

## 国网浙江电力:以“柔”克刚,集纳风光



浙江台州大陈岛上的风力发电场 曹琼蕾/摄

## ■ 徐梓沐

在电力系统中,柔性技术通常指灵活的电能变换与控制技术,它基于大功率、高性能的电力电子器件,可实现对电网电压、电流、功率等各类参数的实时调节,具有可控性好、适应性强、响应速度快、智能化程度高等特点。

在浙江,多项柔性技术在近年被引入电网建设运行中——全球首个五端柔性直流输电工程让海岛电网实现了“手拉手”,全国首个智能柔性直流配电网示范工程引领了绿色能源的高效利用,全国首个柔性低频输电示范工程实现了输电方式的创新。柔性技术以其高效、灵活、可靠的特点,满足新能源逐年增加而产生的刚性消纳需求。

## ■ 五端柔直 连接海岛

浙江省是用能大省,也是资源小省,三分之一的电力需要靠省外输入,因此发掘本地电源资源十分重要。据统计,浙江近岸海域内拥有海岛4300多个,居全国第一。此外,浙江的海岸线和海岛岸线总长达6000多公里。得天独厚的环境赋予了浙江丰富的可开发海上风能资源,2021—2035年期间,浙江省规划装机规模为1650万千瓦。

然而,海洋的阻隔也给海上风电的传输出了一道难题。岛屿之间,海洋与大陆之间的电力传送亟需寻求性能更优,可控

性更强的传输方式,柔性电力技术便派上了用场。2014年7月,舟山五端柔性直流输电工程建成投运,将舟山群岛中的定海、岱山、衢山、泗礁及洋山岛等5个主要海岛的电网“手拉手”连接起来,实现海岛间新能源的灵活传输。

随着新能源传输容量的增加,柔性直流输电技术面临优化的空间。传统的柔性直流输电技术需要在海上建立交流电转直流电的换流站,换流站的规模相当庞大,占地面积相当于一个足球场,高度可比肩15层高的居民楼,重达2.2万吨。无论是在建设还是运维方面,这些换流站都涉及巨额的投资和成本。

“在近海区域,风电的输送主要依赖交流输电技术。然而,当风电场距离海岸线超过80公里时,由于受交流输电过程中的海缆无功功率大等问题影响,输送能力严重受限。”国网浙江电科院电网技术中心主任陆翌说。近年来,国网浙江电力持续开展柔性电力技术的集中攻关,思考如何用好柔性直流输电等新技术,进一步发挥海洋资源作用,以产出更清洁、更优质的电能。

## ■ 柔性低频 海陆两用

2019年,中国科学院院士陈维江提出基于电力电子器件的柔性低频交流输电构想。此后,由国网浙江电力牵头,联合中国电力科学研究院、西安交通大学、合肥工业大学等10家单位共同开展“柔性低频输电

关键技术”相关研究,为柔性低频输电示范工程建设奠定了基础。

“柔性低频交流输电技术是一种采用电力电子技术将频率降至50赫兹以下,再进行电能传输的新型交流输电技术,具有低频远距离输送和柔性互联的技术优势,通过降低频率可降低线路阻抗,有效提升有功输送能力和输送距离。”陆翌介绍。

研究启动以来,国网浙江电力按照“系统—设备”迭代优化的策略,先后掌握了柔性低频输电系统行为特性,并明确了设备性能要求,结合典型场景分别提出系统优化构建方案,研制了低频系列装备。

这一过程中,“确定20赫兹为工程频率”的意义非常关键。“20赫兹的工程频率,是我们兼顾经济性与输电能力后测算而来的。理论上,频率过低会提升低频变压器的体积和重量,增加断路器的分断难度,从而提高设备成本。同时,频率过高则会降低远距离输电能力。”陆翌介绍,经过层层计算验证和仿真对比,国网浙江电力最终确定20赫兹输电的适宜距离为离岸70千米至180千米的中远海范围内,在实现百万千瓦风电全额送出时,比柔性直流

输电更具经济性。

在台州市大陈岛上,海风吹动低频风力发电机,绿色的风电便从小小的海岛输送到陆地上的电网。2022年6月,台州35千伏柔性低频输电示范工程在浙江省台州市投运,这是世界首套投入商业运行的低频海上风电送出系统,有效验证了海岛风机源侧接入的技术先进性及风电柔性低频送出技术的可行性。

“在台州35千伏柔性低频输电示范工程施工中,我们对大陈岛上原有两台1.1兆瓦的工频风机进行了低频改造,将风机发

电力支撑异光供区,成功避免了异光主变超负荷运行。截至目前,杭州220千伏柔性低频输电工程已在迎峰度夏、杭州亚运会中多次发挥重要作用,保障电力供应360万千瓦时,并有效缓解电网断面潮流超限问题,提升全省供电能力100万千瓦,成为电网潮流调节的“有力武器”。

## ■ 三步示范 陆续推广

为推动柔性低频输电技术在更大范围内得到推广应用,国网浙江电力制定了“三步走”的示范工程计划。首先,通过台州35千伏柔性低频输电示范工程开展风电柔性低频送出技术验证;接着,通过杭州220千伏柔性低频输电工程开展高压大容量成套装备性能验证;最后,开展大容量海上风电柔性低频汇集送出系统验证。

现阶段,国网浙江电力正联合浙江能源集团开展玉环2号海上风电场柔性低频输电工程建设。玉环2号海上风电场位于浙江省台州市玉环海域,规划装机容量508兆瓦,采用工低频混合方式送出,其中204兆瓦采用工频输电方案,304兆瓦采用低频输电方式送至陆上计量站。

“玉环2号海上风电场配备一座220千伏工低频共建海上升压站,建设了3回工频、5回低频66千伏海缆,经工频、低频升压变分别升压至220千伏后,通过1回220千伏工频海缆、一回220千伏低频海缆送至陆上计量站和陆上换流站,经220千伏母线共同送出。”陆翌说,当前该工程已完成成套参数设计,预计2025年完成投运。

柔性低频输电技术作为一项创新的输电技术,在浙江的新能源消纳中展现出巨大的潜力和价值。借助柔性低频输电技术,只需要在内陆建设一座换流站即可实现海上风电的长距离输送。这种技术比传统工频交流输电距离更长,且无须建设昂贵的海上换流站。

此外,近年来沿海岛屿间输电通道资源越来越紧张,大城市里像蜘蛛网一样的电网也需要更灵活、经济地互连互济,互相帮助调节电能,让电力供应更加稳定。柔性低频输电技术能够通过降低电力的频率减少电缆无功功率,从而在有限的廊道资源下提升电能输送能力,并在多个大电源馈入的负荷中心实现低成本、安全的电网互联,有效控制短路电流超标和减少连锁故障的风险。

随着技术的不断成熟和应用的不断推广,柔性低频输电技术将为新能源的高质量发展提供强有力的支持,为全球能源转型和可持续发展作出积极贡献。

## 国网蒙东电力:创新新型电力系统共建机制 政企联动聚力新型电力系统建设

本报讯 12月13日,国网内蒙古东部电力有限公司向兴安盟新型电力系统发展建设专班办公室(兴安盟能源局)反馈14项推进电网发展举措,协同政府推进解决电网发展中的问题,凝聚共建新型电力系统合力。

据了解,今年9月份在国网蒙东电力推动下,该公司4个供电公司属地政府分别发文成立新型电力系统发展建设专班,旨在加强能源电力行业统筹协调,全力推进“十四五”能源发展规划实施,高质量谋划“十五五”能源电力发展,及时解决能源电力工程推进全过程的重难点问题,确保电网规划、电源规划、国土空间规划等深度融合、有效衔接,加快打造与新型能源体系建设相适应的新型电网。

蒙东四盟市党委政府高度重视新型

电力系统发展建设工作专班建群情况,各盟市新型电力系统建设专班由盟(市)长担任组长、分管副盟(市)长担任副组长,成员包括属地供电公司、能源局、发改委、工信局、林草局、自然资源局等有关单位的主要负责同志,以及各盟市主要领导干部,专班所属办公室主任由能源局局长兼任。专班成立后,国网蒙东电力通过主动服务、积极倡导、持续沟通,促成赤峰、通辽、呼伦贝尔、兴安盟政府先后召开了由盟市主要领导主持、国网蒙东电力主要负责人参加的专班工作例会,明确政企共建、清单推进、定期会商、常态调度、重点督办的新型电力系统共建机制。

新型电力系统发展建设工作专班成立以来取得了明显成效。国网蒙东电力通过定期参加例会等方式,及时与政府

部门协调解决电网发展建设中的堵点难点问题,有力推动了“十四五”重点项目落地,超前开展了“十五五”谋划研究;目前已形成了涵盖218个重点项目的责任清单,并明确专人盯办落实。在专班推动下,该公司电网建设效率大幅提升,今年新开工35千伏以上项目87项、投产58项,同比分别增长32%、21%。针对重点事项,专班工作坚持“一事一议”。该公司推动呼伦贝尔市政府专门出台《关于加快推进电网项目建设若干措施》,就优化用地手续办理、加快电网项目审批等达成共识。

下一步,国网蒙东电力将全力推动发挥新型电力系统建设专班作用,加快推进各级电网发展建设,以可靠供电积极服务地方经济社会发展。

(韩振安)

## 国网保定市清苑区供电公司:夜巡“把脉”保障电网安全稳定运行

本报讯 “10千伏玉皇庄555线主干9号杆红外测温巡视正常,未发现设备运行缺陷。”12月17日,国网保定市清苑区供电公司魏村供电所党员服务队对辖区供电设备进行夜间巡视测温,及时发现安全隐患,全力保障电网设备安全可靠运行。

近期,随着气温不断走低,保定市清苑区电网用电负荷持续攀升,为保障电网安全可靠运行,国网保定市清苑区供电公司根据冬季用电特点和辖区用电负荷情况,详细制定夜巡方案,统筹计划安排,组织11支党员服务队采取“夜巡+红外测温”的方式,对辖区内涉及民生用电及重点区域供电设备全面开展排查。巡视过程中,该公司党员服务队队员充分利用红外测温仪对线路接头、电缆接头、

隔离开关、变压器、熔断器、低压配电设备等红外测温,建立详细的设备测温台账,对测量时间、气温条件、测点温度、缺陷部位等进行详细记录,做到及时发现、分析问题、处理问题。针对发现的缺陷和安全隐患,采取带电作业和零点作业相结合的方式及时予以消除,进一步提升设备健康水平。

截至目前,该公司累计出动人员325人次,车辆91台次,已完成89条10千伏线路、663个配变台区的夜巡测温工作,发现处理各类缺陷34处。

下一步,该公司将根据电网负荷和温度变化情况,持续开展红外测温巡视工作,提升电网设备健康运行水平,确保迎峰度冬期间电网安全稳定运行,保障群众温暖过冬。(祖志平 王梁)

## 国网高碑店市供电公司:冬季练兵 为员工充电赋能

本报讯 “正式作业前要进行试操作检查,将绝缘斗朝向消缺方向。斗臂距离有电线路1—2米时,应缓慢、平稳移动。”12月17日,国网高碑店市供电公司正在组织10名带电作业人员在10千伏南辛252线路主干0号杆位置开展带电作业实操培训,这是该公司针对技能类员工积极打造的“冬季大练兵”培训活动的一次室外课程。

据悉,为充分利用年末各项任务相对较少的宝贵窗口期,集中力量提升员工技能素质,该公司积极谋划开展“冬季大练兵”培训活动。活动为期121天,结合电网建设、安全生产、运维检修、电费营销、电网调度、优质服务等重点工作内容,共设置10项培训课程,参训学员达300余人。

为强化培训质效,公司党委组织部坚持按需选题、精准施训,前期充分调研员工学习需求,并结合当下工作重

点、难点,分专业编制培训计划。同时,此次培训灵活采取集中培训、现场指导、青峰夜校等多种方式,积极实施“三小”(小实训、小比武、小研学)系列培训。精心挑选各青年先锋、专家工匠以及具有丰富工作经验的业务骨干进行授课,针对工作中发现的问题和总结出的经验,实现传授共享,达到提高。

此次培训活动不仅注重技能提升,更强调员工创新能力和团队协作能力培养。比武擂台赛和对抗赛充分考验员工沟通协作能力,研学活动聚焦本专业领域的新政策、新技术、新要求,为公司打造“一专多能”复合型人才队伍奠定坚实基础。

下一步,该公司将有序推进“冬季大练兵”各项培训课程,建立“一人一档”培训档案,并对培训开展情况进行检查和评比,全面助力员工业务素质和技能水平提升。(郝嘉璐 史淑莉)

## 重庆首个数字化配电网示范区在北碚建成

本报讯 12月12日上午,国网北碚供电公司配网运维人员使用电脑登录“智能站房巡检平台”,下达10千伏梅山山语城开闭所巡检指令。不到10分钟,该开闭所安装的智能巡检装置就自主完成了全部设备巡视。随后,该平台自动生成巡视报告,比人工巡视节省近40分钟。

山语城开闭所是国网北碚供电公司32座“经济型”电力智能巡检站房之一,也是北碚数字化配电网示范区的建设成果之一。作为重庆首个数字化配电网示范区,这样的数字化场景应用建设成果还有很多。

2023年11月,根据国家电网公司统一部署,国网重庆市电力公司启动北碚数字化配电网示范区建设。今年7月,该示范区建设任务完成,并接受国家电网公司现场验收。11月底,该示范区通过国家电网公司评估。至此,重庆市首个

数字化配电网示范区正式建成。

北碚数字化配电网示范区建设范围包括北碚区全域,涵盖园区、城网、农网三类典型负荷场景,聚焦配电网物理态、数字态、商业态演进升级,先后建成了智能巡检站房、“电网一张图”图上作业管控等多项数字化配电网成果,推动重庆配电网向数智化发展转变。

国网重庆电力设备部相关负责人介绍,智能巡检站房通过环境监测及视频监控、AI智能识别等新设备、新技术定期自动巡视,并应用AI算法进行异常情况预警,实现了被动巡检到主动巡检的转变,每月平均减少人工巡视时长42个小时。同时,该公司还研发配电站房一体化二次装置,单个开闭所二次装置平均改造配置成本下降67.5%。

除了推进智能巡检站房建设外,国网重庆电力在北碚区完成10个无人机自主

巡检机巢建设,自主研发供服主动检修看板等15个流程机器人(RPA)应用场景,实现“电网一张图”图上作业管控和示范区内1.4万个充电站(桩)、165个分布式光伏、2个储能电站等设备远程监测。

截至11月底,北碚区数字化配电网示范区的可观、可测、可控“四可”能力显著提升,10千伏馈线自动化覆盖率提升至92.18%,城网公用台区融合终端覆盖率100%,无人机自主巡检覆盖率均达到100%。

下一步,国网重庆电力将全力做好北碚数字化配电网示范区成果应用,通过数字化、智能化手段,实现配电网运维从“经验驱动”转向“数字驱动”,打造安全、可靠、绿色、高效的智能配电网,为重庆经济社会高质量发展提供更加可靠的电力保障。(游绍斌 张强)