

钢模台车在巴塘水电站导流洞渐变段中的应用

张显为, 丁善锋, 刘文明

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

摘要:巴塘水电站导流洞渐变段顶拱受不良地质条件的影响出现了塌方, 由于工期紧, 若采用传统平面大模板浇筑边墙的方式其施工工期不能够满足导流目标要求。阐述了该工程应用钢模台车成功地完成导流洞进口渐变段边墙混凝土衬砌施工的过程, 较平面大模板节约工期 6 d, 其混凝土外观质量优于平面大模板衬砌渐变段边墙混凝土, 不仅节约了施工成本, 而且为灌浆争取了时间, 所取得的经验可为类似工程借鉴。

关键词:巴塘水电站; 钢模台车; 渐变段; 衬砌混凝土

中图分类号: TV7; TV52; TV53+4; TV554

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2023)03-0040-04

Application of Steel-shuttering Trolley in the Transition Section of Diversion Tunnel of Batang Hydropower Station

ZHANG Xianwei, DING Shanfeng, LIU Wenming

(Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610066)

Abstract: The top arch of the transition section of the diversion tunnel of Batang Hydropower Station collapsed due to the adverse geological condition. Due to the tight construction schedule, the diversion target couldn't be complete if the traditional flat large formwork to pour the side wall were used. This paper expounds that the concrete lining construction of the side wall of the inlet transition section of the diversion tunnel in this project was successfully completed, and 6 days were saved compared with the flat large formwork lining plan. The appearance and quality of the concrete is better than the flat large formwork plan. The application of steel-shuttering trolley not only saves the construction cost, but also saves the time for the grouting. The obtained experience can provide reference for similar projects.

Key words: Batang Hydropower Station; steel-shuttering trolley; transition section; lining concrete

1 概述

巴塘水电站位于四川省和西藏自治区的界河——金沙江上游河段, 其右岸为西藏自治区昌都地区芒康县, 左岸为四川省甘孜藏族自治州巴塘县, 是金沙江上游河段十三级水电梯级开发中的第九级电站。巴塘水电站以发电为主, 装机容量为 750 MW, 为 II 等大(2)型工程, 正常蓄水位高程为 2 545 m。

巴塘水电站导流洞为有压隧洞, 属于特大型隧洞, 隧洞全长 808.98 m, 其进口渐变段长 25 m, 受进口边坡不良地质条件的影响, 将进水塔向金沙江侧平移了 10 m, 进口渐变段桩号范围为导 0+010.0~导 0+015.0。渐变段开挖断面尺寸由 20.20 m×19.05 m 渐变至 16.20 m×18.05 m。

隧洞围岩均为 V 类围岩。渐变段衬砌成型后的断面尺寸由 16 m(宽)×14 m(高)渐变至 12 m(宽)×14 m(高)。导流洞标准段断面型式为城门洞型, 衬砌成型后的断面尺寸为 12 m(宽)×14 m(高)。

在开挖过程中, 渐变段桩号导 0+002.0~导 0+007.0 段顶拱受不良地质条件的影响出现了塌方, 其塌腔最大高度约为 6 m, 该段塌方的处理严重影响到导流洞渐变段的施工进度。若采用传统平面大模板浇筑直边墙的方式将直接影响到导流目标的实现。为此, 急需寻找一种快速、适用的施工方法解决所出现的问题。阐述了项目部对采用钢模台车的可行性进行的分析研究与应用过程。

2 采用钢模台车衬砌渐变段的可行性分析

该导流洞进口渐变段原设计为 25 m 长一

收稿日期: 2023-03-18

段,为利用钢模台车衬砌渐变段直边墙,经项目部与设计单位沟通和讨论并参照该工程泄洪放空洞进口渐变段结构在导流洞进口渐变段分流墩尾桩号处设置结构缝,并在结构缝处设置了一道651型橡胶止水。优化后的渐变段划分为两段:第一段长15 m,边墙成型后其高度为14.00~11.82 m;第二段长10 m,边墙成型后其高度为11.82~11.00 m。笔者从分仓、转弯、工期等方面进行了分析。

(1)因治理导流洞进口渐变段顶拱塌方,标准段混凝土自第4仓开始向下游进行衬砌,即钢筋台车位于钢模台车下游。为了节约剩余3仓标准段钢筋安装所需搭设脚手架的费用,应先将钢模台车行走至渐变段再进行剩余3仓标准段钢筋的安装。此时渐变段和上游标准段底板混凝土已全部施工完成,具备钢模台车行走至渐变段并衬砌渐变段直边墙的条件。研究考虑了利用剩余上游标准段3仓边顶拱安装钢筋期间进行渐变段直边墙混凝土衬砌,待渐变段边墙混凝土衬砌完成后不再利用钢模台车衬砌剩余3仓标准段边顶拱混凝土,故采用钢模台车衬砌导流洞进口渐变段边墙混凝土对标准段的衬砌工期影响较少^[1]。

(2)标准段每仓混凝土的长度为12.10 m,边墙成型后其高度为11 m,钢模台车的有效衬砌长度为12.2 m,基本满足导流洞进口渐变段边墙混凝土的衬砌条件。第一段渐变段直边墙在钢模台车的一端增加了4层、3 m(宽)×3.3 m(高)平面大模板,渐变段直边墙的衬砌高度为11 m,剩余直边墙的高度3.00~0.82 m与顶拱混凝土同时浇筑。第二段渐变段利用钢模台车10 m长,渐变段直边墙的衬砌高度为10.8 m,剩余边墙的高度1.02~0.20 m与顶拱混凝土同时浇筑。

(3)在钢模台车衬砌渐变段直边墙时,钢模台车的另一侧行走机构与渐变段分流墩过流面的最小距离为0.42 m,即渐变段分流墩在未浇筑前不影响钢模台车的行走。经三维模拟表明:钢模台车在直线段向进口渐变段转弯行走能够满足钢模台车的转弯要求,其转弯半径小于200 m,转弯角度为4.6°。

(4)巴塘水电站导流洞进口渐变段属特大型断面洞室,采用传统平面大模板衬砌渐变段直边墙共为8仓,需定制或租用平面大模板170 m²,进场约30名作业人员,需配置1台25 t汽车吊。

该渐变段直边墙混凝土分4层、左右边墙同时浇筑,每层计划用时4 d,总历时不小于16 d,工期较长。采用钢模台车衬砌渐变段直边墙共分4仓,不需新进场周转材料、作业人员和设备,可利用钢模台车混凝土衬砌作业人员完成。该渐变段直边墙每段1仓混凝土浇筑完成,其中第一段单侧边墙计划用时3 d,第二段单侧边墙计划用时2 d,总历时共10 d。

综上所述,采用钢模台车衬砌导流洞进口渐变段直边墙混凝土理论分析可节约工期6 d,该方案技术可行、导流目标工期的实现更有保障。

3 渐变段边墙混凝土施工

3.1 施工顺序

在渐变段顶拱塌方处理和石方开挖完成后,立即启动了渐变段底板混凝土和标准段剩余3仓底板混凝土施工。但因钢筋台车布置在钢模台车下游,在安装剩余标准段边顶拱钢筋时,钢模台车需停放在渐变段内。为压缩混凝土衬砌工期,减少不必要的人员窝工,在使用钢模台车衬砌渐变段直边墙混凝土时,同时进行剩余标准段边顶拱钢筋的安装^[2]。钢模台车衬砌渐变段的平面施工顺序见图1。

3.2 施工工艺

渐变段和剩余标准段底板混凝土施工完成后,钢模台车行走至渐变段。渐变段混凝土施工工艺见图2。

3.3 轨道的布置与台车行走

3.3.1 轨道的布置

导流洞进口渐变段采用钢模台车衬砌,渐变段左右直边墙混凝土过流面距离行走轨道1.85 m,枕木采用双拼20a工字型焊接而成,参照“火车人字岔道”铺设钢模台车的行走轨道。钢模台车沿标准段与渐变段右侧过水水道铺设的轨道行走至渐变段右侧直边墙仓位,渐变段右侧直边墙浇筑完成后,钢模台车退回到标准段仓位。钢模台车按此方案往返于标准段和渐变段,进而实现了采用钢模台车衬砌渐变段左右直边墙混凝土的目标。

3.3.2 台车行走

导流洞标准段与进口渐变段底板纵坡坡比均为0.5%,由钢模台车自带动力行走,不需要外力辅助。当轨道铺设和底板混凝土抗压强度满足钢

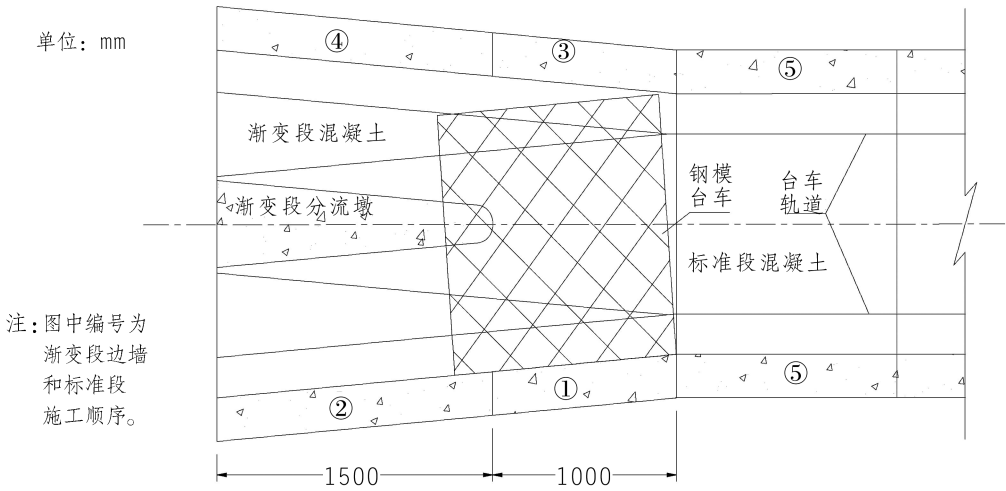


图 1 钢模台车衬砌渐变段平面施工顺序图

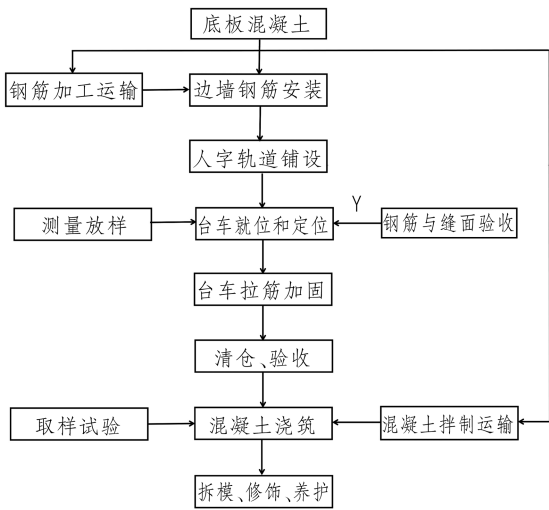


图 2 渐变段混凝土施工工艺流程图

模台车行走要求后,启动行走动力系统行走钢模台车。转弯行走时,若出现行走轮咬一侧轨道的情况,可临时关闭一侧行走动力作为从动轮,将另一侧作为主动轮。将轨道铺设的左右误差控制在 $\pm 2\text{ cm}$ 内。受转弯扭力的影响,行走轨道易移位而造成钢模台车就位误差偏大,故应采用往返行走的方式调整轨道,直到钢模台车衬砌的侧模板与渐变段矮边墙的距离约为 $1.83\sim 1.87\text{ m}$ 时止,即钢模台车初步就位完成并用锁轨器将钢模台车锁定牢固。

3.4 钢模台车的定位与加固及拉杆验算

3.4.1 钢模台车的定位

钢模台车就位后,用全站仪测设、定位渐变段直边墙模板边线进行测量放样,精确调节钢模台车液压油缸与边墙模板的垂直度,使模板下边缘

与矮边墙紧密贴合,再逐层旋紧边墙模板各层的千斤顶,最终完成台车的精确定位。

由于渐变段直边墙与标准段边墙的混凝土浇筑条件不同,在浇筑过程中,渐变段直边墙混凝土的侧向压力无法利用两侧边墙对称下料以平衡钢模台车的侧压力。经计算混凝土浇筑侧向压力后在边墙布置了三层拉筋。第一层布置在已成型的矮边墙混凝土上,其距底板的高度为 0.2 m ;第二、三层利用渐变段系统锚杆,其距底板的高度分别为 5 m 和 10 m 。钢模台车的模板由宽度为 3 m 的面板拼接而成,每 3 m 面板每层布置两组 $\Phi 18\text{ mm}$ 拉筋,渐变段拉筋结构布置情况见图 3。

单位: mm

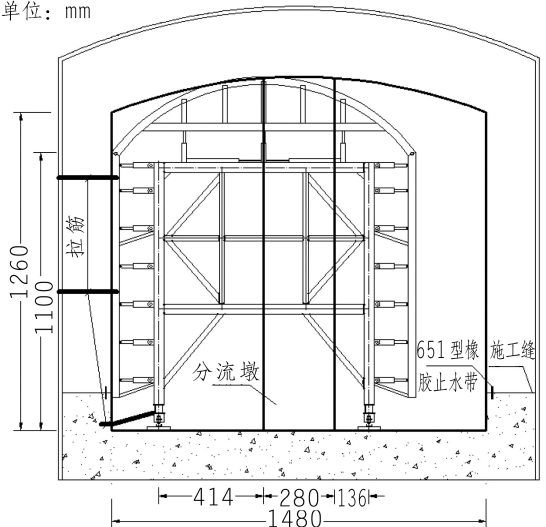


图 3 渐变段拉筋结构布置图

渐变段直边墙混凝土浇筑完成后,浇筑剩余 3 仓标准段仓位。钢模台车的面板因浇筑渐变段

直边墙混凝土开设的拉筋孔采用胶带封闭或焊接,焊接后用砂轮机磨平。

3.4.2 模板侧压力的计算

当采用内部振捣时,新浇混凝土对模板的侧压力 $^{[3]}F_{\text{新}}$ (kPa)标准值按下式进行计算:

$$(1)F_{\text{新}}=0.22\gamma_c t_0 \beta_1 \beta_2 v^{1/2}=0.22 \times 25 \times 4 \times 1.2 \times 1.15 \times 0.81/2=27.2(\text{kPa})$$

$$(2)F_{\text{新}}=\gamma_c H=25 \times 4 \times 0.8=80(\text{kPa})$$

式中 γ_c 为混凝土容重,取 25 kN/m^3 ; t_0 为混凝土初凝时间,取 4 h ; β_1 为外加剂修正值,取 1.2 ; β_2 为混凝土塌落度影响修正值,取 1.15 ; v 为混凝土浇筑速度,取 0.8 m/h ; H 为新浇筑混凝土高度, m 。

两者取小值,即 $F_{\text{新}}=27.2 \text{ kN/m}^2$ 。

3.4.3 验算模板拉筋强度

钢模台车每 3 m 面板布置 6 根 $\Phi 18 \text{ mm}$ 拉筋,荷载面积 $A=3 \text{ m} \times 4 \text{ m}=12 \text{ m}^2$,则每根拉杆最大的受力 $P=A \times F=12 \text{ m}^2 \times 27.2 \div 6=54.4$ (kN)。

即: $\Phi 18 \text{ mm}$ 拉筋的 $[F]=254.5 \text{ mm}^2 \times 300 \text{ N/mm}^2=76.35 \text{ kN}>54.4 \text{ kN}$ 。

故每块模板布置 4 根 $\Phi 18 \text{ mm}$ 拉筋能够满足设计要求。

3.5 混凝土入仓浇筑

待钢模台车固定和仓位自检合格后申请监理工程师验收开仓。混凝土采用 3 辆容积为 10 m^3 的混凝土罐车运输, 1 台 HBT80 卧泵入仓浇筑,混凝土的入仓利用每层下料窗口下料,并将垂直下落高度控制在 1.5 m 以内。在渐变段直边墙混凝土浇筑过程中必须控制混凝土的上升速度,延长混凝土的浇筑时间以降低钢模台车的侧压力,利用拉筋平衡钢模台车侧压力将混凝土的上升速度控制在 $0.5 \sim 1.0 \text{ m/h}$ 内 $^{[4]}$,每仓计划持续浇筑的时间不小于 12 h ,以避免其上升速度过快而导致模板变形或跑模。

作业人员进入仓内持 $\Phi 70 \text{ mm}$ 、 $\Phi 50 \text{ mm}$ 软轴振捣棒振捣,每次插入下层混凝土的深度为 $5 \sim 10 \text{ cm}$,振捣方向一致,避免出现漏振、欠振或过振现象。特别要加强伸缩缝止水部位混凝土的

振捣。振捣时间为 $20 \sim 30 \text{ s}$,以混凝土不再显著下沉、不出现气泡、开始泛浆为准。脱模时间 $^{[5]}$ 根据洞内气温、终凝时间、混凝土强度等因素确定,经相同条件混凝土试块验证的脱模时间为 12 h 。

4 应用效果

导流洞进口渐变段直边墙混凝土分两段、 4 仓浇筑,实际总历时 10 d ,较采用平面大模板浇筑直边墙混凝土方案提前了 6 d 。使用标准段钢模台车衬砌进口渐变段直边墙混凝土得到了成功应用,混凝土表面平整度和外观质量较好。进口渐变段左右直边墙浇筑完成后搭设流道顶拱混凝土支撑体系,在搭设脚手架和顶拱模板铺设期间完成了分流墩混凝土浇筑。

5 结语

为压缩巴塘水电站导流洞渐变段直边墙衬砌的工期,项目部优化了衬砌工艺,采用标准段钢模台车衬砌渐变段直边墙。钢模台车定位速度快,整体刚度好,有效压缩了渐变段直边墙衬砌仓位的数量,节约了周转材料和人力资源的投入,有效降低了施工成本和安全风险,施工后的外观质量较好,为后续灌浆作业争取了时间,亦为 2020 年底该工程导流目标的实现创造了条件,所取得的经验可为类似工程提供借鉴。

参考文献:

- [1] 夏维学. 钢模台车在隧洞渐变段中的运用[J]. 四川水力发电, 2011, 30(1): 59-60.
- [2] 《水利水电工程施工手册》编委会, 编. 水利水电工程施工手册. 第3卷, 混凝土工程[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 2002.
- [3] 水电水利工程模板施工规范, DL/T 5110-2013[S].
- [4] 水工混凝土施工规范, DL/T 5144-2015[S].
- [5] 何文战, 等. 导流洞边顶拱衬砌混凝土脱模时间研究[J]. 人民长江, 2018, 49(增刊2): 161-163.

作者简介:

张显为(1987-), 男, 甘肃定西人, 项目安全总监, 工程师, 从事水利水电工程施工技术与安全管理工作;

丁善锋(1980-)男, 河南濮阳人, 项目总工程师, 高级工程师, 从事水利水电工程施工技术与管理工作。

刘文明(1981-)男, 甘肃陇南人, 项目副经理, 工程师, 从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)