

Experience of Impervious Curtain Grouting at Ceheng Reservoir Spillway

Zhiyong Zhu, Zhichao You, Wei Li

China Water Resources Pearl River Planning Surveying and Designing Co., Ltd., Guangzhou Guangdong
Email: 40777497@qq.com

Received: Aug. 24th, 2016; accepted: Sep. 9th, 2016; published: Sep. 12th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Taken Ceheng reservoir spillway's impervious curtain grouting as an example, this paper introduces weak dam defect (leakage) parts of the processing technology and methods, and expounds the successful anti-seepage grouting design scheme and main construction process. It provides a good reference to impervious curtain grouting treatment for similar dam foundation.

Keywords

Reservoir, Impervious, Curtain Grouting

册亨水库溢洪道防渗帷幕灌浆经验总结

朱志勇, 游志超, 李 伟

中水珠江规划勘测设计有限公司, 广东 广州
Email: 40777497@qq.com

收稿日期: 2016年8月24日; 录用日期: 2016年9月9日; 发布日期: 2016年9月12日

摘 要

本文以册亨水库溢洪道防渗帷幕灌浆为例, 介绍薄弱坝体缺陷(渗漏)部位处理的技术方法, 阐述成功防渗处理的灌浆设计方案及主要施工工艺, 对类似坝体的基础防渗帷幕灌浆处理有很好的借鉴作用。

文章引用: 朱志勇, 游志超, 李伟. 册亨水库溢洪道防渗帷幕灌浆经验总结[J]. 土木工程, 2016, 5(5): 190-195.
<http://dx.doi.org/10.12677/hjce.2016.55025>

关键词

水库, 防渗, 帷幕灌浆

1. 前言

册亨水库工程位于贵州省黔西南州册亨县境内, 由水源工程和供水灌溉工程等组成。水源工程位于册亨县城上游约 9 km 的北盘江一级支流者楼河中游河段, 工程的开发任务是城镇供水、灌溉及农村人畜饮水等综合利用。水库总库容为 1826 万 m^3 , 正常蓄水位为 736.0 m。

水源工程主要建筑物包括混凝土面板堆石坝、岸边溢洪道、引水放空隧洞等, 供水灌溉工程主要建筑物包括输水管道及附属设施, 水库坝后设工程管理区。

溢洪道紧挨大坝布置在右岸, 溢洪道轴线与坝轴线垂直, 共布置 2 孔 $6 \times 10 \text{ m}$ (宽 \times 高) 溢流表孔, 堰顶高程 726.0 m, 溢洪道由进口引渠段、控制段、泄槽段、挑流鼻坎段和出水渠段等组成, 平面总长 305.01 m。

2. 溢洪道地质概况

开挖浇筑后溢洪道引渠段、控制段地层自上而下依次为: 混凝土盖板, 厚 3~4 米; 强、弱风化细砂岩夹泥质粉砂岩。

强风化细砂岩夹泥质粉砂岩, 厚 3~16 米, 褐灰色, 成分主要为石英、长石、泥质, 薄层~中厚层构造, 岩芯呈碎块状及短柱状; 弱风化细砂岩夹泥质粉砂岩, 节理稍发育, 岩芯呈长柱状。

溢洪道自右边墙至左边墙由于基础开挖原因, 强风化细砂岩夹泥质粉砂岩渐厚。

3. 帷幕灌浆初步设计

溢洪道引渠段、控制段底板浇筑完毕并达到一定强度, 对其下部基础进行固结灌浆后再进行帷幕灌浆。下图 1 为溢洪道帷幕灌浆平面布置图。

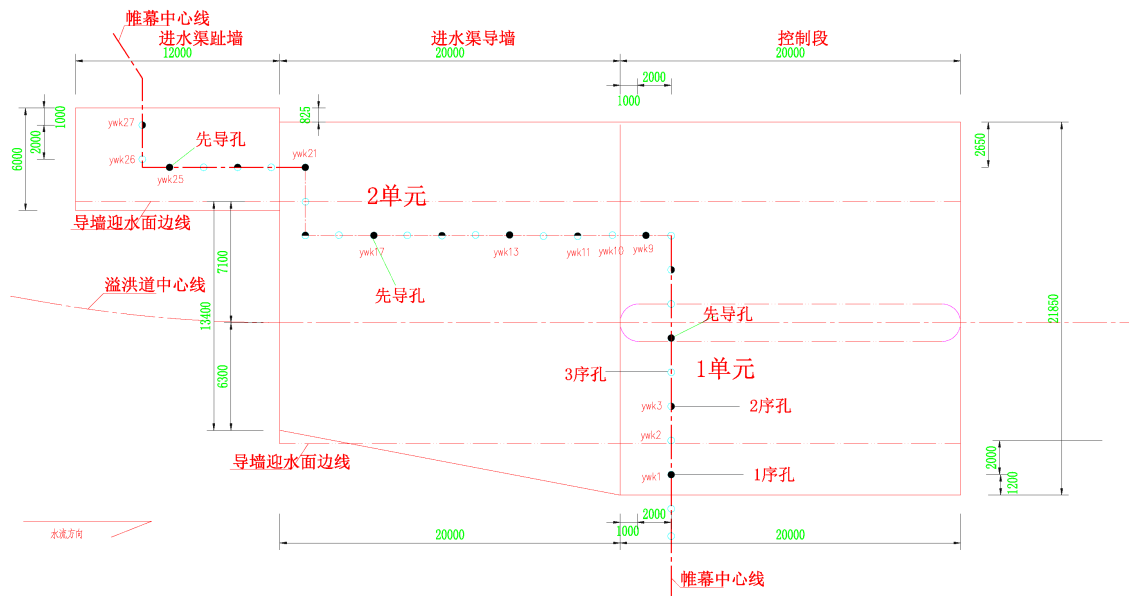


Figure 1. Spillway curtain grouting floor plan

图 1. 溢洪道帷幕灌浆平面布置图

设计排间距：1 排；

设计孔间距：2.0 m；

设计孔深：16~46 m；

灌注方式：自上而下分段灌浆法；

灌浆压力：第一段 0.5 MPa，第二段 1.0 MPa，第三段及以下各段 1.2 MPa；

水灰比：浆液水灰比采用 3、2、1、0.8、0.5 等五个比级(重量比)，起灌水灰比为 3，封孔采用 0.5:1 新鲜浆液，封孔灌浆压力采用该灌浆孔的最大灌浆压力。

灌浆次序：先灌注先导孔，然后灌注 I 序孔，再灌注 II 序孔，最后灌注 III 序孔。

灌浆结束标准：帷幕灌浆在最大设计压力下，当注入率不大于 1 L/min 时，延续灌注 30 min，可结束灌浆；当地质条件复杂、地下水流速大、注入量较大、灌浆压力较低时，持续灌注的时间应当适当延长。

4. 帷幕灌浆施工

4.1. 灌浆工艺

溢洪道帷幕灌浆采用孔口封闭灌浆法，按三次序逐孔加密的原则进行施工。灌浆利用 $\Phi 42$ mm 钻杆作为灌浆管，灌浆管距孔底不大于 50 cm；在灌浆过程中应经常转动和上下活动灌浆钻杆；回浆管宜有 15 L/min 以上的回浆量，以防灌浆管在孔内被水泥浆凝住。每段灌浆结束后一般不需等待凝结，但遇断层、破碎带等复杂地层根据实际情况等待凝结 8~24 h。孔口封闭帷幕灌浆试验工艺流程如图 2 所示。

4.2. 灌浆材料及水灰比

采用 42.5 普通硅酸盐水泥。灌浆浆液的浓度由稀到浓，逐级变换。水灰比采用 3:1、2:1、1:1、0.8:1、0.5:1 等五个比级，开灌水灰比 3:1。

当灌浆压力保持不变，注入率持续减少时，或当注入率不变而压力持续升高时，不得改变水灰比；当某一比级浆液的注入量已达 300 L 以上或灌注时间已达 30 min，而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时，应改浓一级的水灰比；当注入率大于 30 L/min 时，可根据具体情况越级变浓。

灌浆过程中，灌浆压力或注入率突然改变较大时，应立即查明原因，采取相应的措施处理。灌浆过程中应定时测记浆液密度，必要时测记浆液温度[1]。

4.3. 灌浆、压水压力

开始灌浆时压力应逐渐增大，注入率按时分级升压。一般应在 30 min 内增至设计压力，并一直维持到结束。灌浆不得破坏地层结构和抬动建筑物，初拟帷幕起始段灌浆压力如下表(表 1)，然后根据吸浆情况以及地表有无冒浆或抬动变形情况，再做试验性的压力调整[2]。

压水压力为各段灌浆压力的 80%。

4.4. 特殊情况处理

帷幕灌浆孔的终孔段，当透水率或单位注浆量大于设计规定值时，钻孔应继续加深。

灌浆必须连续进行，若因故中断，采取下述补救措施：

① 及早恢复灌浆。否则应立即冲洗钻孔，而后恢复灌浆。若无法冲洗或冲洗无效，则应进行扫孔，而后恢复灌浆[3]。

② 恢复灌浆时，应使用开灌比级的水泥浆进行灌注。如注入率与中断前的相近，改用中断前比级的水泥浆继续灌注；如注入率较中断前的减少不多，则浆液应逐级加浓继续灌注。

③ 恢复灌浆后，如注入率较中断前的减少很多，且在短时间内停止吸浆，应采取补救措施[4]。

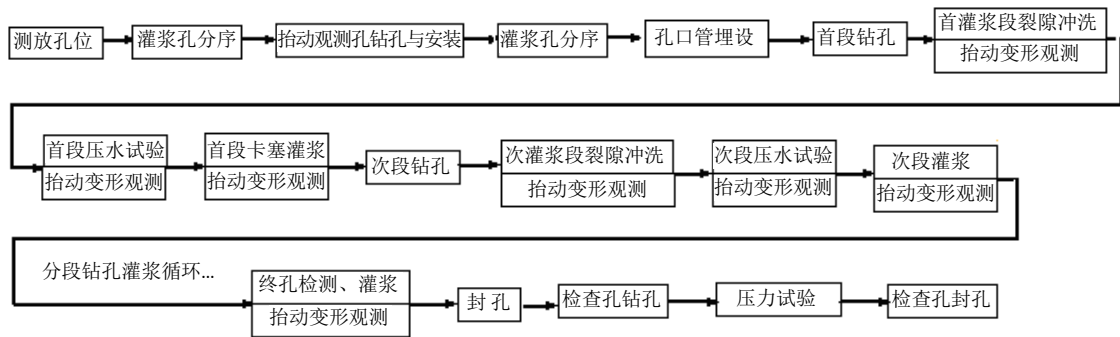


Figure 2. Orifice-closed curtain grouting process

图 2. 孔口封闭帷幕灌浆施工工艺流程

Table 1. Filling pressure gauge (MPa)

表 1. 灌浆压力表(MPa)

部位	分段	第 1 段(接触段)	第 2 段	第 3 段及以下各段
	帷幕灌浆压力(MPa)		0.5	1.0

注：表中灌浆压力系指安装在孔口回浆管上压力表所指示的压力值

5. 灌浆效果分析

5.1. 先导孔施工

溢洪道共布置 3 个帷幕灌浆先导孔, 分别为 ywk5、ywk17 和 ywk25, ywk5 地层为: 混凝土盖板(0~4.00 m)、强风化细砂岩夹泥质粉砂岩(4.00~5.00 m)、弱风化细砂岩夹泥质粉砂岩(5.00~20.20 m); ywk17 地层为: 混凝土盖板(0~4.40 m)、强风化细砂岩夹泥质粉砂岩(4.40~16.80 m)、弱风化细砂岩夹泥质粉砂岩(16.80~19.10 m)。ywk5 孔设计孔深为 15.54 m, ywk17 孔设计孔深为 20.33 m。ywk5 和 ywk17 孔灌浆成果如下表 2 和表 3。

溢洪道左导墙、边墙左侧因坝体堆填, 需将边坡表层全风化土清理掉。清理后导墙下钻孔离开挖后边坡距离 3~6 m。由表 3 可知, 灌浆时浆液从钻孔自地层裂隙流入至堆石坝。采用间歇灌浆的方法可以封堵住钻孔裂隙, 但是由于浓浆的充填作用, 大的裂隙可以堵住, 小的裂隙浆液不能及远, 不能较好的形成防渗帷幕。经与现场设计和监理人员沟通, 调整帷幕线及孔深, 导墙基础下帷幕线往右侧平移 4.0 m。调整后的帷幕灌浆图如下图 3。

5.2. 帷幕灌浆施工

经调整后, ywk8~ywk24 孔灌浆成果统计如下表 4 所示。

平均透水率为 $q_p = \sum q_n/n$ 。

由表 4 可知, 各次序孔的单位水泥注入量和平均透水率递减规律较为明显, 总体灌浆工作说明灌浆已取得了较好的效果。

调整后 I 序孔平均单位水泥注入量 57.8 kg/m, 远远小于未调整前 ywk17 孔平均单位水泥注入量 438.8 kg/m。

5.3. 质量检查

溢洪道防渗帷幕灌浆共布置检查孔 3 个, 下表 5 为检查孔压水成果统计表。

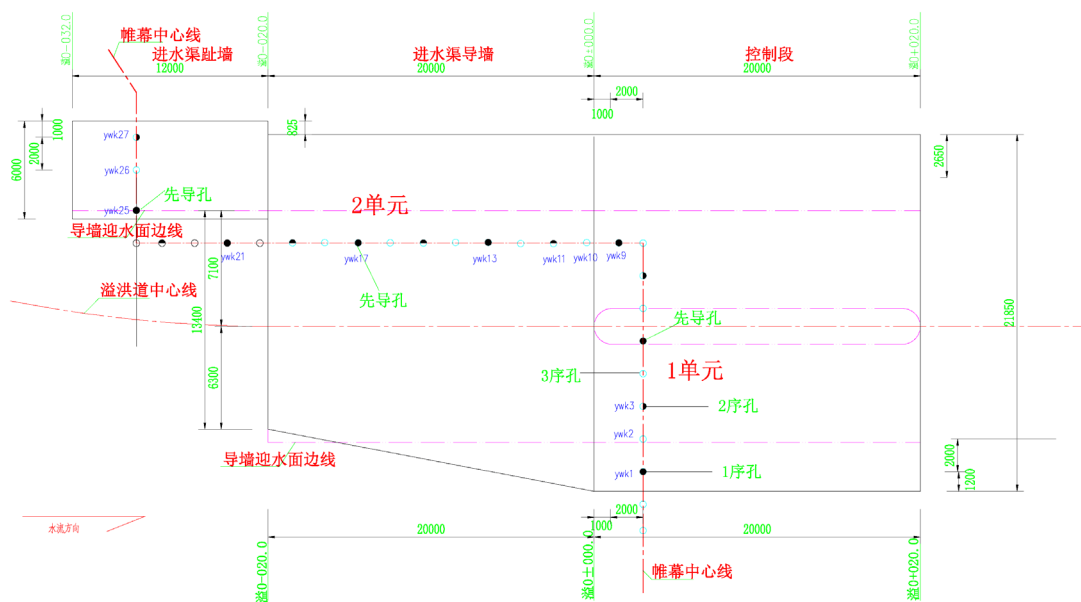


Figure 3. Adjusted spillway curtain grouting floor plan
图 3. 调整后溢洪道帷幕灌浆平面布置图

Table 2. Filling hole achievements statistics of ywk5
表 2. ywk5 灌浆成果单孔统计表

段次	灌浆孔段(m)			透水率 (Lu)	水灰比		灌浆 压力 (Mpa)	水泥用量		单位 注入量 (kg/m)	灌浆时间		备注	
	自	至	段长		开始	终止		注浆(L)	注灰 (kg)		开始 月-日	终止 时:分		
1	4.0	6.0	2.0	3.750	3.0	3.0	0.5	16.2	4.8	2.4	7月12日	10:21	12:01	
2	6.0	9.0	3.0	14.000	3.0	3.0	1.0	34.9	10.5	3.5	7月13日	10:40	12:00	
3	8.7	14.8	6.1	1.341	3.0	0.5	1.2	993.0	617.7	101.3	7月15日	11:41	14:02	
4	14.6	20.2	5.6	0.425	3.0	3.0	1.2	6.5	1.9	0.3	7月16日	12:04	13:24	
封孔	0.0	20.2	20.2		0.5	0.5	1.2	63.0	76.0	3.8	7月16日	13:27	14:32	
合计			16.7					1050.6	634.9	38.0				

Table 3. Filling hole achievements statistics of ywk17
表 3. ywk17 灌浆成果单孔统计表

段次	灌浆孔段(m)			透水率 (Lu)	水灰比		灌浆 压力 (Mpa)	水泥用量		单位 注入量 (kg/m)	灌浆时间		备注	
	自	至	段长		开始	终止		注浆(L)	注灰 (kg)		开始 月-日	终止 时:分		
1	3.90	6.10	2.20	25.598	3.0	2.0	0.5	734.0	326.7	148.5	7月17日	7:24	8:54	
2	5.80	9.20	3.40	5.784	3.0	0.5	1.0	1800.0	1582.8	465.5	7月18日	13:08	14:33	
3	9.00	14.00	5.00	8.900	3.0	0.5	1.2	1175.0	767.7	153.5	7月19日	9:59	11:39	
4	13.90	19.10	5.20	41.938	3.0	0.5	1.2	3934.0	4148.9	797.8	7月20日	18:47	20:17	待
4	13.90	19.10	5.20		3.0	3.0	1.2	356.3	108.3	20.8	7月21日	17:26	18:31	
合计			15.80					7999.3	6934.4	438.8				

Table 4. Hung road each hole filling sequence analysis of statistics achievements**表 4.** 溢洪道各序孔灌浆成果分析统计表

孔序	孔数(个)	段数	水泥注入量(kg/m)			透水率(Lu)		
			C _{max}	C _{min}	平均	q _{max}	q _{min}	平均
I 序孔	4	27	698.0	0	57.8	72.000	0	6.206
II 序孔	4	31	26.5	1.2	13.6	5.729	1.535	3.077
III 序孔	9	67	22.5	1.0	8.4	4.717	1.045	2.424

Table 5. Spillway curtain grouting pore water pressure inspection statistics achievements**表 5.** 溢洪道帷幕灌浆检查孔压水成果统计表

孔号	孔深	压水段数	平均透水率(Lu)	q _{max} (Lu)	q _{min} (Lu)
WMJC-18	41.50	8	1.278	2.245	0.555
WMJC-19	36.90	7	1.442	2.225	0.695
WMJC-20	20.00	4	1.926	2.205	1.639

由表 5 可知, 溢洪道帷幕灌浆检查孔压水试验透水率均小于 3 Lu, 满足水库防渗要求。

6. 结语

册亨水库溢洪道由于边坡开挖, 右侧上部开挖较多, 因此基础基岩完整, 透水率低, 单位灌入水泥量少; 左侧因为紧挨堆石坝, 表层开挖少, 开挖后灌浆孔距离边坡较近, 地层裂隙发育, 造成浆液沿裂隙渗漏到坝体内, 单位灌入水泥量大。调整后的帷幕灌浆线大大减小了水泥的浪费, 降低了施工难度, 能达到设计防渗要求。

参考文献 (References)

- [1] 魏万鸿, 陈国臣. 瓮谷水库防渗帷幕灌浆及其效果分析[J]. 甘肃冶金, 2005, 12(4): 84-86.
- [2] 王永刚. 江口水电厂左岸溢洪道帷幕灌浆试验及效果分析[J]. 江西电力, 2006(4): 28-30.
- [3] 田雄, 何少云. 新安江坝体补强灌浆设计与施工及效果分析[J]. 山西建筑, 2007, 33(30): 366-367.
- [4] 肖引学, 郭孟起, 相杰. 稳定浆液在小浪底水利枢纽坝基帷幕灌浆工程中的应用. 水利水电岩土钻凿技术[C]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2001: 153-158.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>