

# 瞄准未来能源 攻关商用难题

## ——新奥集团积极探索氢硼聚变技术路线

◎本报记者 操秀英

“任何一条聚变路线都面临挑战,但商业化首先要考虑燃料‘卡脖子’问题。”日前,在位于河北省廊坊市的新奥聚变技术研发中心,新奥能源研究院院长刘敏胜坦言。他同时表示:“聚变是我们的未来,我们的目标是在2035年建成聚变示范堆,早日实现氢硼聚变商业化,助力中国聚变发出第一度电。”

自2017年新奥集团股份有限公司(以下简称“新奥集团”)开启紧凑型聚变技术探索以来,已经过去7个年头。但对于难度极大且极其耗资耗时的聚变研究而言,这或许仅仅是开始。

新奥集团为何要涉足这一难度系数和风险都极高的领域?这些年,新奥集团的聚变研究团队做了什么?刘敏胜进行了一次较为全面的复盘。

### 布局聚变

2018年4月,一则新闻引发业内广泛关注:在新奥能源研究院与中国物理学会等离子体物理分会、中国核学会核聚变与等离子体物理学会联合主办的紧凑型聚变技术研讨会上,新奥集团宣布,将着手建设一座小型核聚变实验装置。

新奥集团成为首个宣布研发聚变能源的中国民营企业。

“新奥集团一直致力于清洁能源技术创新,探索从低碳能源向无碳能源技术转型。前些年我们探索过光伏、微波、煤制气、储能等不同的创新技术,这些技术有的已经落地,有的还在继续探索。”刘敏胜说,2017年经过广泛调研论证后,新奥集团瞄准了紧凑型聚变技术。

紧凑型聚变技术是核聚变研究的一个重要方向。与化石能源相比,核聚变反应不排放二氧化碳;与目前广泛应用的核能(核裂变)相比,核聚变不会产生核废料,辐射也极小。

可控核聚变实现的方式主要有两种:惯性约束和磁约束。科学家们在这两条路径上做了很多探索,但截至目前,他们还无法让核聚变反应持续足够长时间。这难以产生比激发核聚变反应所需能量更多的能量。

因此,最初新奥集团并未明确聚变技术的具体实现路径。尽管如此,新奥集团也决定先行行动起来。

2018年紧凑型聚变技术研讨会后不

久,新奥集团就开始自主设计建造我国首座中等规模球形托卡马克聚变实验装置——“玄龙-50”。该装置于2019年8月建成并成功实现等离子体放电。

新奥集团聚变副总工程师杨圆明介绍,“玄龙-50”在稳定实验运行4年后,已于2023年升级为“玄龙-50U”,并于2024年初启用。升级后的装置相关物理性能参数均显著提升,已跻身国际上较大型磁约束实验平台行列。

### 选定氢硼

从2017年到2022年,新奥集团聚变团队持续走访国内外知名聚变研究机构,参加各种能“够得着”的学术会议。

在这个过程中,新奥集团的聚变路线逐渐清晰。基于无中子、低成本、商业化的聚变技术研发目标,2022年,新奥集团确定了球形环氢硼聚变技术路线。2024年6月,全面系统阐述新奥集团氢硼聚变技术路线的学术论文在国际期刊《等离子体物理学杂志》发表。

“我们首要考虑的是商业应用的可能性。”刘敏胜说。

目前,托卡马克装置的主要燃料是氢同位素氘和氚(D-T)。然而,氚在自然界中极为稀有,必须在核聚变反应堆中由锂“培育”出来。这种“氚增殖”技术是否可行尚不明确。此外,D-T燃料在高温下聚变时会产生大量的高能中子,对人类和反应堆结构有害。

氢硼聚变提供了另一种思路:将氢核质子与容易开采的硼聚变。这个反应不产生中子,只生成无害的氦。

新奥集团聚变理论模拟首席科学家谢华生解释说,氢硼聚变技术有三方面优势。第一,氢硼聚变的燃料来源广泛,氢元素就存在于水中,硼元素在地球上的储量也很大;第二,氢硼聚变反应可以避免中子形成,减少了放射性废料的产生;第三,不需要转化成热能,可以直接发电。

但是,氢硼聚变实现的难度更大。它需要大约30亿摄氏度的高温,即太阳核心温度的200倍,比D-T聚变所需的温度高30倍。

不过,科学家们已经证明氢硼聚变理论上可行。2023年3月,《自然—通讯》上的一篇文章称,日本国立聚变科学研究所和美国TAE技术公司携手,首次在磁约束聚变等离子体中实现了氢硼聚变实验。“我们现在要做的是在装置上验证它。”刘敏胜说。



图为“玄龙-50U”。受访单位供图

杨圆明介绍,新奥集团正在并行开展整体参数国际领先的球形环新装置“和龙”的建设。该装置预计2027年建成,旨在探索氢硼聚变中的各项关键技术,验证球形环氢硼聚变反应率,并为未来反应堆设计提供实验基础。

“‘玄龙-50U’的实验进度比预期快。我们将原本计划在‘和龙-2’上开展的氢硼聚变反应,提前到在‘玄龙-50U’上实现。”刘敏胜说。

尽管氢硼聚变面临的技术挑战较大,但新奥集团聚变研究团队已通过新建立的系统代码和新的实验数据,定量展示了实现该聚变反应能量增益的可行性,同时提出了“实验一点火—发电”三步走的详细发展计划。新奥集团的目标是在2035年进入聚变示范堆阶段,解决成本和商业化问题,最终实现商业化的氢硼聚变。

### 开放合作

从没有一个聚变技术人员,到涵盖聚变、高能物理、人工智能等各相关学科的近300人,新奥集团聚变研究团队现已具备“物理基础研究—装置设计—工程建设和验证”一体化能力。

更让刘敏胜津津乐道的是,新奥集团积极参加并推动聚变研究国际合作。“我们秉持开放合作的理念,与全球研究成果相

互融合,促进不同技术路线兼容共济、协同发展。”他说。

2024年,新奥集团的聚变技术团队成员先后参加了在法国举办的全球聚变实业论坛、在英国举办的国际球形环研讨会、在意大利举办的IAEA(国际原子能机构)世界聚变能源组织首届部长级会议。

新奥集团组建了高水平顾问委员会和学术委员会,国内外多所聚变技术相关科研院所和高校与新奥集团成为密切的生态合作伙伴。

面向未来,新奥集团计划充分应用人工智能技术助力聚变研发。2024年10月10日,“南开—新奥认知科技创新中心聚变智能实验室”正式揭牌,旨在通过聚变物理和人工智能等学科交叉,加速实现技术突破。

“聚变肯定不是某一家机构或企业能做成的。”刘敏胜说,“我们希望与国内外优势单位合作,解决一些共性技术难题,共同突破关键技术门槛。”

2023年底,25家央企、科研院所、高校等组成的可控核聚变创新联合体正式成立,中国聚变公司(筹)举行揭牌仪式,新奥集团成为该创新联合体的一员。同时,国务院国资委启动实施未来产业启航行动,明确可控核聚变领域为未来能源的唯一方向。

这让新奥团队有了更强烈的使命感。“我们唯有分秒必争,全力以赴。”刘敏胜表示。

# 盘山项目实现煤电机组跨代升级改造

## 三大主机设备可延寿30年

科技日报讯(记者李丽云 通讯员范乐乐)1月7日,哈电集团哈尔滨电气国际工程有限责任公司(以下简称“哈电集团国际公司”)、天津市河西区政府联合举办“三改联动”专题交流会。会上获悉,天津国能盘山发电有限责任公司2×530兆瓦机组创新升级及延寿改造项目(以下简称“盘山项目”)1号机组已成功实现满负荷试运行。这是国内能源领域首个实现参数跨代升级的大型改造项目。

盘山项目是哈电集团与国家能源集团

联合申报、经国家能源局批复的国内能源领域首台(套)重大技术装备示范项目。改造后,项目实现高参数、深调峰、大供热、智慧化运行,机组煤耗降低14%,深度调峰能力可达20%THA负荷,供热能力提高两倍以上,清洁排放达到目前同类机组先进水平,实现整体延寿,三大主机设备可继续服役30年,填补了我国电力装备升级改造的产业空白。这是目前国内唯一,也是世界首个通过跨代创新升级改造,使机组整体延寿30年的在役煤电项目。

盘山项目由哈电集团国际公司进行总包管理,应用了哈电集团多项煤电“三改联动”先进技术。“三改联动”,即煤电节能降碳改造、灵活性改造、供热改造,是提高电煤利用效率、减少电煤消耗、促进清洁能源消纳的重要手段。项目采用参数跨代升级、大容量供热、热电解耦、回热优化等技术,进一步提高机组安全性、可靠性和经济性和灵活性,实现了老旧装备的升级换代和机组技术参数指标整体升级。

据统计,2030年左右是煤电机组延寿高峰期,届时我国有接近1亿千瓦煤电机组达到设计寿命,约占煤电总装机量10%,煤电机组延寿改造市场潜力巨大。盘山项目的成功,证明老旧煤电机组升级延寿改造技术路线可行、经济合理,形成了“技术可实现、经济可承受、模式可推广”的产业发展路径。这为国内外大量即将进入寿命后期的机组提供了延寿新思路,为国家制定相关延寿改造政策提供了有力实践支撑。

# 世界在役最大火力发电厂的转型之路

◎本报记者 张景阳 通讯员 武子喧

“环境温度已降至-17℃。联系7号机组提高供热压力,将7A加热器进汽电动门开大10%,提高供热温度。”日前,世界在役最大火力发电厂——内蒙古大唐国际托克托发电有限责任公司(以下简称“大唐托电”)供热首站的控制室里,传来运行主值王晓博调整参数的指令。

大唐托电8台热网循环泵持续作业,每小时将2.4万吨热水源源不断地送往呼和浩特城区。经过改造的4台机组在每个供热季可有效节约标准煤47万吨,减少二氧化碳排放约122万吨。不仅如此,作为“西电东送”的核心火电生产基地,大唐托电还承担着首都地区四分之一的社会用电供应。

历经20多年转型发展,该电厂12台机组已全部投产,年发电能力达350亿千瓦时以上,火电装机容量762万千瓦。大唐托电依靠智慧手段,协同推进降碳、减污、扩绿、

增长,迈向集风电、光伏、火电、供热、储能于一体的多元化发展道路,构建更加智能、高效、绿色的能源生态。

### 存量火电更清洁

在大唐托电一期智慧煤场,数字领域与能源领域正走向深度融合。在远程监控室内,操作员轻点鼠标,煤场内巨大的斗轮机便“听话”地移动至选定区域,悬臂划至煤堆上空,下斗,取煤一气呵成。

“传统的斗轮机操作员需要在各种环境中进行复杂劳动。如今,通过给传统煤场装上‘智慧大脑’,我们实现斗轮机无人值守,极大改善了操作员的工作环境,降低了劳动强度,全面提升了煤场管理水平。煤场作业的精准度和效率也大幅提升。”大唐托电控制与数字化部热控车间技术人员翟林波告诉记者,高清摄像头和激光扫描建模技术能全天候、无死角地捕捉煤堆每一个细微变化,实现对堆取料作业的全过程监控。

绿色低碳转型是火电企业不可回避的责任。如何让存量火电更清洁?大唐托电从提高能源利用效率、优化能源结构、加大减排力度等多方面发力。

为使水资源得到最大限度利用,大唐托电创新发明并采用深度节水技术,年用水量下降1145万吨。大唐托电还对两台60万千瓦高效亚临界机组进行综合升级改造,实现单台机组煤耗降低15克/千瓦时;大力实施脱硝设施及超低排放改造,使二氧化硫、氮氧化物、烟尘排放水平远低于国家标准限值。如今,通过运用太阳能与火电耦合技术,大唐托电厂内用电率降低0.05%,实现“光煤互补”。

### 新能源多能互补

一台台风力发电机拔地而起,一排排光伏板铺设整齐……日前,记者在位于呼和浩特市和林格尔县的大唐蒙西托克托200万千瓦新能源外送项目现场看到,大

唐托电新能源事业部运维中心技术员乔振华正在严密监测风机数据,确保其平稳运行。

该项目是国家能源局规划建设的第一批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地之一,也是国内首个利用既有火电通道打捆外送绿电的新能源多能互补项目。项目所发绿电汇入大唐托电现有的电力外送通道,送至京津唐电网,实现新能源项目送出线路投资零新增。

“2019年起,我们突破固有火电发展模式,充分利用呼和浩特地区多风、干旱、日照充足的气候条件,就近开发周边优质风光资源,推动火电和新能源协同发展。”项目规划发展部主任韩强介绍,截至2024年12月25日,项目年度发电量已达18.1亿千瓦时。

据介绍,大唐集团未来将以打造集高品质蒸汽、压缩空气、除盐水、氮气供应、供冷、供暖及绿色电力于一体的“能源超市”为目标,聚力服务地方发展。

## 新看点

### 全球首个微电网算力中心项目启动

科技日报讯(记者张蕴)1月8日,记者从国家电投集团黄河上游水电开发有限责任公司(以下简称“黄河公司”)获悉,全球首个微电网算力中心——中国柴达木绿色微电网算力中心示范项目在青海省海西蒙古族藏族自治州格尔木市启动。

该项目是“自发、自储、自用、自保”的全清洁能源微电网算力中心,可实现规模化利用荒漠化土地和光伏能源,建成后可承载万卡算力集群,实现源网荷储灵活调度和绿电保障,对青海省加快绿色算电协同发展、打造绿色算力产业基地具有重要意义。

该项目由黄河公司、中国移动青海公司联合开发,位于格尔木市南郊。黄河公司负责项目配套电源建设,包括光伏、储能、微电网、能量管理系统等。其中,光伏区绿色算力“GCP”区域将采用黄河公司自主研发、制造的高效IBC(交叉指式背接触电池)单晶双面组件,电源项目建成后每年可向算力中心供电1.26亿千瓦时,年均可节约标煤4.21万吨,减少二氧化碳排放11.55万吨。

黄河公司党委书记、董事长姚小彦介绍,作为青海省最大发电企业、最大清洁能源企业,公司将抢抓青海省发展绿色算力产业的重大机遇,充分发挥国家清洁能源产业高地建设的“排头兵”“主力军”作用,与中国移动青海公司紧密合作,设计好、建设好中国柴达木绿色微电网算力中心示范项目,打造世界一流绿色算力中心,助力推动智慧算技术创新,加快赋能传统产业转型升级,为青海省绿色算力产业高质量发展注入新动能。

### 辽宁首个滩涂发电示范项目一期工程并网发电

科技日报讯(记者张蕴)辽宁首个沿海滩涂发电示范项目——大连市沿海滩涂源网荷储一体化示范基地项目(渔光互补)一期工程日前正式并网发电。该项目预计2025年底前正式建成,建成后每年可节约标准煤约5.11万吨,减少二氧化碳排放量约13.49万吨,减少二氧化硫排放量0.11万吨。

项目位于大连市普兰店区皮口街道,总投资6亿元,由华能(大连普兰店)新能源有限公司投资建设,安装单晶硅双面双玻光伏组件174242块,装机总容量达100兆瓦。同时,该项目还配套45兆瓦时共享储能装置,以实现负荷削峰填谷,增加调峰能力,参与系统调频调压,提高电网安全稳定运行。

项目充分利用黄海沿岸滩涂区域广阔的参圈面积和丰富的太阳能资源,打破传统的“移参打桩”“清圈打桩”建设模式。项目充分考虑参圈海参夏季休眠、冬季捕捞的养殖作业习惯,通过利用立体的参圈海面资源,最大程度保护环境、收集能源、创造收益,实现“海水科学养殖,海面发电上网”的目标,形成“渔光互补”的绿色发展模式。

项目开辟了大规模海洋梯次综合利用、养殖光伏复合开发的新途径,为普兰店区16万亩滩涂海域、大连黄渤海沿岸千兆瓦级“渔光互补”产业链发展,以及辽宁滩涂海域资源开发与当地农业、服务业融合发展提供了参考。

### 运维人员巡检输电线路实现“足不出户”

◎本报记者 罗云鹏 通讯员 舒铭杰

工作人员在控制室内轻触电脑屏幕,一架架空中“哨兵”便从无人机巢中腾空而起,带着对城市输电线路和杆塔巡检的任务飞出……这是科技日报记者日前在南方电网深圳供电局(以下简称“深圳供电局”)看到的一幕。

目前,深圳供电局已在深圳各区变电站、区供电局、高压电缆终端场等89处关键站点部署了101台无人机巢,将全市非禁飞区内3600公里的输电线路纳入覆盖范围,在全国率先实现超大城市电网输电线路无人机巢自主巡检全覆盖。

作为实现无人机全自动作业的地面基础设施,无人机巢具有无人机自动收发、充电、远程通信、数据存储、智能分析等重要功能。

深圳供电局相关工作人员介绍,基于“机巢+平台+算法”架构,运维人员只需通过南方电网无人机机巢作业平台发布预先设置的无人机巡检作业计划,便可远程操控机巢里的无人机起飞,按照预设航线执行精细化巡检、红外测温、应急特巡等任务。它还能对巡检照片进行人工智能分析,将告警信息及时回传至平台,交由人工校核处置。

传统巡检模式下,运营人员需前往现场手动操控无人机;而现在,运维人员足不出户即可遥控无人机巢对其5公里范围内约26回线路、300余基杆塔开展无人机巡视,并自动分析缺陷隐患。这节省人工操控时间近80%,提升巡检效率近4倍,真正做到让“机器多作业、让数据多跑路”。

此外,深圳供电局还在宝安、龙岗、坪山等6个区域利用已部署的无人机巢,试点开展输配电线路联合巡检,打破以往输配电线路分开巡检的固有模式,进一步提升深圳电网设备运维的效率与安全性。

深圳供电局相关负责人介绍,深圳电网输电线路无人机巢自主巡检全覆盖,是深圳供电局落实国家推动低空经济发展和数字电网建设的重要举措。这不仅有效提高了运维工作效率,推动电网运维从劳动密集型向技术集约型转变,还促进了无人机技术在电网领域的广泛应用与深度融合。