

硬梁包水电站护坦末端防冲地连墙施工关键技术

王石连, 夏维学, 林晓旭

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213)

摘要:以硬梁包水电站为依托,阐述了在含漂砂卵砾石粗粒土层下通过采用框格式防冲地连墙施工关键技术和膨润土泥浆的运用达到了良好的固壁效果,圆满地解决了针对含漂砂卵砾石粗粒土层下的绕渗、塌孔、漏浆等问题,保证了施工进度,达到了防渗要求,为类似地质条件下的护坦末端框格式地连墙施工积累了经验。

关键词:硬梁包水电站;护坦末端防冲地连墙;框格式防冲地连墙

中图分类号:TV7;TV52

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)06-0068-04

Key Technology for the Construction of the Anti-scouring Connecting Ground Wall at the End of Flood Protection of the Yingliangbao Hydropower Project

WANG Shilian, XIA Weixue, LIN Xiaoxu

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

Abstract: This paper, based on the Yingliangbao Hydropower Project, summarizes the key technology of anti-scouring ground wall construction and the application of bentonite mud under the coarse soil layer containing bleach sand and gravel, as a way to achieve good wall consolidation effect, solve the problems of seepage around, hole collapse and slurry leakage under the coarse soil layer containing bleach sand and gravel, ensure the construction progress and meet the requirements of anti-seepage. The experience is accumulated for the construction of ground connecting wall with apron end frame format under similar geological conditions, which can be used as reference for similar projects.

Key words: Yingliangbao Hydropower Project; Anti-scouring connecting ground wall at the end of flood protection; Frame format anti-scouring connecting ground wall

1 概述

硬梁包水电站位于四川省甘孜藏族自治州泸定县境内的大渡河干流上,工程规模为二等大(2)型,采用包括混凝土闸、面板堆石坝、左岸引水系统、地下厂房的枢纽总布置方案。电站额定引用流量为 $1\,261.2\text{ m}^3/\text{s}$,布置了 2 条长约 14.4 km 的引水隧洞和安装了 4 台、单机容量为 27 万 kW 机组发电的地下厂房。

护坦末端防冲地连墙设计墙厚为 1.0 m,结合基坑内的抽排水情况、现场施工情况以及《水电水利工程混凝土防渗墙施工规范》DL/T 5199—2019^[1]中“防渗墙施工平台应高于施工期最高地下水位 2.0 m 以上”的要求确定施工平台,对于临左岸岸坡的 4 个槽段范围要求其入岩 1.0 m,其他墙段的设计起止高程为 1 187.00~1 206.00 m,

其中高程 1 206.00~1 207.00 m 为立模明浇段。地连墙完成后进行开挖、完成立模现浇钢筋混凝土和排水管的安置。护坦末端防冲地连墙的平面形状主要有“一”与“T”两种形式,共计 61 幅。

2 重难点问题分析

2.1 工期紧、任务重、强度高

防冲地连墙施工的主要内容:场地接收后的平整、导墙施工、施打地质勘探孔、泥浆制备和处理、地连墙的成槽、地连墙的接头处理及混凝土浇筑。本期防冲地连墙设计造孔面积为 $8\,207.88\text{ m}^2$,成墙设计工程量约为 $5\,267.58\text{ m}^3$,材料为:C30W8F50 混凝土 $5\,267.58\text{ m}^3$,钢筋 485 t,型钢 439 t。

该工程计划于 2022 年 9 月 30 日开始临建施工,12 月 30 日完工,施工日历天数为 91 d。该工程整体施工工期紧,施工强度大。而护坦末端防

收稿日期:2024-06-26

冲地连墙的特点为交叉施工,其影响大,降效严重。

该防冲地连墙工程的设计墙厚为 1.0 m,临左岸岸坡 4 个槽段范围要求入岩 1.0 m,其他槽段设计的孔底深度为高程 1 187.00 m。施工轴线总长度为 294.04 m。防冲地连墙造孔工程量约为 8 207.98 m²,月平均强度约为 2 736 m²,混凝土浇筑强度约为 684 m³/周,高峰期出现在 10、11 月份。

2.2 地质条件复杂、绕渗风险突出

地质调查结果显示:工程区域地质构造背景较复杂,区域性得妥断裂从大渡河右岸距离闸址约 1.0 km 处通过。受得妥断裂的影响,控制坝(闸)区的次级小断层、小破碎带等软弱结构面发育,地层交错分布,主要为五层、分两类:一是含漂砂卵石粗粒土层,二是堰塞沉积细粒土层;另外,其覆盖层深厚,河床覆盖层的最大厚度为 129.7 m。

该工程设计的悬挂式防渗墙存在较大的绕渗风险,同时,防渗工程措施穿越多个地层,且不同地层交界面处存在渗透流土破坏风险,给硬梁包水电站地基的防渗处理带来了极大的挑战。其首部结构防渗系统由悬挂式防渗墙和帷幕灌浆组成,河床覆盖层设有一道最大深度为 73 m 的悬挂式防渗墙与最大深度为 120 m 的帷幕灌浆(两岸坝肩),构成整体防渗体系。由于砂卵石孔裂隙较大,在进行地连墙、防渗墙等施工时钻孔和开挖成槽过程中存在漏浆量较大、孔(槽)壁容易塌落等现象,给钻进成孔和开挖成槽质量造成了不利影响。

3 关键施工工艺及方法

护坦末端防冲地连墙采用框格式地连墙施工。防冲地连墙的成槽主要采用“三钻两抓”法施工,以抓斗为主、冲击钻为辅,主孔施工或遇到大块石时主要采用冲击钻施工工艺;局部采用“纯抓法”进行试抓以加快施工工效。主孔采用抽筒法排渣,清孔出渣采用抽筒配合抓斗换浆法。

各槽段采用一期槽下设接头管的工艺进行槽段连接,在接头孔处进行重复造孔以保证槽段的连接。混凝土为集中拌制,运输采用 12 m³ 的混凝土罐车,浇筑采用直升导管法进行泥浆施工。

3.1 导墙施工

3.1.1 开挖导墙沟槽

开挖以挖掘机为主,局部采用人工配合。导墙根据作业面提供的情况分段施工,根据模板的长度和规范要求以 30~50 m 为一段。导墙开挖前确定墙体的厚度和外放尺寸,实地测量放样并洒出白灰线。

3.1.2 导墙的形式及施工控制

根据施工平台的填筑和框格式地连墙设计要求等情况,导墙之间的尺寸其净宽按设计墙体加 0.2 m 确定,为 1.2 m,导墙高度为 1.5 m,顶部厚度为 0.6 m,底部厚度为 1.2 m,导墙设置为梯形,每侧导墙上部配置 2Φ28 的 HRB400 钢筋、中部配置 2Φ28 的 HRB400 钢筋,下部配置 3Φ28 的 HRB400 钢筋,箍筋为 Φ10@500 mm。导墙内侧内面竖直,中心轴线与框格式地连墙重合,其允许误差为±15 mm。

3.1.3 导墙的钢筋、模板及混凝土施工

导墙在已开挖的施工平台上修建,施工前对槽段轴线进行放样^[2],根据轴线架设钢筋^[3]、立模。模板采用木模板,模板的加固采用钢管支撑,其支撑的间距应均衡、稳固,严防跑模。混凝土浇筑采用 C20 混凝土、溜槽入模,混凝土浇筑时两边对称分层交替进行,严防走模。混凝土的振捣采用插入式振捣器,其振捣间距为 0.6 m。应防止振捣不均或过振走模现象发生。

3.1.4 拆模

待导墙混凝土强度达到规范要求后方可拆模,拆模后需再次检查导墙的中心轴线、净空尺寸以及侧墙混凝土的浇筑质量。模板拆除后立即在每个二期槽副孔部位用混凝土浇筑一个支撑墙,墙厚 30 cm,高 90 cm,以防止施工过程中导向槽向内变形。

3.2 泥浆固壁

该工程的主孔护壁采用原孔黏土浆,辅孔和清孔采用膨润土泥浆护壁;优质护壁泥浆在造孔成槽时的主要作用为固壁、悬浮岩屑和冷却钻头,有利于对混凝土浇筑质量的控制。

3.2.1 泥浆的选择

膨润土泥浆可以形成致密的泥皮,可最大限度地确保槽孔孔壁的安全;膨润土本身含砂量很低,且其所制作的泥浆密度较普通黏土泥浆小,有利于清孔;膨润土泥浆使用优质钙基膨润土,配制

泥浆的用水采用工地供水系统提供的水源。

3.2.2 膨润土泥浆的制作

泥浆的拌制选用低噪音、高效率的 ZJ1500 型旋流立式高速搅拌机,并将搅拌时间控制在 3~5 min,实际搅拌的时间可根据现场情况和试验数据进行调整。首先加入 1/3 搅拌筒的水,然后启动制浆机,随后在不断加水的同时加入碱粉、膨润土粉等外加剂,搅拌均匀后即可停止搅拌并将其放入新浆池中。

3.2.3 施工配合比及泥浆性能指标

依据膨润土泥浆性能指标(表 1)中规定的检测项目进行膨润土性能的测定,结合现场试验情况确定膨润土的泥浆配合比。

表 1 膨润土泥浆性能指标表

项目	性能指标	试验仪器	备注
浓度 /%	>4.5		100 mL 水所用膨润土的重量 /g
密度 /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	<1.1	泥浆比重秤	
漏斗黏度 /S	32~50	946/1 500 mL 马氏漏斗	

3.2.4 膨润土泥浆的质量控制和检验

(1)泥浆的过程控制。新制膨润土浆需存放 24 h、经充分水化溶胀后使用。

(2)泥浆的检验。施工过程中,在工地泥浆站旁配置泥浆性能检测设备,对施工中的不同阶段分别对泥浆进行质量控制。

3.3 槽孔的划分

护坦末端防冲地连墙施工图确定的主要槽段形式为 Z1、Z2、T1 型,其中 Z1 型 22 个、Z2 型 16 个、T1 型 12 个。

一般来说,防冲地连墙施工以接头端的“T”型槽为一期槽进行施工。但由于平面墙格的尺寸有限,且在施工 T 型槽时设备有调换方向进行施工的需要,因此,在地连墙施工中对槽段的划分应结合现场施工场地、设备平面位置摆放进行动态调整。

3.4 造孔成槽

护坦末端防冲地连墙施工分两期进行。首先施工一期槽孔,然后施工二期槽孔。根据现场实际情况,该工程防冲地连墙的成槽主要采用“三钻两抓法”施工,主孔采用 CZ-6A 型冲击钻成孔^[4],冲击至终孔深度;副孔采用抓斗抓至

设计终孔深度。

按照设计深度钻进,槽孔浇筑段的墙顶高程为 1 206.00 m,其中高程 1 206.00~1 207.00 m 为明浇段,需要在槽孔浇筑段施工完成后进行开挖及墙顶表面泥皮的凿除,立模施工明浇段并埋设排水管。槽孔终孔检查合格后进行孔深、墙厚、孔位及孔形等的联合检查,待验收合格后再进行清孔换浆。

3.5 清孔换浆及接头孔的刷洗

3.5.1 清孔

防冲地连墙槽段成槽后,在混凝土浇筑前需要进行清孔换浆。清孔采用抓斗换浆清孔法,部分槽段使用冲击钻的抽筒配合。

3.5.2 清孔换浆的结束标准

清孔换浆结束后 1 h 进行泥浆试验。如果达到清孔标准,即可结束清孔换浆工作。清孔的合格标准:清孔换浆结束 1 h 后,其槽孔内的淤积厚度不大于 10 cm。使用膨润土泥浆,其孔内的泥浆密度不得大于 1.15 g/cm³,泥浆黏度为 32~50 s,含砂量不大于 6%。泥浆取样位置距孔底 0.5~1.5 m。待清孔换浆合格后方可进行下一道工序。

3.5.3 接头孔的刷洗

接头孔的刷洗在二期槽终孔后进行,采用具有一定重量的圆形钢丝刷子通过调整钢丝绳位置的方法使刷子对接头孔孔壁施压,在此过程中,利用钻机带动刷子自上而下分段刷洗,从而达到对孔壁进行清洗的目的。当刷子上基本不带泥屑且孔底淤积不再增加时方可停止刷洗。

3.6 钢筋笼的制作与安装

钢筋笼的制作与安装施工工艺流程为:钢筋笼的加工制作→钢筋笼的检查验收、槽孔清槽验收→钢筋笼吊装前的准备→钢筋笼起吊运输^[5]→钢筋笼入槽就位→钢筋笼吊装结束。其中钢筋笼的制作→钢筋笼的运输→钢筋笼的下设是其主要控制对象。

施工遵守《水电水利工程混凝土防渗墙施工规范》DL/T 5199-2019 的规定,与墙段接缝之间的最小距离为 100 mm。

3.7 混凝土的设计指标及浇筑过程控制

(1)混凝土的设计指标。混凝土防冲地连墙的墙体材料采用普通混凝土,其 C30W8F50 混凝

土的设计指标为:入槽坍落度控制在18~22 cm;扩散度控制在34~40 cm;坍落度保持15 cm以上的时间 ≥ 1 h;初凝时间 ≥ 6 h;终凝时间 ≤ 24 h;混凝土密度 $\geq 2\,100\text{ kg/m}^3$;其他指标按照设计要求进行,但必须保证槽段及时浇筑。

(2)浇筑过程控制。导管埋入混凝土内的深度应大于2 m,小于6 m,以避免泥浆进入导管内产生混浆。槽孔内的混凝土面应均匀上升,并将其高差控制在0.5 m以内。每30 min、2 h测量一次混凝土面与导管内混凝土面的高程。开始浇筑和结束浇筑时应适当增加测量频次,并根据每次测得的结果填写浇筑记录、绘制浇筑表面上升情况指示图,核查浇筑方量,指导导管拆卸。严禁不合格的混凝土进入导管。浇筑混凝土时,对其孔口应做好防洒落措施。防冲地连墙浇筑至设计高程后,空孔部分如不回填则其二期槽将无法施工且不能够承受履带吊、抓斗等重型设备的重量,故在现场施工时应使用低标号混凝土沿设计墙顶浇筑至导墙底部以上1.0 m处。

3.8 质量检查

槽孔终孔质量检查的内容主要为孔位、孔深、墙厚和孔斜。主要通过墙体中心线及槽段桩号检查孔位;采用测绳测量槽孔的深度;通过钻头直径检查槽孔的厚度;采用重锤法检查孔斜。

该工程设计的墙厚为1.0 m,孔位偏差 ≤ 3 cm,孔斜率指标为:槽孔孔斜率不大于0.4%,遇有含孤石、漂石的地层及基岩面倾斜度较大等特殊情况时,其孔斜率均按0.6%控制。一、二期槽孔的接头孔中心线在任一深度的偏差值不大于设

计图纸规定墙厚的1/3;其终孔深度按照设计要求实施。该项目地连墙墙体的连续性及有效连接厚度主要采用“三钻两抓”及“接头管法”施工工艺予以保证。

4 结 语

随着水利水电工程建设的持续升温,水电站的建设越来越向西南地区发展,而中国西南地区山高水险,地质条件复杂,且因水电站的坝基大多数为深厚覆盖层,其深度可达百米。硬梁包项目复合地基处理取得的经验对今后在相同地质条件下进行施工处理可以起到重要的指导作用,亦可为国内外类似地质条件下建造水电站提供借鉴,其应用潜力巨大。

参考文献:

[1] 水电水利工程混凝土防渗墙施工规范:DL/T 5199-2019[S].
[2] 水电工程测量规范:NB/T 35029-2014[S].
[3] 水工混凝土钢筋施工规范:DLT 5169-2013[S].
[4] 水电水利工程振冲法地基处理技术规范:DL/T 5214-2016[S].
[5] 履带起重机安全操作规程:DL/T 5248-2010[S].

作者简介:

王石连(1980-),男,广西桂林人,市场营销中心水电部副主任,副高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工
作;
夏维学(1972-),男,四川仁寿人,正高级工程师,从事市政、水电、铁路工程施工技术与管理工
作;
林晓旭(1986-),女,四川资中人,副高级工程师,学士,从事市政、水电、铁路工程施工技术与管理工
作。

(编辑:李燕辉)