

# 能 量 转 换

总 24 期  
12/2019.12

## 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

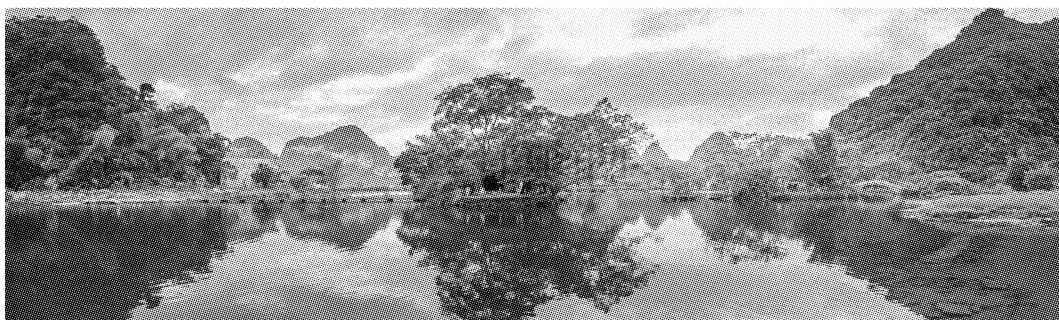
1. 粤港澳大湾区绿色发展正提速 ..... 5
2. “十四五”可再生能源将迎“质变” ..... 7
3. 可再生能源将快速渗透全球能源系统 ..... 9
4. “十四五”清洁能源将占能源消费增量七成以上 ..... 10
5. 聚焦能源安全战略 解码未来新趋势——南网能源院年度系列研究报告解读 ..... 12
6. 中国能源结构转变让全球受益 ..... 15
7. 《自然》展望 2020 年科学事件 ..... 16
8. 北京将在未来科学城开建“能源谷” ..... 18
9. 构建具备三大特征现代能源体系 ..... 19
10. 全国人大审委会听取审议《可再生能源法》实施情况的报告 ..... 21
11. 回眸 2019：能量格局正在变革 ..... 23
12. “能量互联网的春天到了” ..... 25

#### 二、热能、储能、动力工程

1. 一条通向甲醇的电子“高速公路” ..... 27
2. 电化学储能路在何方 ..... 27
3. 改进储能材料微纳结构 ..... 29
4. 高效冷却系统 每年节能相当于三峡发电量 30% ..... 30
5. 固体氧化物燃料电池技术破冰 产业链却亟待完善 ..... 30
6. 新技术，让动力电池更高能 ..... 32
7. 室温下二氧化碳气体变电池 ..... 34

8. 上海电力大学制备出新型复合相变储热材料·····	34
9. 异质结成高效组件技术潜力股·····	35
10. 玻璃中的钙钛矿量子点：光信息存储又出“新星”·····	36
11. 增程式电动车才是未来汽车主力·····	38
12. 新方法突破等离子体制备石墨烯技术瓶颈·····	39
13. 百千瓦时级储能系统并网运行·····	40
13. “智慧大脑”让建筑实现超低能耗·····	40
14. 燃料电池车有望成氢能发展突破口·····	41
15. 探索中国清洁供热 2025 新模式·····	43
16. 缺乏顶层设计成“集中供冷”最大掣肘·····	45
<b>三、生物质能、环保工程（污水、垃圾）</b>	
1. 构建生物质能绿色低碳循环发展模式·····	47
2. 广东农村生活污水排放有了标准·····	49
3. 造纸废液 利用新机制被发现·····	50
4. 我国首个生物质耦合发电示范项目运行·····	50
5. 欧洲碳捕捉与储存产业发展现状分析·····	51
6. 从“无废城市”看高能环境的“大固废”版图·····	52
7. 创建全国卓越的工业烟尘综合治理服务平台·····	55
8. 近零能耗建筑的新装·····	57
9. 欧盟强推“绿色新政”引争议·····	59
10. 中国 40 年来碳排放变化有四大驱动力·····	62
11. 畜禽固液废弃物协同堆肥研究获进展·····	62
<b>四、太阳能</b>	
1. 光敏蛋白 + 量子点造出新型太阳能电池·····	63
2. 太阳能发电量年均增长 57.2%·····	64
3. “十四五”光伏产业何处挖潜·····	64
4. 看得见风景的太阳能发电窗户·····	67
5. 强化光伏发电规范与政策落实监督·····	68
6. 中广核探索光伏 + 治沙新模式·····	68
7. 新型储能系统：把太阳能装进电池里·····	69
8. 我首次完成太阳帆在轨关键技术试验·····	71
9. AI 技术正在颠覆光伏行业·····	72
10. 2050 年光伏装机占比将达近六成·····	74
11. 黑晶光电钙钛矿晶硅叠层电池效率达 23.5%·····	75

<b>五、地热</b>	
1. 中国最大无干扰地热系统投入使用 .....	76
2. 我国首次成功申办世界地热大会 .....	76
3. 清洁采暖未来式 .....	77
<b>六、海洋</b>	
1. 河口发电有戏了 .....	78
2. 海上可再生能源或危及海洋生物 .....	80
<b>七、氢能</b>	
1. 氢气应被赋予能源属性 .....	80
2. 电解水制氢 + 管道运输是氢能发展方向 .....	82
3. 氢能供给体系建设和车辆规模化示范是关键 .....	83
4. 国产氢燃料电池系统短板渐显 .....	85
5. 我加快氢能装备试验检测技术布局 .....	87
<b>八、风能</b>	
1. 多地探建“海上风电母港” .....	87
2. “十四五”海上风电“风向”在哪儿? .....	89
3. GIS 跨入海上风电新领域 .....	91
<b>九、核能</b>	
1. 我国商用核能供热今冬“首秀” .....	92
2. 东北两核能供热项目加快推进 .....	94
3. 挑战核能供热“第一步” .....	95
<b>十、其它</b>	
1. 低阶粉煤回转热解技术通过鉴定 .....	98
2. 以煤为主格局决定能源转型立足点和首要任务 .....	100
3. 技术驱动中国版“页岩革命” .....	102
4. 区块链 + 数字电网构建高效能源信任体系 .....	104
5. 自主抽水蓄能成套设备实现“领跑” .....	106



## 行业动态

1. 从化将建餐厨垃圾处理厂 .....	108
2. 中科院大连化物所研制出石墨烯多孔气凝胶新材料 .....	109
3. 秸秆生产汽柴油万吨示范项目明年将投产 .....	110
4. 我国新一代“人造太阳”预计明年投入运行 .....	110
5. 《光伏电站运行规程》正式发布 .....	111
6. 氢能产业明年有望步入商业化阶段 .....	111
7. 十部委发文力促生物天然气产业发展 .....	113
8. 《2020年中国能源化工产业发展报告》发布 .....	114
9. 光伏产品全年出口总额将超200亿美元 .....	115

本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

## 一、总论

### 第八届国际清洁能源论坛（澳门）圆满闭幕

### 粤港澳大湾区绿色发展正提速

中国城市能源周刊 2019.12.2

11月20日，第八届国际清洁能源论坛在澳门开幕，论坛以“推进粤港澳大湾区绿色发展，迈向能源高质量发展新时代”为主题，探讨粤港澳大湾区发展的绿色之路，围绕海上风电、氢能与燃料电池、能源互联网、绿色金融以及投资合作等议题进行交流，展示中国清洁能源企业发展所取得的最新成就，展望粤港澳大湾区绿色发展路线图。

全国政协副主席何厚铨、中央人民政府驻澳门特别行政区联络办公室副主任姚坚、中华人民共和国外交部驻澳门特别行政区特派员公署副特派员王冬、澳门基金会行政委员会主席吴志良、联合国经济发展助理秘书长兼首席经济学家埃利奥特·哈里斯，论坛理事长苏树辉等出席开幕式。

#### 促进澳门融入粤港澳大湾区

“国际清洁能源论坛的召开，将坚定国际社会对中国履行《巴黎协定》承诺的信心，对于促进澳门融入粤港澳大湾区的绿色发展，贯彻‘一国两制’的成功实践，以及推动能源转型和高质量发展，都具有极其重要的意义。”苏树辉在开幕式上说。

谈及如何加快能源转型，埃利奥特·哈里斯在会上说：“联合国支持各国加快能源转型，鼓励各国制定更高的可再生能源占比。”他强调，今后要推动各国加大对可再生能源和能效领域的投资，特别是要增加可再生能源在供暖、制冷和交通运输领域中的使用。

国际可再生能源署署长代表、城市可持续能源项目主管陈勇也表达了类似观点，据他预测，到2050年，60%的电力将来自于可再生能源。而在终端用户的领域，50%的装置都由电力供应。

“要把粤港澳大湾区建设成为富有活力和世界竞争力的一流湾区和世界级城市群，打造高质量发展的先行区、示范区，不仅要求大湾区在经济规模上，而且要在创新引领、生态环境保护方面世界领先。”中国广核集团有限公司董事长贺禹在会上强调。

澳门作为大湾区四个引擎城市（香港、澳门、广州、深圳）之一，目前交通用能都已经实现电动化或改用天然气。特别是在能源供应保障层面，近年来澳门与其它湾区城市的联系愈发密切。

澳门发展策略研究中心会长萧志伟今年曾公开表示，澳门应充分发挥自身优势，与其他湾区城市功能互补，通过努力构建结构科学、集约高效的大湾区发展格局，共同推动粤港澳大湾区建设取得成效。

#### 持续优化能源结构 助力粤港澳高质量发展

粤港澳大湾区作为我国开放程度最高，经济活力最强的区域之一，在国家发展大局中具

有重要的战略地位。

“数据显示，2015 年从经济总量来说，粤港澳大湾区已经位居前三甲，2017 年达到第二名，预计到明年年底，有可能发展成为全球经济规模最大的湾区经济体。”中国广核集团有限公司研究中心主任李勇说：“电力消费能力在提升，结构在优化。”

他进一步解释道，大湾区消费需求保持相对稳定，特别是香港和澳门地区，因为经济发展总量相对保持平稳，所以能源消费强度和能源需求也相对稳定。相对于其它地区，整个湾区在电力供应和清洁利用方面已处于较高水平。

其中，广东省是在全国东部沿海省份当中唯一一个率先实现非化石能源达标的省份。同时整个大湾区的清洁电力供应也一直在持续提升。

地处粤港澳大湾区的南方电网公司，则依托“西电东送”加大清洁低碳电力供应，推进重点领域电能替代，持续优化湾区能源结构和布局，助力大湾区建立宜居宜业宜游的优质生态圈。比如，在湾区内，目前低压客户、高压客户接电时间已同比减少 34%、22%。通过推行“互联网+”线上报装办理功能，实现企业与群众办电“一次都不跑”。截至目前，南方电网公司已累计延伸投资 136 亿元，大湾区的 9 个城市已实行新增报装用电在 200 千伏安及以下客户低压供电，实现小微企业零成本接电。

“今后，公司将推动天然气、太阳能、风能等清洁能源在城市负荷中心就近消纳，优化城市能源结构，改善城市生态环境，助力粤港澳大湾区迈向能源高质量发展的新时代。”南方电网综合能源股份有限公司党委书记、董事长秦华称。

#### **实现生态湾区能源转型目标 仍需三地协力**

“在能源转型发展取得积极成效的同时，我们仍应看到新能源发展还面临许多问题。中国清洁能源发展潜力巨大，任重道远。无论对政府、企业、还是科技研发部门而言，都有很长的路要走。”中国工程院院士刘吉臻在会上坦言。

就粤港澳大湾区而言，其肩负着实现城市群高质量发展示范的历史使命，但与领先地区和城市相比，在绿色发展方面仍存不足。

东方电气集团东方电机有限公司研究试验中心副主任梁权伟指出，目前粤港澳大湾区的能源和生态环境水平还需要提升。根据“十三五”规划目标，粤港澳三地在要实现非化石能源消费占比达到 31%，目前还有差距。同时三地亦缺乏能源环保领域的顶层设计和统筹规划。此外，法律和制度方面的差异也给大湾区发展带来了不小挑战。

在推动粤港澳三地率先实现现代化、促进粤港澳大湾区绿色可持续发展之路上，与会专家纷纷建言献策。

贺禹指出，要赶超旧金山、纽约和东京等这些国际一流湾区，三地政府以及能源环保企业必须达成发展共识、加强合作，按照引领全球的一流能源环保发展要求，推进产业发展。在新起点上，要进一步在先进能源环保行业等政产学研用方面加强合作，携手为粤港澳大湾区绿色发展做出更大贡献。

李勇亦表示，希望今后加强粤港澳大湾区三地政府间的政策和立法沟通，统一规划生态环境规划建设目标，制定一体化管理体制机制，实现整个湾区内的协同发展；在一流生态湾区能源转型发展目标和相关举措方面，也要形成共识，以树立示范先行的标杆，率先实现零碳电力；不断创新机制体制，推动要素自动流通，制定合作共赢的电价交易机制和有关商业规则，推进基础设施互联互通建设和投资，然后围绕着区域内的清洁发展形成集资融资、财富管理、商贸物流等一系列平台，进一步实现粤港澳大湾区高质量绿色发展。

为将粤港澳大湾区打造成世界清洁能源利用示范湾区，秦华说，今后要构建更加健康积极的分布式光伏产业发展环境、加大分散式风电能源开发、加大海上风电技术交流与合作、完善优化大湾区电力市场体系与机制，通过市场机制促进区域内能源消费转型，推动大湾区能源供应的市场化、多元化和清洁化，深化电力贸易合作，让市场红利更加惠及粤港澳地区客户。（张胜杰 张金梦）

## “风光”由高速转向高质发展 非电可再生能源有望提速

### “十四五”可再生能源将迎“质变”

中国能源报 2019.12.9

**核心阅读**“十四五”期间，风电、光伏将全面迎来平价上网时代，真正成为具有竞争力的能源品种，高质量、多元化将是可再生能源的关键词。与此同时，非电领域的可再生能源发展，如中浅层地热供暖、光能的中低温工业领域热利用以及生物质热利用等或将提速。

站在“十三五”即将收官的节点，“十四五”的可再生能源发展蓝图正越来越清晰。

业内普遍认为，“十四五”期间，风电、光伏将全面迎来平价上网时代，真正成为具有竞争力的能源品种，高质量、多元化将是可再生能源的关键词。

#### 高质量和多元化是趋势

水电水利规划设计总院副总工程师谢宏文日前表示，回顾中国可再生能源的发展历史，“十二五”期间，可再生能源发展步入规模化；“十三五”期间逐步接近平价，“十三五”末风电太阳能基本实现平价。展望“十四五”，可再生能源发展的关键词将是高质量和多元化。

中国工程院院士、全球能源互联网研究院院长汤广福预测，到2020年，新能源（风+光）装机占比约19%，新能源（风+光）发电量占比约9%。“目前世界范围内开始了新一轮能源转型，可再生能源的大规模开发和利用成为世界能源体系不可逆的发展趋势。预计到2030年我国可再生能源发电装机占比将达52%，约为14.9亿千瓦。”

“风能、太阳能将是增长最快的能源品类，预计分别在2030年、2040年前后超过水能，成为主要的非化石能源品种。”国网能源研究院副院长兼国网能源互联网经济研究院院长王耀华说，“风电、光伏发电将逐步由电源增量主体演进为存量主体。”

水电水利规划设计总院院长郑声安也认为，未来，可再生能源将成为我国能源电力消费

的增量主体，并为后期逐步实现增量全替代、存量替代做好过渡。据介绍，“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。

#### **“十四五”需高度关注生态制约问题**

根据国家能源局的数据，截至今年第三季度，全国风电累计并网装机容量达1.98亿千瓦，全国光伏发电累计装机达1.9019亿千瓦。业内预计，到今年底，风电和光伏累计装机均有望双双突破2亿千瓦。

王耀华认为，“十四五”期间，我国风电、光伏发电装机将实现“双4亿千瓦”发展规模，布局向中东部地区倾斜。中长期来看，风电布局仍将以“三北”地区集中式开发为主，光伏发电装机宜集中式与分布式并重。

业内人士告诉记者，在“十四五”期间，决定风电、光伏能否持续稳健发展的一个关键因素是，能否解决好项目开发与生态保护之间的协调发展问题。

业内专家认为，“十四五”期间，风电、光伏发电将改变过去主要依靠高强度补贴来推动的发展模式。绿色交易机制也将在“十四五”期间完善。保证“十四五”期间可再生能源高质量发展，必须把生态环境负面影响降到最低。

“‘十四五’期间，必须解决好风电、光伏发电开发、建设、运维、使用、退役等生命周期的无害化、绿色化问题；必须做到效益与生态兼顾，产业发展与自然保护协同。”国家发改委能源研究所可再生能源发展中心主任任东明指出。

郑声安也表示：“未来需要做好可再生能源规划与国土空间规划统筹，在严守生态文明建设要求前提下，为可再生能源发展预留空间。”

#### **推动非电领域可再生能源发展**

2020年后，伴随平价时代全面开启，我国将迎来光伏与风电大规模建设高峰。那么，如何真正实现可再生能源的高比例发展？

对此，郑声安认为，目前需要在满足相关规划、环保要求的前提下，梳理各类可再生能源资源可开发量。国土空间、生态红线、征地移民、环境保护、林业草原、海洋海事等政策要求日益严格，需要在严守生态土地政策的情况下，加强多规合一及行业管理衔接。

国家电网有限公司总经理助理赵庆波建议，“十四五”期间，按照新能源利用率管理目标不低于95%的目标，提出新能源合理开发规模和布局。集中开发与分布式并举，西部北部建设新能源基地，东中部因地制宜发展分布式能源和海上风电。

国际可再生能源署项目主管陈勇对记者表示，在平价上网的热潮下，也应冷静思考大规模波动型可再生能源并网所带来的电力系统综合成本上升。在“十四五”期间，同样应积极支持对电网冲击较小的可再生能源技术与规模化发展，如光热发电系统（带储能）和地热能发电等。虽然其单位发电成本目前比光伏、风电要高，但由于不会增加系统成本，有利于达到未来电力系统成本的最优化。而且，光热与地热也可以同时提供可再生能源供热。



“未来的能源系统将是电力与非电力能源以及与用户终端高度智能耦合的综合能源体系。”

“要实现可再生能源高比例发展，只靠发电远远不够，可再生能源要多元化发展，和其他相关产业融合，把更多产业变成相关产业。”谢宏文认为，可再生能源非电利用水平明显滞后。目前，可再生能源供暖面积仅占北方地区供暖面积的2%。

陈勇也认为，“在非电领域，尤其是建筑供热及工业用热方面，可再生能源发展较为滞后。我国在‘十四五’期间，应进一步重视非电领域的可再生能源发展，如中浅层地热供暖、光能的中低温工业领域热利用以及生物质热利用等。”（苏南）

## 可再生能源将快速渗透全球能源系统

中国能源报 2019.12.9

“‘清洁低碳+电气化’是全球能源转型、应对气候变化的现实路径和必然选择。为此，各国还需在能源政策、能效提升、技术创新等方面加大力度并综合施策。”国网能源研究院副总经济师兼经济与能源供需研究所所长单葆国在日前举办的“能源转型：‘十四五’电力发展之路”论坛上表示。

论坛与会专家一致表示，在全球共同应对气候变化背景下，能源绿色低碳转型已经成为共识，未来全球能源供应主体将持续向非化石能源过渡，可再生能源将加快成为能源增长的主体。

### 全球电力消费增速创五年新高

“2018年，全球电力消费约24.5万亿千瓦时，较上年增长3.1%，增速创近五年新高。”单葆国表示，“去年亚太电力消费占全球的47%，贡献全球增长的3/4；欧洲、北美合计占全球的41%，贡献率不足1/5。其中，美国、中国、印度三国电力消费占全球总量的一半。”

单葆国同时表示：“2018年全球发电装机达71.6亿千瓦，较上年增长3.8%。其中，亚太贡献了新增装机的72%，占全球的比重达46%；欧洲、北美合计贡献约14%，占全球总量的42%。可再生能源发电装机占总装机的比重达36%，发电量占比达27%。”

根据论坛上发布的《全球能源分析与展望2019》报告，未来，以风能、太阳能为主的可再生能源将迅速崛起，助推全球能源清洁转型。当下，新一轮能源革命蓬勃兴起，清洁低碳、电气化是其中的重要特点和趋势。

电力规划设计总院原院长、党委书记谢秋野举例指出：“欧盟多国和传统石油国家也提出了新能源发展目标。德国提出到2050年可再生能源占能源消费的60%，丹麦提出到2050年完全摆脱化石能源消费，沙特提出到2020年可再生能源满足10%的能源需求。”

### 发展中国家是全球电力增长主力

单葆国表示：“电气化水平是未来能源转型的主要路径，我们有一个乐观的判断，基准情景下2050年全球终端电气化水平约34%，加快转型情景下达到40%，中国电气化水平明显高于全球平均水平。”

未来，全球电力需求增长主要由电力供应的普及程度以及发展中国家的工业化进程、交通电气化加速、城市化发展等因素驱动。发展中国家人均用电水平低，伴随经济社会发展，电力需求存在较大增长空间，将是全球电力需求增长的主力。

《全球能源分析与展望 2019》预测，在加快转型情景下，2050 年全球发电装机约 250 亿千瓦，较 2018 年增长约 2.5 倍，其中亚太增至约 115 亿千瓦，约贡献全球增长的 46%。

单葆国表示，预计 2050 年全球电力需求约 61 万亿千瓦时，较 2018 年增长约 1.5 倍，年均增长 2.9%。分地区看，亚太约贡献增量的近一半，贡献率较过去 38 年有所下降；北美、欧洲合计贡献率不足 30%。分部门看，工业、商业占比明显下降，居民占比略有上升，交通占比明显上升。

#### 2050 年可再生能源装机占比或超 75%

据悉，当前全球约有 150 个国家就可再生能源发电制定了具体目标，主要集中在陆上风电、光伏发电。《全球能源分析与展望 2019》预期，在加快转型情景下，到 2050 年，全球化石能源发电装机占总装机的比重将从 2018 年的约 60% 降至约 20%，可再生能源发电装机的占比在 2025 年前后达到 50%，2050 年超过 75%。

“在电力需求快速增长、传统火电逐步退出、系统接入更加灵活等多重因素推进下，可再生能源将以较快速度渗透全球能源系统。”单葆国判断，煤炭、石油、天然气依次到达峰值，2050 年非化石能源占比提高到 36%。（苏南）

当前至明年 6 月是“十四五”能源规划研究的重要阶段。在新形势下，区域性、时段性供需矛盾尚存，专家预测——

## “十四五”清洁能源将占能源消费增量七成以上

中国能源报 2019.12.16

未来 10-15 年，至少陆续出现 4 个峰值平台期：2025 年前后，煤炭消费达峰；2030 年前，石油消费达峰；2030 年前后，碳排放、煤电装机达峰。

“目前，‘十四五’能源规划的研究工作正在开展，国家、省级层面均已到了完成规划思路的阶段。围绕主要目标、指标测算、重大工程等核心内容，国家能源局也开始与各地对接，总体规划、地方规划两条线协同推进。现在起到明年 6 月是一个重要时段，重点要把基础工作搞扎实。”近日在 2019 中国能源研究会年会现场，国家能源局规划司司长李福龙透露了“十四五”能源规划编制的最新进展。

正值规划研究之年，诸多重点问题引发关注。相比“十三五”，我国能源生产与消费的形势将发生哪些变化？与其相适应的规划内容，需要作出哪些调整？面对新时代的新挑战，能源产业如何取得新突破？近期举行的多场会议上，来自不同领域的权威专家纷纷表达观点。

### **谈形势：►▷以碳减排为统领 能源发展的“四个期”并存**

“十四五”，是我国全面完成小康社会目标，并开启新征程的第一个五年规划期，也是全面落实高质量发展、深入推进能源生产消费革命的关键期。因此，认清“十四五”研究的背景与形势至关重要。

李福龙表示，“十四五”经济和能源发展的阶段性特征，可概括为“四个期”，即两个百年战略目标的承接期、两个非化石目标的承接期、能源消费增量结构的变化期，及多个峰值出现或临近期。“目前来看，明年完成非化石能源消费占比15%的目标问题不大，进而向2030年达到20%的目标迈进。2018-2020年，清洁能源约占能源消费增量68%，‘十四五’将比重提高到70%以上。直至2025年以后，能源消费增量主要由清洁能源满足。”

未来10-15年，至少陆续出现4个峰值平台期。“2025年前后，煤炭消费达峰；2030年前，石油消费达峰；2030年前后，碳排放、煤电装机达峰。”以此为背景，李福龙强调，“十四五”规划要将化石能源的碳排放问题考虑在内。

碳排放也是多位专家关注的重点。“应对气候变化压力加剧，造成我国能源需求增长与资源环境约束之间的矛盾日益突出。”中国能源研究会可再生能源专委会主任李俊峰表示，为满足国际、国内气候与可持续发展的目标，优化能源结构是重中之重。

以电力行业为例，中国电力企业联合会副理事长王志轩也称，低碳发展放到什么位置，是电力规划面临的主要问题之一。“‘十四五’期间，以碳减排为统领，整合政策体系。在解决常规污染物的基础上，如何进一步实现低碳要求？为达到减排承诺，新变化反过来又给能源系统带来多少影响？这些都是重点研究内容。”

### **谈挑战：►▷为解决区域性、时段性矛盾 优化比增量更重要**

新形势提出新的要求，同时也带来挑战。在李福龙看来，“十四五”期间，区域性、时段性供需矛盾仍不可忽视。

“当能源供应比较紧张时，往往更容易关注区域性、时段性矛盾。现在整体虽走向宽松，但调整仍有一个过程。”李福龙表示，以胡焕庸线为界，能源资源和消费的逆向分布格局，短期内不会改变，“十四五”规划应重点考虑能源布局和流向的优化问题。同时，因电力、天然气等负荷峰谷差不断扩大，低谷负荷时段，清洁能源消纳问题突出；尖峰负荷时段，供应保障压力加大。如何合理安排产能建设与运行调节，统筹供应保障与系统效率，也是“十四五”面临的主要挑战之一。

站在行业角度，王志轩进一步表示，“‘十四五’电力规划极具挑战。过去，电力规划主要解决短缺问题，从电力需求角度进行预测。今天再做规划，电力供需已由长期短缺转为相对富裕，面临的问题却比过去更严峻。”

以我国主体能源煤炭为例，中国工程院院士康红普也指出，未来不再是产量越多越好，而是需要多少、产多少。“经济社会发展赋予煤炭新的使命和担当，要求精准满足供应需求。精准意味着供需由刚性走向柔性，无论何时何地需要，均可保量、及时供应，且社会成

本越来越低。为此，煤炭行业要追求全要素、全过程的高质量发展，实现优化升级。”

### **谈趋势：►▷2030年前后能源消费需求达到峰值**

综合发展形势、行业现状，李福龙认为，“十四五”能源规划应重点谋求5方面的突破：着力补齐安全短板、推进清洁低碳转型、构建智能高效的能源系统、推动能源创新开放发展，以及着力增进能源民生福祉。

“期间需努力回答两个重要问题，一是供需平衡与能源安全保障的基本问题，二是完成构建智能能源系统的时代要求。为此，我们要在关键环节下功夫。”李福龙说。

李福龙进一步表示，“十四五”能源消费仍将保持增长态势。“从某种意义上说，推动现代化建设，就是‘工业化+城镇化’的进程。受此影响，能源消费总量定将保持增长。同时，从5年平均来看，能源消费增速放缓；单位GDP能耗下降幅度收窄，越到后面降幅的难度越大。上述3个走势可以确定，但具体变化幅度还需深入研究。”

对此，国网能源研究院副院长王耀华预测，“十四五”能源需求总量的增长将保持低速，并在2030年前后达峰，峰值在50亿-52亿吨标准煤。“2030年以后，终端能源需求和一次能源需求均进入峰值平台期，总量分别稳定在39亿-41亿吨、58-60亿吨标准煤。随着节能技术的推广应用，技术层面的节能潜力逐步放缓、用能结构升级的贡献提升。预计到2035年、2050年，单位GDP能耗分别降至当前水平的50%、30%以下。”（朱妍）

## **聚焦能源安全战略 解码未来新趋势**

### **——南网能源院年度系列研究报告解读**

中国能源报 2019.12.14

12月14日，南方电网能源发展研究院（以下简称“南网能源院”）2019年度研究报告发布暨能源转型发展研讨会在广州举行。该研究院在会上发布了《中国能源供需报告》等6份能源电力行业的年度系列研究报告。

南网能源院是一家立足南方电网公司实际，服务国家能源战略、服务能源电力行业、服务经济社会发展的能源行业智库机构，该研究院自2017年成立以来，承接国家部委委托重点课题研究17项，承担南方电网公司重点课题研究22项，开展南方电网公司总部技术服务114项，承接南方电网分子公司及外部单位专项技术服务17项，负责南方电网公司科技项目28个。

本次发布的系列报告，聚焦我国“四个革命、一个合作”能源安全新战略实施过程中的热点问题进行深入分析、预测并提出建议，为政府、能源行业企事业单位提供重要统计数据 and 决策参考。

### **中国能源消费连续10年世界第一**

《中国能源供需报告》显示，2018年我国能源消费总量为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。

报告显示，预计 2019、2020 年，我国能源消费增速将有所放缓，能源消费总量将达到 47.9 和 49.4 亿吨标准煤。煤炭的占比将逐步下降但依旧是主要能源，非化石能源的快速增长将成为拉动能源总量增长的主要动力。

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。

### 节能服务一年“节”出 3930 万吨标准煤

《南方五省区综合能源服务市场报告》指出，随着供给侧结构性改革不断深入，我国近年的能源消费强度呈下行趋势，但仍高于世界及经合组织（OECD）国家平均水平。

在南方五省区，2014 年 - 2018 年间能源消耗强度从 0.52 降至 0.42 吨标准煤/万元，累计下降 19.4%。广东是全国能源消费强度最低的省区之一，2018 年下降至 0.31 吨标准煤/万元。

单位 GDP 能耗降低，综合能源服务功不可没。报告对电动汽车服务、储能服务、综合能效服务、微电网服务四类综合能源服务业务进行深入分析，研判市场趋势。

报告指出，广东与广西电动汽车整车市场发展较为成熟，海南未来也有较好的发展前景。在政策和市场的双重推动下，广东电动汽车产业完成了整车生产、电池、电机、电控、其他零部件及关键材料等环节的全产业链覆盖。2018 年广东省电动汽车的产量约 13.27 万辆，保有量已超过 44 万辆，累计售出全国 1/8 的电动汽车。受到利好政策影响，预计 2025 年前后南方五省区电动汽车销量将增长 10 - 20 万辆，保有量将达 100 万辆左右。

报告建议，充换电基础设施投资者在广东可重点关注网约车、出租车的需求，在城市非核心地段（如变电站等）投建大规模直流充电站，以低服务费吸引客流。广西宜重点针对代步车业务，在居民活动停车地点设置充电桩。云南等地可根据地方实际情况开展景区、高铁接驳和水电消纳等特色业务。

报告还指出，近年来，我国密集出台了一系列政策措施鼓励节能服务的发展，使之成为综合能效服务中覆盖面最广的行业。截至 2018 年底，全国从事节能服务的企业为 6439 家，当年产值达到 4774 亿元，节能量为 3930 万吨标准煤，成功减排 10651 万吨二氧化碳当量。

报告认为，南方五省区节能服务业务主要增长点在广东和贵州。广东的制造业发达，产业链成熟，工业节能服务行业基础较好，未来用能客户对于工业节能服务的需求将更多体现在高效节能服务上。而贵州作为国家大数据产业发展集聚区，依托其发达的云平台、通信和大数据产业基础，互联网 + 节能服务以及融合了智能建筑的建筑节能服务将先一步成为市场需求的主流。

### 需谨防“低电价、高载能”陷阱

《南方五省区高载能行业发展及用电报告》选取了黑色金属、有色金属、非金属、化工、石化行业进行分析研究。

在全国高载能行业去产能持续推进的背景下，由于资源禀赋、区位条件等因素作用，南方五省区高载能行业产生了分化。电解铝、黄磷等行业在原材料产地近、电力成本低等刺激下，将产能转移至广西、云南等省区。钢铁、石化等行业则进行临港临海型布局，广东和广西等地趋势尤为明显。以广东为例，根据规划，到2024年，广东原油加工产能新增4000万吨/年，增幅为72.5%。

与此同时，南方五省区高载能行业用电量占第二产业的比重也在回升，2018年这一比例达到38.7%。部分高载能产业产能转移过分依赖地方保护和低电价。

报告建议，国家层面应尽快制定科学合理的高载能产业去产能方案，明确各省区、各企业产能压减目标及任务；落实国家电价政策，切实消除地方过度干预电力交易和市场不规范问题，防止地方以“低电价”变相鼓励、无序扩张高耗能产业，阻碍国家调结构促转型。

报告还建议，有条件的企业可以向上游能源生产环节延伸，实现产业与煤炭、电力一体化发展的产业链组合，降低生产成本。电解铝、钢铁、化肥等产业需加快延长到深加工领域，提高产品附加值，推动产业转型升级。

### 南方五省区可再生能源电量占比远超欧美

《中国南方电网可再生能源发展报告》显示，2018年南方五省区可再生能源发电量为5015亿度，占总发电量的42.2%。加上三峡送广东的水电，南方五省区全年实际消纳可再生能源电量为5159亿度，占全社会用电量的44.4%，超出我国和全球平均水平（26.5%和27.0%），也远高于欧盟和美国（32.3%和17.7%），整体消纳比重世界领先。

水能、风能、太阳能和生物质能等可再生能源是未来能源发展的主要方向。报告指出，广东是南方区域最主要的海上风电开发基地，占全国技术可开发量的15.7%。广东正推动海上风电全产业链的形成。报告建议借助物联网、大数据、云计算等新兴信息技术手段，重点在风电智能信息获取、状态实时评价及信息数据挖掘应用等方面取得突破，促进风电的智能化。

报告还分析了储能及氢能技术发展与应用，认为氢能将为海上风电消纳提供新思路。

### 三成社会用电量来自市场化交易

《中国电力市场化改革报告》指出，自2015年《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》（中发〔2015〕9号）发布以来，电力市场化改革成绩斐然。2016-2018年，全国电力市场化交易累计释放改革红利超过1800亿元。

报告显示，新一轮电改启动至今，中央层面共发布了过百份电力体制改革相关文件。各省区因地制宜，发布了超过2000份电力体制改革相关的地方性政策文件。电改的政策体系得以逐步完善。

交易机构实现全面覆盖。北京、广州两个国家级电力交易中心以及33个省级电力交易

中心陆续成立，截至 2018 年底，在全国各电力交易机构注册的市场主体超过 10 万家。市场主体多元化格局逐步形成，市场主体参与数量和范围不断扩大，其中注册发电厂约 3 万家，各省级交易区基本都放开统调火电准入，部分省区已放开水电、新能源、核电进入市场。全国注册售电公司超过 4000 家，注册电力用户超过 6.7 万家。

电力交易体系逐步完整，市场化交易规模迅速扩大，竞争格局逐步形成。2018 年我国市场化交易电量突破 2 万亿度，同比增长 26.5%，占全社会用电量的 30.2%。改革红利持续释放，在相关降电价政策与电力市场竞争共同作用下，终端用电价格明显下降。

### 电网投资额连续 3 年超 5000 亿元

《中国电力行业投资发展报告》围绕火电、水电、核电、风电、光伏、电网行业的投资进行了系统梳理和展望。

报告指出，从电源投资结构发展来看，近 10 年，我国火电投资占比从占绝对性的主导地位大幅下滑，风电投资占比近 3 年超过了水电投资占比，一跃成为第二大能源投资品种。核电投资在 2013 年前后达到峰值后逐渐趋于平稳。光伏投资增长自 2015 年开始趋于稳定。目前，中国水电装机和发电量双双稳居世界第一，2018 年风电装机容量达到 18426 万千瓦，也稳居世界第一。

电网投资方面，我国近三年均保持在超过 5000 亿元的高位水平，2018 年电网投资达到 5373 亿元。未来随着精准脱贫、新一轮农村电网改造升级、智能电网建设等深入推进，以及多样化，多层次，高质量用能用电需求的不断增长，电网投资的需求仍然较旺盛。另一方面，则是输配电成本监审趋严，企业经营压力增大，投资能力受到影响。

报告预测，未来三年电网投资将在当前 5000 亿元水平的基础上有一定幅度的下降。与此同时，电网供电可靠率等供应能力将随着技术水平和建设标准的不断提高而逐步增强。（刘杰 杨志勇 张伟雄 李三）

## 中国能源结构转变让全球受益

中国科学报 2019.12.12

中国的能源结构已经发生很大的改变，“从碳减排的意义来看，这能让中国自身乃至全球都受益”。《联合国气候变化框架公约》秘书处执行秘书帕特里夏·埃斯皮诺萨在西班牙马德里举行的联合国气候变化大会上对新华社记者说。

埃斯皮诺萨说：“中国在可再生能源方面的投入已经形成一个非常大的市场，助推相关技术的价格降低。如今可再生能源技术在价格上已能与化石能源竞争，这是一个不可或缺的因素，有助于我们过渡到清洁能源消费，让全球实现可持续发展。”

据《中国应对气候变化的政策与行动 2019 年度报告》（下称《报告》），中国能源结构进一步优化，经初步核算，2018 年非化石能源在能源消费中占比为 14.3%；截至 2018 年底，全国可再生能源发电装机达到 7.3 亿千瓦，同比增长 12%，占全部装机的 38.3%，同比

增加 1.7 个百分点；全国可再生能源发电量达 1.9 万亿千瓦时，占全部发电量比重为 26.7%。

埃斯皮诺萨说：“中国采取多种措施转变（能源结构），从而推动绿色经济、绿色社会的发展，提升人们的福祉和健康。”

谈到气候谈判时，埃斯皮诺萨指出，中国长期以来在一些关键问题的谈判中起到了“桥梁作用”。她说：“我作为执行秘书参与过的过去三届大会上，中国在协助各方最终解决一些问题等方面扮演了重要角色，帮助我们取得了很好的成果。”

据《报告》介绍，2019 年以来，中国积极推动与柬埔寨、老挝、肯尼亚、加纳、塞舌尔的低碳示范区合作磋商和落实，推动与埃塞俄比亚、埃及、几内亚等 10 余国的减缓和适应气候变化物资赠送项目执行及与博茨瓦纳、乌拉圭、菲律宾等国的新项目磋商，并举办 9 期气候变化南南合作培训班，其中包括两期“一带一路”沿线国家培训班、两期太平洋岛国培训班。

这届大会开始前和会议期间，多个机构陆续发布了与气候变化相关的报告。越来越多证据警示，全球各国必须尽快采取行动应对气候变化。埃斯皮诺萨说：“各国代表来到这届大会上，他们都很清楚尝试找到解决方案、让各方达成一致从而推动谈判向前发展的重要性。”（张家伟 冯俊伟 任珂）

## 《自然》展望 2020 年科学事件

科技日报 2019.12.24

2019 年即将过去，我们除了总结过去一年的悲欢得失，也应抬头远眺新一年的星辰大海。《自然》杂志网站近日为我们梳理了 2020 年科学领域值得期待的大事件。包括中国的嫦娥五号执行月表采样返回任务、“火星一号”等多款探测器相继奔赴火星、大型对撞机梦想升级等。

### 宇宙探索精彩纷呈

火星距离地球最近点 5500 多万公里，最远点超过 4 亿多公里。“火星冲日”每隔约 26 个月发生一次，在此期间地球与火星距离较近，可用较小花费和较短时间将探测器送往火星，而最近的“火星冲日”在 2020 年 7 月。有鉴于此，中美欧争先恐后于 2020 年发射航天器登陆火星，40 多亿年来一直“寂寞沙洲冷”的火星也将变得热闹非凡。

美国国家航空航天局（NASA）将于夏天发射“火星 2020”火星车，在火星上采集并存储岩石样本，留待未来的任务带回地球，与它一起到达的是一款小型可拆卸无人直升机。中国首台火星探测器“火星一号”也将于 2020 年择机发射，计划 2021 年降落火星。如果可以解决着陆降落伞的问题，欧洲航天局（ESA）的“罗萨琳德·富兰克林”火星车将搭载俄罗斯火箭升空，它将利用一个能钻探到地表以下两米深处的钻头提取未受强烈辐射的物质，这种物质中或许含有火星上曾存在生命的证据。阿拉伯联合酋长国也计划朝火星发射一台轨道器，这将是阿拉伯国家的首个火星飞行任务。



此外，嫦娥五号将于2020年执行月面采样返回任务；日本“隼鸟2号”将把从小行星“龙宫”上采集的样本送回地球；NASA的“源光谱释义资源安全风化层辨认探测器”则会从小行星“贝努”上“咬下”一块样本。

2019年，科学家借助事件视界望远镜（EHT）成功拍摄到首张黑洞照片，举世轰动。但这只是故事的开始！EHT合作组今年有望发布有关银河系中央超大质量黑洞“人马座A\*”的新结果。ESA的“盖亚”探测器也将更新银河系三维图谱，让科学家更好地了解银河系的结构和演化历程。引力波天文学家也将公布2019年观察到的宇宙撞击数据，包括黑洞间的并和，以及以前未曾观察到的黑洞与恒星之间的碰撞。

### 大型对撞机梦想升级

欧洲核子研究中心（CERN）希望2020年能为未来的巨型对撞机筹集到资金。这个全球最大的粒子物理实验室将于2020年5月在布达佩斯召开理事会特别会议，讨论决定欧洲粒子物理战略规划的更新事宜，巨型对撞机是其中一部分。

CERN的大型强子对撞机（LHC）是目前世界上最强大的对撞机，全长27公里。CERN希望更上一层楼，建造一台100公里长的对撞机，长度接近LHC的4倍，能量更是LHC的6倍多，成本可能高达234亿美元。

美国费米国家实验室将在2020年公布“缪子g-2”实验的结果，无数科学家对此翘首以盼。该实验旨在对缪子（电子更重的“表亲”）在磁场中的行为进行高精度测量。物理学家希望能发现小小的异常现象，揭示出以前未知的基本粒子，从而拉开新物理学的序幕。

### 阻止气候变暖迎来关键时刻

2020年8月，联合国环境规划署（UNEP）将发布一份针对地球工程科学和技术的重要报告。地球工程方法旨在应对气候变化，相关措施包括减少大气中的二氧化碳，阻挡阳光等。国际海底管理局也将于2020年发布相关法规，使海底开采成为可能，但科学家担心这种做法会破坏海洋生态系统，甚至对已饱受重创的环境带来灾难性影响。

第26届联合国气候变化大会（COP26）将于2020年11月在英国格拉斯哥拉开帷幕，这次会议将是自2015年《巴黎协定》签署以来最重要的气候变化会议。届时，各国必须提出减少本国温室气体排放的新目标，以实现《巴黎协定》设定的目标——即到2100年将全球升温控制在工业化前水平2摄氏度内。目前，大多数国家在兑现承诺方面的表现差强人意。

新一轮美国总统选举将于2020年11月举行，谁将入主白宫？谁将掌控国会？结果可能会对科学尤其是气候科学产生重大影响。

### 生物健康领域争议与进展齐飞

在新一年里，科学家除了关注星辰大海，也不会忽视事关人类健康的领域。

今年7月，日本政府批准了首个申请利用动物培育人类器官的项目——利用诱导多能干细胞（iPS细胞）在实验鼠体内培育人类胰脏，这一项目旨在确认利用相关技术能否在动物体内正常生长出人类器官，以便将来用于移植。尽管这一研究已获批，但仍引起广泛争议。

有研究人员认为，异种移植仍需克服来自道德伦理和技术上的巨大障碍，在实验室中培育的“类器官”可能更安全、更有效。

在对抗传染病等方面，在印度尼西亚日惹市，针对借助沃尔巴克氏菌对抗登革热传播的技术开展的重大测试将得出结论。世界卫生组织也希望到2020年消除昏睡病。

另外，合成生物学家旨在从头构建面包酵母的“合成酵母2.0”项目将于2020年完成，研究人员希望，经过遗传改造的酵母细胞可让科学家更灵活高效地制造出多种产品，从生物燃料到药物，不一而足。

### 能源行业新秀辈出

2020年，能源领域也将取得不少新成果：最值得期待的是钙钛矿太阳能电池。与目前大多数电池板使用的硅相比，钙钛矿吸光效率更高、成本更低且制造工艺更简单。因此，钙钛矿太阳能电池已成为行业“新宠”，不少公司计划于2020年开始销售这种电池。此外，在2020年7月的东京奥运会上，丰田汽车公司有望发布首款固态电池动力汽车原型，这种电池用固态电解质替代传统电池内的液态电解质，在过度充电等异常情况下，液态电解质电池容易发热，造成自燃甚至爆炸相比在提高电池能量密度的同时，还能解决安全性问题。

超导专家也将在2020年迎来重大突破。他们一直希望研制出能在室温下工作的超导体。他们相信，这种超导体一旦问世，将彻底改变电力的传输方式，并节省大量能源。2018年，一个国际团队发现，在极高压力下，“超氢化镧”可在零下23摄氏度表现出超导性，朝室温超导体迈进了一大步。研究人员计划2020年再接再厉，合成出超氢化钪，这一材料有望在53摄氏度实现超导。

从浩淼的银河系到微尘般的酵母、从庞大的巨型对撞机到小小的固态电池；从消灭登革热的小心愿到遏制气候变暖的大愿景……无不凝聚着科学家们的心血。

诺贝尔生理学与医学奖获得者、俄罗斯科学家伊万·彼德罗维奇·巴甫洛夫曾说：“感谢科学，它不仅使生命充满快乐和欢欣，并且给生活以支柱和自尊心。”对于2020年即将发生的这些科学事件，我们心怀感恩的同时充满期待。（刘霞）

## 北京将在未来科学城开建“能源谷”

中国科学报 2019.12.9

**本报讯** 12月7日，由北京市人民政府和国务院发展研究中心主办的《2019全球能源转型高层论坛》在北京未来科学城举行。记者从论坛上获悉，北京将在未来科学城东区建设具有国际影响力的“能源谷”，通过整合能源科技与产业资源，形成能源产业明显集聚能力，扩大未来科学城能源产业影响，快速抢占能源领域国际科技高地。

未来科学城位于北京市昌平区南部，规划范围170.6平方公里，呈“两区一心”空间布局，其中东区是建设具有国际影响力的“能源谷”的主阵地，东区一期10平方公里是“能源谷”核心区。

据相关负责人介绍，“能源谷”目前集聚了330家能源企业，2018年实现收入近1500亿元。未来科学城是北京能源企业主要聚集区之一，既有中石化、中石油、中海油“三桶油”及国电投、华电、国能、华能、大唐“五大发电集团”等能源央企设立的分支机构或研发总部，也有东泰高科、未来氢谷、英维克、百利时等民营高科技企业，覆盖了煤炭、电力、石油、天然气、新能源、可再生能源等各个领域，形成了科技研发、技术服务、成果转化全周期创新链条。（李惠钰）

## 构建具备三大特征现代能源体系

中国科学报 2019.12.23

2014年召开的中央财经领导小组第六次会议提出了“四个革命、一个合作”的能源安全新战略，即推动能源消费革命，抑制不合理能源消费；推动能源供给革命，建立多元供应体系；推动能源技术革命，带动产业升级；推动能源体制改革，打通能源发展快车道；以及全方位加强国际合作，实现开放条件下能源安全。

近5年来，全国能源行业持续推进“四个革命、一个合作”，取得显著成效。

### “四个革命、一个合作”的成效

这些成效主要表现在5个方面。一是能源消费结构明显优化，实现了从“一煤独大”到绿色低碳的重大转型。煤炭消费比重历史性降至60%以下，清洁绿色能源消费比重明显提升，2018年非化石能源和天然气消费比重分别为14.3%和7.8%，电力占终端能源消费比重增至25.5%。

二是能源供给结构日趋多元。化石能源以及水能、风电、光伏、核能、生物质能等多元供应体系初步形成，天然气产供储销体系建设稳步推进，风电、太阳能发电装机容量居世界第一，核电装机容量居世界第三、在建规模世界第一，清洁能源发电装机占比已经超过40%。

三是能源科技创新取得了一系列重大成果。页岩油气勘探开发和复杂区块油气开采等技术装备达到世界先进水平，煤电超低排放技术、新能源发电技术等进入国际领先行列，“互联网+”智慧能源、储能、能源综合服务等一大批能源新技术、新业态、新模式不断涌现。

四是能源体制机制改革深入推进。电力和油气体制改革触及深水区，“放管服”改革成效显著，初步建立了统一开放、竞争有序的现代能源市场体系。

五是能源国际合作全面拓展。“一带一路”能源合作重大工程建设全面突破，核电项目“走出去”有序推进，中国正在从全球能源治理和能源转型的重要参与者、贡献者向引领者转变。

### 绿色低碳转型面临的压力

同时，我们应该清醒地认识到，全球能源朝着清洁低碳化方向转型已是大势所趋。我国在能源绿色低碳转型能力不断提高的同时，面临的压力也显著增大。

一方面，当前我国社会主要矛盾已转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡、不充分发展之间的矛盾，其中能源清洁高效利用水平与人们对美好生活、优美环境、清洁能源的迫切需求之间还有较大差距，能源发展不平衡不充分问题依然突出。考虑到 2035 年中国人均国内生产总值有望从 1 万美元增加到 2 万美元，这意味着人民对电力、热力、天然气等清洁、高品质的能源需求还将持续增长，能源朝着高质量发展转型的压力只增不减。

另一方面，根据国际机构核算结果，我国目前碳排放总量已超过美国与欧盟总和，人均碳排放大于世界平均水平。

综合国际局势和国内发展趋势，面对国内和国际的巨大压力，我们必须深入学习贯彻生态文明思想和绿色发展理念，按照能源领域“四个革命、一个合作”的战略要求，立足于中国作为一个发展中大国的现实，探索实现经济发展与环境保护、应对全球气候变化相协调的清洁低碳能源转型道路。

为此，我们需要加快构建具有“清洁低碳、智慧高效和经济安全”三大特征的现代能源体系。

### **探索清洁低碳发展道路**

一是推动能源结构优化和能源品质升级，构建“清洁低碳”能源体系。

在能源供给方面，提高传统能源利用能效，提高化石能源的非能利用比例；加大常规天然气、页岩气等非常规气的勘探开发力度，加强天然气产供储销体系建设；加速推动以可再生能源为主的清洁能源发展，集中式与分布式相结合，贯彻“源—网—荷—储”协调思想，逐步形成以电力为转换中心的能源供给结构，加快可再生能源及核电发展。在能源消费方面，要在终端环节推进天然气、电、生物质等能源对散煤的替代，推动集中供暖替代居民散煤采暖，对没法实现集中供暖的区域要做到“宜电则电、宜气则气、宜热则热”；推动电动汽车对传统燃油汽车的替代，提高终端能源用电比例。

二是加速推进能源全产业链系统效率从低水平向高水平升级，构建“智慧高效”能源体系。

推动 5G、移动互联网、物联网、大数据、云计算、人工智能等技术与能源新技术的深度融合；能源产业从行业组织方式、企业管理方式、商业模式等多维度展开变革，破除传统以能源供应为核心的上中下游一体化产业组织和发展模式，强化“源—网—荷—储”协调控制能力；建设智慧能源运营调度和交易系统，创新平台运营方式，提高系统能效；构建以能源利用为核心的智能化能源综合服务体系，推动能源企业转型为集供电、供气、供暖、供冷、供氢等为一体的智慧绿色能源综合服务商，实现可再生能源就地规模化利用并提升利用效率。

三是强化能源新旧动能转换的创新驱动力，构建“经济安全”能源体系。

我们应紧紧抓住创新这一核心引擎，加大对关键核心技术和环节的自主创新攻关力度，使得能源价格平稳可接受，能够确保在任何时候以可承受的价格向所有用户供应能源，立足

国内多元供应、充分利用国际资源和国际市场提高能源供应安全保障能力，保障开放条件下的国家能源安全。此外，加大市场准入开放，在尽可能多的领域引入市场竞争，同时创新能源管理和监管机制，以及加强政府的规划引导；构建完善的政策支持体系，充分发挥财政、税收和金融政策的激励作用。

特别值得重视的是，全球国际能源格局正在经历的“页岩革命”“密度革命”，给我国能源转型提供了重要的借鉴和机遇。“页岩革命”极大释放了以美国为首的美洲地区油气供给潜力，改变了传统以中东为主的全球油气供应格局，也使得美国顺势加快调整能源战略，从谋求“能源独立”转向“能源主导”，对国际能源经贸格局产生深刻影响，为世界油气发展乃至能源发展带来了新的不确定性。此外，以液化天然气（LNG）快速发展为核心的“密度革命”也正加速全球能源结构深度调整。（高世楫）

### 坚持优先发展可再生能源的定力不动摇

## 全国人大审委会听取审议《可再生能源法》实施情况的报告

中国环境报 2019.12.25

本报记者郭薇 12月24日北京报道 在今天举行的十三届全国人大常委会第十五次会议上，全国人大常委会副委员长丁仲礼作了全国人大常委会执法检查组关于检查《中华人民共和国可再生能源法》实施情况的报告。

#### 我国水电、风电、光伏发电累计装机规模均居世界首位

根据全国人大常委会2019年度监督工作计划，今年8月-11月，全国人大常委会组织开展了可再生能源法执法检查。检查组听取了国家能源局、国家发展改革委、财政部、自然资源部、生态环境部等部门和单位关于贯彻实施可再生能源法情况的汇报；深入河北、吉林、甘肃、青海、宁夏、新疆等6个省、自治区19个地市开展执法检查工作，实地检查51个点位，召开16场座谈会，与政府及有关部门、相关企业、基层执法人员和五级人大代表座谈，听取法律实施情况及有关意见建议。

同时，委托山西、内蒙古、黑龙江等12个省（自治区）人大常委会对本行政区域内可再生能源法的实施情况进行检查。全国人大环资委还委托中国工程院开展了可再生能源法实施情况评估研究，14位两院院士、70多位专家经过深入研究论证，形成了第三方评估报告，为执法检查提供了重要参考和支撑。

报告介绍，自2006年1月1日可再生能源法颁布实施以来，可再生能源开发利用规模显著扩大，技术装备水平不断提升。我国水电、风电、光伏发电的累计装机规模均居世界首位。2018年，全国可再生能源发电量18670亿千瓦时，占全部发电量的26.7%，比2005年提高10.6个百分点。其中，非水可再生能源总装机容量是2005年的94倍，发电量是2005年的91倍。可再生能源占一次能源消费总量比重达到12.5%左右，比2005年翻了一番。可再生能源法主要法律制度基本落实，法律得到有效实施，基本达到了立法目的。但

是，伴随可再生能源产业快速发展，有关开发利用规划、全额保障性收购、费用补偿等部分法律制度，也存在统筹协调不够、落实不到位、监管薄弱等问题，有待进一步研究解决。

### 《可再生能源法》实施中仍存在诸多待解问题

报告指出，《可再生能源法》实施中存在相关规划衔接不够、执行不够到位等问题。检查发现，国家可再生能源发展目标和规划缺乏约束性，一些地方可再生能源开发利用中长期总量目标未严格依照全国总量目标确定，地方规划发展目标超过上级总体目标，建设规模、布局和速度也与上级规划不一致。如国家“十三五”规划中确定新疆风电发展目标为 1800 万千瓦，而新疆可再生能源“十三五”规划中确定风电发展目标为 3650 万千瓦，远超国家规划目标。

可再生能源发展规划与电网规划实施中缺乏衔接。一些地方反映，电网规划建设与可再生能源开发利用不适应，电网建设滞后于可再生能源发展，输电通道不足，且部分输电通道能力未达到设计水平，可再生能源电力输出受阻问题比较明显。如我国“三北”地区新能源装机达到 2.3 亿千瓦，本地市场有限，跨区外送能力只有 4200 万千瓦，仅占新能源装机的 18%。灵活性电源比例不尽合理，蓄能电站规划建设较为滞后，影响电网稳定性，不利于可再生能源消纳。

检查中还发现，受多种因素影响，一些局部地区弃电率仍然偏高，可再生能源消纳问题仍需重视。由于一些可再生能源资源富集的重点地区缺乏针对性政策安排，可再生能源电力消纳压力很大，一定程度影响和制约了可再生能源的健康快速发展。

全额保障性收购制度落实尚不到位。检查中发现，个别省份暂未达到国家规定的最低保障收购年利用小时数，且存在以低于国家有关政策明确的电价水平收购的情况。

电价补偿和发展基金问题较为突出。检查中各地反映，电价补偿政策落实不到位，补贴资金来源不足，补贴发放不及时，影响企业正常经营和发展。

《可再生能源法》与相关财税、土地、环保等政策衔接不够。第三方评估报告指出，财政贴息政策没有落实，优惠贷款政策未覆盖可再生能源领域。一些地方反映，可再生能源开发利用与土地管理、生态环境保护等政策衔接不够，相关部门监管协同不够，可再生能源建设布局、开发规模受政策调整影响较大。

可再生能源技术研发应用仍需加强。一是部分核心技术研发能力偏弱。大容量储能技术尚存在技术瓶颈，安全经济的新型储能产品有待突破。风电机组轴承国产化程度不高，风电机组控制机组核心元器件、部分高效光伏电池生产装备主要依赖进口。二是电网接入和运行技术有待快速提升。

可再生能源行业监管力度不够。可再生能源法规定了各级政府部门、相关企业的权利义务，具体实施中由于相关责任主体不够明确、缺乏有力监管等原因，造成对执行不到位的难以实施处罚。

### 报告建议：

要从能源革命战略高度考虑可再生能源发展问题，重视可再生能源发展在整个经济社会发展中的战略地位，要坚持清洁低碳、绿色发展，保持优先发展可再生能源的定力不动摇，提高可再生能源消费比重。做好顶层设计，增强规划的科学性和协调性；完善体制机制，统筹处理好可再生能源与化石能源的关系，处理好可再生能源开发利用与并网消纳的关系，统筹解决可再生能源消纳问题；加强统筹协调，综合研究解决补贴资金拖欠问题；健全政策措施，实现可再生能源持续健康发展；坚持科技创新，推动解决发展中出现的问题。尽早实现到 2030 年非化石能源占一次能源消费比重达到 20% 的目标。

## 回眸 2019：能量格局正在变革

中国科学报 2019.12.30

12 月 15 日，比原计划推后约两天的联合国气候变化大会在西班牙首都马德里落下帷幕。尽管与会各方经历了长时间的艰苦谈判，但是大会仍未产生令人振奋的碳市场成果。

不过，在中国工程院院士杜祥琬看来，这场铩羽而归的会议只是好事多磨。“低碳发展支撑应对气候变化的方向是改变不了的。这需要全球各方努力建设，也离不开能源结构转型。”

回顾 2019 年能源行业的变革，中国在一轮又一轮政策与市场的浪潮中砥砺前行。“能源结构的转型，一方面是加大对煤炭、石油等化石能源的高效清洁利用；另一方面，也更为重要的是，大力提高非化石清洁能源的一次消费比重，如风能、太阳能等。”杜祥琬告诉《中国科学报》。

### 化石能源：煤炭清洁高效利用是关键

一直以来，在我国已探明的化石能源资源总量中，煤炭占据了大半壁江山。

来自国家统计局的数据可证实这一论断。2018 年，全年能源消费总量 46.4 亿吨标煤，比上年增长 3.3%。煤炭消费量占能源消费总量 59%。此外，原油对外依存度从 2010 年的 53.8% 迅速飙升到 2018 年的 71%，天然气也提升至 43.9%。

在这场化石能源的改革中，作为“主力军”的煤炭首当其冲。

在杜祥琬看来，煤炭要“革命”，首先要替代散烧煤。

相比于煤电厂，散烧煤燃烧效率低下且污染较大。应用洁净的供暖来替代散烧煤，可实现煤炭在全行业、全产业链的清洁、高效、可持续开发利用，最大程度降低排放和污染。

通常来说，煤炭的去向是发电，中国煤电也是供电的中坚力量。每发 1 度电，全国平均燃煤量约 309 克。

近年来，各种“减煤”举措已初显成效。

例如，上海外高桥三厂有两台 100 万千瓦发电机组的供电煤耗可低至 276 克标煤/度，燃煤效率遥遥领先于世界水平。

2019 年 9 月 15 日，中国科学院大连化学物理研究所与陕西延长石油（集团）有限责任公司（以下简称“延长石油集团”）合作，在陕西榆林进行了煤经合成气直接制低碳烯烃技

术的工业中试试验，为我国实现煤炭清洁利用提供一条全新的技术路线。

“煤炭的清洁高效利用会导致煤炭消耗量的减少，减煤是进步。”杜祥琬说。

纵向比较煤炭、石油、天然气三类主要的化石能源，相对低碳的是天然气。杜祥琬表示，需要提高天然气的开发利用和储备。

2019年1月，中国首个深水自营气田——陵水17-2气田开发工程项目半潜式生产平台在海洋石油工程青岛制造场地开工建造，按照计划，每年约生产30亿至35亿立方米天然气。

“我有一个自己的提法，中国的低碳能源有‘三驾马车’，就是天然气、可再生能源以及核能，要靠它们三个一起‘拉车’，把低碳能源的比例拉上去。”杜祥琬说。

### 非化石能源：风能、太阳能跟储能结合

尽管化石能源目前我国一次能源中占据绝对优势，但如果将目光转向非化石能源（可再生能源和核能），又会有新的发现。

接受采访时，杜祥琬提出了新的观念。“我国的能源资源禀赋，通常的说法是‘富煤、缺油、少气’。但是，这样的理解已经跟不上形势的发展。”

他进一步指出，我国拥有丰富的非化石能源资源，特别是可再生能源资源，这也是资源禀赋的一种。确定这一点，对制定能源战略极为重要。

我国可再生能源大约有多少？他向记者展示了一组数据：我国风能资源技术可开发量约为35亿千瓦，太阳能光伏资源技术可开发量为22亿千瓦。

截至2019年三季度，风能装机1.98亿千瓦，太阳能装机1.9亿千瓦，风机和太阳能开发量都不到技术可开发量的十分之一，其发展还有十多倍的空间。

由于太阳能、风能具有间歇性的特征，因此必须跟储能结合起来。

2019年11月，中国科学院院士董绍俊等在《美国化学会志》上发表论文，研究人员通过构建基于水/氧循环的生物光电化学模型，实现了一体化体系下太阳能的连续转化与存储，为可再生能源的高效利用提供了一条新的研究思路。

同月，湖南大学教授张泠等在《应用能源》上发表研究成果，团队研发了一套可根据需求智能调节温度的零能耗新型光伏热电墙体系统，不仅为传统墙体的热性能增加了灵活性，还大大降低了建筑供电的能耗。

华中科技大学罗勇强博士告诉《中国科学报》，这些研究不仅可以解决太阳能、风能间歇性的问题，而且能够有力推动电动汽车及小区建设微网。

“需要强调的是，可再生能源资源的利用是我国自己可以掌控的。”杜祥琬告诉记者，风能、太阳能的开发不依赖于国际地缘政治的变换，也不用考虑对外依存度。

### 构建能源转型新体系

谈及2019-2020年的能源转型，杜祥琬用16个字概括了中国能源的现状：多元体系、互补协调、此消彼长、低碳转型。

简言之，面对高比例的化石能源和正在增长中的可再生能源，要处理好它们之间的互补



关系和协调关系。“比如说煤电，它还是发电的主力，同时我们还要对一些煤电做灵活性的改造。”

如今，随着能源转型的深入展开，非化石能源的经济性、技术能力、制造能力及相应的储能技术也在进步，光伏、风电等成本已进入化石燃料发电的成本区间。全球能源投资趋势随之从煤炭逐步转向可再生能源。而这些得益于更好的战略、规划、政策等引导。

杜祥琬透露，有关方面正在起草能源与电力“十四五”规划和2050年能源发展战略纲要。

展望未来，对中国来说，长远的能源安全靠什么？

杜祥琬认为，关键要占领未来新能源技术的战略制高点，高比例地发展非化石能源。“只有掌握了未来能源的技术，走在世界的前沿，中国未来的能源才是安全的。”（程唯珈）

## “能量互联网的春天到了”

中国科学报 2019.12.27

“能源互联网的发展可以与互联网行业的发展作类比，我们现在只是处于一个‘拨号上网’阶段，未来在智能化、绿色化等方面还有很多事情要做。我们坚信，总有一天能源互联网会像今天的移动互联网一样，给我们带来便捷、绿色、智能。”华北电力大学校长杨勇平在日前举办的“2019全球能源转型高层论坛”上表示。

面对当前资源紧张、环境污染、气候变化等问题，能源清洁化转型已成为全球发展趋势。在推动我国能源革命和能源转型中，建设能源互联网被认为是实现能源清洁低碳安全高效的战略途径。

不过，能源互联网将如何支撑我国能源转型、面临哪些技术瓶颈、未来将如何落地等是摆在人们面前的重大难题。

### 充满活力的未来能源业态

当前，我国的能源清洁化转型面临着较大压力，尤其在非化石能源的开发利用上，需要突破诸多屏障。

杨勇平将其归纳为六大问题。首先，能源供需时空不匹配。在空间尺度上，化石能源、风电、太阳能等资源主要集中在西部，而我国能源的负荷中心在东部；在时间尺度上，风电、太阳能具有随机性、波动性，它们变化的趋势和曲线与实际负荷曲线不匹配。第二，能源消费结构不合理，我国依然是以煤炭为主的能源结构。第三，我国缺乏支撑新能源消纳的灵活性资源，系统性调节能力先天不足。第四，太阳能、风能等新能源发电成本偏高，政府补贴缺口较大。第五，新能源依赖的储能、氢能等新技术成本较高，且部分技术尚不成熟。第六，能源与信息领域新技术融合不够，体制机制尚需完善。

能源互联互通，将为解决上述问题提供系统性方案，为此，我国相继出台了多个相关政策文件。与此同时，国家相关部门启动了一系列关于能源互联网的试点示范工程，包括多能

互补、并网型微电网、增量配网等；各大电力公司、能源集团纷纷加强数字革命和能源革命的深度融合，以期在能源互联网中抢占地盘。

“能源互联网的春天到了，因循所能，它必将成为充满活力的新型能源业态。”北京智中能源互联网研究院、国家能源互联网产业及技术创新联盟副理事长李凤玲说。

### **电力是核心环节**

“能源转型中，清洁能源是关键，电网是核心，关系到能否驾驭风光电并送到千家万户。”中国工程院院士、国家电网全球能源互联网研究院有限公司院长汤广福说。

以清洁和绿色的方式满足电力需求，实现互联电网已成为能源互联网发展的共识。近年来，为支撑构建能源互联网，国家电网有限公司提出建设智能电网和泛在电力物联网的目标，并持续加大在相关领域开展技术攻关。

“泛在电力物联网类似于一张虚拟网，智能电网相当于一张实体网，要打造智能传感和终端广泛覆盖支持虚拟网，以保证两张网的深度融合。”汤广福提出了未来需要加强攻关的技术方向，包括在智能电网领域实现高比例可再生能源的消纳和并网调控；源-网-荷平衡的多元用户供需互动与能效提升；大电网柔性互联及安全运行等。

前不久，国网能源研究院发布的《能源与电力分析系列年度报告 2019》指出，能源互联网将极大地改造传统封闭式、条块分割的能源行业，其融合开放的建设过程面临来自理念机制、技术、市场等多方面的问题与挑战，这需要各方加强合作、统筹推进。

龙源电力集团股份有限公司董事长贾彦兵指出，新能源与能源互联网融合发展是能源安全战略的重要举措，新能源发展目前面临着三个“不匹配”的难题：新能源生产侧资源禀赋和能源消费侧负荷分布不匹配、新能源生产侧的波动性与能源消费的侧用户负荷特征的不匹配、新能源电源建设与电网规划的不匹配。

“以能源互联网技术改变不匹配的问题。”他表示，应利用先进的信息技术和互联网思维践行高比例清洁能源战略，形成以电为核心，冷热气等多种能源横向互补，以及能源产业链、能源交易市场等纵向耦合的新兴能源生态，营造开放共享的能源互联网生态环境。

### **协同创新助推落地**

汤广福指出，能源互联网是解决人类可持续发展与能源需求矛盾的重要解决方案。

我国通过新能源微电网、“互联网+”智慧能源、泛在电力物联网等项目开展了广泛的能源互联网实践探索，推动形成可持续、可推广的能源互联网发展路径和商业模式。

“跨专业技术、跨业态模式、跨传统体制的政策协同创新是能源互联网能够成功落地的重要条件，同时也是能源互联网的共同特征。”李凤玲说，协同创新助推能源革命，能源互联网是协同创新的重要基础和典范。

李凤玲同时表示，要从系统工程角度认识协同创新，其中依然面临着诸多难点环节，比如市场准入要素与政策要素的协同，骨干网与微网相互作用的协同，以及开放能源需求侧市场与政策体系的协同等。（韩扬眉）

## 二、热能、储能、动力工程

### 一条通向甲醇的电子“高速公路”

中国科学报 2019.12.2

甲醇是一种无色、透明、易挥发的液体燃料，一直以来都受到工业界的重视。最近，美国耶鲁大学的化学家们开辟了一条新的电子“高速公路”，使得甲醇的制造变得容易很多。

这一研究在线发表于11月27日的《自然》杂志。它为两项化学任务找到了一种新的解决方案：生产甲醇和从大气中去除二氧化碳。王海亮作为耶鲁大学化学系助理教授及耶鲁大学西校区能源科学研究所成员，领导了此项研究。

甲醇可用于生产多种产品，例如防冻剂、油漆稀释剂和玻璃清洁剂等。它也被用于生产生物柴油燃料、塑料、胶合板和服装的持久定型等。

耶鲁大学的研究人员开发了一种利用电力将二氧化碳和水转化为甲醇的催化剂。这是一种被称为非均相分子电催化剂的催化剂类型。之所以说其“非均相”，是因为它是一种在液体电解质中工作的固体催化剂材料，而“分子”指的是催化剂的活性位点是分子结构。

“新型催化剂独特的结构是这项研究的关键。”王海亮说。

他和他的团队将个别分子的酞菁钴（或其衍生物）固定在碳纳米管的表面。碳纳米管是纳米尺寸的石墨烯层。碳纳米管就像一条电子高速公路，快速而连续地将电子输送到催化位点，将二氧化碳转化为甲醇。“这是一个六电子还原过程，”研究人员说，“这意味着六个电子被注入一个二氧化碳分子。”

在此之前，科学家们实现了一种更为有限的电子传递，即双电子还原过程。它意味着分子催化剂只能将二氧化碳转化为一氧化碳之类的产物。

王海亮说：“异构化的分子催化剂使得我们团队能够以更好的方式进行新的和已知的化学反应，这就是一个例子。”（计红梅编译）

### 电化学储能路在何方

中国能源报 2019.12.2

**核心阅读** 电网侧储能项目单体容量较大，去年该类型项目发展迅速，直接带动了电化学储能井喷。今年电网侧储能市场发展速度减缓，导致电化学储能装机规模大跌。业内认为，电化学储能的持续发展有赖于可行的商业模式。

近日，中关村储能产业技术联盟（CNESA）发布今年前三季度我国储能市场发展情况。数据显示，前三季度，我国新增投运的电化学储能装机规模同比大降近40%。

和年初乐观预测不同，从目前来看，我国电化学储能新增装机规模未能延续2018年爆发式增长的盛况。目前，国内电化学储能市场进展究竟如何，未来市场能否再现快速增长？

**电网侧储能发展不及预期**

今年，我国电化学储能新增装机量不及预期。据 CNESA 统计，截至 9 月底，我国电化学储能累计装机规模为 128.03 万千瓦，较 2018 年底增长 19.4%；今年 1-9 月，我国新增投运电化学储能装机规模为 20.76 万千瓦，同比下降 37.4%。这与年初“今年我国电化学储能累计投运规模达到 1.92 吉瓦，年增速约为 89%”的预测差距较大。

“其实，今年国内电化学储能市场发展只是稍有停滞，主要是因为电网侧储能市场发展速度减缓，没有延续 2018 年爆发式增长的热潮。”一位不愿具名的储能企业高管告诉记者。

数据显示，2018 年，我国新增投运电化学储能装机达 682.9 兆瓦，同比增长 464.4%。其中，新增投运的电网侧储能规模为 206.8 兆瓦，占 2018 年全国新增储能投运规模的 36%，是各类储能应用之首；年增速更是达到 2047.5%，呈爆发式增长态势。

江苏林洋能源股份有限公司能源互联网首席资深专家曾繁鹏表示，电网侧储能项目单体容量较大，2018 年该类型项目发展迅速，对整个电化学储能市场贡献不言而喻。今年来看，江苏等省份的电网侧储能项目建设进度都有所放缓，导致电化学储能新增装机容量同比下滑。

“总体来看，电化学储能累计装机规模仍维持增长，只是发展速度稍有波动。一个新兴市场出现这种情况十分正常，市场过热发展反而不利于企业静下心来认真思考，直线高速增长并非好事。”曾繁鹏认为，预计明年市场向好，但也不会重现 2018 年的爆发式增长的态势。

### 缺乏可行商业模式

值得注意的是，2018 年以来，我国有超过 13 个省市都出台了相关的储能政策，覆盖需求侧响应、调频调峰辅助服务、梯次利用等细分领域。然而，在众多政策的支持下，储能市场需求并没有迎来快速增长。

上述高管称，目前，储能产业的相关政策仅停留在“鼓励”层面上，没有能够形成盈利模式的具体措施。政策推进的是“一事一议”的示范项目，这不是一个市场行为，也无法促进市场化发展。

他举例说：“比如新能源汽车产业，政府推出了补贴政策，补贴带动了新能源汽车产业上下游及配套产业的发展，但政策‘只管一时，不管一世’。一个产业单靠补贴发展也不会好，还是要有盈利模式。”

据记者了解，目前，我国储能产业可行的商业模式并不多。在用户侧储能市场，有峰谷电价差套利，该模式是储能产业最基本的商业模式。在发电侧，参与火电调频较为成熟。其他商业模式仍不清晰。

今年 4 月，国家发改委发布了《输配电定价成本监审办法（修订征求意见稿）》，明确充电桩、三产、售电、抽水蓄能、电储能设施乃至综合能源服务等与输配电业务无关的费用，不得计入输配电定价成本，这意味着此前市场期待的输配电价还不能成为储能行业新的可行商业模式。

“储能作为一个新兴市场，产业整体成熟度还不够，不能简单套用成熟市场的模式。”北京索英电气技术有限公司董事长王仕城说，“建立市场化回报机制无疑为产业发展提出了新的挑战。”

### 未达到市场需求的成本

国家电网能源研究院副院长蒋莉萍认为，储能参与电力市场的空间，主要取决于国家能源转型目标中对可再生能源发展的要求，也取决于电力市场运行对风电、光伏等新型发电技术的要求。

然而，在企业看来，目前电力市场对储能的需求并不高，这也在一定程度上影响了储能规模化发展进程。

“鉴于国家对清洁能源的支持，弃风、弃光正逐年减少。可再生能源电站对储能装置的实际需求并不高。同时，目前可再生能源电力也还没有对电网造成较大影响，电网对储能的刚需也没有显现出来。”上述高管称，“用户侧方面，虽然仅近几年储能电池成本已有大幅下降，但仍维持在高位，没有达到市场实际需求的成本。用户花费大量资金安装储能装置后，并不能为其带来更多的效益，规模化发展也很难推进。”

曾繁鹏则表示，储能可作用于电力系统的不同环节，发挥多种作用，从削峰填谷、平滑输出，到调频调峰、实现黑启动等。但是，目前我国储能项目的功能较为单一，如果能将多重功能相结合，储能的竞争力将会相应提升。

除了自身发展外，清华大学电机系教授夏清表示，推动电力现货市场体系建设、灵活性资源市场化交易机制和价格形成机制等的建设也将促进储能朝着更高质量、更有效率、更可持续的方向发展。（董梓童）

## 改进储能材料微纳结构

中国科学报 2019.12.6

**本报讯（记者高长安 通讯员师春祥）**记者近日从河北农业大学获悉，该校理学院博士肖志昌带领团队与国家纳米科学中心、澳大利亚格里菲斯大学、德国马普学会高分子所、北京化工大学合作，针对储能材料的微纳结构设计问题开展了深入研究并取得系列突破，相关成果相继发表在《材料化学学报》和《材料科学与工程研究报告》。

随着环境污染和能源枯竭的日益加剧，发展清洁、可再生的光/电化学储能技术已迫在眉睫，而储能材料的微纳结构与研究对推动新型储能设备的进步与发展起着决定性作用。

研究团队从分子合成与材料结构设计角度出发，制备了具有一维纳米胶囊形貌的聚苊型富碳高分子化合物，并且该结构的直径可以在分子尺度上进行调节。研究人员以此结构作为硫单质载体，用作锂硫电池充放电过程中硫单质的应力变化缓冲屏障，成功实现了高性能、高稳定性锂硫电池的电极材料制备与应用。在此基础上，该团队利用分子间的空间位阻

效应，实现了具有不同禁带宽度的一系列席夫碱型微孔有机聚合物的设计与合成，并运用电子顺磁共振、紫外-可见漫反射光谱等技术手段，深入揭示了不同禁带宽度对可见光具有不同响应能力的原因以及催化过程的中间机制。

## 高效冷却系统 每年节能相当于三峡发电量 30%

科技日报 2019.12.6

“通过项目实施，有望每年可节省冷却系统能耗高达 300 亿千瓦时，等于节约了三峡年发电量的 30%。”近日，在湖南长沙召开的“十三五”国家重点研发计划“数据中心分布式相变储能芯片级冷却技术”项目启动会上，项目主持人、长沙理工大学副教授孙小琴说。

随着以 5G 技术为代表的通信技术的迅速发展，电子元器件呈现出高频、高速化、集成电路小型化及密集化等发展趋势。近 10 年来，通信设备工作速度提高了 1.5 倍，但发热密度也随之增加了十几倍。因此，冷却效果成为影响芯片性能和寿命的重要因素。据统计，我国数据中心能耗超 1200 亿度，且每年以 20% - 30% 的速度递增，而冷却设备能耗占机房能耗的 30% - 50%。高效新型冷却系统的研发迫在眉睫。

目前，我国数据中心高效冷却技术还处于起步阶段。该项目拟通过与美方 UCB 的合作研究，着力突破高热流密度通信系统散热瓶颈，研制具有仿生超亲-疏水结构特性的芯片级相变储能式多联微热管冷却装置，为数据中心提供一种新的高效、可靠的冷却系统。（记者俞慧友）

## 固体氧化物燃料电池技术破冰 产业链却亟待完善

科技日报 2019.12.11

固体氧化物燃料电池（SOFC）是一种效率高、燃料范围广的电化学发电技术，目前处于商业化初期。

历经 15 年潜心研发，潮州三环（集团）股份有限公司（以下简称三环）研究院突破了 SOFC 关键核心技术，关键部件的年出口额已超 2 亿元。不久前，由其牵头承担的国家重点研发计划“固体氧化物燃料电池电堆工程化开发”项目正式启动实施。

“这是我市首个国家重点研发计划项目，也是推进我市产业结构转型升级的一个重要工程。”广东省潮州市委常委、常务副市长张传胜表示，这是三环的又一重大创新举措，也是潮州科技发展的一大亮点。

### 国内起步不晚，却难以商业化

“SOFC 电转化效率高达 65% 以上，而传统火力发电平均仅约 30%；且燃料来源广泛、绿色环保，被公认为是下一代清洁能源的首选。”研究院副院长陈烁烁介绍说，“SOFC 可在数据中心、医院、机场等分布式能源领域应用，未来在绿色电网还能起到稳定风能、太阳能带来的电网波动的互补作用。”

发达国家普遍把 SOFC 作为一种战略储备技术。燃料电池产业作为我国战略性新兴产业之一，在这场全球化的 SOFC 技术赛跑中，我国起步并不晚。

从上世纪 90 年代开始，我国一些高校、科研院所就参与到 SOFC 技术的研发中，积累了大量的科研成果。且随着技术成熟度逐步提高，越来越多的国内企业也参与进来。

可是，由于研发难度高，投入大，该技术迟迟难以商业化。“SOFC 发展需要解决性能、寿命、成本和可靠性的核心关键问题。”陈烁烁说。作为一家专注先进材料研发和生产的企業，三环从 2004 年就开始着手 SOFC 相关技术的研发、量产工作。但研发之路并不平坦。

近几年，广东更加注重科技创新支撑高质量发展，通过培育壮大高新技术企业、科技型中小企业等各类创新主体，大力支持企业建设研发机构，锻造广东创新创业的筋骨。

得益于此，三环组建了研究院和技术委员会。研究院在 SOFC 技术研发中起到关键作用。

### 开发燃料电池，“燃烧”了 15 个年华

“首先要解决的技术是隔膜片。”陈烁烁介绍，燃料电池工作时，高温之下，燃气只要跟空气一接触就会剧烈燃烧而烧毁。“关键需要一层电解质隔膜片将正负极分开，阻挡燃料与空气的直接接触，又能导电。如果隔膜片做得厚，内电阻高，则无法通过大电流；做得薄，又容易漏气。隔膜片的质量影响整个系统的可靠性。”

凭借过硬的技术积淀，研究院研发出的电解质隔膜片电导率和材料密度，均接近理论值。

随之而来的还有单电池开发。“单电池性能决定整个产品性能。为了测试稳定性，一个测试至少要 5000 小时，测试任务太多，相关的老化测试设备摆满了一间 400 平方米的大屋子。”陈烁烁打趣道，“这些单电池烧的不只是天然气，还‘燃烧’了 15 个团队的年华。”

从原材料到制作工艺的每一个步骤，研究人员反复测试，最终“拿下”所有技术难题。

“名片大小的电池片堆在一起，形成电堆。这是燃料电池最为核心的部分。”陈烁烁说，到 2016 年，研究人员已开发出 1.5 千瓦标准电堆，可通过简单串并联方式，组装成更大功率的电堆或模组。电堆发电效率 68% 以上，预计寿命可达到 5 年。

“固体氧化物隔膜片现已大量出口，因为技术牢牢掌握在自己手里。”陈烁烁不无自豪，目前，三环已成为全球最大的 SOFC 电解质隔膜供应商、欧洲市场上最大的 SOFC 单电池供应商。

### 吸引更多主体，整合资源谋发展

尽管 SOFC 技术已在国外市场推出并实现产业化，但我国由于缺少政策扶持、产业链尚未整合等原因，SOFC 推广应用还有待进一步开发。

在陈烁烁看来，国内 SOFC 技术开发的起步不算晚，但产业上明显落后于世界先进水平，归根到底是没把资源整合好。

“SOFC 的发展离不开相关配套产业，包括化工、热工与电气等领域的共同参与。”他指

出，到目前为止，国内尚未有企业大手笔投入到 SOFC 系统整合和产业化工作；高校院所拥有技术，但没有工程化和产业化的能力。

“固体氧化物燃料电池电堆工程化开发”项目启动，让陈烁烁大受鼓舞。“该项目的目标是解决 SOFC 单电池和电堆的一致性和寿命等技术难题，形成 SOFC 单电池和电堆工程化技术，实现批量生产。”他希望，在此项目带动下，能吸引到更多的市场主体，参与 SOFC 系统集成开发，补齐我国产业链的空缺，共同推动 SOFC 的发展。（叶青）

## 新技术 让动力电池更高能

中国能源报 2019.12.16

“只有保证材料的安全可靠，才能做出安全稳定的动力电池及电动汽车。”北京当升材料科技股份有限公司董事、总经理李建忠一语道出了动力电池材料的重要性。

伴随着新能源汽车的发展，动力电池材料研发技术不断获得突破，新型电池材料、新型高性能电池产品不断涌现。当前高比能材料研究进展如何？未来动力电池的发展趋势又是什么？

### 高镍三元材料仍是主流

目前，新能源汽车主要采用的是锂离子电池，主要由正极材料、负极材料、隔膜和电解液四部分组成，其中，正极材料是提升电池性能的关键，根据使用材料不同，分为钛酸锂、钴酸锂、锰酸锂、磷酸铁锂、镍钴锰酸锂（NCM）和镍钴铝酸锂（NCA）六种。NCM、NCA 就是俗称的三元锂电池。

由于钛酸锂电池和锰酸锂电池能量密度相对较低，钴酸锂电池安全性较差，因此，三元锂电池和磷酸铁锂电池脱颖而出，分别在新能源乘用车市场及客车市场跻身主流地位。

业内人士指出，国内研发的主要是 NCM 电池，NCA 电池则主要由日韩企业生产。“从目前材料来看，三元锂电池从原来的 333、523、622 一路发展到现在的 811，不断更新升级。”李建忠说。

李建忠提到的几个数字，指的是电池正极材料中镍钴锰的比例，“811”电池就是镍钴锰按 8:1:1 的比例进行搭配的三元锂电池。

镍含量越高，动力电池能量密度可上升的空间就越大。“高镍三元材料仍是主流趋势，NCM811 镍含量最高已经达到 88%。”李建忠介绍说，“通过提升镍的比重，不仅能实现电池能量密度提升，还减少了钴的使用，一定程度上缓解了材料价格上涨带来的成本压力。”此外，“811”电池还可有效解决电池轻量化问题，在节省空间等方面优于普通三元电池。

亿纬锂能股份有限公司技术部总监何巍表示，能量密度更高、成本更低的锂离子电池将是车企的核心需求，对于 500 公里以上续航能力需求，持续看好三元高能量密度材料；对于 350 公里以下的续航能力需求，在中、短期看好磷酸铁锂电池。

### 电池热稳定性持续提升

作为电动汽车的“心脏”，动力电池及材料的安全性始终是各方关注的焦点。



对三元电池而言，镍含量不断提高，用于稳定结构的钴和锰含量相应降低，电池的稳定性也会大打折扣。对此，李建忠表示，三元材料电池仍有很多技术解决方案有待验证，但伴随着技术迭代，动力电池材料在设计、工艺改进、工艺掺杂和处理等方面均有了明显提升，热稳定性也有较大改善，“811”电池放热峰值已达到 220 - 230℃。

记者了解到，对正极材料改性是提高电池材料热稳定性的有效措施。常用的改性方法有两种，一种是表面包覆，减少活性材料与电解液之间的反应，同时减少正极材料过充中释放的氧气，起到稳定基体材料的作用；另一种是掺杂改性，目的在于提高材料结构稳定性，从而改善材料循环性能。目前，比克电池、力神电池、鹏辉能源、远东福斯特等动力电池企业都在积极研发三元材料，在包覆、掺杂等环节提出解决方案，开发容量高、循环寿命长、安全性能好的动力电池用正负极材料。

李建忠指出，对于动力电池而言，安全是一个系统问题，并非只取决于材料的某个方面性能。材料、电池设计及制备等各个环节，都与动力电池的安全性能紧密相关，其中任何一个环节出现了问题，都可能给动力电池带来安全隐患。

### 新型电池产品不断涌现

在汽车“新四化”背景下，里程焦虑、安全焦虑和成本焦虑倒逼动力电池及产业链的企业在现有材料体系的基础上不断探寻新的方向。固态电池和燃料电池就是其中的代表。

近日，工信部发布的《新能源汽车产业发展规划（2021 - 2035 年）》（征求意见稿）显示，“实施电池技术突破行动，开展正负极材料、电解液、隔膜等关键核心技术研究，加强高强度、轻量化、高安全、低成本、长寿命的动力电池和燃料电池系统短板技术攻关，加快固态动力电池技术研发及产业化”，被列为“新能源汽车核心技术攻关工程”。

“氢燃料电池系统的关键零部件，如电堆、催化剂、膜电极、双极板、密封材料等，我国目前已能够实现国产化，但规模化、批量生产的产业链还未完全形成，成本较高。”清华大学教授李建秋道出了燃料电池的发展现状。业内专家指出，氢燃料电池更适合长途大型高速重载车辆（重型卡车、物流车、公交车等），将主要替代柴油机。

固态电池兼顾安全性和续航里程优势，正在受到国内外企业的热捧：赣锋锂业年产亿瓦时级固态锂电池中试生产线已正式投产、蔚来与辉能科技合作打造固态电池包样车、美国能源部拨款用于固态电池的研发工作……专家表示，固态电池并非十全十美，仍有一些关键问题有待突破，如倍率性能偏低、充电速度慢、电解质材料缺乏等。

记者注意到，市面上动力电池的新产品还有无钴电池、四元电池等等。对于未来动力电池新材料、新技术的发展，何巍表示，从产业化角度来看，动力电池新材料、新技术有两个评价维度，首先是技术成熟度，具备好的技术方向和技术成熟度的产品，才有产业化推广价值；其次是应用价值，如高镍材料或 NCA，已经在电单车、电动工具等方面拥有近 10 年的应用经验，成熟后再应用到新能源汽车上。任何技术的发展都要循序渐进、脚踏实地。（樊桐杰）

## 室温下二氧化碳气体变电池

科技日报 2019.12.23

2月，英国《自然·通讯》杂志26日发表的一项化学最新突破：科学家研发了一种液态金属电催化剂，可在室温下将气态二氧化碳（CO<sub>2</sub>）转化为固体碳材料，并用于能量储存。该方法将为去除大气中的二氧化碳作贡献，成为可行的“负碳排放”技术。

人类的任何活动都有可能造成碳排放，而温室气体中最主要的气体就是二氧化碳。因此“负碳排放”技术对于维持未来气候的稳定至关重要，但二氧化碳这一气体形态给温室气体的长期封存带来了困难。虽然目前很多研究都专注于将二氧化碳还原成高附加值产品，如化工原料和燃料，但这些方法无法实现永久性碳捕捉（因为合成的燃料只会被用来燃烧）。

此次澳大利亚新南威尔士大学研究人员克罗什·卡兰特-扎德、多那·艾丝拉菲泽德团队研发了一种液态金属电催化剂，可以在室温下将气态二氧化碳直接转化为含碳固体。这一液态金属催化剂基于无毒镓合金，能防止结焦，即固碳吸附于催化剂表面，降低催化剂的活性。

研究团队随后将收集得到的固体产物制成超级电容，该超级电容器未来有望成为轻量级电池材料。

研究人员指出，此前的碳纳米材料制备方法通常需要几百摄氏度的高温，而他们研发的技术可以帮助降低二氧化碳转化的高能耗需求。科学家认为，这项研究对于去除大气中的二氧化碳具有重要应用价值。

## 上海电力大学制备出新型复合相变储热材料

中国科学报 2019.12.16

**本报讯** 上海电力大学能源与机械工程学院教授潘卫国课题组在相变储热技术研究领域获重要进展。相关研究成果近日分别发表于《储能材料》《可再生能源》和《化工学报》。

相变储热技术被认为是有效解决热能供需在时间和空间上不匹配问题的重要手段，而发展高性能的相变材料则是大规模应用相变储热技术的核心，其中提高相变材料的导热性能以期获得较高的充放热速率受到了广泛关注。

研究人员针对水合盐相变材料热导率较低和循环稳定性较差以及有机相变材料的低热导率、易泄漏等问题，提出了一种表面改性与吸附定形相结合的方法，较好地解决了水合盐相变材料热导率较低和循环稳定性较差等问题。

同时，他们通过“熔融共混-凝固定形”制备出高导热膨胀石墨/棕榈酸定形复合相变材料，并对材料的热导率和储热性能进行了测试和分析，结果表明该复合相变储热材料拥有较好的循环稳定性以及良好的充放热性能，可以为相变储热系统的规模化应用提供参考和开拓的方向。（岳阳）

# 异质结成高效组件技术潜力股

## 国内异质结电池量产效率超过 23%，成本有待进一步下降

中国电力报电气周刊 2019.12.12

平价上网时代，让整个行业对高效、降本引发更多思考。目前，除了以 PERC 为主流的组件技术之外，最被看好的高效技术之一是异质结（HJT）。HJT 相对 PERC 效率提升明显且工序少，成为高效电池未来的发展方向。回顾今年国内组件厂商公布的扩产情况来看，国内 HJT 技术规划量产规模已达到 33 吉瓦，而实际落地的产能仅 1.3 吉瓦，HJT 市场空间较大。

### 更高的双面发电效率被看好

目前，国内 HJT 电池的量产效率在 23% 以上，效率是 HJT 电池的最大的竞争优势。同时，由于工艺相对简单，延展性强，HJT 迅速吸引了资本市场的目光，据了解，国内 20 多家企业都在布局 HJT，每家的规模都在百兆瓦左右。而且国内已经有量产实绩，国产设备产业化提速。

在今年上海光伏展上，通威太阳能、东方日升、晋能科技等企业宣称 HJT 将是企业重点规划的高效技术之一，规划产线并已开始搭建，加快早日实现量产的步伐。

“东方日升在河北两座 10 千瓦的实证电站项目中，HJT 组件发挥了更为优异的发电表现。实际送行数据表明，相比常规多晶组件，单面 HJT 组件可为项目业主带来 7.3% 的额外发电量，双面 HJT 则能提供 15% 的额外发电量。根据模拟测算，与 PERC 组件相比 HJT 的发电量也高出 7.8%。就 LCOE 成本核算来看，HJT 组件的 LCOE 已经趋近于常规 PERC 双面组件产品，在未来随着 HJT 设备及材料的成熟及国产化，电池及组件功率的提升，HJT 的 LCOE 甚至会比常规产品更低。”东方日升新能源股份有限公司（简称“东方日升”）高级研发总监刘亚锋在接受中国电力报记者采访时说。

HJT 组件技术具备低于 0.28% 的温度系数、无光致衰减（LID）及电致衰减（PID）现象、更高的输出功率以及高达 95% 的双面发电率等多重特性，可有效带动 LCOE 成本的下降。这些优势被行业看好，也是东方日升目前重点推进的尖端技术之一。

刘亚锋表示，目前，东方日升高效 HJT 电池及组件项目已在浙江省宁海县开工建设，预计该项目将在 2021 年竣工，届时全部投产后将新增销售收入 50 亿元。

通威太阳能 HJT 组件产线也已落地。6 月，通威太阳能 1 吉瓦超高效 HJT 电池项目一期建设产能 200 兆瓦的第一片超高效 HJT 电池片下线，电池片转换效率达 23%。该产线自 2018 年 11 月 18 日启动以来，短短 7 个月，就完成了从启动仪式到设备安装调试等一系列繁琐复杂的筹备工作，全车间采用智能制造自动化生产线。

刘亚锋认为，随着光伏产业步入 400 瓦+时代，包括半片、MBB、双面、叠瓦、HJT 在内的各类新兴技术正加速迭代演进，其中半片和 MBB 技术已占据市场主导地位，双面产品

则获得市场广泛认可，且相关标准正逐步确立。而拥有超高发电效率的 HJT 技术是其中最大的“潜力股”。未来，随着技术的进一步成熟，制造设备和相关耗材成本的不断下降，HJT 还会有更大的降本空间，高发电量及更佳的度电成本必将助推其成为未来市场的新宠儿。

### 高昂成本制约 HJT 规模发展

由于 HJT 技术的工艺要求严格，需要低温组件封装工艺，其设备成本目前与主流的 PERC 技术相比，优势不大。而在多家企业布局之后，倒逼组件设备厂商技改，希望通过技术突破解决设备成本高的问题。业内人士表示，在 2~3 年内，设备成本下降 50% 以上可能加速 HJT 的量产速度。

“HJT 技术被行业看好是因为其工艺步骤少，高发电功率等特点，虽然 HJT 技术工艺步骤少，但是技术壁垒较高，如镀膜厚度、低温浆料等，相对 PERC 而言推广难度更大。另外，HJT 技术从中试线到量产线推广面临最大的问题是产线运行稳定性，这也是目前亟需解决的问题。”刘亚峰说，另外，对于企业而言，新建产线的设备成本压力也要考虑，由于 HJT 有别于 P 型和 N 型电池技术，产线需独立搭建，高昂的设备投资也是制约大部分企业扩产规划迟迟未能落地的原因。

据了解，PERC 国产设备只需要 2~3 亿元/吉瓦，而 HJT 电池进口设备约为 8~10 亿元/吉瓦，国产设备约为 5~8 亿元/吉瓦，是 PERC 国产设备的 3 倍左右。从 PV InfoLink 发布的电池片技术成本与利润分析可以看出，HJT 电池成本目前较 PERC 而言仍有一定差距，亟待成本继续下降。

据了解，目前 HJT 组件售价仍在 2.5 元/瓦左右，而今年下半年以来，单、多晶组件价格都在快速下降，单晶 PERC 组件均价 1.77 元/瓦、普通多晶组件 1.61 元/瓦。

相比更为成熟的高效多晶和 PERC 技术，进一步带动 HJT 技术成本下降仍是有待解决的“痛点”，也是 HJT 产品能否被市场广泛接受的关键所在。

普能清洁能源科技股份公司（简称“普能科技”）总经理杨立友表示，普能科技正在不断完善技术工艺，对技术难点进行逐个有序突破，通过低温银浆、ITO 靶材、制绒的添加剂、CVD 的设备和磁控测射设备等几大方面，寻求成本的突破性下降，力争实现以接近常规晶硅组件成本的技术路线实现高效异质结单晶电池产品的量产，带动光伏发电进入“平价”上网时代。（简悦）

## 玻璃中的钙钛矿量子点：

## 光信息存储又出“新星”

中国科学报 2019.12.17

光信息存储要求所用材料具有长期稳定、成本相对较低、受环境影响较小、响应速度快、可重复写入、储存容量大等特点。如金属纳米颗粒、石墨烯及稀土发光材料等都曾用于信息储存。

近日，华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室/材料科学与工程学院教授董国平团队以玻璃中形成的钙钛矿量子点作为关键材料，采用可逆 3D 激光打印技术来实现光信息存储，他们的成果发表在《自然 - 光子学》上。

### 光信息存储材料“新星”

董国平认为，金属卤素钙钛矿（MHP）在光电器件应用领域有两个特点。

“首先，与传统半导体相比，MHP 最大优势在于其对缺陷的容忍度很高。”董国平告诉《中国科学报》，MHP 的各种缺陷能级很少处于带隙之中，因此缺陷对 MHP 的性能影响不大。多晶钙钛矿薄膜可以在低温下合成，即使存在一定数量的缺陷，依然能用其制备出高性能的光电器件。

此外，MHP 具有强光学吸收、长载流子扩散距离、高载流子迁移率等特性，在太阳能电池、发光二极管和光电探测器等光电子器件领域具有重要应用价值。

“这项工作中，我们利用飞秒激光首次实现了在透明玻璃中可控析出钙钛矿量子点，并将其三维图案化。”董国平说道。

### 光照擦除 加热恢复

该论文第一作者、华南理工大学材料科学与工程学院博士生黄雄健告诉《中国科学报》，得益于玻璃的保护，钙钛矿量子点可以稳定存在于玻璃中。有趣的是，飞秒激光辐照和热处理可以分别控制玻璃中钙钛矿量子点的发光猝灭和发光恢复。

黄雄健介绍说，这项工作中所用到的激光属于超短脉冲激光，或称飞秒激光。

超短脉冲激光聚焦在玻璃内部时，玻璃能通过非线性吸收超短脉冲激光的能量，使激光聚焦处的温度瞬间上升到几百甚至上千摄氏度。局部瞬时高温能够让激光聚焦处的原子移动和聚集，形成晶核。这些晶核可以作为晶种在后续的低温热处理过程中，受热场驱动生长并形成钙钛矿量子点，此时信息就可以被“记录”下来。

由于钙钛矿量子点的光稳定性比较差，当再次用超短脉冲激光对钙钛矿量子点进行辐照时，钙钛矿量子点的结构会受到破坏，并产生大量缺陷，最终导致其发光猝灭，所记录的信息也就被“擦除”了。

而当再次低温热处理后，钙钛矿量子点的结构和缺陷能够在热场驱动下进行修复，从而重新发光，这样信息也就得以“恢复”。

黄雄健介绍，钙钛矿量子点用作光信息存储材料具有诸多优势，如利用其高发光量子效率可以很容易获得高信噪比的光信号；利用钙钛矿量子点的可逆发光可实现信息的重复写入；而利用 3D 激光打印可以实现三维信息存储，提高信息储存容量。

“由于信息存储在玻璃内部，这种信息存储方式的稳定性好。同时，可以利用钙钛矿量子点在一定波长的激发下才能发光的特性，对信息进行加密。”黄雄健说。

### 应用尚需时日

“这项研究对如何提高钙钛矿材料及器件的光稳定性和恢复钙钛矿材料及其器件的性能

具有重要意义。”董国平说道，“同时，我们在工作中所用到的3D激光打印技术，也为其他用到易受光、热影响材料的领域提供了选择。”

董国平认为，这种玻璃体系中形成的钙钛矿量子点，其发光可以通过激光辐照和热处理实现多次循环可逆，并且只有在特定波长的光激发下才能显示，未来在信息存储、防伪等领域大有可为。

董国平介绍，虽然该工作还处于基础研究阶段，离应用尚有距离，但是他们已经制订了下一步工作计划，将围绕提高钙钛矿量子点在透明玻璃的写入和擦除效率以及存储容量等方面进行研究。

“在环保方面，钙钛矿量子点含有铅元素，虽然比镉基量子点的毒性小，但还是具有一定毒性。而我们用玻璃固定和隔绝钙钛矿量子点，在一定程度上能够减少铅元素的污染。”董国平说，“下一步我们将开发无铅钙钛矿量子点玻璃，减少和消除铅元素的用量。”（池涵）

## 增程式电动车才是未来汽车主力

中国能源报 2019.12.16

“长续航里程的纯电动车不但不节能减排，还有安全隐患和价格劣势等问题，增程式电动车才是未来电动车的主力。”中国工程院院士杨裕生在近日召开的中国电机工程学会年会上表示。据他介绍，从续航里程、节能减排、安全等角度考量，增程式电动车具有较大市场空间。

### 纯电动车清洁性、安全性仍需提升

里程焦虑一直是阻碍消费者购买纯电动车的主要原因之一，业内也一直将延长续航里程作为纯电动车的一项卖点。然而，单纯追求长续航里程，必然会增多纯电动车电池组，车体更重，造成耗电更多，且充电更为不便。此外，在使用煤炭发电的过程中还会排放二氧化碳等温室气体。

对此，杨裕生院士以特斯拉纯电动车为例进行论证。他介绍，新加坡一位消费者购买了一辆特斯拉纯电动车，却被罚款一万元，理由是检测过程中发现车辆耗电量过高，超过了当地燃油车的排放标准。“衡量纯电动车是否节能减排，要从能量转化的全程考虑。节能减排效果达到最佳的方法，就是发动机与电池相配合。”杨裕生表示。

此外，长续航里程的纯电动车存在较大的安全隐患及价格劣势。据不完全统计，2018年国内电动车电池发生燃烧事故达到51例，2017年这一数字更是高达103例。其中，90%以上自燃车辆都是采用三元锂电池的纯电动汽车。

“三元锂电池火势蔓延太猛，来不及逃生，也来不及救援。”杨裕生强调，“电动汽车和电池安全发展要放在第一位，这才是电动汽车发展的目的之一。”

记者了解到，电池用量大、废电池处置成本高、耗电量高等问题，会间接抬高整车价

格。而电池寿命比整车寿命短，则又需要消费者花钱更换电池。

### 增程式电动车 已渐获认可

杨裕生认为，增程式技术经过十年的不断发展已逐渐被业内认可，自带发动机（增程器）和发电机的增程式电动车，也被业内人士看好。

增程式电动车与纯电动车相比，没有续航里程短、安全性能低、充电麻烦等问题。据不完全统计，在不充电情况下，增程式混动汽车发动机排量减半，节油率较燃油车高 50% 以上，且无需携带大量电池。

作为增程式电动汽车的核心部件，高水平增程器决定了增程式电动车的竞争力。对此，杨裕生表示，将高水平增程器作为核心部件，以内燃机为主，发展高效发动机，不仅有利于解决传统燃油碳排放问题，而且还有利于知识产权保护，提高增程式技术，促进电动车全面发展。

记者了解到，未来，增程式发动机可以不烧油，不增加二氧化碳排放，通过光伏、风力发电，即可给电池充电；还可以通过生物质生产乙醇，用乙醇来供发动机燃烧，这样，在某种意义上，增程式电动车可以全部利用太阳能发电。

对于增程式电动车至今没有能够广泛发展的原因，杨裕生给出了简要分析：其一，纯电动车补贴过高，诱惑大，长里程电动车补贴只增不减；其二，从构架的复杂程度而言，增程式电动车难度大过纯电式和插电式电动车；其三，增程式技术没有与资金、生产资质相融合。（刘澄彦）

## 新方法突破等离子体制备石墨烯技术瓶颈

中国科学报 2019.12.23

**本报讯（见习记者杨凡）**中国科学技术大学教授夏维东研究团队与合肥碳艺科技有限公司合作，提出新方法，突破了热等离子体工艺高能耗、产品均匀性低和生产稳定性不足的技术瓶颈，有望实现大规模连续生产。该研究成果近期以两篇论文的形式发表于《碳》。

目前通常采用射频感应加热和微波加热等离子体制备石墨烯，性能不佳、能耗高且难以工业化应用。热等离子体热解碳氢化合物合成石墨烯，由于等离子体电导率随着温度增加迅速上升，导致电弧自动收缩到很小的范围，对于合成石墨烯要求的毫秒级反应时间，难以实现均匀加热，产品均匀性差。

该研究探究了等离子体参数、原料气体组成与纳米石墨烯形态、层数及缺陷之间的关系，同时揭示了产生高纯度石墨烯所需工艺条件，为产品生产控制提供了理论指导。结合等离子体反应器流场温度场的数值模拟和化学反应动力学计算，研究团队提出石墨烯可能的形成机理：低碰撞频率的成核前驱体有利于形成片层核心，并在富氢和高温的等离子体环境中保持平面生长。

采用课题组研制的磁分散电弧产生大面积均匀等离子体的技术，解决了等离子体对物料

快速均匀加热问题。所制备的石墨烯表现出良好的晶体结构和超大的比表面积，产品均匀性好；制备方法及设备简单，一步合成，无需还原，且无需基底、催化剂、溶液或酸。新方法效率高、能耗低，具备低成本大规模连续生产前景。

## 百千瓦时级储能系统并网运行

中国科学报 2019.12.30

本报讯（记者刘万生 通讯员阎景旺）近日，中科院大连化学物理研究所研究员李先锋、张华民团队研制的100千瓦时铅炭电池储能系统，在该所星海二站园区成功并网运行。该系统为大连化物所食堂负荷提供稳定供电，可实现源网荷储动态平衡等功能，将进一步推动铅炭电池技术的发展与产业化。

该系统由太阳能光伏发电模块、铅炭电池、离/并网逆变器、电能计量系统、电池管理系统、远程监控系统等构成。并网/离网混合运行模式，可实现可再生能源的消纳、低储高发、谷电峰用，保证不间断供电。离网模式中，太阳能光伏发电模块优先给食堂供电，多余电能用于铅炭电池系统充电；并网模式中，电网在用电低谷时段给电池系统充电，用电高峰时段及电网异常时，由电池系统供电。

据悉，大连化物所现已开发出具有自主知识产权的铅炭电池专用炭材料及多种型号的储能铅炭电池产品样机。开发的系列铅炭电池具有循环寿命长、充电接受能力强和成本低等优势。

## “智慧大脑”让建筑实现超低能耗

西门子助力青岛中德生态园被动房技术中心荣获首届“中德能效合作项目奖”

中国电力报电气周刊 2019.12.26

西门子携手青岛中德生态园青岛被动屋工程技术有限公司联合打造的青岛中德生态园被动房技术中心（简称“青岛中德被动屋中心”）在今近天举办的“中德清洁供热大会暨技术论坛”上荣获首届“中德能效合作项目奖”。

作为全球智能化楼宇控制技术的领先者，西门子提供的智能楼宇技术和解决方案为该中心装上了“智慧大脑”，使其在持续运行优化方面不断取得突破，兼具高舒适度和低能耗的特点，实现了“可持续、低碳、绿色、环保”的目标。西门子（中国）有限公司智能基础设施集团副总裁兼解决方案与服务事业部总经理廖少华在论坛上介绍说。

“中德清洁供热大会暨技术论坛”致力于为中德两国政府、学术界、供热系统运营商和技术厂商的代表搭建交流平台，深化中德两国在工业和居民应用中清洁供热方面的合作。“中德能效合作项目奖”作为中德双边能效合作的重要活动，在中德能效工作组框架下设立，由德国国际合作机构（GIZ）与中国节能协会节能服务产业委员会（EMCA）共同组织



中德专家评审团选出。

廖少华说：“青岛中德生态园被动房技术中心的成功建成，推动了超低能耗建筑在中国的示范推广，同时也促进了符合中国国情的近零能耗建筑技术标准的逐步建立和实施。凭借全球领先的智能化楼宇控制技术，西门子以全面的楼宇解决方案满足客户个性化、智能化的需求，并将通过持续不断的创新科技与服务推动楼宇运营的数字化转型，打造安全舒适和绿色节能的完美空间。”

2014年7月，青岛中德生态园被动房技术中心在中德两国总理的共同见证下签署建设合约，是亚洲最大的被动房建筑。该中心通过整体房间控制系统（TRA），对各个功能房间进行以舒适度为核心的控制调节，营造完美的办公与居住空间。

此外，通过冷热源智能控制系统（ECO）对主要的冷热源以及新风和空调机组等机电设备的运行进行智能控制与优化，针对中心所处的气候环境，实现夏季降温除湿、冬季采暖以及新风除霾等功能。最后，通过楼控管理平台 Desigo CC 来实现对新风热交换系统、冷热源智能控制系统（ECO）等的集成管理与优化，为能源管理系统提供楼宇运行的关键数据，同时还可以实现对多个第三方系统的集成控制。

在青岛中德被动屋中心建设初期，业主方提出了明确能耗目标——供暖需求小于每平方米年均耗电量 15 千瓦时，制冷及除湿需求小于每平方米年均耗电量 22 千瓦时。据统计，该中心每年可节约一次能耗近 130 万 kWh，节省运行费用约 50 万元，减少二氧化碳排放 664 吨，相当于 53120 棵树木的二氧化碳吸附量。2016 年 8 月，中心在投入使用后获得了由费斯特教授颁发的 PHI 认证证书。9 个月之后，项目又获得了中国绿色建筑三星级设计认证。（田实 简悦）

## 燃料电池车有望成氢能发展突破口

### 业内呼吁以市场化方式体现氢能技术在车辆领域应用的经济价值

中国能源报 2019.12.23

#### 核心阅读

燃料电池汽车提升经济性，要依靠基础研究，依靠核心材料的突破和系统优化，也要依靠规模化发展。

“虽然目前燃料电池汽车在技术和成本上距离市场需求还有一定差距，但如果可以找到适用于燃料电池汽车的场景和模式，燃料电池汽车行业就会有足够大的上升空间。”日前，在 2019 中国（天津）氢燃料电池汽车发展高峰论坛上，中汽中心副总经理吴志新在演讲中针对燃料电池汽车的发展做出上述判断。

作为现阶段氢在能源领域最受关注的应用，燃料电池汽车的发展，被视为带动氢能作为能源产品实现突破式发展的关键。而如何以市场化的方式，体现氢能技术在车辆领域应用的经济价值，成为与会嘉宾关注的重点。

## 聚焦基础研究推进产业化

“行业现在应该把更多注意力转移到对产品和技术的推动，而不再是对政策的期待。”北京卡达克科技中心有限公司副总工程师蔡国钦在演讲中直言，目前的政策体系已经十分完整，完全能够支撑氢燃料电池汽车行业的发展，“这两年氢燃料电池汽车发展其实是由地方起主导作用。根据我们统计，仅今年上半年，全国就有将近40个省、市或地区出台了跟氢能或者氢燃料电池汽车相关的政策。”

“氢作为一种能量载体，优势很多，但是大家现在最关注的，还是氢能在交通领域的运用，这也使得燃料电池汽车得到了高速发展。”中国工程院院士衣宝廉在发言中表达了对燃料电池车实现商业化的信心，“技术层面上，包括质子交换膜、催化剂、双极板的技术，电堆的技术，以及空压机、氢气泵等，国内已逐步具备。希望企业特别是国企，能够尽快建立生产线来进行批量生产，这可使燃料电池发动机成本在现有技术基础上降低20%到30%。”

衣宝廉表示，目前燃料电池汽车发动机成本高、车辆运行费用高、加氢站建设费用高，是制约燃料电池车发展的几个关键因素。“要想实现燃料电池车的商业化，行业必须齐心协力解决这些问题。”

为尽快实现燃料电池汽车的商业化发展，衣宝廉建议，进一步完善发动机产业链，包括扩散层膜的生产线、空压机、氢气泵等；提高电堆的体积和重量比功率，为下一步开发乘用车奠定基础；研究非铂点催化剂理论与应用研究，不断降低铂的用量。“如果做好基础研究工作，每千瓦的铂用量可以做到0.1克以下，我们完全可以放心地实现燃料电池车的产业化。”衣宝廉称。

## 规模化示范面临成本挑战

《节能与新能源汽车技术路线图》提出，到2020年燃料电池汽车示范推广数量目标为5000辆，而根据日前发布的《2019车用氢能蓝皮书》，到今年底，这一目标有望提前完成，这标志着燃料电池汽车规模化示范运行工作顺利推进。“但从商业化角度来看，燃料电池汽车在车辆整体性能、电堆成本、用氢体系等方面，仍然遇到了一些挑战。”一汽集团新能源开发院电池研究所所长赵子亮说。

赵子亮表示，目前从经济性上看，燃料电池汽车运行成本与纯电动汽车相比仍缺乏竞争力，与传统内燃机汽车相比差距则更大。“怎么提升经济性？性能上要依靠基础研究，靠核心材料的突破和系统优化，除此之外就是要依靠规模化。各种零部件产量小一定价格高，规模化效应对于成本下降的拉动非常巨大。这一思路同样适用于储氢系统与新材料等方面的降低成本。”

此外，也有嘉宾表达了对于目前燃料电池汽车专注于商用车技术路线的担忧。“目前我国选择的从商用车切入的技术路线，我认为有利有弊。”蔡国钦指出，“有一个很现实的问题，商用车除了公共汽车之外实质上是企业的生产工具，对经济性十分敏感。国家对燃料电池汽车下一步的补贴政策还不明确，如果脱离了国家政策的大力支持，商用车发展路线可能

会面临较大挑战。”

### 车用氢能储运短板凸显

我国丰厚的煤炭资源禀赋，决定了工业氢气年产量的高水平。然而，车用氢气由于在标准上与传统工业氢气存在差异，出现了工业氢气产量巨大与车用氢气供应不足、车用氢气价格偏高并存的现象。“以前工业领域基本是谁用氢谁制氢，不涉及储运配送的问题。而车用氢能需要的是将氢输送到各个加氢站，将车分散到各个运营点，所以氢的储存、运输、配置、加注的瓶颈就凸显出来。”张家港氢云研究院院长魏蔚表示。

中国可再生能源学会副理事长、氢能专委会主任蒋利军指出，目前的供氢体系仍停留在把氢作为工业产品而非能源应用的状态，使得氢气制备、储运链条缺乏有效协同。“建议能够借鉴天然气的管理经验，将氢气作为能源产品进行管理。”

“还有一个问题就是现在的氢能市场还没起来，很多的能源央企还在观望。”苏州竞立制氢设备有限公司董事长张碧航认为，从成本上来看，一旦燃料电池市场规模快速做大，企业更积极地投入到产业链建设中来，各个环节就会打通，氢气的价格也会迅速降低。”

除制度保障与支持外，蒋利军强调，从技术上把用氢成本降下来，把稳定、高品质的供应能力做上去，是构建车用氢能供给体系最关键的环节。“包括液氢、IV型瓶以及加氢站关键设备的国产化技术等，我们还有很大的进步空间。”（卢彬）

## 探索中国清洁供热 2025 新模式

### 两大目标、三大效果、四大改变、五大特征

中国电力报发电周刊 2019.12.30

近年来，清洁供热一直是我国聚焦的热点问题。虽然欧洲等区域供热发达的国家目前正在研发先进的第四代供热技术，但该技术基于末端用户低温运行，并不适用于中国供热。为此，在中国工程院院士、清华大学教授江亿的指导下，清华大学建筑节能研究中心教授付林带领课题组历经 10 余年研究，全面推出了新一代北方城镇供热模式——“中国清洁供热 2025”（简称“2025 模式”）。

“未来，中国供热将聚焦清洁低碳和低成本两大目标，争取达到‘节能 90%、减排 90%、成本相当于燃煤锅炉’三大效果，实现‘低品位余热、三级网、能源站、蓄能+热泵’四大改变，凸显‘低回水温度、余热利用、热电协同、燃气末端调峰、长输供热’五大特征，这就是‘2025 模式’。”日前，中国城镇供热协会（简称供热协会）技术委员会在京召开了“中国清洁供热 2025 模式”专题研讨会，付林介绍了他对未来中国供热的全面设想和解决方案。

对于“2025 模式”，江亿评价道：“这一模式经济可行，社会效益突出，为我国北方地区城镇清洁供热提供了一套整体解决方案，为未来中国城镇供热发展指出了方向。”在研讨会上，“2025 模式”得到了政府主管部门、供热领域专家学者、协会同仁、热力企业负责人

的一致认可。

### 中国清洁供热要走与国外不同的道路

记者从会上了解到，目前我国每年供热总能耗约2亿吨标准煤，燃煤仍是供热的主要一次能源，占比约77%。与此同时，我国余热资源丰富，一方面，现存燃煤电厂有大量的余热资源，北方现有燃煤电厂装机容量约8亿千瓦，其中4亿千瓦燃煤电厂余热可承担120亿平方米供热面积；另一方面，冬季供暖期内北方集中供暖地区的低品位工业余热约有40亿吉焦，回收其中15亿吉焦，可为50亿平方米建筑提供基础采暖负荷。此外，我国北方城镇热网普及，从大城市到小城镇均有集中供热热网。“2050年，北方城镇供热面积预计200亿平方米，电厂余热与工业余热可承担约80%供热面积，热网难以覆盖的地区发展独立燃气锅炉房和电热泵等分散热源。”付林表示，“我国基于这些国情特点，应采用一条与国外不同的低碳供热发展模式。”

付林认为，“2025模式”应具有以下五大特征：一是降低回水温度，采用三级管网，为回收利用低品位余热创造条件；二是利用低品位余热，包括电厂乏汽余热回收、烟气余热回收，工业余热利用等；三是长输供热，电厂高效回收余热供热，能大幅降低电厂出口供热成本，大温差长输到城市后，综合供热成本仍低于传统热电联产、燃煤锅炉及燃气锅炉；四是热电协同，在电源侧进行热电厂“热电协同”运行，热电厂为可再生能源发电调峰，同时稳定高效地供热，在需求侧利用电热泵结合储热装置，接受电网调度运行，实现电负荷削峰填谷；五是燃气末端调峰，当工业负荷发生波动时，燃气调峰可保障供热稳定。付林建议，可采用初始投资大、运行成本低的电厂余热、工业余热承担基础供热负荷，采用初始投资小、气价昂贵的燃气为供热调峰，以经济性最佳为目的，优化调峰比例。燃气调峰应靠近末端，不仅可以给热源调峰，还可以给热网调峰，提高热网的经济性、灵活性和可靠性。

上述五大特征将为供热行业带来四大改变：一是以余热为主的低品位热源取代燃煤，实现“近零碳供热”；二是根据回水温度的不同，两级管网改变为三级管网；三是热力站改变为能源站，功能从单纯隔压换热改变为降低热网回水温度、热源调峰和隔压；四是储能与热泵结合，实现热电气协同。在付林看来，如果“2025模式”全面铺开，中国供热有望取得三大效果：能耗比锅炉下降90%、污染和碳排放比天然气降低90%、综合成本与燃煤锅炉相当。

### 凝聚共识推进“2025模式”落地

“推进建筑节能和清洁供热工作，一定要按照‘统筹节能’的思想进行，具体的4个标准是‘清洁供、节约用、可承受、可持续’，付林提出的‘2025模式’很好地贯彻了上述思想和标准，将促进我国供热行业低碳、清洁、高效、安全、经济发展。”住房和城乡建设部标准定额司巡视员倪江波如是说。

针对付林提到的低品位余热供热，江亿解析说：“如果把现有及未来能够存得住的燃煤电厂都改成热电联产，并且通过新的工艺把余热收集上来，再补充收集北方钢铁厂、水泥

厂、化工厂、建材厂等工业余热，除去收集不到的，也能保证县以上城市 70% 以上的城镇基础供热。”

北京市热力集团有限责任公司董事长刘水洋则认为：“‘2025 模式’如何落地是关键，除了从热源、热网、建筑节能上下功夫，中国清洁供热要实现低碳，还可以从改变老百姓的用热观念入手，减少、杜绝多数供热公司存在的过度供热现象，推进节约用热、节约用能。”

“‘2025 模式’的环保效益和社会效益都很好，但经济说服力还不够。如何计算项目改造在全寿命周期的经济价值、投入产出比？推进‘2025 模式’是靠市场化行为还是政府主导？需要进一步的完善和补充。”北京市建筑设计研究院有限公司教授级高工吴德绳建议道。

北控能源有限公司教授级高工段洁仪表示：“推进‘2025 模式’，技术是第一推动力，但最终要想形成政策引导、市场拉动的良性局面，必须厘清经济账，实现热力企业有利可图。”

“中国是世界上最缺水的国家之一，供热工作离不开水资源，推进清洁供热不仅要考虑控煤、低碳、节能，还要将节水也纳入其中。”江亿补充道。

“要从规划的角度出发，让有限的能源发挥最大的效益。”北京市城市规划设计研究院副院长潘一玲如是说。

牡丹江热电有限公司董事长孙玉庆提出：“农村清洁取暖具有长期性、艰巨性、复杂性，让百姓用得上、用得起、用得好、可持续，应该是各地共同遵循的根本原则，也是落实‘2025 模式’的题中之义、当务之急。”

“煤改电为治霾作出了重大贡献，我们还是要因地制宜推进清洁取暖技术路线，正确理解和落实‘宜电则电、宜气则气、宜煤则煤、宜热则热’的原则。”天津大学教授马一太分析道，“空气源热泵要鼓励创新，进一步提高用能效率，从而得到更好的推广、应用。”（邓卓昆）

## 缺乏顶层设计成“集中供冷”最大掣肘

中国城市能源周刊 2019.12.30

“心脏”在猎德大桥附近，“动脉、静脉”连通珠江新城一批超大型建筑，并穿越珠江直抵广州塔一带。近日，记者前往地下冷世界的“心脏”——位于珠江新城猎德路段南侧江边绿化带内的集中供冷中心冷站。

作为全国最早选址于城市中心的公共绿地并按照全地下方式建设的花园式冷站，其采用的“冰蓄冷”技术给华南地区最大的 CBD——珠江新城核心区带来了哪些实实在在的好处？目前这类综合能源服务项目遭遇到哪些瓶颈，未来又将何去何从？

冷世界的“心脏”连通珠江 CBD

“你仔细看，在这个蓄冰槽里，铺满了很多包含密集管束的蓄冰盘管，上面都包了厚厚的一层冰，展开后的表面积非常大，我们供应到广州珠江新城核心区的大部分冷源就是从这里出来的。”广州珠江新城能源有限公司总经理滕林向记者如是说。

记者来到珠江新城猎德路段南侧江边绿化带内的核心区集中供冷中心，穿过绿地花丛，乘坐电梯下到地底负一层，竟发现别有洞天。

置身供冷中心的地下机房内，记者旋即感到凉气袭来。该项目作为国内最早建成的区域集中供冷项目之一，在建设中采用了国际领先的冰蓄冷技术。滕林介绍：“夜间，在电网的用电低谷时段，制冷机开始全负荷制冰；白天，在电网的用电高峰时段，将冷量释放出来，满足建筑物空调负荷的需要。以此来实现冷量的生产和使用相分离，并对电网负荷产生移峰填谷效应，从而实现节能减排目的。”

记者环顾花城广场四周，发现高楼林立。如此高密度的建筑，如何更节能高效地保证室内温度舒适？滕林形象地向记者解释，供冷中心好比人体的“心脏”，一条冷水输送管是“动脉”，源源不断将“心脏”制造出的2℃冷冻水输往各用户终端，之后再通过用户端口的中央空调系统，将冷水化为冷气送达不同空间；另一条“静脉”，则是空调回水管，约10-12℃的水回流至“心脏”，循环制冰，再化冰为水……

目前，广州大剧院、海心沙亚运场馆、广州图书馆、广州地铁 APM 线等公共设施以及花城汇地下商场、周大福金融中心、富力盈凯广场、富力盈通大厦、环球都会广场、凯华国际中心、雅居乐中心等商业项目均已在享用着这样的“冷气”。

那么，和传统中央空调相比，集中供冷的经济性和社会效益如何？记者了解到，首先，它可减少约1/4的空调制冷设备总装机容量，并消除了冷却塔运行带来的噪声及水雾污染。最为关键的是，实施集中供冷后，大大降低了用户的综合运营成本。以2018年的运行情况为例，在采用冰蓄冷技术，且供冷平均距离超过1公里的前提下，集中供冷系统的全年平均COP值（制冷效率）达到3.2，各类型用户的综合用冷费用平均在5-8元/平方米·月，夏季最高可削减1万多千瓦的峰值电力负荷并转移1100万度峰期电力负荷到低谷时段。

### **缺乏顶层设计成最大掣肘**

记者了解到，集中供热、集中供冷、冷热电三联供等各种类型的区域能源以及综合能源服务项目在国内正以前所未有的速度发展。

以集中供冷为例，十年前，国内的项目不足10个。截至2018年底，国内完成可行性研究的集中供冷项目数量已超100个，例如在规模上领先全球的前海深港合作区集中供冷项目集群，对区内约2000万平方米建筑面积实施全覆盖，总供冷负荷超过40万冷吨。

目前，集中供冷还存在哪些制约？“目前，最大掣肘是缺乏清晰的顶层设计。究其原因部分是决策者对区域能源以及综合能源服务的理解不够深入。有些地方对于本地区能源发展规划的认知仍停留在保障电力和燃气的供应上，还没有以提升可再生能源的替代利用率和提高综合能效为目标开展深入研究，并基于研究成果为在本地区发展区域能源以及综合能

源服务创新内部决策机制和审批流程。”滕林直言，“这导致目前的区域能源以及综合能源服务项目在很多地方的发展模式不够规范，难以快速复制。”

因此，他希望有关部门能够把发展区域能源和综合能源服务作为协调解决促进经济发展与确保能耗“双控”指标的相互关系的有力抓手，将经济发展与节能减排、保护环境协同起来。

不过，面对未来，滕林依然乐观，“个人认为，现在集中供冷在全国范围以自从下而上的方式快速发展着，并呈现出强大的生命力。我们将在成功运营珠江新城核心区集中供冷项目的基础上，努力开拓市场，并争取将我们的经验复制到具备条件的其他区域，以推动相关地区建筑节能和环境改善，践行用科技创造低碳生活的理念。”（张胜杰）

### 三、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

## 构建生物质能绿色低碳循环发展模式

中国电力报发电周刊 2019.12.9

“生物能源是‘可再生能源中被忽视的巨人’，挖掘生物质能的巨大潜能，为后代打造一个低碳能源体系，是当前最紧迫的挑战。”国际能源署可再生能源部主任 Mr Paolo Frankl 在日前举办的“2019 全球生物质能创新发展高峰论坛”上如是说。

事实上，生物质能是唯一可以转化成为多种能源产品的可再生能源，“当前，加快开发利用生物质能，已经成为世界各国的普通共识和一致行动，也是全球能源转型的重大战略举措。”生态环境部固体废物与化学品管理中心副主任胡华龙表示。

#### “生物质能胜似能源”应注重发挥其多方面的功能

“生物质能既是能源，又胜似能源。”生物质能产业分会名誉会长石元春在会上指出，自 2004 年我国提出农林生物质工程国家战略以来，经过政府和企业界的共同努力，目前我国生物质发电、供热、燃料乙醇、天然气、柴油等生物质能技术和产业化渐趋成熟，在防治大气污染和农业面源污染中，表现了突出的环保功能，促进了资源的循环利用和振兴农村经济。

“实践表明，生物质绝对不只是能源，它有 3 种能量储存形态，有能源、环境、农村经济 3 重功能，是任何其他不可再生能源无法相比的。”中国农业大学教授、原农业部科技司司长程宇对石元春的观点深表认同。

“生物质能源是唯一在一次能源侧可转化为固态、液态和气态，在二次能源侧可转化为热、电、冷的可再生能源，在未来全球能源变革中将发挥重要的作用。”生物质能产业分会秘书长张大勇进说，对于我国而言，生物质能源还承载着环保、扶贫、民生和解决“三农”问题的重任。

不过，尽管发展生物质能源意义重大，近年来我国生物质能也取得了长足的进步，“但是，与风电、太阳能产业相比，其发展缓慢。”国家可再生能源中心主任任东明直击当前的

行业发展问题。

对此，程序认为，我国生物质能产业仍处于成长初期，若只关注它的能源功能，把它等同于一般的商品能源，同其他的可再生能源相提并论，那么生物能产业或很难真正的振兴起来。“因此，进一步推动生物质能产业的发展，应当考虑其多方面的功能，特别是要充分考虑它公益性的特色，在近、中、远期发挥其环境、农村振兴和碳减排功能。”

#### **开发利用呈多元化智能化态势 建议构建协同处理的资源化系统**

“生物质能利用方式和开发技术主要有热化学转化、生化转化、催化转化技术3种。”广州能源研究所研究员孙永明介绍，其中，热化学转化技术的主要能源利用方式有热解、气化、热解、发电。包括还原糖发酵、合成气发酵、微生物油脂技术的生化转化技术和包括水相催化解聚、水相催化合成和油脂催化转化技术的催化转化技术，主要能源利用方式都为气、油、电热功能产品和化学产品。“虽然技术路线有很多，但我国还是有大量的生物质能没有得到开发利用——利用率仅为7.6%。这里面有技术的问题，也有产业的问题。”

“不过，随着开发利用技术的不断进步，我国生物质能源利用向着多元化、高质量方向发展。”孙永明表示，我们生物质能利用经历了一个很长的成长历程。在2000年前后，我国其实现了热电联供、燃料乙醇、生物柴油应用，进入了商品化阶段。近些年来，随着生物质能开发利用技术不断突破，出现了生物航空燃油、生物基材料、生物质聚合物等应用，我国生物质能逐渐实现了清洁化发展。“当前，随着生物技术、先进制造技术，高分子材料等取得重大突破，以及互联网+、大数据、人工智能技术快速发展等，我国生物质能开发利用将呈现多元化、智能化和网络化的发展态势。”胡华龙认为，多学科深度融合将成为其未来发展的必然趋势。

为此，胡华龙建议，构建多种废物协同处理的资源化系统，构建智能化、规模化、多原料材料的物理、化学多元转化为一体的废弃物综合利用系统，以增进各种生物质的互补与融合，以及协同利用，提高废弃物综合利用的有效性和经济性，从而推动我国生物质能产业实现高质量发展。

#### **打造“两个”基地 推动实现健康、可持续发展**

业内专家指出，生物质能将是我国未来可再生能源发展的重要生力军。“生物质能这一战略性新兴产业正在崛起，亟待构建建设绿色、低碳、循环的发展模式，实现其健康、可持续发展。”生物质能产业促进会会长陈小平认为，建立这一发展模式需要打造“两个”基地——生态农业、食品安全、有机肥料、生物燃气一体化的生产基地和生物固化油原料种植、生产加工基地。

具体来讲，“可以根据基地的土壤、温度、湿度、光照等自然资源，采用人造湿地、无土栽培、人造光源、人工降低等现代农业技术开发、打造农业生产基地，为农民收质提供源源不断的原料，从而解决原材料这一制约生物质能发展的‘瓶颈’问题。”陈小平表示，建立良好的畜牧基地，需要集中规划，建议在三五十平方千米内集中规划禽畜养殖、品种培



育、屠宰加工、饲料生产基地，以集中利用禽畜粪便来建设大型的沼气生产基地。另外，可以以沼渣、沼液为原料建立年产量在万吨级的固态、液态的有机肥料生产基地，改变土壤结构等。“这些基地的建设还有一个很好的作用，就是可以延伸发展的产业链，与现在美丽乡村建设以及美丽乡镇建设等紧密结合起来。”

“在我国利用生物固化油原料的种植、生产加工基地，可利用“边际性土地”种植一些高产植物发展生物固化油生产基地，进而提取成生物质燃油，然后将生物石油运用到产业的各个发展方面。”陈小平说，目前，在我国西南、长城沿线、东北、东南和新疆的“五大区域”的很多地方，已经种植了一批高产能的植物。（白明琴）

## 广东农村生活污水排放有了标准

新建设施明年1月起执行《标准》 现有设施明年7月起执行《标准》

广州日报 2019.12.

农村生活污水治理是污染防治攻坚战的重要内容之一，但一直一直以来没有专门的农村生活污水处理排放标准。2日，广东省生态环境厅发布了我省首个《农村生活污水处理排放标准》（以下简称《标准》），根据农村污水治理的实际情况和治理成本，《标准》控制项目较《城镇污水处理厂污染物排放标准》有所减少，标准限值设置有适当放宽，但现有农村污水治理设施仍面临升级改造。

新出台的《标准》适用于处理规模小于500m<sup>3</sup>/d的农村生活污水处理设施水污染物排放管理；500m<sup>3</sup>/d及以上规模的农村生活污水处理设施水污染物排放参照《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）执行。

根据农村生活污水处理设施出水排放去向和处理规模，将农村生活污水处理设施水污染物排放标准分为一级标准、二级标准和三级标准。将农村生活污水处理设施出水排放去向分为排入环境功能明确水体、排入环境功能未明确水体、尾水利用三类，根据排水去向和设施处理规模进行标准分级：（1）出水排入环境功能明确的水体，排放限值应适当收严，执行一级标准。（2）出水排入环境功能未明确的水体，适当放宽排放限值，执行二级标准，其中对于处理规模小于20m<sup>3</sup>/d的，排放限值进一步放宽，执行三级标准。（3）在水环境功能重要、水环境容量较小或者未达到水环境质量目标的地区，各地可根据水生态环境管理的需要，实施更严格的排放标准，执行特别排放限值。（4）出水用于农业灌溉、渔业或其他用途时，相关控制指标应满足国家或地方相应的水质标准。

与《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）相比，《标准》的一级标准与GB 18918的一级B标准一致，二级标准取值介于GB 18918的一级B和二级标准，三级标准取值介于GB 18918的二级和三级标准，特别排放限值介于GB 18918的一级A和一级B标准，化学需氧量取值进一步收严。总体而言，《标准》控制项目较《城镇污水处理厂污染物排放标准》有所减少，标准限值设置有适当放宽。

新建农村生活污水处理设施水污染物排放设施从 2020 年 1 月 1 日起执行本标准，现有农村生活污水处理设施水污染物排放设施自 2020 年 7 月 1 日起执行本标准。省生态环境厅有关负责人表示，考虑到现有农村生活污水处理设施的提标改造需要一定的时间，设施运营单位应尽快开展设施升级改造，确保在规定的期限内达到《标准》的污染排放控制要求。（杜娟）

## 造纸废液 利用新机制被发现

中国科学报 2019. 12. 3

**本报讯** 高污染的制浆废液严重影响造纸行业可持续发展，如何有效利用成为一大难题。近日，国际期刊《环境科学与技术》发表山东农业大学教授杨越超课题组最新研究成果。他们发现了废液中的有机物即类黄腐酸的化学成分结构及分子量，并揭示了类黄腐酸对水稻促生长、抗逆作用的关系，为造纸黑液清洁再利用新技术提供了理论依据。

此前有学者研究发现，亚硫酸铵造纸工艺废液中的有机物与天然黄腐酸具有相似的生理活性，这些被称为类黄腐酸的有机物可以作为生长调节剂施入农田，并能促进盐胁迫下水稻的生长。这种工艺为制浆废液处理提供了新的环保途径。然而，由于类黄腐酸化学结构复杂和分子量分布广泛，科研人员一直不清楚其生理活性，这也阻碍了亚硫酸铵造纸工艺废液的精准和高效利用。

杨越超课题组采用超过滤法，将造纸黑液中的复杂有机质按照分子量大小进行了分级，并通过高分辨率傅里叶变换离子回旋共振质谱，从分子水平上对造纸黑液中类黄腐酸的化学成分进行了研究。他们还以盐胁迫下水稻幼苗的生长状况为响应指标，利用主成分分析将高维、多响应变量的数据压缩到低维空间，直观、系统地描述了化学结构和分子量大小对类黄腐酸生理活性的影响。

结果表明，与天然黄腐酸相比，造纸黑液中类黄腐酸具有较少的芳香结构，但木质素、碳水化合物和氨基酸含量更高。同时，造纸黑液中类黄腐酸的蛋白质和氨基酸比例随分子量增加而降低，而芳香性会增加。他们还发现了低分子量类黄腐酸能够促进盐胁迫条件下水稻幼苗生长，而高分子量类黄腐酸则产生抑制作用，并认为类黄腐酸对水稻的促生抗逆作用与化学结构的关系大于与分子量的关系。这为作物耐盐增效剂研发、造纸企业寻求新的经济增长点提供了理论支撑。（李晨 郭翠华）

## 我国首个生物质耦合发电示范项目运行

中国电力报 2019. 12. 9

**本报讯（通讯员许显锋）** 报道 日前，哈电集团哈尔滨锅炉厂有限责任公司（以下简称“哈电锅炉”）总承包的国家首台 66 万千瓦超临界燃煤发电机组耦合 2 万千瓦生物质发电示范项目顺利通过了 168 小时试运和性能考核试验，各参数达到设计要求，最大负荷达到 2.5

万千瓦。

通过项目建设，哈电锅炉解决了正压给料系统的连续稳定给料，填补国内生物质微正压循环流化床气化技术空白，摸索出了针对不同生物质燃料特性的运行经验和压块秸秆气化炉输灰与排渣设计基础数据，为生物质耦合发电的全国推广奠定技术基础。

## 欧洲碳捕捉与储存产业发展现状分析

中国电力报能源周刊 2019.12.14

根据智库全球 CCS（碳捕捉与储存）最新发布的报告显示，2019 年碳捕捉和储存产业出现了增长势头，总体而言欧洲落后于美国。该研究结果发表在西班牙马德里举行的第 25 届联合国气候大会上。

### CCS 产业欧洲落后于美国

根据报告统计的数据，该行业已经连续第二年增长，目前覆盖全球，共有 51 个正在运营或开发的碳捕捉与储存设施。其中，运营中的设施有 19 个（工业领域 17 个；电力项目 2 个），在建设 4 个，其他处于不同发展阶段的共 28 个。目前，美国以 24 个大型设施高居榜首，其次是欧洲和亚太地区（均为 12 个）、中东地区（3 个）。

全球 CCS 研究所首席执行官布拉德·佩奇表示：“尽管 CCS 部署的势头和进展有所增强，但到 2040 年，设施数量需要增加 100 倍才有效果。目前的规模扩张速度不够快。现在需要争取更大的政策支持，并在过去两年取得积极进展的基础上分配资金。”

由于这项技术与温室气体排放的政治决策领域有着密切的关系，欧洲在是否更多地引入 CCS 方面存在巨大争议。2009 年，欧盟启动了欧洲能源回收计划，预算为 16 亿欧元，用于支持 CCS 和海上风电项目。与此同时，欧盟通过出售 3 亿欧元排放许可，建立了 NER300 基金来支持 CCS 以及可再生能源项目。

一份由欧洲审计法院于 2018 年发布的报告显示，CCS 在成员国几乎没有成功案例。其中一个结论是：“欧洲能源回收计划未能实现其雄心勃勃的 CCS 目标，因为没有项目能证明这项技术具有商业规模，并且六分之五的共同赞助项目没有完成，NER300 也没有提供任何成功的 CCS 示范项目。”

失败原因是多种多样的。

### 欧洲将试水低碳水泥、钢铁

报告称：“围绕长期气候和能源战略以及基础政策、法规和公共财政支持的不确定性影响了项目吸引私人投资和按时作出最终投资决定的能力。”除了经济和其他因素外，2011 年以来欧洲排放交易体系下的碳排放场价格的下降是欧盟 CCS 示范项目的一个关键障碍。

有人认为，CCS 是一项糟糕的投资，捕获、隔离碳的过程是昂贵的。企业需要补贴来实现这个过程，于是问题来了，这个过程不会增加任何经济价值，而且从长远来看还需要补贴。但也有人认为，政府应该采取所有现有的解决方案来减少温室气体在大气中的存在，之

所以没有这样做正是因为政策还不够雄心勃勃。

挪威非政府组织 BF 的副主任基思·惠端斯表示：“在城市通过授权建立一个市场，可以将低碳工业产品推向市场，并及时取代碳密集型的产品。”对低碳水泥、低碳钢铁以及其他基础设施的需求，可以帮助像 CCS 这样的清洁生产技术在欧洲发展。但与传统的污染替代品相比，这些产品的生产成本还是太高了。

“对它们的使用要求可能有助于部署 CCS 项目，就像可再生能源的要求让风能和太阳能蓬勃发展，成为碳密集型化石燃料发电的竞争对手。”惠瑞斯说，“目前正在开发的低碳工业项目，如鹿特丹的共享二氧化碳管道和挪威船运项目可以催化新的低碳业，后续项目会变得更简单更迅速。”据悉，欧盟创新基金预计将投入 100 亿欧元，其中一部分将用于建设首批低碳水泥、钢铁和化工厂。（于琳娜）

## 从“无废城市”看高能环境的“大固废”版图

中国环境报 2019.12.13

无论形势如何变化，我国环保产业都不会做减法，一定是做加法。“加法”一个是垃圾分类，另一个是“无废城市”。

何为“无废城市”？根据国务院办公厅印发的《“无废城市”建设试点工作方案》，“无废城市”并不是没有固体废物产生，也不意味着固体废物能完全资源化利用，而是通过推动形成绿色发展方式和生活方式，持续推进固体废物源头减量和资源化利用，最大限度减少填埋量，将固体废物环境影响降至最低的城市发展模式，是一种先进的城市管理理念。

在强制垃圾分类和“无废城市”建设的大背景下，谁也不是旁观者和局外人。“春江水暖鸭先知。”环保行业早有一批先行者，不断在垃圾分类和“无废城市”建设上做加法、做功课，高能环境是其中之一。

### 抓住先机，实现固废资源化利用

我国“无废城市”建设，剑指目前面临的生态环境问题，比如垃圾围城、工业危险废物的不合规处置等。中国“无废城市”的首倡者、中国工程院院士杜祥琬表示，推进“无废城市”建设，重点在于持续推进固体废物源头减量和资源化利用，最大限度减少填埋量，提升城市固体废物减量化、资源化、无害化水平。

### 生活领域固体废物资源化利用

新一轮的干湿分离将大大加速厨余垃圾资源化利用春天的到来。从目前来看，全国普遍面临厨余垃圾处理设施不足、项目不得不加快上马的情况。

机会总是留给有准备的人。对于不同类型的有机垃圾资源化利用，高能环境研发出不同解决方案，2016 年着手准备，2017 年完成技术储备与消化。其中，有机垃圾采用隧道窑干式厌氧技术处理技术，餐厨垃圾采用湿式厌氧发酵处理技术，沼气提纯入网、发酵产生的有机物可以堆肥等，实现物质能源循环利用。以长春餐厨垃圾项目为例，项目总占地 11.5 公

顷，采用两相湿式厌氧技术，一期处理餐厨垃圾规模为 200 吨/日，回收油脂生产生物柴油，发酵产生的沼气用于厂区供热与沼气发电。

建设“无废城市”，垃圾焚烧是必由之路。对于生活垃圾焚烧利用，高能环境涉足较晚，但是起点高、发展快、秉持高标准，项目建设如火如荼，大有后来者居上的势头。当前，江苏泗洪生活垃圾焚烧发电项目、广西贺州生活垃圾焚烧发电项目、北京顺义垃圾焚烧发电项目已投入运营，新疆和田生活垃圾焚烧发电项目、湖南岳阳生活垃圾焚烧发电项目进入试运营阶段，河南濮阳静脉产业园综合垃圾处理项目也已在全面建设中，处理规模已达 8800 吨/日。

### **工业固体废物资源化利用**

在业务领域拓展上，高能环境一直是个进取者，从不安于现状，从未止步不前。

生活领域固体废物资源化利用业务只是高能环境固废版图的“冰山一角”。高能环境固废版图扩张得远远超过外界的想象，在一般工业固废及工业危险废物综合利用方面也积极布局，形成了以回收体系、加工体系、循环体系

与协同体系为主的工业固体废物资源化利用之“道”。

以高能环境控股的靖远宏达矿业有限责任公司为例，靖远宏达紧紧围绕国家大力支持循环经济发展政策，建成两条有色金属废渣综合利用生产线，年处理利用冶炼废渣 17.5 万吨，形成年回收粗铅 2.5 万吨、冰铜 2.3 万吨的生产能力，成为西北地区首屈一指的科技环保型企业。

另外，高能时代环境（滕州）环保技术有限公司着力于甲醇杂醇油、醋酸残液、焦化苯残液、丁辛醇残液、焦油、废油以及可焚烧化工废弃物的回收，实现对鲁南化工园区及周边地区产生的危险废弃物进行综合利用和就近就地处置；阳新鹏富矿业有限公司年处置规模 30 万吨，处理范围包括 HW17、HW22、HW46、HW48 等危险废物以及一般工业废弃物，有效实现电镀污泥 100% 资源化再利用。

### **协同联动，实现固废无害化处置**

随着“11+5”无废城市建设试点工作如火如荼地开展，政策催生巨大治理需求，固废处理市场的春天正在加速到来。分析预测，全国固体废物处置需求量将在 2020 年后开始爆发，这意味着数万亿元的市场空间。

从行业动辄预估万亿元市场，到企业的具体收效和战略布局，环保产业一直对“无废城市”建设积极回应。与其他企业跨界转型不同，高能环境深耕危险废物安全处置、一般工业固废贮存处置、生活领域固废处置等领域，并形成协同联动。

### **危险废物安全处置**

高能环境的工业危废项目运营规范，构建了涵盖危废收集、运输、进场取样分析、配伍、环保排放在内的“五道安全屏障”，实现了危险废物从产生到终端处置全生命周期的精细化、实时化闭环管理以及全过程跟踪，年核准处置量超 50 万吨。

其中，宁波大地化工环保有限公司、高能时代环境（滕州）环保技术有限公司、乐山高新区犍为新型工业基地静脉产业园固废项目、四川省凉山州甘洛危废项目、高能青蓝危废处理综合利用项目都以焚烧处理为主。以宁波大地项目为例，目前焚烧处置能力达 46800 吨/年，至今累计处置危废数万吨，完成数十次环境事故应急救援以及《固废仓库管理/焚烧专家系统开发及应用》《低温烟气余热回收节能技术应用》等 10 余项科研课题项目的研究工作，28 项专利获得国家授权。

在危废填埋领域，高能环境仅“十二五”期间就为上海嘉定、辽宁抚顺、江苏南京等 20 余座危废安全填埋场提供建设服务；近期建设运营的安全填埋场 6 座，服务于内蒙古鄂尔多斯、山东菏泽、四川乐山等地。

### 一般工业固体废物贮存处置

近年来，随着我国国民经济的快速发展，大宗固体废物的产量迅猛增加，并大量堆存，带来了土地、资源、环境、安全等一系列问题，开展大宗固废综合整治及利用是解决这些问题和隐患的治本之策。

肇始于 20 世纪末，高能环境便参与大宗工业固体废物的综合整治，承担过尾矿（共生矿）、冶金渣（赤泥）、粉煤灰、气化渣等大宗固体废弃物的污染物控制工程建设。高能环境立足北京，辐射全国，走向国际，国内外固废业务“遍地开花”。截至目前，已累计服务一般工业固废贮存项目 10 余个，大宗工业固体废物堆存场所（含尾矿库）综合整治项目 20 余个。

20 世纪 80 年代末，高能环境用 HDPE 土工膜材料做防渗保护层，解决了安徽铜陵新桥硫铁矿溶液池的防渗难题，并服务至今，创造了 HDPE 土工膜在中国矿山冶金行业的应用先例；2006 年，承建国内规模最大的低品位露天金矿之一“长山壕金矿工程的防渗治理”；2010 年，公司完成了文山县投资最大的工业建设项目“云南文山氧化铝厂赤泥库工程”；同年，公司完成对紫金山金铜矿湿法系统的改造与污染治理，开创了国内多项技术先河；2015 年，高能环境榆神工业园清水工业园渣场一期工程有效解决了工厂废渣堆存和去向问题，实现了园区的良性运转。

2006 年，高能环境试水海外市场，先后承接并实施了蒙古 Emeet 铀矿工程、蒙古 BGC 金矿堆浸场及贵液池工程、蒙古奥云陶勒盖铜金矿工程、缅甸蒙育瓦莱比塘铜矿项目等。其中，缅甸项目被评为“2017~2018 年度中国有色金属工业（部级）优质工程”。

### 生活领域固体废物处置

填埋场是垃圾处理战略储备，是我国城市生活垃圾无害化处理的安全底线和环保底线，也是城市安全运行的保障。

从储备和保障两个纬度考量，填埋场建设都是大势所趋。据了解，作为我国卫生填埋行业的“先驱”，高能环境承担了国内超半数的卫生填埋场核心工程，累计垃圾填埋量达 2.5 亿立方米，服务 5 亿人。

高能环境作为高新技术企业，主、参编近 40 项填埋场综合治理领域的行业标准和技术规范，涉及填埋场设计、建设、封场、运营、监测等各个层面。对于填埋场修复，高能环境打出一套组合拳，提出“土壤污染净化与修复协同”“地下水污染防控与强化修复”“污染风险管控与修复治理”三种修复模式，将填埋场生态封场后变成一种可持续资源开发利用。

### 深耕行业，构建大固废版图

作为政府主导性、政策依赖性最强的行业之一，固废行业正处于中国发展和政策变化最大的时点，唯有踩着发展的节奏，遵从商业的规律，以“变”应“变”才是长盛不衰的独门绝技。

与其他环境企业“单点作战”不同，高能环境业务范围齐全，立志构建固废全产业链、城乡环卫一体化的大循环格局，形成了环卫清扫、垃圾分类、垃圾收转运、焚烧发电、卫生填埋、渗滤液处理、飞灰处理完整的生活垃圾纵向一体化处理优势，横向布局生活垃圾处理、餐厨垃圾处理、污泥处理、工业固废处理、危废处理处置、环境修复等业务，“大固废版图”已然形成。

值得一提的是，高能环境近期中标的包头污泥坑固化项目以及联合中标的雄安新区铝灰钢渣处置项目设计施工总承包项目，进一步深化了固废业务的全国布局，在一定程度上助力“11+5”无废城市试点建设。未来，高能环境将坚定执行“大固废战略”，打造环境服务和生态建设标杆，利家利国利天下，泽民泽世泽众生。

## 创建全国卓越的工业烟尘综合治理服务平台

中国环境报 2019.12.13

浙江鸿盛环保科技有限公司（简称“鸿盛环保集团”）坐落在浙江省衢州市，总资产 10 亿元，现有员工 1300 余人，总占地面积近 50 万平方米，是国内唯一一家集高性能环保除尘滤料研发、生产、配件销售及超低排放改造、工业除尘设计、工业烟尘治理第三方运营管理与服务于一体，具备全产业链一体化核心竞争力的国家级高新技术集团企业。集团形成五大主营业务版块：超低排放改造；过滤基材、滤袋、袋笼、其他配套产品的生产与销售；第三方运营管理；除尘系统节能解决方案服务；脱硫、脱硝等模块化设备。

鸿盛环保集团紧密聚焦工业烟尘治理领域，主要致力于燃煤火电、水泥建材、钢铁冶炼、石油化工、垃圾焚烧、生物质发电等六大领域的超低排放应用。鸿盛环保集团目前拥有两大生产基地：浙江衢州新材料生产科研基地，项目总投资 34 亿元，占地 37 万平方米，全部建成后将成为中国最大的环保科技工业园区，也将成为中国工业环保制造领域首个全产业链、智能化基地；营口无机纤维材料研发和生产基地，斥资 3.2 亿元，占地 12 万平方米，是东北最大的无机纤维池窑工厂，年产成品纱 6000 吨以上，玻纤滤料超过 830 万米。两大基地为加速集团拓展国内、国际市场提供坚实的保障。

### 逾百项专利见证雄厚研发实力

集团已申报滤料相关专利 170 项，授权专利 100 项（其中发明专利 30 项）。在行业中名列前茅，见证了集团强大的研发实力。投建近千平省级技术检测中心，是全球滤料领域内检测项目最全的检测中心，可进行 60 余项过滤除尘相关的专业检测项目。集团下属工程技术研究中心为国内首家以纤维为基础研发滤袋的研发单位，全球首创并唯一有能力量产高硅氧（改性）覆膜滤料的企业；初创珍珠岩系列产品；其无机纤维耐酸处理技术全球领先、中国独家。

多年来，集团与各大院校、行业协会、权威机构及资深专家保持深度技术合作。在 2019 年 8 月，经过中国石油和石化工程研究会石油化工技术装备专业委员会评定，鸿盛环保集团被评选为“高性能环保除尘滤料工程技术中心”。公司作为  $5\text{mg}/\text{Nm}^3$  滤袋超净排放节能方案的倡导者，其专利产品高硅氧（改性）覆膜滤袋经中国环境科学学会与中国电力企业联合会两大权威机构鉴定，达到国际领先水平。这一产品可实现工业烟气过滤超净排放  $<5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，可耐  $260^\circ\text{C}$  高温、高强低伸、阻燃、寿命长，拥有易清灰、运行阻力低，为客户节能消耗。其取材于无机二氧化硅矿石，可回收再利用，更环保。已完成超低排放改造项目 80 余个，是全国滤料企业中最早提供超低排放产品与服务的企业，也是目前领域内超低排放应用业绩最多的厂家。

集团是目前国内唯一一家全产业链生产的环保企业，从拉丝、纺纱、织造、制膜、覆膜、制袋、骨架及配件加工、技术指导、第三方运营管理服务等，每个环节都配以精良的生产设备以确保产品的加工能力与品质控制。打造智能全产业链工厂，121 道生产工序精益布局，将自动化、信息化、精益化三者结合，让智能制造植入每个生产环节与工序。实现从拉丝、纺纱、织造、滤袋加工各环节全自动化技术改造，将机器视觉代替人眼，更高效、更精准。强大的 AGV 调度系统，MES 系统使整个生产体系从人、机、料、法、环串联起来，智能、透明、精益，形成鸿盛特色的生产指挥中心。集团注重品质控制，已通过 ISO9001 系列质量管理体系认证、14001 系列环境体系认证和 18001 系列职业健康安全管理体系认证。

#### **为提供优质五星服务专注十八年**

公司实现产品设计、原料供应、定制生产、安装调试、运营管理五大环节的专业化，从而极致地发挥了产业链优势，产品在国内同行业竞争中最具价格与品质的双重优势，承诺在相同使用年限和相同排放标准的前提下，提供高性价比的产品和服务。优质的产品不仅需要过硬的技术支持，同时还需要完善的生产控制和科学的销售理念指引。

鸿盛环保集团为打造“诚意产品、满意服务”，自建立初始即本着“对产品负责、对客户负责”的态度，为客户提供热忱服务。集团累计各行业 5000 家客户资源，精耕细作，深化服务。集团为满足客户需求，组建一支 40 人的强大技术服务团队，以区域化、职业化为服务特色，以成为“贴身管家式”优质五星服务为目标。鸿盛 DCE - 尘管家专注工业烟尘领域治理研究与服务 18 年，与大唐、国电、神华、华电、华能、京能等众多知名集团公司合作，客户累计近 5000 家。



鸿盛环保集团以“创建全球最卓越的工业烟尘综合治理服务平台”为愿景，将始终立足于工业烟尘治理领域，以客户为中心，以奋斗者为本，持续学习，不断创新；以行业细分领域地位领先的国际化战略视野，以产业链强大的资源整合力，不断提升产品创新和技术研究能力、渠道合作服务和项目挖掘能力、管理服务和协同发展能力，将产品不断升级，力求为人类的生态环境保护事业做出贡献，共同完成“为我们的孩子留下一片湛蓝的天空”的伟大使命。

## 近零能耗建筑的新装

中国科学报 2019.12.23

今年冬天，华中科技大学环境学院罗勇强博士像往常一样撕下贴在门上的水电费单，打开手机缴纳费用。

“冬季要支付暖气费，夏季空调耗电量大，电费也比较高昂。为了住得舒服，实在太不容易了！”他希望，有朝一日，建筑房屋拥有自己的“思想”，不依靠这些制冷、供暖设置就能够自动化地调节温度，从而大大减少建筑供电的能耗。

幸运的是，他的梦想在不久的将来就会实现。

多年来，罗勇强专攻于建筑领域的节能研究。近日他所在的团队研发了一套可根据需求智能调节温度的零能耗新型光伏热墙体系统，相关成果发表于《应用能源》。

“在全球变暖亟须节能减排的大趋势下，发展近零能耗乃至零能耗建筑是必然选择。”罗勇强说。

### 给建筑“穿衣服”

能够住在冬暖夏凉的风子里，是每位居民的梦想，而决定温度的关键在于墙体的设计。

“就像人冬天怕冷要穿棉袄、夏天穿得清凉一样，建筑也不例外。”论文第一作者罗勇强向《中国科学报》打了一个形象的比喻。

通常而言，建筑设计师会根据不同地域特点设计墙体的厚度。比如，北方地区气候寒冷，建筑墙体就会设计得偏厚实，以提高保温效果。南方地区则相反，为了排出热量，墙体就会设计得更加轻薄。

不过，建筑一旦建成之后，其墙体的热性能就会固定，很难根据一年四季的气候情况而随机变化，难以满足人们的居住需求。

“夏天室外炎热，热量透过墙体传到室内导致同步炎热，所以我们需要打开空调把室内热量排出。而到了冬天，室内的热量又会源源不断地从墙体向外流失，所以我们需要打开供暖设施补充损失的热量。”他介绍，为了居住舒适，建筑内部往往配有制冷供热设施，而这会造成大量的能耗。

有没有一种办法能让建筑可以自行根据外界温度添加或脱掉“衣服”？罗勇强陷入了沉思。

## 芯片也有“两面派”

为了常年保持室内舒适的温度，罗勇强团队设计了一款光伏热电耦合蓄电池的墙体系统。

热电系统的运作基于一种轻薄且小巧的半导体芯片，其依靠光伏电池低压直流电驱动。当直流电输入此半导体芯片时，系统可发挥“两面派”的特质。

通俗来说，到了夏天，安装在墙体里的芯片朝向室内的一面制冷，背面制热。到了冬天，将电流方向逆转，则可实现室内制热的效果。

通往成功的道路是曲折的。很快，罗勇强就面临着一个不可避免的难题——由于该系统依靠光伏充电，所以晚上没有太阳，墙体就无法工作。

有没有办法可以解决？他将目光投向了蓄电池。

“其实白天的时候，太阳能发的电是绰绰有余的。比如夏天，用于冷却墙体的电力非常充足，为何不能把多余的电量储存起来？这样，白天我只需采用光伏产生的一小部分电力用于冷却墙体，多余的电先让蓄电池帮忙‘保管一下’。在晚上没有太阳的时候，我再把电从蓄电池里面取出来，输送给热电芯片。最终通过控制算法，让芯片在夏天帮我们冷却墙体，在冬天的晚上继续加热墙体，实现‘一年四季一天24小时’的墙体热流控制。”

罗勇强表示，如此一来，无论夏天、冬天还是白天、晚上，都能将墙体控制在适宜的温度内。“而且，如果能够让墙体温度和室内温度保持一致，就不会出现热传递和热损失。”

为此，他建立了热电墙体的点热源二维解析传热模型、复合墙体状态空间模型、光伏电池模型以及蓄电池动态充放电模型，利用光伏热电墙体实验台验证了模型的准确性，通过控制算法实现了墙体内表面温度夏季始终不高于室内温度、冬季始终不低于室内温度，并且该系统完全由可再生能源驱动，不消耗电网电力。

## 有望降低建筑供电能耗

系统完成后，该团队很快将其投入测试。结果表明，建筑墙体可保持恒定的设置温度，全年均能顺利运行。随后，团队又通过模拟计算考察系统在北京、武汉、厦门等十多个不同地区城市的可行性，发现该系统对不同的气候区都具有适应性。

“这就意味着建筑墙体全年只要穿这么一件‘衣服’就行了。”罗勇强说。

论文通讯作者之一、湖南大学教授张泠告诉《中国科学报》，此套系统不仅为传统墙体的热性能增加了灵活性，最大的作用还在于降低了建筑供电的能耗。

“很多大型建筑都配有中央空调进行调温，但是墙体如果安装了我们的光伏热电系统，就可以大大减少空调的耗能，最终实现建筑的近零能耗乃至零能耗。”她说，目前该系统已申请了国家发明专利，并出售给建筑公司使用。

## 建筑节能迈向“近零能耗”时代

近些年，我国政府在推进节能技术、可再生能源技术、绿色建筑等方面采取了相应的措施，对节能减排的重视不言而喻。

9月1日，住房和城乡建设部发布了我国首部建筑节能引领性国家标准《近零能耗建筑技术标准》GB/T51350-2019（以下简称《标准》）。至此，“近零能耗建筑”概念置于聚光灯下。

根据《标准》，近零能耗建筑需要适应气候特征和场地条件，通过被动式建筑设计最大程度降低建筑供暖、空调、照明需求，通过主动技术措施最大程度提高能源设备与系统效率，充分利用可再生能源，以最少的能源消耗提供舒适室内环境。

此外，在冬季（夏季）要满足室内温度 $\geq 20$ 摄氏度（ $\leq 26$ 摄氏度）、室内相对湿度 $\geq 30\%$ （ $\leq 60\%$ ）的室内环境参数约束条件，能耗水平需较现行2016年标准降低65%至75%以上。

“不得不承认，我国在节能减排方面的举措还是强有力的。”湖南大学副教授刘忠兵告诉《中国科学报》，该政策的实施将对推动建筑节能减排、提升建筑室内环境水平、调整建筑节能消费结构、促进建筑节能产业转型升级起到重要作用。

记者查阅资料发现，从1986年至2016年，我国建筑节能经历了“三步走”，即建筑节能比例逐渐达到30%、50%、65%。目前，65%的节能目标已基本普及，部分省、市已经全面实行建筑节能75%的目标。

超低能耗建筑是近零能耗建筑的初级表现形式。当前，我国建筑领域已经开始了相关探索，例如清华大学设计的示范性超低能耗建筑、南京绿色灯塔等。

刘忠兵表示，这些超低排放的绿色建筑不仅有利于节能减排，同时也有利于优化整个社会的能源消费结构、促进相关产业的经济发展等。

张泠分析认为，未来超低能耗建筑技术将广泛应用于单体建筑、民用建筑、公共建筑、多层建筑和高层建筑领域，最终共同构建一个节能环保可持续的世界。（程唯珈）

**《欧洲绿色协议》出炉，要求2050年实现净零排放，将欧洲打造成全球首个碳中和大陆**

## 欧盟强推“绿色新政”引争议

中国能源报 2019.12.23

12月中旬，欧委会强推的重磅政策《欧洲绿色协议》（European Green Deal）揭开面纱，该协议旨在通过向清洁能源和循环经济转型以阻止气候变化，进而提高资源利用率，恢复生物多样性，以期最终实现欧委会女主席冯德莱恩在今年联合国气候大会上做出的“让欧洲成为全球首个碳中和大陆”的承诺。

“绿色新政”虽然提出了雄心勃勃的气候目标，但却难逃“众口难调”的结果。以波兰为首的严重依赖化石燃料的东欧国家，发起了强烈抵制，呼吁欧盟不要“一概而论”地制定气候政策。显然，欧盟如果希望尽快实施这个协议，势必要抓紧调和内部分歧，否则“百日新政”恐将沦为“一纸空文”。

## “绿色新政” 涵盖所有领域

12月12日至13日，欧盟冬季峰会于比利时布鲁塞尔召开，《欧洲绿色协议》正式亮相。该协议涵盖交通、农业、建筑以及钢铁、水泥、信息和通信技术、纺织和化工等所有领域，旨在彻底变革欧洲大陆的经济体系，目前尚待欧盟成员国和欧洲议会的批准。

这是冯德莱恩履新后的首份提案，也是引领欧盟可持续发展的“新增长战略”。“绿色主线将贯穿所有政策，从交通到税收，从食品到农业，从工业到基础设施。”冯德莱恩表示，“我们希望通过该协议兼顾防止气候变暖与经济发展，最大程度地减少交通运输排放、提升建筑能效、增加可再生能源利用、保护生物多样性，为2050年实现净零排放努力。”

英国《卫报》指出，《欧洲绿色协议》是一项改变食品生产、工业、运输、建筑和能源使用等领域的全面计划，该协议还将建立一个1000亿欧元的“转型资金公平供给机制”（Just Transition Mechanism），以帮助部分欧洲国家加速抛弃化石燃料。

国际石油和天然气生产商协会发言人Nareg Terzian表示：“仅在一个或两个部门采取行动将无法实现所需的变革，欧委会应该对所有部门进行评估，这样才能让《欧洲绿色协议》更全面且更有影响力，更有助于实现碳中和目标。”

欧委会指出，将于明年3月提交《气候法案》，届时2050年净零排放目标将具有法律约束力。同时，争取明年夏季公布修订后的2030年减排目标，计划从目前的较1990年减排40%上调至50%并力争55%。去年欧盟整体排放量比1990年降低了23%。

## “气候税金” 将是税改重点

值得关注的是，加强征税是《欧洲绿色协议》的一大亮点，化石燃料生产商和运输企业未来可能将多缴纳数百亿美元的“气候税金”。

《华尔街日报》指出，《欧洲绿色协议》敦促欧洲各国在全国范围内建立广泛的税制改革机制，在考虑社会因素的前提下，取消对化石燃料的补贴，并将税收负担从劳动力转移至污染源，包括重新修订航空等相关部门的能源税等。预计税改中将纳入提高现行能源税最低税率、取消对空运海运部门税收豁免等条款。

欧委会指出，这或将使航空公司每年花费144亿欧元的税款，是其目前每年缴税规模的两倍以上。包括英国在内，这项税收可能为欧盟带来高达170亿欧元的收入。

海运公司也无法独善其身。运输与环境组织（Transport and Environment）指出，欧盟目前每年向海运业提供约240亿欧元的补贴，其中大部分以化石燃料免税形式提供。2014至2016年间，欧盟成员国每年对油气煤炭生产和消费，以及化石燃料发电提供高达550亿欧元的补贴。

欧洲气候行动网（Climate Action Network Europe）和英国独立智库海外发展研究院（Overseas Development Institute）则认为，包括对能源企业提供支持在内，欧盟成员国每年对化石燃料的补贴金额高达1120亿欧元。

欧委会表示，将在2021年6月前提出能源税修订草案，现行的能源税始于15年前，已

过时且不适应气候变化挑战及能源政策的发展。“对于投资清洁能源技术的公司、尊重地球环境的投资者，我们应该帮助他们营造公平的竞争市场，免受那些投资、生产和使用化石燃料的‘污染者’的挤压。”冯德莱恩称。

欧洲天然气工业联盟（Eurogas）秘书长 James Watson 表示，天然气是“具有成本效益的碳中和未来的组成部分”，在这种情况下，应对所谓的脱碳气体有更深入的认识，如沼气、生物甲烷和氢气等，这些都应该在能源税改革中有所体现。

### 核能“暂时”纳入气候方案

针对核能是否为《欧洲绿色协议》的一部分，欧盟内部出现较大分歧。目前，严重依赖化石燃料的3个东欧国家波兰、匈牙利和捷克，不愿就“2050年碳中和”达成一致，但匈牙利和捷克同时提出，只要欧盟接纳核能技术，他们自然愿意为净零排放目标贡献力量。

美联社12月13日消息称，在欧盟冬季峰会落幕前，欧盟“暂时”同意将核能纳为气候解决方案的一部分，从而在最后时刻为《欧洲绿色协议》争取到了捷克和匈牙利的签字，这也使得波兰成为唯一一个拒绝签署净零排放目标承诺书的欧洲国家。

捷克和匈牙利强调，能源转型成本巨大，欧盟应拿出更为具体且慷慨的资助方案。欧洲理事会指出，有必要确保能源安全，并尊重成员国决定其能源结构和选择最合适技术的权利。截至目前，对于这两个国家提出的“核能技术是能源转型一部分”的诉求，法国表达了支持立场，但德国、奥地利和卢森堡仍然持拒绝态度。

对此，捷克总理巴比什表示：“核能是清洁能源，有15个成员国拥有核电站，我不明白为什么有的国家难以接受核能。”他强调，核能约占捷克能源供应的37%，该国希望进一步提高核电产能，以实现加速向清洁能源过渡的目标。

目前，核电约占欧盟发电量的30%。有专家指出，过去半个世纪，核电大约抵消了600亿吨来自化石燃料发电的二氧化碳排放。然而，出于对切尔诺贝利和福岛核事故的担忧，欧洲议会绿党主席 Ska Keller 表示：“核能不安全，我们仍然不知道如何处理核废料，它与可再生能源无关，与气候解决方案无关，这绝对是错误的方向。”

### 波兰“有条件”支持碳中和

《金融时报》撰文称，波兰或将成为《欧洲绿色协议》推行路上最大一块“绊脚石”，该国的“不合作”给欧洲的碳中和目标带来极大冲击，华沙方面以“需要额外援助”作为达成零净排放目标的条件。

据悉，波兰80%的能源依赖煤炭，该国希望欧盟允许严重依赖化石燃料的经济体在2050年以后拥有“额外时间”向绿色能源过渡。华沙警告称，波兰能源经济过渡需要数千亿欧元，且将导致成千上万的工作处于危险之中。

波兰总理莫拉维茨基表示：“波兰的能源转型成本高于那些有机会依靠多种能源来维持自身经济的其他国家，我们不同意以损害波兰经济为前提的任何提议。”

对此，首次主持欧盟峰会的欧洲理事会新任主席 Charles Michel 坦言，气候中和是欧盟

的“共同目标”。“我们明白，一个国家尚处在没准备好承担义务的阶段。”他说，“2020年6月夏季峰会时，我们将就该问题重新进行谈判。”

《纽约时报》指出，波兰希望获得更多保证，包括确保获得大量欧盟投资贷款和赠款，以助力其向绿色经济过渡。布鲁塞尔最早明年1月公布1000亿欧元“转型资金公平供给机制”的细节，欧委会期待波兰加入。

该机制旨在积极解决成员国从化石燃料转移到气候友好能源过程中产生的就业和社会问题，以加速气候行动，创造就业机会，并指导公众行为。冯德莱恩直言：“我们承认，波兰能源结构过渡，还有很长的路要走，因此我们需要更多时间来研究细节。”（王林）

## 中国40年来碳排放变化有四大驱动力

中国科学报 2019.12.27

**本报讯（记者甘晓）**近日，中国科学院生态环境研究中心研究员吕永龙团队在美国《国家科学院院刊》上发表论文，解析中国能源相关行业碳排放变化驱动力。研究者在分析中国改革开放40年来的数据后发现，人均GDP、人口增长率、能源强度和碳强度是碳排放的四大驱动力，同时，中国经济增长和能源活动碳排放增长仍保持较强的耦合关系。

研究采用物料平衡法核算了1978年至2018年中国能源活动碳排放量；利用Kaya公式、对数平均迪氏因素分解法（LMDI）对影响能源活动碳排放量的4个主要驱动因子（人均GDP、人口、能源强度、碳强度）开展了因素分解，结合中国在每个五年规划中出台的宏观经济政策，分析了4个驱动因素对碳排放变化的贡献率，并利用计量经济学Johansen协整检验验证了LMDI分解结果。

分析发现，40年间中国能源活动碳排放量增长82.75亿吨，其中人均GDP和人口分别拉动增长约145.6亿和12.9亿吨，增长贡献率分别为176%和16%；能源强度和碳强度分别抑制排放-65.2亿和-20.5亿吨，增长贡献率分别为-79%和-13%。

研究还发现宏观经济政策通过影响相关指标的变化直接影响碳排放量变化。

该论文指出，未来10至15年将是中国兑现碳排放峰值承诺的关键期，控制碳排放增长速度以至于实现碳排放峰值，需要努力做到经济增长低碳转型、能源系统低碳转型、消费模式低碳转型。

## 畜禽固液废弃物协同堆肥研究获进展

中国科学报 2019.12.31

**本报讯**近日，中国科学院城市环境研究所刘超翔团队在畜禽固液废弃物协同堆肥方面取得进展，研究成果发表于《生物资源技术》期刊。该研究系统分析了在粪便堆肥过程中畜禽液体粪污的控制添加方法以及畜禽液体粪污的控制性添加对固体粪便堆肥过程、腐熟堆肥质量、渗滤液产生和液体粪污消纳效果的影响。

目前，固体粪污堆肥中液体粪污的添加大多是随意和不系统的，过量的水分添加不仅会破坏适宜微生物降解的水分环境，降低堆肥效率，而且会产生大量的渗滤液，造成二次污染。

研究人员以堆体重量、实际含水率和基准含水率（65%）构建液体粪污控制添加量模型，同时以液体粪污猪原粪水（SE）和沼液水（BS）为补充水，以玉米芯和稻壳为堆肥辅料，考察不同液体粪污的控制性添加对基于不同辅料的堆体堆肥过程、有机质降解、腐熟堆肥质量、渗滤液产生和液体粪污消纳效果的影响。结果表明，基于堆体重量、实际含水率和基准含水率（65%）的液体粪污控制性添加方法有利于提高固体粪便的堆肥效率、降低渗滤液的产生量和改善腐熟堆肥肥料的营养成分浓度。

同时，研究发现在固液粪污控制性协同堆肥过程中，具有较高生物可降解碳的辅料和较高有机污染物浓度的畜禽液体粪污更有利于促进生物热的产生，从而更有利于促进堆体中水分的蒸发、改善堆体对液体粪污消纳效果、提高有机质降解速率和腐熟堆肥的营养成分浓度。但该研究认为在保证固粪堆体堆肥效率的同时，如何进一步提高堆体对畜禽液体粪污的消纳量是促进固液粪污协同堆肥工程化应用的重要研究内容。该研究丰富了畜禽养殖废弃物的处置方式，可为畜禽固液废弃物协同消纳技术的深入研究和工程化应用探索提供理论指导。（冯丽妃）

#### 四、太阳能

### 光敏蛋白 + 量子点造出新型太阳能电池

科技日报 2019.12.3

俄罗斯国立核能研究大学莫斯科物理工程学院的科研人员以量子点和光敏蛋白组成的混合材料为基础，研发出一种新型太阳能电池。有关专家指出，这种电池在转化太阳能和光学信息处理方面具有极大潜力。相关研究发表在《光敏传感器和生物电子学》杂志上。

单细胞生物的蛋白能够把光能转化成化学能（类似植物的叶绿素），这一切是通过细胞膜的正电荷传递发生的。单细胞与叶绿素的重大区别在于离开氧气存活的能力，单细胞生物能生活在类似死海深处、极富侵蚀性的环境中。从进化的角度来说，它们的化学稳定性、热稳定性和光学稳定性高。在此情况下，单细胞生物的蛋白可在亿万分之一秒内多次改变颜色，因此是制造全息处理器的极有前景的材料。

研究人员将单细胞蛋白与半导体纳米粒子（量子点）结合起来，大大改善了这些性能。维克托·克里文科夫介绍说：“我们制造了高效运行的光敏晶格，它在光子能非常低的光的影响下产生电流。在普通条件下，这种光敏晶格不工作，因为光敏分子只在非常狭窄的能量范围内吸收光。而量子点只在非常宽广的范围内才能这么做，甚至可以把两个低能光子转变为一个高能光子，就像把它们合并在一起一样。”

有关专家指出，上述研究显示了在生物结构的基础上制造高效光敏元件的潜力。它们不仅能应用在太阳能转化中，也可用在光学信息处理中。

## 国家统计局发布最新数据显示： 太阳能发电量年均增长 57.2%

羊城晚报 2019.12.10

羊城晚报讯（记者马汉青）报道：记者 12 月 9 日获悉，国家统计局最新发布的第四次全国经济普查数据显示，近年来我国清洁能源发电建设规模持续扩大，风电、太阳能发电迅猛增长，其中太阳能发电量年均增长达 57.2%。

数据显示，近年来，我国发电量平稳增长，清洁能源发电比重上升。随着电能替代快速推广，产业结构、能源结构持续调整优化，高新技术迅猛发展新增用电需求，清洁能源发电建设规模持续扩大，全国电力生产平稳增长。2018 年，全国发电 7.1 万亿千瓦时，比 2013 年增长 31.3%；日均发电高达 195.4 亿千瓦时，比 2013 年增加 46.6 亿千瓦时。

西部地区发电增速高于中东部地区。与 2013 年比，2018 年东部、中部、西部和东北地区发电量分别增长 28.5%、22.2%、42.3% 和 21.6%，西部地区发电增速较高主要得益于清洁能源开发和电力外送通道建设稳步推进，其清洁能源消纳能力不断增强。

火电比重下降。2018 年，火力发电量 50963 亿千瓦时，比 2013 年增长 20%，远低于清洁能源发电 71.8% 的增速。火力发电占比 71.5%，比 2013 年下降 6.7 个百分点，电力生产清洁低碳化趋势明显。

水电稳步增长，水能资源富集地占比继续提高。2018 年，水力发电 12318 亿千瓦时，比 2013 年增加 3115 亿千瓦时，5 年间年均增长 6.0%。

风电高速增长，西电东送保障风电消纳。2018 年，风力发电量 3553 亿千瓦时，比 2013 年增长 151.6%，年均增长 20.3%，占全部发电比重为 5.0%，比 2013 年提高 2.4 个百分点。

太阳能发电迅猛增长。2018 年，太阳能发电量 1536 亿千瓦时，比 2014 年增加 1284 亿千瓦时，年均增长 57.2%。

## “十四五”光伏产业何处挖潜

中国科学报 2019.12.2

“十四五”规划不能只关注分布式光伏，西部还有大量的集中电站。分布、集中一定是并举的，不能因为分布式忽略了集中式发展。另外，“十四五”还要进一步研究如何更快地融入电力市场。

“十三五”临近收官，我国光伏产业也在最后关头走出了政策调整的低迷期，逐渐迈入平价上网时代。不过，随之而来的却是国内装机规模进一步下降，截至 10 月份国内装机规模只有 17.5 吉瓦。

与需求端的萎靡不振形成鲜明对比的是，光伏产业在制造端上不断取得质和量的双重突



破。2019年光伏产品对外出口呈井喷之势，达到近6年来的新高，在弥补了国内装机规模下降之余，也把光伏产业带向新的高度。

大规模出口的背后，是全球光伏市场的迅速增长。国家发展改革委能源研究所可再生能源发展中心副主任陶冶预计，“十四五”期间光伏发电经济性有望实现突破，到“十四五”末期，光伏有望成为生产成本最低的可再生能源电力技术。

在平价上网的主旋律下，“十四五”期间，我国光伏产业如何进一步挖掘潜力，迸发出新的生机与活力？

### “十三五”自我蜕变

经历了2017年的高速发展，以及2018年的政策刹车，我国光伏产业在2019年不可避免地进入了转型调整阶段。

今年，光伏新增装机就出现了“断崖式”下滑。今年第三季度，光伏发电新增装机仅为459万千瓦，不及第一、二季度520万千瓦、620万千瓦的装机水平。不仅如此，与2018年和2017年同期的1024万千瓦和1860万千瓦相比，分别下滑55.2%和75.3%。

从“快速扩大”到“稳步增长”再到如今的“同比腰斩”，光伏装机虽然出现了过山车式的波动，但从国家能源局最新统计数据来看，我国光伏产业已经提前实现“十三五”规划的目标。

数据显示，截至今年9月底，全国光伏发电累计装机1.9019亿千瓦，其中分布式光伏发电装机5870万千瓦。这一数据相比《可再生能源发展“十三五”规划》中明确提到的“到2020年底，全国太阳能发电并网装机确保实现1.1亿千瓦以上”的目标，整整提高了72.9%。

而从地方层面来讲，据不完全统计，山东、江苏、浙江、安徽等十余省份也已经在今年9月底完成了“十三五”相关能源规划中明确的到2020年光伏装机量规模目标。

与此同时，今年最大的特点是，海外市场的加速崛起为中国光伏企业提供了市场，光伏产品出海成为企业的一条“哥伦布航线”。

据统计，2019年前三季度我国光伏产品出口量创历史新高，出口总额为162.2亿美元，同比增长32.8%，超过2018年全年出口总额。同时，光伏组件出口额大幅增长，增幅达到41.8%，出口量达到53吉瓦，同比增长80%。

“光伏产业链分为制造端和应用端，今年这两端形势截然不同。应用端今年前三季度出现了超过50%的下降；反观制造端，多晶硅料、硅片、电池片、组件，最低的增长幅度超过了30%。”近日，中国光伏行业协会副理事长兼秘书长王勃华在第四届中国光伏产业论坛上指出，今年我国光伏组件出口预计在60吉瓦左右，对应出口额近200亿美元。通过科技创新大幅降低成本，我国光伏产品的国际竞争力和国际市场占有率大增。

“目前，中国光伏行业已经成长为具有国际竞争力的、拖不垮、打不烂的产业。”国务院原参事石定寰说。

## “十四五”将多场景互补应用

进入“十四五”，光伏、风电都将进入全面平价时代，实现真正的无补贴发展。隆基绿能科技股份有限公司创始人兼总裁李振国表示，未来，光伏产品价格和成本依然会继续下降，但降价速度不会再像过去一样飞速“腰斩”。

李振国认为，未来不应该再过分要求电价的降价速度，而是应该在能源消纳、电力上网以及光伏与其他能源匹配、互补等方面下功夫。为迎接“十四五”的到来，诸多专家也在论坛上对光伏“十四五”给予了诸多畅想，其中多能互补、多场景协作成为大家的共识。

在石定寰看来，虽然我国光伏行业取得了巨大进步，但在中国能源革命的路程中，仍旧缺少足够的声音和贡献。目前，相当多的人还没有把光伏和可再生能源作为能源革命的主力军去弘扬、发展和壮大。

对此，石定寰表示，“十四五”期间除了大型电站的规划，也应该加大光伏在各种应用场景的规划。“国家应该组织重大应用工程项目，比如高速公路建设，将光伏建设统筹规划进去，还有污水处理光伏应用系统，可以全面降低发电成本。”

石定寰还指出，“光伏+储能”的未来规划，在港口、铁路、公路等基建领域，也都将大有可为。水电水利规划设计总院新能源处研究员王烁也表示，进入平价时代，当补贴不再是制约因素时，光伏规模目标将很大程度取决于消纳空间。除了跨区外送通道，就地消纳，利用“光伏+储能”“光伏+制氢”“光伏+微电网”等新模式，都可以进行深入探索。

实际上，我国“光伏+储能”已经从示范走向实战，目前以黄河水电、鲁能集团、协合新能源为首的新能源企业已经开始进入“光伏+储能”的领域进行探索。国家发展改革委能源研究所研究员刘坚表示，发电侧的光储模式能否持续下去还要打一个问号，相反的是，在用户侧分布式光伏+储能商业模式会比较清晰，未来或将成为主流。

国网能源研究院新能源与统计研究所所长李琼慧认为，未来光伏不论是在边远地区、负荷密度高地区还是一般居民用电，都有非常大的潜力。“由于光伏基本在任何地方都可安装，且如今多能互补、新农村新城镇建设都需要能源解决方案，在边远地区、农村地区等能源短缺的地区，光伏利用空间巨大。”李琼慧说。

不过，她同时指出，“十四五”规划不能只关注分布式光伏，西部还有大量的集中电站。分布、集中一定是并举的，不能因为分布式忽略了集中式发展。另外，“十四五”还要进一步研究如何更快地融入电力市场。

## 降本增效仍需技术发力

谈到对光伏的预期，陶冶表示，整个“十四五”期间光伏装机增长在280~300吉瓦左右，但这并不意味着光伏装机可以按平均每年50~60吉瓦装机计算，光伏装机一定是一个逐步增加的过程。

也有业内人士指出：“期望总是美好的，但现实很骨感，未来技术仍然是竞争的关键。谁能最大程度降低度电成本，才能在平价市场环境中获得最大收益。”

“只有最大程度实现平价上网，才能在市场竞争中占据优势地位。只有打破‘不可能三角’，才能进一步推广光伏发电。”在北京鉴衡认证中心副主任纪振双看来，目前是光伏行业自我蜕变、自我调整的绝佳机会。下一步光伏产业技术研发的重点就是“高效、智能、可靠、可控”。

纪振双认为，应当优先考虑光伏系统提效和长效技术，站在网络和系统高度考虑光伏发电的智能化建设，而关键设备、发电单元及整个系统运营期内性能和受控程度，以及验证和预测能力，都是提高技术“可控性”的基础。

纪振双还认为，光伏行业未来必然向着智能化、科技化的方向发展，少人值守、无人值守是光伏电站的大趋势。未来，光伏行业应当充分利用大数据、互联网、人工智能、区块链、5G等智能技术，提高行业智能化水平及质量透明度，最大程度提高用户体验。

中国可再生能源学会光伏专委会秘书长吕芳表示，在成本继续下探时，可能需要看封装技术、系统技术上有没有更多的空间。她希望源头技术能够标准化，让整个产业在装配、配套材料方面减少浪费。

陶冶认为未来2~3年，PERC（钝化发射极和背面）技术仍是光伏的主流技术，HJT（异质结）、IBC（高效交叉背接触）等技术扩产还需要一定时间，降低成本对于新技术来说仍是挑战。

陶冶告诉记者，在全面“平价”实现之前，经济激励政策仍要持续完善。财政主管部门要完善补贴机制，价格主管部门要确定好价格机制，能源主管部门要针对补贴项目进行管理，提出消费侧约束性指标。

据他透露，明年的政策已经在研究中，会尽快出台。未来，消纳责任权重指标作用将在平价时代更为突出，并做循序渐进式调整，增加地方建设和使用、消费绿色清洁能源的动力。（李惠钰）

## 看得见风景的太阳能发电窗户

中国科学报 2019.12.16

最近，科学家们找到了一种简便的方法可以让太阳能面板由不透明变得透明。未来，我们办公室的玻璃窗可能很快就会被这种看得见风景的面板材料所取代。制备这种面板的诀窍就是在它们中间打上小孔。这些小孔离得很近，以至于我们可以清楚地看到它们。

韩国蔚山国立科技大学的 KwanyongSeo 表示，透明的太阳能面板将对提升城市中利用太阳能的水平起到关键作用。

这是因为屋顶的空间相对固定，而窗户的面积则会随着建筑物的升高而增大。“如果我们在建筑物的窗户上安装透明的太阳能电池，它们每天就可以产生大量的电力。”Seo 说。

截至目前，开发透明电池遇到的问题是，它们的能量转换效率往往比较低，也很容易给通过它们的光“点染”上红色或蓝色的色调。

为了克服这一问题，许多科学家正在寻找新的材料来制造透明的电池。然而，Seo 和他的同事们想要从最常用的材料——单晶硅片中开发出透明的太阳能电池，而世界上 90% 的太阳能电池都含有单晶硅片。

他们将完全不透明的单晶硅片制备成 1 厘米见方的电池，然后在上面打上小孔，让光线通过。这些洞的直径为 100 微米，相当于人类头发丝粗细，可以让 100% 的光线通过，而不改变光线的颜色。

电池的固体部分仍然吸收所有的光照射到它表面，产生 12% 的能量转换效率。这大大优于此前透明电池所拥有的 3% ~ 4% 的能量转化率，但仍低于目前市场上不透明太阳能电池所取得的 20% 的最好成绩。

未来几年，Seo 和他的同事希望开发出一种效率至少达到 15% 的电池。此外，为了让产品更好地市场化，他们还需要开发出一种透明的电极。（计红梅编译）

## 强化光伏发电规范与政策落实监督

中国电力报 2019.12.7

**本报讯（通讯员陈振宁）报道** 为规范光伏发电秩序，促进光伏行业高质量发展，2019 年 6 ~ 9 月，国家能源局南方监管局在广东、广西、海南三省（区）开展了光伏发电规划和政策落实情况监管工作。

该局向地方能源主管部门、电网企业、光伏发电企业全面收集了三省（区）光伏发电规划、建设、并网、运行、电费结算及补贴支付等方面的相关材料，选取有代表性的光伏发电项目和供电企业开展了现场检查，检查范围覆盖广东省 4 个地级市，广西 2 个地级市和海南省 3 个省属直管市，共涉及光伏发电项目 18 个，供电企业 10 家。在全面梳理总结监管情况的基础上，该局形成了监管报告并报送给国家能源局和三省（区）政府。

此次监管工作使南方能源监管局掌握了三省（区）光伏发电的最新情况，发现了困扰行业健康有序发展的问题，针对问题该局提出了解决问题的意见建议，并按照分类处理的原则处理好后续工作；对需要由国家层面统筹解决的，向国家能源局等部门提出了政策建议；对需要地方层面协调解决的，向地方能源主管部门等部门提出了监管建议；对属于企业层面的问题，向企业提出了意见，督促企业整改。

## 中广核探索光伏 + 治沙新模式

中国电力报 2019.12.12

**本报讯（记者 谢文川）报道** 12 月 7 日，中广核新能源内蒙古库布其二期 20 万千瓦光伏治沙项目 220 千瓦升压站一次带电成功，顺利投产，意味着中广核在库布其沙漠腹地建成光伏发电项目容量已达 50 万千瓦。

中广核新能源库布其二期项目位于内蒙古鄂尔多斯市杭锦旗独贵塔拉境内，属库布其沙

漠腹地，面积约 8200 亩。该项目采用“板上发电、板下种草、板间养殖”的立体化新型产业循环方案，以实现光伏发电、生态修复、扶贫利民、生态旅游一体的沙漠治理模式。

历时 4 个月建设期，中广核的建设团队在广袤的库布其沙漠铺下一片新能源“绿洲”。该项目是继 2018 年中广核库布其一期 20 万千瓦项目、格桑 10 万千瓦光伏领跑者项目后，中广核新能源在库布其沙漠建成的第 3 座光伏电站。

库布其一期项目也位于鄂尔多斯市杭锦旗独贵塔拉，电站装机容量为 20 万千瓦，于 2018 年 11 月 14 日建成。距离 100 千米外的格桑光伏电站采用“林光互补”建设模式，装机容量为 10 万千瓦，于 2018 年 11 月 30 日建成投产，是达拉特旗光伏领跑基地中首个全容量并网项目。

我国是世界上荒漠化最严重国家之一，荒漠化面积占国土面积 1/3。一直以来，中广核新能源秉持“发展清洁能源，建设美丽中国”的企业使命，关注并积极参与防治荒漠化的研究与实践。中广核新能源公司总经理李亦伦表示，目前中广核已在库布其沙漠腹地建成光伏发电项目容量达 50 万千瓦，年发电量可达约 9.5 亿千瓦时，相当于每年减少标煤消耗 35 万吨，减少二氧化碳排放 87.2 万吨。

## 新型储能系统：把太阳能装进电池里

中国科学报 2019.12.16

中国科学院长春应用化学研究所博士生张鹤独自坐在实验台前，通过观察电化学工作站数据的运行情况，不断手动调整装置的连接模式。这是他近段时间以来工作日常的缩影。

“有时候循环测试可能需要十几个小时，操作者必须寸步不离地守在实验装置前。”他告诉《中国科学报》。

最近，张鹤终于得以短暂地放松。在中国科学院院士董绍俊的指导下，他所在的团队通过构建基于水/氧循环的生物光电化学模型，成功实现了集成化体系下太阳能的连续转化与存储。相关成果日前发表于《美国化学会志》。

### 不间断的太阳能

地球自转，引起了自然界中白昼与黑夜的交替变化，这导致了区域性的阳光照射是间歇的、非连续的。

对于传统光伏器件而言，要想获得源源不断的电力输出，连续不断的光照是装置正常运行的最基本条件。然而，受区域性光照间歇的影响，光伏器件中的能量转换（光能到电能）是一个非连续性过程。这在很大程度上限制了太阳能的直接利用，使其不能满足实际生产生活中日以继夜的电力需求。

为解决这一问题，科学家们提出了相应的能源储备战略，通过将光电化学体系与二次电池或液流电池体系连用，实现了太阳能的转化与存储。

“但是，多体系连用存在系统复杂、成本较高、能量传输损耗严重等缺点。”论文第一

作者张鹤分析，多体系连用一方面需要考虑体系与体系间的匹配问题，另一方面能量在传输转移过程中容易以热能形式出现不可避免的损耗。这样一来，既增加了设备成本，也不利于存储能源的有效利用。

2018年，该团队通过将n-型半导体光阳极与多铜氧化酶生物阴极相匹配，成功构建了一个基于水/氧循环的生物光电化学池，实现在体系水/氧循环状态下从光能与化学能到电能的连续稳定转化。

不过，与传统光电化学体系相同，该体系的运行完全受控于外界光照情况，亟须进一步修正。

“我们团队在此前研究工作的基础上，通过引入储能模块（聚吡咯电容电极），建立一个集成化的生物光电化学模型体系。在体系中水/氧自循环的状态下，实现了光照与暗场条件下源源不断的电力输出。”张鹤说。

### 把太阳能存储起来

针对电池体系的研究，该团队从考察单个电极的电化学行为入手，从单个电极到单个电池再到整个体系，由简及繁地对所构建模型体系的各个组分及整体性能进行考察。

首先遇到的难点就是储能模块的选择。

论文作者之一、中国科学院长春应用化学研究所博士生黄亮告诉《中国科学报》，为确保固态电容电极的正常蓄能，一方面其充/放电电势窗口需介于光生物燃料电池两电极电势之间；另一方面需确保该电极在中性电化学体系中具备较高且稳定的电容量。“经过多方面优化选择与测试，我们选择聚吡咯电容电极作为储能模块。”

果不其然，聚吡咯电容电极扮演的双重角色实现了光电化学体系与电池体系的集成化连用。

光照条件下，在光电化学体系中，聚吡咯电容电极作为阴极接受来自阳极产生的光电子，并凭借自身的电容性能将其存储起来，实现光能到电能、化学能的转化；暗场条件下，在电池体系中聚吡咯电容电极又作为阳极将存储的光电子传输到生物阴极，实现化学能到电能的转化。

第二大难点在于体系蓄放过程中各个电极间电位的匹配问题。

“需要确定电容电极的充/放电电位。”论文作者之一、中国科学院长春应用化学研究所副研究员翟俊峰告诉《中国科学报》，在光电化学体系中，阳极光催化水氧化（OER）电位需要低于-0.1V才能有效地实现光生电荷在电容电极上的存储，因此二氧化钛电极可以作为合适的光催化材料应用在该体系中。

而在生物燃料电池体系中，阴极催化氧还原电位需要高于0.3V才能有效地实现光生电荷从电容电极上的释放。因此，团队选择胆红素氧化酶作为合适的生物催化材料，应用在该体系中。

实验数据分析显示，该概念模型在光照与暗场条件下分别获得 $0.34 \pm 0.01$ 和 $0.19 \pm 0.02$

mW cm<sup>-2</sup> 的最大功率密度输出，并且展现出稳定的太阳能蓄放循环性能。此外，通过改变储能模块（聚吡咯电容电极）的电容量，体系充/放电时间可得到有效调控。

### 助力绿色新能源发展

张鹤认为，该模型体系的建立有望实现太阳能蓄放体系向简单化、小型化与低成本化发展，并且为环境友好型绿色新能源的发展提供了一条新的研究思路。

“通过体系中简单的水/氧循环，太阳能便可以在这个集成化器件中得到连续转化、存储与释放，实现光照与暗场条件下源源不断的电力输出，避免了区域光照间歇性所带来的太阳能转化不连续问题。”张鹤介绍，这也是该研究的创新之处。

他相信，在相关工业技术支持下，该模型有望在新兴绿色能源器件商业化应用中得到发展。“比如，通过电池串联的方式，可以实现小型能源器件的商业化应用，来满足日常生活中手机充电设备、家用备用电源以及小型路灯的使用。”

下一步，团队将以该研究工作为基础模型，针对实际生产生活中的一些具体问题，进行体系改进与优化，以扩大该模型的相关应用前景。（程唯珈）

## 我首次完成太阳帆在轨关键技术试验

科技日报 2019.12.27

科技日报沈阳12月26日电（记者郝晓明）记者从中科院沈阳自动化所获悉，由该所研制的“天帆一号”（SIASAIL-I）太阳帆，搭载长沙天仪研究院潇湘一号07卫星，在轨成功验证了多项太阳帆关键技术。这是我国首次完成太阳帆在轨关键技术试验，将对我国后续大型太阳帆研发提供技术支持。

太阳帆被认为是目前极具可能到达太阳系外的航天器，它是利用太阳在薄膜上的反射光压来提供动力的航天器，在小行星探测、地磁暴监测、太阳极地探测及空间碎片清除等方面具有广泛应用前景。大型太阳帆被认为是未来行星间航行的关键手段，在空间科学探测中将发挥重要作用。

据介绍，在航行过程中，太阳帆不需消耗额外化学燃料和工作介质，具有质量小、收展比大、成本低、功耗低、航程长的特点，但其技术难度大，涉及的学科门类也较多。目前，国际上已有日本、美国、英国等国家相继成功在轨开展了太阳帆的技术和应用研究。

“天帆一号”项目负责人、中科院沈阳自动化所空间自动化技术研究室副主任刘金国研究员介绍，“天帆一号”将柔性膜折叠存储在展开机构内部，发射前大小不到0.5个立方星体积（1立方星体积为10厘米×10厘米×10厘米），在潇湘一号07卫星平台正常入轨之后，通过两级组合展开的方式开展技术验证。

从当前在轨返回的数据和图片表明，“天帆一号”太阳帆关键技术试验进展顺利，在轨验证了微小卫星两级主被动展开系统、多帆桁同步展开机构、可展开双稳态杆技术、柔性帆膜材料、帆膜折叠展开技术等多项关键技术，标志着太阳帆关键技术试验验证任务取得圆满

成功。

本次后续任务中，“天帆一号”还将开展机构寿命、材料特性和轨道高度等研究，验证其离轨能力并探究其在空间碎片减缓中的潜在应用。未来将争取早日实现我国首个基于太阳帆的空间科学探测任务。

## 提升并网能力 提高巡检效率

# AI 技术正在颠覆光伏行业

中国能源报 2019.12.16

“2019年，华为网络能源产业销售收入预计将超过300亿元，同比增长达40%。特别是逆变器业务，即使在没有美国元器件情况下，发货没有受到影响，市场依旧保持高速增长，海外更是达到了100%的大幅增长。”

在刚刚落幕的2019中国光伏行业年度大会暨创新发展高峰论坛上，调任华为网络能源产品线总裁职位仅一年有余的周桃园公布了上述数据。时值岁末，回望2019年的华为，周桃园这样说：“2019年，华为面临了很大的外部环境压力，但我们克服了困难与挑战，保持了业务平稳增长。”

“平稳增长”是如何实现的？在中国光伏“平价上网”渐行渐近的过程中，靠逆变器产品闯入光伏圈的华为，前路几何？

### 从“被罚款”到“获奖励”

“一个月罚2.5万元，连着罚了一年左右，几乎每个月都是这样。”这笔一度让通威股份有限公司光伏事业部部长张凡头痛的“罚款”源自通威钦州40MW“渔光一体”电站，又称“功率因数调整电费”。自去年6月二期项目并网运行以来，电站几乎每个月都要面临因“功率因数过低”产生的“罚款”。

“电站原有的传统SVG无功补偿装置故障率很高，所以项目夜间的无功电量远高于有功消耗，每个月功率因数低到0.1以下，就要面临‘罚款’，一年不少钱呢。”张凡口中的“SVG无功补偿装置”最主要的作用便是保障电力系统稳定、高效、优质地运行，防止电压崩溃。一旦SVG出现故障，就会导致线路中无功功率过大，功率因数降低。换言之，无功过多，造成电能浪费，便需要缴纳一定的“调整电费”。

经过和当地电网公司的协商沟通，从今年9月开始，钦州项目终于停掉了原有的SVG装置，使用华为智能光伏逆变器进行无功补偿。“由于全年的夜间时长差异较大，根据钦州项目数据共制定了4档夜间补偿时长调节方案，可以支持绝大多数正常场景。”

改变立竿见影。“从今年9月3日采用华为逆变器实现无功补偿到9月6号补偿参数优化确定后，功率因数很快便稳定在0.93以上。因为9月1日、2日两天还是采用的原有装置，所以全月功率因数从此前0.1左右一下提高到0.7。”张凡告诉记者，从0.1到0.7的改变直接让“罚款”从2.5万元左右下降到0.36万元，扣除有功电费增加的约0.8万元，



当月实际节省的费用便达到约 1.2 万元。“10 月，通过正常的无功补偿，整月的功率因数提高到了 0.96，不仅‘罚款’没有了，并且还能获得额外奖励，实际节省了约 1.5 万元。”

用逆变器替代传统的 SVG 设备，从“被罚款”到“获奖励”，在华为智能光伏业务总裁许映童眼中，这只是“智能光伏”中微小的点滴之力。“随着光伏行业特别是分布式光伏的稳步发展，安全防护与智能化会逐步成为光伏系统的必然选择。当前，光伏与传统能源存在的显著差距之一便是对电网支撑能力不足，光伏发电要想向稳定能源转变，必须从‘适应电网’走向‘支撑电网’。”特别是针对弱电网环境，许映童强调，未来 5 年，全球近半数区域电网会面临弱电网问题。“特别是受资源和气候环境等因素影响，光伏电站更易选址在电网结构较为薄弱的地区。这就给光伏电站的稳定并网提出了更严峻的挑战。目前，华为正在不断优化的 AI BOOST 智能并网算法，就是瞄准弱电网环境，提升逆变器的并网能力，在我国西藏地区、在澳洲都取得了非常好的效果，华为都是首个通过当地最严苛的并网测试标准的并网企业。”

### 从“两星期”到“10 分钟”

依托于智能逆变器，更多的改变正在发生。

“说实话，华为的产品有时候只看价格可能确实卖得比同类产品贵了点。但是贵有贵的道理，只要稍微算算账，就知道是省了事、省了钱。”国家电投吉林电力股份有限公司白城发电公司副总经理徐振军切实感受到了“省事、省钱”的变化。

“白城光伏领跑者 2 号 100MW 项目 80% 容量采用了华为组串式逆变器，在电站后期的运维中，优势一下就显示出来。”徐振军表示，凭借华为智能站控系统配备的智能 IV 扫描诊断功能，在辐照度满足的情况下，随时都可以电站的智能巡检，100MW 光伏组件的扫描时间只需要 10 分钟左右。“传统的监测只能是委托第三方机构进行抽检，一般一年抽检一次，100MW 的电站抽检 10%，检测人员要携带设备到现场，然后拆掉组串、接入 IV 检测仪，最后再人工分析故障，一次抽检下来大概需要两周左右的时间，第三方的报价都在 20 万元左右。现在我只要在电脑上点一下，就可以自动巡检，而且是所有的组件完整的扫描一遍，扫描以后还会自动生成报告，提示出可能的故障类型和初步的处置方案。”

徐振军还给记者展示了今年 7 月为电站进行全面检测时的报告结果。“看，这写着‘诊断发现现场组件电池片内部损坏共 8 块，组件玻璃破碎共 23 块’。点开还有更细节的，‘下排第 6 块组件发现故障，疑似二极管短路’。”徐振军告诉记者，根据测算，100MW 的光伏电站在 25 年的生命周期内，通过华为智能化的站控系统，轻松实现检测成本节省和发电量提升的总和约折合资金 1000 万元。

据华为智能光伏业务总经理刘志华介绍，目前，智能 IV 诊断在全球的应用规模已经超过 5000MW。“在同等投资条件下，应用华为的智能光伏解决方案，可以使自有资金的内部收益率（IRR）提升 3 个百分点以上，全部投资的 IRR 提升也超过 1 个百分点。”

### 从“数字化 + 光伏”到“AI + 光伏”

许映童表示，随着技术进步和行业发展，从最初的“数字化+光伏”到“互联网+光伏”直至如今的“AI+光伏”，华为智能光伏的核心理念也在不断与时俱进。

“最初，我们从部件效率入手提升系统综合效率，现在，我们面向的是未来光伏将大规模建设发展，需要稳定并网、可靠运行。”许映童指出，智能化的并网算法、IV诊断以及电弧防护（AFCI）、AI识图组件物理排布自动生成等所有“AI+光伏”的尝试和实践都是希望将华为在人工智能领域的优势叠加到光伏行业上，支撑产业的健康稳定发展。

谈到近在眼前的2020年，许映童表示：“现在，华为仅仅是把AI引入到了光伏行业的一些基本领域，相信明年会有更多的创新技术可以应用进来，当然，这个过程需要更多的合作伙伴能够参与进来姚金楠。”（姚金楠）

## 《中国2050年光伏发展展望》发布—— 2050年光伏装机占比将达近六成

中国能源报 2019.12.23

**本报讯（实习记者董梓童）报道：**近日，《中国2050年光伏发展展望》报告在第25届联合国气候大会“中国角”可再生能源推动能源革命成果交流会上发布。该报告由国家发改委能源研究所、隆基股份和山西煤业化工集团共同完成，是全球第一份由可再生能源民营科技企业作为重要参与方的国别清洁能源技术展望报告。

报告指出，技术持续进步是光伏发电成本下降的最大推动力，而快速下降的光伏发电成本将为高比例光伏部署奠定基石。在光伏组件成本大幅降低以及转换效率持续提升的带动下，2035年和2050年光伏电站单位投资预计将比当前水平分别下降37%和53%；到2025年，光伏当年新增装机发电成本（含税和合理收益率）预计将低于0.3元/kWh。成本优势在后期将愈加明显，到2035年和2050年新增光伏发电成本将降至约0.2元/kWh和0.13元/kWh。

报告认为，在成本不断下降的情况下，光伏发电将成为最具市场竞争力的发电技术之一。到2050年，光伏发电将成为中国的第一大电源，光伏发电总装机规模达50亿千瓦，占全国总装机的59%，全年发电量约为6万亿千瓦时，占当年全社会用电量的39%。

同时，从长期来看，目前的能源主体煤电装机容量将逐步下滑。报告称，由于我国用电量的增长，煤电装机容量将保持结构性增长，至2025-2030年达12亿千瓦左右，随后装机总量开始逐步下降，至2050年，煤电装机容量将降至6-7亿千瓦。随着新能源的快速发展，煤电将由电量主体向容量主体转变，并逐步由主体地位向基础地位转变。

光伏产业的快速发展还将对宏观经济发展起到积极推动作用。隆基股份总裁李振国表示：“光伏产业可直接带动晶硅生产、电池、电子元器件、玻璃、支架等相关产业，同时对上游相关产业有显著的拉动效应。”据预计，到2050年，光伏产业的总投资可达到1万亿元，实现增加值1.89万亿元，创造直接及间接就业500万人。

报告认为，光伏发电占比不断提高，将对电网接纳提出更高要求，在此情况下，配套储能的需求也不断高涨。化学储能技术将成为日内调节的主力，为光伏发电的高比例应用提供强有力的支撑。

报告称，目前，锂离子电池储能系统投资价格约为 1500 元/kWh，储能充放电度电成本约为 0.6 元/kWh 左右，未来仍有很大下降空间。到 2035 和 2050 年，预计以锂电池为代表的化学储能在寿命、安全可靠等方面不断提升，系统投资成本将比当前水平分别下降 60% 和 75% 以上。通过动力电池梯次利用还可以进一步降低储能的系统投资成本，更具竞争力。

报告还强调了抽水储能、氢能等技术未来将在增强光伏发电稳定性上发挥重要作用。抽水储能电站成本低，是当前最具经济性的大规模储能形式，但受地理条件限制。在长周期、大容量储能需求下，氢能比抽水储能更具优势。

李振国说：“如今正处在光伏发电实现平价上网的历史转折点，有必要重新定位光伏在能源转型和应对气候变化中的角色和重要意义。无论是应对气候变化的减排行动，还是达成全球长远的可持续发展愿景，光伏发电都将是重要的中坚力量。”

## 黑晶光电钙钛矿晶硅叠层电池效率达 23.5%

中国电力报电气周刊 2019.12.26

**本报讯（通讯员胡珊珊）报道** 近日，深圳黑晶光电科技有限公司（简称“黑晶光电”）在钙钛矿晶硅叠层电池领域上取得突破，在标准太阳光谱下测试实现了 23.5% 的光电转换效率。

据了解，黑晶光电采用钙钛矿 - 硅叠层这一新型高效率太阳电池技术路径，可以将太阳电池转换效率提高到 35% 以上。值得一提的是，此次黑晶光电采用的是基于钝化发射极的 PERC 晶硅底电池，达到了目前该类电池的最高光电转换水平。这一成果标志着黑晶光电，在钙钛矿硅叠层电池研发上达到了行业先进水平。

根据中国光伏行业协会 2019 年初发布的《中国光伏产业发展路线图》，2018 - 2021 年，判断国内 PERC 电池占比将从 38.5% 提升至 75.8%，成为光伏电池片的主流，因此，黑晶光电的这个技术路径可以更好的兼容现有的太阳电池产线，具有更好的市场前景。

黑晶光电是一家致力于新型太阳能电池研发、制造及其智能化应用的新能源科技公司，也是国内首家专注于高效叠层太阳能电池研发的企业。光伏产业周期性、持续性的技术进步与迭代，带来了产品成本的持续下降，以及市场和产业规模的高速扩张。此次黑晶光电高效率叠层太阳电池的成功研发，为黑晶光电进一步产业化更高效率的叠层电池奠定了坚实的基础。

## 五、地热

### 中国最大无干扰地热系统投入使用

参考消息 2019.12.19

【共同社西安12月6日电】11月，中国北方陆续进入取暖季，在陕西西咸新区沣西新城的中国西部科技创新港，目前中国最大规模无干扰地热供热系统项目已投入使用，6座无干扰地热供热系统综合能源供应站，正在为159万平方米的建筑供热、供冷及供应生活热水，满足创新港内西安交通大学23个国家实验室、2.5万名科研人员和1万名教职工的工作、生活的能源需求。

据了解，该项目主要采用无干扰地热供热技术，利用中深层地热能，通过金属导管和热交换介质，从地下2至3千米、温度在70至120摄氏度的中深层地热能，“取热不取水”，提供清洁热源。

以该项目为例，与传统燃煤锅炉相比，使用该技术进行供暖，一个取暖季可减少二氧化碳排放量6.8万吨，减少二氧化硫、氮氧化物等排放量850吨，可替代标煤2.54万吨。

作为在中国率先大面积探索这一新技术应用的区域，西咸新区沣西新城从2015年起陆续在同德佳苑社区、总部经济园等区域试点。截至目前，已建成和在建应用规模达1000万平方米，作为沣西新城国有企业，沣西能源公司技术研发团队已占总人数60%以上，获授权专利10余项，具备了从规划设计到施工运行全生命周期服务能力，成为深入推进能源消费革命的先行者。

### 我国首次成功申办世界地热大会

中国能源报 2019.12.2

本报讯 北京时间11月28日，在新西兰奥克兰召开的国际地热协会理事会上，国际地热协会理事会决定将2023年世界地热大会主办权授予中国。这是中国首次获得世界地热大会主办权。

国际地热协会（International Geothermal Association，缩写IGA）成立于1970年，是现有规模最大的地热协会。世界地热大会（World Geothermal Congress，缩写WGC）由国际地热协会主办，是全球地热资源领域政、产、学、研各方面交流最新研究成果、最新进展的重要平台，大会每五年举办一次，第一届世界地热大会于1995年在意大利佛罗伦萨举办，截至目前已成功举办五届。第六届世界地热大会将于2020年在冰岛雷克雅未克举办，从2020年开始，世界地热大会改为每三年举办一次，中国北京获得2023年世界地热大会主办权。

此次，由国家地热能中心依托中国石化新星公司，携手中国能源研究地热专业委员会、中国矿业联合会地热开发管理专业委员会、中国地球物理学会地热专业委员会、中国地质学会地热专业委员会等多家机构成立联合体，代表中国申办2023年世界地热大会，与俄罗斯、

意大利等国同台竞标。经过激烈角逐，中国最终获得主办权。

我国十分重视地热能源科学开发利用。我国地热资源丰富，2017年1月23日，国家发展改革委、国家能源局、国土资源部发布《地热能开发利用“十三五”规划》，是我国历史上首次颁布地热开发利用专项规划，提出，到2020年，地热供暖（制冷）面积累计达到16亿平方米，地热发电装机容量约530兆瓦，替代标煤7000万吨。国家能源局依托中国石化新星公司成立国家地热能源开发利用研究及应用技术推广中心，重点开展地热能源发展战略规划、关键技术研发、人才培养和国际交流等工作；2016年11月，国家能源局正式授权中国石化组建“能源行业地热能专业化技术委员会”。同年，“中冰地热技术研发合作中心”挂牌成立。

中国石化领跑全国中深层地热供暖。中国石化坚持以“雄县模式”为引领，积极支持北方地区清洁取暖，重点围绕“2+26”城市，推动“地热城”建设，山西太原经开区，河北雄县、大名、故城、清河、霸州、容城、辛集、陕西武功，山东商河等10个市县地热供暖初具规模，目前已基本建成地热供暖“地热城”。地热业务已辐射河北、陕西、山西、河南、山东、湖北、天津等13个省区市，供暖能力近5000万平方米，年可替代标煤142万吨，减排二氧化碳370万吨。预计到2023年，整体实现地热供暖能力达1亿平方米。（石化）

## 清洁采暖未来式

中国能建周刊 2019.12.23

12月6日，中国能建天津电力工程自主创新产业园供热（冷）能源站顺利通过72小时联合试运行，正式投入运营。

该能源站由中国能建科技发展公司（以下简称“科技发展公司”）采用“总承包+运营”模式设计、建造、运营，以“中深层地岩换热”为基础能源，复合水蓄能、空气能进行多能互补，将实现园区5.7万平方米面积的高效、环保供热（冷）。这是中国能建首座中深层地岩换热（地热）能源站，也是目前京津冀地区采用中深层地岩换热技术，实现供热（冷）的最大办公楼宇分布式能源项目。

一提到地热，人们可能会首先想到地下温泉，同时也会担忧地下水源污染、枯竭等问题。事实上，该能源站是向地下岩土层钻孔4口，在孔中安装密闭金属换热器传导和专用高温型水源热泵，提取地下高温热量，实现“只取热不取水”。

传统的水热型地热利用虽然经济效益较高，但存在审批难、回灌水不彻底、地下水位下降等弊端，而中深层地岩换热技术占地面积小、不受区域限制、地上零排放、地下零干扰，是突破目前传统地热行业发展瓶颈的最佳方式。

4年前，科技发展公司组建起15人的科研团队，并于2017年5月具备了中深层地岩换热器设计能力。“科研要有成果，成果要能转化，转化后要能持续创造价值。”科技发展公司党委书记、董事长王永红表示。

“科研贯穿能源站全寿命周期，是一个持续迭代的过程，要在产品创新中始终引领，在探索中不断突破，满足客户个性化需求。”科技发展公司副总经理戴志清介绍起该公司的科研基因。

该能源站处于地质断裂带，地质条件复杂，存在漏失、坍塌等风险。项目部进行了井身结构、单井向群井的设计优化，保证了成井的安全性和稳定性。内管机械性和绝热性能的试验与改良，特别是借鉴的石油行业连续油管技术，在最大程度提取地下热量的同时，减少了热量输送过程中的损失。底部封堵与固井工艺的设计研发，既能保证井管的绝对封闭，又能使固井水泥不影响井壁的吸热效率。

今年5月，10号井钻至1550米深处时，出现了严重漏失现象。项目部及时启动了应急预案，通过对泥浆配比和化学性能、钻进速度、钻具组合的及时调整等措施，保证了井壁稳定。

“能源站运行这一段时间，通过楼内温度监测，供热效果完全满足大楼用热需要。”天津电力建设公司产业园基地主任辛永照在评估能源站供热效果时评价道。

根据项目运行数据和一次能源利用率分析，该能源站冬季供暖系统比电热锅炉节能80%，比燃气锅炉节能51%，全年（供暖+供冷）比“燃气锅炉+冷水机组”的常规系统节能30%以上，每年供暖季可减少标准煤消耗649吨，减少二氧化碳、二氧化硫和氮氧化物排放分别达1525吨、5吨和4.3吨，具有显著的经济价值和社会效益。

“从能源站投产后热井的数据来看，4眼热井的取热能力均符合或超出了设计和预期的要求。”项目经理刘少勇说。“运行期间，我们也会通过监测系统数据的分析，继续进行科研工作，不断优化运营策略，持续提升该项技术的换热效率、经济性和稳定性，助力中国能建地热板块业务创新发展。”

## 六、海洋

### 河口发电有戏了

#### 利用新型薄膜，相当于数千座核电站

中国科学报 2019.12.19

淡水和盐水存在着化学差异，在河口，这两种性质不同的液体汇聚在一起。如今，科学家设计了一种薄膜，能利用二者的差异发电。若能规模化生产，沿海地区的河口交汇处有望建起电站，为数百万人提供无碳清洁电能。

近日，美国罗格斯大学的研究团队宣布，他们在这一领域取得了突破。研究人员发明了一种可以分离盐水中正负电荷的薄膜。水流穿过其中，每平方米薄膜每年可产生约30兆瓦时的电量，足以为3栋房屋供电。

“这令人印象深刻。多年来，我们所在的研究领域一直期待研究成功的一天。”韩国浦

项科技大学机械工程师朴光宇这样评价。

据《科学》报道，水这种“蓝色能源”能为人类所用是有事实基础的。每年，全球约有 3.7 万立方千米的淡水从河口流入海洋。河水与海水交汇可提供巨大的发电潜力，经估算，产生的电量可达 2.6 太瓦时，大致相当于 2000 座核电站的发电量。

盐是一类由金属离子或铵根离子与酸根离子结合的化合物，其中不同的化学物质带有正电荷或负电荷。在固体中，正电荷与负电荷相互吸引，从而束缚住离子（比如氯化钠由带正电的钠离子和带负电的氯离子结合而成）。而在水里，这些离子可以“溜走”或自由活动。

这是利用淡水和盐水发电的原理。此前，也有利用类似原理获取能量的发电厂，但采用的方法成本高昂，难以顺利推广。

而新研发的薄膜是半透膜，可通过抽吸将钠或钾的正离子送到膜的另一侧。研究人员据此将水流分到两个水池中：一种带正电荷，一种带负电荷。将电极浸入池中并用导线连接，电子将从负电荷一侧流向正电荷，从而实现发电。

法国的研究人员最初在 2013 年制造出这种薄膜。这种氮化硅陶瓷膜常用于电子工业、工具切割等。氮化硼纳米管这种材料带有很多的负电荷，理想状态下，薄膜放在淡水和盐水间时，正离子会从盐水向淡水方向压缩，但带负电荷的离子被膜挡住，导致两侧电荷不平衡，由此产生电力。

但之前的难点在于，这种薄膜中的氮化硼纳米管无法按研究者的意志垂直于膜排列。在近日举行的美国材料学会年会上，罗格斯大学机械工程学家 Jerry Wei - Jen Shan 实验室的成员报告称，他们解决了这个问题。

研究人员将购买的市售纳米管加入到先驱体聚合物中，形成 6.5 微米厚的薄膜。再给带负电的管子涂上一层带正电的涂料，涂料分子体积大，无法穿过氮化硼纳米管，因此薄膜的通道仍处于通畅状态。

之后，研究者将带负电的磁性氧化铁颗粒添加到混合物中，颗粒会固定在带正电的涂层上。这时，研究者再施加磁场，就可以操纵纳米管，让它们逐一对齐。接着，再用紫外线将聚合物稳定在应有位置上。薄膜的顶部和底部表面上均有部分材料被等离子束蚀刻，从而保证纳米管通畅。

最终，这种加工后的薄膜每立方厘米约有 1000 万个氮化硼纳米管。研究者将其放在小规模的容器中，单位面积发电量是原有薄膜的 4 倍。

研究团队表示，这种效率提升很可能跟氮化硼纳米管的宽窄有关，更窄的纳米管可更好地排除带负电荷的氯离子。但这种工艺还需要改进，因为经过等离子束处理的薄膜，仅有 2% 的氮化硼纳米管是两侧都打开的。

现在，研究者还在尝试增加其中的开孔数量，为“蓝色能源”的切实应用提供可能。（袁柳 付嵘）

## 海上可再生能源或危及海洋生物

中国科学报 2019.12.19

**本报讯** 随着冰岛、哥斯达黎加、新西兰和挪威等国纷纷采取绿色能源措施，可再生能源目前占世界电力的1/3。越来越多的国家正在寻求离岸可再生能源。在12月17日出版的《生态与进化趋势》上，研究人员指出，风力涡轮机、波浪能转换器和其他海洋可再生能源设备（MRED）等绿色技术已经对海洋生物产生了负面影响。

虽然研究人员不想阻止人们针对气候变化的积极反应，但他们建议那些决定在海洋栖息地建设MRED的人，在开始之前考虑一下这项技术对海洋动物的影响，比如头部创伤和听力损失。

论文第一作者、加拿大自然科学与工程研究委员会海洋与生态系统科学家 Andrew Wright 表示，陆地上使用的绿色技术，比如风力发电厂，已经对鸟类和蝙蝠产生了负面影响，后者在迁徙或夜间飞行时可能撞上巨大的旋转叶片。同样，当在水下建造像波浪能转换器这样的旋转物体时，海豚等海洋动物会被转动的叶片击中，造成钝力创伤。

MRED 不仅对动物造成身体上的危险，它们还很吵，可能会干扰一些海洋哺乳动物用来捕猎和导航的回声定位系统。“这些海上设备对人类来说可能是无声的，但如果人们把头伸到动物生活的水下，声音会大得多。” Wright 说。

虽然一些技术是相对安静的，但也可能会出现低频声音，模糊了濒临灭绝的北大西洋露脊鲸等动物的声音。它们和海豚一样，依靠耳朵探索自己的世界。

研究人员希望该论文能引发思考，表示支持将人与动物生命放在首位的 MRED 建设。“我们不想让任何事情慢下来，只是希望每个人的努力都更有战略性一点。我们都同意，气候变化是一个需要解决的大问题，但重要的是确保实施的解决方案不会带来太多的附带损害。” Wright 说。（唐一尘）

### 七、氢能

## 氢气应被赋予能源属性

中国能源报 2019.12.2

一家公司，迄今为止已专注气体生意140年。氧气、氮气、氩气，甚至各种稀有气体都是这家公司的产品。这家公司就是发轫于德国的林德公司——全球最大工业气体生产和销售企业。

“饮料中的二氧化碳、食物保鲜所需要的干冰、医疗用氧气、建筑保温材料、石油炼化、煤化工、电子、冶金等众多日常生活和工业加工场景都有我们林德的身影。”日前，林德大中华区总裁方世文接受本报记者采访时介绍说。

1987年，林德成为首家进驻中国大陆的国际气体公司，历经30多年“在中国”战略，



林德如何定义中国市场？接下来的发展重点何在？方世文一一给出解答。

### **气体巨头布局氢能 带来全新业务经营模式**

“中国是林德战略发展的重要板块，也是林德增长最快的市场之一，迄今为止，林德在华总计实现了逾 50 亿美元的投资额。”方世文表示，未来林德也将把氢能作为其开拓发展的重要领域，推进氢能在新能源汽车上的大规模使用。“我们对燃料电池乘用车的未来充满信心。氢燃料电池汽车作为一种真正意义上的‘零排放，无污染’载运工具，随着进一步研发与规模化，必将掀起全球汽车工业领域的一场新革命。”

“与国外的公共加氢站不同，国内的氢燃料电池车尚处于从技术示范走向商业示范的早期发展过程，因此现有的加氢站多为企业自有。”方世文表示，首先，氢燃料电池车从制氢、储氢、运氢、加氢到燃料电池技术等一系列环节的成本较高。其次，对消费者来说，与传统的燃油车相比，氢气价格并不占优势，其便利性也存在市场短板。因此目前中国的氢燃料电池车主要集中在商用领域，而对这一产业链上游环节的成本降低，林德也提出了自身的解决方案。

“作为最早从事氢气生产的企业，林德在技术上非常成熟和全面。可以结合不同地点、不同应用场景选择不同的氢气生产方式。”方世文介绍道，林德在氢气的生产、运输、存储和压缩等环节拥有领先的技术和工程力量，在氢能供应上具有高安全性、高效率和高可靠性等优势。“氢气作为特殊的气体产品，需要较强的专业运输能力。林德可以提供专业的管道运输、高压罐车运输、液氢运输等方案。此外，与传统企业使用膜压机相比，林德使用氢气离子压缩机，稳定性更高，至于加氢服务方面，目前林德已为国内提供加氢站的技术服务，以及与车辆生产厂商共同研发车载氢能系统。”

### **应赋予氢气能源属性 应用场景需合理**

新能源行业的飞速发展给氢能产业带来了新的机遇，但目前，氢能行业又面临着高昂的储运成本和安全性等问题，限制了发展。氢能产业该如何突破瓶颈，这是燃料电池产业关注的焦点。

“与国外先进技术相比，国内加氢站的效率有待提高。例如 100 公斤氢气进入加氢站，由于各个环节造成的损耗，最后实际加注给车辆的氢气量不到 80 公斤，也就意味着实际效率不足 80%，而国外成熟的加氢站能达到的效率则远远超过 80%。因此公路运输的成本降低和加氢站效率的提高，能够使得氢能的成本进一步降低。”方世文坦言，“目前在中国，氢气仍按照危化品进行管理，氢气应被赋予其能源属性，才能使氢气在管理方面获得更大的突破空间。”

今年 6 月上海驿蓝金山加氢站投运，该加氢站由林德气体提供离子压缩机等高端技术设备，其运营后的氢气源也由林德气体通过管道提供。林德拥有 8 个型号的加氢机，目前加氢效率最高的产品——采用离子压缩机的加氢机，压力最高可达 110 兆帕，可对采用 70 兆帕或 35 兆帕储氢罐的轿车、35 兆帕储氢罐的客车加注氢燃料。

“驿蓝应用场景很‘中国化’——每天有几十辆通勤巴士往返在市区与上海化工园区之间，需求固定。”方世文表示，类似通勤、物流等场景更适合氢燃料电池车的推广。

### 绿氢是未来发展方向

“氢气生产一直延续商业化的生产模式，氢气生产装置的建设和制氢领域没有补贴。针对目前社会上对氢气的热议，我认为不应该以过不过热来判定，而应该是有没有社会意义。”方世文告诉记者，目前社会批评人士认为氢气成本比较高，制氢最常用的方法是通过化石燃料，会产生污染，因此要做一个氢气的重整和转化。

“针对氢气行业的现状，我们看到利弊的同时，也关注到行业的最新进展，比如近期热议的绿氢，用可再生能源发电制氢成为一种环保可行的制取方式。”方世文预测，随着这种制氢技术的进步，不远的将来绿氢将可大规模获取，届时，氢燃料电池车的前景将更加可观。

“几乎所有行业都离不开气体。作为全球领先的综合性气体和工程公司，林德对于气体在不同行业的应用技术也不断进行创新和拓展，例如在燃烧、食品、激光等领域。我们希望通过‘气体行家’的身份为中国发展持续贡献自己的力量。”方世文补充说。（王海霞 路郑）

## 电解水制氢 + 管道运输是氢能发展方向

中国能源报 2019.12.2

由于认识、安全、审批等多方面因素，与发达国家相比，中国的加氢站布局和建设仍处于缓慢起步阶段。截至2019年11月，我国已投产的加氢站为41座，从地域分布来看，主要集中在广东、江苏、上海、湖北、河北等地，并未实现全国范围的覆盖。未来加氢站的建设数量及地域分布还有待完善。

成本高昂是阻碍加氢站建设的首要原因。一个典型的加氢站由制氢系统、压缩系统、储存系统、加注系统和控制系统等部分组成。从站外运达或站内制取纯化后的高纯氢气，通过氢气压缩系统压缩至一定压力，加压后的氢气储存在固定式高压容器中。当需要加注氢气时，氢气在加氢站固定高压容器与车载储氢容器之间的高压差作用下，通过加注系统快速充装至车载储氢容器。

除土建成本和管阀外，加氢站成本占比较大的主要是一些核心设备，如压缩机、加注设备和储氢罐。由于国内缺乏成熟量产的加氢站设备厂商，进口设备推高了加氢站建设成本。

当前，补贴政策是促进加氢站建设布局的关键。从近年来各地区发布的加氢站建设补贴政策来看，补贴范围从100万元-900万元不等，其中对于单个加氢站补贴力度最大的是佛山市南海区，政策规定新建固定式加氢站按800万元/个的标准进行补贴。以建设成本为1100万元的加氢站为例，400万元的政府补贴可使初始投资下降36.36%，氢气单位成本下降23.57%，投资回收期缩短2.07年。补贴政策的扶持降低了加氢站建设的门槛，对于支持氢能发展发挥着关键作用。

远期来看，氢气的使用成本是制约氢能发展最重要的因素，只有足够低的使用成本，才能完成氢气从危险化学品到能源品的转换，与锂电类似，氢能作为新兴能源，替代的是石油等传统化石能源，从目前锂电和氢能的属性来看，锂电池汽车主要应用于乘用车，而燃料电池汽车则在物流车以及重卡等重型商用车上具有更大的发展前景。

就运氢成本而言，现阶段国内使用最广泛的是长管拖车运输，运输压力多为 20MPa，单车次可运输 347kg 的氢气，即插即用但成本较高；技术成熟成本较低的管道运输因为建设周期长而未能普及；液氢槽车运输则在现阶段并不现实。长管拖车的成本随着距离的增大而快速上升，而管道运输成本则维持在一个较低的区间。

从现状来看，只有在采用化工副产物制氢的情况下，且运输半径在 200km 以内的条件下，氢气的使用成本可能降到 30 元/kg 以下。由于加氢站的下降空间主要在于设备的下降空间，相对比较有限，因此，更多依赖于制氢以及储运的环节。

影响氢气成本的变量较多。目前氢气使用成本中最突出的矛盾是，制氢成本低的地方距离使用氢气的地区较远，比如工业副产氢以及西北地区较为便宜的光伏风电制取的氢气难以运到中东部地区，高昂的运氢成本制约了氢气成本的下降。

短期内工业副产物制氢对比其他制氢方法优势较大。中长期来看，结合管道运输，电解水制氢优势崭露头角。由于电解水绿色环保，且能将弃风弃电重新利用起来，故长期看好电解水作为制氢的主流方法。在氢能总成本为 30 元/kg 的情况下，使用管道运输能大幅降低运氢成本，最大运输距离相比使用长管拖车进行运输翻了几倍。

具体到运氢环节，短期来看，由于国内氢气管道发展较为落后，仅有两条稍有规模的管道项目，运氢方式只能选择技术较为成熟的长管拖车。长期来看，管道运输仍然是发展首选。而由于管道运输的运能较强，在 4MPa 的工作压力下，年运氢能力能达到 10.04 万吨。所以，管道运氢成本很大程度上受到需求端的影响。不同运能利用率下，成本也相应地不同。故要降低管道运氢的成本，首要目标是稳定需求，将运能尽可能地利用起来。（广证恒生新三板团队）

## 氢能供给体系建设和车辆规模化示范是关键

中国能源报 2019.12.16

汽车保有量的提升体现了燃料电池汽车产业的“快”，但仍有一些“慢”的地方需要提速。燃料电池、氢能目前还存在一些“卡脖子”的关键部件，工程化相较技术研发的进程也较慢，很多地区虽然有氢的生产也有车的示范，但在运输、加氢、运营等环节没有建立深入的合作，供氢体系建设总体偏慢。

12月11日，中国汽车技术研究中心有限公司、社会科学文献出版社在天津共同发布了《2019 车用氢能蓝皮书》。

《蓝皮书》副主编张长令表示，随着燃料电池汽车示范运行的深入推进，车用氢能产业

化能力稳步提高，燃料电池汽车总量持续扩张，“今年有望提前完成《节能与新能源汽车技术路线图》提出的到 2020 年燃料电池汽车示范推广数量 5000 辆的目标。”

### 技术发展助力示范推广

《蓝皮书》指出，2018 年以来，上海、佛山、张家口等先行城市燃料电池汽车示范运行力度持续加大。截至今年 7 月，上海、佛山分别已有 905 辆、763 辆燃料电池汽车投入运行。此外，佛山将在今年底之前完成采购 700 辆燃料电池公交车，上海正推进落实 2020 年实现 3000 辆燃料电池汽车示范运行的目标。预计到今年底，上海、佛山有望成为燃料电池汽车示范运行规模达千辆级的城市。

汽车保有量的持续提升，离不开技术的创新与突破。

《蓝皮书》介绍，在氢能技术领域，我国在碱性电解水制氢、变压吸附等技术和装备具有优势，苏州竞立公司生产的单台容量 1000m<sup>3</sup>/h 水电解制氢设备已达到国际先进水平；国内 35MPa 储氢 III 型气瓶质量储氢密度已接近或达到国外先进产品水平，并在汽车领域普遍应用；在氢液化装置自主化、加氢技术自主化等方面也获得了一定突破。

在燃料电池技术方面，质子交换膜等关键材料与部件自主化取得进展，燃料电池电堆模块、发动机等燃料电池自主化技术及产品不断涌现，车用燃料电池系统的部分核心部件通过企业自主开发，已完成进口替代。

### 产业链协同水平待提升

张长令指出，汽车保有量的提升体现了燃料电池汽车产业的“快”，但仍有一些“慢”的地方需要提速。“燃料电池、氢能目前还存在一些‘卡脖子’的关键部件，工程化相较技术研发的进程也较慢，很多地区虽然有氢的生产也有车的示范，但在运输、加氢、运营等环节没有建立深入的合作，供氢体系建设总体偏慢。”

《蓝皮书》显示，虽然我国氢气产量巨大，但主要为工业制氢，用于合成氨、石油加工、甲醇制造等领域。而燃料电池汽车用氢需满足相应的纯度和杂质含量等要求，一些规模较大的制氢企业目前尚未进行车用氢气制备和供应的相关工作，致使车用氢气供应相对不足。

根据《新能源汽车产业发展规划（2021 - 2035）》（征求意见稿），到 2035 年我国燃料电池商用车将实现规模化应用。对此，《蓝皮书》研究团队认为，有序推进氢燃料供给保障体系，将成为今后车用氢能产业的重要工作，而氢能供给体系建设与车辆规模化示范，已成为当前车用氢能产业发展的两大关键命题。

### 制度保障仍需加强

《蓝皮书》强调，为破解车用氢能供应不足、价格偏高的问题，我国亟需鼓励和引导制氢、储运和加氢站运营等企业主体积极参与，加快形成车用氢气供给共识，加快研究和制定相关支持政策和完善相关标准法规。

此外，中汽中心汽车标准化研究所总工程师刘桂彬在演讲中指出，今年 11 月 8 日，欧

盟通过了一项安全法规，其中在氢能与燃料电池车辆方面，将中国国家标准 GB/T24549 – 2009《燃料电池电动汽车安全要求》列为联合国法规 UN R134 的 5 个等同替代标准法规之一。“这对汽车标准法规甚至是全国的标准法规来说是重大的突破，大家应该认识并重视起来，在全球标准法规当中，中国标准法规工作不落后。”

刘桂彬也直言，目前燃料电池汽车在标准化工作方面仍存在一些制约行业发展的情况，亟待完善。“现有标准大多制定于 2008 年左右，对于当时的燃料电池汽车产品设计起到了指导作用。”刘桂彬说，“但随着相关技术发展，新材料、新工艺的引入，部分标准条款逐渐成为了设计限制。此外，随着燃料电池技术发展和相关政策导入，在汽车动力性、经济性、低温冷启动等领域，也出现了标准尚未覆盖的空白领域。”（卢彬）

## 产品一致性缺乏验证 数据积累仍显不足

# 国产氢燃料电池系统短板渐显

中国能源报 2019.12.30

**核心阅读** 对于国内企业而言，借鉴学习国外先进技术是站稳脚跟的第一步。但专家指出，引进国外技术也有风险，很可能引进的是国外更新迭代后的淘汰技术。

“伴随氢能产业升温，虽然氢燃料电池产业得到了快速发展，但从产业链整体情况看，仍不尽如人意，氢燃料电池的技术水平有待提高，国产化制造能力有待提升，生产工艺与技术装备需要进一步创新和优化，燃料电池市场环境不稳定成为制约行业发展的关键因素。”在日前于张家港举办的“燃料电池与关键部件制造装备技术研讨会暨燃料电池生产企业调研座谈会”上，与会专家表示。

## 过分依赖政策 厂商陷入“等风来”被动局面

自今年 3 月，“推动充电、加氢等设施建设”等内容写入《政府工作报告》以来，业内敏感地意识到，国家对氢能产业的重视已上升到一个新高度。对于一个尚未成熟的新兴产业而言，国家政策的支持起着至关重要的作用。

然而，对于大部分燃料电池厂商而言，产业扶持政策是一把双刃剑，既可以成为提振信心的强心剂，也可能使厂商陷入过度依赖症。广东国鸿氢能科技有限公司对此有着直观感受。

“燃料电池的生产成本高昂，只有政府发布相应的补贴政策才能推动批量化生产与成本下降的联动反应。”在广东国鸿氢能科技有限公司副总经理燕希强看来，氢燃料电池行业目前远未达到完全市场化的程度，因此需要国家层面和各级政府的大力扶持。

据燕希强介绍，受益于广东省的政策支持和佛山云浮占国内一半以上的加氢站布局规划，公司建设了氢能产业基地，投产了燃料电池电堆生产线，生产的系统和电堆可直接在产业园内装车进行产业化推广，目前已经形成了完善的加氢站的网络布局。

“作为燃料电池零部件生产商，随着政策变更产量计划是业内常态，通常在年初为了防

止资金压力过大，不会设置太多产量，而年底的订单数量可能会因政策变化突增，这样不均衡的生产模式大大制约了整个产业的发展。”燕希强坦言，享受政策红利的同时，对政策的过度依赖也可能让行业发展处于被动。

“目前来看，国内氢能产业还不是市场驱动的产业，而是处于市场导入期的政策驱动的产业。”浙江锋源董事长王海峰在会上直言不讳指出。

#### **国产部件仍需验证 产品一致性与稳定性有待加强**

近年来，国产化燃料电池核心部件在适应市场与寻求市场接纳中发展。

对于国内很多企业而言，借鉴学习国外先进技术是站稳脚跟的第一步。但专家指出，引进国外技术也有风险，很可能引进的是国外更新迭代后的淘汰技术。

除了最新技术缺失外，国产零部件的一致性和稳定性缺乏验证，也使得相关厂商陷入窘境。

“对国产零部件的市场接受程度低，主要是囿于产品验证，进口产品已经历较长时间的推广和验证，相比之下，近一两年才推向市场的国产产品或基于国产体系的电堆、电池系统，由于没有长时间的验证，导致市场推广艰难。”王海峰告诉记者。

“希望整个行业对国产氢燃料电池系统及零部件有信心，现在很多技术尤其是在涂层装备和工艺方面，我们不比国外差。”福宜氢能总经理褚家宝向记者表示。

与此同时，市场的不规范、不稳定，产品缺乏一致性也掣肘产业发展。一家给指定客户做非标定制燃料电池零部件的企业负责人告诉记者，目前燃料电池市场规范性欠缺，不同厂商生产燃料电池及各个核心部件时工艺不一样，产品一致性无从谈起，因此如何契合客户的工艺是目前较为棘手的问题。与此同时，在商业化应用还未成熟的当下，产能提升缓慢，在推动产业发展的同时如何保证利润，也是行业面临的问题。

#### **支持国产化 亟需建立市场推广机制和政策导向**

显然，燃料电池核心技术与成本突围离不开产业自身的技术进步和外在力量的引导与扶持。

国内的氢燃料电池厂商以及国产化零部件的生产企业如何获得市场的认可？中国机械工业联合会智能制造分会刘前军指出，可在研发初期建立产学研用团队，并与用户合作建立初步信任，同时，行业协会可以组织技术装备成果的鉴定和推广，邀请业内包括专家和用户，对产品的技术参数和可靠性做全方位的评价。

除了市场需求的建立和认可，政府对国产化零部件生产企业的扶持也尤为重要。王海峰向记者强调：“燃料电池系统数据积累的基础是电堆及核心零部件材料体系，当这些零部件发生替换时，之前的积累的数据只有参考价值，不再精确。”因此，要特别重视在国产化零部件核心材料体系基础上的数据积累，否则是帮外国生产商验证产品。

此外，王海峰建议，可以借鉴此前电动汽车补贴的白名单模式，扶持生产氢燃料电池核心零部件的国内企业。（仲蕊）

## 我加快氢能装备试验检测技术布局

科技日报 2019.12.19

科技日报北京12月18日电（记者华凌）试验检测是推动我国氢能技术自主化和产业发展的重要环节。记者18日从北京氢能装备试验检测推介会上获悉，北京航天试验技术研究所（航天101所）、中国特检院、中科院理化所、北京低碳院等13家单位签署合作协议，成立国内首个液氢协同创新联合体，加快氢能装备试验检测技术布局。

未来氢能的定位是将替代石油，我国是产氢第一大国，也是未来用氢大国，据预测，到2050年氢能在我国终端能源消费占比将达10%。无疑，加快氢能产业发展意义重大。

航天101所副总工程师刘玉涛指出：“目前，国内氢能产业在产品性能测试和质量验证等方面的技术经验尚存不足，缺乏成熟的氢能装备性能检测和试验方法、标准以及基础设施，未形成完整的氢能装备质量评价体系和检测试验能力，严重影响我国氢能装备推广和安全应用进程。我们应加强对氢能装备检测领域的持续研究和投资，成立区域性氢能装备检测试验基地，形成覆盖全国的氢能装备检测网络，提升氢能装备检测水平。”

据了解，联合体将聚焦液氢领域关键核心技术，开展液氢技术和装备研究、研制、试验、检测、产业化等方面的产学研用合作，助力行业标准研制和政策研究，引领我国液氢技术研发、标准制定、检测评价和技术服务，推动液氢技术和产业自主化发展。

航天科技集团有限公司科技委副主任谭永华表示，集团正在加快推进氢能相关科技和产业布局，已形成一些新产品、新服务，开始满足国内用户的新需求；同时，愿意将积淀的技术、团队服务能力及投资建设的试验条件以多种形式向国内单位开放，共同探讨新合作。

### 八、风能

江苏如东、广东阳江、揭阳等地相继发布“海上风电母港”规划

## 多地探建“海上风电母港”

中国能源报 2019.12.9

**核心阅读**“海上风电母港”这一概念最早由欧洲国家提出，作为海上风电产业的“后来者”，我国将如何借鉴“欧洲经验”，探索适合我国产业发展现状的“海上风电母港”建设模式？

日前，江苏如东有关部门表示，如东“海上风电母港”已正式通航，预计该港口将建成集产品研发制造、安装出运、检测维护为一体的海上风电全产业链基地。

“海上风电母港”这一概念最早由欧洲国家提出，作为海上风电产业的“后来者”，我国将如何借鉴“欧洲经验”？仍处于探索起步期的“海上风电母港”建设，未来又将如何推动我国海上风电产业发展？

## 多地布局“海上风电母港”建设

根据如东“海上风电母港”建设规划，如东海上风电港口能够满足5000吨以上船舶全天候出运，为风电产业链提供所需原材料及成品物资，并配套有仓储、运输、运维等服务。如东作为我国海上风电产业发展的“前沿阵地”，目前已并网海上风电规模达到103万千瓦，占全国总规模的23.2%。

截至目前，除江苏如东外、广东阳江、揭阳等我国海上风电先行区也相继发布“海上风电母港”建设规划。此前，广东阳江有关部门透露，阳江将发挥当地沿海优势，建造广东（阳江）海上风电装备制造产业基地，一旦建成，该港口将有望对广东、福建和浙江多地海上风电项目建设提供支持。

一位不愿具名业内人士告诉记者，“海上风电母港”的建设主要能够实现海上风电产业链集成，进行货品运输、装存以及后勤保障工作，风电母港不仅能够有效解决小散码头运输效率低下的问题，同时也能够满足我国海上风电迈入“深海”的需求。

中国可再生能源学会风能专委会秘书长秦海岩曾表示，广东、江苏等地区具备建设“海上风电母港”的优良条件，依托海上风电开发，通过产业配套及产业组合，能够实现海上风电全生命周期产业价值的集合，形成千亿元级产业集群。

## 非专业港口给行业带来风险

此前，有行业报告指出，我国海运业历史悠久，具备建设大型港口的强大能力，但截至目前，我国海上风电机组的输送和安装大多仍是通过重新配置及协调现有港口工作来完成，并没有专门用于海上风电产业的港口。受限于非专业港口，我国海上风电项目开发商往往会在开工前几个月与港口进行接洽，港口租赁期也相对短暂，在统筹规划缺乏的情况下，这一模式不论对开发商或是港口方面都可能带来一定风险。

为此，业内人士指出，随着我国海上风电产业规模逐步扩大，我国海上风电产业对“海上风电母港”的需求预计也将逐步显现。

记者了解到，“海上风电母港”这一概念最早诞生于欧洲，截至目前，英国、德国、丹麦等“老牌”海上风电国家均有运行成熟的“海上风电母港”。以丹麦为例，早在十多年前，丹麦就先于其他欧洲国家，制定了专门用于运输风机、叶片等货物的港口规划，不仅为丹麦的风电设备、安装船只提供了空间，更迅速占领了欧洲北海海上风电运维、物流等市场制高点。

某船运公司相关负责人告诉记者，欧洲等国家海上风电事业起步较早，海上风电产业链条相对完善，从国际建设“海上风电母港”的经验来看，港口建设的主要目的是锁定项目资源，在港口储存项目所需货物，减少因供货不足而导致的施工待机时间，快速推进项目。

## 探索“中国模式”

分析认为，我国已在长三角、珠三角、渤海、东南沿海和西南沿海均形成了密集的港口集群，而在黑龙江、淮河水系、京杭大运河沿线也建有港口集群，我国现存港口将为“海



上风电母港”的实践带来便利。

然而，上述负责人告诉记者，尽管现有多地推出“海上风电母港”计划，但从目前公布的规划来看，我国仍是以“产业链生产基地”的模式推进港口项目，与“欧洲模式”存在明显不同。

“一方面，我国海上风电项目开发模式与欧洲国家不同，类似欧洲国家的‘海上风电母港’的建设难以由单一或多个开发商完成；另一方面，我国海上风电产业链尚未成熟，目前海上风电处于‘抢装期’，我国海上风电供应链暂时主要围绕着制造基地、船边交货这种模式，暂无产业链供应储备，在短期内将难以实现大规模的物流仓储。”上述负责人告诉记者。

对此，有业内人士建议，我国“海上风电母港”建设应从实际出发，在海上风电供应链逐步成熟后，单一开发商可首先从小规模建设自身供应链“仓储”起步，并逐步扩大其在区域内的影响力，进而在政府、开发商等海上风电产业相关利益方共同支持下，提供海上风电项目所需服务，摸索我国“海上风电母港”的建设路径。（李丽旻）

## “十四五”海上风电“风向”在哪儿？

### 深远海开发、海洋综合能源利用将成“蓝海”

中国能源报 2019.12.23

#### 核心阅读

经过十多年的发展，我国海上风电设计和建设经验逐步积累，投资成本逐年下降，预计“十四五”时期，海上风电工程投资造价还能下降约16%。

我国第一个海上风电项目——上海东海大桥项目机组全部并网以来，经过10年的发展，海上风电发展积累了丰富的技术经验，如今，我国近海海上风电已进入规模化发展阶段。

业内人士普遍认为，“十四五”期间，我国海上风电发展趋势将呈现出电价补贴退坡、深远海开发、海洋综合利用三大特点。

#### 今年抢项目明年抢风机

虽然目前我国海上风电发展驶入快车道，但过程却是一波三折，曾经一度陷入停滞。海上风电真正快速发展始于2014年国家能源局发布《关于印发全国海上风电开发建设方案（2014-2016）的通知》之后，经过五年的努力，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。

从近期开标的多个海上风电项目来看，中标者申报电价均在0.75元上下。浙江省温州市发改委近日发布的《关于2019年海上风电竞争配置结果的公示》透露，华能申报电价最低，为0.77元，与国家发改委发布的2019年海上风电指导电价0.8元相比低0.03元。

据国网能源研究院统计2018年核准、开工的海上风电项目显示，海上风电度电成本大约为0.64元/千瓦时。

“以最近华能0.77元报价为例，在2020年近海风电指导电价降至0.75元/kWh的条件下，仍具有盈利能力。”一位不愿具名的业内人士指出，“现在海上只是抢中标项目，明年就会去抢风机。”

华东勘测设计研究院有限公司新能源工程院总工程师李炜表示，经过十多年的发展，我国海上风电设计和建设经验逐步积累，海上风电投资成本逐步下降，江苏区域约为13000-17000元/kW，浙江区域约为15000-18000元/kW，福建、广东区域约为16000-19000元/kW。

“预计‘十四五’时期，中国海上风电工程投资造价还能下降16%左右，单位千瓦平均投资下降至13000-15000元。”水电水利规划设计总院新能源综合处处长胡小峰预测。

未来如何降低海上风电成本将成为不容忽视的一道难题。谈及海上风电发展前景，中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩用“很好、很难”四个字回复记者。在他看来，目前我国海上风电仍处于起步阶段，政策体系不完善、施工和运维经验不足、软硬件配套设施有待提高。

### 深远海域开发亟需政策明确

除了海上风电电价退坡，业内人士比较关注的是深海海上风电开发。一般认为，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是必然趋势已是业界共识。

据悉，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。目前，国外最深的漂浮式试验风场Kincardine水深已达到77米；2018年，欧洲在建海上风场平均离岸距离33公里，最远离岸距离103公里；德国Sandbank和DanTysk海上风电场建设的HelWin Beta高压直流换流站，最大输送容量69万千瓦，离岸160公里。

相比国外，我国深海海上风电建设相对滞后。国网能源研究院研究显示，预计到2020年后，我国海上风电平台的水深将超过50米，离岸距离将超过30公里，基地式集中连片开发将成为我国海上风电的主流开发模式。“江苏射阳、如东等区域正在开展设计的海上风电项目已采用柔性直流技术，建成后将成为我国首批柔性直流海上风电项目。”李炜透露。

走进深远海区域，海上风电将进入全新的领域，即进入到毗连区、专属经济区。而不同省份深远海的特点差异很大，以江苏和浙江为例，江苏达到50米水深，已经到了离海岸线200公里的区域，也就是项目基本在毗连区。而浙江距海岸线60-70公里就已经达到50米水深。因此，浙江海上风电项目进入毗连区，基本上就进入到深水项目的开发，其与江苏面临的挑战不同。

一个不能忽视的问题是，现行《中华人民共和国海域使用管理法》是针对内水和领海，目前我国对毗连区和专属经济区尚没有明确的海上风电政策。因此，业内呼吁相关部门尽快

发布毗连区、专属经济区风电开发政策文件，以便各省开展深远海前期工作。

### 海洋综合能源开发是趋势

业内专家对“十四五”期间“海洋牧场+海上风电”的构想不谋而合。在李炜看来，“海上风电+海洋牧场”这种创新模式将实现新能源产业和现代高效农业的跨界融合发展，实现双赢升级。

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。

“利用海上风机的稳固性，将牧场平台、休闲垂钓、海上救助平台、智能化网箱、贝类筏架、海珍品礁、集鱼礁、产卵礁等与风机基础融合，不仅可以降低牧场运维成本、还可提高生物养殖容量，从而实现‘海上粮仓+蓝色能源’的综合海洋开发模式。”中国科学院海洋研究所副所长杨红生也认为，打造“海上风电功能圈”的融合发展新模式可拉长产业链，实现产业多元化拓展。

杨红生表示，未来亟需围绕海洋牧场与海上风机融合布局设计、环境友好型海上风机研发与应用、海上风电对海洋牧场资源环境影响观测与综合评价等开展研究。（苏南）

## GIS 跨入海上风电新领域

### 中国西电集团首次中标海上风电 GIS 项目

中国电力报电气周刊 2019.12.26

12月19日，中国西电集团有限公司西安西电开关电气有限公司（简称“西开电气”）获三峡福建长乐外海A区海上风电项目海上升压站252千伏GIS和陆上集控中心252千伏GIS及其附属设备中标通知书。该项目是目前国内在建大型海上风电项目，也是中国西电集团首次中标海上风电GIS项目，标志着该公司在海上风电市场取得了新的突破。

长乐外海海上风电场A区项目总装机容量40万千瓦，拟建设单机容量6兆瓦及以上海上风电机组、配套建设一座220千伏海上升压站和一座陆上集控中心。该场址风能资源优越，开发利用价值大，是福建省内目前离岸距离最远、水深最深、施工难度最大、通航条件最复杂的海上风电项目，西开电气中标该项目的海上、陆上共计11个间隔GIS，将助力国家海上风电项目不断取得新成就。

由于海上风电的运维成本高，对项目的可靠性、稳定性提出了更高要求，因此用户对设备厂家已投运业绩都有很高的要求，面对激烈的竞争环境，西开电气迎难而上，积极寻找切入点，最终在众多厂家中脱颖而出，一举中标。

西开电气领导高度重视海上风电项目，2018年与三峡集团就能源发展新形势，共同抓住海上风电发展大机遇，实现三峡集团“从长江走向海洋，做海上风电引领者”展开座谈。

共同达成了实现中国海上风电从福建走向世界”的宏远目标，通过顶层设计，指明共同发展方向。

西开电气成立海上风电项目组，利用西电平台企业优势致力于向用户提供成熟、完善的海上风电系统整体解决方案。本次长乐外海海上风电项目采用模块化海上升压站设计理念，这种模块化的设计方案不仅为用户节约了现场安装调试的时间，且占地面积小，整个升压站最大面积仅 1200 余平方米；平台上采用多个预制舱布置型式，GIS、变压器、中压设备等电气设备布置在附带暖通、消防等功能的预制舱内，使升压站平台上部结构重量大幅降低，节约了平台构架及基础成本，具有工厂预制化、模块紧凑化、建设周期短等特点，并进一步实现了设备可靠性高、免维护、投入低的目标。

目前，西开电气海上风电产品已顺利通过国内电气企业最高等级的防腐试验，该实验是国内电气企业完成的最高等级防腐试验，试验全过程由权威第三方机构监督，企业的相应工艺规程也得到了第三方认可；完成了大型预制舱整个框架结构的设计并顺利通过验证，满足了海上平台运行各项的要求，有实力为用户提供安全可靠的海上风电设备。

三峡福建长乐外海 A 区海上风电项目，是中国三峡集团与福建联手打造世界规模最大的海上风电基地和国际一流的海上风电装备制造产业基地，布局海上风电全产业链的重大项目，年均上网电量达 99942 万千瓦时，此次西开电气首次中标 GIS 海上风电项目，奠定了“XD”品牌扬帆海上的新起点。

未来 20 年，海上风电在国内国际市场将持续快速增长，且国家将继续增加海上风电的投入。在 2019 年到 2040 年，平均投资增加额为 130 亿美元，预计 8% 的电力投资将用于海上风电。西开电气将始终紧跟国家的方针政策，并借助“一带一路”建设，抓住海上风电发展大机遇，与用户共同打造海上风电引领者，为实现“中国海上风电从福建走向世界，让中国装备走向全球”的宏远目标共同奋斗。（于海江 赵欣）

## 九、核能

### 我国商用核能供热今冬“首秀”

**示范工程运行顺利，首期项目供热面积 70 万平方米，远期供热能力可达 2 亿平方米**

中国能源报 2019.12.2

目前先进煤电机组的热效率可达到 45% 左右，核电机组不到 40%，但这恰好证明核电有更多的余热可以被利用起来，能源综合利用潜力更大。

海阳核能供热项目的建设遵循着一套原则和目标，即居民采暖价格不增加、政府财政负担不增长、热力公司利益不受损、核电企业经营做贡献、生态环保效益大提升。

11 月 27 日，山东海阳核电厂核能供热一期项目第一阶段在运行两周时间后，正式被国

家能源局列为“国家能源核能供热商用示范工程”。

海阳核电 1、2 号机组相继于 2018 年底和今年年初投运。在保证机组安全稳定运行的同时，国家电投依托海阳核电项目开展核能供热试点，11 月 15 日，核能供热首期项目第一阶段正式投运，供热面积达到 70 万平方米，在我国首次让核能“温度”走进居民家中。

### 首次实现核电商业化供热

海阳核能供热项目投运之前，我国尚未有大型商用核电机组商业供热的先例。海阳核电何以首开先河？

“有观点认为核能供热缺乏经济性，实际上我们经过测算发现，我们实行的热电联产的方式与一般的燃煤发电机组在经济性上完全是可以持平的。”山东核电党委书记、董事长吴放告诉记者，“目前先进煤电机组的热效率可达到 45% 左右，核电机组不到 40%，但这恰好证明核电有更多的余热可以被利用起来，能源综合利用潜力更大。”

在吴放看来，核能供热项目得以推进的关键，在于长距离供热相关技术的突破与用热需求的叠加。

“核电厂址大多远离城市中心数十公里，长距离供热管网投资及热损失才是真正制约核能供热项目经济性的关键。”吴放指出，随着近年来相关材料、工艺的不断发展，长距离供热的可行性正快速提升，使核能供热成为可能。“目前 100 公里以内的供热距离，现有技术都可以保证较高的经济性和热效率。”

“海阳核能供热项目的建设遵循着一套原则和目标，即居民采暖价格不增加、政府财政负担不增长、热力公司利益不受损、核电企业经营做贡献、生态环保效益大提升。”吴放说。

### 技术成熟产热增效

海阳核能供热项目填补了我国在这一领域的空白，而核能供热技术本身已在其他国家经受过实践的检验。据了解，在北欧、俄罗斯等地区，核能供热目前已有超过 1000 堆·年的运行经验，技术原理十分成熟。

据山东核电设计管理处热力系统工程师张真介绍，核能供热的原理是将核电二回路中用来发电的蒸汽抽出一部分，并对三回路进行加热，三回路的水再由热网循环水泵送往热力公司，而热力公司至居民用户段较原来没有改变。

“多道隔离、压差设计等，保障了整个热量传输过程的安全。多个回路间只存在热量交换，介质不会发生掺混。”张真强调，核能供热项目不会对居民用户造成辐射等危害。“不仅如此，我们还在出厂前设置了辐射监测装置，进一步保证项目安全可靠。”

根据规划，海阳核能供热项目的供热能力未来将随着改造工程推进、新机组投产等进一步增强，在为更多居民送去清洁热能的同时，海阳核电自身也将受益于供热，减少冷端损失并提升机组效率。“测算显示，当供热面积达到 450 万平方米，机组热效率将由现在的 36.69% 提升至 39.94%，电厂整体运行的经济性和效率将得以提高。”张真称。

## 探路核能综合清洁利用

走进海阳丰源热力公司临港核能供热首站，记者看到一台表面漆黑、反射着光亮的燃煤锅炉。“正是海阳核能供热项目的推进，让这台 65 吨的燃煤供热锅炉实现‘退役’。”丰源热力相关负责人告诉记者。

为将核电站的暖流送入千家万户，丰源热力共计投入 3500 余万元，敷设约 5 公里 DN700 管线，并建设临港核能供热首站。70 万平方米的供热能力覆盖海阳市临港、度假区和核电产业园居民和公建用热，每年可节约 2.32 万吨标煤，减排 222 吨烟尘、382 吨二氧化硫、362 吨氮氧化物以及 6 万吨二氧化碳，相当于减少约 5 台 10 吨的燃煤锅炉，对节能减排、改善环境作用显著。

“我们现在最期待的，就是让整个海阳市都可以用上核能供热。”一位丰源热力员工说道。据了解，到 2021 年，海阳核能供热项目将为海阳城区提供 450 万平方米的供热能力。海阳项目规划建设 6 台机组，并预留两台备用场地，远期来看，若 8 台机组全部投运，将为青岛、烟台、威海地区提供 2 亿平方米的供热能力。

核电项目规划的逐步落实，也为山东发展核能综合利用提供了更大的空间。清华大学教授夏建军提出：“我国北方地区城市供暖与用水需求之间存在地理上的相关性。未来各核电项目落地后，山东若合理利用区域内核电余热，发展海水淡化与水热同送，可同时满足胶东半岛城市水、热需求，具有巨大的节水、节能、减排效益。”

“核能供热示范工程不仅为山东能源结构调整提供了新思路，更为北方地区清洁供热贡献了‘山东方案’。”山东省副省长凌文表示，“下一步，山东省将全力推动《胶东半岛核能清洁供热合作框架协议》的落实，加快将核能供热扩展到青、烟、威地区，坚持把核能综合利用作为新旧动能转换的重要突破口和动力源，不断探索创新引领发展的新思路。”（卢彬）

## 东北两核能供热项目加快推进

吉林白山核能供热项目、佳木斯综合智慧核能供热示范项目总承包框架协议签署

中国能源报 2019.12.9

**本报讯** 日前，国家核电、上海核工院先后与国核吉林核电有限公司、国家电投黑龙江分公司签署《吉林白山核能供热项目总承包框架协议》和《国家电投佳木斯综合智慧核能供热示范项目工程总承包框架协议》。据悉，这是山东海阳核电核能供热项目之外，国家电投近年来在东北地区布局的核能供热项目。

公开信息显示，白山核能供热项目将采用国家电投中央研究院自主研发的微压供热堆 HAPPY200，该堆按双堆布置，每年可替代 32 万吨燃煤；佳木斯综合智慧核能供热示范项目或采用国家电投上海核工院自主研发的一体化多功能供热堆。今年 1 月，国家电投在上海召开核能供热示范项目推进专题会时，与会专家认为，上述两种方案各有特点及优势，后续要根据市场需求，进一步优化设计方案，并通过试验验证提高设计的准确性。

资料显示，微压供热堆 HAPPY200 采用微压闭式回路以及完全非能动的总体技术方案，总体技术参数基于匹配大型城市热网需求以及满足远距离输热等输热系统设计条件而确定。此外，一体化多功能供热堆设计深化工作于 2018 年 2 月底启动，截至 2018 年年底已基本完成包括安全壳、辅助厂房总体布置优化等在内的专题论证工作并开展了内部评审。

据了解，白山市地处东北东部高寒地区，白山核能供热项目采用智能供热理念，构建互联互通的智能化供热体系和独立的供暖系统，可为白山市提供 800 万平方米的冬季采暖需求，项目清洁化、智能化特点突出。2018 年 9 月，白山核能供热项目厂址普选报告顺利通过评审。今年 4 月，该项目初步可行性研究报告通过专家评审，标志着项目进入实质开发阶段。

2018 年 11 月，由国家电投黑龙江分公司组织开发的佳木斯核能供热堆示范项目场址普选报告顺利通过评审。专家组认为，选址区域合理可行，无颠覆性意见，同意报告选址方案。佳木斯市有关领导表示，佳木斯市委市政府全力支持核能供热堆示范项目在佳市落地，将在项目建设、供热需求等方面给予全方位协助，希望国家电投加快推进核能供热堆示范项目建设，早日让核能供热成为全市主导热源。

近年来，国家电投加大核能供热技术研发力度，并加快推进项目落地。在核能型号创新领域的实践方面，和美一号供热堆已于今年 6 月通过初可研审查报告。审查主要结论显示，技术方案参考和借鉴了国内外压水堆核电厂的技术和经验，技术方案先进、固有安全性高，同时具有供汽和供暖能力。项目创新性地采用了“近零风险、近零排放和近零污染”设计理念，具有自主知识产权。

作为我国北方地区清洁取暖的选择之一，核能供热目前已经实现“零”的突破。11 月 15 日，国家电投依托海阳核电项目开展核能供热试点，首期项目第一阶段正式投运，供热面积达到 70 万平方米。11 月 27 日，海阳核电厂核能供热一期项目正式被国家能源局列为“国家能源核能供热商用示范工程”。（安宁）

## 挑战核能供热“第一步”

### ——国核电力院 EPC 承建国家能源核能供热商用示范工程侧记

中国能源报 2019.12.16

6 个多月、70 万平方米供热、年节约标煤 2.32 万吨、年减排二氧化碳 6 万吨、等量替换约 5 台 10 吨的燃煤锅炉……一串数字，记录了国家能源核能供热商用示范工程——山东海阳核电厂一期核能对外供热项目（以下简称“海阳供热项目”）在我国核能供热领域迈出的“一小步”。

作为国内首个核能商业供热项目，海阳供热项目由国核电力规划设计院有限公司（以下简称“国核电力院”）采用 EPC 模式承建。没有可参考案例，设计、建造、采购环节均从零开始；在运行核电厂实施供热改造，当年开工、当年投运且实现提前交付；改造不能影响

核电机组运行安全，更要保证按期供热安全……

对于这样一个颇具难度的供热首例，如何确保高质量交付？项目设计、施工中遇到哪些难题？带着问题，记者近日走进国核电力院海阳核电核能供热项目团队，了解这“一小步”背后的故事。

### **“国内首次压水堆商用供热，挑战很大”**

“终于松了口气，像一块大石头落了地。”记者刚一提问，负责海阳供热项目设计工作的国核电力院设计总工程师林令知先吐为快，一旁的项目经理辛旭飞，随着话音点了点头。

今年2月底，国核电力院与山东核电签署海阳供热项目EPC合同，明确了开工和移交时间。但因种种原因，开工日期推后近40天，可交付日期没有变。项目实际于4月24日开工时，距离交付日期只剩6个多月。

“这是国内首次大型压水堆核电机组商用供热，而且要做成核能供热商用示范工程，挑战很大。”林令知告诉记者，由于没有可参考案例，又是在运行核电厂实施改造，时间紧、任务重之外，大家心里还悬着一根安全弦，压力陡增。

“核电供热改造既要保证机组运行安全，还要确保居民供热安全，在这个前提下，供热系统如何配置、用什么设备、怎么施工，都要从头规划。”辛旭飞说。

没有前车之鉴，项目团队反复与业主沟通调整系统配置方案；现场施工与设计出现偏差，“卡”住了施工单位，团队第一时间协调解决；没有合适的设备，团队“突袭”多家制造单位，最终落实了订单……

今年2月，与业主确定系统配置方案后，国核电力院启动了设备招标，但系统所需的表面式除氧器遇到了采购难题。与传统供热系统采用的混合式除氧器不同，表面式除氧器的最大优势是保证系统运行中的安全，但因投资大、市场需求小，国内能供货的厂家寥寥无几。

“安全是核能项目的第一考虑，必须做出来！”辛旭飞回忆说，项目团队下定决心，四处打听，最后锁定生产厂家，一番“软磨硬泡”后，对方答应了接单并如期供货。

这样的案例不止一个，但在项目推进中，没有发生一例因设备问题延误工期的情况。

### **“设计为龙头，牵引项目安全如期交付”**

在国内，大型商用核电机组建造工期一般为五六年，小型供热堆设计建造工期也要两年左右。海阳供热项目虽是改造项目，但作为核能商业供热首例，在晚开工的情况下，却提前五天移交业主。

“作为海阳核电一期核能对外供热工程总承包方，在方案论证、系统优化及设备选型等方面做了大量细致、富有成效的工作。从设计阶段起，就将过程控制、系统优化摆在重要位置。”

“在工程建设阶段，发挥设计优势，总结海阳核电一期工程成功经验，前后方快速响应，精确处理与现场已有设施、工艺管道及电仪系统的大量接口。”

国核电力院近日收到的一封业主感谢信，透露出项目成功建设的关键原因——工程总承



包、设计优势、曾参与海阳核电一期建设。

据了解，海阳供热项目采用 EPC 管理模式的最大优势在于，解决设计、采购、施工之间的“两张皮”问题，规避工程建设无处归责、接口混乱风险，保证安全质量和建造工期。而在项目实际执行中，国核电力院以设计为龙头的总承包优势得到了充分发挥。

今年 9 月，现场安装止回阀阀门法兰时，因一个法兰型号问题，安装陷入僵局。国核电力院发挥多年总承包积累的资源优势，协调优质厂家连夜生产、检验，次日清晨新法兰送至现场，问题迎刃而解。

执行吹管临时管道加固方案时，施工单位力不从心，项目团队从设计角度持续优化，施工化难为简，一举完成。

今年 6 月，项目进入土建高峰，但因施工单位人力不足，制约了进度。项目团队不等不靠，利用在建总包项目多的优势，多方协调人力，保障了施工顺利推进。

“设计问题不过夜、采购不过天”，施工现场，业主无数次为项目团队竖起大拇指。

辛旭飞告诉记者，海阳供热项目属于“吃螃蟹”的项目，前期策划、团队组织、发挥合力很关键。“‘两张皮’、接口问题都在总包项目部的统一引领下得到了妥善解决。在现场，有我们托底，业主很放心。”

### **“走好第一步，才能走出更多步”**

作为我国三代核电 AP1000 技术“引进、消化、吸收和再创新”自主化项目的核心参与单位，国核电力院曾独立承担海阳核电一期工程常规岛及 BOP 的设计服务，并在设计中实现了多个零的突破。与海阳核电十年的共同成长，成为其承建供热改造项目的重要基础。

谈及这次改造任务，国核电力院技术总监李焕荣感慨道：“核能供热一小步，核能综合利用一大步。只有走好第一步，才能走出更多步。”

李焕荣告诉记者，通过总承包海阳供热项目，国核电力院了解到自身优势和短板，初步掌握了核能供热技术难点。“这是一套核能综合利用的方案，我们将在此基础上总结梳理经验，为后续更大范围的核能供热做好准备。”

据了解，在海阳供热项目投运基础上，山东核电计划将供热范围从目前的 70 万平方米拓展至到 2021 年的 450 万平方米；2023 年供热范围覆盖至 60 公里，供热面积 3000 万平方米；若按海阳核电项目规划建设 6 台机组、预留两台备用场地计算，8 台机组全部投运后，将为青岛、烟台、威海地区提供 2 亿平方米的供热能力。

对此，林令知透露，国核电力院目前正在开展海阳核电 450 万平方米供热的设计工作，同时进行后续 3000 万平方米、长距离、大范围供热的可行性研究。另外，包括核电站乏汽、海水余热、海水淡化、氢能等在内的核能综合利用相关研究也在积极推进。

“从 70 万平方米到 3000 万平方米，不是简单的管道延伸和系统复制，包括电厂运行和安全、设备、长距离输送等一系列新的问题还需要解决。在已有经验反馈的基础上，我们要提供一套全新的方案。”李焕荣表示。（朱学蕊 谢科隆）

## 十、其它

### 煤炭分质清洁高效利用取得新突破 低阶粉煤回转热解技术通过鉴定

中国能源报 2019.12.2

“每年低阶煤的产量大约有 20 亿吨。”中国石油和化学工业联合会煤化工专委会副秘书长王秀江在 11 月 26 日召开的“大型工业化低阶粉煤回转热解成套技术开发与应用”科技成果鉴定会上介绍，低阶煤具有储量大、埋藏浅、煤质好、开采成本低、高发热量等特点，特别适合煤炭分质清洁高效利用。

作为“十三五”期间国家能源战略的重点领域，煤炭分质清洁高效转化利用是实现煤炭行业转型升级的有效途径。目前煤炭分质利用主要以块煤为主，尽管粉煤热解工艺技术不断突破，但占煤炭开采过程中 70% 以上的粉煤如何实现清洁高效利用，一直未得到有效解决。

本次鉴定的技术成果已在陕煤集团神木天元化工有限公司（以下简称“陕煤天元”）60 万吨/年粉煤分质综合利用装置成功运行。由中国石油和化学工业联合会组织的鉴定委员会认为，该技术探索出一条低阶粉煤清洁高效分质转化利用的新途径，“攻克了低阶粉煤清洁高效分质转化的热解关键性技术和装备，拥有自主知识产权，创新突出、产业延伸性强，经济、社会和环境效益明显，对促进低阶粉煤的高效转化、煤热解领域的科技进步具有积极意义。”

#### 攻克多个技术难题，以粉煤为原料生产的三个主要产品应用领域广

粉煤是指粒度小于 6 毫米的煤，较块煤而言，在市场上并不“受宠”，大量粉煤积压问题日渐突出。一直以来，由于除尘、设备大型化、长周期稳定运行、产品应用、环保等难题未破解，对粉煤进行处理的难度很大。

“中低温热解是实现低阶煤分质利用、高效转化的重要方式。”一位业内人士对记者直言，我国对粉煤进行中低温热解，在煤焦油深加工和干馏煤气回收利用方面，缺乏系统的技术手段，致使大量煤焦油低效燃烧，干馏煤气无法有效利用而直接排放。

记者了解到，陕煤天元 60 万吨/年粉煤分质综合利用装置以神木地区粉煤为原料，经回转热解，制取提质焦粉、焦油和热解煤气三种主要产品，应用领域广。“提质焦粉可用于无烟煤替代、动力配煤、冶金行业高炉喷吹、清洁煤、环保燃料等。”华陆公司总工程师山秀丽表示，该装置提质焦粉的生产率约为原料煤的 70% 左右，平均全水分 10%，平均灰分 7%，平均挥发分 10%，平均固定碳 82%，平均硫含量 0.25%。“装置实现了智能控制，产品还可根据用户需求调整。”

据山秀丽介绍，装置的煤焦油收率高，热解单元煤焦油收率达 11% 左右，煤焦油含尘量只有 1% 左右，密度小于 1.03g/L，甲苯不溶物 1.5% 以下；焦油机械杂质含量低，“是后

续深加工制取轻质化燃料、新型碳材料及高附加值化工产品的优质原料”；同时还获得高品质的热解煤气，其可利用的高附加值组分多，有效成分高达 85% 以上，“其中甲烷含量占 40% 以上，是制取 LNG、LPG 和其他化工利用的优质原料”。

### **没花国家一分钱，历时八年从实验室走向市场**

据悉，该技术由陕煤天元与华陆工程科技有限责任公司于 2012 年开始合作研发，先后攻克了设备放大、管道堵塞、油气中粉尘含量高、运行周期短、设备结焦、油水分离困难、污水量大、污水处理难等一系列难题，已获国家专利 56 项。

陕煤集团神木煤化工产业公司、天元化工公司董事长毛世强介绍，该装置于 2017 年 6 月开始设计，2018 年 3 月开工建设，同年 12 月中交，2019 年 5 月 11 日一次性投料试车成功，打通工艺流程，产出合格产品。“截至目前，已连续安全满负荷稳定运行 1152 小时，累计运行时间 2952 小时。”

记者进一步了解到，早在 2011 年，陕煤天元“低阶粉煤分质利用技术研发项目”已正式立项；2012 年，启动建设“5 万吨/年低阶粉煤回转热解制取无烟煤工艺技术研究项目”；2014 年，“60 万吨/年粉煤分质综合利用示范项目”被陕煤集团列为重点建设项目。

截至 2019 年 11 月 6 日，装置已累计加工原煤 14.24 万吨，生产煤焦油 1.3 万吨，生产热解煤气 1638 万 Nm<sup>3</sup>，生产提质焦粉 8.61 万吨等，销售收入 10192.5 万元，利润 1138.6 万元。低阶粉煤回转热解成套技术成果转化后，单系列装置每年可加工低阶粉煤 60 万吨，产高热值煤气 6294 万标方，加工原料煤焦油 5.35 万吨，产出提质焦粉 36.23 万吨。

“没花国家一分钱，从实验室走向市场，产学研合作取得了很好的效果。”与会专家对该技术表示肯定。

### **能源转化效率达 86.3%，专家建议尽早开展百万吨级大型工业化示范及推广应用**

鉴定结果显示，技术的创新之处主要体现在回转反应炉、提质焦粉分级冷却及钝化系统中的冷却器，以及高效油气除尘及回收系统，不仅易于实现大型化，实现较长周期运转，整个装置的能源转化效率也高达 86.3%。鉴定委员会建议，应尽早开展百万吨级大型工业化示范及推广应用。

会上，有专家表示，该技术的主产品为替代型能源，在当前国际能源紧张、油价高企的大背景下，对于保障国家能源战略具有积极意义；同时，实现了粉煤热解提质与制备清洁燃料的一体化建设，对于推动行业技术优化、产业转型升级具有积极意义。

他同时认为：“副产品得到综合利用，循环经济效益明显，生产过程实现污水、废气零排放，有利于生态环保。生产过程中就实现了对干燥与热解水的分级回用，减少水资源消耗和污水处理量，对于煤炭资源丰富、水资源匮乏的西部地区具有重要意义。”对此，鉴定委员会也一致表示，该技术耗水少，适合在低阶煤资源丰富水资源缺乏的地区推广使用。

陕煤天元相关负责人还向记者透露，该项目可向社会新增就业岗位 800 个，每年向国家新增税金超过 10 亿。

毛世强表示，该装置的成功运行，为下一步工艺放大奠定了基础，目前，陕煤天元将继续有序推进实施 660 万吨/年粉煤资源净化分质利用示范项目。（武晓娟）

## 以煤为主格局决定能源转型立足点和首要任务

中国科学报 2019.12.9

到 2030 年，中国能源消费仍以煤炭为主，因此盲目“去煤化”并不可取，能够实现清洁高效利用的煤炭就是清洁能源。目前，煤炭领域革命在于整体推进煤炭在全行业、全产业链的清洁、高效、可持续开发利用。节能提效可以显著减少煤炭的消费量，是中国碳减排最现实可行的途径。

### 能源面临严峻挑战

当前，我国能源面临严峻挑战。一是清洁性挑战，道路依然漫长。以化石能源为主的消费，由于利用方式的落后而产生的大气污染成为不可忽视的问题。虽然我国在一些城市开展的大气治理取得明显成效，但空气质量与发达国家相比依然存在较大差距。

二是低碳性挑战，压力仍然巨大。我国是全世界最大的能源生产国和消费国，能源结构以化石能源为主，碳排放量也最多。2018 年，一次能源结构中 85.7% 是化石能源，由煤、石油和天然气组成。尽管经过多年努力，2018 年煤炭在能源结构中比例下降到 59%，但仍是主体能源。因此，煤炭的清洁、高效、可持续利用必定是重要内容，也是实现低碳利用最现实的途径。

三是安全性挑战，形势依然严峻。2000 年以来，我国的石油和天然气对外依存度不断攀升。2018 年石油对外依存度达到 70.8%，天然气依存度达到 43.2%。地缘政治和能源供应格局的变化，将可能给我国油气能源供应带来长期的压力。

四是高效性的挑战，差距依然明显。尽管我国的能源强度已经呈显著下降趋势，但仍是世界平均水平的 1.5 倍。2018 年我国 GDP 占世界总量的 16.1%，能源消费总量占世界总量的 22.6%，是发达国家两倍左右，这表明我们还有很大的进步空间。

高效性的挑战一方面表现为可再生能源消纳已成中国能源转型中的一个突出问题。我国可再生能源利用效率不高导致的直接结果就是，弃水、弃风、弃光现象严重。仅 2017 年我国因弃水、弃风、弃光而损失的电量达到 1007 亿千瓦时，超过三峡电站一年的发电量。另一方面表现为新能源技术达到产业规模尚需时日。一般认为，新能源要在消费结构里占比超 1%，所需的开发周期大概在 25 年左右。

### 能源革命势在必行

应对挑战，我国能源革命势在必行。2013 年 5 月，中国工程院组织 30 多位院士、500 多位专家围绕能源生产和消费革命开展战略研究，至今已完成三期研究。一期研究包括能源革命的方向、能源革命的举措和能源革命的阶段。

研究认为，能源革命划分为三个阶段：2020 年前为能源结构优化期，主要是推进煤炭

的清洁高效可持续开发利用，淘汰落后产能，提高煤炭利用的集中度和清洁度，加大非化石能源开发利用，实现能源消费清洁低碳发展，到 2020 年煤炭、油气、非化石能源消费比例为 6:2.5:1.5，能源消费总量约 50 亿吨标准煤；2020 ~ 2030 年为能源领域变革期，主要是清洁能源尤其是可再生能源替代煤炭战略，从而实现能源消费结构显著变化，到 2030 年煤炭、油气、非化石能源消费比例为 5:3:2，能源消费总量在 60 亿吨标准煤以内；2030 ~ 2050 年为能源革命定型期，形成新型能源体系，到 2050 年煤炭、油气、非化石能源消费比例为 4:3:3，能源消费总量约 57 亿吨标准煤。

第二期研究我们侧重农村的能源革命和西部能源大通道的实施。基于我国提出的区域发展战略，我们认为，能源革命应该与发展特点不同的区域经济和社会有机融合。这就要求能源革命主动促进经济社会的发展和生态文明的保护。为此，我们的研究角度也发生了根本性的变化，第三期研究围绕能源革命如何推动区域经济社会的发展和生态环境保护展开。

我们进行能源革命的目标是建立“清洁、低碳、安全、高效”的现代能源体系。实现这一目标应采取如下举措：一是优先节能提效；二是要统筹优化电力的源网荷储用；三是要严格控制煤和油的用量，实现清洁转型；四是要突破瓶颈，加快提升非化石能源的占比；五是进行能源技术的创新与革命，用技术革命来引领整个能源革命的实践；六是能源与信息技术深度融合，抓住互联网、大数据、人工智能快速发展的机遇。

### 能源转型结构优化

根据预测，“十四五”期间，世界和中国化石能源在一次能源结构中的占比将在 80% 左右，煤炭在中国一次能源结构中占比在 55% 左右。这些年来，大家都在提能源转型，结合我国的国情与能情，国家早已明确要把推动煤炭清洁高效开发利用作为能源转型发展的立足点和首要任务。

根据国际能源署（IEA）、美国能源信息署（EIA）、欧佩克（OPEC）和 BP 公司给出的化石能源比例预测，2040 年化石能源在能源需求中的占比是 73% ~ 78%，非化石能源的占比是 22% ~ 26%，化石能源在能源结构中仍占据主导地位。

最近几年，我国正在压缩煤炭比例，然而富煤缺油少气的能源资源禀赋，注定了在相当长的一段时间里我国还是以煤为主的能源结构。

如何优化能源结构、推动能源转型呢？我认为应聚焦到整个能源产业链的结构优化上，可从多能互补、集成优化的一次优化，到调整产业结构、提升用能终端电气化率的消费优化，再到建立泛在能源互联网的综合优化。

在日前召开的国家能源委员会会议上，李克强总理指出，根据我国以煤为主的能源资源禀赋，科学规划煤炭开发布局，加快输煤输电大通道建设，推动煤炭安全绿色开采和煤电清洁高效发展，有效开发利用煤层气。

现如今，我们的首要任务和立足点依然是实现以煤为主的化石能源的清洁高效可持续开发利用，要防范不切实际的能源转型对于经济发展和能源供应构成的伤害。（谢克昌）

# 技术驱动中国版“页岩革命”

中国科学报 2019.12.16

页岩革命实际上就是一场技术革命。中国要想实现页岩油气勘探开发的更大突破，首先要加大创新驱动力度。

在对中国资源禀赋的评价中，“富煤、贫油、少气”是一个比较流行的观点。然而，这并不代表中国的石油和天然气勘探开发就没有潜力可挖。

页岩气和页岩油是指储藏在页岩层岩缝里的天然气和原油，属于非传统能源。自今年以来，我国页岩油气田勘探开发就频传捷报——位于四川泸县的一口页岩气井，日产气超过137.9万立方米，足够近138万户居民的日常使用；中国石油大港油田新增亿吨页岩油储量，年底将实现5万吨页岩油产量……

页岩气和页岩油的技术突破统一被称为“页岩革命”。“页岩革命深刻改变了石油工业，显著增加了油气资源总量，也大大降低了能源被动转型的可能。”近日在2019全球能源转型高层论坛上，中国科学院院士、中国石油大学（华东）校长郝芳表示，“页岩里的资源可以再维持油气工业发展百年以上，这是一个重大进步。”

依据国际能源署的统计，中国的页岩油气可采储量接近50亿吨，占据全球页岩油气可采储量超过10%，仅次于美国和俄罗斯。但是，目前国内的勘探开发进度和页岩油气资源禀赋相比，仍显落后。

“‘页岩革命’实际上就是一场技术革命。”中国科学院院士、中国石油大学（北京）教授高德利表示，中国要想实现页岩油气勘探开发的更大突破，首先要加大创新驱动力度。

## “北美模式”难以简单复制

页岩革命从北美发起，带来的结果是，美国超越俄罗斯成为天然气第一大生产国，超过沙特成为原油第一大生产国。

“页岩革命极大地影响了全球石油、天然气的价格，同时也使得美国这一曾经最大的油气进口国实现能源自给。”郝芳用“广阔的勘探领域、巨大的潜在储量”来形容页岩革命。

然而，美国“页岩革命”的奇迹难以被中国简单复制。相比于美国等地区，中国页岩油气地质条件更加复杂、储层类型更加多样，开采难度也更大。

“中国早期在四川盆地周边部署了一系列的钻井，最后只有很少的页岩油气能够实现商业开采，主要原因就是我国地质条件非常复杂。”郝芳举例说，“在美国，页岩核心区大于一千平方英里，而中国很多页岩气田只有连续的几百平方公里，这就是中美页岩油气的资源差别。”

不仅如此，我国陆相页岩油与北美海相页岩油相比，在地质条件和地面条件上均存在较大的差异，也不能照搬北美技术，实现工业化效益开发面临很多重大挑战。“这也是为什么中国页岩油气发展任重而道远的一个根本原因。”郝芳补充道。

高德利也指出，美国“页岩革命”有许多有利因素，例如美国具备良好的融资渠道，为企业家长期进行页岩钻采尝试提供了资金保障。美国还拥有良好的能源开发基础条件，如较完备的油气管网、地质数据等。而其法律体系也赋予土地业主地下开采权，从而给油气开发活动提供了极大便利。

“我们的技术、经济指标都与美国差得很远。”高德利直言，“我国油气发展面临更多的挑战，既要解决国内油气增储上产的许多难题，又要实施‘走出去’发展战略，原来以‘跟踪’为主的发展模式已经难以应对。”

“放眼全球，可供人类开发利用的油气资源仍十分丰富，但容易开采的油气时代已经结束。全球油气行业将长期面临油气开采难的问题，对工程科技创新与前沿技术突破的依赖度也将越来越大。”高德利表示，我国急需一场页岩革命的大爆发。

### 靠钻井技术突破工程作业极限

一种资源只有完成大规模工业化开发，才能形成革命性战略接替，而简单的、小规模突破只能称之为阶段探索或局部发现。在业内专家看来，不断研发工程技术，探索出一条成熟的技术路线，才能完成页岩革命的历史使命。

在高德利看来，中国要想实现页岩油气勘探开发的更大突破，就需要采用地质、工程、市场一体化解决方案，加快建设大型丛式水平井高效开发模式及工程技术支撑体系。

“我国山区蕴藏着丰富的页岩气资源，但其地表环境和地质条件都比较复杂，使得这里的页岩气开发面临诸多挑战。”高德利称，“重庆涪陵页岩气开发，已经形成增储上产的良好发展势头，现已建成100亿方的年产能，以及约60亿方年产量，但仍然面临深层页岩气工程技术等挑战。”

而采用先进的井型技术大幅度提高油气田的单井产量及最终采收率，一直是复杂油气田高效开发追求的理想目标。高德利表示，页岩气工程技术的创新，就是钻井技术的进步。定向钻井要求控制钻头定向破岩钻进并打中目标，是钻井主体技术之一，而大位移钻井是挑战定向钻井的前沿技术。

“在石油、天然气等地下矿产资源开发中，钻井是不可或缺的基本工程。通过科学研究与实践，人类会不断突破其工程作业极限，这也是页岩油气工程技术的创新之一。”为此，高德利建议，应该加快创建独具中国山区特色的大型丛式水平井高效开发模式及其工程技术支撑体系，以期实现页岩气的高效绿色开发。

郝芳称，未来相当长时间，油气仍然是一次能源的主体，也是影响中国国家安全的战略资源。就我国页岩油气革命而言，也将由资源主导变为技术主导。他表示，科技创新是第一生产力，智能钻井、纳米驱油、原位改质等新一代勘探开发智能化技术体系将助推油气产量迈向新高度。

另外，高德利表示，随着信息、材料、人工智能等相关学科领域的科技进步，油气工程技术与装备还将向着信息化、智能化、自动化方向加速发展。

## 陆相页岩油气开发待突围

实际上，我国含油气盆地以陆相沉积为主，陆相页岩油气资源丰富。中石油科技管理部总经理匡立春表示，未来 10~15 年是中国陆相页岩油气革命的战略机遇期，将推动陆相页岩油气成为我国石油资源的重大战略接替。

北美以海相页岩油为主，面积大、有机质含量高、成熟度高、油气丰度高、可压裂性强、技术先进、开发成本低；而我国虽以陆相页岩油为主，但存在面积相对小、有机质含量偏低、成熟度及油气丰度中等等一系列问题。

“与北美海相页岩储层相比，我国陆相页岩储层具有特殊性，多项理论问题尚未解决。”匡立春指出，特别是一些工程技术还不成熟，耐高温高压复合材料、芯片和软件等核心领域“卡脖子”问题待解。此外，陆相页岩油气开发纵向油层动用率低、单井产量低、井控储量低和采收率低，仍需要提质增效。

陆相页岩油开发之路还得中国人自己闯，创新是唯一出路。匡立春建议，要加快页岩油勘探理论研究，加大中高成熟度页岩油产量规模，加快中低成熟度页岩油工业化试验，实现页岩油高效开发。

他还建议国家超前设立页岩油科技重大项目，研发有效适用技术，同时通过创新适用管理模式，在大数据、人工智能分析的基础上，通过提高单井产量和优化作业成本，实现页岩油低成本效益开发。（李惠钰）

## 区块链 + 数字电网构建高效能源信任体系

中国能源报 2019.12.23

日前，深圳供电局科技项目“基于区块链的配用电通信泛在业务接入技术研究”正式通过专家组验收评审。这是南方电网公司首个区块链技术项目，该项目首次将区块链技术应用用于国内配电通信可信接入领域，为区块链技术在电力等能源领域落地提供了探索方向。

据悉，该项目针对多方参与的能源互联网生态中数据安全可信实时共享的共性需求，重点突破了基于区块链的安全可信命名服务技术、融合区块链与信息中心网络（ICN）的安全可信实时数据共享技术，研发了相关软件，研制了数据共享网络节点设备和接入终端设备，实现了多方参与的跨域物联网场景下数据安全可信实时分发能力，并针对同时承载电网内部和外部业务的配用电通信网场景，开展了应用示范。

### 提升电网安全 满足电网多样化服务

“区块链技术作为一种在不可信、不安全网络环境下提供数据可信共享服务的技术，具有支持多中心协作、运行规则公开透明、共享数据防篡改、实现价值可信传递等特性，技术上天然地具备支撑能源互联网多方参与进行数据共享和业务协作的特点，成为构建能源互联网的核心技术之一。”深圳供电局通信技术专家高强告诉记者。

针对区块链技术对于电网公司的实际意义，南网能源院企业管理研究所研究员夏振来认



为，现阶段，客户对能源电力服务呈现清洁化、多样化、个性化、体验化等趋势，区块链技术有助于解决上述问题。其次，区块链技术在促进数据共享、优化业务流程、降低运营成本、提升协同效率等方面有很大用武空间，在流程化电力业务办理中，可减少员工的重复工作量，提高工作效率，实现提质增效，也可降低相关交叉协同业务的沟通成本，提升工作效率。

“有数据的地方就有区块链的用武之地。”夏振来强调，电网公司在管理中有两大痛点问题，一是大数据应用难，二是部门协调难。电网公司有海量的电网生产运营、客户服务、电量交易等有价值的数据，但是由于技术和管理手段不足等原因并没有发挥应有价值，运用区块链技术和云计算、人工智能技术可以重新将电网公司大数据存储好、管理好和应用好。另外，电网公司一直采用条线分块式管理，专业能力强，但协同能力弱，运用区块链技术去中心化、全程留痕、可以追溯、公开透明和多节点互动共享等能力，可以倒逼各线条、各层级实现更深层、更大范围的协同，对于促进公司战略和规划落地，具有现实意义。

#### **有效打通信息壁垒 实现数据价值**

今年8月，国网区块链科技（北京）有限公司正式揭牌成立，公司聚焦区块链技术研究、产品开发、公共服务平台建设运营等业务，定位于打造泛在电力物联网建设的公共技术手段，实现万物互联的超级纽带，市场公平交易的安全防线，数字经济的信用保障。

“区块链作为一种颠覆式创新技术，技术形态与公司‘三型两网’改革发展的战略高度契合，能够提供坚实的信任基础，开创良好的网络安全信任环境，可以有效解决泛在电力物联网建设过程中面临的数据融通、网络安全、多主体协同等问题，在泛在电力物联网建设工作中具有不可替代的核心作用。”国网电子商务有限公司网络信息化中心副主任、国网区块链科技（北京）有限公司负责人王栋表示。

例如，利用区块链技术，家电企业和电网可以在保障各自的数据权益和安全的前提下，实现家用电器各项数据的可信共享。基于更完备的数据，一方面可进一步推动家电智能化水平的提升，提升客户体验；另一方面，家电可以及时响应用电负荷需求，更好地实现节能减排，客户也可以从电网获得一定的节能补贴等实惠。

#### **基于区块链生态系统的充电桩 实现共享经济模式**

目前，新能源汽车发展迅速，传统汽车行业面临着巨大的变局，而区块链技术同样可以助力电动汽车新业态的成型。

一位汽车领域的专家向记者介绍，现有技术条件下，私有充电桩共享难点重重，不同充电桩运营商之间的数据难以互通，“人”的信息不透明，监督机制缺失，无统一规范的收费标准，导致了用户和桩主不敢轻易进行交易。简单来说，私有桩无法共享的根本原因，就是交易双方无信任感导致。但区块链的出现打破了这一僵局，因为其本质上就是一个构建信任机制的“机器”，可作为解决共享充电的一个技术手段。

区块链作为一种去中心化、全链条可见和全节点可信的分布式记账技术，可将不同的充

电运营商通过简单的接口方式与区块链平台对联，构建充电服务平台，而该服务平台的存有用户和桩主的个人加密信息，交易产生前，双方均可下载解密数据，相互了解对方信用程度，保障交易的顺利开展。

区块链还具有数据无法篡改特性，能够解决利益主体“信息不真实”的担忧，当交易双方充分认可且确认执行交易时，区块链将形成多方监督、不可更改的智能合约。完成交易后，区块链平台天然的支付特性可确保每一笔资金无法抵赖地划拨到指定账户。根据设想，共享私有充电桩被认为是区块链技术最适用能源方面的领域之一。

此外，区块链收集的电动汽车充电数据，可以与安装在充电桩上的智能电表进行交互，再通过智能电网的大数据平台，将充电器速率、位置和使用数据等方面分享给电网中庞大的客户源使用。

总而言之，区块链技术不仅可以增加私有充电桩的使用率，解决电动汽车充电难的问题，还可以促进电动汽车产业的发展，实现节能减排与能源转型。（路郑）

## 自主抽水蓄能成套设备实现“领跑”

中国能源报 2019.12.23

“抽水蓄能机组成套设备关键技术及应用”项目打破国外垄断，国内增量市场占有率由0跃升至69%，机组单价较进口时期相比下降40%以上，并带动了我国超大型水泵、特高压工程调相机、燃气轮机变频拖动等设备的研制水平。

“中国自主研发的抽水蓄能成套设备已达国际领先水平。”12月12日，在中国水力发电工程学会组织召开的科技成果鉴定会上，国内外专家对我国“抽水蓄能机组成套设备关键技术及应用”项目（以下简称“项目”）给予高度评价。

据了解，上述项目在理论研究、技术攻关、装备制造、工程应用方面取得重大突破，成功研制出具有完全自主知识产权的水泵水轮机、发电电动机、自动控制系统和实验研究平台，国际上首次建立了完备的抽水蓄能技术标准体系，并形成完整的产业化。

与会专家表示，经过十多年研发，我国抽水蓄能关键技术和装备完成了从“跟跑”到“领跑”的转变，实现了从无到有、从弱到强、从进口到出口的重大跨越，显著提升了我国机电行业的科技水平和自主创新能力，填补了国内抽水蓄能装备空白，全面增强了我国在国际抽水蓄能领域的影响力、竞争力和话语权。

### 不再依赖进口

抽水蓄能机组集水泵和水电机组功能为一体，正向抽水储能，反向放水发电，其水力、机械、电气和控制技术与常规水泵、水电机组存在本质差异，我国长期缺乏抽水蓄能技术研究的理论积累、开发能力和实验研究平台。十多年前，我国抽水蓄能机组关键技术受制于人，设备、备件与服务价格昂贵、供货周期长，严重制约了抽水蓄能装备制造业和储能产业发展。

“2003年前，我国抽水蓄能装机占总装机容量仅为1.6%，机组全部依赖进口。”国网新源控股有限公司（以下简称“国网新源”）原副总经理高苏杰向记者感慨，我国最初建设的15座电站共58台机组全部进口，花费近百亿元。

为改变抽水蓄能产业发展现状，我国开展“抽水蓄能电站机组及成套设备自主化”工作。在“国家产业技术政策”（2002年）高技术产业化重点领域、国家重大技术装备创新研制专项、“十五”计划纲要“振兴装备制造业”支持发展计划、“国务院关于加快振兴装备制造业的若干意见”中，都将大型抽水蓄能机组及成套设备列为重点领域和重点突破的方向，并设立国家科技攻关计划、973课题、国家自然科学基金等支撑项目研究。

记者了解到，项目聚集了国网新源、哈尔滨电机厂、东方电机、南瑞集团、清华大学、中国电建华东勘测设计研究院、哈尔滨大电机研究所、华中科技大学、重庆大学等众多国内知名企业和高校。

### **应用于国内20座电站**

在国家发改委组织下，项目自2003年启动，历经十余年产学研用联合攻关，关键技术获重大突破，成功研制出具有完全自主知识产权的抽水蓄能机组及成套设备。项目获发明专利44项、其他知识产权85项，出版专著10部，发表论文175篇，制定国家及行业标准32项，主导成立2个IEC、1个IEEE标准工作组，获省部级科技进步一等奖6项。

记者从评审会上了解到，项目成功打破国外垄断的同时，国内增量市场占有率也由0跃升至69%，机组单价较进口时期相比已下降40%以上，有力支撑了我国抽水蓄能产业发展，同时带动了超大型水泵、特高压工程调相机、燃气轮机变频拖动等设备的研制水平。

同时，项目整体技术已应用于安徽响水涧、福建仙游、浙江仙居3座电站共12台机组，推广应用于江苏溧阳、广东深圳、浙江长龙山、黑龙江牡丹江、山东沂蒙、山东文登、新疆阜康、广东梅州、福建永泰、福建周宁、重庆蟠龙、江苏句容、福建厦门等17座电站的81台机组，总装机容量达2460万千瓦。其中，响水涧、仙游、仙居三座电站投运至今，节约煤炭资源超过600万吨，减少二氧化碳排放1700万吨，消纳风电等清洁能源上百亿千瓦时，有力支撑了华东、福建电网安全稳定经济运行。

### **达到国际领先水平**

对于此次鉴定的项目，国内外专家一致认为，项目围绕我国新能源和可再生能源领域、重大技术装备产业发展需求以及国家发展高端装备制造业的要求，完成了关键技术科研攻关、机组及成套设备研制和工程应用，取得了一系列自主创新科技成果，并经过了实际工程考验。

尤其是2013年，我国自主研发的抽水蓄能机组在与国际著名厂商竞争中胜出，获得国外电站机组的供货合同，首次实现出口，成为我国电力装备制造业的一个重要里程碑。

“中国目前拥有全球容量最大的抽水蓄能电站，机组综合效率达到80%以上。经过多年努力，中国完全掌握了抽水蓄能电站和机组的核心技术并广泛应用，这些技术已达到国际领

先水平。”西班牙加泰罗尼亚理工大学教授、国际水利与环境工程学会上任主席爱德华·埃古斯基萨接受记者采访时表示，“进一步推进抽水蓄能电站领域装备制造业的研究与创新，对中国具有重要的战略意义。”

瑞士洛桑联邦理工学院教授、国际水利与环境工程学会前主席弗朗索瓦·艾维兰肯定了中国自主研发的抽水蓄能机组：“在中国抽水蓄能机组水力性能的见证验收过程中，我目睹了抽水蓄能机组研发的巨大进步，中国制造能够和世界领先产品同台竞争，特别是在驼峰区和 S 区稳定性以及压力脉动方面的成绩令人震惊。”

弗朗索瓦·艾维兰还表示，当前中国在水泵水轮机研制、发电电动机、调速系统、励磁系统，监控系统等抽水蓄能成套设备上成绩斐然。“中国抽水蓄能技术和工程应用的成就，有力提升了电力系统性能，推进了中国电力发展。”（苏南）

## 十一、行业动态

### 从化将建餐厨垃圾处理厂

一期工程计划后年投产，项目全部建成后每天 100 吨可处理餐厨垃圾

信息时报 2019.12.3

信息时报讯（记者 欧嘉福）近日，从化固体废弃物综合处理中心餐厨垃圾及易腐有机废弃物处理厂（以下简称餐厨垃圾处理厂）项目进行环评公示。记者获悉，广州环投从化能源环保有限公司作为建设单位，将在广州市从化区鳌头镇潭口村南侧从化固体废弃物综合处理中心、广州市第七资源热力电厂一期北侧建设餐厨垃圾处理厂。项目建成后，可处理从化区生产的餐厨垃圾，共计可以日处理餐厨垃圾及易腐有机废弃物 100 吨。

#### 通过处理餐厨垃圾可产出酒精干冰等产品

环评报告显示，餐厨垃圾处理厂项目采用生物联合加工工艺日处理餐厨垃圾及易腐有机废弃物。将分两期进行建设。项目一期于 2021 年投产，二期在 2026 年前需考虑二期的建成，以满足从化区餐厨垃圾处理的要求。项目投资约 7573.50 万元，包括厂区建设及外部配套等。该工程一期计划工期为 10 个月，其中工程准备 3 个月，施工及安装、调试与试运 7 个月。

项目总占地面积约 11.94 亩，建筑面积为 5025 平方米，其中一期 3025 平方米，二期 2000 平方米。布局于从化固体废弃物综合处理中心内，第七资源热力电厂（一期工程）北侧。主要构筑物为综合主厂房（含各处理系统设备）、酒精蒸馏装置、除臭装置、产品罐区等。综合主厂房内由西往东依次布置卸料大厅和预处理车间、灭菌发酵系统、油脂回收系

统、干燥分离系统、成品包装系统。酒精蒸馏装置及控制室布置于综合主厂房南侧，除臭系统布置于综合主厂房东北侧。

餐厨垃圾处理厂通过处理产出垃圾产出酒精、工业毛油、粗蛋白粉、干冰等产品。产品外售年收入预计可达到 2035.92 万元。

### 从化 2025 年餐厨垃圾量将达到 100 吨/天

据了解，从化区餐厨垃圾现状产生量据初步统计，2017 年约为 77.69 吨/天，对照从化区餐厨垃圾现状调研情况，人均餐饮垃圾日产生量 0.121 千克/天。根据人口信息及人均餐厨垃圾产生量计算，预计从化区 2021 年人口将达 65 万人，从化区城镇人口餐厨垃圾产生量约为 92.4 吨/天；预计从化区 2025 年人口将达 72 万人，从化区城镇人口餐厨垃圾产生量约为 100.8 吨/天。

从化餐厨垃圾厂优先考虑处理农贸市场、临卖点、超市等的垃圾，农贸市场和超市的厨余垃圾单独收运较容易，能全部实现单独统一收运。按照 2021 年垃圾产生量为 92.4 吨/天，2025 年为 100 吨/天的规模，结合从化区目前餐厨垃圾分布情况，设定初始年限 2021 年餐厨垃圾收集率为 40%，此后逐年增加，2030 年达到 100%。

根据设计，项目 2020 - 2023 年，主要考虑收集特大型餐馆/大型餐馆，中型餐馆，机关、事业单位、学校食堂，企业/工厂、工地食堂的餐饮垃圾；2024 - 2027 年，逐步将小型餐馆纳入收运系统；2028 - 2030 年，实现餐饮垃圾全覆盖。

## 中科院大连化物所研制出石墨烯多孔气凝胶新材料

中国科学报 2019.12.13

本报讯（记者刘万生 通讯员石浩东、侯晓城）近日，中科院大连化学物理研究所研究员吴忠帅团队研发出一种三维高导电、亲锂性的 MXene/石墨烯多孔气凝胶新材料，并成功应用于高锂载量、高容量、无枝晶金属锂负极，获得了高比能、长寿命锂金属电池。相关研究成果发表在《美国化学会 - 纳米》上。

金属锂具有超高质量理论比容量（3860 毫安时/每克）和最低的氧化还原电压，被认为是一种非常有应用前景的高比能锂电池负极材料。但由于其存在不可控的锂枝晶、死锂，以及充放电过程锂金属体积膨胀等问题，导致锂金属循环性能差，安全性能低，限制了锂金属负极在高比能锂金属电池中的实际应用。

这种三维 MXene/石墨烯多孔气凝胶材料可用作锂金属的载体，成功构筑出柔性的，具有高锂载量（3560 毫安时/每克）、高比表面积（259 平方米/每克）、优异导电性、良好亲锂性能的负极。实现了高的库伦效率（99%），显著提高了金属锂负极的循环稳定性。

研究人员还将该锂金属负极应用到锂硫、锂/钛酸锂全电池中，都表现出高的比容量、优异的循环稳定性和倍率性能。这种三维高导电亲锂网络结构的设计策略为构建高能量密度、长循环寿命的锂金属电池提供了新的思路。

## 秸秆生产汽柴油万吨示范项目明年将投产

中国能源报 2019.12.23

**本报讯** 利用秸秆有望生产汽柴油了。12月15日，中石化洛阳工程有限公司和河南百优福生物能源有限公司等单位组成的联合团队在河南郑州举办的技术成果发布会上宣布，秸秆等生物质制备汽柴油技术开发取得阶段性成果，属于全球领先水平。首套年产1万吨生物汽柴油工业示范项目已进入建设阶段，预计明年投产。

“利用秸秆等生物质制备汽柴油技术，是把秸秆等经过快速热解和热解液加氢联产工艺处理，生产汽柴油的一项创新性技术。”中石化洛阳工程有限公司总经理周成平介绍说，2013年，该公司与河南百优福生物能源有限公司、华东理工大学、四川大学、中石化炼化工程集团洛阳技术研发中心成立联合攻关团队，完成了秸秆制备汽柴油的全流程开发，形成了具有自主知识产权的专有技术。

石油炼制专家、中国工程院院士胡永康在现场表示，我国每年可利用的秸秆约7亿吨，同时石油资源十分匮乏，对外依存度已超过70%。如果能将国内秸秆的50%加以利用，每年可以生产超过5000万吨的汽柴油，将有效减少对石油进口的过度依赖，对确保我国能源安全具有重大意义。同时，每利用1吨生物质燃料就可以减少2吨二氧化碳排放。“希望尽快进入工业化生产，实现经济效益和社会效益双丰收。”胡永康院士说。

据悉，河南盛润控股集团有限公司为本项目工业化投资方，至今已累计投入1亿多元，完成了每年10吨生物质制备汽柴油的中试试验和催化剂的研发。

据介绍，目前，中石化洛阳工程有限公司、河南百优福生物能源有限公司、华东理工大学、四川大学、SEG洛阳技术研发中心已与河南省濮阳市范县人民政府签署了联盟推广协议，年产1万吨生物汽柴油工业示范项目的开发、设计已经完成，正在范县进行工程建设。

统计表明，河南省秸秆年产量约8600万吨。2018年河南省汽柴油的消费量为2800万吨，其中2000万吨要从省外采购。如果能将全省秸秆的40%加以利用，年可生产约600万吨汽柴油。（要旭祥 李建永）

## 我国新一代“人造太阳”预计明年投入运行

中国能源报 2019.12.2

**新华社电** 第一届中国磁约束聚变能大会11月26日在四川乐山举行。据了解，我国新一代可控核聚变研究装置“中国环流器二号M”目前建设顺利，预计2020年投入运行，开展相关科学实验。

核聚变产生能量的原理与太阳发光发热相似，因此在地球上以探索清洁能源为目的的可控核聚变研究装置又被称为“人造太阳”。

“中国环流器二号M”是我国新一代的可控核聚变研究装置，位于四川成都，由中核集

团核工业西南物理研究院承建，是开展聚变堆核心技术研究的关键平台。该装置以氢、氦气体为“燃料”，通过将其注入装置并击穿、“打碎”产生近堆芯级别的等离子体，来模拟核聚变反应。今年6月，伴随着主机线圈系统的交付，其全面工程安装拉开序幕。

“目前工程安装进展顺利，预计2020年‘中国环流器二号M’就可以投入运行，开展相关科学实验。”中核集团核工业西南物理研究院院长段旭如说。

据介绍，与国内同类装置相比，“中国环流器二号M”装置采用了更先进的结构与控制方式，等离子体温度将有望超过2亿摄氏度，该装置将为我国参与国际热核聚变实验堆（ITER）相关实验与运行，以及未来自主设计建造聚变堆提供重要技术支撑。（李华梁）

## 《光伏电站运行规程》正式发布

中国能源报 2019.12.23

日前，国家市场监督管理总局、中国国家标准化管理委员会发布了光伏行业标准《光伏电站运行规程》（标准号：GB/T 38335-2019），该标准将于2020年7月1日开始实施。

近年来，光伏市场的高速发展，在各种政策的推动下，通过不断的技术创新和产业升级，我国光伏电池的利用率持续提升，光伏组件的成本不断下降，逆变器的转换率也达到了国际领先水平。因此，想通过硬件升级来达到降本增效的目的越来越困难。未来，需要通过光伏电站的专业化、精细化运维实现度电成本的进一步降低。

一直以来，光伏电站的建设一直存在着重前期，轻后期的情况，但光伏电站建设的周期只有几个月，但运维却长达二十几年，光伏电站后期能否平稳运行关乎项目的投资收益。

据悉，本标准规定了光伏电站的运行控制、巡视检查、日常维护、异常运行与故障处理等技术要求，适用于大中型光伏电站。该标准的实施有利于推动光伏电站运维的专业化、精细化，助力光伏降本。（杨静）

### 技术逐步获得验证 能够带动转型升级

## 氢能产业明年有望步入商业化阶段

中国能源报 2019.12.2

**核心阅读** 当前，我国氢能产业发展形势火爆，大量资本和人才快速汇聚，创新和应用成果此起彼伏，但鉴于氢能缺乏国家层面顶层设计，定位和方向尚不完全明确，业内呼吁，将氢能产业提升为国家战略，明确氢能在能源体系中的定位，制定系统的氢能发展规划，有序开展基础设施建设。

“2019年是中国氢能产业发展的关键一年，总体上看，我国氢能技术正逐步获得验证，尤其是燃料电池汽车已经进入市场化示范阶段，预计2020年前后将进入产业化和商业化发展阶段。”与会专家在近日举办的“第五届中国能源发展与创新论坛”上的一致看好氢能产

业化前景。

### 氢能技术不再是瓶颈

“2019年是中国氢能产业发展的关键一年。”中化石油勘探开发有限公司新能源事业部总经理肖芳锋指出，在新能源汽车国家规划中，氢燃料电池车与电动车是两条并行的路线，各有优势。与电动车相比，氢燃料电池车在续航里程、加注时间、低温性能、可回收等方面具有优势。

“经过大量运营实践（大规模、长距离），燃料电池车技术路线在世界范围内得到充分验证，形成完整的产业链闭环，开始逐步进入商业化阶段。‘十四五’期间，产业链将全面发展，实现燃料电池大规模应用。”肖芳锋说。

数据显示，全球有超过1.8万辆氢燃料汽车在上路运营，此外有2.8万辆燃料叉车在运营；国内氢燃料汽车超过4000辆车，行驶里程超过1400万公里，燃料电池车技术路线得到了广泛认可，国内产业链正趋于完善。

国家电投集团氢能科技发展有限公司董事长李连荣透露，2019年底，国家电投研发的100kW燃料电池及系统完成实验室测试，具备上车条件。2020年上半年，国家电投将完成膜电极、双极板和电堆自动组装中试线建设，具备小批量生产能力。2020年底，完成上车测试，电池中试定型，进入批量生产阶段。未来将通过自主化与规模化，大幅降低成本，并促进更大规模的应用。

### 商业风险正全面降低

如今，氢能广受各方关注。国家明确氢燃料电池车补贴较长时期内不退坡，36个城市已出台氢能发展规划，更多的城市也正在谋划发展氢能产业。今年9月，中共中央、国务院印发的《交通强国建设纲要》明确指出，加强加氢等设施建设。

业内普遍认为，在上述政策“加持”下，我国氢能产业及装备在国产化加速推进的同时，还有利于降低氢能项目的商业风险。

“如今，膜电极、催化剂、双极板等部件均实现了国产化覆盖，进一步打开了降本空间。制氢、储运、加氢等环节正积极推进国产化，并由公交领域转向物流领域这一更大市场。”肖芳锋表示，氢燃料电池依托国产化和技术进步，叠加初步产业化，带来成本大幅下降，年均下降幅度超过30%。“当燃料电池发动机系统从年产1千套增长到年产1万套时，成本可下降约65%，初步具备与锂电的竞争性，当年产达到10万套时，初步具备与燃油车的竞争性。”肖芳锋说。

氢燃料电池的规模化带来成本下降，2016-2018年期间，氢燃料电池成本每年下降约30%，氢能商业模式与盈利能力正在获得认可。截至2019年8月，全国各地共有29个氢能产业园区，全国已公开的氢能项目投资规划超过2500亿元。以国内唯一一家批量出口的膜电极企业——深圳市氢雄燃料电池有限公司为例，旗下的雄韬氢雄武汉和大同的氢能产业园，燃料电池发动机系统年产能均可达1万套。



截至目前，中石化、中石油、中化集团、宝武集团、国家电网、国家能源集团、华能集团、国家电投集团、三峡集团、东方电气集团、中核集团、中广核集团等央企涉及氢能业务布局。此外，北京亿华通科技股份有限公司、广东国鸿氢能科技有限公司等企业正准备科创板上市。

### 立足全局谋划长远

当前，我国氢能产业发展形势火爆，大量的资本和人才快速汇聚，创新和应用成果此起彼伏。不过，不容忽视的是行业起步较晚，面临技术性能指标有待提升、基础设施配套滞后、行业标准法律法规不完善，行业秩序未建立等诸多问题。

鉴于氢能缺乏国家层面顶层设计，定位和方向尚不完全明确，业内人士呼吁，将氢能产业提升为国家战略，明确氢能在能源体系中的定位，制定我国氢能发展规划，明确产业布局和发展路径，制定氢能基础设施建设规划，有序开展基础设施建设。

李连荣认为，推进氢能技术进步、推动我国氢能经济的健康有序发展，当前的重要任务是打造中国的氢能技术研发体系，形成中国的氢能产业链，催生中国氢能经济的规模发展。他建议，将氢能管理逐渐的从危化品中分离出来，纳入到能源体系进行管理，便于氢能应用，明确加氢站等审批流程，促进基础设施建设，加强氢安全技术研究，形成覆盖全产业链的标准体系。

中国石油化工股份有限公司新兴业务研究与规划专家邢璐对此表示认同。她指出，我国氢能产业链诸多环节和国际领先水平相比仍存在不同程度的差距，关键材料和核心技术尚未实现自主研发。例如，燃料电池核心的质子交换膜、铂催化剂、金属双极板基本依赖进口，大功率电堆尚未实现国产化；在车用氢燃料电池关键部件的衰减机制、储氢压力-材料-效率-成本平衡等基础研究方面仍然薄弱。

“氢能产业是一个系统工程，横跨能源、材料、装备制造等多个领域，能有效带动传统产业转型升级并催生新产业链，对促进经济新旧动能转换具有重要意义，需要立足全局，谋划长远。”邢璐说。（苏南）

## 十部委发文力促生物天然气产业发展

中国科学报 2019.12.23

**本报讯（记者李惠钰）**近日，国家发展改革委、国家能源局等十部委联合印发了《关于促进生物天然气产业化发展的指导意见》（下称《指导意见》），明确生物天然气发展方向和目标，并将生物天然气纳入国家能源体系，提出到2025年国内生物天然气年产量将超过100亿立方米，到2030年将超过200亿立方米。

12月19日，国家能源局新能源司相关负责人在答记者问时表示，目前，国内生物天然气技术已基本成熟，核心设备国产化进程稳步推进，原料预处理、发酵系统、提纯设备等技术加快国产化；大型专业化企业加快进入生物天然气项目，建设了一批试点项目，积累了工

业化开发和商业化运营经验。

为了推进产业发展,《指导意见》指出,生物天然气必须走工业化、商业化可持续发展道路,遵循市场规律,以企业为主体,发展新型工业。此外,要支持市场主体专门从事生物天然气咨询、研发、装备制造等,以及扩展生物天然气多元化应用领域,推进供气、供热、供冷、供电等集成化一体化经营,整合扩展有机肥、绿色食品、生态农业等产业链。

《指导意见》还提出了多项支持生物天然气发展的政策和措施,包括将生物天然气纳入促进天然气协调稳定发展工作方案、天然气产供销储工作方案,以及北方地区冬季清洁取暖规划方案。

上述负责人表示,为落实《指导意见》,国家能源局将加快组织编制生物天然气中长期规划或开发建设方案;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;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等。

## 《2020 中国能源化工产业发展报告》发布

中国科学报 2019.12.23

本报讯(记者计红梅)12月19日,《2020中国能源化工产业发展报告》在京发布。报告显示,“十三五”我国能源规划的主要目标有望实现,能源转型发展更为稳健务实;明年我国炼化行业将迎来新增产能全面释放、竞争白热化之年,行业淘汰和整合开始发力。

报告显示,2019年我国一次能源消费约47.9亿吨标准煤,增速为3.2%,比上年降低0.2个百分点,清洁能源转型推进有效,节能降耗减排再上台阶,油气增储上产成效显著,煤炭去产能任务提前完成,风电、光伏装机比重持续上升。

报告预计,2020年我国能源发展“十三五”规划中总量、结构和消费强度等目标均将基本实现,一次能源需求总量预计为49.3亿吨标煤。其中,煤炭需求约39.2亿吨标煤,占比约56.7%;非化石能源需求约7.4亿吨标煤,占比15.1%;能源消费强度约0.52吨标煤/万元(GDP按2015年不变价计),将比2015年降低16%。我国将以更加务实的姿态持续推进能源转型,优化能源结构。新能源产业也将由政策驱动转为市场驱动,能源行业进入高质量发展阶段。

2019年全球经济和贸易增速明显下行,石油需求仅增长90万桶/日,创2011年以来新低,而石油供应充裕,布伦特原油均价64美元/桶。2020年,大批新建炼厂投产和船用燃料低硫化将拉动世界石油需求增加110~120万桶/日,略好于2019年,但国际油市整体仍处于过剩周期中。报告综合判断,2020年国际油价运行中枢将较2019年小幅下移,全年布伦特油价均值在58~68美元/桶之间。

新一轮炼油扩能潮来袭,我国炼油行业将迎来变局时代。2020年,我国成品油批发零售将依次放开,成品油市场化改革进入攻坚期,新增产能的释放将使得国内竞争趋于白热

化。报告预计 2020 年我国成品油出口量将达 5900 万吨，或将成为亚太最大的出口国家。

报告特别指出，我国氢能产业将步入快速发展机遇期，但仍面临政策规划有待完善、技术有待突破和经济性有待提高等三方面挑战。报告认为，2035 年后碳减排压力将加大，可再生能源制氢、氢燃料电池系统成本大幅度下降，氢燃料汽车和加氢站在部分地区将会有较大增幅。石化企业在产氢、用氢、建设加氢站和研发方面都具有显著优势，在发展氢能产业上将大有可为。

## 光伏产品全年出口总额将超 200 亿美元

中国电力报 2019.12.16

中国电力新闻网讯 中国光伏行业协会数据显示，今年前 10 月，全国光伏产品出口总额达 177.4 亿美元，同比增长 32.3%，超过 2018 年全年出口总额。预计 2019 年全年出口总额将超过 200 亿美元。从产量看，今年前 10 月，多晶硅产量 27.6 万吨，同比增长 34.6%；硅片产量达 113.7 吉瓦，同比增长 46.1%；电池片总产量达到 93.3 吉瓦，同比增长 54.2%；组件产量达 83.9 吉瓦，同比增长 31.7%。

