

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
第十九期 2019年10月

目 录

| | |
|--|----|
| 重点实验室动态--科研进展 | 1 |
| 建筑垃圾再生砖的早期强度性能研究 | 1 |
| 保温对地热单井换热性能的影响分析 | 1 |
| 13X 分子筛耦合四丁基溴化铵促进剂作用下 CO ₂ /H ₂ 水合物形成动力学 | 1 |
| 重点实验室动态 | 2 |
| 国家重点研发计划战略性国际科技创新合作重点专项“生物质气化及热电气多联供系统研发及示范”召开中期进展交流会 | 2 |
| 中科院长春应用化学研究所林君研究员来访 | 2 |
| 总论 | 4 |
| 清洁能源融合发展正当时 | 4 |
| 能源互联网中国方案引发业界关注 | 6 |
| 中俄跨国联网成能源互联互通典范 | 7 |
| 100%使用可再生能源的愿望终会实现 | 8 |
| 安徽：新能源总装机并网容量超千万千瓦 | 9 |
| 2019 十大“能源互联网”示范项目 | 9 |
| 《2018 年中国城市能源变革指数》发布 | 12 |
| 加速的全球能源转型和中国的领导作用 | 13 |
| 热能、动力工程 | 15 |
| 辉煌 70 年，化石能源功不可没 | 15 |
| 化石能源发展交出亮眼“成绩单” | 16 |
| 维美德看好中国清洁能源市场（跨国公司在中国） | 18 |
| 让房屋“不生病”是清洁取暖的基础 | 18 |
| 烟气提水让褐煤发电更清洁高效 | 20 |
| 制度建设是泛在电力物联网的强大后盾（聚焦泛在电力物联网） | 21 |
| 澳洲化石燃料排放量被严重低估 | 22 |
| 多能互补压缩空气储能海上电站初探 | 24 |
| 让中国东部能源大用户从能源消费者变为能源“产销者” | 25 |
| 深度脱碳需要革命性零碳技术突破 | 27 |
| 2019 十大科技创新技术/产品 | 28 |
| 大力发展建筑柔性用电迎接新电气化时代 | 30 |
| 化石能源供大于求已成全球大势 | 31 |
| 城市清洁供暖吸引大量资金技术涌入 | 32 |

| | |
|---|----|
| 《泛在电力物联网架构关键路径白皮书》发布 | 33 |
| 火电：筚路蓝缕 久久为功 | 35 |
| 70 年，中国电力工业跻身世界前列 | 36 |
| 加快开放现货市场需求侧，促进新能源消纳 | 38 |
| 冶金工业规划研究院院长李新创：节能是钢铁工业巨大的生产力 | 39 |
| 燃煤电厂碳捕集成本研究获得进展 | 40 |
| 可再生能源发展实现历史巨变 | 40 |
| “限硫令”或致燃料成本增长超万亿美元 | 42 |
| 生物质能、环保工程 | 42 |
| 雄安芦苇变身绿色能源 | 42 |
| 太阳能 | 43 |
| 2030 年太阳能发电成本或降为零 | 43 |
| 辽宁朝阳 500MW 光伏项目年底将投产 | 43 |
| 柬埔寨两处光伏电站获批 | 44 |
| 西藏当雄 10MW 牧光互补项目开建 | 44 |
| 东南亚规模最大光伏电站在越南投产 | 44 |
| 光伏行业探路能源物联网应用 | 45 |
| 东莞发布分布式光伏绩效评价报告 | 46 |
| 兰州启动国内首个液态太阳能燃料合成示范工程(图片新闻) | 46 |
| 钙钛矿光伏材料面临两大难题制约 | 46 |
| 光伏：新时代的中国名片 | 47 |
| 22.80%！世界多晶电池新纪录诞生！阿特斯研发团队引领世界太阳能电池技术新变革！ | 49 |
| 光热产业持续健康发展仍需政策吹“暖风” | 50 |
| 中国多晶硅生产：从受制于人到领跑世界 | 52 |
| 海洋能、水能 | 54 |
| 尼泊尔上马相迪 A 水电站发电量创新高 | 54 |
| 世界水电看中国 | 54 |
| 70 年水电之变，中国越来越“亮堂” | 56 |
| 风能 | 57 |
| 我国风电设备管理水平将提升 | 57 |
| 华能海上风电技术研发中心落户盐城 | 59 |
| 三门峡岭南 50MW 风电场首台风机成功并网 | 60 |
| 全球单体最大的陆上风电项目落地乌兰察布 | 60 |
| 风电：从零到领跑世界 | 61 |
| 多项海上风电直流输电行标开始编制 | 62 |
| 亚洲最大！东方电气成功研制国内首台大功率 10MW 海上风电机组 | 63 |
| 首个大规模风电平价上网示范项目将开建 | 64 |
| 拓荒内陆低风速风电场 | 65 |
| 氢能、燃料电池 | 66 |
| 布局氢能，国企优势明显 | 66 |
| 核能 | 67 |
| 台山核电 2 号机组完成“168”运行 | 67 |
| 世界核电发展现状与展望 | 67 |
| 贯彻落实核安全观 全面加强核安全监管 | 72 |

| | |
|------------------------|----|
| 谱写核能和平利用辉煌新篇章 | 74 |
| 秦山核电站：新中国核电事业的起点 | 76 |

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

建筑垃圾再生砖的早期强度性能研究

鲁敏 熊祖鸿 林霞 房科靖 黎涛 陈勇

摘要: 为全面了解建筑垃圾再生砖的早期强度性能,对比分析了再生骨料材性、原料配比及成型养护条件对建筑垃圾再生砖的早期抗压强度的影响。结果表明:初始含水率、骨料最大粒径和颗粒级配对水灰比和再生砖密实度的作用明显;适当的水灰比和灰骨比可促进水化反应和调控水化反应产物;提出了制备再生砖的最佳工艺,以此制备出 8 h 早期抗压强度可达 11.98 MPa 的建筑垃圾再生砖,其相应 28 d 抗压强度高达 26.89 MPa,达到 MU25 强度等级。研究结果可为建筑垃圾再生砖的规模化生产提供参考。

基金: 国家自然科学基金(21606228);

环境工程, 2019 年 08 期

保温对地热单井换热性能的影响分析

冉运敏 卜宪标

摘要: 建立了单井地热传热数学模型,模拟了单井地热流动换热过程,比较分析了不同保温材料及保温深度对采出水温度和取热功率的影响。结果表明:保温材料导热系数和保温深度对系统取热功率有很大影响。当保温材料导热系数为 0.03 W/(m·K)和 0.5 W/(m·K)时,平均取热功率分别为 732.08 kW 和 640.98 kW;采用导热系数为 0.03 W/(m·K)的保温材料,保温深度 1000 m 时流体进出口温差为 10.33 K,保温深度为 2000 m 时流体进出口温差为 15.98 K,保温深度为 3000 m 时流体进出口温差为 17.93 K。实际工程中,可以采用各种材料组合安装的形式对采出井进行保温,保温重点为井深较小处,这样既能保证采出水温,又能节约成本。

基金: 国家重点研发计划项目(2018YFB1501805); 广东省自然科学基金项目(2018A030313018); 国家自然科学基金项目(41972314)

化工学报, 网络首发时间: 2019-09-02

13X 分子筛耦合四丁基溴化铵促进剂作用下 CO₂/H₂ 水合物形成动力学

燕然 陈朝阳 夏志明 李小森 徐纯刚 颜克凤 蔡晶

摘要: 水合物法捕集 CO₂ 技术因其清洁环保、工艺简单等优点成为研究热点。但气液传热传质速度慢导致的形成速率慢、储气能力低等关键问题亟待解决。利用 13X 分子筛耦合四丁基溴化铵(TBAB)促进剂在 279.15~280.65K、3.0~6.0MPa 研究了 CO₂/H₂ (39.8%CO₂/60.2%H₂) 水合物的形成过程的压降曲线和气体消耗量,并对比分析了 TBAB 浓度、压力对其促进效果的影响。实验结果表明,与采用搅拌方式的 TBAB/CO₂/H₂ 水合物形成过程相比,13X 分子筛可显著提高 TBAB/CO₂/H₂ 水合物的压降速率和气体消耗量。在 279.15K、3.0MPa,随着 TBAB 溶液浓度增大,CO₂/H₂ 水合物形成过程的气体消耗量先增大后减小;而当温压条件为 280.65K、3.0MPa 时,气体消耗量随耦合促进剂中 TBAB 浓度变化仍遵循类似规律。此外,13X 分子筛耦合 TBAB 促进剂对 CO₂/H₂ 水合物压降速率和气体消耗量的影响随着实验压力升高而升高。

基金: 国家自然科学基金(51736009, 51576202, 51879254); 国家重点研发计划(2016YFC0304002); 中科院前沿科学重点研究计划(QYZDJ-SSW-JSC033); 广东省海洋经济发展专项(GDME-2018D002);

重点实验室动态

国家重点研发计划战略性国际科技创新合作重点专项“生物质气化及热电气多联供系统研发及示范”召开中期进展交流会

9月3日,“十三五”国家重点研发计划“战略性国际科技创新合作”重点专项“生物质气化及热电气多联供系统研发及示范”中期进展交流会在中国科学院广州能源研究所召开。该项目由重点实验室依托单位--中科院广州能源研究所牵头;中方参与单位淄博淄柴新能源有限公司,外方参与单位泰国清迈大学和巴基斯坦伊斯兰堡 COMSATS 大学,以及示范项目合作方泰国 SCL 能源有限公司等 30 余人参与了进展交流。

项目负责人吴创之研究员汇报了本项目的进展情况,重点介绍了关键技术研究进展、示范工程建设进度、科技人文交流与合作情况、考核指标完成情况、经费使用等方面。项目组已完成了生物质气化及热电气多联供系统核心技术和装备的开发工作,确定了泰国示范工程建设地点和方案,完成了工程设计和设备加工,即将进入施工安装阶段。项目进展情况符合中期进度要求,取得了较好的阶段性成果。

技术咨询专家组听取了项目汇报,对项目取得的阶段性成果给予了充分肯定,并就项目研究进展及下一步工作计划与项目组负责人及骨干人员进行了深入的交流,提供了许多建设性的意见和建议。本项目将通过联合研究和技术应用示范,提高相关技术和设备在东南亚地区的适应性,提高我国相关产品的市场竞争力,推动我国可再生能源技术在东南亚等“一带一路”国家的应用,促进探索我国科技成果国际转移转化的路径和新模式。



中科院长春应用化学研究所林君研究员来访

9月11日上午,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,中科院长春应用化学研究所林君研究员访问广州能源研究所并作学术报告。

报告会上,生物质生化转化研究室主任王忠铭研究员对林君研究员的来访表示热烈欢迎。林君

研究员作题为“Controllable Synthesis, Property Modification and Biomedical Application of Multifunctional Rare Earth Luminescent Materials”的学术报告，详细介绍了纳-微米结构发光材料的控制合成、形态结构和性能调控及其在显示照明与生物医学领域的应用研究，并介绍了各种稀土发光材料的形貌控制技术、发光薄膜及其图案化技术、特色 FED 发光材料、多功能稀土转换发光材料在生物成像和药物控制传递与释放等方面的研究工作。

林君研究员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，林君研究员详细回答了职工和学生的相关问题。会后，在亓伟研究员的陪同下，林君研究员对实验室进行了参观。此次林君研究员的来访将有助于进一步满足双方的科研创新需求，促进科研项目及人才的交流合作。



总论

清洁能源融合发展正当时

9月4日-6日，2019中国国际清洁能源博览会暨中国智慧能源产业峰会（CEEC2019）在杭州举办。博览会以“清洁能源融合发展”为主题，聚焦清洁替代、电能替代、智慧能源科技成果，致力于推广清洁能源高效利用，推进能源转型，推动智慧能源科技创新发展，促进长三角能源一体化建设。本期选摘峰会嘉宾精彩观点，以飨读者。

商务部原副部长陈健：大力推进“一带一路”建设拓展海外清洁能源市场

“绿水青山就是金山银山”，发展清洁能源紧扣绿色发展理念。本次会议汇聚政府、企业、相关组织共同研究探讨绿色能源发展，将有效促进能源革命。

对于新能源的发展，我认为有三个定位：一是要不断开发新技术，最大限度地控制传统能源对环境的负面影响；二是促进新兴能源的健康发展。改革开放以来，我国积极发展风能、光伏等新兴能源，但在发展过程中也碰到了一些困难，如何解决这些问题需要我们思考；三是探索会对能源革命产生颠覆性变化的新能源。

为了实现这三个定位，我建议：

第一，要认真落实我国在《巴黎协定》中的承诺，严控传统能源，特别是火电的排放，扎实做好火电的脱硫、脱硝等工作。

第二，大力推进“一带一路”建设，拓展有优势的清洁能源市场。如何让光伏和风能在更大的市场范围内拓展空间，这是摆在我们面前的重要课题。“一带一路”倡议的提出为其发展提供了广阔的前景，但仅靠一家企业很难实现，这就需要整合全行业的力量。具体来讲，就是要根据“一带一路”沿线国家的电力发展需求、能源发展需求，制定海外市场发展规划和重点项目，同时和我国的设备生产能力、施工安装能力、经营管理能力对接，组织力量逐步实施，支持重点项目落地，形成示范效应。此外，还可以制定相应的引导政策。

最后，要根据行业发展的形势以及全球能源发展趋势，积极研究可能产生革命性变革的新能源，加以发现和利用。

中国智慧能源产业联盟常务副理事长 国家电力投资集团董事长钱智民：清洁化、智能化助力能源安全

当前，我国能源行业依然面临两大突出问题：一是石油、天然气对外依存度高。去年，我国石油对外依存度约为70%，天然气约为40%，如此高的油气对外依存度显然存在风险。二是电网安全问题。今年，委内瑞拉等南美国家发生了电网事故，甚至美国纽约也出现了重大的停电事故，这样的问题也需要引起我们的足够重视。

其实，清洁能源的发展对降低能源对外依存度、提高自主战略能力有重大意义，同时，智慧能源也在解决电网安全乃至能源安全问题上发挥着重要作用。可见，能源的清洁化、智能化发展在未来有着巨大潜力和市场。

近年来，国家电投认真践行“四个革命一个合作”的发展战略，强化创新驱动，大力调整能源结构，目前，国家电投的清洁能源装机已经超过传统火电装机，占比达到50.14%。国家电投已经成为全球最大的光伏企业、全球第三大风力发电企业，同时也是全国清洁能源装机最大的企业。国家电投确定了“2035一流战略”，力争在2035年把国家电投建成具有全球竞争力的世界一流清洁能源企业，为此，我也提出三点建议：

第一，加强能源网络安全合作。今年能源领域发生了一些安全事故，迫切需要解决安全问题。

目前，我国正在推进能源智慧信息平台建设，该平台已经覆盖了 12 家能源电力央企和 44 家地方国资委所属能源企业的 200 多个电站。通过实时数据的采集，我们发现在部分点位或场站或多或少存在安全问题。能源网络是开放、互联、互通的空间，能源安全事件具有多发性和突发性，波及范围广，更需要能源企业和政府加强合作，共同应对。

第二，打造智慧能源共建共商新生态。日前，在国资委等部委牵头下成立了中国智慧能源产业联盟，为整合汇聚产、学、研、用各方面资源提供了平台，有助于提升我国智慧能源产业科研管理水平和国际竞争力。我们也希望更多能源企业能够加入联盟，共建国家智慧能源产业生态体系。

第三，携手布局“一带一路”沿线能源建设。“一带一路”倡议提出以来，我国在能源领域双边和多边合作上成果丰硕，今年 4 月“一带一路”能源合作伙伴关系确立，将会进一步促进“一带一路”沿线国家的能源互利合作。“一带一路”沿线国家资源丰富，但资源开发率还相对较低，各国还存在一定的政策障碍和贸易壁垒等，我国能源行业要继续加强和共同推动“一带一路”沿线能源项目合作，加强能源基础设施互联互通，探索创新合作模式，引领“一带一路”沿线能源发展。

国家能源局电力安全监管司副司长张扬民：新能源将迎更大发展机遇

近年来，能源行业深入学习贯彻党中央关于绿色发展的新理念、新思想和新战略，推动可再生能源持续发展壮大，着力解决可再生能源消纳等问题。国家发改委和国家能源局等部门先后出台一系列措施，取得了显著的效果。

2018 年，可再生能源消纳显著好转，全国平均水能利用率达到 95%以上，风电利用率达到 93%，光伏利用率达 97%。但清洁能源高速发展的同时也带来了一系列安全风险和挑战。

一是出力巨大，系统调节不足。火电结构调节力度不足，对清洁能源的发展带来了瓶颈。

二是涉网能力不足，连锁故障易导致连锁反应。新能源与传统的电力系统相比，可调能力不足，在扰动的情况下，容易导致连锁故障，导致电网大面积停电。

三是网络安全防护能力不足。目前新能源网络安全防护工作比较薄弱，安全管理不到位，存在的管理问题比较多。比如，场网边界管理资产归属权、责任落实等划分边界不清晰等。

四是新能源运行维护存在短板。风电场运行过程中倒塔等问题时有发生，部分设备运维不当，造成了运行安全不利因素增加。

目前，全球范围内的新一轮能源变革对我国是一个大好机会，我们应该面对挑战，妥善应对清洁能源高速发展过程中的威胁和风险，抓住机遇，乘势而上，为清洁能源创新发展提供坚强的支撑。我们相信随着国家一系列支持清洁能源发展政策措施的落实，随着能源革命全方位推进，新能源将迎来一个更大的发展机遇。

中国光伏行业协会副理事长兼秘书长王勃华：我国光伏产业已形成全球最完善产业链

气候变化和环境保护是当今世界各国关注的焦点，减少化石能源消耗，提高可再生能源在能源结构中的占比，已经成为世界各国能源发展战略的重要组成部分。在这种背景下，光伏发电以其清洁、安全、资源丰富等优势，在新一轮的能源变革中逐渐发挥越来越重要的作用。

2013 年以来，短短的五年时间，全球光伏发电累计装机从 140GW 左右增加到 500GW 以上，是五年前的 3.5 倍。2013 年底至今，光伏发电项目的平均初始投资成本降幅超过 55%，光伏发电在全球很多国家和地区已经成为最经济的能源形式，并仍然处于成本快速下降的区间内。

在中国，《可再生能源法》实施 13 年来，在政府有关部门的指导下，在业界同仁的共同努力下，中国光伏产业取得了长足的进步。13 年里，中国多晶硅产量的全球占比从 0.3%增长到 58.1%，光伏电池组件产量的全球占比从 11%增长到 72.8%，并已连续 12 年位居世界第一位。新增装机量占比从 0.36%增长到 40%以上，并连续六年位居第一位。累计光伏装机量的全球占比从 1.35%增长到 30%以上，并连续四年位居第一位。

统计显示，2008-2018 年十年间，中国光伏企业生产的光伏电池组件超过了 380GW，占 2018 年全球累计装机量的 75%，在有效推进全球光伏产业创新和成本快速下降上做出了不可磨灭的贡献，

取得了举世瞩目的成绩。从全球光伏供应格局来看，2018年中国大陆生产的多晶硅、硅片、电池片、组件、逆变器，在全球占比分别达到了58.1%、93.1%、74.8%、72.8%和62%。在多晶硅、硅片、电池片、组件、逆变器五个环节，产量全球排名前十的企业中，中国企业共有34家。我国光伏产业已经形成了涵盖高纯硅材料、硅锭、硅片、硅片辅料等全球最完善的产业链。

展望未来，清洁能源融合互补发展、高效智慧利用，必将在能源变革中发挥更大作用。光伏发电作为主力军之一，与其他能源形式协同发展是业内同仁下一步需要积极探索并共同努力的方向。在此背景下，“2019中国国际清洁能源博览会”旨在促进清洁能源融合发展，在全社会营造绿色低碳发展理念，不断扩大清洁能源应用范围，从而助力构建清洁能源生态大版图。相信在各方的共同努力下，清洁能源产业必将迎来一个蓬勃发展的繁荣局面。

中国机电产品进出口商会副会长王贵清：可再生能源国际市场形势乐观

今年上半年，我国光伏装机量同比下降了50%，光伏行业从9月份开始奋起直追，但要追上去年装机量仍存在一定困难。可喜的是，今年全球光伏市场仍然会有10%左右的增长。同时，风电市场更让人信心倍增，国内风电装机持续增长。预计全球陆上风电新增装机会有20%以上的增长，而全球海上风电则会呈现更大幅度的增长。

上半年，光伏、风电行业的出口情况就是最好的佐证。今年上半年，我国光伏产品出口额增幅超过了30%，风电更是大增了57%。今年1-7月，我国外贸出口额总体小幅增长0.6%（按美元计），横向比较来看，可再生能源的国际市场形势仍然可观。

国际可再生能源署指出，2040年全球可再生能源占比将从现在的26%增长到40%，届时除水电继续保持15%左右的占比，风电占比将会从5.5%左右增长到12%，光伏则会从现在的2%左右增长至约10%。从目前的发展形势来看，我们对这一增速充满信心。

对中国的可再生能源企业来说，我们不仅要做好国内市场，同时还要面对巨大的国际市场。而要做好国际市场，更应该借鉴此前“走出去”的海外工程项目经验。在这方面，商务部、财务部、发改委等给予了中国企业非常好的支持政策，而金融机构也推出了相关产品，为设备的出口特别是海外工程项目提供了有力支撑。

中国能源报-中国能源网 2019-09-11

能源互联网中国方案引发业界关注

9月10日-11日，2019全球电网论坛在加拿大温哥华举行。全球能源互联网发展合作组织（以下简称“合作组织”）在论坛上首次发布《北美洲能源互联网研究报告》，为北美洲经济社会环境可持续发展提供创新方案。

为世界能源转型提供中国方案

“目前，全球通过250多条海底光缆、700多颗通信卫星实现了信息互联互通，深刻改变了人类生产生活方式。与信息网相比，能源网的互联明显滞后。”合作组织主席刘振亚在论坛发言中指出，“随着特高压技术的突破，能源配置范围由小到大、配置能力由弱到强、配置效率由低到高，全球能源互联网一定能够建成，在推动能源转型和人类可持续发展中发挥关键作用。”

刘振亚认为，构建全球能源互联网，将加快推动“两个替代、一个提高、一个回归、一个转化”，即能源开发实施清洁替代，以水能、太阳能、风能等清洁能源替代化石能源；能源消费实施电能替代，以电代煤、以电代油、以电代气、以电代柴，用的是清洁发电；提高全社会电气化水平；使化石能源回归其基本属性，主要作为工业原材料使用；通过电将二氧化碳、水等转化为氢气、甲烷、甲醇等燃料和原材料，满足人类永续发展需求。

电力互联互通是资源优化配置的必然选择

中国国家电网公司，运营着全球并网装机规模最大、清洁能源装机最多的电网。国家电网公司

副总经理刘国跃表示，能源清洁低碳转型决定了电力系统必将继续向电源高度清洁、电网广泛互联的方向发展。面向未来，需要加快建设资源配置能力、智能互动能力和安全保障能力更强的输配电网络。

南方电网公司副总经理毕亚雄结合澜沧江-湄公河流域跨国电力合作指出，电力互联互通是澜湄区域电力资源优化配置的必然选择。根据区域电力资源禀赋、电力市场发展以及各国互联互通意愿，预计未来 15 年区域整体互联规模将快速提升，有望从目前的 600 万千瓦提升至 3000 万千瓦。

构建清洁低碳的北美洲能源互联网

此次合作组织发布的《北美洲能源互联网研究报告》基于北美洲经济社会环境发展特征、清洁能源资源禀赋和技术发展趋势，以能源转型、清洁主导、电为中心、进一步加强互联互通为目标，系统分析了北美洲能源需求、电力供需和电力流格局。

报告提出，北美洲能源电力发展面临着挑战，石油和天然气仍是最主要的消费能源，石油、天然气、煤炭消费占比共 78%。目前北美洲人口约占全球的 6.5%，但每年能源消费排放二氧化碳达到全球的 18%，工业革命以来累计碳排放占全球比重高达 30%。此外，北美洲能源电力基础设施陈旧老化：美国 70% 的输电线路和电力变压器运行超过 25 年；加拿大发电设备平均已运行近 40 年。

报告指出，北美能源绿色低碳发展的核心是秉持全球能源互联网理念，构建北美能源互联网，加快开发清洁能源，加强能源基础设施互联互通，实现能源转型和绿色低碳发展，打造北美洲清洁能源大规模生产、配置和使用的现代能源体系。

合作组织研究认为，北美洲能源互联网发展重点就是要开发加拿大哥伦比亚河、哈德逊湾、拉布拉多高原水电基地，美国中南部、墨西哥北部太阳能发电基地，美国中部、南部、加拿大魁北克风电基地以及各地分布式清洁能源，应全面加强重点通道、骨干网架建设和跨国跨洲联网，形成“北电南送、西电东送、水风光互补、跨洲互济”总体格局。

据合作组织研究，以北美洲东西部电网互联为例，东西海岸距离超过 4000 公里，存在 3 个小时时差，通过电网互联，将充分利用时差，发挥移峰效益。据初步估算，2050 年北美洲东西部电网互联移峰容量效益约 1600 万千瓦。

本报记者 李文华 北美洲能源互联网研究报告 2019-09-16

中俄跨国联网成能源互联互通典范

编者按：经过 70 年风云变幻考验，中俄两国关系愈加成熟、稳定、坚韧。今年 6 月 5 日，中俄两国元首决定将两国关系提升为“新时代中俄全面战略协作伙伴关系”，其中能源合作是重要内容。作为中俄能源合作的重要组成部分，双方电力合作机制日趋完善，电力贸易保持稳定，为东北亚地区进一步深化电力、能源合作奠定了基础。

国网黑龙江省电力有限公司最新统计数据显示，截至今年 8 月 31 日，我国今年已完成对俄购电 20.22 亿千瓦时。自 1992 年 7 月 1 日国网黑龙江电力 110 千伏布黑线（俄罗斯布拉戈维申斯克变电站-中国黑河变电站）投运送电以来，我国通过 3 条在运跨国联网线路，累计对俄购电 294.53 亿千瓦时，减少境内煤耗约 992.8 万吨。

购电电压等级最高、容量最大

上世纪 90 年代初，不论对黑龙江省、还是对我国来说，跨国供电都是一个极具挑战性的全新尝试。1992 年 7 月 1 日，110 千伏布黑线合闸送电，开辟了中俄两国历史上电力合作的先河。

实践证明，第一条跨国输电线路的成功投运，增强了中俄双方在电力合作领域的信心。1996 年，从俄罗斯锡瓦基到中国大兴安岭的十八站输电线路送电（现已停止运行）；2006 年，220 千伏布爱线（俄罗斯布拉戈维申斯克变电站-中国爱辉变电站）送电；2012 年 4 月，中俄 500 千伏直流联网工程正式投入商业运行，是我国规划建设从境外购电电压等级最高、容量最大的输变电工程，大大加强了与特高压相协调的西电东送、北电南送的东北网架，实现中俄经济发展和优势互补。

110 千伏布黑线、220 千伏布爱甲乙线、500 千伏中俄直流联网工程，一项项里程碑工程联通了中俄电力的“丝绸之路”，承载着俄罗斯丰富的能源资源流向中华大地，使中俄能源合作在“一带一路”倡议框架下进一步走宽、走深、走实。

中俄加强电力深层合作

黑龙江地处我国东北边陲，与俄罗斯远东地区接壤。远东地区能源资源富集，水能超过 1.1 亿千瓦时/年，煤炭储量预计超过 3500 亿吨。近年来，随着我国“一带一路”建设有序深入推进，中俄电力能源合作水平不断提高。

自 1992 年 7 月 1 日 110 千伏布黑线投运送电以来，我国对俄购电整体呈上涨趋势。2012 年 2 月 25 日，中国国家电网公司同俄罗斯东方能源股份公司签署了长达 25 年的购电协议，协议规定，到 2037 年前俄罗斯向中国供应 1000 亿千瓦时电量。2016 年 6 月 25 日，在中俄两国领导人的见证下，国网与俄罗斯电网公司在人民大会堂签署设立合资公司开展电网业务的协议，合作范围从电能交易扩展到输配电网投资等业务，进一步加强了中俄电力能源的深层合作。

尤其是今年以来，随着中俄能源领域合作愈发紧密，对俄购电既提高了俄罗斯远东地区富余能源利用率，也为我国东北部尤其是黑河地区提供了充足稳定的清洁电能，在助力两地经济发展的共赢局面中担当越来越重要的角色。

助建东北亚能源互联网

“中俄两国电力能源合作起步较早，基础扎实，成效显著，已成为跨国电力能源合作、能源互联互通的成功范例。全球能源互联网发展合作组织倡议和推动的东北亚联网工程，中俄两国都是重要的参与方和坚定的实施力量，围绕东北亚联网及其他双边联网项目，双方合作必将愈加紧密，也必将取得更大成绩。”全球能源互联网发展合作组织新闻发言人、合作局副局长林弘宇此前对媒体表示。

9 月 4 日，全球能源互联网发展合作组织主席刘振亚在俄罗斯符拉迪沃斯托克出席第五届东方经济论坛时表示，俄罗斯远东、蒙古和中国东北华北等地区的清洁能源资源十分丰富，中、日、韩三国能源市场空间巨大，充分发挥资源与市场互补优势，将促进俄罗斯、蒙古等国清洁能源大规模开发、大范围配置，为中、日、韩、朝等国提供清洁电力供应，实现各国合作共赢。

全球能源互联网发展合作组织研究提出，构建东北亚能源互联网的总体思路是加快开发俄罗斯远东水电和风电、蒙古太阳能发电和风电、中国东北华北风电等大型清洁能源基地，建设环渤海/北黄海、环日本海、环阿穆尔河/黑龙江流域、连接蒙古南部至中国华北的“三环一横”跨国联网通道，形成“西电东送、北电南供、多能互补”的能源发展新格局。预计到 2050 年，东北亚能源互联网建设投资达 2.7 万亿美元，将创造就业岗位超 2400 万个，年跨国电力贸易规模可达 5500 亿千瓦时。

本报记者 李文华 中国能源报 2019-09-16

100%使用可再生能源的愿望终会实现

从实验室到产业化，经过五十多年的发展，光伏真正走进了我们的生活，且正在成为最廉价、最清洁的发电技术。

光伏作为一个能源产品，和其他能源一样，必须安全、可靠、用得起。目前，在国外很多地区，大型光伏发电电站的上网电价已经低至 0.02 美元/度，有的地区甚至可以达到更低的水平。今年，我国光伏度电成本也已达 0.26 元人民币。

纵观光伏发展史，光伏技术经历了三个发展阶段。第一阶段是 1998 年以前，这一时期光伏的发展主要处于实验室研发阶段，在应用上也仅涉及如卫星等一些特殊制造和应用领域；第二阶段是 1998-2008 年，这十年是光伏产业化发展阶段。我本人和无锡尚德在此期间也为产业化做了一些工作；第三阶段是 2008 年以后，以 2008 年为时间节点，光伏产业进入了大规模生产阶段。

产业化之路不易，技术、人才、市场和资本缺一不可。从技术上来说，经过第一阶段 30 多年的技术研发，光伏产业积累了很多科研成果。以材料为例，就有晶硅、薄膜、碲化镉等不同路线。虽然

2010 年以前，国外技术对我们封锁，大部分设备依靠进口，但我国光伏企业凝心聚力，随后实现了技术、装备、工程全部国产化，成本大幅下降，转化率大幅提升。从以前的进口，到现在的自主创新，我国光伏产业大踏步地前进。在晶硅技术的研究课题和成果较为健全的情况下，目前晶硅技术成为了光伏产业的主流技术。在这个过程中，相关人才也得以培养和积累。

同时，光伏产业的发展尤其要感谢各级政府对产业的支持。一个产业的发展离不开资本。在光伏产业发展初期，国家补贴的支持大力推动了光伏市场的发展，光伏市场得以不断壮大、成熟。过去五年，我国光伏发电每年新增装机容量都在 40-50 吉瓦，占全球市场的一半，甚至更多。我国正从光伏制造大国向光伏应用强国迈进，这也是我国能源转型的具体表现。

天时地利人和，集齐所有因素并不容易，有运气，也要有时机，光伏产业是一个非常幸运的产业。和风电、高铁一样，光伏正在成为中国亮点、“名片产业”。

目前，我国光伏产业已经步入了“去补贴时代”，逐渐走向平价上网时代。在新的阶段，光伏产业需要持续创新。当光伏成为最廉价的发电技术，走进人们的生活，消费者对这个产品需要有更多的了解，比如如何把光伏当做家电一样应用？举例来说，光伏不一定是玻璃，可以是柔性的，可以是很轻的，可以做成各种形状。通过这样的技术，就可以把光伏做成膜墙、光伏网，做成车棚、充电桩等。未来，移动光伏电源和储能相结合，将会是产业一大发展趋势。

此外，光伏制氢也是目前备受关注的领域。光伏电站的投资回报周期是 5 年左右，5 年收回投资成本后，可以说发电成本是零。而用一个零成本的电力电解水，制氢，是可再生能源的一种发展方式。我相信氢能也会很快在我国成为规模化的可再生能源。

据 Bloomberg 预测，未来三十年，光伏发电在能源结构的占比会越来越大。而在储能、虚拟电网、微电网等技术的支持下，可再生能源发展速度将越来越快，我相信 100% 可再生能源的愿望终会实现。（原无锡尚德电力控股有限公司董事长施正荣）

齐琛同 卢彬 董梓童/整理 中国能源报 2019-09-23

安徽：新能源总装机并网容量超千万千瓦

9 月 2 日，安徽省环保电能（风光）发电量累计达 81.54 亿千瓦时，同比增长 7.8%。其中太阳能发电 56.71 亿千瓦时，同比增长 42%；风力发电量达 24.83 亿千瓦时，同比增长 1.1%。截至 8 月 31 日，安徽省风电、光伏和生物质等新能源总装机并网容量达 1160.19 万千瓦（相当新建 11 台 100 万千瓦的火力发电机组），占全省统调装机容量的 16.08%。

中国能源报 2019-09-16

2019 十大“能源互联网”示范项目

广东电网有限责任公司

城市-园区双级“互联网+”智慧能源示范项目

获选理由：是国家能源局批复实施的首批“互联网+”智慧能源示范项目，也是南方电网推进国家能源局首批“互联网+”智慧能源示范项目建设的重要里程碑，项目成果被收录进《国家能源互联网发展白皮书 2018》。项目成功投运的唐家湾三端柔性直流配电网工程，成功引导了一系列标志性、带动性强的重点产品和装备推广应用，形成了柔性直流配电网系统技术标准规范，填补国内外的空白；项目建设的智慧能源大数据云平台，实现了内外部能源数据的集成和管理、多源异构数据的融合并提供数据资源服务；项目建成的综合能源运营服务平台，集成了示范项目的核心能源应用业务，实现了示范区多能流协同能量管理、新能源和储能灵活接入、需求侧主动响应、多能源灵活交易，能源互联网数据共享，构建了面向能源消费革命、具有广泛示范意义的“互联网+”智慧能源新模式。

国网江苏省电力有限公司
苏州同里综合能源服务中心

获选理由：同里综合能源服务中心是苏州创新示范区最重要的综合示范工程。包含能源供应、能源配置、能源消费、能源服务四大类共 15 项创新示范项目。其中，能源供应类项目包括多能综合互补利用项目、高温相变光热发电等，打造“清洁低碳”的城市能源供应解决方案；能源配置类项目包括微网路由器、源网荷储协调控制系统等，将电能“安全高效”地输送到用户家中；能源消费类项目，包括绿色充换电站、“三合一”电子公路等，集中展示了“绿色智能”的用能新技术、新理念、新模式；能源服务类项目包括综合能源服务平台、综合能源展示中心等，强化“互动共享”的综合能源服务新体验。项目于 2018 年 10 月 18 日建成投运。

国网上海浦东供电公司
上海智慧城市能源云平台

获选理由：2018 年 12 月 10 日，随着上海张江集成电路产业区开发有限公司等一批企业相关能源数据导入云数据库，浦东供电公司“智慧城市能源云平台”（以下简称“云平台”）已在张江科学城 94 平方公里内完成全部 718 家能源客户的数据接入。该平台由浦东供电公司于 2018 年 8 月筹建云，从最初的顶层设计，到系统研发、上线运行，3 个月内，仅一期建设云平台就在能源监控、分析、管理、服务、交易、应用六大模块中上线了 11 个功能。基于大数据及物联网思维打造的综合性开放平台，通过对能源大数据的收集、分析、应用，既为政府以及电力、水务、燃气等能源企业提供能源监管、能源优化的上层能源资源管理，又为能源客户和能源服务公司提供开放共享、灵活智慧的综合能源服务互动。

陕西鼓风机（集团）有限公司
陕鼓分布式能源智能综合利用示范项目

获选理由：陕鼓创新开发的“能源互联岛”技术，从全流程全区域供能、用能、能量转换的角度出发，通过多能互补梯级利用，将可再生能源（太阳能、生物质能、地热能、水能、风能、空气能等），清洁能源（天然气等）和传统能源（工业余能等）高效利用和耦合集成，以智能化管控、专业化运营的模式提供水、暖、冷、电、燃气、工业气体、蒸汽等多联供能源，是从供给侧（供水、供暖、供冷、电力、燃气、工业气体、蒸汽）到排放端（污水、垃圾、余热、废弃等）全生命周期一体化分布式能源系统解决方案。该示范项目是目前全球首个园区能源、资源全循环、利用及管理的能源中心，已实现行业内万元产值能耗最低，排放最低。

新奥数能科技有限公司
黄花机场智慧能源管理平台建设项目

获选理由：该项目旨在依托多能源综合调度与优化系统、负荷预测技术和高级配电网管理系统，实现对机场范围内能源信息、能源设施网络、能源服务的全流程统一管理，实现多主体、多设施、多品类需供动态匹配，有效保障供能安全、可靠、稳定，进一步调结构、提能效、节能减排。项目主要包括三大部分，一是园区级的智慧管理系统建设，包括管理系统、通讯硬件和计量仪表；二是机场内部单位节能改造，包括 T1、T2 航站楼空调末端、配电系统及照明系统打造；三是 T1 能源站改建及能源站自控改造。目前，泛能网已经完成对黄花机场三大能源——水、电、燃气的全面智能计量和监测。通过能耗实时监控，“大数据”能耗分析和及时调整反馈，为机场节能减排提供决策参考。并且，在为机场能源供应商提效降本的同时，助力提升黄花机场整体能效及能源服务水平，降低机场能源费用和运营压力，最大化实现能源管理安全、品质、高效、经济间的平衡发展。

国网天津市电力公司

国网天津综合能源服务中心建设项目

获选理由：国网天津综合能源服务中心规模 4720 平方米，分为三层，涵盖“体验中心、运营中心、研究中心、数据中心和交付中心”五个中心定位，实现“两网融合展示互动体验、综合能源服务项目平台化运营、社会综合能效评价、综合能源方案库与产品库构建、产业联盟活动基地、客户能源大数据运营服务、‘供电+综合能源’方案定制和工程项目建设”八大功能。作为全国首个省级综合能源服务中心，这里被打造成为集调控、研究、数据、交付和展示五大功能于一体的天津“智慧能源大脑”。通过深度挖掘分析接入的海量数据，综合能源服务中心致力于为客户提供综合能源运维、能源大数据分析以及综合能源一揽子解决方案等多种定制化服务。

国网浙江省电力有限公司

浙江嘉兴城市能源互联网综合试点示范项目

获选理由：2019 年 8 月 29 日，全国首个城市级能源互联网示范项目浙江嘉兴城市能源互联网综合试点示范项目通过浙江省能源局验收。该示范项目于 2017 年 3 月经国网浙江省电力有限公司和嘉兴海宁市人民政府联合申报，成功入选国家能源局首批“互联网+”智慧能源项目。该核心示范区位于尖山新区（黄湾镇），实现可再生能源的 100%接入与消纳，实现清洁能源、高效电网、低碳建筑、智慧用能、绿色交通的广泛开放互联，实现电网侧与消费侧的绿色共享。

上海电气电站集团

“风光储充”一体的智能微电网系统

获选理由：上海电气为崇明三星镇量身打造的集“风光储充”于一体的智能微电网，采用 100%可再生能源发电，构建零碳社区，构建了“绿色、平稳、互联、智能”的能源系统，为能源生产消费结构创造无限可能。微电网主要有三层架构，一是发电层，主要有晶硅光伏等；二是配电层，增加储能电池系统，平滑光伏功率，实现削峰填谷，保证电网稳定运行；三是用电层，通过能源管理系统，管控用电端配备照明系统、充电桩等公共设施。该项目于 2018 年 5 月 12 日启动，2018 年 12 月 24 日并网。项目 80%以上设备由上海电气内部配套，是上海电气向智慧能源整体解决方案供应商的转型示范。目前，该项目已移交上海玉海棠生态农业科技有限公司运行。

北京京能清洁能源电力股份有限公司

深圳国际低碳城多能互补集成优化示范工程

获选理由：深圳国际低碳城是以热电冷三联供系统为基础，以可再生能源为辅助，以智能调度为核心的能源供应系统，统筹解决启动区内电、热、冷等能源需求，辅以中水循环再利用、植物吸碳等多种节能减排手段，打造清洁、低碳、节能、智能的能源体系，实现能源的就地供应和消纳。规划建设国际低碳城是以低碳产业为基础，综合绿色、智慧、环保、循环的理念，最终形成以低碳服务业为重点和支柱产业，智能绿色 IT 技术产业、能源环保产业、低碳经济新材料产业为主导产业，形成民生和谐、生态优化、宜居宜业国际低碳城和全球标杆性低碳综合示范区。

深圳市永联科技股份有限公司&深圳巴士集团股份有限公司

大型光充一体公交充电站

获选理由：深圳市永联科技股份有限公司和深圳巴士集团股份有限公司创新“混合所有制”运营模式，联合投运了 33 座由永联科技主持设计的大型光充一体公交充电站。其基于人工智能、大数据分析、物联网、云服务等核心技术，自主研发的大数据运营管理系统平台及全景运维模式，可实时对充电站进行监测、分析与运维，达到智能化、信息化管理水平，被有关部门认定为城市公交能源互联网建设的标杆。

该型充电站结合了配电、充电、光伏、储能及场站智能管理系统，充电桩全面采用柔性充电技

术，可根据车辆数量分配充电功率；可智能调换日、夜及峰谷模式；可利用电池储能谷充峰放，大幅降低充电成本，创造了很高的经济效益和社会效益。

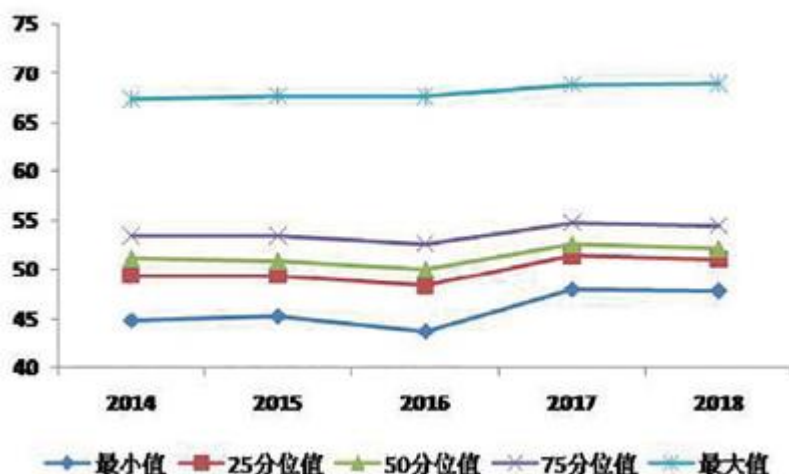
中国能源报 2019-09-23

《2018年中国城市能源变革指数》发布

2014—2018年城市能源变革前十大名单及得分(图一)

| 排序 | 2014年 | | 2015年 | | 2016年 | | 2017年 | | 2018年 | |
|----|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| 1 | 上海 | 67.3 | 上海 | 67.7 | 北京 | 67.6 | 北京 | 68.7 | 北京 | 68.9 |
| 2 | 北京 | 66.8 | 北京 | 67.0 | 上海 | 67.4 | 上海 | 68.4 | 上海 | 68.2 |
| 3 | 东莞 | 65.5 | 东莞 | 65.7 | 东莞 | 65.9 | 苏州 | 66.1 | 东莞 | 66.3 |
| 4 | 苏州 | 64.7 | 苏州 | 65.0 | 苏州 | 65.2 | 东莞 | 66.0 | 苏州 | 66.3 |
| 5 | 深圳 | 62.9 | 深圳 | 63.0 | 深圳 | 63.2 | 深圳 | 63.5 | 深圳 | 63.7 |
| 6 | 佛山 | 62.3 | 佛山 | 62.3 | 佛山 | 62.0 | 佛山 | 62.5 | 佛山 | 62.9 |
| 7 | 中山 | 60.9 | 中山 | 61.4 | 中山 | 61.2 | 天津 | 61.4 | 天津 | 61.8 |
| 8 | 无锡 | 60.5 | 无锡 | 60.4 | 无锡 | 60.4 | 中山 | 61.2 | 中山 | 61.6 |
| 9 | 广州 | 60.4 | 天津 | 60.4 | 天津 | 60.3 | 无锡 | 61.1 | 无锡 | 61.3 |
| 10 | 天津 | 60.3 | 广州 | 60.2 | 广州 | 59.8 | 广州 | 60.4 | 广州 | 60.5 |

2014—2018年城市能源变革指数持续上升



图二：2014—2018年能源变革指数的最小值由 44.9 上升至 47.8，提高了 6.5%；25 分位值由 49.4 上升至 51.5，提高了 3.4%；50 分位值由 51.2 上升至 52.2，提高了 2.0%；75 分位值由 53.5 上升至 54.5，提高了 1.9%；最大值由 67.3 上升至 68.9，提高了 2.5%。

9月19日，在第三届中国能源产业发展年会上，中国城市能源变革产业发展联盟规划中心主任孙祥栋介绍了《中国城市能源变革评价框架》，发布了《2018年城市能源变革指数》，并对近五年的变化进行了分析，根据指数报告，2018年北京、上海、东莞、苏州、深圳、佛山、天津、中山、无锡、广州位居前十（图一）。同时，他希望更多城市参与进来，从而助力我国能源变革可持续发展。

为什么要进行能源变革评价？

通过构建城市能源变革评价体系，客观评价中国城市能源变革的现状和趋势，掌握从国家开展能源革命以来，城市在能源变革方面的投入、措施以及产生的影响，可以为不同的城市开展城市能源变革提供基本参考对标体系，进而开展科学合理的评估评价。提炼城市能源变革各维度与要素，深入挖掘能源变革潜力，有利于发现不同场景能源使用效率最优值，并探寻能源在城市中变革的最

优路径，引导变革方向。同时，城市间能源变革情况的直观对比，可促进各能源变革主体的良性竞争，全面深层次推动城市能源变革和服务城市发展。

评价结果从何而来？

该活动从今年4月份开始筹划，由国网（苏州）城市能源研究院、中国能源报社、北京化工大学共同承担，期间由能源研究企业和高校的相关专家指导，经过思路确定、指标设计、数据采集、权重设置、样本拓展、结果分析、报告编写等几个阶段，通过数轮沟通和讨论，最终形成完整报告。

孙祥栋表示，城市样本分析主要依据城市类型和资源禀赋两方面，按照可比性、系统性、可获取性、一致性的原则，从政府工作报告、统计年鉴、发展公报、研究数据、能源公司数据以及各地发改委、经信委、能源公司调研函反馈的数据等作为数据来源。课题组从城市的能源变革指数与夜间灯光数据进行建模，寻找量化关系，并拓展到城市的研究样本，从而计算出城市的能源变革指数。从相关程度来看，城市的能源变革指数与灯光亮度显著正相关。

报告显示，城市能源变革指标体系建构主要分三部分——变革成效（55%）、变革趋势（15%）以及变革动力（30%）。其中，变革成效包括四部分：基础设施（25%）、能源消费（30%）、能源供给（25%）以及环境质量（20%）；变革趋势包括能源结构（45%）及能源效率（55%）；变革动力包括技术（23%）、政策（28%）、管理（24%）、主体（25%）。

京、沪位居前列，总体成效明显

孙祥栋分析称，该报告主要呈现出两大特点，一是2014—2018年城市能源变革指数持续上升。在此期间，全国294个地级市能源变革指数整体呈上升趋势（图二）。二是2014—2018年城市能源变革指数区域差异显著。按照区域4分法，以各地区50分位值水平衡量地区的能源变革指数。东部地区能源变革水平最高，2014—2018年由53.5提高至54.9，增长2.6%；中部地区次之，由51.6提高至52.5，增长1.7%；西部地区排名第三，由49.8提高至51.3，增长3.0%；东北地区排名第四，由49.4提高至50.7，增长2.6%。

在40个城市中，排名第一的北京市，能源变革发展效果比较显著。其中，北京分项指标变革成效（即变革现状）和变革动力得分排名比较靠前；从变革成效来看，北京市基础设施完善。充足的能源基础设施建设、能源转型的技术力量及合理的能源结构，促使北京在能源变革发展的道路上处于前列。而排名第二的上海市，自2013年来，5年的排名处于比较平稳的水平。说明能源基础设施日趋完善，为能源变革提供了基本支撑。因此，能源基础设施完善、能源转型效果明显的上海在能源变革的道路上一直是个领跑者。

孙祥栋表示，下一步，课题组将持续梳理40个调研城市的能源转型成效及路径，总结中国特色城市能源转型的基本模式，不断推广特色经验，增强评估工作的科学性和稳健性，践行中国城市能源变革联盟“影响100个城市，惠及1000家企业，推广10000个案例”的使命愿景，助力我国能源变革可持续发展。

本报实习记者 张胜杰 中国能源报 2019-09-23

加速的全球能源转型和中国的领导作用

能源转型已经是一个人人都明白的概念，简单说就是从有污染、不可持续的化石能源，转向清洁、安全且取之不竭的可再生能源。能源转型同时是一个大命题，具有深远的影响和多重维度。大到人类如何进一步破解和升级千年以来的能量来源，如何确立和实现国家的发展前景与目标，如何维护全球生态与环境、应对气候变化，再到行业和企业的发展方向和成败，细到民众的衣食住行中的方方面面，都与能源的现在、转型进程以及未来方向密切相关。

全球能源转型不断取得进展，特别是近10年来，随着减少温室气体排放、应对气候变化成为国际可持续发展领域的重大议题，作为应对气候变化的关键，能源转型加快了脚步。全球范围内，可再生能源发电已占到全球总发电量的26%，技术进步带来可再生能源成本大幅降低，风电成本自1980

年到 2013 年间下降了约 90%，光伏发电成本从 2010 年到 2017 年下降了约 70%，这给人们带来更多的实现百分之百可再生供电，以及取得净零碳排放的信心。

刚刚过去的 2019 年夏季，极端气候和高温在全球频发。一方面，应对气候变化的紧迫性突显，而另一方面，美国、欧洲出现了大面积停电，居民电费大幅度增加，一些质疑之声随之而来，集中在可再生能源是否能够提供充分的稳定性，能源转型是否需要达到彻底和极致，以及能不能实现、如何实现、谁来买单等。

能源转型的前景究竟如何？应当缓慢渐进还是加速实现？

作为致力于推动全球能源转型的非营利机构，落基山研究所近期与世界经济论坛、碳追踪计划和彭博新能源财经共同发布了《能源转型的速度》这一报告。报告的核心信号是，渐进式能源转型情景描绘的未来世界与当今情况基本保持一致，这意味着全球能源系统处于保守发展的态势，但是，这一情景与《巴黎协定》目标存在矛盾。报告试图从几个角度入手，探讨世界进入加速能源转型模式的前景，这些问题包括可再生能源何时能够有足够的实力影响能源系统格局？新能源技术将呈现线性还是指数型增长？政策变化是静态的，即决策者保持审慎态度，还是动态的，即出台政策支持新的技术为更好的市场设计开辟新的机遇？

新兴市场将重复发达国家经历过的化石燃料发展路径，还是会直接应用新的能源技术完成跨越式发展？

关于全球能源变革路径，不同的模型假设会得出不同的结论。虽然哪种转型情景将会取胜尚无定论，但这一报告详细解读了两种情景辩论双方所提出的一系列论点与论据，以及一些关键影响因素，这将有助于市场了解世界正在沿着哪种路径发展。显然，报告鼓励和希望各利益相关方能够共同推动加速转型情景，推动新政策，确保新能源技术将重塑市场、商业模式以及能源消费方式，引领全球化石燃料需求在 2020 年至 2030 年间达到峰值，使世界迈上一个加速转型之路径。

对能源转型前景与速度的深入思考至关重要。落基山研究所首席执行官、报告联合作者 Jules Kortenhorst 认为：“全球能源转型速度的两大情景设定了市场对能源未来发展的期望，这点至关重要，因为不同情景决定了政府、企业和个人将以不同的方式配置他们的资源。”碳追踪计划能源战略专家、报告联合作者 Kingsmill Bond 表示：“对政策制定者和能源领域现有核心利益相关方来说，了解能源系统会沿着渐进式还是快速情景转型非常重要。这份报告陈述了全球能源转型过程中需要关注的几大问题，从中可以了解未来十年世界将会按照哪种情景变革能源系统。”彭博新能源财经总编辑、报告联合作者 Augus McCrone 表示：“能源部门非常复杂。这份报告提供了一个清晰的整体框架，帮助市场充分了解关于能源系统如何演变这一问题的不同情景设置。”

中国在全球能源转型中的角色

回首中国建国七十年，中国已经并将继续在全球能源转型中发挥举足轻重的作用。国家能源局刚刚举行的建国 70 周年能源发展成就新闻发布会，声明中国围绕“四个革命、一个合作”能源安全新战略，不但成为世界能源生产第一大国，并且实现了从一煤独大到清洁绿色的巨大转变。煤炭消费比重下降 9.5%，历史性降至 60% 以下，单位 GDP 能耗下降 23.3%，非化石能源消费比重提升至 14.3%。电力占终端能源消费比重提升至 25.5%。中国从跟随模仿，到并行引领，走上了动力转换、创新发展的新道路。在风电和光伏总装机规模、可再生能源投资方面，中国都当之无愧是全球的领头羊。

笔者认为，中国在加速能源转型之路径方面拥有巨大潜力，中国的优势体现在政策、规模与创新三大方面。

优势之首在政策。中国在能源体制方面已经实现了从计划管理到市场为主的巨大转变，走上了深化改革、推进治理体系和治理能力现代化的新道路。中国正在进行的生态文明建设和正在推进的高质量发展路径，已经表达了不重复发达国家先依赖化石能源、再发展清洁能源的老路，而是以新政策、新措施不断扩大新能源技术引领下的节能减排和清洁发展。能源革命深入人心，其宗旨就是以可再生能源彻底改变能源结构，走上清洁绿色发展之路。

优势之本在规模。作为第一大能源生产与消费国，同时也是第二大经济体、最大的发展中国家，

中国在现有经济规模、发展速度和未来市场方面居全球之首。与此同时，能耗下降虽然不断取得成绩，但潜力仍旧巨大，规模化将进一步将这一潜力发挥到更高水平。数据显示中国有能力将现有清洁技术迅速规模化。这一规模与指数级增长的技术突破特别是互联网、数字化和智能化相结合，极有可能实现能源转型数量级的突飞猛进，例如可再生能源在一次能源和电力系统中比例的极大提升。

优势之最在创新。中国正在加快建设创新型国家，意味着将创新作为国家发展的核心驱动力，加大对创新的投入，使得科技进步和技术创新成为增长的动力。已发布《能源技术革命创新行动计划》（2016-2030），能源转型正面临清洁技术指数型上升的机遇期，在创新型国家的引领之下，突破性技术、投资与创新商业模式相结合，通过大规模市场形成商业化应用，这一前景正在、也最有可能在中国取得迅速发展。中国自改革开放以来采用从试点到全面开展的模式，在能源转型领域，创新将助力并大大加速从试点到全面发展的周期，使得中国作为发展中国家的后发优势得以充分体现。

本周也是联合国气候行动峰会周。联合国秘书长古特雷斯敦促各国加强国际合作，共同应对气候变化。作为应对气候变化的核心，全球能源转型不应放缓、不会减慢，其加速实现已成趋势并当成为全球共同的努力方向。我们坚信中国将与这一趋势同行，并贡献和引领世界能源转型的步伐与速度。

李婷 落基山研究所 2019-09-24

热能、动力工程

辉煌 70 年，化石能源功不可没

新中国成立 70 年来，中国从一个积贫积弱的国家一路走来，一跃成为当今世界第二大经济体，综合国力实现历史性跨越，谱写了一部波澜壮阔的奋斗史诗。其间，能源作为一国之本，在为新中国各项事业发展提供充沛源动力的同时，也以举世罕见的发展成就，成为这部史诗的一个华美章节。

在新中国的成长史中，石油、煤炭、天然气等传统化石能源始终扮演着无可替代的关键角色，主体能源地位迄今未破。新中国耀眼发展成就的背后，化石能源功不可没，特别是在低碳化能源转型如火如荼、化石能源地位日渐式微的当下，它们为新中国作出的特殊贡献不应也不能被忘记。

回望新中国成立初期，各项事业百废待兴、能源供应严重匮乏，石油人、煤炭人率先挺身而出，以超越想象的奋斗精神迎难而上、攻坚克难，成功“解锁”了大庆油田、克拉玛依油田、阜新海州露天煤矿等重要能源资源，化解了新中国社会经济发展刚需的燃眉之急，并带动了能源产业的整体腾飞。

时至今日，困扰新中国数十年之久的能源供应问题早已不复存在，在世界能源格局深度调整、应对气候变化已成全球共识的大背景下，我国能源行业的发展主题也渐从大上快干“保供应”转变为以清洁、低碳、高效为特征的“高质量发展”。对于以“高碳”为化学组分特征的化石能源而言，这无疑是一场自我革命式的巨大挑战。

事实上，变革早已到来。

改革开放以来，能源发展质量和效率受到国家层面的高度重视，从“六五”计划到“十五”计划，逐步提出提高经济效益和能源效率，坚持节约与开发并举，把节约放在首位，优化能源结构，提高能源利用效率；进入新世纪后，我国始终坚持节约资源和保护环境的基本国策，将单位 GDP 能耗作为约束性指标，连续写入“十一五”“十二五”“十三五”国民经济和社会发展规划纲要，并相继出台了能源发展“十一五”“十二五”“十三五”规划和《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》《能源生产和消费革命战略（2016-2030）》等纲领性文件；党的十八大以来，面对国际能源发展新趋势、能源供需格局新变化，党和国家领导人高瞻远瞩，坚持绿色发展理念，提出“能源革命”的战略思想，为我国能源发展指明了方向、明确了目标。

在此背景下，我国能源结构持续大幅优化，清洁低碳化进程不断加快。两组数据是最好的佐证：

原煤在能源生产总量中的占比从新中国成立初期的 96.3% 一路降至 2018 年的 69.3%，消费量占比从 1953 年的 94.4% 大幅下降至 2018 年的历史低点 59.0%；相对清洁的天然气产量占比则由 1957 年的历史低点 0.1% 提高到 2018 年创纪录的 5.5%，同期消费占比从 0.1% 提高至 2018 年的历史峰值 7.8%。得益于此，2018 年我国单位 GDP 能耗较 1953 年大降 43.1%，年均降幅 0.9%。

值得一提的是，尽管占比呈现明显变化，但在可再生能源时代真正到来之前，考虑到中国的资源禀赋特点，化石能源的主体地位仍将持续相当长一段时间。而现阶段煤炭产量和消费占比的下降，更多是“去芜存菁”，通过供给侧结构性改革过滤了低端、低效产能，且仍不够彻底。同时，优质化石能源的开发和使用，依然受到鼓励和欢迎。换言之，化石能源的高质量发展仍有巨大潜能，其与可再生能源的关系也并非简单的“此消彼长”。多能互补、融合发展才是题中之义。

“改革只有进行时，没有完成时”。面对新时代的高标准发展要求和挑战，传统化石能源行业需要深刻理解并践行“绿水青山就是金山银山”的发展理念，进一步积极推进供给侧结构性改革，尽早迈上清洁高效的高质量发展之路。展望未来，传统化石能源有责任、有条件、有能力继续为建设美丽新中国提供不竭动力。

于欢 中国能源报 2019-09-16

化石能源发展交出亮眼“成绩单”

煤炭、石油、天然气等化石能源的生产、消费均实现几何级增长，并带动一大批国产化科技装备的研发与应用，强力支撑新中国各项事业的高质量、可持续大发展



图为中国海油崖城 13-1 气田，它是我国海上发现的首个千亿方级大气田。崖城 13-1 气田位于海南岛西南 91 公里处，于 1996 年 1 月成功投产。投产至今，该气田已累计向香港、海南供气超过 520 亿方，为香港、海南两地的经济和社会发展提供了稳定的能源保障。 中国海油/供图

70 载春华秋实，见证了中国化石能源翻天覆地的飞跃发展。

70 载薪火相传，留下了中国化石能源砥砺前行的坚实脚印。

新中国成立 70 年来，我国煤炭、石油、天然气等化石能源产业均取得了不可复制的世界级发展成就，为保障国家能源安全稳定供应、支撑经济社会发展作出巨大贡献。

从无到有、由弱到强——70 年来，化石能源生产不断攻坚克难，各品类能源产量实现跨越式增长；化石能源消费稳步攀升，为经济社会发展注入强劲动力；化石能源结构持续优化升级，产业整体迈向高质量发展新阶段。

煤炭产量增长 114 倍 蝉联第一产煤大国 30 余载

1949年，中国原煤产量仅为3243万吨，远不能满足国家经济建设的现实之需。

新中国成立以来，国家高度重视煤炭工业健康发展，逐步建立起集资源勘探、科研教育、煤矿设计、建设生产、加工转化和煤机制造、综合利用为一体的完整煤炭工业体系。

多年耕耘终结硕果。1985年，中国成为全球第一产煤大国。作为消费占比始终排名第一的一次性能源，2018年，我国煤炭产量达到36.8亿吨，比1949年增长114倍，年均增长7.1%，累计生产煤炭860多亿吨，为国家经济社会发展提供了70%以上的一次能源，有力支撑了我国工业体系的快速发展。

特别是自改革开放以来，全国煤炭市场体系逐步建立，煤炭供给体系质量明显提高，市场调节能力不断提升，全国煤炭市场逐渐向高质量动态平衡转变。

安全生产大过天，随着煤矿安全生产领域体制机制改革的推进，全国煤矿百万吨死亡率从1978年的9.71下降到2018年的0.093。

在供给保障能力大幅提高，产业做大做强的同时，煤炭工业顺应“清洁、低碳、高效”的发展大势，持续关井压产、淘汰落后产能，加快安全高效矿井和智能绿色矿山建设，产业结构调整取得重要进展。

从充填开采、煤炭加工洗选、资源综合利用起步，到矿区土地复垦利用、保水开采、节能减排，再到推进煤炭清洁化利用、建设循环经济产业园区、矿区生态治理，绿色发展理念已深深植入煤炭产业，高效智能开发和清洁高效低碳利用正成为煤炭行业发展主旋律。

石油勘探硕果累累 钻探技术世界领先

作为工业的血液，我国始终高度重视石油资源的勘探开采。

1959年发现、1960年开发的大庆油田，彻底改变了我国贫油的局面，1976年以来，大庆原油产量一直稳定在5000万吨以上。从克拉玛依、大庆油田等一批大型油田的成功开发，有力支援了新中国成立初期的经济建设和石油自给，到近两年新疆玛湖10亿吨级油田的发现，我国在石油勘探开发领域不断取得新突破。目前，已形成渤海湾（含海域）、松辽、鄂尔多斯、准噶尔、塔里木和珠江口盆地等区块共同发力石油生产的格局。截至2018年底，全国已探明油田746个，累计生产石油69.52亿吨。

70年来，石油工业实现了从封闭向全面开放，从计划经济管理体制向社会主义市场经济体制的重大战略转变，创立了符合中国特色的石油工业管理体制、市场运行机制。尤为值得一提的是，中国油企在立足国内的同时，也在积极参与全球油气市场竞争，跨国经营取得巨大成果。

与此同时，我国油气技术快速提高，装备制造能力明显增强。不仅实现连续型油气聚集等地质理论的创新，还发展完善了三次采油等世界领先的技术，同时在大型成套压裂机组核心技术装备国产化方面取得突破。期间，油气开采不断向深海挺进，中国制造的“蓝鲸1号”，钻井深度突破全球纪录，最大作业水深3658米，最大钻井深度15250米，是实至名归的“国之重器”。

历经70年艰苦奋斗，我国石油工业发展成绩斐然。2018年，全国原油产量从1949年的12.0万吨激增1574.9倍，至1.9亿吨；炼油能力不断提升，建成14个千万吨级大型炼油基地；管道建设突飞猛进，管网体系基本形成，截至2018年底，全国已建成石油管道总里程达到5.81万公里。

1949年，我国天然气产量仅为0.1亿立方米；2018年，这个数字已飙升至1602.7亿立方米，增长22894.7倍，年均增速高达15.7%。与之相对应，2017年，我国天然气消费增幅跃居全球首位。

新中国成立初期，我国只有四川自流井、圣灯山、石油沟3个小气田，20世纪80年代中后期至今，天然气勘探获得了重大进展，相继发现了南海莺-琼盆地的崖13-1、鄂尔多斯盆地的靖边、塔里木盆地的克拉2等一大批大气田。目前，全国已探明天然气田281个，另有页岩气田5个，煤层气田24个，二氧化碳气田3个，累计生产天然气2.07万亿立方米。与此同时，我国天然气干线管道总里程也由1958年的20公里激增到7.6万公里，一次输气能力达3200亿立方米/年。

除了常规气，我国煤层气、页岩气、可燃冰等非常规天然气资源的开发也已取得实效，特别是页岩气开发技术屡获突破。

从供需两不旺到天然气生产和消费大国，天然气在中国的发展迎来黄金时代。作为传统化石能源中清洁属性最强的品类，天然气在全球范围内均被视为能源转型的优秀“过渡能源”。在我国，天然气更是被确立为现代能源体系的主体能源之一，肩抗推动能源清洁化转型的大旗，对推动中国能源结构转型、改善大气环境发挥了重要作用。

回望历史，化石能源发展经历了从量到质的突变，为新中国各项事业的发展立下了汗马功劳；展望未来，机遇与挑战并存，构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系，化石能源重任在肩、前景可期。（本报记者全晓波、李玲对本文亦有贡献）

本报记者 武晓娟 中国能源报 2019-09-16

维美德看好中国清洁能源市场（跨国公司在中国）

因清洁能源的持续快速发展，中国市场成为维美德全球五大业务市场中能源业务表现的佼佼者。

维美德中国区总裁朱向东在接受本报记者专访时表示：“中国是维美德最为重视的市场之一。其中能源业务的发展更是令人瞩目，甚至已经成为拉动公司业绩的主力之一。”

事实上，维美德涉足能源领域已经超过 150 年。2004 年以来，其在全球范围内已经供应了大约 150 座锅炉岛。过去十年间，维美德在全球总计交付的新能源锅炉装机容量超过 2.7 万 MWth，每年可帮助减少约 4000 万吨温室气体的排放。

朱向东指出，能源业务包含了废弃物焚烧发电锅炉、多燃料锅炉、生物质和废弃物气化、污染物排放控制系统、生物质燃料生产等多个方面，在服务业务中也有能源和环保服务解决方案。

“维美德业务布局是全球化的，能源业务也是如此。”朱向东告诉记者，“虽然我们的能源业务在中国市场启动较晚，但增长迅速，已经能占到全部业务的 10% 左右。近年来，维美德能源业务在中国市场更是不断实现突破。比如，位于山东淄博的国内首套废弃物焚烧发电锅炉，100% 采用生活垃圾作为燃料，是目前国内规模最大、主蒸汽温度压力最高的废弃物发电锅炉，全厂发电效率接近 29%。”

据朱向东介绍，维美德的能源业产品覆盖面广，包括二代生物质燃料乙醇、生物质燃油、燃气等。近来，随着国际海事组织颁布的“2020 限硫令”执行在即，维美德还为客户量身打造了船舶烟气净化处理设施，专门设计了能够处理船用柴油发动机大气污染物排放的设备。“技术领先一直以来都是维美德最重要的发展策略之一。”朱向东表示，“我们始终坚持依靠技术创新来创造价值。比如，公司提供的循环流化床技术就完全是自主研发。”

此外，朱向东还提及，目前还在与国内相关企业探讨生物质的气化和黑颗粒燃料技术，如将农作物的废弃物加工处理后再利用。

“中国的清洁能源市场发展空间广阔、提升潜力巨大。”朱向东表示，“我们预计，未来在中国市场，公司能源、环保业务可以和造纸业务并驾齐驱，旗鼓相当。目前，维美德也在积极寻找合作伙伴，希望未来能持续参与中国清洁能源市场，提供更多先进技术与解决方案。”

本报记者 李慧 中国能源报 2019-09-16

让房屋“不生病”是清洁取暖的基础

在北方地区推进建筑节能是工作重点，建筑本体能效提升，是保障清洁取暖的基础，也可作为控制煤炭消费的手段之一。

“目前清洁取暖工作关注点主要集中在热源侧的改造。实际上，建筑保温及节能改造也很关键，应该先抓。就像‘治病’与‘锻炼’的关系，做好结构维护好比强身健体，让房屋‘不生病’才是实现清洁取暖的基础。”近日在第四届中国散煤综合治理大会上，中国工程院院士、清华大学教授江亿反复强调“建筑节能”的重要意义。

会上，由中国建筑科学研究院撰写的《建筑领域“十三五”规划实施煤炭消费中期评估及后期重

点工作研究》(下称《规划》)发布,也将清洁取暖的优化方向之一定位在建筑节能。以全面提升能效水平为基础,《规划》认为,“在北方地区推广超低、近零能耗建筑是未来工作的重点”。

如何抓好这项公认的基础工作?多位业内人士向记者阐述观点。

有效降低建筑实际需热量

经过采暖季的多次实践,建筑节能改造及其效果被反复证实。

江亿指出,根据清华大学建筑节能研究中心的研究计算,2001-2017年,北方城镇建筑供暖面积由50亿平方米增至140亿平方米,总面积增加接近2倍,能耗总量增加却不到1倍。同时,北方地区平均单位面积供暖能耗,由2001年的23吨标准煤/平方米降至2017年的14吨标准煤/平方米,降幅明显。“能耗总量的增长,明显低于建筑面积增长,表明节能工作取得了显著成绩。我国建筑保温水平整体得到大幅提高,起到了降低建筑实际需热量的作用。”

在此基础上,北方多地将建筑节能改造纳入清洁取暖的工作范畴。“河南郑州从清洁取暖专项资金中拿出3.5亿元,专门用于超低能耗建筑推广。建筑本体能效提升,是保障清洁取暖的基础,也可作为控制煤炭消费的手段之一。”中国建筑科学研究院研究员张时聪称。

改造效果如何?按照住建部科技与产业化发展中心研究员戚仁广实地调研分析,以北京为例,节能改造前,一户“煤改气”家庭日耗气量约为11立方米。实施高性能的建筑保温之后,实际耗气量降至7立方米/日,节约了1/3左右的能量。“热源、热网及终端设备的效率无论多高,建筑节能不到位,其他可能都是白忙活。”

综合来看《规划》测算,对地处严寒和寒冷地区的居住建筑,采暖能耗是建筑能耗的主体。到“十三五”中期,上述地区新增城镇住宅面积15亿平方米,通过建筑节能标准提升,有望节约标煤1500万吨;既有居住建筑节能改造同步推进,累计完成改造2.5亿平方米,节约标煤约800万吨。

改造不等于一味投钱

建筑节能的带动效应有目共睹,但多位专家同时指出,这些成效多集中在城镇地区。由于起步时间晚、客观难度大,针对北方农村的改造亟待跟上。

“我们走过北方20多个县市,调研农村清洁取暖工作,发现城镇、城乡结合部的节能效果相对较好,农村分散式住房的建筑保温水平较弱。而这些分散住房的数量有多少、比例占多大,目前还没有明确说法。”北京化工大学教授刘广青认为,做好节能改造的前提,应是摸清底数、明确目标。

除了房屋量多、布局分散等“先天”难题,农村居民的可承受能力也是关键影响因素。对此,中国建筑科学研究院环境测控中心副主任徐昭炜提出,改造未必意味着多花钱。“改造不是一上来就花费大量代价,给建筑穿一层厚厚的衣服。针对农村建筑特点,完全可以通过成本较低、较为简单的方式,实现很好的节能效果。”

徐昭炜举了一个例子,农村家庭的特点之一是人员进出频繁,导致房屋冷风渗透情况突出。“妥善解决这一项问题,就能达到20%-30%的节能效果。而通过门窗等改造,户均解决成本只需一两千、甚至几百块。”

这一观点,得到清华大学建筑学院博士单明的赞同。他表示,农宅很少像城市建筑一样需要连续采暖。在间接性需求下,不主张周期长、成本高、工作量大的外墙保温或粗暴式直接更换门窗。通过加装保温窗帘、门帘等简单方式,配合屋顶等重要部位改造,反而可达到节能性、经济性兼具的效果。“实测证明,花费3000-4000元,足以获得节能30%-40%的效果。河南、山东等经济型的保温方式,每100平方米改造基本不超过4000元,节能率却可以达到30%以上。”

超低、近零能耗建筑是趋势

“城镇建筑要应改尽改,农村建筑改造空间更大。围绕中长期目标,按照国家发改委提出的能耗总量、强度‘双控’为总体思路,我们正在做进一步任务分解。”戚仁广透露,在部分省市,城镇、农村既有建筑的改造空间甚至可分别达50%、80%。

如果说“改造”是针对既有建筑的主要措施,那么在张时聪看来,新建建筑的发展趋势,则是节能水平更高的超低、近零能耗建筑。

记者了解到，在适应气候特征和自然条件的情况下，通过被动式技术手段，最大程度降低供暖需求，以更少能耗提高室内舒适环境的建筑，被称为超低能耗建筑。近零能耗建筑更重视可再生能源的利用，通过被动式技术手段、优化能源系统运行，最大程度提高能源设备与系统效率，降低能耗需求。

张时聪介绍，《建筑节能与绿色建筑“十三五”规划》已明确提出，积极开展超低、近零能耗建筑建设示范的要求。在此基础上，北京、河北、山东等先行省份，并出台了地方层面的鼓励政策，推动被动式超低能耗绿色建筑发展。“在严寒和寒冷地区，这些示范项目的供暖能耗比现有建筑降低 55%-75%。从京津冀地区起步，超低、近零能耗建筑将逐步覆盖北方严寒、寒冷地区。”

进入“十三五”中后期，更多关于推进近零能耗建筑的政策有望出台。《规划》建议，一方面，坚持政府推动，确定超低能耗示范建筑的整体发展和建设目标，并提供政策支持。例如，对于使用清洁能源作为热源的超低能耗建筑，可否在供热费用上给予一定优惠。另一方面，兼顾市场引导，调动社会资金积极参与，加快推进示范项目落地、发挥辐射作用，并推动市场化运作机制的形成。

本报记者 朱妍 李玲 中国能源报 2019-09-16

烟气提水让褐煤发电更清洁高效

褐煤在我国内蒙古东部和云南西南部储量丰富，仅锡林浩特探明储量就有 330 亿吨，目前主要用于发电，但效率不高，而且污染很大。褐煤开发利用最大的制约因素就是水资源匮乏。今年 5 月，由京能（锡林郭勒）发电有限公司、北京清新环境技术有限公司联合打造的京能五间房电厂项目——国内首台火电机组烟气提水系统得到成功应用。这种从烟气中提水的高新技术，实现了发电机组用水自足，为我国褐煤资源大规模开发利用，开辟了一条新的高效清洁路径。

打造内陆贫水地区火电厂最大化节水工程范例

9 月 5 日，京能（锡林郭勒）发电有限公司党委书记、总经理刘春晓在内蒙古西乌珠穆沁京能五间房电厂褐煤高效清洁节水创新技术调研会议上表示，锡盟地区水资源匮乏，生态脆弱，京能（锡林郭勒）发电有限公司是首家应用混合式提水技术的电厂，为内陆贫水地区火电厂实现最大化节水提供了工程范例。

“褐煤发电做到高效、清洁、节水，并实现生产的零补水，对环境发展意义重大，国内首台火电机组烟气提水系统的成功应用，既要在新电厂积极推广，也要想办法在老旧电厂因地制宜地进行设计应用，如果不能在现有电厂应用就太可惜了，怎么让现有电厂采用？一是靠政策引导；二是进一步降低成本，释放出‘1+1>2’的效应，提高经济性。”中国能源研究会副理事长陆启洲表示。

作为国家“大气污染防治行动计划”锡盟—山东 1000 千伏交流特高压输电线路的配套清洁发电项目，京能五间房电厂 2 台 660 兆瓦工程于 2015 年 3 月通过国家能源局规划建设批复，2015 年 9 月 18 日开工建设，1 号机组 2018 年 10 月 20 日投产，脱硫、脱硝、除尘指标全部优于超低排放标准。二号机组 2019 年 1 月 24 日投入运行，是锡盟煤电基地特高压线路首个投产发电的配套电源项目。

探索一条褐煤资源利用高效清洁路线

“褐煤高效清洁节水技术在五间房电厂的成功应用大幅降低了大型燃煤火力发电厂的水资源消耗量，为燃煤火力发电厂进一步规模化节水，逐步实现零耗水提供了新的技术方案和工程范例。”北京清新环境技术股份有限公司首席专家张开元说。近年来，国家《水法》、《节约能源法》、《环境保护法》的修订实施对新建、已建电厂用水、退水提出了更加严格的要求。该项技术将为我国内蒙古、锡林郭勒、新疆、甘肃、陕西等部分富煤缺水、生态脆弱地区褐煤资源利用探索出一条新的高效清洁路线。

“该技术对于脱硫实现了零补水，大大节约了工业用水，并且不会影响原有的装置和设备。”清新环境技术中心副总监采有林告诉记者。

此外，调研中记者了解到，京能五间房电厂着眼装备制造前沿技术，以自主研发、合作研发和

创新集成等多种举措，实现了全球首次应用 660MW 级高参数超超临界褐煤锅炉、全球首次应用高背压九级回热高效汽轮机、全球首次应用 660MW 级双水内冷汽轮发电机组、全球首次空预器旁路高焓值烟气能量集合利用、全球首次研发应用 660MW 级火电机组烟气提水系统的“五个全球首次”重大设备和系统集成成功投运。落实了“十四项先进装备技术成果”和“八项国家重点节能低碳技术应用”。

烟气提水规模化利用助推煤电基地建设

“烟气提水系统是将脱硫后饱和烟气降温冷凝回收凝结水作为锅炉补给水原水和脱硫系统工艺水水源，实现全厂的零水耗运行，每年避免消耗水资源近 100 万吨。同时促进了节水降耗的环保型产业发展。实现烟气高效提水和规模化回收利用，降低自然资源耗量。”清新环境技术中心总经理王玉山向记者介绍，预计“十三五”末期，全国将有 5.27 亿千瓦煤电装机容量位于缺水地区。而烟气提水技术规模化应用后，将有效突破富煤缺水地区煤炭清洁发电可持续发展限制。

“随着技术进步，烟气提水量有望实现新量级突破，运行成本进一步降低。基于烟气提水的电水联产技术将成为新的节水方向，为保护水资源创造良好条件，缓解发电生产与水生态保护的矛盾。”中国能源研究会副理事长吴吟认为，褐煤高效清洁节水发电技术取得了重大突破，对后续新建煤电机组规划设计具有指导性意义。

本报记者 路郑 中国能源报 2019-09-16

制度建设是泛在电力物联网的强大后盾（聚焦泛在电力物联网）

近几年，与物联网相关的政策和制度相继出台，指导物联网产业有序健康发展。泛在电力物联网建设，可以说是电力领域对物联网各类政策制度下的落地实践，既符合物联网各类顶层设计精神，又体现电力行业本身发展特点和规律。

物联网在国内兴起至今已经历十年时间，下一个十年中，物联网将进一步与国民经济千行百业深度融合，而泛在电力物联网的提出为物联网与电力行业深度融合提供了保障。

明确新型基础设施定位 发挥物联网乘数效应

2018 年 12 月，中央经济工作会议中提出“加强人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设”，物联网有了新型基础设施的新定位。基础设施不仅是项目本身带来的效应，而是具有明显的乘数效应。在物联网基础设施建设中，不仅对光纤光缆、通信设备、电源设备、空调设备形成直接投资，而且这些基础设施建成后直接带动手机、智能硬件、行业终端、政企应用等方面的间接投资，进一步促进上游产业出货量、就业及基于这些基础设施形成新的经济形态、商业模式。

泛在电力物联网的多个层面具有新型基础设施的典型特征，集中体现在基础支撑和对内对外业务方面。在基础支撑方面，泛在电力物联网未来要“建成统一标准、统一模型的数据中台，实现对电网业务和新兴业务的全面支撑”，这一目标在很大程度上就是形成与电力相关的广泛业务的底层基石。在对内对外业务方面，由于电力设施本身就是国民经济各行各业的基础设施，在泛在电力物联网建设中，通过数字化的业务协同和流程贯通及统一的智慧能源服务平台建设，将进一步对电网本身业务和全社会的涉电业务带来更大便利，支持各行各业数字化转型。

正如华为创始人任正非所言：“把负责留给自己、把极简留给客户”。统一的标准、数据中台、数字化协同、智慧能源平台等正是通过基础设施建设把复杂问题简单化、智能化，电力行业在这些方面的投资一定会带来国民经济多个行业连锁性投资和收益。从这个角度来看，泛在电力物联网正是践行中央提出的物联网新型基础设施建设。

对接国家物联网规划 加快物联网与电力行业深度融合

伴随着物联网产业发展的是国家出台物联网各种支持性政策和制度。如 2013 年 2 月，国务院发布《关于推进物联网有序健康发展的指导意见》；2013 年 9 月，国家发改委、工信部、科技部、教育部、国家标准委等十四部委制定印发了 10 个物联网发展专项行动计划（发改高技〔2013〕1718 号）。

不过，过去十年中物联网相关政策和制度更多聚焦于物联网产业链中横向领域建设，国民经济各垂直领域自发主动地出台相关政策制度较少，导致这十年中物联网整个产业体系虽已建立，但与垂直领域融合深度不足。物联网不是一个独立的产业，需要给国民经济各行各业赋能才有存在的意义，但很多行业有数十年甚至百年历史，有自身的发展规律和各种复杂的利益关系，决策周期和项目周期都很长，新技术大规模渗透其中并不容易。因此，各行业主动拥抱物联网显得尤为重要，下一个十年应该是垂直行业主动发力的时期。

国网提出的泛在电力物联网，可以看作是电力行业自发主动地出台与物联网融合的政策制度。目前，物联网芯片、模组、通信、平台、边缘计算等产业链各环节技术和商业模式已趋于成熟，若有各行业本身主动的政策支持，则物联网在本行业落地速度会进一步加快。泛在电力物联网在很大意义上承载着物联网在垂直行业大规模示范的任务，国网推出这一领域建设规划正当时。

明确发展策略、方向 确保多项保障措施落地

泛在电力物联网不仅关系电力行业企业未来的发展道路，更关系国计民生，因此相应的制度保障必不可少。在保障措施中，笔者建议可着重关注以下 3 个方面：

1、技术创新与产业生态并举。泛在电力物联网需进一步以开放的思路，一方面充分吸纳外部前沿的物联网技术，结合电力行业特征进行创新，在外部服务领域可以考虑借鉴成熟经验，打造开发者社区，吸引第三方开发者向电力物联网平台聚集；另一方面，需尽最大努力发展产业生态，与各类专业服务企业协同合作，发挥其在所属领域的知识经验和资源优势，形成重量级行业应用。

2、顶层设计与行业政策融合。在泛在电力物联网推进过程中，应注重与国家对整个物联网顶层设计规划和政策的协同，成为国家物联网顶层设计中的有机组成部分；密切关注中央和各部委针对物联网出台的最新政策、要求，尤其是针对各类物联网政策中具有共性的部分。泛在电力物联网推进中需做到吸收共性部分成果、达到共性部分要求、促进共性部分完善，保证泛在电力物联网在全国物联网一盘棋中形成典型示范效应。

3、发展速度与安全可靠协同。泛在电力物联网建设势必影响到千行百业，其产业影响巨大，发展太慢不能满足各行业数字化转型需求，发展太快可能会出现一系列安全问题。因此，泛在电力物联网在建设过程中，必须平衡速度与安全的关系，一方面要提升泛在电力物联网本身的安全防护水平；另一方面，在这一过程中要注重数据主权归属，防止信息泄露。期间，相关政策法规应发挥统筹协调作用，在为泛在电力物联网建设创造条件的同时，建立规范的监管框架，防范各种风险，在保证安全基础上发挥技术创新作用。（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 2019-09-16

澳洲化石燃料排放量被严重低估

澳大利亚不积极甚至拖后腿的气候政策，被本国调研机构“盖章”。澳大利亚公共政策智库澳大利亚研究所（Australia Institute，以下简称“澳研究所”）发布最新报告指出，澳大利亚与化石燃料相关的二氧化碳排放量被低估，其实际数值超过许多传统产油国。这无疑是“打脸”澳政府声称“只对全球 1.2%排放量负责”的言论，该国对气候变化危机的“贡献”只多不少。

“碳出口量”位居全球第三

澳研究所以国际能源署公开发布的原油、天然气、煤炭等能源的数据为基础，同时结合了联合国政府间气候变化专门委员会的碳排放系数，即每一种能源燃烧或使用过程中单位能源所产生的碳排放数量。

结论显示：出口化石燃料所产生的二氧化碳排放量，澳大利亚位居全球第三，仅次于俄罗斯和沙特；本土燃烧化石燃料所产生的二氧化碳排放量，澳大利亚位居全球第五。澳大利亚每年以煤炭或液化天然气（LNG）形式向外运输超过 10 亿吨的二氧化碳，“碳出口量”不容小觑，远超伊拉克、

科威特等全球传统产油国。

澳研究所调查发现,澳大利亚人均每年二氧化碳消耗量约 57 吨,这约是全球平均水平的 10 倍。澳出口的化石燃料所产生的二氧化碳,在全球化石燃料二氧化碳排放量占比达 7%。就本土排放而言,尽管澳人口数量仅占全球人口总数的 0.3%,但仍是全球第 14 大排放国,这意味着其比 40 个人口大国排放了更多温室气体。虽然澳政府承诺减少温室气体排放量,但自 2014 年废除碳价以来,该国本土排放量仍在持续增加。

澳政府反复强调煤炭出口对经济和就业的重要性,但这份报告作者高级研究员 Tom Swann 却提出质疑,他发现澳经济比榜单上排名前面的“碳出口国”更加多样化,对化石燃料的依赖程度相对要低。“在碳排放强度排名中,澳大利亚位列 24,这反映出该国所交易的商品种类繁多。”他表示,“各种协议与现状辩论都聚焦在煤炭需求侧而非供应面,忽略了供应量及供应基础设施愈来愈多的事实,而这则是提前‘锁定’排放量增加这一前景。”

澳大利亚广播公司新闻网报道称,澳煤炭出口量在 2000 至 2015 年间翻了一番,当前在全球煤炭贸易中占比达 29%;LNG 出口量在同一时间内增长了两倍,在全球 LNG 贸易中占比大 6%,并且还在继续增加。

扩大 LNG 出口有助减排?

在澳政府看来,扩大化石燃料尤其是 LNG 出口,将有助于降低全球温室气体排放水平。澳大利亚能源部长 Angus Taylor 甚至公开表示:“发展中国家大量进口我们的 LNG 有助于降低自身排放。”

Angus Taylor 援引一个无来源的数据称:“有分析认为,那些从澳进口 LNG 的国家,如果用 LNG 全面替代煤炭,澳去年 LNG 出口总量可帮助他们减少 148 兆吨二氧化碳当量的温室气体排放量。”

澳大利亚石油生产与勘探协会(APPEA)也表达了同样看法,称澳研究所做出的澳化石燃料出口产生的二氧化碳排放规模较为片面。《卫报》援引 APPEA 首席执行官 Andrew McConville 的话称:“LNG 是澳化石燃料出口的重要一员,该机构的评估并不全面,起码放大了煤炭出口的负面影响,却没有考虑到 LNG 出口则会产生抵消影响。天然气在减少全球碳足迹和协助出口客户转向低碳未来方面发挥着关键作用。”

不过,澳大利亚国立大学气候经济与政策中心主任 Frank Jotzo 却对上述言论嗤之以鼻,尤其认为 Angus Taylor 依赖错误假设的主张十分愚蠢。“大多数情况下,天然气进口量可能会取代该国部分天然气生产量,这意味着整体排放量大致相同。”他称。

路透社指出,澳大利亚是全球人均碳排放量最大的国家,去年排放了 5.382 亿吨二氧化碳当量的排放量,比 2017 年增长 0.7%,主要原因是 LNG 出口量增加。

《悉尼先驱晨报》5 月时援引联合国一份公开报告称,去年澳大利亚温室气体排放量连续第 4 年上升,达到 5.37 亿吨二氧化碳当量,比 2017 年的 5.347 亿吨增加了 0.4%,其中增长最快的污染源是能源部门的逸散排放,如化石燃料开采以及天然气加工。

分析普遍认为,由于缺少有效的减排政策,澳去年温室气体年排放量增加并不令人惊讶,随着逸散排放的迅速增多,今年的排放量或将连续第 5 年上升。

气候“不作为”惹众怒

与石油和天然气相比,煤炭的单位碳排放量相对较高,澳大利亚主要以煤炭为核心的出口格局,自然导致其“碳出口量”位居全球前列。

澳研究所气候和能源部门负责人 Richie Merzian 表示,澳大利亚是世界上最大的煤炭出口国,由此产生的排放对全球碳足迹的“贡献”十分庞大。“澳大利亚必须抓紧思考这一问题,这是履行气候行动责任的一部分。”他强调,“如果澳政府听之任之且继续推进该国最大煤矿 Carmichael 的开发,势必带领国家走上一条危险的道路。”

澳大利亚有关煤炭与 LNG 生产的辩论立场泾渭分明,即使是在干旱或洪水侵袭的地区,居民仍然普遍支持增加工作机会,而非重视环境保护。保守派政府也淡化对气候变化的担忧,转而支持让这些对经济重要的产业维持下去,比如昆士兰州已经为该国最大煤矿 Carmichael 的开发活动“开了绿

灯”，这些煤炭最终将被运往印度，最后大多用于为孟加拉供电。

澳大利亚拒绝降低煤炭出口的举措，导致其与受海平面上升威胁的低洼太平洋岛屿邻国关系出现裂痕。在 8 月中旬召开的第 50 届太平洋岛屿论坛上，澳大利亚遭到了“群喷”，新西兰以及其它太平洋岛国集体向澳总理莫里森施压，要求他带领澳担起对太平洋的气候责任。

对于澳在气候行动上的“不作为”，《澳洲人报》环境问题编辑 Graham Lloyd 甚至写道：“让澳大利亚放弃煤炭生产和出口，就像是逼迫新西兰放弃对羊的热爱一般。”

本报记者 王林 中国能源报 2019-09-16

多能互补压缩空气储能海上电站初探

海洋是取之不竭的能源宝库。近年来，世界各国对海浪能进行了大量研究，取得了一定的成果，但实现商业化运行的项目较少。其主要瓶颈在于，在海水环境中回转部件保持长期运转面临目前技术难以克服的困难；单一的海浪能、潮汐能等海洋能利用范围较窄，需要加入风能、太阳能等其他能源形态，才能克服单位面积能量较小、收集困难且不稳定的缺陷。

当前，我国将多能互补+储能的能源利用方式作为推进能源革命，实现清洁替代的一项重要举措，大力探索可再生能源清洁电力的发展和创新。

岸线近海是海浪能、风能、太阳能三种能量集中的区域，具有得天独厚的可再生能源利用优势，既能破解单一利用海浪能面临的技术瓶颈，又符合国家多能互补+储能的清洁能源探索方向。

原理简单具备经济性

海浪能、风能、太阳能多能互补压缩空气储能（CAES）海上发电站，其原理是将海浪能、风能转变为压缩空气，太阳能热量进一步加热压缩空气增加能量，以压缩空气为工作媒介推动透平膨胀机—发电机发电。海浪能部分采用打气筒原理，即浮筒（浮漂）-气缸结构，海浪下降时气缸吸气，海浪上升时气缸压缩空气，往复循环将海浪的能量组转变为压缩空气；风能部分采用自然风力吹动垂直轴风力机旋转带动空压机（仅使用机头部分）压缩空气；海浪能、风能压缩空气进入集气管，集气管起到储存、输送压缩空气的作用；太阳能部分采用槽式太阳能集热管系统收集太阳能热量，集热管中充满传热介质（导热油），传热介质在集热管及换热器间循环，集气管与换热器相连将进入换热器中的压缩空气加热，使压缩空气能量进一步增大；加热后的压缩空气喷入膨胀透平机带动发电机发出电力。

整个海上电站是由框架群及其支撑的双层海上平台构成的岸线近海海中构筑物。长方体浮筒设置在框架内，框架限制浮筒的 4 个侧面且与浮筒保持较小适当间隙，使浮筒只能随海浪上下垂直运动且不被卡死；整个电站由多组框架相连构成框架群，且框架与海底固定连接；框架继续向上延伸构成第一层平台即气缸平台，平台由框架间连接梁固定连接构成，平台上布置海浪能压缩空气集气管，顶部即第二层平台底部设置气缸连杆上固定；框架再继续向上延伸构成第二层平台即风力机平台，风力机平台上布置风力机、空压机、风能集气管；第二层平台靠近陆地中央位置设置厂房建筑，厂房建筑内部设置换热器、膨胀透平机发电机、电气设备、控制设备等，是整个电站的控制中心；厂房建筑顶部平台设置槽式太阳能集热管系统。

海上电站采用压力差式背靠背多级气缸设计，这样就使浮筒-气缸拾能装置覆盖整个海面高度，同时，多级气缸的单个缸筒长度缩短，减小了较长缸筒的加工制造难度降低成本。

海上电站原理简单，设备常见，所处海水位置较浅，海工造价较低，具有可操作性。

相比传统海上风电优势明显

海浪能、风能、太阳能多能互补压缩空气储能海上发电站作为新生事物，其原理及结构不同于风力发电直接将能量转变为机械转矩发出电力，而是加入中间环节将自然能量转变为压缩空气，符合火电汽轮机、燃气轮机、汽油机等由流体产生动力的方式，通过中间介质可发挥能量利用范围广、单位能量利用强度高、储能、精确控制等优势。

海上电站与传统海上风电项目相比具有以下特点：

第一，能源利用效率高。海上电站是利用压缩空气推动透平发出电力，经适当改装后其尾气仍可加以利用，可实现冷+热+电+海水淡化四联供，据清华大学电机系为国网公司实验的 TICC-500 压缩空气发电系统相关论文，其能源综合利用效率可达 70%-80%，其效率优势是传统海上风电项目无法比拟的。

第二，经济性好。海上电站建设在岸线近海，其海深较浅，一般为 4-10 米，且距离陆地较近，与海上风电场相比，施工简单，且海上电站可建设桥梁与陆地相通，便于人员、设备、电力线缆敷设，甚至可将操作控制系统设置在陆地上。另外，海上电站较海上风电场来说，占海面积小，海上电站是一个集中的整体海上建筑，后期电站设备维护、更换部件相对简便。

第三，适合岛屿供电。我国海岛众多，特别是距离陆地较远的海岛供电始终是一个较难解决的问题，海上电站明显优于柴油发电机+风电+光伏发电的模式，并可解决海岛冷、热、电、淡水等问题。

第四，使用寿命长。海上风电一般设计寿命为 20-25 年，其后期退役拆除费用较大，但海上电站使用期限很长，全生命周期度电成本更低。

第五，抗台风能力强。海上电站在海中形成稳定的框架结构，其迎海面为类似于筛子的框架桩柱而不是一堵墙，抵抗台风等海上恶劣天气影响的能力更强。

需为商业化应用积累经验

我国幅员辽阔，海岸线长达 18000 公里，东南沿海是我国风能最为丰富地区之一，其中如台山、平潭、东山、南鹿、大陈、嵊泗、南澳、马祖、马公、东沙等海岛地区，风能年可利用小时数约在 7000-8000 小时，年有效风功率密度在 200W/m² 以上，是海上电站建设的首选地区。同时，浙江、福建、广东是我国经济最为发达、人口稠密、用电负荷较大的地区，为清洁电力的消纳提供了有力条件。黄海岸线山东沿海也非常适合该种电站建设。渤海岸线由于冬季有海冰产生，例如秦皇岛、唐山、天津岸线冬季结冰期一般为 30-40 天左右，海上电站为陆地（或岛屿）设施供电，可在冬季结冰期内将浮筒收起，电站利用风能、太阳能供电，功率不足部分可由陆地配合小型天然气或其他方式补充供电。由于渤海岸线的风能、海浪能较东南海岸线小，相同功率情况下，电站占海面积会增大。

鉴于海上电站的诸多优势，可优先在浙江、福建、广东、海南等省岸线近海推广建设，由海上向陆地供应电力，减少该地区火电装机，助推沿岸地区的能源结构转型。

目前，《一种海浪能、风能、太阳能联合利用发电站》已被国家知识产权局专利局授予实用新型专利。当务之急，是建设实验电站为将来商业化应用积累经验。通过建设海上实验电站，可测得海浪能、风能压缩空气压力及流量，太阳能加热温度等重要参数，并对设备结构进行进一步优化，为商业化应用奠定坚实基础。（作者供职于唐山钢铁集团有限责任公司）

邢志光 中国能源报 2019-09-16

让中国东部能源大用户从能源消费者变为能源“产销者”

过去几十年，我国经济社会高速发展，呈现出平面的、外延扩张型的增长，现在走向追求质量和效益的立体式增长。1980 年以来，我国能源强度下降 80%，能效提高 5 倍，能源转型结果十分显著，具体表现在以下四方面：

一是节能减排成效明显。2010 年，中国单位 GDP 能耗也就是能源强度是世界平均水平的 2 倍。

为节能降耗，“十一五”和“十二五”期间淘汰大量落后产能，其中炼钢淘汰 1.7 亿吨、水泥淘汰 10.3 亿吨、炼铁淘汰 2.1 亿吨。近二十年来，中国节能总量占到全球节能总量的 1/2。

二是化石能源洁净化进程显著。散煤替代在国内已形成共识并有实质性进展。煤电厂清洁高效利用改造成效全球领先，天然气在一次能源消费中占比显著提高。

三是非化石能源快速增长，特别是风电和光伏装机迅速增加，弃电率与成本显著下降，其他种类的非化石能源新技术不断涌现，发展势头良好。核电克服了重重困难，保持较好发展势头。

四是电力系统有明显的技术进步，特别是分布式发电开始受到重视且有较大发展。此外，储能成为重要、关键的发展方向，技术创新活跃，进步明显，或将颠覆性突破。而电力技术和信息智能技术的结合也显示出良好势头。

国家西电东送，北煤南运发挥重要作用，日后依然需要。但作为我国能源负荷的主要地区，东部是否可以发展自己的电源，让新增电力需求实现高比例自给，西电东送为辅，节能提效优先，以此来解决问题？

东部新增能源高比例自给靠什么？靠“远方来”和“身边来”相结合、集中式和分布式相结合。北煤南运叫“远方来”，自己身边自发电光伏和风电，叫做“身边来”。

要靠发展中、东部地区电源，同时发展西部的经济和电力负荷，以缓解我国东、西部发展的不平衡和不充分。由此一来，使中、东部既是电力的消费区，又是电力的生产区，并以电源的新形态发展助推电网的新格局，逐步改变东部地区以外来电为主、外来电以煤电为主、自发电用煤基本来自北煤南运的局面。

首先从资源方面来看，数据表明，在考虑低风速区域资源潜力的条件下，中、东部地区的陆上风能资源技术可开发量 8.96 亿千瓦，水深 5 到 25 米范围内的海上风电技术可开发量约 2.1 亿千瓦，合计约 11 亿千瓦的可开发资源量。集中式光伏电站可开发潜力 3.58 亿千瓦，分布式光伏装机潜力 5.31 亿千瓦，再加上光伏建筑一体化近 9 亿千瓦的潜力。中、东部房屋建筑面积 10 万平方公里，如果 2050 年总用电量的 25%由光伏产生，需要安装的跟建筑物结合的建筑面积只占现有占地面积的 1/4。

此外，除太阳能、风能外，东部各省也是节能提效的先行区，是海上风电、海洋能发展的优势区，是天然气特别是 LNG 进口的接收区。加上分布式光伏、生物质能、地热、工业余热和部分水电，这些都是东部可以利用的能源。中国东部长期以来被认为需要用能但是没有能源、资源的观念应该改变。

目前，德国平均每平方公里土地安装 156 千瓦的风电、120 千瓦的光伏，中国分别是 17 千瓦和 14 千瓦。我国中、东部地区已经开发的风电和光伏，只占其可开发资源总量的不到 1/10，潜力巨大。

其次是技术可行性。光伏和风电等可再生能源的技术可行性问题已经基本解决，储能技术进步较快。目前，中国东部已经建成的火电厂应继续发挥好供电作用，同时做好灵活性改造，来支持可再生能源的调峰。再加上网络和信息技术、智能化、大数据、云计算等新技术的迅速发展，这些都为中国东部地区发展可再生能源提供了基础。

在此基础上，中国东部的电力格局，是否可以向集中式智能化电网加上分布式发电为基础的微网的模式发展？微网可能是星罗棋布的网络，与集中式电网之间双向互动；也可以独立运行，产生新的格局。也就是说，让中国东部能源大用户从能源消费者变为能源的“产销者”，既可以自发自用，也可以和集中式电网互动，这将是一个深刻的变革。

而综合智能能源系统的建立，也是分布式发电的协调控制手段，并且可以把燃气轮机、制热（冷）发电及负荷调控起来，使整个区域内多种能源子系统之间相互协调，平抑随机能源波动，提升能源利用效率。

最后是经济的可行性。高成本曾经是制约可再生能源发展的关键因素之一，但近年来成本正在不断下降。从 1980 年到 2013 年，风电成本下降 90%，到 2020 年可以与煤电相当。从 2010 年到 2017 年，国际上光伏发电成本从每千瓦时 0.3 美元降至每千瓦时 0.1 美元，降幅 73%且仍在下降。

纵观国内，浙江省湖州得益于室外屋顶光伏计划，煤电占比仅 37%，嘉兴风、光、核占比达到 62.5%，以此为例，高比例非化石能源自给，在中国东部完全可行。

将“远方来”和“身边来”结合后，随着中东部电源的发展，西电东送、北煤南运的压力会逐步减少，西电东送的增量可能会出现拐点。拐点的出现与国家规划和政策引导及行业努力息息相关，这是非

常重要的能源转型标志，意味着能源格局的转型跟能源结构的转型可以紧密联系。能源转型不光是调整能源结构，空间结构和格局也会变化，会有积极的相互作用。

能源格局的转变，首先要转变观念。中、东部能源发展的思路，符合我国能源电力转型和能源革命的方向。

首先，有利于电力发展趋于平衡和充分；其次，有利于电力系统的经济性，身边发一度电比远方来一度电要便宜，把可掌控的可再生能源充分发展起来也更为安全。除石油煤炭外，高比例发展可再生能源对中国能源安全、灵活、经济性至关重要，同时也符合绿色、低碳、高效、智慧的方向。

从政府办电、大企业办电转向政府办电、大企业办电加上人民办电的思路，也有利于社会进步，让广大的东部用户们都成为发电的主人，这样对中国能源的供给安全和环境安全都具有重要的意义。

能源转型具有长期性、艰巨性特点，但是方向清晰，中东部作为发达地区要带头，首先确立能源高比例自给的理念，并在行动上为全国能源转型和可持续发展做出贡献。（中国工程院原副院长、中国工程院院士杜祥琬：）

中国能源报 2019-09-23

深度脱碳需要革命性零碳技术突破

自工业革命以来，日益增长的能源消费给地球资源和环境带来越来越大的威胁，也引发了以气候变化为代表的全球生态危机。构建清洁低碳、安全高效的能源体系，既是推动环境和气候协同治理的核心对策，也是实现可持续发展的路径选择。

与国内节约资源、保护环境的目标和政策相结合，我国制定了积极的、有力度的二氧化碳减排自主贡献目标，以推动能源革命，促进经济转型升级。

从“十一五”到“十三五”国民经济和社会发展规划中，我国都制定了单位 GDP 能耗强度下降的约束性目标，并将其分解到各个省市。“十三五”规划中进一步提出要控制能源消费总量，2020 和 2030 年分别不超过 50 亿吨和 60 亿吨标准煤，实施“强度”和“总量”的双控机制。

在《巴黎协定》下，我国也制定了强有力的自主贡献目标，即 2030 年单位 GDP 的二氧化碳排放强度比 2005 年下降 60-65%，非化石能源在一次能源消费中比例提升到 20%左右，2030 年左右二氧化碳排放达到峰值并努力早日达峰。

在这种战略和政策下，我国强化能源革命和经济绿色低碳转型、改善环境质量已取得显著成效：

一是经济新常态以来，转变发展理念，扭转了能源消费和二氧化碳排放快速上升的趋势。能源总消费年增长率从 2005-2013 年的 6%降低到 2013-2018 年的 2.2%，二氧化碳排放年增长率从 2005 至 2013 年的 5.4%降低到 2013 至 2018 年的 0.8%。

二是以环境治理为着力点，控制和减少煤炭消费，促进碳减排。以京津冀地区为例，2017 年与 2013 年相比，煤炭消费减少 7100 万吨（其中散煤 1200 万吨），PM2.5 浓度下降 39.6%，单位 GDP 的二氧化碳浓度分别下降 37.2%、21.1%、24.7%。

三是当前经济由高速增长转向高质量发展，高耗能产品需求趋于稳定或开始下降，总体上有利于控制能源消费和二氧化碳排放增长，实现碳减排自主贡献目标。2018 年底，我国单位 GDP 的二氧化碳强度已比 2005 年下降约 46%，到 2020 年可下降 50%以上。

四是保持战略定力，坚持节能降碳不放松，巩固经济新常态以来能源消费和二氧化碳排放增速趋缓的新形势。

五是能源和经济低碳转型为契机，促进产业转型升级和经济高质量发展。

当前，我国已进入社会主义现代化建设新时代，第一个阶段是 2020-2035 年，在这个阶段，我们要实现生态环境根本好转，在美丽中国建设目标基本实现的同时，落实和强化《巴黎协定》下国家自主贡献目标的承诺，实现环境质量改善与二氧化碳减排“双达标”和经济高质量发展。从环境目标来讲，2035 年，全国重点地区 PM2.5 浓度要低于 35 微克每立方米，随着末端控制常规污染物措施

的潜力不断收窄，必须从源头上减少化石能源消费，促进二氧化碳减排，促进产业转型升级和经济社会高质量发展。

“十四五”期间，是落实和强化二氧化碳减排自主贡献目标的关键时期，我们要保持战略定力，进一步强化环境与气候协同治理目标导向。一方面，打好污染防治攻坚战，以改善环境质量为主要出发点，加大能源转型力度。工业部门特别是高耗能原材料部门要率先达峰，鼓励沿海经济较发达省市或地区二氧化碳排放总量率先达峰，为全国范围内的全部达峰奠定基础；另一方面，要发展完善全国统一碳排放权交易市场，实施二氧化碳排放总量控制制度，促使二氧化碳排放早日达峰。

在全面建设社会主义现代化建设的第二阶段（2035-2050年），我们要以阶段目标为指引，以2°C温升目标为导向，实现深度脱碳减排路径。到2050年，全国主要地区PM2.5浓度低于15微克每立方米，非化石能源发电占总电量70-80%，占总能源消费比重大于50%，构建净零排放体系，引领全球低碳化变革进程，建成美丽中国。

中国约在2030年左右二氧化碳排放达峰，其后能源需求仍会持续增长，在未来二三十年内实现深度脱碳将面临严峻挑战，需要统筹协调和超前部署。需要有革命性零碳技术突破和大规模产业化，比如氢能技术、储能技术、CCUS（碳捕获、利用与封存）和BECCS（生物能源与碳捕获和储存）技术等。深度减排的边际成本呈非线性上升趋势，实现1.5°C目标比2°C目标成本增加3-4倍。过于紧迫的能源转型，会带来巨大搁浅成本损失。

我们要以生态文明思想和人类命运共同体理念为指导，推动全球能源变革和环境治理的国际合作进程，内促高质量发展，外树有担当的大国形象，在维护国家权益的同时，为实现世界范围内的能源和经济转型贡献中国智慧和力量。（清华大学低碳经济研究院院长、清华大学原常务副校长何建坤）

中国能源报 2019-09-23

2019 十大科技创新技术/产品

中国东方电气集团公司

氢燃料电池

获选理由：东方电气自2010年起坚持核心技术自主研发与创新，掌握了膜电极制备、电堆设计、燃料电池系统集成与控制技术在内的氢燃料电池系统全套核心技术和自主知识产权。目前，已完成第二代发动机产品研制，系统功率密度及防护等级大幅提升，已通过国家强检认证。完成第三代车用膜电极的技术定型，提升了催化反应活性，降低了电极电阻，改善了环境适应性、耐久性等技术指标，可用性能超过1.0W/cm，最高性能超1.4W/cm，达到国际先进水平，并已完成批量化工工艺验证与试生产。2019年4月10日，中国西部首条氢燃料电池自动化生产线的正式投产，具备年产1000台氢燃料电池动力系统的能力，标志着东方电气氢燃料电池产品的生产制造迈入了批量化、自动化、智能化的新纪元。

特变电工股份有限公司

正负800kV/5000MW 特高压柔性直流换流阀

获选理由：2018年特变电工研制成功全球首套±800kV/5000MW特高压柔性直流输电换流阀塔，将柔性直流输电技术从现有的最高等级±350kV提高到±800kV特高压等级，送电容量从现有的最高100万kW等级提升至500万kW，开启了我国乃至世界直流输电新时代。该项目技术产品通过“西安高压电器研究所、许昌开普电器检测研究院”试验检测，各项技术指标满足IEC、GB、DL标准要求，取得荷兰KEMA国际认证、开普EMC电磁兼容认证、挪威与德国劳氏船级社DNV-GL认证。项目经中国电力科学院查新，属于世界首创技术，获得自主知识产权专利24项，其中发明专利21项；发表国内外学术论文7篇。

兖矿集团有限公司

高、低温费托合成技术

获选理由：兖矿集团费托合成反应温度高，可副产 4.0MPa 高品位蒸汽，有利于能量的综合利用，降低单位产品能耗。该技术在陕西未来能源化工有限公司投资建设的 100 万吨煤间接液化示范项目中得到正式应用，创新地采用了铁基催化剂和固定流化床反应器，直接投资低，催化剂活性高，单耗低且可实现在线更换，生产稳定性好，装置在线率高，操作维护费用少。该项目于 2015 年 8 月一次投料成功，是国内首套投运的百万吨级煤间接液化示范项目。目前，项目已实现了安全稳定长周期运行，基本达产达效。

阳光电源股份有限公司

1500V 组串逆变器 SG225HX

获选理由：2019 年 3 月，阳光电源发布了全球最大功率的 1500V 组串逆变器 SG225HX，该产品最大输出功率 248kW，是目前全球功率最大的组串逆变器。新品最大效率 99%，12 路 MPPT 设计，可保障光伏电站在各种复杂应用场景中提升发电量；具备 PID 防护及修复功能，可减少系统发电损失；而智能风冷除了是大功率逆变器必不可少的“利器”外，还能保证逆变器高温不降额，有效提高系统发电量，1500V 也让系统损耗进一步降低，可保障光伏电站整体发电量提升 1%。

青岛赛普瑞德分离技术有限公司

高效多相流分离技术

获选理由：“高效多相流分离技术”主要从探索分离技术领域深层物理机制及掌握分离装置内部复杂流场展开研究，突破制约分离器内部旋涡断裂动力学及旋涡耗散和旋涡稳定性等关键技术瓶颈。该技术已在荷兰皇家壳牌等众多世界知名五百强企业中得到广泛应用，取得显著经济效益。技术核心主要解决国内能源领域现存分离装置的局限性，着重解决能源行业相关领域中的重大科学问题和关键问题，对高端分离器装备进行前瞻性研发，提升我国分离器技术研发水平，推进我国相关领域高端分离装备产业化。将旋风分离装置的分离效率提升至国际领先水平，突破外商旋风分离装置在石油、煤化工、多晶硅等重要行业的垄断。

南瑞集团有限公司

电力工控系统网络安全监测预警系统

获选理由：该系统按照“设备自身直接感知、监测装置分布采集、管理平台统一管控”的原则，构建设备、监测装置、管理平台三层结构的电力工控系统网络安全监测预警体系，运用网络安全监视、分析、审计、核查、控制等手段，实时监测电力工控系统服务器、工作站、安防设备、网络设备等各类设备的网络安全状况，严格管控外部网络访问、外部设备接入、用户登录、人员操作等各类网络事件，实现网络空间安全的实时监控和有效管理。

截至目前，该系统完成了国家电网、南方电网以及三峡、中广核等发电集团 400 余家调控机构及配电系统、1 万余座变电站、2 千余家发电厂的网络安全监测平台及网络安全监测装置的应用。

中广核研究院有限公司

大型压水堆核电站反应堆控制与监测专用仪控系统

获选理由：大型压水堆核电站反应堆控制与监测专用仪控属于核安全相关系统，俗称“3R”专用仪控系统，主要包括棒控棒位、堆芯测量和堆外测量设备，是直接围绕核反应堆控制与测量的核心仪器装备。中广核研究院自主研发的棒控棒位系统采用数字化和模块化设计，具有应用广泛、性能

优越、维护方便等特点；自主研发的堆芯测量系统则具有精度高、响应快、灵敏性好、可靠等特点；堆外测量系统具有量程宽、精度高、误差小、可靠等特点。

杭州杭氧股份有限公司

神华宁煤十万等级空分设备国产化示范项目

获选理由：神华宁煤 400 万吨/年煤炭间接液化项目是国家“十二五”煤炭深加工示范项目，也是当今全球一次性建设规模最大的煤化工项目。在宁煤 10 万空分设备项目研制过程中，杭氧进行了一系列主要关键技术及装备的研发和创新，攻克了关键的十大瓶颈技术问题，量身定制了最先进的空分流程，包括大型空分工艺包和成套集成关键技术、自动变负荷先进控制技术、特大型径向流分子筛吸附器等，获得专利 23 项，其中发明专利 18 项，找到了如何开发出国际领先水平的十 万等级空分装置的技术路径。对于煤化工行业来说，安全稳定运行始终是设备首要要素。为了能给下游提供稳定的氧气和氮气，杭氧 6 套空分设备单元和后备系统实现一体化控制，实现“零缝隙”后备。

明阳智慧能源股份有限公司

明阳智能 MYSE 平台系列机组

获选理由：明阳智能 MySE 平台系列机组采用半直驱传动技术路线，继承了明阳智能半直驱海上产品平台的高发电量、高可靠性基因，采用系统设计思维进全局优化设计，超级紧凑的传动链设计使机组更加轻巧，载荷传递路径更短，不仅缩小了机舱的体积，减轻机舱的重量，能量转化效率也得到提高，并在平台空间小、窗口期短、工况条件复杂的海上作业中，极大缩短机组整体吊装时间。

深圳市永联科技股份有限公司

新能源电动汽车超级恒功率充电模块

获选理由：深圳市永联科技股份有限公司研发制造的超级恒功率充电模块采用了“改进型三相维也纳拓扑结构”和“适合宽输出电压范围的改进型移相全桥拓扑结构”设计，各项技术指标均处于业界领先水平，特别是 20KW 超级恒功率充电模块的关键指标优于国家、行业技术标准。

该创新模块具备 50-750V 超宽的输出电压能力，可兼容各种电动汽车充电；适用 300-750V 超宽恒功率范围，最大电流 67A，优于国家标准，充电快；330V 满载转换效率 95.2%，750V 满载转换效率 96.4%，低压超高转换效率，大大节约电能；8W 待机功耗比普通模块日均耗能节省 60%，具有较高的经济和社会效益，获得了广大用户的高度评价。

中国能源报 2019-09-23

大力发展建筑柔性用电迎接新电气化时代

供给侧与消费侧的能源革命主要包括三方面：一是保证能源安全，对外依存度不能高；二是改变能源结构，解决雾霾问题；三是大力减少化石能源，从而实现低碳发展，应对气候变化。

要实现这样的能源革命目标，就必须大力发展非碳、零碳能源，减少对化石能源的依赖。路径就是大比例发展水电、风电、光伏、核电等可再生能源，从依赖化石能源转为依赖非碳能源。这些非碳能源的特点是都带“电”字，所以能源利用路径从原来的化石能源发电、供热转为直接从可再生能源发电。因此要大幅度提高城市能源用电比例，迎接新电气化时代的到来。

以往发电厂对末端用户的连接是刚性的，即任何一个时候发出的电都得在这一瞬间消耗掉，供需之间是强耦合的。但现在可再生能源电力的不确定性、随机性非常强，电力消费侧结构也在逐渐调整，工业用户比例变少、民用建筑比例变大，也有随机性因素。这两个随机性互相叠加，导致供需关系矛盾日益突出，所以必须变刚性连接为柔性连接，改为大比例的可再生能源电力，这种柔性

连接供需的电力关系，将成为新一代城市能源系统里最主要的课题。

随着现代化城市发展，建筑、交通用电比例越来越大，电动汽车有可能替代燃油车，成为主要的交通方式。随着电动汽车的使用比例增加，若用现在的模式解决充电桩问题，对电网冲击极大，并且极不稳定。同时，建筑中大量的变压器、设备有空载现象，再加上建设充电桩，使城市配电容量加大一倍甚至更多，这将给城市配电系统安全稳定运行带来较大挑战。

解决问题的核心是发展建筑的柔性用电模式。

如何最大化利用充电系统、建筑用电系统？调节电力系统负荷变化，匹配可再生能源的柔性负载，是当前面临的大问题。这几年国内不少企业、研究机构认为，未来要在建筑中安装蓄电池，和室外充电桩相连，实现全直流化。

直流最大的好处在于负载从刚性变成了柔性，允许直流侧电压在 $\pm 30\%$ 范围内变化且不会影响任何供电。

还有一类可间歇运行的装置，根据电压的变化调节，在低压时关闭，高压的时候再打开。只要靠直流电压的母线变压变化为信号，传导至各个末端，各个末端根据自己的特征自行调节容量变化，实现柔性。

这个柔性有多大？初步估计，根据电压变化响应，办公建筑用电负荷变化幅度可达到 15%-30%，酒店则能达到 30%。

原来不考虑柔性的时候，要安装很大容量的电池才能实现建筑物的柔性用电。现在考虑了建筑本身负荷可以调节后，不需要安装超大容量的电池就可以实现建筑整体柔性，还可以进一步提高供电可靠性和供电质量。

居住建筑比办公建筑更容易实现分布式蓄电，以实现电的稳定性需求。充分结合电动汽车的动力电池与充电桩，可有效利用建筑用电低谷时的容量，不仅无需增加总供配电容量，还可减少约一半分布式蓄电池的配置容量，从而使成本大大降低。这时候大量电动汽车接入电网充电不仅不是“祸害”，还能“变废为宝”。

北京市现有约 8 亿平方米的民用建筑、约 200 万辆电动汽车，用电负荷约 800 万千瓦，如果有一半建筑可以变为直流系统，并按照上述方法设计充电桩，就无需再给河北电厂增加压力，还可以接收 1000 万千瓦的可再生电力，并大规模发展风电。同时因为没有了用电高峰，整个城市配电网容量会大幅度降低，这将从根本上改变城市电力系统。（中国工程院院士江亿）

中国能源报 2019-09-23

化石能源供大于求已成全球大势

目前，我国煤炭消费量约占能源总消费量的 59%。在 2018 年全球消费的能源商品中，石油消费 46.62 亿吨，占 33.62%；天然气 38489 亿方，占 23.86%；煤炭约 80.12 亿吨，占 27.2%，也就是说油气是现在全球商品能源的大头。而在全球煤炭消费总量中，一半左右都是由中国消费的。

从能源国际贸易来看，当前全球原油贸易量达 22.63 亿吨，油品 12.38 亿吨，天然气 9434 亿方，煤炭 8.58 亿吨。由此看来，石油和天然气仍为主要的国际能源贸易商品。

2018 年，我国石油消费量约 6.5 亿吨，进口原油 4.6 亿吨，石油净进口 4.34 亿吨。中国究竟需要多少石油？多数人认为消费量峰值在 7-8 亿吨之间，增量部分从目前看来仍将主要依靠进口，石油对外依存度达 70%以上。

与此同时，2018 年，我国天然气消费将近 2800 亿方，进口 1254 亿方，对外依存度也接近 45%。今后天然气增长空间比较大，预计未来我国天然气消费量可能达到 4500-6500 亿方，其中一半以上还是依靠进口。

如今，对于能源安全的问题还是需要高度重视，但是能不能实现油气的独立，要取决于资源，同时还要考虑经济性，特别是在进一步推进全球化、多极化的大趋势下，我个人认为我们没有必要

强求自给独立。

从世界范围看，化石能源资源相当充裕。根据国际能源署（IEA）测算，石油仍可以使用近 200 年，天然气可以用 200 余年，煤炭接近 2900 年。因此，从储量方面看，不会由于油气或煤炭资源消耗殆尽我们才不用，而是在资源耗尽前就开始转型了。

需要注意的是，世界油气供应的主要趋势是供大于求，多数发达国家、地区进入油气消费饱和甚至下降阶段，特别是欧洲和日本。石油出口国长期控制产量和地缘政治斗争减少的石油产能至少在 4-5 亿吨，约占原油贸易量的 20%。全球石油供应能力总体处于供大于求的状态，油价下降趋势强于上涨趋势。

依靠页岩油气革命，美国成为世界油气最大的生产国，有可能实现石油总量自给，甚至成为石油净出口国。同时，世界经济增长态势影响油气消费和价格走势，对油价风险起到制约作用。

短期来看，油气还是主要能源，但从长期看，全球能源低碳转型趋势已经不可扭转。根据巴黎协定确定的 2 摄氏度的目标，发达国家 2050 年温室气体要减排 80-90%，全球减排 40%以上。电力系统非化石能源化、电动汽车市场份额增长等，都将进一步加剧化石能源供大于求的发展趋势。

为此，我国能源领域要加强供给侧结构性改革。世界能源市场供大于求以及能源低碳化转型成为外部长期趋势，我国能源增长也进入低速阶段，电力、石油加工能力，以及煤炭产能过剩的压力都在上升。同时，绿色发展和生态文明建设需要进一步加强，加快能源结构调整。天然气以及非化石能源的发展，将进一步替代煤炭和煤电，以及石油市场。能源发展要加强系统集成，通过结构和数量优化，实现高效协同发展。

正因如此，我国能源投资要高度警惕系统风险。国内市场的变化，使新增的煤矿、煤电、石油加工产能成为高风险区域。项目评估必须在国家总体战略和整体市场空间优化的指导之下，避免盲目性。

目前，我国天然气产业发展迅速，对煤炭和石油产生冲击，同时，传统的煤电、煤炭，以及石油化工的加工能力，也将对新能源、天然气产生反压力，导致无序竞争出现的可能。

与此同时，我国石化产品很多以进口替代为依据进行产能扩张，可能受到来自国际产能的激烈竞争，并且由于油气成本与国外存在巨大差距，容易最终形成国内产能自我竞争。此外，煤基油气和烯烃等，不但可能受到国际油气价格的制约和加工产能的竞争，还将在能源低碳化的过程中将首先受到冲击。而最近大热的氢能，一定不能依靠化石能源转化，同时氢能基础设施系统的高成本和终端用户不确定性也将影响其发展。（中国能源研究会常务副理事长周大地）

中国能源报 2019-09-23

城市清洁供暖吸引大量资金技术涌入

城市的能源供应除了电，北方或者中国 3/4 国土面积的另一个重要能源需求就是冬季供暖。为什么要发展清洁供暖？第一是大气污染治理，第二是能源结构转型。清洁供暖惠及民生，既要温暖过冬，又要蓝天白云。

根据 2016 年数据，我国北方地区城乡供暖面积约 206 亿平方米，清洁取暖面积 69 亿平方米，大概只占 34%，也就是说只有 1/3 具备清洁供暖条件，剩下不到 70%是非清洁的。

现在很多地方政府、行业说起清洁供暖就是“双替代”，即气代煤、电代煤，是不是“双替代”就是清洁供暖？个人认为不完全是。清洁供暖真正的定义是利用天然气、电、地热、生物质、太阳能、工业余热、清洁化燃煤（超低排放）、核能等清洁化能源，通过高效用能系统实现低排放、低能耗的供暖方式，包含以降低污染物排放和能源消耗为目标的供暖全过程。

总结起来，就是要“两低三通过”，一是低排放，二氧化硫、粉尘、氮氧化物等污染物的排放；二是低能耗，排放低，能耗依然高，仍然不是清洁供暖。清洁供暖使用的能源包括天然气、电、地热、生物质能、太阳能、工业余热，还有清洁燃煤。清洁化燃煤从清洁角度说，碳排放很高，不是最理想

的，但这是现阶段我国国情。

“三通过”是指通过三个环节：通过建筑保温技术降低对热量的需求，通过高效和智能的输配系统降低输配过程损失和过量供暖损失，通过选择高效清洁热源最终实现清洁供暖。一个是供给侧，一个是需求侧，还包括输送环节。输送本身就有损失，会散热，会漏水等。此外还需要供热管网改造、终端能效提升。为什么要提升终端能效？当建筑物做好保温，供暖需求就少了。

在开展城市清洁供暖方面，最主要的两个文件，一个是 2017 年 5 月 16 日《关于开展中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点工作的通知》，第二个是 2017 年 12 月 5 日十部委出台的《北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2021 年）》。

一系列的政策行动吸引了社会资本的大量涌入。过去，供热行业是城市市政的组成部分。但是有了清洁供暖国家行动以后，大约有 6000 亿元的资金流入，这是很大的市场拉动。

与此同时，各类清洁供暖技术如核能、中深层地热、工业余热等也纷涌而至，比如，山东烟台和河北黄骅港就在探索核能供暖，还有人做了一个大胆设想：用核能发电余热通过长距离输送到雄安，给雄安供清洁的热。但是现在还没建设，并且城市之间、地域之间的协调也有很大难度。

清洁供暖也带动了相关产业的迅速发展。比如燃气壁挂炉在 2017 就出现了断货现象，2018 年空气源热泵销量达 10 万台，过去一年空气源热泵从几家发展到几十家……清洁供暖相关政策促进了整个产业快速发展。

清洁供暖自启动以来，环境改善效果初显，12 个国家清洁供暖试点城市 2017 年度采暖季重污染天数减少 57%，PM2.5 平均浓度下降 33%，比“2+26”平均多减少 4 个百分点。

虽然清洁取暖取得了很大成绩，但问题依然很多。比如供暖成本过高、部分百姓返煤；能源保障困难，气荒限产掉闸；注重单侧改造，难以标本兼治；工作边学边干，统筹协调不足等。这些问题都需要我们一步步踏踏实实去解决。（中国建筑科学研究院专业总工、建筑环境与节能研究院院长徐伟）

齐琛同/整理 中国能源报 2019-09-23

《泛在电力物联网架构关键路径白皮书》发布



9 月 19 日，《泛在电力物联网架构关键路径白皮书》（下称“白皮书”）在第三届中国能源产业发

展年会上发布，物联网智库 CEO 赵小飞对白皮书进行了详细介绍。白皮书从政策、数据、技术、安全、场景五个因素研究视角，分析了泛在电力物联网的架构路径并提出了相关建议。

赵小飞表示，互联网只能对国民经济少数行业带来变革，而物联网则与各行各业都有关系，产生的产业规模也非常巨大。GE（通用电气公司）曾发布报告，认为只要有 1% 的生产效率提升，便可能会带来 1 万亿的产值，如燃气发电厂生产效率提高 1%，将节约价值 660 亿美元的燃油。

五因素贯穿泛在电力物联网

“四层”架构

据了解，物联网智库持续跟踪物联网产业发展，每年会绘制物联网产业的生态图谱，今年初发布的新图谱，把每个物联网层面上代表型企业分级分类整理，产业生态较为完善，企业参与数量较多，但产业呈现碎片化的状态特征。

赵小飞介绍，物联网发展有三方面驱动的应用：消费驱动的应用、政策驱动应用和产业驱动的应用。其中，产业驱动和政策驱动的应用是常态化的，消费驱动的物联网，如穿戴设备等，在今后几年的发展速度可能会比产业驱动的物联网慢一些。

白皮书认为，可以从感知层、网络层、平台层、应用层这“四层”去理解泛在电力物联网，但不能按照这“四层”架构分解建设任务，因为各层级之间没有明显的界限分割。因此，需要转变为“五因素”研究视角——政策、数据、技术、安全、场景。其中，政策制度是泛在电力物联网的基石，业务场景是最终驱动导向。数据流动打通“四层”架构，技术体系带动产业生态，安全体系贯穿业务始终。

需摒弃“数据端”思维

增强系统开放性

赵小飞认为，以用户为中心建立统一的数据环境，需摒弃“数据端”思维，打破数据孤岛，克服“3B”特征（Below Surface、Broken、Bad Quality），即隐匿性、碎片性、低质性，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，还需要建立数据中台，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。

数据的价值体现在泛在引擎的诊断、加工和决策能力。赵小飞具体介绍，通过泛在电力物联网建设，电网具备泛在计算和边缘计算能力，由切片内边缘计算设备联合电网数据平台就能对切片内的在线故障进行联合诊断，并在一定程度上可以解决在线计算问题。通过泛在计算，将这些电表数据进一步处理，给抢修人员提供故障视角信息，给用户电费使用信息，给营销部门提供催费信息，甚至给电网规划部门提供电力增长信息。电价决定机制将更精细，用户与电网间的双向互动能力将不断增强，传统的电力消费决策模式也需要迭代调整，这些优化执行策略的应用实现依赖于电网强大的泛在决策优化能力。

他建议，在技术方面，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（互联网技术、操作技术和通信技术）最新成果；引入的技术应建立在成熟性和可扩展性基础上。

泛在电力物联网还需统筹一体化，确保各类技术同步和协调演进。“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。”赵小飞说，泛在电力物联网的一些技术是电力物联网这个“木桶”中的短板技术，需进一步推动其研发和产品化落地。

场景为泛在电力物联网建设

最终驱动导向

依托技术扩大生态影响力，生态是物联网里非常流行的词，在从整个物联网产业价值链来看，可能 70% 以上的价值都在应用端，电力行业作为物联网典型的应用场景，肩负着创造重大价值的责任。

所有物联网的方案最终是要面向应用场景，场景是最终驱动导向的。所谓场景革命来源于互联网思维，互联网提出“用户体验至上”的理念，现在有很多物联网企业以用户导向做场景革命，如海尔做智慧家庭就发布了上百个智慧家庭的组合场景，现在比较流行的全屋智能，能形成生活空间之后用户才舒适的体验，单个智能产品体验并不是刚需。

安全是泛在电力物联网非常关注的要素，白皮书课题组中的安全专家提出，泛在电力物联网的数据管理是安全管控的核心，“两网”（智能电网和泛在电力物联网）智慧交互是安全管控的关键，动态防御是安全最后一道防线。

在制度政策建设方面，行业自发行为和大的环境与物联网政策制度是一个相匹配、协调的过程。整个物联网政策环境越来越向好，中央经济工作会议上已经对物联网作出新的定位——新型基础设施，其统一的标准、数据中台、数字化协同、智慧能源平台等正为国民经济和人民生活带来乘数效应。

本报实习记者 齐琛同 中国能源报 2019-09-23

火电：筚路蓝缕 久久为功

1949年，我国火电装机仅有169万千瓦，火电年发电量也仅有36亿千瓦时。截至2018年底，我国火电装机已达11.4亿千瓦，火电年发电量也跃升至49794.7亿千瓦时。

从新中国成立的百废待兴，到改革开放快速发展，再到如今对高质量发展的追求，火电，作为我国装机容量最多、发电量最大的电源种类，持续为我国经济社会发展提供着坚强支撑。

规模增长，支撑国民经济

1949年，新中国成立，百废待兴。彼时，我国火电装机仅有169万千瓦，占到国内电力总装机的91.2%，火电年发电量也仅有36亿千瓦时。从发电到输电，从设备制造到运行维护，都是千疮百孔的“烂摊子”。

电力工业作为重要基础设施之一，对推动工业化意义非凡。1953年，我国启动“一五”计划，力争在5年内新增发电容量205万千瓦，开启了我国电力工业规模化发展之路。在西安、重庆、太原、郑州……一座座重建、新建的火电厂投入运行，“一五”计划让如同废墟的旧电力工业开始焕发生机。

到改革开放初期，我国火电装机容量已增长至3984万千瓦，但我国仍未摆脱电力、电量短缺的状态，人均装机容量和人均发电量还不足0.06千瓦和270千瓦时。电源规模也成为制约国民经济发展的瓶颈。为了让电力工业规模快速发展，满足各地经济建设需要，“六五”规划提出，要在煤炭资源丰富地区建设火电厂，形成火电基地，在煤炭不足、用电负荷较大的地区根据运输条件建设火电厂。1985年，国务院出台了《关于鼓励集资办电和实行多种电价的暂行规定》，鼓励电力生产的多元化投资，中央政府逐步放松了对电源建设的监管，与地方政府共同管理。

此后，火电进入快速发展阶段。2011年，我国发电装机容量与发电量超过美国，成为世界第一电力大国；2015年，我国人均发电装机容量历史性突破1千瓦；截至2018年底，我国火电装机已达11.4亿千瓦，比1949年增长了675.7倍，火电年发电量也由新中国成立之初的36亿千瓦时跃升至2018年的49794.7亿千瓦时。

技术进步，跻身世界一流

我国电力工业快速发展离不开电力科技实力的不断进步与提升。

曾几何时，我国的电力供应依赖“洋机组”，设备结构、性能和参数都掌握在国外技术人员手中，一般工人连动手检修的资格都没有。新中国成立后，技术骨干带头，摸索、尝试、创造，一个个技术瓶颈被电力工人们攻破。1956年，首台国产6000千瓦火电机组在淮南电厂投运，标志着我国电力工业的新起点：有了自己的设计施工队伍，有了掌握技术工艺的人才，我国终于可以自己制造火电设备，为日后我国火电行业的快速发展奠定了基础。

也正是这台6000千瓦机组，开启了我国火电向大容量、高参数迈进的征程：2.5万千瓦、10万千瓦、20万千瓦，高压、超高压、亚临界……1988年，首台国产60万千瓦亚临界火电机组在安徽平圩电厂并网发电；2006年，华能玉环电厂投产了首台国产100万千瓦超超临界机组；2015年，华能安源电厂、国电泰州电厂先后投产66万千瓦、100万千瓦二次再热超超临界机组，机组性能持续提升；到2017年，我国百万千瓦等级火电机组已达103台。

高参数、大容量是提高火电机组能源转换效率最主要的措施。1949年，我国火电机组发一度电要消耗1000克标准煤，1978年供电煤耗下降到了471克/千瓦时，而截至2018年，我国6000千瓦及以上电厂供电标准煤耗已低至308克/千瓦时。

70年来，我国火电技术与建设能力实现了从追赶到领跑，多项自主关键技术跃居国际领先水平，成为经济社会迈入高质量发展新时代的坚强保障。

角色转变，护航高质量发展

丰富的煤炭资源，使得火力发电自我国电力工业诞生之初便承担着主要的电力生产责任。而随着发电、电网技术的进步，以及社会对于环境生态更高水平的追求，燃煤发电之外的“绿色能源”电力开始在我国电力工业体系中占据一席之地。

不烧煤、不冒烟，越来越多的风机叶片和光伏板开始将清洁电力送上电网，给传统火电厂提出了新的考验：消耗煤炭的“底色”，让火电行业天然地与“污染”联系在一起，环保治理成为火电行业转型过程中绕不开的关键一环。

2004年，国家发改委出台环保电价政策，以电价补贴方式激励火电厂进行脱硫改造，此后逐渐扩大范围，将脱硝、除尘等减排措施陆续纳入电价政策当中。2015年12月，《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》出炉，要求到2020年，全国所有具备改造条件的燃煤电厂力争实现超低排放（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不高于10、35、50毫克/立方米）。这一排放标准比当年号称火电史上最严的“30、100、100”更为严苛，而截至2018年底，已达到超低排放限值的煤电机组约8.1亿千瓦，约占全国煤电总装机容量的80%。

“打铁还需自身硬”。火电行业凭借高效率、低排放、可调节的优势，目前仍然是我国发电行业的中坚力量：配合出力不稳定的风、光电，调节火电机组处理水平，平抑电网波动；夏季用电高峰期马力全开，最大限度保障社会用电需求；用供热管网将电厂与城市紧密连接，在冬日里为千家万户送去温暖……

过去的70年，火电行业与共和国一路走来，筚路蓝缕，久久为功。未来，火电行业仍会肩负新时达的新使命，将我国丰富的煤炭资源转化为安全、稳定、高效、清洁的电力，为社会经济注入活力，为实现产业结构转型保驾护航，继续谱写电力工业高质量发展的新篇章。

本报记者 卢彬 中国能源报 2019-09-23

70年，中国电力工业跻身世界前列

新中国成立后的70年，特别是改革开放以来，中国电力工业快速发展、大步前进，成为全球的电力强国，昂首跻身世界电力工业先进前列。作为这70年辉煌历史的亲历者、见证者，让我们共同做一简要回顾。

新中国电力工业的每一次变革和发展，都与国家的变革和经济的发展紧密交织，其发展历程可分为四个阶段。

第一个阶段（1949—1978年）：从新中国成立到改革开放前夕，初步建成了较为完整的电力工业体系，全国大多数人口都用上了电，但缺电现象普遍存在。

1949年新中国成立时，全国发电装机和发电量只有185万千瓦和43亿千瓦时，分别居世界第21位和第25位；全国电力线路只有6474千米，最高电压等级仅220千伏；全社会用电量仅34.6亿千瓦时，人均年用电量只有7.94千瓦时。

新中国成立后，党中央把电力工业作为国民经济的先行工业和基础产业优先发展。老一辈电力职工以“自力更生，艰苦创业，开拓进取，鞠躬尽瘁”的精神，开拓着中国的电力工业，感人的先进事迹层出不穷，是这一阶段的真实写照。到1978年底，我国发电装机容量达到5712万千瓦，年发电量2566亿千瓦时，分别比1949年增长了29.9倍和58.7倍，分别居世界第八位和第七位。电网初具规模，建成了220千伏及以上的输电线路2.3万千米，变电设备容量2528万千瓦安。在近30年的

时间里初步建成了较为完整的电力工业体系，为国民经济发展和人民生活水平的提高发挥了显著作用。但此时人均装机容量和人均发电量还不足 0.06 千瓦和 268 千瓦时，缺电、限电现象仍然非常普遍，形成了“重发轻供不管用”的倾向。电力严重短缺成为制约国民经济快速发展的瓶颈。

第二个阶段（1978—2000 年）：从改革开放初期到 20 世纪末，从“集资办电”到“政企分开”，电力工业进入发展快车道。

改革开放使神州大地焕发了青春，全国掀起了以经济建设为中心的社会主义建设新高潮。当时，我们面对的是全国性严重缺电局面，要加快电力建设，首先必须解决建设资金长期不足的问题。电力工业从以电力投融资体制改革为先导，代之以电价机制的改革，国家出台了一系列政策措施，实行“政企分开、省为实体、联合电网、统一调度、集资办电”和“因地、因网制宜”的电力改革与发展方针。集资办电充分调动了中央、地方及各方面办电的积极性，同时积极合理有效地利用外资，释放了社会资本的活力，拓宽了建设资金的渠道，发电规模迅速扩大，电力投资和建设的效率效益大幅提高，极大地促进了电力工业持续快速发展，我国发电装机容量和发电量于 1996 年底跃居世界第 2 位，到 2000 年，我国装机容量达到 3.19 亿千瓦，年发电量 1.37 万亿千瓦时。30 万千瓦及以上大机组占比达到 35.5%。我国自行设计、研制、安装的秦山一期核电站于 1991 年并网发电，从此结束了中国大陆无核电的历史。我国电网建设得到极大加强，基本形成以 500 千伏为骨干网架的六大区域电网。长期困扰我国国民经济发展和人民生活的电力严重短缺局面，得到基本扭转。1997 年成立国家电力公司，1998 年撤销电力工业部，电力工业初步实现了政企分开。可以说，电力体制改革创新成为拉动经济高速列车的重要引擎。

第三个阶段（2001—2012 年），进入新世纪到十八大召开前，我国电力工业实施“厂网分开、主辅分离”，全面进入了市场化改革的新时期，电力工业得到全面持续快速发展。

进入新世纪，我国初步实现了小康并建立起社会主义市场经济体系。2001 年，中国正式加入世界贸易组织。2010 年，我国跃居世界第二大经济体，进一步的改革开放，使经济发展引擎再次提速，带来了巨大的电力需求，促进了我国电力工业的快速发展。2002 年，国家启动了以厂网分开、主辅分离为主要内容的电力体制改革。国务院对国家电力公司资产进行重组，组建了两大电网公司、五大发电公司和四个辅业公司，国家电力监管委员会履行电力监管职能。至此，电力行业破除了独家办电的体制约束，从根本上改变了指令性计划体制和政企不分、厂网不分等问题，发电侧初步形成了电力市场主体多元化竞争格局。我国电力建设持续快速推进，2009 年，中国电网规模跃居世界第一，2011 年，中国发电量跃居世界第一。截止到 2012 年底，全国发电装机容量已达 11.45 亿千瓦、年发电量达到 4.98 万亿千瓦时。由于国家支持水电等清洁能源发展，2004 年中国水电装机容量超越美国跃居世界第一。在电网建设方面，500 千伏已成为区域电网和各省级电网主网架，750 千伏成为西北电网主网架，基本建成了“西电东送”北、中、南三大通道，特高压输电工程投入商业运营。尤其是三峡输变电工程的全部投产，促成了以三峡电力系统为核心的全国联网络局，实现了“西电东送、北电南供、水火互济、风光互补”。随着青藏±400 千伏联网工程的投运，除台湾外，实现了全国联网，初步建成全国范围内能源资源优化配置的新平台。同时，电网的智能化和自动化水平显著提升。电力工业在规模、能力、装备水平上均已居世界先进行列，基本实现了改革开放以来电力的充足供应，满足了经济社会发展对电力的强劲需求。

第四个阶段（2012 至今）：党的十八大以来，电力工业坚持高质量发展，不断满足经济社会发展和人民美好生活用电需求。

党的十八大发出全面建成小康社会的宏伟目标，激励着全体电力职工为之努力奋斗。2014 年 6 月，党和国家领导人提出“四个革命、一个合作”的能源发展战略。我国电力工业进入了全球能源转型背景下的新的发展阶段，由高速增长向高质量发展转型。电力行业按照高质量发展的根本要求，加大电力结构调整力度，继续加快清洁能源发展，促进跨区跨省送电，推进清洁能源大范围优化配置，推进终端能源电气化利用水平。深化电力体制改革，大力推进电力市场建设，推动电力科技创新。进一步加强绿色发展，积极应对气候变化。不断扩大“一带一路”电力国际合作，持续构建清洁低

碳、安全高效的现代能源体系。2015年3月，党中央、国务院开启了新一轮电力体制改革，电力工业展现全新的发展面貌。

2013年，中国发电装机容量超越美国，开始跃居世界第一。截止到2018年底，我国发电装机容量达到19亿千瓦，年发电量7.11万亿千瓦时，全国电力供需形势继续呈现总体平衡态势。其中，新能源和可再生能源发电发展非常快，2012年风电装机突破4000万千瓦超越美国，跃居世界第一。太阳能发电装机呈爆发式增长，2015年光伏装机总量超过德国位居全球第一。2016年，中国超越美国成为世界最大可再生能源生产国。

电力改革继续推进，电力市场加快建设。截至2018年底，已成立北京、广州两个区域性电力交易中心和33个省级电力交易中心；完成首个周期的输配电价核定，累计核减电网企业准许收入约600亿元，核减不相关、不合理费用约1284亿元，有力保障输配电价改革的进一步深化，改革红利得到进一步释放；超额完成一般工商业电价下降10%任务；不断完善增量配电业务改革试点各项政策；2018年合计市场交易电量2.07万亿千瓦时，分别占全社会用电量和电网企业销售电量的30.2%和37.1%；电力现货市场建设试点稳妥推进。（作者系原国家电力公司计划投资部主任）

王信茂 中国能源报 2019-09-23

加快开放现货市场需求侧，促进新能源消纳

2002年发布的电改5号文与2015年发布的电改9号文，这两个文件对电力体制改革意义重大。但5号文和9号文的内涵有很大区别，5号文是电力系统内部之间进行利益分配，社会市场基本没参与。而9号文更加强调市场化，其中放开增量配电网对电网公司冲击很大。坦率地讲，如果存量配电网再放开，电网的日子就更加难过。

市场化体现在哪？除了增量配电网放开以外，很重要的就是现货市场布局。所以国家发改委、国家能源局在9号文发布以后，就现货市场做了很多工作，相应发布了六个配套文件。

电力现货市场怎么做？2017年8月，国家发改委、国家能源局联合发文《关于开展电力现货市场建设试点工作得通知》（发改办能源[2017]1453号），确定了南方（广东起步）、蒙西、浙江、山西、山东、甘肃、四川、福建，首批八个试点单位。其意义在于电力中长期交易规模不断扩大，亟待加快探索建立电力现货交易机制，改变计划调度方式，发现电力商品价格，形成市场化的电力、电量平衡机制。

我国在市场初期选择采用集中式电力现货市场模式，总体以美国PJM公司的集中式市场为蓝本，也结合英国的分散式现货市场模式。其中南方电网以广东为起步的现货市场和甘肃市场、山西市场、浙江市场基本上以集中式电力市场模式为主，而蒙西市场、福建市场、四川市场则采用了分散式电力市场模式。

南方以广东起步的现货市场实践，也是国家发改委、能源局文件里提到的首个示范单位。5号文发布以后，南方电网就开始研究，2016年开始实践，同年9月下达文件启动现货市场建设，并于2018年发布市场规则征求意见，2018年8月31日，国家发改委宣布现货市场启动试运行，这也是我国电力现货市场的一个重要事件。如今，广东现货市场已在全国率先开展结算运行。

中长期双边合同是我国进行电力市场改革的重要前提之一，中长期合同对电力市场产生了很大影响，没有中长期合同，“西电东送”交易就难以达成。

此外，目前市场日清机制是在考虑电网安全约束，以及物理运行特性的前提下，优先调用系统中报价最低的发电机组。在系统安全的前提下，调用系统中报价最低的发电机组，这是目前各方都认可的模式。

现在从全国电力市场比较来看，南方以广东起步的现货市场在扩大，先从广东起步，探索规则设计、系统开发和市场运营的实践经验，目前已和云南市场结合探索区域市场，之后可逐步扩大西电东送的市场化规模、丰富西电东送参与市场的机制，最终建立南方区域统一现货市场；更有效地

解决东部与西部、水电与火电的发电矛盾，更充分地落实西电东送国家战略，实现更大范围的资源优化配置。

但目前，电力市场建设主要存在如下问题：现有市场规则限制了价格在调节供求关系中的作用；发电侧市场力孕育着市场风险；配额制下新能源如何参与现货市场；源网荷互动呼唤现货市场尽快开放需求侧市场；缺乏引导市场高效竞争的信息披露；计划与市场双轨制的协调问题。

为此，推进电力现货市场发展提出下述建议：

发挥价格在调节供求关系中的作用。以平均电价限价取代简单的最高、最低限价，以价格波动的空间激发用户的需求侧响应能力。

推进区域现货市场建设。在更大范围内配置资源，降低市场力，实现异构市场融合。

以需求制衡发电侧市场。以用户选择的方式打破供给侧的串谋垄断行为，当需求存在不确定的弹性时，供给侧垄断就难以为继了。

以输电资源稀缺性优先让创造社会福利最大的交易成交，激励理性报价。

根据中长期交易合同，分配初始输电权。根据初始输电权分配，分摊输电固定成本。

加快现货市场需求侧开放速度。以时变的节点电价信号引导电网负荷在时间尺度的转移，促进新能源消纳，形成支撑源网荷互动的机制。

建设第三方的信息披露机构，以信息披露自证市场公信力、实现供需精准分配、提高市场效率。

构建基于曲线的可再生能源市场。考虑用户用电曲线对可再生能源消纳贡献的差异性，充分挖掘用户侧消纳可再生能源的潜力，激励用户主动消纳可再生能源，以用户与可再生能源发电直接交易的市场方式，落实用户的消纳责任。（中国工程院院士李立涅）

樊桐杰 赵紫原 张胜杰/整理 中国能源报 2019-09-23

冶金工业规划研究院院长李新创：节能是钢铁工业巨大的生产力

由工业和信息化部节能与综合利用司主办，冶金工业规划研究院、马钢（集团）控股有限公司、中国节能协会冶金工业节能专业委员会承办的“节能服务进企业”活动暨钢铁行业节能技术和先进电机交流活动，于近日在安徽马鞍山举行。来自工信部、中国工程院、中国钢铁工业协会、中国节能协会、中国炼焦协会、北京科技大学、冶金工业规划研究院等政府部门和科研机构的嘉宾，以及多家钢铁企业及节能技术公司、装备厂家的代表与会。冶金工业规划研究院院长、中国节能协会冶金工业节能专业委员会主任委员李新创现场致辞，对行业发展提出展望。

李新创表示，钢铁工业是重要的基础原材料产业，伴随着新中国的繁荣强盛而发展壮大。上世纪70年代，我国开始建立钢铁工业能源消耗统计，并展开能源管理和节能技术的研究工作。截至目前，钢铁工业节能工作主要经历了以下五个阶段——

一是上世纪80年代初的起步阶段，以杜绝跑冒滴漏、节能宣传教育、组建机构和队伍，以及普及节能统计知识为主要特征。接下来，是以节能知识普及和节能管理提升为主的第二阶段。三是重大工艺和节能技术推广阶段，生产工艺技术出现革命性转变，连铸和喷煤关键技术全面推广；大型节能装置如TRT、烧结及高炉热风炉等余热回收等进行了全面普及。四是“十一五”以后，国家规范性管理阶段，主要任务包括调整产业结构、实施重点工程，推动技术进步、强化政策激励等。五是“十三五”以来进入系统节能阶段，以贯彻系统节能为主要理念，以提升企业整体能源利用效率为核心，以完善健全能源管理组织架构，实现全流程能源精细化管理为引领，并加快工艺、装备、产品、原料的结构调整和技术进步，推进能源节约与效益提升并重为主要特征。

“1978年至今，我国钢铁企业吨钢综合能耗已累计下降78.0%，相当于过去冶炼一吨钢的能耗现在可以冶炼五吨钢，因此节能是巨大的生产力。”李新创称。

展望“十四五”发展，李新创指出，钢铁行业节能将由单一技术节能为主步入以结构节能和技术节能并重的阶段。工业和信息化部已发布《关于引导电弧炉短流程炼钢发展的指导意见》（征求意见

稿), 提出力争到“十四五”末, 我国电炉钢产量占粗钢总产量的比例提升到 20%左右。电炉钢短流程吨钢综合能耗仅为高炉-转炉长流程 1/3 左右, 仅此一项节能潜力将高达 3000 余万吨标准煤。此外, 钢铁行业还涌现一批如免加热热轧制、亚临界全燃煤气发电、焦炉上升管余热回收利用等先进适用的节能技术, 技术节能仍将是“十四五”期间节能最重要手段之一, 且技术节能相对于结构节能更加容易实现。

加强冶金领域节能技术推广, 正是冶金规划院和冶金专委会最重要的职能之一。为加快冶金行业节能新技术的推广普及, 引导冶金企业进行节能装备技术改造升级, 实现能源资源高效利用, 推进冶金行业绿色发展, 冶金规划院和冶金专委会将为广大钢铁企业等用能单位和节能技术和装备厂家搭建平台, 共同促进行业实现绿色发展。

朱妍 中国能源网 2019-09-27

燃煤电厂碳捕集成本研究获得进展

我国二氧化碳排放量约为全球排放总量的 30%, 其中燃煤电厂约占一半。对此, 一项新的研究《2030 年中国大规模燃煤电厂碳捕集可行性》于近日公布。在分析燃煤发电厂二氧化碳捕集的成本, 以及不同地区、不同电厂捕集成本差异的基础上, 研究指出, 在现有政策和市场环境下, 假如碳捕集和储存 (CCS) 量超过 1 亿吨二氧化碳当量/年, 碳捕集成本可低于 37 美元/吨二氧化碳, 一些电厂甚至低至 25 美元/吨二氧化碳。

研究表明, 经济可行的 CCS 与更广泛的可再生能源利用, 将在中国二氧化碳减排中发挥重要作用。碳捕集推广速度, 在很大程度上受到运输和储存技术成熟度的限制, 而不是捕集成本。

据悉, 该研究是国家能源集团建设世界一流能源企业战略的一部分。国家能源集团副总经理米树华先生表示, “这些结果表明, 二氧化碳捕集可成为降低燃煤发电碳强度的重要选择, 这也在我们的战略规划之中。”北京低碳清洁能源研究院院长卫昶博士指出: “我们借鉴了国际上一些成本分析的经验, 对不同的技术和技术走势进行了比较, 并结合真实发电厂的成本分布, 来实现最低成本的碳捕集。”

研究通讯作者之一 Anthony Ku (顾佑宗) 博士表示, 本研究中降低成本的办法, 部分已被成功用于雾霾控制, 若能进一步用在二氧化碳排放管理上, 中国将成为这一领域的领导者, 尤其是可加速推动中国 CCS 供应链的成熟。而低成本二氧化碳捕集, 最终取决于不同电厂捕集成本的差异程度和政策的支持力度, 在全球范围内, 这种方法也可被其他国家借鉴, 以达到低成本捕集并推动相应的二氧化碳减排措施。

中国能源网 2019-09-26

可再生能源发展实现历史巨变

非化石能源占我国能源消费比重从 1953 年的 1.8% 攀升至 2018 年的 14.3%, 其中, 水电、风电装机总量分别超过 3.5 亿千瓦、2 亿千瓦, 均连年领跑全球; 光伏组件出货量占据全球七成市场份额, 装机总量稳居世界第一

14.3%——这是 2018 年我国非化石能源在能源消费总量中的占比。这一数字最近一次被提及, 是在刚刚结束的生态环境部 8 月例行新闻发布会上。

“2019 年 7 月, 国家应对气候变化及节能减排工作领导小组召开会议, 研究部署了气候变化工作, 请问我国应对气候变化取得了哪些进展?” 在新闻发布会上, 记者提问。

生态环境部应对气候变化司司长李高用一组数字回答了记者的提问: “如果我们看煤炭占能源消费的比重, 2005 年是 72.4%, 2018 年这个数字是 59%, 也就是说, 在过去十多年当中, 我国煤炭占能源消费比重基本上以每年一个百分点的速度下降。如果考虑到我国能源消费总量, 取得这个成绩

是非常不容易的。非化石能源占能源消费比重达 14.3%，这个成绩对我国的经济结构转型升级，对应对全球气候变化作出了突出的贡献。”

耀眼的数据背后，是中国应对气候变化的决心，更是新中国成立 70 年来可再生能源行业砥砺前行的坚实脚步。受资源禀赋特点影响，煤炭占我国能源消费总量比重始终处于第一，但总体呈现下降趋势，时至 2018 年，我国一次电力及其他能源在能源消费总量中的占比已经由 1953 年的 1.8% 提高到 14.3%。

水电、风电、光伏发电，从无到有，由弱到强，栉风沐雨 70 载，中国可再生能源硕果累累。

水电装机增长超 2200 倍 规模连续 15 年稳居世界第一

从 1949 年到 2018 年，从 16 万千瓦到 35226 万千瓦，超 2200 倍的装机量增长是中国水电交出的答卷。从 2004 年开始，我国水电装机规模已连续 15 年位居世界第一。

装机容量巨幅攀升的同时，科技创新也为中国水电注入了不竭动力。从举世瞩目的三峡水电站到溪洛渡、向家坝、小湾、水布垭、糯扎渡、构皮滩、锦屏水电站，中国水电人前赴后继，一批世界级大型水电工程捷报频传。白鹤滩、乌东德等具有国际领先水平的巨型水电工程正在建设之中。

一系列的科技创新也让中国水电的坝工技术问鼎世界。已建的锦屏一级 305 米双曲拱坝、水布垭 233 米混凝土面板堆石坝、龙滩 216 米碾压混凝土坝，在建的双江口 312 米堆石坝均为世界水电标志性工程。

70 年来，我国逐渐摸清水能“家底”，形成了世界领先的梯级流域水能综合规划能力。澜沧江、金沙江等大批大中型河流的规划完成全面支撑起我国十三大水电基地的建设。70 年来，中国水电全产业链优势日益凸显，EPC（设计-施工-采购）、BOT（建设-运营-转让）等多种商业模式及运营策略被广泛应用于水电建设。

从量的累积到质的提升，中国水电多点开花，茂盛繁荣。

成首个风电装机超 2 亿千瓦国家 平价上网渐行渐近

今年 2 月，世界风能协会发布统计数据显示，2018 年中国新增风电装机容量 2590 万千瓦，累计装机容量 2.21 亿千瓦，是世界上第一个风电装机容量超过 2 亿千瓦的国家。

从边远无电地区的离网型小型风机推广应用到浙江嵊泗岛、北京八达岭、福建平潭等风电试验站；从 1986 年 5 月首个并网型风电项目在山东荣成马蓝湾建成到 1989 年 10 月总装机 2025 千瓦风电项目落户新疆达坂城；从 1994 年龙源集团、南澳风能开发总公司和广电集团汕头供电分公司联合成立汕头福澳风力发电有限公司到 2003 年开始连续 5 年的风电特许权招标。中国风电从探索试验到示范应用，从商业化起步走上了规模化发展的征途。

其间中国风电的脚步从陆地走向海洋，从近海走向深海、远海。中国风电企业也在风电产业崛起的过程中成长壮大。2015 年 6 月底，龙源电力风电装机容量达到 1456.9 万千瓦，成为全球最大风电运营商。金风科技、远景能源、明阳智能等整机厂商同步跻身世界十大整机商之列。

开发水平提升，行业成本下行，中国风电的上网电价也在经历种种变革后，从审批电价、固定标杆电价走向市场化竞价，平价上网的目标渐行渐近。

全球七成光伏组件出自中国 发电装机连续 4 年世界第一

PvinfoLink 统计数据显示，2018 年，全球主要组件生产商出货量达到 95GW。在出货排名前 10 位的企业中，中国光伏企业占据 9 席，中国组件企业的出货量占全球总出货总量的约 70%。

2018 年中国大陆生产的多晶硅、硅片、电池片、组件、逆变器，在全球占比分别达到 58.1%、93.1%、74.8%、72.8% 和 62%。

这是光伏制造大国“光照全球”的真实写照。

1981 年，太阳能电池及其应用正式列入国家的科技攻关计划。从科研攻关到实践应用，从光明工程到领跑者工程，从固定补贴到全面竞价，从光伏扶贫到“光伏+”多种应用模式的创新，中国光伏的跨越式发展蹄疾步稳。

截至 2018 年底，全国光伏发电累计并网装机容量达到 1.74 亿千瓦，连续 4 年位居全球第一，

2018年发电量1775亿千瓦时，同比增长50%。

从光伏大国到光伏强国，中国光伏在高质量发展的道路上行稳致远。

《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出，要建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系。2019年是实施“十三五”规划的冲刺攻坚之年，站在新中国成立70周年的历史节点上，中国可再生能源大有可为，新一轮跨越式大发展可期。

姚金楠 中国能源报-中国能源网 2019-09-11

“限硫令”或致燃料成本增长超万亿美元

中国能源报-标普全球普氏日前发布分析报告称，国际海事组织（IMO）颁布的“2020限硫令”执行在即，预计未来5年内，包括能源、航运在内的诸多行业将面临严峻资金挑战，总计可能需要投入超过1万亿美元的资金。

根据IMO规定，2020年1月1日起，全球船舶需要使用硫含量不高于0.5%的船用燃料油。标普全球普氏指出，目前距离“限硫令”执行时间已不足4个月，届时全球绝大多数船舶的燃料将从高硫燃油转为符合IMO规定的燃油，这意味着全球每天要有大约300万桶高硫燃油被替代。

不过，目前行业依然不确定哪类船用油品将成为主流。多位业内人士认为，超低硫燃油或成为船东的主流选择。

价格方面，标普全球普氏预计，2020年，低硫燃油平均将比高硫燃油每吨贵240美元，在当年年初，两种燃油的价差或将达到峰值350美元/吨；到2023年，两种燃油的价差逐渐降至80美元/吨。

据了解，包括埃克森美孚、英国石油、中国石化、道达尔在内的大型石油公司已经表态，将生产符合“2020限硫令”要求的油燃油，并能满足市场需求。

标普全球普氏同时指出，在转换燃料前，船东需要清洗燃料箱，否则即便更换了合规燃油，但燃料中的硫含量仍可能超标。目前，包括泰国PreciousShipping和挪威HoeghAutoliner在内的航运公司已经宣布，船舶燃料箱的清洗活动正在进行中。标普全球普氏援引一位船东的话称，今年11月30日可能是转为使用合规燃料的最佳时间点。

除转换燃料外，安装脱硫塔也是确保船舶燃料用油合规的重要解决方案之一。废气净化系统协会（EGCSA）预计，到2020年1月1日，全球将有大约4000艘船舶安装脱硫塔设施。而IMO预计，届时全球将有约3000艘船舶安装脱硫塔。标普全球普氏则预计约2200艘。

尽管各个机构对安装脱硫塔设施船舶量的预测数据不同，但都认为这将给航运业带来巨大的资金压力。有数据显示，每艘船安装脱硫塔的成本可能在200万—1000万美元之间。穆迪投资服务公司在一份报告中以马士基航运公司为例，算了一笔账，如果为300艘船安装脱硫塔，每艘船的安装成本平均为500万美元，总计要花费大约15亿美元。

王升 -中国能源网 2019-09-11

生物质能、环保工程

雄安芦苇变身绿色能源

近日，中国华电科工集团研发的小型化干式厌氧发酵项目在雄安新区圆满完成，这是国内首个生物质秸秆与畜禽养殖废弃物混合进行干式厌氧发酵的项目。

芦苇是雄安新区分布面积最大、最典型的水生植物。近年来，随着人们生产生活方式的改变，绝大部分淀区群众不再收割芦苇，芦苇腐化造成水体严重污染。如何更好地将芦苇资源化利用，让其不仅为水质净化做出贡献，同时能产生一定的经济效益。中国华电科工集团依托国家能源生物燃

气高效制备及综合利用技术研发（实验）中心优势，独家引进国际先进的干式厌氧发酵技术，将芦苇和当地畜禽养殖废弃物生态处理成为绿色能源，未来或参与垃圾焚烧发电，实现芦苇利用的资源化、无害化。经厌氧反应后生成的沼气可用于发电、供热和供气，发酵后的沼渣也可用于有机肥生产，具有原料适应性强、处理过程能耗低、无废水排放、管理方便等特点，有效解决了传统湿式厌氧发酵沼液排放污染等技术难题，实现了绿色环保的生态农业与清洁能源综合利用有机结合。

据悉，该项目已于 2019 年 9 月 6 日顺利产气，所产沼气甲烷浓度达到 55%，产气速度、品质均达到设计值，平均日处理原料 4 吨，日产沼气 280 标立方、沼渣 3.6 吨，年节约标煤约 60 吨、减排 CO₂ 约 900 吨，大大促进我国生物燃气（天然气）产业的发展。

何赧珂 中国华电 2019-09-19

太阳能

2030 年太阳能发电成本或降为零

中国发展高层论坛 2019 专题研讨会日前在北京召开，主题为“贸易、开放与共享繁荣”。日本 KUNI UMI 资产管理株式会社董事长兼 CEO 山崎养世在会上建议，中国可在国内实施阳光经济政策，同时在“一带一路”倡议中推广。

山崎养世介绍，太阳经济是指凭借科学技术和文化知识力量，依靠太阳能获得人类生存所需要的能源、食物、水 and 环境等必须要素，实现人类可持续发展的全新经济模式。

“如果能源来自太阳能发电，每两年其成本会削减一半，到 2030 年左右，太阳能发电的成本将会降到接近为零。电力的自动驾驶汽车将得到优先发展。另一方面，电动自动驾驶汽车必须要有 5G 和其他新的通信技术支撑，所以我们的通信、出行以及衣食住行方方面面都被刺激发展。”山崎养世说。

山崎养世建议，搭建全球能源互联网、能源全部电化和构建全新经济体制。其中，全球能源互联网作为阳光经济的基础结构，至关重要。它是以特高压电网为骨干网架、全球互联的智能电网，作为清洁能源在全球范围大规模开发、输送、使用的平台，可促进资源富集的欠发达国家可再生能源开发，将当地的资源优势转化为经济优势，同时降低电力进口区域的成本。

山崎养世 2012 年创建了 UNIUMI 资产管理株式会社，2018 年竣工的日本最大太阳能发电站开发建设项目，即为 KUNI UMI 资产管理株式会社与多家中国企业合作建设。

经济参考报 2019-09-12

辽宁朝阳 500MW 光伏项目年底将投产

本报讯 日前，中国电力国际有限公司透露，中电朝阳 500MW 光伏发电平价上网试点项目已全面开工、目前进展顺利，将在今年 12 月 31 日前建成投产并网发电。

据该项目施工现场负责人介绍，该项目总投资约 29.17 亿元(备案 28.8 亿元——其中 9.5 亿元为省外资金、其余为银行贷款)，占地约 2.4 万亩。项目场址位于辽宁朝阳县南双庙、二十家子、羊山等乡镇。

据了解，《辽宁省发改委关于中电朝阳光伏发电项目纳入全省光伏发电平价上网试点项目计划等有关事项的通知》(辽发改能源〔2019〕207 号)明确将该项目纳入辽宁省 2019 年光伏发电平价上网试点项目。同时，辽宁省电力公司出具了项目电力消纳和电网接入的评审意见。通过积极争取，中电朝阳 500MW 光伏发电平价上网示范项目已被国家能源局列为全国第一批光伏平价上网试点项目。

据悉，该项目年发电量预计可达 9 亿千瓦时。这是全国第一批单体容量最大的光伏平价上网试

点项目，也是辽宁省此类项目的第一和唯一。该项目可实现固定资产 30 多亿元，年发电收入可达 3.35 亿元、税收 4000 多万元，将增加土地租赁收入 1.2 亿元，直接带动朝阳县 4000 多贫困人口稳定、长效脱贫。（周大吉）

中国能源报 2019-09-16

柬埔寨两处光伏电站获批

本报讯 据《亚欧经济情报》报道，柬埔寨发展理事会近日批准了两个光伏电站项目，分别位于西部菩萨省和中部磅清扬省。据悉，两个项目投资额总计 1.16 亿美元，总装机容量为 120 兆瓦。

柬埔寨发展理事会表示，两个光伏发电项目均由 Schneitec Sustainable 公司投资。菩萨省的光伏电站设在格罗戈县（Krakor），磅清扬省的设在杜坡县，前者预计于明年 4 月，后者于明年年底建成投入运营。

柬埔寨矿产能源部相关负责人维克塔乔纳表示，去年夏季以来，柬埔寨电力供应紧张，作为对策，政府已批准了多个可再生能源电力建设项目。

据了解，到目前为止，柬埔寨东南部柴桢省巴域（Bavet）附近的经济特区(SEZ)和南部磅士卑省的乌栋县已有 2 处光伏电站在运营。

柬埔寨官方统计数据显示，去年，该国电力消费为 2650 兆瓦，比上年增长约 15%。

王英斌 中国能源报 2019-09-16

西藏当雄 10MW 牧光互补项目开建

本报讯 日前，水电四局西藏首个新能源项目——西藏当雄 10MW 牧光互补并网光伏项目开工。

该项目位于拉萨市当雄县格达乡羊易村，平均海拔为 4700 米，项目采用高支设计方案，其中阵列区工程包括道路工程、固定支架独立基础、灌注桩工程、35 千伏箱变基础、集散式逆变器基础、金属网围栏施工、阵列区组件支架安装、设备接地安装、电器设备安装等。升压站包括生产楼建筑和安装、配电装置安装、辅助生产设施、站区道路及广场施工等。项目建成后，将实现草场恢复、藏区牧业和光伏发电协同发展的目标。

据悉，该项目计划于 10 月 31 日首批子阵并网发电，11 月 15 日全部子阵并网发电。项目建成后，将实现草场恢复、藏区牧业和光伏发电协同发展的目标，有力提升西藏自治区清洁能源的利用水平。

张健 中国能源报 2019-09-16

东南亚规模最大光伏电站在越南投产

本报讯 据《越南新闻》报道，号称当前东南亚最大规模的光伏电站——油汀光伏电站近日在越南落成并投入运营。该电站位于越南东南部西宁省周城县，占地（多为半淹没土地）面积超过 504 公顷，共组装了多达 130 万件的太阳能电池板，总装机容量达 420 兆瓦。

据了解，油汀光伏电站项目由越南当地的 Xuan Cau 集团与德国格林兄弟(B.Grimm)旗下的泰国电力公司(B.Grimm Power)合作实施，项目总投资 9.1 万亿越盾(约合 3.926 亿美元)。电站于 2018 年 6 月末开工建设，今年 6 月完工发电。电站方面数据显示，该电站每年可发电 6.88 亿千瓦时，足以满足近 32 万户家庭的电力需求。

另据悉，根据一项为期 20 年的电力购买协议(PPA)，油汀光伏电站将向越南电力集团(EVN)所属当地的电力公司出售其电力。

王英斌 中国能源报 2019-09-16

光伏行业探路能源物联网应用

核心阅读

按照目前户用光伏电站的规模，如果有 10GW 的项目接入能源物联网平台，就涉及到 100 万个家庭，我们可以看到这些家庭的用电数据，对用电负荷进行分析。这一数据分析无论对家庭还是企业都有价值。我们把数据收集起来分析好，然后给到有需求的人，这便是未来的商业模式。

交流接触器产线，当前产量 7305 个，当前直通率 99.61%，当前设备综合效率（OEE）73.15%。

这些滚动变化的数据反映的正是正泰集团交流接触器生产工厂的实时动态。在国际工业与能源物联网创新发展大会同期举办的物联网应用和产品展上，正泰集团的智能制造展区吸引了大量观众驻足观看。通过大屏幕上显示的正泰集团数字化车间管理平台界面，交流接触器生产工厂的实时画面和当前产量、设备效率等产线参数清晰可见。

工业与能源物联网的应用实践正在不断落地生根。企业生产有了哪些变革？商业模式又有哪些突破呢？

智能制造重在融合

“用物联网思维构成端到端的制造体系，打造产业链生态圈。”正泰集团董事长南存辉这样概括正泰集团对于工业物联网建设的目标。

大会期间，正泰集团正式发布“正泰云-正泰工业互联网平台”。谈起正在推进和运行的项目，南存辉如数家珍：“在温州，正泰生产车间已经实现全价值链数字化；在海宁，正泰建成了‘光伏制造+互联网’的典范项目；在杭州，正泰智能工厂在硬件设备、生产工艺、工业软件等方面都体现目前国内多项光伏组件的最高制造水平，并入选工信部中德智能制造合作示范项目。”

企业的实践已经将智能制造的优势充分展现，工业生产正在从自动化走向智能化，中国机械工业联合会专家委员会名誉主任朱森第指出，这一过程中最重要的便是融合。“在这一融合过程中，传统的产品、服务都融入了 5G、人工智能、边缘计算等各种各样的信息化技术，从传统的产品也就变成了一系列的智能化产品。此前，我们把自动化生产的产品叫机电一体化产品，现在，这个词显然已经不能满足要求。融合发展正是制造业转型升级，加速工业向智能化演进的重要路径。”

分布式盈利模式初现

不仅仅在制造端，具体到能源的供给、消费和技术层面，南存辉指出，能源物联网的构建也将带来革命性的变化。“比如最为典型的户用分布式光伏，千家万户屋顶上的电站要保证安全稳定运行，电站的隐患要能够提前预警，然后进行专业化的处理和运维。所以，我们要让一个个孤零零的电站逐步接入统一平台。”

在深入到成千上万个家庭用户中，企业又该如何保证盈利从而实现良性循环呢？

“其实，我们现在已经有一定的盈利模式。”以户用光伏为例，正泰新能源总裁陆川告诉记者，由于户用系统的安装市场上存在很多小型的非专业企业，“电站的生命周期至少是 20 年，但一些小企业很可能难以长期维系，这时候用户的电站出了问题，往往已经找不到当时的安装商了。这时，用户通常会联系电网公司，我们现在已经和电网的云商平台建立合作，一旦有用户提出运维需求，电网方面就会联系我们，我们从中收取一定的费用。”

延伸产业链创造效益

简单的收费并非“能源物联网”瞄准的盈利模式。陆川指出，在分布式特别是户用能源光伏电站的运维过程中，正泰会和相应的逆变器厂家建立联系，将运维的电站数据接入正泰云平台。“按照目前户用电站的规模，如果有 10GW 的项目接入平台，就涉及到 100 万个家庭，我们可以看到这些家庭的用电数据，对用电负荷进行分析。比如分析后的结论是这个家庭的冰箱能耗明显高于平均水平，那么更换一台冰箱所节约的电费多长时间可收回成本，这个数据分析无论对家庭还是对企业都是有价值的。我们是把数据收集起来分析好，然后给到有需求的人，这便是未来的商业模式。”

对此，国家电网副总经理张智刚指出，一方面是要以电为中心延伸价值链，聚焦多能互补、综

合利用、能源管理、技术服务，加快发展综合能源服务，不断拓展增值服务业务。另一方面要深入挖掘数据资产价值，强化数据共享应用，更好地支撑资源调配、业务协同和风险防控，不断地提高效率和效益。“通俗来讲就是要运用新一代信息技术，把用户、电网企业、发电企业、电工装备企业及其设备连接起来，通过信息广泛交互和充分共享，以数字化管理来提高能源生产效率、装备制造的安全质量、先进效益水平。”

本报记者 姚金楠 中国能源报 2019-09-16

东莞发布分布式光伏绩效评价报告

近日，东莞发改委率先发布了一份对 2016-2018 年度分布式光伏发电项目的绩效评价报告。

报告指出，在户用方面，若基准收益率设为 6%，经过测算，在无市级补贴的情况下，光伏发电项目的动态投资回收期为 17.40 年；在有市级补贴的情况下，光伏发电项目的动态投资回收期为 10.80 年。若无市级补贴，成本回收期较长。即使随着技术的提升，光伏板的价格会不断下降，但是逆变器的价格一直维持在高位，光伏设备的总投资不会有大幅度降低，因此，市级补贴对户用的光伏项目产生较为可观的经济效益。然而，由于分布式光伏发电设备安装对场地的要求较高，随着东莞市城镇化进程的不提高，可安装光伏设备的场地将越来越少。在企业方面，若基准收益率设为 6%，经过测算，无论有没有补贴，动态投资回收期约为 7-8 年，由此可知，政策补贴对企业投资项目的动态回收期影响不明显。

根据报告，随着光伏行业装机容量的不断增加和光伏板的使用老化，对于后续的维修需求将越来越大。通过网络调研也了解到，约 16.53% 的群众较关注售后服务，约 18.32% 的群众较关心安装价格及安全，因此建议在户用层面，优化资金补贴标准和补贴方式。若设备正常工作则全额补贴，若设备发生故障，可在保持补贴额度（0.3 元/千瓦时）不变的前提下，将 0.2 元用于补贴用户，0.1 元用于项目的售后安全检查、维修，逐步完善光伏产业链的售后服务环节。

报告提出，若设备正常工作则全额补贴，若设备发生故障，可在保持补贴额度（0.3 元/千瓦时）不变的前提下，将 0.2 元用于补贴用户，0.1 元用于项目的售后安全检查、维修，逐步完善光伏产业链的售后服务环节。（王弼兴）

中国能源报 2019-09-16

兰州启动国内首个液态太阳能燃料合成示范工程(图片新闻)

位于兰州新区的国内首个液态太阳能燃料合成示范工程近期启动，其中 10 兆瓦光伏发电装置已基本完成设备安装。项目建成后将利用太阳能发电实现电解水制氢，氢气和二氧化碳反应合成甲醇等燃料及化学品，实现二氧化碳减排和碳资源可持续利用。这是国内首次真正意义上实现利用太阳能等清洁能源生产甲醇的工程。

中国能源报 2019-09-16

钙钛矿光伏材料面临两大难题制约

9 月 4 日，由悉尼新南威尔士大学(UNSW Sydney)、中国科学院科技战略咨询研究院(CASISD)和自然科研(Nature Research)联合举办的第二届中澳科学未来会议在北京举办。会议间隙，被誉为“太阳能之父”的马丁·格林教授围绕钙钛矿光伏材料的发展现状接受了记者的采访。

马丁·格林教授在悉尼新南威尔士大学组建的研究团队，是国际上在光伏研究领域最大、最知名的高校研究团队，并发明了目前已成为主要商业电池的 PERC 电池。

据了解，钙钛矿材料 2009 年首次应用于光伏发电，由于其优异的光学、电学性质，以及易于合

成、成本低廉、原料丰富等优势，激发了全世界对该领域的科研热情。

今年以来，钙钛矿太阳能电池正成为风险投资关注的焦点。

3月15日，中国第一大风机制造商金风科技宣布，以战略投资者身份领投英国钙钛矿太阳能发电公司牛津光伏有限公司（Oxford PVTM）D轮融资，投资金额2100万英镑。

4月26日，长江三峡集团旗下三峡资本联合中国三峡新能源与杭州纤纳光电科技有限公司宣布，三峡资本以战略投资者身份注资纤纳光电，投资金额5000万人民币。这家成立不足4年的公司，目前是全球钙钛矿太阳能组件光电转换效率的世界纪录的保持者。

“钙钛矿技术属于第三代光伏技术，目前确实引起了学术界和产业界的注意，但其面临两大主要难题：不稳定性和毒性。”格林教授告诉记者，“钙钛矿材料里含有铅等重金属，由于能够溶于水，很容易扩散到周围环境中，对环境和人身造成损害。如果没有妥善解决毒性问题，钙钛矿电池依然难以进入商用市场。”

据了解，标准的晶硅板包含两种毒性物质，分别是铅和氟。格林教授介绍称，和电池连接的金属材料里含有少量铅，另外在组件背板上的一些塑料里会有氟，这些氟比较稳固，不易被分解。但是目前使用不含铅或氟的材料都是有可能的。

“因此，在弃置钙钛矿材料时需要对其进行特别的处理，从而预防它材料里面含有的铅泄漏到周边环境。”

虽然目前钙钛矿材料面临稳定性不足、有一定毒性、难以大面积应用等短板，但格林教授表示，钙钛矿材料能够叠加在硅晶片上提升效率，在这个层面上是一种接近完美的技术。

“因此更要致力于破解钙钛矿的稳定性和毒性问题，很多制造商向市场保证25年到30年的使用寿命，然而，不稳定的组件是不能适应市场和投资需求的。另外，很多制造商不希望在组件里使用有毒材料，太阳能光伏产业的发展非常迅速，有毒材料的大规模应用会对未来产业的发展带来问题。”

据了解，除了钙钛矿，格林教授表示自己的实验室也正在尝试其他光伏材料。

“将一些金属、非金属的材料以一定比例进行结合的话，也可以生产出不同的半导体材料，我们正在研究一些由金属、非金属材料混合而成，且和硅有类似性能的材料。其中一种包含了铜、锌、锡和硫四种物质，通过将它们以适当的比例进行混和，能够生产出比较好的半导体产品。”

据格林教授介绍，其优势是第一是没有毒性，第二材料比较丰富，储备也比较多。目前悉尼新南威尔士大学研究的这类材料转换效率刷新了世界纪录，大约是11%，希望未来将效率提升到20%，以实现商业化应用。

本报实习记者 仲蕊 中国能源报 2019-09-16

光伏：新时代的中国名片

2015年，光伏发电累计装机达4318万千瓦，成为光伏发电装机第一大国。

截至2019年6月底，全国光伏发电累计装机18559万千瓦，遥遥领先其他国家。

壮丽70年，我国光伏产业交出骄人成绩单。截至2018年底，中国光伏发电总装机量达1.74亿千瓦，连续4年蝉联光伏装机规模全球第一。这一年，中国光伏发电量1775亿千瓦时，同比增长50%；平均利用小时数1115小时，同比增加37小时；全国光伏发电弃光电量54.9亿千瓦时，同比减少18亿千瓦时；弃光率3%，同比下降2.8个百分点，弃光电量和弃光率实现“双降”。

在这些耀眼成绩的背后，是新中国成立70年来我国光伏产业高质量发展的坚实步伐。

和水电、风电等其他清洁能源相比，我国光伏产业起步较晚。虽然1958年我国研制成功了首块硅单晶，但直至上世纪80年代，太阳能电池及其应用才开始被列入国家的科技攻关计划。上世纪90年代末，我国对光伏行业的政策支持也开始从科研走向具体应用。

1997年，为贯彻“中央扶贫工作会议”的精神，响应1996年在津巴布韦召开的“世界太阳能高峰会议”上提出的在全球无电地区推行“光明工程”的倡议，给边远无电地区的人民送去光明，原国家发

展计划委员会牵头制定并实施了“中国光明工程”计划。该计划是我国首次由中央拨款支持的在边远地区大规模应用风能和太阳能的项目，计划总投资 100 亿元，首期工程在内蒙古、甘肃、西藏三省（区）实施。

2009 年，财政部、科技部、国家能源局联合出台《关于实施金太阳示范工程的通知》，金太阳示范工程正式启动。决定综合采取财政补助、科技支持和市场拉动方式，加快国内光伏发电的产业化和规模化发展。此后，金太阳示范工程相关政策几经调整，不断完善技术要求、补贴强度、补贴方式等。在 2009 年到 2012 年的 4 年间，通过“金太阳”示范工程，我国新增光伏发电装机容量高达 6.15 吉瓦。金太阳示范工程也被业内称为我国史上最强光伏产业扶持政策。

随着我国光伏产业逐渐走向规模化，光伏发电开始迈进度电补贴时代。2013 年，《关于促进光伏产业健康发展的若干意见》正式下发。随后，国家能源局发布《关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》，明确光伏补贴从金太阳示范工程的事前补贴正式转为度电补贴。

度电补贴时代的到来，为我国光伏产业的发展打了一剂强心针。2013 年，我国光伏发电新增装机容量 1292 万千瓦，新增规模跃居全球首位。此后，我国光伏发电新增装机量一直保持世界第一。2015 年，我国光伏发电累计装机容量达 4318 万千瓦，成为光伏发电装机第一大国。2015-2018 年，我国光伏发电新增装机容量及累计装机容量连续 4 年保持世界首位的成绩。

政策之外，在迈向光伏大国、光伏强国的道路上，科技装备的持续进步、技术创新的不断突破也至关重要。

改革开放后，我国光伏产业在自主研发基础上，开始引进国外电池生产线，相继成立了多家机构研发生产太阳能电池，并应用于消费品、离网等系统中。

进入 20 世纪，在国内外市场带动下，一批晶硅、电池片、组件生产的中国企业应运而生，并逐渐在全球光伏产业链各环节展现出非凡实力。光伏行业分析机构 Pvinfolink 数据显示，2018 年，全球主要组件生产商出货量达 95 吉瓦；在全球出货量排名前十位的企业中，我国光伏企业占据九席。2018 年，我国生产的多晶硅、硅片、电池片、组件、逆变器在全球占比分别达到 58.1%、93.1%、74.8%、72.8%和 62%。其中，我国多晶硅已连续 8 年位居全球产量第一，组件连续 12 年收获全球产量冠军。

在产业不断成熟的背景下，光伏发电度电补贴政策与时俱进，进入逐年下调通道。

2018 年 5 月 31 日，国家发改委、财政部、国家能源局三部委发布《关于 2018 年光伏发电有关事项的通知》，拉开了光伏发电平价上网的序幕。

2019 年开年，国家发改委、国家能源局发布《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》，鼓励资源优良、建设成本低、投资和市场条件好的地区实施无补贴和平价上网项目。

同年，实施了多年的由国家能源局定规模、定电价的光伏发电年度建设管理模式正式转变为竞价上网模式。2019 年 7 月 11 日，国家能源局正式公布 2019 年光伏发电项目国家补贴竞价结果，拟将全国 22 个省份的 3921 个项目纳入国家竞价补贴范围，总装机容量近 2300 万千瓦。

据国家能源局数据，截至 2019 年 6 月底，全国光伏发电累计装机 18559 万千瓦，同比增长 20%；光伏发电新增装机容量 1140 万千瓦。2019 年上半年，全国光伏发电量 1067.3 亿千瓦时，同比增长 30%；弃光电量 26.1 亿千瓦时，同比减少 5.7 亿千瓦时；弃光率 2.4%，同比下降 1.2 个百分点，实现弃光电量和弃光率“双降”。

国家能源局表示，2019 年，全国光伏发电项目建设规模在 5000 万千瓦左右，预计年内可建成并网的装机容量在 4000-4500 万千瓦左右，光伏发电产业发展将稳中求进。

展望未来，随着“智慧”理念不断深入社会生活，光伏产业也逐渐和“大物移云”等高科技相连接，智能监控、智能运维等新兴手段助力光伏产品、服务再升级，太阳能作为“取之不尽，用之不竭”的自然资源，将大有可为。同时，在电力交易、碳排放权交易、绿色电力证书交易等政策模式不断创新、成熟的背景下，我国光伏市场也将更加广阔。

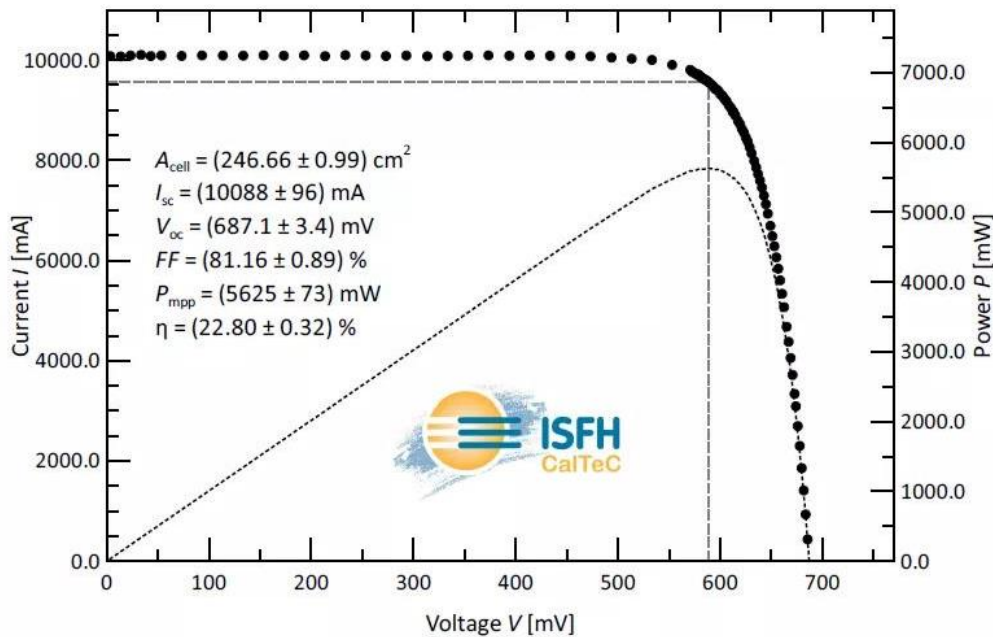
本报实习记者 董梓童 中国能源报 2019-09-23

22.80%! 世界多晶电池新纪录诞生! 阿特斯研发团队引领世界太阳能电池技术新变革!

阿特斯阳光电力集团 (CanadianSolar Inc., NASDAQ: CSIQ, 以下简称“阿特斯”) 2019 年 9 月 17 日发布新闻宣布, 公司研发的高效 P5 多晶太阳电池转换效率达到 22.80%, 创造了新的大面积多晶电池的世界纪录。该结果在 2019 年 9 月获得德国哈梅林太阳能研究所 (ISFH) 测试认证。

同时, 这项新的世界纪录超越了同样由阿特斯于今年 4 月份创下的 22.28% 大面积多晶电池效率世界纪录。

ISFH 测试认证报告



阿特斯阳光电力集团董事长兼首席执行官瞿晓铨博士表示: “我在此非常高兴地向大家宣布, 我们的团队再次打破世界纪录! 这是阿特斯 P5 多晶技术发展的一项重要里程碑, 同时也是我们坚持以 ‘单晶效率、多晶成本’ 为目标, 不断提高多晶技术竞争力的有力证明。阿特斯 P5 多晶技术在保持多晶成本优势的同时, 转换效率比肩单晶。未来, 我们仍将继续扩充技术储备, 为客户提供最具度电成本竞争力的产品。”

阿特斯 P5 多晶技术使用的是一种最新的铸锭技术。这项破纪录的高效多晶电池采用了 157mmx157mm P5 多晶硅片, 并整合了选择性发射极、氧化硅钝化、叠层减反射、氧化铝背钝化、先进金属化等多项电池技术, 最终创造出 22.80% 的新的光电转化效率世界纪录。其中阿特斯专有的自主知识产权湿法黑硅陷光技术, 也应用在了该电池中。这一技术在大幅降低电池片正面反射率的同时, 进一步提高了电池片发电性能。这项技术目前已是行业多晶技术的主流工艺。

不断刷新世界纪录, 仅仅是阿特斯不断寻求技术创新发展和突破的一个缩影。作为全球太阳能光伏行业的核心技术领导者, 阿特斯集团专利申请总量和授权总量连续多年位居全球光伏行业领先地位。截至目前, 阿特斯在全球范围内累计申请专利 2379 项。北美、欧洲和亚太地区授权专利总量达 1422 项。阿特斯也在不断的将这些研发创新实力转化为企业的核心竞争力。电池方面, 至今年 8 月, 阿特斯所有电池片产能已全部升级为 PERC 产能, 实现 100%PERC 化。组件方面, 阿特斯在行业内率先开发并量产众多新技术、新产品, 包括 GW 级阿特斯半片多晶 PERC 组件 (Ku 半片系列)、阿特斯酷双面组件 (BiKu)、阿特斯多主栅组件 (MBB)、阿特斯 166mm 大硅片组件 (应用于阿特斯 HiKu 和 BiHiKu 系列产品) 和阿特斯叠瓦组件 (HiDM) 等。这些新技术、新产品获得了中国原创技术大奖、中国专利优秀奖、中国好技术、省科技进步奖等诸多殊荣。未来, 阿特斯还将继续为客户量身定制更多高功率、高可靠性、高单瓦发电量的高效组件产品。

围绕 P5 高效多晶技术，阿特斯也一直在开发和商业化量产一系列叠加了黑硅电池技术和铸锭单晶技术的高效 P5 组件产品。因为其单晶的效率、多晶的性价比，阿特斯 P5 高效组件一经推出便受到海内外客户的青睐和热捧。目前，阿特斯 P5 组件已进入量产阶段，接受客户预定。

阿特斯阳光电力集团 2019-09-20

光热产业持续健康发展仍需政策吹“暖风”

9月的迪拜，左手沙漠，右手海水。海滩依然延续着夏日的浪漫，而在南部的沙漠，一座占地面积44平方公里，全球迄今为止规模最大的光伏光热太阳能发电项目打破了沉寂已久的大漠。这座由中国企业承建的950MW光热光伏混合发电项目于迪拜时间9月19日首台槽式集热器组装成功。该项目建成后，每年不仅为迪拜320,000多家住户提供清洁电力，还将减少160万吨的碳排放量。

“迪拜光热项目已经成为‘一带一路’的一张绿色名片，宣扬着‘共建绿色丝绸之路’的可持续发展倡议。”国家能源局副局长林山青在项目现场充分肯定了中国太阳能热发电企业在“深化国际能源合作，抢占能源先机，为构建清洁低碳、安全高效的国际能源体系”所作出的贡献。

其实，迪拜马克图姆太阳能园区第四期950MW光热光伏发电项目只是我国太阳能热发电产业栉风沐雨、砥砺前行中的一个缩影。

自主创新 示范效果显著

记者从国家能源局了解到，光热发电作为稳定、可靠的优质电力，在能源转型、推进可再生能源高质量发展的过程中，具有不可替代的地位和作用。经过多年培育，我国光热产业链已逐步完善，在“一带一路”能源国际合作中，也扮演着越来越重要角色。

同在9月19日这一天，中电建青海共和50MW熔盐塔式光热发电项目、鲁能海西州多能互补集成优化国家示范工程50MW光热发电项目成功并网发电，为助推我国能源转型再添新样本。

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

记者在采访中了解到，自2005年发展至今，我国光热发电产业从无到有，已经具备了相当的产能规模，规模效应逐渐显现，对产业结构优化和成本的降低产生了积极的影响。

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

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

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

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

“例如，塔式聚光集热系统，在国际上也只有几家公司掌握该项技术，首航节能和中控太阳能等龙头企业，通过自主研发掌握了关键技术。项目建成投运后，运行性能良好。另外，兰州大成通过自主研发，掌握了熔盐菲涅尔式聚光集热技术，并率先开展了世界首个商业化电站建设；正在建设中的玉门鑫能项目，也是全球第一个采用二次反射塔式聚光集热技术的商业电站。”孙锐向记者介绍说。

北京首航艾启威节能技术股份有限公司（简称“首航节能”）董事长黄文佳告诉记者，“经过多年技术积累，小试、中试、企业示范项目和国家首批示范项目建设，光热产业积累了许多设计、制造、安装、运维等方面的人才，培养了多家系统集成商，吸取了大量经验与教训，为下一批项目减少建

设成本、提高效率提供借鉴和依据，将有力地提高光热发电的经济和社会价值。”

不仅如此，来自光热发电的新需求，也化解了部分燃煤发电产业的过剩产能。

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

“与煤电相同，光热电站也是高度的系统集成，其核心是电站设计，从 2015 年下半年起，我国煤电设计单位展开了相应的工作。”国家太阳能光热产业技术创新战略联盟理事长王志峰表示。

开拓海外 融入“一带一路”

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

据了解，2019 年，全球约有 10 个商业化光热发电项目处于实质性在开发阶段，总装机容量 1460MW，其中海外项目 6 个，总装机 1210MW。

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

2018 年，上海电气在充分市场竞争的情况下，以世界最高标准赢得了迪拜 700 兆瓦光热发电项目的总承包机会。该项目现已成为我国装备制造企业进军海外高端市场、打造中国品牌、践行“一带一路”倡议所取得的成功案例。

2019 年，光热产业再创佳绩。我国企业参加总包的摩洛哥 250MW 槽式 NOOR2、150MW 塔式 NOOR3 光热电站相继投运，在海外市场建立起良好信誉。此外，希腊、智利、非洲等地的市场开拓也进入了新阶段。

采访中，多家光热企业负责人对记者表示，首批示范项目为行业积累了丰富经验，并成为迈向全球的“敲门砖”。

浙江中控太阳能技术有限公司（简称“中控太阳能”）董事长金建祥表示，“示范项目所展现出的技术创新和工程能力，为中国企业走向海外奠定了良好的基础，另一方面产业链发展带动了成本下降，也增强了中国企业在国际市场的竞争力。”

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

黄文佳对记者表示，“迪拜、智利的业主来华考察我们的项目时，对国内技术发展和成本下降的速度感到十分惊讶。”

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

能源转型光热不可或缺

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

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

孙锐认为，随着我国大规模新能源机组占比不断提升，煤电占比持续降低，西部地区风电和光伏依赖煤电打捆外送的模式将不可持续。他以甘肃酒泉至湖南的±800 千伏祁韶线为例，该输送通道

已经建成投运，原规划设计外送电量的 60%为煤电，配套煤电机组 600 万千瓦，其中新建 400 万千瓦。然而全国煤电机组出现了过剩局面，能源主管部门暂停了 200 万千瓦煤电机组的建设。由于缺少调节电源，该通道的输电功率与设计值相差甚远，当地的风电、光伏电力送不出去，弃风、弃光严重。

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

光热产业方兴未艾，如何破解发电成本高企难题，黄文佳和金建祥早已成竹在胸，“再经过 2-3 轮示范项目的持续建设，光热发电有望实现调峰平价。”

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

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

“补贴退坡是大势所趋，但应该是一个渐进的过程，具体产业区别对待，不搞一刀切。”孙锐认为，目前光热产业尚需一段时间，使刚刚建立起来的产业链得到规模化发展，从而降低发电成本，最终完全走向市场。

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

“光热发电项目建设周期长，同时，我国西北部独特的气候环境导致有效工期不足 8 个月，因此首先要因地制宜、实事求是，给光热产业发展一个合理的缓冲期，以免造成大起大落。”王志峰对记者坦言。

中国能源网 2019-09-29

中国多晶硅生产：从受制于人到领跑世界

多晶硅，太阳能电池和半导体器件生产中的主要材料来源。在全球光伏行业初兴的 2004 年前后，光伏级多晶硅料一度是制约我国光伏制造业发展的瓶颈。中国的多晶硅生产到底经历了哪些严苛的技术封锁？国内企业又是如何实现突破直至达到世界领先水平？

吕锦标，2003 年 3 月加入协鑫集团，2007 年从集团上海总部来到筹建中的江苏徐州多晶硅生产基地，一呆就是 7 年，他见证了协鑫进军光伏行业、布局多晶硅基础材料生产的全过程，在他的眼中，协鑫乃至中国光伏企业的多晶硅生产之路正是整个中国光伏行业从弱到强的缩影。

“想去参观人家的工厂，对方直接回绝，门都没有”

2004-2005 年前后，全球的光伏市场已经开始“爆发”，国内也已经有一些企业借着这股东风在组件生产上小有作为。

虽然国内组件生产商已经可以在全球市场上跟跑，但最头痛的问题是材料受制约。所谓“两头在外”，就是指主要原材料多晶硅需要从国外巨头进口，生产出的组件产品需要出口到国外市场，中国光伏企业仅仅是扮演了代加工的角色。

世界范围内，能够生产多晶硅料的企业屈指可数，产量也十分有限。而且当时半导体行业已经有成熟的市场，光伏却是新兴的闯入者，所以，硅料厂商一定是优先保障半导体企业的需求后才轮到光伏。

光伏企业只能和半导体企业抢多晶硅料。当时，世界范围内多晶硅料的年产量约在 3 万吨，其

中只有不足 1 万吨可以供给光伏企业。半导体行业所用的多晶硅料比光伏级多晶硅纯度要高，成本也更高，但国际上老牌的多晶硅生产企业都和半导体企业有长期的供货协议，即便是光伏级多晶硅料的市场价格已经达到三四百美金，而半导体级多晶硅料只有几十美金，他们也不会对半导体企业停供，两者的长协合同是非常牢固稳定的。

那时，协鑫正在着手进入光伏行业，也看到了中国光伏制造核心材料受制于人的痛点。

其实，早在上世纪五六十年代，中国着手研究半导体，其间就有一些多晶硅生产企业兴起，到七十年代末，全国已经有十五六家多晶硅生产企业分布在上海、重庆、四川、江西等地，但关键的生产技术却一直控制在德国、美国、日本等国无法实现突破。

国内企业要生产多晶硅料，就一定要突破关键技术。虽有这样的认知，但 2006 年前后真正进入行业才意识到，国外的技术封锁是多么严苛，根本没有技术交流的渠道。

多晶硅料的生产工艺主要有四个步骤：第一步生产原料三氯氢硅；第二步是将三氯氢硅提纯；第三步将提纯后的三氯氢硅进入还原炉还原，得到纯高度的多晶硅；最后一步也是最关键的部分，在还原过程中会产生大量包括四氯化硅等在内的尾气，要将尾气转化成三氯氢硅再循环利用，这是最难的一步，也是我们寻求技术突破的关键。只有实现了四氯化硅到三氯氢硅的循环，才能实现大规模、低成本的多晶硅生产。

德国瓦克公司是当时世界领先的多晶硅生产企业，从 1959 年开始就已经是超纯多晶硅的工业级生产商。瓦克在江苏张家港投资了一个有机硅工厂，我们通过商务渠道去母公司沟通，希望去参观人家的德国多晶硅工厂，对方直接回绝，门都没有。此后，我们的工程师利用出差的机会到了德国，瓦克的多晶硅厂就在一个小镇里面，厂区四周都是大片树林植被的围墙，根本就进不了那个区域，更不用说参观了，什么都看不到。

“最大的收获是买到了还原炉，至少知道这是个什么东西，然后才有了后面的国产设备”

虽然参观、交流都没能成功，但我们却在当地找到了一家为瓦克工厂提供设备支持的私营企业。

这家企业主要生产还原三氯氢硅的还原炉，产量也不大。老板叫谢斯纳，年过七十却特别能喝酒，53 度的茅台用红酒杯干，干几杯答应发炉子，但还是屡屡爽约。谢斯纳的厂主要生产 12 对棒还原炉，正适用于千吨级产线，当时中国大陆扎堆上十几个项目。

我们从谢斯纳的工厂买了还原炉，2007 年第四季度协鑫在江苏徐州建成了第一条 1500 吨/年的多晶硅产线，用的就是这些炉子。

其实，无论是在国内还是国际上，装备的升级都要依靠工厂的生产探索，技术的改进也消化在装备中的。比如还原炉，在购买时设备厂商会提供诸如加压、控温等环节的基本技术参数，但在设备运行过程中一定会涉及到参数的优化，这就关系到装备的变更升级。例如哪里需要哪个孔、哪个需要哪个位置，在工厂不断优化生产的过程中，装备才会升级。后来，在 2008 年第二条 1500 吨/年产线投产的时候，国内的企业就已经可以生产还原炉。当时，我们已经着手从 12 对棒放大到 18 对棒、24 对棒、36 对棒，放大后设备布局不一样，需要我们的技术人员和国内企业重新计算，但我们已经可以做到。

现在想来，找德国最大的收获是买到了还原炉，至少知道这是个什么东西，然后才有了后面的国产设备，当然也有来自日本和美国的一些装备。

现在，无论是江苏还是新疆的工厂，设备国产化率都已经超过了 95%，与进口设备相比，国产设备采购和后续运行、维护成本要低 30% 以上。

“业内的领先企业一直观察着中国的多晶硅生产，认为中国从上世纪六七十年代开始就进行尝试，始终没有成功，肯定做不起来，但我们就是成功了，我们做到了”

技术突破并不是在哪一个节点上突然就有了怎样的巨变，而是通过一点一滴的尝试逐步实现的。

其实在 2007 年第一条徐州产线上马的时候，最关键的工艺流程四氯化硅向三氯氢硅转化并没有完全突破，氢化处理工艺是在同步研究和中试的。所以，当时的很多工艺尝试也是在第一条产线上试运的，从这个角度讲，首条 1500 吨/年的产线在一定程度上也起到了试验场的作用。

既然没有现成的工艺包，外出取经也没能成功，我们就只能自己研究摸索。从上世纪五十年代开始的研究虽然没有重大的技术突破，但却积累了部分专业人才。当时，为了突破这最关键的一环，国内化工、半导体、电子、电力等行业的工程师以及化工设计院、装备制造企业都参与其中。后来，国内精细化工行业的工程师从有机硅制备中得到启发，最终冲破了氢化这道技术难关。多晶硅生产过程产生的尾气非常多，实现了从四氯化硅到三氯氢硅的循环，我们才可以真正控制成本并且实现连续生产从而扩大规模。

在两条 1500 吨/年的产线上马后，国内的技术已经不断走向成熟。在 2008 年全球金融危机前，协鑫接连扩产，连上三条 5000 吨/年规模的产线，总规模达到 18000 吨/年，一跃成为亚洲第一大多晶硅生产商。

这时候国际上的一流企业包括那些曾经把我们的技术交流人员拒之门外的公司是非常震惊甚至怀疑的。其实，业内的领先企业一直观察着中国的多晶硅生产，认为中国从上世纪六七十年代开始就进行尝试，始终没有成功，肯定做不起来。但我们就是成功了，我们做到了。

现在，协鑫在对国外技术和设备引进吸收、集成再造并国产化的基础上，对氯化氢、反歧化、高效化学气相沉积等关键技术进行大量自主创新，独创了具有自主知识产权的 GCL 法多晶硅超大规模清洁生产技术。这一工艺法完全实现了物料的全循环利用，与目前国际三大多晶硅生产企业 Hemlock、OCI、瓦克所采用的工艺相比，流程更短、物料和能量利用率更高，不仅极大地降低生产成本，而且实现多晶硅的清洁生产、绿色制造，完全零排放，总体技术水平已经处于国际领先地位。

吕锦标口述 本报记者 姚金楠/整理 中国能源报 2019-09-23

海洋能、水能

尼泊尔上马相迪 A 水电站发电量创新高

本报讯 日前，中国电建在尼泊尔投资的首个水电项目——上马相迪 A 水电站商运以来累计发电量突破 10 亿千瓦时，创发电量新高。

上马相迪 A 水电站装机容量 50 兆瓦，占尼泊尔电力系统总装机的 5.72%，于 2017 年 1 月 1 日正式商运。电站运营团队以“安全、稳定、连续、高效”运行为宗旨，精心组织电力生产运维管理工作，不断探索规律、总结规律，克服尼泊尔电网结构薄弱、运行稳定性差的环境，设备完好率一直保持在 95% 以上，主辅设备完好率 100%，2017 年至今连续 11 个季度均达到一类设备指标。

据了解，上马相迪 A 水电站自商运行以来，运营安全稳定，电力源源不断地输送至尼泊尔首都加德满都，解决加德满都长期以来分区轮换停电的缺电困境，对缓解尼泊尔电力供应紧张局面做出了巨大贡献。（肖定宇 董江波）

中国能源报 2019-09-16

世界水电看中国

水电装机从新中国成立之初的 36 万千瓦增至 2018 年底的 3.5 亿千瓦；攻克了高边坡稳定、大体积混凝土浇筑温控、长隧洞施工、泄洪消能、高坝抗震等一系列世界级难题

水电装机从新中国成立初的 36 万千瓦增长至 2018 年底的 3.5 亿千瓦。抽水蓄能更是从无到有，装机容量达到 2866 万千瓦，跃居世界第一。

从新中国成立初期自主建设新安江水电站建设开始，到首次在水电建筑业内引入竞争机制建设鲁布革水电站，到二滩、向家坝、小湾、锦屏、溪洛渡、三峡……再到如今世界在建规模最大的白鹤滩水电站、藏区最大水电站两河口、世界最高坝双江口等巨型水电站，70 年来，中国水电行业的建

设者砥砺前行，实现了在世界水电行业中从“跟跑者”到“并行者”再到“引领者”的飞跃。

水电发展理念与时俱进

从1912年中国第一座水电站——云南石龙坝水电站建成至今，中国水电建设事业已有107年的历史。新中国成立70年来，中国水电装机容量和发电量均呈现跨越式增长。从2004年起，我国水电总装机容量连续位居世界第一，水电建设的综合技术水平迈入了世界先进行列。

耀眼成绩的背后并非一帆风顺。新中国成立之初，中国水力发电事业远远落后于国家建设的需要，这时期我国水电政策是“水主火辅”。1950年10月，第一次全国水力发电会议，揭开了中国水电建设事业序幕。在第一个五年计划期间，我国基本掌握了修建中小型水电站的整套技术。1956年国家制订科学技术发展12年远景规划时，把水电科学研究和水电技术发展纳入了国家计划，标志着中国水电事业加快了前进的步伐。

改革开放为水电建设注入了创新前进的动力。改革开放后，我国水电政策是“水火并举，因地制宜多搞水电开发”。特别是党的十一届三中全会后，国家重新调整了水电资源开发战略，不断加大水电建设力度，一项项国家重点工程相继开工建设，水电建设步伐明显加快。

这一时期，我国水电科技发展呈现了新局面，建设了葛洲坝、龙羊峡、白山、乌江渡等一大批大型水电站，中国水电建设逐渐走向高潮，举世瞩目的三峡工程也开始兴建。

新世纪以来是我国水电发展最快的时期。在这期间，流域水电规划全面开展。为适应西部水电开发的需要，我国还开展了大渡河干流以及乌江、金沙江干流部分河段等水电规划修编和调整工作，启动了怒江上游、雅砻江上游、那曲河、通天河、雅鲁藏布江中游和下游等水电规划。水电发展理念更加注重生态环境保护、妥善安置移民，行业发展进入新阶段。

36万千瓦到3.5亿千瓦的飞跃

70年来，我国水电事业发生了翻天覆地的变化。水电装机容量从新中国成立初的36万千瓦增长至2018年底的3.5亿千瓦。抽水蓄能电站更是从无到有，装机容量增加2866万千瓦，跃居世界第一。

70年来，水电体制机制改革释放出巨大的科技创新活力，取得了“世界水电看中国”的伟大成就。从新安江水电站建设开始，到首次在水电建筑业内引入竞争机制建设鲁布革水电站，到二滩水电站、向家坝、小湾、锦屏、溪洛渡、三峡……再到如今世界在建规模最大的白鹤滩水电站、藏区最大水电站两河口、世界最高坝双江口等巨型水电站，中国水电行业的建设者们砥砺前行，不断创造水电领域领先的设计和建造技术。

70年来，科技创新促进坝工技术不断取得新跨越，已建的锦屏一级305米双曲拱坝、水布垭233米混凝土面板堆石坝、龙滩216米碾压混凝土坝、在建的双江口312米堆石坝均为同类型大坝中的世界第一高坝。与高坝工程密切相关的高边坡稳定、大体积混凝土浇筑温控、长隧洞施工、泄洪消能、高坝抗震等一系列世界级难题处理技术均凝聚着中国水电人的智慧。

70年来，我国摸清了水能“家底”，形成了世界领先的梯级流域水能综合规划能力，先后完成了澜沧江、金沙江、怒江等大批大中型河流的水电规划，全面支撑了国家十三大水电基地建设。

中国水电闪耀世界各地

如今我国水电不仅闪耀祖国大地，还以全产业链的姿态阔步迈出国门走向世界，成为中国推进“一带一路”建设的一支重要力量。中国水电已在“一带一路”沿线国家建立起了多个当地的“三峡工程”，如马来西亚巴贡水电站、苏丹麦洛维水电站、几内亚乐塔水电站等。在中巴经济走廊、在广袤的非洲大地、在南美洲崇山峻岭之中，随处闪现着中国水电人的身影，中国水电企业遍布世界。

截至目前，中国水电在海外建了4000个水电站，装机9000万千瓦。中国水电企业与100多个国家和地区建立了水电开发多形式的合作关系，承接了60多个国家的电力和河流规划，在建项目合同总额1500多亿元。

回顾70年水电发展历程，成绩令人鼓舞；展望未来，我们对中国水电开发建设信心满满。

本报记者 苏南 中国能源报 2019-09-23

70 年水电之变，中国越来越“亮堂”

水电是全球公认的清洁能源。新中国成立 70 年来，水电在开发利用、技术创新、运行管理、效益发挥等方面实现了全方位的巨大飞越，为经济社会发展和现代化建设作出了重要贡献。经过 70 年的发展，水电在我国的能源体系中占据了重要位置，我国水电发展水平处于世界领先地位。

70 年来水电事业蓬勃发展，规模、技术、建设能力、国际影响力均已处于世界领先

我国是一个水能资源十分丰富的国家，水电技术可开发量 6.6 亿千瓦，年可发电量 3 万亿千瓦时。在旧中国，战事连年、民不聊生，水电建设坎坷艰难，到 1949 年，全国水电总装机仅 36 万千瓦，年发电量仅 12 亿千瓦时。新中国成立后，党和国家十分重视发展水电，从第一座“自主设计、自制设备、自己建设”的大型水电站新安江水电站开始，我国水电事业蓬勃发展，三峡、小浪底、百色、龙滩、刘家峡、葛洲坝、瀑布沟、拉西瓦等大型综合性水利水电枢纽屹立在江河之上。

从规模来看，截至 2018 年底，全国水电装机容量达到了 35226 万千瓦，年发电量 12329 亿千瓦时，分别占全国电力装机容量和年发电量的 18.5% 和 17.6%，分别是建国初期的 978 倍和 1027 倍，年均增长率分别为 9.8% 和 10.3%，分别占全球的 27% 和 28%，继续稳居世界第一。2012 年 7 月，世界第一大水电工程——三峡工程全面竣工，成为全世界最大的清洁能源生产基地，奠定了我国的水电强国地位。

从技术来看，世界单机容量最大的白鹤滩电站 100 万千瓦水发电机组全部为“中国创造”，是中国水电发展史上的巨大飞跃，奠定了中国水电装备技术的世界领先地位。中国水电坝工技术领跑国际，水布垭水电站（坝高 233 米），是世界最高的面板堆石坝；龙滩大坝（坝高 216 米），是世界最高的碾压混凝土坝；锦屏一级水电站（坝高 305 米），是世界第一高拱坝，锦屏一级还荣获了菲迪克工程项目杰出成就奖。大型水电站建设推动了中国大容量、远距离、高电压输电技术达到世界交直流输电技术的领先水平。

从能力来看，中国水电具备了投资、规划、设计、施工、制造、运营管理的全产业链能力。在“一带一路”倡议的指引下，中国水电“走出去”越来越多，业务已经遍及全球 140 多个国家和地区，参与建设的海外水电站约 320 座，总装机容量达到 8100 万千瓦，占据了海外 70% 以上的水电建设市场份额，以绝对优势占据国际水利水电市场，成为国际上一张亮丽的“中国名片”。2018 年，水利部、国家标准化管理委员会、联合国工业发展组织签署协同推进小水电国际标准合作谅解备忘录，成为中国小水电国际标准发展的重要里程碑。

价值不仅仅是发电，水电开发给国民经济和社会发展带来了巨大的综合效益

在各种能源开发中，水电是高效的、优势明显的清洁可再生能源。根据世界能源理事会等机构的评估，水库水电站的能源回报率是各类能源中最高的。水电对优化国家能源结构、实现全球节能减排目标具有十分重要的作用。

在为经济社会发展提供优质电力的同时，水电开发在水资源综合利用，推进节能减排、改善大气环境，促进“西部大开发”，发展区域经济，建设社会主义新农村，以及防洪、航运、灌溉、供水、养殖等方面都发挥了重要作用。如三峡工程 2018 年发电量突破千亿大关，达 1016 亿千瓦时，创国内单座水电站年发电量新纪录，进一步提高了水能利用率，充分发挥了三峡电站的发电效益。

西部大开发和“西电东送”战略实施后，西部水电开发有力带动了当地公路交通等基础设施建设，促进地区工业、农业、旅游业、商业、养殖业发展，对扩大就业，推动区域经济发展，将当地的资源优势转换为经济优势起到了不可替代的作用，为国民经济和社会又好又快发展做出了重大贡献。特别是党的十八大以来，遵循“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念，我国水电开启了高质量发展的新征程。溪洛渡、向家坝、锦屏二级等巨型水电站相继建成投产，西江大藤峡、淮河出山店、黄河东庄、云南牛栏江-滇池补水等一批具有发电功能的大型骨干水利工程正在加快建设，水电数字化、信息化、智能化水平不断提升，水电枢纽的防洪保安能力、水资源配置能力、生态调度水平不断增强，为国家发展提供了源源不断的优质电力、发挥了巨大的综合效益。

目前，水力发电占到中国非化石能源发电总量的 2/3 以上，全国电力每 5 千瓦时中约有 1 千瓦时来自清洁环保的水力发电，是清洁能源发电的第一主力。现在我国水电一年的发电量相当于替代了 4.5 亿吨标煤，减少二氧化碳排放约 11.8 亿吨，节能和环保效益显著。据统计，70 年来我国水电累计发电量 160768 亿千瓦时，替代标煤 59 亿吨，减排二氧化碳 154 亿吨。

为社会发展作出了重大贡献，小水电转型升级绿色发展已然铺开

作为水电建设的重要组成部分，新中国成立以来，小水电开发使我国二分之一地域、三分之一县（市）、3 亿多农民用上了电，数千条河流通过小水电开发得到初步治理，有效提高了江河的防洪能力，改善了城镇供水和农业生产条件，有力带动新农村建设和城镇化建设。

上世纪 80 年代，习近平总书记在福建宁德工作时，为了解决寿宁县下党乡通电问题，亲自决策建设了一座 250 千瓦的水电站，彻底改变了当地的基础设施面貌。中国小水电的发展成就和经验，尤其是在帮助贫困地区脱贫和保护生态环境等方面取得的成就和经验，得到了世界各国的高度评价和赞誉。1994 年 12 月，联合国开发计划署、联合国工发组织、水利部和外经贸部在杭州共同发起成立国际小水电组织，这是第一个总部设在中国的联合国机构。截至 2018 年底，中国已建成小水电站 46000 多座，装机容量 8044 万千瓦，年发电量 2346 亿千瓦时，分别约占我国水电装机和年发电量的 1/4。

近年来，统筹河流生态修复与脱贫攻坚，小水电不断推进转型升级绿色发展。水利部出台《关于推进绿色小水电发展的指导意见》《绿色小水电评价标准》，加强小水电站生态流量监督管理，2017 年以来共创建 165 座绿色小水电站。以落实安全生产责任主体和标准化建设为抓手，农村水电安全监管制度体系不断完善，建成安全生产标准化达标电站 2500 多座。以河流生态修复为重点，实施农村水电增效扩容改造。为促进节能减排、消除安全隐患，修复河流生态，2011 年以来，财政部、水利部安排可再生能源专项资金 131 亿元，以河流为单元，对老旧农村水电站进行增效扩容改造，巩固和新增装机容量、发电量超过 1200 万千瓦、450 亿千瓦时，治理河流近千条，修复减脱水河段 1800 多公里，基本消除了这些水电站造成的河道脱水、断流等流域性生态问题，河流生态修复成效显著。

2016 年以来，国家发展改革委和水利部联合制定实施方案，按照“国家补助、市场运作、贫困户持续收益”的建设模式，在江西、湖南、湖北、广西、重庆、贵州和陕西开展农村水电扶贫工程建设，累计安排中央投资 18 亿元，精准帮扶建档立卡贫困村和贫困户，将新增农村水电扶贫电站 60 座，装机容量 31.8 万千瓦，3 万多建档立卡贫困户受益，得到地方政府、项目业主、贫困村和建档立卡贫困户的一致欢迎。

水电在相当长一段时间内，仍将是我国非化石能源的主力，发展水电是我国调整能源结构、应对气候变化、实现能源革命的战略选择。在新的历史起点上，中国水电将更加注重在规划、建设、管理、运行中统筹考虑和正确处理开发与生态环境保护、移民安置、地方经济发展等方面的关系，继续担负起清洁高效能源体系主力军、生态文明建设生力军的重任。

苏南 中国能源网 2019-09-29

风能

我国风电设备管理水平将提升

中国能源报-“风电狂热发展的背后是大规模、低质量发展”“没有型式认证的机型居然活跃在市场上”“风电行业存在重市场、轻技术的问题”“标准体系建设滞后”“在国际上没有与规模相应的话语权”“自主创新能力差、制造和配套能力不足”“亟需一个风电专委会促进风电行业高质量发展”，这是记者在 9 月 10 日中国电力设备管理协会风电专业委员会（以下简称“专委会”）成立大会上听到的业内声音，体系了鲜明的专业水准。

众所周知，近年来我国风电产业快速发展，风电装机规模连续五年位居全球第一。在风电行业高速发展的同时，存在风电扩张无序、入网消纳压力大、风电运维效率偏低、标准规范不统一和风电事故频发等问题。随着全国风电社团组织机构中成员单位覆盖电力行业和风电产业企业最全最强的风电组织机构阵营——专委会的成立，未来上述问题或将得到有效解决。

直面行业痛点

大会选举的专委会主任委员杨校生在成立大会上表示，如今风电每年发电 3600 亿千瓦时，俨然成为我国第三大电源、成为我国国民经济的重要能源支柱之一，而且还在高速发展。由于风电技术的快速发展，近 20 年来，风电机组的性能、质量、机型发展都很快、变化也很大，风电机组的产品种类和类型繁多，问题错综复杂，而我国风电发展到现在，在风电设备管理方面大多是独行其事，各企业从风电设备的采购、运输、安装、调试和运行维护的各个环节往往都是自成一体、各自为战，相互之间缺乏交流沟通和统一规范。

“比如说政策问题找政府，风电送出问题找电网，设备问题找制造商等。企业当然可以自行解决问题，但如果全行业不沟通、不交流、不协同，解决问题的效率可能不高，也会承担更高的成本。有时候不但解决不了问题，还把问题弄乱，搞得复杂化，让政府部门无所适从，让市场主体高成本低效率投入。”杨校生坦言。

除了风电行业设备管理混乱外，风电设备家底到底如何仍是一笔糊涂账。目前从全国来看，大体有 15 万多台风电整机设备投入运行，但具体数字是多少，没有一个统一和清晰的数目。“这些机组是什么机型，什么技术形式，制造厂家是谁，机组多大容量，安装在什么地方，机组技术水平如何，运行了多长时间，发电量怎么样，机组寿命如何，各种机组都存在什么问题，这些机组都是谁的资产，谁在管理，管理水平如何等等，都需要深入细致调研，彻底搞清风电设备家底。”杨校生说。

“部分 SCADA（数据采集与监视控制系统）风速偏离实际风速较多，无法满足基本的设备管理要求。”大会选举的专委会秘书长于文革表示，没有适合现状的风电功率曲线验证技术规范，功率曲线验证工作多数流于形式，其结果是在设备优化运行、健康评估、维修管理中不能发挥应有的作用。

另外，风电机组型式认证、主要技术参数等需要向社会和行业开放的数据没有完整开放，常常出现运营商找不到机组型式认证报告和没有经过型式认证的机组参与投标的现象。

面向全产业链提供服务

为解决上述诸多问题，健全完善风电设备运行检修标准规范，促进风电产业健康发展，加强风电运维信息沟通交流，应国家能源局提议和相关电力企业建议，中国电力设备管理协会风电专业委员会正式成立，这将推进风电产业实现高质量发展。“大会提出打造成干净、规范、权威的专委会的目标非常好，很有情怀，我们一定大力支持。”水规总院新能源部主任赵太平表示。

据了解，专委会虽然同其他兄弟协会（学会）之间在业务上会有所重叠，但专委会有自己的特色和优势，即专委会的服务范围绝不只限于风电开发商，而是涵盖电力行业制造、认证、规划设计、工程建设、运维检修、技术改造、物资采购等全产业链的设备管理业务。

中国电力设备管理协会执行会长刘斯颀在致辞中说，专委会组成单位囊括了国网等全国 13 大电力央企集团公司以及金风、明阳、华为等风电设备制造厂商、信息技术、运维检修技术服务商龙头企业的加入，为专委会有效的开展工作和发挥本协会在风电设备管理领域的主渠道作用奠定了一个良好的开端与基础。

国家能源局电力可靠性管理和工程质量监督中心副主任汪拥军认为，中国电力设备管理协会作为电力行业设备管理的专业协会和国家能源局业务工作支撑单位，成立电力行业这个风电设备管理专委会顺理成章，责任重大。

华能集团新能源事业部副主任张晓朝表示，专委会的成立，将成为政府、企业的桥梁纽带，可以将准确信息反馈政府，更够对风电行业起到引领作用，或将帮助生产商解决风电关键设备“卡脖子”的问题。

打造全球开发数据库

据了解，两年筹备期间，专委会围绕风电场设备管理对标评价活动和“风车库”建设两个重点开展了相关工作，编制了风电专业五个标准，即《中国风电场设备管理对标评价技术规范》、《风电机组功率曲线验证技术规范》、《风电机组 240 小时考核技术规范》、《风电机组标准负荷曲线的计算、绘制和使用技术规范》、《风电项目选址选型技术规范》。“未来以五大技术标准为基础，我们要不断充实完善设备管理标准体系。”。

在各大发电集团大力支持下，专委会已完成发电企业推荐的近 100 家风电场注册和数据接入。目前平台运行平稳，基于利用小时加密计算的《当日之星》排行榜上线。风电机组功率曲线全生命周期闭环管理和数据开放的《风车库》已经出具规模，目前《风车库》已收入 319 款型号的风电机组，完成了主要技术参数和“孪生额定风速”的汇集。

《风车库》更像是一个维基百科，其目标是将全球所有风电机组主要技术参数（制造商、机组型式、额定风速、额定功率、叶轮直径、安全等级、认证机构等）、主要运行管理指标（功率曲线保证值、机组可用率、利用小时、标准能量可用率等）以及具有我国自主知识产权的创新技术参数——“孪生额定风速”汇集成一个全球开发的数据库。

会上，国家能源局原总工程师吴贵辉、中国电力设备管理协会常务副会长兼秘书长刘斯頔、华能集团新能源事业部副主任张晓朝、水规总院新能源部主任赵太平、中国质量认证中心市场总监邢合萍代表大会正式启动了《风车库》项目。90 岁高龄的中国气象局原首席研究员朱瑞兆先生出席大会，他高度评价《风车库》，他认为，《风车库》是为行业做得一件大好事。与会代表均认为《风车库》是功在当下、利在千秋的事业，大家对《风车库》充满期待。

苏南 中国能源报-中国能源网 2019-09-12

华能海上风电技术研发中心落户盐城

本报讯 9 月 6 日，华能海上风电技术研发中心在江苏省盐城市正式成立。

据悉，华能海上风电技术研发中心的成立，将为全国海上风电产业高质量发展发挥技术支撑及示范引领作用。研发中心是以开展海上风电关键技术研究，建立具备核心竞争力的海上风电设计、制造、施工及运维技术体系为抓手，逐步构建拥有自主知识产权的国家海上风电标准体系，努力形成国内一流、国际先进的海上风电研发中心。该中心将以华能技术力量为主体，由华能江苏分公司和华能清洁能源研究院牵头，联合华东勘测设计研究院、江苏省电力设计院、盐城工学院、西安热工院、南瑞集团、远景能源、金风科技、中国海装等单位组成技术创新联盟。由联盟成员单位通过优势互补组成课题组，共同开发海上风电关键技术，牵头承担海上风电项目的前期规划、工程咨询、资源评估、设计优化、智能运维等研究工作及工程服务任务。

华能海上风电技术研发中心为何落地盐城？

据了解，盐城作为江苏海岸线最长、海域面积最广、滩涂湿地最多、海洋资源最丰富的地区，海上风电规划开发容量占江苏省的 56%，是江苏打造“海上三峡”的主战场、国家海上风电重点布局区域。截至今年 6 月底，盐城新能源装机容量 753.6 万千瓦，新能源发电企业累计发电 71.5 亿度，分别占全省的三分之一左右。预计到 2020 年，盐城新能源装机规模将达 1100 万千瓦，风电装机容量 750 万千瓦，光伏装机容量 320 万千瓦。近年来，盐城坚持把发展新能源产业作为推动转型升级、加快高质量发展的战略举措，集聚了国内众多风电巨头落户。目前，华能集团在盐城开工建设海上风电项目 70 万千瓦，其中国内离岸最远的大丰一期 30 万千瓦项目首批机组已并网发电。

相关负责人介绍，此次研发中心的成立，将在华能集团“两线”“两化”战略的“东线”发展基础上，全面推进华能集团与江苏省海上风电战略合作协议的落实落地，加大新能源产业投资力度，大力推动项目规划和开发，着力打造有质量有效益、基地型规模化、投资建设运维一体化的海上风电发展带，落实千万千瓦级海上风电基地开发任务，紧密依托产业集群，构建具备核心竞争力和自主知识产权的华能特色海上风电科技研发体系，助力江苏沿海打造技术研发自主化、装备制造本地化的海

上风电研发制造产业基地。（冯兆）

中国能源报 2019-09-16

三门峡岭南 50MW 风电场首台风机成功并网

本报讯 日前，中国电建华中院总包的电场三门峡岭南 50MW 风场首台机组圆满完成一系列规定试验项目，成功并网发电。

三门峡陕州岭南 50MW 风电场位于三门峡陕州区店子乡，风能资源比较丰富，并且靠近用电负荷中心，并网条件良好，开发建设风电场条件优越。该项目总投资 4.4719 亿元，海拔高度约 1300 米。风电场总装机为 50MW，由 20 台单机容量 2.5MW 风力发电机组组成。该项目占地不涉及耕地和基本农田，不需补充耕地和基本农田，投产发电后，预计年上网电量为 10626 万千瓦时，相应年等效满负荷利用小时为 2125 小时，能为当地带来显著的经济效益和充足的电力供应。

自项目开工以来，华中院该项目部精心组织项目建设、严格工程管理，平稳推进项目工程建设，极力促成了 5 台风机于 7、8 月顺利到达现场，力保首批风机成功并网。风机到货后，该项目部积极推进风机吊装、协助办理并网手续、筹办发电试运行启委会、现场（线路、箱变及风机）受电、动态调试等工作，最终于 9 月 5 日圆满实现了第一台风机顺利并网发电。

截至目前，三门峡岭南 50MW 风电场项目 110 千伏升压站建成并投入使用、道路和吊装平台工程施工完成、风机基础浇筑 17 个、风机吊装 5 台，后续工作正在按施工进度有序推进。（高彪）

中国能源报 2019-09-16

全球单体最大的陆上风电项目落地乌兰察布

9 月 26 日，内蒙古自治区人民政府与国家电投深化合作框架协议签约仪式暨乌兰察布风电基地一期 600 万千瓦示范项目开工建设动员大会，在四子王旗工程现场召开，标志着全球单体最大的陆上风电项目进入工程建设阶段。

随着北京“绿色冬奥”的开展，清洁用电、低碳减排成为近年来环保主旋律。而乌兰察布便是国内距离京津冀负荷中心最近的风电基地建设重点区域之一。

据了解，早在 2015 年底，国家电投便提出基地化开发建设乌兰察布新能源项目的战略构想。去年 3 月，国家能源局复函同意基地开发建设，一期规模为 600 万千瓦，同年 12 月地方发改委核准该项目。

作为该项目投资建设方，国家电投内蒙古公司党委书记、执行董事（董事长）刘明胜表示：“乌兰察布风电基地建成后，每年将有约 200 亿千瓦时绿色电能输送到京津冀地区，替代标煤 600 万吨，减少二氧化碳排放约 1600 万吨。”

乌兰察布风电基地建成后，所发电量将通过 500 千伏交流通道跨区域输送至京津冀电网，占地总面积约 2072 平方千米，总投资约 400 亿元。

“虽然我们是风力发电，但不向国家要绿电补贴，输送到京津冀地区的风电和火电一样平价上网，不推高当地电价，打造真正的风电平价上网基地，”刘明胜说，“每年可减少国家和地方补贴 24 亿元，20 年经营期内总计节省财政补贴约 480 亿元。”

乌兰察布能资源品质高、可开发量大、风向稳定、距离负荷中心较近，且该地区多平原和缓丘，建设难度相对较低，适合大规模开发，是目前国内最具备规模化平价上网示范条件的地区。再加上工程设计、风机设备、工程建设、运维管理等方面的高标准实施，为风电平价上网创造了条件。

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

国家电投内蒙古公司党委副书记、总经理兼察哈尔新能源公司董事长刘建平介绍，改该项目社会效益明显，可吸引科研机构、产业链上下游企业在地建厂、分部或研发中心，提供至少 1000 个就业岗位和 50 亿元的风机研发、制造收入。

据了解，乌兰察布 11 个旗县市区中有 8 个国家扶贫工作重点县，贫困人口多、贫困程度深。根据项目规划，风电基地“风、光、草、牧、农”模式同步拉动旅游业和农牧业，推动地方牧业、工业、服务业融合发展，对于乌兰察布市早日实现脱贫目标、带动地方经济可持续发展具有重要意义。

朱学蕊 韩品品 中国能源网 2019-09-26

风电：从零到领跑世界

2012 年我国并网风电装机突破 6000 万千瓦，成为世界第一风电大国。

世界风能协会最新统计数据显示，目前我国风电累计装机已达 2.21 亿千瓦，稳居世界第一。

“当初我们把洋师傅请进来，今天我们走出去当师傅。”一位基层风电技术人员的话，恰是中国风电今非昔比的真实写照。

70 年来，中国风电从零起步，从科研试验、示范项目到商业化、产业化应用，中国风电产业从无到有、从小到大、从弱到强，走过了一条迂回曲折又波澜壮阔的崛起之路。

特别是近年来，中国风电连续多年新增装机居全球首位，成为全球第一风电大国。风电超越核电，成为仅次于火电、水电的名副其实的中国第三大主力电源。

创造像风一样的发展速度

数据能最直观反映出一个行业的变化。

70 年前，中国并网风电装机为零。2012 年中国并网风电装机突破 6000 万千瓦，成为世界第一风电大国。2015 年 2 月，中国风电迎来新的里程碑——并网风电装机容量突破 1 亿千瓦。

按照世界风能协会(WWEA)最新发布的统计数据，中国风电累计装机容量已达到 2.21 亿千瓦，是世界上第一个风电装机容量超过 2 亿千瓦的国家。

与绝对值快速增长相对应的，是令人赞叹的增速。截至目前，中国陆上风电新增装机已连续 10 年保持全球第一。“中国风速”令世界赞叹。

伴随中国风电产业的高速发展，中国风电企业开始走向世界舞台中央。2015 年 6 月底，龙源电力风电装机容量达 1456.9 万千瓦，成为全球最大的风电运营商。

受益于庞大的中国风电市场，中国风电整机商也随之崛起。对比历年的装机数据可以清晰地看到，从早年外资品牌风机垄断市场到中国自主品牌风机一统天下，前后仅用了十几年的时间。目前，在全球前十大整机商中，中国企业已占据四席。

培育出世界先进的产业链

不久前，由东方电气集团生产的我国首台 10 兆瓦海上永磁直驱风力发电机完成出厂测试，这标志着我国已具备大功率海上永磁直驱风力发电机研发和生产制造能力。

从叶片到塔架，从齿轮箱到发电机，目前，中国已成为全球最大的风电零部件制造供应链基地。中国风电产业链的完整性、系统性得到全世界的公认。

然而，回望来时路，中国风电走过了一段披荆斩棘的拓荒历程。

作为政策敏感型行业，风电产业的快速发展离不开政策的支持。“九五”和“十五”期间，相关主管部门组织实施“乘风计划”、国家科技攻关计划，以及国债项目和风电特许权项目，支持建立了首批 6 家风电整机制造企业，进行风电技术的引进和消化吸收，其中部分企业掌握了 600 千瓦和 750 千瓦单机容量定桨距风电机组的总装技术和关键部件设计制造技术，并实现了规模化生产，迈出了产业化发展的第一步。

2005 年后，伴随《中华人民共和国可再生能源法》的出台，风电作为可再生能源中较为成熟的新能源品种，率先步入了发展的“高速路”，不仅风电装机容量快速增长，国产风电设备制造商也迅

速成长起来。立足中国、服务全球的风电产业链逐步形成。

随着风电产业链的成熟和装备国产化的实现，风电单位千瓦设备成本已从早期的 9000 元，下降到如今的 3000 多元，有力推动了风电在中国的规模化发展。

近年来，作为全球首个国际化大功率海上风电试验场，三峡福清兴化湾海上风电样机试验风场，创造了我国海上风电机型最多、机型最新、单机最大的纪录。从首个海上风电示范项目——东海大桥示范风电场一路走来，10 年时间，在一系列海上风电项目的带动下，中国海上风电产业链也逐步走向完善。

产业链的蓬勃发展离不开行业标准。日前，由中国能建规划设计集团广东院主编的世界首部海上风力发电场国家标准——《海上风力发电场设计标准》正式出版发行，即将于 10 月 1 日起实施。该标准达到了国际先进水平，并填补了我国海上风电场设计标准的空白。

全国风力机械标准化技术委员会秘书长王建平说：“近年来，我国在风机制造、质量保证体系、安装运营、维护管理以及检测诊断等诸多方面通过完善标准，助力突破了卡住中国风电发展的技术瓶颈，推动了中国由风电大国向风电强国的转变。”

引领全球技术创新发展的新航向

从平原到山地，从高海拔到低风速，中国风电不仅在发展速度上领跑世界，在技术创新方面，也开始引领全球风电行业新航向。

中国风电起步于“三北”地区，经历“建设大基地、融入大电网”的快速发展，风电产业从无到有，市场规模成长为全球第一。在中国，全球范围内首次实现了陆上风电的规模化开发应用。

近年来，中国风电行业在国际上创新提出了“低风速”概念，主动向中东部和南方等接近负荷中心的地区进行产业布局。伴随低风速技术的成熟，之前不具备开发价值的低风速地区正成为风电产业热土。

在我国部分地区 4.8 米/秒的平均风速下，年等效利用小时数甚至能达到 2000 小时，这一运行纪录打破了国际风电界的传统认知。中国低风速开发正引领世界风电向着更长叶片、更高塔筒、定制化设计、全生命周期的技术挖掘与优化整合方向发展。

2011 年 7 月，龙源电力成功收购加拿大安大略省 99.1 兆瓦风电项目，2014 年 11 月，该项目正式投产发电，这是中国发电企业在海外自主开发、自主建设、自主运营的首个风电项目。近年来，诸如此类风电“走出去”的案例不胜枚举。

70 年来，中国风电产业从离网型小型风电发展至并网型大型风电，从引进吸收跃升为自主创新，从大漠戈壁拓展至深永远海，从中国市场走向世界舞台，正以全新姿态开启平价上网的新时代。

本报记者 张子瑞 李丽旻 中国能源报 2019-09-23

多项海上风电直流输电行标开始编制

本报讯 近日，国家能源局下达了《2019 年能源领域行业标准制（修）订计划及外文版翻译出版计划》，清华大学能源互联网研究院直流研究中心（以下简称“直流中心”）承担的 4 项标准入选计划。标准的制订获得中国可再生能源规模化发展项目二期（CRESP II）的支持。

其中，《海上风电场 直流接入电力系统用换流器 技术规范》（计划编号：能源 20190933）、《海上风电场 直流接入电力系统用直流断路器技术规范》（计划编号：能源 20190934）、《海上风电场 直流接入电力系统控制保护设备技术规范》（计划编号：能源 20190935）3 项标准由直流中心牵头起草，由能源行业风电标准化技术委员会风电电器设备分技术委员会（NEA/TC1/SC6）归口。《风电场并网设计技术规范 第 2 部分：海上风电》（计划编号：能源 20190918）直流中心为主要起草单位之一，由能源行业风电标准化技术委员会风电场并网管理分技术委员会（NEA/TC1/SC4）归口。目前，4 项标准编制工作已启动。

随着海上风电离岸距离增加、输送容量增大，高压直流输送方式将成为必然选择。由于海上环

境的特殊性,对海上风电直流汇入电力系统提出了新的要求,目前国内外尚无科学统一的标准可循。此次多项标准获批制订,将有利于海上风电直流汇入电力系统的规划设计、关键设备研制及控制保护等方面的进一步规范化,有效推进海上风电直流汇入电力系统相关技术的发展。(杜欣)

中国能源报 2019-09-16

亚洲最大! 东方电气成功研制国内首台大功率 10MW 海上风电机组

中国能源报-9月25日,具有完全自主知识产权的我国首台 10MW 海上风力发电机组在中国三峡福建海上风电国际产业园——东方电气风电有限公司福建生产基地顺利下线。据了解,该机组是目前全亚洲功率等级最大、叶片最长的抗台风型海上风力发电机组。

福建省委常委、常务副省长张志南,福州市委副书记、市长尤猛军,福建省政府副秘书长尤思德,福建省发改委会副主任、省重点办主任许碧瑞,福建省工信厅副厅长陈传芳,福清市委副书记、市长张帆,中国三峡集团总经理王琳,中国东方电气集团总经理俞培根等人出席了下线仪式。在仪式上,随着倒计时的结束,白色的庞然大物徐徐转动,标志着东方电气 10MW 海上风力发电机组研制成功,中国风力发电设备正式迈入万千瓦级。



(东方电气 10MW 海上风电机组)

据了解,该 10MW 海上风力发电机组由中国东方电气集团和中国三峡集团联合开发,是针对中国福建、广东等海域 I 类风区设计的具备超强抗台风能力的海上风力发电机组,单机容量 10MW,叶轮直径 185 米,在年平均 10 米/秒的风速条件下,一台机组每年可以输送出 4000 万度清洁电能,可以减少燃煤消耗 13000 吨,二氧化碳排放 35000 吨。

记者在现场了解到,东方电气 10MW 海上风力发电机组采用先进的传动链结构形式,配备直驱永磁+全功率变频+双回路电气方案,采用冗余设计理念,具备超强抗台风能力,在确保高可靠性的同时,有效降低海上风电全寿命周期内综合度电成本。机组安全可靠,自研电控系统,平均无

故障运行时间（MTBF）达到 3000 小时以上。机组采用主动抗台风策略，后备电源方案，可抵御 77 米/秒台风；与 7—8MW 机组相比，可减少机位数量 25%—30%，工程造价低；采用直驱技术路线，省去齿轮油、滤芯和发电机碳刷的定期更换，运维时间短。定检间隔周期由半年提高至 1 年，定检工作量更少，发电损失更小，降低了运维成本。

在下线仪式现场还举办了 2019 年新产品发布会，东方风电现场共发布了东方 3.2SMW、4.0MW、4.5SMW 陆上大功率永磁直驱风力发电机组，以及 7.0MW、10MW 海上大功率直驱风力发电机组五款新产品。东方风电研发中心主任郑大周介绍，该五款风机分别为陆上中低风速区域、中高风速区域、海上中低风速区域、海上高风速区域量身定制。通过平台化设计，“用一到两年的时间完成这五款单机容量大、等级跨度高的风力发电机组，将有力助推风电行业发展。”

东方电气集团相关负责人表示，依托 60 余年发电设备研制技术积淀，充分发挥在风力发电机组整机设计、发电机、叶片、电控系统等 10 余年自主研发的技术优势，一举攻破多项大型海上风电技术瓶颈，实现技术跨越。海上 10MW 机组成功研制，是东方电气风电产业技术创新实现弯道超车、已完全具备大功率海上风力发电机组研发和生产制造能力的重要标志，是东方电气集团引领国内海上风电“无人区”，实现我国大 MW 级风力发电机组自主品牌历史性突破的里程碑，进一步推动我国由“风电大国”向“风电强国”迈进。

齐琛罔 中国能源报-中国能源网 2019-09-26

首个大规模风电平价上网示范项目将开建

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

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

近年来，随着北京“绿色冬奥”的开展，清洁用电、低碳减排成为环保主旋律，而乌兰察布则成为了国内距离京津冀负荷中心最近的风电建设重点区域之一。据现场工作人员介绍，该区域风能资源品质高、可开发量大、风向稳定、距离负荷中心较近，且该地区多平原和缓丘，建设难度相对较低，适合大规模开发，是目前国内最具备规模化平价上网示范条件的地区。

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

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

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

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

省财政补贴约 480 亿元。”

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

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

李丽旻 中国能源报-中国能源网 2019-09-26

拓荒内陆低风速风电场

中国风资源分布中，安徽历来被列为风资源较差地区。直到 2011 年以前，安徽省内风电还是“零”的纪录。

2009 年前后，龙源电力在全国首先提出“上山、下海、进军低风速”的转移开发战略，将目光聚焦到不限电的内陆省份。而“低风速”风电场的故事，还得从安徽省滁州市来安县讲起。

安徽以丘陵、山地为主，火电占全省电力装机 90% 以上。2007 年上半年，皖能集团在滁州市来安县测风，到 2009 年上半年，测风满两年。然而，实测年平均风速不到 6 米/秒，企业和政府均认为安徽区域开发风电不是一个好选择。龙源电力得到这一信息后，提出受让皖能集团的测风设备和数据，开展下一步工作，皖能集团同意了龙源的请求。

2009 年下半年，龙源电力详细分析论证滁州市来安区域长达两年的测风数据。并与风机制造厂家论证风机加大叶片长度，增加扫风面积等技术进步方案。然后，通过优化机型选择和微观选址，严控工程造价等技术经济手段，测算出来的项目股本金内部收益率在 10% 左右，基本可以满足投资要求。同时，龙源电力预测，随着机组技术不断进步，风电场发电量还有较大上升空间。据此，龙源电力内部会议认为，开发安徽低风速风电项目可行且大有可为，从而把握住了进军安徽乃至整个低风速市场的最佳时机。

2009 年 11 月，龙源电力与来安县签订《来安 20 万千瓦低风速风电项目开发协议》。由于当时国家核准政策规定，省里只能核准 5 万千瓦以下风电项目，所以很多项目都是拆分核准的，因此来安 20 万千瓦风电场由此分四期建设，前三期选用远景 1.5 兆瓦风机，四期选用联合动力 1.5 兆瓦风机。

2011 年 1 月 6 日，升压站倒送电成功，首批机组并网发电，结束了安徽无风电的历史。2011 年 5 月 16 日，来安 19.8 万千瓦风电场竣工投产，标志着我国首座内陆地区低风速风电场正式建成并投产发电。从项目核准到开工、投产发电，用时不到一年，创造了内陆地区风电建设的“龙源速度”。

来安风电场投产过程中还有个有趣的故事。升压站倒送电前一天，龙源安徽公司总经理罗通突然发现，公司内部没有一位有电气操作资质的值长和值班员，按规定无资质人员不能上岗操作，便临时向国电安徽公司求援，从宿州电厂紧急调来一位叫王芳的女值长救急。工作完成后，龙源电力挽留她在风电场工作，经过沟通，王芳最后选择留下。王芳作风干练、工作认真、专业素质较高，在组织培养下，她从公司部门主管、副主任、主任升任龙源安徽公司副总经理。从 2014 年 7 月至今，王芳分管安全生产工作，而且是龙源电力唯一一位分管安全生产的女干部。

来安风电场，是龙源电力第一个低风速风电场，投资建设中承担了较大的风险，但在整个建设过程中严格按照科学程序，做了大量技术创新工作：首先，推进设计优化。主要是以发电量的提升和工程造价的降低为目标，优化风机选型，谨慎微观选址，统筹考虑低风速、大型风电场的尾流影响；其次，坚持严控工程质量管理，将创优工作贯穿工程管理全过程；第三，大胆应用新技术，应用首创动态最优能量捕获算法，调整传统风电场气流计算设计参数，优化设计模型，并利用无人机测绘成果作为基础地理信息来布置风机；第四，合理控制工程造价。工程批准概算为 18.3 亿元，竣工决算为 15.9 亿，平均单位千瓦造价 8030 元。

作为我国内陆省份第一个低风速风电场，来安风电场对我国内陆省份低风速风能资源的开发利用具有积极的示范引领作用。此后，安徽地区风电开发由无人问津迅速变成多达 20 多家开发商竞相涌入，国内其他内陆省份的低风速风电开发也进入一个新的阶段。

（作者系原国电集团副总经理、龙源电力原总经理）

谢长军 中国能源报 2019-09-23

氢能、燃料电池

布局氢能，国企优势明显

中国能源报-近日，各大油气企业相继发布中期业绩，吸引眼球的除了百亿元级利润外，还有它们在氢能领域的布局。其中，中石化在中期业绩发布会上屡次提及氢能布局及发展现状，其半年报告中也明确提出要“推进加氢站建设”；中石油、中化集团在氢能领域也多有布局。

事实上，自今年年初被列入《政府工作报告》以来，氢能便迎来一股投资热，各大资本争相进入。那么，对于传统油气企业来说，其进军氢能领域的优势何在？

油企加速布局氢能

据了解，为了推动战略转型，中石化成立了专门的办事机构——新能源办公室，并把氢能纳入规划，另外还成立了资本公司，统筹规划、整体布局。目前已经确定 10 座加氢站选址，其中 5 座正在启动建设。

“作为极具发展潜力的未来能源，发展氢能恰逢其时。”中国工程院院士、中石化原副总经理曹耀峰此前在公开场合表示。

今年 7 月，中石化在广东佛山建设的加油加氢站正式建成，这也是我国第一座可同时为燃油、电动和氢燃料电池汽车补充燃料的站点，日加氢能力达 500kg，主要服务于周边使用氢燃料的公交车及物流运输车队。年内还将在广东省建成 3-5 座加氢站。同时，中石化正在加快推进北京、张家口等地加氢示范站的建设准备工作，将在氢气供应、车辆加氢、加氢站运营等方面与社会企业展开合作。

除了中石化，其他“几桶油”也在氢能领域屡有动作。

今年 4 月，中石油北京销售分公司与北京海珀尔氢能科技有限公司签署战略合作协议，双方将联手在北京地区建设加氢、加油合建站，同时建设附属氢能应用示范展示中心，促进北京市氢能与燃料电池汽车产业发展，也为全国氢能基础设施规模化建设提供参考。

中化集团更是选定氢能作为四大重点推进领域之一，成立了中化能源国际氢能与燃料电池科技创新中心，联合国内外领先科研机构开展氢能及燃料电池领域关键技术研发工作。

更具产业链一体化优势

除了“几桶油”外，当前也有许多新能源公司涉足氢能领域，但在多位业内人士看来，传统油企进军氢能领域具有得天独厚的优势。

“氢能与传统的油气产业链关系十分紧密，与石油石化行业高度契合。在氢能产业发展上，油气企业具备强大的制氢能力、成熟的能源安全管理的经验、全面的网络站点体系，拥有资源规划、炼化生产、油气储运及零售终端建设、运维等多方面的技术基础与整合优势。”曹耀峰说。

据悉，中石化目前拥有制氢能力约 300 万吨/年，氢气产能在我国名列前茅。

“石油公司本身已经是一个制氢大户、用氢大户，它包括加氢重整装置等在内的炼化装置都会用到氢气，所以油企本身的制氢技术以及相应的配套设施都是比较成熟和完善的，制氢成本也相对低廉，这是其他能源企业比不了的。”中石油经济技术研究院石油市场所主任工程师王利宁说，“可能储运这个环节相对来说比较薄弱，但是因为油企有 CNG（压缩天然气）、LNG（液化天然气）、LPG（液化石油气）等相关储运的安全管理经验，相比其他的公司来说也是有优势的。”

在北京海德利森科技有限公司总经理巩宁峰看来，油企布局氢能的巨大优势则是在终端站点网络布局上：“它们在全国各地都已经有了加油站的布局，依托加油站建设加氢站有地理位置的优势，审批也更容易，就这一点来讲其他进军氢能的企业是根本没法比的。另外，大型央企管理运营加氢站，具有更强的安全风险控制能力。”

企业间亟需加强合作

尽管发展迅速，但作为新兴产业，氢能目前仍处于发展的初期阶段，无论是传统油气企业还是其他新能源企业，在氢能布局过程中面临的问题都是类似的。

多位专家表示，目前我国氢能产业链比较薄弱，整个产业化、商业化进程较为滞后。据统计，建设一座加氢站的投资成本巨大，一个加注量 1000kg/d 的 35MPa 加氢站的建设成本高达千万元，高出了加油站数倍。而且由于初期加注车辆较少，预计需要 10—15 年才能实现正向现金流。

而在应用端，氢燃料电池汽车也存在瓶颈。“不管是从加氢站的布局规划还是氢燃料电池汽车技术水平上讲，我们都还有欠缺。比如，现在市场上成熟的氢燃料电池汽车数量还很有限，小的技术问题仍有很多，燃料电池本身的技术也还处在发展阶段，受一些核心技术的制约。”巩宁峰说。

此外，在加氢站建设过程中，也存在许多困难，没有明确的审批、监管部门，相关政策、标准并不健全，是制约氢能产业发展另一比较突出的瓶颈。

对此，曹耀峰指出，应加快顶层设计、政策引导、标准制定、工程示范、科技攻关等工作，统筹氢能产业发展，建立规范标准。“氢能产业上下游应协同创新发展，多点发力来带动产业全面突破。汽车行业、能源行业也应携手破解氢能产业化、商业化的难题。”

王利宁也建议，整个氢能产业链需要协调发展。“石油企业应该和其他新能源汽车公司或装备制造进行深度合作，从全产业链视角来促进行业的发展。“三桶油”这种大的能源央企更有责任带头去规范行业标准，牵头做战略布局规划。”

李玲 中国能源报-中国能源网 2019-09-11

核能

台山核电 2 号机组完成“168”运行

9 月 7 日 17 时 15 分，广东台山核电 2 号机组顺利完成 168 小时示范运行，具备商业运行条件，这是继台山核电 1 号机组后，全球第二台投入商运的 EPR 机组。

台山核电一期是全球范围内率先建成的 EPR 三代核电技术工程，为世界范围内同类型机组的建设提供了经验和解决方案。

中国能源报 2019-09-16

世界核电发展现状与展望

今年 1 月和 5 月，受国家原子能机构的推荐和国际原子能机构（IAEA）的邀请，笔者先后参加两个关于全球核电发展的国际会议。以两次会议主要内容为基础，结合近年来对全球核电发展的观察与思考，笔者对世界核电发展做了梳理和展望。

根据 IAEA 统计，截至 2019 年 6 月底，全球共有 449 台机组在运，分布在 30 个国家，核电装机近 4 亿千瓦，另有 54 台机组在建，装机约为 5500 万千瓦，全球核电运行堆年超过 1.8 万年。世界核协会年度报告显示，2018 年全球核发电量超过 2500 亿千瓦时，占全球电力供应的 10.5%。IAEA 专家认为，目前全球核电有四个趋势值得关注：一是作为清洁能源，核电是全球减碳的主要贡献者，未来可发挥更大作用；二是人类要有效应对能源需求、气候变化、环境保护挑战，核电份额需稳步

提升；三是从核电发展地域和技术看，世界核电发展的中心正从欧洲、北美向亚洲转移；四是核电持续发展需要各国综合性的政策支持。

新兴核电国家核电发展情况

阿联酋：由韩国承建的 4 台机组进展顺利，首堆于 2012 年开工建设，目前已基本完工，正在等待监管当局的许可，预计今年装料、调试，明年运行。4 台机组（单机容量 135 万千瓦）建成投运后，将占全国电力供应的 25%；未来计划新建 4-8 台百万千瓦核电机组。

白俄罗斯：首台机组于 2013 年开工建设，计划今年 6 月开始调试工作，属于内陆核电站。2021 年两台机组并网后，可占全国电力供应的 38%。中、日、韩、俄参与了竞标，最后俄罗斯原子能公司中标。

孟加拉：全国电力装机中年天然气发电占比 53%；缺少本土能源资源，核电已作为国家基荷能源来发展，2017、2018 年先后开工两台俄罗斯原子能公司承建的 AES-2006，计划分别于 2023、2024 年开始调试工作；未来 20 年拟陆续再建 4 台百万千瓦核电机组。

土耳其：全国能源 72%依赖进口，近年来能源需求上升快，需要发展核电；计划 2030 年有 3 个核电基地共 12 台机组，核电占比达到 15%。与俄罗斯合作的 Akkuyu 核电站计划建设两台 VVER V-509 机组，首台机组已于 2018 年 4 月开工；与日本合作的第二个核电站 Sinop，相关工作正在推进中；第三个核电站正在选址过程中，有与中国合作的计划。

埃及：由于本土缺乏一次能源，埃及于上世纪 50 年代就开始计划引入核电，但由于各种原因，除了分别由俄罗斯和阿根廷援建了两台研究堆外，核电计划没有实质性进展。进入新世纪后，随着能源需求增加，核电建设再次提上日程：2007 年通过原子能法，2017 年明确了发展核电的国家政策；2016 年与俄罗斯原子能公司签定了工程总承包合同（EPC）并于次年生效，计划在 El Dabaa 电站建设 4 台 VVER-1200 机组。俄罗斯将负责为该电厂提供核燃料、建造乏核燃料容器和储存设施、人才培养、前十年核电厂运营和维护支持。

波兰：目前能源供应以煤为主，占比达 78%，预计该国褐煤资源将在 2040 年左右消耗殆尽，因此于 2009 年启动发展核电的计划。福岛核事故给该国推进核电发展带来了一定的阻力，但因能源需求、大气污染和 CO2 减排的压力，目前重新推进核电的共识越来越多、呼声越来越高。“波兰核电规划（PNPP）” 2013 年获经济部批准，2014 年经内阁会议审查通过，2018 年升版后的规划被纳入波兰国家能源规划。该国计划 2030 年核电占比为 6%，2040 年达到 18%，目前正在开展选址和环境影响评价等前期工作。

越南：原计划 2020 年建成首堆，日本福岛核事故后，公众更加关注核安全，加之国际国内经济形势的影响，推迟了核电计划。2016 年经过修订的“国家电力发展计划”得到总理批准，计划到 2030 年建成 4 台百万千瓦机组，届时核电占比将达到 10.1%。一期项目为俄罗斯原子能公司承建的 Ninh Thuan1 号两台机组，首堆计划 2028 年建成；二期项目计划为日本公司承建的 Ninh Thuan2 号两台机组。

约旦：一次能源短缺，约 96%的能源依赖进口。因此，其“2007-2020 国家能源战略”以及升级版“2015-2025 能源战略”中，都将核能列入国家能源战略的重要选项，包括发展百万千瓦的大型商用堆和中小反应堆，目前核电计划仍然处于初期阶段。

印尼：2016 年其能源结构前三位分别是石油（37%）、煤（31%）和天然气（23%），可再生能源为 7.7%，一次能源严重依赖进口。2014 年通过的政府法令中，规划到 2025 年包括核电在内的新能源和可再生能源提高到 23%，届时核电装机计划为 2GW；2050 年占比将达到 31%，核电装机为 8GW。近年来，印尼公众对核电的支持率上升，由 2011 年（福岛事故后）的 49%上升到 2017 年的 77%。

尼日利亚：1976 年成立国家原子能委员会，但推进核电的工作直到 2006 年才开始实际运作，核电推进计划受福岛核事故影响，进展缓慢。2015 年初步计划首台百万千瓦机组于 2025 年建成，另外还计划在 2030 年建成 3 台机组。2018 年以来正在对 2015 年的计划进行修订和完善。

苏丹：在 IAEA 帮助下，自 2007 年开始推进核电发展计划，但由于政治、经济等各方面的原因，

进展缓慢。2016 年通过水利电力部部长法令，计划在 2031 年建设两台 600MW 万千瓦机组的首座核电站。

马来西亚：2008 年计划引入核电，2011 年 1 月成立马来西亚核电公司，作为推进核电计划的责任单位。福岛事故后，核电计划推进无实质性进展，主要原因是公众接受问题和政府对核电的态度不明朗。

部分有核电国家核电发展情况

巴基斯坦：目前有 5 台运行核电机组，装机为 143 万千瓦，核发电占比为 4.3%。首台机组为从加拿大引进、1972 年建成投运的 K-1 机组；两台在建机组（K-2、K-3 号）采用中国“华龙一号”技术，目前进展顺利；C-5 项目（华龙）正在与中核集团洽谈商务合同。巴基斯坦计划到 2030 年核电装机达到 8800MW。

巴西：建立了较完整核燃料循环体系，有多座研究堆；首台核电机组 ANGRA 1 号（657MW，西屋公司提供技术）于 1985 年投入运行，ANGRA2 号（1350MW，由西门子等提供技术）于 2001 投运；目前正在推进建设 ANGRA 3 号机组（1405MW，由西门子/法玛通提供技术）。

亚美利加：现有两台机组分别于 1977、1980 年投运，1988 年发生大地震后，尽管两台机组完好，前苏联仍然下令长期停机。1993 年，为克服经济危机影响，决定重启 2 号机组。在俄罗斯帮助下，2 号机组于 1995 年成功恢复运行，但 1 号机仍处于长期停运状态。福岛事故对该国核电新机组计划带来较大影响，但老机组依然进行了延寿，2015 年，该国政府决定再建设 1 台 600MW 新机组。

乌克兰：1986 年 4 月，前苏联时代乌克兰境内发生了切尔诺贝利核事故，切尔诺贝利电站共有 4 台机组，事故机组为 4 号机组，事故发生后即永久封存，但该厂址另外 3 台机组保持了持续运行，最后一台机组运行至 2000 年才宣布永久停机。目前，核电仍然是该国主要能源来源，现有 4 个核电站 15 台机组在运，装机 13835 MW，2017 年核发电占比超过 55%。2017 年 8 月内阁通过的“2035 年能源战略”中，核电仍然扮演重要角色：计划通过对现在机组延寿、功率提升（已有 9 台机组获延寿 10 年或 20 年），继续建设 KHMELNITSKI3 号和 4 号两台百万千瓦机组（分别于 1986、1987 年开工），使其核发电占比保持在 50%左右。

法国：目前有 58 台机组在运，1 台 EPR 机组在建，多年来其核发电占比保持在 75%左右。法国未来的能源规划中，计划大量发展包括核能、可再生能源在内的低碳能源，2035 年核发电规模仍将保持在 50%左右。

伊朗：首台核电机组（Busheher 核电站，俄罗斯提供的 VVER-1000 堆型）于 2013 年并网发电。未来计划包括建设一台 100MW 小型反应堆（用于发电和海水淡化），建设两台俄罗斯的 VVER-1000 型号的大型机组。

俄罗斯：目前，俄罗斯共有 35 台机组商运，其中包括两台快堆，13 台气冷堆，2018 年核发电占比近 18%，还有 6 台机组在建。俄罗斯十分重视核电全球战略布局。今年 1 月在 IAEA 在维也纳开的“核电基础结构开发的热点问题技术会议”上，该国派出 7 名代表与会，作了多篇富有针对性的报告。

俄罗斯在全球推销核电的方式方法非常值得学习：强调可以提供从核电基础结构开发、选址、设计、建造、运行、维修、废物处置及退役全链条全方位的服务；把核电基础结构建设与核电工程总承包（EPC）相结合，便于及早介入而锁定项目；充分借助 IAEA 平台，通过资助 IAEA 核电管理学校（NEMS）、技术合作（TC）项目和跨地区（INT）项目，培植亲俄力量；他们有专门核电推广团队，有针对性地整体开展工作。目前，俄罗斯核电出口占据了全球绝大部分新兴市场，据报道，目前其在手的核电订单近 40 台机组。

美国：现有 97 台机组运行，2 台 AP1000 机组在建。长期以来，美国核发电占比保持在 20%左右，2018 年核发电占比为 19.32%。自上世纪九十年代以来，尽管美国没有规模建设核电机组的计划，但通过升级改造、提升容量，相当于新建了 6-8 台百万级核电机组。美国核电业届不断提升运行水平，政府给予电力消纳方面的支持，其机组能力因子近年来保持在 92%左右，核电有效利用率极佳。

美国政府在核电中小型反应堆、先进堆等方面持续给予政策和资金支持，以期保持其在先进核电技术方面的领先地位。

韩国：核电技术引进自美国，但通过几十年来有效的消化、吸收、再创新，成功开发出自己的三代技术 AP1400，首台机组于 2016 年投入运行；凭借自主三代技术，韩国赢得阿联酋首批 4 台机组的订单，并于 2012 年开工建设。韩国目前有 25 台核电机组运行，4 台机组在建，2018 年核电发电量占比近 24%。福岛事故后，随着韩国国内反核势力的日渐高涨，政府部门在调整原来比较庞大的核电规划，但核电作为重要的清洁低碳能源仍将在其能源结构中占有重要地位。

印度：目前有 22 台机组在运，7 台机组在建，核电占比不高，保持在 3.2% 左右，其主要能源仍然是化石能源。印度核电起步较早，具有核电设计建造能力，但其核电机组容量较小。近年来，印度与俄罗斯合作，开工建设了百万千瓦级的核电机组，部分机组已投入运行。

阿根廷：目前有 3 台机组在运行，2014 年开始的 CREAM25MW 小堆仍在建设中，预计 2022 年完工。另外，阿根廷与中核集团合作建设“华龙一号”机组的协议已经签署，各项工作正在推进中。

捷克：上世纪 70 年代开始建设核电基础结构，目前该国 50% 的电力和大部分供热由核电提供。

匈牙利：目前有 4 台前苏联提供的 440MW 机组运行，已批准延寿 20 年，功率提升至 500MW；另计划从俄罗斯引进建设两台 VVER1200 机组，2017 年已获厂址许可。

罗马尼亚：目前有两台重水堆机组在运，核电占比为 16%，政府积极支持核电发展。今年 5 月 9 日与中广核签署了有关协议，拟由中广核投资建设另两台重水堆机组。该国建有干式中间储存设施，乏燃料可保存 50 年。

斯洛伐克：现有 4 台机组运行，2 台在建，3 台永久停运，核电装机占 25%，核发电占比达 55%，该国还有再建新机组的计划。

德国：目前还有 7 台机组在运行，按关停计划，今年将关停两台、2021 年关停 3 台、2022 年关停最后一台，但仍将保留研究堆。

瑞士：现有 5 个机组仍将运行至寿期结束，将持续保持核电研发能力，暂无新核电机组建设计划。

中国核电发展概况

截至 2019 年 6 月 30 日，我国大陆运行核电机组共 47 台，装机容量 4873 万千瓦；在建机组 11 台，装机容量约 1134 万千瓦，多年来保持全球首位。中国核能行业协会统计报告显示，2018 年，我国大陆共 44 台商运核电机组，总装机容量 4464.516 万千瓦，占全国电力总装机容量的 2.35%；全年核发电为 2865.11 亿千瓦时，约占全国累计发电量的 4.22%，全年核电设备平均利用小时数为 7499.22 小时，设备平均利用率为 85.61%。与燃煤发电相比，核发电相当于减少燃烧标准煤 8824.54 万吨，减少排放二氧化碳 23120.29 万吨，减少排放二氧化硫 75.01 万吨，减少排放氮氧化物 65.30 万吨。

经过 30 多年持续不断的发展，中国核电从无到有、从小到大，自主建设和引进消化吸收再创新同步进行，实现了三代核电技术设计自主化、重要关键设备国家产化；具有三代核电特征的高温气冷堆示范工程已进入工程最后阶段，预计在明年实现装料，60 万千瓦霞浦示范快堆于 2017 年开工，目前工程推进顺利；在聚变堆研究方面，作为重要成员之一，中国积极参加国际热核聚变反应堆计划（ITER），并在关键领域取得了重要进展。

切尔诺贝利事故和日本福岛核事故为世界核电界敲响了警钟，也促使中国核电行业进一步优化设计、加强安全监管和日常运行管理，不断提升核电安全运行水平。

长期以来，我国核电安全运行一直保持良好业绩，根据世界核电运行协会（WANO）的综合指数统计，2017 年，全球有 57 台机组获得满分 100 分，中国有 11 台；2018 年，全球 53 台机组获得满分 100 分，中国有 12 台。我国是世界上少数几个拥有完整核燃料循环体系的国家，几十年来核电建设步伐没有停止，积累的核电建造能力居世界前列，包括 AP1000、EPR 在内的主要的三代核电率先在中国建成投运，自主三代核电华龙一号全球首堆福清 5 号已于今年 4 月提前 50 天启动冷试 全面转入调试阶段，海外华龙首批项目（巴基斯坦卡拉奇 2、3 号机组）推进顺利。

核电的前景与发展方向

核电起步于上世纪 50 年代，在 60 多年的发展历程中，核电技术经历了原型堆、一代、二代、二代改进型等不同的技术发展阶段。随着 BWER（美日）、APR1400（韩国）、VVER（俄罗斯）、AP1000（美国）、EPR（法国）等核电机组投运，以及我国华龙一号机组建设顺利推进，三代核电逐步成为当前及今后一段时间内的主力军；高温气冷堆、快堆等具有四代特征的核电技术正在中国示范建设，国际社会也正在组织对核聚变技术进行合作攻关，核电为人类解决未来能源大规模安全稳定供给问题提供了长远的解决思路。

与传统能源形式相比，核电具有低碳、清洁、高效、换料周期长（12-18 个月换料）、使用寿命长（二代改进型及三代设计寿命已达 60 年）、运行成本低等属性，是目前唯一能够大规模替代化石能源的基荷能源形式。尽管核电发展面临核安全、公众接受等诸多挑战，但长远看，随着人类科技进步、管理升级，核电将越来越安全。譬如，核电行业正在开发耐事故核燃料，这种燃料与锆结合后不容易过热，也很少产生氢气，从而避免发生类似福岛事故那样的氢气爆炸；一些单位正在研究用其他材料取代锆或者二氧化铀，进一步提升核电安全性。可以预见，核电将会与水电、风电、太阳能等清洁能源以及传统的化石能源有机组合，为人类社会提供更加安全稳定的能源供应。核电的未来与人类社会和谐发展紧密相关，有着光明的未来。

那么，未来的核电、核能是什么样，又会以什么方式来满足人类社会对安全清洁电力供应的需求，以缓解气候变化、环境保护等问题。要回答这些问题，首先要回头看核能的本质属性，其次要思考未来社会的对能源的需要。

众所周知，1 千克铀（U235）全部裂变放出的能量相当于 2700 吨标准煤燃烧释放出的能量，核聚变效率比核裂变还要高出好几倍，核能高效，且裂变、聚变过程均无温室气体或其它有害气体产生，因此，一代代科学家和工程技术人员潜心于和平利用核能，为人类社会服务。展望未来，核电或者核能将以大、中、小、微等多种方式服务于人类社会。

首先，在清洁能源供应方面，核电将为人类解决大规模安全稳定的电力供应问题提供解决方案。以中国为例，目前可以提供 30 万千瓦、60 万千瓦、百万千瓦及以上的各种类型成熟核反应堆技术，设备国产化率可达 85% 以上。

其次，人类核电站技术主要利用核裂变机理，从原型堆发展到目前开始示范的具有四代核电特征的快堆、高温堆技术。同时，包括中国在内的世界各主要核电国家均在研发核聚变堆。按照科学分析，核聚变技术将为人类终极解决电力供应问题提供可靠选择。

第三，随着中小型反应堆技术的发展和成熟，核电将在满足岛屿、海洋平台、远洋运输、偏远地区等特殊环境下的电力或动力供应发挥独特作用。近年来，模块化小型堆研发广受关注。美国能源部支持 mPower、Nuscale 两种模块化小型堆设计；俄罗斯 KLT40S 浮动核电站处于调试阶段，预计今年完工，RITM——200 核动力破冰船首艘“北极号”2013 年开工、2016 下水。韩国 SMART 模块化小型堆完成设计，正在开展工程可行性研究。我国模块化小型堆 ACP100 已完成初步设计，具备工程条件；浮动核电站 ACP25S、ACP100S，ACPR50S 均在开展初步设计；“燕龙”低温供热堆正在开展方案设计，清华大学低温供热堆已完成初步设计。

另外，利用放射性同位素衰变机理研发的放射性同位素电池（核电池）已成功用作航天器、心脏起搏器、海底电缆中继器等的电源。核电池取得实质性进展始于 20 世纪 50 年代末，由于其具有体积小、重量轻和寿命长等特点，且其能量大小、速度不受外界环境如温度、化学反应、压力、电磁场等影响，可在很大温度范围和恶劣环境中工作。随着同位素利用技术的不断进步，核电池将在航天航空、深空探测、深海探测、交通运输、电动机械等领域广泛利用。

总之，核能是二十世纪人类最伟大的发现之一。核科学与技术已广泛应用于能源、工业、农业、医学等广泛领域，随着人类科学技术不断进步，未来的核能必将以其独有优势发挥独特作用，服务于人类对于和平美好生活的需要。（作者为中国核能行业协会副秘书长）

龙茂雄 中国能源报 2019-09-16

贯彻落实核安全观 全面加强核安全监管

核安全是国家安全的重要组成部分，是核事业发展的生命线。近日，国务院新闻办发表《中国的核安全》白皮书（以下简称白皮书），首次以我国政府白皮书的形式，介绍我国核安全事业发展历程，阐述核安全的基本原则和政策主张，分享核安全监管的理念和实践，有效回应公众对核安全的关切，全面阐明我国倡导构建核安全命运共同体的决心和行动，将为加强核安全监管，提升核安全水平、推进全球核安全治理发挥重要作用。

充分认识发表白皮书的重大意义

党中央、国务院高度重视核安全，特别是党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央提出理性、协调、并进的核安全观，将核安全纳入国家总体安全体系，颁布实施核安全法、核安全中长期发展规划，建立运行国家核安全工作协调机制，对核安全的重视程度之高、指导力度之大前所未有。

我国自酝酿核电建设之初就将核安全摆在重要位置。1984年，成立国家核安全局。35年来，在党中央、国务院的坚强领导下，我国始终把保障核安全作为重要的国家责任，遵循“安全第一、质量第一”的根本方针，秉持“核安全事业高于一切，核安全责任重于泰山，严谨细实规范监管，团结协作不断进取”的核安全精神，依法从严监管，有力推动核能核技术利用事业安全、健康、可持续发展，有效保障核安全。在新中国成立70周年、核安全观提出5周年、核安全法颁布2周年之际，我国政府发表白皮书，具有深远历史意义和重大现实意义。

白皮书是深入宣贯核安全观的重要指南。党的十八大以来，习近平总书记就核安全工作提出一系列新理念新思想新要求，形成了核安全观，是核安全治理领域的重大理论创新，为解决核安全治理的根本性问题、构建核安全命运共同体指明了原则、方法和路径。白皮书系统阐述核安全观“发展和安全并重、权利和义务并重、自主和协作并重、治标和治本并重”的核心内涵，阐明做好核安全工作的基本原则，将有力促进有关部门、地方政府和涉核企事业单位增强“四个意识”，坚定“四个自信”，做到“两个维护”，学深学透核安全观，落细落实确保核安全的政治责任。

白皮书是全面分享核安全监管实践经验的重要载体。我国核安全监管事业从起步探索、整合提高到创新发展，始终坚持“独立、公开、法治、理性、有效”的监管理念，建立健全立足国情、接轨国际的法规标准体系，构建系统完备、行之有效的监管制度，成立部门协作、联防联控、运转高效的核安全工作协调机制，汇集安全素养高、技术能力强的专业审评监督队伍，形成审评、监督、执法、监测、应急和公众沟通等综合能力。白皮书系统总结我国核安全监管理念原则、实践成果和工作经验，为推进核安全监管体系和监管能力现代化，持续提升核安全水平夯实了基础。

白皮书是积极回应公众核安全关切的重要渠道。当前，社会公众对核安全高度关注，迫切需要采取有效措施，增强公众对核安全的认识、理解和支持。白皮书客观评价我国核安全状况，总结核安全文化和公众沟通工作成效，展示我国政府和涉核企事业单位确保公众知情权、参与权和监督权的努力，回应公众的核安全关切，有利于提振公众对核安全的信心，推动营造全行业、全社会共同维护核安全的良好氛围。

白皮书是持续推介我国核安全治理方案的重要途径。我国倡导构建公平、合作、共赢的国际核安全体系，积极为推进核能开发利用国际合作、实现全球持久核安全贡献中国智慧和方案。白皮书充分展现我国作为构建国际核安全体系的重要倡导者、推动者和参与者，为打造核安全命运共同体作出的积极努力，有利于促进各国共享和平利用核能事业成果，将核安全进程纳入持续健康发展轨道，不断提升全球核安全水平。

全面把握白皮书的主要内容

白皮书全面介绍了以法律规范、行政监管、行业自律、技术保障、人才支撑、文化引领、社会参与、国际合作等为主体的核安全治理体系，共分为六章。第一章“树立理性、协调、并进的核安全观”，阐述核安全观的核心内涵和核安全工作的基本原则；第二章“构建核安全政策法规体系”，介绍我国

核安全战略、规划和法规标准体系；第三章“实施科学有效安全监管”，分享我国核安全监管实践；第四章“保持高水平安全”，评价各领域核安全状况；第五章“营造共建共享的核安全氛围”，展示我国核安全文化与公众沟通工作成效；第六章“打造核安全命运共同体”，展现我国履行国际义务、加强核安全国际合作的努力。

具体而言，白皮书具有以下特点。

一是全方位阐释核安全理念。白皮书阐明，中国秉持理性、协调、并进的核安全观，坚持“安全第一、依法治核，预防为主、纵深防御，责任明确、独立监管，严格管理、全面保障”的核安全工作基本原则，在确保安全基础上开展核能和平利用，统筹安全与发展、当前与长远、局部与全局、国内与国际，全面系统推进核安全进程。

二是全过程梳理核安全政策法规体系。白皮书指出，我国制定实施国家核安全战略，核能利用从起步发展、适度发展到积极发展、安全高效发展，始终坚持安全第一，实现发展和安全两个目标相互促进、有机融合。为贯彻这一方针，我国每五年制定发布核安全中长期规划，建立健全接轨国际、符合国情、系统完备、全面覆盖的法规标准体系，始终保持核安全政策的稳定性、系统性、法治性。

三是全景式展现核安全监管实践成果。白皮书介绍了我国核安全“三位一体”的监管机构，对核设施、核材料、核活动和放射性物质的全链条审评许可，对设计、采购、制造、建造、运行、退役等核安全有关物项和活动的全过程监督执法，辐射监测的全覆盖全天候监控，统一领导、分级负责的核与辐射事故应急体系，立体化、多维度展示了我国核安全监管体制机制、方法手段、技术能力、队伍面貌，体现了我国核安全监管的独立性、权威性和有效性。

四是全领域呈现核安全状况。白皮书全面公布核电、重要核设施、放射性废物、核技术利用、核安保、辐射环境质量等核安全领域的“成绩单”，呈现了我国长期持续保持良好水平核安全的全貌。截至2019年6月，我国大陆47台运行核电机组、19座在役民用研究堆和临界装置、18座民用核燃料循环设施、2座低中水平放射性固体废物处置场保持良好运行安全记录，11台在建核电机组质量受控，未发生过国际核与放射事件分级表（INES）2级及以上的事件或事故。核技术利用安全水平大幅提升，核安保水平持续提升。全国范围内辐射环境质量优良，处于天然环境辐射水平范围内，公众健康和环境安全得到充分保障。

五是全视角阐明打造核安全命运共同体。立足国内，白皮书指出保障核安全需以人为本，人人有责、人人参与，强化政府引领、行业作为和社会参与，营造共建共享的核安全氛围。放眼国际，白皮书指出和平开发利用核能是世界各国的共同愿望，确保核安全是世界各国的共同责任。我国坚持公平原则，本着务实精神推动国际社会携手共进、精诚合作，共同推进全球核安全治理，打造核安全命运共同体。

持续推进核安全监管体系和监管能力现代化

中国特色社会主义事业进入了新时代，中国核事业进入了安全高效发展的新阶段，中国核安全事业进入了高质量高水平发展的新时期。生态环境部（国家核安全局）将以白皮书的发表为新起点，在习近平新时代中国特色社会主义思想指引下，深入贯彻落实习近平生态文明思想，继续秉持理性、协调、并进的核安全观，坚守保障核安全、促进核能和平利用造福人类的初心和使命，持续推进核安全监管体系和监管能力现代化。

一是切实提高政治站位。核安全是关乎国家安全、关乎人民利益的天大的事，务必严上加严，确保万无一失。核安全监管是党中央、国务院赋予生态环境部门的政治任务和光荣使命。要进一步提高政治站位，增强“四个意识”，坚定“四个自信”，做到“两个维护”，以高度的政治、思想和行动自觉，站在国家总体安全角度考虑核安全问题，牢固树立“为发展求安全、以安全促发展”“安全就是最大的经济效益”的意识，坚持许可、审评、监督、执法全过程从严，确保党中央、国务院关于核安全的决策部署落地见效。

二是持续完善监管体系。推进核安全监管体系现代化，是推进国家治理体系现代化的重要内容，

是全面深化改革的必然要求。要强化顶层设计，持续完善核安全法规标准体系，推进核安全法配套法规的立改废释工作。大力推广核安全管理体系，强化规范监管，明确工作标准，统一执法尺度，提高监管法治化、规范化水平。推动落实《核安全与放射性污染防治“十三五”规划及 2025 年远景目标》，加强规划对核安全工作的引领和带动，不断提升我国核安全水平。

三是不断提升监管能力。核安全监管技术性强、专业度高，必须不断提高监管能力，增强监管本领。要加强国家核与辐射安全监管技术研发中心内涵建设，强化核安全科技研发，重点提高自主化试验验证和软件评价能力。强化辐射环境监测国控网建设，加快推动核安全监管信息系统建设，提高监管信息化、智能化水平。强化人才培养，完善分级分类的核安全人员培训顶层设计，加快打造领军人才，培育青年骨干，提高队伍专业素养和管理能力。

四是严密防范各类风险。当前国际核安全形势错综复杂，国内核安全风险多元交织，必须坚持底线思维，增强忧患意识，居安思危，以万全准备应对万一可能。防范核安全风险，加强部门间、领域间、央地间协调联动，强化风险评估和联防联控。重点保障核电厂运行安全，探索建立风险指引型监管模式，强化对重大不符合项和重点核安全问题的分析研究和独立调查，完善审评监督、经验反馈和技术支持体系。提高发现和解决苗头性、隐蔽性、深层次问题的能力，推进乏燃料后处理、移动放射源在线监测、城市放射性废物库安保升级等工作。加大执法力度，对弄虚作假和违规操作行为“零容忍”，发现一起、查处一起、通报一起，强化警示震慑，维护法律权威。

五是全面加强综合保障。确保核安全是多层次、多领域交叉的系统工程，需综合施策，加强全方位保障。要大力培育核安全文化，督促企业主动公开内部监督、质保检查、同行评议等结果，将发现的重大安全质量问题纳入监督范畴，提高监管效能。强化公众沟通，打造核安全监管“阳光政府”，推动行业加强核安全信息公开、科普宣传和公众参与，畅通信访举报渠道，保障公众知情权、参与权、监督权。加强国际核安全合作，认真履行有关国际公约。强化监管队伍建设，秉持“严谨细实”作风，营造良好干事创业氛围，打造核安全铁军。

人民网—人民日报 2019-09-16

谱写核能和平利用辉煌新篇章

1955 年 1 月 15 日，毛主席主持召开中共中央书记处扩大会议，作出发展中国核工业的战略决策。在短短十几年时间里，核工业先后成功研制了原子弹、氢弹、核潜艇，打破了核大国的垄断，为保障国家安全、提升我国国际地位作出了历史性贡献。党的十一届三中全会以后，我国对核工业实行战略调整，把工作重点转到为国民经济建设和人民生活服务上来，核电产业从无到有，快速发展，取得了举世瞩目的成绩。

坚持安全发展

核电装机规模位居世界前三

1985 年 3 月 20 日，我国自主设计建造的第一座 30 万千瓦压水堆核电站在浙江秦山开工建设，1991 年 12 月 15 日成功并网发电，结束了中国大陆无核电的历史，被誉为“国之光荣”。1987 年 8 月 7 日，我国引进法国技术建设的广东大亚湾核电站开工建设，1994 年 5 月 6 日，2 台百万千瓦压水堆核电机组全部投入商业运行，开创了引进国外技术、利用外资建设大型商用核电站的新路子。

秦山核电站和大亚湾核电站的成功起步，为我国核电后续发展积累了宝贵的经验。截至 2019 年 8 月，我国大陆在运核电机组已达 47 台，分布在浙江、广东、福建、江苏、辽宁、山东、广西、海南沿海 8 个省区、13 个核电基地，总装机容量 4873 万千瓦，仅次于美国、法国，位列世界第三。其中，AP1000 自主化依托项目浙江三门 1-2 号机组、山东海阳 1-2 号机组，EPR 首堆广东台山 1-2 号机组先后投入商业运行，成为世界上首批投入运行的三代压水堆核电机组。

在广东、福建、浙江等东南沿海省区，核电在电力结构中的比重持续提升。2018 年，福建、海南、广东、辽宁和浙江核能发电占比分别达 24.52%、21.68%、17.92%、14.68%和 14.05%，均超过世

界平均水平；广西为 9.33%，接近世界平均水平。核电对我国优化能源结构、保障能源安全、减少温室气体排放发挥了重要作用。

我国核电机组始终保持安全稳定运行，从未发生国际核事件分级（INES）表中二级及以上的运行事件，与世界核电运营者协会（WANO）规定的性能指标对照，我国运行机组 80% 的指标优于中值水平，70% 达先进值。与此同时，我国还有 11 台核电机组正在建设中，装机容量超过 1100 万千瓦，已连续多年保持全球领先。在建项目的安全、质量得到有效控制。

坚持创新发展

独立自主掌握三代核电技术

创新是引领发展的第一动力，是我国核电实现跨越发展的战略支撑。我国核电发展起步较晚，但通过自主创新和引进、消化、吸收、再创新，较快地掌握了世界先进核电技术，成功实现由二代向三代的技术跨越。“华龙一号”是中核集团和中广核集团立足于中国核电 30 年的设计、建造和运行经验，借鉴国际先进三代核电技术的设计理念，充分汲取福岛核事故经验反馈，实施了完善的严重事故预防和缓解措施，确保了主要技术指标达到或超过国际最高安全标准的要求，满足了福岛核事故后新建核电站的安全指标要求，具有先进、经济、成熟、可靠的三代核电技术特点，目前已在福建福清、广西防城港和巴基斯坦卡拉奇开工建设，工程进展顺利。2006 年，我国作出从美国西屋公司引进 AP1000 技术，建设我国第三代核电站的决策。此后，又将《大型先进压水堆和高温气冷堆核电站》列入国家科技重大专项。通过该专项的实施，我国全面掌握了三代非能动核电技术，自主攻克了具有四代安全特征的高温气冷堆技术，自主创新能力得到显著提升。

其中，高温气冷堆核电站示范工程已于 2012 年 12 月在山东石岛湾开工建设；在对 AP1000 技术消化、吸收、再创新的基础上，国家电投已完成自主三代“国和一号”（CAP1400）的型号研发。以“华龙一号”和“国和一号”的成功研发为标志，我国已成为世界上少数几个拥有独立自主三代核电技术的国家。与此同时，我国在钠冷快堆、小型反应堆、钍基熔盐堆、铅基快堆和聚变堆等领域的研发中都取得了重要进展。

坚持协调发展

形成完整先进的核电产业链

在核电规模化发展的带动下，我国已形成完整先进的核电产业链，涵盖核电工程设计与研发、工程管理、装备制造、核燃料供应、运行维护等各个环节。在核燃料供应方面，我国已建立国内生产、海外开发、国际贸易、战略储备“四位一体”的天然铀保障体系；铀纯化转化、铀浓缩、压水堆核燃料组件产能大幅提升，核燃料组件制造能力已从 2008 年的年产 400 吨（铀）提高到 2018 年的 1400 吨（铀），完全可以满足国内核电和核电“走出去”对各种型号燃料的需求。

在装备制造方面，我国核电关键设备和材料国产化取得重大突破，掌握了核岛和常规岛关键设备设计、制造的核心技术，发展壮大了一批为核电配套的装备和零部件生产企业，百万千瓦级三代核电机组关键设备和材料国产化率已达 85% 以上，形成了每年开工建设 8-10 台核电机组的核电主设备制造能力。在核电工程建设方面，作为世界上唯一一个 30 多年不间断建设核电的国家，成功实现了多项目、多基地同步建设，全面掌握了压水堆、重水堆、高温气冷堆、快堆等多种堆型、不同功率的核电建造技术，可以满足同时开工 30 台以上核电机组的需求。

坚持开放发展

积极参与核能领域国际合作

我国于 1984 年正式加入国际原子能机构（IAEA），相继批准加入《核安全公约》《核材料实物保护公约》《不扩散核武器条约》等国际公约，不断深化与国际原子能机构等国际多边组织的全方位合作。我国先后与 30 多个国家签署政府间和平利用核能的合作协议，在核电工程、核燃料供应、核设备制造、核技术应用、人才培养等方面开展互利务实地合作。从上世纪 80 年代开始，我国先后引进法国、加拿大、俄罗斯和美国技术，通过消化、吸收世界先进核电技术，为我国核电创新发展打下良好的基础。

1991年12月31日，在秦山核电站并网发电的当月，我国就与巴基斯坦签订了向巴基斯坦出口30万千瓦核电站的合同，这是我国核电“走出去”的第一步。2017年9月8日，巴基斯坦恰希玛核电一期工程4台压水堆机组全面建成，总装机容量超过130万千瓦。恰希玛核电项目的成功，为我国核电“走出去”树立了良好的信誉。随着我国核电规模化发展，核电“走出去”上升为国家战略。在核电“走出去”战略和“一带一路”倡议的推动下，我国核电领域国际合作稳步推进。在亚洲市场，采用我国自主三代“华龙一号”技术的巴基斯坦卡拉奇K2、K3核电项目于2015、2016年先后开工建设，目前已全面转入安装阶段。

2017年11月，中核集团与巴基斯坦原子能委员会签署恰希玛核电5号机组商务合同，这是我国“华龙一号”成功“走出去”的第3台核电机组。在欧洲市场，2016年9月，中广核集团与法国电力公司签署了英国新建核电项目的一揽子合作协议，由中法共同投资建设欣克利角C、赛兹韦尔C和布拉德维尔B项目。其中，拟采用“华龙一号”技术的布拉德维尔B项目将由中方主导，目前正在进行厂址适应性评价及可研工作。此外，国家电投与西屋公司合作，拟采用AP1000/CAP1400技术，联合开发土耳其第三核电项目，目前已签订项目可研备忘录。

核能作为一种清洁低碳、安全高效、可大规模利用的非化石能源，是我国清洁能源体系中的重要一员，对保障国家能源安全、优化能源结构、减少温室气体排放、推进绿色发展、服务“一带一路”建设具有重要作用，对我国政治、经济、社会、生态文明建设具有重要的战略价值。展望未来，我国电力需求仍有较大增长空间，预计到2035年，我国核电装机规模有望达1.5亿-1.8亿千瓦，核能发电在全国总发电量中的占比将达到10%左右，我国核电具有美好的发展前景。

(作者系中国核能行业协会副理事长兼秘书长)

张廷克 中国能源报 2019-09-23

秦山核电站：新中国核电事业的起点

力推压水堆核电上马

1971年的秋天，我正在湖北“五七干校”劳动锻炼，接到第二机械工业部发来“急速回京”的电报后，立即动身赶回北京。下了火车，二级部派车将我直接送到了刘伟副部长的办公室。刘副部长用严肃而又热切的眼神注视着我：“中央决定在华东建一座核电站，要一个负责核电站设计的技术负责人，部里推荐，报请中央同意，由你担任技术负责人。”

当时，国际原子能机构召开了和平利用原子能的第三次会议，于是我迅速查阅会议英文资料，认真审读后发现，压水堆的技术成熟，结构严谨，安全性较好，具有可操作性。然而，当时美国《核能》杂志发表文章说熔盐堆好，很多人特别是上海高校，还有上海工宣队一些同志，希望做熔盐堆，也做了很多实验和方案。

从理论上讲，熔盐堆既能发电又能把钚-232、铀-238转化为裂变燃料，利用率比较高，但它的放射性很难封闭，熔盐对主管道的腐蚀很强，因此只能作为科研开发，要运用到核电站建设，当时还不具备可操作性。此时搞核潜艇的彭士禄正在北京举办相关的核动力会议，我便请他到上海为压水堆方案说话。当我将自己的设想和压水堆方案向彭士禄和盘托出时，彭士禄欣然同意了。于是，在讨论确定堆型的会议上，彭士禄详细说明熔盐堆技术难度大，还有很多问题没有解决，特别是放射性比较大，需要机器人操作，因此缺乏安全性，而国内压水堆技术相对成熟。半年后，美国也宣布了熔盐堆下马，于是大家统一意见，压水堆成为第一预备方案。

选定堆型后，又确定规模为30万千瓦，第一个堆定为30万千瓦是很大胆的，因为苏联第一个堆是5000千瓦，美国第一个是9万千瓦。我带领大家在全国制造行业搞了实地调研，从设备制造能力、加工制造水平、核工业系统能力等方面得出结论，通过努力是可以搞30万千瓦的。经过一年多的调查，1973年11月，二机部正式将压水堆30万千瓦的方案报到国务院。

周恩来总理看了报告后批示，一要听汇报，二要做个模型看看。

1974年3月31日，中央专委在人民大会堂的新疆厅听取汇报。当我提出：由于实验、科研开发，提高设备制造能力，整个“728工程”（当时的秦山核电工程代号）建设费用大约需要六亿三。周恩来总理当时已经患病，身体非常瘦弱，但他精神焕发，一挥手表说：六亿三，值得。他还说，建设我国第一座核电站，主要是掌握技术、培养队伍、积累经验，为今后核电发展打基础。

艰难落地秦山

1971年末，来自全国各地的核科技人员，在上海组成了一支会战队伍。大家的共同心愿就是，早日建成我国自行设计和建造的核电站。但是，核电站与我们已做过的其他反应堆工程相比，反应堆的温度、压力、功率密度、质量指标和可靠性、寿命等要求都很高，安全设施和系统也更加完善、更加复杂，对环境保护的要求也非常严格。在对比了国际上压水堆核电站的技术难度与我国核技术水平 and 制造能力以后，大家认识到差距很大，但这并没有让我丧失信心。因为我们也有有利条件，我国已有初具规模的核工业科技体系，已能制造部分重型和精密设备，包括30万千瓦的火电机组，问题是设法填补差距和解决面临的技术难题。

由此，我带领技术团队与上海核工程研究设计院包括全国几十个科研、设计、制造单位进行了多次研讨，拟出了264项科研试验项目和26项旨在提高工厂制造能力的技术扩建项目，报经国家主管部门纳入计划。

1978年开始，关于如何建设核电站却有了分歧：一个是说我国自己干不行，不如买来轻松。另一个是说我国自己能干出核电站。有人说：“你们肯定干不成，你们能干原子弹，干不成核电站”“728设计队都是一些教师，画的图纸像画漫画一样”。我听了这些不负责任的话，虽然有些生气，但冷静片刻，然后据理力争。我们设计队的人员结构非常合理，一是核工业系统调来有核科技实践经验的200人，二是从上海工厂来的有制造经验的人员，还有高校和科研院所来的理论基础扎实的人员，当教师画图不行，但理论基础扎实。在进行了长达7—8年之久的科研试验、设计研究、分析论证，以及技术培训和工厂技术改造等工作，秦山核电工程的可行性报告终于得以通过，并于1983年列入国家计划的重点建设项目。1983年6月，秦山核电前期工程启动。1985年3月，工程正式开工。

难忘的8个春秋

初到秦山，我和其他技术人员一样，住在简陋的二人间里。一年后，才拥有单独的办公室。那时候，我全身心投入工作，办公桌上摊着图纸，墙上钉着图纸，书架上吊着图纸，茶几上还堆着厚厚的几叠图纸。1987年1月，国务院第15号文件指定时任核工业部副部长的赵宏兼任秦山核电公司总经理，我任总设计师兼第一副总经理。当时主管工业的国务院副总理李鹏告诉核工业部部长蒋心雄：出了问题，我就拿他们俩是问！核工业部的正式任命文件下达后，蒋心雄部长加码：“你们俩要出上海和秦山，要经过我同意。”

30万千瓦压水堆核电站是一项具有开创性、技术难关密集的重大工程项目，设计十分复杂。这座核电站由反应堆和大约200个系统所组成，大小设备约3万件，仪表和控制屏台、机柜1.76万套件，阀门1.17万个。要使这些设备、仪表、部件都能按技术指标设计研制出来，系统组合得当，功能发挥正确，需要克服无数难关。

当时，我国还没有自己的核电规范和技术标准，国际上对核电关键技术又保密甚严，更增加了设计上的困难。在这种情况下，我结合我国国情，经过自行开发研究，创造性地提出一系列独特的技术措施，并获得了成功。核燃料组件是核电站反应堆的核心部分，我亲自主持并参与了设计研究。首先在设计中反复比较国外同类产品的优缺点，并决定采用有利于堆芯安全的设计。然后，我与核材料专家张沛霖一道，指导燃料组件的攻关和试验检验等工作，直到试制成功。我国首次设计研制的核燃料组件，经过这么多年的运行，证明性能良好，满足了秦山核电站的技术要求。

核电站反应堆一回路主管道是直径700毫米、壁厚70毫米的高温高压不锈钢管道，其焊接是核电站工程建造的关键工艺技术。日本三菱重工答应以10万美元向我方转让技术，但因要附加政治条件而未能成交。在主管领导赵宏的支持下，焊接专家潘际銮教授协同，我从组建焊接攻关实验室开始，主持制订了技术攻关方案和要求，并对关键工艺作出决策，同时挑选了优秀焊工进行实物试验

和技术培训。根据试验和取得的大量检测数据，终于摸清并掌握了主管道焊接的技术诀窍。我们自己完成的主管道焊接质量完全符合标准，得到了国际原子能机构安全评审专家的赞赏。核电站的二回路汽轮发电机组在热试车冲转中是否需要另行设置调试供汽锅炉，历来是国外核电站设计建设有争议的技术问题。经过严谨认真分析论证后，我决定秦山核电站取消调试锅炉，在热试车中，直接依靠一回路热试车过程中主泵旋转机械加热和稳压器的电加热，使蒸汽发生器二次侧产生积聚的蒸汽进行汽轮机热试车冲转，秦山核电站汽轮机和发电机热试车一次冲转成功。

在整个工程建设中，技术团队最终排出了 380 多项科研试验项目。8 个春秋，关键性的技术障碍得到排除，142 项成果荣获国家和部级奖励。

获得国际信任

在秦山核电厂从设计、建造到运行的过程中，我始终如一地贯彻“安全第一、质量第一”的方针，亲手制定了安全设计所必须遵循的四条原则和十条措施，并严格监督实施；建立起一套严格的标准、法规和安全导则所支持的质量保证体系。还组织了《秦山核电厂最终安全分析报告》编写委员会，亲任编委会主任。借鉴美国核管理委员会管理导则的标准格式和内容，分 17 章 24 册，约 200 万字，950 多张图，910 多张表，400 多份支持性材料。国家核安全局审评后，于 1990 年夏天举行了秦山核电站安全问题论证会。对国内知名专家提出的问题，我应对自如，以富有说服力的回答，赢得专家的首肯。1989 年，应我国政府邀请，国际原子能机构组织来自 8 个国家的 11 位资深核电专家到秦山核电站进行了运行前的安全审评。评审报告指出：对秦山核电厂运行前的现场检查总的印象是肯定的。没有任何危及建造完成和建成后电厂启动的安全问题。国际社会对我国第一座自行设计建造的核电站投了信任的一票。

经参建人员共同努力，秦山核电站于 1991 年 12 月并网发电（1992 年 7 月达到满功率），实现了我国核技术史上的又一个重大突破，结束了我国大陆无核电的历史。1995 年，秦山核电站工程通过了国家验收。1997 年，《秦山核电站的设计与建造》获得国家科技进步特等奖。秦山核电工程是尊重科学，敢于实践的光辉典范之作，我作为其中的一分子深感光荣和自豪。

（欧阳予系秦山核电站总设计师，本文摘自《书写辉煌——秦山核电基地开工建设 30 周年口述实录》）

欧阳予 中国能源报 2019-09-23