

TB 水电工程围堰防渗墙施工质量控制

李乃利¹, 宋西锋², 阚绍江¹, 彭林峰³, 王 涛³, 廖保富³

(1. 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; 2. 中国水利水电建设工程咨询西北有限公司, 陕西 西安 710000; 3. 中国水利水电第八工程局有限公司, 湖南 长沙 410004)

摘要:针对 TB 水电工程上下游围堰防渗墙施工中出现的漏浆、钻进效率低、成孔难度大等问题, 基于以往项目防渗墙施工的成功经验, 从施工方案与流程、质量管控措施、质量检查与评价 3 个方面对 TB 水电工程防渗墙施工中采取的各项预控措施、实施过程中的持续改进措施进行了介绍, 认为采取的各项措施保证了工程质量, 确保了施工的安全、质量和进度。

关键词: TB 水电工程; 围堰; 防渗墙; 质量控制

中图分类号: TV642. 2

文献标志码: A

文章编号: 1006-7647(2024)S1-0134-03

Construction quality control of cofferdam cutoff wall of TB Hydropower Project//LI Naili¹, SONG Xifeng², KAN Shaojiang¹, PENG Linfeng³, WANG Tao³, LIAO Baofu³ (1. *Tuoba Hydroelectric Engineering Construction Management Bureau of Huaneng Lancang River Hydropower Inc.*, Diqing 674608, China; 2. *China Water Resources and Hydropower Construction Engineering Consulting Northwest Co., Ltd.*, Xi'an 710000, China; 3. *Sinohydro Engineering Bureau 8 Co., Ltd.*, Changsha 410004, China)

Abstract: In view of the problems such as slurry leakage, low drilling efficiency and difficult hole formation in the construction of cutoff walls in the upstream and downstream cofferdams of TB hydropower project, based on the successful construction experience of cutoff walls in previous projects, From three aspects: construction scheme and process, quality control measures, quality inspection and evaluation, the pre-control measures and continuous improvement measures taken in the construction of cutoff wall of TB hydropower project are introduced. It is believed that the measures taken ensure the quality of the project and ensure the construction safety, quality and progress.

Key words: TB Hydropower Project; cofferdam; cutoff wall; quality control

TB 水电工程上、下游土石围堰为 4 级建筑物, 围堰设计挡水标准选用全年 2 年一遇洪水, 相应流量为 $6320\text{ m}^3/\text{s}$ 。上游围堰设计挡水水位为 1670.17 m, 堰顶高程 1673.00 m, 堰顶宽 10.00 m, 最大堰高 67.00 m, 堰顶长度 224.277 m; 下游围堰设计挡水水位 1629.67 m, 堰顶高程 1631.50 m, 堰顶宽 10.00 m, 最大堰高 34.50 m, 堰顶长度 119.745 m。防渗方案为堰体复合土工膜直心墙+堰基覆盖层塑性混凝土防渗墙+墙下防渗帷幕灌浆。上游围堰防渗墙总长 133.87 m, 成墙面积 3675.1 m^2 , 最大深度 47.2 m, 划分为 21 个槽段施工, 下游围堰防渗墙总长 83.6 m, 成墙面积 3006 m^2 , 最大深度 45.8 m, 划分为 14 个槽段施工。

1 施工方案与流程

围堰防渗墙施工流程: 施工场地平整→先导孔施工→导墙及施工平台施工→I 期槽施工→II 期槽

施工→取芯、注水试验、物探等质量检查。

冲击钻施工平台布置在防渗墙轴线的上游侧, 倒浆平台、前施工平台布置在防渗墙下游侧, 施工用的电力线路布置在钻机上游侧。防渗墙导墙为“倒 L 形”钢筋混凝土结构, 防渗墙导墙高 1.5 m, 顶部宽 1.5 m, 底部宽 0.6 m, 采用 C30 混凝土浇筑, 倒浆平台宽 2.2 m, 排浆沟断面尺寸 $0.8\text{ m}\times 0.8\text{ m}$, 采用 C15 混凝土浇筑。

先导孔采用 XY-2 型地质钻机配合 MGY-135L 冲击钻机造孔。覆盖层内冲击钻机跟管钻进至基岩面, 地质钻机在套管内继续钻孔取芯, 以确定建基面高程。为指导防渗墙施工, 确保防渗墙嵌岩深度达到设计要求, 先导孔按照 10 m 间距布置 1 个, 基岩取芯长度 10 m。钻孔设备采用 CZ-8 型冲击钻, 采用“钻劈法”进行施工, 分 2 序进行施工。采用黏土泥浆为主, 膨润土泥浆为辅进行造孔护壁, 采用“抽筒法”出渣, “泵吸法”清孔换浆。采用泥浆下直升导

管法浇筑混凝土。防渗墙施工流程如图 1 所示。

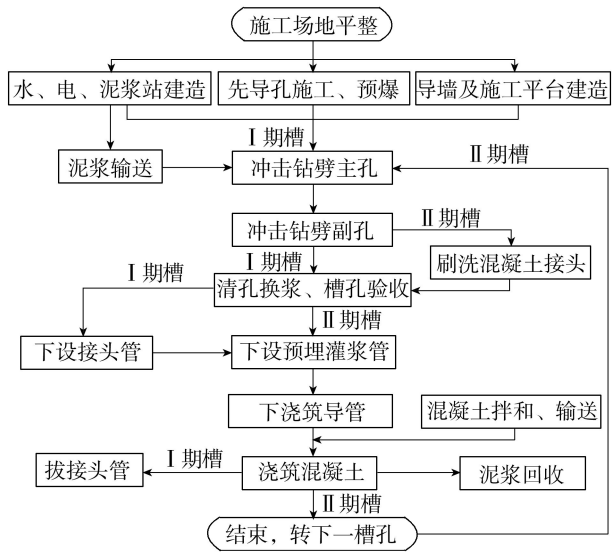


图 1 防渗墙施工流程

2 质量管控措施

2.1 基岩鉴定控制

防渗墙设计孔深为入岩 1 m, 确保防渗墙入岩深度是防渗墙施工质量控制的重中之重。在详细了解设计图纸与地质勘探报告的基础上, 施工单位可通过酌情增加先导孔数量对地质情况进行复核。TB 水电工程原设计先导孔间距为 20 m, 为确保防渗墙入岩深度, 现场加密布置先导孔 (每隔 10 m 布置 1 个先导孔) 进行基岩取芯, 取芯深度 10 m。取芯完成后由设计单位、监理工程师、施工单位共同进行基岩鉴定, 以确定最终入岩深度。设计单位根据先导孔最终入岩深度, 重新修正防渗墙设计孔深, 用以指导施工。根据统计, 经过修正后上游围堰防渗墙底线高程比设计防渗墙底线平均低 3.1 m, 说明通过加密先导孔的布置, 大大提高了防渗墙基岩鉴定的准确性。

2.2 槽孔终孔质量控制

槽孔终孔质量检查项目主要有槽孔的位置、孔径、孔斜、造孔深度和嵌岩深度等。

2.2.1 槽孔位置和厚度

导墙具有防渗墙轴线基准的作用, 导墙轴线的准确性决定了后续防渗墙成墙后的墙体轴线偏移误差, 因此导墙的轴线偏差是控制防渗墙孔位和孔径的重中之重。槽孔开孔前, 对防渗墙轴线进行放样, 轴线在上下游、左右岸方向允许的偏差应不大于 3 cm。

钻孔过程中应经常检查钻头的直径, 钻头的直径和抓斗的宽度应不小于防渗墙设计厚度, 槽孔孔径检查可采用钻头进行复核, 利用钻机上下、左右移动钻头, 钻头宽度满足要求且可以在墙内顺利移动

即代表防渗墙各槽孔孔径满足要求。

2.2.2 孔斜

根据设计要求, 防渗墙造孔孔斜率不大于 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下, 其孔斜率应控制在 0.6% 以内; 对于 I、II 槽孔接头套接孔的两次孔位中心任一深度的偏差值, 应不大于施工图纸规定墙厚的 1/3, 并应采取措施保证设计厚度。

采用重锤法进行造孔孔斜测量: 利用钻机自带钻头及钢丝绳作为重锤, 在槽口放一把尺子, 钢丝绳初始位置位于防渗墙中心并标记作为基点, 钻头从孔口位置开始缓慢向下放, 重锤下放过程中孔口位置钢丝绳会随着防渗墙的偏斜方向远离尺子基点, 通过与基点的偏移量和孔深即可计算出钻头深度处的孔斜率, 每隔一定距离记录数据, 确保防渗墙孔斜率满足设计要求。

2.2.3 造孔深度和嵌岩深度

根据要求, 防渗墙主孔、副孔达到设计孔深时, 应对孔底渣样进行取样, 由设计单位、监理工程师鉴定是否达到入岩 1.0 m 的设计要求。如果鉴定结果为未满足设计要求, 则应继续向下钻进, 重复取样鉴定过程, 直至达到入岩 1.0 m 设计要求。

施工过程中, 应从孔口至孔底每相隔一定孔深进行取样, 取样的频率随着孔深的增加而增加, 用以观察岩性变化, 以提高渣样鉴定的准确性。

通常在左右岸岸坡位置会存在陡坡, 为保证防渗墙在陡坡段的嵌岩深度, 陡坡段范围内在保证一个槽段内各个槽孔满足嵌岩深度要求的同时, 槽段底部尽量保持在 2~3 个阶梯形状, 在其他基岩比较平缓的区域, 尽量保证防渗墙底部呈水平状态。

为保证孔深满足设计要求, 需制定严格的操作流程, 各工序操作人员必须严格按照操作流程进行操作: ①由技术人员向施工人员、操作人员进行详细技术交底, 确保施工工艺、设计参数了然于心。②妥善保管孔内取出的渣样, 严禁出现渣样混装现象, 越接近孔底部位的渣样, 越要记录详细, 防止因人为失误导致对基岩深度的误判。③在基岩鉴定的过程中, 当所取渣样岩芯比较类似, 难以进行准确判断时, 可以利用地质钻机对孔底进行钻孔取芯, 钻孔取芯长度不宜小于 5 m, 通过钻孔取芯的芯样可以直观判断出基岩位置。④选择经验丰富的钻机操作手进行操作。钻机操作手的经验也是对槽孔是否入岩的一个辅助评判标准。通常经验丰富的操作手可以通过钻孔入岩时的钻头锤击基岩的反应、钻孔进尺、钻头磨损程度来判断是否进入基岩, 这也可以作为地质专家及监理工程师基岩鉴定的一个参考。

2.3 清孔质量控制

a. 孔内泥浆性能指标。使用取浆器从孔内取试验泥浆,试验仪器有泥浆比重秤、马氏漏斗、量筒、秒表、含沙量测定仪等。槽孔清孔换浆结束后 1 h,槽孔内距孔底 0.50~1.50 m 处的泥浆性能应达到的标准:泥浆密度小于或等于 1.3 g/cm³,泥浆黏度小于或等于 30 s,泥浆含砂量小于或等于 10%。

b. 孔底淤积厚度。孔底淤积厚度采用测饼结合测针进行测量,测量结果应小于 10 cm。

c. 接头孔刷洗质量。Ⅱ期槽在清孔换浆结束之前,用刷子钻头清除Ⅱ期槽孔端头混凝土孔壁上的泥皮。结束标准为刷子钻头上基本不再带有泥屑,刷洗过程中,孔底淤积不再增加为准。

在清孔验收合格后 4 h 内浇筑混凝土,如因下预埋件不能按时浇筑,则重新按上述规定进行检测,如不合格应重新进行清孔。通过以上措施,确保清孔质量检查满足设计要求。

2.4 漏浆、塌孔处理

根据围堰防渗墙施工情况统计,在孔深 0~12 m 范围内,存在大量的漏浆、塌孔现象,根据现场漏浆、塌孔严重情况,采取多种措施进行针对性处理:①造孔过程中,如遇少量漏浆,则采用加大泥浆比重,投堵漏剂等方法处理;如遇大量漏浆,单孔采用回填黏土钻进处理,槽孔采用投锯末、水泥或高水速凝材料等进行堵漏处理,并改冲击反循环钻进为冲击钻挤实钻进,确保孔壁、槽壁安全。②根据施工经验,危险性管涌土会加剧地层渗漏通道的渗漏,钻进时,要加强泥浆损失测估,灵活调整钻进工艺,准备好足够的堵漏材料及时处理好渗漏,尤其是槽孔的副孔钻劈时,要小心提防。③由于覆盖层级配不均,结构松散,造孔过程中可能出现塌孔。发现有塌孔迹象,首先提起施工机具,根据塌孔程度采取回填黏土、柔性材料或低标号混凝土等措施;如孔口塌孔,采取布置插筋、拉筋和架设钢木梁等措施,保证槽口的稳定。TB 水电工程的上游 SF13 槽、下游 XF8 槽、下游 XF11 共 3 个槽段,在槽段接近终孔前出现了大面积垮槽现象,采用回填 C10 混凝土进行处理。④如槽内塌孔严重,必要时可浇筑固化灰浆后重新造孔。

2.5 混凝土浇筑质量控制

混凝土浇筑前应对混凝土进行取样检查,尤其是入槽时混凝土的坍落度,混凝土性能要求如下:入槽坍落度 18~22 cm;扩散度 34~40 cm;坍落度保持 15 cm 以上时间不小于 1.0 h;初凝时间大于或等于 6 h;终凝时间小于或等于 24 h;混凝土密度大于或等于 2 100 kg/m³。

3 防渗墙质量检查与评价

3.1 检查孔取芯、注水试验

防渗墙混凝土浇筑完成 28 d 后,需对防渗墙进行钻孔取芯检查,检验墙体混凝土力学性能指标、墙段接头质量,确定混凝土可能存在的缺陷。钻孔设备可以采用 XY-2 型地质钻机,孔径 110 mm,孔深应进入基岩 1 m。

防渗墙检查孔岩芯应用岩芯盒装箱并妥善保管,需要进行室内物理力学性能试验的芯样由试验人员现场选取。采用全孔灌浆的方式封堵检查孔,灌浆材料可以采用水泥浆或者水泥砂浆,孔口卡塞段可以采用干硬性砂浆封堵密实。

上游围堰防渗墙布置检查孔 3 个,检查孔孔号为 SFSQ-J2、SFSQ-J3、SFSQ-J4。下游围堰防渗墙布置检查孔 2 个,检查孔孔号为 XFSQ-J1、XFSQ-J2。检查孔主要检查混凝土墙体渗透系数及混凝土与基岩接触情况。防渗墙墙体做注水试验,注水试验从孔口开始,每 5 m 一段,各检查孔孔段注水试验均满足渗透系数小于或等于 1.0×10⁻⁶ cm/s 的设计要求(表 1)。

3.2 孔内录像及声波检测

采用无损检测技术及仪器对防渗墙质量进行检查,通过检查孔进行钻孔电视录像;通过预埋孔口管(不低于总管数的 10%)进行跨孔声波、声波 CT 检测,钻孔全景图像显示混凝土与基岩接触面胶结整体较好,基岩段未见明显张开裂隙。压水试验的透水率范围 0~8.29 Lu,均满足设计要求的透水率小于或等于 10 Lu 的标准,说明帷幕灌浆施工质量较好,能够满足设计要求。上、下游围堰防渗墙混凝土浇筑的均匀性较好,墙体内未见明显缺陷。混凝土与基岩接触面胶结较好(局部少量掉块),基岩段未见明显张开裂隙,帷幕灌浆后的透水率能够满足设计要求。

表 1 防渗墙检查孔渗透系数统计结果

序号	孔号	桩号	取芯深度/m	最大渗透系数/(cm/s)	最小渗透系数/(cm/s)
1	SFSQ-J2	上堰 0+67.05	45.9	4.16×10 ⁻⁷	0
2	SFSQ-J3	上堰 0+117	27.3	3.08×10 ⁻⁷	0
3	SFSQ-J4	上堰 0+141	16.7	4.19×10 ⁻⁷	3.06×10 ⁻⁸
4	XFSQ-J1	下堰 0+23.798	32.6	6.31×10 ⁻⁸	0
5	XFSQ-J2	下堰 0+57.398	45.8	4.96×10 ⁻⁸	0

(下转第 154 页)