

TB 水电工程碾压混凝土大坝快速施工建设管理研究

刘金山,倪磊,李志,张天伟,何金龙

(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: TB 水电工程碾压混凝土大坝,混凝土浇筑工期仅 19 个月,刷新了国内外碾压混凝土大坝施工速度。近年来,碾压混凝土筑坝技术不断进步,机械化程度不断高堤,大坝混凝土浇筑工期一般为 3 年,而 TB 水电工程大坝在施工过程中,规划布置、快速跨廊道层施工等一系列先进技术及有效的管理手段,业主充分发挥主导作用,用时 19 个月就完成了大坝混凝土 225 万 m³ 的浇筑任务,且质量上乘,利用混凝土浇筑间歇期,在备仓仓面取出了 26.5 m 世界最长芯样。在 TB 水电工程碾压混凝土大坝施工中,业主主导实施通仓大斜层滚动浇筑技术、9.0 m 高升层施工、连续翻升浇筑、入仓方为大坝快速施工奠定了重要基础。工程实例证明,通过先进的技术、有效的管理,缩短了碾压混凝土大坝施工工期,为下闸蓄水、发电投产创造了先决条件,具有重要的工程实践意义。

关键词: 碾压混凝土高坝;快速施工;建设管理;TB 水电工程

中图分类号: TV523 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7647(2024)S1-0024-04

Research on rapid construction management of TB Hydropower Project crushed concrete dam//LIU Jinshan, NI Lei, LI Zhi, ZHANG Tianwei, HE Jinlong(*Toba Hydropower Engineering Construction Management of Huaneng Lancang River Hydropower Inc. , Diding 674608, China*)

Abstract: TB hydroelectric project roller compacted concrete dam, concrete pouring duration of only 19 months, a new domestic and international crushed concrete dam construction speed. In recent years, roller compacted concrete dam construction technology continues to progress, the degree of mechanization continues to be high, the dam concrete pouring period is generally 3 years, while the TB Hydropower Project dam in the construction process, the owner gives full play to the leading role in the time of 19 months on the completion of the dam concrete 2.25 million m³ of the pouring task, and the quality of the best, the use of concrete pouring intervals, the preparation of the silo bin surface taken out of the 26.5m world's longest The longest core sample in the world was taken out from the surface of the preparation bin during the break of concrete pouring. In the construction of TB Hydropower Project roller compacted concrete dam, the owner led the implementation of a series of advanced technology and effective management means, such as through the warehouse large oblique layer rolling pouring technology, 9m high rising layer construction, continuous tilting pouring, into the warehouse way planning arrangement, fast across the corridor layer construction, etc., which laid an important foundation for the rapid construction of the dam. Project examples have proved that through advanced technology and effective management, the construction period of the roller compacted concrete dam has been greatly shortened, which creates prerequisite conditions for water storage, power generation and commissioning, and is of great significance in engineering practice.

Key words: roller compacted concrete high dam; rapid construction; construction management; TB Hydropower Project

TB 水电工程位于云南省迪庆州维西傈僳族自治县境内,工程为一等大(1)型工程。枢纽建筑物主要由挡水建筑物、泄洪消能建筑物、右岸地下输水发电系统等组成,电站发电装机容量 1 400 MW,水库库容 12.15 亿 m³。挡水建筑物采用碾压混凝土重力坝,坝顶高程 1 740 m,坝顶长 475 m,最大坝高 158 m,混凝土总量 225 万 m³。坝体设置三层廊道、5 个竖井、4 个溢流表孔、1 个泄洪中孔、1 个生态孔。电站于 2020 年 1 月开工建设,2021 年 10 月截流,

2022 年 6 月首仓碾压混凝土开仓浇筑,2023 年 12 月大坝浇筑到顶,2024 年 2 月下闸蓄水,2024 年 6 月首台机组发电,2024 年 12 月全部机组投产发电,总工期 60 个月,其中大坝混凝土浇筑工期仅 19 个月。

在工期紧、任务重的不利条件下,碾压混凝土施工工期较短,这一方面得益于一系列先进的施工技术,另一方面也采取了多种有效的管理手段,因地制宜,统筹管理,如期实现了工期目标,取得了全坝段

作者简介:刘金山(1968—),男,正高级工程师,主要从事水利水电工程建设及智慧化研究。E-mail:652210948@qq.com

连续5个月平均升层14m,单仓最大升层18m,年升层高度126m,日浇筑强度1.13万m³,月浇筑强度23万m³,备仓期间取出26.5m世界最长芯样的里程碑式成就。本研究对TB水电工程碾压混凝土大坝建设全过程进行全时空分析,全面研究了通仓大斜层滚动浇筑、9m高升层、连续翻升浇筑先进技术,并展示了阶段性开展管理提升、党员攻关、日生产安排会等有效管理手段,这两方面一体推进了大坝的建设进度,对工程建设具有极为重要的现实指导意义^[1]。

1 深挖症结,剖析原因,破解瓶颈

TB水电工程发电工期调整后,相较于可研阶段,总工期优化22个月,其中主体工程工期优化10个月;相较于招标阶段,总工期优化9个月,其中主体工程工期优化6个月。大坝工程为关键线路,施工工期异常紧张,且相应的砂石系统、混凝土拌和系统均与调整后的工期要求极不匹配,大坝快速施工难度加剧。为此,业主充分发挥主导作用,靠前指挥、身先士卒,组织参建单位各方力量梳理存在问题、深挖症结、剖析原因、逐一破解,为碾压混凝土大坝快速施工提供了有力保障^[2]。

1.1 针对砂石骨料生产及供应不足的问题

a. 业主牵头成立攻坚小组,开展砂石加工系统“管理提升攻关活动”。成立的组织机构制订实施方案,确定攻关课题及具体实施措施,每日开展“碰头会”、每周召开提升工作周例会,检查、安排、推动每一项工作落实落地。经持续提升,砂石加工系统实际产能达到60.04万t/月,是设计产能37.4万t/月的180%,连续5个月产量超50万t,满足了电站建设需求。

b. 投标阶段系统单班生产时长为7h,每天2班即14h/d。电站建设工期调整后,延长单日生产时长,每天不低于18h,以时间换产量。

c. 常规日保养需4~6h,月大修需连续3~5d。通过增加检修人员等措施,将日保养缩短至2~4h,加上设备、人员全天待命,系统出现突发故障时迅速开展抢修,大幅缩减了停机时间,同步对达到疲劳强度的设备、易损件进行及时更换,将每月大修时间化整为零,消除每月停机集中检修的影响。

d. 根据产量换算易损件的需求量,再按1.5倍系统增加备品备件,避免因零配件短缺导致无法修复的情况。与此同时,与邻近砂石项目建立联动机制,偶然故障事件急需的设备、材料可及时拆借、调用,以提高系统运行保障率。

e. 开展砂石系统技术咨询活动,研究制定了提

高常态砂产量的具体措施:增加棒磨机钢棒量、延长棒磨机生产时长、新增成品常态砂专项输送皮带机,解决了常态砂与碾压砂不能同时生产的问题。大坝进入上部结构,常态混凝土浇筑强度增大,特别是溢流面、闸墩骨料质量要求高,而砂石系统合同内没有生产水洗砂,石粉含量达17%,试验显示,溢流面混凝土常态砂石粉含量应控制在14%左右。为此,攻坚小组制订了技改方案,增设了轮式洗砂机,将碾压砂进行水洗以满足质量要求,增设了常态砂输送皮带,增设了常态脱水砂仓及脱水设施,实现了日产常态砂3000t的生产供应能力,满足了现场常态混凝土浇筑需求。

1.2 针对拌和系统拌制强度低的问题

a. 指导施工单位调整拌和系统运行管理模式,整合资源,按专业分班组管理,建立激励考核机制并执行日碰头会制度。

b. 制定激励机制,员工收入采用基本工资加效益工资,与混凝土生产量挂钩、与安全文明施工及环保考核挂钩。

c. 实施日碰头会制度,即每天下午召开碰头会,检查工作落实情况,安排第二天工作任务。

d. 各项工作管细管实,实现了拌和系统拌制能力从350m³/h提升到500m³/h,满足现场混凝土浇筑强度需求,最高日浇筑量达1.13万m³。

1.3 针对大坝温控难的问题

a. 业主牵头成立了温控工作小组,强化温控小组工作,明确其职能,执行周例会制度。详细梳理“温控一条龙”管理措施,从拌和楼骨料预冷、混凝土运输、浇筑仓面小气候、通水冷却、保温养护等全过程和各环节共同发力。

b. 拌和系统成立了制冷班组、检修班组,要求制冷设备厂商进驻现场,持续调试设备,将设备性能充分发挥。在调节料仓、上楼皮带桁架的侧面及顶面粘贴橡塑海绵,缝隙处喷发泡剂填充,减少温度损失;加强料仓补料管理,及时补料以延长粗骨料预冷时间;在拌和楼砂仓增设冷却水管,通制冷水将砂降温,该措施为全国首创。

c. 对冷水机组进行扩容,设备从40m³/h增加到80m³/h,通过设备调试、扩容,冷水温度从7~8℃降至2~3℃。

d. 大坝温控一、二、三期同步通水,截至目前,全坝平均温度22.0℃,上部混凝土浇筑过程中即可开展下部混凝土水管回填及一期蓄水范围内的岸坡接触灌浆。

1.4 针对混凝土入仓手段不足的问题

众所周知,自卸汽车直接入仓是碾压混凝土施

工最便捷最高效的方式,但电站地势陡峭,仅规划了1条上坝中线道路、左右岸坝顶公路,严重制约混凝土浇筑。经反复研判,系统规划了混凝土入仓方案,即左岸:1 614.0 m 以下基坑填路汽车直接入仓;1 614.0~1 645.0 采用1 651.0 m 中线公路末端架设满管溜槽入仓;1 645.0~1 708.5 m 利用1 682.0 m 马道拓宽形成道路,汽车直接入仓;1 708.5~1 738.5 m 采用坝顶满管溜槽入仓。右岸:1 635.0 m 以下基坑填路汽车直接入仓;1 635.0~1 667.0 m 满管溜槽入仓;1 667.0~1 698.0 m 上游胶带机入仓;1 698.0~1 738.5 m 满管溜槽入仓。其中,利用左岸1 682.0 m 马道扩宽,增设左岸中线入仓道路,将仓内21、20、19、18号坝段通过浇筑斜坡路连通,使仓面与1 682.0 m 道路保持连通,在近坝端通过分阶段垫高道路,再与1 682.0 m 入仓路连接,解决了1 657.0~1 708.5 m 高程范围的混凝土入仓问题,实现汽车直接入仓控制浇筑51.5 m 坝高范围,既保障了浇筑强度需求,又保证了层间结合质量,还方便备仓材料汽车运输入仓,大幅加快大坝浇筑进度,仅增设次道路,节约工期55 d。

经统计,汽车直接入仓浇筑高程范围达116.5 m,占全坝的74%。表1为大坝混凝土入仓方案表。

1.5 针对现场生产组织的问题

水电行业碾压混凝土大坝施工多采用3 m 或6 m 升层,以6 m 为例,平均备仓时间7~10 d,浇筑5~6 d,平均15 d/(仓·6 m)。然而,电站工程工期紧、施工难度大,需跨3层廊道、结构复杂,为此实施了如下举措:

a. 创新性实施“碾压混凝土通仓大斜层滚动浇筑”技术,将冷升层间歇期由8 d 缩短至2 d,大幅加快施工进度。通仓大斜层滚动浇筑是将可以并仓的坝段尽量合并为一个仓号,采用端退法,分为浇筑开仓上平段、斜坡段、下平段、备仓段,开仓端备仓完成即可开仓浇筑(一般4个坝段),其余坝段在开仓端浇筑过程中同步备仓,浇筑范围紧随备仓推进,过程中进行全工序验收,实现左右方向边备仓、边浇筑的目的,且高程方向也可边浇筑边翻模、边安装钢筋,实现9 m 甚至更高升层。整仓收仓后,起浇端下一循环的备仓基本完成,可重新开启新的一个升层

浇筑,如此循环施工,形成流水作业,逐层连续上升,从而实现连续滚动浇筑,浇筑时间连续、混凝土入仓强度低、各辅助系统生产均衡、月浇筑量更大,综合效率高,备仓间歇期仅2 d,加快施工工期。

b. 布置3层廊道,采用“仓外拼装+仓内组装”快速跨廊道层施工,19 d 完成跨廊道层施工,水电行业跨廊道层平均工期30 d/层。TB 水电工程大坝跨3层廊道节约工期55 d。

c. 中孔门槽直埋技术。坝体混凝土浇筑备仓过程中将门槽轨道直接安装、加固到位,与坝体混凝土一次浇筑成型,省去了常规方案(预留门槽插筋、吊装门槽轨道、浇筑二期混凝土的工序)。经测量复核,施工精度满足设计及规范要求。

d. 预制混凝土牛腿模板。根据牛腿体型、配筋要求,提前预制20 cm 厚的牛腿模板,部分结构钢筋植入预制牛腿。现场备仓安装模板时,直接利用预制混凝土模板代替常规钢模板,并将预留钢筋茬子与结构钢筋焊接连接,通过仓内预埋型钢加固混凝土模板,确保安装稳固。牛腿一次浇筑成型,免去了常规牛腿施工模板安装、拆模以及为此搭设施工安全平台等工序。

e. 低温季节采用连续翻模高升层施工技术,单仓最高升层18 m,省去备仓间歇时间。开仓前,先备仓完成6 m 升层的相应工作,共3层模板,未浇筑的2层、已浇筑的1层。浇筑达4.5 m 高时开始翻模,将上一仓的3 m 模板翻升至最顶上,同一部分翻模时间控制在3 h 内完成,且混凝土面上铺设彩条布,既防晒保湿,又避让污染。相应的钢筋、止水等工序依次完成,如此循环,实现持续翻升浇筑,大坝单仓最高升层18 m。

f. 岸坡采用两阶段固结灌浆。大坝混凝土尚未浇筑起来时,在较高高程的岸坡上,提前实施岸坡固结灌浆,预留2~3 m 基岩,将深孔部分进行无盖重灌浆,预埋引管,待坝体混凝土浇筑后,再通过预埋管进行第二阶段有盖重灌浆,因此灌浆工作不占混凝土浇筑工期。

g. 管理创新,开创了“双仓总”制管理制度,即备仓仓面总指挥,浇筑仓面总指挥负责制,所有指令有仓总下达,理清管理体系,提高工作效率。

h. 总结印制《碾压混凝土工艺提升35条(应知

表1 大坝混凝土入仓方案

阶段	施工时段	左岸		右岸	
		高程/m	入仓方式	高程/m	入仓方式
第一阶段	2022-05—2023-01	1 582~1 614	基坑填路,汽车直接入仓	1 582~1 635	基坑填路,汽车直接入仓
第二阶段	2023-01—2023-03	1 614~1 645	1 651 m 满管溜槽	1 635~1 667	1 667 m 满管溜槽
第三阶段	2023-03—2023-09	1 645~1 708.5	1 682 m 道路,汽车直接入仓	1 667~1 698	上游1 699 m 胶带机
第四阶段	2023-09—2023-12	1 708.5~1 738.5	1 740 m 满管溜槽	1 698~1 738.5	1 740 m 满管溜槽+胶带机

应会)》《混凝土备仓及浇筑质量控制简明指导书》口袋书,并在项目部、作业班组之间全覆盖宣贯、交底。施工过程中监督、落实“三刀五平”平仓工艺、落实“三推四碾”条带作业工艺。加强“固化工艺、固化流程、固化班组、固化工器具”管理,提升管理水平。

i. 开展大坝“勠力同心战百日勇毅决胜1687m”攻坚活动,按专业分成9个小组,分别负责大坝标各项工作的推进,每日中午12:00~13:00在现场指挥中心召开“日生产安排会议”,安排部署各组具体工作并检查前一日工作完成情况,以日保周,每周一下午召开生产周例会,通过上述措施等综合管理手段,6月底实现了大坝1687.0m目标,按期完成公司下达的建设任务。

j. 开展“固化工艺提质量,大坝溢流面施工日碰头会”工作制度,成立大坝溢流面混凝土施工质量管控小组。每天上午10:30在左岸1740.0m智慧指挥中心召开碰头会。会议由西北咨询TB监理主持,业主工程部、安全质量环保部、施工单位等单位相关人员参会,主要检查前一天议定事项落实情况;安排部署当天溢流坝段生产施工重点工作;对大坝施工中存在的质量、安全风险进行研判并制定防范对策;对与下闸蓄水相关的其他关键项目/事项进行讨论、部署和安排。

k. 打响“决胜四季度并冲刺1740m”攻坚战,通过工程任务梳理、责任分解、定人定岗,锚定年底大坝浇筑到顶的目标。做好大坝施工安全管控、质量策划,做好下闸蓄水各项准备工作。

l. 业主带头执行夜间值班制度,督促参建单位领导值班,提高夜间施工效率,并牵头开展阶段性攻坚活动。

2 取得的成果

电站取得了一系列里程碑式的成就:

a. 大坝质量上乘,在备仓过程中利用浇筑间隙期,成功取出26.5m的世界最长碾压混凝土芯样;创造了全坝1月上升15.3m、连续4个月平均上升14.0m、1年上升126.0m的大坝混凝土浇筑纪录。

b. 创新实施了澜沧江流域“通仓大斜层滚动浇筑”碾压混凝土大坝施工技术;成功实施了9.0m升层、单仓18.0m升层碾压混凝土浇筑;“仓外预组装+仓内拼装”19d快速跨廊道层施工;编制了斜层碾压混凝土施工工法;开创了“双仓总”制管理制度,即备仓仓面总指挥,浇筑仓面总指挥负责制;总结印发了《碾压混凝土工艺提升35条(应知应会)》《混

凝土备仓及浇筑质量控制简明指导书》口袋书,并在监理单位、施工单位项目部及作业班组间全覆盖宣贯、交底;监督落实了“三刀五平”平仓工艺、落实“三推四碾”条带作业工艺;加强了“固化工艺、固化流程、固化班组、固化工器具”管理,提升管理水平。

3 结 语

TB水电工程大坝工程建设充分发挥了业主的主导作用,把握好全局和局部、当前和长远、宏观和微观、主要矛盾和次要矛盾,针对电站施工中的关键问题、难点问题、牵一发而动全身的问题进行研究思考,提出了有效破解问题的主攻方向、思路举措、方法路径,不断开创工作新局面。大坝施工是一个高度耦合、系统集成的统一整体,各个部分和各个环节紧密联系、相互作用。对“表现在基层、根子在上面”和单靠基层难以解决的问题,对涉及多个部门或多个单位的问题,各级管理人员主动认领、统筹谋划,层层压实责任,形成了上下协同攻坚的强大合力,整体性推动问题解决。建设按照集团公司“高质量、高速度、低造价”基建方针和“安、快、好、省、廉”基建管理总体要求,落实了澜沧江公司“高标准、严要求、重效益、敢创新”的管理理念,建设成“精品工程、智慧工程、绿色工程、廉洁工程”等集团新建水电标杆工程,为公司上游电站建设总结形成成功经验、管理模式,可推广应用。

参考文献:

[1] 樊启祥,洪文浩,汪志林,等.溪洛渡特高拱坝建设项目管理模式创新与实践[J].水力发电学报,2012,31(6):288-293.

[2] 田育功.碾压混凝土快速筑坝技术[M].北京:中国水利水电出版社,2010.

(收稿日期:2024-09-20 编辑:高虹)

