

构建全域数智新型电力系统海宁样板

■ 本刊编辑部 耿立宏 冯义华

国网浙江海宁市供电公司 徐勇明 周 池

潮是浙江的精神，海宁别称为“潮城”，而尖山是起潮之地。自古以来与潮水的缠斗，激发了浙江人敢于解放思想、敢于冲破世俗、敢于为人先地去实现奋斗目标的“弄潮精神”。

海宁市地处浙江省北部，总面积863千米²，尖山，位于海宁市东南端，居钱塘江入海口，是“天下奇观”钱塘江大潮的起潮地，区域面积42千米²，由人工围垦而成，是一座正在崛起的新兴工业新城。站在尖山的制高点俯瞰，密布在各企业厂房屋顶的太阳能光伏板立刻就映入眼帘，而远处，钱塘江江水正翻打着浪花拍向岸边，位于岸边滩涂的25台风机，正悠闲而自在地转着。其中两台风机之间，有一个深蓝色的烟囱高高耸立、格外耀眼，据介绍，那是一座利用城市生活垃圾焚烧发电的生物质能电厂，与它遥遥相望的是嘉兴地区最大的电网侧储能电站，恒发储能站。

光伏、风力、生物质能、储能电站，还有看不见的“智慧大脑”，连接成了尖山的能源动脉，为这座拥有175家规上企业，2022年实现规上工业总产值750亿元的百亿级工业强镇，提

供着源源不断的能源保障。

新型电力系统是现代能源体系的重要组成部分和实现“双碳”目标的关键载体，自2021年3月15日被中央首次提出以来，就在各级政府、电网公司、企业层面不断“发酵”。国网嘉兴供电公司和海宁市人民政府快速响应，当月底就在尖山挂牌成立了全国首个“源网荷储一体化示范区”和浙江省首个“绿色低碳工业园示范区”。经过2年多的探索、实践，这一工业园区级新型电力系统全面建成，成为浙江省最大的区域级新能源产供销储一体化基地。

尖山的供用电结构有着东部沿海地区的典型特征。由于分布式光伏起步较早、发展迅猛，所以在“源网荷储一体化示范区”挂牌之前，这里就呈现出新能源渗透率高、用电负荷密度高、供电质量要求高“三高”的独特态势，较早呈现出县域配电网未来发展演变的形态。截至2023年12月，光伏装机37.25万千瓦，光伏渗透率已达到93.91%，占海宁全域的35.82%，需求响应资源池初具规模，可实现26.69万千瓦灵活负荷可调可控；新型储能业

态渐起，嘉兴地区最大的储能电站在这里每天两充两放进行“削峰填谷”、平衡供需；多端口直流微电网落地运行，释放着电力需求即时满足的多重可能性。

尖山“源网荷储一体化示范区”建设的成功经验，为海宁构建全域数智新型电力系统奠定了基础。2023年1月，海宁市政府办公室根据《浙江省“十四五”新型电力系统试点建设方案》和《海宁市绿色低碳发展行动计划（2021—2025）》，制定了《海宁市打造国家级新型电力系统先行县三年行动方案（2023—2025）》。

国网浙江省电力有限公司海宁市供电公司（以下简称“国网海宁市供电公司”）以习近平总书记关于新型电力系统建设的指示批示精神为根本遵循，充分利用政府、企业、高校等的技术创新、管理创新优势，积极探索打造县域新型电力系统建设的海宁样板——以数字化牵引的“资源+控制”体系建设，有效管控了源网荷储各侧资源，解决了“三高”难题，用2年多时间交出了一份近乎完美的“答卷”，有力推动海宁地方经济高质量发展和

能源绿色低碳转型，为县域配电网未来发展作出了示范。

资源盘活 打造源网荷储一体数智平台

有序聚合分布式能源 绿电实现100%全消纳

海宁市是全国新能源起步最早、发展最快的地区之一。在国网海宁市供电公司绘制的全域光伏热力图上，清晰地呈现着海宁市分布式光伏发展的过去、现在和未来。

光伏热力图将海宁市各个乡镇的分布式光伏发展现状和趋势分别用黄色、绿色和红色进行了标注，以光伏渗透率为参照标准，渗透率越高在热力图上就红。较为醒目是，尖山地区一片深红。尖山是新能源高速发展的典型代表，据尖山供电所负责人介绍，尖山分布式光伏渗透率已经近乎百分之百，在这里，企业屋顶装光伏板是“标配”，铺设面积占区域屋顶总面积的比例突破70%。

据国网海宁市供电公司相关人员介

绍，海宁市分布式光伏装机从2012年的0.36兆瓦发展到2022年的837.73兆瓦，分布式光伏电站达到6018座，全域光伏并网容量2022年较2021年底增幅17.2%，预计“十四五”还将进一步提速，“十四五”末全域光伏装机容量将达到180万千瓦，同时，光伏高渗透率区域将从现在6个乡镇拓展至10个。

在新能源高歌猛进势头之下，在其他地方可能几年后才会遇到的光伏消纳、电网安全等问题，较早地呈现在国网海宁市供电公司面前。有序发展是高质量发展的前提。国网海宁市供电公司抓住5个环节对新能源进行规范化管理，既规范新能源接入管理、平滑新能源发电出力、加强新能源谐波治理，既深耕了管理的提升，又攻坚了新能源技术难题。

在具体细节上，国网海宁市供电公司严控接入入口，坚持标准先行，编制了布局规划、接入标准、建设管理、运维管理4个方面的新能源接入管理规范，具体编制了《能源设施建设管理规范》《光伏电站运维管理制度》

等，修编海宁《海宁分布式电源接入电网技术规定》。围绕新能源出力能力提升，国网海宁市供电公司着力绿色技术攻关，重点研究应用光伏出力平滑技术与装置，缓解新能源出力波动带来的影响。在调整新能源无功出力上，坚持技术改造与源头管理相结合，实现分布式光伏无功可调可控，增强源端灵活性。建设光伏出力超短期精准预测系统，优化配置电网调度资源。开展光伏逆变并网装置引入的谐波监测分析与治理，全面提升电能质量。

对于安装屋顶光伏的企业来讲，国网海宁市供电公司对分布式光伏电能质量的管理解除了他们的用电后顾之忧，让绿电成为企业可依赖的电源。据介绍，在尖山光伏发电实现100%就地全消纳。分布式光伏高质量消纳的秘籍在于，源网荷储一体化模式下嘉兴海宁市供电公司在管理提升和技术支撑下能够对有序发展的分布式能源有效聚合。

对此，海宁市绿色可靠的光伏电，成为招商引资的一张金名片。数据显



企业屋顶光伏、水面光伏、棚顶光伏和远处的居民屋顶光伏，海宁尖山光伏新能源应用形式多样/吴亦冰 摄

示,2023年,尖山的清洁能源就地消纳量达到6.58亿千瓦·时,占比超过全社会用电量的24%,相当于减少20万吨煤炭燃烧、减排52万吨二氧化碳。

建设坚强灵活网架 提升电网自愈水平

在新能源大发展的图景中,电力系统从“源随荷动”转向“源网荷储”互动,电网作为关键环节如何接入“源荷储”资源是核心问题。

新能源、储能站、微电网、电动汽车等主体的并网驱动着海宁电网结构从适应确定场景向适应复杂多样场景转变,这推动着国网海宁市供电公司在电网升级中不再仅仅是对传统技术的优化,而是着力布局前沿技术应用。

在具体措施上,国网海宁市供电公司着重从网架结构坚强升级、配电网设备智能升级、运维检修数字升级、技术体系标准升级4个方面夯实电网侧的资源基础,提升配电网智能化装备能力,提升电网自愈力。

国网海宁市供电公司从最小单元标准环改造做起,建设“标准化网架为基础、柔性互联为补充”的坚强灵活网架,解决配电网架结构复杂交错难题,梳理优化形成架空线路“手拉手”多分段适度联络和电缆线路“单环网”“双环网”4种标准网架(标准环),提升网架结构标准接线率。

经过标准环加装改造后的电网灵活性明显提升,以电网经济运行为例,合理加装标准环之后,当出现新能源消纳中主变过载和光伏倒送严重的情况时,区域内的标准环可按线路经济运行策略,优化确定开关动作方案进行自治,从而舒缓新能源消纳约束及线路损耗。

网架改造之外,具体的配电网设备智能化升级亦至关重要。国网海宁市供电公司在冷冰坞台区实践了新

型电力系统建设模式,通过安装新型设备对居民光伏进行改造升级,改造后的冷冰坞台区智能融合终端能够根据系统设定好的调节策略调节无功电压,监测台区内光伏设备运行状态,优化台区电能质量。

运维检修能力提升、技术体系标准化也相继跟进,保障着海宁电网过硬的承载力。探索了无人机自动巡检与数字化开闭所相结合,实现航线自主规划、任务远程下发、状态实时监控、数据自动上传等功能,实现运维检修“量与质双提升”。编制配电网建设改造“4+2+1”标准体系和新型电力系统指导手册,构建了县域新型电力系统标准化技术体系。

经过系统化改造和有序化推进,国网海宁市供电公司已开展尖山配电网线路改造,完成架空线路差动开关改造及自愈功能实现,同时打造了户用光伏调控及无功电压优化示范台区,以冷冰坞台区模式为典型经验,加快推进农村电网数字化转型,较好地优化了电网架构,为新型电力系统筑牢硬件基础。

深挖需求响应潜力 推动用能清洁低碳

县域电网是最贴近用户的电网主体,在挖潜需求侧资源中具有先发优势,国网海宁市供电公司的实践充分证明了这一点。在唤醒需求侧“沉睡的资源”中,国网海宁市供电公司不拘一格聚负荷,全面挖掘工业生产、商业楼宇、数据中心、电动汽车充电桩等领域柔性可调节资源,形成需求响应资源池。

实践层面,国网海宁市供电公司聚焦新型电力负荷调节能力,主要通过深挖需求响应、电能替代、能效提升3方面的潜力来提升负荷调节能力,加强全域柔性可调节资源挖掘。

从需求侧管理到需求侧响应,是平衡能源供需质变的过程。需求响应是新时代需求侧管理的精准体现,能够更好地实现需求侧管理。在深挖需求响应潜力中,国网海宁市供电公司强化了需求管理体系建设、探索建立需求响应市场化机制、成立电力负荷管理中心、强化需求侧管理运行机制、加强政企协作等,加强短时电力供应的灵活性。

国网海宁市供电公司需求侧管理的加强还体现在推动绿色电能替代中,通过“绿色旅游”“绿色岸电”等不同领域终端电气化潜力挖掘,推动终端用能清洁低碳。从全电景区、绿色农业、绿色校园的多场景状态中,可以看到以电为中心的清洁低碳、安全高效的能源消费新生态在海宁市日益成熟。

为提升用户参与负荷调节的能力,提升用户侧能效水平,国网海宁市供电公司供电服务向“供电+能效服务”延伸,推动用户侧“吃干榨尽”能效提升,在为企业开展能效诊断、能源托管、能效评估、节能改造方面,都进行了积极探索。2024年,国网海宁市供电公司市场营销部在迎峰度夏来临前要推进的一项重要工作就是挖潜大型楼宇中央空调温控负荷,通过自动控制空调温度,实现降耗,从而减少尖峰负荷。

据介绍,在海宁市出现10万千瓦负荷缺口情况下,源网荷储一体化系统在收到上级电网的负荷压降指令后,会立即对区域可调资源进行统筹调控,优先控制2.25万千瓦的多级可调储能在负荷最大的峰值时刻进行放电,削减峰值负荷缺口,然后调节0.32万千瓦的可调空调出力,完成部分负荷压降,最后结合市场化手段,逐级调用26.55万千瓦的四级需求响应负

荷,在符合用户意愿的情况下压减负荷,用最柔性的手段满足大电网的供电缺口。

据悉,国家在“十四五”能源规划中,首次提出需求侧资源的目标,即到2025年,电力需求侧响应能力达到最大用电负荷的3%~5%,需求侧管理将有很大提升空间。国网海宁市供电公司的需求侧管理探索,验证了挖掘需求侧灵活资源是新型电力系统发展阶段从用户端解决电供需平衡的新途径。

完善储能布局 发挥“充电宝”“稳压器”作用

2021年以来,在《国家发展改革委 国家能源局关于加快推动新型储能发展的指导意见》下发之后,“新能源+储能”成为新能源行业重要的发展模式。海宁市政府较早出台新能源配置储能文件,在探索储能配置市场机制方面较快做出行动,在海宁尖山,储能电源侧、用户侧、电网侧都得到了具体应用。

国网海宁市供电公司尖山供电所工作人员介绍,2023年底,位于尖山的恒发储能站作为独立储能电站顺利接入源网荷储一体化运行中,成为尖山地区储能“主力”,参与区域“产供储销”能源体系协调互动,全面提升电网的调峰与消纳能力,提升“超级电厂”效率。此外,储能站在用电低谷进行充电,在用电高峰放电,通过这种“低吸高抛”的方式,起到电网削峰填谷的作用,明显提升本地新能源消纳水平。

助力海宁市储能多元发展,已经是国网海宁市供电公司的一项重点工作。2023年,国网海宁市供电公司在工作部署中,为储能布局清晰画出了“作战图”,助力完成尖山独立储能站二期项目、谋划推进经开区及许村

区域集中式储能示范项目建设,深化储能聚合商、共享等商业模式,跟进研究储能在市场化机制下的运营策略等,形成“储能保供一张图”。

国网海宁市供电公司设定了总储能调节能力建设阶段性目标为最大负荷的10%,在目标激励下,构建“集中式与分布式互济、电源侧与电网侧互济、多种储能形式作为补充”的“两互济、一补充”格局。

目前,海宁地区建成1兆瓦线路级储能1座、50千瓦台区级储能2座,建设用户侧分布式储能项目13个,总容量13.88兆瓦,建成55兆瓦/110兆瓦·时集中式储能1座,梳理形成全市182家21.5万千瓦用户侧储能目标库。

根据海宁市“十四五”新型储能发展行动指南,到2025年全市建成新型储能30万千瓦以上,鼓励移动式储能、电动汽车等新的储能形式。

从应对储能示范项目的探索到促进储能多场景常态化应用,嘉兴海宁市供电公司激活储能多重功能,较好地发挥储能“充电宝”“稳压器”作用。

建强电网“智慧大脑” 实现资源可观可测可调度可控

国网海宁市供电公司以数字化牵引的源网荷储协调控制系统的诞生,打造了新型电力系统模式下电网的“智慧大脑”,在它的指挥下实现源网荷储四侧资源的高效流转,驱动电力能源自主式“哪里需要往哪里搬”。

当下的海宁电网,基本实现海宁全域多级源网荷储协同互动,正包容着数千座分布式光伏电站、上百兆瓦可控负荷、数座储能电站的能量交汇与轮转,实现新能源发展状态下能源供需的平衡。具备灵活调节、多网互联、安全坚韧、智能互动能力的海宁电网呈现出适应大规模、高比例新能

源发展需要的“新一代电网”特征,这样的运行状态正朝着新型电力系统的运行常态演变。

嘉兴海宁市供电公司上线的源网荷储协调控制系统堪称海宁电网的“智慧大脑”,正显示着它的“魔力”,让各侧资源“物尽其用”。数据分散导致资源无法统一调用,或是终端覆盖率低导致数据采集不全面,是基层供电企业数字化转型中的痛点与难点。对于县级供电企业来说,配网是关键。国网海宁市供电公司如今通过“智慧大脑”,实现配网层面的数据接入与调用,以前电网调配资源像“开盲盒”,现在电网“全透明”,实现资源可观、可测、可调、可控。

目前,国网海宁市供电公司源网荷储一体化建设又开始了新征程。国网浙江电力提出“数智浙电”,促进源网荷储互动升级;国网嘉兴供电公司持续深入践行“电等发展”,紧密落实省公司建设“两个示范”部署;海宁市政府发布《海宁市打造国家级新型电力系统先行县三年行动方案(2023—2025)》,从源网荷储四侧确定了新型电力系统建设主要指标和重点任务,发布了三年行动任务清单。

在上级管理主体的发展理念指引下,嘉兴海宁市从电公司在服务政府、助力地方经济发展中壮志筹谋,在2025年前,预计接入180万千瓦光伏电站,建设30万千瓦储能和30万千瓦需求侧需求响应,打造具备“光伏+储能+虚拟电厂”“三位一体”综合示范,全面实现能源电力产供销储体系的“安全可靠、绿色低碳、经济高效”运行。

国网海宁市供电公司在新一轮发展中抢占先机的勇气、赢得主动的能力,让其充满争创国家级新型电力系统先行县的底气。■