

全国首个省域特高压双环网工程全线贯通

■毕建伟 王斌 崔浩杰

盛夏七月,骄阳似火。7月27日10时16分,随着最后一个放线区段导线牵引到位,国网山东电力建设管理的烟威1000千伏特高压工程全线贯通。

烟威特高压工程,是世界首个服务核电站送出的特高压工程,实现全球首次核电站直接接入特高压电网;是全国首个省域特高压双环网的重要组成部分,建成投运后形成的“日”字形特高压交流双环网将使电网运行更加稳定、电力输送配置更加灵活;也是全国首个“越山跨海”同步施工的特高压工程,在山地、海域双重复杂工况下,工程同步推进。

烟威特高压工程体量空前,包括新建1000千伏开关站1座、扩建1000千伏变电站2座、新建1000千伏线路1197千米、组立铁塔2124基,其中丘陵、山地施工822基铁塔、海域施工17基铁塔,是国网山东电力建管体量最大、建设强度最高、环境最复杂的工程之一。工程途经烟台、青岛、潍坊、日照、临沂5市19县(区),来自全国的7家设计单位、6家监理单位、14家施工单位参与,高峰期作业人员超过8000人,投入

100吨及以上大型吊车100余台、落地抱杆20余套;涉及铁路、公路、海域等手续办理的外部单位超600家,全线跨越电力线路逾千次。

该工程的建设是一场与时间赛跑、与困难较量的“攻坚战”。工程有效施工工期只有12个月,创下全国同等规模特高压交流工程建设史上最快纪录。

海域段是施工最艰难的区段,要让17基铁塔矗立在沿海滩涂之上、2×5.6千米线路凌空飞架。海水与盐雾的长期侵蚀、“上软下硬”的复合地质、冬季低温对混凝土浇筑的严峻考验,频繁袭扰的强对流天气……都是此前特高压建设中不曾遇到的难题。

建设者们用钢板在淤泥上铺出施工道路,为大功率旋挖钻机搭配特种钻头对抗风化岩;为铁塔基础搭建智能控温暖棚,让混凝土在冬季浇筑也能确保质量;创新防腐工艺,提高混凝土标号并掺入阻锈剂,为铁塔和基础构筑起多层“防腐铠甲”。他们在实践中打磨形成“复合地质全机械化施工、冬季低温混凝土智能养护、全维度海洋环境耐久防腐、线路综合防灾+智能巡检、施工道路+运检步道”五

大技术体系,填补了我国特高压海域施工领域的多项空白,为同类工程建设积累了宝贵经验。

工程全线需跨越高速铁路及电气化铁路28处、高速公路37处、10千伏及以上电力线路上千次。面对停电施工数量多、协调工作量大、施工窗口期短等困难,项目团队坚定依靠创新破局,圆满完成500千伏阳泽线“1停10跨”、500千伏核泽双线“8停15跨”、±660千伏银东直流“9停17跨”三项艰巨任务,实现了指挥体系扁平化、问题处置闭环化,打造了“智能化监控+精细化管控+平行作业”新模式。

在物资供应、停电协调、手续办理等方面,项目团队创新构建“三色预警”机制,将关键节点纳入动态监控,实现设计出图、物资供应、手续办理、民事协调、现场施工、停电跨越“六个零滞后”。通过建立“重点物资周调度”机制,项目团队紧盯导线、金具、铁塔等关键物资排产与运输,确保超30万吨塔材、线材及气体绝缘金属全封闭组合电器(GIS)、高压电抗器等主设备及时到货。

国网山东电力始终将生态文明理念贯穿工程建设全过程,全面推广应用自主研



烟威特高压线路工程。国网山东电力/供图

发的“表土剥离再利用技术”,工程表土剥离完成率超95%,植被成活率显著提高,实现了“施工完一段、恢复一片”。针对12标段4基塔位临近白鹭自然栖息地的情况,项目团队以“候鸟作息表”倒排工期,通过

机械化施工缩短基础工期,利用11至12月白鹭南迁窗口期集中组塔,在次年3月鸟类回归前完成架线,精准避开白鹭繁殖期,实现工程建设与生态保护的双赢,擦亮国网“候鸟生命线”公益品牌。

上接1版

海天之间看海岛型城市能源变革

走进国网舟山供电公司的海洋输电技术实验室,巨大的图片展示着舟山复杂的电网架构。其中,舟山“五端”柔性直流输电工程如同在舟山海域构建了一座能源“立交桥”。这是世界上首个“五端”柔性直流工程,于2014年正式建成投运,该项目共建设舟定、舟岱、舟衢、舟泗、舟洋5座换流站,填补了国内多端柔直运检技术空白,该工程也是当时世界上端数最多、容量最大、电压等级最高的多端柔性直流输电示范工程。“目前已安全运行12年,我们今年底将柔直工程从“五端”升级为“六端”,让更多海岛绿电接得住、送得出、用得好。”国网舟山供电公司柔直工程负责人刘黎指着模型向《中国能源报》记者介绍,今年2月,浙江省舟山市“六端”柔性直流输电工程构网型技术应用项目入选国家能源局新型电力系统建设能力提升试点名单(第一批)。这意味着,舟山柔直工程将从“五端”正式迈向“六端”。

“酒香不怕巷子深”,自舟山“五端”柔性直流工程投运以来,接待国内参观交流1000余次,英国、法国、德国、希腊、泰国、印尼、葡萄牙、澳大利亚等十余个国家的“同行”慕名前来“取经”。

“以前岛屿供电是大难题,长距离海底电缆输电损耗大,电压难以稳定。”刘黎向《中国能源报》记者介绍,“传统的交流输电在跨海连接中存在电容电流大、损耗高等技术瓶颈。而柔性直流技术,像是给海岛电网装上了心脏起搏器和智能阀门,在实现不同频率电网异步互联的同时,还能精确控制功率潮流,大幅提升供电可靠性。”

舟山柔性直流技术的创新意义远不止点亮几座岛屿,而是我国海洋输电技术从跟跑到领跑的里程碑。依托该工程,我国攻克了换流阀、控制保护系统、高压直流海缆等一系列关键技术,拥有了完全自主知识产权。

另一项值得一提的是舟山500千伏联网输变电工程,是连接宁波与舟山两地电网的跨地区跨海联网工程,更是我国电力建设史上规模最大、技术难度最大的跨海联网输变电工程之一。输电线路全长50.155公里,由海底电缆和架空线路两部分组成,其中敷设海底电缆16.8公里,新建架空线路33.355公里。工程在金塘、册子

岛上各建设一座380米高的输电高塔,刷新世界第一输电铁塔高度的纪录,该高塔在高度、总重、基础根开、塔头尺寸等方面打破了10项世界纪录。

“特别是敷设的世界首条500千伏交联聚乙烯海底电缆,全长约17公里,全部为自主研发生产,实现了从研发、试验、检测到制造的全链条国产化,助力我国摆脱了对500千伏进口海缆的依赖。”国网舟山供电公司海洋输电技术研究中心负责人林军峰表示,截至2025年,该工程已累计输送电量超330亿千瓦时,占同期舟山市全社会用电总量的47.52%,是舟山群岛新区的核心能源通道。

在海底电缆的施工过程中,施工船是至关重要。在码头上,国内最大的海缆施工船“启帆19”静静停靠。这艘载量达1万吨的巨轮,被誉为海上的“小型航母”,专门为深远海风电场建设而生。“现在的海缆越来越粗,电压等级从110千伏提升到500千伏,施工难度几何级增加。”浙江启明海洋电力工程有限公司副总经理李彦指着展示的海缆切片向《中国能源报》记者介绍。为了保护深海“大动脉”,舟山研发了第三代代理机,能在海床上“犁”出5米深的沟槽,将海缆深深埋入,有效防止渔船抛锚等外力破坏。

从抛在海床上的简易铺设,到精准深埋的高科技施工,舟山不仅打通了海岛与大陆的能源通道,更输出了标准、技术和人才。如今,舟山已形成从海缆制造、施工、运维到检测的全产业链条,其“海缆施工联盟”模式正在向共建“一带一路”国家提供技术方案。面向“十五五”,浙江启明海洋电力工程有限公司总投资3.92亿元的智创产业基地加速落地,包括2万吨级专业配套码头、智能电缆池、现代化仓库、研发试验中心,将打造国内首个海洋输电智慧母港。

海岛能源普惠“最后一公里”

大电网解决了“主干道”的畅通,对于散落在偏远海域的非主岛和有人居住的小岛,舟山给出的答案是:自愈式海岛智慧微电网。

东极岛作为能源供给的“末梢”,过去依赖柴油发电机,电价高昂且供应不稳定,

渔民甚至不敢大量使用冰箱,民宿发展更是受限。

“以前电要两块钱一度,还经常停电。2009年国家电网接管后,实现了24小时通电。”全国五一劳动奖章获得者、中央企业优秀共产党员、国家电网公司劳动模范、国网舟山供电公司员工蒋海云接受《中国能源报》记者采访时表示,如今,一座现代化的微电网矗立在庙子湖岛上。微电网集成了柴油发电机组、光伏、储能和先进的控制系统。它不仅仅是一个简单的发电系统,更具备“边缘计算”的智慧大脑。

“当主网断电时,微电网能瞬间切换到离网模式,利用储能和本地电源保障全岛供电。”东极岛电网相关负责人解释道。这种“边缘计算”逻辑,就像是在岛上设立了一个隐秘“决策枢纽”,即便与主变电站失去联系,却依然能按照预设策略,精准控制开关,保障电力供应不间断。“去年夏天,因蛇爬上架空线导致上级电源跳闸,微电网迅速启动,岛上居民甚至没有感觉到停电。”

“刚刚过去的台风‘巴威’,对我们几乎没有造成什么影响。”名为寂术空间的民宿老板指着厨房里正常运转的冰箱对《中国能源报》记者说,“多亏没停电,不然冰箱里那些珍贵的海鲜就全坏了,损失可就大了。”

电力升级直接带动了海岛经济的腾飞。“东极岛的民宿从几十家发展到200多家,年均接待游客超41万人次。去年,这个只有1500多常住居民的岛屿,民宿净利润三四十万元成为常态。”浙江省舟山市东极岛镇相关负责人自豪地给《中国能源报》记者提供了一组数据,2025年,全镇实现社会生产总值17.5亿元,同比增长5.3%;渔业产量11.2万吨,渔业产值12.1亿元;旅游人数41.9万人,同比增长7.3%,旅游收入5.45亿元,同比增长7%。“这些数字背后,是电力基础设施的坚实托底。电力,成了海岛实现共同富裕的先行官。”

东极岛只是舟山众多海岛中的缩影。从东极岛的智慧微网,到鱼山岛的炼塔林立,再到六横岛的氢能示范……舟山的众多海岛因地制宜,构建了多元立体的新型能源体系。一座座小日照亮了舟山海洋经济高质量发展的未来之路。舟山这座曾经偏居一隅的海岛城市,如今已转变为国家能源战略的重要支点。

阳江深耕“绿能”“航天”赛道

■本报记者 姚美娇

日前,阳江市(北京)绿色能源暨商业航天产业对接会在北京举行。与会专家聚焦阳江市重点布局的绿色能源、商业航天两大核心赛道,深入研讨产业升级路径,各方共商产业布局、共拓合作空间,携手打造产业发展新高地。

绿色产业基础优越

据了解,阳江拥有通江达海的地理优势,陆域面积7966.8平方千米,海域面积1.19万平方千米、居广东省第二,拥有504.35公里海(岛)岸线。另外,阳江绿电资源充裕,已形成“风光水水火气核储氢”多能齐发的能源体系。其中,海上风电是阳江绿色动能的最强引擎,阳江获批规划海上风电总装机容量达2000万千瓦,已建成超700万千瓦,预计2026年可建成千万千瓦级海上风电基地。

与会人士指出,阳江正充分发挥“绿色能源”与“海洋经济”双重优势,大力推动海上风电等绿电本地就近高效消纳,积极探索绿色能源制造绿色产品的“以绿制绿”模式,着力打造服务全省乃至全国的绿色制造基地和绿色贸易基地。

数据显示,阳江全市电源总装机容量超2400万千瓦,清洁能源装机占比超76%,是粤港澳大湾区绿电供给最充沛、绿电成本最具竞争力的城市。

加快培育前沿赛道

与此同时,在布局未来产业上,阳江明确重点领域并实施分类推进。其中,商业航天方面,积极对接牵引大湾区卫星研发、星箭制造、卫星应用、航天电子等产业发展,打造“发射+制造+应用”全链条产业集群。

与会人士介绍,阳江是广东省“双核多点”商业航天产业格局中的重要支点。阳江市正全力把握历史机遇,加速建设商业航天产业园区,打造具有区域特色的产业集群,培育新质生产力产业,构建现代化产业体系。

值得注意的是,为精准破解商业航天产业“保额高、风险集中、单一机构承保能力不足”难题,人保财险广东省分公司日前牵头组建广东商业航天保险共保体,全力护航阳江建设世界级陆海一体化商业航天产业园。

打造全链条产业生态

当前,广东把绿色能源、商业航天等前沿产业作为全省重点攻坚的战略性感道,打造全链条产业生态。阳江是广东省布局绿色能源、商业航天产业的核心承载地,兼具资源、产业、政策、场景多重叠加优势。

阳江立足资源禀赋,坚持走特色化、差异化发展之路,加快构建“4+4+X”现代化产业体系,做大做强绿色能源与新型储能、先进材料、装备制造等支柱产业,提质升级新型建材、轻工纺织、文化旅游等特色优势产业,前瞻布局商业航天、绿色智算、低空经济等新兴产业、未来产业。

产业发展离不开政策层面的顶层设计。4月,广东省人民政府印发的《广东省国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》强调,做大做强新能源、新材料、智能网联汽车、智能机器人、航空航天、集成电路、低空经济等新兴产业,培育更多新兴支柱产业,锻造更多万亿元级、千亿元级新兴产业集群。

上接1版

“技术进步需要开放竞争和充分交流,过度设置市场准入壁垒可能降低产业创新效率,也不利于新技术、新产品在美国市场的应用和推广,影响当地新能源项目建设成本和发展速度。”上述新能源企业相关负责人表示,从企业角度看,开放、充分的市场竞争有利于企业持续创新,也能为用户提供更多元、更具性价比的产品和服务。

全球产业链需协同合作

“中国企业最大优势在于拥有完整产业链布局。依托庞大的本土市场规模、较高的产业占有率,国内厂商能够实现成本控制,产业链上下游配套完善、供应链体系成熟,并且产品性能也处于全球领先水平。”追光咨询创始人、总经理龙志强在接受《中国能源报》记者采访时表示。

与此同时,国内新能源企业的“出海”模式也在持续升级。龙志强指出,国内企业“出海”,输出的不再是单一设备,而是成套装备搭配一体化运维能力。行业模式也已经发生明显转变,如今更多提供全套系统解决方案,同步输出后期运维、运营服务。国内企业正推动硬件、软件、配套服务构成的完整产业体系集体“出海”。

业内普遍认为,全球碳中和目标的达成离不开产业链协同协作,单边限制、技术封锁不符合任何一方长远利益。近年来,我国已构建起全球最大、发展最快的可再生能源体系,与100多个国家和地区开展绿色能源项目合作,为全球能源转型注入源源不断绿色动能。

上述新能源企业相关负责人表示,技术创新需要长期研发投入人,更离不开全球企业之间的交流、竞争与合作。贸易保护或许能够在短期内为部分本土企业提供一定空间,但长期看,过度设置市场壁垒可能削弱竞争活力,不利于企业持续提升技术水平、产品性能和服务能力,也可能增加当地新能源项目的建设成本。

◎记者手记

38年守望,见证舟山海岛能源跃迁

■苏南

从舟山市沈家门码头出发,两小时航程,即可抵达东极岛。

在东极岛的红船驿站,《中国能源报》记者有幸见证了一场特殊的退休欢送会。主角是全国五一劳动奖章获得者、中央企业优秀共产党员、国家电网公司劳动模范、国网舟山供电公司员工蒋海云。

蒋海云,两鬓微霜、皮肤黝黑,普通话略带舟山口音。看似是一个退休仪式,38年海岛生涯的背后,是一座海岛从贫瘠孤岛走向繁荣的历程,是舟山岛屿经济在能源支撑下实现跃迁的注脚。

“刚来的时候,这里做生意的人家,电要两块钱一度,还经常停电。”蒋海云回忆中的2009年,是东极岛的转折点。在那之前,东极岛的电力全靠几台柴油机。白天没有电,晚上限时供电,电费昂贵且供电不稳定。“对岛上的居民而言,那时的电是奢侈品。”

蒋海云对《中国能源报》记者表示,2009年以前,没有稳定供电,没有冰箱,渔民捕获的海鲜只能廉价处理;没有稳定供电,没有空调,炎热的夏季让游客望而却步。那时的东极岛更像一座“空心岛”,年轻人外流,留下的是守着海风的老人。

“2009年10月1日,我和团队接手了东极岛的供电,结束了这座岛屿百余年没有24小时供电的历史。”蒋海云自豪地说,“电价也从2009年开始,从两块钱降到了五毛三。”

降电价,是数字的变化,更是生活方式的重塑。正如蒋海云所言:“老百姓的灯泡亮了,心也就定了。”

电力像一条无形的“纽带”,连接了海岛与现代文明。随着2016年海缆的贯通和微电网的建设,东极岛彻底告别了电力“饥渴”。蒋海云向记者讲述了一个细节:以前岛上炒菜用煤气,烧水用柴火;通电后,电磁炉、电热水器成了民宿标配。

蒋海云提到,以往台风季是海岛最艰难的时刻。为了保障供电,他们曾在狂风暴雨中徒步巡线,在悬崖峭壁间排查故障。如今的东极岛,不仅有微电网作“备用心脏”,更实现了智能化运维。

在东极岛,记者看到前沿技术与民生福祉的深度融合,这里的游客能在智能民宿里用语音控制窗帘和空调。

从柴油机到智慧微电网,从贫困孤岛到旅游胜地,蒋海云见证了东极岛的每一步跨越。海岛每一次前进的脚步,离不开蒋海云这样默默奉献的“守灯人”。蒋海云虽然退休了,但他留下来一个品牌、一支队伍,一张好脸。这“三个一”是海岛电力精神的浓缩,也是支撑舟山建设“海洋强市”的底气。

舟山的实践证明,建设能源强国,不仅需要国之重器的大项目,也需要打通“最后一公里”的智能微电网,更需要蒋海云这样甘于奉献的“守灯人”。