

光储一体赋能“双碳”征程,国企力量托举绿色丘北

记中国水利水电第六工程局有限公司云南区域新能源光伏发电项目团队

葛玲 崔明祥

近日,由中国水利水电第六工程局有限公司承建的丘北小黑蚂光伏发电项目与双羊洞光伏项目建设任务圆满完成,两个项目现已通过环保及水土保持等专项验收,进入整体质量评估与后续完善阶段。这一标志性成果填补了云南在集中式光储一体化领域的空白。项目的建成意味着云南在推动“双碳”战略落地、加快绿色转型的进程中迈出了更加坚实有力的一步,深度契合了国家“双碳”战略布局。此次投产的光伏电站不仅在技术上实现了突破创新,更在项目管理、党建引领、社会效益等多个维度取得了亮眼成绩。

党建领航,攻坚克难实现同步投产

小黑蚂光伏发电项目是云南省文山州规模最大的光伏电站,总装机容量210兆瓦,占地约4500亩,配备储能智能集成系统。该项目的正式并网意味着每年可产出3.3亿千瓦时绿色电力,年减少二氧化碳排放约27.49万吨,对推动地方能源结构优化具有重大意义。

在小黑蚂光伏发电项目并网之际,双羊洞光伏项目开始施工。该项目装机120兆瓦,采用27.4万块单晶硅组件,已于2024年底实现全容量并网。这两个大型新能

源项目由同一项目团队统筹推进,这在云南新能源建设史上尚属首次。

建设初期,项目部面临着施工难度大、工程量巨大的严峻挑战。为攻克难题、优质履约,项目部深入开展党员先锋工程创建活动,通过设岗、划区、建队、立项等措施,逐项突破施工重难点任务。在关键节点阶段,党员先锋队与青年突击队协同发力,队长主动作为、队员冲锋陷阵,由上至下打通信息共享渠道,确保了各项施工任务的高效推进。雨季施工期间,党员们以身作则,带领广大职工坚守在施工一线,克服了地质条件复杂、气候条件多变等不利因素,用实际行动诠释了“一名党员一面旗”的先锋模范作用,为项目推进注入了强大动力。“面对突发情况,我们都是通宵达旦奋战,项目的顺利推进正是党建引领与团队协作的成果”项目党员先锋队队长表示。

在项目部的不懈努力下,小黑蚂光伏发电项目于2023年12月17日成功并网发电,储能系统于2024年4月26日正式投入使用;双羊洞项目于2024年9月实现首批并网发电,并于2024年底实现全容量投产。

技术革新,助力“双碳”目标实现

此次落成的小黑蚂光伏电站

不仅在规模上实现了突破,更以技术创新引领云南新能源产业发展。电站配备了云南省首次规模化应用的储能智能系统,有效调节发电输出功率,平滑发电波动,极大提高了电网的稳定性,实现了能源的高效利用。

项目技术负责人指出:“光伏发电受天气影响较大,储能技术将白天富余的电能储存起来,在晚上或阴天时释放,大幅提升了能源利用率,助力云南‘双碳’目标的实现。”此外,项目团队还通过引入BIM技术和无人机芯片盘点技术,极大提升工程管理的精准度和效率。

据介绍,项目在建设过程中始终坚持“节能、节材、节地”的绿色施工理念,创新推广“无硬化地面”施工工艺,最大限度降低生态破坏和水土流失。同时,结合当地农业发展需求,实施“光伏+农业”复合利用模式,在光伏板下种植万寿菊、中草药等经济作物,既提高了土地综合利用效率,又显著提升了当地居民收入。

提升安全保障,构筑黑启动应急能力

值得一提的是,小黑蚂光伏电站已被电网定位为黑启动主力站点。在突发紧急状况,例如网络攻击、自然灾害等导致电网大面积瘫痪时,电站的储能智能系统可以迅



速响应,配合电网快速恢复运行。这项功能大幅提升了云南区域电网的安全保障能力,确保了当地电力供应的稳定性与安全性。

项目技术人员介绍:“我们的储能系统可以在毫秒级迅速反应,保障电网安全稳定运行,体现了项目在能源安全和应急保障方面的重要战略价值。”

成果显著,社会效益广泛彰显

在小黑蚂光伏发电项目建设期间,凭借严格的管理和卓越的施工质量,项目部斩获了云南省建筑业协会2025年度“工程建设质量信得过班组(卓越级)”称号等诸多荣誉。

值得一提的是,项目团队在QC质量控制、工法创新和技术研发等方面也多次获得了包括中国建筑业协会第三届质量管理标准化竞赛二等奖在内的省部级及国

家级奖项。此外,项目的无人机智能盘点技术和储能系统也均取得了良好的技术效益和社会效益,成为省内新能源建设领域的标杆。

项目正式投产后,每年节约标准煤超过10万吨,减排二氧化碳近30万吨,社会效益显著。此外,“光伏+农业”的双重利用模式极大提高了当地土地资源的综合效益,推动了地方经济的高质量发展。

项目团队相关负责人表示,未来,这两个项目不仅将继续发挥其在电力输出上的关键作用,更将成为推广绿色价值、践行社会责任、推动产业升级的重要载体。项目团队将持续探索新能源领域的绿色建造路径,贡献更多可复制、可推广的经验,为云南乃至全国清洁能源发展提供强劲动力和有力保障。中国水利水电第六工程局有限公司将继续履行央企使命,主动作为、攻坚克难,为国家实现“双碳”目标、能源结构优化、电网安全稳定作出新的更大贡献。

智造地铁:创新驱动城市地下空间建造方式变革

记中国水利水电第十一工程局繁华城区浅埋超高特大矩形顶管左右密贴暗挖车站技术

张卫东 周文朋 龙伟义
赵佳鑫 王开军

当前,地铁车站建设常采用明挖法现浇施工,需进行基坑开挖、交通导改和管线改迁,对城市环境、居民生活及出行影响巨大。暗挖法施工可解决明挖法存在的问题,但采用顶管暗挖法进行车站主体结构施工,则面临着浅覆土、结构断面超大、小净距下穿建构筑物、密贴施工等难题,施工难度大,技术空白多。

深圳地铁12号线二期工程沙三站顶管暗挖车站,车站中段主体结构采用矩形顶管机械暗挖法下穿帝堂路及暗涵,分左右线两次密贴顶进施工。成型管节断面22.6m×13.53m,管节分块预制,借助辅助工装井下组合拼装后投入使用。

水电十一局联合陈湘生院士领导的科研团队共同完成科技攻关,解决了一系列施工技术难题,并形成科技成果——《繁华城区浅埋超高特大矩形顶管左右密贴暗挖车站技术》,该课题顺利通过电建集团成果鉴定与验收,达到国际领先水平。

创新一:超大断面顶管全过程分析及结构体系转换技术

繁华城区超大断面地铁车站暗挖施工难点众多,其中顶管施工受力体系转换难度尤为突出。为此,项目团队创新性地提出了超大

断面矩形顶管全过程施工分析模型,通过大量的理论分析、数值模拟和实验研究,创建了从顶管施工到永久结构转换的一整套技术方法。

团队专门研发了多洞组合顶管模型实验装置,通过缩尺模型试验,验证了不同施工工况下的开挖稳定性,成功揭示了结构体系转换过程中的关键参数与规律。该成果突破了传统顶管施工受力模式单一的局限,明确了不同顶进方案下管节与车站结构之间的受力特征,形成了一整套适用于繁华城区地铁车站的超大断面矩形顶管施工技术。

此外,团队还发明了新型高性能管节连接接头与管节分块设计,有效提升了装配式结构的拼装效率和稳定性,首次实现了超大断面矩形顶管暗挖车站施工的全过程受力体系平稳过渡,确保了工程安全与结构耐久性,填补了行业空白,达到了国际领先水平。

创新二:全球最大断面14刀盘组合式矩形顶管装备研发

施工工艺的创新需要装备技术的强大支撑。针对沙三站地下空间狭窄、土层松软、水文条件复杂等难题,水电十一局与深圳大学、中铁工程装备集团等单位联合研发出世界首台组合式、14刀盘矩形土压平衡顶管机,被命名为“大禹掘进号”,成为工程建设的核心利器。

“大禹掘进号”高13.55米、宽11.295米,开挖断面超过153平方米,创造了最大矩形断面顶管机的新纪录。该设备突破传统单刀盘盾构机的结构形式,采用14个刀盘前后交错排列,使开挖覆盖率超过90%,最大限度地保证了掘进过程中的土层稳定性。

同时,为克服顶管施工中姿态控制与滚转纠偏的难题,团队还创新研发了智能纠偏装置和精准导向系统,可实时监测和自动调整掘进姿态。施工过程中,“大禹掘进号”实现了双洞密贴隧道的精准对接,隧道水平和垂直姿态控制在±50毫米以内,左右线密贴间距控制在仅约7厘米。这种高精度、高智能化的施工装备和技术极大提高了地铁车站建设的智能化、工业化水平。

此外,为配合顶管施工,团队自主开发了系列辅助装备,包括管节翻转装置、井下精准拼装装置和管节平移小车等,使超大管节的拼装和搬运更加高效、精准。这些辅助装备的应用进一步提升了工程施工的效率与质量,成功解决了大型矩形顶管施工中常见的运输和拼装难题。

创新三:地层加固与综合减摩、防水及变形控制技术的突破

超大断面顶管隧道施工极易引发地层扰动与沉降变形,尤其在深圳宝安区地质松软、富水的环境下,施工风险巨大。项目团队为此



左线顶管内部

研发了适用于淤泥质粉质黏土层的三轴搅拌桩+高压旋喷桩+SMW桩组合加固技术,有效提高了土体强度和抗渗能力,成功避免了施工过程中的掌子面坍塌、涌水涌砂等重大事故。

针对顶管始发和接收阶段的密封难题,团队创新研发了分体式洞门钢环密封系统和暗挖装配式结构防水体系,结合高性能的橡胶帘布和洞门压板,实现了洞门与管节的双重密封,使地下水的渗漏问题得到有效解决。

另外,为进一步控制顶管过程中的土体扰动,团队发明了新型触变泥浆及智能灌注系统,有效降低了管壁摩擦力和背土效应。配合顶管机姿态自动调整装置和实时监测系统,确保了隧道在掘进过程中的精准定位和纠偏调整,最大程度减少了施工对地表环境的影响。

技术推广应用与社会经济效益显著

经过三大核心创新技术的成

功应用,深圳市地铁12号线沙三站工程创造了国内外多个“第一”:首次在全球范围内实现超大断面矩形顶管隧道密贴施工;首次成功应用超大断面组合式矩形顶管装备;首次实现地铁车站机械化顶进施工全过程智能化精准控制。

与传统明挖方法相比,采用该技术建设的地铁车站施工周期缩短20%,成本节约15%以上,大幅减少了地表开挖、管线迁改和环境扰动,社会效益和生态效益明显。

该项目的成功应用,不仅为深圳轨道交通建设提供了全新模式,也为国内外繁华城区地下空间开发、隧道及地下管廊建设提供了重要的技术借鉴。张卫东总工程师表示,下一步团队将继续推动该技术的标准化、规范化建设,让中国轨道交通建设技术在全球实现引领,持续提升我国地下工程技术的国际竞争力和影响力。