

场址面积相当于 80 个鸟巢,计划明年投产,投产后每年可提供绿色电能 20 亿千瓦时

全球最大百万千瓦级水光互补电站开建



■ 舒然 于步亚 徐健

全球最大的百万千瓦级水光互补项目正在 4000 米高原上拔地而起。7 月 8 日,雅砻江两河口水电站水光互补一期工程——柯拉光伏电站正式开工建设。雅砻江两河口水电站是雅砻江流域水电开发有限公司(以下简称“雅砻江公司”)在雅砻江中游开发的龙头水库电站,是四川省内库容最大的水库电站。柯拉光伏电站是两河口水电站的水光互补一期项目,电站

位于四川省甘孜藏族自治州雅江县柯拉乡,场址海拔 4000 米至 4600 米,总投资超 53 亿元,装机规模达 100 万千瓦,年利用小时数 1735 小时,年平均发电量 20 亿度,计划 2023 年全容量并网发电。电站建成后,每年发出的电量可节约标准煤超 60 万吨、减少二氧化碳排放超 160 万吨。项目的开工建设,对实现碳达峰碳中和目标,优化国家能源结构,助力构建“绿色低碳 安全高效”的现代能源体系具有示范引领作用。

打造世界规模最大可再生能源基地,可再生能源投产装机将超过 2000 万千瓦

从两河口水电站出发,驱车盘山两个多小时即到达柯拉光伏电站,这里是国家九大清洁能源基地之一的“雅砻江流域清洁能源基地”“十四五”以来首个开工建设的水光互补项目,也是四川省“十四五”可再生能源发展规划重点项目。为助力实现我国碳达峰碳中和目标,由国家开发投资集团有限公司(以下简称“国投集团”)和四川省投资集团有限责任公司共同出资,国投集团控股的雅砻江流域水电开发有限公司充分发挥“一个主体开发一条江”、多能互补条件优越、调节能力强大、基础条件坚实等显著优势,提出流域水电、新能源及抽水蓄能开发两个“四阶段”战略,积极探索水风光互补开发模式,全力推进雅砻江流域水风光互补绿色清洁可再生能源示范基地建设。根据雅砻江流域可再生能源一体化规划研究,雅砻江流域清洁能源基地总装机规模超 8000 万千瓦,其中水电约 3000 万千瓦、风电、光伏发电超 4000 万千瓦、抽水蓄能发电超 1000 万

千瓦,全部建成后,将成为世界规模最大的绿色清洁可再生能源基地之一。柯拉光伏电站建成投产后,作为四川省内最大的发电企业,雅砻江公司绿色清洁可再生能源投产装机将超过 2000 万千瓦。雅砻江流域水风光互补绿色清洁可再生能源示范基地全部建成后,每年可贡献清洁能源超 2200 亿千瓦时,相当于每年减少标准煤消耗约 7000 万吨,减排二氧化碳约 1.8 亿吨。“在有调节能力的水电站发展水光互补,是未来我国能源转型非常重要的方向。”中国水力发电工程学会原副秘书长张博庭表示,因为水电的调节能力完全可以把周围的光伏波动性消化掉,使其成为优质的可再生能源。“也可以认为,光伏大大增加了常规水电的发电能力,有调节能力的常规水电站,都希望发展水风光互补。当水风光互补的比例高到一定的程度之后,还可以考虑给常规水电站加泵、扩机,大幅度增加风光的装机,形成强大的清洁能源基地。”



首次将全球“水光互补”项目规模提升到百万千瓦级

光伏发电受昼夜影响大,中午出力达到峰值,夜间出力为零,波动性强、随机性大,大规模光伏发电集中接入电网,将对电网稳定性产生影响,不利于电网的安全稳定运行。“风光资源对目前电网系统来讲,被称为‘垃圾电’,但是如果把水电和风光资源有机地结合,充分利用水电的调蓄能力,‘垃圾电’就变成一个个的‘小金豆子’了。”中国水力发电工程学会原副秘书长陈东平指出。两河口水电站的“编外机组”——柯拉光伏电站,配套建设了 220 千伏升压站和 500 千伏汇集站,通过 2 回 220 千伏线路接入 500 千伏汇集站,再通过 500 千伏线路接入两河口水电站。两河口水电站装机 300 万千瓦,总库容 108 亿立方米,调节库容高达 65.6 亿立方米,具有多年调节特性,可平抑光伏发电的波动性和随机性。柯拉光伏电站所在的甘孜州,光伏发电出力存在季节性差异,呈现“冬春季出力大,夏秋季出力小”的特点,与水力发电“夏季丰水期、冬季枯水期”的特点形成天然的年内互补。

“柯拉光伏接入两河口水电站,水光打捆后能输出稳定的电力,可集中送出消纳。”雅砻江公司工程管理部副主任吴火兵对记者表示,“随着两河口风光装机规模不断增大,对电网系统调节和精准调度提出更多挑战,为此,我们针对水光互补对电网、水轮机组的影响做了很多分析。例如,水轮机组每天反复增减负荷,设备损耗影响肯定有,经过反复评估,两河口的水电设备完全能承受日内频繁调节。”水电水利规划设计总院常务副院长李昇指出,柯拉光伏电站水光互补开发模式,可以通过水电站对光伏电站进行日内调节,促进新能源消纳。同时,通过水电和光伏发电年内出力特性互补,可以提升送出线路的利用率,提高综合发电效益。柯拉光

伏电站将水光互补开发规模首次提升到百万千瓦级,具有很好的示范效应。“发挥水电流域开发主体在风光资源协调开发过程中的优势作用,是水电后续发展需要系统研究的新课题。”陈东平表示,事实上,雅砻江公司很早就研究风光水互补,此次柯拉项目开工,为其他企业做出了表率。尤其是雅砻江公司提出打造第二条雅砻江,届时其风光装机规模将超过雅砻江整个水电装机规模。科学开发水流域区域内的风光资源,将提高可再生能源利用率和对电网结构优化运营的支撑。在业内人士看来,柯拉项目所在的雅江县以及周边理塘县区域,是甘孜州光伏资源最丰富的地区之一,项目配套的送出线路以及探索形成的水光互补开发经验,可进一步带动区域清洁能源开发,打造绿色清洁可再生能源大规模集中开发的中国样板。

创新实施“牧光一体化”,带来“光伏 +N”效益,助力民族地区乡村振兴

柯拉项目所在区域为经济欠发达的地区,电站建设将有力推动四川省民族地区经济社会发展,迅速提高当地第二、三产业在地区生产总值中的比重。电站建设期间,将为当地缴纳税费预计 6 亿元,投产后每年还将贡献税费超过 1.5 亿元。为进一步助推民族地区乡村振兴,雅砻江公司将充分发挥当地自然资源与文化资源优势,通过采取“光伏+特色产业”“光伏+旅游”“光伏+基础设施提升”等一系列措施,为当地带来“光伏+N”的效益。以“光伏+特色产业”为例,雅砻江公司

充分考虑当地牧业需求,将光伏支架增高,光伏组件最低离地高度 1.8 米,满足植被生长需要,保障牛羊放牧空间,实现“牧光”互补。在光伏项目建设的同时,雅砻江公司将当地基础设施进行全面提升,通过道路改造,增加供水工程、污水处理、垃圾处理设施,种植高原植物,开展高原生态保护研究等多种措施,持续打造村庄景观,提升村庄建筑风貌。另外,雅砻江公司通过加快推进大项目建设,助力民族地区“稳增长保就业”。柯拉项目建设期,可为当地提供超

过 3000 个工作岗位。电站运行生产期可持续为地方提供光伏组件清洗、维护等技术岗位,以及治安、保洁、服务等服务岗位。据了解,甘孜州正科学有序推进水风光一体化可再生能源基地建设、高原特色现代农牧业基地建设,打造国际知名生态文化旅游产业。柯拉光伏电站建设,将带动甘孜州相关产业发展,形成当地重要的经济辐射点,对巩固脱贫攻坚成果,推动当地乡村振兴,促进甘孜高质量发展具有重要意义。

“数字 + 光伏”跨界融合,打造全球领先的水光一体“数智化”电站

柯拉光伏电站施工条件恶劣,项目处于高寒高海拔地区,在走路都晃的 4000 米高原施工,人员、机械降效严重,给工程建设带来巨大挑战。特别是有效施工期短,每年 11 月到次年 3 月为结冰期,工区遍布冻土暗冰,最低温度达零下 30 摄氏度。据了解,柯拉光伏电站项目工程量大,场址面积约 16 平方公里,相当于 80 个鸟巢的面积,由 200 多万块光伏组件、5000 多台逆变器、300 多台箱式变组成。项目工期紧,计划 2023 年投产,建设期不足 1 年。此外,项目施工区域多处于林草区,须兼顾森林草原防火管控,建设强度和难度远超同类型工程。

针对一系列难题,雅砻江公司将着力构建光伏项目建设全过程、全方位管理体系,积极推进质量达标创优、安全标准化建设、生态环境保护、进度综合管控等各项工作落地落实,努力实现各项管理目标最优。为提高电站建设和运维管理效率,柯拉光伏电站将对运维模式进行优化,借助智能化、数字化手段,通过建立运维一体化平台,利用大数据、自学习的人工智能系统进行设备故障智能诊断、分析。此外,雅砻江公司还创造性地将场站安全预警、设备检修策略等融为一体,实现光伏电站全业务的智能融合,着力打造高海拔地区水光一体化的智能光伏电

站标杆。特别值得关注的是,雅砻江公司联合国家遥感应用工程技术研究中心与中科院地理所,多维度构建柯拉光伏建设数字孪生平台,实现高精度、真三维、全实景的柯拉光伏电站的动态、全息复刻,辅助电站建设从规划设计、工程建设到运维管理的全生命周期智能化管理,提升效率、保证工期、保障安全。国家遥感应用工程技术研究中心副主任沈占锋表示,柯拉工程地处高原,引入数字孪生技术来辅助建设施工,可以显著提升工程质量、安全、效益和环境友好度。智能化建设,能为电站长期安全稳定运行提供技术

支撑和安全保障,积累的经验也将为我国高海拔清洁能源项目建设提供有益借鉴。雅砻江流域水电开发有限公司党委书记、董事长祁宁春表示,雅砻江公司将持续发挥好“一个主体开发一条江”的独特优势,加快布局新能源流域化、集约化、规模化、科学化开发,全力推进雅砻江流域水风光互补绿色清洁可再生能源示范基地建设,为我国“双碳”目标实现、构建“清洁低碳 安全高效”的现代能源体系作出积极贡献。在推进清洁能源开发的过程中,雅砻江公司继续将“为民造福”“在高质量发展中促进共同富裕”作为最重要的价值追求,继续发挥好大工程对地方经济、社会发展的拉动作用,不断探索可再生能源开发利益共享新模式,为促进四川高质量发展、推动剑蜀兴川再上新台阶发挥支撑作用,为助力民族地区乡村振兴贡献坚实的雅砻江力量。