折合成标准煤约 28 亿吨。5000 米深度以浅，初步预测干热岩远景资源量，折合成标准煤约 228 亿吨。

据介绍，干热岩体是地球内部热能的一种赋存介质，是一种不含水或蒸气、埋深为 3 公里至 10 公里、温度为 150℃至 650℃的致密热岩体。干热岩资源就是“存在于岩石中的热量”。作为一种清洁能源，干热岩具有资源量大、零排放、安全性好、利用率高等特点，可广泛用于发电、供暖等。

经济日报　2019-07-01

### 山东发现干热岩富存区 资源量折合 187.79 亿吨标准煤

从山东省煤田地质局获悉，该局第一勘探队承担的“沂沭断裂带以东地区干热岩调查、研究与预测”项目日前通过验收。这个项目在日照市莒县、五莲县一带和威海市文登区发现干热岩富存区，资源量折合标准煤总计超过 187.79 亿吨。

据了解，山东发现的干热岩富存区，1 号、2 号、4 号位于日照市莒县、五莲县一带，总面积约 1300 平方公里；3 号位于威海市文登区，面积约 200 平方公里。资源赋存量折合标准煤分别为 43.54 亿吨、61.15 亿吨、33.75 亿吨、49.35 亿吨。

干热岩是一种新兴地热能源，埋藏于地下 3 千米到 10 千米处，温度高于 180℃，是一种不受季节、气候制约，广泛应用于发电、供暖、强化石油开采等领域的可再生资源，其采热的关键技术是在不渗透的干热岩体内形成热交换系统，利用之后的温水通过回灌井注入干热岩中，从而达到循环利用的目的。

山东省煤田地质局有关负责人介绍，可再生且无污染的干热岩凭着储量丰富、分布均匀、输出稳定的特性得到研究者的青睐。目前水热型地热能的储量十分有限，在能源结构中所占比例较小，干热岩未来替代化石能源的潜力非常大。

王阳　新华社　2019-07-11

# 生物质能、环保工程

## 农村废弃物能源化利用期待创新

“随着社会经济快速发展，垃圾已经成为困扰我国城乡发展和居民生活品质提升的重要问题。而垃圾的减量化、无害化处理和资源化利用作为解决这一问题的有效方式逐渐兴起，并且带动了垃圾分类、垃圾焚烧发电、生物质能发电及生物质清洁取暖等产业的升级、发展。”在日前举办的 2019 第三届垃圾焚烧发电产业创新发展暨长江大保护污染治理高峰论坛上，生物质能产业促进会会长陈小平表示，在打好长江保护修复攻坚战的背景下，垃圾能源化利用势在必行。

农村垃圾能源化利用较落后

有数据显示，我国生活垃圾产生量逐步增长；2017 年我国城市和县城生活垃圾清运量达到 2.8 亿吨，较 2016 年增加 5%。根据我国各省人口数量、城市化进程推算，到 2020 年，我国城市和县城生活垃圾清运量将达到 4 亿吨。

与此相对的是，我国垃圾焚烧发电发展迅速。陈小平介绍，2018 年，我国垃圾焚烧发电项目已经建成投运的有 401 座，较 2017 年增加 63 个，年处理垃圾量达 1.3 亿吨，超全国垃圾清运量的 40%；2019 年，全国新增在建垃圾焚烧发电项目 200 个，产业初具规模。

虽然目前我国垃圾处理已经取得了长足的进步，但相对于城镇，我国农村地区垃圾处理及资源化利用较为落后。“由于农村地区人口密度较低，垃圾以就近处理为主，缺少统一的垃圾清运系统和数据统计。”行业分析人士告诉记者。

生态环境部环境发展中心高级工程师吴伟娜指出，《关于加快推进长江经济带农业面源污染治理的指导意见》明确提出了“行政村农村人居环境整治实现全覆盖，90%左右的村庄生活垃圾得到治理，基本完成非正规垃圾堆放点整治”的治理目标，这让长江沿线农村地区的相关情况被关注。

村镇生活垃圾需集中处理

据了解，目前农村生活垃圾施行的治理体系是“村收集、镇转运、县处理”。但是这一模式并不适用于我国农村地区的实际情况。

吴伟娜告诉记者：“首先是供需矛盾问题，如果农村垃圾全部‘进城’，则会增加城镇生活垃圾处理压力。其次，由于运行链条较长，成本较高，若当地政府经济实力难以支撑，会难以维系。第三，目前填埋仍是农村生活垃圾处理方式之一，但在土地紧缺的情况下，填埋即将面临‘无地可埋’的困境，因此目前农村地区对生活垃圾焚烧设施有较大需求。”

中国城市建设研究院总工程师徐云海认为：“生活垃圾的处理并不难，但必须有规模。没有规模难以有效管理，也没有经济效益。”因此建议村镇生活垃圾可以通过适度的集中处理，进行焚烧发电。

其实，垃圾处理产业链前后分割，单点治理分散化、碎片化等问题一直是行业痛点。对此，中国环境保护集团提出了“两园一链”固体废弃物综合解决新模式，即集约式综合治理固废治理产业园、分布式有机固废治理生态园和智慧环境物流链，这一模式突破了地域界限，在满足需求的同时，凸显生态价值。

此外，另有业内专家表示，针对不同地区的不同条件，以资源化利用为前提，因地制宜、梯次推进、就地就近，寻找适合的新方法、新出路。

农林废弃物可巧用

和城市垃圾不同，除了日常生活垃圾以外，农村地区“垃圾”还包括树枝、秸秆、牛粪等农林废弃物。这两类不同的“垃圾”分别属于农村生活垃圾处理产业和生物质能源化利用产业。而农林废弃物能源化利用作为农村能源革命的一部分，也正逐步发展。

据介绍，以农林废弃物为原料生产生物质颗粒燃料，不仅解决了农林废弃物随意堆放、规模化养殖大量粪污难处理等农村污染问题，还能助力农村生物质清洁取暖的实现，在降低取暖成本的同时，具有较好的生态效益和社会效益。

以山东省信阳县为例，当地废弃木材、作物秸秆、畜禽粪污、林业废弃物等资源充足，具备发展农林废弃物能源化利用的资源优势。使用生物质专用炉后，信阳县村民可实现“炊暖两用”，减少了费用支出，且操作简单、安全系数高，群众易接受。

在今年“两会”上，十三届全国人大代表徐国权曾表示，生物质作为低排放的清洁能源，是取代燃煤最经济的选择。将开发利用生物质能源与城镇能源基础设施建设相结合，可在利用农村农林废弃物资源的同时，实现产业扶贫与污染治理的双赢。

“目前，垃圾资源化利用正处于发展初期，我们期待技术先进、责任心强的企业进入，未来在全行业的努力下，产业必将进入高速发展通道。”陈小平说。

本报实习记者 董梓童　中国能源报　2019-07-08

## 徐矿综合利用发电公司污泥掺烧变废为宝

本报讯　近日，江苏徐矿综合利用发电有限公司积极响应徐州“无废城市”试点建设，利用自身循环流化床机组污染消纳能力，启用污泥掺烧工作，预计每天处理焚烧污泥可达 480 吨，接近徐州市日污泥产生量的 80%。

实施污泥掺烧，既解决了污泥处置难题，又实现了污泥的无害化、资源化处理，有效保护了环境。同时也拓宽了公司资源综合利用发展渠道，节约了燃料成本，提升了机组运行的经济性。此外，在污泥进行焚烧时，产生的灰渣可作为水泥、砖石、筑路等材料，真正实现了资源的节约型利用。

据悉，徐矿综合利用发电有限公司一期项目采用国内自主研发具有技术领先、单机容量最大的亚临界 CFB 机组，燃用低质高灰煤、煤矸石及煤泥，是徐州矿区资源综合利用型电厂的示范工程。

徐匡轩　中国能源报　2019-07-01

## 吉林规划建设多座生物质热电联产电站

本报讯　吉林省能源局近日发布的吉林省“十三五”生物质发电规划环境影响评价公众参与第一次公示透露，“十三五”期间，吉林省共规划生物质热电联产电站 75 座，总装机容量 2227 兆瓦。其中，核准在建生物质热电联产电站 13 座（“十三五”期间核准生物质热电联产电站 11 座），规划装机容量 420MW；规划拟新建生物质热电联产电站 62 座，规划装机容量 1807MW。

此外，“十三五”期间，吉林省共规划生活垃圾电站 23 座，总装机容量 281.5MW。其中，核准在建生活垃圾电站 8 座（“十三五”期间核准生物质热电联产电站 7 座），规划装机容量 97MW；规划拟新建生活垃圾电站 15 座，规划装机容量 184.5MW。

“十三五”期间，吉林拟规划新建生物质气化电站 15 座，总装机容量 237.28MW；规划生物质发电项目总投资约 3177465 万元。其中核准在建生物质发电项目总投资约 603212 万元，规划新建生物质发电项目总投资 2574253 万元。生物质发电项目节能减排环境效益显著。规划项目全部建成后，年可节约标煤量 1049 万吨，年减排烟尘 106.48 万吨，年减排二氧化硫 4.08 万吨，年减排氮氧化物 5.11 万吨，年减排二氧化碳 2617 万吨。　　（吉讯）

中国能源报　2019-07-01

## 湿垃圾变身绿色能源 上海近 30 个月累计发电 2500 万度

许多上海市民或许并不知道，近 30 个月用过的电中，有 2500 万度电其实是自己“生产”的。将来，随着上海湿垃圾末端处置能力的进一步提升，更多湿垃圾将转变为源源不断的绿色能源，“反哺”千家万户。

最新统计显示，上海目前湿垃圾资源化利用能力达 5050 吨/日，根据规划，到 2020 年，这一数字将跃升至 7000 吨/日。近 2000 吨/日的新增产能如何实现?位于浦东新区的黎明有机质固废处理厂二期就有望日均“吃”掉约 700 吨湿垃圾，该项目预计 2020 年投产。

一期日均处置能力不过 300 吨，二期翻了一倍都不止，哪来的信心?“是每一位参与垃圾分类的市民给的!”上海黎明资源再利用有限公司总经理华银锋兴奋地表示，伴随着全市日益高涨的垃圾分类热情，大约每户家庭 5 天到一周的湿垃圾就能为全社会贡献 1 度清洁的生物质电。

上海浦东环保发展有限公司园区生产部副经理陶毅见证了湿垃圾项目的从无到有。项目刚开始时，垃圾车运来的所谓“湿垃圾”让他记忆犹新：纸巾、封箱带、一次性餐具、饮料瓶罐，甚至还有棉毯、煤气罐和居民家中的装修垃圾。因此，处置单位不得不在杂质的分拣上耗费大量人力物力。即便如此，仍有大量杂质混入湿垃圾，一起进入厌氧处理罐，日积月累，严重影响到沼气发电的效率。

去年，上海发布了《关于建立完善本市生活垃圾全程分类体系的实施方案》，明确要建立生活垃圾分类投放、分类收集、分类运输、分类处理的全程分类体系，逐步彻底解决“混装混运”等问题。黎明厂看到了“黎明”。

垃圾车运来的湿垃圾有了变化，让黎明厂的职工们高兴不已，更让他们感动的，是市民的关心和体恤。记者在黎明厂采访时，正好遇到一个小学组织学生们来参观垃圾处置。当孩子们了解到纯净的湿垃圾可以发电时，眼中都迸发出光芒，争先恐后地向老师保证，回家一定会做好垃圾分类，还会监督大人们。

黎明厂的发电效率也在不断提升。截至今年 5 月，黎明厂已累计用湿垃圾产沼 1260 万立方米，累计发电约 2500 万度，全部供应电网。如按照 1 吨湿垃圾约产生六七十立方米的沼气来计算，每七八公斤湿垃圾就可以发 1 度电。按照上海每户家庭湿垃圾的平均产生水平，大约每户家庭 5 天到一周的湿垃圾就能为全社会贡献 1 度清洁的生物质电，何乐而不为?

黎明厂只是“先锋”，目前上海日均处置能力超过 100 吨的湿垃圾制沼发电项目仍屈指可数。“只要源头垃圾的干湿分离越做越好，未来，更多发电厂将开始接纳湿垃圾，前景肯定会越来越光明!”华银锋对湿垃圾的变废为宝之路充满信心。

陈玺撼　解放日报　2019-07-11

# 太阳能

## 中山格兰仕光伏项目发电量突破 2 亿千瓦时

从南方电网综合能源公司获悉：由该公司投建的中山格兰仕光伏发电项目自 2015 年 8 月 20 日并网发电以来，已连续安全生产 1400 多天，累计发电量突破 2 亿千瓦时，有力支持了粤港澳大湾区的绿色发展。

据悉，中山格兰仕光伏发电项目装机容量为 52.38 兆瓦，是目前全球最大单厂区分布式光伏发电项目，也是广东中山地区第一个投运的 10 千伏光伏发电项目。该项目由南网能源公司采用 EMC 合同能源管理模式投资、建设和运营，运营期为 25 年，预计总发电量近 12.5 亿千瓦时。据测算，该项目年节约标煤 1.69 万吨，每年可为企业减少约 500 多万元的用电成本；年减排二氧化碳 4.3 万吨；夏季厂房降温 3 摄氏度至 5 摄氏度，减少空调能耗 16%。

经济日报　2019-07-04

## 光伏行业前景乐观，降低成本仍是要务

根据国际可再生能源署（IRENA）最新发布的报告，即便没有补贴，包括太阳能、风能在内的可再生能源也已经成为当前全球最便宜的发电来源。其中，在全球某些地区，光伏发电成本已经下降至 0.04 美元/千瓦时。智利、墨西哥、秘鲁、沙特、阿联酋等太阳能资源尤其丰富的地区，光伏发电拍卖价甚至还曾破纪录地达到 0.03 美元/千瓦时的低价。

不过，即便如此，在第三方专业检测认证机构 DEKRA 德凯东亚及南亚区高级副总裁、中国大陆地区董事总经理吕伯肯 （Gerhard Luebken）看来，降低成本仍然是光伏行业当前的主要任务。

据吕伯肯介绍，在光伏发电的早期阶段，由于发电成本比传统发电昂贵得多，因此安装必须依靠高额的补贴。近年来，这种情况发生了显著的变化，光伏产品及安装规模的不断扩大，使得组件及其零部件产品本身和安装价格都出现了明显下降。

“与此同时，在日照强度较强的地区，如中国南方、印度、美国加州等地，光伏发电已经达到了平价上网的目标。”吕伯肯告诉本报记者，“而在一些日照强度较低的地区，如北欧、加拿大等地，可能还需要几年时间才能完成平价上网的目标。但总体而言，与传统发电来源相比，光伏发电的成本已经具备了相当的竞争力。”

事实上，近年来，从全球范围看，光伏组件的产能和装机容量都在持续稳定地增长，但光伏行业整体的产能与市场需求并不一致。吕伯肯认为，正是这种不一致导致了激烈的市场竞争，从而令光伏制造商也遭遇了前所未有的价格压力。

“激烈的市场竞争使得制造商面临巨大价格压力，需要通过持续创新不断降低光伏组件的成本。”吕伯肯向本报记者表示，“从长远来看，我认为光伏产业的这一周期性的调整是积极的，也是行业规模整合阶段不可或缺的。对于光伏产业的前景，我还是非常乐观的。因为，光伏的有效利用是降低碳排放、最终实现碳排放平衡的重要途径。以欧盟为例，其设定的目标是在未来几年内关闭燃煤电厂，并在 2050 年前在一些国家实现碳排放平衡。只有大力推动可再生能源的使用，尤其是光伏发电，才能实现这一目标。”

不过，吕伯肯同时指出，当前光伏产业的发展仍然面临许多有待克服的障碍，如平价上网等政策的实施。另外，部分光伏组件的批量退役和回收问题，也是需要通过政策、立法等措施来解决的。“光伏组件的退役开支也是总成本计算的一部分。”吕伯肯说，“要实现成本的总体下降，包括回收在内的这部分成本也要充分考虑。”

针对中国市场，吕伯肯表示，中国是全球最大的光伏组件制造中心，也是 DEKRA 德凯光伏服

务最重要的市场。除了覆盖光伏组件及其零部件整个产业链，DEKRA 德凯还希望能与中国光伏行业界紧密合作，帮助制造商进行材料选择和测试，以不断提高组件效率，从而降低成本。

“DEKRA 德凯于 1925 年在德国柏林成立，迄今已致力于光伏产业安全检测逾 90 年。”吕伯肯说，“在光伏领域，我们可以提供光伏电站服务、光伏储能系统检测服务、光伏逆变器测试与认证服务以及光伏组件与零部件测试与认证服务，涵盖光伏产业全生命周期。未来在中国市场，我们将更多与行业合作，为光伏企业提供国际认证，帮助中国的光伏企业更好地进入国际市场。”

本报记者 李慧　中国能源报　2019-07-15

## 柔性铜铟镓硒（CIGS）组件效率创新高

本报讯 已经被汉能收购，总部在美国的 Miasolé 近日宣布，该公司生产的大面积柔性铜铟镓硒（flexible CIGS）组件转换效率又创新高，达到了 17.44%。这一效率已经被业内公认的专业测试机构德国弗劳恩霍夫实验室所证实，并已被收录于最新出版的权威光伏学术期刊《光伏进展》中。

这项最新突破的转换效率是在一块面积为 1.08 平方米的组件上实现的，组件则产于 Miasolé 在加利福尼亚州圣克拉拉生产线上。铜铟镓硒（CIGS）电池材料通过物理气相沉积工艺沉积在柔性衬底上，Miasolé 公司表示，这种工艺可以生产高效率，高产出的太阳能电池。

铜铟镓硒（CIGS）技术具有生产轻量，柔性组件的潜力，尽管多年来这种技术一直都仅仅是小批量商业化生产，但是近几年来，业内对该技术的兴趣有所提升，尤其是在亚洲，新增了几个 GW 的产能。

汉能 Miasolé 首席技术官 Atiye Bayman 表示：“这是我们专注提高薄膜太阳能技术转换效率，提供耐用、高效、柔性、轻便产品等研发工作所取得的成就。”　（于超）

中国能源报　2019-07-15

## 用“风光”绿动齐鲁大地

盛夏的山东肥城，白色的风机乘风起舞，与青山同框，绘出浑然一体的景象；而在山东汶上，曾经的采煤沉陷区，一朵朵蓝色的“向日葵”正追随着阳光，将清洁电力送至千家万户——这是记者日前走进华电山东新能源有限公司（以下简称“新能源公司”），看到的风电场和光伏电站的情景。

作为华电装机规模最大的区域公司，华电山东公司正乘着山东省“新旧动能转换”的东风，朝着智慧、绿色的方向迈进。而风电和光伏则是其腾飞的两大助推器。

年底有望突破百万千瓦装机

相关数据显示，截至 2018 年底，山东省新能源和可再生能源发电装机达到 3002.9 万千瓦，占省内电力总装机的比重为 22.9%，低于全国平均值，新能源发展潜力巨大。

实际上，近年来，山东已在积极谋求能源结构转型，不断扩大新能源规模，积极提高电网接入和消纳能力。随着《山东省新能源和可再生能源中长期发展规划（2016-2030 年）》出台，山东省绿色电力发展正在提速。

在这一背景下，华电山东公司积极响应山东省能源战略，加快发展燃机、分布式能源、风光电和生物质（垃圾）发电项目，并于 2017 年成立华电山东新能源公司，整合区域资源，推进风光电互补开发，形成多元化发展格局。

据介绍，华电山东新能源公司下属 13 家风电场，装机容量达 80.84 万千瓦，共计 429 台风机，遍布山东 7 个地市；同时，下属 6 家光伏电站，装机容量 17.5 万千瓦。2018 年，华电山东新能源公司完成发电量 17.25 亿千瓦时，其中，风电和光伏平均利用小时数均高于山东电网平均水平。

今年上半年，华电山东新能源公司亦进展顺利。“截至 2019 年 6 月 27 日，我们完成发电量 9.22 亿千瓦时，其中，风电完成 7.96 亿千瓦时发电量，光伏完成发电量 1.26 亿千瓦时。今年下半年，公

司清洁电力装机将突破百万千瓦大关。”华电山东新能源公司主要负责人表示。

因地制宜探索发展模式

在提升清洁能源装机量的同时，华电山东公司逐步探索出适合山东资源条件的“风光”发展模式。

“汶上公司农光互补项目在 2018 年 4 月被列入山东省新旧动能转换优选典型项目，是华电在山东区域最大的单体农光互补项目。借助光伏产业发展现代化农业和观光旅游，实施集约化生产和企业化经营。”新能源公司汶上分公司工作人员介绍说。

据介绍，该项目有效利用采煤沉陷区土地和太阳能资源，将农业生产与光伏发电有机结合，上层用光伏发电，下层用大棚种植，采用“分块发电、集中并网”方案实施。项目场区用地 4200 亩，于 2018 年 5 月完成并网发电，装机容量为 100 兆瓦。

由此，汶上公司在取得经济效益的同时，也获得了不小的生态效益。“每年可节约标煤 4.02 万吨，相当于每年可减少燃煤所造成的多种有害气体的排放，其中二氧化硫 964 吨、氮氧化合物 280 吨、烟尘 217 吨、二氧化碳 10 万吨。”相关负责人补充道。

新能源公司肥城分公司的风电项目作为“示范性风电场”，凭借其设计好、工艺好、设备好、造价低的“三好一低”建设经验已在业界树立了良好口碑。自投运以来，发电累计约 8 亿度，折合节约标煤 30 余万吨，相当于减少二氧化碳排放 80 余万吨，减少灰渣排放 6 万余吨。

近年来，凭借良好的经济效益和生态效益，新能源公司下属的风电光伏项目屡屡获奖——北马风场、蒙阴光伏荣获 2017 年度全国风电场、太阳能光伏电站生产运行统计指标对标及竞赛一等奖；莱州、肥城等风电场荣获华电集团公司 2018 年度五星级本质安全称号；光伏项目入选“领跑者”项目……

持续推进智能化发展战略

新能源公司能够取得如此成绩，与其持续推进智能化建设密不可分。

作为山东省唯一一家实现风光场站集中监控的区域新能源公司，远程集控平台已经实现了对山东区域 13 家风电场、6 家光伏电站全部升压站设备及风机的实时监视和远程控制。公司旗下遍布山东省各地的风光电站运行情况，在济南远程集控中心的蓝色屏幕上都一览无余，这大大提升了运维效率，降低了运维成本。

公司主要负责人表示，新能源公司在成立之初，就将智慧理念纳入发展“版图”：“我们可实时监视升压站设备和风机的状态和运行参数，远程控制升压站断路器的分、合和风机的启、停。此外，升压站和风机等设备故障报警按要求分类，并与场站侧同时发出声光报警，确保设备运行安全。下一步将实现对各场站发电量、弃风率、等效利用小时等主要指标自动统计、汇总，完成由数字化向智能化的转变。”

本报实习记者 赵紫原　中国能源报　2019-07-01

## 边净水边发电的太阳能装置问世

人类在获取清洁水源的同时往往要耗费电力资源，但如果能做到不浪费的同时还产生电力呢？发电厂是不是也可以从“用水者”变成“生产者”？英国《自然·通讯》杂志 9 日发表了一项工程学最新突破：一种可以一边净水一边发电的太阳能装置问世，该设备有望缓解干旱和半干旱地区能源及清洁水源短缺的问题。

全球对能源和清洁水源的需求不断上升，对可持续发展造成了一定的挑战。电力生产有时需要大量用水，净水厂反过来也要消耗电力资源。太阳光作为一种可持续、可再生的能源，能够同时为太阳能电池和净水装置供能。不过一直以来，这两种技术的能量和成本效率都很有限。

而此次，沙特阿拉伯阿卜杜拉国王科技大学的研究团队开发出一种全新装置，其结合了现有的两种太阳能驱动技术——光伏和多级膜蒸馏，能够同时产生电力和清洁水。膜蒸馏是一种先进的太阳能驱动系统，只需相对较低的温度就能完成蒸馏和淡水收集。而研究团队设计了一种三级膜蒸馏

组件，把它固定在光伏板背面，利用光伏板散出的热量进行蒸馏。

值得一提的是，整个装置的效率与一个商用太阳能电池相当，净水产量则超过大部分现有装置。

研究人员表示，将两种功能集中在一个装置中，可以提高能源效率。他们认为，最新问世的装置能让发电厂从“用水者”变成清洁水的“生产者”，有望在太阳辐射充足且淡水匮乏的地区实现废水再利用。

总编辑圈点

以最常见的火力发电站来说，无论是冷却用水还是锅炉蒸汽用水，都需要大量的水，甚至是净化水，这个过程无可避免的又要耗掉一定的电力。因此，能将净水和发电集中在一起的设备，才会被视为能源领域和工程学领域的双重突破。目前看来，这一技术的效率令人满意，如果成本也能控制在合理范围的话，其将成为沙漠干旱地区一个大有前途的新能源装置。

张梦然　科技日报　2019-07-12

## 缅甸首座太阳能电站投入商业运营

本报讯 据缅甸媒体报道，该国中部马圭省近日投产了一座太阳能发电站，这是缅甸首座投入商业运营的太阳能电站。

据悉，该太阳能电站由泰国可再生能源企业绿色地球电力（GEP）缅甸公司承建,计划分四期建设，此次投产的为第一期工程。预计该电站全部完工后，每年可发电 3.5 亿千瓦时，可为 21 万户缅甸家庭供电。

据了解，缅甸政府已制定目标，到 2030 年实现居民 100%用上电力。为此，除了目前占发电能力 6 成的水电之外，缅甸还考虑增加燃煤发电和可再生能源发电，同时计划上调电价。

王英斌　中国能源报　2019-07-15

## 肯尼亚获世行贷款发展离网太阳能

本报讯 据肯尼亚《东非人报》近日报道，世界银行宣布向肯尼亚提供 4700 万美元贷款，用于在偏远地区的 14 个郡建设离网太阳能发电项目。项目将由私营部门投资者实施，拟建设 151 个微型太阳能电站，预计将为约 130 万人提供厨用清洁炉灶，惠及 27.7 万个家庭。

据统计，截至目前，约 75%的肯尼亚人口为有电人口。肯政府将力争在 2022 年实现全民用电。

陈商　中国能源报　2019-07-01

## 阿布扎比将建全球最大单一光伏电站

本报讯 据路透社报道，近日，负责管理阿联酋阿布扎比水电资源的阿联酋水电公司（EWEC）宣布，共有 24 家本土及国际企业通过了该国 2000 兆瓦的光伏发电项目的资格预审。一旦建成，这一光伏项目有望成为全球最大的单一光伏发电项目。

阿联酋水电公司发言人在接受路透社采访时表示，通过资格审查的 24 家公司需要在今年第四季度前交出项目计划。最终中标的企业或财团将获得该项目的 40%股权，其余股权将由当地企业所持有。

据了解，阿布扎比计划到 2020 年实现有 7%电力供给来自于可再生能源。上述 2000 兆瓦装机的光伏项目，预计占地面积为 20 平方公里，计划在 2022 年第一季度投入商业运营。届时，阿布扎比光伏装机累计将达到 3200 兆瓦。　　（李丽旻）

中国能源报　2019-07-08

# 风能

## 2030 年亚洲将成最大海上风电市场

本报讯 实习记者李丽旻报道：近日，全球风能理事会（GWEC）发布《全球海上风电报告》称，未来十年内全球海上风电装机规模将快速增长，以中国为主的亚洲市场将是海上风电装机规模扩大的主要“推动力”。

《报告》显示，目前全球海上风电总装机量已达到 23 吉瓦，自 2013 年以来全球海上风电市场已实现了稳步增长，年增长幅度保持在 21%左右。按照目前这一发展趋势，在各国风电政策大体不变的情况下，GWEC 预计海上风电市场规模将以两位数的增长幅度稳定上涨，到 2025 年后年新增装机量将达到 15-20 吉瓦，到 2030 年新增海上风电装机量将达到 165 吉瓦，全球海上风电总装机量将达 190 吉瓦。

《报告》指出，2018 年中国已成为全球新增海上风电装机量最大的国家，英国与德国紧随其后。GWEC 预测称，到 2030 年亚洲新增海上风电装机规模将达 100 吉瓦，将成为全球最大的海上风电市场。其中，我国在海上风电规模的扩大为亚洲市场的崛起起到主要作用，另外，越南、日本、韩国、印度的海上风电市场也将有较大增长。同时，欧洲海上风电装机量将相对平稳，到 2030 年欧洲新增海上风电量将为 78 吉瓦。

与此同时，GWEC 在《报告》中指出，若考虑到新兴的海上风电技术，全球海上风电市场将有更大潜力。在 GWEC 设定的“乐观场景”中，漂浮式海上风电设备的技术进步以及海上风电成本进一步下降将为海上风电装机规模带来更大的发展动力，远海市场的开辟也将为海上风电带来更大市场空间。在这一场景中，GWEC 认为，到 2030 年全球海上风电总装机规模将超过 200 吉瓦。

GWEC 市场情报总监 Karin Ohlenforst 表示：“我们正逐步实现真正的全球海上风电产业。根据政府目标、拍卖结果等信息，我们预计到 2030 年将新增海上风电装机容量 1.9 亿千瓦，但这一数据并不代表海上风能的全部潜力。许多国家正准备加入海上风能革命，而漂浮式海上风电技术的发展很可能改变游戏规则，未来几年可能将看到这一技术的爆发。”

GWEC 全球海上风能特别工作组主席 Alastair Dutton 则认为，海上风电在成本竞争力方面已取得了重大进展，340 元/MWh 的平准化度电成本（LCOE）已经成为可能。他表示：“LCOE 的下降增加了海上风力发电在成熟市场的吸引力。在成熟市场，许多国家正在讨论长期气候目标，如果要实现这些目标，各国就必须认真考虑大规模海上风力发电所能做出的贡献。”据了解，此前也有行业研究机构预测称，由于我国海上风机技术、施工与运维经验仍较为有限，到 2027 年国内海上风电 LCOE 平均水平或降至 410 元/MWh，我国海上风电建设成本仍有下降空间。

中国能源报　2019-07-08

## 中国铁建正式涉足海上风电建设领域

6 月 26 日，由大型央企中国铁建股份有限公司所属中国铁建港航局承建的大连庄河海域海上风电场址II（300 兆瓦）风机基础项目在辽宁省大连市北黄海经济区举行开工仪式，标志着中国铁建首个海上风电项目正式进入实质性施工阶段。

近年来，风电建设方兴未艾，发展风电已成为许多国家推动能源转型的核心内容和应对气候变化的重要途径，也是我国深入推进能源生产与消费革命、促进大气污染防治的重要手段。

2016 年，国家能源局出台《风电发展“十三五”规划》，明确提出，到 2020 年，全国海上风电开工建设规模要达到 1000 万千瓦，力争累计并网容量达到 500 万千瓦。

此次由中国铁建港航局建设的大连庄河海域海上风电场址II（300 兆瓦）项目是获国家能源局批

复的重点风电项目之一。该项目地处黄海北部海域，涉海面积约 48 平方千米，总投资约 51 亿元，拟建设变桨变速风力发电机组 60 台，配套建设 220 千伏海上升压站及陆上集控中心各 1 座。

该项目全部完工并投产后，年发电小时数约为 2580 小时，年发电量达 77307 万千瓦时，每年可节省标准煤约 23.5 万吨，减排二氧化碳 48 万吨、二氧化硫 870 吨，具有较为显著的经济、社会及环保效益，有助于缓解辽东半岛电力供应紧张局面，助推东北老工业基地振兴。

据悉，中国铁建是国内在高原铁路、高速铁路、高速公路、桥梁、隧道和城市轨道交通工程设计及建设领域具有行业领先地位的特大型综合建设集团。2018 年，中国铁建提出打造“品质铁建”目标，通过实施“转产、转场、转商”，持续涉足新能源等新兴产业市场。

作为中国铁建旗下水工专业集团，中国铁建港航局紧跟国家政策导向，依托领先行业的“双特双甲”高等级资质，从 2016 年至今已先后在浙江苍南，福建平潭、长乐、漳浦等地承建了多个风电及测风塔项目，并在去年投资建造了处于国内领先水平的 1300 吨自升自航式风电安装船，提前为进军海上风电施工领域做好准备。

肖斌　中国铁建港航局集团有限公司　2019-07-01

## 国内最大功率海上风机并网发电

本报讯 日前，福建三川海上风场首台风机正式并网，发出全场第一度电。这是国内已并网的最大功率的海上风机。该风场将采用 41 台上海电气 7MW 海上风机，该风场也开启了中国大功率海上风机大规模连片化的新篇章。

2017 年，国家能源局和国家海洋局联合印发《海上风电开发建设管理办法》，明确提出“鼓励海上风电项目采取连片规模化方式开发建设”。在江苏，亚洲最大的海上风场——国家电投江苏滨海北区 H2#400MW 海上风电场 2018 年 6 月全部并网发电，该风场采用 100 台上海电气 4MW 海上风机；在浙江，浙江省首个海上风场——国电舟山普陀 6 号海上风电场 2019 年 4 月全部并网发电，该风场采用 63 台上海电气 4MW 海上风电机组。如今在福建，上海电气再一次探索海上风电大规模连片化。

中国海上风电能否在“后补贴时代”保持强劲发展势头，顺利过渡到平价时代，大规模连片化开发是关键点之一。

作为国内最大的海上风电整机商，上海电气借鉴欧洲先进的海上风电大规模连片化开发经验，结合国内实际海况，探索最适合中国海上风电的大规模连片化开发的道路。在“水深、涌大、出海条件恶劣”江苏滨海 H2 海域，上海电气项目团队 3 个月完成 100 台风电机组全部并网，创下中国海上风电并网新速度；在“大涌浪、强台风、厚淤泥”的浙江舟山海域，上海电气项目团队吊装完成后 1 个月即完成 63 台风电机组全部并网，获得业主盛赞；在“海况复杂、暗礁时布”的福建三川风场，上海电气项目团队 45 小时完成首台 7MW 海上风机顺利吊装，创造了国内大功率风机在复杂海域吊装速度新纪录。　　（朱泉生）

中国能源报　2019-07-01

## 国内最大单体风电项目全部并网发电

本报讯 “经过近一周的观察，目前风场已达到 95 万千瓦额定出力，日最大发电量达到 1121 万千瓦时，标志着中国最大单体风电项目风机全部并网发电。”国家电投黄河公司风力发电公司共和项目部经理魏月涛日前向媒体表示。

中国最大单体风电项目位于青海省海南州切吉乡和海西州乌兰县茶卡地区，配套建设两座 330 千伏升压站及 204 公里 330 千伏送出线路，共安装风机 447 台。

魏月涛介绍，莫合风电场 F234 风力发电项目为多能互补 400 兆瓦风电项目。其中有 10 台风力发电机组机位处于沼泽地带，地形复杂，风机基础施工难度大。该项目的并网发电，意味着国家电

投黄河水电公司 2018 年 12 月 31 日投产的的全球一次性并网单体容量最大的莫合、那仁共计 95 万千瓦风电场 447 台风机全部并网运行。

该项目负责建设 40 万千瓦风电项目的建设公司新能源建设部项目经理沈元信告诉记者："我们在有利的气象条件下，采用合理分配施工资源，明确工作任务，采取 24 小时三班倒的形式，每天要浇筑 3 至 4 台风机基础。我们也根据设备到场情况结合现场施工资源，及时对施工工序进行调整，确保现场进度。"

魏月涛表示，95 万千瓦项目投产后，截至目前，今年已发电 7.04 亿千瓦时，该项目设计年发电量可达 19.5 亿千瓦时，相当于年节约标准煤约 78.78 万吨，减少粉尘约 53 万吨，减少二氧化碳排放约 194.42 万吨，有利于保护青藏高原脆弱生态环境，实现经济与环境的协调发展。　　（钟新）

中国能源报　2019-07-15

## 未来五年风电市场将持续繁荣

7 月 8 日，能源研究机构伍德麦肯兹（Wood Mackenzie）发布《全球风电市场展望更新：2019 年第二季度》（下称《展望》）。《展望》称，到 2023 年全球风电产业将取得长足发展，全球风电装机总量将在现有基础上出现 60%的涨幅。

《展望》指出，从 2019 年到 2023 年，全球风电每年平均新增装机量将达到 71 吉瓦，而从 2024 到 2028 年间，全球风电平均年新增装机量将达到 76 吉瓦。其中，未来五年全球海上风电新增装机量将达到 129 吉瓦，年复合增长率将达到 26%。

从总体上看，伍德麦肯兹电力与可再生能源主管 Luke Lewandowski 表示，通过深入研究，不论是海上风电还是陆上风电，全球风电市场总体走势乐观，社会经济效益明显。

针对全球不同地区，此次发布的《展望》根据相关可再生能源政策、经济发展等方面因素，在今年第一季度发布的《全球风电市场展望》基础上进行了调整。

其中，美国表现亮眼。《展望》指出，由于美国联邦政府及各州政府逐步发布可再生能源激励政策以支持风电产业发展，美国风电市场前景较好。较第一季度发布的展望相比，伍德麦肯兹将未来五年的美国风电市场预期上调了约 16%，2021 年美国风电新增装机较此前预期上调了 3.8 吉瓦。《展望》指出，目前的风电产业激励政策将延续至 2020 年，在此之前美国风电产业将迎来更多"入局者"，通过一定的生产税收减免，美国风电市场将出现显著增长。《展望》同时表明，2020 年后，随着产业激励政策过期，美国各州政府出台的风电发展目标及全国范围内的可再生能源投资组合标准，将进一步支持美国风电持续发展。

针对拉美地区，《展望》称，巴西的自由市场及墨西哥的工商业需求将进一步推动风电在拉美地区的发展，因此也适时上调了拉丁美洲的风电市场增长预期，上调幅度约为 1%。分析认为，2019 年巴西与墨西哥风电装机量预计都将创下历史新高。

然而，从风电产业更为成熟的欧洲市场来看，《展望》指出，这一地区的风电产业发展前景却略显"灰暗"。《展望》指出，未来五年北欧地区风电装机预期出现小幅上涨，但欧洲其他地区风电装机量可能出现 2.2 吉瓦的下降。分析认为，德国与法国的陆上风电市场正面临挑战，批准推进困难以及项目认购不足阻碍了风电产业的发展。

在亚太地区，《展望》指出，受到政策影响，中国风电产业将持续蓬勃发展，但亚太地区整体情况却并不是完全乐观。《展望》表明，尽管印度已提出在 2022 年前建设超过 175 吉瓦的可再生能源装机目标，其中 100 吉瓦来自于光伏，风电装机计划为 60 吉瓦，但"印度政府主导的拍卖项目设置了上限价格，同时中标的项目迟迟未投产，该机构也因此下调了印度风电市场增长预期。受到印度市场影响，《展望》指出，亚太地区的风电市场短期前景受到了损害，整体市场预期有所下调。

另外，考虑到非洲的政治不稳定因素、尚处于萌芽阶段的可再生能源支持体系以及来自于光伏的激烈竞争，伍德麦肯兹在《展望》中对非洲风电市场预期有所下调。Luke Lewandowski 表示："虽

然可再生能源在仍十分具有吸引力，但随着非洲光伏项目经济性逐步提升，非洲的风电发展面临着强劲的挑战。”

实习记者 李丽旻　中国能源报　2019-07-15

## 数字化三维风电场设计产品如何在大基地规划设计中显神通？

塞罕坝，蒙语中意为“美丽的地方”。国内首个“风电大基地”在这里催生。如今，随着政策回暖，跨区域远距离高压通道输送建设，风电外送及消纳问题逐步解决，大基地项目再次迎来建设高潮。与此同时，大基地项目的规划、设计和建设过程中遇到的各种新情况也给建设者们提出了新的挑战。

大基地规划设计的难点

地理范围大、局部地形复杂，限制因素较多，各细分区域风资源情况差异大；

未确定开发主体的项目缺乏前期测风数据；

整场机组选型、排布组合方案多，影响因素多维，追求全局最优工作量巨大；

大规模风场尾流影响等情况叠加，发电量很难精确评估；

送出方案设计周期长，传统设计方式难以达到全局最优。

如此庞大、复杂的风电项目，如何进行科学的整体规划设计，以达到方案最优，对于任何开发团队来说都是巨大的课题。

针对这些“疑难杂症”，金风科技依托多年、多专业，包括在测风、仿真模型、方案设计、工程设计等方面纵向深入的技术积累，以 GoldFarm 三维数字化风电场规划设计平台为一体化载体，打通前后台的需求和技术，进行大基地精细化规划设计，层层寻优，快速迭代，求解大基地项目全生命周期 LCOE 最优。

项目风资源的精准把控

精细化测风输入

项目风资源评估的准确程度，直接影响度电成本测算的精度，大基地测风工作又往往存在场区内无测风塔、测风塔代表不足、测风时段短和数据质量差等问题。

为解决精细化测风数据的输入问题，金风科技开发了 GoldWRF 虚拟测风塔解决方案，让项目风资源情况尽收眼底。

GoldWRF 虚拟测风塔技术是在精细地形、数据同化、参数化方案、集合预报、后处理算法 5 种技术上的迭代更新。通过金风科技 21 年共 2194 座气象站数据，6000 多座测风塔数据，28000 多台风机数据的迭代校正，GoldWRF 模式的准确性一直处于市场领先地位。

经多个项目应用反馈，GoldWRF 虚拟测风塔在平原上的平均风速偏差不超过 0.2m/s（超越概率 P84），山地项目不超过 0.3m/s（超越概率 P84），复杂项目不超过 0.4m/s（超越概率 P75）。

无论是测风不足完整年，还是场区特定点分析，GoldWRF 都可定制化完成高精准度中尺度分析，输出可用于风资源分析的时间序列数据，为大基地区域大范围精准资源评估提供高效准确的支持。

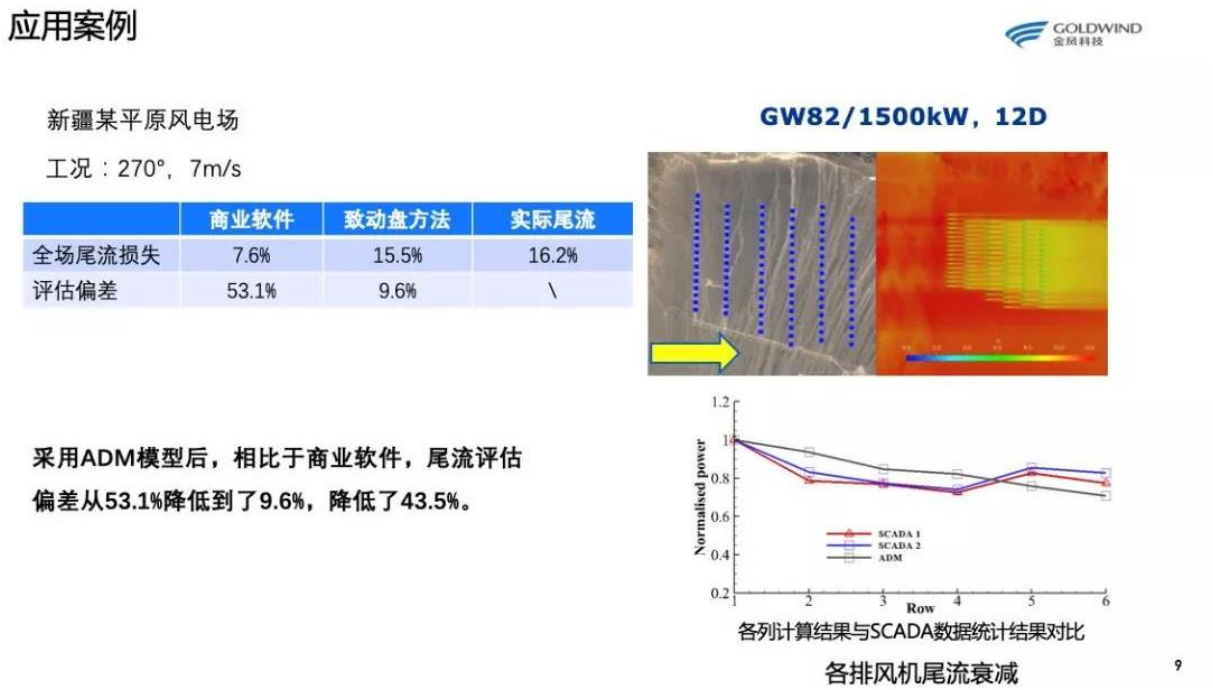
风资源精细化评估，更精准的尾流计算

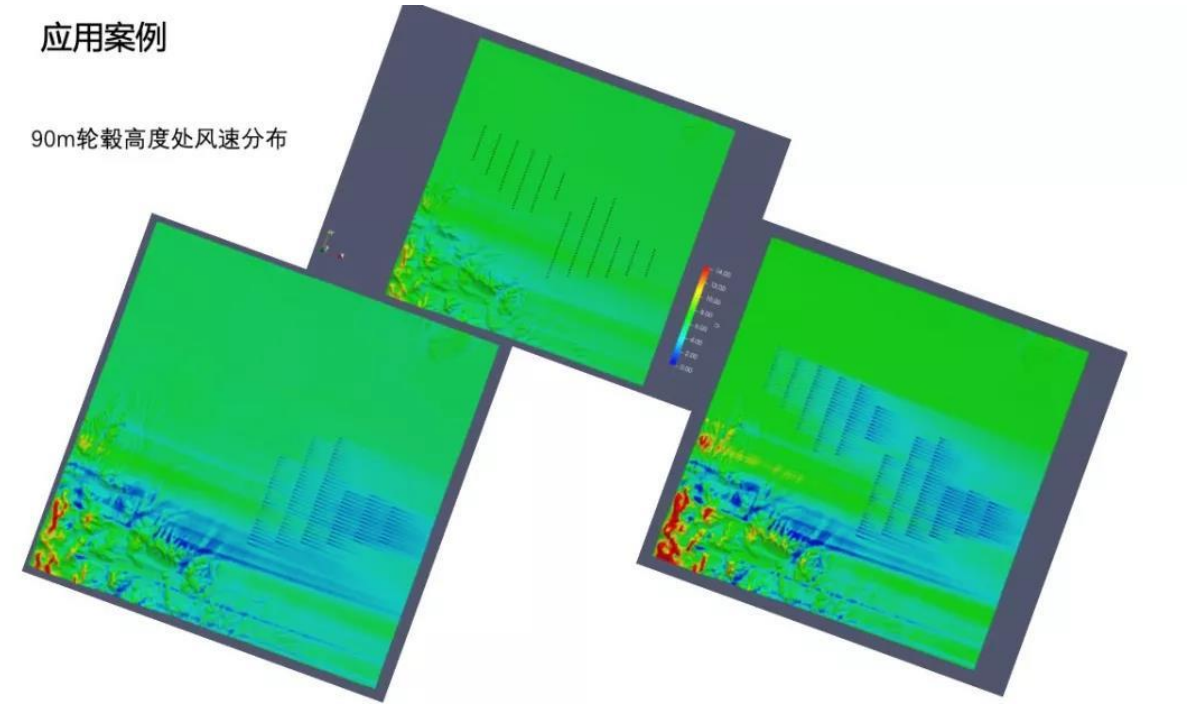
常规的流体仿真商业软件，受限于计算资源和欠缺对风电行业了解等问题，在算法内核上不能保证复杂地形或特殊场景风资源计算的精度。GoldFarm 的风资源评估模块兼容 WT 流体方针成果，并能够与金风自主知识产权的 GoldFOAM 进行横向对比。2014 年，金风科技就开始进行精准风场风廓线、非结构网格、热稳定度、三维森林盖层模型、WRF+CFD 的深入研究，将成果集成到 GoldFOAM 中。用户从而能够对各种应用场景更精准干预和经验控制，风资源工程师也拥有了更大自主权。

对于大基地项目，平坦地形的大规模风机排布，尾流影响预估不足是发电量难以评估准确的重要因素。现行商业软件通常采用半经验公式方法（例如 Park 模型）评估尾流，其优点在于计算速度快，缺点是应用于多排的平原风电场时会严重低估尾流损失，可能直接导致发电量计算不准确，也可能影响机组正常运行。

为此，金风科技引入致动盘（ADM）方法。ADM 是通过使用体积力代替叶片的影响获得风力机周围流场信息，从而评估风机尾流影响的一种方法。相比传统的半经验公式，对物理现象的还原度更高，精度也更好；相比于一些精度更高的瞬态算法，又能较好地兼顾计算资源和效率。金风科技开发的 GoldwindDiskSource 致动盘模型，解决了目前广泛使用的致动盘模型不适用于风电场尾流计算的问题，GoldwindDiskSource 可根据风机功率曲线动态判断推力系数和功率系数，实现流场与风机的双向耦合。

致动盘尾流模型基于 GoldFOAM 平台，在超算中心进行计算，没有计算资源的限制，网格总数可超过 5.5 亿，机位点处加密网格尺寸小于 2m，即风机周围 2m 尺度的最小的气流情况都能捕捉到，同时考虑风机、地形、风场的相互作用，保证计算结果的准确性。




高收益机型匹配与排布方案定制化设计

大基地项目开发规模巨大，各机位点风资源差异性明显，甚至单一机位点不同扇区风资源也存在较大的差异性，传统单一机型的风电场设计方式已经无法适用。局部风资源的差异化，要求风电场中安装的风电机组必须实现个性化设置（个性化的大部件、个性化的控制策略等），因此需要进行机型的逐点位匹配及整场排布方案的优选。

首先是风电机组选型的个性化。大基地的风电机组如何科学且经济地选型，是一个棘手的问题。不同的机型、塔筒组合有非常多的组合方案。另外，大基地项目可以拥有非常多的影响因素，如机型平台、额定功率，全场容量，机组数量、轮毂高度等等，加之不同的目标函数，如发电量、内部收益率、度电成本等，将这些影响因素及目标进行组合，可以得到非常多种的场景。

其次是排布方案的个性化。若机型数量一定，机型平台一定，机位点排布不定，额定功率不定，以发电量最大进行寻优。若是以度电成本最小进行寻优，以内部收益率最大机型寻优，会得出不同的排布版本，哪一个方案最优？这个问题不同角度来选择答案可能不一而足。

由于可变的维度多，人工进行工作量巨大，几乎是不可能的。而常规的寻优算法存在耗时长、难收敛的情况。金风与 DTU 合作开发了层次化的寻优算法[MowFlot]以完成风电场定制化设计，即以风电场中潜在的机位点的风资源状况为输入，通过定制不同机位点的机组配置及各机位点各扇区的控制策略为手段，使个性化的风电机组充分发挥作用，并充分利用机位点差异化的风资源状况，使风电场的经济效益最大化。

目前，该平台已经可以实现在平坦地形及准复杂地形（根据 IEC61400-12-2 中的地形评价等级，在 III 级以下）进行风电场排布优化、风电机组硬件配置的优选（机型平台、塔架高度、叶轮直径等）、控制策略优化（额定功率，延长切出风速等），以及根据不同的应用场景选取不同的优化目标，如 IRR、AEP 及初始投资等。

工程设计全局寻优

从项目的规划、设备选型到工程设计，风电项目开发的每一个环节都与度电成本息息相关，也在极大程度地影响着开发商的内部收益率。因此，市场形势要求项目前期必须对项目度电成本进行精细化测算，包括发电量、建设成本与运维成本等。GOLDFARM 围绕着降低度电成本（LCOE）为核心目标，从风电整场排布方案优选中嵌入了工程设计的环节，针对于每一版本机位点排布，都进行最优的道路设计、最短线路设计，以及工程成本优化，最终实现全局经济效益最优的结果。

与多家知名设计院及科技公司合作，金风科技力求实现风电场的自动化设计，以软件化取代 70% 设计重复性、机械性的标准化图纸套用和人工制图的工作，实现可行性研究报告、初步设计报告、

施工图设计，通过简洁人性化的软件操作界面，仅输入少量工程参数即可完成一键式成品出图，并达到 90%工程质量要求。

经过二十余载的探索和积累，金风科技更懂风、更能把握风资源。在大基地项目再次迎来建设高潮的今天，金风科技将凭借数字化技术手段，为客户提供更精准的数据支撑，为风电大基地建设保驾护航。

金风科技　2019-07-04

## 江苏射阳规划建设 5000 亩海上风电基地

本报讯 海上风能规模占全省近 1/5 的江苏省射阳县，最近加大招引国际风电大集团力度，规划建设 5000 亩海上风电产业新城及风电装备产业港，打造千亿级新能源产业基地。日前，又有一批风电项目落户当地。

射阳拥有 105.9 公里海岸线，5100 平方公里海域面积，是盐城乃至江苏海上风能潜力最大的县。目前射阳已建成风电项目 7 个，装机总容量 76.5 万千瓦；在建风电项目 1 个，装机容量 10 万千瓦；核准待建项目 6 个，装机总容量 180 万千瓦。射阳港经济开发区已落户远景能源、长风海工、迈景机舱、中车叶片等多个大型海上风电产业项目。

射阳县委书记唐敬表示，力争用 3 到 5 年，将海上风电产业新城建设成千亿级新能源产业基地，将射阳港打造成远近闻名的风电装备产业港。　　（姚嘉佳）

中国能源报　2019-07-01

## 海上装机有望提前实现“十三五”目标

国网能源研究院近日发布的《2019 年中国新能源发电分析报告》预测，到 2019 年底，全国海上风电装机容量将超过 500 万千瓦；到 2020 年底，海上风电累计装机容量将达到 900 万千瓦左右，提前一年实现“十三五”规划目标。

虽然明年才是“十三五”的收官之年，但研究机构、专家预测认为，在成本下降、技术进步、项目核准提速的共同作用下，2019 年海上风电将迅猛发展，今年海上风电装机容量将继续高增长，“我国海上风电将提前一年实现‘十三五’规划目标”。

明年装机将达 900 万千瓦

自 2014 年国家能源局发布《关于印发海上风电开发建设方案的通知》以来，我国海上风电制造、建设和运维技术水平不断提高，发电成本逐年加速下降，呈现出加快规模化的发展趋势。“从去年海上风电累计装机容量来看，同比增长了 63%，未来将具有广阔的发展前景。”国网能源研究院能源战略与规划研究所研究员王芃表示。

国网能源研究院近日发布的《2019 年中国新能源发电分析报告》（以下简称“《分析报告》”显示，2014 年-2018 年，我国海上风电装机容量由 40 万千瓦增加到 363 万千瓦，年均增速达到 74%，是陆上风电增速的 4 倍。

“海上风能资源的能量效益比陆地风电高约 20%-40%，具有平均风速高、利用小时数高、市场消纳空间大、适合大规模开发等优点。”业内一位不愿具名人士解释海上风电高速增长的原因。

“与国际海上风电建设情况对比来看，我国海上风电装机容量仅次于英国和德国，位居全球第三，占全球海上风电装机总容量的 20%。”国网能源研究院新能源与统计研究所刘佳宁表示，目前，我国海上风电集中在东中部沿海省份，如江苏、上海、福建和天津。其中，江苏海上风电累计装机容量最多，2018 年底装机容量达到 303 万千瓦。

《分析报告》预测，到 2019 年底，全国海上风电装机容量将超过 500 万千瓦；2020 年底，海上风电累计装机容量将达到 900 万千瓦左右，提前一年实现“十三五”规划目标。

“十四五”海上风电将提速

受访专家对我国海上风电发展持乐观态度，专家普遍认为，综合考虑海上风电资源条件、技术水平、发电成本和市场消纳等方面的因素，未来我国海上风电的发电前景广阔，预计在“十四五”期间，海上风电发展将会进一步提速。

“虽然我国海上风电建设起步较晚，基础设计、施工研究试验不足，但是随着施工建设技术不断进步，海上风电场施工设备数量、性能、吨位均实现了新突破，海上风电将进入快速发展期。”一位不愿具名业内人士预计。“2020 年以后，海上风电将走向深水远海，基地式集中连片开发将成为我国海上风电的主流开发模式。”

刘佳宁也表示，“我们认为未来五年全球海上风电的市场规模将会不断扩大，未来五年海上风电新增装机占风电新增装机的比例将由目前的 8%增加到 22%。”

根据江苏、广东、浙江、福建和上海等地已批复的海上风电发展规划规模，国网能源研究院测算认为，“十四五”期间，全国新增海上风电装机容量约为 2500 万千瓦。

《分析报告》显示，到 2025 年底，我国海上风电累计装机容量将达到 3000 万千瓦左右；到 2030 年底，我国海上风电的累计装机容量将会超过 6000 万千瓦。

度电成本已降至 0.64 元

业内人士认为，促使海上风电快速发展的原因之一是近年来风电投资成本及运行维护成本不断下降。随着海上风电的规模化优势显现，海上风电机组设备单位投资成本将会有 1000-2000 元的下降空间。

去年受竞价上网政策的影响，我国风电机组的市场投标均价呈下降趋势。国网能源研究院统计 2018 年核准、开工的海上风电项目显示，平均投资成本约为 14000-19000 元/千瓦，海上风电度电成本大约为 0.64 元/千瓦时。与陆上风电相比，价格仍然偏高。

研究机构彭博新能源财经的最新数据显示，海上风电的度电成本在 2020 年有望下降到 0.56 元/千瓦时；水电水利规划设计总院发布的《中国可再生能源发展报告 2018》预测，到 2025 年，海上风电成本快速降低，逐步实现海上风电平价上网。

在海上风电平价上网之前，业内人士均认为，海上风电发展路径是在管理上降本增效，推进海上风电全生命周期一体化开发。

在上海勘测设计研究院有限公司程海峰看来，要高质量开发我国海上风电，除解决大容量机组的可靠性、海上工程、运维等重点环节存在的问题外，更需要开发商、设计院、整机商、施工单位等参与方在开发中形成全产业链“利益共同体”。“在总体策划阶段，企业要注重海上风电全过程的技术把关与风险管控，以设计为龙头，推行开展海上风电总承包开发模式。”

本报记者 苏南　中国能源报　2019-07-15

## 澳大利亚 5 月风力发电量创新高

本报讯 据可再生能源研究机构 RenewEconomy 网站报道，风能在澳大利亚已经成为仅次于煤炭的第二大电源。今年 5 月，澳大利亚的风力发电量更是创下了新的纪录。

澳大利亚风电监测机构 NEM Log 的数据显示，5 月 28 日，澳风电共发电 92023 兆瓦时，打破了 2018 年 7 月创造的单日纪录。该机构表示，5 月大风天气集中，是助力澳风力发电表现突出的主要原因，受强风影响，南澳大利亚州、维多利亚州，以及塔斯马尼亚岛等地的风电场运转效率达历史最高水平。

另外，RenewEconomy 网站也提及，储能对澳大利亚此次风力发电创纪录也功不可没。储能电站多次完成完整充放电循环，并成功向市场提供了风电电力。经过 5 月的强风天气考验，目前，澳市场已广泛认可储能对电网安全、调频、辅助服务的作用，这将促进更多企业进入澳储能行业，进而助力可再生能源产业的发展。

据了解，近来年澳大利亚越来越重视对可再生能源产业的投资，2018 年对新能源领域的额投资高达 200 亿美元。有预测称，随着越来越多的风电场投运，2023 年澳大利亚风电占总发电量的比重将达到 16.2%左右。

中国能源报　2019-07-01

## 美国开工建设第二座海上风电场

本报讯 据彭博社报道，近日，美国电力企业 Dominion Energy 开始为美国靠近弗吉尼亚州的一座风电场安装电缆，这也意味着美国第二座海上风电场正式开工建设。

据了解，Dominion Energy 总部位于美国弗吉尼亚州里士满，计划与丹麦电力企业 Orsted A/S 进行合作，在离岸 43 公里处的大西洋上安装两台 6 兆瓦的风机。根据项目计划，该风电场将于 2020 年投入使用，为超过 3000 户家庭提供清洁电力。

事实上，Orsted 子公司 Deepwater Wind 正是完成美国第一座海上风电场的企业，该风电场位于罗德岛，并于 2016 年建成。多年来，海上风电因其高昂的成本在美国发展相对缓慢，随着近年来海上风电建设成本有所下降，美国各州已逐步对海上风电表示了重视。　　（李丽旻）

中国能源报　2019-07-08

## 风光产业持续“风光”

当前，我国可再生能源年发电量持续增加，弃水、弃风、弃光状况明显缓解，可再生能源有效利用率显著提升。

具体来看，风力发电处于政策切换期，尤其是海上风电建设提速，行业景气度持续回升。光伏发电继续保持高速增长态势，近期有望提前实现平价上网。

水电水利规划设计总院近日在北京发布《中国可再生能源发展报告 2018》显示，2018 年，全国可再生能源年发电量同比增加 10.1%，达到 18670 亿千瓦时，占全部发电量的 26.7%。抽水蓄能、龙头水库电站等调峰电源以及分布式电源建设进度加快，弃水、弃风、弃光状况明显缓解，可再生能源有效利用率显著提升。

报告显示，截至 2018 年底，我国水电装机（含抽水蓄能）3.52 亿千瓦，在建规模约 9100 万千瓦，年发电量 1.23 万亿千瓦时;风电装机 1.84 亿千瓦，年发电量 3660 亿千瓦时，太阳能发电装机 1.74 亿千瓦，年发电量 1775 亿千瓦时。我国水电、风电、光伏发电装机容量稳居世界第一，可再生能源占比显著提升。

2018 年，各类电源总装机容量同比增长 6.7%，达到 189948 万千瓦，其中可再生能源发电装机同比增加 11.7%，达到 72896 万千瓦，占新增电源装机的 63.8%。风电、太阳能新增装机在可再生能源新增装机占比达到了 85%。

具体来看，风电方面，2018 年全国风电新增并网容量 2059 万千瓦，累计并网容量达 1.84 亿千瓦，占全国电源总装机容量的 9.7%，连续 9 年位居全球第一。同时，海上风电建设提速，去年海上风电新增并网装机 161 万千瓦，同比增长接近 200%。水电水利规划设计总院院长郑声安介绍，去年海上风电新开工容量达到了 800 万千瓦，创历史新高。报告预计，2020 年可实现并网装机容量 500 万千瓦以上的发展目标。

“今年处于政策切换的关键期，陆上风电、海上风电都出现了抢装现象。”新疆金风科技股份有限公司总裁王海波说，以金风科技为例，今年要交付的量是上一年的 1.7 倍，但仍有大量客户的供货需求没有得到满足。

光伏发电继续保持了高速增长的态势。报告统计，2018 年全国光伏发电新增装机容量 4426 万千瓦，累计并网容量达 1.74 亿千瓦，约占电源总装机 9%。隆基绿能科技股份有限公司总裁李振国

表示，随着光伏技术进步和成本降低，光伏应该会在未来 3 年至 5 年时间里，在全球绝大多数地区成为最便宜的一种能源。

郑声安分析认为，光伏发电在近期发展中有望提前实现平价上网，中期则会保持平稳增长，以此为基础，有望推动“全民光伏”时代的到来。从远期来看，分布式光伏应用将得到全面推广。另外，随着太阳能热发电技术路线基本成熟，也将实现平价上网。

《报告》认为，2020 年将是中国光伏发电全面平价上网的开端。预计到 2035 年，光伏将为实现能源生产与消费革命奠定重要基础，分布式光伏将取代大型集中式地面光伏电站，成为我国光伏发电的主力军。农村也将实现户户有光伏，全社会家庭通过直购绿电、光伏移动设备、购买光伏资产等方式实现全民光伏。技术创新为太阳能热转换率带来突破性提高，发电效率将达到 50%。

王轶辰　经济日报　2019-07-11

# 氢能、燃料电池

## 2050 年氢能将成为中国终端能源主体

本报讯 记者武晓娟报道:6 月 26 日，《中国氢能及燃料电池产业白皮书》（以下简称白皮书）在山东潍柴发布。

随着全球能源加速向低碳化、智能化转型，氢能和燃料电池的开发利用技术已成为新—轮世界能源技术变革的重要方向和战略制高点。中国氢能产业也快速发展，很多地区已实现小规模氢能全产业链的示范应用，但我国至今还缺少对氢能产业的清晰定位和系统性的研究。“白皮书的发布，标志着中国的氢能源产业开始进人正常规划轨道。”山东省副省长、中国工程院院士凌文在会上指出。

对这—有里程碑式意义的成果，国家科学技术部原部长、中国科学院院士徐冠华认为:“白皮书立足我国能源转型实际，融合国内外氢能发展的典型经验，系统研究了我国氢能及燃料电池全产业链的发展现状以及存在的问题，研究内容翔实丰富，研究过程扎实有效，研究方法系统得当，并提出了针对性的政策建议，为我国氢能产业的发展、指导政策的制定，提供了重要参考。”

“氢是清洁低碳、安全高效的二次能源载体，但很少用于能源，目前主要用于化工原料。”中国氢能联盟专家委员会主任余卓平在会上指出，氢能是实现能源体系多品种大范围互联互补的重要途径，有助于优化能源结构、促进能源革命、应对气候变化。

“在电力领域，氢能可有效弥补电能存储性差的短板，有力支撑高比例可再生能源发展;在油气领域，氢作为燃料可降低油气依赖，保障能源安全，并彻底实现交通终端用能清洁化;在煤炭领域，氢能是煤炭清洁高效利用的重要途径，实现原料和燃料的合力配比，保障能源转型的平稳过渡。”余卓平同时指出，中国是全球第—产氢大国，初步评估现有工业制氢产能为 2500 万吨/年。

余卓平直言，尽管能源与制造大型骨干企业加速布局氢能及燃料电池，但与发达国家相比，中国在氢能自主技术研发、装备制造、基础设施建设等方面仍有—定差距。“应以交通领域为突破口，兼顾能源、工业、建筑以及军用领域发展。”

根据白皮书预测，到 2050 年，氢能将在中国终端能源体系中占比接近 10%，氢气需求量接近 6000 万吨，可减排约 7 亿吨二氧化碳;交通运输领域用氢 2458 万吨，相当于减少约 8357 万吨原油，约占 2018 年我国石油进口总量的 18%;工业、建筑等领域用氢 3480 万吨，相当于减少约 1.7 亿吨标准煤，约占 2018 年我国煤炭总消耗量的 6.5%。届时，氢能将与电力协同互补，共同成为中国终端能源体系的消费主体，累计拉动 33 万亿元经济产值。

中国能源报　2019-07-01

## 氢能储运瓶颈如何破解？

一个月前发生在挪威奥斯陆郊外的加氢站爆炸事故原因日前终于查明——主要是在高压储存装置的氢气罐中，某个特定插头装配错误所致。

一个“小小”的插头导致严重事故，这不是危言耸听。在其背后，更涉及氢能储运的“大问题”。多位业内人士向记者坦言，除前端制氢、后端加注外，从制氢地到加氢站的中间环节，如今也越来越受到重视。在现有条件下，储运已成为影响氢能应用的主要瓶颈之一。

绕不开的储运环节　　现有方式各存利弊

以氢燃料电池商用车为例，应用瓶颈“不在两头，在中间”——日前在 2019 世界新能源汽车论坛上，中国科学院院士欧阳明高这样强调。

所谓“中间”，是指氢能储运和加注的环节。欧阳明高认为，随着后期大规模的推广应用，及燃料电池发动机技术的逐渐成熟，供应将不再是问题。相比之下，产业难题聚焦于储氢、运氢及加注环节。

“氢气的储存和运输不分家，前一步怎么储，决定着后一步怎么运。由于政策要求，我国目前暂不允许在加氢站内直接制氢，因此储运作为氢能供应的必经环节，值得关注。”北京低碳清洁能源研究院新能源中心助理主任何广利告诉记者。

记者进一步了解到，氢气的储、运目前均分为气态、液态及固态三种主要方式。由于密度、设备、体积等条件不同，上述方式也各有利弊。

以低温液态方式为例，北京海德利森科技有限公司总经理巩宁峰介绍，作为全球研发重点，液氢具有高密度、体积小等特征，能够使储运变得简单，尤其可满足远距离、大运量的需求。“但同时，要把气态的氢变成液态难度较大，所需容器设备要求很高。此外由于政策因素，我国暂无民用液氢的运输案例。”

气态储运方式，目前在我国应用最为普遍。简单来说，先将氢气压缩到一个耐高压的容器里，再通过长管拖车或管道进行运输。巩宁峰表示，在技术成熟的基础上，气态方式也面临轻量化、高压化及质量稳定等新的挑战。

固态储运则是以金属氧化物、纳米材料等作为载体。虽存在操作便捷、安全性高及储氢体积密度大等先天优势，但这一方式尚处小范围应用的攻克阶段。“载体的体积膨胀、传热、气体流动等任一因素，均有可能影响储运效果。”巩宁峰称。

技术路线各异　　却共同面临经济性制约

针对不同方式，业内长期争论颇多且未有定论。但多位人士仍同时指出，无论对于哪种方式，降低储运成本都是当务之急。其制约因素，包含了储运技术、设备水平、应用规模、运输半径等多种因素。

“未来，技术、安全等方面不存在大的问题，影响储运环节的最大瓶颈就是经济性。”国际氢能协会副主席、清华大学教授毛宗强直言。例如液氢，虽有其优势并受到很多追捧，但也要看到，制造液氢的成本目前并不算低。“运输环节省钱了，制造液氢却要花费高昂代价。综合来看，经济性仍待进一步提高。”

巩宁峰对此表示赞同。他称，日、美、德等国家，现已将液氢运输成本降至高压氢气的 1/8 左右，并不断扩大应用范围。“不可否认，低温液氢运输是未来一个大方向。但在我国，受制于技术、设备水平，液氢转化成本相对偏高，短期内在民用领域推广不太可能。”

除了技术，何广利认为，规模是影响经济性的关键之一。“随着不断进步，技术、设备等层面的问题将逐步解决。但要想真正降低成本，充分认识‘大氢能’的概念是前提。”

在他看来，车用只是氢能发展的一个方面，作为清洁、高效的二次能源，氢能应用范围理应更广。“‘大氢能’概念，意味着氢绝不单单供给燃料汽车。反过来，只有应用规模上来了，基础设施才能真正完善，从而实现车用氢能储运等成本的分摊、降低。这也是为何在当前条件下，各条储运路

线均难真正实现降成本。”

巩宁峰认为，由于规模有限，不同技术路线的运输半径也有待验证。“比如高压气态运输，在 100-200 公里半径内尚具备经济性。再远的话，运输成本将呈几何级增加，从而造成不经济。但这个半径到底是多少，还需通过实践验证。”

适应不同应用场景　　储运“暗藏”更多选择

究竟什么样的方式，能够实现安全、高效且经济的氢能储运？

在何广利看来，现有储运技术、装备逐渐走向成熟，关键在于找到真正适用的方式，并在达标基础上降低成本。“结合用能需求、供氢网络、技术发展等因素，未来供氢模式不会局限于某一种，而是一个综合供氢网络包含不同路线，并站在全生命周期的角度来考评其效率。”

中国氢能联盟日前发布的《中国氢能源及燃料电池产业白皮书（2019 版）》也预测，氢能储运将按照“低压到高压”“气态到多相态”的方向发展，由此逐步提高氢气储存和运输的能力。远期（2036-2050 年）来看，高密度、高安全储氢将成为现实，完备的氢能管网也将建成，同时出台固态、有机液态等储运标准及管道输配标准作为配套。

“谈及氢能储运，常有观点将其类比天然气储运，我想这不一定合理。”何广利进一步提醒。天然气作为一次能源，在哪里发现、从哪里运出，储藏地就是“起点”。氢能则是二次能源，只有原料地，而没有储藏地一说。也正因此，给储运带来更多选择。“到底是在原料地制取、运输，还是把原料运出后制取，或是制成某种中间体之后，再运出、制取。三种完全不同的方式，将带来不一样的效果。但目前，讨论更多的只是先制氢、再运输。”

何广利表示，氢能其实更适合参照电的供应模式。到底采取集中还是分布式供电，到底直接输电还是先运煤、再发电，还要根据需求而定。“至少目前来看，没有哪一种方式占了绝对优势，或者说以后一定要走某条路。面对选择，我们还需科学论证、谨慎对待。”

本报记者 朱妍 实习记者 李玲　中国能源报　2019-07-15

## 低压合金储氢能否解决车载储氢难题？

中国能源报—中国能源网讯 记者别凡报道 氢燃料电池汽车虽然“大热”，但车载储氢却一直是“卡脖子”的难题。而现在，这一问题或出现了有效解决途径。

7 月 8 日，由深圳市佳华利道新技术开发有限公司（以下简称“佳华利道”）、有研工程技术研究院、绿航星际太空科技研究院及飞驰汽车联合研发制造的全国首台低压合金储氢燃料电池公交车和全国首座低压加氢站落户辽宁省葫芦岛市。记者现场乘坐这台低压合金储氢公交车后发现，该车空间更宽敞、噪音更低，加氢过程也更加简单。佳华利道首席科学家黄宝泉介绍：“氢燃料电池汽车技术的研究和应用必须从全产业链角度考虑，不仅要包括储氢技术，还要包括加氢技术和加氢站建设。低压合金储氢和低压加氢技术已经在这些方面取得重大突破。”

车载储氢难题阻碍氢燃料电池汽车产业化发展

氢燃料电池汽车产业链大致包括制氢、运氢、加氢、车载储氢、燃料电池系统、汽车电力驱动系统等主要环节。但受氢燃料自身特性限制，车载储氢一时成为难以攻克的环节。

记者了解到，目前车载储氢技术主要有高压气态储氢、低温液态储氢、固态储氢和有机液体储氢等。高压气态储氢因技术相对成熟、成本相对较低成为目前氢燃料电池汽车主要储氢技术，其车载储氢瓶大多使用 III 型（30-70MPa）、IV 型（70MPa 以上）两种容器，目前我国车载高压储氢中主要使用 35MPa 的 III 型瓶，70MPa 瓶也已研发成功并小范围应用。但是，目前高压气态储氢仍存在体积储氢密度偏低，高压加氢站成本偏高、故障多发等问题。

数据显示，目前国内 35Mpa 高压储氢瓶的体积储氢密度为 20kg/m3，70Mpa 的为 29kg/m3。而要给 35Mpa 的高压储氢瓶加氢，需先从 20Mpa 的氢气管束拖车中卸气，再利用氢气压缩机升压至 42Mpa，然后才能将其存储至加氢站内的高压储氢瓶组中，进而输气至加氢机，最后才能给氢燃料电

池汽车加氢。复杂的过程使得 35Mpa 技术路线的加氢站仅设备成本就高达 1000-1200 万元，70MPa 的更是高达 3000 万元左右，成为制约加氢站建设的一大难题。而相关研究数据显示，升压用的氢气压缩机恰是高压加氢站内装备成本占比最高的部分，高达 61%，其次是占比达 12%的高压储罐；同时，即使是在加氢站数量最多的日本，氢气压缩机故障率也高达 26%，是该国 2016 年高压加氢站故障率最高的装备。

更为关键的是，由于我国车载储氢研发起步晚、原材料性能差等原因，制造 35Mpa 和 70Mpa 高压气态储氢罐的主要原材料——碳纤维尚不能满足车用氢瓶的要求，与氢气压缩机一样，主要依赖进口。

低压合金储氢安全性、经济性优势突出

在兴城低压加氢站现场，记者见证了工作人员为低压储氢燃料电池车的加氢过程。一位同行笑言："这么多人围着，在必要的安全措施之后就可以加氢，如果是 35Mpa 或者 70Mpa 的高压储氢，恐怕没人敢靠近。"

虽是调侃，但也反映出当前公众对于高压储氢安全性的质疑与担忧。不久前引发全球关注的 3 起氢能安全事故中，挪威加氢站爆炸的原因就在于高压储罐中的接头漏氢。

而作为固态储氢的一种，低压合金储氢在安全性方面显然更有优势。

"在低压合金储氢技术中，氢是以粉末状的氢化物存在，且工作压力仅有 5Mpa，如果发生意外，只会产生小火苗，而不是高压气态储氢的瞬间爆炸。"有研工程技术研究院研究员蒋利军介绍。

记者了解到，除了显而易见的安全性外，低压合金储氢系统可直接装载于客车底盘上，结构紧凑，体积仅为高压气瓶的三分之一，体积储氢密度可高达 40-50kg/m3。而且，与之配套的低压加氢站简化了加氢环节，无需高压压缩，加氢压力仅为 10Mpa，甚至可采用氢气管束拖车作为气源直接加注，降低了加氢设备技术与投资要求，加氢站设备成本可降至 300 万元左右，现有的 CNG 加气站或加油站简单改造即可满足加氢要求，供气量也不再受设备能力限制。

那么，低压加注、低压储氢是否就意味着加氢时间更长？对此，佳华利道总经理欧阳力文介绍，"如果采用 20Mpa 的恒定加氢压力，每分钟可加氢 1.5kg，15 分钟左右就可以加满一辆续航里程超 300 公里的氢燃料电池汽车。"

当然，低压储氢目前还并非完美。记者了解到，低压合金储氢装置的材料质量储氢密度为 1.73wt%，且系统偏重，导致百公里耗氢量比高压储氢高 0.3kg。"但如果加上加氢站的建设成本，低压合金储氢和低压加氢技术的综合性价比仍高于高压储氢。更重要的是，这项技术设备完全不依赖国外进口，是符合我国国情，最安全、经济的氢燃料电池汽车技术。"黄宝泉坦言。

行业标准待确立，公众认知需提高

"这台低压储氢公交车的生产过程很曲折，因为尚没有行业标准，很多厂商因不能拿到补贴而拒绝生产，但我们最终还是克服了重重困难，把它生产了出来。并且它的性能、加氢速度都不次于高压气态储氢。"谈及"第一个吃螃蟹"的感受，欧阳力文坦言，观念是当前最大的障碍，"相比高压储氢，低压储氢的宣传和推广远远落后，大众对于低压储氢的认知不足。"

欧阳力文进一步表示，随着技术的不断发展，低压合金储氢的质量储氢密度有望在未来三年内提升至 2.5wt%，并实现小型化、轻量化。

"低压合金储氢从运输、储存到加注等环节把氢的压力降低，绕开了国外氢压缩机及储氢罐的技术壁垒，是很大的突破。"工信部装备工业发展中心副研究员尚勇认为，低压合金储氢目前仍处于试点应用阶段，仍有诸多环节需完善，如储氢材料和放氢速度能否满足氢燃料电池汽车工况变化的需求，总体重量能否进一步降低，多年使用后的报废和回收、不同温度环境下快速启动等。

这一观点得到了中国工程院院士院士徐志磊的认同。"目前来看低压固态储氢技术接近成熟，是可以开发的，这一点我有信心。"徐志磊同时表示，任何产品都需保证安全性和可靠性，低压合金储氢技术仍需进一步完善，以接受市场检验。

记者获悉，目前佳华利道已经联合有关政府部门、专家以及产业链上的企业开始完善企业标准，

并参与低压合金储氢行业标准的制定。

别凡　中国能源网　2019-07-10

## 把氢作为能源进行定位和布局

专家认为，我国作为第一产氢大国，现实发展却多处受限，背后一个关键原因在于，国家并未给予氢能明确定位。若不将其纳入能源体系，氢能就相当于一个“灰色地带”，不利于未来发展

6 月 21 日，由中国电力企业联合会（下称“中电联”）、中国氢能源及燃料电池产业创新战略联盟（下称“中国氢能联盟”）、中国能源报联合主办的“2019 全球新能源汽车领袖峰会——新能源汽车动力变革论坛”在广州举行。

围绕“新时代·动力引领未来”的论坛主题，中国能源研究会常务副理事长、国家能源局原副局长史玉波，中电联党委书记、常务副理事长杨昆，南方电网公司副总经理毕亚雄，中电联副理事长、协鑫集团董事长朱共山，中国工程院院士杨裕生，中国氢能联盟专家委员会主任、同济大学校长助理余卓平等专家，以及来自主管部门、行业协会、主流企业的 300 余名代表，展开深入探讨。

作为时下最热门的话题之一、新能源汽车“三纵队”的重要组成，氢燃料汽车不出意外地成为焦点。与会人士重点指出，在火热形势之下，氢能尚处定位不明的“灰色地带”，由此带来管理、技术、发展模式等难题待解。

我国是世界第一产氢大国　为燃料汽车发展奠定基础

目前，我国已形成全球最大的新能源汽车市场，纯电动车、混动汽车发展迅速，为何还要发展氢燃料电池汽车？多位专家表示，这是节能减排的要求所在，且关乎能源安全问题。

“面对日益严峻的减排压力，汽车能源动力系统转型成为国际汽车工业的共同选择。若继续使用传统燃油车，二氧化碳排放必将随之增长；使用混动或纯电动汽车，虽有助于环境改善，但不足以完全承担减排重任。而氢能作为一项清洁能源的载体，来源广泛、用途多样，优势正在显现。”加拿大国家工程院院士叶思宇称。

国际氢能协会副主席、清华大学教授毛宗强表示，世界氢能委员会在 2017 年就提出，到 2050 年，全球约 20%的碳减排要靠氢来完成、18%的电力由氢能承担。“尤其在应对气候变化等压力下，能源过高的碳排放成为氢能的主要推动力，氢原子在各种燃料替代过程中比重不断加大。可以说，氢能是解决我国能源安全、环境安全的必由之路。”

那么，氢能凭何担此重任？毛宗强进一步指出，氢能具有可储存、零污染、能量密度大等特征，其能量密度是汽油的 3 倍、锂电池的 130 倍。更重要是，我国已具备超强的氢气供应能力。统计显示，国际制氢总量约 6300 万吨/年，我国产氢量约 2200 万吨/年，位居世界首位。

与此同时，余卓平认为，氢作为能源使用的可行性也已被证实。“近几年，燃料电池汽车取得了革命性进展，可靠性、耐久性和经济性等主要技术均获得突破。燃料电池具有大功率、长距离应用优势，且与电动汽车共性技术非常多。换句话说，我国既有氢能的产业基础，又有电动汽车的产业基础，应利用现有资源优势，迅速布局氢能与燃料电池产业。”

定位不明导致短板显现　可持续发展的模式尚未形成

一边是火热发展，一边却也存在短板。“如今关注氢能的人越来越多，但我认为，氢能在我国尚未发展成为一个真正的产业。”北京低碳清洁能源研究院新能源中心助理主任何广利的观点一出，即刻在现场引起共鸣。

以加氢站为例，这是氢燃料汽车的关键配套，目前却也成为行业发展的最大瓶颈。何广利指出，除了在建 33 座，全国现已投产加氢站 23 座，占全球在运总数量的 6%左右。这其中，相当一部分还属内部运行，只有少数真正实现了对外开放。“加氢站建设问题不光有费用就能解决，现阶段技术积累、研究开发等工作远远不够。”

史玉波进一步指出，基础设施的发展水平直接影响新能源汽车市场成熟度，与欧美、日本等发

达国家相比，我国加氢基础设施仍存在差距。“基础设施结构供给不足逐步显现，产业可持续发展的商业模式尚未真正形成。”

究其原因，与会专家指出，政策、技术等因素皆有之。一方面，多地虽纷纷出台地方性文件，但截至目前，业内依然缺乏一套国家级的机制。由于标准法规、政策体系不健全，加氢站既无明确的归属管理部门，在国家层面也无完整的审批流程。换句话说，从前期审批开始，企业就面临多重困难。另一方面，我国加氢站所用的关键设备，目前大部分仍依赖进口。尽快实现关键技术攻关，不仅关系到建站成本降低，更影响着燃料汽车未来的大规模发展。

我国作为第一产氢大国，现实发展却多处受限。余卓平认为，背后一个关键原因在于，国家并未给予氢能明确定位，“氢只是作为新能源汽车产业的一部分，缺乏整体顶层设计与战略规划”。何广利也称，由于没有官方说法，暂不能将氢定义为能源。“从长远看，氢能至少是我国能源系统的一部分。若不纳入其中，氢能就相当于一个‘灰色地带’，不利于未来发展。”

到 2030 年，我国有望成为世界最大的氢能与燃料电池市场

“政策不明，使得燃料电池发展面临极大障碍。我们迫切呼吁，把氢作为能源进行定位和布局，由此明确氢能的归口主管部门，让参与者有‘组织’可找，而不像现在各个城市各有各的‘玩法’，存在一系列不规范现象。”余卓平等多位专家一致表示。

而在具体工作层面，史玉波建议：一是完善基础设施建设布局。基础设施的合理规划和布局是提升加氢设施的利用率，解决加氢难的重要手段。今年两会期间，“推动充电、加氢等设施建设”写入《政府工作报告》，2019 年新能源补贴政策也针对加氢基础设施建设等进行了调整。在政策引领的同时，要进一步完善服务市场机制，破除行业准入壁垒，鼓励市场主体充分参与市场竞争。同时要在标准制定、技术研发、平台建设等多方着力，共同推动加氢站、售后服务站等配套设施建设。

二是加强协同创新和顶层设计。进一步加强氢能燃料电池关键核心技术攻关，不断提升整车和配套服务设施的技术研发和设计制造能力。推动政策和机制创新，在政策法规制定、标准体系构建、行业监督监管等方面创造有利于产业发展的良好环境，进一步调动市场企业积极性，提高自主研发和配套能力，形成具有自主核心知识产权的产业化能力。

对于氢能及燃料电池汽车的前景，与会专家一致认为，燃料电池在交通领域的应用已成为氢能发展的强劲动力，反过来，氢能又将推动交通动力转型。“到 2050 年，我国 50%的重型汽车将被燃料电池汽车替代，15%左右的乘用车将是燃料电池汽车。”余卓平预测。

毛宗强强调，发展氢能不仅是某一个国家的事情，而是已成为国际趋势与共识。“预计到 2030 年，我国将成为世界最大的氢能与燃料电池市场；到 2040 年，氢能将支撑我国能源需求的 10%，成为我国能源战略的重要组成 。”

本报记者 朱妍　中国能源报　2019-07-01

## 未来氢能市场在重型交通和工业领域

在目前已知的所有能源中，氢能因其零排放、无污染，被业界认为是最具应用前景的能源之一，或成为能源使用的终极方案。谈及氢能，BP 集团首席技术官大卫·艾顿日前在京参加“未来能源大会”期间接受媒体采访时表示，氢能利用的瓶颈不是氢气的供应，主要挑战是存储、运输和使用。

“短距离的氢能运输已有管道，在美国、荷兰等国家都有管道铺设，但液化氢要在零下 260 摄氏度下进行液化，比液化天然气的温度还要低 100 度。目前对这一流程的了解还不足，还需进一步发展，此外其他的储存方式也比较昂贵。”艾顿表示。

在氢能领域，BP 起步较早。早在 2006 年即在华开启了中国首座车用加氢站，每天可提供 100 公斤氢。据艾顿介绍，“现在 BP 在化工业务和炼化业务中使用很多氢，我们也生产很多氢。所以，造氢、用氢不是挑战，挑战是如何使用氢，并且高性价比地安全地使用氢。”

艾顿进一步表示，鉴于氢能发展的趋势，BP 在德国也建设加氢站，但需求不大，特别是氢能汽

车方面的需求不大，因此没有大范围地开展业务。“相信随着技术的成熟，对氢能的需求也会不断加大。”

我国是世界第一产氢大国，年产氢超过 2200 万吨，超过世界总产量 6500 万吨的 1/3。近两年，在政策助推下，氢能发展热度空前，全国各地氢能产业规划布局不断提速，氢能发展一夜入夏，2018 年更是被业内冠为氢能发展的元年。

艾顿介绍，世界上 80%的能源系统是便于使用运输、容易存储、成本较低的化石燃料。而未来能源发展要解决分布式的储存，继而实现技术性的供应，因此低成本地实现大量能源存储成为关键。长期来看，氢能将是全世界能源系统的重要组成部分，有助于平衡各类分布式储存的能源。

“面对集中型能源需求和分布式储存需求，在中间我们要找到一个平衡点，而氢能将发挥更重要的作用。我认为从长期的能源系统角度来讲，中国应该发展氢能，对氢能要有长期的布局，因为氢能是能源的重要组成部分。”

作为传统油气巨头，近年来 BP 在能源战略转型中，正在依托其全球加油站网络和现代零售管理服务，积极布局电动汽车充电市场。在中国，BP 投资了蔚来资本和电享科技，探索高级移动出行。BP 是否会像电动汽车一样，在中国氢能领域开展实质性的投资？

“中国有着全球最大的电动车市场，也是 BP 扩展高级移动出行服务的主要市场，我们希望能够支持中国电动汽车的生态系统。”艾顿直言，“但氢能还处于早期发展阶段，不像电动汽车产业链已经非常完整了，氢能还需要解决一些问题，才能进行大规模的应用。而且电动汽车已经是很好的短距离城市交通解决方案，我认为没有必要把氢再加进去。”

在艾顿看来，氢能在中国其他领域的增长空间或许更大。“比如卡车中应用的液化天然气就可以被氢能所替代，氢能市场应该在重型交通行业以及工业（如煤化工）中使用，这可能是未来二三十年氢能的发展趋势。因此我们的定位将更多应对这些行业，而非现有的氢能在交通方面的应用。”

本报记者 何英　中国能源报　2019-07-01

## 是什么制约了液氢商业化应用

6 月 27 日，全国氢能标准委员会发布了关于对《液氢生产系统技术规范》等三项国家标准征求意见的通知，这三项意见稿的发布将填补国内民用领域液氢标准的空白。两天前的 6 月 25 日，在北京召开的 “中国氢能发展高峰论坛——暨中国氢能供应与利用百人会 2019 年度论坛”上，液氢及其在技术、标准上的不足与缺失，亦成为氢能行业的专家关注的焦点。

液氢是重要发展方向

相比于气态氢，液氢具有高效可控、不易污染、品质稳定等特点，将成为燃料电池汽车规模化应用的重要推动力。液氢技术也是全球公认的可大规模获得超纯氢的先进技术。

据了解，美国液氢的 90%用在超纯氢市场。其中，航空航天领域的使用占 20%，石油化工、电子冶金等工业行业则占 70%。在中国，超纯氢也有非常大的市场空间，除了半导体行业、航空航天等，在中石油、中石化的炼油过程中，超纯氢也起到重要作用，氢气纯度越高，油品品质越好。事实上，液氢的本质是工业气体，目前在能源领域的应用刚刚起步，但却可能给能源行业带来革命性变化。

中科院理化技术研究所研究员刘立强在论坛上表示，高压气态储氢在国内处于小规模示范推广阶段，虽然成本相对较低、能耗相对较小，但运输效率低，不适合大规模应用推广。随着氢能与燃料电池汽车的大规模应用推广，储氢密度和传输效率都更高的低温液态储氢将是未来重要的发展方向。

规模化才有经济效益

为什么液氢的生产一定要追求规模化？张家港氢云新能源研究院有限公司院长魏蔚表示，氢液化工厂投资大、耗电多，是液氢被认为不经济的重要因素，而随着规模的扩大，运营成本和投资成

本会大幅降低。专家介绍，氢液化工厂的成本一部分是大规模固定资产投资的分摊，另一部分是大量的耗电耗能的液化成本，两者在财务上各占一半。

如果用数字说话，液氢规模化与经济效益的关系会更加清晰。魏蔚进一步指出，目前液氢产能5 吨/天以下的属于试验应用规模，适用于不计成本的科技和试验领域。而在民用领域，产能达到 5 吨/天的规模，氢液化能耗超过 10 度电/公斤，但当规模提升到 50 吨/天，能耗会降到其 70%，当规模提升到 150 吨/天，能耗会降到其 60%。氢液化最大的运营成本是耗电，占据成本 70%以上，如果液氢生产能够达到一定的规模，用电能耗的降低将会大大提升经济效益。

同时，随着氢液化工厂规模的扩大，不仅耗电成本在逐步降低，固定投资成本也开始走低。当规模达到 50 吨/天，单位固定投资成本可下降 50%，当达到 150 吨/天的规模，单位固定投资可降到40%甚至更低。

液氢产能的规模化对氢燃料电池产业的发展也极为重要。与会专家表示，在大规模氢液化工厂和高效液氢储运基础上，才有可能普及液氢储氢型加氢站和液氢型气化站，从而降低氢燃料成本。“归根结底，中国氢能和燃料电池汽车的发展路径，取决于中国液氢技术的发展前景。”

魏蔚表示，液氢的制取环节耗能较高，但到了运输环节、加氢环节，液氢的能耗会越来越低，其最大优势在于终端加氢站的规模化应用。因此，只有发展全产业链，才能显现出液氢的优势。

核心技术和装备面临制约

目前，中美在液氢发展规模上存在巨大差异，液氢的成本相差十多倍。“中国市场要发展液氢，需要廉价的氢源和便宜的电价，建设大规模的氢液化工厂才能获得经济的液氢。”魏蔚在会上表示。

“氢能的可持续发展和之前天然气的发展道理一样，是否有廉价且高品质的氢源，价格是否有竞争力，是氢能可持续发展的关键。”我国有大量副产氢和化工制氢，同时国内有丰富的可再生能源电解水制氢，因此要将大规模液氢工厂和氢源匹配起来。魏蔚称，“2021 年的目标是将液氢的出厂价格降到 27 元/公斤以内，2025 年争取降到 20 元/公斤，如果做不到，那么氢能将无从发展。”

液氢在国内成本居高不下，原因何在？北京航天试验技术研究所高级工程师杨申音认为，一方面，国内目前尚无完全自主产权的氢液化装置，氢液化系统核心设备仍然依赖进口，导致获取氢液化设备的成本高，同时还存在维修维护费用高等问题。另一方面，液氢在燃料电池汽车领域的应用仍处于探索期，缺少国家的顶层规划、示范项目和应用推广，液氢在电子工业和高端制造业的应用也少有挖掘。只有在能源和工业领域进行双重拓展，才能使液氢有可能做到大规模发展。

目前，我国在液氢技术产业化发展上面临较多制约。对此，魏蔚指出，在相关技术研发方面，目前仍停留在试验用的小型氢液化流程和装置设计研制，缺少大规模的氢液化工艺及核心装备与关键零部件的产业化研究，没有民用液氢工况的试验检测平台和使用条件，更没有深冷高压氢的专用试验条件。对此，与会专家进一步表示，企业和科研院所应该更多地思考如何将现有的先进技术和经验运用到液氢民用领域。

此外，国家缺少民用液氢的生产、储运和使用管理标准法规，缺少液氢储运装备设计制造、出厂检验和在役检验的标准和液氢加氢站建设标准等。专家表示，鉴于在液氢领域国家标准尚属空白，因此，只有企业标准先行先试，才能推动国家标准和行业标准的建设。

本报实习记者　仲蕊　中国能源报　2019-07-08

## 白城探索氢能发展新路

继山西大同、山东济南等地陆续宣布建设“中国氢谷”之后，吉林白城也正式加入这一热潮。白城希望借助当地可再生能源优势，探索出能源与资源相结合的氢能发展新路径。

在日前举行的首届“中国北方氢谷”产业发展高端交流会上，白城市委副书记、市长李明伟说：“白城从新能源电力开发起步，将以新能源电解水制氢为主要技术路线，延伸打造制氢、储氢、运氢、用氢全产业链。”

显然，利用可再生能源制氢进而发展氢能全产业链，已成为白城谋求经济振兴的“重要一招”。

依托可再生能源的氢能发展路径

地处大兴安岭山脉东麓平原区的白城，拥有丰富的石油、风力以及多种矿产资源。全市风电、光伏并网装机 465 万千瓦，尚有 3000 万千瓦可再生风光资源容量可开发。

5 月 29 日，《白城市新能源与氢能产业发展规划》对外发布，《规划》提出力争到 2035 年，白城风电装机达 2000 万千瓦、光伏装机达 1500 万千瓦，年生产氢气能力达到百万吨级，产值近 2000 亿元，累计投资可达到 2000 亿元。

据介绍，白城正是依托风电、光伏等可再生能源优势，以新能源电解水制氢为主要技术路线，延伸打造氢能全产业链，从而实现从生产到应用整个过程的零排放、零污染。“白城市的氢能发展规划结合了自身的地缘优势，将可再生能源作为一块金字招牌打向全国。”一位业内人士评价说。

记者在交流会上了解到，白城市将与长春市合力打造“白城—长春”吉林西部氢能走廊，借助中国一汽集团公司解放汽车制造优势，沿长白高速公路布局加氢站，促进氢能基础设施与燃料电池汽车协调发展，辐射并带动全省氢能汽车产业发展，到 2035 年氢能汽车产能将达到十万辆级。

能源结合资源下的“变现能力”

中国工程院院士干勇坦言，白城市目前在新能源的发展存在着三大问题。首先，电力的本地消纳不足，2018 年全市电源装机 656.9 万千瓦，而年最大负荷 80.3 万千瓦仅占总装机量的 12%，近 90%的电力需要外送消纳。其次，白城目前的电力外送能力受限。再次，风能本是白城市的资源优势所在，但近几年风电开发建设基本处于停滞状态，富集的风能资源没有得到有效开发。

交流会上，与会专家认为，白城市丰富的风光资源和氢能产业相结合，是因地制宜和解决弃风弃电困境的有效途径。如此，氢的来源成本可控，可以将资源转化为财富，促进经济的发展。“制氢是氢能产业链的龙头，可再生能源制氢是符合氢能伦理的氢能可持续发展之路。”清华大学核能与新能源技术研究院教授、国际氢能协会副主席毛宗强说。

与此同时，“弃能”变“氢能”不仅能从源头上解决氢的生产和成本问题，还能解决白城市本地消纳与外送面临的困境。李明伟介绍，白城市利用国家鼓励新能源就近就地消纳的政策机遇，通过智能微电网、直购电、轻度并网型风电制氢、离网型风能（光伏）制氢，使氢气在加氢站“出口”价格控制在每公斤 40 元以下，与传统燃油汽车相比，已经具有市场竞争力，使氢能发展具备了经济性，氢能大规模商业化成为可能。

面对产业面临的突出问题，干勇亦提到白城可以破局的亮点，“氢能消纳的途径和技术路线具备经济技术可行性，如发展绿色交通、天然气掺氢等，同时结合白城市自身优势量身制定全产业链建设方案，也能够促进新兴产业发展。”

在求变与缓冲中实现产业破题

在机遇的转角，白城这片土地或因氢能而变。

“氢能特别适合寒冷的东北，发展氢能是振兴东北的大好机遇。白城风电制氢是无碳的绿色氢气，符合氢能伦理，即氢能可持续发展。”毛宗强等专家一致认为，氢能产业的发展与白城市的经济振兴相辅相成。

如今被氢能所激活的白城，和这片黑土地上其他城市一样，曾留下计划经济时代最鲜明的烙印。虽然白城对于自身氢能产业的发展有着充分的抱负和雄心，但未来想要实现可持续、规模化的发展仍需负重前行。

对此，同济大学智能型新能源汽车协同创新中心主任余卓平则表现出更为积极的态度，他认为对于氢能产业的发展，东北残余的计划经济模式惯性反而能成为优势，“目前全国的氢能发展过热，呈现一种散乱、不集中的态势，而所谓计划就是集中力量办大事”，白城要做的是将星星之火汇集起来，点亮氢能产业的燎原火炬。

余卓平认为，白城还需提出有利于氢能发展的体制机制、财税和产业政策建议和路线图，推动国家级氢能和燃料电池试验示范区建设，通过大规模的氢能应用，验证氢能产业技术路线，探索商

业化的推广模式。

“交流会上呈现的可观的数字以及令人振奋的阶段目标背后，需要更为专业和坚固的产业联合与技术支持，也离不开顶层设计和科学的政策规划，目前白城的企业合作已经初步达成，探索新能源资源富集区域的新能源产业发展模式需要在求变与缓冲中平衡。”业内人士向记者表示。

本报实习记者 仲蕊　中国能源报　2019-07-15

# 核能

## 国内两 VVER1200 核电项目常规岛及 BOP 设计合同签订

本报讯 6 月 27 日，中国能建规划设计集团东北院（以下简称“东北院”）和中国核电工程有限公司签订“田湾核电站 7、8 号机组&辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程常规岛及其 BOP 设计和技术服务项目”分包合同。两项工程的成功中标，进一步巩固了东北院在国内核电市场、尤其俄制 VVER 堆型常规岛设计领域的领先地位。

田湾核电站 7、8 号机组规划容量为 2 台百万千瓦级压水堆核电机组，统一规划，连续建设，采用俄罗斯 VVER-1200 堆型。7 号机组暂定于 2020 年 12 月 31 日浇灌第一罐混凝土，两台机组的建设间隔 10 个月。

辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程规划建设 2 台百万千瓦级压水堆核电机组及其配套辅助设施，采用俄罗斯 VVER-1200 堆型，3 号机组暂定于 2021 年 10 月浇灌第一罐混凝土，两台机组分别计划于 2027 年 7 月和 2028 年 5 月投运。

据悉，东北院在 2009 年获得田湾核电站 5、6 号机组的常规岛及 BOP 设计，随后又获得田湾核电站 3、4 号机组的常规岛及 BOP 设计，涉猎的堆型分别为 M310 和 VVER，另外还以辽宁徐大堡核电 1、2 号机组为依托自主设计了 AP1000 堆型的初步设计等，是目前国内唯一一家具有匹配 VVER 堆型常规岛设计经验的电力设计院。

据了解，由东北院负责常规岛和 BOP 设计的田湾核电站 3、4 号机组已于 2018 年 12 月 22 日全面投产，该工程解决了国产常规岛设备匹配俄罗斯 VVER 堆型的技术难题，首次实现了国产汽轮发电机组与俄罗斯 VVER 堆型的成功匹配，不仅创下中核国内首个按期发电的核电纪录，发电出力更是高出设计保证值 11.461 兆瓦。项目设计过程中，东北院熟练掌握了 VVER 核电机组核岛、常规岛及 CASS 三方仪控相互协调的关系及仪控输入数据的要求与成果，在后续项目中将大大提高配合与提资效率。　　（王地 孙岳）

中国能源报　2019-07-01

## “国和一号”压水堆重大专项研发成果丰硕

本报讯 记者朱学蕊报道：6 月 25 日，记者从国家电投科技成果发布会上海核工程研究设计院有限公司（以下简称“上海核工院”）专场获悉，截至今年 5 月，“国和一号”（CAP1400）压水堆重大专项已形成知识产权 4699 项，其中发明专利 325 项，获得中国授权专利 1705 项，形成新产品、新工艺、新材料、新装置等 392 项，形成行业、企业标准近 200 项，实现了我国三代核电技术研发、工程设计、设备制造、试验验证的自主化。

当天，上海核工院集中发布了 8 项由其牵头、协同产学研用相关单位自主研发的科技创新成果，包括：国产关键核级设备与核级材料、SAF 高性能核燃料、设计质量管理平台、非能动核电厂多专业综合验证平台、核电厂设备及管道疲劳监测系统、核盾集成安保管理平台、SPACal RM 风险监测器和智慧建筑设计系统等。

据了解，我国于 2006 年做出引进 AP1000 第三代非能动先进核电技术，高起点实现核电自主化发展的战略决策。同时，为做好引进、消化、吸收、再创新工作，大型先进压水堆核电站列入《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》，成为 16 个国家科技重大专项之一。2008 年 2 月 15 日，国务院常务会议审查并通过了大型先进压水堆核电站重大专项总体实施方案。

2014 年 12 月，CAP1400 通过了我国核电发展史上范围最广和程度最深的一次安全审评。2015 年 11 月，中国专利保护协会对 CAP1400 知识产权专题做出评审："CAP1400 技术是依托'大型先进压水堆核电站重大科技专项'开发的三代先进核电技术，中方具有完全自主知识产权和出口权。"2016 年 4 月，CAP1400 通过国际原子能机构通用安全评审，审查认为其总体达到 IAEA 安全法规标准的最新要求。

据国家科技重大专项"大型先进压水堆核电站"总设计师、上海核工院院长郑明光介绍，十多年来，在全国 200 多家科研院所、高校、制造厂的协同攻关下，以"国和一号"（CAP1400）为代表的中国自主三代核电型号完成开发。型号是牵引、是驱动，推动了我国核能产业链，从设备、材料、燃料、软件、工具平台到多应用场景型号的整体创新。"核电是高安全性、系统性工程，要求多领域、多学科、多专业交叉融合，遵循高标准、严要求的核安全准则要求，其科研创新成果在其他能源、工业以及民用领域也有很好的应用。"

对于"国和一号"的经济性，郑明光表示，再创新、具备自主知识产权的 CAP1400 经济性优于 AP1000，主要得益于机组效能、发电规模，以及设备国产化之后的竞争力优势。

据了解，设备成本占整个核电机组造价的一半以上，设备国产化、自主化后有利于降低机组造价，提升经济性。记者此前了解到，CAP1400 首批机组设备总体国产化率将超过 85%，后续机组将达到 90%以上，余下的 10%是国际上价格合理的通用设备，已不存在受制于人的问题。

郑明光介绍，与二代核电相比，CAP1400 的阀门数量减少了八成，泵、管道和电缆的数量分别减少 92.3%、58.5%和 48.6%，提高经济性的同时，更便于运行和维护。而且，基于建造运营 AP1000 依托项目的经验反馈，CAP1400 更优化了模块化建造技术，批量化建造后核电项目的建造周期可缩短至 48 个月。

中国能源报　2019-07-01

## 技术助力中俄能源合作落地开花

6 月 27 日，中国能建规划设计集团东北院（以下简称"东北院"）正式签订田湾核电站 7、8 号机组、徐大堡核电厂 3、4 号机组常规岛及 BOP 设计合同。根据合同，这四台百万千瓦级核电机组均将采用俄罗斯三代核电技术的代表机型——VVER1200/V491 堆型建设。两项工程分别计划于 2020 年和 2021 年开工。

从田湾核电站 3、4 号机组，到此次成功签约，东北院不仅进一步巩固了在 VVER 堆型常规岛设计领域的领先优势，更用实际行动为深化中俄经济技术务实合作作出了贡献与示范。

精心筹备 优秀方案获认可

能源合作一直是中俄双边合作中的重头戏，范围广阔、成果丰硕。2018 年 6 月，中俄双方在 2016 年达成的核能领域战略合作基础上，继续深化和拓展核能领域合作，达成一揽子合作项目。

根据约定，双方将在田湾和徐大堡核电站厂址合作建设 4 台 VVER-1200 型三代核电机组，其中，俄方主要负责核岛联合设计以及部分核岛辅助设备供货，中方负责电站总平面规划、常规岛和 BOP 设计。

VVER 堆型是目前核电业应用最广的压水堆核电机组之一，俄罗斯在 VVER 技术上的开发历史已超过 50 年，安全记录和经济效益双优。

"得知消息后，我们立即着手准备投标。"东北院副总工程师石磊说，在近一年的紧张筹备中，东北院紧密跟踪各个环节，对市场工作、投标文件、技术质量等都提出了明确要求，各相关部门团结

协作、夜以继日，高效高质完成了投标文件的编制。

作为目前国内唯一一家具有匹配 VVER 堆型常规岛设计经验的电力设计院，东北院在多次院内评审中，不断优化两个工程的设计方案，针对厂址的不同特点，分别提供了约 60 份专题报告。在投标现场，东北院还创造性使用了火电项目竞标时常用的动画漫游片，使设计意图、设计亮点和最终成品一目了然。

“准备充分”“技术方案优”“实至名归”……东北院优秀的设计方案、完善的服务标准赢得了评标专家和招标方的高度认可，最终从激烈的竞争中脱颖而出。

塑造典范 带动设备国产化

田湾核电站被誉为“中俄核能合作的典范项目”，8 台机组全部建成后，将成为中国首个以 VVER 机型为技术核心的大型核电能源基地，而东北院与田湾核电站渊源颇深。

早在 1999 年，东北院签署了该院首个核电工程设计合同——田湾核电厂 1、2 号机组 BOP 工程设计合同。2009 年，东北院先后取得了田湾核电站扩建工程 5、6 号机组和 3、4 号机组常规岛及 BOP 设计任务。2018 年，田湾核电站 3、4 号机组按期全面投产，首次实现了国产汽轮发电机组与俄罗斯 VVER 堆型的匹配，创下中核集团国内首个核电项目按期发电纪录的同时，发电出力高出设计保证值 11.461 兆瓦，从而为此次成功签约打下坚实的基础。

“核电建设有参考电站的说法。田湾核电站 3、4 号机组的参考电站是 1、2 号机组，在此基础上进行设计优化和改造，非常考验中方的设计能力，需要完全适应俄方核岛对常规岛的要求，同时进行必要的标准转化，并论证其可行性，这是一个从追随到主导的曲折过程。”石磊告诉记者，东北院曾花了半年多时间来消化 1、2 号机组的所有资料。

设计方的实力和水平直接影响工程进度。2011 年—2015 年，就田湾核电站 3、4 号机组工程建设召开了 16 次仪控三方会议，2010 年—2017 年，中俄双方就田湾核电站进行了 24 次协调会，东北院全程参与其中，积累了丰富的主谈能力，在新项目建设期间可大大提高提资效率和谈判效率。

“每个核电堆型都有自身特点，VVER 的特点之一是不改变设备，只改变燃料棒特性就可提高堆芯热功率，从而提高机组发电出力。”石磊介绍说，田湾核电站 3、4 号机组的常规岛设计充分考虑到这一特点，主、辅机设备及各系统均考虑了相应的设计裕量，这对与 VVER 堆型匹配的汽轮机技术国产化也起到了积极的推动作用。

田湾核电站 3、4 号机组建设时，投标的三大汽轮机厂分别以引进三菱、阿尔斯通、西门子等国外技术为主。在 3、4 号机组设计过程中，东北院项目团队给汽轮机厂提出了与 VVER 堆型相匹配的合理的主机规范、参数要求、技术要求、性能保证要求以及增容要求等，汽轮机厂通过不断的努力完全得以实现。“如今，在田湾 7、8 号机组、徐大堡 3、4 号机组的投标中，三大汽轮机厂全部以中方自主设计为主，实现了从学习引进到自主超越。”石磊补充道。

在项目设计过程中，东北院熟练掌握了 VVER 机组核岛、常规岛及 CASS 三方仪控相互协调的关系及仪控输入数据的要求与成果，确立了领先优势。石磊表示：“后续工程的参考电站是田湾核电站 3、4 号机组，东北院已经蹚出了一条路子，最有条件总结走过的弯路和设计的经验，在后续项目中，能够扬长避短，高效完成设计任务。”

提升能力 推动 VVER 走向世界

今年以来，一批核电项目陆续开工建设，为我国清洁能源发展打造新的引擎。作为新中国第一家电力设计院，东北院积极抢抓市场机遇，核电正好作为“压舱石”，在东北院转型升级的过程中增添强劲动力。

东北院早在 1978 年就开展了国内第一批核电站的规划选址工作。1983 年，该院成为电力系统首家担负核电站副总体设计任务的单位。41 年的核电之路，让东北院积累了丰富的设计经验，涉猎的核电堆型涵盖了 M310、VVER、AP1000 以及华龙 1 号等多种堆型。在 VVER 堆型的长期研究与工程实践中，始终保持着行业领先水平。

在核电常规岛设计过程中，东北院不断提升设计能力，加强科研攻关，截至 2018 年底，该院主

编、参编了《核电厂常规岛防火设计规范》《核电厂水工设计规范》《核电厂常规岛设计规范》等行业标准，编制并颁布了核电常规岛设计管理企业标准 21 项，核电常规岛设计科研项目 25 项。

随着核电发展的需要，东北院于 2009 年抽调骨干技术人员组建成立了核电工程部，并依托工程项目不断加强核电项目管理和执行能力，现有参加核电工程设计的人员 70 余人，其中 30-40 岁的技术骨干占据半壁江山。

核电设计周期长、来往文件多、存档要求高，一台核电机组存在大量纸质文件。东北院自主开发的“核电项目管理系统”软件，实现了管理和设计人员执行流程的自动化，达到了“无纸化”管理效果。

田湾核电站概率安全评价表明，在当前世界上运行的核电站中，其安全性评价属于先进水平，行业内认为“VVER 样板工程”在田湾。目前，东北院正联合相关方，密切跟踪约旦、菲律宾、保加利亚等重要国别市场，积极推动 VVER 堆型匹配国产常规岛机组走向世界。

本报记者 董欣 特约通讯员 李兵薇 孙岳　中国能源报　2019-07-08