

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

第十一期 2019年6月

目 录

重点实验室动态--科研进展	1
MnO ₂ /NaY 复合材料的制备及其对 SO ₂ 脱除性能	1
LNG 储罐区围堰对天然气泄漏扩散影响的数值模拟	1
生物柴油生产中甲醇脱水的 NaA 分子筛膜研究	1
Ch-Oxa 辅助微藻中性油脂提取的研究	2
振荡滑杆式波能装置振动特性优化与试验	2
总论	3
“中国方案”助力最不发达国家突破能源发展困局	3
2019 智慧能源创新发展峰会在天津举行	4
中国清洁电力发展领跑全球	5
国家能源局誓言：明年解决弃水弃风弃光难题	7
我国清洁能源利用数据亮眼	8
山西长治市加快推进能源革命综合改革试点工作	9
我国环境技术专利还需加快转化步伐	9
热能、动力工程	10
解密南方分布式供暖新模式	10
“重型燃气轮机”自主研发取得突破性进展	12
国家电投承担两重大专项成果颇丰	12
超低排放循环流化粗颗粒煤粉锅炉技术获突破	13
生物质能、环保工程	13
垃圾发电“联姻”洗涤行业 探索节能减排新路径	13
发展缓慢！生物天然气试点项目中仅约 1/3 建成在运！	15
太阳能	16
东方日升单晶 PERC 电池最高效率突破 23%，MBB 新技术将量产	16
“无缝焊接”——隆基发布新型组件封装技术	17
2019 年首批 250 个风电光伏平价 上网项目落地	17
晶澳太阳能 PERC 半片组件，韩国市场高效新选择	18
中节能“农光互补”打造“农业万达”	18
聚焦产品，打造力诺光伏核心竞争力	20
阿特斯签署史上最大单笔组件供应协议！ 法国电力公司下单 1.8GW 阿特斯高效多晶组件！	21
海洋能、水能	22
“水电开发扶贫全球公认”	22

哈电成功制造世界顶级“精品转轮”.....	23
风能.....	23
华能与江苏省签署千万千瓦级海上风电基地战略合作协议.....	23
发改委发文完善风电上网电价政策 自7月1日起执行.....	24
走进华能如东八仙角海上风电场——“海装造”为海上风场降本增效.....	25
金风科技海上风电发展纪实.....	27
氢能、燃料电池.....	29
未来能源的主角会是“氢”吗？.....	29
我国氢气管网建设严重滞后.....	31

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

MnO₂/NaY 复合材料的制备及其对 SO₂ 脱除性能

陈林涛, 大坂侑吾, 刘学成, 何兆红, 李兴, 黄宏宇

摘要:以 NaY 分子筛为载体, MnO₂ 为活性组分, 采用沉淀法制备 MnO₂/NaY 复合脱硫材料; 通过 X 射线衍射 (XRD)、扫描电子显微镜 (SEM)、氮气吸附脱附法 (N₂-吸附脱附)、X 射线光电子能谱 (XPS)、热重分析 (TG) 等手段进行材料的物理化学结构表征; 使用容量法装置测试复合材料的脱硫性能; 考察 MnO₂ 不同负载量及不同反应温度对 MnO₂/NaY 复合材料脱硫性能的影响。结果表明: MnO₂/NaY 复合材料的孔容越大, 其脱硫性能越好; 多孔珊瑚状 MnO₂ 脱硫性能优于棒状 MnO₂; 随着 MnO₂ 负载量及反应温度的增加, MnO₂/NaY 的脱硫性能先增加后降低, MnO₂/NaY-41% 在 400℃ 时的脱硫性能最好, 第 1h 脱硫量达到 114.56mgSO₂/g 材料; 500℃ 时复合材料脱硫性能下降, 是由于脱硫反应过程中 MnO₂ 分解生成 Mn₃O₄; MnO₂/NaY 比纯 MnO₂ 拥有更好的脱硫性能, 反应温度为 300℃ 和 400℃ 时, MnO₂/NaY-41% 较纯 MnO₂ 的第 1h 脱硫量分别提高 28.3% 和 56.1%。MnO₂/NaY-41% 复合材料在中低温下的高效脱硫性能有望应用于船舶尾气的深度脱硫。

基金: 中国科学院前沿科学重点研究项目 (QYZDY-SSW-JSC038); 广东省省级科技计划 (2016A050502040); 广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室项目 (Y807S21001);

化工进展, 2019 年 05 期

LNG 储罐区围堰对天然气泄漏扩散影响的数值模拟

林梓荣, 霍杰鹏, 李星

摘要:以液化天然气 (LNG) 储罐区出现泄漏事故时天然气的扩散行为为研究对象, 利用计算流体力学软件 FLUENT 为工具, 建立三维非稳态仿真模型, 研究了 0.8 m, 2.0 m 和 3.0 m 3 个围堰高度分别在无风条件和有风条件下对天然气泄漏扩散过程的影响机制。结果发现, 无风时天然气在围堰区内的扩散基本稳定后, 离泄漏源最远处的围堰上天然气浓度更高, 该处的围堰更容易被气云翻越。围堰高度增大, 限制了天然气水平方向的扩散及削弱风场的影响, 减小对围堰外区域的危害但不利于天然气的消散, 合理围堰高度在 0.8~2.0 m 之间。

基金: 广东省自然科学基金博士启动项目 (2016A030310125); 佛山市汽车燃气有限公司产学研合作项目;

工业安全与环保, 2019 年 05 期

生物柴油生产中甲醇脱水的 NaA 分子筛膜研究

黄大隆, 刘姝娜, 王忠铭, 杨改秀, 袁振宏

摘要:以水热法合成的 NaA 分子筛膜为研究对象, 通过分离甲醇/水溶液、扫描电镜观测 (SEM) 及 X 射线衍射仪 (XRD) 等分析方法, 对该膜的性能进行分析与实验验证。研究结果表明: 按照物质的量之比 Na₂O:Al₂O₃:SiO₂:H₂O=48:1:5:4500 的配比, 载体放置方式垂直向下, 90℃ 水热合成 4h 制备 NaA 分子筛膜, 50℃ 分离 95% 甲醇/水溶液, 分离系数最高达 64.87。5 次渗透汽化反应后, NaA 分子筛膜仍表现出渗透汽化性能, 为甲醇精馏及生物柴油低能耗生产提供可能。

基金: 国家自然科学基金 (51476177); 广东省自然科学基金 (2016A030312007);

太阳能学报, 2019 年 05 期

Ch-Oxa 辅助微藻中性油脂提取的研究

陈宏选, 王忠铭, 黄大隆, 袁振宏, 朱顺妮

摘要: 文章对 Ch-Oxa 进行了制备和表征,并对 Ch-Oxa 和浓硫酸辅助微藻油脂提取进行了研究,推导出了低共熔溶剂辅助微藻中性油脂提取过程的动力学模型。研究表明:Ch-Oxa 中存在氢键且具有较好的热稳定性;小球藻 *Chlorella sp.*的中性油脂含量最大值为 2.6%;浓硫酸和 Ch-Oxa 的加入量均与中性油脂含量呈正相关,0.2 g 藻粉中加入 0.08 g Ch-Oxa 或 12 μ L 浓硫酸均能够使提取的中性油脂含量达到最大值;Ch-Oxa 辅助微藻中性脂提取的过程符合一级动力学方程。

基金: 国家重点研发项目(2016YFB0601004); 广东省自然科学基金研究团队项目面上基金项目(2016A030312007);

可再生能源, 2019 年 05 期

振荡滑杆式波能装置振动特性优化与试验

王振鹏, 游亚戈, 张亚群, 张超, 王文胜, 吝红军

摘要: 根据振动特性对振荡滑杆式波能转换系统进行优化,通过降低质量、增加弹性系数的方法减小吸波浮体运动与波浪的相位差,可实现波能捕获效率的提高。将优化前后的模型进行对比性试验,试验结果表明:低惯性波能转换装置水动力学响应明显优于普通惯性波能装置,波浪能俘获效率大幅增加,测得最优俘获宽度比由 29.85%提升至 51.73%,且对工作环境的适应性大大增强,能在不同波况下保持较高的能量转换效率。

基金: 中国科学院战略性先导科技专项 A 类资助(XDA13040301); 国家自然科学基金青年基金(41406102; 51609232);

太阳能学报, 2019 年 05 期



总论

“中国方案”助力最不发达国家突破能源发展困局

中国能源网讯 记者李文华报道 5月30—31日，加强最不发达国家能源供给与融资国际会议在北京举行。会议由全球能源互联网发展合作组织与联合国最不发达国家、内陆发展中国家和小岛屿发展中国家高级代表办公室（以下简称“联合国高代办”）共同举办，旨在探讨能源可持续发展与投融资模式，分享最佳经验与做法，提升最不发达国家能源普及率与区域合作水平，推动实现联合国2030年可持续发展议程目标。

全球能源互联网发展合作组织主席刘振亚以“构建全球能源互联网 助力最不发达国家经济社会可持续发展”为题发表致辞。

本次会议上，《全球能源互联网解决无电、贫困、健康问题行动计划》面向全球首发。报告从能源转型角度为破解全球无电、贫困和健康问题提供了创新方案和实施路径，对促进最不发达国家可持续发展具有很强的现实意义。

将最不发达国家清洁能源资源优势转化为经济优势

数据显示，全球47个最不发达国家90%分布在非洲、亚洲地区，人口超过10亿人，但其GDP总量仅占全球的1.2%，人均GDP不足1000美元；人均用电量不到200千瓦时，仅为世界平均水平的7%，60%以上人口用不上电；仅有46%的人口接受过中学及以上教育，医疗、养老等社会保险不足中等收入国家水平的一半。

“破解最不发达国家发展困局，必须抓住能源这个关键，加快推动能源转型升级，实现绿色、低碳、可持续发展。”刘振亚表示，构建全球能源互联网是加快最不发达国家经济社会发展的必由之路。依托全球能源互联网，能够加快清洁能源开发利用，以绿色方式保障电力充足供应；推动最不发达国家建立健全工业体系，并通过跨国电力贸易，将最不发达国家清洁能源资源优势转化为经济优势；根本解决无电人口用电问题，促进交通、医疗、卫生、教育等基础设施建设，让人人享有现代文明生活。

刘振亚指出，通过构建非洲能源互联网，到2050年，非洲电力装机和人均用电量将分别是目前的7倍和3倍，非洲用电成本将比目前降低5美分/千瓦时以上，能源及相关产业累计新增就业岗位超过1亿个。

为根本解决无电、贫困和健康问题提供行动路线图

5月31日，全球能源互联网发展合作组织正式发布《全球能源互联网解决无电、贫困、健康问题行动计划》研究报告。这是继全球能源互联网落实联合国2030年可持续发展议程、促进《巴黎协定》实施、促进全球环境治理行动计划之后，合作组织对接联合国重大倡议而发布的第四项“行动计划”。

本报告分析了当今世界面临的无电、贫困和健康问题，剖析了转变能源发展方式的关键作用，阐述了全球能源互联网对解决无电、贫困和健康问题的实施路径和发展效益，并提出实施加快清洁发展、加强电网互联、培育内生动力等六大行动和能源发展援助、互联互通共建、产业协同发展等六大协同机制。

如何通过构建全球能源互联网，解决无电、贫困和健康这三类全球性问题？报告给出了研究结论——

解决无电人口用电问题，大电网是主要方式，重点满足城市、人口、产业集中区域用电需求；局部配电网和微电网是重要途径，重点满足偏远地区、小岛屿等分散区域用电需求。通过建设集中式能源基地、统筹开发分布式能源、电网互联互通等手段，预计2030年，全球无电人口将下降至5亿人以下，用电成本下降约1/4，人均电力消费水平提高40%以上。

在资源富集、适宜集中连片开发的地区建设大型清洁能源开发项目，将推动贫困地区资源优势转化为经济优势，培育经济增长新引擎，创造新的工作机会。中国“光伏扶贫”已取得显著成效，至2017年底，25个省、940个县建成规模1011万千瓦的光伏扶贫电站，直接惠及约3万个贫困村164.6万贫困户。一个300千瓦的村级电站的年发电收益可达20万元人民币以上，在运维管理有保障的状态下可实现20余年的稳定收益。

构建全球能源互联网将实现清洁替代和电能替代，直接减少化石能源带来的环境污染，改善人类生存环境，减少相关疾病和死亡，让人类享有更洁净的生产生活环境、更可靠的医疗卫生服务。预计到2050年，因空气、水等环境污染引发的健康问题将下降20%左右，非洲每年可减少相关疾病200-300万例，助力低收入国家与高收入国家之间人均预期寿命差距从2015年的17.5年缩小到2030年的13~14年。

“消除全球无电、贫困以及实现人人健康是全球共同责任，需要世界各国联合行动，构建全球能源互联网，积极推动世界清洁能源开发、大范围配置，以及能源消费领域的变革。”全球能源互联网发展合作组织经济技术研究院院长周原冰说。

“电-矿-冶-工-贸”联动发展模式破解项目投融资难题

最不发达国家大多拥有丰富的水、风、光等清洁能源资源或铝、铁、铜等矿产资源，但由于缺资金、缺市场等原因，长期得不到开发。合作组织创新提出“电-矿-冶-工-贸”发展模式，为不发达国家破解项目投融资难题和实现经济社会可持续发展提供了一揽子方案。

据了解，“电-矿-冶-工-贸”发展，即开发水、风、光等清洁能源基地，采用先进特高压输电技术向矿山开采、冶金加工基地和各类工业园区送电，推动贸易出口由初级产品向高附加值工业产品转变，打造电力、采矿、冶金、工业、贸易协同发展的产业链，实现“投资-开发-生产-出口-再投资”的良性循环。

刘振亚表示，这种模式以项目良好的收益预期为基础，促成发电、输电、用电三方签订长期合约，形成利益共同体。具体实施中，以期限长、成本低的政策性融资为引导，以股权投资、银行贷款、债券发行等市场化融资为主体，为项目提供充足、多元的资金保障。

合作组织研究提出，以清洁能源大规模开发、投融资模式创新为突破口，将实现“输血”式援助向“造血”式发展的转变，打造新的经济发展增长点。以刚果河下游水电外送西非为例，落地电价比西非本地水电低4~5美分，将有力推动西非国家采矿、冶炼等产业发展。

李文华 中国能源网 2019-05-31

2019 智慧能源创新发展峰会在天津举行

5月18日，由天津市工业和信息化局主办，天津市宝坻区人民政府、中国电子学会承办的智慧能源创新发展峰会在天津梅江会展中心举行。此次峰会的主题为“多元利用，助推区域性能源消费升级与发展转型”。峰会吸引政府部门、高校、研究机构、企业代表共计400余人参会。

天津市政府副秘书长、办公厅副主任许颖悟、工业和信息化部信息化和软件服务业司巡视员李颖、天津市宝坻区委副书记、区长毛劲松出席会议并致辞。峰会还吸引到3位院士献计献策，助力天津市宝坻区智慧能源产业发展与应用。中国电子学会副秘书长林润华主持会议。

作为第三届世界智能大会专题论坛之一，智慧能源创新发展峰会以《关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见》为指导，以园区智慧能源的多元化、规模化和协同化发展为核心议题，围绕“智能新时代：进展、策略和机遇”的大会主题，从政策解读、专家视点、企业实践、解决方案等，多角度探讨能源配置、数字化建设、多能互动等多方面涉及的技术和体制创新，促进能源产业健康快速发展，为政府、行业、金融界、产业界搭建一个互联互通、协同协作的平台。

天津市政府副秘书长、办公厅副主任许颖悟在致辞中表示：能源是人类赖以生存和发展的重要物质基础，天津市认真学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，特别是能源革命的重要论述，

以能源协同发展作为推进京津冀协同发展的重要内容。以新发展理念为指导，大力发展智能科技、生物医药、新能源、新材料等优先产业，积极实施互联网+智慧能源行动。

工业和信息化部信息化和软件服务业司巡视员李颖详细介绍了国务院关于能源改革的总体规划，以及工业和信息化部的具体职能。她指出，当前聚焦于智慧光伏、智能电网、智慧能源等领域的工业互联网企业正在快速发展，基于工业互联网平台实现能源行业全方位、全角度、全链条改造，对提升企业网络化、智能化水平，对于构建能源体系具有广阔的前景和意义。

天津市宝坻区区委副书记、区长毛劲松表示，智慧能源的蓝海时代已经到来，宝坻区对智慧能源产业的发展始终高度重视，目前正在依托良好的能源产业基础、平台，以“互联网+能源”为核心，打造研发、孵化、生产、销售、服务的完整产业链条，努力把宝坻打造成为智慧能源走向世界的重要平台和起点。

中国工程院院士、天津大学教授余贻鑫在主旨演讲《能源革命的实现高度依赖于未来高比例分布式可再生能源的开发与利用》中为详细分享了高比例风光发电对能源转型的意义，高比例风光发电对电力系统的技术要求。强调可再生能源、风光电源的重要性和分布式和能源互联的特别重要性，以及未来能源转型如何应对这种挑战。

中国工程院院士、清华大学教授韩英铎通过主旨演讲《能源互联网与需求侧智慧能源建设》阐述了我国能源发展的现状，能源发展面临的资源和环境制约，也为我们分享了能源互联网的最佳实践，对智慧能源未来发展都有很好的借鉴意义。

中国科学院院士、国家电网公司副总工程师陈维江围绕我国城市能源发展存在的3个主要问题，分享了能源智慧化与城市发展的关系，以及实现能源转型的多种方式。并通过一些案例分析了智慧能源的发展和城市规划、产业促进的一些关系。

当前，作为多能源协同利用与综合能源服务的最佳应用场景之一，园区能源互联网对推动我国能源结构的优化与调整具有重要的战略意义。为保障园区经济、人居、生态的全面发展。此次峰会以“园区综合能源服务推进策略与政策”为议题，邀请嘉宾开展圆桌论坛，远大科技集团有限公司党委书记丁元刚、港华燃气集团高级副总裁刘彦芳、汉能移动能源控股集团副总裁王俊娟、复旦大学环境经济研究所研究员薛飞、中电建雄安工作组副组长宋欣等嘉宾，围绕园区智慧能源建设展开深入讨论。

据了解，宝坻区近年来积极抢抓京津冀协同发展等重大战略机遇，围绕构建现代化经济体系，着力打造完善的载体、新型的产业，全区经济呈现出了强劲发展的势头，产业结构不断优化升级，智慧能源产业已经成为宝坻经济重要增长点。

朱妍 中国能源网 2019-05-20

中国清洁电力发展领跑全球

“中国积极践行绿色低碳发展战略。截至2018年末，可再生能源发电装机突破7亿千瓦，煤电超低排放机组超过8亿千瓦。”国家能源局局长章建华由此宣告，“中国清洁电力发展规模领跑全球。”

章建华是在5月16至17日在北京举行的2019清洁电力国际工程科技高端论坛暨国家能源集团清洁能源国际高端论坛上做上述表示的。这个由中国工程院、中国电机工程学会和国家能源集团联合主办的论坛，吸引了来自国内外的院士和专家近200人，中国清洁能源发电的话题成为论坛热议的一大焦点；国家能源集团在二氧化碳捕集利用与封存产业技术（CCUS）领域的探索则成为论坛一大亮点。

清洁能源发电：水风光核等装机规模全球第一

“本次论坛主题是奉献清洁电力，推进能源革命。”作为论坛承办方，国家能源集团董事长王祥喜在致辞中开宗明义。他说，论坛旨在为能源电力行业提供一个具有全球视野的高端交流平台，共同探讨能源绿色转型解决方案。

实现能源绿色转型，首先是推动清洁能源发电。据章建华介绍，作为全球最大的能源生产和能源消费国，中国政府秉承创新、协调、绿色、开放、共享的理念，在能源转型发展取得了很积极的成效，改革开放 40 年来中国能源供给能力大幅度提升，能源供给的结构持续优化，能源消费不断低碳清洁化，在电力领域中国清洁电力发展规模领跑全球。截至 2018 年末中国可再生能源发电装机突破 7 亿千瓦，其中水电、风电、光伏装机达到 3.5 亿、1.8 亿和 1.7 亿千瓦，均位居世界第一；核电装机达到 4464 万千瓦，再建装机 1218 万千瓦，再建规模世界第一。总体而言，中国非化石能源发电装机占比已达 40%，发电量占比接近 30%。

记者注意到，中国清洁能源发电、特别是以风电和光伏发电为代表的可再生能源发电的快速发展，受到国内外能源专家的高度赞赏。国际能源署（IEA）署长法蒂-比罗尔在演讲中表示，在中国政府的大力支持下，光伏发电和风电发电快速发展，中国由此成为全世界光伏发电和风电发展最快的国家。中国工程院院士郭剑波提供的数据证实了这一点，他说，在过去的十年中，我国风电装机增长了 100 倍；在过去的 5 年中，光伏发电增长了 100 倍。

“随着水电的综合性开发，特别是随着风电、光伏发电能效转换的提高和成本的下降，我国可再生能源发电将进一步提速。”中国电力建设集团有限公司党委书记、董事长晏志勇表示，“到 2050 年，我国可再生能源占一次能源的比重可达 50%，可再生能源发电量占全社会用电量比重可达 80%。”

与此同时，中国可再生能源的消纳问题，也受到专家学者的热切关注。据中国工程院院士、美国工程院外籍院士、国家能源集团首席科学家谢克昌介绍，因为电力消纳，2018 年中国弃水、弃风、弃光而损失的电量达到 1023 亿千瓦时，超过三峡电站一年的发电量。他说，可再生能源消纳已成中国能源转型中的一个突出问题。

“我们将推动建立清洁能源消纳长效机制。”章建华在演讲中强调指出，中国将坚定不移深化能源市场化改革，还原能源的商品属性，着力解决改革中出现的突出问题，力争到 2020 年基本解决弃水、弃风、弃光的问题，最终实现到 2020 年和 2030 年非化石能源占一次能源消费的比重为 15%和 20%，到 2050 年清洁能源将成为主体能源的总体目标。

煤电超低排放：建成“世界最大清洁煤电系统”

中国作为煤炭消费大国，以煤电为标志的传统化石能源的清洁化利用问题长期以来吸引着世界的目光。正由于此，章建华在演讲中宣告的“中国已经建成世界上规模最大的清洁高效煤电系统，煤电超低排放机组超过 8 亿千瓦，排放标准世界领先”的消息颇为引人瞩目。

“清洁高效利用的煤炭就是清洁能源。”谢克昌院士表示，先说燃煤发电，中国的运行数据表明，燃煤机组实现超低排放后，污染物的排放甚至低于天然气发电，排放水平世界领先；同时，煤清洁利用的另外一个途径是制造清洁燃料，煤炭在热转化过程化学转化过程当中可以突出有害成分，煤中的有害物质可以达到负极，可以无害化处理，硫作为再生资源得到的油含硫量极低，达到了清洁利用的效果。比如国家能源集团攻克煤直接液化和间接液化核心技术工艺，建成世界首套百万级煤直接液化和 400 万吨/年煤间接液化工业示范装置，为煤炭的清洁利用开辟了一条新的路径。

据国家能源集团副总经理米树华介绍，作为先进的燃煤发电污染控制技术拥有者，国家能源集团目前已有 91%的燃煤机组实现了超低排放。特别是在对海南乐冬电厂实施环保设施改造之后，1 号机组烟尘平均排放仅为 0.38 毫克/立方米，二氧化碳的排放是 2.75 毫克/立方米，氮氧化物的排放是 4.4 毫克/立方米，而燃气机组的标准分别是 5 毫克、35 毫克和 50 毫克，实现了近零排放。

“作为我国电力主力军，煤电不仅能够实现超低排放，还可发挥自身灵活性发电技术，提高电网的调峰能力，为可再生能源发展提供支持和保障。”国家电网公司顾问、中国工程院院士黄其励说，目前我国煤电装机 10 亿千瓦，提高灵活性潜力大、改造成本低。“未来在整个电力市场中，煤电将不仅仅以发多少电论英雄，还要看你为电厂做了多少调峰、为可再生能源发展出了多少力气来论英雄。”

章建华表示，高质量的发展是新时代对能源行业的根本要求，中国将全面落实“四个革命、一个合作”的能源安全新战略，大力推进能源改革开放，督促并举推动能源高质量的发展。“坚定不移推

动化石能源清洁高效利用，带动能源体系向清洁化低碳化方向发展。”

二氧化碳减排：新“路线图”助中国清洁电力再提速

诺贝尔和平奖得主、世界著名环境能源专家马克·列文教授在演讲中指出，中国的煤电机组确实是技术非常领先，包括 PM2.5、二氧化硫、氮氧化物排放水平都非常低，从这个层次上也许可以说煤炭是一个清洁能源。但是从气候变化角度讲，二氧化碳的排放还是一个问题。

“事实上，中国已经在二氧化碳减排上迈出重要步伐。”法蒂-比罗尔说，比如说碳捕捉利用与封存（CCUS），中国国家能源集团的技术已非常领先。他表示相信，如同在风电、光伏发电等可再生能源领域取得的成就一样，未来在全球碳捕捉利用与封存方面，中国也应该能够成为“全球技术领先的国家”。

诚如所言，5月17日即2019清洁电力国际工程科技高端论坛暨国家能源集团清洁能源国际高端论坛召开之际，《中国CCUS发展路线图（2019版）》同时发布。据介绍，新版路线图聚焦新一代CCUS技术和二氧化碳利用技术，是在对2011年版路线图评估的基础上，结合CCUS技术发展现状，全面、客观、科学地评估和预测了我国CCUS技术发展现状和趋势，对于开展全流程CCUS研发与示范具有十分重要的指导意义。新版路线图的发布将进一步推动我国CCUS领域的科学研究和国际合作，为我国应对气候变化和绿色低碳发展起到科技支撑作用。

新华社经济参考报记者在采访中了解到，作为中国碳捕捉利用与封存技术的引领者，国家能源集团同期发布了“国家能源集团公司CCUS技术路线及发展规划”。该规划指出，国家能源集团在优化能源结构、强化节能提效实现减排的同时，特别重视CCUS技术，除了在已建立的鄂尔多斯二氧化碳地质储存示范工程开展持续研究与开发之外，积极推进下属国华锦界电厂15万吨二氧化碳捕集和封存全流程示范项目建设。在未来，国家能源集团将继续推进CCUS技术研发，进一步拓展驱油、驱气、驱水、强化地热开采等利用方式，研发矿化利用、生物利用、化学合成、仿生利用等新型二氧化碳利用技术；利用体制机制创新，促成现有碳源和碳汇之间的合作，拓展开发更加广泛的二氧化碳应用渠道，探索建立CCUS区域商业化运行模式，提升CCUS技术的适应性。

这意味着，作为煤电大国，中国在致力于减少PM2.5、二氧化硫、氮氧化物等排放物的同时，又全力推动二氧化碳减排。在全球清洁电力发展进程中，中国将继续领跑。

经济参考报 2019-05-22

国家能源局誓言：明年解决弃水弃风弃光难题

“中国将推动建立清洁能源消纳长效机制。”国家能源局局长章建华在5月17日闭幕的2019清洁电力国际工程科技高端论坛暨国家能源集团清洁能源国际高端论坛上表示，“力争到2020年基本解决弃水、弃风、弃光的问题。”

章建华说，高质量的发展是新时代对能源行业的根本要求，中国将全面落实“四个革命、一个合作”的能源安全新战略，推动建立清洁能源消纳长效机制，力争到2020年基本解决弃水、弃风、弃光的问题，最终实现到2020年和2030年非化石能源占一次能源消费的比重为15%和20%、到2050年清洁能源将成为主体能源的总体目标。

据章建华介绍，作为全球最大的能源生产和能源消费国，中国政府秉承创新、协调、绿色、开放、共享的理念，在能源转型发展成效显著，改革开放40年来中国能源供给能力大幅度提升，能源供给的结构持续优化，能源消费不断低碳清洁化，在电力领域中国清洁电力发展规模领跑全球，全球结构不断的优化，截止2018年末中国可再生能源发电装机突破7亿千瓦，其中水电、风电、光伏装机达到3.5亿、1.8亿和1.7亿千瓦，均位居世界第一。

经济参考报 2019-05-22

我国清洁能源利用数据亮眼

清洁高效利用的煤可以称为清洁能源？不稳定性将成为可再生能源消纳的最大难题？在近日召开的 2019 清洁电力国际工程科技高端论坛上，众多业内专家学者齐聚一堂，探讨清洁能源、能源革命等焦点话题。

黑煤也能变绿

我国是全球最大的能源生产国和消费大国，煤在其中占据重要位置。长期以来，在我国能源的生产和消费结构中，煤炭占比达 70%左右。经过多年努力，2018 年，我国煤炭占比已下降到 59%。

“如果燃煤发电超低排放水平超过了天然气发电，那么清洁高效利用的煤炭也可以算是清洁能源。”中国工程院院士谢克昌认为，从碳排放角度讲，天然气、煤炭和石油都是高碳能源，如果把天然气的碳排放比作 1 的话，石油是 1.3，煤炭是 1.5。

“实际上，通过超低排放技术和末端治理，煤炭发电中的颗粒物可以降到最低。”谢克昌说，煤炭造成的问题不言而喻，但这不是煤炭本身的问题，而是煤炭开采利用不当造成的问题。

“我国的运行数据已经表明，实现超低排放后颗粒物排放大大降低。现在，中国燃煤发电污染物排放水平已领先于世界，超低排放效果十分明显。”谢克昌说。

国家能源集团董事长王祥喜表示，国家能源集团作为全球最大的煤炭生产、火力发电、风力发电和煤质石油化工企业，已建成世界首台百万千瓦级燃煤机组，供电煤耗实现了 266.3 克每千瓦时，发电效率达到了 47.8%。目前，91%的燃煤机组都已经实现了超低排放，98%的机组实现了超低排放。

中国电机工程学会副理事长谢明亮表示，节能高效是当前低碳化发展的重中之重。现在采取的措施，一是化石能源的清洁高效转化，二是高碳能源低碳化利用，三是提高非化石能源消费比重。

可再生能源挑战重重

“在可再生能源中，风能和太阳能发展非常快，原因一是成本降低，二是获得了强有力的政府支持。但是，风能和太阳能需要把不确定性和电力需求的稳定性相结合，挑战巨大。”国际能源署署长比罗尔表示，如果风能和太阳能的占比相对较低，这种不稳定性还可以应付，但占比升到 25%甚至更高，就必须用其他办法保证能源的安全。

国际能源署最新数据显示，2018 年全球发电量达到 26.672 万亿千瓦时，其中化石能源发电占比 64%，可再生能源占比 26%，核能占比 10%。

就中国而言，数据颇为亮眼：截至 2018 年末，我国可再生能源发电装机突破 7 亿千瓦，其中水电、风电、光伏装机达到 3.5 亿、1.8 亿和 1.7 亿千瓦，均位居世界第一。核电装机达到 4464 千瓦，再建装机 1218 万千瓦，再建规模世界第一，总体上中国非化石能源发电装机占比约占 40%，发电量占比接近 30%。

国家能源局局长章建华表示，我国力争到 2020 年基本解决弃水、弃风、弃光的问题，最终实现到 2020 年和 2030 年非化石能源占一次能源消费的比重为 15%和 20%，到 2050 年清洁能源成为主体能源的目标。

能源系统需全球共建

“没有任何一个国家是能源孤岛，能源系统是密切结合在一起的，各国需要加强合作。”比罗尔表示，2018 年是全球一次能源需求增长最快的年份，新增需求中有一半是天然气满足的，之后是可再生能源、石油、煤炭、核能。“但需要指出的是，去年全球的二氧化碳排放量达到了历史新高，这表示我们的目标和现实间仍存在巨大的断层。”比罗尔说。

谢克昌表示，2018 年我国非化石能源在能源结构中占比已经达到了 14.3%。因此，我国承诺到 2020 年非化石能源在一次能源中占比达 15%的目标可以实现。“当前，我国的能源强度呈显著的下降趋势，但仍是世界平均水平的 1.5 倍。2018 年，中国能源消费总量占世界总量的 22.6%，是先进发达国家 2 倍左右，表明我们仍有很大的进步空间。”谢克昌说。

中国经济网 2019-05-24

山西长治市加快推进能源革命综合改革试点工作

科技决定能源的未来，科技创造未来的能源。在构建清洁低碳、平安高效现代能源体系的进程中，长治市矢志不移自主创新，依托丰富的煤炭（煤层气）资源、光照资源和风资源，加快推进能源革命综合改革试点工作，结构建设了“一院一园一平台”，使能源科技功效不竭涌现，从而实现资源优势向经济优势转化，推动财产向中高端迈进，增强核心竞争力，抢占发展制高点。

为有效对接国际国内前沿能源技术和能源财产发展，长治市聘请亚洲开发银行能源技术机构、国家能源局重点咨询服务单位北京嘉澍公司作为全市的能源技术“智库”，成立了长治能源革命研究院，对推动长治市能源革命发展的具体任务、改革事项、政策空间等进行深入研究。在长治能源革命研究院的引领下，长治市在煤炭等传统能源高清洁利用上大做文章，与中国石油和化学工业规划院合作，在潞宝园区成立长治市煤化工财产研究院，加强煤化工关键技术、关键领域的应用研究和新产品开发；在潞安集团建设全省唯一的国家级工程技术研究中心——国家煤基合成工程技术研究中心，同步开工建设国家煤基合成油产品质量监督查验中心，重点开展对煤炭清洁高效利用的关键技术创新与工程化研发；与武汉理工大学联合成立长治市工业技术研究院，针对能源材料技术升级和工业固废综合利用等领域确定研发任务；与山西大学建立战略合作关系，成立山西大学固废综合利用长治研发基地，研发固废利用新技术……与国表里知名院校和科研院所建立持久合作关系以来，长治市汇聚了一批能源行业的技术领军人物，成为推动能源革命的新动能。与此同时，长治市在新兴能源财产发展上大做文章，先期开展了对农村清洁供暖方式、氢储能前沿技术的探索研究，提倡并组建长治市风电财产专业委员会，进一步规范和统筹全市风电资源，努力实现风电财产集聚发展，并积极筹备全市光伏财产委员会、煤层气（天然气）财产委员会、清洁取暖财产委员会，探索光伏原材料—切片加工—组件生产—发电存储全财产链，加强煤层气（天然气）采—储—供—销全领域的统筹规划，引入强势企业落地项横眉，通过城市综合能源管理平台建设，推动“风、光、热、气、氢”五大新能源财产集约化、集聚化、集团化发展，实现大数据下的城市智慧能源体系。横眉前，亚行长子清洁取暖试点、山西工业安装集团能源双创财产园等一批新兴项横眉已在长治市落地。

长治市能源革命创业创新财产园是长治市加快能源科技创新、科技功效转化和能源企业孵化的重要载体，也是长治市打造能源革命排头兵引进的首个双创项横眉，横眉前已开工建设。该财产园将通过植入光电、风电、供暖、供电、供气、供水、储能等新型能源技术，实现能源数据采集、处理、阐发、应用等一体化功能，最终实现“楼上光伏发电、楼下海绵城市、楼内智慧管理、楼外绿色建筑”的整体效果。同时，通过对入驻园区企业产、学、研、用、展示进行全生命周期服务，吸引更多能源项横眉落户长治，提升全市能源财产集聚能力和核心竞争力。园区建成后，隆基、天合等国内顶尖光伏制造企业，金风、远景、太重等国内一流风电企业，中联、国新、国化等煤层气企业将陆续入驻，有望成为全省能源革命研究孵化机构的“样板”。

能源革命综合服务平台原则上由国有企业、民营企业共同组建成立平台公司，建立全市能源财产基金，通过筛选项横眉、包装项横眉、投资项横眉，推动全市能源财产项横眉良性循环和高质量发展。

央视网 2019-05-30

我国环境技术专利还需加快转化步伐

中国环境保护产业协会日前发布的《2008—2017 年全球环境技术专利热度分析报告》显示，受积极环境政策驱动，我国环境技术专利布局热度空前，已经成为环境技术专利大国。

分析报告显示，我国环境技术领域发明专利申请量从 2008 年的 6349 件上升至 2017 年的 52245 件，增长了 7.23 倍。

从全球看，中国环境技术发明专利申请量占据了这 10 年全球环境技术发明专利申请量的 44.08%，

已经成为最积极布局环境技术领域的国家，领先排名第二的日本 30 多个百分点。

中国环境领域专利申请量占全球环境技术专利申请量的比例逐年增加，2016 年和 2017 年年度占比均超过 70%，在环境技术专利申请数量方面处于绝对领先地位。这 10 年我国的院校/研究所在环境技术领域的专利申请量占我国环境技术专利申请总量的比例高达 28.12%，远超全球平均水平的 17.76%。

我国院校/研究所申请专利占比高达 28.12%，但有院校/研究所参与且出现权利转移/许可的专利申请数量仅占我国出现权利转移/许可的专利申请总数的 17.02%，这表明我国院校/研究所在参与环境技术成果转移转化方面还有很大的提升空间。

来自分析报告的研究表明，我国是欧美日主要发达国家布局环境领域专利的重点区域之一。欧美日发达国家在我国布局的专利数量占各自专利布局总数量的比例均达 8%以上。相比之下，我国 96%以上的环境技术专利布局在国内，在国外布局还很欠缺，环境技术输出尚处于起步阶段。

中国环境保护产业协会副秘书长燕中凯指出，我国环境技术专利表现为“一多一快三少”，即专利申请量多、增长速度快、转化少、核心专利少、国外布局少。

燕中凯建议，大力加强我国高校/研究所与企业的合作，激发院校/研究所参与成果转化的积极性；对于有价值的核心技术，加强在国外主要市场的专利申请；国内有一定实力的企业和高校/研究所设立专门知识产权部门，培养专业化人才，建立专利数据库，找准研发方向，跟踪本领域最新发展动态，做好专利保护和知识产权风险防范工作。

经济日报 2019-05-28

热能、动力工程

解密南方分布式供暖新模式

“我选择购买中天·未来方舟房地产，主要是看中了它的集中供暖。”这是贵阳市集中供暖的体验者、中天未来方舟业主代表李永红由衷的对记者表示。

走访中，记者听到最多的评价是“很多人买房先看有没有集中供暖”、“未来方舟项目引领了贵州买房新风气”、“如今该地产早已全部售罄”。

未来方舟供能项目是亚洲最大原生污水源热泵项目，也是南方最大单体水源热泵供能项目，还是住建部批准的全国首批 8 个国家绿色生态示范城区之一，获贵阳高新区“科技创新示范项目”称号。记者近日参加国务院国资委新闻中心主办的“走进新国企 长江大保护”活动，走进贵阳，实地探访南方分布式供暖模式经验。

多能互补分布式集中供暖

如果说“豆腐脑咸甜之争”是南北方在“食”上的差异缩影，那么“集中供暖”就是南北方在“住”上的最大差别了。近年来，南方地区特别是长江流域冬季供暖逐渐成为热点话题。一方面要满足人民群众对美好生活的向往，妥善解决南方人民供暖需求，一方面要严控建筑能耗增量，不能重走北方化石能源集中供暖带来重度污染的老路，中国节能在贵州的探索值得借鉴。

在贵州省贵阳市云岩区，坐落着一座建筑面积 720 万平方米的大型社区——中天·未来方舟项目。自 2015 年 11 月起，这里的业主已经连续度过了四个温暖的冬季，作为我国西南地区首个绿色供暖社区，中天·未来方舟项目为所有业主提供了一份“看不见”的温暖呵护，这一切都来自于中节能建筑节能有限公司的子公司中节能（贵州）建筑能源有限公司（以下简称“建筑能源公司”）的创新性探索。

未来方舟项目地处贵阳市母亲河——南明河下游流域，依托这一优势，中国节能创新分布式供能理念，采用多能互补思维，将水源热泵、地源热泵、污水源热泵等技术相结合。项目 1、2 号能源

站采用“河水源热泵+调峰锅炉”系统，3、4号站采用“污水源热泵+调峰锅炉系统”，通过多能互补的技术思维，广泛应用各类热泵技术，从河水、污水、空气等低品位能源中提取能量，加以统筹利用，降低未来方舟新城区域用能对传统火电等化石能源的依赖，实现0污染、0排放。

中节能（贵州）建筑能源有限公司总经理李强表示，清洁供能具有显著的社会、环境及经济效益。以可再生能源供能系统为例，比传统空调系统夏季节能15%—20%，冬季节能30%—40%。同时，区域供能以每栋建筑数十平米的换热站替代了数百平米甚至上千平米的空调机房及锅炉，有效节约了建筑空间。

供能服务满意度达96%以上

供能四年来，未来方舟供能服务客户满意度颇高，连续每年达96%以上。未来方舟供能项目，每年可节省标煤约2.5万吨、减少二氧化碳排放约6.5万吨、减少二氧化硫排放约500吨、减少悬浮颗粒约250吨。未来方舟项目还入选贵州省循环经济示范项目，建筑能源公司获得2018中国国际低碳科技博览会“气候奖”。

这样一个获奖无数、经济效益显著的集中供暖项目，在规划设计之初并不被业主所看好。当时未来方舟的销售不具优势，地理位置远离市区。“我也是2012年第二批才购买的未来方舟。冬天的贵阳阴冷潮湿，寒冷感强烈，选择未来方舟安装集中地热供暖后，室内温暖如春，生活品质得到很大提升。”李永红对记者坦言。

记者了解到，当初选择未来中天房产而未同意安装集中供暖的业主不少。李章超（化名）在2018年11月15日毁约集中供暖后，听到邻居的使用效果，今年主动找到建筑能源公司要求签订供暖协议，并一次性缴纳了三年供暖费用。

截止2018年，未来方舟供暖季供暖开通16000户。签约面积约350万 m^2 ，实际缴费面积约320万 m^2 ，客户满意率达到96.57%。到2020年，这个数字将超过40000户，20万人口将享受到集中供暖服务。

创新采用可持续可复制模式

未来方舟是中节能集团西南地区首个大型的纯市场化运作项目，项目采用与当地大型房地产企业合作方式；同时，项目的成功运营将为建筑节能公司创新业务模式、打开南方供能市场奠定良好的基础，也实际推动了南方供暖行业的整体健康发展。

李强表示，未来方舟项目采用BOO模式，即约定由开发商以“区域能源配套费”的形式，按照进度向项目单位支付建设期费用，竣工后项目单位拥有全部产权，并自主运营，通过向使用者收费覆盖运营期成本和合理利润。“这种模式实现开发商与投资建设运营单位的互利共赢，具有可持续性和可复制性。”

中节能采用BOO商务模式的集中供能项目在南方有不少实践，长沙·滨江新城是亚洲单站最大的水源热泵集中供能项目，以热泵技术开发湘江水源进行冷、热、生活热水供能，其供能面积212万 m^2 ，已于2016年底开始对住宅、商业综合体、酒店、写字楼进行集中供能；节能效益相当于种活760656棵树。南宁·五象新区是全国最大的可再生能源集中供能项目，以热泵技术开发河水、分布式能源进行冷、热、生活热水供能，其供能面积2700万 m^2 ，已于2018年开始对写字楼、住宅、商业综合体等建筑业态进行集中供能；节能效益相当于种活9960000棵树。

截止目前，中节能建筑节能有限公司累计签约供能面积约2.4亿 m^2 ，实际供能面积约1535万 m^2 。如今，该公司在南北方形成了各具特色的业务类型，北方以清洁能源供能为主要服务特色，南方主要以可再生能源供能为特色。

中节能建筑节能有限公司正与兄弟公司紧密合作、密切协同，先后与长江经济带21个地市对接50余个区域能源合作项目，其中南京、株洲、永州等10个项目已经或即将落地实施，岳阳、衡阳、常州等9个项目已达成初步合作意向。“未来中节能建筑节能有限公司将因地制宜，以技术创新探索长江流域分布式供暖新模式。”中节能建筑节能有限公司总经理李阳表示。

苏南 中国能源报-中国能源网 2019-05-22

“重型燃气轮机”自主研制取得突破性进展

记者近日从国家电力投资集团获悉，由国家电投牵头的国家科技重大专项“重型燃气轮机”自主化研制近期取得了突破性进展。

据介绍，F级300MW重型燃机概念设计阶段主要设计工作目前已完成，压气机、燃烧室和透平等关键零部件试制和试验正在开展，包括设计研发、材料试制等多方面均实现阶段进展。

其中，压气机完成进口多级试验件加工和装配，即将开始试验；燃烧室完成喷嘴和火焰筒等加工制造，正在进行喷嘴低压性能试验；透平完成第一级静、动叶铸件首件鉴定，实现了重型燃机大尺寸高温透平叶片的自主设计及材料、冶炼、制造等国产化。

重型燃气轮机集新技术、新材料、新工艺于一身，以超级高效、清洁、灵活的特点，被誉为装备制造“皇冠上的明珠”。

我国已全面实施“航空发动机及燃气轮机”国家重大科技专项。其中，“燃气轮机”的自主研制由国家电投牵头联合哈尔滨电气集团公司、东方电气集团公司、上海电气集团公司承担，目标是打造自主知识产权重型燃机产品，建立完整的产业链和自主创新体系。

国家电投表示，将秉承以我为主、自主可控的原则，充分借鉴国际厂商的先进经验，加快实现具有完全自主知识产权的重型燃机技术的研发目标。

经济参考报 2019-05-24

国家电投承担两重大专项成果颇丰

中国能源报-国家电投5月21日召开创新大会，发布了国家重大专项、火电、新能源、新业态、智慧能源，以及协同产业等领域的14项重点科技创成果。其中，由该集团承担的两大国家科技重大专项突破了一批“卡脖子”技术，带动了我国制造业的整体提升：“国和一号”（大型先进压水堆三代核电CAP1400）设备研制基本结束，有效形成三代核电装备产业链；重型燃机产品自主化研制取得了突破性进展。

据了解，“国和一号”示范工程设备国产化率达到85%以上，有效形成了国内三代核电装备产业链。其中，压力容器、蒸汽发生器、控制棒驱动机构、爆破阀等主设备已全部实现国产化；大锻件、蒸汽发生器690传热管、核级锆材、核级焊材等关键材料基本实现国产化；自主化先进核燃料定型组件研制成功；11种泵、10类阀门工程样机基本研制完成。国和一号综合性能特别是经济性优于AP1000，后续批量化造价还能再降低10%以上。

据“国核一号”总设计师郑明光介绍，“国和一号”自主化型号的成功开发，标志着我国已经全面掌握了第三代非能动核电技术，也标志着我国核电技术达到世界一流水平。

此外，集新技术、新材料、新工艺于一身的重型燃气轮机目前已完成F级300MW重型燃机概念设计阶段主要设计工作，正开展压气机、燃烧室和透平三大部件等关键零部件试制和试验工作，在设计研发、材料和试制、零部件试验等方面取得阶段进展。压气机完成进口多级试验件加工和装配，即将开始试验；燃烧室完成喷嘴和火焰筒等加工制造，正在进行喷嘴低压性能试验；透平完成第一级静、动叶铸件首件鉴定，实现重型燃机大尺寸高温透平叶片的自主设计及材料、冶炼、制造等国产化。

2012年，国务院启动“航空发动机及燃气轮机”国家科技重大专项论证。国家电投牵头联合“三大电气”——哈尔滨电气、东方电气、上海电气开展重型燃气轮机自主研制，打造自主知识产权重型燃机产品，建立完整的产业链和自主创新体系。同时，国家电投已“以我为主、自主可控”原则，分别与意大利安萨尔多能源公司、德国西门子公司签署技术合作协议，充分借鉴国际厂商的先进经验，加快实现具有完全自主知识产权的重型燃机技术的研发目标。

记者了解到，国家电投以先进能源技术创新为核心，以产业创新为目标，以商业模式创新与业

态创新为手段，以体制机制创新为保障，“产学研用”深度融合，实现了局部创新、孤立创新向系统创新、协同创新转变，构建了纵向一体、横向协同的组织管理体系和“宝塔型”研发体系。近3年来，该集团获得省部级以上科技奖励93项，累积获得专利授权2721件，主持和参与制定国际、国家和行业标准共计620余项。

朱学蕊 中国能源报-中国能源网 2019-05-22

超低排放循环流化粗颗粒煤粉锅炉技术获突破

中国能源报-5月22日凌晨4时06分，滨州中洁能供汽项目1号锅炉点火一次成功。这标志着我国具有自主知识产权的新一代“高效、节能、环保”型超低排放循环流化粗颗粒煤粉锅炉工业推广应用取得重大阶段性成果。现场运行监测显示，锅炉投煤撤油燃烧稳定，各项参数及技术指标完全符合标准。

据介绍，该锅炉由特利尔环保集团研发。项目由特利尔环保集团全资子公司--滨州中洁能热力有限公司以投资-运营模式（BOO）建设，规模为2×75吨/时循环流化燃烧粗颗粒煤粉中温锅炉，单台锅炉额定蒸发量为75吨/时，蒸汽额定温度为450度，压力为3.82兆帕。这是全国乃至全球同类型粗颗粒锅炉的首例。配套建设的炉内脱硝（SNCR）、炉内喷钙脱硫、尾部烟道石灰石-消石灰半干法脱硫、布袋除尘器等环保设施以及其他辅助工程，以低成本实现了大气污染物排放浓度达到超低排放水平（即在基准氧含量6%条件下，烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别低于10、35、50毫克/立方米）。

业内人士指出，粗颗粒锅炉能耗少，拓宽了燃料应用范围，但循环燃烧的技术难度加大。特利尔环保集团的这一新锅炉在煤炭清洁燃烧利用方面提供了一个非常好的新选择，对于雾霾的治理具有重要意义。

于孟林 中国能源报-中国能源网 2019-05-23

生物质能、环保工程

垃圾发电“联姻”洗涤行业 探索节能减排新路径

中国能源报-啤酒厂人员参观时感慨，“这里比啤酒厂的锅炉还干净”；农民说，“蔬菜叶子青青，没有污染啊”、“对我们生活没有影响”、“我们感觉不到垃圾发电厂的存在”……这些是记者听到对生活垃圾焚烧发电厂赞同之声。

这座获得赞许的垃圾发电厂是中国节能旗下中国环保所属的成都市祥福生活垃圾焚烧发电厂（以下简称“祥福电厂”）。近日，记者参加国务院国资委新闻中心主办的“走进新国企”活动时，走进祥福电厂，深入了解中国节能集团把解决沿岸固废污染问题作为参与长江经济带污染治理的“两园一链”固废综合解决方案。

居民感慨“比承诺的还要好”

从成都市中心驱车一个小时即到达位于成都市青白江区祥福镇民强村的祥福电厂。进入厂区，没有一点想象中的垃圾异味，厂区内绿树成荫，鲜花盛开，人工湖中睡莲斜卧、金鱼畅游，兔子们在池塘边蹦蹦跳跳玩耍，俨然一幅园林风景图。

祥福电厂采用了国内少有的厂办一体式设计，即综合办公楼和垃圾焚烧主厂房在同一栋楼里，同时，员工宿舍也在离主厂房不足200米的厂区内，让“自己人”工作居住在厂区，充分体现了中国节能在安全生产和达标排放领域的“技术自信”。“‘一带一路’的合作国家70多名绿色经济与环境保护官员参观公司考察时全副武装，参观未过半已全部摘掉口罩。”成都中节能再生能源有限公司总经理

苏志刚自豪地告诉记者。

苏志刚表示，祥福电厂 2009 年建设伊始，也曾遭遇邻避效应，甚至还出现过村民围堵厂门阻拦施工的情况。2012 年 11 月建成投产之后，原先嫌弃的居民实地参观后感慨，“比承诺的还要好”。

成都市青白江区祥福镇民强村村民孙泽玉对记者表示，“祥福电厂刚建设时，我们担忧垃圾发电厂建在家门口污染我们的环境，建好参观后才打消了疑虑，这是一座你感觉不到它存在的垃圾焚烧发电厂。”

“投运之初，青白江区环保局白天、晚上轮番检查，有时刚查完又‘杀个回马枪’，反复检查了一年。”苏志刚向本报记者介绍，“祥福电厂是国内首批烟气排放指标按《欧盟污染物控制标准》设计建设的政府特性经营项目。”

四川省成都市青白江区垃圾焚烧发电项目，是中国节能投资建设的最具代表性的垃圾焚烧发电项目，作为成都市第三座大型垃圾焚烧处理项目，它承担着成都市金牛区、成华区、新都区 and 青白江区等生活垃圾的处理，日处理生活垃圾 1800 吨，每年可处理 65 万吨，可供电 1.9 亿度/年，节约标煤 8.1 万吨，减排二氧化碳 18.94 万吨，该项目是目前国内在设计、装备、建设、工艺、运营等方面较为先进的现代化垃圾焚烧发电项目。

祥福电厂虽然一天能“吃掉”1800 吨垃圾，但是，对于成都日均垃圾量来讲，仍是杯水车薪。记者从成都市城市管理委员会固废处了解到，2018 年成都市生活垃圾处理量约 623.14 万吨，其中，填埋 375.92 万吨，约占 60%，焚烧 247.23 万吨，约占 40%。

“成都市现有一处容量 375 万吨的集中式垃圾填埋场，明年即将满负荷。目前成都已有 3 个垃圾焚烧发电厂，日处理能力 6000 吨，以全市 1.7 万吨/日的垃圾总量计算，缺口很大。”成都市城市管理委员会固废处副调研员彭刚向记者介绍，成都市正在加快推进 6 座生活垃圾焚烧环保发电厂建设，力争 2020 年全部建设完成，全面建成后新增生活垃圾焚烧日处理能力 1.07 万吨，全市生活垃圾焚烧日处理能力将达到 1.82 万吨，基本实现原生生活垃圾零填埋目标。

垃圾发电与洗涤“联姻”

绕到祥福电厂后面是层高达 12 米、面积 6000 平方米的成都中节能洗涤分公司生产车间内，这里也是祥福电厂将垃圾焚烧发电后的蒸汽用于布草洗涤的大胆实践。“这是一个发明，在国内垃圾焚烧发电厂独一无二。”苏志刚笑称。

垃圾发电与洗涤“联姻”，在提高垃圾焚烧发电项目资源利用效率的同时，也改变了布草行业的传统洗涤模式，减少了小锅炉的污染排放，更打造了洗涤行业标杆。中国节能是首个涉及三产的央企，开拓了四五星酒店为主的 107 家高端客户，客房总数达到 10000 多间。

在大力发展公用纺织品洗涤业务的同时，经过三年多的经验沉积和调研，认识到客衣洗涤业将向更加专业和细化的中央洗涤工厂领域拓展，洗涤分公司大胆采用了网络化客衣洗涤经营模式，目前承接大型企事业单位、社会客衣洗涤业务，日均达到 2000 件衣物。

谈到洗涤项目的发展历程，成都中节能洗涤分公司总经理蔡治龙感慨颇多，坦言洗涤行业入门槛低、行业标准难统一、同行恶性低价竞争给企业发展所带来的困扰和痛楚，但更欣慰感到，中节能洗涤能够在短短四年内快速高质发展，日均洗涤量 8000 余套，年产值 3000 余万元。

洗涤项目自 2015 年 4 月正式营业以来，在短短四年时间内，迅速发展成为中国西南地区设备先进、洗涤流程标准规范、日均洗涤数量最多的公用纺织品洗涤企业。

“我们计划把垃圾发电-洗涤这种因地制宜的模式，复制到同是旅游休闲大省云南、海南。”苏志刚谈到未来发展时表示。

创新提出“两园一链”新模式

在做好主业的同时，成都垃圾发电项目还积极践行企业社会责任，探索与利益相关方和谐共处新形式，普及宣传节能环保知识，增强各级政府及村民对垃圾焚烧发电行业的理解和支持，自 2013 年投产至今共接待现场参观 800 批次 2 万人现场参观，组织开展各项科普活动 300 余场。

成都中节能再生能源有限公司（以下简称“成都公司”）专门设立了 200 平方米的环保展示厅，

打造以垃圾吊控制室、中央控制室、焚烧车间、发电车间为主要线路的参观通道，以供来访人员更加直观的了解公司工艺流程。2013年11月，成都公司正式被成都市科技局批准为“成都市科普基地”，2018年3月，被生态环境部、科技部批准为“国家环保科普基地”。

成都项目只是中国节能近百个固废处理项目的缩影，作为公司的重要业务板块之一，中国节能的固废处理项目遍布全国26个省市自治区，固废处理总能力约9万吨/日。其中，在长江经济带沿线就拥有19个固废处理项目，设计日处理能力1.7万吨，投资规模近百亿元。

目前，长江经济带固废污染问题面临着固废基数大、当期有效财政投入有限、治理设施分散化及碎片化严重、农村面源污染量大面广、产业链条前后分割等一系列问题。为适应长江经济带环境治理整体性要求，中国节能创新治理思路，提出“两园一链”固体废弃物综合解决新模式。该模式突破地域界限，以干湿垃圾分类为基础、以智慧环境物流链为驱动，将可以长距离运输的垃圾最大程度集约、协同处理，实现固废处理最优效率；对于不适合长距离运输的有机垃圾采用分布式生态化处理，回馈自然实现生态环境友好。

中国环境保护集团有限公司副总经理肖兰表示：“通过城乡协同，各类固废在‘两园一链’系统内部循环利用，做到无废物流出。目前，该模式已在毕节、咸宁等地开展试点，2019年内计划推出4-5个示范项目，2020全面推广方案，形成长江流域整体布局。”

苏南 中国能源报-中国能源网 2019-05-21

发展缓慢！生物天然气试点项目中仅约 1/3 建成在运！

▲在顶层设计、战略决策方面，生物天然气行业还缺少完整的、综合性的、全产业链条理念

▲其所涉及的众多管理部门之间缺少有效协作当出现利好形势时，“九龙治水”的现象很普遍，一旦出现困难，大家互相推让、“礼让”的情况经常出现

“农业农村部在去年年底和今年年初对中央财政资金支持的64个生物天然气项目进行了追踪调研，其中在运项目只有22个。此外，在建30个，完工未运行7个，未建项目5个。即便是22个在运项目，实际上也只有极少数是满负荷、稳定运行的，多数还处于试运行状态。”这组调研数据来自农业农村部农业生态与资源保护总站首席专家、中国沼气学会副理事长李景明。2015—2017年期间，国家每年投资20亿元，在全国范围内共支持了近1400处大型沼气工程和64个生物天然气试点项目。三年间，64个生物天然气试点项目中仅有约1/3建成在运。

试点三年，为何生物天然气发展缓慢、对国内天然气生产总量的贡献率仍然偏低呢？

（文 | 本报记者 姚金楠）

在运项目地域性优势明显，难以复制推广

“比如我们有的同行在内蒙古一些城市做的项目很成功，当地的天然气价格可以卖到约5元/方，这个价格在其他地区是很难达到的，这样的项目就很难复制。”在北京盈和瑞环境科技股份有限公司总裁周建华看来，目前国内大量在运且有一定盈利的生物天然气项目多属于“天时、地利、人和”的结果，“当地的原料充足、价格便宜，地方政府还有一定的支持，基础设施能够跟得上，这是多种因素叠加的结果。”

对此，格林兰（中国）清洁能源科技有限公司董事长胡朝阳也深有同感。“河北定州人口基数相对较大，而且有4个不同类型的工业园区。针对园区的重点企业，我们使用专业的压缩天然气（CNG）槽车直接运输，这些企业每天的用气量大概在6万方左右。”但胡朝阳也坦言，CNG槽车直运的方式虽然解决了部分地区管网不通的制约，但受到运距、运量、产气量、灌装时间等因素影响，一旦运输成本达到0.4—0.5元/方，几乎就难以盈利，“产气量至少要维持在1000方/小时才能有效降低运输成本。”

“定州项目整体投资将近两亿元，折算以后单位兆瓦的投资成本超过了3500万元。这个数字如何来复制、如何来推广？难上加难。大家都说这是一个好项目，解决农村面源污染，解决了畜禽养

殖和农作物秸秆的治理，实现了以气代煤，但再好的项目不挣钱也不会有人去投资。”胡朝阳说。

缺乏战略定位和顶层设计，现有政策有待夯实

“最初鼓励沼气发展时，我国农村地区能源短缺严重，所以我们更多强调的是能源属性，但随着近年来农村地区能源形式日益多元化，我们就需要把沼气和生物天然气的定位由解决能源问题转变到环境保护、资源综合利用以及生态文明建设上来。”李景明指出，在顶层设计、战略决策方面，生物天然气行业还缺少完整的、综合性的、全产业链条理念，涉及的众多管理部门之间缺少有效协作。“随着产业的发展，当出现利好形势时，九龙治水的现象就很普遍，但一旦出现困难，大家互相推让、‘礼让’的情况也就经常出现。”

李景明指出，当前，行业最需要的仍是国家政策特别是顶层设计层面的拉动。“其中，重要的是如何将现有的政策有针对性落地、落实。例如在现行的很多可再生能源政策中，有一些是没有生物天然气这个字眼的，也不在有关优惠政策目录里头，因此和风电、光伏等行业相比，生物天然气就享受不到相关的政策支持。”

若针对性配套政策落地，2030年产量有望突破500亿方

按照今年2月国家能源局公布的《关于促进生物天然气产业化发展的指导意见（征求意见稿）》提出的规划目标，到2030年，我国生物天然气年产量将超过300亿立方米。

去年8月底，国家能源局也已发布通知，要求各地上报生物天然气产业化示范储备项目。并在《关于请上报生物天然气产业化示范储备项目的通知》中明确指出，将通过示范项目的建设探索建立健全生物天然气支持政策体系以及管理体系。将生物天然气纳入能源发展战略和天然气发展战略，建立生物天然气优先利用机制，完善生物天然气补贴政策，将补贴重点从发电转向燃气。

中国产业发展促进会生物质能分会会长陈小平透露，目前，全国首批申报的生物天然气产业化示范储备项目已经达到489个，涉及25个省（市），总投资约达900亿元。据中国产业发展促进会生物质能产业分会预计，若针对性的配套政策能够落地，到2030年我国生物天然气年产量有望突破500亿方，大大超过现有的规划目标。

“通过此前的示范项目，已经开始有企业探索出一些商业模式，这时更需要针对性强的配套政策。例如相应的后端补贴政策就是行业热切盼望的。现在全国的天然气门站价格平均水平约2元/方，按照这个价格，生物天然气是没有任何优势的，通过行业专家和企业等多方的测算，1—1.5元/方的补贴应该是符合行业期望和现状的。”有行业专家指出，目前，煤层气、页岩气等很多非常规天然气都是有后端补贴的，希望国家对生物天然气也同样支持。“此外，农村管网设施建设、土地使用、天然气消费企业对可再生能源燃气使用配额等问题的解决，都有待进一步的政策支持，这些也都将是对生物天然气行业的大力拉动。”

中国能源网 2019-05-20

太阳能

东方日升单晶 PERC 电池最高效率突破 23% ， MBB 新技术将量产

近日，A股光伏龙头企业东方日升宣布，公司研发量产线的 MBB 单晶电池最高转换效率已突破至 23.08%，平均效率达到 22.73%。这是继不久前东方日升 5BB 类单晶电池效率突破至 22.05%之后，公司在降本增效之路上取得的又一重大成果。

相比于 5BB 电池，MBB 单晶电池在金属化接触这一关键性技术上更为优化，有效降低了遮光面积；在减少隐裂现象发生的同时，提升载流子收集能力，大大提升了电池的转换功率。同时，通过降低银浆用量，MBB 电池的成本得以进一步缩减，真正实现了降本增效的目的。

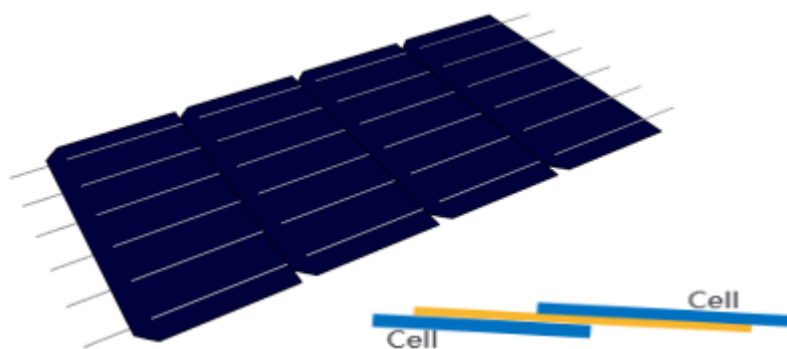
东方日升表示：“MBB 技术研发的最大难点在于如何实现栅线设计、扩散方阻和金属接触的“三

位一体”优化。基于多年的技术积淀与储备，我们结合自身的研发经验和理论模拟，并经过大量的实验验证和优化，最终克服技术瓶颈，实现了转换效率的再次飞跃。下一阶段，我们还将继续就减反、钝化及接触材料等多方面进行技术优化与迭代，力争于今年年底达到批次平均效率 23% 的目标。”

自 2018 年“5·31”光伏新政出台以来，中国光伏企业面临着持续的效率提升需求和更大的成本降低压力。为此，东方日升也将继续聚焦于先进电池组件技术的研发，不断推动多主栅、半片等高效技术量产应用。其中，就 MBB 技术量产应用而言，东方日升常州二期电池和组件工厂将完全兼容 MBB 技术。按照规划，自今年 6 月起，该公司将逐步完成 5BB 到 MBB 技术的切换，预计年内将实现 MBB 技术的全面量产。

中国能源网 2019-05-24

“无缝焊接”——隆基发布新型组件封装技术



近日，隆基宣布：一种可完全消除组件中电池片间距从而提升组件效率的“无缝焊接”（Seamless Soldering）技术已研发完毕，并计划于 2019 年下半年导入量产。经 T?V 南德 2019 年 5 月 30 日测试，隆基结合“无缝焊接”等技术及创新的组件设计，把双面 PERC 组件正面功率纪录推高到了 500.5W

“无缝焊接”技术使用了焊带来实现电池片“叠瓦”式的互联，完全消除了通常 2mm 宽的电池片间距，提升效率的同时降低了组件的 BOM 成本。该技术与现有组件工艺与设备完美兼容，目前已具备非常高的量产成熟度与稳定性，产能升级上较为便利。此外，“无缝焊接”可集成 M6 单晶硅片、薄硅片、细焊丝或反光焊带等技术，有很好的技术兼容性。

高效率、高功率是光伏组件技术演化中的持续追求，是降低光伏度电成本的关键因素。

据了解，隆基围绕“无缝焊接”技术进行了知识产权布局，申报多项专利。该技术的推出，标志着隆基的组件技术实力上了一个新台阶，隆基将持续进行技术投入，推动光伏在全球更广阔的范围内应用。

隆基乐叶 2019-05-31

2019 年首批 250 个风电光伏平价 上网项目落地

5 月 22 日，国家发展改革委办公厅、国家能源局综合司公布 2019 年第一批风电、光伏发电平价上网项目和分布式发电市场化交易试点，其中风电项目 56 个，光伏发电 168 个，分布式交易试点 26 个，合计 250 个，总装机规模 2076 万千瓦，涉及 16 个省（自治区、直辖市）。

这是近一个月以来发布的第三个风电光伏新政，2019 年风电、光伏行业政策“市场化”导向已明确，实行分类管理，竞价换补贴，补贴定规模，加速行业平价上网。业内人士认为，随着今年二季度政策出台、项目申报的推进，三季度项目建设将加速，行业拐点临近。

近年来，我国风电、光伏等可再生能源规模持续扩大，技术不断突破，发电成本大幅下降。数据显示，截至 2018 年底，全国风电、光伏装机达到 3.6 亿千瓦，占全部装机比例接近 20%。风电、

光伏全年发电量 6000 亿千瓦时，占比接近全部发电量 9%，一些地区已基本具备与燃煤标杆上网电价平价的条件。

经济参考报 2019-05-23

晶澳太阳能 PERC 半片组件，韩国市场高效新选择

近日，晶澳太阳能宣布为韩国应用单晶 PERC 半片组件的光伏项目供货全部 450kW 高效组件。电站的建成对于 PERC 半片高效组件在韩国市场的应用及推进当地新能源发展具有重要意义。

2019 年 4 月，晶澳太阳能 PERC 半片 395W 高效组件率先取得 KS (Korean Industrial Standards) 组件认证，成为最早获得该产品 KS 认证的中国企业，为追求高功率、节约土地成本的韩国客户提供了更多选择。通过 KS 组件认证标志着该产品完全符合韩国国家认证标准，在当地市场具有更好的竞争力及认可度。

该电站位于韩国庆尚南道咸阳郡，其采用的晶澳太阳能高效单晶 PERC 半片组件，通过了严苛的长期可靠性测试，在环境适应能力上更胜一筹，串并联相结合的电路设计使得电池内部功率损耗降低，具备更高的转换效率，更优的温度系数。与常规组件相比，在出现阴影遮挡的情况下，这款组件的半片结构设计可以减少发电量损失，为电站系统的可靠性和高发电量提供切实保障。

晶澳太阳能董事长兼首席执行官靳保芳表示，“韩国市场对于高效组件尤为青睐，晶澳太阳能将持续不断地通过研发与生产高性能光伏组件，满足客户对高质量产品的需求。晶澳太阳能韩国分公司也将致力于本土化经营，提供实时高效的支持和服务，深入开拓韩国市场，为当地光伏产业发展贡献力量。”

晶澳太阳能 2019-05-21

中节能“农光互补”打造“农业万达”

国务院国资委“走进新国企 长江大保护”系列报道之三：

中国能源报-太阳能公司在其发展中提出光伏发电与农业、工业、服务业三产联动充分融合的理念，通过地方政府共同招商引入当地有实力的养殖企业和种植企业参与运营，探索出一条光伏产业转型升级的样板工程。这家公司就是中节能太阳能股份有限公司（以下简称“中节能太阳能公司”），该公司是中国节能环保集团有限公司的控股子公司，也是国内第一家以太阳能发电为主业的上市公司。

近日，记者跟随国务院国资委组织的“走进新国企 长江大保护”活动，走进中节能（长兴）太阳能科技有限公司（以下简称“长兴公司”）的渔、农、光一体化农创小镇，实地探访央地共荣、和谐发展的光电发展的秘诀。

重新赋能农业光伏电站

隶属于浙江省湖州市的长兴县，位于太湖西南岸，历来有鱼米之乡、丝绸之府的美誉，其太湖水产也是蜚声海内外。作为光伏智慧农业综合示范项目的核心，中节能长兴 70 兆瓦光伏项目（以下简称“长兴项目”）每年生产清洁电力 7500 万度，节约标煤 3.4 万吨，减少二氧化硫 250 吨，二氧化碳 7.2 万吨，烟尘 287.1 吨。

在实现节能减排的同时，长兴项目注重与当地实际结合，突出特色农业，提升农业综合效益和现代化水平。项目一期 50 兆瓦渔光互补部分占地面积 1000 亩，于 2015 年 10 月 17 日开工建设，2016 年 4 月 23 日并网发电，将原有坑塘水面整合成标准鱼塘，实现了上部光伏发电和下部渔业养殖的结合。

“建成两年多来，已经形成小龙虾养殖合作社模式，由养殖基地向周边农户供苗再进行高价回收销售，实现年产近 50 万斤，解决了产销矛盾，亩均产值达 12500 元以上。”长兴公司管理人员对记

者介绍。

首先与长兴公司“牵手”的浙江吕源生态农业开发有限公司董事、“大帅龙虾”品牌创始人杨正祥告诉本报记者，与中节能合作养小龙虾，其品质比一般养殖高出一大截，个头也大出一倍。“我们的成功，带动了周边农户一起养殖。可以毫不夸张地说，如今湖州长兴已建成小型小龙虾销售集散地。”

长兴公司项目经理钟波对记者表示，项目二期 20 兆瓦农光互补部分占地面积约 500 亩，整体由 24 栋光伏联动大棚和一栋观光棚组成，全部采用现代化科技连栋大棚的建设模式，该项目于 2016 年 11 月 1 日开工建设，2016 年 12 月 20 日并网。

记者看到，大棚内配备了自然通风和风机通风系统，能够方便的控制大棚的室内温度及湿度，使农作物在高温下不受到损伤；保温系统使农作物在寒冷的冬天也能正常生长。此外，大棚还安装了雨水收集系统，及时收集雨水用于后期灌溉，同时达到了雨水循环利用、节约用水的作用，并通过大棚内安装的喷淋系统随时根据作物生长情况补充水分。

一二三产联动充分融合

长兴县雁陶村党总支董林祥对记者坦言，“长兴光伏农业项目搬迁了 1800 户，搬迁过程中还迁走 400 多座祖坟。然而，搬迁时农民不仅未与长兴公司产生任何矛盾摩擦，两者还形成了鱼水关系，探索出一条美丽新农村建设之路。”

长兴项目建成后为乡镇村民提供就业岗位 100 多个，解决了农村剩余劳动力就业问题和返乡农民创业场地问题，项目农地亩产从不到 1000 元提升至平均不低于 3.5 万元，成功探索出一套光伏与农业协同发展的“农创小镇模式”。

记者了解到，长兴项目策划阶段由复旦大学新农村发展研究院参与方案制定。为此，中国节能在长兴光伏项目策划之初，就明确提出了建设一个有地方特色的光伏示范项目理念，将高附加值农业、工业、服务业三产联动充分融合，并且第一次在光伏项目中提出了“弱光伏化”的概念。

项目开发建设团队向记者介绍，长兴项目的投资运营模式是通过地方政府共同招商引入当地有实力的养殖企业和种植企业参与运营，将普通光伏电站开发与渔业、农业、休闲旅游业相结合，将光伏电站投资运营商、政府、农民捆绑成为共同利益结合体，实现多方共赢的局面。“我们的模式可以类比为‘农业万达’”。

对于中节能为什么不自己从事农业，王东项目团队成员解释：“术业有专攻，我们把农业交给专业人士，效果会得到更大提升。另外，普通农户只能建设薄膜大棚，不会建设高大上的光伏大棚。比如，建设一个湖州这样的大棚需要 2000 万元，农民没有能力，而我们有实力。”

种植户胡萍告诉记者：“湖州长兴大棚正是我们所需的，大大降低了我们前期投资成本。大棚内所有设施均实现电气自动化操作，大大提高了使用效率。这是行业内首次大面积种植铁皮石斛，计划年产 20 万斤，整体实现亩产值 8 万元以上。”

光伏农创小镇模式，带活了长兴县。“长兴是我国的农业大县，历史上曾一度开矿，资源条件不太好，通过绿色发展带动产业发展，如今已经建设成浙江省省级名片，我们也是浙江省第一批农业强镇。未来，我们将把农业与旅游业有机融合，探索新的光伏电站发展模式。”长兴县吕山乡乡长陆伟杰对记者表示。

将研究农业光伏综合利用

无独有偶。太阳能公司与当地政府联动发展，打造田园综合体，实现生态价值与经济价值的有机结合的范例在其他地方也在积极实践。目前包括地面、滩涂、沙漠、光热电站、分布式及光伏建筑一体化项目、光伏农业项目等多种光伏电站模式的项目已遍布中国的 18 个省、市、自治区，总装机容量约 4.4GW（其中运营电站规模约 3.21 吉瓦、在建电站规模约 0.17 吉瓦、已经取得核准备案准备建设的电站及已经签署预收购协议并正在进行收购工作的电站规模合计约 1.02 吉瓦），在国内光伏企业中位居前列。

“中节能温州苍南 80 兆瓦光伏发电项目，预计总投资额 3.4 亿元。2018 年 11 月太阳能公司与苍南县人民政府签署了框架合作协议，完成苍南项目公司注册。目前已取得项目备案文件和林地批复。”

中节能太阳能股份有限公司张会学介绍，中节能安徽寿县二期 100 兆瓦光伏发电项目，预计总投资额 4.2 亿元。项目已获得备案、环评、土地预审、土地租赁协议等前期手续。根据安徽省发改委的要求，项目已递交申报材料，申报 2019 年安徽省第一批平价上网光伏项目。中节能南昌县大沙湖 250 兆瓦光伏平价上网示范项目，已向国家能源局申报光伏平价上网和清洁煤电协同发展试点方案，目前江西省发改委和公司领导正在积极争取国家能源局批复。

中节能太阳能股份有限公司张会学表示，在总书记“共抓大保护、不搞大开发”的号召下，中国节能在长江流域多个省市积极探索农、光、渔、副互补的田园综合体模式，确保在以农为本的前提下，促进光伏产业和农副产业深度融合。“未来中节能太阳能公司将以国内外光伏电站投资、建设和运营维护为支柱，能源互联网、动力电池、储能、光热、充电站等相关领域综合利用为研究方向，推动光伏产业转型升级。”

苏南 中国能源报-中国能源网 2019-05-28

聚焦产品，打造力诺光伏核心竞争力

一年前，三部委的一纸文件瞬时刷爆了光伏行业朋友圈，531 政策对企业的影响不亚于核弹的威力，去补贴、限增量、平价上网成为行业变化的主旋律，如何迎接政策调整带来的挑战成为光伏企业亟待克服的难题。

力诺光伏，业内人士一定不陌生，作为最早一批进入光伏行业的领路者，公司见证了行业发展的荣辱兴衰，既感受过全民抢装潮时的激情，又饱尝过补贴下滑的煎熬。虽说力诺光伏人习惯了光伏前进道路上的风风雨雨，也深知与传统发电模式直面竞争才是光伏跨越式发展的最终出路，但 531 的政策发布还是像晴天霹雳一样震撼到了每一位领导员工，给企业带来了巨大的冲击。面对挑战，企业也曾陷入迷茫：光伏行业是不是被抛弃？补贴断层的鸿沟能否跨越？迷茫之后更多的是反思和分析，反思行业在之前的政策温床中未能居安思危，分析企业如何在危机中找寻机会。一番论证之后，力诺光伏人寻到了突出重围的思路，正如力诺光伏集团总经理李德晔所言：“做专注的事和专注的做事是企业迎接挑战的法宝，聚焦产品竞争力的提升是公司稳固发展的最佳途径”。与业内大多数企业追求规模不同，基于行业技术变化速度之快和产品寿命周期长的考虑，力诺光伏从发展之初就定位于突出产品效率和质量管控的稳固发展理念，“做最好的电池和组件”是力诺光伏一贯追求的信念，而得益于这种信念的坚守，力诺光伏在政策之后能够迅速行动起来，在技术创新、质量管控、成本降低、服务水平等方面进行了全方位的提升和改善，最大限度减少了政策调整带来的影响。

技术创新是企业发展的驱动力，电池片效率提升是拉动光伏行业质变的基础，是实现平价上网的关键因素；力诺光伏技术团队长期专注的付出带来的效果逐步呈现，“近一年，我们通过新材料导入、材料匹配优化、工艺调整等方面的持续改善工作，推动电池片效率在行业整体水平的基础上又提高了 0.1-0.2%。”力诺光伏电池技术负责人姜言森表示，“下一步，我们继续深入与新南威尔士大学合作，导入业内新型工艺，通过氢钝化、绒面优化等措施拉动效率再提升 0.2-0.3%，同时主要浆料单耗降低 20%。”有电池技术的持续提升做后盾，组件的效率提高更是水到渠成，力诺光伏组件技术负责人徐振华率领的电池技术团队刻苦攻坚技术，“组件技术变革不是孤立的，我们把技术需求迁移，把组件效率提升影响因素渗透到电池改进环节，这样电池效率提升能够在组件中得以完全发挥，同时我们通过材料导入、工艺提升等方面进一步将 CTM 损耗值控制在 0.5 个百分点内，这离不开电池技术对我们的支持。”珠联璧合、厚积薄发是对力诺光伏技术团队的真实写照。除此之外，依托力诺集团背景，力诺光伏具有多数企业不具备的终端产业链优势，拥有 GW 级光伏项目的力诺电力不仅帮助力诺光伏在终端需求下滑时消化产能，更重要的是能够实时跟踪力诺光伏产品的发电情况，获取最全面的运行数据。通过这些数据分析，力诺光伏掌握不同地区、不同项目类型对于组件产品的需求差异，并能根据这些差异提供定制化产品，最大程度提高系统的发电效率，为光伏项目获取更高的投资收益。

对于产品使用生命周期在 20 年以上电力产品，质量的重要性不言而喻。力诺光伏一直遵循日本企业的质量管理体系，质量管理领导团队也是有多多年经验的台湾地区专家，公司推行全面质量管理，全员参与提升质量，不放过任何细节，追根究底，持续改善，针对性成立专项小组，攻坚难题，解决问题点。在质量团队的努力下，在管理体系的保障下，电池片产出 A 品率持续稳定在 98%以上，组件的不良率控制在 0.2%以内。检测设备是质量管控的重要工具，力诺光伏加速设备的自动化升级，从最前端到过程 EL 到终端外观检验实现了全产线的智能化检测，出货质量人为影响因素降为零，保证了产品质量的稳定性和一致性。

补贴滑坡对成本控制的要求更加严苛，产业链的各个环节都要一再压缩成本空间，电池组件价值在光伏发电 LCOE 成本中占比最大，更是降本措施的重中之重。行业原材料价格的透明度越来越高，力诺光伏采购团队转变观念，不是一味的要求供应商降价，而是分析市场变化趋势，结合生产需求，制定最合理的订货计划，在盘活资金的基础上减少供应商的发货批次，降低供应商的费用开支，也为公司争取更大的议价空间。公司与主要供应商建立战略合作关系，着眼于长期合作，相互支持，实现共赢。在降本的同时，采购团队同时重点关注新材料的应用情况，为技术团队提供更及时、可靠的材料信息，从源头上为降本带来主动权。

在产品趋于同质化的光伏行业，服务带来的附加值提升产品的竞争力。时效、高效、有效是力诺光伏服务的宗旨，客户反馈 1 小时沟通、4 小时提供临时措施，24 小时提供分析报告已经成为标配；驻厂支持也是力诺光伏的一大服务亮点，通过驻厂工程师的反馈，公司跟踪每批产品投入的后续情况，并对客户提出的需求现场解答，协助客户第一时间解决问题，赢得客户的尊重和认同。

众人齐心泰山移。面对外部困难环境，只有心往一处想，劲往一处使，才能克服困难，渡过难关。幸运的是，力诺光伏拥有这样一批“小伙伴”，上至公司高层，下至普通员工，不计较个人的得失，发扬力诺人“一家人、一桌饭、一条心、一股劲”的精神，从公司大局出发，谏言献策，凝心聚力，相互帮助，一起推动公司的发展和进步。

光伏行业的发展不会停下脚步，但前进的道路必然布满荆棘。“路漫漫其修远兮，力诺光伏将不忘初心，秉承让每一户家庭都用上太阳能发电的愿景，恪守为顾客创造价值的使命，致力于生产最好的电池片和组件，为行业发展贡献一份力量。”力诺光伏总经理李德晔的总结正是对公司未来广阔前景的最佳诠释。

李威 力诺光伏 2019-05-30

阿特斯签署史上最大单笔组件供应协议！ 法国电力公司下单 1.8GW 阿特斯高效多晶组件！

阿特斯阳光电力集团（Canadian Solar Inc.，NASDAQ:CSIQ，以下简称“阿特斯”）2019 年 5 月 29 日发布新闻公告，宣布公司和法国电力公司（EDF）旗下可再生能源北美分公司 Renewables North America 签署了一项长期组件供应协议。

根据协议，阿特斯将为法国电力公司今后几年在美国、加拿大和墨西哥开发的太阳能光伏电站项目提供总计 1.8 吉瓦的阿特斯高效 P5“双面霹雳波（BiHiKu）”系列多晶 PERC 双核电池组件和阿特斯高效 P5“霹雳波（HiKu）”系列多晶 PERC 双核电池组件。

法国电力公司可再生能源北美分公司总裁兼首席执行官 Tristan Grimbart 表示：“很高兴能够和阿特斯达成这项重大、实质性组件供应协议。该协议的签署也充分显示出法电对阿特斯高效双面组件技术充满信心。今后五年，我们已经签署协议的将要建设的太阳能光伏电站项目将大量采用双面组件，这将有效降低电站的平准化度电成本，为客户创造更大价值和收益。”

阿特斯阳光电力集团董事长、总裁兼首席执行官瞿晓铨博士表示：“很高兴能够获得 EDF Renewables 公司的认可，选用阿特斯高效双面组件产品为他们在北美市场的光伏电站项目提供稳定的电力供应，并为当地客户和家庭带来更多清洁、可靠的太阳能电力。随着美国市场逐步摆脱 201 关

税和投资税减免政策阴影，我们观察到有一股强劲的复苏势头正在美国太阳能市场兴起，这将对该地区的组件供应形势产生显著影响。我们会在世界范围内继续巩固和执行我们的业务战略，本次协议的签署也进一步深化了阿特斯和 EDF Renewables 公司在全球范围内的合作伙伴关系。”

阿特斯阳光电力集团 2019-05-30

海洋能、水能

“水电开发扶贫全球公认”

中国能源报-社会上很多人有一个错误的概念，认为水电引发了地质灾害，比如，是不是三峡诱发了汶川地震？是不是三峡导致了气候的变化无常？横断山脉建设重多水电站，是不是它诱发了白格堰塞湖？那么，水电开发到底是破坏生态，还是保护生态？水电开发到底是造成地质灾害，还是防灾减灾的科学手段？5月23日，在2019全国科技活动周期间，由中国水力发电工程学会主办、华北电力大学承办、北京水力发电工程学会协办的“水力发电与扶贫攻坚”科普论坛上，专家学者们给出了答案。

论坛上，专家们一致认为，“水电开发的扶贫作用巨大、全球公认”、“水电开发具有减贫、减碳的作用”、“水电扶贫是多方位的”等。

“水电扶贫是多方位的”

科普论坛上，专家们认为“水电扶贫是全方位的”。通过水利水电工程的建设能够防洪减灾；通过大坝船闸改善航运条件、促进贸易，增加居民收入来源；再通过灌溉、旅游、渔业等的发展，能够实现经济收入的增加和生态环境的改善。

在中国水力发电工程学会副秘书长张博庭看来，水电扶贫是项目本身的扶贫，与依靠财政补贴的光伏扶贫有很大的不同（光伏扶贫，实际上是全国的老百姓用多付的电价来扶贫）。我国水电开发之后，不仅要隐形的造福于全国百姓（补贴电价），而且项目本身还能带动当地的经济并对搬迁移民起到扶贫作用。“水电的扶贫作用，是巨大的，是多方位的，是实实在在的，也是全球公认的。”

与上述观点相同的还有华北电力大学教授丁晓雯，她认为，水电是牵一发而动全身，这“一发”就是我们的水电开发，提供廉价的电力，提供便利的运输条件；“动全身”，即通过航运、灌溉、防洪减灾等，又吸引了大量的投资，提高了流域的开发度。“水电开发直接建立了综合性公益性的工业基地，我们不再输送血，而是贫困地区自我造血。”

丁晓雯谈及水电开发与扶贫关系时举例，美国田纳西流域就是通过水电开发来实现扶贫减困的。田纳西流域曾经是美国最为贫穷和落后的一个地区，在20世纪30年代，人均年收入不到美国平均值的一半。在没有水电开发前，该流域居民的唯一收入来源为棉花种植，但长期高强度的棉花种植造成了土地退化。而通过流域水电站的梯级开发后，从上游一直到下游建设了将近50座水电站，到2000年左右，田纳西流域的人均收入提升到了美国的平均水平。

与田纳西流域相似，我国西南地区也可以将梯级水电开发作为一个流域开发的核心，通过充足的廉价的对环境友好的清洁电力，来发展工业，调整产业结构，因地制宜地实现扶贫减困。

水电使贫困地区具减灾“免疫”

众所周知，贫困来自恶劣的自然环境。我国集中连片贫困地区“三区三州”（“三区”是指西藏、新疆南疆四地州和四省藏区；“三州”是指甘肃的临夏州、四川的凉山州和云南的怒江州），自然条件差、经济基础弱、贫困程度深。国家层面的深度贫困地区80%以上区域位于青藏高原区，频发的地灾制约这些地区的整体脱贫。

“对于像怒江州、凉山州这类具有丰富水能的地区来说，水能的资源优势如果不能被开发利用起来，它就会不断的制造各种地质灾害来消耗掉这些能量。”张博庭表示，水电开发后水库的建造和蓄

水通常可以为原有不稳定的地质滑坡体，提供一个集中释放的机会。这些不稳定的地质滑坡体，一旦在蓄水期被释放之后，今后再遭遇到任何暴雨或地震都很难再发生地质灾害。这种在水库蓄水的初期，通过严密的监测，让潜在的滑坡体在不长的时间内都释放出来的减灾方式，可以被看成是水电建设的减灾“免疫”。

经过水库多次蓄水的“免疫”考验后，水库库岸再次发生地质灾害的可能性非常低。例如，在汶川大地震发生时，距震中仅十几公里的坝高 132 米的沙牌水电站，大坝后的水库库岸完好无损，而大坝前的自然边坡，滑坡、崩岸的现象则非常严重，惨不忍睹。

水力发电可有效消能

水电除了具有减灾“免疫”外，专家们认为，水电发电还是一个把河流水能转化为电能和消能的过程。消能是减少地质灾害的最根本措施之一，这种科学的减灾理念，亟待普及。水力发电的有效的消能，不仅是保障水坝结构安全的最重要手段，而且还是减少河流沿岸地质灾害的最重要的措施之一。

清华大学教授王兆印在报告中披露，2007 年清华大学的 973 研究项目表明：地质减灾的核心是消能，发育良好的天然阶梯深潭结构，能够自然的消能。所以，它能稳定河床，避免地质灾害。而水力发电的作用，则是通过驱动水轮机把水能转化为电能，更能起到科学的消能减灾的作用。

中国科学院陈祖煜院士表示，2018 年 10 月 10 日、11 月 3 日，在西藏自治区江达县波罗乡白格村发生两次滑坡，阻断金沙江，形成堰塞湖。水利水电行业在白格抢险救灾中扮演了重要角色，下游从梨园到金安桥、鲁地拉、观音岩等一系列水电站，在国家防总的指挥下，放空水库用来蓄洪，使得往下的洪水没有了。如果没有这些水电站，洪水要从丽江一直蔓延到大理。“会不会有第三次滑坡？如果有要怎么应对？就目前来说，基本结论是如果到了 2024 年叶巴滩水电站建设达到 2889 米正常蓄水位高程时，再出现一次白格堰塞湖灾情，叶巴滩水电站有足够的库容应对。”

王兆印还认为，单个大坝只能保护上游减少灾害。建设梯级坝群可以把正在下切的江河变成串糖葫芦似的江库连通水系。这样的江库连通有多样性的栖息地，适合多种生物生存，同时控制河流下切，减轻地质灾害。

苏南 中国能源报-中国能源网 2019-05-30

哈电成功制造世界顶级“精品转轮”

5 月 29 日，由哈电集团哈尔滨电机厂有限责任公司研制的世界单机容量最大 100 万千瓦水电机组首台长短叶片转轮成功下线，并顺利通过项目业主验收。据介绍，此台转轮各项关键尺寸及技术参数均符合设计图纸和技术规范要求，达到精品标准，进一步推动了中国水电走向世界水电设备制造的“制高点”。

中国经济网—《经济日报》 2019-05-30

风能

华能与江苏省签署千万千瓦级海上风电基地战略合作协议

5 月 19 日，中国华能集团有限公司党组书记、董事长舒印彪与江苏省委书记、省人大常委会主任娄勤俭，省委副书记、省长吴政隆在江苏南京举行会谈，双方就加快江苏海上风电开发、推进能源结构转型、创新生态环境治理等深入交换意见，并签署《战略合作协议》。江苏省委常委、常务副省长、省委秘书长樊金龙，集团公司党组成员、副总经理王敏，党组成员、总会计师王益华出席座谈会和签约仪式。樊金龙、王敏分别代表双方在协议书上签字。江苏省政府秘书长陈建刚主持签约

仪式。

根据协议，双方将按照“平等互利、优势互补、长期合作、共同发展”的原则深化能源领域战略合作，以加快海上风电开发和加强装备制造产业建设为中心，投入 1600 亿元打造华能江苏千万千瓦级海上风电基地，建设研发、制造、施工、运维一体化的海上风电产业基地，积极推进沿江沿海生态环境治理，合作开发能源项目，建设自主创新的江苏省新能源产业体系，共同应对生态环境治理和能源结构转型升级的双重挑战。

会谈中，娄勤俭、吴政隆对舒印彪一行前来参加第二届江苏发展大会暨首届全球苏商大会表示欢迎，并感谢华能长期以来对江苏发展的大力支持。娄勤俭强调，江苏坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻习近平总书记对江苏工作的重要讲话指示精神，认真落实新发展理念，着力推动高质量发展走在前列。随着江苏产业结构调整步伐加快，对能源的需求继续扩大，新能源发展空间巨大。华能和江苏有着良好的合作关系，希望华能抓住机遇深化在苏投资合作，与江苏高校科研院所加强科研合作，共同为新能源未来发展探索路径。

舒印彪代表集团公司党组对江苏省委、省政府一直以来给予华能的关心、支持和帮助表示衷心感谢。他说，华能在改革开放中应运而生，成立之初就以集资办电方式投资建设了当时江苏省内单机容量最大的现代化电厂——南通电厂。在 30 多年发展历程中，江苏始终是华能的战略发展要地。本次协议的签署是深入贯彻习近平总书记重要讲话精神，加快构建清洁低碳、安全高效现代能源体系的具体体现，是积极落实长江大保护和长三角一体化发展战略、推动江苏高质量发展的有力举措，也是华能围绕“六个新提升”和“两大突破”，推进“两线”“两化”战略实施的具体措施。华能将充分发挥科技创新的引领作用，加快江苏海上风电开发步伐，推进全产业链布局，积极优化煤电发展，为建设“强富美高”新江苏作出更大贡献。作为 IEC 第 36 届主席，舒印彪表示，将积极推动江苏海上风电技术标准体系建设，助力江苏标准走向世界。最后，他预祝第二届江苏发展大会暨首届全球苏商大会获得圆满成功。

中国华能 2019-05-21

发改委发文完善风电上网电价政策 自 7 月 1 日起执行

据国家发改委 5 月 24 日消息，国家发展改革委发布关于完善风电上网电价政策的通知，自 2019 年 7 月 1 日起执行。

对于陆上风电上网电价，通知指出，将陆上风电标杆上网电价改为指导价。新核准的集中式陆上风电项目上网电价全部通过竞争方式确定，不得高于项目所在资源区指导价。2018 年底之前核准的陆上风电项目，2020 年底前仍未完成并网的，国家不再补贴；2019 年 1 月 1 日至 2020 年底前核准的陆上风电项目，2021 年底前仍未完成并网的，国家不再补贴。自 2021 年 1 月 1 日开始，新核准的陆上风电项目全面实现平价上网，国家不再补贴。

对于海上风电上网电价，通知明确，将海上风电标杆上网电价改为指导价，新核准海上风电项目全部通过竞争方式确定上网电价。新核准潮间带风电项目通过竞争方式确定的上网电价，不得高于项目所在资源区陆上风电指导价。对 2018 年底前已核准的海上风电项目，如在 2021 年底前全部机组完成并网的，执行核准时的上网电价；2022 年及以后全部机组完成并网的，执行并网年份的指导价。

具体如下：

国家发展改革委关于完善风电

上网电价政策的通知

发改价格〔2019〕882 号

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团发展改革委（物价局），国家电网有限公司、南方电网公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司：

为落实国务院办公厅《能源发展战略行动计划（2014~2020）》关于风电 2020 年实现与煤电平价上网的目标要求，科学合理引导新能源投资，实现资源高效利用，促进公平竞争和优胜劣汰，推动风电产业健康可持续发展，现将完善风电上网电价政策有关事项通知如下。

一、关于陆上风电上网电价

（一）将陆上风电标杆上网电价改为指导价。新核准的集中式陆上风电项目上网电价全部通过竞争方式确定，不得高于项目所在资源区指导价。

（二）2019 年 I~IV 类资源区符合规划、纳入财政补贴年度规模管理的新核准陆上风电指导价分别调整为每千瓦时 0.34 元、0.39 元、0.43 元、0.52 元（含税、下同）；2020 年指导价分别调整为每千瓦时 0.29 元、0.34 元、0.38 元、0.47 元。指导价低于当地燃煤机组标杆上网电价（含脱硫、脱硝、除尘电价，下同）的地区，以燃煤机组标杆上网电价作为指导价。

（三）参与分布式市场化交易的分散式风电上网电价由发电企业与电力用户直接协商形成，不享受国家补贴。不参与分布式市场化交易的分散式风电项目，执行项目所在资源区指导价。

（四）2018 年底之前核准的陆上风电项目，2020 年底前仍未完成并网的，国家不再补贴；2019 年 1 月 1 日至 2020 年底前核准的陆上风电项目，2021 年底前仍未完成并网的，国家不再补贴。自 2021 年 1 月 1 日开始，新核准的陆上风电项目全面实现平价上网，国家不再补贴。

二、关于海上风电上网电价

（一）将海上风电标杆上网电价改为指导价，新核准海上风电项目全部通过竞争方式确定上网电价。

（二）2019 年符合规划、纳入财政补贴年度规模管理的新核准近海风电指导价调整为每千瓦时 0.8 元，2020 年调整为每千瓦时 0.75 元。新核准近海风电项目通过竞争方式确定的上网电价，不得高于上述指导价。

（三）新核准潮间带风电项目通过竞争方式确定的上网电价，不得高于项目所在资源区陆上风电指导价。

（四）对 2018 年底前已核准的海上风电项目，如在 2021 年底前全部机组完成并网的，执行核准时的上网电价；2022 年及以后全部机组完成并网的，执行并网年份的指导价。

三、其他事项

（一）风电上网电价在当地燃煤机组标杆上网电价（含脱硫、脱硝、除尘电价）以内的部分，由当地省级电网结算；高出部分由国家可再生能源发展基金予以补贴。

（二）风电企业和电网企业必须真实、完整地记载和保存相关发电项目上网交易电量、上网电价和补贴金额等资料，接受有关部门监督检查，并于每月 10 日前将相关数据报送至国家可再生能源信息管理中心。

上述规定自 2019 年 7 月 1 日起执行。

国家发展改革委

国家发改委 2019-05-27

走进华能如东八仙角海上风电场——“海装造”为海上风场降本增效

初夏的如东细雨濛濛，码头边的海面看起来颇为平静。华能江苏如东八仙角海上风电风机迎来临时定检维护，记者随着现场工作人员登上海船。驶离码头的片刻，海浪越来越大，天气也不再柔和。看着一米多高的海浪，拥有多年的海上风电运维经验的现场工作人员告诉记者，海上天气多变，这样的情况实属常见。

一直以来，难以预测的海上天气、高盐雾高湿度环境始终是海上风电设备运维面临的难题。即使如此，华能如东八仙角海上风电场 2018 年全场可利用率仍高达 98.9%，在三类海上风区年满发电小时数远超 3000 小时，其中，由中国船舶重工集团海装风电股份有限公司（下称“中国海装”）提供

的 20 台 5MW 机组起到了“定海神针”的作用。

年满发小时数高出一筹

站在距离岸边 23 公里的风机平台上，一排排巨大的风机在海上的雾气里若隐若现。现场运维人员告诉记者，项目自 2017 年 9 月 8 日全部完成调试并网，运行至今从未出过一次紧急事故。

我国海上风电起步较晚，近年来按照从近海至远海、由浅水至深水的发展趋势，正逐步形成海上风电的规模化开发。而从运维角度来说，由于项目经验仍较为有限，全生命周期的海上风电项目经验较少，加上复杂的海洋环境考验，海上风电的运维工作始终是制约降本的一大重要因素。

据记者了解，华能如东八仙角海上风电项目总装机容量为 30 万千瓦，其中 20 台“海装造”的 5MW 机组是我国 5 兆瓦海上风机的首次大规模应用。作为领域内的“开拓者”，中国海装却也以高效的运维成果交出了令人满意的成绩。

数据显示，由中国海装提供的 19 台 H151-5MW 机型和 1 台 H171-5MW 机型，在平均风速 7.3m/s 的江苏如东三类海上风电场，平均年满发电小时数为 3235h。H171-5MW 机型单位千瓦扫风面积达到了 4.59 平方米，年满发电小时数更是高达 3957h，比同场其它厂家高出近千小时。针对每一台机组，中国海装都制定了差异化的定期运维方案，提高每一次上机维护的实效性，不仅提高机组可利用小时数，更是大幅降低了海上运维成本。

可靠性不断提升

用于华能如东八仙角海上风电项目中的 19 台 H151-5MW 和 1 台 H171-5MW，之所以交出“亮眼”成绩单，离不开“海装制造”的高可靠性。

据了解，中国海装海上风电机组在样机设计阶段，就进行了充分的机组冗余设计。所谓冗余设计，意味着对采取两套或两套以上相同、相对独立配置的设计，以增加系统的可靠性。在此基础上，中国海装的海上风电机组形成了一套容错控制机制，当机组系统的某些部件发生故障时，在适当降低机组部分性能指标的前提下，整个机组能维持其自身运行的安全状态，并尽可能地满足一定的性能指标。经过样机优化阶段，在批量生产的过程中，依据测试、运行分析得出的部件可靠性指标对整机的硬件、软件、性能或功能进行了冗余设计优化，整机的可靠性也得到了保障。

不仅如此，为进一步提高风机可靠性，中国海装计划以大数据挖掘分析为手段，搭建及验证机组可靠性模型，并识别机组及关键部件的重要故障模式，采用冗余设计、简化设计、容错设计、稳健参数设计等方法优化整机及零部件设计，保障海上机组的高可靠性水平。

有序高效快速响应

在“海装造”机组本身可靠性得到保障的基础上，“海装人”争分夺秒的快速响应运维工作也尤为重要。“通常从早上六点半开始检修工作，为了保障业主利益，需要在最短时间内完成检修，如果需要甚至会在船上过夜。”现场运维人员说。“一旦出现风机检测异常，我们运维小组就会快速响应，根据当天天气安全、合理地安排出海时间。”

借助中国海装的大数据 LiGa 平台，具有专业素质的运维人员通过调度中心不断汇总的实时信息，包括预防性维护指导与运维策略更新，故障信息、故障分析、天气预报、海事信息、计划性维护、预防性维护、技改工作等，将通过 ERP 系统的科学管理及海装自主研发的调度软件获取分配到的工作任务。

快速响应的同时，安全也是现场运维工作中重中之重。详尽的安全手册、随时穿戴的救生衣、厚重的安全防护装置等，都是随船出海必不可少的一环。据了解，为使海上运维安全风险降到最低，中国海装定期为运维人员组织应急演练，不断加强安全教育和监督，组织项目人员学习潮汐、风速、浪高和盐雾等海洋环境，至今未出现过一起安全事故。

为风机赋予智慧

为进一步提高海上风机可靠性、提高海上风电发电量，中国海装计划为风机赋予“智慧”。据了解，当前我国海上风电机组已逐步拥有了较为初级的智能水平，例如“感知、记忆、判断”等能力。然而，我国海上风电运维工作仍受到海上风机运行数据积累不足的限制，一直以来定期维护和故障检

修仍是运维工作的主要部分。

新一代“智能风机”将如何打破“被动式运维”的局面，在变幻莫测的海面上“主动出击”、解决问题？对中国海装来说，下一步将为海上风电机组带来“实现自我管理、有自适应能力并实现互联互通”的能力。据介绍，中国海装计划为海上风机建立全面的感知能力，既能够知悉自身状态，也能够及时感知周围环境，利用全方位的数据建立健康管理系统。在整机和子系统状态得到实时评估的情况下，运维人员将能够通过远程监控和风机进行互联互通。对此，中国海装工作人员表示，面对“竞价上网”，有智慧加持的风机将为我国海上风电降本起到重要作用。

李丽旻 中国能源报-中国能源网 2019-05-21

金风科技海上风电发展纪实

在改革开放 40 周年纪录片《我们一起走过》里有这样一段镜头，波澜壮阔的大海上，海上风机稳稳矗立在大海之上，白色的叶片随风旋转。片中这些海上风机的制造商，正是新疆金风科技股份有限公司（下称“金风科技”）。

经历十余年的时间，金风科技从对海上风电懵懵懂懂到投运 2018 年亚太地区最大海上风电机组，并于同年发布 8 兆瓦海上大容量机组，靠的是“敢为天下先”的勇气，一枝独秀的技术，勇于担当的企业责任心。

“早鸭子”风机勇下海

早在 2007 年，国际上的海上风电市场在经过十余年的发展后风起云涌，新产品层出不穷，工艺体系日趋完善，可用“进入快车道”来形容。

而同期，国内尚未出现一台真正意义上的国产海上风电机组产品。

彼时，正在如火如荼从事陆上风电开发建设的金风科技突然接到了一家公司建设海上风电项目的邀请，为其海上石油平台提供绿色电力支持。石油平台建在海上，如果要为其供电，就要把风力发电机组这只“早鸭子”赶入海中，这不是仅靠丰富的陆上风电设备研发、制造、运维经验就能完成的。海洋环境变幻莫测，对设备的可靠性要求非常高，面对这样严峻的挑战，金风科技敢啃这块硬骨头吗？

海上风电是取之不尽的绿色低碳可再生能源，具有禀赋好、储量大、风速高、主导风向稳定、风功率密度高等优势，非常适合大容量机组运行。而且海上风电不占用土地，靠近沿海经济发达地区负荷中心，传输经济性好，市场接受度高。在对海上风电行业进行了解后，金风科技决定，利用这个项目进行海上风电的尝试。

2007 年，金风科技 1.5 兆瓦试验样机在渤海湾矗立起来，被业内认为是我国海上风电的开端，也是中国第一台在海洋环境中运行的直驱永磁风电机组。

然而，问题远比想象的复杂，海洋环境对风电机组带来的考验与陆上相比完全不是一个量级，潮气、盐雾、恶劣的气候条件……每一项都给风机的正常运行带来严峻挑战。

抱着发展海上风电事业的决心，研发人员通过一个个实验摸索，总结经验，克服难关，不断进行技术改进。

“当时不知道什么材料能够适合海上风机使用，我们就把所有可行的材料贴在塔筒内壁做测试，观测它们在海洋环境下的状态。”现任金风科技研发中心副总经理兼江苏金风科技有限公司总经理的陈小海作为首任项目经理，参与了项目的整个过程。

“风电机组第一次面对海洋环境虽然出现了诸多问题和挑战，但给中国风电人带来的经验是十分宝贵的。金风科技研发工程师逐一研究分析技术难点，并将研究成果全部用到了海上风电的技术方案改进中，这也为后来金风科技新一代海上风电产品平台进行了重要的技术实践积累。”陈小海说。

独门技术领跑行业市场

十余年间，金风科技对于海上风电的应用求索从未停止，先后参建了江苏、辽宁、福建等不同

水深、不同地质、不同资源禀赋的潮间带、近海、远海各种类型的海上风电场，利用已有直驱平台成熟技术不断优化迭代，谨慎开发稳定可靠的海上机组。截至目前，金风科技累计并网海上风机容量超 41 万千瓦，装机台数约 150 台，涉及多个机型。

“中国的高铁树了一个很好的榜样，虽然起步晚，但后来居上，我相信海上风电行业也可实现同样的超越。”国家“千人计划”专家、金风科技总工程师、海上业务单元总经理翟恩地说。

要想寻求突破，就得从问题入手，发展海上风电的一大掣肘就是，相比陆上风机，运维更为复杂，需要更多考虑天气因素的影响。“一旦海上风电机组出现故障，想要登上机组检修，得靠天时地利。”翟恩地笑道。特别是东南沿海区域，一年 365 天大概只有 100 多天具备适合条件的窗口期。由此产生的各种费用，都会增加海上风电运营成本。

缩减成本须有技术做支撑，只有产品质量足够可靠，后期运行中才能体现出它的经济性。

早在海上风电起步之时，金风科技就意识到，直驱永磁技术是海上风电行业的未来，它结构简单、可靠性强而且环境友好。多年来，金风科技投入大量人力、物力不断完善直驱永磁的技术路线。经过十余年的发展，大容量、大风轮直径、永磁直驱技术路线已得到业内的一致好评，相关测算显示，由于永磁直驱技术大幅降低了传动链的复杂度，使得机组可靠性比其他技术路线提升 20%以上，发电量提高 3%~5%，特别适合海上的复杂环境。

凭借拥有自主知识产权的直驱永磁技术，金风科技两度获得《麻省理工科技评论》杂志评选的“全球最具创新能力企业 50 强”，并为中国国产风电机组的出海之路，做好了深厚的技术积累。

“金风科技共有员工 8000 多人，仅研发人员就超过 2000 人。”翟恩地介绍，鼓励技术创新、尊重科学精神是驱动金风科技不断稳步发展的重要动力。

迄今为止，金风科技在美国、德国、丹麦等全球 7 个区域建立了研发中心。来自世界各地的“最强大脑”，源源不断地向金风的风电事业发展注入新鲜的技术和活力。为了提高产品的可靠性，金风科技斥巨资在江苏大丰建设国家地方联合实验中心，通过反复试验和仿真模拟，不断提高产品可靠性。

不忘初心 引领行业发展

伴随中国新能源产业的快速发展，金风科技全球累计装机已超过 50 吉瓦，31000 台金风的风电机组在全球各大洲 24 个国家稳定运行，积极发展海上风电、大力拓展海外风电市场的“两海战略”切实落地，卓有成效。而闯出一片天地的金风科技并没有忘记最初的追求。

“海上风电任重而道远，在看到喜人成果的同时，金风科技也深感肩上的责任重大。国内海上风电尚处于发展阶段，相比欧洲海上风电仍有不小差距。”翟恩地说。

要想让市场认同，必须拿出“硬实力”。金风科技不断提升海上风电技术，加强人才队伍建设，为客户提供高可靠性机组、精准的风电场资源评估、智能化吊装及运维方案。金风科技围绕海上风电项目，追求最优度电成本方案，打造“海上风机、海上工程、海上运维”三位一体的整体解决方案。

2018 年 11 月，金风科技成立了海上风电培训中心，进行海上风电专业安全实操培训，是我国首家满足全球风能组织标准的海上求生实训平台，为海上风电发展保驾护航。

根据国家能源局发布的《风电发展“十三五”规划》，到 2020 年，我国海上风电开工建设规模将达到 1000 万千瓦，力争累计并网容量达到 500 万千瓦，投资额约在万亿以上。正如翟恩地所说，海上风电是未来国内能源转型和海洋经济结合的重要抓手。海上风电，正迎难而上，未来有望成为我国海洋经济的主导产业之一。

“‘十三五’中后期是我国海上风电发展的重要‘战略窗口期’，金风科技将通过规模化发展和技术进步，加快降低建设、运维成本，让老百姓实实在在感受海上风电！”翟恩地说。

卢晨 中国海洋报 2019-05-30

氢能、燃料电池

未来能源的主角会是“氢”吗？

氢能是氢在物理和化学变化过程中释放出来的能量

- 如果制氢实现清洁环保可持续，那么氢能的生命周期将是一个清洁环保的闭环
- 氢能可将太阳能、风能等不稳定的可再生能源储存起来，是一种优秀的储能介质
- 氢燃料电池系统是目前已知的氢能最佳利用方式

氢能是氢在物理和化学变化过程中释放出来的能量，是一种绿色、高效、安全、可持续的二次能源，被视作 21 世纪最具发展潜力的清洁能源。

按照能源的发展趋势预测，氢能将是重要的能源形式。从人类能源的发展史梳理，从不发达的牲畜粪便、秸秆茅草到石油、煤炭、天然气能源，我们可以看到能源的形式是由固体逐渐向气体转变，可以预见未来氢气将和天然气一样，成为重要的能源形态。

氢能具备清洁优势。从生命周期的角度来看，氢能的来源就是氢气，那么只要有太阳能、光能、核能等绿色清洁的一次或二次能源就可以制成氢气，最后通过反应产生氢能。如果制氢的来源实现了清洁环保可持续，那么氢能的生命周期将是一个清洁环保的闭环。另一方面，氢能在储能方面，可实现持续供应、远距离输送、快速补充，氢能可以将太阳能、风能等不稳定的可再生能源储存起来，是一种优秀的储能介质。再从利用应用端来看，氢能既可以通过燃烧产生热能，在热力发动机中产生机械功，又可以作为能源材料用于燃料电池直接产生电能，其发电效率普遍高于目前其他能源转化率，可为燃料电池车、分布式发电设施提供动力，或转换成固态氢用作结构材料。优质的储能特性和高效利用让氢能成为未来重要的能源形式。

氢能产生的方式主要是燃烧和燃料电池中的电化学反应，其中燃料电池系统，具有高效、安全、清洁等优势，被誉为是氢能最佳利用方式。并且随着技术不断突破和成熟，氢燃料电池技术已大面积普及，并在多个应用领域进入商业化运营阶段，为氢能的利用运作提供了技术支持和保障。

全球氢能开发已进入商用阶段

- 交通领域是全球氢能技术应用的“领头羊”
- 今年我国首次将氢能源发展写入《政府工作报告》
- 我国已基本掌握氢气制备、储运、加注等环节的部分关键技术

全球多数发达国家，都将氢能看作战略性能源，从支撑未来发展的战略高度推进氢能产业。早在 20 世纪 70 年代，美国就成功地将燃料电池应用于双子星五号太空船和阿波罗号宇宙飞船上，成为第一个实现氢能源技术应用的国家。不过，20 世纪末期至 21 世纪初期，因成本问题，氢能源技术的发展近乎停滞，直到 2014 年，日本在氢燃料电池技术上取得突破，实现了氢燃料电池乘用车商业化运用。加上石油、煤炭等一次能源的储量逐渐减少导致能源紧缺，各国构建“氢能社会”的愿景又掀起了一股热潮。

目前，氢能产业已经进入高速发展阶段，全球发达地区重要发展战略规划有：美国计划 2030 年部署超过 10 万辆燃料电池货车，2040 年全面实现“氢经济”目标；欧盟以实现 2050 低碳经济战略为目标，计划 2025 年基本实现燃料电池商业化应用，建立相对完善的分布式氢能基础设施体系；日本致力于打造“氢社会”，计划 2020 年拥有 4 万辆燃料电池汽车，2025 年燃料电池在家庭发电、汽车出行等领域实现商业化应用；韩国政府 2019 年发布氢能经济发展路线图，计划到 2040 年氢燃料电池汽车累计产量由目前的 2000 余辆增至 620 万辆，等等。

从全球氢能产业发展看来，氢能开发利用进入商业化应用阶段，已在交通、发电、军事、航天等领域实现氢能及燃料电池技术产业化突破，其中燃料电池电堆成本、功率、可靠性、耐久性及环境适应性等指标已达到商业化应用水平。从国家层面来看，日本是氢能源发展最为积极的推动者；

从市场实践层面来看，交通领域是全球氢能技术应用的“领头羊”。

我国的氢能开发和利用已上升为国家战略。2012年，国务院发布《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020年）》，明确提出“燃料电池汽车、车用氢能源产业与国际同步发展”的战略目标。近年来，国家从战略、产业结构、科技等方面相继发布了《国家创新驱动发展战略纲要》《“十三五”国家科技创新规划》《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》《能源技术革命创新行动计划（2016—2030年）》《汽车产业中长期发展规划》等一系列政策，将氢能的综合利用作为重点发展方向，引导并鼓励发展氢能及燃料电池产业。同时，包括山东、江苏、武汉、张家港、如皋等省、市、县，也纷纷发布了氢能发展规划，促进氢能产业的差异化发展和快速推进。2019年《政府工作报告》提出，“推动充电、加氢等设施建设”，首次把氢能源写入《政府工作报告》。

我国氢能发展具备产业基础，具有较大发展潜力。氢能及燃料电池产业链包括制氢、储存、运输、氢燃料电池以及应用环节。从技术积累方面看，我国已基本掌握了氢气制备、储运、加注等环节的部分关键技术。其中，天然气重整制氢和电解水制氢技术具有一定优势；燃料电池膜电极、双极板等零部件已实现国产化；燃料电池商用车具备较强研发制造能力。而产业基础方面，我国产氢规模全球第一，全球最大的质子交换膜燃料电池发电项目投入示范运营，全国氢燃料电池汽车累积销量已超2000辆……政策的导向，已有的技术和产业储备，为国家发展氢能及燃料电池产业奠定了坚实的基础，中国或将成为全球最大的氢能及燃料电池产业市场，具备较大发展潜力。

我国氢能产业发展面临的主要问题

- 国内将氢气作为危化品管理，尚未纳入能源产品管理
- 氢能发展的顶层设计和管理体系有待清晰和完善
- 制氢和加氢成本高，经济效益差

近年来，随着政策的引导、技术的更新突破、产业构建的逐步完善，我国氢能及燃料电池产业取得了一定的成绩，但与发达国家还存在一定差距，特别在核心关键部件、性能参数指标等方面的问题亟待解决。

社会认知和发展理念亟待统一。当下，社会各界对氢能的认知程度差异较大，部分政府、企业和群众对氢能还没有客观、全面的认识，在产业导入初期，政策导向和发展方向还不明确，导致落地项目的产业发展阻力较大，制约着氢能的广泛利用。目前，国内将氢气作为危化品管理，尚未将氢气纳入能源产品管理，导致制氢、加氢和加氢站建设等环节相关标准和管理办法还不够明确和统一，产业的发展制度保障还不完善。

顶层设计和管理体系有待清晰。目前在国家层面，还没有专项的氢能发展规划，缺乏专职机构统筹管理，关于氢能发展和推进时间进度表还不清晰，相关配套标准和管理办法还未发布，如氢气价格、燃料电池补贴等相关政策还迟迟未出台，氢能发展的顶层规划和设计亟待完善。

氢能产业发展多数处于示范阶段，基础数量严重不足和区域分布不均衡。加氢站数量是衡量产业发展的重要参考指标，目前国内运营和在建的数量还不多，而且主要分布在长三角、珠三角和京津冀，配套设备也还处于示范阶段。另一方面，对于氢燃料电池的应用多数处于商用车的领域，还有较大提升空间，数量分布不均衡，区域均衡发展的难题还需跨越。

产业发展的经济效益亟待改善。从产业链来看，氢气的价格成本还居高不下，氢能产业处于商业化前期，尚难通过规模化降低制氢成本。同时，加氢站建设成本也较高，投入回报率低，不具备经济效益，推行难度较大。并且在燃料电池环节，产业化尚处于早期，经济性短板突出，主要是氢能及燃料电池部分关键零部件、核心原材料环节上国产化缺失，进口依赖度高，导致价格居高不下。在应用环节，氢燃料电池车辆主要还依靠政府补贴，应用端生命周期的购置成本、运营成本和处置成本也亟待降低。

构建氢能美好未来的几点建议

- 加快制定完善发展规划，细化落实支持政策
- 加速推进氢能及燃料电池产业示范应用

●重点培育具有自主核心技术的企业

做好顶层设计和规划。规范氢能管理和运营，鼓励引导氢能及燃料电池产业有序发展。建议成立专职机构负责推进氢能及燃料电池产业，加快氢能基础设施建设总体规划，完善加氢站建设的审批管理办法等支撑性政策，破除制约氢能及燃料电池发展的政策壁垒。

加速推进氢能及燃料电池产业示范应用。产业初期发展离不开政策的引导和政府的支持，从全球发达国家的成功经验来看，加大扶持力度，合力破解发展难题，是加快产业化进程的重要措施。建议大力推广氢能及燃料电池技术在交通运输、储能发电等领域的示范应用，推动氢能及燃料电池装备制造业发展，让更多具有自主知识产权的企业参与到示范项目中来，让示范项目规模更大，覆盖面更广，促进技术落地和升级，推动产业从示范阶段快速过渡到商业化阶段。建议加快制定配套扶持政策、专项奖励等办法，完善相关规定，杜绝骗补行为，让产业健康良性发展。

合力攻破成本难题。从产业发展的角度看，解决成本的路径主要有规模化和国产化。而规模化与产业发展之间是一个良性循环的过程，只有产业良性发展，才能规模化大幅降低成本，进而推进快速市场化。建议重点培育具有自主核心技术的企业，支持其攻克关键零部件难题，加快产业国产化，将核心技术真正掌握在自己手中，同时也加强对外合作和技术人才引入，实现开放发展。

做好氢能科普工作。以论坛、峰会、氢能主题日、氢能展厅、科普讲座等多种形式，让社会各界认识氢能并理解发展氢能的重要性。建议多层次、高频率宣传氢能产业，让更多的人理解并参与到氢能发展中来。

四川日报 2019-05-31

我国氢气管网建设严重滞后

中国能源报-“如果一个地区有 2000 辆氢燃料电池商用车，每辆车每天消耗 12 公斤氢气，那这无疑将是一笔不小的氢气消耗量。按这个规模计算，现有的长管拖车运氢方式可能不再适用，我们需要考虑更先进的管道运输方式。”中国钢研科技集团的一位负责人在日前召开的氢燃料电池及加氢站设备发展论坛上作出上述判断。

随着我国氢燃料电池汽车产业化脚步渐行渐近，氢气的运输问题逐渐成为各方关心的热点问题。在此背景下，氢气的管网运输现状如何？氢气管网建设还存在哪些困难？

仍停留在“百公里”阶段

氢气运输是氢能利用的重要环节。如何合理选择氢气运输方式、降低运输成本一直是业内关注的重点。目前，气态氢气运输较为普遍，一般通过装有高压容器的车船和管网方式运输。随着氢燃料电池汽车的大热，加氢需求潜力巨大，在长管拖车运氢方式存在短板、管道运输被寄予厚望的时候，我国氢气管网建设却明显滞后。

“据初步统计，截至 2017 年底，我国氢气管道总里程约 400 公里，主要分布在环渤海湾、长三角等地。相比之下，我国油气管网是以‘万公里’为单位，而氢气管网却仅是以‘百公里’为单位，规模差距巨大。”上述负责人指出。

2015 年，中石油管道局曾在河南省济源市工业园区——洛阳市吉利区投资 1.54 亿元建成一条全长 25 公里的氢气管道，该氢气管道管径 508 毫米，设计压力 4 兆帕，年输氢量 10.04 万吨，是我国目前管径最大、压力最高、输量最高的氢气管道。而大规模的氢气管道运输目前在我国仍未形成。

按照《中国氢能产业基础设施发展蓝皮书（2016）》预计，到 2030 年，我国燃料电池汽车将达 200 万辆，届时将建成 3000 公里以上的氢气长输管道。

成本偏高成掣肘

事实上，是否使用氢气管网运输对氢气的市场价格影响巨大。多位与会人士一致认为，大规模的氢气管网建设是降低氢气成本的关键。有研究表明，管道氢气价格是影响加氢站内部收益率的首要因素，管道氢气价格波动 10%，则对加氢站内部收益率影响超 11%。

上述负责人还给记者算了一笔账：一些国际大型气体公司的平均氢气销售单价约 20 元/公斤，与我国某些区域的氢气出厂成本基本相当，而这些地区的氢气终端销售价格则高达 40 元/公斤。

“差价如此之大，究其原因，除一些国家的制氢原料成本较低外，管道输送方式是关键因素，建设氢气管网是降低氢气销售价格的必然选择。”该负责人说。

但是，氢气运输管道建设仍面临诸多挑战。记者了解到，管道运输更适用于大规模的点对点运输。另外，氢气与某些金属存在氢脆现象，对管道材料有特殊要求。因此，建设氢气运输管道的投入成本较高。

数据显示，目前美国氢气管道的造价高达 31-94 万美元/公里，几乎是造价为 12.5-50 万美元/公里的天然气管道的 2 倍。而我国氢气运输管道建设的成本与美国基本相同。

对此，业内人士表示，目前国内外低压氢气管道运输尚处于初步发展阶段，要突破成本制约，除建设纯氢管道运输之外，还可以在天然气管网中掺混含量不大于 20% 的氢气，运输结束后再对混合气体进行氢气提纯，目前，该运输方式已经具有良好的经济性与安全性。

王升 中国能源报-中国能源网 2019-05-27