

能 量 转 换

总 25 期
1/2020.1

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. 可再生能源应由高速度向高比例发展	5
2. 南网能源院发布《中国能源发展报告（2019年）》	6
3. 保生态 期未来 二〇一九年世界科技发展回顾·环境治理与可持续发展	6
4. 关于能源发展战略研究若干问题的思考	11
5. “区块链+能源”进入黄金发展期	14
6. 怎样部署可再生能源效益最大？	16
7. 港媒报道：中国科技巨头转向可再生能源	17
8. 浅谈德国能源转型	18
9. 中国新能源高质量国际合作大会召开	19
10. EIA：到2050年全球能源消费将增长近50%	19
11. 2020年度能源经济预测与展望研究报告在京发布	20
12. 各类“世界能源展望”研究背后有“文章”	21
13. “十四五”专项规划为何没了“水风光”	24
14. 中科院与山东省共同成立山东能源研究院	26
15. 德可再生能源发电量首超化石燃料	27
16. 人类解决气候危机十大挑战	28
17. 中英深化清洁技术创新研究合作	29

二、热能、储能、动力工程

1. 哈尔滨学院巧用污水供热	30
2. 全球首款半固态锂离子电池问世	31

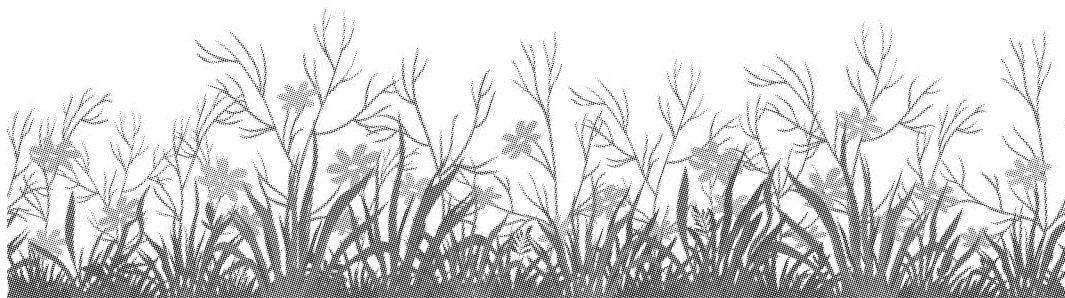
3. 德国新能源汽车驶入“快车道”	31
4. 蓄势新产业——2019年储能和新能源汽车行业年度报告	32
5. 电动飞机将开辟动力电池应用新赛道	34
6. 储能界的实力玩家 锂电池	35
7. 清洁取暖与城市能源转型越来越“亲密”	40
8. 城镇清洁供热是一场能源消费倒逼供给的革命	42
9. 燃气空气源热泵为清洁取暖辟新路	45
10. “不冒烟的锅炉”——核能供热渐行渐近	47
11. 第三方储能系统集成要“火”	48
12. 2019年储能市场：增速遇冷趋势不冷	50
13. 以标准引领储能产业规范健康发展	52
14. 铅炭电池商业化应用大有可为	55
三、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1. 多方发力，破解蓄电池回收难题	57
2. “管上催碳”缓解温室效应	58
3. 中国“禁废令”重塑德垃圾回收业	60
4. 我国生物天然气年产量将超100亿方	61
5. 促进畜禽粪污利用 加强养殖污染治理	63
6. 新发明让液化秸秆“变废为宝”	65
7. 全球塑料循环体系演化与我国的应对策略	66
8. 新“光合作用”将二氧化碳变为甲烷	68
9. 华工院士团队十年磨一剑，摘掉造纸“污染大户”黑帽	69
10. 农林生物质发电仍需国家扶持	71
11. 危废管理需管控好三个环节	72
12. 生物天然气 生长正发力	73
13. 新型催化剂将二氧化碳变为甲烷	76
14. 鼓励生物质能多种技术路线共同发展	77
15. 节能服务产业综合能力存短板	79
16. 大宗固废地成利废技术输出高地	81
17. 二氧化碳可用于手机电池回收	83
18. 生物质能供暖推广遇难题	83
四、太阳能	
1. “人造太阳”离圆梦又近一步（上）	86
2. “人造太阳”离圆梦又近一步（下）	88

3. 太阳能电池板回收技术获突破	89
4. 全球高分辨率地表太阳辐射数据集上线	89
5. 新型热电纳米天线可收集太阳能	90
6. 新方法实现钙钛矿单晶发光颜色调控	90
7. 高效稳定的二维层状钙钛矿来了！	91
8. 植物能高效吸收钙钛矿太阳能电池中的铅	93
9. 英研发光伏发电存储组合装置	93
五、地热	
1. 沉睡在青藏高原的清洁能源——干热岩	94
2. 国家地热干热岩技术创新平台培育基地通过评估	96
六、海洋	
1. 广东加快发展海洋六大产业	96
七、氢能	
1. 港口有望成氢能规模化应用“重镇”	98
2. PERC 光伏技术缘何受青睐	100
3. 光伏单晶炉氩气净化回收技术研发成功	101
4. 自“油城”迈向“氢城”	102
5. 《中国氢能产业政策研究》成果在京发布——探索氢能多元化应用	104
6. 英国为天然气管网注入氢气试点碳减排	106
7. 液氢：能“上天”可“落地”	106
八、风能	
1. 中国能建主编首部海上风电场国家标准实施	109
2. “十四五”海上之“风”吹哪里	109
3. 加强海上风电核心技术攻关	110
九、核能	
1. 多国积极开展先进核能系统研发	111
2. 三代核电开启批量建设模式	112
3. 有效分离氘氚 为可控核聚变提供潜在燃料	114
4. “核废物”处理实现镧锕分离	114
5. 英用核废料研发金刚石电池	115
十、其它	
1. 中国退出燃煤发电任重道远	116
2. 欧洲能源转型中的天然气政策	117
3. 甲烷减排迫在眉睫	119

行业动态

1. “可再生能源独立供电”获国家科技进步二等奖 121
2. 广工大林展教授团队在锂硫电池研究领域取得重要进展 122
3. 餐厨垃圾可生产天然气 南沙将建餐厨垃圾处理厂 123
4. 国内首款水模块化主动蓄热日光温室建成 123
5. 全球首套规模化太阳燃料合成项目试车成功 124
6. 中低温地热悬浮发电技术研究中心成立 125
7. 太阳能双循环农产品干燥设备入选农业农村十大新设备 126
8. 首个海洋油气生产装备智能制造基地开建 126
9. 我国最大潮流能发电机组研制成功 127

本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考



一、总论

中国能源研究会可再生能源专委会主任委员李俊峰：

可再生能源应由高速度向高比例发展

中国科学报 2020.1.1

当前，气候变化压力加剧，各国都在积极寻找应对之策，优化能源结构成为全球共识。对我国而言，石油、天然气对外依存度越来越高，能源需求增长与资源环境约束之间的矛盾也日益突出。

我国如何面对优化能源结构这样一道数学题？中国能源研究会可再生能源专委会主任委员李俊峰给出的答案是“高比例发展可再生能源”。日前，他在2019中国能源研究会年会上指出，我国除了要夯实煤炭基础之外，还要加大力度发展可再生能源，提高可再生能源比例。

“当前，我国可再生能源电力增长迅速，实现了跨越式增长。”李俊峰称，《可再生能源法》实施的13年间，非水的可再生能源发电平均每年涨0.8到0.9个百分点，每年约增加1千亿度电，从过去的可有可无变为举足轻重。

此外，李俊峰指出，我国可再生能源装备实力也在不断增强，关键技术基本实现国产化。特别是光伏，国产产品已占全球市场的70%，并且推动了全球光伏发电成本的大幅度下降。

不过，可再生能源在进入高比例发展阶段的同时，也面临着诸多挑战。比如，如何融入能源系统，电网与电源发展如何协调都是问题。

而非技术成本也在一定程度上制约着可再生能源的进一步发展。“光伏和风电都需要大量的土地，其在大规模发展的同时，还要和生态文明建设划出的红线相适应、相协调，这需要政府部门做很多工作。”李俊峰说。

不仅如此，非电应用是扩大可再生能源应用场景、实现能源多元化应用、保障能源安全的重要支柱。然而，太阳能热利用、生物液体燃料、地热等技术难以完成“十三五”规划目标，相关政策也多以鼓励为主，对产业发展的支持力度较低。

为解决上述问题，就需要在机制上进行研究，从制度上作出安排。李俊峰认为，可再生能源的发展是一个系统工程，国家层面需要统一协调，将可再生能源布局与能源系统构建、经济发展大局相结合，在构建清洁低碳、安全高效的能源体系的目标下全面推进可再生能源的发展。

李俊峰表示，必须坚定可再生能源由高速度向高比例发展的正确方向，坚持技术导向，以技术提升推动产业发展，同时要积极努力地适应并利用数字化和智能化浪潮，加速关键核心技术的攻克。（李惠钰）

南网能源院发布《中国能源发展报告（2019年）》

中国科学报 2020.1.1

本报讯 近日，南方电网能源发展研究院发布《中国能源发展报告（2019年）》（简称《报告》）。《报告》指出，我国能源消费结构持续优化，炭消费比重下降，天然气、核能和可再生能源比重上升。2018年我国能源消费总量46.4亿吨标准煤，占全球一次能源消费总量的23.6%，连续十年居全球第一位，增速较2017年提高0.4个百分点。

不过，《报告》也指出，目前我国能源发展仍存在非化石能源发展保障机制不完善、化石能源清洁化利用水平较低、能源对外依存度较高、能源核心技术自主研发能力有待提高等问题。

针对这些问题，《报告》提出了一系列建议，包括加快提高风、光、水电等可再生能源消纳水平，加快推进煤基燃料和化学品对油气的部分替代，积极参与能源安全国际合作，加强能源领域核心技术研究等。（李惠钰）

保生态 期未来

二〇一九年世界科技发展回顾·环境治理与可持续发展

科技日报 2020.1.7

英国▶多举措强化空气治理 应对气候变化动真格

2019年，英国科学家在保护环境、构建更美好社会方面贡献出自己的智慧。6月12日，时任英国首相特蕾莎·梅宣称，英国将在2050年实现温室气体零排放的终极目标，以改善公共卫生、空气质量和保持生物多样性。随后这一决议得到国会立法通过，成为世界上第一个为零排放立法的主要发达国家。约翰逊政府进一步确定了应对气候的政策方向，并准备通过关键经济部门采取应对气候变化的具体行动。

英国2019年提出进一步减少二氧化氮的具体措施。按照报告的计划，英国政府将对2015年之前生产的柴油车加征高额排污费。该规定的实施，使得伦敦成为欧洲乃至世界对汽车尾气排放要求最为严格的城市。

“伦敦呼吸”计划作为C40城市气候领导联盟空气质量网络的第一项举措，于2017年12月宣布实施，2018年11月开始在大伦敦地区采集数据。目前，伦敦地区已安装了固定空气监测传感器100多个。“伦敦呼吸”计划安装更多的固定和移动空气质量监测仪，以实时、立体地监测空气质量和污染来源。伦敦市长萨迪克·汗宣称，伦敦启动了世界上最先进、最全面的空气质量监测网，以帮助调查和改善伦敦的有毒空气。“伦敦呼吸”不仅提供城市空气污染状况，而且增强了识别整个城市空气排放主要源点的能力，无论这些源点在城市的哪个角落。

2019年4月8日，伦敦在市中心一区地带划出的永久性车辆尾气超低排放区开始生效，

对尾气排放不合格车辆征收每车每天 12.5 英镑的收费。这意味着，预计每天约 4 万辆机动车未来进入伦敦市中心除了要缴纳拥堵费以外，还要缴纳一笔排放费。

伦敦目前依靠的是一个有 150 年历史的排水系统，修建它时伦敦人口不到现在的一半。结果，现在每年有数百万吨未经处理的污水流入泰晤士河。在 2007 年 3 月政府批准了伦敦潮汐隧道的计划，以减少未经处理的污水排放到泰晤士河及其支流李河的影响。这条正在建造的河底隧道长度为 25 公里，可以防止每年数百万吨污水溢入泰晤士河。

伦敦下水道网络扩建工程于 2024 年完工，目前正在伦敦 24 个地点加紧施工，至 2019 年底，第一阶段超级下水道已经完工，修建的隧道长度超过 10 公里。

2019 年 8 月，研究人员通过卫星观测发现，在位于热带地区的北非，二氧化碳排放量比之前预计的更多，热带地区“意外”成了地球温室气体的排放源。

2019 年 11 月，帝国理工学院的研究人员发现，随着细菌不断适应更高温度，它们会加快呼吸速度，释放出更多碳，从而加速全球气候变化，这一发现将有利于构建更准确地全球气候变化模型。此外，科学家的研究揭示，地球系统正发生不可逆变化，标志着地球进入一种“紧急状态”。而且，证据表明，西南极冰原和亚马孙雨林缩减等临界点出现的可能性，或许比人们之前预期的更大。

南极也是英国科学家 2019 年关注的重点。为厘清南极洲何时被覆盖于冰川之下，年初，英美两国科学家携手，在拉特福德冰川连续钻探 63 小时，下探到 2152 米的深度。10 月，英国南极观测局科学家研究一份跨越 6000 年的冰川记录后发现，由于南半球环状模发生变化等原因，南极半岛东部冰架几百年来一直在加速变薄，这或将导致南极冰架坍塌，使南极半岛东部西风变强、大气变暖以及冰架消融，并可能导致未来冰川面积加速减少。（田学科）

美国▶▷ 研究警示全球环境面临危机 多项成果助人类可持续发展

2019 年，美国科学家发出预警，地球在 20 年前就已停止变绿，全球大河仅 1/3 可自由奔流，亚马孙雨林能吸收的碳量在逐渐减少，喜马拉雅山脉冰川融化速度却正在加快。如果对气候变暖趋势不加遏制，美国科学家给出预测：到 2070 年，地球所有珊瑚礁可能将消失；到 2100 年，全球人均国内生产总值将因气候影响而降低 7.22%；整个 21 世纪或成为一个真菌疾病不断涌现的时代，过去“百年一遇”洪水或不到 30 年就来一次，而千年之后，格陵兰岛会成为一个无冰岛屿……

这些看似耸人听闻的研究结论提出警示，我们生存的环境正面临着越来越多的威胁。

在发声示警的同时，美国科学家也不遗余力，希望通过科学研究来推动环境治理，维系可持续发展道路。他们提出了看似违反常理但实则有利可图的解决方案——将甲烷转化为二氧化碳；给出了制定科学应对政策的新支点——阳光降解聚苯乙烯的速度远快于此前预期；开发出了新的工艺、新的材料，作为未来可持续发展道路的支撑。

在新工艺方面，斯坦福大学的新型耐腐蚀制氢方案，可大幅降低海水制氢成本，提高效

率；华盛顿大学的废塑料处理新工艺，能将日常塑料废物转化为喷气燃料，变废为宝；爱达荷国家实验室的稀土元素提取新工艺，可从工业废弃物磷石膏中提取稀土元素，经济上可行，环境危害也很小。

在新材料方面，哥伦比亚大学开发的分子内单线态裂变材料，可有效提高太阳能电池效率；加州大学洛杉矶分校开发的“向日葵”材料，解决了“人工向光性”难题，可用来提高太阳能设备的效率；斯坦福大学开发的同时具有三种属性的半导体材料，可拉伸，可完全降解，并能在应变时保持稳定电气性能，有望在环境监测方面大展身手。（刘海英）

日本▶▷有望实现低成本制氢 可再生能源成效显著

2019年，日本物质材料研究机构（NIMS）与东京大学和广岛大学合作，对光伏发电和蓄电池的制氢系统进行了技术经济效益评估，确认了具备国际价格竞争力的低成本制氢所需的技术水平，在使可再生能源成为主力电源的技术开发中，此次的成果可作为重要指南。研究小组设计了根据光伏发电量，调整蓄电池的充放电量和水电解制氢量的综合系统，评估了其技术经济效益，通过综合考虑将来技术改良，并全面调查蓄电池和水电解装置的容量等，确定了低成本制氢所需的技术水平。通过开发2030年前后完全可能研制出实用化的、放电较慢但成本低廉的蓄电池，日本有望实现每立方米为17—27日元（约1.04—1.64元人民币）的制氢成本。

日本九州市立大学的研究小组开发出温室环境下利用低能量可见光，只需一个步骤即可实现从甲烷（CH₄）转换为乙烷（C₂H₆）和氢气（H₂）的新型光电化学反应过程。通过施加电场，光激发电子和空穴的再结合被抑制，与传统的光催化反应方法相比，量子效率大幅度提高，首次实现了室温下使用可见光能源制造氢气。

日本中部大学开发出了用于固体氧化物型燃料电池（SOFC）电极的新型空气极材料，SOFC作为家用燃料电池系统“ENE-FARM”正逐渐普及，工作温度约为750℃。随着工作温度降低，启动性也得到提高，所以移动体也可以使用，可考虑应用于飞机的辅助电源（APU）和EV的增程发动机。

日本的新能源产业技术综合开发机构（NEDO）与东京大学和信州大学等合作，首次开发出了利用可见光将水分解成氢气和氧气的酸性硫化物光催化剂。此次开发的催化剂为微颗粒状将来制作大面积光催化剂片材时，方便应用喷涂法等简单工艺。如果能将酸性硫化物半导体材料作为光催化剂用于水分解反应，就有望实现低成本的制氢工艺。（陈超）

德国▶▷促研发应对气候变化 推动可再生能源发展

2019年，应对气候变化是德国最热的议题之一，默克尔主导的“气候内阁”达成了“退煤”共识，通过了扶持退煤地区发展的《结构强化法》草案，推动欧盟到2050年实现气候中和的目标，并出台了德国的《气候保护计划2030》。该计划目标是2030年温室气体排放比1990年减少55%，包括为二氧化碳排放定价、鼓励建筑节能改造、资助相关科研等诸多措施，涵盖能源、交通、建筑、农业等多个领域。

为了实现应对气候变化目标，德国从3个方面加强研发：一是加强氢能研究，推出氢能战略。二是加强德国的电池生产。投入10亿欧元在德国多地促进电池生产。顶层设计“电池研发工厂”支持德国在整个电池价值链中扩展能力和技术。三是加强二氧化碳的储存和使用研发。此外，德国还批准了“气候保护科学平台2050”计划。新平台将为向“无二氧化碳”经济和社会过渡提供科学基础和技术知识。

环保方面，为了避免塑料的过度使用，德国教研部与五个联邦部门合作共同提供了多样化的政策措施。包括资助研究环境中的塑料解决方案，促进生物经济中生物基塑料的研发等。联邦教研部推出新的“生物多样性保护研究倡议”，未来几年将提供2亿欧元，推动生物多样性研究和制定系统解决方案。

可再生能源领域，2019年前3季度德国风能和太阳能等可再生能源在电力总消费中占比达42.9%，同比增长近5%。太阳能方面，德国政府已将目标提升为到2030年实现98吉瓦产能，约为目前光伏发电装机容量的两倍。巴登-符腾堡电力公司将在柏林附近建设德国最大的太阳能园区，预计装机容量超过180兆瓦。风能方面，由于市场竞争加剧，2019年德国新增风电装机大幅下降至20年来最低水平，德国作为欧洲最大风电市场的时代已一去不返。

氢能和燃料电池方面，德国联邦交通部选定9个地区，拟通过帮助地区制定合适的氢能源发展规划，建立多方共同参与的发展网络，将其打造成为德国的“氢示范区”。着眼于未来的工业标准，德国六大研究机构联合开发燃料电池的标准化物理参数测量方法，以便集成应用并进一步实现规模化和市场化，为燃料电池技术发展铺平道路。（李山）

法国▶注重生态保护研究 坚持绿色发展之路

法国国家科学研究中心伍兹霍尔海洋研究所的一项最新研究指出，小丑鱼和其栖息地将因为无法适应海洋温度上升而大幅消失。研究指出，提供小丑鱼栖息地的海葵质量对其生存和繁殖种群的能力作出了重大贡献。而海葵及寄居的小丑鱼都依靠珊瑚生存，珊瑚正受到海洋变暖以及污染等威胁，小丑鱼无法对此做出迅速调节或面临灭绝。

农业方面，法国国家食品环境及劳动安全管理总局对“抗除草剂农作物的变种”可能引起的风险发出警报。这类变种可能使得农田里的杂草增强抗除草剂的耐受性，因而导致农药的使用量增加。

在应对气候变化方面，法国总统于2019年11月对中国进行国事访问，双方共同发布《中法关系行动计划》，明确声明在气候变化巴黎大会和筹备2019年9月23日联合国气候行动峰会所取得的经验基础上，中法两国决心继续在应对气候变暖和保护生物多样性方面开展合作，特别是着眼于2020年将在昆明召开的《联合国生物多样性公约》第15次缔约方大会开展合作。为此，两国通过了《中法生物多样性保护和气候变化北京倡议》，并对启动关于2020年后全球生物多样性框架的共同对话表示欢迎。

可再生能源方面，法国政府于2019年初制定中长期能源规划，到2028年底，法国可再

生能源发电装机容量将较当前水平翻四番，新增装机主要来自风电和太阳能。其中，太阳能光伏装机预计达 35.6 至 44.5 吉瓦，陆上风电装机预计达 34.1 至 35.6 吉瓦。为配合实现这一目标，法国电力集团 EDF 明确了新的可再生能源发展计划：从 2020 年起每年开发约 10 亿瓦的太阳能发电能力，到 2035 年完成约 300 亿瓦的太阳能发电能力。（李宏策）

俄罗斯▶▷建成世界首座浮动核电站 研发废弃油田再利用技术

2019 年，俄罗斯最大的亮点是建成了世界首座浮动核电站“罗蒙诺索夫院士”号。8 月 23 日，“罗蒙诺索夫院士”号浮动核电站从俄西北部摩尔曼斯克港起航，9 月 9 日抵达俄远东地区楚科奇自治区的佩韦克港。其主要功能是为俄极其偏远地区的工厂、城市及海上天然气、石油钻井平台提供电能。

浮动核电站是用于生产核电的船舶，就是一座建造在船上的核电站。承载浮动核电站的船是一艘长 144 米、宽 30 米的驳船，在驳船上搭载了两座 35 兆瓦核反应堆。

2019 年 4 月，俄罗斯国家原子能公司已完成对“罗蒙诺索夫院士”号浮动核电站核能装置试验，其 1 号和 2 号机组反应堆顺利完成满功率运行试验，核电站主设备、辅助设备以及自动化工艺过程控制系统都可稳定运行。目前，保证“罗蒙诺索夫院士”号浮动核电站正常工作所需的水面和岸上基础设施正在佩韦克港积极兴建。按计划，“罗蒙诺索夫院士”号浮动核电站于 2019 年 12 月开始发电并接入楚科奇自治区电网。

俄罗斯秋明国立大学将物理化学开采方法与微乳液驱油技术相结合，开发出一种从废弃的油田中开采石油的方法。微乳液驱油依靠的是重量和黏度，是当今最有效的驱油技术，微乳液比石油重，不与之混合，驱油时会把石油推到表面。

俄农业科学院全俄农业机械化研究所制造出一个能自动使用能量集中器和太阳跟踪系统的太阳能电站。该太阳能电站将太阳辐射转化成电能和热能的效率比俄罗斯及国外同类产品高 50%，它可以多产生超过 50%—70% 的热能及 30% 的电能，该电站可用于家庭或小型农场。（董映璧）

乌克兰▶▷购远洋科研破冰船 增强南极科考能力

2019 年 10 月，乌克兰科学家玛丽亚·巴夫洛夫斯卡亚获得了南极研究委员会 15000 美元的科学研究奖金，她在乌克兰的“维尔纳茨基院士”科考站从事南极细菌与南大洋微藻之间的生物地球化学相互作用，她的研究成果将有助于更好地理解二氧化碳在海洋中的结合和释放以及气候变化过程的生物学机制。

在玛丽亚·巴夫洛夫斯卡亚获奖的同时，乌克兰的南极科考在 2019 年还收到了一份大礼。11 月 20 日，乌克兰内阁做出决定将拨款 2.52 亿格里夫纳购买一艘用于科研的远洋破冰船。这项计划将意味着乌克兰海洋科学考察船队的复兴。预计购船相关事项将会在短期内完成。乌克兰教育和科学部部长安娜·诺沃萨德 12 月初透露，乌方正在筹备极地研究计划，第一艘悬挂乌克兰国旗的远洋科考破冰船有望在 2020 年进入极地地区。

乌克兰自 1996 年起在南极设有“维尔纳茨基院士”科考站，但由于受经费制约，长期

以来该考察站的运行和维护困难重重。该国最近一次独立的南极科考还是在 2000 年至 2001 年，距今已经过去了近 20 年。此前乌克兰的南极科考都是通过租用外国船只实现，缺乏稳定成熟的“浮动实验室”。此次乌克兰内阁的购船决定做出后，乌克兰将恢复对南极的科学考察，并将增强在南极科考方面的科研能力。（张浩）

关于能源发展战略研究若干问题的思考

中国能源报 2020.1.◆

核心阅读：

能源战略研究，如果沿用传统的思维定势，改变不了我国“富煤贫油少气”的实际，即使不惜一切代价，国内石油生产也不可能有实质性的改变，关键是如何做好可再生能源发展这篇大文章。

现在能源“十四五”规划正在紧锣密鼓地制定之中，面向 2035 年现代化国家初步建成和 2050 年建成美丽的现代化强国的能源发展战略研究也在进行中，我国历史上关于能源发展规划与发展战略的研究已经进行了多次，其经验和教训值得汲取。到目前为止，我国先后进行了 13 次 5 年国民经济发展规划（计划）纲要的编写，都包含了能源的内容，自“六五”开始有了专门的能源规划（计划），先后编制了 8 次国家能源规划（计划），进行了四次规模较大的能源战略研究。

四次大规模能源发展战略研究 引领我国能源发展

第一次能源发展战略研究，是上世纪 80 年代依据邓小平同志提出 2000 年 GDP 翻两番和下世纪中叶全面实现现代化的两大战略目标作出的，针对当时国家能源供应全面吃紧的情况，能源工作者提出 2000 年之前的能源发展战略是“一翻保两番”，即能源消费总量与 1980 年相比较翻一番，保障 GDP 翻两番的能源需要。到 2050 年人均 3 吨煤当量，能源消费总量控制在 50 亿吨（当时估计中国人口在 16 亿左右），人均 1 个千瓦的发电装机，支持国家的全面现代化。

第二次能源发展战略研究是在 2000 年实现了能源“一翻保两翻”的战略目标基础上作出的。当时国家经济发展的目标是到 2020 年国民经济总量与 2000 年相比再翻两番，2050 年实现现代化的目标不变，依据 2000 年能源消费总量 14 亿吨煤当量，提出了 2020 年能源消费总量控制在 30 亿吨以内，发电装机不少于 9.6 亿千瓦，2050 年的目标与第一次战略研究目标保持不变。

第三次能源发展战略研究是 2007 年作出的，其背景是 2003 年以后中国经济和能源都出现了超常规发展，尤其是能源的超常规发展，使得 2005 年能源消费总量就超过了 25 亿吨。面对能源供应全面紧张的局面，党中央、国务院做出了成立国家能源委员会和国家能源局的决定，部署了新一轮的能源发展战略研究，提出了 2020 年能源消费总量控制在 55 亿吨，2030 年控制在 75 亿吨煤当量的目标。

第四次能源发展战略研究的背景是以习近平同志为核心的党中央，根据我国大气污染日趋严重的局面和 2030 年左右二氧化碳达峰的国际承诺，在 2014 年提出了能源革命的要求，逐步减少对煤炭的依赖，实现能源的清洁低碳发展，为此国家做出了《能源生产和消费革命行动方案（2030）》，提出了 2020 年能源消费总量控制 52 亿吨煤当量、煤炭占比控制在 60% 以下、天然气占比不少于 10%、非化石能源占比提高至 15%，2030 年能源消费总量控制在 60 亿吨煤当量、煤炭占比控制在 50% 以下，非化石能源占比不少于 20%。

从这几次战略研究的目标与实际执行情况来看，第一次研究目标与实际情况基本一致，2000 年 GDP 总量比 1980 年翻了两番，而能源消费总量仅从 1980 年的约 6 亿吨煤当量增加为 2000 年的 14 亿吨煤当量，基本上实现了“一翻保两番”的战略目标。第二次战略研究的目标与实际执行结果误差极大，2010 年能源消费总量达到了 35 亿吨煤当量，发电装机超过 10 亿千瓦。

第三次战略研究目标也与实际执行情况有较大偏差，其原因是矫枉过正，高估了能源的消费量，现在来看 2020 年能源消费总量可以控制在 50 亿吨煤当量以内。

战略研究与执行效果出现误差 但在预测估计的误差范围之内

这几次战略研究与实际执行产生误差原因，不是能源研究出了问题。1980 年至 2000 年期间，是我国改革开放起步的阶段，国家百废待兴，能源供应能力实在不足，“开发与节约并重，节约优先”得到了坚决贯彻。能源消费总量虽然突破了原来的预期，但是在预测估计的误差范围之内。

2000 年对 2020 年和 2050 年能源发展目标的预判，逻辑上是正确的。既然我们在 1980 – 2000 年期间实现了能源的“一翻保两番”，2000 – 2020 年期间与 1980 – 2000 年期间相比，我国经济发展的质量、规模和技术水平都有了很大提高，且提出了构建“资源节约型和环境友好型”社会的基本国策，完全有能力实现“一翻保两番”。

但是这一国策没有得到有效落实，尤其是用相对指标作为约束性指标，没有遏制住能源消费总量的过快增长。包括“十一五”开始实施能源强度作为约束性指标进行管理，导致了相对目标全部实现，总量目标严重突破的现象发生。能源界，尤其是节能领域的专家和管理者，津津乐道的是，2010 年 GDP 的能源强度比 2005 年下降了 19.1%，中国实现的节能量占据全球的半壁江山。

但是，按照另外一种算法，即照常情景分析法（BAU 法），也就是 1980 – 2000 年中已经实现的能源效率进步的速率水平计算，2010 年我们比预计多用了 8 亿吨煤当量的能源，2020 的能源消费总量按 50 亿吨煤当量计算，就会多消耗了 20 亿吨煤当量，20 年间多用了 150 亿吨煤当量的能源。

从 2014 年能源发展战略目标和实施情况来看，能源转型取得了明显效果，能源消费总量快速增长的势头得到有效遏制，能源消费增速下降到 1.6%，仅为 2000 – 2013 年平均增速 8.5% 的 18%。煤炭消费总量连续三年持续下降，天然气、非化石能源高速增长，不仅煤

炭占比和煤电占比都大幅度下降，煤炭消费总量和燃煤发电量也开始有了实质性的下降。

但 2017 年下半年在“稳增长”的要求下，恢复了投资拉动经济增长的发展模式，能源消费，特别是煤炭消费又出现了快速增长的势头。甚至有人把经济下行的压力归结为严厉的环保措施和能源转型。出现了批评所谓的“环保一刀切”，能源转型影响 GDP 增长的声音。控制煤炭消费的力度下降，导致 2017 年煤炭消费比 2016 年有所反弹，当年煤电增加了 2000 亿千瓦时，2018 年煤炭比 2017 年又增长了 1.5 亿吨，煤电净增 4000 亿千瓦时，增幅超过了风电 30 年累计增加的发电量。

即便如此，2018 年煤炭占比仍然下降到 60% 以下，天然气占比提高到 7% 以上，非化石能源占比提高到 14.3%，特别是风电、光伏发电和生物质发电装机超过了 4 亿千瓦，其发电量在总发电量中的占比提高到 9% 左右，煤电占比由高峰期的 75% 下降到 65%。如果 2017 – 2020 年继续维持 2014 – 2017 上半年的趋势，估计 2020 年底，能源消费总量会控制在 45 亿吨煤当量以下，能源消费总量可以减少 5 亿吨，煤炭占比将下降至 55% 左右。

面向未来的能源战略 要着眼于技术进步和发展大势

现在我们再考虑 2030、2035 年和 2050 年的能源发展战略目标，其方向已经非常明确。我国明确提出构建清洁低碳安全高效的能源体系的战略要求，问题在于如何实现。面对这一形势，社会的各种观点纷呈亮相：“富煤贫油少气”“煤炭是国家能源的命脉”“十四五煤炭装机新增不能少于 3 亿千瓦（以后改成 2 亿千瓦）”，“天然气发展不符合中国国情”“可再生能源发展是国家能源安全的隐患”等。

提出这些观点都有一定的客观因素基础，但是面向未来的能源发展战略不能仅仅着眼于客观因素，还要着眼于技术进步、着眼于发展潮流和发展大势。美国页岩气等非常规天然气的成本远远低于煤炭，在过去的十多年间，美国的燃煤发电接近一半被天然气发电取代，IEA 也估计 5 年之内，可再生能源的发电成本已经仅相当于燃煤发电的燃料成本。非化石能源取代化石能源既是大势所趋，也是时代进步的要求。这一点必须体现在现在的能源发展战略之中。

另外，发展战略的实施必须改革现有政策。最近几年，一些政策扭曲了市场。比如片面的要求降电价，导致 1/3 的煤电企业亏损，2/3 的省级电网亏损，同时由于政府拖欠企业补贴，导致几乎所有非水的可再生能源发电企业账面上盈利，实际现金流为负数。换言之，约 60% 以上的发电电源处于“实际亏损”的状态。

尤其是对可再生能源发展问题的争论已经毫无意义，全球都把发展可再生能源作为重要的战略方向，在我国却“为 1 分钱难死英雄好汉”。近期可再生能源执法评估发现的最大问题是补贴不到位，导致 4 亿千瓦的非水可再生能源发电企业“入不敷出”。解决问题的方法十分简单，就是把可再生能源附加提高 1 分钱，每年增收 700 亿元即可解决问题。但是难以落实，原因在于降电价！其实可再生能源附加增加 1 分钱，相当于整个电价水平提高了 1/60，在整个 GDP 中占比 0.7%。700 亿元换一个 20 年后的能源独立难道不值吗？

总之，能源战略研究，沿用传统的思维定势，改变不了我国“富煤贫油少气”的实际，即使不惜一切代价，国内石油生产也不可能有实质性的改变，关键是如何做好可再生能源发展这篇大文章。10年内我国的石油产量不可能增加3亿吨，但在10年内，每年新增2000亿千瓦时的非化石能源发电量是没有太大困难的。到2030年，届时中国将有近4万亿千瓦时的非化石能源发电量，相当于12亿吨煤当量的能源，相当于8亿吨油当量的石油和天然气，同时这些能源是无污染、低碳的。这些应该成为我国能源发展战略重点，必须引起足够的重视。（李俊锋）

“区块链+能源”进入黄金发展期

亚太地区进展最快，将在节能减排、降本增效以及实现交易数字化方面发挥作用

中国能源报 2020.1.6

从四年前的“踌躇观望”，到两年前的“破冰试水”，再到当前的“爆发式进击”，区块链技术在能源领域的融合应用终于迎来了“黄金期”。多家管理咨询和市场调研公司日前不约而同地发布报告称，区块链正在加速引领能源行业迈入数字经济时代。

复合年增速超50%

行业咨询机构伍德麦肯兹指出，全球能源行业中第一个有记录的分布式账本技术应用案例可追溯到2016年4月，当时美国纽约布鲁克林的居民尝试通过区块链平台进行太阳能电力交易。2017年第二季度至2018年第一季度之间，应用于能源行业的区块链投资规模超过3亿美元。

自此之后，区块链在能源行业的投资和应用越来越多。美国调研公司Navigant Research预测，未来10年，全球能源区块链应用将创造190亿美元的累计收入，在此期间的复合年均增长率约为66.9%。

市场调查机构Alexa Reports则作出了更大胆预测，即2018至2025年间的复合年均增长率将超过82.24%，到2025年区块链（应用于能源领域）市场价值将达到34.7亿美元，2016年时这一数字仅为1.567亿美元。这与全球市场洞察（Global Market Insights）的数据几乎一致，其预计2025年，应用于能源领域的区块链市场价值将超过30亿美元。

关注新兴技术发展趋势的BIS Research首席分析师Rakhi Tanwar表示：“过去3年能源行业对区块链等数字技术的关注度越来越高，投资规模随之加速上扬，2018年达到4.66亿美元，且至少有189家公司在能源业务中采用该技术。”

在全球经济增速放缓、环保标准日渐严苛的背景下，大批传统油气企业进入了发展瓶颈期，他们期待利用区块链、大数据、人工智能等数字化技术，完善旗下产业链流程、提高运营效率和安全性，同时实现环保等可持续目标。

业内普遍认为，不管是公用事业公司，还是私营企业，都将加速布局区块链技术的投资和应用。财富商业观察（Fortune Business Insights）指出，到2026年，区块链在能源公用事

业领域的复合年均增长率将达到 37.6%，当年底应用于能源公用事业的区块链市场规模将达到 15.64 亿美元。全球市场洞察则指出，到 2025 年，应用于私营能源企业的区块链市场规模将增长超过 45%。

油气业或成新着力点

当前，石油和天然气从业者正面临高运营成本和低效率的困扰，他们期待通过区块链技术适应低碳化的新经济格局，并解决日益分散化的能源系统中的越来越复杂的交易请求，同时满足用户对能源供应安全和分布式能源的庞大需求。

根据德勤调查，72% 的石油和天然气行业高管期待采用区块链技术。德勤表示，在能源和资源领域中采用区块链，可以提高可视性、运营效率并简化监管流程。区块链可以为执行和记录能源交易提供可靠而有效的平台，存储大量干净、防篡改的数据，同时还可供监管机构访问和跟踪。

科技媒体平台 BBN Times 在一份报告中指出，利用区块链技术每年可减少 13 亿吨的二氧化碳排放量、节约 8 亿加仑的水资源，同时还能防止漏油漏气事故的发生。当前，大部分货运公司都考虑在运输易挥发燃料时利用区块链技术，以绘制最安全路线，并对整个运输流程进行实时跟踪。

事实上，区块链在油气行业的最直接应用是打破了生产商和大宗商品交易商长久以来的“纸质”交易模式，加速转向更透明、更便捷、更便宜的“电子”模式。诞生于 2017 年的全球首个区块链石油交易平台 VAKT，就是最佳例证。

2017 年底，英国石油公司和壳牌提出了“打造一个基于商品贸易的区块链数字平台”的计划，隔年这个名为 VAKT 的区块链平台就顺利成立并投入使用，创始股东公司随即利用其进行了北海原油交易。

2019 年 2 月，美国第二大石油公司雪佛龙、法国石油巨头道达尔以及印度信实工业集团加盟 VAKT，成为后者首批客户和新一批战略投资股东。VAKT 通过有效利用区块链技术优势，简化了传统对账业务流程，消除了纸质文件，进而提高了整个贸易生命周期效率，并创造更多全新的贸易融资机会。

未来 6 年亚太领军

值得一提的是，虽然美、英、德等国是较早将区块链引入能源领域的国家，但业内普遍认为，从 2020 年开始，亚太地区将成为全球在这一趋势上的新主导。

Navigant Research 预计，到 2027 年，亚太地区能源区块链应用规模将增长 83.3%。财富商业观察数据显示，2018 年底，区块链在亚太地区能源行业的市场价值已高达 2190 万美元，预计该地区仍将是未来几年全球增速最快的区域。爱尔兰市场研究机构 Researchand-Markets 则表示，可再生能源的快速发展以及分散式发电需求的不断增长，将使得区块链在能源行业的应用率大大提升，其中亚太地区未来 6 年全球增速最快。

2019 年下半年，亚太地区多个“区块链 + 能源”项目上线。8 月，澳大利亚能源技术

公司 Power Ledger 与日本关西电力公司（KEPCO）完成了一项基于区块链系统的联合试验，旨在帮助 KEPCO 推进剩余电力的 P2P 交易，从而提高日本分散式可再生发电量的渗透率。

9月，Power Ledger 在澳本土启动了一个基于区块链的能源贸易项目，旨在帮助偏远地区的商业住区和农场相换多余的太阳能，同时提高电网效率并降低相关成本。同月，泰国国家石油公司（PTT）和能源网络基金会（Energy Web Foundation）携手推出了一个基于区块链的可再生能源平台。

11月底，Power Ledger 与印度最大邦北方邦合作启动了区块链支持的太阳能贸易试点，首批结果将于2020年3月下旬出炉，这使得北方邦成为印度首个引入基于区块链的太阳能贸易的邦。

加密货币交易和交易平台区块链的研究主管 Garrick Hileman 指出，全球各国都在加速这一技术布局，而中国的战略部署最引人关注。全球数字金融（Global Digital Finance）共同创始人 Lawrence Wintermeyer 则表示：“在可预见的未来，我们认为中国将坚持推动区块链技术的发展。”

美国 CNBC 新闻网撰文称，中国有望在区块链技术上位于全球领先地位，甚至可能会在美国区块链政策“缺席”的情况下，引领这一技术的发展和应用。中国国家网络空间管理局数据显示，国内区块链行业中已有506个企业区块链项目正在进行中。（王林）

怎样部署可再生能源效益最大？

哈佛大学新模型展示健康与碳减排的关系

中国电力报能源周刊 2020.1.4

哈佛大学的一项新研究表明，为了最大程度地改善公共卫生并从可再生能源中获得最大收益，应该在美国中西部安装风力涡轮机，并在大湖区和中大西洋地区安装太阳能。原本加利福尼亚的风电收益为每兆瓦时28美元，可再生能源的布局经过调整后，中西部的风电收益高达每兆瓦时113美元，大湖区和大西洋中部的公用事业规模太阳能发电也可以达到这个数字。

研究人员建立了美国电网的10个区域模型，他们利用碳的社会成本，将美元价值分配到气候变化带来的负面效果，计算了二氧化碳减排对每个地区和能源类型的收益。健康效益来自于空气质量改善、减少过早死亡；气候效益来自减少干旱、极端天气事件、海平面上升、农业中断等。

“我们的研究结果为安装更多的可再生能源提供了有力证据，可以减少气候变化对健康的影响、空气污染对健康造成的负担。通过解决气候变化的根本原因，我们可以同时解决国家最紧迫的健康问题。”哈佛大学C-change首席作者和研究助理乔纳森·布诺科尔说。这个工具可以帮助美国各州和国家政策制定者通过了解风能和太阳能在哪里可以获得最高收益，也可以帮助私人团体，如公用事业单位、可再生能源开发商、投资者，决定在哪里部

署他们的资源，使可再生能源的收益最大化。

这项由哈佛大学气候变化解决方案基金资助的研究表明，可再生能源是减少二氧化碳排放的一种成本有效的方案，而健康效益是评估这些项目全部益处的重要组成部分。在许多情况下，对健康和气候的好处大于安装风能和太阳能的财务成本。对于生活在美中西部的人们来说，可再生能源的气候和健康效益大约是加州的四倍。这反映了化石燃料能源（如煤炭）是在哪里产生的，以及能源的产生、空气污染和生活在其下游人口之间的关系。

因此，在大湖区和中西部地区部署更多可再生能源比在加利福尼亚州部署天然气替代煤炭带来的好处要多得多。

“为了确保气候政策具有成本效益，可再生能源的建设地点比具体的技术更为重要。”研究作者、哈佛 C—change 研究院德鲁·米哈诺维奇表示，“如果你想从可再生能源获得对健康和气候方面的最大回报，那么在中西部和大湖区投资将使顺风人口保持健康，同时也降低了碳排放。”（于琳娜/译）

港媒报道：中国科技巨头转向可再生能源

参考消息 2020.1.13

【香港《南华早报》网站 1 月 11 日报道】题：中国科技巨头认识到可再生能源的重要性，但化石燃料仍是首要的电力来源。（记者 埃科·谢）

包括电商巨头阿里巴巴和搜索引擎提供商百度在内的中国最大的技术企业，正在利用更多的可再生能源为自己的企业提供电力。但是，如果它们希望成为从化石燃料转向可再生能源进程中的企业领袖，那它们还有很长的路要走。

9 日发布的《绿色云端 2020》是首个对中国最大技术和互联网企业的可再生能源表现进行打分的排行榜，排行榜从能源数据透明度、可再生能源表现、节能减碳表现、影响力等维度对这些企业进行打分。

该排行榜评估了中国 15 家最大的云服务和第三方数据中心企业的可再生能源表现，这些企业提供了中国 70% 的公有云服务和超过 85% 的第二方数据中心。它是由绿色和平组织与华北电力大学联合发布的。

数据中心运营公司秦淮数据在该排行榜上名列榜首，拿到了 100 分中的 80 分。

电商和技术巨头阿里巴巴以 60 分位列第二，其竞争对手腾讯以 52 分位居第三。另一家领先的数据中心运营商——万国数据以 48 分排名第四，其后是以 46 分排名第五的专门从事搜索引擎业务的百度。绿色和平组织东亚分部气候与能源项目主任叶睿琪说：“中国对数据、服务器和数据中心的需求呈爆炸式增长，因此这个行业的电力消费也在飞速增长。中国互联网巨头必须带领行业摆脱对煤炭的依赖。”

计算机数据中心通常全天候保持运作，并且配备了计算和联网设备，以收集、存储、处理和分发通过电信网络和互联网流通的信息。

根据绿色和平组织 2019 年发布的一份报告，2019 年至 2023 年，中国数据中心的用电量预计将增长 66%，目前该行业 73% 的用电量来自燃煤发电。

分析人士说，这表明中国的技术巨头可以带头帮助中国摆脱对化石燃料的依赖，而中国政府已经表示它将致力于这样做。

根据绿色和平组织 2019 年的报告，中国的数据中心产业在 2018 年耗电 1610 亿度。叶睿琪说，虽然整体占比或许看似不大，但是绝对数值相当大。

她还说：“2018 年，上海的用电量约占全国用电量的 2.85%，数据行业当年的用电量几乎与之相当。”

浅谈德国能源转型

中国能源报 2020.1.6

能源转型（Energiewende），字面意思是“能源转型”或“能源革命”，是德国在不依赖核能的情况下减少破坏气候的二氧化碳排放的努力。基于应对气候变化、避免核风险、改善能源安全以及保障经济竞争力和增长，德国于本世纪初开始大力推行能源转型，作为一个综合政策框架，德国的能源转型涉及能源和经济的所有部门。2000 年德国颁布了《可再生能源法》（EEG），明确了可再生能源在能源结构中的重要地位，确定了在能源市场投资保护原则中以及能源生产过程中的优先地位。在能源转型框架下，到 2035 年德国 55 – 60% 的电力将来自可再生能源，到 2050 年可再生能源的发电占比将达到 80%。

《可再生能源法》将风能和太阳能光伏推向舞台中央，利用可再生能源发电最经济的办法是通过风能和太阳能光伏成为共识，风能和太阳能光伏的装机增长速度超过了即便是最乐观人士的预期。以风电、光伏为主的可再生能源发电占比从 2000 年的 6.3% 飙升至 2008 年的 15%，到 2013 年，可再生能源电力占德国电力生产的 25.6%。德国联邦能源与水业协会 2019 年 7 月发布最新数据显示，德国 2019 年上半年可再生能源发电比例高达 44%，创下新的历史纪录。

在德国，能源开发主要由 RWE, EnBW, E.ON, 和 Vattenfall 的四个大型电力公司掌握，占到能源供给的 67%，而且业务涵盖了全部发电、输电、配电和销售。德国主要的大型电力公司在能源转型期都陷入了困境，E.ON 和 RWE 已经将传统能源业务从可再生能源业务中剥离出来，但最终还是在 2018 年达成了一项资产互换协议。Vattenfall 选择了出售其褐煤业务，而国有企业 EnBW 也正在大踏步走向绿色发展。尽管采取了激烈的措施，但这些大型电力公司在德国快速变化的能源市场中的未来角色还远未明朗，它们正争先恐后地寻找新的商业模式。

德国的能源转型主要集中在电力部门。在财政的大力支持下，德国风能和太阳能的繁荣发展，促使可再生能源在 2018 年上半年取代煤炭，成为德国最重要的能源。越来越多的德国的家庭和企业安装了分布式光伏发电系统，使得大型电力公司的业务受到了冲击。如果将

这种依靠天气的分布式小规模发电整合到电力系统，必然会带来巨大的挑战。同时，德国也正在将能源转型的范围逐步扩展，目标是利用可再生能源进行供热以及运输，以完全能替代化石燃料。

目前，德国太阳能发电、风电出力大时，抽水蓄能、燃气发电、褐煤发电、硬煤发电甚至核电均参与调节，常规电力将由“基荷电力”转变为“调节电力”。除了充分挖掘常规电厂等多种调节方式的潜力，德国还通过鼓励应用储能设施，缓解可再生能源给电网运行带来的压力，同时进一步扩大了分布式光伏发电的应用。2016年3月1日到2018年底，德国复兴信贷银行（KfW）联合德国联邦环境、自然保护和核反应堆安全部（BMU）对光伏储能补贴政策，从而拉动了4.5亿欧元的投资。在高比例可再生能源下，分布式储能可以提高电网的供需平衡，保障电网稳定。

发展清洁低碳、安全高效的可再生能源是我国能源战略的重要组成部分。风电、太阳能光伏发展带来的能源技术进步，能源结构调整以及电力系统灵活性提升都是我国能源可持续发展的必经之路。（罗宏剑）

中国新能源高质量国际合作大会召开

中国电力报发电周刊 2020.1.6

本报讯（记者白明琴）报道 2019年12月26日，由中国新能源海外发展联盟（简称新能源联盟）主办的主题为“新变局·高质量·大合作”的“2019~2020中国新能源高质量国际合作大会暨中国新能源海外发展联盟年会”在北京召开。

与会专家表示，2020年我国新能源高质量国际合作的战略意义更加突出，在单边主义、投资贸易保护日益盛行的新形势下，我国新能源国际发展需要以新能源高质量国际合作为抓手，通过加强新能源高质量国际合作伙伴网络建设聚合全球资源，以高质量、大合作模式对接东道国新能源战略，在控制风险的前提下，以深耕亚太、拓展非拉及巩固欧美为新策略面对未来。

会议上，新能源联盟与电建租赁等单位共同发起成立了一带一路能源融资俱乐部，还与华夏银行绿色金融中心就世界银行项目签署战略合作备忘录，同时又和丝路产业与金融国际联盟、中国能建规划设计集团、广东省“走出去”能源基础设施产业联盟签署了战略合作协议。

EIA：到2050年全球能源消费将增长近50%

中国科学报 2020.1.8

本报讯（记者李惠钰）美国能源情报署（EIA）在其最新发布的《2019年国际能源展望参考案例》的报告中预测，2018至2050年间，全球能源消费将增长近50%。这种增长大部分来自非经济合作与发展组织（非经合组织）的国家，集中在强劲的经济增长推动需求

的区域，特别是亚洲。

报告指出，包括炼油、采矿、制造业、农业和建筑业在内的工业部门在所有最终用途部门的能源消耗中占最大份额，在整个预测期间占最终用途能源消耗的一半以上。从 2018 年到 2050 年，随着商品消费的增加，世界工业部门的能源使用增加了 30% 以上。到 2050 年，全球工业能源消耗达到约 315 千兆英热单位。

从 2018 年到 2050 年，包括住宅和商业建筑在内的建筑行业的能耗增加了 65%，从 91 千兆英热单位增加到 139 千兆英热单位。收入的增加、城市化和电力的增加导致了能源需求的增加。

另外，最终用途消费的增长也导致 2018 年至 2050 年期间发电量增长 79%。随着非经合组织国家人口和生活水平的提高，对家用电器和个人设备的需求增加，住宅部门的用电量也在增加。随着插电式电动汽车的加入和铁路用电的扩大，交通部门的用电量也在增加。

报告还指出，随着发电的快速增长，可再生能源——包括太阳能、风能和水力发电——在 2018 年到 2050 年间是增长最快的能源，超过石油和其他液体燃料成为参考案例中使用最多的能源。从 2018 年到 2050 年，全球可再生能源消费每年增长 3.1%，相比之下，石油和其他液体燃料消费每年增长 0.6%，煤炭消费增长 0.4%，天然气消费每年增长 1.1%。

从 2018 年到 2050 年，全球天然气消费量增长了 40% 以上，到 2050 年，全球天然气总消费量将达到近 200 千兆英热单位。除了用于发电的天然气，工业部门的天然气消耗也在增加。化工和初级金属制造业以及石油和天然气开采，占了不断增长的工业需求的大部分。

从 2018 年到 2050 年，全球液体燃料的消耗量增加了 20% 以上，到 2050 年，总消耗量将达到 240 千兆英热单位。在预测期间，经合组织国家的需求保持相对稳定，非经合组织国家的需求增长约 45%。

2020 年度能源经济预测与展望研究报告在京发布

报告预计，在基准情景下 2030 年能源消费量 57 亿吨标准煤

中国电力报能源周刊 2020.1.11

2020 年 1 月 8 日，北京理工大学能源与环境政策研究中心在北京举行 2020 年度“能源经济预测与展望研究报告发布会”，对外发布《经济承压背景下中国能源经济发展与展望》《2020 年光伏及风电产业前景预测与展望》《砥砺前行中的新能源汽车产业》《2020 年国际原油价格分析与趋势预测》《二氧化碳捕集利用与封存项目进展与布局展望》《2020 年碳市场预测与展望》六份研究报告。

记者了解到，该系列报告是由北京理工大学讲席教授魏一鸣领导的研究团队，根据上一年度国际和国内能源经济与气候政策形势的变化，选择特定主题开展针对性研究所取得的研究成果。自 2011 年以来，北京理工大学已连续 10 年发布报告，赢得了广泛的社会关注。

《经济承压背景下中国能源经济发展与展望》报告认为，经济承压对各行业的能源消费

量存在普遍影响，需加快经济结构调整、持续推动能源消费优化。报告预计，在基准情景下，预计 2030 年我国 GDP 和能源消费量分别为 172 万亿元（2018 年不变价）和 57 亿吨标准煤。

“当前，在世界经济增长持续放缓、全球动荡源和风险点显著增多、国内宏观经济承受巨大压力的背景下，我国能源行业在快速发展的同时持续面临调整压力，能源消费增速放缓，能源消费强度呈下降趋势。”《经济承压背景下这个能源经济发展与展望》报告执笔人北京理工大学教授郝宇认为，加快经济结构调整，持续推动能源消费结构优化，促进科技进步，稳步发展清洁能源，提高能源利用效率是建设美丽中国的重要基础。除此之外，坚持建设多边贸易体系，深化国际能源合作，深入贯彻落实能源安全新战略将会给我国经济稳定发展提供必要保障。

《2020 年光伏及风电产业前景预测与展望》报告认为，2020 年两个产业景气度均呈向上趋势，平价上网与技术突破双重助力产业降本增效，加速企业优胜劣汰，强者恒强局面愈发显著。报告预计，2020 年光伏单晶硅片及光伏玻璃双寡头市场集中度将超 60%，海上风电领跑者上海电气维持 40% ~ 50% 的市场占有率。

《砥砺前行中的新能源汽车产业》报告表明，2020 年有望实现累计产销量超过 500 万辆目标；私人消费者已成为重要市场力量；需注意外资企业进入国内市场后双积分收益流向的变化。

《2020 年国际原油价格分析与趋势预测》报告预测，今年国际原油市场将延续供大于求态势，地缘政治冲突更为剧烈，油价不确定性增大。报告预计，Brent、WTI 原油均价将会达到 61 ~ 71 美元/桶和 53 ~ 63 美元/桶。

《二氧化碳捕集利用与封存项目进展与布局展望》报告预测，到 2050 年，CCUS 技术实现 2 摄氏度温控目标要求的 920 亿吨减排的全球总投入近 37 万亿元，我国需要减排 260 亿吨，总投入近 13 万亿元。

《2020 年碳市场预测与展望》报告认为，2019 年中国试点碳市场交易额较上年有所上升，达到约 7.7 亿元；全国碳市场基础能力建设稳步推进，但建设进度略显滞后。报告建议，2020 年及“十四五”期间应加强部门协调，尽快完善全国碳市场法律体系，做好统筹规划，推进试点碳市场向全国碳市场的平稳过渡。（于学华）

各类“世界能源展望”研究背后有“文章”

中国能源报 2020.1.13

当前，传统能源组织、国际石油巨头在“世界能源展望”领域具有较强话语权，但其“世界能源展望”报告所呈现的并不是未来能源图景的全部和必然，各个机构立场和意图的不同需引起关注。

每年，全球十余家机构都会发布自己的“世界能源展望”，包括国际组织、研究机构、

能源企业、咨询公司等，从不同视角来描绘全球能源未来图景。其中最有名的，莫过于国际能源署的《世界能源展望》和BP公司的《能源展望》。此外，国际上编制“世界能源展望”的国际组织还有国际可再生能源署、世界能源理事会等，研究机构有美国能源信息署、日本能源经济研究所、俄罗斯科学院能源研究院等，能源企业还有埃克森美孚、壳牌石油、挪威国家石油等，咨询公司有麦肯锡、IHS Markit等。在国内，中石油经济技术研究院、国网能源研究院均从2016年开始每年发布“世界能源展望”。

提及“世界能源展望”，能源从业者多习惯于直接引用某些展望的研究结论和展望数据，而不太细究背后的假设与意图；有些研究者将不同机构的展望结果进行对比分析，以期找到广泛认同的发展大势。本文从编制目的、研究力量、机构立场、宣传交流四个方面解读隐藏在“世界能源展望”背后的“文章”。

编制目的各有侧重

对国际组织而言，世界能源展望可为组织成员提供具有借鉴价值的政策建议，是发挥组织价值、实现目标宗旨的重要途径，是全球能源治理、国际能源合作的对话平台。以国际能源署为例，其建立初衷是经济合作组织国家携手应对国际石油危机，目前其旗舰产品《世界能源展望》覆盖多数主要国家、全部能源品种、细分部门行业，已经成为世界能源展望领域的“黄金准则”，被政界、业界、学界普遍关注和广泛参考。

对研究机构而言，“世界能源展望”研究更多以保障本国能源供给安全、促进自身能源产业发展为出发点，探索在全球变革背景下本国能源发展的最佳现实路径。举例来说，美国能源信息署以国际油价高低、经济增长快慢作为未来情景展望的重要假设；日本能源经济研究所用较大篇幅关注核能发展和供给安全。

对能源企业而言，“世界能源展望”研究多是企业战略决策的依据和参考，助力企业在全球能源转型浪潮中立于不败之地，谋求稳定而持续的效益增长。当前，开展“世界能源展望”的能源企业以国际油气巨头为主，一方面是在转型背景中做好战略规划，谋求延续能源领袖地位；一方面是减缓企业面临的环保和减排压力，塑造“勇于承担社会责任”的公众形象。

对咨询公司而言，“世界能源展望”是体现咨询能力、彰显咨询价值、扩大咨询影响、提升咨询效益的重要手段。近年来，国际知名咨询公司多有开展“世界能源展望”的尝试，为能源行业注入了新的思考和观点；但总体来说，系统性、全面性和持续性仍然有待提高。

研究力量差别较大

经济、人口、政策、技术等多因素共同影响，国家、品种、行业等多维度相互交融，资源、生产、加工、贸易、消费等多环节彼此联系，能源问题的复杂性决定了一部优秀的“世界能源展望”离不开一支强大的能源研究队伍。总体上，国际组织、研究机构的研究力量较为雄厚，而能源企业的研究力量也不容小觑。

以国际能源署为例，《世界能源展望2018》的编制曾被这样描述：近700页的分析与数

据，有来自 26 个国家的 64 位执笔人，数千个小时的建模与分析，每个数字至少被 3 位分析师独立检查，来自政府部门、能源行业、研究机构、非政府组织、金融单位等的 250 余位审稿人。

以世界能源理事会为例，这是一个由全球能源领袖组成的社交网络，拥有 90 多个国家委员会、3000 多个各类组织成员，《世界能源情景》广泛吸纳了世界能源大会、定期地区性峰会及不定期专题研讨会上的行业热点和专家讨论。

以日本能源经济研究所为例，战略研究部、化石能源及国际合作部、电力行业及新能源部、能源数据与建模中心、气候变化与能源效率部的 50 余位研究人员均为其旗舰报告《IEEJ 展望》作出了贡献。

以 BP 公司为例，《能源展望》要归功于首席经济学家带领的能源经济团队及分布于世界各地的 BP 办事处经济专员，展望范式由首席经济学家统一确定，但各国具体情况由当地员工填报。

机构立场迥异

纵观各家机构的世界能源展望，不难察觉的一个现象是，在相似的假设边界下，大家对未来的判断趋于相近，无论是能源总量的涨跌、地区格局的调整，还是品种占比的起伏、部门结构的变化。这是各家机构频繁交流、彼此对比、逐步看齐的结果。但同时也要注意到，当今时代国际能源议题由油气主导，油气行业开展的世界能源展望有一定共性。

当前，传统能源组织、国际石油巨头在“世界能源展望”领域具有较强话语权，但其“世界能源展望”报告所呈现的并不是未来能源图景的全部和必然，各个机构立场和意图的不同需引起关注。

以国际能源署为例，经济合作组织国家、油气供给安全是其发家起源，近年现代化战略让其不断吸纳新兴市场国家、全面覆盖能源品种，总体上《世界能源展望》呈现出“稳”的特征。

以国际可再生能源署为例，其组织宗旨是在全球范围内积极推动可再生能源的广泛普及和可持续利用，《全球能源转型：2050 路线图》对未来可再生能源发展给予了非常乐观的预期。

以 BP 公司为代表的国际油气巨头，虽然敢讲能源转型故事，但其展望中对油气尤其是天然气给予了较为乐观的预期，并不想“被革命”，展现出对于固有优势的留恋和对可能损失的担忧。另需注意的是，某些油气公司内部分享的能源展望与外部公开版本并不相同，面向内部更愿意去讲转型危机与生存压力，而面向外部则更愿意去讲油气发展的光明前景及公司为此所作的努力。

高度重视宣传交流

“世界能源展望”的权威性与影响力，不是完成报告、正式发布、挂网公开便可轻而易举获得的，离不开持之以恒的努力、全面开放的交流、广泛高效的宣传。

以国际能源署为例，其自身统计显示《世界能源展望》在发布年度内，在发布会、国

际会议、行业研讨等各种场合被宣讲的次数高达 600 次以上，署长本人、高级官员、研究人员均为展望影响力的扩大做出了积极努力，持续夯实其在当今时代能源话语体系中的引领地位。

以世界能源理事会为例，《世界能源情景》是为三年一次的世界能源大会精心准备的，报告本身是广大成员真知灼见的结晶，在大会上又被数千名参会领袖探讨，才取得广为人知的宣传效果。

以日本能源经济研究所为例，《IEEJ 展望》则放眼国际、面向亚太、聚焦日本，正式发布后会以研讨会的形式邀请政府决策官员、能源企业代表、研究机构专家等进行深入交流、互换意见。

以 BP 公司为例，《BP 能源展望》正式发布后，由首席经济学家带队进行全球路演，每年与国际组织、政府官员、能源企业、研究学者、金融机构进行近 200 场交流，既宣传了公司战略、提升了公司形象，又争取了各界认同、扩大了行业影响。

在国内，“世界能源展望”领域相关研究主要有中石油经济技术研究院的《2050 年世界与中国能源展望》、国网能源研究院的《全球能源分析与展望》。

面向未来，两点粗浅建议谨供参考：一是拓展全面研究。当前，我国世界能源展望研究由分属不同行业的能源国企研究机构担纲，建议未来适时探索开展跨越品种隔阂、深入行业深层的全面能源研究。二是加大宣传推广。当前，我国世界能源展望的影响力主要在国内、在业内，建议未来加大宣传力度，创新推广方式，加强决策支撑，谋求国际影响。（李江涛 张春成 单葆国）

“十四五”专项规划为何没了“水风光”

中国能源报 2020.1.13

“‘十四五’期间，国家层面不专门做水电、风电、光电的专项规划。”水电水利规划设计总院院长郑声安 1 月 7 日在 2020 年中国水电发展论坛暨水力发电科学技术奖颁奖典礼上透露。

据了解，郑声安目前正在主持可再生能源发展“十四五”规划研究工作，他表示，能源行业“十四五”专项规划共分六个，包括煤炭、油气、电力、可再生能源、技术创新、体制改革。

国家层面缘何不再规划“水风光”专项规划？三个行业下一步的发展思路是什么？记者就此采访了业内人士。

“国家规划的水电新增开工、抽水蓄能开工目标均难以完成，计划赶不上变化也是不做水电规划的原因之一”

“‘十四五’期间不再专门规划‘水风光’，主要是践行国家‘放管服’改革。而且，国家能源局也不想‘大包大揽’，未来这三种电源充分竞争，更适应社会主义市场经济发要求。”一位电力行业权威人士向记者坦言。

据了解，随着2020年大中型水电站陆续投产，常规水电“十三五”建设目标基本可以完成。不过，国家规划的水电新增开工、抽水蓄能开工目标均难以完成，计划赶不上变化，也是不做水电规划的原因之一。

数据显示，“十三五”期间，全国规划新增开工水电规模6000万千瓦，截至2019年底，常规水电已新增开工约3400万千瓦，仅完成规划目标的56%。“十三五”期间，抽水蓄能开建6000万千瓦，截至2019年底，已开工规模3063万千瓦，仅完成规划目标的51%。

“随着我国水电建设逐步转向综合条件更复杂的西部，水电‘十四五’规划不好做。如果必须出台水电专项规划，再完不成目标岂不更尴尬。”一位水电行业专家告诉记者，我国水电开发目前已近尾声，有无规划无关大局。

与水电难以完成规划目标相反，“风光”“十三五”期间发展迅猛，均超额完成规划目标。“规划目标已不是风电、光伏发电‘十四五’的重点，其重点在于由速度规模型向质量效益型转变。”一位新能源行业专家表示。

“十四五”常规水电发展以川、滇、藏等开发区域为重点，深入推进大型水电基地建设，稳步推进藏东南水电开发，加快调节性能好的控制性水库电站建设

记者了解到，按照目前环保、市场消纳、开发经济性等因素综合研判，2035年前，主要流域可能开发的大型水电站共计52座，装机规模约1.1亿千瓦，而西藏占约8000万千瓦，其他省份约3000万千瓦。

“十四五”常规水电发展以川、滇、藏等开发区域为重点，深入推进大型水电基地建设，稳步推进藏东南水电开发，加快调节性能好的控制性水库电站建设。“我们已率先启动西藏水电开发和规划研究，‘十四五’将全力推动澜沧江上游千万千瓦级水风光互补基地建设，加快构建全流域大型清洁能源新格局。”中国华能集团总经理邓建玲透露。

公开信息显示，“十四五”期间，我国将继续推进金沙江叶巴滩、拉哇、乌东德、白鹤滩、雅砻江两河口、大渡河双江口等水电站的建设。

“剩余水电开发条件相对较差，敏感因素相对较多，环保论证工作难度大，进一步加剧了水电开发负担。”郑声安直言，“十四五”期间，水电发展仍然面临部分地区受电市场难以消纳、或基地外送通道建设不及时、开发难度逐步加大、建设成本不断加大等问题。“十四五”期间，要充分发挥水电站群的调节能力，多能互补联合运行，促进区域风、光等新能源消纳，推动达成高比例可再生能源发展目标。”

“预计‘十四五’期间，可再生能源将成为我国能源电力消费的增量主体。展望未来，可再生能源将逐步进入存量替代、总量主体阶段”

“十四五”期间没有“水风光”三个专项规划，与我国可再生能源发展趋势已然发生变化密切相关。未来五年，我国可再生能源将由增量补充进入增量主体阶段。

据了解，“十三五”前三年，可再生能源增量在全国能源、电力消费增量中分别占40%、38%，可再生能源在能源转型中尚处于增量补充阶段。2025年，我国可再生能源占

一次能源消费比重将达17%左右，可再生能源发电量占全社会用电量比重将达到32%左右。“预计‘十四五’期间，可再生能源将成为我国能源电力消费的增量主体。展望未来，可再生能源将逐步进入存量替代、总量主体阶段。”郑声安表示。

此外，鉴于“十四五”期间我国可再生能源依然面临国家规划与地方规划、各行业间规划未充分衔接、新能源间歇性特征突出、高效利用问题持续困扰产业发展等问题，可再生能源“十四五”规划研究重点将围绕这些难点展开。

“我国‘十四五’可再生能源研究方向，一是研判国际能源转型趋势，对标吸收国际可再生能源发展先进经验；二是做好可再生能源与国土空间规划统筹协调，在满足相关规划、环保要求的前提下，梳理各类可再生能源资源可开发量。”郑声安表示，“十四五”期间，将推动可再生能源从补贴推动转向动力内生，实现可再生能源和电力系统的双向友好性，推动多能互补可再生能源基地建设，研究可再生能源非电利用和综合利用、可再生能源发展长效机制。（苏南）

中科院与山东省共同成立山东能源研究院

中国科学报 2020.1.13

本报讯（见习记者高雅丽）1月9日，中国科学院与山东省人民政府在济南市举行山东能源研究院成立座谈会。中国科学院院长、党组书记白春礼，山东省委书记、省人大常委会主任刘家义，中科院副院长、党组成员相里斌出席座谈会，山东省委副书记、省长龚正主持会议。

会上，刘家义向中科院青岛能源所所长刘中民颁发山东能源研究院院长聘书。随后刘中民和山东省委常委、青岛市委书记王清宪分别介绍了山东能源研究院的有关情况，中国工程院院士谢克昌、中科院院士李玉良、国家能源局总工程师向海平对研究院发展提出建议。

白春礼代表中科院感谢山东省长期以来给予中科院各项事业的大力支持，并对山东能源研究院的后续工作提出三点希望：一是要不断深入学习领会习近平总书记关于能源革命的重要论述，认识到中国能源安全问题和环境问题，只有通过能源革命才能彻底解决；二是要坚持问题导向、需求导向，以能源技术革命推动能源革命，助力山东省新旧动能转换和经济社会高质量发展；三是要积极探索体制机制创新，探索“政产学研金服用”融合联动、协同互促的新方法、新模式，形成高效的科技成果转化机制，促进重大成果产出。

刘家义在讲话中指出，山东是一个能源生产和消费的大省，加快能源创新和新能源产业发展，是迎接未来竞争的关键也是必须承担的责任。他表示，当前山东省产业布局不断优化、人才优势不断凸显、平台支撑不断加强、创新环境不断完善，山东能源研究院下一步发展要着力拓宽人才引进的渠道、着力打造科技创新高地、着力打造成果转化基地、着力打造交流合作平台、着力打造机制创新样板，努力为国家能源科技事业发展做出更大贡献。

随后，济南市委书记王忠林专题汇报了中科院济南科创城的规划。刘家义强调要与中科院

院积极对接，做好统筹规划，创新体制机制，集聚更多要素资源，为加快科创城建设提供最优质的服务保障。白春礼表示中科院将进一步加强与山东省和济南市有关方面的对接，积极推动项目落地。要强化统筹协调，创新体制机制，坚持开放包容，汇聚各方力量共同把科创城建设好。

据了解，山东能源研究院面向国家能源战略需求和世界能源科技前沿，立足山东能源产业发展重大需求，开展洁净能源科技基础性、前瞻性和重大关键技术的创新研究，创新“政产学研金服用”深度融合的体制机制，形成集前沿技术研发、人才集聚培育、优势产业育成和科技创新服务为一体的具有国际水平的新型研发机构，持续为山东能源产业高质量发展提供强大技术支撑。

当天还举行了山东能源研究院筹建领导小组第一次会议，山东省副省长凌文主持。相里斌宣读了山东能源研究院筹建领导小组成员名单，会议审议通过了《山东能源研究院章程》以及工作计划。

德可再生能源发电量首超化石燃料

风力发电成为最强劲的能源来源

中国环境报 2020.1.16

据新华社电 近日，德国弗劳恩霍夫太阳能系统研究所（ISE）的科学家发布了2019年德国电力生产年度研究报告。德国可再生能源在实际供给到用户的净发电量中的份额，从2018年的40.6%增加到46%，首次超过化石燃料（40%）。

2019年，德国风力发电量约为127TWh，比2018年增长15.7%，首次成为德国最强劲的能源来源。截至2019年10月，德国陆上风电装机容量为53.1GW，海上风电装机容量为7.6GW。光伏系统向公共电网提供了大约46.5TWh的电能，比2018年增加了1.7%。水电贡献了19.2TWh的发电量，在可再生能源中的增幅最大，达到21.2%。生物质能发电约为44TWh，略低于上一年的值。2019年德国可再生能源总的发电量约为237TWh，与2018年相比增长7%。

另一方面，2019年德国的煤炭发电量大幅下降。其中褐煤的净发电量为102.2TWh，比2018年下降了29.3TWh，下降幅度达22.3%。硬煤的净发电量为48.7TWh，比2018年下降了23.7TWh，下降幅度为32.8%。与此同时，2019年德国天然气发电厂的净发电量增加了21.4%，达到54.1TWh。加上少量的燃油发电，2019年德国化石燃料的净发电量为207TWh，首次低于可再生能源的发电量。

德国煤炭发电量锐减的原因，主要是政府出台气候保护政策和退煤政策，将二氧化碳排放权的平均价格从2018年的15.79欧元/吨升至24.80欧元/吨，导致排放较多的褐煤发电厂与天然气电厂相比不再具有竞争力，出现了从褐煤到天然气的“燃料转换”。此外，总体用电需求减少，也加剧了交易所的电价降低以及褐煤的市场状况恶化。

人类解决气候危机十大挑战

参考消息 2020.1.26

【西班牙《世界报》网站1月21日文章】题：在新的十年，人类解决气候危机的十大挑战（记者卡洛斯·弗雷斯）

在接下来的十年中，人类面临着前所未有的转变，要保持地球升温在科学家建议的1.5摄氏度红线以下。实现这个转变的规模和速度影响着我们生活的所有领域。记者采访的多位专家指出，应对气候危机，我们需面对以下十大挑战：

1. 城市

到2030年，全球人口的60%将生活在城市中，这是地球的未来。城市中心占地球表面的3%，但占排放总量的70%。“我们需要抛弃二十世纪专为汽车通行而设计的城市模式。”建筑师伊纳基·阿隆索指出说。

2. 交通运输

73%的运输排放来自城市中的汽车、摩托车、公共汽车和卡车的短途旅行。要在2030年之前将排放量减少一半，就需要彻底改变出行方式。物理学家安东尼奥·图列尔说：“到2030年，当今的大多数汽车都将被禁止在城市中行驶。”

3. 能源

能源使用约占温室气体排放量的三分之二。能源效率、能源存储和电池的发展以及可再生能源不可阻挡的增长是这十年能否取得突破的关键。

4. 食物

粮食生产给地球生态系统带来最大压力。近几十年来，动物源性产品的高消费加剧了这一趋势。要在2030年之前将排放量减少一半，就必须改变地球人类的饮食，最好食用以植物为来源的产品。

5. 气候

按照目前的趋势，在本世纪余下的时间里，地球平均将升温超过3度。为了在十年内将温度升高上限控制在1.5摄氏度内，必须每年减少排放7.6%。

6. 生物多样性

根据世界自然基金会的报告，地球在过去40年中丧失了58%的生物多样性。如果全球温度升高超过2度，则三分之一的动物和一半以上的植物可能会消失。科学家已经在谈论第六次大灭绝，这是由五个因素造成的，包括栖息地丧失、过度开发、污染、入侵物种和气候变化。

7. 经济

新经济与社会创新论坛创始人迭戈·伊莎贝尔·拉莫内达表示：“最重要的挑战是有目的地发展经济，让经济为人类和地球服务。”“在未来十年中，用后丢弃的线性经济将被循

环经济取代，循环经济将成为常态。可持续发展理念也将让位于可再生经济”。

8. 废物

根据世界银行的报告，世界每年产生超过 20 亿吨废物，按照目前的速度，到 2050 年，废物将达到 34 亿吨。在线性生产系统下，我们使用的材料仅有五分一得到回收。目前解决这一问题的想法是将循环经济扩展到所有部门。

9. 海洋

海洋已成为全球最大的垃圾场。每年有 800 万吨塑料被扔入海洋，造成 1 亿只动物死亡。15% 的废物漂浮在海面，而 70% 的废物沉入海底。专家建议建立海洋保护区，到 2030 年让保护区覆盖 30% 的海洋。

10. 教育

宣传绿色教育的专家海克 · 弗莱雷警告说：“像格蕾塔 · 通贝里这样的青少年可以为地球上最有权势的成年人提供道德和责任教育。年轻人可以教给我们很多东西。”

中英深化清洁技术创新研究合作

中国能源报 2020.1.20

本报讯（记者王林）报道：1月13至14日，英国最大能源研究合作联盟“能源研究加速器”（ERA）来华访问，与清华大学达成了能源创新合作伙伴关系，未来双方将在学术交流和技术商业化等方面展开深度合作。

“我们非常渴望，也非常迫切与中国学者以及商界人士进行深度交流，这为中英两国进一步开发商业化清洁能源技术奠定了基础。”ERA 主任、英国伯明翰能源研究所和伯明翰大学核教育与研究中心主任马丁 · 弗里尔教授表示。

ERA 是由英国中部地区 8 所研究密集型大学与英国地质调查局建立的合作联盟，重点关注能源转型、能源储存、能源整合和最终用途能源需求等领域。ERA 获得了政府和工业部门总计 1.8 亿英镑的拨款，用于开发新能源研究设施、实验室和大型示范项目。

根据弗里尔教授与清华大学副秘书长兼清华大学北京清华工业开发研究院院长金勤献教授签署的谅解备忘录，双方接下来将共同开展研究课题、组织研讨会和学术会议、探讨技术商业化以及开展学术和学生交流，合作研究方向包括风能与压缩空气储能技术、人工智能、交通低碳运输、电气化学与液态盐等。

事实上，此次合作是中英清洁技术研究合作的又一次迈进。北京清华工业开发研究院早在去年 7 月就与英国诺丁汉大学签署了加强研究和创新的谅解备忘录，诺丁汉大学是 ERA 8 所合作院校之一。

金勤献教授表示：“随着中英关系进入新的黄金时代，合作将带来双赢结果。清华大学在清洁能源、能源互联网、燃料电池汽车等领域取得了令人瞩目的研究成果，此次合作将进一步增进双方彼此了解学术和工业能力的绝佳机会，我们期待探索实用的方法，通过共同合

作实现互惠互利。”

联合国政府间气候变化专门委员会曾预测，未来 10 年制冷将成为全球最大能源挑战。对此，诺丁汉大学能源研究加速器动力学和地球能源主题的负责人谢默斯·加维教授表示，人类严重依赖化石燃料能源取暖、制冷和电力是不可持续的，过去 250 年里，大气中的二氧化碳浓度和其他温室气体浓度持续上升，目前二氧化碳浓度为 441ppm。

ERA 在一份报告中指出，燃烧碳氢化合物引起的气候变化的影响正变得越来越明显，比如海冰加速减少、洪水频发、灾难性森林火灾以及城市烟雾达到危险水平等。

“为了避免灾难性、不可逆转的全球变暖，并恢复人口密集地区的空气质量，人类必须做出非常彻底和紧迫的改变。”加维教授坦言，“尽管英国制定了颇具雄心的 2050 年净零碳排放目标，但很多人认为，这个时间表还是不够快。”

对于 ERA 和清华大学的携手，英国驻华大使馆科学与创新处一等秘书韩征（Alasdair Hamilton）持乐观期待，称应对气候变化这一全球挑战，中国是英国重要的合作伙伴，中国努力降低碳排放的成绩有目共睹。

英国驻华大使馆科技参赞 Frances Hooper 也强调：“气候变化是我们这个星球面临的最大挑战之一，中英两国应共同努力制定清洁能源解决方案以解决这一问题。”

二、热能、储能、动力工程

哈尔滨学院巧用污水供热

供热面积达 20 多万平方米，每年减少煤耗近 4000 吨

中国环境报 2020.1.2

本报见习记者李明哲哈尔滨报道 走进黑龙江省哈尔滨市的哈尔滨学院欧亚之窗校区，问起供热站在哪？偶遇的人们都会指向一栋淡黄色小楼，它一改往常供热站黑黢黢的面貌，坐落在何家沟边，别致的建筑风格与校园景色融为一体。

不用燃煤燃气，仅用污水余热就能实现供暖，国家高新技术企业哈工大金涛科技股份有限公司的创业项目——“污水源热泵系统”，完全代替了传统锅炉的取暖方式，实现零排放零污染。

干净整洁，空气畅通，闻不到一丝异味，是记者对近 1000 平方米供热机房的第一印象。说是用污水来供热，那么污水从哪进，从哪出？面对记者的疑问，金涛科技董事长李金峰介绍道：“这个项目主要以旁边何家沟截留干渠内的污水作为热源，使用流道式污水源热泵系统，从污水中提取热能，输出清洁的高温热水为建筑供暖。”

据了解，这一项目已在哈尔滨学院安全稳定运行 5 年，保障周围 1300 余户居民度过寒冬，供热面积达 20 多万平方米，每年比传统锅炉减少煤耗近 4000 吨，减少二氧化碳、粉尘污染物排放总量达 1 万吨以上。

全球首款半固态锂离子电池问世

中国科学报 2020.1.15

日本电子公司京瓷推出一款住宅储能电池，该电池采用世界首创的半固态锂离子电池架构，能够大大提高电池的经济性，加快了电池储能的价格革命。

京瓷公司称，半固态电池的材料成本比标准锂离子电池的材料成本减少约 40%，制造时间则缩短了 2/3，因为在半固态电极中，电解质与材料混合形成了黏土状的浆料，无需黏合剂，从而去除了惰性物质，减少了如干燥、溶剂回收、压延和电解质填充等处理步骤。独特的生产工艺可以制造出比行业标准厚四到五倍的电极，从而减少了对铜、铝和隔板的需求。（盛夏）

德国新能源汽车驶入“快车道”

人民日报 2020.1.15

德国联邦机动车行驶管理局日前公布的最新数据显示，德国 2019 年新批准上路的汽车中，混合动力汽车和电动汽车的数量比 2018 年显著上升。分析认为，作为欧洲最大的电动汽车销售市场，在相关利好政策的推动下，德国新能源汽车发展正驶入“快车道”。

统计显示，2019 年德国混合动力汽车新注册量约为 23.9 万辆，电动汽车新注册量约为 6.3 万辆，分别比 2018 年增长 83.7% 和 75.5%。纯电动、插电式混合动力、液化气动力等各类新能源车型正日益受到消费者的青睐，增长势头十分迅猛。另一方面，新上路的汽油车、柴油车总数均呈现下降趋势。

德国联邦外贸与投资署分析称，大型汽车制造商加速推进新能源转型，消费者持续看好，都是新能源汽车迅速增长的重要原因。德国联邦外贸与投资署汽车专家斯特凡·迪比通托表示，混动和电动汽车数量快速增加反映了德国汽车工业发展新趋势。

据德国《经理人杂志》报道，截至 2020 年 1 月，德国新能源汽车保有量已达到 28.34 万辆。在此背景下，德国大型车企纷纷加大汽车电动化转型的力度。戴姆勒集团计划到 2022 年推出超过 10 款纯电动汽车。大众集团将在今后 5 年间，对混合动力、电动出行以及数字化领域投资 600 亿欧元，实现到 2029 年累计销售纯电动汽车 2600 万辆的长期目标。宝马则计划到 2025 年推出 25 款混合动力车型和 12 款纯电动车型。

德国联邦政府的补贴政策也助推了新能源汽车产业的发展。德国政府自 2016 年起推出环保补贴政策，对税前售价不超过 6 万欧元的新能源车辆实行购车补贴，费用由政府和汽车制造商均摊。为进一步吸引消费者，2019 年 11 月，德国政府与汽车工业代表达成一致，在继续加大补贴力度的同时，将环保补贴政策延长至 2025 年。

德国政府还着力做好新能源汽车的公共配套建设。根据德国联邦能源与水业协会的最新评估，德国目前共有 2.4 万个电动汽车公共充电桩，比上一年增加近 50%。不久前，德国

总理默克尔还通过网络视频向民众公开承诺，将在 2030 年前实现 700 万至 1000 万辆电动汽车上路和修建 100 万个公共充电桩的目标。

“德国之声”指出，尽管德国各方对新能源汽车的关注程度和推广力度持续加大，这一行业发展仍有不足。例如，德国目前上路行驶的电动汽车仅约 22 万辆，与 700 万辆的目标相差甚远；公共充电桩大多集中在大城市及周边，农村地区的许多地方还覆盖不到。

汽车市场研究机构德国汽车管理中心负责人斯特凡·布拉策尔表示，德国在世界电动出行领域正处于“追赶地位”。该中心的调查显示，德国已在 2019 年上半年成为欧洲最大的电动汽车销售市场。布拉策尔指出，目前产业政策和行业趋势都表明，德国的电动汽车乃至新能源汽车发展正驶入“快车道”，“预计从 2020 年开始，德国电动汽车的发展将在全球汽车市场中取得突破。”（冯雪珺）

蓄势新产业——2019 年储能和新能源汽车行业年度报告

中国电力报电气周刊 2020.1.9

2019 年初，行业乐观估计全年我国电化学储能新投运装机功率有望突破 1 吉瓦，新能源汽车销量有望达到 160 万辆。然而，依靠政策驱动迅速崛起的新兴产业也会因为政策的变化而产生波动，储能和新能源汽车产业便是最好的例证。

截至 2019 年 12 月底，行业对储能和新能源汽车市场前景的乐观预估纷纷落空。储能和新能源汽车产业纷纷经历高开低走，产业呈现曲折发展状态。

储能产业进入减速调整期

2019 年，我国储能产业在“电化学储能累计装机功率首次突破吉瓦时，当年新增投运的电化学储能装机功率规模达 612.8 兆瓦”的良好基础上开始新征程。2019 年 5 月 28 日，则是一个转折点，将 2019 年储能产业发展状况分割为阔步向前和减速调整两种基调。

2019 年 1~6 月，我国新增电化学储能装机规模为 116.9 兆瓦。虽然这一成绩同比 2018 年同期降低了 4.2%，但是整体仍保持了 2018 年的蓬勃发展态势，其中最大的推动力来自电网侧储能，同比 2018 年同期增长了 189.8%。

2019 年初，国家电网有限公司和南方电网有限责任公司相继发布关于促进储能产业发展的指导意见，大大鼓舞了储能从业者的信心，产业各方对 2019 年电网侧储能的项目规模充满期待。根据统计，湖南、广东、江苏、浙江、福建、甘肃等地电网企业规划的，有望在 2019~2020 年建设投运的电网侧储能项目装机功率约达 1000 兆瓦。

但是，电网企业推动储能项目建设的决心和态度主要取决于储能是否计入输配电定价成本。2019 年 5 月 28 日，国家发展改革委正式发布新修订的《输配电定价成本监审办法》明确指出，抽水蓄能电站、电储能设施不得计入输配电定价成本。电网企业推动建设储能项目的积极性明显降低，一批已经规划或者将要规划的电网侧储能项目无奈暂缓甚至取消。电网侧储能随即从 2019 年初的如火如荼转入低迷。

如果说暂缓或取消一批电网侧储能项目的举动只表明了电网企业的犹豫踌躇，那么2019年末国家电网有限公司《关于进一步严格控制电网投资的通知》提出的“不得以投资、租赁或合同能源管理等方式开展电网侧化学储能设施建设，以及不再安排抽水蓄能新开工项目等”，则是“官宣”了对电网侧储能的态度。

在电网侧储能发展遭遇“刹车”之际，“东边不亮西边亮”的情形并未光顾储能产业。2019年，由于一般工商业电价再降10%导致峰谷电价差变小、储能用户企业持续经营风险增加，辅助服务市场趋于饱和、调峰调频价格不断降低等诸多因素影响，用户侧和发电侧储能也呈现一片万马齐喑之势，全年新开工投运项目稀少。

与市场转入减速调整期相对，是储能企业圈子的不断扩大。2019年，国内开展储能业务的企业数量有所增加，有不少从光伏、电能质量治理等领域跨界而来的企业。“僧多肉少”导致企业大打价格战，储能企业的盈利状况堪忧，同时也埋下了一定安全隐患。

不过，寒冬之下，万物仍然生长。2019年，我国储能产业在“倒春寒”中同样取得了一定发展。例如，在商业模式创新方面，青海共享储能的横空出世，无疑为储能探索了一条市场化的新路。在政策方面，政府也出台不少政策支持储能发展，国家发展改革委、国家能源局等部门发布了《贯彻落实〈关于促进储能技术与产业发展的指导意见〉2019—2020年行动计划》，一批国家级储能示范项目出台或重新启动。

新能源汽车市场换轨阵痛

如果说2019年储能产业的市场波动是意料之外的话，那么2019年新能源汽车市场的下滑则似乎有迹可循。补贴退坡的时间节点，必然会带来市场的阵痛，只是强烈的程度比人们设想的更严重。

2019年，我国新能源汽车补贴政策迎来最大幅度退坡，中央财政补贴退坡幅度达50%，地方财政补贴被取消。这直接导致了2019年7月以来新能源汽车销量的同比连降，拉低了今年新能源汽车的总销量。中国汽车工业协会统计数据显示，2019年1~11月，我国新能源汽车销售104.3万辆，同比累计仅增长1.3%，与年初预估的160万辆销量目标差距很大。

具体到新能源车企方面，新能源汽车市场的不景气，对比亚迪、北汽新能源等传统车企来说，带来的是销量下降，企业盈利压力增大。而对造车新势力企业来说，则可能是一道攸关企业生死的考验。2019年，一些造车新势力相继出现裁员、资金紧张、交付不理想等问题。行业人士纷纷感叹——新能源汽车市场洗牌已经提前开始了。

补贴政策调整，还影响了2019年动力电池的发展走向。动力电池技术不再朝着唯高能量密度为导向发展，转而同时开始重视经济性，以市场为导向。以往因为能量密度难以获得突破而被市场舍弃的磷酸铁锂、锰酸锂电池，因为具有低成本优势而重新被车企所青睐。动力电池产业格局从三元电池一家独大开始转为多种技术路线齐头并进。

充电基础设施方面，2019年初，新能源汽车补贴政策调整一项重要改变就是地方财政补贴不再用来补贴购车，而是用来补贴充电基础设施建设和运营。北京、深圳等城市相继出

台了充电基础设施运营补贴，这一定程度推动了2019年充电基础设施的发展，具体表现为公共充电桩数量明显增加，充电设施运营企业重建设轻管理问题有所改善，车主充电便利性和体验感提高。中国电动汽车充电基础设施促进联盟数据显示，2019年1~11月，我国共新投运公共充电桩16.4万个，同比去年同期增长116.6%。

氢燃料电池汽车方面，产业发展明显提速升温。一系列促进氢能发展的利好政策出台。2019年初，氢能首次被写入《政府工作报告》；5月，《长三角氢走廊建设发展规划》发布；各地方政府也出台了系列支持政策。氢燃料电池公交车在上海、郑州、成都、云浮、张家口等城市示范运营。各大企业纷纷加速布局氢燃料电池汽车领域，其中既有亿华通、雄韬股份这样的高新技术企业，也有国家电投、东方电气这样的央企。

企业的积极布局，推动了氢燃料电池技术获得新突破，氢燃料电池发动机核心零部件首次完全实现国产化、功率密度突破500瓦/千克、使用寿命延长。中国汽车工业协会数据显示，2019年1~11月，我国氢燃料电池汽车产销分别完成1426辆和1337辆，同比分别增长398.6%和375.8%。（邓恢平）

电动飞机将开辟动力电池应用新赛道

中国能源报 2020.1.13

“我们计划在北京大兴国际机场成立电动飞机研究项目，相关细节在洽谈中。尽管仍有重大技术和法律障碍需要解决，但电动空中交通的竞争已经开始。”1月6日，北京工业大学举办的“气候沙龙：能源转型与煤电转型”会议现场，一位不愿具名的专家透露。

相关业内人士认为，短期内，现有电池技术无法提供使电力飞行需要的功率重量比，且成本高昂。但这一潜在市场已经吸收了众多企业的关注和布局，未来可能对现有动力电池市场格局形成颠覆性影响。

电动飞机“风起”

据了解，电动飞机是指依靠电动机而不是内燃机驱动的飞机，可分为太阳能电动飞机、蓄电池电动飞机和燃料电池电动飞机。

较长时间内，电动交通被认为是遥不可及的梦想，但如今它已司空见惯：电动汽车走入寻常百姓家，中国已成为全球新能源汽车保有量最大的国家，而在天空，人类对于电动飞机的探索才开始不久。

据了解，电动飞机已成为飞行领域的热门研究方向，根据国际咨询公司罗兰贝格最近的报告，全球目前约有170种不同的电动飞机开发项目，自2018年4月以来增长了50%。电动飞机已比较明显地出现三个发展方向：垂直起降（eVTOL）、纯电/混动短途交通、飞行培训休闲娱乐。

相较于传统燃料飞机，电动飞机的优势更加明显。电力驱动的最大优点是节能环保。其次，电动飞机起飞所需跑道更短，爬升速度更快，且噪音更小，这也是许多电动飞机研发聚

焦于空中巴士、空中出租车领域的原因。

据路透社消息，挪威更是将电动飞机视为下一种电动交通工具，该国企业阿维诺（Avinor）预计将在未来几年招标购买 5 – 15 架 12 至 50 座的电动飞机，这将是世界上最大的电动飞机订单。

技术尚未成熟

电动飞机替代目前传统的化石燃料飞机，或为航空业解决碳排放开辟新路，但电动商运飞机能成为现实吗？

“各类电动飞机发展面临的最大技术挑战是电动力推进系统关键性能指标低、技术不成熟、重量过大，仅能满足电动飞机的最低使用要求。此外，电动力推进系统实用性、安全性和可靠性有待提高。”有专家表示。

以电源为例，就目前技术而言，越大的飞机需要尺寸越大的电池，很难想象一架波音 747 身后，拖着比飞机还要大的动力电池。因此，目前全电动飞机模型均为超小型飞机。

对于燃料电池电动飞机而言，业内专家表示，燃料电池的主要问题是性能有待提高，系统结构复杂，技术成熟度低，成本过高。PEM 燃料电池一般要求常压工作，在飞机上使用需要增压器。同时，燃料电池堆对环境要求比较苛刻，需要一套复杂的冷却系统和防离子化系统。

就太阳能电动飞机而言，太阳能电动力推进系统从太阳能输入到螺旋桨最终的动能输出，总的的能量利用率只有约 10%，昼夜连续飞行难以实现，对氢燃料电池电动的燃料存储系统布局设计、安全储运等问题仍是掣肘。

业内专家表示，相比各种技术路线，锂电池电动飞机系统复杂程度最低，技术相对成熟，一些接近实用的机型即将完成研制，有望率先实现商用。

开辟崭新赛道

应了电动车领域流传的一句俗语“老牌车企造不出好用的纯电车”，目前，在航空领域的尝试做电动飞机的，也多为“跨界玩家”，如优步、劳斯莱斯等。

业内预计，有朝一日，当电动飞机市场真正形成一定规模，必将改变动力电池行业的竞争格局。空中电动交通这一新赛道，既能拓宽动力电池的应用场景和应用空间，也将成为动力电池企业转型的新机遇。

正像电动汽车催生了宁德时代等明星企业一样，当航空业从燃油时代步入电动时代，也可能孵化出新的明星企业。（韩逸飞）

储能界的实力玩家 锂电池

中国电力报能源周刊 2020.1.11

编者按 在去年诺贝尔委员会的颁奖词里，这样描述获得诺贝尔化学奖的发明——锂电池：“锂离子电池已经彻底改变了我们的生活，从手机到笔记本电脑和电动汽车，锂离子也

池无处不在。”虽已获得广泛应用，但锂电池的技术瓶颈也非常明显：能量密度、循环寿命、温度特性。全球的科研人员正在为突破瓶颈而努力。

下一站，上海

IBM 利用海水材料制造新型电池，5 分钟可充电 80%

在正在进行的全球能源变革之中，电池构成了清洁、无碳电网的核心。全球电气化进程如火如荼，未来几十年对电池的需求将猛增。

现在电池的制造依然依赖着重金属，对锂、钴、镍等关键电池元素的需求正在日益增长，而供应方面却拥有诸多挑战，尤其是面对快速增长的需求，许多关键金属储备可能会枯竭。那么，有没有可能让投资者抛弃重金属，从类似海水这样来源广泛的物质中寻找到答案？

IBM 可能已经回答了这个问题。

这家跨国信息技术公司的研究人员表示，他们发明了一种新电池，利用从丰富的海水中提取到独特成分，而不依靠稀有的矿物质。

更节能，成本低

几十年来，人们一直在寻找能将电池技术提升到一个新水平的先进材料。在此期间，偶尔激发出来了技术奇才：从模仿人类脊椎的可弯曲电池到可呼吸的纳米链结构，都给人不可思议的未来感。IBM 新研发的电池在不使用常规成分的情况下重新制造了锂离子电池，从而使这一趋势更进一步。

具体而言，IBM 的电池取代了阴极中的钴和镍，还包括一种新的液体电解质与高闪点，这种独特的配置可以限制锂枝晶（锂离子电池内部形成的令人讨厌的结构，可能导致短路）。

这种新电池有许多好处。

首先，镍和钴等重金属的未来供应走势仍不能确定。更糟糕的是，它们的开采条件通常会对环境造成危害。在印尼确认到 2020 年全面禁止出口后，由于担心供应紧张，镍价格飙升至 5 年来的高点。与此同时，在几个非政府组织游说伦敦金属交易所禁止引起污染的钴贸易后，钴行业受到了抨击。

其次，电解液的高闪点将大大降低火灾或爆炸的风险，这是相当普遍的，即使是在高端锂离子电池领域（如特斯拉电动汽车所使用的电池）也存在这种风险。

最后，IBM 表示，新电池可以在 5 分钟内充电到 80% 的满容量，更节能，而且制造成本也更低。

先进锂电池技术盘点

IBM 的电池不是近几年唯一一个在技术奇才领域出现的重要新电池技术。

2019 年 9 月，芝加哥伊利诺伊大学的研究人员公布了世界上第一个完全可再充电的锂二氧化碳电池，其效率比传统的锂离子电池高出 7 倍。另一个优点是，这种电池被称为碳中性电池，可以降低大气中的碳含量。

多年来，科学家们一直对这种材料的前景垂涎三尺，因为其可以显著延长锂离子电池的寿命，并可以保持两次充电之间更长的时间。他们发现，一种锂—二氧化碳混合物很适合这项研究，因为其能量密度比普通锂离子电池高 7 倍。但是有一个问题一直困扰科研人员至今：他们找不到方法让电池持续几个充电周期。

2018 年，麻省理工学院（UIC）的研究人员展示了一个新模型，它总共持续了 10 个充电周期。因此，伊利诺伊大学的新版本电池很有可能在充电周期上有很大的提升。研究人员将设法克服技术死胡同：即充电过程中，碳会聚集在催化剂上。

UIC 工程学院机械与工业工程系副教授、论文作者 Salehi Khojin 表示，锂—二氧化碳电池一直受到碳积累的困扰，它不仅堵塞了催化剂的活性中心。而且阻止了二氧化碳的有效扩散，还引发了带电状态下的电解质分解。

为了克服这一挑战，Salehi Khojin 和他的同事们使用混合电解质和二硫化钼作为阴极催化剂，帮助在循环过程中嵌入碳。换句话说，科学家们创造了一个单一的多组分复合产品，而不是一个大杂烩的独立产品，这有助于加强回收过程。

谨慎但乐观

虽然新电池仍然无法与高端的特斯拉电池媲美。特斯拉电池可以充电 5000 次，续航 100 万英里。但其实 500 次的充电周期足以使其在许多日常使用中变得实用，包括便携式电源组、智能手机、UPS 系统，甚至可能是一些电动汽车。

IBM 的研究结果依然是基于对电池在实验室的表现预测的。

据悉，IBM 正在与梅赛德斯—奔驰研究公司合作，进一步开发这项有前景的技术，这意味着它可能需要数年才能投入商业生产。

同时，伊利诺伊大学的电池距离商业生产还有很长的路要走，但直到目前，他们还是一个很好的概念性能源储存装置，有一天会提供一种巧妙的方法将所有二氧化碳转化成有用的东西。

对报告的电池突破采取谨慎乐观的态度是有好处的。在实验室条件下，大量的电池技术似乎相当有前途，但往往难以转化为在现实生活中使用的廉价可行的强大系统。

相关链接

可实现自我修复的电池即将问世

近日，伊利诺伊大学的工程师们已经开发出一种电解液，可以帮助制造商生产可回收的、自我修复的商用电池。

这项研究成果发表在《美国化学学会》杂志上，研究人员表示他们已经制造出一种固体聚合物电解质，这种电解质在受损后可以自我修复，而且材料可以实现在不使用苛刻的化学物质或高温的情况下循环使用。

在论文中，专家们写道，他们的发明是为了响应陶瓷或聚合物等固体材料取代锂离子电池中液态电解质的潮流。这解决了电池在经历多次充放电循环后产生树枝状结构的问题。这

种结构会缩短电池寿命，引起热点和短路，有时足以刺穿电池内部，在电极和电解液之间引起爆炸性的化学反应。“固体离子导电聚合物是开发非液体电解质的一种选择。”该研究的合著者之一在一份声明中表示，但电池内部的高温条件会熔化大多数聚合物，导致树枝状结构和失效状况。

为了解决这个问题，研究人员开发了网络聚合物电解质，其中的交联点可以进行交换反应和交换聚合物链，与线性聚合物相比，这些网络在加热时实际上变得更硬，可以使树状结构问题最小化。此外，它们可以很容易地分解，并在损坏后重新分解成网络结构，使其可回收利用。它们在损坏后可以恢复导电性，因为其具有自我修复特征。

论文主要作者克里斯托弗·埃文斯说：“大多数聚合物品需要强酸和高温才能分解，我们的材料在室温下溶于水，是一种非常节能环保的工艺。”

特斯拉：100 万英里超级电池来了！

2019 年 12 月 26 日，特斯拉汽车公司和加拿大达尔豪西大学的物理学家合作，申请了一项新的锂离子电池技术专利。研究者表示，这项专利明显优于现有的广泛应用于电动汽车和其他能源储备设施的锂离子电池。马斯克曾经承诺，在 2020 年以后为特斯拉的汽车提供“100 万英里”的电池组。

100 万英里的电池是马斯克计划的“机器人出租车”和长途电动卡车的组成部分，均影响了特斯拉轿车锂离子电池的使用寿命和范围。目前，特斯拉最优秀的车型最大单程为充满电后 370 英里，寿命为 30 万 ~ 50 万英里。考虑到美国汽车的平均寿命为 15 万英里，或者是 11 年的使用寿命（平均为 13.5 万英里），特斯拉的数据让人印象深刻。但是，对长途货运或连续出租车服务来说，这个数字是不够用的。卡车司机亚均每周行驶 2000 ~ 3000 英里，每年总计行驶 10 万 ~ 15 万英里。

特斯拉提出的百万英里电池组在 1000 次循环后仍能保持 95% 的寿命。特斯拉的新专利“锂离子电池二恶唑酮和腈亚硫酸盐电解液”可以提高效率、寿命和能源密度，同时降低了成本。这是一个对现有锂镍锰钴氧化物电池的升级版本。这项专利如果是为了承诺“百万英里”电池开发的，那么在 1000 次放电循环后，它将保持 95% 的寿命，而目前的锂离子电池则只能保持 25% 的寿命。升级版电池在 4000 次放电循环后依然可以保持 90% 的寿命。

特斯拉的超级电池即将面世了。这不仅会改变电动汽车的现状，还会使能源储存更加便宜高效，可进一步加快向全面电气化和可再生能源系统过渡。（于琳娜）

请尝试新型水溶液锂电池

随着手机、笔记本电脑和电动汽车对于锂电池的依赖印证了其在电池领域中的良好表现——充电时间短以及高性能，锂电池的价格也随之抬高。此外，锂电池易燃的安全问题也逐渐暴露并引起了关注。

最近发表在《储能材料》上的一项研究中，美国伦斯勒理工学院的一组工程师展示了他们如何通过使用水电解质而不是典型的有机电解质——组装出一种性能仍然良好同时安全

得多且性价比高的电池。

水溶性电解质由于其不易燃的性质而被侧目。它们与其他电解质不同，更便于利用且成本更低。但这种材料最大的挑战是保持性能，因为在给电池电极加电压的过程中，部分水会被水解形成氢气和氧气，消耗了电解质。因此，通常这种材料的电压区间非常有限。

在这项研究中，伦斯勒理工学院机械、航天和核工程荣誉教授尼基尔·科拉特卡、助理客座教授韩福东以及其研究小组使用了一种特殊类型的水电解质——盐中水电解质。该电解质在加电压时不易水解。

对于电极部分的负极，研究人员使用了锂锰氧化物；阳极部分，使用了从未使用过且更为复杂的氧化铌钨，因为氧化铌钨相对较重且致密。而电极中铌钨颗粒的致密堆积使氧化铌钨基于体积的储能能力更佳。这种材料的晶体结构还具有明确的通道，可使锂离子快速扩散，意味着可以快速充电。结果显示，氧化铌钨在单位体积储能方面表现出色。科拉特卡就此表示：“就容量而言，这是我们在水溶液锂电池中所见过的最好的结果，快速充电能力与大容量的储电能力结合，在水溶液锂电池中很罕见。”该性能的实现降低了锂电池的成本同时提高了安全性，具有实际意义。在应用到便携式电子、电动汽车和网格存储中，单位体积内尽可能大的储电能力将变成关键指标。（朱宇婷/译）

世界上最高效的锂硫电池

试想有这样一种电池——可为你的手机续航 5 天以上，或是可让你的电动车无忧无虑飞驰 1000 千米以上而不需要充电。

2020 年 1 月 3 日，澳大利亚莫纳什大学的研究人员正全力实现世界上最高效的锂硫电池商业化落地。该电池的续航能力可能比当前市场中的主流电池高出 4 倍以上，为澳大利亚和全球电池市场的未来提供动力。

莫纳什大学机械和航天工程系的 Mahdokht Shaibani 博士领导的国际研究小组，研发了一种超高容量的锂硫电池。相较于当前主流的锂电池，该电池性能更佳且环境友好。研究人员已经为他们的制造工艺申请了专利（PCT/AU 2019/051239），并由其德国研发伙伴弗兰霍夫材料和束技术研究所成功制造了电池原型。

据悉，中国和欧洲一些国际大型锂电池制造商已对该电池的大规模生产表现出了兴趣。对于该电池的进一步测试将于今年稍晚时候在澳大利亚进行。

电池技术突破推动储能发展

本报讯记者于琳娜报道 彭博新能源财经（BNEF）在一份报告中表示，电池成本的持续下降，清洁能源的装机和使用率的大幅提高将导致未来二十年全球固定储能的蓬勃发展，这需要高达 6620 亿美元行然的总投资。

根据 BNEF 的预测，到 2040 年，全球储能装置预计将猛增至 1095 吉瓦（或 2850 吉瓦时），相比之下，截至 2018 年，全球仅部署了 9 吉瓦（17 吉瓦时）的储能设施。BNEF 在 2019 年 12 月发布的一份报告中称，自 2010 年以来，电池价格实际下降了 87%，截至 2019

年为每千瓦时 156 美元。到 2023 年，平均价格将接近每千瓦时 100 美元。BNEF 表示：“硅或锂阳极、固态电池和新阴极材料等技术将是帮助降低成本的关键。”

美国储能市场在未来五年将增 12 倍

近日，Wood Mackenzie 能源储存服务表示，预计美国的储能市场在未来 5 年内将增长 12 倍，从 2019 年的 430 兆瓦增长到 5 吉瓦以上，到 2024 年投资将超过 50 亿美元。

瑞银集团表示：“过去五年来，储能成本几乎减少了一半，但对于扩大规模的应用而言，总的来说成本仍然太高了。”该投资银行预计，到 2025 年，储能成本将不到现在的三分之一。这些较低的成本将刺激对可再生能源、电池以及相关材料和化学品的额外需求。《科学美国人》有观点认为，储能成本的下降幅度尚不确定，但各国政府包括美国为实现无碳电力而不断做出的承诺将继续推动越来越多的储能设施上网。（于琳娜）

北方高歌猛进成效显著 南方呼声渐高跃跃欲试

清洁取暖与城市能源转型越来越“亲密”

中国城市能源周刊 2020.1.13

伴随着北方地区冬季清洁取暖加快实施，来自国家能源局数据显示，2019 年，“2+26”重点城市清洁取暖率达到 75%，超额完成中期目标。

在国家政策的鼎力支持下，现如今冬季清洁取暖已成为城市能源转型与变革的重要组成部分。

如今，三年试点示范期进入尾声，下一步北方地区清洁取暖工作应如何持续推进？采暖需求日渐迫切的南方地区又该探索何种模式的清洁取暖？围绕上述话题，近日，在京召开的南北地区清洁供暖差异化研讨会上，业内专家、企业代表展开了热烈讨论。

清洁供暖关乎城市能源整体变革

“截至目前，以北京为主的‘2+26’城市清洁供暖，对大气污染治理与城市能源转型发挥了显著作用。”会上，国家发改委能源研究所原所长韩文科指出。

以北京为例，记者近日从北京市生态环境局获悉，近 20 年，特别自 2013 年以来，该市通过温暖与蓝天并重推动燃煤压减工作，截至 2018 年底，全市平原地区已基本实现“无煤化”，全市燃煤锅炉已基本实现“清零”，电力、燃气等清洁优质能源占比超过 96%。2019 年，北京市大气环境质量持续改善，PM2.5 一级优的天数显著增多，达到 187 天，占比首次超过 50%。

值得关注的是，近两年，伴随着北方地区清洁取暖工作快速推进，除传统的“煤改气”、“煤改电”之外，余热利用、地热、光热、甲醇、光醇互补、燃气热泵、核供热、生物质锅炉供暖、垃圾锅炉供暖等各种因地制宜专注于清洁能源利用的新技术、新方案、新模式不断涌现，亦成为北方地区大气污染治理、能源转型与清洁能源发展的有力补充。

“清洁供暖与我国能源转型和未来能源发展的方向相一致，目前，全国各地严重依赖煤

炭的情况仍有待改善，无论北方还是南方，都应该把清洁供暖看作为城市能源系统尤其是供暖系统自身的变革。”韩文科认为。

韩文科进一步指出：“清洁供暖，不是简单地替代煤，而是要通过推动能源革命，尤其是生产端、消费端的革命，催生出更多新的适应未来能源系统的清洁供暖技术和模式，最终在城乡地区建立起一套可持续的清洁供暖系统和清洁能源系统。”

冬季清洁供暖一头牵着碧水蓝天，一头牵着百姓冷暖，应是政府、市场、社会等各方协同的结果。在国网能源研究院副院长、国网（苏州）城市能源研究院院长李伟阳看来，清洁供暖作为城市能源变革的重要组成部分，应着重考虑如何提高各利益相关方的参与性。“技术变革是加速发展的驱动力，清洁供暖解决方案要把技术的颠覆性和突破性进展作为最重要的支撑；与此同时，任何一个产业的推进都需要有基础设施建设为支撑，这就要求站在顶层设计层面，统筹考虑政策措施与市场需求推进，避免出现返煤现象。”他说。

南方地区有望成采暖面积增量主力

国家能源局相关负责人曾指出，截至2019年9月，北方地区冬季清洁取暖率达到50.7%，已超过50%这一规划目标，相比2016年提高了12.5个百分点，替代散煤约1亿吨，大大超出规划预期的7400万吨。

北方地区清洁取暖高歌猛进发展的同时，近两年，南方地区冰冻雪灾频发，气温屡创新低，以秦岭—淮河为界划分供暖区域已遭到诟病，供暖边界南移呼声越来越高，不少城市采暖工作推进亦大有加快之势。

“随着经济社会的发展、供热行业技术装备水平的提高，南方夏热冬冷地区居民供暖需求日益旺盛，能源和经济问题已不再是制约供暖设施建设的关键因素。”中国城镇供热协会副秘书长刘荣指出。

记者梳理资料时发现，我国南方城市诸如武汉、合肥、长沙等城市的部分城区，已先前开始进行探索集中供暖，如武汉启动了由地方政府主导推动的“冬暖夏凉工程”，合肥由最开始的解决工业供热也已逐渐发展为目前的区域集中供热。此外，不少南方城市也开始启动规划建设供暖项目。

有研究报告指出，预计2030年全国新增12亿平方米的采暖面积中，南方地区高达8亿平方米，对全国总采暖面积增量的贡献将达到2/3。

南北取暖需分而治之

作为北方地区的主流供热模式，大规模集中供热是否同样适用于南方地区？对此，不少与会专家均给出否定答案。

测算结果显示，南方地区城镇需要供暖的住宅按70亿平方米计算，如果全部采用集中供热，每年就要增加7200万吨标煤。目前我国建筑总能耗约为9亿吨标煤，这意味着能耗增幅将达到8%。这无疑会让目前紧缺的能源更加不堪重负。

“如果南方复制北方集中供暖模式，中国的可持续发展将会面临巨大挑战。”中国工程

院院士、清华大学教授江亿也曾强调。

南北方地域环境不同，居民生活习惯不同，用热需求也是大相径庭，与北方地区供暖呈现为刚需不同，“南方地区采暖期短、负荷小，呈现为‘部分时间、部分空间’的间歇运行模式，更适合供暖方式多样化。”刘荣指出。

在刘荣看来，北方地区供暖需求量大且稳定，适宜集中化、系统化，应以能源系统的综合效率提升为主，建筑节能改造也是重要环节，离不开政府行政管理；而南方供暖是个性化需求，特点是区域化、分散化、多元化，应该以各类可再生能源的合理利用为主，宜于市场化模式运营。

对此，中信建筑设计研究总院副总工程师陈焰华也表达了类似观点。他认为，南方夏热冬冷地区应该依据城市总体规划和城乡建设发展规划，充分利用本地资源禀赋，坚持集中与分散相结合的多元化发展路线。“夏热冬冷地区科学合理的供暖技术路径应在建筑冷、热用能科学配置基础上，因地制宜地与可再生能源利用相结合，实现区域能源供应的清洁、高效、低碳、安全，实现各种能源的平衡、互补，以发挥综合效益。”

在陈焰华看来，南方地区不是不可以开展集中供热。“如果夏热冬冷地区能依据工业生产的需要，对新建热电联产电厂进行合理布局，统筹考虑现有热电厂，就可实现对周边地区建筑的夏季集中制冷与冬季集中供热。”（张胜杰）

城镇清洁供热是一场能源消费倒逼供给的革命

中国城市能源周刊 2020.1.13

供热事业事关民生冷暖，它是一项系统工程，是能源消费革命、供给革命、技术革命和体制革命的重要组成内容。需研究出一条适宜我国特色的清洁供热之路，构建清洁低碳、安全高效的现代城市供热基础设施供应体系，以实现供热的经济价值、环境价值和全社会正效益。

供热事业事关民生冷暖，北方冬季清洁取暖涉及北方城镇 140 亿平方米和农村地区 100 亿平方米的建筑供热，是建筑节能的重头戏，是北方城市治理大气污染的首要举措，也是城市能源基础设施的生命线之一。

截至目前，我国北方城镇供热已取得举世瞩目的成就。我国现已建成全世界最大规模的集中供热系统，拥有宝贵的城市热网基础设施资源，是名副其实的供热大国；形成了以热电联产为主（燃煤热电厂占比 48%，燃气热电厂 3%），区域锅炉房为辅（燃煤锅炉 33%，燃气锅炉 12%），其它方式为补充（地热、电热泵、工业余热、生物质等占比 4%）的供热格局。随着供热能源的多元化，环境气候的清洁化，可以说，在“蓝天保卫战”和生态文明建设进程中，城市能源视角下的北方城镇清洁供热，已经成为重大的能源工程和环境工程。

热和电是产品，也是二次能源，而且电还是高品位能源。无论燃料直接燃烧，还是电力直接供热都属于高能低用。

热的供给侧来源和需求侧用途决定了其出路，低品位热量（一般指 100℃ 以下余热或自

然冷热源)正对口于满足取暖室内温度18℃—20℃需求。因此,热电联产、热泵、工业余热和可再生能源利用等供热系统,可实现煤炭、燃气、生物质(垃圾)、地热能、太阳能等以及热、电二次能源的多能互补、多能协同,符合吴仲华院士所提出的“分配得当、各得其所、温度对口、梯级利用”能源高效利用原则。

由于历史条件、我国能源资源禀赋和经济等因素,燃煤热电联产和区域燃煤锅炉成为现行集中供热系统主力。我国现行热电联产存在大量非供热机组的火电厂,尤其是大型燃煤热电联产机组(300MW、600MW、1000MW),综合热效率可由纯凝电厂的30%—40%提高到60%—70%。若充分回收排空余热(湿冷机组循环水或空冷机组乏汽余热、烟气余热),既能将热效率提高到80%—90%以上,还可避免循环冷却水蒸发,消除白烟中大量雾(水蒸气),从而取得巨大的节水效益,并可达到基本符合燃气机组排放限值的超低排放指标,即烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度(基准含氧量6%)分别不超过 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。

就热泵而言,其可将低温热量提升为高温热量,可以利用高品位能源尤其是电力驱动,回收自然界的地源、水源和工业界的循环水等中所含的热量,将低品位热量从5℃~30℃提升至60℃~90℃用于供热。若一份电力可回收2~3份低品位热量,则系统能效COP值为3~4;考虑电厂发电效率40%,则一次能源利用率可达到120%~160%(即, $40\% \times (3 \sim 4)$ ——编者注)。余热回收型的热电联产在发电效率40%和供热效率50%时,可产出 $40\% \times 3 + 50\% = 170\%$ 的热量,系统能效COP值甚至可达5以上。相比之下,区域锅炉燃烧供热虽然一份燃料能产生80%—90%的热量,但能耗却为热电联产的近2倍。因此,随着可再生能源发电比例增加、电力趋向低碳化,热电联产和热泵供热方式将突显出经济、清洁、高效的优势。

然而,正如中国工程院院士江亿所言,目前城市供暖的主要问题已经从二十年前的室温低、高投诉、热费上缴率低等民生问题转变为目前的室内过热、能耗高和排放高等问题,需要满足生态文明发展的新要求。

可以说,我国北方城镇清洁供热正处在挑战和机遇共存、百花齐放时期,甚至处在外部环境、内部因素共促“生死攸关”的变革时期。

首先,供给侧热源方式面临着低碳和高效变革。以燃煤为主的热电联产为例,我国多数城市热电联产比重低,排空余热利用率低,而大量火电厂又位于城市周边或者远离城市,且冬季“以热定电”的运行模式造成电网调峰困难,从而加剧“弃风弃光”现象。近些年,部分位于城市周边30—100公里的火电厂已改造为热电联产厂或正在论证实施长距离输送至城镇,与原有集中热网并网联网。燃气、电力已经实现上千公里的远距离输送,不同的是,集中供热输送温差一般为50℃,目前最大管径DN1400,经济安全的输送半径一般只有20公里,而供冷输送温差小于10℃,经济输送半径更只在1—2公里以内。随着大温差输送技术(约100℃)、大管径和余热充分利用逐渐得到应用,未来集中供热经济半径可以达到50

公里甚至 100 公里，城市内部不用再新建热源厂，利用城市周边热电联产的火电厂、核电厂等方式即可实现城区燃煤锅炉房等替代，这也是基于现实“迫不得已”以输送为代价的供热新模式。

其次，传统集中供热模式也面临较大挑战。现有规模不一，却“千城一面”的传统城镇供热系统，由于能效低和安全性差等问题导致供热经济性差，热力公司普遍陷入行业性亏损，必须依靠政策性补贴维持运转，且因热力公司运营理念以保安全供热为先，以致热力系统从设计至运行管理各环节都可能存在先天和后天的不合理，存在基础设施投资过大和寿命过短的弊端，无法达到设计的 30—50 年限，供热事故呈现日益频发且影响面扩大趋势，再加上输送能力问题、水力热力不平衡、跑冒滴漏和过量供热造成热损失大，供热系统普遍具有 20% 以上节能空间。这就意味着现有集中供热系统面临着系统能效提升、安全升级和经济惠民的变革。

再者，需求侧低能耗建筑和低温供热系统的变革，使得分布式、分散供热方式日益具备竞争力。空气源热泵、污水源、海水源和浅层地源热泵、中深层地热（2000—3000 米）、太阳能供热等由于低温侧和高温侧输送温差小（5℃—20℃），不适宜现行大规模集中供热系统，因灵活分散更适宜分布式供热乃至分散分户供热，以及低能耗建筑和低温供热系统。生物质（垃圾）热电联产也适宜作为分布式能源系统。

目前部分城市存在“煤改气”、“煤改电”集中供热系统参数不匹配，输配代价大等问题，以致将高品位能源损失在路上和输配不均衡上。进一步讲，城镇供热系统信息化、智能化水平急需提升。相比电力系统，供热系统运行管理相对粗放，缺乏实际有效监测数据，且管网基础设施多数建在地下，基本上属于数据信息的“盲区”，无法全面智能化、一体化地高效运行调度和优化控制，供热数据的质和量均需较大提升。清华大学秦冰博士指出，集中供热系统是由很多热源系统、管道、换热器、暖气片和建筑物构成的，其设计方法、系统型式、拓扑结构、运行方式和建筑物特性千差万别，它的外界环境和气象条件变化多端，是一个庞大、耦合性很强且开放的复杂系统。反过来说，供热系统日益复杂化、多元化也是信息化、智能化的契机，现有供热系统对智能化需求强烈，节能、经济效益和安全提升的空间潜力大。

最后，热力企业面临着体制革命的迫切需求。集中供热行业是涉及民生的基础性公共事业，是一种具有自然垄断特性和正外部性的准公共物品。我国北方城镇的集中供热模式结合了政府供给和市场供给，政府部门、热源厂、热力公司、采暖用户共同参与。多数城市热源、一次热网和热力站与二次管网用户为不同企业主体，普遍存在着供热收入与成本倒挂、热力企业严重依赖政策补贴和“不明朗”入网费等问题。不合理的体制机制无法引导供热系统健康发展。

科学的管理体制目的应是促进节约能源、降低供热成本、降低管理难度、合理分配利润和提高服务质量，最终促进节能减排新技术的推广应用。例如，大型热电联产集中供热系统

应实施“管住中间、放开两头”体制，热力企业负责从多个热源购热，向多个用户配售热，为上游热电厂企业创造价值，为下游客户提供服务，实现冷凝、生活热水、气、电等多种能源服务，并通过能效提升、安全升级和现代化管理，以实现热力企业“打铁自身硬”的自身经济价值。

综上，我国北方城镇清洁供热不仅仅是满足采暖民生需求、改善人居环境的需要，它更是一项系统工程，本质上是一场能源消费倒逼供给的革命，是能源消费革命、供给革命、技术革命和体制革命的重要组成内容。因此，我国需研究出一条适宜自身特色的清洁供热之路，构建清洁低碳、安全高效的现代城市供热基础设施供应体系，以实现供热的经济价值、环境价值和全社会正效益。我们期待，从“供热大国”转变为“供热强国”，冬季清洁取暖的“春天”即将到来。（郑忠海）

燃气空气源热泵为清洁取暖辟新路

中国城市能源周刊 2020.1.13

一提及“煤改气”，首先进入大家脑海的恐怕当燃气锅炉莫数，殊不知，“煤改气”也酝酿着创新。就在北京，一项新型的燃气空气源热泵技术应运而生，且已小有成就。

位于北京市昌平区的先锋家园小区，早在2017年就将原先的两台燃气锅炉全部停用，改由24台燃气空气源热泵代替。“今年冬天，室内供暖温度能达到24—25度，在屋里都可以穿短袖。”家住先锋家园的王大爷十分满意目前的室内温度，谈及改用燃气空气源热泵之后的供暖效果，向记者连连称赞。

不仅暖和，燃气空气源热泵供暖每平方米还可省4立方米燃气，相应可省下10元，与之前的燃气锅炉供暖相比，既暖和还省钱，燃气空气源热泵究竟有何“神奇”之处？

暖和又省钱

“早些年，村里烧煤集中供暖挺暖和，推行‘煤改气’后，我们村就改了燃气锅炉集中供暖，但屋里不如燃煤锅炉供暖暖和，在室内都要穿着大棉袄。”近日，家住北京市昌平区龙虎台村的吴女士告诉记者，也正因此，村民们都不愿意支付采暖费。

这也让当地供热企业头痛不已，龙虎台村因为没有燃气管道，就改为使用LNG（液化天然气）供暖，LNG供暖比燃煤高不少，再收不上采暖费，企业运营更是难上加难，供暖积极性大幅下降，这样一来居民就更不愿交采暖费，如此恶性循环，清洁供暖成效无疑大打折扣。

这样的情况不只发生在龙虎台村，不暖和导致缴费率低、成本高烧不起已成为越来越多燃气锅炉采暖用户的一致感受，与此同时，不少供热企业也纷纷因陷入运营困境而叫苦不迭。

用户不满意，企业难运转。怎么办？“经过实地调研考察后，我们公司自主研发的燃气空气源热泵技术在众多备选方案中脱颖而出，2019年，我们在龙虎台村实施了由燃气空气

源热泵集中供热替代原来的燃气锅炉集中供热工程。”奇威特太阳能科技有限公司北京分公司总经理张宇峰说。

“采暖季以来，从项目的运行情况和居民反应看，效果很不错。用户满意度上升了，供热企业也因燃气成本降低，经营态势也开始好转了。”张宇峰说。

他给记者算了笔账，以北京常规小区一个供暖季为例，每平方米燃气锅炉供热需8—10立方米气，而燃气空气源热泵通常情况下只需4—5立方米气，相比之下，一平方米就可省4立方米气，按照燃气费3元/m³的价格计算，一平方米就可省下12元燃气费，王大爷家约110平方米采暖面积，一个供暖季就能省下1300多块钱。整体算下来，企业四年就可回本。

“现在有些农家院、村委会、办公楼都已经享受到了燃气空气源热泵这项新技术带来的红利，在2018年，一家面积为1500平方米的办公楼使用一台燃气空气源热泵后，整个采暖季节节约了3万多块钱的燃气费。”据张宇峰介绍，燃气空气源热泵算是空气源热泵技术中的“新秀”，于2017年才开始正式推行，现已在北京推行了100余台，覆盖面积约10万平方米，在整个北方地区已实施1000多万平方米。

集中、分散均适宜

据了解，燃气空气源热泵全称为燃气空气源吸收式热泵，采用天然气为驱动能源，以MR717为制冷剂，水作为吸收剂，通过翅片换热器从空气中提取低品位热能，标准工况下可达到1.92倍的高效制热功能，是一种高效的能源综合利用设备。相对于一般燃气锅炉90—103%的热效率，可有效降低供热企业成本，成本低了，供暖企业也敢于烧气，用户供暖的舒适性自然也就提升了。

在先锋家园原来的燃气锅炉房房顶，记者来到24台一米来高的白色“迷你集装箱”前，仅能听见风扇转动的声音，这便是正在运行的燃气空气源热泵。据张宇峰介绍：“燃气空气源热泵通过燃气驱动制冷剂，把制冷剂降到比环境温度低7度，再进入翅片内部，吸收翅片外部流过空气的热量，将燃气燃烧的热量加吸收空气的热量共同用于供热，实现降低燃气消耗的目的。”

除此之外，燃气空气源热泵系统还结合了一套名为“天网”的信息管控系统，即每台燃气空气源热泵运行数据实时传回，公司可以通过系统看到所有燃气空气源热泵的运行情况，监控设备运行。用户也可以通过手机APP监控，随时调节设备运行工况，这样一来，整个供暖系统就实现了智能无人管理，远程操控，进一步为企业节省了运行费用。

张宇峰指出，燃气空气源热泵既可以采取集中供暖模式，也可分散在每栋楼顶。其适用的供热面积小可为一户家庭，大可至一幢楼，甚至一个小区，可因地制宜提供不同的解决方案。

为清洁供暖辟新路

“近几年，北方地区清洁供暖成效显著，尽管推行‘煤改气’、‘煤改电’有不尽人意之

处，但也催生出许多新技术，这些新技术正在为清洁供暖开辟新路子。”国家发改委能源研究所原所长韩文科表示。

对此，张宇峰深有感触：“燃气空气源热泵正是‘煤改气’的技术创新，这让‘煤改气’企业找到了不依靠补贴也能生存下去的方法。”他解释道，以华北某城市为例，气价约3元/m³，燃气锅炉供热按每平方米需要烧8立方米天然气计算，仅燃料费每平方米就需24元，当地居民采暖费按用户套内建筑面积22元/m²缴纳，收上来的采暖费还覆盖不了燃气成本，再加上设备、运维、管理等费用，企业想要有利可图非常困难，政府补贴就变得尤为重要。但如果换做燃气空气源热泵技术供暖，每平方米采暖面积仅需4立方米天然气，即便不依靠政府补贴，企业也可以维系运营。

谈及燃气空气源热泵的未来发展前景，张宇峰表示，燃气空气源热泵只是众多新技术中的一种，是“煤改气”的一颗“新星”，目前还存在局限性，还需要不断提升改进。

比如，燃气空气源热泵要建在室外，因为燃气空气源热泵供热时需要提取空气中热量，目前尚不适用于严寒地区；其次老旧小区采暖方式不一，地暖、暖气片兼有，这并不利于热泵供暖温度的控制，热泵出水温度低，最适宜的采暖方式为地暖，所以目前燃气空气源热泵技术还多只在新建小区应用，老旧小区目前尚在试验中。（张金梦）

低碳零排放 经济又安全

“不冒烟的锅炉”——核能供热渐行渐近

中国城市能源周刊 2020.1.13

2019年12月19日，雪后的北京寒意袭人，中核集团中国原子能科学研究院的室内办公区却暖意十足，多处暖气片旁的“核能供暖”字样格外醒目。

“我们在2017年11月供暖季开始开展核能供热试验，所覆盖的办公楼和厂房供暖面积共约1万平方米。从2017、2018两个供暖季的试验情况看，效果很不错。”该院工作人员告诉记者。

推进清洁取暖，核能供热技术在众多新兴清洁能源技术中脱颖而出。采访中，记者了解到，核能供热是以核能为热源，以集中供暖的方式替代现有的燃煤，甚至燃气锅炉，被称为“不冒烟的锅炉”，具有零排放、能量密度高等特点。

近来地方政策对核能供热的支持力度也正不断加码。《北方地区冬季清洁取暖规划（2017—2021年）》明确指出，将研究探索核能供热，推动现役核电机组向周边供热，安全发展低温泳池堆供暖示范。

据了解，核能供热主要有两种方式，一种是核电热电联产，适用于较大人口规模的城市。2019年11月27日，山东海阳核电厂核能供热一期项目第一阶段正式投运，供热面积达到70万平方米，这标志着我国首次让核能“温度”走进居民家中。

另一种为低温核供热，即单个模块供热能力在200MW左右，与400万平方米供热面积、

10万人口规模的城市或县镇相对应。以中核集团自主研发的“燕龙”泳池式低温供热堆为例，一座400MW的“燕龙”低温供热堆，供暖建筑面积可达约2000万平方米，相当于20万户三居室。

之所以叫低温“泳池堆”，是因为反应堆位于常压深水池内。“中核集团‘燕龙’堆的工作原理是，反应堆工作在常压深水池内，利用水层的静压力合理提高堆芯出口水温，满足城市供热需求。供热系统将反应堆产生的热量通过两级换热传递给供热回路，供热回路与热网直接相连，将热量输送给用户。这种供热堆安全性高、投资少、建设周期短，非常适合我国北方地区规模化推广应用。”中核集团中国原子能科学研究院堆工部49-2室书记韩玉祥向记者介绍。

和同等规模的燃煤供热站相比，池式低温供热堆在环保上有着明显优势。据了解，一座400MW的池式低温供热堆每年可减少二氧化碳排放50万吨、灰渣10万吨、二氧化硫6000吨、烟尘3200吨、氮氧化物2000吨，实现近零排放。

再绿色低碳的能源，想要规模推广也得经济可承受。池式低温供热堆的经济性如何？韩玉祥告诉记者，核能供热系统的设计寿命是60年，而常规供热系统的设计寿命为20年左右，因此常压低温池式供热系统的投资与满足同样供热面积的常规燃煤或燃气供热系统的建设投资相当，采用成熟设备和智能化运行模式，运行维护成本低于燃煤锅炉。以供暖期5个月测算，核供热价格也要优于燃气，可与燃煤热电联产相同。非供暖季则可以生产放射性同位素，用于放射医疗、工业领域，也可以用于材料辐照考验、核仪器仪表考验等领域，进一步降低运行成本。

与其他供暖模式相比，公众对核能最关注的是安全，比如核辐射是否对身体有害。对此，韩玉祥表示，现行核供热技术完全性安全可控。“持续低温供热堆堆芯位于水池底部，始终处于淹没状态。事故状况下，即使不采取任何干预手段，大容量水可确保堆芯不裸露，可实现零堆熔，防止伤害发生。”他进一步介绍，供热堆还专门设置了隔离回路，可确保放射性水不漏到热网，系统设备简单，多重安全防线与屏障有效隔离，放射性也仅为燃煤排放的2%。（齐琛冏）

了解电池技术、通晓能源系统、熟稔本地资源——

第三方储能系统集成要“火”

中国能源报 2020.1.13

核心阅读

依托创新发展的能力与差异化的增值服务，第三方储能系统集成商将获得更多的市场机会，未来可能向两个方向发展：一是产品主导推动形成标准系统集成服务；一是场景需求倒推定制化系统集成服务。

向上衔接设备厂商，向下打通电网服务，系统集成是储能产业链条的重要环节。在储能

市场空间受限的背景下，国内企业开始瞄准系统集成这一细分领域，期望从中分得一杯羹。

系统集成为用户提供全方位服务

“建设高效率、低成本、适配度高的储能电站，是储能行业追求的共同目标，系统集成是实现这一目标的重要一环。”中国化学与物理电源行业协会储能应用分会秘书长刘勇表示。

电化学储能系统主要由电池（锂电池或其他电池）、电池管理系统（BMS）、储能变流器（PCS）、能量管理系统（EMS）及其他电气设备构成。电池是储能系统的核心，BMS 主要负责电池监测、评估和保护等，PCS 控制充放电过程，EMS 进行数据采集、网络监控、能量调度等。

“储能系统集成，是按照用户需求，选择合适的储能技术和产品，将各个单元组合起来，为户用、工商业、发电侧、电网侧等各类场景打造‘一站式’解决方案，使储能电站的整体性能达到最优。”刘勇说，“系统集成是一项从零散到整合、从整合到最优的工程。在对电池、PCS、集装箱等各部件性能充分了解的基础上，根据运行场景和场站需求，最大化优化整体设计，释放整个系统的潜能。评价标准包括安全性、经济性及影响全寿命周期运行的其他要素。”

“系统集成提供给用户的是一个全方位服务，包括储能系统的运行、维护、回收等，用户要做的，就是使用这个集成方案。”中国科学院电工研究所储能技术研究组组长陈永翀强调。

储能企业正向系统集成方向迈进

系统集成涉及电化学、电力电子、IT、电网调度等多个行业的跨界融合，不同应用场景下，电芯选型、系统控制策略都不尽相同，进入门槛并不低。

“为了适应用户多样性需求，依托资源积累和自身优势，不少储能企业主动延伸业务范围，向系统集成的方向迈进。”刘勇说，目前主要有三种模式：一种是全链发展模式，储能系统的主要部件如电芯、PCS 等，全部自己制造生产，由自主设计部门做系统集成服务；一种是专业化集成模式，企业从外部采购主要部件，专做系统集成，比如陆金新能源（科陆与 LG 化学合资公司）、北控清洁能源等；还有一种是 PCS 企业、电池厂商等以自身产品为中心，从单纯设备供应商向系统集成服务综合方案供应者方向转型。

比亚迪是全产业链发展模式的代表，从家庭储能系统，到中间级别的工商业储能产品，再到公用级别的集装箱系统，全方位覆盖了目前的市场需求。2019 年 12 月，比亚迪宣布产能增加 10 倍的计划，并将通过开发两个高压储能系统来满足所有规模的项目。

2015 年，阳光电源与三星 SDI 成立合资公司，开始涉足含电池层面的系统集成。阳光电源光储事业部相关负责人表示，系统集成是对企业多维度综合能力的考量，要想做好，需要同时具备四大能力：第一，不同应用场景对电池充放电倍率的要求不同，要有识别电池性能的能力，综合把握、甄选合作伙伴，做好供应链管理；第二，采购电芯后，如何在集成过程中实现高效率、低成本，是一个不小的挑战；第三是安全性，如何最大程度降低风险，系

统设计很关键；第四，随着定制化需求成为常态，如何建立高效的研发机制，考验着企业的组织架构和响应能力。

业内人士指出，扩大业务半径虽然让储能企业进入了一个更大规模的市场，但也对其资金和技术实力提出了更高的要求。在某些专项的电池、PCS、BMS 领域，部分厂家具备了脱颖而出的实力，但其中大部分暂时还不具备提供整体解决方案的能力。实际上，在国内能实现一体化集成与服务的厂家仍屈指可数。

第三方系统集成是发展趋势

从海外电力市场发展来看，鉴于储能产业的多专业要求，既了解电池技术又通晓能源系统，同时熟稔本地资源的第三方系统集成商在电力系统中扮演着越来越重要的角色。

为什么需要第三方系统集成商？“一是集成技术的要求，二是商业模式的需要。”陈永翀解释说，“现在储能电站一旦出现问题，各方容易推诿扯皮，独立的第三方系统集成商承诺系统的安全、寿命、运维、回收等，可以有效缓解这一状况。当然，第三方系统集成商的承诺必须由保险公司来承保，换句话说，储能系统一旦出现问题，将由独立的第三方系统集成商来承担所有的责任。”

“目前，我国储能产业还在向规模化发展和应用方向迈进。行业整体产能供求比高，市场竞争充分，碎片化市场、独立场景应用过多，暂不足以支撑独立第三方集成商市场。”刘勇坦言，目前系统集成项目都是非标准模式的，每个项目都不一样，每个场景都有特点，难以形成规模化可复制的效应。而且，国内业主普遍更看重的是硬件、价格，为技术服务付费尚未成为共识。同时，如何衡量系统集成作为一项服务的价值，也没有相关标准和量化指标，行业数据仍在运营积累阶段。

刘勇表示，依托创新发展的能力与差异化的增值服务，第三方系统集成商将获得更多的市场机会，未来可能向两个方向发展，一是产品主导推动形成标准系统集成服务，一是场景需求倒推定制化系统集成服务。

陈永翀进一步指出，无论主动还是被动，从长远来看，一定会有越来越多独立的第三方系统集成商出现。但是，在电池成本过高、安全仍存隐患、回收渠道不畅这三个储能技术的“卡脖子”问题没有解决之前，谁都不愿意做独立的第三方系统集成商。当技术实现重大突破，储能市场迎来大规模爆发时，独立的第三方系统集成商将自然而然地成长起来。（樊桐杰）

2019 年储能市场：增速遇冷趋势不冷

中国能源报 2020.1.13

在经历了 2018 年全球电化学储能市场的迅猛发展之后，2019 年市场增速开始理性回落。正如中关村储能产业技术联盟（CNESA）研究部和咨询公司 Wood Mackenzie 所预料，处于商业化初期的电力储能产业规模尚不能持续高位增长，一轮高速发展之后，必将出现回调。

根据 CNESA 全球储能项目库初步统计，2019 年全球电化学储能的累计装机规模为 50

8089.2MW，年增长率22.1%，较2018年126.4%的高增长有所回落，但仍维持了前几年全球市场的平稳发展态势。CNESA最新数据显示，全球2019年第四季度电化学储能新增装机规模为490.8MW，环比增长有望超过200%，全球市场似乎又进入了下一轮高增长的预备期。2019年，全球储能市场呈现六大趋势。

光储应用成主流 可再生能源场站标配储能成趋势

多国在可再生能源场站配置或增加储能单元，形成储能与可再生能源发电标配的大趋势，储能的加入被普遍认为是可再生能源中最有希望的技术进步，对实现低碳、零碳目标至关重要。在国际市场，许多光伏或是风电配置储能的项目还能够得到政府的补贴或者无息、低息贷款，这缓解了项目建设初期的资金压力，推动了光储、风储项目的实施。由于全球光伏发电比例增加、锂离子电池成本下降和政策的持续支持，光储系统建设成为了储能全球应用的主流。

美国能源公司 PacifiCorp 发布了其长期能源计划草案，到2025年规划的所有储能资源都将与新型太阳能发电相配套。Tesla 在南澳大利亚建设的 Hornsdale 储能系统也通过两年的运行经验给予了可再生能源配置储能模式以信心。我国在青海、新疆、江西、安徽和江苏等地也积极布局储能与可再生能源结合的项目。

储能参与传统能源 替代中崭露头角

根据 Wood Mackenzie 的研究，2022年之后，全生命周期4小时储能系统建设成本已经可以与燃气电站相匹敌。根据相关预测，2020年风电或光伏配置2小时电池储能的平准化成本（LCOE）在某些场景下能够与燃气调峰机组竞争。储能系统成本下降、传统能源价格上升以及国家对清洁能源应用的要求使得独立储能系统、传统发电厂与储能结合或可再生能源场站配置储能替代老旧传统能源成为可能。美国部分地区、澳大利亚以及一些海岛国家也纷纷实施或规划储能参与的清洁能源供电系统，或通过储能参与传统电厂的运行来逐步替代传统能源，以实现能源利用的清洁化。

用户侧光储系统 为虚拟电厂的发展奠定基础

户用或工商业光储形成的大规模、分布式用户侧储能系统正在被积极地用作虚拟电厂（VPP）建设的基本元素。虚拟电厂的优势是降低发电设备的初期投资，提高灵活购买光伏电力的能力；通过虚拟电厂也为业主提供余电使用的用电方式，从而达到合理调配电力的目的。据日本经产省相关数据，日本国内可供虚拟电厂收集的太阳能电力规模预计将在30年内增加到37.7GW，相当于37个大型火力发电站的发电量。在我国，去年12月国家电网冀北公司首个虚拟电厂平台投入商用。

储能系统起火事故引发关注 相关各方积极应对

截至2019年底，韩国已经发生了27起储能电池系统的火灾事故。调查显示，火灾原因主要是来自于：电池保护系统不良、运营环境管理不良、安装疏忽、储能系统集成（EMS, PCS）不良等4种因素。无论是厂商还是用户都需要正向、理性、积极地面对这个问题。包

括中国在内的多个国家已经在储能预警系统开发、储能安全标准制定以及消防手段等方面展开了研究工作，美国消防协会（NFPA）已发布储能系统火灾危险和安全建设标准 NFPA 855。

政府补贴持续推动 储能系统应用和发展

为了推动低碳社会、高比例可再生能源的发展，多个国家、地区出台补贴政策，促进储能的生产以及在不同领域的安装和应用。补贴政策的持续给多国的储能规模增加和应用扩展提供了动力，美国加州的 SGIP、德国、澳洲的户用储能补贴政策和印度对电池制造的直接补贴，都作用于市场和应用的发展。

储能市场的收购、合资与合作依然活跃

企业间的并购、合资和合作增强了各方实力，是储能技术和应用发展的有益补充，也是丰富全球储能应用类型和规模化发展的有力方式。2019 年储能市场的收购、合资、合作十分活跃。大型能源集团收购新兴储能企业发展储能业务、储能系统集成商为增加技术覆盖或扩大应用类型收购其他储能企业、储能系统集成商与地方电力公司或公用事业单位合资或合作，布局储能业务或跨国应用都是具体表现。

综合来看，去年储能市场降速丝毫没有影响储能应用领域和类型的明晰。在英美德等国，储能已经深度参与到电力市场各类服务中去，电力监管机构正在通过多项研究和示范加深对储能作用和价值的了解，以调整监管政策，给储能更恰当的身份，制定相应的规则和定价机制。

2019 年我国储能应用也面临不少挑战，例如不能计入输配电成本之后，电网侧储能建设暂缓；两轮降电价后，峰谷电价差不保，用户侧储能投资回收期延长等；但相关方都在积极探索，寻找突破，类似“共享储能”、“隔墙售电”等新模式有望给储能带来新的增长点。

虽然 2019 年全球储能的发展速度放缓，但这并不代表储能市场在萎缩，或是应用停滞。用高增长后理性调整的态度看待市场发展规律应该更为恰当。全球各国高比例可再生能源利用、低碳或零碳、去煤的大目标不变，对储能长期、大规模的需求就不会变。储能有可能首先在电力市场化程度高的国家或地区实现盈利，发展速度有可能在局部时间减缓，但储能全球化发展、在电力系统应用不断深化的大趋势不会变。（张静）

以标准引领储能产业规范健康发展 ——解读《关于加强储能标准化工作的实施方案》

中国能源报 2020.1.20

近日，国家能源局会同应急管理部、国家市场监督管理总局共同发布《关于加强储能标准化工作的实施方案》（以下简称《方案》），《方案》提出我国储能标准化建设的目标，并就重点任务和保障机制做了工作安排。

据了解，我国目前已建成除抽水蓄能以外各类储能项目数百个，已发布储能技术相关国

家标准近 35 项、行业标准 9 项、企业标准 14 项，团体标准若干项。储能产业作为新兴产业，国际国内储能标准化管理机制、组织体系、标准体系都有待完善，在电化学储能技术统一规范、行政审批流程、并网调度规则、产品检测认证等方面仍无明确标准，储能系统运输、安装、调试、运维方面的安全性标准尚不成熟。另外，对储能消防要求、环保、社会效益等方面的评价标准仍是空白。因此，《方案》的实施，将有助于加强我国储能标准化工作，促进储能技术与产业的健康发展。同时，也将对推动储能领域国际标准化工作发挥良好的作用。

本次《方案》出台，是《关于促进储能技术与产业发展的指导意见》（发改能源〔2017〕1701号）、《贯彻落实〈关于促进储能技术与产业发展的指导意见〉2019—2020年行动计划》（发改办能源〔2019〕725号）政策的配套延续，也是文件精神的重要落实措施。

标准是推动行业健康发展的引擎

标准化是实现产业从量变到质变的重要转折点，是行业实现规模化、可持续化发展的必然路径。随着储能产业兴起和市场需求的快速发展，各类运营问题、安全事故屡见报端。储能标准建立健全后，有利于规范行业、降低投资成本，提升储能系统的运营效率，助力产业发展。

储能产业的高质量和可持续发展，必须经历标准化建设的历程和淬炼，去粗取精、去伪存真，经历一次次洗礼，行业才能稳步向前。随着深入贯彻能源安全新战略的各项工作的深化，在本次《方案》文件出台后，储能相关国家标准、行业标准建设工作会进一步完善和提升，成为支撑储能安全和能源安全的有力保障。

《方案》有利于加强储能标准 顶层设计与统筹协调

本次《方案》的出台，在统一认识和方向后，有利于集合行业的力量，明确分工，形成业界广泛参与、协作推进标准制定的新局面。

目前储能标准的制定过程，存在多方牵头、多方组织的现象，既有从自身需求出发各管一段的标准，也有从行业片面需求切入的“九龙治水”形式，行业缺乏统一协调。

本次国家能源局牵头、会同多个部门出台的《方案》，是国家有关部门第一次针对储能技术应用特点，从全面服务储能产业体系出发，明确提出要形成“政府引导、多方参与”的统筹协调局面。同时提出的，还有一系列储能标准化建设工作的保障措施，以此明确国家能源局、标准化管理机构和行业协会等，各方共同参与标准的制修订与实施。

《方案》实施将推动储能标准化 示范项目的落地

标准引领、示范先行。《方案》将“推动储能标准化示范”作为重点任务之一。

储能示范项目是储能实现市场化发展的重要依托和载体，在促进储能技术创新、应用引领和经验总结等方面，示范项目均具有重要意义。据悉，国家能源局正在牵头筹备储能项目示范工作。在下一步储能示范项目的申报要求里，将结合本《方案》的有关精神，重点考虑对储能标准化建设有促进作用和实际意义的项目作为示范项目，为加强和夯实储能标准化

工作打下坚实基础。

《方案》实施将促进储能标准国际化

本次《方案》将“推进储能标准国际化”列入重点任务。站在国际高度进行标准制定工作，积极参与国际标准化工作，加强与国际标准的联系与对接，能够显著提升我国储能标准的国际影响力，并为中国储能产品服务世界储能市场保驾护航。

国际电工委员会 IEC 是制定电气工程相关标准的组织。其中，IEC/TC 120 Electrical Energy Storage (EES) Systems 是负责制定储能系统标准的技术委员会，主要针对储能系统的术语、性能参数测试、设计和性能评估、环境问题和安全要求这五个方面。目前 IEC 已制定 21 项储能技术标准，正在制定 11 项储能技术标准，其他国家、地区和相关的组织针对电化学储能产品也发布了一些重要的技术标准。

因此，迫切需要我们实质性参与储能技术领域的国际标准化组织，跟踪相关国际标准制修订进程，积极承担储能技术国际标准的研制。在国际标准跟踪研究和验证的基础上，进一步提高储能技术国际标准转化率。加大储能标准化工作宣传力度，积极促进国内外储能技术交流，推动储能标准应用实施和技术进步。国际化通用的技术标准，也是全球化产业技术和产业发展的加速器，参与标准化工作对于及时抓住技术应用发展苗头，提前产业布局有重要意义。

标准建设相关建议

除了继续完善储能本体技术标准以外，建议完善或建立以下标准：

- (1) 储能电站建设标准，包括储能电站建设、验收和运行维护过程中，涉及到的关键标准。
- (2) 储能电站安全评价及消防标准，包括电池本体、电气、运输、规划、设计、运维、安装、消防等方面的系统化安全标准和验收规范。
- (3) 储能电站环保要求标准，包括储能电池退役、回收、梯次利用相关的环保标准。
- (4) IEC 标准的等同转化，降低编制标准的难度和加速储能系统标准体系建设。
- (5) 其他子系统技术要求，包括通风系统和冷却系统、状态监控和控制系统、气体监控系统、储能系统的结构等。
- (6) 储能电站全生命周期效益评估标准。

储能在能源革命和能源转型的过程中，以及在下一个低碳化的纪元中，将扮演越来越重要的角色。

本次《方案》发布后，政府引导、多方参与的储能标准建设工作有望快速形成。例如，建立能够对储能系统全生命周期运营的评价标准、对系统本体和接驳点的安全评估体系，建立储能回收或再利用的评价指标等。协会与各方参与者一样，期待在主导部门的引领下，建立机制、健全标准，营造客观正确的储能评价环境，促进储能行业长效、健康和高质量发展。（刘勇 陈永翀）

铅炭电池商业化应用大有可为

正成为继锂离子电池、液流电池之后，储能电池的又一发展方向

中国能源报 2020.1.20

核心阅读

和其他电化学储能技术相比，铅炭电池在成本和安全性方面具有明显优势。虽然我国在铅炭电池关键技术和应用方面取得了较大进展，但在基础理论和工程应用开发方面与国际发达国家相比仍有差距。例如，碳材料开发多数还停留在实验室阶段，批量生产的产品均一性较差，不能满足大规模工业化生产需求。

每当暮色降临，中国科学院大连化学物理研究所（以下简称“大连化物所”）能源楼附近几十盏路灯和景观灯便一一亮起，这些灯亮度跟其他路灯并无区别，不同的是，每个灯柱上都安有一个太阳能电池板。太阳能路灯并不稀奇，但这些路灯却是大连化物所的“小骄傲”。

“太阳能路灯多数采用锂电池、传统铅酸电池来储存电能，但我们这些灯用的是铅炭电池储能系统，这一系统已连续平稳运行近两年。”大连化物所储能技术研究部首席研究员张华民说。

何为铅炭电池？当前是否有更多应用案例，未来应用前景又如何？针对这些问题，张华民一一给出解答。

充放电性能突出

“铅炭电池是铅酸电池家族中的一员，是在铅酸电池的负极中加入碳材料制成的电池。”张华民介绍，碳是非常神奇的元素，拥有的化合物种类最丰富，它的加入，使铅炭电池在保留铅酸电池原有功率密度的基础上，充放电性能得到大幅改善。同时，铅炭电池安全性和可靠性高，可以弥补普通铅酸电池不能应对各种复杂工况的不足。

据了解，由于含有硫酸，铅酸电池极板上容易形成难溶解、颗粒粗大的结晶，产生不可逆的硫酸盐化现象。硫酸盐化严重，容易导致电池储能容量失效。“碳材料的引入，可以提高负极材料的导电性，从而大幅缓解硫酸盐化现象，提高电池在部分荷电状态下的循环寿命。”张华民说，在储能条件下使用，铅炭电池的充放电循环使用寿命可达铅酸电池的数倍。环保方面，铅炭电池对环境友好，可以实现100%电池回收。

张华民指出，按照加入碳材料方式的不同，铅炭电池可分为三种：全炭负极型铅炭电池、内并型铅炭电池和内混型铅炭电池。不同种类的铅炭电池具有不同的特性，可以满足不同应用领域的需求。内混型铅炭电池由于具备较高的充电接受能力、优异的循环稳定性和与铅酸电池相近的能量密度，特别适合可再生能源电能存储。“在我国，铅炭电池的研发与应用以内混型铅炭电池为主。”

中关村储能产业技术联盟统计数据显示，截至2018年底，我国电化学储能累计装机规

模 1100MW，其中铅蓄电池（包括铅酸电池和铅炭电池）占比达 27.2%。

应用领域逐步拓宽

电池技术是制约储能产业发展的关键。张华民认为，凭借充电接受能力强、安全可靠、制造成本低等优势，在可再生能源广泛利用和储能市场规模不断扩大的背景下，铅炭电池将成为继锂离子电池、液流电池之后，储能电池的又一发展方向。

张华民介绍，我国从事铅炭电池关键材料与技术研究、开发的科研院校有中国人民解放军防化研究院、大连化物所、吉林大学、哈尔滨工业大学等单位。从事铅炭电池研究开发与生产的企业主要有南都电源、圣阳电源、天能电池、超威集团、双登集团等。

南都电源研发的铅炭电池产品目前已被应用在多个国内储能示范项目中，如浙江舟山东福山岛风光柴储电站、新疆吐鲁番新能源城市微电网示范工程、南方电网光储一体化柴储电站、无锡新加坡工业园智能配网储能电站、浙江鹿西岛 4MWH 储能项目等，运行状况平稳。

“大连化物所和中船重工风帆集团合作，就铅炭电池电化学储能的关键技术开展技术研究，开发出了拥有自主知识产权的铅炭电池专用负极碳材料及多种型号的铅炭电池产品样机。去年 12 月份，我们研制的百千瓦时级铅炭电池储能系统也并网运行了，主要给食堂供电，不仅起到了检验实验成果的作用，也展示了铅炭电池储能技术与可再生能源相结合的良好应用前景。”张华民说。

除了储能，铅炭电池也应用在了新能源汽车上。由于可以在车辆加速和制动期间快速输出、输入电荷，铅炭电池特别适合于汽车启停系统。记者了解到，日前，南都电源开发的铅炭电池技术获得了国际先进铅酸电池联合会（ALABC）的项目资助，这一技术将主要运用在汽车发动机启停领域。

商业化推广前景可期

“虽然我国在铅炭电池关键技术和应用方面取得了较大进展，但在基础理论和工程应用开发方面与国际发达国家相比仍有差距。”张华民坦言。差距主要表现在以下方面：碳材料开发多数还停留在实验室阶段，批量生产的产品均一性较差，不能满足大规模工业化生产需求；一些铅炭电池生产企业缺乏高性能碳材料生产核心技术，仍需依赖进口；系统集成能力不足；一些应用示范项目效果不理想，铅炭电池储能电站的实际运行寿命低于预期等。

张华民表示，和其他电化学储能技术相比，铅炭电池在成本和安全性方面具有明显优势。铅炭电池成本大约为 1000 元/kW · h，电池报废后，电池内的铅很容易回收循环再利用，所以，铅炭电池和铅酸电池一样，失效电池的残值很高，是目前相对经济可行的电力储能技术路线之一。同时，由于铅炭电池的电解液是硫酸水溶液，只要保持通风，不会发生燃烧爆炸，因此安全性好。“今后随着技术的不断成熟，铅炭电池在储能领域将占据越来越大的市场份额。”

三、生物质能、环保工程（污水垃圾）

多方发力，破解蓄电池回收难题

人民日报 2020.1.3

近年来，我国新能源汽车产销呈现快速增长，与此同时也带来了汽车动力蓄电池回收的新问题。据报道，目前我国新能源汽车动力蓄电池已经进入规模化退役期，到2020年，退役电池累计约为25吉瓦时。面对如此庞大的数量，如何做好新能源汽车电池回收、置换等工作，成为一道现实考题。

在新能源汽车快速发展的大环境下，答好这道考题颇为紧迫。相比较传统燃油车，新能源汽车以其节约燃油能源、减少废气排放的优点，成为行业发展趋势。倘若电池回收的问题得不到有效解决，不仅可能造成严重的资源浪费和环境污染，对新能源汽车行业的健康发展也将带来负面影响。正因如此，从启动新能源汽车国家监测与动力蓄电池回收利用溯源综合管理平台，到在试点省份探索建立蓄电池回收体系，再到制定汽车回收行业标准、加大技术研发力度，政府和企业的未雨绸缪，都是为了让退役电池能得到更好回收和利用。

蓄电池回收，难点不在于“要不要”，而是“如何做”。单从回收环节来看，如何平衡车主、车企的利益就是不小难题。从车主角度，换个电池动辄好几万，二手车置换卖不上价，究竟是留车换电池，还是“止损”换新车，令不少车主陷入两难，也降低了主动参与回收的意愿。从车企角度，根据规定，汽车生产企业是电池回收的主体、负有监督责任，但能不能把电池收回回来，主动权却不在自己手中。当然回收电池只是第一步，进一步来看如何实现有效的梯次利用？如何避免拆卸报废带来的环境污染？把这些问题解决好，方能规避可能出现的风险、最大化提高资源使用效率。

对于这些难题，从中央到地方已经开展了少有益的尝试。2018年发布的《新能源汽车动力蓄电池回收利用试点实施方案》提出，到2020年，要建立完善动力蓄电池回收利用体系，建设一批退役动力蓄电池高效回收、高值利用的先进示范项目，研究提出促进动力蓄电池回收利用的政策措施。政策大方向早已明确，具体如何做，需要各地因地制宜、探索创新。短期来看，需要通过政策供给，在厘清各个主体回收责任上下功夫，保证电池准确地回收到位。长远来看，需要发挥市场主体作用，在销售、回收、再利用、技术研发等全产业链条发力，让电池回收的制度更完善、监管更严密，让市场有活力、车主有动力。

蓄电池回收，既是一个行业发展面临的困境，也是如何提高治理能力的课题。随着新经济、新领域、新业态层出不穷，老问题得到化解，但一些新的挑战也随之而来。不仅是新能源汽车，比方说共享经济带来的安全风险和城市管理难题，再比如大数据、人工智能等发展给个人隐私保护带来隐患，应对这些挑战，无不考验治理者的智慧。治理需要不断升级，跟上快速发展的脚步。不断优化管理方式，补齐制度短板，下足“绣花”的功夫，我们才能推动新经济、新业态行稳致远。

党的十九届四中全会提出，必须加强和创新社会治理，完善党委领导、政府负责、民主协商、社会协同、公众参与、法治保障、科技支撑的社会治理体系。这启示我们，形成多方参与的合力，是做好新能源汽车电池回收工作的治本之策。从政府到行业，从企业到用户，切实履行责任，汇聚市场主体最大合力，才能不断攻克发展难题。

有学校细化错峰放学制度，按年级、班级设置等候区；有学校和家委会合作，安排专人在上下学期间维护秩序；有的在“下车点”至校门口之间隔离出安全通道……北京市朝阳区根据该区学校点多面广的特点，制定校园周边交通综合治理方案，做到“一校一策”，让校园环境更安全。

这正是：

实施综合治理，
建设平安校园。
警家校共携手，
除隐患于未然。（桂从路）

“管上催碳” 缓解温室效应

中国科学报 2020.1.1

通过不断努力改善催化剂性能和电化学电池的设计，有望实现可再生的甲醇燃料生产。

英国童话故事《三只小熊》中，一位名为 Goldilock 的金发姑娘不小心闯进了熊屋。在偷吃过三碗粥后，金发姑娘觉得既不太冷也不太热的粥口感最好。“恰到好处”的选择最优，也被称为“金发姑娘”原则。

在全球温室效应日益加剧的今天，科学家也一直遵循着类似的原则，试图为高效转化二氧化碳（CO₂）找到一种“恰到好处”的催化剂。

近日，南方科技大学材料科学与工程系教授梁永晔团队与耶鲁大学化学系副教授王海梁团队合作，首次利用固定在碳纳米管（CNT）管壁上的分子催化剂酞菁钴（CoPc），实现了CO₂到甲醇的高效转化，为“金发姑娘”烹饪出了一碗理想的“粥”。

他们在《自然》上发表的研究结果显示，该催化剂甲醇转化的法拉第效率（电极传输一定数量的电荷所能得到的实际生成物与理论生成物的百分比）>40%、甲醇分电流密度>10mA/cm²。相比以往文献报道过的数据，这一结果达到了数量级的提升。

催化中的“金发姑娘”原则

燃烧化石燃料后排放 CO₂ 是目前形成温室效应的主要原因，电还原 CO₂ 得到甲醇等燃料是实现可持续发展的一种潜在途径。在这一过程中，电催化剂是制约能量转化效率以及经济性的关键。遗憾的是，目前在 CO₂ 到甲醇转化中仍缺少性能优异的电催化剂。

记者了解到，CO₂ 被还原的过程中，首先会还原为一氧化碳（CO）。此时，如果催化剂的 CO 结合能太弱，CO 就容易离开催化剂表面，成为主要的反应产物；如果催化剂的 CO 结

合能太强，CO 的进一步还原就会变得困难，从而需要更负的电位，此时水分解产生的氢气往往占为主导。

王海梁告诉记者，催化领域也有类似的“金发姑娘”原则，即 Sabatier 原则。如果催化剂的 CO 结合能“恰到好处”，使 CO 保持与催化位点的结合，就能将 CO₂ 深度还原为碳氢化合物或醇类。

根据最近对金属一氮 4 (M - N₄) 分子结构的计算研究表明，同铁和镍的类似结构相比，CO 结合能在 Co - N₄ 上“恰到好处”。因此，含有 Co - N₄ 结构的 CoPc 有望进一步实现深度还原过程。

据梁永晔介绍，CoPc 分子的 4 个 Co - N 配位键结构可以很好地稳定中间的钴，使得它不易从分子中脱离而导致失去活性。早在上世纪 80 年代，CoPc 就被发现可以催化 CO₂ 到 CO 的电还原。

文章第一作者、耶鲁大学化学系博士生吴越申告诉《中国科学报》，在这个课题立项之前，他曾经在一个包含 CoPc 的催化剂体系的产物里偶然观测到甲醇，只是当时的产量和催化选择性都非常小，让他误以为是实验误差或是污染。直到课题立项时他才恍然大悟，然后调出之前的数据和王海梁讨论，开始仔细地设计实验。

“为了验证甲醇作为催化产物（以及其选择性）的真实性和重复性，王老师多次询问我具体的实验条件，并和我讨论了许多可能导致假阳性的因素。”吴越申说，“梁永晔课题组成员江占也在他们的实验室进行了重复。”

碳纳米管解决分子催化剂分散问题

梁永晔告诉《中国科学报》，贵金属催化剂导电性好、催化活性高，并且具有较好的稳定性。不过，这类催化剂一般成本高、储量少，难以大规模使用。

而分子催化剂具有来源广泛、结构明确且易调控的特点。这有利于研究催化性能与结构关系，深入了解反应机理。但是，分子电催化剂本身导电性较差、容易堆积，表现出的催化性能往往不高。

“过去人们一般会通过滴涂或浸涂的方法将分子电催化剂负载到电极上。”梁永晔说，“由于分子一般导电性差且容易聚集，导致测得的催化性能往往较差，并且会影响分子本征催化性能的表露。采用与碳材料混合的方式虽然可以提高导电性，但是分子容易聚集的问题并没有得到很好的解决。”

此次课题组则采用全新的方法。梁永晔告诉记者，团队前期的研究工作发现 CoPc 与碳纳米管在超声与搅拌下可以很好地分散在有机溶剂中。由于两者都具有较大的共轭结构可以很好地结合，最后通过溶剂洗涤将没有固定在碳纳米管上的分子去除，得到 CoPc 分子分散在碳纳米管管壁上的复合物。

“这种结构有效克服了 CoPc 分子聚集以及不导电的问题，大大提高了 CO₂ 还原成 CO 的电催化性能。”梁永晔说。

最终，团队发现 CoPc/CNT 复合催化剂在更大的过电位下可以实现 CO₂ 还原获得甲醇的六电子还原反应。在中性电解液中和 -0.94 V（相较于标准氢电极）的电位下，可以使甲醇转化法拉第效率及甲醇分电流密度获得数量级的提升。

工业应用仍有距离

梁永晔等人此次的成果发表后，丹麦奥尔胡斯大学化学系教授 Kim Daasbjerg 在《自然》发表点评文章指出，在这项研究的基础上，通过不断努力改善催化剂性能和电化学电池的设计，有望实现可再生的甲醇燃料生产。

这意味着，在全球温室气体排放问题日益严峻的今天，人们可以利用更高效的催化剂从空气中捕获 CO₂，从而降低捕获过程的成本。

不过，梁永晔告诉记者，这项成果距离应用还有一段路程。“要实现工业应用，催化效率、电流密度都要更高，电流密度要达到每平方厘米几百毫安。”

“我们下一步工作重点是进一步提高催化剂的性能，尤其是甲醇转化的选择性。”王海梁说，“此外，还要结合理论计算与原位表征深入了解反应的机理，优化催化剂的设计，进一步将催化剂集成到反应器中，测试大电流密度下的性能。”（池涵）

中国“禁废令”重塑德垃圾回收业

参考消息 2020.1.9

【德国《星期日法兰克福汇报》1月5日报道】题：《卖垃圾》

德国城市和社区长期以来利用废纸赚了很多钱，因此补贴了其他类型垃圾的处理。但是自大约一年前以来，废纸的价格已经大幅下降。原因主要在于中国。

中国不再打算从国外进口分类不良的垃圾，并严格规定了废纸中的异物掺杂率：不高于 1%。这实际上意味着禁止进口废纸。亚洲其他国家也效仿中国的做法。从那时起，德国的废纸出口开始下降，废纸价格大幅下跌。

这对社区垃圾处理公司产生了影响。例如，在洪斯吕克，居民每年都不会产生大量废纸。在大多数情况下，他们对垃圾进行很好的分类，许多人住在单户住宅中，垃圾桶里存放的垃圾很有秩序。几年前，洪斯吕克社区垃圾处理公司卖 1 吨废纸能收入大约 150 欧元。这为处理有机废物提供了补贴：处理每吨有机废物的成本为 100 欧元。现在该公司卖 1 吨废纸收入 50 欧元，不久后可能一分钱也得不到。此外，废纸的成分也在改变，像纸板之类的低价值成分正在增加。

这一趋势也可以在法兰克福市垃圾处理公司的废纸分类系统中看到。中午时分，垃圾车从全城各处回来，卸下废纸，然后废纸由挖掘机运到传送带上筛选和分类。该公司每年总计回收约 9 万吨废纸。

法兰克福废纸分类系统负责人贡特拉姆·欣泽说，“现在好纸越来越少”，纸盒却在增加。

德国人被认为是垃圾分类的世界冠军，但设备前摆放的东西讲述了不同故事。那里有混

凝土块、办公室打印机、催化转换器和保险箱。废纸中还发现了自行车架、地毯、汽车轮胎和刹车片。对于筛分废纸和纸板的“振动筛”来说，这是危险的。

德国造纸厂要求废纸异物掺杂率不高于2.5%。对于德国市场而言这已经足够了，但对于亚洲市场而言却不行。自2018年初以来，中国已要求进口废纸异物掺杂率为0.5%，其他国家也采取这种战略。例如，印度尼西亚现在也打算将废纸异物掺杂率逐步降低到0.5%。

如果说直到两年前还有大量垃圾出口到亚洲，现在市场则发生了根本变化。仅在2018年8月至2019年1月期间，德国向中国出口的废纸就下降了近一半。

我国生物天然气年产量将超100亿方

多部委联合印发指导意见 促进生物天然气产业化发展

中国电气部能源周刊 2020.1.14

近日，国家发展改革委、国家能源局、财政部等十部委联合印发《关于促进生物天然气产业化发展的指导意见》（以下简称《意见》），《意见》明确，到2025年，我国生物天然气年产量将超过100亿立方米，形成绿色低碳清洁可再生的燃气新兴产业。在此背景下，我国生物天然气产业也有望迎来快速发展。

意义：加快替代燃煤，助力打赢蓝天保卫战

据记者了解，近年来，我国高度重视生物天然气的发展，在此前已提出多项具体要求。

2016年12月，中央财经领导小组第十四次会议就提出，要以沼气和生物天然气为主要处理方向，力争在“十三五”时期，基本解决大规模畜禽养殖场粪污处理和资源化问题；国务院办公厅印发的《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》中也提出，要开展规模化生物天然气工程建设；《国务院关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》中也提出，在具备资源条件的地方，鼓励发展生物天然气。另外，《乡村振兴战略规划（2018~2022年）》等文件也均对生物天然气的发展有所着墨。

那么生物天然气究竟有何“魅力”，使得我国出台多项文件支持其发展？根据《意见》内容，发展生物天然气，构建就地收集原料、就地加工转化、就近消费利用的分布式清洁能源生产消费体系，可增加县域天然气气源保障，加快替代燃煤、特别是农村散煤，治理大气污染，助力打赢蓝天保卫战。

同时，促进生物天然气产业化发展也可规模化处理有机废弃物，保护城乡生态环境。发展生物天然气，以工业化规模化专业化方式处理城乡有机废弃物，构建企业化商业化可持续发展机制，加快推进畜禽粪污资源化利用，解决粪污、秸秆露天焚烧等引起的环境污染问题，实现城乡有机废弃物能源化产业化可持续利用，变废为宝、一举多得。

另外，近年来，我国积极加快天然气产业的发展，尤其在北方冬季推行清洁供暖以来，天然气在能源结构中发挥着愈加重要的作用。在此背景下，《意见》也指出，发展生物天然气，立足国内，内生发展，作为常规天然气的重要补充，有利于补齐天然气供需短板，降低

进口依存度，助力解决农村“煤改气”气源问题，提高能源安全保障程度。推进生物质能转型升级，加快可再生能源在燃气领域应用，培育发展可再生能源新兴产业。

内容：提出了在新的历史时期生物天然气发展的方向、目标、任务和政策框架等

从生物天然气的定义来看，生物天然气是以农作物秸秆、畜禽粪污、餐厨垃圾、农副产品加工废水等各类城乡有机废弃物为原料，经厌氧发酵和净化提纯产生的绿色低碳清洁可再生的天然气，同时厌氧发酵过程中产生的沼渣沼液可生产有机肥。而我国发展生物天然气也具备了多项有利条件。

据国家能源局新能源司负责同志介绍，一是资源比较丰富。我国是人口大国、农业大国，可用于生产生物天然气的农作物秸秆、畜禽粪污、餐厨垃圾、农副产品加工废水等各类城乡有机废弃物资源比较丰富。二是市场空间比较大。我国天然气消费量增长较快，进口较多，长期来看天然气供需不平衡，为生物天然气加快发展提供比较广阔的市场空间。有机农产品需求量逐年增加，有机肥市场处于快速增长期，生物天然气工业化沼液沼渣有机肥市场较大。三是技术基本成熟。从国外先进水平来看，生物天然气各类技术工艺比较成熟，工业化程度较高。从国内看，核心设备国产化进程稳步推进，原料预处理技术、发酵系统、提纯设备、沼液回流技术等加快国产化。四是实力较强的投资主体加快进入。近年来大型专业化企业快速进入生物天然气领域，建设一批试点项目，积累了工业化开发与商业化运营经验，并加快在全国布局建设项目，为生物天然气产业化发展奠定了坚实基础。

该负责同志同时指出，《意见》由十部委联合印发实施，是当前和未来生物天然气发展的指导性文件，提出了在新的历史时期生物天然气发展的方向、目标、任务和政策框架等。

记者梳理《意见》内容发现，《意见》在发展目标方面就提出，到2025年，生物天然气具备一定规模，形成绿色低碳清洁可再生燃气新兴产业，生物天然气年产量超过100亿立方米。到2030年，生物天然气实现稳步发展。规模位居世界前列，生物天然气年产量超过200亿立方米，占国内天然气产量一定比重。

另外，在制定发展规划方面，《意见》明确，要加强对国家规划指导。在全国国土空间规划指导下，编制国家生物天然气发展中长期规划，明确生物天然气商业化可持续发展路径，确定生物天然气专业化市场化规模化发展、形成现代新兴工业的目标和任务，提出生物天然气发展重点区域布局和政策措施，指导生物天然气产业化发展。

同时，《意见》也提出了融入天然气发展规划、编制省级发展规划、编制地市或县级开发建设方案以及编制重点企业发展规划等具体要求。

挑战：仍然面临产业体系不健全等问题

记者注意到，此次《意见》也提出生物天然气要走工业化商业化可持续发展的道路。《意见》提出，鼓励燃气经营企业开发建设生物天然气项目。鼓励燃气经营企业结合城镇燃气发展布局，开发建设生物天然气项目。对投资建设项目以及并入燃气管网消纳生物天然气的燃气经营企业，国家油气企业在常规天然气分配上给予支持。鼓励常规天然气进口和基础

设施投资企业开发建设生物天然气项目。另外，《意见》还就分布式商业化开发建设、实施专业化企业化投资建设管理均提出了具体举措。

当然，需要注意的是，目前发展生物天然气仍存瓶颈。《意见》指出，当前，生物天然气处于发展初期，面临着技术不成熟、产业体系不健全、政策支持力度不够等问题和困难，亟需加大支持，完善政策，加快生物天然气产业化发展步伐。

对此，厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强在接受记者采访时表示，生物天然气在我国具有较大的发展空间，但目前在价格机制等方面问题仍存，因此也不能简单地讲支持，必须在具体举措方面多下功夫，以支持生物天然气产业的发展。

虽然挑战重重，但是此次《意见》的实施无疑也为行业的发展注入了一针“强心剂”。

另外，就如何进一步落实《意见》，上述人士也表示，将加快组织编制生物天然气中长期规划或开发建设方案，提出未来生物天然气发展的阶段性目标、任务、项目布局和保障措施；同时组织各省（自治区、直辖市）及央企编制本地区（本企业）生物天然气发展中长期规划或开发建设方案，具体指导项目开发建设；组织研究机构开展生物天然气标准体系建设，加快建立各个环节工业化标准；会同相关部门制定出台支持政策，启动实施一批生物天然气产业化大型示范项目，结合示范项目建设，解决发展中存在的问题和困难，建设生物天然气产业体系，推进技术进步，提高行业发展水平和竞争力，加快生物天然气产业化发展步伐。（白宇）

促进畜禽粪污利用 加强养殖污染治理

河南科技报 2020.1.7

我国地域辽阔，规模养殖与散户养殖共存，种植制度多样。长期以来，小农户种植与规模化养殖脱节、种养循环不畅，规模化养殖发展造成的环境污染问题日益严峻。作为种、养循环间的纽带，粪便还田是畜禽粪污资源化利用的根本出路，是破解农业面源污染难题、践行绿色发展理念的重要举措。本期针对我国种养结合存在的主要问题，借鉴国际畜禽粪污治理经验，提出我国种养结合的建议，并展示我国五个优秀的种养结合案例，以供借鉴。

上海市松江区：家庭农场种养结合

上海市松江区自2008年起开始发展种养结合家庭农场，农民养猪产生的粪尿发酵后就近还田，形成种养结合的农业生态循环模式。累计建成91家种养结合家庭农场，覆盖松江区主要农业生产地区，年生猪生产能力为13万头，占全区生猪上市总量的90%左右。

每个种养结合家庭农场设计规模存栏生猪500头，配套150亩左右的农田，种植水稻。养殖粪尿收集采取水泡粪工艺，粪尿通过漏粪地板和粪沟全量收集到暂存池中，每隔3~5天用泥浆泵抽到田间储存池内，田间储存池底部铺有黑色的橡胶防渗薄膜，阻断了粪尿液向地下渗透，粪尿经自然氧化发酵腐熟后，根据农事季节作为基肥全量还田利用。粪肥以家庭农场自用为主，通过泥浆泵和软管施入农田。

从 2008 年起，松江区对农场粪尿还田实施财政补贴，按出栏生猪头数，每头补贴 10 元。种养结合家庭农场兼顾种养两业，拓宽增收渠道，2018 年家庭农场的户均收益为 26 万元。

山西临猗县：种养结合、全量还田

山西省运城市临猗县丰淋牧业有限公司采用种养结合、全量还田的技术模式和运行机制，实现了种植业化肥减量、增产增收。目前，全省采用该模式的规模养殖场共有 199 家，施肥果林面积约 35.2 万亩。

采用尿泡粪和水冲粪两种模式。在尿泡粪模式中，粪尿在养殖圈舍内经漏缝地板进入下方收集池，储存 3~4 个月，每批育肥猪出栏后工人会将收集池中的粪污转至储存池，在储存池中自然储存 2~3 个月，总储存时间为 6 个月以上，与灌溉水按照 1:10 的比例混合后施用于农田。在水冲粪模式中，养殖粪尿随冲舍水从养殖圈舍进入地下管道，流入舍外收集池，加入复合微生物菌剂发酵 6~7 天，再用加压泵输送至储存池储存 3~4 个月，过程中添加硫酸亚铁，起到促进粪污发泡、除味等作用，还田时与灌溉水的混合比例为 1:2。养猪场将粪肥无偿转交给第三方。种植户需要用肥时向第三方购买粪肥，第三方将粪肥直接通过管道输送至种植户的农田中，每小时收费 100 元。

广西福绵区：截污建池、收运还田

广西玉林市福绵区的生猪规模化率为 55%，但规模以下养殖场户数占总户数的 94%，养殖污染治理难度大。为切实解决“小散养”生猪生产与环境保护的问题，福绵区采用“截污建池、收运还田”模式，构建起种养结合农牧循环的良好机制。

“截污建池”是要求存栏 10 头以上生猪的小散养殖户彻底封堵粪污沼液直排口。按照不低于 0.2 立方米/头猪的标准建沼气池、不低于 0.5 立方米/头猪的标准建储粪池，粪污防渗防漏全收集，就地腐熟发酵。

“收运还田”是支持合作社或第三方企业开展沼液粪肥收运施用社会化服务，政府购买粪污运输车，市场化主体向种养双方收费，每方粪肥收费 45~60 元，扣除人工、运输等成本后，净利润每方为 10~15 元。

这种模式的优点在于实现了低成本治理，为附近农田提供沼液粪肥，催生有机农业。实施难点在于需要成熟的沼液粪肥收运还田体系作为保障支撑。

河南康龙实业：“百亩田、千头猪”

河南康龙实业集团通过实施“百亩田、千头猪”种养结合循环农业发展模式，实现了种养空间结合、规模匹配，促进了养猪、种地、肥田循环发展。

“百亩田、千头猪”种养结合循环农业发展模式，即以 100 亩农田为一个生产单元，建设一条年出栏 1000 头生猪的育肥生产线。产生的粪污，经发酵腐熟后，就近用于配套农田。猪舍为下沉式塑料大棚结构，猪舍下挖 1.4 米，冬暖夏凉，四季温差较小，适宜猪群生长；舍内砖混砌池，做防渗处理，铺设水泥漏粪地板，下方为猪粪尿暂存池。暂存池加入 20 厘

米高的清水，一方面可以稀释粪污，方便泵出，另一方面可以减少臭气产生。猪粪尿在暂存池发酵 20~30 天，用泥浆泵直接泵到田间储粪池。田间储粪池同样采用半地下式透明白光温室结构，粪污转入后，加发酵菌继续腐熟 1 个月。由于猪舍和田间储粪池均采用阳光棚设计，利于保温，经过 2 个月左右的发酵，粪污腐熟效果良好。用肥季节，用污泥泵将粪肥从田间储存池通过管网输送至施肥区。

黑龙江牡丹江：粪污全量收集、机械还田

黑龙江省牡丹江农垦将军奶牛养殖合作社现存栏奶牛 5100 头，年产生粪污 9.3 万吨，该合作社配套种植青储玉米等饲料作物 1.7 万亩，在合作社内部实现了种养循环发展。

该合作社的养殖粪污采用全量收集与储存模式。牛舍内通过刮粪板将粪尿经暗沟排送、机械提升至防渗氧化塘，储存 4~6 个月，发酵腐熟。该合作社还修建了防渗氧化塘。采用机械还田方式施用粪肥，通过大型粪肥抛洒机和抛洒罐车进行还田作业。在粪肥消纳方面，除了自有的 1.7 万亩饲料作物用地外，该合作社还与临近的水稻合作社合作，把产生的粪肥用作底肥，将 2000 亩梯田打造成为农牧结合有机旱稻示范基地。该合作社还选择性休耕 800 亩饲料用地，通过施用粪肥来培肥地力，并与相邻沼气站形成合作关系，将部分粪污输送至沼气站，经处理后达到还田标准。与传统粪污处理技术相比，粪污全量收集储存还田可以减少氨气等有害气体的排放，提高粪肥养分的利用率，有利于提升土壤肥力。（李亮）

新发明让液化秸秆“变废为宝”

安徽科技报 2020.1.8

日前，记者从吉林大学了解到，该校化学学院副教授高岩团队开展“液化秸秆改良土壤综合利用”项目，利用近临界水技术将畜禽粪便与秸秆“变废为宝”，转化为液体和颗粒有机肥，有效改良盐碱地，助力农民增产。

吉林省白城市通榆县是国家扶贫工作重点县。当地地广人稀，人均占有耕地 22 亩，但大量耕地是盐碱地，粮食亩产不到吉林省平均产量二分之一。在当地，大量秸秆和畜禽排泄物难以得到科学处理。

针对这些问题，高岩提出利用生物质改良盐碱土壤的思路。水在临界状态下具有酸碱自催化作用，秸秆和畜禽排泄物在近临界水的作用下可转化为有机质肥料。这一转化可形象地比喻成“高压锅煮肉”。把秸秆和畜禽排泄物放在近临界水里煮，煮烂了的汤和固体就是有机质肥料，过程中不添加任何化学试剂。团队还自主设计了生产设备。

经通榆县农业科学技术推广站测定，使用该技术对玉米增产明显。近两年，当地盐碱地得到改良，粮食产量提升 10% 以上。该技术已申请 3 项国家发明专利，相关研究在《分析和应用热解》和《农药生物化学与生理学》期刊上发表。中科院长春应用化学研究所副研究员张海涛说，高岩团队开创性地将近临界水技术应用于秸秆等生物质转化制备有机肥料领域，再利用有机肥料进行土壤修复和盐碱地治理，敢于创新并通过实践检验。

目前，该项技术已经实现产业化。高岩说，下一步，团队将围绕秸秆产物肥药一体化、植物修复工业污染土壤及工农业废弃物协同利用开展探索与研究。（新华社孟含琪）

全球塑料循环体系演化与我国的应对策略

中国环境报 2020.1.9

2017年7月18日，国务院办公厅印发《禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案》，提出我国自2018年12月31日起全面禁止废塑料等洋垃圾进口。此项禁令对现有的全球塑料循环体系产生了巨大冲击，使发达国家向发展中国家倾泻垃圾的贸易格局发生了变化，对长期依赖进口废塑料的我国再生塑料产业发展模式也产生了深刻影响。

在此背景下，我们有必要全面认识和预判全球塑料循环体系的演化趋势，明确我国在这一循环体系中的角色定位，探明我国再生塑料产业发展的未来方向和关键策略。

全球塑料循环体系呈现四大特征

全球塑料循环体系由塑料的生产、消费、回收和贸易等部分组成。其中，废塑料的回收利用是全球塑料循环体系形成的关键。1980年以来，随着废塑料产生量的快速增长，各国纷纷出台塑料回收和再生政策，构建全球塑料循环体系、实现塑料的闭路循环也成为全球共识。总体而言，当前全球塑料循环体系呈现四大特征：

首先，全球塑料生产和循环规模快速扩张。塑料的全球大规模生产与使用大约始于1950年。截至2015年底，全球塑料年产量达到3.22亿吨，累积产量达到83亿吨。如果没有全球性的禁止塑料公约或规则，预计2050年全球塑料累积生产量将增长到260亿吨。同时在全球化的大背景下，参与全球塑料循环的国家数量日益增多，各类塑料制品的全球贸易网络也越发复杂。参与废塑料贸易的国家已由1976年的20多个增加到2016年的120多个。

其次，全球废塑料的循环利用率不到10%。目前，大多数废塑料没有得到有效循环利用。根据美国学者的研究：截至2015年，全球累计已产生63亿吨废塑料，其中12%被焚烧，79%被填埋或废弃到自然环境，只有9%被循环利用。如果不能提高塑料的回收利用率，预计到2050年累计将会有120亿吨的废塑料被填埋、焚烧或丢弃到自然环境，可能引发严重的海洋、大气和土壤污染。

第三，塑料的循环利用具有积极和消极的双重影响。废塑料的回收利用可以带来资源和环境的双重效益，一方面，废塑料的循环使用可以减少石油或生物基原材料的消耗，带来资源节约效益；另一方面，与利用石油生产原生塑料相比，利用废塑料生产再生塑料具有降低能耗和减少二氧化碳排放的环境效益。然而，由于管理水平和技术工艺落后，在塑料回收利用的过程中也可能产生多种区域性的环境影响和健康风险，给部分国家和地区的自然生态环境及人体健康带来巨大的压力。因此，我们需要从多角度辩证和综合地分析再生塑料产业的成本和效益：既不能只强调其资源节约和碳减排的效应，也不能只看到其在某些区域造成的负面影响。

最后，全球废塑料的贸易格局快速转变。自 1977 年以来，全球废塑料贸易的数量不断增长。1992 年 – 2016 年期间，全球所有国家废塑料总出口量从 91 万吨增加到 1559 万吨。在这一贸易体系中，各国的角色不尽相同，总体呈现以发达国家向发展中国家大量出口废塑料的重要特征。就单一国家而言，其在全球贸易格局中的角色与其经济发展程度密切相关。比如，日本在 2000 年以前曾是废塑料的进口大国，但随着经济快速发展，现已成为废塑料的出口大国。中国曾经是毫无争议的全球废塑料消纳基地，但也可能经历类似的转折。在我国禁令颁布后，发达国家的废塑料可能会向印度、东南亚、非洲等发展中国家进一步转移，全球塑料循环体系将面临重大调整。

我国应对全球塑料循环体系变革的策略

中国是全球塑料循环体系的重要参与者和建设者。由于拥有庞大、成熟和完整的塑料再生产业体系，我国在全球塑料循环体系中发挥了关键作用。在出口量基本为零的情况下，1987 年 – 2017 年期间，我国累计进口废塑料 1.7 亿吨，占世界总出口量的 72%。伴随着废塑料进出口贸易带来的污染物流动，我国很大程度上承接了来自发达国家的环境污染转移，特别是广东清远等区域为处理发达国家的废塑料付出了巨大的生态环境和人群健康代价。

同时，我们要看到，中国本土废塑料产生量的增长可能成为全球塑料循环体系的一个新挑战。近年来，随着外卖和快递产业的飞速发展，中国本土产生了越来越多的塑料垃圾。但由于我国垃圾分类和回收体系尚不够健全，大量塑料被废弃。值得期待的是，我国内废塑料的回收率逐年上升，2018 年废塑料的回收价值高达 1190 亿元，这在一定程度上加快了我国废塑料来源本土化的步伐。同时，我国企业也在积极融入世界塑料循环大体系，加快产业和技术向塑料来源国和贸易承接国的转移，以新的方式为全球塑料循环做出积极的贡献。

废塑料是重要的可再生资源，具有极高的循环利用价值，但在回收和利用过程中也会带来一定的环境问题。目前对塑料进行循环利用已成为全球共识，如何平衡其资源和环境双重属性成为建设全球塑料循环新体系的重要挑战。在此大变局下，建议我国在以下 5 方面作出应对：

一要积极参与全球塑料循环体系建设。要建立健全废塑料制品的品位和价值清单，坚定不移地禁止低值劣质废塑料的进口。2018 年禁令实施后，全球废塑料贸易格局发生变化，长期严重依赖进口的再生塑料企业可以考虑通过与海外地区合作，在提高技术和管理水平的同时进行部分产业和技术的转移，建设与废塑料来源地以及我国塑料消费市场联动的海外再生塑料生产基地，形成全球性的塑料循环经济系统。

二要完善和提升国内废塑料回收体系。为了建设国内废塑料正规回收体系，填补我国塑料行业的资源短缺，应该开发前端发展智能管理体系，实现“生产者处理，购买者交回，消费者收集”的管理模式；大力宣传垃圾分类知识，实现塑料的正确投放；结合“互联网 + 回收”方式，构建中国特色环境押金制回收体系；制定相应的制度完善回收体系，实现集约、系统型的回收方式。

三要建立再生塑料流向和污染监管系统。废塑料的回收利用需要前端收集和后端加工再生企业共同配合，但目前大部分废塑料均流入非正规回收再生企业，易造成严重的环境影响。为了推动再生塑料产业朝着集约、清洁型发展，需要完善企业生产链，建立信息监管和流向系统，从资源获得环节优先支持正规资源回收企业的发展；依托流向监管系统，实现废塑料的回收利用和污染物的集中控制和削减。

四要提高塑料行业科技和环保水平。在塑料全产业链上提高科技水平，建议在塑料生产加工环节，对不具有回收利用价值的产品进行延长使用寿命的加工，以减少废弃量；在应用环节提倡循环使用，为相关再生材料和制品寻找合适的终端应用途径；在消费环节进行科学设计，提倡使用可生物降解的材料；在废物处理环节发展化学回收技术，尽可能在高分子态回收利用，促进塑料循环再生和高值利用。

五要构建塑料大数据平台。废塑料回收本地化逐渐成为维持我国企业正常运行的重要途径。但由于不同品类塑料的流向数据不便于统计和管理。有关部门应通过整合各方数据，建立塑料大数据平台：借助物质流分析方法，定量和动态追踪塑料在社会中的来源和去向，明确塑料生产和消费的数量、结构及其空间分布；借助生命周期评价方法，研究塑料全生命周期阶段的环境影响，找出优化再生塑料的生态环境风险及效益的方案；构建我国废塑料排放清单，阐明废塑料循环再生的生态环境效益和贡献，推动我国塑料产业绿色可持续发展，提升我国塑料产业的国际话语权。（陈伟强 简小枚 汪鹏 石磊）

新“光合作用”将二氧化碳变为甲烷

中国科学报 2020.1.10

本报讯 长期以来，研究人员一直试图模拟光合作用，利用太阳的能量产生化学燃料。现在，一支研究团队比以往任何时候都更接近这个目标——他们开发了一种新的铜和铁基催化剂，可利用光将二氧化碳转化为天然气的主要成分甲烷。如果经过进一步改进，新的催化剂将有助于减少人们对化石燃料的依赖。

这项新研究是“令人兴奋的进步”。未参与该项研究的加拿大多伦多大学化学家、太阳能燃料专家 Edward Sargent 说：“产生甲烷的好处在于储存、分配和利用这种燃料的基础设施已经广泛存在。”

在美国，甲烷最近超过煤成为发电的主要燃料。当甲烷燃烧时，它会分解成二氧化碳和水，释放出用于发电的热量。利用阳光产生甲烷的过程则相反，从二氧化碳和水开始，再加上电来重铸甲烷的化学键。

然而，实现这一转化不容易。8个电子和4个质子必须加到一个二氧化碳分子中才能形成一个甲烷分子。每个电子和质子的加入都需要能量来推动转化。金属催化剂可以帮助促进这些反应，它们抓住每个反应分子“伙伴”，使反应更有可能发生，并减少能量消耗。

几年前，科学家发现，当与吸光材料结合时，铜微粒在将二氧化碳转化为更富能量的化

合物方面展示出初步的潜力，但是效率和速度仍然很低。因此，研究人员尝试将铜与其他金属结合。他们将两种金属微粒置于细小的、毛发状的纳米线上，这些纳米线的设计就像微型太阳能电池，能够吸收阳光并将其转化为电能，为催化剂的反应提供电子。

2016 年，研究人员报告称，硅纳米线上含铜和金的催化剂有助于将二氧化碳转化为一氧化碳。

2019 年 3 月，美国密歇根大学安娜堡分校电气工程师 Zetian Mi 及其同事发现，在吸光的氮化镓（GaN）纳米线阵列中，一种基于钌和钴的催化剂能有效地将二氧化碳转化为甲酸盐（一种工业上有用的化合物）。但这些努力都没有产生可被广泛使用的燃料。

现在，Mi 和同事已经找到了解决这个问题的方法。他们从生长在商用硅晶圆上的 GaN 纳米线入手，然后使用一种叫作电沉积的标准技术，将 5~10 纳米宽、由铜和铁混合而成的微粒加入其中。在二氧化碳和水存在的情况下，该装置在光照时能将光中 51% 的能量转化为甲烷，而且速度很快。

其他研究人员此前已经达到了更高的太阳能甲烷生成效率，但工作速度太慢，不切实际。本月出版的美国《国家科学院院刊》报道了这种新型催化剂，作为将二氧化碳转化为甲烷的光驱动催化剂，其效率和产量是有史以来最高的。计算机模拟显示，催化剂中的两种金属与二氧化碳分子结合，使其产生弯曲，从而更容易发生反应并吸收电子。“它降低了关键步骤的能量屏障。” Mi 说。

与其他许多光吸收剂和催化剂相比，这一方法的所有组件都是廉价且丰富的，并且已经在工业上使用。Sargent 指出，下一步要提高甲烷生产的效率和速度，这是使现行系统可行的必要条件。一旦实现，新方法将提供一种利用阳光制造燃料的方法。（胡璇子 付嵘）

华工院士团队十年磨一剑 摘掉造纸“污染大户”黑帽

广州日报 2020.1.11

“中国造纸业的问题，一个是污染，一个是设备落后。这两个问题，我这一辈子解决了，要你这一辈子来解决。”导师的这句嘱托，中国工程院院士、华南理工大学教授陈克复始终记在心上。

昨日，陈克复领衔完成的“制浆造纸清洁生产与水污染全过程控制关键技术及产业化”荣获国家科技进步奖一等奖，实现了广东省内高等学校牵头获得国家科学技术奖励一等奖零的突破。经过他和团队的 10 年攻关，中国造纸业“污染大户”的帽子终于被摘掉了。

日前，记者走进了陈克复院士团队的实验室，听他们讲述科研攻关背后的故事。

技术覆盖工艺全过程 造纸水重复利用超九成

1966 年，陈克复从复旦大学力学专业毕业。毕业后几年间，陈克复当过工人、农民，后来机缘巧合，他成为造纸行业专家隆言泉教授的助手。

造纸术是中国古代四大发明之一，造纸业也是我国重要的基础原材料产业。2011年，中国造纸业年产量约1亿吨，占全球总产量的四分之一，居世界第一。但是，当时造纸业带来的水污染问题十分严重，废水和COD排放量分别占全国工业排放总量的1/5和1/4，高居榜首。

陈克复说，仅2011年一年，国家就连续四次发文，明确提出专项整治造纸这一重点排污行业。“一年针对一个行业连发四次文，这是前所未有的。”

如何解决造纸业水污染，这个巨大的科技难题横亘在陈克复面前。他带领团队定下目标：第一，技术必须覆盖造纸的三种主要工艺；第二，创新治理模式，源头控制和末端治理相结合，把废水量降到最低；第三，水污染物的排放指标要优于欧盟和美国，居世界第一。

经过十年潜心研究，陈克复和团队成员成功研发了覆盖制浆造纸所有工艺过程的清洁生产与水污染控制10项关键技术及11项支撑技术，形成5套集成技术，并在现代化大型生产线实施产业化及推广应用，构建了造纸业水污染全过程控制新模式。

其中，针对废纸制浆碱性脱墨污染负荷重的难题，他们创新研发了废纸制浆近中性脱墨技术和造纸废水梯级循环回用技术，实现废纸制浆水重复利用率大于95%，造纸水重复利用率大于90%，节约了新鲜水的用量，大幅减少废水排放。

同时，陈克复团队还创新研发了连续水解蒸煮技术及协同深度脱木素技术，解决了化学法制浆原料组分连续分离的工程难题，实现纤维原料全利用，这在国际上还是首次。

“以前，有关纤维原料组分分离利用的研究非常多，然而，之前没有一个工厂能在工程上落地。”陈克复说，“经过10年研发，我们实现了‘把论文写在祖国大地上’。”

排污口附近建公园 人们纷纷来拍婚纱照

陈克复院士团队研发的制浆造纸清洁生产与水污染全过程控制技术已在全国10家大中型造纸企业的制浆造纸生产线上及末端废水处理中应用。如今，该技术又推广应用到广东、广西、河南、河北等地的制浆造纸企业。

采用陈克复院士团队新技术的造纸企业，其清洁生产技术水平已达国际领先水平，单位产量废水和COD排放指标远远优于欧盟标准。

造纸厂废水处理的效果十分明显。陈克复告诉记者：“一家造纸厂污水处理站的排污口区域建成了一个湿地公园，成为当地一景，很多人在那里拍婚纱照，让前去考察的专家感到非常震撼。”

陈克复说，在该技术的推动和全行业的共同努力下，如今，造纸行业废水与COD排放总量比2011年下降了38.2%和55%，废水和COD排放量已低于多个重点排污行业。“造纸业终于摘掉了‘污染大户’的帽子。”

“我的导师生前曾对我说，中国造纸业的问题一个是污染，一个是设备落后，这两个问题他一辈子都解决不了，希望我这一辈子来解决。”陈克复回忆往事时感慨地说，“我们总算做了一些工作，把污染问题基本解决了，但造纸行业的落后问题还没有百分百解决，现在，我也寄希望于我的学生，把我没有做完的事情做下去。”

农林生物质发电仍需国家扶持

中国科学报 2020.1.8

我国农林生物发电上网稳定、可灵活调节，在同等装机容量下可再生发电量最高，同时还具有利用余热供热、富农支农、减少废弃物污染等多种优点，是目前农林业固废处置的有效手段，是生物能源中为应对气候变化和减少煤炭消费，可以大规模推广发展的主要方向。

2019年财政部、国家发展改革委、国家能源局联合发布的《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见（征求意见稿）》中，关于生物质发电“新增生物发电项目不再列入中央财政补贴范围”“新增生物发电项目电价补贴下放省里”等意见引起业界的强烈反响。

对此，中国投资协会、中国可再生能源学会、中华环保联合会、全国工商联新能源商会四家全国性行业组织以及代表性企业上书三部委，建议我国农林生物质发电产业目前应继续“纳入中央财政支持，不宜下放地方”。

环保、扶贫支农优质项目

生物质发电项目基本都建在比较落后的农业村镇，就近解决和处理农村农林废弃物，是天然的支农和环保项目。“穷得只剩下秸秆了”的贫困农区投资项目值得鼓励。

生物质能源有多种技术路线。根据我国的实际情况，无论生物质转化为电、热还是液体燃料、气体燃料、固体燃料等，都应该根据其特点、价值和各自的发展空间予以鼓励。

自“十一五”以来，我国生物质发电在科技进步、示范与推广等多方面从无到有，取得了很大进步。在中央财政支持下，该产业无论在关键装备引进吸收消化再创新，还是上下游产业链的完善，抑或产业支持政策等方面，都成效显著。

生物质发电立足农区，在支援农业农村固废处理的同时，分布式生产的绿色热电，一举多得，利国利民，已经成为生物能源产业中极具亮点的规模化发展方向之一。这是一个来之不易的成绩，值得珍惜。

电价支持既有效又划算

相比城市已有的成熟的供热管网、供气管网、燃油管网等，我国农村目前只有道路和电网相对比较完善。借用中国完善的、广覆盖的“村村通”的电网支持渠道，“稳定、可靠、可计量、易评估、可预期、客观、安全直接”地通过上网电价支持生物质发电，是实现农林业固废处置、绿电生产、支农富农的高效途径。

对于我国农林生物质发电项目而言，国家优惠电价支持相当于支付了农林业固废处置费用。国家可再生能源补贴可以覆盖大约生物质电厂66%左右的秸秆原料购买费用。如果秸秆原料免费供应到厂，一些燃煤基础电价较高区域的生物质电厂将可实现平价上网。如果有较好的供热收入，项目总收入还可能略有富余。

以北方某农林生物质发电项目为例，2007年至2018年，累计处理秸秆等农林生物质近400万吨，企业收购秸秆支付农民的费用就达12亿元人民币，而拿到的国家补贴资金约8

亿元左右。这就是说，在没有国家资金支持、完全平价上网的情况下，企业以自有资金投入了约4亿元用于处理秸秆等农林生物质，极大地解决了当地秸秆焚烧治理的难题。

国补电价支持农林生物质电厂，是一种高效、经济合理且精准的固废处置费用补助，从这个角度看，这项补贴并不“过度”。更为重要的是，农林生物质发电项目是目前规模化处置农林业剩余物的有效手段，可以给农民带来直接现金收入。

产业处于政策引导扶持期

在同等装机容量下，生物质发电的发电量是光伏的8到10倍，同时还能利用余热供热，减少煤炭使用。截至2018年，我国农林生物质发电仅获可再生能源基金5%左右支持（加上垃圾焚烧发电、沼气发电合计约12%），这是一个相对非常微小的支持。对于中央财政基金而言，5%左右比例也许微不足道，但是对于生物质发电产业而言，这是一个事关行业存亡的主要支撑。因此，我们不但不应该取消对生物质发电的国家电价支持，相反应该加大支持总量、扩大支持比例。

生物质能正处于产业技术进步和初步成熟的阶段。在环保和生态效益无法实际兑现的情况下，产业需要继续承担农民劳动力成本上升、农区环保治理要求逐渐提高等负担，目前已经走在成本优化、补贴“退坡”的路上。

农林生物质发电不是“养不大的孩子”。随着技术进步、投资规模扩大及市场化运作逐渐成熟，农林原料收集的工业化相关装备技术进步、“综合能源服务系统”成本优化等方面，将继续优化发展；在国家碳市场交易、绿电补助等多方面也将获得多种支持；届时，该产业将逐步完成国家补贴到市场机制的转变，减少甚至取消电价补贴。

仅就农区分布式生物质直燃热电项目而言，中国达到3000万千瓦装机并不算高（我们目前仅800万千瓦左右），其他热、气、液体燃料、材料等都有很大的发展空间。我国不仅有18亿亩农田秸秆这部分生物质资源，还有60亿亩草原、20亿亩森林、10亿亩湿地、45亿亩海洋。中国的市场足够大、原料足够多，未来的中国将开启一个生物化工为基础的“生化时代”。（庄会永）

危废管理需管控好三个环节

中国环境报 2020.1.9

随着危险废物的管控力度逐步加大，危险废物的处置市场日趋规范化，环境风险隐患也逐步降低，但日常监督工作仍不能有所松懈。

目前危险废物管控的监督性质执法检查工作，大多注重企业危险废物的基础台账建设。例如，企业危险废物处置合同的签订、管理计划等备案以及年产生量和处理量等。

笔者认为，对于危险废物的执法监督，更应侧重理清危险废物产生、贮存和处置3个环节，开展全链条式的监督工作。明确3个环节，哪个环节存在违法行为就可以一目了然进行判别，有助于有效追溯企业存在的违法犯罪行为，有效遏制危险废物管控中的乱象。

细致排查产生环节。危险废物的产生环节位于处置链的最上游，要严把生产工艺、环评资料等前期数据，科学判别现有生产情况。在实际执法检查过程中，不能简单地查看危险废物贮存仓库内贮存量倒推企业的实际产生量。笔者在工作中发现，少数企业因危险废物处置成本较高，而少报、瞒报，导致处置合同上危险废物类别与实际产生情况有较大出入。

针对类似情形，执法监督中应通过环评文件结合现场生产情况，兼顾技术改造等特殊情况进行深入分析，预估产生的危险废物类型、数量，明确危险废物的实际产生量，并与贮存量和处置量进行关联，做到每一种危险废物均有处置流向，降低环境风险。

规范指导贮存环节。监督企业承担起危险废物的贮存环节的主体责任。

一方面，对企业内部管理进行监督，督促企业建立专人专管制度、强化企业对危险废物历年基础台账的管理、监督企业及时完成实际生产经营活动动态更新记录等。例如，在上海地区，危险废物管理部门专门印发规范产生环节和贮存环节记录表，并要求企业立即张贴于对应环节，强化了企业规范管理的责任意识。

另一方面，严格监督危险废物贮存仓库。检查仓库内的防渗防漏措施，防止危险废物与原料和一般工业固废混放，监督企业自主修订应急预案等。

同时，关注仓库周边的环境情况，包括明沟、暗管和雨水井等容易产生隐患的因素，一并告知企业其影响程度，时刻保持警惕性。

依法监督处置环节。严格监督危险废物的处置环节，这是危险废物的流出环节，也是违法行为较多的环节，其涉及范围较大，情况也较为复杂，不易被追溯，也是危险废物管控的关键点。

在这个环节中，强调各职能部门的配合联动，各司其职，强化跟踪协作，共同维护好处置市场的良好秩序，严厉打击违法处置危险废物行为。例如，市场监督管理部门、公安职能部门等进行协同作战，共同监督好、规范好危险废物下游的处置环节。

其次，加强企业守法意识，通过典型案例宣传，让企业明确违法成本，倒逼企业进行规范处置。

此外，从根本上杜绝非法处置机构的生存空间，让非法处置机构无空子可钻，确保危险废物流通环节的环境安全。（江晓琼）

吃进有机废弃物，可产出天然气和有机肥，多部门出台意见支持行业发展

生物天然气 生长正发力

人民日报 2020.1.14

核心阅读

吃进去有机废弃物，产出天然气和有机肥，生物天然气能够变废为宝，兼具经济价值和生态价值。

按照相关规划，到2030年，我国生物天然气年产量要超过200亿立方米。要实现目标，

生物天然气产业还有很长的路要走：通过提升技术工艺、降低生产成本等，不断完善产业体系。

“吃进”秸秆粪污等有机废弃物，经厌氧发酵和净化提纯，“吐出”天然气和有机肥——这就是生物天然气产业，可谓变废为宝、一举多得。

不久前，国家发展改革委、生态环境部、农业农村部等多部门印发《关于促进生物天然气产业化发展的指导意见》（以下简称《指导意见》）提出，到2025年，生物天然气年产量超过100亿立方米；到2030年年产量超过200亿立方米，规模位居世界前列。

生物天然气由沼气净化提纯而成，与常规天然气成分、热值等基本一致，可用作车用燃气，也可并入天然气管网。当前，我国生物天然气年产量不到1亿立方米，而2019年我国天然气产量高达1733亿立方米，生物天然气所占比重微乎其微。从1亿立方米到200亿立方米，加快生物天然气产业化发展还需迈过哪些坎？记者进行了采访。

生物天然气兼具经济价值和生态价值

“‘十三五’以来，我国天然气消费增长较快，天然气进口依存度快速提升。发展生物天然气，有利于增加国内天然气供应，降低进口依存度；此外，生物天然气项目主要布局于具备资源和市场条件的县域，也有利于增加农村气源供应，加快替代农村散烧煤。”国家能源局新能源司有关负责人介绍。根据《中国天然气发展报告（2019）》，2007—2018年，我国天然气进口量年均增长为107.9亿立方米，这一体量与2025年生物天然气产量100亿立方米的发展目标相当。

发展生物天然气，规模化处理有机废弃物，能有效解决粪污、秸秆露天焚烧等引起的环境污染问题，保护城乡生态环境。中国农业大学教授程序算了一笔账：假设200亿立方米生物天然气完全由大型沼气—生物天然气项目生产，意味着能够对约3亿吨秸秆和2亿吨畜禽粪便作无害化处理和资源化利用。不仅如此，根据欧洲国家的实践，生物天然气替代柴油车用时，悬浮颗粒、硫化物及氮氧化物分别比用柴油时减少90%、99%和70%。

“生物天然气生产过程中还附赠了‘宝贝’——沼渣沼液产生的有机肥，可以减少对化肥的依赖，缓解土壤板结现象，助力生态循环农业。”中国产业发展促进会生物质能产业分会秘书长张大勇说，当前绝大多数项目依靠单一生物天然气难以实现盈利，有机肥能成为项目收益的重要补充，“拿年产660万立方米的生物天然气项目来说，年产有机肥约2万吨。一般每吨能卖600元至1000元，高点能卖到2000元。”

兼具经济价值和生态价值，生物天然气产业发展前景广阔。我国发展生物天然气的有利条件不少。

资源供给方面，我国拥有可供生产生物天然气的大量农作物秸秆、禽畜粪便和其他有机废弃物等。此外，我国天然气消费量增长较快，进口较多，长期来看天然气供需不平衡，为生物天然气加快发展提供了广阔市场空间。

生产成本较高，技术工艺有待提升

记者在采访中了解到，2015—2017年，有关部门曾在全国支持建设了64个规模化生物天然气试点项目，但目前能连续稳定运营的只有10个左右，更多的是上千万个小沼气池。“单池规模极小，谈不上商业化和产业化。”程序说。

坐拥丰富资源和广阔市场，生物天然气产业为何没有形成规模，发展较为缓慢？

原料收储成本高，导致盈利空间有限是困境之一。“我们的一个项目，生产成本每立方米在3元以上，其中原料收储成本占了70%多，项目运营成本高，盈利性差。”一家生物天然气生产企业负责人告诉记者。

这并非个例，当前生物天然气行业生产成本（有机肥销售取得收益的前提下）大多在每立方米2.7—3.0元，高出各地天然气基准门站价格每立方米1.0—1.2元。“主要因为没有建立‘谁排污、谁付费’‘谁处理、谁受益’的有偿处理机制，经济可承受的原料收集保障模式还有待探索。”张大勇分析。

不仅如此，在产品市场方面，生物天然气存在并网难等问题，难以公平进入市场；加上有机肥市场尚未完全打开，造成项目盈利不确定性大，投资风险较高，投资主体积极性不高，难以形成专业化投资、建设、运营管理和服务体系。

行业技术工艺有待提升。“目前我国生物天然气行业的技术整体还处于工业化起步阶段，面临项目产气率低、原料适应性差、自动化程度较低等问题。”华润集团旗下德润生物质开发公司有关负责人介绍。对此，《指导意见》提出，要集中力量突破多种原料混合高效发酵、干法厌氧发酵、发酵预警调控等关键技术，鼓励企业与科研机构建立生物天然气技术重点工程实验室或研发基地。张大勇分析，如果生物天然气各类技术工艺成熟，工业化程度提升，生产成本或许可降至2—2.2元。

在政策支持体系方面，有业内人士提出，除了前端建设补贴之外，还希望尽快出台后端奖补政策，研究制定按照实际生产量给予补贴的机制，避免出现“重建设、轻运营”现象。

加强政策支持，健全产业体系

面对潜力巨大的市场，应该如何解决行业遇到的问题，加快生物天然气专业化市场化规模化发展？

原料收集需有保障。《指导意见》提到鼓励探索谁排污、谁付费，第三方专业化有偿处理模式；鼓励生物天然气企业结合农村土地流转、循环农业发展等，创新秸秆原料收集保障模式等举措。一家生物质环境科技公司的董事长介绍，企业通过以服务和产品置换原料的方式化解原料收集难题，“比如我们为农户提供整地、播种、收割等服务，代替秸秆离田费用；或者用天然气、有机肥去置换原料，这既降低了收储成本，也解决了产品销售渠道问题。”

产品消纳需给力。张大勇认为，一方面应该消除燃气销售壁垒，研究建立绿色燃气配额机制，使生物天然气无歧视无障碍并入城市燃气管网；另一方面应该延伸产业链，不断整合扩展有机肥、绿色食品、生态农业等产业链，提升产业盈利水平。

政策支持待完善。采访中，有企业反映，生物天然气行业当前的政策支持和经济激励力度有待提升，希望能组织实施一批产业化大型示范项目，形成覆盖原料收储运、投资建设运营、终端产气、绿色金融等方面的多维度支持政策。

在采访中，有相关企业表示，对于《指导意见》提出的，生物天然气企业按规定享受资源综合利用、环境保护节能节水等相关税收优惠政策，做好秸秆综合利用、农机购置、畜禽粪污资源化利用、有机肥替代化肥等专项资金相关政策的衔接等举措，希望能尽早出台确保落地的具体细则。（丁怡婷）

新型催化剂将二氧化碳变为甲烷

科技日报 2020.1.11

科技日报北京1月10日电（记者刘霞）研究人员一直试图模仿光合作用，利用太阳的能量制造化学燃料。据美国《科学》杂志网站近日报道，现在，美国科学家开发出一种新型铜-铁基催化剂，可借助光将二氧化碳转化为天然气主要成分甲烷，这一方法是迄今最接近人造光合作用的方法。研究人员称，新催化剂如获进一步改良，将降低人类对化石燃料的依赖。

甲烷已超煤炭成为美国主要发电燃料。甲烷燃烧时会分解成二氧化碳和水，释放出的热量可发电。而利用阳光制造甲烷则相反：二氧化碳、水，加电生成甲烷。但这种转换并非易事——必须将八个电子和四个质子加到一个二氧化碳分子中，才能形成一个甲烷分子，而每添加一个电子和质子都需要能量来推动反应继续进行。

金属催化剂可加速这些反应。几年前，科学家发现，铜颗粒与吸光材料携手，有望将二氧化碳转化为能量更丰富的化合物，但这种方法的效率和速度都很低。2016年，研究人员报告称，含有铜和金的催化剂可将二氧化碳转化为一氧化碳（工业上广泛使用的化合物）。2019年3月，密歇根大学电气工程师米泽田（音译）及同事发现，在吸光氮化镓（GaN）纳米线阵列顶部生长的钉-锆基催化剂能将二氧化碳变为另一种工业化合物。但上述诸多反应都无法制造出能广泛使用的燃料。

现在，米泽田团队制造出的新催化剂解决了这一问题。他们先在商用硅晶圆上生长出氮化镓纳米线，然后用电沉积方法，朝其上添加5至10纳米宽的颗粒（由铜和铁组成）。得到的化合物在光照下，在二氧化碳和水存在时，可快速将光中51%的能量转换为甲烷。

米泽田表示，新催化剂是所有将二氧化碳转化为甲烷的光驱动催化剂中，转化效率和产量最高的。计算机模型表明，催化剂中的两种金属携手与二氧化碳分子结合，使其更易于反应并吸收进入的电子。米泽田解释道：“这降低了关键步骤的能量屏障。”

研究人员称，新催化剂的组成成分价格便宜，数量丰富，他们计划进一步提高甲烷生产的效率。

鼓励生物质能多种技术路线共同发展

中国电力报发电周刊 2020.1.13

生物质能源有多种技术路线。根据我国的实际情况，无论电、热、液体燃料、气体燃料、固体燃料，都有其存在和发展的价值，都有各自的发展空间，都应该根据其特点和发展空间予以适当鼓励。就因为如此，国家在近几个“五年计划”中，都列入了生物能源发展规划，其中特别针对不同技术路线生物能源规划了各自的发展目标。我们认为这是很科学的，也是很符合产业发展实际情况的。以下是笔者针对生物能源产业发展中几个观点，供大家商榷——

观点一：生物质原料如何定位

“资源”是要花钱买的，而“固废”是要付钱处置的。当前，笔者认为大部分生物质剩余物定位为固废剩余物最佳，而不是定位于资源。等到大部分固废都能实现商业化、经济化运行的阶段，尤其是“固废”实现了市场化、商业化生产与供应，甚至是市场化竞争，则方可以转为“资源”。对于中国农林生物质发电项目而言，国家优惠电价支持（每千瓦时电约为0.33元国补资金支持，不同省份基础电价不同，该价格相应不同）相当于支持了农林业固废处置费用。以中国北方某农林生物质发电项目为例，国家可再生能源补贴可以覆盖大约生物质电厂66%左右的秸秆原料购买费用。这也就是说，如果秸秆原料免费供应到厂内的话，一些燃煤基础电价较高的区域，生物质电厂将可以实现平价上网，如果有较好的供热收入，将可能还略有盈余。对于农林生物质电厂而言，国补电价支持就是相当于固废处置费用补助，是高效、合理且精准的，从这个角度看这个补贴并不“过度”。

观点二：为什么要多技术路线共同发展

从中国农林生物质原料本身的角度去看，不同技术路线、不同规模的工程，分别有处置不同生物原料的“特长”和优势。

因为生物能源原料种类繁多，其品种、品质、物化性状千差万别，应用初衷也各不相同。不同的技术路线对应着不同的生物质原料，不同的“因”，转化成不同的“果”，这也是多种技术路线并存发展的重要原因之一。因此，笔者一直赞成生物能源的多种技术路线并存，发挥各自的优势，共同发展。

观点三：不同的环保效益与能源效益

当前，生物能源的环保和支农效益，在某种意义上甚至高于能源效益。比如城市垃圾处理生产生物能源，无论是生物质电、热、生物柴油、生物燃气，都要首先基于城市固废环保处置的前提之下；比如农村秸秆及林业剩余物等生物质，首先是助力农村秸秆及林业剩余物环保治理，生物质电、热等分布式应用是主要服务于农区、林区现代化发展的支撑；比如农区禽畜粪便的环保处理生产生物燃气，其环保的任务、价值等都是第一目标，能源是其可持续发展的支撑；再比如，城市餐厨垃圾的生物柴油或生物化工项目，是一个相对成熟的、具

有一定商业推广价值的项目，在国家“无废城市”建设中不可或缺，也为城市交通工具清洁燃油发展提供了支持；还有，生物车用燃料乙醇是目前我国继生物质直燃发电之后，在生物能源领域走向商业化、规模化的发展方向之一。但目前主要是以陈化粮为原料，用于陈化粮规模化、环保安全处置。根据陈化粮应用规模、非粮技术进步和产业发展方向情况来看，下一步车用燃料乙醇的发展方向将是选择非粮原料为主，非粮生物质车用燃料乙醇发展的必然选择。

观点四：规模化和分布式完全可以共存发展

从能源的生产视角看，生物能源工程当然有大规模、小规模之分，同时也有效率高低之分。

如果是从规模效益，尤其是从电力生产效率及排放治理角度看，无疑大规模混合燃烧具有优势。

这也是国内外技术界一直非常肯定燃煤电厂耦合生物质发电的重要原因之一。其次，中国大型燃煤电厂度电煤耗下降、度电二氧化碳减排等，燃煤耦合生物质是一个值得尝试、无法忽视的路线，这也是煤电行业对于耦合生物质模式和路线的内在需求。目前，国内最早的两个真正意义上的生物质耦合发电项目，一个是华电十里泉项目，另一个是国电荆门项目，分别代表生物质直接混合燃烧、生物质气化间接混合燃烧两个技术路线。这两个项目都曾经获得了国家或者地方的支持政策，目前类似项目的发展模式及其技术、政策、运行和发展推广情况，值得进一步分析研究。

如果是从农区就近秸秆环保利用及分布式电、热供应视角去看，尤其是结合未来农村城市化发展中的“综合能源系统服务”建设需求，分布式的中小型生物质热电项目无疑也具有巨大的增长空间。生物质热电联产项目，以及预留供热、暂时不供热的生物质热电项目，对于农村城镇化发展都具有重大的促进作用。当然，部分地区纯生物质供热替代散煤及中小锅炉也具有很大的商业化发展潜力；还有辅以低温余热回收热电冷多联产、生物质气化炭、热电气肥多联产项目，都是值得鼓励发展的方向。

观点五：发展空间还很大

中国的市场大、原料多，都有各自的发展空间，远远没有达到饱和。仅就农区分布式生物质直燃热电项目而言，中国达到 2000 万千瓦装机并不算高（而目前仅有 800 万千瓦左右），其他热、气、液体燃料、材料等都有很大的发展空间。未来的中国生物质能源，将有望开启生物能源化工的“生化时代”。

在中国，我们不仅仅有 18 亿亩农田，我们的目光和产业范围，不光局限于秸秆这一资源，我们还有 60 亿亩草原、20 亿亩的森林、10 亿亩的湿地、45 亿亩的海洋。我们国家人工林业的发展给我们提供了很好的经验。在改革开放前没有纸箱、塑料制品的时候，我们所有的农产品储存运输、农区房屋建设甚至部分农业生产筐篓等工具，都是农区种植多年生柳条等资源来支撑的。未来中国能源植物大有可为！植物能源、生物基化工产业在固碳、减

排、支农、生态、能源、环保等方面，具有多重效益，可谓“一苗多果、一举多得”。

观点六：具备多技术路线共同发展的条件

关于近两三年生物能源不同技术路线发展鼓励文件，主要有以下3个——2017年“十五部门”发文开展全国车用燃料推广，计划2020年实现E10汽油全覆盖；2018年“两部门”燃煤耦合生物发电技改试点建设的通知；2019年“十部门”生物天然气发展指导意见。上述文件分别支持了车用燃料乙醇、规模化煤电耦合生物质、生物沼气及提纯工程3个方向，加上已经在推广实践的农林生物质热电、垃圾发电、规模化沼气工程、生物柴油，我国生物质能源多技术路线共同发展取得了很好的成果，下一步快速发展的基础条件已经具备。

针对不同的生物原料，要继续鼓励不同的模式、不同的路线来创造不同的产品和效益；尽量避免“非此即彼”的发展思路，让技术和产业多路线并存和发展，让市场和资本做出选择，把中国的农区可再生能源、环保、支农与减排事业做得更加出色。（庄会永）

节能服务产业综合能力存短板

中国能源报 2020.1.13

“作为绿色产业重要抓手之一，以市场化机制合同能源管理为核心模式的节能服务产业，历经从无到有、从小到大、从弱到强的发展。20年来，累计带动减排二氧化碳8亿吨，相当于两个三峡大坝的减排量。2019年，产业总产值实现9.4%的增长，并突破5000亿元大关。”近日举行的2019—2020节能服务产业年度峰会上，中国节能协会副理事长房庆用一组数字，直观展示节能服务产业现状。

但同时，房庆坦言，面对新技术、新材料、新金融带来的变化，沿用老模式、靠吃老本的路径，已不能满足各类用能企业的实际需求，节能服务产业也面临挑战。如何突破？多位业内人士就此提出建议。

稳中有增 发展不再盲目追求“大而全”

根据最新发布的《节能服务产业发展报告2019》，我国节能服务产业呈现“稳中有增”态势。2019年，全国从事节能服务的企业为6547家，年增长率为1.7%；从业人员超过76万人，年增长率为4.4%；产业总产值达到5222.37亿元，较2018年增长9.4%。在此基础上，企业营收小幅增长，平均年总收入同比增长1.4%。

“由此可见，节能服务产业仍是朝阳产业，吸引着众多投资者、从业者。”中国节能协会节能服务产业委员会常务副主任兼秘书长孙小亮表示，历经前期高速发展，行业也在趋于理性，项目投资速度放缓、更加审慎。“例如，我们的综合能源服务也不再盲目追求‘大而全’，更注重根据用户的能源利用水平等实际，提供清洁、经济、高效的综合解决方案。”

记者了解到，在节能产业的带动下，多个细分领域从中受益。工信部节能与综合利用司司长高云虎表示，截至目前，工业节能和绿色发展已实现“十三五”规划预期目标。2016—2019年，单位工业增加值能耗预计累计下降15.6%，可降低能源消费4.8亿吨标煤。“随

着工业化进程加速，我国消耗了大量的资源和能源，给生态环境造成较大压力，大量生产、大量消费的模式难以为继。让更多第三方节能服务企业参与工业节能，是提高行业节能水平的重要途径。”

围绕另一重点领域——建筑节能，住建部标准定额司一级巡视员倪江波称，以绿色建筑为代表的居住节能改造实现跨越式发展。“特别在公共建筑领域，节能服务市场迅速发展。到去年底，已有两批公共建筑节能重点改造重点城市完成验收清算，带动全国实施节能改造面积 1.5 万平方米。”

产业集中度低 企业规模偏小且整体分散

“未来，必须进一步提高资源和能源产出、利用效率，减少对资源能源的各种依赖。以更小的能源消耗、更小的环境影响，实现更大的产出。”在肯定成效的同时，国家发改委资源节约与环境保护司司长任树本敲响“警钟”，直言节能产业面临的繁重任务。

在任树本看来，目前主要有三大挑战：一是环境压力依然较大，全国仅有 35% 的城市实现空气质量达标。在很大程度上，环境污染正是能源高消耗所致，节能工作必须发挥作用。二是人均能耗依然偏高，到 2050 年，要达到经合组织国家的先进水平，强化节能是必然选择。三是资源利用率依然偏低，我国单位 GDP 能耗仍是世界平均水平的 2 倍，工业节能、城镇节能等潜力尚待挖掘。

面对上述任务，孙小亮坦言，节能服务产业要率先突破自身瓶颈。“目前虽有 6000 多家企业，行业集中度却只有约 12%，企业规模偏小、整体分散。其背后，进一步反映出行业技术壁垒不高、产品同质化严重、业务缺乏创新等问题，节能服务产业的综合能力有待提升。”

孙小亮表示，产业正处转型升级关键期，重点应由量的增长转为质的提升。“多数节能公司只拥有一两项自主研发节能技术，只在某个领域具有一定基础，远远无法满足用能单位对综合解决方案的需求。特别遇到一些投资大、跨专业综合性项目，很多公司往往难以独立完成。”

这一说法，得到国家发改委能源研究所效率中心副主任熊华文的赞同。他认为，节能服务市场增速较快，但更多是靠政策约束，行业并未真正由政府主导型转向市场主导型。“这其中泥沙俱下、鱼龙混杂。如何培育企业的核心竞争力，打破目前的无序竞争？”

强调综合能力 专注节能但不局限于节能

据任树本透露，下一步将重点推动市场导向的绿色节能体系，并计划针对节能关键技术，陆续发布国家绿色指导意见。在此基础上，他建议，节能服务产业要以技术创新为核心动力，强化自身技术积累，对标国际水平，突破节能领域关键材料、一级设备、核心工艺等，切实提升原始创新能力。

“以提升能源效率为目标，可考虑节能储能分布式能源，灵活采取综合性措施，帮助用户提高效率、降低成本，同时减少排放和环境污染。通过行业整合、兼并重组等改革，进一步促进企业做大做强，加快建立结构合理、规范，内部约束有效，实现企业转型升级。”任

树本称。

以工业节能为例，高云虎表示，在聚焦先进技术、装备的同时，也要重视新一代信息技术的应用，为传统行业节能降耗寻找新的突破点。“人工智能、5G 通信、工业互联网等新技术，正在加速融入绿色制造、智能制造，有助于创新解决问题思路和方法，创新节能服务技术及商业模式。”

熊华文则提出系统节能、智慧节能、协同节能的综合思路。“提升综合能力，要求我们不再只看到能源生产的单个环节、单个工序，而要解决能源系统的不平衡、不匹配问题。从供、输、用、集中式到分布式，从用能向共用、衔接、互动等角度，进一步拓展思路。节能是最重要的出发点，但不是我们的局限圈，专注节能但不局限于节能。”（朱妍）

大宗固废地成利废技术输出高地

唐山古冶瞄准大宗固废资源综合利用，探索资源枯竭型城区转型路径

中国环境报 2020.1.17

在国家发改委联合工信部发布的全国 50 个大宗固体废弃物综合利用基地名单中，河北省唐山市古冶区名列其中。

这个有着 130 余年工业发展史、依矿而建因煤而兴的工矿区，形成了以钢铁、焦化、水泥、电力为主导的重工业格局。近年来，随着经济下行压力持续加大，环境资源压力日益紧迫，地方产业结构特点带来的大宗固体废弃物排放严重制约古冶的高质量发展。解决大宗固体废弃物问题，古冶迫在眉睫，这对缓解资源瓶颈压力、培育新的经济增长点具有重要意义。

大宗固废能否高效、高值利用？

把发展固废资源综合利用产业作为转型新路径

“产业基础重、环保压力大、转型升级难，成为古冶高质量发展必须跨越的鸿沟，特别是固体废弃物处置成为首要难题。”唐山市古冶区委书记朱文军表示。

据了解，2018 年，古冶区钢铁、焦化、水泥、电力四大行业工业增加值在地区生产总值中的占比达到 63%，在规上工业产值中的占比则高达 90%。2018 年，全区共产生煤矸石、粉煤灰、脱硫石膏、冶金渣、燃煤炉渣等固体废弃物 730 万吨，当年综合利用量 485 万吨，综合利用率仅为 66%。

“工业固体废弃物产出量大，没有合理的利用会成为环境污染源。合理利用可成为重要的资源，产生巨大的效益。”中国工程院院士、清华大学化学工程系教授金涌近日出席在古冶区举行的唐山首届循环经济产业发展大会时指出。

对此，唐山市工业固废综合利用产业技术创新战略联盟同期成立，联盟由金涌担任专家委员会主任委员，由河北省、唐山市及全国各地从事工业固废综合利用产业的骨干企业、高等院校、科研院所等产学研相关机构等 83 家单位组成。古冶区立足区内煤矸石、粉煤灰、脱硫石膏、冶金渣等固废处理需求，依托区内高科技企业，把发展固废资源综合利用产业作

为探索全国资源枯竭型城区转型示范区的新路径。

2019年3月，以唐山鹤兴废料综合利用科技有限公司、唐山瑞能再生资源有限公司、唐山市鼎辉科技有限公司等为骨干，组织申报国家级大宗固体废弃物综合利用基地，并于2019年10月正式通过国家发改委、工信部大宗固体废弃物综合利用基地备案名单公示。预计到2020年，基地固体废弃物产生量700万吨，当年综合利用率580万吨，综合利用率将达到83%，将彻底扭转老工矿区黑色面貌。

朱文军表示，面对当前的发展机遇，要凝聚合力开展集中攻坚。重点完善固体废弃物综合利用标准体系，对外输出固废处理技术、装备及成套解决方案，推动大宗固体废弃物由“低效、低值、分散利用”向“高效、高值、规模利用”转变，带动资源综合利用水平的全面提升，推动经济高质量可持续发展，打造千亿级的绿色产业发展基地，努力打造全国大宗固体废弃物利用的“古冶样本”。

如何把低端产业做“高”？

通过技术创新，从废钢中提取金属元素，工业固体资源得到二次利用

唐山鹤兴废料综合利用科技有限公司（以下简称鹤兴公司）是古冶区众多传统黑色产业实现绿色转型的成功代表。

鹤兴公司前身是一家钢铁废料初加工和钢铁烧结生产企业，随着规模不断做大，企业深感外部环境变化巨大，去产能压力增强，效益波动加大。要想进一步发展，传统模式已经不再适用，必须通过转型升级找到一条发展新路。

公司董事长王俊英介绍说，在从事钢铁废料回收过程中，发现当前钢铁行业废料利用程度低、能耗高、技术落后，远远不能实现绿色节能处理，而废料中存在的多种金属元素却蕴藏着巨大经济潜力。基于这两点，公司决定，要把低端产业做“高”，把黑色产业做“绿”。

通过技术创新、攻克关键技术，鹤兴公司与北京科技大学、中南大学等高校协作，形成了自己的核心技术“烟气磁化熔融炉处理钢铁厂固废”，被专家评价为中国钢铁固废处理的一次突破，获得了国家发明专利，实现了企业的顺利转型。

在2018年企业投产的年处理200万吨钢铁废料综合利用项目现场，钢铁企业产生的各粉尘、泥、渣等冶金废料被资源化、无害化处理，有价元素则被提取出来做成终端产品。

王俊英透露，项目达产后，预计年可处理冶金废料200万吨，回收再生生铁60万吨、硫酸锌6万吨、氯化钾4万吨，以及金、银、铜、铅合金等有价金属，能有效减少有害金属对生态环境的污染，实现工业固体资源的二次利用。

“比如提取的七水硫酸锌，含砷低达百万分之一（其他方法生产的七水硫酸锌含砷量为百万分之十至一百），深受制药行业欢迎。”他表示，除了经济价值很高外，项目的生态效益也很显著。

据测算，处理200万吨钢铁废料，每年可节约能源11.65万吨标准煤，减少有害物排放二氧化碳30.51万吨、二氧化硫989.93吨、氮氧化物861.82吨。（徐卫星）

二氧化碳可用于手机电池回收

中国科学报 2020.1.17

本报讯 一项新技术使用被捕获的二氧化碳从智能手机电池中提取有用金属，这使其变得更经济。

法国里昂大学的 Julien Leclaire 说，在注入二氧化碳的同时提取有用金属，是为一个成本密集型的过程增加价值。

二氧化碳排放是气候变化的主因，因此许多人尝试用技术来捕获它，并将其储存在地下。但问题是，这样的碳捕获和碳储存太昂贵了。“没有人想为此买单。” Leclaire 说。

为使碳捕获和碳储存更具吸引力，Leclaire 及其团队发现了二氧化碳的新用途。

Leclaire 及同事使从汽车尾气中收集的二氧化碳冷却，随后将其注入一种叫做多胺的化学混合物中。二氧化碳和多胺结合，形成了许多不同形状和大小的分子。

研究小组发现，这个过程可以区分金属混合物。在一系列实验中，他们成功分离出镧、钴和镍——这些金属都被用于电池、智能手机、电脑和磁铁。

如果这一工艺能够扩大规模，将是一种更环保的电池和其他电气设备回收方法。电池等的回收通常使用酸这样的高活性化学物质，会造成潜在污染。Leclaire 说，用二氧化碳来替代，将大大减少回收过程的环境足迹。

其他研究人员和公司正试图将捕获的二氧化碳转化为有用的材料，比如通常由石油原料生产的塑料，但这在化学上是困难的。Leclaire 认为，他的方法更符合二氧化碳的自然属性。“与其模拟利用石油原料做更好、更便宜的事，不如寻找一些只能用二氧化碳做成的事。”
(文乐乐)

作为目前唯一的零碳燃料，生物质能取暖的环保、经济效益可观，在资源充沛地区具备大规模推广潜力。但同时也面临认知、政策及使用方式等不明晰的现实问题——

生物质能供暖推广遇难题

中国能源报 2020.1.20

寒冬腊月，辽宁铁岭的多个村庄已被白雪覆盖，气温接近零下 20 摄氏度。走进铁岭新台子镇的一处锅炉房，阵阵热气扑面而来——屋内放置着一台热水锅炉，“吃”进废弃的秸秆，放出清洁热源。传送带上，一捆捆成型秸秆正在由室外堆场有序进入炉膛。

据相关负责人介绍，该锅炉房是周边主力热源之一。此前，当地是以燃煤供热为主，该锅炉房年均燃煤用量约 2000 吨，仅燃料一项成本就达 100 多万元。改造后，由合作社统一收集秸秆，根据每日需求量供应燃料，每吨均价约为 240 元。“算下来，每平米比燃煤供热

节省 5 元，一年可节约燃料成本 35 万元。辽宁省环境监测站的数据还显示，改用生物质能，二氧化硫、颗粒物等主要污染物均可达标排放，比用煤更干净。”

高效绿色、经济适用——以秸秆等生物质能为主的取暖方式，正在北方农村推广。以东北地区为例，秸秆可收集资源量超过 2 亿吨。对其中 20% 采取燃料化利用，即折合标煤 2100 多万吨，较燃煤供热可减排二氧化硫 17.9 万吨、二氧化碳 5594.4 万吨。

“生物质能源是唯一的零碳燃料，怎样强调也不为过”

在新台子镇，铁岭大奥养殖厂的供暖需求为 5 万平方米。由于养殖特殊性，同时要求室温保持在 20 摄氏度左右。“过去使用小型燃煤锅炉，温度不易控制。按照 800 元/吨的平均煤价，一年用煤 1200 吨，光燃料费用就接近 100 万。”该厂负责人称，今冬尝试改用 2 台秸秆集中供暖锅炉，室温稳定，也更经济。“一个采暖季预计使用秸秆 2500 吨，折合燃料费用 50 万元，比烧煤节约一半。”

记者了解到，目前，农业农村部正在秸秆资源丰富的辽宁、山东等地，布局推广生物质能供暖试点。从试点 3 年的情况看，“煤改生物质”的污染物排放优于《锅炉大气污染物排放标准》。与燃煤供热相比，后者可减排颗粒物 5%、二氧化硫 86%。同时，供暖成本没有额外增加。以 2 吨位秸秆打捆直燃集中供暖企业为例，按照 1 台锅炉可供 1 万平方米计算，供暖成本较燃煤锅炉节约 5.1 万元。

在资源同样丰富的山东阳信，清洁取暖有着不同模式。该县生物质清洁取暖专班办公室主任傅志鹏告诉记者，当地秸秆、废弃木材、畜禽粪污等原料充足，首先可保证供应。

“2017 年以来，我们根据用户需求、经济条件等实际，采取生物质燃料 + 专用炉具分散取暖、生物质燃料 + 锅炉机组分布式取暖、生物质热电联产集中供暖等不同模式，现已覆盖全县近半数农户。”傅志鹏算了一笔账，相比采用气、电代煤，生物质取暖的改造成本分别降低 38%、3.2%，使用成本分别降低 52%、51%。

生物质能供暖的模式，也得到中国工程院院士江亿的赞同：“生物质能源是唯一的零碳燃料，目前总量折合标煤 7—8 亿吨。实现高效清洁燃烧，发展生物质能怎样强调也不为过。”

使用意见不一、路径不明，且面临多项实践问题

环保、经济效益有目共睹，但多位业内人士同时指出，生物质能供热的推广应用远远不够。“包括供热、发电等方式在内，2018 年生物质能的利用量折合 5210 万吨标煤，约占我国能源消费总量的 1%。”在国家可再生能源中心研究员窦克军看来，生物质能仍是“被忽视的可再生能源巨头”。

窦克军认为，问题首先出在对政策的理解上。一方面，根据《促进生物质能供热发展指导意见的通知》《关于开展“百个城镇”生物质热电联产县域清洁供热示范项目建设的通知》等政策，发展生物质能有据可循。但另一方面，生物质供热的支持力度依然不足，目前很难享受到与气、电代煤一样的补贴政策。“对生物质供热的概念和认识，在不同地区差距较大。比如，部分地区对生物质燃料的清洁性依然存在疑问。还有地区，对生物质能在清

洁取暖体系中的作用仍不了解。”

中国农村能源行业协会农村清洁取暖专委会主任郝芳洲也称，《北方地区冬季清洁取暖规划（2017－2021年）》已提出生物质能供暖的相关要求，但到了地方层面，意见不一、路径不明等现象时有发生，政策摇摆成为主要束缚之一。“比如有地区明明完成了招标，取暖炉具也已下发，突然不明原因叫停。炉子退回去还是怎么办？用户、企业纷纷无所适从。”

除了政策认识不足，清华大学教授杨旭东提出，要想让生物质真正在清洁取暖中占据一席之地，一系列现实问题亟待解决。“一是颗粒燃料如何进一步降低价格、方便获取；二是生物质炉具如何更加高效、便捷，让老百姓喜欢用、愿意用。”

杨旭东举例，生物质资源不可直燃，必须先加工、再清洁燃烧，涉及前端收集、后端排放两大关键环节。“但目前，一些地方采取建厂加工的方式，收集半径长、储存空间大，无形中拉高燃成本，导致老百姓不愿用。再如有些炉具厂家，为降低成本、偷工减料，造成燃烧不充分、排放不达标。这些现实问题不解决，直接影响生物质能供热的应用。”

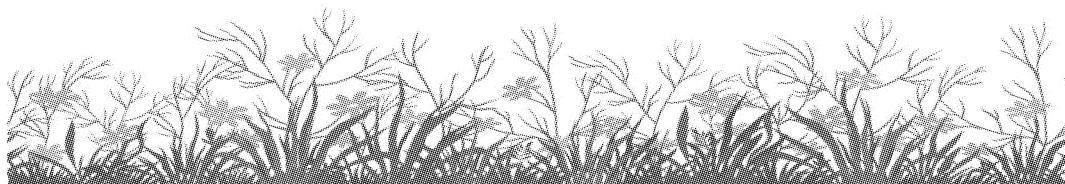
探寻适合农村地区的生物质成型燃料发展模式是关键

“测算显示，生物质直接燃烧的排放，约占全国大气污染排放的20%。作为清洁燃料使用，其对大气污染的贡献率最多占1%－2%。从环保、低碳角度，生物质能供热有明显优势。”杨旭东进一步表示，生物质是农业、林业生产的必备产物，在部分农村地区资源量丰富。但目前，大量资源被白白浪费，并没有真正解决农民自己的用能问题。

杨旭东认为，探寻适合农村地区的生物质成型燃料发展模式，是推动农村生物质清洁供热的关键。对此，首先要有清醒认识，从政策层面予以明确。”

窦克军建议，加强生物质能取暖应用的优先保证和公平准入。“做好区域清洁供热规划，不只是专项的供热规划方面，也要和城市综合发展规划相统筹，这样才能把生物质供热更有效的融入到区域产业发展。同时，加强生物质资源调查与评估体系建设，建立资源保障体系，这关系到‘十四五’期间，生物质到底在清洁供暖体系中发挥多大的作用。对资源保障、供给有一个清晰认识，才能更好地统筹资源、科学布局。”

对此，中国农村能源行业协会农村清洁取暖专委会相关负责人也建议，以农村清洁供暖为重点任务，可大力提升秸秆等生物质能在资源富集地区的使用比重。具体而言，鼓励秸秆打捆直燃供暖企业、秸秆成型燃料生产企业建立收储运体系，支持具备收储运能力的企业、合作社、经纪人等扩大规模；建立农户、收储运主体和秸秆燃料化利用企业利益联接机制，探索政府购买服务、PPP等方式，促进秸秆清洁供暖产业化发展。（朱妍）



四、太阳能

“人造太阳”离圆梦又近一步（上）

——揭秘中国可控核聚变

山西科技报 2020.1.7

万物生长靠太阳。今天支撑人类社会运转的几乎一切能源，从煤、石油、天然气，到风能、生物能，其本质都是太阳能，而太阳上的能量来自内部的核聚变反应。

就像儿歌中所唱的，“我有一个美丽的愿望，长大以后能播种太阳”，长久以来，人类一直希望通过可控核聚变反应，来创造出“人造太阳”，从而获得源源不绝的能源，大幅改善人们的生活。

就在前不久，中国核工业集团宣布，新一代可控核聚变研究装置“中国环流器二号M”，预计于2020年投入运行。中核集团核工业西南物理研究院院长段旭如表示，该实验装置的建成将为人类真正掌握可控核聚变提供重要技术支撑。我们距离“人造太阳”的梦想，又近了一步。

源源不绝的清洁能源

众所周知，石油是工业的血液。但以石油为代表的化石能源，有两个绕不开的问题：一是不可再生，二是污染。即便页岩气、可燃冰等新型能源被不断开发，但归根结底都有消耗殆尽的一天。而目前的核裂变能也存在着反应原料（铀等）有限、核废料放射性污染的问题。

有没有一种能源，既无穷无尽，又清洁环保？还真有一个，就是可控核聚变。

从“进口”上说，可控核聚变所需的反应原料（氘原子和氚原子），在地球上非常丰富。氘在海水中储量极大，1公升海水里提取出的氘，在完全的聚变反应中可释放相当于燃烧300公升汽油的能量；而氚可通过中子与锂反应生成，在地壳和海水中，锂都是大量存在的。

从“出口”上说，可控核聚变的产物为氦和中子，不排放有害气体，也几乎没有放射性污染，具有环境友好的优点。

“核聚变能一旦实现和平利用，地球上的能源将取之不尽用之不竭，因能源短缺带来的社会问题可得到彻底解决，人们的生活水平也将因此而得到极大提高。”段旭如说，像海水淡化、星际飞船这类工程，过去因耗能太大而令人们犹豫不决，而未来在可控核聚变能的支持下，都将能够更快发展。

不仅零污染、用不完，可控核聚变还有另一个重要特点：固有安全性。许多人一想到用核能发电，就会想到切尔诺贝利核事故或者福岛核事故，从而有了“恐核”心理，谈核色变。事实上，核聚变反应需要氘氚燃料达到上亿摄氏度的高温和足够高的密度等苛刻条件，任何一点细微条件的缺失，都会导致温度密度的下降，致使聚变反应停止。

然而，世界上仍然有许多环保机构公开指责核聚变所存在的安全隐患，包括产生核废料以及核泄漏的风险。对此，段旭如解释：“由于燃烧的氘氚等离子体被磁场约束在真空容器

内，其密度比空气低数个量级，聚变堆氘氚燃料含量也较低，因此不会引起爆炸，也不会导致泄漏事故。”

理想很美好，但实现起来不容易。一个最明显的问题，就是用什么容器来承载核聚变。

据段旭如介绍，在地球上利用核聚变能，要求在人工控制条件下等离子体的离子温度达到1亿摄氏度以上。“1亿度是什么概念？太阳的核心温度大概在1500万度至2000万度；而地球上最耐高温的金属材料钨在3000多度就会熔化。1亿度，已经超过太阳核心温度的5至6倍了。”中核集团核工业西南物理研究院特聘研究员钟武律解释说，“在地球上，没有任何材料可以把1亿度高温的等离子体给直接包裹起来。”

不过这个问题还是难不倒人类科学家，他们“无招胜有招”，想出了用强磁场来约束高温核聚变燃料的办法。但具体用什么装置来实现，还要继续探索。从20世纪50年代开始，英、美、苏等国科学家前赴后继，快箍缩、磁镜、仿星器等不同的技术路线此消彼长。竞争延续到了1960年代，最终由苏联科学家提出的托卡马克方案异军突起，效果惊人，国际聚变界的重点研究方向随之转向了托卡马克。

攻坚克难的核聚变人

当世界的可控核聚变研究如火如荼时，中国“人造太阳”的建设也没有掉队。早在1955年，钱三强和刚留美归来的李正武等科学家便提议开展中国的“可控热核反应”研究，这与国际社会关注核聚变几乎同步。

1965年，根据国家“三线”建设统一规划，在四川省乐山市郊区，建立了当时中国最大的核聚变研究基地——西南物理研究所，这也是中核集团核工业西南物理研究院（以下简称“核西物院”）的前身。

而中国核聚变研究史上的重要里程碑，当属1984年中国环流器一号（HL-1）的建成。这是中国核聚变领域的第一座大科学装置，它为中国自主设计、建造、运行“人造太阳”培养了大批人才，积累了丰富经验。

上世纪80年代，作家莫然曾造访位于108级石梯之高的荒山上的研究所。据她回忆，刚搬迁至乐山时，所里条件简陋，可谓一贫如洗。研究者缺乏住所，甚至只能睡在帐篷里。但中国可控核聚变研究的“摇篮”恰恰是诞生在这样艰苦的环境中，这离不开研究者开荒拓土、筚路蓝缕之功。正如莫然所说：“尽管研究所的房间就像山洞一样，但我们的科学家具有舍己的奉献精神，就在那样的环境中，他们制造出了‘中国环流器一号’，光设计图纸就有3层楼那样高。”

从此，中国磁约束聚变一步步从无到有，从小到大，从弱到强。1995年中国第一个超导托卡马克装置HT-7在合肥建成；2002年中国建成第一个具有偏滤器位形的托卡马克装置中国环流器二号A（HL-2A）；2006年，世界上第一个全超导托卡马克装置东方超环（EAST）首次等离子体放电成功……（陈香雪）

“人造太阳”离圆梦又进一步（下）

——揭秘中国可控核聚变

山西科技报 2020.1.9

而预计 2020 年投入运行的“中国环流器二号 M”装置将成为中国规模最大、参数最高的磁约束可控核聚变实验研究装置，其等离子体体积为中国现有装置的 2 倍以上，离子温度将达到 1 亿摄氏度以上，可将电流从中国现有装置的 1 兆安培提高到 3 兆安培。

作为一个历经多年研制的实验项目，中国环流器二号 M 精细的部件工艺很多都是前无古人的创造。就像在装置设备“真空室”中，许多细小的误差是现有检测仪器所无法感知的，很多时候甚至需要自主开发新的检验设备，因为连尘埃般大小的缺陷都会影响最终的实验结果。

为了保障中心柱这个高约 2 层楼、重约 80 吨的装置设备在移动过程中不受磕碰，且安装精度不超过 0.1 毫米偏差，二号 M 装置线圈团队在 1 个月内做了十几种方案，短短 2 分钟的路程，研究团队最终耗费了近 9 个小时才成功完成搬运。“移动中，大家像呵护宝贝一样。”项目线圈组负责人刘晓龙说，“还不错，我们成功了。”

“既然把任务交给我们这个团队了，我们就有义务把事情做好，给中核集团、给核工业乃至国家一个交代。”中国环流器二号 M 装置项目经理刘永的话掷地有声。

可控核聚变研究非常困难，难到什么程度？钟武律给我们做了一个比较：“世界上第一颗原子弹爆炸以后，不到十年核裂变就实现了和平利用，建成了核电站。科学家们想，氢弹成功以后，应该也用不了多长时间就能够实现核聚变的和平利用，实现可控核聚变。但后来的研究发现，并没有那么简单，它需要全世界的科学家一起来努力完成。”

于是就有了 2006 年国际热核聚变实验堆（ITER）计划的签署。由中国、美国、欧盟、俄罗斯、日本、韩国和印度七方参与，计划在法国南部普罗旺斯地区共同建造一个世界上最大的托卡马克装置。ITER 是目前全球影响最深远且最大的国际合作项目之一，也是中国以平等身份参加的最大国际科技合作项目。其中，中国承担了大概 9% 的采购包研发任务。

“我国这些年磁约束聚变研究进展得益于参加 ITER 计划。”段旭如说，比如中国环流器二号 M 在设计建造过程中，通过与国际上现有托卡马克装置的交流学习，吸取了许多设计建造与运行托卡马克的成功经验。

钟武律还举了核西物院研发 ITER 第一壁采购包半原型部件的例子。“这是中国团队承担的一份高难度任务。当时世界上满足 ITER 第一壁特殊材料要求的只有美国。我院的科研团队联合国内有关单位通过十多年的努力，不仅在特殊材料的制备上，而且在焊接工艺等多项技术上取得了突破，2016 年成功研制的 ITER 超热负荷第一壁半原型部件在国际上率先通过认证，也让中国在这个技术上达到世界先进水平。”钟武律说，“目前中国承担的 ITER 采购包，不管是在研发进度还是在完成质量方面，都处于七方的前列。在国际聚变舞台上，中

国有了更大的话语权。”

对中国可控核聚变实力的认可，还在不断升级。2019年9月30日，ITER 主机安装一号合同在北京签约，由中核集团牵头的中法联合体中标该工程。这个工程安装的是 ITER 装置最重要的核心设备，其重要性相当于核电站的反应堆、人体里的心脏。这是有史以来中国企业在欧洲市场中标的最大核能工程项目合同。

ITER 组织总干事比戈说：“我们很高兴找到了高素质的积极的合作伙伴来完成这项工作。我们期待着与世界知名的行业专家合作，按时、按规格安装世界上最具挑战性、最有前途和最重要的科学设备之一。”

“通过国际竞标拿到了 ITER 项目最核心部分的安装工程，证明我们的团队在世界上是领先的。”中核集团董事长余剑锋豪情满怀地总结道，“这也标志着我们国家在核电事业，在核能工程的建设安装方面，达到了世界先进水平。”

太阳能电池板回收技术获突破

青海科技报 2020.1.8

近日，国家电网青海省电力公司光伏产业太阳能电池板回收技术研究取得新突破，实现废弃太阳能电池板规模化、低能耗、低成本资源化处理和回收利用，对促进新能源发电产业健康可持续发展具有积极意义。该项技术具有环境污染小、能耗低、经济收益高等特点，具有广阔的应用空间，可为我国废弃太阳能电池板环保回收提供新的解决思路，有利于促进我国太阳能电池板资源化回收利用。（据中新社）

全球高分辨率地表太阳辐射数据集上线

中国科学报 2020.1.14

本报讯 1月10日，中国科学院青藏高原研究所国家青藏高原科学数据中心（以下简称数据中心）研制的全球高分辨率地表太阳辐射数据集正式上线，用户可免费下载自1983年7月至2017年6月高分辨率（10公里，3小时）的地表太阳辐射数据。这是目前我国发布时间序列最长的地表太阳辐射数据。该成果以数据论文形式发表于《地球系统科学数据》。

该数据集可为冰川、水文、生态和农业等地表过程模拟研究提供基础数据，改善制作与地学相关模型的陆面驱动数据集，为太阳能应用领域（太阳能电站选址和太阳能应用系统评估等）提供数据支持。

地表太阳辐射是地球系统的主要驱动因子，驱动着地球系统的能量、水和碳循环。它是地表水文、生态、农业等陆表过程模拟的重要驱动数据，同时也是太阳能利用的重要指标。发展长时间序列、高分辨的地表太阳辐射数据集，对于地表过程的研究、太阳能电厂的选址、能源政策的制定和电网系统配置的优化等至关重要。自2018年起，数据中心开始筹划制作全球高分辨率地表太阳辐射数据集。

数据中心副研究员唐文君及合作者，基于最新国际卫星云气候计划—全球高分辨系列云产品、再分析数据以及 MODIS 气溶胶和反照率等产品，利用改进的物理算法，生产了全球高分辨率（10 公里，3 小时）地表太阳辐射数据集。通过验证并和其他全球卫星辐射产品比较表明，该数据集的精度通常比国际上通用的国际卫星云气候计划—通量数据集、全球能量与水循环实验—地表能量收支及云和地球辐射能量系统全球卫星辐射产品的精度率要高。

据悉，后续基于最新的云产品，数据中心还会继续更新该数据集。（柯讯）

新型热电纳米天线可收集太阳能

中国科学报 2020.1.15

利用纳米设备捕获可见光和红外辐射是收集太阳能的一个重要方面。日前，墨西哥科学家在《纳米光子学》杂志上展示了一种用于收集太阳能的新型热电纳米天线，其产生的热电电压比经典的偶极子纳米天线大三倍。

据介绍，该纳米天线是双金属的，使用镍和铂，并使用电子束光刻制作。科研人员在将它们的热电电压与经典的偶极子纳米天线进行比较时，纳米天线的效率是传统的 1.3 倍。此外，新型热电纳米天线的阵列也是收集余热能源的良好选择，可用于从废热收集能量、传感和太阳热能收集等许多领域。（李木子）

新方法实现钙钛矿单晶发光颜色调控

中国科学报 2020.1.6

本报讯（记者刘万生 通讯员孙祺）近日，中科院大连化学物理研究所研究员金盛烨团队在正二价锰离子掺杂的单一钙钛矿微晶中，通过改变激发条件，成功实现了连续、可逆、宽范围、高稳定性的发光颜色调控，发现锰离子掺杂钙钛矿单晶荧光动力学调控机理。研究成果发表在《美国化学会志》上。

钙钛矿材料因其相对稳定的理化性质、较高的荧光量子产率和连续可调的半导体能带结构等优点，在发光器件等领域表现出极大的发展潜力。此前，关于钙钛矿材料发光颜色调控的研究，主要集中于控制纳米晶生长尺寸以及调整材料卤素离子的种类和相对比例上。然而，在这些材料中，荧光发射波长与其结构组成一一对应，如需对发光颜色加以调节，则需要改变材料的化学组成，或需要同时使用多种材料实现发光颜色的调控，给实际应用带来不便。

研究人员首次报道了正二价锰离子掺杂单一钙钛矿的微晶，通过内部能量转移过程，实现了激子（蓝色）和正二价锰离子（橙色）的双波长荧光发射。此外，利用时间分辨光谱和温度依赖性实验，证实了正二价锰离子在掺杂单一钙钛矿微晶中，激子向正二价锰离子的能量转移是通过一些浅缺陷态作为媒介实现的，在高激发功率下正二价锰离子荧光强度的饱和来源于这些缺陷态的饱和。该材料在空气中表现出了较高的光稳定性，可实现超过 14 小

时、300 次以上的连续可逆光谱调节操作。

考虑到其颜色连续、可逆、宽范围调控的发光特性和光稳定性，正二价锰离子掺杂单一钙钛矿微晶有望在微纳发光器件中得以应用。

高效稳定的二维层状钙钛矿来了！

为钙钛矿太阳能电池商业化铺路

中国科学报 2020.1.22

美国曾有科学家预测，以新型钙钛矿为原料的太阳能电池转化效率或可高达 50%，是目前市场上太阳能电池转化效率的两倍，这将大幅降低太阳能电池的使用成本。几年前，钙钛矿太阳能电池被《科学》评为年度国际十大科技进展之一，研究热度也随之攀升。

日前《自然—光子学》发表了一篇论文，介绍了科研团队在高效稳定层状钙钛矿太阳能电池方向的重要进展，这项研究由吉林大学、南京工业大学、西北工业大学的多位学者共同完成。

一支高效的合作团队

除了吉林大学材料科学与工程学院教授张立军，这篇论文的通讯作者还包括南京工业大学先进材料研究院教授陈永华，中科院院士、西北工业大学柔性电子研究院教授黄维，记者翻阅了相关论文后发现，这 3 位合作者在近一年时间内先后发表了多篇论文。

2019 年 4 月，陈永华和黄维团队在 Chem 期刊上刊发论文，报道了空气中简单一步法制备高效率钙钛矿太阳能电池的方法。

“通过实验研究，我们采用了新型离子液体溶剂醋酸甲胺（MAAc）来制备高效稳定的钙钛矿太阳能电池。”陈永华告诉《中国科学报》，离子液体钙钛矿光伏技术具有效率高、稳定性好、易放大、一步成膜、环境友好等突出的优点，是极具潜力的新型光伏制备技术。这篇论文发表之后得到了学术界和产业界的高度关注。

基于该项突破，陈永华和黄维团队继续采用离子液体 MAAc 作为溶剂，制备了高效稳定的二维层状钙钛矿，成为离子液体应用在钙钛矿领域的又一突破。

陈永华表示，相对于三维钙钛矿，二维层状钙钛矿的优势包括提高的耐湿性、优异光稳定性和热稳定性、超低的自掺杂行为和显著降低的离子迁移效应等。

这一观点在 2019 年 8 月发表于《科学》的另一篇论文中得到证实。张立军也是这篇论文的通讯作者之一，论文是关于三维全无机钙钛矿以及其在太阳能电池领域的应用。他告诉记者：“相对于三维钙钛矿，二维层状钙钛矿的优势更显著，正在成为钙钛矿太阳能电池的研究热点。”

一个有意思的实验

2017 年，在一次钙钛矿学术研讨会的间隙，陈永华与张立军交流了最新的研究工作，并向其介绍了一个有意思的实验。

“我们在合成层状钙钛矿时，尝试用其他有机胺分子替换常用的丁胺分子，并发现用含有硫原子的有机胺分子2—（硫代甲基）乙胺时，得到的钙钛矿薄膜形貌质量都特别好，制成太阳能电池器件后光电转换效率也很高。”陈永华告诉张立军，但这背后的微观机制并不清楚，希望能与他们团队在理论计算上开展合作。

于是，张立军带领学生虞士栋开展了基于量子机制的第一性原理计算模拟。他指出，研究难点在于二维钙钛矿尤其是基于含硫原子有机胺分子的二维钙钛矿，进行计算模拟非常复杂，没有实验结果的直接支持，不知道哪个原子构型是能量最低的基态。

由于计算量非常大，研究人员进行了很多原子构型尝试，最终确立含硫原子有机胺分子的能量最低构型，后续结合能量稳定性和电子结构特征的分析，解释了其背后的半导体物理机制。

张立军介绍，高效率钙钛矿太阳能电池的效率已经可以和传统的硅基太阳能电池相比拟，并在太阳能发电领域有极具潜力的应用前景。目前，科研团队正在努力将钙钛矿卤化物材料应用于其他领域，比如发光、柔性电子等。

他还表示，钙钛矿太阳能电池商业化应用正面临两个严峻挑战：材料和器件的稳定性以及含铅带来的毒性。“二维层状钙钛矿可以提升材料和器件的稳定性，我们当前的工作将为其提供一个新思路。”

一条柳暗花明的研究之路

在陈永华与张立军团队开展实验与理论结合的深入研究的同时，黄维从实验设计、定期的讨论、文章撰写等方面对论文进行了全方位的指导。

陈永华回忆道：“在各方的支持下，从实验想法提出、取得阶段性成果、文章投稿，到文章顺利接收，历时3年多，一路走来不容易。”

为了验证实验数据的可靠性，需要把器件送至具有资质的第三方进行检测认证，陈永华没想到这个过程是最艰难的。“困难来自于我们对认证工作的不熟悉。”

陈永华还记得第一次去认证测试时，由于没有任何经验，器件完全测不出效率。“接连几次的认证失败后，我们反复讨论、思考每一个步骤，找问题、寻根源。”

最终，科研团队发现问题出在器件结构、测试夹具以及衬底电极图案的设计上。陈永华说：“找到问题根源后，我们在最短的时间内更新了设计图纸、测试夹具等，最后拿到了第三方认证。”

而寻找并且设计出能够稳定钙钛矿结构的有机胺分子是制备层状钙钛矿电池的最大挑战。在一个个分子尝试、选择以及器件制备过程中，层状钙钛矿太阳能电池的效率在几个月的时间内就从12%提升到了17%。

“电池效率的迅速提升，也给了我们巨大的压力。”陈永华说，“在这个过程中我们发现，杂原子的引入可以增强钙钛矿器件的稳定性，但是效率相比于报道有很大的差距，在经历多次失败之后，我们的效率提升到了18%以上，这在当时是一个破纪录的效率。”（沈春蕾）

植物能高效吸收钙钛矿太阳能电池中的铅

但在大规模使用该材料前应更系统调查其环境影响

科技日报 2020.1.23

科技日报北京1月22日电（记者张梦然）据英国《自然·通讯》杂志21日发表的一项环境学报告，德国科学家开展的一项分析研究显示，与人类活动造成的土壤铅污染相比，来自钙钛矿太阳能电池的铅进入部分植物体内的效率是前者的10倍。

杂化卤化物钙钛矿可以制备高效的太阳能电池，同时具有性能优异、成本低廉、商业价值巨大的特点，因而备受关注。现在，利用钙钛矿型的有机金属卤化物半导体作为吸光材料的太阳能电池，被视作第三代太阳能电池（第一代主要指单晶硅和多晶硅太阳能电池，第二代则主要包括非晶硅薄膜电池和多晶硅薄膜电池），也称作新概念太阳能电池。

目前认为，钙钛矿太阳能电池的理论研究还有待加强。另外，虽然有计算显示，钙钛矿薄膜中铅的重量比小于0.1%——低于许多国家设定的安全限值，但这些铅的环境影响，一直以来尚不明确。

德国亥姆霍兹柏林材料与能源中心科学家安东尼奥·阿白提及其同事，在实验室中将薄荷、辣椒和甘蓝植物培养在受到铅基钙钛矿污染的土壤中，并测量它们吸收铅元素的能力。结果发现，钙钛矿中铅的生物利用度是其他铅污染源中铅的10倍。

在另外开展的一系列实验中，研究团队发现，如果将这些电池中的铅换成锡，最终植物对锡的摄入量则低于联合国粮农组织设立的最大耐受量。研究人员指出，在大规模部署这种材料前，应对不同成分的钙钛矿的环境影响展开更系统的调查。

英研发光伏发电存储组合装置

参考消息 2020.1.23

【英国广播公司网站1月21日报道】题：英国公司发明新式太阳能发电和存储装置
(记者 克莱尔·希尔德)

一家公司目前正在为英国开发一种新的太阳能联合发电和存储方式。

它将薄、软、较轻的太阳能板与储能材料结合起来，为建筑物供电或为离网车辆充电。

开发这种装置的索利武斯公司计划用太阳能材料覆盖大型工业建筑的屋顶。这些建筑包括超市仓库和快递公司配送中心。

不过，索利武斯公司还计划制造供家庭使用的太阳能装置或“弧形体”。

其目标是创建本地的可再生能源，让居民和企业拥有自己的电力供应，并帮助英国实现到2050年温室气体净排放为零的目标。

这种太阳能材料是一种碳基薄膜，该公司称之为“有机光伏”。它是一种吸收阳光、产生能量的材料。

该公司说，这种薄膜的重量只有传统薄膜的十分之一，不含稀土或有毒材料，而且寿命可达 20 年。

该公司说，其在实验室中的效率约为 13%，但随着温度在自然光照下持续升高，其效率保持稳定。

这个发电和存储组合装置的发明者是拥有生物科学背景的乔·帕克-斯威夫特，她已经建立、发展并出售了两家企业。

索利武斯公司的中期计划是，于 2021/2022 年在英国大型商业地产和体育场安装薄膜装置。

他们预计，1 万平方米的屋顶将提供大约 1 兆瓦的能源——可能足以供给一幢公寓供电。

该公司还在与曼彻斯特大学石墨烯工程创新中心合作，研究石墨烯能否发挥作用。

石墨烯是一种只有一个原子那么厚的强大的 2D 材料，它能有效地导热和导电。

下一步更温和——太阳能电池板已被安装在一座农场建筑上。

而且这种薄膜已被塑造成“弧形”，设计目的是吸收更多的光线。

预计一个机组将是一个 1 千瓦的系统，每年可供电 1000 千瓦时。英国萨里大学的研究人员正在评估公众对这一想法和设计的反应。

英国拉夫伯勒大学可再生能源系统技术中心的迈克尔·沃尔斯教授说，建筑物使用轻型光伏电池的概念“令人兴奋”，因为它为太阳能开辟了新的应用领域。但也存在经济和实际障碍。

目前柔性光伏产品市场的规模远远小于传统刚性太阳能电池板市场，这意味着柔性光伏产品的制造商无法像刚性太阳能电池板制造商那样实现规模经济。

沃尔斯说，一些柔性太阳能薄膜还出现了水渗入涂层并最终导致降解的问题。

他说：“如果他们能以合理的价格出售产品，并避免技术问题，那将是很了不起的事情，但存在许多挑战。”

五、地热能

沉睡在青藏高原的清洁能源——干热岩

青海科技报 2020.1.8

煤炭、石油、天然气等传统化石能源作为主要能源供给引发的环境问题日益显著。《世界能源中国展望》显示，到 2020 年，能源供需缺口将达到 7.39 亿吨标准煤。随着传统化石能源供给减少，届时每年约 10 亿~15 亿吨标准煤的资源量将由非化石能源提供。

在这种形势下，一种沉睡于我们脚下、储量巨大的清洁能源——干热岩，进入我们的视野。

绿色 稳定 高效

干热岩对很多人来说是个新鲜词，但是对其的试验研究和开发利用已经有了 40 多年的

历史。中国地质大学地球科学学院教授李德威介绍说，干热岩作为一个概念，有不同的界定，目前比较认同的定义是“一种不含水或蒸气、埋深为3~10公里、温度为150℃~650℃的致密热岩体。”

干热岩的形成与地球的结构有关。我们知道，地球是由地壳、地幔和地核组成的，地核的半径大概在3500公里左右，而地核是由铁和镍这样一些金属，在7000℃形成的炽热的熔浆，其热量向上传导，穿过地幔会接近到地壳，而地壳不含水等流体或者流体极少的岩石层就会获得高温能量，就形成了干热岩。李德威指出，干热岩有广义和狭义之分，前者着眼于其形成的科学原理，后者则强调其作为地热能发电的经济性和可行性，将其范围进一步缩小，定位为相对容易开发的地下8公里深以内、温度为200℃~350℃等类型的岩石。中国地质科学院水文地质环境地质研究所研究员王贵玲持有类似看法，他指出，从理论上说，随着地球向深部的地热增温，任何地区达到一定深度都可以开发出干热岩，因此干热岩又被称为是无处不在的资源。但就现阶段来看，由于技术和手段等限制，干热岩资源专指埋深较浅、温度较高、有开发经济价值的热岩体。

干热岩形成原理决定了它是一种丰富的可再生清洁能源。其开发过程不仅可以做到安全、环保，而且高效节能。就发电而言，只需在初期钻井时投入，之后就可靠自身能量运转。

沉睡在青藏高原的干热岩被发现

虽然干热岩无处不在，但受限于当前的技术和成本，开发埋深较浅、温度较高地区的干热岩具有更高的经济价值。因此，干热岩开发多着眼于新的火山活动区或地壳较薄的区域。这些地区由于位于全球板块或构造地体的边缘，活动剧烈，是地球释放内部能量的主要区域，地热资源十分丰富。

我国的青藏高原是现阶段世界上构造活动最为强烈的地区之一，珠穆朗玛峰在逐年升高，此处的地热资源非常可观。著名的羊八井地热田就位于青藏高原地区。我国滇西地区及台湾中央山脉两侧，分别处于印度板块与欧亚板块、欧亚板块与菲律宾板块的边界及相邻地区，均是当今世界上地质活动最强烈的地区之一，是我国未来干热岩开发的优选地段。

2014年，青海省地质勘查人员在共和盆地成功钻探揭露温度高达236℃的干热岩，储量相当于17万亿吨煤，这是我国首次发现大规模干热岩资源，这一突破，甚至将改变能源利用的版图。

据介绍，青海地热资源富集，目前已发现水温在15℃以上的地热和地热异常点达84处，在全省6州2市均有分布；2017年在共和—贵德盆地首次钻获236℃优质高温干热岩体，为全国首次重大发现，对我国干热岩勘查开发利用具有重要的引领和示范作用。

去年6月4日，中国石化集团公司承担的青海共和GR1井作业开工，标志着由中国地质调查局、青海省政府、中国石化共同合作的青海共和干热岩科技攻坚项目正式启动。曹耀峰院士认为，青海共和盆地干热岩科技攻坚战的启动标志着我国干热岩资源科技攻关从室内试验正式进入了场地开发阶段。

去年10月28日，设在我省环境地质勘查局的青海省乃至我国首个以干热岩等地热资源调查勘探开发研究为主要方向的院士工作站——“青海省环境地质勘查局多吉、武强院士工作站”揭牌成立，及青藏高原东北部深部地热—干热岩勘查开发利用高级研修班的举行，以登高望远和自信开放的视野集中地热—干热岩领域专家学者的智慧，聚焦青海地热—干热岩事业这一中心目标，这是良好的开端和具体的行动。而干热岩作为一种新型地热资源，其勘查开发技术的进步将会推动其商业化进程，进而有望助力能源结构变革，为建设天蓝、水绿的美丽中国作出贡献。（本报综合）

国家地热干热岩技术创新平台培育基地通过评估

中国自然资源报 2020.1.13

本报讯 目前，由中国地质调查局水文地质环境地质研究所、中国地质科学院地球深部探测中心等联合建设的国家地热干热岩技术创新平台培育基地，通过了自然资源部科技发展司及中国地质调查局组织的专家评估。

国家地热干热岩技术创新平台培育基地依托水环所建设，并入选自然资源部优先推进的9个国家级技术创新平台。该培育基地在建设期（2016～2019年），聚焦干热岩技术创新，注重水热型及浅层地热能开发利用技术研发，打造优势互补、利益共享的政产学研用协同创新模式，建设了京津冀地热资源梯级综合开发利用（献县）、严寒地区浅层地温能示范工程（长春）和浙江陆博热泵等6个研发生产基地。该基地积极发挥地热科技引领支撑作用，荣获5项省部级科技奖，制定7项行业标准，培育了地热资源调查评价与开发利用、地热干热岩探测、地热干热岩开发、地热干热岩勘查开发装备等4个高水平技术研发团队，其中1个团队入选自然资源部高层次创新型科技人才培养工程。

下一步，培育基地将进一步联合国内优势单位，优势互补，加大科技创新投入，加强装备和人才建设，扩大成果服务范围，推进地热规模化利用和高质量发展，打造具有核心技术 and 综合竞争力的国际一流技术创新平台。（原若溪）

六、海洋

广东加快发展海洋六大产业

推动海洋经济高质量发展，全面建设海洋强省

广东科技报 2020.1.3

本报讯记者 冯海波）到2021年，我省海洋六大产业发展指标体系建立健全，产业高质量发展取得显著成效，实现产业增加值1800亿元左右，年增速达20%以上，占全省海洋生产总值达8%以上，打造2~3个产值超千亿元级的产业集群，成为我省现代化沿海经济带建设和粤港澳大湾区发展的重要引擎……近日，省自然资源厅、省发展和改革委员会、省工

业和信息化厅联合印发《广东省加快发展海洋六大产业行动方案（2019－2021年）》（下称《行动方案》），提出把海洋作为高质量发展的战略要地，培育壮大海洋战略性新兴产业，加快发展海洋电子信息、海上风电、海洋生物、海洋工程装备、天然气水合物、海洋公共服务六大产业，推动我省海洋经济高质量发展，全面建设海洋强省。

发展海洋电子信息产业，推进海上风电项目建设

在发展海洋电子信息产业方面，《行动方案》提出，将突破一批水下电子信息核心技术，提升船舶海洋工程电子设备研发制造水平，打造海洋电子信息集群化示范基地。在深圳等市规划布局新型海洋电子信息产业示范园区和孵化基地，突破水声组网通信、电磁感知等关键核心技术，培育一批涉海电子信息装备技术领先的龙头企业。发展以船舶和海洋钻井平台为载体的水面电子信息产业，重点推动电子设备的国产化、高端化、智能化。支持开展舰船智能终端、船用导航雷达、船舶海洋工程电子设备及系统的研制与开发。以广州、深圳市为核心，积极引进海洋电子信息领域国际知名企业，打造支撑全省海洋电子信息产业发展的创新高地和示范基地。围绕南海深海资源勘探开发，在广州、深圳等市规划布局深海研究基地，重点发展海洋遥感与导航、水声探测、深海传感器、无人和载人深潜等关键技术和设备。

《行动方案》明确，广东将建设珠三角海上风电科创金融基地，建设粤西海上风电高端装备制造基地，建设粤东海上风电运维和整机组装基地。推进珠海、惠州等市海上风电项目建设。支持国内外风电科研机构、整机和关键零部件配套企业组建风电设备研发联盟、工程实验室和研发中心。推动建设广东海上风电大数据中心。依托广州南沙新区、深圳前海新区、珠海横琴新区、中山火炬高技术产业开发区等国家级平台发展海上风电金融产品，培育和创新海上风电金融业务。推进阳江、湛江等市海上风电项目建设：依托阳江海上风电产业基地，建设海上风电培训中心。依托粤西地区海上风电项目的规划布局，选址建设专业化、规模化海上风电总装与出运码头，打造南中国海海上风电装备出运母港。推进揭阳、汕尾、汕头等市海上风电项目建设：在汕头市建设海上风电整机组装基地。在揭阳建设海上风电运维基地，并配套一定规模的海上风电整机组装产能。在汕尾建设海上工程及配套装备制造产业基地。

发展海洋生物产业，打造高端海洋工程装备产业集群

根据《行动方案》，广东将搭建海洋生物产业服务平台，推进海洋生物医药重点领域研发及应用推广，打造海洋生物产业集聚区。一方面，开展海洋生物基因、功能性食品、活性物质、疫苗和基于生物基因工程的创新药物技术攻关。加快广州、深圳、湛江等市海洋生物医药研究技术管理平台和创新孵化器建设。同时，建设海洋生物医药中试平台和海洋生物基因种质资源库。加快广州南沙国家科技兴海示范基地、深圳国际生物谷大鹏海洋生物园建设，推动珠海、东莞、中山等市生物科技基地和产业园发展，支持粤东、粤西地区海洋生物产业集聚发展。此外，加快应用现代化工业装备开展深远海养殖，推动建设珠海、汕头、阳江、湛江等市深水网箱养殖产业群。

《行动方案》也提出，广东将搭建海洋工程装备产业科技创新平台，发展高端海洋工程装备产品，打造高端海洋工程装备产业集群。支持在深圳、珠海、中山等市建立智能海洋工程装备研发中心，推动广州国家级智慧海洋创新研究院建设。推动深圳海洋工程装备国家级海试基地、珠海无人艇与智能船舶测试和评估体系海上综合测试场建设。

加快天然气水合物开发总部基地建设，发展海洋公共服务产业

在天然气水合物产业方面，广东将加快勘查开采先导试验区建设，加强核心技术攻关，建设基础设施配套基地。以广州、深圳市为核心，加快推动我省天然气水合物开发总部基地、支持服务基地、技术研发基地、集成配套基地、总装基地等基础设施建设。

在海洋公共服务产业方面，广东将推动海洋观测与监测服务，开展海洋灾害调查、海洋灾害风险评估与区划、重点防御区划定试点和隐患排查等工作。加强海洋生态资源调查、海洋观测预报、海洋环境监测质量控制和信息产品开发，构建海洋环境实时在线观测监测网络体系。同时，创新海岸带资源智慧管理服务。建设海岸带生态物联网，推进海岸带自然资源数字化建设。开发面向海岸带资源管理的动态监督、分析评估等智能辅助决策等符合全省“数字政府”建设规划要求的系统。此外，加强海洋强省战略等专题研究。围绕粤港澳大湾区建设和打造现代化沿海经济带，重点开展海洋基础调查、海洋空间资源承载能力、海洋规划体系、海洋经济高质量发展、海洋生态修复技术等战略性、基础性研究，强化支撑管理决策咨询能力。

《行动方案》也提出，广东将强化技术创新，依托“广州－深圳－香港－澳门”科技创新走廊“十核多节点”等科创载体的部署，加快南方海洋科学与工程广东省实验室建设，推进省海洋实验室与省技术创新中心的衔接与融合，辐射形成更加完善的海洋六大产业创新生态。支持广东海洋创新能力建设，打造广东省海洋科技协同创新中心等科技创新平台。培育布局高价值专利，补齐海洋产业创新体系短板。落实技术转移转化补助政策，建设广东海洋技术交易中心和海洋科技成果储备库，促进海洋技术转移和成果转化。

七、氢能

多地积极打造“氢能港口”——

港口有望成氢能规模化应用“重镇”

中国能源报 2020.1.6

核心阅读

一方面，基于改善港口排放的现实目标，港口装备设施、车辆、周边工厂等对清洁燃料有巨大需求；另一方面，港口的资源条件使其具备发展氢能的天然优势，沿海工业区可以提供氢源，以成本优势集中布局加氢基础设施，形成从制氢、储运到应用的完整产业链。

日前，在2019中国（天津）氢燃料电池汽车发展高峰论坛上，天津港保税区管委会相

关负责人表示，下一步，天津港将依据天津市氢能产业发展行动方案，制定产业扶持政策，打造氢能发展示范区。

天津港并非个例。放眼全国，氢能成为“风口”之际，在政策扶持和港口资源的加持下，转型成为氢能港口正成为一股潮流。业内人士表示，转型氢能港口，可以通过规模效益降低成本，率先实现氢能商业化应用示范，加速实现氢能产业的规模化发展。

多地部署“氢能港口”规划

2019年6月，国际能源署（IEA）发布了氢能专题研究报告《氢的未来：抓住今天的机遇》，提出可以“充分利用现有的工业港口，将其转变为低成本、低碳氢的枢纽。”

报告认为，一方面，基于改善港口排放的现实目标，港口装备设施、车辆、周边工厂等对清洁燃料有巨大的动力需求；另一方面，港口的资源条件使其发展氢能具有得天独厚的优势，沿海工业区可以提供氢源，以成本优势集中布局加氢基础设施，形成从制氢、储运到应用的氢能产业链完整体系。

目前，在全球范围内，美国、日本、西班牙等国的资源型或综合型港口，都相继加入转型氢能港口的行列。美国长滩港和洛杉矶港参与燃料电池拖车和物流车试验，并布局加氢站和氢燃料重卡；荷兰格罗宁根海港、阿姆斯特丹港和登海尔德港三港合力，欲打造欧洲氢能港口枢纽；西班牙瓦伦西亚港推行 H2Ports 试点项目，计划打造成为欧洲首个采用氢能源港口。

与此同时，国内多个港口也陆续发布规划进行相应布局。2019年11月，山东青岛港全自动化码头（二期）投产运营，打造全球首个“零排放”的氢动力自动化港口。据了解，青岛港投用氢动力自动化轨道吊，轨道吊采用氢燃料电池加锂电池组的动力模式，为全球首创。

张家港氢云新能源研究院院长魏蔚告诉记者：“氢能港口概念在国外已经兴起，我国则是2019年刚刚提出。目前，宁波、青岛、天津等典型港口城市正在往这个方向发展，同时，燃料电池重卡和码头牵引车的突破也加快了氢能港口建设进程。”

港口应用场景与氢能高度匹配

IEA 报告指出，全球大部分制氢地，如化工厂、丙烷脱氢厂等都集中在沿海工业区。在欧洲北海，北美洲的墨西哥湾沿岸和中国东部沿海，这些潜在的氢气生产基地可为港口服务的船舶和卡车提供燃料，并为附近的其他工业设施（如钢铁厂）供电。

新兴产业研究和顾问公司 TrendBank 势银董事长兼 CEO 唐蔚波此前在“燃料电池的多领域应用案例论坛”上表示，港口不仅是集装箱的集散地，也是氢能的集散地，氢是唯一气的电热能源载体，可储能，可以液氢的形态进行储运，适宜在港口建立液氢的接收和储存设施。

“港口区域有限，在这个有限区域里有大量的副产氢以及动力系统的应用需求，是非常适合氢能燃料电池车示范应用的地方，可针对氢气的制、储、运全流程进行示范验证和反馈。”唐蔚波进一步表示。

魏蔚对此表示赞同：“绝大多数港口不仅是车辆集中区，同时也是氢源聚集地。港口重

卡车辆集中，且都是柴油车，是空气污染的重灾区，因此，用清洁的氢燃料电池车替代港口的柴油重卡车辆是港口实现清洁化、低碳化的主要方向之一。”

与此同时，魏蔚认为，从产业链的角度看，在港口发展氢能有一定的便利性和经济性。“在内陆地区，车辆运营路线分散，需要的加氢站数量多，且必须位于运营路线沿途，所需投资大、建站布局困难。相比之下，港口由于车辆相对集中，对加氢站密度的敏感性降低，建1-2个大规模加氢站就可以覆盖所有车辆的运行范围，满足各种车型加氢需求。此外，工业用地也为加氢站的审批流程提供了便利。”魏蔚称。

亟需氢能重卡等配套装备支撑

目前，多地有转型氢能港口的资源和意愿，但需要氢能技术和装备作为支撑。

此前，国家电投集团发布14项科技成果，包括研制出百千瓦氢燃料电池金属电堆。新研制的百千瓦氢燃料电池金属电堆对于打通氢能产业链关键环节、促进氢能产业发展起到了重要的推动作用。

除了国家队领衔研发外，国内各厂商也正在快速推出氢能重卡产品。日前，由潍柴动力、中国氢能联盟、国家能源集团联合研发的首台国产200吨以上氢燃料-锂电池混合能源矿用卡车自卸车成功下线。

对此，魏蔚表示，“百千瓦功率电堆的技术突破为氢燃料电池汽车替代柴油重卡车创造了机会，重卡对氢气的消耗量大且使用频率高，氢能港口重卡车辆能够消耗囤积在港口的氢源，带动氢燃料市场降低成本，从而拉动整个产业规模化增长。港口先天的资源条件与氢能重卡产品蓄势待发相结合，将对氢能产业的整体发展产生巨大推动力。”（仲蕊）

PERC 光伏技术缘何受青睐

中国能源报 2020.1.6

当前，PERC光伏组件生产线几乎已经成为主流组件制造商的标配，其效率比传统组件高1%或更多。据分析，PERC组件未来三年的市场占有率将大幅提高，成为主流产品。那么，究竟什么是PERC技术？

什么是 PERC 技术

PERC（Passivated Emitter and Rear Cell）电池，全称为“发射极和背面钝化电池”，是从常规铝背场电池（BSF）结构自然衍生而来。常规BSF电池由于背表面的金属铝膜层中的复合速度无法降至 200cm/s 以下，致使到达铝背层的红外辐射光只有60-70%能被反射，产生较多光电损失，因此在光电转换效率方面具有先天的局限性；而PERC技术通过在电池背面上附上介质钝化层，可以较大程度减少这种光电损失，从而提升光伏电池1%左右的光电转换效率。PERC是电池和组件组装方面的一项创新。

发展之路并不平坦

PERC电池最早起源于上世纪八十年代，1989年由澳洲新南威尔士大学的Martin Green

研究组在 AppliedPhysicsLetter 首次正式报道了 PERC 电池结构，当时达到 22.8% 的实验室电池效率。1999 年，实验室研究的 PERC 电池创造了转换效率 25% 的世界纪录。PERC 电池的实验室制备，采用了光刻、蒸镀、热氧钝化、电镀等技术。

在传统的光伏电池中，有铝金属化层，它在电池背面的整个区域进行接触。光子进入电池并激发电子，这些电子只有到达顶部发射层才能发电。较长的波长通常会激发电池底部附近的电子，这些电子很可能会重新被吸收，并且可能永远不会到达发射层，这只会导致组件发热。

PERC 电池与常规电池最大的区别在于背表面介质膜钝化，采用局域金属接触，大大降低背表面复合速度，同时提升了背表面的光反射。PERC 技术通过提高电池在较长波长下捕捉光的能力来提高效率，特别是在清晨、傍晚或多云的情况下优势明显。PERC 技术在电池和铝层之间添加了一层薄的介质层。任何穿过电池而不产生电子的光都会被这层介质反射回来。因此，这种光有第二次产生光电子的机会。

PERC 组件仍未大规模市场化

与所有新技术一样，PERC 技术也经历了一些成长的痛苦。

第一，更高的成本。由于电池有多层，在 PERC 光伏电池的制造中需要更多的步骤，从而导致更高的成本。目前，PERC 光伏组件的价格为 2 元/瓦左右。当前的有利情况是，PERC 效率的提高快于成本的增加，原材料成本也在下降，而且趋势表明，PERC 将取代传统的电池结构。

第二，受光致衰减（LID）影响。光致衰减是指组件首次暴露在光照下后功率损失的百分比。由于 PERC 电池中掺杂水平较高，因此采用 PERC 技术后，光致衰减的负面效应会增加。

业内看好 PERC 技术

当前，在全球市场上增加 PERC 技术占比的热潮已经开始，并将在未来几年继续快速增长。

对于组件制造商来说，转移到 PERC 技术生产线只需对现有电池生产线进行最小的改造，就可以轻而易举地生产出优质的产品，而无需付出大量的资本来彻底更新现有设备。

此外，采用 PERC 技术的电池板给开发商和设计师提供了更多的自由。

PERC 组件单位面积功率更高，在弱光条件和高温下性能良好。考虑到总发电量而不是峰值功率，显然 PERC 组件更优越。设计师可以利用更少的组件来实现总输出功率目标，而且占地面积更少。（孙印军）

光伏单晶炉氩气净化回收技术研发成功

中国能源报 2020.1.6

本报讯 日前，中科院大连化物所李灿院士带领团队与大连连城数控机器股份有限公司合作研发出光伏单晶炉氩气净化回收技术。该技术为光伏晶硅大规模生产提供了技术保障，填补了我国在太阳能光伏晶硅制造领域这一技术空白。

氩气在空气中含量极低（仅 0.93%），通常作为副产物从空分制氧过程中分离提取，高纯氩气生产成本较高。高纯氩气（纯度 > 99.999%）是单晶硅和多晶硅制备过程中必不可少的净化和保护气。近年来，太阳能光伏发电行业发展迅猛，氩气需求量激增，其价格持续攀升，甚至出现供不应求的局面，严重影响、甚至制约我国光伏产业的发展。国外氩气净化回收技术昂贵、且产能规模有限。因此，研发具有自主知识产权的低成本、高产能氩气净化回收技术成为亟待解决的任务。

研究人员研发出高活性、高稳定性的相关催化技术，并根据规模化光伏单晶炉氩气净化回收的工业需求，开发出成套工艺技术及其装备，中试样机于 2019 年 12 月在包头美科硅能源有限公司一次开车成功。在较温和条件下，有效消除单晶炉氩气尾气中多种杂质，净化后氩气中各种杂质浓度低于 0.5 ppm，远优于光伏晶硅生产过程的 PV6 - 1110 氩气行业标准（杂质浓度 < 10 ppm）。此技术在实际工况条件下能够同时满足至少 4 至 6 台单晶炉氩气尾气净化要求，将大幅度减少晶硅制造过程中高纯氩气的消耗量，帮助光伏企业克服氩气供给波动的影响。中试装置的开车成功，为后续量产奠定了技术基础。

该技术研发成功，进一步降低了太阳能发电成本，为太阳能光伏行业带来可观的经济效益，可有效提升我国光伏行业的核心竞争力。（钟柯）

依托氢气资源，茂名创新发展氢能产业

自“油城”迈向“氢城”

南方日报 2020.1.13

“茂名石化一年产氢量可达 80 多万吨，每年化工副产氢气量超 7 万吨。未来，东华能源茂名项目投产后，还有大量副产氢。”近日，在位于茂名高新区的中能源氢能科技公司（下称“中氢科技”）氢能源产业基地，该项目负责人表示，茂名丰富的氢能源，是吸引中氢科技选择落地茂名的重要原因。

随着各地加氢站的加速建设，新兴的氢能源会成为一片产业蓝海，也将成为茂名未来产业新星。

2019 年，中氢科技、东华能源等氢能项目相继落地茂名。在一项面对未来 10 年的产业发展规划草案中，茂名正在构建一个新的设想：充分利用本地氢气资源，建成辐射粤、桂、琼三省区的国内知名氢能产业高地，实现茂名市由“油城”向“氢城”的战略转型。

落子新资源▶▷ 氢燃料电池项目 6 月将试投产

在茂名高新区，中氢科技占地 60 亩的氢燃料电池产业示范基地正在建设项目一期厂房，计划今年 6 月试投产。

“厂房两层合计 1.6 万平米，自动化程度将非常高，60 千瓦石墨板发动机系统满产能生产可达 500 套。”中氢科技茂名项目经理蔡军哲说，一期项目将投入 10 亿元，主打的氢燃料电池面向华南地区下游汽车企业供应。

中氢科技是一家具有自主知识产权、自主制造特色的氢能产业链企业。在中氢科技产品展示厅内，蔡军哲向笔者介绍了一系列拥有自主知识产权的氢燃料电池，以及系统集成技术。蔡军哲说，中氢科技已开发出先进的36kW氢燃料电池和60kW车用燃料电池发动机，可为氢燃料汽车、长航时无人机提供从氢燃料电池、系统集成、氢气供应和加氢站运行的一站式服务。

充裕的氢气资源是吸引中氢科技项目落户茂名的重要原因。值得一提的是，今年动工的东华能源茂名项目，建成后也将副产大量廉价高纯氢气。

制定新规划▶▷ 未来10年或创百亿产值

面对氢能源产业新机遇，茂名最新一轮的顶层设计和提前布局已经开启。2019年3月22日，茂名高新区迎来中氢科技氢能源产业基地动工建设，氢能研究院揭牌成立，宣告茂名氢能源产业发展的序幕正式拉开。

与此同时，茂名对外发布了氢能源技术产业发展规划，拟在高新区建设新能源汽车产业园，打造集氢能、燃料电池、燃料电池汽车和汽车配件“四位一体”的综合性产业基地。

去年9月，东华能源的入局又给茂名氢能源产业打开一扇新窗。按规划，东华能源在茂名打造全球最大聚丙烯生产基地和新材料产业基地的同时，还将重点发展氢能源综合利用项目。

据了解，茂名面向2030年的氢能产业发展规划已在制定中，目前处于专家论证阶段。从该草案看，茂名将充分利用本地氢气资源，建成辐射粤、桂、琼三省区的国内知名氢能产业高地，实现茂名市由“油城”向“氢城”的战略转型。未来10年，氢能产业总产值将达到百亿级，成为茂名市重要的新经济增长点。

布局新产业▶▷ 以成熟产业培育新型产业

作为华南地区最大的石化基地，茂名已聚集中国石化、德国巴斯夫、法国液化空气、日本阪田油墨等一大批知名化工企业，具有良好化工产业基础和大量高技术人才。这让茂名具备优质氢源供给潜力，不仅助推本土氢能商用突破，还能辐射周边地区氢能产业发展。

如今，一场打造氢能产业链的行动已经在茂名高新区率先铺开：成立高新区氢能产业技术研究院；茂名首个加氢示范站将于今年年初开工；一组打通“氢源路径”的长输管线即将从茂名高新区铺往滨海新区……

在粤港澳大湾区加速建设的背景下，氢能产业更是站上了风口。广州、深圳、佛山等大湾区城市纷纷关注发展氢能源产业，氢能源产业也呈现出集群化的趋向与机遇。氢能源商用化取得突破的佛山高明区，已在规划中明确将茂名列入其互联互通的氢能源供应网络。

茂名建市60年来，已拥有厚实的产业发展基础。目前，石油化工、农副产品加工、矿产资源加工、特色轻工纺织、医药与健康、金属加工及先进装备制造“六大主导产业”齐发并进，氢能产业正在助推茂名新一轮产业转型升级，开启从“油城”向“氢城”进发的跨越式转变。

“以成熟产业培育新型产业是我们务实之举，在既有产业基础上发展氢能产业是我们发

展未来产业的选择之一。”茂名市委书记许志晖称，茂名力争在全国氢能产业发展布局当中占据有利地位，再一次实现茂名主导产业的华丽转身。

《中国氢能产业政策研究》成果在京发布——

探索氢能多元化应用

中国能源报 2020.1.13

核心阅读

专家认为，除在汽车行业应用外，更应关注氢能在储能方面的独特作用。储能技术有望根本改变我国的能源体系。通过发展氢储能，可带动可再生能源发展，氢能+可再生能源，可使我国整个能源体系更加绿色低碳。

近年来，氢能发展在国内外广受关注。在我国，推动加氢设施建设被写入2019年政府工作报告，探索推进氢能商业化路径，也在去年国家能源委会议上正式提出。如何立足我国国情和国家能源发展战略需要，科学谋划氢能定位？又该如何防范发展过程中的无序竞争和产能过剩风险？

在1月8日召开的“2019中国汽车影响力论坛暨《中国氢能产业政策研究》成果发布会”上，专家认为我国氢能发展已初具产业化条件，但应在发展“热”中进行“冷”思考，以氢能应用促进可再生能源发展，通过试点示范探索氢能多元化应用路径。

氢能是“四新”成员

“作为清洁能源，氢能在我们国家能源中的地位、作用在增强。”中国国际经济交流中心常务副理事长张晓强在会上指出。那么氢能在中国到底担任怎样的角色？在国经中心信息部副部长景春梅看来，它有“四个新”。

首先，氢能是我国能源体系的新成员，和电能、热能、汽柴油一起组成二次能源。

其次，氢能是能源革命的新技术。如氢燃料电池汽车上的应用，从根本上改变了全球100多年基于内燃机和石油工业体系的供应格局；氢储能和氢储运相关的技术突破，也会带动全球能源格局发生变化。

再次，氢能是绿色发展的新动能。因为氢是绿色零碳能源，作为新兴产业，热储运和燃料电池带动形成新的产业体系，同时带动燃料、装备制造以及相关高端制造业发展。

最后，全球氢能源发展非常迅猛，在贸易、产品、国际合作、标准体系建设以及国际治理机制构建方面都有很大发展空间。中国作为氢最大的产能国和市场，可将氢作为加强国际能源合作新抓手。

“发展氢能很重要，但并不能紧盯着替代现有能源。发展氢能的初始目标，不是异想天开搞出个新能源品种，而是由于我国面临环境保护、气候变化这个大问题。”清华大学教授、国际氢能协会副主席毛宗强强调。对此，多位与会专家表示赞同，认为发展氢能应立足能源结构优化，成为能源结构中的重要补充。

车是氢能发展突破口

氢能逐渐发挥越来越重要的作用，那么谁将成为氢能产业发展的“领头羊”？在中国汽车工程学会常务副理事长兼秘书长张进华看来，“汽车行业可能成为率先突破、最重要的一个行业”。景春梅也认为，可以“将车作为突破口”。

中国科学技术协会主席万钢在会上指出，燃料电池是氢能发展的关键和重点领域。目前，我国氢能和燃料电池发展面临国家层面缺乏统筹、原始创新能力较弱、管理理念滞后、制氢技术经济性有待提高、成本优势不明显、国际合作水平不高等问题。

“我们要紧紧把握能源革命和汽车产业转型升级的重要机遇，加快探索中国特色氢能和燃料电池产业发展道路，为加快推进规划引领、市场导向、政策健全、标准完备、企业主体、协同创新、开放合作、社会普及的氢能和燃料电池产业的高质量发展做出贡献。”万钢表示。

他建议，应从“坚持战略引领、坚持创新驱动、加快产业布局、坚持市场导向、坚持标准先行、扩大国际合作”六方面推动氢能和燃料电池产业发展。“深入分析当前氢燃料电池产业的技术短板和竞争优势，加速攻克基础材料、核心技术和关键部件难关，实现自主创新与高水平开放合作的协同推进。”

张进华还表示，燃料电池在汽车领域的发展进程，取决于何时解决便利、清洁、低成本的氢气供给问题。

促进可再生能源发展

氢能除在汽车行业发展被看好外，“更应该关注氢能在储能方面的独特作用。”景春梅认为，“储能技术有望根本改变我国的能源体系。通过发展氢储能，带动可再生能源发展，氢能+可再生能源，使我国整个能源体系更加绿色低碳。”

《中国氢能产业政策研究》在详细调研的基础上，全面评价了美欧日韩等国家和地区的氢能战略，并对我国氢能产业的发展现状、技术水平、地方实践和面临的问题风险进行系统分析，同样提到：“以氢能应用促进可再生能源发展。”

对此，万钢建议：“将氢能纳入国家能源战略体系，明确氢能在能源体系中的定位，开发氢能与水电、风电、光伏发电互补系统，推动可再生能源的电-氢输配协同，增加可再生能源制氢来源，不断提高绿色氢能在消费终端的占比。”

他还指出，应把握发展节奏，因地制宜地清洁利用工业副产制氢，优化氢能和燃料电池产业的整体布局，有序推进产业发展，使其各展所长，在不同应用场景中实现优势互补。

与会专家普遍认为，氢能在各方面的应用要全面展开，尽快建立健全行业监管体系和标准体系，通过试点示范探索氢能多元化应用路径。

此外，中国工业经济联合会会长李毅中认为，业界在致力燃料电池攻关的同时，也要关注氢气的来源，“只有落实了氢源，氢能产业链才是有源之水、有本之木。”他强调，制氢路径的选择要把握环保性、经济性、安全性、能效性。（武晓娟）

英国为天然气管网注入氢气试点碳减排

全国范围推广后每年预计减少约 600 万吨 CO₂ 排放

中国环境报 2020.1.10

据新华社电 英国基尔大学近日表示，鉴于氢气燃烧后只产生热量和水具有“零碳排放”的特性，校园区内已正式实施一项绿色能源试点项目，把氢气按一定比例注入天然气管网中用于供暖，有助于减少英国整体的碳排放量。

据悉，这项由英国政府支持的绿色能源项目由基尔大学与多家公司和机构合作开展。项目的设计方案是在校园区内的天然气管网中最高按体积 20% 的比例注入氢气，这种混合了氢气的天然气将输送到校园内的住宅和教学楼中用于供暖，以降低供暖耗能产生的碳排放。更为便利的一点是，使用这种新方法后，用户无须改变现有设备和管道。

“项目将有助于基尔大学成为一个运用低碳和高能效技术的实验室，且有望推动供暖相关的碳减排。”基尔大学教授马克·奥默罗德表示。

据了解，目前，83% 的英国家庭使用天然气取暖，家庭住宅和工业方面的供暖供热占据了英国 1/2 的能源消耗以及 1/3 的碳排放。因此，如果上述方法能够在英国全国推广，预计每年可减少约 600 万吨 CO₂ 排放，相当于路面上减少了 250 万辆汽车。

液氢：能“上天”可“落地”

中国科学报 2020.1.15

日前，被大家亲切地称为“胖五”的长征五号遥三运载火箭在中国文昌航天发射场点火升空，成功将搭载的实践二十号卫星送入预定轨道。

“胖五”是我国首款重型运载火箭，具备将 14 吨载荷送入地球同步转移轨道的运载能力。那么，何种燃料才能助推这一“大家伙”一飞冲天？“液氢—液氧”就是其中之一。

不同于目前常规火箭使用的化学燃料，“胖五”的燃料大部分是 -183℃ 的液氧和 -253℃ 的液氢，因此又被称为“冰箭”。而此次“胖五”的成功发射，不仅证明液氢在我国航天领域的应用已经成熟，也为如火如荼的氢能产业吹来了一股新的东风。

全国氢能标准化技术委员会（氢能标委会）高级顾问、中国电子工程设计院研究员陈霖新告诉《中国科学报》，由于液氢储运具有明显优势，对于 200 公里以上的氢运输有很好的应用前景。他认为，液氢要想规模化发展，一定要解决液氢制取的产能问题和装备技术的“卡脖子”问题。

积极研发液氢是大势所趋

为“胖五”减负增力，液氢—液氧推进剂功不可没。液氢能够用于航天、军事领域，依据液氢的特性和液氢储运的优越性，在氢能发展备受关注的当下，液氢在民用领域，尤其是氢能产业的应用场景十分广阔。

据记者了解，一直以来，制约我国氢能产业发展的瓶颈之一就是氢的高密度储运。而液态氢是通过预冷和节流膨胀等工艺，把氢气降温到 -253°C 从而变成液体，液态氢的密度是气氢的780倍，使得氢可以高效地储存和运输。

陈霖新对记者表示，液氢的体积能量密度大约是35MPa高压气氢的三倍，是70MPa高压气氢的1.8倍。虽然从气态氢液化为液态氢需在 -253°C 实现，能耗较多，但是对于超过200千米的运输距离，采用液氢时的运输费和能耗费之和均低于高压气氢，所以液氢在规模化发展氢能产业的储存、运输方面具有明显的优势。

当前，氢的输送主要有三种方式：一是高压气态运输，这是目前氢能汽车发展的主流技术；二是管道输送；三是低温液氢输送。虽然我国当今尚以高压气态氢为主流，但陈霖新建议还应积极进行民用液氢的生产及应用示范。

我国在液氢的制备、储运及应用装备技术上要想取得突破，尚需时日，但预计2030年液氢储运所占比例将会明显增大。陈霖新表示，目前在我国积极开发液氢生产技术及其装备制造是大势所趋，应采取军民融合方式加快发展进程。

为此，陈霖新介绍，从2017年开始，全国氢能标委会组织国内涉及液氢生产运营和液氢装备研究、制造企业，高等院校编写制定了《液氢生产系统技术规范》《液氢贮存和运输安全技术要求》《氢能汽车用燃料液氢》三项国家标准，在调查研究、试验检测和总结经验的基础上完成了送审稿，已在2019年10月审查通过，可望在今年年中发布实施。

氢源绿色 氢能才绿色

“胖五”的成功发射，不仅推动液氢民用的步伐，也为整个氢能产业吹来一股东风。

对于我国氢能的发展，全国氢能标委会委员、国家能源集团北京低碳清洁能源研究院氢能技术开发部经理何广利向《中国科学报》介绍了“大氢能”的概念，即规模化、多元化地利用氢能。

目前，欧洲、日本等国都给予了“大氢能”极大的重视，例如，日本将氢气用于家庭电联产装置，既满足供热需求也能发电，或用氢气驱动燃气轮机等；欧洲一些国家也在天然气管网中掺入氢气，另有一些工厂直接用氢炼钢、炼铁。

反观我国，何广利表示，目前国内氢能产业主要集中于燃料电池汽车，而对别的领域关注较少。相比欧洲、日本等国，国内的氢能应用仍有待开发。

实际上，除了储氢，制氢也是我国氢能应用的一大障碍。如何选择氢源就是一个很重要的问题。“现在对于氢能的一个误区是总是片面地强调氢能的清洁性。然而，作为一种二次能源，氢能是否清洁取决于氢源的选择。”陈霖新说。

何广利告诉记者，制氢主要有几大来源，即化石燃料制氢、可再生能源制氢和副产氢（化工生产的某些环节作为副产物产出的氢）。面对中国富煤、贫油、少气的状况，有人提出中国氢源主要就是副产氢。

“这句话不十分准确。”陈霖新说，“副产氢本身并不一定是绿色的，生产过程中也会排

放出二氧化碳，那么这样产出的氢算蓝氢还是灰氢？以焦炉煤气为例，其生产过程产出的焦炭和大量副产品，存在碳的分摊问题。”而天然气转化制氢不仅同样存在二氧化碳排放，而且还面临中国天然气缺乏的问题。

“制氢、氢储运”仍需技术攻坚

陈霖新认为，副产氢在氢能发展初期可以发挥作用，但是氢能的长远发展还是应该以可再生能源电力水电解制氢为主，或者研究开发太阳能光解水制氢等。

“中国每年因弃光、弃风、弃水弃掉 1000 多亿度电，如果用来制氢可以制造 200 多亿立方米氢。”陈霖新痛心疾首。他告诉记者，“碱性电解槽可以应付 20% ~ 110% 的波动，而 PEM（质子交换膜水电解制氢）电解槽可以应付 0% ~ 150% 甚至 200% 的波动。”

“如果能在风能、太阳能资源丰富的西北地区以及水资源丰富的西南地区建设水电解制氢和氢储能设备，并以氢管道、液氢运出，既可以解决可再生能源浪费的问题，还可以实现低成本、零碳/低碳制氢。”陈霖新说。

但是，陈霖新强调，目前我国的规模化风电、水电、光伏电力制氢及其相关的氢储运装备和工程示范，尚存在严重短缺，为实现可再生能源制氢获得近零碳低成本的氢源，还应积极规划建设从制氢、氢储存到输送的示范工程，并着力解决其中的关键技术。

延伸阅读

氢能“热”还需“冷”思考

1月8日，中国国际经济交流中心氢能课题组发布《中国氢能产业政策研究》一书。书中提出，当前我国氢能发展已经具备产业化条件，但也存在关键材料核心技术自主性不强、多元化应用不足、商业化推广模式尚未建立、产业过热苗头显现等问题。

发布会上，中国国际经济交流中心常务副理事长张晓强表示，当前氢能“热”中应进行客观理性的“冷”思考，应立足我国国情和国家能源发展战略科学谋划氢能定位，把握好终端应用节奏，防范发展过程中的无序竞争和产能过剩风险。

中国科学技术协会主席万钢指出，脱碳加氢和清洁高效是能源科技进步的大趋势，氢能和燃料电池技术正成为全球能源技术革命的一个重要方向和各国未来能源战略的重要组成部分，应积极探索中国特色氢能和燃料电池产业发展道路，坚持战略引领，坚持创新驱动，加快产业布局，坚持市场导向，坚持标准先行，扩大国际合作，推进氢能和燃料电池产业高质量发展。

中国工业经济联合会会长李毅中表示，业界在致力燃料电池攻关的同时，也要关注氢气的来源，只有落实了氢源，氢能产业链才是有源之水、有本之木。制氢路径的选择要把握环保性、经济性、安全性、能效性。燃料电池车的研发研制进展明显，在特定的应用场景更显其优势，有良好的发展前景，需全盘考虑、缜密规划、攻坚克难、有序发展。

书中也提出，要以氢能应用促进可再生能源发展，发挥体制优势促进关键核心技术攻关，尽快建立健全行业监管体系和标准体系，通过试点示范探索氢能多元化应用路径。（李惠钰）

八、风能

中国能建主编首部海上风电场国家标准实施

中国能建周刊 2020.1.6

新闻回顾 2019 年 10 月 1 日，由中国能建广东院主编的国家标准《海上风力发电场设计标准》(GB/T 51308 - 2019) 正式实施。作为首部海上风力发电场国家标准，达到国际先进水平，填补了我国海上风力发电场设计标准的空白。

该标准共分 18 章，主要技术内容包括基础资料，风能资源，电力系统，总体设计，风电机组选型、布置及发电量计算，电气，建筑与结构，给排水，供暖、通风和空气调节，辅助及附属设施，施工组织设计，消防与救生，信息系统，环境保护与水土保持，劳动安全与工业卫生等方面。该标准对于促进我国海上风电场工程设计规范化、标准化，充分发挥海上风电能效，保障海上风电安全运行具有重要意义。

延伸阅读 截至 2018 年年底，我国海上风电总装机容量为 445 万千瓦，在建 647 万千瓦。我国已成为仅次于英国和德国的世界第三大海上风电国家。根据国家能源局发布的《风电发展“十三五”规划》，到 2020 年海上风电装机规模将达到 1000 万千瓦。

12 月 18 日，湛江外罗海上风电项目 36 台风机全部安装完毕，进入全面投产最后冲刺阶段。2019 年 8 月 19 日，广东院总承包建设的珠海金湾 300 兆瓦海上风电场项目完成首桩沉桩，标志着粤港澳大湾区在建最大规模的海上风电场项目正式开工。中国能建始终紧跟能源产业发展方向，秉承创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，积极参与风电、光电、生物质发电等清洁能源工程，承建了一批重点项目，承担清洁能源国家科技项目，掌握了海上风电领域一批关键核心技术。作为全球最大的电力行业全面解决方案提供商之一，中国能建为推进我国能源结构转型、构建清洁低碳、高效安全的现代能源体系作出应有贡献。

“十四五”海上之“风”吹哪里

中国科学报 2020.1.8

自 2010 年 6 月我国第一个海上风电示范项目上海东海大桥 3 兆瓦项目机组并网以来，在国家风电产业政策驱动下、风电产业链企业的共同努力下，我国海上风电制造、建设、运维技术水平均不断提高，呈现发电成本逐年下降、装机规模不断上升的趋势，我国近海海上风电已进入规模化发展阶段。

“十四五”期间，我国海上风电发展趋势主要体现在电价补贴取消迎接平价上网、深远海开发扩大海洋风力资源利用、“海洋牧场 + 海上风电”资源综合利用三个方面。

一是电价补贴取消，平价上网时代来临。

国家发展改革委下发《关于完善风电上网电价政策的通知》，明确下调 2019、2020 年

陆上风电价格，并同步下调海上风电价格。对于 2019 年及之后新增陆上和海上风电项目而言，竞价是既定政策。同时，文件首次明确，2021 年 1 月 1 日是风电平价的起点，新核准项目均无国家补贴。标杆电价也成为过去，取而代之成为指导电价。

二是深远海域风电开发成型，推动海上风电市场扩容。

目前的海上风力发电项目大多集中于近海，深海海上风电开发还处于尝试阶段。一般而言离岸距离达到 50 公里或水深达到 50 米的风电场即可称为深海风电场。与近海相比，深海环境更加恶劣，对风机基础、海底电缆、海上平台集成等技术提出了更严苛的要求。即便如此，海上风电场的开发逐步走向深远海也是必然趋势。在发展深海风电方面，欧洲走在了世界前列，世界上首个着床式深海风电场和首个漂浮式深海风电场分别在苏格兰和挪威建成运行。

三是打造“海洋牧场 + 海上风电”综合利用开发模式，最大化提升海洋资源利用价值。

“十四五”期间由单一的海上风电模式走向“海洋牧场 + 海上风电”综合利用是大势所趋。“海洋牧场 + 海上风电”这种创新模式将实现风电产业和现代高效海洋农业的跨界融合发展，实现双赢升级，深度提升海洋资源利用价值。以德国、荷兰、比利时、挪威等为代表的欧洲国家早在 2000 年就实施了海上风电和海水养殖结合的试点研究，其原理是将鱼类养殖网箱、贝藻养殖筏架固定在风机基础之上，以达到集约用海的目的。而我国尚未有海洋牧场与海上风电融合发展的成熟案例，目前只有山东省提出“探索海洋牧场与海上风电融合发展”试点方案。

针对海上风电三大特点，风电产业链企业需要在“十四五”期间打响三大战役，即战略上向深海挺近、模式上打造“海洋牧场 + 海上风电”海洋资源综合利用、运营上实现技术突破降低成本迎接平价上网。(李丙羊)

加强海上风电核心技术攻关

中国能建周刊 2020.1.20

2019 年，我主要负责中南院电网输变电工程设计和技术管理等工作，已完成和执行中的项目包括渝鄂联网背靠背换流站、张北柔直北京换流站、±800kV 驻马店换流站等多项特高压输变电工程。组织和参与了《换流站直流场配电装置设计技术规程》《换流站设备和导体选择设计技术规定》《±1100kV 换流站导体和金具选型研究》《柔性直流换流站主回路参数研究》等多项电力行业标准的编制，以及中电工程科技项目的研究。出版了《换流站设计手册》。组织和参与的 ±1100kV 直流及柔性直流输电工程技术创新团队在全国勘察设计行业庆祝新中国成立 70 周年系列推举活动中，被推荐为科技创新带头人，并获评 2019 年度中国电力优秀科技工作者。

2020 年，中国能建将深入实施创新驱动战略，全面落实科技创新行动方案，加快推动重点方向关键核心技术攻关，让科技创新成为市场开发的“助推器”、业务转型的“加速

器”、远景产业的“孵化器”。结合电网产业和中南院的实际情况，今年我们将重点开展海上平台柔直换流站布置研究等相关科技项目，并同步开展如东海上风电柔直送出工程和江苏射阳海上换流站的设计工作。（梁言桥）

九、核电

多国积极开展先进核能系统研发

中国能源报 2020.1.6

本报讯 2019 下半年以来，国际上关于小型堆、四代核电技术的实践持续推进，先进核能系统有了越来越多的成果。

据世界核新闻网消息，2019 年 12 月 19 日美国商务部长威尔伯 · 罗斯在美日双边会议上表示，日本和美国都需要新的核能发电能力，以取代老化和低效的发电能力，两国可以共同努力实现这一目标。

威尔伯 · 罗斯此前曾在第 12 届美日年度圆桌会议上表示：“在未来很长一段时间里，核能是且必须继续是美国能源结构的重要组成部分。为了实现这一目标，美国正与日本等盟国合作，以确保新一代安全可靠、经济可行的反应堆得到许可和有效建设。”他指出，随着电气化程度日益提高，日本和美国都需要核电，以取代陈旧和低效的电能。“若要真正实现全球可持续发展，在可再生能源无法支持发电时平衡电力需求，核电必然是一种选择。”

此前，《印度时报》也曾报道，俄罗斯国家原子能公司已公开表示有兴趣与印度共同开发一座浮动核电站及其他中小型反应堆。

报道指出，俄罗斯国家原子能公司海外分公司副总裁尼基塔 · 马泽因 2019 年 11 月在新德里的一次核会议上表示，南亚偏远沿海地区适合投入运行像海上浮动核电站这样的小型反应堆。该报道还透露，除了规模较小的浮动反应堆外，俄罗斯国家原子能公司还将考虑在印度建造另一座有六个反应堆的大型核电站。

据了解，小型模块堆保留了现有大型反应堆的全部优势，还具有体积更小、更灵活、投资更少等优势，受到多国热捧。

据俄罗斯国家原子能公司新闻处发布的消息，2019 年 12 月 19 日，世界首座浮动式核电站“罗蒙诺索夫院士”号在俄罗斯远东楚科奇地区的佩斯韦克市试运行。据悉，该浮动式核电站将于 2020 年开始正式运行。

加拿大核能公司的 ARC - 100 小型模块化反应堆也正在进行选址，准备投入建造。世界核新闻网 12 月初报道，加拿大新不伦瑞克省自然资源和能源发展部长迈克 · 霍兰德表示，该省将支持 ARC - 100 小型模块化反应堆在现有的莱普罗角核电站中选址。霍兰德认为，莱普罗角核电站厂址作为一个经验丰富的核反应堆运营商，该场址具有出色的安全纪录，可以容纳至少两座示范反应堆。

此外，其他四代核电实践也初露头角。国际核工程网 2019 年 11 月 28 日消息称，俄罗

斯国家原子能公司将在俄罗斯矿业与化工联合公司开始建造一座熔盐研究堆。俄罗斯矿业与化工联合公司称，此前已为研发熔盐研究堆提供支持，目前该项目正进入实施阶段，建造该反应堆预计至少需要 10 年时间。

同时，在 2019 年 10 月举办的先进核能系统国家研讨会上，记者了解到，中国正在推进钍基熔盐实验堆的建造。此外，国际核工程网指出，荷兰核研究与咨询集团与欧洲委员会联合研究中心合作开发出含有锂和氟化钍盐的燃料，并已与 2019 年 9 月完成了熔融燃料盐辐照试验。（杨晓冉）

三代核电开启批量建设模式

中国能源报 2020.1.6

整个“十三五”期间，我国核电经历了三年“零核准”，于 2019 年迎来重启，新项目陆续核准、开工，后续项目开启“排队”模式。同时，引进三代核电陆续投产，实现良好运行，自主三代核电在建设、设计、装备制造、运营管理方面积累经验的基础上，进入批量化建设。

核电全寿期碳排放水平与风电相当，大能量密度与低边际成本更使其成为目前可大规模替代煤电的最优选择。“重启”为三代核电批量化建设创造了机会，但较长的建设周期、巨额的前期投资、产业政策起伏以及公众接受，决定了核电企业必须稳扎稳打，在安全的前提下实现高质量发展。

多个三代项目核准落地

相关统计显示，截至 2019 年 11 月底，我国在运核电机组达 47 台，装机规模全球第三，在建机组 12 台，在建规模世界第一，拥有多种堆型的三代核电项目。其中，AP1000 自主化依托项目三门核电 1、2 号机组，海阳核电 1、2 号机组，以及 EPR 全球首堆台山核电 1 号机组、台山核电 2 号机组，满足三代核电标准的阳江核电 5、6 号机组，均于 2018—2019 年实现投运。

此外，华龙一号全球首堆——福清 5 号机组已于 2019 年 4 月底完成冷试，待热试完成后即可开展装料工作，预计将于今年实现并网发电，福清 6 号机组将于 2021 年并网。届时，福清核电站全面建成，年发电量可达 500 亿千瓦时。

2019 年，漳州核电一期、太平岭核电一期等项目先后获批，首个模块化小型堆启动建设。2019 年 10 月，漳州核电 1 号机组开工，标志着华龙一号进入批量化建设阶段。公开信息显示，采用华龙一号技术的海南昌江核电二期也于 2019 年 12 月启动。

此外，根据中俄双方签订的工程合同，拟采用俄罗斯 VVER - 1200 技术的田湾 7、8 号三代核电机组，预计分别于 2021 年 5 月和 2022 年 3 月开工建设；同样选择 VVER - 1200 技术的徐大堡核电站 3、4 号机组，也将于 2021 年 10 月和 2022 年 8 月开工。

市场考验核电竞争力

重启大幕拉开的同时，也有核电项目选择了“等待”。

2019年12月27日，中国广核以公告形式公布红沿河核电机组建设进展，表示红沿河5、6号机组预计投入运行时间将分别调整至2021年下半年及2022年上半年，较原先规划投运时间延后一年。分析人士指出，这一决策可能与红沿河核电站近年来的“消纳”难题有关。根据中国核能行业协会相关统计，2019年第一季度，红沿河核电4号机组1月25日至30日应电网要求降功率运行，1月30日至3月15日应电网要求进入季节性停运状态。

维持基荷运行最能充分发挥核电高效优势的状态，但受电力供需形势、新能源电量增长等因素影响，电网要求核电降负荷运行的情况普遍存在，红沿河核电站的情况并非个例。中国核能行业协会此前发布的2019年1—6月全国核电运行情况显示，2019年上半年我国核电设备利用小时数3480.65小时，比2018年同期下降1.51%。

除自身运行情况外，电力市场化交易也对核电企业经营产生不小影响。

根据中电联统计，截至2018年底，核电市场交易电量662亿千瓦时，比2017年同比大幅增长68%，核电上网电量市场化率已达到24.8%。

目前电力供应整体宽松，决定了市场交易以降价为主，而核电因自身发电原理等特性，为保证尽可能高的负荷水平，可接受较大的降价幅度，这也对核电企业降本增效提出了更高要求。

随着电力市场化建设推进，各类电源逐渐增加市场化交易的趋势基本定型。今年1月1日起，燃煤发电“基准价+上下浮动”的新价格机制开始实施，有分析认为，煤电价格新政将给其他电源尤其大水电、大核电的市场化交易提供参考，电力市场未来要满足用户交易量的需求，势必需要各类电源的共同参与。

中长期发展可期

今年是“十三五”收官之年，根据《电力发展“十三五”规划》，“十三五”期间我国核电开工建设规模3000万千瓦以上，今年年底核电运行装机应达5800万千瓦，但目前来看，这一目标显然无法如期达成。有统计显示，随着在建核电项目陆续投产，今年年底核电装机将达到5103万千瓦。

核电重启，为“十四五”创造了更好的发展空间，但因项目核准、建造周期较长，“十四五”期间启动的项目或许要等到“十五五”才能投产。而未来十年，电力体制改革进程、电力供需形势变化、核电技术与其他电源及电网技术的发展，又将给核电产业的发展带来多元影响。因此，平稳推进项目，做好人才队伍建设，提升技术与管理水平，是核电企业迎接挑战的必要准备。

中国核电发展中心和国网能源研究院日前发布的《我国核电发展规划研究》预测，在基准方案下，到2030年、2035年和2050年，我国核电机组规模达到1.3亿千瓦、1.7亿千瓦和3.4亿千瓦；发电量占全国总发电量的比例将相应达到10%、13.5%、22.1%；2030年前、2031—2050年两个阶段，应分别保持每年6台、每年8台的核电机组投产规模。相比之下，2019年我国仅投产3台核电机组，距离该预测情况要求的投产速度仍显不足。（卢彬）

有效分离氘气 为可控核聚变提供潜在燃料

科技日报 2020.1.13

新华社讯（记者陈席元）记者近日从西交利物浦大学了解到，该校与英国利物浦大学合作，在可控核聚变领域取得突破，研究出一种可有效获取高纯度氘的材料。相关成果近日在国际学术期刊《科学》发表。

据西交利物浦大学化学系丁理峰博士介绍，可控核聚变是一种绿色能源，但如何找到稳定的可控核聚变燃料，仍是一个具有挑战性的课题。

氢的同位素——氘，就是一种潜在的可控核聚变燃料，但氘在自然界中的浓度很低。“通常，高纯度、高浓度的氘是通过分离‘氢—氘’混合气体来获得的，但目前实现这种分离的技术能耗大、效率低、价格昂贵。”丁理峰说。

由英国皇家学会会士、利物浦大学教授安德鲁·库珀带领的中英联合团队设计出一种新材料，它能通过一种被称为“动态量子筛分”的过程，将氘气体从混合气体中有效地分离出来。

丁理峰和他的博士生杨思源为分离过程的理论建模作出了重要贡献。与一般实验化学需要瓶瓶罐罐的试剂不同，计算化学主要依靠高性能超级计算机，通过计算机模型来研究分子层面的“氢—氘”分离过程，找出这种材料具备优秀性能的原因。

“这是一种混合多孔有机笼状材料，它能从混合气体中选择氘分子并大量吸附，是一种经济高效的解决方案。”丁理峰说，“分子模型有助于确定后续实验方向，从而开发出更好的分离材料。”

据了解，除了用作可控核聚变的燃料，氘还被广泛运用于其他科学的研究中，包括非放射性同位素追踪、中子散射技术以及制药等领域。

“核废物” 处理实现镧锕分离

中国科学报 2020.1.20

核能大规模可持续发展是我国的战略需求，“分离—嬗变”先进燃料循环，能从根本上消除放射性的长期危害。镧锕分离（尤其是三价镧锕分离）及三价锕系组内分离对于先进燃料循环的建立具有重要的意义。

在国家自然科学基金重大研究计划“先进核裂变能的燃料增殖与嬗变”的支持下，清华大学陈靖课题组与中科院高能物理研究所、中国工程物理研究院、中国原子能科学研究院、四川大学等多家单位通力合作，在镧锕分离及三价锕系组内分离方面取得了重要突破。

陈靖表示，在湿法分离方面，研究团队主要针对乏燃料后处理中三价镧锕分离及三价锕系组内分离等挑战性问题，基于特定配体及先进功能材料的特异选择性，进一步开发了溶剂萃取或吸附分离技术，实现了对目标元素的高效富集分离。

该研究成果一方面发展了我国具有自主知识产权的 Cyanex 301 分离三价镧锕流程，为该流程的未来应用奠定了基础。另一方面，其建立高效的 Am/Cm 分离方法，可进一步减少 α 放射性废物的体积并提高锕系元素的嬗变率，使分离出的锕系元素满足其嬗变的要求，服务于先进核裂变能的燃料增殖与嬗变的总体目标。

在干法分离方面，课题组在 LiCl – KCl 熔盐体系中成功以形成铝合金的形式实现了锕系与镧系元素的有效分离。

研究人员表示，在传统干法后处理过程中，电精炼环节产生的废盐中含有锕系元素和镧系元素，而且经过累积镧系元素的含量较高，这种情况下锕系元素与镧系元素的分离困难，传统的镉阴极分离效果很难满足实际要求。如果将电精炼产生的废盐直接存储在环境中，则会对环境造成危害。

研究团队发现，铝阴极非常适合在电精炼废盐中分离锕系元素与镧系元素。采用铝阴极将废盐中的锕系元素以合金的形式提取，同时实现与镧系元素的分离，然后再将镧系元素从熔盐中除去，可以纯化熔盐，极大地减小废物体积。

这一方法为我国干法后处理技术的发展奠定了科学基础，为熔盐电精炼流程中如何实现废物的最小化提供了重要的技术支持。

陈靖期待，上述研究成果在大力推动我国核化学与放射化学学科发展的同时，也能进一步将相关技术推向工业化应用。

英用核废料研发金刚石电池

参考信息 2020.1.27

【英国《独立报》网站 1 月 24 日报道】题：回收利用核废料，制成拥有的“几乎无穷电力”的金刚石电池（记者 安东尼·卡思伯森）

科学家正试图将核废料转化为可持续使用数千年的电池。

英国布里斯托尔大学的研究人员已经开发和测试了下一代金刚石电池。该电池利用来自放射性材料的能量。如今，研究人员希望回收利用英国各地退役核电站的废料。

清除格洛斯特郡伯克利发电站放射性废料的工作于本月早些时候开始进行。该发电站于 1989 年退役，但刚刚变得安全。

研究人员从该发电站产生的石墨块中提取碳-14 同位素，并将其注入极薄的金刚石中，以制成电池。他们说，这种电池能够提供“几乎无穷的”电力。

这种电池的潜在应用包括为助听器和心脏起搏器提供电力，以及让航天器的飞行距离扩大到比目前远得多的地方。

目前已经对金刚石电池进行了极端环境下的测试。在这种环境下通常难以更换常规电源，比如火山顶部传感器的电源。

布里斯托尔大学工程学院的詹姆斯·巴克说：“最终，电力强大的金刚石电池可以为手

机提供电力。”

他说：“不过，它们最适合需要长期使用、用电量低以及难以更换电源的设备。”

这些金刚石电池被包裹在非放射性金刚石层中。金刚石层吸收了碳 -14 源释放的所有辐射，使它们可以安全地用于医疗设备和消费类电子设备。

仅在英国，就有近 10 万吨以石墨块形式存在的核废料，而大多数核电站将在 2030 年前退役。科学家希望在 5 年内在伯克利核电厂建立一个试验性的电池生产厂。

西南核研究中心负责人汤姆 · 斯科特教授说：“最终目标是在西南地区前核电站中的一个核电站地址建厂，直接从石墨块中提取碳 -14 同位素，以生产金刚石电池。这将极大地降低剩余核材料的放射性，从而更加容易和安全地处置它们。”

斯科特说：“由于英国大多数核电站将在未来 10 到 15 年内关闭，这将是一个巨大的机会，可以回收利用大量材料，生产电力，用于如此多的重大用途。”

十、其它

中国退出燃煤发电任重道远

中国科学报 2020.1.15

1月6日，美国马里兰大学全球可持续发展中心、国家发展改革委能源研究所和华北电力大学等单位共同发布《加快中国燃煤电厂退出：通过逐厂评估探索可行的退役路径》报告，详细阐述了在全球 1.5 摄氏度和 2 摄氏度升温目标的背景下，加快中国燃煤机组退役的可行性以及不同路径。报告认为，加快中国电力行业深度减排，推动传统燃煤电厂从能源系统中有序退出是可行的。

《巴黎协定》提出，本世纪内要将全球升温控制在 1.5 至 2 摄氏度范围内，要想实现这一目标，现有的能源结构将面临重大调整。许多观点认为，由于煤炭的碳排放强度较高，未来应从能源消费中逐步退出。而全球煤炭消费中超过 50% 是用于发电，因此煤炭退出意味着从现在开始停建燃煤电厂，并逐步退出燃煤发电。但现实中煤电依然在增长，特别是在目前经济增长比较快的东南亚国家。

中国的一次能源结构仍然以煤炭为主，电源结构中煤电也占据了主导地位。目前关于中国煤电退出的讨论，认为 2050 年煤电需要下降到 0 或接近于 0 的水平，由于火电服役年限一般为 30 年以上，因此应该从现在停止煤电建设。2018 年煤电占中国电源结构的比重应该超过 60%，如果电力需求增速比较高（如 2018 年 8.5% 的电力增速），没有煤电增长将无法保障电力的供应。因此，煤电退出首先是个电力需求增长速度的问题，只有比较低的电力需求增长，可再生能源才有可能在满足电力需求增长的同时，替代煤电。

其次，虽然近年来光伏和风电等可再生电力的成本已经显著下降，但是由于其间歇性与波动性的特点，难以保障稳定的电力供应，中国现有的电力系统依靠火电的调峰来实现可再生能源消纳，且部分火电机组进入深度调峰的状态，也就是说煤电其实还承担了可再生能源

的外部成本。即使可再生能源得以大幅增长，在储能技术的成本降到合适的区间以前，如果煤电大幅度退出，如何保障电力系统的安全运行是一个很大的挑战。

再次，在现有的技术条件下，煤电仍然是整体成本最为低廉的电力。如果政府希望降低工商业电价，为实体经济减负，那么煤电退出难度很大。事实上，最近几年一般工商业电价的下调，主要也是通过压低火电上网电价来实现的。因此，政府需要进一步支持可再生能源降低整体成本（发电和用电），才有可能大规模退出煤电。

因此，煤电退出除了政治决心，还需要有增加煤电成本，或者降低可再生能源成本的机制。除了电价机制改革，还需要推进碳排放。化石能源（煤炭）的使用带来的温室气体排放，是引起气候变化的主要原因，因此需要通过碳交易增加化石能源使用成本，从而增加可再生能源的相对竞争力。另一方面，中国可再生能源面临的主要矛盾已经改变，从发电的度电成本转为输配基础设施建设，政府需要快速加大对可再生能源输配基础设施建设，从而快速提升可再生能源电力占比，为大规模替代煤炭创造条件。（林伯强）

欧洲能源转型中的天然气政策

中国电力报能源周刊 2020.1.4

在能源系统转型政策方面，欧盟始终走在世界各国的前列。随着新一届欧盟委员会的出现，欧洲当局关于碳中和发展路径的讨论仍在继续。天然气（包括天然气或其替代品）的作用是讨论的关键主题之一。

2019年秋季，欧盟加强了关于天然气发展战略的讨论，重点探讨能源转型过程中天然气在欧盟能源系统中的作用，以及政策激励天然气项目的可行性。欧盟的天然气发展战略即使对欧盟以外的国家也具有重要意义，当然，这不仅仅是针对能源供应商而言，因为欧盟在国家联盟层面推出的能源政策影响着全球的能源转型政策方向。

绿色路线是总体方针

于2019年11月正式上任的欧盟委员会新任主席乌尔苏拉·冯德莱昂将气候政策确定为其近期的优先处理事项之一。按照冯德莱昂提出的“欧洲绿色路线”，欧洲大陆将在2050年前实现气候中和。由于东欧多个国家的分歧，在2019年6月的欧盟峰会上，欧盟未能就设定这一目标达成共识。

2019年10月中旬，欧洲投资银行（EIB）将能源项目决议推迟至11月的下一次会议。拟定的决议之一就是从2020年开始不再对天然气项目进行融资。早些时候，欧洲投资银行已经不再支持煤炭项目，但是对于国际的开发银行来说，拒绝参与天然气项目还尚未有过先例。新的欧盟委员会表示，欧洲投资银行为欧洲能源转型提供的资金支持意义重大。根据欧洲投资银行能源项目决议推迟的情况来看，28国就能源项目支持政策达成一致意见难度较大。一方面，法国、意大利和英国（脱欧后英国的投票将失去意义）主张严格执行气候政策；另一方面，德国、意大利，以及欧盟委员会本身保持谨慎态度，认为对天然气项目应采

取适当的发展政策。2013 ~ 2017 年间欧洲投资银行曾向化石燃料项目提供了 110 亿欧元的贷款，其中用于天然气输送和开采项目的贷款为 97 亿欧元，这几乎与北溪 2 号的成本相当。

对天然气的不同看法

欧洲投资银行的能源项目融资决议以及围绕其展开的讨论反映了未来天然气将在欧盟能源中扮演怎样的角色这一共性问题。来自爱沙尼亚的卡德里 · 西姆森 (Kadri Simson)，即欧盟新的能源专员，于 2019 年 10 月在欧洲议会上介绍了欧盟的能源发展计划，因其对天然气的支持态度而遭到了许多议员的批评。

在能源部门脱碳的背景下，拒绝支持天然气项目，甚至限制天然气项目似乎并不是最佳的选择。这种做法不仅会削弱天然气相对于可再生能源的地位，还会削弱天然气相对于煤炭的地位。天然气吸引力下降，会刺激能源部门选择煤炭作为可再生能源所必需的备用能力。正是由于优先使用天然气替代煤炭，再加上确保能源安全的问题，西姆森认为在欧洲能源结构中需要支持天然气的发展。

欧洲能源领域以往的经验表明，只有在增加天然气消费量的情况下，才能大幅降低煤炭在能源消费结构中的占比。相反，在天然气消费量下降的情况下，如 2010 ~ 2012 年间，由于天然气价格上涨，天然气消费量减少，尽管存在环境压力和生态限制，欧洲发电行业煤炭消费量还是出现了部分反弹。当然，也会有煤炭和天然气占比同时下降的情况，如 2012 ~ 2014 年间和 2018 年，这种情况只有在其他各种类型能源同时发展的情况下才会出现，风电、太阳能发电，以及水电和核电共同弥补煤炭和天然气占比的下降。但是在欧洲，水电和核电这两个行业的发展分别受到客观因素和政治因素的制约，从长远来看，很难成为维系能源行业持续发展的主要力量。

欧盟能源领域对天然气保持支持的政策让欧洲的一些政客感到担忧，其实这也不难理解。2010 ~ 2014 年间，化石燃料在欧盟发电结构中的占比迅速下降，从 49% 降至 41%。然而此后一直到 2018 年，天然气的地位都十分稳定，其占比几乎一直维持在 40% ~ 42% 的范围之间。

天然气消费占比将小幅上升

从长期来看，无论是在西姆森宣布的计划中，还是在欧洲投资银行融资政策的拟定修正中，在天然气行业，未来扮演重要角色的将是沼气、合成气和氢气等领域。天然气项目支持政策可看作是欧盟先前准备的天然气领域一揽子调控措施的修正与调整，未来重点将关注天然气领域中这些新的发展方向。关注重点的转移和变化并非对传统天然气行业的鼓励，但至少也是在减少温室气体排放水平的情况下为天然气发电行业的发展保留了空间，为欧盟境内天然气输送基础设施的发展保留了空间。在欧洲不会公开表示支持发展化石燃料的情况下，这样的天然气支持政策可以称为折中方案。

从各机构推出的众多全球能源预测中，也可以明显感受到业界对欧洲能源政策中天然气惯性支持政策的预期。例如，国际能源署 (EA) 2018 年发布的预测显示，基准预测情景

下，欧洲能源消费中天然气占比不会发生大的改变，到 2040 年将达到 26%（2017 年这一占比约为 25%）；即使在可持续发展预测情景下，其占比也只是小幅下降，降至 22%。俄罗斯科学院能源研究院（ERIRAS）和莫斯科斯科沃管理学院（SKOLKOVO）2019 年推出的能源预测则更加典型——在所有的预测情景下，欧盟的天然气消费占比都将从 2015 年的 21% 增至 2040 年的 27%，天然气将充当欧洲能源发展的支柱力量。

2018 年全球煤矿和油气行业甲烷泄漏量多达 1.2 亿吨，按照 20 年全球增温潜势计算，能源行业排放的甲烷相当于 100 多亿吨二氧化碳当量

甲烷减排迫在眉睫

中国能源报 2020.1.20

甲烷对于近期气候变化的贡献占比达到 1/4。因为有了甲烷的泄漏问题，用天然气代替燃煤带来的二氧化碳减排成效大大打折，甚至归零。

“有评估认为，甲烷对于近期气候变化的贡献占比达到 1/4，所以未来要实现全球 1.5℃ 的温升控制目标，从现在开始必须大幅度削减甲烷排放。”近日在北京举办的“中国甲烷论坛”上，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表示。

甲烷作为仅次于二氧化碳的全球第二大温室气体，其排放问题正日益引起各国关注。本次论坛汇聚了来自 150 多个国内外政府、大学、科研、企业和 NGO 等相关部门、机构的行业专家，共议甲烷的控制与利用，并针对我国当前甲烷排放状况，建言献策。

温室效应是二氧化碳的 120 倍

“大气中每千克甲烷的气候暖化效应是每千克二氧化碳暖化效应的 120 倍。虽然随着排放时间的增长，它会在大气中发生反应产生二氧化碳，但即使在排放 20 年后，每千克甲烷的暖化效应仍是二氧化碳的 84 倍，100 年后仍是二氧化碳的 28 倍。因此，它在短期之内是非常强势的温室气体，需要我们给予极大的关注。”美国工程院院士 David T · Allen 在论坛上指出。

据介绍，当前大气中甲烷的主要来源包括自然排放和人为排放，其中人为的甲烷排放占据了 60%，比如垃圾处理以及煤、石油、天然气等的生产和运输。

在与会专家普遍看来，能源行业煤炭开采和石油、天然气的生产、运输是最重要的人为甲烷排放源。根据国际能源署（IEA）近日发布的《世界能源展望 2019》，2018 年全球煤矿甲烷泄漏量达 4000 万吨，油气行业甲烷泄漏量达 8000 万吨，按照 20 年全球增温潜势计算，能源行业甲烷排放相当于 100 多亿吨二氧化碳当量。

“我们使用天然气和燃煤发电时，其实他们排放二氧化碳的量是相差一半的，但是要考虑到电厂的排放并不是天然气排放的全部，需要关注每个环节产生的甲烷或者二氧化碳的量。”David T · Allen 说，“因为有了甲烷的泄漏问题，我们用天然气代替燃煤带来的二氧化

碳减排的贡献大大打折，甚至说几乎没有。”

甲烷回收利用率低

事实上，在全球能源转型的大背景下，我国的甲烷控制体系正在建立之中，一些有远见的企业已经开始了甲烷减排行动。

2014年9月，中石油与国际其他9家大型的油气行业巨头联合起来，成立了油气行业气候倡议组织（OGCI），率先开展了甲烷减排行动，并承诺到2025年将油气供应链上游的甲烷排放强度减少至0.25%。中石化从2011年就把绿色低碳发展作为发展战略之一，在温室气体减排、甲烷减排这方面也做了大量的工作。煤炭大省山西也启动了采掘行业甲烷控排合作机制的研究项目。

但就目前来看，我国能源行业甲烷回收利用水平并不高。

“我国煤矿一年释放的瓦斯量在500亿方，煤矿瓦斯一年抽采的量只有180亿方，相当于有300多亿方瓦斯被排掉了，这部分瓦斯浓度特低，低于0.75%，所以利用起来非常困难。”安徽理工大学教授薛生表示。

据介绍，我国煤矿瓦斯甲烷浓度超过80%的只有1%，浓度在30%—80%的占了5%，浓度在10%—30%的占比10%，浓度低于1%的占比达80%。“这给我们利用带来巨大的挑战，若能将0—10%浓度的瓦斯利用起来，经济价值会很大。无论从国家能源战略角度考虑，还是从环境污染，都应该引起高度重视。”薛生说。

至于油气领域，在中国石油天然气集团质量安全环保部副总经理周爱国看来，不同石油公司的甲烷排放强度（单位油气当量的甲烷排放量）差别较大，其中欧美公司处于较为先进的水平，我国油气行业甲烷泄漏率处于中等水平，约在0.4%—0.6%之间。

减排市场潜力巨大

“随着国际社会对甲烷气候影响认识的提升，越来越多的国际组织、国家和企业参与到了甲烷的减排控制当中。”国务院国有资产监督管理委员会监事会主席赵华林表示，“甲烷减排既可以带来气候和环境的效益，又可以产生经济效益。国际能源署的研究有一个振奋人心的数据，油气行业50%的甲烷减排是零成本，因此未来甲烷的控制与减排，包括甲烷的监测、控制、利用技术，将形成一个具有很大潜力的新兴的环保市场。”

David T·Allen则表示，在确定如何减排之前，最关键的是首先应确认哪些排放源是大的排放源，这就需要对甲烷进行持续的排放监测。“尤其是针对那些我们没有预计到的排放源，我们希望能够通过比如传感器、卫星等监测技术，尽快找到排放源，减少排放。”

生态环境部应对气候变化司司长李高指出，“十四五”将是控制温室气体排放的关键期。“我们将进一步加强包括甲烷在内的非二氧化碳温室气体排放控制，包括修订煤层气、煤矿瓦斯的排放标准，强化标准执行，同时加强污水处理和垃圾填埋的甲烷排放控制和回收利用，并进一步修订温室气体资源减排机制资源管理办法，更好地利用市场机制进一步推动甲烷的减排工作。”

“还要积极地推动甲烷减排相关的气候投融资的工作，推动更多资金投向这个领域。例如，与地方行业、企业开展甲烷排放控制的合作，包括建立一些示范项目和示范工程，来推动甲烷的控制和利用，同时推动相关的技术、装备、产业的发展，实现减少温室气体排放、能源资源化利用和污染物协同控制等多种效应。”李高补充说。（李玲）

行业动态

“可再生能源独立供电”获国家科技进步二等奖

为解决“一带一路”地区无电、缺电人口用电问题发挥了重要示范作用

中国能源报 2020.1.20

本报讯（记者路郑）报道：1月10日，2019年度国家科学技术进步奖结果公布，“青藏地区可再生能源独立供电系统关键技术及工程应用”获国家科技进步二等奖。

青藏地区地广人稀，部分州/县距离大电网近千公里，是我国电力供应中难度最大的“最后一公里”。部分地区主要依靠小水电、柴油发电或小型独立光/储电站供电，受高海拔环境与长达半年的枯水期影响，供电效率低、成本高，供电可靠性和电能质量低，年供电不足3000小时，州/县政府所在地只能按负荷重要度定时分片供电，严重影响了人民日常生活和经济社会发展。

同时，采用大电网延伸建设的方式难度大、投资高，因此利用当地丰富的太阳能、风能和小水电资源构建可再生能源独立供电系统，是全面解决青藏无电/缺电地区供电问题的必然选择。据了解，青藏地区可再生能源独立供电系统是以高比例波动性电源长距离供电为场景，以高度电力电子化为特征的特殊弱电网，与楼宇、园区、村镇等并网型微电网和海岛独立型微电网有显著差异，控制、保护、自主运行与施工调试难度大，常规微电网技术无法满足要求。

在国家863计划、国家自然科技基金重点项目、国家电网有限公司科技项目的支持下，“青藏地区可再生能源独立供电系统关键技术及工程应用”团队攻克了上述难题，建成青海玉树和西藏阿里、措勤、尼玛等可再生能源独立供电系统。

项目第一完成人、中国电力科学研究院有限公司新能源研究中心主任、新能源与储能运行控制国家重点实验室主任王伟胜介绍，项目攻克了宽频带控制、故障隔离与穿越、自主协同运行技术。“项目形成了可复制、可推广的可再生能源独立供电整体解决方案，大幅提升了可再生能源独立供电系统的电能质量与抗扰能力。”王伟胜说。

同时，项目团队研发了光伏/储能变流器、控制/保护装置、能量管理系统、远程运维平

台，形成了具有自主知识产权的可再生能源独立供电核心技术及系列产品，在青藏地区建成了“电能质量好、抗扰能力高、自主运行强、施工调试快”的独立供电系统。

王伟胜表示：“项目解决了我国供电难度最大的青藏地区 7 个州、县，近 50 万平方公里、50 多万人的用电问题，年供电小时数从不足 3000 小时提升到 8700 小时以上，供电可靠性达藏中电网同等水平。”

据介绍，项目主要成果推广到全国 35 个大容量可再生能源微电网工程，项目研发的关键装置和系统出口至印度、巴基斯坦等国家。同时，项目形成了完整的可再生能源供电技术方案，为未来高比例可再生能源电力系统构建和运行提供了宝贵的经验，为解决“一带一路”地区无电/缺电人口用电问题发挥了重要示范作用。

广工大林展教授团队在锂硫电池研究领域取得重要进展

广东科技报 2020.1.10

本报讯（记者莫文艺 通讯员朱小翠）近日，广东工业大学轻工化工学院林展教授团队在锂硫电池研究领域取得重要进展，题为“Integrating Conductivity, Immobility, and Catalytic Ability into High - N Carbon/Graphene Sheets as an Effective Sulfur Host”的研究成果发表在国际能源材料领域的权威期刊 *Adv. Mater.* (IF = 25.809, 一区 Top 期刊)。林展教授团队在论文中提出了导电性能/原位锚定/催化转化多硫化物的重要性，为构建高性能锂硫电池硫正极提供了新思路。轻工化工学院林展教授/陈超副教授为论文通讯作者，研究生徐惠芳为论文第一作者，该校为论文唯一署名单位。

相对于锂离子电池正极材料，硫电极不仅具有高的理论比容量（ 1675 mAh g^{-1} ），而且资源丰富、价格低廉、环境友好，近年来得到广泛关注。然而，硫和其放电产物硫化锂（ Li_2S ）较差的导电性、硫电极在充放电过程中可溶性多硫化锂（LiPSs）的“穿梭效应”以及体积膨胀效应导致的电池容量的不可逆衰减和低的库伦效率。近 5 年来发表的 2000 篇研究论文中（2014 年 8 月 8 日 – 2019 年 8 月 8 日），约 90% 的研究论文通常会在电解液中添加硝酸锂（ LiNO_3 ），使其与金属锂负极反应，在锂表面形成固态电解质界面层，阻挡扩散至负极的 LiPSs 与金属锂反应并完成充放电过程。尽管如此，在电解液中添加 LiNO_3 无法从根本上解决 LiPSs 的溶解 – 扩散问题。近年来，研究者发现在硫正极中加入具有催化能力的极性物质可以促进 LiPSs 向 Li_2S 的转化，但这类物质通常难以兼具高的导电性及好的 LiPSs 锚定能力。因此，如何设计多功能载体，有效解决上述问题并实现硫正极优异的电化学性能，成为当前锂硫电池领域的一个热点研究问题。

基于此，林展教授团队设计了一种超高氮含量（17.1%）的石墨烯片（NC/G）复合材料作为硫正极载体，实验结果和理论计算表明，该载体同时兼具了大孔体积、高导电性，且可以同步吸收转化 LiPSs，因此克服了锂硫电池目前存在的诸多缺点，即使在电解液不添加 LiNO_3 的情况下，高载量硫正极也可以实现优异的循环稳定性。基于实验和理论计算结果，

该论文首次提出并证明优异的硫正极载体材料须具备以下三个不可或缺的因素：（1）高的电导率，可以有效促进电荷转移以实现硫物质的转化；（2）载体与 LiPSs 之间有强的结合力，防止 LiPSs 溶解在电解液中，减缓 LiPSs 的穿梭效应；（3）丰富的催化反应活性位点，促进 LiPSs 快速转化为 Li_2S 。这个工作对科研人员在未来研究中合理设计高效硫载体，实现锂硫电池硫正极的实用潜能，具有非常重要的指导意义。

餐厨垃圾可生产天然气 南沙将建餐厨垃圾处理厂

信息时报 2020. 1. 10

信息时报讯（记者欧嘉福）近日，南沙区餐厨垃圾处理厂进行环评公示，记者了解到，广州规划建设 7 个餐厨垃圾处理厂项目，南沙餐厨垃圾处理厂是其中的一个项目。广州环投南沙环保能源有限公司作为建设单位，将在项目位于南沙区大岗镇新联二村，广州市第四资源热力电厂一期工程厂址的东南侧新建南沙区餐厨垃圾处理厂。项目建设期为 24 个月，工程总投资为 28966.85 万元。项目将处理南沙街、珠江街、龙穴街、大岗镇、榄核镇、东涌镇、黄阁镇、横沥镇以及万顷沙镇的餐厨垃圾。

南沙餐厨垃圾处理厂的工艺系统主要包括称重计量系统、餐饮垃圾预处理系统、厨余垃圾预处理系统、厌氧消化系统、沼渣脱水系统、沼气净化及提纯系统、除臭系统等。项目主要内容包括厂区土建工程、给排水工程、暖通工程、消防工程、变配电及自控工程、厂区管网工程、道路工程、厂区绿化工程、厂区地基处理工程等。

项目产品主要来自餐厨垃圾处理过程中的产生物或者废物，餐厨垃圾经过厌氧发酵，沼渣脱水等流程后，会成为生物天然气（沼气）和粗油脂。项目设置 1 座容积 100 立方米的油脂储罐，2 座容积 3000 立方米的沼气储柜，分别用于储存餐饮垃圾处理系统产生的粗油脂和天然气（沼气）。按照《石油库设计规范》，粗油脂闪点 180℃，属于丙 B 类可燃液体。成品油脂满足含油率 $\geq 90\%$ 后作为生物柴油原料或化工生产原料。

国内首款水模块化主动蓄热日光温室建成

安徽科技报 2020. 1. 15

特制的太阳能辐射吸热面板能提高水模块化墙体的热辐射，并被热传导入水模块内的蓄热溶液，该主被动双蓄热系统可将白天棚内空气热量导入水模块和地下，蓄热增强；通过地埋管道风机变高温高湿空气为凝露渗入植物根部，在室内形成流动空气，提高通风除湿性能。

近日，记者从陕西杨凌模久温室科技有限公司了解到，由该公司联合西北农林科技大学园艺学院邹志荣教授团队、河北工程大学王丽萍团队合作研制出的国内首款水模块化主动蓄热日光温室目前已在邯郸滏东国家现代农业产业园建成并投入使用。该大棚专为取土困难地区研发设计的，墙体建设不需要土，整个墙体是以水为主要成分的蓄热溶液的蓄热保温体，能充分利用太阳能实现白天热量存储、晚上释放热量来改善大棚内温度。这也是在 2017 年

西北农林科技大学邹志荣教授研发设计的土模块主动蓄热日光温室技术之后，首次利用水蓄热技术研发的一款新型日光温室。

据该研发团队主要成员杨凌模久温室科技有限公司总经理李勇军介绍，公司通过多年的模块化温室建造实践和对邹志荣教授的温室理论研究，发现水模块化蓄热日光温室可利用水的柔性实现快捷建造，利用水的大比热容物理性能来实现非高温的“低质太阳能”的昼夜时空转移，对室内温度的影响具有冬暖夏凉、日夜削峰填谷的作用，墙体不需要土、砖块，不破坏耕地性价比高，成本相对较低；水模块化主动蓄热日光温室全部采用钢骨架加水模块主动蓄热系统合成，温室墙体全部为工业模块化水墙安装，工程建设快；特制的蓄热系统能提高水模块化墙体的被动蓄热能力，加上全自动主动蓄热风道，该主被动双蓄热系统能将白天棚内顶部富余热量导入水模块和地下，蓄热增强；另外通风除湿性能高，通过地埋管道风机变高温高湿空气为凝露渗入植物根部，在室内形成流动空气，通风除湿性能也得以提高。

“刚刚过去的冬至日我们经过物联网测试棚内温度效果良好，和专业比照日光温室最低温度高出 3.4 度，湿度低 5%，比传统土堆日光温室性能更好……”李勇军说。（王伟千）

全球首套规模化太阳燃料合成项目试车成功

中国科学报 2020.1.22

本报讯（记者刘万生）1月17日，全球首套千吨级规模太阳燃料合成示范项目在兰州新区绿色化工园区试车成功。这标志着将太阳能等可再生能源转化为液体燃料工业化生产迈出了第一步。

该项目采用中国科学院大连化学物理研究所李灿院士团队开发的两项关键创新技术：高效、低成本、长寿命规模化电催化分解水制氢技术和廉价、高选择性、高稳定性二氧化碳加氢制甲醇催化技术。

李灿团队研发了具有我国自主知识产权的新型电解水制氢催化剂，与苏州竞立制氢设备有限公司合作，制造规模化电解水制氢设备，单位制氢能耗降低至 4.0~4.2 度电/方氢，大幅降低了电解水制氢的成本，是目前世界上规模化碱性电解水制氢的最高效率。二氧化碳加氢制甲醇技术则采用李灿团队自主研发的固溶体双金属氧化物催化剂 ($ZnO - ZrO_2$)，该催化剂可实现二氧化碳高选择性、高稳定性加氢合成甲醇。其中单程甲醇选择性大于 90%，催化剂运行 3000 小时性能衰减小于 2%。

该项目由太阳能光伏发电、电解水制氢、二氧化碳加氢合成甲醇三个基本单元构成，项目的完成对缓解我国能源安全问题乃至全球生态文明建设具有重大战略意义。

此外，该项目将二氧化碳作为碳资源，实现二氧化碳的积极减排，生产的太阳燃料甲醇为绿色甲醇，实现了零碳排放。

中低温地热悬浮发电技术研究中心成立

中国能源报 2020.1.20

本报讯 1月9日，“中低温地热磁悬浮发电”研究中心（以下简称“研究中心”）正式揭牌，研究中心由深圳大学和江苏赐福科技有限公司携手共建，将依托深圳大学“深地科学与绿色能源研究院”和广东省“深地科学与地热能开发利用”重点实验室，重点开展中低温地热磁悬浮发电原理、技术和装备的攻关探索。

作为仅次于太阳能的第二大清洁低碳能源，地热能开发潜力及其巨大。“如果把地球上贮存的全部煤炭燃烧所放出的热量作为标准来计算，地热能的总贮存量约为煤炭的1.7亿倍。”深圳大学深地科学与绿色能源研究院院长、中国工程院院士谢和平指出。

“如何将地热资源真正转化为地热能源，是当前迫切需要解决的世界性难题。最关键的是，怎样实现中低温地热发电变革性与颠覆性技术的研发突破。”谢和平指出。

近年来，地热能热度不减，多个相关法规、政策为其发展“保驾护航”。2017年2月，国家发改委、国家能源局、国土资源部联合发布了我国针对地热能首个五年发展规划，成为“十三五”时期我国地热能开发利用的基本依据。

目前，我国地热资源直接利用率世界第一。但截至2018年底，我国地热发电装机总容量仅为43.28MW，离《地热能开发利用“十三五”规划》“到2020年，地热发电装机容量新增500兆瓦，达到约530兆瓦”的发展目标，差距还很大。据悉，全球地热能开发利用率也普遍较低。“特别是地热发电效率通常不到15%，传统地热发电遇到很大的技术瓶颈。”谢和平介绍。

今年是“十三五”的收官之年，增加地热发电装机容量的关键是什么？在谢和平看来，“急需加强中低温地热磁悬浮发电变革性原理与技术的重点研究，深入开展中低温地热磁悬浮发电技术与设备的攻关探索。”

他同时指出，地热资源能源化是中国地热资源开发的根本出路和终极目标，以科技创新推动中低温地热资源规模高效发电，是实现这一目标的根本方式，这也是成立研究中心的初衷。

作为全国第三大地热资源大省，广东省被列为中低温地热发电项目建设的重点省区。根据相关数据显示，我国万米以浅干热岩资源总计相当于860万亿吨标准煤，是中国目前年度能源消耗总量的26万倍；水热型地热资源储量约1.25万亿吨标准煤，其中，中低温水热型地热资源占比高达95%以上，主要分布包含粤港澳大湾区在内的东南沿海区域。

因此，利用粤港澳大湾区优越的地热资源禀赋，以科技创新手段积极促进地热资源能源化，先行示范建立中低温地热发电示范基地，对缓解粤港澳大湾区能源资源压力、推进能源生产和消费革命，促进生态文明建设具有重要的现实意义。

据介绍，研究中心将力争充分发挥粤港澳大湾区地热资源禀赋，开创中低温地热悬磁悬

浮发电变革性技术的研究新领域，打造一批具有核心竞争力的中低温地热发电变革性技术与装备，抢占中低温地热能开发与利用的创新科技制高点。

“我们希望将中心打造成深圳特色、中国独有、世界领先的地热资源能源化科技创新平台，助力粤港澳大湾区地热资源开发与绿色低碳发展，为服务国家战略和深圳高质量发展发挥智库和引擎作用，也为深圳市建设‘全球创新创意之都’和‘全球标杆城市’做出贡献。”谢和平指出。（武晓娟）

太阳能双循环农产品干燥设备入选农业农村十大新设备

山东科技报 2020.1.20

近日，由农业农村部规划设计研究院研发的太阳能双循环农产品干燥设备，入选了“2019年中国农业农村十大新装备”。

太阳能双循环农产品干燥设备基于太阳能光热转换点与农产品干燥特性，集内循环和外循环于一体，采用太阳能集热加热空气方式对农产品进行干燥。该成果突破多项技术难点，克服温室型太阳能干燥装置缺陷，实现了农产品干燥的安全、营养、低耗、节能、减污、高效。内外循环通道相互独立，能够根据需要实现内外循环独立进行或同时进行，不仅充分利用热能、节约能源，还能实现匀风干燥、有效保证产品的干燥品质；设有匀风室，确保进入干燥室的热风温度恒定和均匀，进一步提高干燥品质；采用一体式结构，有效降低占地面积和制造成本，节约设备投资。（农业农村部规划设计研究院）

首个海洋油气生产装备智能制造基地开建

中国能源报 2020.1.6

本报讯 日前，我国首个海洋油气生产装备智能制造基地在天津港保税区正式开工建设。未来该基地将以“信息化、数字化、智能化”为引领，重点围绕智能制造等先进技术进行试点探索，致力于打造行业一流的海洋油气生产装备智能制造基地，逐渐构建从研发、设计、制造到服务的全流程“智能海工制造”体系。

据介绍，作为我国规划建设的首个海洋油气生产装备智能制造基地，该基地位于保税区临港区域，由中国海油旗下的海洋石油工程股份有限公司（以下简称“海油工程”）投资、建设和运营。据悉，基地规划面积 57.51 万平方米，码头岸线长度 1631 米，设计产能约为 7.1 万结构吨/年。总建设共分两期，一期工程预计于 2021 年 9 月建成投产，全部工程预计将在 2022 年底完工投产。

该基地将按照“统筹规划、分步实施”的建设思路，先期完成 3 条自动化海工生产线、1 个智能立体仓库的建设，实现板材切割下料、单层甲板片及工艺管线车间预制、中小件物料存储等生产环节的自动化升级，并以点带面逐步推动全生产链条的智能化落地。未来，该基地将按照“保障北方能源基地，辐射东亚、北亚地区”的区域定位，重点发展油气生产

平台及上部模块、FPSO 模块、LNG 模块等高端海工产品，并逐步成为集海洋工程产品智能制造、油气田运维智慧保障以及海工技术原始创新研发平台等功能为一体的综合性基地。

海洋油气生产装备制造业是我国海工装备制造业的重要组成部分，近年来，我国海洋油气生产装备制造业在深水装备、FPSO 浮体、LNG 模块等领域取得了一系列突破性进展。海油工程相继在天津塘沽、山东青岛、广东珠海等地建设了多个大型海洋工程制造基地，场地总面积近 350 万平方米，形成了跨越南北、功能互补、覆盖深浅水、面向全世界的场地布局。

据了解，海油工程已先后承揽了多个国际大型工程项目，以及陵水 17-2、流花 29-1 等多个国内深水油气田项目，并拥有超大型海洋平台工程总包能力、1500 米水深海管铺设能力等一系列核心技术。“十三五”期间，围绕海工行业智能制造的快速发展需求，海油工程积极推进数字虚拟仿真技术、智能化安全管理、全自动化焊接技术、智慧式仓储物流等先进技术的应用，在海洋油气生产装备智能制造领域积累了丰富的实践经验。

海洋石油工程股份有限公司相关负责人表示，未来海油工程将与行业内的优势资源积极对接，针对智能制造的关键核心技术展开自主攻关和联合攻关，进而实现整个行业信息化、数字化、智能化发展，推动海洋油气生产装备制造行业不断向高端产品结构转型升级，提升我国海洋油气生产装备制造业核心竞争力，进而实现从“海工制造”到“海工智造”的高质量发展。（曲照贵）

我国最大潮流能发电机组研制成功

科技日报 2020.1.14

科技日报哈尔滨 1 月 13 日电（记者李丽云 通讯员王学善）记者 13 日从哈电集团获悉，新年伊始，从自然资源部海洋战略规划与经济司传出好消息，哈电集团哈尔滨电机厂有限责任公司承担的海洋可再生能源资金项目“600kW 海底式潮流发电机整机制造”通过专家组验收，标志着我国最大的、单机容量 600kW 的潮流能发电机组制造成功，我国潮流能机组研制水平迈上新台阶。

“600kW 海底式潮流发电整机制造”项目是哈电电机 2010 年与国家海洋局签订的海洋可再生能源专项资金项目，项目主要目标是通过专项资金支持，提高我国潮流能发电系统关键设备和整机制造的技术水平和生产能力，实现 600kW 海底式潮流发电整机的国产化生产。

与太阳能、风能、波浪能等可再生新能源相比较，海洋潮流能规律性较强、能量稳定，具有较高的开发价值；但由于能源分散、能源密度低，以及海洋环境严酷等原因，研制能够有效开发潮流能的发电机组难度巨大。哈电电机 600kW 潮流能发电机组的成功制造，对解决我国乃至全球偏远海岛的能源供应、海洋水下监测仪器供电等问题以及潮流能的市场化应用具有重大意义。

在 600kW 潮流能发电机组研制中，哈电电机充分考虑了机组的可靠性与可维护性，创

新设计了竖井结构，使人员能够进入机组内部进行及时检修维护，解决了潮流能机组维护难的问题；在机组密封、防污防腐、传动系统等关键技术上采用了先进技术，提高机组运行安全性和稳定性的同时，也增强了对台风等恶劣环境的应对能力。

2019年9月9日，哈电电机600kW潮流能发电机组在浙江舟山摘箬山海域开展海试，经现场示范运行，结果显示，该机组水电能量转换效率达37%，起动流速仅0.51米每秒，均为国内领先水平。

