

能 量 转 换

剪 报 资 料

总 72 期
12/2023.12

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. 《中国科技期刊发展蓝皮书（2023）》发布.....4
2. 我国可再生能源发电总装机突破 14 亿千瓦.....5
3. 截至 10 月底，太阳能发电累计装机容量同比增长 47%.....5
4. 能源绿色低碳转型行动报告发布.....7
5. 国务院印发《空气质量持续改善行动计划》.....7
6. 《中国区域科技创新评价报告 2023》发布——我国综合科技创新水平持续提升.....8
7. 海洋油气与新能源融合发展将成未来热点.....9
8. 《科学》评选 2023 年十大突破.....12
9. 加快建设新型能源体系.....17
10. 发展绿色氢能促进新能源规模化利用.....19
11. 《自然》预测 2024 年科学大事.....21
12. 探索农村清洁取暖新路径.....23
13. 我国将完善新领域新业态专利审查标准.....26
14. 年度十大国内能源新闻.....27
15. 年度十大国际能源新闻.....31

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 我国首台中速大功率氨燃料发动机点火成功.....35
2. 全球掀起环保型电池回收技术研发风潮.....35

3. 动力电池产能过剩问题待解.....	37
4. 利用石灰石赋予产生电荷——新型摩擦生电纳米发电机问世.....	39
5. 我国燃料电池关键材料实现量产.....	40
6. 最具希望高温超导二极管或出现.....	41
7. 世界首座电热熔盐储能注汽试验站投产.....	42
8. 日本厂商研发不含钴的新型锂电池.....	43
9. 推动源网荷储灵活性资源协调发展.....	43
10. 可植入微型超级电容器实现自然降解.....	46
11. 全球首款长时储能专用电池发布.....	46
12. 水驱动的自适应柔软可拉伸电极问世.....	49
13. 中国科学院大连化学物理研究所实现碱性锌铁液流电池高效稳定运行.....	50
14. 中国科学院青岛生物能源与过程研究所开发液态金属基异质膜用于湿环境能量收集.....	50
15. 推动新型储能技术多元化发展.....	51
16. 日本科学家研发新型铝电池.....	54
三、碳达峰、碳中和	
1. 欧洲多国承诺电力系统脱碳.....	55
2. 中德两国科学院共同发布“碳中和之路”联合声明.....	56
3. 碳达峰碳中和“施工细节”亟待形成共识.....	56
4. 科学家首次推演出全球尺度海洋生物碳泵分布格局.....	59
5. 推进农业降碳减污扩绿增长.....	59
6. 二氧化碳制备糖类衍生物实现新突破.....	61
7. 氨能为煤电降碳探新路.....	62
8. 广州出台绿色建筑新规 将率先实现“双碳”目标.....	64
9. 我国碳足迹数据库建设提速.....	67
四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1. 合成生物学领域的重大进步——人造细胞可在内部产生多种蛋白质.....	69
2. 合成生物学有望重塑工业生态.....	70
3. 俄开发基于植物油和厨余垃圾的燃料.....	71
4. “电子土壤”促进作物生长.....	72
5. 生物天然气发展前景可期.....	73

6. 合成生物学领域重大突破 新工具低成本快速创造合成染色体	75
五、太阳能	
1. 布局钙钛矿光伏领域技术制高点	76
2. 中国科学院空天信息创新研究院等发布国际最高精度地表太阳辐射监测系统	79
3. 全国单体规模最大光伏治沙项目并网	80
4. 阳光驱动的新型个人体温调节衣物系统问世	81
5. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所发现光伏-食用菌模式可减轻环境影响	82
6. 钙钛矿电池商用道阻且长	83
六、海洋能	
1. 原位实验首次证实天然气水合物可达海表	84
2. 全球首个商业测试项目最早于 2025 年问世	85
3. 奥媒关注中国从海水中提取“核燃料”研究	87
4. 国内首座 75 米水深海上自升式勘测试验平台交付	88
5. 我国首次完成 3000 米超深水三维地震勘探	88
6. 从海底到海面，天然气水合物的“七十二变”	89
7. 我国首艘大洋钻探船“梦想”号试航	91
8. 上海海洋大学完成首批次“海域冷泉”载人深潜	91
七、氢能	
1. 我国首座商业化氨制氢加氢一体站试投产	92
2. 国内首套百万吨级氢基竖炉湛江点火	93
3. 提高用水效率或成氢能发展关键	94
八、风能	
1. 海上风光项目用海或进一步规范	95
2. 我国海上风电驶入发展“快车道”	97
3. 首个国家级海上风电研究与试验检测基地开建	99
4. 我国在运最大陆上风电基地全容量投产发电	100
5. 粤港澳大湾区首个百万千瓦级海上风电项目建成	100
九、核能	
1. 最大实验性核聚变反应堆开始运行	101
2. 全球首座第四代核电站商运投产	102
十、其它	
1. “活材料”快速开发有了新范式	103

2. 分子“手术”为碳材料家族“添丁”	104
3. 人类细胞造出了微型生物机器人.....	105
4. 模拟人脑超级计算机将于 2024 年启用.....	106
5. 我国启动智能网联汽车商业化运行.....	107
6. 谷歌发布最新人工智能模型 Gemini	108
7. 化学家创造出彩虹色有机分子.....	109
8. 世界最深最大地下实验室投入科学运行.....	110
9. 首个中红外波长超级反射镜制成 反射率高达 99.99923%.....	111
10. 打造新一代空天飞行器研发重器——记国家重大科研仪器研制项目“爆轰驱动超高速高焓激波风洞”.....	112
11. 科学家合成第二硬材料	116

本剪报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

《中国科技期刊发展蓝皮书（2023）》发布

中国科学报 2023.11.30

11月29日，由中国科学技术协会、国家新闻出版署主办的第十八届中国科技期刊发展论坛在南京开幕。论坛上，《中国科技期刊发展蓝皮书（2023）》发布。

《蓝皮书》是首部记录和反映中国科技期刊发展历程的年度报告。根据2023版《蓝皮书》，截至2022年底，中国科技期刊总量5163种，其中中文期刊占88.24%、英文期刊占8.41%、中英文期刊占3.35%；从学科分类来看，技术科学类占44.01%、基础科学类占30.47%、医药卫生类占22.49%。

2018年至2022年，中国科技期刊总量整体呈平稳增长态势，新办期刊115种。2022年，中国SCI期刊总量235种，其中137种为一区期刊。中国学者在化学、化学工程、能源等学科发文量大，影响力较高，中国科技期刊则在地球与行星科学、能源科学、工程技术、材料科学、农业与生物科学和环境科学等领域发力明显。

从数量来看，中国SCI期刊数量及发表文章体量呈缓慢增长趋势，但增速远不及中国作者发表SCI论文的增长速度。总体来说，中国科技期刊的各种影响力的指标在逐年增长，但仍有巨大的发展空间，需进一步增加期刊数量和总载文能力，并持续提升学术影响力。

此外，论坛还公布了第八届中国科协优秀科技论文遴选计划入选论文，以及“优秀科普期刊”与“期刊优秀科普专栏”推荐名单。

我国可再生能源发电总装机突破14亿千瓦

中国电力报 2023.12.5

11月30日，记者从国家能源局获悉，继今年6月突破13亿千瓦后，全国可再生能源发电装机规模再创新高，截至10月底突破14亿千瓦，达到14.04亿千瓦，同比增长20.8%，约占全国发电总装机的49.9%。

近年来，国家能源局锚定碳达峰碳中和目标，多措并举推动可再生能源高质量跃升发展。截至10月底，我国水电装机规模达到4.2亿千瓦（常规水电3.7亿千瓦、抽水蓄能5004万千瓦）、风电4.04亿千瓦、光伏发电5.36亿千瓦、生物质发电0.44亿千瓦。预计年底全国

可再生能源发电装机将突破 14.5 亿千瓦，风电光伏发电装机将突破 10 亿千瓦。

国家能源局最新数据显示，今年 1~10 月，全国可再生能源发电装机新增 1.91 亿千瓦，较去年同期增加近 1 亿千瓦，同比增长 90.8%，占全国新增装机的 76.4%。其中，水电新增 844 万千瓦、风电新增 3731 万千瓦、光伏发电新增 1.42 亿千瓦、生物质发电新增 232 万千瓦。预计 2023 年全国风电光伏发电新增装机将突破 2 亿千瓦。

今年 1~10 月，全国可再生能源发电量达到 2.33 万亿千瓦时，占全国总发电量的 31.8%，其中，水电 9805 亿千瓦时、风电 6968 亿千瓦时、光伏发电 4898 亿千瓦时、生物质发电 1640 亿千瓦时。预计全年全国可再生能源发电量将达到 3 万亿千瓦时，约占全社会用电量的三分之一。

截至 10 月底，太阳能发电累计装机容量同比增长 47%

国家电网报 2023.12.5

青藏高原，全球海拔最高的光伏项目——华电西藏才朋光伏项目全力冲刺投产目标，预计每年可发出 9000 万千瓦时清洁电能，进一步缓解当地冬春枯水期的用电紧张情况；东南沿海，全球首个漂浮式风渔融合项目“国能共享号”平台完成全部工程安装，漂浮式风机和养殖网箱相结合，发电养鱼两不误……

国家能源局近日发布数据显示，截至 10 月底，全国累计发电装机容量约 28.1 亿千瓦，同比增长 12.6%。其中，太阳能发电装机容量约 5.4 亿千瓦，同比增长 47%；风电装机容量约 4.04 亿千瓦，同比增长 15.6%。

1 至 10 月，全国主要发电企业电源工程完成投资 6621 亿元，其中太阳能发电 2694 亿元，同比增长 71.2%；风电 1717 亿元，同比增长 42.5%。“风电、光伏等新能源呈现发展速度快、运行质量好、利用水平高、产业竞争力强的良好态势。”国家能源局新能源和可再生能源司司长李创军表示。

——集中式和分布式开发并举，助力新能源“供得上”。

宁夏腾格里沙漠新能源基地，二期 200 万千瓦光伏项目加紧施工，“建成并网后预计每年可提供清洁电能超 39 亿千瓦时。”国家能源集团龙源电力宁夏公司工程建设部主任常占丁介绍。

集中式开发“大而强”，分布式开发“小而美”。浙江温州泰顺县溪东村村民蔡家规的屋

顶上，45 块光伏板整齐排列，“除了家里自用，多余的电还能卖给电网公司。”蔡家规说。温州有 5 个县列入整县屋顶分布式光伏开发试点，今年户用光伏申请新装的装机量同比增长超 300%。

截至 9 月底，全国户用分布式光伏累计装机容量突破 1 亿千瓦。目前农村地区户用分布式光伏累计安装户数超 500 万户，带动有效投资超 5000 亿元。

——电网工程配套建设有序推进，保障新能源“送得出”。

11 月，金沙江上游—湖北特高压工程首个线路标段在四川甘孜完成基础施工。这一首个进入川藏高原腹地的特高压直流工程，建成后预计每年可向华中地区输送清洁电能近 400 亿千瓦时。

今年以来，张北—胜利、宁夏—湖南、哈密—重庆等新开工特高压交/直流工程加快形成有效投资。1 至 10 月，全国电网工程完成投资 3731 亿元，同比增长 6.3%。

——储能和调峰能力加快提升，推动新能源“用得好”。

在广东，梅州抽水蓄能电站二期工程已进入机电设备安装阶段。“抽水蓄能、新型储能等技术，有助于将波动的新能源转化为稳定电力供应。”南方电网梅蓄二期项目部副总经理詹才锋说。

截至 9 月底，全国抽水蓄能装机规模达到 5000 万千瓦。此外，今年以来，新型储能装机规模持续扩大，锂电池、压缩空气、液流电池等多种技术项目增长迅速。

能源绿色低碳转型行动报告发布

中国电力报 2023.12.7

11 月 30 日，《联合国气候变化框架公约》第二十八次缔约方大会（COP28）开幕之际，《国家电网有限公司能源绿色低碳转型行动报告》（以下简称《行动报告》）在阿联酋迪拜发布。这是中国政府应对气候变化行动的企业支撑报告，也是中央企业在联合国气候变化大会平台发布的首份能源绿色低碳转型报告。

《行动报告》分为“把握绿色发展新趋势”“能源绿色低碳转型是全球绿色发展的共同选择”“国家电网推动能源绿色低碳转型行动”“携手共创清洁低碳的能源未来”4 个部分，介绍了绿色发展成为全球共识和中国坚定不移走绿色发展之路的背景理念，分层次阐释了能源绿色低碳转型的内涵要义、发展趋势、中国经验和国网使命，从“能源配置广域化”“能

源生产清洁化”“能源消费电气化”“能源创新融合化”“能源业态数智化”5个方面展现国家电网公司推动能源转型的创新举措、实践案例和行动绩效，阐述了国家电网公司在推动能源绿色低碳转型、共创清洁低碳能源未来之路上的基本原则、重点工作和发展倡议。

会议期间，国家电网公司通过系列主题活动向与会嘉宾和相关国际组织进行展览展示和赠阅交流。

国务院印发《空气质量持续改善行动计划》

中国环境报 2023.12.11

国务院近日印发《空气质量持续改善行动计划》（以下简称《行动计划》），旨在进一步持续深入打好蓝天保卫战，切实保障人民群众身体健康，以空气质量持续改善推动经济高质量发展。

《行动计划》要求以改善空气质量为核心，以减少重污染天气和解决人民群众身边的突出大气环境问题为重点，以降低细颗粒物（PM_{2.5}）浓度为主线，开展区域协同治理，远近结合研究谋划大气污染防治路径，扎实推进产业、能源、交通绿色低碳转型。

《行动计划》提出，到2025年，全国地级及以上城市PM_{2.5}浓度比2020年下降10%，重度及以上污染天数比率控制在1%以内；氮氧化物和VOCs排放总量比2020年分别下降10%以上。京津冀及周边地区、汾渭平原PM_{2.5}浓度分别下降20%、15%，长三角地区PM_{2.5}浓度总体达标，北京市控制在32微克/立方米以内。

为实现相关目标，《行动计划》部署了9项重点工作任务。一是优化产业结构，促进产业产品绿色升级。二是优化能源结构，加速能源清洁低碳高效发展。三是优化交通结构，大力发展绿色运输体系。四是强化面源污染治理，提升精细化管理水平。五是强化多污染物减排，切实降低排放强度。六是加强机制建设，完善大气环境管理体系。七是加强能力建设，严格执法监督。八是健全法律法规标准体系，完善环境经济政策。九是落实各方责任，开展全民行动。

《中国区域科技创新评价报告 2023》发布——我国综合科技创新水平持续提升

科技日报 2023.12.15

近日，中国科学技术发展战略研究院撰写的《中国区域科技创新评价报告 2023》（以下简称《报告》）于日前出版。《报告》显示，我国综合科技创新水平进一步提升，科技活动产出和高技术产业化发展水平显著提高，科技创新环境持续改善。2023 年，全国综合科技创新水平指数得分为 77.13 分，比 2012 年提高 16.85 分。

“上海、北京、广东、天津、江苏和浙江 6 省市综合科技创新水平领先全国，中部的安徽、湖北等地区科技创新综合实力提升较快，区域协同创新发展成效进一步显现。”中国科学技术发展战略研究院技术预测与统计分析研究所所长玄兆辉说，我国多层次、各具特色的区域创新体系更加完善，有力支撑高水平科技自立自强和科技强国建设。

《报告》从科技创新环境、科技活动投入、科技活动产出、高新技术产业化和科技促进经济社会发展 5 个方面，对全国 31 个省、自治区、直辖市（不包括港澳台）综合科技创新水平进行评价，并对各地区科技创新发展态势进行分析研究。

根据综合科技创新水平指数，《报告》将全国 31 个地区划分为三个梯队。

第一梯队为综合科技创新水平指数值高于全国平均水平的地区，2023 年为上海、北京、广东、天津、江苏和浙江，与 2012 年报告排名一致，这 6 个地区为我国创新领先地区。第二梯队为综合科技创新水平指数值低于全国平均水平，但高于 50 分的地区，2023 年为湖北、重庆、安徽、陕西等 15 个地区，较 2012 年增加 8 个地区。第三梯队为综合科技创新水平指数值在 50 分以下的 10 个地区，今年比 2012 年减少 8 个地区。

玄兆辉说，相比 2012 年，今年有 14 个地区排名上升。其中，江西和安徽综合排名上升幅度较大，分别提升 9 位和 8 位。

《报告》显示，京津冀协同创新共同体加快建设。北京综合科技创新水平指数排名第 2 位，天津排名第 4 位，河北排名第 21 位。“京津研发、河北转化”在协同创新中加快推进，2021 年河北吸纳北京技术合同成交额比上年增长 24.7%。截至 2022 年底，京津冀专精特新“小巨人”企业共计 1117 家，培育带动省级专精特新中小企业 9000 余家。

与此同时，长三角科技创新共同体建设稳步推进，上海综合科技创新水平保持全国第一，江苏和浙江也稳居全国第 5 位和第 6 位。

“长三角已成为国内最具竞争力的区域共同体。”玄兆辉告诉记者，该地区有研究与试验发展（R&D）活动的企业数、R&D 人员数、企业 R&D 研究人员数、地方财政科技支出等 13 项指标占全国比重均超过 30%，技术国际收入则占全国近 50%。

粤港澳大湾区建设成效同样引人瞩目。广东综合科技创新水平指数得分达到 86.01 分，位居全国第三，科技活动投入指数和科技促进经济社会发展指数保持在全国首位。

值得一提的是，长江经济带创新效能进一步显现。长江经济带沿线区域共建成国家自主创新示范区 10 个，沿线 11 个省市的科技创新水平不断提升。湖北综合科技创新水平排名第 7 位，比上年上升 1 位；重庆、四川综合排名分别为第 8 位和第 12 位；贵州和云南的高新技术产业化排名分别上升 7 位和 2 位。

随着黄河流域生态保护和高质量发展战略的深入实施，黄河流域 9 省区科技创新投入不断加大，新旧动能转换持续推进。比如，陕西综合科技创新水平排名第 10 位，科技活动人力投入上升 8 位；甘肃的高新技术产业化和青海的科技促进经济社会发展指数排名均提升 2 位。

海洋油气与新能源融合发展将成未来热点

中国电力报 2023.12.13

《中国海洋能源发展报告 2023》预测

2023 年

◆全球海洋原油产量约 2760 万桶/天同比增长 17%；海洋天然气产量约 1.2 万亿立方米。

◆我国海洋原油产量 6220 万吨，新增产量约 360 万吨；海洋天然气产量约 238 亿立方米，约占全国天然气产量增量的 15%。

◆全球海上风电新增装机容量达 1498 万千瓦，累计并网装机容量 7714 万千瓦，同比增长 28%。

◆我国海上风电全年新增并网装机容量达 604 万千瓦，累计并网装机容量达 3650 万千瓦，同比增长约 20%。

12 月 10 日，第三届海洋能源发展论坛暨《中国海洋能源发展报告 2023》（以下简称“报告”）发布会在北京举行。主管部门负责人、两院院士、行业知名专家学者、能源企业代表集聚一堂，共商海洋强国建设和能源高质量发展。

作为人类文明进步的基础和动力，能源是国民经济发展的重要支撑。我国海洋资源潜力巨大，在立足资源禀赋构建新型能源体系、实现绿色低碳发展方式转型中，海洋能源将成为重要驱动力和关键增量。报告指出，海洋能源将成为保障能源安全的重要支撑和实现绿色低碳转型的重要驱动力。2023年，海洋能源发展持续向好。报告预计，我国海洋油气产量有望再创新高，海上风电重回高速增长轨道，海洋油气与新能源融合发展将成为热点方向。

能源消费保持增长 能源转型平稳推进

报告预计，2023年，全球能源消费维持低速增长，能源绿色低碳转型稳步推进，可再生能源消费占比持续上升，能源结构持续优化。

报告预测，2023年，全球一次能源消费量将达到145.4亿吨油当量，同比增长1.1%，增速与2022年基本持平。

中国海油集团能源经济研究院院长王震在发布报告时表示，预计2023年，全球一次能源消费中非化石能源的占比较2022年提高0.3个百分点，石油占比提高0.4个百分点，煤炭、天然气占比分别下降0.5和0.2个百分点。

国内方面，报告指出，我国经济回升向好，推动能源需求稳步增长。预计2023年我国能源消费总量达到56.7亿吨标准煤，同比增长约4.7%。

王震指出，我国能源绿色低碳转型稳步推进。预计2023年，我国天然气和非化石能源等清洁能源在一次能源消费中的占比较2022年提高0.4个百分点，达到26.3%。分项来看，天然气占比达8.5%，非化石能源占比提高0.3个百分点，达到17.8%。

海洋油气产量增长 技术进步助力油气勘探

2023年，全球海洋油气产量小幅增长。报告预计，2023年全球海洋原油产量约2760万桶/天，同比增长1.7%；海洋天然气产量约1.2万亿立方米，增长32亿立方米。值得一提的是，全球1500米以上超深水天然气产量有望大幅增长15.5%。

2023年，我国海洋油气产量有望再创新高。报告预计，2023年我国海洋原油产量6220万吨，新增产量约360万吨，占全国原油产量增量的60%以上；海洋天然气产量约238亿立方米，约占全国天然气产量增量的15%。

海洋油气产量稳步提升离不开科技的助力。报告指出，海上勘探技术向精准化发展、关键核心技术装备取得重大突破以及工程技术的进步助力海洋油气开发挺进深水。此外，数字化赋能海洋油气生产效果初显，有效提升了海洋油气生产效率。AI融合地震处理解释技术、智能钻完井、海上无人平台以及勘探开发一体化协同平台等成为研究热点，油气生产各领域全面开启数字化时代。

海上风电新增装机高速增长 融合发展成为未来热点

海上风电正成为海洋国家发展可再生能源的重要支撑。报告预计，2023 年全球海上风电新增装机容量达 1498 万千瓦，累计并网装机容量 7714 万千瓦，同比增长 28%。

国内方面，王震表示，2023 年，预计我国海上风电全年新增并网装机容量将达 604 万千瓦，累计并网装机容量达 3650 万千瓦，同比增长约 20%，重回高速增长轨道。其中，广东、山东、浙江新增装机较多，海南、广西实现海上风电装机“零的突破”。

王震指出，今年我国海上风电建设节奏前慢后快，多地推进项目竞争性配置，呈现从近海向深远海、从单体项目向大基地转变的趋势。

“海上风电+”的融合发展模式成为热点。报告指出，今年“海油观澜号”正式投产，海上风电为油气平台供电成为海洋油气与新能源融合发展的典范。海上风电与海水养殖、海上制氢等融合发展场景和模式将相继开展示范验证。

论坛上，中国海洋石油集团有限公司副总经理霍健、中国工程院院士周守为、联合国亚洲及太平洋经济社会委员会（亚太经社会）能源司司长刘鸿鹏、中国人民大学副校长郑新业、中国经济信息社总裁曹文忠等围绕能源经济、海洋能源、世界一流企业建设等话题开展前瞻性研讨。

《科学》评选 2023 年十大突破

中国科学报 2023.12.18

12 月 14 日，《科学》杂志公布了编辑团队评选的 2023 年度十大科学突破，其中包括获得科学突破冠军奖的 GLP-1 减肥药和 9 项科学突破入围奖。

肥胖遇到了对手

肥胖既是一场个人的战斗，也是一场公共健康危机。在美国，大约 70% 的成年人受超重的影响，而在欧洲，这个数字超过了一半。当身体质量指数为 30 或以上时就被定义为肥胖，肥胖可能是 2 型糖尿病、心脏病、关节炎、脂肪肝和某些癌症的诱因。

然而，令人遗憾的是，人们一直以来未能找到安全有效的减肥药物。但现在，一类新的疗法带给人们很大希望，有望降低肥胖和相关慢性疾病的发病率。

这些药物模仿了一种名为胰高血糖素样肽-1（GLP-1）的肠道促胰素，它们正在以令人兴奋的方式重塑医学、流行文化，甚至全球股市。这些 GLP-1 受体激动剂最初是为糖尿病

开发的，可显著减轻体重，副作用大多可控。今年，临床试验发现，它们还可以减轻心力衰竭的症状以及降低心脏病发作和中风的风险，这是迄今最令人信服的证据，证明这些药物除了减肥之外还有其他重要的好处。

基于这些原因，《科学》杂志授予 GLP-1 药物年度突破冠军奖。

正在减速的地球碳泵

如果世界上的海洋有一颗心脏，那它一定在南大洋。在南极洲海岸附近，含盐的表层水直接沉入海底。下沉的水从大气中吸收热量、氧气和二氧化碳，并将它们隔离在深渊中。在那里，水慢慢向北扩散。它是全球翻转环流的主要组成部分之一，这种大规模的环流连接着世界所有的海洋，帮助它们捕获 1/3 的人类年碳排放量。许多研究人员认为，当它激增或减速时，这个碳泵会影响气候变化。

今年，几项研究表明，该碳泵处于极度危险的状态。第一个令人不安的迹象出现在几年前，自主漫游到 4000 米深处的深海 Argo 机器人发现，南极底层的海水正在变暖、体积正在缩小，这两个迹象均表明洋流正在放缓，使得上层的温暖海水得以侵入。

更直接的证据来自今年 3 月发表于《通讯-地球与环境》的一项研究，美国研究人员将该地区历史船只测量的记录输入到一个气候模型中，后者显示，自 20 世纪 70 年代以来，环流已经放缓了 20%。5 月，由澳大利亚科学家领导的一项发表于《自然-气候变化》的研究表明，从 1992 年到 2017 年，深海水流减缓了近 30%。

目前还不太确定为什么会出这种减速、人类在多大程度上推动了这种减速以及它将如何影响气候。南极冰盖融化带来的淡水增加可能是一个主要原因，而随着全球变暖的持续，冰川融化以及碳泵减速肯定会加剧。

寻找天然氢气的热潮

1859 年，第一口油井的挖掘开启了美国的石油热，并改变了世界。今年，世界兴起了另一场能源热潮，这次是基于地球内部自然产生的氢。与石油不同，天然氢气对气候而言是一种“滋补品”，而非“毒素”。

2012 年，在西非国家马里的一个城镇，工程师拆除了一个被水泥封死的井眼——1987 年，一个烟头在井中引发爆炸。它喷出的气体 98% 是氢气。人们利用井内的氢气发电，为村庄提供了第一次电力，而这个过程只产生了水这个“废弃物”。奇怪的是，经过 10 年的开采，井内的气体压力并没有减少，表明有深层资源在补充氢气。

受这一发现的启发，勘探者在除南极洲外的每个大陆都发现了大量氢气沉积的迹象。今年 9 月，美国地质调查局（USGS）在美国雪佛龙公司和英国石油公司的支持下成立了一个

研究联盟，美国能源高级研究计划署则启动了一项 2000 万美元的天然氢气研发计划。

USGS 的一项未发表研究表明，地球上可能蕴藏着 1 万亿吨氢气，足以满足未来数千年对燃料和肥料日益增长的需求。

人工智能天气预报员来了

现代计算机自出现以来，就一直被用于预测天气。尽管数值天气预报变得越来越复杂——现在依然可以提前几周作出可靠的预测，但其使用的方法与从前一样：使用大量算力求解控制大气的流体动力学方程。

2023 年，人工智能已经开始改变这种状况。包括谷歌、华为和英伟达在内的科技公司已经训练了人工智能模型，使其提前 10 天预测天气，其准确性可与传统模型媲美，甚至超过传统模型，而且运算负担要小得多。

这些“深度学习”模型不是求解方程，而是根据对过去 40 年天气数据的训练获得的模式预测不久的将来，这些天气数据则是世界顶级天气预报机构——欧洲中期天气预报中心数值模型的观测结果。

经过训练，这些模型可以于 1 分钟内在台式电脑上作出预测，而无须在超级计算机上运行 2 小时。

研究人员预计，当人工智能天气预报员开始从传感器收集的直接天气数据中学习，而不仅是通过现有模型数据进行学习时，该技术会得到进一步发展。

抗击疟疾的新希望

今年，利用疫苗对抗疟疾的努力有两个振奋人心的进展。对世界上第一种疟疾疫苗 Mosquirix 的大规模评估显示，它显著降低了幼儿的死亡率，而幼儿是受疟疾危害最重的群体，仅在撒哈拉以南非洲每年就有近 47 万名幼儿死亡。今年，世界卫生组织（WHO）还批准了第二种疟疾疫苗 R21/MatrixM。它与 Mosquirix 的设计相似，但成本更低、产量更大，应该有助于填补疟疾疫苗供需之间的巨大缺口，有可能每年防止数万名儿童死亡。

2019 年，一项关于 Mosquirix 的多年试点研究开启，加纳、肯尼亚和马拉维的近 200 万名婴幼儿接种了该疫苗。初步结果显示，这种疫苗将严重疟疾的发病率降低了 22%。在接种疫苗的地区，接种疫苗年龄范围内的儿童死亡率（除意外事故外）比未接种疫苗地区低 13%，表明即使这种疫苗不完美，也可以挽救生命。但是从现在到 2025 年，生产这种疫苗的英国葛兰素史克公司只能生产 1800 万剂疫苗，仅能为 450 万名儿童接种，而在疟疾流行地区，每年约出生 4000 万名儿童。

R21 可以帮助填补这一空白。该疫苗由英国牛津大学开发，授权给大型疫苗生产商印度

血清研究所使用。该公司表示，它每年可生产 1 亿剂疫苗，每剂价格在 2 美元到 4 美元之间，不到 Mosquirix 的一半。R21 三期试验数据于今年 9 月公布，涉及 4 个国家的 4800 名儿童。结果表明，在接种的前 18 个月，该疫苗至少与 Mosquirix 一样有效，甚至可能更有效。WHO 表示，到 2024 年中期，R21 有望广泛使用。

阿尔茨海默病的新疗法

今年 1 月，美国监管机构批准了第一种药物，可以明显减缓阿尔茨海默病患者的认知能力下降速度，第二种相关的治疗方法紧随其后。这两种方法都无法治愈阿尔茨海默病，而且有严重风险，但依然为患者和家属带来了新希望。

阿尔茨海默病患者大脑中有一种名为 β 淀粉样蛋白的缠结蛋白质团，多年来，科学家一直在争论去除它们是否对患者有所帮助。在一项为期 18 个月的关键试验中，与安慰剂相比，一种名为 lecanemab 的抗淀粉样蛋白单克隆抗体，将患者认知能力的丧失减缓了 27%。这足以说服美国和日本的监管机构批准它。另一种同样针对淀粉样蛋白的名为 donanemab 的抗体治疗方法与安慰剂相比，在略有不同的患者群体中，使患者认知能力下降速度减缓了 35%。美国随时可能批准这种疗法。这两种疗法都是由静脉注射的。

值得注意的是，上述治疗会产生脑肿胀和脑出血的风险，在极少数情况下，这是致命的。携带易患阿尔茨海默病的基因变异 APOE4 的人尤其容易出现这种副作用。服用药物预防或溶解血栓的阿尔茨海默病患者可能面临更高的风险。

当阿尔茨海默病患者权衡抗淀粉样蛋白药物的益处和风险时，他们渴望获得更多数据。一个问题是，认知能力减退的适度减缓是否会随治疗时间的推移而增加；另一个问题是，如果这些治疗尽早给到高风险人群，能否延缓症状的出现。

关于美洲早期人类的新发现

美洲人的故事可能开启了新的一章。在主流观点中，美洲的第一批移民来自亚洲，途经曾经连接白令海峡的陆地，在大约 1.6 万年前沿太平洋海岸南下。今年，研究人员更接近于证实了一个说法，后者将这个日期往前推了至少 5000 年。

此前，一些遗迹暗示，人们开始这段旅程的时间可能比普遍看法更早。但没人能够提供明确的人类活动证据，因此大多数考古学家对此持怀疑态度。

2021 年，美国新墨西哥州白沙国家公园的研究人员发现，早在 2.3 万年前至 2.1 万年前，人类就在一个古老湖泊的泥泞岸边留下了确切的足迹。研究人员使用放射性碳测年方法对发现于足迹周围地层中的一种水生植物种子进行了测定，得到了这一时间的数据。但这些种子可能从溶解于湖水中的沉积物中吸收了更古老的碳元素，从而影响了测定年代的准确性。因

此,研究人员利用陆地植物的花粉与嵌在足迹之间和下方的沉积物中的石英颗粒重新确定足迹的年代。今年10月,他们报告说,新的测定时间与最初的测定结果吻合。

如果这个时间是正确的,那么这些脚印是在上一个冰河时代的顶峰时期留下的,当时冰盖覆盖了加拿大,表明人类一定是在这些冰盖形成之前进入美洲的。

巨大黑洞合并的声音

今年,天体物理学家发现了一种微弱的、被人们寻找已久的宇宙轰鸣声。这是宇宙中的超大质量黑洞相互摩擦产生的引力波。这一观测结果是迄今对它们存在的最有力支持,也是一种利用遥远恒星信号探测引力波方法的有力证明。

超大质量黑洞位于星系的中心,其质量是太阳的数百万倍或数十亿倍。当星系合并时,它们中心的黑洞最终可能会被引力锁定在一个不断收缩的轨道上。在这一被称为“死亡螺旋”的最初阶段,地面的仪器无法探测到相关信号,但当黑洞彼此接近到几光年以内时,它们的相互运动会释放引力波。

这些引力波无法被激光干涉仪引力波天文台(LIGO)探测到,LIGO在2015年首次探测到两个恒星大小的黑洞合并产生的引力波。为了感知这些毫秒级的波,LIGO测量了激光束沿着4千米长的真空管传播的距离。但捕获超大质量黑洞产生的波需要测量更长的距离。

因此,天文学家转向脉冲星,这是一种燃尽的恒星,每秒旋转数百次,同时喷射出携带无线电波的粒子射流。当灯塔般的波掠过地球时,射电望远镜会记录下像原子钟一样规律的脉冲。过去20年间,天文学家定期监测几十颗最具节律性的脉冲星,以寻找脉冲节律的微小变化。经过的引力波会压缩或拉伸脉冲星和地球之间的空间,细微地改变脉冲到达地球的时间。

今年6月,全球5个团队联合宣布,经过15年的观测,他们已经将数据中的噪声降到了足够低的水平,剩下的数据反映的是宇宙中超大质量黑洞合并所引起的轰鸣声。

初出茅庐的科学家崛起

几十年来,研究生和博士后一直抱怨工资低和工作条件差。在过去的一年里,当职业早期科学家联合起来要求改变现状时,他们的沮丧情绪成为了焦点。

去年冬天,美国加利福尼亚大学系统的4.8万人发起了美国历史上最大规模的学术罢工,为研究生和博士后争取到了大幅加薪。今年5月,加拿大数千名学术工作者举行了为期一天的大规模抗议活动,要求增加对研究生和博士后的资助。在德国,职业早期研究人员为改变博士后合同而抗争。

职业早期科研人员以完全离开学术界的方式向大学施加压力,越来越多的人在毕业后进

入收入更高的行业工作。

许多教职员和大学管理者认为有必要进行改革，但是应对预算压力也很有挑战性。资助机构是否会增加资助以支付职业早期科研人员的薪水还有待观察。同时，一些大学已经采取措施帮助教师平复不断上涨的人事成本。

百亿亿次计算的曙光

经过 10 多年的酝酿，百亿亿次计算科学的时代终于在今年到来了。美国橡树岭国家实验室的 Frontier 成为首台向科学用户开放的百亿亿次计算机，它能够以每秒百亿亿（10¹⁸）次的运算速度应对从气候到材料等各领域的挑战。

百亿亿次计算的威力已经显现。美国密歇根大学材料科学家使用 Frontier 将两个理论框架合并在一起，以近乎完美的精度预测材料中多达 60 万个电子的运动，而以前的计算只能处理大约 1000 个电子。美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室和桑迪亚国家实验室使用 Frontier 提高了美国能源部主要全球气候模型的分辨率，有望大幅提高气候变化预测精度。

预计明年将有约 60 个团队使用 Frontier。

百亿亿次的计算探索才刚刚开始。美国阿贡国家实验室的百亿亿次计算机目前正在进行最后的调试，准备向用户开放。明年，新的百亿亿次超级计算机将在美国和德国启用，法国和日本的其他超级计算机也将紧随其后，它们将以前所未有的规模打开科学之门。

加快建设新型能源体系

中国能源报 2023.12.18

12 月 11 日至 12 日，中央经济工作会议在京举行。会议要求，坚持稳中求进工作总基调，完整、准确、全面贯彻新发展理念，加快构建新发展格局，着力推动高质量发展。能源领域怎么干？《中国能源报》记者就此采访业内专家，进行解读。

实现安全、经济、低碳协同

中国能源研究会能源互联网专委会主任曾鸣说：“明年能源领域工作总基调可以用先立后破、提高能效、确保安全三要素概括。当前我国要通过大幅增加可再生能源比例实现‘双碳’目标，为保证能源安全性和经济性，一定要‘先立后破’，提高能源效率，保证可靠供应。”

深入推进生态文明建设和绿色低碳发展。“会议明确在‘源网荷储’四个环节实现绿色低碳发展，打造绿色供应链，支撑能源体系生态链健康发展。”曾鸣说。

清晖智库首席经济学家宋清辉认为：“我国已进入绿色转型关键时期，加快打造绿色低碳供应链是稳妥推进碳达峰碳中和的必经之路，建议用好人工智能、物联网和大数据等新兴科技。”

中国新能源电力投融资联盟秘书长彭澎认为：“我国亟需建立系列评价指标体系，明确实现绿色供应链的边界条件。”

加快建设新型能源体系，加强资源节约集约循环高效利用，提高能源资源安全保障能力。曾鸣认为：“建设新型能源体系一定要保证能源‘安全’‘经济’‘低碳’三维目标的实现与动态协调。”

宋清辉建议从两方面着手：“一是坚持全国一盘棋，统一部署各项工作；二是深入推进能源体系升级演进，为最终实现能源系统性、变革性重塑奠定基础。”

“新型能源体系建设要大幅增加可再生能源供应，势必压减煤炭新增发电量，又不能让调节性电源因此破产退出，需要完善容量电价等保障机制。”彭澎说。

以科技创新引领产业发展

厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强表示，建设新型能源体系是实现“双碳”目标的必然要求，最大问题是新能源稳定性差且成本相对较高，需要通过技术创新以更低成本使新型电力系统更加稳定。

“尤其要让数字技术应用到能源生产、传输和应用等场景中，这将是创新重点之一。”曾鸣表示。

中国城市经济学会产业绿色发展研究部主任白卫国建议：“要以数字化、智能化、绿色化和国际化为导向，在能源开采、储运、加工和利用等环节，专注科技创新，推进产业转型升级，提升产业链供应链现代化水平，推动现代化能源产业体系建设，发展能源产业新质生产力。”

绿色消费对实现能源转型至关重要。白卫国认为，大力发展“绿色消费”“提振新能源汽车”可以进一步激发释放绿色消费需求，发挥市场调节机制，激励企业践行绿色低碳理念，发出“绿色”信号，向绿色低碳生产生活方式转变。

“增加绿色能源应用场景可以推动绿电绿证交易，产品碳中和、碳足迹等认证尤为重要，要提高企业绿色品牌建设。”白卫国说。

宋清辉认为，会议释放了积极信号，将催生一个规模巨大的绿色市场。“特别是随着我国城镇化进程的进一步加快，绿色能源消费已成为推动中国经济可持续发展的重要力量。”

持续迈进改革“深水区”

会议要求深化重点领域改革，加快全国统一大市场建设。通过推进市场化进程，能够激发市场主体积极性，提高能源资源配置效率。今年以来，我国持续推进石油天然气市场体系改革和电力体制改革，挺进改革“深水区”。

曾鸣表示：“具体来看，一方面，要想方设法把能源市场和全国碳市场、绿电绿证市场打通，实现衔接；另一方面，要关注保障可再生能源大规模发展的调节性资源进入市场的问题。此外，要继续打破能源行业壁垒，尽可能形成规模更大、覆盖范围更广的全国统一大市场，这是能源体制改革中的重要问题。”

彭澎同样认为：“应尽快实现碳市场和绿电绿证市场之间的衔接，让企业在使用绿电的同时，也能在碳排放核算中体现价值。”

如何更好推动能源领域体制机制改革？白卫国建议：“一是对全国统一电力市场体系顶层设计，统筹安排，优化配置电力供应，健全多层次统一电力市场体系；二是加快现货市场建设，逐渐推进期货市场，完善辅助服务市场，推动相互之间有机衔接，培育更多发电企业、电网企业、售电公司、金融机构及用户等参与电力交易；三是完善电力价格形成机制，逐步推动电力市场化定价，推动各类发电企业直接参与市场交易；四是完善新能源电力交易机制，有序推动新能源参与市场交易，持续激发新能源主体参与市场交易积极性，吸引更多社会资本进入。”

在油气管网改革方面，我国将于2024年1月1日起执行新的管道运输价格机制，“一线（企）一价”将成为历史。“以前，油气主干管道由各大国有油气企业分别建设各自运营，互不相通联，市场化程度较低。”白卫国认为，接下来，国家管网公司应整合“全国一张网”，公平开放管网设施，健全管网开放标准和市场监管，持续提升管网设施公平开放服务水平，带动社会资本投资，推动油气行业市场化进程。

发展绿色氢能促进新能源规模化利用

国家电网报 2023.12.19

氢能作为一种优质的二次能源，在能源存储和利用中有巨大的应用潜力，且有助于新能源电量消纳。2022年3月，国家发展改革委、国家能源局联合发布《氢能产业发展中长期规划（2021~2035年）》，明确了氢能产业的战略定位和绿色低碳的发展方向。发展绿色氢能可促进我国新能源规模化利用，助力实现“双碳”目标，为加快我国发展方式绿色转型提

供强劲动力。

绿电制氢可促进新能源电量消纳

中国已成为世界上最大的能源生产国，风电和光伏发电装机容量均位居世界第一。新能源装机容量的快速增长给电网安全稳定运行带来了挑战。“十四五”中后期，预计新能源年发电新增装机容量仍将保持快速增长，新能源电量消纳挑战严峻。

我国新能源电量消纳能力主要受限于源荷反向分布、灵活调峰能力不足、新能源基地外送通道不够、电力市场机制不完善等因素。加快储能资源配置是提升新能源电量消纳水平的重要途径。

氢储能技术是具有物质和能量双重属性的储能技术，在能量、时间、空间三个维度上具有优势，是仅有的储能容量能达到太瓦级、可跨季节储存的能量储存方式。氢在新型电力系统中存在三种主要应用形式：一是通过电解槽把电变成氢之后，以氢或氢基能源的形式储存起来，再通过燃料电池发电；二是把氢和煤/天然气掺烧，国内已经有小规模示范；三是把氢制成氨或易于储存的甲醇，用作原料或者燃料。

在电力系统源侧，氢可发挥长时储能的作用，促进波动性电源的平滑上网；在电力系統网端，氢可参与调峰，在能源需求较小的季节存储多余的电量，在能源需求较大的季节释放。随着构建新型电力系统的不断推进，绿电制氢对促进新能源电量消纳的优势将逐渐凸显。今年，我国多个绿电制氢项目获批、签约或开建，已投产项目规模达 4.9 万吨，已立项产能合计约 270 万吨。

绿电制氢有助于构建新型能源体系

在能源消费终端，电能具有效率高、污染少等优势。源侧高比例新能源渗透和终端快速电气化将成为实现“双碳”目标的两大重要抓手。然而，电力生产、输送、消费具有瞬时性，储存和运输难度高于煤、石油、天然气等一次能源，加之新能源发电不稳定，使得 100% 的电气化难以实现。难以实现高比例电气化的行业主要包括长途重卡运输、冶金和石化等重工业、航运和航空。目前，这些行业的碳排放量约占用能领域碳排放总量的三分之一。实现“双碳”目标要构建新型电力系统，更要建设新型能源体系。

氢能在建设新型能源体系中可发挥不可替代的作用。氢电耦合等方式可推动形成煤油气、电热氢等灵活转换、多元互补的现代能源体系。氢能作为二次能源，在交通领域可减少汽油、柴油消费；作为高品质热源，在工业领域可减少煤炭、天然气等化石能源消费；作为大规模、长周期、跨季节储能方式，可提高电力系统灵活调节能力，促进新能源大基地电量集中外送作为清洁化工原料和还原剂，可推动形成“风光发电+氢储能”一体化、“绿电-绿氢-绿氨

（绿色甲醇）”产业链，与地方工业、农业发展相融合，促进化工等相关产业绿色低碳转型，带动相关地区经济社会发展。

未来，我国绿色氢能发展可考虑“两条腿”走路，一方面发展管道输氢，另一方面因地制宜地将绿电制氢与当地煤化工、石油炼化、冶金产业结合起来。

制储输用协同共促氢能绿色发展

目前，绿色氢能发展在制、储、输、用各个环节均存在一定挑战。需要政府、企业、高校、科研院所等多方力量协同，推动产学研用贯通，解决好氢能产业各环节存在的难点问题。

标准先行，加强绿氢标准研究制定。结合我国发展实际，进一步明确绿氢行业标准或国家标准，并与欧盟等国际组织制定的标准接轨，推动编制国际标准，为绿氢发展夯实标准基础。

降本增效，通过技术创新与市场机制改革，提高绿氢产业经济性。持续攻关新能源发电技术，提高制氢电解槽、储存及运输、燃料电池、内燃机等设备的可靠性，攻克绿电制氢难以适应新能源发电间歇性和波动性的技术难题，加强氢能产业投入与研发，加快氢能各项技术商业示范应用。支持绿氢减排量纳入自愿碳减排市场交易，逐步探索建设全国性绿氢交易所。

多管齐下，支持氢能储存运输技术朝着“低压到高压”“气态到多相态”“单一到复合”的方向发展，解决好绿氢跨季节大规模存储难、绿氢供需不匹配等产业堵点问题。在新能源资源丰富的“三北”地区，鼓励配套建设合成氨、合成甲醇等工厂，通过改进氨基能源合成技术来适应新能源发电波动性，促进绿氢就地消纳。

需求引领，以推动绿氢在工业领域规模化应用为目标，出台相关扶持政策。结合碳捕集、利用和封存技术，采用捕集的二氧化碳与氢反应制取甲烷、甲醇作为工业原料，拓宽绿氢应用场景，释放工业领域对绿氢的需求，强化需求对供给的牵引。

示范推进，通过开展风光制氢合成氨、跨季节规模化储氢、氢能燃气轮机发电、制氢加氢一体化、绿氢碳交易机制示范等项目，以点带面推进绿氢产业发展。

《自然》预测 2024 年科学大事

中国科学报 2023.12.20

先进的人工智能工具、月球任务和超高速超级计算机将在未来一年塑造科学研究。12

月 18 日,《自然》杂志盘点了 2024 年值得关注的科学事件。

人工智能的进步

ChatGPT 的兴起对今年的科学发展产生了深远影响。它的创造者——美国人工智能研究公司 OpenAI, 预计将于 2024 年晚些时候发布聊天机器人的下一代人工智能模型 GPT-5。GPT-5 可能会展示出比其前身 GPT-4 更先进的功能。科学家同时也在关注 GPT-4 的竞争对手 Gemini 的亮相。

大型语言模型可以处理多种类型的输入, 包括文本、计算机代码、图像和音视频。

美国谷歌 DeepMind 的人工智能工具 AlphaFold 的新版本也将于 2024 年发布。研究人员已经用它高精度地预测了蛋白质的 3D 形状。明年, 人工智能将以原子精度模拟蛋白质、核酸和其他分子之间的相互作用, 这可能为药物的设计和发现开辟新的路径。

同时, 解决监管问题迫在眉睫。联合国人工智能高级别咨询机构将于 2024 年年中公布其最终报告, 为人工智能的国际监管出台指导方针。

瞄准星星

智利的维拉·鲁宾天文台计划在 2024 年年底运行部分仪器。借助该天文台的 8.4 米望远镜和 32 亿像素相机, 科学家希望发现更多新的瞬态现象和近地小行星。

同样在智利, 西蒙斯天文台将于 2024 年年中完工。这项下一代宇宙学实验将在宇宙微波背景下寻找原始引力波的特征。它的望远镜将配备多达 5 万个聚光探测器, 是目前正在进行的类似项目的 10 倍。

天文学家依然担心, 由于越来越多的明亮人造卫星群正在用光污染夜空, 新的地基望远镜数据可能更加难以获得。

“武装”的蚊子

世界蚊子项目将于 2024 年在巴西的一家工厂生产抗病蚊子。这些蚊子将携带一种细菌, 后者可以防止蚊子传播致病性病毒, 从而能够保护多达 7000 万人免受登革热和寨卡病毒等疾病的侵袭。

这家非营利组织计划在未来 10 年每年生产多达 50 亿只抗病蚊子。

疫情之外

针对新冠疫情, 美国政府正在资助 3 种下一代疫苗的试验。其中两种是鼻内疫苗, 通过在气道组织中产生免疫力来预防感染。第三种是 mRNA 疫苗, 可以增强抗体和 T 细胞反应, 有望实现对新冠病毒变体的持久免疫。

而世界卫生组织将在 2024 年 5 月举行的第 77 届世界卫生大会上公布其流行病条约的最

终草案。该条约旨在让各国政府更好地预防和管理未来的流行病。

月球任务

自 20 世纪 70 年代以来，美国宇航局再次启动载人登月任务。阿尔忒弥斯二号最早可能于 2024 年 11 月发射，将搭载 3 男 1 女共 4 名宇航员乘坐“猎户座”飞船进行为期 10 天的绕月飞行。

此外，美国宇航局的“克利伯号”飞船将于 2024 年 10 月飞往木星的卫星木卫二。日本则计划于 2024 年进行火星卫星探索任务，将访问火星的卫星火卫一和火卫二，其探测器将在火卫一降落并收集地表样本。

“照亮”暗物质

一项探测被称为“轴子”的暗物质粒子的实验将在 2024 年看到曙光。轴子被认为是由太阳发射并转化为光的，但它们至今还没有被实验观测到，因为这需要灵敏的探测工具和极强的磁场。

德国电子同步加速器进行的 BabyIAXO 实验，使用一个由 10 米长的磁铁和超灵敏的无噪声 X 射线探测器组成的太阳望远镜，每天 12 小时跟踪太阳的中心，以捕捉轴子转化为光子的过程。

此外，2024 年可能是科学家确定中微子质量的一年。中微子是粒子物理学标准模型中最神秘的粒子。研究人员将在 2024 年完成数据收集，并有望对这些微小粒子进行明确测量。

关于意识的辩论

2024 年，科学家可能会对意识的神经基础有新的认识。一个大型项目正在通过一系列对抗性实验测试两种意识理论，预计将在 2024 年年底公布第二轮实验的结果。

在第一轮实验中，两种理论都未能与观察到的脑成像数据完全一致。第二轮实验可能会让神经科学更接近于解读主观体验的奥秘。

拯救地球

2024 年下半年，海牙国际法院可能会就各国应对气候变化的法律义务发表意见，并对那些被视为破坏气候的国家须承担的法律后果作出裁决。虽然这一裁决不具有法律约束力，但可以推动各国加快实现其气候目标并在国内法律案件中加以引用。

自 20 世纪 50 年代以来，全球共生产了 100 亿吨塑料，其中 70 多亿吨现已成为废品。联合国塑料条约政府间谈判将于 2024 年结束。该条约旨在建立一项具有约束力的国际协议，以消除塑料污染。

超高速超级计算机

2024 年年初，研究人员将启动欧洲首台百亿亿次超级计算机“木星”。这台巨大的机器每秒可以执行 100 亿亿次计算。研究人员将利用该机器创建基于医学目的的人类心脏和大脑“数字孪生”模型，并对地球气候进行高分辨率模拟。

美国研究人员将在 2024 年安装两台百亿亿次计算机——阿贡国家实验室的 Aurora 和劳伦斯·利弗莫尔国家实验室的 El Capitan。科学家将利用 Aurora 绘制大脑神经回路图，利用 El Capitan 模拟核武器爆炸的影响。

探索农村清洁取暖新路径

中国电力报 2023.12.21

实施农村清洁取暖改造是一项复杂的系统工程，涉及能源供给、热源改造、住房保温等多个环节。要实现农村清洁取暖的可持续发展，必须以市场为主导，以各取所需、温暖过冬、经济可承受为目标。但现状是，以政府支持项目为主导，过度依赖中央财政补贴，地方配套资金捉襟见肘，个别地方甚至出现低价竞标的情况。同时，自上而下以热源侧改造完成任务指标作为考核，缺乏系统性考量，治标不治本。这种机制还导致了行业的创新动力不足，一些地方脱离现实，一味照搬，为后期运营管理埋下诸多隐患。这些深层次的问题亟须引起各方重视。

农村清洁取暖现状与挑战

近年来，随着城镇化建设的推进，北方地区住户比较集中的乡村采取了集中供暖模式，燃煤炉具用户逐年减少，散煤使用量大幅下降。在清洁取暖政策驱动和市场培育下，北方农村地区取暖正由传统粗放式燃煤向多能互补方式转变，加之乡村振兴、碳达峰行动等一系列利好政策助力，带动农村清洁取暖消费升级。经过近几年的发展，农村清洁取暖呈现如下特点：

取暖方式多元化，不同区域有差异。在政策引导和项目大力推动下，用户的消费观念正在发生变化，对于一些新型采暖方式，愿意尝试并逐渐接受，北方农村地区冬季清洁取暖出现了多元化发展趋势。但受多种条件制约和生活习惯影响，在东北和西北地区已实施清洁取暖改造的农村家庭中，近 90% 的农户依然保留了炉灶炕烧煤炭、秸秆、薪柴炊事取暖的习俗。即使是在京津冀及周边清洁取暖项目已实施地区，也有大量农村居民使用传统炕连灶做饭取暖。因此，炉灶炕仍是目前我国农村生活场景的首选。取暖可以多元化，但是炕连灶短

时间内很难被完全取代。

取暖需求各不同,经济水平是关键。影响农村居民取暖返煤烧柴的原因主要受资源禀赋、能源供给、散煤管控力度、取暖成本及效果、设备可靠性、人口结构、生活习惯等多重因素影响,但其中取暖成本是最关键的因素。经济条件较好的用户注重取暖品质,对清洁取暖的要求是方便智能、干净舒适,自行选择购买电采暖、空气源热泵等产品意愿增强,逐渐接受、认可新型取暖方式;经济条件较差的用户则注重取暖成本,更倾向于就地取材。

这中间,还存在着以下几点挑战:

过分追求指标任务,重数量轻质量。目前,推进农村清洁取暖是政府主导型的改造工程。在硬性考核指标和环保问责压力下,实施时间紧、任务重、配套资金不足,导致一些项目成了“交差”工程。同时,往往采取“一刀切”的推进方式,过于追求改造速度,重数量轻质量,没有充分考虑农户的经济承受能力,改造后运行成本较高,导致无法满负荷运行或直接被弃用,造成返煤现象频发。

严重依赖政府补贴,地方财政压力大。当前,各地主要依赖财政补贴推动清洁取暖,由于基础设施改造耗资巨大,部分清洁取暖设备价格高,同时电采暖和燃气采暖的运行成本高于燃煤,居民对政府补贴依赖较强,地方政府财政负担普遍过重,相关补贴政策难以长期持续。未来,随着改造面积不断扩大、数量不断增加,原有项目运维及新项目持续推进所需的高额补贴会让地方财政陷入进退两难的境地。待补贴政策到期退出后,已实施清洁取暖的用户极有可能重返燃煤,将会造成公共资源的极大浪费。同时,一些地区出现改造后取暖效果差、技术路径不适应或运行成本高等问题,又实施了二次、三次改造,造成新一轮的财政压力,而个别地区市、县财政补贴已达极限,难以扩大补贴、持续补贴。

生物质供暖政策不明确,排放要求过高。近年来,国家出台的有关能源政策及规划,均明确提出了大力发展农村生物质供暖。但在实际推广中,部分地方政府对生物质供暖还存在环保方面的顾虑,并未把生物质供暖作为优先考虑方案。此外,由于现有标准体系里缺乏生物质成型燃料质量分级与生物质燃烧设备相关国家标准。一些地方政府要求生物质供暖排放要达到天然气“特别排放限值”,甚至提出了超低排放的要求,条件过于苛刻。

低价招标扰乱市场,企业缺乏创新动力。个别地方在财政资金有限的情况下,为完成任务目标,往往采取低价招标策略,将产品价格压低,甚至低于成本价,导致大企业、高质量产品退出。而中标企业则只能在原材料采购、生产制造等方面压缩成本,以牺牲产品质量来弥补亏损,出现“劣币驱逐良币”现象。此举扰乱了市场正常秩序,导致大量劣质产品进入市场,打压了企业积极性,阻碍了行业技术进步和产品创新,形成了企业恶性竞争、用户不

买账、政府不满意的恶性循环。

农村清洁取暖可持续发展建议

从农村实际出发，因地制宜推进。农村地域辽阔，情况复杂，推进清洁取暖工作不可能一蹴而就，故不能搞“一刀切”，也不能简单照搬城镇清洁取暖模式。建议立足各地农村的资源禀赋、经济承受力、居民习惯等实际情况，以因地制宜、分类指导的原则，科学确定农村清洁取暖技术路线。经济实力较强、基础条件具备的一类农村地区，应加快推进，尽早完成散煤替代；经济水平较差、基础条件一般的二类农村地区，应重点做好示范引导；地处偏远、经济欠发达的偏远农村地区，不能设过高的标准，可根据实际情况，能改则改、需缓则缓。相关部门可以制定适宜农村清洁取暖的多种模式路径或技术指南，让用户结合实际情况自主选择适合的清洁取暖模式、技术、产品，各取所需，实现市场化调节，推动可持续发展。

优先发展农村生物质能，完善标准体系。在“双碳”背景下，农村应大力推广利用可再生能源替代散煤，特别要重视生物质能在乡村振兴、人居环境改善、农村能源革命中的战略作用，破除生物质能利用高污染误区。在“双替代”难以覆盖且生物质资源丰富的农村地区，应优先支持发展生物质清洁取暖，让其与煤改气、煤改电享受同等补贴。同时，尽快出台生物质燃料质量分级标准与生物质燃烧设备国家标准，制定科学合理的污染物排放限值，促进生物质能产业高质量发展。

积极探索乡村能源站模式。各地农村应结合本地的资源禀赋、经济条件、产业结构、人口规模等，因地制宜探索不同规模、不同类型的乡村能源站模式。同时，通过乡村能源站建设、运行、维护等增加就业岗位，带动试点县农民就业、增收，培养专业化服务队伍，提高乡村能源公共供应和服务能力，降低乡村用能成本，实现化石能源替代、减污降碳。

鼓励技术模式创新，开展试点示范。通过孵化或扶持国家科技项目，鼓励农村清洁取暖技术和设备研发，解决各种取暖技术之间的耦合问题，实现技术的稳定可靠和高效运行。激励地方开展新技术、新产品试点示范，通过试点示范及时总结选出能源利用效率高、污染物排放低、运行成本可承受、智能操作更方便的关键设备和技术，以及可持续的运营模式，不断探索、总结经验，以点带面促进整体提升，推动农村清洁取暖高质量发展。

我国将完善新领域新业态专利审查标准

中国科学报 2023.12.28

国家知识产权局局长申长雨在 12 月 26 日举行的国务院政策例行吹风会上表示,将持续完善新领域新业态专利审查标准,综合运用多种审查模式,助力绿色低碳技术和未来产业领域专利申请获权,为绿色低碳技术和量子信息、类脑智能等产业发展提供更多技术供给。

随着我国科技创新能力的持续增强,我国在新产业新赛道领域的竞争优势不断彰显,特别是以电动汽车、锂电池、太阳能电池为代表的绿色低碳产业加快发展。数据显示,今年前 11 个月,我国电动汽车、锂电池、太阳能电池等产品出口分别达到 2693 亿元、4194 亿元和 2890 亿元,呈现出良好的发展势头。

“这些产业快速发展的背后,是许多专利技术的支撑。”申长雨说,我国新能源汽车销量排名前十位的重点企业全球有效专利量已经超过 10 万件,并且呈逐年快速增长势头。

在锂电池特别是固态电池领域,中国是全球主要的技术来源国之一。截至今年 5 月,全球固态电池关键技术专利申请量为 20798 件,其中中国有 7640 件,占比达 36.7%。近 5 年,我国固态电池全球专利申请量年均增长 20.8%,增速位列全球第一。在太阳能电池方面,我国全球专利申请量为 12.64 万件,排名第一,同样具备较强的创新实力。

申长雨表示,国家知识产权局还将大力培育绿色低碳技术和未来产业高价值专利,支持建设运行相关产业专利池,并鼓励探索开展专利开源,更好发挥我国超大规模市场优势,助力产业做大做强。同时加大新领域新业态知识产权保护力度,营造更好的营商环境和创新环境。

年度十大国内能源新闻

中国能源报 2023.12.25

2023 年,世界变乱交织,中国能源产业不负众望,支撑东方大国行稳致远。

这一年,煤炭、油气保供能力继续提升,能源供需动态平衡,能源的饭碗牢牢端在自己手里;

这一年,煤电容量电价机制、天然气管网“一区一价”等改革措施密集落地,可再生能源装机占比历史性突破 50%,能源革命硕果累累;

这一年,降碳工作有序推进,助力中国引领全球气候变化治理。

.....

本期,我们梳理 2023 年国内十大能源新闻,共同回顾不平凡的 2023,为中国能源产业

打 call。

标准体系建设提速 碳达峰试点探新路

标准是实现碳达峰碳中和必不可少的基础支撑。2023 年，碳达峰碳中和标准体系建设取得重要突破。

4 月 21 日，11 部门联合发布《碳达峰碳中和标准体系建设指南》，对碳达峰碳中和标准体系建设明确具体目标、搭建体系框架、确定重点内容，对解决碳排放数据“怎么算”、如何“算得准”，碳排放“怎么减”、“怎么中和”等问题具有重要意义，为支撑重点行业和领域碳达峰碳中和工作提供协调、全面的标准支撑。

通过试点建设，探索可操作、可复制、可推广的经验做法是实现碳达峰的重要途径。11 月 28 日，国家发改委办公厅发布《关于印发首批碳达峰试点名单的通知》，确定张家口市等 25 个城市、长治高新技术产业开发区等 10 个园区为首批碳达峰试点城市和园区。

首批碳达峰试点的确定，有利于调动试点城市和园区的积极性与创造性，打造降碳先行区和引领区，为全国如期实现“双碳”目标提供有力支撑。

“新三样”出口势头强 占据全球领先地位

2023 年，作为我国高技术附加值的绿色转型产品，新能源汽车、锂电池、太阳能电池这外贸出口“新三样”走俏海外。前三季度，“新三样”等产品出口量同比大涨 41.7%。

新能源汽车领域，7 月，我国第 2000 万辆新能源汽车正式下线。从 1000 万辆迈入 2000 万辆大关，我国仅用 1 年零 5 个月。1 月—11 月，我国新能源汽车出口 109.1 万辆，同比猛增 83.5%，不断跑出加速度。

锂电池领域，前三季度，我国新增投运新型储能项目装机 12.3 吉瓦，同比强劲增长 925%，再创历史新高。上半年，在全球市场中，出自中国企业的储能电池产量超 75 吉瓦时，是去年同期的 2 倍多，出口比重超 55%，产销两旺。

光伏发展更是迅猛。1 月—10 月，我国光伏新增装机 142.56 吉瓦，同比增长 144.78%，占全部新增发电装机的 57%；光伏产品出口金额达 429 亿美元，硅片、电池片、组件出口量分别同比增长 90%、72%、34%。截至 10 月底，我国光伏累计装机 535.76 吉瓦，成为我国装机规模第二大电源。

“双碳”目标下，我国新能源产业飞速发展，制造端、应用端齐头并进，在全球市场中占据领先地位，我国靓丽“新名片”名副其实。

构建新型电力系统 电力保供底气更足

2023 年，我国加速构建新型电力系统，电网迎峰度夏、迎峰度冬的底气越来越足。

应对高比例新能源带来的压力是新型电力系统建设的重要课题。为此，我国加速实施跨省跨区输电通道“联网”、省内主网架“补网”建设，尤其是我国首个“沙戈荒”风光电基地外送电特高压工程——国网宁夏—湖南±800千伏特高压直流输电工程开工，为“沙戈荒”大型可再生能源基地开发利用提供解决方案。

与此同时，2023年，抽水蓄能电站建设也大幅提速。福建永泰抽蓄电站实现全容量投产，东北地区最大抽蓄电站首台机组投产，西北地区首台抽蓄电站——国网新疆阜康抽蓄电站投产，西南地区首座百万千瓦级抽蓄电站投产……此外，还有一批项目正在建设中。

特别值得一提的是，2023年，国家电网、南方电网加速推动“源网荷储”各环节协同优化，保障电力供需实时平衡，有效缓解今夏部分区域电力供需偏紧局面的同时，也为应对今冬“速冻”天气的挑战积蓄更多力量。

装机占比正式过半 可再生能源超煤电

2023年，我国可再生能源电力发展迎来历史性突破。上半年，可再生能源装机达13.22亿千瓦，首超煤电，约占我国发电总装机的48.8%。截至目前，可再生能源装机达14.5亿千瓦，占全国发电总装机比重超50%，风电光伏发电量占全社会用电量比重突破15%。

随着我国可再生能源装机规模快速增长、发电量不断增多，可再生能源电力的安全消纳问题日益凸显。2023年7月发布的《关于做好可再生能源绿色电力证书全覆盖工作促进可再生能源电力消费的通知》明确将对已建档立卡的可再生能源发电项目所生产的全部电量核发绿证，实现绿证核发全覆盖。

12月13日，国家能源局首批核发绿证约1191万个。随着我国可再生能源装机容量和发电量不断攀升，实现绿证核发全覆盖后，我国将成为全球最大的绿证供应市场。

“一区一价”尘埃落定 管网运行效率更高

2023年12月5日，国家发改委印发《关于核定跨省天然气管道运输价格的通知》，首次分区域核定国家管网集团经营的跨省天然气管道运输价格，同时，要求国家管网集团根据各价区运价率，以及天然气入口与出口的运输距离，计算确定管道运输具体价格，并向社会公开。

这是我国天然气管网运营机制改革以来的首次定价，也是首次按照“一区一价”核定跨省天然气管道运输价格。

“一区一价”落定后，国家管网集团经营的跨省天然气管道运价率由20个大幅减少至西北、东北、中东部及西南4个价区，构建了相对统一的运价结构。在“全国一张网”框架下，跨省天然气管道运输价格相对统一，打破了运价率过多对管网运行的条线分割，有利于

实现管网设施互联互通和公平开放，促进管道资源合理配置，提高管网运行效率，对构建天然气全国统一大市场具有重要意义。

煤电容量电价落地 助力电改纵深推进

2023年11月10日，国家发改委、国家能源局联合印发《关于建立煤电容量电价机制的通知》，明确自2024年1月1日起建立煤电容量电价机制，对煤电实行“两部制”电价政策。其中，电量电价通过市场化方式形成，灵敏反映电力市场供需、燃料成本变化等情况；容量电价水平根据转型进度等实际情况合理确定并逐步调整，充分体现煤电对电力系统的支撑调节价值，确保煤电行业持续健康运行。

“两部制”电价的出台，意味着我国电力安全稳定供应这块“拼图”日臻完善。“双碳”目标及能源转型背景下，降低燃煤发电企业成本，建立能够同时挖掘煤电机组下调能力和激励煤电机组顶峰能力的价格机制十分必要。“两部制”电价的出台，不仅能够巩固和保障煤电的“压舱石”地位，同时也明确其成本回收不再完全依靠发电，进而保障中长期发电容量的充裕性，助力电改纵深推进。

标准建设有了指南 氢能发展更重质量

2023年8月8日，国家标准委与国家发展改革委等部门联合印发《氢能产业标准体系建设指南（2023版）》（以下简称《指南》），系统构建了氢能制、储、输、用全产业链标准体系，并明确了标准体系建设目标。

这是我国首次从国家层面对氢能全产业链标准体系建设给出指导意见，也是多年来业界期盼的一件大事。《指南》的推出，是对《氢能产业发展中长期规划（2021-2035年）》确定的任务的分解和呼应，既表明国家对氢能产业发展的重视、对氢能相关政策细化和完善的态度，同时也是产业发展的风向标，是对行业和企业重大利好。

从前期以燃料电池等交通领域应用为主，到目前开始向上游氢气制取和储运环节发力，2023年，我国氢能产业进入全产业链全面发展新阶段。标准体系的建设，有望在推动产业规模扩张的同时，进一步拉升行业发展质量。

三代核电批量开工 四代电站全球“破零”

2023年12月6日，我国拥有自主知识产权的全球首座第四代核电站——山东荣成石岛湾高温气冷堆核电站商业示范工程圆满完成168小时连续运行考验，正式投入商业运行。该示范工程集聚产业链上下游500余家单位，先后攻克多项世界级关键技术，设备国产化率超90%，首台套设备达2200多台（套），创新型设备达600多台（套），标志着我国在第四代核电技术研发和应用领域达到世界领先水平。

2023年，我国三代核电批量开工。福建宁德核电项目5、6号机组及辽宁徐大堡核电项目1、2号机组获核准。其中，福建宁德核电项目5、6号机组采用中国具有自主知识产权的三代核电技术“华龙一号”，设备国产化率超过90%。

2023年，我国“华龙一号”已形成多机组同时在建、批量化建设稳步推进格局，四代核电亦加速发展。核电国产化率持续提升，在我国能源结构中的重要性愈发凸显。

风机大型化创纪录 勇闯技术“无人区”

2023年底，我国主流风电整机厂商陆续发布最新款陆海风电整机机型——15兆瓦陆上风电机组刷新全球陆上风机容量最高纪录，22兆瓦海上风电机组刷新全球海上风机单机容量最高纪录。

而就在2020年，我国新增装机所用陆上风电机组平均单机容量还仅为约2.6兆瓦，海上风电机组平均单机容量仅为4.8兆瓦。短短三年时间，投入市场的风机单机容量便快速上涨，单机容量10兆瓦的陆上风电机型已经投入使用，单机容量15兆瓦以上的海上风电机组已经实现并网发电，单机容量18兆瓦的海上风电机组已正式下线。

风机大型化被视作推动风电降本的重要手段，不断涌现的新产品正让风电变得更加好用易用，也让风电走向更深更远。随着“双碳”目标的提出，风电市场潜力正逐步显现，风电市场的持续创新突破正为我国乃至全球提供源源不断的绿色动力。

油气勘探成果丰硕 夯实能源保供“家底”

2023年，油气企业牢记“能源的饭碗必须端在自己手里”，立足增储上产七年行动计划，大力推进高效、高质量勘探，喜获多项成果，展现出保障国家能源安全的新担当新作为。

在鄂尔多斯盆地东北缘的2000米地层，中国海油发现我国首个千亿方深煤层气田——神府深煤层大气田，探明地质储量超1100亿立方米；在渤海南部海域，中国海油再获亿吨级大发现——渤中26-6油田，成为渤海油田连续3年勘探发现的亿吨级油田；在塔里木盆地，中国石化在顺北中部超深凝析油气新领域累计探明地质储量石油2.76亿吨、天然气2093亿立方米；在新疆塔克拉玛干沙漠，设计井深达11100米的中国石油深地塔科1井鸣笛开钻，奏响我国“万米深井”时代序曲……

2023年，我国油气勘探领域捷报频传。这些资源的发现，将不断夯实我国能源保供“家底”，进一步筑牢我国能源安全防线。

年度十大国际能源新闻

中国能源报 2023.12.25

2023 年的世界依然在严峻考验中步履蹒跚。极端天气频发、山林野火蔓延、地震洪水肆虐……应对气候变化刻不容缓，俄乌冲突未止、巴以冲突又起，地缘政治危机引发能源市场波动不已。

变局之中，中国能源转型成绩亮眼，为世界经济复苏和全球绿色发展作出积极贡献。

中美合作积极引领气候治理世界同行

中美合作为全球气候行动注入新动能。11 月 15 日，中美两国元首会晤，就两国关系以及世界和平发展的重大问题坦诚交换意见；同日，两国发表关于加强合作应对气候危机的阳光之乡声明。一系列务实举措传递出双方围绕气候变化问题深入合作的信息，也为全球气候治理注入更多信心。

11 月 30 日至 12 月 13 日，《联合国气候变化框架公约》第二十八次缔约方大会在阿联酋迪拜召开，198 个缔约方围绕《巴黎协定》首次全球盘点、气候损失和损害资金、公平公正转型等多项议题达成具有里程碑意义的《阿联酋共识》。中美两国围绕气候变化问题拓展合作、集聚合力，向全球释放积极信号。

地缘政治危机不断能源市场前景不明

俄乌冲突持续，巴以冲突又起，红海危机隐现。今年以来，地缘政治局势紧张加剧，全球能源供需格局加速重构，如何确保能源安全，成为时代之问。

世界银行指出，今年以来，地缘冲突对大宗商品价格影响有限，可能反映出全球经济吸收油价冲击的能力有所提高。然而，地缘冲突一旦升级，大宗商品价格前景将迅速转暗，地缘冲突、经济衰退、高通胀高利率等因素给全球油气供给和价格带来的冲击将延续至 2024 年。

大国外交彰显魅力能源合作提档升级

今年，中国特色大国外交全面推进、彰显魅力，多维度、深层次推进优势互补、互惠共赢的国际能源合作。4 月，中国与法国签署油气、核能、“风光氢”等多项新的合作协议。5 月，首届中国—中亚峰会召开，中国和中亚国家继续打造“油气+新能源”能源转型伙伴关系。8 月，中国和南非继续深化在能源资源、绿色发展等多个重点领域的合作。10 月，第三届“一带一路”国际合作高峰论坛成功举办，形成 458 项成果；同月，第五届中俄能源商务论坛举行，共签署约 20 项协议。

值得一提的是，今年正值共建“一带一路”倡议提出10周年，作为推动中国扩大对外开放的重要举措和推动构建人类命运共同体的实践平台，10年来，共建“一带一路”倡议取得的成就硕果广受赞誉，产生的影响深远广阔。共建“一带一路”倡议下的能源合作10年来不断走深走实，取得丰硕成果，惠及共建国家和地区民众，助力构建更加绿色、包容的能源未来。

日本核污染水排海国际社会深表忧虑

从8月24日起，日本福岛第一核电站核污染水开始排放入海，预计2023年将排放核污水约3.12万吨。日方核污染水排海计划长达30年甚至更久，存在巨大风险隐患。

日本将福岛核事故污染风险转移到邻国和周边环境，进而给全世界带来二次伤害，既不利于核能和平应用，也无法控制核污染扩散。国际上的有识之士指出，日本不仅应当严肃对待本国民众的关切，同样应当正视国际社会，特别是周边邻国的强烈担忧，本着负责任和建设性的态度，同利益攸关方进行沟通，认真对待利益攸关方进行损害认定与赔偿的正当诉求。

清洁能源疾速扩张中国发挥先锋力量

绿色低碳主旋律下，清洁能源今年持续大发展。国际能源署数据显示，到今年末，全球可再生能源装机量有望增加107吉瓦，总装机量达440吉瓦以上，创下有史以来最大增幅。

与此同时，今年全球能源投资预计约2.8万亿美元，其中清洁能源技术投资将超过1.7万亿美元，超过石油等化石燃料投资。

值得注意的是，风光装机容量连续多年位居全球首位的中国正发挥着先锋引领作用。

时至今日，我国风电机组已出口到49个国家和地区，风电整机产量占全球市场份额50%以上，全球风电整机企业前十名中有6家来自中国。我国光伏产业在硅片、电池片、组件等主要环节更为耀眼，占据了全球80%以上的市场份额，切实体现了市场对中国技术的认可。

业界预测，到2030年，世界能源系统将发生重大变化，可再生能源在全球电力结构中的份额将接近50%。勇立潮头，中国正源源不断为全球能源转型输送绿色动能。

关键矿物需求激增供应安全备受关注

关键矿物资源上游开发热度空前。清洁能源技术应用的爆发式增长带动以锂、镍、钴、铜为代表的矿产需求激增，关键矿物上游投资规模飞速增长，各国明显加快本土矿产资源开发速度。

以锂电原材料为例，2017年至2022年期间全球锂需求增长三倍左右，钴需求增长70%，镍需求增长40%。庞大的下游需求催生了上游勘探热情，盐湖、矿山、海底乃至火山口都成为资源“宝地”。

值得关注的是，全球多个关键矿物生产国选择收紧上游开发政策。智利发布“国家锂战略”，将成立国有矿产公司；墨西哥通过锂矿资源国有化的提案；印尼加强镍矿资源国有控制力度。锂资源总量占到世界总量一半以上的智利、阿根廷、玻利维亚三国交流愈加密切，“锂矿欧佩克”呼之欲出。

关键矿物资源已经成为能源市场的“新石油”，矿产供应安全也成为清洁能源稳步发展的关键所在，加强关键矿物供应安全势在必行。

油气屡现超级并购化石时代尚未终结

美国最大石油公司埃克森美孚、第二大石油公司雪佛龙，以及西方石油公司今年均进行了大型并购，这3笔重磅收购案使得今年北美油气行业大型并购总额达到1245亿美元。业内预期油气业新一轮并购潮来袭。

10月，埃克森美孚宣布以近600亿美元全股收购美页岩生产商先锋自然资源，此为其自1999年以来最大一笔收购交易。雪佛龙同月宣布斥资530亿美元全股收购美油气生产商赫斯，同样是其有史以来最大收购案。12月，西方石油公司宣布以120亿美元收购一家美国页岩油气公司。

大型油气生产商不断扩张上游业务版图，掀起新一轮整合浪潮，将有越来越多能源公司加紧争夺最佳油气资产，以确保未来几十年稳定供应。虽然关于“石油需求峰值”是否来临的讨论一直存在，但可以肯定是，“化石时代”尚未终结。

有的弃用有的推广用核争议持续不断

今年4月，德国宣布关停境内最后三座核电站，正式进入“无核时代”，成为全球核电行业的标志性事件。德国“弃核”的主要原因是对其核安全的担忧，这也是当前全球核电产业面临的主要困境。今年初，美国运营超半个世纪的蒙蒂塞洛核电站也因安全问题关停。

新建项目成本高企同样是核电发展道路上的“拦路虎”。美国沃格特勒核电站3号机组和4号机组项目成本严重超支就是一大典型案例。

挑战虽多，但核能发电的清洁低碳特性却仍让其活跃在世界能源舞台上。今年内，出现过严重核电事故的日本，为稳定电力供应，宣布重启核电站；最为依赖核电的法国宣布，将在未来10年为本土核电产业提供超过1亿欧元拨款；芬兰、印度乃至美国也都表示将大力发展核电产业。

清洁低碳的核电一直都被视作应对气候变化的重要抓手，如何高质量发展核电成为当前世界能源转型的重要议题。

煤炭需求再创新高历史拐点或将到来

2023年，全球煤炭需求再创历史新高，总量超过85亿吨。

整体上看，各国从政策层面对清洁能源的重视，减缓了全球煤炭需求增速，但煤炭仍是许多国家能源系统的“压舱石”。

从市场情况来看，煤炭市场已基本走出因疫情、俄乌冲突等因素引发的供应剧烈波动期，全球煤价平均水平有所回落。供应侧来看，俄罗斯煤炭受欧美国制裁影响，更多以“打折价”进入市场；印尼、莫桑比克、南非等煤炭生产国出口量有所上涨，其中，印尼煤炭出口量接近5亿吨，刷新历史最高纪录。

在国际能源署看来，受各国降碳进程和政策影响，全球煤炭需求或已经到达历史性转折点，随着可再生能源装机增速超过电力需求增速，煤电需求或出现下降走势，煤炭这一化石燃料的消费量有望出现“结构性”下降。

欧美能源转型遇阻贸易壁垒引人担忧

虽然全球可再生能源装机增速迅猛，但欧美国清洁能源产业发展却频频受阻，供应链问题持续拨动欧美国“神经”。

成本高企、设备供应链中断导致欧美风电整机商陷入亏损泥潭，产能扩张迟缓，由此引发美国、英国海上风电项目接连遭遇开发商退出。

太阳能领域，今年前8个月，欧洲15家主要生产商共产出1吉瓦太阳能组件，仅为去年同期的11%。

与此同时，却有欧盟官员公开“放话”，要针对中国风电产品开启反补贴调查。美国颁布的《通胀削减法案》更是限制外国光伏产品进入美国市场，减缓了美国太阳能发电项目投资、建设和并网速度。

应对气候变化、实现能源转型离不开全球合作，欧美国一意孤行频设贸易壁垒实际上“损人不利己”。只有保持全球市场开放，才能共同推动风光成本下降，实现多方共赢。

二、热能、储能、动力工程、节能

我国首台中速大功率氨燃料发动机点火成功

科技日报 2023.12.6

近日，由中车大连机车车辆有限公司（以下简称“中车大连公司”）自主研发的我国首台中速大功率12V240H-DFA型氨燃料发动机点火成功，标志着我国已突破并掌握了氨燃料

发动机关键技术，实现了氨燃料发动机零部件、整机和应用场景全产业链协同，在功率等级、经济性、排放、技术和可靠性等诸多方面处于国际先进、国内领先水平。

12V240H-DFA 型氨燃料发动机以中车大连公司自主研发的柴油发动机为基础进行技术创新，具有低碳环保、安全性高、通用互换性好等特点。通过采用氨气电控低压多点喷射、柴油高压电喷、VTG（可变截面涡轮）等先进技术，可以精确控制燃料供给量，实现柴油喷射、氨气喷射和安保系统独立控制，确保发动机安全。据悉，该发动机单缸功率可达 208 千瓦，氨能占比 85%，碳排放量降低 80%，排放满足国标二阶段标准。

2021 年 10 月，我国首个“船用清洁燃料应用技术创新联合体”成立，共同开展氨动力双燃料发动机及供应系统研发和示范应用项目研究。中车大连公司党委书记、董事长林存增表示，氨燃料发动机点火启动成功，标志着氨动力科研专项取得阶段性技术成果，打破了清洁燃料应用技术壁垒，加快了我国发动机的无碳进程，在氨燃料船舶应用这条赛道上，实现了同国际知名公司技术并跑，并为上下游产业链创新升级提供了有力支撑。

全球掀起环保型电池回收技术研发风潮

中国能源报 2023.12.4

电动汽车的大规模普及，带动了退役和废旧电池回收市场的发展。全球范围内，大型国际企业、科技初创公司、大学科研团队都在争相进入这一市场。根据初创公司投融资数据库 Crunchbase 统计，截至 9 月，今年全球对电池相关初创企业投资已达 92 亿美元，较去年增长 17.9%，预计今年全年投资总额将超过 120 亿美元。

■ ■ 退役电池数量呈指数级增长

《金融时报》报道称，大批科技初创公司正在研发和测试更清洁、更经济的电池回收利用方案，以缓解废弃电池激增的焦虑。

废旧电池回收行业面临诸多挑战，包括能源密集型的回收流程、稀有金属低回收率等。据了解，由于缺乏投资和监管，美国目前只有不到 5% 的废旧锂离子电池被回收利用，大多数退役电池都被送到废物管理处或垃圾填埋场，其中的有毒化学物质极易引起火灾。

“此前，电池回收不是首要任务，但这一趋势开始转变，监管大潮即将到来，这将激励回收行业发展。”电池供应链技术公司 Infyos 联合创始人兼首席执行官萨拉·蒙哥马利表示。

欧盟 6 月通过《新电池法》，对电池分类、再利用、回收、碳足迹、电化学性能、耐久

性等多方面提出要求，包括确定从电池废料中回收材料的最低水平，从制造和废物中回收用于新电池的最低含量等。欧洲理事会 7 月通过“电池护照”，要求 2031 年前为电动汽车和工业电池引入强制性最低回收材料水平。

英国纽卡斯尔大学电池回收专家莫罗兹科表示：“回收电动汽车中的电池组是一场噩梦，锂离子电池不是为回收而开发，这些电池组不统一，有泡沫和胶水，需要耗费大量时间和精力来分离。”

英国循环能源存储咨询公司指出，目前，全球有 200 多家企业拥有每年回收 100 多万吨废旧电池的综合能力，随着退役电池数量呈指数级增长，回收能力还有待进一步加强。

■ ■ 环保型回收技术受追捧

据悉，传统电池回收方法包括熔炼废弃电池或将其溶解在化学品中以去除粘合剂，从而实现钴、镍和铜等金属合金的回收，但整个过程耗能极高。因此，寻找更清洁的电池回收方案成为创新焦点。

中国香港锂电池科技公司 GRST 正在开发一种环保水基技术，可以将废旧电池溶解在水中，以获得构成阴极和阳极的所谓黑色贵金属，而且回收过程可减少 80% 的温室气体排放。该公司希望未来 2 年筹集 5000 万美元，以提高其在浙江省的电池厂的产量。从长远来看，GRST 公司希望将其水基粘合剂和回收技术租借给电池制造商，从而为未来的技术研发升级获得更多资金。

“由于电池性能不佳，此前水基粘合剂商业化生产的尝试都失败了，因为水基溶剂没有化学溶剂稳定。” GRST 联合创始人兼首席执行官 Justin Hung 表示，“研究表明，水基粘合剂会导致腐蚀，但我们克服了这个问题。”

与此同时，美国技术初创公司 OnTo Technology 开始对美国劳伦斯伯克利国家实验室开发的一种水基粘合剂进行商业测试。德国化工巨头巴斯夫年内在中国的两家工厂也开始生产水基粘合剂。与化学粘合剂相比，水基粘合剂对环境影响较小，而且相对易于完成金属回收。

■ ■ 金属回收再利用成研发重点

麦肯锡指出，2020 年以来，全球对锂离子电池需求增加了一倍以上；预计从 2022 年起，锂离子电池供应链价值将以每年 30% 的速度增长，到 2030 年将达到 4000 亿美元以上。

国际能源署指出，去年，全球电动汽车电池需求同比增长约 65%。在这样的背景下，废旧电池回收再利用显得尤为必要。

事实上，诸如钴、镍等稀有金属理论上回收利用比开采和提炼更经济。锂离子电池使用年限超过 10 年，性能就开始下降。如果将废旧电池中的锂、镍和钴等回收再利用，不仅可

以减少制造新电池对环境的影响，还能帮助电池制造商节省成本、提高效率。

比利时材料技术公司优尼科 2011 年以来一直运营着一座 7000 吨的电池回收厂。该公司今年 3 月宣布，将在欧洲建造一座产能达 15 万吨的工厂，预计将于 2026 年投入使用。

优尼科公司通过从烟道粉尘和灰烬以及炉渣中提取金属，可以从废旧电池中回收 95% 以上的镍、铜和钴，并捕获超过 70% 的锂。

瑞典查尔姆斯理工大学研究团队近期则提出一种从废旧电池中回收金属的新方法，可回收电池中 100% 的铝和 98% 的锂，同时还能够将镍、钴、锰等稀有金属原材料损失降到最低。

查尔姆斯理工大学化学与化工系副教授 Martina Petranikova 表示，由于金属的性质各有不同，分离并不困难。“我们的方法为电池中的金属回收提供了一条新途径，值得进一步探索，而且这种方法可以按比例放大，非常适用于工业领域。”

动力电池产能过剩问题待解

中国能源报 2023.12.10

尽管目前动力电池企业都在深化与车企合作，但新能源车企下场“造电池”的步伐仍未放缓。近日，长安汽车、广汽相继公布了自研电池的最新进展。而今年以来，受下游需求增速放缓、订单不足的影响，动力电池产能利用率有所下降。业内人士指出，未来随着越来越多车企产能落地，动力电池市场格局将再次变动，动力电池产能过剩问题亟需解决。

入局者增加

事实上，随着前两年新能源汽车的快速发展，动力电池产业规模也迎来爆发式增长。除电池企业积极扩产，车企也开始不再依赖单一电池企业供应，并纷纷通过自研、自建、合建、入股等方式积极布局动力电池领域。

长安汽车近日公布了其动力电池最新规划，将推出液态、半固态、固态等 8 款自研电芯，形成不低于 150GWh 的电池产能。广汽集团则宣布，公司 2026 年将实现全固态电池装车搭载。广汽集团总经理冯兴亚表示，目前公司已将固态电池、无钴电池、低钴电池、钠离子电池等列入关键技术攻关。此外，投资 109 亿元、36GWh 的因湃电池首个工厂也即将实现批量生产。

伊维经济研究院研究部总经理、中国电池研究院院长吴辉表示，相较于电池企业，新能源车企入局动力电池行业有利于保障自身供应。“如果大量车企加入自研自产动力电池队伍，

肯定会抢占一部分动力电池的市场份额。”

值得注意的是，动力电池产量与装车量已有较大差距。中国汽车动力电池产业创新联盟的数据显示，今年1至10月，我国动力和储能电池合计累计产量为611.0GWh，累计同比增长41.8%；而动力电池装车量为294.9GWh，累计同比增长31.5%。

“车企入局肯定会使整个动力电池行业的产能增加。不过，由于车企短期内难以实现对外供货，通常会根据自身需求来规划电池产能。”吴辉认为，随着车企产能落地、实现自供，车企肯定会与部分电池企业“解绑”，或使得部分电池企业产能被闲置。

产能并未失控

近两年，动力电池产能快速增长。在受访人士看来，一方面，各方对于新能源汽车、储能未来几年的发展及需求预期乐观，导致市场空前火热。而另一方面，有从业者向记者表示，部分地区高额补贴、招商引资力度较大，一定程度上加速了动力电池扩产节奏。“目前电池行业还是投资太热，资本太多，大家都急于在这个行业寻找商业机会。”

在业内人士看来，动力电池产能过剩问题需要理性分析。“问题确实存在，但没有那么严重。”中国汽车动力电池产业创新联盟理事长董扬近日撰文指出，考虑到储能电池和出口电池增长速度大于新能源汽车增长速度，可以较快消化动力电池产能。再考虑到几年内动力电池工艺路线不会有大的变化，已建产能不会形成浪费，所以说目前产能并没有失控。

上述从业者表示：“当前很多产能都为规划产能，多期扩产计划最终能否实际落地存在不确定性。”同样，吴辉也提到，单看总产能数据并无意义。“动力电池和车企的匹配关系通常要经过两三年验证，也要考虑到未来还有一些潜在订单、电池企业与车企的战略协议、意向订单等。”

补贴应适度

EVTank发布的《中国锂离子电池行业发展白皮书（2023年）》显示，随着动力（储能）电池行业的逐步成熟，部分企业将被淘汰出局或者终止部分规划产能，从而使得整个动力（储能）电池行业的供需处于动态平衡状态。

不过，仍有业内人士提醒：“产能过剩会使投资没有回报，最终导致企业破产，还会导致一些竞争力差的供应商用低质低价电池吸引车企。对于盲目扩产的企业与低质低水平的产品坚决不要引入，这样才能保证行业健康有序发展。”

值得注意的是，随着国内动力电池市场竞争进入白热化阶段，进一步发力海外市场已成为动力电池企业战略规划中的重点。在部分业内人士看来，中国锂电产业链“走出去”也是消化电池产能过剩的有效途径之一。

但事实上，目前动力电池企业出海仍面临挑战。“短期可以通过出口解决产能过剩，但是长期看，海外市场也会倾向于本地化供应，同时出口可能会受到政策调整制约，且成本也不具备优势。”

业内人士呼吁，解决产能过剩问题，企业与地方需控制节奏，因时因需推进扩产。“控制动力电池产能增长过快，建议优先采取限制地方政府过度补贴的方法。”董扬指出。

“相关方需建立公平的市场竞争环境，同时地方政府不要过度补贴。企业更应该根据新能源汽车、储能市场需求情况判断，并合理规划产能，不要为了补贴而盲目扩产。”吴辉同样提到。

利用石灰石腻子产生电荷——新型摩擦生电纳米发电机问世

科技日报 2023.12.6

近日，美国阿拉巴马大学亨茨维尔分校科学家研制出了一种新型摩擦生电纳米发电机，可为小型设备供电。该发电机使用石灰石腻子发电，与传统摩擦发电方法相比，能节省大量成本。相关论文发表于最新一期美国化学会《ACS Omega》杂志。

摩擦生电纳米发电机于 2012 年首次面世，是一种将机械能或热能转化为电能的小型设备，用于小型无线自主设备，如可穿戴电子设备、状态监测和无线传感器网络。典型的使用场景包括心脏监测仪植入物、农场动物佩戴的生物芯片转发器、在轮胎压力低时提醒驾驶员的传感器等。

摩擦生电纳米发电机通过行走、振动、轮胎转动、风吹或水流等运动，使两个物体相互接触或移动摩擦时，在它们之间传递电荷，从而为设备产生电力，这些方式对环境的影响都很小。

研究人员指出，现有摩擦生电纳米发电机使用昂贵的基于纳米技术的方法制成，还要用到一些特殊设备，而他们研制的设备使用双面胶带或石灰石腻子等黏性材料来产生电荷，只需简单的工艺技术，因此更具成本效益，也更容易制造。

此外，与现有设备相比，新设备使用了金属化聚酯片，这也扩展了其工作频率带宽。这一点意义重大，因为一些小型能量采集设备，如健康监测和可穿戴外骨骼系统，需要更宽的频带来收集人体运动的能量。研究人员指出，普通的摩擦生电纳米发电机的工作频率低于 10

赫兹，而新设备的工作频率高达 80 赫兹。

研究团队计划开展进一步研究，探索利用大理石、砂岩和月壤等不同矿物制造摩擦生电纳米发电机的可能性。

我国燃料电池关键材料实现量产

中国能源报 2023.12.4

日前，太原钢铁（集团）有限公司首次开发出超级超纯铁素体 TFC22-X 连接体材料并实现批量供货，填补了国内空白。业内人士认为，这一技术突破有望推动燃料电池行业发展，为投资者带来新机遇。

“高温连接体材料作为燃料电池电堆最为关键的战略材料，主要用于固体氧化物燃料电池和固体氧化物电解池连接体。以前几乎都是国外在做，国内没有。”据长期从事氢燃料电池应用的业内人士介绍，国产产品用普通的高温不锈钢材，抗氧化、抗蠕变等性能有差异，而目前刚研发出的超级超纯铁素体 TFC22-X 连接体材料，其质量要优于 441 等型号，但是价格偏高。

记者注意到，燃料电池是近年来发展最为迅猛的新能源技术之一，可在中高温下直接将燃料的化学能高效、低碳、环保地转化成电能，发电效率可达 60%以上、联产效率可达 85%以上，同时具有绿色低碳、不使用贵金属等优势，能够使用天然气、氢气、生物质气、甲醇等多种燃料，其高效率 and 低排放的特点使其成为清洁能源发电的理想选择。

不过，我国燃料电池行业目前仍处于初步探索阶段，产业化发展仍存在很多亟待解决的问题。

据了解，太原钢铁（集团）有限公司产销研团队通力配合，突破特殊元素含量精确控制的关键技术瓶颈，解决高特殊不锈钢的冶金难题。同时，开发了一系列针对韧性控制的变形制度、加热和冷却技术，实现高特殊高铬铁素体不锈钢的稳定生产。另外，也解决了系列产品热处理及酸洗的技术难题，确保产品性能和表面质量得到稳定控制，实现高特殊高铬超纯铁素体不锈钢系列产品规模制造的质量受控、生产稳定。燃料电池连接体用 TFC22-X 超级铁素体不锈钢的成功研发填补了国内空白。

江苏国富氢能技术装备股份有限公司战略总监魏蔚告诉记者：“目前，这种材料还在研发阶段，若以后量产了，价格会大幅下降。”

对此，上海翌晶氢能科技有限公司总经理刘青也表示认同。他说：“目前这种材料价格很高，但随着商业化批量应用，相信未来成本肯定能降低很多。”

最具希望高温超导二极管或出现

科技日报 2023.12.20

几十年来，超导体一直是物理学界研究的热点。但这些允许电子完美无损流动的材料，通常只在非常低的温度下（比绝对零度高几度）才表现出这种量子力学特性。美国哈佛大学研究团队展示了一种新策略，可制造和操纵铜酸盐高温超导体，为在以前无法获得的材料中设计新的超导形式扫清了道路。

使用一种独特的低温器件制造方法，研究团队在最新一期《科学》杂志上报告了世界上第一个有希望的高温超导二极管。其本质是一种使电流单向流动的开关，由薄的铜酸盐晶体制成。从理论上讲，这样的设备可为量子计算等新兴行业提供动力。

铜酸盐是一种铜氧化物。几十年前，它颠覆了物理界，因为它在比理论家认为的可能温度高得多的温度下成为超导体。然而，由于这些材料复杂的电子和结构特征，在不破坏其超导相的情况下处理这些材料是非常困难的。

铋锶钙铜氧化物，通常称为 BSCCO。此次实验中，研究人员使用超纯氩气中的无空气低温晶体操纵方法，在铜酸盐的两层极薄的 BSCCO 之间设计了一个干净的界面。BSCCO 被认为是一种“高温”超导体，因为它在大约零下 177°C 的温度下开始产生超导现象，这一温度在超导体中高得惊人。要产生超导现象，通常必须冷却到零下 240°C 左右。

研究人员首先将 BSCCO 分成两层，每一层的宽度都是人类头发丝宽度的千分之一。然后，在零下 90°C 的温度下，研究人员将两个层以 45 度扭转的方式堆叠在一起，这就保持了脆弱界面的超导性。

团队发现，根据电流方向的不同，可无电阻通过界面的最大超电流是不同的。该团队还通过反转这种极性，展示了对界面量子态的电子控制。正是这种控制使他们能够制造出可切换的高温超导二极管。

世界首座电热熔盐储能注汽试验站投产

中国能源报 2023.12.11

12月6日，世界首座电热熔盐储能注汽试验站在中国石油辽河油田竣工投产。项目占地4000平方米，储热规模15兆瓦，年产蒸汽4.8万吨，可替代天然气313万方，减排二氧化碳6768吨。项目成功攻克电热熔盐储能换热循环工艺、蒸汽发生器干度精准调控等关键技术，自主研发熔盐加热直流式湿饱和蒸汽发生装置，形成了适合稠油油田的电热熔盐储热注汽工艺技术包，申请国际发明专利1项，国内发明专利9项。

辽河油田是我国最大的稠油、高凝油生产基地，连续37年保持油气千万吨规模稳产，注汽系统年消耗天然气约14亿方，排放二氧化碳303万吨。高能耗、高碳排的现状与绿色转型高质量发展的矛盾，亟需通过探索清洁能源替代的有效途径加以解决。同时，加快提升绿电消纳能力，为电网削峰填谷提供技术支持，也是辽宁省绿色能源升级发展的现实需求。

现有熔盐储能技术是以液态熔盐作为储热和传热工质，将光热或谷电、绿电转化为热能储存在熔盐中，再连续释放热能产生过热蒸汽用于发电。与传统熔盐发电行业不同，此次辽河油田电热熔盐储能注汽试验站项目是世界首次将电热熔盐技术应用油田生产注汽系统。通过独创研制的蒸汽发生系统将油田回用软化污水与高温熔盐换热产生额定8MPa、295℃、干度80%的湿饱和蒸汽直接用于油田注汽生产，有效减少能量过程损耗，综合效率从熔盐储能发电系统的35%提高到90%以上，是突破该领域技术应用场景的一次全新尝试。

作为辽宁省、中国石油重点科研项目，辽河油田将项目列为“赛马制”重点科研攻关项目大力推进，2022年12月开展电热熔盐储能注汽技术与试验。建立了对熔盐物理特性的全面认知，攻克了适用于油田软化污水的熔盐加热直流式湿蒸汽发生技术难题，形成自有知识产权。

据悉，如果未来实现规模化、产业化发展，每年可替代辽河油田SAGD（蒸汽辅助重力泄油技术）、蒸汽驱等燃气蒸汽1600万吨，减耗天然气10.4亿方，减排二氧化碳225万吨，消纳谷时电、绿电108亿千瓦时，储能规模464万千瓦。同时，为提升电网灵活调节能力，促进辽宁省能源供需平衡，实现风光弃电量、弃电率双降提供技术支撑。

日本厂商研发不含钴的新型锂电池

科技日报 2023.12.15

据《日本经济新闻》等媒体报道，日本厂商正在集中发力，加速攻克纯电动汽车充电电池的稳定供应问题。近日，日本东芝公司开发出了不含稀有金属钴的锂离子电池。

该电池使用特殊的正极材料，能够显著抑制导致电池膨胀的气体产生，从而提升电池性能。测试结果显示，新电池 5 分钟可快速充电 80%。

锂离子电池由正极材料、负极材料和电解液构成。正极材料一般包含钴和镍等。这些稀有金属开采和精炼过程中存在水质污染问题，且其埋藏地区分布不均，存在较大的供应链风险。

东芝的新型锂电池不含钴，含镍较少，能够降低对稀有金属资源的进口依赖。一般的充电电池随着使用次数的增加，会出现电池劣化。东芝的新型电池在测试中能确保充放电 6000 次以上仍维持 8 成以上容量。东芝的目标是用 5 年左右的时间，将新型电池应用于电动工具和工业机械等小型高电压设备，再逐步大型化完成车载装配。

日本国内电池厂商中，松下能源已推出钴含量 5% 以下的电池，汤浅蓄电池也在使用全球储量丰富且供应链稳定的硫磺开发锂硫电池。

推动源网荷储灵活性资源协调发展

中国电力报 2023.12.13

我国是能源消费大国，也是碳排放大国，电力行业占能源行业二氧化碳排放总量的 42% 左右。加快推进电力行业绿色低碳转型，破解日益增长的电力需求和环境约束之间的矛盾，关键之举在于构建新型电力系统。

构建新型电力系统面临多重挑战

从源的方面看，灵活性发电资源调节能力不足。近年来，我国可再生能源发展迅猛，其中风电、光伏增速最快。2010~2022 年间，风电装机量年复合增长率达 23.31%，光伏装机量年复合增速达 84.27%；风电发电量年复合增速达 25.5%，光伏发电量年复合增速达 84.4%，发电量增速与装机量增速基本保持同步。然而，风光属于波动性很大的不稳定电源。构建新型电力系统面临的首要问题就是解决灵活性电源不足。可再生能源亟需灵活电源作为

辅助，而水电（含抽水蓄能）和天然气是最佳灵活性调节资源，但受资源禀赋所限，发展规模均相对有限，目前只能依靠煤电灵活性改造。虽然煤电灵活性改造技术成熟，但存在机组灵活性改造后长期低负荷运行导致的安全性和经济性问题。

从网的方面看，跨区域输电通道不足及互济能力不足。可再生能源装机占比不断提高，但受气候影响大。伴随着新能源大基地陆续开工建设，西北地区新能源装机规模已超过煤电，反调峰特性突出，“夏丰冬枯、日盈夜亏”情况不断加剧，负荷高峰时期电力供需紧张；西南地区虽是世界上规模最大的水电基地，但具有年调节及以上能力的水电站比重低，跨季调节能力差，电力供需丰枯、峰谷矛盾长期存在。当前的跨区域输电通道以单向外送功能为主，双向互济能力偏弱。其中，西部地区作为“西电东送”大基地，除重庆、西藏之外，外送电量占发电量的比重均在20%以上。其次，可再生能源送出通道重载，电网承接能力不足。由于新能源时间上出力的不确定性和空间上装机分布的不均匀性，电网重要断面日内潮流变化剧烈、反转频繁，有可能导致一些通道重载、过载。

从荷的方面看，负荷侧资源参与调节的市场机制及基础设施不完善。一是辅助服务补偿力度小。辅助服务补偿费用偏低，现阶段我国辅助服务补偿费用仅占上网电费总额的1.5%；成本向用户侧疏导不畅，辅助服务费用主要由发电企业分摊。二是提升系统调节能力的电价机制尚未形成。尚未形成促进新型储能发展的价格机制，电网侧替代性储能电价政策尚处于研究探索阶段；负荷侧资源主动参与调节积极性不高，通过价格信号调动需求侧资源的机制还未形成。三是负荷侧新能源微网和高可靠性数字配电系统发展缓慢，用户侧分布式电源与新型储能资源智能高效配置与运行优化控制水平尚有待提高。

从储的方面看，储能经济性与安全性不足。新能源电力间歇性、随机性、波动性的特征十分明显，因此储能成为新型电力系统的必要环节。但储能技术受制于经济性、安全性，商业化应用有待进一步开发。首先，当前储能成本较高，限制了其大规模推广应用。其次，当前储能容量普遍较小，难以满足大规模能源储存需求。再次，储能技术在能量转化和存储过程中存在一定的能量损失，限制了储能系统的综合效率。最后，部分储能技术存在一定的安全隐患。

多措并举推动新型电力系统建设

一要充分挖掘灵活性资源潜力。重点持续推进煤电灵活性改造，制定合理的成本疏导机制，提高煤电灵活性改造的经济性。未来，抽水蓄能电站、天然气发电、储能、电网互济需发挥更大的调节作用。加快抽水蓄能电站建设及改造，因地制宜发展天然气调峰电站，引导分布式能源微网积极主动参与系统调节；抓紧完善储能产业政策体系、健全投资回报机制、

研发关键核心技术等。丰富电力需求侧产品种类，如鼓励负荷集成商将需求侧资源作为产品在容量市场、辅助服务市场、零售市场上参与竞价交易；挖掘需求侧响应能力，引导电动汽车有序充放电，发展多元灵活性负荷。

二要加快推进跨省跨区输电通道建设，提升电网互济能力。规划建设跨省跨区输电通道，提升资源大范围优化配置能力。充分利用邻近省区调节能力，提升地区整体的新能源消纳水平；建立送受端地区协作机制，最大程度发挥远距离大规模送电的效率效益。加快配电网改造和智能化升级。满足分布式电源、电动汽车充电设施、新型储能、数据中心等多元化负荷的灵活接入需求，推进新能源就地开发、就近消纳。优化调度运行机制，共享储能资源。构建多层次智能电力系统调度体系，电网统一调度“共享储能”，实现储能在不同场站间共享使用。

三要完善各类灵活调节资源相关市场机制。健全电力辅助服务市场机制，适当增加爬坡类、系统惯性等交易品种，满足系统不同时段的灵活需求；完善辅助服务补偿机制，加大补偿力度，有效引导企业提升系统调节能力。完善需求侧电价政策，激发需求侧资源参与系统调节的潜力；完善跨省跨区电能交易机制，促进跨省区电力通道能源互济；出台并完善面向新型储能的电价政策及市场化机制。丰富辅助服务参与者，如储能、配售电公司、微电网、虚拟电厂甚至独立电力用户。从电源侧、电网侧、用户侧多措并举，充分调动挖掘各类灵活性资源潜力，以系统最优的电力规划理念引导源网荷储灵活性资源协调发展。

四是突破支撑新型电力系统构建的重大技术。我国适应新能源消纳需要的电网调度运行新机制尚未建立，现有信息化手段不能充分满足新能源功率预测与控制、可控负荷与新能源互动等需要，多能协调控制技术、新能源实时调度技术、送电功率灵活调节技术等新能源消纳平衡技术亟待加强。建议进一步加强先进的发电预测及调度运行技术，提高新能源接入系统运行水平。积极研发高效率低成本可再生能源发电装备、大功率柔性输变电装备、长时储能、燃料电池、高温材料、关键元器件等支撑新型电力系统构建的技术、装备、材料，提高构建新型电力系统的技术支撑能力。

可植入微型超级电容器实现自然降解

中国科学报 2023.12.12

近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员吴忠帅团队与辽宁省肿瘤医院教授张鑫丰

团队合作，研制出可自然降解且生物相容的可植入微型超级电容器。相关成果发表于《美国化学会-纳米》。

超级电容器是一种能量储存器件，它利用电解质离子在电极表面、近表面发生吸附/脱附或快速的氧化还原反应来进行能量存储。由于能量储存过程只发生在表面和近表面，不涉及体系内部反应，因此超级电容器具有充放电速度快、循环寿命长、安全性好等优点，是电化学储能器件中极具实力的“短跑运动员”。

微型超级电容器在未来可穿戴和可植入电子设备领域具有应用潜力，但用于微型超级电容器的传统材料往往不可降解且具有生物毒性，无法实现器件在体内稳定存留，并产生大量电子垃圾。可降解材料在自然条件下可以被分解为无害的小分子，通常具有优异的生物相容性，是制备可降解和可植入微型超级电容器的首选材料。

在该项工作中，研究人员将具有良好可降解性的淀粉和聚己内酯（PCL）制备成封装材料和柔性基底，并采用羧甲基纤维素和膨润土调节电极与电解质浆料的流变性，在此基础上结合 3D 打印策略构建出可降解的可植入平面微型超级电容器。

由于器件使用的所有高分子材料均具有可降解特性，该微型超级电容器在天然土壤中 90 天左右就可顺利降解。此外，高浓盐电解质的应用赋予了该器件优异的耐低温性能，其在-20℃条件下仍可以正常工作。高生物相容性的 PCL/淀粉膜的封装使得该器件可以在生物体内稳定存在而不损害周围组织。

该研究为设计与创制环境友好且生物相容的可降解可植入微型储能器件提供了新途径。

全球首款长时储能专用电池发布

中国能源报 2023.12.18

更大容量、更长寿命、更高安全——科学家对锂电池储能技术还有多大的想象空间？

3 年前，主打长循环寿命的 280Ah（安时）电池产品在市场上一经问世，便迅速打开储能市场应用的新局面，替代市场原有的 50—100Ah 电池，成为储能项目招标或产品采购的标配。随后行业主流电池厂商纷纷跟进，密集推出 280Ah、300Ah、314Ah、320 Ah、560Ah 电池产品，电池厂商在大容量电池赛道上你追我赶、加速竞争。

12 月 12 日，在首届海辰储能生态日上，海辰储能发布了全球首款长时储能专用电池 MIC 1130Ah，“跳跃式”地将电池容量推高至 1130Ah，节奏之快、跨度之大，引发业内广泛关

注。大容量电池如何解决自带的发热和安全问题？海辰储能 MIC 1130Ah 电池又能否再次打破现有市场格局，带来发展新局面？

大容量是趋势

在锂电储能系统中，电池组成本占比高达 60%，直接决定储能项目的整体经济性和竞争力。随着储能行业规模快速扩张，对电池性能与运营成本提出了更高要求。

大容量电池被认为是行业升级发展的一大方向。近年来，包括亿纬锂能、蜂巢能源、瑞浦兰钧、楚能新能源、鹏辉能源等国内主流电池厂商相继推出 280Ah 以上容量的电池产品。

“以 1GWh 的储能电站为例，搭载 280Ah 电池，其数量将超过 100 万颗。过多电池串并数量，将给电池管理、电池一致性、系统集成效率带来极大挑战。”海辰储能产品管理部负责人李威明认为，大容量电池是解决电池一致性和成本的最优方案之一。

中国化学与物理电源行业协会储能应用分会秘书长刘勇此前接受《中国能源报》记者采访时表示，采用小容量电池，并联数量多、系统安装占地面积较大，而采用大容量电池，可以有效减少预制舱数量和土地成本，提升系统效率，有力改善用户整体投资收益。

李威明算了一笔账，与采用 280Ah 系统产品相比，MIC 1130Ah 电池单瓦时成本降低 15%，体积能量密度提升 15%，达到 400Wh/L，能帮助直流侧储能系统降本 25%。电池循环寿命高达 15000 次，系统寿命可达 25 年，将大幅降低储能全生命周期成本。

值得一提的是，如此大容量，让 MIC 1130Ah 电池在长时储能领域的应用成为可能。海辰储能首席技术官易梓琦表示，新能源发电量增加，驱动储能时长由目前的 2—4 小时向 4—8 小时方向发展。今年上半年，美国储能项目平均储能时长达 3.23 小时，未来 3 年，长时储能项目占比将超过 60%。美洲也将是 MIC 1130Ah 电池应用的主要市场之一。

据悉，海辰储能 MIC 1130Ah 电池将于 2024 年第一季度开始向客户送样，2024 年 12 月开启全球交付。

解决发热和安全问题

大容量并不意味着可以无限放大。

“容量太大会带来安全风险。电池容量增大会致使电池自身散热性能变差。同时，电池做大可能出现电芯鼓胀问题，导致过充和热失控难以应付。”刘勇表示，不能一味求大，要对电池热管理做好均衡设计。

安全是大容量电池应用的关键前提。海辰储能从化学体系、电芯结构、制造工艺三方面做了大量工作，实现了技术量产的可能。李威明介绍，海辰储能通过“主动改善+被动引导”思路，有效控制热失控后的安全风险。通过磷酸铁锂材料的多元素掺杂，提升磷酸铁锂材料

在高温环境下的结构稳定性和热稳定性；在负极采用热稳定石墨，降低表面缺陷，减缓热效应；在被动引导方面，超大电芯采用定向开阀设计，极大提升开阀准确灵敏性。相较于 280Ah 产品，MIC 1130Ah 电池拥有更高的本征安全、更高的安全阈值，结合系统热阻隔设计，可以从根本上杜绝系统热扩散的发生。“虽然 MIC 1130Ah 电池能量相对 280Ah 电池产品提升了 4 倍，但 MIC 1130Ah 电池热失控后，内部最高温度依然能控制在 700 摄氏度以内，和 280Ah 电池产品处于相同水平。”

“电池产品设计一定要综合考虑经济效益和技术难度，通过缜密的仿真试验和探索计算，设计出适合的尺寸和容量。”易梓琦指出，储能市场应该从“卷价格”回归到技术驱动，“卷产品”和“卷技术”才是长久之计。

作为一名科研人员，易梓琦认为，锂电储能技术的“天花板”还远远没有到来，电池材料体系、尺寸、设计等方面还可以进一步优化，固态电池、钠离子电池等新电池技术也有很多挖掘空间。“除了 MIC 1130Ah 电池，海辰储能也在探寻更大的想象空间，储能产品不是简单追求更大、更便宜，而是要向更安全、更可靠、更高价值的方向发展。”

致力成为长期主义者

那么，哪些应用场景适合大容量电池？刘勇认为，电池容量与储能系统/电站的装机容量和应用场景紧密相关，大储系统通常更适合匹配大容量电池，可以大幅提升储能系统能量密度，而户用储能用小容量电池足够。

基于此，在生态日活动现场，海辰储能还推出“海纳百川”全栈式工商业储能服务和普惠产品 Hero EE。前者通过提供丰富的储能产品选择，搭配全生命周期保险、金融租赁服务，帮助工商业主解决“不懂储”“不敢投”“不会管”的问题。Hero EE 则主要面向以非洲等为代表的新兴储能市场，提供一度电解决方案。

目前，全球仍有 6 亿人缺乏电力供应，存在能源贫困问题，“分布式能源+储能”是一项低成本的解决方案。Hero EE 由一块光伏组件、一个储能系统和一套智能网联系统组成，储能系统的重量只有 7.5 千克，一本大部头字典的大小，内置海辰储能电力工业级超长寿命电芯，系统设计寿命达 10 年，均摊到每度电的成本仅为 0.4 元。“系统定价 999 元，是一款能够让能源贫困地区居民买得起、用得上、可负担、可靠的能源普惠产品。预计未来 3 年可以服务至少 1000 万家庭。”海辰储能终端场景孵化中心负责人管伟说。

社会价值不仅是创新商业模式的源泉，还可以在更长的周期里帮助企业提升综合能力。在海辰储能联合创始人、总裁王鹏程看来，要以“长期主义”的视角来看待储能产业的发展，推动“技术往深走、服务往外走”，以市场需求反向引导创新。坚持选择做“难事”，深耕储能

技术领域，致力于将产品做到极致，确保输出高质量的产品和服务。

水驱动的可适应柔软可拉伸电极问世

中国科学报 2023.12.25

中国科学院深圳先进技术研究院研究员李光林、刘志远团队，联合新加坡南洋理工大学教授陈晓东、高华建团队以及南京医科大学教授胡本慧团队，共同研发了一种能够快速大幅度收缩的柔软薄膜，并系统探讨了该薄膜在简化和加速植入程序领域的应用。这一创新设计为实现生物和电子设备之间的无缝集成提供了新的可能。相关研究近日发表于《自然》。

柔软可拉伸电极是监测人体电生理信息的核心工具。由于生物组织柔软，形状和尺寸各不相同，柔软可拉伸电极与生物组织的接口无法像硬件电路集成那样标准化，因此亟须开发柔软电极与复杂生物组织界面标准化快速集成方法。

研究团队从蜘蛛丝中汲取灵感，基于聚环氧乙烷和聚乙二醇- α -环糊精包合物，研发出了一种水响应性超收缩聚合物薄膜。该薄膜在室温条件下干燥、柔韧且稳定，润湿后能快速且大幅度地收缩，转变为柔软可拉伸的水凝胶薄膜。这种超收缩薄膜干燥且柔韧的特性有助于电子集成。基于这种薄膜构筑形状的可适应电极阵列大大简化了植入过程，在润湿后可灵活地包裹不同尺寸的神经、肌肉和心脏，并应用于体内神经刺激和电生理信号记录。

研究表明，这种新型水响应材料在塑造下一代生物组织电子界面以及拓宽形状自适应材料的生物医学应用方面具有潜在作用。

中国科学院大连化学物理研究所实现碱性锌铁液流电池高效稳定运行

中国科学报 2023.12.18

中国科学院大连化学物理研究所（以下简称大连化物所）研究员李先锋、袁治章团队在碱性锌铁液流电池电解液研究方面取得新进展。团队通过调节锌活性物质的配位结构，揭示了其对锌沉积的影响机制，实现了碱性锌铁液流电池的高效稳定运行。近日，相关成果发表于《能源与环境科学》。

储能技术对于建立以新能源为主体的新型电力系统、实现“双碳”目标至关重要。锌基液流电池是采用资源丰富的锌作为负极活性物质的一种电池，具有成本低、安全性高等优点，是分布式储能的理想选择，但其稳定性仍受限于负极金属锌的不均匀沉积。

针对金属锌的不均匀沉积过程，团队从锌基液流电池工作原理出发，前期通过膜材料结构设计调控膜与电极界面处热、质传递过程，实现了锌沉积过程的调控及锌基液流电池性能的提升。该工作中，团队通过在电解液中添加有机配体，实现了锌活性物质从溶液到电极界面的快速传质过程。在该设计中，有机配体作为桥梁，优先与锌活性物质配位，再吸附于电极表面，形成定向的三维传输通道，从而实现了高度均匀且致密的锌沉积形貌。

研究表明，碱性锌铁液流电堆在 $40\text{mA}/\text{cm}^2$ 的工作电流密度条件下稳定运行约 700 小时，库仑效率达 98.04%，能量效率为 88.53%。此外，团队还与大连化物所研究员李国辉团队、研究员范峰滔团队合作，通过分子动力学模拟和原子力显微镜揭示了锌活性物质的络合结构及其对锌沉积过程的影响机制。

该工作为解决锌枝晶问题提供了新思路，并对提高碱性锌铁液流电池运行稳定性、推进其实用化进程具有积极的促进作用。

中国科学院青岛生物能源与过程研究所开发液态金属基异质膜用于湿环境能量收集

中国科学报 2023.12.21

近日，中国科学院青岛生物能源与过程研究所（以下简称青岛能源所）绿色反应分离与过程强化技术中心研究员李朝旭团队，成功开发出液态金属基自振荡异质膜材料，可用于电磁感应湿环境能量收集。相关成果发表于《先进功能材料》。

湖泊和海面的自然蒸发以及植物蒸腾和呼吸作用，使得湿气在大气环境中无处不在。近几年，研究人员深入研究了从环境湿气中收集电能的纳米材料，如碳纳米材料、生物质纳米材料及金属氧化物等，从而为柔性可穿戴电子设备提供持续能源。

李朝旭团队以天然多糖海藻酸钠作为表面活性剂，研究了液态金属和二维材料之间的界面作用机制，解决了两者相容性问题。该团队构筑了二维材料/液态金属微纳米液滴的包覆结构，实现了溶剂蒸发诱导液态金属微纳米液滴烧结，同时构筑了二维材料/液态金属异质膜。

青岛能源所副研究员李明杰介绍，当科研人员将膜放置于强度为 0.5 特斯拉的永磁体磁场中时，膜自振荡机械能在外回路中产生的交变电流高达每平方米 1360 微安。“通过研究，我们发现该异质膜在湿度梯度下具有自发的持续致动能力。经过进一步研究，最终揭示了该膜两侧吸湿体积变化差异是其在湿度梯度下自持续致动的内在机理。”

研究人员表示，该研究构筑的高导电自振荡致动器能够在湿环境中收集能量并给微型电子器件供能，可广泛用于湿环境下的能量转化与收集。该成果有效克服了目前湿气发电过程难以持续的问题，不仅有利于推动自持续振荡膜等智能材料的发展，也将推动生物高分子作为能量收集材料的研究与发展。

推动新型储能技术多元化发展

中国电力报 2023.12.25

新型储能技术如何各展其长？

● 新型电力系统近期(2030 年)聚焦

★技术安全性★布局灵活性★稳定支撑性

● 新型电力系统远期(2060 年)聚焦

★高支撑能力★高能量密度★环保安全★灵活布局

新型储能是支撑“双碳”目标实现和新型电力系统建设的关键技术，规模化储能应用将成为新型电力系统的重要标志。

不同储能技术路线各有优劣

新型储能按照技术类别可以分为机械储能、电化学储能、电磁储能、热储能和氢储能。其中，机械储能主要包括压缩空气储能、飞轮储能、二氧化碳储能、重力储能等；电化学储能主要包括锂离子电池、钠离子电池、铅蓄电池、液流电池等；电磁储能主要包括超导储能、超级电容器等；热储能主要包括显热储能、潜热储能及热化学储能。

机械储能具有类比于常规火电机组的主动支撑能力，且能够满足长时储能需求。尤其是机械储能中的压缩空气储能技术逐渐成熟，将成为未来极具发展潜力的新型储能。常规基于天然盐穴的压缩空气储能受盐穴资源限制，建设局限性较大；基于人工硐室压缩空气储能利用基岩造穴，理论上全国均可选址，布局较为灵活，未来发展前景广阔。

电化学储能充放时间可以控制在毫秒级，对受端电网频率的支撑能力较高，且布局灵活，

能量密度整体较高。目前最常应用的锂离子电池储能适用于4小时以内的短时间尺度储能场景，但因其存在燃爆风险，安全性仍需进一步提升。同时，锂离子电池储能受碳酸锂等主要上游原材料价格制约，未来大规模发展存在不确定性。钠离子电池、液流电池等新型的电化学储能技术能够实现电池的本质安全，且具备一定长时储能能力，但也存在运行问题，钠离子电池在高温运行下存在腐蚀问题和安全隐患，液流电池充放电效率偏低，关键设备仍需进一步突破，但从中远期来看，应用前景广阔。

电磁储能具有较高的技术安全性和布局灵活性，效率较高且使用寿命长。但此类储能技术仅适用于超短时间尺度储能应用场景，能量密度低、成本高，同时无法对系统提供主动支撑，总体来看电力系统对其需求较小。

热储能具有容量大、寿命长、安全性好、布局相对灵活等优点，但现阶段转化损耗大、效率较低。热储能可以作为能量转化过程中的一个环节，如光热发电、清洁电能供热等，在支撑未来多能源品种转换应用、提升综合能源系统利用效率方面发展前景广阔。

氢储能能量密度较高且外部环境依赖性小，储能过程无污染，同时适用于极短或极长时间供电，是极具潜力的新型大规模储能技术。氢储能缺点在于涉及电制氢、氢储运和氢发电等环节，全过程转换效率低，并且氢属于易燃易爆品，存在一定安全隐患。但目前来看，氢储能是解决未来系统跨月跨季平衡调节问题的主要举措，亟需大力推进。

总体来看，各类储能技术的储能时长、能量密度等特性不尽相同，存在各自匹配的应用场景，不存在“包打天下”的储能技术。因此，应积极推动新型储能技术多元化发展，根据新型电力系统不同建设阶段的系统需求，重点发展推广不同的储能技术路线。

各类新型储能技术应用前景研判

基于新型电力系统近期（2030年）、远期（2060年）对储能技术的需求差异，研判新型储能各类技术应用前景。

近期，对新型储能技术的要求聚焦于技术安全性、布局灵活性、稳定支撑性方面，结合各类储能技术的性能指标和发展成熟度，应着力发展高安全性电化学储能技术及高灵活性压缩空气储能技术。要提升锂电池安全性、降低锂电池成本，发展钠离子电池、液流电池等电化学储能技术，同时推进基于人工硐室等压缩空气储能技术，实现日以内时间尺度的电力系统调峰和能量调度，满足大规模新能源调节、存储、消纳需求。

远期，需重点推动压缩空气储能、热储能、氢储能、重力储能等长时储能技术发展。同时，为全面支撑碳中和目标的如期实现、维护新型电力系统的长期安全灵活稳定运行，新型储能技术要继续朝着高支撑能力、高能量密度、环保安全、灵活布局的方向发展，应持续革

新改进储能本体材料，实现各类储能技术的大容量、长寿命、跨季节突破与规模化发展，持续推进长时、短时多元化新型储能技术的有机结合和优化运行，充分发挥各类新型储能技术的优势，实现跨季节、大范围的可再生能源存储与调节。

更好发展新型储能技术的建议

一是结合系统需求统筹推进多元化储能技术创新发展。以新型电力系统建设需要为导向，推动新型储能技术创新。综合考虑技术成熟度、安全性、技术经济性等因素，在发展电化学储能的同时，需统筹开展压缩空气储能、钠离子电池、液流电池、热储能、氢储能等多元化新型储能技术路线示范，加快关键储能技术研发，开展重大工程示范，进一步带动产业化发展，实现各类新型储能共同发展、优势互补、协调运行，满足不同应用场景下、不同发展阶段的电力系统实际需求。

二是提前开展长时新型储能关键技术攻关布局。未来电力系统的调节需求将由日内调节转变为跨日、跨周乃至跨月等长时间尺度调节，亟需提前开展以氢储能为代表的长时储能技术研究。大力推动可再生能源制取绿氢，重点研发质子交换膜和高温固体氧化物电解制氢等关键技术，开展氢储运/加注关键技术、燃料电池设备及系统集成关键技术研发和推广应用，实现氢能制备利用关键技术完全国产化，研发纯氢气燃气发电机组。

三是积极建立多元灵活的新型储能电价机制和市场机制。为更好地推进各类储能技术发展，需结合其所发挥的功能建立针对性的配套价格机制。比如对于以支撑电力系统调节为主要功能的新型储能，可考虑参照抽水蓄能电价机制，建立电量电价与容量电价相结合的两部制电价机制。用于替代电网输变电设备投资的新型储能，需确保其相较于其他输变电设备有更好的经济性，经评估认证后可纳入输配电价回收。同时，还需加快推动新型储能参与电力现货市场，发挥移峰填谷和顶峰供电作用，充分发挥价格信号引导作用，适当增加现货市场价差，扩大储能盈利空间。适时建立容量市场，体现储能对系统容量支撑方面的价值，推动储能在市场中获得合理收益。

日本科学家研发新型铝电池

参考消息 2023.12.23

日本千叶大学研发出一款用储量丰富的金属铝制造的蓄电池。与锂电池相比，铝电池面临的资源供应风险更低，且在同样的重量条件下，铝电池蓄积的电量可能是锂电池的数倍。

虽然延长电池寿命的问题依然有待解决,但这种使用储量丰富的资源生产的电池一旦能投入商用,无疑将成为建立脱碳社会所需的一项重要技术。

在电动汽车和智能手机中广泛使用的锂电池,面临如何确保原材料稳定供给的问题。

蓄电池的工作原理是,存在于正极和负极之间电解液中的离子来回移动以实现充放电。

一般来说,锂电池会使用钴、锰、镍和锂等金属作为正极、石墨作为负极,电解液则使用溶解有锂的有机溶剂,涉及到的材料都是稀有金属。这就使得人们有必要开发一种几乎没有资源供应风险的全新蓄电池。

无论从资源储量还是性能方面看,由“多价离子”组成的金属都有望成为新的电池原材料。铝、钙、镁和锌等都可能成为候选金属。这些金属除了储量丰富外,其一个原子还可以携带多个电荷,因此会比仅能携带一个电荷的锂原子具有更高的容量。

千叶大学教授津田哲哉等人试制的铝离子电池使用硫黄类材料作为正极、铝作为负极。要知道铝是地壳中储量排名第三的元素。

铝的用途广泛,且价格仅为每千克 400 日元(约合 2.8 美元),是作为锂电池正极原材料的镍价格的六分之一。

一个铝原子可携带 3 个电荷。如果正极使用硫黄,铝电池单位重量蓄积电量理论上将达到锂电池的 9 倍。由于硫黄很难导电,津田教授等人使用了一种与有机高分子复合而成的被称作 SPAN 的材料。

在使用 SPAN 后,硫黄的比例有所降低,由此制成的铝电池尽管储电量下降,但更易导电且电池寿命延长。试制的电池属于实验室使用的小型尺寸,但经证实能够充放电数百次。如果要将其投入商用,还需要放大尺寸。

据津田教授介绍,铝离子电池还有一个优点就是,“可以实现外皮与电池主体融为一体”。电池外皮通常使用铝,如果将其作为负极使用,还可以缩小电池的体积。

虽然这种电池在安全性方面还存在一些有待解决的问题,但如果将电池与电动汽车的铝制车身进行整合,未来有可能不再需要独立的电池组。

一些外国企业也关注到了铝在电池领域的应用。澳大利亚石墨烯制造集团就正在研发铝离子电池,其电池使用石墨作为正极。虽然这种电池单位重量蓄积电量要少于使用硫黄的电池,但其快速充电能力据说可达锂电池的数十倍。

日本东北大学助理教授木须一彰领导的一个研究小组正在开发一种使用钙的蓄电池。这款电池正极使用硫黄,负极使用钙,其单位重量可储存的电量理论上能达到锂离子电池的 4 至 5 倍。京都大学教授安部武志的实验室则正在开发氟离子电池,其具有与“多价离子”电

池类似的特性。

三、碳达峰、碳中和

欧洲多国承诺电力系统脱碳

参考消息 2023.12.20

【路透社布鲁塞尔 12 月 18 日电】德国、荷兰和法国等 7 个国家 18 日承诺，到 2035 年它们的电力系统将淘汰排放二氧化碳的发电厂。

这些国家的发电量加起来占欧盟发电量的近一半，很大程度上是因为德国和法国是欧洲发电量最大的两个国家。

这个目标由欧盟成员国奥地利、比利时、法国、德国、卢森堡、荷兰，以及非欧盟国家瑞士共同确定。瑞士与欧盟的一些气候政策保持一致。

在一份联合声明中，这些国家表示，欧盟现有的气候措施可能会让欧洲电力部门到 2040 年实现近乎零碳排放。

这些国家表示，各国就加快共同行动达成共识，有助于共同规划基础设施，确保建设足够的电网和能源存储设施，将大量低碳电力传上电网，并保障跨境传输。

荷兰气候与能源大臣罗布·耶滕说：“这些国家的电力系统紧密互连，可以从一些地区的海上能源开发和其他地区能源存储设施建设中受益。”

欧洲环境署的数据显示，总体而言，在 2022 年，欧盟 41% 的电力来自可再生能源。但各国发电的碳强度差异很大。

例如，奥地利已经有超过四分之三的电力来自可再生能源，而法国依靠无二氧化碳排放的核电提供约 70% 的电力。相比之下，波兰由于煤炭发电占比高，因而成为欧盟国家中发电碳强度最大的国家。

英国智库“未烧尽的煤”研究组织的模型显示，到 2035 年，整个欧洲的电力行业有可能实现近乎脱碳，届时风能和太阳能发电量将达到 80%，煤炭和天然气发电将基本被淘汰。

这家智库说，要实现这个目标，需要在可再生能源和电网方面进行高达 7500 亿欧元的前期投资。不过，到 2035 年，由于化石燃料的费用大大减少，因此总体上各国将比目前的计划节省资金。

中德两国科学院共同发布“碳中和之路”联合声明

中国科学报 2023.11.30

11月29日，中国科学院与德国国家科学院共同发布主题为“碳中和之路”的联合声明，倡议控制并减少温室气体排放，推动能源转型，实现两国碳中和目标，携手应对气候变化危机。

双方在联合声明中指出，实现碳中和目标取决于化石能源碳排放的快速减少，全球工业大国通过控制并减少温室气体排放，可以在减轻气候变化有害影响方面发挥重要作用。中德两国都在推动可再生能源在各个领域应用、保护和恢复生态环境，并将实现碳中和作为未来几十年的主要目标，但在很多方面面临着相似的科学挑战。

双方认为，要实现碳中和目标，应从四个方面作出努力：一是向碳中和能源系统过渡，二是可再生能源和碳中和技术的创新与转化，三是保护和恢复生态系统并增强碳汇功能，四是广泛开展能源和气候领域国际合作。

根据联合声明，双方将于2024年秋季在德国柏林共同举办第二届中国科学院和德国国家科学院“科学与未来”研讨会，以上述相关领域最新研究成果为基础，探讨实现碳中和目标过程中面临的挑战及对策。

碳达峰碳中和“施工细节”亟待形成共识

中国能源报 2023.12.4

实现碳达峰碳中和是一项多维、立体、系统的工程，涉及经济社会发展的方方面面，其顶层设计清晰且明确。但业内普遍认为，自“双碳”目标的施工图和路线图明确以来，具体推进落实中对于达成目标的路径和方式、节奏和力度、局部和全局等诸多辩证考量尚未形成共识，十分有必要围绕“双碳”主线，考虑行业和区域分解下的能源电力发展路径。

业内专家表示，能源转型不会一蹴而就，更不是另起炉灶，要统筹好常规技术与颠覆性技术创新突破，支撑能源系统稳步转型的同时，实现能源技术革命性的换代创新。

产业结构调整需与能源体系优化同频共振

我国产业结构偏重、能源结构偏煤，能源消费仍在刚性增长，实现“双碳”目标减排量大、时间窗口紧，能源可持续发展中实现大规模减排面临巨大挑战。业内普遍认为，实现“双

碳”目标是产业结构调整 and 能源体系优化同频共振的过程，实质上是在一定碳排放配额下，对工业、交通、建筑与能源、电力行业转型责任的分配问题。

按照国网能源研究院的分析研究，我国终端能源消费预计在 2030 年前后进入峰值平台期，峰值约为 42 亿吨标准煤。石油和天然气终端需求依次在 2030 年和 2035 年前后达峰，煤炭消费稳步下降。

中国石油集团经济技术研究院副院长吴谋远日前在“六铺炕能源论坛”上表示，碳达峰碳中和阶段的能源转型特征存在显著不同：2030 年以前，能源转型以增量替代为主，呈现出煤炭平稳、石油放缓、清洁能源加快的特征；碳中和阶段能源转型以存量调整为主，表现为非水可再生能源对煤炭和石油的替代，化石能源利用规模明显下降，以非化石能源为主的电力体系逐步形成。

“电力供给清洁化水平是协调电力碳达峰与其他行业碳达峰时序的关键因素，科学合理地制定策略，实现工业、建筑、交通、电力等部门的碳排放梯次达峰至关重要。”国网能源研究院副院长王耀华表示，当前我国非化石能源发电量占比 38.5%，工业、建筑、交通等终端部门电能替代获得清洁环境效益的同时，会带来全社会综合碳排放的增加；当非化石能源发电量占比超过 40%，终端部门电能替代可适当降低全社会碳排放峰值，但电力行业碳排放增加；当非化石能源发电量占比超过 60%，加快推动终端部门电能替代有助于全社会各部门快速减排。

王耀华指出，结合电力供给清洁化预期水平看，电力行业碳排放晚达峰有助于更好统筹电力安全供应保障与全社会碳减排进程。从直接碳排放看，工业部门（含工业过程）能在“十四五”达峰，建筑部门在 2025 年前后达峰，交通部门在 2030 年前达峰，由于这些部门碳排放的压力通过电气化转移到电力部门，所以电力部门碳排放会在 2030 年以后进入峰值平台期。“经过 3—5 年，多元化清洁能源供应体系基本形成，新能源对火电更深度替代，电力碳排放也会快速下降。”

区域梯次碳达峰有利于区域协调发展

据《中国能源报》记者了解，华东、华北、东北区域预计将早于全国实现电力碳达峰，南方、西北区域基本与全国同步实现电力碳达峰，华中、西南区域晚于全国实现电力碳达峰。碳达峰至碳中和时期，各区域与全国类似，降碳路径相对平稳。

“考虑发展基础、资源禀赋、战略定位等差异，不同区域电力行业碳排放演化路径存在不同。”国网能源研究院研究员冯君淑表示，西部、中部等积极承接产业转移的地区，电力需求拥有更大增长空间，不宜早于全国实现电力碳达峰。京津冀、长三角、粤港澳大湾区等

引领高质量发展的第一梯队区域，以及东北区域，拥有更多元化的电力供应结构，不宜晚于全国实现电力碳达峰。“统筹区域间碳达峰次序意味着可能给部分地区带来经济发展受损代价，将削弱区域减排协同意愿，这需要统筹推进相关支持政策。”

国网能源研究院研究认为，2030年后东中部分布式新能源已高比例开发，大型新能源发电基地将在西北地区以及其他有条件的区域不断扩大规模。针对目前“沙戈荒”地区新能源基地化开发技术路径仍不明确、经济性仍较低等问题，需要坚持构建“三位一体”的新能源供给消纳体系。

业内人士普遍认为，未来需设计合理的区域间碳配额分配机制，通过完善的交易机制推动各地区之间相互协调发展，可合力减碳。此外，还需依据各地区能源资源禀赋和经济发展阶段差异，统筹能源电力流流向与跨区碳流向核算机制。

关键科技创新与能源转型需协同布局

行业碳预算多寡代表了减排责任，也意味着国家对不同产业在资金投入、政策扶持和各类资源倾斜方面的战略抉择。未来，关键低碳技术路线布局、突破方向、突破时点等均会产生路径切换。比如，新型储能、CCUS、氢能等前沿技术在已设计的实施路径中不可或缺，但这些技术的研发突破、商业应用等还面临不确定性。

国网能源研究院研究认为，“双碳”目标下，“新能源+储能”与“煤电+CCUS”是两条存在竞争的可行性技术路线。由于短时储能在保供应和促消纳方面都存在“饱和效应”，未来长时储能技术突破的时间节点、部署规模会对能源电力“双碳”路径产生深刻影响。假设跨季节储能技术在2030年实现突破，并开始商业化部署，中远期新能源装机规模将明显提升。

“不同环节技术发展既相互依赖，又需要以一定的节奏相互匹配。”国网能源研究院研究员吴聪表示，如高效清洁能源发电技术与新型储能、先进输电技术等协同推进才能满足新能源高效消纳要求，氢能开发利用技术要与氢能在工业、交通、电力等领域的应用技术相匹配，终端电气化技术的推广应用要与供给侧电力供应清洁化技术发展节奏相匹配，才能实现协同降碳。“所以，‘双碳’目标下，必须以系统观念开展转型路径与科技布局间的战略与规划协同。”

科学家首次推演出全球尺度海洋生物碳泵分布格局

科技日报 2023.12.11

近日，厦门大学海洋与地球学院、近海海洋环境科学国家重点实验室王为磊教授联合国内外研究人员，在海洋生物碳泵研究领域取得最新进展。该项研究利用自主研发的逆向反演模式，首次推演出全球尺度海洋生物碳泵的分布格局，为全球气候变化背景下海洋碳汇的估算提供了重要参考。相关成果发表在国际学术期刊《自然》上。

海洋生物碳泵通过将有机碳从表层输出到中深层海洋，实现对大气二氧化碳的长时间封存，是海洋碳汇过程的重要组成部分，但因涉及过程复杂，对海洋生物碳泵的观测及量化一直是气候科学及地球科学研究的难点。该项研究基于自主研发的海洋生物地球化学逆向反演模式，通过将海洋碳、磷和氧元素的循环进行整合，建立生物碳泵以及营养盐等参数的反演关系，进而推演出全球尺度海洋生物碳泵的分布格局。

研究人员介绍，此前，对海洋生物碳泵的直接观测主要利用沉积物采集器，数据极为稀少。该项研究选择由水文参数的分布反推生物泵通量，而非对海洋生物碳泵具体过程开展直接模拟，避免了因数据不足而造成的过度参数化和对同一过程的重复计算。“无论有机碳以何种路径输出，它必然影响水文参数的分布，如果能准确模拟水文参数，便可反推生物碳泵通量。”王为磊说，这项研究中相关的推演结果最终也得到了现场观测数据有力验证。

推进农业降碳减污扩绿增长

经济日报 2023.12.5

发展生态低碳农业，把实现粮食和重要农产品稳产保供作为发展生态低碳农业的底线任务，协同推进农业降碳减污扩绿增长，挖掘农业多重功能。

党的二十大报告首次提出加快建设农业强国。在 2022 年底召开的中央农村工作会议上，习近平总书记指出，“我们要建设的农业强国、实现的农业现代化，既有国外一般现代化农业强国的共同特征，更有基于自己国情的中国特色”。我国几千年的农耕文明始终强调人与自然和谐，生态低碳农业是中国特色农业强国的重要体现。新时代背景下，生态低碳农业不是简单回到过去自给自足、低产出水平的小农经济，而是要将现代技术、现代经营管理方式与生态循环的优良传统相结合。

近年来,我国发展生态低碳农业取得了积极进展。化肥农药用量连续7年保持下降趋势,主要农作物病虫害绿色防控覆盖率、三大粮食作物统防统治覆盖率明显提高。以秸秆、畜禽粪污和废弃农膜为重点,农业废弃物回收和资源化利用取得明显成效,秸秆“农用为主、五化并举”的格局已基本形成,畜禽粪污综合利用率显著提高,重点地区农田“白色污染”得到有效防控。长江十年禁渔取得阶段性成效,流域生物多样性明显好转,重点水域监测到的土著鱼类数量、江豚自然种群数量等指标较往年明显提升。《中华人民共和国黑土地保护法》已于2022年8月1日起正式实施,为保护好“耕地中的大熊猫”提供了法治保障。

取得这些成效的经验可以归结为五个方面:一是强化绿色发展理念,把“两山”理念贯穿到农业农村生产、生活、生态全过程、全领域。二是坚持底线思维,把绿色发展放在粮食安全这个“国之大者”中考虑。处理好绿色发展和资源安全、农民增收之间的关系,实现高质量发展和高水平安全的良性互动,以及保供给、保收入、保生态的协调统一。三是传承弘扬农耕文明,推进种养结合,发挥精耕细作传统优势。四是推动农业生态价值实现,提升生态农产品溢价、因地制宜探索农文旅融合路径,加快农业碳减排交易制度建设,将更多利益留给农村和农民。五是优化完善治理体系,筑牢农业绿色发展的制度之基,形成激励有效、约束有力的绿色发展制度环境。

下一步,要把发展生态低碳农业作为农业绿色转型的重要任务,重点做好三方面工作。

一是把实现粮食和重要农产品稳产保供作为发展生态低碳农业的底线任务。近年来,我国人均粮食消费水平总体稳定,但肉蛋奶果菜糖消费量持续增加。在耕地数量趋紧、质量总体偏低的背景下,要把发展生态低碳农业作为主攻方向,不断提高农业资源利用效率,为保障国家粮食和重要农产品稳定安全供给提供支撑。

二是协同推进农业降碳减污扩绿增长。农业面源污染治理与减排固碳具有高度一致性。要着力推进农业生态价值实现,减少化肥农药使用、提高秸秆粪便综合利用水平;完善发展生态低碳农业的制度与政策,支持农业减排固碳,加快推动农业生产方式低碳转型。

三是挖掘农业多重功能。农业在国民经济和农户收入中的比例下降是正常规律,我国农业GDP占比从新中国成立之初的一半下降到目前的不足一成,农业收入在农村家庭收入占比从1990年的四分之三降至目前的三分之一。这就要求深入挖掘农业的多重功能,完善农业碳汇价值核算、发展休闲农业、促进农文旅融合,不断完善市场体系,拓宽农民增收渠道,还要促进财政资金、金融资金和社会资本形成合力,强化发展生态低碳农业的投入保障机制,让农业生态红利转化为农业增加值和农民收入。

二氧化碳制备糖类衍生物实现新突破

中国科学报 2023.12.11

中国科学院深圳先进技术研究院合成生物学研究所（以下简称深圳先进院合成所）研究员于涛团队与客座研究员 Jay D. Keasling 团队利用合成生物学和代谢工程手段开发的酵母细胞平台，能够将甲醇、乙醇、异丙醇等二氧化碳衍生的低碳化合物，转化为葡萄糖、肌醇、氨基葡萄糖、蔗糖和淀粉等糖及糖衍生物。该工作通过微生物细胞工厂实现了系统性的糖类衍生物的生物合成，验证了多底物利用到多产物合成的可能性，并在研究中以葡萄糖为例，通过代谢重构和葡萄糖抑制调控，使其产量达到每升数十克。其研究成果近日发表于《自然-催化》。

农业为社会提供了食物和许多原材料，但目前面临着巨大挑战。随着人类活动加剧，大量二氧化碳排放造成的全球气候变化和环境问题严重影响了全球经济和环境可持续发展。因此，开发一种经济可行的、不占用耕地就能将二氧化碳转变成糖衍生食品和化学品的技术迫在眉睫。

研究团队首先通过分析酵母对不同低碳化合物的利用情况，拓展了微生物细胞工厂的碳源范围。“我们扩大了可利用的低碳原料谱。除了乙醇之外，酿酒酵母可将乙二醇、异丙醇、丙酸和甘油作为碳源用于细胞生长和葡萄糖生产。”论文通讯作者于涛说，研究团队构建的酿酒酵母可通过“吃”更广范围的碳源原料来合成糖类衍生物。通过碳源的混合使用以及比例调控，研究人员进一步促进了酵母细胞生长，提高了葡萄糖产量。

其次，研究团队以乙醇、甲醇、异丙醇和甘油为碳源，进一步拓展了碳水化合物的多样性，包括五碳糖、木糖、木糖醇、六碳糖化合物肌醇、氨基葡萄糖、二糖化合物蔗糖和多糖化合物淀粉。“通过引入代谢工程手段和异源合成途径，我们获得的工程酵母成功地将低碳化合物转化为单糖木糖、木糖醇、肌醇和氨基葡萄糖。”论文第一作者、深圳先进院合成所副研究员汤红婷说。

再次，除单糖外，研究人员实现了更高碳含量的二糖的合成。他们获得的工程菌株高效利用低碳化合物合成蔗糖，在此基础上，实现了蔗糖的分泌生产。通过在酵母细胞内引入两条淀粉合成途径并调控内源糖原合成及降解途径，他们打通了从低碳化合物到淀粉的合成路径。

最后，该研究提供了以低碳化合物为碳源高效生产高碳化合物的研究方法。虽然合成这些化合物需要引进外源途径，但其中枢代谢皆为糖异生途径。为有效提高葡萄糖及其衍生物

的产量，研究人员以葡萄糖为研究案例，通过基因过表达和调控葡萄糖抑制效应等手段强化糖异生途径来提高葡萄糖产量。研究表明，调控葡萄糖抑制效应能够有效提高葡萄糖产量近一倍。

在该研究中，研究团队构建的工程酵母的蛋白含量约为细胞干重的 50%。未来该技术有望以低碳原料实现糖类衍生物的高效产出，同时还能实现单细胞蛋白的产出。

氨能为煤电降碳探新路

中国能源报 2023.12.25

作为煤电行业低碳转型的一种新探索，煤电机组掺氨燃烧又有新进展。日前，中国神华广东台山电厂 600MW 煤电机组成功实施高负荷发电工况下煤炭掺氨燃烧试验。据悉，这是当前国内外完成掺氨燃烧试验验证的容量最大机组。

作为我国主要碳排放来源之一，燃煤发电产生的碳排放量约占全国碳排放总量的 40%，使用氨等新型零碳燃料替代煤炭，是实现“双碳”目标的重要技术，也为煤电绿色发展提供一条新路径。据《中国能源报》记者了解，目前，包括国家能源集团在内的多家企业正在开展相关实践。

●● 试验机组从 300MW 到 630MW

公开信息显示，上述掺氨燃烧试验主要采用氨煤预混燃烧技术，按照首阶段试验计划，实现 500MW、300MW 等多个负荷工况下燃煤锅炉掺氨燃烧平稳运行，氨燃尽率达到 99.99%。此次试验验证了氨煤气固两相燃烧强化、等离子裂解等多种创新技术的先进性。

国家能源局近日公布第三批能源领域首台（套）重大技术装备（项目）名单，“燃煤电厂掺氨燃烧成套技术及关键设备”名列其中。国家能源局表示，依托工程中国神华台山电厂 630MW 大容量燃煤锅炉掺氨清洁高效燃烧工程验证项目，将聚焦燃煤电厂掺氨燃烧技术产业链发展，自主研制适用于大容量燃煤机组的混氨燃烧设备及系统，最终形成用于大容量燃煤锅炉大比例掺氨燃烧的应用关键成套技术与装备。

除此之外，今年 4 月，安徽省能源集团与合肥综合性国家科学中心能源研究院发布消息，双方联合研发了大型煤电机组大比例掺氨燃烧示范工程——在皖能铜陵发电公司 300MW 燃煤机组实现多工况负荷下掺氨 10%—35% 平稳运行，最大掺氨量大于每小时 21 吨，氨燃尽率达到 99.99%，填补多项技术空白。

据透露,安徽省能源集团和合肥综合性国家科学中心能源研究院技术团队将全力推进掺氨比例超过 50%的工程试验,并计划在 1000MW 机组开展工程示范,同时大力推动自主研发的成套技术和设备在现役燃煤发电机组上的产业化推广和规模化工业应用,打造绿氨产、储、运、加、用全产业链。

●● 有望规模化替代化石燃料

氨在化工、农业、制冷等领域应用广泛,随着“双碳”目标提出,其作为一种绿色清洁能源越来越受到关注。

西安交通大学能源与动力工程学院助理教授吕强等撰文指出,氨是一种零碳分子,通过燃烧反应释放能量的同时不产生碳排放,仅生成氮气和水,因此是一种有望规模化替代化石燃料的新型零碳燃料。在燃煤电站中掺氨燃烧,既可以提供稳定低碳的基本负荷,也能在电站承担调峰任务时发挥重要作用,保障“风光”等可再生电力并网运行后电网的稳定性。

据《中国能源报》记者了解,氨燃烧之所以备受关注,主要在于将其用作燃料具有多重优势:燃烧过程不产生温室气体、能量密度较高、容易液化且具备储运成本优势、储运配套基础设施较完善,以及安全性相对较好。

“氨最大的优势是储运远比氢安全和方便,而且体系成熟,可以大规模、远距离储运。从物理化学性质上讲,氨的沸点高,在零下 33 摄氏度温度条件下就可以液化,比天然气液化还容易。”厦门大学能源学院教授王兆林此前接受《中国能源报》记者采访时表示,“中国是全世界最大的合成氨使用国,发展氨能源比其他国家有优势。”

在合肥综合性国家科学中心能源研究院氢能源和氨应用研究中心副主任冯汉升看来,“双碳”目标下,我国要破解煤电碳排放与新能源比例上升需要配套煤电之间的矛盾。“使用氨替代或部分替代煤炭就是一个可行的办法,一是避免煤电资产浪费,二是不需再新建、改造电网,可充分利用好源网荷储各个设备设施,三是不需要对基础设施进行大改造,可以加快推进碳中和进程。另外,氨作为燃料不仅可以应用到煤电领域,随着技术成熟和迭代升级,还能扩展到其他燃煤工业中。”

●● 加快绿氨建设是当务之急

虽然氨能利用前景广阔,但现有成熟的传统工业合成氨技术并非绿氨,生产过程中依然会排放大量二氧化碳。因此,加快绿氨全产业链体系建设是当务之急。

“氨能利用真正‘卡脖子’的问题是缺乏绿氨,目前主要制取来源还是灰氢。”王兆林指出,“绿氨只需要水、空气和绿电,就可以就地合成。西北地区有些无法消纳的光伏发电和风电,可以电解水制取氢,再用来合成氨,这样可以很便利地从西北运送到东部。当前我

国能源对外依存度较高，如果能够就地合成氨，可在一定程度上摆脱对世界石油和天然气的依赖。”

《中国能源报》记者注意到，作为合成氨生产大国，今年以来，我国多个绿氨项目浮出水面。

1月3日，内蒙古自治区能源局公布《关于实施风光制氢一体化示范项目的通知》，巴彦淖尔市乌拉特中旗三一重能50万千瓦、中能建26万千瓦两个离网型风光制氢一体化示范项目入选。其中，三一重能乌拉特中旗甘其毛都口岸加工园区风光氢储氨离一体化示范项目总投资42.7亿元，建设400MW风电、100MW光伏、40MW/2h电化学储能，年生产绿氢3.6万吨、绿氨15万吨；中能建巴彦淖尔乌拉特中旗风光制氢制氨综合示范项目总投资23.15亿元，建设210兆瓦风电、50兆瓦光伏、39MW/1h电化学储能，年生产绿氢1万吨、绿氨5.7万吨。

此外，中国石油在内蒙古投资的首个风光发电制氢合成氨一体化项目——内蒙古乌兰察布兴和县风光发电制氢合成氨一体化项目也于今年初正式获批。该项目总投资41.39亿元，将建设风电350MW，光伏150MW，年制氢能力25700吨，用于合成氨、尿素，计划2024年年底投产。

广州出台绿色建筑新规 将率先实现“双碳”目标

广州日报 2023.12.22

12月21日，新制定的《广州市绿色建筑和建筑节能管理规定》（以下简称《规定》）获得广州市政府常务会议审议通过。新规提高了新建建筑的绿色发展要求，着力解决信贷投入和绿色建筑认定时间错配的难题，激发市场主体的积极性，助力广州率先实现建筑领域碳达峰和碳中和。

破旧立新

助力广州率先实现建筑领域“双碳”目标

党的十八大以来，党中央、国务院高度重视生态文明建设和环境保护，要求实施建筑领域碳达峰、碳中和行动，推动城乡建设绿色发展。建筑领域是双碳工作重点，应完善立法，推动控制能耗总量和强度，优化能源结构，提升建筑能效，降低碳排放。

2021年，新出台的《广东省绿色建筑条例》正式施行，广州被列为营商环境创新试点

城市，新形势对绿色建筑和建筑节能管理提出新要求。市住建局表示，市政府原规章《广州市绿色建筑和建筑节能管理规定》自2013年施行已逾10年，为适应发展需要，有必要总结经验，根据上位法以及现行政策调整相关立法内容。

《规定》在原有基础上废旧立新，结合广州发展实际，以问题为导向解决发展掣肘，目标是提高绿色建筑品质，提升既有建筑能效水平，推广新型绿色建造方式，助力广州率先实现建筑领域碳达峰和碳中和。

亮点解读

1. 新建建筑、城市更新双管齐下“增绿”

《规定》有哪些亮点？市住建局相关负责人介绍，《规定》从新建建筑和城市更新两大主要方面入手，特别提高了对公共建筑的要求，以提升城市绿色发展水平。

新规通过进一步细化《广东省绿色建筑条例》规定，提高新建建筑绿色发展要求：规定大型公共建筑按照二星级以上绿色建筑标准建设，国家机关办公建筑、国有资金参与投资建设的其他公共建筑按照一星级以上绿色建筑标准建设，政府投资和以政府投资为主的公共建筑按照不低于超低能耗建筑的节能标准建设。同时，规定城市更新、城镇老旧小区使用财政资金改造时，应当同步实施绿色化改造，要求各区创建绿色生态城区。

2. 信贷投入与绿色建筑认定时间不再错配

绿色建筑标识认定须在工程竣工后进行，而银行出于合规性的考虑，在项目拿到绿色认证前难以将其纳入绿色金融支持的范畴中，彼此存在错位。

为此，广州改进管理机制，提出结合承诺制开展星级绿色建筑等级预评价。《规定》明确建设单位或业主单位可以在建筑施工图审查通过后向相应的主管部门申请绿色建筑等级预评价，并在建成后按承诺进行相应的认定，以主管部门积极作为，建设单位作出承诺的形式，保障建设项目按照建筑评价标准建设，解决了信贷投入和绿色建筑认定时间错配等问题。

《规定》完善了建筑投入使用相关制度，规定工程投入使用前应向建筑所有权人、使用权人或者物业服务人等移交绿色建筑和建筑技术资料，要求建立健全建筑能耗监测、能源消耗统计等制度，强化建筑绿色性能保障。

3. 鼓励绿色节能技术、材料应用

广州夏热冬暖，空调季悠长，如何推广适宜技术，推进建筑产业绿色升级？《规定》明确鼓励推广应用空调节能技术，以有效控制、减低建筑能耗，充分体现地方特色。

在推广应用绿色建材方面，规定政府投资建设的建筑应当使用绿色建材，以推动建筑全产业链绿色低碳发展。此外，强化规划引领，要求在建设用地规划条件、国有建设用地使用

权出让合同或者国有土地划拨决定书，以及建设工程规划许可证中载明装配式建筑要求，以更好地推动新型建筑工业化发展。

广州经验

1. 完善顶层设计出台全市专项规划和实施计划

2022年，广州在全省率先发布《广州市绿色建筑发展专项规划（2021-2035年）》，聚焦全市建筑业工业化、数字化、绿色化转型，全方位推动绿色建筑高质量发展，全力打造具有岭南特色的人本绿色城市。规划明确了广州市绿色建筑中长期发展目标、重点发展区域、技术路线和保障措施等内容，制定了包括城镇绿色建筑占当年新开工建筑比例、高星级绿色建筑占当年新开工建筑比例和创建绿色生态（低碳）城区等11个发展指标。

同年，广州市住建局联合11个部门出台《广州市绿色建筑高质量发展行动实施计划（2022-2024）》，将高质量发展行动具体化，落实到17项具体任务中，加强各职能部门联动，保障高质量发展目标的实现。

2023年，市住建局编制发布《广州市绿色低碳城区建设技术指引（试行）》，引导城市重点功能片区按照绿色低碳理念规划建设。随着顶层设计日趋完善，广州逐渐形成具有岭南特色的绿色建筑发展经验和城市样板。

2. “十四五”新建民用建筑实现绿色化全覆盖

市住建局介绍，“十四五”以来，广州市新建民用建筑实现绿色化全覆盖，高星级绿色建筑占比超过50%。期间，涌现出一批高品质标杆项目：白云机场二号航站楼等3个项目获得全国绿色建筑创新奖，广州太古汇5年内2次获得LEED运营阶段铂金级认证。

白云机场是全国三大国际枢纽机场之一，其二号航站楼充分利用自然条件，优化景观设计，通过减少空调排热、采用透水地面等技术措施改善区域热微环境。同时，项目综合运用活动外遮阳系统、高透光节能玻璃和太阳能光伏发电系统等技术措施，降低建筑能耗，提高空间舒适性，先后获得绿色建筑设计和运行三星级标识。

对于新建项目，广州大力推广超低能耗建筑建设，全市超低能耗、近零能耗建筑，总面积预计达36.88万平方米。其中，中建四局一公司总部大楼将成为国内首栋超高层近零能耗建筑，新城建示范及智能建筑产业园（一期）工程项目、万顷沙文化体育中心（一期）等一批项目列入广东省超低能耗建筑试点项目。

不仅单体建筑的绿色化水平提高，广州还打造了一批绿色低碳试点示范城区，全市共获得3项国家绿色生态城区标识。中新广州知识城南起步区项目获得华南首个绿色生态城区设计和运管三星级双标识，南沙明珠湾灵山岛尖片区、琶洲西区互联网集聚区获得第七届C21

“国际可持续发展城区解决方案奖”。

3. 既有建筑节能改造，4年多就能“回本”

既有建筑节能改造方面，广州制定了《广州市绿色建筑发展专项规划（2021-2035年）》，确定全市既有建筑节能绿色化改造近、中、远期目标并细分到各区。截至2023年6月，全市既有建筑节能改造总面积达226.88万平方米。其中，广州发展中心大厦和白天鹅宾馆节能改造项目因地制宜地应用多项节能技术，重点解决关键耗能部位，成为既有建筑绿色化改造的典范。

市民熟悉的白天鹅宾馆，其节能改造范围主要为宾馆主楼及裙楼公共区域。项目重点解决宾馆耗能最大的关键部位：空调、锅炉等，将“白天鹅”重新打造为符合国家绿色建筑二星级标准的白金五星级酒店精品，实现建筑节能率65%、能源成本下降40%-50%、单位面积综合能耗节能率达23.28%，建成后每年节约能源成本1360万元，改造成本回收期约4.26年。

我国碳足迹数据库建设提速

中国能源报 2023.12.11

近日，由清华大学环境学院牵头、国内外30所高校和科研机构共同发起组织的“天工计划”获得最新进展，其第一阶段成果——碳足迹核算生命周期评价数据库正式发布。

随着我国逐步建立产品碳足迹管理体系，本土碳足迹数据库的设计建设也不断提速。在业界看来，本土碳足迹数据库的建设将为我国工业产品实现碳足迹管理、提升国际竞争力提供支持。

首个本土单元过程数据库问世

作为该数据库开发的牵头人之一、清华大学环境学院副院长、碳中和讲席教授徐明指出，碳足迹核算包含产品从资源开采到处理处置全生命周期的碳排放，而进行全生命周期评价的关键是数据，能够表征我国各行业现状的数据是建立我国产品碳足迹管理体系的重中之重。

“天工计划”此次发布的数据库是基于人工智能技术构建智能化、标准化、开放透明的生命周期评价体系，能够为我国乃至全球产品提供碳足迹管理服务，为应对气候变化提供技术、工具和数据基础。这也是我国首个开放透明生命周期单元过程数据库。

“天工LCA数据库”由天工社区150余个行业专家联合构建，涵盖55个行业、4000

多组单元过程的 70000 多条公开数据。

据了解，产品碳足迹属于碳排放核算的一种，在各国推进减碳目标的大背景下，产品碳足迹管理已经成为全球热点。近年来，一些国家逐步建立起重点产品碳足迹核算、评价和认证制度，越来越多的跨国公司也将产品碳足迹纳入可持续供应链管理要求。

本土数据库建设势在必行

面对国内“双碳”目标以及国际市场环境变化，业界普遍认为，完善产品碳足迹管理、建设本土数据库已是推动实现“双碳”目标、提升产品竞争力的必要手段。

中国国际工程咨询公司资源与环境业务部气候应对处处长木其坚指出，碳足迹管理不仅能够刺激消费侧自主选择降碳，还有助于传导供应链的绿色低碳转型诉求，更有利于提升产品的国际竞争力。

不过，徐明坦言，目前，我国产品碳足迹的全生命周期评价主要应用欧美企业发布的商业数据库，无法追溯和验证数据来源。“在本土数据库相对缺乏的情况下，我国企业只能被动接受无法表征我国先进生产技术、过时、不公平的数据。”徐明说，“更有很多数据库没有动力去更新，甚至还在使用十多年前的数据来源，无法满足当下各行业需要。”

为此，业界普遍认为，因地制宜地建立本土产品碳足迹数据库迫在眉睫。复旦大学环境科学与工程系教授王玉涛表示，天工数据库的发布将帮助企业更加准确核算产品碳足迹和价值链排放，识别产品全生命周期各阶段减排潜力，并指导企业开展低碳工艺改造，帮助企业构建绿色低碳供应链。

各行业碳足迹数据库建设提速

为加快提升我国重点产品碳足迹管理水平，今年 11 月，国家发改委等五部门联合印发《关于加快建立产品碳足迹管理体系的意见》，明确了“加强碳足迹背景数据库建设”“提升数据质量”“推动碳足迹国际衔接与互认”等重点任务，设定了在 2030 年实现主要产品碳足迹核算规则、标准和碳标识得到国际广泛认可的目标。

诸多因素引导下，我国本土碳足迹数据库建设正在提速。木其坚表示，当前，我国碳足迹管理数据库的建设主要是企业自主、市场导向，后续很可能会有多个行业性乃至专用供应链等专业数据库接连问世，这些数据库的建设都能为我国碳足迹管理体系添砖加瓦。

清华大学碳中和研究院院长、环境学院教授贺克斌指出，世界经济将从能源的资源依赖型走向能源的技术依赖型，而中国是全球工业体系最全的国家之一，在建设产品碳管理数据库的过程中更应厘清“碳账本”。建议中国研究机构与企业谨慎选取数据，不能迷信国际方法，应根据中国本土情况进行研究，结合中国国情探索碳足迹管理系统建设。

中国可再生能源学会常务理事、能源综合系统专委会副主任李鹏建议，为进一步提高碳排放数据公信力，可利用基于区块链、可信计算等数字化技术的科学方法，从技术上解决绿色能源信任问题。

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

合成生物学领域的重大进步——人造细胞可在内部产生多种蛋白质

科技日报 2023.12.7

据发表在最新一期《自然·化学》杂志上的论文，德国达姆施塔特工业大学和瑞士弗里堡大学领导的国际研究团队在使用合成材料合成人造细胞方面实现突破。这些细胞通过一种被称为生物催化聚合诱导自组装（BioPISA）的过程制造，代表了合成生物学领域的重大进步。

人造细胞是模仿活细胞特性的微观结构。它们是促进化学反应和分子系统工程的重要微反应器，是合成生物学途径的宿主，也是研究生命起源的重要工具。

该团队开发了一种酶促合成的聚合物微胶囊，并使用它们来包裹细菌细胞的可溶性内容物（即胞质溶胶），从而创造出能够在内部产生一系列蛋白质的人造细胞，包括荧光蛋白、制造细胞骨架样结构的肌动蛋白，以及人类骨骼中发现的生物矿化过程的碱性磷酸酶。

蛋白质的表达不仅模仿了活细胞的基本特性，而且展示了这些人造细胞在从药物输送到组织工程等多种应用中的潜力。

新研究弥补了合成生物学中的一个重要空白，即能够将合成材料与酶过程结合起来，创造出复杂的人造细胞，就像真正的细胞一样，这为创造结构和功能上与生物细胞相似的模拟物开辟了新途径。

研究人员指出，酶促自由基聚合是制造这些人造细胞的关键。酶会将聚合过程中自组装的聚合物合成纳米和微米尺寸的聚合物胶囊。这是一种非常简单但有效的人造细胞制备方法。在未来的工作中，研究团队的目标是利用人造细胞中表达的蛋白质来催化进一步的聚合，从而模仿自然细胞的生长和复制。

合成生物学有望重塑工业生态

中国高新技术产业导报 2023.12.4

“当前，合成生物学蓬勃发展，已成为国内外竞相布局的热点赛道，应把握新一轮科技革命和产业变革重大机遇。”在11月17日举行的合成生物与绿色生物制造创新发展论坛暨清华大学合成与系统生物学中心年会上，中国科学院天津工业生物技术研究所所务委员江会锋说。

生物制造业发展新引擎

“生物产业是面向未来最有潜力和发展前景的战略性新兴产业，大力发展合成生物与生物制造，有望重塑工业的产业生态和未来发展格局。”北京市经济与信息化局副局长王磊表示。

近年来，生命科学前沿基础研究持续活跃，合成生物正在成为影响人类发展的未来产业之一，在医药、能源、材料等领域具有极其广阔应用前景，成为绿色生物制造产业高速发展的引擎。

清华大学合成与系统生物学中心主任陈国强说，目前，合成生物学技术正快速向实用化、产业化方向发展。世界各地相继建立合成生物学研究机构和重点实验室，全球合成生物学领域的企业多达500家，合成生物企业呈现出百家争鸣的局面。“生物制造产业迎来重要发展机遇，需要进一步加强战略谋划和前瞻布局。”

陈国强介绍说，清华大学合成与系统生物学中心是清华大学多学科交叉合作的平台，针对合成生物学中的关键技术和瓶颈问题展开前瞻性研究，积极推动科研成果产业化。

让更多科研成果走出实验室

《“十四五”生物经济发展规划》中明确提出，包括合成生物学在内的生物经济是未来我国经济转型的新动力。在国家政策的大力支持下，北京、上海、深圳、天津等地陆续将合成生物学列为发展规划的重点关注领域。

江会锋表示，合成生物学被公认为是颠覆性技术，可以变革医药、食品、能源、材料等传统模式，成为新的经济增长点。

“推动合成生物与生物制造的创新发展，是大力推进新型工业化、加快形成新质生产力的重要抓手。”工业和信息化部新闻宣传中心总编辑王保平说。

中国科学院院士、上海生命科学研究所研究员赵国屏说，近年来，我国在基因组、蛋白质组、结构生物学等生物科学领域取得了一系列重要成果，为合成生物学的发展打下了良好

的基础。面对国际合成生物学新兴学科的发展机遇，整合我国相关研究的优势队伍，发展我国的合成生物学研究势在必行。

“DNA 信息存储是典型的合成生物学与信息技术交叉科学前沿技术，是一项着眼于未来、具有划时代意义的存储技术。未来社会海量数据存储，将推动产生变革性存储介质。”中国科学院院士、天津大学教授元英进表示。

“合成生物被公认为在医学、制药、化工、能源、材料、农业和环保等领域均具有广泛的应用前景，有望重构世界制造格局。走到今天，我认为合成生物学发展最难的一点，就是科学理性地设计相关软件的能力还有待提高。将来的合成生物学，除了揭示生物结构相变和功能涌现的机理，还要提升预测设计和编程合成生命的能力。”赵国屏分析说。

与会专家纷纷表示，合成生物学是一门复杂的交叉学科，研究成果从实验室到工业应用是一个漫长过程，需要政、产、学、研、用、金、服等方面联合起来，共同打通各个链条的制约因素，让更多科研成果从实验室中走出来，让科技创新真正赋能产业发展。

俄开发基于植物油和厨余垃圾的燃料

科技日报 2023.12.12

俄罗斯托木斯克理工大学正在开发基于植物油和厨余垃圾的生物燃料推进技术，并获得了第一个试验样本。

托木斯克理工大学自然资源工程学院化学工程系教授埃琳娜·伊瓦什金娜称，在下一阶段的研究中，将开发有助于提高目标产品产量的催化剂，并获得具有特定物理化学特性的生物燃料。

伊瓦什金娜解释说，为了获得液体生物燃料，科研人员与工业合作伙伴合作使用了妥尔油、亚麻荠油和菜籽油以及废食用油 4 种原材料，采用了催化裂化、费托法和加氢裂等 3 种生产方法。

为提高生产效率，科研人员同时利用人工智能方法创建智能数据库。它将优化获得生物燃料的过程，并简化以工业规模合成新燃料的组分、催化剂和参数的选择。

“电子土壤”促进作物生长

科技日报 2023.12.27

据 25 日发表在《美国国家科学院院刊》杂志上的一项研究，瑞典林雪平大学研究人员开发了一种用于无土栽培（即所谓的水培）的“电子土壤”。当通过这种新的栽培基质对大麦幼苗的根系进行电刺激时，大麦幼苗的生长速度平均提高了 50%。

水培意味着植物在没有土壤的情况下生长，只需要水、养分和根系可附着的基质。这是一个封闭系统，能够实现水的再循环，以便每一株幼苗都能准确地获得所需的营养。因此，只需要很少的水，所有的养分就能保留在系统中，这在传统栽培中是不可能实现的。

水培还可用于在大型塔楼中进行垂直种植，以最大限度地提高空间效率。目前已经以这种方式种植的作物包括生菜、草药和一些蔬菜。

除了用作饲料之外，谷物通常不采用水培法种植。在这项研究中，实验结果表明，大麦幼苗可通过水培培养，并且由于电刺激，它们的生长速度更快。在“电子土壤”中生长的大麦幼苗，其根部受到电刺激后，15 天内生长速度提高了 50%。

矿物棉是水培中常用的栽培基质，但它不可生物降解，而且生产过程也非常耗能。研发团队开发的导电栽培基质堪称是为水培量身定做，由纤维素和导电聚合物混合制成。纤维素是最丰富的生物聚合物。这种组合并不新鲜，但这是第一次将其用于植物栽培，并以这种方式为植物创建基质。

先前的研究使用高压来刺激根部。林雪平大学研究的“电子土壤”的优势在于，它的能耗非常低，而且没有高压危险。研究人员认为，这项新研究将为进一步发展水培开辟道路，并能在一定程度上缓解粮食安全问题。

生物天然气发展前景可期

中国能源报 2023.12.11

作为现代生物质能的利用形式之一，生物天然气在能源脱碳进程中扮演着重要角色。中国产业发展促进会生物质能产业分会与落基山研究所近日联合发布的《碳中和目标下的生物天然气行业展望》（以下简称《展望》）指出，生物天然气既能补充能源供应，加强能源安全，又能在能源脱碳进程中发挥独特作用。预计到 2030 年，我国生物天然气需求将增至近 100

亿立方米/年的水平，到 2060 年，将增至超 630 亿立方米/年的水平。

■ ■ 三重意义正在凸显

生物天然气是以各类城乡有机废弃物为原料，经厌氧发酵和净化提纯产生的绿色、低碳、可再生的天然气，是一种可替代传统化石天然气的潜在能源。

“2022 年，全球能源商品市场剧烈波动，欧洲天然气价格飙升，我国不可避免受到冲击。去年 9 月，LNG（液化天然气）进口价格一度高达每吨近 9000 元，相当于超过每立方米 6 元，是历史平均价格的 2—3 倍。在此大背景下，生物天然气在全球越来越受到关注，欧洲市场生物天然气的绿色溢价已高达每立方米 35 元。”落基山研究所董事郝一涵表示。

在业内看来，发展生物天然气在能源保供、减碳、社会效益三个维度都具有重要意义。

据郝一涵介绍，生物天然气可从生产侧和消费侧减少二氧化碳、甲烷、氮氧化物等温室气体排放。在生产侧，可避免其生产原料作为废弃物在处理过程中产生非二氧化碳排放；在消费侧，可替代传统的化石能源，减排二氧化碳。“综合看，每立方米生物天然气能减排 2.2 千克到 3.8 千克二氧化碳当量。”

《展望》指出，生物天然气通过在电力、工业、交通、建筑等部门替代传统化石能源，可进一步提升可再生能源比重，从而优化能源消费结构。到 2060 年，生物天然气需求量可达近 7800 万吨标准煤，相当于 2022 年我国能源消费总量的 1.4%、非化石能源消费总量的 8.1%。

与此同时，发展生物天然气能在一定程度上满足我国经济社会持续发展带来的天然气消费需求，进一步保障能源安全。《展望》预测，到 2050 年，生物天然气预计可替代传统天然气消费量的比例近 13%，显著缓解国内天然气生产压力；从进口角度看，到 2030 年，生物天然气产量可替代进口天然气的比例将达到 4%，2040 年和 2050 年将进一步增至 17% 和 68%。2050 年后，随着国内供应能力提升，我国有望实现天然气自给自足，生物天然气在保障能源安全方面的角色将从助力降低对外依存度逐步转向加强国内供应。

■ ■ 发展面临不少挑战

事实上，得益于沼气行业数十年的发展，我国生物天然气在生产技术、工程项目和应用模式上已有一定积淀。多位专家指出，我国生物天然气发展潜力巨大，但目前仍面临多重挑战。

“我国生物天然气源自于沼气，原来的户用沼气设施早在上世纪 70 年代就有了。但那时规模比较小，主要为了满足农村生活用能。随着时代变迁，如今规模化、集约化的养殖业给生物天然气行业发展带来了新空间。”中国产业发展促进会生物质能产业分会秘书长张大

勇指出，“目前国内生物天然气还处于起步阶段，产量规模较小，大概只有每年3亿立方米左右。不过，一些关键性技术得到突破，为生物天然气未来发展奠定了良好基础，如果进一步完善产业支持政策，发展值得期待。”

《展望》指出，2021年，全球生物天然气产量约为59亿立方米，仅相当于当前全球天然气需求量的0.1%。分地区看，欧洲是全球最大的生物天然气生产地区，产量约34.0亿立方米，约占全球58%。我国生物天然气产量约为2.5亿立方米，仅占全球4%。

不过，生物天然气的开发潜力十分可观。中国沼气协会预测，在充分利用城乡废弃物的基础上，到2030年，我国生物天然气生产潜力将超过800亿立方米，2060年将超过1800亿立方米。

郝一涵表示：“当前，我国生物天然气产业化发展面临多重挑战，生产技术有待成熟、发酵技术单一、部分设备尚未国产化、项目投资成本较高，产业体系也有待完善。上游废弃物的收运体系、中游的生产和下游的多元化消费体系，以及副产品的消费体系都有待加强。而且，商业模式的可复制、可推广性也不强，各项目之间差异较大，政策支持力度不够，行业需要进一步规范。”

■ ■ 市场化是最终解决方案

能源绿色低碳转型创造了可观的生物天然气需求，未来，生物天然气产能规模如何实现加速增长？

在郝一涵看来，行业可持续发展，最终解决方案还是市场化。“改善生物天然气项目的经济性，实现生物天然气和传统天然气的平价是关键。”

《展望》明确提出，生物天然气的项目经济性受成本端和收益端多重因素影响，推动其与传统天然气市场平价，既需要在成本端促进技术和建设成本下降，完善基础设施以控制产品外运成本，也需要在收益端拓宽项目收益渠道，在销售之外确保副产品消纳，并积极通过市场机制使其绿色低碳价值变现。对于原料供应这一既可能增加成本又可能成为收益的环节，则需尽可能化成本为收益，从而改善项目经济性。

“较高的项目成本要降至具有竞争力的水平，至少要从四个维度协同发力。”郝一涵说，一是通过技术和工程进步，降低投资成本，二是控制原料的收入成本，三是确保副产品有市场稳定的消纳，四是通过市场交易变现生物天然气的绿色价值。

《展望》建议，建立健全完善的产业体系需要在政策、技术、基础设施、金融等多个维度协同行动。在上游，完善的原料供应体系是支撑生物天然气产能扩张的基石；在中游，需要突破技术瓶颈、降低生产成本，实现工程建设现代化，在供给侧持续培育市场主体；在下

游，需构建生物天然气的多元化消费体系，规范副产品消费市场，打通生物天然气消纳利用的“最后一公里”。另外，政策、技术、基础设施、金融等多维度的举措可支持建立覆盖全产业链的完整产业体系以及良好的市场环境。

合成生物学领域重大突破 新工具低成本快速创造合成染色体

科技日报 2023.12.22

美国南加州大学研究人员发明的一项突破性新技术，或将彻底改变合成生物学领域。该方法被称为克隆重编程和组装平铺天然基因组 DNA (CReATiNG)，为构建合成染色体提供了一种更简单且更具成本效益的方法。它可显著推进基因工程，并推动医学、生物技术、生物燃料生产甚至太空探索领域的进步。研究成果 20 日发表在《自然·通讯》杂志上。

CReATiNG 的工作原理是克隆和重组酵母的天然 DNA 片段，使科学家能够创造出可取代细胞中天然对应染色体的合成染色体。这项创新技术使研究人员能够组合不同酵母菌株和物种之间的染色体，改变染色体结构，并同时删除多个基因。

CReATiNG 提供了使用天然 DNA 片段作为组装整个染色体的机会。该方法显著降低了成本和技术障碍，能提高药品和生物燃料的生产效率，帮助开发癌症等重疾的细胞疗法，并为环境生物修复方法铺平道路。

该方法还能帮助人类在太空或其他恶劣环境中长期生存，人们未来可利用 CReATiNG 开发能在空间站中繁衍生息的微生物或植物。

研究人员表示，这项研究最引人注目之处是重新排列酵母菌中的染色体片段并改变其生长速度，凸显了遗传结构对生物功能的深远影响。

五、太阳能

布局钙钛矿光伏领域技术制高点

中国科学报 2023.11.30

1958 年，当美国将化学电池和光伏电池成功应用在第二颗人造卫星上时，我国的光伏

电池研究刚刚起步。但历经半个多世纪的发展，2022年，当全球光伏累计装机容量突破1100吉瓦之时，我国光伏累计装机容量已达到392.61吉瓦，成为世界上最大的光伏市场。

这一数字的背后，站着一群不断向光伏领域更高点进军的科学家。中国科学院青岛生物能源与过程研究所（以下简称青岛能源所）、山东能源研究院研究员崔光磊带领的固态能源系统技术中心团队便是其中一分子。

聚焦光伏材料科学前沿的崔光磊团队，审时度势，提早谋篇布局，进入钙钛矿研究赛道，积极响应国家“双碳”目标，抓住全新战略发展机遇，布局钙钛矿光伏领域的技术制高点，推进该领域产业化进程。

铭于心构建新材料体系

2009年，日本桐荫横滨大学教授Tsutomu Miyasaka首次将甲胺基钙钛矿材料用作太阳能电池的吸光层，获得了3.8%的光电转换效率。这一年，崔光磊正式回国加入青岛能源所。刚入职，他便针对国家能源战略的重大需求，牵头成立固态能源系统技术中心，前瞻性布局光伏领域。

2011年，当“钙钛矿”还是个不温不火的名称时，崔光磊团队已敏锐察觉到这是一只“潜力股”。“钙钛矿太阳能电池是新生的光伏技术，技术起始原料简单，光学带隙接近太阳能电池的理想带隙，发展潜力大，是全球光伏行业的重大前沿技术。”崔光磊对《中国科学报》说。

第二年，根据国际科技发展趋势，崔光磊带着团队及时调整研究方向，在染料敏化太阳能电池技术的研究基础上，跨入钙钛矿电池研究领域。崔光磊团队成为国内最早开展钙钛矿光伏技术研究的团队之一。

甲胺铅碘是最早研究的钙钛矿材料。“但它结构单一，晶体材料吸光范围与理想值相比还有一定差距，无法充分利用太阳光谱。而且它的热稳定性不足，会影响太阳能电池的长期运行寿命。”崔光磊认识到，团队需要发展新的材料体系。

通过大量实验反复筛选，团队成员、从德国归来的博士逢淑平提出，甲脒基钙钛矿材料可提升钙钛矿电池的理论光电转换效率，使其具有更好的稳定性预期。也就是说，用甲脒离子替代甲胺离子作为有机阳离子骨架，提高钙钛矿材料晶格的对称性，拓宽对太阳光谱的吸收范围，且稳定性更强。

团队的这一创新材料体系的提出，引发了国际同行的广泛关注，为后续钙钛矿太阳能电池发展起到很大的推动作用，也成为当前高效率钙钛矿器件的主流体系。

此时，崔光磊团队被国际同行认定为“世界上率先报道甲脒铅碘新钙钛矿材料的课题组

之一”。在《有机无机杂化卤化物钙钛矿光伏技术》一书中，其创新性工作得到了钙钛矿领域创始人、瑞士洛桑理工学院教授 Michael Grätzel，日本桐荫横滨大学教授 Tsutomu Miyasaka，韩国成均馆大学教授 Nam-Gyu Park 的充分肯定。

立于言大胆思索发明新技术

在钙钛矿光伏材料研究初期，薄膜的制备技术是关键。

“制备技术大多参考自染料敏化和有机光伏技术，难以完全适配有机无机杂化的钙钛矿材料体系。制备的薄膜均匀性较差，传统技术明显不适用于大面积钙钛矿薄膜的制备。”崔光磊说。

于是，崔光磊带领团队进一步思考与实验，创新性发现了气态甲胺分子可以被钙钛矿材料自发地吸入和脱附，在此过程中可以生成流动的复合中间相。

基于此，崔光磊团队再出新意，提出了气体后修复钙钛矿薄膜的新技术。该技术既能填平初始钙钛矿薄膜中的孔洞，又能极大降低薄膜的粗糙度。

理论的提出需要实践的检验。崔光磊团队迅速与昆山协鑫光电材料有限公司（原厦门惟华）合作开发气体修复设备，利用甲胺气体作为气源，成功制备了较大尺寸的钙钛矿均匀薄膜。

通过该技术制备的薄膜，粗糙度可以控制在 10 纳米以下，均匀性完全达到了光电转换器件的要求，进一步充分证明了该技术在大规模薄膜制备工艺方面的优势。

由于实现效果好，气体后修复技术的发明得到了国内外专家和企业的关注，《科学》杂志还对其进行了重点报道。

中国科学院院士李永舫也在《中国科学·化学》杂志上专门撰写了题为《甲胺气体处理修复钙钛矿薄膜缺陷的亮点》介绍文章，提出“甲胺气体修复钙钛矿薄膜缺陷工艺有望用于大面积高效率钙钛矿太阳能电池的制备，对促进钙钛矿太阳能电池的实际应用具有重要的意义”。

然而遗憾的是，在生产中，成效显著的甲胺气体修复技术适用范围有限。目前主流的甲脒基钙钛矿薄膜在甲胺气体中会显著退化，并失去吸光能力，因此，无法用于甲脒基钙钛矿材料体系。

“从化学本质上认识这一过程，也许能找到解决问题的方法。”崔光磊和团队成员反复研讨。

通过进一步实验，团队成员、青岛能源所博士王啸等人发现，甲脒离子结构中不饱和键的存在，使其能与甲胺分子发生转亚胺反应，从而导致材料转变为无光学活性的杂质相，这

正是混合有机阳离子钙钛矿前驱体溶液老化不稳定性根源，同时也证明了溶液内部的副反应是电池效率一致性差的重要原因之一。

此外，团队成员还系统性研究了在胺类气体中钙钛矿材料发生的一系列去质子化、转亚胺、离子交换、水解等副反应过程，发现氨气是这一系列副反应的主要产物。

为了避免修复气体与薄膜材料之间发生副反应，崔光磊团队进一步提出氨气用于甲脒基钙钛矿薄膜的修复技术，实现了甲脒基钙钛矿薄膜的高效修复。同时，团队研究构筑了氨类气体修复钙钛矿薄膜技术的化学基础，可以与目前商业化的涂布工艺兼容，易于规模化放大，并与目前主流的钙钛矿材料体系相契合，有望加速推动钙钛矿太阳能电池的产业化进程。

践于行竭力为新能源产业打造新引擎

科研探索永无止境。薄膜制备技术问题解决后，下一步就是竭力为新能源产业打造新引擎，制备钙钛矿太阳能电池。

传统溶液法在制备钙钛矿太阳能电池时会在体相、晶界和表面不可避免地形成多种缺陷，很大程度上影响钙钛矿太阳能电池的效率。同时，缺陷的存在还会进一步诱导光生载流子复合，并为离子迁移提供途径，导致太阳能电池性能的衰退。这是团队面临的新命题。

崔光磊团队通过在晶界和表面引入具有配位、氢键等弱相互作用的添加剂或界面层，调节钙钛矿薄膜表界面的化学键，大幅降低了电池晶界处的电压损失，提升了器件的工况稳定性和器件的综合性能。电池开路电压的提升更是达到了世界最高水平。

为实现钙钛矿材料中光生载流子的有效分离，团队成员、青岛能源所博士邵志鹏等人又在借鉴传统晶硅电池的思路，提出了在薄膜内部构建本体异质结，通过缩短光生载流子在半导体层中停留的时间来减少载流子的复合损失。

通过中间相调控的策略，他们构建了钙钛矿的本体异质结。载流子在异质结界面的有效分离，提高了电池的开路电压，降低了电池中存在的回滞效应，进一步改善了电池的光照运行稳定性问题。

“尽管钙钛矿光伏技术已经迎来行业的发展新节点，并且成为资本投资的热点，但是在基础理论研究和产业放大技术上依然存在不足。”崔光磊清醒地指出，“首先，目前的钙钛矿太阳能电池稳定性还不能完全满足商品化需求，基础理论的不完善和对科学认识的不深入仍然是瓶颈。其次，实验室技术仍无法实现高效率的产线技术转化。最后，由于钙钛矿电池产业化的主流技术路线尚未确定，基础研究领域尚处于百家争鸣的阶段。”

然而，对于固态能源系统技术中心的研究人员来说，有困难就一定有解决的办法。

“长风破浪会有时，直挂云帆济沧海。”10年来，由崔光磊带领的固态能源系统技术中

心一直深耕于钙钛矿电池领域，逐渐形成了特色鲜明的研究方向，并取得了多项原创性研究成果。

目前，基于自有技术，该中心研发的钙钛矿太阳能电池小面积电池器件光电转换效率达到 25.5%，高稳定性组件效率超过 22.5%，器件工况加速老化测试 1600 小时可保持初始效率的 95%，处于国际同领域的先进水平。

面对钙钛矿光伏技术的产业化机遇，崔光磊团队始终立足于原始创新的前沿阵地，布局钙钛矿光伏领域的技术制高点，推进产业化。

“我们已经开始了产业化合作的尝试。”崔光磊介绍，“固态能源系统技术中心与行业头部企业昆山协鑫光电材料有限公司合作，基于大面积高性能钙钛矿组件技术展开技术交流。中心与中矿资源（天津）新材料有限公司在钙钛矿材料端合成技术方面达成合作意向，与香港科技大学就建设钙钛矿组件示范中试产线展开合作。”

“我们相信，这一系列项目的落地，将为山东省新能源产业打造新引擎、激发新活力，构建山东绿色低碳高质量发展新格局。”崔光磊信心满满地说。

中国科学院空天信息创新研究院等发布国际最高精度地表 太阳辐射监测系统

中国科学报 2023.12.6

近日，中国科学院空天信息创新研究院（以下简称空天院）遥感科学国家重点实验室研究员胡斯勒图和石崇团队联合国内外多家研究机构，对外发布地表太阳辐射近实时遥感监测系统及高时空分辨率产品（CARE）。这是我国构建的国际最高精度地表太阳辐射监测系统，对于监测和预估太阳能发电量、辐射能量平衡、农业估产、人体健康、植被光合作用及固碳等研究具有重要的科学意义和应用价值。相关研究近日发表于《美国气象学会公报》。

地表太阳辐射是指地球表面接收到的太阳辐射组分的总称，是驱动地球系统多圈层过程变化的基本能量来源。云及气溶胶是影响地表太阳辐射的重要因素，研究团队通过近 10 年的努力，攻克了大气不同类型云和气溶胶粒子光散射计算理论和技术难题，综合考虑大气气体吸收、冰雪覆盖区地表反射等影响，发展了物理模型和人工智能模型相结合的新技术，研发了亚太地区太阳辐射近实时遥感监测系统，并利用我国风云四号和日本气象局葵花 8/9 号静止气象卫星观测资料构建了高时空分辨率遥感产品集，空间分辨率为 1 至 5 千米，观测频

率为 10 至 15 分钟，实现了高精度、高频次、精细化、近实时的地表太阳辐射监测能力。

石崇介绍，太阳辐射近实时遥感监测系统可以提供 12 种地表太阳辐射数据产品，包括太阳短波辐射、光合有效辐射、紫外线 A 辐射、紫外线 B 辐射以及每个辐射组分的总辐射、直射及散射分量。相比国际同类卫星遥感产品或再分析资料，该产品在时空分辨率及精度方面均取得显著提升，特别是在监测冰雪覆盖区和云下太阳辐射快速变化区，如青藏高原地区优势明显。

全国单体规模最大光伏治沙项目并网

中国电力报 2023.12.7

11 月 29 日，“十四五”时期国家第一批开工建设的大型风电光伏基地项目之一、全国单体规模最大的光伏治沙项目——蒙西基地库布其 200 万千瓦光伏治沙项目（以下简称“库布其光伏治沙项目”）成功并网，该项目也是国内一次并网的最大单体光伏项目。

库布其光伏治沙项目位于内蒙古鄂尔多斯市杭锦旗库布其沙漠腹地，由三峡集团所属三峡能源联合亿利集团投资建设。项目装机规模 200 万千瓦，占地 10 万亩，配套容量 400 兆瓦/800 兆瓦时（即最大充放电功率 400 兆瓦，总储容量 800 兆瓦时）储能系统以及 10 万亩沙漠治理生态建设工程。

库布其光伏治沙项目年均发电量约 41 亿千瓦时，每年可节约标准煤约 123 万吨，减少排放二氧化碳约 319 万吨。该项目同步采用微创气流植树法、风向数据法、无人机飞播等先进技术，预计修复治理沙漠面积 10 万亩，年均减少向黄河输沙约 200 万吨。

库布其光伏治沙项目是我国首个在沙漠区域大面积应用柔性支架材料的光伏治沙项目。项目采用“板上双面发电、板下双层生态、板间双层养殖”的立体生态光伏治沙模式，通过双玻组件实现板上双面发电，可增加发电量 5%~10%；板下种植优质牧草和药材等作物，实现立体生态种植；板间运用先养鸡后养羊的“畜禽草耦合”治沙技术实施养殖，畜禽粪便还田治沙改土，实现“板上发电、板下种植、板间养殖、治沙改土、乡村振兴”的“光伏+”多重效益。

库布其光伏治沙项目紧盯光伏发电产业发展方向，打造全球首个商业运行的兆瓦级钙钛矿光伏项目，实现了钙钛矿光伏组件的大规模产业化应用。

库布其光伏治沙项目的建设有力带动了地方经济发展和农牧民就业。建设期间，项目吸

纳超过 1000 人次农牧民就业。运营期间，项目通过“公司 + 农户 + 合作社”的乡村振兴互助模式，预计每年可稳定吸纳 500 人次从事组件清洗、板下农作物种植管护、牧业养殖等工作。

库布其光伏治沙项目的成功并网，将有效改善黄河“几字弯”流域和库布其沙漠的生态环境，为沙漠地区光伏治沙技术推广应用提供宝贵经验，为筑牢北方生态安全屏障、黄河中上游和京津冀生态安全再添新支撑，为内蒙古地区走好绿色发展的必由之路和实现“双碳”目标贡献力量。

阳光驱动的新型个人体温调节衣物系统问世

中国科学报 2023.12.21

南开大学教授陈永胜、刘永胜、马儒军科研团队设计并制备了一种柔性且可持续的个人体温调节衣物系统。该系统能够根据各种极端复杂的环境温度变化快速响应，通过柔性太阳能器件，将太阳光的能量用于驱动高效的电卡热管理器件，使人体热舒适区从 22 摄氏度~28 摄氏度，扩展到 12.5 摄氏度~37.6 摄氏度，同时降低能耗、提高效率。太阳光能量输入 12 小时，便可实现 24 小时可控以及双模式体温调节。相关研究成果近日在线发表于《科学》。

体温相对恒定是维持人体正常生命活动的重要条件之一，而服装则在调节体温、保持人体热舒适度方面发挥着重要作用。科学家一直试图开发一种如宇航服般使人体保持在舒适温度范围内的日常可穿戴体温调节服装，以应对昼夜温差极大的恶劣生存环境。近年来，虽然人们已开发出许多体温调节系统，但是由于能耗较高、效率较低，在没有额外能量输入的情况下，系统无法长时间运转，不能支撑全天候和自持续的热管理调节。

“如果可以实现太阳下制冷、在黑夜里保暖，并利用无限和无处不在的太阳能实现上述全天候和自持续的人体热管理，人类的生存空间将获得极大的拓展。”陈永胜说。

基于前期在柔性太阳能、电卡以及热管理等方面取得的进展，研发团队设计制备了柔性太阳能电池模块和柔性电卡热管理模块，并将两者有机集成起来，制成了一种新型柔性可穿戴主动性太阳能热管理系统，从而实现了双向主动的人体热管理，使人体在太阳光（高温）下实现降温、在黑暗（低温）中实现保暖，可以生活的环境温度区间获得了 3 倍以上的提升。

此外，这种新型太阳能热管理系统可以充分发挥有机太阳能电池和电卡热管理器件的柔性特征，将其集成应用于衣物，既智能又不影响穿着体验。

“我们将继续优化提升其性能，为绿色能源的更好利用以及提高人类在极地、太空等极端恶劣环境中的生存能力作出更大贡献。”陈永胜表示。

中国热带农业科学院环境与植物保护研究所发现光伏-食用菌模式可减轻环境影响

中国科学报 2023.12.21

近日，中国热带农业科学院环境与植物保护研究所食用菌循环农业模式研究团队在“农（食用菌）-光互补”绿色低碳农业模式效益评价研究方面取得新进展。研究发现，食用菌生产和光伏相结合的“农（食用菌）-光互补”模式可降低环境影响，改善能源消耗形态，提高经济效益。相关研究结果发表于《整体环境科学》。

基质混合、灭菌、控温/控湿等食用菌生产过程会对环境产生许多影响，光伏技术与农业生产结合可减轻环境影响。然而，应用光伏技术后食用菌生产的环境影响和经济效益如何变化仍不清楚。研究团队为此开展了传统食用菌生产模式和食用菌-光伏生产模式的环境、能源和经济评价。

研究发现，与传统食用菌生产模式相比，食用菌-光伏生产模式可使每生产 1 公斤食用菌减少 60%二氧化碳排放量，节约 25%土地资源利用，降低 46%不可再生能源需求，增加 35%的纯利润。通过敏感性分析和情景模拟，研究提出了“农（食用菌）-光互补”模式系统优化措施。

该研究结果填补了光伏-食用菌模式对环境影响知识的空白，为“农（食用菌）-光互补”绿色低碳农业模式推广提供了理论支撑和优化建议，对我国加快农业绿色低碳发展转型具有重要意义。

钙钛矿电池商用道阻且长

中国能源报 2023.12.11

钙钛矿电池近期频频传来好消息：协鑫光电 1 米×2 米钙钛矿单结组件效率达 18.04%；极电光能 1.2 米×0.6 米商用尺寸钙钛矿组件全面积效率达到 18.2%，两者均打破世界纪录。

与此同时，中国科学院合肥物质科学研究院近期通过设计添加剂均匀化钙钛矿薄膜相分布，获得了26.1%的光电转换效率；隆基绿能自主研发的晶硅—钙钛矿叠层电池，效率达33.9%。

光伏作为一种绿色低碳的清洁能源，在能源供应领域发挥着越来越重要的作用。那么，钙钛矿电池近来的各项突破意味着什么？钙钛矿电池距离商业化还远吗？

南华大学电气工程学院特聘教授刘畅向《中国能源报》记者介绍：“与其他光伏产品动辄600摄氏度、1100摄氏度的生产条件相比，钙钛矿电池生产要求更为简单，仅不到200摄氏度。并且组件具有柔性、极薄和高效率的特性，能耗回收期只有几个月，而硅基电池一般需要3年。”

凭借着各项优势，钙钛矿电池赛道已吸引诸多企业入局。目前，除了晶硅龙头企业隆基绿能外，汽车巨头长城、比亚迪也被吸引加入。

不过，作为一项新兴技术，钙钛矿电池要想把上述优势转化为实实在在的产品竞争力并不容易。

极电光能联合创始人、总裁于振瑞在接受《中国能源报》记者采访时表示，钙钛矿电池要实现大规模商业化，仍需进一步提升效率。“虽然近期行业内已实现在平米尺寸上超18%效率的阶段性成果，但这只是刚刚达到与晶硅电池竞争的基本门槛。要想参与市场竞争，钙钛矿电池效率要超过20%才有优势。”

此外，在产品寿命上，行业内也多有担忧。刘畅解释：“钙钛矿电池因其特性，目前的电池器件使用寿命大体在3至5年。若以晶硅电池为标准，则需要把寿命提升至25年才有可能实现并网发电的目标。”

于振瑞表示：“钙钛矿组件还需要通过更加强化的光热联合老化等测试项目，以及积累更多的户外实际电站应用数据，来证明产品寿命。”

在产业链方面，高成本也使量产难度增加。刘畅表示，上游的产线建设和仪器设备供应尚未有标准化规范，主要由各企业自主研发为准。“目前，市面上仅捷佳伟创、杰普特、德沪等公司可以提供部分主要设备。”

业内人士普遍认为，钙钛矿电池实现商业化应用，解决稳定性是首要任务。

“钙钛矿电池在温度、湿度、光照不适的条件下容易发生降解。因此，尽管其在实验室的理论效率能高达40%，但实际做到很有难度。若该问题得不到解决，未来钙钛矿电池商业化面临障碍。”隆众资讯光伏产业分析师方文正表示。

“行业内还存在着叠层电池和单结钙钛矿电池两种技术路线的争议。有观点认为，单结钙钛矿电池将早于叠层电池实现产业化。”于振瑞说，“长期来看，两种技术产品各有优势，

在大面积上，单结钙钛矿电池更有度电成本优势；在有限面积上，叠层电池则能装更大容量。不过，无论是哪种技术路线，如果稳定性问题不解决，都将难以实现商业化。”

对此，于振瑞建议行业上下游协同配合，打通全产业链。“尤其是设备供应商、原材料供应商，应一起深化合作，探讨多种合作模式，推动产业链共同发展。”

六、海洋能

原位实验首次证实天然气水合物可达海表

中国科学报 2023.12.1

中国科学院海洋研究所科研人员基于自主研发的深海原位拉曼光谱探测系统，构建了天然气水合物上升时随水深变化的演化模型，并通过深海原位实验首次证实了天然气水合物可携带冷泉气体到达海表。相关研究近日以封面文章形式发表于《地球化学观点快报》。

海洋中的天然气水合物所蕴含的天然气资源总量相当于传统化石燃料碳总量的两倍，是未来理想的清洁能源之一，但海平面变化、海底地震、滑坡、开采不当等都有可能造成其失稳分解。近几十年来，人们对天然气水合物的性质、稳定性等做过各种实验、预测与评估，但目前天然气水合物发生失稳在海洋中经历的上升过程仍未知，其携带的冷泉中的甲烷气体在海水中能到达的深度仍不清楚。

针对这一问题，中国科学院海洋研究所研究员张鑫团队，利用“科学”号科考船及“发现”号遥控无人潜水器，在南海海域的陵水、海马和 Site F 冷泉区，利用活跃的冷泉喷口进行天然气水合物上升分解原位实验，并通过拉曼光谱探测系统实时监测天然气水合物上升过程中的相态变化。

研究发现，水合物在海水中上升会经历 3 个阶段的变化：形貌没有变化但存在气体逸出过程的亚稳态阶段，外围水合物分解与内部水合物生长共存的阶段，内部水合物完全分解的阶段。

通过对原位实验进行综合研判，团队发现，水合物膜的形成能够大大增加甲烷气体的生存能力，可携带甲烷气体到达海洋较浅的深度甚至是大气，这可能是冷泉气体影响浅层水体或者大气环境的一种重要运输方式。

该研究细化了水合物分解过程与海水深度之间的关系，加深了对气体水合物分解演化机制的理解，为天然气水合物上升分解过程研究提供了新见解。

全球首个商业测试项目最早于 2025 年问世

中国能源报 2023.12.11

壳牌近期与美国 Makai 海洋工程公司签署一项合作协议，将测试和开发包括海洋热能转换（OTEC）系统在内的潜在变革性创新技术。与此同时，英国技术初创公司 Global OTEC 设计的全球首个利用 OTEC 技术的商业规模发电装置有望于 2025 年上线。全球范围内，OTEC 技术正加速接近实际应用阶段。

■■ 海洋热能开发正当时

据了解，OTEC 技术旨在利用海水温差来发电，即被太阳照射变热的海洋表层与较寒冷的较深层海域之间的温差，当热流从一层流向另一层时，两层中的热力引擎获取一些热量，并将其转化为可用能源。理论上，整个过程可以产生大量能量。业内预计，全球范围内，每年通过 OTEC 技术可产生 700 万兆瓦电力，而且不会对海水流动产生有害影响。

与许多可再生能源不同的是，理论上，海洋热能可以全天 24 小时无波动地运行。《新科学家》指出，OTEC 技术在沿海国家、岛屿国家和地区更具发展优势，海洋热能完全可以成为清洁能源应用的一个潜在解决方案。

有业内人士指出，岛屿国家拥有丰富的阳光、风和海浪，具有巨大可再生能源潜力，OTEC 技术非常适合为这些国家提供基本负荷能源。

联合国工业发展组织指出，预测表明，到 2030 年海洋经济有望达到 3 万亿美元以上，并创造 4000 万个就业机会。海洋能源可同时满足岛屿国家对蓝色和绿色经济的期望，能够显著提高气候适应能力。

■■ 首个商业项目开发中

据 Global OTEC 公司介绍，该公司正在开发一种基于 OTEC 技术的浮式温差发电平台，旨在帮助 OTEC 技术加速普及，预计将于 2025 年在非洲中西部岛国圣多美和普林西比的海岸开始商业调试，届时有望成为岛国使用海洋清洁能源取代进口柴油燃料的典范。

据悉，这一发电平台外形类似浮式驳船，采用模块化设计，总装机 1.5 兆瓦，可以满足圣多美和普林西比近 17% 能源需求。如果部署成千上万台这种平台，完全可以实现大规模供电。今年 4 月，该平台获得 20 个太平洋岛屿国家和地区的批准。同时，平台冷水立管安装方法也获得了海事保险检验公司 ABL 集团的证书。

Global OTEC 公司创始人兼首席执行官丹·格雷奇表示，该平台初期平准化度电成本约为每兆瓦时 150 美元至 300 美元。

据了解，上述平台利用约 26 摄氏度的表层海水蒸发低沸点的工作流体，产生的蒸汽推动涡轮机旋转，带动发电机发电；同时，通过管道从海洋深处抽出约 4 摄氏度冷水，冷水将蒸汽冷凝，重新成为工作流体，以实现持续循环。

相比太阳能，OTEC 发电平台占用空间小得多；相比风力发电，由于靠近赤道的热带地区风力强度较小、季节性强，利用 OTEC 技术更有效率。

■■ 技术资金是最大挑战

不过，《海洋科学与工程》杂志指出，OTEC 技术面临高昂的基础设施成本和海水的腐蚀性环境。

油价网报道称，全球目前只有两家小型 OTEC 示范工厂向电网供电，分别位于美国夏威夷和日本，只能满足 100 户家庭的能源需求。截至目前，技术障碍、资金缺乏、深水海洋环境等因素，制约了 OTEC 技术的商业应用。

“OTEC 技术最早于 19 世纪提出，但技术和投资挑战使得商业开发少之又少。过去几年，小规模测试项目开始增多。”美国太平洋西北国家实验室高级研究员安德里亚·科平表示。

值得注意的是，基于 OTEC 技术的设施需要从海面下 1000 米处源源不断地获取大量冷水，因此需要建造巨大、防风暴且应对海水的生物污染和腐蚀性的金属管道。一条普通陆上电厂的管道扩建就需要百万甚至千万美元资金。美国太平洋西北国家实验室估计，为了在成本上与更成熟的电力选择竞争，至少需要建造一个装机 100 兆瓦的 OTEC 设施。(王林)

奥媒关注中国从海水中提取“核燃料”研究

环球时报 2023.12.16

据奥地利《Futurezone》杂志 14 日报道，中国东北师范大学的研究人员找到了一种从海水中提取铀的有效方法。该方法可以帮助加速向无碳能源的过渡。

据美国化学学会网站 14 日报道，中国东北师范大学的研究人员在该学会化学综合领域的期刊《ACS Central Science》发文称，他们现在已经开发出一种用于电化学提取的材料，这种材料可以比现有的方法更有效地从海水中吸收难以获得的铀离子。

美国化学学会网站的文章，东北师大研究团队开始使用由碳纤维编织的柔性布，此后他们用特殊涂层处理这些柔性布，这种涂层材料让该团队测试的铀提取材料效率更高。此外，使用电化学捕获铀离子的速度是简单地让它们自然积聚在柔性布上的三倍左右。报道称，中国科学家团队表示，他们能够在 24 天内利用每克提取材料提取出 12.6 毫克含铀物质。东北师范大学的研究人员表示，这项工作提供了一种从海水中捕获铀的有效方法，这可能使海洋成为核燃料的新供应商。

为什么中方科研人员要研究从海水中提取铀作为核燃料呢？核工业是国家安全的重要基石，铀资源在核燃料循环体系中发挥着重要的支撑和保障作用。根据公开报道，我国陆地铀资源潜在资源量较大但探明量不大，而且铀矿资源开采呈规模小、品位低、较分散特点，目前天然铀对外依存度较高，多渠道保障铀资源供应是现实诉求。

在“双碳”目标背景下，我国对于核电发展的需求日益增加，随着核电装机容量的增加，对于天然铀需求量也相应增加。因此探寻开发非常规铀资源，推动陆地和海洋铀资源并进开发，成为核能产业可持续发展的战略性选择。

奥媒称，在中方科研团队的研究中，科学家们估计全球海水中约有 45 亿吨铀资源，这几乎是陆地上铀资源的 1000 倍。海中铀资源虽然丰富，但是浓度却很低，而且海水含有多种高浓度其他杂质，从中提取铀化合物，实现海水铀资源开采，难度很高。

上世纪 50 年代，英德先后研制并发现关键吸附剂材料；上世纪 60 年代，我国从海水中成功提取出 30 克铀；上世纪 80 至 90 年代，日本研发吸附装置，开展规模性海洋试验并从海水中获得 1 公斤铀产品（黄饼）。经过几十年发展，海水提铀材料研制取得一定进展，但仍面临提铀技术的工程化应用挑战。

国内首座 75 米水深海上自升式勘测试验平台交付

中国电力报 2023.12.13

12 月 8 日上午，依托我国深远海风电重大项目，中国电建华东院研发并投建的深远海上风电重大装备——国内首座 75 米水深海上自升式勘测试验平台交付仪式在山东青岛成功举行。该平台是目前国内规模最大、技术指标最先进的海洋新能源综合勘探平台，工作甲板面积超过 2000 平方米，可满足 60 人连续 20 天的海上作业需求。该平台常规作业水深 75 米，极限作业水深为 80 米，在极端恶劣风暴状况时，最大可抗风 100 节。

我国首次完成 3000 米超深水三维地震勘探

2023.12.22

近日，我国大型深水物探船“海洋石油 720”搭载我国自研“海经”拖缆地震勘探系统，完成了珠江口盆地 2600 平方千米的三维地震数据采集。这是我国首次完成超 3000 米超深水三维地震勘探作业，标志着我国自主海洋勘探技术取得重大突破，对保障我国海洋油气开发自主可控、提升我国深海资源开发能力具有重要意义。

“海经”是我国自主研发制造的首套海洋拖缆地震勘探采集装备，填补了我国在海洋地震勘探领域装备技术空白，实现了“从 0 到 1”的突破。“海经”以其超低频、高精度的三维地震采集能力，精准描绘出深水深层以及复杂地质结构的“3D 立体图”，大幅提升了我国在超深水领域油气勘探能力。

“‘海经’系统实现的三维地震勘探技术，全面提升了我国海上油气勘探技术的核心竞争力，对提升海洋油气装备一体化整体研发能力和保障国家能源安全具有重要意义。”中国海油技术专家阮福明说。

此次作业位于珠江口盆地 3000 米超深水区块。该区域平均水深 2000 米左右，最大作业水深达到 3500 米，勘探目的层最大埋深处 5600 米，打破了我国海洋三维地震勘探作业最大水深纪录。“海洋石油 720”深水物探船搭载“海经”，利用 60 天时间采集到 40TB 的三维地震勘探数据，为落实工区地质结构、沉积充填和油气运移等基础石油地质条件打下坚实的基础。

从海底到海面，天然气水合物的“七十二变”

中国科学报 2023.12.20

如果有一双眼睛，能帮我们看到南海海底，会发现什么？

除了深邃黑暗的海洋、慢慢爬行的潜铠虾和海底岩石外，好像还有一团熊熊燃烧的火焰。

海底会着火？当然不是。那是海洋钻井平台的排气火炬，来自海底深处的天然气在水幕中化作火光。这是由未来理想清洁能源之一的天然气水合物转化成的天然气燃烧的熊熊火焰。

近日，中国科学院海洋研究所（以下简称海洋所）研究员张鑫团队，在我国南海冷泉区

进行了关于气体水合物的3场原位实验，成功监测了气体水合物随海洋深度的变化过程。相关成果发表于《地球化学观点快报》，审稿人高度评价该成果“是对天然气水合物地球化学的独特贡献”。

探针助力深潜

天然气水合物比传统化石燃料排放的污染物少得多，但其主要成分是甲烷，具有较强的温室效应。如果处理不当，可能会进一步加快全球气候变化的速度。

漫漫百年，天然气水合物的各种理化参数在实验室内得到了很好的表征，但由于深海与海面之间压力和温度条件的差异，天然气水合物样品的物理性质在采集过程中难免会发生变化。也就是说，在样品回收过程中，天然气水合物的一些原有性质被破坏。同时，实验室的模拟舱很难还原深海复杂的环境条件。因此，急需一种技术在深海原位环境中对天然气水合物进行直接探测与解译。

在这种背景下，张鑫团队创新性研发出拉曼光谱探针，为深海探测提供抓手。

“在这项技术中，激光通过拉曼探针直接接触天然气水合物，隔绝了海水的干扰，并与待测样品发生拉曼散射。通过采集和分析散射光谱，可以获得样品组分、结构等有价值的信息。”张鑫向《中国科学报》记者表示。

为克服深海环境下高压、低温、高盐等极端条件对仪器性能的影响，张鑫采用一系列创新性的设计和工程解决方案，作为第一完成人研制了世界首台可以直接插入高温热液喷口进行原位探测的系列化 RiP 拉曼光谱探针。该探针可对深海热液、冷泉、天然气水合物和沉积物孔隙水进行原位化学成分分析。

就这样，张鑫带着他的拉曼光谱探针开启了海洋深潜之路。

玻璃杯暗藏思想

能否复现天然气水合物在原位深海环境中从海底向海面的运移过程呢？

目前，国内外进行的关于天然气水合物原位实验的研究，大多在时间尺度上进行。张鑫在小组内部技术讨论会上提出，“我们要让实验动起来，充分利用无人缆控潜器（ROV）与原位拉曼光谱技术复现天然气水合物向上运移的动态过程”。

通过原位实验，张鑫注意到，冷泉喷口喷出的气体很容易在表面形成一层水合物膜，上升速度非常快。要想利用 ROV 追踪气体水合物的上升过程是很难的，即使用激光也很难一直聚焦在水合物样品中。

研究陷入瓶颈，团队一筹莫展。这时，张鑫突然注意到了手边的玻璃杯。

“为什么不能利用透明容器接一杯水合物呢？容器底部开放形成一个半封闭空间，利用

ROV 的机械臂手持容器模拟天然气水合物的上升过程。”张鑫在团队讨论中提议。

说干就干，团队立马开始了探索性尝试。克服无数困难、打破各种瓶颈后，2021年6月，他们终于在南海陵水冷泉区取得突破性进展。

“我们利用一个透明、底部开口的半封闭亚克力容器，在陵水活跃的冷泉喷口合成了一罐气体水合物。气体水合物样品在海底静置一段时间后，水合物充分形成。然后我们利用ROV携带气体水合物样品，模拟其上升过程，再利用拉曼光谱技术和高清摄像机实时监测气体水合物的相态与形貌的变化过程。”团队成员、海洋所博士生马良阐释了这一过程。

瞄准海底实验

“我们要不断创新、继续推进，这是一个研究的空白区域。”

在张鑫带领下，研究团队相继于2022年5月在南海 Site F 冷泉区、2022年6月在海马冷泉区，利用不同的冷泉环境进行了关于气体水合物上升分解的平行实验。在不同环境体系下进行实验，是为了探索实验结果的普适性。

“我们发现气体水合物在海水中上升会经历3个阶段的变化。”张鑫介绍道，“分别是形貌没有变化但存在气体逸出过程的亚稳态阶段、外围水合物分解与内部水合物生长共存的第二阶段、内部水合物完全分解的第三阶段。”

经过综合研判，张鑫发现水合物膜的形成能够大大增加甲烷气体的生存能力，携带甲烷气体到达浅海甚至是大气。“这可能是冷泉喷出流体影响浅层水体或者大气环境的一种重要运输方式。”马良解释道。

张鑫表示，该研究细化了水合物分解过程与海水深度之间的关系，加深了对气体水合物分解演化机制的理解，填补了天然气水合物原位上升过程数据的空白。

“我们要把实验搬到海底去，开发出更高效的技术方法，在海底直接做研究，为我国深海探测研究奠定基础。”面对广袤而神秘的海洋，张鑫满怀希望。

我国首艘大洋钻探船“梦想”号试航

中国自然资源报 2023.12.19

12月18日，我国自主设计建造的首艘大洋钻探船——“梦想”号命名暨首次试航活动在广州市南沙区举行，标志着我国深海探测能力建设和海洋技术装备研发迈出重要步伐。自然资源部党组成员、中国地质调查局局长李金发，广东省人民政府副省长张少康，中国船舶

集团党组成员、副总经理盛纪纲出席活动并致辞。

大洋钻探船是深海探测“国之重器”。“梦想”号大洋钻探船是党中央部署的一项重大科技创新工程，总体装备和综合作业能力处于国际领先水平。该船由自然资源部中国地质调查局与 150 余家单位共同参与建设，自 2021 年 11 月 30 日开工建造至今，如期完成船舶主体建造及配套工程建设。

“梦想”号总吨约 33000、总长 179.8 米、型宽 32.8 米，续航力 15000 海里，具备全球海域无限航区作业能力和海域 11000 米钻探能力，预计于 2024 年全面建成。该船将为天然气水合物勘查开采产业化提供重要装备保障，进一步提高我国能源自主保障能力，有力支撑我国实施大洋钻探国际大科学计划，提升“深海进入、深海探测、深海开发”能力，承载全体中华儿女加快建设海洋强国的共同梦想，承载全球科学家“打穿莫霍面、进入上地幔”发展地球系统科学的共同梦想，承载全人类开发地球深部资源的共同梦想。

自然资源部、国家发展和改革委员会、科学技术部、工业和信息化部、财政部、交通运输部、国家能源局、国家自然科学基金委员会，广东省委、省政府，广州市委、市政府，中国地质调查局及有关局属单位，中国船舶、中国石油、中国海油、东方电气等参建单位，涉海科研院校的有关负责同志和专家参加活动。

上海海洋大学完成首批次“海域冷泉”载人深潜

中国科学报 2023.12.20

12 月 4 日至 13 日，上海海洋大学教授冯东团队青年教师宫尚桂、王旭东和博士生傅建融搭载中国科学院深海科学与工程研究所“探索二号”科考船及“深海勇士”号载人深潜器，组织 TS2-30-3 航次赴“海马”冷泉，顺利完成上海海洋大学首批次南海冷泉载人深潜任务。

其间，上海海洋大学团队完成 6 个潜次的科研任务，最大下潜深度 1432 米。“我们共采集了不同冷泉生境沉积物插管 50 根、块状和烟囱状冷泉碳酸盐岩 60 多公斤、生物类型 10 余种（>40 公斤），以及 1000 多个孔隙水样品。”王旭东说。

深潜航次带回的样品，为推进多项研究提供了样本和基础数据，也为上海海洋大学的深海极端环境过程与资源方向研究积累了宝贵经验。此外，本航次还对该校自主研发的全海深原位培养与取样装置开展了测试，完成了国内首个冷泉环境好氧通量观测实验。

七、氢能

我国首座商业化氨制氢加氢一体站试投产

中国能源报 2023.12.11

12月8日，记者从中国石化新闻办获悉，我国首座商业化分布式氨制氢加氢一体站——广西石油南宁振兴加能站在广西南宁建成并成功试投产。该一体站采用了中国石化自主研发的分布式氨制氢成套技术，每天能产出500公斤99.999%的高纯度氢气，制氢规模为同类型最大，可满足40多辆氢燃料车用氢需求。相较于广西之前的用氢方式，成本降幅达60%，为解决我国氢能产业发展面临的运输存储难题提供了新路径。

为氢能储运困境提供新的“解题之策”，分布式氨制氢产业发展基础良好。氢气的储存和运输是制约氢能产业链发展的关键环节。当前，我国加氢站主要依靠长管拖车来运输，氢气运输能力低、成本高。氨分解制氢是制氢的一种技术路线，即通过氨分解催化剂将氨分解为氮气和氢气，经过氢气提纯后满足相关用能需求。氨是一种高效储氢介质，具有储运容易、储运成本低等优势，且氨分解制氢过程不排放二氧化碳，更加绿色环保。作为全球第二大化学品，氨的所用原料来源广泛。我国是世界上最大的合成氨生产国和消费国，合成氨产业遍布全国，发展分布式氨制氢具有良好的基础。2022年3月，国家发改委和能源局发布《“十四五”新型储能发展实施方案》，首次将“氨”作为重要储氢载体列入重点攻关方向，明确提出开展“氨氢储能”示范。

占地少易推广，结束了广西无高纯氢生产历史。广西区位优势独特，是西部陆海新通道的重要枢纽，具有丰富的风、光、水等可再生能源资源，氢能产业蓄势待发。现投用制氢装置占地面积仅80平方米，产氢能力为240标方/小时，每天可产500公斤99.999%的高纯度氢气，目前可满足南宁、柳州、北海等地车用氢气需求。此外，制氢设备采用单元模块化、撬装化设计，可实现现场快速安装、投运，便于快速推广复制。

该项目系自主研发技术，设备智能化水平国内领先。其一体站采用的分布式氨分解制氢技术由中国石化石油化工科学研究院有限公司自主研发。生产装置能耗低，氨消耗小，安全性和经济性显著，其主要加氢设备与系统均由中国石化机械股份公司自主生产，可以实现对氢燃料车加氢、对长管拖车充装双重功能，装置自动化、智能化水平达到国内领先。

此外，中国石化牵头的广西氢能产业联盟当日同步揭牌，将围绕广西氢能发展方向、发展路径、技术攻关、市场机制和示范应用等开展前沿技术的探讨和研究，实现创新成果转化

落地。广西氢能产业联盟将依托该一体站，打造广西氢能培训示范基地，推动广西氢能“建链、补链、强链、延链”，为广西氢能产业发展输送技术人才。

国内首套百万吨级氢基竖炉湛江点火

南方日报 2023.12.24

12月23日，国内首套百万吨级氢基竖炉项目在宝钢股份湛江钢铁成功点火投产。这是国内最大的采用多气源并最终实现全氢工业化生产直接还原铁的竖炉，标志着我国钢铁行业向绿色低碳转型再次迈出示范性、标志性的一步，将进一步引领传统钢铁冶金工艺变革。

氢能是最具发展潜力的清洁能源之一。与传统碳冶金相比，氢冶金以氢气为燃料和还原剂，可以使炼铁摆脱对化石能源的依赖，从源头上解决碳排放问题。宝武碳中和冶金“路线图”将氢基竖炉为核心的氢冶金工艺确定为碳中和冶金技术的重要路径之一。

宝钢股份湛江钢铁百万吨级氢基竖炉于2022年2月15日开工建设。据测算，项目投产后对比传统铁前全流程高炉炼铁工艺同等规模铁水产量，每年可减少二氧化碳排放50万吨以上。

区别于国际上采用天然气制备还原工艺气体的常规手段，项目采用了宝武全球首创的“氢冶金电熔炼工艺”（HyRESP），通过贯通富氢气体净化、氢基竖炉还原、二氧化碳捕集、直接还原产品冷却等绿色短流程，形成“直接还原焦炉煤气精制”“工艺气体灵活调配”“冷态直接还原铁产品处置及应用”等系列领先技术的创新应用，为后续自主集成并开发全氢冶炼技术积累经验，形成自有知识产权的低碳冶金工艺技术，对钢铁行业绿色低碳发展意义重大。

提高用水效率或成氢能发展关键

中国能源报 2023.12.25

近日，国际可再生能源署（IRENA）联合行业研究机构未澜咨询（Bluerisk）发布《全球制氢用水报告》（以下简称《报告》）指出，目前主流制氢方式耗水量普遍较大，随着全球氢能产业规模扩张，将显著增加项目所在地区用水压力，用水紧缺可能成为未来氢能产业发展瓶颈。

■ ■ 制氢领域用水量快速上涨

《报告》显示，目前全球主流制氢方式都需要用水，主要集中在制氢和冷却两大过程中。绿氢主要是利用光伏、风电等可再生能源电解水制氢，蓝氢需要用天然气为原料与水蒸气进行重整制氢，煤制氢则需要用大量水冷却，另外化石燃料制氢所需要的碳捕捉与封存技术同样需要大量水资源进行冷却、吸附和提纯。

其中，煤气化制氢是目前最为耗水、用水效率相对最低的方式。数据显示，煤气化制氢工艺每生产 1 千克氢气需要消耗 31 升水，如果配备碳捕捉与封存装置，煤气化制氢方式每生产 1 千克氢气用水强度或增加约 60%，消耗量可到 49.4 升。举例而言，一个年产 23.7 万吨氢气同时配备碳捕捉与封存的煤制氢工厂，每年的取水量可达到 1900 万立方米，这足以支撑伦敦市半年的居民用水需求。

对比之下，每生产 1 千克蓝氢需要消耗约 32.2 升水，绿氢生产中，碱性电解水制氢工艺每生产 1 千克氢气所消耗的水量预计为 22.3 升，质子交换膜（PEM）电解水制氢每生产 1 千克氢气所消耗水量则为 17.5 升，这也是目前用水效率最高的制氢方式。

《报告》指出，总体上看，目前制氢领域用水总规模已达到 22 亿立方米，伴随着氢能行业的发展，到 2040 年，全球制氢的淡水取用量或增长 230%，达到 73 亿立方米，在能源行业中占比或达到 2.4%。

■ ■ 水资源不足或成氢能发展瓶颈

《报告》指出，在氢能行业用水需求显著增加的同时，全球水资源供应情况不容乐观，氢能行业用水量的增加，很可能给制氢项目所在地带来巨大的用水压力，从目前各国规划的制氢项目来看，或多或少都存在用水困境。

数据显示，目前，全球范围内约有 35% 的绿氢或蓝氢生产项目都规划或建设在用水高度紧张地区。以印度为例，到 2040 年，预计将有 99% 的氢气产能建设在用水极端紧张地区。而在欧洲，计划中的制氢项目有不少处于水资源本就紧缺的地方，用水与能源行业冲突在未来十年可能会进一步升级，预计有 19% 绿氢和蓝氢生产项目或将处于用水紧张状态。

《报告》共同作者之一、未澜咨询合伙人罗天一在接受《中国能源报》记者采访时表示，此前因水源供应不足而放弃氢能项目的案例并不鲜见。“澳大利亚就有过先例。澳大利亚大部分地区都是荒漠，仅有沿海区域水资源相对充足，但该国农业和矿业相对发达，耗水量巨大。2022 年 5 月，澳大利亚能源企业 Kallis Energy Investments 就曾因水供应问题放弃在南澳大利亚穆拉瓦塔纳建设 6 吉瓦制氢项目的提案。”

■ ■ 应提前协调用水保障氢能安全

《报告》指出，目前，氢能发展已经驶入快车道，如果没有全面、科学、严格的规划和指引，迅猛发展之下会出现许多隐患。为维护能源系统正常运行，需要提前认识到用水风险，通过加强跨部门协调保障能源安全。

罗天一表示：“现阶段的制氢项目，实际监测用水量的少之又少。建议能源行业和相关主管部门重视水耗的监控，在摸清实际用水量以后，能源行业和相关主管部门统一用水标准，对项目准入做提前评审，更要对运营水平做监督。特别是在水资源已经匮乏、生态环境相对脆弱的地区，更需要对制氢项目的水耗情况进行严格的审核和监管。”

此外，《报告》还提出，选择绿氢、海水制氢、使用空气冷却方式、提高电解水制氢效率等方式也有助于降低制氢领域用水压力，提高用水效率。

《报告》认为，目前主流制氢方式中绿氢耗水量相对最小，逐步淘汰煤制氢或天然气制氢项目，推广绿氢技术或能够降低氢能行业用水强度。同时，海水制氢方式也可用于缺少淡水资源但海水资源丰富的地区，例如中东海湾地区就可尝试这一方式。在用水紧张区域，还可以采用空气冷却替代水冷，从而降低用水强度。另外，《报告》提出，还应进一步加强电解水制氢技术研发，通过政策刺激等方式提高投资规模，从而推动氢能技术创新、提高电解水制氢效率，进而降低用水强度。

八、风能

海上风光项目用海或进一步规范

中国能源报 2023.12.4

自然资源部近日发布《自然资源部关于探索推进海域立体分层设权工作的通知》（以下简称《通知》），对海域立体分层设权工作中涉及的国土空间规划、海域使用论证、用海审批、不动产登记、海域使用金征收等方面予以指导和规范。业内认为，作为我国首次在国家层面出台的海域使用分层设权相关管理规定，《通知》或将推动海域管理模式从“平面”走向“立体”，或进一步规范未来海上风电、光伏等能源项目海域使用，促进海洋经济高质量发展。

自然资源部海域海岛管理司司长高忠文在 11 月例行新闻发布会上指出，海域空间范围包括内水、领海的水面、水体、海床和底土。现行海域管理制度体系主要基于海域“平面”管理，同一海域空间范围内仅设置一个海域使用权，海域空间资源的立体性和多功能性未得到有效发挥，部分区域的空间资源浪费较为严重。为充分发挥海域资源效益，缓解行业用海

矛盾，逐步完善海域资产产权制度，有必要尽快探索开展海域立体分层设权。

《通知》明确，在不影响国防安全、海上交通安全、工程安全及防灾减灾等前提下，鼓励对跨海桥梁、养殖、温（冷）排水、海底电缆管道、海底隧道等用海进行立体分层设权，生产经营活动存在冲突的除外。其他用海活动经严格论证具备立体分层设权条件的，也可进行立体分层设权。

《通知》正式公布前，河北、浙江、广西、海南、辽宁等省区已先后出台海域立体分层设权政策文件。早在 2002 年，辽宁省大连长海县率先探索开展养殖用海立体分层设权。去年 4 月，浙江省自然资源厅发布《关于推进海域使用权立体分层设权的通知》，在设权空间范围方面，明确海上风电、光伏、跨海桥梁、温排水等用海活动，可以对海域的水面、水体、海床和底土部分或整体设立海域使用权。

近年来，我国各沿海省区大力推进海上风电发展，装机量呈现稳步增长态势。今年前三季度，全国海上风电新增并网容量和发电量同比分别增长 14.8%、19.2%，在建和新开工海上风电项目规模约 1940 万千瓦，较去年同期增加约 200 万千瓦。

中国能源研究会能源与环境专业委员会秘书长王卫权指出，此次出台的海域立体分层设权管理规定实际是在各地基础上进一步规范了海域使用，当前沿海各省海上新能源开发火热，可按照最新规定对相关项目用海情况进行分层设权管理。

厦门大学经济学院教授孙传旺在接受《中国能源报》记者采访时表示，海上风电等海上能源项目开发涉及水面、水体、海床和底土等多层海域。海域立体分层管理规定的出台有助于规范海域立体开发行为，缓解海上能源项目开发与海事、通航、渔业等项目活动的用海冲突问题，为海上能源项目开发提供合理空间。

王卫权进一步表示，我国作出“发展海洋经济，保护海洋生态环境，加快建设海洋强国”的战略部署，要实现这一目标，海域的多元化利用势在必行。《通知》的出台有望推动海域多元化利用，不同领域用海各取所需，更能协同发挥作用，实现海洋海域的集约化利用。

近年来，随着海洋开发利用深度和广度不断拓展，近海传统和新兴海洋产业用海需求持续增大，海域空间资源的稀缺性日益凸显。据《中国能源报》记者了解，海上风光项目用海资源正不断缩紧，渔业、交通等因素时常对项目用海审批以及项目落地造成影响。而随着《通知》出台，业界认为，海域管理模式改变更可能对未来海上能源项目开发带来利好，有助于推动形成海上可再生能源项目开发利用新模式。

“一方面，海域立体分层设权可以提高海域立体空间利用效率，有利于缓解用海权属交叉重叠问题和用海紧张现状，推动海上风电与其他用海主体共用同一海域，在空间上实现耦

合发展和多重利用；另一方面，海域管理模式的优化也有助于盘活海域空间资源，推动形成‘海上风电+海洋牧场’‘海上风电+海上制氢’等新模式新业态，在产业上实现融合发展与互补延伸。”孙传旺说。

我国海上风电驶入发展“快车道”

中国能源报 2023.12.4

大力发展可再生能源已成为全球能源转型和应对气候变化的重大战略方向，海上新能源已成为全球主要海洋国家促进能源绿色低碳转型的重要发展方向。业内人士认为，作为可再生能源的重要组成部分，海上风电有望成为沿海地区新增能源供应的重要力量。

能源转型的重要组成

可再生能源装机量的不断提升，彰显了我国践行“双碳”目标的坚定决心。然而，按当前全球碳减排速度发展，距离实现《巴黎协定》在本世纪内将全球升温幅度控制在2摄氏度甚至1.5摄氏度以内的目标仍有一定差距，全球碳减排问题依旧严峻，电力行业碳减排是能源转型的关键。

海上风电对推动全球能源转型具有巨大潜力，一方面，与陆上风电相比，海上风电风力更稳定，发电量更大，具有多重优势；另一方面，海上风电场能尽可能地建立在靠近沿海的负荷中心。

经过多年发展，我国海上风电规模不断扩大。水电水利规划设计总院海洋能源处副处长刘霄在近日召开的2023中欧海上新能源发展合作论坛上，披露了一组数据，截至今年9月底，中国海上风电累计并网装机约3189万千瓦，装机规模已连续两年稳居全球第一，超第2至5名国家海上风电并网总和，2019-2022年利用小时数逐步上升，今年1-9月达1797小时。“从各省情况来看，广东、山东、辽宁、江苏、浙江、福建6省并网规模均超百万千瓦。”

与此同时，各国越来越重视海上风电发展并进行积极布局，国际间合作密切。根据国际可再生能源署预计，到2030年，全球海上风电装机容量将达近500吉瓦，海上风电大有作为。

经济效益凸显

与陆上风电相比，海上风电装机与运行面对着更为严苛的海洋环境，安装成本更高。但得益于规模效应和标准化，海上风电行业成本得到降低，总体来看，我国海上风电行业已达

到一定成熟度。

从整机制造、基础施工、风机吊装等关键生产制造与施工环节的产能来看，我国已形成支撑年新增建成并网规模超过千万千瓦的海上风电产业链。刘霄介绍，在技术方面，我国海上风电机组大型化快速发展，海底柔性直流输电和升压站装备技术水平不断提高，新型基础安装技术持续创新。“目前，最先进的自升自航式一体化海上风电安装平台‘白鹤滩’号在福建平潭外海完成了全球首台 16MW 风电机组吊装，吊装高度达 150 多米。”

“近年来，近海风电场造价范围在 1—1.2 万元/千瓦，在山东、江苏等建设条件较好区域个别项目招标价格低于 1 万元/千瓦。深远海风电场、漂浮式风电场造价逐步提升，分别在 1.2—1.5 万元/千瓦和 2.3—3 万元/千瓦。”刘霄说。

在彭博新能源财经亚太区研究主管阿里·伊扎迪·纳贾法巴迪看来，中国海上风电的风机制造商比西方的整机制造商更有成本优势。“中国制造商提供了更有价格竞争力的成本，助力全球风电行业发展。随着全球市场大幅增加，制造能力也不断增长，其中大部分增长来自于中国制造商。”

深远海是方向

“从全球来看，风能在离岸较远区域资源丰富，加之近海地方人类活动较为频繁，风电开发需远离这些区域，海上风电走向深远海是必然。”据华东勘测设计研究院有限公司新能源院副院长陈晓峰介绍，目前全球深远海风电正进入商业化开发阶段，已建项目主要分布于欧洲和中国，中国已开展了柔性直流输电、漂浮式风电机组和基础的试验示范项目。

据了解，当前，深远海海上风电管理办法未出台，用海审批流程也未明确，深远海海域开发建设难度大。刘霄认为，技术创新和产业完善将是支撑未来海上风电健康发展的关键，如推动海上能源岛示范，加大海上柔性输变电应用等。“实现大容量深远海海上风电输电送出，柔性直流、低频交流等柔性输变电技术将成为关键，应进一步加强研究并开展示范应用，引领我国海上风电实现高质量发展。”

中欧能源技术创新合作风电领域联合研究牵头人姜昊表示，漂浮式海上风电是深远海风电开发的主要形式。预计到 2030 年，全球漂浮式海上风电的装机可达 16.5 吉瓦。然而，目前漂浮式海上风电尚未实现规模化发展，在技术创新和降本增效方面面临诸多挑战。“中欧在漂浮式海上风电全周期价值链上有非常好的互补性，适合以价值链互补合作为抓手，开展相关合作。期待双方进一步推动漂浮式海上风电降本增效与市场规模化开发合作，开发第三方市场。”

首个国家级海上风电研究与试验检测基地开建

科技日报 2023.12.5

12月1日，我国首个国家级海上风电研究与试验检测基地（以下简称“海上风电试验基地”）在福建开工建设。海上风电试验基地建成后，将填补我国尚无大功率全尺寸地面试验平台的空白，进一步提升我国海上风电设备的研究与试验验证能力。

海上风电试验基地是国家“十四五”规划重大项目，是可再生能源并网全国重点实验室重要组成部分，包括陆上检测中心和试验风电场两部分，主要功能是开展风电机组全尺寸地面试验六自由度加载、超大容量复杂电网模拟、超长叶片双轴高频加载试验及科学研究。陆上检测中心选址于福建省福清市江阴产业园内，靠近江阴港码头，毗邻三峡风电产业园，主要建设25兆瓦六自由度加载、全尺寸地面试验平台和150米级叶片试验平台。试验风电场规划建设6个陆上试验机位和20—40个海上试验机位，首批20个海上试验机位选址于福建省长乐外海区。

据悉，海上风电试验基地建成后，将形成覆盖最新IEC及相关国家标准规定的全部海上风电性能试验验证能力，试验平台拖动能力、加载能力、电网模拟能力等多项技术指标均为当前世界第一，可开展世界上最大容量的风电机组和最长尺寸的叶片试验及目前国际上无法开展的海上风电机组全频率阻抗扫描等试验项目。

“基地具备25兆瓦级、150米级风电机组仿真分析、运行测试和特性评价能力，有助于加速风电装备新技术研发，突破大容量海上风电机组及大尺寸叶片制造技术瓶颈。”福建海上风电研究与试验检测基地项目负责人林俊辉表示。

记者了解到，海上风电试验基地以建成国际一流的海上风电研究平台、试验平台、交流合作平台为目标，致力于打造“技术研究、检测认证、设备制造、建设安装、运行维护”为一体的产业生态。基地建成后，将进一步完善海上风电技术创新及服务体系，为我国海上风电装备制造企业、科研机构、运营单位等产业链上下游提供科研攻关、试验验证、交流共享全方位的服务，推动形成完整产业生态。

我国在运最大陆上风电基地全容量投产发电

人民日报 2023.12.11

12月10日，国家第一批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地项目之一——中国广核集团兴安盟300万千瓦风电项目全容量并网，成为我国在运最大陆上风电基地。

中广核兴安盟300万千瓦风电项目位于内蒙古兴安盟科右前旗和科右中旗境内，2020年开工建设，一期100万千瓦风电项目于2022年6月投产。今年11月25日，二期200万千瓦风电项目升压站一次带电成功，并于12月10日顺利完成二期项目投产。

据介绍，中广核兴安盟300万千瓦风电项目共安装701台风电机组，每年可提供清洁能源超过100亿千瓦时，等效减少标煤消耗约296万吨，减少二氧化碳排放约802万吨，相当于植树造林34.5万亩，项目全寿命周期对兴安盟地区税收贡献超50亿元，具有显著的经济效益和生态环保效益。

粤港澳大湾区首个百万千瓦级海上风电项目建成

科技日报 2023.12.15

中国广核集团有限公司（以下简称中广核）惠州港口100万千瓦海上风电场日前全容量并网，年发电量约30亿千瓦时，这标志着粤港澳大湾区首个百万千瓦级海上风电项目全面建成投产。

记者了解到，中广核惠州港口100万千瓦海上风电场分两期建设，共计安装104台海上风电机组。中广核党委副书记、总经理高立刚介绍，该风电场每年可为广东省提供清洁电力约30亿千瓦时，等效减少标煤消耗约100万吨，减少二氧化碳排放约235万吨，相当于植树造林6750公顷。

据介绍，该风电场风场位于无掩护海域。季风更迭使南海环流不断演变，建设期台风侵扰频繁，风机机位水深超30米，项目所在海床分布有超20米厚淤泥流塑状土层，所在地地质条件极其复杂。且海域全年有效施工窗口期不足120天，项目二期施工过程中，实际有效窗口期不足60天。施工高峰期，同时有9艘国内最先进的风机安装平台在现场参与建设，在保证施工安全、质量的前提下，创造了国内风机吊装新速度。

同时，该项目创新研发了具有新型过渡段结构的深水区导管架基础，成功破解了大兆瓦海上风电机组基础结构体系设计关键难题，并采用了多种大容量新型风机。其中，包括世界单机容量最大的抗台风半直驱12兆瓦海上风电机组，以及国内首台14兆瓦海上风电机组。后者搭载的125米风机叶片为国内最长。

九、核能

最大实验性核聚变反应堆开始运行

科技日报 2023.12.5

据美国雅虎新闻网 2 日消息，世界上最大的实验性核聚变反应堆已于 1 日在日本开始运行，向实现“人造太阳”又迈进了一步。

日本量子科学技术研究开发机构那珂研究所 1 日下午举行了大型核聚变实验装置 JT-60SA 开始运行仪式。这台六层楼高的机器位于日本茨城县那珂市的一个机库中，由一个甜甜圈形状的托卡马克容器组成，其中装有加热至 2 亿摄氏度的旋转等离子体。

欧盟能源专员卡德里·西姆森表示，JT-60SA 是“世界上最先进的托卡马克装置”，并称其开始运行是“聚变历史上的一个里程碑”。西姆森还表示，聚变有潜力成为本世纪下半叶能源结构的关键组成部分。

JT-60SA 计划是欧盟和日本的联合建设项目，是国际热核聚变实验反应堆计划（ITER，又称“人造太阳”计划）的先行项目。JT-60SA 反应堆的目标是研究聚变作为一种安全、大规模和无碳的净能源的可行性，使它所产生的能量比消耗的能量更多。这两个项目的最终目标都是使内部的氢核融合成氦，以光和热的形式释放能量，模拟太阳内部发生的过程。

核聚变可以通过不同的方式进行，其过程都比核裂变清洁得多，不会产生放射性废物。如果实现经济的聚变反应，将大大减少甚至完全消除人类对化石燃料的依赖。

去年，美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室的科学家在聚变反应中实现了“净能量增益”，这意味着该反应产生的能量（3.15 兆焦耳）比最初为反应提供的能量（2.05 兆焦耳）更多，这是一项重大成就。尽管核聚变的每一点进展都会引起轰动，但前面的路还很长。

全球首座第四代核电站商运投产

中国科学报 2023.12.7

12 月 6 日，我国具有完全自主知识产权的国家科技重大专项——华能石岛湾高温气冷堆核电站示范工程，顺利完成 168 小时持续运行考验，正式投入商业运行。这是全球首座第

四代核电站，标志着我国成为世界首个实现模块式高温气冷堆核电站商业运行的国家。

华能石岛湾高温气冷堆核电站位于山东荣成。清华大学是技术研发主体，负责研发、总体技术方案及核岛主系统主设备的设计；中国华能集团为示范工程建设营运主体；中国核工业集团为示范工程建设实施主体及燃料元件生产单位。项目联合上海电气、哈尔滨电气等制造企业，实现了研究、设计与加工制造的深度融合。核电站于 2012 年 12 月开工，2021 年 12 月首次并网发电，此次是在稳定电功率水平上正式投产转入商业运行。

示范工程配套建设了目前世界最大规模年产 30 万个燃料球的燃料元件生产线，以及 10 兆瓦大型氦气工程试验回路等一系列试验设施。

华能石岛湾核电站集聚了设计研发、工程建设、设备制造、生产运营等产业链上下游 500 余家单位，先后攻克多项世界级关键技术，设备国产化率超 90%。核电站的商运投产，对促进我国核电安全发展、提升我国核电科技创新能力等具有重要意义和积极影响。

依托这一工程，我国系统掌握了高温气冷堆设计、制造、建设、调试、运维技术，研发了高温气冷堆特有的调试运行六大关键核心技术，培养了一批具备高温气冷堆建设和运维管理经验的专业人才队伍，形成一套可复制、可推广的标准化管理体系，并建立起以专利、技术标准、软件著作权为核心的自主知识产权体系。

高温气冷堆核电站重大专项总设计师、清华大学核能与新能源技术研究院院长张作义说，高温气冷堆是国际公认的第四代核电技术先进堆型，是核电发展的重要方向，具有“固有安全性”，即在丧失所有冷却能力的情况下，不采取任何干预措施，反应堆都能保持安全状态，不会出现堆芯熔毁和放射性物质外泄。

十、其他

“活材料”快速开发有了新范式

中国科学报 2023.11.30

近日，中国科学院深圳先进技术研究院研究员钟超课题组、研究员周佳海课题组与深圳未知君生物科技有限公司团队合作，结合生物信息学、结构生物学和合成生物学的技术方法，实现了对合成特定生物聚合物菌株的高通量挖掘和筛选、生物聚合物组装机制的解析以及新型“活材料”的理性设计，搭建出快速开发新型“活材料”的信息技术（IT）+生物技术（BT）的新范式。相关研究近日发表于《自然-化学生物学》。

工程“活材料”领域，是合成生物学与材料科学领域交叉发展衍生出的新兴领域。自组装的活体功能材料是当前“活材料”的重要组成部分，它由细胞和其自编程的生物聚合物共同组成。自组装的活体功能材料具有自生长、自适应、可进化等“活”的生命属性，并在生物传感、生物修复、疾病治疗和智能材料制备等领域展现出广阔的发展前景。然而，在当前自组装的活体功能材料开发中，具有可编程生物聚合物基元的底盘细胞匮乏，使构筑具有更多功能且满足不同应用场景需要的微生物“活材料”受限，成为阻碍工程“活材料”领域进一步发展的重要因素。

为了解决上述问题，研究团队首先开发了软件 BBSniffer，挖掘自然界中可合成特定生物聚合物的菌株，并为使用者推荐可用于工程化新型“活材料”的底盘细胞。以共价交联型菌毛（Spa 菌毛）为例，研究团队根据 BBSniffer 生成的候选菌株列表，选取易培养且基因组可编辑的工业菌株谷氨酸棒状杆菌，作为下一步开发基于 Spa 菌毛的新型微生物“活材料”的底盘细胞。

以 BBSniffer 推荐的工业菌株谷氨酸棒状杆菌为研究对象，通过基因敲除和形貌表征的方法，研究人员揭示了该菌株中 Spa 菌毛由次要蛋白 Spa1、Spa2 和骨架蛋白 Spa2 共同组成。

通过质谱鉴定，研究团队揭示了分选酶催化 Spa2 单体间缩合，形成分子间的异肽键，实现骨架蛋白单体间的聚合，并在此基础上，对 Spa 菌毛的骨架蛋白 Spa2 进行理性设计，构建出了基于 Spa 菌毛的新型可编程细胞外蛋白质支架。此外，研究者通过结合工程细胞具备的细胞外降解纤维素为葡萄糖的能力，以及细胞内转化葡萄糖为高附加值化合物的能力，构筑出可将废弃物转化为高附加值化合物的新型活体功能材料。

“利用 IT，我们实现了对自然界中生产生物聚合物菌株的挖掘、分类以及分析，可以快速找到易工程化的非致病菌株作为新型‘活材料’的底盘细胞；利用 BT，则实现了对挖掘到的底盘细胞中生物聚合物机制的解析，推进可编程生物聚合物的设计，并实现新型‘活材料’的快速构筑。”论文共同通讯作者钟超表示，该研究将加速新型“活材料”的开发。

分子“手术”为碳材料家族“添丁”

中国科学报 2023.12.1

同济大学教授许维团队，通过对两种分子实施“麻醉”和“手术”，首次精准合成两种全新的碳分子材料——芳香性环型碳 C10 和 C14，并精细表征了它们的化学结构。这两种

合成的新颖碳结构有望应用于未来的分子电子学器件中。相关研究 11 月 30 日在线发表于《自然》。

碳是一种常见的非金属元素。碳材料在自然界中有多种形式，其具体外在表现形式取决于每个碳原子周围与之成键的原子数目。当每个碳原子和周围 4 个原子成键时，就形成了自然界中天然存在的坚硬透明物质——钻石；当它和周围 3 个原子成键时，则形成了质软黑色的石墨。

当每个碳原子只和周围两个原子成键时，会形成环形纯碳分子（环型碳）。由于这种类型的碳结构具有很高的反应活性、极不稳定，在自然界中并非天然存在，而人工合成又极具挑战性。

此外，在环型碳中，每个碳原子和周围两个原子的成键方式是键长均等的累积烯烃型（连续的双键）还是不等的聚炔型（单键和三键交替），一直存在争议。很多团队尝试合成环型碳但并未成功，一些气相实验虽然显示存在环型碳的迹象，但难以分离提纯并进一步表征它们的结构。

直到 2019 年，IBM 与英国牛津大学的研究团队合作，制备出单个的环型碳 C18，首次从实验上验证了 C18 为单键和三键交替的聚炔型结构。然而，环型碳是一个大家族，合成更小尺寸的环型碳，更具挑战性。

许维团队创新性地设计了全卤化萘和蒽两种前驱体分子，并将这两种分子放在作为手术台的氯化钠薄膜上，用液氦对其进行“麻醉”，而后对其进行原子操纵的“手术”，进而诱导两种分子完全脱卤并伴随发生反伯格曼开环反应，最终成功地在表面上合成两种芳香性环型碳 C10 和 C14。化学键分辨的原子力显微镜分析表明，不同于此前 C18 的聚炔型结构，C10 和 C14 均具有累积烯烃型的结构。

团队进一步通过理论计算发现，这两个碳材料家族新成员并非拥有完全一致的特性，C10 完全没有键长交替，而 C14 作为从累积烯烃型 C10 到聚炔型 C18 的过渡态，存在一个非常小的键长交替，但尚未达到单键和三键的形式，并且从实验上也无法分辨出来。

“这项研究极大推动了环型碳领域的发展，提出的表面合成策略有望成为一种合成系列环型碳的普适性方法。”许维说。

人类细胞造出了微型生物机器人

科技日报 2023.12.6

机器人可以从一个成年人的细胞中创造出来,而且还无需任何基因改造,这意味着什么?

对无数患者来说,这意味着从他们自身衍生出的生物机器人,可以帮助他们恢复健康、愈合创伤、治疗疾病,这是医疗工具研发史上一个崭新的起点。

现在,美国塔夫茨大学和哈佛大学研究人员已经成功利用人类气管细胞,创建了一种微型生物机器人 Anthrobot。它不但可在神经元表面移动,还能使实验室培养皿中的受损神经元恢复生长。

这种多细胞机器人的大小,从人类头发的宽度到削尖的铅笔尖不等,可自行组装,并显示出对其他细胞的显著治疗效果。

发表于《先进科学》杂志的这项研究成果,回答了更为广泛的医学问题:控制细胞在体内组装和协同工作的规则是什么?细胞是否可在自然生长环境中遵照不同的“身体计划”重新组合,从而执行其他功能?

人类细胞机器人,神秘又安全

研究人员吉泽姆·古姆斯卡娅认为,通过重新编程细胞之间的相互作用,可创建新的多细胞结构,类似于石头和砖块可排列成不同的结构,如墙壁、拱门或柱子。他们发现,这些细胞不仅会创造多细胞形状,而且能激发新的生长来填补因划伤细胞层而造成的间隙。

有意思的是,Anthrobot 怎样做到这一点的,科学家尚不清楚,但他们看到了神经元确实生长在 Anthrobot 集群组装所覆盖的区域下。

使用人类细胞的优点非常明显。首先,由患者自身细胞构建的机器人,执行治疗任务不会引发免疫反应或承受免疫抑制剂风险;其次,它们只持续几周就会分解,因此在工作完成后很容易就被重新吸收到体内。

而在体外,Anthrobot 只能在特定实验室条件下生存,没有暴露或意外传播到实验室外的风险。它们不会繁殖,也没有经过基因编辑、添加或删除,没有超出现有保障措施的风险。

人类细胞机器人如何生长

每个 Anthrobot 最初都是一个细胞,来自成年供体。这些细胞来自气管表面,覆盖着纤毛,可来回摆动。纤毛帮助气管细胞排出微小的颗粒,这些颗粒进入肺部的气道,人体通过咳嗽或清嗓子排出颗粒和多余液体,都需要纤毛细胞的帮助。早期研究表明,当细胞在实验室生长时,它们会自发形成称为类器官的微小多细胞球体。

此次，研究人员开发了纤毛在类器官上朝外生长的条件。几天之内，它们开始“四处走动”，由纤毛驱动，就像桨一样。团队注意到了不同的运动形状和类型，这是生物机器人平台的首个重要特征。

这些创建出来的不同类型的 Anthrobot，有些是球形的，完全被纤毛覆盖；有些是不规则的，纤毛覆盖得更斑驳，或者只是在一侧覆盖着纤毛。

Anthrobot 在实验室培养皿中可以自我组装，并不需要镊子或手术刀来塑造它们。研究人员可使用成体细胞，甚至是来自老年患者的细胞，而不是胚胎细胞来培养。它们还是完全可扩展的，人们可并行创建成群的机器人。

小小治疗师，绘制新蓝图

古姆斯卡娅解释说，细胞具有与生俱来的能力，能以某些基本方式自组装成更大的结构。这些细胞可形成片层、折叠形状、球体，可按类型分类和分离、融合在一起，甚至移动。

与那些“无生命砖块”的两个重要区别是，细胞可相互交流并动态地创建这些结构，并且每个细胞都具有许多功能，例如运动、分泌分子、检测信号等。

确切来说，人们不是“发现”了它们，人们只是在弄清楚如何结合这些元素来创造新的生物“身体计划”和功能，而这与自然界中发生的有很大不同。

研究人员称，生物机器人的下一步开发将会带来其他应用，包括清除动脉粥样硬化患者动脉中的斑块、修复脊髓或视网膜神经损伤、识别细菌或癌细胞，或将药物输送到目标组织。从理论上讲，Anthrobot 不但可帮助愈合组织，还能向受损部位提供促进再生的药物。

模拟人脑超级计算机将于 2024 年启用

科技日报 2023.12.14

据英国《新科学家》周刊网站 12 日报道，一台能够全面模拟人脑突触的超级计算机将于明年在澳大利亚启用。这台名为“深南”的神经形态超级计算机每秒能进行 228 万亿次突触操作，与科学家估算的人脑中突触操作的数量相当，将有助了解人脑是如何在消耗相对较少能量的情况下处理大量信息的。

研究团队指出，此前已有类似的神经形态计算机面世，但“深南”将是迄今最大的。“深南”由位于澳大利亚悉尼的国际神经形态系统中心联合英特尔及戴尔公司合作制造。与普通计算机不同，“深南”的硬件芯片可实现尖峰神经网络，从而对突触处理大脑信息的方式进

行建模。

“深南”项目负责人安德鲁·范·斯海克指出，这将是他们首次实时模拟人脑大小的尖峰神经网络活动。尽管“深南”的功能并没有现有超级计算机那样强大，但它将有助于推进对神经形态计算和生物大脑的理解，从而更好地洞悉大脑的工作原理。

超级计算机是能源消耗大户，而人脑消耗的能源不比灯泡多。这种差异部分归因于不同的数据处理方式：传统计算机执行操作时，数据在处理器和存储器之间不断移动；而神经形态架构并行执行许多操作，大大减少了数据的移动。由于数据移动是最耗能的部分之一，因此神经形态架构可显著减少能耗。此外，尖峰神经网络由事件驱动，这意味着神经形态系统只对输入的变化作出反应，而不像传统计算机那样在后台连续运行，从而进一步减少能耗。

研究人员表示，“深南”将助推神经科学的研究，也可为更高的计算能效铺平道路。如果该技术能够小型化，将提升无人机和机器人的自主能力。

我国启动智能网联汽车商业化运行

人民日报 2023.12.6

智能网联汽车是汽车产业发展的战略方向。近年来，我国高度重视智能网联汽车技术创新和推广应用，持续完善产业发展环境，有关部门先后发布《智能网联汽车道路测试管理规范（试行）》《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》等文件，一些地方也相继开放指定区域的道路测试和示范应用。

据介绍，全国累计开放智能网联汽车测试道路2万多公里，测试示范区达17个、“双智”试点城市达16个。截至目前，7个国家车联网示范区完成了7000多公里道路智能化升级改造，一批搭载自动驾驶功能的智能网联汽车产品开展大量研发测试验证，部分产品已具备一定的量产应用条件。

近日，工业和信息化部、公安部、住房城乡建设部、交通运输部联合发布了《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》（以下简称《通知》），在前期道路测试与示范应用工作基础上，组织开展智能网联汽车准入和上路通行试点，推动量产车型产品上路通行和推广应用。这意味着，我国正式启动了智能网联汽车商业化运行，产业发展迈出关键一步。

“开展试点工作是保障智能网联汽车产品安全运行的必然要求，也有利于加快提升智能

网联汽车产品技术水平，促进产业生态迭代优化，加速智能网联汽车产业化进程。”工业和信息化部有关负责人表示。

智能网联汽车系统复杂、场景多元，需要实现人、车、路、云等多要素的融合交互，相关功能还处于快速发展、不断迭代的阶段，同时也面临网络安全、数据安全等风险挑战。当前，部分国家和地区已采取例外豁免、个案处理等方式对智能网联汽车产品实施附带限制性条件准入，并持续探索创新安全监管方式。

《通知》从政策设计、实施指南、安全评估、安全措施等方面保障试点工作安全实施，严格限定准入智能网联汽车产品的应用场景。试点初期支持少数技术先进、体系完整、保障措施得当的汽车生产企业，依托政策保障、基础设施、安全管理等基础条件良好的城市开展试点，限定车型、实施区域和使用主体，并根据车辆运行、产业和技术发展情况，评估调整试点要求。

“我们将充分吸收、借鉴国际实践经验，遴选具备条件的产品开展试点。”工业和信息化部有关负责人表示，下一步，在引导企业提升技术水平、完善产品安全验证的同时，要加速形成系统完备、务实高效的法律法规、管理政策和标准体系，提高安全保障水平，为智能网联汽车规模化推广应用奠定基础。

谷歌发布最新人工智能模型 Gemini

科技日报 2023.12.8

谷歌公司 6 日宣布推出一种名为 Gemini 的新人工智能模型，声称该模型在一系列智力测试中的表现优于 OpenAI 的 GPT-4 模型和“专家级”人类。

Gemini 已针对不同的应用创建了 3 个版本，分别是 Nano、Pro 和 Ultra。谷歌拒绝回答有关 Pro 和 Ultra 的规模、它们包含的参数数量、训练数据的规模或来源等问题。

其最小版本 Nano 旨在在智能手机上运行，实际上有两种模型：一种用于速度较慢的手机，拥有 18 亿个参数；另一种用于功能更强大的手机，拥有 32.5 亿个参数。

谷歌声称，Gemini 的中档 Pro 版本击败了其他一些模型，但更强大的 Ultra 超过了所有现有 AI 模型的能力。它在行业标准 MMLU 基准上的得分为 90%，而“专家级”的人类预计能达到 89.8%。

这是人工智能首次在测试中击败人类，也是现有模型中得分最高的。该测试涉及一系列

棘手的问题，包括逻辑谬误、日常道德问题、医疗问题、经济和地理。

在同一测试中，GPT-4 的得分为 87%，LLAMA-2 的得分为 68%，Anthropic Claude 2 的得分为 78.5%。Gemini 在其他 9 项常见基准测试中的 8 项中击败了所有这些模型。

去年，谷歌“深度思维”发布的 AlphaCode 可击败 50% 的人类开发人员，而新发布的 Gemini 声称可击败 85% 的人类程序员。

谷歌“深度思维”的艾力·柯林斯表示，Gemini “几乎在每个领域都是最先进的”。

化学家创造出彩虹色有机分子

科技日报 2023.12.8

稠合碳环具有独特的光电特性，一类被称为并苯的分子链经调节可发出不同颜色的光，这使它们成为有机发光二极管的理想候选者。并苯发出的光的颜色由其长度决定，但随着分子变长，它们也变得不稳定。美国麻省理工学院的化学家开发出一种新方法，可使苯分子更稳定，并能合成不同长度的并苯。他们成功造出了发射红色、橙色、黄色、绿色或蓝色光的分子，拓宽了并苯的应用范围，为开发高度空气及光稳定的发光材料和微型能量收集装置铺平了道路。相关论文发表在《自然·化学》杂志上。

并苯由苯分子（碳和氢组成的环）以线性方式稠合在一起组成。由于它们含有丰富的可共享电子，并能有效地传输电荷，因此被用作半导体和场效应晶体管。最近的研究表明，一些碳原子被硼和氮取代或“掺杂”会使并苯具有更有用的电子性质。

为了使并苯更稳定，研究人员使用了以前研究过的一种配体，称为碳二卡宾。去年，他们曾使用这种配体来稳定硼氟离子，这种有机化合物可以发出不同颜色的光来响应温度的变化。

在本研究中，研究人员开发了一种新的合成方法，将碳二卡宾添加到同样掺杂了硼和氮的并苯中。随着新配体的加入，并苯带正电荷，提高了稳定性，这也赋予了它们独特的电子性质。

使用这种方法，研究人员造出了能产生不同颜色的并苯，主要取决于它们的长度和附着在碳二卡宾上的化学基团的类型。

很多人体组织都会发出蓝光，所以很难使用蓝色荧光探针进行成像。因此，红色发光体在生物成像应用中很重要。此外，这些并苯在空气和水中都保持稳定，这拓宽了其在成像和

其他医疗领域的应用。这些并苯还可进一步开发用于电视和计算机屏幕的发光二极管，比传统 LED 更轻、更灵活，产生更明亮的图像，消耗更少的电能。

世界最深最大地下实验室投入科学运行

科技日报 2023.12.8

12月7日，国家重大科技基础设施、中国锦屏地下实验室二期极深地下极低辐射本底前沿物理实验设施（以下简称“锦屏大设施”）土建公用工程完工，并迎来首批10个实验项目组入驻。这标志着世界最深最大的极深地下实验室正式投入科学运行。

该实验室未来将开展哪些科学研究？位于地下2400米的最纯净实验室如何建成？科技日报记者采访了相关专家。

打造世界深地科研中心

锦屏地下实验室位于四川凉山锦屏水电站锦屏山隧道中部地下2400米处，以锦屏山为天然平台，以水电站深埋长隧洞为基础建设。2010年12月，中国锦屏地下实验室（一期）建成投运，这是世界首个最深地下实验室。

2014年，清华大学与雅砻江流域水电开发有限公司（以下简称“雅砻江公司”）规划建设实验室二期项目，将地下可用实验空间由原来的4000立方米增加到33万立方米。在二期工程基础上，双方提出建设国家重大科技基础设施——锦屏大设施项目，并获得国家批复。

在12月7日举行的首批实验项目组入驻仪式上，来自清华大学、生态环境部、北京师范大学、中国原子能研究院、上海交通大学、四川大学、中国科学院大学等单位的实验项目团队同时入驻。

锦屏地下实验室主任、北京师范大学党委书记程建平介绍，锦屏大设施作为粒子物理和核物理领域的“国之重器”，为暗物质、中微子、核天体物理等前沿物理科学研究提供了极低辐射本底实验条件。作为开放共享的大科学装置，锦屏大设施也为深地岩体力学、深地医学等深地科学提供了绝佳的研究平台。实验室将成为多学科交叉的世界级深地科学研究中心，对我国探索未知世界、发现自然规律、实现科技变革、推动科技创新具有重要意义。

建成最“纯净”实验环境

在地下2400米建设实验空间33万立方米的锦屏大设施，可谓困难重重。不仅面临岩爆、涌水等一系列难题，锦屏山厚实的大理岩还会产生具有放射性的“氡气”，影响科学实验的

精度。

“我们与清华大学、中建三局等施工单位开展联合技术攻关，创新防水抑氦工艺、研发低本底设备材料。”雅砻江公司锦屏地下实验室建设管理局局长李名川说，“锦屏大设施建设中，团队创新使用 10 层材料，在 10 万平方米的洞室表面层层‘设防’，屏蔽岩石产生的水和氦气。施工中，我们对防水抑氦构造的 5 万余米拼接焊缝、穿过防水结构的 20 多万个膨胀螺栓和 5 万多根锚杆，逐一进行复检，最终实现氦气抑制率超 99%。”

为实现更低的辐射本底要求，施工人员不仅定制了所有设备、材料，还研发生产出低辐射水泥、金刚砂、岩棉及一批低辐射机电设备。“这些设备均为国际首创，最大限度控制了实验室辐射本底，打造出最‘纯净’的实验环境。”雅砻江公司锦屏地下实验室建设管理局工程建设部副主任李宏璧说。

由于锦屏大设施空间容积达 33 万立方米，正常情况下需风量高达 24000 立方米每小时。在距地表 2400 米的地下，新风从何而来？中建三局锦屏大设施二标项目经理王伟介绍，目前锦屏大设施新风系统是全球最长距离的新风供风系统。源源不断的地表新风，可经过长达 9000 米的新风管道和内部超过 1500 米的送风管道送达各个实验洞室。

中国工程院院士、中国辐射防护学会理事长罗琦表示，锦屏大设施已建设成为具备“极低环境氦析出”“极低环境辐射”“超低宇宙线通量”“超洁净空间”等多种优势的国际一流深地实验室，将对我国深地基础科学研究起到极大推动作用，也为我国辐射防护科学事业提供了具有国际水平的平台。

首个中红外波长超级反射镜制成 反射率高达 99.99923%

科技日报 2023.12.8

来自奥地利、美国和瑞士的科学家组成的国际科研团队，研制出了首个中红外波长范围超级反射镜，有望用于测量微量温室气体或用于切割和焊接的工业激光器等领域。研究论文发表于最新一期《自然·通讯》杂志。

在可见光波长范围内，现有金属反射镜的反射率为 99%。在近红外范围，专用反射镜涂层的反射率高达 99.9997%；但迄今最好的中红外反射镜的反射率为 99.99%，光子丢失率是近红外超反射镜的 33 倍。

人们一直希望将超反射镜技术扩展到中红外领域，以促进很多领域取得重大进展，如测

量与气候变化有关的微量气体、分析生物燃料，以及提升广泛应用于工业和医疗领域的切割激光器和激光手术刀的性能等。

此次，研究团队研制出的中红外超反射镜的反射率高达 99.99923%。为制造出中红外超级反射镜，研究团队结合传统薄膜涂层技术与新型半导体材料和方法，开发出一种新涂层工艺。为此，他们先研制出直径为 25 毫米的硅基板，然后让高反射半导体晶体结构在 10 厘米的砷化镓晶片上生长，接着将其分成更小的圆形反射镜，再将这些反射镜安装到硅基板上，得到了超级反射镜并证明了其性能。

研究人员指出，这款新型超反射镜的一个直接应用是显著提高中红外气体分析光学设备的灵敏度，可准确计量微量环境标志物，如一氧化碳等。

打造新一代空天飞行器研发重器——记国家重大科研仪器 研制项目“爆轰驱动超高速高焓激波风洞”

中国科学报 2023.12.25

今年 12 月，我国航天事业奠基人钱学森诞辰 112 周年之际，站在新落成的长达 167 米、能复现每秒 10 公里超高速飞行速度的超级风洞前，中国科学院力学研究所研究员姜宗林向《中国科学报》表示：“钱学森在论述科学精神时曾说，是不是真正的创新，就看是不是敢于研究别人没有研究过的科学前沿问题。我们用这个自主研发的大国重器支持我国的宇航事业奔赴星辰大海，正是对钱先生的最好告慰。”

自 2018 年起，在国家自然科学基金国家重大科研仪器研制项目（部门推荐）“爆轰驱动超高速高焓激波风洞”（以下简称 JF-22 超高速风洞）的支持下，姜宗林带领激波风洞团队依据我国独创的“激波反射型正向爆轰驱动”方法，把国际上普遍认为“不能用”的正向爆轰变为“可用”和“好用”的驱动能源，成功研制出 JF-22 超高速风洞。

今年 5 月，该项目完成结题验收。验收专家组一致认为，该风洞在有效实验时间、总温、总压和喷管流场尺寸等综合性能指标方面处于国际领先水平。

前瞻引领，打造大国重器

人类有一个航空航天梦，总是想飞得更快、更高、更远。早在 20 世纪 50 年代，钱学森首先定义了“高超声速飞行”的概念。未来，新一代飞行器可以达到时行万里、实现国际出行的早出晚归。

而新一代空天飞行器的研发离不开重要的科学装置——高超声速风洞。高超声速风洞通过人工方式产生并控制高速气流，模拟飞行器周围气体的流动情况，获得飞行器的气体动力学特性，相当于在地面上人为建造一个“飞行天空”。

飞行器的速度越快，要求风洞产生的“风”越大。科学家用飞行速度与声速之比——“马赫数”度量飞行速度。在高超声速飞行中，飞行器巨大的动能将产生强烈的头部激波和摩擦阻力，把飞行器周围的空气加热到数千摄氏度甚至上万摄氏度，引起空气分子发生解离、原子电离等复杂的化学反应。

“飞行器周边的空气起热化学反应，这类现象超出了传统气体动力学的研究范畴，需要创立新的理论去描述，打造新的风洞去试验。”姜宗林表示，“新型空天飞行器研发的地面试验需要性能更强大的高超声速风洞。”

基于这一科学前沿问题和国家航空航天重大需求，2017年底，激波风洞团队向国家自然科学基金委员会提出了国家重大科研仪器研制项目申请，并获得资助。作为科学基金资助体系的重要组成部分，国家重大科研仪器研制项目重点资助对促进科学发展、探索自然规律和开拓研究领域具有重要作用的原创性科研仪器的研制。

2018年全国力学大会上，中国科学院院士杨卫透露：“正在建设中的JF-22超高速风洞将为更高速的飞行奠定实验基础。”

在国家重大科研仪器研制项目的支持下，激波风洞团队以满足工程需求为目的，挑战先进风洞技术指标的极限，全心投入前所未有的JF-22超高速风洞研制中，于2021年底完成安装，进入性能调试阶段。

2022年4月15日，JF-22超高速风洞完成首次运行实验。当天是姜宗林的生日，JF-22超高速风洞的成功运行为他送上了一份珍贵礼物。随着轰的一声爆裂，控制室中电脑屏幕上的数据显示，实验结果达到预期目标。

2023年上半年，JF-22超高速风洞迎来真正意义上的“大考”。该国家重大科研仪器研制项目验收期间，共进行了5次专家现场测试。首次测试中，实际流场速度高达每秒10.08公里，总温达1.9万开尔文（K），总压达3.3万多个大气压。优异的性能参数令在场专家惊叹不已。

“我们感到很振奋。我把这次测试的实验记录写到了专家与团队上。”姜宗林回忆说。

JF-22超高速风洞具有尺度大、时间长、总温和总压高等特点，能够复现40公里至90公里高空、每秒2.5公里至10公里的飞行速度。实测最高速度达每秒10.1公里，如果以实验室声速度量，相当于约30倍声速的飞行条件。

“JF-22 超高速风洞的综合性能在世界上还没有其他风洞可以相比。”姜宗林自信地说。

廿年一剑，复现轨道速度

早在 60 年前，科学家就开始探索“正向爆轰驱动”方法，为建造高性能激波风洞做准备。

“爆轰”是激波风洞用来驱动强大气流的一种方法，即混合的氢气和氧气被点燃，燃烧激波在管道内以高于声速的速度传播。根据点火位置的不同，驱动形式分为“正向”和“反向”两种。和“反向”驱动相比，正向爆轰可以驱动产生更大的空气动量，产生高超声速飞行条件下的气流。

但是，正向爆轰驱动方式受“稀疏波”的干扰，难以满足激波风洞的驱动要求。如何应对“稀疏波”的干扰，“用好”正向爆轰驱动方式，是打造超高速风洞面临的世界级难题，需要在理论和技术层面实现突破。

2002 年，姜宗林团队从原理上革新，提出并设计了激波反射型正向爆轰驱动器。这有效改进了驱动气流的平稳性，使正向爆轰从“不能用”变成了“能用、好用”的动力源，成为 JF-22 超高速风洞的核心技术。

从 2002 年学术论文发表，到 2023 年 JF-22 超高速风洞验收，中国科学家“二十年磨一剑”，实现了超高速风洞试验状态从流动“模拟”到关键参数“复现”的跨越。

在北京怀柔钱学森实验基地空天实验中心，《中国科学报》看到，与 JF-22 超高速风洞并排的是 JF-12 复现风洞，即“复现高超声速飞行条件激波风洞”。

JF-22 超高速风洞的研制离不开 JF-12 复现风洞积累的经验。2008 年，在首批国家重大科研仪器研制项目的支持下，JF-12 复现风洞立项，2012 年完成项目验收，确立了我国在这个研究领域的世界领先地位。

如今，JF-12 复现风洞经历 10 年的试验应用，在国家重大任务、多个型号研制和学科前沿问题探索中，完成了一系列的重要科学试验。激波风洞研究团队因此获得了 2016 年度中国科学院杰出科技成就奖。

如今，这两座风洞可分别实现每秒 1.5 公里至 3 公里和每秒 3 公里至 10 公里的实验条件，共同构成覆盖马赫数 5~30、飞行高度 25~90 公里的气动实验平台，使我国成为高超声速领域唯一具备覆盖全部“飞行走廊”实验能力的国家。

传承四代，书写传奇故事

追溯更早的历史，JF-22 超高速风洞成功的背后，是中国科学院四代科学家连续 60 多年持续奋斗，书写的一段传承创新、艰苦奋斗的传奇故事。

20世纪50年代中期，钱学森与“两弹一星”元勋郭永怀就制定了高超声速风洞的研究方向，在中国科学院力学研究所组建了激波风洞科研团队。

刚刚考上钱学森和郭永怀研究生的俞鸿儒接过发展激波管技术、研制激波风洞的重任。面对基础技术不足、科研经费短缺的难题，俞鸿儒选择了当时国际上已经弃用的驱动方式——氢氧燃烧驱动，但这种方式产生的能量极大、极易发生爆炸，会带来严重的安全问题。作为我国高超声速研究的第二代科学家，俞鸿儒把一生都投入到这项事业中。

经过一次又一次的反复试错，我国的风洞研究终于“炸”出了一条新路——我国第一代激波管，第一座大型高超声速风洞 JF-8 激波风洞，高超声速风洞 JF4B、JF8、JF10 等先后问世。

1999年，在俞鸿儒的邀请下，从事激波动力学研究的姜宗林回国，成为第三代“风洞人”。“当时，俞先生告诉我，钱先生和郭先生创立的团队需要青年人传承。这个团队要紧盯国家需求和世界难题。”姜宗林说。

“因为国家需要，所以热爱这份事业。”姜宗林同样对团队成员说，“只有把事业和国家需求联系在一起，事业才有尺度；只有把事业与世界难题联系在一起，事业才有高度。”他带领激波风洞团队秉承“求实求是”的科研理念，传承了“成功不必在我，功成必定有我”的家国情怀。

他们完成了 JF-12 复现风洞和 JF-22 超高速风洞的研制，撰写了国际首部系统论述超高速激波风洞理论和技术的英文专著，奠定了中国高超声速风洞的世界地位。

2016年，为表彰姜宗林在世界最大高超声速激波风洞研究中所作的贡献，美国航空航天学会将象征该领域最高荣誉的“地面试验奖”颁给了他。这是这个奖项成立40多年来首次颁发给中国科学家，乃至亚洲科学家。

如今，姜宗林的学生作为第四代“风洞人”，正在接过前辈科学家手中的接力棒，为我国在高超声速风洞领域的研究注入新动力。

《中国科学报》：你在研制 JF-22 超高速风洞这一重大科研仪器的过程中，对工程科学有哪些思考？

姜宗林：JF-22 超高速风洞是几代科学家多年艰苦奋斗的结晶，离不开钱先生和郭先生的高瞻远瞩，也离不开俞先生的无私奉献。中国高超声速风洞的理论创新与工程实践，正是坚持工程科学发展观的真实写照。

在中国高超声速风洞60多年的研发过程中，我国科学家提出了系统的爆轰驱动超高速风洞理论。该理论包含了反向爆轰耦合真空卸爆概念、激波反射型正向爆轰驱动方法、长试

验时间激波风洞理论。

这些理论有其模拟工程实际的一面，也符合自然科学原理。中国高超声速风洞基于爆轰现象的基本原理，解决了高超声速风洞工程的需求，并得到了工程实践的验证。工程科学的发展没有最好，只有更好。这取决于我们对于物理规律的认识和模拟。

《中国科学报》：你对 JF-22 超高速风洞的未来应用，有哪些计划与期待？

姜宗林：高超声速风洞实验平台为我国的高超声速发展提供了强大工具，我们现在可以开展那些“能人所不能、做人所难做、精人所不精”的科学实验，解决那些“做不了、做不好、做不精”的问题。

例如，近期我们在探索一种两级入轨空天飞行器的超高速动态分离，这是以前做不了的试验。与火箭的垂直起降不同，这种空天飞行器可以水平起降，飞到距离地面 30 公里至 40 公里的高度，然后第二级起飞，继续往上飞到轨道上。研究这种飞行器两级分离理论和技术，对于指导空天飞行器的设计具有重要意义。

我们还计划应用 JF-22 超高速风洞继续开展我们自主研发的“驻定斜爆轰冲压发动机”试验，实现我国高超声速发动机的跨越式发展。

目前，JF-22 超高速风洞在各项指标上都处于国际领先地位。我们期待在国家有关部门的支持下，能够把握这一机遇，建立大科学装置可持续运行的有效工作机制，加强对仪器共享与前沿交叉学科合作研究的支持。(甘晓)

科学家合成第二硬材料

中国科学报 2023.12.26

科学家一直在尝试制造像金刚石一样坚硬的物质。金刚石作为地球上最坚硬的物质，是许多材料科学研究的基准。

1989 年，美国伯克利大学的 A.Y. Liu 和 M.L. Cohen 从理论上预言了一种由碳和氮合成的材料，推断其硬度可与金刚石相媲美，甚至可能比金刚石更高。科学家采用各种手段试图在实验室合成这种化合物，但结果并不理想。

现在，英国爱丁堡大学的 Dominique Laniel 和同事，在 70 万倍大气压下压缩金刚石钻头之间的碳和氮，并用激光加热到 3000 摄氏度，最终合成了这种几乎和金刚石一样硬的化合物——一种氮化碳的微小样本。该化合物有望应用于切割工具、传感器甚至炸药的制造。

金刚石的硬度约为 90GPa，而此前已知的第二硬材料——立方氮化硼的硬度在 50GPa 至 55GPa 之间。Laniel 说，他们合成的这种氮化碳新材料，硬度在 78GPa 到 86GPa 之间，这取决于形成的 3 种晶体结构中的哪一种。

不过，Laniel 等人合成的氮化碳的硬度，推翻了 1989 年对该物质硬度将超过金刚石的预言。

“之前硬度排名第二的立方氮化硼与金刚石在硬度上有着巨大的差距。而我们的合成结果弥补了这一差距。” Laniel 说，他们新合成的材料尽管被称为“氮化碳”，但这是两种迥然不同的元素。他们非常愿意接受更广泛的意见，为其定一个更为准确的名字。

目前合成的样本只有 5 微米宽、3 微米厚，扩大生产规模可能很困难。不过从理论上讲，使用更大的金刚石来压缩碳和氮，应该可以制造出更大块的材料，但合成所需的压力可能更高。而这些将使氮化碳的成本远高于金刚石。

Laniel 表示，这种新材料具有金刚石所没有的优点，例如可以在压力下产生电信号，这可能使其应用于传感器。此外，该材料具有高能量密度，可能制成一种强大的爆炸物，但环境毒性要小得多。

研究人员在日前出版的《先进材料》上公布了这一成果。