

丝路古道绿能畅行

——中国能建乌兹别克斯坦布哈拉风电 500 千伏输变电工程投运

张思琦 孟建军

在古丝绸之路的乌兹别克斯坦克孜勒库姆沙漠南部，一基基铁塔拔地而起，一条条银线绵延百公里，宛若一条“钢铁巨龙”，穿越一望无际的荒野戈壁。

这条“钢铁巨龙”是由中国能建国际集团、浙江火电、中电工程国际公司、华北院联营体总承包建设的中亚规模最大新能源项目——乌兹别克斯坦布哈拉风电（巴什 50 万千瓦风电场和赞克尔迪 50 万千瓦风电场）500 千伏输变电线路工程，并于近期成功投入商业运行。中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司（以下简称“华北院”）独立负责风电项目设计，配套输变电工程、风电场无功补偿和调控系统建设任务，其中输变电工程规模为巴什和赞克尔迪 500 千伏变电站，以及赞克尔迪—巴什、巴什—卡拉库 500 千伏共计 290 千米架空输电线路。历经 500 多个日日夜夜，中国能建联营体成功将沙漠深处的风电送至乌兹别克斯坦能源大动脉，布哈拉风电项目预计每年输出约 36 亿千瓦时绿色电力，约占该国年发电量的 7%，对促进乌兹别克斯坦能源结构绿色低碳转型、推动经济社会高质量发展具有重要意义。

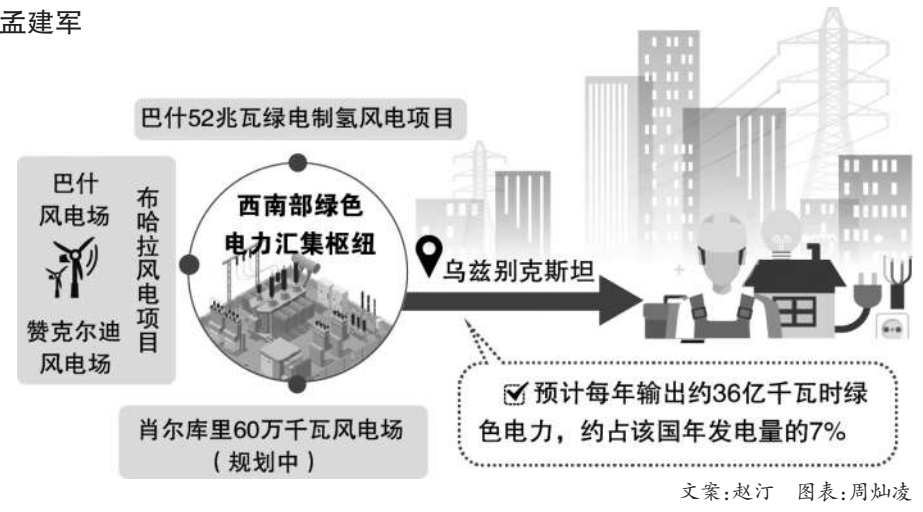
攻克并网难题 打造电力新枢纽

在乌兹别克斯坦布哈拉州的荒漠深处，华北院项目团队以四项首创攻克新能源并网技术难题，创新打造电力新枢纽。

针对乌兹别克斯坦现有 500 千伏网架建设不

完善、布哈拉地区以风电和光伏发电为主的新能源接入电压波动大等痛点，项目团队经过科学论证与仿真计算，在赞克尔迪 500 千伏变电站采用额定容量 180 兆伏安、有载分接开关控制的三相一体可调并联电抗器。该设备是全球首台 500 千伏电压等级大容量可调并联电抗器，能够根据系统所需动态调整无功功率，使补偿更加精准，减少传输线路损耗，提高运行效率；华北院还组织所在国以及中国设备厂商高效配合，通过本土化适配改造将国产电气二次设备与多国标准融合，推出组合创新方案，得到乌兹别克斯坦国家电网批准，确保了设备的顺利安装和稳定运行；为保障该国重要用电企业和布哈拉周边城镇居民正常用电，项目制定了不停电连续跨越 3 条 220 千伏架空线路的施工方案，安全高效地完成跨越施工，得到了乌兹别克斯坦国家电网的高度认可。中国速度、中国标准、中国产品的影响力，对提高当地电网建设水平，保障电网平稳运行起到了积极作用。

巴什 500 千伏变电站是该国首个兼具新能源汇集及区域电力输送系统的枢纽变电站。在新能源汇集方面，该站将先后接入本项目的赞克尔迪 50 万千瓦风电场、巴什 50 万千瓦风电场、巴什 52 兆瓦绿电制氢风电项目，以及规划建设肖尔库里 60 万千瓦风电场，从而构建西南部绿色电力汇集枢纽。在电力输送方面，目前已建成的“巴什—卡拉库”500 千伏输电线路，已成为布哈拉地区绿色电力外送的重要通道。在远期规划中，待巴什 500 千伏变电站陆续接入穆龙涛、纳沃伊、肖



文案：赵汀 图表：周灿凌

尔库里等 500 千伏变电站后，将进一步打通乌兹别克斯坦西北—西南—中东部的 500 千伏主干输电网络，对显著提升全网电力输送能力与系统稳定性发挥关键支撑作用。

确保高效履约 刷新建设纪录

2023 年 3 月，中国能建首批建设者挺进无人区，克服了当地工业落后、物资匮乏和交通不便等一系列困难，3 个月建成 800 人级智慧营地，沙地基础施工技术破解地质难题，同年 7 月首基基础施工正式开始，以“网格化安全管理+动态进度管控”模式，在 50 度温差中完成 750 基铁塔架设；2024 年底，两座风电场倒送电一次成功；今年 4 月，布哈拉风电项目提前 60 天投运，凸显出中国能建国际工

程公司协同华北院领先的项目交付能力与协同效率，同时也刷新了中亚工程建设新纪录。

为确保高效履约，华北院与中国能建国际工程公司联手成立高层专班，直击“卡脖子”问题，建立 48 小时内闭环响应机制；增派多名经验丰富的技术人员进驻现场，与一线项目部统筹谋划，挂图作战，紧扣现场，确保问题在第一时间得到解决；为当地施工队伍量身定制专业培训计划，根据现场情况优化施工方案，同时积极协调施工器械的调配与使用，显著提升整体施工效率。

布哈拉项目的成功投运是中乌两国共建共享的友好见证，这场“双向奔赴”没有终点，随着“一带一路”倡议的深入推进，中乌两国正以全新的姿态，让发展的光芒照亮更多角落，让丝路古道上的文明对话在电力的脉搏中焕发新生。

检修进行时



±800 千伏锦苏直流湖北段完成年检

本报讯（廖卓宇 孟洁）5 月 14 日，国网湖北超高压公司（以下简称“湖北超高压”）顺利完成±800 千伏锦苏直流线路湖北段停电检修工作。±800 千伏锦苏直流始于四川锦屏换流站，止于江苏苏州换流站，全长 2058 千米，额定输送功率 720 万千瓦，是西电东送的“大动脉”。检修工作前期，湖北超高压对线路进行了全面检查，共发现 52 处隐患和缺陷，制定了详细的检修方案，最大限度提高检修效率。

5 月 12 日 11 时许，在±800 千伏锦苏线 2334 号塔防高坠轨道安装现场，作业人员谢富贵、侯英贵等人在地面进行导轨组装，小组负责人汪雄波在一旁按照图纸一一核对部件编号，检查连接点螺栓安装紧固情况。随后高空人员白靖、颜华上塔将吊绳滑车固定，做好导轨起吊准备。“导轨组装完毕，准备起吊！”随即组装完成的导轨随吊绳升起，在地面人员和高空人员的配合下，导轨就位固定一气呵成，在将第一段导轨固定好后，另一名高空人员易灿也登上杆塔进行卡扣安装，安装速度随之加快，随着一段段轨道安装就位，一条崭新、高效、安全的登杆通道成功固定在铁塔上。通过安装防坠轨道，不仅为登高人员提供全过程保护，还大大提高了作业效率，让高空作业人员用得方便、干得安心。

据了解，湖北超高压利用 8 天时间，完成线路湖北段 201 基铁塔综合登杆检查消缺、防鸟措施、在线监测装置安装完善以及 95 基铁塔防高坠装置安装等多项工作，实现了±800 千伏锦苏直流运维区段防高坠轨道全覆盖，为下阶段的迎峰度夏工作打下坚实基础。

▲近日，国网甘肃武威供电公司变电运检中心组织检修消缺人员，在 330 千伏凉州变电站更换 3332 开关。

张佳荣 摄

►近日，南方电网广西贺州供电局开展 110 千伏观钟线停电消缺工作，严防辖区电网大面积停电风险。张浩疆 摄

为变压器加装智慧“护盾”

——江苏 ±800 千伏苏州换流站年检圆满收官

庞家戔 仇玉 谭婷月

流、直流电转换的任务，属于大型充电设备。换流变压器在运行中可能因异常过热、局部放电、绝缘材料老化等产生甲烷、乙烯、一氧化碳、二氧化碳、氢气等威胁设备安全稳定运行的气体。目前，检测换流变压器油中气体含量的方式主要有在线监测平台分析和人工取油试验检测两种。“前者误差大、可靠性不高，后者精度高但时效性差。”梁洪源介绍。江苏超高压利用苏州换流站年检契机对站内 24 台换流变压器加装变压器重症监护装置。

变压器重症监护装置兼具人工检测的高精度和平台分析的实时性，通过一次取样即可自动完成油中气体含量分析，捕捉设备内部元件过热、局部放电等潜在隐患。应用该装置，绝缘油气体含量的单次检测仅需 30 分钟。

变压器重症监护装置的安装涉及装置主体组

装、管路铺设、阀门更换等 6 个关键工序。其中，最大的难点在于确保装置取油回路与换流变压器本体紧密连接，防止气体进入，否则将影响装置分析结果。

“现在开始第一次排气。变压器重症监护装置接入进油管后，要缓慢打开取油阀，等待出油后再关闭阀门，确保油管无气体进入。”5 月 3 日 9 时，在 A 相换流变压器旁，梁洪源提醒两名作业人员。该装置取油回路接入换流变压器本体后，需严格执行三次排气流程。

在换流变压器本体油压的作用下，油管内的空气和杂质被顺利排出。油管被冲洗干净后，作业人员操作进油管迅速接入变压器重症监护装置，待有油流出后，再接入换流变压器本体。三次排气流程完成后，作业人员开展气泡试验，确认装置中无气体进入。整个操作过程严格遵循“油流连续、排气彻底”的原则，确保各环节无缝衔接。

资讯

渝北换流站直流低端系统调试启动

本报讯（王鹏 刘强强 董光德）5 月 11 日 9 时 40 分，重庆首个特高压渝北换流站合上极 I 低端换流变 5063 开关，标志着直流低端系统调试正式启动，为该站 6 月 15 日前投运打下坚实基础。

作为国家“十四五”规划重点工程——哈密—重庆±800 千伏特高压直流输电工程的受端站点，渝北±800 千伏换流站是西南地区首座特高压受端换流站，该项特高压直流工程起于新疆哈密巴里坤换流站，途经新疆、甘肃、陕西、四川、重庆五省（区、市），线路全长 2290 千米，总投资 286 亿元，额定输送功率 800 万千瓦，计划于年内整体投运。

目前，国网重庆市电力公司已牵头完成了渝北换流站 500 千伏交流系统调试并带电运行，该换流站正式接入重庆 500 千伏交流主网。此次直流低端系统调试的启动，是继交流系统调试完成后的又一重要里程碑。

此次直流低端系统调试预计从 5 月 11 日至 26 日，历时 16 天，将开展 9 大项、245 小项试验，重庆电力将派遣骨干调试队伍，全程深度参与调试工作。全部试验完成后，直流低端系统实现带电运行，将提升重庆电力保供能力 400 万千瓦，缓解重庆电网度夏保供压力。

据悉，工程全部投产后，每年可从新疆向重庆输送电量超 360 亿千瓦时，占重庆全市用电量的四分之一以上，其中，清洁能源电量占比超 50%，可有效增强电网保供能力，为重庆经济社会发展提供强劲动能，助力重庆实现“双碳”目标。

广东电网电科院斩获日内瓦发明展三项金奖

本报讯（潘君镇 马志钦 汪政 王青）近日，第 50 届日内瓦国际发明展获奖名单揭晓，广东电网电科院“电力设备振荡冲击电压试验体系及工程应用”“新型界面友好环境友好硬质复合绝缘子”“大型电力变压器硫酸腐蚀故障诊断预警与高效防治成套技术及应用”三项参展项目斩获金奖。

据了解，日内瓦国际发明展是全球举办历史最长、规模最大的发明展之一，是高新技术“产学研”转化的重要国际化平台，在世界范围内具有极高声誉与影响力。

此次获奖的“电力设备振荡冲击电压试验体系及工程应用”项目，针对提升电力设备耐受暂态冲击能力，提出了直接式和感应式振荡冲击电压试验方法，首创自适应数字化协同调波系统，调波时间由 4 小时降至 20 分钟；研发了车载式、模块化、一体化系列冲击试验装备，实现了 10 千伏至 1100 千伏电力设备现场冲击试验全覆盖；研发了智能诊断系统，填补了振荡冲击电压试验诊断技术空白。

“新型界面友好环境友好硬质复合绝缘子”项目，研发出具备优异界面粘接性能和机械特性的新型硬质材料，良好的憎水迁移性，比硅橡胶更易实现护套/芯棒界面粘接，降低界面泄漏电流达 90%，可减少由界面故障引发的复合绝缘子发热、断串现象。

国网重庆信通取得电缆隧道智能监控新成果

本报讯（周俊希 胡娇）5 月 13 日，国网重庆信通公司在电缆隧道智能监控技术领域取得显著成果，成功实现了高压电缆隧道云边协同技术应用。该技术通过部署边缘物联代理装置，实现了隧道环境的实时监控、智能告警及远程控制，显著提升了重庆电网电缆隧道的智能化管理水平。

据了解，电缆隧道环境复杂多变，智能监控系统的毫秒级响应和精准分析能力是保障电网安全稳定运行的关键。目前，边缘物联代理装置具备光纤测温数据的秒级采集与回传能力，可自动识别隧道内异常升温，同步触发告警并推送至运维人员手机端，全程时延控制在 1 秒以内。

此项技术突破，重庆信通旨在构建电缆隧道全息感知体系，为城市电网数字化转型提供坚实的技术支撑。边缘物联代理装置搭载独立 NPU 算力单元，单设备可同时分析多路摄像头数据，温度检测精度高达±0.5 摄氏度。此外，该装置还支持模型文件更新，为后续扩展设备缺陷识别、电缆局放监测等功能预留了接口。

下一步，重庆信通计划实现电缆隧道智能监控覆盖率达到 100%、故障主动发现率超 95% 的目标，以创新技术为城市“电力动脉”提供强有力的保障，助力新型电力系统建设。

甘肃电科院品牌书籍正式出版

本报讯（陈楠）5 月 9 日，由国网甘肃省电力公司电力科学研究院编制的《“电博士”力量——品牌实践案例》一书由中国电力出版社正式出版。

该书介绍了国网甘肃电科院培育和塑造“电博士”企业品牌的路径、内涵和成效，精选全力保障大电网安全、确保电力可靠供应、支撑新型电力系统建设、服务国家能源转型的鲜活实践案例，展示了该院扎根陇原，专注电力科技事业的专家、学者和劳模风采。该书反映了在新时代科技自立自强的背景下，基层科研单位奉行“专业、专注、可信、可靠”价值理念建设特色品牌，借助品牌力量激发科研活力、提升企业实力、服务电力事业和区域经济发展的真实案例。

近年来，国网甘肃电科院持续培育“电博士”品牌。赓续“电”之血脉，强“电”之骨骼，聚“博”学者，“博”学海纳，挺“士”之脊梁，担“士”之责任，是“电博士”品牌名字的由来，做贯彻新发展理念的忠实践行者、推进能源转型实现“双碳”目标的实干家、国网甘肃电力科技创新的主力军是“电博士”品牌的定位。下一步，国网甘肃电科院将进一步充实“电博士”品牌文化内涵，拓展品牌价值，让“电博士”品牌成为电力行业的闪亮名片。