

# 能量转换科技信息

广州能源研究所信息服务与编辑部 广东省新能源生产力促进中心  
中国科学院可再生能源重点实验室 中国科学院天然气水合物重点实验室  
广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室

第 3 期 2020 年 2 月

## 目 录

重点实验室动态--科研进展 .....	1
污泥水热液化工艺参数优化的研究进展 .....	1
介观尺度下甲烷水合物合成特性研究 .....	1
水合物封闭升温及降压分解气液迁移特性 .....	1
低温电子传输层对钙钛矿太阳能电池性能的影响 .....	2
三维管的阻力及流场特性研究 .....	2
溶剂分级木质素对 ABE 发酵液吸附分离性能 .....	2
总论 .....	3
阿联酋拟规模化发展可再生能源 .....	3
中英深化清洁技术创新研究合作 .....	3
生物多样性须为气候变化政策核心 .....	4
福岛计划大规模使用可再生能源 .....	4
热能、动力工程 .....	5
甲烷减排迫在眉睫 .....	5
“十四五”电力规划难在哪? .....	6
以标准引领储能产业规范健康发展 .....	7
数据中心能源系统改造要做好顶层设计 .....	9
退役电池应用助力 打破储能成本困局 .....	12
协同计算平台助力新能源消纳 .....	13
中国国储在俄项目取得新进展 .....	15
“可再生能源独立供电”获国家科技进步二等奖 .....	15
黄海前哨平山岛微电网开始试运行 .....	16
第三方储能系统集成要“火” .....	16
澳大利亚大火已排放二氧化碳约 4 亿吨 .....	18
2020 年全国电力供需将总体平衡 .....	18
全球首款半固态锂离子电池问世 .....	19
能源总量供需平稳 节能降耗效果显著 .....	19
地热能 .....	20
印尼地热电站投入商业运行 .....	20
河北石家庄科学开发地热资源 推进冬季清洁取暖 .....	21
中低温地热悬浮发电技术研究中心成立 .....	21
生物质能、环保工程 .....	22
生物质能供暖推广遇难题 .....	22
污泥掺烧 点泥成“金” .....	24



太阳能 .....	25
光伏制造端竞争呈现白热化 .....	25
河北沙河光伏项目并网发电 .....	26
巴西拟取消小型太阳能电站税负 .....	27
全球首套规模化太阳燃料合成示范项目试车成功 .....	27
海洋能、水能 .....	29
坚守创新“基因” “老”行业焕“新”生 .....	29
风能 .....	31
金风科技荣获 2019 年度国家技术发明二等奖 .....	31
核能 .....	32
中核集团核能累计发电量超 9690 亿度 .....	32
红沿河核电基地上网电量再创新高 .....	32
大国底气从“核”来——中国核工业创建六十五周年综述 .....	33
65 年，我国核工业从大国重器走向民生日常 .....	34

本快报是内部资料，请注意保存。信息均转载自其它媒体，转载目的在于传递更多信息，并不代表赞同其观点和对其真实性负责，版权归原作者所有。严禁将本快报用于任何商业或其他营利性用途。用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。

《能量转换科技信息》半月一期。希望你对我们的工作提出宝贵意见。联系方式：02087057486，zls@ms.giec.ac.cn。



## 重点实验室动态--科研进展

### 污泥水热液化工工艺参数优化的研究进展

宋艳培 庄修政 詹昊 阴秀丽 吴创之

**摘要:** 污泥年产量大、处理困难, 但因其含有较多的有机物以及较多的氮、磷等营养元素, 被认为是一种不可多得的资源。水热液化是针对污泥等高含水废弃物的一种处理手段, 其处理过程中各种化合物的形成取决于水热工艺参数。文中介绍了污泥的特点和处理现状, 总结了近年来国内外关于污泥水热液化处理的发展历程, 并重点综述了污泥水热液化处理的反应机理与影响因素, 包括原料参数、液化温度、停留时间、催化剂种类、催化剂用量、气氛条件等。最后, 对污泥水热液化处理制备生物油的研究前景进行了展望, 认为系统研究各类污泥组分水热液化过程的反应路径、提高生物油自身品质同时降低处理成本、寻找可替代的产物应用途径等是今后污泥水热液化处理的发展方向。

**基金:** 广东省自然科学基金 (2017B030308002); 广州市科技计划项目 (201803030006) 资助;

石油学报 (石油加工), 2020 年 01 期

### 介观尺度下甲烷水合物合成特性研究

赵小晨 赵建忠 高强 王亚东

**摘要:** 为研究介观尺度下甲烷水合物的生成速率及储气量等特性, 选用介孔分子筛 SBA-15 为多孔介质, 并添加热力学促进剂 THF、TBAB 和表面活性剂 SDS 以提高水合反应速率。水合物生成实验在定容恒温条件下进行, 压力选取 2.0 MPa 和 1.8 MPa, 温度选取 282.15 K 和 279.15 K。实验结果表明, 在添加剂的共同作用下, 介观尺度下水合物合成速率得到显著提高; 反应过程中温度波动较小, 最大为 0.6 K, 表明其具有良好的传热性; 在水合物储气量方面, 实验中最大储气量达到 45.826 mmol (10 mL 水), 降温、增压能够提高水合物储气量; 同时高压和低温能够有效地提高介观尺度下水合反应速率, 最高生成速率达到 2.335 mmol/min; 在促进水合物生成、提高水合物储气能力、加快水合物反应速率方面 THF 均优于 TBAB。

**基金:** 山西省基础研究计划项目 (201701D121135); 山西省重点研发计划项目 (国际科技合作) (201803D421100);

现代化工, 2020 年 03 期

### 水合物封闭升温及降压分解气液迁移特性

程传晓 李伦 胡深 田永嘉 吴学红 张军 齐天 郑季历 王凡 杨朋林 吕帅 宋亚文

**摘要:** 水合物分解过程产生的气液固迁移特性是影响水合物分解速率的关键要素。基于此, 搭建了一套可视化的水合物生长及分解特性研究实验系统, 通过该系统对封闭升温及降压分解过程中气液迁移特性进行了研究。实验结果表明, 水合物在封闭升温分解过程中的气液迁移主要是通过形成气体通道实现的; 同时, 水合物分解过程中的气液迁移会造成沉积物的体积膨胀, 在封闭升温分解过程中, 沉积物体积膨胀率随着分解次数的增加而增加, 三次分解膨胀率依次为 18.7%, 34.7% 和 45.4%。背压为 0.1 MPa 的降压分解中, 体积膨胀率为 64.7%, 温度迅速下降, 并伴随着冰的生成或水合物的再次生成阻碍分解, 但是降压依然加速了水合物的分解, 使得水合物的总分解速率相对于封闭升温分解提高了 20.5%。实验结果对水合物技术应用具有理论和数据支撑作用。

**基金:** 国家自然科学基金 (51606173、51606172、51622603); 中国科学院广州能源研究所天然气水

### 低温电子传输层对钙钛矿太阳能电池性能的影响

张彩峰 高文辉 邵志猛 张勇 郑露露 张华 翟光美

**摘要:** 在 TiO<sub>2</sub>, ZnO, SnO<sub>2</sub> 三种低温电子传输层上, 利用相同的钙钛矿薄膜沉积方法制备了钙钛矿太阳能电池, 直接比较了三种电池的性能优劣, 并从薄膜形貌、光学和电学性质等方面分析了造成性能差异的可能原因。结果表明: 基于 SnO<sub>2</sub> 的钙钛矿太阳能电池由于高的短路电流密度 (JSC=19.13 mA/cm<sup>2</sup>) 和填充因子 (Ff=72.69%), 具有最高的能量转换效率 (PCE=14.74%), 基于 TiO<sub>2</sub> 的电池次之 (11.94%), ZnO 基电池效率最低 (9.03%)。所制备的低温 SnO<sub>2</sub> 基钙钛矿太阳能电池与基于常规高温 TiO<sub>2</sub> 的钙钛矿电池具有相近的能量转化效率, 从而使低温 SnO<sub>2</sub> 电子传输材料在柔性、低成本钙钛矿电池领域展示出巨大的应用潜力。

**基金:** 国家自然科学基金资助项目 (61475110); 山西省青年科技研究基金项目 (201701D221079); 中国科学院可再生能源重点实验室项目 (Y807k31001);

太原理工大学学报, 2020 年 01 期

### 三维管的阻力及流场特性研究

莫逊 朱冬生 林成迪 邓伟力

**摘要:** 为了更好地应用该换热元件, 以适应烟气系统的严格阻力要求, 必须能够精确设计换热器的阻力。通过采用数值模拟分析三维管的管间距、烟气流速和流动模式分别对烟气换热器阻力的影响特性, 并根据所采集的模拟数据对光管的阻力理论计算公式进行拟合修正, 以适应三维管换热器的阻力计算, 给烟气换热器的工程应用提供设计依据。

化学工程, 2020 年 01 期

### 溶剂分级木质素对 ABE 发酵液吸附分离性能

王志英 杜静静 李浩 张昕宇

**摘要:** 运用溶剂分级的方法制备成本低廉、环境友好型木质素基吸附材料, 探究了其对于 ABE 发酵液的吸附分离性能。研究发现经丙酮溶解分级后的丙酮不溶木质素 (AIAL) 具有良好的吸附性能。吸附动力学实验表明 AIAL 的动态吸附过程在 40 min 可以达到平衡, 数据可用 Lagergren 拟一级动力学模型拟合; 等温吸附实验表明 AIAL 对于丁醇、丙酮和乙醇饱和吸附量分别为 198, 151.3 和 98.5 mg/g, 较分级前提升了 19.3%, 30.2% 和 53.2%, 数据可用 Langmuir-Freundlich 模型拟合; 模拟发酵液中的吸附实验表明丁醇、丙酮和乙醇之间竞争吸附作用较小; 脱附液中 ABE 质量浓度达到 90.75 g/L; 表征分析结果表明: AIAL 和丁醇、丙酮和乙醇容易形成  $\pi$  体系。

**基金:** 国家自然科学基金资助项目 (21808047); 河北省自然科学基金资助项目 (B2017202087); 河北省高等学校青年拔尖人才计划 (BJ201615); 广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室开放基金项目 (Y707s91001);

化学工程, 2020 年 01 期

## 总论

### 阿联酋拟规模化发展可再生能源

本报讯 阿联酋迪拜政府官方网站近日发布《2050 迪拜清洁能源战略》，提出将在 2050 年前投资 1634 亿美元发展可再生能源，以满足日益增长的能源需求，确保经济的可持续增长。

据了解，该战略的目标是，到 2020 年，使迪拜清洁能源发电量占总发电量的 7%；到 2030 年占 25%；到 2050 年占 75%。该战略包括五个重点：基础设施、立法、资金、建设能力和技能，以及环境友好型能源组合。

其中，基础设施包括 Mohammad bin Rashid Al Maktoum 太阳能园区等项目。据悉，该项目建成后有望成为世界上最大的太阳能项目。目前，在园区已完成的太阳能项目装机量为 713 兆瓦，预计项目总装机量将在今年超过 1000 兆瓦，到 2023 年将达到 2863 兆瓦。

仲蕊 中国能源报 2020-01-20

### 中英深化清洁技术创新研究合作

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

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

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

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

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

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

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

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

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

人认为，这个时间表还是不够快。”

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

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

中国能源报 2020-01-20

## 生物多样性须为气候变化政策核心

英国《自然·通讯》杂志在 14 日发表的一篇评论文章中指出，必须把生物多样性摆在气候变化政策的核心位置，否则将错过挽救百万物种，使之免于灭绝的最佳时机，并且妨碍我们对气候变化施以影响。

环境危机有两个彼此息息相关的要素：气候变化和生物多样性丧失。不过，公众、媒体和政治关注的主要焦点一直是全球变暖。然而，去年 5 月 6 日，生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（IPBES）的《全球评估报告》警告称，可能会有 100 万个物种在今后数十年里灭绝。

此次，包括英国肯特大学科学家查理·戈登纳在内的多名作者在评论中写道，气候危机和生物多样性危机不能拆开解决，因为减缓和适应气候变化需要完整的生态系统。

他们指出，必须遏制生态系统退化，否则可能有损生态系统在减缓与适应气候变化方面作出的贡献。以人工造林为例，评论文章认为，森林再生对增加碳汇的效果比使用非本地物种种植新人工林更好，并能在更大程度上提高生物多样性。

文章最后表示，保护生物多样性的行动应利用当前社会对环境问题的关注。“如果我们不这么做，可能会错过挽救 100 万个物种，使之免于灭绝的最佳机会，还会妨碍我们阻止气候加速崩溃的最坏局面。”

去年的《全球评估报告》发布后震惊世人，这份报告参考了 1.5 万份资料，有来自 50 个国家的 145 名专家参与其中，被认为抨击了人类在陆地、海洋、天空中对自然的破坏性影响。IPBES 主席罗伯特沃森认为，人类和其他物种赖以生存的生态系统的健康状况正在以前所未有的速度恶化，拯救地球需要“转型变革”。

此次的评论文章，并非作为研究论文而发表，但属于与科学研究及其衍生物相关的具有话题性、权威性的社论。

张梦然 科技日报 2020-01-15

## 福岛计划大规模使用可再生能源

本报讯 据日本媒体《日经亚洲评论》报道，福岛地方政府近日表示，该地区计划在 2040 年之前实现 100% 可再生能源供电。目前，这一比例为 40%。

根据规划，福岛地区将在 2024 年 3 月底前，以风能、太阳能、水力、地热能和生物质能相结合，在废弃农田和山区间陆续开发 11 座太阳能发电站和 10 座风力发电厂，并在福岛县内新建电网，将产生的电力与东京电力公司的输电网络连接。

日本可持续能源政策研究所的数据显示，2018 年，日本可再生能源的占比为 17.4%，远低于欧洲国家。日本政府的目标是，到 2030 年将这一比例提高到 22%—24%。

虽然近期日本政府曾表示，核能是可以帮助日本实现减排目标，并降低对进口油气的依赖，但新上任的环境大臣却一直呼吁废弃核反应堆，以防止福岛灾难的重演。

仲蕊 中国能源报 2020-01-20

## 热能、动力工程

### 甲烷减排迫在眉睫

甲烷对于近期气候变化的贡献占比达到 1/4。因为有了甲烷的泄漏问题，用天然气代替燃煤带来的二氧化碳减排成效大大打折，甚至归零。

“有评估认为，甲烷对于近期气候变化的贡献占比达到 1/4，所以未来要实现全球 1.5°C 的温升控制目标，从现在开始必须大幅度削减甲烷排放。”近日在北京举办的“中国甲烷论坛”上，清华大学气候变化与可持续发展研究院学术委员会主任何建坤表示。

甲烷作为仅次于二氧化碳的全球第二大温室气体，其排放问题正日益引起各国关注。本次论坛汇聚了来自 150 多个国内外政府、大学、科研、企业和 NGO 等相关部门、机构的行业专家，共议甲烷的控制与利用，并针对我国当前甲烷排放状况，建言献策。

温室效应是二氧化碳的 120 倍

“大气中每千克甲烷的气候暖化效应是每千克二氧化碳暖化效应的 120 倍。虽然随着排放时间的增长，它会在大气中发生反应产生二氧化碳，但即使在排放 20 年后，每千克甲烷的暖化效应仍是二氧化碳的 84 倍，100 年后仍是二氧化碳的 28 倍。因此，它在短期之内是非常强势的温室气体，需要我们给予极大的关注。”美国工程院院士 David T·Allen 在论坛上指出。

据介绍，当前大气中甲烷的主要来源包括自然排放和人为排放，其中人为的甲烷排放占据了 60%，比如垃圾处理以及煤、石油、天然气等的生产和运输。

在与会专家普遍看来，能源行业煤炭开采和石油、天然气的生产、运输是最重要的人为甲烷排放源。根据国际能源署（IEA）近日发布的《世界能源展望 2019》，2018 年全球煤矿甲烷泄漏量达 4000 万吨，油气行业甲烷泄漏量达 8000 万吨，按照 20 年全球增温潜势计算，能源行业甲烷排放相当于 100 多亿吨二氧化碳当量。

“我们使用天然气和燃煤发电时，其实他们排放二氧化碳的量是相差一半的，但是要考虑到电厂的排放并不是天然气排放的全部，需要关注每个环节产生的甲烷或者二氧化碳的量。”David T·Allen 说，“因为有了甲烷的泄漏问题，我们用天然气代替燃煤带来的二氧化碳减排的贡献大大打折，甚至说几乎没有。”

甲烷回收利用率低

事实上，在全球能源转型的大背景下，我国的甲烷控制体系正在建立之中，一些有远见的企业已经开始了甲烷减排行动。

2014 年 9 月，中石油与国际其他 9 家大型的油气行业巨头联合起来，成立了油气行业气候倡议组织（OGCI），率先开展了甲烷减排行动，并承诺到 2025 年将油气供应链上游的甲烷排放强度减少至 0.25%。中石化从 2011 年就把绿色低碳发展作为发展战略之一，在温室气体减排、甲烷减排这方面也做了大量的工作。煤炭大省山西也启动了采掘行业甲烷控排合作机制的研究项目。

但就目前来看，我国能源行业甲烷回收利用率并不高。

“我国煤矿一年释放的瓦斯量在 500 亿方，煤矿瓦斯一年抽采的量只有 180 亿方，相当于有 300 多亿方瓦斯被排掉了，这部分瓦斯浓度特低，低于 0.75%，所以利用起来非常困难。”安徽理工大学教授薛生表示。

据介绍，我国煤矿瓦斯甲烷浓度超过 80% 的只有 1%，浓度在 30%—80% 的占了 5%，浓度在 10%—30% 的占比 10%，浓度低于 1% 的占比达 80%。“这给我们利用带来巨大的挑战，若能将 0—10% 浓度的瓦斯利用起来，经济价值会很大。无论从国家能源战略角度考虑，还是从环境污染，都应该引起高度重视。”薛生说。

至于油气领域，在中国石油天然气集团质量安全环保部副总经理周爱国看来，不同石油公司的

甲烷排放强度（单位油气当量的甲烷排放量）差别较大，其中欧美公司处于较为先进的水平，我国油气行业甲烷泄漏率处于中等水平，约在 0.4%—0.6%之间。

#### 减排市场潜力巨大

“随着国际社会对甲烷气候影响认识的提升，越来越多的国际组织、国家和企业参与到了甲烷的减排控制当中。”国务院国有资产监督管理委员会监事会主席赵华林表示，“甲烷减排既可以带来气候和环境的效益，又可以产生经济效益。国际能源署的研究有一个振奋人心的数据，油气行业 50% 的甲烷减排是零成本，因此未来甲烷的控制与减排，包括甲烷的监测、控制、利用技术，将形成一个具有很大潜力的新兴的环保市场。”

David T·Allen 则表示，在确定如何减排之前，最关键的是首先应确认哪些排放源是大的排放源，这就需要对甲烷进行持续的排放监测。“尤其是针对那些我们没有预计到的排放源，我们希望能够通过比如传感器、卫星等监测技术，尽快找到排放源，减少排放。”

生态环境部应对气候变化司司长李高指出，“十四五”将是我国控制温室气体排放的关键期。“我们将进一步加强包括甲烷在内的非二氧化碳温室气体排放控制，包括修订煤层气、煤矿瓦斯的排放标准，强化标准执行，同时加强污水处理和垃圾填埋的甲烷排放控制和回收利用，并进一步修订温室气体资源减排机制资源管理办法，更好地利用市场机制进一步推动甲烷的减排工作。”

“还要积极地推动甲烷减排相关的气候投融资的工作，推动更多资金投向这个领域。例如，与地方行业、企业开展甲烷排放控制的合作，包括建立一些示范项目和示范工程，来推动甲烷的控制和利用，同时推动相关的技术、装备、产业的发展，实现减少温室气体排放、能源资源化利用和污染物协同控制等多种效应。”李高补充说。

本报记者 李玲 中国能源报 2020-01-20

## “十四五”电力规划难在哪？

经过多年持续快速发展，能源系统、电力系统取得了巨大成就，但也积累了很多问题，“十四五”期间需要把大量精力放到系统优化上，在对存量系统优化的基础上考虑增量发展。

2020 年是制定电力发展“十四五”规划的关键一年，目前“十四五”能源分领域规划已经呈现诸多新变化。一个最大的变化是，国家层面不再单独做水电、风电、光电的专项规划。1 月 6 日，国家能源局召开的“十四五”电力规划工作启动会议提出，电力发展“十四五”规划要注重提升电力安全保障能力，推进电力供给侧结构性改革，注重提升电力系统整体效率，推动电力绿色转型升级。

#### 环境复杂，规划难度加大

当前已处于“十四五”规划研究或者编制最重要的时期，“十四五”电力规划的编制方法肯定不能照搬以往。“很大一部分精力需要放到如何研究规划本身，比如，哪些是强制性，哪些是引导性，哪些根本不需要做，哪些一定要强化。”中国电力企业联合会专职副理事长王志轩表示。

“涉及电力的约束条件甚多，物理约束有电力平衡、调峰平衡、电量平衡，资源约束有风电和水电等技术可开发量、核电和抽蓄的站址资源等，均需合理研究。”有知情人士向记者透露。

以前电力规划主要面对的是如何解决我国电力短缺问题，无论是电力规划、电网规划、煤电规划，还是水电规划，主要都是围绕资源配置、电网安全、缓解电力供需矛盾来进行。近年来，我国解决了电力长期短缺的问题，但是现在面临的电力工业问题比过去更加复杂。

“仅根据过去的经验方法做电力规划，肯定行不通了。”王志轩认为，规划需要适应新时代电力工业性质拓展、电力系统形态的变化。

目前，我国面临的环境十分复杂，电改进入深水区、低碳发展、常规污染物控制等，都直接影响到“十四五”电力规划的制定，这些问题均需要在“十四五”电力规划中予以考虑。“例如，如何在规划中具体落实我国在《巴黎协定》中向国际社会作出的承诺？还有，与电力体制改革 9 号文件颁布时相比，时代背景和电力发展的情况也发生了较大变化，一些改革措施也应与时俱进，在规划中也

应有所体现。”王志轩表示。

新形势下需要新思维

回顾电力规划缺失的 10 年，正是电源与电网脱节建设的 10 年。特别是“十二五”期间，由于没有出台电力综合规划（包括电网规划），电力发展规划与财政政策等存在严重的不统筹。那么，如何避免电力规划缺失造成的不协调？怎么规划“十四五”电力发展？电网发展趋势又是什么？

从 2019 年底开始，国网自身定位已经转变为输电服务供应商。

在华南理工大学电力学院教授陈皓勇看来，“十四五”时期特高压输电线路的建设可能放缓。他向记者表示，特别是特高压交流从输电工程的角度看必要性不大。“那只是电网权力延伸的结果，输电线路铺设到哪儿，电网公司的权力就延伸到哪儿。”

在新问题新形势下，电网规划已无法按原来思维方式去研究。“以浙江为例，‘十四五’规划有两个特征，第一是紧平衡的规划，第二是不确定性的规划。为什么是不确定性规划？浙江资源匮乏，有潮流的不确定性、有电力市场发展带来的不确定性，面对不确定性要转变规划思路，以前的规划是按需定购，需要多少保证供应多少，‘十四五’浙江电力规划需要转向双侧互动。”国网浙江省电力有限公司经济技术研究院副院长陈飞在日前表示。

规划核心是系统优化

“十四五”电力规划不仅要考虑供需平衡，更需要考虑电力工业性质的拓展、电力转型方向、电力系统形态变化、能源输送转化变化等一系列问题。

随着新能源发电大规模的建设，电力供给和能源侧之间关系日渐模糊，电力需求随着储能发展和电力供给交叉，分布式能源建设使电力需求和能源供给侧交叉，这些变化均是“十四五”电力规划需要研究的。

“我认为，‘十四五’的核心是能源系统优化。”王志轩表示，经过多年的持续快速发展，能源系统、电力系统取得了巨大成就，但也积累了很多问题，“十四五”期间可能需要把大量精力放到系统优化上，在对存量系统优化的基础上考虑增量发展。

“以电力规划为核心的多规合一势在必行。”国网青海清洁能源发展研究院副院长李红霞对记者表示，只有把不确定性的边界条件尽可能统一，规划才有实际指导意义。“‘十四五’电力目标的多样性，供需平衡的挑战性，都亟待‘十四五’规划得到解决。”

本报记者 苏南 中国能源报 2020-01-20

## 以标准引领储能产业规范健康发展

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

据了解，我国目前已建成除抽水蓄能以外各类储能项目数百个，已发布储能技术相关国家标准近 35 项、行业标准 9 项、企业标准 14 项，团体标准若干项。储能产业作为新兴产业，国际国内储能标准化管理机制、组织体系、标准体系都有待完善，在电化学储能技术统一规范、行政审批流程、并网调度规则、产品检测认证等方面仍无明确标准，储能系统运输、安装、调试、运维方面的安全性标准尚不成熟。另外，对储能消防要求、环保、社会经济效益等方面的评价标准仍是空白。因此，《方案》的实施，将有助于加强我国储能标准化工作，促进储能技术与产业的健康发展。同时，也将对推动储能领域国际标准化工作发挥良好的作用。

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

标准是推动行业健康发展的引擎

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

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

《方案》有利于加强储能标准

顶层设计与统筹协调

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

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

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

《方案》实施将推动储能标准化

示范项目的落地

标准引领、示范先行。《方案》将“推动储能标准化示范”作为重点任务之一。

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

《方案》实施将促进储能标准国际化

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

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

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

标准建设相关建议

除了继续完善储能本体技术标准以外，建议完善或建立以下标准：

- (1) 储能电站建设标准，包括储能电站建设、验收和运行维护过程中，涉及到的关键标准。
- (2) 储能电站安全评价及消防标准，包括电池本体、电气、运输、规划、设计、运维、安装、消防等方面的系统化安全标准和验收规范。
- (3) 储能电站环保要求标准，包括储能电池退役、回收、梯次利用相关的环保标准。

(4) IEC 标准的等同转化，降低编制标准的难度和加速储能系统标准体系建设。

(5) 其他子系统技术要求，包括通风系统和冷却系统、状态监控和控制系统、气体监控系统、储能系统的结构等。

(6) 储能电站全生命周期效益评估标准。

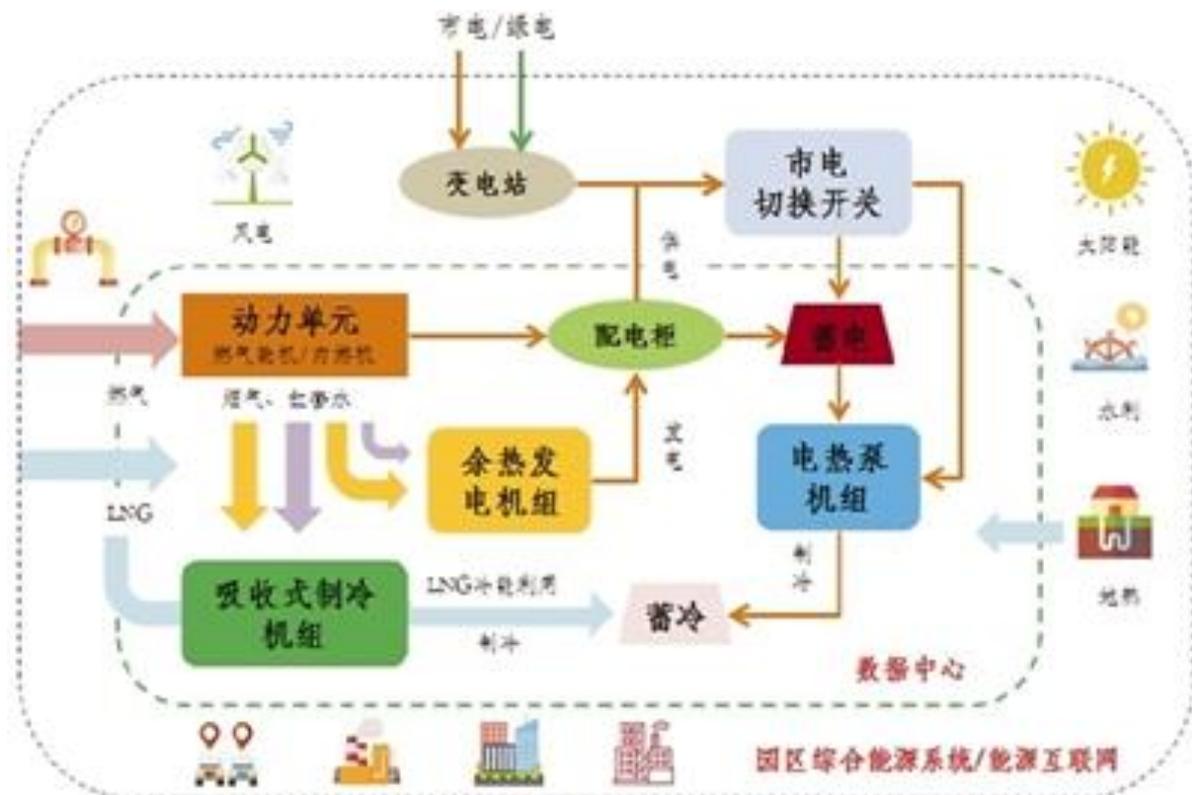
储能能在能源革命和能源转型的过程中，以及在下一个低碳化的纪元中，将扮演越来越重要的角色。

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

(作者供职于中国化学与物理电源行业协会储能应用分会)

刘勇 陈永翀 中国能源报 2020-01-20

## 数据中心能源系统改造要做好顶层设计



基于天然气联供的数据中心综合能源系统供能示意

### 核心阅读

数据中心在支撑“云大物移智链”技术改造能源系统的同时，全年保持不间断运行，其能耗强度极高。在燃煤发电供应模式下，数据中心的高速发展导致能源极大消耗，增加数据中心运行成本的同时，也产生大量污染物。因此，数字经济下，数据中心的能源供应优化方案将成为焦点。一方面要降低负荷侧数据中心本身能耗，另一方面要多使用绿电。在夏热冬暖、经济发达地区，天然气分布式能源更加适用于数字中心。同时，对于数据中心能源供应的顶层设计，应发挥好综合能源系统的潜力。

“云大物移智链”趋势下的数据中心能耗将快速增长

2019年10月24日，中共中央政治局针对区块链技术发展现状和趋势进行了集体学习，并肯定了区块链技术在经济发展和产业创新中的重要地位。事实上，区块链同“云大物移智”、5G技术一并，将与实体经济不断深度融合，是建设网络强国、数字中国、智慧社会，发展数字经济、共享经济，培育新增长点、形成新动能的重要支撑。而借助“去中心化”和“分布式账本”的理念，区块链能够被各行各业应用于解决“数字经济”下数据管理与交易的诚信问题，将助推“数字经济”的快速健康发展。

而“云大物移智链”技术在金融、物流、能源、交通、公益、教育、版权和保险等行业的广泛应用，也存在诸如存储空间有限、处理数据量剧增导致能耗升高等问题。数据中心作为“云大物移智链”技术的主要运营载体，是数字经济发展的关键基础设施，其在存放海量数据的同时，也为网络计算提供必要的管理与计算。

数据中心在支撑“云大物移智链”技术改造能源系统的同时，全年保持不间断运行，其能耗强度很高。作为能源行业解决方案从业者，除了关注区块链对能源系统的改造外，也需要从能源消费与供应视角关注区块链能耗需求的发展趋势，以及何种能源系统可支撑数据中心因应用区块链而带来的能源消耗。

近十年来，在数字化浪潮下，数字经济的发展对超大规模数据中心、高性能计算和存储、高速无损网络等技术的研发，提出了更高要求，数据中心的数量和能耗也持续快速增长。《全国数据中心应用发展指引 2018》显示，截至 2017 年底，我国在用数据中心的机架总规模达 166 万架，比 2016 年增长了 33.4%。超大型数据中心共计 36 个，机架规模达到 28.3 万架；大型数据中心共计 166 个，机架规模达到 54.5 万架；《点亮绿色云端：中国数据中心能耗与可再生能源使用潜力研究》显示，2018 年我国数据中心总用电量约 160 TWh，比上海市 2018 年全社会用电量还多，已占我国全社会用电量的 2.4%。

作为比特币的底层技术，去中心化、分布式账本的区块链被很多人认为是打破信息孤岛、降低数据管理成本，进而改变商业生态的未来技术。随着信息系统冗余度的增加，数据中心的存储和交易量也将随之增长，相应的能耗将不断提高。据统计，区块链 1.0 的比特币模式，单个交易数据量虽仅为 250b，单次存储、交易能耗却高达 652 kWh。据预测，2023 年我国产生的数据量或达 10ZB，假设部分数据要应用“区块链技术”上链存储与交易，粗略估计，如前述 1/220 比例的数据量通过数据指纹的形式上链，那么，2023 年中国区块链技术的应用将新增能耗约 536 TWh，将占到 2023 年我国电力预测消费的 5.8%，是届时区块链技术未实现规模应用下的数据中心预测能耗的 2 倍左右，此时数据中心的总能耗将占到 2023 年全社会电力消费的 8.8%。实际上，2010 年，信息通讯技术领域消耗的能源已经占据了德国总能耗的 11%。总的来说，作为发展中国家，我国正处于“互联网+”带动的数字经济加速发展期，特别是区块链的应用，我国数据中心的能耗问题也必将越来越突出。因此，需要重视数据中心的能耗问题，寻找合理的低成本、可持续的数据中心能源供应解决方案。

#### 现有数据中心能源供应与消费存优化空间

数据中心一般由所在地电网或专用的发电设施提供电能，且多基于燃煤发电模式。电能主要用于 IT 系统及设备、空调散热系统、照明设备等三个部分。据《全国数据中心应用发展指引 2018》报告，全国在用超大型数据中心平均 PUE 为 1.63，大型数据中心平均 PUE 为 1.54。传统的数据中心有四大用能特征。一是能耗强度高。数据中心机架的额定负荷在 2 kW 到 8 kW 之间，一个大型数据中心的机架数量可达 3000 个以上。数据机房单位面积能耗约为 800-1000 W/m<sup>2</sup>，能耗成本也是数据中心运行成本的主要部分；二是冷负荷需求较大。机架主机消耗的电能 95%以上变成了热能，加上其它建筑冷负荷，为了保障主机的安全运行，需要大量的冷能来维持数据中心的恒温恒湿环境，数据中心的热（冷）电比往往在 1 左右，甚至大于 1；三是供能可靠性要求高。数据中心几乎需要全年不间断运行，对电能、冷能供应的安全性要求极高，一般需要 2 路以上市电供应以及大量不间断电源做备用；四是用能负荷及热电比稳定。数据中心能量一般用于较为恒定的计算量及空调系统，表现出全年及典型日较为稳定的负荷特征，同时空调冷负荷能耗与其他电力的能耗之比恒定。

在燃煤发电供应模式下，数据中心的高速发展导致能源极大消耗，增加数据中心运行成本的同

时,也产生大量污染物。如,2018年全国数据中心使用火电约为117TWh,造成SO<sub>2</sub>排放23436吨,NO<sub>x</sub>22264吨,CO<sub>2</sub>29855万吨。因此,数据中心的能源供应优化方案成为焦点。一方面要降低负荷侧数据中心本身能耗。包括采用更节能的机架、服务器及机组运行策略和配电系统,空调散热系统能耗的优化,自然或免费冷源的使用。另一方面要多使用源侧清洁、绿色的电力。我国贵州“数字经济”近几年的快速发展,也离不开其“凉爽、多水”的生态环境和能源资源优势,给数据中心的布置创造了天然的优良条件。原因之一是贵州全年气温适中,夏季较为凉爽,喀斯特地貌丰富,可以降低数据中心的空调能耗和成本;原因之二是丰富的水力资源以及较低的水电成本,降低了数据中心的耗电成本,为大数据及其相关企业的发展降低了运营成本。而对于在北方需要供暖的地区,可采取直接或间接的方式对数据中心的余热进行回收利用。

天然气适用于为夏热冬暖、经济发达地区数据中心供电

位于夏热冬暖地区的广东省,是我国未来城市发展、数字经济发展的先行区,社会发展程度高,能源需求大且能源资源禀赋不足。但相对于贵州,广东省,特别是粤港澳大湾区的大数据产业则没有上述“凉爽、多水”和“低成本绿电”的比较优势,且粤港澳大湾区地处夏热冬暖地区,能源供给对外依存度极高。这会导致数据中心的空调负荷、PUE值、运营电力成本都较高。同时,不同于贵州,粤港澳大湾区经济发展指数高、城市化发展程度高,数据中心周边也存在大量的工业、办公及居民用能负荷刚需。同时此类经济发达地区往往也是“数字经济”规模比较靠前的区域。如继续按照原有数据中心市电供应方式,粤港澳大湾区数据中心的电力供应将会越来越紧张。

进而,构建匹配夏热冬暖负荷特性、计及数据中心用能特征的园区能源供应系统,也将成为粤港澳大湾区高质量可持续发展的基础保障。综合能源系统就是通过能源的梯级利用、综合利用、耦合互补和互联互通等方式,实现区域用户能量的高效、清洁、经济和可靠供应。从综合能源系统效率来讲,天然气分布式能源系统效率高,特别适合热电比稳定且适中的数据中心的负荷特征。进而,应结合当地资源优势,因地制宜,构建基于天然气分布式能源系统、匹配资源和负荷特征的数据中心综合能源系统。相较于传统的电力分供系统,构建的数据中心综合能源系统具备七大特点:

一是系统就近布置,采用天然气发电,余电可上网,是电力供应紧张、电网容量不足区域新建用电强度极高数据中心的优选方案;二是系统分布式就近布置,可孤网运行,能源供应可靠性高,可提高数据中心能源供应抗风险能力,符合数据中心用能的可靠性要求;三是能量梯级利用,既发电又供冷,且系统输出热电比与数据中心负荷热电比较匹配,供需之间损失小,系统综合能源利用效率可达70%以上,符合区域发展的高效原则;四是系统运行清洁环保,天然气分布式能源系统的年碳排放以及污染物较煤电分供排放低,符合区域清洁发展的环保倡议;五是与煤电以及绿电分供系统相比,天然气分布式能源系统投资虽高,但年运行费用低,保证了有效的投资回报率,降低了数据中心的运行成本,具备经济可行性;六是系统运行灵活,可作为电网的调峰电源,并可设置储冷、储电等单元,结合当地分时、梯级电价以及天然气成本进行灵活运行;七是具备良好的扩展互动功能,可与周边用能单元集成,共筑能源互联网生态,实现区域能源参与者的友好互动、多方共赢。

因此,如下图所示,当地数据中心能源系统基于天然气分布式能源系统,并引入原动机烟气余热回收有机朗肯热功循环和低品位热能利用的地源热泵系统,与电网供电和电压缩制冷相结合,构建天然气多能互补冷热电综合能源系统,将有力支撑数据中心及其周边区域的冷、热、电需求,保证综合能源系统较好的能量、经济、环境和社会效益。

用综合能源系统做好数据中心能源供应“顶层设计”

实际上,虽然我国天然气大量依靠进口,但就国际天然气市场来看,天然气的资源端和供应端都是宽松的。自2016年以来,国家发布了相关政策鼓励天然气分布式能源在数据中心的应用。如,上海腾讯青浦数据中心的天然气分布式能源系统的供电量占整个数据中心供电量的39%,制冷量占到30%。但由于气价波动、气源供应、运行设计以及系统性规划的缺乏,以及对天然气分布式能源系统性能评价认识的不足,部分项目实际运行的效益也受到了一些争议,面临着气价波动、规划不

合理导致设备利用率和系统经济效益低的问题。

因此，在数据中心规划前期，有必要统筹规划，因地制宜，基于天然气分布式能源及绿色电力供应，打造天然气与绿色电力的多能互补综合能源系统，做好数据中心能源供应的“顶层规划”，才能有助于数据中心的高效、绿色、经济和可靠运行。将分布式能源系统提前纳入园区基础设施一体化建设规划，同时能源服务企业提前介入，有利于提升园区专业化高质量全生命周期的能源服务，提升园区环境品质 and 用户舒适度同时，对招商引资具促进作用。基于天然气分布式能源，打造面向数据中心及其园区的多能互补综合能源系统的“顶层设计”。

在规划前期，做好相似负荷特征数据中心用能系统的案例调研，结合区域发展总规及控规（天然气管网、LNG 门站和电网规划、绿电发展规划），从能的“量”和“质”视角，做好数据中心内部余热资源及其周边负荷特征、资源品质以及时空分布的辨识。在概念阶段，结合天然气分布式能源系统、余热回收系统、多能互补综合能源系统及能源互联网的基本特征，基于网络耦合及启发式方法，统筹冷、热、电、气等能源供应设备的转化特性，架构满足计及数据中心及其周边能源负荷需求的能源供应拓扑。

在综合规划方面，确定数据中心用能的边界及约束条件。考虑灰色模型及能源价格，制定系统运行策略，基于能源枢纽规划方法，进行计及数据中心的综合能源系统的系统配置（容量及数量）、能量-经济-环境的多属性综合评价与比选，避免设备利用率低的问题。在场景刻画上，基于业主、政府、社会等多用户需求，基于区域供能短、中、长期规划及情景分析，设计考虑运营环境及用户感受的供能价格体制，刻画计及数据中心的多能互补综合能源系统物理层、信息层和应用层的技术场景、建设模式和服务模式。

（作者均供职于清华大学能源互联网创新研究院）

王永真 高峰 张靖 中国能源报 2020-01-20

## 退役电池应用助力 打破储能成本困局

伴随最早一批新能源汽车进入淘汰周期，动力电池“退役潮”正迎面袭来。据中国汽车技术研究中心测算，今年国内约有 20 万吨电池面临退役，到 2025 年，退役电池预计达到 78 万吨。

日前，工信部发布《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范条件（2019 年本）》（以下简称“《规范条件》”）和《新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用行业规范公告管理暂行办法（2019 年本）》（以下简称“《办法》”）。业内人士认为，上述政策将进一步规范动力电池回收产业，助力通过动力电池梯次利用降低储能成本，从而推动储能的商业化应用。

### 政策护航退役动力电池市场

据业内预计，我国动力电池退役市场规模超过 100 万亿元，但尴尬的是，市场参与者普遍面临盈利难题，甚至一些头部企业也难以盈利。

“目前，规模化的市场参与主体至少有二、三十家，头部企业有六家。从产能上看，就算 2018 年流入终端市场的锂电全部报废，都无法满足六家头部企业的产能需要。更何况，大量的退役电池流入了‘小作坊’。”一位动力电池产业相关人士透露。

据了解，目前，半数的退役动力电池被各种“小作坊”以高于正规企业的价格收购。“小作坊”回收三元锂电池，报价为 15000 元/吨，即使贵金属含量较少、价值较低的磷酸铁锂电池，报价也高达 12000 元/吨。而多家券商给出的电池回收企业成本显示，正规企业回收退役动力电池的价格约为 10000 元/吨，甚至更低。

众所周知，动力电池含有大量对人体和环境的有害成分。国家新能源汽车技术创新工程项目专家组组长王秉刚表示，如今，大规模的动力电池退役潮近在眼前，废旧动力电池每年将呈几何级数增长，如果回收处置不当，可能酿成一场灾难。

业内人士透露，“小作坊”为了节省成本，通常采用手工拆解的原始方式，不仅损害从业人员的身

体健康，甚至会产生爆炸的风险。

在此背景下出台的新版《规范条件》和《办法》，被认为是提升了行业参与者的“门槛”。与 2016 年版本相比，新版《规范条件》明确“鼓励具备基础的新能源汽车生产企业及动力蓄电池生产企业参与新建综合利用项目；新版《办法》则明确了申请进入“白名单”的回收企业经营范围必须涵盖新能源汽车废旧动力蓄电池综合利用相关业务。这将加速“小作坊们”退出市场。

煦达新能源总经理李剑铎表示：“新政策扩大了电池回收行业的业务范围，这将有助于实现盈利。”

善用退役电池打破储能经济性困局

当前，储能已经成为了新能源产业发展的下一个风口，决定着新能源产业的未来发展高度。但是，成本过高制约了储能发展。

BNEF 最新数据显示，2019 年，在全球市场，一个安装 4 小时电站级储能系统的成本约为 300-446 美元/kWh；户用储能系统成本约为 721 美元/kWh。在国内，电化学储能目前度电成本大致在 0.6-0.9 元/kWh，距离规模应用的目标成本 0.3-0.4 元/kWh，仍有相当差距。

造成储能成本居高不下的一个主要原因是，锂电池成本偏高，导致整个项目的投资回报达不到储能投资的要求。

对此，李剑铎认为，2014、2015 年的新能源汽车电池将要面临退役，那么如何拆解利用，就成为了一个社会问题。

“储能用户侧如果使用退役锂电池，最大的优势是储能成本会降低，这既解决了传统储能系统成本过高的问题，又解决了新能源汽车动力电池大批量退役后资源浪费的问题，有利于破解储能的经济性困局。”李剑铎说。

退役电池储能还需政策支持

业内认为，想通过对退役锂电池高效率低成本的梯次利用，实现降低储能成本，还需要新能源技术和储能技术继续精进。

当前，储能的多条技术路线齐头并进，其中，电化学电池技术中固态半固态锂电池、钠系电池、液流电池发展迅速。

中电联专职副理事长王志轩认为，在电化学储能的众多技术产品中，没有哪一种技术能够完全符合循环寿命长、可规模化、安全性高、经济性好和能效高等五项储能关键应用指标。同时，由于储能的技术发展尚未进入一个相对稳定的状态，多种储能技术各有优劣，无法互相取代。

不过，在业内看来，有朝一日，一旦储能技术完全成熟，成本临界点突破，产业的发展有可能会实现巨大飞跃。而将退役动力电池应用于储能，会有助于这一天早日到来。

李剑铎表示，实现退役动力电池的储能应用，还需要在政策层面对储能企业“开绿灯”。“储能企业需要政策的支持，减少对储能企业的束缚，使储能产业真正实现有序健康发展。”

韩逸飞 中国能源报 2020-01-20

## 协同计算平台助力新能源消纳

由于影响新能源消纳的因素众多，各因素之间又互相影响，而大数据的核心价值就在于揭示事物之间相关性，利用大数据挖掘可以有效量化各影响因素之间关联关系。协同计算平台可在现有基础上，结合电网调度运行需求不断优化分析计算模型，满足未来分布式电源、储能、需求侧响应的大规模发展需要。

“2020 年是泛在电力物联网建设的攻坚年，要继续以新能源消纳、电网质效提升、多元要素互联共享、互联网运营为主线，持续加大电网关键装备、大电网运行控制、5G、人工智能等两网融合核心技术攻关。”近日，在国网能源互联网技术研究院行动计划研讨会上，中国电力科学研究院总经理、国网能源互联网技术研究院院长王继业指出。这表明，新能源消纳同样是泛在电力物联网应用的重要方向。

进入“十三五”以来，我国新能源装机持续快速发展，但也面临着区域发展不均衡等问题。为准确地贯彻执行新能源优先调度，提前评估电力系统新能源消纳能力，准确定位消纳瓶颈，中国电力科学研究院研发了新能源消纳能力协同计算平台（以下简称“协同计算平台”），旨在分析新能源发电对电网运行影响、优化运行方式和新能源装机时序，为电网调度运行和政府出台相关政策提供科学依据。

装机增长叠加消费放缓 新能源消纳仍面临较大压力

数据显示，截至 2019 年底，我国风电、光伏发电并网装机容量突破 4.1 亿千瓦，占电源总装机的比例超过 21%。风电与光伏总装机容量超过 1000 万千瓦的省份已占到全国的一半以上。

“我国新能源发展速度非常快，由于缺乏科学的新能源消纳能力分析评估手段，难以量化分析已有的电网运行方式对新能源消纳产生的影响，难以对并网时序、电网检修、常规电源运行等环节进行优化，影响新能源消纳水平的进一步提升。”中国电力科学研究院首席专家刘纯表示。

以新疆为例，作为西北地区典型的新能源资源大省，国内重要的能源供应和储备基地，风能、太阳能储量丰富。但由于新能源装机连续数年出现“井喷式”增长，本地电力消纳市场有限，新疆成为弃风弃光重灾区，新能源企业遭受大面积亏损，成为社会各方关注的焦点。

依托数据平台 深化运行消纳分析

2020 年是实现《清洁能源消纳行动计划（2018-2020）》目标的“收官之年”，同时也将迎来新能源“平价时代”到来前的“抢装潮”。在新能源装机占比进一步提升、用电增长持续放缓的大背景下，如何保持新能源高质量发展成为业界关注的话题。

针对新能源消纳难题，中国电力科学研究院研发的协同计算平台，基于新能源时序生产模拟仿真模型，可实现新能源出力序列随机模拟、新能源消纳能力时序生产模拟和案例批量计算等功能，可用于分析新能源并网对电网运行的影响、新能源优化布局开发等问题。协同计算平台还通过国家电网调度数据网信息管理大区泛在互连，实现国-分-省（国家电力调度中心-调控分中心-各省电力调控中心）数据共享、数据远程同步管理以及计算结果远程校验。

“协同计算平台已成功应用到国家电网公司国调中心、华北分中心、东北分中心、西北分中心，山西、吉林、蒙东、青海、宁夏、湖南等 19 个省级电网，可较为准确地评估新能源消纳能力，有效助力调度部门优化运行方式。”中国电力科学研究院新能源研究中心调度室主任黄越辉介绍，目前，协同计算平台的底层系统——新能源生产模拟系统，已通过中国电力企业联合会组织的产品鉴定，认为新能源生产模拟系统中风电/光伏发电时间序列建模、时序生产模拟方面达到国际领先水平。

国家电力调度控制中心水新处相关负责人表示：“通过新能源消纳能力协同计算平台的统一建设，首次实现各省新能源消纳情况回溯及对未来 2-3 年新能源消纳情况的测算，有利于准确分析各省新能源消纳瓶颈，对症下药。此外，协同计算平台中‘国-分-省’三级协同互联消纳能力计算管理模式，可以实现硬件分布式部署、任务分层级实时下达、数据及计算结果统一管理，兼顾流程规范性与计算效率，精准挖掘提升新能源消纳水平的各项措施，有效助力电网优化运行。”

技术引领 为新能源发展提供科学规划

目前，在国家电力调度控制中心的组织下，中国电力科学研究院与各省省级电网调度运行人员一起，利用协同计算平台开展新能源消纳能力量化分析计算，指明新能源消纳能力提升的具体努力方向。

“利用协同计算平台对重点地区的新能源消纳能力开展全方位评估，量化分析阻碍新能源消纳的关键因素，提出火电机组深度调峰、扩大新能源省间交易规模、旋转备用共享等具体措施。并向政府部门提出引导新能源装机有序并网，新能源新增装机逐步向中东南部地区转移等建议。”黄越辉表示，政府部门高度重视并落实出台了风电/光伏发电投资监测预警政策，对风光红色预警区域，停止并网申请，仅允许平价和扶贫项目并网。在国家政策的引导下，新疆、甘肃等消纳矛盾突出的地区积极努力，采取一系列举措持续提升新能源消纳水平，消纳水平显著提高。2017 年至 2019 年，我国风电和光伏发电利用率逐年提升，新能源消纳矛盾得到明显缓解。

“由于影响新能源消纳的因素众多，各因素之间又互相影响，而大数据的核心价值就在于揭示事物之间相关性，利用大数据挖掘可以有效量化各影响因素之间关联关系。”黄越辉强调。

“未来，协同计算平台将在现有基础上，结合电网调度运行需求不断优化分析计算模型，满足未来分布式电源、储能、需求侧响应的大规模发展需求。”黄越辉表示。

此外，业内专家告诉记者，协同计算平台的建立将结合大数据、云计算等前沿技术，不断提升新能源消纳能力分析计算的便捷性与效率。依托电网调控云，建立准确、全面、智能的新能源消纳计算分析体系，实现“月度回溯，季度滚动，年度评估”，为电力调控部门提前预估电网新能源消纳空间、优化年度运行方式安排等关键环节提供强有力的技术支撑，为政府相关部门统筹新能源开发、输送、利用等各环节提供科学的分析工具，助力新能源健康有序发展。

本报记者 路郑 中国能源报 2020-01-20

## 中国国储在俄项目取得新进展

本报讯 为更好更快地推进中国国储集团在俄重大系列项目，近日该集团公司董事长陈义和一行于近期对俄罗斯远东地区的相关政府部门及企业进行了拜访和洽谈。出行期间，陈义和董事长一行还拜访了我国驻俄使领馆并参加了相关商务活动。

在与李辉大使、崔国杰总领事、闫文滨总领事等领导会见过程中汇报了中国国储集团在俄项目的整体布局及哈巴项目、海参崴项目的推进情况，得到了使领馆领导的认可和高度评价。

相关人士纷纷表示中国国储集团作为我国优秀的大型能源企业，积极投资俄罗斯能源实体项目，不但是主动落实国家“一带一路”战略，更是落实中俄能源战略合作的重要抓手，将为促进中俄经贸和投资往来起到示范性带动作用，项目运营后必将为实现中俄 2000 亿美元贸易额做出突出贡献；同时表示，中国驻俄使领馆也一定会为中国国储集团在俄项目提供外交保护、政策支持和地方协调，为项目早日落地运行提供全方位保障。

此次出访，中国国储集团工作团队还与哈巴罗夫斯克市政府及符拉迪沃斯托克市政府、远东经济发展部、俄罗斯天然气股份公司远东调配公司、俄罗斯天然气股份公司远东区域公司等就中国国储集团在哈巴以投资设立 LNG 液化厂及甲醇厂等事宜与进行洽谈，并通报了各自按照前期达成的合作共识已经落实的工作，并就下一步工作内容、实施步骤、时间节点以及深化合作等事项进行了充分的沟通与探讨，最终俄气同意每年至少供给 1 亿立方米天然气给中国国储集团在哈巴 LNG 工厂；并针对海参崴大型 LNG 工厂，同意先期每年供应 110 亿立方米天然气用于项目一期生产，最终达到每年供应 150 亿立方米天然气。

哈巴政府将全力保障项目立项与政策审批等，远东经济发展部也将提供充足的项目用地及相关优惠政策支持。

国储文 中国能源报 2020-01-20

## “可再生能源独立供电”获国家科技进步二等奖

本报讯 记者路郑报道：1月10日，2019年度国家科学技术进步奖结果公布，“青藏地区可再生能源独立供电系统关键技术及工程应用”获国家科技进步二等奖。

青藏地区地广人稀，部分州/县距离大电网近千公里，是我国电力供应中难度最大的“最后一公里”。部分地区主要依靠小水电、柴油发电或小型独立光/储电站供电，受高海拔环境与长达半年的枯水期影响，供电效率低、成本高，供电可靠性和电能质量低，年供电不足 3000 小时，州/县政府所在地只能按负荷重要度定时分片供电，严重影响了人民日常生活和经济社会发展。

同时，采用大电网延伸建设的方式难度大、投资高，因此利用当地丰富的太阳能、风能和小水电资源构建可再生能源独立供电系统，是全面解决青藏无电/缺电地区供电问题的必然选择。据了解，

青藏地区可再生能源独立供电系统是以高比例波动性电源长距离供电为场景，以高度电力电子化为特征的特殊弱电网，与楼宇、园区、村镇等并网型微电网和海岛独立型微电网有显著差异，控制、保护、自主运行与施工调试难度大，常规微电网技术无法满足要求。

在国家 863 计划、国家自然科学基金重点项目、国家电网有限公司科技项目的支持下，“青藏地区可再生能源独立供电系统关键技术及工程应用”团队攻克了上述难题，建成青海玉树和西藏阿里、措勤、尼玛等可再生能源独立供电系统。

项目第一完成人、中国电力科学研究院有限公司新能源研究中心主任、新能源与储能运行控制国家重点实验室主任王伟胜介绍，项目攻克了宽频带控制、故障隔离与穿越、自主协同运行技术。“项目形成了可复制、可推广的可再生能源独立供电整体解决方案，大幅提升了可再生能源独立供电系统的电能质量与抗扰能力。”王伟胜说。

同时，项目团队研发了光伏/储能变流器、控制/保护装置、能量管理系统、远程运维平台，形成了具有自主知识产权的可再生能源独立供电核心技术及系列产品，在青藏地区建成了“电能质量好、抗扰能力高、自主运行强、施工调试快”的独立供电系统。

王伟胜表示：“项目解决了我国供电难度最大的青藏地区 7 个州、县，近 50 万平方公里、50 多万人的用电问题，年供电小时数从不足 3000 小时提升到 8700 小时以上，供电可靠性达藏中电网同等水平。”

据介绍，项目主要成果推广到全国 35 个大容量可再生能源微电网工程，项目研发的关键装置和系统出口至印度、巴基斯坦等国家。同时，项目形成了完整的可再生能源供电技术方案，为未来高比例可再生能源电力系统构建和运行提供了宝贵的经验，为解决“一带一路”地区无电/缺电人口用电问题发挥了重要示范作用。

中国能源报 2020-01-20

## 黄海前哨平山岛微电网开始试运行

1 月 12 日，黄海前哨平山岛微电网正式建成并开始试运行。位于我国东部海州湾的平山岛距陆地约 60 公里。为解决守岛官兵用电短缺难题，国家电网启动建设平山岛微电网工程，项目总投资 650 万元，建设规模为 105.6 千瓦光伏、400 千瓦时储能、50 千瓦柴油发电机，以光伏和储能作为主电源，年发电量为 10.7 万千瓦时，同时采用微网控制器、智能终端远程维护等技术，实现海岛微电网 7×24 小时不间断可靠供电。

中国能源报 2020-01-20

## 第三方储能系统集成要“火”

中国能源报-向上衔接设备厂商，向下打通电网服务，系统集成是储能产业链条的重要环节。在储能市场空间受限的背景下，国内企业开始瞄准系统集成这一细分领域，期望从中分得一杯羹。

系统集成为用户提供全方位服务

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

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

“储能系统集成，是按照用户需求，选择合适的储能技术和产品，将各个单元组合起来，为用户、工商业、发电侧、电网侧等各类场景打造‘一站式’解决方案，使储能电站的整体性能达到最优。”刘勇说，“系统集成是一项从零散到整合、从整合到最优的工程。在对电池、PCS、集装箱等各部件性

能充分了解的基础上，根据运行场景和场站需求，最大化优化整体设计，释放整个系统的潜能。评价标准包括安全性、经济性及影响全寿命周期运行的其他要素。”

“系统集成提供给用户的是一种全方位服务，包括储能系统的运行、维护、回收等，用户要做的，就是使用这个集成方案。”中国科学院电工研究所储能技术研究组组长陈永翀强调。

#### 储能企业正向系统集成方向迈进

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

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

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

2015年，阳光电源与三星SDI成立合资公司，开始涉足含电池层面的系统集成。阳光电源光储事业部相关负责人表示，系统集成是对企业多维度综合能力的考量，要想做好，需要同时具备四大能力：第一，不同应用场景对电池充放电倍率的要求不同，要有识别电池性能的能力，综合把握、甄选合作伙伴，做好供应链管理；第二，采购电芯后，如何在集成过程中实现高效率、低成本，是一个不小的挑战；第三是安全性，如何最大程度降低风险，系统设计很关键；第四，随着定制化需求成为常态，如何建立高效的研发机制，考验着企业的组织架构和响应能力。

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

#### 第三方系统集成是发展趋势

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

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

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

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

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

爆发时，独立的第三方系统集成商将自然而然地成长起来。

樊桐杰 中国能源报-中国能源网 2020-01-15

## 澳大利亚大火已排放二氧化碳约 4 亿吨

欧洲哥白尼大气监测服务日前发布信息称，澳大利亚大火已向大气排放约 4 亿吨二氧化碳。据外媒分析，这一数字已超过全球 116 个二氧化碳排放量最低国家的年排放量之和。

2019 年 9 月，大火开始在澳大利亚新南威尔士州和昆士兰州肆虐。直到今天，澳大利亚依然在与这场旷日持久的火灾做斗争。

作为欧洲地球观测项目“哥白尼计划”开展的 6 项服务之一，哥白尼大气监测服务提供全球各地与空气污染和健康、太阳能、温室气体和气候驱动因子有关的信息。该服务一直在密切监测这场大火的强度，并预报大火排放的空气污染物的传输情况。

监测信息显示，去年 12 月的大多数时间里，澳大利亚的大火比此前 16 年平均水平要严重许多倍。截至 2020 年 1 月 3 日，澳大利亚将近 600 万公顷土地已被大火蹂躏，比克罗地亚的国土面积还要大。

澳大利亚东部一般看不到太多火灾，如今正与最为极端的火灾做斗争。去年 12 月 30 日，澳大利亚维多利亚州突然开始起火，现在将近 100 万公顷土地已被大火烧过。与其相邻的南威尔士州自去年 9 月初以来，大火一直非常猖獗。今年 1 月 2 日，南威尔士州宣布进入时长一周的紧急状态，以应对高温和强风带来的风险提升。

除了毁坏土地和基础设施，野火也对空气质量带来巨大影响。

据估算，今年 1 月 4 日—5 日期间，大火产生的烟雾面积大约 2000 万平方公里，足以覆盖整个俄罗斯，再加三分之一的欧洲。1 月 2 日，哥白尼大气监测服务监测到的全球最高的大气一氧化碳浓度，竟出现在曾经“纯净”的南太平洋地区，这些一氧化碳就来自澳大利亚的大火。

除了澳大利亚以外，这场大火造成的空气污染物正在严重影响新西兰。根据预测，目前大部分烟雾正在新西兰北部蔓延，一些烟雾将在未来数天继续影响新西兰。

哥白尼大气监测服务分析了这场大火的原因，并认为当前澳大利亚大火快速蔓延与干燥、炎热的环境条件有关。

据分析，2019 年 9 月，南极上空的平流层罕见地突然升温，并使臭氧洞的表现十分异常。这次气象事件也为整个澳大利亚带来干燥、炎热的风，进而为蔓延的野火创造了最佳条件。此外，整个 2019 年，澳大利亚大部分地区的降水量低于平均水平，这导致土壤和植被也都非常干燥。

科技日报 2020-01-16

## 2020 年全国电力供需将总体平衡

“在稳中求进工作总基调和国家宏观政策逆周期调节下，2020 年全社会用电量将延续平稳增长。”在 1 月 21 日举行的“2019—2020 年度全国电力供需形势分析预测报告”发布会上，中国电力企业联合会专职副理事长兼秘书长于崇德表示，在没有大范围极端气温影响情况下，预计 2020 年全国全社会用电量将比 2019 年增长 4%至 5%。

刚刚过去的 2019 年，我国电力生产运行平稳，电力供需总体平衡。据统计，全年全社会用电量 7.23 万亿千瓦时，比上年增长 4.5%，第三产业和城乡居民生活用电量对全社会用电量增长贡献率为 51%。

从生产端看，2019 年我国电力延续了绿色低碳发展趋势，非化石能源发电装机和发电量均保持较快增长。截至 2019 年底，全国全口径发电装机容量 20.1 亿千瓦，比上年底增长 5.8%。其中，新增发电装机容量 10173 万千瓦，比上年少投产 2612 万千瓦。2019 年全国全口径发电量为 7.33 万亿

千瓦时，比上年增长 4.7%，其中非化石能源发电量 2.39 万亿千瓦时，比上年增长 10.4%。

电网投资保持较快增长，投资领域主要集中在农网升级改造及配网建设。据统计，2019 年全国电网工程建设完成投资 4856 亿元，其中 110 千伏及以下电网投资占电网投资的比重为 63.3%，比上年提高 5.9 个百分点。全年实现全国跨区、跨省送电量分别完成 5405 亿千瓦时和 14440 亿千瓦时，分别比上年增长 12.2%和 11.4%。

电力燃料供应由紧平衡转向总体平衡，电煤全年综合价超过绿色区间上限。煤矿优质产能逐步释放，进口煤支撑作用较好发挥，2019 年电煤供应总体有保障，但电煤价格前高后低，震荡幅度收窄，全年综合价仍超过绿色区间上限（500 元至 570 元/吨）。

“预计 2020 年全国基建新增发电装机容量 1.2 亿千瓦左右，其中非化石能源发电装机投产 8700 万千瓦左右，非化石能源发电装机比重将继续提高。”于崇德分析，预计 2020 年底全国发电装机容量 21.3 亿千瓦，增长 6%左右；非化石能源发电装机合计 9.3 亿千瓦左右，占总装机容量比重上升至 43.6%，比 2019 年底提高 1.7 个百分点左右。

2020 年是“十三五”规划收官之年，我国将全面建成小康社会。对此，于崇德说，电力行业将从提升电力高质量可持续保供能力、提高电力资源配置效率、促进电力高效利用等方面入手，切实打好三大攻坚战，为精准脱贫提供电力保障，助力实体经济发展。

“今年将以更多市场方式降低社会总体用能成本，推动煤电板块稳步转型，逐步由单一电价向两部制电价过渡。”于崇德说，将进一步扩大电能替代的范围和实施，在需求侧领域合理实施电能替代，不断创新替代方式和内容。此外，相关部门还将加大转供电环节的清理整顿，不断提高电力占终端能源消费比重，全力推进电气化进程，在用好用政策红利的同时，进一步降低企业用电成本。

顾阳 中国经济网—经济日报 2020-01-22

## 全球首款半固态锂离子电池问世

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

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

盛夏 中国科学报 2020-01-15

## 能源总量供需平稳 节能降耗效果显著

2019 年，我国扎实推进“四个革命、一个合作”能源安全新战略，聚焦绿色低碳转型，继续深化能源供给侧结构性改革，既保持了量的合理增长，又实现了质的稳步提升。

### 一、能源生产稳中趋缓

2019 年，我国继续推进煤炭增优减劣，有序发展能源优质先进产能，积极推进油气增储上产和清洁能源消纳，加强能源输送设施建设，保障了能源安全生产和有效供给。

煤炭结构性去产能不断深入，原煤生产增速略有回落。2019 年，规模以上工业原煤产量 37.5 亿吨，比上年增长 4.2%，增速比上年回落 1.0 个百分点。对年产 30 万吨以下煤矿分类处置，关闭退出落后煤矿，同时煤炭优质产能持续释放，向资源富集地区进一步集中。

油气增储上产态势良好，原油生产增速由负转正，天然气生产快速增长。2019 年，石油和天然气新增探明储量分别达到 12 亿吨和 1.4 万亿立方米，比上年分别增长 25%和 68%。规模以上工业原油产量 1.9 亿吨，增长 0.8%。天然气产量 1736 亿立方米，增长 9.8%。

电力生产有所放缓，电源结构不断优化。我国火电发电装机增速放缓，可再生能源装机占比不断提高，风电、光电和核电发展进入快车道。2019年，规模以上工业发电7.1万亿千瓦时，比上年增长3.5%。

## 二、能源进口较快增长

2019年，在加大国内勘探开发的同时加大进口力度，特别是深化周边和沿线国家能源合作，中俄东线天然气项目建成投产，努力维护我国油气供应持续稳定。根据海关总署快报数据，全年原煤、原油、天然气进口均保持较快增长：原煤进口3.0亿吨，比上年增长6.3%；原油进口5.1亿吨，增长9.5%；天然气进口9656万立方米，增长6.9%。

## 三、能源消费结构继续优化

2019年，我国消纳保障机制和监测预警平台进一步完善，储能调峰设施规划建设进一步加强，清洁能源消纳情况持续向好，能源消费结构进一步优化。2019年能源消费总量比上年增长3.3%。其中，天然气、水电、核电、风电等清洁能源消费占能源消费总量比重比上年提高了1.0个百分点。

## 四、节能降耗取得新成效

2019年，各地围绕大气污染防治攻坚任务，扎实推进减煤替代和电能替代，持续加强和完善节能减排工作，节能降耗取得新成效。初步核算，2019年单位GDP能耗比上年下降2.6%。

（作者系国家统计局能源统计司司长）

刘文华 经济日报 2020-01-19

# 地热能

## 印尼地热电站投入商业运行

本报讯 据日本商业媒体《日刊化学新闻》报道，日本住友商事近日宣布，由该公司与印尼电力开发商 Supreme 能源公司、欧洲综合能源企业 ENGIE 公司联合开发的印尼穆瓦拉拉坡(Muara Laboh)地热发电站正式投入商业运行。

据悉，此次投入运行的穆瓦拉拉坡地热发电站位于印尼苏西省南梭罗克县，投产的为该电站1期项目，投资约5.8亿美元，装机容量为8.5万千瓦，所产电力将供给国电公司旗下的苏门答腊输电网，由此为当地42万户家庭提供电力服务。该电站由上述三家企业联合设立的合资企业 SEML 公司管理。

据了解，住友商事是最早参与印尼地热矿区开发的日本企业。2011年开始进行地热钻井的勘探，2012年与印尼国家电力公司 PLN 签署了为期30年的电力交易协议后动工建设。

印尼穆瓦拉拉坡地热发电站是由国际合作银行（JBIC）、亚洲开发银行（ADB）、瑞穗银行、三井住友银行、三菱 UFJ 银行等机构的联合贷款融资项目。

资料显示，印尼地热资源十分丰富，拥有地热资源量约2.8万兆瓦。印尼政府提出的地热发电目标是，到2028年，由目前的约2000兆瓦提升到约6000兆瓦。着眼于这一目标，住友商事已开始考虑继续参与印尼未来的扩大地热发电项目。

住友商事表示，迄今为止，该公司与住友商事 POWER & MOBILITY 公司合作，已在全世界参与建设了31个地热发电项目，总发电装机容量为252.5万千瓦。其中，印尼的项目装机量为90.3万千瓦，占该公司地热发电总装机容量的50%。住友商事称，今后将继续利用其拥有的专业知识和经验，积极参与印尼的地热发电计划。

另据了解，穆瓦拉拉坡地热发电站2期工程也在酝酿之中。2期电站装机容量约6.5万千瓦，所需投资约达4亿美元，相关手续及购电协议签署后即可开工建设。

王英斌 中国能源报 2020-01-20

## 河北石家庄科学开发地热资源 推进冬季清洁取暖

近几年，石家庄市着力推进冬季清洁取暖工作，取得了显著的成效。2019年年底，石家庄市平原地区基本完成散煤替代，暂不具备清洁能源替代条件的地区推广使用洁净型煤。在保障能源供应的前提下，石家庄市域实现清洁取暖的县(市、区)达到60%左右，平原农村地区清洁取暖达到60%，农业生产散煤治理全面完成。但在清洁取暖的推进过程中，也出现了天然气供应紧张、地方财政压力大等问题。来自河北建工集团的赵刚委员建议，加快推进“地热能+”新型供暖方式，做好冬季清洁取暖。

赵刚委员表示，地热资源是一种清洁能源，对构建资源节约型和环境友好型社会、保障当地能源安全，实现石家庄清洁取暖具有重要意义。近年来，石家庄市浅层地热能的开发利用呈现快速增长趋势，目前市区与正定县境内共有地源热泵工程约40多处，其中大部分为地下水源热泵，地埋管热泵约有10处；浅层地热能利用工程供暖或制冷的建筑物面积约268.85万平方米。浅层地热能地源热泵项目应用于各类建筑，在调查的利用工程中，有住宅、办公楼、企业工厂、学校、商场、机关、医院、敬老院、酒店等，其中用于住宅的工程居多，占比41%。在地热清洁能源开发过程中，也出现了清洁取暖规划布局不够科学，清洁能源供给不足，体制机制不完善，投资费用和运行成本高等问题。

赵刚委员建议，推进地热资源供暖的开发利用，应因地制宜，掌握区域地质、资源条件。在区域经济、技术条件成熟情况下，重点发挥地质勘查工作在地热开发利用中的基础性、先行性作用，加大资金投入，提高覆盖面及勘查数据精度，支撑地热科学规划，有效引导市场，降低风险。

在具体推进过程中，应采用地热能为主，多种能源相结合兼容并蓄的供能方式。实现“地源热泵+”的模式将浅层地热能与深层水热型地热资源相结合；将浅层地热能与包括太阳辐射、热量、空气、水分、风能在内的气候资源相结合；将以浅层地热能为主，深层地热为辅的多源复合系统与储能系统相结合的模式。

赵刚委员建议，在推进“地热能+”新型供暖方式工作中，应建立完善的监控系统，实时掌握周边的地下水、土壤、微生物、温度场等的变化，保障科学高效的工作。此外，可考虑融入大数据和互联网的力量，通过互联网技术的运用，实现智能控制与智慧化的管理，降低能源损耗、节省运行费用。

石家庄日报 2020-01-19

## 中低温地热悬浮发电技术研究中心成立

本报讯 1月9日，“中低温地热磁悬浮发电”研究中心（以下简称“研究中心”）正式揭牌，研究中心由深圳大学和江苏赐福科技有限公司携手共建，将依托深圳大学“深地科学与绿色能源研究院”和广东省“深地科学与地热能开发利用”重点实验室，重点开展中低温地热磁悬浮发电原理、技术和装备的攻关探索。

作为仅次于太阳能的第二大清洁低碳能源，地热能开发潜力及其巨大。“如果把地球上贮存的全部煤炭燃烧所放出的热量作为标准来计算，地热能的总贮存量约为煤炭的1.7亿倍。”深圳大学深地科学与绿色能源研究院院长、中国工程院院士谢和平指出。

“如何将地热资源真正转化为地热能源，是当前迫切需要解决的世界性难题。最关键的是，怎样实现中低温地热发电变革性与颠覆性技术的研发突破。”谢和平指出。

近年来，地热能热度不减，多个相关法规、政策为其发展“保驾护航”。2017年2月，国家发改委、国家能源局、国土资源部联合发布了我国针对地热能首个五年发展规划，成为“十三五”时期我国地热能开发利用的基本依据。

目前，我国地热资源直接利用率世界第一。但截至2018年底，我国地热发电装机总容量仅为43.28 MW，离《地热能开发利用“十三五”规划》“到2020年，地热发电装机容量新增500兆瓦，达

到约 530 兆瓦”的发展目标，差距还很大。据悉，全球地热能开发利用率也普遍较低。“特别是地热发电效率通常不到 15%，传统地热发电遇到很大的技术瓶颈。”谢和平介绍。

今年是“十三五”的收官之年，增加地热发电装机容量的关键是什么？在谢和平看来，“急需加强中低温地热磁悬浮发电变革性原理与技术的重点研究，深入开展中低温地热磁悬浮发电技术与设备的攻关探索。”

他同时指出，地热资源能源化是中国地热资源开发的根本出路和终极目标，以科技创新推动中低温地热资源规模高效发电，是实现这一目标的根本方式，这也是成立研究中心的初衷。

作为全国第三大地热资源大省，广东省被列为中低温地热发电项目建设重点省区。根据相关数据显示，我国万米以浅干热岩资源总计相当于 860 亿吨标准煤，是中国目前年度能源消耗总量的 26 万倍；水热型地热资源储量约 1.25 亿吨标准煤，其中，中低温水热型地热资源占比高达 95% 以上，主要分布包含粤港澳大湾区在内的东南沿海区域。

因此，利用粤港澳大湾区优越的地热资源禀赋，以科技创新手段积极促进地热资源能源化，先行示范建立中低温地热发电示范基地，对缓解粤港澳大湾区能源资源压力、推进能源生产和消费革命，促进生态文明建设具有重要的现实意义。

据介绍，研究中心将力争充分发挥粤港澳大湾区地热资源禀赋，开创中低温地热磁悬浮发电变革性技术的研究新领域，打造一批具有核心竞争力的中低温地热发电变革性技术与装备，抢占中低温地热能开发与利用的创新科技制高点。

“我们希望将中心打造成深圳特色、中国独有、世界领先的地热资源能源化科技创新平台，助力粤港澳大湾区地热资源开发与绿色低碳发展，为服务国家战略和深圳高质量发展发挥智库和引擎作用，也为深圳市建设‘全球创新创业之都’和‘全球标杆城市’做出贡献。”谢和平指出。

武晓娟 中国能源报 2020-01-20

## 生物质能、环保工程

### 生物质能供暖推广遇难题

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

据相关负责人介绍，该锅炉房是周边主力热源之一。此前，当地是以燃煤供热为主，该锅炉房年均燃煤用量约 2000 吨，仅燃料一项成本就达 100 多万元。改造后，由合作社统一收集秸秆，根据每日需求量供应燃料，每吨均价约为 240 元。“算下来，每平米比燃煤供热节省 5 元，一年可节约燃料成本 35 万元。辽宁省环境监测站的数据还显示，改用生物质能，二氧化硫、颗粒物等主要污染物均可达标排放，比用煤更干净。”

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

“生物质能源是唯一的零碳燃料，怎样强调也不为过”

在新台子镇，铁岭大奥养殖厂的供暖需求为 5 万平方米。由于养殖特殊性，同时要求室温保持在 20 摄氏度左右。

“过去使用小型燃煤锅炉，温度不易控制。按照 800 元/吨的平均煤价，一年用煤 1200 吨，光燃料费用就接近 100 万。”该厂负责人称，今冬尝试改用 2 台秸秆集中供暖锅炉，室温稳定，也更经济。“一个采暖季预计使用秸秆 2500 吨，折合燃料费用 50 万元，比烧煤节约一半。”

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

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

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

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

使用意见不一、路径不明，且面临多项实践问题

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

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

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

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

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

探寻适合农村地区的生物质成型燃料发展模式是关键

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

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

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

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

本报记者 朱妍 中国能源报 2020-01-20

## 污泥掺烧 点泥成“金”

煤电厂淤泥掺烧又有新突破。

近期，由华能集团旗下西安热工院有限公司（以下简称“西安热工院”）自主研发的“城市废弃物前置处理系统”在华能江苏太仓发电有限责任公司（以下简称“太仓电厂”）成功完成试运行，污泥和废水的处理结果均达预期，处理费用远低于常规操作。

据了解，该系统不仅可焚烧垃圾，还能处理污水、污泥等不同形态的废弃物，且不会产生垃圾渗滤液，甚至完全杜绝二噁英的产生，有望在城市废弃物的资源化、减量化中发挥关键作用。

破解多项污泥掺烧“痛点”

白色的一体化处理机，像个集装箱，连着几根炉烟管道——这就是整个设备系统，而这“小小的身体”却蕴藏着“大大的本领”。

城市废弃物来源多样，成分复杂，其中淤泥水分大，热值较低，掺烧对煤电厂热负荷有一定影响，而燃煤电厂环保设施缺少二噁英收集手段，这些“痛点”至今仍未解决。

西安热工院研究人员周虹光介绍，系统能有效解决部分问题：“该装置对城市污泥有很强适应性，不产生二次污染、不易发生烟道堵塞，针对城市垃圾，其炭化处理后可有效杜绝二噁英和垃圾渗滤液的产生。”

“城市废弃物前置处理系统”对华能湖南岳阳发电有限责任公司（以下简称“岳阳电厂”）同样是一个机遇。

“通过该项目，每年可处理 6 万多吨生物质，预计替代原煤 2 万吨，减少二氧化碳排放量 5 万吨。岳阳电厂的功能不再局限于燃煤发电，在城市中的定位发生了变化。”岳阳电厂总经理、党委副书记唐明华说。

投资费用可节省约 1/3

这样的“黑科技”造价如何？

据了解，该项目投资小、占地小、成本低，处理能力大，并且以全负压密闭方式运行，其投资费用可节省约 1/3-1/4 左右，占地面积不到 200 平方米，处理费用降低 30%左右。

岳阳电厂生产部副主任吴可可介绍，经初步核算，一体化处理机焚烧污泥的成本大约 110 元/吨，而岳阳市关于城市污泥的处理价格为 238 元/吨，扣除其他成本后，每年处理 3 万吨以上，可为电厂创造 200 多万的收入。

项目带来的经济效益也让太仓电厂倍感振奋。“项目一年的运营成本约 1200 万元、补贴收入约 1800 余万元，掺烧污泥还可节约燃料成本约 260 万元。扣除成本，一年净收入 800 多万元。

除了焚烧污泥和生物质等废弃物，该装置还带来了额外的“惊喜”。

岳阳电厂检修部主任宋友亚介绍：“在项目测试中，我们试着将脱硫废水引入到一体化处理机，通过高温处理后，很好地解决了脱硫废水难题。”

排除万难完成项目

功能如此强大的科技成果来之不易。

为了将项目成功落地，周虹光穿梭于“四点两线”之间。“每天早早来到岳阳电厂勘探现场，然后回到办公室查阅资料，将示范项目设计落实到一个个数据和一张张纸面上；带着设计方案返回西安

热工院，与同事们一次次讨论技术方案，琢磨一个个技术细节，并组织专家进一步论证。”

周虹光说：“这些方案和细节好多都是以前没有的，是工程师们脑子里想象、推演的，稍有考虑不周就可能导致结果偏差，影响最后的应用效果。如果方向错误，前期投资就都没了。”

需要解决的风险不仅隐藏在方案中，还存在施工中。

岳阳电厂以往的高空作业高度仅 10 米左右，但一体化处理项目施工过程中，高温烟气进口管道的安装甚至需要在高约 67 米的平台处作业，这是项目面临的最大的安全风险。在太仓电厂施工现场，由于场地狭小，紧挨着生产综合管廊，传统的深基坑支护方案无法使用，很多点甚至连桩机都无法摆开。

“白天与施工队伍探讨土建方案，晚上和西安热工院的专家仔细推敲工艺的各个环节。这种技术的交流和思想的碰撞仿佛一味‘提神药’，大家经常争得面红耳赤，晚上两三点还跟打了鸡血似的。”太仓电厂相关负责人表示。

本报实习记者 赵紫原 中国能源报 2020-01-20

## 太阳能

### 光伏制造端竞争呈现白热化

#### 核心阅读

在国内新增装机大幅下滑的 2019 年，中国龙头光伏企业却始终走在扩产的道路上，几家主流企业已公开发布了超 200GW 的扩产计划。伴随 2020 年大规模的产能释放，必然会进一步加剧行业竞争。

新年伊始，中国光伏企业的扩产大幕已经拉开，这预示着今年制造端的竞争将更加激烈。

#### 扩产马不停蹄

1 月初，晶澳太阳能科技股份有限公司发布的《关于签订光伏电池和组件生产基地项目投资框架协议公告》显示，去年底，公司与义乌信息光电高新技术产业园区管理委员会签订项目投资框架协议，就公司建设 5GW 光伏电池和 10GW 光伏组件生产基地项目达成合作意向。晶澳科技此次拟投资人民币 66 亿元，其中建设年产 5GW 光伏电池生产基地计划投资 27.75 亿元；建设年产 10GW 光伏组件生产基地计划投资 38.25 亿元。公告称，项目建设周期预计为 4 年，不会对公司当期营业收入产生影响。

紧随其后，隆基股份也发布了《关于签订楚雄年产 20GW 单晶硅片建设项目投资协议的公告》，宣布隆基已于 2019 年 12 月 31 日与楚雄彝族自治州人民政府、禄丰县人民政府签订项目投资协议，在楚雄新增投资建设年产 20GW 单晶硅片项目（即三期项目）达成合作意向。据悉，这已是继 2016 年 12 月、2018 年 4 月前后两期 10GW 单晶硅片建设项目后，隆基再一次将目光聚焦于云南楚雄。

前有扩产，后有订单。1 月 10 日，隆基股份发布公告称与江苏润阳悦达光伏科技有限公司签订 38.20 亿片硅片销售框架协议合同。若根据 PVInfoLink 于 1 月 8 日公告的光伏产品市场平均价格测算，预估合同总金额将超过 103 亿元，合同的履约期限为 2020 年至 2022 年。

在国内新增装机大幅下滑的 2019 年，中国龙头光伏企业却始终走在扩产的道路上。隆基、中环、通威等国内光伏企业 2019 年全年已公开发布了超 200GW 的扩产计划，仅隆基股份一家，便发布 17 次扩产公告，产品涉及单晶硅棒、硅片、电池和组件多个环节，总投资额超过 380 亿元。根据集邦新能源研究中心发布的最新统计数据，隆基、晶科、爱旭、上海数控、海泰新能等企业在 2020 年计划投产项目的总规模已达到约 100GW。

#### 看好 2020 年市场

中国光伏行业协会预测数据显示，2020 年，仅 2019 年结转的项目规模指标超过 36.64GW，保

守预期会有 18.3GW 落地。考虑到 2020 年新增户用指标 4-7GW，新增竞价、平价上网项目规模，2020 年国内的新增年总装机量应该超过 40GW。

“从 2019 年一年的情况以及目前龙头企业的扩产动作来看，2020 年大规模的产能释放必然会加剧行业竞争。正是因为 2019 年的国内装机量并不高，所以大家普遍认为 2020 年会出现恢复性增长，这也是企业布局扩产的重要原因之一。当然，在 2019 年国内市场不景气的情况下，企业已经开始走向海外，既然‘走出去’，就不会轻易放弃，所以也需要产能支撑。”集邦新能源分析师陈君盈指出，2020 年全球新增光伏装机容量将达到 125GW，2020 年到 2025 年间，全球光伏市场每年增长幅度约在 7%左右。

另有分析人士指出，随着龙头企业的加速扩产，多晶企业特别是中小企业的生存会愈加艰难。“目前，多晶市场受到的冲击已是显而易见，从去年下半年开始，多晶产品整个供应链的价格都在下跌，很多工厂都被迫停工，即便是在生产的，经营情况也并不乐观，绝大多数处于亏损状态。而且 2019 年国内市场不好，大企业有人力、财力、物力可以开拓海外市场，但很多依靠国内市场‘靠山吃山’的中小企业并没有‘往外走’的能力。”

集邦新能源统计数据显示，2019 年 12 月，多晶用硅料均价为 53 元/千克，与 11 月均价 59.75 元/千克相比下跌了 11.3%。而在硅片环节，多晶硅片的价格更是从 11 月的 1.805 元/片下滑至 12 月的 1.693 元/片，单晶硅片 12 月的人民币月均价和 11 月的价格基本保持一致。

产能布局各有考量

实际上，单晶光伏产品也将面临更激烈的价格竞争。上述分析人士坦言：“多晶不赚钱，新增的产能基本都在单晶，大家在单晶上下大血本扩产，产品多了，肯定是有价格风险的。当然，产能总是动态淘汰的，竞争说白了就是‘洗牌’，这个词对中国光伏来说这已经不新鲜了。”

如何动态淘汰？怎样面对洗牌？企业也有着自身的考量。

以 2019 年行业普遍关注的大尺寸硅片为例，隆基乐叶董事长助理兼全球市场负责人王英歌透露，2020 年隆基新增的产能集中在 166mm 上。“选择 166mm 产品，主要是考虑到与现有生产线的兼容以及升级改造的投资回收期等因素。相比于 166mm、210mm 产品的要对老的设备进行更大范围的改造，单位投入更大，改造的时间周期也比较长。”王英歌认为，硅片尺寸规格的变化归根结底并非技术水平的问题，而要看市场需求和整体趋势。

也有企业与隆基的判断不同，不少企业将发力点聚焦在更大尺寸的 210mm 产品上。1 月 10 日，爱旭科技宣布义乌 5GW210mm 高效电池正式实现量产，并计划在 2020、2021、2022 年分别达到 22GW、32GW、45GW 产能。在硅片端，中环也提出 2020 年将约有约 16GW 的 210mm 硅片计划投产。

对于 2020 年的总体市场，陈君盈表示，大尺寸硅片涉及到下游电池片与组件制造商的设备更换问题，而多数电池厂产线在 2019 年刚刚完成了 PERC 的改造升级，2020 年应该暂无更新设备的计划。“所以，除大尺寸硅片生产厂商自行扩张下游组件产线自产自销外，硅片尺寸可能会呈现三强鼎立状态：即 M2（156.75mm）、G1（158.75mm）与 M6（166mm）并进。”

同时，王英歌也表示，在电池路线方面，新增的大规模产能还是需要瞄准稳定、成熟的产品。“对于 TOPCON、HIT 等新技术类型，企业在研发层面已有持续关注 and 投入。在转换效率和发电性能上，N 型电池确有优势，但如果大规模量产，目前存在一定瓶颈。”

本报记者 姚金楠 中国能源报 2020-01-20

## 河北沙河光伏项目并网发电

1 月 7 日，中国能建西北建投承建的沙河光伏发电项目并网发电，其光电转换率、连续发电量等主要技术指标全部符合设计标准。该项目计划投资 1.87 亿元，规划装机容量 20 兆瓦，采用“分区发电、集中并网”的模块化技术方案，预计每年发电量 2114 万千瓦时。

乌志文 中国能源报 2020-01-20

## 巴西拟取消小型太阳能电站税负

本报讯 据油价网近日报道，巴西正在酝酿取消对小型太阳能发电系统的征税。报道援引巴西总统博索纳罗的话透露，该决定已经在巴西众议院和参议院获得通过，将取消此前由巴西国家能源管理机构 ANEEL 提议施行的对小型太阳能发电系统征收的税费。本次决议将涵盖巴西所有装机规模不超过 5 兆瓦的太阳能发电系统。

油价网撰文指出，本次决议的提出是由于在拉丁美洲国家电力生产结构不断调整的情况下，可再生能源、特别是太阳能发电快速发展，所占电力生产份额、累计装机规模不断提升，使得巴西政府对太阳能产业的进一步发展持支持态度。

根据英国石油公司（BP）此前发布的《世界能源统计 2019》报告，近年来，巴西可再生能源电力的使用已经弥补了该国石油、煤炭、天然气等一次能源消费下降的部分。2018 年，巴西可再生能源占能源消费的比例提高到了 39%。其中，太阳能市场更是呈指数级增长，全年共部署了 3.3 吉瓦新项目，较 2018 年增长 44%。

与此同时，根据巴西中小企业协会（SEBRAE）最新发布的一项调查报告，在已安装太阳能电力系统的巴西中小企业中，有 83.9% 的企业电费较此前下降。同时，由于太阳能电力系统安装成本的大幅下降，企业投资回收年限已从此前的 8 年缩减至如今 4—6 年。在此情况下，60% 的巴西中小企业计划投资可再生能源电力系统，47.5% 的企业认为太阳能发电是最佳选择。

另有巴西分析机构表示，在最新的民意调查中，有 93% 的巴西住户表示愿意在自家住宅安装可再生能源发电系统。

BP 预计，未来，巴西能源结构将继续向可再生能源转变。到 2040 年，巴西可再生能源发电占比将接近全部能源消费的 50%。

在市场前景持续向好的预测下，越来越多的海外企业已经或有意愿进入巴西太阳能市场。有统计数据显示，2019 年，拉丁美洲共有 97 个可再生能源项目获得海外直接投资，投资规模达到了 178 亿美元，刷新历史纪录。其中，巴西吸引了较大份额的外商投资。2019 年 12 月，加拿大太阳能开发公司 SPG 表示，已安排团队进入巴西太阳能市场，目标是在未来 5 年内完成 2.5 亿美元的项目投资。

不过，2019 年底，巴西国家能源管理机构 ANEEL 提出，将下调对小型太阳能发电系统的补贴。据悉，目前该提案正在磋商中，如确定，预计将在今年年内生效。巴西能源研究机构 Greener 认为，这将影响今年巴西太阳能市场的发展，预计分布式太阳能发电市场的增长将趋缓。

董梓童 中国能源报 2020-01-20

## 全球首套规模化太阳燃料合成示范项目试车成功

1 月 17 日，新年伊始，全球首套千吨级规模太阳燃料合成示范项目在兰州新区绿色化工园区试车成功。该项目迈出了将太阳能等可再生能源转化为液体燃料工业化生产的第一步。

太阳燃料合成是指利用太阳能、风能、水能等可再生能源发电，进而电解水制备绿氢、将二氧化碳加氢转化制甲醇等液体燃料，把可再生能源存储在液体燃料中。简言之就是利用太阳能等可再生能源、二氧化碳和水，生产清洁可再生的甲醇等液体燃料（故又被形象地称为“液态阳光”）。这将是未来解决二氧化碳排放的根本途径之一，也是将间歇分散的太阳能等可再生能源收集储存的一种储能技术，是“道法自然光合作用”，实现人工光合成绿色能源的一种过程。

该项目基于中科院大连化物所李灿院士团队开发的两项关键创新技术：高效、低成本、长寿命规模化电催化分解水制氢技术和廉价、高选择性、高稳定性二氧化碳加氢制甲醇催化技术。

项目采用碱性电解水制氢技术。虽然电解水制氢技术过去已经有实际应用，但一般规模较小（在 50-200 标方/小时），单位制氢能耗较高（约 4.7-5.0 度电/方氢）。李灿院士团队基于长期对光、电催化分解水研究，研发了具有我国自主知识产权的新型电解水制氢催化剂，与苏州竞立制氢设备有

限公司合作，制造规模化（1000 标方/小时）电解水制氢设备，单位制氢能耗降低至 4.0-4.2 度电/方氢，大幅降低了电解水制氢的成本，是目前世界上规模化碱性电解水制氢的最高效率。二氧化碳加氢制甲醇技术则采用李灿院士团队自主研发的固溶体双金属氧化物催化剂（ZnO-ZrO<sub>2</sub>），该催化剂可实现二氧化碳高选择性、高稳定性加氢合成甲醇。其中单程甲醇选择性大于 90%，催化剂运行 3000 小时性能衰减小于 2%。

该项目由太阳能光伏发电、电解水制氢、二氧化碳加氢合成甲醇三个基本单元构成，华陆工程科技有限责任公司主持完成了项目设计，总占地约 289 亩，其中光伏发电占地 259 亩，总投资约 1.4 亿元，其中光伏发电约 5000 万元。项目配套建设总功率为 10MW 光伏电站，经逆变-整流后，为 2 台 1000 标方/小时电解水制氢设备提供电力。

该项目对缓解我国能源安全问题乃至全球生态文明建设具有重大战略意义。它一方面探索我国西部地区丰富的太阳能等可再生能源的优化利用模式，将太阳能等可再生能源转化为液体燃料甲醇，提供了一条特高压输电之外的有效利用可再生能源的路径，为解决我国许多地区“弃光、弃风、弃水”问题提供了新的策略。另一方面，太阳燃料甲醇又是绿氢载体，可助于解决氢能储存和运输的安全难题。

此外，该项目将二氧化碳作为碳资源，实现二氧化碳的积极减排，生产的太阳燃料甲醇为绿色甲醇，不同于传统煤、天然气所制得的甲醇，实现了零碳排放。绿色甲醇的生产是目前国际上兴起的碳捕获储存（CCS）以及进而发展的碳捕获及资源化利用（CCSU）的发展方向，为推进低碳、清洁的能源革命提供了创新的技术路线。

该项目得到了兰州新区党工委和管委会的大力支持，兰州新区石化产业投资有限公司资助并承接了工程建设，各方紧密合作，仅用 18 个月，实现了从实验室研究成果走向工业化示范，是产学研成功合作的一个典范。该项目的前期基础研究工作得到国家自然科学基金委、科技部重点研发计划及中国科学院洁净能源先导专项（A 类）项目的资助。

我国原油严重依赖进口，而另一方面，可再生能源资源丰富，潜力巨大。据国家电网研究院报告，2050 年，可再生能源发电量将超过 50%。如何利用可再生能源替代化石燃料、保障液体燃料供给，成为关系我国能源安全的重要课题。太阳燃料合成提供了从可再生能源发电到绿色液体燃料生产的全新途径。

可再生能源的发展，将经历与传统能源并存、互补和替代的转化过程。随着可再生能源发电成本进一步降低，太阳燃料生产成本有望大幅降低，规模化太阳燃料生产实现规模化碳捕获及资源化利用（CCSU），从而规模化消纳包括太阳能在内的各种可再生能源，实现亿吨级减排二氧化碳、年产亿吨级太阳燃料甲醇成为可能。这将在践行习总书记关于社会主义生态文明建设系列重要论述、保障我国能源安全的同时，积极完成我国对于国际气候谈判减排的承诺。

王集杰 刘铁峰 2020-01-17

## 海洋能、水能

### 坚守创新“基因” “老”行业焕“新”生



东方电机研制的葛洲坝 17 万千瓦轴流转桨式转轮。



东方电机制造的溪洛渡 770 兆瓦 18 号机完成 72 小时试运行。

1 月 10 日，2019 年度国家科学技术进步奖在京揭晓，长江三峡枢纽工程摘得特等奖。1 月 11 日，“世界首台百万千瓦水机组转轮完工交付”入选由中国科学院和中国工程院评选的国家 2019 年十大科技进展新闻。

一个三峡，一个白鹤滩，两项水电工程新年伊始斩获大奖，是什么令“老”行业持续焕发新生？

1958 年，响应国家三线建设号召，水电设备研制创新基因撒播向西部热土，东方电气东方电机有限公司（以下简称“东方电机”）随即成立。一个甲子以来，中国水机组制造从无到有，和这家水电设备制造老店“求实图强”的创新基因息息相关。

从葛洲坝到三峡，孕育自主创新基因

创新基因，是时代发展的必然选择。

1971年，位于万里长江上的国内首座大型水电站——葛洲坝水电站开工兴建。该电站装配单机容量17万千瓦的水轮发电机组，这在当时世界范围内没有先例；机组水轮机转轮直径达到11.3米，彼时也没有参照对象。

面对两个“没有”，东方电机依然选择承建葛洲坝水电站一期工程两台17万千瓦轴流转桨式机组。14年后，该机组荣获首届“国家科学技术进步奖特等奖”。

因为没有，中国水电有了一次关键的创新。

40年后，《中国电机工业发展史》这样评价：“17万千瓦轴流转桨式水电机组，采用了中国自己的水力试验科技成果，转轮11.3米，居当时世界之首……作为自主研发的典范，葛洲坝水电机组的成功研制，使我国水力发电设备的研制，无论在容量上，还是转轮尺寸上，均进入世界大型轴流转桨式水轮机之列。”

1994年12月8日，时任国务院总理李鹏为东方电机题词：“求实图强，把三峡机组造好。”

单机容量70万千瓦，这个容量足以在中国水电制造史上留下一笔。千禧年伊始，三峡工程开建时，左岸电厂14台机组由两大国外联合体中标，国内制造厂商只是配角。彼时，“自己人”仅能作为机组转轮制造分包商，参与这一浩大工程。

然而，四年之后，坐在三峡右岸机组中标合同签订席上的，不再只是两家国外“巨头”，以东方电机为代表的中国水电设备供应商也获得了机组独立设计制造合同。

2008年10月，三峡右岸电站最后一台机组完成安装进入72小时试运行阶段。运行过程中，工程人员将一元钱的硬币立在机身上面，硬币竟纹丝不动。

从分包制造到自主研发，中国凭借三峡工程首次实现了巨型水轮发电机组的自主化。

从溪洛渡到白鹤滩，创新基因得以传承

2008年，继续往西，跨越中国地势二三级阶梯分界线，装备18台单机容量77万千瓦的溪洛渡水电站在北京招标。

溪洛渡水电站发电机单机容量世界最大、发电机额定转速世界最快、筒形阀尺寸和操作控制力世界最大。溪洛渡攻坚突击队成员王亚林说，完成模型试验后，东方电机有了拿第一的“野心”。

D522水力模型使这个“野心”成为现实。2009年，在与国际同行的同台对比试验中，现场专家一致认为，D522水力模型集先进性、稳定性和可靠性于一身。

从单机容量17万千瓦到77万千瓦，中国水电走过的路，并非坦途。

2006年，深入金沙江腹地，掩映在川云交界的大凉山深处，白鹤滩既是未经开发的“处女地”，也是世界水电真正意义上的“无人区”。作为国家“十三五”规划“西电东送”的骨干电源点，白鹤滩水电站单机容量100万千瓦，是当今世界在建的综合技术难度最大的水电工程，施工难度挑战前所未有。

从70到100，从什么地方突破？机组总体设计、水力开发、电磁设计、高效冷却技术、推力轴承技术、高压绝缘技术、转轮动应力、高强度材料研究与应用、关键部件制造技术……诸多难题摆在面前。

百万千瓦水电机组高50多米、重8000多吨，相当于一座埃菲尔铁塔的重量。这个“大家伙”长期安全稳定高效运行，是多项自主知识产权的核心技术堆集合而成的，其中仅轴承部分就有32项新专利。

白鹤滩水电站，创新体现在哪里？

据了解，该电站发电机额定效率达99.01%，处于水电行业最高水平；具有新型低损耗转子支架，更低的自身通风损耗、更大的风量调节范围；刚强度性能指标全面优于传统转子支架，各工况应力值降低10%以上；大规模使用智能制造和数字化制造方式，确保机组质量的同时，提高制造精度和生产效率……

成为无可争议的世界一流水电站的同时，白鹤滩水电也证明了中国水电已经“领跑”世界，这也是为何这个“大家伙”的“心脏”——首台水轮机组转轮完工的新闻，能进入2019中国科技进展十大新闻。

发力抽蓄机组，技术装备实现“领跑”

从葛洲坝到白鹤滩，中国水电紧跟“西电东送”战略，为国家社会经济发展提供了坚实保障。而随着社会经济和电力工业发展，高效开发利用电力资源，发展调节性电源成为必然选择。

面对发电高峰和用电高峰不匹配的掣肘，开得起、调得出、停得下的抽水蓄能机组“登场”，充分发挥了灵活性优势：建一座上游水库，再建一座下游水库和抽水蓄能机组。当供电量多于用电量时，将电能存储为水的势能；到用电高峰时，将水的势能再度转化为电能，补充入电网。

作为水电行业“皇冠上的明珠”，抽水蓄能机组是水发设备中最复杂、难度最大的机型。上世纪九十年代，东方电机承担了我国“大型抽水蓄能中间机组研制”的开创性工作，此后逐一攻克了 S 型特性、驼峰、效率、稳定性等抽蓄机组难点。与此同时，我国开展了“抽水蓄能电站机组及成套设备自主化”工作，设立专项研究。

2009 年，东方电机中标福建仙游抽水蓄能电站 4 台 30 万千瓦机组，4 年之后，该电站成功投运，状况良好，标志着我国打破国外对大容量抽水蓄能技术的垄断局面，完全掌握了抽水蓄能核心技术。

此后，东方电机以性能更好、更先进、更可靠为目标，打造安徽绩溪抽水蓄能机组。该电站共有 6 台 30 万千瓦水轮发电机组，是国内首台完全自主研发、设计、制造的 650 米超高水头、高转速、大容量可逆式机组。今年 1 月 1 日，电站首台机组投运，抽水蓄能 2.0 机组正式进入“国家队”。

2019 年底，在中国水力发电工程学会组织召开的科技成果鉴定会上，国内外专家对由东方电机参与的我国“抽水蓄能机组成套设备关键技术及应用”项目给予高度评价。

从葛洲坝到绩溪，半个世纪，中国水电设备关键技术和装备完成了从“跟跑”到“领跑”的转变，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，而创新无疑是贯穿全程的关键词。

中国水电波澜壮阔的发展历程，体现了以东方电机为代表的中国水电建设者拼搏奉献的时代精神，展示了“大国重器”的责任和担当。如今，绩溪的转轮已经启动，白鹤滩的轰鸣近在眼前，水电未来，亦不遥远。

王媛 中国能源报 2020-01-20

## 风能

### 金风科技荣获 2019 年度国家技术发明二等奖

2020 年 1 月 10 日，2019 年度国家科学技术奖励大会在京举行，共 296 个项目和 12 名科技专家，合计 308 项（人）获奖。新疆金风科技股份有限公司（下称“金风科技”）参与的“大型低速高效直驱永磁风力发电机关键技术及应用项目”获得 2019 年度国家技术发明二等奖。

在该项目中，金风科技副总工程师赵祥及其团队负责设计核心部件直驱永磁风力发电机，并发明了直驱永磁风力发电机齿槽转矩抑制新方法。金风科技首次提出永磁电机基本齿槽单元判据及其构建方法，揭示齿槽转矩谐波频谱与基本齿槽单元位置角之间的映射规律，发明齿槽转矩谐波分级削弱方法，电机齿槽转矩降低 65%，攻克大型直驱风电机组超低风速下启动发电的世界难题，增加低风速区域发电量超过 5% 以上。同时，金风科技发明变频器控制下机组全工况设计方法，提出功率快速跟踪策略，降低机组载荷的同时提升发电效率。同时，在大型风电机组制造、试验等关键技术均有突破创新。这将有助提升我国风力发电装备研制能力，推进我国直驱风力发电技术的升级和全球引领。

依托上述技术发明，金风科技研制出国内首台 2MW、3MW 直驱永磁风电机组并已通过鉴衡认证、中国船级社（CCS）等权威机构认证，实现规模化生产应用。目前，金风科技直驱永磁发电机组已拥有 1.5MW、2S、2.5S、3S 和 6S 平台系列化智能产品，具有发电效率高、维护与运行成本低、

并网性能良好、可利用率高等优越性能，可适用于高温、低温、高海拔、低风速、沿海等不同运行环境，产品遍布包括美洲、澳洲、欧洲、非洲等在内的全球六大洲，发展前景广阔，深受市场认可。

金风科技 2020-01-15

## 核能

### 中核集团核能累计发电量超 9690 亿度

本报讯 记者朱学蕊报道：2月15日从中核集团获悉，截至2019年12月31日，该集团核能发电量1362.14亿千瓦时，累计核能发电9690.76亿千瓦时，相当于燃烧标准煤38760.8万吨，二氧化碳96611.3万吨，二氧化硫2907.06万吨。

截至2019年底，中国大陆地区在运核电机组47台，保持安全稳定运行，装机容量全球第三；在建核电机组11台，在建核电规模世界第一。在反应堆研发、核电站设计、设备制造、工程建设和运行管理等方面积累了丰富的经验，部分领域已经达到了国际领先水平。

经过30多年发展，我国先后掌握了30万、60万、100万千瓦级核电技术，实现了核电机型谱化、批量化、规模化发展。中核集团自北向南建成了田湾、秦山、三门、福清、昌江五大核电基地。截至2019年底，该集团商运核电机组已达21台，在建核电机组6台。2019年，秦山第二核电厂1、4号机组，秦山第三核电厂1号机组，方家山核电厂1、2号机组，田湾核电1、2号机组，福清核电厂1号机组等8台机组获得WANO综合指数满分，再创历史新高。

此外，中核集团出口的巴基斯坦恰希玛核电四台机组已全面建成并保持安全稳定运行，华龙一号海外工程卡拉奇2、3号机组建设工程进展顺利。2015年，中国自主三代核电“华龙一号”全球首堆——福清核电5号机组开工建设，预计2020年实现并网发电。

中国能源报 2020-01-20

### 红沿河核电基地上网电量再创新高

中国能源报-1月16日，辽宁红沿河核电有限公司（以下简称“红沿河核电”）召开2020年度新闻发布会。记者获悉，红沿河核电4台机组2019年稳定运行，上网电量达307.64亿度，同比增加8.82%，实现历史性突破，相当于大连市2019年用电量的八成。

根据计算，与同等规模火电厂相比，红沿河核电年度上网电量等效减少标煤消耗948万吨，减排二氧化碳2587万吨，综合温室气体减排效益等效于6.9万公顷森林吸收量，相当于大连森林面积增加约13%。而且，红沿河核电积极共享发展成果，持续参与辽宁省“煤改电”项目，助力辽宁、大连区域生态环境持续改善。

安全生产方面，2019年，红沿河核电全年未发生影响反应堆安全以及辐射防护等领域的异常事件，一期工程4台在运机组持续稳定运行。生态环境部和辽宁省生态环境厅对红沿河核电环境监测数据显示，环境指标正常。核电运行和工程建设两个领域的安质环标准化及国际标杆评估均达到8级，处于我国核电行业领先地位。深入推进质量管理体系建设，红沿河核电获辽宁省省长质量奖，3、4号机组获国家优质工程奖，这是我国核电领域首次获得该奖项。

目前，二期主体工程完成85%，5号机组完成冷试，6号机组进入设备集中安装阶段，两台机组分别计划于2021年下半年、2022年上半年建成投产。

朱学蕊 中国能源报-中国能源网 2020-01-16

## 大国底气从“核”来——中国核工业创建六十五周年综述

1955年1月15日，党中央作出了发展我国原子能事业的战略决策，中国核工业就此发轫。从这一天开始，中国迈出了走向新兴核大国至关重要的第一步，揭开了我国核工业发展的历史篇章。

2020年1月15日，核工业创建65周年之际，记者从中核集团在京举行的“纪念核工业创建65周年”媒体见面会上获悉：从“两弹一艇”到“华龙一号”，65年来我国核工业从无到有、从小到大，实现了一系列自主重大跨越，构筑了完整的核工业体系，为世界清洁能源的发展提供中国方案，正向世界核工业强国迈进。

### “两弹一艇”铸就新中国之盾

中国核工业，始终与祖国命运紧紧相连，是国家安全的重要基石。

历史不会忘记：1955年1月15日，毛泽东主持召开中共中央书记处扩大会议，作出发展中国原子能工业的战略决策。

历史不会忘记：国际形势风云突变，苏联政府撕毁了所有协定，撤走了专家，企图把中国核工业扼杀在摇篮里。党中央作出决策：自己动手，从头摸起，准备用8年时间搞出原子弹。1964年10月16日，中国第一颗原子弹爆炸试验成功。

历史不会忘记：1967年6月，第一颗氢弹试验成功。从第一颗原子弹爆炸到第一颗氢弹试验成功，美国用了7年3个月，中国用了2年8个月。西方科学家评论：中国闪电般的进步，神话般不可思议。

历史不会忘记：1970年12月26日，中国自主研发的第一艘核潜艇成功下水。艇上零部件有4.6万个，需要的材料多达1300多种，没有用一颗外国螺丝钉。

65年来，我们独立自主研制成功了原子弹、氢弹、核潜艇，支撑起了中华民族自立的脊梁，铸就了共和国坚强的核盾牌。

### 开启和平利用原子能时代

1970年2月8日，周恩来总理指出：“二机部不能光是个爆炸部，还要发展核电。”新的号令发出，新的方向确立，从那时起，中国人开启了和平利用原子能时代。

1991年12月，我国自行设计建造的秦山30万千瓦核电站并网成功，结束了大陆无核电的历史。

1995年，秦山核电二期工程拉开帷幕，自行设计建造4台60万千瓦的压水堆核电机组。2002年陆续投入商业运行。

2008年，秦山核电站扩建工程方家山核电站动工，建造两台百万千瓦级的国产化压水堆机组。2014年，1号机组投入商业运行。2015年1月，2号机组并网发电。

2015年，中国自主三代核电“华龙一号”全球首堆——福清核电5号机组开工建设，预计2020年实现并网发电。

截至2019年年底，中国大陆地区在运核电机组47台，保持安全稳定运行，装机容量全球第三；在建核电机组11台，在建核电规模世界第一。在反应堆研发、核电站设计、设备制造、工程建设和运行管理等方面积累了大量的经验，部分领域已经达到了国际领先水平。核能已成为我国能源多元化供应体系的重要组成部分，为调整能源结构、建设美丽中国作出了积极贡献。

65年来，中国从未发生二级及以上核安全事件，核材料保持“一克不丢、一件不少”的安全纪录，在工业安全中保持着领先的地位，其经验和成果也为世界核工业发展作出了突出贡献。

### 自主创新成就大国重器

创新是核工业发展的不竭动力和源泉。

65年来，中国建立了核基础研究以及铀地质勘探、铀矿采冶、铀纯化转化、铀浓缩、元件制造、核反应堆设计、后处理等完整的核科技工业体系，跻身世界前列。

65年来，围绕产业链部署创新链，中国组建了一批国家基础研究实验基地、国防科技重点实验室、国家级工程技术中心，为核科技创新提供了有力支撑，并在核物理、等离子体与激光技术、核化

学、核探测技术等领域取得一批重大突破。

65 年来，经过几代核工业人的不懈探索，中国核技术研发体系逐步完善，研发实力显著增强，在核电、核燃料循环、核技术应用等领域取得了一批科技创新成果：自主研发三代核电“华龙一号”、多用途模块式小型反应堆“玲龙一号”、泳池式低温供热堆“燕龙”等多种堆型，具备了四代核电技术高温气冷堆和快堆的研发能力；“CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>”原地浸出采铀工艺实现工业化应用，新一代铀浓缩离心机大型商用示范工程全面建成，大型先进商用压水堆 CF3 燃料组件实现批量化，首座铅铋零功率反应堆启明星 III 号首次临界，新一代可控核聚变研究装置“中国环流器二号 M”将投入运行，自主研制伽马刀“中国芯”打破国外垄断……

“走出去”，中国核电已经准备好了

据了解，全世界有超过 70 个国家已经和正在计划发展核电，到 2030 年计划新建机组将超过 200 台。按照目前在国际上已经出口的核电机组来看，每一台核电机组可直接带动的产值大概在 300 亿人民币左右，相当于 30 万辆汽车的出口价值。

“走出去”，中国核电已经准备好了：

中国拥有了自己的核电品牌——“华龙一号”，其研发建设使中国成为继美国、法国、俄罗斯等之后，又一个具有独立自主的三代核电技术的国家；

我国是世界上第 8 个核电技术出口国，自 1989 年开拓海外市场以来，通过出口积累了大量海外工程管理经验；

我国的核燃料产业已形成产业体系，发展成为世界上为数不多的具备完整核燃料循环体系的国家之一；

我国是世界上唯一一个 30 多年没有间断过核电工程建设的国家，具备核电连续建设的经验，拥有同时建造 40 余台核电机组的能力。

中核集团党组书记、董事长余剑锋介绍，中核集团正在积极参与“一带一路”倡议，向全世界展现自身的核工业全产业链实力，目前与全球 40 多个国家和地区建立了科技经贸关系，正在商谈核电及铀资源、核燃料、核技术应用等核工业全产业链合作。如今，中俄最大核能合作项目已进入全面实施新阶段：田湾核电 7、8 号机组和徐大堡核电 3、4 号机组完成全部商务合同签署；收购纳米比亚罗辛铀矿，跻身全球前五大天然铀供应商；组建的国际联合体，成功中标国际热核聚变 ITER 项目核心安装工程，将为“人造太阳”安装“心脏”；与俄罗斯以及欧洲多个国家深化核能合作，打开了多元化高水平开放合作的新局面。

光明日报 2020-01-17

## 65 年，我国核工业从大国重器走向民生日常

现如今，核技术已经进入人们生活，在工业、农业、医学、环保等领域得到广泛应用。在此过程中，人们也在不断改变着对核的看法。

核工业，始终与祖国命运紧紧相连，是国家安全的重要基石。

今年 1 月 15 日是中国核工业创建 65 周年。65 年来，我国核工业在原子弹、氢弹和核潜艇等方面，实现了核电自主化、系列化、规模化发展。“现如今，核技术已经进入人们生活，在工业、农业、医学、环保等领域得到广泛应用。”中国广核集团有限公司核技术专员刘宝申说，“在此过程中，人们也在不断改变着对核的看法。”

技术不断提升 谈核色变已无必要

据刘宝申分析，此前人们“谈核色变”，主要源于原子弹、氢弹等毁灭性武器的强大威力及其爆炸后带来的可怕结果。如日本广岛、长崎曾经历原子弹轰炸，致使当地多年寸草不生、荒无人迹；而之后的日本福岛核泄漏事故，更加剧了人们的“恐核”心理。

“归根到底，这些恐惧心理可以理解为对核的不了解和对能源的认知不足。”刘宝申说，“很多人

觉得核能很危险，往往会发出这样的疑问：‘既然我们有别的能源，为什么一定要用核能呢？’他们不知道的是，核能的应用在发展过程中已经逐渐变得很安全了。”

刘宝申以日本福岛核泄漏事故为例指出，该事故很大一个原因是核电厂的硬件设备一直没有更新换代、检修跟进滞后、安全意识不强。“我们不能因为一次事故而对核能持一种全盘否定、避之不及的态度。随着配套措施、手段的革新进步、核产品自身安全性能不断提升，核能较之其他能源的优势就会日益显现。”

核能少投入多产出且又稳定的特点足以令其完胜风能、太阳能等清洁能源。从大气环境保护角度来说，核能的优异让其他能源难出其右，如核能发电产生的温室气体、有害气体远低于其他发电方式，产生的悬浮颗粒物更是几乎没有。

“核能就像一个生来强大的‘魔种’，在其成长过程中需要不断把控和矫正。在核能不断安全化的过程中，我们需要给核足够的时间和支撑，也要给它更多的耐心和信心。”刘宝申说。

#### 应用领域拓宽 核产品深入人民生活

除了核电、核武器之外，核技术还有更广阔却不为人所熟知的“用武之地”。“如果将核能与核动力喻为核领域的‘重工业’，同位素与辐照技术等非动力核技术就是核领域的‘轻工业’。”刘宝申比喻说。

提到杀菌，人们往往会想到各种药剂或是紫外线，殊不知核产品却是这方面的“行家”。为杀灭炭疽菌，我国自行开发研制了自屏蔽式电子束辐射灭菌加速器。加速器电子枪发射出高功率的核能电子束，当传送带上的被照射物品通过高能电子束辐射区后，被照射物品中的生物细菌就会被全部杀死，经过处理的物品不会残留任何放射性。

而以核技术为基础的示踪技术，将放射性同位素作为示踪剂，用以了解人们看不见、摸不着的一些物理变化和化学变化。目前，示踪技术在化工、石油、水利等众多领域发挥了重要作用。

我国每年要花数千万元用于长江口泥沙的疏浚，为了解泥沙的运行规律，技术人员在长江上游投放含钐-46 同位素的石英砂，然后用闪烁探测器进行跟踪观察，为长江口深水航道的治理与全天候深水航道的建设提供了重要技术数据。采用此项技术治理后，十万吨货轮可通过长江口直抵上海宝山钢厂码头。

更让人称奇的是，核技术近年已融入现代农业科技领域，成为支撑农业发展的重要手段之一，其中最重要的便是食品辐照加工技术。它是继食品罐藏加热、冷冻保藏技术之后，又一种食品加工新技术。1984 年以来，我国开始辐照大蒜、马铃薯、洋葱、白薯酒和肉制品。目前全国已有 28 个省、市、自治区 200 多个单位分别对 200 多种食品进行了辐照保鲜、杀虫灭菌、改善品质方面的研究，国家已批准 18 种辐照食品上市，年辐照食品总量达 10 万吨，居世界第一。

在医疗卫生领域，核技术质子治疗利用质子束精准的传输特性，为患者的治疗方案进行“量身定制”。通过精密仪器将照射剂量精准定位在肿瘤位置，犹如“深水炸弹”在到达一定深度接近目标时“定点爆破”。

此外，核技术还可以应用于放射性药物制造领域。目前我国已形成了一整套放射性药物的研发体系。

科技日报 2020-01-23