

能 量 转 换

总 39 期
3/2021. 3

剪 报 资 料

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

目 录

一、总论

1. 加快清洁能源开发利用 5
2. 可再生资源量和技术都没问题足以稳定供应电力 5
3. “十四五”推动新能源新增装机 1 亿千瓦 7
4. “一体化”战略倒逼电力系统嬗变 7
5. 新能源消纳需要超前谋划 9
6. 清洁能源消费比重节节高 10
7. “十四五”国网经营区输送清洁能源占比升至 50% 11
8. 我学者破解高原海岛地区智慧能源保障难题 12
9. “双碳”目标倒逼新型电力系统建设提速 12
10. 国家能源局：我国可再生能源开发利用规模稳居世界第一 15
11. 南网“十四五”推动新能源新增装机 1 亿千瓦 16
12. 可再生能源“十四五”规划正编制 17
13. 百年大变局下的特高压 18
14. 清洁低碳，能源结构这样转型 26
15. 打造“电力动脉”将绿色能源“打捆”外送 28

二、热能、储能、动力工程、节能

1. “新能源 + 储能”大有作为 31
2. 钠离子电池：大规模储能领域的“潜力股” 31
3. “热缩冷胀”开辟燃料电池电极设计新路径 33

4. 十年磨剑终成锋 深海电源主沉浮——中科院青岛能源所固态锂电池研发记	34
5. 我国 BIPV 市场蓄势待发	38
6. 三元锂电池安全实现重大突破	40
7. 氢燃料电池叉车市场待挖潜	42
8. 软包电池崛起势头莫小觑	44

三、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

1. “十四五”坚决遏制高耗能、高排放项目盲目发展	46
2. 国家电网发布“碳达峰、碳中和”行动方案	47
3. 修正《固废法》关于生活垃圾管理的相关条款	48
4. 把碳达峰碳中和纳入生态文明建设整体布局	49
5. “两个替代”和中国能源互联网将对我国碳中和贡献度超过 80%	51
6. 第三方治理打通佛山危废处置产业链	55
7. 中国碳达峰、碳中和研究报告出炉	57
8. 实现“双碳”目标，绿色技术在行动	59
9. 分离出高氨氮废水处理新型微生物	61
10. 粤将制定省二氧化碳达峰实施方案	61
11. “后超低排放”时代，清新环境的未来之路	62
12. “碳达峰、碳中和”促综合能源服务提速疾行	65
13. “十四五”大宗固废综合利用有了“指路牌”	67
14. “双碳”目标将对水污染防治产生重要影响	68
15. 2025 年新增大宗固废综合利用率达到 60%	68

四、太阳能

1. 压力调控激子特性优化二维卤化物钙钛矿性能	69
2. 空中太阳能电站：让人类尽享来自太空的清洁能源	70
3. 新型钙钛矿单晶制备出自驱动集成光探测器	71
4. 工信部发布光伏制造行业规范条件（2021 年本）	72
5. 广东要求电网全额消纳风光等新能源	72
6. 全球光伏新增装机有望突破 200 吉瓦	73
7. 美科学院建议开展太阳能地球工程研究	73
8. 国家发改委、财政部等五部委印发《关于引导加大金融支持力度促进风电和光伏发电等行业健康有序发展的通知》	74
9. 六部门组织开展第二批智能光伏试点示范工作	75
10. 太阳能电池组件技术光电转换效率再创新高	76

五、地热

1. 北京今年将新增 1000 万平方米地源热泵项目 76
2. 山西探获华北地区浅层最高温地热 77

六、海洋

1. 国际组织发布海洋能发展框架及报告 78
2. 乘风“收浪”走向远海 79
3. 海水淡化“好喝”吗? 81

七、氢能

1. “十四五”氢能产业迎发展“窗口期” 84
2. “氢电耦合”构建现代能源体系 86
3. 氨转氢：储运更方便 88
4. 液氢产业化步伐加快 89
5. 科学家实现低温高效 CO₂ 催化加氢制甲醇 91
6. 新材料实现氢气提纯“一步到位” 92
7. 光催化分解水制氢机理研究取得新进展 94

八、风能

1. 全球海上风电逆势增长 95
2. 韩国拟建全球最大风电场 96
3. 海上风电“大爆发”拐点已现 96
4. 我国 10MW 风电叶片长度创世界纪录 99
5. 亚洲站上浮式海上风电投资风口 99
6. 广东海上风电投产规模 2030 年将达到 3000 万千瓦 101
7. GWEC：中国领跑全球风电业增长 102
8. 中国 2020 年新增海陆风电装机均居全球第一 102

九、核能

1. “华龙一号”海外首堆成功并网发电 103
2. “十四五”核电产业发展重点解读 104
3. 全球首座 20 万千瓦高温气冷堆今年发电 106
4. 中国“人造太阳”拟 4 月底完成升级改造 106

十、其它

1. 攻关开采关键技术让页岩油不再是“沉睡的宝藏” 107
2. 我国十年新增石油资源量逾亿吨 108
3. 壳牌：亚洲将引领全球 LNG 市场增长 109

4. “十四五”抽蓄建设按下“加速键”	110
5. “十四五”疆电外送激增逾七成	111

.....

行业动态

1. 青海完成国内首次储能中长期交易	113
2. 我国大规模储能项目研究在青海启动	113
3. 珠三角所有城市列入“无废城市”试点	114
4. 超高面载量钠离子电池电极研制成功	114
5. 山西建成首座高温地热发电试验电站	115
6. 国内储能规模最大光热电站开建	115
7. 国内最大制氢储能项目投产	116
8. 海上风电领域国际专家委员会成立	116
9. 海南首个“风光储充换”集中式充换电站正式投运	116
10. 中国企业稳占七席，金风远景跻身四强	117
11. 国内首部海上风电升压站规范发布	119

本简报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

加快清洁能源开发利用

人民日报 2021.3.16

本报北京3月15日电（记者丁怡婷）国家能源局有关负责人日前表示，为加快推动碳达峰、碳中和工作，将加快清洁能源开发利用。制定更加积极的新能源发展目标，推进陆上风电和光伏发电全面实现平价无补贴上网；因地制宜开发水电；在安全的前提下，积极有序发展核电；加快推进抽水蓄能、新型储能等调节性电源建设，进一步优化完善电网建设，推动电网智慧化升级，大力提升新能源消纳能力，提高电力系统灵活调节水平。

与此同时，着力升级能源消费方式。坚持和完善能耗“双控”制度；强化全社会节能，加快推进低碳技术应用，提高重点行业和领域能源利用效率；推进工业、建筑、交通等重点部门和行业电能替代，提升全社会电气化水平。

该负责人表示，将围绕能源领域碳达峰和碳中和目标的实现路径，研究制定能源领域落实举措，围绕促进能源低碳智慧转型、新能源高质量发展、新一代电力系统建设、新型储能发展等重点任务出台配套政策。

中国工程院院士杜祥琬：

可再生资源量和技术都没问题 足以稳定供应电力

南方都市报 2021.3.9

人物名片

杜祥琬——中国工程院院士、原副院长，国家气候变化专家委员会名誉主任

王金南——全国人大代表、中国工程院院士、生态环境部环境规划院院长

马永生——全国政协委员、中国工程院院士

在能源结构转型的背景下，电力供应安全能否得到保障？中国工程院院士、原副院长，国家气候变化专家委员会名誉主任杜祥琬曾表示，我国可再生能源的资源量和技术都没有问题，足以稳定供应电力。未来煤炭等化石能源将逐步减少，同时它们将被赋予调峰的新历史使命。

今年全国“两会”上，还有多位政协委员提出相关建议，例如，提高能源生产消费领域创新能力，解决“卡脖子”风险；深化电力体制改革，着眼建设全国统一的电力市场体系；汲取风、光等产业教训，新能源发展要避免“一哄而上”，防止“烂尾工程”等。

谈“限电”现象▶▶储能技术进步将使新能源稳定供应

去年冬天湖南、江西、浙江等省份出现了“限电”现象。杜祥琬曾在接受南都采访时表示，“限电”情况发生后，国家发改委、中国国家能源局都称，全国的电力供应总体平稳

有序，我国保障能源稳定供应的能力是没有问题的。

杜祥琬直言，之所以多地出现“限电”，有一个原因是，一些地方急于把一些高耗能产业再拉上来。“我们现在提倡绿色复苏，但是有些地方想着要靠高耗能产业来复苏，实际上这个思路有问题。”他称，例如钢铁、水泥等高耗能产业在中国已经饱和甚至超饱和，不能再靠这些产业来拉动经济增长，要向战略性新兴产业、服务业转型。

全国人大代表王金南此前在生态环境部组织召开的座谈会上也表示，“中国总的来说电力并不缺乏，而且太阳能、风能等可再生能源也在发展起来。”杜祥琬表示，有些地方本地的可再生能源还没有发展好，身边有太阳能、风能都没有用起来，这些都是发展的潜力，足以解决好稳定供应电力的问题。

我国提出目标，到2030年，风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上。“目前来看，实现上述目标，资源量和技术都没有问题，大家最担心的是，风能和光能是间歇的和不稳定的。”杜祥琬表示，解决该问题主要依赖储能技术的进步，目前来看物理储能、化学储能等路径都是可以走得通的。未来，煤炭等化石能源将逐步减少，同时它们将被赋予调峰的新历史使命。在储能技术还不够成熟的时候，可以用化石能源来协同可再生能源发电，灵活调节电力供应。

谈可再生能源发展▶▷要避免“一哄而上”，防止“烂尾工程”

全国政协委员马永生认为，与现代化建设要求和世界先进水平相比，我国能源体系仍存在一些问题。例如，化石能源占比过高，2020年煤炭消费占比仍达56.7%，石油、天然气分别为19.1%和8.5%，非化石能源为15.7%。再如，我国能源资源与消费市场逆向分布。煤炭、油气、水电等主要分布在华北、西北、西南，而能源消费主要集中在东南，制约了能效提升。

马永生表示，我国能源领域的科技创新支撑引领仍不够。能源生产消费领域基础和原始创新能力不强，一些关键核心技术和装备受制于人，存在“卡脖子”风险。

为此，马永生建议突出节约优先，着力提高能源利用效率。抓实工业、电力、交通、建筑等重点领域，加快油气“全国一张网”建设，升级高效节能设备，淘汰落后产能，完善价格、税收、金融等政策，以市场化手段倒逼提升能效。同时，加快结构优化，立足国内保障能源供给。以清洁低碳为导向，加快发展非化石能源，构建煤、油、气、核、新能源、可再生能源多元化能源供应体系，使非化石能源到2025年成为消费增量的主体，能源体系到2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和。汲取风、光等产业教训，加强新能源发展顶层设计，建立行业标准、监管和政策支持体系，避免“一哄而上”，防止“烂尾工程”。深化煤炭清洁高效利用，由燃料向原料转变并区别对待，不搞一刀切“压限”。此外，还要坚持自立自强，加快提升科技创新水平。深化国际合作，着眼全球拓宽能源渠道。

谈绿色转型▶▷大力发展非化石能源，特别是可再生能源

目前各地正加紧制定碳达峰、碳中和的路线图。对于山西、陕西、河南等化石能源富集

省份，接下来应如何绿色转型，落实碳中和、碳达峰的目标？

“一个文明形态的进步，它的底色就是能源。”杜祥琬称，以河南省为例，全国煤炭占一次能源消费比例约57%，但河南这一比例达70%以上。由于拥有丰富的化石能源，河南等省份的可再生能源此前并没有受到太多关注。但目前我国开发可再生能源的技术能力在提高，成本在下降，地方的可再生能源资源也足够，所以有条件进行开发。

他表示，我国实现2030年前碳达峰的目标，东部地区要率先达峰，西部地区可以稍微晚一点。各省虽然情况不同，具体做法也有差别，但总的来说都可以找到本省的优势。

杜祥琬认为，现在中国的能源政策处在一个化石能源和非化石能源协调互补、多元发展、逐步转型的阶段。未来前景明晰，就是要大力发展非化石能源，特别是可再生能源。“这个在经济上、技术上、资源上都是没有问题的，但还是需要付出努力，付出代价，付出时间。”（林方舟 马嘉璐 潘珊菊 陈萌）

南方电网发布服务碳达峰、碳中和工作方案：

“十四五”推动 新能源新增 装机 1 亿千瓦

南方日报 2021.3.19

南方日报讯（记者/刘倩 通讯员/陈细英 余慧萍）“到2025年，将推动南方五省区新能源新增装机1亿千瓦，达到1.5亿千瓦。到2030年，推动南方五省区新能源再新增装机1亿千瓦，达到2.5亿千瓦；非化石能源装机占比由2020年的56%提升至65%，发电量占比从2020年的53%提升至61%。”3月18日，南方电网公司在广州召开服务碳达峰、碳中和重点举措新闻发布会，对外发布服务碳达峰、碳中和工作方案，从5个方面提出21项措施，将大力推动供给侧能源清洁替代，以“新电气化”为抓手推动能源消费方式变革，全面建设现代化电网，带动产业链、价值链上下游加快构建清洁低碳安全高效的能源体系。

方案提出要全面建设安全、可靠、绿色、高效、智能的现代化电网，构建适应新能源发展的坚强网架，推进城市电网升级和现代农村电网建设，推动电网数字化转型和智能化调控，优化调度运行，保障电网安全稳定运行，提高新能源并网质量和效率。

“一体化” 战略倒逼电力系统嬗变

中国能源报 2021.3.8

核心阅读

电网在能源系统中处于核心枢纽地位，无论是推动“风光水火储一体化”还是推动“源网荷储一体化”，都需要电网发挥龙头牵引作用。

近日，国家发改委、国家能源局发布《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》（以下简称《意见》），推动区域（省）级、市（县）级、园区（居民区）三

级“源网荷储一体化”以及风光储、风光水（储）、风光火（储）三种多能互补一体化项目高质量发展。在业内看来，这意味着“两个一体化”建设将真正起步。

去年8月，国家发改委、国家能源局曾发布《关于开展“风光水火储一体化”“源网荷储一体化”的指导意见（征求意见稿）》。“两个一体化”提法正式浮出水面。

在当前风电、光伏等新能源高比例并网的趋势下，基于传统化石能源为主构建的电网面临较大挑战。“两个一体化”的思路旨在推动电网、电源两端都发生变化，从而适应新能源时代的到来。那么，“两个一体化”建设能否倒逼电力系统尽快转型升级？

提升新能源友好性，减轻电网压力

《意见》明确了源网荷储一体化实施路径，拟通过优化整合本地电源侧、电网侧、负荷侧资源，以先进技术突破和体制机制创新为支撑，探索构建源网荷储深度融合的新型电力系统发展路径。

据国家能源局公开数据显示，截至2020年底，全国并网风电、光伏装机分别达2.81亿千瓦、2.53亿千瓦，各占到全国总装机的12.8%和11.5%，新能源电力消纳的压力日益增加。从电源侧而言，多能源互补的一体化基地显然更加灵活友好；从电网侧而言，源网荷储一体化是真正围绕负荷需求展开，促使电网与负荷、电源高度融合，深度协同。

浙江省发改委相关人士表示，现在浙江打造的“风光水储”一体化基地，按照时序出力优化方法，实现了风储、光储、水储和风光储等联合发电运行方式自动组态、智能优化和平滑切换，使其发电品质接近常规电源，为大规模新能源并网及调度提供了技术支撑。

“风光水储”一体化建设的核心是发展绿色清洁能源，通过聚合弥补风电和光伏的短板，打造出可控的发电基地，从而减轻电网的压力。“从单一的新能源到多种新能源耦合并网，可提升并网的稳定性，让电网在选择上网电量时有了更大空间。”煦达科技总经理李剑铎称。

没有规章标准，推广尚存难题

记者根据公开消息梳理发现，国内处于不同阶段的一体化基地项目超过20个。

对此，业内专家指出，首先要厘清为什么建一体化项目，然后再思考怎么建的问题。一体化项目建设并非一蹴而就，各地也不要一拥而上。

李剑铎告诉记者，在项目落地过程中，尚有难点需解决。“各省在建设一体化基地方面均处于探索阶段，如何根据需求平衡协调各类能源的控制问题，没有任何经验可循，亟需主管部门制定运行策略，并发布规章制定标准。”

贵州省发改委工作人员表示，打造一体化基地，最大的难点在于地方政府如何协调各方利益，调动发电企业、电网和储能企业的参与积极性。

电网在能源系统中处于核心枢纽地位，无论是推动“风光水火储一体化”还是推动“源网荷储一体化”，都需要电网发挥龙头牵引作用。

中国能建浙江省电力设计院的相关人士对记者透露，国家政策并没有提出具体的要求或

者措施，只是给出大体方向，还需在实践中摸索。目前，电网方面处于相对保守的状态。

改变割裂状态，一体化不能有名无实

《意见》明确，源网荷储一体化和多能互补项目中的新能源发电项目应落实国家可再生能源发电项目管理政策；支持参与跨省区电力市场化交易、增量配电改革及分布式发电市场化交易。

“两个一体化”有助于新能源向友好型电源转变，有助于电力系统更加灵活柔性。不过，在华东电力设计院智慧能源室主任吴俊宏看来，要真正解决新能源消纳问题，仅出台《意见》是不够的。

“目前看，一体化基地的提出对电网的挑战更大，许多地方做规划时名义上叫一体化建设，但实际上并不是一个整体电源，光伏、水电依旧是分别并网，对电网来说，所接纳的电源仍是割裂的状态。在电力规划层面，并没有起到一体化的优化效果，这使得电网对一体化项目电源持观望态度。”吴俊宏指出，“要将所有电源串联，利用储能累计到一定规模再去并网，这既提升了并网效率，也有助于更好消纳新能源。”（韩逸飞）

新能源消纳需要超前谋划

中国能源报 2021.3.8

3月1日，《国家电网公司碳达峰、碳中和行动方案》发布，如何实现该方案在湖北更好地落地？全国人大代表、国网湖北省电力有限公司董事长肖黎春近日接受了本报记者采访。

据了解，“十四五”期间，加快发展新能源是持续优化湖北省能源结构、保障能源供应安全、转变能源生产和消费方式、促进生态文明建设和经济社会可持续发展的重要战略措施。肖黎春指出，为实现碳达峰、碳中和目标，亟待超前研究谋划新能源消纳工作，在全社会形成新能源消纳合力，避免出现弃风弃光现象，促进电力结构调整，最大限度以清洁和绿色方式保障电力充足供应。

他建议，构建统筹协调的规划体系，由政府主导制定能源行业促进碳达峰、碳中和目标路线图，强化顶层设计，明确新能源发展的总体方案和具体措施；提升新能源消纳技术水平；开展“风光水火储一体化”“源网荷储一体化”研究，推动电力系统各环节技术水平升级；发挥政策和市场导向作用，一方面完善新能源消纳机制，另一方面加快建设全国范围的中长期市场、现货市场和辅助服务市场，充分发挥市场的资源配置作用。

下一步，国网湖北电力将着力提升重要断面输送能力，加快推进500千伏汉水输变电工程、道郢双回220千伏线路改造、编钟500千伏第3台主变扩建等工程；加强随州、黄冈、十堰、襄阳、孝感北部、荆门、恩施、宜昌等新能源资源禀赋较好地区的配套电网建设。

对于部分城区公共充电站无序发展、高速公路充换电设施运营较为艰难、住宅小区充电桩建设落地难等问题，肖黎春表示，应推动公共充电设施有序发展，建议由国家能源部门牵

头，建立“省级统筹指导、地市具体实施”的布局规划责任体系，地市政府以区县为基本单位编制公共充换电设施布局规划，并纳入国土空间控制性详细规划。

同时，支持高速公路充电站建设和运营，建议由国家交通部门主导，加快制、修订高速公路服务区相关设计标准与建设管理规范，将充换电设施纳入高速公路服务区配套基础设施范围，对高速服务区充电站建设运营给予专项补贴，积极引导社会资本参与高速充换电设施建设。推动住宅小区充电桩“统建统管”，建议落实房地产行政主管部门、街道办事处和居委会主体责任，鼓励由社会运营商开展住宅小区充电桩统一规划设计、统一建设改造、统一运营运维。（李文华）

清洁能源消费比重节节高

中国能源报 2021.3.8

国家统计局日前发布的2020年国民经济和社会发展统计公报显示，2020年我国能源消费结构持续优化，清洁能源消费量占比升至24.3%，较2016年大幅提高5.2个百分点，标志着近年来我国能源消费结构调整取得骄人成绩。

能源消费

2020全年能源消费总量49.8亿吨标准煤，比上年增长2.2%。

煤炭消费量增长0.6%

原油消费量增3.3%

天然气消费量增长7.2%

电力消费量增长3.1%

煤炭消费量占能源消费总量的56.8%，比上年下降0.9个百分点；

天然气、水电、核电、风电等清洁能源消费量占能源消费总量的24.3%，上升1.0个百分点。

能源供给

产品名称	单位	产量	比上年增长%
一次能源生产总量	亿吨标准煤	40.8	2.8
原煤	亿吨	39.0	1.4
原油	万吨	19476.9	1.6
天然气	亿立方米	1925.0	9.8
发电量	亿千瓦小时	77790.6	3.7

电力装机

2020年末全国发电装机容量220058万千瓦，比上年末增长9.5%。

其中，火电装机容量124517万千瓦，增长4.7%；

水电装机容量 37016 万千瓦，增长 3.4%；
核电装机容量 4989 万千瓦，增长 2.4%；
并网风电装机容量 28153 万千瓦，增长 34.6%；
并网太阳能发电装机容量 25343 万千瓦，增长 24.1%。

首个央企“30·60”双碳行动方案出炉—— “十四五”国网经营区输送清洁能源占比升至 50%

中国能源报 2021.3.8

本报讯（记者韩逸飞）报道：3月1日，国家电网公司“碳达峰、碳中和”行动方案（以下简称“行动方案”）正式发布。这是首个央企发布的“30·60”双碳行动方案，基于电网在电力系统碳减排中的核心枢纽作用，备受业内关注。

根据行动方案，国家电网公司将从六大方面入手推动“30·60”双碳目标从蓝图变为行动：推动电网向能源互联网升级，着力打造清洁能源优化配置平台；推动网源协调发展和调度交易机制优化，着力做好清洁能源并网消纳；推动全社会节能提效，着力提高终端消费电气化水平；推动公司节能减排加快实施，着力降低自身碳排放水平；推动能源电力技术创新，着力提升运行安全和效率水平；推动深化国际交流合作，着力集聚能源绿色转型最大合力。

行动方案特别强调，将加快构建坚强智能电网。推进各级电网协调发展，支持新能源优先就地就近并网消纳。在送端，完善西北、东北主网架结构，加快构建川渝特高压交流主网架，支撑跨区直流安全高效运行。在受端，扩展和完善华北、华东特高压交流主网架，加快建设华中特高压骨干网架，构建水火风光资源优化配置平台，提高清洁能源接纳能力。

行动方案透露，“十四五”期间，国家电网公司将推动配套电源加快建设，完善送受端网架，推动建立跨省区输电长效机制，已建通道逐步实现满送，提升输电能力 3527 万千瓦。优化送端配套电源结构，提高输送清洁能源比重。新增跨区输电通道以输送清洁能源为主，“十四五”规划建成 7 回特高压直流，新增输电能力 5600 万千瓦。到 2025 年，公司经营区跨省跨区输电能力达到 3.0 亿千瓦，输送清洁能源占比达到 50%。

近年来，国家电网公司加快电网建设，“十三五”电网投资约 2.4 万亿元，建设坚强智能电网，保障新能源及时并网和消纳。加强输电通道建设，跨省区输电能力达到 2.3 亿千瓦，输送清洁能源电量比例 43%，实现全国范围资源优化配置。加快抽水蓄能电站建设，“十三五”以来累计开工抽水蓄能电站 21 座、装机容量 2853 万千瓦，在运在建规模达到 6236 万千瓦，提升新能源消纳能力。2020 年底，公司经营区清洁能源装机 7.1 亿千瓦，占比 42%。其中风电和太阳能发电装机 4.5 亿千瓦，占比 26%，比 2015 年提高 14 个百分点，利用率达到 97.1%；21 个省区新能源成为第一、第二大电源；风电和太阳能发电发电量 5872 亿千瓦时，减少电煤消耗 2.5 亿吨、减排二氧化碳 4.5 亿吨。

我学者破解高原海岛地区智慧能源保障难题

科技日报 2021.3.17

科技日报讯（凡宁 黄生俊 记者张强）记者3月14日从国防科技大学获悉，该校系统工程学院智慧能源系统工程团队，针对高原海岛地区混合可再生能源系统规划设计中的设备选型定容、多场景服务优化等技术难题，创新设计了一种基于双种群的协同进化算法。应用该算法，能快速优化资源配置、按需精准保障能量供应。相关成果近日在智能计算领域国际顶级期刊《IEEE 进化算法汇刊》上发表。

高原海岛地区相对自然条件恶劣、传统能源供给不便，往往需要利用风能、太阳能等可再生资源实现能源供给，混合可再生能源系统应运而生。但这类系统往往面临可再生能源利用率低，多种能源难以配合使用、特定时间段能量供应无法可靠保障等问题。这类问题的本质是多约束多目标优化问题，寻找最优解面临的大量不可行域。以往解决这类问题通常采用的惩罚函数、 α 约束等算法效果不佳，更主要的，目前缺乏能够平衡可行域和不可行域搜索的统一求解框架。

据论文第一完成人、博士研究生明梦君介绍，他们所提出的基于双种群的协同进化算法可作为求解此类问题的通用框架。它能充分探索可行域和不可行域，自动根据种群分布和进化情况调整搜索状态，协调资源利用率、多资源调度、系统可靠性等多个目标并找到最优解。实验和实践应用结果表明，该算法显著优于当前各类约束多目标优化主流算法，获得了更高的求解质量和计算效率。

相关业内专家表示，“这个算法框架灵活度很高，改变框架内嵌的交叉变异算子，就可以利用已有不同算法，应用于其他问题求解。”

据悉，该算法目前已在解决高原海岛混合可再生能源系统优化配置方面发挥了重要作用，未来也可应用于路径规划、运输配送等各种复杂条件下的寻优问题。

“双碳”目标倒逼新型电力系统建设提速

中国能源报 2021.3.22

截至2020年底，我国风电装机2.81亿千瓦、光伏发电装机2.53亿千瓦，合计达5.34亿千瓦。要实现碳达峰、碳中和目标，到2030年我国风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上，这意味着风电、太阳能发电装机还将至少增加6.66亿千瓦。为此，近日召开的中央财经委员会第九次会议提出，实施可再生能源替代行动，深化电力体制改革，构建以新能源为主体的新型电力系统，这为推动能源电力转型发展指明了方向。

在能源革命和数字革命相融并进，以及碳达峰、碳中和目标的大背景下，能源电力行业正发生前所未有的变化。以安全可靠、清洁经济、智慧开放、可持续发展的能源节约型社会为目标，以高渗透率的可再生能源、高比例的电力电子设备、高速增长直流负荷“三高”

为主要特征的新一代电力系统正在逐步形成。特别值得关注的是，碳中和将加速电力增长零碳化进程，发展清洁和循环经济，更需要坚强大电网和智能配电系统协同发展，相得益彰，逐步向综合能源系统演化。

当前，我国已成为世界级的能源生产和消费大国，形成了煤炭、电力、石油、天然气、新能源、可再生能源全面发展的能源供给体系，能源事业发展取得举世瞩目的成就，但过去粗放式能源发展导致的生态环境问题日趋严重，能源综合利用效率相对偏低。目前，由于大量可再生能源出现，能源开发将向集中生产与分布式生产并重转变，根据资源的自然禀赋和负荷时空特性，新的能源必须连接到系统，或通过远距离输送，或就地到最终用户，可再生能源将逐步成为电网中的主要一次能源来源。优化调整电源结构，保障能源供给安全清洁可持续发展是重中之重。

新型电力系统面临的主要挑战是：高渗透率的分布式可再生能源将对电网安全稳定运行带来冲击，特别是大量分布式能源聚合体对电网运行能力和调度水平带来严峻考验，因此需加快整体电力系统结构改造，为可再生能源消纳提供有力保障；分散能源资源将大量小规模资产连接到配电网，并出现新的电网参与者，如当地能源社区和消费者；可再生能源渗透率与弃电率整体呈现正相关关系，降低弃电率成为挑战，也是未来电力系统改造升级和投资布局的重点。为保障可再生能源高效消纳，需提升对风电和太阳能发电出力的预测精度，为机组组合和调度做好预案，也要加强对发电侧、输电侧、用户侧、储能侧的灵活性改造、建设，提升深度调峰和快速响应能力。

为保证电能供给质量（电压、频率等），风电和太阳能发电在并网发电过程中也需要必要的辅助服务，从而产生消纳成本，导致电价上升。借鉴发达国家电力系统低碳发展的标杆德国的历程，2019年，德国电力系统可再生能源发电占比突破40%，电费比2015年增长约8%。因此，可再生能源的全系统消纳成本将随着渗透率提升而增加，电力市场、价格、体制机制和各种不确定因素将影响电网发展。

提高现有电力系统的利用率，以达到物尽其用、提质增效是重要工作。同时，积极应对极端天气和气候变化，保障可靠供电，也是电力系统面临的一大任务。

未来电网将成为实现各能源网络有机互联的链接枢纽，以及含有源-网-荷-储的多元、非线性、时空变化、网中网的复杂大系统，是能源互联网的基础和核心，应具有先进的人工智能装备、充足的系统灵活性、高标准的系统可靠性。

具体而言，电网将呈现大电网、局域电网和微电网并存的电网格局：广域大电网可有机整合各种可再生能源的时空互补性，并实现资源密集区域的电力向负荷密集区域的大容量远距离输送；局域电网和微电网可就地利用分散资源，将大量小规模资产连接到配电网，并出现新的电网参与者，如当地能源社区和消费者，形成众多的产用储一体化聚合体。

同时，分布式能量自治单元——就地收集、存储和使用能源的微单元，成为被控制的一个简单可调度负荷，可以在数秒内作出响应，以满足电网系统需要。对于用户，微电网可以

成为一个可定制电源，向用户提供差异化（电能质量、电压等级、交直流供电模式、供电可靠性等）服务。通过能源载体的电力转换，终端用户和电网的耦合加强，反之亦然。此外，对现有电网输配电能力的提升挖潜、精益化资产管理将是重要任务。

负荷侧：电能是未来最重要的终端能源，终端电气化是大方向，将带来新负载模式，如电动汽车快速充电，其特点是短时间内高功率充放电会对电网造成冲击。

自下而上采用物联网（如电动车等可控负荷）及身联网（如健身环，心脏起搏器等）和人工智能等新技术，将为负荷的柔性化和优化响应奠定基础。另外，直流已在用户身边，电子设备等直流负荷快速增长，风光储直柔的直流微电网和聚合体将大幅增加，大量并网主体如分布式电源、微电网、电动汽车（V2G）、新型交互式用能设备等多兼具生产者与消费者双重身份。在高比例新能源背景下，“源随荷动”式传统的解决电力系统平衡问题的基本方式将出现“荷随源动”的趋势。

因此，应研究出台由各个利益相关者参与的有吸引力的价格机制，让具有强大响应能力的用户参与调峰。负荷的柔性处理和主动响应将是能源电力改革的新蓝海。

储能：储能技术是支撑可再生能源普及的战略性技术，也是提高电力系统灵活性和可靠性的关键技术。

电力系统的灵活性越高，调节能力越强，则越能满足高比例可再生能源带来的调峰、调频和备用需求，保障电能供给质量。随着技术发展和材料革命，越来越多不同技术路线的规模化储能，如抽水蓄能电站和燃气调峰电站、氢能、碳捕集与利用技术和储能装置，以及蓄电（机械转换、化学转化等）和蓄热（水/冰蓄冷、热化学存储）等将根据不同需求在源网荷侧安装，参与控制，平衡时空变化的源与荷。因此，要加强对发、输、用侧和储能侧的灵活性建设，提升深度调峰和快速响应能力，提高供电可靠性和电能质量。

电力系统运行模式：将逐步演变为以可再生能源发电为主、交直流混合电网、源网荷储协同互动，灵活智能控制运营成为重中之重。

以大电网为“主干网”，以微网、能量自治单元为“局域网”，能够“即插即用”，以开放对等的信息-能源一体化架构，真正实现能源的双向按需传输和动态平衡使用，提供共享能量和信息平台及协作的机会。此外，大电网和微电网二者相互补充，相得益彰，因地制宜成为关键。应从现有系统中唤醒沉睡的资源，实现源网荷储的高效和最大利益化的优化调节利用。

能源和电力物理信息系统：将产生海量多源、离散的大数据，为数字化能源电力奠定基础，实现信息流、能源流、业务流融合。

信息化对智能电网的支撑作用，正逐步由以IT技术为核心转变为以数据数字化为核心。值得注意的是，未来的信息服务模式，将由应用建设向数据分析服务模式转变，实现数字赋能。

大量高新技术集成融合：从技术上向新一代电力系统升级，“大云物移智”等新技术将

逐渐成为标配。

其中，人-机-物高度融合，无人化、芯片传感、数字化等新技术和多功能融合的新设备、材料、新器件将层出不穷，能量的产、输、配、转换和使用均具备一定智能，能源互联网将具备“智慧、能自学习、能进化”的生命体特征。

理想目标：向着综合能源互联体系演进，逐步实现综合能源体系。

以电为核心、网为平台，以因地制宜的多元能源结构为基础，信息能源基础设施一体化的综合能源体系将朝着低碳化、高效化、数字化及可持续发展的清洁循环经济方向发展，形成以“能源结构生态化、产能用能一体化、资源配置高效化”为特征的全新的能源生态体系。

回顾人类三次工业革命，都源于重大科学发现和理论突破。传统的能源竞争，就是哪里有资源，就去抢夺，甚至是战争。但是，以风能、太阳能为代表的新能源，其竞争方式不是资源竞争，而是核心技术竞争。

目前，世界上主要国家和地区均把能源技术视为新一轮科技革命和产业革命的突破口，因此，我们应深刻理解“科技独立自强是发展大局的根本支撑”，开展独立自主的创新，必须深入分析面临的挑战及技术成熟性、可行性、经济性，前瞻未来发展，进而科学理智地制定切实可行的技术路线，群策群力，努力践行。应以清洁、低碳、数字、高效和物联为发展方向，以安全高效、循环可持续为驱动和目标，以研究与创新为支撑、智慧互连共享为核心，孕育新模式、新业态，推动跨界融合，实现产学研用协同。同时，从基础理论、新材料、关键技术、软硬件设备到真正能复制的工程示范，探索颠覆性技术，实现能源技术自主创新，保障可再生能源和新型电力系统理智、健康、有序发展，助力碳达峰、碳中和目标实现。（马钊）

国家能源局：我国可再生能源开发利用规模稳居世界第一

南方日报 2021.3.31

综合新华社电 国家能源局局长章建华 30 日在国新办举行的中国可再生能源发展有关情况发布会上表示，我国可再生能源开发利用规模稳居世界第一，为能源绿色低碳转型提供强大支撑。

截至 2020 年底，我国可再生能源发电装机总规模达到 9.3 亿千瓦，占总装机的比重达到 42.4%，较 2012 年增长 14.6 个百分点。其中：水电 3.7 亿千瓦、风电 2.8 亿千瓦、光伏发电 2.5 亿千瓦、生物质发电 2952 万千瓦，分别连续 16 年、11 年、6 年和 3 年稳居全球首位。

国家能源局新能源和可再生能源司司长李创军表示，在“十三五”基础上，“十四五”期间可再生能源年均装机规模将有大幅度提升，装机规模将进一步扩大，到“十四五”末可再生能源发电装机占我国电力总装机的比例将超过 50%。

可再生能源利用水平持续提升，2020年，我国可再生能源发电量达到2.2万亿千瓦时，占全社会用电量的比重达到29.5%，较2012年增长9.5个百分点，有力支撑我国非化石能源占一次能源消费比重达15.9%，如期实现2020年非化石能源消费占比达到15%的庄严承诺。

李创军表示，到“十四五”末，预计可再生能源在全社会用电量增量中的比重将达到三分之二左右，在一次能源消费增量中的比重将超过50%，可再生能源将从原来能源电力消费的增量补充，变为能源电力消费增量的主体。

章建华表示，我国已形成较为完备的可再生能源技术产业体系。水电领域具备全球最大的百万千瓦水轮机组自主设计制造能力。低风速风电技术位居世界前列，国内风电装机90%以上采用国产风机。光伏发电技术快速迭代，多次刷新电池转换效率世界纪录。

南网“十四五”推动新能源新增装机1亿千瓦

中国能源报 2021.3.22

本报讯（记者李文华）报道：为服务国家碳达峰、碳中和目标实现，3月18日，南方电网公司在广州召开服务碳达峰、碳中和重点举措新闻发布会，对外发布服务碳达峰、碳中和工作方案，从5个方面提出21项措施，将大力推动供给侧能源清洁替代，以“新电气化”为抓手推动能源消费方式变革，全面建设现代化电网，带动产业链、价值链上下游加快构建清洁低碳安全高效的能源体系。

数据显示，全国能源消费排放的二氧化碳占全国总量的88%左右，而电力行业在能源行业中占42.5%左右。碳达峰、碳中和目标能否实现，电力行业是关键领域和主攻方向。

“我们在方案中提出，到2025年，将推动南方五省区新能源新增装机1亿千瓦，达到1.5亿千瓦。到2030年，推动南方五省区新能源再新增装机1亿千瓦，达到2.5亿千瓦；非化石能源装机占比由2020年的56%提升至65%，发电量占比从2020年的53%提升至61%。”南方电网公司董事会部主任、新闻发言人刘巍在发布会上介绍，“十四五”是碳达峰的关键期、窗口期，南方电网公司积极落实可再生能源替代行动，构建以新能源为主体的新型电力系统，全力服务供电区域广东、广西、云南、贵州、海南及港澳地区绿色低碳发展。

“目前，南方五省区新能源装机发展到5000万千瓦的规模，2030年将达到2.5亿千瓦，意味着要增加近4倍。”刘巍表示。

与此同时，记者获悉，南方电网将成立海上风电服务公司，全力服务海上风电发展；推进水电绿色开发和沿海核电安全稳妥发展；加快阳江、梅州等抽水蓄能电站规划建设，推进城市中心调峰保安气电规划建设；加快推进储能技术规模化应用。

在能源需求侧，落实重点行业领域减污降碳行动，全面服务能源消费方式变革。根据方案，南方电网公司将把节约能源资源放在首位，在工业、交通、建筑、农业农村等各个领域

加快推动“新电气化”进程，加快充电设施建设，持续开展节能服务，推广电力需求侧管理，推动能源资源高效配置和利用。

预计到2030年，南方电网公司将助力南方五省区电能占终端能源消费比重由2020年的32%提升至38%以上，支撑南方五省区单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降65%以上。

在电网侧，南方电网公司将进一步提升清洁能源资源优化配置能力。方案提出要推动西电东送可持续发展，积极引入区外清洁电力。2030年前争取新增受入2000万千瓦区外电力，新增区外送电100%为清洁能源。南方电网跨省区送电规模由2020年的5800万千瓦提升至2030年的7800万千瓦左右。

随着碳达峰、碳中和目标推进，新能源将大规模并网，新型用能设备将广泛接入，电力系统将呈现高比例可再生能源、高比例电力电子设备的“双高”特征，对电网安全稳定运行带来挑战。

“我们还在积极推动电网数字化转型和智能化调控，建设南方五省区新能源可观、可测、可控的数字化平台，大力实施清洁调度，加大风光水火储联合优化调度，最大限度消纳清洁能源。”南方电网公司系统运行部相关负责人说。

据介绍，2020年，南方五省区非化石能源装机占比56%，发电量占比53%，居世界前列；全网水能利用率超过99.5%，风电、光伏发电利用率均达99.7%，基本实现全额消纳。西电东送直流综合能量可用率连续10年保持在96%以上，处于世界一流水平。“十三五”期间所有直流输电通道的平均年利用小时数超过设计值，利用效率高于全国平均水平。

可再生能源“十四五”规划正编制

中国环境报 2021.3.22

本报综合报道“国家能源局正在抓紧组织编制可再生能源发展‘十四五’规划，初步考虑制定更加积极的发展目标，促进可再生能源大规模、高比例开发利用。”在近日举办的第六届中国能源发展与创新论坛上，国家能源局新能源司副司长任育之作出上述表示。

任育之透露，可再生能源发展“十四五”规划的初步考虑是制定更加积极的发展目标，促进可再生能源大规模、高比例开发利用；秉持市场理念，推动可再生能源发展由“补贴驱动”向“市场驱动”转变；加强科技创新，巩固提升可再生能源产业核心竞争力；不断拓宽应用场景，培育可再生能源新产业、新模式、新业态。

他进一步表示，制定更加积极的可再生能源发展目标，科学有序推进水电建设，统筹推进西南水风光一体化开发；坚持分布式和集中式并举，大力推进陆上风电、光伏发电开发，积极推进海上风电规模化开发；因地制宜推动生物质发电、生物质天然气特别是生物质能清洁供暖发展；积极推进地热能多元化开发利用。

官方数据显示，截至2020年底，我国可再生能源发电装机达到9.34亿千瓦，占全国电

源总装机容量比例超过40%，利用水平持续提升。根据碳达峰、碳中和目标，2030年中国非化石能源在一次能源占比要提升至25%，风电、光伏发电累计装机要达到12亿千瓦以上。

市场普遍预期，到2030年新能源总装机将不少于16亿千瓦，风电和光伏的暴发式增长已经是确定性事件。截至2020年底，我国风电和光伏累计装机为5.3亿千瓦。尽管增长空间不小，在业内人士看来，未来处于主体地位的新能源，与作为能源互联网中枢平台的电力系统如何协同发展，仍面临很多的问题和挑战。

“要着力提升新能源消纳和存储能力，提高电力系统灵活调节能力；推动电网智能化升级；加快构建以新能源为主体的新型电力系统，促进可再生能源高质量、高水平消纳利用。”任育之表示，“十四五”期间，要充分发挥市场配置资源的决定性作用，更好发挥政府作用，不断提高可再生能源发展市场竞争力。通过市场竞争促进可再生能源技术进步、成本下降、提质增效；加强可再生能源全额保障性收购政策与市场机制的衔接，健全完善电力市场，通过市场机制促进可再生能源持续健康发展。

他还认为，“十四五”期间，智慧能源、多能互补等以智能化为特征的可再生能源新兴业态将加速成长。

百年大变局下的特高压

——过去、现在、未来

中国能源报 2021.3.29

我国特高压在国际上“无标准、无经验、无设备”的情况下，成功实现从“白手起家”到“大国重器”，从“中国创造”到“中国引领”，从“装备中国”到“装备世界”。可以说，建设特高压电网，是我国电力发展史上最艰难、最具创新性、挑战性的重大成就，更是中国乃至世界电力行业发展的重要里程碑。

在碳达峰、碳中和的大背景下，特高压电网已成为中国“西电东送、北电南供、水火互济、风光互补”的能源运输“主动脉”，破解了能源电力发展的深层次矛盾，实现了能源从就地平衡到大范围配置的根本性转变，有力推动了清洁低碳转型。

截至2020年底，中国已建成“14交16直”在建“2交3直”共35个特高压工程，在运在建特高压线路总长度4.8万公里。

“现在特高压干成功了，人们说我是‘特高压之父’，我认为应该是‘特高压之负’，胜负的负。这么多年，我因为坚持搞特高压，弄得自己伤痕累累，这些又能跟谁说呢。”国家电网公司原董事长、全球能源互联网发展合作组织主席刘振亚如此感慨。

未来，以特高压为骨干网架建设全球能源互联网，将推动全球清洁能源基地开发、各洲各国电网互联，促进能源网、交通网、信息网“三网”融合发展，为破解资源紧张、环境污染、气候变化、贫困疾病等全球性挑战，实现人类社会可持续发展开辟新道路、作出新贡

献。

中巴车上“亮招”

2004年底，掌舵国家电网公司两个月的刘振亚和时任国家发改委主要领导，一同参加三峡—广东直流输电工程验收总结会。疾驰的中巴车上，谈及中国缺电的现状，刘振亚深感忧虑，国内电力供应已“严重拖了经济发展的后腿”。

大规模、长距离输煤一直是中国能源资源配置的主要方式，铁路新增运力的70%以上用于煤炭运输。本世纪初我国沿长江每30公里就有一座发电厂，长三角地区每年每平方公里二氧化硫排放量达到45吨，是全国平均水平的20倍。这和中国资源禀赋与负荷逆向分布密不可分。中国76%的煤炭、80%的风能、90%的太阳能分布在西部北部，80%的水能分布在西南部，70%以上的电力消费集中在东中部地区，能源富集地区距离东中部电力需求中心1000到4000公里左右。

对于国家发改委主要领导关于解决方案的疑问，自称“电工班班长”的刘振亚亮出“高招”：建设“电力高速公路”——特高压电网，彻底扭转中国电力发展长期受制于煤炭运力的难题。

特高压是指1000千伏交流和 ± 800 千伏及以上直流输电技术，具有输电距离远、容量大、效率高、损耗低、单位造价低、占地省等诸多优势，能够有效解决能源供应不安全、现有电网不安全、生态环境不安全等问题。

如何从根本上解决化石能源资源有限与需求快速增长、煤电运紧张与能源资源配置能力不足、清洁能源发展与消纳困难等矛盾？

刘振亚这样描述特高压思路的形成：“2000年以前我在山东工作，当时各个地方都是哪里缺电就在哪里建电厂，不重视电网，也很少考虑有没有煤、运力够不够。2000年以后来到北京，从更高层面再看我国能源资源、电力供需，才深刻认识到，就地平衡的电力发展方式，是造成我国煤电运长期紧张，周期性、季节性缺电的根源，要根本解决这一难题，必须发展输电容量更大、输电距离更远、更高电压等级的电网，提高电网‘运力’，有朝一日能在全中国范围配置电力。”

事实上，刚刚掌舵国家电网公司的刘振亚，在主持第一次党组会上就提出要发展特高压。会后，国家电网公司就发展特高压向国家递交了一份材料。中国特高压发展的大幕由此正式拉开。

如果更早追溯，刘振亚的胸有成竹，源于早在他的研究生论文中就涉及了中国需要更高电压等级这一课题。

在刘振亚脑海中酝酿多年的特高压输电这一“高招”，打动了大家，在当天三峡—广东直流输电工程验收总结会上，他们表示特高压输电是“解决能源问题很好的思路和办法”，应在“电力规划中加以研究和考虑”。

2005年春节后，国家电网公司启动了可行性研究。2月16日，国家发改委发文（发改

办能源【2005】282号)提出“启动我国百万伏级交流、正负80万伏级直流特高压输电技术前期研究工作”。3月21日,国务院领导主持会议,刘振亚作了汇报。这次会议纪要(国阅【2005】21号)明确同意发展特高压电网,并将特高压纳入国家重大装备规划。

筹划多年,特高压建设按下了“加速键”。

特高压“论战”

就在发展特高压得到国务院领导认可后不久,一股反对声音也在萌生。

2005年5月,一份题为《关于发展特高压电网存在的问题和建议》的报告,提交到国务院。提出现有的500千伏电网上面再搞一个1000千伏级电网,是否必要,是否安全。

三天后,国务院要求国家发改委组织专家讨论。一场旷日持久的特高压“论战”由此展开。

2005年6月21-23日,国家发改委在北戴河组织召开了特高压输电技术研讨会。会场摆的论证资料厚达半米,“200多人参加,既有电工专家,也有电力设备专家”。

专家们提出的问题主要集中于四个方面:输煤输电比较、特高压经济性、安全性和电磁环境影响。

事实上,与500千伏超高压交流输电相比,1000千伏特高压交流输电距离增加了2-3倍,输电容量提高了4-5倍,输电损耗仅为1/3,走廊宽度仅为1/3,单位造价只需70%。

与±500千伏超高压直流输电相比,±800千伏、±1100千伏特高压直流输电距离分别增加了2-3倍、5-6倍,输电容量分别提高了2-3倍、4-5倍,输电损耗不到1/2、1/4,单位容量走廊宽度仅为65%、55%,单位造价只需65%、40%。

与输煤相比,西部北部大型煤电基地的电力通过特高压输送到东中部负荷中心,到网电价比当地煤电标杆上网电价低0.06-0.13元/千瓦时。

另外,特高压输电工程的电磁环境指标均符合国标要求,噪声明显低于500千伏输电工程。

从2009年我国第一条特高压工程投运到现在,我国已经建成了30个特高压交直流工程,充分验证了特高压的安全性。在特高压电网的有力支撑下,我国电网是目前世界上唯一没有发生大面积停电事故的特大型电网。

会上,大部分人都赞成搞特高压,即便一些人提出了需要改进或注意的问题,但大方向上也都赞成搞。国家电网公司呼吁“开展试验示范工程建设的条件已经具备,建议尽快批准试验示范工程”。

2005年9月下旬,晋东南-南阳-荆门1000千伏交流特高压试验示范工程可行性报告顺利通过国家审批。

北戴河会议后,特高压发展未能一帆风顺,一些机构和人员再次提出不同意见。

2005年10月31日,国家发改委召开第二次论证会,并特意邀请反对特高压的人来参加。

会议邀请了原电力部部长史大桢、原电力部副部长陆延昌等老领导，与会专家写了书面意见材料，并都签上了名字。

两次会议过后，反对意见仍然集中在特高压的安全性、经济性、可靠性等问题，尤其是对交流特高压技术的应用以及由此出现的交流同步电网、大电网安全性等方面，还有不同意见。2006年春节后，一些人再次提出，慎重考虑发展特高压技术。

特高压一度成了敏感话题，开始陷入“专家上书 - 国家电网公司汇报 - 政府论证 - 专家再上书 - 国家电网公司再汇报 - 政府再论证”的“怪圈”。

后来，国家发改委原副主任、国家能源局原局长张国宝在《筌路蓝缕》一书中回忆：“由于有着过多的争议，延缓了特高压的建设。”“不要说刘振亚了，像我们这样的人都感到身心疲惫。其实争论不可怕，但只争论不拍板，这是有问题的。”

2006年11月27日，国家电网公司举办了特高压输电技术国际研讨会。会上，时任国际大电网会议秘书长科瓦尔认为，发展特高压不存在技术可行性问题。对于是否发展特高压技术，当时意见已经比较一致。

但在第一条特高压工程已经安全运行了5年多，后续多条特高压工程相继建成并安全运行的事实面前，仍然有人不断质疑。

为此，2014年3月，全国政协组织了一次专题调研。5月15日，全国政协双周协商座谈会专题研究特高压发展有关重大问题。会上，国家电网公司就为什么要发展特高压技术、为什么要构建“三华”同步电网、为什么特高压电网要交直流协调发展等重大问题进行了全面系统汇报。这次会议对特高压发展有很大的推动作用，但原来反对的人仍然坚持反对。

无论如何，全国政协座谈会、北戴河会议、发改委会议、特高压国际会议，在中国特高压发展史上，都是绕不过的思想论战。

“思想解放”的困境

特高压发展过程中，面对的最大难题首先是思想认识问题。

中国电力行业，几十年来已经习惯了跟着欧美发达国家走，有些人首先思维上就有定式，认为外国人搞不成的中国人也搞不成。

但好像无论特高压发展到什么程度，永远也叫不醒那些装睡的人。于是，在特高压发展不同阶段，总会出现不同声音。早期，有人提出我国不需要特高压，现有电压等级就能满足要求；之后，又提出特高压核心技术中国人解决不了、关键设备造不出来；工程建设阶段，提出电磁环境问题无法解决；工程投运后，提出设备不可靠、电网不安全不经济；多条工程安全稳定运行多年后，又提出不需要特高压交流、只需要特高压直流。争论层层加码。正如原电力部部长史大桢所说：“如果要抱着旧观点不放，谁也不会发展，我就希望有些人能够早一点醒过来就行。”

2006年元旦前两天，特高压输电技术被正式列入《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006 - 2020年）》。但有人仍指出该规划纲要没有说电压等级，没有明确说是特高压。

对此，张国宝回忆：“有人说《纲要》里没有说电压等级是多少，没有指出来特高压。后来我翻了一下，里边是写清楚了，直流是 ± 800 千伏，交流是1000千伏。”“我认为发展特高压还是多数科技工作者的共识。”

为了积极应对，国家电网公司曾多次到国务院汇报工作，写了多份汇报材料，说明电网电压等级、规模与安全性没有必然联系。保证电网安全关键是电网的结构和技术手段的先进性、适用性以及运行管理水平。

为了全面了解特高压发展情况，国家电网公司先后组织专家多次赴日本、俄罗斯等国家实地考察。2005年，刘振亚在日本考察期间，甚至专门中途停车徒步上山，听特高压线路噪声。当年日本建设了特高压输电线路，但一直降压500千伏运行；特高压试验站三台试验用单相变压器，分别由日立、东芝、三菱制造，一直带电试运行。在俄罗斯考察时，看到前苏联时期研发的特高压开关断口多达12个（中国特高压开关断口一般是2个），又笨重又粗糙，这也是受当时的技术和材料所限。

通过考察，国外特高压发展要么是尚处于研究阶段，要么是因为技术或经济的原因，没有商业运行。

“当时看到日本和俄罗斯的特高压都不成功，我压力很大，但为了国家发展，面对再大的风险，也要把特高压搞成功。”多年以后，刘振亚用了“后怕”两个字来形容这段心路历程。

思想解放的过程虽然艰辛，但不解放，就不可能推动特高压创新发展。平息争议最好的办法显然是用事实来证明。正如2015年原电力部部长史大桢所说，国内关于特高压的争论至今没有结束，但是这十几年取得的实际效果证明，即使有不同意见，特高压这条路坚决非走不可。

征服电力“珠穆朗玛峰”特高压在中国属于“白手起家”

2004年以来，国家电网公司先后组织几十家科研机构 and 高校、200多家设备制造企业、500多家建设单位、几十万人参与了特高压基础研究、技术研发、设备研制、系统设计、试验验证、工程建设和调试运行等工作，攻克了310项关键技术，解决了过电压与绝缘配合、电磁环境控制、特高压交直流混合大电网安全控制等世界级难题。

判断电网是否安全，世界各国都是以仿真计算作为评价依据。中国电科院建成了世界最先进的电力系统仿真平台，对包括220千伏到1000千伏电网、2258台发电机、35932条线路、11547个节点的超大型特高压交直流混合电力系统进行了全景仿真计算，模拟了10万多个故障条件和运行方式，充分验证特高压电网的安全可靠性。

2010年，在“三华”电网争议沸点之时，国家能源委专家咨询委员会专门组织专家、院士到中国电科院调研。中国电科院通过仿真模拟计算和多方案比较，认为“三华”同步电网不是优和劣比选，而是电网发展的必然选择。

特高压设备国产化，需要先进的试验条件。目前，中国建成了世界上电压等级最高、技

术最先进、功能最完备的特高压试验研究体系，并依靠自主创新成功研制了世界上电压等级最高、容量最大的单体变压器、直流换流阀、换流变压器，开断能力最强的开关设备等 21 大类、百余项目首台首套特高压关键设备实现国产化。

“不逼上绝路，都不知道创新潜力有多大。”特高压的很多关键设备就是这么逼出来的。晶闸管是特高压直流输电的“CPU”，决定了特高压直流的输电能力。当时，有 5 英寸和 6 英寸两个方案。多数意见认为，“5 英寸晶闸管技术成熟，国内能够生产，而 6 英寸晶闸管国内外均未生产使用过，靠国内自主研发很困难”“当时，我是坚持采用 6 英寸方案，国家电网公司内部有些同志其实也有畏难情绪，担心搞不成。但世界上哪有简简单单，就能实现的国际领先？”刘振亚在回忆这段经历时表示。

现在来看，6 英寸的方案选对了。6 英寸晶闸管，将通流能力从 5 英寸晶闸管的 3000 安培，提高到 6000 安培以上。新疆准东 - 皖南 ± 1100 千伏特高压直流线路长度 3324 公里，输电容量达到 1200 万千瓦。未来， ± 1100 千伏特高压直流输电距离可达 6000 公里、输电容量可达 1500 万千瓦。

正是依靠创新精神，中国制定了全球首个具有完全自主知识产权的特高压技术标准体系，形成了特高压交直流工程从设计到制造、施工、调试、运行、维护的全套技术标准和规范。中国特高压交流电压成为国际标准。

特高压的成功带动了我国电工装备制造产业全面升级，实现了我国特高压全面“走出去”。2014 年和 2015 年，国家电网公司先后中标巴西美丽山水电特高压直流送出一期和二期工程，目前两项工程均已建成并保持安全稳定运行。

2008 年路透社曾发文称，中国计划在 2020 年时建成一个特高压电网，这项计划“出其不意地抢在那些在升级老电网行动迟缓的西方国家的前头”。

俄罗斯联邦电工研究院院长、俄罗斯科学院院士吉哈捷耶夫，在观看中国特高压的成果后两次流泪。虽然特高压在前苏联起步更早，但最终中国攀登上了世界电力技术的高峰，难免失落和遗憾。

雾霾“催化剂”

2011 年，特高压建设真正驶上“快车道”与一场突如其来的雾霾密不可分。

当时，国家发布报告称，东北、华北、西北“三北”地区风电并网装机容量和发电量均占全国 85% 以上，但弃风情况比较严重。2011 年，“三北”地区弃风电量达 123 亿千瓦时，对应电费损失约 66 亿元。

一面是突如其来的雾霾，一面是清洁能源严重浪费。

但在 2011 年前后，新的特高压线路批复依然是个未知数。

正是这段时间，有人提出，只需要发展特高压直流，不需要发展特高压交流，反对建设特高压交流“三华同步电网”。

“交流、直流只是功能作用不同，就像男人和女人，只是性别不同，没有优劣之分。”

刘振亚强调。事实上，无论国内还是国际，交流电网都是主体。特高压直流好比万吨巨轮，特高压交流电网好比深水港，发展万吨巨轮就必须建设深水港。如果只发展特高压直流、不发展交流，形成“强直弱交”结构，很容易因交流故障导致直流系统换相失败，甚至多条直流同时故障，导致发生大面积停电事故。

2013年9月，国务院《大气污染防治行动计划》提出，力争实现京津冀、长三角、珠三角等区域煤炭消费总量负增长，逐步提高接受外输电比例。2014年2月12日国务院研究部署加强雾霾治理的常务会议上明确“实施跨区送电项目”。

4月18日，新一届国家能源委员会首次会议明确提出，发展远距离大容量输电技术，开工建设一批特高压输电通道。5月，国家提出加快推进大气污染防治行动计划12条重点输电通道建设，国家电网公司负责11项输电工程建设，其中特高压工程8项，2017年12月25日全部投运。

2018年新基建首次出现在中央经济工作会议上，特高压或许等来了春天。9月3日，国家能源局准备了一个特高压核准计划：12条特高压工程，合计输电能力5700万千瓦。

可以预见，“一头连着西部清洁能源开发利用、一头连着东中部雾霾治理”的特高压电网必将会越来越得到重视。

非技术因素的“怪圈”

特高压和高铁、5G分别是我国能源、交通、信息通信三大基础产业重大技术创新典范。本世纪初，中国高铁和特高压几乎同时起步，2004年国家出台了“四纵四横”高铁规划，后来又规划了“八纵八横”。5G发展更是如火如荼。

但与高铁和5G相比，特高压电网覆盖全国还有相当大的差距。发展了十几年，特高压电网“强直弱交”这柄“达摩克里斯之剑”一直悬在头上。

刘振亚认为，有些特高压直流工程利用率低，要么是送端电源建设没跟上，没有那么多电可送，要么是受端特高压交流工程建设没跟上，电网消纳能力不足，接受不了那么多电力，最终造成特高压直流输电能力闲置和浪费。如果不发展交流电网，直流送电能力也会受限。

从2009年到现在，华北、华中两大电网依然仅靠着一条特高压交流线路保持着弱联网，就像“大象走钢丝”。无奈之下，国家电网公司当年大规模建设抽水蓄能电站、调相机，提高电网的有功和无功调节能力，也可以视为一种确保安全的“自救”。

特高压发展难，问题到底在哪里？

是技术问题吗？张国宝在书中回忆：“国家电网公司坚持要建特高压交流线路，想把‘三华’（华东、华中、华北）电网联起来，而有人反对三华电网，应该是技术之争的问题掺进了非技术因素。”

是体制问题吗？建国以来，铁道部一直是最稳定的部委之一，而电力是管理机构变革次数最多的行业，经历了燃料工业部、水利电力部、能源部、电力部、电监会、能源局等多次

变革。1996 年底，组建国家电力公司，2002 年撤销后，组建了两家电网公司、五家发电集团以及规划设计、设备制造、工程建设等一批相关电力企业。山头林立，难免会有门户之见。

特高压争论多年，随着技术问题一个个解决，反对意见最后都会归咎到改革上，这是近 20 年中国电力行业独有的一个“怪圈”。更有人认为，国家电网公司借发展特高压加强电网垄断，而发展特高压交流、搞同步电网，就是加强垄断的“罪证”。

事实上，加强电网同步互联是保障大电网安全的有效手段。2012 年 7 月 30 日和 31 日，印度连续发生大面积停电，波及超过 6 亿人。从事故分析，当时印度电网网架以 400 千伏为主，尚未形成全国同步联网，五大区域电网之间联系薄弱，电力供应和事故支援能力严重不足。

事故发生后，印度加强全国联网和电网统一管理，2013 年建成了 765 千伏的全国交流同步电网，电力供应能力显著提升，此后再未发生大面积停电。

与我国“三华”电网相比，印度电网供电范围是“三华”电网的 1.2 倍，供电人口数量和密度分别是 1.7 倍和 1.3 倍。印度早在八年前就实现了全国交流联网，而我国“三华”电网建设仍在反复争议中。

2018 年 9 月，由南方电网公司专家牵头组织了一份《我国未来电网格局研究（2020 年）咨询意见》报告。有业内人士分析称：“报告中说‘特高压交流一般不作为输电工程使用’‘不建议建设特高压交流同步电网’。为何会得出特高压交流既不适合输电也不适合联网的结论？背后的缘由，颇耐人寻味。”

由于体制原因，技术似乎也会有门户之争。来看一组数据：南方电网公司先后建成了 4 条 ± 800 千伏特高压直流线路，有 3 条采用 5 英寸晶闸管，输电容量都是 500 万千瓦。国家电网公司第一条 ± 800 千伏特高压直流输电容量 640 万千瓦、第二条 720 万千瓦、后来又提高到 800 万千瓦、再到 1000 万千瓦。同样是 ± 800 千伏特高压直流，输电能力相差了一倍。

未来，特高压路在何方？新时代又将赋予特高压什么样的历史使命？这些问题值得我们理性思考。

碳中和“风口”是一种巧合，也或是一种注定。

2020 年 9 月 22 日，我国在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布碳达峰、碳中和目标迅速引发全球热议。就在同一天，全球能源互联网发展合作组织举办破解气候环境危机国际论坛，正式发布《破解危机》和《可持续发展之路》两项成果。半年之后的 2021 年 3 月 18 日，合作组织又发布了中国 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和、2030 年中国能源电力发展规划和 2060 年展望等研究成果，提出了中国碳达峰、碳中和路线图。

中国特高压发展的成功，已经为构建全球能源互联网铺平了道路。全球能源互联网是以特高压为骨干网架，在全球范围配置能源、推动实施“两个替代”（能源开发实施清洁替代、能源使用实施电能替代）的平台，是以新能源为主体的新型电力系统，最终形成清洁

主导、电为中心、绿色低碳、经济高效的现代能源体系。

联合国秘书长古特雷斯曾表示，中国特高压技术对可再生能源发展至关重要，全球能源互联网是实现人类可持续发展的核心和全球包容性增长的关键。

诺贝尔物理学奖获得者、美国能源部原部长朱棣文认为，中国挑战美国创新领导地位并快速发展的相关领域就包括特高压交、直流输电。

“如果没有宽带技术，世界能成为‘地球村’吗？”刘振亚曾这样比喻，“可持续发展的核心是清洁发展，实现清洁发展就要大规模开发清洁能源，清洁能源变为电力输送就离不开特高压。如果没有特高压技术，全球能源互联网是想都不敢想，现在这是实实在在可操作的。”

随着时代发展，特高压不仅是新的输电技术，更是新的资源配置平台、新的低碳发展道路。肩负着能源转型和永续供给、清洁低碳和绿色发展、创新驱动和民族复兴、可持续发展和人类命运共同体建设等多重使命。

回顾过去，特高压推动了我国电力革命，实现了能源电力发展方式的重大转变。立足现在，我国特高压电网全面建设，积极推动世界能源电力变革转型。展望未来，以特高压电网为核心，加快构建我国和全球能源互联网，促进“三网”（能源、交通、信息）融合发展，将为实现碳达峰、碳中和目标，推动人类社会可持续发展发挥更大作用。（李文华）

到“十四五”末，我国可再生能源发电装机占比将超过50%

清洁低碳，能源结构这样转型

人民日报 2021.3.31

“近年来，我国可再生能源实现跨越式发展，开发利用规模稳居世界第一。”国家能源局局长章建华30日表示，截至2020年底，我国可再生能源发电装机总规模达到9.3亿千瓦，占总装机的比重达到42.4%，较2012年增长14.6个百分点；2020年，可再生能源发电量达到2.2万亿千瓦时，占全社会用电量的比重达到29.5%，较2012年增长9.5个百分点。

可再生能源包括水能、风能、太阳能、生物质能等，是绿色低碳能源。实现碳达峰、碳中和目标，能源领域将采取哪些更加有力有效的举措？在30日举行的国新办新闻发布会上，国家能源局有关负责人进行了介绍。

到“十四五”末，可再生能源将从能源电力消费的增量补充变为增量主体

数据显示，截至2020年底，我国水电装机3.7亿千瓦、风电装机2.8亿千瓦、光伏发电装机2.5亿千瓦、生物质发电装机2952万千瓦，分别连续16年、11年、6年和3年稳居全球首位。如果拿三峡电站2250万千瓦的总装机容量来比较，9.3亿千瓦的可再生能源发电装机差不多相当于41个三峡电站。

“可再生能源既不排放污染物、也不排放温室气体，减污降碳成效显著。”章建华说，

2020年，我国可再生能源开发利用规模相当于替代煤炭近10亿吨，减少二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物排放量分别约达17.9亿吨、86.4万吨与79.8万吨，为打好大气污染防治攻坚战提供了坚强保障。与此同时，随着技术装备水平大幅提高，可再生能源的发电成本持续下降，近10年来陆上风电和光伏发电项目单位千瓦平均造价分别下降30%和75%左右，产业竞争力快速提高。

确保如期实现碳达峰、碳中和目标，“十四五”可再生能源发展格局将呈现什么样的新特征？“面临新形势、新任务，可再生能源发展的边界条件、发展逻辑以及发展机制都将发生一系列重大变化。”国家能源局新能源和可再生能源司司长李创军概括了4方面特点：

——“大规模”，到“十四五”末，可再生能源发电装机占我国电力总装机的比例将超过50%。

——“高比例”，到“十四五”末，预计可再生能源在全社会用电量增量中的占比将达到2/3左右，在一次能源消费增量中的占比将超过50%，可再生能源将从原来能源电力消费的增量补充，变为能源电力消费的增量主体。

——“市场化”，进一步发挥市场在可再生能源资源配置中的决定性作用，从今年开始风电光伏发展将进入平价阶段，摆脱对财政补贴的依赖，实现市场化和竞争化发展。

——“高质量”，“十四五”将提升新能源消纳和存储能力，既实现可再生能源大规模开发，也实现高水平消纳利用，更加有力地保障电力可靠稳定供应。

大力提升电力系统的灵活调节能力，构建以新能源为主体的新型电力系统

风电、光伏等新能源一定程度上“靠天吃饭”，具有波动性、间歇性等特点，未来大规模高比例接入，如何保障电力稳定供应并且实现高水平消纳利用，是业内比较关注的问题。日前召开的中央财经委员会第九次会议提出，构建以新能源为主体的新型电力系统。

对此，国家能源局电力司司长黄学农介绍，接下来将通过着力构建适应大规模新能源发展的电力产供储销体系、提升电力系统的灵活调节能力、推动源网荷储的互动融合、加大新型电力系统关键技术推广应用、推进电力市场建设和体制机制创新等方面，来确保电力稳定供应。

提升电力系统的灵活调节能力方面，黄学农说，在发电侧，要加强火电灵活性改造，推动抽水蓄能电站、天然气调峰电站的建设；在电网侧，要加大基础设施建设，提升资源优化配置能力，特别要发挥大电网资源互济作用；在用户侧，推进终端电能替代特别是绿色电能替代，提高需求侧响应能力；此外，要加快储能的规模化发展，推动电力系统全面数字化，构建高效智慧的调度运行体系。

“比如一辆电动汽车就可能成为电力系统的一个储能装置，在用电低谷时，电力系统给它充电；在用电高峰时，通过采取经济性措施等让电动汽车给电力系统放电。”黄学农举例。

发挥规划引导和约束作用，多元化发展非化石能源

我国提出，到2030年非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右。“任务确实非常艰巨。”国家能源局发展规划司司长李福龙分析，“十三五”时期，我国非化石能源消费比重从12.1%提高到15.9%，平均每年提高了0.76个百分点。到2030年非化石能源消费比重达到25%左右，意味着今后10年平均每年要提高0.9个百分点，相当于平均每年要增加非化石能源大约7000万吨标准煤。

李福龙介绍，接下来将发挥规划引导和约束作用，多元化发展非化石能源。在确保安全的条件下，积极有序推进沿海核电建设；坚持生态优先，以西南地区、黄河上游等重点流域为重点，开发建设水电站；锚定2030年12亿千瓦以上的目标，大力发展风电和太阳能发电；同时因地制宜推动生物质能、地热能等其他可再生能源的开发利用。

除了大力发展非化石能源之外，章建华表示，还将大力推行绿色用能模式，采取更加严格的能耗标准，支持推动工业、建筑、交通等重点行业和领域非化石能源替代和用能方式改变。推动加快发展新能源汽车、建筑光伏一体化等绿色用能模式，加快取暖、炊事用能等方面电能替代，提升全社会电气化水平。

“下一步，国家能源局将加快实施能源领域碳达峰行动，制定更加积极的新能源发展目标，有力推动可再生能源从能源绿色低碳转型的生力军成长为碳达峰碳中和的主力军，为构建清洁低碳、安全高效的能源体系提供坚强保障。”章建华说。（丁怡婷）

打造“电力动脉”绿色能源“打捆”外送

科技日报 2021.3.30

截至3月23日1时30分，宁夏通过±660千伏银东直流输电工程（宁夏宁东—山东青岛）（以下简称银东工程）累计向山东输送电量突破3000亿千瓦时。该工程自投运以来累计安全稳定运行4638天，是国内送电量突破3000亿千瓦时时最短的常规直流输电系统，也是商业运行效益最好的跨省区直流输电工程。

银东工程由国家电网公司自主研发、设计、建设，是世界上首个±660千伏电压等级直流输电工程，其“电源端”银川东换流站地处毛乌素沙漠边缘，占地约430多亩。自2011年2月28日正式投入商业运行以来，这条长1300多公里的“电力动脉”，打通了我国“西电东送”的北通道，工程能量利用率连续多年位居全国第一。

2016年，另一条直流外送大通道——灵绍±800千伏特高压直流输电工程（以下简称灵绍工程）建成，将宁夏与浙江相连，拉开了宁电入浙大幕。

10年来，两大外送工程送电量年均增长率26.83%，连续5年实现百亿级阶梯式增长，累计外送电量超4200亿千瓦时。西部能源优势转化为经济优势，宁夏电网也成为我国首个新能源发电出力超过地区全网用电负荷的省级电网。

宁电输到华北华东

宁夏煤炭储量居全国第六，同时蕴含着丰富的风能、太阳能等资源，但由于本地消纳能

力有限，长期以来难以将其变成更多的真金白银。

2012年，国家批准宁夏建立首个新能源综合示范区，国网宁夏电力有限公司（以下简称宁夏电力）遂将打造“风光储输”一体化和“源网荷储”一体化示范工程提上日程。

资源高效利用、新兴技术应用、生态环境改善……宁夏先行先试，不断克服解决因风电、光伏大规模入网而凸显的消纳难点，助推能源利用转型提速。

据了解，银东工程途经宁夏、陕西、山西、河北、山东五省区，10年来，该工程发挥高压直流输电“大容量、远距离、高效能”的输送优势和大电网在能源资源方面的有效配置作用，持续将宁夏丰富的火电、水电、光电、风电以直流输电形式“打捆”送到华东地区，助力宁夏电网实现由“普通国道”向智能化“高速公路”跨越，有效解决了宁夏中北部地区新能源弃光弃风问题，也极大地促进了山东经济社会发展。通过银东工程，每年输往青岛的电量平均在290多亿千瓦时，相当于青岛地区现有网供能力的80%。

而2020年，灵绍工程利用小时数达到6229小时，居全国特高压直流工程首位；全年外送电量超498亿千瓦时，居国家电网公司第一。

据测算，宁夏10年来的外送电量，相当于就地转化1.84亿吨标准煤，减排45862万吨二氧化碳、12512万吨碳粉尘、690万吨氮氧化物。

规模提升倒逼智能化发展。统计显示，宁夏电网总装机规模由10年前的1370.28万千瓦提升至如今的5587万千瓦，其中新能源装机规模从85.65万千瓦增加到2574万千瓦，增长至原来的30.05倍，人均装机容量位居全国首位，示范引领效应聚集释放。

创新成果走向世界

绿色清洁能源“打捆”外送华北、华东地区的背后，是电力工作者的接续奋斗、守正创新。

作为世界首条±660千伏直流输电线路，银东工程在运维和检修方面没有先例可循。

在运维工作中发现问题，在反复试验中寻求突破，在创新探索中问鼎高难。2013年，宁夏电力以劳模先进和技术能手为引领，成立了660创新工作室。

“进口设备不会用，那就翻词典，自己学；建设调试人不够，那就三班倒，咬牙扛；建设指标不够好，那就找原因，再改善。”国网宁夏检修公司总经理宋永强说，公司最终成功解决多个难题，多项成果技术达到国际先进水平，为交直流混联电网的安全运行贡献了宁夏智慧。

智能无人化巡检是电网发展的必由之路，创新团队在国内率先提出轨道式智能巡检机器人的技术路线，历时6年，研发了“工”字型、S型、H型系列轨道式巡检机器人，成果技术获该领域90%以上的专利授权。

“目前，我们已成为全国拥有机器人数量最多、种类最全、运维自动化水平最高的厂站之一，站内共有各类机器人11种。研制的轨道机器人系列成果在31个省市推广应用，不但走出宁夏，还走向世界。”银川东换流站副站长赵欣洋说。

2010年，赵欣洋经国家电网公司派遣来到宁夏参与换流站建设、验收、调试的时候，全站只有13个人。如今这支队伍已经壮大到168人，运维的直流输电线路也达到了4条（含2条过境线路）。

一批批电力人才迅速成长起来，成为了电力事业的中坚力量，电力成果的科技含量也在不断提升。

目前，银东工程创新团队共获授权专利112项，其中发明专利39项；获省部级科学技术进步奖5项，中国专利优秀奖1项，全国职工技术创新优秀奖1项，国网公司级青年创新创意奖5项。

再强主网再扩外送

以银东工程为始，10年来，宁夏外送工程送电量连续5年实现百亿级阶梯式增长，宁夏电网也成为全国首个“外送”超过“内售”的省级电网。

“宁夏直流输电事业发展10年来，宁夏电网从小变大，从超高压迈入特高压，形成了世界首个风、光、火一体的直流输电群，成功解决了诸多前所未有的技术难题。”宋永强说。

“十三五”期间，宁夏电力在国内率先开展750千伏等电位带电作业，实现输电通道可视化全覆盖，巡检和消缺效率取得突破性提升；研发应用温度可控的多层结构伴热带和换流变套管专用检修平台，创造了国内单台换流变“小排油方案”检修最短纪录；直流电源快速切换装置在国内外首次实现了直流电源的大容量无缝快速切换；“换流站非电量保护3取2改造”方案，被写入国家电网公司《防止直流单双极闭锁二十一条反事故措施》第一条，在全国换流站推广。

此外，变压器冷却器智能控制装置已在北京、内蒙古等5个省份得到初步推广，当年实现产值1000万元；国内首创大型变压器的备用相快速切换，切换时间由15天缩短至2天，成为特高压变电站的典型设计……

“‘十四五’期间，我们将着眼落实‘四个革命、一个合作’能源安全新战略，积极在国网系统打造‘碳达峰、碳中和’先行区。”宁夏电力总经理助理、安全总监贺波说。

据了解，宁夏的规划是，一强主网，二扩外送。一方面，宁夏电力计划形成750千伏“品”字型骨干网架，实现330/220千伏电网四分区运行，全面提升电网安全保障能力、绿色发展能力、资源配置能力、智慧共享能力。

另一方面，通过着力打造“风光储输”一体化和“源网荷储”一体化示范工程，争取规划新增的第三条电力外送通道尽早立项、尽早开工、尽早建成。新增直流外送通道建成投运后，外送电能力达到1800万千瓦，将进一步巩固新能源高位消纳水平。

“我们将充分发挥宁夏作为国家首个新能源综合示范区和‘西电东送’战略基地在能源资源优化配置中的作用，全面提升综合能力，不断扩大外送规模。”贺波说。

二、热能、储能、动力工程

“新能源 + 储能”大有作为

中国环境报 2021.3.8

今年全国两会期间，全国政协委员、宁德时代新能源科技股份有限公司董事长曾毓群提交两份提案，分别为《关于加快电化学储能新型基础设施建设，支撑国家 30、60 战略目标落实的提案》与《关于加强对锂电池知识产权保护的提案》。

预计到 2030 年，中国风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上，风电、太阳能等可再生能源发展全面提速。然而可再生能源发电随机性、波动性大，规模化并网影响电网稳定运行，“新能源 + 储能”模式将为可再生能源大规模发展和并网提供有力支撑。同时，储能系统作为能源存储转换的关键，可以提高多元能源系统的安全性、灵活性和可调节性，是构建能源互联网的核心。

曾毓群表示，电化学储能大规模商业化应用，离不开储能政策和市场环境的改善。但从实践情况来看，还存在一些问题。首先是缺乏顶层设计，各方规划统筹协调性不足；其次是市场机制不成熟，投资储能经济性差；还有缺乏准入门槛要求，劣币驱逐良币现象频出。

针对上述问题，曾毓群提出了四点建议。一是加强顶层设计，将电化学储能作为国家新型基础设施，纳入国家和地方“十四五”能源发展规划、电力发展规划、可再生能源规划。二是建立市场机制，让储能既要“有效”（有效果有价值），也要有利（有价格有收益）。三是推进新能源“发电 + 储能”，同步制定储能电站性能和安全标准，防止低水平竞争。四是建设储能云平台，用共享经济和平台经济的模式创新储能运营机制，提高储能收益。（王珊）

钠资源储量丰富，可采用浓度更低的电解液，无过放电等问题

钠离子电池：大规模储能领域的“潜力股”

中国能源报 2021.3.1

核心阅读

目前，在钠离子电池基础研究、技术开发和产业化推进速度等方面，中国企业都处在国际领先地位。中国有机会引领钠离子电池技术发展趋势，在全球范围内率先实现钠离子电池产业化。

近日，中国工程院院士陈立泉在 2021 年中国电动汽车百人会云论坛上指出：“如果全世界的车都采用锂离子电池，全世界的电能都用锂离子电池储存，那么，锂离子电池根本不够。所以，我们一定要考虑新的电池，钠离子电池就是首选。”

相比人们熟知的锂离子电池与铅酸电池，钠离子电池具有哪些优势？又何时能够实现大

规模产业化？

差异化优势显著

近年来，在各国政府大力支持下，锂离子电池在新能源汽车行业迅速推广应用。但是，随着全球化学电池市场快速发展，最“火热”的锂离子电池逐渐暴露出劣势，锂资源稀缺以及较高昂的成本导致锂离子电池产业发展遭遇“天花板”。

“如果全世界可开采的锂都用于制造动力电池，最多只能驱动 14.5 亿辆电动汽车。实际上，锂还用于核工业、玻璃陶瓷等行业。因此，锂是不够用的。”中国科学院物理研究所研究员胡勇胜在接受记者采访时表示。

同时，锂资源短缺也造成了锂离子电池成本的上升。“2021 年 2 月 18 日，碳酸锂价格高达 7.5 万元/吨，比去年上涨了 3.3 万元/吨。我们预估后续还会上涨。这也是要发展钠离子电池的重要原因。”胡勇胜指出。

另据了解，钠离子电池的发展不仅能够缓解锂离子电池原材料价格波动，还兼容锂离子电池现有生产设备。“我们能用现有锂离子电池生产设备制造钠离子电池。生产材料和制造电芯的设备都很成熟，只要建立了正负极材料及钠盐（ NaPF_6 ）的产业链，钠离子电池就很容易实现产业化。”胡勇胜进一步补充道。

新能源汽车独立研究者曹广平指出，钠离子电池具有钠资源储量丰富、可采用浓度更低的电解液和无过放电问题等差异化优势。因此，钠离子电池适用于通讯基站、电网储能和低速电动汽车等能发挥其差异化优势的领域。

曾受冷落现获新生

据了解，我国目前电力消费在终端能源消费的比重已达到 21%，随着电动汽车的飞速发展，电力消耗将大幅增加，而且集中在现有城市电网的一定区域中。

另外，极端天气引发的自然灾害也会对电网造成严重影响。例如，近期的极寒天气导致美国多地遭遇大面积停电，得州数百万人陷入黑暗。

“这都体现了发展储能的重要性。而锂离子电池难以同时支撑电动汽车和电网储能两大产业的发展，资源丰富的钠离子电池就成为极佳补充。”胡勇胜指出，“在上世纪 70 年代末期，钠离子电池与锂离子电池几乎同时起步，但因当时想制造高能量密度电池，锂离子电池迎合了需求，所以钠离子电池的研究逐渐淡化。随着可再生能源的发展，大家意识到了发展可再生能源离不开大规模储能，便开始重新投入钠离子电池的研究。实际上，2006 年就有‘发展大规模储能锂资源是否够用、锂离子电池能否顶上去’的担忧。”

据胡勇胜介绍，在 2010 年以后，钠离子电池的研究才获得转机。科技界在钠离子电池电极材料和电解质材料开发、表征分析、储钠机制探索和电芯技术创新等方面不断取得突破，钠离子电池学术论文发表数量迅速增加，专利申请数量逐年递增。

中国仍有主导机会

随着电动汽车、智能电网时代的到来，钠离子电池成为各国竞相发展的储能电池，国内

外均有研究机构和企业试图在钠离子电池产业爆发前抢占其市场制高点。

在新一轮储能电池技术角逐中，中国有没有机会在全世界率先实现钠离子电池商业化？胡勇胜告诉记者：“随着电动汽车的普及，需要大量用电，而现有的城市电网配置难以满足需求，配以大型储能电站给电动汽车充电是一个较好的选择。能量密度不及锂离子电池的钠离子电池可能无法应用于电动汽车。但是，在对电池能量密度要求不高的大规模储能领域，钠离子电池是极有前途的技术。”

在有效弥补锂离子电池之不足的同时，钠离子电池还可逐步替代环境污染严重的铅酸电池，推动国内清洁能源技术应用迈上新台阶，为国内能源安全和社会可持续发展提供保障。

目前，在钠离子电池基础研究、技术开发和产业化推进速度等方面，中国企业都处在国际领先地位。因此，中国有机会获得国际钠离子电池产业化主导权，引领钠离子电池技术发展趋势，在全世界率先实现钠离子电池产业化。

胡勇胜表示，钠离子实现电池产业化是一项浩大工程，需要资金以及各类人才的支持。“希望各级政府能够高度重视钠离子电池的发展，做好顶层设计，并且希望有更多的人参与进来。有政府引导市场，以及资金和政策上的支持，钠离子电池定能在我国开花结果。”（姚美娇）

“热缩冷胀” 开辟燃料电池电极设计新路径

中国科学报 2021.3.15

本报讯（记者温才妃 通讯员周伟）固体氧化物燃料电池是一种转换效率高、排放低、具有零噪声优势的能量转换装置，但它的商业化发展面临一个“拦路虎”：热机械不稳定性——电池在热循环中容易开裂、分层、破损。对此，南京工业大学固态离子与新能源技术团队提出了一种热膨胀补偿策略，实现了燃料电池阴极与其他电池组件之间的完全热机械兼容，从而解决了阻碍固体氧化物燃料电池商业化进程的一大技术难题。相关成果近日发表于《自然》。

固体氧化物燃料电池需要在高温下运行，而燃料电池不同组件之间的热膨胀行为不匹配，会引起较大的内部应变梯度——在不同的位置应力不一样，导致电池退化、分层或破裂。南京工业大学教授周崑介绍，由于具有出色的氧化还原催化活性和高电导率，燃料电池最受欢迎的阴极材料是含钴的钙钛矿氧化物。然而，钴基钙钛矿阴极的问题在于，它们的热膨胀系数非常高，远远大于常用的电解质，导致热机械不兼容。

鉴于此，南京工业大学教授邵宗平和周崑团队设计了热膨胀补偿策略来克服上述技术瓶颈，通过固相烧结将具有高电学活性和热膨胀系数的钴基钙钛矿与负热膨胀材料（ $Y_2W_3O_{12}$ 氧化物）结合，在两者之间引发有益的界面反应，从而形成具有与电解质良好匹配的热膨胀性能的复合电极。

“热膨胀补偿策略是指用负的热膨胀去抵消正的热膨胀。我们日常生活中所见的物体—

一般都是热胀冷缩的，而所谓负热膨胀材料却正好相反，它是‘热缩冷胀’的。”论文第一作者、南京工业大学博士章远解释道。

优化的钙钛矿化学组成和良好的热机械稳定性，使这种复合阴极具有出色的电化学性能。该研究为未来的固体氧化物燃料电池的电极设计开辟了一条崭新路径。

十年磨剑终成锋 深海电源主沉浮

——中科院青岛能源所固态锂电池研发记

中国科学报 2021.3.11

能源是推动全球经济发展的主引擎。作为高效清洁能源技术的代表，锂离子电池已经广泛应用于国民经济的诸多领域，并逐步向长续航无人机、深海、深空、深地、极地等特种领域进军。然而目前液态锂离子电池的能量密度已接近其能量密度上限，且安全性能亟待提升。

固态锂电池兼具高能量密度和高安全特性，是下一代二次动力电池主流技术，现已成为未来二次电池发展的必经之路。

我国急需推进固态电池发展与产业化

近年来，中国工程院院士、锂电池产业主要开拓者陈立泉多次在固态电池会议上呼吁和强调，中国的固态电池从跟跑、并跑再到领跑，要实现弯道超车，就要有自己的核心材料和关键技术。我国固态电池的发展与产业化推进工作时不我待。

2020年11月，国务院办公厅印发《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》，进一步从国家层面肯定了“加快发展固态动力电池技术研发及产业化”的紧迫性和必要性。日本、韩国以及欧美等发达国家已经对固态二次电池技术进行了针对性研发布局等，在硫化物等电解质技术路线和知识产权方面已经进行垄断性布局。

在全球范围内，一场争夺固态电池关键材料与核心技术制高点的暗战已然打响。

面对这一严峻形势，中国科学院青岛生物能源与过程研究所（以下简称中科院青岛能源所）固态能源系统技术中心主任、研究员崔光磊，从2009年团队成立之初，就继承和弘扬老一辈科学家甘坐“冷板凳”和“十年磨一剑”的奋斗精神，静心笃志攻克固态聚合物电池科学难题。面对新一轮科技革命和产业变革的国际大环境，以及国家对高安全、高比能和长寿命锂电池在轨道交通、深海深空深地特种电源等领域能源动力的重大战略需求，秉承“不忘初心、牢记使命”时代号召，充分发挥新时代党员先锋模范作用，超前部署下一代高安全和高比能固态锂电池技术。

只有专注，才能突破。该团队深耕聚合物电解质关键材料十余载，提出并发展大阴离子硼系锂盐，首创“刚柔并济”聚合物复合固态电解质和高离子电导自由基捕捉型粘结剂体系，极大推进和丰富了固态锂电池关键材料体系，提出并发展了原位固态化界面融合等核心关键技术，解决了困扰固态锂电池发展的“关键材料”和“固/固界面”两大瓶颈问题。

基于此，该团队先后研制出单体容量可调且安全性能优异的系列化固态锂离子电池产品，成功攻克全海深长续航动力电源系统核心技术，实现了全海深示范应用，引领推动了深海特种固态电源系统更新换代，打破了国外对这一保障国家安全关键技术的限制和封锁。

破解固态锂电池关键材料基因密码

产业升级，材料先行。

2009 年至今，崔光磊组建了一支 100 余人的固态能源系统技术中心研发团队，这是一支固态锂电池科学问题研究和工程开发并重的高水平科研团队。

针对单一聚合物电解质性能不足、无法满足高性能二次电池的问题，该团队立足科学问题本身，在国际上提出“刚柔并济”聚合物复合固态电解质设计理念，以尺寸热稳定性好的“刚”性骨架材料为支撑，解决传统聚合物电解质尺寸热稳定性差和机械强度弱的瓶颈问题，辅以电化学窗口宽和室温离子传输性能优异的“柔”性聚合物材料和高离子迁移数锂盐，创建高通量离子传输渗流通道，进而构筑多元协同体系，开发出综合性能优异的“刚柔并济”聚合物固态电解质，有效兼顾了机械强度、离子传输等核心要素。

该理念一经提出，便引起国际同行广泛关注，得到了聚合物电解质创始人 Armand 教授以及 2019 年诺贝尔化学奖得主 Goodenough 教授的高度评价。

历经十二载潜心研究和攻坚克难，目前，该团队已经形成了聚合物离子传输材料、高离子迁移数锂盐、功能性粘结剂等特色电解质关键材料体系和规模化制造技术，为全球高性能聚合物电解质发展提供了中国的解决方案。

众所周知，传统聚环氧乙烷固态聚合物电解质室温离子导电率低（需要 60℃ 以上的温度运行），且电化学窗口窄（难以匹配高电压正极材料，导致电池能量密度偏低）。该团队通过分子结构设计和调控，开发出宽电化学窗口（ ≥ 4.6 V）和室温高离子电导率（ $\geq 10 - 4$ S/cm）的新型聚碳酸酯基固态聚合物电解质新体系，为“刚柔并济”聚合物固态电解质提供了理想的“柔性”离子传输材料。

针对传统六氟磷酸锂高温不稳定、离子迁移数低和双三氟甲基磺酰亚胺锂腐蚀集流体等问题，团队开发了一类具有高离子迁移数、对集流体稳定、热稳定性性能优异的聚合物型硼酸酯锂盐，有利于降低浓差极化、抑制锂枝晶和改善电池倍率性能。新型锂盐的制备为“刚柔并济”聚合物固态电解质性能的进一步提升提供了关键材料保证。

同时，为进一步强化固态锂电池正极的离子传输等问题，该研究组又开发了高离子传导、粘附性能强、捕捉自由基型的功能化新型粘结剂，综合性能显著优于商品化粘结剂。

聚合物柔性离子传输材料、高离子迁移数锂盐、高离子电导功能性粘结剂等关键材料体系的突破为高比能固态聚合物锂电池的发展打下了坚实的基础。

突破固态锂电池固/固界面壁垒问题

材料储备先行，技术突破紧随。

聚合物固态锂电池的发展依然存在高电压界面相容性差、固/固多重界面载流子传输困

难、长循环过程中固/固界面接触失效等诸多问题。

针对上述瓶颈，该团队从 2010 年开始布局，提出并发展了原位固态化界面融合技术，进而构筑电极/电解质一体化紧密结构，有效提升了固态聚合物锂电池界面相容性和循环稳定性。经过多年探索开发，2016 年，该团队借鉴固态电解质界面（SEI）思路，将碳酸亚乙烯酯原位固态化构筑了聚碳酸亚乙烯酯一体化固态聚合物锂电池，强化了多尺度界面的离子传输，显著提升了界面相容性和循环稳定性。2017 年，为进一步提升电解质的电化学稳定性，该团队又利用原位固态化技术开发出可用于 5 V 锂电池的实用化电解质体系。

为解决自由基原位固态化中残留液态小分子带来的副反应和潜在安全问题，2020 年，该团队发展了基于低温共熔体原位固态化构建固态聚合物电解质的新方案，构建了离子多尺度界面传输的“高速公路”，同时固态化效率高，从很大程度上抑制了残留液体单体可能发生的副反应对锂电池产生的不利影响。

基于传统自由基原位固态化构建的固态聚合物电解质普遍会引入偶氮二异丁腈等引发剂，其与负极相容性差（尤其是锂金属），会影响电池性能。该团队将锂盐作为固态化前聚体聚合的引发剂，开展了系列深入工作。通过自我开发的大阴离子硼系锂盐（既做主盐又做引发剂），引发低温共熔体聚合制备出具有超分子结构的新型室温固态聚合物电解质，解决了副反应和枝晶抑制问题，同时强化了离子传输，实现了高电压钴酸锂/锂金属电池的室温长寿命稳定运行。

该团队提出的原位固态化界面融合技术顺利打通了固态聚合物锂电池从实验室基础研究到工程化应用之间难以逾越的最后一道屏障，该技术契合现有商品液态锂离子电池生产工艺，为高比能固态聚合物锂电池的规模化制备铺平了道路。因此，该技术一经推出立即得到行业的高度认可，现已成为下一代动力电池主流技术。

实现固态锂电池批量化可控制备

利器添翼，良工谋事。

2011 年起，崔光磊带领团队骨干先后建立了两条固态锂电池中试生产线，目前正在高标准建设一条智能化装备规模生产线。基于上述深厚研究基础、技术积累以及装备加成，该团队先后开发出单体能量密度 200 Wh/kg ~ 300 Wh/kg、单体容量可调且安全性能优异的系列化固态锂离子电池产品，且在多次针刺和挤压等苛刻测试条件下保持良好的安全性能。

此外，在国家重点研发计划新能源汽车项目的支持下，该团队研制出能量密度达 350 Wh/kg、循环性能优异的固态锂离子电池产品，目前正在新能源汽车上进行示范应用；同时相关技术入选了 2020 “全球新能源汽车前沿及创新技术”和中国工程院发布的“全球工程前沿 2020”。

2020 年，该研究组又开发出能量密度达 526 Wh/kg 的固态锂金属电池，且通过了安全性测试，在无人机领域成功实现了示范应用，能量密度极限再一次被刷新，体现了“十年磨一剑”的毅力和决心。

根据中科院文献情报中心对“聚合物固态电池”这一主题的检索和全面分析，2016年1月1日至2020年2月14日，崔光磊以59篇发文量排名全球榜首。在专利方面，对聚合物固态电池领域的专利发明人进行分析，LG集团的AHN KYOUNG HO和LEE CHUL HAENG以36项专利位列第一，崔光磊以35项专利位列第三。因此从文章和专利两个维度衡量，中科院青岛能源所都处于该领域国际并行水平，这必将极大提升我国在聚合物固态电池关键材料和核心技术领域的国际话语权和国际影响力。

截至目前，该研究组在固态锂电池相关成果与技术方面已累计申请PCT专利6项，申请国家专利97项，授权68项，形成了具有完全自主知识产权的固态锂电池关键材料和原位固态化界面融合核心技术的技术包。鉴于在固态聚合物锂电池离子多相界面渗流传输理论、聚合物固态电解质关键材料和深海电源技术等多方面的杰出贡献，以崔光磊为第一申请人的“新能源电池若干问题的应用基础研究”项目获得2018年山东省自然科学奖一等奖，进一步彰显出该团队在固态锂电池领域厚积薄发的潜能。

固态锂电池为全海深电源系统保驾护航

为满足国家重大海洋战略需求，解决国家“卡脖子”问题，该研究组不断升级固态锂电池技术和品质，满足深海特种电池“高耐压”“高安全”“高能量密度”的“三高”苛刻要求，打破国外技术垄断，为国产深海装备提供可靠能源动力。

该团队研制的高比能固态锂电池系统，经深海高压环境模拟实验室压力实验显示，在121 MPa极端压力下完好无损，供电正常。

2017年3月，该团队开发的固态锂电池电源系统随TS03航次科考船远赴马里亚纳海沟，为“万泉”号着陆器控制系统及CCD传感器提供能源，累计完成9次下潜，其中6次超过10000米，最大工作水深10901米，累计坐底工作时间98.5小时，顺利完成万米全深海示范应用，这标志着我国成功突破了全海深电源技术瓶颈，填补了全海深高能量密度深海电源系统技术空白。

2018年8到10月，开发的模块化固态电源系统随TS09航次科考船再次远赴马里亚纳海沟，为“天涯”“海角”“万泉”等全海深着陆器提供能源动力，共计完成27个潜次的作业，15次下潜深度超过万米，最大下潜深度10918米，单次下潜最长作业时间26天10小时43分钟，创世界上单次连续作业纪录，为我国获取首批超万米深度的全海深水文数据及海底复杂地形下实时勘测提供有效能源保障。

2018年12月到2019年6月，研制的高能量固态锂电池系统完成了南海坐底作业，实现长达198天持续无故障运行，为长潜伏“金鸡”着陆器提供了可靠能源保障。

2020年11月，全海深固态锂电池系统为“沧海”号视频着陆器提供充足的能量动力，成功保障了“沧海”与“奋斗者”的万米深海联合作业，视频见证“奋斗者”成功标注了中国载人深潜新坐标。同一时间，高功率固态锂电池系统为“鹿岭”多位点着陆器提供了大功率、长航时的能源动力，成功完成多位点、长距离的全海深复杂工况下浮游作业。

自 2015 年开始至今，中科院青岛能源所固态能源系统技术中心累计为各类深海科考装备用户提供了 68 批次的固态锂电池电源系统。5 年内，研制的全海深电源系统实现零故障应用，表明我国深海装备用全海深电源系统技术已趋于成熟，为我国深海事业发展提供了安全、可靠、零事故运行的特种电源保障，产生了巨大的社会效益，并得到中央电视台报道。

除此之外，“高性能聚合物固态锂电池材料与技术”项目顺利通过了中国石油和化工联合会组织的鉴定委员会的鉴定。专家们一致认为，“该项成果创新性强，在全海深极端条件下，率先实现固态电池能源系统的成功应用。”

瞄准全球和未来 提升固态聚合物二次电池国际话语权

尽管目前固态聚合物锂电池已经展现出蓬勃发展的生机，但仍存在不足。

一是受限于固态聚合物电解质本身较低的室温离子电导率，固态聚合物锂电池的低低温适应性还有待进一步提升；二是由于固态锂电池仍处于小试和中试阶段，制作成本较高。

该团队表示，将紧密结合国家和产业重大战略需求，希望能开发出满足产业需求“三高一低”的固态电池产品。

该团队将牢记科技工作者的使命和初心，自觉肩负起保障国家能源安全的重任，产出一批重大原创性成果，突破一批“卡脖子”的固态二次电池关键核心技术，建立完整固态二次电池产业链闭环，做到核心技术和产业安全不受制于人。并以此助推国家能源强国战略，在未来影响国家安全的深海、深空、深地、单兵作战等特种能源供应和使用场景中起到创新堡垒作用，进而抢占全球固态二次电池发展制高点，进一步提升中国的国际影响力和国际话语权，履行中科院作为国家战略科技力量的职责和使命。（廖洋 张建军）

我国 BIPV 市场蓄势待发

中国能源报 2021.3.8

核心阅读

2020 年，已有超 20 个省市区发布政策支持 BIPV 发展，全年新增装机量约占全球市场七成，部分企业产品产量超欧洲。

光伏建筑一体化（BIPV）市场并未如业内预计的那样，在 2020 年迎来爆发，尽管有超过 20 个省市区相继发布了 BIPV 相关政策支持其发展，如北京市等明确建设 BIPV 绿色建筑享有补贴，山东省等则发布了 3 年规划、5 年规划，但 BIPV 市场空间并未被真正激活，作为光伏行业新兴领域，BIPV 市场静待开启。

■全球逾七成新增装机来自中国

国际能源署旗下 IEA - PVPS 发布的数据显示，目前全球 BIPV 年新增装机规模约在 1 吉瓦左右。其中，欧洲市场占有率较高，年新增装机规模约在 200 - 300 兆瓦之间。来自中国光伏行业协会光电建筑专委会的统计数据显示，2020 年全年，我国主要光电建筑产品生产企业 BIPV 总装机容量约 709 兆瓦，总安装面积为 377.4 万平方米，约占全球 BIPV 市场七

成。

据中国光伏行业协会光电建筑专委会副主任委员何涛介绍，这显示出我国企业在 BIPV 产品生产、销售方面较强的实力，“部分国内企业 BIPV 产品产量已经超过欧洲。”

整体看来，目前全球 BIPV 市场仍处于起步时期，距离规模化发展尚远。

据何涛介绍：“由于存在多种商业模式、应用方式，统计口径难以统一，截至目前，SPE、国际可再生能源署、IEA - PVPS 等机构都没有对光伏建筑装机量进行精确的分项统计。”尽管如此，不同的数据均显示出中国的 BIPV 市场潜力巨大。根据住建部的统计，截至 2019 年底，我国累计光电建筑应用装机规模约 30 吉瓦。上述统计数据也包含了在已建成的建筑屋面上安装光伏组件的装机规模，即光伏组件与建筑结合（BAPV），而这正是我国光电建筑市场的主要增长方式。

“根据测算，当前我国光电建筑应用面积占既有建筑的比例仅约 1%，且多以工商业屋顶应用为主，应用拓展潜力较大。”何涛坦言。

■或成分布式光伏新增长点

早在 2017 年，分布式光伏就已在国内大部分地区取得较为可观的投资收益率，但新增装机规模增长速度却并不稳定。2017—2020 年，国内分布式光伏新增装机容量分别为 19.4 吉瓦、21 吉瓦、12.2 吉瓦和 15.5 吉瓦。

来自天风证券的分析师认为，影响因素主要在于三方面。首先，在光伏电站 25 年的寿命期内，可能因屋顶老化、企业搬迁等因素影响光伏电力持续稳定消纳。其次，分布式光伏电站商业模式较为复杂，涉及屋顶所有者、用电方、投资方、建设安装商、电网公司等多个利益相关方，并且转让难度较大，在一定程度上降低了投资收益率。最后，由于电站持有者可能为运营商而非企业，而运营商一般为中小企业，地面电站投资者则一般为国企央企，且电站投资回收期较长，导致融资难度较大。

在业内看来，作为新兴分布式光伏模式，BIPV 或因较少受到上述因素影响，成为拉动分布式光伏新增市场快速增长的重要方式。据天风证券，选择 BIPV 即代表发电设施和建筑融为一体，屋顶所有权归用电方所有，可降低商业模式的复杂性，有利于转让及减少利益方。同时，随着光伏发电价格的不断下降，以国内工商业屋顶应用测算，BIPV 的经济性最佳。

■“零碳建筑”受期待

北京建工集团建筑技术公司副总经理兼总工程师武艳丽表示，目前我国建筑碳排放占到全社会总碳排放量的 31%，零碳建筑将是未来助力实现“碳中和”的关键路径。

“建筑领域对光伏寄予厚望，希望光伏可以成为实现‘30·60’双碳目标的重要途径。”何涛持有同样的观点。

据何涛介绍，我国每年新建建筑面积约为 20 亿平米，可以实现光伏发电的面积在 1.2 亿平米左右，换算后约可助力光伏新增装机规模增长约 18 吉瓦，可实现年发电量 1800 万千

瓦时，待开发市场巨大。

据了解，国内不少光伏企业已推出了针对 BIPV 市场的产品，晶科能源 BIPV 幕墙、隆基股份首款装配式 BIPV 产品“隆顶”、日托光伏 S 系列柔性组件等，都锁定了 BIPV 应用场景。

有观点认为，随着越来越多的企业进入 BIPV 市场，BIPV 领域相关产业链、项目能够更快、更广泛地落地。（董梓童）

广汽埃安“弹匣电池”破解起火痛点 三元锂电池安全实现重大突破

南方日报 2021.3.11

位于天津的中国汽车技术研究中心试验室内，一根直径达 8mm 的钢针正在刺穿三元锂电池整包，针刺点随后冒出微微白烟，1 分钟后白烟散去，无起火现象。

3 月 10 日，广汽埃安正式发布“弹匣电池系统安全技术”（以下简称“弹匣电池”），并对外公布了这项针刺试验的记录视频。这是业内首次实现三元锂电池整包针刺不起火，标志着又一行业公认难题被攻克。

这项用时 3 年半、投入超 3.5 亿元研发出的最新技术，是基于电芯本征安全提升、整包被动安全强化及主动安全防控的系统级的电池安全技术，让广汽埃安再一次站在了行业的潮头。更为关键的是，这是我国新能源汽车动力电池领域的一次真正创新，也是中国汽车技术创新案例，将有效破解新能源汽车电池安全的全球性痛点，把中国新能源汽车电池技术带入全新发展轨道，推动“十四五”期间新能源汽车产业的高质量发展。

实现动力电池安全重大突破三元锂电池针刺不起火

目前，我国新能源汽车市场接受度逐步提升，销量快速增长，规模不断扩大。据中汽协数据显示，去年我国新能源汽车产销分别完成 136.6 万辆和 136.7 万辆，同比分别增长 7.5% 和 10.9%。

然而，在市场快速增长的同时，新能源汽车依旧面临着一系列痛点，尤其是电池安全，一直是影响客户购车的关键因素。因此，新能源汽车产业链相关企业都在开展电池安全技术的课题攻关。某种程度上，哪家企业能研发出“不起火”电池技术，攻下技术难关，必将在市场竞争中取得先机，引领整个新能源汽车行业发展。

作为国内新能源汽车市场的领跑者，广汽埃安精准把脉消费痛点，以科技创新推出弹匣电池系统安全技术，在三元锂电池安全领域实现了重大突破。

从弹匣电池针刺试验过程来看，是以国家强制性标准中最严苛的方法进行的，如针刺直径 8mm（国标是 3-8mm），电芯电量 SOC100%（国标是 90% 以上）。

中国汽车技术研究中心首席专家、国家电池安全标准起草人之一刘仕强博士介绍，弹匣电池在热事故信号发出 5 分钟后，无起火和爆炸现象，静置 48 小时后，单体电压降至 0V，

温度降至室温，针刺位置上方外壳漆皮受热脱落，外观整体保持完好，打开系统外壳后，内部结构完好。

从试验结果取得远超国标的优异成绩可以看出，搭载弹匣电池技术的三元锂电池拥有更高的安全性表现。意味着中国新能源汽车在动力电池领域向前迈出了关键一步，将推动市场的健康快速发展。

10 次/秒全天候监控四大硬核科技破难题

为什么广汽埃安的弹匣电池能实现针刺不着火？其中又有哪些硬核黑科技？

基于“防止电芯内短路，短路后防止热失控，以及热失控后防止热蔓延”的安全理念，弹匣电池是一个专门提升动力电池安全性的系统性技术，并非纯粹的结构优化与简单的增加隔热，而是从电芯本征安全提升、到被动安全强化、再到软件主动防控的一整套安全技术。其采用了类似弹匣安全舱的设计，有效阻隔热失控电芯的蔓延，当侦测到电芯电压或温度等出现异常时，自动启动电池速冷系统为电池降温。这其中的奥妙就是弹匣电池具备 4 大核心技术：

一是超高耐热稳定的电芯。电芯通过正极材料的纳米级包覆及掺杂技术的应用，能有效提升热稳定性，防止热失控；电解液新型添加剂的应用实现了 SEI 膜的自修复，从而改善电芯寿命，降低电芯短路风险；高安全电解液，通过特殊电解液添加剂，在加热至 120℃ 以上时，在活性材料表面自发聚合形成高阻抗特性聚合物膜，大幅降低热失控反应产热。这些关键技术的应用，使电芯的耐热温度提升了 30%。

二是超强隔热的电池安全舱。通过网状纳米孔隔热材料和耐高温上壳体，弹匣电池构筑了超强隔热的安全舱，最终实现三元锂电芯热失控不蔓延至相邻电芯。同时，电池包上壳体能耐温 1400℃ 以上，从而有效保护电池整包。

三是极速降温的速冷系统。通过全贴合液冷系统、高速散热通道、高精度的导热路径的设计，弹匣电池实现了散热面积提升 40%，散热效率提升 30%，有效防止热蔓延。

四是全时管控的第五代电池管理系统。通过采用车规级最新一代电池管理系统芯片，可实现每秒 10 次全天候数据采集，相比前代系统提升 100 倍，以 24 小时全覆盖的全时巡逻模式，对电池状态进行监测。发现异常时，立即启动电池速冷系统为电池降温。全时巡逻模式和异常自救的应用，重新定义了三元锂电池主动安全的标准。

据了解，弹匣电池虽然增加了大量的安全设计，但同时在冷却系统、电芯设计、整包布置等方面进行全面优化。搭载弹匣电池系统安全技术的电池包，相对于同类普通电池包，体积能量密度提升 9.4%，重量能量密度提升 5.7%，成本却下降了 10%，做到了高安全、长续航、低成本的高度融合。

兑现“先人一步”承诺将实现全系车型搭载

据了解，弹匣电池是由广汽研究院、广汽研究院硅谷中心、世界电芯专家领衔开发，超过 600 人组成的国际研发团队倾力打造。其进行了下至材料级、电芯级，上达整包、整车级

的安全验证，合计超过 1200 多次各类仿真及试验，在各类测试中确保弹匣技术的安全水平。从动力电池过流保护、电池热抑制方法、电池热失控监控及预警等方面进行研究开发，形成了国际领先的专利群，包含 80 多项专利，发明占比超过 70%。为新能源汽车产业健康可持续发展提供了广汽埃安的解决方案。

与此同时，这也离不开广汽在电动化技术方面长期的资源投入和技术积累。早在 2011 年，广汽集团就开始了电动化技术的研究应用，并推出了国内首款中重度混合动力车型。在电动化技术研究方面，广汽的研发已经超过了 10 年，并形成了大量的技术成果和人才储备。

广汽还拥有业内领先的电池试验室、专业测试场和电池 Pack 生产车间，具备独立的电池包自主设计和生产制造能力。同时，埃安系列产品已拥有超 10 万用户，每天产生超 1500 万公里的行驶里程，带来了海量的电池运行数据，为弹匣电池研发提供坚实的数据支撑。

弹匣电池充分凸显了广汽埃安的企业基因——坚持科技创新，为客户带来“先人一步的科技享受”，通过持续创新，整合全球优势资源，推动企业高质量发展。

分析指出，该技术的成功发布，将提升广汽埃安旗下车型的市场竞争优势。据官方消息，弹匣电池将在今年开始陆续搭载到 AION 全系车型上。

发展新能源汽车是我国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路，是应对气候变化、推动绿色发展的战略举措。弹匣电池的成功研发，充分凸显了我国在新能源汽车动力电池领域的技术领先性，将有效推动中国汽车行业的发展。

广汽埃安弹匣电池系统安全技术的发布极具里程碑的意义，标志着电池安全上升到全新的高度，特别是在三元锂电池安全性上取得了历史性的突破，重新定义了三元锂电池的安全标准。（郭小戈）

氢燃料电池叉车市场待挖潜

需解决安全、基础设施不足及成本高等问题

中国能源报 2021.3.15

日前，全国首批 100 台氢燃料电池叉车在天津投产，这是继去年 8 月天津港保税区推出燃料电池叉车补贴政策后的首批投产；3 月初，广东省佛山市南海区人民政府和英飞腾氢能源发展有限公司宣布，将联手推广千台级别的氢能叉车示范应用。

据了解，目前我国氢燃料电池叉车尚处于初步探索阶段，与重卡、公交车相比，其补贴力度、市场规模较小。但业内人士普遍认为，虽然囿于成本高、技术水平不足等因素，但氢燃料电池在叉车上的应用优势显著，其市场潜力有待进一步开发。

■市场发展空间大

东兴证券发布的叉车行业研究报告显示，目前美国、日本、德国等企业均在开发和生产燃料电池叉车，其发展和应用速度远超氢燃料电池汽车。

“氢燃料电池叉车技术来源于美国企业普拉格能源，其推广经验可以借鉴应用到我国叉

车产业发展中。”德途集团氢能事业部总负责人高部安雄表示。

据普拉格 2020 年财报显示，普拉格能源已在全球累计销售超过 3.2 万辆氢燃料电池叉车，主要客户包括美洲和欧洲市场，全球市场占有率高达 95%。在高部看来，普拉格能源在燃料电池叉车领域的成功探索表明，燃料电池叉车发展潜力巨大。

值得注意的是，我国叉车市场规模庞大。根据中国工程机械工业协会工业车辆分会公布的数据显示，我国是全球排名第一的叉车生产大国和销售大国，2019 年，叉车全年总销量突破 60 万辆。随着未来我国物流产业加速发展，对叉车的需求会越来越大。

■特定工况显优势

“因噪音、废气排放等原因，在室内仓储作业的叉车不能使用内燃机，而是大量使用充电电池。”上海引智动力科技有限公司总经理葛栩栩介绍。但同时，目前广泛使用的锂电池叉车在使用中存在多种问题。高部指出：“锂电池叉车充电时间较长，而对充电时替换作业的备用电池的购置则会增加成本；低温环境会影响锂电池性能，因此，冷链仓库等气温普遍较低的场景，对更耐受低温的氢燃料电池来说，是更理想的选择。”

除适应低温外，氢燃料电池能极大满足仓储搬运对效率的需求。“锂电池充电系统繁杂，要满足一个叉车车队的充电需求，需数十台充电机和数十个充电电池，而长达两小时的充电时间将极大影响运输效率。”葛栩栩表示，如果进行氢燃料电池替换，那么效率问题将迎刃而解，加氢仅需几分钟，同时，加氢设施简单，只需一个氢气供应站和一把加氢枪，就能充分保证运行效率。

“相比重卡、公交车，氢燃料电池叉车的氢气使用量较小，一辆叉车加 1 公斤氢气可以运行 10 个小时左右，对于一个叉车车队而言，一天 20 - 30 公斤氢气就够了。”高部称。

张家港氢云新能源研究院院长魏蔚同样表示：“燃料电池可以满足仓储物流中心 24 小时运转所需的效率，加氢快等优势可以维持长时间运行。同时，在目前燃料电池产业成本居高不下、氢能基础设施不足条件下，由于应用场地较为集中，燃料电池叉车这样的物流车适合大力发展。”

■多重瓶颈待破解

由于氢燃料电池叉车在我国尚处于起步阶段，安全、基础设施不足及成本高等问题将制约其市场推广，同时，随着技术更迭，锂电池成本也在快速下降，因此氢燃料电池叉车产业需突破多重瓶颈。

“现阶段，氢燃料电池叉车价格是普通锂电叉车的两倍，高昂的售价带来市场化应用拓展的困难。”高部指出，目前，国家政策补贴向氢能重卡倾斜，并未涉及叉车领域。

在政策支持力度欠缺、市场规模尚未形成的背景下，我国氢燃料电池叉车在研发资金和团队建设方面需要巨大的前期投入。高部进一步表示：“叉车是非道路车辆，与需要适应各种环境、路况的汽车相比，在速度、电池功率方面的技术门槛相对不高，但受限于体积，需在有限的空间部署燃料电池、储氢瓶、控制系统等组成部分，因此叉车在集成方面的技术难

度高于汽车。”

据了解，虽然国内已有相关企业引进北美的整套氢燃料电池叉车技术，但关键零部件及电堆等硬件的采购成本较高。此外，为适应中国市场的迭代速度，专家团队培养和技术研发成本也非常高。高部坦言：“技术是需要持续积累的，因此这样的投入必不可少。”

如何实现降本成为氢燃料电池叉车发展的核心问题。“由于用氢量不大，氢燃料电池叉车市场相较于汽车，其对燃料成本的敏感性没有那么多高，因此应致力于降低购置成本，这需要燃料电池技术进步及规模化发展。”佛山环境与能源研究院院长赵吉诗指出。

此外，在燃料电池叉车加氢环节，虽有企业表示当地政府会根据实际情况，在符合安全距离、隔离墙建设、防爆功能等要求下，允许厂内加氢，但多位业内人士仍指出，燃料电池叉车氢气充装还是需要更为具体、规范的管理规定。（仲蕊）

历史原因加上技术瓶颈，先天优势明显的软包电池在市场上却不占优势，但随着电池企业快速释放产能、车企纷纷推出配套车型——

软包电池崛起势头莫小觑

中国能源报 2021.3.29

“软包电池能量密度高、安全性好、散热性能优，同时在快充、电池系统集成、低温性能等方面也有优势，是新能源乘用车的优先选择。”在近日召开的第二届新能源汽车及动力电池国际交流会上，中国化学与物理电源行业协会秘书长刘彦龙指出，近两年，戴姆勒、通用等多家车企锁定的订单均以软包电池为主，同时，国内软包电池企业产能也处于投建扩充和快速释放期。可以预见的是，需求端和供应端双向发力，将推动我国软包电池市场崛起。

“三高一低”软包电池优势明显

软包电池，直观理解就是软性包装的电池，这种电池与圆柱电池、方形电池最大的区别是前者采用了铝塑复合膜外壳，后者采用金属外壳。在电池正极、负极、隔膜和电解液的关键材料上，三者之间区别并不大。

据了解，1990年索尼公司率先研发出锂离子电池，1994年便开始了软包电池研发，2000年软包电池在汽车上进行示范应用。迄今为止，软包电池已在3C（计算机类、通信类和消费类电子产品）领域占据主导地位，在汽车领域也有超过20年发展历史。

根据EV Sales（美国新能源汽车销量统计网站）的数据显示，2020年欧洲销量排名前20名的电动汽车中，有15款采用软包电池，包括戴姆勒、日产、大众、现代、奥迪、沃尔沃等企业均有软包电池车型。

软包电池在日韩、欧美市场颇受青睐，孚能科技董事长王瑀将其优势归纳为“三高一低”，即高安全、高能量、高灵活和低成本。首先，软包电池是长方形，传热面大，便于散热和热管理，即便在极端情况下，软质铝塑膜包装也只会胀气或起火，不会发生爆炸；其

次，软包采用铝塑膜封装的方式，相同容量前提下节省更多装配组件，量产的软包电池能量密度已达到 285 Wh/kg，且还在进一步提升中；再者，软包电池具有高灵活性特点，形状可变、尺寸可调，重量较同等容量的钢壳电池轻 40%，比铝壳电池轻 20%，可以满足不同主机厂配套差异化需求；最后，相比其他形态，软包电池的理论材料成本最低。

市场规模小 发展存在诸多挑战

尽管各项成绩全优，但软包电池在我国并不占优势且市场份额出现下滑。动力电池应用分会数据显示，2020 年我国新能源汽车动力电池装机量约为 64GWh，其中，方形、圆柱、软包电池装机量分别为 50.88GWh、9.20GWh 和 3.93GWh。2020 年，软包电池市场份额较 2019 年的 8.85% 下降至 6.1%，装机量减少近 1.6GWh。

王瑀认为，软包电池在国内占比较少，原因是受制于产能。“我国软包电池厂家数量确实较少，其生产工艺复杂，难度较高。”

软包既是优势所在，也存在安全隐患。软包电池可塑性强，意味着产品一致性较差，伴随着漏液和胀气问题。“很多车企选硬壳而不是软包电池，重要原因就是尺寸控制不住。”同济大学汽车学院副院长魏学哲进一步指出，软包电池在尺寸控制、电池密封性等方面还需进一步改善。

除主观原因外，客观上软包电池也有生不逢时的遗憾。蜂巢能源董事长杨红新指出，我国动力电池的市场格局是历史造成的。“欧洲比我国先做电动汽车，当时能找到的电池只有 LG、SK 生产的软包电池，后来我国企业比亚迪、宁德时代把方形电池做起来了，因此我国新兴车企多选择方形电池，选择面多、规模大，抗风险能力也强，即使想用软包电池，选择面有限，这是供给决定的。”

在我国以方形电池为主的市场格局下，软包电池的原材料、生产设备供应方较为单一，尤其在核心技术上仍有一层“膜”的距离。明冠新材料股份有限公司董事长闫洪嘉坦言，铝塑膜是锂电池材料领域技术难度最高、产业链中唯一尚未完全国产化的材料，长期被外企“卡脖子”。

企业快速放量 未来将三分天下

尽管目前软包电池在我国装机量并不高，但结合其本身优势、材料加速国产化及技术瓶颈的突破，仍被寄予厚望。“车企对电池类型并无偏好，只要能满足要求即可。”业内人士普遍认为，软包电池将更多搭载于中高端车型上，其市场份额将提升至 1/3，与方形和圆柱电池三分天下。另有研究机构预测，2030 年软包电池在新能源汽车市场的渗透率将达 45%。

据了解，从 2020 年开始，戴姆勒、大众、通用、现代等主流车企纷纷锁定软包电池长单，今年也将是亿纬锂能、孚能科技、多氟多等国内软包动力电池企业投产放量的重要年份，产能释放将给车企提供更多选择。

亿纬锂能董事长刘金成介绍，公司 2020 年软包电池交付在 3GWh 左右，今年将实现 10GWh 产能满产满销，已研发出能量密度超过 300Wh/kg、循环寿命大于 1800 次的产品。

岚图汽车新能源技术总监黄敏也透露，岚图正与合作伙伴在软包电池方面进行深度合作，搭载软包技术的整车将在明年投放市场。

“未来5年，动力电池需求将进入TWh（亿千瓦时）时代，亟需推动我国软包电池技术、供应链及市场发展。”刘彦龙指出，从全球各主流车企电动化时间表来看，接下来的几年将是车企推出电动车型的重要时间节点。目前国内软包电池企业的产能规模仍相对较小，为配合主流车企电动化目标，软包电池企业需做好优质产能规划。同时，行业要高度重视电池安全，通过技术创新、提升供应链国产化水平等措施进一步降低成本。（卢奇秀）

三、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

“十四五”坚决遏制高耗能、高排放项目盲目发展

中国能源报 2021.3.1

本报讯（记者朱妍）报道：生态环境部2月25日召开例行新闻发布会，通报大气污染防治工作最新进展。据大气环境司司长刘炳江介绍，在打赢蓝天保卫战三年行动计划圆满收官，超额完成“十三五”提出的总体目标和量化指标的同时，化石能源消费比例高、体量巨大，仍是造成空气污染的主要原因之一，以及温室气体排放的主要来源。为此，“十四五”期间将以“减污降碳协同增效”为总抓手，把降碳作为源头治理的“牛鼻子”，指导各地统筹大气污染防治与温室气体减排。

刘炳江表示，我国以高碳的化石能源为主，化石能源占比85%。能源活动相关二氧化碳排放与大气污染物排放具有同根、同源、同过程的特点，减污降碳在推动结构性节能、遏制高耗能、高排放即“两高”行业的扩张、助推非化石能源的发展等方面同频共振。

“在能源领域，通过热电联产替代，电、天然气替代等措施，2013年全国62万台燃煤锅炉，现在仅剩不到10万台，重点地区完成2500万户的散煤替代。2018年-2020年，京津冀及周边地区、汾渭平原90多万辆国三及以下的重型运营卡车提前淘汰；新能源汽车大幅增长，电动公交车2015年占比20%，现在达到60%。”刘炳江举例，初步测算显示，上述结构调整的硬措施，减少煤炭消费量5亿多吨，减排二氧化硫1100多万吨、氮氧化物500多万吨，协同减少二氧化碳排放10亿吨以上。

以此为基础，生态环境部正在牵头制定2030年前二氧化碳排放达峰行动方案，“十四五”各个规划均将突出源头控制、系统控制。刘炳江表示，碳达峰不是攀高峰。“十四五”期间乃至很长一个阶段，如果不遏制化石能源增长，尤其是煤炭的增长，对碳达峰、对空气质量改善都将产生巨大压力。对此，要严格控制增量，坚决遏制高耗能、高排放项目盲目发展，严格落实产能置换要求。同时加强存量治理，坚持“增气减煤”同步，以此替代煤炭；推动电代煤，今后新增电力主要是清洁能源发电；持续优化交通运输结构，提升轨道化，电动化和清洁化的水平。

另据通报，“十三五”约束性指标均全面超额完成，全国PM_{2.5}、PM₁₀等6项主要污染

物平均浓度同比均明显下降。其中，能源结构调整优化的贡献巨大。煤炭占一次能源消费比重持续降低，2017-2020年，全国煤炭消费比重由60.4%降至57%左右。淘汰治理无望的小型燃煤锅炉约10万台，重点区域35蒸吨/小时以下燃煤锅炉基本清零。中央财政支持北方地区清洁取暖试点实现“2+26”城市和汾渭平原全覆盖，累计完成散煤替代2500万户左右。

刘炳江表示，“十四五”规划建议提出基本消除重污染天气，目前来看压力较大。分析显示，重污染天气主要频发地区是京津冀、汾渭、东北和西北。不同地区重污染的成因不尽相同，京津冀和汾渭平原主要是燃煤多、工业集聚、车也多，三大结构问题突出；东北地区重点是烧秸秆，与不利气象条件重叠，散煤治理也在路上；西北则是部分城市产业布局不合理。

下一步，生态环境部将科学制定“十四五”各地的重污染天数下降指标，严格考核。根据各地形成重污染的成因下达不同目标，减少人为因素造成的重污染天气。标本兼治，强化治本措施，“十三五”行之有效的措施将继续实施；科学开展重污染天气应急管理，积极治标。“重污染应急已经形成一套固定打法。重点地区27.5万家涉气企业，均坚持行业绩效分级，分类施策，每个企业都明确了重污染应急时需要采取的差异化应急减排措施。我们预测到即将发生重污染天气以后，地方政府向社会发布预警，减排措施落实到位。”刘炳江表示。

国家电网发布“碳达峰、碳中和”行动方案

科技日报 2021.3.15

科技日报讯（记者瞿剑）国家电网有限公司（以下简称国网）近日在京发布其“碳达峰、碳中和”行动方案，承诺“十四五”期间，新增跨区输电通道以输送清洁能源为主，保障清洁能源及时同步并网；建成7回特高压直流，新增输电能力5600万千瓦；到2025年，其经营区跨省跨区输电能力达到3.0亿千瓦，输送清洁能源占比达到50%。

国网方面表示，实现“碳中和”的核心是控制碳排放。能源燃烧是我国主要的二氧化碳碳排放源，占全部二氧化碳排放的88%左右，电力行业排放约占能源行业排放的41%，减排任务很重。我国95%左右的非化石能源主要通过转化为电能加以利用。电网连接电力生产和消费，是重要的网络平台，是能源转型的中心环节，是电力系统碳减排的核心枢纽。

为此，国网提出其“碳达峰、碳中和”行动方案，内容主要包括：加快构建坚强智能电网，支持新能源优先就地就近并网消纳。在送端，完善西北、东北主网架结构，加快构建川渝特高压交流主网架，支撑跨区直流安全高效运行。在受端，扩展和完善华北、华东特高压交流主网架，加快建设华中特高压骨干网架，构建水火风光资源优化配置平台，提高清洁能源接纳能力。

加大跨区输送清洁能源力度。将持续提升已建输电通道利用效率作为电网发展主要内容

和重点任务。“十四五”期间，推动配套电源加快建设，完善送受端网架，推动建立跨省区输电长效机制，已建通道逐步实现满送，提升输电能力 3527 万千瓦。优化送端配套电源结构，提高输送清洁能源比重。

保障清洁能源及时同步并网。开辟风电、太阳能发电等新能源配套电网工程建设“绿色通道”，确保电网电源同步投产。加快水电、核电并网和送出工程建设，支持四川等地区水电开发，超前研究西藏水电开发外送方案。

此外，还要支持分布式电源和微电网发展；加快电网向能源互联网升级，到 2025 年，初步建成国际领先的能源互联网。

修正《固废法》关于生活垃圾管理的相关条款

中国环境报 2021.3.9

“由于《关于进一步推进生活垃圾分类工作的若干意见》的出台晚于《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（以下简称《固废法》），因此其实质性内容并未在《固废法》中得到体现。”在今年全国两会上，全国政协委员万捷依然一如既往地关注垃圾分类问题。

万捷表示，2020 年 4 月，《固废法》完成第二次修订；2020 年 11 月，《关于进一步推进生活垃圾分类工作的若干意见》经中央全面深化改革委员会第十五次会议审议通过，对生活垃圾分类提出了更为全面和更为细化的要求。

一些城市的垃圾分类组织领导不到位，管理方式较为粗放

他建议，全国人大常委会应将《关于进一步推进生活垃圾分类工作的若干意见》中的一些关键措施和长效机制，通过修正《固废法》关于生活垃圾管理的相关条款，以法律的形式固定下来。垃圾分类不仅是基本的民生问题，也是生态文明建设的题中应有之义，是践行“绿水青山就是金山银山”理念的重要组成部分。

根据住房和城乡建设部会同有关部门的部署安排，2020 年我国先行先试的 46 个重点城市基本建成生活垃圾分类处理系统，其他地级城市实现公共机构生活垃圾分类全覆盖。

万捷认为，目前我国生活垃圾分类工作总体上还处于起步阶段，仍有一些城市的垃圾分类组织领导不到位，未能明确各部门职责范围；管理方式较为粗放，尚未建立小区层面的实效评估体系；动员居民主动分类存在难度，过于依赖二次分拣；对厨余垃圾分类纯度要求不足，导致无法资源化等问题依然存在。

“《关于进一步推进生活垃圾分类工作的若干意见》正是在回顾既往实践经验的基础上，对在全国范围内进一步推进生活垃圾分类提出了指导性要求，和更有针对性、可操作性的解决机制。”他认为，生活垃圾分类制度的完善，是进一步全面推进生活垃圾分类，回应现实挑战的重要途径。《固废法》已在我国固体废物污染防治方面发挥着重要作用，但也亟待完善有关生活垃圾分类治理的具体法律规定和条款。

相关条款如何修正？还有哪些方面需要进一步完善？

经过调查研究，万捷提出了四方面建议。

建议一：明确主体责任。将《固废法》第43条第1款修改为：设区的市级地方人民政府担负起生活垃圾分类工作的主体责任，建立本行政区域范围内市、区、街道、社区四级联动机制，明确各有关部门责任，加强生活垃圾分类管理能力建设。

建议二：加强科学管理，明确源头分类目标方向。构建设区的市级地方人民政府应当推动建立生活垃圾分类管理责任人制度和生活垃圾定时定点分类投放制度；建立生活垃圾分类管理责任人台账制度，生活垃圾分类管理责任人应当建立生活垃圾管理台账，记录责任范围内实际产生的生活垃圾的种类、数量和去向等信息；推进厨余垃圾资源化利用，确保已分类的厨余垃圾进入厨余垃圾处理设施得到资源化利用。

建议三：推动习惯养成，建立垃圾分类基层共治机制。地方各级人民政府应建立健全以居民区、村党组织为领导核心，居民委员会或者村民委员会、业主委员会、物业服务企业、业主等共同参与的工作机制；鼓励志愿者和社会组织参与垃圾管理工作，通过购买服务等方式，支持社会组织、志愿者组织等开展垃圾分类宣传、示范、监督活动。

建议四：形成长效机制。建立“不分类、不收运”制度，建议明确生活垃圾收集、运输单位应当防止生活垃圾“先分后混、混装混运”，拒不改正的，收集、运输单位可以拒绝接收；建立生活垃圾计量收费、分类计价制度，《固废法》第58条第2款建议改为：县级以上地方人民政府应当根据当地实际，制定分类计价、计量收费的生活垃圾处理收费标准；建立垃圾分类目标责任制考评机制，建议明确县级以上地方人民政府应当建立以提升生活垃圾回收利用率为核心的生活垃圾管理目标责任制，健全生活垃圾分类工作成效评估机制，采取社会监督等方式开展相关评估。（王珊）

习近平主持召开中央财经委员会第九次会议强调

把碳达峰碳中和纳入生态文明建设整体布局

羊城晚报 2021.3.16

据新华社电 中共中央总书记、国家主席、中央军委主席、中央财经委员会主任习近平3月15日下午主持召开中央财经委员会第九次会议，研究促进平台经济健康发展问题和实现碳达峰、碳中和的基本思路和主要举措。习近平在会上发表重要讲话强调，我国平台经济发展正处在关键时期，要着眼长远、兼顾当前，补齐短板、强化弱项，营造创新环境，解决突出矛盾和问题，推动平台经济规范健康持续发展；实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，拿出抓铁有痕的劲头，如期实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标。

中共中央政治局常委、国务院总理、中央财经委员会副主任李克强，中共中央政治局常委、中央书记处书记、中央财经委员会委员王沪宁，中共中央政治局常委、国务院副总理、中央财经委员会委员韩正出席会议。

会议听取了国家发展改革委、中国人民银行、国家市场监督管理总局关于促进平台经济健康发展的汇报，听取了国家发展改革委、生态环境部、自然资源部关于实现碳达峰、碳中和的总体思路和主要举措的汇报。

会议指出，近年来我国平台经济快速发展，在经济社会发展全局中的地位和作用日益突显。平台经济有利于提高全社会资源配置效率，推动技术和产业变革朝着信息化、数字化、智能化方向加速演进，有助于贯通国民经济循环各环节，也有利于提高国家治理的智能化、全域化、个性化、精细化水平。我国平台经济发展的总体态势是好的、作用是积极的，同时也存在一些突出问题，一些平台企业发展不规范、存在风险，平台经济发展不充分、存在短板，监管体制不适应的问题也较为突出。

会议强调，要坚持正确政治方向，从构筑国家竞争新优势的战略高度出发，坚持发展和规范并重，把握平台经济发展规律，建立健全平台经济治理体系，明确规则，划清底线，加强监管，规范秩序，更好统筹发展和安全、国内和国际，促进公平竞争，反对垄断，防止资本无序扩张。要加强规范和监管，维护公众利益和社会稳定，形成治理合力。要加强开放合作，构建有活力、有创新力的制度环境，强化国际技术交流和研发合作。要坚持“两个毫不动摇”，促进平台经济领域民营企业健康发展。

会议指出，要健全完善规则制度，加快健全平台经济法律法规，及时弥补规则空白和漏洞，加强数据产权制度建设，强化平台企业数据安全责任。要提升监管能力和水平，优化监管框架，实现事前事中事后全链条监管，充实反垄断监管力量，增强监管权威性，金融活动要全部纳入金融监管。要推动平台经济为高质量发展和高品质生活服务，加速用工业互联网平台改造提升传统产业、发展先进制造业，支持消费领域平台企业挖掘市场潜力，增加优质产品和服务供给。要加强平台各市场主体权益保护，督促平台企业承担商品质量、食品安全保障等责任，维护好用户数据权益及隐私权，明确平台企业劳动保护责任。要加强关键核心技术攻关，支持和引导平台企业加大研发投入，加强基础研究，夯实底层技术根基，扶持中小科技企业创新。要加强网络基础设施建设。

会议强调，我国力争2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和，是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策，事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体。要坚定不移贯彻新发展理念，坚持系统观念，处理好发展和减排、整体和局部、短期和中长期的关系，以经济社会发展全面绿色转型为引领，以能源绿色低碳发展为核心，加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路。要坚持全国统筹，强化顶层设计，发挥制度优势，压实各方责任，根据各地实际分类施策。要把节约能源资源放在首位，实行全面节约战略，倡导简约适度、绿色低碳生活方式。要坚持政府和市场两手发力，强化科技和制度创新，深化能源和相关领域改革，形成有效的激励约束机制。要加强国际交流合作，有效统筹国内国际能源资源。要加强风险识别和管控，处理好减污降碳和能源安全、产业链供应链安全、粮食安全、群众正常生活的关系。

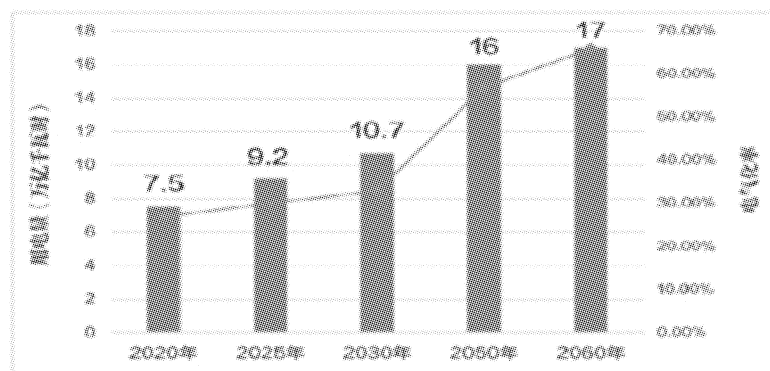
会议指出，“十四五”是碳达峰的关键期、窗口期，要重点做好以下几项工作。要构建清洁低碳安全高效的能源体系，控制化石能源总量，着力提高利用效能，实施可再生能源替代行动，深化电力体制改革，构建以新能源为主体的新型电力系统。要实施重点行业领域减污降碳行动，工业领域要推进绿色制造，建筑领域要提升节能标准，交通领域要加快形成绿色低碳运输方式。要推动绿色低碳技术实现重大突破，抓紧部署低碳前沿技术研究，加快推广应用减污降碳技术，建立完善绿色低碳技术评估、交易体系和科技创新服务平台。要完善绿色低碳政策和市场体系，完善能源“双控”制度，完善有利于绿色低碳发展的财税、价格、金融、土地、政府采购等政策，加快推进碳排放权交易，积极发展绿色金融。要倡导绿色低碳生活，反对奢侈浪费，鼓励绿色出行，营造绿色低碳生活新时尚。要提升生态碳汇能力，强化国土空间规划和用途管控，有效发挥森林、草原、湿地、海洋、土壤、冻土的固碳作用，提升生态系统碳汇增量。要加强应对气候变化国际合作，推进国际规则标准制定，建设绿色丝绸之路。

“两个替代” 和中国能源互联网将对我国碳中和贡献度超 80%

——访全球能源互联网发展合作组织经济技术研究院院长周原冰

中国能源报 2021.3.22

2020-2060 年用电量和电气化率



碳中和实现路径主要宏观发展指标

	2019年	2030年	2050年	2060年
人口 (亿人)	14.00	14.64	14.02	13.33
GDP (万亿元)	99	169	338	435
三产结构	7:39:54	6:37:57	4:33:63	4:30:66
城镇化率	61%	67%	80%	83%
一次能源消费总量 (亿吨标准煤)	48.6	60	60	59
全社会用电量 (万亿千瓦时)	7.25	10.7	16	17

数据来源:《中国 2060 年前碳中和研究报告》

3月18日，中国碳达峰、碳中和成果发布暨研讨会发布了中国2030年前碳达峰、2060年前碳中和、2030年能源电力发展规划及2060年展望等研究成果。记者结合报告引发能源业界学界广泛关注的创新观点、技术热点、实施难点等方面问题，专访了全球能源互联网发展合作组织经济技术研究院院长周原冰。

中国能源报：报告提出，2028年前后，我国能够以109亿吨左右（不含碳汇为115亿吨左右）的较低水平实现碳达峰，在可行性、经济性和战略性上是如何考虑的？另外，您如何评价我国实现碳中和的减排阶段划分、快慢节奏和综合成本？

周原冰：碳排放峰值要考虑经济社会发展需要，不能过低，但也不能过高。如果碳排放峰值过高、达峰时间滞后将增加后期减排压力和成本。碳达峰是碳中和的前提和基础，低成本实现碳中和目标，就要求以较合理的峰值尽早达峰。

欧美国家碳达峰至碳中和历经60年，而我国从碳达峰到碳中和仅有30年，面临着比发达国家时间更紧、幅度更大的减排要求。

从正常的投资回收周期来分析，“十四五”“十五五”新建的高碳项目，增加的碳排放将延续到2050年后，给2060碳中和目标带来巨大压力。研究表明，如果煤电装机峰值增加2亿千瓦，将导致碳排放峰值增加7亿吨，新增减排成本约3.7万亿元；如果碳达峰推迟2~4年，将额外增加减排成本5~8万亿元。

综合分析我国经济社会、能源电力、技术产业发展，通过加快构建中国能源互联网，实施“两个替代”，能够使煤炭消费得到有效控制，2028年分别降至27亿、25亿吨标煤；石油、天然气消费增速放缓，并分别于2030年、2035年左右达到峰值7.4亿吨油、5000亿立方米。

统筹考虑我国国情、国际减排责任以及全社会减排成本，报告研究提出2030年前尽早达峰、2030—2050年快速减排、2050—2060年全面中和，分三个阶段实现“双碳”目标的综合路径。其中，2028年实现达峰，峰值控制在109亿吨左右是技术上可行、治理上占主动、经济上可承受的方案。

在尽早达峰阶段，关键要控制化石能源总量，提高清洁能源发展速度，如果每年风、光新能源发电装机增长1.2亿千瓦以上，则可实现以较低的峰值达峰，并为碳中和争取时间。

在快速减排阶段，要先经过达峰后稳中有降的过程，进入加速减排轨道。其主要驱动力就是以更加先进成熟的新能源发电、储能、特高压、电制氢和合成燃料等技术为支撑的中国能源互联网。

在全面中和阶段，依托深度脱碳、碳捕集与封存技术和碳汇资源中和剩余少量的化石能源碳排放，有望2055年左右实现全社会碳中和。

另外，基于中国能源互联网的减排方案，全社会减排成本相对较低。这一方案全社会边际减排成本约260元/吨二氧化碳，低于全球1.5℃情景边际减排成本，位于全球2℃情景边际减排成本的中间水平。

中国能源报：“两个替代 + 中国能源互联网”对我国碳中和的贡献度将在 80% 以上，这是报告的鲜明观点。电力行业在 2050 年前实现净零排放，特高压电网对电力行业 and 全社会净零排放的作用和贡献如何？

周原冰：电力服务于工业、交通、商业及居民等各行各业，电力系统在能源活动及全社会实现碳中和的过程中发挥关键作用。建设中国能源互联网，大力推进电能替代，能够减少化石能源消费，促进全社会快速减排。研究表明，电力有条件成为减排力度最大、脱碳速度最快的领域，2050 年前能够实现电力生产近零排放，之后为实现全社会碳中和提供负排放。

中国能源互联网、实施“两个替代”对我国实现碳中和目标，累积减排贡献超过 80%。其中“清洁替代”和“电能替代”起主导作用，能源互联网将为“两个替代”提供有力保障和支撑。

预计到 2050 年前中国能源互联网建成，我国将运行 61 回特高压直流工程和 36 回跨国直流工程，输电容量达到 6.7 亿千瓦，通过将西部北部以及周边国家优质清洁能源，输送配置到中东部负荷中心，促进减排难度大、成本高的地区实现减排，实现在全国范围内配置 22 亿吨碳减排量。

中国能源报：报告提出，基于中国能源互联网的碳中和实现路径，代表了以新能源为主体、少量化石能源 + CCS（碳捕集与封存）和必要碳汇的综合路径。这一路径背后的技术、经济和战略研判是什么？对 CCS 技术的角色定位是如何考虑的？

周原冰：能源系统减排对实现碳中和起着决定性作用，电力在其中扮演关键角色，中国能源互联网是促进碳减排和碳中和的重要基础平台。

未来电力系统将以新能源为主体，不能保留过多的化石能源。若通过化石能源电源大规模配置 CCS 的方式实现电力系统净零排放，将会大幅增加用电成本。我们专门做过经济性测算，保留大量煤电、气电的方案，相比保留少量煤电、气电的方案，运行年费用高 9000 亿元。

CCS 主要用在难以脱碳的领域，例如水泥、钢铁、煤化工、火电等，并且要与碳捕集后的利用相结合，总体上 CCS 是补充性手段。

碳汇是实现全社会碳中和的必要手段，在 2050 年电力系统率先实现近零排放后，针对少量无法完全实现电能替代的产业，通过自然碳汇、碳移除等措施，促进实现 2060 年前碳中和目标。

中国能源报：报告提出实现“双碳”目标我国每年清洁能源装机要超过 1 亿千瓦以上，到 2050 年全国总装机达到 75 亿千瓦、全社会用电量达到 16 万亿度，这都是非常高的水平，是否确有必要、是否有可行性？

周原冰：实现“双碳”目标最根本的措施，就是实现能源生产清洁化和能源消费电气化。

能源消费环节加快电能替代、提升电气化率十分必要。从中长期来看，中国经济仍将保

持长期稳定增长，终端能源需求仍有增长空间。电能具有清洁、高效、安全、便捷等优势，是利用效率最高、经济效率最高的终端能源品种。随着工业、交通、建筑等领域电能替代推进，电能在全社会终端能源消费占比将从目前的 27% 提升至 66%，这将带动电力需求快速增长，达到 14 - 15 万亿千瓦时。

同时，为满足工业、建筑和交通领域深度脱碳要求，需要发展电制氢、甲烷和甲醇等电制燃料和原材料产业，这部分需求，预计用电量在 2.6 万亿千瓦时左右，2060 年全社会用电量总量 17 万亿千瓦时。

构建以新能源为主体的新型电力系统，需要更大的装机规模来满足可靠供应要求。以清洁绿色方式满足电力需求，需要科学、合理的电源规划。

一方面，由于风电、太阳能发电利用小时数低，需要更多装机才能满足电量需求；另一方面，风电光伏的置信容量低，季节性电量不平衡，为保证系统充裕度和安全性，新能源应承担部分系统的备用和辅助服务责任。这些因素都将促使清洁能源装机快速增长。

考虑资源、技术、经济、产能等因素，我国能源生产环节大规模开发清洁能源具备可行性。

资源方面，我国清洁能源资源丰富，目前水能、陆上风能、太阳能开发率仅为 50%、4%、0.2%，风电、太阳能年发电量分别可达到 14 万亿、193 万亿千瓦时，完全能够满足我国未来能源需求。

技术方面，我国已经形成了大容量风电机组整机设计和风电装备制造体系，晶体硅太阳能电池产业技术具备较强国际竞争力，掌握了核心技术和全套装备制造能力。

产能方面，我国风电、光伏等产能占全球的一半以上。按照我们的情景，预计 2050 年前国内需求平均每年可消化风电产能超过 6000 万千瓦、光伏产能约 1 亿千瓦。

中国能源报：今年是全国碳市场建设和运行的关键年。报告里首次提出将电力市场和碳市场链接和融合的机制建议，请问电力市场和碳市场融合有哪些必要性？对实现“双碳”目标又有哪些重要作用？未来如何实现电—碳市场？

周原冰：市场是实现碳减排的关键手段。我国正稳步推进电力市场与碳市场建设。在电力市场中，通过建立有利于清洁能源优先消纳的交易机制，促进清洁电能的普及利用，推动能源系统的低碳发展；在碳市场中，通过限制企业允许排放的总量，达到控制碳排放的目的，推动各行业降低排放。当前碳市场应抓紧运作并发挥作用，纳入更多行业、部门，让更多市场主体参与，提升市场活跃度。两个市场都对促进社会碳减排、实现“双碳”目标发挥重要作用。

中国电—碳市场将电力市场和碳市场的交易产品、管理机构、参与主体、市场机制等要素深度融合。在发电侧，发电成本与碳排放成本共同形成电碳—产品价格，通过价格动态调整不断提升清洁能源市场竞争力，促进清洁替代；在用能侧，建立电力与工业、建筑、交通等领域用能行业的关联交易机制，用能企业在能源采购时自动承担碳排放成本，形成清洁电

能对化石能源的价格优势，激励用能侧电能替代和电气化发展；在输配侧，电网企业推动全国范围电网互联互通，促进优质、低价清洁能源大规模开发、大范围配置、高比例使用。

电-碳市场以气候与能源协同治理为方向，能够将相对分散的气候与能源治理机制、参与主体进行整合，实现目标、路径、资源等高效协同，有效解决当前两个市场单独运行存在的问题，提供科学减排方案与路径，激发全社会主动减排动力。（李文华）

第三方治理打通佛山危废处置产业链

合理利用省内外资源，衔接产废和处置单位，保障应急响应速度

中国环境报 2021.3.19

井然有序的“厂房”、整齐排列的“货物”、数量不多的管理工人、数据明晰的电子编码……这是记者在位于广东省佛山市三水区乐平镇的广东碧海蓝天环保科技有限公司（以下简称碧海蓝天公司）看到的情景。这些“厂房”并不具备生产功能，这些“货物”也不是普通物件，都是从其他工厂运来的危险废物和一般工业固体废物。

据佛山市生态环境局固体废物与辐射安全科科长王凯武介绍，碧海蓝天公司的一期项目中环保投资为250万元，其年收集、储运危险废物量可达2.75万吨，在很大程度上缓解了佛山的危险废物收集和储运压力。

近年来，作为一个生产企业众多、产生危险废物量巨大的城市，佛山市处置危险废物的压力与日俱增。为此，佛山市引入危险废物第三方治理体系，积极探索具有本地特色的危险废物收集模式及管理机制。碧海蓝天公司便是这一体系中的一员。

危废处置企业加装“安全阀”

碧海蓝天公司的董事长程龙应介绍，目前公司核准收集、转运、贮存危险废物类别有十六大类、284小类，包括废矿物油与含矿物油废物、染料涂料废物、感光材料废物、表面处理废物、含铜废物、含镍废物、含钡废物、废酸、废碱等。

虽然仓库看起来整洁有序，但“危险”二字难免让人产生紧张感。据碧海蓝天公司的相关技术人员介绍，为提升安全性，对仓库整体地面进行了防腐、防渗处理。贮存车间以硬化水泥为基础，并使用高密度聚乙烯防渗材料和环氧氨酯防渗材料作为防渗层。

“除了在地面上采取安全措施，在车间内部，我们在各贮存区域都设置了围堰。围堰外侧设有收集沟，车间各角落设置有下沉池，收集沟与下沉池相连，以确保万一发生泄漏事件时，不对外部造成影响。”这名技术人员告诉记者，“在车间以外的范围，厂区设置有外收集沟，与车间内的下沉池连通，并与80立方米的事事故应急池连通，以避免对公司外部造成环境影响。”

值得一提的是，碧海蓝天公司建立了四大消防保障系统。程龙应说：“这套消防系统花费300多万元。在广东省危险废物经营处置行业中，我们是首家采用热成像高压水炮智能灭火系统的企业。”

此外，厂区建立了监控中心，对环境管理系统和消防管理系统进行归集式的全方位监管，并实行 24 小时值班制度。

监控中心通过在仓库里设置的烟雾探测报警装置和有机气体探测装置，准确监测仓库内各区域的温度、湿度和气体浓度。当温度达到 45°C 或气体浓度大于 2ppm 时，温控系统总机会发出警报并弹出异常区域位置编号代码。

完善危废处置格局，优化收运流程

围和危险废物种类，强化前端危险废物产生单位的专业分类及规范化贮存，在危险废物处置矛盾特别突出的区域凸显专业收集的补充意义，进一步完善危险废物收集贮存网络。

同时，佛山市生态环境局充分发挥服务企业、助力企业的作用，为危险废物收集体系第三方治理企业提供“家庭医生”式的服务。

“我们推动建立合理的价格公开机制，鼓励收集单位公开其收集范围内各类危险废物的处置价格，供产废企业参考。畅通市场价格投诉渠道。对收集价格明显与市场同期价格偏离的收集单位，鼓励大家通过政府部门建立的渠道进行投诉，规范其经营行为。”王凯武说。

王凯武说，目前佛山有 3 家危险废物综合收集试点单位、16 家危险废物专业收集试点单位，年危险废物收集能力（最大转运量）达到 61.1 万吨。

但是在 2020 年之前，佛山的危险废物处理格局完全不是如此。

王凯武说：“佛山中小微企业众多，产生危险废物的工业企业超过一万家，涵盖二十九大类危险废物。2019 年，全市危险废物产生量约 38.07 万吨，但截至 2019 年底市内只有 6 家危险废物持证经营企业。处置类别少，处置能力相对较弱，大部分危险废物依靠外运处置，使得处置难、收费贵的问题突出，严重影响中小微企业合法处置危险废物的积极性。”

为有效破解中小微企业危险废物出路难题，佛山在全市探索开展危险废物专业收集试点工作，印发《佛山市危险废物收集中转贮存试点工作方案》等文件，从安全生产、全过程管理、价格体系、规范化考核、退出机制等方面进行细化和完善，并规范危险废物收集标准。

“此前，一些危险废物处置企业由于本身处置能力有限，对于一些小企业的处置需求往往难以满足。而现在有收集企业作为中间一环，通过专门设计收运线路，改善流程，一趟下来可以收运近 10 家企业的危险废物，使各方面的情况都得到优化。”王凯武介绍。

佛山通过设置市级试点综合收集单位、专业收集试点单位和二级中转站，构成分级收集模式，明确重点收集的企业范

第三方治理企业助力三个“打通”

2020 年底，几十辆装有危险废物的货车从碧海蓝天公司出发，历经 13 天，跨越 2500 公里，一直开到了内蒙古自治区乌兰察布市的蒙中固体废弃物处置有限公司，以对 19000 吨 HW18 焚烧处置残渣进行集中处置。

“据我们所知，仅仅在广东省，中山、惠州、江门等不少城市都存在危险废物转运不及

时的问题。产废企业不能及时将产生的危险废物运出，不但会增加放置成本，影响企业的再生产，而且长期放置会增加环境风险。”程龙应说。

王凯武表示，鼓励危险废物收集体系第三方治理企业参与进来，至少实现了三方面“打通”。

一是打通省内外危险废物处置资源合理利用的通道。“鼓励危险废物处置单位建设区域性收集网络和贮存设施，吸引和动员市外危险废物持证单位参与佛山危险废物的外运处置，在很大程度上缓解了全市危险废物处置能力不足的压力。目前，佛山已有4家危险废物处置单位建设了区域性收集网络和贮存设施；有20家市外企业与收集试点单位签订合同，参与佛山市危险废物外运处置工作。仅2020年一年，佛山就有一半的危险废物运到省外进行处置。”

二是打通产废企业和处置单位之间的链条。之前很多产废企业要各自寻找第三方处置企业，因为价格不统一、不透明的现象时常存在，往往需要花费高价才能找到处置单位。而且，如果数量达不到一定程度，也很难找到处置单位。

“2020年，佛山全年的产废量约有40万吨，之前每吨的处理成本是9000多元，现在通过完善收储企业体系，每吨的成本降到了4000元。”程龙应说。

“第三点就是打通了危险废物处置整体的应急通道，使应急响应速度和收运去向都得到保障。”王凯武说。

他表示，到2022年，佛山将基本建成具有自身特色的危险废物收集体系，参与危险废物集中收集贮存的小微产废企业将进一步增多，小微产废企业规范化考核合格率将显著提升。到2025年，佛山将建设完善的危险废物收集体系，并基本实现这一体系的信息化和智能化。（江镛）

中国碳达峰、碳中和研究报告出炉

首次提出建设中国能源互联网实现碳减排目标的系统方案

中国能源报 2021.3.22

3月18日，由中国发起成立的全球能源互联网发展合作组织在京举办中国碳达峰碳中和成果发布暨研讨会。会议发布了中国2030年前碳达峰、2060年前碳中和、2030年能源电力发展规划及2060年展望等研究成果，并在国内首次提出通过建设中国能源互联网实现碳减排目标的系统方案。

2020年9月，中国在第七十五届联合国大会提出2030年前碳达峰、2060年前碳中和目标。全球能源互联网发展合作组织基于在清洁发展、电网互联、气候环境等领域的长期积累，对我国碳减排路径与能源电力转型方案开展了深入研究，于2020年12月编写完成《中国2030年前碳达峰研究报告》《中国2060年前碳中和研究报告》《中国2030年能源电力发展规划研究及2060年展望》三项研究成果，提出以特高压电网引领中国能源互联网建设，

加快推进能源开发清洁替代和能源消费电能替代（“两个替代”），实现能源生产清洁主导、能源使用电能主导（“双主导”），能源电力发展与碳脱钩、经济社会发展与碳排放脱钩（“双脱钩”）的系统减排路径与方案。

特高压电网是构建中国能源互联网的关键

全球能源互联网发展合作组织主席、中国电力企业联合会理事长刘振亚指出，面对碳排放总量大、高碳发展惯性强的严峻形势，中国要用不到 10 年时间实现碳达峰，再用 30 年左右时间实现碳中和，任务非常艰巨。碳排放问题的根源是化石能源大量开发和使用，治本之策是转变能源发展方式，加快推进清洁替代和电能替代，彻底摆脱化石能源依赖。“建设中国能源互联网，加快推进‘两个替代’是实现我国碳达峰、碳中和的根本途径。”

刘振亚认为，中国能源互联网实质是“智能电网 + 特高压电网 + 清洁能源”，是清洁能源在全国范围大规模开发、输送和使用的基础平台，是清洁主导、电为中心、互联互通的现代能源体系。建设中国能源互联网将统筹发展与减排，加快清洁能源大规模开发消纳和电能广泛使用，在能源生产消费各环节、碳排放各领域对煤、油、气等化石能源进行全方位深度替代，以能源体系零碳革命加快全社会碳减排，实现我国碳达峰、碳中和目标。

刘振亚表示，特高压电网和高铁都是我国基础产业重大技术创新的典范，在本世纪初几乎同时起步建设。虽然我国已在特高压技术、装备、标准、工程等方面实现全面引领，建设投运了 30 个特高压工程，但相比高铁发展明显滞后，功能和作用远未发挥。

“加快发展特高压电网是构建中国能源互联网的关键，对于实现碳达峰、碳中和目标至关重要。”刘振亚强调，无论是去年我国湖南、浙江等地的“拉闸限电”，还是今年美国得州的大面积停电，都凸显了大电网互联对保障能源供给与安全的极端重要性。如果没有特高压电网，我国清洁能源无法大规模开发利用，雾霾、酸雨等环境问题不能根本解决，碳达峰、碳中和目标将难以实现。立足当前、着眼长远，亟需加快特高压电网建设，尽早形成覆盖全国、广泛互联、坚强可靠的“电力高速网络”，在推动我国能源绿色低碳转型，实现碳达峰、碳中和目标中发挥关键作用。

实现能源电力体系低碳转型是重中之重

中国气候变化事务特使解振华指出，实现碳达峰碳中和目标，目前最重要的任务是实现能源体系的低碳转型，将碳达峰和碳中和目标与经济社会发展、生态环境保护和能源革命目标结合起来，实现绿色、低碳、循环的高质量协同发展。建设能源互联网是加速推进能源系统深度脱碳化进程的重要措施，全球能源互联网发展合作组织的研究成果将对我国和全球能源低碳转型和碳中和发挥重要作用。

“大力压减碳排放是能源行业的责任，推动能源清洁低碳转型、促进能源经济社会可持续发展是能源行业的使命所在，对电网系统而言推动实现双碳目标既是机遇也是挑战。”国家电网有限公司副总经理张智刚表示，国家电网有限公司努力争当能源清洁低碳转型的先行者，发布“碳达峰、碳中和”行动方案，提出推动电网向能源互联网升级，着力打造清洁

能源优化配置平台，到 2025 年初步建成国际领先的能源互联网。

促进全社会碳排放净零的系统方案

由全球能源互联网发展合作组织发布的研究报告提出，以特高压引领中国能源互联网建设，推动我国碳减排总体分三个阶段：

第一阶段是 2030 年前尽早达峰，2025 年电力率先实现碳达峰，峰值 45 亿吨，2028 年能源和全社会实现碳达峰，峰值分别为 102 亿、109 亿吨；

第二阶段是 2030 - 2050 年加速脱碳，2050 年电力实现近零排放，能源和全社会碳排放分别降至 18 亿、14 亿吨，相比峰值下降 80%、90%；

第三阶段是 2050 - 2060 年全面中和，力争 2055 年左右全社会碳排放净零，实现 2060 年前碳中和目标。报告同时提出，构建中国能源互联网，全社会碳减排边际成本约 260 元/吨，远低于 700 元/吨左右的全球其他减排方案。

“这是技术上可行、治理上占主动、经济上可承受的方案。”合作组织经济技术研究院院长周原冰表示，在气候变化和碳减排领域，我们研究提出为全球落实《巴黎协定》2 度和 1.5 度温控目标的“中国方案”，建立了主要国家的全球能源经济环境综合评估模型及数据库；在能源转型和电力规划领域，我们已发布全球及各大洲电力规划展望报告和全球清洁能源资源开发与投资报告，对全球及中国能源电力系统转型的目标、路径、技术、工程、政策开展系统分析。这都为我们能在较短时间内，顺利完成系统性、专业性研究成果，做了充分准备。（李文华）

实现“双碳”目标 绿色技术在行动

推动高质量发展的碳达峰碳中和

科技日报 2021.3.23

力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和，是党中央作出的重大战略决策，实现“双碳”目标的技术创新也成为当前讨论的热点。生态环境部部长黄润秋近日指出，中央财经委员会第九次会议强调，推动绿色低碳技术实现重大突破，抓紧部署低碳前沿技术研究等，凸显了科技创新对实现碳达峰、碳中和的重要支撑作用，为相关领域基础研究、技术研发、工程应用提供了方向指引和重要遵循。

当前，我国绿色低碳技术发展情况如何？有哪些“卡脖子”问题？该如何解决？

最具潜力的前沿减排技术

碳捕集利用与封存（CCUS）技术，被认为是最具潜力的前沿减排技术之一。联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第五次评估报告指出：如果没有 CCUS，绝大多数气候模式都不能实现减排目标。更为关键的是，没有 CCUS 技术，减排成本将会成倍增加，估计增幅平均高达 138%。

钢铁行业碳排放量约占我国碳排放总量的 15%。中科院上海高等研究院副院长魏伟说，

工业部门碳锁定效应明显，减排难度大。世界钢铁行业引入了副产物利用和循环、精准控制等创新技术，但还剩余 15%—20% 的减排空间，这就需要嵌入 CCUS 技术，通过吸附法碳捕集、炉顶煤气循环等，把二氧化碳合成为甲醇、乙醇等产品。

科技部社会发展科技司和中国 21 世纪议程管理中心共同组织编写的《中国碳捕集利用与封存技术发展路线图（2019 版）》，提出了 2050 年目标，即 CCUS 技术实现广泛部署，多个 CCUS 产业集群建成，实现二氧化碳利用封存量超过 9.7 亿吨/年，产值超过 5700 亿元/年。

CCUS 技术发展既面临挑战，也蕴含巨大潜力和机会。在“首期碳中和与 CCUS 前沿沙龙”上，中国环境科学学会 CCUS 专委会秘书长张九天指出，我国 CCUS 技术的研发与应用已有了很好的积累和基础，但从技术链条看，发展应用水平不一致，二氧化碳强化采油等多项技术等已达到商业化运行水平，其他技术还需持续加大研发力度和以商业化为目标的工程建设，进一步降低成本和能耗。

“碳中和目标的提出，明确 CCUS 是不可或缺的技术选择，相信会有进一步的激励政策、产业部署及管理体的完善来支持 CCUS 发展。”张九天说。

碳中和技术创新已成国际竞争热点

欧盟、美国已提前部署了碳中和实施路径和技术研发。2019 年 12 月，欧盟在《欧洲绿色新政》中提出了 7 个重点领域的关键政策、核心技术及相应详细计划，其中包括零碳炼铁技术等。中国工程院院士、清华大学教授贺克斌说，碳中和技术创新已成为国际竞争的热点。

除了 CCUS 外，我国还在布局和发展其他二氧化碳利用技术。比如等离激元人工光合技术，是通过纳米催化剂的等离激元效应，利用阳光或废热，将工业废气中的二氧化碳、非饮用水合成为烃类轻质油、烯烃、天然气等，不会排放硫、重金属等污染物，无需额外耗电，综合碳足迹为零。“目前我们团队率先进行了等离激元碳中和技术的工业化，在黑龙江省七台河市建成中试基地，利用大唐电厂的废气余热开始了试运行。”北京光合新能源科技有限公司首席科学家王琮博士说。

制定科技发展路线图，探索研发模式

实现碳达峰、碳中和，绿色低碳技术该如何发展？张九天建议，制定 CCUS 发展战略和路线图，有侧重分阶段并结合区域特点、潜力支持该技术的发展。比如对二氧化碳驱油、制备高价值化学品、能与工业过程紧密结合、有一定经济效益的二氧化碳矿化利用等技术，推动规模示范和商业化应用。探索新型研发模式，建设若干国家重大基础设施研究及集成示范平台，实现成本能耗降低的协同效益。探索设立 CCUS 专项扶持资金等，通过激励措施促进技术和产业发展。

中国科学院科技战略咨询研究院副院长王毅认为，需要对绿色低碳技术未来发展战略做研究，并以此指导对现有技术的遴选；还需政府、市场等一起发力，鼓励创新性或颠覆性技术的研发。（李禾）

中科院亚热带农业生态研究所

分离出高氨氮废水处理新型微生物

中国科学报 2021.3.18

本报讯（见习记者李昕茹）近日，中国科学院亚热带农业生态研究所研究员吴金水团队从长期处理高浓度养猪废水的绿狐尾藻人工湿地中，分离出一株新型高效异养硝化—好氧反硝化（HN-AD）菌——粪产碱杆菌 WT14，其具有处理高氨氮废水的潜力。相关研究成果发表于《环境管理杂志》。

世界水污染日趋严重，氮是富营养化水体的主要污染物。传统的微生物脱氮工艺一般包括好氧硝化和厌氧反硝化两部分，多用于处理低氨氮废水，HN-AD 菌兼具传统硝化和反硝化微生物特性，能在同一反应器中同时进行硝化和反硝化，从而有效降低工艺复杂度和运行成本。

研究人员发现，WT14 具备多种形态氮（氨氮、硝氮和亚硝态氮）的去除能力，对高浓度氨氮的耐受性高达 $2000\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，且不存在硝态氮和亚硝态氮的积累，对氮的有效去除速率是大多数传统脱氮微生物的数倍甚至数十倍。此外，研究人员还通过响应面模型，得出菌株 WT14 的最佳脱氮条件。

论文通讯作者张树楠告诉《中国科学报》：“与化学法和物理法相比，HN-AD 微生物介导的氮污染水体生物修复是一种相对经济、简便的方法，在生活污水、养殖废水和其他富营养化水体的治理方面均具有良好的应用前景。”

粤将制定省二氧化碳达峰实施方案

南方日报 2021.3.19

3月18日，省十三届人大常委会第三十次会议听取省政府关于2020年我省环境状况和环境保护目标完成情况的报告。报告显示，我省大气、水、土壤以及主要污染物排放等各项指标均取得突破性进展，或全面达到有关规划纲要确定的目标任务，显示出污染防治攻坚战取得决定性成就。

PM_{2.5} 年均浓度首次迈入世卫第二阶段标准

在大气环境方面，我省各项质量指标继续领跑先行。其中，全省空气质量6项污染物指标连续6年全指标达标，去年空气质量优良天数比例达95.5%，同比提高5.8个百分点。全省PM_{2.5}年均浓度为22微克/立方米（目标为33微克/立方米），首次迈入世卫组织第二阶段标准（25微克/立方米）。广州、佛山、东莞、肇庆、潮州、揭阳6个2015年PM_{2.5}未达标城市，去年PM_{2.5}年均浓度为24微克/立方米，较2015年下降33.3%，超额完成国家下达目标（目标为下降9%）。

空气质量改善也鲜明体现在主要污染物和碳减排超额完成上。省生态环境厅负责人介

绍，经初步测算，去年我省化学需氧量、氨氮、二氧化硫、氮氧化物排放总量分别比2015年下降14.6%、13.1%、11.6%、6.3%，均超额完成国家下达的目标任务；单位地区生产总值二氧化碳排放量下降预计可完成国家下达的“十三五”目标（下降20.5%）。

报告透露，下一步我省将积极谋划开展二氧化碳排放达峰行动。组织制定广东省二氧化碳达峰实施方案，实施能源、工业、交通等领域绿色低碳转型行动计划，推动分区域、分阶段、分行业达峰行动。特别是深入开展碳排放权交易、碳普惠试点、近零碳排放示范试点，加快推动碳金融创新发展，探索建立粤港澳大湾区碳交易市场，积极推动抢占低碳技术高地。

国考断面全面消除劣Ⅴ类

在全流域系统治水的推动下，广东水环境质量也实现重大改善。报告透露，我省71个国考断面水质优良比例达87.3%（目标为84.5%），比2015年提升9.8个百分点，超额完成国家考核要求。劣Ⅴ类国考断面和地级及以上城市建成区527条黑臭水体全面消除（目标为<10%）。县级集中式饮用水源水质达到或优于Ⅲ类比例为100%（目标为100%）。近岸海域优良水质面积比例为89.5%，创近5年来最好水平，入海河流劣Ⅴ类国考断面全面清零。

“两河”“四河”污染治理成效显著。在省人大常委会监督指导下，去年，淡水河紫溪国考断面水质达Ⅲ类，石马河旗岭国考断面水质达Ⅳ类（目标均为优于Ⅳ类）；广佛跨界河佛山水道2015年达到Ⅳ类水质目标，2020年水质保持Ⅳ类；珠江广州段水质2020年达Ⅳ类，丰水期水质不计溶解氧可达Ⅲ类（目标为佛山水道2015年底前基本达到Ⅳ类水质，珠江广州河段2020年底前达到Ⅳ类水质、丰水期达到Ⅲ类水质）。茅洲河共和村国考断面达Ⅳ类（目标为基本达到Ⅳ类）；练江海门湾桥闸国考断面达Ⅳ类（要求基本达到Ⅴ类）；小东江石碧国考断面不计溶解氧达Ⅳ类（目标为Ⅳ类），均达到省人大决议要求。

在土壤环境安全方面，各项工作也稳步推进。报告显示，全省轻中度污染耕地安全利用措施面积超过311.0万亩，重度污染耕地严格管控措施面积超过14.1万亩，受污染耕地安全利用率为87.3%，完成国家下达的目标（目标为87%左右）。（骆骁骅）

“后超低排放”时代，清新环境的未来之路

中国能源报 2021.3.29

今年的政府工作报告提出，“十四五”时期要“持续改善环境质量，基本消除重污染天气和城市黑臭水体”“单位国内生产总值能耗和二氧化碳排放分别降低13.5%、18%”。

大气污染治理、水污染治理、节能降耗、减少碳排放……人民对美好生活的向往使得环境问题越来越受到社会关注。我国的资源禀赋，使得煤炭消费成为大气污染、二氧化碳排放的主要来源，占据煤炭消费“半壁江山”的电煤，自然成为大气污染防治、降能耗、碳减排的核心抓手。

从“冒着大黑烟”到“花园式电厂”，燃煤电厂的形象在过去 20 年间可谓脱胎换骨，如今，我国煤电污染物排放控制水平已世界领先。作为这段历史的参与者与见证者之一，以火电脱硫起家、深耕烟气治理的环保行业龙头上市公司清新环境，也将于今年迎来其 20 岁生日。火电超低排放改造已告一段落，面对新时代、新需求、新市场，清新环境将去往何处？

煤电超低排放仍需专业运营

“过去五年，清新环境完成了 1.7 亿千瓦的煤电超低排放改造工程，约占整个改造量的 20%。”清新环境董事长邹艾艾表示。

2014 年底，清新环境在多年技术积累的基础上，研发出单塔一体化脱硫除尘深度净化（SPC-3D）技术，在多家电厂推广应用并助其实现了二氧化硫、烟尘的超低排放。根据中电联节能环保分会信息披露，在煤电超低排放改造如火如荼的 2015-2017 年，清新环境年度投运烟气脱硫技改工程机组容量连续三年位居榜首，运营机组容量规模也排前三。

然而，在煤电装机增长受限的当下，煤电超低排放改造的市场空间已变得十分有限。政府工作报告指出，截至 2020 年底，全国燃煤电厂已完成超低排放和节能改造 9.5 亿千瓦，占全国煤电总装机的 76%。单就超低排放而言，中电联发布的《中国电力行业年度发展报告 2020》指出，我国达到超低排放限值的煤电机组已近九成。煤电超低排放改造这一业务是否已经“到头”了？

在清新环境技术中心总经理姚海宙看来，尽管煤电改造工程已基本完成，随着能源结构调整和煤电运行方式的变化，煤电烟气治理对于专业技术的需求仍十分旺盛。

姚海宙指出，随着煤电机组调峰频率增多、负荷率降低，烟气参数会发生改变。“这意味着烟气治理技术需要有针对性的调整、优化与创新。而随着火电经营压力、运行压力提升，经济效益下滑，可能会有更多的电厂选择把烟气治理交给专业第三方公司进行集中运营以降低成本。”

国电环境环保研究院院长朱法华对这一观点表示认可：“负荷率降低会使烟气量减小、流速变慢，在影响脱硫效率的同时，还可能造成脱硝催化剂效率降低、氮氧化物浓度升高等问题。要做好低负荷时的污染物排放控制，需要针对工况进行调整，精细化管理的难度会随之提升。”

“不仅如此，如果日后碳捕集技术要在电厂大规模应用，对烟气的温度、清洁度都会有较高要求，烟气治理作为碳捕集的预处理技术也将不可或缺。未来，我们也将凭借已有技术基础，为这种可能的需求做出预留。”姚海宙说。

技术引领，拓展节能环保业务

超低排放概念提出之初，一度引起业内争议与质疑，但经过“十三五”期间的成功实施，煤电烟气污染物排放强度的大幅下降有目共睹，煤电行业的成功，也为其他耗煤行业的烟气治理做出典范。2019 年，生态环境部等五部委发布《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》，烟气治理从电力行业向其他行业延伸，也为环保企业开辟了新的“战场”。

清新环境总裁李其林指出，尽管清新环境的煤电超低排放技术应用已较为成熟，但新的行业将面临新的挑战。“以钢铁行业为例。湿法脱硫技术在煤电行业市占率超过90%，但在钢铁行业中可能只占三分之一，还没有哪种技术路线能‘一统天下’，与煤电市场格局差别很大。这意味着钢铁行业超低排放改造仍处于多元化的探索过程中，将来随着标准提升，市场格局也将有新的变化。”

在深耕烟气治理的同时，清新环境也在节能领域展开探索。2019年，清新环境成立节能事业部，2020年4月清新环境中标德龙钢铁余热利用项目；同年12月，收购天壕环境旗下18个余热发电项目。邹艾艾称，2020年18个余热发电项目节约标煤约32万吨，折算减排二氧化碳约80万吨。

李其林表示：“工业余热利用虽然不是直接进行碳捕集，但对于节能降碳具有实际意义。目前有明确计量方法的减碳手段只有森林碳汇、光伏、风电，对于降碳计量而言，节能领域现在缺乏规范和标准。但未来一旦相关标准成熟，节能本身带来的经济效益以及对应的碳减排量都可以创造价值，节能板块我们一定要做。”

以煤电烟气治理为基础，清新环境正向钢铁、有色、建材、石油、化工等行业延伸，所涉及的具体业务也从工业烟气治理向工业水处理、固废危废处置、节能、监测、智控综合服务拓展，而支撑清新环境版图扩张的核心，正是专业技术研发与创新。“环保行业受政策驱动影响十分明显，但政策本身需要依托技术来实现。我认为未来环保产业真正的市场空间，本质上需要依靠技术创新来推动。”李其林说。

“牵手”国资，打造综合环境服务商

2019年7月，清新环境实际控制人发生变化，四川地方国资四川发展入主清新环境，四川发展环境投资集团有限公司成为其第一大股东。对于当时融资难、融资贵的环保企业而言，引入国资无疑将大大缓解企业资金压力，让企业得以将更多精力聚焦环保业务本身。

据介绍，四川发展是四川省国资委旗下最大的平台企业，资产规模超万亿。目前，清新环境也是四川发展旗下唯一的环保板块上市公司。“四川发展被誉为四川省综合性产业投融资平台的‘航母’，选择控股清新环境，正是看中了其先进的技术基因、专业的市场化团队和厚积薄发的发展潜力。”邹艾艾谈到。

“四川发展的加入，为清新环境的资金、债券发行、项目资源拓展等多方面提供了非常明显的支持，对清新环境的运营发展形成强大的支撑作用。牵手国资，同时发挥好国有资产平台和上市公司市场化机制两方面优势，这也是各方股东的共同愿望。”李其林说，“借助四川发展的平台，我们在涉及市政的相关领域也会有业务布局，进而把清新环境打造成‘工业+市政’的综合环境服务商。”

邹艾艾表示：“与四川发展的合作，让清新环境进入了高速发展期。下一步，清新环境会积极参与到‘十四五’规划确定的目标中，促进构建全新环保产业生态，引领行业技术创新发展，推动环保产业升级，履行我们作为环保企业的社会责任。”（卢彬）

未来十年，我国综合能源服务市场将处于快速增长培育期，市场潜力将达千亿至万亿元级别

“碳达峰、碳中和”促综合能源服务提速疾行

中国城市能源周刊 2021.3.29

3月15日，中央财经委员会第九次会议提出，要构建清洁低碳安全高效的能源体系，构建以新能源为主体的新型电力系统。

以此为指引，“可再生能源将成‘十四五’能源增量主体”已在业内形成共识。相关数据显示，目前中国清洁电力装机占比为43.5%。根据测算，预计2025年该比例将达到50%左右，2030年将达到60%左右。

记者近日梳理发现，中央近期对于构建新型电力系统的积极表态，将使得以电力为中心的综合能源服务迎来巨大发展机遇。在“十四五”这一落实“碳达峰、碳中和”目标的关键起步期，以电力为中心的分布式能源+综合智慧能源服务将成为主要抓手。

搭碳达峰、碳中和“便车”综合能源服务迎“风口”

近日，“长三角”首个多功能综合能源服务站——无锡祝塘综合能源服务站建成投运。该综合能源服务站集变电、储能、光伏发电、电动汽车充换电、自助洗车等功能于一体，通过多站融合有效节省了城市土地资源1400平方米，每年可消纳清洁能源102万千瓦时，减少碳排放600吨以上。

该站便是综合能源服务典型应用之一。所谓综合能源服务，即是面向用能系统终端，通过能源品种组合、技术进步、商业模式创新、系统集成等方式，提供以电力为中心的终端低碳能源解决方案。

而这正与国际上已成熟、致力于从用户端入手提升能源综合利用效率的分布式能源发展理念不谋而合。相关数据显示，近年来世界新增发电装机容量的25—30%为分布式电源，2020年中国分布式光伏新增装机占比亦超过30%。

“分布式能源可就近消纳和双向传输，将替代原有集中式、大网传输的能源供给方式，实现生产与消费一体化，推动能源生产和消费方式全面重构。未来电力系统一定是向分布式、智能化、微型化方向发展，在此基础上，未来综合能源将是多能互补的体系。”国家电力投资集团（下称“国家电投”）新能源总工程师、中国电力执行董事总裁贺徙表示。“我国电力基础设施完善，供需形势总体相对宽松，可再生能源主要转化为电力，实现终端利用，再电气化已经成为广泛共识。”在国网能源研究院新能源与统计研究所所长李琼慧看来，在“碳达峰、碳中和”愿景下，以电为中心，融合分布式能源发展理念，发展综合能源是适合我国国情和发展趋势的必然选择。

“构建以新能源为主体的新型电力系统为综合能源服务在新能源终端的规模化应用提供了新的入口。”李琼慧认为，2030年前我国综合能源服务市场将处于快速增长培育期。从综

合能源服务的基础业务和能源需求两方面进行测算，2030年前国内综合能源服务市场潜力将达千亿至万亿元级别。

智慧化、数字化加持 成国内外能源电力企业转型大势

事实上，国内外多数大型能源电力企业均在加快综合能源服务市场的建设步伐。李琼慧分析称，从近期来看，国外大型能源电力企业重点开展的主要是用户设备代维、分布式光伏需求和响应等业务，也在积极布局储能、基于电能的冷热供应、能源区块链、基于数据的能源管理平台服务等业务。

国内电网和传统发电企业也纷纷提出了向综合能源服务转型的战略。其中，国家电网首次以文件的形式布局了综合能源服务业务。

相关数据显示，国家电网2020年综合能源服务实现业务营收242亿元，同比增长112%。南网综合能源公司（南网能源）今年1月份成功上市，华电、国家电投等发电企业也纷纷布局综合能源服务。

从当前发展趋势看，以电力企业为代表的能源企业正借助数字化、智能化发展大势，谋求向综合智慧产业发力，追求横向“电、热、冷、气、水、氢”等多品种能源协同供应，实现纵向“源网荷储用”等互动优化，向用户提供综合能源一体化解决方案。

“未来，高效和可靠是综合智慧能源的本质特征，将为用户提供更清洁、便宜的能源，更优质的服务，依托能源发展的新模式，带动能源相关产业发展，提升用户用能体验，推动我国数字化进程。”贺徙表示。

从智慧城市到美丽乡村 代表性项目涌现

从具体项目实践看，近年来，综合能源服务解决方案已在对接智慧城市建设过程中落地，并正延伸至乡村市场，一批代表性项目开始涌现。

如国网综合能源服务集团正开展“供电+能效服务”，加快从校园、医院、商业综合体等领域向工业、交通领域延伸，实现从零碳建筑、零碳社区到零碳城市、零碳区域的飞跃。

国家电投正在建设的江苏无锡经开区智慧城市能源项目，着眼于基础设施智能化、城市管理精细化、公共服务便捷化、生态环境宜居化、产业发展高端化，建设清洁能源、低碳园区、绿色建筑、智能微网，推动电动重卡、氢能、天然气公交、光储充一体化车棚等绿色交通发展，致力于打造无锡智慧城市标杆，并向全市全国复制推广。

而在综合能源助力脱贫与乡村振兴的实践上，安徽凤阳县小岗村也已经率先开始了行动。

2020年12月，以打造生态小岗、智慧小岗、幸福小岗为目标的美丽乡村综合智慧能源示范项目在安徽凤阳小岗村开工。项目依托小岗村现有太阳能地热，水源生物质等资源量身，定制综合智慧能源整体解决方案，将小岗的能源农业+、户用光伏、农光互补、水面光伏、光伏步道、光伏车棚、屋顶光伏、地源热泵、生物质能源站、储能站、乡村微网等数十种模块紧密连接，以大数据、云计算、物联网、人工智能等智慧元素为小岗村注入新动能。

记者了解到，项目投运后，小岗村将实现 100% 清洁能源消费和供暖，农作物秸秆综合利用率、生活污水处理农户覆盖率、生活垃圾无害化处理率均将达到 100%。并且小岗村“智慧能源+美丽乡村”示范项目还将构建智慧政务平台，通过移动网络，准确掌握小岗村人口信息，手机 App 将个人与政府实现直连，实现行政、村民管理，会务、资产管理，村委会现代化智慧化办公等功能。（齐琛罔）

“十四五” 大宗固废综合利用有了“指路牌”

中国能源报 2021.3.29

本报讯（实习记者杨梓）报道：3月24日，国家发改委等十部委联合印发《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》（以下简称《指导意见》）。《指导意见》提出，到2025年，煤矸石、粉煤灰、尾矿（共伴生矿）、冶炼渣、工业副产石膏、建筑垃圾、农作物秸秆等大宗固废的综合利用能力显著提升，利用规模不断扩大，新增大宗固废综合利用率达到60%，存量大宗固废有序减少。同时，提出综合利用产业体系不断完善、技术创新体系逐步建立、综合利用制度基本完善、协同发展模式不断创新和示范引领作用显著增强等5个方面目标。

国家发展改革委有关负责人表示，大宗固体废弃物（以下简称“大宗固废”）指单一种类年产生量在1亿吨以上的固体废弃物，包括煤矸石、粉煤灰、尾矿、工业副产石膏、冶炼渣、建筑垃圾和农作物秸秆等七个品类，是资源综合利用重点领域。

数据显示，2019年，大宗固废综合利用率达到55%，比2015年提高5个百分点。其中，煤矸石、粉煤灰、工业副产石膏、秸秆的综合利用率分别达到70%、78%、70%、86%。“十三五”期间，累计综合利用各类大宗固废约130亿吨，减少占用土地超过100万亩，提供了大量资源综合利用产品，促进了煤炭、化工、电力、钢铁、建材等行业高质量发展，资源环境和经济效益显著，对缓解我国部分原材料紧缺、改善生态环境质量发挥了重要作用。

《指导意见》中指出，受资源禀赋、能源结构、发展阶段等因素影响，未来我国大宗固废仍将面临产生强度高、利用不充分、综合利用产品附加值低的严峻挑战。目前，大宗固废累计堆存量约600亿吨，年新增堆存量近30亿吨，其中，赤泥、磷石膏、钢渣等固废利用率仍较低，占用大量土地资源，存在较大的生态环境安全隐患。

对此，《指导意见》从3个方面明确了推动大宗固废综合利用的13个重点任务。一要提高大宗固废资源利用效率，拓宽煤矸石、粉煤灰、尾矿（共伴生矿）、冶炼渣、工业副产石膏、建筑垃圾、农作物秸秆等大宗固废利用途径，扩大综合利用规模；二要推进大宗固废综合利用绿色发展，推进产废行业绿色转型，推动利废行业绿色生产，强化大宗固废规范处置；三要推动大宗固废综合利用创新发展，创新大宗固废综合利用模式、综合利用关键技术、协同利用机制和管理方式。

生态环境部总工程师张波指出

“双碳”目标将对水污染防治产生重要影响

科技日报 2021.3.31

科技日报北京3月30日电（记者李禾）30日，在生态环境部举行的新闻发布会上，生态环境部总工程师、水生态环境司司长张波说，碳达峰碳中和目标的提出，将对水污染防治产生重要影响。

张波指出，污染治理过程本身是耗能的，甚至消耗还比较大。比如污水处理有曝气的过程、投药的环节，垃圾有焚烧的过程，这些过程和环节本身都是高耗能的。碳达峰碳中和目标的提出，有利于在污染治理领域出现一些新工艺、新产品，以降低能耗；还将促进再生水的循环利用、污水处理后剩余污泥的综合利用。

“我国很多地方都缺水，污水处理达标后白白排放掉了，太可惜了。把这些水再生利用起来，对每个城市而言都是巨大的稳定水源。”张波说，在确保安全的前提下，水的再生利用，意味着降低了能耗、节省了药耗，既可减少污染物的排放，又可减少碳的排放。

“随着碳达峰碳中和目标的提出，污染治理工艺一定会发生革命性的变化，对此我们充满着期待。”张波说。

生态环境部提供的数据显示，截至2020年底，长江保护修复攻坚战确定的12个劣V类国控断面全部消劣。2804个县级及以上城市集中式饮用水水源地10363个问题完成整改。全国地级及以上城市2914个黑臭水体消除比例达到98.2%。

张波说，黑臭水体是百姓身边的水环境问题，治理还存在诸多短板。比如城市污水收集管网建起来了，但质量不高，有错接的、混接的、漏水的；沿河环湖的城乡接合部，部分地区垃圾随意倾倒现象比较突出，导致汛期时水污染较为严重。今年将开展调研，并在调研的基础上精准、科学制定黑臭水体攻坚战方案，力争在“十四五”时期基本消除县级城市建成区的黑臭水体。

十部门印发《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》

2025年新增大宗固废综合利用率达到60%

中国环境报 2021.3.25

本报记者马新萍北京报道 国家发展改革委近日联合科技部、工业和信息化部、财政部、自然资源部、生态环境部、住房和城乡建设部、农业农村部、市场监管总局、国管局印发《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》（以下简称《指导意见》），全面提高资源利用效率，推动生态文明建设，促进高质量发展。

《指导意见》提出，到2025年，大宗固体废弃物（以下简称大宗固废）综合利用能力

显著提升，利用规模不断扩大，新增大宗固废综合利用率达到 60%，存量大宗固废有序减少。同时，提出综合利用产业体系不断完善、技术创新体系逐步建立、综合利用制度基本完善、协同发展模式不断创新和示范引领作用显著增强等 5 个方面目标。

大宗固废指单一类别年产生量在 1 亿吨以上的固体废弃物，包括煤矸石、粉煤灰、尾矿、工业副产石膏、冶炼渣、建筑垃圾和农作物秸秆等七个品类，是我国资源综合利用重点领域。“十三五”期间，我国累计综合利用各类大宗固废约 130 亿吨，减少占用土地超过 100 万亩，提供了大量资源综合利用产品，促进了煤炭、化工、电力、钢铁、建材等行业高质量发展，资源环境和经济效益显著。

据介绍，目前，大宗固废累计堆存量约 600 亿吨，年新增堆存量近 30 亿吨，其中，赤泥、磷石膏、钢渣等固废利用率仍较低，大宗固废综合利用任重道远。

为此，《指导意见》提出，要提高大宗固废资源利用效率，拓宽煤矸石、粉煤灰、尾矿（共伴生矿）、冶炼渣、工业副产石膏、建筑垃圾、农作物秸秆等大宗固废利用途径，扩大综合利用规模。推进大宗固废综合利用绿色发展，推进产废行业绿色转型，推动固废行业绿色生产，强化大宗固废规范处置。推动大宗固废综合利用创新发展，创新大宗固废综合利用模式、综合利用关键技术、协同利用机制和管理方式。实施骨干企业示范引领、综合利用基地建设、资源综合利用产品推广、大宗固废系统治理能力提升等资源高效利用行动。

《指导意见》要求，各级发展改革委和各有关部门要切实履行职责，建立协调机制，统筹推进大宗固废综合利用工作。健全法律法规，积极推动资源综合利用立法，强化执法监管。继续落实税收优惠政策，鼓励绿色信贷，支持相关企业发放绿色债券，鼓励地方支持资源综合利用产业发展，不断探索依靠市场机制推动大宗固废综合利用的路径和模式。加强宣传推广，推广典型经验，营造全社会积极参与的良好氛围。

四、太阳能

北京高压科学研究中心等

压力调控激子特性优化二维卤化物钙钛矿性能

中国科学报 2021.3.3

本报讯（记者闫洁）北京高压科学研究中心吕旭杰课题组与美国西北大学教授 Kanatzidis 等合作，通过压力调控全无机二维钙钛矿 $\text{Cs}_2\text{PbI}_2\text{Cl}_2$ 的激子特性，实现了光电性能的显著增强。这是关于二维卤化物钙钛矿中压力诱导光电导增强现象的首次报道，并且揭示了激子特性与光电性能之间的关系。相关成果日前发表于《美国化学会志》，并被选为当期封面文章。

二维（2D）卤化物钙钛矿具有多样性、可调控的光电特性和较好的稳定性，有望在高效太阳能电池和发光二极管等领域获得广泛应用。近些年，2D 钙钛矿新材料的开发已经取

得了重大进展，但仍存在一些关键问题亟待解决，包括如何进一步提高其光电性能、结构调控如何影响其光电性能等。解决这些问题需要对其结构与物性的内在关系有更深入了解。

上述团队选择的全无机 2D 钙钛矿 $\text{Cs}_2\text{PbI}_2\text{Cl}_2$ ，和有机-无机杂化 2D 钙钛矿相比具有更小的层间距离，从而赋予了该材料独特的激子特性。研究人员利用高压原位表征技术，结合理论计算对其晶体结构、激子特性和光电性能的演变规律进行了系统研究。

他们发现， $\text{Cs}_2\text{PbI}_2\text{Cl}_2$ 的激子结合能从常压条件下的 133 毫电子伏（meV）降至 2 吉帕（GPa）下的 78meV，达到可与典型三维卤化物钙钛矿相比拟的数值。激子结合能的降低促使激子分离成自由载流子，从而使其光电导在 2GPa 的压力下获得了三个数量级的提升。

吕旭杰表示，利用压力调控二维卤化物钙钛矿的激子特性，可使其获得比拟三维钙钛矿的优异光电性质，同时不会失去其独特的优势，这使得二维材料在太阳能电池和光电探测器中更具应用前景。

空间太阳能电站：让人类尽享来自太空的清洁能源

科技日报 2021.3.8

在可以预见的未来，电动汽车或将告别因电量耗尽在高速上“趴窝”的悲剧。全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩表示，如果我国建成空间太阳能电站，电动汽车或能随时随地充电，不再有“断粮”之忧。

全国人大代表、中国航天科技集团五院中国载人航天工程飞船系统总设计师张柏楠曾向科技日报记者介绍，我国已在开展太阳能电站具体研究工作，其在技术原理上已没有太大问题。

人类对太阳能的利用已普及，但太阳能在地面的利用率并不高，其会受大气、天气、时段等影响，同时能量密度变化巨大，很不稳定。

而宇宙中的太阳能却非常充裕。庞之浩说，如果在大约 3.6 万公里高度的地球同步轨道上建设太阳能电站，太阳光线不会被大气削弱，也不受季节、昼夜变化影响，99% 的时间内可稳定接收太阳辐射，且其强度是地面的 6 倍以上。

中国航天科技集团五院研究员王立表示，与化石能源相比，空间太阳能是一种高效、持久、清洁的能源。在宇宙运行的空间太阳能电站可以大规模收集、转化太阳能，并以无线方式将电能稳定传输到地面电网，发电量与地面核电站相当。

庞之浩说，空间太阳能电站发展的核心应用目标，是为地面提供大规模商业化的电力供给。由于覆盖面积广、电力传输灵活，该技术能对偏远地区、受灾地区以及重要设施等进行定向或移动供电，为改善电力能源结构及供电方式提供创新方案，社会效益极高。

空间太阳能电站还能为“可视”范围内的航天器供电，使航天器摆脱巨大的太阳能电池翼，并大大增加功率水平、控制精度，还能作为深空探测能源系统的候选方案。未来还可以利用它进行空间燃料生产以及空间加工制造，实现空间工业发展。

记者从中国航天科技集团五院了解到，我国自 2008 年起将空间太阳能电站研发工作纳

入国家先期研究规划。近年来，提出了平台非聚光型、二次对称聚光型、多旋转关节以及球型能量收集阵列等空间太阳能电站方案，同时在无线能量传输等关键技术方面取得了重要的进步。当前，我国在空间太阳能电站研究方面初步实现从“跟跑”到“并跑”，成为国际上推动空间太阳能电站发展的重要力量。

不过，空间太阳能电站的建设面临重大技术挑战，其在重量、尺度方面远超现有航天设施，被称为新时期航天和能源领域的“曼哈顿工程”。从建设到运营，都需要巨额投资、广阔市场及环境、政策等因素配合。

目前，国内已有几十家科研院所、高校和企业在进行空间超高压发电输电、高效无线能量传输、超大型空间结构在轨装配等关键技术的研究。2019年，我国首个空间太阳能电站实验基地在重庆启动建设，名为“逐日工程”的空间太阳能电站系统项目也在西安电子科技大学启动。（付毅飞）

新型钙钛矿单晶制备出自驱动集成光探测器

中国科学报 2021.3.22

本报讯（记者卜叶）由于独特的光电性质，有机金属卤化物钙钛矿在高性能太阳能电池、发光二极管、光电探测器和激光器等领域具有巨大应用潜力。相比多晶钙钛矿，单晶钙钛矿的载流子传输能力和稳定性更好。

“单晶钙钛矿脆性大、不易弯折，因此制备大面积、较薄厚度的钙钛矿单晶仍是一个极大的挑战，这类材料难以在光电探测器中得到广泛应用。”中国科学院大连化学物理研究所研究员刘生忠说。

近日，陕西师范大学研究员刘渝城与刘生忠团队、美国西北大学教授 Mercouri G. Kanatzidis 合作，研发出一种有效的晶体生长策略，制备出尺寸达几英寸的高质量多元阳离子及混合卤素钙钛矿单晶，并利用这种钙钛矿单晶设计制备出自驱动集成光探测器。相关成果发表在《科学进展》上。

在 FAPbI_3 钙钛矿中掺入铯离子、甲胺离子和溴离子，可以形成多阳离子及多卤素离子的钙钛矿，这种结构的钙钛矿被证明是高效光伏光电器件的最佳组成。然而，不同研究团队报道的基于此种钙钛矿的高性能器件中，几种离子的组成和比例不尽相同，尤其是铯离子的相对含量。此外，在结晶过程中，这种多成分钙钛矿容易出现相分离（如形成黄色的非钙钛矿相），同时在钙钛矿中会出现大量空位缺陷，这将形成缺陷俘获或散射中心，从而影响器件性能及稳定性。

为了解决这些问题，合作团队选用还原剂抑制晶体生长过程中的相分离，进而制备出大尺寸的三阳离子混合卤素钙钛矿单晶。刘渝城介绍，传统的高性能无机半导体单晶生长往往需要保证真空环境，并且要在 500 摄氏度以上高温下进行。因此，早在 2015 年，该团队发展了升温反应结晶策略，在约 100 摄氏度低温溶液中生长得到了高质量、大尺寸的有机金属

卤化物钙钛矿单晶，并且不需要真空环境，大大降低了生长难度和成本。研究团队在此前基础上，通过优化结晶策略和控制单晶生长过程，生长了多元阳离子混合卤素钙钛矿单晶。

测试发现，这种基于还原剂稳定策略生长的钙钛矿单晶具有相对更长的载流子寿命、更高的电荷迁移率、更长的载流子扩散距离、优异的均匀性和长期稳定性。

鉴于单晶优异的光电性质，研究团队使用该单晶进一步设计组装了集成型自驱动光探测器，发现该探测器具有响应率高、光电导增益大、探测率高、响应速度快等优点。此外，基于该单晶制备的 12×12 像素探测器阵列光响应均匀，对一个 2×2 像素的阵列进行选择性的照射时在像素之间显示出良好的分辨力。

刘渝城表示，这种设计为钙钛矿自驱动集成电路成像应用开辟了一条新途径，接下来，团队将进一步优化集成自驱动光探测器的性能，推动其走向商业化。

工信部发布光伏制造行业规范条件（2021 年本）

中国科学报 2021.3.22

本报讯 由工业和信息化部发布的《光伏制造行业规范条件（2021 年本）》（以下简称《规范条件 2021》）日前正式施行。《规范条件 2021》从生产布局与项目设立、工艺技术、资源综合利用及能耗、智能制造和绿色制造、环境保护 5 个方面对光伏制造行业提出要求。其中明确指出，引导光伏企业减少单纯扩大产能的光伏制造项目，加强技术创新、提高产品质量、降低生产成本。

相较于之前施行的《光伏制造行业规范条件（2018 年本）》，《规范条件 2021》中多晶硅及单晶硅电池、多晶硅及单晶硅组件、硅基、铜铟镓硒（CIGS）、碲化镉（CdTe）及其他薄膜组件等产品的平均光电转换效率最低标准均有所提升。

根据中国光伏行业协会提供的数据，截至 2020 年底，位于技术尖端的 PERC 黑硅多晶电池量产平均转换效率为 20.8%，刚好越过行业门槛。对此，多位业内人士表示，“在当前平价市场，要费大力气让多晶硅产品的光电转换率达到标准要求，倒不如直接选用单晶硅材料。”此外，在政策引导与市场选择的双重作用下，曾火热多年的单晶、多晶市场争夺战或将正式落幕。（李木子）

广东要求电网全额 消纳风光等新能源

中国能源报 2021.3.22

本报讯 记者韩逸飞报道：近日，广东省发展改革委印发《广东省发展改革委关于我省可再生能源电力消纳保障的实施方案（试行）》的通知。

中国工商银行投资银行部高级分析师王道翔认为，根据《方案》，电网企业全额保障性收购的可再生能源电量，首先用于完成省内居民、农业、重要公用事业和公益性服务、非市场化用电量对应的消纳责任权重。如有剩余，电网企业根据各承担责任权重市场主体的购电

量或用电量，初期按无偿原则进行分配，计入各市场主体的消纳量；后续根据电力市场化改革进展，适时进行调整。

《方案》明确按售电量承担消纳责任。坚持“清洁低碳、安全高效、依法依规、统筹实施”的原则，保障电力系统安全稳定运行和连续可靠供应，确保可再生能源机组优先发电，努力实现弃水电量显著减少，风电、光伏等新能源全额消纳。

全球光伏新增装机有望突破 200 吉瓦

中国能源报 2021.3.8

本报讯 日前，彭博新能源财经发布最新预测称，今年全球光伏装机容量将在 160 吉瓦至 209 吉瓦区间，较 2019 年和 2020 年的 135 吉瓦和 118 吉瓦有大幅提升，再现光伏新增装机爆发增长。

彭博新能源财经认为，今年，全球光伏产业出现萎缩的市场数量将较去年减少。预计中国、巴西、墨西哥等一众市场都有一定幅度的增长，将带动全球光伏新增装机规模总体上升。

其中，在保守情况下，彭博新能源财经预计 2021—2023 年期间，全球光伏新增装机容量将分别达到 160 吉瓦、163 吉瓦和 179 吉瓦；在乐观情况下，全球光伏新增装机容量将分别达到 209 吉瓦、221 吉瓦和 240 吉瓦。

对于市场担心的硅料及光伏玻璃的供应短缺问题，彭博新能源财经特别强调，今年，全球光伏新增装机市场规模不会受到硅料及光伏玻璃产能不足的抑制。“目前，两种产品的新增产能正在逐步释放，足以满足强劲的市场需求。在此背景下，预计今年光伏组件的平均价格将下降 0.02 美元/瓦至 0.18 美元/瓦。”（董梓童）

美科学院建议开展太阳能地球工程研究

中国科学报 2021.3.31

据《科学》报道，一个有影响力的科学家小组建议美国在太阳能地球工程方面开展强有力的研究。这是一套可反射阳光并暂时阻止全球变暖带来的最坏影响的技术。

美国国家科学、工程与医学院的一份最新报告显示，如果拜登政府支持该研究，项目总经费将在 5 年内达到 2 亿美元。

该报告自 2019 年开始编写，详细研究了 3 项拟议的太阳能地球工程，即平流层气溶胶注入（向高层大气释放长寿命的反射粒子）；海洋云增白（使海洋上空低洼云变厚，增强反射）；卷云变薄（改变高海拔冰云，让更多的红外辐射逃逸到太空）。报告指出，虽然上述每一种方法都有其自身的风险性和不确定性，但所有这些方法都值得进一步研究。

研究小组指出，太阳能地球工程研究包括故意向大气中释放某些物质，但这类手段需要大量监督、风险评估和公众宣传。这些小规模实验的目的是研究这一技术的可行性，以及环

境和社会对该技术的反应。

同时，报告明确指出，通过太阳能地球工程反射阳光以减缓全球气候变化的作用只是暂时性的，它对抑制人为排放到大气中的二氧化碳或随之而来的海洋酸化无效。除非一个国家已经对深度脱碳作出了坚定的承诺，否则不应进行上述研究。

“只有在社会、政府关注缓解和适应碳排放的情况下，太阳能地球工程才有意义。”该报告合著者、忧思科学家联盟首席气候科学家 Peter Frumhoff 说。（徐锐）（吴怿）

国家发改委、财政部等五部委印发《关于引导加大金融支持力度促进风电和光伏发电等行业健康有序发展的通知》——

相关企业希望举措真正落实落细

中国能源报 2021.3.22

为加大金融支持力度，促进风电和光伏发电等行业健康有序发展，国家发改委、财政部、中国人民银行、银保监会、国家能源局五部门于日前联合印发《关于引导加大金融支持力度促进风电和光伏发电等行业健康有序发展的通知》（以下简称《通知》）。

近年来，在补贴政策支持下，我国可再生能源产业得以快速发展，技术水平显著提升，成本大幅下降，已基本达到平价水平。但同时，在其发展过程中，电价补贴资金缺口大、补贴长期拖欠等问题依然存在。那么，此次《通知》的印发，将对可再生能源行业发展带来哪些影响？

能够缓解行业资金压力

据了解，由于目前可再生能源发电补贴资金缺口较大，造成部分企业资金不能及时到位，因此生产经营出现困难。对此，《通知》明确表示，将加大金融支持力度，并通过核发绿色电力证书方式适当弥补企业分担的利息成本，对于基础条件好、积极性高的地方，以及资金需求特别迫切的企业可先行开展试点。

“从解决补贴拖欠给企业造成经营压力的方面看，此次《通知》印发对可再生能源行业是利好的，能够在一定程度上缓解行业因补贴拖欠带来的资金压力。”中国循环经济协会可再生能源专业委员会执行秘书长李丹表示。

过去是什么原因造成了可再生能源补贴大规模拖欠发放？“部分原因在于我们低估了行业的发展能力，所以这方面的预估和判断一开始不是很精准。”李丹认为，可再生能源附加调整和补贴额度都未能根据行业发展状况及时调整，同时存在大量拥有自备电厂的企业并未按要求缴纳可再生能源附加，不能做到附加的应收尽收。”

中国新能源电力投融资联盟秘书长彭澎告诉记者，《通知》的发布表明了国家以目标为引导，以问题为导向，为企业纾困，支持和促进行业健康持续发展的态度。“30·60”双碳目标提出后，我国一系列的政策都在向新能源方向调整，作为五部委联合针对过去欠补所发

布的文件，体现了国家对行业发展的鼓励和支持，有利于促进新能源行业持续健康发展。

“应收尽收”罚则有待制定

《通知》提出：“为保证可再生能源补贴资金来源，各相关电力用户需严格按照国家规定承担并足额缴纳依法合规设立的可再生能源电价附加，各级地方政府不得随意减免或选择性征收。”

在李丹看来，应收尽收才能保证公平合理的竞争环境，否则可能造成劣币驱逐良币的不良后果。“《通知》的要求非常符合能源行业发展需要，但是如何进行监管？对于未做到应收尽收的情况怎样进行处罚？是该政策落实的关键。”

彭澎认为，该内容其实牵扯到的是长期以来的可再生能源附加费收缴不足问题，由于过去自备电厂是不需要缴费的，现在开始收缴费用工作，还存在一定难度，所以接下来在对相关电力用户足额征收的同时，需要各地方政府重点组织燃煤自备电厂做好电价附加拖欠核查和补缴工作。

政策细则需尽快出台

虽然多位业内人士认为，此次《通知》对可再生能源的发展影响积极，但也有不少可再生能源企业坦言：“希望《通知》提出的举措能够真正落实落细，要不然只能是‘精神鼓励’。”

中国工商银行投资银行部研究中心钢铁行业首席分析师罗荣晋分析认为，此次五部委的通知主要着眼于解决风电、光伏等可再生能源企业当前的存量资金问题，一定程度上通过展期、续贷、降低利息等手段可以减轻企业负担，但并没有考虑到，可再生能源其实需要更多的增量资金投入其中。“所以除了传统的银行贷款外，股权资金等其他形式更加灵活的资金将是风电、光伏行业所急需的。”（韩逸飞 姚美娇）

六部门组织开展第二批智能光伏试点示范工作

中国能源报 2021.3.22

本报讯 据工信部3月18日消息，为推动光伏产业高质量发展，鼓励智能光伏产业技术进步和扩大应用，加快构建清洁低碳、安全高效能源体系，按照《智能光伏产业发展行动计划（2018-2020年）》工作部署，工信部、住建部、交通运输部、农业农村部、国家能源局、国家乡村振兴局决定组织开展第二批智能光伏试点示范工作。

试点示范内容包括支持培育一批智能光伏示范企业，包括能够提供先进、成熟的智能光伏产品、服务、系统平台或整体解决方案的企业；支持建设一批智能光伏示范项目，包括应用智能光伏产品，融合大数据、互联网和人工智能，为用户提供智能光伏服务的项目。

示范企业申报主体为智能光伏领域的产品制造企业、系统集成企业、软件企业、服务企业等。示范项目申报主体为项目组织实施单位，可以是相关应用单位、制造企业、项目所在园区、第三方集成服务机构等，并需要满足五个条件：一是已建成具有特色服务内容、贴近

地区发展实际的智能光伏应用或服务体系；二是在工业园区、建筑及城镇、交通运输、农业农村、光伏电站、光伏扶贫及其他领域形成智能光伏特色应用；三是采用不少于3类智能光伏产品（原则上由符合《光伏制造行业规范条件》的企业提供）或服务，提供规模化（集中式10MW以上、分布式1MW以上）的智能光伏服务；对建筑及城镇领域智能光伏以及建筑一体化应用单个项目，装机容量不少于0.1MW；四是具备灵活的服务扩展能力，具备长期运营能力，有持续运营和盈利的创新模式，具有不断完善服务能力和丰富服务内容的发展规划。

根据文件，在组织实施过程中，将优先考虑国家新型工业化产业示范基地、光伏“领跑者”基地所在地的企业和项目、光伏储能应用项目、建筑光伏一体化应用项目（BIPV），鼓励各级政府部门和社会各界加大对试点示范工作的支持力度，从政策、标准、项目、资源配套等多方面支持示范企业做大做强，支持示范项目建设和推广应用。

太阳能电池组件技术光电转换效率再创新高

科技日报 2021.3.30

科技日报讯（周鸣 记者吴长锋）3月22日，记者从中国建材蚌埠玻璃工业设计研究院了解到，经美国国家可再生能源实验室（NREL）测试证实，中国建材蚌埠玻璃工业设计研究院所属德国 Avancis 公司生产的30×30平方厘米铜铟镓硒（CIGS）太阳能电池组件，其光电转换效率达到19.64%，再次打破了铜铟镓硒太阳能电池组件光电转换效率的世界纪录。

这标志着蚌埠玻璃工业设计研究院不断突破CIGS薄膜组件的系列技术瓶颈，不断提高组件界面工程技术水平，为组件的工业化量产和规模化生产打下了坚实基础，对实现“碳达峰”“碳中和”目标具有重要意义。

Avancis 公司是中国建材蚌埠玻璃工业设计研究院在德国的全资子公司，专注于新一代太阳能电池组件技术开发及其商业化应用，也是全球领先的CIGS技术整体解决方案技术提供商。该公司曾经在2016年创造了30×30平方厘米铜铟镓硒CIGS太阳能电池组件光电转换效率17.9%的世界纪录。时隔4年，Avancis公司再次打破世界纪录。

五、地热

北京今年将新增1000万平方米地源热泵项目

规划到2022年累计利用面积达8000万平方米

中国自然资源报 2021.3.2

本报讯（记者于德福 段金平 通讯员杨俊伟）记者近日从2021年北京市地源热泵项目评估工作部署会上获悉，今年全市将新增地源热泵项目1000万平方米。

据了解，截至目前，北京市热泵供暖面积1亿平方米，其中地源热泵供暖面积3500万

平方米。根据规划，到2022年，北京市累计利用面积要达8000万平方米。这意味着，“十四五”时期，全市热泵供暖产业发展将进入加速提质新阶段。

为保证规划目标的实现，该市采取了双重支持政策。一是以实现能源就地化供应为目标，先后出台了《“十三五”时期新能源和可再生能源发展规划》《北京市农村地区村庄冬季清洁取暖工作方案》等文件，在重点区域重点工程建设中设定可再生能源约束指标，以推动城市能源就地化供应新格局的进程。同时，将在城市副中心、大兴国际机场以及新农村地区推广热泵技术。

二是加大市区两级财政对地源热泵发展的扶持力度。自北京市地勘局成功应用地源热泵供暖技术后，该市先后印发多个文件对地源热泵供暖提供财政补贴。2019年，北京市发改委明确，全市政府固定资产投资对新建、改扩建热泵系统热源和一次管网投资给予30%的资金支持；既有燃煤、燃油供暖锅炉实施热泵系统改造的项目，以整村实施的农村地区煤改浅层地源热泵项目、以社区统一实施的城镇地区煤改浅层地源热泵项目，按照工程建设投资的50%给予资金支持。

据悉，在双重支持、政府引导下，北京市地热能产业发展呈现出可喜局面，地热能单项工程面积从最初几百平方米发展到如今上百万平方米的规模，年新增供暖面积也从最初的几十万平方米上升到现在的近千万平方米，其城市副中心还成为全球首个近零碳排放示范区。

山西探获华北地区浅层最高温地热

中国自然资源报 2021.3.31

本报讯（记者 郭锋 张舰）3月22日，记者从山西省自然资源厅举行的新闻通气会上获悉，作为全省能源革命综合改革试点工作之一的地热资源勘查和开发利用取得新突破，其中“阳高县—天镇县一带干热岩地热资源预可行性勘查”项目探获高温高压地热流体，是迄今为止华北地区2000米以浅深度范围内温度最高的地热孔。

据了解，该项目位于大同市阳高县和天镇县一带，面积1309.64平方千米，勘查单位是山西省地质勘查局第一水文地质工程地质队。通过控制测量、专项地质测量、大地电磁测深、钻探、综合测井、岩矿测试等工作方法，勘查单位在区内实施GR1勘探钻孔，并在1585.3米深处探获干热岩地热资源，孔内测温最高167.94℃；钻进至1624.01米处探获高温高压地热流体，测得井口温度高达160.2℃，最大流量231.15立方米/小时。经测定，单井年可利用热能量为 11.45×10^8 兆焦耳，折合标准煤3.9万吨/年，而且地热流体中富含多种矿物质及微量元素，其中偏硼酸和锂达到医疗价值浓度。

据介绍，为进一步摸清大同盆地深部高温地热资源情况，今年山西省自然资源厅会同山西省财政厅投入2.4亿元对大同盆地重点地区深部高温地热资源进行详查，进一步摸清大同盆地热储结构、重点地区深部高温地热资源及开发利用潜力，建立完整的高温地热勘查技术体系，为深部地热资源的开发利用提供示范性经验。

六、海洋

国际组织发布海洋能发展框架及报告

中国自然资源报 2021.3.23

本报讯 近期，海洋能源系统（OES）、欧洲海洋能源组织（OEE）分别发布了《国际海洋能源技术评估和指导框架》《2020 年度海洋能源报告》及《2020 年度海洋能发展趋势与统计》。

1 月 29 日，OES 发布了《国际海洋能源技术评估和指导框架》。该框架是国际能源署 - 海洋能源系统（IEA - OES）任务 12 的成果，旨在通过提出工程活动的技术评估和指导框架来支持国际海洋能源活动，确保决策者获得一致信息。

该框架共分为四章。第一章“简介”介绍了 IEA - OES 任务 12 的范围和未来活动、文档结构、术语、评价标准的环境、海洋能源评价类型、系统边界。第二章“评价和指导框架”介绍了海洋能源技术发展阶段、评估区域、评估区域一体化。第三章“评价标准及阶段活动”介绍了能量获取、能量转换、可控性、可靠性、生存性、维护、安装、制造以及负担能力等九方面的定义、评估标准、阶段活动等相关事项。第四章为“参考文献”。

2 月 25 日，OEE 发布了《2020 年度海洋能发展趋势与统计》报告，从欧洲和全球视角总结了在新冠肺炎疫情的挑战下，海洋能凭借其超强的适应力和韧性，维持矫健发展步伐的诸多表现，按照能源类型和国别归纳了年度海洋能发展的成就、取得的项目进展、获得的政策支持等，并对 2021 年海洋能发展的趋势做出展望。2020 年，欧洲和世界其他国家新增潮汐能装机容量分别为 260 千瓦和 865 千瓦，新增波浪能装机容量分别为 200 千瓦和 700 千瓦。欧洲海洋能源领域的发展目标为，到 2025 年海洋能装机容量达到 100 兆瓦，到 2030 年达到 3 吉瓦，到 2050 年达到 40 吉瓦。预计 2021 年，在世界范围内将开展一大批海洋能发展项目，欧洲和世界其他国家将分别部署 2.9 兆瓦和 1.2 兆瓦的潮汐能装机容量，以及 3.1 兆瓦和 0.9 兆瓦的波浪能装机容量。

3 月 8 日，OES 发布《2020 年度海洋能源报告》，该报告共分为四章，第一章“IEA - OES 概述”介绍了 IEA - OES 的愿景、使命和价值观，成员资格，执行委员会，工作方案。第二章“2020 年取得的成就”从交流与传播、OES 环境、海洋能源绩效指标国际框架、海洋能源创造就业机会、波浪能转换模型国际工作组、潮汐能模型国际工作组、海洋热能转换工作组等几个方面概述了 OES 在 2020 年取得的进展。第三章“国际海洋能源活动”分别介绍了澳大利亚、比利时、加拿大、中国、丹麦、欧盟委员会、法国、德国、印度、爱尔兰、意大利、日本、墨西哥、摩纳哥、荷兰、葡萄牙、韩国、新加坡、西班牙、瑞典、英国、美国的海洋能源活动进展，包括国家战略、市场激励措施、公共资助方案、未来规划部署等相关内容。第四章“附录”介绍了执行委员会会员、执行委员会会议的相关情况。（魏婷 于傲）

乘风“收浪”走向远海

海洋波浪能量转换利用给人类带来福利

中国科学报 2021.3.15

海洋蕴藏着丰富的可再生能源，是一个诱人的宝库。地球表面 70% 以上被海洋覆盖，因此海洋收集了大量入射到地球上的太阳能。太阳辐射产生风和风暴，继而在水面形成风浪，这些波浪在传播过程中以最小耗散将能量带向海岸。

由风暴产生的海浪可能需要数天才能到达海岸，因此波浪能比风能更容易被预测。而水的质量密度几乎是空气密度的 800 倍，海浪的能量密度更高。

由于世界上大多数人都住在海岸附近，而海洋表面能够收集太阳能，海浪又将大部分能量带向海岸，因此海洋波浪能量转换利用将给人类带来巨大福利。

波浪能利用装置产业化进程缓慢

目前，波浪能利用技术种类繁多，其中基于漂浮式技术发展的装置由于可以低成本批量生产、建造受海洋环境影响较小、适用面广，因而成为国际发展的主流。

漂浮式波浪能利用技术绝大部分是靠结构物（浮子）的往复运动实现能量转换（即振荡浮子技术）。漂浮振荡浮子技术又可分为单浮体和多浮体两类。

采用结构物与支撑平台相对运动转换波浪能量的是多浮体技术，如美国的 OPT、英国的 Pelamis，这类技术后续能量转换一般采用液压或机械直接传动系统。目前，国内外对多浮子技术投入的人力和物力都非常大，但由于其结构复杂、部件多，并受海洋恶劣环境影响严重，因此产业化进程至今仍很缓慢。

基于漂浮多浮体振荡浮子技术发电原理，早在 2011 年，科学家便设计了两种具备自航能力的波浪能发电船。它们驶回港口可以躲避极端海况，降低了对装置生存性能和安全性能的要求，并提高了布放时空的灵活性。发电船既可采用常规电缆送电上岸，也可采用蓄能进港送电上岸，还可为其他生产活动提供平台和电力。装有波浪能发电装置的船舶，航行时可将装置浮体部分收起，避免增加船舶航行阻力。不过，这些目前都只是一种设想，技术可行性仍未知。

用一个结构物通过海水在管道内相对运动实现波浪能转换的技术称为单浮体振荡水柱技术，该技术后续能量转换一般采用气动系统，通过空气实现波浪能到电能的转换，主要转换部件是空气透平发电机，如后弯管技术、中心管技术等。其典型的示范电站有 1290 吨“巨鲸”示范装置、29 吨 OE Buoy1:4 比例后弯管装置、即将展开海试的 826 吨 1.25MW OE Buoy 后弯管原型机和已小规模商业化应用的中心管航标灯用波浪能发电装置等。29 吨 OE Buoy1:4 比例样机已经稳定运行两年以上。

振荡水柱技术结构简单、可靠性高、受海生物附着影响小，小型发电装置已实现商业化运作，但大型装置因对转换机理认识不足而导致转换效率不高、性价比低，发展缓慢。

新技术解决系统诸多问题

长期以来，波浪能发电系统的研究重点是转换效率、转换机构特性等，系统布放一般采用拖航或船运，顾及到系统自航性的研究较少。由于系统不能自航、布放位置不能灵活变动，必将面临发电量受季节和地理环境影响，台风破坏风险性高以及大规模、大面积应用受限多等问题。

为解决系统机动性问题，笔者团队基于对振荡水柱转换原理的认识，开展了可以灵活转场的自航单浮体波浪能发电系统机理和关键技术研究。自航单浮体波浪发电系统主要由船型浮力舱、水平管道、垂直管道、闸门、空气透平、发电机、舵和推进器等组成，通过闸门实现水平管道和垂直管道的分离和连接，实现高效波浪能量转换、低阻力航行，进一步通过闸门可实现对转换效率、安全和发电功率的控制。

在该技术中，当闸门关闭，水平管道和垂直腔体形成“L”形弯管后，整个结构物就是一个后弯管发电系统。国家海洋技术中心出具的测试报告表明，此种状态下，该技术使波浪到电的转换率高达 50.73%，打破了日本学者创造的波电转换率 49% 的自测世界纪录，实现了波电高效转换，今后还有望突破 60%、70% 甚至更高的波浪能量转换率。

在该技术中，当闸门打开，水平管道和垂直管道分离，水平管道就成为一个流道，航行阻力变小，整个系统类似一个重心偏低的水面船。闸门打开时，如果垂直管道内的水柱在波浪作用下引起往复运动，同样能实现波浪能量转换。该技术特点是闸门无论开还是关、锚泊还是航行，只要垂直管道内的水柱同船体产生相对运动，都会实现波浪能量转换，主要区别就在于转换效率的高低。

由近岸走向远海

基于航行和高效、简单振荡水柱技术转换理念，经国家自然科学基金和广东省科技项目多年支持，笔者团队设计出 1 千瓦可航波浪能发电船，并对其进行了建造。2017 年 5 月 22 日，1 千瓦原始型自航波浪能发电船运抵广东省阳西县沙扒镇进行航行试验和抛锚发电试验，试验结束时间为同年 8 月 23 日，期间记录到最大输出功率为 140 瓦。由于发电船投放在网箱周围，波浪能资源偏小，因此发电功率不高。

2019 年，团队在广东省中山市粤新船厂对原始型波浪发电船进行改进，形成一个改进型发电船，由电力推进器提供航行动力。改进后样机长 5.2 米、宽 2.3 米、重 4.5 吨，波浪能发电装机容量 1 千瓦，样机尾部装有电力推进器两台，装机容量各 5 千瓦，并在船厂的河面上进行了航行试验。同年 8 月至 12 月，建造好的装置在深圳市大鹏湾区中国水产科学研究院南海水产研究所深圳试验基地进行了航行和抛锚发电试验，12 月 5 日 14:39 至 15:15 期间，记录到平均发电功率为 28.2 瓦，最大发电功率为 204.5 瓦。

自航振荡水柱技术继承了振荡水柱技术简单、可靠的特点，同时提高了波浪能量转换效率，大幅减低了装置建造和持有成本。该技术使波浪能发电装置由传统单一定点使用方式向流动使用方式转变，使波浪能装置由近岸走向远海变成了可能。

技术成熟后，其发展的小型无人波浪发电船可用于海上通信、海洋环境监测、水文调查等，大型波浪发电船可供海岛用电、海水淡化、制冰、制氢等使用，也可作为海上流动应急电源使用，并可根据需要自航回港检修或避台风，降低恶劣海况破坏风险，延长使用寿命。该成果将极大推进波浪能利用技术的发展，为实现高效、低成本、风险可控的波浪能利用打下坚实基础，是波浪能利用技术的一次跃进。（吴必军）

海水淡化“好喝”吗？

中国自然资源报 2021.3.25

从大禹治水，到南水北调；从尼罗河上的高坝，到巴拉那河的水电站，古今中外的治水之道，早已成为人类文明的重要内容，见证着人与水的生死与共。

如果将治水的方式做一个区分，那么，建坝开渠、蓄水调水……都属于因势利导，事实上并没能增加水的总量，只是改变了水的去向；而向海水要淡水，则是另辟蹊径的一种增量方法。

这件事情，人类已经想了几百年。不过，现代意义上的海水淡化，距今不到百年。

历经多年发展，我国海水淡化技术达到什么水平？大规模发展的路径在哪里？其破解水危机的现实意义如何？公众关切的饮水健康、生态影响等问题，事实如何？

3月22日是世界水日，今年世界水日的宣传主题是“珍惜水，爱护水”。从这天开始，也是“中国水周”，宣传主题定为“深入贯彻新发展理念，推进水资源集约安全利用”。近日，杭州水处理技术研究开发中心总工程师杨波，中国海洋大学化学化工学院副教授徐佳接受了本报记者采访，讲述海水淡化如何“解渴”。

困惑，守着大海竟然缺水？

杨波对世界和我国的淡水资源情况做了简单科普。

地球表面70%被水覆盖，但淡水资源仅占总水量的2.5%，而在这极少的淡水资源中，又有70%以上被冻结在南极和北极的冰盖中，加上高山冰川和永冻积雪，有87%的淡水资源难以利用。人类真正能够利用的淡水资源是江河湖泊和地下水中的一部分，约占地球总水量的0.26%。预计到2025年，世界上将会有30亿人面临缺水，40多个国家和地区淡水供应将严重不足。

水危机虽然已经是全球性的问题，但在不同区域，按照缺水程度的不同，分为极度、重度、中度、轻度等状况。即便区域间有着程度上的差别，但是任何一个区域都无法做到独善其身。

我国人均水资源量为2200立方米，仅为世界平均水平的1/4，是世界上人均水资源最贫乏的国家之一。人多水少，时空不均是我国的基本水情。在北方和西部内陆地区，主要以资源性缺水为主，在南方和东部沿海地区，主要以水质性缺水为主。水资源供需矛盾已成为制约我国社会经济可持续发展的主要瓶颈。

沿海地区是我国经济最发达的地区，水资源用量大，已造成地下水的过度开采，据全国的专项调研：我国 11 个沿海省（自治区、直辖市）所辖的 52 个沿海城市中，极度缺水的有 18 个、重度缺水 10 个、中度缺水 9 个、轻度缺水 9 个，近 90% 的城市存在不同程度缺水问题。

今年年初，因降雨偏少，全国沿海城市出现大范围缺水，被称为“江南水乡”的浙江沿海地市用水纷纷告急，如宁波慈溪、奉化、象山等地有的间歇供水，有的限量供水，农村部分地方靠异地取水或消防人员运水进村。

“海水淡化水作为稳定、优质的增量水源，具有不移民、不受气候影响等特点。其技术还可拓展应用于苦咸水淡化、废水资源化、水生态修复、水环境治理和饮水安全保障等领域，具有良好的社会、经济和生态效益。”徐佳说。

好奇，咸海水怎样能变淡水？

随着经济社会不断发展，淡水资源就只能等着被消耗殆尽吗？海水淡化水作为增量水源可以作为解决方案吗？

“要回答这个问题，我们首先要了解海水淡化到底是一种什么样的技术。”杨波解释，目前已经成熟的技术可大致归为两类——“热法”和“膜法”。

“热法”，是最古老的海水淡化技术。基本可以理解为大自然中的水循环：海水蒸发到空气中，凝结成水，再降落……海水淡化技术中的“热法”正是通过热能将海水蒸发，最后形成纯净水。随着科技进步，人们不断地从节能降耗和便于规模化利用的角度，对热法海水淡化技术、设备进行改进，演变成了今天工业化应用的“多级闪蒸”和“低温多效”海水淡化技术。在热法海水淡化技术中，“低温多效”工艺由于制水能耗相对较低而得到广泛应用。

这也是为什么许多海水淡化厂与电厂联建的原因——发电厂利用海水冷却，同时产生淡化水。既节约生产所消耗的淡水，也利用了原本会浪费掉的热能。

“膜法”，也可以简单理解为，通过压力，让海水透过一层层膜，过滤杂质，得到淡水。用什么样的设备？压力来自哪里？什么样的膜更加经济实惠？这便是科研人员们孜孜以求的目标。

广泛意义上的膜法海水淡化技术，还包括采用离子交换膜的电渗析（ED）技术。它是一种以电场为驱动力的海水淡化技术，在静电场的作用下，海水中的离子通过定向迁移，从而实现海水脱盐的过程。

从实际应用看，“反渗透法”工艺设备简单、建设规模灵活，运行能耗和设备投资相对较小，应用广泛。世界上近 70% 的海水淡化装置采用了反渗透技术，热法海水淡化的应用主要集中在能源丰富的中东地区。我国已建和在建的海水淡化装置采用反渗透法的装机容量约占全国海水淡化总容量的 65%。

我国已成为世界上掌握海水淡化核心技术的少数国家之一，在国际上享有较高的知名

度，国外公司纷纷与我国企业开展海水淡化领域的战略合作。我国海水淡化工程总成技术能力已突破 20 万吨/日。通过近几年的快速发展，培育了一批跻身世界先进水平的海水淡化龙头企业，如杭州水处理中心已被国际脱盐组织列入前十的海水淡化企业，大幅提升了国际海水淡化市场竞争能力。目前，由我国自主设计开发的海水淡化技术和装备已出口至中东和东南亚国家及地区，出口装置总数超过了 30 余套。

疑问，海水淡化成本高吗？

“我国的海水淡化产业虽然进入了产业快速成长期并呈现出了良好的发展前景，但与发达国家水平以及国内需求相比，还存在诸多差距。”杨波介绍。

与此同时，一些已建成海水淡化水厂并不能全产能投入，而只是作为枯水期的补充水使用，也令不少专家叹息。

其原因在哪里呢？

成本，是我们听过的最多的答案。

众所周知，对于“成本”的计算，不同的统计方法会有不同的结论。

多年来，“成本太高”“用不起”，是海水淡化水难入市政管网的“罪魁”。而另一种结论认为，海水淡化水一直是市场化运作，也就是说，海水淡化水没有与常规水资源类似的补贴政策。

那么，海水淡化水的成本到底有多高，比市政用水高多少？采访中记者感到，想要弄清这个问题并不太容易。即便同样是淡化水厂，不同的技术设备、工程规模、能源价格、原水水质和当地政策，都极大地影响着制水成本。

有专家认为：将设备、工艺、电价……全部计算进成本的“全成本”核算的淡化水，与财政补贴的自来水、南水北调水来对比价格，是一种“不公平对比”。这也造成了对海水淡化成本高的误解。

“想要不断地降低淡化水成本，直至人们‘用得起’‘愿意用’，还需要‘两条腿’走路。”杨波认为，“在不考虑政策激励因素的情况下，依靠技术进步和规模化的应用来降低成本是最为积极的办法。”

杨波介绍，目前就反渗透法而言，每吨水的制水成本大概为 3~4 元/吨，若加上设备投资折旧、银行贷款利息等，综合成本可以控制在 5 元/吨以内。

“这已和我国部分水资源紧缺的城市自来水价格接近。”杨波介绍，采用低温多效工艺的淡化制水成本会略高一些。相比之下，反渗透海水淡化工艺在能耗和制水价格成本等方面还是具有较为明显的优势。随着我国海水淡化技术、设备国产化率的进一步提高和成熟，工程规模的扩大，制水成本仍有下浮空间。

关心，饮用淡化水安全吗？

除了经济账，关于海水淡化，公众的关注聚焦在饮水安全上。长期饮用海水淡化水对人的健康有无影响？海水淡化后产生的浓盐水对生态环境有无影响？

“我国已有二十几年的饮用淡化水历史，疾控部门也做过十年跟踪，未发现对人体健康产生什么样的影响。在中东，饮用海水淡化水的历史更长。”杨波介绍。

据悉，全球淡化水用于市政供水已有 50 余年历史，有 3 亿多人长期饮用，其安全性已得到长期实践证明。

国际上淡化水作为饮用水的标准一般采用生活饮用水标准，如 WHO（世界卫生组织）的《饮用水水质导则》、欧盟的《饮用水水质指令》、美国的《饮用水水质标准》等。作为优质水源的淡化水，其水质指标完全符合以上水质标准。

热法海水淡化水水质均优于我国《生活饮用水卫生标准》；膜法淡化水经二级反渗透后，完全符合相关标准要求。

关于浓盐水排海的影响，杨波介绍，海水淡化每生产 1 吨淡水，将产生 1.5 吨左右的浓海水，其盐度为原海水的 1.6 ~ 1.8 倍。一般浓海水排海只要通过适当的扩散器处理，在半径几米或十几米的范围内就可以稀释到原海水浓度，不会对生态环境产生不良影响。但在相对封闭或海水循环能力较差的区域，随着海水淡化规模的越来越大，需要考虑更有效的扩散系统。

“在你的水井干涸之前，你是不会惦记水的。”这是鲍勃·马利的一句名言。

杨波说：“我们希望通过媒体的传播，让更多的人意识到水安全的形势，了解海水淡化技术，破除认识上的一些误区。”（安海燕）

七、氢能

“十四五”氢能产业迎发展“窗口期”

中国能源报 2021.2.2

“十三五”期间，我国氢能产业实现了产业化起步和相关技术的积累，尤其去年 9 月燃料电池汽车“以奖代补”政策落地，进一步加速释放了产业发展活力。

作为新兴产业的氢能，“十四五”期间将面临哪些机遇和挑战？其利好政策能否迎来叠加？产业瓶颈又该如何得到解决？

成本有望快速下降

根据国家能源局去年发布的《关于做好可再生能源发展“十四五”规划工作有关事项的通知》，氢能被列入可再生能源发展“十四五”规划编制重点任务。截至目前，全国已有多省发布了“十四五”氢能规划，抢滩布局氢能产业。

上海燃料电池汽车商业化促进中心秘书长张焰峰表示，作为新兴产业，氢能是高投资高技术密集产业，只要提供良好的政策环境和发展空间，氢能产业将在规模经济效应下实现成本的快速下降。

“随着技术的进步，现阶段产业面临的成本问题都将迎刃而解。”在张家港氢云新能源研究院院长魏蔚看来，液氢技术的出现、管道局域网的逐步试点、市场规模的扩大，都将导

致氢能设备、工程建设的成本下降。“换言之，一方面，技术的进步将带来储运效率的提升，另一方面，市场规模的扩大将带来装备成本的下降。”

北京氢璞创能科技有限公司董事长欧阳洵认为，燃料电池产业链的成本会持续下降，预计每年下降20% - 30%，在“十四五”中后期，成本预计能够降到与柴油发动机竞争。其中，氢气成本的下降是大势所趋，考虑到氢气主要来自我国丰富的煤炭及可再生能源，国家层面可能会做一些价格杠杆调控。

谈及氢能企业如何在“十四五”期间实现高质量发展，张焰峰指出，企业不应过度依赖补贴政策，而是需要基于真实的市场需求制定研发方向，跳出补贴带来的束缚，挖掘真实市场需求，提高自身产品竞争力。

魏蔚也认为，企业要谋求商业化发展，应抓住“十四五”这个氢能产业的窗口期，同时也要不断提升技术水平以降低成本。

多种商业模式及应用领域尚待探索

氢燃料电池汽车是氢能领域目前发展最火热的产业，但事实上，受访专家纷纷指出，氢能适用于电力、交通、建筑、工业四大领域，不应忽视氢能在这些领域的发展。

“氢燃料电池汽车产业是氢能科普教育的切入点和新型产业的示范点，同时能够让大家注意到氢能对我国能源安全、碳中和的重要意义。”张焰峰表示。

记者了解到，除了汽车，氢能在其它领域的应用还存在一系列问题和发展阻碍。比如政策体系尚未建立、法规标准未完善、供应体系和应用体系未建立等；与此同时，准入、监管、安全、应急等能源保障体系和建立统一的氢能数据平台也亟待进一步推进。

除了科学的规划和政策的有力支撑，在市场推广初期，合适的商业模式也非常重要。“探索并制定合适的商业模式将会带动燃料电池车辆的推广、基础设施的建设和氢储运加成本的降低，能够快速找到可以商业化的切入点，实现商业化运营，是帮助产业逐步摆脱补贴的重要路径。”魏蔚强调，氢能产业链非常长，涉及的企业较多，因此，良好的商业模式需要具备强大的资源整合能力，应在氢能资源丰富、产业集群密集的区域大力发展可持续的商业模式。

欧阳洵表示，对燃料电池商业模式而言，集中于运输和电力两大应用场景，预计“十四五”期间，燃料电池的发展重心仍会在运输行业，重要的商业场景将包括港口物流、城际物流、干线物流、轨道交通以及船舶等。与此同时，基于光伏发电的成本大幅下降，氢储能发电也面临新的机遇，便宜的电价用来制氢，对于燃料电池在发电领域的推广以及整个氢能经济的成本下降十分有利。

需尽快明确国家层面发展路径

展望“十四五”，氢能产业将会有怎样的发展趋势？张焰峰认为，氢能作为新兴产业，目前处于产业的启动和示范期，随着国家及多省市“十四五”规划落实，氢能在国家能源体系的占比和重要性会更加凸显，完全没有碳排的绿氢所占比例将会越来越大。

“在‘十四五’期间，氢能政策会聚焦在一些特定的应用领域，比如重型货车，另外在‘以奖代补’的基础上增加‘择优奖励’。”欧阳洵表示，业内希望“十四五”期间保持产业政策的连续性，避免大范围的调整。预计在后期，补贴会逐渐从电堆系统转移到应用端，同时，无论是公交车、环卫车、重卡、叉车，对购置和使用成本都比较敏感，因此对氢气价格的补贴也将成为未来政策制定方向之一。

“希望‘十四五’期间，氢能的能源属性能够进一步明确，国家层面的氢能发展路径尽快明确，国家氢能产业中长期发展的战略规划尽快出台。”张焰峰建议，国内氢能体系建设可参考韩国去年颁布的全球首部氢法——《促进氢经济和氢安全管理法》，设立专门的管理机构，明确管理部门将提升我国氢能产业发展的效率，让产业发展更具章法。（仲蕊）

“氢电耦合”构建现代能源体系

中国能源报 2021.3.22

“电和氢相结合，可基本满足社会各行业不同形式的能源需求。”近日，中国产业发展促进会氢能分会会长魏锁在第六届中国能源发展与创新论坛上指出，发电和制氢相结合能够打破电网平衡对新能源发电承载能力的局限，使风光资源得到充分的开发利用。

过去十多年，我国风能、太阳能等新能源技术和产业快速发展，但魏锁指出，我国储能、氢能等领域的材料、部件、技术等环节仍难以满足全产业链自主可控的要求，从技术到产品都有很大的创新提升空间。

为进一步推动可再生能源开发，多位专家表示，加快能源转型进程，发展氢能并构建“电氢体系”将成为一条重要路径。

可再生能源为制氢提供推动力

“未来，可再生能源将持续快速发展，光伏和风电是能源转型的主力，可再生能源将成为能源消费增量主体，并逐步走向存量替代。”水电水利规划设计院副总工程师谢宏文在论坛上表示，未来5年，可再生能源将成为部分地区能源消费增量主体；2035年，可再生能源基本满足能源消费增量；2050年，可再生能源将成为能源消费总量主体。

谢宏文进一步指出，未来，风电成本将持续下降，“三北”陆上和东部沿海是风电发展重点。技术进步也将推动光伏转换效率和工艺制造水平持续提升，光伏发电成本有望快速下降，届时光伏将成为我国上网电价最低、规模最大的电源。

不过，可再生能源具有明显的不稳定生产特征，而氢能与电能的深度耦合恰恰能支撑更高份额可再生能源电力的发展。

“氢能与电能同属二次能源，更容易耦合电能、热能、燃料等多种能源并与电能一起建立互联互通的现代能源网络。”谢宏文指出，可再生能源制氢与氢储运、氢应用技术的不断进步，有望使部分优势地区的可再生能源摆脱电网设施及消纳条件的限制。

据谢宏文介绍，开展可再生能源制氢利用，可将丰水期富余水电、负荷低谷时段富余风

电、午间富余光伏发电等可再生能源电力转化为氢能并存储，促进可再生能源主动参与电网调峰，提升新能源利用效率。

“随着电力现货市场的试点及铺开，可再生能源富余时段电力直接反映为系统电价降低，电制氢经济性提升。同时，制氢具有较好的扩展性和运行灵活性，能够适应新能源的随机波动。”谢宏文进一步指出，可再生能源的发展将为制氢提供推动力。

“可再生能源将助推电解制氢降低成本。”谢宏文指出，过去10年间，风电、光伏发电度电成本分别下降了69%和88%，2019年的风电、光伏规模化利用已实现平价上网。随着可再生发电成本快速下降，电解水制氢经济性将逐步提升。可再生能源将助推电解水制氢走向主流。2050年，预计氢能在中国能源体系中的占比约为10%，氢气需求量接近6000万吨，年经济产值超过10万亿元。

不仅如此，氢能还将促进可再生能源电力在终端应用的整合。谢宏文表示，可再生能源制氢可提供灵活性，以适应电力系统中不断增加的可再生能源电力份额，氢气有助于实现电力系统与工业、建筑和交通运输部门之间的“产业互连”，提高灵活性，同时促进可再生能源与电力系统整合。

核心技术要实现自主可控

当前，我国氢能发展尚处于起步阶段，但研发创新能力和技术进步很快，随着中国石化、国家电投等诸多央企的入局，以及一批有实力的跨国公司向我国氢能市场聚集，极大加速了我国氢能产业的发展进程。

据中国石化销售股份有限公司发展规划首席专家江宁介绍，中国石化将在现有的炼化、煤化工制氢基础上，进一步扩大氢气生产利用规模，大力发展可再生电力制氢，并积极利用边际核电、可再生能源弃电、电网谷电等制氢，持续优化氢气来源结构，利用“绿氢”实现炼油化工领域碳减排。

除了各大央企积极布局，一些知名新能源企业也在着力进行氢能应用模式的探索，浙江正泰新能源开发有限公司对氢能分布式应用的创新实践就成为典型代表。该公司总裁助理戴骏介绍，氢能分布式发电是跨领域、跨行业的应用结合，包含输配电、电源、储能、氢能等产业，他强调，“氢电体系是未来能源结构重要组成部分。”

对于未来氢能的发展路径，国家电投集团氢能科技发展有限公司首席技术官柴茂荣建议，为了推动成本下降，首先要在核心技术上实现自主可控，同时以一家大型企业牵头，带领一批零部件企业联合攻关，形成规模效应。

恩泽基金总经理周雨萱则表示，氢能发展必须具备三大要素，缺一不可。首先是建立氢气制、储、运、加供应链；其次是与应用场景相结合；最后是资金和资源。只有三大要素协调发展，才能形成健康的良性循环，打破鸡生蛋和蛋生鸡的逻辑困局。

而从多能互补的角度来说，谢宏文建议，中国应大力开展可再生能源与氢能融合发展建设，实现“两中心、三基地”的建设布局。同时，通过风光氢高比例耦合技术研究、氢能

制储加一体化示范项目、交通领域“风光+绿氢”体系项目孵化、化工领域“绿氢”对“灰氢”部分替代的解决方案等专项研究和示范项目，提高可再生能源与氢储能耦合比例，助力提升新能源消纳，带动氢能产业发展。

“氢能产业链的发展需依靠上游产业链制氢、储运、加氢各环节的整合，采用更高效的氢气制取方式和更安全的氢气运输渠道。”中集安瑞科控股有限公司氢能技术总监李怀恩表示，从长远看，随着用氢需求的扩大，结合可再生能源的分布式制氢加氢一体站、经济高效的集中式制氢、液氢等多种储运路径并行的方案将是主要发展方向。

根据中国产业发展促进会氢能分会研究预测，到“十四五”末，氢能产业链各环节的关键技术、材料、部件的研发和制造将基本实现自主可控，生产经营成本大幅度下降。同时，随着新能源技术的发展，绿氢成本也将大幅下降，国内基础设施建设、法规政策的进一步健全，也将使氢能产业具备规模化发展条件。（李惠钰）

氨转氢：储运更方便

中国科学报 2021.3.15

近日，美国西北大学研究人员在《焦耳》杂志上发布了一项成果，他们利用可再生能源进行氨到氢的转化，用于固体酸电化学电池研制。这种方法更环保、更高效，是实现零污染、氢燃料经济的重要一步。

“氢燃料电池的弊端一直是缺乏用于输送的基础设施，且运输氢既困难又昂贵，但一个广泛的氨水运送系统已存在。”该研究第一作者 Sossina M. Haile 介绍，过去，利用氨制取纯净的氢仍存在若干技术障碍，不过他们研发出的电化学系统可把氨水转化为随时可用于燃料电池的洁净氢。

他表示，这项工艺的工作温度只需要 250℃，比传统方法的 500 至 600℃ 低，且转化过程高效，“这是缘于所有提供给装置的电流都将全部直接用于生成氢，不会因为寄生反应造成任何丢失”。

这项新技术另一个优势是，由于制取出来的氢是纯净的，可以直接进行加压处理以便高密度储存，因此只需增加电能即可。

研究人员介绍，为了完成这种转化，他们建造了一个独特的带有质子导电膜的电化学电池，并将其与氨分解催化剂结合起来。

“首先，氨与可将其分解为氮和氢的催化剂结合，此时氢立即被转化为质子，然后质子经电力驱动穿过电化学电池中的质子传导膜。通过不断处理氨，这种反应进行得比原本更彻底。” Haile 解释道。

氢是一种清洁燃料，在燃料电池中消耗时，产生的副产品只有水，这与化石燃料形成鲜明对比，后者产生二氧化碳、甲烷和一氧化二氮等导致气候变化的温室气体。氢能作为零碳能源，正成为以清洁化、低碳化为主要特征的新一轮能源转型的重要发展方向。根据国际氢

能委员会预测，到2050年，氢能将减少二氧化碳排放60亿吨，在全球能源中所占比重有望达到18%。中国氢能联盟预测，2050年，氢能在中国能源体系中占比约10%。

然而，储运难是制约氢能发展的瓶颈之一。而氨比氢更容易液化，也更容易储存和运输。研究显示，在同等条件、标准大气压下，液氨在-33℃就能够实现液化运输，但如果直接运输液氢温度则需要降至-253℃左右。同时，液氨储氢中，体积储氢密度相对液氢高1.7倍。

中国科学院院士欧阳明高曾表示，在能源革命大背景下，氨以质量储氢密度比和体积储氢密度两大优势，正在成为具有发展前景的氢运输载体。

不过，“氨作为一种氢运输载体，还处在研究阶段。”中国氢能联盟专家委员会委员何广利告诉《中国科学报》，氨也是化学品，同样具有危险性，且氨-氢转换效率有待提高。在他看来，就目前而言，利用甲醇重整制氢或是直接利用液氢等方式具有较大市场竞争力。（贾禾）

液氢产业化步伐加快

中国能源报 2021.3.22

核心阅读

尽管液氢产业仍处于技术经验积累和示范阶段，但由于氢气大规模需求时代即将到来，液氢产业正在各方力量加持下，加强经济性、技术性、环保性突破，为推动氢能产业大规模发展奠定基础。

近日，佛燃能源、国富氢能等四大企业联袂推进“液氢储氢加注站项目”，根据协议，四方将发挥各自在液氢制储运加用方面的优势，采用国际先进、国内领先的工艺流程，推动建设不少于三座液氢储氢型加注站，同时开展自主液氢与深冷高压技术和装备的开发。

此前，受技术水平和成本高企约束，我国液氢产业较多用于航天领域。2020年4月，鸿达兴业股份发布公告，称其投建的国内首条民用液氢生产线已生产出液氢产品，标志着我国液氢产业在民用领域实现了零的突破。随着氢能及燃料电池产业化步伐加快，氢气的大规模需求时代或将到来，液氢产业有望“大展拳脚”。

弥补氢源不足

近年来，我国多个省市出台政策鼓励推广氢能产业，但因面临“用氢地区不产氢”困境，氢气储运成本又居高不下，导致氢源问题始终无法解决。

根据氢燃料电池汽车产业发展规划，2030—2035年，我国燃料电池汽车推广规模将达到百万辆，届时所需氢气或将达数千万吨。

“佛山作为我国氢能产业发展最早的区域，是氢能产业的龙头城市。虽然广东省拥有全国最多的燃料电池汽车和加氢站，但由于佛山化工园区不多，化工副产氢匮乏，氢源的供应压力已成为制约当地汽车运营规模的关键问题。”张家港氢云新能源研究院院长魏蔚表示，

受资源禀赋限制，佛山要实现在未来推广燃料电池汽车更大规模运营，就需要外部的氢源保障佛山的氢能发展，“现阶段，氢气管网尚未建立，高压氢无法满足更大规模、跨省运输氢气的需求，因此规划液氢产业具有非常重要的意义。”而此次的“液氢储氢加氢站项目”正由佛山龙头企业佛燃能源主导，意在为佛山氢能产业更大规模发展奠定氢源基础。

除了佛山，2020年11月，嘉兴港区管委会与林德集团、上海华谊集团三方代表也签署了氢能产业链项目合作框架协议，在氢能的生产和供应、纯化和液化、储存和运输以及加氢站充装等方面展开深入合作。据了解，嘉兴是浙江燃料电池示范城市群的牵头城市，大力推进液氢项目正是为了解决浙江乃至长三角地区的氢源问题。

北京中科富海低温科技有限公司氢能业务中心总经理宁永强坦言：“液氢产业与整个氢能产业发展密切相关，氢能是实现‘30·60’双碳目标的有效方式之一。目前，氢能在交通领域的应用最为广泛，我国汽车保有量庞大，一旦将其中1%替换成氢燃料，就能形成巨大的氢能市场规模，而如果氢的供应端有5% - 10%使用液氢，其形成的液氢需求及规模也不容小觑。”

寻求经济性与环保性兼得

值得注意的是，用于制备液氢的氢气来源反映出目前氢能产业链在绿色能效上的普遍问题。

一位不愿具名的业内专家向记者表示：“未来，我国氢能产业对氢的需求会非常庞大，但发展氢能的正确方向永远是‘绿氢’，液氢目前来看可以解决的是氢的长距离储运，但产业链环节降本、上游绿氢来源才是产业需要面对的核心问题。”

“现阶段，在市场规模不大的前提下，可以使用工业副产氢制备液氢，而当形成一定规模，可再生能源电解水制氢再压缩成液氢更具后劲，相比高压氢其对用氢地区的供应能力更强，如果最终制成液氢，那么完全不必担心氢源杂质问题。”魏蔚强调，不同的阶段会有不同的市场需求和技术路线，我国大规模绿氢生产仍待实现规模化，因此要实现可再生能源制液氢的经济性仍需一定时间的发展。

宁永强也表示，我国有丰富的工业副产氢资源，现阶段将这些副产氢合理利用，同样是一种促进产业规模扩大和最终实现节能减排的有效方式。

魏蔚进一步补充称，氢的液化需要消耗大量电能，因此液氢的生产需要在电价和氢源便宜的地方，随着我国可再生能源降本进程提速，风光资源丰富的“三北”地区是建设液氢工厂和生产液氢的理想场所。

自主研发要提速

宁永强表示，液氢纯度高，对燃料电池的寿命及耐用性更有好处。“日本、美国等国家已经证明，液氢的运输成本仅为高压氢气的八到十分之一，因此液氢在氢能规模化储运方面具有明显优势，是降低氢储运成本的重要方式。”

“液氢作为氢最高效的储运方式，其推广应用顺应了产业发展规律，此外，在解决氢的

储运方面，液氢工厂的建设周期比氢气长输管道要少数年。”在魏蔚看来，液氢加氢站的建设，一方面为液氢打造了终端应用场景，另一方面则让液氢工厂的建设项目能够看到将来的用武之地。

魏蔚提到，尽管国内液氢项目落地速度加快，但我国在液氢的加注、装备的性能、大规模工程化降本等方面和国外仍有一定差距，核心零部件、阀门、控制元器件、液氢泵等，仍未拥有核心技术，因此国内液氢装备企业应加大研发力度，加速相关设备、零部件的国产化进程。

同时，液氢也更多地出现在各政策目标和重要课题中。《节能与新能源汽车技术路线图2.0》中提出，要在2025年实现液氢在能源领域实现规模化生产与应用的目标，科技部也连续两年在“氢能与可再生能源”专项中发布与液氢相关的重大课题。

宁永强表示，由于此前缺乏氢液化在民用领域的相关经验，目前相关的项目落地、审批、安全评估等地的管理办法不尽相同，全国没有明确统一的标准。“因此，在技术可行、经济性和需求问题尚未解决前，液氢产业目前仍处于技术经验积累和示范阶段。”

科学家实现低温高效 CO₂ 催化加氢制甲醇

中国科学报 2021.3.25

本报讯（记者卜叶）近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员邓德会团队与厦门大学教授王野团队合作，在二氧化碳（CO₂）催化加氢制甲醇研究中取得重要进展。研究团队历时近6年，首次利用富含硫空位的少层二硫化钼（MoS₂）催化剂实现了低温、高效、长寿命催化 CO₂ 加氢制甲醇。MoS₂ 催化剂的活性与选择性均显著优于此前报道的金属氧化物催化剂，并显示了优异的稳定性，为实现低能耗、高效率的 CO₂ 转化利用开辟了新途径。相关研究成果发表于《自然—催化》。

温室气体 CO₂ 是诸多化学反应的最终产物。其过量排放加剧了全球平均气温的上升，给生态环境带来巨大压力。如何高效转化利用 CO₂，将其变废为宝，是能源化工领域的研究热点和难点。

与基于可再生能源的绿氢（H₂）反应制备甲醇是 CO₂ 变废为宝的重要途径之一。通常，传统的金属氧化物催化剂需要 300 摄氏度以上的反应温度，同时常伴随严重的逆水煤气变换反应，产生大量副产物一氧化碳。在金属氧化物催化剂中引入过渡金属组分可以促进 H₂ 的活化从而降低反应温度，但容易导致 CO₂ 过度加氢产生甲烷，降低目标产物甲醇的选择性。CO₂ 低温高效加氢制甲醇亟须寻求新的催化剂体系。

此前的研究中，邓德会团队发现 MoS₂ 基催化剂在催化电解水生产 H₂ 方面性能优异。反过来，“MoS₂ 能否在室温下活化 H₂，并高效催化 CO₂ 加氢制甲醇？”带着这一想法，邓德会与王野团队展开联合攻关。

通过调变 MoS₂ 自身结构，研究人员开发出具有丰富硫空位的少层 MoS₂。经评价，该

MoS₂ 催化剂能够实现低温甚至室温下 CO₂ 和 H₂ 的直接活化、解离，并有效抑制甲醇的过度加氢。原位表征与理论计算研究结果显示，MoS₂ 面内硫原子空位是催化 CO₂ 高选择性加氢到甲醇的活性中心。

在实验室小试中，CO₂ 在 180 摄氏度下的单程转化率可达 12.5%，甲醇选择性高达 94.3%，显著优于此前报道的金属和金属氧化物等传统催化剂，并且性能稳定维持 3000 小时未见衰减，表现出优异的工业应用潜力。

新材料实现氢气提纯“一步到位”

中国科学报 2021.3.29

陶瓷膜是无机陶瓷材料经特殊工艺制备形成的非对称膜。因其稳定性好、强度大、效率高，可广泛应用于食品、饮料、植（药）物深加工、生物医药、发酵、精细化工等众多生产生活领域。

近日，中国科学院青岛生物能源与过程研究所研究员江河清与德国汉诺威大学合作，开发出一种新型钛基双相混合导体透氧膜。相较于传统铁基双相膜的化学不稳定性，钛基双相膜材料在含有水蒸气和高浓度氢气气氛下处理 100 小时，仍然保持原有的相结构和微观形貌，抗还原稳定性十分优异。

研究人员表示，这种新材料可以一步制备不含一氧化碳（CO）的高纯度氢气，后者可作为燃料直接用于氢燃料电池。相关成果日前发表于《德国应用化学》。

陶瓷透氧膜优越性明显

陶瓷透氧膜是一类同时具有氧离子—电子混合导电性的陶瓷膜，对氧气具有 100% 的选择透过性，相比传统技术具有明显优越性。

“以美国 Air Products 公司来说，该公司采用膜技术制氧，与传统的深冷技术相比，投资成本降低 25% ~ 30%，能量消耗则降低 35% ~ 60%。”江河清对《中国科学报》说。

此外，在化工生产中，利用膜反应器还可合并反应和分离这两个彼此独立的过程。“例如，可利用透氧膜一侧供氧方式实现膜另一侧天然气高效转化为合成气、乙烷、乙烯等高价值化学品，实现天然气的资源化利用。”江河清解释道。

基于此，美国能源部早在 1992 年就制订了 Gas To Liquid（GTL）计划，设想通过膜反应器技术将甲烷转变为合成气，并先后成立了以 Argonne 国家实验室和 Air Products 公司为首的研究团体。

氢作为一种可再生能源，被广泛应用于合成氨、石油炼制以及半导体生产和燃料电池行业中。以储量丰富的工业副产氢作为燃料电池的氢源，有利于解决燃料氢气存在的高成本和大规模储运问题。

然而，工业副产氢中含有微量的 CO 等杂质，会使燃料电池电极中毒失活，严重影响其操作稳定性，迫切需要发展全新、高效的制氢体系，以攻克工业副产氢分离纯化过程中面临

的工艺复杂和氢气纯度低的难题。

“这种混合导体膜的制备成本低廉，工艺简单，实现了化工生产的过程强化，避免了复杂、高成本的分离纯化过程，在氢气分离制备领域有着广阔的应用前景。”江河清说。

让氢气分离技术更经济

“目前，制氢在工艺和技术上可分为四大主流：电解水制氢、化石燃料制氢、工业副产物制氢、生物质制氢。”江河清介绍，“电解水制氢可直接得到不含 CO 的燃料氢气，然而其成本高，不利于该技术广泛推广。化石燃料制氢等三类制氢技术成本虽然相对较低，但其产生的氢气并不能直接用作燃料氢气，主要原因是在生产过程中不可避免地产生 CO，且必须经过后续分离纯化过程才能用于燃料电池。”

科技部在近日发布的“可再生能源与氢能技术”2020 年度重点专项的考核指标中，明确提出燃料电池系统中氢气 CO 含量不超过 0.2ppm，这也对制氢技术提出了新的要求。

据记者了解，目前，工业上通常利用变压吸附法分离提纯氢气，然而这种方法工艺复杂、能耗大，且在纯化过程中需要提供较高的压力，对整个制氢过程的安全性提出了很高要求。

不过，江河清指出，“采用膜分离技术可以将反应和分离耦合，一步直接得到不含 CO 的氢气，易于后期集成化操作，投资和占地面积较小，是一种更经济、更有前景的氢气分离技术。”

为安全性不懈探索

此前，江河清团队围绕透氧膜制氢相关技术已经开展了大量研究。基于江河清提出的耦合策略，该团队将水分解制氢与低碳烷烃催化转化耦合到膜两侧，一侧得到了不含 CO 的氢气，另一侧则得到了合成气和乙烯等高附加值产品，避免了复杂、高成本的分离纯化过程。

但是，在膜材料的测试过程中，随着时间延长，氢气分离性能逐渐降低。

“为了揭示其中的原因，我们对测试后的膜材料进行了全面表征，发现膜表面发生了较为严重的腐蚀破坏，特别是其中易变价的 Co 离子被深度还原而在膜表面析出，使得膜结构遭到了严重破坏。”团队成员贾露建表示，基于透氧膜实现燃烧反应驱动的水分解制氢过程中，透氧膜两侧均处于较为苛刻的强还原性气氛中，因此要求膜材料具有更高的化学稳定性。

贾露建解释，Co、Fe 基混合导体透氧膜材料由于其高透氧量得到了广泛的关注和研究，但是它们在低氧偏压或还原性气氛下稳定性差，主要原因是 Co^{4+} 和 Fe^{4+} 长时间在低氧偏压或还原气氛下会被过度还原，从钙钛矿结构中析出，长期运行会导致膜的失效。“这也是我们探索开发在苛刻气氛下能够稳定运行的 Ti 基膜材料的初衷所在。”

此外，团队在膜材料密封中也遇到了一定的挑战。贾露建介绍，为了达到较好的密封效果，团队先后采用了玻璃粉、陶瓷粉、银丝、金丝等密封材料。因为密封的好坏直接影响水分解侧氢气纯度，因此，筛选优化不同密封材料是制备不含 CO 的氢气的非常关键的步骤。

通过对比不同材料并优化密封条件，团队发现利用银丝可以实现较好的密封效果，隔绝了低纯氢气侧杂质气体的泄漏扩散，同时避免氢气等高风险气体的泄漏风险，保证膜反应器

的安全性。

一步制备高纯氢气

江河清表示，新开发的 Ti 基透氧膜材料解决了传统 Co、Fe 基透氧膜材料在反应与分离耦合过程中稳定性差的问题，因此，将 Ti 基膜材料构筑膜反应器应用于工业副产氢燃烧驱动的水分解制氢过程中，可以高效低成本地制备不含 CO 的氢气。

“我们开发的 Ti 基膜材料可以实现一步制备不含 CO 的氢气。”团队成员、中国科学院青岛生物能源与过程研究所副研究员张艳表示，具有氧离子—电子混合导电性的致密陶瓷膜对氧气具有 100% 的选择透过性，将高温水分解反应和工业副产氢燃烧反应耦合在陶瓷透氧膜反应器的两侧，低纯氢气的燃烧可以促进陶瓷膜另一侧水分解生成氧气的原位移除，从而可以促进水高效分解，获得不含 CO 的氢气，直接用于氢燃料电池。

由于氧气以氧离子的形式通过氧空位传递，透氧膜对其他气体具有出色的拦截功能，这种特性决定了水分解侧获得的氢气纯度在理论上可以达到无限高。

“Ti 基膜材料在强还原气氛下展现出优异的稳定性。我们根据 Ti 离子在还原气氛中不会发生深度还原的特点，设计合成了 Ti 基双相透氧膜材料，解决了传统 Co 和 Fe 基混合导体膜在还原气氛下不稳定的问题。该研究展现了 Ti 透氧膜材料在制氢领域的独特优势。”张艳补充说。

基于所研发的 Ti 基膜材料，江河清团队成员进一步采用相转化法和挤出成型工艺分别制备了中空纤维膜和管状膜。与片状膜相比，膜面积和氢气透量均显著提高。

目前，该团队正积极开展中空纤维膜和管状膜组件的安装调试。“将来有望应用于工业副产氢提纯分离，推动膜分离制氢技术的商业化应用。”江河清说。（廖洋 刘佳）

光催化分解水制氢机理研究取得新进展

科技日报 2021.3.25

科技日报银川 3 月 24 日电（记者王迎霞 通讯员何徽）记者 24 日从宁夏科技厅获悉，宁夏大学省部共建煤炭高效利用与绿色化工国家重点实验室研究员马保军团队在光催化制氢机理研究方面取得新进展，发现并提出了不同组装方法的复合催化剂的电子转移路径。相关研究成果近日发表在国际催化领域期刊《应用催化 B：环境》。

化石燃料的过度使用造成了能源短缺、温室效应及环境污染等严重问题，利用太阳能光催化剂分解水产氢是解决能源环境问题的最理想方法之一。马保军团队一直致力于光催化技术研究，在前期的相关研究中，团队阐明了贵金属主要用作催化质子还原的反应活性位点，而非贵金属助催化剂由于其大的比电容主要存储来自半导体的光激发电子。然而，光催化剂的结构与活性之间的关系需要进一步阐明，研究光催化剂的结构与光激发电子的传递路径之间的本质关系具有重要意义。

马保军团队设计制备了 (Ru/WC) /CdS 和 Ru/ (WC/CdS) 两种复合助催化剂。研究

发现，当贵金属 Ru 先行担载在非贵金属助催化剂 WC 上时，两者在光催化析氢反应中具有协同作用。而当贵金属 Ru 直接担载在复合催化剂 WC/CdS 上时，由于电子的转移路径改变，两种助催化剂对于电子的作用呈现出竞争关系，削弱了助催化剂的协同作用，Ru/(WC/CdS) 的光催化活性反而劣于 WC/CdS。该研究阐述了 WC 和 Ru 在光催化剂中的作用以及不同活性位点组成的复合催化剂的电子转移路径，为在半导体上组装高效的复合助催化剂奠定了坚实基础。

八、风能

最新数据显示，2020 年全球新增装机容量中国占据一半，欧洲市场稳增——

全球海上风电逆势增长

中国自然资源报 2021.3.

近日，据全球风能理事会（以下简称 GWEC）发布的最新数据显示，2020 年，全球海上风电新增装机容量超过 6 吉瓦，其中中国占据一半。欧洲市场保持稳定增长，荷兰以近 1.5 吉瓦的新增装机容量排名全球新增装机容量第二位。英国是海上风电装机容量规模最大的国家，总装机容量超过 10 吉瓦，中国超过德国成为总装机容量全球第二位。目前，全球海上风电装机容量超过 35 吉瓦，每年可减少约 6250 万吨二氧化碳排放。

中国市场发挥重要推动作用

数据显示，2020 年，全球海上风电新增装机容量超过 6 吉瓦，为历史第二高水平。面对新冠肺炎疫情对全球能源行业造成的严重影响，全球海上风电逆势增长，中国市场发挥了重要的推动作用。2020 年，中国新增海上风电并网容量超过 3 吉瓦，占全球新增装机容量一半以上，连续 3 年成为全球海上风电新增装机容量最大的市场。

GWEC 市场信息与战略总监赵锋说：“面对疫情影响，全球海上风电市场仍然保持稳定增长，这证明了海上风电行业发展的韧性，预计 2021 年中国海上风电市场仍会快速增长。”

国际市场稳步增长

纵览相关数据，除了中国海上风电市场，大部分新增装机容量来自欧洲。2020 年，荷兰海上风电新增装机容量达近 1.5 吉瓦，使其成为仅次于中国的第二大新增市场。同时，其他欧洲国家海上风电市场也保持了稳定增长，其中比利时为 706 兆瓦、英国为 483 兆瓦、德国为 237 兆瓦，这些国家都是欧洲海上风电新装机容量增长较快的国家。2020 年，唯一新增的海上浮式风电装机容量来自葡萄牙，装机容量为 17 兆瓦。

此外，韩国、美国也实现了较大增长，2020 年海上风电新增装机容量分别为 60 兆瓦、12 兆瓦。

赵锋表示，当前，日本、韩国等国政府已经制订了加快海上风电产业发展的计划，亚太地区将在推动全球海上风电产业发展方面发挥越来越重要的作用。美国政府也明确表示将推

进海上风电产业发展，其发展潜力不可忽视。

有助应对气候变化

据世界银行发布的数据显示，当前，全球有超过 7.1 万吉瓦的海上风电发展潜力。发展海上风电产业不仅会带来显著的经济效益，还是应对全球气候变化的重要举措，有助于各国把温升控制在 1.5 摄氏度。未来 10 年，海上漂浮式风电技术商业化应用，对于挖掘海上风电产业发展潜力至关重要。

GWEC 全球海上风电工作组主席阿莱斯特尔·杜顿说：“作为全球能源行业加强碳减排和实现碳中和的关键技术之一，海上风电产业的地位越来越重要。按照当前全球海上风电装机量计算，每年可减少约 6250 万吨二氧化碳排放，相当于 2000 多万辆汽车的碳排放量。”（孙淑情）

韩国拟建全球最大风电场

中国能源报 2021.3.1

本报讯 据能源信息网站 Power Engineering International 报道，韩国政府近日宣布，将斥资 48.5 万亿韩元（约合 432 亿美元）在韩国境内打造总装机规模达 8.2 吉瓦的风电项目。

据了解，该项目选址于韩国西南部地区全罗南道的新安郡，预计将有超过 33 家韩国公共事业公司和私营企业参与。其中，韩国政府将出资 0.9 万亿韩元，公共事业公司和私营企业将提供 27.6 万亿韩元的资金。

韩国方面表示，此次计划打造的风电项目是目前世界上装机规模最大的风电场。如顺利建成投运，其发电量将相当于 6 个核电机组的发电量总和，可以满足首尔和仁川地区全部家庭的用电需求。

根据韩国制定的风电发展目标，到 2030 年，该国风电累计装机规模将从目前的 1.67 吉瓦提升至 16.5 吉瓦。此次宣布的新建项目将贡献目标装机规模的近一半。此外，该项目还将创造 5600 个工作岗位，社会效益明显。（董梓童）

沿海省份陆续发布“十四五”规划，进一步扩大海上风电装机规模——

海上风电“大爆发”拐点已现

中国能源报 2021.3.22

核心阅读

近日，广东、江苏、浙江等多沿海省份陆续出台“十四五”规划，积极谋划海上风电开发，明确进一步扩大装机规模，数据显示，未来五年内我国海上风电装机将突破 30GW。

日前，江苏省发布“十四五”规划，提出将“有序推进海上风电集中连片、规模化开发和可持续发展，加快建设陆上风电平价项目，打造国家级海上千万千瓦级风电基地”。

在海上风电降本的关键时期，近两个月来，广东、江苏、浙江等多沿海省份海上风电规划已陆续出台，“十四五”期间我国海上风电装机量预计将迎来“大爆发”，海上风电集中成片式开发“蓄势待发”。

海上风电装机规模扩容

根据规划，江苏省未来将“加快能源绿色转型，全面提高非化石能源占一次能源消费比重”，并“有序推进海上风电集中连片、规模化开发和可持续发展”。江苏省能源局此前印发的《江苏省“十四五”可再生能源发展专项规划（征求意见稿）》则指出，到2025年，江苏省风电新增约1100万千瓦，新增投资约1200亿元，其中海上风电新增约800万千瓦，新增投资约1000亿元。

由此看来，海上风电已然成为江苏省未来五年里清洁能源规划发展的重点。厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强指出，在江苏、浙江等沿海发达省份，陆上土地资源相对较为稀缺，海上风电将成为各省份实现清洁能源转型的“必然之选”，同时沿海地区作为耗能大省，其海上风电场消纳前景也较为可观。

事实上，在沿海省份中，除江苏省外，截至目前，广东、浙江等沿海海上风电大省也已发布海上风电相关规划。今年2月，广东省能源局在相关征求意见稿中明确指出将进一步扩大海上风电装机规模，到2025年底全省累计建成投产装机容量达1500万千瓦。浙江省随后发布的相关文件称，将“打造近海及深远海海上风电应用基地+海洋能+陆上产业基地发展新模式，到2025年，力争全省风电装机容量达到630万千瓦，其中海上风电500万千瓦”。保守估计显示，未来五年内我国海上风电装机将突破30吉瓦。

规模化、基地化开发受期待

规划纷纷出台，但造价成本远高出陆上风电的海上风电，始终面临着降本难题，因地制宜地进行集中成片式开发“海上风电大基地”，是否能够成为未来海上风电降本的一大重要途径？

一位不愿具名的风电业内人士告诉记者，由于陆上风电平价时代的到来，可再生能源发展对于成本的要求将更加苛刻，因此以规模化、基地化开发来均摊成本是必然趋势，加上未来海上风电场离岸距离的增加，更需要集中开发来降低海缆、海上升压站的成本。

上述人士向记者表示：“大基地项目最主要的好处是可以均摊成本。一方面，大基地项目原来可以分成两个或者多个项目，那么其电网接入、升压站、海缆、可行性研究、经济性都需要分别考虑，这其中难免有很多重复性的工作和不必要的投资，而采用大基地项目的形式，可以从统一规划的角度减少这些不必要的投入。另一方面，大基地项目开发对于产业链乃至新产品、新技术的开发也将有更加明确的指导方向。另外，通常情况下，海上项目尾流影响较大，如果以原来的方式各自为政，只考虑已建成的和自己场址范围内的尾流影响，但对同时建设的处于下游的场址并无统一考虑，可能导致下游场址的发电量与预期相差较大，统一开发则能规避相应风险。”

全产业链挑战尚存

记者查阅相关资料了解到，2020年我国风电新增并网装机达到7167万千瓦，其中海上风电新增装机达到306万千瓦，截至2020年底，我国海上风电累计装机约900万千瓦。海上风电行业迅猛扩张的背后，却也不断有隐忧浮现。据了解，因海上风电电价补贴政策变化，过去一年多里，项目方为在最后的补贴窗口期赢得项目收益，各地风电项目建设进入加速阶段，但因“抢装潮”引发的安装施工能力不足、零部件供应紧缺等问题也直接推高了造价成本。

业内普遍认为，伴随着今年“抢装潮”结束，海上风电成本的短期上涨将有望得到缓解，但从长期来看，我国海上风电行业仍面临着运输、吊装、运维等多方面难题，风电机组本身以及运维技术的可靠性都还需要更长时间的验证。

对此，上述业内人士建议认为，利用海上风电大基地模式实现从叶片开发与制造、主机开发到运输、基础制造与安装、吊装施工等整个产业链同步升级将尤为必要。

上述业内人士向记者表示：“针对海上风电大基地项目，首先应在政策上予以引导，从规划之初便让上下游产业链内主要的参与方进行定制化联合设计，可以很大程度地降低项目成本及风险，第二，大基地项目由于容量大，投资高，电网的接入和消纳也是项目成败的关键因素，因此也需要电网在接入和消纳方面给予一定的保障。另外，海上项目的军事、渔业、航线等对场址的限制影响因素也非常多，导致项目的核准手续也十分复杂和困难，这也需要在规划阶段做更多的调研与协调工作。”

据记者了解，江苏省作为我国最早开发海上风电的省份之一，海上风电产业已相对较为成熟。早在去年底，江苏省如东县就已建成了国内首个海上风电母港，这也为该地区海上风电机组物流运输提供了有力支撑。

黑龙江省：50%

根据《黑龙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，将优先发展新能源和可再生能源。以消纳为导向，结合省内外电力市场，提升可再生能源电力比重，构建多种能源形态灵活转换、智能协同的新能源和可再生能源供应体系，到2025年可再生能源装机达到3000万千瓦，占总装机比例50%以上。

有序推进风光资源利用，建设哈尔滨、绥化综合能源基地和齐齐哈尔、大庆可再生能源综合应用示范区，在佳木斯、牡丹江、鸡西、双鸭山、七台河、鹤岗等城市建设以电力外送为主的可再生能源基地，因地制宜发展分布式能源。科学布局生物质热电联产、燃气调峰电站，建设抽水蓄能电站等蓄能设施。推广地热能、太阳能等非电利用方式，积极稳妥推广核能供暖示范，探索可再生能源制氢，开展绿色氢能利用。

浙江省：12GW

根据浙江省能源局《浙江省可再生能源发展“十四五”规划（征求意见稿）》，该省将大力发展风电、光伏，实施“风光倍增计划”；更好发挥以抽水蓄能为主的水电调节作用；

因地制宜高质量发展生物质能、地热能、海洋能等。到 2025 年底，可再生能源装机超过 5000 万千瓦，装机占比达到 36% 以上。

根据规划，到“十四五”末，力争光伏装机达到 2750 万千瓦以上，新增装机在 1200 万千瓦以上，其中分布式光伏新增装机超过 500 万千瓦，集中式光伏新增装机超过 700 万千瓦。力争风电装机达到 640 万千瓦以上，新增装机在 450 万千瓦以上。力争生物质装机达到 270 万千瓦以上，新增装机在 30 万千瓦以上，其中新增装机以垃圾发电为主。（李丽曼）

我国 10MW 风电叶片长度创世界纪录

中国能源报 2021.3.22

本报讯 近日，中国船舶七二五研究所下属洛阳双瑞风电叶片有限公司江苏盐城基地顺利下线 10MW - SR210 型叶片，其长度为 102 米，风轮直径达 210 米，是我国首款百米级叶片。该款叶片一举成为中国最长的风电叶片，并创造了 10 兆瓦风电叶片长度的世界纪录。

风电叶片的设计、制造及运行状态的好坏直接影响到整机的性能和发电效率，素有风力发电机“灵魂”之称。近年，随着我国风电行业装机规模稳居世界首位，采用大兆瓦风力发电机成为风电行业降本增效的有效途径，风电叶片也呈现大型化趋势，对叶片材料类型与性能、结构设计、制作工艺等提出了更高要求。

“此次下线的 SR210 叶片，是我国首款百米级叶片，也是目前世界上最长的 10 兆瓦风电叶片，标志着企业在超大型风电叶片制造技术上再次取得重大突破。”双瑞风电相关负责人表示。

据测算，SR210 叶片适用 I 类风区，风能转化系数高。配备该款叶片的单台风力发电机全年发电量可满足 5 万个中国家庭一年需求，同时每年能够减少 5 万吨二氧化碳排放，助力我国实现“30·60”双碳目标。（陈曦 贾笑盈）

亚洲站上浮式海上风电投资风口

中国能源报 2021.3.15

近年来，海上风电正由近海走向远海，从浅海转战深海，浮式海上风电也因此成为业界关注的焦点。尽管成本和技术仍然是阻碍其大规模商业化的壁垒，但海上风电市场下一个创新和竞争前沿已经集中于浮式海上风电。当前，亚洲、欧洲北海、北美太平洋沿岸等区域都有相关示范项目落地，而其中以亚洲地区的上升空间最大。

亚洲市场空间广阔

能源咨询公司伍德麦肯兹指出，浮式海上风电正在成为亚太地区新的竞争市场，中国、日本、韩国等都在打造关键示范和测试项目。近 10 年来，浮式海上风电仅占亚洲新增发电装机量的 6%，随着亚洲加速淘汰燃煤发电，风电有望填补大部分新增发电份额，届时浮式海上风电也将拥有更大发展空间。

与传统固定风电技术相比，浮式海上风电仍处于新生阶段，部署规模受限且装机容量很低，但随着技术不断进步，其市场也将愈发成熟。伍德麦肯兹首席分析师 Robert Liew 指出：“从长远来看，浮式海上风电会成为亚太风电的代表，因为该地区大部分国家都有海岸线，即使在低风速地区，这一发电技术也可以释放沿海城市的风力资源。”

根据世界银行的最新统计数据，全球海上风电的技术可开发潜力超过 71 太瓦，其中 71% 属于较深水域，适用浮式海上风电。“只要开发这其中的 1%，就可以满足全球 10% 的电力需求。”世界银行海上风电高级能源专家 Mark Leybourne 坦言。

保障和风险管理服务公司 DNV 也作出了浮式海上风电发展强劲的预期，称其将在能源系统脱碳过程中发挥重要作用，预计到 2050 年，浮式海上风电的装机容量将从现在的 100 兆瓦，猛增至 250 吉瓦，届时将占全球电力供应的 2%。

高成本是产业发展壁垒

“新增 1.56 吉瓦的浮式海上风电装机，需要至少投入 80 亿美元，如果亚洲地区初期考虑增加 9 吉瓦装机，总投资可能高达 580 亿美元。”Robert Liew 强调。截至目前，浮式海上风电每兆瓦时的发电成本是固定式海上风电平均成本的 2 倍左右，这意味着只有令成本降至颇具竞争力的水平，浮式海上风电才能大有可为。

据了解，浮式海上风电成本高昂的一大原因是基础设施建设花费不菲。安装浮式海上风机需要重量达数万吨的钢或混凝土，而受制于天气和环境因素，安装时间可持续半年之久，可谓耗资、耗时、耗力。

Robert Liew 表示：“为确保浮式海上风电的长期可持续性，成本和电价必须大幅度下降，至少具备与新建天然气发电竞争的实力。”他补充称，当前全球运行中的浮式海上风电示范机组装机量只有 21 兆瓦，随着亚洲国家积极布局，预计 2025 - 2030 年间，亚洲浮式海上风电平均资本支出有望下降约 40%，至 260 万 - 400 万美元/兆瓦。

根据日本的官方数据，在日本海域投建浮式海上风电项目，只有将资本支出从目前的 1000 万美元/兆瓦降至 400 万美元/兆瓦，才可能实现商业化。相比之下，日本固定式海上风电的平均资本支出约为 200 万 - 300 万美元/兆瓦。

如何破解高成本困局成为浮式海上风电规模化的最大挑战。DNV 指出，浮式海上风电成本节省的关键包括引入更大型的涡轮机、创建更大规模的风电场、进行重大的技术创新、建立具有高度成本竞争力的供应链，预计到 2050 年，浮式海上风电的平均成本有望下降约 70%。

中日韩探索政策突破

事实上，亚洲国家对浮式海上风电的发展予以了很大的政策支持和鼓励，这促使可再生能源开发商愿意涉足其中，进而吸引更多投资。

以中国为例，近年来海上风电并网规模持续增长，也逐渐向深远海发展，加快深远海资源的规划和开发。

据龙源（北京）风电工程设计咨询有限公司高级工程师周全智介绍，浮式海上风电技

术目前在国内没有项目经验可循，国外成熟技术也不多且具有一定垄断性。对此，业内普遍呼吁出台适用于深远海区域海上风电的建设管理办法，加大对深远海海上风电技术创新的支持力度，并出台针对深远海海上风电补贴政策、财税优化政策，推动深远海海上风电实现平价化可持续发展。

日本和韩国也在探索自己的浮式海上风电发展之路。据日本官方测算，日本风电潜力高达1880吉瓦，其中1600吉瓦在水深大于100米的海上。去年6月，日本首次启动浮式海上风电招标，为了鼓励发展，浮式海上风电项目可享受上网电价补贴，最低装机要求为16.8兆瓦，补贴后的电价设定为36日元/千瓦时（约合0.34美元/千瓦时）。

韩国则通过优化项目审批程序、简化大型海上风电项目选址、优先获得高比例可再生能源证书等鼓励措施发展浮式海上风电。目前，韩国正在建设中的浮式海上风电项目总装机量超过2吉瓦，是全球规划中装机规模最大的浮式海上风电项目。

Robert Liew表示，亚洲国家积极布局浮式海上风电项目，将有助于该领域成本的快速下降。（王林）

发展海上风电 优化能源结构

广东海上风电投产规模 2030 年将达到 3000 万千瓦

羊城晚报 2021.3.28

羊城晚报讯（记者马灿、通讯员沈甸）报道：3月27日，是“地球一小时”熄灯日，南方电网广东电网公司围绕“为地球发声”主题策划开展了系列线上活动，这也是广东电网连续第七年以此开展“蓝生活”品牌活动。

今年，广东电网官方微博发起话题#花式熄灯挑战#，征集网友响应熄灯一小时号召的创意关灯新玩法。活动的主视觉海报更是引导大家低碳环保，为“碳达峰”“碳中和”目标的实现贡献自己的力量。

记者了解到，近日在广东珠海三角岛桂山二期风电场，广东电网自主研发的8兆瓦级大容量海上风电机组一体化测试平台正式启动现场测试工作，预计5月完成平台首台海上风电机组并网测试。

广东阳江、珠海、汕头等地区沿海多个海上风电工地现场也已在紧锣密鼓施工当中。自2020年至今年2月底，广东累计投产海上风电113.2万千瓦，开工建设规模超800万千瓦，预计到2030年，投产规模将达到3000万千瓦。

据悉，为更好助力实现碳达峰、碳中和目标，南方电网将海上风电作为优化能源结构的重要举措，2021年底前计划投产广东海上风电送出工程6项，预计可确保600万千瓦、力争700万千瓦海上风电的送出。

随着广东海上风电大规模并网，如何保障电网安全稳定运行也备受关注。广东电网全力服务政府做好海上风电规划、技术经济研究，加快大规模、远距离海上风电接网技术研究应

用，联合产学研用各方推动广东省“1+N”统一海上风电试验场和海上风电联合试验室实体化运作，保障广东省内海上风电有序高效并网。

同时，广东电网还专门成立海上风电服务中心，面向海上风电各方提供一站式平台和技术服务，联合推动海上风电健康发展。

GWEC：中国领跑全球风电业增长

中国能源报 2021.3.29

本报讯 3月25日，全球风能委员会（GWEC）发布《2021年全球风能报告》显示，2020年是全球风电行业创纪录的一年，总共新增装机93吉瓦，同比增长53%。

GWEC指出，得益于技术创新和规模效应，全球风电市场的规模在过去十年间几乎翻了一番，成为最具成本竞争力和韧性的电力来源之一。数据显示，目前，全球风电累计装机量已达到743吉瓦，帮助全球减少了超过11亿吨的二氧化碳排放，相当于南美洲一年的碳排放总量。

其中，根据GWEC的报告，中国已经成为全球最大的风电市场之一，2020年，风电装机量实现了创纪录的增长，陆上风电更是包揽了全球新增装机总量的56.3%。

GWEC首席执行官Ben Backwell表示：“目前，世界各国都开始意识到应对气候变化的时间有限，很多国家也宣布了长期净零排放目标。我们当前的市场预测显示，未来5年，全球风电将有469吉瓦的新增装机容量。”

不过，报告同时指出，全球风电业现有的增长速度仍难以满足“在2050年实现全球净零排放”的需要。据GWEC测算，未来10年，全球风电装机需要以目前三倍的速度增加，才能实现2050年净零排放目标，避免气候变化造成的严重影响。

而根据国际可再生能源署和国际能源署等机构的研究，全球每年至少需要新增180吉瓦的风电装机，才能实现温控2°C的目标；要想在2050年实现净零排放，每年需新增280吉瓦风电装机。这意味着行业和政策制定者需要精诚合作，快速行动，加快部署。

为此，GWEC建议，全球各国的政策制定者应采取措施更快推进风电发展，包括简化手续、加快项目许可和批准流程，大幅增加对电网、港口和其他基础设施的投资，更快速度提高装机安装量，推动能源市场调整，确保化石燃料承担真实的社会成本，推动能源供应向以可再生能源为基础的结构快速过渡等。（吴雨浓）

中国2020年新增海陆风电装机均居全球第一

中国能源报 2021.3.29

3月25日，全球风能委员会（以下称“GWEC”）正式发布《2021年全球风能报告》。数据显示，2020年是全球风电行业创纪录的一年，全球新增风电装机93GW，同比增长53%。目前，全球风电装机已达到743GW。

GWEC 指出，得益于技术创新和规模效应，全球风电市场规模在过去十年几乎翻了一番，成为最具成本竞争力和韧性的电力来源之一。中国和美国是全球两个最大的风能市场，2020 年，两国的风电装机量实现了创纪录的增长，新增装机占全球新增的 75%，累计风电装机达到全球总量的一半以上。

不过，报告指出，现有的增长速度仍难以满足在 2050 年实现全球净零排放的需要。GWEC 测算，在未来十年，全球风电装机需要以目前三倍的速度增加，才能实现 2050 年净零排放目标，避免气候变化造成的严重影响。根据国际可再生能源署和国际能源署等机构的研究，全球每年至少需要新增 180GW 风电，才能实现温控 2 摄氏度目标。要想在 2050 年实现净零排放，每年需新增 280GW 风电装机。

GWEC 建议政策制定者采取以下措施以更快推进风电发展，包括简化手续，加快项目许可和批准流程；大幅增加对电网、港口和其他基础设施的投资，更快速度提高装机安装量；推动能源市场调整，确保化石燃料承担真实的社会成本，推动能源供应向以可再生能源为基础的构快速过渡。

2020 年全球陆上风电新增装机前五名分别是中国（48940 兆瓦）、美国（16913 兆瓦）、巴西（2297 兆瓦）、挪威（1532 兆瓦）、德国（1431 兆瓦）；

2020 年全球海上风电新增装机前五名分别是中国（3060 兆瓦）、荷兰（1493 兆瓦）、比利时（706 兆瓦）、英国（483 兆瓦）、德国（237 兆瓦）；

2020 年全球陆上风电总装机前五分别是中国（278324 兆瓦）、美国（122275 兆瓦）、德国（55122 兆瓦）、印度（38625 兆瓦）、西班牙（27238 兆瓦）；

2020 年全球海上风电总装机前五分别是英国（10206 兆瓦）、中国（996 兆瓦）、德国（7728 兆瓦）、荷兰（2611 兆瓦）、比利时（2262 兆瓦）。

九、核能

“华龙一号”海外首堆成功并网发电

相当于每年少用标准煤 312 万吨，减少二氧化碳排放 816 万吨

中国环境报 2021.3.29

本报记者孙浩北京报道 在中巴建交 70 周年之际，“华龙一号”海外首堆——巴基斯坦卡拉奇 2 号机组近日首次并网成功。这是中国自主三代核电“华龙一号”海外建设的重大里程碑，也是双方巩固深化中巴全天候战略合作伙伴关系、推进中巴核能合作的重要成果。

“华龙一号”是我国在 30 余年核电科研、设计、制造、建设和运行经验基础上，研发设计的具有完全自主知识产权的三代核电技术，被誉为中国高端制造业走向世界的“国家名片”。“华龙一号”设计寿命为 60 年，反应堆采用 177 堆芯设计，堆芯设计换料周期 18 个月，创新采用“能动和非能动”相结合安全系统及双层安全壳等技术，在安全性上满足

国际最高安全标准要求。

作为中核集团在全球范围内投入并网发电的第二台“华龙一号”机组，巴基斯坦卡拉奇2号机组每年发电近100亿度，能够满足当地100万人口的年度生产和生活用电需求，相当于每年减少使用标准煤312万吨，减少二氧化碳排放816万吨，相当于植树造林7000多万棵；项目建设还带动了巴基斯坦相关产业发展，为巴方提供了一万余个就业岗位，对促进巴基斯坦当地民生、经济发展等将起到重要作用。

巴基斯坦卡拉奇2号、3号机组由中核集团中国中原对外工程有限公司总承包。目前两台机组建设稳步推进，安全质量可控。

“十四五”核电产业发展重点解读

中国能源报 2021.3.29

“十四五”规划不仅提出“安全稳妥推动沿海核电建设，建设一批多能互补的清洁能源基地”，而且列出了未来五年核能产业需要重点建设和推进的项目“计划表”，体现出国家对核电发展节奏、技术路线、产业多元应用、废物处置等关键环节的部署。

内陆核电破冰无望

截至2020年底，中国大陆运行核电机组共49台，装机容量约5102万千瓦。“十四五”规划明确提出核电运行装机容量达到7000万千瓦，意味着2020年底在建机组16台（总装机容量约1738万千瓦），以及另外3台已获得国务院核准后尚未开工机组（总装机361万千瓦），基本都要按期建成。

相较于“十三五”规划，“十四五”规划中有关核电发展及布局的表述出现不小变化。其中，“十三五”规划中提出的“积极开展内陆核电项目前期工作”，在“十四五”规划中未再出现。但明确了“十四五”时期将加快推进能源革命，构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系，提高能源供给保障能力，要“加快发展非化石能源”。

核电是安全、清洁、低碳、高能量密度的战略能源，与“风光水”等非化石能源共同组成了清洁低碳能源体系，因此“十四五”将迎来可期的发展空间。同时，积极有序推进沿海三代核电建设，意味着“十四五”内陆核电项目将继续被搁置，破冰无望。

自主三代核电形成型谱化产品

“十三五”期间，我国引进了三代核电陆续投产，实现良好运行。同时，自主三代核电技术满足国际最高核安全要求，核电装备国产化能力不断提升。在建设、设计、装备制造、运营管理方面积累经验的基础上，自主三代核电已进入批量化建设。

关于核电技术路线，“十四五”规划提及的华龙一号、国和一号、高温气冷堆等，都是拥有自主知识产权的核电型号。“十三五”核准的新项目中，基本都采用了进一步融合后的华龙一号技术。考虑到华龙一号和国和一号等自主三代压水堆安全性达到国际一流水平，现役核电机组性能也得到不断改进，未来随着国内自主三代核电机组的批量化、规模化生产，

建设周期有望缩短，将带动技术进步、安全性提升和发电成本下降。同时，自主三代核电形成型谱化产品，可实现从设计上实际消除大规模放射性物质释放，成为未来核电规模化发展的主力，将带动核电全产业链发展，积极应对和解决核电发展面临的可持续性、安全与可靠性、经济性、防扩散与实体保护等方面的挑战。

“十三五”我国积极开展核电项目前期工作，开发和储备了一批适合发展自主三代核电项目的厂址，其中部分项目已获准开展前期工作。“十四五”期间，安全稳妥推动沿海核电建设，我国沿海核电有望进入有序发展的新阶段。

核能多元综合利用迎来“窗口”

“十四五”规划明确了推动模块式小型堆等先进堆型示范和核能综合利用，意味着核能的多元化应用、多用途发展按下加速键，“十四五”期间可能成为“多能互补的清洁能源基地建设”的重要选项。

小型模块化核反应堆造价更低、建造周期短、更安全灵活，能够满足直接面向用户的分布式能源系统的供电、城市供热、工业供汽和海水淡化、同位素生产等各种领域应用的需求。其中，海上浮动式核动力平台、核动力破冰船等，可为海洋石油开采和偏远岛屿提供安全、有效的能源供给，也可用于大功率船舶和海水淡化领域。

目前，我国能源转型深入推进，对核能多用途发展提出了更高要求，先进堆型示范呈现出积极发展的态势。近年来，我国积极探索模块化小型堆（含小型压水堆、高温气冷堆、铅冷快堆等）多用途发展和综合利用，其中中核集团研发的玲龙一号模块化小型堆 2016 年成为全球首个通过国际原子能机构通用安全审查的小型堆，并于 2019 年 7 月启动示范工程建设。我国高温气冷堆技术世界领先，在此基础上发展的超高温气冷堆，将是核能多用途发展和综合利用的重要途径之一。

此外，我国正在加快核能综合利用示范建设，2019 年底山东海阳核电建成投运的首例商业核能供热项目实现了 70 万平米居民和公共建筑供热，而且核电水热同传创新示范项目效应初显。未来，大型核电机组及低温供热等小型反应堆叠加风能、光伏、储热联合经济运行，可同步缓解城市清洁取暖和水资源制约发展诸多难题，为实现“碳中和”目标提供现实可行的方案。

废物处置补齐短板

相比“十三五”规划提出的“加快论证并推动大型商用后处理厂建设”，“十四五”规划关于核燃料循环后端的表述更为明确，既反映出我国乏燃料管理压力增大、核电发展面临可持续性突出问题、核燃料循环后端需求日益迫切的实际情况，也明确了我国坚定执行核燃料循环闭合的政策。

无论从提高铀资源利用率、保障核能长远发展角度，还是从减少核废料角度而言，乏燃料后处理都是核燃料循环中极其关键的环节。经过特殊后处理，乏燃料中的铀和钚可以分离并返回反应堆，作为燃料循环使用，形成核燃料的循环。

我国早在 2005 年就与法国展开建设大型商用乏燃料后处理厂的初步交流和洽谈。截至 2019 年，中法乏燃料后处理合作项目有关商务谈判基本接近尾声。

此外，针对低中放固体废物处置，近年来我国发布了《核设施放射性废物处置前管理》(HAD401/12-2020)、《放射性废物地质处置设施》(HAD 401/10-2020)《放射性废物处置设施的监测和检查》(HAD 401/09-2019)等核安全导则和核安全法规技术文件等，并建立了包括废物核实认定、接收、码放、填充、回填和封顶等各项环节的技术体系，以及相应的辐射防护、环境监测、安全和质量保证与应急响应等保障体系，为建设核电站废物处置场奠定了良好基础。

“十四五”规划明确建设核电站中低放废物处置场，将进一步推进放射性废物管理法规制定工作，有利于落实放射性废物处理处置责任，统筹规划推进处置场能力建设，为落实“区域处置+集中共享处置”等多途径中低放废物处置模式奠定必要的基础。(汪永平 樊柳言 张萌)

全球首座 20 万千瓦高温气冷堆今年发电

科技日报 2021.3.7

科技日报北京 3 月 6 日电(记者陈瑜)全球首座 20 万千瓦高温气冷堆核电站示范工程发电时间有了确切说法。全国政协委员、中核集团科技与信息化部主任钱天林 6 日在接受科技日报记者采访时表示，示范工程将于 4 月装料，今年年底发电正式投入商业运行。

高温气冷堆具有安全性好、出口温度高等特点，被国际核能界认定为最具发展潜力的先进堆型之一。示范工程采用传统的蒸汽循环，发电效率可以达到 40% 以上，是目前发电效率最高的核反应堆。作为国家重大科技专项，20 万千瓦高温气冷堆示范工程由 10 兆瓦高温气冷实验堆提升发展而来。

钱天林介绍，为保持我国在高温气冷堆技术及应用领域的领先地位，高温气冷堆后续采取示范工程改进版、超临界版、制氢版的技术发展路线。目前，60 万千瓦高温气冷堆改进版项目已完成方案设计，超临界版高温气冷堆技术研发预计将于 2023 年完成。

中国“人造太阳”拟 4 月底完成升级改造

中国能源报 2021.3.29

新华社电 中科院合肥物质科学研究院近日透露，该院有“人造太阳”之称的全超导托卡马克核聚变实验装置(EAST)，将于近期完成新一轮升级改造，向芯部电子温度 1 亿摄氏度、100 秒长脉冲等离子体的科研新目标发起挑战，力争将世界可控核聚变能源研究推向新高度。

中科院合肥物质科学研究院副院长、等离子体物理研究所所长宋云涛介绍，EAST 是我国重大科学工程，目标为人类开发核聚变能源提供工程和物理实验基础，建成以来已开展实

验 96000 余次，先后实现了稳定的 101.2 秒稳态长脉冲高约束等离子体运行、电子温度 1 亿摄氏度 20 秒等离子体运行等国际重大突破。

从去年 7 月起，EAST 启动新一轮升级改造，在尖端材料、关键部件、主要子系统等方面实施一系列重大提升。“装置升级的技术难度高，工作量大！”中科院等离子体物理研究所研制中心主任吴杰峰说，“‘人造太阳’非常复杂，要让上亿摄氏度高温与零下 269 摄氏度低温 1 米内共存，上万个零部件，有一点点瑕疵，未来实验可能就会失败。”

“从 1 亿摄氏度 20 秒到 1 亿摄氏度 100 秒，这是一个巨大的技术跨越，也将把人类核聚变能源研究推向一个新高度！”中科院等离子体物理研究所托卡马克物理实验研究室主任龚先祖介绍，目前升级改造工作进展顺利，预计将于 4 月底结束改造，向“1 亿摄氏度 100 秒”的新目标发起冲击。（徐海涛 陈诺）

十、其它

攻关开采关键技术让页岩油不再是“沉睡的宝藏”

科技日报 2021.3.15

日前，国家能源局在北京召开的 2021 年页岩油勘探开发推进会上要求，将加强页岩油勘探开发列入“十四五”能源、油气发展规划，并提出一系列措施推动页岩油绿色开发。

记者了解到，这一消息传出，引起了国内外业界的高度关注。

页岩油有着特殊的价值

“页岩气是指富含有机质、成熟的暗色泥页岩或高碳泥页岩中，由于有机质吸附作用或岩石中存在着裂缝和基质孔隙，使之储集和保存了一定具商业价值的生物成因、热解成因及二者混合成因的天然气。”3 月 2 日，常州大学石油工程学院何岩峰教授对科技日报记者说，这种天然气，极大地改写了世界能源格局。

何岩峰告诉记者，页岩油则是储存在富含有机质的泥页岩层系或泥页岩层系中的致密碳酸岩或碎屑岩夹层中的石油。这种石油在天然情况下没有自然产能或不具备商业开采价值，需要采用压裂、蒸汽驱动等特殊的开采工艺技术，才能获得工业石油产量。

页岩油中，包含了大量的烷烃、环烷烃和芳香烃等。尽管页岩气可以部分替代页岩油作为燃料，但是因为页岩油中含有更为丰富的烷烃和烯烃，所以可生产出更多的高附加值化学品，是很好的化工原料。例如可以用于生产增塑剂；可以用于生产作为清洁剂的十二烷基苯；还可以生产各种低分子质量的烯烃或沥青等产品等。

何岩峰介绍，我国的页岩油储集层主要为陆相湖盆富有机质泥页岩，广泛分布在松辽、鄂尔多斯、准噶尔、柴达木等盆地。

初步估计，我国的陆相页岩油资源量约 1500×10^8 吨，可采资源量约 30×10^8 — 60×10^8 吨，但是因为我国页岩沉积相变快、储层非均质性强、热演化程度低，页岩中原油含蜡量高、流动性差，所以开采难度比较大。

大规模商业开发仍面临挑战

在何岩峰看来，如果这类页岩油的工业化生产技术能够突破，将有望开启中国“陆相页岩油革命”，增强国内石油供应能力、保障国家能源安全。

记者了解到，国家能源局在2021年页岩油勘探开发推进会上明确要求，将加强页岩油勘探开发列入“十四五”能源、油气发展规划；聚焦科技创新关键问题，深化地质基础理论研究，攻关适应页岩油勘探开发的新技术新装备；落实资源保障，查明我国页岩油发育特征及富集规律；强化管理方式创新，探索页岩油勘探开发领域融资新模式；做好政策保障，建立专项推进机制；强化生态环境保护，推动页岩油绿色开发。

尤其值得一提的是，目前中国石油天然气集团有限公司已经在渤海湾、松辽、鄂尔多斯、准噶尔等大型沉积盆地加大了页岩油的风险勘探投入，并将大港油田、新疆油田、吐哈油田和长庆油田列为页岩油开发示范区。

除此，中国石化集团公司也已成立了国家能源页岩油研发中心，整合了国内多家政产学研单位，着手联合攻关页岩油开采核心技术，并在济阳拗陷等地的页岩油藏获得了重要新发现。

“总体上看，我国页岩油开采前景光明，但是大规模的商业开发仍然面临严峻的挑战。”何岩峰说。（过国忠 包海霞）

我国10年新增石油资源量逾百亿吨

中国能源报 2021.3.1

本报讯 自然资源部地质勘查管理司司长于海峰日前在北京表示，自2011年实施找矿突破战略行动以来，10年间，中国石油、天然气新增资源量分别为101亿吨、6.85万亿立方米，约占新中国成立以来查明总量的25%和45%。

日前，自然资源部召开“找矿突破战略行动十年成果”新闻发布会。于海峰在此期间指出，10年来，在开采消耗持续加大情况下，中国主要矿产保有资源量普遍增长。其间，中国发现玛湖、庆城等17个亿吨级大油田和安岳、苏里格等21个千亿立方米级大气田。页岩气勘探开发取得长足进展，川南气田年产量达到117亿立方米，涪陵气田年产量达到67亿立方米；发现沁水千亿立方米级煤层气田。

值得注意的是，中国矿产资源勘查开发重心向西部转移、向海域拓展。于海峰指出，西部石油新增探明地质储量和产量分别占全国总量的62%和34%，天然气占85%和84%，其中鄂尔多斯累计探明地质储量石油近70亿吨和天然气超5万亿立方米。海域发现1个亿吨级油田、4个千亿立方米级气田，2020年海域油气产量约占全国产量的四分之一。

此外，页岩油气、可燃冰等非常规油气资源成为十年来的油气勘探重点。

全国新形成的32处非油气矿产资源基地中，25处分布在西部，占全国总数的78%。西部铜矿新增资源量占全国70%，西部铅锌矿新增资源量占全国83%，西部地区找矿突破为

西部地区脱贫和经济发展提供资源基础和产业支撑。

十年来，中国在油气矿产地质调查方面，投入经费 131.4 亿元，成功实施天然气水合物两轮试采，陆续在长江上游贵州和云南、中游湖北、下游安徽和松辽盆地获得页岩油气调查重大发现，实现北方新区新层系油气调查突破。

十年来中国油气田勘探开发技术也取得了长足发展。海域天然气水合物两轮试采成功，完成“探索性试采”和“试验性试采”。长水平小井距开发等系列技术创新，有力支撑油气勘探开发。井中、地面及航空地球物理勘探装备及系统取得突破，提升探测深度与精度。石油采收率平均提高 9 个百分点。

于海峰当日在接受媒体采访时表示，中国正处于工业化后期和城镇化的进程中，仍需大量基础设施，未来 15 年，大宗矿产资源的需求还将持续处于高位，国内的一系列找矿成果将对其形成支撑和保障。下一步，中国将实施《战略性矿产找矿行动（2021 - 2035 年）》，突出紧缺战略性矿产将成为重点。（庞无忌）

壳牌：亚洲将引领全球 LNG 市场增长

中国能源报 2021.3.1

本报讯 2 月 25 日，壳牌发布最新年度《液化天然气前景报告》指出，受新冠肺炎疫情影响，2020 年全球 GDP 损失数万亿美元，但全球液化天然气（LNG）需求量仍稳健增长，达 3.6 亿吨。这体现了全球 LNG 市场的韧性和灵活性。

壳牌一体化天然气、可再生能源与能源解决方案执行董事魏思乐（Maarten Wetselaar）表示：“LNG 为世界提供了新冠肺炎疫情期间所需的灵活性能源，显示了其在史无前例的特殊时期满足人们生活和生产的韧性和能力。”

他指出，随着世界各国和包括壳牌在内的各大公司努力实现净零排放目标，并致力于创建低碳能源系统，天然气作为最清洁的化石燃料，将在为世界提供能源和推动净零排放目标方面发挥核心作用。

根据《液化天然气前景报告》，2020 年年初，全球 LNG 价格一度创下历史新低，但后续由于亚洲部分地区需求的恢复、冬季购买量的增长和供应紧缺等情况，LNG 市场在年末结束了长达 12 个月的低价状态，达到 6 年来的最高点。

报告指出，欧洲的需求加上美国灵活的供应帮助平衡了 2020 年上半年的全球 LNG 市场。而下半年，全球其他地区的供应短缺、结构限制和极端天气又导致 LNG 价格上涨。

从地区来看，报告显示，2020 年，亚洲的 LNG 需求反弹明显。其中，印度借力 LNG 的低价优势，进口量增加了 11%。另外两个主要的 LNG 进口国——日本和韩国，由于分别宣布了净零排放目标，预计 LNG 的需求也将持续增长。

报告预计，到 2040 年，全球 LNG 需求量将达到 7 亿吨。其中，随着亚洲各国国内天然气产量的下降，以及利用 LNG 替代高排放能源解决空气质量问题并实现减排的目标，预计

亚洲将推动全球近 75% 的 LNG 增量。

而与此同时，报告指出，随着需求的增长，新投产的 LNG 产量却低于预期，供需缺口预计将在本世纪 20 年代的后半期出现。例如，2020 年宣布的新增 LNG 产量仅 300 万吨，远低于预期的 6000 万吨。

壳牌预计，未来 LNG 需求的一半以上将来自有净零排放目标的国家。LNG 行业需要在价值链的各个环节进行创新，以降低其碳排放量，令其在减碳困难的行业中发挥关键作用。（穆紫）

“十四五”抽蓄建设按下“加速键”

国网新增开工 2000 万千瓦以上抽蓄装机，并向社会开放拟建抽蓄项目股权投资

中国能源报 2021.3.22

记者 3 月 19 日从国家电网有限公司（以下简称“国网”）召开的“服务碳达峰碳中和构建新型电力系统加快抽水蓄能开发建设重要举措”发布会上了解到，为促进我国抽水蓄能发展，该公司力争“十四五”期间在新能源集中开发地区和负荷中心新增开工 2000 万千瓦以上装机、1000 亿元以上投资规模的抽水蓄能电站。对比“十三五”，国网“十四五”抽蓄投资将同比增加约 43%。

与会业内专家一致认为，提高电力系统灵活调节能力，目前公认最安全、最稳定、最成熟、最经济的方式，就是大力发展抽水蓄能。抽水蓄能是“构建以新能源为主体的新型电力系统”的重要支撑，未来将有更大发展空间。

支撑带动新能源和制造业发展

随着新能源、微电网、互动式设备将大量接入，电力系统“双高”“双峰”特征凸显，系统的物理基础、功能形态深刻变化，给电网安全稳定运行和电力可靠供应带来重大挑战。今年年初，美国得州大面积停电暴露出极端天气情况下新能源出力锐减带来电力短缺问题，影响到能源安全。

国网董事长、党组书记辛保安在发布会上表示，加快发展抽水蓄能是保障电力安全和能源安全的必然选择。“抽水蓄能有效应对电力系统各种复杂变化，快速提供大容量应急出力，保障电力安全、能源安全。”

作为目前技术最成熟的大规模储能方式，抽水蓄能具有调峰、调频、调相、储能、系统备用和黑启动等“六大功能”和超大容量、系统友好、经济可靠、生态环保等优势，可有效保障高比例新能源电力系统安全稳定运行和提升新能源利用水平。

数据显示，“十三五”期间，我国抽水蓄能电站平均利用小时约 2746 小时，较“十二五”增长 95.7%，国网经营区新能源利用率从 83.7% 提高到 97.1%，抽水蓄能在其中发挥了重要作用。截至 2020 年底，我国新能源装机已达 5.3 亿千瓦，在全球新能源装机总量中的占比已超过 1/3，2030 年将达 12 亿千瓦以上，新能源的高效利用将面临较大挑战。预计

2030年，我国抽水蓄能装机将达到1亿-1.2亿千瓦，可新增消纳新能源5000亿度以上。

另外，作为能源基础设施，抽水蓄能电站具有投资规模大、产业带动力强等特点，综合效益明显。“十三五”期间，国网完成抽水蓄能建设投资700亿元，带动社会投资超过1500亿元，上下游产业整体投资规模接近2300亿元，提供各类就业岗位10万个。

国家能源局监管总监李冶介绍，目前我国在运抽水蓄能装机3179万千瓦、在建装机5243万千瓦，是全球抽蓄电站规模最大的国家，已建成投产的30余座电站运行稳定，在保障电力安全、推动新能源健康发展中发挥了至关重要的作用。“目前，国家能源局正在组织开展新一轮抽水蓄能中长期规划，推动完善价格形成机制，以保障其健康发展。”

多举措保障抽蓄提速发展

记者在采访中了解到，目前我国抽水蓄能占电源总装机比重仅为1.4%，无法满足新能源快速需求。为此，国网加快构建以新能源为主体的新型电力系统，研究出台了加快抽水蓄能开发建设的重要举措。

辛保安介绍，国网将充分满足新能源发展需要和区域、省级电网调峰需求，积极推动抽水蓄能电站科学布局、多开多投。“在此过程中，我们将坚持开放发展的理念，欢迎社会各方共同参与投资、建设、运营。股权比例灵活设置，可参可控，国网愿与社会各方力量建立共建共享机制，实现合作共赢。”

国网副总经理刘泽洪表示，国网还将统筹设计、施工、监理、制造力量，推进标准化设计，提升机械化施工水平，深化全过程节约集约，优化建设工期，保护生态环境。“此外，我们还将发挥电网统一调度优势，推进‘新能源+抽水蓄能’联合调度，最大限度提高抽水蓄能和新能源的协同效益，也会研究抽水蓄能参与电力市场路径，促进其更加灵活参与系统调节。”

“国网将全力创造便利条件，为经营区内抽水蓄能电站提供并网服务，确保电站及时并网、尽早发挥作用。”刘泽洪介绍，国网将联合设备制造业、工程建设单位，依托电站群，集中攻克变速机组、40万千瓦以上大容量机组、机组出口开关国产化等技术难题，带动抽蓄装备制造业向高端迈进，带动工程建设水平提档升级。（苏南）

“十四五”疆电外送激增逾七成

中国能源报 2021.3.1

本报讯（记者王旭辉）报道：日前发布的新疆维吾尔自治区2020年度政府工作报告透露，力争到“十四五”末，新疆可再生能源装机规模达到8240万千瓦，建成全国重要的清洁能源基地。“立足新疆能源实际，积极谋划和推动碳达峰、碳中和工作，推动绿色低碳发展。”新疆维吾尔自治区政府主席雪克来提·扎克尔表示，具体到2021年，新疆将着力完善各等级电压网架，加快750千伏输变电工程建设，推进疆电外送第三通道建设，推进阜康120万千瓦、哈密120万千瓦抽水蓄能电站建设，推进农村电网改造升级，提高供电可靠性。

据统计，截至2021年1月3日，新疆火电装机5858.6万千瓦，水电装机710.8万千瓦，风电装机2355.1万千瓦，光伏装机1205.9万千瓦，生物质能发电及其他“绿色”装机122万千瓦，清洁能源装机共4393.8万千瓦，占比达43.4%。

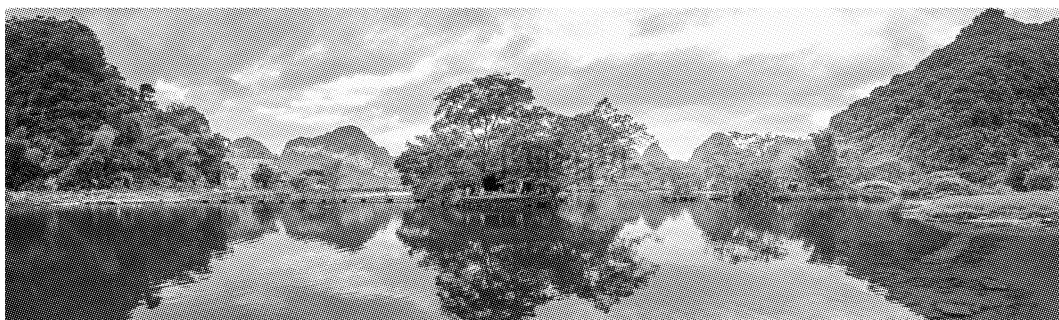
同时，数据显示，“十三五”期间，新疆风电平均利用小时数增加605小时，达到2176小时，年均增长6.7%；光伏平均利用小时数增加393小时，达到1438小时，年均增长6.6%。2020年新能源利用率达到91.14%，新能源投资预警由“红”转“橙”。

随着清洁能源发电装机规模持续扩大，需要强大的输配电网支撑，才能发挥出新疆的能源优势。对此，国网新疆电力有限公司加快配套电网建设，补强750千伏骨干网架，将电网向南向北延伸，提升大电网的资源优化配置能力。

目前新疆已实现750千伏电网全覆盖，新疆电网成为全国最大的省级电网。同时，疆电外送实现“外送四通道”，即新疆与西北主网联网工程、新疆与西北主网联网第二通道工程、±800千伏哈密南-郑州特高压直流输电工程、±1100千伏准东-皖南特高压直流输电工程，外送能力达2500万千瓦。

同时，国网新疆电力积极推动清洁能源跨区跨省市场交易，促进清洁能源在更大范围优化配置。自2016年开始，新疆启动“电力援疆+市场化”跨区送电，截至目前，疆电已输送至全国20个省（区、市），外送范围和消耗电量明显扩大。2020年，新疆外送电量首次突破千亿千瓦时，达到1054.08亿千瓦时，主要包括特高压直流配套电量、“电力援疆”电量和市场化交易外送电量。

新疆电力交易中心有限公司近日透露，今年疆电外送计划电量逾1100亿千瓦时，规模创历史新高。按照新疆维吾尔自治区2020年度政府工作报告中的规划，到“十四五”末，疆电外送电量将达到1800亿千瓦时，这意味着未来五年疆电外送增幅逾七成。



青海完成国内首次储能中长期交易

中国能源报 2021.3.22

本报讯 3月16日，国网青海省电力公司（简称“青海电力”）组织储能企业与新能源发电企业完成国内首个双边协商市场化交易，标志着我国在储能中长期交易方面迈出了实质性一步，为推动储能产业健康有序发展开拓了全新路径。参与此次交易的储能方是青海海西格尔木美满科技有限公司，新能源发电企业是格尔木京能新能源有限公司。根据协议，双方合作期限为2021年2月15日至2021年12月30日。

当日，在青海电力组织调度下，交易双方于13:01分顺利完成储能电站首次充电，储存光伏电量914千瓦时，并于17时30分完成释放利用。至此，国内储能产业中长期交易的新篇章正式翻开，青海电力也成为我国首家支撑运营储能电站双边协商市场化交易模式的单位。

据青海电力调度控制中心主任方保民介绍，此次双边协商交易是一种全新的交易模式，较以往开展的短期双边竞价交易，交易期限为月度及更长时间，更有利于新能源发电企业和储能企业长期稳定合作，可进一步促进储能产业市场化配置和可再生能源持续健康发展。

据了解，在此次双边协商市场化交易之前，为促进青海新能源充分消纳及绿色能源规模化发展，青海电力在储能安全高效运行、市场化运营等方面开展了深入探索，在国内率先提出“共享储能”概念，并积极构建储能企业和新能源发电企业之间的市场化交易机制。2019年，该公司首次将储能电站作为独立主体纳入市场，研究提出了双边竞价和双边协商两种市场化交易模式，并写入《青海电力辅助服务市场运营规则》，为储能企业参与辅助服务市场交易奠定了基础。

当年4月，国内首笔储能调峰辅助服务市场化试点交易在青海达成；6月18日，青海储能辅助服务市场交易上线试运行；至2021年2月底，累计促成省内347座新能源电站以双边竞价交易的方式开展储能交易1959笔，累计充电电量4845万千瓦时、放电电量3865万千瓦时，增发新能源电量5031万千瓦时，有效促进了新能源消纳，实现了多方共赢。（王宏霞 王国栋）

我国大规模储能项目研究在青海启动

中国科学报 2021.3.22

本报讯 近日，由国家能源局委托国网青海省电力公司牵头开展的《大规模储能支撑高比例可再生能源电力系统安全稳定运行研究》正式启动。这是国内首次开展该项研究，将填补大规模储能支撑高比例可再生能源电力系统安全的技术空白，进一步推动我国能源高质量发展。

大规模储能发展是充分开发利用新能源的最佳技术支撑，能有效解决电网运行安全、新

能源消纳、电力电量平衡等方面存在的突出问题，也是国家能源局重要研究课题。截至2020年底，青海省已建成两个千万千瓦级新能源基地，新能源装机占比超过60%，走在全国前列。今年1月，青海省出台《支持储能产业发展的若干措施（试行）》，为储能产业发展提供良好环境。

基于此，该研究以青海电网为基础，兼顾深度和广度，旨在探索大规模储能支撑高比例可再生能源电力系统安全稳定运行的可行性，得出能够指导全国储能产业健康有序发展的结论。（盛夏）

珠三角所有城市列入“无废城市”试点

广州日报 2021.3.10

广州日报讯（全媒体记者杜娟）近日，《广东省推进“无废城市”建设试点工作方案》（下称《方案》）已经省人民政府同意，正式印发实施。《方案》明确，珠三角所有城市列入“无废城市”试点，鼓励粤东粤西粤北各市同步开展试点工作。

根据《方案》，到2023年底，各试点城市在推行绿色工业、绿色生活、绿色农业，培育固体废物处置产业，推行固体废物多元共治等方面取得明显成效，工业固体废物和生活垃圾减量化资源化水平全面提升、危险废物全面安全管控、主要农业废弃物有效利用。无废试验区协同机制初步建立，区域联动不断加强、合作更加广泛深入。

超高面载量钠离子电池电极研制成功

中国科学报 2021.3.29

本报讯 钠离子电池具有原材料丰富、易得，成本低，安全性高等优点，在中低速电动汽车、电动自行车、储能等领域具有广阔应用前景。但由于钠离子具有较大相对原子质量及粒子半径，钠离子电池较锂离子电池比能量和比功率偏低，因此开发高面容量电极是提高电池比能量的有效方法之一。

近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员李先锋、副研究员郑琼带领的研究团队，在钠离子电池超高面载量电极研究方面取得新进展。相关研究成果发表在《先进能源材料》上。

李先锋介绍，电极组分的随意堆叠将在电极上形成高弯曲度的多孔结构。随着电极厚度增加，这种结构将大幅增加钠离子在电极内部的扩散阻力，导致电池比功率较低。

基于非溶剂诱导相转化方法，该团队成功制备出一种具有低弯曲度指状孔的超高面容量磷酸钒钠基电极结构。在新型的电极结构内，钠离子首先沿着指状孔在电极厚度方向迁移，随后发生离子横向扩散，显著缩短了离子输运路径；同时，由于钠离子的有效离子扩散速率与弯曲度成反比，钠离子在低弯曲度指状孔内的传输更快，有效提升了钠离子扩散动力学的常规极限值。

此外，该团队将多物理场耦合的有限元模拟分析首次应用于钠离子电池电极结构设计及

其内部的电荷传递动力学过程中，获得了不同弯曲度多孔电极内反应物浓度、电流密度、极化等的时间和空间分布特性。

理论计算结果显示，低弯曲度多孔电极内的电化学反应更均匀，钠离子传输速度更快，进而验证了低弯曲度指状孔电极，特别是高面容量电极在大电流运行工况下的电池比功率优势。该研究为高比能量、高比功率钠离子电池设计开发提供了新思路，有望推动钠离子电池的产业化。（卜叶 吕志强）

山西建成首座高温地热发电试验电站

中国自然资源报 2021.3.1

本报讯（特约记者 王红杰 实习记者 王润荣）近日，山西高温地热资源开发利用科研示范基地揭牌暨试验电站启动仪式在大同市天镇县举行。这标志着山西省建成首座高温地热发电试验电站，在地热资源勘探利用方面迈出了重要一步。

当前，大同市通过布局氢能、储能、新能源汽车、风电光电全产业链、煤炭清洁高效利用等新能源产业，开启了从“煤都”向“新能源之都”战略转型。高温地热资源的勘探利用，将为大同发展注入新动能。

据悉，2020年3月，山西省地勘系统承担的天镇干热岩预可行性勘查项目取得重大突破。省委、省政府对此高度重视，推动与中国地质大学（武汉）签署省校战略合作协议，共建地热资源勘查及开发利用重点实验室。山西高温地热资源科研示范试验电站项目一期占地约50亩，设计有勘查井场区、发电机组场区、水处理区等。2021年1月，两台机组试发电成功。

据介绍，该示范基地将在建成投产试验电站基础上，进一步结合深部地热勘查专项实施和重点实验室建设，全力打造集地热发电、供暖、养殖、疗养、教学等方向为一体的综合性创新平台。

国内储能规模最大光热电站开建

中国能源报 2021.3.29

本报讯3月25日，青海省柴达木循环经济试验区2021年第一批项目集中开复工，其中位于德令哈市的青海众控德令哈135兆瓦光热发电项目正式开建，这也是目前中国装机规模最大、储能规模最大的光热电站。

据悉，青海众控德令哈135兆瓦光热发电项目装机容量13.5万千瓦，储能时间11.2小时，是中国装机规模最大、储能规模最大的光热电站。该电站占地面积9.52平方公里，镜场面积145万平方米，使用熔盐约37240吨，项目总投资31.26亿元人民币，计划于2022年9月30日前正式并网发电。该项目建成后，预计每年可产生清洁电量约4.35亿千瓦时，年节约标准煤约13.3万吨，减排二氧化碳约36.5万吨。（孙睿）

国内最大制氢储能项目投产

中国能源报 2021.3.29

本报讯 近日，中国化学工程十一公司承建的宁夏宝丰能源集团股份有限公司太阳能电解制氢储能研究与示范项目 $10 \times 1000\text{Nm}^3/\text{h}$ 电解水制氢工程项目一次性试车投产成功。

该项目是宁夏首个氢能产业项目，也是国内最大的一体化可再生能源制氢储能项目，采用单台产能 1000 标方/小时的国产最先进高效碱性电解槽。投产后，预计年产氢气 1.6 亿标方，副产氧气 0.8 亿标方。每年可减少煤炭消耗 25.4 万吨、减少二氧化碳排放 44.5 万吨。同时，所产氢气一方面与宁夏宝丰能源集团股份有限公司现有煤化工装置有机结合，实现甲醇生产过程的降本增效和节能减排；另一方面，进行制氢储能、氢气储运、加氢站建设，通过与城市氢能示范公交线路协作等方式拓展应用场景，实现氢能产业链一体联动发展。（赵艺涵）

海上风电领域国际专家委员会成立

中国自然资源报 2021.3.17

本报讯 近日，国家海洋技术中心以线上方式召开中国繁荣基金“降低海上风电部署成本的改进实践准则”项目国际专家顾问委员会会议，来自自然资源部和英国驻华使馆、英国国际贸易部等有关部门负责人，以及多名国内外海上风电领域知名专家学者参加会议。

据悉，中国繁荣基金旨在推动中英两国在低碳发展、绿色融资、可再生能源利用等领域的合作，重点支持中国海上风电产业可持续发展，助力中国实现低碳转型，促进中国经济可持续、稳健增长。

会上，中国繁荣基金“降低海上风电部署成本的改进实践准则”项目国际专家顾问委员会成立。该委员会由英国普利茅斯大学，中国国家海洋信息中心、龙源电力有限公司、中广核新能源公司、华能清洁能源研究院、华北电力大学、厦门大学等研究机构和知名风电企业的 16 名专家组成，主要负责为相关项目实施、科技成果转化提供专业性意见，持续推进中英两国在海上能源领域技术合作，为海上风电领域降本增效提供技术支持。（张原飞 彭洪兵）

海南首个“风光储充换”集中式充换电站正式投运

中国能源报 2021.3.1

本报讯（记者路邦）报道：“2020 年，海南省新能源汽车保有量超 6.4 万辆，大量电动汽车接入电网充电，将进一步加剧用电负荷的峰谷差。”南方电网海南电网公司新兴业务部评价科专责张璐璐介绍，近日，该公司投资 676.86 万元打造的首个“风光储充换”集中式充换电站正式投运，放大了风、光、储多能互补效应，提供电动汽车有序充电和协调控制解

决方案，形成可复制可推广的“新能源+充电设施”一体化建设运行模式。

早在2018年，海南电网公司围绕大规模电动汽车接入对电网安全可靠运行的影响、推动海南充电基础设施业务可持续发展的课题，投资366万元开展“电动汽车及新能源与电网深度融合关键技术”研究，目前4项实用新型发明专利已被受理、2套管理系统获得国家软件著作权证书。其中“分布式能源+储能+充电桩”全方位监管系统通过最优调度策略，实现风电、光电等分布式能源最大程度消纳，为“风光储充换”应用管理提供大数据和技术支撑。

海南省工业和信息化厅统计数据显示，截至2020年底，全省累计建设充电桩2.2万个，公共充电站916座，换电站12座，总体车桩比达到2.4:1，高于全国平均水平。全省新能源汽车保有量超6.4万辆，在全国排名第4，新能源汽车推广量同比增长142.5%。

“海南电动汽车快速增长，带来了充电负荷大规模提升的压力，我们聚焦电动汽车及新能源与电网的有机融合，进行了积极试点。”张璐璐告诉记者，2020年，海南电网公司投资676.86万元升级改造海口龙华充换电站，新建9台60千瓦一体式充电桩、一套500千瓦/1兆瓦时预制舱式储能系统、一套40千瓦光伏发电系统及一套10千瓦风力发电机，自主研发电动汽车及新能源与电网融合平台，有效转化风光储充换、多能互补、源网荷互动等技术成果，把龙华充换电站建成一个风、光、储多能互补应用的示范试点。

据了解，龙华充换电站通过“经济最优”调度的站内控制策略，0时至5时由风光系统和电网向储能电池、电动汽车供电，8时至16时由风光系统和电网供电，16时至22时由风光和储能系统供电，其他时间由风光系统和电网供电，实现了站内分布式能源自发自用、余量电能上网，放大了多能互补效应，有效降低站内用电成本，全面提高充换电站运营效率。自2020年12月投入试运行以来，全站用电电量26.59万千瓦时，节约电量2.8万千瓦时，节能占比高达10.5%，打造了电动汽车有序充电和协调控制的样本，未来有望复制推广为海南各类产业园区综合能源服务提供平台支撑。

2020年全球风电整机商十强榜单出炉：

中国企业稳占七席，金风远景跻身四强

中国能源报 2021.3.15

3月10日，彭博新能源财经发布2020年全球风电整机制造商市场份额排名。数据显示，2020年全球风电新增装机容量为96.3吉瓦，相较于2019年增长59%。GE取代维斯塔斯坐上全球头把交椅。中国整机商金风科技和远景能源跻身前四，且新增吊装容量都突破10吉瓦。另外，6-10名均被中国企业包揽。

本土市场是基石

今年榜单呈现的变化再次表明，本土市场是基石。2020年，中国市场与美国市场双双达到新增风电装机容量新高，这直接促成了GE登顶和中国企业批量入围十强。

GE之所以能取代维斯塔斯跃居全球榜首，离不开其在美国本土市场装机的迅猛增长。同理，7家中国企业跻身全球前十，也受益于中国风电市场去年抢装潮所带来的创纪录装机量。

根据彭博新能源财经几天前公布的2020年中国风电整机商新增吊装容量排名数据，受补贴退坡刺激以及“30·60”双碳目标的影响，2020年中国风电新增吊装容量高达57.8吉瓦，在2019年基础上实现翻番。其中，陆上风电新增53.8吉瓦，同比增长高达105%；海上风电新增4吉瓦，同比增长47%。

值得注意的是，在中国市场，前三大整机制造商金风科技、远景能源、明阳智能的市场份额集中度自2017年以来首次下降。2020年，这三家整机商的市场份额共计接近49%，相较于2019年降低13个百分点。其中，金风科技和明阳智能的市场占有率分别下滑7个百分点和6个百分点。与此同时，上海电气、中车风电、三一重能等整机商市场占有率均有不同程度提升。

分析认为，这主要是去年行业需求激增，导致头部企业订单饱和，其他风电整机制造商新增吊装容量迅猛增长所致。

从新增吊装量绝对值来看，头名金风科技2020年的国内吊装量为12.33吉瓦，是第三名明阳智能的2倍以上；第二名远景能源国内吊装规模为10.07吉瓦，同比增长了4.65吉瓦，是2020年中国风电整机商新增吊装增量最多的企业，这使其吊装量接近明阳智能的2倍。明阳智能与头两名的吊装量差距有拉大之势，曾经三足鼎立的市场格局正在发生微妙变化。

国际市场拉差距

2020年，中国风电新增吊装容量达到创纪录的57.8吉瓦。不可否认，中国风电整机商整体崛起与中国风电市场的强劲增长有着密不可分的联系。

中国风电市场贡献了全球风电市场一半以上的新增装机量，经过多年的发展，中国整机商已经牢牢把控住了本土市场份额这块最大的蛋糕，“得中国者得天下”再次被验证。

本土市场是基石，国际市场则是整机商实力的试金石。

对于整机商而言，装机容量的多少只能说明一个方面，装机的市场分布是否合理则是硬币的另一面，因为这意味着利润收入是否多元、市场风险是否能够得到有效分解。真正的龙头整机商应该具备在全球不同市场获取订单的能力。

在2020年全球市场份额榜单上，金风科技和远景能源比上一年各进一位。金风科技全球新增装机容量13.06吉瓦升至第二位，远景能源以10.35吉瓦升至第四位。

彭博新能源财经分析认为，在陆上风电领域，除金风科技和远景能源外，其他大多数中国整机制造商的强势崛起主要依靠其本土市场。也正是在海外市场的订单获取能力，使得金风科技和远景能源相比其他中国整机商更具国际竞争力。

稳定性是关键

抢装潮过后，中国市场的新增风电装机将回归理性。在“30·60”双碳目标的指引下，平稳增长将成为常态。

抢装期间，水涨船高，整机商群体雨露共沾。进入常态化发展时期，受益于抢装的“黑马”整机商将受到更大挑战，其成色也将接受检验。

潮水退去，才知谁在裸泳。

对于风电这一“长跑”行业来说，稳定性是致胜关键。在平价时代的新常态下，稳定性和可持续性将决定整机商的生死，也将重塑整机商竞争格局。而快速迭代的技术研发能力、持续的降本能力、多元的全方案解决能力才是整机商长久平稳发展的关键。

像金风科技、远景能源这样经历过多个行业波峰、波谷周期变化的企业，显然具备更强的抗风险能力，在行业的“长跑”中也更具优势。（张子瑞）

国内首部海上风电升压站规范发布

中国能源报 2021.3.22

本报讯 日前，国家能源集团龙源工程设计公司编制的《海上升压站钢结构设计、建造与安装规范》由中国电机工程协会正式发布实施，成为国内首部海上升压站综合类规范。

规范包括海上升压站的钢结构设计术语、定义、材料选择、建造运输、施工安装、质量检验等内容，适用于海上固定式升压站钢结构的设计、建造与施工。对材料的选择、主体结构和附属结构的设计、海上运输以及现场施工都作出了较为详细的要求和说明。在编写过程中，该公司广泛调研国内外海上升压站工程项目，借鉴海洋工程行业的相关经验，参考国内外相关规范44项，征求专家意见百余条，先后通过形式审查、必要性审查、过程进展检查、多轮专家评审，最终顺利通过中国电机工程协会标准工作委员会的评审并发布。该规范的发布，对于指导海上升压站建设施工、提升海上风电行业的发展水平具有重大意义。（迟洪明）

