

我国首个500千伏省域数字电网全面建成投产

海南500千伏主网架工程的“数字密码”

■ 郭卫华 张良

南海之滨,自贸港建设热潮奔涌;琼岛之上,一场电力数字变革正悄然重塑能源新格局。南方电网公司在新型电力系统建设及新型能源体系构建的赛道上抢占布局,将“数字基因”深度植入海南500千伏主网架工程建设全生命周期,打造我国首个省域数字电网典范,在自贸港封关运作前的12月15日全面投产。

构建新型电力系统省级示范,“向数图强”是必由之路。从“工厂预制”的工业化建造,到“天地一体”的智能巡检;从自主可控的“电鸿”系统,到省域覆盖的数字电网“全景一张图”管控平台,这张数字电网以数字化驱动业务协同,绘就新时代能源基础设施建设的海南答卷。

■ 密码1:

全过程穿透监管的数字基建

海南500千伏主网架工程建设之初,被南方电网公司赋予打造安全、可靠、绿色、高效、智能的500千伏数字电网标杆的光荣使命。

依托“全景一张图”管控平台,海南500千伏主网架工程建设深度集成“BIM(建筑信息模型)+GIS(地理信息系统)”、物联网、大数据、人工智能等技术,实现大到变压器、小到零部件的数字化,一体建成物理电网和数字孪生电网,实现基建作业全过程的可观可测可控。

“不用现场绑扎钢筋、不用搭设脚手架,像搭乐高一样建起500千伏变电站!”站在500千伏椰城变电站主控楼前,施工项目经理陈杰翻着手机里存的图片,预制混凝土梁柱精准对接,现场施工人员操控机械完成拼接,没有传统工地的砂石堆、钢筋架,更没有弥漫的粉尘。

作为海南首个全装配式变电站,椰城变电站的每一个构件都诠释着数字基建“精细活”:围墙、设备基础,乃至建筑物的梁、板、柱,均在广东湛江的专业工厂完成标准化生产,仅柱子的预埋螺栓孔就用数

控机床反复校准,误差控制在2毫米内。这种“工厂预制+现场组装”“搭积木”式建造模式,预计减少碳排放量15%以上,缩短工期35%,完美契合海南国家生态文明试验区要求。

“数字电网管控平台可快速调用施工画面,实现对作业现场的实时监管与精准指挥!”陈杰笑着说,整个工程建设数字基建与机械化施工深度融合,广泛应用双摇臂抱杆、可视化牵张、索道和重载无人机运输等先进工艺,工程机械化使用率高达98%,大幅提升工程质量、减少环境污染。

此外,椰城、昌化及三亚500千伏变电站建设均运用智能人脸识别、电子围栏等先进智能设备,实现设备状态全景感知、作业行为全过程监管、安全风险智能预警,全面提升变电站的数字化、可视化与智能化水平。同时,昌化变电站还将黎族文化元素融入现代建筑,打造具有黎族特色的景观融合智能变电站。

■ 密码2:

主网架全面态势感知的数字输电

“起飞!”随着海南电网输电运检分公司三亚应急基地副经理夏中晨按下遥控器,一架搭载高清摄像头与红外热像仪的无人机,从500千伏三亚变电站机巢升空,沿着预设航线巡检母线线桥、断路器。

遥控器屏幕上,设备绝缘子、连接点清晰可见,红外成像图实时显示各部位温度——这是海南500千伏数字电网输电线路运维中技术赋能安全的生动注脚。

“以前巡检220千伏线路时,得背着工具爬梯子、登平台,几分钟衣服就湿透,一天最多巡检30个点。”传统巡检的艰辛让夏中晨记忆犹新,如今无人机一次飞行能覆盖80个点,还能精准捕捉隐患,避免设备事故。

结合海南“三高三强”气候特点,500千伏主网架工程因地制宜部署视频监控类、消防告警类、环境监测等6类电鸿化智

能终端近800套,全面铺开智能巡检,在线监测、图像识别等数字化应用,线路通道可视化、无人机巡检覆盖率达到100%,实现500千伏主网架全面态势感知和全景透明,形成基建工程电鸿智能终端安装示范。

在此基础上,海南500千伏建设团队整合无人机电巢资源,试点500千伏输变电联合自动巡检。“以前输电线路和变电站巡检是‘两张皮’,现在无人机从变电站起飞,既能查站内设备,又能沿线巡检。”海南电网输电运检分公司机巡作业中心副经理叶盛说,两者数据实时联动,形成“天上巡、地面控、云端判”的全方位监控,真正实现设备巡检“无死角、全覆盖、高精度”,运维耗时从小时级下降至分钟级。

智能巡检成为数字输电的核心功能。利用无人机搭载高清摄像头、红外热像仪等设备,自主完成500千伏输电线路、铁塔高空设备巡检,精准捕捉设备外观缺陷、异常发热等问题,并通过遍布输电线路的视频监控终端、设备在线监测传感器等,实现对线路

铁塔套管、连接螺栓等关键部位24小时不间断监测,将故障定位从小时级压缩至分钟级,大幅提升故障处理的响应速度。

■ 密码3:

生产运行全景透明的数字变电

在椰城、昌化及三亚500千伏变电站,海南电网按照“数据驱动、云边协同、共享开放”的原则,深度集成“电鸿+物联”“AI+大数据”等数字化技术,配置全景摄像机、红外光谱热成像云台等600余个终端,构建变电站数据汇聚“高速公路”,直观展示变电运行的动态、静态数据,研判处置效率相比传统方式提高3倍。

“叮!”昌化变电站智能监控系统发出提示音,海南电网三亚变电分公司运行部技术员胡秀全立刻点开屏幕——2号主变冷却风扇运行参数异常,他远程调取设备日志,快速定位故障,安排运维人员10分钟就恢复设备正常运行。

“换作以前,遇到这问题可没这么轻松!”胡秀全指着屏幕上的“电鸿”标识智能网关打开话匣子,“以前用进口设备,每次有设备故障,请工程师不仅费劲,还费时费钱。”如今,昌化变电站作为海南首座全线“电鸿”国产化示范站,智能终端设备100%适配南方电网自研操作系统,“我们自己的工程师,当天就能解决问题!”

此外,数字变电实现了生产运行业务场景的变革。以变电站巡视为例,以往1座500千伏变电站单次日常巡视需近2小时,而智能巡视仅需15分钟即可。再看开关倒闸操作,以往需要作业人员至少2人,现在智能操作,单个任务耗时从2小时大幅下降至不超过20分钟,极大降低人力和时间成本。

从全装配式建造的绿色实践,到“电鸿”系统的自主突破;从智能巡检的安全守护,到全域管控的效率革命,海南500千伏省域数字电网的每一组“密码”,数字化与绿色化的高效协同,正锻造出新型电力系统的智慧底座。这张覆盖全岛的数字电网,为自贸港高质量发展注入源源不断的“电力动能”。

新闻链接

本报讯 12月15日,国家“十四五”电力发展规划重点工程、海南自贸港重大项目——海南500千伏主网架工程全面投产。该工程新建500千伏变电站3座,新建输电线路途经海口、三亚、儋州、琼海等14个市县,“一笔成环”,形成完整的“口”字型超高压环网架构,标志着海南电网主网架首次实现电压等级从220千伏到500千伏的历史性跨越,电力输送能力提升超4倍,让电能在全岛范围内灵活分配,电力供应更加安全可靠。

电压等级越高,电能输送功率越大、损耗越低。海南经济特区成立以来,作为重大基础设施的电网历经多次升级:2004年,海南电网公司正式加入南方电网公司,并完成电网主网架从110千伏到220千伏升级;2009年6月,海南联网一回工程投

超高压电网“一笔成环” 输电能力提升超4倍

重点工程护航海南自贸港建设

运,结束了海南“电力孤岛”历史;2019年5月,海南联网二回工程投产,实现海岛与大陆双回路联网,琼粤电力互济能力由60万千瓦提升至120万千瓦。

近年来,海南用电需求保持快速增长。数据显示,海南全社会最高电力负荷从2021年的687万千瓦增长至2025年的857万千瓦,增幅达24.7%;2023年,海南全社会用电量增速在全国各省(区、市)中排名第一。据预测,到2030年,海南最高电

力负荷将达到1550万千瓦,“十五五”期间全社会用电量年均增长率将达到10.3%。

“随着海南自贸港建设的深入推进,尤其是昌江核电二期、海上风电等大规模清洁能源项目的并网,全省电力负荷将大幅增长,对电力系统的可靠性、适应性提出了更高要求。”海南省发展改革委能源处处长郭尧表示,海南自贸港封关运作后,港口、机场用电需求会大幅提升,海南全省用电需求也将继续保持较快增长。

此次投产的海南500千伏主网架工程,是我国首个实现数字技术在全省范围主网架集成应用的电网工程,总投资57亿元,新建椰城、昌化、三亚3座500千伏变电站,新建500千伏主变5台,变电容量共计375万千瓦安,新建输电线路长度达838千米,超过环岛一圈。

“工程投产后,将有力保障海南自贸港加速建设的用电需求,带动大容量核电、大规模海上风电等清洁能源的安全送出。”南

方电网工程建设部副总经理董言乐表示。

为进一步夯实海南电网韧性根基,增强海南电网应对突发风险能力,南方电网将在海南电网现有基础上,规划建设海南—广东第三回500千伏交流线路等跨海联网新通道。届时,海南跨海联网大通道输电能力将达到180万千瓦,电能互济能力提升50%。

据了解,“十五五”时期,南方电网计划投资460亿元提升海南电网基础设施建设和电力支撑保障水平,大幅提升琼粤电力互联互通水平,大幅提升海南供电保障能力和防灾抗灾能力。到2030年,海南供电能力将达到最大负荷的1.25倍,实现坚强电网全域全覆盖、居民小区“抄表到户”全覆盖、数智电网全覆盖。

(黄勇华 郭卫华 宋印官 辛镇瀚)

云南高海拔冰区线路监测添“利器”

——南方电网云南电网公司技术创新破解高海拔冰区运维难题护航迎峰度冬

■ 夏瑶 张强

日前,在怒江500千伏登新甲线途经的高海拔冰区,南方电网云南送变电工程公司成功完成输电多物理集成传感器的首次应用部署。该技术创新采用导线电流CT线圈取电模式,攻克了雪山地区太阳能供电不稳定难题,同时,结合北斗定位与AI识别技术,可实时采集线路图像、海拔、电流等多维度数据,实现故障快速定位,为云南电网核心骨干线路迎峰度冬安全运行筑牢防线。

不用太阳能也能转 解决供电大难题

云南境内山高谷深,输电线路广泛穿越高海拔、高寒、冰雪灾害频发区域。其中,怒江500千伏登新甲线所经路段平均海拔超3000米,冬季冰雪覆盖期长达3个月以上,极端低温、强降雪、大风等恶劣天气不仅给线路运维带来极大挑战,更对传统监测设备的稳定运行提出严峻考验。

“高海拔冰区常年云雾缭绕,太阳能电池板易被冰雪覆盖,传统监测设备常因供

电中断陷入‘瘫痪’状态,一旦线路出现覆冰、风偏过大或导线断裂等故障,运维人员需在崇山峻岭中逐段排查,不仅耗时费力,故障定位精准度也难以保障。”云南电网公司送变电工程公司怒江运检站站长李九龙介绍,此类问题长期以来是高海拔地区输电线路运维的“老大难”。

在500千伏登新甲线77塔的导线上,一个巴掌大小的黑色设备紧紧贴在上面,这就是解决供电问题的核心部件——导线取电装置。“它就像一个‘电能转换器’,能从输电导线本身‘借’到电流,转化成设备需要的电能,完全不用靠太阳能板或者电池供电。”李九龙现场做了个简单演示,即便用厚棉布把设备裹起来模拟积雪覆盖,屏幕依旧亮着、正常工作。现场测试显示,这种供电方式的稳定性能达到100%,不管是阴天还是下雪天,都能24小时不停机。

“迎峰度冬期间正是雨雪最多的时候,以前设备经常因为电量不足无法正常运行,每次都得上山给监测设备维修,一趟下来要大半天,遇上大雪天根本不上去。现在有了这个装置,再也不用遭这个罪了,还

能确保监测不‘掉链’,为冬季保电节省了大量人力。”运检站员工算起运维账,满脸都是认可。

数据采集无死角 线路情况全掌握

在高海拔冰区,输电线路运行状态受天气影响极大,尤其是迎峰度冬期间,线路负荷攀升、风雪冰冻等极端天气频发,仅靠传统巡线很难全面、及时掌握线路情况,给冬季保电工作埋下不少隐患。

“以前全靠人工带着简单工具爬山巡线,遇到大雾、暴雪天,别说看清导线细节,连前进都困难,导线覆冰厚度、风偏幅度这些关键数据全靠经验估算,像导线内部断股这种隐性隐患,更是根本发现不了。”李九龙坦言,数据采集不全面、不精准,一直是高海拔地区线路运维的另一大“老大难”。

除了供电稳定,这个“智能哨兵”还装了不少“看家本事”——高清摄像头、气象探测器、导线状态监测器等多个部件整合一体,堪称线路的“全能感知员”。在运维班的监控中心,黄志虎点开电脑上的生产

支持运行系统,99塔周边的实时画面立刻清晰呈现,3261米海拔处的气温、湿度、导线里的电流大小、风吹时导线的摆动角度、弧垂变化等关键数据,也一一同步刷新在屏幕上,线路运行状态一目了然。

更关键的是,设备还搭载了北斗高精度定位模块,能精准锁定每一个监测点的位置,误差不到一米。“就在今天调试的时候,系统突然捕捉到一次瞬时大风导致的导线摆动,相关数据瞬间就推送到了我们的手机上,前后也就3秒钟。”黄志虎指着屏幕上的预警记录介绍,要是在以前,这样的瞬时隐患根本无从察觉,很可能慢慢发展成线路故障。有了这个“智能哨兵”,不仅能全面掌握线路运行数据,还能提前捕捉隐性隐患,为迎峰度冬期间的线路运维和故障处置赢得宝贵时间,大幅降低了人工巡线的压力和风险。

智能系统会“看病” 故障定位快又准

“设备收集到的大量数据,会通过安全的网络通道实时传到后台系统,这个系统就像有‘火眼金睛’,能自动分辨出线路是

不是出了问题。”李九龙介绍,他们提前把迎峰度冬期间高发的导线结冰、断股、被异物缠绕等10多种常见故障的样子,都录进了系统的智能分析模块里,它能在0.5秒内完成数据处理,一旦发现异常就会发出预警。

现场做了个模拟测试:假设导线出现结冰故障,系统只用20秒就找到了故障位置,精准标注在85塔左侧导线150米的地方。要是按以前的人工排查方式,最少得花2天时间。数据显示,有了这个技术,不仅故障监测速度比以前快了不少,找故障的精度也从以前的“大概在这一公里内”,提升到了“就在这几米处”,大大缩短了抢修时间,能最大程度减少迎峰度冬期间线路故障对供电的影响。

这次“智能哨兵”在高海拔冰区试点成功,恰逢迎峰度冬关键筹备期,不仅填补了云南电网在这一领域的技术空白,更给全省高海拔地区冬季保电增添了重要助力。下一步,云南电网公司将总结这次的试点经验,加快把这项技术推广到滇西北、滇东北等更多高海拔冰区的线路上,在迎峰度冬期间发挥更大作用。