

# 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. 24<sup>th</sup>, 2016; accepted: Sep. 9<sup>th</sup>, 2016; published: Sep. 12<sup>th</sup>, 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。

## 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  $\text{m}^3$ , 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。

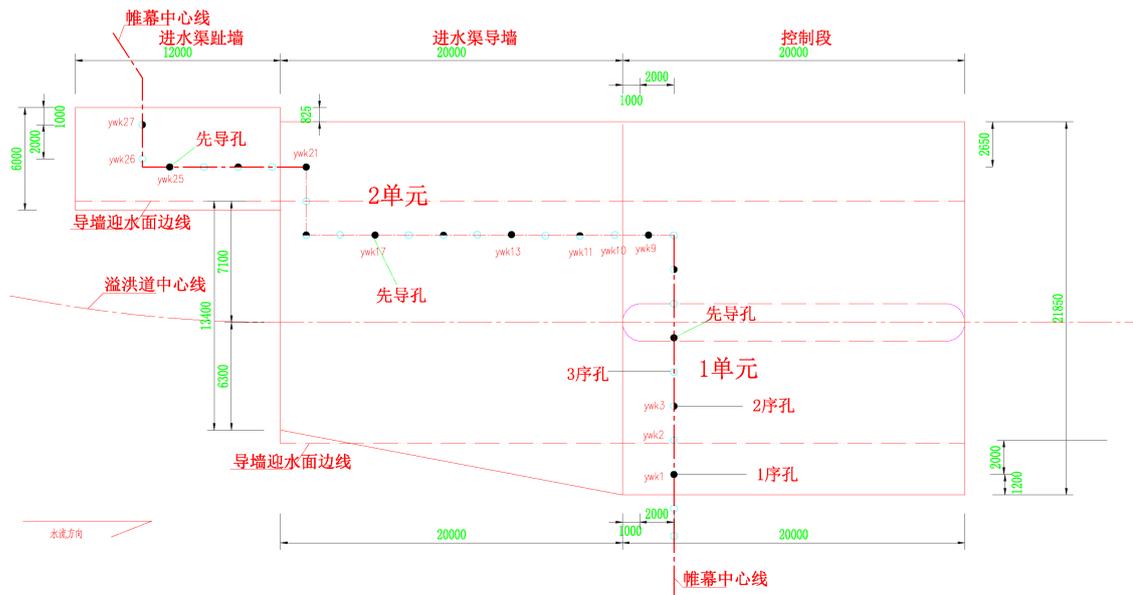


Figure 1. Spillway curtain grouting floor plan

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]。

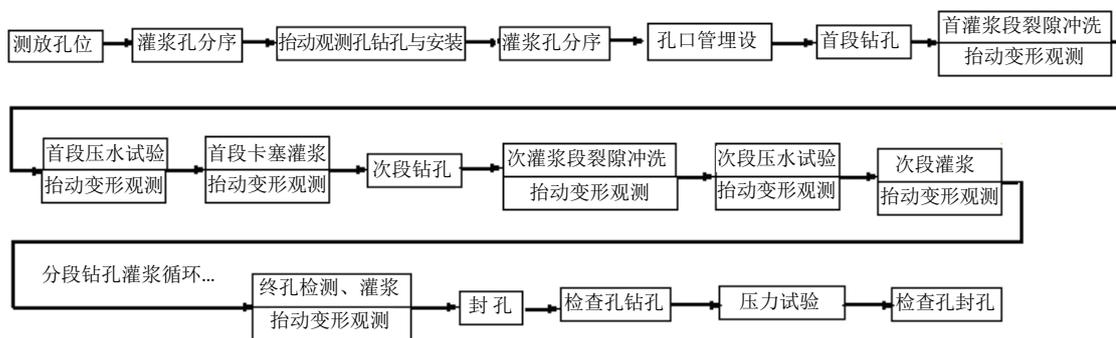


Figure 2. Orifice-closed curtain grouting process

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。



**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 <sub>max</sub>	C <sub>min</sub>	平均	q <sub>max</sub>	q <sub>min</sub>	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 <sub>max</sub> (Lu)	q <sub>min</sub> (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>