

# 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  
第二十期 2019年10月

## 目 录

重点实验室动态--科研进展.....	1
橡胶木太阳能-热泵联合干燥能耗分析.....	1
地热井深度对 ORC 系统热经济性的影响.....	1
TBAB-CO <sub>2</sub> 水合物形成过程的微观实验.....	1
纤维素酶降解机理的研究进展.....	2
耦合过热蒸汽干燥的 MVR 蒸发结晶系统热力性能分析.....	2
重点实验室动态.....	3
粤港澳大湾区生态环境保护与生态系统治理联合可再生能源调研组一行来访调研.....	3
中国工程院谢克昌院士、陈勇院士调研半潜式波浪能养殖旅游平台“澎湖号”.....	4
总论.....	6
李克强主持召开国家能源委员会会议！.....	6
清洁能源将引领中英能源合作.....	6
能源变革驱动“城市中国”浩荡前行.....	7
城市能源转型如何打造“中国特色”.....	9
你的家乡能源变革排第几？.....	10
气候变化加速超预期 减排力度应增 2-5 倍.....	13
山东东营探路资源型城市能源转型.....	14
基础优势发挥是关键.....	17
检验产业政策的唯一标准应该看是否有利于产业发展.....	18
热能、动力工程.....	19
多国区域供热走向“去碳化”.....	19
以前瞻性研究引领电力工业高质量发展.....	20
广东缘何力挺气电？.....	22
IEA：可再生能源电力装机将现两位数增长.....	24
聚焦分布式能源 释放空分发展新动能.....	25
高效技术助力粤港澳大湾区能源清洁化.....	26
北京低碳清洁能源研究院在分子筛择形催化领域研究取得突破进展.....	27
如何堵上碳交易机制漏洞.....	27
固态电池商用前景引关注.....	29
青海探索储能应用新模式.....	30
微电网加快智能化示范.....	32
“多站融合”示范全面开展（聚焦泛在电力物联网）.....	33

地热能 .....	34
日本拟借地热能摆脱核电依赖 .....	34
生物质能、环保工程 .....	35
北欧航空公司拟增加生物燃料使用比例 .....	35
西南首座全地理式污水厂投运 .....	35
“烧掉”近半玉米，美国把这个产业做成世界第一 .....	35
华能太仓电厂生物质耦合发电项目投产 .....	37
太阳能 .....	37
光热产业方兴未艾 仍需政策“暖风”吹拂 .....	37
隆基：以技术创新 应对市场竞争 .....	39
东方日升为美国加州温莎当地规模最大“漂浮光伏系统”提供组件 .....	40
绿色能源装点新国门 .....	41
葛洲坝集团签约老挝阿速坡光伏电站合同 .....	42
补贴退坡引发光热发电行业焦虑 .....	42
首个二类资源区平价光伏电站正式并网发电 .....	44
晶体硅太阳能电池模块柔软超轻 .....	46
风能 .....	47
地方政府接力补贴是海上风电发展的多赢之举 .....	47
全球最大单体陆上风电项目开建 .....	48
“大国重器”成海上风电新引擎 .....	49
中电国际携手挪威国油发力海上风电 .....	50
德国加快发展海上风电 2030 年装机拟增 3 倍 .....	51
华能建成国内离岸最远海上风电场 .....	51
核能 .....	52
英拟建世界首座核聚变电厂 .....	52
福建漳州核电正式开工华龙一号批量化建设开启 .....	52

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

### 橡胶木太阳能-热泵联合干燥能耗分析

姚远 秦汉时 付威 崔崔 刘雨兵 龚宇烈

**摘要：**木材干燥不但是保障和改善木材品质、提高木材利用率的重要环节，也是木制品生产过程中能耗最大的工序。为了适应新的环保要求和降低能耗成本，太阳能-热泵联合干燥成为目前木材干燥技术研究的热点方向之一。笔者研制了以热水为传热工质的太阳能-空气源热泵联合干燥设备，按照含水率干燥基准，以“太阳能利用最大化”为控制原则对进口橡胶木(*Hevea brasiliensis*)板材进行了干燥能耗的试验研究，并对比分析了太阳能-空气源热泵联合干燥与其他以常规能源供热的干燥方式的能耗及经济性。结果表明，马来西亚产 25 mm 厚橡胶木板材单位体积实际耗热量为 547 275 kJ/m<sup>3</sup>，干燥系统热损失率为 15.8%，总体能效比为 2.41。联合干燥的能耗成本是燃油锅炉干燥的 30%，电加热器干燥的 39%，燃气锅炉干燥的 52%，电+热泵干燥的 84%。干燥后木材含水率及干燥缺陷满足国家标准二级要求。说明在光照条件好的地区可以在木材干燥行业中大力推广太阳能-空气源热泵联合干燥，具有环境优势的同时，也能取得良好的经济效益。

**基金：**中国科学院战略性先导科技专项(XDA21050000)；国家电网公司总部科技项目(SGHB0000KXJS1800477)；

林业工程学报，首发时间：2019-09-02

### 地热井深度对 ORC 系统热经济性的影响

刘强 孙杰段 远源

**摘要：**发展地热发电是减少燃煤消耗和污染物排放的重要方向，有机朗肯循环(ORC)是利用中低温地热发电主要技术之一。地热井深度决定了地热流体温度，进而影响 ORC 的热力性能，此外钻井成本、生产/回注泵耗功和系统投资亦受地热井深度的影响。针对徐家围子三个典型地热井深度(2700m、3200m 和 4000m)，以系统净输出功最大为目标函数优化了异戊烷的蒸发温度，分析地热井深度对 ORC 热经济性的影响。结果表明：随着生产井深度的增加，生产/回注泵耗功占比降低，单位功率所需换热面积降低，发电成本降低；生产井深度为 4000 m，上网电价为 1.2 CNY·(kW·h)<sup>-1</sup> 时投资回收期约 10 年。

**基金：**国家自然科学基金资助项目(No.51506223, No.51736005)；中科院可再生能源重点实验室开放基金(No.Y707k71001)；中国石油大学(北京)科研基金(No.2462014YJRC021)；

工程热物理学报，2019 年 09 期

### TBAB-CO<sub>2</sub> 水合物形成过程的微观实验

陈玉凤 周雪冰 梁德青 吴能友

**摘要：**四丁基溴化铵(TBAB)半笼型水合物在二氧化碳(CO<sub>2</sub>)捕集和封存技术中具有巨大的发展与应用潜力。由于晶体结构的复杂性，TBAB 半笼型水合物的动力学过程尚未得到充分的研究。为了解 TBAB 半笼型水合物在储气方面的动力学特性，实验采用原位激光拉曼技术和多晶粉末 X 射线衍射仪(PXRD)对 nCO<sub>2</sub>·TBAB·26H<sub>2</sub>O 和 nCO<sub>2</sub>·TBAB·38H<sub>2</sub>O 水合物的光谱特征进行了鉴别与分析，利用原位激光拉曼技术考察了 CO<sub>2</sub> 分子分别进入 2 种晶体结构的动力学过程。研究结果表明，2 种晶体结构的拉曼光谱具有较高的相似性，值得注意的是 nCO<sub>2</sub>·TBAB·26H<sub>2</sub>O 中位于 1309.5

和  $1326.9\text{ cm}^{-1}$  的拉曼峰为 TBA+阳离子中 C—C 键的变形振动峰, 在  $\text{nCO}_2 \cdot \text{TBAB} \cdot 38\text{H}_2\text{O}$  水合物中峰基本不发生改变, 但半峰宽降低, 峰形也变得相对清晰;同时,  $\text{nCO}_2 \cdot \text{TBAB} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$  中位于  $1446.6$  和  $1458\text{ cm}^{-1}$  的拉曼峰为 TBA+阳离子中 C—H 键的剪切振动峰, 在  $\text{nCO}_2 \cdot \text{TBAB} \cdot 38\text{H}_2\text{O}$  水合物中分别向左、右两边发生了位移, 峰形的重叠度也随之下降。依据上述 2 处拉曼光谱特征可以对 2 种晶体结构进行辨别。通过 PXRD 图谱可以发现 2 种晶体结构的衍射图谱存在着比较明显的差距。 $\text{nCO}_2 \cdot \text{TBAB} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$  晶体属于四方晶系, 空间群 ( $P4/m$ ), 而  $\text{nCO}_2 \cdot \text{TBAB} \cdot 38\text{H}_2\text{O}$  属于正交晶系, 空间群 ( $Pmma$ )。图谱中  $2\theta = 8.406^\circ$  和  $10.941^\circ$  分别为  $\text{nCO}_2 \cdot \text{TBAB} \cdot 38\text{H}_2\text{O}$  的 (200) 和 (220) 晶面的特征峰, 而  $2\theta = 5.976^\circ$  和  $6.969^\circ$  分别为  $\text{nCO}_2 \cdot \text{TBAB} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$  的 (012) 和 (003) 晶面特征峰, 可以用来判别样品中水合物的晶体结构。在原位拉曼测量过程中,  $\text{nCO}_2 \cdot \text{TBAB} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{nCO}_2 \cdot \text{TBAB} \cdot 38\text{H}_2\text{O}$  分别在已经合成好的 TBAB  $\cdot 26\text{H}_2\text{O}$  和 TBAB  $\cdot 38\text{H}_2\text{O}$  水合物表面形成。在 276 K, 2 MPa 条件下, 气相中的  $\text{CO}_2$  分子分别进入 2 种晶体结构中用于储气的 512 笼形结构, 在  $1275.4$  和  $1379.3\text{ cm}^{-1}$  处形成特征峰并逐渐增长。实验以 2 种 TBAB 水合物位于  $1110.3\text{ cm}^{-1}$  的拉曼峰作为参考, 比较了  $\text{CO}_2$  在水合物中的增长速率。研究发现在反应初期的 75 min 内  $\text{CO}_2$  在 2 种水合物中的含量基本保持线性增长且上升速率的差别不大。由于测量点位于水合物表面, 受气体在水合物中扩散的阻力较小同时 2 种 TBAB 水合物均采用 512 笼形结构储气导致了储气速率相近。以上的微观晶体结构研究结果对 TBAB 水合物法捕集和封存  $\text{CO}_2$  技术应用具有重要的意义。

**基金:** 国家自然科学基金项目(51706230); 广西自然科学基金项目(2015GXNSFBA139242)资助;  
光谱学与光谱分析, 2019 年 09 期

## 纤维素酶降解机理的研究进展

张俊 许超 张宇 梁翠谊 许敬亮

**摘要:** 纤维素酶在生物炼制过程中具有重要地位, 因而十分有必要深度解析酶解作用机理.纤维素是由 D-葡萄糖聚合形成的高分子聚合物, 它的降解在木质纤维素解聚过程中最为关键, 由于其分子结构相当稳定, 需要纤维素酶各结构域及组分协同作用, 才能将其高效降解为可利用的糖类.本文总结国内外学者对纤维素酶降解机理的最新进展, 首先从纤维素酶分子结构与功能的相互作用出发, 揭示结构与功能间的互作关系, 阐述生物催化分子机制, 可为优化酶结构增强酶功能提供理论依据;其次概述纤维素酶降解机理的作用特点, 论述酶促协同及其外部环境对纤维素酶活力的重要影响, 可为酶解体系优化设计提供借鉴;最后, 结合纤维素酶降解机理总结概括了有效降低酶成本的途径.

**基金:** 中国科学院对外合作重点项目(182344KYSB20160056); 广东省工业高新技术领域科技计划项目(2017A010 105018)

华南理工大学学报(自然科学版), 2019 年 09 期

## 耦合过热蒸汽干燥的 MVR 蒸发结晶系统热力性能分析

李帅旗 王汉治 冯自平 何世辉 宋文吉

**摘要:** 机械蒸汽再压缩 (MVR) 作为目前最先进的蒸发结晶技术得到广泛关注和应用, 本文结合过热蒸汽干燥技术的优势, 提出一种耦合过热蒸汽干燥的 MVR 蒸发结晶干燥系统。基于 EES 软件建立数值模型, 通过系统仿真的方法分析闪蒸压力  $P_{\text{flash}}$ 、进料浓度  $c_0$ 、循环倍率 CR、换热温差  $\Delta T_{\text{mhex}}$  等对压缩机能耗  $W_{\text{comp}}$  和系统能效系数 COP、下降管结晶盐含水率的上限值  $\omega$  和换热器 UA 值的影响情况。结果表明: 耦合过热蒸汽干燥的 MVR 系统相比常规系统具有更高的 COP、更低的  $W_{\text{comp}}$ , 并且能够获得干燥的结晶盐; 循环倍率 CR 增大, 压缩机压比  $\pi$  降低, 有利于提高 COP 和降低  $W_{\text{comp}}$ , 但同时换热器  $U_{\text{Amhex}}$  值会增大, 设备成本增加; 系统 COP 随  $P_{\text{flash}}$  的变化关系与循环倍率 CR 有关, CR 较低时, 随  $P_{\text{flash}}$  的增大, 系统 COP 增大, CR 超过某一定值, 随着  $P_{\text{flash}}$

的增大，系统 COP 呈先升后降趋势，其最大值在 Pflash 为 40~50kPa 之间；进入干燥器的下降管结晶盐含水率的上限值  $\omega$  与进料浓度  $c_0$  有关，随进料浓度  $c_0$  的升高而增大； $\Delta T_{mhex}$  对 MVR 系统性能有显著的影响， $\Delta T_{mhex}$  每增大 1K，COP 平均降低 5.6%、Wcomp 平均升高 5.8%、UAmhex 平均减少 14.4%， $\omega$  平均升高 1.7%。

**基金：**广州市科技计划项目(201903010029)； 中国科学院可再生能源重点实验室基金(y807j11001)；  
化工进展，首发时间：2019-09-26

## 重点实验室动态

### 粤港澳大湾区生态环境保护与生态系统治理联合可再生能源调研组一行来访调研

9月19日上午，粤港澳大湾区生态环境保护与生态系统治理联合可再生能源调研组一行到重点实验室进行调研交流，调研组由中国可再生能源学会秘书长祁和生研究员带队。中科院广州能源研究所（重点实验室依托单位）所长助理余颖琳、重点实验室副主任孙永明研究员，科技处副处长汪丛伟，以及重点实验室相关研究团队的负责人参加了调研会议。

余颖琳对祁和生一行的到来表示了热烈的欢迎，祁和生介绍了此行围绕粤港澳大湾区可再生能源发展情况开展调研的目的意义及主要安排。调研组肯定了实验室在可再生能源领域的地位和成就。

汪丛伟介绍了实验室的基本情况，重点实验室能源战略及技术评估团队汪鹏介绍了粤港澳大湾区能源转型中长期情景研究情况。随后与会人员围绕粤港澳大湾区目前常用可再生能源资源种类、资源量、开发利用现状等方面进行了座谈交流，最后调研组一行人员参观了科普展厅和形象展厅，并合影留念。

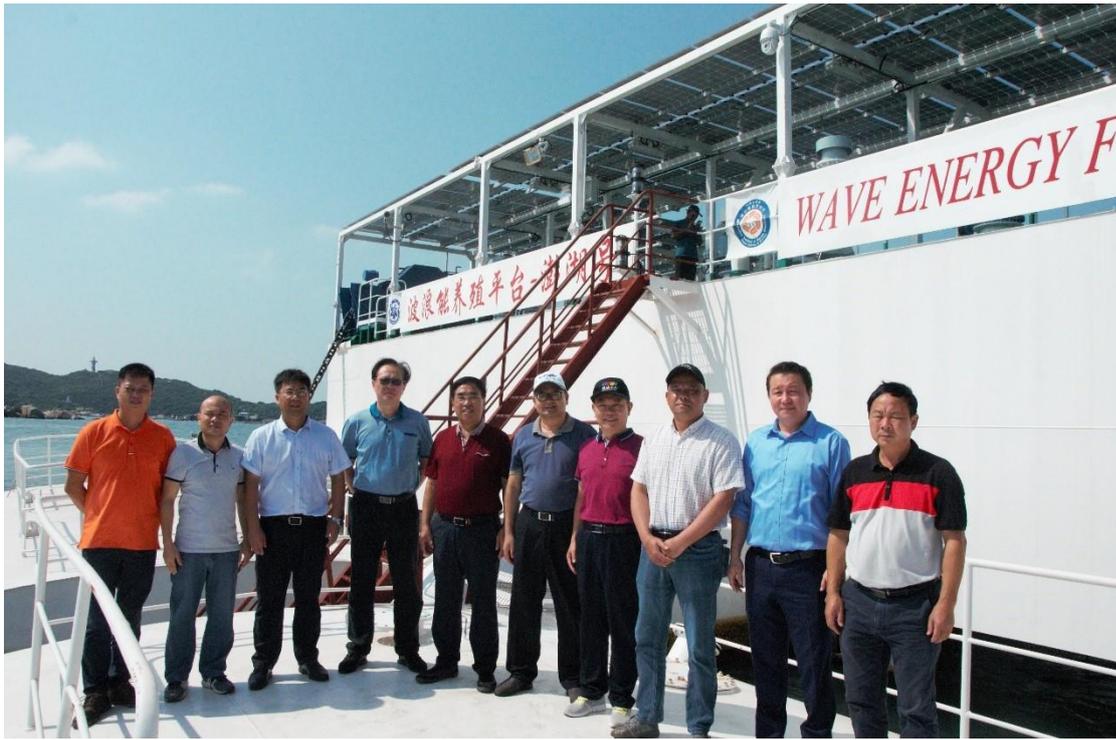




## 中国工程院谢克昌院士、陈勇院士调研半潜式波浪能养殖旅游平台“澎湖号”

10月17日，中国工程院谢克昌院士、广东省科协主席陈勇院士现场调研了重点实验室半潜式波浪能养殖旅游平台“澎湖号”示范应用情况。广东省农业农村厅主任科员骆军宁、珠海市政府副秘书长蔡凌燕、珠海市农业农村局副局长李洪、珠海市万山区管委会主任吕红珍、副主任王小平以及海南晨海水产有限公司总经理蔡有森等陪同调研。

调研组一行乘船出海登上半潜式波浪能养殖旅游平台“澎湖号”现场查看了波浪能发电、数据监控、自动投饵等设备的运行情况。重点实验室海洋能转化及利用研究团队盛松伟研究员向调研组汇报了半潜式波浪能养殖旅游平台的工作原理、研建历程和实海况示范应用情况。谢克昌、陈勇对半潜式波浪能养殖旅游平台的研究成果给予了高度评价，一致表示半潜式波浪能养殖平台技术解决了传统海洋养殖业无法走出港湾、无法搭载养殖装备、无法获得有效能源供给等难题，应持续开展优化升级并大力推广应用。调研组就如何进一步扩大“澎湖号”功能、服务海洋牧场建设召开了现场办公会，蔡凌燕建议充分发挥“澎湖号”稳定平台和充足能源的优势，在平台上搭载移动基站，服务周边海域信息通讯，并协调落实与通讯公司的对接问题；珠海市万山区现场成立了工作小组，为下一步开展休闲渔业、增加渔民收入制定了工作方案。



## 总论

### 李克强主持召开国家能源委员会会议！

10月11日，中共中央政治局常委、国务院总理、国家能源委员会主任李克强主持召开国家能源委员会会议，研究进一步落实能源安全新战略，审议通过推动能源高质量发展实施意见，部署今冬明春保暖保供工作。

中共中央政治局常委、国务院副总理、国家能源委员会副主任韩正出席。会上，发展改革委、能源局作了汇报，能源委成员单位发了言。李克强说，近年来，我国能源发展取得新成就，为经济社会发展起到了基础支撑作用。我国仍是发展中国家，推动现代化建设，保障能源供给是长期战略任务。面对国际能源供需格局深度调整、能源领域新形势新挑战，必须坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，贯彻党中央、国务院部署，推动能源消费、供给、技术、体制革命和国际合作，以能源高质量发展为经济社会持续健康发展提供坚实保障。

李克强指出，要立足我国基本国情和发展阶段，多元发展能源供给，提高能源安全保障水平。根据我国以煤为主的能源资源禀赋，科学规划煤炭开发布局，加快输煤输电大通道建设，推动煤炭安全绿色开采和煤电清洁高效发展，有效开发利用煤层气。加大国内油气勘探开发力度，促进增储上产，提高油气自给能力。深化开放共赢、多元化国际油气合作。增强油气安全储备和应急保障能力。发展水电、风电、光电等可再生能源，提高清洁能源消纳水平。聚焦短板，推进能源重大工程建设。

李克强说，我国是能源消费大国，节能潜力巨大。要大力推动重化工业、交通、建筑等重点领域节能改造，促进通用设备能效提升。提高终端用电电力比重，促进铁路“以电代油”，实施港口岸电、空港陆电改造。倡导绿色生活方式和消费文化，推广应用节能产品。

李克强指出，技术创新和体制机制创新是能源高质量发展的重要推动力。要加快能源开发利用关键技术和重大装备攻关，探索先进储能、氢能等商业化路径，依托互联网发展能源新产业新业态新模式。深入推进能源领域市场化改革，放宽油气勘探开发和油气管网、液化天然气（LNG）接收站、储气调峰设施投资建设以及配售电业务市场准入，鼓励各类社会资本积极参与。对标国际先进水平进一步缩短企业获得电力的时间。推动建立主要由市场决定能源价格的机制。优化能源市场监管，落实安全生产责任。

李克强说，能源关系民生冷暖。北方取暖季节即将到来，要切实抓好保暖保供工作，从实际出发，宜电则电、宜气则气、宜煤则煤。做实做细天然气产储运销统筹协调，多渠道保障气源供应。对今年北方重点地区新增的“煤改气”用户，要落实好气源安排，坚持以气定改。突出做好东北三省供暖用煤保障。多措并举，确保人民群众温暖过冬。

王勇、肖捷和国家能源委员会成员单位以及部分能源企业负责人等参加会议。

中国政府网 2019-10-12

### 清洁能源将引领中英能源合作

今年6月，英国宣布将进一步扩大其气候目标，承诺在2050年实现温室气体零排放。而实现这一目标的主要途径，就是更多使用清洁能源。与此同时，作为中国在欧盟内的第二大贸易伙伴、第二大投资目的国和第二大实际投资来源地，近年来，英国也不断推进与中国在清洁能源领域的合作。两国在清洁能源领域的投资合作往来如何？取得了哪些成绩？未来还有哪些潜力可挖？带着这些问题，记者近日专访了英国驻华使馆国际贸易部能源商务参赞马修贤（Matt Ashworth）。

中国能源报：清洁能源作为中英两国都十分重视的领域，是否已经成为两国在能源贸易合作中

的重点？

马修贤：一直以来，能源领域的贸易投资合作都是中英两国合作的重点部分。近年来，鉴于清洁能源在能源转型中发挥的重要作用，我们希望看到两国在此领域的合作得到进一步发展。

英国是清洁能源的全球领导者之一。今年，英国又设定了新的具有法律约束力的气候目标，计划在 2050 年实现温室气体净零排放。在今年的中英能源对话中，两国又强调了共同应对解决气候变化和能源转型等全球挑战的重要性。中英绿色伙伴关系对于应对气候变化至关重要。

过去三年间，英国在可再生能源领域对中国的出口平均每年达到 3000 万英镑。英国企业在供应链、工程服务以及运营和维护等方面拥有广泛的专业知识，我们希望未来双方的贸易数据能够继续增长。

目前，英国正在中国推出一个聚焦于能源和低碳经济的繁荣基金，基金将在三年内提供 1800 万英镑，支持中国的低碳转型。在今年北京举办的世园会上，英国还发起一项雄心勃勃的计划——“绿色生态行”，这是一个持续多年的全国性活动，旨在加深中英绿色伙伴关系并产生更加广泛的影响。

中国能源报：目前，两国企业在清洁能源领域的投资合作主要集中在哪些方面？

马修贤：在中国对英国的清洁能源投资中，海上风电的占比最高。截至目前，英国方面在此领域已经获得了超过 10 亿英镑来自中国企业的投资。

与此同时，英国的清洁能源公司也在积极投资中国。比如，近期由 BP 和滴滴共同投资在中国建立的一个电动汽车充电站网络，这充分显示了英国清洁能源行业革新的广度。

中国能源报：两国在清洁能源的哪些方面还有合作潜力可以发掘？

马修贤：英国是世界上装机容量最大的海上风电市场，拥有成熟全面的供应链和强大的研发创新能力。同时，英国也是一个对外资持开放态度的市场。我们欢迎中国的企业进入英国海上风电市场投资。此外，英国还有一系列其他的清洁能源项目也在开放投资，包括转废为能和能源存储等。

此前，中国国家开发投资集团有限公司、中国三峡、华润电力等企业都来到英国市场投资兴业，相信这些公司和其他大型电力公司未来也将在中国海上风电市场的发展中发挥关键作用。

中国能源报：对于中国企业来说，投资英国市场有何优势？

马修贤：在英国的投资者可以利用英国较低的公司税、在创新方面的领先地位以及来自世界顶尖大学的人才。在 20 国集团中，在英国经营的企业所缴纳的公司税最低，并能够获得高达研发成本 230% 的税收减免。这些企业还能拥有高技能人才作为劳动力，从位于世界排名前 10 的 4 所大学中挑选人才进行研发工作。投资者也可以在我们的创新基础上继续发展，并从英国这个在联合国全球创新指数中排名前 5 的国家获得丰厚回报。

中国能源报：作为官方机构，英国国际贸易部能够为赴英投资的企业提供哪些帮助？

马修贤：英国对商业非常开放。我们鼓励对清洁能源领域感兴趣的中国投资者与我们联系。我们通过在中国的社会网络活跃在整个国家，精通于向潜在投资者提供支持和建议，以帮助他们开启在英国的投资之行，并提出对于英国法律和监管框架的独到见解。

本报记者 李慧 中国能源报 2019-10-07

## 能源变革驱动“城市中国”浩荡前行

新中国成立 70 年来，中国共产党团结带领全国各族人民砥砺奋进，实现了经济社会的跨越式发展。特别是党的十八大以来，在以习近平总书记为核心的党中央坚强领导下，党和国家事业更是取得历史性成就、发生历史性变革。当前我国已成为世界经济第二大国、货物贸易第一大国、外汇储备第一大国、服务贸易第二大国、使用外资第二大国、对外投资第二大国，经济建设、社会建设、生态文明建设协调推进，工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展。

在回顾新中国成立 70 周年伟大成就，总结经济社会跨越式发展的过程中，我们认为有两个因素不可或缺——城市与能源。城市体现了发展的地域观，是经济增长在地理空间上的映射；能源体现

了发展的要素观，为经济腾飞提供了有力的资源保障。

发展的地域观：城市是主体

城市是各类生产要素的“聚集地”，也是一个地区经济增长的“高地”。1949年以来，我国城市个数由132个增加到672个；城镇化水平由10.6%提高到59.6%；城市道路面积由8432万平方米增加到78.9亿平方米，城市面貌焕然一新。数据显示，我国京津冀、长江三角洲、珠江三角洲三大城市群，以不到4%的国土面积集聚了近20%的人口，创造了近40%的国内生产总值。

与此同时，城市也是能源消耗和污染物排放的主体。生产要素的加速聚集与经济的快速发展必然伴随着能源的大量消耗与污染物的大量排放，世界银行的研究结果显示，仅占全球陆地总面积2%的城市，消耗了全球67%的能源，排放了全球70%多的温室气体。我国城市能源消费总量占比超80%，更是占据绝对比例。

发展的要素观：能源是关键

能源投入、劳动力和资本投入均为经济增长的最基本驱动力，能源转型是驱动城市增长的重要途径。回顾工业革命发展史，可以清晰地看到，能源转型驱动了技术进步，大大提高了生产力水平。在薪柴时代能源的作用主要是满足社会生活需求，在煤炭能源时代能源的作用主要是满足工业大规模用能需求，在石油电力能源时代能源的作用主要是满足工业、建筑、交通、生活等多元用能需求，在后化石能源时代能源的作用主要是引导和引领产业结构演进及城市发展升级。

能源之于城市发展的作用逐渐由“数量保障”向“质量提升”过渡。改革开放初期，内地劳动力与国外直接投资在东南沿海的汇集造就了经济增长的“中国奇迹”和城市发展的“中国速度”。相比于丰富的人口红利和外资，能源这一要素多次滞后于经济发展，“缺能”、“缺电”现象频发，如在1985-1988年和始于1992年的两次经济加速均引起了能源供应缺口；2000年以后的再重工业化进程导致多次大规模“电荒”等。城市发展对能源的要求更加侧重于“数量上的保障”。“十二五”期间，我国经济发展进入新常态，劳动人口出现负增长，资本形成开始放缓，经济增速出现换挡，能源供应呈现宽松态势。加之当前我国以空气污染为代表的“大城市病”频发，城市由“高碳”向“低碳”的转型更为迫切。

城市能源变革奏响城市高质量发展交响曲

砥砺70年，奋进新时代。当前我国城镇化仍处于高速发展阶段，根据咨询机构麦肯锡发布的报告预测，到2025年，中国城市GDP占全国GDP的比重将达到95%左右，“城市中国”是未来中国经济社会发展的最主要特征。城市能源变革是“城市中国”高质量发展的最主要抓手。具体来看，城市能源变革需要重点做好以下三个方面：

一是提高能源要素的产出效率。世界银行数据显示，当前我国单位GDP能耗比世界平均水平高出40%，节能潜力巨大。需要进一步大力降低能源消费强度，提高能源效率，不断增加单位能源投入的产出水平。此外，考虑到环境污染等经济发展负产品与能源消费密切相关，需要在综合考虑技术可行性与经济可行性的基础上，优化能源内部结构，减少能源投入在创造经济产出的过程中所带来的负产品。

二是加强能源要素对其他要素的替代水平。不断适应第三次工业革命新形势，通过增强能源供需两端的灵活性，提升能源系统的智能化水平等手段，构建“横向多能互补、纵向源网荷储”的能源互联网。顺应泛在电力物联网建设潮流，不断催生新兴业态，提升传统能源行业的泛在感知能力，促进万物互联，从而实现“人”这一生产要素的有效替代，同时促进经济结构的优化升级。

三是适应“去中心化”的城市发展空间格局。伴随着城市规模扩大、城市功能完善以及交通系统优化，城市空间的“去中心化”将渐成趋势，城市要素布局将由“单中心”向“双中心”甚至“多中心”演变。能源供应方式将逐步由单中心“集中受入式消费”过渡到多中心“集中受入与分布供应并存式消费”。其中能源的集中式受入仍将是城市能源供应的主体，同时分布式能源则具有灵活性强和清洁低碳等特点，更加契合多中心城市的发展需要。

（郭磊、王林钰供职于国网（苏州）城市能源研究院，孙祥栋供职于北京化工大学经济管理学院）

郭磊 王林钰 孙祥栋 中国能源报 2019-10-07

## 城市能源转型如何打造“中国特色”

当前，国内外典型城市能源发展面临的主要问题是城市环境容量的有限性，因此减少大气污染物排放，实现能源系统清洁化发展和低碳化发展，成为城市能源转型的必然趋势。纵观国内外典型城市，其能源转型具有与其资源禀赋、历史沿革、国家整体制度与政策环境、城市政策相关的特定性，同时又具有类似的发展趋势。目前来看，清洁、低碳、高效、安全成为国际城市能源转型的共同发展理念，能源供应与环境治理相结合，碳排放、清洁能源占比、能源利用效率等指标统筹纳入城市未来发展规划。

### 需加大统筹城市垃圾废弃物处理与能源供应

在满足能源供给增量方面，国外典型城市的发展经验主要表现为：一是充分清洁化利用城市内部垃圾、生物质、光伏等能源资源；二是合理选择城市外部天然气等清洁能源，实现城市内外部清洁能源的最大化利用；三是建立城市综合能源系统，实现冷、热、电等多能协同互补，提高能源利用效率。相比国外城市，国内城市对城市内部垃圾废弃物处理与能源供应缺少统筹考虑。鉴于国内以煤为主的资源禀赋特点，城市能源清洁化、低碳化、高效化转型以电气化为主导。

目前国际典型城市提高清洁能源供给的具体做法主要表现为：在能源供应环节，统筹考虑本市能源资源条件与可通过大电网等渠道获取的外部资源，优化平衡内外部资源搭配，以最大程度利用清洁能源；在能源加工转换环节，推动电与热、气等能源系统的协同优化，科学规划热电联产、热泵、燃气三联供等多能耦合环节的规模和布局；在能源存储环节，根据城市能源利用特点，合理配置储电、储热、制氢等能量的多元存储方式，提高综合能源系统灵活性，促进清洁能源消纳。

例如，德国哈马碧湖城开发了将能源、雨水、污水、垃圾等进行生态循环利用的系统，该系统同时与建筑、景观、基础设施系统进行统筹规划。在内，是废水、垃圾等向能源的转化；在外，是打造一套集约的能源使用系统，如更环保的恒温系统和更环保的交通方式。不单纯依靠技术，更多的是将资源进行合理利用，实现了能源循环利用的高效性，降低了资源与能源消耗，对于资源的节约与利用起到了很好的示范作用。

### 建筑、交通等领域需建立切实的节能措施与标准

在能源消费方面，国外城市的发展经验：一是节能优先。发展公共交通，设计被动式低能耗建筑，建立和实行工业品强制性能效标准等；二是能源利用效率较高。2016年我国单位GDP能耗为0.304吨标准油/千美元，是世界平均水平的1.7倍，日本的4.3倍，美国的2.4倍；三是制定节能鼓励政策。以政府为主导构建节能法规体系、设立节能服务机构以及建立节能公共财政预算和节能公益基金。相比国外城市，国内城市对节能的紧迫性认识不足，在建筑、交通等领域尚未建立切实的节能措施与标准等。

采用“规范—服务—鼓励”三位一体的节能措施体系：一是规范型措施，构建节能法规体系、强化政府集权管理、强制使用节能高新技术；二是服务型措施，设立节能服务机构，提供信息服务，开展节能交易。由能源用户与专业节能服务公司签订节能项目合同，节能服务公司提供项目投资、设计、施工、监测和管理等一条龙服务，能源用户从节能效益中支付一定比例的服务费用及设备改造成本；三是鼓励型措施，财政与税收支持，提供低息贷款与节能补贴。

### 加强城市智慧能源系统建设 提升市场化运营度

在能源技术方面，国外城市的发展经验：一是加强能源基础设施与信息系统的共建与集成，建立综合能源智慧化服务平台，采集能源供给、能源消费等各环节的能源信息，提升城市能源管理运营水平；二是注重城市能源整体解决方案的集成，以经济和能源的高效利用为目标，提出协同技术选择方案。相比国外城市，国内城市智慧能源系统的建设还处于探索阶段，城市能源技术的选择更加突出考虑单个技术本身的先进性。

能源供给、运营、参与模式的创新，是推动能源供给侧和消费侧革命的有效抓手，是能源转型多方受惠的动力源。国外城市能源转型的综合规划、运行与管理主要以政府引导、公众参与、市场

主导等利益相关方系统合作模式开展，政府主要在具有明显外部性的空间规划、环保标准等方面发挥引导作用，创新公众参与推动能源转型的商业模式，通过市场运营的方式，解决基础设施建设资金投入等问题，促进多方受惠。相比而言，国内城市能源转型主要以政府为主导、市场化运营程度不高。

综上所述，从国外不同城市能源转型分析来看，各个城市均结合自身发展特点，探寻出了一条有自身特色的能源转型发展道路。从操作层面讲，一是尽量增加城市可再生能源供给；二是以经济有效的方式，提高能源系统的效率，从而减轻环境与其他系统的压力；三是在既定的系统效率情况下，对关键的技术、模式进行整合，以实现能源系统的“可持续”和“智能化”，采纳可能减少能源需求或节约能源的机制或解决方案。（作者均供职于国网能源研究院有限公司）

金艳鸣 王晓晨 中国能源报 2019-10-07

## 你的家乡能源变革排第几？

城市是世界也是我国能源消费的主要载体，同时汇集能源革命所需的资金、人才、技术等要素，是能源革命的主战场。

近日，国网（苏州）城市能源研究院、中国城市能源变革产业发展联盟、北京化工大学联合发布《2018年城市能源变革指数》，公布了全国294个地级及以上城市的能源变革指数排名情况。课题基于40城实地调研和夜间灯光大数据，聚焦2014—2018年全国294个地级及以上城市（在数据处理、整合的过程中存在样本丢失，最终评估的城市数量为294个）的能源变革水平评估这一重大现实问题。本课题的测算步骤为：

1.建立反映成效、趋势、动力等不同维度的城市能源变革评价指标体系。指标体系包括3个二级指标，10个三级指标以及30余个四级指标。

2.深入70余个城市开展实地调研，最终获取了40个城市2014—2017年的完整指标并进行能源变革指数评估。综合运用面板熵值法和专家打分法对相关指标进行赋值打分，计算出40个城市2014—2017年的能源变革指数。

3.对国家极轨卫星搭载的可见光近红外成像辐射仪（NPP/VIIRS）夜间灯光大数据进行预处理。提取灯光亮度最大值作为阈值，以剔除月光云、火光、油气燃烧等偶然像元的影响；对逐月数据以取平均的方式进行年度合成；对年度合成影像进行高斯低通滤波处理。

4.40个调研城市关联建模。应用2014—2017年40个城市的面板数据建模分析。其中能源变革指数基于前述城市能源变革指标体系测度，相关解释变量均来源于NPP/VIIRS夜间灯光大数据；为克服异方差问题导致的估计偏误，相关变量均进行对数处理；为捕捉能源变革指数与夜间灯光亮度的非线性关系，课题组引入灯光亮度总值的二次项；依次加入相关变量进行回归建模，按照拟合优度水平进行模型识别选取。

5.2014—2018年294个城市能源变革指数反演测度。应用2014—2017年40个城市能源变革指数与夜间灯光大数据指标之间的模型数量关系，对2014—2018年294个城市能源变革指数进行测度评估。

不可否认的是，基于这个测度工具，我们无法讲出40个调研城市以外的城市能源变革背后的故事，也无法分析能源变革背后的作用机制。希望更多的城市参与到这项工作中来，不断提高城市能源变革指数评估的科学性和准确性，助力我国能源变革事业持续发展。

具体排名如图

排名	省份	城市	变革指数
1	北京市	北京市	68.91
2	上海市	上海市	68.18
3	广东省	东莞市	66.33
4	江苏省	苏州市	66.26
5	广东省	深圳市	63.73
6	广东省	佛山市	62.91
7	天津市	天津市	61.77
8	广东省	中山市	61.56
9	江苏省	无锡市	61.28
10	广东省	广州市	60.49
11	浙江省	嘉兴市	59.91
12	浙江省	宁波市	59.44
13	福建省	厦门市	58.84
14	广东省	汕头市	58.70
15	江苏省	南京市	58.67
16	四川省	成都市	58.50
17	江苏省	常州市	58.20
18	湖北省	武汉市	57.28
19	河南省	郑州市	57.17
20	浙江省	舟山市	57.10
21	江苏省	南通市	56.97
22	福建省	泉州市	56.87
23	江苏省	镇江市	56.87
24	广东省	珠海市	56.80
25	山东省	青岛市	56.70
26	甘肃省	酒泉市	56.59
27	山东省	潍坊市	56.42
28	浙江省	杭州市	56.39
29	重庆市	重庆市	56.35
30	安徽省	铜陵市	56.07
31	江苏省	泰州市	56.06
32	山东省	淄博市	56.06
33	浙江省	绍兴市	55.77
34	河北省	保定市	55.76
35	河南省	焦作市	55.76
36	浙江省	湖州市	55.69
37	广东省	江门市	55.62
38	河北省	廊坊市	55.58
39	安徽省	合肥市	55.57
40	河北省	邢台市	55.34
41	安徽省	淮南市	55.33
42	山东省	枣庄市	55.30
43	河北省	唐山市	55.25
44	河北省	邯郸市	55.21
45	广东省	惠州市	55.19
46	江苏省	徐州市	55.17
47	河北省	衡水市	55.05
48	浙江省	温州市	55.05
49	浙江省	台州市	55.03
50	河南省	新乡市	55.02
51	安徽省	黄山市	55.00
52	山东省	临沂市	54.97
53	山东省	莱芜市	54.94
54	山东省	济南市	54.80
55	河北省	沧州市	54.79
56	湖北省	鄂州市	54.75
57	陕西省	西安市	54.67
58	福建省	福州市	54.66
59	安徽省	马鞍山市	54.66
60	湖北省	随州市	54.64
61	广东省	揭阳市	54.61
62	江苏省	扬州市	54.59
63	安徽省	芜湖市	54.57
64	广东省	潮州市	54.55
65	湖北省	黄冈市	54.54
66	浙江省	金华市	54.40
67	江西省	鹰潭市	54.29
68	山东省	德州市	54.24
69	河北省	石家庄市	54.19
70	河南省	鹤壁市	54.18
71	山东省	济宁市	54.16
72	河南省	许昌市	54.16
73	山东省	东营市	54.10

排名	省份	城市	变革指数
74	山东省	菏泽市	54.07
75	福建省	莆田市	54.06
76	河南省	安阳市	54.05
77	山东省	滨州市	54.03
78	山东省	聊城市	54.01
79	河南省	濮阳市	53.95
80	陕西省	商洛市	53.94
81	福建省	漳州市	53.94
82	江西省	新余市	53.82
83	河南省	周口市	53.77
84	湖南省	长沙市	53.76
85	广东省	云浮市	53.74
86	辽宁省	沈阳市	53.65
87	江西省	萍乡市	53.59
88	湖北省	黄石市	53.59
89	山东省	烟台市	53.41
90	江苏省	连云港市	53.40
91	湖北省	孝感市	53.28
92	广东省	汕尾市	53.28
93	湖北省	十堰市	53.22
94	广东省	清远市	53.15
95	海南省	海口市	53.15
96	贵州省	贵阳市	53.13
97	安徽省	宿州市	53.13
98	山西省	阳泉市	53.12
99	山东省	日照市	53.09
100	河南省	南阳市	53.05
101	广西	梧州市	53.03
102	河南省	平顶山市	53.02
103	山西省	吕梁市	52.91
104	江西省	南昌市	52.89
105	四川省	巴中市	52.89
106	安徽省	阜阳市	52.85
107	湖南省	郴州市	52.83
108	四川省	眉山市	52.83
109	广东省	湛江市	52.83
110	湖南省	益阳市	52.76
111	广东省	茂名市	52.75
112	山西省	运城市	52.71
113	河南省	漯河市	52.70
114	广东省	韶关市	52.69
115	四川省	德阳市	52.65
116	安徽省	池州市	52.65
117	河南省	商丘市	52.63
118	安徽省	淮北市	52.60
119	湖北省	咸宁市	52.58
120	四川省	自贡市	52.57
121	江苏省	盐城市	52.57
122	广东省	肇庆市	52.56
123	内蒙古	呼伦贝尔市	52.56
124	内蒙古	乌兰察布市	52.56
125	内蒙古	鄂尔多斯市	52.56
126	广西	贵港市	52.53
127	吉林省	白山市	52.48
128	河北省	承德市	52.47
129	山西省	忻州市	52.40
130	陕西省	铜川市	52.40
131	陕西省	榆林市	52.39
132	辽宁省	盘锦市	52.38
133	黑龙江省	鸡西市	52.37
134	河南省	洛阳市	52.35
135	黑龙江省	双鸭山市	52.35
136	浙江省	衢州市	52.28
137	江苏省	淮安市	52.24
138	湖北省	荆州市	52.24
139	甘肃省	嘉峪关市	52.24
140	河南省	开封市	52.21
141	内蒙古	巴彦淖尔市	52.21
142	辽宁省	铁岭市	52.15
143	江西省	宜春市	52.13
144	甘肃省	张掖市	52.13
145	辽宁省	大连市	52.12
146	山东省	威海市	52.11

排名	省份	城市	变革指数
147	吉林省	长春市	52.11
148	湖南省	怀化市	52.09
149	河南省	信阳市	52.08
150	广西	贺州市	52.08
151	江苏省	宿迁市	52.04
152	山西省	晋中市	52.01
153	内蒙古	赤峰市	51.99
154	山西省	太原市	51.97
155	湖南省	衡阳市	51.96
156	湖北省	襄阳市	51.93
157	河南省	驻马店市	51.93
158	湖南省	永州市	51.92
159	湖北省	宜昌市	51.92
160	内蒙古	通辽市	51.89
161	安徽省	宣城市	51.87
162	四川省	雅安市	51.86
163	甘肃省	白银市	51.86
164	河北省	秦皇岛市	51.84
165	海南省	三亚市	51.82
166	四川省	遂宁市	51.81
167	湖南省	邵阳市	51.79
168	辽宁省	朝阳市	51.76
169	云南省	昆明市	51.71
170	山西省	临汾市	51.66
171	湖北省	荆门市	51.66
172	湖南省	岳阳市	51.64
173	安徽省	滁州市	51.64
174	湖南省	娄底市	51.63
175	福建省	三明市	51.62
176	福建省	龙岩市	51.62
177	宁夏	银川市	51.60
178	广东省	梅州市	51.59
179	广西	河池市	51.58
180	宁夏	石嘴山市	51.58
181	广东省	阳江市	51.54
182	安徽省	六安市	51.54
183	河北省	张家口市	51.49
184	四川省	泸州市	51.43
185	江西省	九江市	51.42
186	福建省	南平市	51.42
187	江西省	赣州市	51.41
188	广西	来宾市	51.40
189	广西	南宁市	51.40
190	广西	崇左市	51.40
191	贵州省	遵义市	51.39
192	陕西省	咸阳市	51.37
193	广西	防城港市	51.35
194	河南省	三门峡市	51.32
195	四川省	资阳市	51.32
196	四川省	广元市	51.32
197	广西	北海市	51.32
198	江西省	景德镇市	51.30
199	湖南省	常德市	51.30
200	安徽省	蚌埠市	51.29
201	湖南省	湘潭市	51.28
202	四川省	宜宾市	51.25
203	新疆	乌鲁木齐市	51.25
204	广东省	河源市	51.23
205	新疆	哈密市	51.23
206	新疆	吐鲁番市	51.23
207	陕西省	渭南市	51.23
208	黑龙江省	七台河市	51.20
209	甘肃省	平凉市	51.16
210	贵州省	铜仁市	51.15
211	云南省	临沧市	51.11
212	安徽省	亳州市	51.10
213	安徽省	安庆市	51.07
214	黑龙江省	哈尔滨市	51.05
215	黑龙江省	黑河市	51.05
216	黑龙江省	伊春市	51.04
217	江西省	上饶市	51.04
218	黑龙江省	齐齐哈尔市	51.01
219	黑龙江省	绥化市	50.98
220	江西省	吉安市	50.97

排名	省份	城市	变革指数
221	广西	百色市	50.93
222	宁夏	吴忠市	50.92
223	四川省	内江市	50.91
224	云南省	普洱市	50.87
225	广西	桂林市	50.86
226	四川省	乐山市	50.85
227	黑龙江省	大庆市	50.84
228	四川省	绵阳市	50.83
229	陕西省	延安市	50.81
230	山西省	朔州市	50.78
231	宁夏	中卫市	50.76
232	甘肃省	定西市	50.74
233	辽宁省	鞍山市	50.71
234	辽宁省	葫芦岛市	50.70
235	山西省	晋城市	50.68
236	福建省	宁德市	50.68
237	广西	玉林市	50.67
238	江西省	抚州市	50.63
239	四川省	广安市	50.60
240	陕西省	宝鸡市	50.60
241	甘肃省	金昌市	50.59
242	辽宁省	阜新市	50.57
243	广西	钦州市	50.50
244	甘肃省	兰州市	50.46
245	甘肃省	陇南市	50.44
246	甘肃省	天水市	50.42
247	贵州省	六盘水市	50.40
248	吉林省	白城市	50.32
249	贵州省	毕节市	50.20
250	湖南省	株洲市	50.16
251	陕西省	安康市	50.15
252	辽宁省	丹东市	50.13
253	山西省	长治市	50.12
254	贵州省	安顺市	50.11
255	青海省	海东市	50.10
256	浙江省	丽水市	50.09
257	山西省	大同市	49.97
258	陕西省	汉中市	49.95
259	黑龙江省	佳木斯市	49.95
260	云南省	保山市	49.95
261	辽宁省	锦州市	49.93
262	辽宁省	辽阳市	49.93
263	甘肃省	武威市	49.83
264	广西	柳州市	49.76
265	四川省	攀枝花市	49.75
266	湖南省	张家界市	49.69
267	内蒙古	呼和浩特市	49.67
268	内蒙古	乌海市	49.66
269	云南省	玉溪市	49.65
270	云南省	曲靖市	49.61
271	吉林省	四平市	49.61
272	新疆	克拉玛依市	49.60
273	吉林省	辽源市	49.51
274	四川省	南充市	49.26
275	吉林省	通化市	49.22
276	青海省	西宁市	49.20
277	山东省	泰安市	49.08
278	吉林省	吉林市	49.05
279	辽宁省	抚顺市	48.89
280	云南省	昭通市	48.79
281	吉林省	松原市	48.70
282	四川省	达州市	48.67
283	甘肃省	庆阳市	48.65
284	内蒙古	包头市	48.65
285	辽宁省	本溪市	48.63
286	宁夏	固原市	48.34
287	西藏	拉萨市	48.29
288	西藏	日喀则市	48.28
289	西藏	林芝市	48.26
290	西藏	昌都市	48.23
291	西藏	山南市	48.20
292	黑龙江省	牡丹江市	48.19
293	云南省	丽江市	47.82
294	黑龙江省	鹤岗市	47.79

（作者分别供职于国网（苏州）城市能源研究院、北京化工大学经济管理学院）

王林钰 孙祥栋 2018 年中国城市能源变革指数 2019-10-07

## 气候变化加速超预期 减排力度应增 2-5 倍

近日，一份由世界气象组织主导、汇集了 8 个气候研究组织的报告指出，气候变化速度之快“令人心悸”，地球正在比预期更快地暖化。目前推行的全球减排行动纲领，根本不足以实现《巴黎协定》规定的到 2100 年将全球平均气温增幅控制在 2 摄氏度以内的目标，人类亟待采取“前所未有的”行动才能阻挡全球温度“灾难性”上升的步伐。

### 减排规模至少增加两倍

这份名为《联合科学》（United in Science）的报告指出，维持当前的全球气候行动，到 2100 年全球平均气温将上升 2.9-3.4 摄氏度，要实现《巴黎协定》的气候目标，这样的减排力度“远远不够”。

撰写这份报告的科学家们认为，人类要将全球温度保持在安全水平，需要实施更紧急、更严苛的减排行动——将温室气体减排规模增加 2 到 5 倍，增加 2 倍有望完成气温增幅控制在 2 摄氏度的目标，而增加 5 倍则有望完成气温增幅控制在 1.5 摄氏度的目标。

《联合科学》已经得到了联合国环境规划署（UNEP）和联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）的认可和支 持。这两个机构表示，为了实现《巴黎协定》的气候目标，温室气体排放量必须在 2020 年达到峰值，然后再迅速下降。但是，根据《联合科学》预计，全球温室气体排放量即便到 2030 年可能也无法达到峰值。

根据《联合科学》的数据，2015-2019 年全球平均温度比工业化前高出 1.1 摄氏度，比 2011-2015 年高 0.28 摄氏度，是有记录以来最热的 5 年。与气温上升有关的许多变化比十年前的预测来得更早、更重，包括持续的高温热浪、破纪录的自然灾害、海洋和冰川加速下降等。

报告作者之一、澳大利亚联邦科学与工业研究组织的气候科学家 Pep Canadell 表示，《联合科学》证实了“气候变化危机持续加速”这一趋势，过去 30 年尤其是过去 10 年，这一趋势十分显著。

### 中国成为气候行动领袖

与此同时，中国恪守气候承诺的努力和行动得到了公开认可和广泛好评。在 9 月 23 日于联合国总部举行的气候行动峰会上，中国因为应对气候变化成绩斐然被联合国官方认可上台发言。

对此，外交部发言人耿爽公开表示，中国将百分之百履行《联合国气候变化框架公约》和《巴黎协定》义务，按期提交的长期温室气体低排放发展战略，全力实现所有自主贡献目标。

英国《经济学人》撰文称，中国正顺利地走在实现《巴黎协定》承诺的道路上，该国二氧化碳排放将在“2030 年左右”达到峰值，届时该国非化石能源将从目前的 16.7% 增至 20%。

联合国秘书长古特雷斯公开赞许中国：“中国是少数几个在《巴黎协定》承诺进度上超前的国家，极有可能提前兑现这一承诺，国际社会已经看到了中国在应对气候变化中所做出的积极表现。”

分析认为，中国虽然是煤炭利用大国，但在寻找清洁高效利用煤炭方面不遗余力，且加大力度降低煤炭行业的排放规模，而有些有能力且能迅速向更清洁能源转移的发达国家却一直在“开倒车”。

### 民间力量助力气候政策

《卫报》日前援引一份由学术机构、环保团体和私营公司合作撰写的报告指出，强有力的民间社会运动可以加快气候行动的步伐。这份名为“指数级路线图”的报告显示，人类在非化石燃料技术应用方面的进展不是线性而是指数级的，如果行业能确保技术的指数级进步，并调动必要的政治意愿，同时加速民间推广，地球能够抵抗气候危机。

事实上，全球许多地区的太阳能和风能使用成本已经比化石燃料还便宜，如果加速推广和应用，可以在 2030 年将发电产生的排放量减少一半。如果再算上电动汽车，到 2030 年运输领域产生的排放量也将大大降低，预计届时汽车市场 90% 的份额将被电动汽车占据。据悉，全球太阳能和风能的使用量每 4 年翻一番，按这一速度，到 2030 年全球至少一半的电力将来自这两种可再生能源。

这份报告认为，到 2030 年，避免滥砍滥伐和改善土地管理可以每年减少相当于 90 亿吨的二氧化碳排放，但相互矛盾的补贴机制、规划不善和既得利益等问题，正在加剧这一情况。阻止的关键是不断扩大的社会运动，这些运动将要求政府采取紧急行动应对气候崩溃，因为消费者可以向购买商品的公司施压，而公众的态度也可以引导政治领袖采取更大胆的政策。

Pep Canadell 也强调：“我们呼吁政府、企业和公民社会采取更加坚定和积极的行动来减少温室气体的排放。”

本报记者 王林 中国能源报 2019-10-07

## 山东东营探路资源型城市能源转型

位于渤海之滨的山东省东营市，依托胜利油田，现已成为我国第二大石油工业基地、我国规模最大的石油装备生产制造基地，石油经济一度占到了全市经济总产值的 70%。近年来，随着石油开采难度不断加大、开采成本不断增加，单纯“靠油为生”已不足以支撑城市的可持续发展。在防止“油尽而衰”的问题上东营进行了哪些转型升级？又将如何抓住山东省实施新旧动能转换重大工程的机遇实现资源型城市的华丽转身？带着这些疑问，近日，本报记者走进东营市。

### 破解石油难题 东营出“新招”

山东省东营市是我国第二大油田——胜利油田的诞生地。伴随着油田的开发建设，东营从一片荒芜的盐碱滩一路发展为“石油之城”，如今也是我国规模最大的石油装备生产制造基地。但石油开采成本和难度的不断增加成了东营不得不面对的石油难题，这座昔日辉煌的石油之城又将如何破解难题，实现资源型城市的转型发展？

### 提高能源效率 石油装备出新招

曾有人用“一个摔碎的盘子，又被踢了一脚，七零八落，对不起来。”以此来形容胜利油田的地下状况，而这个“盘子”几乎囊括了世界上 2/3 的油藏类型。自胜利油田发现 50 多年来，已累计生产原油约 12 亿吨，在“碎盘子”中找油难，胜利油田原油年产量也由最高年份 3355 万吨下降到了 2330 万吨，为提高采收率，东营市对石油装备提出了更高要求。

“石油装备在东营兴起，早先时候各地主要以基础性石油装备为主。但随着国内外石油开采的效能提升，传统的石油装备已很难满足现有的石油开采需求，这就需要对原有石油装备进行转型升级，从而提高产品和技术水平。”东营市东营区宣传部副部长张保华举例说，一些难开采的油井底部往往还存有一些粘稠度较高的石油，这类原油遇热变轻，温度下降后则变重，运输时会对管道产生较大压力，运能下降。东营市德仕化工有限公司研发的降凝剂，则可以将粘稠度较高的石油提取稀释，解决这类原油运输的难题，通过石油装备技术的新突破，实现了能源利用最大化。

除此之外，让石油装备变“聪明”也是转型升级的妙招之一。如今，机器人可以代替人工监测井内作业情况、可移动式钻台排管机器人，实现了油田井口作业无人化，互联网联通全部运行设备，实现智能化作业等已成为石油装备的发展趋势。据东营区商务局外贸业务负责人夏万国介绍，智能化石油装备在生产中的应用将大大降低生产成本、改善劳动条件、缩短生产周期，装备的高效率、高质量让能源开采速度更快、质量更高、能源利用率大大提高。

石油装备产业的转型升级在解决当下石油开采、运输等环节难题的同时，也为东营“靠油吃饭”拓宽了市场。

### 改变“靠油吃饭”格局 不断加大清洁能源比重

市场在变，需求也在变，为了改变单纯“靠油吃饭”的格局，东营市在发展清洁能源方面也下了大功夫。

东营市发改委能源与基础设施发展科韩世瑞告诉记者，“从 2010 年起，东营市就开始布局光伏发电项目，出台了《关于促进分布式光伏发电健康发展的若干意见》，鼓励按照‘自发自用、余量上网’的方式建设屋顶光伏发电系统。有些用户将光伏发的电全额上网，有些自发自用、余电上网，老百

姓切切实实看到了光伏发电带来的可观收益，安装的积极性非常高，光伏发电现已覆盖了东营市全部的区县。”

2018年，东营市河口区分布式发电市场化交易试点项目也已落地，这是由国家能源局批复的第一个无需国家补贴光伏(分布式)发电市场交易试点。“分布式发电市场化交易试点有助于形成由市场决定电价的机制，构建市场化交易流程和交易体系，反映分布式电力的合理价值。”韩世瑞说。

除了光伏，风电和地热能也是东营市发展新能源的亮点。截至目前，东营市已建成风电装机容量约110万千瓦。韩世瑞补充道，2012年东营市被国土资源部命名为“中国温泉之城”，东营市地热资源分布广泛、储量丰富，已发现可供开发利用的地热资源分布面积占全市总面积的68.6%。

据了解，下一步东营市将科学有序地开发利用丰富的风能、太阳能、地热能和生物质能资源，规划到2025年，争取实现东营市新能源装机达到500万千瓦，进一步提高新能源本地消纳水平和在能源消费结构中的比重，逐步构建综合性的城市新能源发展体系。

老企业智能升级、新企业拎包入住：

中国石油装备产业基地升级进行时

首条智能生产线的应用将大大降低废品率，自动化生成运行数据，减少了人工干预；司钻房的设立，让钻井实现数据共享，通过远程控制监测设备运行情况……在山东省东营市东营高新技术产业开发区内，一项项新技术、新装备正推动园区产业技术升级。这里是国内唯一一家以石油技术与装备制造为主导产业的省级高新区，它先后被命名为中国石油装备产业基地、中国石油装备产品出口基地、国家新型工业化产业示范基地和高端装备产业集群。在这里，石油装备这项传统制造业正在经历智能化升级！

传统企业智能化升级 精细化生产促行业安全

“石油钻井的过程可谓‘牵一发而动全身’。在钻井管柱下井过程中，螺纹连接部位是其中重要的环节，管体的密封性能、连接强度都发生在螺纹连接处，看起来简单的螺纹，却承担着几十吨的重量和压力，稍有失误都可能会造成事故。”山东永利精工石油装备股份有限公司总经理王凯说，从外观上看，螺纹似乎别无二样，但在放大百倍数的光学投影仪观测下，就能够明显地看出螺纹牙形、密封面角度的不同，产品是否合格对钻井管柱整体的安全至关重要。

王凯补充说道：“这样细微精密的产品在生产和检验过程中容不得一丝马虎，于是我们研发了首条智能生产线，通过智能化、自动化的智能操控，完成质量高、稳定性强、参数准确的精细化产品，大幅降低了废品率，同时提高了组织效率。”

在东营高新技术产业开发区，像山东永利精工石油装备股份有限公司这类石油装备企业还有很多，如何运用先进技术推动石油装备的智能化生产，各家企业都在积极实践。以国际钻井制造商做配套设备为主的东营万邦石油科技有限公司也从以前的全自动化生产升级为远程监控生产，通过传感器就能监测到设备运行情况。

据东营高新技术产业开发区管委会副主任夏永廷介绍，目前，高新区正在通过大数据、云计算等技术，进一步提高石油装备的智能化、信息化水平，大部分企业通过大数据智能化已与实体经济深度融合。

淘汰和引进 为高新区“添砖增瓦”

传统石油装备智能化转型正如火如荼，但也有一部分落后的传统企业将面临淘汰。“以前是挖到篮子里的都是菜，高新区各类企业都有，后来产业集聚的概念日渐清晰，对高新区也进行了重新规划。”夏永廷说，为了绿色发展，一些粗矿化工类、用地不节约、排放不达标、能效低能耗高的产能落后的企业成了高新区淘汰的对象。

在淘汰落后产能、关闭落后企业的同时，高新区也在同步寻找新的产业发展方向。据夏永廷介绍，近几年东营市高新技术产业开发区吸引了不少战略性新兴产业入驻。目前，高新区集聚了许多与新能源相关企业的入驻，现已引进了包含人工智能在内的新兴产业十余家，以海科新源公司为代表的新能源企业，正向锂电池电解液等新能源新材料进军，在新能源领域逐步发力。

## 创新商业模式 助力企业“走出去”

光靠企业的转型升级还不够，在创新模式上，高新区又出“新招”。“比如，山东德仕石油工程集团以做油田技术服务为主，该集团新增了一项‘油田医院’业务，专门用高技术手段介入低产、低效油田区块，帮助油田增产与提高石油采收率，使油藏价值最大化。经过他们的服务后，有些低产油田甚至实现了产量翻倍，大大提高了能源利用效率。”夏永廷介绍说。

除此之外，石油装备工业品跨境电商平台也在这里建成。夏永廷向记者介绍，易瑞跨境电商平台通过开放式网络平台，为全球客户提供石油装备产品的报价、交易、全球配送等一站式服务。“这样一来，为国内中小石油装备供应商打开了国际市场。同时，易瑞平台的建立带动了高新区乃至全国近千家高端装备‘走出去’，为高新区打开了石油装备贸易新模式。”

## 石油装备企业云集 众多“黑科技”亮相

### 第十二届中国（东营）国际石油石化装备与技术展览会侧记

“在一些特殊作业环境下，可以用机器人代替人去操控。比如说一些阀门松了，它会帮着拧紧；当有毒、有害气体泄漏时，机器人可以代替人去处理；另外，它还会做一些定期巡查……”9月26日，在第十二届中国（东营）国际石油石化装备与技术展览会上，工作人员正在介绍腾讯工业智能巡检操作机器人。展会上一些“黑科技”产品纷纷亮相，都引来了许多参展商围观。腾讯工业互联网首席架构师吴青介绍道，“云计算、大数据、物联网、人工智能等先进技术正在同化工行业深度结合，从原材料到生产过程再到销售，基本上全产业链都会用到这些新技术，从而达到降本增效的目的。”

本届展会以“智能制造 绿色发展”为主题，与历届展会相比，此次展览会产品科技含量更高，展示内容更丰富，国际化程度更高。无人机、无人车、工业智能巡检机器人、智能物联抽油杆等各类智能产品层出不穷，成为东营区石油装备行业走“智造”发展之路的成果展示台。

展览会上，山东科瑞控股集团带来了自主研发的 MSW-I 型泥线悬挂井口系统，整套系统可在150米左右海水深度完成钻采作业，并可以回接至平台完成完井工作。该系统通过在泥线处对各层套管密封悬挂，实现水下钻井时的压力控制和压力疏导，在浅水开采中可代替深水井口。该系统填补了中国水下油气开采泥线悬挂技术领域的空白。

胜软科技自主研发的工控物联网智能测控终端产品，可利用大数据技术实现生产指标分析运用、异常信息超前预警、实现多专业协同、生产实践的高效处置；山东瑞奥智能设备有限公司自主研发的石油钻井机用可移动式钻台排管机器人，实现了油田井口作业无人化、智能化，为众多海外石油公司解决了井口危险区域人工作业的行业难题……

此外，今年展览会特别增加了“智能制造万里行—走进油田暨 2019 5G+石油装备智能制造高峰论坛”以及“‘智造融合·工业互联’2019 腾讯云工业互联网高峰论坛”两个智能制造相关会议，以推进大数据、人工智能、智能机器人融入石油装备制造行业。

东营市委书记李宽端说：“石油装备作为东营最具竞争力的主导产业之一，正在加强与国内外大企业集团的合作，着力提高创新能力和智能制造水平。展览会是东营连通世界的桥梁纽带和重要窗口。希望以这次展会为契机，国内外政府机构、研究机构及大学，加强与东营各级各方面的合作，努力在更深层次达成共识，在更广领域开展合作，共同推动石油石化装备产业发展迈上更高水平。”

据了解，本届展会参展企业共365家，包括来自美国、俄罗斯、土耳其、伊朗等国家的53家企业和大型展团报名参展。中石化胜利油田分公司、中石化胜利石油工程有限公司、中国石油大学（华东）、京东、腾讯等公司均来参展。同时，来自“一带一路”沿线和中东产油国家的驻华使节和工商会代表，俄罗斯鞑靼石油、法国斯伦贝谢、美国卡特彼勒等16个世界知名石油公司的高管共计500余人参与本届展会。国内外相关科研机构、院校的专家学者1000余人到会参观交流。其中，中科院、中国工程院、东北石油大学、北京化工大学、中国石油大学等国内重点科研院所的专家学者发布了各自的最新科研成果。

张金梦 张胜杰 刘璐沙 中国能源报 2019-10-07

## 基础优势发挥是关键

5月29日，中央全面深化改革委员会第八次会议审议通过《关于在山西开展能源革命综合改革试点的意见》。这是党中央作出的重大决策，也是赋予山西省的重大使命，对于山西省实现从“煤老大”到“全国能源革命排头兵”的历史性跨越，对于带动全国能源革命进程、保障国家能源安全、促进全省经济转型发展具有重大意义。

随后在9月16日，山西省召开能源革命综合改革试点动员部署大会，对全面实施中办国办《关于在山西开展能源革命综合改革试点的意见》作出部署，吹响了加快践行能源革命综合试点的号角。

笔者认为，山西践行能源革命综合试点成功与否，关键在于能否充分发挥山西能源基础优势，加速构建现代产业体系，走出一条具备山西特色的资源型经济转型之路。

山西过去一段时间受“一煤独大”的产业结构所困，形成对资源产业的锁定效应与路径依赖，阻碍了山西从资源型经济向多元化经济的转型。

数据显示，2018年山西煤炭产业增加值占到全部工业的45.7%，“一煤独大”的发展模式对生产要素产生较强吸纳效应，导致其他产业领域投入不足、创新不足，且由于煤炭等能源产业上下游延伸发展链条较短，山西能源优势仅仅体现为“一次能源”低端供给，而未能有效转化为具有山西能源特色的现代产业体系。

践行能源革命综合试点，关键是在能源供给革命、能源消费革命以及能源技术革命三方面着重发力，充分发挥山西能源基础优势，加速构建现代化产业体系，实现山西经济高质量发展。

首先，在能源供给革命方面应实现多元产业支撑，在实现煤炭绿色高效开发利用的基础之上，加强核心技术攻关，推进能源转化产品的再升级，推进现代煤化工与生物化工耦合发展，开发石墨烯等高性能复合材料，打造多点支撑产业体系。煤炭开发方面，山西过去因煤炭开采造成土地塌陷和地表沉陷，相关面积占全省的4%，大力推广绿色开采技术、建设生态友好矿区迫在眉睫。煤炭利用方面，山西省能源消费中煤炭所占比重高达80%以上，单位面积耗电量是全国平均水平的5倍左右，采暖污染、散煤污染、燃煤锅炉超低排放等问题未得到根本解决，大气环境形势依然严峻，应大力发展清洁煤技术，推动“先进产能”向“绿色产能”转变。更为重要的是，山西应加快创新“煤+炭”产品供给，延伸焦化产业产品链，开辟煤基炭材料制备新路径，制备高附加值炭基制品，提升煤炭高端转化层次，有效衔接下游的新能源储能、环保、医疗、国防军工等领域，促进煤炭企业延长产业链、提升价值链。

其次，在能源消费革命方面应加快实现综合能源利用示范，构建集绿色煤电、非常规天然气、甲醇、氢能及风能、光伏、水电、地热、生物质等“多元支撑、多能互补”的绿色能源清洁消费体系。

例如，山西是全国煤层气资源富集程度最高、开发潜力最大的省份之一，累计探明地质储量6675亿立方米。2018年，山西省煤层气产量达到56.3亿立方米，约占全国的90%。加快整合煤层气资源，在煤层气关键技术攻关、煤层气管理体制改革等方面先行先试，促进煤层气全产业链协调发展，不仅有助于加速探索能源消费模式，对实现天然气进口替代、保障国家能源安全也至关重要。此外，山西具有独特的焦炉煤气资源优势，拥有焦化产能1.2亿吨，占全国市场1/3，副产的焦炉煤气全部制氢，氢气产能达到150亿立方，这有助于山西构建氢能开发利用全产业链。又如，山西可基于丰富煤炭资源发展高效清洁煤电，并结合当下信息社会建设需求与技术变革趋势，大力发展大数据、云计算等新型产业，加快将山西电力优势转化为数字产业发展优势。

再者，在能源技术革命方面应以创新驱动为源动力，加快构建世界能源科技创新策源地和科技成果转化基地。整体来看，山西煤炭产业现有技术创新能力明显不足，需要前瞻布局一批煤炭绿色化、高质化和精细化利用的新技术和新方法，通过技术创新引领产业变革，丰富产业结构。具体来看，山西现有煤化工产业布局虽较为全面，但大多产业链较短，产品较为单一，亟需通过技术创新，促进“老树发新芽”，重点提高技术的经济性，延伸技术链。与此同时，山西焦化下游产业链延伸不足，高附加值产品较少，与拥有同样资源的省份相比较，焦化下游发展严重不足。因此，亟需加强

焦化与炭材料的多元互补和协同发展,优化布局,丰富焦化下游系列产品,提升焦化产业的“含新量”、“含金量”和“含绿量”。

总之,加快践行能源革命综合试点,构建现代产业体系,不仅是山西省对于党中央重大决策的使命担当,也是为资源型地区转型发展、为中部加速崛起提供成功典范的重大实践,惠在当下,功在千秋。(作者均供职于赛迪智库工业经济研究所)

王昊 秦海林 中国能源报 2019-10-14

## 检验产业政策的唯一标准应该看是否有利于产业发展

产业政策对产业发展的影响毋庸置疑是巨大的,正因为如此,产业政策的出台必须审慎和周密,任何产业政策的轻率推出对产业的伤害可能都是无法估量和难以挽回的,特别是对于产业发展状况比较复杂又处于发展初期的行业来说,更是如此。

生物质能源行业就是这样一个又复杂又处于产业发展初期的行业。生物质能源对于缓解国家能源安全压力、应对环境污染和气候变化、破解三农问题的重要作用早有共识。能源终端市场有三:热力、电力、交通动力,生物质能源也就分成生物质发电、生物质供热、生物质液体燃料(生物柴油、乙醇汽油)三大产业。十年前国家就在生物质发电和生物质交通燃料市场制定了明确的系列产业政策,特别突出的是对生物质发电的上网电价给予接近一倍的大力度补贴,中石油大力扶持小桐子转化生物柴油,给予多达三百万亩的种植补贴;但十年后,生物质发电和生物质柴油两大产业的发展都不尽如人意,生物柴油近乎停滞,生物质发电广受诟病,领域的龙头企业凯迪电力的衰落更加剧了社会对生物质发电甚至是生物质能源行业的广泛质疑。相反,没有任何政策扶持的生物质供热倒是完全靠市场生存,从星星点点到大有星火燎原之势。因此,很多专家、行业主管部门甚至某些行业组织都提出取消生物质发电的电价补贴。理由归纳有三:一是我国电力已总体过剩,发电不宜鼓励;二是太阳能、风能近期都将实现平价上网,生物质发电也应该同样对待;三是生物质供热没有补贴发展也不错。

作为十几年生物质供热的从业者,十年前我是反对给予发电补贴的,当时的反对的原因是担心发电一旦给了补贴,原料价格必然上涨,从而损害没有补贴的生物质供热市场竞争力,事实证明了我的判断。但如果站在行业发展的角度来考虑,如果十年后的今天取消上网电价补贴,我依然不能苟同,理由有三:第一,从行业定位来看,生物质发电行业不同于光伏和风电,它不仅仅解决能源问题,也是现阶段高效解决农村环境问题的经济手段。在我国广大农村地区,为承接城市转移的制造业而建设大量的产业园区和新城镇新增大量能源需求,同时大量农林废弃生物质资源无法有效消纳造成环境问题,就地热电联产是解决农村分布式能源需求经济和合理的方案;第二,从市场角度看,诚然我国国内电力已不再短缺,但火电依然占比高达70%,2030年碳排放达峰的目标必须加大可再生能源发电占比,生物质发电是可再生能源发电的重要成员,并且还可以作为风电和光伏发电的调峰;另外,从全球电力市场来看,还有十亿人电力供应不足,生物质发电具有极强适应发展中国家资源和市场条件的优势,为什么不从全球市场角度培育我国的生物质发电行业竞争力呢?第三,从行业发展阶段看,生物质发电行业经过10余年的发展,刚刚实现有补贴前提的行业整体盈利,远不似光伏和风电的成本已经下降到可以和火电PK的程度,现在取消补贴意味着生物质发电行业发展的终结,对行业相关产业,特别是装备制造业的打击无疑是毁灭性的,并将形成社会财富的巨大浪费和宝贵农村就业岗位流失。当然,补贴迟早应该取消,但取消的时机非常重要,在目前我国碳市场还未全面运行,化石能源造成的环境成本实际上由全社会负担的大背景下,可再生能源适当补贴具备现实基础和法理依据。

显然,参照光伏和风电一刀切取消补贴显然是不利于生物质发电产业发展的,建议从三个方面作出调整,一是保持政策稳定性,制定补贴退坡时间表,加强研发创新,降低建设成本,让产业有充分时间消化政策的变化;二是加强资源端管控和扶持,对农林废弃物资源制定类似垃圾处理的管

理办法，解决资源收储运的成本；三是加强市场端改革，赋予生物质发电企业的直供电功能，简化审批流程，就近对园区供电。推进就地生产，就地消费的能源利用方式。

作者系北京大学 环境科学专业 博士，现任世界生物质能委员会（WBA）副主席、全国新能源商会副会长、吉林宏日新能源股份有限公司董事长

洪浩 中国能源网 2019-10-10

## 热能、动力工程

### 多国区域供热走向“去碳化”

近日，由中国城镇供热协会、国际能源署（IEA）主办的“清洁供热国际学术交流会议”暨第 73 届 IEA-DHC 执行委员会会议在北京举行。来自比利时、加拿大、丹麦等数十个国家的供热领域专家，就清洁供热趋势、区域能源政策、主流供热技术等话题展开探讨。

记者从现场获悉，作为一种灵活的解决方案，区域供热特别适合在城市应用，因此受到越来越多国家的青睐。但在城市供热走向绿色、高效的过程中，区域供热也经历着由单一热源走向多种热源、以化石能源为主到可再生能源、余热等清洁能源的转变，机遇与挑战并存。未来有哪些供热方式可成为主流？结合实际，各国如何做好因地制宜开发？与会专家对此给出观点。

各国基础不一，但纷纷看好区域供热的前景

据 IEA 统计，2010 年以来，供热领域的能耗基本保持稳定，已成为全球最大的能源终端消费领域。为此，IEA 专门成立了区域供热供冷与热电联产技术合作项目（IEA-DHC），通过利用、整合不同热源，以较低的环境、资源成本，更好地解决供热问题。

记者了解到，区域供热相当于一个“力量集合”，主要利用集中产生的热量，通过管网送至终端用户，由此替代分散的单体供热。该方式不仅能满足热量需求较高的城市等区域供应，还具备灵活性，用户不再局限于某种特定热源，可自行选择合适、低廉的燃料。不过，由于起步时间、建设基础、发展进度等不同，区域供热在各国的现状也有差异。

据中国城镇供热协会理事长、北京市热力集团董事长刘水洋介绍，中国现拥有世界最大的供暖系统，集中供热管网长度超过 20 万公里，集中供热面积近百亿平方米。IEA 也指出，过去 10 年，中国集中供暖管网覆盖的总建筑面积增加 2 倍，基本接近 2005 年以来，北方采暖地区建筑面积的增长总量，其规模仍在增长。

相比之下，不少国家的区域供热更显“小而美”，开发空间与潜力巨大。比利时 VITO 能源研究所高级研究员 Dirk van Houdt 表示，比利时面积相对较小，人口数量仅 1100 多万，供热需求却十分旺盛。目前，当地区域供热比例非常低，集中管网总长只有 78 公里，“但从另一角度说，这也给未来开发提供了很多机会。通过打造密集的输气管网，99%的城市将接入其中”。

加拿大自然资源部区域能源专家 Raymond Boulter 称，加拿大地广人稀，尤其是东西跨度达 3000 多公里，加之气候寒冷，区域能源的发展非常重要。“在运的 217 套系统以小规模为主，其中不少还是 2001 年投入的老系统。随着当地供热已由蒸汽方式转向热水型，与之相匹配的区域能源系统亟待跟上。区域能源的经济竞争力，还大大降低建筑供热的成本需求，未来必将发挥更大作用。”

“在英国，区域供热渗透率仅占现有住宅的 1%-2%，且大多数热力管网规模较小。但我们相信，其在英国有着很大的发展潜力。”英国建筑研究所技术主管表示，“英国计划到 2050 年，区域供热可满足约 17%的家庭、24%的商业和公用建筑的供热需求。”

追求清洁化，“去碳”成为区域供热新要求

记者还了解到，区域供热与地理位置、建筑类型、能源禀赋等因素相关，由于实际情况不同，各地选取的具体方式也有差异。但在因地制宜的同时，“清洁化”成为一致目标。

“IEA-DHC 项目聚集了中国、加拿大、德国等十余签约国，希望解决各国面临的不同能源问题。其中，降低环境成本、实现清洁利用成为共性挑战，工业余热、可再生能源等利用正在得到重视。”IEA-DHC 主席 Robin Wiltshire 称。

多国专家进一步表示，碳减排问题已成为全球关注的焦点。根据英国石油公司（BP）发布的《世界能源统计年鉴 2019》，全球能源消费所产生的二氧化碳排放量去年增加了 2%，创下近七年最高水平，与《巴黎协定》要求的减排目标存在距离。因此，在供热领域，同样需要加大清洁能源投资力度，减少对化石能源的依赖，通过多种能源供应方式及新技术、新工艺，实现“去碳化”。

“此前，我们已经花了 30 年时间，减少了 40% 的二氧化碳排放，未来 10 年要继续减排 30%。由此才能实现到 2030 年比 1990 年减少 70% 温室气体的目标。”丹麦西哥本哈根供热公司总经理 Lars Gullev 直言，“部署区域供热系统、提高楼宇能效，正是下一步的重点工作。”

奥地利能源系统研究中心高级研究工程师 Ralf-Roman Schmidt 告诉记者，在奥地利，一个以“去碳化”为核心的能源规划正在推进。在传统热力系统中，化石能源的比重高、效率低。直至去年，奥地利最后一座热电厂被关闭，清洁供热加速发展。“一方面，部分地区在大力发展风能，结合热泵技术实现供暖；另一方面，生物质、地热、余热等其他方式也在推广。我们还在研究储能技术，以进一步减少用热成本。”

英国建筑研究所技术主管也称，清洁化的区域供热，是英国政府减少碳排放的重要组成部分，商业、能源等相关部门也作出承诺。“为更好地实现减碳，我们决定给区域供热用户提供百分之百的可再生能源，2025 年有望实现。”

来自德国的技术代表 Carsten 坦言，提倡低碳的供热方式，同时还出于经济性考量。“德国区域供热比重较高，使用化石能源、再购买碳配额的方式，其实并不划算。若不扭转这一趋势，到 2030 年，德国购买碳配额的成本或高达 300 亿欧元。我们正在开展大型热泵、余热回收等研究，来推动供热领域的碳减排。”

本报记者 朱妍 中国能源报 2019-10-07

## 以前瞻性研究引领电力工业高质量发展

改革开放以来，我国国民经济发展取得了举世瞩目的历史性成就。作为重要的基础性产业，我国电力工业快速发展，发电装机、电网规模等多项指标已稳居世界首位，支撑了国民经济的加速发展和人民生活水平的不断提高。为统筹推进“五位一体”总体布局、协调推进“四个全面”战略布局，决胜全面建成小康社会、夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利、实现中华民族伟大复兴的中国梦，电力行业应肩负起应有责任，在努力确保“十三五”规划各项任务全面实现的同时，加强系统性、前瞻性研究，尽早谋划“十四五”及中长期电力发展一系列重大问题，找准行业发展方向，着力推动电力工业高质量发展。

近期，国家电力规划研究中心从规划和发展的角度开展了深入研究，初步形成以下四个对新时代我国电力工业高质量发展的主要趋势研判：

**趋势一：**电力在能源的中心地位不断提升，促使保障电力安全成为能源安全新战略的核心要素，是电力行业践行总体国家安全观的迫切需要近年来，我国经济发展条件和环境已经或即将发生诸多重大转变，同时，我国用电量已居世界首位、体量巨大，年净增量十分可观，必须辩证地认识经济发展新常态对我国电力需求增长的深刻影响：一方面，随着新常态下经济增长模式逐步发生历史性转变、向后工业化阶段不断迈进，我国用电增长将不会再出现前一阶段长期两位数高速增长的现象，2025 年、2035 年我国全社会用电量预计分别为 9.4 万亿千瓦时、12.2 万亿千瓦时左右；另一方面，我国仍处于并将长期处于社会主义初级阶段的基本国情没有变，以高端制造业为代表的第二产业用电、以现代服务业为代表的第三产业用电，以及新型城镇化的居民生活用电将逐渐取代高耗能行业用电，成为拉动我国用电需求增长的新动力。预计到 2035 年，我国三产及居民用电量占比将上升至

40%左右，二产用电比重仍将保持在接近 60%的高位。

面对不断增长的电力需求，电力工业保障平稳供应的任务仍然繁重，电能在消费侧的比重也将逐步提高，推动电力在能源领域的中心地位逐步提升，电力安全保障也逐渐成为能源安全新战略的核心要素之一：一方面我国可再生能源十分丰富，发展可再生能源替代化石能源，对于补充我国油气短板具有重大意义，电力工业责无旁贷。2018 年，我国电能占终端能源消费比重达到 24%左右；另一方面，在能源的终端消费环节，如汽车、采暖、港口岸电等，因地制宜的用电能替代油、气、煤炭消费，不仅可以改善环境，更能进一步补充油气供应缺口，也是新时代电力发展的重要任务。随着电动汽车、大数据等新兴产业的发展，我国将步入更高水平电气化时代。预计到 2035 年，电能占终端能源消费比重将提高到 35%左右。

趋势二：供给侧结构性改革不断深化，引领绿色低碳循环发展，是电力行业建设生态文明的必然要求。据统计，我国 90%左右的非化石能源须先转换为电能方可开发利用，因此，电力工业成为推动供给侧结构性改革，推进产业结构、空间结构、能源结构、消费方式绿色转型，实现由低水平供需平衡向高水平供需平衡跃升的主战场，客观上起到了引领我国生态环境保护和改善的作用。

近年来，我国电源结构不断优化，新能源发电装机规模稳步提升，是推动供给侧结构性改革，践行能源生产和消费革命的重要成果。未来，绿色低碳循环发展仍将是电力行业推动我国经济高质量发展和生态文明建设的必由之路。预计 2025 年，我国电力总装机达到 28 亿千瓦，2035 年达到 38 亿千瓦。其中，风电、光伏等新能源发电装机未来增量较大，预计 2025 年可达到 7 亿千瓦以上，占比达到 27%左右。2035 年达到 12 亿千瓦左右，占比 32%左右，但目前受制于技术等诸多因素，新能源因其间歇性、随机性及能量密度低等性质，还不足以作为基础能源支撑我国工业生产和居民生活用电。所以，从国家能源安全稳定供应的战略角度出发，客观上还需要发展一批保障电力安全稳定供应的支撑性、基础性电源。2020 年、2025 年、2035 年，水电开发规模预计将分别达到 3.4 亿千瓦、3.9 亿千瓦、4.2 亿千瓦左右；核电装机规模将分别达到 0.52 亿千瓦、0.8 亿千瓦、1.3 亿千瓦；煤电装机规模将分别达到 11 亿千瓦、13.5 亿千瓦、14 亿千瓦左右。我国天然气对外依存度较高，且价格机制尚不完善，天然气发电存在较大不确定因素。

趋势三：抢抓新一轮科技革命的历史机遇，创新与前沿技术深度融合，是电力行业贯彻落实科技强国重大战略的重要任务

在百年未有之大变局的今天，全球新一轮科技革命孕育兴起，此次革命基于新一代通信、人工智能、新材料及新能源等科学和技术的进步，是全方位、全面的革新，正在深刻影响世界发展格局，深刻改变人类生产生活方式。我国要在本世纪中叶建成社会主义现代化强国，就必须在这一轮科技革命中抢占领先地位。电力行业作为支撑社会发展的重要产业，天然享有和承担着超前规划发展的义务和责任，必须抢占鳌头，依托电力系统固有技术基础，加强与前沿技术的深度融合，大力推动电力创新发展，在新一轮科技革命中大放异彩，切实贯彻落实科技强国重大战略。

近年来，随着清洁、低碳的新型能源体系发展，具有地理位置分散、随机性强、波动性大、弱可观性和可控性的各类分布式电源接入电网总体规模不断扩大，电网的安全、可靠、经济运行面临诸多新的挑战。云计算、大数据、物联网、5G、人工智能等前沿技术依托传统电网物理架构，将分散在电网的各类资源相聚合，实现动态优化组合、保证供需的实时平衡，最大限度地接纳分布式电源。电力需求侧管理也正逐步向需求侧响应、虚拟电厂方向转变。未来一段时期，“云大物移智”等前沿科技，与能源电力系统深度融合后可显著提高电力系统运行质量和效率，催生电力智能化、电力物联网等新模式、新业态持续涌现，为电力系统的发展带来巨大的潜力。

趋势四：探索全球能源治理新模式，加强国际合作，是电力行业贯彻落实“一带一路”倡议，打造人类命运共同体的重要举措

当今世界，国际格局深度调整，全球治理体系变革处在历史转折点上。我国拥有世界领先的完整的电力工业体系，应坚持开放包容、分类施策、合作共赢原则，在新时代始终高举改革开放大旗，充分利用国际国内两个市场、两种资源，助推我国电力“走出去”，将能源电力打造成为“一带一路”倡

议的先导产业和明星领域。

近年来，我国对外核电、火电、水电、新能源发电及输变电合作不断加强，投资形式日趋多样，带动了我国标准、技术、装备、金融“走出去”。目前我国已经与 30 多个国家成立“一带一路”能源合作伙伴关系，与有关国家、国际和地区组织建立能源合作机制近 40 项，签署能源合作文件 100 余份。

未来，随着“一带一路”倡议的进一步推行，在咨询、项目建设、投资、装备制造、科技研发等方面，电力国际合作均具有广阔的合作前景，是推动构建人类命运共同体的重要领域。经测算，若“一带一路”沿线国家的人均用电水平达到世界平均水平，带来新增装机的潜力接近 10 亿千瓦；若达到我国人均用电水平，带来新增装机的潜力约 18 亿千瓦，相当于我国全国的装机规模；若达到发达国家（以德国为例）的人均用电水平，带来新增装机的潜力可高达 48 亿千瓦左右。

（作者系国家电力规划研究中心主任，中国能源建设集团有限公司党委书记、董事长）

汪建平 中国能源报 2019-10-07

## 广东缘何力挺气电？

中国能建广东院总承包建设的东莞中电新能源 2×47 万千瓦天然气热电联产工程。 广东院/供图



电厂大面积亏损，主管部门却制定颇具雄心的发展规划，今年广东省的天然气发电行业让人有点“看不懂”。

8 月中旬，深圳南山热电股份有限公司发布 2019 年半年报称，由于天然气价格高企、上网电价下调，今年以来公司电力主营业务经营形势严峻，公司上半年净利润亏损超过 2500 万元，同比下滑超过 184%。一位珠三角的气电企业负责人告诉记者：“像这样的亏损企业，在广东普遍存在。实际上，去年上半年大部分电厂还是赚钱的，但从去年下半年开始，广东的气电厂开始出现大面积亏损，今年上半年亏损情况进一步加剧。当前各个电厂都是千方百计少发电、不发电，或者转让发电权，因为发得越多亏得越多。”

但与之形成鲜明对比的是，广东省政府 5 月份调整当地能源发展“十三五”规划时大幅调增了 40 多个天然气发电项目，装机规模合计超过 1190 万千瓦，高达全省现有气电装机规模的一半之多。

目前全国气电装机已超 8000 万千瓦，但因气源难以保障、电价较高缺乏竞争力等因素制约，近年来装机增速缓慢，离《能源发展“十三五”规划》提出的“1.1 亿千瓦以上”的目标甚远。广东是我国气电第一大省，一定程度上是我国气电发展的“风向标”。面对日益凸出的亏损问题，广东省为何逆势加码气电？这对全国气电行业发展又有何积极意义？

气电出现大面积亏损

据中国能建集团广东省电力设计研究院技经咨询公司总经理陈凯介绍，目前，广东省燃气电厂

的购气成本在 2.3-2.9 元/立方米。上半年，广东省除使用气价较低的大鹏 LNG 接收站一期气源的天然气发电厂外，其余电厂经营效益均较差，大部分处于亏损状态。以深圳 9E 机组为例，今年上半年每度电亏损在 0.2 元左右。

据记者了解，受气价上浮、上网电价下调、电力竞价交易以及“西电东送”电量超计划增加等多重因素影响，今年以来广东天然气发电厂度电收益大幅下降。

在电价方面，根据国家降低一般工商业电价的要求，广东省于 2017 年 9 月、2018 年 7 月连续两次下调天然气发电上网电价，降幅分别为 0.03 元/千瓦时、0.05 元/千瓦时，累计达到 0.08 元/千瓦时。另外，目前广东省燃机发电上网电价高于 0.665 元/千瓦时的均已统一下调至 0.665 元/千瓦时。

与此同时，2018 年 8 月底，南方（广东起步）电力现货市场在全国率先启动试运行，广东省成为全国最活跃的省级电力市场。截至目前，该省集中式天然气发电厂已全部进入电力市场交易。

据介绍，目前在广东电力市场，电价结算分为三个部分：基数电量、市场电量和偏差电量，其中基数电量即计划电，按上网标杆电价结算；市场电量按双边协议或集中竞价，由市场形成；市场电量现货市场结算实施后，偏差电量也直接通过市场形成的现货实时价格结算。

相关数据显示，根据 2019 年广东电力市场成交结果，市场交易气电的平均成交价为 0.62-0.633 元/千瓦时，较 0.665 元/千瓦时的标杆电价降 0.032-0.045 元/千瓦时。今年 5 月 15-16 日，广东省首次开展现货市场按日结算运行，结果显示，气电加上交叉补贴后，现货实际结算价格约 0.5 元/千瓦时，贴近发电的燃料成本。

“也就是说，与去年上半年相比，一方面，基数电量每度电政策性下调 5 分钱，市场电量下降超过 8 分钱。另一方面，今年上半年气价比去年同期上涨 10%，导致度电成本增加 5 分钱。整体上每度电的发电收益较去年同期降低超过 0.1 元。进入 7、8 月份，因为气价有所下降，用电需求也比较充足，情况稍微好转，但下半年整体还是亏损。全年也是整体大幅亏损。”上述珠三角气电企业负责人对记者说。

广东能源局电力处处长刘文胜对记者表示，“西电东送”也对广东气电形成了较大影响。因为今年水量充足，上半年“西电东送”电量屡创新高，超计划 50%，作为受电省份的广东省为了接收“西电”，压减了省内煤电、气电项目的市场空间。

刘文胜还指出，明年广东电力市场基数电量比例还要进一步下降，且随着电力市场逐渐扩大，基数电量将彻底取消，届时“气电的日子将更加难过”。

#### 广东大幅调增气电规模

2018 年，广东省全社会用电量居全国第一，而天然气成为该省消费增长最快的能源品种。广东省一直坚持“有序发展气电”。根据广东电力市场 2019 年半年报告，截至今年 6 月底，广东省电网统调装机容量 12084 万千瓦，其中气电装机为 2209 万千瓦，占比 18.3%；上半年，广东省省内发电量 2064 亿千瓦时，其中气电发电量 251 亿千瓦时，占总发电量的 12%。气电在广东电力结构中的占比远超全国。根据《广东省能源发展“十三五”规划》，到 2020 年，气电装机要达到 2300 万千瓦。“照目前发展态势，届时肯定能突破上述目标。”刘文胜直言。

广东省于今年 5 月份发布《广东省能源发展“十三五”规划》调整通知，重点调增了 40 多个天然气发电项目，其中包括 11 个天然气热电联产项目、26 个天然气分布式能源项目，此外还包括数个燃煤自备电厂、燃煤锅炉“煤改气”项目，总规模超过 1190 万千瓦。《规划》同时增列了 5 个调峰储气项目以及 4 个天然气管道工程项目。

#### 广东省缘何如此大力发展气电？

“大湾区高质量发展离不开本地电源的支撑。珠三角又是广东的电力负荷中心，满足清洁电力需求只能靠新增气电，并无太多选择。”刘文胜对此回应。

并且这不是政府层面“剃头挑子一头热”。采访中，多位受访人士均向记者表示，即便面临大幅亏损，广东发电行业对于气电的发展前景仍旧普遍看好。这也是上述 40 多个气电项目存在的现实基础。据悉，目前主管部门对这些项目进度并无硬性要求，“完全取决于市场”。

“我们看好气电在珠三角、大湾区的发展前景，实际上，无论是气电的发展趋势，还是政府规划，亦或电力行业对气电的看法，都是一致的。我们认为，不管是调峰、热电联产还是分布式能源在大湾区都会有其存在价值。”广东某气电企业负责人张某说。

据介绍，广东省可发展的大型支撑电源类型主要有清洁煤电、核电和气电。陈凯指出，煤电受环保因素和煤炭消费总量控制约束，核电由于能源资源条件和厂址条件的关系，发展受到限制。广东电网峰谷差大，夏季最高负荷超过1亿千瓦，春节最低负荷仅1900万千瓦，调峰压力大。“因此，启停快、运行灵活的气电正是满足广东需要的优良调峰电源，也是应对因台风频发可能出现大面积停电事故的优良黑启动电源。”

此外，广东外受电比例达到1/3，未来随着海上风电和光伏等可再生能源的开发建设，大量可再生能源接入，对灵活电源的需求将显著增加，天然气发电和可再生能源配合，可以弥补可再生能源在稳定性和连续性的不足。同时，在东莞、中山一带，规模大、用热需求量大且稳定的造纸、纺织企业云集，这些制造业原有燃煤自备电厂也只能靠“煤改气”实施清洁能源替代。

粤港澳大湾区的建设则为企业实施气电战略提供了更为广阔的空间。据悉，广东有能源集团早在两年前就开始论证通过天然气热电项目向澳门供电的可行性，目前项目正在积极推进中。

气价高仍是最大障碍

反观全国，截至今年7月，我国煤电装机占比仍超过一半，达到52.4%，气电装机占比仅4.6%。与世界平均水平相比还有很大差距，气电发展潜力巨大。

但相关数据显示，2018年，我国气电平均上网电价为0.6061元/千瓦时，远高于煤电、核电，气电竞争力较弱。

但有受访人士指出，长远看，气电发展应主要依靠气价下降，而非电价大幅上涨。

在我国，目前燃料成本占到气电总成本的80%。一些地方尽管有天然气发电上网电价与气价联动和地方差额补贴政策，但部分燃料成本依然难以疏导，导致调峰机组无发电积极性。广东之外，今年一季度，同为气电大省的江苏天然气发电厂亏损面过半，累计高达1.5亿元。

“天然气发电行业要健康可持续发展，还需深化价格及市场机制改革，推动天然气上下游行业协同发展，制定相应反映天然气环保价值的、支撑气电可持续发展的发电配套价格机制与政策。”陈凯说。

以广东为例，该省气电厂气源结构、成本差异颇大，一方面，天然气上游市场垄断，电厂基本无议价能力；另一方面电厂执行单一制标杆上网电价。现有价格机制无法体现气电调峰及环保价值，同时因缺乏有效的气价电价联动机制，直接影响燃机的健康可持续发展。虽然电源侧交叉补贴可以缓解气电部分亏损，但在电力市场改革初期，机制尚不完善，政策的不确定性加大了气电企业的经营风险。且现货市场出清价格基本只反映变动成本，固定成本无法回收。

“政府除了积极与上游协调降低气价之外，还应在气源方面引进更多主体，通过鼓励有效竞争来降低气价。”刘文胜说。

还有专家指出，国家油气管网公司的成立，将对降低气电燃料成本产生巨大利好。同时，随着国家油气体制改革持续推进，气电的发展环境将发生根本性改变。

本报记者 仝晓波 中国能源报 2019-10-07

## IEA：可再生能源电力装机将现两位数增长

本报讯 国际能源署（IEA）近日表示，今年全球可再生能源电力新增装机将达到200吉瓦，同比增加12%，增速为2015年以来的新高。IEA指出，今年可再生能源新增装机量的增长，主要驱动因素为光伏发电规模增长，预计2019年全球光伏新增装机同比将增加17%。

根据IEA的预计，今年，全球新增光伏装机容量将达115吉瓦，连续三年占全球新增可再生能源装机容量的一半以上。其中，中国仍然是全球最大的光伏市场，另有西班牙为首的欧洲光伏市

场发展也较为迅速。此外，越南、日本等也在加快发展光伏项目。

在风电方面，IEA 表示，2019 年新增陆上风电装机容量预计为 53 吉瓦，同比增长 15%，创 2015 年以来的新高。同时，新增海上风电装机容量约达 5 吉瓦。

王升 中国能源报 2019-10-07

## 聚焦分布式能源 释放空分发展新动能



### 陕鼓动力研制的 10 万等级空分压缩机组

在山东济南章丘明水化工产业园内，由陕西秦风气体股份有限公司（以下简称“秦风气体”）为晋煤明水化工洁净煤气化年产 60 万吨/年煤制甲醇项目提供的两套 3.5 万等级空分装置已安全稳定运行了两年多。就在这里，秦风气体的空分装置正以每小时 70000 标准立方米的制氧量，源源不断地为晋煤明水化工洁净煤气化年产 60 万吨/年煤制甲醇项目，提供各种规格的氧气、氮气、仪表空气等工业气体。

秦风气体是西安陕鼓动力股份有限公司（以下简称“陕鼓”）发起成立的一家子公司。“章丘秦风气体项目是陕鼓集设备、工程（EPC）、服务、金融、运营五大优势，为流程工业领域用户提供‘专业化+一体化’系统解决方案的具体实践。陕鼓目前已是初步国际化的公司，拥有 12 个海外机构，欧洲建有研发中心。陕鼓智能化升级及专业化服务已成为分布式能源领域新方案、新动能。”陕鼓董事长李宏安表示。

作为分布式能源领域系统解决方案商和系统服务商，近年来，陕鼓加紧从单一产品制造向服务型制造转型。2015 年，秦风气体与明水化工签订了 2 套 3.5 万等级空分装置投资建设运营项目，开启了为空分、石化、冶金等流程工业领域提供系统解决方案的新时代。

以明泉集团化工洁净煤气化年产 60 万吨的煤制甲醇项目为依托，陕鼓投资建设运营了章丘秦风有限公司，通过提升空分装置离心压缩机组研发设计水平，整合全球资源形成的陕鼓 EKOL 优质高效汽轮机方案能力，以及陕鼓在聚焦分布式能源产业发展中，构建的分布式能源系统解决方案设备、工程、服务、运营、金融等五大核心竞争力，全面支撑起全国化学工业优质工程产业园区的一体化系统解决方案，保障了明水章丘空分气体装置的安全稳定运行。

记者了解到，近年来陕鼓深化向服务型制造转型，持续创新和探索能量转换领域先进技术，并深耕离心压缩机和大空系统解决方案和系统服务。2009 年，陕鼓以专业化产品和系统方案为依托，开始涉足工业气体外送领域业务。经过十年的运营实践，目前陕鼓已在全国运营了 10 个气体项目，制氧总规模达每小时 56 万标准立方米，仅空分单元工程总包业绩就达 40 余台套，并已拥有国内空分领域市场业绩 256 台，规模覆盖 2 万—10 万等级空分装置离心压缩机组，为工业气体和大型空分

领域客户提供空分装置系统解决方案和系统服务。

为确保空分机组方案的先进性，陕鼓在德国建立了欧洲研发公司，形成了全球技术资源协作网。同时，陕鼓还通过国际并购，全面整合捷克 EKOL 汽轮机公司完善产业链布局，提供更优质的流程工业系统解决方案。目前，陕鼓 EKOL 反动式汽轮机产品系列覆盖 100 兆瓦以内工业汽轮机所有应用领域，效率可达 87% 以上，已成为空分、化工、煤化工、冶金等领域的陕鼓新动能。

与此同时，针对服务于石化全流程领域的系统解决方案，陕鼓创新“专业化+一体化”的能源互联岛技术和方案，从流程优化视角、能源优化视角、智慧能源视角入手，形成了化工及空分工艺优化流程模块、能源互联环保引领模块以及化工智能制造模块，服务范围涉及核心能量转换设备、能源互联与环保、工艺单元系统等。通过构建分布式能源互联岛，陕鼓将工艺供能、用能、余能回收、三废清洁化利用等进行有机耦合，向系统用户端提供绿色低碳、高质高效、智慧互联的集成式系统解决方案，有效降低用户系统运行成本，实现空分、石化等全流程领域装置的清洁、安全、可靠、绿色发展。

李宏安表示，陕鼓拥有空分系统、离心压缩机、轴流压缩机、汽轮机等核心技术，具备空分总包、富余煤气发电工程、能量转换设备单元工程总包等系统方案以及远程在线诊断等服务，愿用最先进的技术为石油、化工、煤化工、冶金、海外用户提供能耗最低、排放最少的智慧绿色方案和金融方案。

本报实习记者 张胜杰 中国能源报 2019-10-07

## 高效技术助力粤港澳大湾区能源清洁化

日前，西门子大中华区总裁赫尔曼（Lothar Herrmann）在广州举行的“西门子粤港澳大湾区论坛”上表示，多年以来粤港澳大湾区清洁能源发展成就显著，未来西门子将持续为粤港澳大湾区提供高效的能源技术，大力推进粤港澳大湾区的清洁能源发展。

今年 2 月，中共中央、国务院印发了《粤港澳大湾区发展规划纲要》（下称《纲要》），其中提出，到 2022 年粤港澳大湾区将建成“生态环境优美的国际一流湾区和世界级城市群框架”，并强调初步确立“绿色智慧节能低碳的生产生活方式和城市建设运营模式”。对此，赫尔曼指出，按照《纲要》要求，要实现绿色智慧节能低碳的生产生活方式目标，清洁能源将起到举足轻重的作用。

在上述论坛上，中国能源建设集团广东电力设计研究院有限公司总经理乔旭斌指出，粤港澳大湾区正面临着能源结构调整。该院发布的《粤港澳大湾区能源发展规划研究》显示，到 2022 年，该地区非化石能源消费比重需提升至 32% 左右，形成新兴能源产业体系，而到 2035 年，煤炭消费比重预期将降至 8% 以下，非化石能源消费比重则将提升至 43% 左右，能源利用效率达到世界先进水平。

赫尔曼认为，目前粤港澳大湾区在清洁能源领域发展力度令人瞩目，但要达到减少煤炭使用这一目标仍面临诸多挑战，需要各方更多的努力。

“未来的能源构成会是多种清洁能源的组合，但粤港澳大湾区与德国逐步淘汰煤炭面临的困难类似，煤电的全面退出可能不会在短时间内实现。西门子在中国多年来一直在探究如何更加清洁地使用煤炭，包括研究煤改气技术等，但目前成本仍相对较高。”赫尔曼说。

同时，赫尔曼也建议，利用燃气逐步替代燃煤，建设更加清洁的能源输送及配送系统，通过西门子 Power-to-X（以清洁能源为主体的能源转化）的解决方案进一步引入氢能，都将为广东乃至粤港澳大湾区打造优化生态环境的目标做出贡献。

“西门子与大湾区结缘于 1910 年，时至今日，西门子入华已超过 100 年。”赫尔曼指出，当下的广东不再以劳动密集型的生产为主，而是着力发展高端的现代化制造业。着眼于推进清洁能源、发展数字制造、打造智慧城市群、驱动创新及培养人才五大重点领域，西门子将为大湾区的未来发展继续提供全面技术支持。

记者了解到，截至目前，西门子已与我国多家能源、工业、交通等领域企业签订了合作协议。

其中，在此次论坛上，西门子与中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司签署了战略合作协议，计划积极推动全面战略合作，在电力设备和技术综合解决方案、全球市场开发、数字化业务及培训等领域进行深度合作。

“西门子已为中国能源行业服务多年，粤港澳大湾区致力于发展清洁能源的决心在全球范围内都十分令人瞩目，相信未来大湾区在这一领域将会取得更大进展。”赫尔曼说。

本报记者 李丽旻 中国能源报 2019-10-07

## 北京低碳清洁能源研究院在分子筛择形催化领域研究取得突破进展

日前，学术期刊 Nature Communications 在线刊登了题为《最大化利用 ZSM-5 之字形孔道提高对二甲苯选择性》的研究论文。该研究发现了孪生晶体结构及其具备的之字形孔道对分子筛择形催化能力的提升作用，首创了非改性条件下分子筛酸中心与孔道定向调控方法，开辟了分子筛功能化设计与合成新路线。该研究将对分子筛在工业催化领域的应用，特别是择形催化反应如烷基化、歧化与芳构化等反应起到十分积极的作用，有助于大幅提升产品选择性。以文中针对的甲苯甲醇烷基化制对二甲苯反应为例，孪晶分子筛突破了该反应的活性和选择性兼顾难题，获得了优异的催化效果。

低碳院开发的此项技术巧妙地利用了分子筛合成中的结构共生现象，最大程度发挥了特定孔道结构的择形能力优势，使得分子筛在甲苯甲醇烷基化反应中经过一步反应就可得到纯度高达 99.3% 的对二甲苯。研究成果的实施有望大幅度降低目前对二甲苯分离能耗及原料消耗，有效避免改性剂使用所导致的寿命及活性问题，一举跨越了工业化过程中的诸多障碍，极大推动对二甲苯生产技术创新。目前，此项技术已经进入工业放大阶段，有望借助国家能源集团的煤直接液化油和煤焦油产品实现低成本对二甲苯的高效生产，促进煤制化学品的产业链延伸，推动煤炭清洁高效转化的发展。

论文发表期刊 Nature Communications 是顶级科学学术期刊 Nature 旗下的子刊，涵盖生物学、物理学和化学等领域，刊载具有创新性、前瞻性的高质量学术论文，2019 年 Nature Communications 在 Google 世界学术期刊影响力指数排名中名列第五。本研究由国家能源集团北京低碳清洁能源研究院王传付博士和团队牵头，与北京大学马丁教授和孙俊良教授团队合作完成。

北京低碳清洁能源研究院是隶属于国家能源集团的研发机构，是国家级海外高层次人才创新创业基地。目前设有北京、美国、德国 3 个全球研发基地，近 700 名员工，其中国外员工占比 30% 以上，50% 科研人员具有博士学位。主要聚焦于煤的清洁转化利用、煤基功能材料、氢能及利用、环境保护、分布式能源、煤化工催化、先进技术等领域。

中国能源网 2019-10-10

## 如何堵上碳交易机制漏洞

我国从 2011 年起在七省（市）启动碳交易试点，目前正着手从发电行业逐步建设全国碳交易市场。今年以来，全国碳市场建设步伐明显提速。3 月 29 日，国家生态环境部公开征求《碳排放权交易管理暂行条例（征求意见稿）》意见。7 月 11 日，李克强总理主持召开应对气候变化职能划转生态环境部后的第一次国家应对气候变化及节能减排领导小组会议，明确提出要更加注重经济政策手段，加快建立碳市场，构建节能减排长效机制。但是，全国碳交易机制设计还面临顶层制度、价格机制、配额机制、政策统筹等方面的关键问题，亟需提出破解途径。

### 交易机制漏洞多

法律顶层设计滞后，管理协同不够。碳交易是运用市场机制控制和减少温室气体排放、推动经济发展方式绿色低碳转型的重要制度创新，是加强生态文明建设、实现国际减排承诺的重要政策工具，也是我国实现高质量发展以及参与全球气候治理的国家战略。但当前我国碳减排、碳交易工作存在立法相对滞后、法律效力偏低问题。作为顶层制度设计的《中华人民共和国气候变化应对法》、

《碳排放权交易管理暂行条例》都处于征求意见阶段；已出台的《“十三五”控制温室气体排放工作方案》、《碳排放权交易管理暂行办法》和《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》等均属于规范性文件，必须有上位法律的授权才具有足够的权威性。我国七个碳交易试点省（市）中，只有深圳市通过了人大立法，北京市通过了人大常委会决定，法律约束力相对较强。同时，碳交易作为一项系统性工作，在管理组织上存在相关部门之间、中央和地方之间的协同不足。当前国家发改委应对气候变化职能划至生态环境部，还存在政策的衔接过渡、部门协同以及相应的管理机制自上而下的完善和理顺问题。

碳交易价格偏低，流动性不足。通常情况下，由于边际减排成本递增效应，稳定的碳市场形成的碳价应该呈现逐渐上升的趋势。但是，近些年我国碳交易试点地区的碳价表现并不稳定，地区间碳价差异较大，而且整体偏低。例如，2019年9月10-20日期间，我国碳交易试点地区中碳价最低的是重庆（合0.48欧元/吨），最高的是北京（合11.19欧元/吨），而同期欧盟碳现货价格基本稳定在25.44-27.02欧元/吨，远超过国内碳价。主要原因包括：一是碳市场流动性不足，价格发现不充分。控排单位碳交易和碳资产管理意识不强、积极性不高；个人及投资机构参与不足，市场活跃度不够。不能客观反映二氧化碳真实的边际减排成本和供需情况。二是碳市场缺乏价格稳定机制。碳期货、碳金融、碳信用等用来发现和稳定碳价的辅助手段有待健全，碳市场套期保值和风险规避功能不尽完备。

碳配额总量与减排目标脱节。碳排放配额总量设定过于宽松，不利于减排目标的实现，而设定过低又容易对交易主体经营造成很大冲击。当前，一是碳排放配额总量设定与碳减排目标脱节。碳交易试点地区的碳配额还无法衔接当地的中长期碳减排目标。二是初始碳配额分配缺乏科学论证和统一的计算标准。碳交易试点地区主要采取控排单位自主申报和历史排放核算方法，而一些企业主体隐瞒申报，故意预留后期减排空间，同时存在分配标准、方法、程序不透明现象。三是碳配额免费发放与拍卖比例确定尚不科学。碳交易试点地区均采取免费发放为主，拍卖比例普遍不足5%（欧盟碳排放交易体系的拍卖比重接近60%），不利于碳市场的价格发现。而且两种方法的应用也没有按行业风险差别来区分。另外，市场调节配额制度等还不完善。

与绿证、用能权交易缺乏统筹。为促进清洁能源发展，我国在2017年推行了绿证核发与交易。绿证交易与碳交易制度从本质和效果上均实现了二氧化碳减排，总体政策机理和最终效果是相同的。同时，2016年国家发改委推出的用能权有偿使用和交易制度亦存在与碳交易制度重叠的问题。若不统筹考虑，这几类政策同步实施，可能导致重复核算问题。它们之间如何统筹，如何并行实施？既不能给企业增加重复的交易成本，同时又能够实现政策的兼顾，形成节能和减排的政策合力，是全国碳市场制度设计中应该重点统筹考虑的问题。

#### 编织一张严丝合缝的机制网

将中长期减排目标和措施上升为法律。一是加快碳交易立法进程。尽快出台《中华人民共和国气候变化应对法》和《碳排放权交易管理暂行条例》。通过立法将中长期的减排目标和措施由部门规章上升为法律，明确碳市场的法律性质，明晰碳市场交易主体的权利与义务。落实监管者权限，规范处罚手段，保障处罚效力。二是理顺管理机制，强化监督管理。尽快推进机构改革后的职能划转衔接，充分发挥生态环境部预防和保护环境作用。运用大数据监管手段，将碳排放纳入环境监控体系和生态环境监测平台。三是加强管理协同与协作。充分发挥国家应对气候变化及节能减排工作领导小组在推进全国碳市场建设中的统筹作用，确保部门通力合作，实现部门之间、中央与地方之间的政策协同。

抓住价格机制这一“牛鼻子”。一是要理顺供求关系，健全碳市场价格机制。保障碳配额分配的公平性和合理性，充分发挥拍卖机制的价格发现功能，逐步扩大碳配额拍卖的份额。设立最高、最低限价，发挥政府对碳价的市场引导作用，保障碳价相对稳定。尝试建立储备调节配额及配额回购机制，及时干预和稳定碳市场。二是完善碳信息披露制度。建立完备的信息披露方式和流程，明确碳信息披露的主体、内容、范围，保证碳信息披露的真实性和有效性。明确法律责任，严惩虚假信息

披露行为。三是多方培育市场主体，增强市场流动性。制定个人和机构参与碳市场交易办法，自愿与强制参与相结合，充分发挥辅助服务机构带动盘活碳市场作用。四是建立碳期货、碳信用、碳保险等市场价格稳定辅助机制。构建气候投融资机制与渠道，鼓励创新碳金融产品，增强碳市场活跃度与稳定性。

可尝试推行 1-3 年弹性履约机制。一是充分评估碳排放配额总量控制目标的经济影响。应遵循碳配额“适度从紧”和“循序渐进”原则，既要履行国际减排承诺，又要避免盲目追求高减排目标影响国家宏观经济发展。二是做好碳配额无偿、有偿分配结合。可将控排单位分为高、中、低风险行业，并逐级提高拍卖分配比例。例如高风险行业采取免费发放，低风险行业采取拍卖形式。三是因地制宜分配碳配额指标，规范分配标准与方法。地区碳配额分配应考虑当地产业结构、减排潜力和技术进步等因素。企业碳配额分配可采取对标法，先确立不同行业的碳排放基准，然后考虑减排潜力、技术前沿因素，设定行业标杆，核算分配系数，逐步倒逼控排单位对标标杆，不断赶超先进。四是尝试推行 1-3 年弹性履约机制。不同经营周期、技术创新周期特性的控排单位可自主选择履约期，给予较为充足的调整反应时间，避免“一刀切”做法对企业正常经营冲击过大，避免采取刻意调整产量等短期不可持续的减排履约行为。

避免出现各自为政。一是综合运用碳交易与清洁能源发展、节能降耗等相关政策。碳交易市场建设中应充分考虑关联政策机制的衔接与协同，避免相互制约、交叉补贴等现象。例如，要解决好碳交易与风电、光伏等度电补贴，项目节能量奖励政策可能存在的重复补贴问题；探索运用碳交易替代补贴政策机制，有效解决不同地区多重补贴造成不能真实反映不同控排单位边际减排成本差异的问题。二是统筹碳交易与用能权、绿证交易相关政策，发挥组合效应。相关政府部门应做好政策协同，避免出现各自为政、政策冲突或多次核算加重企业负担的现象。三是在碳交易市场建设只覆盖发电行业的阶段，可尝试碳市场与电力市场有效衔接。探索政策融合发展机制，形成政策合力，发挥共振的减排效果。

（张跃军系湖南大学资源与环境管理研究中心负责人，王伟系湖南大学资源与环境管理研究中心博士生）

张跃军 王伟 中国能源报 2019-10-14

## 固态电池商用前景引关注

“虽然现在全固态电池应用于新能源汽车的技术还不够成熟，但是，目前中国和日本在全固态电池研发方面都走在世界前列，也最有希望率先做出量产全固态电池。”

近年来，锂电池安全事故频发，多个电动汽车品牌屡次发生“自燃”事件，引发公众对锂电池安全性的担忧。在此背景下，越来越多的企业把目光投向了更轻、更安全且充电更快的固态电池。

日前，雷诺汽车高级副总裁吉斯·诺曼德就公开表示，到 2025 年，雷诺旗下电动汽车可能会使用钴含量为零的固态电池。据悉，新一代的固态电池产品将由电池公司 Ionic Materials 提供技术支持，该公司将在美国密歇根州 Romulus 电池工厂制作固态电池，并拟于今年年底前进行 OEM 测试。

为规避资源制约而研发无钴电池

事实上，早在 2018 年初，雷诺-日产-三菱联盟就已在无钴固态电池领域进行了布局。彼时，其设立了 10 亿美元风投基金，首个投资即为 Ionic Materials 公司的无钴固态电池研发。同年 3 月，丰田及雷诺-日产-三菱联盟还分别表示，拟在 2022 年至 2025 年间推出搭载固态电池的电动汽车。

“从技术角度看，目前传统锂离子电池的能量密度已达到上限，很难再有突破。同时，由于传统液态锂离子电池中的隔膜和电解液占用较大，且液态电解质在高温下会产生氧化分解、产生气体、发生燃烧等安全问题，所以，目前既能达到高能量密度又能兼容高安全性的固态电池正逐渐成为动力电池技术未来发展的重要方向。”汽车分析师沈建斌告诉记者，固态电池使用的是固体电极和固体电解质，其不仅可以有效减少电池的体积和质量，同时还能有效提升电池的能量密度。“这是针对当

前锂电池高能量密度和高安全性相矛盾的特点延伸出来的技术路线，安全指数更高，因而获得车企的青睐不足为奇。”

记者注意到，雷诺汽车计划使用的是零含钴量固态电池，而这与普通的固态电池又有何区别？“钴是目前锂离子电池中所必需的贵金属，但其产量稀少，过于依赖它势必会影响到未来电动汽车的发展。”沈建斌坦言，雷诺选择零含钴量固态电池，或是为了消除对钴的依赖，更好地降低成本和避开资源制约。

据了解，目前布局无钴电池的车企并不止雷诺一家。松下就曾在 2018 年宣布，计划在 2-3 年内将大规模生产的电池钴含量降低一半。而特斯拉 CEO 马斯克也同样表示过，想要将钴的使用量直接降为零。“这是车企在布局和规避钴资源的制约。”沈建斌表示。

#### 技术成熟度仍待加强

作为动力电池未来发展的一个重要方向，尽管目前固态电池技术已经得到突破，但业内却普遍认为，由于目前的生产制备成熟度还有待加强，规模化、自动化的生产线还需要进一步研发，固态电池距离产业化、商业化还有一定的距离。

“当前市面上的固态电池，通常是有机电解液里面加了一些固态，或者是在固态里面加了有机电解液，安全性好不好，取决于液态电解液所占比例的多少。想要高安全性，还是全固态电池更安全，但全固态电池是一个非常困难的研究方向。”清华大学电池安全实验室主任冯旭宁坦言。

“用户希望电池的导电率特别高，因为这样锂离子传输得快，快充和放电能力就会比较好。好比我们拿一杯电解液和一块硬的固体去测它们的导电率，液体电解质的导电性明显好于固态电解质。因此，长期以来没有太多人关注固态电池。”冯旭宁进一步解释。

除了技术上的不成熟，成本偏高也是目前制约固态电池发展的因素之一。“在规模化生产和使用之前，固态电池的成本肯定是比较高的，但未来其成本还是能降下来的。因为从电池生产的发展历程来看，如果它能够满足所有的性能要求，成本下降指日可待。”冯旭宁表示。

“虽然现在全固态电池应用于新能源汽车的技术还不够成熟，但是，目前中国和日本在全固态电池研发方面都走在世界前列，也最有希望率先做出量产全固态电池。”冯旭宁表示，未来想要实现规模化生产的固态电池显然是有可能的。

沈建斌则进一步表示，固态电池的发展还有很长一段路要走，预计其实现小规模量产或是在 2020 年以后，大规模应用则需要更长的时间。

本报记者 黄珮 中国能源报 2019-10-14

## 青海探索储能应用新模式

电力市场尤其是现货市场是促进储能商业化发展的关键，因此储能的身份问题不仅要在政策中予以明确，还需在实操中予以明示。产业各方需秉承市场开放的思路，创造多元主体参与市场的新局面，以先进的市场化理念推动储能产业发展和技术应用

“随着能源结构调整，特别是可再生能源装机量和发电量占比不断提升，储能作为稳定电力系统运行的重要手段，将在系统调节和保障稳定方面发挥越来越重要的作用。无论是分布式光储配套还是集中式可再生能源储能协同，储能与可再生能源的结合是我国乃至全球储能技术应用的必然发展趋势。”中国能源研究会常务副理事长史玉波日前在“中国储能西部论坛 2019”上说。

#### 储能市场理性回归

今年以来，受《输配电定价成本监审办法》等政策和市场因素影响，我国储能市场进入减速调整期。根据中关村储能产业技术联盟的最新统计数据，截至 6 月底，我国电化学储能累计装机规模为 1189.6MW，上半年新增规模为 116.9MW，同比下降 4.2%。

在史玉波看来，这一调整是产业各方的“理性回归”，原因主要有四点：一是用户侧储能投资趋于理性，相关投资者进一步寻求峰谷价差以外的额外收益；二是电网侧储能投资冲动得到抑制，需要

更为成熟的监管和激励机制；三是辅助服务领域初步实现商业模式探索后，对市场顶层设计和有效机制的需求凸显；四是大规模储能推广应用的安全问题得到重视，相关标准和规范需要进一步完善。

“这是产业发展到新一阶段的必要调整，放慢脚步，才能走的更稳，从而以坚实的基础去迎接产业的繁荣爆发。”史玉波表示。

“储能+可再生能源”成亮点

尽管发展速度有所放缓，但储能仍然是实现可再生能源大规模接入电网的重要手段。

“西部地区是‘一带一路’的前沿阵地，其清洁能源存在消纳难、外送难、调控难等问题，储能是清洁能源得以充分开发利用的最佳技术支撑和有效的解决途径。”青海省能源局副局长独金萍指出。

国家能源局公布的数据显示，2018年，新疆、甘肃和内蒙古三省区弃风弃光电量超过300亿千瓦时，占全国总弃风弃光电量90%以上。在破解这一困局的过程中，储能的作用进一步凸显，“储能+可再生能源”成为西部地区发展的重要模式。

国网青海省电力公司调控中心副主任董凌介绍说，国网青海省电力公司首创共享储能理念，将电源侧、电网侧以及负荷侧的储能资源以电网为枢纽进行整合，最大限度发挥价值。为保障收益，共享储能参与电力辅助服务交易已从今年6月全面铺开，收益由双方按比例分享，实现了新能源场站和储能电站的共赢。

对此，西北能源监管局市场监管处副处长吕锐表示，共享储能尤其是电网侧共享储能具有四方面优势：一是有利于促进新能源电量消纳；二是提高储能系统的利用率；三是提高储能项目的整体收益；四是促进储能形成独立的辅助服务商身份。目前青海的共享储能试点项目共有3个交易品种，协商、集中交易和直接调度都在有序开展，截至8月底，已经实现了充电接近500万千瓦时。

以市场机制撬动储能发展

在新的背景下，如何更好地体现储能在能源服务中的价值？

“电力市场尤其是现货市场是促进储能商业化发展的关键，因此储能的身份问题不仅要在政策中予以明确，还需在实操中予以明示。”史玉波直言。

中国能源研究会储能专委会副主任委员、中关村储能产业技术联盟常务副理事长俞振华也呼吁，产业各方秉承市场开放的思路，创造多元主体参与市场的新局面，以先进的市场化理念推动储能产业发展和技术应用。

“在细节层面，一是进一步解决储能参与市场的身份问题，推动独立储能和用户侧储能参与电力市场，在调度和交易规则层面予以适当明确；二是创造性地实施储能参与现货市场交易，创新验证储能商业模式；三是推动‘可再生能源+储能应用’；四是丰富市场主体参与电力系统服务的工作机制，改善储能参与系统服务的补偿机制，实现各领域储能价值的多重体现。”俞振华表示。

积极参与示范项目、推进储能技术创新，是储能企业的主要着力点。

阳光电源储能销售事业部战略研究总监周安如认为，储能系统的安全是设计出来的，储能系统的集成能力与技术是重中之重。

“锂电池产业化基础较好，是众多储能技术中最具工业化推广前景的技术之一。而就锂电池材料的结构和组成来看，磷酸铁锂材料具有安全、长寿命和低成本的优势，在经济性和安全性上最有望满足规模化储能应用的要求。”华中科技大学谢佳教授进一步指出。

中国华能集团清洁能源技术研究院副院长徐越表示，华能清能院在青海格尔木光伏电站建成的国内规模最大的1.5MW/3.5MWh直流侧储能示范系统，及哈密石城子光伏2MWh商业化项目，均采用了其自主开发的直流侧接入技术，以解决光伏电站弃光问题。

“在高比例可再生能源发电的情景下，要想保持每个地区供电和需求的实时平衡，实现电力系统的高效利用，需要创新技术和集成，包括各种储能技术、跨区域的长距离输电和智能电网技术、足够规模的储备发电容量，并且要在机制、体制上取得重大变革，发挥需求侧响应功能，通过价格机制进行需求的削峰填谷。”国务院参事吴宗鑫说。

本报记者 樊桐杰 中国能源报 2019-10-14

## 微电网加快智能化示范

截至目前，我国岛屿泛在物联感知体系的典范——江苏省灌云县开山岛微电网稳定运行已超过百日，累计发电量超过 3.6 万千瓦时。

2014 年，多年坚守在开山岛上的王继才夫妇被评为全国“时代楷模”。2018 年 7 月 27 日，王继才在执勤时突发疾病，抢救无效去世。随后，为解决岛上爱国主义教育基地和守岛人员的用电用水问题，国家电网有限公司决定在开山岛上捐建离网型海岛智能微电网系统及海水淡化系统，于今年 6 月 18 日投运，是我国建设的又一个微电网创新工程。

### 提高供电可靠性

据了解，开山岛微电网拥有 110 千瓦光伏发电机组、30 千瓦风电机组，在正常情况下，光电、风电日均发电量约 420 千瓦时，可满足全岛的正常用电需求；在台风、暴雨等极端情况下，660 千瓦储能设备和 50 千瓦备用柴油发电机，也可保障全岛 3 天的正常用电。“岛上的海水淡化设备日产水近 10 吨，彻底解决岛上各类用水需求。”国网江苏省电力公司相关人士介绍。

说起微电网，其实就是一个包括集控中心、分布式电源、用户负荷、储能设备的配电网络，可与大电网并网运行，也可脱离大电网孤网运行。其中，中大型群岛由于对电力需求总量和供电可靠性有较高的要求，因此往往通过海缆与大陆联网，如舟山群岛地区的舟山主网通过 220 千伏和 110 千伏海缆与大陆电网相连。对于偏远小岛而言，由于最大负荷有限、输送距离较远、岛屿面积狭窄，铺设海缆在技术与经济方面均需付出更大代价，因此开发清洁可靠的微电网是满足用电需求的重要选择之一。

在开山岛微电网投运之前，我国已建成山东长岛、广东珠海大万山岛、广东珠海担杆岛、海南三沙永兴岛等微电网项目，其中既有并网型微电网，也有离网型微电网，均提高了海岛的供电可靠性，解决了海水淡化等问题。

此外，我国在解决无电人口通电问题的历程中，在大电网一时覆盖不到的地方，以风电、光伏发电为主，柴油发电机作为备用的分布式能源微电网系统有效解决了部分偏远地区的用电问题，如内蒙古呼伦贝尔市陈巴尔虎旗赫尔洪德分布式发电/储能及微电网接入控制试点工程项目、冀北围场分布式发电/储能及微电网项目等。

### 创新使用新技术新设备

6 月 30 日，江苏连岛能源综合服务示范岛馈线自动化（FA）功能测试工作完成，今后岛上配网故障定位隔离、非故障区供电恢复时间从过去的 1 小时缩减到 1 分钟。

连岛是江苏最大的城市化海岛，与连云港隔海相望，岛屿面积 76 平方千米，海岸线长 17.66 千米，通过 6.7 千米长的拦海大堤与陆地相连。过去，该岛电力一直依靠岛外输送。2018 年 3 月，国网江苏省电力公司启动连岛能源综合服务示范岛建设，通过建设风、光、波浪等可再生能源设备，岛上发电实现自给自足。此次进行配电自动化改造，增强配网故障自愈能力，是示范岛建设的重要一环。

“以往线路发生故障时，需要调度人员先判断故障位置，工区运维人员再赶赴现场处理，至少耗费 1 个小时。经过改造后，主站系统能够根据线路网络拓扑信息和故障信息进行分析，自动研判故障区域，并给出隔离和转供方案。本次测试中，故障定位、隔离及非故障区供电恢复仅用时 58 秒。”江苏电力相关人士介绍。

由此可见，海岛微电网在满足了供电、供水等需求的同时，创新使用了多项新技术、新设备。值得一提的是，三沙永兴岛建成了我国首个远海岛岛智能微电网系统，不仅可以实现光伏等清洁能源 100% 利用，未来还可以灵活接入波浪能、可移动电源等多种新能源。而且，通过海底光纤相连，永兴岛智能微电网可以接受 400 多公里外的海南岛电力指挥中心的调控，供电可靠性达城市电网水平。

### 市场前景广阔

近年来，微电网因被视为大规模可再生能源的有效解决方案、能源互联网不可或缺的重要组成，不仅在解决偏远地区、海岛供电问题方面大有可为，而且在提高供电可靠性、安全性及消纳可再生能源等方面正扮演着越来越重要的角色。尤其在大电网覆盖地区开发微电网将起到“锦上添花”的作用，这种并网型微电网可在联网和独立运行两种状态间自由切换，即当大电网出现故障时，微电网可以选择与大电网断开，保障区域内用户的供电安全；当选择联网运行时，微电网可以通过出售多余电力、需求响应等方式获得额外的经济收益。

在山东长岛，长岛与大陆、长岛各主要岛屿之间由海底电缆连接，而海缆抢修受天气和潮流影响，作业难度大，且海缆故障又多发生在风大浪高天气，由于国家相关部门规定 7 级风以上不允许船只出海作业，很难在短时间内维修、恢复供电。因此，长岛建设微电网后，增强了供电可靠性，可在外部大电网瓦解的情况下，实现孤网运行，保证对重要用户的连续供电。

目前，国家电网公司、南方电网公司正积极部署拓展综合能源服务市场，主动适应能源生产和消费变革，参与整体能源优化，探索多能互补、分布式能源集成优化综合供能等关键技术。其中，微电网是能源互联网的重要市场主体，可提供多能综合利用服务，参与能源互联网电量交易及提供调峰等多种辅助服务，市场前景广阔。

本报记者 王旭辉 中国能源报 2019-10-14

## “多站融合”示范全面开展（聚焦泛在电力物联网）

本报讯 记者王旭辉报道：近期，福建厦门天湖开关站、山西太原 220 千伏迎西变电站等多个“多站融合”项目建设投运，积极探索推动数据中心站、储能站、北斗卫星地面基准站、5G 基站等在电力领域有效应用。

“多站融合”是当前国家电网有限公司泛在电力物联网建设专项试点任务之一，融变电站、充电站、数据中心分站等于一体，为建设泛在电力物联网提供有效的资源和手段。同时，试点遵循快速推进、迭代完善、开放合作、共建共赢的建设原则。

国网相关人士介绍：“利用现有变电站闲置的空间资源，建设分布式数据中心站、储能站、5G 基站、北斗卫星地面基准站等，可以验证以低投入实现‘多站融合’的商业模式；搭建‘多站融合’统一资源服务平台，能科学调配空间资源，储存、整合、分析内外部数据资源信息，实现资源高效管控与运营；探索‘多站融合’商业运营模式，开展主机托管、带宽出租等对外租赁业务，并提供 IT 资源私有云、边缘计算等增值服务。”

据了解，从 2011 年开始，我国开始建设智能变电站、推动变电站智能化改造，从全国第一座投运的智能变电站—北川 110 千伏智能变电站到 220 千伏西泾智能变电站，再从 500 千伏兰溪变电站到世界最高电压等级的智能变电站——750 千伏延安变电站，我国智能变电站试点工程不断取得进展。

智能变电站以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求，自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量、检测等基本功能，实现无人值班，支持自动控制、状态检测、智能调节、协同互动等高级功能。同时，与常规变电站相比，智能变电站具有节约资源、绿色环保、设备智能、技术先进等特点，支撑了坚强智能电网建设。

为加快拓展以电为核心的产业链、价值链，国网今年部署全面推进“三型两网”世界一流能源互联网企业建设（“三型”即枢纽型企业、平台型企业、共享型企业；“两网”指的是建设运营好坚强智能电网和泛在电力物联网），需要实现业务融合，推动数据流、业务流、能源流“三流合一”，“多站融合”则是实现这一应用场景的有力支撑。为此，国网加快与中国铁塔股份有限公司、华为等信息通信企业开展交流，扩大合作，推动电力、通信、信息等资源共享，为“多站融合”示范奠定了基础。

如福建厦门天湖开关站是国内首个在开关站增设 5G 基站和边缘计算站的“多站融合”配电站房项目，不仅具备传统配电站房的供电功能，还实现了周边 5G 网络覆盖，并可提供边缘计算、物联网

等技术服务；迎西变电站则通过修改通用设计对原站进行合理改造，使原本需要 3 处选址的建筑用地压缩在同一空间，极大节约了土地资源，融合数据中心和充电站功能，打出“变电站+充电站+数据中心”并配套 5G 基站的“组合拳”。

下一步，国网将搭建“多站融合”统一资源服务平台，实现资源综合管理和调配，推动站站互联互通，相互感知、相互协同，为泛在电力物联网建设提供有力支撑。

中国能源报 2019-10-14

## 地热能

### 日本拟借地热能摆脱核电依赖

近日，油价网撰文称，自 2011 年福岛核电站核泄漏事故发生以来，日本的能源结构就处于动荡状态。在关闭多个核电站后，日本能源资源约束加剧，能源供需矛盾逐渐显现。虽然，日本用天然气、煤炭等资源代替核电的“损失”，但大量使用一次能源无疑会增加环境负担，同时还将增加日本按时完成《巴黎协定》承诺的不确定性。为了找寻安全有效的绿色能源解决方案，日本将目光瞄向了地热能。

据了解，日本地热能资源丰富。日本经济产业省数据显示，日本地热资源位居世界第三位，潜在地热发电能力逾 2300 万千瓦，如能充分开发利用，可满足日本全国 1/7 以上的电力需求。

油价网认为，对于能源匮乏的日本，发展地热发电符合其国情。虽然日本也在大力发展光伏、风电等可再生能源，但光伏、风电均受自然条件的制约，而地热发电并不依赖天气，运行效率更高。

据日本政府设立的可再生能源发展目标，到 2030 年，将可再生能源发电量从 2017 年的 16% 提高到 22%-24%。《日经亚洲评论》表示，日本政府希望能利用丰富的地热资源以达到调整能源结构的目的，地热发电将助力这一目标的实现。

目前，日本政府正计划通过鼓励私营部门投资促进地热能的发展。按照计划，日本石油天然气和金属矿物资源机构（JOGMEC）将从 2020 年 4 月起，为潜在开发商提供相关地热钻探咨询服务。

《日经亚洲评论》认为，虽然地热发电获日本政府大力支持，但该产业的发展仍有不确定性。

据悉，地热钻探工作极其复杂。钻探一个地热孔需两年左右的时间，花费数百万美元。即使成功钻探了地热孔，且资金保持充足，建设一个地热厂还需大约 10 年。高昂的成本也对投资者提出了更高的要求，私营部门很难有兴趣投入地热产业。

油价网还指出，地热电站候选地多位于自然保护区，该区域原则上不允许进行建设或开采作业，且候选地大多邻近温泉，为保护温泉，各地对上马地热电站项目存疑。即便地热电站建成投运，后续的管理工作也需严格监管。

在此情况下，有观点认为，即使花费大量的时间和资金，短期内也无法实现地热电站的规模化商用。并且，日本电力需求较高，而一个地热电站和一个核电站的发电规模差距甚大，地热发电很难助力日本摆脱对核依赖。

因此，在“脱核”问题上，日本政府官员划为两派。以新任环境大臣小泉进一郎为代表的支持方认为，为避免福岛核电站的悲剧重演，日本应关闭所有核电站。

“我们无法准确预测地震的发生，如果核泄漏事故重演，后果不堪设想。”但另一方则认为，“全面关闭日本境内核电厂”不可能发生。“核电存在风险，人们对此有一定担忧，但不管是当下还是未来，‘零核’的设想都是不现实的。”日本经济产业大臣菅原一秀说。

董梓童 中国能源报 2019-10-14

## 生物质能、环保工程

### 北欧航空公司拟增加生物燃料使用比例

本报讯 据《瑞典日报》近日报道，北欧航空公司计划提高其航线上生物燃油使用比例。

报道援引北欧航空公司可持续发展部门负责人 Resare 的话称，前期调查显示，该公司服务的乘客对多使用生物燃料普遍表示支持。不过，航空公司难以独自承担高昂成本，将向乘客收取额外费用，公司将在购买机票时给乘客提供一个额外支付费用的选项。

陈商 中国能源报 2019-10-07

### 西南首座全地埋式污水厂投运

重庆市唐家桥污水处理厂已于近日完成了全地埋式改造并正式投运。作为西南地区首座全地埋式污水厂，该厂将在城市环保和推进长江经济带绿色发展发挥重要作用。

改扩建后的污水处理厂顶部修建为市政环保广场，处理设施全部位于地下，经达标处理的废气巧妙地通过综合楼专用高空排气通道排放，最大限度地减少了废气对周边环境的影响。此外，该项目还采用了先进的高效沉淀池、曝气生物滤池工艺，以最大限度地节省建设用地。其用地面积仅为其他工艺的三分之一。据介绍，改扩建后的唐家桥污水处理厂日处理污水规模达到 6 万吨，可服务人口 20 万人，主要是收集、处理江北等区域城市污水。该厂出水水质全面稳定达到城镇污水处理厂污染物排放一级 A 标准。

经济日报 2019-10-14

### “烧掉”近半玉米，美国把这个产业做成世界第一

同我国东北地区“黄金玉米带”一样，美国的玉米主产区也进入了收获季节。10 月 11 日，在美国伊利诺伊州，农场主保罗（Paul Jeschke）家的玉米收获已经进入第四天。的确如之前他预料的，今年玉米的收成不如去年好——春天干旱，播种期来得晚，夏季雨水又太多，较去年相比玉米至少要减产 5%。当被问及一千多公顷的玉米收获后将销往何方时，保罗引用了乡间俗语来回答记者：“喝掉最好的，烧掉剩下的。”

保罗说的“喝掉”是指玉米酿酒，“烧掉”则是指将玉米加工成乙醇，掺混到汽油中，推动交通工具运转。保罗的太太戴安娜指着自家的一辆灵活燃料车告诉记者：“这种车可以使用掺混任何比例生物燃料乙醇的汽油，掺混比例越高，燃料的售价越便宜。”

除了农场主的身份之外，保罗还是一家名为 One Earth Energy 玉米乙醇加工厂的持股人之一。原来，15 年前保罗入股 5 万美金和周围的几家农场主一起建设了上述乙醇厂，之后每年拿分红。保罗告诉记者，入股乙醇工厂是他最满意的一项投资。

如今，美国建有 200 多座生物燃料乙醇工厂，它们一头连着农业增产、农民增收，一头连着交通业清洁排放。经过几十年发展，特别是 2004 年美国政府出台政策对生物燃料乙醇给予直接补贴之后，美国生物燃料乙醇经历了爆发式增长。最近几年，美国玉米年产量的 40% 多都会被加工为乙醇，然后在交通工具中“烧掉”。如今，美国已成为全球最大的生物燃料乙醇生产国、消费国和出口国。

燃料乙醇为石油依赖“退烧”

一条铁路专线修到了 One Earth Energy 的出货仓附近，每年工厂生产的 1.5 亿加仑玉米乙醇经由这条铁路运往美国各地的汽油掺混中心，或者运往港口供出口。

其实，出口玉米乙醇对美国来说也是这几年的新鲜事，之前，美国还需要大量从巴西进口甘蔗

制取的乙醇，来满足国内汽油掺混 10%乙醇的比例要求。

为降低对外依赖，美国扶植起来了自己的玉米乙醇行业，同样发展玉米乙醇行业的初衷也是为了降低石油进口依赖，增强能源自给。上世纪 70 年代，美国发生了石油危机，为给对中东石油的依赖“退烧”，美国从那时起开始大力推行燃料乙醇。期间政策扶持必不可少，1978 年，美国政府出台了《能源效率法案》，为使用乙醇在内的新型能源的用户减免个人所得税。2004 年，美国政府出台政策规定，直接为燃料乙醇掺混商提供 45 美分每加仑或更高的财政补贴。该政策直接导致了美国燃料乙醇产量从 2004 年至今呈现爆发式增长。

根据美国谷物协会公布的数据，2005 年美国石油对外依存度（原油和成品油）达到峰值为 60%，到 2016 年这一数值降为 26%；若没有 153 亿加仑的燃料乙醇，2016 年美国的石油对外依存度将会是 36%。2016 年，美国的乙醇产量取代了用于炼制汽油所需的 5.47 亿桶原油——这一数字大于美国每年从沙特进口的石油量。

如今，美国有全国性法律要求，必须在汽油中添加 10%的生物燃料乙醇，以取代之之前在汽油中添加的 MTBE。MTBE 是甲基叔丁基醚的英文缩写，为一种高辛烷值汽油添加剂。但 MTBE 具有致癌属性，且一旦泄漏污染地下水后很难治理，所以，从 2000 年开始，美国各州陆续禁止使用 MTBE，进而推行更清洁、环保、廉价的燃料乙醇。至今，燃料乙醇已成为美国唯一的汽油含氧添加剂。

#### 扩张中的绿色燃料

道格·纽曼（Doug Newman）在芝加哥经营着几家加油站，他的加油站旁竖着高高的广告牌，上面显示着当天各种掺混比例汽油的价格，最便宜的是掺混 85%玉米乙醇的燃料。

道格之前在一家跨国石油公司工作，正是看到了燃料乙醇的商机，他才离开油气公司，果断创业，经营起来加油站。他的加油站销售添加 10%、15%、30%、50%、70%甚至 85%生物燃料乙醇的汽油，且乙醇添加比例越高，价格越便宜。道格告诉记者，他的生意不错，一些车主会因为价格便宜而选择使用掺混高比例乙醇的汽油。

记者刚好遇到一位车主来加油，他给自己的爱车加了掺混 30%乙醇的汽油。发现他的车并没有灵活燃料汽车的标志，记者好奇地走上前盘问：“您的车并不是灵活燃料汽车，为什么要选这么高的掺混比例的燃料？”这位名为亚历克斯·庞（Alex Pon）的车主告诉记者，他用这种油已经好几年了，既便宜又能清洁气缸。因为经常来加油，他还和道格做起了朋友，庞告诉记者：“我很看好乙醇汽油的生意，正在和道格商量联合投资多建几家加油站。”

不光是要扩大国内销售渠道，因为美国玉米产量严重供过于求，无论是直接出口玉米还是间接出口玉米制品，出口都是美国农民确保增收的重要手段。扩大玉米的应用范围、维护农民的利益也是美国政治力量需要考虑的问题，所以，美国农业部是推动玉米乙醇的最主要力量。另外，出于环境保护的考虑，美国环境保护部是制定制度确保生物燃料乙醇每年达到额定用量的机构。甚至美国总统特朗普也曾在推特上公开支持使用更高比例的生物燃料乙醇。

除了来自官方的力量，美国还有很多非政府组织在推动燃料乙醇行业发展。克雷格·威利斯（Craig Willis）是美国能源增长协会（Growth Energy）负责全球市场的高级副总裁。克雷格的主要职责是推广生物燃料乙醇的使用。克雷格的目标是，推动美国尽早立法，将全国掺混比例提高到 15%。

克雷格讲述了他执着推广玉米乙醇的原因——从小在伊利诺伊州一家的农场里长大，他经历过上世纪 80 年代美国的农业经济危机。那时候，美国农产品严重过剩，农民种的粮食卖不出去或者卖不上价钱，农业投入无法得到相应回报，很多中小型农场破产。这样的经历影响了克雷格的职业选择，他从事过的工作都与扩大美国农产品及其加工品的市场有关。现在他不光在美国推广燃料乙醇，他还将目光锁定全世界。“我明天要去墨西哥，墨西哥正在开展汽油中掺混 10%乙醇的试点，这是美国玉米乙醇出口的潜在市场。”克雷格告诉记者。

美国可再生燃料协会公布的数据显示，2018 年，美国生物燃料乙醇行业直接雇用了 7 万多名工人，并且创造了近 30 万个间接就业机会。

本报记者 王海霞 中国能源报 2019-10-14

## 华能太仓电厂生物质耦合发电项目投产

本报讯 近日，国家能源局和生态环境部燃煤耦合生物质发电技改试点项目——华能江苏太仓电厂燃煤生物质耦合发电项目通过 168 小时试运行，顺利投产。

该项目于 2018 年 11 月 11 日开工，工程建设期间，太仓电厂坚持目标导向，全面做好施工安全、工程进度和工程质量管控，各参建单位克服了阴雨天气、场地狭小等诸多困难，合理安排施工工序，统筹协调设计、供货、场地、施工人员等各个环节，仅用 10 个月便顺利完成了各项建设任务，实现如期投产。

太仓电厂燃煤生物质耦合发电项目是太仓市重点生态环境基础设施，采用西安热工院研发的“湿污泥饱和蒸汽碳化+全封闭碳化污泥仓存储+全封闭皮带进入输煤系统后磨煤机掺混”技术，具有能耗低、碳化产物利用率高等优点。项目建成后，可实现日处理含水率 80%、60%湿污泥 200 吨，具有良好的社会效益。（张玖利）

中国能源报 2019-10-14

## 太阳能

### 光热产业方兴未艾 仍需政策“暖风”吹拂

光热发电在能源转型、推进可再生能源高质量发展过程中，具有不可替代的作用。经过多年培育，我国光热产业链已逐步完善，在国际市场的竞争力不断增强。不过，业内人士也表示，我国光热产业尚处于示范发展阶段，期待政策补贴退坡能渐进实施，给产业发展合理缓冲期

9 月的迪拜，海滩依然延续着夏日浪漫，而在南部沙漠，一座占地面积 44 平方公里，迄今为止全球规模最大的光伏光热太阳能发电项目打破了沉寂已久的大漠。这座由中国企业承建的 950 兆瓦光热光伏混合发电项目的首台槽式集热器，于迪拜时间 9 月 19 日组装成功。该项目建成后，每年不仅为迪拜 32 万多家住户提供清洁电力，还将减少 160 万吨的碳排放量。

该项目只是我国太阳能热发电产业异军突起的一个缩影。自 2005 年至今，我国光热发电产业从无到有，已经具备了相当的产能规模，规模效应逐渐显现，对产业的结构优化和成本的降低产生了积极的影响。

#### 示范项目带动产业创新

光热发电作为稳定、可靠的优质电力，在能源转型、推进可再生能源高质量发展过程中，具有不可替代的作用。经过多年培育，我国光热产业链已逐步完善。

9 月 19 日，中电建青海共和 50 兆瓦熔盐塔式光热发电项目、鲁能海西州多能互补集成优化国家示范工程 50 兆瓦光热发电项目也成功并网发电，为助推我国能源转型再添新样本。

作为有望替代煤电，为电网提供稳定、可靠电力的可再生能源，光热发电已成为多个国家重点支持发展的战略性新兴产业。

2016 年，国家能源局启动首批 20 个光热发电示范项目，装机规模总量达 1.35 吉瓦，开启了我国光热发电的商业化进程，并带动了一批材料、设备制造以及电站建设企业的快速发展。

截至目前，首批示范项目共有 4 个项目建成投产，并网运行的光热发电项目累计装机量达到 320 兆瓦。预计今年年底前，我国有望再并网 4 个项目，新增装机 250 兆瓦左右。

“虽然我国光热发电起步较晚，但部分技术已经走在国际前列。”电力规划设计总院副院长孙锐告诉记者，通过首批示范项目，带动了相关企业自主创新，突破了多项核心技术，并形成了完整的产业链，目前设备国产化率超过 90%。

“例如，塔式聚光集热系统在国际上也只有几家公司掌握该项技术，而首航节能和中控太阳能等

龙头企业，通过自主研发掌握了关键技术。项目建成投运后，运行性能良好。另外，兰州大成通过自主研发掌握了熔盐菲涅尔式聚光集热技术，并率先开展了世界首个商业化电站建设；正在建设中的玉门鑫能项目也是全球第一个采用二次反射塔式聚光集热技术的商业电站。”孙锐告诉记者。

北京首航艾启威节能技术股份有限公司董事长黄文佳告诉记者：“经过多年技术积累，小试、中试、企业示范项目和国家首批示范项目建设，光热产业积累了许多设计、制造、安装、运维等方面的人才，培养了多家系统集成商，吸取了大量经验与教训，为下一批项目减少建设成本、提高效率提供借鉴和依据，将有力地提高光热发电的经济和社会价值。”

#### 练好内功开拓海外市场

当前，光热发电产业在全球得到了广泛关注，智利、摩洛哥、沙特阿拉伯、阿联酋等多个新兴市场潜力不断释放。英国权威数据分析公司 Global Data 发布的行业分析报告指出，光热发电技术具备高效及储能等优势，且成本下降空间可期，市场发展前景光明。分析报告预计，到 2030 年，全球光热发电装机规模有望增长至 22.4 吉瓦。国际能源署（IEA）预测到 2050 年，全球电力供应中将有 11% 来自光热发电。

据了解，今年，全球约有 10 个商业化光热发电项目处于实质性开发阶段，总装机容量 1460 兆瓦，其中海外项目 6 个，总装机 1210 兆瓦。

近年来，跟随“一带一路”建设步伐，我国光热企业开始在南美、北非、中东、南欧等地站稳脚跟，持续扩大中国品牌影响力，逐渐从项目总包和投资方向项目主设备供应商、集成商方向发展。

2018 年，上海电气集团股份有限公司在充分市场竞争的情况下，以世界最高标准赢得了迪拜 700 兆瓦光热发电项目的总承包机会。今年，我国企业参加总包的摩洛哥 250 兆瓦槽式 NOOR2、150 兆瓦塔式 NOOR3 光热电站相继投运，在海外市场建立起良好信誉。此外，希腊、智利、非洲等地的市场开拓也进入了新阶段。

浙江中控太阳能技术有限公司董事长金建祥表示：“示范项目所展现出的技术创新和工程能力，为中国企业走向海外奠定了良好基础，另外产业链发展带动了成本下降，也增强了中国企业在国际市场的竞争力。”

国际可再生能源署今年 5 月份发布的报告显示，2018 年全球光热发电的度电成本为每千瓦时 0.185 美元，较 2017 年下降 26%，较 2010 年下降了 46%。报告强调，成本显著下降离不开中国市场在供应链以及项目开发方面的贡献。

“摩洛哥 MASEN 公司已与中国科学院商讨，在摩洛哥共同建立中国太阳能热发电技术产品的试验展示基地，为国产光热发电产品进入非洲做技术铺垫，首批项目合同正在洽谈中。”国家太阳能光热产业技术创新战略联盟理事长王志峰介绍说。

#### 补贴退坡期待合理缓冲期

走向清洁低碳化是能源转型的大势所趋。与常规煤电机组相比，光热发电具有更宽的调节范围和调节速度，因此在众多可再生能源发电中，光热发电可靠且灵活，并具备储能作用，可显著提升电网接纳光伏、风电的能力，为电网提供安全保障。

孙锐分析说：“光热集发电和储能于一身，同一地点、同等容量的光热发电机组发电量是光伏的 2.6 倍，能够提供 100% 电力保障，可以显著减少高比例风电和光伏接入后电力系统对储能电站容量的需求，与光伏、风电形成互补。”

孙锐认为，随着大规模新能源机组占比不断提升，煤电占比持续降低，西部地区风电和光伏依赖煤电打捆外送模式将不可持续。以甘肃酒泉至湖南的±800 千伏祁韶线为例，该输送通道已经建成投运，原规划设计外送电量的 60% 为煤电，配套煤电机组 600 万千瓦，其中新建 400 万千瓦。然而全国煤电机组出现过剩局面，能源主管部门暂停了 200 万千瓦煤电机组的建设。由于缺少调节电源，该通道的输电功率与设计值相差甚远，当地的风电、光伏电力送不出去，弃风、弃光现象严重。

“如果建设 200 万千瓦光热发电替代被暂停的煤电机组，外送的可再生能源电力比重将提升到 80% 以上，目前地方政府已开展了相关研究工作。”孙锐表示。

光热产业方兴未艾，如何破解发电成本高企难题，黄文佳和金建祥早已成竹在胸。“再经过两三轮示范项目的持续建设，光热发电有望实现调峰平价。”

孙锐分析说：“如果光热发电装机每年保持一定增长规模，使产业链逐渐发展壮大，保守估算，2030年光热发电成本将下降到0.7元/千瓦时以下。”

与此同时，多位业内人士也担心，我国光热产业尚处于示范发展阶段，如果补贴政策发生重大调整，不仅会使产业发展陷入停滞不前的窘境，还有可能让刚刚培育起来的产业夭折。而一旦失去国内创新及产业链成本优势，中国企业在国际市场的竞争力将不复存在。

专家认为，补贴退坡是大势所趋，但应该是一个渐进的过程。“光热发电项目建设周期长，同时，我国西北部独特的气候环境导致有效工期不足8个月，因此首先要因地制宜、实事求是，给光热产业发展一个合理的缓冲期，以免造成大起大落。”王志峰坦言。

经济日报 2019-10-14

## 隆基：以技术创新 应对市场竞争

“技术进步仍然是推动光伏度电成本继续下降的主要驱动力。”近日，在2019中国国际清洁能源博览会上，隆基乐叶光伏科技有限公司董事长助理兼全球市场负责人王英歌如此评价技术对光伏产业的意义。

也正因如此，隆基绿能科技股份有限公司（简称“隆基”）一直注重创新研发，不断加大科技投入，一次次突破行业技术发展瓶颈。

### 创新引领产业进步

2006年，以半导体业务为主的隆基正式踏足光伏产业，专注于单晶硅片业务。据了解，在单晶硅片制造环节有两个重点：一是单晶生长，二是切割。为降低单晶硅片生产成本，提高硅片生产效率，隆基大胆进行技术革新，在短短7年内，先后大力推广了两种行业沿用至今的创新技术，让单晶硅片不再打上昂贵的标签。

“和半导体行业相同，此前光伏行业广泛运用的是CZ技术，早期面临拉速低、单位产出低的问题。为此，隆基提出了RCZ生长工艺，大大提高了拉速，单位产出随之提升，成本也随之降低。”王英歌告诉记者。

在切割环节，为减少耗材、大幅降低硅片不良率，隆基审时度势，首先确定了产线从砂线切割向金刚线切割全面转换，站在了产业的前端。

2016年，隆基推出Hi-MO1，引领行业进入单晶PERC时代；2017年，隆基推出Hi-MO2，引领行业进入双面产品商业化时代；2018年，隆基再升级，推出Hi-MO3，助力组件功率大大提升。

“其实，做技术有一个最简单的方式，就是快速地跟进、模仿，但这绝不是隆基的选择。”王英歌对记者说，“在技术方面，隆基一直是行业的引领者，从历史上看，隆基的每一项新技术、新产品几乎都是行业的风向标。”

### 追求更高的转换效率

“为全球客户提供高效单晶太阳能发电解决方案”——一直以来，隆基的目标从未改变。

今年6月，在第十三届（2019）国际太阳能光伏与智慧能源（上海）展览会暨论坛（SNEC）上，隆基携新品M6硅片和Hi-MO4组件亮相。

据隆基乐叶光伏科技有限公司产品营销总监王梦松介绍，相较于158.75尺寸硅片，M6在输出功率上有8.8%的提升。Hi-MO4则采用了新一代PERC技术，组件正面效率高达22.5%。

“在6月发布时，Hi-MO4的功率还是420瓦起，如今Hi-MO4的功率已经可以达到440瓦，最高功率达450瓦。”王梦松说，“目前，Hi-MO4的意向订单已超过2吉瓦，今年第三季度起将来迎规模化生产。”

经历三年攻坚，隆基于今年8月推出针对于光伏分布式市场的Hi-MOX组件。该组件融合了叠

瓦工艺技术和高效 PERC，实现了高效率与低衰减，正面转化效率达到 20%，组件功率达到 350 瓦 (60 型)。

“未来，单晶 PERC 电池效率还有很大的提升空间。”王梦松表示，“目前，我们产线上的电池转换效率是 22.5%，预计 2021 年量产效率可达 23.5%。长期来看，单晶 PERC 电池量产效率达到 24% 很有希望。”

持续加大研发投入

8 月 28 日，隆基股份市值突破千亿元大关。在获得资本市场认可的背后，是隆基对于高效产品的不断攻关和对先进技术的不懈追求。

据透露，截至 2018 年底，隆基股份近 5 年研发投入累计达 34.55 亿元，成为全球在研发投入上最多的光伏制造企业。

“我们已经进入了一个正向循环。”王英歌说，“通过技术方面的暂时领先，保证产品的领先优势，保持优于行业平均水平的盈利能力，用利润反哺公司的技术研发。”

隆基如何看待光伏产业在技术上的发展趋势？

“未来 3 年内，PERC 技术仍是主流。更长远的未来，PERC 技术还可以和其他新兴技术叠加。希望到我退休的时候，组件转换效率可以突破 35%，甚至 40%。”王梦松笑谈。

虽然 PERC 技术在 2-3 年内仍是市场主流，但隆基对创新技术的追求并没有止步。王梦松告诉记者，对于异质结、Top-con 等技术，隆基都有相应的研究投入和技术储备。未来究竟哪种技术路线会成为宠儿，还需市场检验。

本报实习记者 董梓童 中国能源报 2019-10-07

## 东方日升为美国加州温莎当地规模最大“漂浮光伏系统”提供组件

近日，《美国全球新闻》报道称美国加州温莎镇将建造当地最大的海上浮动太阳能系统，该项目装机规模为 1.78MW，安装在镇上最大的循环水储水池上，预计能满足镇上 90% 的水处理和水泵设施的能源需求，阵列将漂浮在池塘中，并系在岸边，使其能够抵抗风和地震荷载。

东方日升新能源股份有限公司（以下简称“东方日升”）为该项目供应全部组件，产品规格为单晶组件 360W。1.78MW 的系统将为温莎废水回收设施、公共工程公司场地和间歇泉泵站发电，提供约 90% 的水回收设施的电力需求，同时根据设施现有的电网服务节省约 30% 的电力成本。

东方日升表示：“本次项目是我们在美国参与的首个海上项目，也很荣幸成为当地标志性地、规模最大的海上光伏系统项目。这次我们与当地安装商、光伏支架供应商、电气公司等合作，实现行业领先的光伏系统设计，一同为当地项目建造提供服务，也多方努力的成果。”

该项目已与温莎镇签订了 25 年租赁和购电协议（PPA），以提供折扣的清洁能源。该太阳能系统将使温莎在公用事业价格上涨的情况下更好地控制其电力成本。通过签订购电协议，该镇可以在不进行任何投资的情况下大幅降低能源开销，海上太阳能正在成为一个有吸引力的能源替代市政当局寻求降低运营成本和保存宝贵的土地用于其他发展。

温莎镇公共工程主任托妮·贝托莱罗说：“我们的水回收和公司庭院设施目前占该镇温室气体排放量的 40%。“安装这种新型海上漂浮太阳能阵列将使我们能源对污染源的依赖性每年减少约 350 公吨二氧化碳，这是实现我们的气候行动计划减排目标的重要一步。漂浮太阳能项目将只覆盖池塘可用水面面积的 22%。它不会对池塘的生物学产生影响，并会减少蒸发造成的水损失，抑制藻类生长。”

东方日升作为全球光伏行业的领导者和先驱者，一直以来对新兴市场布局、光伏新领域开发保持领先的市场洞察力，他们表示水面光伏电站系统是非常具有潜力的未来电站形式之一。根据相关分析，水面漂浮光伏电站将在全球得到广泛发展和应用。全球各地区总计超过 300GW 漂浮电站潜力，未来两年 10GW 装机目标。

中国能源网 2019-10-09

## 绿色能源装点新国门

秋日黄昏，霞光满天，天安门正南 46 公里处，北京大兴国际机场（以下简称“大兴机场”）熠熠生辉。9 月 25 日，这座世界最大空港正式投运。

大兴机场被誉为“世界新七大奇迹之首”，成为我国一张新的“世界名片”，可再生能源总量占机场年综合能源消费总量约 12%，是目前我国利用可再生能源比例最高的机场，被誉为“绿色新国门”。中国能建所属单位参与设计、建设了大兴机场相关电力能源项目，助力打造综合能源服务领域的建设样本。

### 线路迁改出良方

大兴机场配套新建 7 座变电站，形成了“500 千伏双枢纽，220 千伏、110 千伏双链式接线”的网架结构，这种结构可使供电可靠性更高。

华北院积极参与机场配套设施建设，设计了安定变电所-固安变电所 500 千伏双回线路（以下简称“安固一线”）迁改工程、机场分布式光伏发电项目、新建城际铁路联络线一期工程空港新区 110 千伏牵引变电所接入系统。

2018 年 12 月 27 日，历时五载，安固一线迁改工程投运。该线路采用单、双混合方式架设，新建单回路 26 千米、同塔双回路 42 千米，仅有 4.5 千米原有线路被保留。迁改后，线路长度为 60 千米，较原来增加 19 千米，新建线路规划路径经过北京大兴和河北廊坊企业、民居密集区域，涉及面广，工期紧、任务重，对设计工作提出了更高的要求。

### 机场光伏探“蓝海”

9 月 19 日，由华北院设计、北京电建承建的大兴机场分布式光伏发电项目如期投运。北一跑道区地面光伏系统距离跑道中心线仅 150 米，使大兴机场拥有了全球距离跑道最近、我国首个飞行区跑道旁铺设的光伏系统。

资料显示，大兴机场航站楼同比能耗降低 20%，是国内首个节能建筑 3A 级项目。其中，分布式光伏发电项目装机总容量 5.61 兆瓦，分布在北一跑道区、货运区和公务机区，每年可供电 610 万千瓦时，相当于节约标准煤 1900 吨，减少二氧化碳排放量 966 吨、二氧化硫 14.5 吨，并同步减少各类大气污染物的排放。

建设期间，华北院解决了光伏电站光反射、电磁辐射等各项问题，减少了机场“光污染”。同时，首次将光伏和人工草皮结合使用，并配置了自动清洗机器人，采用了 3 排组件高低不同的配置，以满足机场光伏项目的特殊土建要求。

北一跑道施工区全长 2 公里，地下均为机场重要信号线路。在螺旋桩施工时，地下 30 厘米处有大面积混凝土，桩机难以将螺旋桩正常旋入地下。华北院联合北京电建，迅速确定了先引孔再旋桩的施工方案，保证了项目按计划推进。

如今，大兴机场 1.3 万余块光伏组件整齐排开，源源不断送出绿色电能。

### 地源热泵控冷暖

大兴机场建成了我国最大的多能互补地源热泵系统、全球最大的浅层地源热泵集中供能项目，将有效解决机场 257 万平方米建筑的供热和制冷问题。

据了解，该地源热泵系统位于永定河蓄滞洪区内，由新建地源热泵系统工程和烟气余热深度回收利用工程两部分组成。

“该系统每年能提取浅层地热能 56.36 万吉焦，总供热能力 176 兆瓦，总供冷能力 123 兆瓦，相当于节省天然气 1735.89 立方米或标准煤 21078 吨。”葛洲坝装备公司所属华电华源公司董事长、党总支书记罗鸿铸介绍道。该公司应用其自主开发的“华源自控系统”软硬件集成产品，承担了大兴机场航站楼冰蓄冷能源中心和配套区块地源热泵、冰蓄冷能源中心的自控系统集成及软件系统开发和系统调试工作。

大兴机场地源热泵系统两个能源站共安装了 8 台地源热泵机组。同时，为增大供能面积，加大

设备运行期间对多种可再生能源的综合利用，又分别在两个能源站配套安装了 5 套锅炉烟气余热回收热泵和 1 套冰蓄冷设备。

“大兴机场地源热泵系统通过耦合设计，实现了地源热泵与集中锅炉房、锅炉余热回收系统、常规电制冷、冰蓄冷等有机结合，形成了稳定可靠的复合式地源热泵系统，开创了浅层地源热泵利用的新形式。”罗鸿铸表示。

据测算，大兴机场地源热泵系统可再生能源和余热利用节能，每年可减少二氧化碳排放量约 2.6 万吨，相当于种植了 140 万棵树，是真正意义上的绿色节能空调系统。

本报记者 慕悦 特约通讯员 张春蕾 张垚 王冠 孙爱军 中国能源报 2019-10-14

## 葛洲坝集团签约老挝阿速坡光伏电站合同

本报讯 当地时间 9 月 27 日，中国能建葛洲坝集团所属国际公司在老挝首都万象签署老挝阿速坡 300 兆瓦光伏项目 EPC 合同，合同金额约为 4.5 亿美元。项目建成后，将成为老挝最大的光伏电站，助力老挝“东南亚蓄电池”国家战略的实现。

近年来，葛洲坝国际公司按照高质量发展要求，积极推进新能源业务“走出去”，牵头成立新能源国际投资联盟，整合中国新能源全产业链龙头企业抱团出海。目前，联盟内储备项目达 52 个，总装机容量超 10 吉瓦，成功签约了一批代表性项目。

刘明道 中国能源报 2019-10-14

## 补贴退坡引发光热发电行业焦虑

业内认为，补贴退坡是大势所趋，但应该是一个渐进的过程，不同产业区别对待，不搞“一刀切”。目前，光热发电产业尚需一段时间，使刚刚建立起来的产业链得到规模化发展，从而降低发电成本，最终完全走向市场。

获得政策大力支持的光热发电项目，今年底或将迎来“大丰收”。刚刚过去的 9 月，中电建青海共和 50MW 熔盐塔式光热发电项目、鲁能海西州多能互补集成优化国家示范工程 50MW 光热发电项目成功并网发电。有知情人士向记者透露：“预计今年年底前，我国有望再并网 4 个项目，新增装机 250MW 左右。”

自 2005 年发展至今，我国光热发电产业从无到有，已经具备了相当的产能规模，规模效应逐渐显现。然而，喜悦伴随着焦虑。采访中多位业内人士表达了“补贴若突然退坡，可能导致光热发电产业发展停滞”的担心，期望给予合理的缓冲期。

示范效果显著 设备国产化率已超 90%

从 2016 年国家能源局启动首批 20 个光热发电示范项目以来，光热发电装机规模总量达 1.35GW，开启了我国光热发电的商业化进程，并带动了一批材料、设备制造以及电站建设企业快速发展。截至目前，首批示范项目中共有 4 个建成投产，并网运行的光热发电项目累计装机量达到 320MW。

“虽然我国光热发电起步较晚，但部分技术已经走在国际前列。”电力规划设计总院副院长孙锐告诉记者，通过首批示范项目，带动了相关企业自主创新，突破了多项核心技术，并形成了完整的产业链，目前设备国产化率超过 90%。

据统计，截至 2018 年底，我国具有槽式玻璃反射镜生产线 6 条，槽式真空吸热管生产线 10 条，机械传动箱生产线 5 条，液压传动生产线 2 条，导热油生产线 3 条，熔融盐生产线 3 条，定日镜生产线 5 条，槽式集热器生产线 3 条，塔式吸热器生产线 3 条。

“例如，塔式聚光集热系统，在国际上也只有几家公司掌握该项技术，首航节能和中控太阳能等龙头企业，通过自主研发掌握了关键技术。项目建成投运后，运行性能良好。另外，兰州大成通过自主研发，掌握了熔盐菲涅尔式聚光集热技术，并率先开展了世界首个商业化电站建设。正在建设

中的玉门鑫能项目，也是全球第一个采用二次反射塔式聚光集热技术的商业电站。”孙锐介绍说。

北京首航艾启威节能技术股份有限公司（简称“首航节能”）董事长黄文佳告诉记者，“经过多年技术积累，小试、中试、企业示范项目和国家首批示范项目建设，光热产业积累了许多设计、制造、安装、运维等方面的人才，培养了多家系统集成商，吸取了大量经验与教训，为下一批项目减少建设成本、提高效率提供了借鉴和依据，将有力地提高光热发电的经济和社会价值。”

“示范项目所展现出的技术创新和工程能力，带动了产业链成本下降。”浙江中控太阳能技术有限公司（简称“中控太阳能”）董事长金建祥表示。

来自光热发电的新需求，化解了部分燃煤发电设备的过剩产能。“伴随着我国能源转型步伐的加快，传统煤电设备制造业产能过剩，正面临生存的困境。光热发电使用的汽轮机发电机组、蒸汽发生系统、换热器、泵、阀门、高温管道等设备和材料，正是煤电设备制造企业的优势产品，我国光热发电的发展将为煤电设备制造业提供绝好的转型机遇。”孙锐表示。

集发电储能于一身 能源转型光热不可或缺

孙锐分析说：“光热集发电和储能于一身，同一地点、同等容量的光热发电机组的发电量是光伏的2.6倍，能够提供100%电力保障，可以显著减少高比例风电和光伏接入后电力系统对储能电站容量的需求，与光伏、风电形成互补。”

孙锐认为，随着我国新能源占比不断提升，煤电占比持续降低，西部地区风电和光伏依赖煤电打捆外送的模式将不可持续。以甘肃酒泉至湖南的±800千伏祁韶线为例，该输送通道已经建成投运，原规划设计外送电量的60%为煤电，配套煤电机组600万千瓦，其中新建400万千瓦。然而在全国煤电机组过剩情况下，能源主管部门暂停了200万千瓦煤电机组的建设。由于缺少调节电源，该通道的输电功率与设计值相差甚远，当地的风电、光伏电力送不出去，弃风、弃光严重。

“如果建设200万千瓦光热发电替代被暂停的煤电机组，外送的可再生能源电力比重将提升到80%以上，目前地方政府已开展了相关研究工作。”孙锐透露。

尚需政策缓冲 宜先“规模化”后“市场化”

光热产业方兴未艾，如何破解发电成本高企难题，黄文佳和金建祥早已成竹在胸，再经过2-3轮示范项目的持续建设，光热发电有望实现调峰平价。“迪拜、智利的业主来华考察我们的项目时，对国内技术发展和成本下降的速度感到十分惊讶。”黄文佳表示。

孙锐分析认为，如果光热发电装机每年保持一定的增长规模，使产业链逐渐发展壮大，保守估算，到2025年，光热发电成本将下降至0.76元/千瓦时，到2030年将下降到0.7元/千瓦时以下。“如果参照国际经验，依据负荷侧的峰谷分时销售电价叠加电网的输配电价格确定发电侧的上网电价，光热发电依靠自身的技术优势，可将发电量优化调整到高峰和平峰时段，不仅满足了系统的调峰要求，也实现了自身可靠、灵活电力的经济价值，在市场中一定能够得到很好的发展。”

采访中，多位业内人士担心，我国光热产业尚处于示范发展阶段，如果补贴政策发生重大调整，不仅会导致产业陷入停滞不前的窘境，还有可能让刚刚培育起来的产业夭折。而一旦失去国内创新及产业链成本优势，中国企业在国际市场的竞争力将不复存在。

“补贴退坡是大势所趋，但应该是一个渐进的过程，具体产业区别对待，不搞‘一刀切’。”孙锐认为，目前光热产业尚需一段时间，使刚刚建立起来的产业链得到规模化发展，从而降低发电成本，最终完全走向市场。

“如果每年保持一定的装机规模，光热发电产业将得到快速发展，发电成本将可以大幅下降，同时，伴随上网电价形成机制的市场化改革，有望在2025年左右摆脱对补贴的依赖。”孙锐表示。

“光热发电项目建设周期长，同时，我国西北部独特的气候环境导致有效工期不足8个月，因此首先要因地制宜、实事求是，给光热产业发展一个合理的缓冲期，以免造成大起大落。”国家太阳能光热产业技术创新战略联盟理事长王志峰坦言。

本报记者 苏南 中国能源报 2019-10-14

## 首个二类资源区平价光伏电站正式并网发电

全球范围内，平价上网大潮强势来袭，以光伏为代表的可再生能源发电已具备了与火电同场竞技的基础，大势之下，曾经的火电巨头华能正在加速转型。

在华能 2019 年的投资计划中，风电、光伏的总投资占比攀升至 67.8%，其进军清洁能源雄心可见一斑。今年两会现场，华能集团董事长舒印彪再次表明华能扩张可再生能源的决心。舒印彪表示，面对全球能源转型大势，华能集团要持续提升可再生能源的装机比重，要在清洁能源领域走在前列，争当能源转型和推动清洁发展的排头兵。在首批光伏平价上网项目中，华能一举拿下约 700MW，昂然挺进平价上网先锋队。

近日，从陕北传来喜讯，华能陕西定边 60MW 光伏电站成功并网发电，这是华能集团 2019 年度科技项目，也是我国二类资源地区首个平价上网光伏项目。

该电站采用了业内最先进的技术产品和解决方案，核心设备全部国产化，自主可控，安全可靠，对我国研究保障国家能源安全、研究光伏电站关键设备选型和系统集成方案优化、加速光伏发电平价上网具有重要意义。在项目设计阶段，华能陕西发电有限公司、华能清洁能源研究院联合华为、东方环晟、晶科、隆基等业内领先企业进行了大量调研与综合对比，充分考虑了技术先进性、度电成本、项目地形等因素，创新采用了 1500V 系统，高效叠瓦双面组件、跟踪支架、智能组串逆变器、MBUS 宽带电力载波、4G 无线通信、大数据营维云中心等业内最先进的产品和解决方案，致力于将该项目打造成为平价上网光伏电站的“技术”标杆。



双面、叠瓦组件提高利用率

全球首个大型高效叠瓦双面组件项目

高效叠瓦双面组件发电量较常规单面组件提升 10%~30%，具备抗 PID 和抗隐裂能力，零透水性，寿命可达 30 年。华能定边 60MW 电站是迄今全球最大的叠瓦组件项目，对我国掌握高效双面组件的发电特性，最大化叠瓦双面组件的发电能力，最小化叠瓦组件光伏系统投资成本具有重要的示范作用。



（双面组件+平单轴+智能组串式逆变器）

### 1500V+双面+跟踪+智能组串式逆变器

发电量提升 1.45 倍

1500V 系统是提升 IRR 的关键一步，相比于 1000V 系统，不只是电压等级的提升，更重要的是实现了组件、逆变器、支架、线缆、施工、运维等全方位系统级的降本增效。该项目全部采用华为 SUN2000-175KTL 1500V 智能组串式逆变器，最大程度降低了组串失配带来的发电量损失，较传统逆变器发电量提升 3%以上；每路 MPPT 电流支持到 26A，完美匹配双面组件。在智能时代，以 AI 为代表的前沿技术集中爆发，该项目创新采用 AI 算法实现了 1500V+双面组件+跟踪支架+智能组串式逆变器的最优融合，比传统单面+固定支架方案发电量提升 20%以上。同时，业内首创的 AI 自主学习优化跟踪算法，实现功率闭环控制，更懂双面组件，比传统的双面+跟踪发电量再提升 0.5%以上。数据显示，该光伏电站自并网以来年均光伏利用小时数高达 2200 小时，发电量是临近相同容量光伏电站的 1.45 倍，远超业主预期。

### MBUS+4G 无线，通信最优组合

良好的通信是光伏电站实现实时监测的基础，该项目场区为盐碱地，占地约 2000 亩，平均海拔 1328 米，地势起伏，地形复杂，传统的通信方式可靠性、抗干扰性较差，不利于高质量运维。华能定边电站全部采用华为 MBUS 宽带电力载波传输，实际应用传输速率 115kbps，远远高于其他 PLC；时延小于 30ms，更快满足电站调度需求。同时采用了华为 4G 无线通信，整个 60MW 光伏电站布置 2 个 4G 基站即可完成所有的站内通讯。建设时无需挖沟埋光缆，整个工期在 1 周内完成，而且在“崎岖不平”的土地上，再也不用担心光纤断裂造成通信故障了。

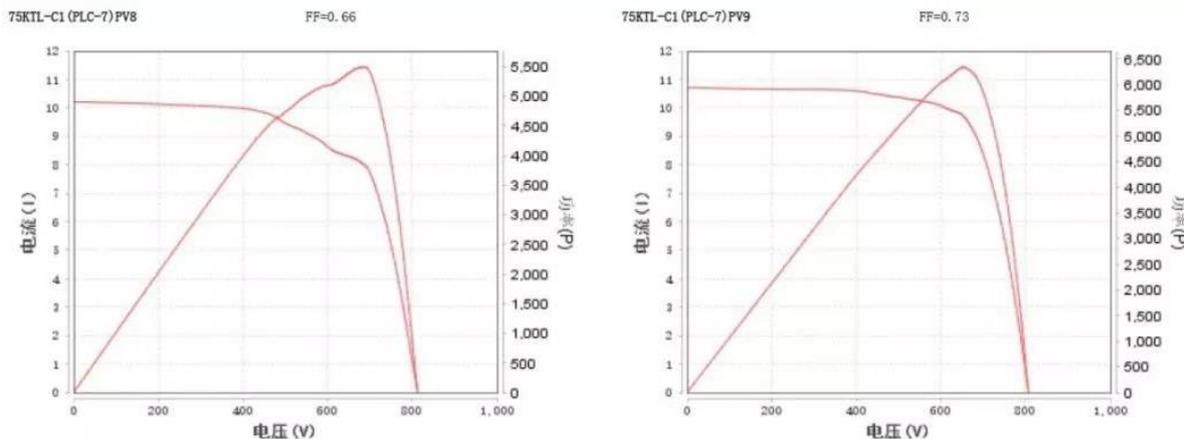
### AI 并网算法，稳定运行不脱网

随着定边新能源装机比例增加，并网稳定性成为重大挑战。华为在业内首次引入阻抗重塑的 AI 自主学习并网算法，融合动态阻尼适配算法，主动谐波抑制算法等多种领先并网算法，通过 AI 自主学习动态地调整电站本身的电气特性来匹配电网，保障在恶劣电网情况下稳定运行不脱网，从适应电网转向支撑电网。

### 大数据营维云中心，运维效率提升 50%

该项目采用大数据营维云中心，数据实时采集、云存储、大数据挖掘及分析系统，实现了生产、人员、资产和数据四个维度的全方位管理，通过智能化手段提高电站的管理和运维效率，降低管理和运维成本。借助最领先的通信技术，集团总部专家和电站现场运维人员协同工作，通过实时视频和语音通讯，电站现场维护人员在总部专家专业、准确的远程指导下实现自动化高效运维。通过营维分析系统和集团专家资源集中配置，实现了整个光伏电站由被动运维向主动营维的转变，由现场运维向移动/远程运维的转变，由粗放式管理向精细化管理的转变。





Isc[A]	10.22	Imp[A]	7.97	Pmax[W]	5491.80	组串内电流失配(遮挡/灰尘/组件电流不一致)
Voc[V]	812.70	Vmp[V]	688.80			
Irr[W/m²]	1051.97	Temp[°C]	39.70			
Isc[A]	10.72	Imp[A]	9.71	Pmax[W]	6344.20	组串正常
Voc[V]	806.60	Vmp[V]	653.30			
Irr[W/m²]	1051.97	Temp[°C]	39.70			

7号逆变器 PV8 故障组件与 PV9 正常组件 IV 曲线

传统电站巡检耗时长、效率低，一座 20MW 电站巡检要 1 个月的时间。若采用人工抽样巡检，又难免疏漏。AI 加持的智能 IV 诊断改变了传统人工抽样检测的方式，可对光伏组件进行 100% 全量检测，并自动输出报告，能精准识别多达 14 种组件故障；通过 AI 机器学习，提升双面模型识别精度，精准识别真正的遮挡和组件故障等，更加匹配双面组件场景。整个检测远程在线完成，无需人员上站，完全颠覆了传统运维模式，大幅提升光伏电站运维效率，提升电站全生命周期的营维效益。

随着智能时代的来临，5G、物联网、云计算、人工智能等新技术正在加速能源行业的数字化转型，数字化已成为平价上网的必由之路。

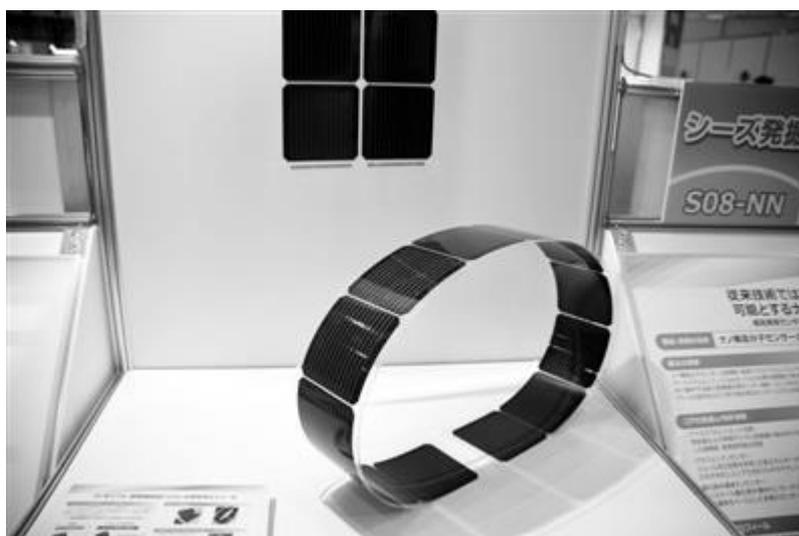
华能陕西定边 60MW 项目是高效智能光伏电站技术开发与应用的典范，是互联网+光伏的全新升级，对促进行业技术进步和产业升级，加速实现光伏发电平价上网具有重要灯塔意义。

华为智能光伏 2019-10-16

## 晶体硅太阳能电池模块柔软超轻

松下公司开发的柔软超轻晶体硅太阳能电池模块，在太阳能电池模块表面结构上用树脂或胶片替换玻璃基板，成功减轻了重量。在每两年举行一次的横贯澳大利亚大陆的世界太阳能车挑战赛上，2017 年日本队的参赛车辆使用了松下公司的这种高效率太阳能电池模块。该模块单位重量输出从 13W/kg 提高到 145W/kg。

图为松下公司展示的柔软超轻型太阳能模块。



科技日报 2019-10-15

# 风能

## 地方政府接力补贴是海上风电发展的多赢之举

经过两个五年计划的努力，我国海上风电累计装机容量已经达到 445 万千瓦，初步形成较为完整的海上风电产业体系，整体实力获得提升，价值正在显现，对我国特别是沿海地区能源结构调整和经济社会转型升级意义重大。按当前发展路径，我国海上风电完全可以在未来 5 年内实现平价上网，此时正值关键成长期，需要继续保持一定的补贴，逐步退坡，才能最终实现海上风电长远发展。

### 一、发展海上风电既是现实需要也是战略考量

众多国家将海上风电作为加快推进能源转型的核心路径。欧洲各国作为全球能源转型的重要推动力量，将海上风电作为发展重点。同样，海上风电开发对我国也具有重要战略意义。

第一，有助于加快能源转型进程。我国沿海省份经济发达，总耗能约占全国的一半且用能仍以化石能源为主，减排压力大，能源结构亟需调整。以广东省为例，其 GDP 约占全国的 1/8，而能源供应主要依赖化石能源，电力主要靠煤电。公开数据显示，截至 2018 年底，广东省的煤炭消费比重为 38%，煤电占全省用电量的 40.7%，不仅污染大，而且成本高，企业负担重。依靠丰富的海上风能资源，加速开发海上风电，可以有效推进这些地区的能源供给侧结构性改革。

第二，有利于实现地区经济结构转型升级，带动海洋经济产业发展。根据彭博新能源财经统计，2018 年，全球海上风电直接投资额为 257 亿美元，预计 2030 年将达到 5000 亿美元。从欧洲的情况来看，相关领域大规模投资极大推动了当地产业结构升级，带动就业，加速技术创新。通过大力发展海上风电业务，丹麦埃斯比约港、英国赫尔港等都完成了从以油气业务为主向海上风电母港的升级，并产生很好的辐射效应。我国广东阳江，江苏如东等地具备建设海上风电母港的良好条件，可以通过产业配套，集合海上风电全生命周期产业价值，打造出多个千亿元级产业集群，为地方经济注入强大动能。

第三，有利于确保我国的能源供给安全。2018 年，我国能源对外依存度达到 21%，原油的对外依存度攀升至 71%，每年石油进口成本超过 1000 亿美元，过高的能源对外依存度为国家带来政治和经济风险。充分挖掘海上风能资源，能够有效提高我国的能源供给安全系数。

第四，海上风电涉及众多高端装备制造的尖端技术，将带动我国在高端轴承、齿轮箱和大功率发电机等方面取得突破。同时，具有前瞻性的海洋测风、海洋基础、海洋施工和专业船舶设施研究等工作也会伴随海上风电技术开发而开展。此外，海上风电创新发展的过程中还可面向全球吸纳高端人才，推动长三角、粤港澳大湾区等国家级战略落地。

第五，发展海上风电与我国建设海洋经济的国家战略高度契合，海上风电可以与海洋牧场等融合发展，还能够为海工装备制造制造业培育新的增长点，为我国实施海洋强国战略提供技术支撑。

### 二、未来 5 年保持合理的补贴是我国海上风电实现平价的必要条件

我国的风电补贴政策起到了很好“四两拨千斤”的效果，国家并未动用过多资金，通过消费端分摊成本，用电价附加的方式撬动起一个具备世界领先水平的高端装备制造产业和绿色电力产能。目前，通过十余年的补贴，支持了陆上风电的规模化发展和技术进步，陆上风电已经在大部分地区实现平价上网。

过去 5 年，全球海上风电成本下降已超过 50%，近期的欧洲竞价结果显示，2020 年前投产运营的部分项目不再需要政府补贴。我国目前近海风电项目的投资造价大约为 1.4 万元/千瓦-1.9 万元/千瓦，相比 2010 年建成的上海东海大桥项目的 2.37 万元/千瓦，下降了 20%以上。

当下，我国海上风电处于起步阶段，未来几年是技术创新和变革的关键期，仍有很多降本增效空间。比如机组大型化，通过大量应用 8MW、10MW，乃至更大单机容量的机组，可以有效降低初始投资、安装与运维费用。再加上大规模开发所形成的规模效应、专业化施工船舶和设备的投用、

数字化技术手段的普及等，都将带动全生命周期成本的下降，以及发电效率的提升。

未来5年，我国海上风电的度电成本有望下降40%以上，到2025年基本实现平价无补贴。此时有必要对海上风电保持一定的补贴，逐步退坡，保证一定的市场容量，才能维持海上风电进一步发展的步伐，避免一个具有远大前景的战略性新兴产业半途而废。

### 三、地方政府接力补贴助海上风电尽快走完关键成长期

当前的可再生能源补贴资金缺口越来越大，在目前的经济形势下，通过增加可再生能源附加的方式来减少缺口，面临很大阻力。据悉，有关部门准备将采取以收定支的方式，确立今后需要补贴的可再生能源建设规模。同时，拟从2022年开始，停止新建海上风电项目的中央补贴，鼓励地方政府自行补贴，支持本地海上风电项目的建设。

发展海上风电对地方经济发展的带动作用大，对地方经济社会发展、优化能源结构、提高能源自给率具有积极意义，而且广东、江苏、浙江、福建等沿海省份，既是负荷中心，财政实力也强，补贴负担相对较轻。

根据相关政策测算，每年新增海上风电并网容量控制在300万千瓦（这个规模的市场容量，基本可以满足海上风电产业技术进步和持续发展的需要），地方政府从2022年开始接力补贴新并网的海上风电项目，2022年的补贴强度为0.2元/千瓦时，此后每年降低0.05元，到2025年补贴强度为0.05元/千瓦时，2026年退坡至零。2022-2025年间，每年需要的补贴资金分别为18亿元、31.5亿元、40.5亿元和45亿元。这些补贴平均分摊到广东、江苏、浙江、山东、福建等沿海省份后每年大概需要3.6亿元-9亿元，占上述5省2018年财政收入（一般公共预算收入）比例最高不超过0.3%，最低仅为0.03%。即使按照5%的财政收入增长速率考虑，届时这个比例会更低。但通过这些补贴，可以带来每年超过500亿元的固定资产投资，并拉动数万就业。

对广东和江苏而言，如果每年新增并网容量为100万千瓦，同样按照以上方法测算，2022-2025年间，两省每年各自需要补贴6亿元、10.5亿元、13.5亿元和15亿元。相比两省2018年度12102.9亿元、8630.2亿元的财政收入，补贴微不足道。每年拉动的固定资产投资均在150亿元以上，还可以带来长久税收。此外，还能有效支撑两省已建成及规划好的海上风电装备制造基地，运维母港等配套产业的健康持续发展。

地方政府高瞻远瞩，接力补贴，将为海上风电发展营造稳定的政策环境，助力其尽快走完关键成长期，在2025年实现平价，成为地方经济社会发展的新引擎。

（作者系中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长）

秦海岩 中国能源报 2019-10-14

## 全球最大单体陆上风电项目开建

本报讯 记者李丽旻报道：9月26日，内蒙古自治区人民政府与国家电力投资集团有限公司（下称“国家电投”）深化合作框架协议签约仪式暨乌兰察布风电基地一期600万千瓦示范项目开工建设动员大会在四子王旗召开。会上宣布，乌兰察布600万千瓦风电示范项目作为我国首个大规模风电平价上网示范项目，也是目前全球最大单体陆上风电项目，现已进入工程建设阶段。

在会上，内蒙古自治区政府与国家电投集团公司、乌兰察布市政府与国家电投内蒙古公司分别完成了深化合作协议签约，上海电气、金风科技、海装风电、明阳智慧和东方电气等整机供应企业与该项目方签署了供货合同。

近年来，随着北京“绿色冬奥”的开展，清洁用电、低碳减排成为环保主旋律，而乌兰察布则成为了国内距离京津冀负荷中心最近的风电建设重点区域之一。据现场工作人员介绍，该区域风能资源品质高、可开发量大、风向稳定、距离负荷中心较近，且该地区多平原和缓丘，建设难度相对较低，适合大规模开发，是目前国内最具备规模化平价上网示范条件的地区。资料显示，四子王旗地区平均风速在7.28-9.6米/秒之间，风功率密度在378-898瓦/平方米间，属于一类风能资源区，也是我国

境内风资源禀赋最优良的地区之一。

早在 2015 年底，国家电投便提出基地化开发建设乌兰察布新能源项目的战略构想。2018 年 3 月，国家能源局复函同意该风电基地开发建设，一期规模为 600 万千瓦，同年 12 月地方发改委核准项目，这一项目预计将于 2020 年全部建成并网发电。

国家电投党组书记、董事长钱智民在会上表示：“这一项目总投资约 400 亿元，是目前全球一次性开发规模最大的单体陆上风电项目，也是国家首个大规模可再生能源平价上网示范项目，也是推动我国能源转型发展的重大示范项目，对于探索新能源资源优势区域可持续发展具有重大意义。”

记者从现场了解到，乌兰察布风电基地占地总面积约为 2072 平方千米，所发电量将通过 500 千伏交流通道跨区域输送至京津冀电网，项目投运后每年可为京津冀输送清洁电能近 200 亿千瓦时，替代标煤约 600 万吨，减少二氧化碳排放约 1600 万吨。

值得注意的是，该风电项目上网电价将与电网接入端京津冀火电同价。国家电投内蒙古公司党委书记、执行董事（董事长）刘明胜指出：“虽然我们是风力发电，但不向国家要绿电补贴，输送到京津冀地区的风电和火电一样平价上网，不推高当地电价，打造真正的风电平价上网基地。相对于京津冀地区目前风电电价，该项目预计每年可减少国家和地方补贴 24 亿元，20 年经营期内总计节省财政补贴约 480 亿元。”

另外，该项目将采用高分辨率全球气候模型、5G 通讯、智能巡检机器人等先进技术，结合不同地形的优化风机排布，中标机型单机平均容量 4.16 兆瓦，带动国内陆上风电机组从 2.0 兆瓦时代迈向 4.0 兆瓦时代，且故障率控制在 0.5% 以内，总运维人数较常规风电场减少 50% 以上。

项目工作人员向记者介绍，乌兰察布风电基地要打造成为“一流规划、一流设计、一流设备、一流工程、一流运维、一流成果”，实现“平价上网示范、先进技术示范、智慧智能示范、工程建设示范、生态改善示范、社会效益示范”。

中国能源报 2019-10-07

## “大国重器”成海上风电新引擎

东方电气 10MW 海上风力发电机组成功下线

高度约两层楼的白色电机似乎要破穿屋顶而出，可以想象安装叶片后直径达 185 米的风机将成为怎样的“巨无霸”。9 月 25 日，我国首台具有自主知识产权的 10MW 海上风力发电机组在中国三峡福建海上风电国际产业园——东方电气风电有限公司福建生产基地下线。据了解，该机组是目前全亚洲功率等级最大、叶片最长的抗台风型海上风力发电机组。国内首台最大功率风机下线，对我国海上风电行业、对福建省分别意味着什么？

风电界的“海上巨无霸”

下线仪式上，随着倒计时的结束，白色的庞然大物徐徐转动，标志着东方电气 10MW 海上风力发电机组研制成功，中国风力发电设备正式迈入万千瓦级。

据了解，该 10MW 海上风力发电机组由中国东方电气集团公司（下称“东方电气”）和中国长江



三峡集团联合开发，是针对中国福建、广东等海域 I 类风区设计的具备超强抗台风能力的海上风力发电机组，单机容量 10MW，叶轮直径 185 米，在年平均 10 米/秒的风速条件下，一台机组每年可以输送出 4000 万度清洁电能，可以减少燃煤消耗 13000 吨，二氧化碳排放 35000 吨。

此前，10MW 海上永磁直驱风力发电机、国内首款 10MW 功率等级 B900A 型叶片分别研制成功和下线。“海上 10MW 机组成功研制，是东方电气风电产业技术创新实现弯道超车、已完全具备大功率海上风力发电机组研发和生产制造能力的重要标志，是东方电气集团引领国内海上风电‘无人区’、实现我国大兆瓦级风力发电机组自主品牌历史性突破的里程碑。”东方电气风电公司党委副书记、董事长、总经理贺建华表示。

技术使安全、成本双赢

贺建华介绍，10MW 海上风力发电机组具有以下五个特点：一是安全性高，由于采用了直驱永磁路线，从本质上避免了润滑油系统，减少火灾隐患。二是发电性能更好。发电效率高出目前行业效率 1%—3%，满发小时数可达到 4000 小时。三是征海面积少，工程造价低，与 5MW 海上风电机组相比，机位数可以减少 50%，征海面积减少 35%—40%，工程建设周期可以缩短 6—8 个月，整体造价节省 2.5—3 亿元。四是抗台风、抗腐蚀能力更强，能够满足 77 米/秒（超过 17 级）抗台风需求。五是维护运营成本低，平均无故障时间可以达到 3000 小时以上，定检间隔时间周期由半年提高至一年，发电损失更小。

在下线仪式现场，东方风电还发布了 2019 年五款新产品，分别是东方 3.2SMW、4.0MW、4.5SMW 陆上大功率永磁直驱风力发电机组，以及 7.0MW、10MW 海上大功率直驱风力发电机组。东方风电研发中心主任郑大周介绍，该五款风机分别为陆上中低风速区域、中高风速区域、海上中低风速区域、海上高风速区域量身定制。通过平台化设计，用一到两年的时间完成这五款单机容量大、等级跨度高的风力发电机组，将有力助推风电行业发展。

立足福建 打造风电“大国重器”

“真正的大国重器，一定要掌握在自己手里。”与陆上风电相比，我国海上风电具有资源丰富、不占用土地、靠近电力负荷中心、发电利用小时数高、适宜大规模开发的特点。福建省海上风电资源禀赋优越，开发潜力巨大，发展前景良好。福建省也将建设成为中国海上风电大型基地之一。

随着风电装备降本增效，风电迎来了发展的好时代。如何抓住这个好时代的东风？关键还在装备升级。

据了解，福建基地作为东方电气海上风电整机电机制造和出口的核心基地，达产后大型海上风机整机制造能力将达到 50 到 100 万千瓦，产值可实现 30 到 60 亿元。

在这里刚刚下线的 10MW 海上风电机组将安装在三峡福清兴化湾海上风场。“福建基地作为大型风机电机的试验中心、海上风电的运维服务中心，拥有当今国内功率最大的 12MW 等级全功率试验平台，并配备智能制造远程诊断服务系统。我们的目标是以福建基地为中心，打造风电大国重器，引领海上陆上风电发展。”贺建华表示。

本报实习记者 齐琛 中国能源报 2019-10-07

## 中电国际携手挪威国油发力海上风电

本报讯 日前，国家电投旗下中电国际（CPIH）与挪威国家石油公司（Equinor）签署全球战略合作框架协议。双方签署的谅解备忘录显示，两家企业将拓展合作的可能性，共同致力于开发中国和欧洲海上风电项目。

Equinor 新能源解决方案相关负责人说：“中国可再生能源和天然气的使用增速非常快。2030 年中国将成为世界上最大的海上风电市场。Equinor 作为海上风电专业公司，很高兴与中电国际合作开发海上风电。”

中电国际总裁田钧表示：“作为中国领先的电力开发商，中电国际一直在发展国际化战略，以

期成为全球领先的可靠能源供应商。中电国际和 Equinor 之间签署谅解备忘录，是双方进入可再生能源新市场并建立长期战略合作伙伴关系的重大一步。坚信双方在中国和欧洲之间的合作，将为风电行业带来丰富的经验、专业的知识和行业专长。期待着与合作伙伴在国内外市场上加深这种伙伴关系，共同发展可持续能源业务。”

至此，Equinor 成为继法国电力集团之后第二个在中国投资海上风电项目的国际能源巨头。两家公司都是通过与国有电力企业合作的模式进入中国海上风电市场。

曾诗雨 中国能源报 2019-10-14

## 德国加快发展海上风电 2030 年装机拟增 3 倍

本报讯 据德国新闻社近日报道，德国政府拟加快海上风电的发展进程。根据其最新计划，到 2030 年，德国海上风电装机容量将达 20 吉瓦，较目前 6.7 吉瓦的装机容量增长 3 倍。

德国下萨克森州经济、劳动与交通部部长奥拉夫·利兹表示，该计划将“不仅仅是一个努力目标”，未来短期内它还将获得法律保障。

据了解，近几年，德国海上风电发展迅猛，已逐渐成为德国能源转型的支柱型产业。德国官方数据显示，2019 年上半年，德国新增加了 42 台海上风电机组，较去年同期增长了 30%。与此同时，截至目前，德国约有 1350 台海上风电机组已实现并网发电。

奥拉夫·利兹还预测，随着电网容量的进一步扩大，预计德国海上风电新增装机容量还将进一步快速增长，同时带动风机制造企业的升级发展。

不过，与海上风电蓬勃发展形成鲜明对比的是，德国陆上风电新增装机量却出现了快速下滑。统计数据显示，今年前 6 个月，德国陆上风电新增装机容量仅为 287 兆瓦，较去年同期下滑 82%，是近 20 年来的最低水平。

据了解，目前，德国政府已拟定了陆上风电发展时间表，希望借助政府力量带动该产业的发展。德国经济部在其官网表示：“陆上风电将为德国兑现减排承诺贡献力量。同时，发展风电产业也是助力德国实现‘到 2030 年可再生能源发电量达到 65%’目标的重要一步。”

董梓童 中国能源报 2019-10-14

## 华能建成国内离岸最远海上风电场

9 月 29 日 18 时 08 分，国庆前夕，国内离岸最远的海上风电场——华能大丰一期 30 万千瓦海上风电场正式并网运行。这是华能在东部沿海省份打造千万千瓦级海上风电基地进程中迈出的坚实一步，也是华能为祖国 70 华诞献上的一份特别礼物。

大丰海上风电场位于江苏盐城市大丰区毛竹沙海域，中心离岸距离约 55 千米。一期装机容量为 30 万千瓦，共有风机 68 台，包括 48 台 4.2 兆瓦机组、20 台 5 兆瓦机组。自 2018 年 12 月 20 日开工建设以来，项目全体人员不畏艰险、日夜奋战，努力克服工程离岸远、主海缆路由海床复杂多变、主体施工海域气候多变、施工窗口期短、施工船机匮乏、主机交付困难、海上施工协调艰难等诸多不利因素，历时 9 个月 10 天，高质量、高标准完成了工程建设任务，为我国今后开发和建设深远海海上风电项目积累了丰富经验，打下了坚实基础。

一期项目建成投产后，预计年上网电量为 8.6 亿千瓦时，相当于每年节约标煤 26.49 万吨，减少二氧化碳排放 58.28 万吨、灰渣 10.6 万吨、烟尘 51.6 万吨，节水 254 万立方米，有显著的环境效益。

人民日报中央厨房-麻辣财经工作室 2019-10-08

## 核能

### 英拟建世界首座核聚变电厂

据英国《自然》杂志近日报道，英国政府近日宣布，将投资两亿英镑（2.48 亿美元）建造全球首个商用核聚变发电厂，希望到 2040 年实现核聚变能源生产的商业化。

核聚变反应就是两个较轻的原子核聚合成一个较重的原子核时，质量亏损，释放出能量的过程。太阳内部进行的就是氢氦聚变过程。聚变能具有资源无限、不污染环境、不产生高放射性核废料等优点，一直被描述为能源领域的“圣杯”。但目前，还没有反应堆能实现反应中产生的能量超过点燃反应所需要的能量，目前正在法国南部进行的“国际热核聚变实验堆”（ITER）项目旨在 2035 年实现这一目标。

而英国更进一步，建造可以利用核聚变发电的电厂——“能源生产用球形托卡马克”（STEP）。在接下来的 4 年中，库勒姆聚变能源中心的科学家将为 STEP 设计详细方案，该发电厂预计能产生数百兆瓦的净电能，并拟 21 世纪 40 年代初开始运行。整个项目预计将耗资数十亿英镑。

像 ITER 一样，STEP 也将基于“托卡马克”设计——使用磁场限制氢的重同位素氘和氚的等离子体，让其在极端高温和高压下相互融合，产生聚变能。不过，ITER 的托卡马克是甜甜圈形状的装置，而 STEP 则将这些超热的气体置于更紧凑的苹果核形状的装置中。此外，STEP 的尺寸更小（全长约 10 米）。科学家们认为，缩小尺寸可以降低制造成本。但缩小尺寸也会带来问题，比如，如何在更小的表面积上管理等离子体的极端热量等。麻省理工学院的等离子体物理学家安妮·怀特说，制造更紧凑的托卡马克装置是一个冒险的选择。ITER 的托卡马克装置问题应该不大，因为它的设计已被广泛研究，但球形托卡马克装置还有许多未知数，“这意味着存在更多风险。”

科技日报 2019-10-15

### 福建漳州核电正式开工华龙一号批量化建设开启

10 月 16 日，中核集团在福建漳州宣布华龙一号在此开工建设。这是由中核集团建设的第五台华龙一号核电机组，至此“国家名片”华龙一号批量化建设正式开启，增强了“一带一路”沿线国家对华龙一号的信心，同时将给清新福建再添“绿色新名片”，为福建省地方经济发展提供新动力。

华龙一号是我国具有完整自主知识产权的三代核电技术，满足全球最新核安全标准，是我国核电创新发展的重大标志性成果，对实现由核电大国向核电强国的历史性跨越具有重要意义。目前，中核集团华龙一号国内外 4 台示范工程进展有序，是全球唯一按照计划推进建设的三代压水堆核电工程。

据了解，中核国电漳州能源有限公司是由中国核能电力股份有限公司控股的综合性能源公司，作为项目业主，负责漳州核电项目的投资、建设及运行管理。漳州核电厂规划建设 6 台百万千瓦级第三代核电机组，一期工程 2 台机组采用华龙一号技术。一期工程是在参考电站基础上进行了多项设计改进和优化，进一步提升了机组的安全性和经济性。此外，漳州核电是中核集团在福建省规划建设的一个大型清洁能源基地，促进福建省经济社会健康发展，探索建立核电发展新模式。

朱学蕊 中国能源网 2019-10-16