

2023年终中国科技盘点之能源科技篇

能源绿色转型 澎湃发展动能

本报记者 张保淑

能源科技持续创新，为“中国号”巨轮破浪前行提供了强劲动力。在“双碳”目标背景下，2023年，中国广大能源科技工作者不仅在煤炭、石油、天然气、核电、水电等传统能源领域科技创新取得突出成就，而且在风电、太阳能等新兴能源科技领域获得诸多新突破，进一步提高了绿色能源在整体能源结构中的比重。在推进能源生产科技和节能科技创新的同时，中国发力促进储能、能源传输和配置领域的科技创新，进一步提高能源利用效率，为中国经济社会发展提供更加澎湃的动力；同时，大力促进国际能源科技合作，倡导建设全球能源互联网，为世界能源转型贡献中国方案。



位于广西南宁马山的协合杨圩风电厂。
卢文斐摄

打造“大国重器” 传统能源捷报频传

煤炭、石油、天然气、核电、水电等通常被称为传统能源，中国在这些领域科技创新基础雄厚。今年，相关科技创新均取得较大突破，有些创新成果已应用于生产实践并取得良好效益。

煤炭在中国能源结构中占据主导地位，推进煤炭科技创新一直是能源领域工作的一大重点。2023年，煤炭科技创新成果集中体现在采煤硬件装备和软件平台取得的重大突破。在硬件建设方面，中国煤炭科工集团在3月初和8月下旬接连推出“大国重器”：煤科威龙”智能化矿用岩巷φ3660全断面组合式盾构掘进装备、智能化高端采煤机MG1250/3430-WD系列采煤机。前者为全球首创、掘进速度比现有同类机械提升超过3倍，把岩巷掘进速度从月进尺100米提至300米—500米以上，减少工人工作业60%以上，实现安全、高效、智能、绿色、环保掘进。后者为全球首套最大功率采掘机械，创世界采掘机械发展新纪录，集智能感知、智能控制、智能诊断与智能通信于一体。在软件建设方面，11月中旬，煤炭科学研究总院深地科学院发布了国内首套数字岩石力学开放平台，融合了传统岩石力学理论和数字技术，能够支撑岩石力学基础研究、煤矿灾害工程防控等多个应用场景，推动煤炭行业数字化转型。

在油气勘探开发领域，11月15日，位于新疆塔里木盆地的“深地一号”跃进3-3XC井完钻并深达9432米，刷新亚洲陆上最深井纪录，为进军万米超深层提供重要技术和装备储备，探索形成超深层油气优快钻井技术体系，实现了由“打不成”到“打得快、打得准”的重大跨越。目前，“深地一号”顺北油气田基地钻探深度超过8000米的井达108口，连续6年获得油气重大突破，已落实4个亿吨级油气区。

2023年是中国核电技术创新成果应用丰收之年，中国自主第三代核电技术品牌“华龙一号”“国和一号”项目工程、第四代核电工程项目都迎来重要时间节点。3月25日，西部地区首台“华龙一号”核电机组——中国广核集团广西防城港核电站3号机组完成168小时试运行试验，正式商运。5月5日，“华龙一号”全球首堆示范工程——福建福清核电五、六号机组通过竣工验收，标志着中国已经形成了一套完整的、自主的第三代核电型号标准体系。12月6日，中国第三代核电技术另一个品牌“国和一号”的数字孪生核电站一期工程第一阶段在山东荣成正式投用，这是世界首个满足电力研究

协会标准的数字孪生核电站。在同一天同一座城市，全球首座第四代核电站——荣成石岛湾高温气冷堆核电站商业示范工程圆满完成168小时连续运行考验，正式商运，标志着中国在第四代核电技术研发和应用领域达到世界领先水平。

水电科技工程领域佳音频传。9月和11月，黄河流域最大水电站即黄河拉西瓦水电站工程、世界第二大水电工程白鹤滩水电站工程，陆续完成竣工验收和竣工安全鉴定。这表明，中国水电科技工作者近年来开展的坝工科技创新、水轮机组科技创新等经受住了工程实践的严苛考验，成为认识和改造世界的重大突破。以此为基础和支撑，中国水电事业继续大步向前。临近年末，总装机容量2400兆瓦、雅砻江流域在建国内装机规模最大的水电站孟底沟水电项目主体工程正式开工建设。

风能、太阳能被认为是发展潜力巨大的新兴绿色能源，近年来在国家能源转型中扮演着日益重要的角色。2023年，中国风能、太阳能科技创新持续推进，特别是在大功率风机研制方面。11月10日，由东方电气集团联合中国华能研制的全新一代18兆瓦海上直驱风电机组下线，这是目前已下线的全球单机容量最大、叶轮直径最大的海上直驱风电机组，可抵御超强台风。该机组在年平均每秒10米的风速下，单台机组每年可输出7200万度，可满足4万户普通家庭1年的生活用电。在此约1个月前，全球最大陆上风电机组——三一重能15兆瓦风电机组在2023北京国际风能大会上推出。在风电科技推动下，中国2023年风电装机规模有望完成约4.3亿千瓦的目标。

风电科技创新永无止境。2023年，国家重点研发计划启动“可再生能源技术”重点专项申报，其中包括“新型高空风力发电关键技术及装备”项目，旨在探索新型高效高空风力发电实现机理，提出大功率新型高空风力发电解决方案。11月底，总投资约10亿元的“40兆瓦级风电机组电气及动力学六自由度实验平台”在广东汕头开始建设，该平台是支撑风电前沿研究的重要科研基础设施，建成后，将成为国际最大、全球领先的海上风电机组地面传动系统试验研究平台，填补业内空白。

推进绿色转型 新能源加速发展

储能是指通过介质或设备把能量存储起来，在需要时再释放的过程。通过储能可以调节电力需求和供给的平衡，提高电力系统的稳定性和可靠性；促进新能源的大规模并网和高效消纳，降低碳排放和环境污染；支撑微电网的建设和运行，提升分布式能源的综合效益。2023年，中国储能科技应用诸多领域如电池储能、压缩空气储能、光热储能等非常活跃，大事频仍。

12月初，美国电动汽车和能源公司特斯拉在上海启动了其在海外的首座储能超级工厂建设。根据特斯拉于今年4月发布的信息，该超级工厂计划生产特斯拉超大型商用储能电池，规划储能规模约40吉瓦时，相当于4000万度电。中国企业纷纷加入或者扩大电池储能“赛道”，有超过100家在今年完成了投产，其中既包括比亚迪、鹏辉能源、亿纬锂能等一批电池储能头部企业，也有来自其他行业的新入局者。

12月1日，湖北应城300兆瓦级压缩空气储能电站示范工程全面进入调试阶段，为机组整套启动和并网发电奠定了坚实基础。该工程投产后将成为世界上首个投入商业运行的300兆瓦级非补燃压缩空气储能电站并将非补燃压缩空气储能领域实现单机功率、储能规模、转换效率3项世界领先。值得一提的是，该项目所用的全球首套300兆瓦级压缩空气储能系列化大容量电机为中国企业自主研发。10月28日，山东泰安肥城市经济开发区10兆瓦级压缩空气储能国家示范电站开始运行发电，这是继全球首座非补燃压缩空气储能电站即江苏金坛盐穴压缩空气储能电站投产后，中国在此领域又一家投入运行的企业。此外，在山东济宁、河南平顶山等地，一些压缩空气储能电站新项目完成签约，相关项目将陆续投建，有更多采空的矿区将华丽转身为新的能源中心。

光热储能发电也被称作聚光太阳能发电，即通过大量反射镜以聚焦方式将太阳能直射光聚焦起来，加热工质并产生高温高压蒸汽，以此驱动汽轮机发电。今年，中国光热储能发电技术应用获得大发展，据不完全统计，全年开工或招标项目超过10个，其中包括“输入入渝”新疆哈密410万千瓦新能源项目、中国广核集团西藏阿里雪域高原“零碳”光储热电示范项目。

提升国际合作
能源网络互联互通

2023年3月，在位于赞比亚首都卢萨卡以南约90公里的卡富埃河上，由中国企业承建的中赞合作“一号工程”——下凯富峡水电站举行五号机组并网发电仪式，标志着下凯富峡水电站所有发电机组全部投产运行。该电站总装机容量为750兆瓦，将为赞比亚经济社会发展提供强有力支撑。

下凯富峡水电站工程是中国促进国际能源科技合作，推动能源科技创新成果“走出去”，服务国际社会的典型代表。2023年，中外能源科技和项目合作亮点频现，为促进经济增长、民生改善，应对气候变化，实现可持续发展发展做出了应有贡献。

在核电科技应用方面，7月14日，“华龙一号”巴基斯坦恰希玛核电站5号机组破土动工，这是中国该核电品牌在海外建设的第三台机组，中国核电技术“出海”由此迈出新步伐。在新能源科技应用方面，中国于9月推出“非洲光带”项目，利用自身的光伏产业优势，助力非洲国家实施一批小规模、聚焦民生和社区需求的“小而美”新能源合作项目。11月，中国—非盟能源伙伴关系框架下的中非能源创新合作加速器项目在深圳启动，旨在遴选和推广助力非洲能源转型的创新案例和新技术解决方案，促进更多“小而美”能源项目落地非洲。

中方的上述努力赢得国际社会高度评价，“一带一路”绿色发展国际联盟联合主席马可·兰博蒂尼说，较小规模的基础能源合作项目对非洲及世界其他欠发达地区解决能源问题非常重要，这是“一带一路”绿色发展中的一个新方向。美国环保协会负责全球气候合作的副总裁曼迪·拉姆哈罗丝认为，这些新项目可以有针对性地解决非洲国家偏远地区的实际需求，更易落地、推进和实施。

10月在北京举行的第三届“一带一路”国际合作高峰论坛，为中外能源科技合作注入新的动力，在论坛形成的务实合作项目清单中，有一批与能源有关，比如建立中国—巴基斯坦小型水电技术“一带一路”联合实验室、中国政府与乌兹别克斯坦政府签署援乌风电项目立项换文、在伊拉克建设750兆瓦光伏项目、在罗马尼亚建设拉特什蒂154兆瓦光伏项目。

中国一直致力于推进国际能源互联互通，打造融合智能电网、特高压电网、清洁能源等为一体的全球能源互联网，并发起成立了全球能源互联网发展合作组织。在近日举行的《联合国气候变化框架公约》第二十八次缔约方大会能源主题日上，该组织主席保安向与会各国代表阐释了打造全球能源互联网的重大意义。他指出，作为新型能源体系的重要组成部分，全球能源互联网将促进能源生产清洁化、能源消费电气化、能源配置广域化、能源业态数字化，有效统筹安全与转型、发展与减排、存量与增量的关系，为推动全球能源包容、公正、韧性转型提供了中国方案。这一方案引起与会联合国官员的共鸣和热烈讨论，纷纷表示，支持全球能源互联网建设，促进能源基础设施互联互通并以此加快各国清洁能源开发，降低能源服务成本，推动能源转型和节能减排。

位于四川红原的花海光伏发电厂。
新华社发

加强示范引领 储能发展蔚为大观

储能是指通过介质或设备把能量存储起来，在需要时再释放的过程。通过储能可以调节电力需求和供给的平衡，提高电力系统的稳定性和可靠性；促进新能源的大规模并网和高效消纳，降低碳排放和环境污染；支撑微电网的建设和运行，提升分布式能源的综合效益。2023年，中国储能科技应用诸多领域如电池储能、压缩空气储能、光热储能等非常活跃，大事频仍。

12月初，美国电动汽车和能源公司特斯拉在上海启动了其在海外的首座储能超级工厂建设。根据特斯拉于今年4月发布的信息，该超级工厂计划生产特斯拉超大型商用储能电池，规划储能规模约40吉瓦时，相当于4000万度电。中国企业纷纷加入或者扩大电池储能“赛道”，有超过100家在今年完成了投产，其中既包括比亚迪、鹏辉能源、亿纬锂能等一批电池储能头部企业，也有来自其他行业的新入局者。

12月1日，湖北应城300兆瓦级压缩空气储能电站示范工程全面进入调试阶段，为机组整套启动和并网发电奠定了坚实基础。该工程投产后将成为世界上首个投入商业运行的300兆瓦级非补燃压缩空气储能电站并将非补燃压缩空气储能领域实现单机功率、储能规模、转换效率3项世界领先。值得一提的是，该项目所用的全球首套300兆瓦级压缩空气储能系列化大容量电机为中国企业自主研发。10月28日，山东泰安肥城市经济开发区10兆瓦级压缩空气储能国家示范电站开始运行发电，这是继全球首座非补燃压缩空气储能电站即江苏金坛盐穴压缩空气储能电站投产后，中国在此领域又一家投入运行的企业。此外，在山东济宁、河南平顶山等地，一些压缩空气储能电站新项目完成签约，相关项目将陆续投建，有更多采空的矿区将华丽转身为新的能源中心。

光热储能发电也被称作聚光太阳能发电，即通过大量反射镜以聚焦方式将太阳能直射光聚焦起来，加热工质并产生高温高压蒸汽，以此驱动汽轮机发电。今年，中国光热储能发电技术应用获得大发展，据不完全统计，全年开工或招标项目超过10个，其中包括“输入入渝”新疆哈密410万千瓦新能源项目、中国广核集团西藏阿里雪域高原“零碳”光储热电示范项目。

提升国际合作
能源网络互联互通

2023年3月，在位于赞比亚首都卢萨卡以南约90公里的卡富埃河上，由中国企业承建的中赞合作“一号工程”——下凯富峡水电站举行五号机组并网发电仪式，标志着下凯富峡水电站所有发电机组全部投产运行。该电站总装机容量为750兆瓦，将为赞比亚经济社会发展提供强有力支撑。

下凯富峡水电站工程是中国促进国际能源科技合作，推动能源科技创新成果“走出去”，服务国际社会的典型代表。2023年，中外能源科技和项目合作亮点频现，为促进经济增长、民生改善，应对气候变化，实现可持续发展发展做出了应有贡献。

在核电科技应用方面，7月14日，“华龙一号”巴基斯坦恰希玛核电站5号机组破土动工，这是中国该核电品牌在海外建设的第三台机组，中国核电技术“出海”由此迈出新步伐。在新能源科技应用方面，中国于9月推出“非洲光带”项目，利用自身的光伏产业优势，助力非洲国家实施一批小规模、聚焦民生和社区需求的“小而美”新能源合作项目。11月，中国—非盟能源伙伴关系框架下的中非能源创新合作加速器项目在深圳启动，旨在遴选和推广助力非洲能源转型的创新案例和新技术解决方案，促进更多“小而美”能源项目落地非洲。

中方的上述努力赢得国际社会高度评价，“一带一路”绿色发展国际联盟联合主席马可·兰博蒂尼说，较小规模的基础能源合作项目对非洲及世界其他欠发达地区解决能源问题非常重要，这是“一带一路”绿色发展中的一个新方向。美国环保协会负责全球气候合作的副总裁曼迪·拉姆哈罗丝认为，这些新项目可以有针对性地解决非洲国家偏远地区的实际需求，更易落地、推进和实施。

10月在北京举行的第三届“一带一路”国际合作高峰论坛，为中外能源科技合作注入新的动力，在论坛形成的务实合作项目清单中，有一批与能源有关，比如建立中国—巴基斯坦小型水电技术“一带一路”联合实验室、中国政府与乌兹别克斯坦政府签署援乌风电项目立项换文、在伊拉克建设750兆瓦光伏项目、在罗马尼亚建设拉特什蒂154兆瓦光伏项目。

中国一直致力于推进国际能源互联互通，打造融合智能电网、特高压电网、清洁能源等为一体的全球能源互联网，并发起成立了全球能源互联网发展合作组织。在近日举行的《联合国气候变化框架公约》第二十八次缔约方大会能源主题日上，该组织主席保安向与会各国代表阐释了打造全球能源互联网的重大意义。他指出，作为新型能源体系的重要组成部分，全球能源互联网将促进能源生产清洁化、能源消费电气化、能源配置广域化、能源业态数字化，有效统筹安全与转型、发展与减排、存量与增量的关系，为推动全球能源包容、公正、韧性转型提供了中国方案。这一方案引起与会联合国官员的共鸣和热烈讨论，纷纷表示，支持全球能源互联网建设，促进能源基础设施互联互通并以此加快各国清洁能源开发，降低能源服务成本，推动能源转型和节能减排。

位于四川红原的花海光伏发电厂。
新华社发

人无精神则不立，国无精神则不强。唯有精神上站得住、站得稳，一个民族才能在历史洪流中屹立不倒、挺立潮头。科学家精神是科技工作者在长期科学实践中积累的宝贵精神财富，是科学精神和科学文化在科学家群体上的集中体现。

回首百年奋斗史，在中国站起来、富起来到强起来的历史进程中，一代又一代中国科学家和科技工作者心系祖国和人民，践行科学报国、科学报国、科教兴国、科技强国理念，树立起一座座科技创新的丰碑，铸就了不同时代的科学家精神，成为中国共产党精神谱系和中国精神的重要组成部分。

科学成就离不开精神支撑。从最初提出“四个现代化”到现在提出全面建成社会主义现代化强国，科技现代化从来都是中国式现代化的重要内容，科学家精神一直是中国精神的重要内容。新中国成立后，党中央发出“向科学进军”的号召，科学家群体形成了以“坚持真理、报效祖国”为特质的科学家精神，塑造了“地质报国”“两弹一星”精神等科学家精神，极大地振奋了自力更生、发愤图强的民族精神。改革开放后，我国迎来“科学的春天”，科学家群体形成了以“自主创新、赶超跨越”为特质的科学家精神，塑造了载人航天精神等，极大地振奋了解放思想、锐意进取的民族精神。进入新时代，科学家群体铸就了以“自立自强、勇攀高峰”为特质的新时代科学家精神，塑造了载人深潜精神、中国探月精神、新时代北斗精神等，鼓舞了新时代的奋斗者和追梦人，极大地振奋了自信自强、守正创新的民族精神。

当前，国际科技竞争更加激烈。“同困难作斗争，是物质的角力，也是精神的对垒”。中国要在新的历史起点上建设科技强国、实现高水平科技自立自强，以科技现代化支撑引领中国式现代化，更加需要汇聚起攻坚克难的磅礴精神力量。

早在2013年7月，习近平总书记在中国科学院考察工作时就提出，“我们要大力弘扬‘两弹一星’精神和‘载人航天’精神，自力更生，勇攀高峰”，强调“具有强烈的爱国情怀，是对我国科技人员第一位的要求”，要求“科技界要共同努力，树立强烈的创新自信，敢于质疑现有理论，勇于开拓新的方向，不断在攻坚克难中追求卓越”。在历次两院院士大会及2020年科学家座谈会上，习近平总书记都对弘扬科学家精神提出明确要求，在科技界、全社会引发强烈共鸣。

院士是我国科学技术方面和工程科技领域的最高荣誉称号。两院院士是科技界“关键少数”，是弘扬科学家精神的“关键少数”。《关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见》明确要求“院士等高层次人才要带头打破壁垒，树立跨界融合思维，在科研实践中多做传帮带，善于发现、培养青年科研人员，在引领社会风气上发挥表率作用”。2021年5月，习近平总书记在两院院士大会、中国科协十大上的讲话中提出，希望广大院士“做胸怀祖国、服务人民的表率”“做追求真理、勇攀高峰的表率”“做坚守学术道德、严谨治学的表率”“做甘为人梯、奖掖后学的表率”。

“四个表率”要求与“爱国、创新、求实、奉献、协同、育人”精神一脉相承，是新时代科学家精神的重要内容。

“胸怀祖国、服务人民”是新时代科学家精神的“底色”。在强国建设、民族复兴的新征程上，广大科技工作者要秉持国家利益和人民利益至上，继承和弘扬“胸怀祖国、服务人民的爱国精神”，保持深厚的家国情怀和强烈的社会责任感，把个人理想和科学追求自觉融入强国建设、民族复兴的伟业之中，把满足人民对美好生活的向往作为科技创新的落脚点。自觉践行“淡泊名利、潜心研究的奉献精神”，始终保持对科学的热爱和专注，不慕虚荣、不计名利，静心笃志、心无旁骛，不断追求“干惊天动地事，做隐姓埋名人”的高远境界。

“追求真理、勇攀高峰”是新时代科学家精神的“本色”。科学以探究真理、发现新知为使命。广大院士、科学家和科技工作者要大力弘扬“追求真理、严谨治学的求实精神”，把热爱科学、探求真理作为毕生追求，始终保持对科学的好奇心。要坚定创新自信，自觉践行“勇攀高峰、敢为人先的创新精神”，努力探索前沿，发现并解决新的科学问题，提出新的概念、理论、方法，开辟新的领域、方向和路径，形成新的前沿学派。院士、科学家要带头弘扬“集智攻关、团结协作的协同精神”，瞄准“卡脖子”的关键核心技术难题，带领团队作出重大突破，抢占科技竞争和未来发展制高点。

“坚守学术道德、严谨治学”是新时代科学家精神的“成色”。广大院士、科学家要恪守为人师、行为世范的追求，做学术道德的楷模，坚守学术道德和科研伦理，践行学术规范，让学术道德和科学精神内化于心、外化于行，涵养风清气正的科研环境，培育严谨求是的科学文化，使所学所行成为世人之师和世人之范。广大科技工作者要自觉践行“追求真理、严谨治学的求实精神”，坚持立德为先、诚信为本，涵养严谨求实的优良学风，在践行社会主义核心价值观、引领社会良好风尚中率先垂范，在全社会营造尊重科学、尊重人才的良好创新氛围。

“甘为人梯、奖掖后学”是新时代科学家精神的“亮色”。广大院士、科学家要大力弘扬教育家精神，在创新人才培养中发挥识才育才的导师作用。要自觉践行“甘为人梯、奖掖后学的育人精神”，大力破除论资排辈、圈子文化，发扬学术民主，营造平等交流的开放创新生态。要甘做提携后学的铺路石和领路人，敢于放手、支持青年科技人才在重大科研任务中挑大梁、当主角，鼓励年轻人大胆创新、勇于创新，让青年才俊像泉水一样奔涌而出。广大科技工作者要积极参与科普事业，激发青少年崇尚科学、探索未知的兴趣，促进全民科学素质提升。

（作者为中国科学院科技战略咨询研究院研究员）

汇聚起攻坚克难的磅礴精神力量

万劲波

山东烟台 创新职教育英才



近年来，山东烟台创新职业院校人才培养模式，围绕构建服务全产业链的职业教育体系，打造了一批省级以上品牌专业。在该市一所职校的工业机器人实训车间，教师指导学生开展加工作业。

唐克摄