

# 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

第十六期 2019年8月

## 目 录

重点实验室动态--科研进展.....	1
基于沼气化利用的生物质原料跨季节贮存方法和过程调控策略研究进展.....	1
甘油水蒸气重整制氢热力学分析.....	1
波浪能发电装置中液压自治控制系统实海况试验.....	1
重点实验室动态.....	2
广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室召开 2019 年度学术委员会会议.....	2
中科院可再生能源重点实验室召开 2019 年度学术委员会会议.....	3
美国威斯康星麦迪逊大学潘学军教授来访.....	4
“可移动波浪能发电平台”技术通过成果评价.....	4
总论.....	6
全球能源资源加速“透支”引热议.....	6
青海清洁能源发电量占比达 82.9%.....	7
新能源倒逼能源行业跨界融合.....	7
世界正在走一条不可持续的发展道路.....	9
2040 年全球 85%能源需求仍将依赖化石燃料.....	10
以泛在感知推动能源互联网高质量发展.....	11
泛在综合能量管理赋能能源互联网.....	13
伊朗可再生能源电力装机达 760 兆瓦.....	15
欧洲投资银行或终止向化石燃料项目放贷.....	15
纳米比亚计划建四座可再生能源电站.....	15
马来西亚国油计划大力投资可再生能源.....	16
江西出台一批生态环境地方标准.....	16
热能、动力工程.....	16
全球能源低碳化发展的经验和趋势.....	16
国内最大用户侧锂电池储能系统送抵项目现场.....	17
国内首个电池整包梯次利用项目落地.....	17
芬兰瓦锡兰集团在东南亚建储能项目.....	19
必和必拓：未来 5 年斥资 4 亿美元减排.....	19
电力行业有望率先接轨工业互联网.....	20
煤化工助力钢铁业尾气清洁化利用.....	22
煤电大面积亏损有违常理.....	23
以用户为中心建立统一的数据环境.....	24

华电山东区域新能源装机总容量 突破 100 万千瓦 .....	25
10 台机组 9 停运，青海火电怎么了 .....	25
云南电网装机突破 9000 万千瓦 .....	28
用互联网思维构建新一代电力系统 .....	28
以开放协同技术体系扩大产业生态圈 .....	30
我国电力市场活力持续释放 .....	32
森林象数量减少或致大气碳含量增多 .....	33
生物质能、环保工程 .....	33
德国：垃圾回收处理是强项 .....	33
煤化工高盐废水利用有章可循 .....	35
黑龙江集贤实施生物质气化提氢项目 .....	35
太阳能 .....	35
贵州今年将新增光伏装机 360 万千瓦 .....	35
光伏市场或将呈现爆发式增长 .....	36
日发电量高达 12.48 万度，华为使能西北最大分布式光伏电站 .....	37
阿特斯阿根廷最大太阳能光伏电站正式投运！ .....	38
《自然·能源》杂志最新数据研究称 中国太阳能发电已比电网供电便宜 .....	39
户用光伏市场强势回暖 .....	39
美企恐慌性“囤购”光伏组件 .....	40
千亿元级 BIPV 市场将启 .....	42
30GW 国内市场激发下半年光伏行情 光伏龙头企业扩产凶猛 .....	43
钙钛矿商业化大组件效率新纪录诞生 .....	44
海洋能、水能 .....	45
让世界最大水电站“送得出、落得下” .....	45
潮汐能发电规模化发展遇阻 .....	49
风能 .....	50
明阳智能：全球首家拥有黑启动技术能力的整机商 .....	50
国内单体最大海上风电场呼之欲出 .....	51
绿色化进程再进一步 金风科技签署澳洲 Biala 风电场项目供货协议 .....	51
金风科技为澳大利亚最大的塑料回收厂提供绿色电力 .....	52
我国首个平价风电示范项目并网发电 .....	52
沙特拟建首个陆上风电场 .....	52
看高海拔风场如何抢抓高效率 .....	53
伍德麦肯兹：中国陆上风电有望于 2023 年全面实现平价 .....	54
上半年欧洲风电装机容量达 4.9 吉瓦 .....	55
氢能、燃料电池 .....	55
张家口十措施支持氢能产业发展 .....	55
国家电投百千瓦氢燃料电池堆研制成功 .....	56
液氢商业化应用提速 .....	56
金属双极板燃料电池电堆大连首发 .....	58
美国重金投资氢能 .....	58
德国“后知后觉”力捧氢能 .....	59
百坤氢能与巴斯夫签署膜电极开发合作协议 .....	60
核能 .....	61

我国自主三代核电更具国际竞争力 .....	61
中国核工业：是怎样在一块“石头”上起步与发展的？ .....	62
华龙一号进入小批量建设阶段 .....	64
新奥建成紧凑型聚变装置“玄龙-50” .....	64
“国和一号”已具备市场竞争力 .....	65

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

### 基于沼气化利用的生物质原料跨季节贮存方法和过程调控策略研究进展

任海伟, 赵泉霖, 刘通, 甄峰, 孙永明, 孔晓英, 李金平, 李志忠

**摘要:** 作物秸秆等植物源生物质是生物天然气(沼气)生产的重要原料, 但因其固有的收获季节性、时效性等特点无法满足可持续供给的生产要求, 必需进行跨季节贮存。为了更好地衔接生物质原料贮存与沼气化利用环节, 打通生物质沼气化利用上-下游链条的任督二脉, 评述了生物质常见的干法保存和湿法保存方法, 并根据原料形态特征差异性着重总结了常规青贮、半干青贮、黄贮、混合贮存等湿法贮存技术的研究现状, 从乳酸菌剂、生物酶制剂、化学添加剂、复合添加剂等角度探讨了贮存过程的调控策略。最后, 总结比较了青贮过程以及多元化调控策略对生物质原料产沼气(甲烷)性能的影响。目前, 有关生物质青贮和青贮原料厌氧消化工艺的研究较为广泛, 但由于生物质原料种类繁多, 组分复杂多变, 二者上-下游之间的具体关联机制尚不完全明确, 未来需要根据不同物料特性来揭示这种联系机制, 并从源头上实现基于沼气生产的贮存过程调控, 以其获得能量保存和能源转换的最大化。总之, 湿法贮存是生物质原料长时间保存的重要方法, 对生物天然气产业快速健康发展具有重要的科学价值和实际意义, 沟通贮存与沼气发酵过程上下游之间的衔接机制是该领域未来的研究发展方向。(表3 参84)

**基金:** 国家自然科学基金(51666010,51366009); 甘肃省自然科学基金(17JR5RA117,18JR3RA150); 广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室开放基金(Y707s81001)

应用与环境生物学报, 网络首发: 2019-07-15

### 甘油水蒸气重整制氢热力学分析

汪丛伟, 谢建军, 阴秀丽, 吴创之

**摘要:** 采用吉布斯自由能最小化原理计算甘油水蒸气重整制氢过程的平衡组成, 该模型经实验结果验证, 吻合良好。考察温度、压力、水/甘油物质的量之比对 H<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 组成及选择性、积碳、原料平衡转化率及系统耗能的影响。计算结果表明: 在高温低压及高水/甘油物质的量之比条件下有利于提高 H<sub>2</sub> 产率, 水/甘油物质的量之比大于 4 时可有效避免积碳, 在 873 K 下, 水/甘油物质的量之比大于 20 时即可完全消除 CH<sub>4</sub>; 结合各反应条件对上述关键反应过程参数的影响, 推荐反应温度为 823~1023 K, 反应压力为常压, 水/甘油物质的量之比 6:1~46:1。甘油水蒸气重整反应过程在反应温度 1023 K 及水/甘油物质的量之比为 9 的典型工况下系统耗能占系统产生总能量的 30% 以上。

**基金:** 国家自然科学基金(51661145022; 51006111); 广东省科技计划(2016A040403097)

太阳能学报, 2019 年 07 期

### 波浪能发电装置中液压自治控制系统实海况试验

王振鹏, 游亚戈, 盛松伟, 张亚群, 王坤林, 叶寅

**摘要:** 介绍一种具有自治功能的液压控制系统, 并在鹰式装置"万山号"实海况运行过程中对其工作状况进行对比性试验, 记录其对发电参数的影响。结果显示: 带有自治控制模块的发电机组蓄能集中发电, 输出电压、电流稳定, 转换效率保持在 80% 以上, 证明带有蓄能环节的液压自治控制发电系统具有较好的高效性、稳定性, 同时可验证利用液压自治控制实现波能装置随来波功率大小自适应分级发电的可行性。

基金：中国科学院战略性先导科技专项 A 类资助项目(XDA13040202)； 国家自然科学基金青年基金(41406102)

太阳能学报，2019 年 07 期

## 重点实验室动态

### 广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室召开 2019 年度学术委员会会议

6 月 20 日，广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室 2019 年度学术委员会会议在中科院广州能源研究所召开。重点实验室学术委员会委员和管理委员会成员参加会议，实验室各研究团队主任和学术带头人、青年骨干等列席了会议。会议由学术委员会主任陈勇院士主持，广州能源所所长马隆龙研究员致欢迎辞。

重点实验室主任李海滨研究员作了“2018 年度工作总结”和“2019 年度工作重点”的汇报，介绍了实验室 2018 年度人才队伍建设情况、项目申请和科研进展情况、科研产出以及国内外合作交流情况等；并汇报了 2019 年工作计划和重点安排。重点实验室副主任黄宏宇研究员向学委会汇报了重点实验室开放基金项目年度进展和结题情况，同时介绍了 2019-2020 年度开放基金项目申请和初审情况，由学委会委员对 2019-2020 年度拟资助项目进行复审并给出最后资助意见。

会议期间，刘琪英博士、卜宪标博士分别以“纤维素水相体系一步转化为乙醇等含氧化学品研究”、“中深层单井地热开采”为题作了学术报告。

与会委员认真听取了工作汇报及学术报告，肯定了实验室 2018 年取得的成绩；并围绕学术报告内容，结合实验室发展方向，给出了具体而多方位的指导意见和建议；委员们一致认为重点实验室下一步应把握粤港澳大湾区发展机遇，加强与港澳科研机构的全面合作，携手打造国际科技创新平台，提升重点实验室的建设水平和层次，持续为区域产业发展提供基础理论支撑。



## 中科院可再生能源重点实验室召开 2019 年度学术委员会会议

6月20日，中科院可再生能源重点实验室2019年度学术委员会会议在中科院广州能源研究所召开。中科院前沿科学与教育局重点实验室处副处长白雪瑞，重点实验室顾问徐建中院士、周凤起教授、颜涌捷教授，重点实验室学术委员会委员和管理委员会成员参加会议；实验室各研究团队主任和学术带头人、青年骨干等列席了会议。会议由学术委员会主任陈勇院士主持，广州能源所所长马隆龙致欢迎辞。

白雪瑞在会上发表了讲话，对实验室评估后的工作和取得的成绩给予了肯定，同时对实验室的发展提出了更高的目标和努力方向，鼓励实验室进一步凝练成果和方向，继续积极进取，争取在下一次评估中取得更好的成绩。

重点实验室主任李海滨研究员作了“2018年度工作总结”和“2019年度工作重点”的汇报，介绍了实验室2018年度人才队伍建设情况、项目申请和科研进展情况、科研产出以及国内外合作交流等方面的情况，并就2019年工作重点安排进行了汇报。科技处副处长白羽向学委会汇报了重点实验室开放基金项目年度进展和结题情况，同时介绍了2019-2020年度开放基金项目申请和初审情况，由学委会委员对2019-2020年度拟资助项目进行复审并给出最后资助意见。



会议期间，吕鹏梅研究员、盛松伟研究员分别以“Ni基多级孔分子筛合成及催化脂肪酸转化制备高级烃类液体燃料”、“广州能源所波浪能技术研发进展”为题作学术报告，介绍了实验室在生物质能源研究方面和海洋能研究方面的科研进展情况。

与会顾问和委员认真听取了工作汇报、学术报告，进行了认真的讨论和深入的交流，肯定了实验室2018年取得的进步，同时认真分析了实验室各个研究方向的未来发展布局，围绕实验室研究方向以及国家和省等各个层面的发展规划，就如何加强各研究方向以及平台间的共建和合作、加快实验室的发展等方面提出了宝贵的意见和建议。最后，陈勇院士作会议总结讲话，再次强调了定位、联合的意义和重要性，并对实验室未来的发展提出了进一步的要求。



## 美国威斯康星麦迪逊大学潘学军教授来访

6月24日下午，应中国科学院可再生能源重点实验室和广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室的邀请，美国威斯康星麦迪逊大学潘学军教授来访并作学术报告。重点实验室生物质生化转化研究团队负责人王忠铭研究员，中国可再生能源学会生物质能专业委员会副秘书长、重点实验室生物质生化转化研究团队庄新姝研究员参加了报告会。

报告会上，王忠铭研究员对潘学军教授的来访表示热烈欢迎。潘学军教授对威廉康星麦迪逊大学进行了介绍，并作题为“Conversion and valorization of lignocellulosic biomass using inorganic ionic liquid”的学术报告，详细介绍了近年来利用无机离子液体对木质纤维素生物质进行分馏、转化和高值化利用的研究进展，包括纤维素的溶解和水解、生物质的糖化和分馏、葡萄糖异构化、糖/生物质向呋喃基化学品和碳氢化合物的转化、木质素的定量和解聚，以及纤维素 II 材料的制备。

潘教授的报告引起了参会师生的浓厚兴趣，极大地拓宽了参会师生的科研视野。报告结束，潘教授详细回答了职工和学生的相关问题。会后，在庄新姝研究员的陪同下，潘教授参观了实验室。此次潘学军教授的来访有助于进一步满足双方科研创新需求，促进科研项目及人才的交流合作。



## “可移动波浪能发电平台”技术通过成果评价

6月23日，中国海洋工程咨询协会在广州组织专家就重点实验室科研人员负责完成的“可移动波浪能发电平台”技术召开了成果评价会。中国海洋工程咨询协会副秘书长向友权、副处长陈洁，广州能源所党委书记副所长夏萍、科技处副处长白羽、重点实验室海洋能转化及利用研究团队负责人盛松伟研究员等参加了会议。

评价委员会由来自自然资源部第一海洋研究所、自然资源部第二海洋研究所、国家海洋技术中心、中科院南海海洋研究所、清华大学、浙江大学、国电联合动力技术有限公司等单位的专家组成，自然资源部第二海洋研究所金翔龙院士担任评价委员会主任。评价委员会听取了盛松伟对项目情况的汇报，经过质询和讨论，一致认为“可移动波浪能发电平台”总体技术达到国际先进水平，其中波浪能能量转换技术达到国际领先水平。

近10年来，重点实验室瞄准我国“建设海洋强国”战略目标，积极开展适合远海岛礁和海上设施的大型漂浮式波浪能装置研究，成功研发出了具有自主知识产权的海上可移动能源平台技术，在波浪能装置整机设计、能量俘获与转换、液压自治控制、深水锚泊等方面取得一系列发明专利，其中装置整体方案获中、美、英、澳发明专利授权，设计图纸获国际船级社第三方认证。建成了10kW概念样机“鹰式一号”、100kW工程样机“万山号”、260kW海上可移动能源平台“先导一号”；突破了海上大型漂浮式波浪能装置无法长期稳定发电的系列难题，完成了鹰式波浪能技术由试验样机向工程样机的转变，建成的海上波-光-储-海水淡化系统在远海岛礁完成了并网供电技术验证。





## 总论

### 全球能源资源加速“透支”引热议

7月29日，环保机构“全球足迹网络”（GFN）发布最新报告称，当天为2019年的“地球超载日”，即人类能源资源今年的“配额”已经耗尽，在此之后每天都在消耗未来的能源资源份额。

GFN在报告中指出，7月29日这一天结束后，地球2019年全年包括水、土壤和干净空气在内的所有资源消耗量已经全部耗尽，这意味着今年剩下的5个月，人类每天都是在向地球“透支”未来的能源资源。

值得关注的是，今年的“地球超载日”比过去20年平均提前了两个多月。GFN指出，这相当于人类目前消耗能源资源的速度是地球生态系统正常更新速度的1.75倍，即人类需要1.75个地球才能满足需求。

美国有线电视新闻网指出，GFN自1986年开始计算“地球超载日”以来，这个“恐怖”的日子每年都提前到来，这暗示出人类正在过度消耗自然资源，损害未来资源，甚至超越了地球的生物承载力。

据了解，1987年的“地球超载日”是12月19日，1993年是10月21日，2003年是9月22日，2015年是8月13日，2016年、2017年和2018年分别是8月3日、2日和1日，今年则是30多年来到来最早的一年。

有气候专家直言，对于这一“光速透支”的局面，人类必须予以强烈警觉，尤其是美国等发达国家，他们正在以超过他国两倍的速度消耗着地球的能源资源。

GFN分析指出，美国是地球资源消耗最快速的国家，相当于需要5个地球才能满足需求，其次是澳大利亚，相当于4.1个地球，俄罗斯、德国和瑞士则分别相当于3.2个、3个和2.8个地球。

据了解，GFN主要根据两方面计算一个国家的“地球超载日”，其一是消化垃圾、二氧化碳等废物的能力；其二是对森林、农田和土地等自然资源的消耗规模。5月GFN曾发报告称，德国今年的可用资源已经于5月3日耗尽，德国从5月3日开始的每一天，都在消耗下一代甚至其他国家人民的“资源利益”。

其实，GFN的评估结果与联合国以及世界自然基金会（WWF）的分析“不谋而合”。

联合国在一份报告中指出，美国是地球资源快速消耗的罪魁祸首之一，如果都像美国人一样生活，人类需要5个地球才能满足需求；如果像法国人或英国人一样生活，需要近3个地球。

值得注意的是，发展落后或贫穷的国家虽然没有过度使用资源，但却比发达或是富裕国家更多地受到气候变化带来的负面影响。

WWF瑞士分会则指出，如果都像瑞士这样生活，人类得需要大约3个地球。瑞士的食品消耗造



数据来源：GFN

成了 19%的温室气体排放和 28%的环境污染，建议该国肉食主义者每周只吃 3 次肉，此举将使该国食品方面的生态足迹下降 20%。此外，乘飞机旅行也是二氧化碳排放的罪魁祸首之一，并称瑞士乘飞机旅行的次数差不多是其他欧洲人的 3 倍。

瑞士《周日晨报》指出，有环保机构指责瑞士“消耗庞大”，但实际上该国对碳补偿计划的捐助也很多，瑞士人今年上半年对本国碳排放补偿计划的捐助金额是去年同期的 400%。该报援引瑞士碳补偿基金会“我的气候”(MyClimate)数据显示，瑞士人去年共创下 160 万瑞士法郎(约合 161 万美元)的总收入，其中大部分资金投向了本土以及 22 个非洲、亚洲和拉丁美洲国家的碳补偿项目。

针对人类加速透支地球资源的大背景，GFN 创始人 Mathis Wackernagel 表示：“我们只有一个地球，是生存的基础，不能也不应该无视破坏性后果，用 1.75 倍速耗费资源。”他强调，大面积森林砍伐、土壤侵蚀、生物多样性丧失以及大气中二氧化碳累积等因素，导致全球生态系统超支的情形将变得愈来愈明显。

本报记者 王林 中国能源报 2019-08-05

## 青海清洁能源发电量占比达 82.9%

来自省统计局的最新数据显示：今年上半年，我省规模以上工业发电量中，清洁能源发电量占比为 82.9%，比重同比提高 5.2 个百分点。我省正在依托丰富的风、光、水、热能资源禀赋，探索走出一条创新引领、网源协调、水光互补、带动产业、协调发展的新路子。

青海清洁能源从“风生水起”走向“风光无限”，所经历的恰好印证了我省将清洁能源发展作为高质量发展打好的“四张牌”之一的理念。从 7 天(168 小时)、9 天(216 小时)到今年 6 月 9 日 0 时至 23 日 24 时，青海启动连续 15 天(360 小时)全部使用清洁能源供电，再次刷新了世界纪录。2018 年，青海创建国家清洁能源示范省项目获批，我省出台一批清洁能源产业政策、发展规划，为清洁能源发展提供政策保障和方向指引，有力推动了能源产业高质量发展。

在今年 6 月发布的《青海能源发展报告(2018)》中显示，截至 2018 年底，青海省外送清洁电量超过 100 亿千瓦时，首次实现电力净输出，我省可再生能源装机、发电量居全国前列;新能源装机达到 1229 万千瓦，居全国第一。从发电量来看，青海省清洁能源产业稳步壮大：水力发电量 517 亿千瓦时，同比增长 56.6%，全年利用小时数 4341 小时，同比上升 53.3%;风力发电量 37.6 亿千瓦时，同比增长 108.9%;太阳能发电量 131.1 亿千瓦时，同比增长 15.6%。

新能源大数据平台，光伏领跑者基地、多能互补基地、槽式光热电站、光伏发电实证试验基地等一批示范项目投入运行，有效带动了清洁能源快速发展。目前，世界首条专门输送清洁能源的青海至河南特高压通道正在加快建设，明年建成后预计每年外送电量超过 400 亿千瓦时。海西第二条特高压外送通道也正在加快研究论证。两条通道建成后，将实现“风光天上来、电送全中国、送去清洁电”的盛况。

青海省人民政府网站 2019-08-06

## 新能源倒逼能源行业跨界融合

光伏、风电等新能源广泛接入电网改变了传统能源系统的单一集中模式，给能源系统带来了新挑战的同时也催生了新的产业模式。在这种趋势下，需要能源企业跨界发展多种能源，融合新能源和新技术，由传统的单向型能源企业向综合能源服务商转变。

“清洁能源是大势所趋，柔性光伏就是一种更加经济、清洁、有效、环境友好的能源利用方式，随着技术的突飞猛进，其前景广阔。”7 月 26 日，在由中央企业智库联盟主办、汉能移动能源控股集团有限公司协办的“加快我国能源转型，推进清洁能源产业发展”研讨会上，业内专家分享了对我国能源转型必要性、清洁能源发展前景以及分布式能源应用的想法。

从体制和经济运行机制上促进新能源发展

“分布式能源发展给中国的能源系统供需结构将带来深刻的变革。分布式能源具备更广泛的应用场景，在降低能源成本、发展当地经济等方面将创造新的机会。”中央企业智库联盟副理事长彭建国表示，当前，我国经济进入新常态，亟需加快国民经济转型升级，而能源转型是我国当前经济转型升级的重要组成部分。

根据测算，预计到 2030 年，非化石能源占一次能源消费比重有望达到 25%左右，其中风电、太阳能发电将得到大规模开发利用。

“积极开发新能源，不断改进能源转换技术，提高能源利用效率，创新能源利用技术和供应服务商业模式，实现节能减排，对促进我国经济快速发展、实现产业升级和环境保护具有长远的战略意义。”彭建国坦言，中国以煤炭为主体的能源资源禀赋，加之长期粗放型经济发展，导致国内能源过于依赖煤炭消耗的同时，资源浪费现象严重，环保投入不足。

埃森哲大中华区战略咨询专家李松认为，从全球来看，多重因素从本质上改变了传统电力行业，推动了行业格局和产业形态发生了根本的变化。

“从供给侧我们可以看到能源结构的变化，传统化石能源与可再生能源的供应形式发生改变，一个不得不承认的事实是，可再生能源正在变得越来越有吸引力。”李松认为，对于传统电力企业来说，原有的实力来源成为了企业的弱点，颠覆者则开启了新的价值来源。不过，截至目前，行业进入壁垒仍在阻挡颠覆者的渗透。

“中央企业既是我国能源保障的主力军，又是能源消耗的大户。事实上，除去对传统路径的依赖，长期以来，相关央企的能源产业结构转型升级依旧比较缓慢。”彭建国强调，要从体制和经济运行机制上促进新能源产业健康发展。这其中包括促进新能源大规模融入电力系统，建立适应可再生能源大规模开发利用的电力市场体系，高效整合各类电力市场资源，加快构建包含电能量市场、辅助服务市场、容量市场等在内的全国统一电力市场，并健全市场规则，加强市场监管。

能源格局有待基础性系统性颠覆

近年来，可再生能源实现规模化发展，成本不断下降，在部分资源优良、建设成本低、投资和市场条件好的地区，已初步具备了对化石能源的成本优势，风电、光伏发电的成本已接近火电，为未来发展提供了有益经验。

汉能集团董事局主席李河君在发言时表示：“汉能三十年所从事的正是清洁能源事业，薄膜太阳能、移动能源本质上是一种能源变革，是基础性、系统性的能源颠覆。薄膜发电就像人造叶绿素，随着薄膜太阳能的广泛应用，未来人类可以像绿色植物一样，通过薄膜直接利用阳光。以薄膜太阳能技术为核心的移动能源，将广泛应用于新能源汽车、新材料、高端装备制造等产业中。”

汉能集团高级副总裁丁建认为，一方面，汉能拥有全球领先的薄膜太阳能技术，打造了集薄膜太阳能技术研发、装备制造、组件生产及多样化市场应用的完整产业链，成为清洁能源产业的探路者；另一方面，汉能作为民营企业，在发展理念和路径上契合国家重大战略，特别是在国家八大战略性新兴产业中占据六大产业，在国家制造业发展、能源转型战略中可以发挥重要作用。

据权威的第三方咨询机构发布的《电力企业全球市场化趋势》显示，随着清洁能源技术不断成熟，预计到 2035 年全球可再生能源发电量在总发电量中的占比将超过一半。薄膜太阳能产业也将在成本、投资和政策因素驱动下迅速发展，至 2023 年，目标市场的累计装机量最高可达 697GW，占到光伏产业的 24%。此外，2016 年-2040 年，能效领域年均投资额将超过 15 万亿美元，迅速扩张的能效市场暗藏着海量价值。

能源形式“互换互济”企业发展“互联互通”

由于光伏、风电等新能源广泛接入改变了传统能源系统的单一集中模式，种类繁多的能源供应给能源系统带来了新的挑战的同时也催生了新的产业模式。在这种趋势下，需要能源企业跨界发展多种能源，融合新能源和新技术，由传统的单向型能源企业向综合能源服务商转变。

彭建国表示，需要鼓励企业形成产业创新联盟，发挥国有企业与民营企业的各自优势，发展混

合所有制经济，加大产融协同步伐，促进新能源产业发展。“中央企业要与民营企业相互借鉴、共同发展，共同为国家清洁能源战略提供实现路径。”

此外，在服务方面，李松认为，未来能源企业将从单一的能源生产者和销售者向综合能源供应商转变，这要求能源企业既要扩大产品种类，又要提高服务水平。以多能互补为主的未来能源系统加强了能源与信息通信技术的联系，在这种模式下所产生的大量数据要求能源企业要跨界和融合发展大数据、云计算、物联网、移动互联网等先进技术，数字化转型势在必行。

“将传统业务迁移到新的数字化渠道当中以提升用户体验，整合新型数字化渠道及技术，变革电力企业运营方式，提升用户体验及客户满意度，有效降低企业运营成本。”李松预测，未来能源企业将跨界发展多种能源，而互联网、芯片、边缘计算、人工智能、大数据等信息通信技术都会成为能源行业重点跨界和融合的对象。

本报记者 路郑 中国能源报 2019-08-05

## 世界正在走一条不可持续的发展道路

7月30日，《BP世界能源统计年鉴》中文版（以下简称“《年鉴》”）在北京发布。《年鉴》对全球能源数据进行了全面的汇总和分析。

数据表明，尽管可再生能源日趋成熟，但发电燃料结构并没有明显优化，非化石燃料（36%）和煤炭（38%）在2018年的占比和二十年前相比几乎没有发生变化。全球能源消费和使用过程中的碳排放放在2018年的增速达到了近七年来的最高水平，这与《巴黎协定》设定的加快转型目标背道而驰。

《年鉴》发出警告：“世界正在走一条不可持续的发展道路，碳排放持续增长的时间越长，未来‘零碳排放’调整的难度和成本就越高，我们需要尽快做出改变。”

### 碳排放出现近七年最高增速

BP经济学团队认为，天气因素和中国增长模式周期变动是2018年碳排放增长的主要原因。2018年，全球多个主要能源消费国都遭遇大量的异常天气，特别是美国、俄罗斯和中国，制冷或取暖的需求导致能源消费的增长，美国的取暖和制冷时数总和是1950年以来的最高位。

中国直接影响全球能源市场的波动。“2014—2016年的能源消费呈现颓势，我们认为中国经济持续转向由消费和服务驱动的消费模式所引起，致使钢、铁和水泥等能源密集型产业能耗下降。”BP首席经济学家戴思攀进一步解释，钢、铁和水泥三个产业耗能占中国能源总消费的1/4，中国能源需求整体也因此受阻，但部分产业放缓会呈现出周期性特征，2018年就表现出强劲需求。

“即使极端天气的影响是短暂的，能源需求和碳排放增速将在未来几年内重新趋缓，但仍和巴黎气候大会构想的转型路径有不小的差距。”戴思攀表示，当下，各国政府应通过各种政策驱动快速转型，提高能源利用效率，以更加负责的态度去使用能源。而电力部门在世界向低碳转型过程中起着举足轻重的作用。

电力是最大的单一排放源，也是低碳转型过程中最易取得成效的部门。但过去二十年，电力部门的碳强度变动相对较少或者根本没有。电力需求的增长，尤其是发展中国家的需求，使得电力行业脱碳十分困难。“需要采取快速的行动才能保持现有的碳排放水平。可再生能源的增长很重要，但增长还远远不够，我们需要更多的燃料和技术发挥作用。”戴思攀说。

### 所有能源燃料的消费均在增长

《年鉴》显示，2018年，全球一次能源消费增长2.9%，几乎是过去十年平均增速（1.5%）的两倍，是2010年以来的最快增速。

《年鉴》指出，所有能源燃料的消费均在增长，许多燃料的增速都超过了其近年历史平均水平。

分领域来看，石油行业需求没有太大的变动，继续稳步增长，每日需求量在去年基础上增加140万桶，中国和印度贡献了约2/3的增量。全球产能增加220万桶/日，超历史平均水平的两倍。

2018年是天然气繁荣发展的一年，全球产量增长1900亿立方米，增速达到了5.3%，是近三十

年的最快增速之一。中国、俄罗斯和伊朗贡献了 80% 的天然气需求增长。中国的天然气需求增长长达 18%。

煤炭需求实现连续第二年增长，全球煤炭产量增加 16200 万吨油当量，消费增长 1.4%，为近十年平均增速的两倍。煤炭消费的增长主要来自印度和中国。

与此同时，以风能和太阳能为代表的可再生能源的产量增速远超其他能源。太阳能发电量增长 3000 万吨油当量，仅低于风能发电的 3200 万吨油当量。全球核电增长 2.4%，为 2010 年以来最快增速。水电实现 3.1% 增速，超平均水平。中国再次成为可再生能源增长的最大贡献者，超过经合组织的增量总和。

#### 美国能源消费创新高

不同于以往十年的下行趋势，2018 年美国能源消费增长 3.5%，创近三十年新高。《年鉴》进一步指出，美国的天然气、石油产量也出现了明显的增长。

石油方面，全球石油产量增加 220 万桶/日，几乎所有的净增长来自美国。自 2012 年页岩油革命开始，美国的产量已经增加超过 700 万桶/日，大致相当于沙特的原油出口量。因此，美国净石油进口量已经从 2005 年的 1200 万桶/日下降至不到 300 万桶/日。美国石油需求一反常态，增加了 50 万桶/日，为近十年最高增长，主要推动力是新兴产能投产下乙烷需求的增长。

天然气方面，美国贡献了全球 40% 的需求增长和 45% 的产量增长。美国天然气产量增长 860 亿立方米，增速达 12%，主要增长来自马塞勒斯、海恩斯维尔和二叠盆地的页岩气。美国天然气消费在去年增长 780 亿立方米，几乎是过去六年增长的总和。

《年鉴》指出，除了天气原因，电力需求增长也间接提升了美国的天然气消费。去年，美国淘汰了约 15 吉瓦的煤电产能，这也使得发电用天然气增加。

事实上，美国在去年创纪录地实现两项第一：单一国家石油和天然气产量增长创历史最高。《年鉴》指出，这一成绩足以消除世人对页岩气革命的质疑。

戴思攀说，美国页岩气的成功有四点经验值得学习：“首先，矿产所有权属于土地所有者，所以土地所有者会欢迎开发者来开采获利；其次，美国人口密度较低，开发便利；再者，美国有成熟的能源开发文化，有成熟的油气管网能提供高效的服务，企业能实现规模快速扩张；最后，市场开放，竞争激烈。”

卢奇秀 中国能源报 2019-08-05

## 2040 年全球 85% 能源需求仍将依赖化石燃料

在全球加速向清洁能源过渡的背景下，咨询公司伍德麦肯兹（Wood Mackenzie）却公布了一个令人沮丧的预测：尽管太阳能和风能等可再生能源发电占比会逐年扩大，未来几十年世界仍将“严重”依赖化石燃料。相较于公用事业领域进展良好的零碳转型，建筑、航空等其他关键领域的脱碳之路却异常缓慢，这和政府每年提供丰厚的化石燃料补贴不无关系。

#### 绿色电力增幅与经济增速相抵

伍德麦肯兹指出，到 2040 年，全球 85% 能源需求仍将通过燃烧化石燃料满足，而当前这一比例为 90%。截至目前，1 太瓦的太阳能和风电装机仅占全球总发电量的 8%，到 2040 年这一比例将增加两倍至约 24%，但同时发展中国家经济增长和人口膨胀情况，将与绿色电力增幅相抵消。

报告显示，亚洲和非洲新兴经济体人口膨胀导致的能源需求到 2040 年将至少增加 25%，但碳排放量需要在同一时期减少一半才能符合《巴黎协定》的目标，预计全球碳排放量将在未来十年内上升，2030 年后增速会逐渐放缓。

《金融时报》指出，如果伍德麦肯兹的预测准确，意味着全球气温增幅控制在工业革命前水平 2 摄氏度以内的可能性几乎为零。

事实上，国际能源署（IEA）也做出过类似预测。该机构在一份报告中指出，考虑到去年发电量

中石油与天然气占比达 67%，太阳能与风电占比不到 10%，即使在乐观情况下，可再生能源电力增速仍来不及在 2050 年前取代化石燃料。虽然水电与核能这两个不会产生二氧化碳的发电方式，能够提供全球 25% 的电力，但在快速提高发电量方面，潜力有限。

伍德麦肯兹报告作者之一 David Brown 表示：“未来几十年，全球仍将继续处于依赖化石燃料的风险中，这对政府和业界是一个警钟，如果想脱碳，必须迈出一大步，并提出有针对性的政策。”

伍德麦肯兹认为，问题不在于发电。当前，公用事业向零碳转型进展顺利，而且只要太阳能和风能加上储能技术比煤炭油气发电更具成本效益，这种模式就可以持续下去。但供暖和制冷、建筑、航空等行业的脱碳脚步较为缓慢，甚至很多仍没有采用低碳或零碳技术。

对于如何带动这些行业的加速脱碳，伍德麦肯兹给出了两个建议，一是强制向排放收费，即全面启动碳税机制；二是大幅降低甚至取消化石燃料补贴，并将这笔庞大金额直接转给可再生能源和环保低碳领域。

化石燃料补贴应大砍或取消

针对伍德麦肯兹提出的“大砍或取消化石燃料补贴”的建议，国际可持续发展研究院（IISD）予以赞同。IISD 高级政策顾问 Richard Bridle 表示，政府对化石燃料进行补贴不仅代价高昂，往往效率也不高，且会破坏清洁替代品。所有国家都应该将更多化石燃料补贴转向可再生能源，为清洁能源结构转型助力。

国际货币基金组织（IMF）5 月发布报告称，2015 年和 2017 年，全球化石燃料补贴分别达到惊人的 4.7 万亿美元和 5.2 万亿美元，这意味着 2017 年全球 6.5% 的 GDP 用于补贴化石燃料的消费。其中，煤炭行业获益最大，占全球总量的 44%；石油紧随其后，占比达 41%；天然气占比约 10%。

IMF 指出，美国 2015 年化石燃料补贴高达 6490 亿美元，超过当年五角大楼 5990 亿美元的预算；俄罗斯约 5510 亿美元，欧盟约 2890 亿美元，印度约 2090 亿美元。亚洲新兴市场占全球化石燃料补贴总额的 40%。

事实上，消费者普遍喜欢廉价汽油或廉价电力，对化石燃料补贴较为支持，因此导致政府撤回这些资金变得困难，尤其是那些政局不稳、物价高企的国家，比如巴西、墨西哥等。

根据巴西社会经济研究所（Inesc）6 月中旬公布的最新调查数据显示，去年巴西政府对化石燃料生产和消费的补贴总额达到 851 亿巴西雷亚尔（约合 214.89 亿美元），超过去年 GDP 的 1%，约是巴西失业保险可用资金总储备的两倍、巴西国家社会福利计划的 2.8 倍。据了解，其中 622.4 亿雷亚尔用于刺激消费、228.9 亿雷亚尔用于生产。

IMF 认为，尽管化石燃料补贴会继续下去，但仍呼吁各国政府，不管撤回资金多么艰难，都应努力减少。另有分析师表示，如果将全球化石燃料补贴中的 10% 至 30% 投向绿色能源和可持续经济，全球绿色经济转型之路远没有当前走得这么困难和缓慢。

本报记者 王林 中国能源报 2019-08-12

## 以泛在感知推动能源互联网高质量发展

- 当前及未来较长一段时间，能源需求将持续放缓，人们对能源行业改革的期待和产品多样化需求更为迫切。

- 能源互联网建设发展的关键在于“双向互动”，既包括能源行业“生产者”和“消费者”之间的互动，还包括源网荷储各个独立环节内部的信息交互处理，因此底层的数据感知是重中之重。

- 泛在电力物联网是能源互联网灵活性的重要来源，为实现能源互联网“双向互动”提供了最直接的解决方案。

以用户为中心为能源系统注入灵活性

传统能源行业普遍基于“生产侧”的视角认识自身发展问题，并提供全局优化方案。主要原因是在改革开放的过程中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、工业扩张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，经济增长对能源要素的要求更加侧重于“数量上的保障”。而当前及未来较长一段时间，能源需求将持续放缓，能源供应也将逐渐呈现出宽松态势，人们对能源行业改革的期待和产品多样化需求更为迫切，以用户为中心将成为未来能源系统演化的基本规律。

在这样的大背景下，能源互联网概念应运而生。能源互联网是互联网思维与传统能源行业的融合，通过横向多能互补高效利用，纵向源网荷储优化协同，构建多种类型能源的互联网络。基于互联网思维，能源互联网将能源行业关注的重心从“生产侧”转移至“消费侧”，将更好从用户需求出发，满足人们对智慧能源、美好生活的向往，实现整体的系统优化。

与此同时，相关政策的精准部署为能源互联网的发展提供了指导。2015 年 7 月，《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》（国发〔2015〕40 号）正式发布，明确提出了“互联网+”智慧能源重点任务。随后，《国家发展改革委、国家能源局、工业和信息化部关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见》（发改能源〔2016〕392 号）对相关任务进一步聚焦细化。今年以来，首批“互联网+”智慧能源（能源互联网）示范项目进入验收阶段，能源互联网建设已经进入快车道。

泛在电力物联网是能源互联网灵活性的重要来源

能源互联网建设发展的关键在于“双向互动”，“双向互动”既包括能源行业“生产者”和“消费者”之间的互动，还包括源网荷储各个独立环节内部的信息交互处理，因此底层的数据感知是重中之重。今年年初国家电网公司提出了泛在电力物联网概念，其目标是应用移动互联、人工智能等现代信息技术和先进通信技术，促进电力系统各个环节万物互联、人机交互，实现状态全面感知、信息高效处理、应用便捷灵活。笔者认为，泛在电力物联网是能源互联网灵活性的重要来源，为实现能源互联网“双向互动”提供了最直接的解决方案。从源网荷储这四个独立环节来看：

有利于提高能“源”生产效率。可再生能源是未来全球能源转型方向，但由于能量密度低、资源位置、资源利用的转换效率等方面的劣势，其替代化石能源成为主体能源并非一朝一夕之功。泛在电力物联网的数据感知应用将以能源行业“信息密度”的提高来弥补清洁能源能量密度的劣势，从而有助于加快当前能源转型的进度。如金风科技基于全生命周期信息数据，通过精确地捕捉机组所处环境的风速、风向等流场信息及其动态变化，进一步将此类信息整合至风机控制，使得机组可以提前感知复杂风况，并通过智能控制作出最优响应，实现风机“随风而动，顺势而为”，在提升发电量的同时，还可以有效降低机组载荷，提升机组运行的稳定性和适应性。

有利于提升电“网”智能水平。考虑到未来能源互联网体系结构中可再生能源逐步成为重要的能量来源、电力输配网与其他能源网络相比的可延展性更强，电网将是能源互联网的主干网。智能电网是物联网最主要的应用场景之一，在现代电网向信息化、自动化、互动化转型发展的过程中，物联网相关技术的落地应用至关重要。如 2012 年起国家电网公司就开始探索将物联网技术应用于智能电网，经营区域 11 个省（自治区、直辖市）进行探索性实践，开展了 287 项智能电网试点项目，涵盖了输电设备及线路状态监测系统、输电线路无人机智能巡检系统、分布式发电及微电网接入控制、电动汽车充换电设施及运营管理系统、智能小区/楼宇、智能园区、配网状态监测等 7 个领域，部署了电压电流、温湿度、噪声、拉力、风偏等 65 种传感装置，有效提升了智能电网发电、输电、变电、配电和用电等环节的信息采集、智能处理和双向互动能力。

有利于响应负“荷”多样化需求。未来需求侧、负荷端对能源行业的需求将不再仅仅限定为“能源产品”，多样化能源“服务”的前景将更为广阔。泛在电力物联网的建设有利于准确挖掘“新动能”产业的用能用电特征，有利于获取家庭用电设备各时段的负载信息，从而有效感知预测个体的价值获取意愿和行为。如美国的 Opower 公司与电力企业合作获取家庭能源使用数据，基于行为科学理论、房龄信息、周边天气等建立家庭能耗档案，并通过个人纵向比较、邻里横向比较来激发用户节能意愿。此外，还可以在电力高峰时刻通知用户避免进行洗衣、制冷等高耗能活动，帮助售电公司进行需求侧响应，实现负荷转移。

有利于调动大规模“储”能资源。储能是能源互联网建设的关键设备，具有匹配供需、平抑波动、

削峰填谷、提高质量等多个功能。但目前储能行业的信息化水平仍然不高，近日国家发展改革委等相关部委印发的《贯彻落实<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》也明确提出“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”。通过泛在感知技术可以有效挖掘整合大规模储能资源。如有研究指出，目前用户侧存在大量分散、闲置的电池储能资源，主要包括电动汽车、通信基站、各类不间断电源电池等。基于电池能量管控云平台 and 电池能量交换系统可以将碎片化闲置电池储能资源盘活为大规模分布式储能系统供电网调度利用，从而实现基于“虚拟电厂”的配电网储能系统。

（作者分别供职于北京化工大学、北京信息科技大学、物联网智库）

孙祥栋 李军 赵小飞 中国能源报 2019-08-12

## 泛在综合能量管理赋能能源互联网

●泛在的墙或者壁垒，需要泛在的互联和物联。第一类是看得见的物理之墙，第二类是看不见的非物理之墙，这个墙更高。

●检验能源互联网成功与否，唯一的试金石就是电力能源领域是否已成为创新创业的沃土。

●泛在的综合能量管理系统的核心是多能互补综合能量管理系统。

●物理互联是能源互联网实现的物理基础，而信息互联是能源开放共享生态形成的技术关键。

“能源互联网有什么新使命？什么是颠覆性技术？电力能源领域是否已成为创新创业的沃土……”近日，在“泛在电力物联网与城市智慧能源高级研讨会”上，清华大学电机系教授、能源互联网能量管理与调控研究中心主任孙宏斌在演讲伊始就抛出了一连串问题，而这也是行业热点。那么，能源互联网与泛在电力物联网是什么关系？泛在综合能量管理系统将会为未来的园区、公共建筑乃至整个城市提供哪些服务？今后能源互联网的发展趋势如何？孙宏斌教授为本报一一作答。

破除各类壁垒是能源互联网的使命

记者：您曾提出，能源互联网是理念先行，引领技术发展的方向。那么，应该如何来理解能源互联网？

孙宏斌：这里，我想谈三个关键词--使命、颠覆、试金石。

能源互联网的使命就是要破除阻碍开放共享能源生态形成的各类壁垒。在传统的能源系统里，这样的壁垒无处不在，我们称之为“泛在”。泛在的墙或者壁垒，需要泛在的互联和物联。我们希望打破各种壁垒，构建更好的开放共享能源生态，包括上下游的产业链以及能源系统内部。分析这种壁垒可以发现，第一类就是看得见的物理之墙。比如，如何把冷、热、气、电、交通的壁垒破除？这就要形成综合的能源系统。第二类就是看不见的非物理之墙，这个墙更高。比如，跨区域风电消纳问题，这里有商业模式、市场、区域的政策之墙。从整体来讲，非物理之墙里还有学科之墙，在大学里，冷、热、气、电、交通、信息，如何突破学科交叉的瓶颈，这也是构建开放共享能源生态的内容之一。

能源互联网是个颠覆性技术。那么，什么是颠覆性技术？够难、够新、够尖端的就是吗？其实不尽然。这项概念最早是由美国哈佛商学院克莱顿教授·克里斯滕森在《颠覆性技术的机遇浪潮》一书中提出的，他认为，颠覆性技术不是指技术的创新度，而是效果的颠覆性，即能够对行业带来创造性的破坏，并促进其重大发展。比如，人类对于大规模化石能源的利用，就像是人类历史长河中的一朵浪花。大约在200年前第一次工业革命，这朵浪花跳起来。而到了2000年左右，便达到了顶峰。预计在未来的200年间，这朵浪花会掉下去。所以，当下我们处在这朵浪花的快速下降沿，处在一个能源巨大变革的时代，是颠覆性的。其中能源互联网将在其中起着十分重要的支撑作用。

个人认为，检验能源互联网成功与否，唯一的试金石就是电力能源领域是否已成为创新创业的沃土。若能源开放共享的生态得以建立，众多的互动者积极参与进来，整个能源系统的生产力、创新力便会得到巨大释放。



泛在的综合能量管理系统保障能源安全

记者：泛在的综合能量管理系统目前都有哪些应用场景？能达到什么样的效果？

孙宏斌：提到泛在的综合能量管理系统，首先，看两个定语。所谓“泛在”，就是无处不在、千家万户的多主体，是分布自治的意思。而“综合”，是指横向的冷、热、气、电、交通等不同能量系统的集成综合，也包括源、网、荷、储等不同环节纵向综合的协同。泛在的综合能量管理系统的核心是多能互补综合能量管理系统（Integrated Energy Management System，简称“IEMS”），这个概念是我们在国际上首先提出来的。我们希望提供综合的能量管理系统，实现多能互补，源网荷储的协同，用信息流来调控能量流，降低用能成本，提高终端能效，保障供能安全和扩展市场服务，这是为综合能源服务商服务的。

值得注意的是，目前，保障供能的安全问题变得越来越突出。以北京为例，今年5月份，由于燃气的不足，使得电力系统发生故障。北京作为一个大型都市，这个问题非常突出。不但在北京市，浙江省、广东省都存在这个问题，小到一个工商业园区也是这样，所以综合的能量之间耦合在一起，连锁的安全问题就非常大。在此就不单是考虑提高综合能效、降低成本的问题，而必须要以安全供能为前提。

记者：泛在电力物联网与能源互联网之间是什么关系？有何异同？

孙宏斌：能源互联网与泛在电力物联网都具有开放、互联、共享、用户为核心的互联网思维的特点，采用“互联网+”，实现多能互补协同，走向市场驱动的路径，从而达到构建新的开放共享能源生态的目的。

然而，二者的视角、使命、范围不尽相同。能源互联网是自上而下，全能源链的总体视角，而泛在电力物联网则是自内而外，以电网为核心向外扩展，包括边缘（源、荷内部）和外部（冷、热、气、交通）。能源互联网更体现国家意志，以消除壁垒，突破能源生产关系变革，释放先进生产力为使命。而泛在电力物联网主要体现企业意志，以转型能源互联网企业，推动经营模式变革为使命。从范围看，能源互联网主要指“互联网+”智慧能源，泛在电力物联网是其子集。而泛在电力物联网是能源互联网在国家电网企业中的实例化，是核心和枢纽，但国家电网这个实例非常重要，是整个国家的能源互联网的枢纽和平台部分。

信息互联和物理互联是今后发展的方向

记者：当前 IEMS 在不同的应用场景中发挥着什么作用？可以提供哪些服务呢？

孙宏斌：它的结构总体来讲是云边协同的服务，在云上为千家万户提供并发的能量管理服务。在边缘为本地的园区，还有各种智慧体，包括楼宇、智慧小城、小镇，提供智能的边缘计算。

比如一个是在边缘上的 IEMS，可能是一个园区的 IEMS，像大脑一样管理着工业园区或者商业园区、科技园区，或者医院、酒店、学校。而另外一个面向大城市云上广域的 IEMS，它是泛在的，就像大家看到的满天星辰，每个星星是一个智慧体，管理着一个主体。

在边缘方面，北京科技产业园区的数字化改造是目前大家认为非常成功的能源互联网局域网案例。从效益来看还不错。它是一个老的园区，该园区大概有 14 家高科技企业，他们通过做了综合的 IEMS，能够支持冷、热、气、电多种潮流的计算仿真分析，所有操作之前都可以在这上面模拟，而且有各种灵敏度，包括经济灵敏度、能效、控制灵敏度。比如，温度降低 1 摄氏度，整个园区的成本会下降多少。经过一番改造发现，老工商业园区改造是容易成功的。

另外就是在云上的服务。比如广州的城市能源互联网项目，这是国家能源局已经验收的首批国家级能源互联网示范项目，它采用了“1+3+3”的总体架构，涵盖了特大城市能源互联网的核心元素。其中，“1”是一个“互联网+”智慧能源综合服务平台，“3”是三个智慧园区，另外一个“3”是三个创新的业态，体量很大，覆盖整个都市，展示整体的能源互联网特征。

具体以广州从化工业园区的综合能量管理系统研发和示范项目为例，这个园区的核心部分约有 12 平方公里，是一个典型的工业园区。工业园的能源格局呈现大容量、多能流、可再生能源高渗透等特点，具有开展多能协同、多能优化调度等良好基础条件，是开展“互联网+”智慧能源综合能源服

务业态模式示范较为适宜的区域。通过在园区内建设 IEMS 系统，并提出虚拟电厂和用户需求侧响应模式，实现了灵活性资源集群同步化控制技术，最终系统实现部署应用。

记者：关于能源互联网，您认为今后主要有哪些发展方向？

孙宏斌：个人认为，目前主要有两个方向。一是信息互联。信息互联技术专注于能源互联网中多种能流的数据智能感知和可靠传输，建立分布式计算平台和多方数据共享机制，提供大数据的潜力挖掘，通过打破信息壁垒，实现信息互联互通、开放共享。这主要是互联网技术在能源系统中的应用；二是物理互联。物理互联技术则专注于打破传统集中式、单向且相对独立的能源系统间的物理壁垒，通过建立综合能源系统，提高高效能源转换和存储，实现能量的互联互通。而这一点主要是运用互联网思维在改造能源系统。

其中，物理互联是能源互联网实现的物理基础，而信息互联是能源开放共享生态形成的技术关键。下一步，如果在政策和市场机制方面取得突破，能源互联网即将迎来井喷式的发展，这个才是决定性的驱动力。

本报实习记者 张胜杰 中国能源报 2019-08-12

## 伊朗可再生能源电力装机达 760 兆瓦

本报讯 据伊朗法斯通讯社报道，伊朗能源部近日公布的可再生能源发电数据显示，伊朗每年可再生能源电力装机量已经达到 760 兆瓦，在电力结构中占比为 1%，主要包括风力、光伏发电、小水电、生物质发电。

据了解，风电、光伏在伊朗可再生能源发电规模中占 85%，生物质发电占 1%。光伏项目主要集中在伊朗东部沙漠地区，而风电项目主要分布在伊朗北部的沿里海地区。

伊朗能源部还透露，伊朗目前有 32 座可再生能源发电站正在建设中。项目完成后，伊朗可再生能源发电装机规模将再增加 380 兆瓦。目前，伊朗约有 115 座可再生能源发电站。

值得一提的是，伊朗小型光伏电站近年来呈上升趋势，主要为部分偏远地区提供电力。伊朗《德黑兰时报》另指出，未来五年内，伊朗致力每年提供 5000 兆瓦的可再生能源发电量。

王升 中国能源报 2019-08-05

## 欧洲投资银行或终止向化石燃料项目放贷

本报讯 据路透社报道，欧洲投资银行近日在其新能源战略中提出，将于 2020 年底终止向依赖化石燃料的项目贷款，包括石油和天然气生产，主要用于天然气、发电或者化石燃料供热的基础设施项目等。

据悉，欧洲投资银行董事会将于 9 月就上述提议进行讨论，其后做出最终决定。有分析人士认为，该提议可能会受依赖煤炭能源的东欧国家以及意大利的反对，后者的跨亚得里亚海天然气管线项目得到欧洲投资银行的资助。（陈商）

中国能源报 2019-08-05

## 纳米比亚计划建四座可再生能源电站

本报讯 据彭博社报道，为确保当地电力供应和减少化石燃料的使用，纳米比亚国家电力公司日前宣布，将在未来五年内建造四座可再生能源发电站。目前该公司约 60% 的电力需求通过进口供给，其中大部分来自南非。

纳米比亚电力公司总经理卡恩·哈罗夫在发布公司 2019—2023 年商业计划时表示：“可再生能源发电站的总装机量将达到 220 兆瓦，主要为生物质能、太阳能和风能。预计耗资 47 亿纳米比亚元

（约合 3.38 亿美元），今年年底开始建设，2022 年完工。”

卡恩·哈罗夫同时强调，纳米比亚是撒哈拉以南非洲地区最干燥的国家，日照条件良好，能够很好地发展太阳能。此外，因为纳米比亚相对而言地广人稀，因此大型风电项目也有不小的潜在发展空间。（仲蕊）

中国能源报 2019-08-05

## 马来西亚国油计划大力投资可再生能源

本报讯 据《马来西亚新闻》网站报道，马来西亚国有油气巨头马来西亚国家石油公司（Petronas）近日推出一项向可再生能源领域投资的计划。该公司总裁兼首席执行官 Wan Zulkiflee Wan Ariffin 表示，公司在把石油和天然气作为核心业务的同时，正在考虑确立新的业绩增长点，目前，已经将利用太阳能、风力和生物质能发电纳入发展战略中。

Wan Ariffin 指出，国家电力需求日趋高涨，为了安全、经济且可持续地提供电力，马来西亚国家石油公司将拓展可再生能源投资领域，而且已有行动议案。今年 4 月，该公司收购了亚洲从事光伏发电业务的新加坡太阳能开发商 Amplus Energy Solutions，首次进军可再生能源领域。

Wan Ariffin 强调称，马来西亚国家石油投资可再生能源领域，有助于该国实现到 2030 年削减 45% 二氧化碳排放量的目标。（王英斌）

中国能源报 2019-08-05

## 江西出台一批生态环境地方标准

江西省市场监管局、省生态环境厅近日联合发布《挥发性有机物排放标准》《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》《工业废水铊污染物排放标准》等江西省地方标准。标准的出台将推动相关企业强化环保理念，为淘汰落后设备、改进工程设计和生产工艺、开展污染治理提供技术支撑。

《挥发性有机物排放标准》按行业分为印刷、有机化工、医药制造、塑料制品、汽车制造和家具制造等 6 个部分，分别规定各类行业生产企业或生产设施的挥发性有机物排放限值、生产工艺和管理要求、监测与监督实施要求，适用于现有企业或生产设施的挥发性有机化合物排放控制。

《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》规定了农村生活污水处理设施水污染物排放的一般要求、水污染物排放控制要求、水污染物监测要求以及标准实施与监督等内容，适用于除城镇建成区以外地区的单个处理规模小于 500 m<sup>3</sup>/d（不含）的农村生活污水处理设施水污染物排放管理。

《工业废水铊污染物排放标准》规定了工业废水铊污染物排放控制要求、监测要求、实施与监督等内容，适用于现有工业废水铊污染物的排放管理，以及新建、改建、扩建项目的环境影响评价、环境保护工程设计、竣工环境保护验收及其投产后废水中铊污染物的排放管理。

中国环境报 2019-08-09

## 热能、动力工程

### 全球能源低碳化发展的经验和趋势

世界各国在经济发展过程中普遍经历了低碳化转型，认清全球能源低碳化发展历程，对于中国的低碳化转型方向和趋势的把握有重要借鉴意义。从总量上看，人均收入低于 5000 美元的国家，经济发展水平较低，人均能源消耗量也很低；人均收入水平介于 5000 至 15000 美元的国家，因其工业化、城市化发展和大规模基础设施建设所消耗的能源强度较高，导致能源需求也加快增长；人均

收入水平超过 1.5 万美元的国家，由于已经处于工业化后期，能源需求开始变得缓慢增长。

从结构方面看，对各类能源的需求转变客观上促进了经济低碳化发展。19 世纪欧洲工业化使得能源供应开始从传统生物燃料向煤炭转型；20 世纪 70 年代石油危机后，各国对能源供应的安全性有了强烈认识，由此刺激了能源由石油向稳定供应的天然气和核能转型；进入新世纪，绿色可持续发展取得各国共识，对清洁能源的需求开始逐渐增长，这一些需求的转变客观上均促进了低碳化发展。此外，各项技术的发展为低碳化转型创造了条件。自 2010 年以来，以风能和太阳能（3.140, 0.00, 0.00%）为主的可再生能源成本已降低一半以上，新能源汽车领域的锂电池成本也有了大幅下降。数字化进程重塑电力及制造业，大大降低了能源使用，提高了能源利用效率。

展望未来，以新能源为依托的电气化发展水平是经济低碳化发展的关键因素。目前，电动汽车产业发展势头良好，预计在 2030 年之前就可以和传统燃油车分庭抗礼；重型陆运、海运及空运领域，电气化和生物燃料技术已经取得重大突破；水泥、钢铁等高耗能产业已经有了较为成熟的电气化技术，并且成本正在快速下降。因此，电气化发展水平和新能源发展是低碳化发展的关键力量。当然，政策在未来将发挥更加积极的作用。

中国太原煤炭交易中心 2019-08-06

## 国内最大用户侧锂电池储能系统送抵项目现场

近日，一批载着阳光电源磷酸铁锂储能系统解决方案的货车抵达江苏项目现场。这是继青海共和、乌兰 55MW/110MWh、湖南 60MW/120MWh、广东 20MW/10MWh 项目之后，阳光电源国内又一大型储能项目。该项目规模为 17MW/38.7MWh，投运后将成为国内最大的用户侧锂电池储能系统。

夏季用电，尤其是高峰期供需矛盾较大。加之我国大部分地区实行分时电价，特别是东部大型工业用电差价更大。企业白天进行生产，很难避免用电高峰，用电成本高居不下长期困扰企业发展。此次针对客户削峰填谷、提升电网友好性的需求，阳光电源为该项目提供全球顶尖的锂电池储能系统解决方案。

该方案采用“All in one”设计，高度集成储能变流器、锂电池、能量管理系统等，所有核心设备均为阳光电源自主研发，且电池安装于集装箱内整体运输，大幅减少现场作业量。此外，阳光电源在该项目中率先采用双层叠放方案，节省占地面积超 50%，进一步降低投资成本。同时，上下层集装箱外风道错开设计，有效减少散热扰流干扰，确保集装箱均温，从而增强电池系统安全性，延长循环寿命。阳光电源锂电池方案的应用，不仅可以有效降低客户用电成本，增加客户收益，而且在缓解夏季高峰期用电压力的同时也将进一步提升电网友好性，完美匹配客户需求。

从最早的离网工程到 2018 年储能变流器装机规模全球第一，再到如今全球超 800 个重大储能项目，阳光电源储能业绩节节高升。凭借卓越的产品与服务，阳光电源储能系统遍布全球，广泛应用于调峰调频、辅助新能源并网、需求侧响应、削峰填谷等各种应用场景。

阳光电源 2019-08-01

## 国内首个电池整包梯次利用项目落地

我国自 2009 年开始推广使用新能源汽车以来，新能源汽车销量不断上升。与此同时，新能源汽车动力电池则进入了规模化退役阶段。退役电池应如何处置？怎样才能充分挖掘动力电池的剩余价值？

8 月 6 日，深圳市比克电池有限公司（以下简称“比克电池”）和南方电网综合能源服务公司联手共建的梯次电池储能项目投入运营，让退役电池“摇身”变成了储能电站。

记者在现场了解到，该项目主要利用 B 品电池或电动车退役电池，在用户侧实现了磷酸铁锂和三元电池并用储能，用于工商业园区用电负荷的削峰填谷和提供电力辅助服务，其装机容量为

2.15MW/7.27MWh，运营期限为 15 年。比克电池相关负责人表示，该项目国内首个电池整包梯次利用项目，将为动力电池梯次利用和电化学储能研究提供实际的项目经验。

据了解，不拆解电池包，直接进行整包梯次利用，是性价比最高的一种应用方式，因为对于梯次利用电池的企业而言，将电池模组拆开单独检测的成本很高。

#### 退役电池梯次利用新方向

根据之前中国电池联盟联合北京绿色智汇能源技术研究院发布的《动力电池回收利用行业报告（2018）》（以下简称《报告》）测算，2018 年后新能源汽车动力蓄电池将进入规模化退役阶段，预计到 2020 年累计退役动力电池将超过 23 万吨（21GWh）。

针对磷酸铁锂和三元电池的选用问题，比克电池储能事业部总经理向超耀对记者表示，虽然三元电池的能力密度有优势，但储能对能力密度的要求不高。而磷酸铁锂电池成本较低，循环寿命比较高，因此，在储能产品多以磷酸铁锂体系为主。

相比在储能中应用已十分成熟的磷酸铁锂电池，三元电池尚未在储能中被广泛应用。值得注意的是，由于 2016 年以来新能源乘用车中，80%以上搭载三元材料动力电池，根据《报告》预测，2020 年以后三元材料动力电池的报废量将有明显增长。

这么多三元电池怎么处理？向超耀指出，这次项目对整包三元电池利用进行了重点部署，虽然三元电池循环寿命相对较短，凭借密度大、能量足的优势，在梯次利用回收中的利用价值比磷酸铁锂要高。“我们会根据不同的应用场景选择不同的电池解决方案。”

他同时表示，此次两种电池混用，为行业提供了电池回收梯次利用的全新方向，有利于推动行业进一步充分挖潜动力电池的剩余价值，尤其是挖掘即将大面积退役的三元电池剩余价值，具有重要意义，可很大程度上解决未来 3-5 年或者 5-8 年很急迫的社会问题。

#### 电池健康状况安全可追溯

退役电池应用于储能系统，是否安全可靠？有业内人士对记者表示，退役电池的一致性通常比较差，在梯次利用过程当中出现热失控的隐患也会增加，用于储能电池将面临重大的安全挑战。

对此，比克电池副总裁李丹坦言，如果对电池过往的使用、经历信息不了解，就无法判断它现在的生命状态、适用场景，后期的维护管理确实很难做。但她指出：“每一块比克电池都有编码，从出生到使用环节都是可追溯的，可以对电池做出健康评估。”

对此，向超耀也指出：“目前来看，退役回来的比克电池，只是容量衰减了，一致性还是很好的。我们会在后台系统查看退役电池包的模组电池情况，如果存在小模组落后的情况，会将其替换出来，保证电池包上集装箱系统可靠、安全地工作。”

此外，相关负责人在现场对记者表示，本次投运的储能系统采用智能化设计，实现了电池、PCS、动环、电网等多方实时监控，通过电芯、电池 Pack、电池簇、系统等全方位的热模拟和结构设计、严格的集装箱强度仿真设计、独特的消防系统设计，从机械结构安全、电子电气安全、热安全、使用安全四个层面，对系统安全进行全方位保障。

他还指出，采取车用电池包整包梯次利用方案，降低了拆解、重组等成本。同时，为提高系统运行稳定性，三元储能系统采用了独特的模块化 PCS 多分支方案，可实现不同的电压、容量组成系统，实现一对一电池包管理。

#### 电化学储能支撑新能源可持续发展

在政策支持逐步明朗的背景下，光伏企业、分布式能源企业、电力设备企业、动力电池企业、电动汽车企业等纷纷开拓储能市场。根据中关村储能产业技术联盟统计，截至 2018 年 12 月底，全球已投运储能项目的累计装机规模达 180.9GW，全球储能行业已步入发展初期。

储能业务也成为比克电池新的战略方向。“未来单体储能项目做到 1MWh 是没问题的，尤其在峰谷电价差大的地区值得推广。”向超耀告诉记者。目前，该项目可实现为用户直接减少电费支出，为用户提供高效智慧的能源供应和相关增值服务。同时，在大电网断电时，储能系统还可作为应急电源，确保用户生产不断电，既可临时缓解负荷高峰电力供需矛盾，又能促进电力资源优化配置。

向超耀指出，项目对未来清洁能源利用将起到很重要作用，不仅可以解决新能源间接性问题，还可解决输送问题。“储能系统在顶峰时存起来，可有效解决新能源消纳问题。储能系统是搭建容量池，可以支撑电网的能量和功率，对电网起到支撑作用。只有把这个问题解决了，中国新能源发电才能真正成为现实。”

本报记者 武晓娟 中国能源报 2019-08-12

## 芬兰瓦锡兰集团在东南亚建储能项目

本报讯 据可再生能源新闻网站 Renewable Energy World 报道，芬兰能源技术公司瓦锡兰集团将在东南亚建一个规模为 100 兆瓦/100 兆瓦时的储能电站。

据了解，为了完成到 2025 年可再生能源发电量占全部能源 23% 的目标，近几年东南亚国家一直在扩大可再生能源部署，大力发展光伏、风电等新能源产业。东南亚国家在引进先进可再生能源技术的同时，也在发展储能等配套产业。而上述储能项目就是代表项目之一。

据该项目相关负责人介绍，由于可再生能源电力具有不稳定的特点，为了平滑电网输出、实现快速调频，项目选择了瓦锡兰集团的储能解决方案。据悉，该方案除了电池、配件、逆变器等硬件外，还拥有智能监控平台，系统可以在收到指令后快速做出反应，独立设定满足当时电网需求的调控方案，可满足可再生能源电力成为电网基荷电力的需求。（董梓童）

中国能源报 2019-08-05

## 必和必拓：未来 5 年斥资 4 亿美元减排

全球最大矿业公司必和必拓近日宣布，将在未来 5 年斥资 4 亿美元减少温室气体排放，加速降低自身碳足迹，并帮助客户制定减排方案。这意味着，这家大型多元化矿业公司的减排范围将进一步扩大，除了对自身运营过程中的排放量负责，还将下游企业在使用必和必拓资源产品时可能出现的排放量予以监管。

助力客户降低排放

《金融时报》报道称，必和必拓是矿业领域第一家将“国际温室气体核算体系中的第三类排放（Scope 3）”纳入自身减排任务的公司。

目前，能源资源类公司主要针对“第一类排放”（Scope 1）和“第二类排放”（Scope 2）推进减排目标。

Scope 1 即直接排放，包括公司所有的车辆以及燃料燃烧的温室气体排放；Scope 2 即间接排放，包括自用的采购电力产生的温室气体排放；Scope 3 即其他间接排放，包括生产采购的原料、产品使用、外包的活动、承包商的所有车辆，废物处置以及雇员公务旅行产生的温室气体排放。

全球第二大矿业公司力拓曾于 3 月拒绝了气候活动家提出的为“Scope 3”设定目标的建议，称其对客户的减排控制“非常有限”。

该公司董事长 Simon Thompson 表示：“就减排问题而言，确实是有一些选择的，但这些技术的速度、经济可行性和最终部署的控制权都在我们的客户手中，并非掌握在力拓手中。”

必和必拓显然持不同意见，该公司首席执行官麦安哲指出，必和必拓旗下运营着大量石油和天然气资产和业务，有责任解决“Scope 3”的排放问题，因为这比其矿山和油田产生的排放量要大 40 倍。

“2020 年开始，为了衡量我们对产品的管理程度，将设定公共目标以解决‘Scope 3’的排放问题。”麦安哲说，“所有受惠于我们产品的客户，都应该为降低对环境负面影响做出努力。”

扩大减排合作规模

必和必拓在一份声明中指出，将在未来 5 年花费 4 亿美元研究和实施新的减排措施，如碳捕获和储存技术、直接空中捕获技术等。在努力完成自身减排目标的同时，还将采取措施帮助客户解决

排放问题，尤其使用该公司生产的炼焦煤和铁矿石的客户。

必和必拓此前刚与日本三菱公司签署了谅解备忘录，将共同致力于减少温室气体排放，包括对已上市的产品进行全生命周期管理。

值得一提的是，必和必拓还将强化环保目标与高管薪酬体系之间的关系。“多年来，我们一直考虑将排放任务纳入高管薪酬体系中。”麦安哲表示，“从 2021 财年开始，必和必拓将明确这一制度，二者之间的联系将更加紧密，以此凸显气候行动的重要性。”

不过，麦安哲仍然批评了那些出售资源公司的投资者，认为此举“过于简单化”且“从根本上而言是错误的”，甚至可能给向清洁能源结构过渡造成拖累。

“交通电气化已经是大势所趋，这就导致我们需要开采更多的铜资源，因为每辆纯电动汽车的铜用量是传统中型内燃机汽车的 4 倍，铜正在成为轻型车辆电气化发展的大赢家。”他说。

传统能源行业面临很大压力，越来越多的基金和投资机构开始将环境、社会和治理指标纳入整体投资决策中。挪威主权财富基金此前明确表示，将不再持有包括必和必拓、嘉能可、英美资源等同类公司的股份。

或退出动力煤市场

自力拓于去年出售了所有煤炭业务、大宗商品贸易巨头嘉能可限制煤炭产量，必和必拓也将“剥离动力煤业务”纳入考虑中。

彭博社消息称，必和必拓正在考虑剥离包括澳大利亚和哥伦比亚等国的煤炭资产，计划从下一财年开始减少动力煤生产。受此影响，预计必和必拓位于澳大利亚新南威尔士的煤炭产量将下降 18% 至 1500 万—1700 万吨，低于今年的 1800 万吨水平。

《华尔街日报》指出，必和必拓拥有两项动力煤业务，分别是澳大利亚的煤炭子公司和所持哥伦比亚 Cerrejón 公司的股权，预计今年这两项业务盈利仅占该公司盈利的 4%。

投行麦格理集团估计，必和必拓澳大利亚动力煤业务净现值约为 6 亿美元，其在 Cerrejón 所持股权的价值约为 10 亿美元。

英国投行利伯伦资本指出，动力煤仅占必和必拓利润的一小部分，预计今年占比约 1%，该公司利润主要来自铁矿石、石油、铜和炼焦煤。

必和必拓首席财务官 Peter Beaven 透露，鉴于能源用煤的前景变得越来越困难，公司对煤炭这一产品的增长前景“不再感兴趣”。

事实上，早在去年 4 月宣布退出世界煤炭协会（WCA）时，必和必拓就已经迈出了剥离煤炭业务的第一步。该公司强调，任何现在和未来的联系都应该与必和必拓的气候和能源立场保持一致，其中包括通过减排来应对全球变暖。

本报记者 王林 中国能源报 2019-08-05

## 电力行业有望率先接轨工业互联网

电力、石油石化等流程型企业，生产过程连续且不能中断，设备自带的传感器按照秒级、毫秒级实时产生大量数据，这些实时大数据为人工智能分析提供了便捷的技术基础。

工业互联网在电力行业的应用目前还处于“婴儿期”，其应用需要一个渐进的过程，就像计算机和 ERP 刚刚进入中国时一样，但前景非常光明。

作为全球工业体系智能化的重要推手，工业互联网正在助力能源电力行业走上全新发展之路。

近日，在中国智慧能源产业联盟举办的“智慧工业互联网在能源企业的应用”沙龙上，来自国内发电企业及中电联的多位人士表示，未来的工业发展趋势是“智能工业”，但工业互联网在我国的应用还处于初级阶段，我国工业领域需意识到工业互联网的重要性，才有望在该领域走在世界前沿。

记者了解到，电力、石油石化等实体工业，因可以实时产生大量数据，具备适应工业互联网的技术基础，可以率先与其接轨。

工业生态将发生改变

工信部今年初印发的《工业互联网网络建设及推广指南》指出，工业互联网网络是构建工业环境下人、机、物全面互联的关键基础设施，通过工业互联网网络可以实现工业研发、设计、生产、销售、管理、服务等产业全要素的泛在互联，对于促进工业数据的开放流动与深度融合、推动工业资源的优化集成与高效配置、支撑工业应用的创新升级与推广普及具有重要意义。

在业内人士看来，广义的工业互联网包括 ERP、远程控制、供应链等，但这些应用多年前就已实现。在此次沙龙上，电力企业代表达成共识，工业互联网的核心是智能和互联，在大数据基础上，应用信息技术、人工智能和互联网技术解决工业生产中的实际问题。那么，什么样的企业最适合工业互联网？

有发电企业人士认为，实体工业分为两种形态，离散型企业例如服装制造厂、发电设备制造厂，设备产生的数据是不连续的；流程型企业例如石化、石油、钢铁、电力、冶金等企业，生产过程连续且不能中断，设备自带的传感器按照秒级、毫秒级实时产生大量数据，这些实时大数据为人工智能分析提供了便捷的技术基础。

中国工业互联网研究院相关负责人表示，工业互联网是 5G 商用的主战场，5G 可以满足工业智能化发展需求，形成具有低时延、高可靠、广覆盖特点的关键网络基础设施。抓住工业互联网蓬勃兴起的机遇，可助力能源企业尤其是电力企业先行一步实现数字化转型。

电厂管理难题将获解决

多位电力行业人士认为，设备状态检修是工业互联网可为流程型工业企业带来变革的领域之一。以电力行业巡检为例，因早期制造业水平较低，电力工业设备跑冒滴漏情况比较严重，又无数据远程监测，因此需要补充巡检的方式。“巡检人员大部分时间花在了巡检的路上，在每台设备前检查的时间很短。”一位发电集团负责人坦言。

他认为，随着设备制造水平的提高，企业不再需要巡检机制，而是可以通过数据分析发现设备问题。传统工业监测方法存在无法区分工况、滞后报警、误报率高等问题，而数据智能可以做到工况感知、提前预警、精准预警。

以火电厂配煤掺烧为例，通过智能检测和数据分析，可以发现燃烧达到最佳效果时火焰中心所处的最佳位置，即特征值，从而可以指导燃煤锅炉火焰中心移动，解决火焰中心检测与管壁超温等问题，进而指导发电厂运行人员实现配煤掺烧优化，使得经济效益显著提升。

与会的电力企业代表与中国工业互联网研究院相关负责人表示，工业互联网在工业中的应用，可以让企业掌握最佳的生产状态，从而在节能降耗、技术改造、降库存、提升设备设计能力、制造业整体制造水平等方面持续提升。

发展尚处“婴儿期”

工业互联网在我国工业、尤其是能源生产行业的应用处于什么阶段？记者在会议现场了解到，目前真正的应用很少，只在起步阶段。一位工业互联网服务提供商也表示：“工业互联网在电力行业的应用目前还处于“婴儿期”，其应用需要一个接受的过程，就像计算机和 ERP 刚刚进入中国时一样，但前景非常光明。”

在认知、了解工业互联网之前，大多数企业目前并未尝到“甜头”。“单独一个企业应用工业互联网，只能在单点做出突破，希望流程型企业以及我国工业领域更多的人，可以意识到工业互联网的重要性。”上述服务商表示，希望工业互联网的供给侧和需求侧在联盟平台上共同发力，形成生态和规模，以促进工业化和信息化在电力企业更深度的融合。

目前，以人工智能驱动的智能变革正方兴未艾，在电力企业代表们看来，我国有机会在能源、工业领域率先实现智能化。原因在于，首先，我国具有大量的工业基础；其次，这些工业产生了海量的工业数据；再次，我国有一定的信息化基础，加上行业对工业互联网的理解和突破，有望在工业互联网领域走在世界的前沿。

本报实习记者 齐琛 中国能源报 2019-08-05



## 煤化工助力钢铁业尾气清洁化利用

“我们必须认识到，我国钢铁行业发展遇到了瓶颈，它的高耗能、高污染物排放与我国产业生态化的发展要求有一定差距，制约了行业发展，而这些是当前我们必须面对和尽快解决的问题。”近日，在由中国科学院大连化学物理研究所主办的第一届全国钢铁与能源化工行业协调发展研讨会上，宝钢股份中央研究院副院长、中国工程院院士毛新平说。

钢铁作为重要的结构材料，是我国经济社会发展的重要基础，广泛应用于建筑、机械、能源等各个领域。但另一方面，其高比例碳排放一直饱受诟病。因此，此次会议汇聚了来自钢铁行业和能源化工行业的专家学者及相关企业，共商钢铁行业与煤化工行业的融合发展之路。

“钢铁行业想尽量减少的尾气是煤化工行业宝贵的原料”

数据显示，我国钢铁产量自 1996 年超过 1 亿吨后，至今已连续 23 年保持世界第一，2018 年我国钢铁产量再创历史新高，达到 9.28 亿吨，占世界总产量的 51.3%，是名副其实的钢铁大国。

但钢铁企业在炼铁工艺过程中会排放大量尾气，即高炉煤气、焦炉煤气和转炉煤气。钢铁产能的增长，也意味着钢铁工业尾气排放量的不断提高。据介绍，若按我国钢铁年产量 9 亿吨计算，则年产高炉煤气 10000 亿标准立方米、焦炉煤气 1100 亿标准立方米、转炉煤气 700 亿标准立方米，这些尾气中的主要成分为氮气、一氧化碳、二氧化碳、氢气，还有少量甲烷，是钢铁行业碳排放的主要来源。

据了解，过去钢铁行业尾气的处理是作为制造过程中所需的能源燃烧掉，现在则大多用来发电。在多位专家看来，目前的尾气利用方式附加值较低，且不能减少二氧化碳排放。“目前通常被用作能源，没有被高值化利用。”毛新平表示。

与之相对，煤化工行业需要通过成本较高的煤气化技术，先将煤转化为合成气（一氧化碳和氢气），再利用合成气生产甲醇、烯烃、乙醇等化工品。这些合成气，和钢铁尾气中的有效成分相似。

“钢铁行业想尽量减少的尾气，是煤化工行业宝贵的原料。”中国科学院大连化学物理研究所所长、中国工程院院士刘中民表示，“现在的问题是隔行如隔山，煤化工行业压根不知道钢铁行业造气造了一百多年了，钢铁行业也不知道用合成气可以做这么多东西，各自干得热火朝天，这是因为没有交流。希望可以把钢铁尾气里的这些一氧化碳、氢等资源化，作为化工的原料，生产甲醇、乙醇、烯烃等，促成产业链合作，这将是钢铁行业生态化发展的一个重要方向。”

技术路线成熟多样可大幅节省造气成本

在我国，通过煤基合成气制甲醇、烯烃、柴油、乙二醇等技术已非常成熟，且新的技术层出不穷，不断取得新突破。而钢铁工业若能实现与能源化工行业耦合，不仅为钢厂尾气综合利用提供了新思路和解决方案，从煤化工行业来讲，也将大幅度节省造气阶段成本，同时为国家能源安全提供保障。

“煤化工的第一步是先把煤变成合成气，我们费了很大的功夫去造气，光造气投资就占到总投资约 1/4-2/3 的成本。”刘中民表示。以包头 180 万吨/年煤基甲醇制聚合烯烃为例，其中造气阶段工程投资占总投资的 23.9%，达 18 亿元，利用钢铁尾气资源可绕过造气阶段，大量节省投资。

另外，大连化学物理研究所针对钢厂工业尾气组成与特点，开发出以一氧化碳和氢气为主要原料制备用途广泛的无水乙醇技术（DMTE），这进一步为钢铁行业尾气利用拓宽了思路，助力我国乙醇汽油的推广和使用。

国家发展改革委等 15 个部委联合印发的《关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案》中提出“到 2020 年实现乙醇汽油全国基本覆盖”，从目前来看，全面推广乙醇汽油所需的燃料乙醇原料尚有 1000 多万吨的巨大缺口，而 DMTE 技术的突破也为钢铁行业和煤化工行业带来新机遇。

据介绍，2017 年 1 月陕西延长石油集团 10 万吨/年合成气制乙醇装置成功打通全流程，产出分析纯级无水乙醇。DMTE 技术自 2017 年首次投产后，目前已有两个工业项目应用。大连化学物理研

究所与新疆天业签订了 120 万吨的煤制乙醇项目，目前正在编制可研报告。

#### 跨界产业需解决适应性问题

当前，以一氧化碳和氢气为原料制甲醇、烯烃、油品、乙醇、乙二醇等在煤化工领域已有项目应用，煤化工和钢铁行业结合的项目虽然有几个正在论证，但是还未真正实施。

“钢铁行业这么大，产业生态化问题这么突出，现在煤化工技术已经成熟，非常有必要促成钢铁行业与能源化工行业的深度融合。”毛新平说，“但是要做的事情很多，两个不同的行业，涉及到资本、技术、环保等诸多方面的问题。”

刘中民也表示，如果要实现两个行业的融合，实现生态化发展，需要统一布局、协调发展。“技术上没有障碍，难题就是大家互相不了解，整个化工的布局是按照园区来做的，和钢铁厂不是一回事，钢铁厂也不能只管自己的钢铁生产，而生态化发展需要钢铁产业上下游兼顾，协调起来，包括原料、供应关系的建立等。”

本报实习记者 李玲 中国能源报 2019-08-05

## 煤电大面积亏损有违常理

近年来，青海省凭借独特的太阳能、风能、水能资源优势，一跃成为我国清洁能源领域的佼佼者。但在清洁能源爆发式增长的过程中，如何解决好中短期内不可或缺的煤电等传统电源的生存、发展问题，目前已成为青海省的一大紧要课题。

当前我国能源发展处于快速转型期，尤其是党的十八大以来，清洁能源消费比重从 2013 年的 15.5%大幅攀升至 2018 年的 22.1%，是新中国成立以来可再生能源增长速度最快、能源结构调整力度最大的时期。期间，青海省发电装机从 1700 万千瓦增至 2992 万千瓦，其中新增装机几乎百分之百来自太阳能发电、风电。目前，青海省清洁电力装机占比超过 87%、发电量占比超过 85%，为今年 6 月 9 日至 23 日该省连续 15 天、360 小时实现全清洁能源供电--“绿电 15 日”提供了坚实基础，青海也因此刷新了全清洁能源供电的世界纪录。

但青海省经济体量小、电力市场规模有限，太阳能发电、风电的大发展在迅速“绿化”当地电源结构的同时，也让煤电的发展、生存问题日益凸显。事实上，在需求增长并不充分的情况下，由于电源间的替代性竞争关系，青海省清洁能源电力市场份额的增加，意味着煤电生存空间的萎缩，进而直接导致煤电企业的经营业绩大幅下滑。一个明显的例证是，青海省火电机组利用小时近年来持续下降，2018 年仅为 3313 小时，相比 2015 年大降 46.4%，部分机组的实际利用小时数甚至不足设计值（5500 小时）的一半，近期更是出现了 10 台机组 9 台长时间停运的极端情况。设备闲置，电厂无法获得收入，而维修费用、人力成本照常支出，电厂只能坐吃山空。

青海只是问题的一角，一斑窥全豹。事实上，水电大省四川、云南也都存在类似问题。例如，在降水较多的夏季，当地煤电大面积停运、为清洁能源“让路”已成为常态。近年来持续攀高的煤价，更是让煤电亏损问题愈演愈烈。

但必须理性地看到，虽然电力清洁化、低碳化是大势所趋，但在当前及今后相当长一段时期内，电力系统仍然离不开煤电。事实上，青海“绿电 15 日”期间，为确保电力系统的安全、稳定运行，青海北部电网依旧有煤电机组作为重要支撑电源在运行。换言之，即使是在清洁能源电力装机占比已超过 87%的青海，清洁能源仍不具备长时间独立满足省内电力供应的能力；煤电仍是电网运行不可或缺的核心力量，尤其是在水电发电量较少的冬季用电高峰期，煤电更是电力保供的绝对主力。

煤电作为整个电力系统的重要支撑，关键时刻能顶上去，这是其他类型电源很难做到的，也是煤电之于电力系统无法替代的、巨大的存在意义，但煤电却难以实现盈利，甚至出现大面积、连年亏损，这本身就有违常理。一言以蔽之，煤电“离不开、活不了”的现状，本质上是一种“病态”，是电价形成机制未理顺、煤炭电力顶牛矛盾难消等体制机制问题的集中体现。

近年来，在供给侧结构性改革的大背景下，煤电也进入了“去产能”时代，控产能、淘汰落后产能

已成为行业发展的主旋律；煤电的定位已从基础电源向“调峰电源、兜底电源”转变。这些全新的变化必将对电力行业产生深远的系统性影响，并对现有电价形成机制等市场规则提出了新的进化要求。另外，从煤电、水电、核电、风电、太阳能发电、电网等发展规模和水平来看，我国已是名副其实的“电力大国”和“电力强国”。但目前全国煤电亏损面接近一半，相当一部分省区出现了整体性亏损，且短期内难以根本好转的现实，与行业地位形成了强烈反差。问题之大，不可不察。

“惟改革者进，惟创新者强，惟改革创新者胜。”考虑到青海火电已由过去的基荷电源转变为应急电源、调峰电源的现实，现行的电价形成机制和行业管理模式也要与时俱进。青海有条件、有必要优化乃至重塑电价形成机制，特别是在市场化交易、服务补偿机制的探索中更进一步，让火电不仅能活下来，更要活得好。

贾科华 中国能源报 2019-08-12

## 以用户为中心建立统一的数据环境

数据是泛在电力物联网建设的最基础元素，其“四层”架构——感知层、网络层、平台层、应用层之间的有机关联是以数据流动为纽带实现的，通过对电力行业内外数据的整合，最终形成泛在电力物联网落地闭环。

同时，泛在电力物联网建设涉及数据的分类众多，从方便实操的角度来看，应重点在数据收集环节摒弃“数据端”思维，在数据管理环节打破数据“孤岛”，在数据应用环节克服“3B”(Below Surface、Broken、Bad Quality，即隐匿性、碎片性、低质性)特征，建立以用户为中心的泛在电力物联网统一数据环境。

摒弃“数据端”思维 明确数据采集应用目的

在物联网建设及工业大数据的应用实践中，人们习惯于从“数据端”去思考问题，即不对数据进行优先级排序，而是仅基于传感体系实现数据的被动收集，由此，海量数据导致了管理“混乱”及分析的“低效率”。当然，目前尚无法对支撑泛在电力物联网建设的基础数据进行“细致且精确”的分类，但至少可以从泛在电力物联网建设的外部大环境出发，做一个“粗略且准确”的划分，即数据收集梳理必须做到“以用户为中心”，这体现在两个方面：

一是采取“更好适应能源革命”的数据获取原则。重点围绕能源供需两侧的“不确定性”开展数据采集工作，其中供应侧主要聚焦刻画新能源“间歇性、随机性”特征的出力数据；需求侧主要聚焦用能客户的精准需求数据、电动汽车等新型用能习惯数据、综合能源服务数据等。

二是采取“更好满足人们对美好生活向往”的数据获取原则。从生产侧来看，在行业加总数据的基础上，需进一步加强对企业个体生产行为的刻画，尤其是在产业“新旧动能转换”过程中，准确描述新动能产业的用能用电特征；从消费侧来看，需要基于智能电表、智能家居的深度应用，获取家庭用电设备各时段的负载信息，感知、预测人的价值获取意愿和行为。

打破数据“孤岛” 提升泛在电力物联网的成长性

作为泛在电力物联网的主体推进单位，国家电网有限公司通过 SG186/SG-ERP 工程和基本多级数据传输网建设，具备了“系统级”数据基础雏形。

以电力大数据应用为例，随着电力信息化的推进，以及智能变电站、智能电表、实时监测系统、现场移动检修系统、测控一体化系统和一大批服务于电网各专业的信息管理系统的建设、应用，数据规模、种类将快速增长。

电力大数据主要包括电网运行及设备监测数据、电力企业营销数据、电力企业管理数据及来源于电网外部的公共服务数据、气象数据、电动汽车充换电数据等。通过进一步梳理可以发现，这些数据分别由不同单位/部门管理，具有分散放置、分布管理的特性，数据管理的专业壁垒凸显，数据未能有效贯通，人工录入问题普遍存在，数据质量也有待提高，尤其是对外部数据的获取整合能力有待进一步提高。

因此，需要建立数据中台，尽可能采集全生命周期的信息数据，打破过去以设备独立感知、部门独立管理的数据“孤岛”壁垒，建立互联互通的数据环境。只有解决泛在电力物联网数据接口的标准化问题，才能使所有上层建筑的功能层在同一个数据框架下运行，从而更好地发挥梅特卡夫定律，有利于降低新功能开发及部署成本，为系统动态拓展提供良好的成长性基础。

克服“3B”特征 提升数据的价值密度

“3B”特性与电网应用低容错性之间的矛盾是电力大数据分析所要解决的主要矛盾。

在电力数据的采集传输过程中，远程终端单元采集、电表采集等多个环节均会对数据质量产生影响，具体表现为数据不刷新、数据跳变、数据错误、报表出错等；在数据集成过程中，存在着多数数据源的异构问题、数据缺失及重复记录问题；目前还存在一些人工录入的数据，这些数据受制于人工成本，时间间隔长且监测目标有限，会存在录入有误的问题。此外，当涉及到内外部数据交互应用时，由于缺少对外部数据的感知收集及关联性分析将导致数据价值难以有效发挥。

以电力需求预测为例，当前学界及政策界在预测短期电力消费时，往往沿用中长期电力需求预测思路，将 GDP 增长、产业结构调整等长期因素考虑进来，缺少对中频或高频经济数据的挖掘及其与电力消费数据的关联分析，同时，也忽视了短期内对电力消费影响巨大的“小概率”事件，如极端天气等。这导致当前对年度电力需求的预测精度较低，调整频率较为频繁，进而对能源电力规划的指导作用微乎其微。

因此，需要分析基于微观主体的高频经济生产及能源电力消费特征的关联关系，不断提升电力需求的预测精度，如将反映行业生产周期的工业生产资料 PPI 数据引入分析模型，可以大幅提高预测的准确度和结果的稳健性。

（作者分别供职于北京化工大学、北京信息科技大学、物联网智库）

孙祥栋 李军 赵小飞 中国能源报 2019-08-05

## 华电山东区域新能源装机总容量 突破 100 万千瓦

随着近期华电山东新能源有限公司莱州郭家店三期风电项目最后一台风机顺利并网发电，华电在山东的新能源装机容量突破 100 万千瓦。

莱州郭家店风电场位于山东省莱州市郭家店镇，海拔高度为 100-240 米。华电莱州郭家店风电项目共分四期建设，总装机容量 199 兆瓦。一、二期工程分别于 2015 年、2016 年顺利投产发电，近期完成的三期工程装机容量为 49.8 兆瓦，全年发电量超过 1 亿千瓦时，每年可节约标煤 3.25 万吨。

华电山东新能源有限公司成立以来，在山东区域奏响了“追风逐日”的乐章。2018 年，公司完成发电量 17.25 亿千瓦时，同比增加 3.46 亿千瓦时，创出历史最好水平。

经济参考报 2019-08-13

## 10 台机组 9 停运，青海火电怎么了

7 月 29 日，中午一点，按照提前约定好的时间，记者来到了青海华电大通发电有限公司。正值午休时间，公司副总经理赵发林的办公室却不时有人进出。

无暇休息的赵发林正在和一家甘肃煤企负责人商讨电厂今冬用煤问题，原定的采访时间也因此推迟了 1 个多小时。“还没谈拢，现在买差不多要 700 元/吨，青海和周边省区煤价都在涨，要是等到冬天，一吨至少涨 100 多元。这个价格我们根本承受不起。”赵发林谈及此处眉头一紧，“其实，我们现在欠的购煤款已超过两亿元，这两天账面上的流动资金只剩一两千万了。但现在不拉煤，入冬煤价涨了就更买不起了，对方还要求先打款后发货，这不是雪上加霜吗？”

2016 年至今，大通电厂已经累计亏损 7.1 亿元，2019 年全年预亏 3.6 亿元。“这几年，我们电厂已经把流动资金都亏进去了，要是现在要求偿清欠款，我们立即破产。”赵发林说。

但大通电厂的境遇在青海已是最好的了。据了解，目前青海全省共有 10 台累计装机为 316 万千瓦的火电机组，分属 5 家企业，其中大通电厂拥有两台 30 万千瓦机组，但在运的仅有一台，这也是当前青海省唯一一台在运火电机组，其余 9 台已悉数停运 3 个月有余。赵发林告诉记者，这台机组是青海北部电网的安全支撑电源，所以才免于停机。“开机肯定比不开要稍微好一点，至少一个月还有几百万进账。但是剔除当月的员工工资、银行利息、设备折旧、燃料成本后，还是亏的。”据西北能监局日前发布的监管报告，青海火电企业资产负债率接近 90%，且处于连年亏损困境。大通电厂资产负债率 98.7%，唐湖、宁北两座电厂负债率超过 100%。

一面是连年亏损，一面却是重任在身。西北能监局调研指出，青海电网装机整体特性为“大水电、大新能源、小火电”。但大型水电机组受限于黄河流域灌溉、防洪及为整个西北电网调峰、调频任务影响，其在省内调峰作用较为有限。因此，火电机组作为青海电网基础性、支撑性电源，承担了大量为省内新能源发电深度调峰任务，特别是在冬季枯水和供暖期间，火电机组调峰重要性和压力更加突出。

时值盛夏用电高峰，作为“基础性、支撑性”电源的青海火电为啥一反常理成了摆设？

可再生能源装机不断增加，火电企业也得“看天吃饭”

安静的车间、关停的设备，在黄河上游水电开发有限责任公司西宁发电分公司，工作人员一边引导记者进厂，一边介绍着厂里的情况。“现在机组停运了，我们的工作主要是设备检修消缺、人员培训。控制室电脑都关了，工厂的照明灯也是关一排亮一排，省电，能省点儿是点儿。”

同病相怜的还有省内另外三家火电企业。“没办法，现在发电市场就这么大，水电和光伏、风电等新能源装机规模又大，尤其是今年夏天黄河来水这么好，光是这些可再生能源的电，整个青海电网可能都消纳不了，火电就更没有空间了。”对于火电企业而言，随着青海省可再生能源装机的不断扩大，火电已然成了“看天吃饭”的行当，有火电企业负责人向记者诉苦，“夏天只能停机。冬季白天有光伏发电，火电机组基本只有一半负荷在运行，但是只要太阳下山，电网调度会立刻要求火电上负荷，所以晚上大多是满负荷运行。可再生能源发电要‘看天’，我们火电机组发电要看可再生能源。”

数据显示，截至 2018 年底，青海电网统调口径总装机 2992 万千瓦，其中火电装机 383 万千瓦（含自备电厂），占比 12.8%。2018 年，全网总发电量 793 亿千瓦时，其中火电发电量 111.5 亿千瓦时，占比 14.1%。

长时间停机的背后是利用小时数的逐年下滑。西北能监局统计数据显示，2018 年青海省火电企业平均利用小时数仅为 3313 小时，较 2015 年大降 46.4%。“今年黄河来水比去年还要好，形势更加严峻，3 月底两台机组都停了，目前看 10 月底才有可能开机。”上述火电企业负责人表示，投产 3 年以来，该公司已经累计亏损 10.3 亿元，今年上半年亏损额已近 1.8 亿元。“这两年，公司的年度工作报告里凡是说到‘扭亏为盈’的单位里都不会提我们，集团对我们的要求就是想办法减亏，然后安全生产。”

“站在发展可再生能源的角度，现在的做法是让火电停机、可再生能源优先上网。但这样做真的公平吗？火电在电力工业成长、壮大的过程中扮演了重要的角色，支撑了社会经济的发展。”国家电网能源研究院能源战略与规划研究所研究员闫晓卿表示，如今羽翼渐丰的新能源产业自始至终都离不开火电的“兜底”。现阶段，火电企业在保障整个电力系统安全、稳定运行方面的价值是无法替代的。

交易电价实为“政府指导价”，煤价则随行就市、水涨船高

既然无法替代，那么在利用小时数低位徘徊、发电量难以保障的情况下，火电企业能否在交易电价上找找出路呢？

据记者了解，自 2018 年开始，青海省每年为各火电企业划定一定数额的基础电量，基础电量执行火电脱硫标杆上网电价 0.3247 元/千瓦时。基础电量以外的所有发电量全部执行市场电价。而这所谓的市场电价，却并非完全由买卖双方自行商议确定。目前的执行方案是，青海省相关政府部门对电力直接交易划定一个“天花板价格”，发电企业在此基础上降价让利，最终交易电价不得高于此价

格。近年来，青海省设定的“天花板价格”在 0.24 元/千瓦时左右。

“0.24 元/千瓦时的价格，都不够买煤的。”赵发林告诉记者，去年一年，大通电厂市场化交易的电量占到全年总发电量的 60%以上。另据西宁市某热电企业负责人杨某透露，根据年初青海省工信厅确定的交易方案预估，今年全省 5 家火电企业的基础电量约为 45 亿千瓦时，而交易电量将达到约 71 亿千瓦时。

交易电价低迷的同时，煤价却一路看涨。中电联最新公布的中国沿海电煤采购价格指数显示，今年 7 月 25 日至 8 月 1 日，5500 大卡/千克煤炭的综合价格约为 579 元/吨，而目前青海火电企业的购煤价格已经接近 700 元/吨。据西北能监局统计测算，截至 2018 年底，青海省的入厂标煤单价已经比 2016 年高出 40%。

杨某还给记者算了这样一笔账：“去年冬天，标煤价格在 820 元/吨左右，估计今年可能上涨到 840-860 元/吨。按照 840 元/吨计算，我们电厂的平均供电煤耗水平大概是 320 克标准煤/千瓦时，折算下来的电价就是 0.2624 元/千瓦时，再加上脱硫脱硝、石灰粉、尿素等消耗，理论上电价至少要达到 0.27 元/千瓦时才能维持盈亏平衡，这还不包括人员工资、设备折旧等费用。”简言之，如按照上述 0.24 元/千瓦时左右的价格进行交易，在冬季 840 元/吨的煤价下，青海火电企业将陷入“发一度电、亏三分钱”的窘境。

“即便是从全国范围看，青海的火电也不具备成本优势。”黄河上游水电开发有限责任公司西宁发电分公司安全副总监石鸿铭坦言，在高煤价下，与本省的水电相比，火电缺乏竞争力。“企业的成本主要就是购煤、设备折旧、财务成本以及人员工资等几大块，现在煤价这么高，如果外省的电再进来，例如甘肃很多老电厂，其设备折旧和财务成本都已经非常低，甚至可以报出 0.17 元/千瓦时的电价，这个价格我们肯定竞争不过。”

“归根结底，煤炭价格是放开的、高度市场化的，而电的价格却是受到控制的。”闫晓卿指出，从买煤卖电的链条而言，火电企业无力扭转目前的困境。

“两个细则”补偿杯水车薪，辅助服务市场化交易试运行效果暂不明朗

据记者了解，除电费外，多数青海的火电企业通过政策层面的考核和补偿机制也可获得部分收益。但对于连年亏损的火电企业而言，这部分收入实为杯水车薪。

早在 2015 年，西北能源监管局就根据西北电网实际运行情况制定了“两个细则”，即《西北区域发电厂并网运行管理实施细则》及《西北区域并网发电厂辅助服务管理实施细则》，并于去年年底进行了重新修订。通过“两个细则”，可对并网发电企业进行考核和补偿，得分折算为电费按月统计，月结月清。

“补偿的金额抵消掉考核过程中的罚款，去年我们在‘两个细则’部分的最终净收入是 2000 多万元。”赵发林指出，即便是计入上述 2000 余万元，大通电厂去年的净亏损金额也超过了 2 亿元，“所以，这一补偿的力度是远远不够的。我们最近也在问相关政府部门，青海到底要不要火电？如果不要，集团很可能会把它关掉。年年亏，集团年年要填这个钱。”

“两个细则”之外，上述热电企业负责人杨某也指出，今年 6 月，青海省已经启动电力辅助服务市场化交易试运行，旨在实现新能源消纳的同时，给予火电企业一定的合理补偿。“初衷非常好，但实际上，未来青海火电机组夏季无法开机运行的现象很可能常态化。从今年 6 月试运行以来，实际上全省只有一台在运机组符合条件，但这台机组要保证北部电网的安全，负荷率必须达到 65%，根本无法调峰。而在冬季，火电厂能够参与深度调峰的时间也仅有中午光照条件最好的一小时左右，即便有心去做，空间也十分有限。”

对此，有行业专家指出，国有火电企业之所以连年亏损、经营状况不佳，其中的关键原因之一就是备用容量部分的合理收入并没有真正落实到企业。换言之，火电机组在停机状态下应该获得足够的补偿，“而这部分费用应当由享用了清洁能源的用户承担”。“针对可再生能源的平价上网，我们其实有一个误区，认为成本降到火电成本、不需要补贴就是平价，但实际上只有当新能源上网关口能够主动响应用户的负荷波动，才算是真正的平价。但目前这部分响应负荷波动的成本几乎全由国

有火电企业无偿承担了。备用容量才应该是最为昂贵的辅助服务。”

“到底给火电多少补偿才算够？其标准是让企业不亏本，还是多少赚一点？这个度应该如何把握？”闫晓卿指出，目前，即便是作为国家级清洁能源示范省，青海依旧需要一定的火电机组保障电力系统的安全。“与其说是‘补偿’，不如说是怎样让火电的‘价值’更充分地体现出来。但‘安全保障’作用恰恰又是最难衡量的，并不像辅助服务一样可以有明确的执行规则和指标。所以，如何从体制机制上确认并制定科学的标准去体现火电的价值，这才是下一步最需要解决的难题。”

在西宁采访的几天中，记者多方联系已经处于无限期停产状态的宁北电厂，希望进一步了解具体情况。但最终采访未能成行，知情人士告诉记者：“他们不想接受采访了，因为已经不打算再开机，不想再干下去了。”“如果再这样下去，宁北的今天就是我们剩下几个电厂的明天。”

本报记者 姚金楠 实习记者 赵紫原 中国能源报 2019-08-12

## 云南电网装机突破 9000 万千瓦

截至 7 月 31 日，云南电网今年统调发电量 1693.3 亿千瓦时，其中水电 1376.9 亿千瓦时，风电、光伏发电 199.3 亿千瓦时，以水电为主的清洁能源发电量占比 93.1%，达到国际一流水平

记者 8 月 7 日从云南电力调度控制中心了解到，日前，云南电网公司统调装机容量已经突破 9000 万千瓦，达到 9056 万千瓦。其中，水电装机 6444.9 万千瓦，火电装机 1402 万千瓦，新能源装机 1209.1 万千瓦，清洁能源装机占比达到 84.5%。从 2009 年装机突破 2000 万千瓦到现在超越 9000 万千瓦，其中，清洁能源从 1430.4 万千瓦增至 7654 万千瓦，10 年来，云南在培育以水电为主电力支柱产业的路上一路突飞猛进，全面助力云南省打造世界一流“绿色能源牌”。

### 清洁能源唱主角

云南省火电占据主力地位的电源结构被彻底打破始于 10 年前。2009 年，水电装机总量首次赶超火电 893.5 万千瓦的装机总量，占比超过 50%。此后的十年间，云南全省水电开发进入黄金时代，完成了金沙江、澜沧江流域数十座电站开工、掘进、浇筑、安装、投运等一连串动作，并且伴有风电、太阳能等新能源机组投产。

全省电源结构显著优化，从 2009 年突破 2000 万千瓦到 2013 年突破 4000 万千瓦，云南电网统调装机用了四年时间实现翻番，之后快马加鞭，2014、2015、2016 一年迈上一个新台阶，在不到三年的时间里突破 8000 万千瓦，直至 2019 年突破 9000 万千瓦，现在的统调装机规模是 10 年前的 4.5 倍，较 20 年前全网装机容量增长 50 多倍。

10 年间一连串装机数据变化的主角当推以水电为主的清洁能源。目前，接入云南电网电站数目超过了 2200 座，其中，水电站数目超过 1800 座，装机最大的溪洛渡右岸电厂装机达 630 万千瓦。截至 7 月 31 日，云南电网今年统调发电量 1693.3 亿千瓦时，其中水电 1376.9 亿千瓦时，风电、光伏 199.3 亿千瓦时，以水电为主的清洁能源发电量占比 93.1%，达到国际一流水平。

本报记者 王旭辉 通讯员 马莎 赵珍玉 中国能源报 2019-08-12

## 用互联网思维构建新一代电力系统

智慧能源支撑着智慧城市建设，泛在电力物联网是其中的重要基础。今年 1 月，“加快建设泛在电力物联网”首次写入国家电网公司两会报告，一经公开，立即引发社会各界、资本市场和国内外同行的广泛关注与热议。建设泛在电力物联网将变革传统的电网工业体系，把以供给保障用电为中心变为以客户为中心。半年多来，“泛在电力物联网”从一个陌生的名词，逐步走向公共建筑、工业园区、城市交通等多个应用场景，为用户带来了更多的参与感和获得感。

“我国必须以互联网思维审视和改造传统电力系统，而建设能源互联网是构建新一代电力系统的

关键步骤。”在日前由南瑞集团有限公司和国网（苏州）城市能源研究院联合主办的“泛在电力物联网与城市智慧能源高级研讨会”上，中国科学院院士、中国电力科学研究院名誉院长周孝信称。他指出，能源互联网是在智能电网基础上，互联网思维理念和技术与能源生产、传输、存储、消费以及能源市场深度融合，实现能源系统和能源产业发展新形态，即“互联网化”，这是新一代能源和电力系统的重要发展方向。近日，本报记者就新一代电力如何最大化地提高能源综合利用效率、能源互联网如何助力城市能源转型等问题专访了周孝信院士。

以非化石能源为主的电源结构

有助于实现能源转型

记者：您曾提出，能源转型的核心是新一代电力系统。请问电力系统的发展经过了哪几个阶段？

周孝信：新一代能源系统是以电力为中心，以电网为主干和平台，各种一次、二次能源的生产、传输、使用、存储和转换装置以及信息、通信、控制和保护装置直接或间接构成的网络化物理系统。

回顾电力系统的发展历程，第一代电力系统是 19 世纪末至 20 世纪 50 年代，特点是小机组、低电压、小电网，电网安全和供电可靠性低，当时的电源和电网处于初级发展模式。第二代电力系统是 20 世纪 50 年代至 20 世纪末，特点是大机组、超高压和大电网，安全性和可靠性得以提高，但大电网停电风险依然存在，且仍然高度依赖化石能源，是一种不可持续的发展模式。第三代电力系统是从 21 世纪初至 21 世纪中叶，以可再生能源和清洁能源发电为主（占 70%-80%以上），骨干电源与分布式电源结合，主干电网与局域配电网、微电网相结合。在这期间，供电可靠性大幅提高，基本可以排除用户意外停电的风险，且是以非化石能源为主的综合能源电力系统，是一种可持续的发展模式。

记者：您认为新一代电力系统发展的最大推动力是什么？

周孝信：个人认为，一个就是绿色发展，这是在可再生能源技术发展推动下的电力系统转型。另一个就是数字革命，这是在互联网信息技术进步推动下的电力系统数字化和智能化。这两大革命是推动电力系统发展模式转换的驱动力。

第三代电力系统即新一代电力系统，是百年来第一、二代电力系统的传承和发展。从第一代电力系统到第三代电力系统发展的内在动力是电能供需的变化，对于第三代电力系统而言，其主要驱动力是电源结构的变化。这种变化是伴随着能源转型发生的，原因在于化石能源的有限资源、环境保护要求日益严格，以及在信息通信技术高速发展的推动下，对系统运行和用户服务自动化、智能化水平的更高要求。我始终认为，第三代电力系统最根本特征就是电源的变化，结构的变化影响着一切。大力开发利用可再生能源，形成以非化石能源为主的电源结构，构建新一代电力系统，是实现能源转型、建设新一代能源系统的主要途径。

建立既节能环保又满足生活需要的城市能源系统

记者：新一代城市能源电力系统表现出了哪些主要特征？

周孝信：我认为，新一代城市能源电力系统主要有四个特征：一是可再生能源优先、因地制宜的多元能源结构。我认为城市的发展肯定要电气化优先，但一定要因地制宜地考虑，而不是千篇一律。比如要考虑多元化的清洁能源，包括天然气、分布式光伏、地热等。二是集中分布并举、协同可靠的电力生产和供应模式。今后要发展分布式能源，而且它将来可能占的比重会越来越大。所以，不管是做电源规划或是电力规划，一定要协同起来。三是供需互动、多能互补、节约高效的用能用电方式。我觉得，多能互补更适合在城市里发展，特别是在一些大型企业，比如工商企业中。同时，我呼吁大家要养成节约的习惯，比如节电节能，学会高效的用能用电方式。四是面向全社会的平台性和综合能源电力服务。

记者：判断新一代“城市能源电力系统”关键指标是什么？

周孝信：我认为，关键指标主要包括电能在终端能源消费中的比重、供电供能可靠性指标、城市绿色能源生产消费指标（绿色交通、绿色建筑、工商企业、城市居民）、城市能源系统总体能源利用效率等。



具体而言，比如在绿色交通方面，要看其电气化和清洁燃料的应用指标。在城市里，比如公交车和私家车，要看有多少是电动的、有多少是用氢能的、还有多少是用甲醇的。这些都是我们一定要考虑的方面。而在绿色建筑领域，就要看建筑节能和清洁供暖制冷指标。建筑领域作为节能降耗的重要领域，现在有很多标准，目前实现的情况如何？我们也要重点关注。在工商企业中，要关注节能和多能互补指标。而在城市居民生活中，要看节能和绿色简约舒适生活方式指标。我曾到长江沿岸地带调研，发现供暖是一个极大的问题。这里夏天很热、冬天很冷，北方的冬天有暖气用，大家会感到很舒适，而这里很冷，大家又想提高生活质量怎么办呢？大部分人会选择用电，但是代价很大。所以，现在有没有这样一个解决方案？既能满足老百姓高品质的生活需求，同时又是节能的、清洁的、老百姓消费得起的。这个问题有待进一步思考。

新一代电力系统要最大化地提高能源综合利用效率

记者：能源互联网可为传统电网提供哪些可行的发展路径？

周孝信：传统电力系统本身就具有互联网特性。在电源侧，传统电力系统中各类一次能源发电和分散化布局的电源结构，通过大规模互联的输配电网，连接千家万户，具有天然的网络化基本特征；而在负荷侧，传统电力系统终端用户用电早已实现“即插即用”，电力用户根据需从网上取电，具有典型的开放和分享的互联网特征。但是，传统电力系统不支持用户分布式电源的“即插即用”，无法实现用户与电网之间能源和信息的双向流动，且不适应多种形式能源的协同互补，提高能源利用率的能力受限。因此，传统电力系统不能适应分散化布局用户能源电力的市场化，为能源电力用户服务的能力受限。

能源互联网的提出，为传统电力系统解决上述问题提供了可行的发展路径。能源互联网是以可再生能源为优先、电力能源为基础、各种能源协同互补、供给与消费协同、集中式与分布式协同及大众可参与的新型生态化能源系统。利用能源互联网，可提高可再生能源比重，促进互联网与能源系统的深度融合，实现多元能源的有效互补与高效利用。

记者：新一代电力系统发展优势和目标是什么？

周孝信：新一代电力系统继承了传统电力系统中天然的网络化基本特征，发展了传统电力系统终端用户用电的“即插即用”，支持用户分布式发电上网，实现了能源和信息的双向流动，具备完整的开放、分享的互联网特征。新一代电力系统在源端能源基地和终端消费网络支持多种形式能源的协同互补，可大幅度提升能源的综合利用效率，提升可再生能源的消纳能力。

基于传统电力系统具有典型的互联网特征，与信息互联网进一步广泛融合，以互联网思维改造传统电力系统，与信息通信技术深度融合，建设能源互联网，是构建新一代电力系统的关键步骤。

新一代电力系统的理念和目标与能源互联网高度契合，其核心目标都是要解决我国能源革命的首要问题，最大限度开发利用可再生能源，最大程度提高能源综合利用效率，实现能源系统的可持续发展。

本报实习记者 张胜杰 中国能源报 2019-08-12

## 以开放协同技术体系扩大产业生态圈

泛在电力物联网涉及的细分领域广泛，技术种类众多，因此要对四层架构的技术体系进行分类梳理。对技术体系的研究，不应就技术论技术，更要看到技术体系背后的内涵。泛在电力物联网技术体系应是一个具有更高开放性的系统，以容纳国内外的最新成果。同时，技术体系的构建过程中需注意同步演进，且要充分发挥各成熟技术背后产业生态的力量，扩大电力在物联网圈的影响力。

增强系统开放程度 充分吸收内外部最新技术成果

开放性是“泛在”的重要内涵之一，建设国际领先的能源互联网需提高开放共享能力。泛在电力物联网应具有更高的开放性，需充分吸纳国内外 IT、OT、CT（信息、运营、通信）技术的最新成果。在国家电网有限公司发布的《泛在电力物联网建设大纲》中，对于“技术攻关”部分，着重提到智能芯

片、智能传感及智能终端、一体化通信网络、物联网平台、网络信息安全、人工智能六大领域，可以说涵盖了泛在电力物联网四层架构每一层对技术的需求。由于技术涉及面广，对各类技术的研发和引入需注意两方面内容：

一是注重技术的成熟性和扩展性。开放性并不代表全盘吸收，不代表必须使用最前沿的技术，如“大智移云”中有大量在场景应用和经济性方面未得到验证的技术，需谨慎引入。同时，在坚强智能电网建设过程中，已大量采用各类物联网的共性和支撑性技术，因此泛在电力物联网体系引入的技术应建立在成熟性和可扩展性基础上，以减少投资风险。

二是要从经济本质安全角度吸纳最新成果。开放性不代表唯技术论，并非所有成熟和可扩展技术都要引入，引入技术需建立在国家电网乃至整个经济本质安全的基础上。一些高度依赖海外企业、“卡脖子”技术需更多开展国产化研发和应用，并与国内优质企业、研究机构合作，提升泛在电力物联网技术体系中的国产化率。

#### 统筹一体化 确保各类技术同步和协调演进

虽然贯穿泛在电力物联网四层架构中的各类关键技术本身可以自成体系，但都应以最终应用为导向，所有核心技术需实现协同。在这个过程中，技术体系就类似于一个由多个木板构成的木桶，能否达到最大效能取决于最短的那块木板（“短板效应”）。

以物联网平台和传感设备的技术协同为例，即使物联网平台建立了统一的数据模型，数据中台的接口标准已实现，但当传感器技术仍处于较低水平时，能够采集的数据依然只是电网此前已存在的传统数据，数据的多样化得不到保证，完善的数据模型、数据中台仍没有发挥效能。

物联网技术从来都不是孤立存在的，最终场景需求决定物联网的应用功能，而应用功能决定对技术的需求，因此，只有在所有技术体系中补齐短板才能为场景服务。过去多年物联网发展历程中，此类情况层出不穷，如海量设备和传感器仅需低频、小包数据远程传输，但对于功耗要求极高，且大多数是无人值守的环境下，此前物联网应用方案中的其他技术已满足要求，但由于物联网通讯技术是短板，导致了此类场景无法得到满足。随着 2016 年之后兴起的低功耗广域网络（LPWAN）补齐这一短板，大量的公用事业抄表、消防烟感、定位追踪、环境监测等物联网场景才快速发展起来。

国网《泛在电力物联网建设大纲》提出的六大领域技术攻关，其中一些是电力物联网整个“木桶”中的短板技术，需进一步推动其研发和产品化落地。对泛在电力物联网技术的规划需站在统筹一体化的角度，评估核心技术所处的阶段、演进路径及与其他技术的融合等因素，需以最终场景为导向，研究技术体系中的短板，并根据紧急和重要等优先级进行攻关，这也是技术体系开放性的表现之一。

#### 依托关键技术应用 扩大物联网产业生态影响力

物联网大量的核心技术经多年演进，其背后均衍生了庞大的产业生态支撑。借助这些核心技术在电力领域应用的契机，泛在电力物联网应进一步扩大其产业生态圈及在产业生态中的影响力。

从价值链角度来看，业界一致认为应用侧是物联网产生最大价值的环节，而泛在电力物联网做为规模最大的物联网行业应用之一，承担着价值创造的重任。正是因为可以创造最大比例的价值，泛在电力物联网不仅是为电力行业内部服务，更需扩大自身的产业生态，将影响力扩大到更多外部领域，形成创新业务。

当前核心技术的产业生态化非常明显。以 5G 通信为例，5G 是物联网网络层的关键技术，泛在电力物联网引入 5G 技术，也是将 5G 背后的生态圈带入电力领域。电力高级计量、配电自动化、智能变电站监控、无人机巡检、精准负荷控制等应用场景都对无线通信有明显需求，5G 网络优势恰好能为这些场景提供支持，尤其是网络切片、云化核心网、5G 专网等不同的技术演进，将满足电网大带宽监控、超低时延、高可靠、大容量接入等不同等级的功能需求。

此外，开放性的技术体系也可以带来开放性的产业生态，再加上电力行业的市场规模、应用场景巨大，其在整个物联网生态圈的影响力也会随之得到提升。

（作者分别供职于物联网智库、北京化工大学、北京信息科技大学）

赵小飞 孙祥栋 李军 中国能源报 2019-08-12

## 我国电力市场活力持续释放

国家电网有限公司近日透露，1-6月，该公司经营区各交易中心总交易电量21948亿千瓦时，同比增长5.7%。其中，市场交易电量7973亿千瓦时，同比增长23.7%；电力直接交易电量6230亿千瓦时，同比增长23.7%，降低客户用电成本166亿元。随后，南方电网公司也公布，南方五省（区）上半年省间市场化交易电量243亿千瓦时，占西电东送总量的22.4%，同比增长206.4%，这表明我国电力市场活力明显提升。

### 清洁能源消纳水平不断提高

截至目前，国网经营区注册市场主体11.9万家，其中发电企业2.82万家，电力用户8.74万家，售电公司0.34万家。其中，共有送端10个省份近1700家可再生能源发电企业参与交易，受端14个省份参与购电，市场交易持续活跃。期间，为促进能源资源大范围优化配置，以市场化手段加强清洁能源消纳力度，北京电力交易中心还组织修订了《跨区跨省电力中长期交易实施细则》。

据统计，1-6月，国网经营区清洁能源交易电量6526亿千瓦时，同比增长15.3%，其中风电、光伏发电等新能源交易电量2314亿千瓦时，同比增长16.4%；国网系统辅助服务补偿总电量近80亿千瓦时，补偿总费用达40亿元，有效提升了系统调节能力，缓解了低谷调峰困难局面，促进了清洁能源消纳，实现了新能源与火电企业互利共赢。

同时，清洁能源消纳水平提升也助力“三华”地区迎峰度夏。如7月西藏水电大发时段与北京夏季用电高峰时段重叠，北京电力交易中心组织开展了首次“藏电进京”交易，不仅解决了西藏水电消纳的问题，还为北京迎峰度夏贡献力量。

据统计，在各方的共同努力下，上半年，国网经营区新能源利用率96.1%，同比提高2.8个百分点，这意味着该公司完成了“2019年新能源利用率达95%以上”的目标任务。

随后，南网年中工作会也透露，上半年西电东送电量1029亿千瓦时，首次在度夏前突破千亿千瓦时大关，增长17%。在近年来水同期偏多的形势下，该公司全力落实清洁能源消纳24条举措，增送云南富余水电196亿千瓦时、云贵水火置换11亿千瓦时，全网非化石能源电量占比52.5%，同比提高6.4个百分点，尤其是海南联网二回工程投运，首次将云南清洁能源送至海南。

### 电力市场化改革稳步推进

上半年，随着浙江、四川、福建、山东、蒙西电力现货市场相继启动模拟试运行，标志着我国首批8个电力现货市场试点全部按计划启动模拟试运行，我国电力市场化改革迈出关键而实质性的一大步。同时，广东电力现货市场率先转入结算试运行。

根据国家发改委、国家能源局去年9月发布的《关于推进电力交易机构规范化建设的通知》，我国将推动电力交易机构股份制改造。此前，只有广州电力交易中心和山西、湖北、重庆、广东、广西、云南、贵州、海南8省（区、市）电力交易中心为股份制公司，其他电力交易中心仍为电网企业的全资子公司。对此，国网积极落实国家发改委、国家能源局的要求，推动北京电力交易中心有限公司增资扩股实施方案获国务院国资委批复，并加快推进24家省级电力交易机构股份制改造，为进一步深化交易机构规范运行创造了良好的条件，奠定了坚实的基础。

在增量配电改革方面，国网进一步下放决策权限，精简管理流程，有效确保了公平无歧视开放电网。截至目前，全国共批复四批试点项目404个，国网经营区有321个，占比近八成；在该公司经营区前三批256个试点项目中，已确定业主121个，组建项目公司84个，并网53个，取得电力业务许可证49个，其中第一批试点项目已基本全部确定业主。

### 以更大力度推进电力市场建设

8月7日，国家发改委、国家能源局发布了《关于深化电力现货市场建设试点工作的意见》（以下简称“《意见》”），对加快推进电力现货市场建设进行了明确具体的安排，如合理设计电力现货市场建设方案，市场主体范围应涵盖各类发电企业和供电企业、售电企业、具备直接参加电力现货交易条件的电力用户等；统筹协调电力中长期交易与现货市场，对于优先发电、优先购电，根据市场

建设进展纳入中长期交易等。这标志着我国电力现货市场建设将进入“深水区”。

此前，6月22日，国家发改委发布的《关于全面放开经营性电力用户发用电计划的通知》（以下简称“《通知》”）要求，各地要统筹推进全面放开经营性电力用户发用电计划工作，坚持规范有序稳妥的原则，坚持市场化方向完善价格形成机制，落实清洁能源消纳要求，确保电网安全稳定运行和电力用户的稳定供应，加强市场主体准入、交易合同、交易价格的事中事后监管。

《通知》明确，经营性电力用户的发用电计划原则上全部放开。除居民、农业、重要公用事业和公益性服务等行业电力用户以及电力生产供应所必需的厂用电和线损之外，其他电力用户均属于经营性电力用户。

业界普遍认为，《通知》《意见》等系列措施将加快推进电力市场建设，随着经营性电力用户全面放开发用电计划，意味着没有计划电量，大部分电量将在市场上按供需关系撮合，这对电力市场的供需双方，发电侧和用户侧将产生明显影响。

对于深化电力市场建设，两大电网企业也纷纷表态，国网董事长寇伟此前在该公司年中工作会议上指出：“加快推进各项改革落地见效，以更大力度推进电力改革。”下半年，南网也将持续深化电力市场化改革，做好南方区域电力现货市场衔接，聚焦电力市场融合，加快建设统一交易平台，深入推进南方区域统一电力市场建设。

本报记者 王旭辉 中国能源报 2019-08-12

## 森林象数量减少或致大气碳含量增多

作为仅存的几种大型食草动物之一，森林大象食用100多种水果、践踏灌木丛、撞翻树木，以“种子传播器”和“森林推土机”的形象塑造着周围环境。但研究人员在最近发表于《自然·地球科学》杂志的一篇论文中指出，它们也会影响森林中的树木种群数量及大气碳含量，对保护气候具有重要意义。

美国圣路易斯大学生物学助理教授斯蒂芬·布莱克博士与合作者利用数学计算机模型发现，非洲中部森林的大象种群总是优先选择食用快速生长的物种，而对慢速生长并能吸收更多大气中碳的高密度物种很少触及，客观上促进了后者的生长。因此，如果森林大象数量减少，或导致快速生长的树种增多，而这会抑制慢速生长物种的生存空间，并导致森林捕获碳能力降低。

他们进行的模拟显示，当大象存在时，生长缓慢的植物物种能够更好地生存。随着时间的推移，森林会被这些生长缓慢的物种所主导，使得森林能够储存更多的碳；而大象数量减少将严重降低森林碳吸收能力。没有森林象，森林从大气层中捕获的二氧化碳会更少。从货币角度来看，森林大象代表着430亿美元的碳储存服务。

令人忧虑的是，森林大象种群正在迅速衰退并面临灭绝。研究人员表示，保护森林大象可以扭转此损失。

科技日报 2019-08-02

## 生物质能、环保工程

### 德国：垃圾回收处理是强项

德国是全球垃圾循环利用做得最好的国家之一，其垃圾循环利用率达65%左右，包装行业可以达到80%以上，在全球处于领先地位。

梳理德国垃圾回收再利用的整个链条，两个关键环节起到重要作用：一是垃圾分类，可以看作是“前端工作”；二是垃圾处理，可以看作是“后端工作”，不同种类的垃圾得到不同的专业应对，并有

完善的市场支撑。德国民众垃圾分类的习惯养成已长逾百年历史。自 20 世纪初，德国就开始倡导城市垃圾分类收集。幼儿园阶段起，德国小朋友就要对垃圾分类丢弃进行习惯养成。到了小学，垃圾分类是课本内容，学校会系统性地教导学生垃圾分类实践，告知保护生态环境的重要性，这建立了垃圾分类回收的集体意识。

垃圾分类回收也有制度保证。德国通过立法禁止随意处理垃圾，为参与垃圾分类回收的企业提供保障。德国每一户或是每一栋住宅楼，都分门别类地设置垃圾分类的垃圾桶。如果不按照分类丢弃垃圾，垃圾回收企业会拒收桶内垃圾，长久不按分类丢弃垃圾，企业有权罚款。

现阶段，德国生活垃圾可以大致分为五类：平时家庭每天产生的主要是有机垃圾、包装垃圾、纸类、玻璃类和混合类垃圾。另有特种垃圾四类，包括有害垃圾、建筑垃圾、旧衣物和大件垃圾。

从最初的垃圾不分类到几十年前的分两类，到眼下的九类垃圾，德国垃圾分类教育的速度可谓缓慢，德国民众受到的是循序渐进的教育过程。随着垃圾处理技术的改善，垃圾投放类别逐渐增多。

市民垃圾分类投放是垃圾循环利用的大前提。完成这一项任务后，专项垃圾收集、运输、处理等后端工作，交由专业的垃圾回收企业处理。德国企业对每种类垃圾都测算回收频率，并使用专用车辆运输。换句话说，社区的每种垃圾箱，都有一种专门车辆运输，严格做到一类垃圾有对应的运输和处理形式。

德国经过数十年探索，也已形成垃圾回收利用的产业链条。对于垃圾回收企业而言，一方面通过市政招投标，获得垃圾处理费，另一方面通过销售处理垃圾后的工业原料获得收入。据统计，德国垃圾回收行业从业人员超过 25 万，每年的营业额达 500 亿欧元，约占全国经济产出的 1.5%。

以德国首都柏林为例，欧绿保集团通过招投标承担了市政部分垃圾处理的工作。对于有机垃圾、纸类、玻璃类等生活垃圾，以及特种的有害垃圾，企业通过不同的车队进行分类收集、专项运输送往不同种类的处理厂精细处理，比如纸类处理厂重造纸浆、有机垃圾榨取生物燃油等。

企业专业处理垃圾后，可以将有生产价值的原材料提取出来，向各产业针对性销售，以这种形式完成垃圾循环利用的“后端”。德国欧绿宝集团新闻发言人苏珊娜·亚根博格说，德国垃圾分类、专业回收利用的整个体系，正向“零废弃”的目标迈进。这一体系建成后，将对国家经济产生正向影响。

亚根博格说，未来德国获取廉价工业原材料的途径将越来越少，通过垃圾回收利用，就可以避免进口价格更高的原材料。也就是说，垃圾回收利用得越多，就越不依赖于原材料进口。这对其他国家同样适用。

一些专家表示，相比德国而言，中国各城市现阶段在垃圾分类回收强调“前端”，正取得不小进展，而“后端”建设尚需培育和完善。

欧绿保集团参与了中国太原、上海、连云港、揭阳等地的垃圾分类回收调研。欧绿保中国业务主管张佩认为，以下几点德国经验或许可以借鉴。

一是垃圾分类方案要清晰简单。垃圾分类复杂，如区分“干、湿垃圾”投放，这样的投放教育成本较高。另外，垃圾分类方案确定后，政策层面上尽量不要轻易变动。

二是垃圾投放操作要简单。按不同时段投放不同类垃圾的操作无疑增加投放难度，打击民众垃圾分类兴趣，同时维护成本较高。反观德国，垃圾箱随时投放，也并不复杂花哨，可使用十几年。

张佩认为，现阶段中国垃圾回收利用的后端有待完善。中国在餐饮回收、塑料处理、纸张处理方面有较强能力，但针对生活垃圾的分类处理，应投入较强技术和力量。他认为，专项垃圾收集运输要到位。在各城市推广垃圾分类收集时，不少地区的垃圾回收企业是一辆垃圾车收运所有种类垃圾，这样一来，“前端”居民所做的分类工作丧失意义。此外，要构建起垃圾回收体系。中国垃圾回收企业技术上并不弱，只是通过高端技术回收出的工业原料销路尚需打开，使企业有动力去扩大处理能力、采用高端技术精细回收垃圾。这一市场链条的培育涉及多方面的因素，需要时间。

经济参考报 2019-08-09

## 煤化工高盐废水利用有章可循

本报讯 日前，中国煤炭加工利用协会在银川召开《煤化工副产工业硫酸钠》《煤化工副产工业氯化钠》两项团体标准发布宣贯会。两项团标的发布，旨在引导煤化工企业采用分盐技术对高盐废水结晶盐进行资源化、规范化、标准化、产品化综合利用，填补了我国煤化工高盐废水结晶盐资源化利用的标准空白。

中国煤炭加工利用协会理事长张绍强表示，煤化工项目污废水“近零排放”工作已全面开展，但其中的杂盐无害化处置是棘手难题，困扰各煤化工示范企业。为解决煤化工污废水“近零排放”处理“最后一公里”问题，协会组织有关单位历经近3年调研、分析和研究，编制完成这两项团体标准。

“在没有标准以前，煤化工副产的氯化钠、硫酸钠由于定性不清、标准缺失，一度游离在杂盐危废的范畴。如果按照危废处理要求进行处理，每吨需3000元以上，而且可进行危废处置的地方非常少，企业副产盐只能到处堆存。这样既导致资源浪费，又带来二次污染，已经影响到煤化工企业的正常生产。”张绍强表示，两个标准引导企业把煤化工高盐废水中的杂盐进行资源化、规范化、标准化、产品化综合利用，既有利于资源节约和环境保护，又为企业减轻了负担。

据了解，这两项团体标准由中国煤炭加工利用协会组织编制，由北京国电富通科技发展有限责任公司、深圳能源资源综合开发有限公司牵头，组织煤化工生产企业等13家单位共36名专家参与编制。（闫俊荣）

中国能源报 2019-08-05

## 黑龙江集贤实施生物质气化提氢项目

本报讯 日前，金通灵生物质气化提氢及热电联产项目成功落户黑龙江省集贤县。项目计划投资13.2亿元，年消耗秸秆75万吨，年产氢能源2亿立方米、生物质焦油5.6万吨、生物炭复合肥37万吨、发电2.25亿度，年销售额预计可达15亿元。

据悉，该项目利用农业废弃秸秆、林业废弃物、畜禽粪污等为原料，通过生物质天然气提氢技术为国内外氢能源提供新的原料途径。同时由于生物质天然气提氢成本低、氢气可大规模提取，带动相关高端装备的研发制造，有效提升现有生物质天然气的附加值。

据介绍，目前氢气来源不稳定，成为国内推广燃料电池汽车的一大掣肘。利用可再生能源提取制氢被业内称为“绿氢”，被业界最为推崇，但大规模制取的难度也很大。上述项目通过变压吸附系统对生物质天然气进行分离提氢，优化完善制气及净化工艺路线，根据市场需要分别制成工业用氢气、天然气掺氢用氢气、氢能源汽车用氢气，形态上可实现气态和液态两种状态。（陈朝霞）

中国能源报 2019-08-12

## 太阳能

### 贵州今年将新增光伏装机 360 万千瓦

记者从贵州省能源局获悉，贵州今年将建成投产63个纳入国家竞价补贴的光伏项目，装机规模为360万千瓦，补贴资金规模为4.5亿元。

贵州省能源局副局长李奕樯介绍，63个光伏发电项目分布在贵州省毕节、黔西南、六盘水、安顺、黔南等太阳能资源较好的市州。其中，屋顶分布式光伏电站8个，屋顶集中式电站1个，54个地面集中式光伏电站，总投资150亿元，所有项目将于今年底全容量建成并网。

“新建光伏项目可为贵州下半年经济社会发展和脱贫攻坚提供支撑。”李奕樯认为，63个项目所

在的 17 个县区大部分是贫困县，预计下半年可完成投资 130 亿元，每年支付当地村民土地租金 3000 万元以上。

据贵州省能源局统计，截至今年 6 月底，贵州省新能源和可再生能源发电装机 2825 万千瓦，占全省电力装机的 45.6%。63 个光伏发电项目全部建成投产后，贵州省每年可提供清洁电力 40 亿千瓦时，年产值达 17 亿元以上。

新华网 2019-08-05

## 光伏市场或将呈现爆发式增长

受光伏政策基调和市场影响，上半年我国光伏新增装机不足 12 吉瓦，降幅超过 50%。不过，海外光伏市场表现亮眼，全球装机约 47 吉瓦，超出市场预期。

从新发布的政策指标来看，今年全年新增装机有望超过 40 吉瓦，这预示着下半年光伏市场或将呈现爆发式增长。同时，行业集中度进一步提升，竞争向挖潜应用端转变。

在日前举行的“光伏行业 2019 年上半年发展回顾与下半年形势展望研讨会”上，中国光伏行业协会副理事长兼秘书长王勃华表示，上半年我国光伏新增装机降幅超 50%，下半年市场或将呈现爆发式增长，可能造成产业链部分环节供应趋紧，随着光伏发电成本下降，会激发海外市场走向多元化发展。

受光伏政策基调和市场影响，上半年我国光伏新增装机不足 12 吉瓦，降幅超过 50%，集中式电站新增装机约为 6.8 吉瓦，同比下降 43.3%；分布式光伏新增装机约 4.6 吉瓦，同比下降 61.7%。同时，竞价加速了补贴退坡步伐。

根据国家能源局对《关于 2019 年风电、光伏发电项目建设有关事项的通知》的解读，今年光伏发电建设规模在 5000 万千瓦左右，预计年内可建成并网装机容量 4000 万千瓦至 4500 万千瓦。

与之相比，上半年海外光伏市场表现亮眼，全球装机约 47 吉瓦，超出市场预期。事实上，海外市场自去年已开始重新崛起。2018 年，全球新增装机约为 106 吉瓦，其中海外市场新增装机约为 61.7 吉瓦，同比增长 26.2%。

在海外市场驱动下，今年上半年中国光伏制造端继续保持了良好增长态势，主要制造企业呈现产销两旺局面，基本保持满产状态。其中，多晶硅产量 15.5 万吨，同比增长 8.4%；硅片产量 63 吉瓦，同比增长 26%；电池片产量 51 吉瓦，同比增长 30.8%；组件产量 47 吉瓦，同比增长 11.9%。

上半年，我国光伏产品（硅片、电池片、组件）出口额达 106.1 亿美元，同比增长 31.7%。其中，电池片出口额大幅增长，出口量超过 2018 年全年；组件出口额也大幅增长，出口量约 36 吉瓦，同比增长近 1 倍。

在市场表现上，上半年组件出口国家和地区市场多元化发展，出口额超过 1 亿美元的国家和地区有 16 个，2018 年仅为 12 个；出口量超过 1 吉瓦的国家和地区 10 个，2018 年只有 4 个。同时，欧洲市场明显复苏，对荷兰、西班牙、乌克兰、葡萄牙、德国、比利时等欧洲主要国家组件出口均明显增长。

业内人士表示，目前龙头制造企业下半年国际市场订单充足，部分企业已经开始有选择地接受国内订单。

除了出口表现亮眼外，光伏产业另一个明显趋势是集中度进一步提高。王勃华表示，产业整合正快速推进，竞争力不强的企业加速退出，大企业、国企则加速进入行业。

截至 6 月底，停产的多晶硅企业已达 6 家，在产企业数量减少至 18 家，加之龙头企业大规模扩产，产业集中度进一步提高。硅片、电池领域“强者恒强”格局得以巩固，中小企业由于产能利用率低、缺乏成本优势逐渐失去竞争力。在组件端，由于上半年主要市场在海外，骨干企业品牌、技术、营销等优势明显，中小企业或成为其代工厂，或停产重组。

王勃华认为，随着平价上网、竞价项目政策尘埃落定，下半年国内光伏市场有望恢复增长，再

加上海外市场持续增长，预计我国光伏产业仍将保持健康发展态势。与此同时，头部企业规模和集中度将进一步提升，竞争也将从单一降低制造端成本向挖潜应用端转变。

国家发改委能源研究所可再生能源发展中心副主任陶冶表示，从新发布的政策指标来看，今年全年新增装机有望超过 40 吉瓦，平价项目占比预计为 20% 左右；2020 年新增装机则有望达到 45 吉瓦至 50 吉瓦。

与此同时，海外市场仍将维持强势。彭博新能源财经预测，今年全球光伏市场需求预计为 123 吉瓦至 149 吉瓦。国际分析机构 IHS 对全球光伏市场同样较为乐观，预期将达到 123 吉瓦。

中国经济网 2019-08-01

## 日发电量高达 12.48 万度，华为使能西北最大分布式光伏电站

西安，位于秦岭脚下、渭水之滨的千年古都。在历史的熏陶下显得成熟而又内敛，睿智而不张扬，古朴文化与现代文明在这里完美交织，使这座历史名城更加充满魅力。



坐落于西安泾渭新城的西安重工装备制造集团有限公司（以下简称“西安重装”）分布式光伏电站，装机容量 20MW，全部采用华为智能光伏解决方案，是西北地区装机容量最大的屋顶分布式光伏项目。

该 20MW 分布式光伏电站充分利用西安重工闲置的屋顶资源安装光伏电站，布设在 14 个厂房、8 座辅助用房和 1 个停车场的屋顶上，屋面面积达 21.63 万平方米，实现了屋顶资源集约开发和新旧动能转换，是陕煤集团新能源战略的重点示范项目。

针对业主需求、项目的屋顶环境以及并网特点，华为实





地勘察，深入分析，提供了从光伏电站关键设备到智能营维全系统的智能化分布式光伏解决方案，相比其他方案，发电量更高、OPEX 更低，为业主 25 年持续高收益保驾护航。

#### 发电量高

华为智能组串式逆变器采用 2 路组串接入 1 路 MPPT 设计，有效应对项目屋顶女儿墙遮挡和彩钢瓦楼面起伏引发的组串失配，降低发电量损失；逆变器最大效率 99%，业内领先。与传统逆变器相比，华为智能光伏发电量提升 3% 以上。在屋顶等复杂场景中，发电量提升更多。

数据显示，今年 7 月份西安重装 20MW 分布式光伏电站日均发电量高达 8.41 万度，7 月 6 日发电量更是达到了 12.84 万度，远超业主预期。

#### OPEX 低

该项目接入华为 FusionSolar 站级管理系统，运维人员可以通过手机 APP 及电脑网页对电站进行远程管理和智能运维；FusionSolar 管理系统支持光伏电站组串级监控，免日常巡检，现场无需值守，降低维护成本；同时，华为智能光伏引入 0-Touch 理念，采用自然散热色设计，无熔丝、无 LCD 显示屏，无物理按键等易损件，使运维更简单，运维效率提升 50% 以上。

“华为管理系统使运维变的简单，而且再也不用高温天气爬屋顶了，逆变器免维护，非常省心”，现场运维工程师表示。

此外，西安重工 20MW 分布式光伏全部采用了华为 PLC 通信技术，无需专用通讯线缆，传输更加安全可靠。同时，该项目采用的华为智能数采集成无功输出控制功能，帮助业主节省了无功设备成本；智能数采还具有优化算法，能动态实时计算无功补偿量，并通过智能光伏逆变器做无功补偿，保证系统功率因数达标，发电量不减少。华为多维度的技术创新，助力业主全生命周期收益提升 3% 以上。

西安重装是陕西煤业化工集团有限责任公司的全资子公司，是以煤矿成套装备设计制造和综合配套技术服务为主导产业的大型企业集团。西安重工 20MW 分布式项目每年可节约标煤 0.7 万吨，减少二氧化碳约 2.1 万吨，烟尘 91 吨，对推进节能减排、减轻环境污染，改善当地环境质量起到了重要作用。而华为将一如既往的坚持以客户为中心，持续为客户创造价值，把数字世界带入每个光伏电站，提升行业智能化水平，推动产业繁荣发展。

华为智能光伏 2019-08-01

## 阿特斯阿根廷最大太阳能光伏电站正式投运！

阿特斯阳光电力集团 2019 年 8 月 5 日发布新闻宣布，公司位于阿根廷的 100.1 兆瓦（MWp）“卡法亚特（Cafayate）”太阳能光伏电站项目已于 2019 年 7 月 19 日正式投入商业运营。该项目成为目前阿根廷国内投入运行的最大太阳能光伏电站。

100.1 兆瓦阿特斯‘卡法亚特（Cafayate）’电站位于阿根廷萨尔塔省（Salta Province）。电站共安装使用了超过 289,000 块阿特斯高效多晶组件，每年可为当地电网提供超过 216 吉瓦时（GWh）清洁、安全的太阳能电力。作为阿根廷政府 2016 年推出的可再生能源发展计划“RenovAR”的一部分，阿特斯‘卡法亚特（Cafayate）’电站在政府第 1.5 轮招标会上中标，并签署为期 20 年的购电协议（PPA），价格为 56.28 美元/兆瓦时，电力收购方为阿根廷全国电力批发市场管理公司（CMMESA）。世界银行为该项目购电协议提供担保。

阿特斯阳光电力集团董事长瞿晓铎博士表示：“我在此很高兴的向大家宣布，阿特斯 100.1 兆瓦‘卡法亚特（Cafayate）’电站正式投入商业运营。这是阿特斯在阿根廷首座并网运行的电站，同时也是阿根廷目前建成的最大太阳能电站。

2013 年，阿特斯正式组建拉美电站团队，进入拉美市场，先后在巴西、墨西哥、阿根廷、智利等新兴光伏市场投入资源，并建立了完整的开发、技术、工程、项目融资和电站销售服务团队。经过不懈耕耘，阿特斯在拉丁美洲的电站开发业务不断取得成功和突破，并在拉美电站市场上成功占

据领导地位。目前，阿特斯在阿根廷、巴西、墨西哥和智利等地累计拥有超 1.6 吉瓦的太阳能电站项目储备。

我们对太阳能光伏发电在拉美地区的发展前景充满信心，未来阿特斯会继续在该市场上开发更多优质的太阳能光伏发电项目，满足当地对清洁、稳定、安全的太阳能电力资源日益增长的需求，同时为该地区实现能源结构多元化的发展目标贡献力量。”

2018 年 11 月，阿特斯为‘卡法亚特 (Cafayate)’电站完成了 5000 万美元（约合人民币 3.4 亿元）的无追索权融资。该笔融资方案由拉丁美洲开发银行、阿根廷投资外贸银行和布宜诺斯艾利斯城市银行共同提供。

阿特斯阳光电力集团 2019-08-06

## 《自然·能源》杂志最新数据研究称 中国太阳能发电已比电网供电便宜

英国《自然·能源》杂志 12 日在线发表的一项最新研究称，中国城市的工商业太阳能系统供电已经比电网供电便宜，这可能刺激中国工商业在未来增加使用太阳能系统。

当太阳能发电的价格高于电网供电价格时，采购太阳能系统的经济刺激便会下降。针对这一情况，许多国家采取的做法是补贴太阳能系统。即便有些国家可能不会提供大规模的补贴，但如果劳动力和系统硬件成本较低，也许意味着太阳能发电的价格或达到与电网供电价格持平的地步。

此次，瑞典皇家理工学院研究人员严晋跃团队，估算了中国城市的太阳能系统电价和电力产出总量，并将其与城市的电网供电价格做了比较；另外他们也估算了电网参照系下太阳能发电的价格，也将其与煤电价格进行了比较。

研究团队发现，在中国所有的 344 个城市，工商业太阳能光伏系统能够以低于电网供电的成本发电。在其中 22% 的城市中，并网太阳能发电系统的发电成本也低于煤电。

现有电力能源的主要来源有 4 种，火电、水电、核电和风力发电。理想的新能源则要同时符合两个要求：其一是蕴藏丰富、不会枯竭；其二是安全、干净，不会威胁人类和破坏环境。太阳能发电作为一种新兴的可再生能源，被认为将成为 21 世纪全球主要能源之一。

科技日报 2019-08-13

## 户用光伏市场强势回暖

“截至 6 月底，可纳入 2019 年国家财政补贴规模的户用光伏项目总装机量约 2.23 吉瓦，占今年户用光伏总装机指标的 63.71%。”日前，在回顾 2019 年上半年户用光伏市场发展情况时，中国光伏行业协会副理事长兼秘书长王勃华说。

随着今年光伏政策的落地，户用光伏市场重启。对于多数仍优先选择补贴项目的企业来说，户用光伏市场无疑是“必争之地”。而今年带补贴的户用光伏项目规模仅剩 1.27 吉瓦，业内担心的“抢装潮”会重现吗？

### 6 月份装机激增

近几年，我国户用光伏飞速发展。中国光伏行业协会数据显示，2016—2018 年，我国户用光伏累计安装量分别为 15 万套、50 万套和 72 万套，新增装机量分别为 13 万套、35 万套、22 万套；截至 2019 年上半年，我国户用光伏累计安装量为 81 万套，1—6 月全国户用光伏新增装机量为 9 万套。

经历“531”政策，行业内洗牌加速、市场热度减退，2018 年下半年户用光伏市场几乎陷于停顿，但从今年上半年数据来看，我国户用光伏市场开始回暖。5 月底，国家能源局发布《关于 2019 年风电、光伏发电项目建设有关事项的通知》（下称“《通知》”），在一定程度上提振了行业持续发展户用光伏的信心，致使 6 月全国户用光伏新增装机量出现激增。数据显示，《通知》下发后的 5 月 29 日—6 月 30 日，新建并网项目容量达到 474 兆瓦，占目前所获国家补贴项目总量的 21.3%。

多位光伏企业高管表示,《通知》的出台无疑体现了国家对户用光伏的支持,政策信号的释放,促进了户用光伏市场的爆发式增长,在此情况下,预计市场将保持快速增长,剩余规模将在今年9月或10月用尽。

#### 市场地域性鲜明

自2017年我国户用光伏呈现爆发式增长以来,户用光伏市场就形成了较为明显的地域特征,浙江、山东、河北等省户用光伏市场大开,每年新增户用光伏安装量大幅增长。今年上半年,国内户用光伏市场分布仍非常集中,区域性明显。

王勃华表示,在纳入2019年国家财政补贴的户用光伏项目中,浙江、山东、河北、河南、广东份额位列前五,总容量为1.5吉瓦,占总规模2.23吉瓦的67%,规模前十的省份容量总计约1.9吉瓦,占总规模的86%。“目前,户用光伏市场分布区域仍集中在东部、中部及沿海地区。”

同时,户用光伏市场的发展也离不开地方政府的支持。以山东省为例,6月在第四届山东省太阳能市场峰会上,济宁市泗水县、德州市宁津县、济南南部山区等地的“第一书记”都发布了当地需求。这是山东助推户用光伏新增装机的缩影。7月,山东省太阳能协会秘书长张晓斌公开表示,目前,多省户用光伏项目启动缓慢,山东提前发力,预计从7月开始,山东户用光伏新增装机量将以每月150—200兆瓦的速度增长,保守预估2019年山东户用光伏新增安装量将达6.5万套,装机规模约为1吉瓦。

#### 融资问题凸显

然而,不容忽视的是,在市场秩序逐渐得到改善的同时,户用光伏项目的融资问题愈加突出。

浙江正泰新能源开发有限公司总裁陆川介绍,“531”政策前,户用光伏项目建设50%以上采用贷款模式,甚至很多项目采用了“零首付”的方式。而“531”政策后,政策调整导致市场变化。受光伏产品价格大幅下跌、可再生能源资金补贴拖欠等多方面因素影响,金融机构对光伏领域内的贷款支持更加谨慎,银行加大了风险控制和信贷紧缩政策,导致很多项目无法执行。

面对新的户用光伏电价政策,陆川说,如果继续采用“光伏贷”模式,用户收益将大打折扣,预计未来用户自出资金比例将有所提升。

王勃华表示,户用光伏度电补贴政策是持续的,即便将来补贴强度有所降低,但伴随着系统成本的不断下降,未来项目收益率不会有太大的变化。

另有投资机构从业人士认为,从消费侧看,户用光伏市场经过多年的培养,成熟度不断提高,预计短期未来将会出现供应链金融或融资租赁+信托的模式,助力融资问题的解决;同时,如果对分布式市场化售电和对分布式自由售电的限制能够取消,市场将会迎来进一步发展。

本报实习记者 董梓童 中国能源报 2019-08-05

## 美企恐慌性“囤积”光伏组件

受成本下降、更灵活的融资和采购模式、太阳能投资税收抵免(ITC)政策等因素影响,美国企业的太阳能发电量近年来呈直线飙升态势。

业内认为,由于企业每次都在ITC到期前大量囤积电池组件以应对可能出现“到期不续”的结果,随着ITC今年底又将到期且“不续期”预期走强,美国企业或将掀起新一轮电池板抢购浪潮,届时其太阳能发电量将进一步上扬。

#### 本土装机已超7000兆瓦

美国太阳能产业协会(SEIA)日前发布最新报告指出,2016年以来超过一半的企业太阳能装机容量已经安装完毕,其中屋顶光伏、太阳能停车场以及为关键数据中心供电的大型太阳能装置等商业项目最为盛行。

SEIA在追踪了43个州3.5万个商业项目后发现,当前本土的企业太阳能装机容量已超过7000兆瓦,占全美商业太阳能装机总量的70%以上,每年能产生1070万兆瓦时电力,足够为140万户家

庭供电。

SEIA 总裁兼首席执行官 Abigail Hooper 表示，越来越多的美国企业加速布局清洁能源投资，尤其是受 ITC“庇护”的太阳能，这既是应对气候变化的一部分，同时还能在享受税收减免的前提下创造就业、促进经济。

《福布斯》指出，2009 年时安装太阳能电池板的平均总成本为每瓦 8.50 美元，当前已经降至略低于 2.98 美元，10 年间降幅达 65%。走低的成本、灵活的融资模式以及气候友好型联邦和州政策，在美国企业太阳能安装和采购量的快速增长中发挥了关键作用，预计这一增长趋势将持续下去。

德勤咨询表示，强大的基本面、不断更新的技术和不断扩大的投资规模，今年太阳能将继续助力可再生能源行业发展，特别是在美国。与此同时，电网运营商在将可再生能源电力融入电网方面，不管是技术还是经验都变得越来越得心应手，技术进步和成本下降也不同程度地推动了供应方的强劲增长。

#### 科技、零售企业领跑

科技和零售企业，是美国企业太阳能安装和采购的主力军。SEIA 指出，截至去年底，科技巨头苹果以 393 兆瓦的太阳能装机量成为全美最大企业太阳能采购商。事实上，苹果早前就明确表示，旗下零售店、办公室和数据中心在内的所有全球设施，都将 100% 的使用可再生能源。

亚马逊以 330 兆瓦的太阳能装机量位列第二，美国第二大零售商塔吉特和最大零售商沃尔玛分别以 242 兆瓦和 209 兆瓦的装机量紧随其后，谷歌则以 143 兆瓦太阳能装机量排名第 6，微软未能挤进 10 强。

不过，微软去年 3 月达成了美国迄今最大一笔企业太阳能采购量，将从弗吉尼亚州的 Pleinmont 太阳能项目一期和二期中购买 315 兆瓦的太阳能电力，这将有助于其下一阶段清洁供电目标，即到 2020 年将使用清洁能源供电的数据中心数量提升到 60%。

对于亚马逊从去年榜首跌至今年第二，该公司在一份声明中表示，在帮助减少人为气候变化来源方面发挥重要作用，是亚马逊的一项重要承诺。对可再生能源的重大投资是解决全球碳足迹的关键一步，未来将继续投资这些项目，并期待今年及以后的额外投资。

SEIA 统计显示，亚马逊目前有 50 个屋顶太阳能装置，每年可以满足每栋建筑高达 80% 的供电需求。此外，带有屋顶太阳能的沃尔玛商店每周约有 660 万客流量。

#### 税收抵免到期不续引发恐慌

随着 ITC 将于今年底到期，如果补贴不再延续，当前 30% 的联邦税收抵免将在 2020 年下降至 26%，2021 年下降到 22%，而从 2022 年开始，公用事业和商业项目中的税收抵免会永久停留在 10%，并在住宅发电系统中被完全取消。

对此，美国企业纷纷呼吁政府继续延长 ITC 政策。日前，一个由约 1000 家太阳能产业链公司组成的团体致函美国国会，要求延长税收抵免。他们在信中写道：“ITC 对于太阳能和其他清洁能源的重要性毋庸置疑，该政策在促进全美清洁能源部署方面取得了巨大的成功，创造了近 25 万个高薪工作岗位，并且减少了消费者、企业和市政当局的用电成本。强烈建议在今年底 30% 税收抵免到期前，将这一条款延长数年。”

SEIA 也为此致函美国国会，申请 ITC 延期，并着重强调考虑此政策对就业、温室气体排放和税收方面的影响。SEIA 估计，自 2006 年实施 ITC 以来，美国太阳能装机容量每年都增长 50% 以上。到 2030 年，延长 ITC 将使美国太阳能发电份额增加 1/3。

当前，众议院和参议院的民主党派议员均支持延长 ITC，但参议院监管税务问题的共和党派财政委员会主席 Chuck Grassley 则反对延期，并反复强调 2015 年是 ITC 最后一次延期。有分析师指出，ITC 政策延期实施需要共和党的支持才能通过，这似乎意味着这一次的延期可能性正在大大降低。

根据 ITC 的规定，基本上只要开发商在 2019 年 12 月 31 日之前“开始建设”太阳能项目并在 2023 年底完成，就有资格获得全部 30% 的税收抵免。为此，美国企业为了在年底前赶上“税收抵免 30%”

的最后一班车，不得人大肆抢购电池组件，但这有可能引发新一轮的“抢装潮”。

美国《商业杂志》消息称，美国住宅太阳能公司 SunPower 今年将至少囤积 200 兆瓦的电池组件，这可以满足超过 2.5 万户房屋的电力需求；而美国杜克能源公司则计划获得最高 2 吉瓦的太阳能信贷额度，这足够为 38 万户家庭提供充足电力，尽管其中大部分项目可能近几年都不会上线。

本报记者 王林 中国能源报 2019-08-05

## 千亿元级 BIPV 市场将启

“毋庸置疑，中国是光伏强国、光伏大国，但为什么在建筑光伏一体化（BIPV）、发电绿建和超低能耗建筑的推广上却远远落后于产业发展的速度？与一些欧美国家相比，还有很大的差距。”日前，在“2019 中国 BIPV 产业发展与应用设计论坛”上，汉能集团全球应用产品研发总部首席科学家武振羽向与会者提出了这样的问题。“中国的 BIPV 从 2009 年前后才开始真正起步，经过近十年的时间，目前大部分项目都是依靠业主对绿色理念的认可才能做下去。”

产业正处形成期

“绿色建筑核心价值是最高效率的利用能源、最低限度的影响环境。而 BIPV 正是绿色建筑发展的重要方向。”但对于 BIPV 发展的现状，武振羽也有着清醒的认识。“从制造到施工再到运维，各个环节算下来国内做光伏的企业成千上万，但是做 BIPV 的却屈指可数，其中还有几家是传统的建筑公司。全球范围内，在 BIPV 的理念和标准方面虽然已有一定程度的推进，但是实际聚焦 BIPV 的企业较少。大家对 BIPV 的应用场景研究其实并不深入，研究水平也参差不齐。”

武振羽把目前 BIPV 的产业发展阶段定义为“形成期”。“首先在产品 and 产线上，目前，能够做 BIPV 产线设备的厂家非常少。产线设备还没做好，很多厂家的产品质保存在问题。其次，是产品背后的系统解决方案还并不成熟，很多 BIPV 解决方案有瑕疵、存在模糊地带。”

具体到 BIPV 的技术环节，武振羽指出，很多共性问题还需要进一步攻克。“比如 BIPV 产品应用时存在阴影遮挡，这会导致单片组件发电面积减少，如何通过技术升级去降低这一影响？再如，在需要维修或更换组件时，分布式的屋顶电站或者大型地面电站操作都很便捷，但 BIPV 组件维修更换时，如果背后的组件布线没有足够的空间就会很麻烦，甚至需要进行切割破坏。”此外，在等电位连接、组件特别是光伏幕墙防雷击等方面，目前行业内都缺少统一标准。“这些都需要行业共同努力去研究实践、逐步完善。”

中国 BIPV 联盟主席、上迈董事长施正荣博士认为，BIPV 尽管在技术上取得了很大进步，但仍需在相关政策、宣传、市场与消费者教育等方面加强，也要建越来越多的示范工程。例如，汉能总部改进的计划，要尽快付诸实施，让政府和越来越多的消费者能够看到未来我们的建筑、我们的社会、我们的基础设施应该是这样的。

创新型产品或能打开市场

面对处于“形成期”的 BIPV 市场，企业也在积极探索。

“这是上海临港松江科技城正在建造的拉斐尔云廊，全长 1.5 公里，面积 15 万平方米，相当于 20 个标准足球场。”汉能集团总裁袁亚彬向记者展示了公司 BIPV 新项目的效果图。“这个云廊相当于一张覆盖了 20 多栋楼的屋顶‘盖子’，而且像波浪一般高低起伏，波峰波谷之间落差有 18 米。在铝结构的屋盖上，使用的就是柔性铜铟镓硒薄膜太阳能电池组件，安装简单，可灵活适用轻钢屋顶等各种传统光伏组件无法应对的复杂环境。项目建成后，仅一期屋盖的总发电量就可达 1 兆瓦时左右。”

“在 BIPV 上，汉能开发了发电瓦、发电墙、发电路甚至发电窗。”袁亚彬指出，这些创新型产品在“发电绿建”上开拓的市场是传统光伏产品难以比拟的。这些创新型产品重新定义并丰富了 BIPV 概念内涵，是现代太阳能发电技术与传统建材深度融合创新的新技术、新产品，是具有高科技属性的新型绿色发电建筑材料，它不仅给传统建筑材料提升了科技感、质感，坚固耐用，更对其进行了赋能。反过来，现代太阳能发电技术不仅仅只有发电功能，还能够与其他技术深度融合，具有促使“万

物发电”的潜力，从而形成新技术、新产品、新业态，具有十分广阔的发展前景。

对此，武振羽也表示，隔热、彩色、多造型等创新型产品或将打开 BIPV 产业的市场空间。“比如发电墙，汉能的产品有基础款、彩色款还有仿石材款；发电窗除了基础款、彩色款，还有隔音隔热款；发电瓦有单玻三曲瓦和单玻筒瓦不同的造型。这些都是产品层面的创新探索。”

此外，武振羽也指出，在建筑立面还有更多创新型产品模式有待开发，“国外也已经看到了苗头”。“现在，汉能集团的清洁能源展示中心不仅在屋顶用了柔性组件，在地面等位置也使用了太阳能发电，而且基本实现了自给自足。未来，在汉能的办公总部，立面、屋顶、连廊、停车棚所有的地方只要能铺上组件的位置都将应用太阳能发电。”

#### 着眼新城能源规划

除了产品端的创新，行业也在思考如何从能源规划的角度入手，让 BIPV 能够更广泛地落地。

“现在的 BIPV 还停留在一栋栋的卖、一个个的做，这是比较短期的行为。长远来看，一定要从能源规划开始。”汉能太阳能设计研究院首席建筑师刘谦表示：“目前，在新城规划和建设上，能源建设到底占多大的比重并不清晰。如果在新城规划的过程中能够明确的把太阳能规划制定出来，就可以为 BIPV 市场提供指导。这样就可以引导市场的主动性。”

“在新城规划中，如果将住宅、医院、学校、商业、交通和环卫等一系列设施的能耗进行估算，就可以结合太阳能发电的特点提出不同领域中太阳能能够替代传统供能的比例。”刘谦告诉记者，在雄安新区的规划中，他的团队曾经做过测算，在科教领域，经过改造后，太阳能最终可以替代 14% 的传统供能。“按照这样的比例，如果政府可以在规划时就提出这样一个替代数值的要求，即便其中只有 5% 可以落实到 BIPV，就是千亿元级的市场份额。”

刘谦同时指出，当 BIPV 作为能源导入到新城建设中，首先要解决的便是太阳能发电的间歇性对电网的冲击。“核心问题就是构建城市的智能化太阳能微网，而不是并入大电网。在这个微网下，白天 BIPV 的发电量可以直接为区域内的用电户供电，比如 50 户住宅的屋顶就可以为一个商场供电。而到了夜晚太阳能无法供电的时候，就上公共大电网买电，微网不和公共电网兼容，就解决了因太阳能不稳定而冲击电网的问题。”刘谦表示，未来，随着智能化太阳能微网的建设和完善，网内的发电侧和用户都将具备削峰填谷的能力。

本报记者 姚金楠 中国能源报 2019-08-12

## 30GW 国内市场激发下半年光伏行情 光伏龙头企业扩产凶猛

近日，中国光伏行业协会副理事长兼秘书长王勃华介绍，2019 年上半年我国光伏新增装机为 11.4GW。其中，集中式电站新增装机约 6.8GW；分布式光伏新增装机约 4.6GW。

尽管由于政策原因，我国 2019 年上半年光伏新增装机较去年同期下降超 50%，其中集中式电站新增装机下降 43.3%，分布式光伏新增装机下降 61.7%，但业界依据今年最新发布政策指标普遍分析认为，今年全年我国新增光伏装机有望超过 40GW。也就是说，在今年下半年，中国光伏市场将有 30GW 的需求，并集中在短时间内爆发。

#### 龙头企业坚定扩产

值得关注的是，即便今年上半年我国光伏新增装机容量较去年同期下降了超过 50%，但根据王勃华的介绍，在海外市场驱动下，今年上半年中国光伏制造端却保持了良好的增长态势，主要制造企业呈现出产销两旺局面。其中，多晶硅产量 15.5 万吨，同比增长 8.4%；硅片产量 63GW，同比增长 26%；电池片产量 51GW，同比增长 30.8%；组件产量 47GW，同比增长 11.9%。

这一内外繁荣的局面或许正是我国光伏龙头企业纷纷坚定扩产的理由。在近期扩产案例中，最为著名的当属今年 3 月份，中环股份宣布将在内蒙古自治区呼和浩特市投资建设“中环五期 25GW 单晶硅项目”；此外，4 月份，隆基股份宣布将在银川市投资建设“15GW 单晶硅棒和硅片项目及年产 3GW 单晶电池项目”；同是 4 月份，晶科能源乐山 25GW 单晶拉棒、切方项目一期正式投产。

上述提及的扩产案例主要集中于光伏产业链中的硅片环节，产业专家、智汇光伏创始人王淑娟向《证券日报》记者介绍，去年年底，PERC 电池集中扩产，预计会在今年三季度陆续达产；而硅片集中扩产是从今年年初开始的，预计在年底和明年一季度开始达产。

在业内人士看来，硅片、电池呈现出的集中扩产，首先需要市场供需的支撑。

上文提及，2019 年上半年我国光伏新增装机仅为 11.4GW。但在出口方面，最新数据显示，今年上半年中国光伏组件出口量却达到了 34.20GW，较 2018 年同期增长了 99.5%，出口金额达 88.88 亿美元，较去年同期增长 51.2%。其中，隆基乐叶出口同比增长 301.8%，中环股份出口同比增长 423.7%。

除了市场需求充沛，业内另一种声音则认为，去年 PERC 电池的集中扩产，带动了下游高效电池对上游硅片需求的提升，也为硅片扩产提供了机会。而这并不会触发所谓的“供大于求”，中国能源研究会能源政策研究中心高级研究员红炜曾表示，“现在的光伏产业是结构过剩，市场供需关系也确实供大于求，但光伏行业不是一个完全市场化的产业，其技术迭代非常快，企业选对了技术路线和方向，就能在市场竞争中占据有利地位”。

N 型能否成为下一代电池？

尽管上述硅片扩产均为单晶，但在细分技术路线上却仍有不同。例如，中环股份便是坚定的 N 型单晶电池路线践行者。中环股份相关负责人向《证券日报》记者表示，“从产业发展规律来看，N 型电池一定是发展必然的趋势。”

据中环股份相关负责人介绍，公司高效 N 型单晶硅片全球市场占有率目前已超过 70%，“电池技术的变化，对硅片产业来说需要制造模式的革命。除此之外，做制造产业不能依赖设备供应商技术，我们主张高价值链创造，尤其自己在设计开发的领域建立制造商技术壁垒。”

事实上，中环股份在中国光伏曾经历过的金刚线切割和直拉工艺技术提升等重大变革中，一直走在前列。而近日，该公司更是以 4.8 亿元的底价，成功竞拍获得了东方环晟光伏（江苏）有限公司 40% 股权。

据悉，东方环晟具有组件端封装技术——叠瓦的专利使用权。而叠瓦技术被不少业内人士认为是未来组件技术的发展方向。此外，中环股份相关负责人也认为，“近两年实践表明叠瓦专利被破解或超越的难度很高，叠瓦的专利保护和严密性得到了历史证明。”未来，中环股份将通过东方环晟为组件渠道商提供贴牌加工业务模式。

事实上，在整体向好的大环境下，光伏产业各环节（硅片、电池、组件）龙头企业们的技术路线之争却又一次暗流涌动，除了上述提及 N 型硅片，当红的 PERC 电池，叠瓦技术等无不虎视眈眈。

对此，航禹能源董事长丁文磊向《证券日报》记者表示，“抛开技术路线之争，百花争艳的局面无疑是平价预期下，展现出的积极向上的市场信号。但随着光伏行业从量到质的提升转变，强者恒强的‘马太效应’将充分显现。”

证券日报 2019-08-01

## 钙钛矿商业化大组件效率新纪录诞生

本报讯 日前，杭州纤纳光电科技有限公司打破由日本东芝公司创下的钙钛矿商业化大组件效率的世界纪录。

据了解，纤纳光电的本次测试数据来源于他们首条 20MW 的钙钛矿量产产线，该产线的首批下线产品通过了欧洲权威检测机构 ESTI 的严格检测，并获得 11.98% 的效率认证。目前该数据已被美国国家可再生能源实验室(NREL)收录到最新版的光伏组件效率进展图(champion module efficiencies chart)中。

2017 年 2 月，纤纳光电生产出面积超过 16c m<sup>2</sup>、光电转化效率达到 15.24% 的大面积钙钛矿太阳能电池组件，刷新大面积钙钛矿光伏组件的世界纪录；同年 5 月纤纳光电钙钛矿光伏组件转换效率

达 16.0%，再次刷新钙钛矿光伏组件的世界纪录。之后，纤纳光电连续打破了由自己创下的小组件效率纪录，从 2017 年的 15.24% 一路提升至 2018 年的 17.9%，稳态效率 17.3%。至此，纤纳光电成为钙钛矿小组件效率纪录的保持者。

据了解，钙钛矿材料 2009 年首次应用于光伏发电，短短 10 年间，钙钛矿实验室效率突飞猛进，从 3.8% 提高到了 25.2%，未来依旧有很大的效率提升潜力。但稳定性、毒性等严重缺陷一直将钙钛矿电池限制于实验室内。此次，纤纳光电首批钙钛矿商业化大组件的成功下线，意味着将钙钛矿技术的商业化进程进入一个新阶段。（于孟军）

中国能源报 2019-08-12

## 海洋能、水能

### 让世界最大水电站“送得出、落得下”

曾任原能源部、水利部水利水电规划设计总院副院长，原电力工业部规划计划司副司长、司长，原国家电力公司计划投资部主任，原电力工业部（国家电力公司）三峡工程办公室主任。上世纪 90 年代，直接参与了三峡输变电系统工程的规划及实施工作。

三峡电站是当今世界最大的水电工程，举世瞩目。如何让如此体量的三峡电站的电力发得好、送得出、落得下、用得上，是一道难题。

由于三峡工程电力系统论证、规划、设计工作量巨大，系统复杂，影响范围广，所以，党中央、国务院及有关领导对其论证工作极其重视，组织了大量专家，进行了长期研究，反复论证。

三峡工程电力系统论证工作历时 30 余年，共完成系统论证、规划设计报告 50 余卷。论证过程大体上分为三个阶段：第一阶段是从 1958 年至 1992 年，为三峡工程可行性研究阶段，期间开展了电力系统研究论证，从发电效益出发，论证了三峡电站建设的必要性和经济性，并确定供电范围；第二阶段是从 1992 年至 1995 年，为三峡工程经国家决策后对输电系统全面规划设计阶段，期间开展了优化供电范围，确定了输电方式、电压等级、输变电工程规模等工作；第三阶段是从 1995 年至 2002 年，为系统设计的滚动研究阶段，根据已确定的电网结构进行仿真计算和实验模拟，校核三峡输电系统的适应性和可靠性，同时根据电力市场的变化开展电能消纳方案研究与调整。

经过长期研究论证形成可行性研究（含输变电系统规划）报告，最终在 1992 年第七届全国人民代表大会第五次会议上通过了兴建长江三峡工程的议案。这是我国最高权力机关首次审议工程立项。

三峡输变电工程是三峡工程的重要组成部分，是使三峡发电效益得以充分发挥的基本保证。它不同于一般大型水电工程送出的规划设计，其涉及供电范围广，建设持续时间跨度长，具有特殊的艰巨性和复杂性，是一项起点高、反映我国当代先进输变电技术水平的巨大系统工程规划。

#### 筹资方案审定时间紧迫

三峡输变电工程的筹资方案非常重要，因为当时全国资金紧张，远不像现在宽裕。那时全国缺电的主要原因就是缺少资金建设电站，所以才有了集资办电等改革措施。换言之，三峡输变电工程建设资金的筹集是非常棘手的问题。

当时筹资方案的审定工作时间紧迫。为了支援三峡库区用电，四川长（寿）万（县）输变电工程在 1996 年已经开工——这是三峡输变电工程的第一个单项工程；同时，三峡枢纽工程进展顺利，于 1997 年 11 月大江截流，为了满足第一批机组投产送出，这就需要在 1998 年开始陆续开建输变电工程，加之电网工程需要提前调试，所以，必需尽快落实建设资金筹措方案。

为此，业主单位原国家电网建设有限公司（下称“电网公司”）提出了《三峡输变电工程筹资方案（送审稿）》（下称《筹资方案》），并于 1997 年 1 月 31 日上报给了原电力部。随即，电力部三峡工程办公室（办公室挂靠在电力部规划计划司，下称部三峡办）会同部计划司、经调司对《筹资方案》



进行了初步研究，并将研究意见向时任电力部副部长陆延昌做了汇报。

1997年2月20日，时任电力部副部长赵希正主持召开了部长办公会议，讨论、研究《筹资方案》。那时部长史大桢因公离京，所以由副部长赵希正主持了部长办公会议。部长办公会议原则同意《筹资方案》，并明确了关于其测算依据：一是1994年国务院第44次总理办公会议纪要明确的“三峡工程输变电系统所需的248亿元资金，按照‘谁受益、谁负担’的原则，可在直接受电地区加征电网建设基金（华中、华东地区从1999~2008年每度电征收在一分钱之内），并通过出口信贷来筹集”；二是1995年国务院三建委《关于三峡输变电系统设计的批复意见》（国三峡委发办字[1995]35号）批准的三峡输变电工程总量，同时明确的三峡输变电系统总投资按248.22亿元控制；三是1996年12月26日国务院三建委会议明确三峡输变电工程静态投资275.32亿元（1993年5月末价格）；四是按照总理办公会议纪要精神，三峡输变电工程建设资金由征收的三峡电网建设基金、利用出口信贷、电网收入再投入以及银行贷款四部分组成。

对外统称“三峡工程建设基金”

部长办公会后，由部计划司牵头，部三峡办、有关司局和“电网公司”参加，根据部长办公会的精神和要求，共同完善、补充形成了我们电力部的《筹资方案》。

其中，关于三峡电网建设基金征收范围和标准，我们部的《筹资方案》研究了如下方案：在直接受电的华中、华东地区现有征收的三峡工程建设基金（以下简称三峡基金）额度（即7厘/千瓦时）的基础上，对上海、江苏、浙江及湖北四省市再加征8厘/千瓦时，对安徽、河南、湖南及江西四省再加征6厘/千瓦时；四川省不再加征，只使用已出台的3厘/千瓦时三峡基金。本方案可避免在非直接受益地区征收，体现了“谁受益、谁负担”的原则，且征收的标准在1分/千瓦时以内，符合1994年国务院第44次总理办公会议纪要要求。

关于起征年限。最初国务院第44次总理办公会议建议起征年限为1999年，但考虑到以下几个原因，我们建议做出适当调整：第一，三峡输变电工程一般都要比机组更早一些投产，直流工程调试也需要较长时间；第二，尽量降低征收标准；第三，根据测算，如果从1999年开始征收，则1998年就需开行贷款16亿元，若提前开始征收，则2000年前除长万线外不再需要开行安排贷款。因此，我们建议三峡电网建设基金出台时间是1997年，到2008年终止。

关于征收方式，一开始国务院开会都称为“三峡电网建设基金”，为了减少基金征收名目，我们建议三峡电网建设基金对外统称为“三峡工程建设基金”，专项用于三峡输变电工程建设，由国家电力公司负责管理。

在三峡输变电工程动态投资及其资金结构方面，按照我们部的《筹资方案》测算，三峡输变电工程建成时的动态总投资是615亿元，其中价差预备费257亿元，建设期总的贷款利息79亿元。

在输电价格及经济效益分析方面，根据《筹资方案》，三峡输变电工程全部投资财务内部收益率为12.2%，资本金财务内部收益率为11.4%，不含税平均输电价格为0.185元/千瓦时。

在电价方面，最终国务院决定三峡电送到各省市的落地电价，原则上按照受电省市电厂同期的平均上网电价水平确定，并随受电省市平均电价水平的变化而浮动。因而三峡电在经济上具有竞争力。到2003年三峡发电时，当时全国普遍缺电，所以，各地都抢着要三峡电。

电力部认为，上述《筹资方案》是可行的。在1997年3月19日经陆延昌副部长签发后，电力部以《关于三峡输变电工程筹资方案的请示》（电计（1997）146号文件）上报国务院三建委，请国务院三建委尽快审批。

输变电工程整体打包审批

1997年12月25日上午，我随陆延昌副部长参加了时任国务院副总理邹家华主持的国务院三建委会议，审定三峡输变电工程筹资方案及有关问题。出席会议的有时任国务院副秘书长周正庆、国务院三建委副主任郭树言、国务院三峡工程建设委员会办公室（下称国务院三峡办）副主任李世忠、中国电网建设有限公司（即原“电网公司”，1997年6月3日改为此名）总经理周小谦以及国家计委、财政部、中国人民银行、国家开发银行等有关部门的负责同志。

会上主要由李世忠副主任就三峡输变电工程资金需求测算情况和《筹资方案》作了汇报。会议认为，《筹资方案》测算比较合理，符合国务院确定的筹资原则，比较现实可行，原则同意国务院三峡办的汇报，建议总理批准。

会议原则同意三峡输变电工程资金需求测算结果，即根据 1993 年 5 月末价格水平审定的静态投资 275.32 亿元，动态投资为 589.42 亿元。原则确定筹资方案安排为：三峡基金 286.14 亿元；电网收益再投入 72.52 亿元；开发银行贷款 91.78 亿元；利用外资（主要为出口信贷）138.98 亿元。

邹家华副总理在会上说，实施过程中如果电量增长速度等边界条件发生变化，筹资各渠道的结构会有变化，可在实际执行中经审批后再作相应调整。

会议还指出，“三峡输变电工程作为三峡工程重要组成部分，在作为一个整体项目报国家计委备案后，列入国家固定资产投资计划。其单项工程建设进度要与枢纽工程紧密衔接，由业主统筹安排，随年度计划确定”。这是一项重大改革措施，即在三峡输变电工程整体打包审批后，各具体项目不再需要国家计委逐项批复，只要备案就行了。当时我们最担心的就是单项工程一个个审批，可能会拖延时间。现在看来，三峡输变电工程之所以能顺利建成，当时采用的同期立项、整体批复、分步实施、滚动优化建设模式是功不可没的。

会议还明确，三峡基金对保证三峡工程建设起着最基本、最关键的作用，国家电力公司和财政部要继续做好这项基金的征收管理工作，同时继续实行现有对三峡基金免征（或先征后返）的税费政策。这些都是好政策。

此次国务院三建委审定《筹资方案》后，三峡输变电工程投资规模、筹资方案、具体管理都已确定，支持政策也给了，标志着工程建设资金已基本落实。

#### 电能消纳研究工作就绪

为确保三峡电力发得好、送得出、落得下、用得上，1997 年 12 月 25 日上午召开的国务院三建委会议还要求，由国家计委牵头组织电力部等有关方面，尽快研究三峡电价和接受地区的电力电量平衡问题，同时继续抓紧协调、落实与三峡输变电工程配套的输变电工程项目规划和建设。

为做好三峡电能的分配和消纳工作，电力部（国家电力公司）要求 1998 年底提出初步研究成果。为此，原国家电力公司成立了由总工程师冉莹为组长的研究小组，具体工作由公司三峡办、计划投资部牵头，与电规总院共同组织中南院、华东院、西南院和清华大学完成。当时我具体组织了这项工作。

当时我们确定了方案拟定的四条原则。一是最大限度发挥三峡水电站的发电效益，尽可能不弃水或少弃水。二是近期和远期相结合。三是三峡电能分配要与各地区电力发展长期规划相衔接。分配到各地区的电力电量，纳入当地电力电量平衡，作为制定电力发展长期规划的基础。各地首先消纳三峡电能，再安排其它电力建设项目，避免重复建设。四是三峡向三大网的设计输送能力已经国务院三建委审定：华中 1200 万千瓦、华东 720 万千瓦、川渝 200 万千瓦，输电设计能力应作为方案拟定的重要基础。

根据以上原则，在 1998 年 12 月底，公司计划投资部和电规总院完成了《三峡电站电能合理消纳研究（汇报稿）》，并向时任国家电力公司副总经理查克明做了汇报。公司领导充分肯定了研究成果，并以此为依据，向原国家计委基础产业司、国家经贸委电力司做了汇报，那时国家经贸委电力司司长是史玉波。他们均肯定了《三峡电站电能合理消纳研究》报告，认为报告对三峡供电区“十五”规划编制具有重要指导意义。同时建议对报告中提出的三峡电力电量在八省两市的消纳值，以适当方式与有关省市、电力公司见面，让地方政府对此引起高度重视，控制新开工项目，限制地方小火电发展。即建议我们与各省市沟通，看看大家有无意见。

1999 年 2 月，原国家计委组织专家对《三峡电站电能合理消纳研究》进行了审查，随后国家计委基础产业司以该报告所作的结论为基础，根据国家的产业政策和专家提出的意见以及一些边界条件的变化，对三峡电站电能合理消纳方案作进一步研究修改。2000 年 4 月，原国家计委基础产业司在井冈山会议上正式提出了三峡水电站电力电量初步分配方案。

但 2001 年消纳方案发生了重大变化。即 2001 年，国务院根据“西电东送”方针和广东“十五”期间电力平衡需要，决定三峡（华中）向广东送电 300 万千瓦。为此，我们再次对三峡电站电能广东、华中（当时为华中四省）和华东的合理消纳进行了研究，提出了《三峡电力在华中、华东和广东的合消纳研究》报告。

同年，经报国务院批准，原国家计委正式下发了《印发国家计委关于三峡水电站电能消纳方案的请示的通知》（计基础[2001]2668 号文件），明确三峡供电范围调整为华中地区（包括河南、湖北、湖南、江西四省）、华东地区（包括上海、江苏、浙江、安徽四省市）和广东，即三峡不向重庆送电，改为向广东送电 300 万千瓦。该文件给出了“十五”、“十一五”期间每年逐月三峡电力电量的预测和具体分配原则及办法，并就电能的具体消纳方式、电量电价等与三峡水电站相关的财政、金融政策给出了指导性意见和建议。

朱总理点头同意直流招标工作

三峡输变电工程中的直流输电工程同样值得铭记。

当时经国务院三峡办批准，三峡向华东送电采用三回直流方案。其中，三峡至常州±500kV 直流输电工程要配合三峡首批机组投产发电同步投入运行，是首批机组电力外送不可替代的通道。

事实上，超高压大容量直流输电技术是三峡工程电力系统建设中的关键技术。但当时我国在这方面与国际水平有较大差距，并且三峡工程所选用的技术参数和性能要求，超过了当时世界上既有的建设和制造水平，属于世界领先技术。考虑到三峡直流工程的重要性和复杂性，既要把三峡直流工程建成一流工程，又能为我国培养出自己的直流技术专家，所以，在国务院三峡办、电力部的支持下，“电网公司”于 1996 年 7 月正式组建了国内第一家直流咨询公司。该公司按照中外合作、中方多做工作、外方负责的方式，通过竞争选定了国际知名的加拿大泰西蒙公司作为本次直流咨询的外国咨询商。

在“电网公司”的精心组织下，采取中外合作方式编制完成了《三峡至常州±500kV 直流输电工程换流站功能规范书》（下称《功能规范书》），这是编制三峡至常州±500kV 直流输电工程换流站设备国际招标书（以下简称《标书》）的基础和技术部分的依据。1998 年 3 月上旬，“电网公司”将《功能规范书》上报电力部待审。

当时，《标书》计划在 5 月发售，中间只有一个多月，所以时间非常紧迫。3 月 16 日上午，在北京苏源锦江饭店，国务院三峡办、电力部共同主持召开了“三峡至常州±500kV 直流输电工程换流站设备功能规范书审查（初审）会议”。3 月 19 日下午，《功能规范书》在会议闭幕式上通过了审查。这为我国今后的直流输电工程技术和商务合同谈判及换流站设计提供了依据和规范，说明我国已有能力进行超高压直流输电技术的咨询和设计，改变了超高压直流输电工程完全依赖外国人的状况，标志着我国直流输电技术进入了一个新水平、新的历史时期。4 月 22-24 日，国务院三峡办在京主持召开了对“招标文件”的审核会，会议对“电网公司”在《功能规范书》审查后的一个月中，完成了整套“招标文件”的编制予以充分肯定，会议认为“招标文件”基本符合国际惯例和邀请招标的有关规定，审查通过了“招标文件”。

4 月 30 日，朱镕基总理听取国务院三峡办主任郭树言关于三峡资金及三峡—常州±500kV 直流输电工程换流站设备招标工作情况的汇报。国家电力公司副总经理陆延昌，总经理助理周小谦参加了会议。朱镕基总理点头同意，这是很不容易的，因为朱总理的审查很严。

9 月 5 日，朱总理在国务院三峡办《关于三峡输变电设备招标采购问题的请示》上批示：“希进一步提高设备国内制造份额，加强对国内设备制造厂的监督。”这说明总理很注重设备国产化。

三峡输变电工程的直流工程建设中，攻克了直流输电关键技术，逐步提高了国产化率，从而全面实现了直流输电建设技术和装备制造国产化，标志着我国电网技术跨入世界先进行列，为我国电网发展和大型水电开发及其远距离、大容量外送打下了坚实的基础。

三峡输变电工程共有单项工程 92 项，其中交流输变电工程 88 项，包括线路工程 55 项（线路总长度 6519km），变电工程 33 项（变电总容量 2275 万 kVA）；直流工程 4 项，线路总长度 2965km，

换流站总容量 1872 万千瓦。截至 2007 年底，三峡输变电工程已全部投产，建成的三峡输电系统结构坚强、潮流合理，确保三峡电力的全部外送和消纳。

另外，三峡电站地处华中电网的中部，具有地理上的天然优势，对电网互联可以起到枢纽作用。三峡输变电工程的建设，加快了华中电网发展速度，形成了以三峡近区电网为核心的坚强区域性电网；三峡向华东输电，促成了华中和华东两个区域电网互联；三峡与川渝联网实现了四川水电外送；向广东送电，实现了与南方电网的互联。三峡输变电工程的建成为全国联网打下了重要的基础，并在全国联网中发挥了极大的促进作用。

现在回头看来，三峡输电系统工程在系统规划、调度运行、设备成套、设计施工、试验能力、建设管理等方面取得了突出的创新成果：首次整体规划设计并建成了世界上规模最大、技术最复杂的交、直流混合输电系统，使我国电网规划能力达到国际领先水平。2011 年，三峡输电系统工程获国家科技进步一等奖。

知古鉴今。三峡输变电工程统一规划、深入论证、滚动优化的重要经验，对于当前及今后的电力发展有着深刻的启示和借鉴意义。

（本文由贾科华采访整理，原文刊载于《中国能源报》2017 年 1 月 9 日 3 版，文章有删减）

中国能源报 2019-08-05

## 潮汐能发电规模化发展遇阻

我国潮汐能发电规模化发展主要受制于相对较高的成本和较小的潮汐范围，质优的潮汐能多存在于突出的海岬或海峡，降低了潮汐能总体的利用率。另外，装机容量过小也是推广难的原因之一。

在能源消费量持续攀升、传统能源日趋紧缺的背景下，积极探寻和发展海洋能源，将成为保障我国能源安全，优化能源结构的重要路径。

然而据记者了解，当前我国海洋能源开发总体仍处于起步阶段。尤其是潮汐能开发，存在资金投入较少，科研力量分散的问题，与先进国家存在不小的差距。对此，业内专家表示，应积极引导科研机构与能源企业合作，依靠科技创新，努力突破制约潮汐能开发和海洋生态保护的瓶颈。

### 资源量与开发程度不匹配

资料显示，海洋中的潮汐、波浪、海流等动能和海洋温度差、盐度差能的存储量丰富，是取之不尽、用之不竭的可再生能源。它们通过各种物理过程接收、储存和散发能量，蕴藏于海上、海中、海底，属于新能源范畴。其中，在全球范围内，潮汐能属海洋能中技术最成熟、利用规模最大的一种，具有可再生性、清洁性、可预知性等特点，是不可多得的高质量能源。

在潮汐发电领域，欧洲各国拥有浩瀚的海洋和漫长的海岸线，因而有大量、稳定、廉价的潮汐资源，在开发利用潮汐方面处在世界前列。世界上第一个大型潮汐能发电站是 1966 年投运的法国兰斯潮汐能发电站，北美地区首个潮汐能发电站是 1984 年投运的安纳波利斯皇家发电站。

我国发展潮汐能起步较早，1957 年在山东建成第一座潮汐发电站。1980 年 5 月，浙江温岭的江夏潮汐电站第一台机组并网发电，揭开了我国较大规模建设潮汐电站的序幕。该电站总装机容量为 3000 千瓦，不但解决了浙江的能源短缺，而且经济性上亦有竞争力。

据了解，我国潮汐资源丰富，主要集中在福建、浙江、江苏等省的沿海地区。相关数据显示，我国可开发的潮汐发电装机容量达 2158 万千瓦，年发电量约为 619 亿度。早在 20 世纪 50 年代至 70 年代，我国就先后建了 50 座潮汐电站，但目前只有 8 个电站正常运行发电。

### 开发成本高且装机过小

目前，加快开发利用海洋能已成为世界沿海国家和地区普遍共识和一致行动。海洋强国、生态文明建设等国家战略和“一带一路”倡议的提出，更是为我国海洋能发展带来了前所未有的历史机遇。

国家海洋局 2018 年印发的《海洋可再生能源发展“十三五”规划》指出，将重点围绕提高海洋能

装备技术成熟度，强化工程示范带动，推进企业作为技术成果转化的主体，加强海洋能技术“引进来”和“走出去”，促进海洋能工程化应用。到 2020 年，实现海洋能装备从“能发电”向“稳定发电”转变，全国总装机规模超过 5 万千瓦，建设 5 个以上海岛独立电力系统，我国海洋能开发利用水平步入国际先进行列。

潮汐能虽然具有开发前景，建设不受国土面积影响，设备也可以发展多样性功能，但相较于其他再生能源而言，其面临建设、维护成本居高不下，发电量低等发展困境。

上述业内专家认为，我国大陆沿岸和海岛附近海洋能储量丰富、品位高，开发潜力巨大，但规模化开发利用难度很大，目前主要受制于相对较高的成本和较小的潮汐范围，质优的潮汐能多存在于突出的海岬或海峡，降低了潮汐能总体的利用率。“另外，装机容量过小也是推广难的原因之一。如今中国海上风电 4MW 机组已越来越多，规模上不去，发电成本很难降下来。”

记者了解到，我国海洋能开发利用的支撑服务体系此前几乎一片空白，产业规划、研发目标、设备标准、试验海域、测试依据缺失，导致海洋能发展缓慢。近年来，我国摸清了海洋能资源分布，搭建了海洋能标准框架，同时借鉴国际海洋发达国家的成功经验和先进做法，启动了国家海洋能试验场建设，加快突破严重制约海洋仪器装备和海洋能发电装置，以及从实验室试验走向海上实际应用等瓶颈。

本报记者 李文华 中国能源报 2019-08-05

## 风能

### 明阳智能：全球首家拥有黑启动技术能力的整机商

近日，明阳智能与国际知名机构 DNV GL 合作，在位于荷兰的 KEMA 实验室顺利完成风机黑启动相关的各项测试，成为全球首家掌握风机黑启动技术的整机商，为全球海上风电规模化开发奠定坚实的基础。

海上风电已步入快速规模化发展阶段。大容量风电场集中接入电网，对风电机组及风电场的电网友好性能提出了更高要求，其中，黑启动就是一项十分重要的功能。

所谓黑启动，是指整个系统因故障停运后，系统全部停电，处于全“黑”状态下，通过系统中具有自启动能力的发电机组启动，带动无自启动能力的发电机组，逐渐扩大系统恢复范围，进而最终实现整个系统的恢复。风电机组的黑启动技术，则指的是当电网完全失电后，风机作为自启动电源为电网建压，并为网内其他负载供电。

黑启动功能于风场意义重大：

一是作为动态调试电源为电网提供参考电压和能量，可提前完成风机动调，帮助业主提升收益。以一台 MySE5.5 兆瓦风机为例，其每天收益 5.28 万；以按照安装 36 台机组的海上风电项目调试周期计算，若提前完成风机动态调试，项目上电一天可为整场实现收益 190.08 万元。

二是作为电网失电后的运维电源。在极端台风过后，风场需要较长时间方能恢复供电，而风电场若长期处于失电状态，风机设备将会出现老化，寿命缩短。此时，具备黑启动功能的风机可为其他风机提供运维电源，延长设备寿命。在电网恢复后可使风机迅速恢复正常运行，挽回发电量损失。不难看出，具备黑启动功能对于安装运行在中国台风海域的风机及风场至关重要。

值得一提的是，为使风机具备黑启动功能，明阳智能并网、主控及南瑞电控变流技术团队骨干人员特前往荷兰，并在欧洲大规模海上风电接入 2020 项目 PROMOTioN 基金的支持下，与位于荷兰 Arnhem 的全球顶尖第三方型式试验机构 DNV GL KEMA 柔性输电实验室（DNV GL KEMA Flexible Power Grid Lab）共同承担了与大规模海上高压直流输电系统的专项研究（PROgress on Meshed HVDC Offshore Transmission Networks）。据该项目负责人唐彬伟介绍，该项研究的其中一项重要成果就是开

发了风机机械仿真（Bladed）和电气仿真（OPAL-RT）的硬件在环联合仿真。该项技术打通了机械仿真与电气仿真的技术壁垒，并基于此平台完成了 CHIL 纯控制器在环仿真，通过仿真数据验证了设计方案和控制策略的有效性。

同时，为了进一步验证风机黑启动功能，明阳智能联合南瑞电控将 MySE3.0 变流器运往万里之外的荷兰的 DNV GL KEMA 实验室，运用已开发的硬件在环联合仿真平台与 DNV GL 共同研发了可用于黑启动功能测试、可模拟风机电气及机械运行特性的 PHIL 功率在环测试系统，并在实验室构建了包含发电机、变流器、负载、变压器及海缆在内的测试电路。基于此系统又完成了黑启动 PHIL 功率在环测试，使风机黑启动性能验证成为可能。此项测试除验证黑启动风机启机建压过程，也模拟了黑启动最恶劣工况--集电线路投切影响。上述所有工况测试均已通过验证，并达到相关技术要求。

明阳智能一直致力于前沿风电技术的研发与应用，并与国际知名风电研发测试机构合作，不断推动明阳风机向更可靠、更智能、更强大的方向进发。此次黑启动功能测试的通过代表明阳智能在风机黑启动技术方面的开发处于国际前列；以风电机组为建压启动电源的技术方案和环仿真测试系统的完成，表明明阳智能海上风机并网技术已达到国际领先水平，为中国乃至全球海上风电规模化深入发展，并向支撑性电源迈进奠定了坚实的基础。

明阳集团 2019-08-05

## 国内单体最大海上风电场呼之欲出

8月8日，国内最大海上风电项目--中广核阳江南鹏岛40万千瓦海上风电场，其关键设备海上升压站模块吊装就位。

南鹏岛40万千瓦海上风电场位于广东省阳江市东平渔港南12海里左右海域，是目前国内单体容量最大的海上风电场，也是国内离岸最远、施工水深最深的海上风电工程。海上升压站相当于陆上变电站，负责将风机发电升至220千伏，再通过海底电缆接入电网。

承担吊装作业的交通运输部上海救捞局“创力”号起重铺管船，总长198.8米、型宽46.6米，最大起吊重量3500吨，仅次于“蓝鲸2号”“蓝鲸1号”，排名国内第三。现场工程师介绍，此次作业的海上升压站模块，是一个总重达2977吨的庞然大物，将其吊装就位，“创力”号仅用时40分钟，精度达厘米级。由此，保证了该风电场8月15日首台风机并网；预计2020年12月30日，全部73台机组并网发电。

科技日报 2019-08-09

## 绿色化进程再进一步 金风科技签署澳洲 Biala 风电场项目供货协议

日前，新疆金风科技股份有限公司（下称“金风科技”）全资子公司金风澳洲有限公司（下称“金风澳洲”）与北京京能清洁能源（澳大利亚）控股有限公司（下称“京能澳大利亚”）签署协议。金风澳洲将为京能澳大利亚旗下 Biala 风电场项目提供31台GW140-3.57MW直驱永磁机组，装机容量达108.5MW。该项目位于澳大利亚新南威尔士州南部高原。

京能澳大利亚副总经理德里克·鲍威尔表示：“Biala 风电场是京能澳洲发展中的又一个重要里程碑。该项目使得我们离2023年前澳洲装机量超过1GW的目标又近了一步。我们很高兴未来能与金风科技共同见证并分享这一里程碑。”

金风澳洲董事总经理 John Titchen 表示：“为 Biala 风场提供金风科技的直驱永磁机组只是一个开始，我们很高兴继续与京能澳大利亚建立并继续保持长期合作关系。”

目前，该项目的详细设计正紧锣密鼓编制中，预计不久后将开始施工。

从2012年的Mortons Lane风电项目，到后来的Gullen Range项目，再到Biala项目，金风科技在这片大洋彼岸的土地上勤恳耕耘已长达7年之久。到2020年，金风科技将用风电这一可持续清洁

能源，为澳洲当地 100 万户家庭提供绿色电力。

金风科技 2019-08-12

## 金风科技为澳大利亚最大的塑料回收厂提供绿色电力

近日，金风科技与澳大利亚最大的塑料回收工厂--Advanced Circular Polymers 公司签署协议，将为其提供绿色清洁的可再生能源。

根据协议，塑料回收厂的电力将由金风科技旗下 Moorabool 风电项目提供，该项目位于巴拉瑞特市东南 25km 处，已于 2018 年 7 月正式开工建设。

Advanced Circular Polymers 工厂位于维多利亚州萨摩顿市，由华人企业家 Harry Wang 创办。在开业之初，工厂就得到维州政府 50 万澳元资金的资助。

Advanced Circular Polymers 工厂使用近红外辐射、机器人和人工智能等高科技来完成塑料垃圾的清洗和分拣，并转化为塑料片，实现塑料垃圾的再回收利用。可以说，这家公司正用先进的资源利用技术，推动维多利亚州乃至整个澳大利亚的垃圾处理和环境保护工作开展。

“我们非常高兴能与 Advanced Circular Polymers 这家资源回收利用公司建立合作伙伴关系。”金风澳洲总经理 John Titchen 表示，“实现以可再生能源为动力的循环利用，是真正迈向可持续发展的重要里程碑。两家公司都旨在为人类提供创新可持续的环境解决方案，这也是达成合作的重要契机。双方的合作，将推动澳大利亚向清洁、可持续的未来过渡转型。”

金风科技 2019-08-13

## 我国首个平价风电示范项目并网发电

本报讯 中核汇能甘肃玉门黑崖子 50MW 平价风电示范项目日前实现并网发电，该项目是国家能源局批准的第一批风电平价示范项目之一，也是全国首个并网发电的平价风电示范项目。

该项目政策性强、示范意义重大，是中核汇能年度重点建设项目。项目启动之初，中核汇能从融资、设计、施工、各个环节着手控制工程造价，同时为项目配备经验丰富建设团队；工程建设过程中，积极协调地方电网建设、风机部件配送、工程建设进度等重要事项，保障项目重要节点有序推进；最终保质保量完成项目建设任务。

项目自 2019 年 3 月 25 日开工建设，在四个月的时间里完成建设任务，比计划提前一个月并网发电。项目共安装 25 台单机 2MW 容量风机，预计利用小时数在 3000 小时以上，造价控制在每瓦 5.7 元以内，项目盈利能力较强。是目前中核汇能公司施工工期最短，投资最低的风电项目。

业内认为，该项目的建成投运将为国内新能源风电平价上网起到重要的示范和引领作用。

刘海燕 中国能源报 2019-08-05

## 沙特拟建首个陆上风电场

本报讯 据彭博社日前报道，沙特计划在其国内打造首座陆上风电场。该项目拟建于沙特西北部 Dumat Al Jandal 市，总装机规模为 400 兆瓦，拟安装风机 100—200 台，项目总投资额为 5 亿美元。

据了解，去年 7 月，沙特可再生能源项目开发办公室就启动了该项目的招标工作，法国电力公司（EDF）竞标成功。今年 1 月，EDF 和阿布扎比穆巴达拉发展公司已完成项目合同签订。目前，项目建设所有资金也已谈妥。

EDF 发言人表示，该项目建成后也将是中东地区最大的陆上风电场，预计将于 2022 年投运，投运后可为逾 7 万户家庭供电。

彭博社指出，作为全球石油大国，沙特每天消耗约 60 万桶原油发电。近年来，沙特正努力探索

能源多元化发展路径，以达到减少化石原料使用的目的，其中大力发展光伏、风电等新能源产业是目前沙特主要推行的方式之一。

沙特能源、工业和矿产资源部部长法利赫表示，发展风电是沙特能源多元化战略的重要组成部分，而首个陆上风电项目则是助力目标实现的重要开端。今年，沙特还将陆续完成 12 个可再生能源项目的招标工作。

据能源咨询机构伍德麦肯兹预测，到 2020 年，沙特有望成为中东地区风力发电“主力”，年风电新增装机量将占该地区的 40% 以上。（董梓童）

中国能源报 2019-08-05

## 看高海拔风场如何抢抓高效率

清洁能源装机 7263 万千瓦、占比 50.14%，首次超过集团电力总装机的一半，稳居国有五大发电集团之首；完成发电量 290 亿千瓦时，同比增长 18%，其中风电 16 亿千瓦时、同比增长 75%——这是国家电力投资集团交出的上半年成绩单。

“海南州多能互补集成优化示范项目全容量投产，标志着集团公司清洁能源装机占比达到 50%。”国家电投黄河上游水电开发有限责任公司（下称“黄河公司”）董事长谢小平表示。我国单体容量最大的 85 万千瓦莫合风电场由多能互补集成优化工程 400 兆瓦风电场和 450 兆瓦风电场组成，前者共安装 182 台远景能源 2.2 兆瓦风机。此次并网标志着莫合、那仁共计 95 万千瓦、447 台风机的全球一次性并网单体容量最大的风场实现全部投运。

平均海拔超过 3000 米，年均气温不足 5 摄氏度，加之极为复杂的地形，这座风场的实际建设周期却只用了 7 个月。如何产生的高效率？本报记者实地探访、寻找答案。

国内单体容量最大

经济与环境效益并存

炎炎夏日，身处青海省海南藏族自治州共和县境内的茫茫草原，却无比凉爽。车越往高处行驶，碎石铺成的临时道路就越颠簸，直到人迹罕至的高山深处，一台台挺拔的风机伫立眼前，犹如洁白的钢铁森林一般装点草原。

这里是 85 万千瓦莫合风电场，由黄河公司投资建设，“项目平均海拔 3000 多米，站区面积约 369 平方公里。自 2018 年 12 月 31 日首台机组并网发电后，我们一鼓作气，与参建单位共同努力，确保 6 月底完成最后 10 台风机的并网工作。经过严密观察，风场达到 95 万千瓦额定出力，全球一次性并网单体容量最大的风电项目由此全部并网投运。”莫合风电场升压站站长刘帅介绍。

记者进一步了解到，该项目年发电量可达 18 亿千瓦时，与传统火电厂相比，每年相当于节约标准煤约 60 万吨，减少烟尘约 0.76 万吨，减少二氧化碳排放约 180 万吨。“截至 7 月 24 日凌晨，黄河公司在运远景风机总发电量为 5.51 亿千瓦时，均达到项目设计电量水平。”青海黄河风力发电有限责任公司党委书记、执行董事刘启栋认为，这是经济与环境效益的协调发展。

更值得一提的是，项目从去年 5 月开工建设，到去年底首台机组并网发电，期间也不过 7 个月时间。“能够保质保量地按时完成目标，实属不易。这是开发商、建设方及整机商共同努力的结果。”刘启栋感慨道。

好风场离不开合理选型

及科学设计

是什么样的经历，让刘启栋等多位参建者连连感慨？受访者不约而同称，高海拔、高寒条件给项目埋下诸多先天难题。

“由于海拔高、空气密度低，低温对风机适应性的要求比一般地区更高。当地还时有沙尘暴，风里裹着沙子，容易对叶片、塔筒等设施造成磨损，或因大量灰尘进入风机而影响运转，设备绝缘、密封等性能一定要好。”刘启栋举例，合理的风机选型、精准的微观选址、科学的点位布置等前期工



作，将直接影响后期效益。选择合适的整机商伙伴，也因此更加重要。

“事实证明，入围厂家的风电机组实际运行表现都很不错。”刘启栋表示，“项目还充分发挥业主、设计院及整机商的协同力量，得出最优设计方案。比如，远景在智能化选址方面走得靠前，他们的格林威治风电场设计平台给出的专业意见，为我们提供了参考。”

对此，远景能源莫合项目解决方案相关负责人也告诉记者，选址阶段，工程师常在建设成本与发电量之间“进退两难”。远景通过自行开发的智慧风场设计平台，为发电量评估与载荷仿真提供精细的风况输入，结合风资源工程师实地勘探，可根据经济性结果快速取舍。

“莫合风电场范围大，机位多，需要从整体出发，考虑排布对尾流的影响。普通软件无法同时计算这么多机位，也难做到优化排布算法。我们通过自开发尾流优化排布模型，整体规划排布；通过调整机位行列间距，前后排机位错开比例、机位排布朝向等关键排布参数，得到满足容量要求尾流最小的排布方式，再配合人工手动调整，可保证发电量最大化。”该人士称。

克服重重困难保施工

智能化管理促运维

前期工作，还只是考验的“开始”。黄河公司新能源建设部项目经理沈元信清楚记得，施工期间，恶劣天气、低温缺氧、交通阻塞等困难应接不暇，“受气候影响，施工窗口期本就很短，真正的黄金时间只有二、三季度。可偏偏去年7-8月就碰上30年一遇的强降雨天气，降雨量突破历史极值，给运输、施工等造成极大干扰。我们必须抢抓一切有利条件，合理规划、加紧施工。”

远景能源交付团队相关负责人也向记者证实，项目需求数量大、需求时间集中，对物料准备、生产组织、高效装配均提出了极高要求。为配合业主，远景团队提前规划，主动加大运力、人员等投入。仅运输周期一项，就从24天缩短到10天。“为保证高质量的如期交付，远景技术指导人员全程监督施工现场，确保各项作业严格按照标准工艺执行。远景自主研发的新式吊索具，大大提高卸货、吊装效率及吊装稳定性。通过结合远景格林威治云平台风速预测，精准安排现场工作，也最大程度减少天气影响，为项目如期投运提供保障。”

刘启栋坦言，由于地形复杂、局地气候变化大，现有技术对当地风速的预判精度受限。加之项目覆盖地域广，东西长约100多公里，南北跨度达30-40公里。“在这么大的范围内，后期运维的难度着实不小，对运维团队也是严峻考验。”

结合现状，莫合风电场现按“少人值守”原则设计，可实现电站的远程监控、调节及大数据分析等功能。“例如，通过远景中央监控系统，提前对机组健康度状态进行预警；结合孔明风功率预测系统，对不影响机组安全运行的亚健康故障，计划性选择小风天气处理；极大减少了发电量损失，可实现智能化运维。”远景能源运维团队相关负责人介绍。

“莫合风电实现高效率，可以说是各方共同努力的结果。”刘启栋对此表示。

本报记者 朱妍 中国能源报 2019-08-05

## 伍德麦肯兹：中国陆上风电有望于2023年全面实现平价

本报讯 Wood Mackenzie（伍德麦肯兹）电力与可再生能源事业部近期发布最新报告《中国风电市场展望2019》，详细解读未来十年新增装机容量预测、政策研究、弃风限电、电网建设、分省区风电项目平准化度电水平（LCOE）等内容。该报告预测，中国陆上风电平准化度电成本将于2023年后降至全国煤电上网电价水平。

该报告预测，至2028年底，中国风电市场累计并网容量将达到437GW，占全球风电市场并网总量的35%。预计2019-2028年，中国风电市场新增并网装机252GW，其中陆上风电新增占比84%，但2024年后，陆上风电并网速度将开始放缓。海上风电年新增并网容量将实现强劲增长，预计2028年底，累计并网容量将由2018年底的3.6GW增至44GW。

该报告认为，长期来看，“三北”地区尽管存在电力供应过剩与可再生能源弃电问题，但仍将为陆

上风电发展重心。预测期内，“三北”地区新增陆上风电并网容量将达到 136GW，其中约 70%将来自大型风电基地。中东部和南方地区的新增陆上风电并网容量约为 77GW。然而由于缺少合适的风场资源，预计未来十年内，中东部和南方地区陆上风电市场的年均增长率将呈现约-4.5%的负增长。

据报告预测，抢装潮将促使 2020 年新增风电并网容量达到 28GW。预计抢装潮后，2021 年新增陆上风电并网容量将同比减少 23%。

该报告预计，中国陆上风电平准化度电成本将于 2023 年后实现与全国平均煤电上网电价持平。根据报告，2019-2028 年内，陆上风电平准化度电成本将下降 32%，但仍无法实现 2021 年的平价上网目标。预计到 2021 年，全国陆上风电平准化度电成本将从 2019 年的 437 元/MWh 降至 418 元/MWh，仍将比全国煤电平均上网电价高出 7%。（李小杨）

中国能源报 2019-08-12

## 上半年欧洲风电装机容量达 4.9 吉瓦

本报讯 行业资讯网站 Clean Technica 近日报道，上半年欧洲风电装机容量达 4.9 吉瓦，同比增加 8%。其中，陆上风电装机容量新增 2.9 吉瓦，同比下降 12%；海上风电装机容量新增 2 吉瓦，同比增长 73%。

具体来看，上半年欧洲陆上风电新增装机规模前五位依次是法国、瑞典、德国、意大利、乌克兰，分别为 523 兆瓦、459 兆瓦、287 兆瓦、286 兆瓦、262 兆瓦。

另外，上半年欧洲海上风电新增装机规模从大到小依次是英国、丹麦、比利时、德国，分别为 931 兆瓦、374 兆瓦、370 兆瓦、252 兆瓦。

欧洲风电行业机构（WindEurope）相关负责人说：“德国上半年陆上风电装机容量创 19 年来新低，预计下半年西班牙、挪威、瑞典的风电装机规模增长显著。”（王升）

中国能源报 2019-08-12

## 氢能、燃料电池

### 张家口十措施支持氢能产业发展

本报讯 日前从张家口市发改委获悉，《张家口市支持氢能产业发展的十条措施》已正式印发，将从财政奖励、优惠电价、用电保障等方面，推动氢能产业发展。

为支持协同创新平台建设，张家口鼓励国内外知名氢能科研院所和氢能龙头企业在当地设立研究院、分支机构、企业技术中心等科技创新研发平台，每落地一家，市政府一次性给予 100 万元的专项经费支持，并连续 3 年给予 100 万元/年的科研项目经费支持。同时，鼓励氢能企业和机构申请认定国家地方联合工程研究中心（工程实验室）和省级工程研究中心（工程实验室），以及国家和省级企业技术中心、重点实验室、技术创新中心、产业技术研究院、公共检测平台等创新平台，新认定的国家级及省级创新平台，参照《张家口市人民政府办公室关于印发张家口市支持科技创新的若干措施的通知》有关规定执行，新认定的省级以上企业技术中心给予 100 万元奖励支持。

在标准制定和检测认证服务方面，张家口鼓励氢能企事业单位积极参与国家、行业标准的研制，对主导发布实施国际标准、国家标准、行业及省级标准的，市政府对每项分别补助 100 万元、50 万元、20 万元和 10 万元；参与上述标准制定的，市政府对每项分别补助 30 万元、15 万元、5 万元和 3 万元。

支持技术成果转化，积极引进国内外知名氢能企业到张家口投资建厂，开展技术研发，并进行成果转化；鼓励氢能龙头企业自主研发的重大科技成果实现产业化；引进高校、科研院所的重大科

技成果在张家口落地转化生产。对通过国家或权威机构认证的，支持申请国家发展改革委张家口可再生能源示范区产业创新发展专项资金；实现市场销售的新产品，按照该产品第一年形成销售额的10%给予奖励，最高不超过1000万元。

对注册的可再生能源制氢企业，在四方协作机制下，参与张家口可再生能源电力市场化交易，按照高新技术产业给予不高于0.36元/千瓦时的优惠电价。对张家口市氢能产业发展有特殊贡献的装备制造等相关企业，参照以上优惠电价执行。按照“先行先试”的要求，鼓励在风电、光伏电场周边，建设PEM法制氢项目、风电耦合制氢，以及制加一体加氢站建设，市政府采取“一事一议”的办法给予电价补贴支持。

对注册落地为张家口的氢能装备制造企业，按照固定资产投资实际投资额的7%进行奖励，一般不超过1000万元；建厂并投入运营后，前3年给予专项资金奖励支持，额度参照企业税收贡献地方留成部分执行；对于建设装备制造项目所需的贷款超基准利率的，按照国家对政府投资资金的相关程序规定执行补贴，由市、县（区）两级分担。

（马明明 许雅慧）

中国能源报 2019-08-05

## 国家电投百千瓦氢燃料电池堆研制成功

本报讯 近日，国家电投氢能公司百千瓦功率金属双极板燃料电池电堆研制成功，标志着国家电投自主燃料电池产品正式步入产业化阶段。这是氢能技术自主创新之路的新飞跃，也是国家电投在能源创新发展上的新突破。

至此，国家电投氢能公司实现了催化剂、膜电极、扩散层、金属双极板、电堆组装等关键技术、材料和部件自主化、关键技术指标达到国际先进水平的同时，也大大降低了燃料电池成本，对推动我国氢能产业大规模发展具有重要意义。（高博）

中国能源报 2019-08-05

## 液氢商业化应用提速

伴随氢能与燃料电池汽车产业的兴起，液氢的民用化和商用化进程备受关注。目前，在欧、美、日等地区和国家，液氢技术的民用化和商业化已相对成熟，液氢储运等环节已进入规模化应用阶段，而我国液氢技术仍处于起步阶段，核心设备依赖进口。业内呼吁，应运用系统工程的思维，推进我国液氢技术的民用化和商用化。

随着氢能与燃料电池汽车的规模化发展，比高压气态储氢技术传输效率更高的液氢技术逐渐受到关注。业内人士指出，目前在欧、美、日等地区和国家，液氢技术的发展已经相对成熟，液氢储运等环节已进入规模化应用阶段，而我国液氢技术仍处于起步阶段，氢液化系统核心设备仍然依赖进口。

据了解，目前，国内液氢主要应用于航天领域，且产能较低，在民用领域应用较少。多位业内人士向记者坦言，向民用、商用转化是未来液氢的重要发展方向，而液氢的民用化和商用化进程受到设备技术、液氢自身性质、国家政策以及行业整体发展等多种因素的影响。

核心设备依赖进口

国产化研制亟需精进

“目前国内氢液化系统核心设备仍然依赖进口，设备建造周期不确定，购买和维修维护费用高。”北京航天试验技术研究所高级工程师杨申音表示。

完全自主知识产权的氢液化装置研发现状如何？北京中科富海低温科技有限公司总经理高金林博士告诉记者，事实上我国从上世纪60年代起就开始了氢液化相关的技术和装备的研究，并于上世纪70

年代先后建成了吉林吉化和陕西兴平两个氢液化装置。上述两套氢液化装置均为我国自主研发的全套设备，只是其采用的是较为原始的 Linde-Hampson 循环，虽然结构简单，但是效率低，目前已基本被淘汰。

“因此，准确地说，我国并非没有完全自主产权的氢液化装置，而是没有更先进、更高效、采用逆布雷顿循环的氢液化装置研制先例。”高金林直言。

记者进一步了解到，目前我国大型氢液化装置设备的国产化工作中科院理化所、北京航天实验技术研究所和中科富海等研究机构和企业的努力下，已基本掌握了氦制冷机循环预冷型大型氢液化器设计制造的关键技术。不过，在更大型的氢循环液化系统方面，我国还缺乏深入的研究。

“目前，中科院理化所、国瑞氢能、中科富海等单位正在进行这方面的研究，相信将来会有所突破。”高金林称。

暂无法替代汽油燃料

保障能源安全价值可期

液氢推广过程中，质疑与唱衰不可避免地随之而来。有观点认为，液氢作为汽车燃料的前景并不明朗，因为液氢有密度低、粘度低、易泄漏、易挥发等劣势。

资料显示，液氢密度为每平米 70kg，相较之下，汽油的密度达到了每平米 780 kg，是液氢的 11 倍。这意味着，等体积的热值下，液氢比汽油耗费得更快。例如，同样是加满 50 升的油箱，以汽油为燃料的小汽车能行驶 700 公里，换成液氢之后只能行驶 200 多公里。

对此，高金林表示，虽然液氢密度远不及汽油，却是已知储氢方法中储存密度最高的一种。同时，液氢的粘度与泄漏率没有直接的关系，气体是否易泄漏与气体分子大小直接相关。

要解决液氢在适用性上存在的劣势，需要提升相应的技术手段。“液氢温度极低，在-253℃左右，的确比较容易挥发，但可以通过增强液氢容器保温性能，提高压力等方法减少液氢蒸发率。”高金林称。

同时，液氢是否适合用作车载储氢途径，最主要不是技术的问题，而是要从经济性和安全性综合考量。

高金林进一步指出，目前的实际情况是，在乘用车、公交车、城市物流车等应用方面，高压储氢已经基本可以满足需求，液氢与之相比没有明显的优势和必要性。“但在 35 吨以上重卡等大功率氢燃料电池应用方面，液氢的优势非常明显，这也是我国相关科技攻关团队近期研究的重点。”

除了经济性，能源安全也是发展液氢的重要原因。“富煤、贫油、少气”是我国的能源禀赋，国际关系局势变化可能导致石油稀缺。“未来，液氢若能成为一种能源，虽然不如汽油方便，但规模化应用于汽车和飞机上，能在紧要关头解决能源危机。”杨申音称。

运用系统工程思维

推进项目示范和行业整体优化

国家先行还是企业先行？这是每一个产业在发展过程中都需要面对的选择。

杨申音认为，液氢发展需要企业率先进行项目示范，“企业申报项目提出需求，国家才能推动相关政策的制定。”与此同时，杨申音强调，行业的整体提升与优化必不可少。

对此，高金林表示赞同。他表示，液氢的推广与氢能市场的发展息息相关，不仅仅是国家先行还是企业先行的问题，而是涉及到整个行业的发展。“如果氢能产业迅猛发展，氢的供应就会迅速成为一个非常紧迫的问题，国家和企业自然会积极推动液氢行业的发展。反之，如果氢能产业发展迟缓，氢的需求量维持在较低水平，那么在现有氢供应体系可以满足市场需求的情况下，自然不会急于发展氢液化产业。”

除了行业的整体优化，杨申音认为，充分利用系统工程的思维是液氢民用化、商业化应用的核心。“核心技术的积累并非一蹴而就，需要从基础研究、材料、工艺等环节推动系统性工程的进步，以及整个系统的集成优化。而提升与优化技术的推动力正是民用市场的大规模需求。”

高金林也进一步表示，在市场方面，液氢民用化、商业化归根结底还是要扩大需求。在政策法

规方面，国家和主管部门需要早日推出液氢生产储运等环节的政策和法规，使得液氢的生产储运及经营有法可依。

“液氢具有危险化学品的属性，生产运营过程中的安全是第一要素，相关从业者要时时铭记于心，这也是这个产业能否健康发展的重中之重。”高金林称。

本报实习记者 仲蕊 中国能源报 2019-08-12

## 金属双极板燃料电池电堆大连首发

本报讯 我国首款“70KW 金属双极板燃料电池电堆”近日在大连首发。

HYSTK-70 作为国内首款具有自主知识产权的高集成度大功率电堆产品，采用薄金属双极板方案，通过多轮结构、电极与流道优化设计，保障电堆在高电流密度和无空气增湿条件下稳定的性能输出。其具有功率密度高、环境适应性强、易于系统集成等特点。

HYSTK-70 设计与生产单位为新源动力，该公司专注于质子交换膜燃料电池的研发与产业化，业务范围覆盖燃料电池电堆、系统、关键零部件及其测试台架，是国家燃料电池技术标准制定的副主任委员单位，“燃料电池及氢源技术国家工程研究中心”承建单位，现已初步完成产业化布局和15000kW/年的产能建设。（胡俊）

中国能源报 2019-08-12

## 美国重金投资氢能

本报讯 实习记者李丽旻报道：近日，美国参议院环境与公共工程委员会通过了《美国交通基础设施法案》（下称《法案》），计划拨款 10 亿美元以支持美国各州未来五年内的电动车、天然气车及氢燃料电池车燃料供应站的相关基础设施建设。同时，《法案》也鼓励联邦各机构各部门在其生效一年内转向使用混合动力车、电动车及其他替代性燃料供能车辆。

在该《法案》通过的前两天，美国能源部也宣布，将拨款 5000 万美元用于美国重卡、越野车及相关替代燃料技术的创新研究。据了解，该项拨款主要由美国能源部能效与可再生能源办公室承担，将为美国天然气、生物燃料及氢燃料电池汽车、氢能基础设施及重卡燃料电池技术等方面提供资助。

美国总统特朗普也在社交媒体推特上发文表示对这一法案的支持。特朗普强调，此次《法案》的颁布将对美国高速公路系统造成巨大的影响，同时这也是美国两党合作的重要案例。分析指出，在能源问题上向来分歧颇多的美国民主党与共和党，却少见地在燃料电池汽车领域达成了一致。

据美国能源资讯网站 Utility Dive 报道，美国能源部官员 Mark W. Menezes 表示：“近年来，美国卡车越来越多地使用替代能源，因此，重卡燃料电池方面的技术突破尤为重要。电气化交通、氢气、生物燃料等替代燃料的研究，都将助力降低交通能源成本及提高效率。”美国大型电动汽车基础设施公司 Chargepoint 首席执行官 David Schatz 则认为，美国政府的拨款昭示着美国为成为全球交通电气化的领导者迈出了重要一步。

事实上，近年来，全球多国都宣布了氢能相关计划。日本、韩国、澳大利亚、欧盟等国家和地区纷纷制定了氢能发展战略或路线图，以抢占产业制高点。国际能源署曾宣称，截至目前，2019 年全球范围内有超过 50 项政策或氢能发展计划得到公布，氢能正面临着前所未有的推动力。

而美国的高调“入局”，在业内人士看来，则是准备充足，蓄势待发。

张家港氢云新能源研究院院长魏蔚指出，美国发展氢能产业，较其他国家优势明显。“第一，美国氢源充足，不仅有大量的化工副产氢，而且页岩气资源丰富，规模化制氢优势明显，这是因为化石燃料制氢中 SMR 制氢的碳排放最少，相比煤制氢的碳捕捉与封存成本低得多。第二，作为航天强国和工业强国，美国具有完善的液氢产业链基础，现已是全球第一大液氢生产和使用大国，从储运到应用都比其他国家更具成本优势。而液氢技术是目前看来唯一有可能达到美国 DOE 车载储氢系统

最终目标的技术。”魏蔚说。

据记者了解，美国加州政府多年来大力支持氢燃料汽车，现已成为美国氢能产业的“先锋”。统计数据表明，加州目前拥有 39 座加氢站，氢燃料电池汽车超过 5500 辆。分析指出，美国参议院宣布《法案》，将有利于推广氢燃料电池汽车，此次拨款将帮助美国各州、县等地区更加广泛地使用相关公共基础设施。同时，David Schatz 表示，美国政府此举也将进一步吸引私人资本进入这一领域，促进公共拨款与私人投资的合作。

魏蔚表示，美国布局氢能等替代燃料汽车，将加速全球氢能的产业化发展及商业化应用，在氢燃料重卡、氢燃料电池汽车的自动驾驶技术、液氢应用及百吨级氢液化工厂等方面或能起到技术引领作用。“按照目前的氢能规划，包括美国、日本、欧洲以及中国在内的全球氢燃料汽车存量，有望在 2025 年达到百万辆级，届时全球氢燃料汽车产业预计能够实现产业化。”魏蔚说。

中国能源报 2019-08-12

## 德国“后知后觉”力捧氢能

德国多年来一直忽视氢能，但随着“弃核弃煤”战略逐渐铺开，清洁且前景广阔的氢能终于得到眷顾，成为德国“去碳”道路上的关键角色。德国政商界均认为，加速实现氢能商业化是打造更清洁、可持续能源结构的“捷径”，同时可以保证清洁且可靠的能源供应，并助力德国最终成为全球氢能领军国。

### 实验室获氢能研发资金

从 6 月下旬推出“氢战略”，到 7 月中旬绿党议员起草制氢文件，再到 8 月初宣布增加氢能科研资金，德国政府正在不遗余力推动氢能发展。

德国《商报》报道称，德国联邦教育及研究部（BMBF）公布的“氢战略”草案旨在加速氢能本土的生产和应用，细节和内容将于今年底公布。截至目前，德国政府为 BMBF 气候领域研究经费拨款达 23 亿欧元，预计 8%（约 1.8 亿欧元）将投向氢能行业。

而绿党议员起草的制氢文件首次明确表达对氢能的支持。对此，德国经济事务和能源部长阿尔特迈尔表示：“氢技术在能源转型、气候保护和就业方面存在巨大增长空间。”德国联邦外贸与投资署署长 Jürgen Friedrich 也强调，氢能可以成为能源领域最主要的推动力之一。

事实上，随着核电站全面关闭且煤电逐步被淘汰，德国已将氢能视为填补能源缺口的重要选项。德国总理默克尔曾做出承诺，到 2030 年将二氧化碳排放量在 1990 年水平上减少 50%。

彭博社汇编数据显示，截至日前，德国经济部先后宣布为 20 个实验室提供氢能技术研发专项资金。未来 3-4 年，20 个实验室每年将获得 1 亿欧元，用于研究可商业化应用的氢能新技术。其中位于长期依赖煤炭且正进行结构转型地区的实验室，每年还可额外获得 2 亿欧元补贴。

据了解，20 个实验室主要以电转气（Power-to-Gas）技术研发为主，该技术包括电转氢气和电转甲烷，德国当前有十几个电转气试点项目正在运行，德国能源署（DENA）还为此设立了专门的试点项目信息追踪平台。DENA 指出，政府看好的一个示范项目是位于下萨克森州（Lower Saxony）由本土 3 家输电系统运营商联合开展的装机 100 兆瓦的电转气工厂试点，预计将于 2022 年上线，旨在收集和重新分配来自北海的海上风电，并最终将其转化为氢气。

德国电网运营商协会指出，有研究称到 2030 年，德国将实现高达 7.5 吉瓦的电转气装机量，但考虑到氢能技术的研发局限性和高成本障碍，这一分析似乎过于乐观。如果实现这一目标，德国政府对氢能技术研发领域的经济援助还要继续加大。

### 酝酿大幅提高输气管道掺氢率

政府层面释放出了“壮大氢能”的信号，商界自然开始加速“跑马圈地”。西门子 7 月宣布在德国东部投建一座氢气实验室，旨在将长期依赖褐煤开采的东部地区打造成国家清洁技术创新中心。德国公用事业公司和天然气管网运营商则纷纷呼吁政府更改当前“输气规则”，以扩大天然气管道的掺

氢率，进一步提高天然气转化氢气的规模。

有分析师指出，将天然气转化为氢气不产生碳，且可以利用德国现有的天然气管网，将氢气输送给工业和家庭供暖。

德国天然气网络运营商协会（FNB Gas）指出，鉴于德国的天然气基础设施较为完善，氢气适合在德发展，并敦促政府逐年递增天然气管网纳入氢气、甲烷等脱碳气体的比例，如从 2021 年的 1% 升至 2030 年的 10%。

FNB Gas 董事总经理 Inga Posch 表示：“氢气已成为德国能源转型最热门的话题之一，私营领域兴趣非常大，且专注于更经济的电气化形式。”她预计，到 2030 年，德国的天然气和脱碳气体的整体消耗规模将在 2017 年的水平上增长 7%，其中氢气在运输和工业部门的需求将增长 37%。

国际文传电讯社称，德国公用事业公司意昂（E.ON）日前正式启动了“将更高比例氢气混合物纳入天然气管网”的测试项目，计划将天然气管网的掺氢率提至 20%，这在德国天然气输配领域尚属首次，也是继意大利国家天然气公司（Snam）于 4 月将 5% 氢气和天然气混合物纳入意大利天然气管网并成功完成输送之后，欧洲地区实施的掺氢率最高的项目。

意昂将与德国燃气和水工业协会（DVGW）共同开展这个测试项目，以此证明将更高浓度的氢气混合到天然气管网中是可行的。意昂已在德国中部分城市安装上百套供暖系统以用于“酸性试验”，其结果将作为未来天然气分配系统中使用氢气的模型。

#### “瞄准第一”挑战重重

早在去年 9 月德国投入运营全球首辆氢动力火车开始，该国就设定了成为全球氢能领域领军国的目标，阿尔特迈尔表示：“我们力求成为全球第一个成熟应用氢能技术的国家。”

不过，德国要实现这一目标仍然面临重重挑战。一方面，德国需要面对来自其他国家的竞争，比如早在本世纪初就绘制了氢能经济蓝图的美国、已将氢燃料电池应用于电动汽车和民用供应设施领域的日本、加速实施氢气供电供暖计划的英国和意大利，以及已将氢能写入《政府工作报告》且有超过 17 个省份 22 个城市及地区发布了氢能相关地方政策的中国。显然，这场争抢未来氢能制高点的竞争早已在全球展开。

另一方面，成本效益和技术复杂性仍是阻碍氢能大规模商业化的主因，当前的生产方法昂贵，且仍要面临氢气易挥发易燃等危险特性。《欧洲动态》指出，德国政府虽然承诺为实验室和氢能试点项目提供更多财政支持，但如果无法从根本上突破成本和技术困局，很难实现以足够低的成本完成脱碳转型，更不可能在激烈竞争中脱颖而出。

欧洲大型能源融资机构德国复兴信贷银行全球可再生能源、电力和水资源负责人 Thomas Brehler 坦言，就氢能行业而言，当前商业项目进展依然缓慢，为大型项目提供融资担保依然遥远。

“如果氢能技术实现商业化，将极大解决德国最严峻的挑战之一，即在阴天且无风的情况下仍能保持稳定的能源供应。”德国氢能和燃料电池协会（German Hydrogen and Fuel Cell Association）发言人 Ulrich Schmidtchen 表示，“我们始终坚信，氢能是德国实现绿色经济转型的最大保障也是德国的能源未来。”

本报记者 王林 中国能源报 2019-08-12

## 百坤氢能与巴斯夫签署膜电极开发合作协议

本报讯 日前，百坤氢能与德国巴斯夫（BASF）正式签署“膜电极开发与全球授权合作协议”，双方将致力于“高温质子交换膜技术—在线制氢”相关领域的研发和生产，共同将氢燃料电池的高温质子交换膜电极技术在亚太地区进行推广和应用。

目前全球氢燃料电池汽车技术路线，是以丰田、现代、巴拉德为代表的常温质子交换膜路线，和以巴斯夫（BASF）为代表的“高温质子交换膜”路线。常温膜对氢气纯度要求较高。由于目前加氢站等基础设施尚未，高纯度的氢气储运同样存在一定的技术及成本问题。高温质子交换膜的反应温

度更高，对氢气纯度要求有所降低，因此可以使用高压储氢，也可以使用甲醇重整制氢。

百坤氢能是百利科技与坤艾（上海）新材料在今年4月份合资成立的子公司，主营业务为高温质子交换膜材料研发与生产，注册资金为1亿元人民币。

在合资成立百坤氢能同时，百利科技还与坤艾材料组建了坤艾—百利膜电极测试实验室（亚洲），实验室按照巴斯夫（BASF）高温质子交换膜电极实验室标准建设，用于亚太地区各科研机构、氢燃料电池汽车厂商、企事业单位进行氢燃料电池领域的技术测试。（吴海斌）

中国能源报 2019-08-05

## 核能

### 我国自主三代核电更具国际竞争力

中国能源报-7月25-26日，记者跟随国务院国资委组织的“与共和国共成长——新媒体走进新国企”走进国家电投上海核工院，探访备受外界关注的我国三代核电自主化型号——国和一号（CAP1400），了解其再创新的重要科研成果。

产品性能达先进水平

国家科技重大专项大型先进压水堆国和一号核电型号是国家电力投资集团有限公司（以下简称“国家电投”）在引进、消化、吸收 AP1000 世界先进三代非能动核电技术的基础上，通过再创新开发出具有我国自主知识产权、功率更大的非能动大型先进压水堆核电型号。“国和一号示范电站位于山东威海市荣成石岛湾，拟建设2台大型先进压水堆核电机组，设计寿命60年，单机容量140万千瓦。”国和一号总设计师、国家电投上海核工院院长郑明光对记者表示。

自从2008年2月15日国务院常务会议审查通过了《大型先进压水堆核电站重大专项总体实施方案》以后，十余年来，国家电投上海核工院联合国内相关大学、科研院所、制造业等产学研近400家单位、2万名技术人员，开展了历时整整十年的科研攻关，坚定推动自主创新，持续提升核电安全性、经济性。

专项实施前，我国核电产业一直面临着几个受制于人的“卡脖子”问题，包括设计自主化、材料国产化（如蒸汽发生器690U型管、核级焊材、大锻件）、关键设备的自主化和国产化等。“针对这些核电产业配套的缺失或薄弱环节，重大专项进行了核心产业的战略布局。尤其是反应堆系统低损耗，说起来容易做起来难，比如以前的反应堆压力容器是一个一个部件焊接起来的，而我们自主研发的一体化设计，大大减少了压力容器的焊缝，达到阻力最低、安全性更好的目的。”郑明光自豪地说。

安全、经济性更具国际竞争力

国和一号（CAP1400）的安全性、经济性在国际上处于领先地位，设计上满足最高安全标准，安全上经过完整充分的试验验证与安全审评，安全指标优于 AP1000 约 15%以上，在多层防御的基础上系统地应用非能动和简化理念，从设计、工程措施和管理上预防设备疲劳、人因、环境条件变化带来的风险，确保绝对安全。

上海核工院国和一号（CAP1400）自主燃料研发团队技术人员介绍，核燃料是核反应堆的能量之源，是体现核电安全性和经济性的核心。针对材料、零部件及组件整体，上海核工院开展了21项自主创新设计，自主研发了格架自动焊机、骨架胀接机等8台关键制造设备，形成专利42项，技术秘密22项。

“国和一号（CAP1400）安全系统和关键设备性能通过试验验证，可抗大型商用飞机撞击，试验分析报告得到国家核安全的认可。”郑明光表示，相比 EPR、AP1000，国和一号（CAP1400）经济上更具国际竞争力，批量化后造价至少还能再降低10%以上。

设备国产化率达85%



郑明光向记者坦言，国和一号（CAP1400）主泵开发难度最大，目前研制正在有序推进；湿绕组主泵样机已研制完成，耐久性能已得到初步验证屏蔽电机主泵样机试验正在按计划进行中，运行稳态，主要关键参数均满足设计要求。“我们计划今年 10 月份启动工程与耐久试验。”

国和一号（CAP1400）各参与企业以“国家使命高于天”的激情与责任感开展科研攻关。比如中国一重、二重、上重的大锻件制造技术，刚开始成品率低、合格率低，制造难度很大，通过科研与工程技术人员的大量试验研究、分析、比对、论证，从不掌握技术到掌握技术，从学习对标，再到比肩超越，最终具备了世界领先的大锻件制造能力。又比如蒸汽发生器 690U 型管研发，国外把相关的研究数据、关键工艺视为核心技术，对我国实行严格封锁。上海核工院联合宝银特钢团队历经 6 年的攻坚克难，过程中大量试验、多轮论证，自主创新建立 690U 型管综合研究评价与制造体系，产品性能达到国际先进水平。

据了解，通过大型先进压水堆重大专项的实施，带动了我国基础工业和装备制造业的产业升级，持续突破国外垄断与技术壁垒，主泵、爆破阀、压力容器、蒸汽发生器、堆内构件、控制棒驱动机构、大锻件、核级焊材、蒸发器 690 传热管等关键设备、关键材料全部实现自主化设计和国产化制造。

郑明光说：“国和一号（CAP1400）设备完全自主设计，国产化率可达 85%以上，剩下的部分都可以国际公开采购，没有特别受制于人的物项。”

苏南 中国能源报-中国能源网 2019-08-02

## 中国核工业：是怎样在一块“石头”上起步与发展的？

“你们知道中国核工业的起步和发展，最初是怎么来的吗？”在核工业北京地质研究院的中国核地质标本陈列馆里，工作人员在吊足《证券日报》记者“胃口”后，将目光瞄向了位于门口最显眼处、注有“开业之石”字样的灰黄相间矿石上。

这块看似普通的“石头”，是我国于 1954 年在广西壮族自治区发现的铀矿石。之所以将其誉为“开业之石”，不仅仅是因为它见证了中央领导人对发展我国原子能事业的战略决策，它同时也见证了我国核工业的起步与发展。

从无到有

新中国成立初期，虽然我国工业基础较为薄弱、技术水平十分落后，但在明确作为核裂变反应的主要元素——铀，在我国有丰富的矿物资源后，1955 年 1 月 15 日，中央领导人作出了建立和发展我国原子能事业的战略决策，由此也标志着我国核工业建设拉开序幕。

回看历史，65 年间，我国核工业发展确实走过了一条从无到有、由弱到强的发展之路，而在这过程中，秦山核电站无疑有着举足轻重的位置。

当记者来到距离北京 1200 多公里，位于浙江省嘉兴市海盐县的秦山核电站时，视觉上的蓝天白云以及操作和管理上的规范化，是记者的最初印象。

事实上，作为中国首座自行设计和建造的原型示范堆核电厂，这座结束了中国无核电历史、填补了中国能源领域里空白的秦山核电站（一期），最初一直在建与不建的争论中反反复复。

据秦山核电有限公司的技术人员介绍，与彼时“引进”的大亚湾核电站相比，“自力更生”的秦山核电站（过去称“728 工程”）是否有必要建设，是当时质疑和争论的焦点。幸运的是，当初在核电领域，通过自己建造实践以掌握技术、培养人才的方向与决策没有被放弃。

“虽然前期条件确实艰苦，但我们对于质量的追求一直没有放松标准。”时任核工业部副部长兼秦山核电公司总经理的赵宏撂下狠话：“如果核电站不能安全运行 30 年，这个历史责任由我来负。”

如今，距离这座 1985 年 3 月 20 日开工建设、1991 年 12 月 15 日实现并网发电的秦山核电站来说，已安全运行近 28 年，在此期间，它更见证了中国核电从无到有、从小到大、从原型堆到商用堆、从 30 万千瓦到 100 万千瓦的历史跨越。

而截至目前，秦山核电基地现有的 9 台机组已全部投产发电，总装机容量达到 656.4 万千瓦，年发电量约 500 亿千瓦时，成为目前国内核电机组数量最多、堆型最丰富、装机最大的核电基地。

### 裂变创新

秦山核电站的建设成功，推动了我国核电事业的国产化，而伴随着我国自主研发的三代核电技术“华龙一号”全球首堆示范工程在福清核电站开工建设，标志着中国核工业在自主创新发展新阶段，再次迈上新的台阶。

对于常年奔波在福州机场与福清核电基地的接机司机吴师傅来说，虽然没有切身参与“华龙一号”的建设，但从他自身的工作感受来说，“华龙一号”在技术上一定很牛，因为最近几年，来自国内外的很多企业人士或专家学者，开始频繁地出现在中核集团福清核电基地。

采访中，吴师傅开玩笑地说，“华龙一号”出名了，连他都开始变得更忙了。

作为我国“十二五”的重点工程项目，这座位于“海上丝绸之路”地理起点福建省福清市三山镇的福清核电厂，自规划之初，就被赋予满足福建和华东地区电力和环保的需求、促进华东地区能源结构调整和经济发展等重任。

根据规划，福清核电厂分期连续建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，总装机容量 665.6 万千瓦，总投资近千亿元。其中，福清核电 1 号至 4 号机组采用二代改进型压水堆核电技术，5 号、6 号机组采用“华龙一号”三代核电技术。

中核集团福建福清核电有限公司总工程师周赛军告诉《证券日报》记者，“华龙一号”在设计研发过程中，采用国际最高安全标准，并充分汲取福岛核事故经验反馈，主要以“177 组燃料组件堆芯”、在能动安全的基础上采取了有效的非能动安全措施等技术特征，设计上将抗震等级从 0.2g 提高到 0.3g，相当于可以抵抗 9 级以上地震。同时，还采用双层安全壳，能抵御商用大型飞机撞击。

对于核电项目来说，由于其投资大、建设周期长、技术含量高、涉及产业多，因此，对国民经济发展具有很强的拉动作用。而“华龙一号”在原有成熟技术上，除了再次集成众多先进技术、保证电厂安全性外，还进一步平衡了经济性。

以“华龙一号”为例，福清核电计划 2021 年全部建成，建成后的福清核电站将极大地缓解当地电力需求，届时年发电量达到 500 亿千瓦时，产值人民币约 200 亿元，至少可拉动地方经济 3000 亿元的投资和增加 3 万人的就业。

据《证券日报》记者了解，按计划，福清核电 5 号机组热试有望在 10 月 16 日前开始，明年 1 月底前可以实施首次装料，明年 7 月份投入商运；6 号机组将于 8 月中旬完成主控室可用，明年 4 月份计划冷试，11 月份首次装料，2021 年投入商运。

### 核电重启

此前，受 2011 年日本福岛核电站泄漏影响，国内核电项目审批一度放缓脚步，尤其是在 2015 年核准 8 台新建机组后，出于对新技术可靠性和全国用电增速放缓等因素考虑，中国核电行业一直呈现“零审批”状态。

不过今年 3 月中旬，生态环境部披露，该部门已经受理 2 个核与辐射建设项目环境影响评价文件，分别是福建漳州核电厂 1 号、2 号机组以及中广核广东太平岭核电厂一期工程。至此，标志着我国核电项目时隔三年多后，再度重启。

在国家能源局 7 月 25 日召开发新闻发布会上，国家能源局在分析上半年能源形势的同时，进一步明确山东荣成、福建漳州和广东太平岭核电项目核准开工。

谈及此次核电项目重启，秦山核电有限公司党委书记、董事长吴岗曾对《证券日报》记者表示，作为中国绿色低碳能源体系建设中不可或缺的一部分，可再生的核电可以大规模代替煤炭，为电网提供稳定可靠的电力能源。从中长期来看，随着核电技术的发展、核电安全性的提高，以及公众对于核电能源的进一步了解与认识，大力发展核电能源可以说是新趋势。

在中国银河证券研究院电力设备行业分析师周然看来，考虑到风电、光伏等可再生能源的间歇性与波动性，核能作为唯一可大规模替代化石能源的稳定低碳能源，在能源转型中将发挥重要作用。

根据国家能源局核电“十三五”规划，在此期间，全国核电将投产约 3000 万千瓦、开工 3000 万千瓦以上，2020 年装机达到 5800 万千瓦。

“若按照 2019 年至 2020 年开工建设 10 台机组，每台机组平均投资额 20 亿元计算，则可带来直接投资约 2000 亿元。”太平洋证券分析师刘国清表示。

周然预计，随着核电重启以及三代核电的规划化推进，未来有望继续以这样的节奏常态化推进核电发展。

证券日报 2019-08-12

## 华龙一号进入小批量建设阶段

本报讯 实习记者杨晓冉报道：中国核电日前发布公告称，根据国家能源局的公开消息，截至 6 月底，该公司旗下福建漳州核电项目已获核准。分析人士认为，这标志着“华龙一号”开启了小批量建设。

据业内人士透露，我国今年正式核准 4 台华龙一号机组，除漳州核电一期项目 1、2 号机组外，还有广东惠州太平岭核电一期项目两台机组，四台机组总投资将超 800 亿元。公开信息显示，目前漳州核电正在进行施工前准备工作。而广东省也于今年 3 月透露太平岭核电将于年内开工。

漳州核电项目（1、2 号机组）由中核国电漳州能源有限公司作为项目业主，负责投资、建设及运行管理。工程将建设两台我国自主知识产权的华龙一号核电机组。目前，工程现场“四通一平”等准备工作已完成，施工前准备工作正在有序推进，正在等待国家核安全局颁发建造许可证。

福清核电有限公司近日透露，华龙一号世界首堆——福清核电 5 号机组长周期设备已全部按计划到场并完成安装，6 号机组长周期设备按计划到货满足安装需求。据了解，福清核电 5 号机组热试将在今年 10 月 16 日前开始，明年 1 月将实施首次装料，明年 7 月投入商运；而 6 号机组也将于明年 4 月计划冷试，11 月首次装料，在 2021 年投入商运。

据了解，漳州、太平岭项目落地后，加之国内在建的华龙一号示范工程福清核电 5、6 号机组和防城港核电 3、4 号机组，以及华龙一号海外首战巴基斯坦的 K2、K3 项目，华龙一号的国内外装机将继续扩容。

中国能源报 2019-08-05

## 新奥建成紧凑型聚变装置“玄龙-50”

本报讯 记者仝晓波报道：8 月 8 日，由新奥集团自主设计建造的中国首座中等规模球形托卡马克聚变实验装置——新奥“玄龙-50”在河北廊坊建成，并实现了第一次等离子体放电，正式启动物理实验。该装置是托卡马克聚变和仿星器聚变装置之后的另一种磁约束高温等离子体实验装置。

新奥集团长期致力于清洁能源技术创新，所属的能源研究院于 2017 年开始对聚变技术进行探索，并以紧凑型、无污染、低成本为主要研究方向，建有国内首个省级紧凑型聚变重点实验室，并于 2018 年 4 月举办了紧凑型聚变技术国际研讨会。在项目推进中，河北省、廊坊市两级科研主管机构给予了极大的支持。

新奥“玄龙-50”装置建设项目于 2018 年 10 月启动，通过系统组织、分工协同，用 10 个月左右的时间完成了装置的设计、制造、安装和调试工作。装置的快速建成，为加速聚变研究提供了一个功能相对齐全的实验平台。

新奥紧凑型聚变重点实验室，是我国聚变研发的一支有生力量，在国内外开展了广泛的联盟合作，包括中国工程物理研究院、中科院等离子体物理研究所、中核西南物理研究院等。

新奥的国际化聚变团队具有深厚的理论与实验研究基础，其目标是力争在三十年内实现聚变能源商业化。

聚变释放的单位能量比化石燃料要高百万倍，且地球上的聚变燃料非常丰富。聚变能是人类社会理想的清洁能源和发展动力，聚变技术的突破将改变世界能源的格局。

国际和平利用聚变能的探索已近 70 年，至今未能如愿。因实现聚变反应持续可控的条件非常苛刻，可控聚变被认为是人类科学技术史上遇到的最具挑战性的科学工程之一。实现可控聚变在理论上主要有磁约束和惯性约束两种途径。其中，以托卡马克为代表的磁约束聚变，其科学可行性已经得到了实验验证。基于托卡马克等离子体位形，国际上启动了聚变实验反应堆——ITER 项目，并有望在 2050 年左右实现聚变电能商用化。中国于 2007 年加入 ITER 计划，中国的聚变研究先后经历了从技术上学习、合作到在某些方面引领研发的过程。

中国能源报 2019-08-12

## “国和一号”已具备市场竞争力

设计上满足最高安全标准，安全上经过完整充分的试验验证与安全审评，安全指标优于 AP1000 约 15%以上。

国产化率可达 85%以上，剩下的部分都可以国际公开采购，没有特别受制于人的物项。批量化后造价至少再降 10%以上。

7 月 25-26 日，记者跟随国务院国资委组织的“与共和国共成长——新媒体走进新国企”采访组，来到国家电投上海核工院，走进我国三代核电自主化型号——国和一号（CAP1400）研发一线，了解国和一号的研发成果，以及安全性和经济性方面的情况。

### 打破“卡脖子”难题

国家科技重大专项大型先进压水堆国和一号是国家电投在引进、消化、吸收 AP1000 世界先进三代非能动核电技术的基础上，通过再创新开发出的具有我国自主知识产权、功率更大的非能动大型先进压水堆核电型号。“国和一号示范电站位于山东威海市荣成石岛湾，拟建设 2 台大型先进压水堆核电机组，设计寿命 60 年，单机容量 140 万千瓦。”国和一号总设计师、上海核工院院长郑明光告诉记者。

2008 年 2 月 15 日，国务院常务会议审查通过《大型先进压水堆核电站重大专项总体实施方案》，此后十余年，上海核工院联合国内相关大学、科研院所、制造业等产学研近 400 家单位、2 万名技术人员，开展了历时十年的科研攻关，坚定推动自主创新，持续提升核电安全性、经济性。

据了解，专项实施前，我国核电产业一直面临着几个受制于人的“卡脖子”问题，包括设计自主化、材料国产化（如蒸汽发生器 690U 型管、核级焊材、大锻件）、关键设备的自主化和国产化等。“针对这些核电产业配套的缺失或薄弱环节，重大专项进行了核心产业的战略布局。尤其是反应堆系统低损耗，说起来容易做起来难，比如以前的反应堆压力容器是一个个部件焊接起来的，而我们自主研发的一体化设计，大大减少了压力容器的焊缝，达到阻力最低、安全性更好的目的。”郑明光说。

### 安全性、经济性国际领先

记者了解到，国和一号的安全性、经济性在国际上处于领先地位，设计上满足最高安全标准，安全上经过完整充分的试验验证与安全审评，安全指标优于 AP1000 约 15%以上，在多层防御的基础上系统性地应用非能动和简化理念，从设计、工程措施和管理上预防设备疲劳、人因、环境条件变化带来的风险，确保绝对安全。

上海核工院国和一号自主燃料研发团队技术人员介绍，核燃料是核反应堆的能量之源，是体现核电安全性和经济性的核心。“针对材料、零部件及组件整体，我们开展了 21 项自主创新设计，自主研发了格架自动焊机、骨架胀接机等 8 台关键制造设备，形成专利 42 项，技术秘密 22 项。”

“国和一号安全系统和关键设备性能通过试验验证，可抗大型商用飞机撞击，试验分析报告得到国家核安全的认可。”郑明光表示，相比 EPR、AP1000，国和一号经济上更具国际竞争力，批量化后

造价至少还能再降低 10%以上。

设备国产化率达 85%

郑明光向记者坦言，国和一号主泵开发难度最大，目前研制正在有序推进；湿绕组主泵样机已研制完成，耐久性能已得到初步验证，屏蔽电机主泵样机试验正在按计划进行中，运行稳态，主要关键参数均满足设计要求。“我们计划今年 10 月份启动工程与耐久试验。”

在参与国和一号项目过程中，很多企业开展科研攻关，自身也实现了转型升级。

中国一重、二重、上重的大锻件制造技术，刚开始成品率低、合格率低，制造难度很大，通过科研与工程技术人员的大量试验研究、分析、比对、论证，从不掌握技术到掌握技术，从学习对标到比肩超越，最终具备了世界领先的大锻件制造能力。另外，蒸汽发生器 690U 型管研发，国外把相关的研究数据、关键工艺视为核心技术，对我国严格封锁。上海核工院联合宝银特钢团队历攻关 6 年，过程中大量试验、多轮论证，自主创新建立 690U 型管综合研究评价与制造体系，产品性能达到国际先进水平。

据了解，通过大型先进压水堆重大专项的实施，带动了我国基础工业和装备制造业的产业升级，持续突破国外垄断与技术壁垒，主泵、爆破阀、压力容器、蒸汽发生器、堆内构件、控制棒驱动机构、大锻件、核级焊材、蒸发器 690 传热管等关键设备、关键材料全部实现自主化设计和国产化制造。

“国和一号设备完全自主设计，国产化率可达 85%以上，剩下的部分都可以国际公开采购，没有特别受制于人的物项。”郑明光说。

本报记者 苏南 中国能源报 2019-08-05