



科技强，能源强

——能源科技创新如何破局？

文 / 本刊编辑部



创新是引领发展的第一动力。能源一直是科技创新的重要领域。当今世界，能源科技创新正处于活跃期。

推进能源科技创新，建设能源强国，是一个长期的动态演进过程，将带来能源发展格局和功能形态的深刻变革。

如何打造能源强国？有哪些值得关注的能源科技创新甚至是颠覆性技术？能源科技创新需要哪些助力？

在本刊近日举办的第31次学术沙龙上，来自科研机构、高等院校、能源企业、互联网公司、投资机构的专家聚焦“科技强，能源强——能源科技创新如何破局”主题展开研讨。

专家们表示，科技决定能源的未

来，从能源大国到能源强国，科技创新至关重要。推动能源科技创新，需要充分发挥我国的制度、市场和产业优势，在基础理论、关键材料、前沿技术、体制机制等方面下大力气。

一方面，要苦练内功，争取硬核科技突破，培育颠覆性技术；另一方面，要营造市场环境，理顺体制机制，培育新型投融资和商业模式，促进多种产业、行业和企业跨界融合。此外，我们需把握好既有优势与发展瓶颈、研发链与产业链、“专精特新”培育与创新生态构建等多重关系，系统化提升创新实力。

总之，只有把核心技术掌握在自己手中，才能真正掌握竞争和发展的主动权。

从各省（自治区、直辖市）今年的政府工作报告来看，“双碳”“能源转型”“科技创新”“创新驱动”等都是核心热词，若干“专精特新”企业、“瞪羚”企业、“小巨人”企业、“独角兽”企业也正在为大众熟知。

能源基础研究越来越受到重视。2月24日，教育部公布了2021年度普通高校本科专业备案和审批结果，可持续能源、智慧能源工程、碳储科学与工程、氢能科学与工程被列入《普通高等学校本科专业目录》新专业中。

能源科技具有不同于一般科技创新的特点，资本密集、技术密集带来了独特的创新路径模式。仅以我国电力系统为例，全行业资产目前超过16万亿元，90%的在运煤电投产不足20年。应用于这样系统的能源科技，推倒重来、“急刹车”、“急转弯”的思路不现实，必须渐进式发展。

该如何运用战略思维，谋求能源科技创新破局之道？

科学技术两手抓，培育科技企业家

人类历史上的数次产业革命，都源于基础科学理论的突破。有了热力学三大定律，才进入了蒸汽机时代；有了电磁感应定律、麦克斯韦方程，才迎来了电力时代；有了图灵计算理论、冯洛伊曼架构，才步入了互联网时代。

不容忽视的是，科技创新包括两个方面的内容：一是基础和前沿领域的科学研究，可以让人类从未知走向已知，不仅知其然，还能知其所以

然；二是形成技术成果进而实现产业化，可以变不确定性为确定性。

从当前的产业现状来看，现在很多应用技术难以突破，本质上还是因为基础研究不足。2021年我国基础研究投入达到1696亿元，占全社会研发投入的比例已经达到6.09%。发达国家的这一比例是15%~25%。

越是步入“无人区”的时候，越要突破基础研究，如此才能拥有较强的主动性和前瞻性，将发展主动权牢牢掌握在自己手里。

基础研究有其独特规律。美国作家海明威在回答如何成为作家时说“要先给冰箱除霜”，意思是灵感的涌现并无固定方法和规律可循。艺术和科学的道理一脉相通，对科学研究而言，“水到渠成”或许胜于揠苗助长。中国工程院院士、清华大学化学工程系教授金涌在《科技创新启示录——创新与发明大师轶事》一书中，用众多科学大师的事例说明了科技创新没有快速催生的方法。

从产业化层面来看，创新就像童话里的“红舞鞋”，企业要想维持创新优势，就需要不断地推陈出新，一旦停止，就会面临被竞争对手超越、淘汰的危险。

专家认为，在没有颠覆性技术出现之前，能源发展始终会面临“三难”问题，这意味着，很难找到一种“完美”的能源技术，能同时满足经济、清洁和安全的要求。

由此，应同样重视基础科学研究和应用技术创新，既不能过度强调科学家，也不能单纯强调产业应用，应

应让科学家精神、企业家精神共同发扬光大，鼓励科技企业家去改变世界，这才是实现科技创新的长久之道。

让科学家精神、企业家精神共同发扬光大，鼓励科技企业家去改变世界，才是实现科技创新的长久之道。

中国科学院院士何祚庥表示，必须采取非常措施大力培育能在复杂性科学领域工作的复合型人才，特别需要加快培养复合型的能胜任理论创新的人才。

在金涌看来，能源革命的关键一是科学创新，二是技术产业化。要提升创新能力，应该抓住基础研究，重视工程基础科学。同时，中国很多前沿技术都在中试阶段停止，原因在于中试耗资巨大，企业不敢轻易投资，但这个环节又非常关键，需要设计合适的商业模式去推动中试走向产业化。

如今，基础研究自由探索的好奇心驱动和国家目标导向的“两条腿走路”发展路径正在形成。科技部部长王志刚近日明确表示，要支持一批有科学精神、有科学操守、愿意献身于科学的一批人，来从事这种安安静静、十年磨一剑的基础研究。

“板凳要坐十年冷”对能源科技创新意义重大。

2021年12月20日，国家科技重大专项——石岛湾高温气冷堆核电站示范工程1号反应堆成功并网，标志着全球首座具有第四代先进核能系统特征的球床模块式高温气冷堆，实现了从“实验室”到“工程应用”的飞跃。

这一技术团队的领军人物就是2020年度国家最高科学技术奖获得者、中国科学院院士王大中，正是在他和他的团队数十年的坚持下，以固

有安全为特征的我国高温气冷堆技术才实现了从跟跑、并跑到领跑，从无到有到世界前沿。

多种路线齐发力，不看宣传看效率

在2月25日国新办举行的新闻发布会上，王志刚表示，科技部正在制定科技支撑碳达峰碳中和方案和技术路线图。据介绍，科技部已经启动了氢能、新能源汽车等20多个碳中和科技重点专项。在先进煤电技术、煤炭高效清洁利用方面，国家能源集团宿迁电厂应用了超超临界发电技术，2021年的度电煤耗下降到266.8克/千瓦时，比火电机组平均煤耗下降了11%。

如今，能源科技的重要性和关键性日益显著。

2008年，美国工程院提出的未来14项工程创新挑战中，前3项均和能源相关，分别是经济实用太阳能开发、核聚变能源、经济的二氧化碳封存技术。

2019年，中国科协提出20个有待突破的重大科学问题与工程技术难题中，有近一半的技术属于能源范畴。

“能源革命悄然临近，我们已经身处其中。”中国工程院院士吴锋认为，光伏、风电、储能、新能源汽车和能源互联网的发展，将极大改变全球能源的生产、传输和消费方式，会大范围改变人类生活甚至地缘政治格局。

客观而言，我国能源科技水平有了长足进步和显著提高，但是与建设世界能源科技强国和引领能源革命的

要求相比，还有较大差距。目前我国能源科技整体水平与能源结构转型要求不适应，支撑引领作用不强，部分关键核心技术仍落后于国际前沿水平，自主创新能力不足，关键装备、材料、零部件、专用软件依赖进口问题比较突出，能源科技创新能力需进一步提高。

未来需要从被动跟随向自主创新转变，着力突破重大关键能源技术，探索更好的方法、更多的路径，出更多的成果，为建设能源强国、实现碳中和目标提供多样化的解决方案。

比如，先进适用的清洁能源技术包括太阳能、风能、生物质能、核能、地热能等；重大颠覆性技术包括可控核聚变、氢能等；基础研究包括人工光合作用、石墨烯、超导材料等；前沿技术包括快中子堆核电技术、无线电能传输、微藻制油、藻类制氢、天然气水合物、碳捕集利用与封存（CCUS）等；创新融合技术包括能源互联网技术、综合能源技术、智慧能源管理系统、虚拟电厂、车网互动（V2G）技术等。

根据碳排放控制过程所处的阶段，国家发展改革委将低碳技术分为减碳技术、零碳技术和储碳技术。相关机构据此整理了《面向碳达峰碳中和目标的电力关键技术汇编》，将低碳技术又分为发电减碳技术、发电零碳技术、电网减碳技术、储能技术、需求侧技术以及碳捕集利用与封存技术。

国家电网有限公司被认为是构建新型电力系统的排头兵，董事长辛保

安日前在《人民日报》撰文指出，针对“双碳”情景下电力系统发展和安全运行面临的重大技术难题，国家电网有限公司深入实施科技创新行动计划，大力开展柔性直流输电、虚拟电厂、大电网安全稳定控制、特高压分接开关等重大技术攻关，强化基础研究和前沿技术布局，争取更多“从0到1”的创新突破。

如何衡量能源科技创新的价值？能源道路千万条，效率高低最重要。金涌表示，能源技术路线有很多种，不能只看其“能否减排”，还要看其“能源转化效率高”，关键是看其投入产出比是否合适，应该更加关注那些具有产业化可行性的技术路线。

跨界融合需加强，三大优势塑新局

人类社会发展的基础是物质、能

中国应该利用自身的全产业链优势，学会吸纳全球前沿科技成果，与世界各地的创新创业者合作，帮助其实现产业化的成功。

>> 全球首套12万吨/年相变型二氧化碳捕集示范装置在华能上海石洞口第二电厂正式投运，标志着我国在碳捕集领域取得又一重大进展，为大规模工业化应用铺平了道路。



量和信息，如今三者的融合也越发深入。一个重要原因就是科技已经越来越复杂，创新离不开整个产业的协作。

前哨科技创始人、全球科技创新产业趋势观察家王煜全认为，如今的科技创新表现出一种系统性，这极大地提升了效率，促成了新一轮科技产业的井喷，推动了大量新兴科技企业的产生。

能源科技创新尤其需要秉持开放合作的心态，加强跨界融合，如此方能开拓出新产品、新模式、新业态。从高温气冷堆核电站示范工程首次并网发电成功，到大气污染联防联控取得初步成效，都是各种主体、技术融合效果的体现。

如今，跨界融合的内涵正在不断丰富。

从企业层面，将硬件与软件融合，是一条具有独特价值的道路。特斯拉造车的经验表明，硬件容易被模仿，软件很难被超越。

1月19日，国家自然科学基金委员会发布了《2022年度国家自然科学基金项目指南》。新型电力系统成为企业创新发展联合基金中的一个独立领域首次亮相，基础研究覆盖了大电网、新能源、材料、储能、综合能源等软硬件领域的多个热点方向。

从产业层面，能源与信息等行业的跨界融合将催生新的物种，未来空间不可限量。有专家指出，传统能源行业发展模式难以兼顾安全、经济、绿色协同发展。数字技术与能源尤其是新能源联体联姻，或可加速破解这

个“不可能三角”难题。腾讯云能源行业解决方案总经理程华军认为，能源技术和数字技术的结合，是构建新型能源电力系统、推进碳中和战略的关键，各方应秉持开放心态，合力创新突破。

2月17日，我国“东数西算”工程正式启动的消息广为传播。有分析人士将其与南水北调、西电东送、西气东输三大工程媲美，认为这是数字经济时代产业融合的创新之举，将奠定中国继续引领世界、成为创新强国的“算力基础”，将为中国赢得下一个20年的先机。

从机制层面，大中小企业的联合、融合，将为产业发展带来无限生机。大企业在发挥引领支撑作用的同时，也会为中小企业创新提供机遇、提供生态、提供保障。

2021年10月12日，由中国电科院牵头的海上风电友好并网技术创新联合体、电氢耦合技术创新联合体、新型电力储能技术创新联合体在北京成立。国家能源局科技司副司长刘亚芳表示，目前，相关研发、创新力量和技术创新资源存在投入分散、重复、低效和条块化分割等现象，需要推动全局性的变革，依靠能源电力产业上下游协同创新，整合“产、学、研、用”资源，高效发展。

从更广阔层面，还要建立“政、产、学、研、金”深度融合协同机制。金融投资对能源科技创新的作用可谓举足轻重。加速技术突破与产业应用，既需要对新技术的减排潜能有预判力，还要对研发转化和市场形成

有助推力，而这也是风险投资可积极发挥作用的地方。以氢能为例，据不完全统计，2021年，燃料电池产业链上有超过20家企业获得资本支持，融资总金额超过40亿元。国内外的商业案例都表明，资金对于初创企业跨越从科研到产业化的“死亡谷”具有特别重要的意义。

在专家看来，新型举国体制、体量巨大的市场、完备的产业链和供应链，是中国的科技创新吸引全球产业合作的三大优势。王煜全强调，中国应该利用自身的全产业链优势，学会吸纳全球前沿科技成果，与世界各地的创新创业者合作，帮助其实现产业化的成功。

分析人士指出，未来应将能源科技与相关产业深度融合，把新型能源技术及其关联产业培育成能源强国和现代能源体系建设的“明珠”。让人们印象中传统封闭、傻大黑粗的能源行业成为开放包容、酷炫十足的时尚事业，或许应成为衡量能源强国的标准之一。

能源科技创新，知易行难，千头万绪，关涉万千消费者和庞大的产业链、供应链。在能源科技创新征途上，业界各方需把握大势、洞察趋势，以“致广大而尽精微”的精神，小大兼顾、统筹安排，做到眼观星辰大海，胸有万千丘壑，精于培育科研沃土，敢于打造硬核技术，善于营造创新环境，进而实现能源强国的宏伟愿景。■

（本文由本刊记者王伟执笔，李易峰亦有贡献）