

能 量 转 换

总 21 期
9/2019.9

剪 报 资 料

中国科学院广州能源研究所 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

目 录

一、总论

1. 前程似锦，长路漫漫 5
2. 印度深耕中东能源合作版图 6
3. 中法能源合作为全球可持续发展注入动力 7
4. 发挥平台枢纽作用，助推能源转型升级 8
5. 可再生能源发展实现历史巨变 11
6. 2019 中国国际清洁能源博览会成功举行 13
7. 北京大兴国际机场高效利用可再生能源 14
8. “追求一流”让科技成果竞相迸发 15
9. 能源建设释放“中国动力” 19
10. 我国未来能源会由谁来当家 20
11. 中国“能源独立”的启示与机遇 22

二、热能、储能、动力工程

1. 超级电容新能源车焕发新光彩 24
2. 尽快推动锂离子超级电容技术产业化 25
3. 黄埔区、广州开发区发布“氢能 10 条”，新落户的氢能重大项目最高给予 1 亿元奖励 氢燃料电池公交年底将示范运营 27
4. 动力电池回收驶入快车道 28
5. 氢燃料电池汽车发展前景引热议 29
6. 迄今最黑材料可吸收 99.995% 入射光 31

7. 固态电池距离商业化应用还有多远·····	32
8. 燃料电池化是商用车转型升级方向·····	34
9. 锂电池新设计或减少对稀有金属依赖 ·····	36
10. 新型热电发电机可夜间供电 ·····	36
11. 多能互补压缩空气储能海上电站初探 ·····	37
12. 空气源热泵受“煤改电”青睐 ·····	39
13. 循环流化床减碳潜力可期 ·····	41
14. 利用汗液的柔性生物燃料电池问世 ·····	42
15. 无机柔性热电新材料研制成功 ·····	43
三、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1. 垃圾处理的“深圳标准”如何炼成 ·····	44
2. 我国低碳排放须向欧盟“取经” ·····	46
3. “一步法”制备纤维素乙醇：一场意外之喜 ·····	47
4. 固废行业有望迎来发发“窗口期” ·····	49
5. 二代生物柴油：技术已到位 如何抓市场 ·····	51
6. 构建危废资源化利用和处理处置技术体系·····	53
7. 新膜材料不用压力也能净化水·····	54
8. 蚌埠打造千亿级生物基材料产业·····	55
9. 生活垃圾处置关键要做好干湿分类·····	56
10. 好看好玩风光美 高新技术处处见“范” ·····	57
11. 小麦秸秆综合利用率达 96.49% ·····	61
12. 推进建筑节能 引领绿色发展 ·····	62
四、太阳能	
1. 建设世界一流光伏产业宣言·····	64
2. “分布式光伏系统智慧运维技术”项目启动 ·····	65
3. 下一代太阳能电池能效创新高·····	65
4. 光伏点亮新生活·····	66
5. 钙钛矿光伏材料面临两大难题制约·····	67
6. 东南亚规模最大光伏电站在越南投产·····	68
7. 第五届中国太阳能热发电大会在杭州召开·····	69
8. 前 8 月户用光伏装机超 335 万千瓦·····	69
9. 光伏：新时代的中国名片·····	69
10. 多能互补让风光“风光”起来 ·····	71
11. 西藏当雄 10MW 牧光互补项目开建 ·····	72

12. 开发利用太阳和风产能的旗子	73
五、地热	
1. 地热利用为清洁取暖注入新动能.....	73
2. 地热的福音：敏化热电池.....	75
3. 李克文：将热伏技术推向规模发电.....	76
六、氢能	
1. 开发出新一代电解水催化剂.....	78
2. 煤制氢：“火热”背后存隐忧	79
3. “十条新政”加持 广州开发区氢能产业发展提速.....	81
4. 可再生能源制氢成本将快速下降.....	83
5. 印度开发高灵敏度氢气传感器.....	84
6. “氢”风云起向“湾”流	85
7. 新型“长寿”合金有助氢能产业发展	87
七、风能	
1. 拓荒内陆低风速风电场.....	88
2. “抢装”重构风电整机竞争格局	89
3. 三门峡岭南 50MW 风电场首台风机成功并网	92
八、核能	
1. 我国核安全水平保持世界前列.....	92
2. 核燃料元件核心技术紧握在自己手里.....	94
3. 世界核电发展现状与展望.....	95
4. 秦山核电站：新中国核电事业的起点.....	98
九、其他	
1. 页岩气将成我国天然气增长主体	101
2. 我国从多方面入手加快天然气供销体系建设	102
3. 新电池装置实现高浓度盐水淡化	104
4. 鄂尔多斯盆地又发现“千亿方大气田”	104



行业动态

1. 第三届（2019）中国能源产业发展年会在京举行 105
2. 全钒液流电池储能开启产业化征程 107
3. 我国二次再热发电技术领跑世界 109
4. 我国首个煤矿巷道压缩空气储能电站项目开建 110
5. 世界首台套超临界双抽 再热背压机组天津开建 111
6. 浙江建成首座加氢站 111
7. 国内首台智能高速资源化污泥处理处置成套装备投产 112
8. 多项海上风电直流输电行标开始编制 113
9. 我大型先进商用压水堆燃料组件实现批量化 114

本简报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

前程似锦，长路漫漫

中国能源报 2019.9.9

绿水青山就是金山银山，新中国发展进入了新阶段；氢能、新能源汽车、5G、能源互联网、AI、大数据等新技术的发展与应用，清洁能源插上了科技的翅膀，也迎来了新的发展机遇与挑战。

（一）经济转型带来新机遇

当前，我国处于经济转型的关键时期，正大力推进生态文明建设，推动国家可持续发展，努力实现“两个一百年目标”。为此，发展清洁能源已经成为我国经济发展的重要战略任务。

2010年9月，国务院发布《国务院关于加强培育和发展战略性新兴产业的决定》，新能源成为七大战略新兴产业之一。

2018年6月27日，国务院发布《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，提出要大力培育绿色环保产业，壮大绿色产业规模，发展节能环保产业、清洁生产产业、清洁能源产业，培育发展新动能。

党的十九大更是提出：要推进绿色发展。加快建立绿色生产和消费的法律制度和政策导向，建立健全绿色低碳循环发展的经济体系。构建市场导向的绿色技术创新体系，发展绿色金融，壮大节能环保产业、清洁生产产业、清洁能源产业。推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系。

可见，清洁能源产业迎来了新的历史发展机遇，前景光明。

（二）科技发展形成新动力

当前，科技发展日新月异，新材料技术、3D打印、大数据、人工智能、机器人、物联网等技术发展迅速，开始进入商业应用阶段，技术与产业的结合也越来越紧密，这为清洁能源产业的发展提供了新的动力和想象空间。

新材料技术提升光伏发电转换效率、提高风机的功率、提升新能源产品的环境适应性，大数据、机器人、人工智能等技术可提升生产效率、提高研发效率、提高产出、降低成本等，新的科技可极大的改变清洁能源产业业态、提高生产效率、降低成本，进而有效地提升了其市场空间，也为清洁能源产业发展提供了新动力。

（三）国际合作不确定性增加

当前，保护主义抬头，国际贸易不确定性增加，这给原有的国际经济秩序带来前所未有的冲击，国际经济、贸易发展面临衰退风险；再者，国际地缘政治冲突加剧，民族主义、恐怖主义交织给国际安全带来较大的风险，这些都对国际能源安全、能源合作带来巨大的不确定性。显然，这也对未来国际清洁能源的发展与合作带来了一定的负面影响，能源技术开发

与合作、能源市场开拓都面临较大的不确定性，这将为国际间的清洁能源合作特别是技术合作与交流带来负面影响与不确定性。

回首过往，硕果累累。70年来，我国清洁能源取得了惊人的成就，也为新中国经济社会发展做出了重要贡献。眺望前程，长路漫漫。当前，我国清洁能源产业面临历史发展机遇，虽然困难重重，但是，我国清洁能源人必将牢记肩头使命，追逐心中梦想，追随新中国的脚步，沿着“一带一路”，继续爬山涉水、追风逐日，继续为新中国实现“两个一百年目标”贡献自己的力量，继续挥洒汗水，再创辉煌。

莫迪接连出访阿联酋和巴林深化能源贸易投资合作

印度深耕中东能源合作版图

中国能源报 2019.9.2

8月24至25日，印度总理莫迪接连出访阿联酋和巴林，这是他担任总理以来第三次造访阿联酋、首次造访巴林，更重要的是，莫迪还是首位出访巴林的印度总理。业内普遍认为，莫迪不遗余力地强化印度与中东国家的经贸关系，不仅突出了该地区对印度能源安全的重要性，更是为其“5年内实现5万亿美元经济规模”目标助力。

《今日印度》报道称，这是莫迪过去4年中第3次访问阿联酋，反映出两国维持着十分强劲的双边关系，尤其是能源、贸易、投资、国防和安全等领域的综合战略合作伙伴关系得到了进一步“升华”。

莫迪表示：“阿联酋是一个非常有价值的合作伙伴，是我们通过互利合作关系实现5万亿美元经济目标的重要朋友。我对两国关系的发展轨迹以及开辟新的合作领域感到非常乐观。我认为这种合作对两国来说是双赢的。”莫迪在此次访问中围绕双边关系以及地区和全球形势与阿联酋交换了意见，希望进一步巩固双方强大而充满活力的关系。

阿联酋通讯社指出，莫迪的来访标志着印度和阿联酋的双边关系翻开新篇章。莫迪甚至强调双方关系正处于“最佳状态”，阿联酋在印度关键领域的投资正持续增长，尤其是可再生资源、制造等领域的投资兴趣正日渐浓厚。

迪拜商会（DCCI）最新数据显示，今年上半年共有2208家印度公司成为DCCI新成员，较去年同期增长了18%，这些公司热衷于进入迪拜并将其作为战略中心以扩大在阿联酋乃至中东地区的足迹。

《海湾时报》指出，鉴于石油及其相关行业仍是莫迪政府推动经济增长的关键，未来印度企业与阿布扎比国家石油公司（ADNOC）的合作范围和规模有望进一步扩大。上半年，ADNOC不仅将阿布扎比陆上1号区块的勘探权授予了印度财团，还与印度石油公司（IOC）签署了一项重要的高品质基础油长期销售协议，旨在增加向印供应规模，保证该国成品油强劲需求。IOC主要利用ADNOC高品质基础油为印度不断增长的汽车行业生产高端发动机油。

ADNOC在一份声明中表示，ADNOC是唯一一家与印度战略石油储备计划合作的外国能

源公司，其与印度企业的合作是阿联酋 - 印度能源关系进一步深化的一个缩影，过去 12 个月不仅加强了与印度的战略能源联系，同时将印度视为原油、精炼和石化产品的主要增长市场，未来还将与印度继续拓展在油气上下游及新能源等领域的合作。

展望印度和阿联酋的潜在合作前景，莫迪坦言：“我们在执行在关键领域协议签署方面取得了巨大进展，尤其是能源和基础设施。事实上，我们的关系是多维的。”他强调，印度正在努力实现到 2024 - 2025 年 5 万亿美元经济规模的目标，同时计划在未来 5 年投资约 1.7 万亿美元。为实现这些愿景，正在努力推动来自国内和国外的资金流入，其中必然少不了第三大贸易伙伴阿联酋。2018 - 2019 年印度和阿联酋双边贸易额约为 600 亿美元，阿联酋同时做出了在印度投资 750 亿美元的承诺。

结束了对阿联酋的访问，莫迪又马不停蹄地赶赴巴林。作为首位访问巴林的印度领导人，莫迪得到了巴林的极高礼待，他与巴林国王哈马德·本·伊萨·阿勒哈利法、巴林第一副总理、王储萨勒曼·本·哈马德·阿勒哈利举行了会谈，围绕双边关系交换了意见，并一致同意在太阳能、太空技术和文化交流方面展开合作。

印度《经济时报》8 月 25 日报道称，印度和巴林将在国际太阳能联盟（ISA）框架下展开合作，莫迪在会谈结束后见证了两国在太阳能、文化和太空技术等领域谅解备忘录的签署。

据了解，ISA 是由印度和法国牵头成立并由印度领导的组织，旨在为贫穷发展中国家筹措 1 万亿美元以上资金，并通过技术分享和能力建设，力争 2030 年前在这些国家新增 1000 吉瓦的太阳能光伏装机。印度与巴林达成太阳能合作，无疑进一步助力 ISA 的扩大与发展，同时为印度努力实现增加太阳能利用做出贡献。

莫迪表示：“此次对巴林的出访全面而顺利，对于两国推进双边关系十分有益。”据悉，印度和巴林两国经贸关系紧密，有近 40 万印度人在巴工作生活，约占巴总人口的 1/4，去年两国双边贸易额突破 13 亿美元，印度成为巴林第 6 大贸易伙伴国。（王林）

中法能源合作为全球可持续发展注入动力

科技日报 2019.9.5

9 月 3 日，中国广核集团在巴黎发布《2018 年全球可持续发展报告》，面向国际伙伴全面系统阐述在经济、环境、社会可持续发展方面的行动和贡献，这也是中国企业首次在法国发布可持续发展报告。

助力全球能源转型

当前，气候变化已成为 21 世纪人类共同面临的严峻挑战。应对气候变化、降低碳排放、实现绿色环保，是全球可持续发展的重中之重，也是 17 个联合国可持续发展目标（SDGs）之一。

中国广核集团董事长贺禹在发布会上表示，作为清洁能源供应商和服务商，中广核坚持以最高的合规标准来约束自身的经营行为，为当地社会创造就业、带来经济贡献。一直以

来，中广核加强与全球伙伴沟通，积极参与构建共赢生态圈，推动能源技术和清洁能源产业发展，同时积极支持当地社区可持续发展。

贺禹透露，截至今年8月底，中广核清洁能源在运装机53.53GW，2018年全年上网电量达2205亿千瓦时，等效于减排二氧化碳1.6亿吨，相当于种植了超过44万公顷的森林。

值得一提的是，中广核在欧洲的清洁能源装机超过1GW，累积发电已超过43亿千瓦时，等效减碳相当于植树约1万公顷，减排效力显著。贺禹表示：“在《巴黎气候协定》的诞生地，发布中广核第一份全球可持续发展报告，这体现了我们发展清洁能源、为全球节能减排和应对气候变化作出应有贡献的坚定决心。”

核能合作成果丰硕

中法能源合作源远流长，中广核与法国电力集团（EDF）、法马通公司等合作伙伴一直保持着良好的合作关系。贺禹表示，30多年前，中广核与EDF、法马通等合作建设广东大亚湾核电站，成功实现了中国内地大型商用核电站零的突破；进入21世纪，中广核与EDF再度携手，共同建设使用法国EPR三代核电技术的台山核电站。得益于双方的共同努力，台山核电站1号机组已于2018年12月投入商运，成为EPR全球首堆。

近年来，中法核能合作再谱新篇，2015年10月21日，在习近平主席和时任英国首相卡梅伦的见证下，中广核与EDF签署了共同建设英国欣克利角C、布拉德维尔B、赛兹韦尔C三大新建核电项目的投资协议，推动了世界核电产业的发展。贺禹表示：“中法携手建设英国三大核电项目，共同开拓第三方市场，打造了中、法、英三国合作的旗舰项目，双方合作进一步深化。”（李宏策 刘传书）

发挥平台枢纽作用助推能源转型升级

——国网山东电力引领全省同行共建综合能源服务产业生态圈

中国电力报 2019.9.

“我们给孩子精心准备了一份开学礼物——他们的新校舍不仅变得冬暖夏凉，而且还更加绿色环保与节能。”国网山东综合能源服务有限公司（以下简称“山东综合能源公司”）济宁分公司技术专责周翔宇激动地说。

这份令周翔宇一说起来就激动的礼物，其专业名称是“济宁市任城区18所学校‘煤改电’空气源热泵供热供冷项目”，体量庞大，涉及学校分布于任城区各街道、乡镇，总建筑面积37万平方米。它是2019年山东省首个在学校规模化使用空气源热泵清洁供热供冷的项目。透过该项目，记者能够清晰体会到一家企业甘做示范，引领转型升级，谋求绿色节能发展的思路和轨迹；更能深刻感受到这家企业愿做龙头，带动全行业缔造共享共赢能源服务产业生态圈的责任与担当。

项目拥有巨大示范意义

山东综合能源公司能够与任城区政府签订综合能源服务战略合作协议并付诸实施，这是

任城区政府对国家电网这一金字招牌的信任，也是对济宁供电公司优质服务的最好回报，更是双方积极落实国家战略和省内政策的有力例证。

《中华人民共和国大气污染防治法》《京津冀及周边地区大气污染防治工作方案》《教育部办公厅国家电网有限公司办公厅关于开展“清洁取暖进校园活动”的通知》《济宁市大气污染防治条例》《济宁市人民政府关于印发济宁市 2019 年度冬季清洁取暖工作实施方案的通知》，一部部红头文件，皆在强调一个主题：深入贯彻习近平生态文明思想，有效防控散煤污染，减少大气污染物排放，坚决打赢蓝天保卫战。

对于这一民生项目，山东综合能源公司致力于打造样板工程。“安全、高质、按时打造一个全省可推广、可复制的综合能源示范工程、品牌工程，让政府、社会、市场认可，以点带面形成辐射效应，为今后顺利开展综合能源服务营造良好的人文环境。”这是他们的坚定目标。

于是，山东综合能源公司和济宁供电公司增派人手助力，领导时常现场督导，并与任城区政府相关部门联合成立项目指挥部，制定任务时间表，明确各个项目的量、质、期管控节点要求，克服了持续高温、“利奇马”台风等恶劣天气，在保证安全的前提下，加快项目建设进度，确保如期为全区师生送上“开学礼物”。

样板更是体现在央企勇担社会责任方面。为减轻任城区政府的投资压力，供电公司 will 将配电建设投资到红线，为政府节省 1000 余万元资金；山东综合能源公司负责垫付项目建设费用，政府将采用分期付款的方式支付。

空气源热泵能效高，1 千瓦时电可产生 3 千瓦时电热量，再配合用户的节能行为，该采暖方式比集中供暖、空调等其他电采暖节能 60%。项目还计划建设在线管控平台，对项目进行实时监控管理，将综合能源服务的好处直观传达给政府和学校。“通过实施本项目，可以让孩子们在洁净、安全、环保、舒适的环境中学习，还能让他们接触到新能源、新技术、新理念，同时节能省下的钱相当于增加教育经费，这是极为有意义的事情。”山东综合能源公司业务二部主任汪东军介绍说，“从多方面看，本项目的示范意义要远大于功能意义。”

由懵懂到内行

“社会公共建筑的节能服务影响巨大，要努力争取。任城区还剩余近 20 所学校要进行清洁能源冷热供应，我们已在沟通。此外，有意向的其他客户也在跟踪当中……”济宁市任城区供电公司“煤改电”项目市场班的付禹，参与了此次样板工程项目。有金融专业背景，并长年直面客户的他，特别会算经济账和社会效益账，更懂得市场的重要。侃侃而谈中，他对节能环保又利国利民的综合能源服务发展前景充满了信心。

感动亦感慨于付禹的自信，山东综合能源公司业务二部项目经理张立国非常兴奋。那些当初曾提问“综合能源服务是什么”的伙伴，一个个都在项目实施中成长成熟起来，与他志同道合，携手并肩，壮大着该公司的实力，也开拓着一项意义深远的事业。

为贯彻落实习近平总书记“四个革命、一个合作”能源安全新战略和国家“节约、清

洁、安全”的能源战略方针，主动适应能源供给侧改革和电力体制改革的新要求，国家电网公司提出由电能供应商向综合能源服务商转变，明确将综合能源服务作为主营业务，打造新的利润增长点，提升市场竞争力。

国网山东省电力公司贯彻落实国家电网公司工作部署，全资组建了国网山东综合能源服务有限公司，并在全省各市县供电公司设立了综合能源公司分支机构，拟在新的领域开疆扩土，深耕细作。今年一季度，在分支机构揭牌仪式暨业务导入活动过程中，不少人懵懂的眼神与非专业的提问让张立国记忆犹新。付出，在第二季度得到回应，大幅上涨的业绩肯定了之前基础工作的正确性。而且，在第二季度经济活动会议上，“懵懂的眼神们”开口便谈手头项目的进展，探讨的是一些专业问题。

可喜的变化，说明加速观念转变和人才培养的最佳路径，就是让大家到项目中去实际锻炼。“虽说公司下发了业务指导书及注意事项，但更需要大家通过实施具体项目，强化全流程把控能力。综合能源服务项目点多面广，从业务的洽谈、设计、招投标、合同签订、项目建设、竣工验收、决算审计、回款、运维，最终落到收入与利润上，必须精准把控每一个时间节点。”汪东军说，这些快速成长的年轻人，更让人看到了综合能源服务的美好未来。

做综合能源服务的龙头企业

“践行能源革命、成就绿色梦想，成为‘引领能力强、创新能力强、管理能力强，服务优质、业绩优秀、品牌优异’的国网领先、省内最优的一流综合能源服务商”，这是山东综合能源公司的企业理念。自组建以来，他们就在努力实践，围绕综合能效服务、供冷供热供电多能服务、分布式能源服务等重点业务领域，已累计实施项目700余个，营业收入实现翻倍式增长，驶入了快速发展的“高速路”。

即使成绩斐然，山东综合能源公司始终牢记使命，一刻也不放松。

2019年年初，国家电网公司提出“三型两网、世界一流”的战略目标，通过共建共享，促进关联企业、上下游企业、中小微企业共同发展，持续提高能源效率，由“用好电”向“用好能”的转变，实现电网跨越升级、助推能源生产和消费革命。“三型两网”在业务上主要聚焦多能互补、综合利用、能效管理、技术服务等领域，加快发展综合能源服务等业务。

从当前市场来看，发展综合能源服务已成为提升能源效率、降低用能成本、促进竞争与合作的重要发展方向。综合能源服务企业将成为推动实现能源革命的重要市场力量。

使命在肩，山东综合能源公司蓄势待发，将充分发挥国网山东省电力公司品牌、技术、客户资源等独特优势，推动省、市、县综合能源服务网络高效运作，以能源互联网、智慧能源和多能互补为发展方向，以智能电网、大云物移、互动服务为支撑手段，构建新型能源消费市场，为客户提供多元化的综合能源服务。

同时，山东综合能源公司将不断强化山东省新能源产业协会、山东省电能替代促进会的桥梁纽带作用，围绕综合能源服务政策宣贯、市场开拓和客户服务需求，搭建资源共享平

台，与各级政府、社会企业、科研院所、金融机构等开展全方位、多领域、深层次合作，构建形成开放共享、合作共赢的综合能源服务生态圈。

“根植山东，服务人民！充分利用好内外部资源，在资本、技术、人才、市场等方面实现优势互补、相互促进，助力新旧动能转换，更好服务国计民生，切实担起央企的社会责任。”山东综合能源公司负责人表示，“我们的目标是做龙头企业，引领带动全省同行一起做优做强做大综合能源服务产业，实现共享共赢，促进共同发展。”（逢博 樊相臣 吕锦绣 孙衡）

可再生能源发展实现历史巨变

中国能源报 2019.9.9

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的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 苏南 张子瑞）

展示辉煌成就 共谋未来发展

2019 中国国际清洁能源博览会成功举行

中国能源报 2019.9.9

9月4-6日，2019中国国际清洁能源博览会在杭州举行。博览会以“清洁能源融合发展”为主题，聚焦清洁替代、电能替代和智慧能源科技成果。

本届博览会吸引了150家企业参展，展出面积近20000平方米，参观人数逾30000人次，同期召开的10余场专题会议精彩纷呈，吸引了近3000位行业专家、政府官员和企业代表参会。

值此新中国成立70周年之际，与会专家普遍指出，伴随着中国经济社会的全面发展，中国清洁能源也实现了跨越式发展，成就非凡。面向未来，在清洁能源全球化发展的背景下，中国企业要抓住机遇积极进行海外拓展，并在这一过程中进一步明确自身地位。

成就卓著：70年间发电装机增长超千倍

博览会期间，由中国能源报社、中国能源经济研究院组织编写的《中国清洁能源发展报告》正式发布。

《报告》指出，70年来，我国电力装机容量增长超千倍，发电量增长超2000倍。1949年，我国仅有的清洁能源电力装机为16万千瓦水电，当年天然气产量仅为0.1亿方。时至2018年，水电、风电、光伏装机量分别达到3.5亿、1.8亿、1.7亿千瓦，均位列全球第一；核电装机4466万千瓦，位居全球第三；天然气年产量达1610亿方。

中国能源经济研究院执行院长、《报告》主编魏秋利表示，70年来，我国清洁能源的发展之路就是一部追赶超越的历史，不仅实现了装机容量从少到多，在装备制造、技术水平和设计建设等多个领域都成绩斐然。“在装备制造能力上，截至2018年末，全球十大风力发电机制造商中，中国企业有5家，全球十大太阳能组件制造商中，中国企业占据9家，全球十大太阳能电池片制造商中，中国企业占据8家；技术能力上，我国建设了全球最大的水电站——长江三峡水电站，设计制造了全球最先进的水电机组，研究开发了全球领先的核电技术，产生了全球规模最大、技术领先的太阳能制造业；设计建设上，我国已经形成了全球一流的能源电力设计和建设队伍，像中国电建、中国能建等企业无论在建设工程规模还是能力上，都已经达到了世界领先水平。”

创新发展：扮演国际化项目的“总导演”

达到世界领先水平，就要以更广阔的视野面向全球市场。中国机电产品进出口商会副会长王贵清指出，今年上半年，我国光伏产品出口额增幅超过了30%，风电增长了57%。预计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%。“对于中国企业而言，我们不仅要做好国内市场，同时还要面对巨大的国际市场。”

对于海外市场的开拓，中国企业有着自己的思考。晶科能源有限公司副总裁钱晶指出：“每一次在海外建厂或者开发电站，我们都会问自己3个问题：第一，去哪里？是靠近消费市场还是选择上下游配套较为完备的地区？第二，能否保证海外工厂或项目的产品保持与国内同样甚至更优的品质和成本？第三，在全球清洁能源发展的价值链上，我们要扮演什么角色？是主角、龙套？还是导演？”

“扮演的角色尤其重要。”钱晶告诉记者，晶科在阿布扎比开发的光伏电站，开标时共有约150家公司参与竞标，晶科虽然最后中标，但其实在具体环节上主要承担的是电站设计、后期运维和资产管理。“比如电站的EPC是印度公司在做，技术咨询是英国公司负责，法务服务是德国公司承担，我们实质上是这个项目的‘总导演’。未来，类似的国际项目会越来越多，中国企业要做的是以四两拨千斤，协同和整合更多的国际资源。”

孵化培育：以高新技术打通新能源全产业链

面对更广阔的市场，中国企业想要整合资源又该如何修炼内功从而打通整个产业链呢？

正泰集团股份有限公司董事长南存辉认为，深化能源技术革命是重中之重。“目前，正泰集团已和其他企业合作，建设了能源互联网大数据平台和微电网示范区。同时，开始能源物联网的实践，搭建用户、物联网和企业的生态圈，为区域内用户提供一揽子解决方案。”对于新技术的孵化培育，南存辉也透露，正泰集团的储备方向已经涵盖石墨烯材料领域、储能电池领域、氢燃料领域等，并希望将储能电池产业链的各层面进行整合。

对此，中国出口信用保险有限公司第一营业部高级经理王贞博也指出，要关注可再生能源全产业链研发，特别是储能产业将对新能源的发展起到至关重要的作用。

会议同期举办了储能产业发展论坛，对当今热门储能技术、实践中遇到的问题，以及未来发展趋势进行了深刻讨论。（姚金楠 董梓童）

北京大兴国际机场 高效利用可再生能源

科技日报 2019.9.20

北京大兴国际机场即将迎来正式通航，作为屈指可数的超大型航空综合交通枢纽，坚持绿色建设理念，高效利用各种能源。其中可再生能源总量占机场年综合能源消费总量10%以上，是目前全国运用可再生能源比例最高的机场，被誉为“绿色新国门”。

据悉，北京大兴国际机场的可再生能源利用主要包括太阳能光伏发电、浅层地热、污水源热量、烟气余热等。该工程是目前国内最大的多能互补地源热泵工程，将环保节能的社会

效益与降低能源成本的经济效益统一，探索和开拓了航空港未来的绿色能源新模式。根据《北京大兴国际机场绿色机场建设行动计划》，在低碳机场建设方面，大兴国际机场将建设与集中锅炉房、锅炉余热回收系统等有机结合的地源热泵系统工程，目标是可再生能源综合利用率达到10%以上。

为实现这一目标，北京大兴国际机场不仅借鉴传统绿色生态发展模式，还结合土地利用、交通衔接、生态环境等多方面条件，形成了一套具有自身特色的绿色机场发展理念，并建成了国内最大的多能互补地源热泵工程。

据了解，北京大兴国际机场的地源热泵工程位于永定河蓄滞洪区内，将景观湖区作为集中埋管区，通过耦合设计实现地源热泵与集中燃气锅炉系统、锅炉余热回收系统、常规电制冷等的有机结合，形成稳定可靠的复合式系统。

北京大兴国际机场的供应商美的中央空调通过利用多能互补、智能耦合的方式，把地源热泵、烟气余热回收热泵以及污水源热泵进行了多能耦合，为北京大兴国际机场约142万平方米区域提供冬季供暖和夏季供冷，实现了可再生能源利用率10%的建设目标。（马爱平）

从“合成石油”到“洁净能源”—— “追求一流”让科技成果竞相迸发

中国科学报 2019.9.17

石油被称为现代工业的“血液”、但在新中国成立之初、百废待兴之时，它却成了阻碍中国经济发展的绊脚石。

身处特殊年代，中国科学院大连化学物理研究所（以下简称大连化物所）的科学家让研究方向与民族振兴同向同行，将个人志向与国家命运相融相连，把发展水煤气合成液体燃料、支持新中国石油工业的恢复作为自己光荣的使命，解决了国家的燃眉之急。

这是大连化物所紧扣时代脉搏所取得辉煌成就的一个缩影。70年，一项又一项创新成果从这里汩汩涌流，一代又一代科研人在这生生不息……

心怀大局赴使命

1953年，新中国第一个五年计划实施，随之而来的是《1956年至1967年科学技术发展远景规划》的起草、论证，它关乎国家科技发展的大计。

为此，大连化物所确定了三方面的规划内容。除了继续发展人造石油技术、提高原油加工技术，还要瞄准国民经济和国防建设所需的产品。

抗美援朝战争爆发后，国内急需炸药，甲苯作为炸药的重要原料非常短缺。研究所研制出七碳馏分脱氢环化制甲苯催化剂，并最终成功实现工业化生产，对当时的国防事业发挥了不可磨灭的作用。

1958年，“两弹一星”研制被提上日程。中国科学院原副院长张劲夫曾在他的著作《请历史记住他们——关于中国科学院与“两弹一星”的回忆》中提到，当时中科院有四个最

知名的化学研究所参与其中，号称“四大家族”，当中就包括大连化物所。

上世纪60年代，国家从苏联进口的航空煤油供应中断，大连化物所迅速将加氢异构化催化剂列为攻关重点，1966年在大庆建成我国自行设计的规模最大的航空煤油厂。

1962年11月，青岛的深秋海风微凉，可它丝毫没有影响张大煜、白介夫、朱葆琳、顾以健、张存浩等人的澎湃之心。

他们参加的是一个关乎大连化物所未来的重要会议。这次青岛会议也是研究所科学目标和学科方向选择最关键的一次转折。

根据国家战略目标的转移，他们讨论、制定了建成综合性研究所的规划，确立了催化、色谱、燃烧、金属有机、化学反应动力学和物质结构等6个学科领域，以及火箭推进剂、重有机合成、技术装备三项任务。

此后，无论在基础研究还是技术创新领域，大连化物所开始多点开花。

1965年，研究所无惧国外技术的严密封锁，承担了全国工业交通技术革命重点攻关项目——合成氨原料气净化新流程三项催化剂的研制任务，短短半年内就使我国合成氨工业从20世纪40年代的水平，一跃进入世界先进水平。该成果被中央五部委联合表彰为新中国成立以来16项化工先进技术之一。

1978年，随着科学春天的到来，大连化物所第一个“微观反应动力学研究室”应运而生，并研制出我国第一台交叉分子束实验装置等重大成果，多项课题获中科院科技进步奖和国家自然科学奖。从这里走出的楼南泉、张存浩、朱清时、何国钟、沙国河、杨学明、张东辉先后当选为中科院院士。

厚积薄发促转化

世纪之交，中科院实行知识创新工程，大连化物所作为首批试点单位之一，在多年蓄势的基础之上，进入一个快速发展时期。大连化物所所长刘中民眼里的“好东西”频频闪现。

李灿在1996年回国后开展的第一个课题是启动我国紫外拉曼光谱催化表征研究。尽管历经波折，但经过两年奋战，研制成功我国第一台用于催化和材料研究的紫外共振拉曼光谱仪。由于这项技术的创新性和对催化材料表征的重要意义，它被国际权威科技媒体评述为当时研究表面催化的三项重大进展之一，并获得了中科院发明奖和国家技术发明奖二等奖、国际催化奖等。2003年，李灿成为中科院最年轻的院士之一。

同一时期，张涛团队攻克了催化剂的结构强度、低温活性、工程放大等难题，使胂水燃料催化分解技术成功用于某型飞机的应急动力系统，为飞机设计定型、打破国外封锁，作出了重要贡献。该成果在2006年获得国家技术发明奖二等奖和国家科技进步奖特等奖。

2011年，杨学明团队联合上海应用物理研究所提出的“大连相干光源—大连极紫外自由电子激光”项目，成为国家自然科学基金国家重大仪器专项第一个资助经费过亿的项目。6年后，当今世界上唯一运行在极紫外波段的自由电子激光装置——“大连光源”，发出了世界最强的极紫外自由电子激光脉冲。刘中民颇为兴奋地表示，这一为探索未知物质世界、

发现新科学规律、实现技术变革而建立的前所未有的研究工具，也将成为世界级的人才高地和学术交流平台。

从“科学救国”的实践中成长起来的大连化物所，一直秉持“国家最需要什么，我们就搞什么”的文化传统。

“归根到底，最终能够解决国家发展需求的并不是科学家，而是企业家！”大连化物所党委书记王华道出了背后的根本逻辑——技术研发和成果转化的无缝对接，才是大连化物所独特的优势所在。

每一个大连化物所人都知道一个引以为傲的故事，它跨度 30 年，历经 4 代科研人。

上世纪 80 年代初，为了应对石油危机，保障能源战略安全，大连化物所开始部署一项煤代油的前沿研究——甲醇制烯烃。经历了失败、研究，再失败、再研究，终于在上世纪 90 年代中期有了一定的技术储备。

刘中民在此时接过带头人的接力棒，一路筚路蓝缕、栉风沐雨，只为改进并推动这项研究成果的工业示范及规模生产。但由于国际原油价格低廉，没有一家企业看得上这项技术。

百炼成钢的刘中民蛰伏了好几年，但从未放弃。2004 年，国际油价开始回升，这项技术才真正迎来了春天。

几乎没有依靠国家资金的注入，大连化物所与新兴能源科技有限公司、洛阳工程公司合作，建成了世界上第一套万吨级甲醇制烯烃工业性试验装置，于 2006 年完成了工业性试验，2010 年实现首次工业化生产。

现如今，甲醇制烯烃第三代技术也已经完成千吨级中试，其系列技术已经签订了 25 套装置的技术实施许可合同，烯烃产能达 1500 万吨/年，为我国创造了一个战略性新兴产业。

2014 年，这项成果获得国家技术发明奖一等奖。在刘中民看来，成果转化的关键在于，“研究机构能否提供企业和社会真正用得上的技术发明”。

在以市场为导向、瞄准企业急需的核心技术方面，干气制乙苯也是一个极为出色的代表。

催化干气制乙苯技术是将炼油厂催化裂化、催化裂解等装置产生的干气中的乙烯与苯反应生成乙苯，这叫“变废为宝”。

1985 年，时任大连化物所副所长的李文钊带队到抚顺石化公司考察，并提出要开发一条新的难度极大的催化干气制乙苯技术路线。

大连化物所知识产权与成果转化处处长张晨介绍，由于科研人员长期在产业化技术研发的环境中浸润，储备充足，工业化能力强。到 1993 年，团队就已经完成了从小试、中试到放大生产的过程，干气制乙苯工业化试验装置建成并实现一次投产成功，达到了当时的世界先进水平。

截至 2019 年初，这项技术在国内开工建设和投产的工业装置共 23 套，总规模达到 200 余万吨/年乙苯的生产能力，实现投资总额达 120 余亿元。

“如今，大连化物所与企业的协同创新、合作，已经覆盖了从基础研发的最前端，到技术商业化的各个环节。”张晨还提到，在这一发展历程中，大连化物所年专利申请量已经从2000年的114件增加到2018年的1519件。

从零开始布新局

也许是当年冲着张大煜才来到大连化物所读研的缘故，中科院院士李灿身上也有着一份异乎寻常的使命感。

作为国际催化学会理事会第一位中国科学家主席，李灿早就是国际催化领域塔尖上的人物。但在2000年，这位功成名就的科学家出人意料地放弃了传统催化研究方向，转而投身催化界的世界难题——太阳能光催化分解水制氢。对他而言，一切几乎从零开始，且长期难以得到工业界的支持。

关于这个决定，李灿是这样解释的，“过去百年历史的传统催化主要是在解决化石资源作为能源和材料的转化过程中发展繁荣起来的，今后的催化应该更关注人类社会生态环境可持续发展的问题”。

经过审慎考虑和认真调研，他坚信太阳能催化分解水制氢与未来清洁能源发展、国家战略研究方向是高度契合的。

于是他从大学基础光电物理开始，从搭建实验仪器到装置运行，从组建团队到规模逐渐扩大，从3年不发文章，到产生多项重要成果，从基础研究再到应用研究，坚持了整整18年。

这种长线研究走得太难、太远，其中的坎坷、困惑，只有李灿自己清楚。

现在，这一研究方向已经发展为世界科技热潮，而他的研究工作在国际上也由最初的“跟跑”“并行”，到了“领跑”的位置。由于在太阳能光催化这一领域作出的突出贡献，2017年，李灿被授予日本光化学学会颁发的光化学奖；2019年，获得首届亚太催化成就奖。基于太阳能科学转化的基础研究成果形成的太阳燃料合成技术，目前正在甘肃兰州进行我国第一个千吨级工业化示范工程装置试验。

无独有偶，在大连化物所，李灿不是唯一做出这种选择的人。2000年，作为中国科学院“百人计划”人才从日本回到大连化物所的张华民，最初以燃料电池为研究方向，后于2004年开发出我国第一台150千瓦城市客车用氢/空气燃料电池发动机，实现了我国大功率燃料电池发动机从无到有的突破。

然而，他也完成了一次“陌生”的转身，同样瞄准清洁能源，研究的是主流储能体系之外的全钒液流电池，以解决风能、太阳能等可再生能源发电中遇到的难题。

截至2018年，大连融科储能技术发展有限公司与大连化物所已合作实施了30余项全钒液流电池储能系统工程示范和产业化应用项目，其电解液、电堆及储能系统已出口到美国、德国和日本等国家。这是目前全球唯一掌握完整全钒液流电池储能全产业链的团队。

李灿抑或张华民的选择没有追随热点，相反，都是从当时的极冷处入手。

“大连化物所很少从事短平快的研究项目。那些出色的科研成果，至少耕耘十几载，才得以开花结果。”王华由衷地佩服这些科学家的精神风骨。

不管眼下是冷还是热，有资源也好没资源也罢，正是靠着科学家的战略思维、长远眼光，响应国家的大政方针，提前寻找新的研究点，才让研究所的发展后劲十足。

2007年，大连化物所经国家批准筹建洁净能源国家实验室，10年后，大连化物所联合中科院院内20余家能源领域优势力量，筹建中科院洁净能源创新研究院，并将可持续发展的能源研究作为主导方向。

在刘中民看来，能源领域的创新研究面临多学科交叉、风险大、时间长、技术难的特点。在新的历史发展阶段，加强学科布局和发展方向的顶层设计，集中力量、统筹规划，将是引导能源领域重大科研成果不断输出的重要保障。（胡珉琦）

能源建设释放“中国动力”

人民日报 2019.9.22

今天，我国能源领域发生了翻天覆地的变化，取得了举世瞩目的伟大成就。中国年发电量已占全球发电总量的1/4，是名副其实的世界能源第一生产大国。能源建设正为我国经济社会发展提供不竭动力。

新中国成立之初，我国能源工业可谓积贫积弱。1949年，我国原煤产量只有0.3亿吨，电力装机只有185万千瓦，全国原油产量只有12万吨，还不到今天长庆油田一天的产量。

由于供给严重不足，当时90%以上的中国老百姓用不上电灯。就是油灯，所用煤油都要定量供应。“楼上楼下、电灯电话”是当时人们对美好生活的一种憧憬。

今天，我国能源领域发生了翻天覆地的变化，取得了举世瞩目的伟大成就。2018年，我国原煤产量36.8亿吨，原油产量1.9亿吨，发电装机达19亿千瓦，发电量达到71117.7亿千瓦时。我国的年发电量已占全球发电总量的1/4，是名副其实的世界能源第一生产大国，能源建设正为我国经济社会发展提供不竭动力。

辉煌70年，中国能源保障之变，不仅在数量，更在质量。

能源科技日新月异。70年来，我国能源科技领域在超超临界火电机组、输电技术、大坝建设、煤矿整体技术装备等多个领域已经居于世界前列甚至达到世界领先水平。我国自主研发的特高压输电技术，显著提升了我国电网技术和装备制造水平，被国际电工委员会（IEC）誉为“电力工业发展史上的一座重要里程碑”。特高压输电技术，实现了中国输电技术在全球范围内的领先，和高铁一起成为体现中国技术实力的“国家名片”。截至目前，我国已累计建成“九交十三直”特高压工程，在运、在建特高压工程线路总长达到4.5万公里。同时，我国也实现了特高压技术、装备、工程总承包和生产运营成套“走出去”。

世界级工程比比皆是。70年来，我国始终高度重视能源建设，比如在1959年，我国就组织了大庆油田会战，在以“铁人”王进喜为代表的老一代能源先驱的努力下，建成了中

国第一大油田——大庆油田，一举把中国贫油的帽子甩进了太平洋。改革开放以来，我国重大能源工程建设成就更加辉煌。世界最大的水利枢纽工程三峡工程、我国最长的输气管道工程西气东输工程等世界级工程的建成，不仅在能源建设上具有里程碑意义，而且带动了相关产业制造水平的提升。例如，西气东输工程直接推动国内钢材、设备、材料、施工及天然气利用等相关产业的升级换代。

能源结构的不断优化、新能源的异军突起也是我国能源业由大到强的重要体现。

生产更清洁。截至2018年底，我国的水电装机、风电装机、太阳能光伏发电装机分别达到3.5亿千瓦、1.8亿千瓦和1.7亿千瓦，规模均居世界首位。随着清洁电力的快速发展，我国煤炭在能源生产总量的比重也由新中国成立初期的96.3%，下降到2018年的69.3%。

消费更绿色。受我国能源资源禀赋“多煤少油缺气”特点影响，煤炭始终是我国消费量最大的能源。近年来，我国大力倡导发展可再生能源，并加大了节能减排力度。煤炭消费占比由1953年的94.4%下降到2018年的59%；天然气、一次电力及其他能源等清洁能源占比总体持续提高，天然气由1957年的0.1%提高到2018年的7.8%，一次电力及其他能源由1953年的1.8%提高到2018年的14.3%。去年，我国清洁能源消费量占能源消费总量的比重超过22%。

节能更明显。随着科技创新能力不断提高，我国能效水平得到显著提升，2018年单位GDP能耗比1953年降低43.1%，年均下降0.9%。“十二五”时期，全国化学需氧量、二氧化硫、氨氮、氮氧化物等主要污染物排放总量分别减少12.9%、18%、13%和18.6%。

中国能源产业茁壮成长，一大批世界级的能源企业不断涌现。最新公布的世界500强榜单中，前五家中有三家是中国的能源企业，分别是中石化（第二位）、中石油（第四位）和国家电网（第五位）。中国能源企业，正乘着中国能源行业高速发展的东风，不断做强做优做大！

当前，新一轮能源革命蓬勃兴起，中国能源转型变革任重道远。推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系，中国正坚毅前行！（冉永平）

将碳减排与治理大气污染相统筹

我国未来能源会由谁来当家

中国环境报 2019.9.20

- 科学规划未来的交通和建筑能耗，发展绿色生活方式
- 大力开发风电、光电、水电等可再生电力以及核电
- 大幅度提高终端能源中电力比例
- 建设跨地区的输热管网，充分利用火电厂余热和工业生产余热
- 不可发展基于燃气热电冷三联供的“分布式能源”方式

我国可在14.5亿人口、经济发达时，依靠10万亿度电、19亿吨标煤的燃料满足能源

需求，碳排放总量不超过 38 亿吨

编者按 当前，我国以煤为主的能源结构、以重化工为主的产业结构、以公路货物运输为主的运输结构尚未转变，污染物排放量大，我国大气污染防治总体形势依然严峻，急需进一步加快能源结构调整。在近日召开的第四届中国散煤综合治理大会上，中国节能协会理事长、中国工程院院士江亿围绕我国未来的能源改革进行了阐释，本报记者就这一问题进行了专访。那么，我国未来应如何调整用能结构，是否有清晰的路径？本版特刊发相关报道，以飨读者。

中国环境报：大气污染防治和用能方式紧密联系。那么，应该如何调整能源系统结构？

江亿：根据我国提交的关于气候变化的《巴黎协定》批准文书，承诺要通过全人类的努力，实现使未来气候变化导致大气温度升高不超过两度的目标。这意味着到 2050 年，全世界二氧化碳排放总量不能超过 150 亿吨。那时，我国碳排放的额度只能在 30 亿 - 35 亿吨。要知道，中国在 2015 年的碳排放总量已达到 105 亿吨。要想实现 30 多年之后碳排放从 105 亿吨下降至每年 30 亿吨左右这个目标，这是一个较大挑战。这就要求我们在能源体系和用能方式上彻底改变，调整政策和机制，从而适应大气污染防治和能源可持续发展的需要。

以工业用能举例。当前，我国正处在城镇化过程中，各种基础设施建设对能源需求大，某种程度上也加大了对高能耗产业钢铁、建材、化工等行业产品的需求。随着我国城镇化的基本建成，对能耗需求要从量转化为质。

目前，我国钢铁、建材、有色等行业用能占工业用能的 68%。而在发达国家，钢铁、建材、化工用能之和低于 40%。所以，未来我们要大力发展拉动我国经济持续增长的信息业、生物业、机电制造、轻工业、服务业等，其单位 GDP 能耗也会大幅下降。

中国环境报：为了实现能源供给侧结构性调整，我国有哪些清晰路径？

江亿：西方国家走过了一条从燃煤到油气再到可再生能源的能源转变路径，我国是否也可以？事实上，我国缺油少气，决定了不能像西方一样从煤改油气，我国必须发展以可再生能源与核能为主的能源供给系统，与发达国家同步。

可再生能源、核能的产出形式主要是电力。因此，电力将成为末端消费的主要方式。在我国，不同区域资源与需求状况不同，所以应有不同的能源模式。

西北地区是我国光电、风电丰富地区，除满足自用外，可以与化石火电搭配，成为稳定的电力，向东部输送。西南地区水电丰沛，除满足自用外，也可以向东部稳定输电。华东、华南地区在接受西部电力并发展当地核电为基础负荷以外，也可以自行通过火电和蓄能解决电力调峰问题。华北地区在接受西部电力为基础负荷后，可以发展北部风电，同时通过热电联产满足冬季供暖需求。东北地区要充分利用风电、水电，结合自身煤、油、气资源，满足当地需求。当电力在终端用能比例大幅提高后，预计可由目前能源占比的 20% 提高到 60% 以上，届时，用于直接燃烧的燃料比例将大幅减少。

未来的交通将以电力为主要供能的能源方式。发展电动车替代燃油，从而大幅度减轻污

染，并解决电力削峰填谷问题。建设完备的智能充电桩系统，覆盖每个停车位，从而实现智能充电。我们称之为“柔性用电”的城市能源系统。

经测算，通过上述途径，我国可以在 14.5 亿人口、经济发达时，依靠 10 万亿度电（55% 为可再生能源）以及 19 亿吨标煤的燃料，就能满足能源需求。此时，碳排放总量不超过 38 亿吨。

中国环境报：在北方清洁取暖方面，未来的理想模式是怎样的？

江亿：供热需要的能源是能够在 20 摄氏度释放热量的能源，这是低品位热能。因此，燃煤锅炉、燃气锅炉、电锅炉都不应该作为供热热源。为了清洁供暖，我们要彻底改变北方城镇冬季供热热源模式。我国是制造业大国，当前的工业用能占比高达 65%，五大高能耗工业（化工、钢铁、有色、建材、炼油）大都布局在北方地区。尽管工业用能已经努力在生产和用能效率方面进行提高，但依然会有低品位热量被排放。如果能将工厂中大量排放的工业余热加以收集利用，将是北方地区最适宜的冬季采暖热源。

另外，可对热电联产的电厂进行烟气余热回收改造，将总体能源效率提高 15%，增加产热量并将低品位余热通过大管道输送到周边 100 公里内的城市。这对实现北方地区大规模基础供热来说，是一个很好的解决途径。（张春燕）

中国“能源独立”的启示与机遇

中国科学报 2019.9.30

能源，是一个国家强盛的动力和安全的基石。在时间维度上，世界能源发展正处在由煤炭、油气向新能源转换的新阶段。当今，煤炭从高碳向脱碳、油气从常规向非常规、新能源从低密度向高密度跨越。人类对二氧化碳减排的迫切、对高碳化石能源向非碳转型的渴望，新能源对传统能源的替代规模、速度可能都将会超出预期。或许还等不到化石能源枯竭，新能源接替就将提前到来。

世界能源生产结构则呈现“四分天下”新格局。2018 年，世界能源产量为 138 亿吨油当量，其中煤炭占 28%、石油占 32%、天然气占 24%、新能源占 16%，已形成煤、油、气、新能源各据一方的局面。我国在能源生产上取得巨大成就，从解放初期的“一穷二白”，发展为能源科技强国与生产大国，也成为消费大国和进口大国。

1949 年新中国成立时，生产总量仅有 0.2 亿吨标准煤。其中，原煤产量 0.3 亿吨、原油产量 12.0 万吨、天然气产量 0.1 亿立方米，发电量 43.0 亿千瓦时。70 年来，我国能源科技实现全面自主创新，陆相成油、海相成气、非常规油气理论技术支撑油气规模生产，太阳能、风能、水电与核电等技术支撑新能源跨越发展，煤炭清洁化技术实现突破，中国成为能源科技强国和生产大国。2018 年，能源生产总量达 37.7 亿吨标准煤，其中，原煤产量 36.8 亿吨、原油产量 1.9 亿吨、天然气产量 1602.7 亿立方米，发电量达到 71117.7 亿千瓦时，能源生产总量增长 157.8 倍。

“富煤但油气不足”的先天资源禀赋，决定了我国不清洁、不安全的能源结构。我国正处在以煤炭生产与消费为主的能源时代，煤炭一家独大，石油、天然气、新能源占比较小，形成“一大三小”的中国能源结构新特色。2018年，中国能源产量26亿吨油当量，煤炭占69%、石油占7%、天然气占6%、新能源占18%。2018年我国能源对外依存度为19%，已经远超美国成为全球最大能源生产国、消费国和进口国。其中，石油、天然气对外依存度为71%和43%，能源中二者对外依存度最大，也因此成为能源供给的“短板”、影响安全敏感性最强的能源。

从空间维度上，世界上一些发达国家依靠能源革命制定能源发展战略。例如，美国通过非常规“页岩油气革命”，即将实现“能源独立”战略，深刻影响全球能源政治经济格局。因此，黑色“页岩革命”，这个意料之外却又改变认知的现象成为世界油气工业“黑天鹅”事件。日本福岛核事故后“弃核转氢”，以发展氢能汽车为先导，2050年前建成“氢能社会”。氢能、核聚变、储能等新能源科技创新层出不穷，这些能远远看见的未来趋势正像体型笨重、反应迟钝的“灰犀牛”，似乎正在奔涌而来，或许会让我们猝不及防。

世界能源领域的“黑天鹅”和“灰犀牛”两个重大事件，为我国实现“能源独立”提供启示与绝佳机会。我们应整体加快推进不同类型“能源革命”，制定实施国内能源生产量与消费量基本相当的中国特色“能源独立”战略，确保能源安全与清洁化利用。

基于世界能源大势与我国能源特点，强力控制不合理能源消费，设置适合中国能源消费的“天花板”，加快制定能源科技创新路线，以传统能源、新能源、智能源等科技创新为引领，推动能源自主，分“三步走”实现中国“能源独立”。

2020至2035年化石能源为主并提速新能源。布局煤清洁化与现有石油工业深度融合形成产业链。加快常规石油纳米驱油与天然气“控水开发”技术突破，加强页岩油气、水合物等非常规油气工业性试验与工业化开采。基本实现制氢、运氢、储氢、加氢与用氢产业链突破，同时在太阳能、风能、水能、核能等新能源方面实现规模化低成本利用。

2035至2050年化石能源与新能源并重发展。煤炭清洁规模化利用，地下页岩油原位开采与地下煤炭气化实现革命与工业化生产。全面完成加油、加气、加氢与充电“四站”一体化布局，建成我国“氢工业”体系，形成绿色“氢能中国”社会。同时，在新材料储能、可控核聚变等方面取得颠覆性突破或规模化利用。

2050至2100年新能源生产占主体地位。多种类型新能源全面实现低廉规模化应用，太阳能、风能、水能、核能、地热能、生物质能等新能源低成本生产，尤其是氢能、可控核聚变、新材料储能等新能源大规模利用，“智能源”体系全面建成。到2100年前后，实现化石能源与新能源生产二者地位转换，使新能源成为我国能源结构的主体，形成新能源70%、化石能源30%的格局，实现从“一大三小”到“一大一小”能源结构的革命性转型。

以“新能源革命”为主导，开启中国“能源独立”之路，是我国未来能源发展的必由之路与战略选择，必将为建设美丽中国与“绿色地球”家园贡献中国能量。（邹才能）

二、热能、储能、动力工程

超级电容新能源车焕发新光彩

超级电容或将在《新能源汽车产业发展规划（2021~2035年）》中体现

中国电力报电气周刊 2019.9.5

作为新型储能技术路线之一，过去的十年，在政策的影响下，超级电容器的发展经历了几次跌宕起伏。下一个十年，超级电容产业又将如何发展？中国电力报《电气周刊》特推出“超电风采”栏目，深入报道产业发展情况。

近期，工业和信息化部启动了《新能源汽车产业发展规划（2021~2035年）》（简称《发展规划》）编制工作。该项工作的启动，牵动了新能源汽车整个产业链上下游的神经。尤其是对新能源汽车的“心脏”——动力系统来说，政策规划对其下一个十五年的发展走向起着举足轻重的影响。

“《发展规划》将给超级电容器行业带来全新的机遇和挑战。”近日，中国超级电容产业联盟（简称“超电联盟”）轮值理事长、上海奥威科技开发有限公司董事长华黎在《新能源汽车产业发展规划（2021~2035年）》——超级电容器政策推进交流会上表示。

发展新能源车莫忘节能减排初心

“发展新能源汽车应始终不忘节能减排的初心和宗旨，即安全又节能的新能源汽车才有前途。”中国工程院院士杨裕生和交流会上表示，新能源汽车的节能减排要从全生命周期来衡量，车企的积分要与节能减排挂钩，进一步与纯电动里程脱钩。

“全过程节能减排，发动机与电池配合效果最佳。此外，回收利用刹车能量也是实现节能减排的重要方式之一。刹车最初几秒钟车速比较高、动能比较大，需要高倍率的快充，超级电容器高倍率快充快放、百万次循环寿命的特性在这一领域能够发挥巨大作用。”杨裕生表示。

事实上，新能源汽车发展之初，超级电容公交车在国内推广了数千辆，但是后期随着补贴政策向锂电池倾斜，国内超级电容公交车发展一度减慢。之后，超级电容公交车走向海外。今年，随着补贴接近尾声，超级电容公交车再度焕发新光彩。

“公交车的工况是启停非常频繁，每天可达到几百次，这种制动、能量回收再加上启动时候的辅助输出，节油效率十分可观。在2012~2016年间，混合动力车配置超级电容是车企普遍选择。”浙江中车新能源科技有限公司（简称“中车新能源”）总经理陈胜军表示，从用户体验、安全、运行数据、节能减排数据来看，超级电容有超强生命力。

据悉，中车新能源的超级电容器主要用于混合动力车与无轨电车。截至目前，中车新能源推广超级电容客车约6000辆。据汇总数据显示，这些车辆节油率普遍在35%~60%之间，其中节油率最高的可达60%。

“除了有效节能减排，超级电容公交车还可以利用候车间隙充满电，实现连续 24 小时运行，是传统电动公交车无法做到的。”华黎表示。

超级电容有多种车用潜力

在乘用车方面，中国第一汽车股份有限公司（简称“一汽”）新能源开发院博士荣常如介绍，超级电容器在乘用车上的应用也越来越普遍，标致、马自达、奥迪等车企的多款车型都搭载了超级电容器系统。

“一汽在 2010 年就启动了超级电容器在乘用车上的应用研究，历经 10 年努力。今年 4 月，首个应用超级电容器的中国品牌高端轿车‘红旗 H5’正式上市，截至 7 月底已销售 1.5 万辆。未来希望有更多的车型搭载应用超级电容器，并把超级电容的宽温度适应范围、大功率、长寿命的特性转化为可以感知的驾驶体验，让更多的人理解和接受超级电容。”荣常如说。

国家 863 电动车重大专项动力电池测试中心主任王子冬指出，超级电容器过去在混合动力车型的节能减排效果很好，未来超级电容企业应该进一步加强和整车企业的交流沟通，配合整车企业再度提高节能减排效果，让超级电容在节能减排方面发挥更大作用。

国家 863 计划节能与新能源汽车重大专项总体专家组动力电池首席专家肖成伟在交流会上汇报了《发展规划》的编制情况。他表示，超级电容器作为新能源汽车技术发展路线之一，应该在《发展规划》中得到体现。

肖成伟建议，超电联盟应积极发挥平台作用，带领超级电容行业积极加强与整车、充电基础设施等相关企业沟通交流，共同促进超级电容器在新能源汽车领域的应用。

厦门大学教授董全峰认为，随着未来社会对短时间跨度、高能量传递的能源系统要求越来越高，由超级电容器组成的高功率、快速储能系统无论是在军工、还是在高铁、汽车的势能回收领域都具有广阔的市场前景。（邓恢平 李帅）

尽快推动锂离子超级电容技术产业化

——访深圳市今朝时代股份有限公司总工程师李卫东

中国电力报电气周刊 2019.9.5

面对超级电容器价格居高难下之势，为有效推动超级电容市场增长，深圳市今朝时代股份有限公司（简称“今朝时代”）总工程师李卫东在接受中国电力报记者采访时表示：“应尽快推动有成本优势的锂离子超级电容器技术产业化。”

中国电力报：您如何看待超级电容在新能源汽车上的应用？

李卫东：2014 年，因混合动力公交车实际节油效果可达 35% 甚至更高，今朝时代当年超级电容装载超过 5000 台公交车。

相信到 2020 年新能源汽车补贴完全退出，搭载超级电容的混合动力方案将会以良好的节能减排效果、更高的安全可靠性能、更低的使用成本而迎来市场的青睐。

在乘用车启停（包含微混）领域，国外马自达等已使用超级电容器 10 年以上，奔驰、宝马、奥迪、红旗、沃尔沃等高端车近 5 年均有类似车型面世，市场反响不错，这些都是后补贴时代我们需要关注的，尤其适合能量密度更高的锂离子超级电容的应用场景。

中国电力报：近来，超级电容在电力储能调频中被看好，您对此有何见解？

李卫东：今朝时代在电力储能市场耕耘八年，我们认为在安全性，可靠性方面超级电容有绝对优势。从电力储能系统寿命周期的综合成本核算，超级电容器的成本优于电池。在首期投入资金有限的情况下，“电池 + 电容”复合储能电源是优选方案，用超级电容吸收系统大功率脉冲，延长电池寿命，已是行业共识。

目前，今朝时代与南方电网、国家电网累计已开展 6 个“电池 + 超级电容”示范项目。为提高超级电容电力储能系统能量密度，今朝时代专注于锂离子超级电容器和能量型超级电容器的研究和持续的开发，并推出了能量密度高达 20 ~ 80 瓦时/千克的锂离子超级电容系列产品，可广泛满足包括电力储能的能量型需求和风光等新能源发电的调频调峰的功率型需求。

中国电力报：在推广超级电容过程中遇到的困难有哪些？该如何破解？

李卫东：主要困难有以下两点。一是经常有客户问到“每度电多少钱？”超级电容作为高功率储能器件，先天具有的突出的功率特性、耐低温特性和长循环寿命而广为人知，但是其能量密度不足导致每瓦时成本较高，应用推广不及锂电池广泛，所以需要在成本下降方面有所突破才会普及。

二是行业标准的兼容性。超级电容专注于解决功率补偿、稳压、调频、免维护备用电源等场景，具备广泛的应用前景，但是目前很多行业标准都还是沿用铅酸电池时代，因功率密度不够而“被迫”过配置电池能量长达数小时的“备电”标准，这些标准已经很难兼容新时期用电质量的主要矛盾——瞬态电压跌落、短时电压波动、免维护的需求。所以加速与超级电容产业联盟推进行业标准的建立和优化是当务之急。

此外，为利于行业推广，建议与广大潜在用户、原材料厂家等产业链上下游组建产业集群或产业园，加强超级电容国内生态链的活力，可降低材料成本和系统集成成本。

中国电力报：近几年超级电容市场呈现怎样的发展趋势？超级电容的最佳应用场景在哪里？

李卫东：目前超级电容器年成本下降加速，市场应用场景也在不断扩大，新兴应用市场不断被开发，市场在蓄积能量，只待量的突破。

锂电与超级电容器的关系我更加倾向于描述为互为补充的关系。总体来说，超级电容器在秒级、高功率、免维护、低温等应用场景最有潜力。如秒级短备高功率 UPS 电源、几千安秒级汽车发动机启动电源、高频次使用的高速电梯节能超级电容电源、长寿命要求的智能电网后备电源、微电网储能秒级脉冲功率吸收的超级电容电源等。

中国电力报：今朝时代对发展超级电容器有何规划？

李卫东：今朝时代对未来的规划主要是立足超级电容器核心技术，扩大超级电容先天的

技术优势，丰富产品规格，拓展超级电容高功率启停系统的市场应用。

在技术研发方面，加强高能量密度超级电容产品研发。包括提升双电层超级电容器电压和锂离子电容器能量，推出容量覆盖 1F ~ 30000F、电压 4 伏的超级电容器产品。

在市场推广和应用拓展方面，我们致力于超级电容器在汽车节能减排、电力储能、智能电网、风电后备电源、轨道交通能量回馈、军工高压启停系统、物流 AGV 车和先进智能制造等方面的应用。（邓恢平）

黄埔区、广州开发区发布“氢能 10 条”，新落户的氢能重大项目最高给予 1 亿元奖励

氢燃料电池公交年底将示范运营

信息时报 2019.9.10

信息时报讯（记者 张玉琴 通讯员 郭哲涵 李远强 赵勇）继燃油车、电动车之后，氢能车正逐渐走进我们的生活。近日，广州市黄埔区、广州开发区正式发布《广州市黄埔区广州开发区促进氢能产业发展办法》（以下简称“氢能 10 条”），从投资落户、研发机构认定等方面对氢能产业予全方面扶持，其中，对新落户的氢能重大项目按固定资产投资最高给予 1 亿元奖励。

加氢站建设最高补贴 600 万

“氢能十条”从投资落户、研发机构认定、行业协会、产业园、加氢站建设运营、资金配套、贷款贴息、风险投资等方面对氢能产业予以全方面扶持，在关键环节上精准出拳，率先全国实现全产业链扶持，综合扶持力度全国最大。

以氢燃料电池汽车为代表的氢能应用示范是打开市场大门、推动产业成熟的重要路径。“氢能 10 条”对加氢站的建设和运营给予双重补贴：在该区已有“绿色 10 条”对氢能应用示范项目给予最高 100 万元扶持的基础上，针对加氢站的建设运营专门设置了扶持政策，将根据建成时间和日加氢能力，分时段、分档次给予加氢站建设最高 600 万元补贴；对加氢站运营给予最高 20 元/kg 的氢气加注运营补贴。

针对氢能产业整体处于起步和发展阶段，前期投资大、回报周期长，企业规模小、融资不易等现状，“氢能 10 条”对新落户的氢能重大项目按固定资产投资最高给予 1 亿元奖励；对氢能企业或机构通过商业银行或融资担保的方式获得的用于生产或研发的银行贷款，每年每家企业给予最高 500 万元的补贴，补贴期 3 年；对首次获得风险投资机构投资的种子期、初创期的氢能企业，每家企业最高奖励 500 万元。

为了推动突破氢能“卡脖子”技术，“氢能 10 条”对经国家、省认定的氢能研发机构和检验检测机构分别给予 1000 万元、500 万元的奖励。

氢燃料电池公交将示范运营

从氢能终端应用的角度来说，交通及工程物流是两大主要需求领域。去年，2018 年黄

埔马拉松期间，由该区雄川氢能提供的全市首批氢燃料电池物流车首次亮相。目前，这批车辆驾驶里程已累计超过 20 万公里。据悉，该区正推进“氢能+5G+4K”氢燃料电池公交车示范运营，市民有望今年底在黄埔区、广州开发区内亲身体会氢燃料电池公交车示范线路。

9月9日，记者近距离地接触了这种“氢能+5G+4K”氢燃料电池公交车，它搭载的是60千瓦的发动机系统。与普通公交车不同的是，普通公交车在路上行驶时排出的是尾气，而这种氢燃料电池公交车排出来的水。只见工作人员伸手接下排出来的水往自己脸上抹，他表示排出的这种水是很干净的，可以洗手洗脸等。而且，据介绍，这种氢燃料的公交车只要6分钟左右就可以充满能量，每充满一次可以跑500多公里。

目前，黄埔区、广州开发区已建成西区东暉加氢站、知识城南加氢站，科学城萝平路等加氢站项目正在推进。该区力争到2020年底建设5座加氢站，形成覆盖北、中、南的全区网络，为燃料电池汽车运营搭起坚实的氢气保障网络。

动力电池回收驶入快车道

预计今年动力电池回收市场规模将达50亿元，2020年有望突破100亿元

中国能源报 2019.9.9

随着我国新能源汽车产销量连续多年高速增长，动力蓄电池配套量同步快速攀升。相关数据显示，截至今年7月底，我国新能源汽车产量累计超过377万辆，动力蓄电池装配量超过176GWh。随之而来的退役动力蓄电池回收利用问题日益凸显，从而引起国家层面的高度重视。

去年以来，新能源汽车动力蓄电池回收利用管理暂行办法以及溯源管理暂行规定等一系列政策文件相继发布，大大推动了我国退役动力电池回收利用工作的进程。

“不难预见，随着新能源车市场的快速发展，动力电池回收市场也将进入快车道，未来的动力电池回收市场将是一个蓝海。”9月4日，在由中国汽车动力电池产业创新联盟回收利用分会组织召开的“2019年动力电池回收与梯次利用年度峰会”上，中国铁塔公司副总经理、铁塔能源有限公司董事长刘国锋如是说。

今年动力电池回收市场规模或达50亿元

按照车用动力电池5—8年的使用寿命测算，2014年投产上市的动力电池在2019年开始进入批量报废期。

据业内预估，今年动力电池的退役量将达到6.39万吨，到2020年回收量将猛增至25GWh（约20万吨），2025年约116GWh（约78万吨）。日益增长的海量退役动力电池将驱动回收利用产业的爆发。

我国动力蓄电池回收利用正处于起步阶段。“国家层面一系列办法和规范的发布与实施，标志着回收利用顶层体系已搭建完成，动力电池回收已进入全面实施阶段。”刘国锋指出。

据工信部节能与综合利用司司长高云虎在会上介绍，截至目前，我国已有543家产业链

上下游企业完成了国家溯源管理平台注册，累计上传溯源信息 460 万余条。同时已有 89 家汽车生产企业在全国设立了 5116 个动力蓄电池回收服务网点。

据估计，从电池退役市场规模看，今年动力电池回收市场规模将达 50 亿元，2020 年将突破 100 亿元，2025 年更将攀升至 380 亿元的规模。

约 10 万辆电动乘用车退役电池得到梯次利用

“近年来，我部会同有关部门积极落实国务院领导批示精神，加强管理制度建设，实施生产者责任延伸制度和全生命周期溯源监管，建立完善标准体系，在京津冀等 17 个地区及中国铁塔公司开展试点工作，探索技术经济强、环境友好的多元化回收利用市场模式，加快构建回收利用体系。”高云虎说。

那么，退役动力电池究竟如何实现回收利用？在经济性、安全性、商业模式等问题尚不明确的情况下，退役电池是直接再生利用，还是先梯次利用后再再生利用，成为目前业内颇具争议的两条技术路线。

实际上，据悉，退役动力电池仍有约 80% 的生命容量，梯次利用产业前景广阔。随着越来越多的动力电池退役，其梯次利用的价值正在被关注挖掘。近年来，一些企业如奔驰、宝马、北汽等利用自身优势已经率先开展了动力电池梯次利用的大规模布局。

中国铁塔公司是全球规模最大的通信基础设施服务商，站址规模超过 195 万个，且随着 5G 到来将会持续增加，对备用电源需求巨大。据介绍，2015 年该公司开始推进退役动力蓄电池的回收和梯次利用。“我们自 2018 年起，无论新建还是存量基站，都停止采购铅酸电池，改用梯次动力电池予以满足。”刘国锋说。

刘国锋进一步指出，经过多年实践探索，截至目前，梯次电池在通信基站应用的技术经济可行性与安全可靠性已得到充分验证，中国铁塔由此也成为全国退役动力电池梯次利用的主渠道。

相关数据显示，截至目前，该公司已经在全国约 30 万基站的备电领域使用退役电池约 4GWh，相当于 10 万辆电动乘用车的退役量，同时在全国 17 个省市开展回收体系建设，并在辽宁、江苏、河南、广东、四川、宁夏规划了 6 个回收利用区域中心，取得了良好的社会效益和经济效益。（仝晓波）

氢燃料电池汽车发展前景引热议

中国能源报 2019.9.9

核心阅读：推动氢燃料电池汽车发展，要试点先行，集中技术攻关，明确技术路线，实行以企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系。

“近期有部分媒体片面解读，认为国家将不再支持纯电动汽车，转而支持燃料电池汽车，部分行业、企业也认为我国新能源汽车技术路线动摇。事实上，我国燃料电池汽车由于核心技术和零部件技术尚未突破，基础设施建设不足，标准法规缺失，氢气作为能源管理的

体系尚未建立等原因，目前尚不具备大规模推广应用条件。”

在日前召开的2019年泰达汽车论坛上，财政部经济建设司一级巡视员宋秋玲的上述发言犹如“一石激起千层浪”，在业内引发激烈讨论。

燃料电池汽车被“泼冷水”？

当前，氢燃料电池汽车发展可谓风头正劲，频被各专家点名“产业化发展有望”。财政部此时突“泼冷水”是为何故？

对此，业内人士称“实则不然”，对财政部意见的解读不能过于片面。“宋秋玲接下来的话是‘同时，燃料电池汽车和纯电动汽车技术特点不同，有各自适合应用的场景，未来应该是互补、共存，而不是替代的关系’。”

上述业内人士在接受记者采访时表示，近两年来，我国一直在加大力度支持氢燃料电池汽车产业发展，但客观来讲，燃料电池汽车发展面临的技术性和经济性挑战一直存在。“只看那些文章的标题，是觉得财政部在念‘紧箍咒’，但其实所指出的是业界一直讨论的氢燃料电池汽车发展的共性问题。”

“我从来没有说过燃料电池技术是汽车发展的终极方向。不同情况下需要不同的技术路线，氢燃料电池汽车与纯电动汽车相互补充，是我国汽车工业发展的重要机会。”同济大学燃料电池汽车技术研究所所长章桐表示。

交通运输部运输服务司副司长蔡团结也指出，要因地制宜开展新能源汽车的推广应用。纯电动、混合动力、燃料电池汽车各有优势，应根据发展环境、发展目标，坚持市场导向，减少行政干预。

“但舆论的表现，还是表明行业对行政手段相当关注。只要提到‘财政部’，就免不了想到‘财政补贴’，想到整个行业的敏感点。”前述业内人士坦言。

“更重要的是找准自己的定位”

“总体来说，燃料电池汽车和纯电动汽车并不对立，不存在谁要代替谁的问题。”业内人士指出，比起争辩孰优孰劣，“更重要的是找准自己的定位。”

“我国汽车工业想通过新能源汽车实现产业转型，必须考虑一个前提：能源行业的转型能否跟得上。从能源角度来说，整个社会都面临着能源结构调整。今后，‘无碳’和‘可再生’将是两个关键词。”章桐指出。

归根结底，新能源汽车想要“跑起来”，目前主要还是靠电和氢。据介绍，十年前，我国看准发展方向，抓住战略机遇，将新能源汽车作为战略性新兴产业，十年来始终坚持纯电驱动战略不动摇，集中发展以纯电为动力的新能源汽车，形成了今年良好的发展局面。而现在，在整个能源结构中，氢能也越来越体现出其巨大优势。

“电能在使用效率、运输、安全、价格等方面占据较大优势，而氢能的优势则主要体现在其储存和密度上。氢能无法全面替代电能，只适合应用于某些对能量密度要求较高的特定场景。目前来看，氢燃料电池汽车是氢能最有希望的发展方向。”业内专家表示。

章桐则进一步指出，“氢可存储、可运输、可再生、来源多元化，从国际趋势上也可以看出，很多国家已经把氢能发展提上日程。”

“要试点先行，集中技术攻关”

“不是说现在重视氢能了，纯电动、混合动力将来就会被抛到一边。还是要有市场理性化的选择和结构化的配比。”对于未来的汽车动力来源，蔡团结表达了自己的看法。

与此同时，尽管氢燃料电池汽车越来越受到重视，但客观制约因素仍然存在。“希望是很大的，但离产业的‘盛夏’还很远。”那么，燃料电池汽车产业该怎样发展呢？

“要试点先行，集中技术攻关，明确技术路线，实行以企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系。”蔡团结建议。

尽管目前我国已有 23 个省市相继发布了氢能和燃料电池汽车相关的发展计划，但关于试点示范区域，中国工程院院士衣宝廉指出：“我认为，基础最好的还是以上海为中心的长三角地区，他们有三大大平台，示范的车辆也近千辆，所以发展基础最雄厚；其次是以广东省为核心的珠三角地区；还有就是北方地区由清华大学、北京亿华通公司和郑州宇通客车支撑起来的，以冬奥会为突破口的张家口地区。”

对于氢燃料电池汽车的技术突破，衣宝廉认为，应尽快实现关键材料、电催化剂、质子交换膜、双极板等批量生产，为降低电堆成本和提高电堆一致性奠定基础，同时，提高电堆的比功率，降低电堆成本和铂用量，并进一步提高电堆的可靠性和耐久性。“建议尽快完善燃料电池发动机的产业链，提高电堆的工作电流密度，提高燃料电池的体积和重量比功率，为大规模应用于乘用车奠定基础。”

蔡团结透露，借助 2022 年冬奥会契机，目前相关部门正和北京、河北等有关部门确定氢燃料电池的技术路线，加快相关关键技术的研发。（赵滢）

迄今最黑材料可吸收 99.995% 入射光

科技日报 2019.9.17

科技日报北京 9 月 16 日电（记者刘霞）中美科学家近日报告说，他们研制出了一种比之前最黑材料还要黑 10 倍的材料。新材料由碳纳米管（CNT）阵列制成，可捕获 99.995% 的入射光，是迄今为止最黑的材料。

据美国物理学家组织网近日报道，研究作者之一、麻省理工学院（MIT）航空航天教授布莱恩·沃德尔说，这种新材料除了具有艺术表现力外，还可能具有实用价值，例如用于遮光罩中减少不必要的眩光；帮助太空望远镜发现系外行星等。

最新研究合作者、上海交通大学材料科学与工程学院副教授崔可航对科技日报记者介绍说，他和沃德尔最初并不打算设计一种超黑材料，他们正尝试让 CNT 在铝等导电材料上生长，希望借此提高材料的电学和热学性能。

但让 CNT 在铝上生长遇到了麻烦：铝暴露于空气中会被氧化，氧化物会覆盖铝，就像

绝缘体一样，导致铝的导电和加热性能无法改善。于是，他开始寻找去除铝氧化层的方法，结果发现盐（氯化钠）可以解决。

当时，沃德尔团队正尝试让 CNT 在盐和其他产品（如小苏打和洗涤剂）上生长。在对盐进行测试时，崔可航注意到氯离子会侵蚀铝的表面并溶解其氧化层。

崔可航发现，如果把铝箔浸泡在盐水中，可以去除氧化层。然后，他将铝箔转移到无氧环境中，防止其再氧化；最后，他将蚀刻的铝放入反应器中，并通过化学气相沉积法来生长碳纳米管。

结果表明，去除氧化层后，他们能在更低温度下（否则需要 100℃ 左右）让 CNT 在铝上生长。他们还发现，CNT 与铝的“联姻”显著提高了材料的热学和电学性能。

崔可航说：“最令我们吃惊的是得到的新材料极黑，对新材料光学反射率的测量表明，该材料从各个角度吸收的入射光都大于 99.995%。”

研究人员目前还不能完全确定新材料为何会如此，但他们推测这可能与有点发黑的蚀刻铝与 CNT 相结合有关。他们认为，碳纳米管可以捕获大部分入射光并将其转化为热，反射回去的光微乎其微，因此碳纳米管具有特别的黑色。

他们计划做进一步研究，以厘清新材料为何如此黑。

国内外企业加速布局固态电池技术

固态电池距离商业化应用还有多远

中国能源报 2019.9.9

固态电池能量密度高、体积小，更具柔性和安全性优势，被认为是动力电池的未来解决方案，但从崭露头角到真正成熟地商业化应用，显然还有漫长的路要走。

固态电池技术正受到企业的热捧：8月29日，赣锋锂业半年报披露，其第一代固态锂电池研制品已通过多项第三方安全测试和多家客户送样测试，年产亿瓦时级固态锂电池中试生产线计划于今年下半年投产；8月22日，蔚来与辉能科技签订战略合作协议，双方将共同打造固态电池包样车，并对固态电池包生产展开深入合作；国际方面，美国能源部向通用拨款910万美元用于先进汽车技术研究，明确表示其中的200万美元须用于固态电池的研发工作……

在三元锂电池大行其道的今天，国内外企业不约而同地加大了对固态电池的投资、研发力度，原因何在？

固态电池优势明显

日前，新能源汽车国家大数据联盟发布的《新能源汽车国家监管平台大数据安全监管成果报告》显示，今年5月至8月中旬，新能源汽车国家监管平台共发现79起安全事故，从动力电池类型看，高达86%的事故车辆使用了三元锂电池，7%的事故车辆使用了磷酸铁锂电池。

北京理工大学电动车辆国家工程实验室副教授孙立清指出，电动汽车不安全的原因主要在于动力电池，既有电池本身的质量问题，也有材料特性造成的问题，材料方面第一个不安全因素就是电解液。电解液属于可燃有机溶液，当出现电池放热失控、散热性能不达标、短路、外力撞击等情况时，都易引起燃烧。而固态电池使用固体电极和固体电解液，与传统锂离子电池相比，优势十分明显。

一是能量密度更高，质量更轻、体积更小。传统锂离子电池的隔膜和电解液加起来占据了电池近 40% 的体积和 25% 的质量。如果用固态电解质取代，正负极之间的距离可以缩短至几到十几个微米，金属锂负极代替石墨负极，电池能量密度可以达到传统锂电池的近两倍，质量、体积也大大降低。

二是安全性更高。固态电池里没有气体、没有液体，所有材料都以固态形式存在，稳定性、安全性更好。

三是具备柔性优势。轻薄化后电池柔性程度会显著提高，可以经受几百到几千次的弯曲而保证性能基本不衰减，从而带来更多的功能和体验。

国际化竞争日趋激烈

全球汽车电动化趋势日益明朗，日本、韩国、美国等国家科研机构和企业也纷纷加紧布局固态电池技术储备。

日本丰田、本田、日产等 23 家汽车、电池和材料企业，以及京都大学、日本理化学研究所等 15 家学术机构将共同合作，计划到 2022 年全面掌握全固态电池相关技术；为大幅降低电池起火风险，三星 SDI 提出了“全固态电池技术发展蓝图”；美国先进电池联合会提出，在 2020 年将电芯能量密度提高至 350Wh/kg，一些初创的电池企业如 Sakit3、SEEO、QuantumScape 和 SolidPower 等纷纷宣布在全固态锂电池研发方面取得重大进展。

与日、韩产业主导不同，我国固态电池技术发展目前仍以科研机构 and 高校为主导：中科院宁波材料所许晓雄团队研发的无机陶瓷固态电池正与赣锋锂业合作尝试产业化；中科院青岛生物能源与过程研究所崔光磊团队研发的固态电池已在马里亚纳海沟完成应用测试；中科院物理所李泓团队推出了 10Ah 软包电芯固态电池；中国科学技术大学马骋教授课题组和清华大学南策文院士团队合作，制备了倍率性能可与传统浆料涂覆正极相比的复合正极，为克服固态电池中电极 - 电解质接触差这一瓶颈提供了新思路……

与此同时，赣锋锂业、清陶发展、宁德时代、辉能科技、比亚迪、国轩高科、北京卫蓝等企业均在积极推进固态电池项目。

赣锋锂业旗下浙江锋锂新能源科技有限公司林久博士介绍说，锋锂新能源具备全固态锂电池的研究开发、中试及规模制造能力，除了中试生产线，锋锂新能源还建立了年产百吨的电解质生产线。清陶发展已成功开发出高能量密度、大容量柔性和高安全性高倍率固态锂电池三款产品，将应用于军工特种电源、高端数码、新能源汽车等领域；自 2013 年起，辉能科技陆续推出三款固态锂电池产品，并依次实现商业化量产，按照规划，辉能科技将在

2019 年底完成 1GWh 固态锂电池卷式生产线的扩建。

规模化应用仍存瓶颈

由于兼顾安全性和续航里程优势，固态电池为动力电池向高比能方向发展带来了更多的可能性。

尽管前景可期，但固态电池并非十全十美，仍有一些关键问题有待突破，如倍率性能偏低、充电速度慢、电解质材料缺乏等。

中科院电工研究所储能技术研究所所长陈永翀认为，固态电池要规模应用于电力储能，在降本增寿方面还有相当的困难需要克服，回收处理也是一大难题。

在固态电池的技术路线方面，天际汽车副总裁姜辛指出，固态电池后续需要着重从倍率性能和温度性能两方面进行研究，解决高速和极寒工况续航两大电动汽车痛点。

从铅酸电池到镍氢电池，再到今天的锂电池，新能源汽车的发展始终围绕着动力电池技术的迭代升级。但技术突破不是一朝一夕就能实现，正如业内人士所说，固态电池刚刚崭露头角，要真正成为下一代动力电池的解决方案，还有很长的路要走。（樊桐杰）

燃料电池化是商用车转型升级方向

中国能源报 2019.9.9

当前，对于动力电池电动汽车的发展规划目标是明确的，各大汽车公司都已作出全面电动化转型的规划，甚至有些国家和地区还提出了禁售燃油车的时间目标。但这些规划和目标中不包括商用车，特别是用于高速公路长途运输的重型载货车。国际上，燃料电池汽车发展多集中于乘用车领域，如丰田明星车型 Mirai 就是乘用车，不过最近丰田开始把 Mirai 的燃料电池动力系统用于大客车。早些年，我国燃料电池汽车研究也是跟随国际路线，集中于乘用车，近年来才开始转向大客车和物流车。笔者认为，基于燃料电池已取得重大技术进步，以及我国节能减排的目标要求，应该把重型载货车作为燃料电池汽车的主要发展方向。

其一，我国节能减排与能源紧缺形势严峻。一方面，我国已成为 CO₂ 排放世界第一大国，若要兑现我国政府在《巴黎协定》中的承诺，需大幅降低汽车的碳排放。而动力电池电动汽车的推广，仅可以降低乘用车领域的碳排放。虽然商用车数量不到全部车辆的 1/5，但燃油消耗却接近一半，因此需要明确有效的措施降低商用车领域的碳排放。另一方面，我国石油进口依存度已超过 70%，能源安全形势严峻。要解决这一问题，也必须降低商用车特别是中重型载货车对柴油的依赖。

其二，技术发展已经成熟。研究表明，基于当前的技术路线，如果能够大规模产业化，燃料电池动力系统的成本可与柴油机相当，而氢气的产、输、供成本可与柴油相当，因此制定较大规模燃料电池汽车产业化的规划基础已经形成。

其三，我国具有发展燃料电池汽车的独到优势。与动力电池电动汽车可以使用现有的供电网络不同，发展燃料电池汽车需要重新建立氢的供应系统。我国正处于大规模的基础设施

建设阶段，因此在可用于建设基础设施的财力物力方面具有优势。另外，我国风电光伏发展迅速，有大量的碎片化能源需要消纳，可以用于制氢。我国还有全世界规模最大的化学工业体系，每年产生大量的工业副产氢。同时，我国还是全世界最大的商用汽车生产国和消费市场，无论是市场规模还是企业实力，都足以支撑发展燃料电池汽车。

其四，我国有 10 年产业化推广动力电池电动汽车的经验和教训，可以合理处理政府推动与市场拉动的关系、产品开发和基础设施建设的关系、生产与应用的关系。同时，也有助于在燃料电池汽车领域更科学地运用政府补贴。首先，补贴应适度，过少则推动力差，过多易引起分散重复，甚至出现“骗补”现象。其次，应对补贴总量进行规划，制定预算，既不过多加重财政负担，也不过分拉长补贴下发周期，造成企业财务困难。再者，不要让地方政府补贴车型，以免催生地方保护，地方政府更应该做的是支持基础设施建设。

此外，长途客车也是燃料电池汽车发展的重点车型。与重型载货车相同，长途客车也不适合使用动力电池作动力，而且运行线路相对稳定，管理相对集中，适合发展燃料电池车型。

如果将商用车特别是重型载货车作为燃料电池汽车的主要突破方向，需补充完善燃料电池技术路线。虽然笔者不是这方面专家，但想提出两点。一是液氢路线。由于重型载货车需要 800 - 1000 公里的续驶里程，压缩氢气路线不能满足这一需求，成本太高。因此需要重视液氢路线，缩短氢气过渡过程，提前谋划液氢系统汽车产品的设计和基础设施建设。二是电电混合的程度。燃料电池技术如果用于乘用车和物流车，行驶工况复杂、储备功率大，可以采取适当缩小电堆、加大电池容量的技术路线；如果用于重型载货车，则需要更多考虑高速公路长途行驶的工况，合理设置燃料电池电堆的功率额度和电电混合的程度。

产业化推广阶段与前期的技术准备、少量试点阶段不同，需要规模市场来支撑。笔者大胆建议，以 2025 年左右累计生产 50 万辆为规划目标。在产业化推广阶段，由政府指定个别地区少数企业重点突破。设定 50 万辆为目标，可以保证在几个重点区域内达到 10 万辆规模，使燃料电池汽车研发、生产和氢的制取、输送、供应系统，达到一定的市场规模，从而实现技术进步和成本下降。政府还可以按 50 万辆制定补贴规划，达到 50 万辆后不再补贴，避免当下动力电池电动汽车发展中出现的数量发展过快、财政补贴左支右绌的尴尬状况。在当年《节能与新能源汽车产业发展规划（2012 - 2020）》的制定过程中，也存在第一阶段要不要制定 50 万辆为规划目标的争论，经过反复讨论，最终还是明确得出 50 万辆为全国产业化推广最低规模的结论。实践证明这一目标的确定非常重要。笔者并未低估建立氢的制、输、供系统的难度，如果出现制、输、供系统跟不上的情况，建议宁可适当推迟实现第一阶段目标的时间，也不要减少第一阶段规划的数量目标。

在燃料电池汽车发展中，汽车行业（包括燃料电池汽车及部件制造企业）、能源行业、中央政府和地方政府应各有分工，各司其职。汽车行业应聚焦燃料电池汽车的研发制造；能源行业可聚焦氢燃料的储存、运输、供应系统；中央政府的重点应是国家战略规划、氢能源管理、相关标准法规制定、优惠政策制定以及适当的政府补贴；而地方政府应致力于区域规

划的制定、区域内氢燃料储运供系统的建设，以及在国家标准法规尚未制定前以地方标准法规形式摸索经验。在产业发展过程中，跨界发展常被人推崇，但笔者认为，行业企业可以通过跨界整合获得技术来源，但业外企业想越俎代庖往往难以成功。（董扬）

锂电池新设计或减少对稀有金属依赖

科技日报 2019.9.16

科技日报纽约9月15日电（记者冯卫东）据最新一期的《自然·材料》报道，为了开发锂基电池的替代品，减少对稀有金属的依赖，美国佐治亚理工学院研究人员开发出一种有前景的新型阴极和电解质系统，用低成本的过渡金属氟化物和固体聚合物电解质代替昂贵的金属和传统的液体电解质。

新型阴极由氟化铁活性材料和固体聚合物（一种塑料）电解质纳米复合材料制造。为制造这种阴极，研究人员开发了一种将固体聚合物电解质渗透到预制氟化铁电极中的方法，然后热压整个结构，以增加密度并减少空隙。聚合物基电解质有两个突出优点，一是其在循环时弯曲和适应氟化铁溶胀的能力强，二是能与氟化铁形成非常稳定的柔性界面，解决了先前电池设计中使用氟化铁出现的膨胀和大量副反应等关键问题。

研究人员测试了新型固态电池的几种变体，以分析其在50℃高温下超过300次充电和放电循环的性能。结果发现，增强电池性能的关键是固体聚合物电解质。当与固体聚合物电解质一起使用时，即使在高温下，金属氟化物也显示出非凡的稳定性。这有望带来更安全、更轻和更便宜的锂离子电池。此外，氟化铁的锂容量是传统钴基或镍基阴极的两倍多。而且铁比钴便宜300倍，比镍便宜150倍。

未来，研究人员将继续改进和开发新的固体电解质，以实现快速充电，并在新设计中融合固体和液体电解质，以与大型电池工厂中使用的传统电池制造技术完全兼容。

总编辑圈点

无论是纯电动汽车还是可再生能源电池，稀有金属都是必要材料。这导致争夺钴和镍等原料的竞争日趋激烈，甚至确保稀有金属已经是国家性课题。因此科学家们才着手发掘替代品，以缓解依赖。新研究现在已经表现出巨大潜力，但下一步，研究者必须要让新型电池与以往稀有金属做电极的锂电池具有同等的容量，且衰减也符合要求，才能真正考虑商品化生产。

新型热电发电机可夜间供电

参考消息 2019.9.16

【英国《新科学家》周刊网站9月12日报道】题：发电机依靠逃逸到天空中的热量运转，可以给手机充电（记者 爱丽丝·克莱因）

一种夜间利用地面辐射热量发电的装置可被用来为偏远地区的灯和手机供电。

全球有超过10亿人——大多生活在贫困的偏远地区——仍然用不上电。在这些社区，

廉价的太阳能电池越来越多地被用于为电灯、手机和家用电器供电，但它们只在白天工作。

现在，美国加利福尼亚大学洛杉矶分校的阿斯沃斯·拉曼及其同事发明了一种利用热电效应在夜间发电的装置。热电效应使得温差能被转化为电力。

传统上，热电装置的使用者利用工厂和汽车尾气产生的废热与温度较低的周围空气的温差来提取电力。

拉曼的研究团队采取了不同的方法。他们利用一种被称为“辐射天空冷却”的机制制造出了温差，这种机制会导致面向天空的表面在将热量自然辐射到天空中时温度变得比周围的空气更低。例如，这一现象解释了为什么即使气温在零度以上，草叶上也会形成霜。

研究人员制造了一个聚苯乙烯盒，在盒子外部朝上的一面放置一块黑色圆盘，在盒子内放置一块铝。根据设计目标，黑色圆盘通过向天空散热来降温，而铝块则通过吸收来自夜晚空气的热量来升温。这两样东西被连接到一个将温差转化为电力的商用热电发电机上。

在一个深夜温度为 1 摄氏度的晴朗夜晚，研究团队在加利福尼亚州斯坦福大学的一处屋顶上对该系统进行了测试。它产生了每平方米 25 毫瓦的能量。这足以启动 LED 灯。

拉曼说：“若能改进热能工艺，同时在夜晚空气温度更高的更炎热气候条件下运行，其能量输出很可能提高 19 倍。”他说，这将足以为照明设备供电或为手机充电，但不足以为电炉灶供电。

拉曼说，组装该系统的总成本不到 30 美元，这使得它与其他夜间离网供电的技术——例如白天储存太阳能、夜间供电的电池——相比具有竞争力。

热电发电机通常含有像碲化铅和碲化铋这样的有毒物质。但拉曼说，如果包装得当，这种夜间设备应该可以安全使用 20 年或更长时间。他说：“一个重要原因是，与其他热电产品相比，我们在温度相对较低的环境中运行这种设备。”

多能互补压缩空气储能海上电站初探

中国能源报 2019.9.16

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，海工程造价较低，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 $200\text{W}/\text{m}^2$ 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。（邢志光）

空气源热泵受“煤改电”青睐

安装灵活、手续简单，用户可根据自身经济条件和舒适度“私人订制”

中国电力报电气周刊 2019.9.19

又将进入取暖季，北方各地纷纷加快煤改清洁能源的步伐，河北、山东、河南、山西、陕西等地成为燃煤替代的重点区域。打赢蓝天保卫战，实现全面清洁取暖，减煤换煤是重要手段，“煤改电”工程是打赢蓝天保卫战的重中之重。而在北方“煤改电”工程中，最受政府和居民欢迎的清洁采暖设备，莫过于简单灵活的空气源热泵。

补贴缓解空气源热泵推广难

空气源热泵利用少量的电驱动压缩机工作，吸收空气中的低温热量，经过冷凝器或蒸发器进行热交换，将冷水加热，然后通过水管将热水转移到建筑物内，最后通过采暖末端，为用户提供采暖服务。在整个制热过程中，空气源热泵因为不使用煤、天然气等燃料，不会产生明火和排放出废气，因此使用空气源热泵不仅不会对大气环境造成污染，还没有易燃、易爆、中毒等安全隐患。

“利用空气作为热源，经过冷凝器、蒸发器进行热交换，提取热量，近年来，这项技术开发效率显著提高，是农村煤改电主要方式。包括风机型和水机型两种，都是国家鼓励类技术。与蓄热电锅炉供暖相比节电至少 50%，可以同时满足供暖和供冷需求。安装灵活、手续简单，用户还可以根据自身经济条件和对舒适度需求选择风机型或者水机型，水机型成本略高于风机型。”陕西西咸新区改革创新发展局副局长赵娟表示。

虽然空气源热泵节能效果好，而且对环境没有任何污染，近年来被大量应用于“煤改电”中，不过与传统的电采暖设备相比，空气源热泵的高额投资费用依然让很多用户望而却步。在北京、天津以及山西等地，政府补贴比较高，多数超过 2 万元/户，目前这些地区的居民多使用空气源热泵取暖。

以山西太原为例，为了改善冬季采暖期环境质量，今年太原市仍推行“煤改电”“煤改气”等清洁能源供热方式。今年 9 月底前全市要完成农村地区煤改电 1.57 万户、煤改气 1880 户。目前，各项奖励、补助政策已出台。9 月底前，全面完成清洁供暖改造的县（市、区），市政府给予 200 万元奖励，统筹用于农村地区清洁供暖改造。

采用空气源热泵、低温空气源热泵热风机、浅层地热能热泵和双源热泵供暖的居民，设备购置费用由市县两级财政补贴 94%，补贴最高不超过每户 2.74 万元/户。每个采暖期市县两级财政对完成“煤改电”的农户不分峰谷补贴 0.2 元/千瓦时，最高不超过 2400 元。这样的补贴力度对于空气源热泵的推广将迎来更大的市场。

“空气源热泵这几年通过北京市带动华北地区向全国辐射，这个产品在实际使用中，对于治理雾霾，尤其是治理居民散煤燃烧方面起到了巨大作用，尽管使用成本高，但随着技术更新和行业的努力，成本会越来越低。”北京东方星火能源科技有限公司董事长贺江河表示。

应注重热转换效率等问题

“目前，居民生活对低品位热量需求大，包括从建设采暖到各方生活热水、农作物干燥，65 摄氏度以下的热量等。目前利用电能将低品位热能高效率转为高品位热值，以方便居民取暖，这个市场需求量很大，高效转化热能已经成行业重要研究方向。”贺江河介绍。

空气源热泵在中国经过几十年的发展，不仅能效比高，而且实现了在超低温环境运行，在零下 40 摄氏度左右的北方地区都可使用，既不结霜，而且还解决了电副热问题。

据贺江河介绍，现在中国有 400 多家空气源热泵厂家，但是很多技术还是在学习和模仿，还有大量需要电副热，也有相当一批空气源热泵厂家对新技术的探讨和开发起到了重要作用。

空气源热泵也是分布式能源非常好的选择，既可以制冷，也可以供暖。随着自动化程度提高，入户可手机控制，远程调温，规模以上的小区和单位完全自动化控制。

另外，清华大学建筑学院副教授魏庆也提醒：“不是用了热泵就是节能，还要考虑空气源热泵的实际效果。不同热泵实测值和设备标称的 COP 都有差别，很多都没有达到标准，所以还需要提升热泵质量。很多热泵系统设计还是沿用原来燃煤锅炉集中供热思想，用一个大的热站供热，庭院管网热损失严重，如从热站供水温 39.7 摄氏度，到最后温度降了 1.8 摄氏度。”（秦虹）

循环流化床减碳潜力可期

中国电力报发电周刊 2019.9.23

日前，在由清华大学主办的第二届循环流化床锅炉国际研讨会上，一场围绕“碳减排”的讨论就此展开。“富氧燃烧”“生物质掺烧”“大容量高参数”……来自国内外的专家、学者共同为循环流化床技术（CFB）发展把脉支招。

宜发展大容量高参数机组，从源头减碳

循环流化床发电技术是近 30 年来发展起来的清洁煤燃烧技术之一。该技术以其良好的燃料适应性、低成本炉内高效脱硫抑氮等优越性能得到了快速发展。

“从 100 年前流化床第一个专利技术德国诞生开始，到如今，CFB 技术已经发展得非常好。CFB 非常适合用于二氧化硫捕集，在减排方面取得了巨大成就。”泰斗级循环流化床专家、Chalmers 理工大学 Bo Leckner 教授的观点获得了与会人员的一致认同，“大力发展超/超超临界参数和降低 CFB 锅炉能耗是当前及未来 CFB 机组提高效率的最可靠技术，也是实现 CFB 燃烧发电从源头上减排二氧化碳的最佳方法。”

中科院院士岳光溪在致辞中表示：“CFB 对处理环境保护起到了巨大作用。”

“捕捉二氧化碳并不难，但捕捉二氧化碳是以降低发电效率为代价的。怎么解决发电效率下降这个问题非常困难，需要很长时间。还有就是捕捉后二氧化碳去哪里？怎么处理？也是一个难题。”清华大学教授吕俊复在接受记者采访时呼吁，希望能尽快出台二氧化碳收集与捕捉的相关政策。

富氧燃烧为减碳赋能

“富氧循环流化床燃烧是为燃煤电厂捕集二氧化碳而发展起来的一种氧燃料燃烧技术。”东南大学段伦博说。富氧燃烧在循环流化床锅炉上的应用，是煤清洁燃烧技术与富氧燃烧技术优点结合的新型燃烧技术。由于循环流化床燃烧效率高、脱硫效果好、煤种适应广，而得到广泛重视。

富氧燃烧技术是采用烟气再循环的方式，用空气分离获得的纯氧和一部分锅炉排气构成的混合气代替空气作为锅炉燃料燃烧时的氧化剂，以提高锅炉燃烧排气中的二氧化碳浓度。富氧燃烧技术不仅能使分离收集二氧化碳和处理二氧化硫容易进行，还能减少氮氧化物的排

放，是一种能够综合控制燃煤矸石污染物排放的新型燃烧技术。

“氧燃料循环流化床在我国是一种很有前途的碳捕捉技术。”中科院热物理所教授李诗媛认为，富氧燃烧在二氧化碳的捕集上更具优势、更纯净。分级供气和分级供氧是未来发展的方向。

对于富氧燃烧，韩国能源技术研究院博士 JihongMoon 高度认可，他告诉记者，富氧燃烧是对二氧化碳捕集最有效的方式，也是对电厂改造最便利的一种方式，从而达到零排放，可减少锅炉占地面积。富氧燃烧是一种具有未来指向性的技术。在国外富氧燃烧技术已经大量地应用在循环流化床锅炉上，并取得了很好的节能环保效果。

CFB 生物质掺烧极具市场空间

“十三五”期间，国家能源局明确提出，力推煤电与生物质混烧发电等技术。

截至 2018 年，我国循环流化床锅炉机组总运行能力超过 1 亿千瓦，约占火电总装机容量的 12%。

CFB 技术由于具有巨大的蓄能热力、高循环倍率、物料强烈的湍流混合和较长停留时间、床温保持不变等特点，可以以任何比例与生物制混烧，且不会受 CFB 锅炉容量限制。

“利用 CFB 技术将生物质与煤混燃发电是减少大气二氧化碳净排放量的有效途径之一，在我国极具开发潜力和市场空间，且对燃煤电站发电负荷、燃烧效率和安全稳定运行影响较小。”与会专家表示。

这一观点得到了来自日、韩两国专家的认同。石川岛播磨重工（IHI）shuzo watailabe 教授介绍说，日本政府认为可再生能源的利用在发电阶段不会产生额外的二氧化碳，政府对生物质发电是有补助的，所以在日本生物质发电很普遍。而循环流化床锅炉进行生物质掺烧既可以实现对废弃物的减排，也可以实现对环境的保护。

“循环流化床进行生物质掺烧是减排二氧化碳比较好的方法。”韩国南部发电集团的 Seok - Gi Ahn 认为。（许盼 冯义军）

利用汗液的柔性生物燃料电池问世

科技日报 2019.9.27

科技日报纽约 9 月 25 日电（记者冯卫东）美欧国际研究团队最近开发出一种独特的可贴在皮肤上的新型柔性可伸展器件，其能通过改变汗液中的化合物产生电能，可持续点亮 LED（有机发光二极管），堪称一种生物燃料电池。这项研究为开发由自主且环境友好的生物电池提供动力的可穿戴电子设备开辟了新途径。相关论文发表在 25 日的《先进功能材料》上。

可穿戴电子设备的潜在用途正不断增加，尤其是在医疗和运动监测方面。这类设备需要开发一种可轻易集成到人体的可靠、高效能源。长期以来，使用人类有机液体中存在的“生物燃料”一直是个有前景的方向。

美国加州大学圣迭戈分校和法国格勒诺布尔阿尔卑斯大学的联合研究团队共同开发了一种柔性导电材料，由碳纳米管、交联聚合物和酶组成，通过可伸展的连接器连接，并通过丝网印刷直接印在材料上。

跟随皮肤变形，生物燃料电池通过减少氧气和汗液中存在的乳酸氧化产生电能。一旦应用于手臂，其就会使用升压器为 LED 持续供电。该燃料电池的生产相对简单且便宜，主要成本是转化汗液中化合物的酶的生产。研究人员现正在寻求放大生物燃料电池提供的电压，以便为更大的便携式设备供电。

总编辑圈点

生物燃料电池作为能源家族中最特殊的一员，可以说是一种真正意义上的绿色电池。其以有机物为燃料，直接或间接利用酶作为催化剂，能量转化率理论上讲相当高。不过现阶段，生物细胞膜或酶蛋白质中存在的非活性部分，对电子传递造成了很大阻力，这个传递过程又会影晌整个电池的效率。因此，要想开发出真正可“派上用场”的生物燃料电池，必须攻克这个绕不过的难关。

无机柔性热电新材料研制成功

中国科学报 2019.9.26

本报讯（记者黄辛）中科院上海硅酸盐研究所研究人员史迅、陈立东、孙宜阳、仇鹏飞等和美国克莱门森大学教授贺健合作，开发出基于硫化银（ Ag_2S ）柔性半导体的新型高性能无机柔性热电材料和器件。该研究开辟了无机柔性热电材料研究新方向，为基于高性能无机材料的全柔性热电转换新技术的开发解决了最起始也是最关键的一个难点。相关研究成果近日发表于《能源与环境科学》。

新型高性能无机柔性热电材料必须同时兼顾良好的塑性和热电性能。该团队此前成功研发出室温第一种无机柔性半导体材料 Ag_2S ，这项研究进一步合成了一系列硒或碲元素固溶的 Ag_2S 材料，发现硒或碲的固溶可导致银间隙离子浓度增加，因而电输运性能获得明显改善，在室温时热电优值可显著提升至 0.44。

研究人员选取弯曲半径 3 毫米进行测试，发现硒元素固溶的 Ag_2S 薄片经历 1000 次反复弯曲后，电导率和塞贝克系数几乎未发生变化，表明材料的性能受应力影响较小，可满足柔性可穿戴供电的要求。

研究团队进一步制备了基于硒元素固溶 Ag_2S 的面内型热电发电器件。在 20K 温差下，最大归一化功率密度达到 0.08 瓦每平方厘米，比目前最好的纯有机热电器件高 1~2 个数量级。

论文通讯作者、研究员陈立东表示，这次研发的基于 Ag_2S 柔性半导体的新型高性能无机柔性热电材料和器件可同时提供优异的柔性和热电转换性能，且具有环境友好、稳定可靠、寿命长等优点，有望在以分布式、可穿戴式、植入式为代表的新一代智能微纳电子系统等领域获得广泛应用。

三、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

执行严于欧盟的环保标准，创造花园式垃圾焚烧发电厂

垃圾处理的“深圳标准”如何炼成？

南方日报 2019.9.2

“试一下离垃圾堆最近的咖啡。”如今，运营长达17年的深圳盐田垃圾焚烧发电厂（能源生态园）因这一特殊体验成为人们科普休闲的热门打卡点。这座坐落于盐田坳青麟坑，外形犹如一只展翅天鹅高耸在山林之中的垃圾焚烧发电厂，不仅建筑设计曾获意大利国际设计大赛金奖，还被打造成集“垃圾处理”“科普教育”“工业旅游”“休闲娱乐”四位一体的综合体。

焚烧发电被公认是目前生活垃圾无害化处理的最有效方式。为进一步优化生活垃圾末端处理能力，打消公众顾虑，深圳市城市管理和综合执法局日前向社会公开了一批正在运营或即将投入使用的4座垃圾焚烧发电厂（能源生态园）——盐田能源生态园、宝安能源生态园、南山能源生态园、龙岗能源生态园。

布局►►年底日均垃圾焚烧量将近1.8万吨

沿着绿荫小路进入园区，绿树紧紧环绕着湖泊，一排排厂房建筑错落有致，行走其中仿佛置身于一个文化创意产业园。可谁能想到，仅一墙之隔，墙外就是深圳市宝安区老虎坑垃圾填埋场。

这里是宝安垃圾焚烧发电厂（能源生态园），继一期二期工程投产后，今年年底又将迎来三期的投入使用。三期投产后，预计每日焚烧垃圾量达8000吨，这一数字也使其将成为全球处理量最大的垃圾焚烧发电厂。

随着城市高速发展和人口持续增加，如今深圳每天产生的垃圾量高达2.8万吨，除部分进入分类分流回收体系，仍有2.1万余吨要经过焚烧与填埋处理。

有限的土地资源愈发捉襟见肘，传统的垃圾填埋处理方式已越来越不能适应城市发展需要，为进一步推动生活垃圾无害化处理，深圳正不断加快垃圾焚烧发电厂的建设步伐。

目前，深圳全市运行的垃圾焚烧发电厂（能源生态园）有5座，分别为南山、宝安、盐田以及龙岗平湖一、二期，设计焚烧处理能力达7125吨/日；在建有3座，分别为南山二期、宝安三期和龙岗垃圾焚烧发电厂（能源生态园），总设计焚烧处理能力为1.03万吨/日。

这意味着，待年底前3座垃圾焚烧发电厂（能源生态园）正式运营后，深圳日均垃圾焚烧量将接近1.8万吨。而每焚烧一吨垃圾产生400度的电，按日均焚烧1.8万吨计，每天可产生720万度电。

实践►►烟气排放环保指标严于欧盟

垃圾焚烧量上来了，排放的气体是否符合环保标准？

走进宝安能源生态园二期，信息化、科技化的气息扑面而来。门口的大屏幕公布了垃圾

焚烧发电过程中相关的 3000 个数据，关键的烟气排放指标数据与国家、省市各级城管和环保部门联网，实时可查。厂房内设置有生产运营监控中心、垃圾监管系统。“这个系统相当于一个数据库，可从垃圾处理中形成分析数据。”深圳市能源环保有限公司副总经理钟日钢介绍，“我们去国外先进地区考察，反复调试，垃圾焚烧后的烟气排放历经三代技术改造升级，充分削减烟气中的有害物质，最终形成环保指标严于欧盟的“深圳标准”。”

此次向社会公开的 4 座垃圾焚烧发电厂（能源生态园），在污染物排放方面，二噁英排放限值均低于欧盟标准 50%，氮氧化物排放限值仅为欧盟的 40%，各项环保指标均优于欧盟 2010/75/EU 标准。

而在污水处理方面，深圳各大焚烧发电厂内也都配套建设有污水处理站，这些水一部分经过处理后成为中水进行回收利用，作为电厂工艺补水，约为 70%。还有 25% 的浓缩液进行蒸发结晶，提炼为工业用盐，还有 5% 沉降为污泥进行再焚烧，形成炉渣后再制成环保砖。

转变►▷从垃圾焚烧厂到能源生态园

“南山垃圾焚烧发电厂（能源生态园）二期将配套建设恒温游泳池，在烟囱顶部设置书吧和简餐服务”“宝安垃圾焚烧发电厂三期（能源生态园）将打造垃圾处理行业培训基地与博物馆，拓展科普教育”“龙岗垃圾焚烧发电厂（能源生态园）将被打造成为最具时尚科技范的开放式能源生态园区”……

据深圳市城市管理和综合执法局相关负责人介绍，经过多年摸索和实践，深圳在垃圾处理理念上率先实现了两个转变：一是垃圾处理从填埋转变为全量焚烧，二是垃圾处理设施从模糊的商业设施定位转变为事关百姓民生公益性基础设施定位。

此次深圳开放的 4 座垃圾焚烧发电厂都将成为集“垃圾处理”“科普教育”“工业旅游”“休闲娱乐”四位一体的高标准大型综合体项目，都将改名为能源生态园。而这也成为未来所有深圳垃圾焚烧发电厂的建设理念。“今后，深圳垃圾焚烧发电厂都将是开放式花园建设，与公共配套设施相适应。”上述负责人介绍。

记者手记►▷创新让“垃圾场”变身亲民生态园

作为全国先行实施生活垃圾强制分类的城市之一，深圳是典型的经济大都市、人口大都市和环境容量小市，不到 2000 平方公里的土地上生活着 2000 多万人口，每天产生的生活垃圾达 2.85 万吨，给城市持续健康发展带来巨大压力。

从发布全国首份《家庭生活垃圾分类投放指引》，到率先探索“集中分类投放+定时定点督导”，再到推出垃圾焚烧烟气排放的“深圳标准”。如今，这座以“敢为人先”著称的创新之城，正依托社会力量、专业力量全力破解垃圾分类难题。

在走访中，记者印象最深刻的就是“深圳标准”这一概念。这一概念的提出，意味着深圳在烟气排放标准上，执行了比欧盟标准还要严格的“世界最严”标准；在渗滤液和炉渣回收上努力实现 100% 回收利用；在垃圾焚烧发电厂的建设理念上，努力变“邻避”为“邻利”，让垃圾焚烧厂变身市民可亲近的能源生态园。

创新很难，想在高标准上再进一步，更是难上加难。喊一句“世界最严标准”的口号简单，但真正将其付诸实践，这背后不仅是巨大的人力、物力、财力的付出，更体现了政府的决心和主动自我加压。

早在2014年，宝安能源生态园二期就荣获国家优质工程奖金质奖，这也是全国垃圾焚烧发电行业获得的第一个国家优质工程金奖。如今，为最大限度减少填埋，直至实现全量焚烧，深圳正依托技术创新，以世界最严排放标准和现代化环保电厂建设理念，推进垃圾焚烧厂的建设，全力迈向“无废之城”。

我国低碳排放须向欧盟“取经”

中国科学报 2019.9.9

本报讯（记者唐凤）站在“1.5摄氏度”的十字路口，中国应如何制定低碳排放战略，建立一个繁荣且具竞争力的气候经济中性长期愿景？“欧盟经验或为中国研讨低碳排放战略提供借鉴。”9月2日，清华大学气候变化与可持续发展研究院学术委员会主任何建坤在北京举行的《欧盟建立繁荣、现代、具有竞争力和气候中性的经济长期发展战略愿景报告》（以下简称“愿景”）发布会上如是说。当天，该愿景的技术支撑报告中译本也正式发布。

联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）去年10月发布的报告指出，要实现将全球气温升幅控制在1.5摄氏度以内的目标，人为的二氧化碳净排放量至2030年要比2010年水平减少45%，2050年前要实现“零净排放”。

“人类应尽快采取更大力度的减排行动，以避免因气候变化带来不可估量的损失与风险。”欧洲联盟驻华使团副大使 Timothy Harrington 说。

2015年通过的《巴黎协定》为低碳可持续发展提供了一个全球框架，即通过经济转型减少排放的同时也促进企业发展并创造新的就业机会。以此为契机，欧洲委员会推出了欧盟长期战略提案，以经济分析和对不同脱碳路径的建模为基础概述了未来几十年低碳发展的愿景。

“这份长期战略文件背后的技术支撑分析长达393页。我们在不同情景下分析实现2050年二氧化碳零净排放的路径，并不仅仅是为了目标的实现，而是了解2050年我们能走到哪里、碳减排的潜力有多大。”欧洲委员会气候行动总司司长 Artur Runge - Metzger 说。

该愿景描绘了通往气候中性经济体之路，要求各经济体在能效、可再生能源的使用及生物经济和天然碳汇等7个战略性领域采取联合行动。同时，欧盟将重点关注电气化、氢气和燃料电池、储能等领域的转型碳中和解决方案，还将通过新材料、数字化和生物技术等促成技术支撑构建强健价值链。

“中国和欧盟是应对气候变化的重要伙伴，在脱碳的进程中面临类似的机遇和挑战。因此，在设计长期战略时，双方可以取长补短、互融互进。”Harrington 说。

“欧盟在提出2050年实现碳中和目标的同时，特别强调要发展繁荣、现代化、具有竞争力的经济体系，即经济发展与应对气候变化双赢的战略。这个重要的指导思想也是我国实现

长期低碳发展战略的重要指导思想和战略出发点。”何建坤强调。

何建坤说：“各国在应对气候变化目标下实现包容式发展，需要开发和采用各具特色的分析工具和评价方法学。欧盟经验或有助于我们开拓视野，为相关理论研究和战略部署提供参考。”

清华大学气候变化与可持续发展研究院常务副院长李政分享了中国电力行业长期低碳转型战略研究的初步成果。他指出智慧能源系统的发展面临政策体制、商业模式和技术三方面的挑战，需要相向而行。“我国仍处在能源动态增长的阶段，智慧能源发展不仅需要设计和运行技术，更需要重视并发展全局规划和集成优化技术。”

据悉，此次发布会由清华大学气候变化与可持续发展研究院和欧盟驻华代表团联合主办。

“一步法”制备纤维素乙醇：一场意外之喜

中国科学报 2019.9.9

通过 Ni@C 催化剂制备纤维素乙醇，马隆龙他们不仅实现了纤维素一步转化为乙醇，而且乙醇的收率和浓度分别高达 69% 和 8.9%，达到了与传统生物发酵法相当的理论产率和浓度。

随着机动车等移动源对我国空气质量的影响日益加大，生物燃料乙醇的重要性再次凸显。

近日，生态环境部发布的《中国移动源环境管理年报（2019）》显示，中国已连续十年成为世界机动车产销第一大国，机动车等移动源污染已成为我国大气污染的主要来源。

实际上，早在 2017 年 9 月，为改善油品性能和质量，降低一氧化碳、碳氢化合物等主要污染物排放，国家发展改革委、国家能源局等十五部委就联合印发了《关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案》。方案提出，到 2020 年，在全国范围内推广使用车用乙醇汽油，基本实现全覆盖。然而，从一代到二代，经济性一直是制约燃料乙醇发展的瓶颈，上述政策蓝图也面临着难以落地的风险。

不过，近日《中国科学报》从中国科学院广州能源研究所获悉，由该所所长马隆龙研究员带领的团队成功研发了 Ni@C 催化剂，实现了从纤维素到乙醇的一步水相转化，为纤维素燃料乙醇经济性突破提供了可能，相关成果被国际著名期刊 ChemSusChem 选作封面文章发表。马隆龙乐观预计：“未来 10 年内在全国大面积或全部使用乙醇汽油是很有可能。”

1200 万吨的缺口

燃料乙醇是环境友好的生物质能产品，可作为燃油品质改善剂、增氧剂，以一定比例添加到汽油中，形成车用乙醇汽油。有研究表明，与常规汽油相比，使用乙醇汽油可减少汽车尾气中 40% 的碳排放、36% ~ 64% 的细颗粒物（PM）排放和 25% 的苯排放量，总毒物污染

可减少 13%，能明显降低汽车尾气有毒物质含量。

论文共同第一作者、中国科学院广州能源研究所博士王海永告诉《中国科学报》，我国目前使用的乙醇汽油是用 90% 的普通汽油与 10% 的燃料乙醇调和而成，即“E10 汽油”。据估算，我国每年消耗的燃料汽油在 1.5 亿吨左右，如果在全国范围内推广车用乙醇汽油，那么乙醇的需求量大约在 1500 万吨左右。然而，2018 年我国燃料乙醇年产量只有 290 万吨左右，缺口达 1200 万吨。“因此，燃料乙醇产业的发展前景十分广阔。”王海永说。

“我国是世界上继美国、巴西之后第三大生物燃料乙醇生产国和应用国。”马隆龙告诉记者，然而，从全球范围看，全世界年产生物乙醇约为 5500 万吨，其中美国约占 58%，巴西占 28%，我国仅占 3% 左右。“产品经济性是制约我国生物乙醇发展的主要原因。”

按照技术和工艺的发展进程，业界一般将燃料乙醇分为以玉米、小麦等粮食作物为原料的第 1 代粮食乙醇，以木薯、甘蔗、甜高粱茎秆等经济作物为原料的第 1.5 代非粮乙醇，以及以玉米芯、玉米秸秆等纤维素物质为原料的第 2 代纤维素乙醇。

具体到我国，2007 年 9 月，国家发改委出台《关于促进玉米深加工健康发展的指导意见》，要求不再建设新的以玉米为主要原料的燃料乙醇项目，并大力鼓励发展以非粮作物为原料开发燃料乙醇。作为农业大国，我国拥有丰富的生物质资源，潜力可达 10 亿吨标煤。每年可能源化利用的生物质资源总量约 4.6 亿吨标煤，主要为农林废弃物（木质纤维素）。这些废弃物除了 40% 用作饲料、肥料和工业原料外，还有约 60% 未被有效利用。

因此，“使用非食用的农林废弃物类生物质为原料制备生物乙醇，既解决了它们所带来的环境污染问题，又避免了生物乙醇与人抢粮的问题，使这类生物质资源得到了最大化的利用。”马隆龙说。纤维素乙醇的制备因而成为目前我国学术界和产业界共同关注的热点问题。

一步到位

马隆龙认为，以粮食作物为原料的第 1 代燃料乙醇制备技术已经成熟，但就其总体经济性而言与 1.5 代燃料乙醇仍处于同一个水平。而纤维素燃料乙醇（第 2 代）转化成本高昂，目前还处于无法承受的阶段。“不过，我们近期的研究成果为纤维素乙醇的经济性突破提供了可能。”马隆龙说。

据介绍，现有的燃料乙醇基本上都是通过生物发酵的方式获得的，即先利用化学或者生物（酸或酶为催化剂）的方法将生物质原料降解为可发酵糖，再利用微生物对糖进行发酵得到乙醇。生物质酶解发酵过程具有反应条件温和及乙醇选择性高的优势，但是该过程存在纤维素酶价格高、生产周期长、反应过程抑制因素多等问题。

王海永告诉记者，采取化学催化法可将生物质中的纤维素组分一步定向转化为乙醇，具有原料适应性广、生产强度高和易于放大等优势，有望克服传统生物发酵法制备乙醇存在的极限收率与浓度瓶颈。今年，包括中国科学院广州能源研究所、中国科学院大连化学物理研究所、中国科技大学、厦门大学等在内的科学家团队都先后在这一领域取得了显著进展。

谈及他们这次的突破，马隆龙坦言是“一场意外之喜”。他告诉记者：“我们原来的目

标并不是为了制备乙醇，而只是想寻找新的催化剂和催化体系，可以让纤维素得到更好的转化和利用。然而，无意之中发现 Ni@C 催化剂对乙醇具有非常高的选择性之后，就调整了研究的方向。”

他们的研究发现， H_3PO_4 与中间产物葡萄糖形成的环状二酯配合物可使后者有效活化，在表面带有负电荷的 Ni@C 催化剂协同氢解作用下，精准断裂葡萄糖分子中的 C—C 和 C—O 键生成乙醇。“利用这一方法，我们可以通过‘一步法’将纤维素直接转化为乙醇。从技术上来说，就国内外而言这都是一个全新的路径。”马隆龙说。

向工业化努力

通过 Ni@C 催化剂制备纤维素乙醇，马隆龙他们不仅实现了纤维素一步转化为乙醇，而且乙醇的收率和浓度分别高达 69% 和 8.9%，达到了与传统生物发酵法相当的理论产率和浓度。

不过，他们并不满足于此。马隆龙告诉记者，就理论上而言，通过这一路径，他们可以实现纤维素到乙醇百分百的转化。因此，下一步他们希望将乙醇收率和浓度都做进一步提升。另外，“为了把实验室的结果变为工业化的应用，还有其他一些技术瓶颈需要突破，我们将为此继续努力”。

就降低燃料乙醇经济性而言，转化技术是核心和关键所在。马隆龙认为，他们的实验路径对于第 1 代和 1.5 代燃料乙醇技术也同样适用，可以帮助其进一步降低转化成本。因此，“这一技术有助于我国燃料乙醇总体经济性的提高，为我国的燃料乙醇政策实施提供支撑，让围绕这一政策制定的宏伟蓝图更好地落地”。

中国科学院大连化学物理研究所催化与新材料研究中心研究员李昌志也长期从事生物基化学品制备研发工作。对于马隆龙团队的成果，他给予了中肯的评价，“非常有特色的工作，创新性很高”。

就纤维素乙醇的未来发展而言，李昌志认为，我国的研发目前还处于刚刚开始阶段。从应用的角度来看，科研院所和高校的实验室成果离工业化放大都还有一定距离，需要从各方面进一步提高。（计红梅）

固废行业有望迎来发展“窗口期”

中国能源报 2019.9.9

近日，环保企业陆续公布 2019 半年报。Wind 数据显示，截至 6 月 30 日，环保板块中 131 家上市公司，共实现营收、归母净利润 345.24 亿元、20.16 亿元，同比分别减少 5.06%、53.11%。相比 2018 年底环保板块营业收入、归母净利润分别同比下降 8.34%、212.08%，业绩降幅收窄。

有业内人士表示，随着近半年融资情况好转，业绩虽在下滑，环保行业却逐渐回暖，运营类公司（固废、检测等）与工程类公司（水处理、节能等）业绩分化明显，优质公司表

现出众，特别是固废领域有望迎来发展的重大机遇期。

业绩分化明显

中信证券研报分析，今年上半年业绩来看，板块业绩分化明显。“受政策影响推动，固废板块上涨 32.16%，表现抢眼，监测、节能、大气板块涨幅均在 20 个百分点以上，其余板块涨幅较小。”

“得益于水务、固废、供热等项目不断投产，以及部分公用产品单价提升，运营类公司符合业绩预期；而水处理、节能等工程类等非运营企业则受经营杠杆及政府购买力下降影响，业绩持续下降。其中，固废、检测等行业营收同比增长 38.9%、19.3%，水处理、节能等子板块营收分别下降 6.7%、41.8%。”国盛证券证券分析师杨心武如此总结。

对于今年上半年环保行业的整体表现，E20 环境研究院执行院长薛涛认为，此前四年，PPP 项目需求持续释放，但去年政府发文紧急规范，少量重度参与工程类的纯政府 PPP 公司在业绩上的下滑表现依然未缓解。

“固废等传统特许经营领域总体业绩较好，重资产领域国资背景受金融紧缩的压力相对较小。有一定技术含量的设备商和工业污染治理领域的企业总体业绩也不错。在生态文明建设的需求下环保产业仍处于高增长期，这些特征都在这次报表中有所体现。”薛涛表示。

现金流改善显著

2018 年，国家货币政策收紧，金融监管持续加大力度，金融企业的风险偏好下降，融资成本不断上升，加上 PPP 清库，部分环保企业爆发了债务违约事件，重创环保行业。

2018 年下半年以来，国务院、央行、证监会频频下发融资利好政策，环保行业多次获得政策倾斜。2018 年 10 月，国务院办公厅发布的《关于保持基础设施领域补短板力度的指导意见》被视为环保民营企业的及时雨，同时也打消了市场对于 PPP 项目是否仍然推进的疑虑。

今年 2 月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于加强金融服务民营企业的若干意见》，强调金融机构对民企融资的支持，建立“长效机制”，加快清理政府及国企拖欠民企账款问题；3 月，财政部印发《关于推进政府与社会资本合作规范发展的实施意见》，从规范和支持两个方面提出具体的实施办法。

一系列重要文件相继发布，融资环境有所好转。据央行信息显示，今年 6 月，社会融资新增 2.26 万亿元，同比增加 0.7 万亿元；今年上半年社融累计增加 13.23 万亿元，同比新增 3.18 万亿元。

同时，据记者不完全统计，2018 年下半年至今，环保行业仅上市公司发生 20 多起国资入主民企事件，负债严重或资产相对优异但面临融资难和高成本的企业借助国资平台缓解了资金问题。

中信建投公用事业与环保证券分析师郑小波分析，今年上半年，行业整体经营性现金流净额达 52.16 亿元，实现由负转正，伴随着融资环境边际改善以及国资融资优势落实，融资

性现金流净额突破 300 亿元，将 2018 年上半年将近 150 亿元的资金缺口补齐，现金流状况改善明显。

固废发展机遇凸显

今年上半年，固废板块尤为瞩目。

自去年启动“清废行动”以来，政府从立法和专项行动双管齐下推进固废污染治理。1 月，国务院印发《“无废城市”建设试点工作方案》，提出新时代下城市发展新思路。6 月，《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（修订草案）》审议通过，并首次提请全国人大常委会审议，有望今年正式出台。据了解，本次修订增设生活垃圾分类制度和建立危废分级管理制度。

继今年 7 月 1 日，上海开展垃圾分类工作，截至目前，全国 46 个重点城市全面启动，并对 2020、2022、2025 年城市生活垃圾处理系统提出阶段性要求。同时，“无废城市”进入实践阶段，确立 11 个城市和 5 个特例城区作为建设试点。

郑小波表示，“在整体宏观环境不佳的第二季度，固废板块是唯一维持了上涨行情的板块。政策猛推，大固废迎来发展的重大机遇期。”

此外，郑小波认为，下半年，借着政策利好的不断释放以及融资环境边际的逐步改善，拥有优质运营资产的环保企业有望实现业绩与估值的双修复。

薛涛则表示，下半年基本面上的变化是政府在环保类基建投资方面的力度在加强，比如专项债的新规等，构成利好。“但是也要注意政府在减税、经济增速放缓、地产持续收紧等原因带来的收入下滑的情况下，对以政府付费为主的企业在应收款方面的压力。”（赵紫原）

二代生物柴油：技术已到位 如何抓市场

中国能源报 2019.9.9

采用传统炼油厂的固定床加氢精制工艺处理地沟油，容易造成催化剂中毒、结焦，难以实现稳定生产运行，产品加工成本高、质量不稳定，进而影响进一步推广使用。有了全新生产路线，装置可实现长周期运转，加氢转化率更高、经济性更好。

一瓶是浑浊的地沟油原料，酱油色液体底部可见少许杂质沉淀；一瓶是无色无味的生物柴油样品，装在瓶中透亮见底——在河南鹤壁的三聚环保技术研究中心，记者见到两瓶截然不同的油品取样。二者之间有何联系？中心负责人介绍，把“人见人嫌”的地沟油等废弃油脂变废为宝，转化成清洁、低碳的生物柴油，现已能够实现规模化生产，乃至高效、连续开车。

“通过废弃油脂提炼的产品，也被称为二代生物柴油。相比菜籽油、棕榈油等食用油脂制备的一代生物柴油，前者既不涉及与人争粮、争地等问题，还可实现地沟油的回收利用，减少食品安全隐患，因此越来越受青睐。”清华大学化学工程系应用化学所所长刘德华告诉记者，在全球范围内，生物柴油的年需求量已超 4000 万吨。

技术不断突破、需求逐年攀升，二代生物柴油前景如何？记者就此展开进一步调查。

全新工艺给地沟油“洗个澡”

因具备无毒、低硫、燃烧性能好等优势，生物柴油不仅能与石化柴油按任意比例调和和使用，有效改善低硫柴油的润滑性，还可帮助柴油发动机降低尾气颗粒物、一氧化碳、硫化物等污染排放，特别是以废弃油脂为原料的二代生物柴油，同时起到保障食品安全的作用，可谓一举多得。

“之所以发展二代生物柴油，是因为我们具备技术、设备等开发基础。”北京三聚环保新材料股份有限公司副总裁李林介绍，生产生物柴油所用装备称为悬浮床加氢装置，这也是我国首套自主研发、处于国际领先的劣质重油加工示范装置。“此前，装置主要处理煤焦油、沥青等重劣质原料。通过改进工艺技术，调整催化剂特性、优化反应器等重要的操作条件，如今也能处理地沟油等各类废弃油脂，足以克服原料杂质含量多、提纯难度大等瓶颈。”

“采用传统炼油厂的固定床加氢精制工艺处理地沟油，容易造成催化剂中毒、结焦，难以实现稳定运行，产品加工成本高、质量不够稳定，进而影响进一步推广使用。有了这条全新生产路线，装置可实现长周期运转，加氢转化效率更高、经济性更好。”李林称。

记者了解到，继今年7月初产出符合欧盟标准的二代生物柴油之后，首批5000吨产品已于8月底正式出口，运往欧洲鹿特丹港。同时，三聚环保已与世界第三大石油贸易商贡渥集团等国际企业达成合作意向。“现有产能约6万吨，而且已出现供不应求的趋势，我们准备再上一套规模更大的新装置。”李林透露。

销售终端“最后一公里”待打通

既然不愁销路，包括三聚环保在内的国内相关企业为何纷纷“舍近求远”，将产品销往国际市场？多位企业人士表示，主要是政策驱动的结果。

“在欧美国家，政策已明确要求添加使用生物柴油，并将其纳入二氧化碳减排的相关考核。生物柴油在各地的掺混比例虽然不同，但均为强制添加，否则石化柴油就不能进入市场。加之这些国家自身产量难填需求，进口量逐年增加。”刘德华解释。

相反，我国目前既无生物柴油的强制性添加要求，也未出台明确的推广、使用计划，下游市场长期受限，产品进入销售终端的“最后一公里”迟迟未打通。“既骄傲、又心酸。”刘德华感叹，被国外市场认可，说明产品质量过硬，但好的产品却只能远销“千里之外”，国内市场亟待打开。

除了市场，二代生物柴油面临的另一瓶颈在于原料。李林透露，制备生物柴油，可全部使用地沟油等废弃油脂。受饮食习惯影响，我国食用油脂消费量大，加之国家对废弃油脂无害化、资源化利用的要求越来越高，原料供给本应充足。“然而，国内地沟油的来源和质量尚不稳定，目前除了收集地沟油，我们也从马来西亚等地进口棕榈的酸化油、酸败油等原料。希望未来，建立一套完整的地沟油收集体系。”

如李林所言，对我国大多数生产企业而言，原料获取仍是难题。

“在欧洲等地，从事二代生物柴油生产的往往是中小企业。地沟油来源分散，统一收集难度大，很难一下子组织几十万吨生产。”中国石油流通协会副秘书长尹强指出，目前国内大部分地区，以“原料身份”收集的地沟油尚未形成流通链条，渠道不畅导致很多地沟油流向不明。

一位不愿具名的生产商还称，买卖双方通常会对收购指标进行约定，但因废弃油脂质量差异大、检测难，在缺乏标准化检测手段的情况下，双方极易产生纠纷，原材料采购风险较大。

业界期待政策“推一把”

多位业内人士认为，随着技术不断突破，我国已具备推广生物柴油的基础条件。要真正大面积应用，仍待政策“推一把”。

“在技术层面，从地沟油到生物柴油完全行得通，生产、调配技术以及基础配套等，均不存在问题，最急迫的推广条件就是政策支持。”刘德华建议，出于二氧化碳减排、大气污染治理等现实考虑，国家应尽快明确生物质柴油的添加规定，并在生产经营、推广销售、税收等方面给予鼓励。

站在企业角度，李林坦言，大多数企业投入大量资金、精力用于研发推广，但我国生物柴油调和燃料的价格目前仍与标准柴油同价。“结合生物柴油的环保价值、成本差异等因素，国家能否配套相应的减税或补贴政策，给企业一定支持。”

以我国首个实现生物柴油规模化应用的上海为例，尹强认为，除了关注前端环节，关键还要打通进入加油站的“最后一公里”，并实现产品全链条的质量管理。

“由上海食品安全办牵头，上海首先建立了良好的源头管理体系，做到‘应收尽收’，并辅以严格监管，防止收集、储运过程出现纰漏。其次，通过优胜劣汰，最终确定一家生产企业，集中生产、集中调配，对生产原料和终端产品均有严格化验、严密监管。此外，还设置专项预算，以补贴形式减轻企业负担。”尹强表示，“推广应用是一项系统工程，从收集、生产、加工到调配、销售等各环节，均需要完善的标准规范，不是靠生产商一己之力就能实现，政府力量十分关键。”（朱妍）

构建危废资源化利用和处理处置技术体系

焚烧法是主流技术，密切跟踪等离子体处理技术等

中国环境报 2019.9.17

本报记者班健报道 中国循环经济协会危险废物资源化利用与处置专业委员会（以下简称“危废专委会”）成立大会上，危废专委会专家委员会副主任程新源教授代表专委会做了“构建我国危险废物资源化利用和处理处置技术体系的设想”的报告。他指出，我国针对危废管理的法律、法规、标准体系已经初步建立，监管工作已经全面开展，但危废产生企业和危废处理处置企业急需针对性强、适用性好、处理处置效率高的技术和装备，相关市场需求空前旺盛。

程新源介绍说，目前技术体系尚未建立，许多危废资源化利用和处理处置项目，尤其是技术选择和装备建设处于无序发展状态。危废资源化利用和处理处置中，仍存在对危废的危险性不能全面认识和精准掌握，忽略或轻视次要的危险性，导致危废在装卸、贮存、输送、处理处置过程中出现安全问题，进而引发突发性的环境风险。比如，危废资源化利用和处理处置设施品质不高，在线监控装置缺失，人工操作环节太多，不能满足现代化危废处理企业自动、连续、密闭的要求。此外，对危废资源化理解片面，将危废资源化理解为唯一的商品化，比如不考虑适用范围和适用前提，将危废处理处置过程中产生的副产物牵强地定为副产品等。

程新源指出，焚烧法具有减量化、无害化、资源化等多种功能，是我国目前处理处置危险废物的主流技术，需进一步完善和提高其处理能力，当前应重点突破预处理这一难点，着眼于对不同物理-化学的预处理技术进行组合创新或集成创新；同时，密切跟踪等离子体处理危废技术进展情况；另外，资源化利用是不适用焚烧法危废的首选方法，采用适当方法实现的危废处置循环利用是最佳资源化利用方式，而寻找市场、开发市场则是资源化利用危废的必要条件。

新膜材料不用压力也能净化水

中国科学报 2019.9.12

本报讯（记者唐凤）去除水中的重金属离子对于公共健康具有重要意义，但基于二维材料的薄膜通常需要压力驱动。近日，福州大学教授徐艺军课题组报道了一种对二维碳化钛基薄膜微观结构和表面性质的双重调控策略，实现了该薄膜在无压力驱动的条件下，有效去除水体中的多种重金属离子。相关论文9月9日刊登于《自然—可持续性》。

目前，世界范围内的水资源短缺和水污染问题日益凸显，水净化被公认为是解决水资源匮乏问题的有效途径之一。而水体中的重金属离子污染物具有毒性强、迁移率高和非生物降解等特点，如何去除水体中的重金属离子已经成为全球关注的重要问题。二维材料基薄膜由于其高比表面积、丰富的表面官能团等优点，在去除水体中的重金属离子方面具有广阔的应用前景。然而，由于二维材料在形成薄膜过程中容易堆叠，最终形成具有高密度的致密结构，由此得到的膜材料在水净化应用中通常为压力驱动的过滤膜。此外，二维膜材料只能选择性地吸附特定的重金属离子，在无压力驱动的条件下，在一种二维材料基薄膜上实现多种重金属离子的去除是一个具有挑战性的课题。

徐艺军课题组通过在二维碳化钛组装成膜过程中，引入还原氧化石墨烯，对其纳米片进行插层防止堆叠，从而显著增加膜材料与水体中重金属离子的接触面积。在此基础上，研究人员对二维碳化钛基薄膜进一步进行表面羟基化处理，不仅可以有效改善其水润湿性，而且还可以增强对重金属离子的吸附和还原作用。

在微观结构和表面性质优化的协同效应下，二维碳化钛基薄膜对于水体中的多种重金属阳离子和重金属阴离子有明显的去除作用。此外，回收的二维碳化钛基薄膜可以进行再生处

理，实现循环利用。

专家表示，该研究为合理利用二维材料基薄膜，实现其在水体净化中的应用开辟了一条可能的新途径。

蚌埠打造千亿级生物基材料产业

突破“卡脖子”技术，用生物材料替代石油化纤、石油塑料

中国环境报 2019.9.10

本报记者徐卫星蚌埠报道 近日在安徽省蚌埠市举行的第25届中国国际化纤会议上，蚌埠市人民政府、中国化学纤维工业协会、安徽丰原集团有限公司3方共同签署《安徽蚌埠千亿生物基材料产业园建设战略合作框架》，以推动生物基材料技术升级，促进生物基材料产业的发展。

据了解，塑料、化纤按制作原料不同可分为生物基和石油基，生物基即原料来源于生物质而制成的材料，石油基即原料来源于石化原料制成的材料。以纯生物质为原料制成的高分子材料大部分是环保、无毒、可生物降解的，以纯石油化学品为原料制成的高分子材料大部分是不可降解的。

“生物基材料是指以光合作用形成的可再生的生物质资源为原料，如植物的根、茎、果，利用其含有的淀粉、纤维素、半纤维素转化为五碳糖、六碳糖，通过生物发酵技术转化为生物制品，再经提纯、聚合成高分子环保生物材料。”安徽丰原董事长李荣杰介绍，生物基可降解材料在微生物作用下或堆肥条件下能分解成二氧化碳和水，具有环保、无毒、可降解等特性，有着广阔的市场应用空间，在塑料、包装、制造业和医药行业等领域有着大规模的需求。其中，生物基可降解材料如聚乳酸（简称PLA）、聚丁二酸丁二醇酯（简称PBS）是生物可降解材料领域增长的主要驱动力，是目前国际上生物可降解材料中产量最大、应用范围最广、性价比最高，最贴近石油基聚酯的可生物降解材料，将占到生物可降解材料市场份额的70% - 80%。

蚌埠市委书记汪莹纯表示，经过近20年的研发，安徽丰原聚力突破生物基“卡脖子”技术，全面掌握了世界领先的聚乳酸全产业链生产技术，率先建成了世界首条千吨级聚乳酸纤维生产线，从根本上解决了聚乳酸材料的成本和性能问题，是国内唯一一家可以以玉米等粮食作物，或者以秸秆纤维素为原料生产聚乳酸切片的企业，实现了全产业链一体化生产。目前，蚌埠正依托丰原集团等骨干企业，倾力打造安徽省重要的生物基材料新兴产业基地、全国领先的生物基材料之都、国际化的聚乳酸产业集群。

中国化学纤维工业协会会长端小平表示，我国化纤工业经过60多年发展，生物基化学纤维主要品种在国产化装备、工艺技术的产业化建设等方面取得重要进展。希望生物产业园的建设将在未来几年能够在生物材料领域取得实质性突破，为化纤行业的转型升级做出新的尝试，竖起生物材料领域新的里程碑。

生活垃圾处置关键要做好干湿分类

中国环境报 2019.9.20

笔者近日在一家垃圾焚烧厂调研时，厂方负责人表示，非常期待能够把含水分高的餐厨垃圾分离出来。

目前我国城市生活垃圾处置方式主要有3种：卫生填埋、焚烧发电和堆肥。垃圾焚烧具有占地少、减量多、能源可利用等优点。近年来，由于长三角、珠三角及京津冀等区域土地资源十分紧张，生活垃圾焚烧发电作为填埋的替代技术得到快速发展。由于餐厨垃圾水分大，混合在其他生活垃圾中焚烧发电会导致热值低，而且塑料类、有毒有害垃圾进入焚烧炉后，会增加二噁英、重金属等污染物的排放。因此，亟待改变我国城市生活垃圾混合收集的现状。

卫生填埋技术占用土地较多。随着我国城市化的发展，人口密集的中东部地区和大城市正面临着“无地可埋”的局面，多将焚烧发电作为未来垃圾处理的主要技术选择。但卫生填埋对这些地区仍然起到垃圾处理的辅助功能：处置焚烧后产生的残余物质，部分不适合焚烧的建筑垃圾；作为城市生活垃圾应急处置备用场地等。因此，填埋仍然发挥着保底作用，对任何一个城市而言都是不可或缺的。有些地区虽有地可埋，但因“邻避效应”，民众不让在自家旁边处理垃圾，卫生填埋选址难度较大。

堆肥是处理餐厨垃圾最有效的方法。城市生活垃圾中，餐厨垃圾、不可回收垃圾、可回收垃圾各占1/3左右。可回收垃圾通过各阶段的回收基本能够得到综合利用。如果再把分类出的餐厨垃圾很好地回收利用起来，可以减少一半的垃圾处理量。

那么，如何推动城市垃圾分类和减量？德国的做法是按照源头削减、回收利用（包括堆肥）、焚烧回收能源、填埋处理的顺序，规定只有在第一层技术方案不能被利用时，才能使用下一层技术方案。

针对当前我国城市生活垃圾的主要处置方式，垃圾分类首要的是干湿两分法。居民餐厨垃圾如果与其他生活垃圾混合存放，餐厨垃圾容易变质、腐烂、滋生病菌，在垃圾收集、运输和末端处理过程中成为污染源。填埋时还会滋生蚊蝇，产生臭气和渗滤液，焚烧则会影响热值，产生二噁英等。湿垃圾分离出来后，可以减少填埋场渗滤液，降低垃圾填埋场污水处理运行成本；垃圾总量减少，也使垃圾填埋场寿命延长。对垃圾焚烧厂而言，不仅降低了渗滤液处理成本，而且优化了焚烧垃圾的组分，提高了垃圾热值。

从垃圾末端处理来看，地方政府要注重发展垃圾堆肥技术。分类收集只是垃圾处置的前端环节，垃圾分类的效果很大程度上依赖于后端的回收、资源利用、垃圾处置。从整个垃圾处理流程看，如果末端处理环节不通，前端的分类就成了一种无用功。目前我国大中城市垃圾处理以填埋或焚烧发电为主，受市场、技术等影响，垃圾堆肥厂的肥料销售比较低迷。部分城镇垃圾处理只有填埋一种方式，由于未建垃圾堆肥厂，餐厨垃圾被私人作坊回收，喂

猪、喂鱼，造成“垃圾猪”“垃圾鱼”，或利用泔水提炼地沟油。因此，推动餐厨垃圾无害化堆肥处置是一个亟待引起重视的问题。

此外，地方政府还要抓住居民垃圾分类处置这个基础环节。采取宣传、监督与奖励结合的方式，引导居民做好生活垃圾分类。街道组织社区结合自身特点开展宣传，引导居民自觉分类。同时，社区可建立居民指导员监督制度。目前有的地区已尝试每 50 户居民住户设一个指导员，监督分类不合要求的居民户；社区对居民指导员进行监督，查看指导员的出勤率及分拣质量。社区对分类做得好的居民实施奖励，提振居民的积极性。此外，也要发挥物业公司在垃圾分类中的主体作用，物业公司可以要求保洁员做好二次分拣和垃圾破袋工作。

好看好玩风光美高新技术处处见“范”

广州日报 2019.9.30

夕阳西下，在黄埔区一个小山坡上，余晖落在了草地，花开得正红；而在白云区的这一边，小学生们正步出大门，刚才的课外实践课程可真是大开眼界，大家意犹未尽地还在回头观望要多看几眼；不过，让人印象最深的是南沙区这个“七彩乐园”，虽然它没有游乐园的设施，但确有乐园般的炫丽外表，充满童趣的形象，让人有了来到游乐园的感觉……这些地方不是什么公园或者风景区，它们是分布在全市各地、肩负着广州生活垃圾废弃物处理的七座资源热力电厂和填埋场。

不少人在参观后，把热力电厂的照片和视频分享到社交网络上，让这些厂房也变成了网红打卡点，前来参观的人也越来越多，评价也越来越高。那么这些环保热力电厂究竟有什么这么吸引人？有哪些亮点不容错过？下面，就让我们来逐个数吧。

广州环投集团专题

人气最高▶▷市第一资源热力电厂

现在，每天都有大批市民游客排队前来参观各个热力电厂。哪个人气最高、最受欢迎？那就非第一资源热力电厂二分厂莫属了，自 2013 年 6 月开放以来，这里一共接待国内外观众 7.8 万人次，包括多位领导人都有来这里参观，各界好评如潮。

为什么这里这么受欢迎？这也许与该厂是广州首个投入正式运营的热力电厂不无关系，该厂当年为处理广州垃圾处理立下了“汗马功劳”，当年一分厂日处理能力达到了 1000 吨，采用了日本三菱马丁垃圾焚烧发电技术，实现了垃圾处理的典范。

第一资源热力电厂二分厂环保科教中心总参观面积超过 3000 平方米，分为垃圾储坑及城市矿产活动区、垃圾分类活动区、生产工艺流程活动区、青少年活动区、多媒体影音厅、沙盘模型演示区。走进生产工艺流程活动区，可以直观地全程、全方位了解垃圾焚烧处置全过程，从垃圾进入库存、抓取入炉、焚烧化灰，观众都能直观感受。这里也有多媒体影音厅，可观看二分厂垃圾焚烧技术卡通宣教片，特别受到小朋友的喜爱。

广州市第一资源热力电厂投产运营以来，凭借着安全高效的运营能力，舒适优雅的环境

境，获得了多项国家级荣誉和社会各界的广泛赞誉，其中一分厂 2013 年被评为“国家 AAA 级生活垃圾焚烧厂”；二分厂 2014 年荣获“广东省环境教育基地”称号，2015 年被评为“国家 AAA 级生活垃圾焚烧厂”，同时荣获“国家人居环境范例奖”“国家优质工程奖”以及“全国中小学生环境教育社会实践基地”等荣誉称号；2016 年荣获“国家环保科普基地”等荣誉；2017 年被评为“广州市党员教育基地”；2019 年被评为“电力科普教育基地”。广州市第一资源热力电厂环保科教中心已成为广州市环保设施开放和宣传教育的一张亮丽名片。

面积最大▶▷兴丰生活垃圾卫生填埋场

垃圾处理终端设施，哪个面积最大？哪个吞吐量最大？答案是广州市兴丰生活垃圾卫生填埋场。位于广州市白云区兴丰循环经济产业园内，总占地面积 159.29 万平方米，设计总库容 5780 万立方米，高峰期日均处理生活垃圾达到 12000 吨，是国内乃至亚洲地区规模最大的生活垃圾填埋场之一，创下国内生活垃圾填埋场项目的三个“第一”。分别是：

国内第一个通过国际招标设计，并根据国际标准和规范建设的特大型生活垃圾填埋场。

国内第一个采用双衬层防渗系统的生活垃圾填埋场。

国内第一个采用反渗透工艺处理渗滤液的生活垃圾填埋场。

不过，可不要以为兴丰生活垃圾卫生填埋场只有“大”这个外表，其内涵技术也让人竖起大拇指，每一项都是国内外领先技术。这里采用了“多层防渗结构”技术，填埋区边坡和底部预铺设双衬层防渗系统和渗滤液收集导流层等 7 层防渗结构，有效防止渗滤液污染泥土及地下水资源。还有“渗滤液处理”技术，采用自主研发的脱氮工艺进行处理，达到国家要求的排放标准，再利用膜分离技术处理，满足城市生活杂用水标准和生活垃圾填埋场污染控制标准，处理后出水部分用于场内的清洁和绿化。自建场投入运营以来，已处理渗滤液超过 1699 万吨。

另外，这里还能“沼气发电”，沼气收集管网系统将沼气集中输送到场区内的沼气发电厂进行综合利用。目前场内设有 3 个沼气发电厂，年发电量达到 4.8 亿度。

海拔最高▶▷市第三资源热力电厂

俗话说“万丈高楼平地起”，不过，广州市第三资源热力电厂还真不是盖在平地上，该项目可是削山而建，建设过程中挖填方总量 600 万立方米，60 多米的边坡落差，是国内首个建于高填方边坡上的电厂，被视为国内同类项目中规模最大、难度较高的项目之一。

广州市第三资源热力电厂位于黄埔区九龙镇福山村福山循环经济产业园内，占地 7.7 万平方米，主要负责处理广州市中心城区的生活垃圾。项目配备 6 条 750 吨/日焚烧线，日处理规模 4500 吨，年处理生活垃圾约 146 万吨，年发电量约 5.84 亿度。这里采用的技术同样让世界艳羡：采用世界先进的“SNCR（选择性非催化还原技术）+半干法脱酸+活性炭喷射吸附+布袋除尘器”的烟气净化组合工艺，烟气排放指标全部优于最新国标，多项指标甚至优于欧盟标准。

虽然身处山坡，但这也为厂房带来了无可比拟的自然环境。园区内种有许多鲜花、设水源生态地，每天站在厂房景观带，看到山坡周围郁郁葱葱，小鸟不时低飞觅食，蝴蝶绕着小花翩翩起舞，成为众多厂房里最具乡村气息和自然气息的厂房。特别是夕阳西下时，厂房被照出了长长的身影，这时只需选好角度，逆光拍照，准能拍出“大片”。

该厂最具网红风范的“打卡点”就是国内首创的烟囱观景平台，在这里近可俯瞰厂区与山林，远可向南眺望广州 CBD，园区内花海、水源生态地尽收眼底。据悉，这里二期工程还将把厂房立面设计与香雪梅花相结合，把整个循环产业园打造成城市新景观。

值得一提的是，在这里也面临着山区缺水的难题，这给电厂冷却工艺带来更大考验。尽管园区通过污水处理，能够实现水资源循环利用，但是仍然需要大量的外部补充水。第三资源热力电厂在厂房上安装了4个重1000吨的“空冷岛”，创造性地采用了“风冷为主、水冷辅助”的冷却工艺，有效解决水源紧缺问题，节约占地面积10%以上。这对于在多山、缺水地区建设资源热力电厂，更具示范效应。

外观最炫▶▷市第四资源热力电厂

七彩缤纷的外形色彩、充满想象力的多变造型、远看近看都如游乐园般充满童趣，在广州市第四资源热力电厂，无论是流光溢彩的外观造型，还是“园林式”的厂区，都让人眼前一亮，充满亲和力。这里被一致评为“外观最炫”的热力电厂，不只小朋友喜欢，就连家长来到这里，都要驻足细细品味。

在厂房区内，采用传统岭南园林景观为基础进行设计，打造前庭后院的空间格局。除了优美的环境，这里设计开发的垃圾分类互动游戏、垃圾焚烧发电互动流程图、资源再利用产物互动橱窗、简单易懂的工艺展示等科普展示，也深受小朋友们的喜爱。小朋友可以参观厂房的中控室，观看垃圾焚烧的全过程，对垃圾的终端处理有全面、直观的认识。

事实上，广州市第四资源热力电厂并不是徒有外表，占地面积9.44万平方米，设计日处理生活垃圾2250吨，配备3台750吨/日往复式炉排垃圾焚烧炉和2台25兆瓦凝气式汽轮发电机组，同时配套烟气净化系统、废水处理系统、灰渣处理等环保工程，采用全球领先的工艺，实现零排放和资源回收利用。第四资源热力电厂的建成投产，实现了南沙区原生生活垃圾零填埋，使南沙区的生活垃圾得到减量化和无害化处理、资源化变废为宝，生活垃圾日产日清，从根本上保障了区域生态环境。

经济带动力最强▶▷市第五资源热力电厂

广州市第五资源热力电厂位于广州市花都区赤坭镇，占地面积10.67万平方米，设计日处理生活垃圾2250吨，配备3台750吨/日机械式炉排垃圾焚烧炉和2台25兆瓦汽轮发电机组，同时配套烟气净化系统、废水处理系统、灰渣处理等环保工程。

广州市第五资源热力电厂的建成投产，可谓意义重大。除了使花都区的生活垃圾得到减量化、无害化、资源化处理，有效提升固废处理的技术水平和管理水平，满足资源循环利用的绿色社会需求，更重要的是对花都区建设广州临空经济开发区和现代宜居生态城市具有积

极的推动作用。

目前该厂投产后，辐射带动周边区域规划建设环保产业园区，让周边布局城市环保及节能设备制造产业，带动片区经济可持续发展。广州市第五资源热力电厂被外界一致认为符合经济可持续发展的要求，具有良好的社会效益、环境效益和生态效益。

环保技术最新▶▷市第六资源热力电厂

如果说广州市第四资源热力电厂拼的是“颜值”，那么广州市第六资源热力电厂拼的是“内涵”，事关广州市第六资源热力电厂拥有当今多项最新的环保技术，是不折不扣的“技术范”。

位于广州市增城区仙村镇碧潭村五叠岭的广州市第六资源热力电厂，占地面积13.33万平方米，一期工程于2018年3月正式投产，配备3台750吨/日往复式炉排垃圾焚烧炉和2台25兆瓦凝气式汽轮发电机组，设计日处理能力2250吨，每年可处理生活垃圾73万吨，年发电量约2.63亿度。

该厂烟气净化系统借鉴吸收传统发电厂超洁净排放技术，在国内垃圾焚烧发电行业首次应用先进的“SNCR+SCR”双脱硝和“半干法+湿法”双脱酸烟气处理工艺。经过检验，实际排放指标大幅优于国标2014，并且全面优于包括欧盟2010、日本新建垃圾焚烧电厂设计基准值等排放标准，达到全球领先水平。

这里垃圾焚烧产生的炉渣经过专门处置后制成环保砖，广泛应用于市政建设。垃圾渗滤液经配套污水厂处理达到城市杂用水标准后，再回输用于厂内绿化清洁和循环冷却水补水，实现污水“零排放”。

该热力电厂投产后，消纳了增城全区的生活垃圾，为该区实现原生生活垃圾零填埋和减量化、无害化、资源化处理利用发挥了关键作用，为增城区建设广州现代产业新区和生态宜居新城贡献了积极力量。

其实，该厂也拥有良好的生态园景观，融入体验展示和科普教育，因地制宜打造了具有独特岭南风情的环保宣教中心，面向公众广泛开展环境保护和垃圾分类科普宣传教育工作。自去年开放以来，中心优美的生态景观、先进的展示手段和丰富的互动体验，得到了外界一致好评，为进一步提高公众的环境保护意识发挥了积极作用。

村企关系最和谐▶▷市第七资源热力电厂

广州市各个资源热力电厂不只是广州垃圾处理的“功臣”，还是为当地村舍提升人居环境、带动就业的“发动机”。在广州市第七资源热力电厂投产后，面向村民提供了约70个后勤服务岗位，拓展村民就地就近就业渠道，协助潭口村解决富余劳动力就业问题。该厂计划到2020年再安排30名富余劳动力就业。村民们就业问题得到逐步解决，稳定增收有了保障，家庭经济情况逐渐向好，为实现乡村振兴打下坚实基础。

在增进民生福祉方面，广州市第七资源热力电厂亮点多多。联合潭口村委开展“村企共建，和谐发展”主题活动暨“千企帮千村，环投在行动”捐赠仪式，向潭口村敬老院捐

赠空调 35 台，用于改善敬老院生活条件。同时，在潭口村公共服务站设立“爱心书屋”（中小学生阅览室）。广州环投集团团组织定期组织志愿服务队到爱心书屋开展各类中小學生主题教育活动，为潭口村中小學生提供一个健康、舒适的课余互动平台。

最让村民津津乐道的是，广州市第七资源热力电厂为当地带来了基础设施的升级改造。该厂为村主干道安装路灯，实施照明工程，修建 6 座公交车候车亭，改善村民候车条件，还修建 4 处垃圾投放点，打造乡村垃圾分类示范点，另外还改造排洪渠以及开展村屋外立面整饰，提升村落环境。为协助解决潭口村自来水供应问题，第七资源热力电厂取水工程对原供水管道铺设路线进行调整，在靠近潭口村口处预留接口便于自来水接入。下一步，将继续对村原有用水管网进行优化整改。现在，村民的居住环境大为改善，生活更加开心和舒适。

另外，该厂开展支部结对共建，实施党建引领。广州环投集团的从化公司党支部与潭口村党支部结对共建，定期联合开展“党旗红、乡村美”人居环境整治主题党日活动，对潭口小学和村道进行清扫整治，使村落整体的绿化和卫生环境得到了进一步的改善。

最新规划

生活垃圾焚烧处理能力达到 15500 吨/日

生化处理能力 2700 吨/日

形成“焚烧为主、生化为辅、填埋兜底”分类处理格局（到 2019 年年底）

生活垃圾处理能力 2.8 万吨/日以上（到 2021 年）

焚烧处理能力进一步达到 3.3 万吨/日

餐厨垃圾处理能力达到 5000 吨/日（到 2022 年终端处理设施二期建设完成后）

小麦秸秆综合利用率达 96.49%

中国环境报 2019.9.19

本报讯 记者近日从西安市农业农村局获悉，今年以来西安市从农业面源污染治理、畜禽粪污资源化利用和化肥、农药减量化等方面入手，加强农业生态环保工作，坚决打好蓝天、碧水、净土、青山四大保卫战。

今年初，西安市农业农村局制定印发了《2019 年加强农业生态环保工作助力四大保卫战实施方案》，主要涉及 8 个方面、13 项主要任务，明确分工、责任和目标任务。同时，全市各区县农业农村部门也成立了农业污染治理工作机构，形成了市、区、县联动抓落实的工作格局，促进农业污染治理工作有序开展。

在农业面源污染治理方面，积极推进农作物秸秆综合利用，已完成蓝田县、临潼区饲草化利用项目。同时，安排市财政专项资金 150 万元扶持涉农区县秸秆综合利用示范工程建设，全面推进“三夏”秸秆综合利用。全市共完成小麦秸秆综合利用面积 218 万亩，利用率达到 96.49%。此外，鄠邑区推进小麦秸秆工业化利用试点，今年收购小麦秸秆 1000 吨，加工成粉末销售到深圳。

在畜禽粪污资源化利用方面，实施粪污治理设施建设。目前，全市畜禽粪污综合利用率达到 86.29%，规模养殖场粪污处理设施装备配套率达到 90.46%。同步开展农业污染源普查，完成全市畜牧污染源普查对象基本名录比对核实工作。积极组织产排污核算工作，完成了 792 个畜禽规模养殖场的产排污核算工作，通过率为 100%。

在化肥、农药减量化方面，目前，全市累计推广测土配方施肥 252.16 万亩、统防统治面积 107.3 万亩次，减少化肥用量 1.67 万吨、农药用量 20.9565 吨，主要农作物测土配方施肥技术覆盖率达到 90%。同步开展农资市场专项检查宣传活动 12 次，规范市场秩序。开展耕地质量保护提升技术示范田建设 1.2 万亩，开展肥料利用率、配方肥效对比等 8 个田间试验。

在废旧农膜、农药包装物回收方面，研究制定了《西安市废旧农膜及农业废弃物回收利用示范点建设规范》，召开全市现场观摩会，安排部署地膜回收利用工作。在春耕备耕期间开展地膜回收工作，建立回收点 32 处，回收废旧地膜 52 吨，农膜回收率达到 65%。

在水源地保护方面，以畜禽粪污乱排乱放问题为重点，对秦岭区域农业面源污染进行全面摸排和检查，未发现畜禽养殖场乱排乱放现象。同时围绕农药化肥零增长、养殖业污染防治、秸秆综合利用、废旧农膜回收等工作，开展农业生态监管，做好信息统计上报。开展饮用水水源地农业生产情况调查统计，成立 3 个专业督导组，开展督导检查。

加强协作推进土壤污染防治，目前已基本完成农产品产地土壤及农产品重金属监测采样任务，全市共完成样品采集 136 个，完成率达 98%。此外，加大农业生态环保工作的宣传、督查、指导力度。进一步增强农业从业人员的生态环境意识，加大督查力度，落实行业指导和区县抓落实两个责任。（王双瑾）

推进建筑节能 引领绿色发展

报告预计，“十三五”中期建筑部门可节约标准煤约 5250 万吨

中国电力报 2019.9.21

当前，我国正处在城镇化快速发展时期，经济社会快速发展和人民生活水平不断提高，导致能源和环境矛盾日益突出，建筑能耗总量和能耗强度上行压力不断加大。近日，中国建筑科学研究院发布《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》报告预计到 2020 年，北方地区建筑领域煤炭消耗为 2.66 亿吨标准煤。报告指出，用户侧能效提升和热源侧煤炭消耗替代是降低我国建筑领域煤炭消费的主要手段。

建筑部门具备节能潜能

记者从中国建筑科学研究院了解到，建筑运行阶段消耗的能源种类主要以电、煤、天然气为主。城镇住宅和公共建筑这两类建筑中 70% 能源均为电，而北方供暖和农村住宅这两类建筑中，消耗煤的比例比电更高。我国建筑领域的煤炭消费主要集中在北方城镇供暖和农村住宅（采暖、炊事等）。

据中国建筑科学研究院统计数据显示，2018 年，北方采暖地区既有居住建筑节能改造

预计完成1亿平方米，可形成约300万吨标准煤节省能力；全国实施节能改造的公共建筑预计完成2000万平方米，可形成280万吨标准煤节省能力。

报告指出，我国“十三五”中期建筑部门可节约标准煤约5250万吨，符合政府“十三五”规划预期。其中，通过城镇新建建筑全面执行国家最新建筑节能标准、引导重点地区制定75%或更高的地方标准、积极开展超低、近零能耗建筑建设示范、鼓励农房按照节能标准建设和改造等措施节约标准煤2250万吨；通过节能改造既有居住建筑2.5亿平方米，节约标准煤约800万吨；通过节能改造公共建筑5000万平方米，节约标准煤约700万吨；在可再生能源建筑应用方面，通过太阳能热利用和太阳能光电利用，可形成1500万吨标准煤节省能力。

中国建筑科学研究院有关人士指出，“十三五”时期是我国全面建成小康社会的决胜阶段，经济结构转型升级进程加快，人民群众改善居住生活条件需求强烈，住房城乡建设领域能源资源利用模式亟待转型升级，推进建筑节能与绿色建筑发展面临大有可为的机遇，潜力巨大。

有效降低建筑领域煤耗

报告指出，用户侧能效提升和热源侧煤炭消耗替代是降低我国建筑领域煤炭消费的主要手段。报告建议，我国应从以下四个方面降低建筑领域煤炭消费总量。

一是全面提升建筑节能水平。做好75%建筑节能标准的全面实施，推动严寒及寒冷地区城镇新建居住建筑加快实施更高水平节能强制性标准，提高建筑门窗等关键部位节能性能要求，引导京津冀、长三角、珠三角等重点区域城市率先实施高于国家标准要求的地方标准，在不同气候区树立引领标杆。

二是深入推进清洁取暖工作。加强统筹管理，各省市成立清洁取暖工作领导小组，明确部门职责与分工，建立部门联席会议机制，保障政策针对性、长效性。因地制宜选择技术路线，要充分考虑建筑类型、经济水平、气候条件、资源条件和居民习惯等，增强清洁取暖改造效率。

三是加强科技创新能力建设。应通过市场化机制提升建筑能效，建立创新机制体制，保障补贴政策退出后的市场良性发展。鼓励和支持绿色供暖企业通过技术创新不断提高产品的保暖和节能减排性能，开发创新绿色供暖技术。

四是积极推进国际科技合作。强化超低能耗绿色建筑与建筑节能国际合作，继续扩大超低能耗绿色建筑国际技术合作和试点示范规模。

“建筑节能是清洁供暖中优先考虑的，但实际上农村清洁供暖中建筑节能工作推进缓慢，主要原因是投入的周期相对较长，改造费用比较大。建筑节能在农村批量的、规模化的推广现在还不具备条件，主要问题是经济问题。”日前，中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院院长徐伟在第四届中国散煤综合治理大会上表示，在建筑节能上适度投入可能是收益最大的一个举措。他建议，在一些有富有的地区，新农村建设过程中可以开展试验示范。

四、太阳能

建设世界一流光伏产业宣言

国家电力投资集团有限公司

2019年8月31日

中国电力报 2019.9.3

2016年8月23日，习近平总书记视察国家电投黄河公司时，做出了“一定要将光伏产业做好”的重要指示。三年来，国家电投牢记嘱托，创新实践，建成了国内领先的光伏研发、组件生产、实验验证、智能运维的光伏产业体系，光伏发电装机由600万千瓦增加到1686万千瓦，位居世界第一。

发展好光伏产业，是习近平总书记提出的“四个革命、一个合作”能源安全新战略的重要组成部分，是党的十九大提出“构建清洁低碳、安全高效的能源体系”的重要组成部分，是我们“建设具有全球竞争力的世界一流清洁能源企业”的核心要求。为此，我们发布国家电投光伏产业发展宣言：到2025年，国家电投将建成装机规模最大、核心技术突出、行业全面引领的“世界一流光伏产业”。

我们将致力于构建以绿色电力为核心的现代能源体系，承担保障国家能源安全责任。抓住全球能源转型机遇发展壮大光伏产业。到2025年，新增光伏发电装机2800万千瓦，装机总量达到4500万千瓦，保持世界第一光伏装机规模。在供给侧实现光伏与核火水风等多能互补电网友好型发展，在需求侧实现光伏与氢能、储冷、储热等相关能源转化延伸，推动规模化替代化石能源。

我们将致力于以创新为第一动力，引领世界光伏技术发展新前沿。在全球布局若干世界级光伏产业研发中心和光伏实验实证基地，拥有一批海内外高端科研领军人才，掌握国际最前沿光伏发电、制造核心技术，全面建设智慧光伏发电生态体系，形成在国际光伏标准制定领域的影响力和话语权。

我们将致力于探索生态光伏发展新路径，因地制宜壮大“美丽经济”。充分利用建筑物、水面、荒地等资源发展分布式光伏，拓展“光伏+”资源高效利用新模式。结合沙漠、荒地生态恢复治理，规模化开发利用西部地区光照资源，实现“绿电”东送，变荒漠为“绿水青山”。

我们将致力于务实推进“一带一路”合作，贡献能源清洁低碳转型中国方案。在“一带一路”沿线国家建成多个以光伏发电为主的大型清洁能源基地，与世界更多国家共享清洁绿色能源。

“一定要将光伏产业做好”，是造福国家、造福人民、造福世界文明的伟大事业。国家电投将携手国内外各界同仁，并肩前行，一起建设美丽中国、共创人类绿色新家园！

“分布式光伏系统智慧运维技术”项目启动

中国电力报 2019.9.5

本报讯（记者朱怡）报道9月3日，由国网科技部、互联网部、发展部指导，国网电商公司（国网金融科技集团）主办的国家重点研发计划“分布式光伏系统智慧运维技术”启动会在京召开，标志着该项目正式进入实施阶段，国家电网公司在国家可再生能源建设过程中将承担更重大的责任，其研究成果也将对我国新能源产业链的健康发展起到积极的推动作用。

据了解，国家重点研发计划“分布式光伏系统智慧运维技术”项目，由国网电商公司（国网金融科技集团）牵头，联合17家单位组建了集“产、学、研、用、维”于一体的科技攻关团队。该项目通过构建“状态全息感知、故障精准诊断、设备智能巡检、运维优化决策、效果实时评估”的智慧运维体系，研发标准化智能采集和运维装置及资源共享大数据云平台，应对分布式光伏规模化发展面临的运维难度大、效率低、成本高的行业难题。项目还将在安徽、湖北、江苏开展差异化场景示范应用，最终形成可复制、可推广的系统性成果，促进分布式光伏产业健康快速发展。

作为国家电网公司“三型两网、世界一流”战略目标提出以来，首个获得国家部委立项的国家级示范项目，该项目是国家电网公司推进能源产业转型升级、构建光伏行业健康生态体系的重要举措，将为深化能源生产和消费革命、推动我国能源清洁低碳转型发展作出具有战略价值的有益探索，有着重大战略意义。

下一代太阳能电池能效创新高

中国科学报 2019.9.2

澳大利亚国立大学官方网站近日宣布，该校研究人员在太阳能电池能效转换方面开辟了新的领域，人们借此可以窥见该技术未来的发展前景。

该校工程与计算机科学学院副教授托马斯·怀特、博士彭军（音译）等研究人员创造了21.6%的能量转化效率的新纪录，这是钙钛矿电池在一定尺寸上达到的最高效率。这意味着注入电池的阳光中有21.6%会被转化为能量。

托马斯·怀特称，与之形成对照的是，目前安装在屋顶上的比较典型的太阳能电池板的效率只有17%到18%。

“太阳能电池的研发，主要基于三点，即让电池变得高效、稳定、便宜。”怀特认为，“就此来看，钙钛矿电池是太阳能电池的未来，也是下一代电池的重点所在。”

“就钙钛矿太阳能电池而言，其现在的能量转换效率是富有竞争力的，而且成本是其一大卖点。现在真正的挑战是使它们足够稳定，以便可以在屋顶上使用。例如，它们必须能够在极端温度下使用25到30年。”怀特表示，其最终的目标是将这些钙钛矿与硅结合成串联

太阳能电池，“把这两种材料放在一起，可能会比单独一种材料的效率更高”。

怀特和他的团队多年来一直致力于改进钙钛矿太阳能电池。钙钛矿材料含有丰富而廉价的化学元素，包括碳、氢、氮、碘和铅等。

“目前95%的太阳能电池是由硅制成的。它是一种非常好的材料，但在未来5到10年内，其效率将达到上限。”怀特说，“而要想制造出真正好的串联太阳能电池，必须让两种电池尽可能高效地工作。因为硅不能变得更好，所以我们一直专注于另一半的组成——钙钛矿。”

新的效率纪录意味着钙钛矿电池现在每平方米可以产生216瓦的电力。

怀特说：“当它们规模小的时候，就很难准确地测量它们，而且也不一定能代表如果规模扩大会发生什么。因此，我们的研究结果在许多人认为最小的尺度——一平方厘米上是最高的。”

为了达到这一创纪录的结果，彭军开发了一种新型纳米结构材料。“一种高效率的太阳能电池必须能够同时产生高电压和高电流。”彭军说，“虽然很难同时实现这两种功能，但电池中的纳米结构层使之成为可能。”

该团队的研究成果得到了CSIRO光伏性能实验室的独立验证。该实验室是南半球唯一一个被认证为太阳能电池效率达到国际标准的实验室。

该研究获得了澳大利亚可再生能源署的资助。（计红梅编译）

光伏点亮新生活

中国城市能源周刊 2019.9.9

“湖北黄石市靠矿起家，曾被誉为中国工业的“钢铁粮仓”。矿产资源，成就了黄石昔日的辉煌；然而，过度开采也使黄石走到了“矿竭城衰”的边缘。近年来，黄石通过在废弃地矿山、农田和鱼塘等地方建设光伏电站，逐步探索出了一条“光明”的转型之路。”

光彩山重现“光彩”

盛夏时节，站在黄石市铁山区的工矿废弃地复垦试点现场，一排排蓝色的光伏板正尽情地享受着“阳光浴”，给黄石带来了源源不断的电力。

黄石过去经济结构“黑重粗”突出。据了解，铁山区的光彩山曾是武钢大冶铁矿的排土场，由露天采掘所废弃的矿渣、废石、废矿等堆积而成，1000余亩的山坡被破坏地千疮百孔。据介绍，这里一年四季尘土飞扬，不少市民患有呼吸系统和结石类疾病。同时，崩塌、滑坡和泥石流等地灾隐患，威胁着周边2000多户居民生命财产安全。“因为矿山上大都是遗弃的土块，土质比较疏松。另外矿山裸露得比较厉害，植物在这上面基本生长不起来。”黄石市发改委能源办主任蔡林说。

转型发展，迫在眉睫。2012年，黄石决定把产业转型作为“生态立市、产业强市”的根本，摆脱“恋矿情结”“唯矿思维”的束缚。同年4月，铁山区获得资金后开始对工矿废

弃地进行治理。到2014年，光彩山已经完成了生态修复。于是，黄石铁山区因地制宜，在废弃地上简单平整后铺上光伏板，建设发电站。

经过矿山修复，充足的阳光和大片的荒山吸引了英利集团前来投资。据蔡林介绍，该项目于2015年开始建设，英利集团在1000亩的铁山上建起了30兆瓦光伏发电项目，2017年6月已经实现并网。

黄石有关业内人士认为，该光伏电站项目在工矿废弃地上创新建设，将太阳能发电与生态环境修复进行结合，不仅减少了燃煤等排放的有害气体对环境的影响，而且带动了当地的经济发展，实现了环境效益和经济效益的双丰收。

两级补贴促进光伏产业大发展

2014年，黄石光伏发电产业扶持政策落地，专门出台了《黄石市关于支持光伏发电产业发展的意见》。该《意见》指出，建设分布式光伏发电电价，我市在国家每度电补贴的基础上，再补贴0.1元；建设光伏电站发电电价，按照国家有关规定，在物价主管部门批复的上网电价的基础上，再补贴0.1元，补贴时间为10年。

政策的大力支持，吸引着企业纷纷转型和投资，光伏产业得到了快速发展。由于十分看好光伏产业，2016年黄石晶贝新能源有限公司成立，并在黄石新港和在武穴市花桥镇分别投资了50兆瓦的光伏发电项目。

其中黄石新港的项目为渔光互补模式。“渔光互补项目，不仅在水上建光伏板可以获得发电收入，而且还可以聘请专业人员在水下养殖小龙虾增加营收。”黄石晶贝新能源有限公司项目总经理余科笑着告诉记者。据了解，晶贝黄石新港50兆瓦的渔光互补光伏电站是晶贝新能源在黄石地区投资的第一个大型电站项目，年平均上网电量约5000多万千瓦时。

“通过发展新能源，现在黄石的天也更蓝了。为给子孙后代创造更好的环境，我们将继续做好光伏产业。”余科表示。（张胜杰）

钙钛矿光伏材料面临两大难题制约

中国能源报 2019.9.16

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。（仲蕊）

东南亚规模最大光伏电站在越南投产

中国能源报 2019.9.16

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）

第五届中国太阳能热发电大会在杭州召开

中国电力报工程周刊 2019.9.17

本报讯（记者谢先哲 通讯员董清风）报道 近日，第五届中国太阳能热发电大会在浙江省杭州市召开。目前，我国首批太阳能热发电示范项目中，中广核德令哈 50 兆瓦槽式电站、首航节能敦煌 100 兆瓦塔式电站和青海中控德令哈 50 兆瓦塔式电站已经投入运行，运行状况良好。今年还将有众多项目投入运行。太阳能供热、太阳能光热 + 多能互补等太阳能热利用技术处于蓬勃发展趋势。

会上，太阳能光热相关领域专家及行业代表 300 余人围绕国内外太阳能光热关键技术、产业发展挑战等问题，探讨光热技术与各产业的融合创新，共论以科技创新促光热产业发展，共同助推中国太阳能热利用行业健康发展。

前 8 月户用光伏装机超 335 万千瓦

中国电力报 2019.9.20

本报讯（记者伍梦尧）报道 9 月 16 日，国家能源局对今年前 8 月户用光伏项目信息予以公布。据统计，截至 2019 年 8 月底，我国累计纳入 2019 年国家财政补贴规模户用光伏项目装机容量已达 335.71 万千瓦。2019 年，我国新建户用光伏项目补贴总金额为 7.5 亿元，约合并网规模 350 千瓦。如相关单位不追加 2019 年补贴额度，则今年我国可享用补贴的户用光伏项目并网规模仅余 14.29 万千瓦。

光伏：新时代的中国名片

中国能源报 2019.9.23

数说：

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大光伏产业扶持政策。

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》，鼓励在资源优良、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。（董梓童）

多能互补让风光“风光”起来

中国电力报发电周刊 2019.9.23

“看，远山的北面是青海湖，山的东南面是龙羊峡水库，咱们的脚下是光伏的海洋。”8月15日上午，青海省海南州共和县的塔拉滩上空万里无云，阳光普照。站在巡检塔上，黄河水电公司光伏维检公司副总经理李炬向参观的嘉宾介绍道。

在塔拉滩，黄河水电公司已经建成光伏电站275万千瓦，占地面积102平方公里。这里座落着世界最大规模、装机容量85万千瓦的龙羊峡水光互补光伏电站，自2014年投产以来已累计发电70亿千瓦时，对应到火力发电相当于节约标准煤280万吨，减少二氧化碳排放约698万吨。

何谓水光互补？就是将波动性、随机性、间歇性的光伏发电输送到水电站，用水电进行

调节之后组合成一个电源再输送入电网。水光互补的调节是通过一套自主开发的系统控制软件来实现，这项技术填补了国内大规模水光互补关键技术的空白，应用成果达到国际领先水平。

“龙羊峡水电站只需要几秒钟的时间就能对光伏发电的变化作出反应。”黄河水电公司龙羊峡发电分公司副总经理黄青刚说，调节后的总发电量与调度发电计划吻合，电网不用再担心光伏发电的稳定性，并且水电站送出线路年利用小时不降反升，由原来运行的 4621 小时提高到 5019 小时。

除了解决光伏发电稳定性的问题，大规模光伏电站成百上千万块光伏板、几百万个采集点让运维工作也成了难题。在水光互补光伏电站建设时，黄河水电公司率先规模化应用组串式逆变器，并运用了“集中监控、大数据分析、远程诊断、实时维护”的智能管理模式，建成了新能源运维和大数据分析中心，从此国内光伏产业从粗放进入了精细化管理时代。

伴随着新能源大规模接入电网，存在着弃风、弃光隐忧。目前，黄河上游已形成梯级开发格局，其所处西北地区也是新能源大规模开发及外送地区，迫切需要储能设施配合新能源运行、保障系统安全稳定。

黄河水电公司党委书记、董事长谢小平说，通过水光风储结合的模式，不仅可以减少新能源弃电，还可以提高流域梯级水能资源利用、增加水电效益。

近三年来，黄河水电公司一直在进行多能互补的核心技术攻关，提前布局“清洁能源+储能”项目研究，组织开展了水光互补、风水光互补、风水光储互补的实践和电化学储能的研究。

建成 2 万千瓦光伏储能项目，开展储能技术对平滑功率输出曲线、增强电网调节能力、减少限电损失等方面的研究；针对利用“储能泵站+常规水电”进行水风光互补的研究；规划建设海南州千万千瓦级清洁能源示范基地。

2018 年，102 万千瓦光伏和 95 万千瓦风电相继投产发电。“黄河上游干流配备储能进行新能源联合运行，采用大流量、高扬程储能泵站从下一梯级水库抽水至上一梯级水库，将新能源电能以水的势能储存，实现新能源电量搬移。”谢小平说，黄河水电公司的目标是让新能源发电成为火力发电那样几乎稳定的能源，并且可以响应电网调控要求。

一条大河、一片荒漠，共同演绎风光无限。（唐婧 张青银）

西藏当雄 10MW 牧光互补项目开建

中国能源报 2019.9.16

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）

开发利用太阳和风产能的旗子

中国科学报 2019.9.30

前不久，英国曼彻斯特大学的研究人员制造出了可以利用风能和太阳能发电的旗子。这种新型的风能和太阳能收集旗帜是利用柔性压电带和柔性光伏电池开发的。相关研究发表于《应用能源》杂志。

研究人员表示，新开发的能源收集旗帜能够为遥感器和小型便携式电子设备供电，这些电子设备可用于环境传感，例如监测污染、声压级和热度。

此项研究的目的是提供廉价和可持续的能源收集解决方案，这些解决方案可以在不需要或几乎不需要维护的情况下进行部署和留下来产生能源。

曼彻斯特大学机械航空航天和土木工程学院教授 Jorge Silva - Leon 说：“在风的作用下，我们建造的旗子以一种重复的方式从一边弯曲到另一边，也被称为极限周期振荡。这使得它们非常适合从压电材料的变形中均匀发电。与此同时，太阳能电池板也带来了双重好处，它们作为一种不稳定的物质，不仅能在较低的风速下引发拍动，还能从周围的光线中发电。

该团队还使用并开发了独特的研究技术，如快速视频成像和带有高级数据分析的目标跟踪，以证明他们的旗子是有效的。所研制的能量收集器在风速为0米/秒（无风）至26米/秒（暴风/狂风）及1.8克卢克斯恒光照射下进行测试，模拟多种环境条件。在这些操作环境下，总输出功率可达3~4毫瓦。（刘建文）

五、地热

地热利用为清洁取暖注入新动能

中深层地热能利用解决陕西城区清洁供暖难

中国电力报电气周刊 2019.9.5

目前，北方地区进入供暖筹备期，又一年的采暖季向我们走来。“通过两个采暖季的实践，清洁取暖取得显著成效，大气污染物排放持续下降，空气质量达标天数逐年增长，为打赢蓝天保卫战作出应有贡献。下一步，各地还要坚持宜电则电、宜气则气、宜热则热的原则，因地制宜、合理选择路线，重点把居民的清洁取暖需求放在首位，大力推进清洁取暖政

策出台。”8月27日，国家能源局相关负责人在陕西西安举办的“2019国际清洁取暖峰会”致辞中指出。

会上，专家学者介绍了清洁取暖的一些成果，其中，陕西西安西咸区地热能取暖成为清洁取暖创新模式的样板。参会专家表示，中深层地热能无干扰清洁供热技术天然规避了抽水型地热能所面临的回灌技术难题。与传统供热相比，供热过程没有氮氧化物和二氧化碳排放，对节能减排、治污减霾具有重要意义，环保价值十分明显。西咸新区应用推广中深层地热能无干扰清洁供热技术，解决了城市区域清洁供暖的难题，搭建了以地下深层、浅层地热能为主导，以太阳能、风能为补充，多能互补、集成优化的绿色能源互联网体系。

因地制宜 加强多种地热取暖技术利用

生态环境部大气环境管理司副司长吴险峰表示：“截至2018年底，京津冀及周边地区完成散煤治理1000万户，其中煤改气580万户左右、煤改电360万户、集中供热地热能替代60万户左右。近千万户实践表明，通过天然气、电、沼气、地热等方式替代散煤，是解决北方地区大型污染行之有效的手段，也是发达国家通行的做法。”

因地制宜发展清洁供暖。近年来地热采暖已经成为清洁采暖重要选项。此次大会上专家也献言献策。

“如何安全高效地开发利用地热资源，科学与技术是重要的手段和基础。根据地方调研部门调查结果，关中盆地的水热资源相当于陕西全省一次能源的近2000倍。除了水热资源以外，还有一种干热岩地热资源，干热岩的深井换热技术采用铜组套管，以内管抽水、外管回水的‘取热不取水’的方式开发地热。但目前面临一些瓶颈，采热效率低。我们也开展了一些模拟计算，包括对井间距、流量、井的布置方式等的影响都进行了模拟。”深圳大学特聘教授、西安交通大学讲座教授黄少鹏表示。

西安交通大学教授王泮浩表示，地热能资源属于清洁取暖的资源，如果把热泵技术和地热能利用结合起来，对传统低品位的地热可以发挥出更大优势。对低品位的地热利用，目前有两种方式，一种是浅层埋管式换热器，一种是中深层地热能利用技术。

我国地源热泵在上世纪90年代中后期逐渐有一些示范工程，到2015年左右达到发展高峰，取得了显著的节能示范效果。

目前，在地源热泵技术方面，我国的工程规模、应用示范面积、热泵设备制造厂商、技术水平等都达到世界领先水平。

但由于我国管群数量庞大，导致出现了冷堆积和热堆积现象，场地中间管群换热能力大打折扣，很多工程成为失效工程。住建部曾对全国地源热泵应用示范工程进行调研，结果显示，约三分之一可以达到原来设计目标。

无干扰地热供热技术最早在2012年已应用于示范项目，实现了长期稳定可靠运营。同时，整个系统可以保证和建筑寿命同周期。针对中深层无干扰技术标准制定，预计今年陕西省地方标准年底出台，全国行业标准目前正在紧锣密鼓的制定当中。

西安西咸区 打造清洁地热取暖样板

此次大会上，西咸新区党工委副书记、管委会主任康军表示，西咸新区是我国首个以创新城市发展方式为主题的国家级新区，在国内率先大面积推广城市供热新模式，建成供热面积 600 余万平方米，每个采暖季可替代标准煤 9.6 万吨，减少二氧化碳排放 25.8 万吨，为破解北方城市清洁供热难题提供了西咸样板。

陕西西咸新区沣西新城能源发展有限公司总经理刘洪涛表示：“2013 年，我们决定引进‘中深层地热能无干扰清洁供热技术’，通过地下密闭的换热器把热量从地下导出来，只利用地下热量，所以对地下水或者地质环境不会产生扰动。我们设立的分布式地热供热系统，每一个换热井可以满足 1.5 万平方米建筑物的冬季采暖需求。如果不考虑输配系统能耗，近期通过改进工艺，1 度电可以从地下交换出 7 度电所对应的热量。”

今年底，沣西新城用中深层地热能供热面积可达 500 万平方米，预计 2020 年可再生能源覆盖供热面积达 1000 万平方米。每 100 万平方米可以减少二氧化碳排放 4.3 万吨，减少二氧化硫排放 136 吨。

此外，据刘洪涛介绍，该公司探索了综合能源供应模式，建设了西咸区内首座综合能源供应站。在绿化带建设地下综合能源站，地面建筑作为参观走廊，综合利用太阳能光伏、中深层地热能等，同时结合大数据和云计算产业基础，搭建一个智慧能源的综合管控平台，打造智能的系统，为周边 69 万平方米商业写字楼、办公酒店，综合提供供冷供热和生活热水。

2018 年，该公司获批国家能源局第三批综合增量试点示范，计划在 16 平方千米范围内自主建设 110 千伏变电站，以及 110 千伏以下电压等级的配网和系统，希望把更多可再生能源，包括来自甘肃、青海的电量通过配售电交易纳入这张网，通过这张网把太阳能、风能、深层地热能等有效结合在一起，使我们能够用更多可再生能源向用户提供更多可靠、满意的综合能源服务。

未来，西咸新区将以国家第三批增量配电业务改革试点为契机，实现能源供给侧和需求侧的互联和物联，打造面向未来的绿色智慧城市。（秦虹）

地热能的福音：敏化热电池

中国电力报 2019.9.21

在当前能源消耗不断上升的情况下，大家都在努力开发新的能源发电技术。尽管目前使用的可再生能源例如风能、太阳能等优势明显，但还有一种巨大的、永久的、尚未大规模开发的能源：地热能。

利用地热能发电需要一种可以利用地壳内部热量的装置。最近，由松下幸子博士领导的东京工业大学的一个科学家小组在认识和开发敏化热电池（STC）方面取得了很大进展，这种电池可以在 100 摄氏度或更低的温度下产生电力。

目前已经有多种将热能转化为电能的方法，但将其大规模应用是不可行的。松下博士的

研究小组以前曾报道过用 STC 作为一种利用染料敏化太阳能电池将热能转化为电能的新方法。他们还用半导体代替染料，使系统可以用热而不是光来工作。STC 是一种电池，在电极之间包含 3 个夹层：电子传输层（ETM）、半导体层（锗）和固体电解质层（铜离子）。简而言之，电子在半导体中通过热激发从低能态变成高能态，然后自然地转移到 ETM。然后，它们通过电极到达电解液，涉及铜离子的氧化和还原反应在电解液的两个界面发生，导致低能电子被转移到导体层，从而使该过程重新开始，然后完成发电循环。

不过，当时该研究还不清楚这种电池是否可以不间断运作下去，研究人员担忧电流会在某个时候停止。经过测试，研究小组观察到电流确实在一段时间后停止流动，主要原因是电解液层的氧化还原反应由于不同铜离子的重新定位而停止。令人惊讶的是，只要打开外部电路一段时间，电流就可以在有热量的情况下自行恢复。松下说：“我们设计一个简单的开关，就可以将通常被视为低质量能源的热能转化为一种巨大的可再生能源。（来源：东京工业大学）”

李克文：将热伏技术推向规模发电

中国科学报 2019.9.12

“传统地热能发电通常是将热能转化为机械能，再转化为电能，而热能直接发电技术可将热能直接转换为电能，不仅适合于广泛的温度范围，温度可低至 70℃，而且还具有不需要涡轮机等优点。”

近日，中国地质大学（北京）教授李克文向《中国科学报》介绍了其团队在地热发电领域取得的技术突破。热能直接发电被称之为热伏发电，李克文主要从事热伏发电，特别是油田中低温伴生地热开发与利用领域的研究。

在大量成功的室内实验的基础上，李克文带领团队在山西省等地联合当地企业开展了热伏发电技术的现场示范工程建设。“9月初的现场试验很成功。”他告诉记者，目前我们已经实现连续发电，发电功率在该领域达到国际领先水平，近期将实现一定规模发电。

地热资源开发需要多方支持

地热能是一种具有清洁、零碳排放属性的资源，在国际上被公认为“具有可持续发展意义的能源资源”。

我国高温地热的典型可利用区域位于西藏自治区，有各类地热显示区（点）600 余处，高温地热资源占全国地热总量的 80%。早在 1977 年，我国大陆第一台兆瓦级地热发电机组便在羊八井成功发电。

中国工程院院士多吉在羊八井工作长达 30 多年，他曾表示，20 世纪 70~80 年代，我国地热利用跟国际水平是同步的，技术上不分上下，发电装机容量世界排名第 8 位，即使是在海拔 4000 多米的情况下都能发电，这在国际上都是处于先进水平的。

然而，从 20 世纪 80 年代后期开始，我国在地热开发利用上基本不再投入，并在相当长的一段时期内停止了相关的地热资源勘查与评价工作，导致现有地热资源量不是十分清楚，

并且没有得到科学的规划与利用。

“十二五”期间，中国地质调查局曾对全国地热资源量进行初步评价，其结果显示，我国地热资源年可开采量折合标准煤约 26 亿吨，年开采量仅相当于 2100 万吨标准煤。

沉寂多年的地热能开发利用终于迎来了春天。2017 年初，由国家发改委、国土资源部及国家能源局共同编制的《地热能开发利用“十三五”规划》（以下简称《规划》）发布，这是我国首次发布地热能相关的全国规划。

《规划》提出，到 2020 年，我国地热能年利用总量相当于替代化石能源 7000 万吨标准煤，相应减排二氧化碳 1.7 亿吨，节能减排效果显著，同时地热能开发利用可为经济转型和新型城镇化建设增加新的有生力量。

同时，李克文也提醒道：“尽管当前地热能开发利用正处于‘天时地利人和’的绝佳时期，但发展不可能一蹴而就，还需要政府的主导、资金的投入、技术的支撑以及监管体系的完善等多方面支持。”

中低温地热发电是个突破口

当前，我国在高温地热前期勘探、钻井方面存在较多技术瓶颈，比如勘探方面面临如何确定地热靶区的问题。李克文表示，常用的地热勘探技术有相当一部分来自油气勘探领域，值得注意的是，地热勘探与油气勘探尽管有不少相同之处，但也有不少理论和技术方面的差别。

他指出：“高温钻井技术近几年来有比较大的进展，但是高成本仍然是一个主要问题，钻井成本约占地热开发成本的 60% 以上。”

针对目前我国已经探明的高温地热资源比较少的现状，李克文团队在长年的实地研究中发现，其实不一定非要在高温领域“死磕”，可以将重点转移至中低温地热的开发与利用，尤其是中低温发电，先对这部分资源进行开发利用。

他介绍道：“利用油田伴生中低温地热发电，是地热能资源开发利用一个突破口，这是因为地热发电所需要的主要基础设施，比如井、公路、输电线路等，废弃井或者废弃油田都已经具备，这就可以大幅度降低油田区地热发电的成本。

综合近年来的探索，李克文团队还发现，我国可供发电的地热资源，尤其是油田伴生中低温地热发电资源非常丰富，仅我国某中小型油田可供发电的中低温（90 ~ 150℃）地热资源就拥有 2000 兆瓦以上规模的发电能力。“我国已有的废弃石油井可能接近或者超过 10 万口，只需对其中的部分井加以改造，即可用于地热能开发利用，甚至实现‘油热电联产’，让废弃井起死回生。”

为了推进热光伏发电在中低温地热能领域的应用，李克文团队的思路是先地上、后地下，先余热、后地热，也就是说先在地面利用工业余热来验证热光伏发电的可行性，然后，再将其应用到中低温地热发电领域。

如今，李克文团队已经掌握了多项热光伏发电的核心技术，“至少在热光伏发电领域，我们不会被国外技术卡脖子”。

出谋划策助力“零碳中国”

为了推动我国地热能的高效开发与利用，李克文早在 2010 年就发起并组织“中深层地热资源高效开发与利用国际会议”，希望就地热资源的高效开发利用方法以及国内外地热勘探开发新技术进行研讨，为共同推动我国地热资源走向规模化开发与利用出谋划策。

“地热能开发利用技术产业化应用最大的问题是前期的高成本和不可预见性，因为现场条件和实验室条件不一样，实验室里的新技术在没有形成规模化产业前，成本肯定居高不下。但是，规模化以后成本将大幅度下降。”李克文透露，团队目前已经签订多份热光伏发电技术的合同，分别来自河南、山西等地。

8 月 16 日，北京市地勘院、地热院等单位前往中国地质大学（北京），调研李克文团队研发的中低温热光伏发电技术，一致认为该技术对于具有丰富中低温地热资源的京津冀地区乃至全国，具有较好的推广应用前景。

在最近举办的地源热泵高层论坛年会上，李克文作了题为《地能与太阳能的深度互补》的报告。他认为，通过地能与太阳能的深度互补，可以实现建筑物的零碳化，助力“零碳中国”的实现。

李克文建议组织创建一个“零碳中国”计划，为此他率先进行了一些初步的研究。与此同时，他还带领团队在热光伏发电等技术的基础上开始了零碳别墅的现场试验。

近几年来，为了解决雾霾等环境问题，我国先后尝试了煤改电、煤改气（天然气），但是，现在看来这些办法都没有达到理想预期。此前，包括李克文在内的不少地热专家建议煤改地热，并指出这是完全可能实现的。

“利用地热能不仅可以供暖，而且还可以制冷。”李克文表示，如果全国的供暖制冷都采用地热能，那么，就实现了“近零碳中国”的目标。

对于“零碳中国”的实现，李克文充满信心并透露其将在 2020 年世界地热大会上宣读的论文的部分结论：“到 2050 年左右，我国用清洁能源替代全部能源需求、实现“零碳中国”或者“近零碳中国”是有可能的。当然，这需要国家和各级政府政策等方面的大力支持。”（沈春蕾）

六、氢能

中科院大连化物所

开发出新一代电解水催化剂

中国科学报 2019.9.3

本报讯（记者刘万生 通讯员姚婷婷）近日，中国科学院大连化学物理研究所催化基础国家重点实验室和太阳能研究部李灿院士领导的团队开发出新一代电解水催化剂，在苏州竞立制氢设备有限公司及考克利尔竞立（苏州）氢能科技有限公司制造的规模化碱性电解水

制氢中试示范工程设备上实现了稳定运行。

经过在额定工况条件下长时间的运行验证，电解水制氢电流密度稳定在每平方米 4000 安培时，单位制氢能耗低于每立方米氢气 4.1 千瓦时，能效值大于 86%；电流密度稳定在每平方米 3000 安培时，单位制氢能耗低于每立方米氢气 4.0 千瓦时，能效值约 88%。这是目前已知的规模化电解水制氢的最高效率。

利用太阳能等可再生能源分解水制氢，是实现绿色氢能经济的必由之路，也是未来氢燃料电池的氢源发展方向。将太阳能等可再生能源转化储存为化学能的关键步骤是水分解（光解水和电解水）过程。其中，电解水制氢技术相对成熟，并已经实现工业化应用。但电解水制氢能量转化效率长期徘徊在 50% 至 70%，是电解水成本居高不下的主要原因之一。因此，该进展将对推动氢能领域的发展和实现氢能经济具有重要的科学和实践意义。

据悉，该团队研发的新一代电催化剂将装配于千立方/小时电解水制氢装置，并应用于兰州新区千吨级太阳燃料工业化示范工程项目，预期可将大规模工业电解水制氢设备能耗降低 15% 以上，提升电解水制氢工业的能量效率、显著降低成本，推动实现大规模电解水工业化。

煤制氢：“火热”背后存隐忧

中国能源报 2019.9.2

“氢能这把火被点起来了！”在中国工程院院士彭苏萍看来，从某种意义上说，这把火正是源自煤炭行业，“近 10 年，我国新建了一大批煤化工项目，随着产能过剩问题凸显，行业也逐渐提出下游制氢的发展思路。氢能开始与传统能源高度融合，作为化石能源转型过程中的一条产业链。”

凭借富集原料、低廉成本及成熟技术，煤炭行业制氢独具优势，成为当前最有效的供氢主体之一。但同时，由于生产过程排放大量二氧化碳，煤制氢仍存在“致命”弱点，因此被视为不完全清洁的“灰氢”。相比可再生能源制备的“绿氢”，其经济性虽占优势，清洁化程度却远逊于前者。

如何破解？近日在中国煤炭加工利用协会主办的“首届中国煤制氢与氢能产业大会”上，记者有机会对此展开采访。

现阶段氢源结构“以煤为主”

我国所用的氢气，目前主要来自化石能源，氢源结构呈现“以煤为主”的特点。国家发改委能源研究所助理研究员符冠云表示，在全球范围的氢源中，煤制氢比重平均占到 18% 左右，该数字在日本仅为 6%，在我国大约 62%。“根据现状评估，煤制氢是最可靠、最廉价的氢气供应方式。”

就制氢潜力而言，彭苏萍介绍，按照我国煤炭资源保有量 1.95 万亿吨计算，假设 10% 用于煤气化制氢，氢能潜力约为 243.8 亿吨。对比天然气、电解水（按“三弃”电量来计）

制氢潜力，后两者分别估算为 5.01 亿吨、179.82 万吨左右。而目前，在潜能远未完全发挥的情况下，我国已经是世界第一大制氢国。据中国氢能联盟统计，现有制氢产能约为 2500 万吨/年。

除了煤气化直接制氢，若将煤焦化得到的工业副产氢也算在内，石油和化学工业规划院能源化工处副总工程师韩红梅表示，现有产能已能满足氢源需求。“一个规模 200 万吨/年的焦化厂，用 5% 的外送焦炉气加工成氢能，就可满足 100 辆出租车、300 辆公交大巴、100 辆物流车的供应。”

从成本看，煤制氢同样具备优势。根据煤种不同，规模化煤制氢成本已可控制在 0.8 元/立方米上下，有项目甚至低到 0.4 - 0.5 元/立方米。相比至少 2 元/立方米的天然气制氢，及成本更高的电解水制氢，前者经济性突出。

以年产 10 亿标方氢气的项目为例，航天长征化学工程股份有限公司市场开发部部长杜国强给记者算了一笔细账：采用成熟的航天粉煤加压气化技术，基于煤价 470 元/吨、电价 0.42 元/度、新鲜水 4 元/吨的原材料价格，制氢成本仅为 0.728 元/立方米。

碳排放高尚未引起足够重视

“氢风”袭来，巨大的市场潜力和发展前景吸引大型煤企纷纷加大对氢能板块的投入。记者发现，相比前期专注于技术开发，不少煤企的关注点也在不断扩大。

兖矿集团水煤浆气化及煤化工国家工程研究中心总工程师吴永国介绍，除了上游制氢，兖矿自主建设的首座加氢站于近期试运行，日加注能力可达 500 公斤。一个投资近 4 亿元的新能源研发创新中心也已提上日程，未来将用于氢能技术中试放大及运营示范。

潞安集团氢能产业领导组对外合作部部长胡卓林透露，以制氢为基础，集团计划布局氢气储存设施、加氢站、建设氢燃料电池生产线等延伸业务，形成上下游一体化联合。其中，4 - 5 座加氢站预计年内开工，电池生产线一期已完成可研和选址。

“氢能产业呼声高、发展热，同时也要看到一个突出问题，煤炭作为高碳能源，煤制氢产生的温室气体排放量远大于天然气、可再生能源制氢，并未根本解决二氧化碳排放。但目前，提及和重视这一问题的地区、企业并不多。”彭苏萍作出提醒。

韩红梅也指出，对比原料、成本优势，煤制氢在碳减排方面的表现恰恰相反。“按照制备 1 公斤氢气排放的二氧化碳量，我们划分了 4 个不同档，最低排放量小于 5 公斤、最高在 25 公斤左右。煤制氢只能在第三档，单位碳排放量约为 22 公斤。”

这一现象也引起符冠云的注意。他认为，如果说当前，氢能更多作为工业原料进行使用，未来氢将成为理想的二次能源，低碳清洁是其重要属性。“在能源转型的视角下，除了资源禀赋、经济成本、能源效率，也要考虑氢源的环境效益。在全生命周期实现二氧化碳减排，是不可回避的问题。如何建立一个低碳、清洁的氢能供应体系，也是我们面临的重要挑战。”

清洁化发展需结合减碳技术

坐拥诸多优势，煤制氢如何扬长避短？记者了解到，介于“灰氢”与“绿氢”之间，国际公认的另一类型是“蓝氢”，即运用二氧化碳捕集、封存（下称“CCS”）等技术，推动化石能源制氢实现碳中和。换言之，采用科学、合理的减碳技术，煤制氢才能真正走向清洁化。

测算显示，当前我国 CCS 技术成本约为 350 - 400 元/吨，到 2030、2050 年，成本有望控制在 210 元/吨、150 元/吨。根据中国氢能联盟研究，结合煤制氢路线单位氢气生成二氧化碳的平均比例，加入 CCS 的制氢成本增至 15.85 元/公斤左右。

结合上述条件，彭苏萍指出，“煤制氢 + CCS 路线”的成本，目前与天然气制氢相当。但就 2025 - 2030 年的中期发展来看，煤制氢只有配合 CCS 技术，才可成为有效供氢主体。进一步放眼 2030 - 2050 年，我国能源结构将从以化石能源为主，转向以可再生能源为主的多元格局，低碳、低成本供氢体系随之成型。届时，可再生能源电解水制氢将成为主体氢源，“煤制氢 + CCS”等其他路线，更多作为有效补充。

在此基础上，符冠云认为，煤制氢近期发展仍可立足存量，满足大规模工业用氢需求。中长期来看，应按照“煤制氢 + CCS 路线”，并通过进一步技术开发，拓展二氧化碳利用渠道，降低成本、提升效率。

此外，中国工程院院士倪维斗还提出，以煤气化为龙头的多联产技术思路。煤企不一定直接制氢，也可通过煤气化生成甲醇，再将其作为氢源进行输送。“甲醇实际是很好的载氢体，可作为能源直接消费，也可进一步生成氢气。除了减少碳排放，甲醇运输比直接送氢更便捷，能协助解决氢能储运难题，作为氢能经济的基础。”（朱妍）

“十条新政” 加持 广州开发区氢能产业发展提速

科技日报 2019.9.12

今年 3 月，鸿基创能科技（广州）有限公司（以下简称鸿基创能）发布了一款膜电极产品。“生产成本比目前市场主流的膜电极至少低 30%，实现了膜电极产品的国产化。”鸿基创能首席执行官邹渝泉透露，年底产品就可规模化量产。

鸿基创能是首个落户广州开发区的氢能项目。之所以选择这里，他看中的是该区把握住氢能产业带来的能源、材料、汽车等多领域的变革性机会，把氢能作为新能源产业的新增长极来培育。

去年，广州开发区被列为广州市唯一加快建设氢燃料电池汽车商业运营示范区，同年获批国家新能源综合利用示范区。近日，广州开发区正式发布《广州市黄埔区广州开发区促进氢能产业发展办法》（以下简称“氢能 10 条”），将氢能产业确立为该区战略性新兴产业发展重点领域，提出到 2020 年形成完善的氢能产业链，氢能产业产值突破 200 亿元。

发展氢能源产业基础雄厚

广州开发区发展氢能源产业底蕴深厚。广州开发区工业总产值占广州市 40%，是全市

新能源等战略性新兴产业的主战场。截至目前，该区新能源产业总体规模已超 1000 亿元，集聚了南方电网总部、协鑫南方总部等行业龙头企业。

此外，粤港澳大湾区本身具有强大的制造业基础，拥有大量化工副产氢，而广东深厚的汽车产业基础也将带动氢燃料汽车的发展。

“广东是汽车消费与制造大省，人才、技术与产业化具有先决优势，有利于新能源汽车推广。”邹渝泉说。

精心布局和引进培育下，广州开发区已初步形成了有核心环节产业化项目建成、有院士工作站落户、有加氢站建成、有氢燃料电池物流专用车辆运营、有下一轮项目储备等的格局，一条围绕氢能核心的产业链条已初步形成。

比如在燃料电池系统和电堆方面，广州雄韬氢恒科技有限公司（以下简称雄韬氢恒）、广东泰罗斯汽车动力系统等企业已落户；膜电极与质子交换膜方面，鸿基创能 3 月 27 日发布了具有自主知识产权的膜电极新产品；催化剂方面，世界顶尖燃料电池专家叶思宇院士正加快组织攻关；在整车制造方面，与广州市环境卫生机械设备厂等合作推出了数款燃料电池车型。

全产业链精准出击

“自打‘氢能 10 条’第一稿出来，上门寻求合作的企业可以说是几何级增长。”在邹渝泉看来，“氢能 10 条”解决了氢能产业发展中的痛点、难点，“既瞄准核心技术突破，又为氢的来源基础设施提供了解决方案。”

为推动技术突破，“氢能 10 条”对经国家、省认定的氢能研发机构和检验检测机构分别给予 1000 万元、500 万元的奖励。

雄韬氢恒专心攻克氢燃料电池电堆关键核心技术，目前已自主研发出 60 千瓦功率的发动机系统。“加一次氢气只需 5—6 分钟，行驶 400—500 公里。公司将在广州开发区建燃料电池发动机系统和电堆生产线，预计今年 11 月份投产，2024 年实现所有零部件国产化。”该公司总经理助理党岱说。

“氢能 10 条”从投资落户、研发机构认定、行业协会、产业园、加氢站建设运营、资金配套、贷款贴息、风险投资等方面对氢能产业予以全方面扶持，率先在全国实现全产业链扶持，综合扶持力度全国最大。

针对处于起步和发展阶段的氢能产业存在前期投资大、融资不易等现状，“氢能 10 条”对新落户的氢能重大项目按固定资产投资给予最高 1 亿元奖励；对氢能企业或机构通过商业银行或融资担保的方式获得的用于生产或研发的银行贷款，每年每家企业给予最高 500 万元的补贴，补贴期 3 年；对首次获得风险投资机构投资的种子期、初创期氢能企业，每家企业最高奖励 500 万元。

明年底建成 5 座加氢站

鸿基创能参与了“氢能 10 条”的征求意见过程。邹渝泉认为，对氢能产业链的中上游

而言，该政策最重要的意义在于对终端市场的培育，“把加氢站的建设成本降下去，把用氢成本降下去，把基础设施搞上来，鼓励大家把氢用起来。”

雄川氢能科技（广州）有限责任公司常务副总经理姚麟峰告诉记者，以其所在的知识城南加氢站为例，加氢能力每天 500 公斤，一台装载 10.5 公斤氢罐的 8 吨物流车，加满氢气只需 5—8 分钟，续航里程 350 公里。

但目前氢燃料电池车的加氢成本为 30 元/公斤—70 元/公斤不等，相比汽油、天然气仍不便宜，技术的成熟度、氢能源的运输成本、加氢站的网点密度都是关键。

因此，“氢能 10 条”对加氢站的建设运营给予了双重补贴：在该区已有“绿色 10 条”对氢能应用示范项目给予最高 100 万元扶持的基础上，针对加氢站的建设运营专门设置了扶持政策，根据建成时间和日加氢能力，分时段、分档次给予加氢站建设最高 600 万元补贴；对加氢站运营给予最高 20 元/公斤的氢气加注运营补贴。

目前，广州开发区已建成 2 座加氢站，力争到 2020 年底建设 5 座加氢站。“对加氢站建设和运营的补贴，最后都会让用户受益。”姚麟峰说。

8 月 28 日，该区湾区氢谷和黄埔氢能创新创业中心两大氢能产业园同时动工建设。

在邹渝泉看来，在广州开发区，一条拥有自主知识产权，涵盖燃料电池、电堆、膜电极与质子交换膜、车载氢系统与加氢设备以及整车制造的产业链正浮出水面。他十分看好该区氢能产业的发展前景。（叶青 郭哲涵）

可再生能源制氢成本将快速下降

中国能源报 2019.9.2

本报讯 日前，彭博新能源财经（BNEF）发布《可再生能源制氢经济性》报告（下称“报告”），认为在未来十年里，利用可再生能源制氢成本有望大幅下降；到 2050 年可再生能源制氢成本预计将低于目前化石能源制氢成本，为大规模推行氢能利用带来方便。

报告指出，目前制氢成本维持在 2.5—6.8 美元/千克，预计未来十年这一数字将有明显下降，到 2030 年，可再生能源制氢成本有望降低至 1.4 美元/千克。到 2050 年，可再生能源制氢成本则可能进一步降至 80 美分/千克，相当于 6 美元/百万英热单位的天然气价格。届时，将助力氢能在市场中具备相当的竞争力。

彭博社援引 BNEF 项目主管 Kobad Bhavanagri 的话表示，一旦制氢工业实现规模化量产，通过风能或太阳能等可再生能源制氢的成本，有望媲美天然气。这样一来，成本低廉的“绿色”氢气将有望带来“清洁经济”。

报告指出，一旦实现规模化可再生能源制氢，氢气的用途将更加广泛，在高耗能领域潜力巨大。分析认为，在长途交通运输、钢铁冶炼以及水泥加工等高耗能领域，减少碳排放始终是业界的一大难点，而利用“绿氢”替代化石能源则能够有效解决这一问题。同时，报告认为，在小型车或小型电厂中，氢气的存储、运输、发电以及制作燃料电池等领域也将有

庞大的应用需求。

值得一提的是，该报告也对可再生能源制氢的方法做出了评估。报告认为，碱性电解槽制氢是现阶段经济性最佳的可再生能源制氢方法。到 2050 年，碱性电解槽制氢或将成为可再生能源制氢的主流技术。其中，效率最高的电解水制氢方法则是直接利用风能和太阳能，二者协同进行电解水制氢。

对此，BNEF 也表示，“绿氢”成本与当地可再生能源成本息息相关，可再生能源成本的下降才能保障“绿氢”的大规模推广。另外，从全球范围来看，中国的可再生能源制氢成本预计出现率先下降，到 2030 年欧美地区可再生能源制氢成本预计与中国实现持平。

据国际能源署（IEA）近日披露的数据来看，全球目前共有约 3 吉瓦装机的碱性电解槽制氢项目，而在未来场景中，一旦氢气需求出现上涨，碱性电解槽制氢规模上涨幅度有望超过 1 千倍。

对此，报告建议称，各国政策制定者需不断为氢能相关的科技突破提供支持。在政策毫无扶持的情况下，全球氢能产业预计不会出现大幅发展。

同时，报告指出，当前水电解制氢仍受到成本限制，规模较小，在业界仍不是制氢主流方式。数据显示，目前全球氢气有 96% 均来自于化石能源，仅有 4% 氢气来自于可再生能源。油价网报道称，电气工程师学会（IEEE）曾公开表示：“氢气‘低碳’与否都取决于其生产过程，尽管氢气本身用作燃料不会产生碳排放，但当下绝大部分氢气都来自于化石能源制氢，最终也会导致一定的碳排放。”因此，可再生能源制氢的突破才能够带来“去碳化”经济。

而从需求侧来看，报告指出，从 2019 年到 2030 年期间，氢气需求将从当前的基本为零实现缓慢增长，而到 2050 年，“绿氢”需求有望出现飙升，达到 2.75 亿吨/年。

有外媒分析认为，随着氢气成本逐步走低，氢气预期将向天然气的地位进行“靠拢”，成为一种廉价易得的商品。

据了解，全球各国目前已蓄力布局氢能经济。8 月以来，德国在“去核去碳”的情况下，宣布增加氢能相关科研资金，政府预计投资 1.8 亿欧元用于发展德国氢能产业。澳大利亚作为传统的化石能源使用大国，澳大利亚可再生能源署（ARENA）宣布将投资 95 万美元用于建设光伏制氢项目。此外，美国加州也已建成多个利用风能或光伏制氢项目，而业界也将目光投向了海上风电甚至波浪能等可再生能源。另外，日本、韩国等国家也均瞄准了未来氢能产业发展。（李丽旻）

印度开发高灵敏度氢气传感器

科技日报 2019.9.12

印度研究人员最近开发出一种高灵敏度传感器，它可在浓度极低情况下检测出氢气，有望在一些使用氢燃料的地方用于检测是否有氢气泄漏。

印度理工学院焦特布尔分校等机构研究人员近日在荷兰学术刊物《传感器和执行器 B 卷：化学》上发表了相关论文。据介绍，在环境中氢气浓度为 100ppm（1ppm 为百万分之一）时，这种传感器的检测灵敏度可达 74%。它的检测过程大约需要 25 秒。

研究人员利用氧化锌等材料与氢气接触时电阻会发生变化的原理来设计传感器。据介绍，有些氢气传感器需要约 250 摄氏度的高温来激活相关化学反应，但这种新型传感器由于加入了碳纳米纤维，可在 150 摄氏度时达到同样效果。这使得新型传感器中不需要附带较高温度的加热器，其应用价值更大。

氢燃料是现在许多地方常用的新能源。氢气虽然没有污染，但它易燃易爆，所以必须防止泄漏。由于氢气无色无味，在环境中检测泄漏的氢气一般比较困难。（据新华社）

“氢”风云起向“湾”流

——佛山云浮两市超前布局发展氢能产业综述

云浮日报 2019.9.28

六年前，佛山、云浮两市超前布局，把发展氢能产业作为实现高端产业共建的主攻方向之一，创造了“荒山变基地”的产业奇迹。如今，建成了世界最大产能的氢能燃料电池电堆及动力系统生产线，整合构筑了领先全国的氢能产业体系和产业集群，在国内乃至国际上产生了巨大影响。

氢能之“环”潜能巨大

佛山（云浮）产业转移工业园的项目生产建设热火朝天，稳力高速空气压缩机产业化项目、氢燃料电池系统和零部件集成生产线建设项目等新项目建设推进顺利。在云浮飞驰企业生产车间，更是一派火热的生产景象。

“2018 年飞驰氢燃料汽车生产总量在全国排第二位、客车生产总量在全国排第一位。今年计划生产 1500 - 2000 台，主要产品包括公交车和物流车两大板块，我们正在围绕长三角、珠三角以及海外新加坡、马来西亚等地进行布局。”云浮市飞驰新能源汽车有限公司总经理江勇告诉记者。

“2018 年底，在工信部公布的燃料电池汽车推荐目录数据显示，46% 的燃料电池汽车配套使用了由广东国鸿研发生产的燃料电池，实际装车量占国内氢燃料电池车辆总数的 70% 以上，我们生产的燃料电池产品成熟可靠，使用稳定性和寿命首屈一指。”广东国鸿氢能科技有限公司有关负责人自豪地介绍说，我市的氢燃料电池实现了众多飞跃，实现了从国外引进技术到自主研发，从没有国内标准到率先建立标准，从没有加氢网络到推动建设完善加氢网络，从国外生产到实现国产化、再到产业化，这些氢能产业发展崎岖不平的道路正被氢能开拓者们渐渐踏平，产能领先全国，成为世界最大。

六年前的荒地如今已变成了厂房林立的氢能产业基地，氢能研究院、氢能大厦拔地而起，引来了国鸿、飞驰等近 20 家总投资超 50 亿元的氢能企业进驻发展，推动氢能产业在全

国率先实现了闭环发展。氢能被喻为没有天花板的产业，氢能产业对人类的影响是全方位的，将在能源、生态、农业、医疗等方面深刻影响人类社会未来发展。氢能之“环”发展潜能巨大。

氢能“名片”越擦越亮

佛山（云浮）氢能产业与新材料发展研究院、云浮（佛山）氢能标准化创新研发中心、“广东省燃料电池工程技术中心”建立，成功申报“广东省氢能技术重点实验室”……来自国内、基地内强强联合的氢能有关单位共建的一个个氢能研发机构成为推动氢能产业发展强力“引擎”。在省政府、中国标准化研究院和国家标准化管理委员会的大力支持下，2018年获准创建“国家技术标准创新基地（氢能）”，将推动我市在中国氢能产业技术标准化领域抢占领先地位。

如今，我市在佛山（云浮）产业转移工业园区引进国际先进的燃料电池技术并实现产业化，建成年产20000套、30万千瓦电堆产品的氢燃料电池堆生产线，成功开发出有自主知识产权的燃料电池系统模块，实现设计标准、供应链体系、性能成本等最大优化。

“在氢能技术研发方面，我市也取得了一系列研发成果。我们自主开发了新一代石墨极板燃料电池电堆，功率密度达到2.5kW/L，实现了-30℃的低温启动，为后续燃料电池车的应用奠定基础……”在氢能产品展厅里，佛山（云浮）产业转移工业园管委会有关负责人接受采访时说。近年来，国内、国际知名企业、研发机构、高校等纷纷来到云浮市氢能产业园区进行技术交流，寻求合作。目前，氢能产业园区已经引进氢能相关专业博士10余名，硕士数十名，专业的科研、工程化、产业化研究团队已经构成。我市氢能产业的蓬勃发展，聚集起一大批高水平专业人才，在氢能与燃料电池研发方面具有一定程度人才优势，氢能“名片”越擦越亮。

抢占未来氢能产业发展“风口”

2019年，氢能源首次写入《政府工作报告》，全国氢能行业人为之欢呼。全国已经有20多座城市正以氢能为主导产业，酝酿谋划一场浩大的“产业运动”，百舸争流，已成风起云涌之势。培育新能源汽车、推动加氢设施建设正式进入国家计划，这势必为氢能产业发展提供强大的动力。

2019年8月29日，广东省第三批省实验室启动，在我市设立“先进能源科学与技术广东省实验室云浮分中心”，目标建成国际一流的氢能技术试验与示范基地、国内领先的氢能核心技术应用转化基地、氢能安全技术标准创新基地。分中心的出现，势必推动氢能产品加快迈向更宽广的领域。

“氢”风云起向“湾”流。去年底，佛山云浮两市联手推动的氢能汽车产业将携手马来西亚企业开创东南亚地区首个氢能公交车项目。氢能产业发展从探索拓荒的“过河”阶段，走到今天的“修桥、造船”阶段，氢能发展更重点瞄准建设粤港澳大湾区国家战略，力求实现融湾发展。

佛山（云浮）产业转移工业园管委会主任李海咏表示，2019年，我市将牢牢抓住粤港澳大湾区和“一带一路”建设重大机遇，抢先面向大湾区和“一带一路”布局氢能产业，加快整合全球人才资源，建立广东氢科学研究院抢占技术制高点，重点选择在氢能商用车研发生产推广、乘用车技术引进消化吸收、加氢制氢成本降低等方面快速突破，加快完善氢能产业链，加强氢能核心技术研发，构建以氢为能源基础的生产生活示范区。（区云波 向蕾）

新型“长寿”合金有助氢能产业发展

中国科学报 2019.9.30

本报讯 扬州大学机械工程学院教授程宏辉团队近日在《合金化合物》（*Journal of Alloys and Compounds*）上发表论文。该论文在LaNi₄Co合金的基础上，通过研究合金在长期吸/放氢循环过程中的衰减机理，探讨提高AB₅型储氢合金循环稳定性的有效方法，为提高材料性能、推动金属氢化物储氢更好地应用到实际生产中提供理论依据。

氢能源作为一种清洁可再生能源，自21世纪以来获得了越来越多的关注。而将氢能源运用到实际当中最重要的一点就是解决氢气的存储与运输的问题。无论是从操作安全性还是从操作简易性角度来讲，金属氢化物储氢都是最佳的选择。

“氢能是公认的理想能量载体和具有发展潜力的清洁能源，具有燃烧热值高、燃烧产物对环境无污染、资源丰富等优点。”程宏辉介绍，氢能储运和利用过程中均涉及到众多储氢材料的应用，而在这些材料中，基于LaNi₅二元合金的AB₅型合金一直以来受到人们的广泛关注，作为镍氢电池负极材料已经投入使用，并在氢压缩、燃料电池、氟工程等领域表现出广阔的应用前景。

据介绍，LaNi₅储氢合金最早发现于1969年荷兰飞利浦实验室。氢气在被LaNi₅合金吸收后在其表面解离成氢原子进入晶体，形成金属氢化物，实现储氢的目的。该合金具有许多优点，但与此同时缺点也比较明显，比如随着吸/放氢循环容量衰减严重、易于粉化、吸/放氢循环中晶胞的膨胀率较大等。

针对这些问题，程宏辉团队开始着手研发，其设计的合金不仅具有易活化、吸氢速率快、平台压适中等优点，还具有环境友好、性价比高、使用寿命长等优势。此外，合金化学组成简单，特定元素作用机理易于准确把握，有利于进一步优化和大规模生产，为该合金体系的工业化、商业化打下基础。

据悉，截至目前，该研究项目已在SCI工程技术二区期刊发表5篇国际权威论文，一篇关于LaNi_{4.25}Sn_{0.75}合金性质的学术论文和一篇关于元素取代对AB₅型合金长期服役过程中性能和结构影响规律的综述已在写作过程中，预计将在明年2月份完成，并申请专利。（蒋一鸣 杨颖芝）

七、风能

拓荒内陆低风速风电场

中国能源报 2019.9.23

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》。但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。（谢长军）

“抢装”行情难持续 盲目扩张不可取

“抢装” 重构风电整机竞合格局

中国能源报 2019.9.16

核心阅读按照去年底的风机价格水平，整机商大多处于亏损状态。按照当前的风机价格水平，整机商的毛利可达 25% 以上，是比较健康的盈利水平。

不过，从长远发展来看，当前的风机涨价未必是好事。由抢装造成的短期涨价并不可持续。高峰过后必是低谷。两年后，抢装行情消退，供需恢复常态，盲目扩张的风电产业链企业可能会倒闭一批。

“现在的风机价格一天一个价，从 3600 元/千瓦上涨到 3680 元/千瓦仅仅用了一周时间，而且仍在快速上涨，预计很快将突破 3800 元/千瓦。这一价格相比去年底的 2850 元/千瓦已经反弹了接近 1000 元。”一位风电开发商相关负责人日前向记者透露。

对于风电整机商来说，价格反弹本应是好事，但整机商却乐不出来。一位整机商相关负责人告诉记者：“整机价格处于高位是暂时的，这是抢电价所导致，高峰过后必是低谷，大起大落对行业发展并不利，我们必须做好迎接低谷到来的准备。”

风机由买方市场转为卖方市场

半年时间，风机价格经历了“过山车”般的震荡。风电整机由买方市场转为卖方市场。

2016 年、2017 年连续两年，中国风电市场新增装机容量下滑，市场萎缩使得整个行业弥漫着焦虑情绪。近在眼前的平价压力、不确定的市场形势，成为 2018 年风机降价潮的直接导火索。迫于严峻的市场形势，不少整机商寄望通过价格优势博取更大的市场份额，低报价频频出现。

“在去年 11 月的一次招投标中，某风电整机商报出了 2850 元/千瓦的低价，刷新了风机价格的新低。”业内知情人士告诉记者。

然而，2019 年春节过后，风电整机价格开始呈现回暖迹象。

大拐点出现在5月。5月21日，国家发改委发布政策，敲定风电上网电价。明确2018年底之前核准的陆上风电项目，2020年底前仍未完成并网的，国家不再补贴；2019年1月1日至2020年底前核准的陆上风电项目，2021年底前仍未完成并网的，国家不再补贴。自2021年1月1日开始，新核准的陆上风电项目全面实现平价上网，国家不再补贴。

政策一出，业内哗然。紧张的情绪在风电开发商中立刻蔓延，“抢装”一触即发。“多抢一个项目，就能保住一个项目的高电价。”有开发商坦言。

开发商抢装导致了风机价格迅速上扬。议价的天平开始向长期处于弱势地位的整机商一侧倾斜。目前，陆上风机价格已达3700元/千瓦，业内预计很快将突破3800元/千瓦。这意味着，相比去年底的价格，已经反弹了接近1000元。

5月28日，国家能源局印发《2019年风电、光伏发电项目建设有关事项的通知》及《2019年风电项目建设工作方案》，提出有序按规划和消纳能力组织项目建设、完善市场配置资源方式、全面落实项目电力送出和消纳条件等措施，力促风电行业平稳度过平价前的“最后一公里”，但仍无法扼住行业“抢装”的步伐和蹿升的风机价格。

供应链无法跟上市场突变的节奏

开发企业抢电价，整机企业抢交付。然而，整机企业的交付能力不仅受制于自身的装配能力，更受限于核心零部件的供应能力。

巴沙木是风机叶片的重要芯材，其成本占到整个叶片成本的20%以上，对叶片价格影响颇大。受产量锐减、需求旺盛、缺少替代材料等因素影响，巴沙木的价格已经比去年翻了一倍，但仍供不应求。

“目前，制约叶片产能的最大因素就是巴沙木的供给情况。”中材叶片相关人士告诉记者。

除了叶片外，轴承、齿轮箱、大铸件等风机部件同样全线告急。

基于可靠性要求和运维成本的考虑，国内一线整机商大多采购国际知名品牌SKF或FAG轴承。“这些国际大厂商的产能是固定的，并不会因为中国风电市场的抢装而去增加产能，整机商必须提前锁定这些国际大厂商今后一两年的产能，否则只能用国产轴承替代。”某券商机构行业分析师告诉记者，“除了采购价格的因素外，还要看历史上的合作关系以及今后双方的长期合作前景，从而决定把产能分配给哪家整机商。”

LM叶片大客户经理陈雅亮也表示：“中国市场占全球业务的1/3，LM会通过全球市场均衡的策略满足中国市场的需求，不会因中国市场抢装而盲目扩张产能。”

永冠能源科技集团执行董事李奕苍告诉记者，从表面上看，中国风电铸件产能确实很大，产能约达120万吨/年，但实际上能符合大兆瓦容量风机铸件的产能仅为20万吨/年。

业内预计，陆上风电抢装将持续到2020年底，海上风电抢装将持续到2021年底。未来两年，风电零部件将一直处于紧缺状态。

整机商要做好迎接低谷的准备

电价政策调整导致整机商尤其是头部整机商手中的订单成倍增长，去年底还在为获取订单而进行价格战的整机商，现在却在为交付订单而发愁。订单太多反倒成了甜蜜的烦恼。一些整机商囿于有限的交付能力，只能做出无奈选择：保大客户订单，弃小客户订单；保高价订单，弃低价订单。

与此同时，曾经为订单发愁的第二梯队整机商获得不少头部整机商“吐”出的订单。“上一个产业周期，我们没能把握住机会跻身前列，这次是我们最后的机会，团队上下都特别关注产品的稳定性和可靠性问题，不能再因一个细小疏忽错失发展机遇。”一位排名中游的整机商相关负责人告诉记者。

有分析认为，由于这波抢装潮，整机商原有的整合格局可能发生微妙的变化，原来濒临出局的整机商获得了“续命”机会，企业的命运轨迹或由此发生改变。

一方面，供应链紧张，零部件紧俏是事实，另一方面，整机商又坚称自己的交付能力没问题。

与国际厂商不同的是，切身感受到交付压力的国内整机商很难抑制住扩产的冲动。在此轮“抢装”行情面前，不少国内风电产业链企业都在招兵买马、添置设备，以应对交付高峰。某国内整机商曾公开表示正在扩充叶片生产线产能。

据业内人士透露，按照去年底的风机价格水平，整机商大多处于亏损状态。按照当前的风机价格水平，整机商的毛利可达25%以上，是比较健康的盈利水平。

“不过，从长远发展来看，当前的风机涨价未必是好事。由抢装造成的短期涨价并不可持续。高峰过后必是低谷。两年后，抢装行情消退，供需恢复常态，盲目扩张的风电产业链企业可能会倒闭一批。”上述分析师称。

避免政策对产业形成大起大落影响

对整机商更大的挑战是，如何应对“抢装”之后的“平价”时代。据测算，平价之后，新疆的风电上网电价将低至0.25元，宁夏的风电上网电价将低至0.29元。

在工程成本无法压缩的状况下，压低整机设备成本将是大概率事件。到那时，风机价格有可能回落到2018年底的水平。

“这些年，国内风电行业发展势头良好，一个重要因素就是产业政策的节奏把握得好。期待今后的产业政策能够更加平稳有序，避免类似一刀切的政策对行业形成大起大落的影响。”一位风电整机商相关负责人表示。

在国家应对气候变化战略研究和国际合作中心学术委员会原主任李俊峰看来，抢装是政策导向的必然结果，国外也是如此。关键是企业自身要有定力。

降电价似乎早有迹象可循。2016年底发布的《可再生能源发展“十三五”规划》就已明确，到2020年，风电项目电价可与当地燃煤发电同平台竞争，即“风火同价”目标。2018年5月，国家能源局推出竞争性配置风电项目的举措，“竞价”被认为是“平价”的前奏。（张子瑞）

三门峡岭南 50MW 风电场首台风机成功并网

中国能源报 2019.9.16

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）

八、核能

我国核安全水平保持世界前列

——国新办发表《中国的核安全》白皮书热点聚焦

广州晚报 2019.9.4

据新华社电（记者高敬） 3 日，国务院新闻办公室发表《中国的核安全》白皮书。这是中国政府发表的第一部核安全白皮书。生态环境部副部长、国家核安全局局长刘华出席当天的新闻发布会，介绍和解读白皮书的主要内容，回应公众对核安全问题的关注。

白皮书全文约 1.1 万字，由前言、正文和结束语组成。白皮书以中、英、法、俄、德、西、阿、日等 8 个语种发表。据介绍，这是中国政府发表的第一部核安全白皮书，全面介绍了中国核安全事业的发展历程，阐述中国核安全的基本原则和政策主张，分享中国核安全监管的理念和实践，阐明中国推进全球核安全治理进程的决心和行动。

核设施运行安全记录良好

刘华表示，中国始终把核安全作为国家安全的重要责任，在确保安全的前提下发展核能

和核技术。

他介绍，截至今年6月底，中国大陆共有47台运行核电机组，19座在役民用研究堆和临界装置，18座核燃料循环设施、2座中低放废物处置场。这些设施的运行都保持了良好的安全记录，特别是核电厂的指标，从来没有发生过国际核与放射事件分级表（INES）二级及以上的事件或事故，核安全水平保持了世界前列。14.2万枚在用放射源，18.1万台（套）射线装置安全水平也非常高，事故率每年每万枚低于1起。11台在建核电机组的建造质量受控。

他说，国际原子能机构2016年对中国开展核与辐射安全监管体系的综合评估，结论是中国监管有效性在不断增强，监管的法治化、规范化、国际化不断提升，中国的监管机构是一个有效的、可靠的监管机构。

中美核能合作互利互惠

“我们注意到美国商务部8月中旬将中广核集团有限公司和下属的三家公司列入到出口管制的实体清单。美方此举泛化了国家安全概念，滥用出口管制措施，不仅对中国企业造成伤害，也对包括美国在内的相关国家企业造成了影响。”刘华说，中方坚决反对美方通过单边主义和保护主义政策伤害中国以及世界各国的利益，希望美方停止有关错误做法，坚持通过平等协商解决问题。

他表示，中美核能合作是互利互惠的。中美两国都是核大国，建立了完整的核工业体系。通过实质性的核能合作，四台AP1000核电机组在中国成功建造、调试、运行，双方的企业都得到了实惠。

他说，在过去的35年中，中美两国在核安全方面的合作取得积极的成果。两国通过互利合作，促进了两国核安全水平的提升。

他同时表示，除中美核能合作以外，中国和法国、俄罗斯开展了卓有成效的核能合作，一些重大项目包括核电厂、乏燃料后处理厂，都取得实质性进步。

推动全球核安全水平提升

刘华介绍，我们不断完善国家核安全体系，在国际上积极推动国际核安全合作和建立核安全国际合作体系。我国陆续加入了国际原子能机构和联合国有关核安全方面所有的国际公约，履行国际公约所规定的义务。

同时，中国支持国际原子能机构工作，支持在多边体制下充分发挥国际原子能机构的作用。

中国还积极参与交流与合作。中国与美国、法国、俄罗斯、日本、韩国、加拿大等国家以及“一带一路”新兴核电国家建立密切联系，签订了50多份核安全合作协议，加强专家交流、技术合作、高层互访。中国依托国家核与辐射安全监管技术研发基地和中国核安保中心，为发展中国家开展核安全相关的培训交流活动提供平台，提升各国安全水平、安全能力，分享中国的安全经验。

核燃料元件核心技术紧握在自己手里

中国能源报 2019.9.2

工人们穿着普通的防静电工作服，戴着洁净白手套穿梭于厂房之间，这一幕与记者想象中“全副武装”的核燃料元件加工车间截然不同。“在制造过程中，元件并未发生核裂变反应，其放射性极低，员工工作一年接受的放射性剂量相当于接受一到两次X光透视。”中核北方核燃料元件有限公司（二〇二厂，以下简称“中核北方”）工作人员告诉记者。

核燃料被称为核电站的“粮食”，核燃料元件则是核电站运行的第一道安全屏障。近日，记者跟随中核集团第五届“核你在一起”科普开放周体验团走进我国第一座核电“粮仓”——位于内蒙古包头市的中核北方，了解我国核燃料元件制造通过创新发展掌握核心技术，实现从跟跑、并跑向领跑的发展历程。

白手起家打造产业龙头

二氧化铀芯块烧结、塞端焊接、骨架焊接……经过一系列生产流程，压水堆核燃料组件由此诞生。据了解，该组件横截面为214毫米×214毫米、全长4.1米，由264根燃料棒和带有上、下管座的骨架等构成。

“一个月后，这批燃料组件将运往田湾核电站，这是这条生产线供货的第7个压水堆。截至今年8月，生产线已按期向各压水堆电站交付共1232组燃料元件。”中核北方压水堆核燃料元件厂厂长助理崔振波告诉记者。

“像这样的核燃料元件生产线还有三条。”中核北方重水堆核燃料元件厂副厂长吕会表示，“2003年起，中核北方开始向秦山三期重水反应堆提供换料元件，截至2018年底，已提供了16.4万个燃料元件。这条重水堆核燃料元件生产线是我国第一条也是目前唯一一条重水堆核燃料元件生产线。”

记者了解到，中核北方还先后建成了我国第一条三代核电燃料元件生产线、世界首条工业化规模高温气冷堆核电燃料元件生产线。

对于六十多年的发展，中核北方党委副书记常甲辰回忆：“1958年二〇二厂成立，彼时的包头一片荒凉，创业者们在无厂房、无设备的条件下，建成了我国第一条铀化工、核燃料元件生产线。如今，二〇二厂已成为国内核燃料元件种类最多、技术路线最全的生产商、供应商和服务商，并拥有我国最完整的铀化工工艺、铀冶金工艺、铀粉末冶金工艺、核材料研究、核燃料元件研制等生产体系。”

自主创新提升制造实力

参观中，一颗颗通体乌黑、光滑圆润，直径仅60mm的“球形核燃料元件”引起了记者的注意，这是全球首条工业规模高温气冷堆核燃料元件生产线的“作品”。

2013年3月，高温气冷堆核燃料元件生产线在中核北方开建，2015年4月，生产线进入调试生产阶段。“产品最大的‘卖点’就是安全。该球内含约12000个二氧化铀小核芯，

这些直径只有 0.5 毫米的小核芯外包裹着 4 层包覆层，其中最重要的一层是碳化硅层，耐温超过 2000 度。”中核北方高温气冷堆核燃料元件厂党总支书记宋君武介绍。

然而，这条自主创新的道路走得艰辛曲折。据了解，高温气冷堆核燃料元件生产线直接依托清华大学实验线就进入工业化生产阶段，建设、调试、生产没有成熟可借鉴的经验，人员也没有相关生产经验，设备的可靠性有待验证。光是燃料球石墨外壳的硬度问题，研发团队试验长达两年。攻克这个难关后，调试团队又遇到如何为核芯“穿衣”的问题。“这些颗粒仅制作工序就多达二十几道，有一个颗粒破了，这一批就报废，生产过程中有近 70 个关键点，难度很大。”宋君武说。

经历无数次失败后，2017 年 7 月 17 日，第 20 万个工业化球形核燃料元件成功下线。宋君武表示：“产品研制成功，意味着我国拥有完全自主知识产权的四代堆型的核燃料元件生产线已经进入稳定的规模化生产阶段，标志着我国高温气冷堆核燃料元件制造水平跻身世界前列。”

升级改进拓路发展

作为我国核燃料循环产业链上的重要一环和核电“走出去”的重要保障，核燃料元件制造也正从引进、消化、吸收、再创新走向自主化研制的道路。其中，备受国际核能界关注的环形燃料组件作为结构上完全革新的先进燃料组件，是压水堆先进燃料组件的重要发展趋势。

“经过十多年努力，从掌握小小的芯块制备工艺，环形燃料组件的研制实现了全尺寸燃料组件的制备。但我们不只满足于此，我们更想实现‘建设面向全球、国际一流的核材料、核燃料元件生产科研基地’的目标。”常甲辰说。

从“舶来品”到自主研发，核燃料元件是中核北方创新发展的缩影。

在偌大的核燃料元件生产车间内，工作人员寥寥可数，车床中间通道上，一个个机器手忙碌不停。中核北方科研部主任王虹告诉记者，3D 打印和智能制造技术也正在被开发应用于核材料领域。

在核技术应用领域，中核北方也不断突破创新，研制生产的航天用测高仪屏蔽体，为我国航天事业作出了重要贡献。值得一提的是，在这里研制成功的钴调节棒等多种民用产品，也打破了国外技术垄断。（赵紫原）

世界核电发展现状与展望

中国能源报 2019.9.16

编者按 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（略）

部分有核电国家核电发展情况（略）

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业化；具有四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。（龙茂雄）

秦山核电站：新中国核电事业的起点

中国能源报 2019.9.23

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说：“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钍 - 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和制造能力以后，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）

九、其它

页岩气将成我国天然气增长主体

中国能源报 2019.9.2

本报讯（记者吴莉）报道：8 月 30 日，第七届亚洲天然气论坛在北京举办，论坛指出，2035 年中国天然气产量有望达到 2800 亿立方米，页岩气将是产量增长的主体，4500 米以浅可上产至 600 亿方，国际 LNG 市场供应过剩已显现，未来 LNG 市场交易模式将呈现新格局。

中国石化集团公司总经理马永生指出，亚洲地区已经成为全球天然气需求新的增长点。过去 10 年，亚洲地区的天然气消费量年均增长 5.1%，是全球平均增长率的 2 倍。未来 20 年，预计亚洲地区天然气消费量的全球占比，将由目前的 1/5 扩大至 1/4 以上。同时，美国、俄罗斯、中东等地新建 LNG 装置陆续投产，在供给端为天然气消费革命带来了源源不断的资源保障。中国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，正在构建绿色低碳循环产业体系，天然气将扮演更加重要角色，产供储销体系正在加快完善，主体能源地位和能源消费比重持续提升，必将迎来快速发展。

中国工程院院士赵文智指出，2018 年中国页岩气产量 108.8 亿方，已成为世界第三大页岩气生产国。未来，海相页岩气是未来页岩气上产的主体，2035 年 4500 米以浅可上产至 600 亿方，页岩气占比将由 2015 年的 3.3% 增至 23.2%。作为未来我国天然气增量的主力军，应加强深层页岩气低成本关键技术与装备攻关，释放低品位页岩气潜在产能。建议实行差异化税费政策，给予天然气稳定的扶持政策。可借鉴欧美做法，考虑页岩气开发投资回收之前，资源税免征或按销售收入 1-2% 征收（目前按销售收入的 3.6% 征收）。同时，可对新开发层系进一步提高开发补贴水平。

论坛指出，以国家管网公司成立为重大标志的市场化改革，将加速推动中国天然气产业链重构，市场格局发生重大改变。未来，中国天然气市场格局将呈现三大变化：一是市场主体的增加，将销售和输送一体化的市场重构为竞争性市场；二是多层次市场的出现；三是价格机制作用进一步显现，定价机制改革进一步深化。通过管网第三方准入的有效实施、供给端市场竞争的有效增强以及天然气现货市场的有效发展，实现天然气市场重构的实质性起步，这是发展的分水岭。

值得注意的是，伍德麦肯兹亚太区能源行业副主席加文·汤普森分析认为，伴随国际天然气市场一体化进程的加快，预期已久的 LNG 供应过剩已逐渐成为现实。全球天然气/LNG 价格将由市场周期决定。在 2020 年初市场再次收紧之前，供应过剩将进一步加剧。

他还指出，近期世界各地的新项目正准备在未来两年做最终投资决定，虽然有些项目有明显的成本优势，但大多数项目在成本上几乎没有区别。随着需求的增长，买家再次签署合同量更大的长期协议，LNG 交易模式将更为灵活。

我国从多方面入手加快天然气供销体系建设

中国能源报 2019.9.9

“扩气源、抓项目、建机制、压责任”，去年以来，我国从以上几方面入手加快天然气产供储销体系建设，取得阶段性进展。2018 年，国内天然气消费增量创历史新高的同时，冬季调峰期用气得到有效保障。

随着国家油气管网公司即将挂牌成立，油气行业市场化改革走向纵深，我国天然气行业亦将迎来新的战略机遇。在此背景下，国内天然气产供储销体系将如何加快完善？近日，在上海召开的第三期陆家嘴“能源+金融”讲坛上，与会专家围绕此话题展开了讨论。

市场机制成短板

近日刚刚发布的《中国天然气发展报告（2019）》白皮书指出，当前，我国天然气产供储销体系建设依然任重道远。行业发展不协调、不充分的问题依旧突出，能源安全保障与生态环境保护协调发展、企业与地方利益共享、法律政策配套和体制机制完善等方面仍面临严峻挑战。尤其是储气能力不足、市场机制不顺成为制约行业发展的两大短板。

“要促进产供储销体系建设，价格机制非常重要。”国家能源局华东监管局行业监管处处长孟旻在会上说。

一方面，由于产业链整体价格传导机制不顺畅，上游、中游涨价后为下游带来的成本增加难以向终端传导，导致上、中、下游之间的矛盾凸显，各市场主体之间的博弈日趋激烈。在与会专家看来，近两年国内天然气保供形势紧张，“并不是没有绝对气量保障，而是在于价格谈不拢”。

另一方面，由于在储气调峰领域反映供求关系、资源稀缺程度以及投资回报方面的价格体系、运营机制缺失，对地方政府和企业而言，完成既定储气调峰目标，更多是背负责任压力和相应成本的增加，导致积极性受到制约，社会资本投资亦缺乏动力，以致工作整体推进缓慢。

“天然气储备最大的问题就是体制问题，包括责任机制、价格机制、监督机制，我认为核心在于价格机制。”对外经贸大学中国国际低碳经济研究所执行所长董秀成认为。

从务实角度讲，国家现行政策文件对各方提出的储气调峰任务目标要求，也只是在理论上解决“从无到有”的问题。调峰设施本身的存储能力与实际调剂能力是有差异的，其中

运行机制对实际调剂能力的发挥起到的作用非常关键。而在目前的运行机制下，“现有实际储气调峰能力与国家提出的目标相比，差距更大。”孟暘说。

在探索储气调峰的市场化定价机制方面，国内正开始推进相关工作。据介绍，上海石油天然气交易中心与港华燃气将联合开展储气库产品交易，欲通过公开交易的方式探索形成市场化的储气调峰定价机制。

协同管理待加强

在中石油天然气销售分公司高级经理刘四洋看来，市场机制解决的是经济性问题，但单纯依靠市场机制保障安全系数仍较低。“经济性调峰之外，还应有战略储备。储气设施能力提升需要充分发挥市场和政府协调双手段，政府调节的作用应该主要是保重点、保民生，对应的即应是战略储备。

实际上，随着油气行业市场化体制机制改革的深入推进，为天然气行业的管理不断带来新的课题。

纵观目前实际情况，天然气行业的管理还比较粗放，相关基础管理政策、上位法等法律法规均急需完备。与此同时，随着国家管网公司成立，对政府监管能力提升也提出新的要求。据悉，目前，国家能源局正着手制定行业的基本法律法规——天然气管理条例。

“产供储销体系的建设是个系统工程，离不开政府部门之间的协调联动，在任务目标要求、相关规则的制定与执行方面，需要逐步推进一致性、统一性。”有与会专家指出。

我国天然气行业上、中、下游各环节管理各部门分工不同，在某些环节难免各自为战，一定程度上制约了系统的协调发展。

比较突出的是，我国天然气门站与销售价格、长输管网与管输价格归国家发改委管理，天然气储备由国家能源局监督管理，而城市燃气管网则由住建部管理。孟暘认为，天然气行业供需两端之间的衔接、协调还不够完善，“在这这方面的工作还需要加强，政府部门是可以有所作为的。”

智慧管网受青睐

随着中央进一步对加快天然气产供储销体系建设、大力提升油气勘探开发力度、构建多元进口体系等作出系统部署，以及油气体制机制改革加快推进，“未来三到五年，是天然气行业的‘黄金窗口期’。行业投资规模很大，下游需求增长非常稳定，符合像中平资本这类长期机构投资者的偏好。未来在天然气的供储环节有很多的投资机会，我们都可以积极参与。”中平资本执行董事秦岭松说。

国家管网公司成立后，一方面，随着整套管网体系里输送的气源增加，气质种类趋于复杂，统一的能量计量将成必然趋势；另一方面，为提高管网配置效率，未来智慧管网，采用大数据和人工智能的方法对日益复杂的管网系统进行集成优化等，一系列先进的智能化管网运营技术将迎来发展机遇。

“在管网的智能化运营、大数据分析方面，我们愿意尝试开展深度合作，共同促进产供

储销体系效率的提升。”秦岭松说。

有与会的石油系统人士同时指出：“管网公司非常需要结合交易中心提供的信息平台，通过大数据的方式掌握供需信息，再结合天气变化，相应对管存、库存、气源以及一些阶段性的量值等进行调节。”

记者从上海石油天然气交易中心了解到，受国家能源局委托，该交易中心自主研发的国家油气管网独立运行支撑平台——“油气管网信息、采集、报送与公开系统”，即将投入运行。（仝晓波）

新电池装置实现高浓度盐水淡化

中国科学报 2019.9.17

本报讯（记者李晨阳 实习生欧云）日前，宁夏大学教授罗民课题组构建了一种高性能低能耗脱盐电池装置，实现了高浓度盐水的脱盐淡化。相关论文在线发表于美国化学会《可持续化学与工程》。

水资源短缺和水环境污染是困扰社会可持续发展的重大问题，而海水淡化技术为这一难题提供了有效的解决方案。目前常用的水处理技术如反渗透、闪蒸法和电渗析等，普遍存在高成本、高能耗和二次污染问题，因此发展低成本、低能耗和高效率的水处理技术势在必行。

脱盐电池是一种新型脱盐技术，通过输入电能，在电极表面发生氧化还原反应，从而提取盐溶液中的钠离子和氯离子，达到脱盐淡化的目的。之后再通过放电过程释放离子到浓盐水中，同时回收部分能量。

近年来，二维层状纳米科技的迅猛发展为开发新型脱盐电极材料提供了契机。借助这一技术，研究人员构建了以掺杂钴酸钠为负极、以活性炭为正极的新型脱盐电池装置。研究表明，由于丰富的氧空位改善了材料的导电性能，而钙离子在层间起到了稳定层板结构的作用，因而实现了高脱盐量和高循环稳定性能。这项研究对脱盐电池在高浓度盐水脱盐和水资源利用中的应用起到了一定推动作用。

鄂尔多斯盆地又发现“千亿方大气田”

中国科学报 2019.9.30

本报讯 9月25日，记者从中国石化新闻办获悉，鄂尔多斯盆地油气勘探获得重大进展，又新增探明储量442亿立方米。至此，位于盆地北部鄂尔多斯市境内的东胜气田累计探明储量达1239亿立方米。这是近20年来我国先后发现大牛地、苏里格等气田并进入规模开发之后，鄂尔多斯盆地发现的又一储量规模超“千亿方大气田”，相当于亿吨级当量大油田，将成为国家能源发展战略的重要支撑。

2010年，中国石化华北石油局启动东胜气田开发准备工作，目前气田累计新建产能15

亿立方米，累计产气 25 亿立方米，气田日产气 370 万立方米，可满足 740 余万户居民生活用气需求。中国石化华北石油局有限公司总经理吕新华表示，华北石油局在鄂尔多斯盆地已建成大牛地和东胜两大气田，累计产气近 400 亿立方米。东胜气田继大牛地气田后，成为中国石化在鄂尔多斯盆地的重要资源接替阵地。目前，东胜气田上产步伐进一步加快，今年底将达到 15 亿立方米年生产能力，明年达到 20 亿立方米年生产能力。

目前，大牛地和东胜两大气田在保障大华北地区上亿户居民用气的同时，还确保了气源地 1 万余户农牧民生活用气，为增强国家经济实力、打赢脱贫攻坚战和污染防治攻坚战发挥了重要作用。（计红梅）

行业动态

盛赞能源成就 讴歌能源楷模

第三届（2019）中国能源产业发展年会在京举行

人民日报社副总编辑方江山出席会议并致辞

中国能源报 2019.9.23

本报讯（记者朱妍）报道：9月19日，第三届（2019）中国能源产业发展年会暨首届“能源文化节”在京举行。会议围绕“壮丽70年·奋斗新时代”这一主题，盛赞能源成就，讴歌能源楷模，为新时代中国能源事业高质量发展建言献策。会议由中国能源报社、中国城市能源变革产业发展联盟、国网（苏州）城市能源研究院联合主办，逾350名能源界专家、企业家与会。人民日报社副总编辑方江山出席会议并致辞。

方江山在致辞中表示，壮丽70年，能源支撑经济奇迹，能源助力美好生活。70年来，我国能源政策不断完善，能源生产实现跨越式发展，用能条件和水平不断改善，能源结构大幅优化，能效水平显著提升，中国能源产业的辉煌成就，为新中国建设和发展提供了强有力的支持，支撑了中国经济快速增长，也让中国人民生活的获得感、幸福感日益增强。奋斗新时代，谱写新篇章，能者以奋斗为立身之本，源者促梦想照进现实之地。面向未来，我们要高举习近平新时代中国特色社会主义思想伟大旗帜，推动新时代中国能源事业实现高质量发展。伟大的时代需要伟大的建设者，需要忠实的记录者和热情的传播者。媒体人要为做好能源领域报道工作、推动能源事业高质量发展作出更大贡献。

新中国成立70年来，中国从一个积贫积弱的国家，一步步成长为当今世界第二大经济体，综合国力实现历史性跨越。其间，能源行业作为一国之本，为新中国各项事业发展持续提供了不竭动力，并已成为新中国辉煌发展成就的重要组成部分。

70年来，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。以我国最

主要的一次能源——煤炭为例，原煤炭工业部副部长濮洪九用一组数据直观展示其辉煌发展成就：1985年，我国成为世界第一产煤大国；2018年，我国煤炭产量达到36.8亿吨，较1949年净增114倍；我国煤炭产量占世界总产量的比重，由1991年的15%增至2018年的45.9%。截至目前，我国累计生产煤炭860多亿吨，为国家经济社会发展提供70%以上的一次能源。

以可再生能源为代表的清洁能源发展，同样交出了亮眼成绩单。当前，我国已成为世界第一个风电装机容量超过2亿千瓦的国家，水电装机规模连续15年位居世界第一，光伏发电累计并网装机容量连续4年位居全球第一。

作为光伏行业的建设者、亲历者，无锡尚德太阳能电力有限公司原董事长施正荣表示，在2010年之前，我国光伏企业使用的大部分设备、原材料仍依靠进口，如今技术、装备等均已实现高比例国产化。尤其是过去5年，我国从光伏制造大国真正成为应用大国，每年装机容量至少占到全球市场的一半，光伏成为我国又一张“产业名片”。

在充分肯定70年发展成就的同时，与会专家指出，我国能源行业现已进入以清洁低碳、安全高效为特征的高质量发展阶段。面对新的要求与挑战，“转型”已成为能源行业的关键词。

清华大学低碳经济研究院院长何建坤认为，经过多年努力，我国已扭转能源消费和二氧化碳排放快速上升的趋势，由高速增长进入高质量发展的新阶段。在此基础上，转型需经历两个重要时间阶段——

一是2020-2035年，生态环境质量实现根本好转，美丽中国目标基本实现。生态环境改善达标和二氧化碳排放达峰紧密结合，形成促进经济高质量发展的协同局面；二是2035-2050年，建成美丽中国。力争构建一个近零排放体系，基本形成以新能源和可再生能源为主体的低碳能源体系，化石能源消费基本趋近于零，为全球应对气候变化和保护地球生态、人类生存发展作出中国贡献。

中国工程院原副院长、中国工程院院士杜祥琬进一步表示，相比平面、外延型的高速增长，高质量发展更为立体，追求质量和效益的增长。对此，我们既要看到能源转型的长期性、艰巨性，更要看到能源转型的方向是清晰的。作为发达地区的中东部应该带头，首先确立能源高比例自给的理念，在行动上为全国能源转型和可持续发展作出表率。

为记录、致敬能源行业各条战线的开拓者、贡献者，由中国能源报社发起的“能源70年·功勋人物”评选结果同期揭晓。经公开推荐、网络投票、专家评审等环节，现场颁发8大奖项，共计70人获表彰。

其中，大庆油田原钻井指挥部副指挥王进喜，原地质部部长李四光，国务院原副总理、原石油工业部部长康世恩等9人荣获“丰碑人物”；原电力工业部部长史大桢，原煤炭工业部部长肖寒，全球能源互联网发展合作组织主席刘振亚等11人分获“政界/企业界终身成就人物”；原机械工业部副部长陆燕荪，中国工程院院士王基铭，中国科学院院士周孝信等

11人荣获“泰斗人物”；原煤炭工业部副部长濮洪九，原国家发展改革委能源局局长徐锭明等10人荣获“强国智囊人物”；中国能源建设集团有限公司董事长汪建平，协鑫（集团）控股有限公司董事长朱共山等18人分获“领军国有/民营企业”；中国工程院院士刘中民、沈国荣等11人荣获“自主创新人物”。

作为“泰斗人物”入选者，王基铭感慨：“我作为石油石化战线的一员入选，这份荣誉不光属于个人，而应颁给成千上万像我一样的普通奋斗者。”

会议同步举行了首届“中国能源微电影大赛”颁奖典礼及“中国能源扶贫题材电影新闻发布会”，公布了54部获奖微电影作品，并分别揭晓了新时代能源产业“十大精准扶贫典型案例”“十大能源互联网示范项目”“十大能源科技创新技术产品”。

功率密度显著提升 成本有望继续下降

全钒液流电池储能开启产业化征程

中国能源报 2019.9.2

核心阅读 据相关机构统计，截至目前，我国已投运全钒液流电池储能项目累计规模仅次于锂离子电池、铅蓄电池两种传统的电化学储能技术，约占全国电化学储能规模的4%，占全球全钒液流电池储能规模的17.8%。全球氧化还原液流电池市场规模预计将从2018年的1.3亿美元增长到2025年的3.7亿美元。在大量生产或开发的液流电池中，全钒液流电池将占据70%的市场份额。

十年了，安装在张华民家的全钒液流电池储能装置依然平稳运行着。“这是我们的第一套原理样机，足以说明全钒液流电池的**稳定、安全可靠、长寿命**。”张华民告诉记者。

张华民是中国科学院大连化学物理研究所（简称“中科院大连化物所”）储能技术研究部的首席研究员，为了验证团队研发的全钒液流电池性能，2009年，他在自己家中安装了这套全钒液流储能装置，不仅起到了检验实验成果的作用，还为家庭用电提供了清洁能源，展示了全钒液流储能技术与可再生能源相结合的良好应用前景。

简单来说，全钒液流电池采用含有钒离子的水溶液作为储能介质，通过其价态的变化，实现化学能和电能之间的转换，从而完成充放电的过程。

据赛迪智库统计，截至目前，我国已投运全钒液流电池储能项目累计规模仅次于锂离子电池、铅蓄电池两种传统的电化学储能技术，约占全国电化学储能规模的4%，占全球全钒液流电池储能规模的17.8%。

用中国标准为世界“充电”

“从2000年开始，中科院大连化物所就开始研究液流电池储能技术。目前，中科院大连化物所与融科储能合作团队已形成了包括液流电池关键材料设计制造、电堆及电池储能系统设计集成、储能系统智能控制、工程应用及运行管理等在内的完整自主知识产权体系，获得了200多项授权专利。”张华民说。

产业发展需要标准引领。依托技术领先优势和在国内外的学术影响力，张华民全面负责国家能源行业液流电池标准及国际液流电池标准的制定，用中国标准为世界“充电”。“主持国际标准制定，说明我国液流电池技术处于国际领先水平。”中国化学与物理电源行业协会储能应用分会秘书长刘勇说。

与其他储能技术相比，全钒液流电池优势明显：一是安全性高，储能介质是钒的化合物的水溶液，电池均匀性好，不会发生爆炸。二是容量大，储能容量可达数百千瓦时至数百兆瓦时，适合大规模储能。三是循环寿命长，电池充放电循环次数在 15000 次以上，使用年数在 15 年到 20 年。四是环境友好，电解液可以反复循环使用。

“全钒液流电池的核心部件是电堆，类似于中央处理器，电堆的核心材料包括电解液、离子传导膜等。怎样使材料的性能更好、价格更低，我们一直在努力。”张华民表示，通过电池关键材料和电堆结构设计技术创新，科研团队解决了电池内阻较大的难题，在保证能量密度不低于 80% 的前提下，使电池的工作电流密度由每平方米 80 毫安提高到 300 毫安，功率密度因此增加近四倍，电堆材料成本降低了 70% 左右。

“全钒液流电池的电解液性能衰减较慢，通过在线或离线再生后可循环使用，且电解液中钒的价值永远存在，其寿命原理上讲是半永久性的。因此，从电池制造、使用到报废后电池系统的无害化处理，放在整个生命周期来看，它的成本其实并不高。”张华民如此回应外界对于全钒液流电池成本较高的误解。他表示，科研团队还将继续开发高性能材料，设计高性能电堆，未来全钒液流电池的成本有望进一步下降。

产学研无缝衔接和全产业链布局

“我国钒资源丰富，主要集中在四川、湖南、湖北、陕西、河北等省份。从原料基地打造、技术平台建设，到储能产品开发、智能装备生产制造，再到工程化应用等，我国全钒液流电池产业链格局已逐步建立和完善。”刘勇说。

在此前召开的全国发电侧储能技术与应用高层研讨会上，陕西省液流储能创新中心首席科学家赖勤志博士指出，全钒液流电池产业内部已组建产业联盟，实现了产学研无缝衔接。上游资源保障方面，共有五个钒矿基地，现有储量可以完全满足联盟内部的全钒液流电池需求。市场推广方面，有大连融科储能、北京普能、上海电气等企业，共同推动液流电池的示范应用和商业化运营推广。

不止科研机构、生产企业，电力设计院也积极参与到液流电池储能项目中，促进储能技术应用和发展。

以大连液流电池储能调峰电站为例。该项目是国家首个大型化学储能示范项目，也是目前全球在建规模最大的钒液流电池储能电站，一期建设规模 100 兆瓦/400 兆瓦时。电站采用全钒液流电池作为储能元件，中科院大连化物所提供技术支持，大连融科储能承建，中能建设集团东北电力设计院设计。“储能电站运行过程中的控制和安全尤为重要，相关设备的配置及控制策略的制定均需考虑这两个方面。”东北院该项目主管总工裴玉峰说，“针

对这些特点，东北院开展了多项专题研究，提出了创新设计理念和方法。在控制方面，与蓄电池制造商、控制系统制造商合作开发出适用于蓄电池储能电站的综合运行管理系统。在安全方面，采用‘纵深防御’的设计理念，设置多重措施防止气体、液体泄漏和扩散。”

已进入产业化推广阶段

研究机构 QY Research 公司的调查报告显示，全球氧化还原液流电池市场规模预计将从 2018 年的 1.3 亿美元增长到 2025 年的 3.7 亿美元。在大量生产或开发的液流电池中，全钒液流电池将占据 70% 的市场份额。

“我国全钒液流电池储能已进入产业化推广阶段。”张华民表示。在国电张北风光储输示范工程、国电龙源沈阳卧牛石风电场等大型风光发电基地，都配置了 5 兆瓦/10 兆瓦时全钒液流电池储能示范项目，有效解决了调幅调频、瞬态干扰的问题，促进了可再生能源消纳，保障了电网安全稳定运行。

利用全钒液流电池，不仅可以建设大型储能电站，还可以根据不同的应用场景，建设不同规模的小型电站。“现在全钒液流电池储能技术已经更新到第二代产品。我们攻克了电堆设计集成技术，发明了大功率、高功率密度电堆结构设计方法，研发出 32 千瓦大功率液流电池单体电堆，并进一步突破制造技术，实现了批量化生产，走向海外市场。集成后的储能装置更加小巧，成本也大幅降低。”张华民介绍说。

站在储能行业的角度，刘勇指出，大规模、高效率、低成本、长寿命、易回收是未来液流储能电池技术的发展方向，需要进一步加强电解液、离子交换膜、电极材料以及电池结构的设计和研究，从而提高液流电池可靠性。储能要以市场需求为导向，根据不同应用场景发展相适应的新技术。

张华民表示，在攻克全钒液流电池的同时，中科院大连化物所也在积极布局液流电池新体系的开发，比如锌溴液流电池、锌铁液流电池等，主要用于用户侧储能。“也许不久的将来，随着技术的进步，家庭户用型可再生能源的储能装置，也能既安全、又低成本的走进我们的生活。”（樊桐杰）

我国二次再热发电技术领跑世界

科技日报 2019.9.3

“锅炉运行正常，各项参数及技术指标完全正常，具备点火条件，现在点火。”

随着值班长陈林的点火口令，操作员投入等离子点火装置，集控室液晶屏幕上跳动起红色火焰，国家能源集团宿迁公司（以下简称宿迁公司）的 660MW 超超临界二次再热机组工程点火成功。

截至 8 月 28 日，该工程 2 台机组发电量已达 22.67 亿千瓦时。机组发电煤耗 $\leq 256\text{g/kWh}$ ，发电效率 $\geq 48\%$ ，以及环境指标均创世界之最。

“该项目二次再热塔式锅炉、高效汽轮机、及其配套附属设备、智能发电控制系统、先

进的环保设备等核心技术均实现自主可控，这标志着我国高效灵活二次再热发电技术已领跑世界。”项目负责人俞基安告诉科技日报记者。

追赶路上付出的高额学费

火力发电从诞生至今，已有近 150 年历史。

但是，作为世界上煤炭生产消费和电力需求第一大国，在上世纪 80 年代以前，中国火电技术大大落后于世界先进水平。

“改革开放后，我国引进了许多国外的火电技术和装备，包括美国、欧洲、日本，可以说在技术流派上五花八门，最早的时候就连机组上的螺丝都是从国外随设备一起进口的。”回忆那段往事，俞基安心里五味杂陈。

随着我国电力体制的改革，火电技术的设计、研发能力明显加快。2004 年，我国火电技术终于跨出一大步，建成 60 万千瓦超临界电站；2006 年，建成 100 万千瓦超超临界电站；2015 年，建成 100 万千瓦超超临界二次再热电站。

根据预测，至 2030 年、2050 年，煤炭在我国一次能源消费总量占比将降至 50% 和 40%。换言之，煤炭在我国能源结构中的主导地位不会发生变化，火力发电技术在中国并未过时。

为了减少能源消耗、打响蓝天保卫战，我国必须发展自主可控的清洁高效火电技术和装备。

平均年龄 39 岁的“梦之队”

“超超临界机组得益于更高的蒸汽温度和压力，比亚临界热效率提高 5%—7%，采用二次再热技术后，可进一步提升 2%—3%。”华北电力大学教授段立强介绍说，更高的热效率意味着更少的煤耗，以及更少的污染物排放。（张晔 季天宇）

我国首个煤矿巷道压缩空气储能电站项目开建

中国能源报 2019.9.2

本报讯 近日，同煤集团云冈矿北大巷废弃巷道压缩空气储能电站项目开工。这是我国首个基于煤矿巷道压缩空气储能电站项目。项目建成后，将进一步增加能源安全储备、促进新能源健康发展，引领智能电网向低碳、绿色方向发展，对构建清洁低碳、安全高效的能源体系具有重要意义。

该项目是同煤集团与大同市企地携手共同打造能源革命转型发展项目，首期建设 60 兆瓦，总规模 100 兆瓦。是利用清华大学电机系技术团队研发的零排放压缩空气储能技术，结合山西当地资源禀赋，利用废弃煤矿巷道作为储气库搭建的基于煤矿巷道压缩空气储能系统，可以有效促进新能源的消纳，提高新能源利用率。

作为国家支持发展的能源储备示范性项目落地同煤集团，将为资源枯竭矿井闯出一条资产效益最大化的可持续发展之路。（洪浪）

世界首台套超临界双抽 再热背压机组天津开建

中国能源报 2019.9.9

本报讯 近日，世界首台套超临界双抽再热背压机组——天津华电南港热电项目主体工程（以下简称“南港热电”）正式开工建设，项目在能源优化配置、节能减排、环境保护、科技创新等方面具有明显优势和特点。作为南港工业区重点配套工程和唯一热源点，项目对园区能源供应起着重要的支撑作用。

南港热电是天津市“十三五”规划的重点项目，是华电集团在津区域中长期规划的最后一个煤机项目。项目位于天津滨海新区南港工业区核心位置，作为园区的基础配套工程和唯一热源点，为中沙石化、渤化等大型企业生产所需蒸汽，同时按照以热定电原则，为工业区提供部分电力供应。

项目一期工程拟建设3套热电联产机组，计划于2020年至2021年陆续投产，投产后可为园区提供总量高于2000吨/小时的蒸汽供应。华电集团在南港热电原有环保设施投资1.58亿元的基础上，新增污染防治设施投资1亿元，同步建设规模105万千瓦的脱硫、脱硝设施，涵盖深度超低排放、末端废水零排放、烟气冷凝等全系统环保设施，投产后烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度将分别低于国家燃机排放标准限值的33%、82%、80%。（何赅珂）

浙江建成首座加氢站

中国能源报 2019.9.16

本报讯 9月6日，浙江省首座加氢站——中国石化浙江嘉兴嘉善善通加油加氢站正式建成。这是省内第一座集加油、加氢等功能于一体的综合能源供应站。

嘉善善通加油加氢站坐落于嘉善客运中心旁，占地2784平方米，由原来的善通加油站改造而成，是一座拥有2个汽油罐、2个柴油罐、3个储氢罐的二级加油加氢站。该站储氢罐总容量为15立方米，站内设置2台双枪双计量加氢机，日加氢能力可达500千克，以8.5米的公交车为例，每日服务能力可满足至少50辆公交车。加氢站借鉴国外先进技术和流程，采用换热系统，加氢更加安全高效；配备两台压缩机互为备用，进一步保障了公交车辆的加注。

相较于传统的加油操作流程，加氢作业同样有着规范性的要求。加氢前，需要对气瓶进行检查，确认气瓶剩余压力不得低于0.1Mpa。在查看加氢嘴的清洁情况后，打开加氢授权钥匙，才能开始加氢。在正式投营后，该站主要用于服务氢燃料公交车，每次可加注20kg氢燃料，约需5分钟，加注一次可续航300公里。据悉，在嘉善县政府的支持下，第一批50台氢燃料公交客车将于2019年年底投入运营。

目前，嘉善县已拥有氢燃料较为完整的产业链，如氢燃料发动机厂家，燃料氢气供应商，又紧邻长三角核心城市——上海，为推广和发展加氢站创造了得天独厚的先天优势。该站由嘉善县交通建设投资集团有限公司与中国石化浙江石油分公司共同组建的合资公司负责

经营管理，是嘉善县加快推动氢能与燃料电池产业发展和开展燃料电池汽车试点示范的重要基础性工程之一。

氢能源作为新型能源，具备“高效”“清洁”两大特点，是车用燃料转型升级重要突破口之一。氢能产业是新一轮科技革命和产业变革的标志性方向，是我国重点发展的战略性新兴产业，也是培育发展新动能，带动经济结构向中高端迈进，引领发展转变的未来重要产业。

中国石化继今年7月1日在广东佛山推出中国石化第一座加氢站以后，嘉善善通加油加氢站是中国石化在全国布局的第二座加氢站。

中国石化浙江石油嘉兴分公司总经理许建浩表示：“尽管氢燃料汽车市场仍处于起步和培育阶段，但站在新兴产业前瞻性布局的角度来看，善通加油加氢合建站建设意义重大，具有很强的行业引领和示范作用。该站既是中国石化企地合作的又一典范，也为推动省内氢能及燃料电池领域研发、制造与应用融合发展，打造长三角一体化区域氢能及燃料电池产业基地走出了坚实的一步。中国石化浙江石油分公司秉持‘为美好生活加油’的使命，致力在全省引领和打造集‘油气电氢非’于一体的综合功能站，持续优化能源供应，不断完善能源布局，满足人民对清洁能源的多元化需求。”（栾玉波）

国内首台智能高速资源化污泥处理处置成套装备投产

中国环境报 2019.9.19

众里寻他千百度，蓦然回首，那人却在，灯火阑珊处

走进位于中关村昌平科技园西侧的南口污水处理中心污泥处理车间，笔者惊喜地见到这个占地仅数百平米的处理车间里，看不到污泥、闻不到气味，仅能从中控室的显示屏上看到当污泥从全封闭的管道源源不断地进入时所显示的流量、温度和压力；这一车间污泥处理装备采用湿式氧化工艺，运行时通过污泥的自持放热维持湿式氧化的进程，污泥氧化处理环节能量消耗趋于零的现象持续进行。污泥从进入系统大约50分钟后，彻底无害化、稳定化、减量化及资源化。污泥中所含有的重金属被有效脱除，经固液分离后，减量80%固态稳定的营养土有序排出。为污泥的处理处置开创了一条全新的有效技术途径。

由于处理后的污泥完全符合农用还田标准，在外运处置点末端还摆放了污泥农用的营养土饼，后期可加工成有机肥制品、自带营养的花盆和极易降解的工业包装物。而液相分离液可以作为水处理的补充碳源，还可作为稀释肥销售。可谓“化腐朽为资源，化治理还生态”。

这一车间原设计处理能力60吨/天，实际处理能力可达100吨/天。投产后经常靠本水厂的泥“吃不饱”，便又把周边其他水厂的泥调运过来处理。作为污泥终端处理处置技术装备（而不是中间处理技术），对比低温微生物法（厌氧、好氧）及高温焚烧，其设备投资不足70%，运行成本不足其一半。在完成无害化、减量化、稳定化、资源化的过程中，没有次生污染，无须添加物，且占地少、效率高，建设无须新加征地。真正做到了绿创环保集团在建设国家下达的“城市环境医院”建设项目立项时作出的郑重承诺：日产日清、原位处理、过程清

洁、固碳还田。

由北京绿创生态公司原创开发的 HiROS 污泥处理处置装备和先进工艺，已作为北京市首台套政府采购项目获得了政府的验收和嘉奖，并委托绿创进行长期运营。HiROS 技术装备在畜禽粪便、黑臭水体底泥的处理处置应用上，也将有序进行。

闯过雄关漫道，花枝俏，只把春来报

眼看不到一个小时，污泥就能顺畅地从进到出、从污染到资源，为获得这个看似简单的成果，绿创生态却是蹉跎地走了近十年的原创过程，真可谓是雄关漫道真如铁。

绿创掌门人作为国内资深环境科学家，几十年来组织了汽车排放污染控制三元催化器的研发应用，高浓度有机废水处理、脱硫脱硝、VOCs、颗粒物控、SCR 脱氮等装置。2000 年前后，污泥处理处置成为环境污染控制中的重大难题。从技术路线上看，无论是高温焚烧，还是低温微生物法，都无法全面完成无害化、减量化、稳定化、资源化的需求。国内很多引进了几十年的厌氧装置因水土不服，几乎没有能正常运行的，业界亟待选择新的符合生态法则的技术路线。

绿创早于 2011 年就率先在 A 级环境学术杂志《中国环保产业》上发表了《制污泥处置技术的选取判定原则》，提出了好的技术路线应当符合：《处理效率匹配、处置能级稳定、循环路径最短》这三条判定标准。由此，绿创公司开创性地选择了“部分湿式氧化”法，开发了 Hi-ROS 技术。经过小试，三年后开始中试，并在住建部的组织下，由国内各界资深专家和院士进行了专业权威的评估，并获得住建部的正式推荐应用。科学上和工程上的可行，还要进行商业上可行的大量研究。整整五年的时间，绿创与清华大学在热力学上的合作研究，与石油大学在污泥流体性质上的研究，与江南大学在污泥资源化工业应用上的研究，驯化全球采购的部件，获得能量平衡和物料平衡的精确数据，运行中的稳定性、可靠性研究及智能化控制，长期运行中海量数据的采集与测试分析。既要测试南方高湿热气候的环境，也要面对北方寒冷的考验；更要面对某些崇洋媚外、落后守旧乃至体制歧视的现实，还必须忍受资金断流，承担无限连带责任，抵押个人资产的困境。

相比填埋微生物法，这项效率提高了数十万倍，资源化应用前景广阔的颠覆性原创技术装备的成功，凝聚了绿创人及各支持单位和个人大量的心血泪水。绿创生态团队表示，将不忘初心，力争成为污泥处理处置领域污泥处理处置领域资源循环方向正确、技术解决路径正确、经济指标先进的领跑者，希望与社会各界真诚合作，捍卫祖国的绿水青山，尽快把这项利国利民的技术以各种方式应用到祖国锦绣山河，走向“一带一路”。

多项海上风电直流输电行标开始编制

中国能源报 2019.9.16

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）

我大型先进商用压水堆燃料组件实现批量化

科技日报 2019.9.23

科技日报北京 9 月 22 日电（记者陈瑜）燃料组件是核反应堆的核心，记者 22 日从中核集团获悉，4 组 CF3 燃料组件近日插入秦山二期 4 号机组反应堆进行考验。此前，已有 8 组 CF3 燃料组件入方家山核电 2 号机组，预计今年年底还有 8 组 CF3 燃料组件入秦山二期 1 号机组。这意味着我国自主研发的首个大型先进商用压水堆燃料组件进入批量化、产业化应用阶段。

CF3 燃料组件是中核集团自主研发的先进核燃料元件品牌，被誉为最强中国“芯”。现有的成果表明，中核集团全面掌握了高性能核燃料研制技术，形成了完整的具有国际市场竞争力的自主燃料体系和产品供应能力。

相关人士表示，多电厂多运行条件辐照模式将使 CF3 燃料组件具有更广泛适用性，这是 CF3 燃料组件从产品研发到全面推广使用之间的重要一步。CF3 燃料组件适用于华龙一号、玲龙一号及燕龙低温供热堆等，将为我国自主三代核电建设、国内核电大规模应用、中国核工业“走出去”奠定坚实基础，对我国能源供应安全保障具有重要意义。

据了解，CF3 燃料组件研制联合攻关团队以新型 N36 锆合金包壳管为突破口，结合自主化创新设计，通过开展燃料组件制造技术研究、堆外试验件研制、燃料组件堆外试验研究、先导燃料组件入堆安全评审以及入堆辐照和池边检查研究，最终研制出在结构和水力学上与现有堆芯相容、具有自主知识产权的 CF3 燃料组件；随后研究掌握 CF3 燃料组件批量化制造技术和产业化应用技术，优化工艺、提高经济性，成功实现了 N36 锆合金等多种国产化原材料在 CF3 燃料组件中的批量化应用，突破了 CF3 系列燃料元件关键制造工艺技术，建立了批量化燃料组件制造技术体系和质量控制体系。