

以科技创新拓展中俄核能合作新空间

——访俄原子东亚(北京)咨询公司总经理阿提米·贡恰鲁克

■本报记者 朱学蕊



今年是中俄战略协作伙伴关系建立30周年,也是《中俄睦邻友好合作条约》签署25周年。中俄新时代全面战略协作伙伴关系保持高水平发展,各领域合作成果丰硕。

作为中俄务实合作中战略意义突出、科技含量较高、产业带动能力较强的重要领域,核能合作近年来已从核电工程建设逐步延伸到基础研究、先进反应堆、核燃料循环、核医学、放射性同位素和材料辐照等多个方向。面向新一轮科技革命和全球能源转型,中俄双方以重大科研设施为依托,进一步加强基础研究和前沿技术合作,不仅有助于提升两国核工业的科技创新能力,也将为保障全球能源安全、应对气候变化和推动核能和平利用贡献更多智慧与力量。

7月23日,在北京举行的中俄核科学合作研讨会上,俄罗斯国家原子能公司及其所属科研机构分享了多用途快中子研究反应堆(MBIR)、放射性同位素和先进材料研究等领域的最新进展。围绕MBIR的技术特点、国际研究中心建设及中俄核科技合作前景,《中国能源报》记者专访了俄原子东亚(北京)咨询公司总经理阿提米·贡恰鲁克。

中国能源报:俄罗斯正在建设MBIR,请您介绍该反应堆的主要技术特点、建设进展及未来应用方向。

阿提米·贡恰鲁克:MBIR是俄罗斯核工业未来实验研究基地的核心组成部分,也是俄罗斯完善先进核能技术实验体

系的一项重要工程,最突出的特点之一是具有非常高的中子通量。按照设计,其最高中子通量可达到每平方米每秒约 5.3×10^{15} 个中子。较高的中子通量意味着能在更短时间内获得所需要的材料辐照数据,加快材料损伤评价和性能验证进程,进而明显缩短实验周期,降低科研成本。

MBIR的另一个重要优势是可以设置多个独立实验环路。通过这些环路,科研人员能够在钠、铅铋、气体以及熔盐等不同介质和环境开展辐照实验。不同实验可在同一座反应堆平台上并行进行,这将显著提高实验装置的利用效率,也为验证不同类型先进反应堆技术提供条件。

除堆内实验设施外,MBIR还设置多个堆外实验通道,可用于基础物理研究。因此,它不仅服务于快中子反应堆研究,

也能够为第四代核能系统、聚变能源、高温气冷堆、熔盐堆及其他前沿技术提供实验支持。

在工程建设方面,反应堆压力容器已于2023年初安装就位,目前正在开展热室设备、汽轮机设备、仪器仪表和控制系统等后续工程。整个项目目前正在有序推进。

中国能源报:俄罗斯国家原子能公司依托MBIR建设了国际研究中心。中国科研机构和企业加入这一平台,可以获得哪些方面的支持?

阿提米·贡恰鲁克:国际化是MBIR项目非常重要的特点。我们建设的并非一座俄罗斯国内使用的实验快堆,更希望以MBIR为基础,打造一个面向世界各国科研机构和企业开放的国际研究中心。

通过加入国际研究中心,参与者可根据自身科研和产业发展需求,利用MBIR开展核燃料、结构材料、冷却剂技术以及先进反应堆系统等方面的实验,并获得材料辐照和辐照后研究数据。

对中国企业而言,该平台的重要价值在于,可以避免为某一项实验单独建设大型研究反应堆。企业只需提出实验需求,就能在MBIR平台上完成材料辐照、性能测试和辐照后分析,获得推进工程研发所需要的数据。这不仅能够节约大量投资,也有助于缩短先进技术从实验室研究走向工程应用的周期。目前,有多家中国企业和科研机构对加入项目表达了兴趣,双方正在就具体合作方式进行沟通。

我们希望将这一中心建成一个真正意

义上的共建、共享平台。中国在第四代核能、聚变能源、高温气冷堆和熔盐堆等领域提出许多具有前瞻性的目标,MBIR可在材料验证、燃料测试和工程数据积累等方面提供支持。

中国能源报:在放射性同位素和核医学领域,中俄两国具有怎样的合作基础?未来哪些方向最值得关注?

阿提米·贡恰鲁克:俄罗斯拥有较完整的放射性同位素生产体系,能够生产种类丰富的工业和医用同位素产品400多种,并向全球50多个国家和地区供应相关产品。

俄中在同位素领域的合作已开展较长时间,双方不仅建立了稳定的产品供应关系,还成立了合资企业。这表明两国在技术标准、市场渠道和企业协作方面已形成较扎实的基础。

目前,俄罗斯向中国市场提供的产品涉及核医学诊断、肿瘤治疗和工业应用等多个方向。随着精准医疗、核医学诊断和靶向放射性核素治疗不断发展,中国市场对医用同位素的需求还将继续增长。

未来,双方可从两个方面进一步深化合作:一方面,扩大俄罗斯同位素产品对华供应,丰富产品种类,保障部分医用同位素稳定供应;另一方面,俄罗斯相关机构愿意同中国企业开展技术合作,支持中国提高同位素生产和应用能力,推动部分产品实现本地化生产。

我们对各种合作模式都持开放态度,关键在于坚持互利共赢,根据中方市场需

求和双方技术优势,形成稳定、长期和可持续的合作机制。

中国能源报:除核电和核医学外,您如何看待中俄在材料辐照等核技术应用领域的合作前景?

阿提米·贡恰鲁克:材料辐照和辐照后研究是俄罗斯核科技体系的重要优势之一。无论是传统核电技术、快中子反应堆,还是第四代核能和聚变能源,都需要建立在大量实验数据基础之上。没有完善的实验设施,很难支撑先进核能系统的长期发展。

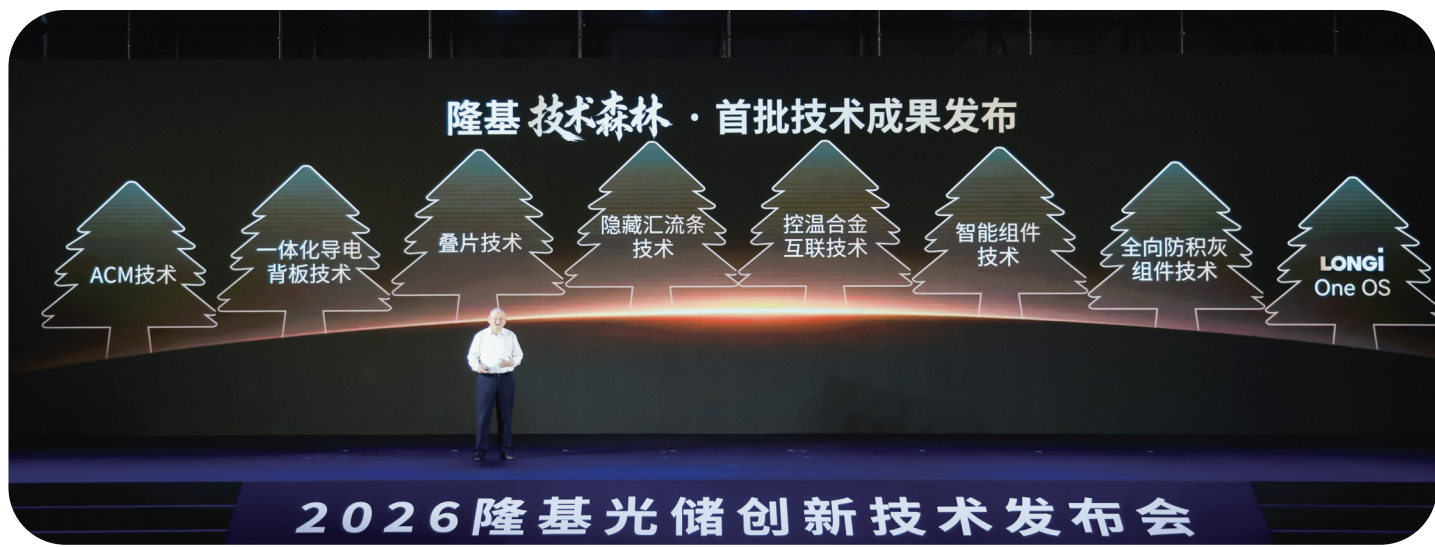
俄罗斯拥有由多种研究堆、快堆和材料研究设施构成的实验体系,在钠冷快堆、铅冷或铅铋冷却技术、聚变能源和放射性同位素生产等方面积累了较丰富的经验。过去,中国有关科研机构和企业利用俄罗斯实验设施开展过材料辐照和技术验证,一些先进材料和技术方案正是在这些实验数据基础上逐步形成的。

下一步,俄方可以为中国合作伙伴提供从样品设计、材料辐照到辐照后检验分析的全流程服务。合作范围可覆盖反应堆结构材料、核燃料包壳材料、熔盐环境材料、高温气冷堆材料、快堆材料以及聚变装置相关材料。

我认为,俄中在这一领域的合作潜力非常大,双方的共同任务是将这种潜力转化为具体科研项目和产业成果,为中国企业实现先进核能技术目标提供支持,同时推动俄罗斯实验设施更好参与国际科研合作。

隆基绿能：以技术为种 育产业之林

■本报记者 董梓童



在光伏产业深度调整的背景下,企业经营承压已成为行业共性。受供需错配、价格持续下行以及阶段性需求波动等因素影响,今年以来产业链整体盈利能力明显承压,头部企业亦难独善其身。从近期披露的业绩情况看,行业尚未走出调整区间。

这一轮调整,既是产能出清的过程,也是技术迭代的窗口期。一边是落后产能出清压力骤增,新国标能效红线将于2027年正式生效,预计将清退约30%的总产能;另一边是技术迭代浪潮澎湃,以BC(背接触)技术为代表的新一代光伏技术路线加速从“少数派的布局”走向“主流共识”。

● 新技促兴技

“能源转型的关键在于科技创新。”中国工程院院士黄震指出,未来新能源产业发展将呈现的一大核心趋势是科技迭代持续加速。光伏产业须依托材料创新、工艺创新和系统创新,持续提升光电转换效率,降低全生命周期成本,使绿色电力更加普惠、高效,不断夯实新能源的主体地位。

在光伏深度调整期,BC技术作为行业洗牌的关键变量,加速推动市场从价格战转向技术战、价值战驱动。上海交通大学太阳能研究所所长沈文忠表示,未来5至8年,BC电池市场份额完全有可能从目前的10%提升至50%,而TOPCon则将从70%—80%降至50%左右。“BC优势显而易见,正面无栅线,电池效率高、组件美观,更重要的是,正面钝化的优化不受背面发射极影响,对高效电池处理极为有利。”

过去BC发展缓慢,主因是工艺复杂、规模小、配套不足,但我国光伏产业经过几十年发展积淀,产业链配套日益完善。如今BC生态圈迅速扩大,从2023年前仅有隆基绿能、爱旭提前布局,到如今几乎所有龙头企业都推出了BC产品。沈文忠判断,BC技术未来已来,“我们有成熟的产业化平台、图形化工艺、贱金属应用和龙头企业的引领,下一代技术无论单结还是叠层,都将围绕BC展开”。

早在2017年,隆基绿能就布局BC。

2023年至2026年底,隆基绿能BC组件全球累计出货预计接近100吉瓦,主流组件产品HPBC 2.0在2026年第一季度占总体组件出货的比例已经超过60%。

截至2025年底,隆基绿能取得BC相关专利授权510件,其中发明专利330件,以“自主创新+协同合作+知产保护+业务保护”筑牢BC技术护城河。2021年至2025年,隆基绿能累计研发投入超过285亿元,研发投入强度保持在6%以上。截至2025年底,隆基绿能已获得各类授权专利数量3690件,构建起覆盖硅片、电池、组件及光储系统的全链条技术壁垒。

● 节银以替银

隆基绿能创始人、首席技术官李振国认为,转化效率提升,才是行业的第一性原理。真正能带来制造成本下降的,从来都是技术创新。但行业一直有个“不可能三角”,效率高了成本上升,成本低了质量难保,三者很难兼得。其中,无论如何,弃银、少银化势在必行。

过去,行业不断压缩银浆用量,收窄栅线宽度,因为银价不断攀升,且银也不够用了。栅线从早期的110微米一路缩减至不足20微米,但副作用随之而来,导电截面减少、电阻损耗增加,断栅、虚焊、脱焊等风险直线上升。铜、铝等替代材料又始终无法兼顾发电效率与长期户外耐用性。

那有没有一种材料,既有银的导电性,又稳定?李振国介绍:“我们找了好几年,今天终于交出了答卷——ACM(纳米合金矩陣式接触技术),我们没选单一金属,而是研发了一种新型合金浆料,金属粉表面包覆纳米复合材料,合金负责导电,纳米材料负责抗氧化,再用一层种子层阻止扩散。这样一来,导电能力超越了银栅线,又兼容现有丝网印刷工艺,产线改造非常简单。”

“更巧妙的是矩陣式接触设计,该导电的地方密切接触,不该导电的地方绝缘保护。就像高铁不能随处停车,我们只在站点上下客——电子在特定位置有序传输,整体效率反而更高。”李振国比喻道,这一设计不

仅带来了单块组件3至5瓦的功率提升,更因栅线截面面积比传统增加5至7倍、断栅风险降低70%—80%,焊接点接触面积增加2倍。

目前,ACM电池已在隆基西咸基地完成规模化量产,电池效率达27.6%,组件功率达到672瓦。

● 种树而造林

除ACM技术外,一体化导电背板技术同样是BC架构下的重大创新。依托BC电池正负极全部位于背面的结构优势,隆基绿能将金属箔膜直接预制到导电背板中,让电池片直接在导电背板上完成连接,用金属箔“全域面接触”替代传统“点接触”焊接。

相比传统焊带,一体化导电背板技术使电流传输截面面积提升85%以上,电池片应力降低60%,水汽通过率降低90%。同时由于金属箔的反射作用,穿透硅片的长波光线被反射回电池进行二次吸收,可使单块组件功率再提升3—5瓦。

此外,叠片技术采用0.5—0.8毫米电池片边缘精密重叠的无缝排布方式,组件有效发电面积提升2%;隐藏汇流条技术使组件有效受光面积再增加1.1%;智能组件技术为每块组件独立配置最大功率点追踪模块,发电量提升5%—30%,并具备主被动“双模式”快速关断功能。

“这些技术,都是为匹配BC而生。”隆基绿能中央研究院研究一院院长童洪波表示,隆基绿能始终坚持研发与产能并行推进,布局产能的目的,正是从“技术森林”中精准选出最适配客户需求的那棵“技术树”,真正为客户创造价值。

未来五年,隆基的核心研发方向仍将围绕BC技术展开,一方面迭代HPBC 2.0、HIBC等升级技术,进一步提升效率天花板;另一方面,针对不同区域、不同应用场景开发定制化BC产品,持续放大BC技术的差异化优势。

李振国说,“技术森林”的意义,不仅在于当下的果实,更在于持续生长的能力。当“技术森林”根深叶茂,便有了最坚韧的底气。

我国首个陆相断陷湖盆页岩油示范区建成

胜利济阳页岩油国家级示范区建成

■本报记者 吴莉

7月21日,国家能源局发布的《中国油气勘探开发发展报告(2026)》称,胜利济阳建成国内首个陆相断陷湖盆页岩油国家级示范区,并创建了大平台立体开发高效建产模式。作为我国首个陆相断陷湖盆页岩油示范区,其建设成果为我国陆相断陷盆地页岩油大规模勘探开发提供了可复制、可推广、可规模化的“胜利方案”,为我国油气增储上产、保障国家能源安全、开辟新的战略领域作出了积极贡献。

页岩油是以页岩为主的页岩层系中所含的石油资源,属于非常规资源。2022年1月,国家能源局正式批复设立“胜利济阳页岩油国家级示范区”。该示范区是继新疆吉木萨尔、大庆古龙国家级示范区之后,第三个页岩油国家级示范区,旨在发展、完善我国陆相断陷湖盆页岩油勘探开发技术体系,破解关键技术瓶颈,实现勘探开发重要突破,形成可复制、可推广的高效勘探和开发模式。示范区先后探明新兴、新河两个亿吨级页岩油油田,累计新增探明储量3.27亿吨,建成产能132.3万吨,2024年年产油突破50万吨,提前一年完成示范区产量目标任务,2025年产油达70万吨。目前,累计产油突破200万吨。

胜利济阳陆相断陷湖盆页岩油埋藏深、演化程度低,且断裂复杂、孔小油稠,与北美海相页岩油地质条件差异巨大,属于世界级勘探开发难题,国外公司曾判定“济阳页岩油没有商业开采价值”。

中国石化胜利油田创新陆相断陷湖盆页岩油富集理论认识,创建了陆相断陷湖盆页岩油开发“储—缝—压”三元储渗理论认识,创新形成立体开发、优快钻井、高效均衡压裂等六大关键技术和地质工程一体化“大兵团作战”模式,找到了厚层页岩油立体开发均衡动用的技术路径,回答了高频纹层黑油页岩油藏“油在哪、怎么流、如何高产”的根本命题,平均单井全周期产油量达4.3万吨,6000米井深钻井周期从133天降至最快17天,单井投资降低60%,用地减少30%,建产周期缩短40%,核心装备国产化率跃升至95%以上,彻底打破了国外行业垄断,走出一条自主创新之路。

此外,胜利油田构建陆相页岩油全链条绿色低碳开发新模式,清洁化钻探,2025年平均单井能耗同比2021年降低12.6%;电动化施工,绿电替代率25%;创新二氧化碳高压混相吞吐驱替协同提高采收率技术,试验井组产量大幅提升,单轮次换油率达0.33吨/吨二氧化碳,实现既补能增产又封碳减碳。

胜利济阳页岩油团队负责人杨勇表示,面向“十五五”,胜利油田将锚定济阳页岩规模增储、效益建产、工程降本三大目标,坚持理论创新、技术创新、管理创新,推进示范区建设从“示范引领”向“规模开发”跨越,全面助力中国页岩革命,确保国家能源饭碗端得更稳更好。



胜利油田攻关形成多尺度组合缝网压裂技术。