

TB 水电工程建设管理综述

段 川, 刘金山, 贺华清, 齐巨涛, 吴 俊, 朱忠锋

(华能澜沧江水电股份有限公司托巴水电工程建设管理局, 云南 迪庆 674608)

摘要:从管理角度出发,详细介绍了 TB 水电工程的建设情况,重点从组织管理、安全管理、质量管理、环水保管理、进度管理、机电安装、科技创新与智能建造和企业社会责任等方面详细阐述了 TB 水电工程建设管理取得的成效。TB 水电工程采用“建管合一”管理模式,并全面融入绿色智能建造技术,从而实现了工程建设全方位的智能化管控。TB 水电工程的成功实践为我国水电工程建设提供了宝贵的经验和启示。

关键词:建管合一;智慧化;信息化;TB 水电工程

中图分类号:TV698.2

文献标志码:A

文章编号:1006-7647(2024)S1-0001-05

Review of TB Hydropower Project construction management//DUAN Chuan, LIU Jinshan, HE Huaqing, QI Jutao, WU Jun, ZHU Zhongfeng (*Tuoba Hydroelectric Engineering Construction Management Bureau of Huaneng Lancang River Hydropower Inc., Diqing 674608, China*)

Abstract: From a management perspective, this paper introduces to the construction of the TB Hydropower Project, with a focus on the achievements in the construction management in terms of organizational management, safety management, quality management, environmental and water protection management, schedule management, mechanical and electrical installation, technological innovation, intelligent construction, and corporate social responsibility. The TB Hydropower Project adopts the management mode of “integration of construction and management” and fully incorporates green and intelligent construction technologies, achieving comprehensive intelligent control over the project construction. The successful practice of the TB Hydropower Project provides valuable experience and insights for the construction of hydropower projects in China.

Key words: integration of construction and management; intelligence; informatization; TB Hydropower Project

水电工程建设具有工程规模庞大、施工环境复杂、投资大、建设周期长、技术难度大、安全风险高、质量管控难度大、环水保要求高、征地移民任务重等特点。经过近 80 年的变革和几代水电建设者的不懈奋斗,我国水电工程建设迅猛发展,目前已成为世界水电第一大国。水电工程建设管理模式也实现了从计划经济向市场经济的转变,其建设管理水平经历了机械化、信息化、数字化的发展阶段,到如今已基本实现了全面智能化管理,显著提高了水电工程建设效率和效益^[1]。

TB 水电工程采用“建管合一”管理模式,在总结澜沧江公司 20 多年水电建设经验的基础上^[2],守正创新,将智能建造技术全面应用于工程建设,实现了工程建设全方位的智能化管控,进一步提升了水电工程建设管理水平,为工程提前投产发电和创造效益发挥了重要作用。

1 工程概况

TB 水电工程是澜沧江干流上游河段(云南省境内)规划中的第四个梯级电站,其上游紧邻里底电站,下游与黄登电站相衔接,是“西电东送”的骨干工程,同时也是云南省“四个一百”重点建设工程之一,对云南省打造世界一流“绿色能源牌”具有重要贡献。该工程位于云南省迪庆藏族自治州维西傈僳族自治县境内,坝址距离维西县城约 56 km,距离香格里拉市约 269 km,距离昆明市约 694 km。

TB 水电工程属一等大(1)型工程,主要开发任务为发电,并兼顾促进地方经济社会发展。枢纽主要建筑物由挡水建筑物、泄洪消能建筑物以及右岸地下输水发电系统等组成。电站总装机容量为 140 万 kW,多年平均发电量为 62.3 亿 kW·h。水库的正常蓄水位高程为 1735 m,死水位高程为 1725 m,库容为 12.15 亿 m³。工程总投资为 232.04 亿元。

TB 水电工程的挡水建筑物采用碾压混凝土重力坝,其坝顶高程 1 740. 00 m,坝顶长 475. 00 m,最大坝高 158. 00 m。泄洪消能建筑物由 4 个溢流表孔、1 个泄洪中孔、1 个生态泄水孔、下游短护坦及护岸组成。输水发电系统布置在右岸山体内,进水口与非溢流坝段结合,形成坝式进水口。引水和尾水系统采用单机单洞的布置方式,地下厂房采用尾部式布局,主厂房尺寸为 78. 60 m×25. 50 m×73. 225 m (长×宽×高),内部安装了 4 台单机容量为 350 MW 的混流式机组。

TB 水电工程于 2022 年 2 月主体工程开工,2021 年 11 月大江截流,2024 年 2 月导流洞下闸蓄水,2024 年 6 月首台机组投产发电,2024 年 12 月全部机组投产发电。

2 管理要求

TB 水电工程建设采取“建管合一”的管理模式,全面应用绿色智能建造技术,以打造“精品工程、智慧工程、绿色工程、廉洁工程”以及华能水电标杆工程为目标,严格遵循集团公司“安、快、好、省、廉”的基建管理总体要求,深入落实“高标准、严要求、重效益、敢创新”的管理理念,并秉持“规范有序、协调健康、价值再造”的原则,坚持服务集团公司战略、领先行业发展定位。以建设“六零”(安全零隐患、质量零缺陷、环保零违规、工期零延误、资金零浪费、纪律零问题)工程为目标,争创一流企业,不断提升项目核心竞争力,实现高质量发展。大力推进管理创新和科技创新,深入实践绿色智能建造和智能制造,协同推进安全、质量、进度、环水保、投资和征地移民等子目标的实现以及工程建设总目标的达成。

3 管理措施

3.1 组织管理

3.1.1 组织体系

作为澜沧江流域首个深入实行“建管合一”管理模式的单位,TB 水电工程统筹谋划、创新举措,明确提出了“并行衔接、传承发展、重点突破”的发展路径。TB 水电工程以工程建设为基石、以生产准备为先导,全面分解任务、深入剖析难题,精准发力,逐项击破难关,推动水电基建与电厂运行形成“双重引擎”,共同驱动新发展。

在工程建设伊始,建设单位便集中力量编制了《项目建设管理规划》《绿色智能建造规划方案》和《新技术应用策划》三大规划,做好顶层设计,为整个工程建设奠定了总基调。在“建管合一”管理模式

的指引下,各部门在建设阶段将生产准备和生产管理的职责嵌入日常工作流程,成立各级组织机构,并制定相关管理制度,切实提高了制度和规程的可操作性,确保了“建管合一”管理模式生产准备管理体系的高效运转和生产管理体系的快速构建。深入探索独具 TB 特色的标准化建设体系,建立了涵盖部门管理、班组管理、设备运行、检修、维护管理等全方位的标准化管理平台,提升了工作的规范化和管理的精细化水平,增强了员工的标准化意识。大力推进标准化班组建设和标准化生产管理的有机结合,编制并印发了电站建设管理、机电设备、电气一次、二次、机械、监控等多领域的应知应会手册,帮助员工全面理解和掌握工作要求及核心要义。同时,不断提升 7S 管理水平,对生产现场和办公环境中的人员、机器、材料、方法、信息等要素进行标准化管理,确保生产过程顺畅、高效。

3.1.2 人才培养

充分利用基建与生产过渡的窗口期,全面加强人才队伍建设。针对运维、工程等不同专业员工的特点,在“固底板、补短板、扬优势、强弱项”上狠下功夫,多措并举组织开展各项专业技能培训,高质量组织外出培训及取证工作,确保全体生产人员参与工程建设管理,在严格把控工程质量的过程中,深入学习工程建设管理、生产运行与运行维护技术技能,为打造“一流人才队伍”打下坚实基础。

以“产学研用”协同创新为支撑,以教育培养创新人才为保障,加强人才队伍建设,不断深化科研创新与人才培养合作。在尊重青年员工成长规律的前提下,坚持采用传帮带的方式,帮助青年员工更快地熟悉环境、了解工作、融入角色,以更好地推动工作落实落地。通过师带徒等方式,亲身示范,帮助年轻人少走弯路、错路,鼓励青年员工在一线创新、一线成才、一线立功,不断提升专业素养,实现青年员工的快速成长。

3.2 安全管理

始终贯彻“人民至上,生命至上”的安全发展理念,统筹好发展与安全的关系,时刻绷紧安全生产弦,主动补短板、强弱项,以安全周例会、生产例会和技术交底会等会议为抓手,构建了“保障体系日督导、监督体系周分析”的工作机制,提升了工程本质安全化水平。提出了“班前会、谨记卡、红袖标”三大安全管理办法,构建了常态化安全管理模式。在整个工区范围内发放安全文明施工谨记卡,该卡片高度凝练了施工过程中的注意事项,形成“带好帽,系好带,穿好鞋。看上、看下、看左右。防摔、防落、防触电”的安全口诀。以朗朗上口的方式提醒现场

施工作业人员注重身边潜在危险源,时刻保障自身安全。

开展了“班前五分钟”“班后十分钟”文明施工整治互动模式,编制并印发《安全生产管理体系》系列文件,牢固树立了“人人、事事、时时、处处”抓安全的理念,培养干部员工自觉的安全行为和安全习惯,促进安全建设标准化水平不断提升。在危大工程的施工过程中,严格执行旁站监督和全程监管制度。践行科技兴安,建立了安全信息化管控平台,搭建了基建现场的安全风险管理体系,构建了大坝塔机、缆机的安全监控视频系统。对薄弱环节实现精准管控,确保了“高、危、大”作业面的有力监管,形成了“本质安全水平有效提升、安全基础有效夯实、安全文化氛围更加浓厚、人员行为更加安全规范、安全生产事故有效遏制”的安全机制,为工程建设的优质快速发展提供了坚实的安全保障。

3.3 质量管理

树立了“金奖引领、过程创优”的质量管理思路,提前编制创优规划,推进过程达标创优。坚持高起点规划、高标准建设、高质量推进的原则,融入先进的质量管理理念^[3],创新性地提出“四只眼睛”联动管理体系,归口管理“四大中心”,充分利用各中心的专业优势,发挥“四只眼睛”的专业监督职能,形成质量监督管控的合力,对现场实体质量严格把关。通过利用试验、测量、安全监测、物探等检测手段所获取的数据,据实反馈现场实体质量状况,发挥质量管理监督与检测的“眼睛”职能,有效提升现场实体质量。

引入智能化管理手段,深度应用质量验评系统、试验检测系统、混凝土碾压工艺监控系统 and 智能温控系统等在线系统,严格执行过程施工工艺。创新性地提出了“大坝碾压混凝土通仓大斜层滚动浇筑方案”,并编制了斜层碾压混凝土施工工法、《碾压混凝土工艺提升 35 条(应知应会)》和《混凝土备仓及浇筑质量控制简明指导书》口袋书;开创了“双仓总”管理制度(备仓仓面总指挥、浇筑仓面总指挥负责制);首创了“三刀五平”平仓工艺和“三推四碾”碾压条带作业施工工艺;利用智能碾压、智能温控和智能灌浆等智慧化手段,实时在线监控大坝浇筑情况。在这些举措的加持下,取得了显著成果:碾压遍数达标率达到 99.2%,压实度达标率达到 100%,近 10 万 m³ 的帷幕灌浆第三方检测合格率达 100%。在智能温控方面,混凝土出机口温度和浇筑温度合格率分别达 98.1% 和 97.2%。同时成功取出了 26.5 m 长的碾压混凝土世界最长芯样,创造了国内碾压混凝土大坝取芯长度的新纪录。这些成就标志

着大坝混凝土浇筑养护在智能化“质”与“速”上实现了双提升。

推行主厂房顶拱“一孔到底”及主变边墙 15 m 深层预裂施工方法;在高边坡开挖支护中,创新性地采用了无排架支护施工技术。在地下厂房施工中,创新性地应用了“岩盖法”开挖技术^[4],实现了地下洞室的立体平行作业。与此同时,强化过程标准控制,打造可视化无尘工位,运用机器人自动焊接、智能配管等新工艺、新技术,使得定子圆度、转子圆度远超行业控制标准,轴线调整精度位于国内领先水平。全站 4 台转轮实现了“零配重”的国内新高度,全面推广应用全国产化的华能睿渥工控系统,促使核心控制系统功能得到了全方位提升,实现了核心技术自主可控,有效保障机组运行安全。质量管理成果被《中国质量》期刊收录,工程质量得到了行业专家的高度认可,在截流阶段和机组启动阶段的质量监督过程中,得到了“工程质量受控”的监督评价。

3.4 环水保管理

构建了生态环保管理“四个一”体系和企地“六位一体”的环保管理体系,以推进环境保护与水土保持管理创新。打造了“动态一张图、管控一清单、数据一报告、管理一本书”管理模式。借助“一张图”实现了工区环保水保措施的整合展示,确保环保措施一目了然,环保风险心知肚明。凭借“一清单”反映了检查过程中发现的环水保问题,形成了管控清单,通过分类汇总,有效管控环水保风险。依托“一报告”定期更新建设、监理、监测、施工等报告,展现了数据化管理的优势,直观反映了环水保措施落实成效。借助“一本书”总结了最新的环保政策和工程环水保工作亮点成果,成为电站及参建单位日常环保学习的宝贵资料和对外宣传的重要媒介。

联合开发了澜沧江流域水电开发生态环境智慧监测系统,综合利用视频、录像和全景照片等多媒体技术,实现了对工程地表水水质、下泄流量以及环保水保措施运行情况的自动监测、数据反馈和分析整理,为电站运行和生态环保决策提供了数据支持。同时,融合典型生态环境工程、过鱼设施、鱼类增殖放流、环保设施运行等典型案例,通过深度提炼和优化数据与成果的方式,实现了工程环境保护措施的联网监控功能,全面提升了水电环保工作的信息化水平,树立了水电环境保护新形象,推动了流域水电的高质量与可持续发展。

3.5 进度管理

统筹协调业主、设计、监理、施工及政府各方力量,充分发挥五方协同一体化管理优势,进一步优化施工组织设计,构建科学系统的流程体系,聚焦目标、高效联动、精准发力。在管理过程中实行靠前指挥,及时补位,加强现场组织协调,实施精准管控。坚持在一线发现问题和解决问题,确保问题不遗留、不积累,充分利用工程管理经验和技術优势,及时填补现场管理的空缺与漏洞,团结带领参建各方共同攻坚克难。认真研究施工方案,督促施工单位严格按照节点目标要求投入资源。推行“以周保月、以月保季、以季保年”的工程进度管理制度,采用智能建造进度管理系统,对各施工项目进度进行全过程跟踪管理。将里程碑目标分解至年、季、月、周计划,制定一级进度计划、二级进度计划,定期盘点施工进度计划、图纸、设备、材料供应计划实施情况,评估进度计划控制效果,提出下阶段控制要求。推行进度管理红黄牌制度,加强进度检查与考核,一旦发现问题立即采取措施予以纠偏,从组织、技术、经济等多维度综合施策,全力追回滞后的工期。这些措施确保了工程建设总体进度计划处于可控、受控状态,从而高效推动工程建设的顺利进行^[5]。

3.6 机电安装

在TB水电工程的建设进程中,各部门之间互动协作,与各相关单位上下联动。在机电设备的设计、安装以及调试的各个阶段,充分考虑设备的后期运行与维护需求,组织生产人员全面梳理规程规范、反事故措施、流域典型异常事件案例以及无人值班与精品机组的技术要求,以清单化的方式逐一落实技术措施,并提出600余项优化建议。生产人员扎根现场,全程紧密追踪工程动态,“爬高上底”检验施工工艺、复核安装数据、动手调试操作设备,有效提升了一线安全质量管控水平。工程管理人员积极协调施工资源和技术力量,及时处理现场安全质量问题,运维人员深度参与过渡期设备设施管理,检查并分析设备状态,及时发现质量缺陷并协调解决,共同为提升电站一流质量水平做贡献。

高标准超前谋划,传承流域内的先进实践经验。聘请行业顶尖专家与精尖人才,联合制定《TB水电站精品机组控制标准》,为精品机组建设全过程的精准控制提供了有力保障。严格把控过程管理,在借鉴其他国优、行优电站的特色和亮点的基础上,编制了《TB水电工程机电标准化施工导则》,实现了机电设备施工标准化、工艺流程化和科学化管理。数据显示,4台机组定转子圆度介于0.27~0.30mm,远优于行业优良控制标准±0.99mm;蜗壳

焊缝的PT、UT探伤检查一次合格率超过98%,外观焊接质量符合规范要求。大力推动技术升级引进,引入了可视化无尘工位、智能巡检机器人等“黑科技”,在机电安装工作中大显神威,实现了从拼体力、拼时间的人海战术,向拼科技、拼效率的智慧机电转变,完成了从“会”安装到“慧”安装的跨越式升级。

3.7 科技创新与智能建造

将大数据、人工智能、物联网等先进信息技术与传统水电建设业务深度融合,构建了“1+3+N”科技创新及绿色智能建造体系,搭建了以“全方位、全过程、可追溯、智能化”为特征的绿色智能建造系统平台。在此基础上,建立了成套的大坝智能建造快速上升管控体系,包括智能碾压、智能温控、智能灌浆、智能张拉和大坝快速施工等关键技术,有效保障了大坝主体工程的施工质量。

创新性地提出了“动态一张图,管控一流程,管理一机制,数字一档案”的“四个一”管理理念,转变了传统水电工程建设的固有观念,创新了管理方式,切实发挥了智能建造对工程建设的有效促进作用,显著提升了管理水平,最终为工程建设的顺利推进提供了强大动力,为工程建设进度的加快、安全及质量保证率的提高发挥了巨大作用。

建立了智建地厂系统,通过三维可视化模型实时动态掌控开挖、支护情况。研发了安全管控平台,创新性地建立了地下工程全时全域安全监控体系,建立了大型地下洞室群的高效绿色建造与安全智能管控集成平台。这一系列举措,不仅有效确保了施工安全,改善了作业环境,还在保证大型地下洞室整体施工安全的基础上,为工程增加了“多重保险”,加快了施工进度,为工程提前发电奠定了坚实的基础。

建立了绿色智慧砂石系统,实现了对砂石骨料的实时监控;引入砂石加工智能废水处理系统、智能除尘系统和智能降噪系统,实现了污水的零排放和无尘作业,成功解决了砂石加工所带来的环境污染问题。创新性地应用长胶巡检机器人和骨料粒形在线检测系统,提升了生产效率,同时实现了减员增效。主体砂石加工系统的月产能由原设计的30万t提升至58万t,达到设计产能的193%,在生产工艺和智能化控制方面达到国内领先水平,创国内同规模砂石加工系统月均生产强度的新高,真正做到绿色、低碳、环保、高效,为工程快速建设提供了坚实的保障。

建立了集团级创新工作室,搭建了一个全员参与的创新工作平台,覆盖课题攻关、技术总结、技术

创新、论文发表、专利申请以及“双创”活动等多个方面,贯穿工程建设全过程和全方位,极大调动了广大职工创新创造的积极性,吸引了一大批想钻研、能钻研的职工主动投身到工作室中,形成了想创新、敢创新、能创新的良好氛围。

2023 年 9 月于丽江召开的碾压混凝土专委会上,与会院士和专家对“TB 水电站绿色智能建造研究与应用”项目给予了高度评价,充分肯定了该项目在行业内的领先地位和重要贡献。

3.8 企业社会责任

TB 水电工程在全力以赴打造优质精品工程,大力推进电力能源建设的同时,深入践行华能“三色”文化,以实际行动诠释了“建设一座电站、带动一方经济、保护一片环境、造福一方百姓、共建一方和谐”的社会责任理念。

始终坚持“以人民为中心”的发展理念,按照“搬得出、稳得住、能发展、可致富”的目标要求,全力推动移民搬迁安置工作落地见效。充分发挥大型基建项目建设的带动效应,电站库区建成“两路五桥”的交通格局,移民安置点等基础设施建设全面推进,有力推动了人居环境整体提升,激发了电站周边乡镇的发展活力。围绕素质提升、民生保障、民族文化遗产和生态保护“四大工程”,实施了 46 个“百千万工程”项目,累计投入资金 2 154 万元,致力于解决群众面临的“看病难、吃水难、行路难、发展难”的问题,使超过 1 万民众直接受益。在补齐库区发展短板的同时,成功完成了 12.7 km 村内道路的硬化工程,构建了库区内两路五桥 150 km 的公路路网,逐步形成了“外通内联、通村畅乡、班车到村、安全便捷”的交通运输格局。积极开展消费扶贫、结对助学、爱心捐助、志愿服务等公益活动,建立了长期稳定的帮扶机制,为后期移民的可持续发展提供了有力保障。坚持稳就业促增收,鼓励移民积极参与当地经济建设和社会发展,创造了 3 000 余个就业岗位,长期稳定雇用本地劳务人员约 600 人,促进了电站周边村民收入增长。

4 管理成效

在 TB 水电工程的建设过程中,充分发挥业主的主导作用,创新管理手段,积极引入智能建造技术,大力提倡科技创新,最终使得电站建设取得突出性成效。导流洞工程提前 3.5 个月完工,分流过水提前 12 天完成,大江截流提前一个月实现。大坝碾压混凝土浇筑工艺取得重大突破,仅用 19 个月就建成了一座高达 158 m、体积达 223 万 m³ 的碾压混凝土

土大坝,创造了同坝型、同规模混凝土浇筑的世界最快纪录。厂房建设提速显著,电缆竖井的施工速度从 1.5 层/月提升至 3 层/月、大断面陡斜井滑模的浇筑速度由 2 m/d 提升至 4 m/d,实现了浇筑速度的翻倍提升。同时,通过推行机电安装施工标准化流程,机电安装进度大幅提升,1 号机转子提前 1 个月吊装就位,为机组投产发电奠定了坚实基础。项目于 2021 年 10 月成功实现大江截流,2024 年 2 月完成下闸蓄水,2024 年 6 月首台机组投产发电,2024 年 12 月全部机组投产发电,提前 1 年达成了投产发电的里程碑目标。

科技创新成果荣获国家级科技奖励 1 项和省部级奖励 20 项,成功完成 5 次科技成果的转化实施。在知识产权方面,申报并获得发明专利授权 11 项,实用新型专利 66 项,软件著作权 11 项以及外观专利 1 项。此外,还承担了华能集团的 5 个科研项目和 2 个标准技术导则的研发与实施,发表了 13 篇核心期刊论文,参与编制了 6 项企业级标准规范,并取得了 14 项 QC 成果。

5 结 语

TB 水电工程在建设过程中始终以高标准、严要求推进各项工作,积极探索并建立了一套符合自身特点的管理体系,充分利用智慧化手段,构建了全方位的智能化管控系统,有效保障了工程建设的安全性、绿色化和高效性,积极践行央企的责任担当,认真履行社会责任使命,致力于打造百千万工程,确保民生问题的有效解决,同时打造了中国华能集团首个实施绿色智能建造、工控系统全面国产化应用的标杆示范工程。实践证明,TB 水电工程的管理模式行之有效,极具推广价值,为公司基建项目建设打造出可复制、可借鉴的优质样板。

参考文献:

[1] 梁庚. 智能化水电建设与发展[J]. 水电与抽水蓄能, 2024, 10(5): 4. (LIANG Geng. Intelligent construction and development of hydropower and water conservancy [J]. Hydropower and Pumped Storage, 2024, 10(5): 4. (in Chinese))

[2] 穆秀英, 吴新. 澜沧江流域水电开发及其特点[J]. 电网与清洁能源, 2010, 26(5): 72-78. (MU Xiuying, WU Xin. Hydropower development and its characteristic of Lancang River Basin [J]. Power System and Clean Energy, 2010, 26(5): 72-78. (in Chinese))

(下转第 37 页)

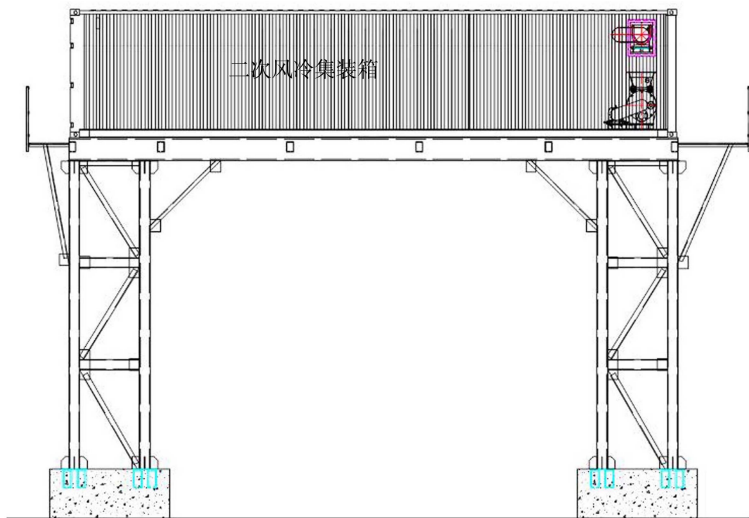


图 7 二次风冷设备布置示意图

3 结 语

混凝土系统是生产优质混凝土的重要保证,亦是确保工程建设工期的关键所在,TB 水电工程混凝土生产系统选址严苛,采用新技术、新设备在狭长的河谷上以空间换平面紧凑布置,设计思路整体合理。混凝土生产系统从 2022 年 3 月建成运行,在大坝混凝土浇筑过程中整个系统运行正常,4 座 HL270-2S4000L 强制式拌和楼实现月最高产量 23 万 m³、连续 5 个月产量高于 20 万 m³ 的预冷混凝土供应,给大坝连续浇筑上升提供了保障,加快了施工进度,并保证大坝碾压混凝土层间胶结质量良好。

参考文献:

[1] 董加利. 溪洛渡水电站高线混凝土系统[J]. 水电站设计,2013,29(1):28-31. (DONG Jiali. High line concrete

system of Xiluodu Hydropower Station [J]. Design of Hydroelectric Power Station, 2013, 29 (1): 28-31. (in Chinese))

[2] 李跃兴. 溪洛渡大坝工程高线混凝土系统设计[C]//水电工程混凝土施工新技术 2015. 北京:中国水力发电工程学会,2015:153-158.

[3] 李跃兴,于永军. 大坝混凝土制冷系统型式及制冷剂选择的研究应用[C]//四川省水力发电工程学会 2018 年学术交流会暨“川云桂湘粤青”六省(区)施工技术交流会论文集. 成都:四川省水力发电工程学会,2018:42-45.

[4] 荣玉玺,孔繁忠. 向家坝右岸 EL300 m 混凝土生产系统设计与生产运行[C]//第二届水电工程施工系统与工程装备技术交流会论文集(下). 北京:中国水力发电工程学会,2010:414-418.

(收稿日期:2024 - 09 - 23 编辑:熊水斌)

(上接第 5 页)

[3] 廖长茂. 水利工程建设施工过程当中的质量管理措施[J/OL]. 城市建设理论研究(电子版),2024(35):214-216. (LIAO Changmao. Quality management measures in construction process of water conservancy projects [J/OL]. Theoretical Research in Urban Construction, 2024 (35): 214-216. (in Chinese))

[4] 赵智勇,庞佳加,董罗钢,等. TB 水电站主厂房预留岩盖法开挖施工技术[J]. 云南水力发电,2024,40(增刊 2): 103-107. (ZHAO Zhiyong, PANG Jiajia, DONG Luogang, et al. Construction technology of reserved rock

cover excavation for TB Hydropower Station main building [J]. Yunnan Water Power, 2024, 40 (Sup2): 103-107. (in Chinese))

[5] 陈前仕,黄芳芳,郭勇军. 托巴水电站主体砂石加工系统设计及应用[J]. 水利建设与管理,2023,43(10):53-58. (CHEN Qianshi, HUANG Fangfang, GUO Yongjun. Design and application of main body sand and gravel processing system for Toba Hydropower Station [J]. Water Conservancy Construction and Management, 2023, 43 (10): 53-58. (in Chinese))

(收稿日期:2024 - 09 - 20 编辑:雷燕)