

中俄核能合作标杆工程再启新程

——实地探访田湾核电站感受中国核电硬实力

■本报记者 王林

8月12日,随着第一组燃料组件精准、安全装入反应堆堆芯指定位置,田湾核电站7号机组首次装料正式开始,装料工作全部完成后,机组将进入带核调试阶段。首次装料是核反应堆植入“能量心脏”的核心工序,作为核电建设全周期的关键里程碑,不仅是对该机组数年工程建设质量、系统调试水平、安全管控能力的全面检验,更是机组带核运行的关键起点。

位于江苏省连云港市的田湾核电站,是中俄核能合作标志性工程,其发展历程可谓我国核电技术自主化、国产化的缩影。1999年开工至今,在运核电机组始终保持安全稳定高效运行,累计发电量已超过5000亿千瓦时。近日,《中国能源报》记者来到田湾核电站并深入机组主控室,近距离感受中国核电硬实力。

■7、8号机组建设稳步推进

面朝黄海,背靠云台山,田湾核电站是我国不可多得的沿海优良核电厂址之一,也是目前全球在运在建总装机容量最大的核电基地,规划建设8台百万千瓦级压水堆核电机组,装机容量913.8万千瓦,全部建成后年发电量超700亿千瓦时,将有力推动江苏省产业结构和能源结构调整,维护华东电网安全和区域能源供应安全。

作为中俄共同推动两国核能合作的标志性工程,田湾核电站1—6号机组已投入商业运行。2021年5月,中俄两国元首通过视频连线共同见证田湾核电站7号、8号机组开工。

站在7.8号机组观景平台,可以一览基地全貌,1—8号机组采用一字排开从左至右布局建设。整个基地坐落在一整块基岩之上,基岩硬度大,基岩地质的抗震性能优异,同时紧靠黄海,可以给设备提供大量的冷却水源。

“1—4号机组采用俄罗斯VVER-1000型核电机组,红白相间的是厂房排气通道,5、6号机组采用中核

M310+改进型机组,在后方山上的高位水箱新增了非能动安全系统,可以在紧急情况下提供72小时的冷却水源。”江苏核电运行四处处长李伟向记者介绍,“在建中的7.8号机组,采用双层安全壳设计,可以抵御商用飞机的撞击。”

减排效益几何?李伟提供了一组数据:每台机组每年减排638万吨二氧化碳、6万吨二氧化硫、2万吨氮氧化物,减排效益相当于种植超过1.75万顷绿色森林。

■人机协同护航核安全

套上反光背心、换上防砸鞋、戴上安全帽,穿过一尘不染的长廊走廊,经过多重验证后,记者走进24小时灯火长明的7号机组主控室。“这里就是核电站的‘心脏’。”李伟对记者介绍,“我们的操作员,在这里监控机组运行状态、组织指挥操作。”

进门墙上,核电安全生产“红线10条”赫然在目,整个房间干净整洁、井然有序、高端大气,正前方一整面墙都被数十块高清屏幕占据,上面密密麻麻跃动着数字、曲线图等红绿色图标,下首位置是核心操作区,两位反应堆操作员、两位汽轮机操作员、一位辅助系统操作员紧密关注多个屏幕的信息变化,确认机组各个设备的运营状态。

“这几位操纵员就是‘黄金人’,他们是机组的‘大脑中枢’,负责主控室操作、下达指令、维护机组正常运行。”李伟表示,“记录数据、监控设备状态、下发控制指令,是他们的日常工作,必要时还需进入核岛进行巡查。”

什么是“黄金人”?李伟做出了解释,核电站对操纵员的培养不计成本,每个操纵员身上花费的培训费用如果折算成黄金堆起来差不多就跟一个人那么高,所以得了这个名号,培训内容涵盖反应堆物理、热工、自动控制等多个学科,而且对心理素质也有较高的标准。

尽管引入全数字化操作流程,但关键操作和最终决策仍需由“黄金人”来完成。值得一提的是,纵



田湾核电站机组全景。 桑松茂/摄

深防御贯穿始终,李伟介绍,安全方面进行了升级,增加了非能动安全系统。一旦发生事故,不需要通过电力或气动动力源,仅依靠重力或自然压力就能导出反应堆热量,“整个过程不需要人为干预,大大提升了反应堆的安全性。”

■“中国智慧,了不起”

在田湾,创新不是口号,而是破解难题的“金钥匙”。以本次7号机组首次装料为例,这是VVER-1200型机组国内首堆首次装料,燃料装载入堆采用全自动远程装料控制系统,装料时工作人员在距离反应堆大厅30米的换料机控制室内严密监视换料过程安全、有序开展,每组燃料组件装入堆芯的精度都控制在毫米级,整个过程堪比“飞针绣花”。

走出7号机组核反应堆厂房,身旁的厂区道路和空地不同寻常,那是一片曾经进行穹顶地面施工和吊装的位置,见证了穹顶施工的创新解决方法。作为反应堆厂房第一道核心安全屏障,穹顶承担着包容放射性、抵御极端外力的关键使命。7、8号两台机组单个

绿色电力与绿色算力的“青海方案”

——青海绿色算力产业一线走访记

■本报记者 王海霞



高原天长流云。8月初的青海,天蓝得透亮,云朵在远山边舒卷,阳光慵懒而慷慨地洒满河湟谷地。

《中国能源报》记者跟随“移起向青,智绘高原”活动,自西宁启程,一路向北,去探寻一个正在发生的故事——清洁能源发出的绿电,如何点亮数字经济的绿色算力。

三天行程里,记者辗转大数据中心、能源集控平台、光伏电站、化工厂区、生态保护现场,直至雪山脚下。所到之处,手机信号满格,算力奔涌……每一次驻足,记者都感受到电流与数据流在高原上交织,瓦特正磅礴转化为比特。

“十五五”开局之年,青海如何进一步将资源禀赋转化为发展动能,在推动清洁能源和绿色算力发展的双向奔赴上加快突破?答案或许就藏在“算电协同”的深度实践中。青海正逐步破解新能源输配电用中的难题,让绿电更稳定地赋能算力基础设施。这不仅提升了能源利用效率,更降低了数据中心碳足迹,为“东数西算”工程提供了极具价值的“青海方案”。而这张绿色算力网络,也正以数字化方式守护着青海的绿水青山,让产业发展与生态保护在高原上同频共振。

■高原大数据中心——青藏高原的“最强大脑”

记者首先来到位于海东市的青海移动(青海)高原大数据中心。该中心一期项目于2015年12月建成运营,是青藏高原起步最早、规模最大的绿色数据中心。走进机房楼,一排排机柜蓝灯闪烁,服务器高速运转。

青海移动算力中心部门副总经理吴诚谦介绍,依托青海能源、区位优势 and 自身云网算电资源优势,高原大数据中心率先完成全国14个重点城市高速直连网络建设,总出口带宽达10600G,形成青藏高原首张“1-5-5-20”时延圈算力网络——即泛西宁地区1毫秒,青甘宁区域内5毫秒,大区之间20毫秒的1-5-20毫秒时延圈。该数据中心还率先建设了基于国产化芯片的南京智算中心青海节点,实现核心技术的自主可控突破,打造了“东数西算”算力调度典型应用案例。此外,高原大数据中心还承载了西部移动模型服务平台(MOMA)节点,汇聚300多款AI大模型,可对青海省内外提供普惠一站式模型服务,堪称青藏高原上的“最强大脑”。

青海的冷凉气候是天然优势。2025年,青海省平均气温仅3.5摄氏度,数据中心全年自然冷却时长超过8个月,制冷能耗比全国平均水平低四成以上。

数据中心二期项目正在紧锣密鼓建设,规划总投资25亿元,第一阶段完工后将部署标准机架11818架,可承载算力规模13131P。“二期采用国家A级标准,建成后将是西北地区最大的智算集群之一。我们已经与

燧原、壁仞、摩尔线程等多家国产芯片企业深度合作,目标是把青海打造成国产算力的西部高地。”吴诚谦说。东部有算力需求,西部有绿电优势,这本身就是一场双向奔赴。

■热水镇光伏园区——采煤区上的“蓝色海洋”

从青海湖沿213国道北行三十余公里,便抵海北州刚察县的热水镇。这里曾因热水煤矿而兴,作为青海省第二大煤炭生产基地,机器轰鸣、车来车往曾是这里的日常。然而,这片土地恰好地处祁连山自然保护区南麓与青海湖北岸生态功能区的交汇地带,生态意义不言自明。当发展与保护需要重新平衡,传统采煤区的绿色转型便成为必然选择。

如今,从国道远眺,阳光下,一望无际的光伏板汇成蓝色海洋,粼粼波光间,光能被悄然转化为清洁电能。更令人惊喜的是,这片“海洋”之下,成群的牦牛在低头吃草,偶尔还有憨态可掬的土拨鼠探出洞口,为这片绿色新生增添了几分灵动。

支撑这片“光伏海洋”稳定运行的,是一组组电站与数据的深度协同。国能(海北刚察)新能源开发有限公司党建工作部主任邓小东介绍,这里不仅部署了光伏电力外送核心枢纽的330千伏煦光汇集站、蓬勃储能电站(150MW/300MWh),还有星晨、宇明、仁佳、辉煌四座光伏电站,总装机规模近百万千瓦。

然而,近百万千瓦的装机规模,也给园区通信和管理带来巨大挑战。由于面积广阔,铺设全区光纤成本高、运维难,园区采用青海移动技术方案,建起电力行业专属5G RedCap虚拟专网。专网利用本地UPF边缘分流技术,实现全程本地闭环传输,从根本上保障了能源企业的数据和运行安全。

这张虚拟专网的背后,是更系统的数智化通信体系。青海移动海北分公司刚察县公司经理马振文介绍,依托4G/5G物联网全域通信能力,园区各类终端实现无缝接入,物联网平台统一管理、汇聚数据,彻底解决了通信难题。园区还实现了常态化无人巡检、远程运维,故障响应时间从24小时压缩至1小时内。

这样的数智赋能实践,早已延伸至青海更广阔的能源版图。青海移动与国能青海公司密切协作,先后为国能本部、玛尔挡水电站、同德抽蓄及海南、海北、海西各风光电站等生产站点搭建点对点传输专线,承载数据采集、远程运维、视频监控等关键业务,为全省清洁能源的数智化转型构筑坚实基础。

■青海宜化化工——绿色工厂里的5G专网

提起化工厂,很多人的印象还停留在烟囱林立、

气味刺鼻的旧画面上。然而,位于西宁市北郊的青海宜化化工有限责任公司,正在颠覆这种传统认知。这家由湖北宜化集团投资建设的企业,主要生产电石、PVC、烧碱等化工产品,生产工艺国内领先。但真正让人眼前一亮的,是它在绿色转型上的坚定步伐。

转型不仅是技术升级,更是理念变革。青海宜化倒排工期,推进近零排放、锅炉超低排放等环保项目;强化危废规范化处置与资源化利用,全力建设“无废工厂”;加快绿电直连项目建设,提升清洁能源占比;深化产学研协同,攻关低碳核心技术,构建清洁高效、可持续发展的绿色发展格局。

走进厂区,不见传统化工厂的烟尘弥漫,取而代之的是整洁的管廊和跳动着实时数据的智能化监控大屏。2023年,青海宜化被评为国家级绿色工厂;2025年,又获评青海省先进级智能工厂。

成绩背后,有一张看不见的网络在默默支撑。青海宜化化工有限责任公司副总经理田德雨告诉记者:“移动公司为我们建设了省内首个5G专网标杆项目,覆盖全部生产环节。”在中央控制室,5G专网实时回传反应釜温度、压力、阀门状态等数千个数据点。通过5G+物联网,厂区实现了人员定位、设备巡检、安全预警的全面数字化。

数字不仅体现在屏幕上,更转化为效率提升。移动公司为青海宜化提供工作机545部、对讲机554部、物联网卡909张,信息化年收入达513万元。“5G专网让故障响应时间从小时级缩短到分钟级,2025年设备非计划停机率下降了30%。”田德雨说。

数字化触角还在延伸。青海宜化建成智慧食堂、互联网专线、桌面电话等应用场景,成为全省“5G+工业互联网”示范案例。电石炉车间内,自动出炉机器人有序作业,操作员在控制室远程操控,高温高危岗位大幅减少。安全总监熊云新道出秘诀:“绿色工厂不仅要节能降耗,更要数字化升级,这是我们连续多年被评为安全生产优秀企业的关键。”

从传统化工到绿色智能,青海宜化用实践证明,环保与效益并非单选题,而是彼此赋能的双赢之路。

■湟水河生态修复——数字治水守护河流

告别工厂,记者赶往海北州海晏县。湟水河——青海“母亲河”,孕育了河湟谷地的千里沃野,承载着沿岸数百万群众的饮水安全。然而,由于上游水源涵养能力减弱、水土流失严重,湟水河一度面临河岸坍塌、泥沙入河、水质波动的窘境。

转机始于2021年。海北州生态环境局启动湟水河流域生态修复项目,一改“大挖大填”的传统模式,

创新提出“轻干预、浅介入”的微创修复理念——不建高坝、不搞硬质护岸,用生态抛石、溢流堰、植被缓冲带等柔性手法,让河流恢复自我净化的能力。

如今,蜿蜒河道两侧郁郁葱葱。7公里干流河岸缓冲带、4.07万平方米浅滩整治、25道溢流堰和17.67公里生态抛石驳岸已建成,配套18.45万平方米草坪和1.7万株树木。曾经裸露的黄土坡披上了绿装,水鸟重新归来,“水清岸绿、河畅景美”的画卷徐徐展开。

数字治水同步发力。青海移动海北分公司政企客户部经理杨超介绍,青海移动在湟水源头及重点点位新建10个微型水质自动站,5个视频观测点,实时采集水质水量及周边动态数据,补充完善了湟水上游水生态环境监测感知体系。双方还合作构建了湟水源头水生态环境管理一体化数据库及精细化管理系统,涵盖水文、气象、环境、社会经济、监测、执法等50项指标,实现多来源数据的综合利用与共享。

指挥中心内,杨超向记者演示:“一旦某断面水质异常,系统自动报警并溯源上游污染源。过去人工排查需几天,现在只需几小时。”污染物拦截效率显著提升,数字化防护为母亲河筑牢了坚实屏障。

■岗什卡雪峰——信号升格与生态守护

从湟水河向西,岗什卡雪峰矗立门源县,海拔5254.5米,因交通便利、攀登难度适中,被誉为“人生第一座雪山”。青海移动在此实现观景台、徒步步道、大本营、停车场、商户区4G/5G信号全域无死角覆盖,多重传输路由保障高峰时段网络畅通,游客直播、视频通话流畅无阻。门源县公司马秀花介绍,基站全部采用微型化、隐蔽式布设,与高原自然景观深度融合,避免破坏景观一致性。

信号升格更肩负生态守护重任。2025年,青海省生态环境厅与青海移动合作搭建“青海生态之窗”远程网络视频观测系统,在祁连山、三江源等重点区域部署76个视频观测点位,实现对典型生态类型、自然景观及野生动物的实时高清观测。青海移动部署SPN切片专网,为“生态之窗”搭建专属隔离传输通道,岗什卡及祁连山区域的水质、污染源等生态数据通过独立带宽、低时延的网络切片实时回传至省环保厅,有效规避公网干扰。马秀花表示:“高原生态脆弱,自然环境极大限制了人工巡查,SPN专网确保监测数据低时延、不间断、高安全回传,为祁连山生态保护做出重要贡献。”

景区游客中心内,智慧大屏试运行显示客流、车位、安防等信息,未来将实现一屏览览。从湟水数字治水到祁连山智慧守护,青海正以数字技术赋能生态保护,书写“人与自然和谐共生”的新篇章。

■高原样板,绿算未来

三天走访,记者深切感受到青海正凭借清洁能源禀赋和冷凉气候优势,走出一条低碳引领、国产突破、赋能百业的绿色算力发展之路。

从移动大数据中心的国产化算力集群,到热水镇光伏园区的智能运维,从宜化工厂的5G专网到湟水河的智慧治水,从“黑灯工厂”无人巡检到雪山的生态监测——绿电不仅点亮了高原万家灯火,更在赋能千行百业的数字化转型。

截至2026年上半年,青海已建成标准机架近5万架,投运算力总规模超2.8万PFLOPS,算力中心综合PUE值1.18,全国领先。正如青海省能源局相关负责人所说:“我们的目标是让每一度绿电都能转化为算力价值,让青海成为全国最绿色的算力底座。”这场瓦特与比特的双向奔赴,还在继续。