

固增水电站首部枢纽右岸混凝土优化施工技术研究

王 军 红，何 磊

(中国水利水电第七工程局有限公司，四川 成都 610213)

摘 要:固增水电站采用 EPC 总承包模式，首部枢纽右岸混凝土施工因多方面原因优化了塔基和门机等大型辅助设备吊装作业，将 2#、3# 泄洪闸顶部预制板梁改为现浇施工并需在规定的工期内保质保量完成。固增水电站右岸混凝土施工优化了设备选型和混凝土浇筑工艺，采用灵活运用和快速施工，为类似工程积累了宝贵的施工经验，具有借鉴和参考价值。

关键词:固增水电站；溜槽；悬臂支撑；防掏墙；现浇梁；混凝土优化施工技术

中图分类号:TV7；TV52；TV53+6 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)06-0057-03

Study on the Right Bank Concrete Optimization Construction Technology at the Headworks of Guzeng Hydropower Station

WANG Junhong; HE Lei

(Sinohydro Bureau 7 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610213)

Abstract: Guzeng Hydropower Station adopts EPC general contracting mode. Due to various reasons, the concrete construction on the right bank of the headworks is optimized including the hoisting operation of tower foundation, gantry crane and other large-scale auxiliary equipment. The prefabricated slab beams on the top of 2# and 3# flood sluices are replaced by cast-in-place construction, which needs to be completed with quality and quantity within the specified construction period. The right bank concrete construction of Guzeng Hydropower Station optimizes the equipment selection and concrete casting process, adopts flexible application and rapid construction, and accumulates valuable construction experience for similar projects, which has reference value.

Key words: Guzeng Hydropower Station; chute; cantilever support; anti-erosion wall; cast-in-place beam; concrete optimization construction technology

1 概 述

固增水电站首部枢纽右岸混凝土主要包括 2# 和 3# 泄洪闸、2# 和 3# 挡水坝段、5# 和 6# 铺盖及与之相对应的下游护坦、海漫和二期纵向围堰，混凝土量为 23 860.5 m³，钢筋 775.168 t。闸墩现浇梁分为交通梁(L1、L2)、监测沟梁、门机轨道梁、电缆沟梁、油管沟梁与人行梁。其中人行梁布设于泄洪闸高程 2 212 m 平台，其余梁板及沟梁布设于高程 2 217 m 平台，所有梁板与沟梁跨度均为 6 m。交通梁 L1 的厚度为 0.3 m，宽度为 2.98 m；监测沟梁的尺寸为 1 m×0.7 m，壁厚 0.2 m；门机轨道梁分两期浇筑，轨道埋设于二期混凝土内，一期混凝土厚度为 0.8 m，宽度为 0.6 m；交通梁 L2 的厚度为 0.3 m，宽度为 1.11 m；电缆

沟梁的尺寸为 0.8 m×0.8 m，壁厚 20 cm。首部枢纽闸墩、闸墩胸墙及挡水坝均设置有牛腿结构，其中闸墩及挡水坝段上游牛腿高度为 4 m，延展宽度为 2 m，挡水坝段下游牛腿高度为 5.5 m，延展宽度为 2.5 m。

固增水电站施工的主要技术特点及难点：

- (1) 闸室底板混凝土量较大，仓面面积大，泵送混凝土浇筑较慢。
- (2) 表面 40 cm 厚硅粉混凝土与底部低级配同仓浇筑混凝土表面易产生裂缝。
- (3) 二级配混凝土浇筑振捣时间难以控制，易出现过振和漏振。
- (4) 汛期泄洪闸孔已过流，上部现浇梁结构混凝土模具加固困难。
- (5) 大型设备塔基、门机使用工期短，成本高，

收稿日期：2019-11-01

利用价值低。

2 固增水电站施工采用的关键技术

2.1 溜槽施工关键技术

首部枢纽右岸混凝土闸室底板、护坦和海漫等结构位于高程 2 200 m,仓号结构简单,面积较大,浇筑方量较大,泵机入仓效率相对较低。经设计人员现场勘探后优化,将右岸结构混凝土左侧设为一期导流纵向围堰,高程为 2 205 m,具备单车道通行能力。沿导流明渠右侧坡面间隔 10 m 布设了一道溜槽,将溜槽角度控制在 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$,溜槽下部端头为活动式,可转动,距浇筑混凝土面的距离不大于 $1.5\text{ m}^{[2]}$ 。为防止骨料分离,试验室根据现场实际情况调整了配合比,将塌落度调配为 160~180 mm,下料前首先要求混凝土罐车快速反转 2 min 以保证骨料分布均匀。在溜槽内添加水泥浆液以保证溜槽湿润。混凝土刚开始卸入溜槽时将速度控制成较慢、防止堵塞。待混凝土穿过溜槽到仓号时可加快罐车的转动速度以保证快速卸料。运输罐车须保持连续性,将两台罐车的间隔控制在 5 min 之内。

调整溜槽的入仓方式取得了成功并优化了其他设备的使用。经统计,泵送混凝土入仓 10 m^3 一车料正常时需要 20 min,加上附加接拆泵管、泵送过程中偶尔堵泵消耗的时间,共消耗了 23 min。而采用溜槽入仓仅需 6 min,浇筑一仓混凝土可节省时间 4 h。加快了施工进度,为当年 5 月底完成防汛目标赢得了宝贵的时间。

2.2 高标号 40 cm 厚硅粉混凝土施工关键技术

将 2#、3#泄洪闸底坎上下游流道钢衬优化为 C40W4F50,且上游铺盖下游护坦面层均为 C40W4F50、厚 40 cm 硅粉混凝土,40 cm 以下为 C25W4F50 常态混凝土。浇筑过程中,无论同仓浇筑或分仓浇筑,施工后发现硅粉混凝土易产生表面裂缝。经分析得知,硅粉混凝土的早强性能会使终凝时间提前且出现塑性开裂和早期干缩的机率比普通混凝土高很多。在高温、低湿度、高风速情况下浇筑硅粉混凝土时因塑性开裂和早期收缩而产生裂缝。

通过对施工现场的观察分析得知:首部枢纽在每天 16~22 时温度较高,温差与风速大,浇筑混凝土收面 10 min 后其表面形成假凝现象,类似于鸡蛋壳,外部初凝厚度不到 1 cm,内部完全未

凝。经过 20 min,其表面开始产生龟裂,裂缝随时间发育较快。因其下部未凝、工人无法抹面且需要完全抠出表层假凝重新抹面给施工造成了严重困难。22 时至次日 14 时温度相对恒定,无风,故将浇筑硅粉混凝土的时间选择在 22 时到 14 时之间。混凝土入仓等待 5 min 后先初振捣一遍,等待 15 min 复振一遍,采用木抹子撮平提浆,浆液不易过多,采用土工布及时覆盖,顶部润湿,在初凝前 10 min 压光精抹,继续覆盖土工膜润湿,当手部感觉到混凝土表面有温度热感后加大洒水量散热 2 d,温度降低后减少洒水,保湿即可^[3]。

钢衬优化浇筑高标号抗冲耐磨硅粉混凝土节省了施工时间和难度,浇筑振捣密实,提高了产品质量,杜绝了钢衬焊接和底部浇筑不密实等问题。采用上述施工工艺后硅粉混凝土表面裂缝相对减少了 85%,提高了混凝土浇筑外观质量,减少了缺陷修补工作。

2.3 二级配混凝土浇筑振捣关键技术

右岸浇筑二级配混凝土采用罐车运输、溜槽或泵送入仓,塌落度控制在 160~180 mm,入仓混凝土流动性较好,振捣容易引起过振或漏振。

经振捣试验得知,每层混凝土厚度应不超过振动棒长度的 1.25 倍,二级配混凝土入仓不及时振捣,等待 15 min 后进行初振,振捣效果为泛浆但粗骨料不下沉,每棒时间不超过 10 s,以保证浆液与粗骨料均匀。间隔 15 min 进行二次复振(在下层混凝土初凝之前),应插入下层中 5 cm 左右以消除两层之间的接缝,移动间距不宜大于振捣器作用半径的 1.4 倍,振捣器与模板的距离不应大于振捣器作用半径的 0.5 倍,且不宜紧靠模板振动,应尽量避免碰撞埋件等^[4]。振捣时间以 20~30 s 为宜,混凝土表面呈水平并出现均匀的水泥浆且不再冒气泡、不显著下沉、表面要见少量粗骨料均匀分布。

通过技术总结,二级配混凝土振捣时间参数明确,使所浇筑的混凝土粗细骨料分布均匀,解决了漏振和过振问题,保证了施工质量。

2.4 防掏墙施工关键技术

护坦末端齿槽高程为 2 192~2 184 m,基坑大面高程为 2 189.5 m,需靠近导流明渠纵向围堰切脚开挖齿槽,但按此方案施工会造成导流明渠纵向围堰垮塌,给导流明渠安全运行造成威胁,无

法施工钢筋和混凝土浇筑。

经研究后对靠近纵向围堰坡脚的部位浇筑了 3 m 高的贴坡混凝土以加强该段纵向围堰底部的稳固程度。将靠近围堰长 6.8 m 段的齿槽改为深 6 m 的防掏墙,采用冲击钻开孔形成宽 0.9 m 的槽段,预制了 $\Phi 25$ 的双层钢筋网片吊入安装,槽段验收后浇筑 25W4F50 水下自密实混凝土,防掏墙顶部预埋 $\Phi 25$ 钢筋锚入护坦以保证结构的整体稳定。

通过技术手段优化了靠近导流明渠纵向围堰深齿槽的开挖,采用防掏墙施工保证了导流明渠安全运行,使右岸基坑混凝土浇筑按期完成。

2.5 上部现浇梁结构施工关键技术

右岸 2 #、3 # 泄洪孔净宽 6 m,顶部梁初设为预制结构。但因缺乏预制场地且大型吊装设备操作空间不足,经与设计单位研究后优化为现浇混凝土结构。

结合梁结构计算,在梁底部高程以下 1.8 m 埋设了 I16 工字钢,长度为 9 m,闸墩锚固 1.5 m,间距 60 cm,至少两排(两排可提供操作空间),可根据梁的宽度增加。工字钢与梁之间搭设间排距为 60 cm $\times$ 60 cm 的满堂脚手架,脚手架搭设八字形剪刀撑以减小梁中间的荷载。工字钢底部搭设斜撑,将一跨简支梁等分为三跨,减少了工字钢中间的荷载。将浇筑混凝土塌落度调整为 140~160 mm,采取从中间到两端分层浇筑的方式,将上层浇筑时间控制在下层初凝前 20 min,防止浇筑速度过快影响到底部支撑受力不均匀破坏^[5]。

经过技术总结分析后进行的设计优化,泄洪闸顶部交通梁、监测及电缆沟梁、门机轨道等梁一天内全部浇筑完成,从工期和成本方面为项目部赢得了效益。

2.6 资源优化调整

固增水电站右岸混凝土原计划布设 C7050 塔基一台,在二枯施工时转移至左岸,下游护坦施工时布设一台门机。考虑到右岸主要混凝土工程量为 23 860.5 m³,钢筋 775.168 t。首部枢纽位置木里河河道狭窄,两岸陡峭。施工模板为 P3015 和 P6015,少量为 P1015 组装,工程量不大。混凝土浇筑采用溜槽或泵机施工,塔基和门机主要为

钢筋吊装作业。

根据现场地理位置和工程量分析,经技术优化后取消了塔基和门机,2 #、3 # 泄洪闸底板和护坦结构钢筋、模板等材料通过下游下基坑道路直接运输至仓号供施工。铺盖材料由上游下基坑道路运输到仓号旁边。2 #、3 # 泄洪闸高程 2 202~2 210 m 段材料可运输到导流明渠二期纵向围堰闸室附近,搭设通道,由人工搬运至仓号。2 #、3 # 泄洪闸上部高程 2 210~2 217 m 段的材料顺右岸 S216 线道路运输到 2 #、3 # 挡水坝段,人工搬运并安装。

通过上述技术优化,右岸混凝土浇筑材料吊装以装载机和卡车为主、人工搬运为辅,未影响到施工进度。通过测算,相对于塔基和门机运输吊装材料,周转成本降低了 75%。

3 结 语

固增水电站充分体现了 EPC 总承包模式具有的特点,目前首部枢纽右岸主体结构已施工完成。总承包部结合现场实际情况进行了技术优化,将泄洪闸流道钢衬优化为高标号抗冲耐磨混凝土;将泄洪闸顶部预制梁优化为现浇梁;经现场试验总结,掌握了二级配和高标号混凝土施工技术;优化了塔基、门机等大型辅助设备,合理利用了已有交通道路设施。通过加强现场施工组织和工序紧密衔接,使右岸混凝土浇筑按节点目标顺利完成,从成本和效益上为固增水电站左岸施工及类似工程提供了参考。

参考文献:

- [1] DL/T5144—2015,水工混凝土施工规范[S].
- [2] 李晓峰.大高差混凝土溜槽运输法施工[J].建筑工人,2000,21(4):20—21.
- [3] 刘世哲,张洪毅,周 扬.溪洛渡水电站水垫塘底板抗冲耐磨混凝土施工技术[J].水力发电,2013,39(8):23—26.
- [4] 王三虎,赵宝松,蔺家坝闸门槽二期混凝土施工方法[J].治淮,2000,49(7):18—19.
- [5] JTG/TF50—2011,公路桥涵施工技术规范[S].

作者简介:

王军红(1985-),男,甘肃定西人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与质量管理工作;
何 磊(1997-),男,陕西咸阳人,从事水利水电工程施工技术与质量管理工作。

(责任编辑:李燕辉)