

劈裂灌浆技术在他克冲水库坝体防渗加固工程中的应用

喻涛¹, 唐洪祥²

(1. 新平水利勘测设计队, 云南 新平 653400; 2. 大连理工大学建设工程学部土木工程学院, 辽宁 大连 116023)

摘要: 采取劈裂帷幕灌浆技术对云南省玉溪市新平县他克冲水库的坝体渗漏进行了防渗处理。在施工中采用了适宜的施工工序、工艺和方法, 严格控制了施工质量。经对灌浆处理后的效果进行检验和分析, 表明防渗效果明显, 取得了良好的经济效益和社会效益。

关键词: 他克冲水库; 劈裂灌浆; 防渗; 施工工序

中图分类号: TV697.3+2 文献标识码: B 文章编号: 1006-7647(2011)S1-0072-03

1 工程概况

他克冲水库位于云南省玉溪市新平县扬武镇境内红河水系的龟枢河上, 控制径流面积 13.9 km², 距新平县城 42 km。水库于 1966 年动工兴建, 1969 年竣工。水库属小(一)型水库, 坝高 37 m, 为均质土坝, 总库容 308 万 m³, 兴利库容 229.9 万 m³, 调洪库容 36.8 万 m³, 死库容 19 万 m³。水库经 39 年运行, 在坝肩、坝基出现多处渗漏, 局部渗漏严重, 坝体内存在水平渗漏层, 坝体浸润线出逸点偏高, 严重影响大坝的安全稳定运行。经有关设计部门研究确定对整个大坝基础、坝身及两坝肩进行防渗加固处理, 其中基础及两坝肩采用充填灌浆防渗加固, 坝身采用劈裂灌浆防渗技术进行加固。

劈裂灌浆是常用的防渗加固处理措施之一^[1-4], 在我国许多工程的病险堤坝防渗加固中得到了应用, 如石军林^[5]利用劈裂灌浆技术对小河口水库进行了灌浆防渗处理, 较好地解决了大坝渗漏漏湿问题, 林万峰^[6]采用劈裂灌浆技术对五一水库坝体进行除险加固, 使坝体的密实性、抗渗性有很大提高, 等等。最近, 孙锋等^[7]分析了劈裂灌浆浆液扩散规律, 提出了坝体底部首先劈裂的灌浆工艺, 为劈裂灌浆防渗加固工程的施工和设计提供了理论与实践方面的指导。本文介绍了他克冲水库的防渗加固情况, 并主要分析在他克冲水库坝体防渗加固中采用的劈裂帷幕灌浆技术处理过程及其防渗效果, 以期对以后类似工程提供参考。

2 灌浆施工

2.1 灌浆孔的设计布置

共布置灌浆孔 53 个, 根据各部位岩性及所处部位特性不同分为: 大坝河槽段(25 个孔), 桩号 0+024.0~0+096.0 m; 大坝岸坡段(8 个孔), 桩号 0+014.0~0+024.0 m, 0+096.0~0+106.0 m; 大坝两肩基岩段(20 个孔), 桩号 0+000.0~0+014.0 m, 0+106.0~0+128.0 m。按以上 3 个部位考虑灌浆设计, 本次劈裂灌浆仅针对大坝河槽段和大坝岸坡段的坝土体灌浆。

a. 大坝河槽段。沿坝轴线偏上游 0.45 m 平行坝轴线单排布孔, 先疏后密, 分三序施工, 第一序孔距 12 m, 第二序孔距 6 m, 第三序孔距 3.0 m。

b. 大坝坝体岸坡段。沿坝轴线偏上游 0.45 m 平行坝轴线单排布孔, 先疏后密, 分三序施工, 第一序孔距 8 m, 第二序孔距 4 m, 第三序孔距 2.0 m。

c. 大坝两肩基岩段。沿坝轴线偏上游 0.45 m 平行坝轴线单排布孔, 先疏后密, 分三序施工, 第一序孔距 8 m, 第二序孔距 4 m, 第三序孔距 2.0 m。

2.2 大坝坝体灌浆帷幕泥墙设计厚度

劈裂灌浆帷幕泥墙设计厚度计算公式如下:

$$L = L_3 + \frac{h_0 k_1}{k_2} + L_2 \tag{1}$$

其中 $L_3 = \frac{b}{2} + (H - h_1)m_1$

式中: L 为坝体厚度, $L = 97.5$ m; L_3 为上游正常高水位与坝坡交点至坝轴线的宽度, 取 4.3 m; L_2 为下游

半坝宽度,取 85.0 m; h_0 为灌浆帷幕泥墙厚度; k_1 为坝体渗透系数,取 1.15×10^{-3} cm/s; k_2 为帷幕渗透系数, $k_2 \leq 1.0 \times 10^{-5}$ cm/s; b 为坝顶宽度,取 6.0 m; H 为坝高,取 37.0 m; h_1 为设计正常高水位,取 33.0 m; m_1 为上游坡比系数,取 1.3。

经计算, $h_0 = 0.14$ m,可满足要求。

2.3 施工方法

2.3.1 主要施工设备

为了确保工程质量及工期,共组织投入 4 台钻机、2 台灌浆机。

2.3.2 施工顺序

根据监理提供的坐标控制点进行施工放线,按照设计图纸上的坐标点依次放置钻孔孔位。先在设计先导孔孔位安装钻机,按照设计的 I、II、III 孔进行钻灌,之后在河床段孔位钻灌,接着在岸坡段孔位钻灌,再进行两肩段孔位的钻灌,至此完成全部生产孔的钻灌。最后再进行质量检查孔的钻灌及质量检查井的开挖。

2.3.3 施工测量

根据监理单位提供的测量基准点进行复核测量,确认准确后再对帷幕灌浆孔轴线进行施工测量放线。

2.3.4 灌浆方法

根据大坝病害特点,对坝体及坡洪积层采用孔底注浆,全孔灌注纯压式劈裂灌浆。

2.3.5 造孔

采用 100 型地质钻机造孔,坝土干法钻进,基岩可适当送水钻进,要求开孔直径为 110 mm,孔口用 $\varnothing 108$ mm 套管护壁,套管下达至正常高水位 1488.0 m 止,长度 3.5~6.9 m,以防坝顶过早开裂,终孔直径为 91 mm。

2.3.6 施工次序

灌浆顺序为先灌大坝河槽段,再灌坝体岸坡段,后灌两肩基岩段。所有灌浆孔必须分 3 个施工次序、按逐渐加密的原则进行灌浆,在灌浆过程中,先对第 I 序孔的基岩段进行灌浆,然后对坝土体进行轮灌。采用“少灌多复”的方法,待第 I 序孔灌浆结束后再进行第 II 序孔灌浆,第 II 序孔灌浆结束后再进行第 III 序孔灌浆。

2.3.7 钻孔及冲洗要求

坝体及坡洪积层造孔采用干法造孔,不得用清水循环钻进,孔内残留岩芯厚度不得大于 20 cm。

基岩:可适当送水钻进,达到设计孔深后,冲孔压力按灌压力的 0.6 倍使用,洗孔时间不得少于 20 min,孔口返水必须变清才能停止洗孔。

各灌浆段钻完后都要用测绳校正孔深,符合要

求后才能进行下一步工作;同时,各灌浆孔必须保证铅直,孔斜不得大于孔深的 2%,必须进行测斜工作,测斜要有记录;另外,在进行钻孔过程中要做好岩芯的编录工作,发现特殊情况应详细记录并分析原因,采取相应的处理措施。

2.3.8 灌浆压力

河槽段最大坝高 37.0 m,根据国内已灌工程的成功经验,坝高 40.0 m 左右、深 15.0 m 以上的,初始劈裂压力小于 5 Pa;孔深 15.0 m 以下的,初始劈裂压力以不超过 10 Pa 为限。最大灌浆允许压力按下式计算:

$$\Delta P = \rho H + \sigma_t - \rho' h \quad (2)$$

式中: ΔP 为灌浆管上端孔口最大允许压力; H 为灌浆计算点以上坝高; ρ 为坝体土的天然密度,取为 2.02 g/cm³; σ_t 为土的单轴抗拉强度,由试验确定; ρ' 为浆液密度; h 为全孔灌浆时注浆管的高度。

2.3.9 灌浆

当基岩灌浆完成后,下灌浆射管至基岩面上 0.5 m 进行坝体及坡洪积层劈裂灌浆。

制浆:采用机械制浆。土料先在泥浆池内浸泡数小时,搅拌成浆,通过过滤清除大颗粒和杂物,灌浆前再通过 35 孔/cm² 的过滤筛。浆液各项指标按设计要求控制,灌浆过程中浆液密度和输浆量每小时测定 1 次并记录。

灌浆:灌浆开始先用密度 1.2~1.3 g/cm³ 稀浆,经过 3~5 min 后再加大泥浆稠度。当孔口压力下降和注浆管出现负压(压力表读数为 0 以下),再加大浆液稠度,浆液的密度按施工技术要求控制。在灌浆中,先对第一序孔轮灌,待第一序孔灌浆结束后再进行第二序孔灌浆,第二序孔灌浆结束后再进行第三序孔灌浆,对所有 3 序孔均采用“少灌多复”的方法进行。每孔每次平均单位灌浆量控制在每米 0.5~1 m³,且每孔灌浆次数为 4~5 次。

2.3.10 灌浆综合控制

灌浆综合控制是保证灌浆期间坝体安全和灌浆质量的重要措施。综合控制包括灌浆量控制、横向水平位移控制、裂缝开展宽度控制。综合控制贯穿于灌浆过程的始终。

坝体 2 次灌浆间隔时间在 3 d 以上,孔口压力控制在设计最大允许灌浆压力以内。

在灌浆时,坝顶上、下游两坝肩处横向水平位移的允许量根据试验确定控制在 3 cm 以内,在停灌后都要基本复原。劈裂式灌浆尽量推迟和限制坝面出现裂缝,裂缝限制宽度根据灌浆试验确定控制在 3 cm 以内,在停灌后坝体裂缝都要基本闭合。

2.3.11 灌浆结束标准及封孔

坝体及坡洪积层灌浆结束标准:当浆液升至孔

口 经连续复灌 3 次不再吃浆时即可终止灌浆。

劈裂式灌浆封孔 : 当每孔灌完后 , 可将注浆管拔出 , 注满密度大于 1.5 t/m^3 的稠黏土浆 , 如果浆面下降 , 可继续灌注稠浆 , 直至浆面升至坝顶不再下降为止。

3 坝体灌浆效果分析

3.1 灌浆注灰量整理分析

从帷幕灌浆孔单位注灰量情况进行分析 , 包括 2 个方面 :

a. 河槽坝土段灌浆 : I 序孔干料单位注入量为 1303 kg/m , II 序孔为 1140 kg/m , III 序孔为 851 kg/m , II 序孔较 I 序孔单位注灰量降低 12.6% , III 序孔较 II 序孔单位注灰量降低 25.4% , 单位注灰量随灌浆进程呈现减少趋势。

b. 两岸坝坡土段灌浆 : I 序孔干料单位注入量为 1703 kg/m , II 序孔为 1163 kg/m , III 序孔为 889 kg/m , II 序孔比 I 序孔单位注灰量降低 21.7% , III 序孔比 II 序孔单位注灰量降低 23.6% , 单位注灰量随灌浆进程呈现减少趋势。

3.2 单位注灰量频率曲线及频率累计曲线分析

图 1 为干料单位注入量频率曲线和频率累计曲线图。从图中可明显看出 , 单位注灰量小值区间自上而下依次为 I , II , III 序孔 , 而大值区间自上而下依次为 III , II , I 序孔 , 单位注灰量自右向左依次为 I , II , III 序孔。说明通过 I 序孔灌浆处理 , 坝土层的孔隙或裂隙得到一定程度的充填 , 通过 II , III 序孔的加密 , 坝土层渗透性能得到明显改善。随着灌浆序次的推进 , 单位注入量均呈现出大值区间段数逐渐减少、小值区间段数逐渐增多的变化趋势。说明随着灌浆序次的推进 , 裂隙被逐渐充填 , 灌浆施工正常 , 灌浆效果良好。

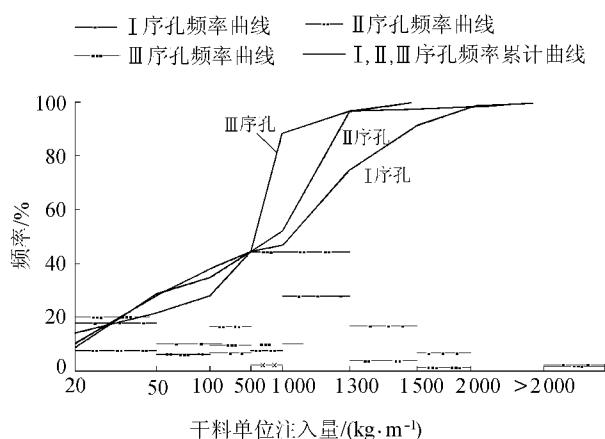


图 1 干料单位注入量频率曲线和频率累计曲线

3.3 检查孔注水试验分析

对坝体布置 5 个注水试验检查孔 , 共进行检查孔

注水试验 20 段。注水试验 20 段的渗透系数 $k = 1.44 \times 10^{-6} \sim 9.52 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$, 符合设计防渗标准 ($k \leq 1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$)。渗透系数满足设计要求 , 说明坝体劈裂帷幕灌浆后渗水通道已被堵塞 , 灌浆效果良好。

3.4 探井检查分析

在 0+030 m 桩号、0+070 m 桩号坝顶灌浆轴线位置分别开挖 1 个长、宽、深分别是 3 m、1.5 m、4 m 的深槽。通过深槽检查结果看 , 在 2 个灌浆孔之间均形成厚度连续、均匀的浆体防渗帷幕 , 浆脉宽度达到 10~30 cm , 平均达到 22 cm , 并呈由上而下逐渐增大的趋势。

3.5 单元工程质量评定

本次帷幕灌浆为 1 个分部工程 , 共划分为 5 个单元工程。每个单元工程约 10 个 , 共 53 个生产孔 , 经建设、监理、施工方共同进行质量评定 , 全部 53 个钻孔均达到合格 , 5 个单元工程质量评定等级为合格。

4 结 语

本文主要分析了劈裂帷幕灌浆技术对云南省玉溪市新平县他克冲水库的坝体渗漏进行防渗处理的过程及防渗效果。由于在施工中采用了适宜的施工工序、工艺和方法 , 严格控制了施工质量。经对灌浆处理后的效果进行检验和分析 , 表明在坝体、坝基和坝肩形成了封闭的防渗帷幕体系 , 具有明显的防渗效果 , 取得了良好的经济效益和社会效益。本工程的成功应用可为类似工程中采用劈裂灌浆防渗技术进行防渗处理提供经验。

参考文献 :

- [1] 白永年. 中国堤坝防渗加固新技术 [M]. 北京 : 中国水利水电出版社 , 2001.
- [2] 牛运光. 土坝安全与加固 [M]. 北京 : 中国水利水电出版社 , 1998.
- [3] 白永年 , 刘宪奎. 土坝坝体和堤防灌浆 [M]. 北京 : 水利电力出版社 , 1982.
- [4] DL/T 5148—2001 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范 [S].
- [5] 石军林. 劈裂灌浆技术在水中倒土坝防渗处理中的应用 [J]. 水利水电科技进展 , 2002 , 22(4) : 48-49.
- [6] 林万峰. 劈裂灌浆技术在五一水库坝体除险加固中的应用 [J]. 水利科技 , 2010(3) : 44-45.
- [7] 孙锋 , 张顶立 , 姚海波. 土坝坝体底部劈裂灌浆加固效果研究 [J]. 岩土力学 , 2010 , 31(4) : 1187-1192.

(收稿日期 : 2011-01-17 编辑 : 高建群)