

防渗墙下帷幕灌浆施工方法探讨

习立飞

中国水电基础局有限公司, 天津 301700

【摘要】: 目前越来越多水库大坝心墙新建过程中采取了防渗墙配合墙下帷幕灌浆的防渗设计, 墙下帷幕灌浆施工方法多不相同, 本文通过现场试验分析“孔口封闭、自上而下分段、孔内循环灌浆”暴露出的问题, 提出了防渗墙下“自上而下分段卡塞、分段灌浆”施工方法的准确性, 为同类项目施工提供了有益参考。

【关键词】: 防渗墙下帷幕灌浆; “孔口封闭、自上而下分段、孔内循环灌浆”; “自上而下分段卡塞、分段灌浆”

1 项目背景

沿大坝粘土心墙轴线 0+020.0~0+490.0 段布置塑性混凝土防渗墙(强度等级 2.5~5MPa), 防渗墙墙宽 0.6m, 墙身嵌入基岩(以闪长玢岩为主)弱风化上限以下 1.0m; 在防渗墙墙身预埋灌浆管(直径 108mm)进行帷幕灌浆。灌浆孔孔距 1.5m, 上游排位于防渗墙中轴线, 下游排位于防渗墙墙外, 距上游排 1.5m; 灌浆孔起始段为防渗墙与基岩接触段, 终孔段以现场压水试验小于 5 吕容为准, 且不得小于设计孔深^[1]。

塑性混凝土防渗墙施工完毕 28 天后进行墙下帷幕灌浆作业。

2 试验方案

为加快施工进度, 加强复灌, 与设计、监理等各方沟通后拟定采取“孔口封闭、自上而下分段、孔内循环灌浆”的施工方法。试验方案简述如下。

2.1 钻孔

上游排墙身预埋灌浆管直接采用 XY-2 型地质钻机扫孔至管底, 向下分段钻进。下游排非灌段采用潜孔钻成孔, 套管跟进至灌浆段起始位置后, 下 4 寸钢管并用浓浆镶筑; 下游排灌浆段采用 XY-2 型地质钻机钻进成孔。

每灌浆段钻进完成后均进行孔壁冲洗, 冲洗采用大流量水冲洗, 从孔底向孔外直到回水澄清, 孔内残留沉淀厚度不超过 20cm。

钻进次序与灌浆次序保持一致, 即先下游排后上游排, 同排分序加密; 灌浆段钻进过程中, 每 5m 进行一次测斜操作, 孔底偏差控制在规范要求之内。

帷幕灌浆钻孔孔底偏差控制表^[2]

单位 m

孔 深	20	30	40	50	60	80
允许偏差	0.25	0.50	0.80	1.15	1.50	2

2.2 裂隙冲洗

(1) 每灌浆段单独进行裂隙冲洗, 冲洗采用脉动冲洗, 直至回水洁净后, 再延续 10~20min 为止, 冲洗高压为 80% 的灌浆压力^[3]。

(2) 当邻近有正在灌浆的孔或邻近孔灌浆结束不足 24 小时, 不得进行裂隙冲洗。

(3) 灌浆孔段裂隙冲洗后, 该孔段立即连续进行灌浆作业, 因故中断时间间隔超过 24h 时应在灌浆前重新进行裂隙冲洗。

2.2 压水试验

(1) 帷幕灌浆先导孔、检查孔自上而下分段卡塞进行“单点法”压水试验, 其余灌浆孔段灌前可不作裂隙冲洗, 进行简易压水试验。

(2) “单点法”压水试验在裂隙冲洗后立即进行, 稳定压力为灌浆压力的 80%, 该值若大于 1MPa 时, 采用 1MPa。单点法压水试验压入流量的稳定标准: 在稳定的压力下每 5min 测读一次压入流量, 连续四次读数中最大值与最小值之差小于最终值的 10%, 或最大值与最小值之差小于 1L/min 时, 本阶段试验即可结束, 取最终值作为计算值, 其成果以透水率 q 表示。

(3) 简易压水试验结合裂隙冲洗进行, 压水试验压力为灌浆压力的 80%, 该值若大于 1MPa 时, 采用 1MPa; 压水 20min, 每 5min 测读一次压水流量, 取最后的流量值作为计算流量, 其成果以透水率表示。

(4) 压水试验的成果计算按照如下公式计算: $q=Q/PL$

q ——试段透水率, Lu; Q ——压入流量(计算值), L/min;

P ——作用于试段内的全压力, MPa; L ——试段长度, m。

2.3 灌浆方式

(1) 采用“孔口封闭、自上而下分段、孔内循环灌浆”的施工方法, 在上、下游排预埋管端头焊接法兰安装孔口封闭器; 射浆管要求

距孔底距离不得大于 0.5m；各孔第一段灌浆后均待凝 48 小时以上。

(2) 帷幕灌浆先下游排后上游排，同排分III序孔，按分序加密原则施工。

2.4 灌浆压力及浆液变换

(1) 灌浆压力采用下表数据，现场施工过程根据注灰量情况适当提高灌浆压力，以最大限度的提高灌浆效果。

试验段灌浆压力一览表

灌浆段深度 (m)	0~2	2~5	5~10	>10
压力 (MPa)	0.3~0.5	0.5~0.8	0.8~1.0	1

(2) 灌浆过程中，如灌浆压力保持不变，注入率持续减少，或当注入率不变而压力持续升高时，不得改变浆液水灰比。

(3) 当某一比级浆液注入量已达 300L 以上，或灌注时间已达 30min，而灌浆压力和注入率均无显著改变时，应换浓一级水灰比浆液灌注；

(4) 当注入率大于 30L/min 时，根据施工具体情况，可越级变浓；

(5) 改变浆液水灰比后，如灌浆压力突增或吸浆量突减，应立即回稀到原水灰比进行灌注；

(6) 灌浆段干料注入量累计达到 3t/m 时，采取限流、间歇措施。

(7) 终孔段的透水率大于 5 吕荣的灌浆孔，不满足设计透水率要求，经现场监理、设计确认后加深，暂定每次加深一段，每段 5m 长，直至透水率小于 5 吕荣为止。

2.5 灌浆结束和封孔

(1) 灌浆段在最大设计压力下，注入率不大于 1L/min 后，持续灌注 30min，可结束灌浆。

(2) 全孔灌浆结束后，采用“全孔灌浆封孔法”，即以水灰比 0.5 的新鲜水泥浆液置换孔内稀浆，封孔压力采用该孔最大灌浆压力，封孔时间不小于 1h。

3 试验情况

3.1 暴露问题

(1) 下游排施工过程中，除第一段吃浆量较大，均需复灌外，无其他问题。

(2) 上游排第一灌浆孔 83 号孔第一段即接触段灌浆过程中，在 0.3MPa 灌浆压力下，灌浆孔两侧 10m 范围内预埋管及防渗墙与粘土接触部位出现大量、明显冒浆现象。

(3) 上游排第一灌浆孔 83 号孔第三段（墙下 5~10m）灌浆过程中，灌浆压力由 0.8MPa 突然泄压至 0.2MPa。

3.2 原因分析

(1) 针对 3.1 (2) 中问题，采取了间歇、待凝、浓浆等措施，效果不明显，分析认为防渗墙墙深不足 15m，0.3MPa 灌浆压力对于墙体自重及其同粘土心墙摩擦力合力来说偏大。

(2) 针对 3.1 (3) 中问题，分析认为，防渗墙墙底与基岩接触部位沉渣被击穿。

4 方案改进

4.1 灌浆方式

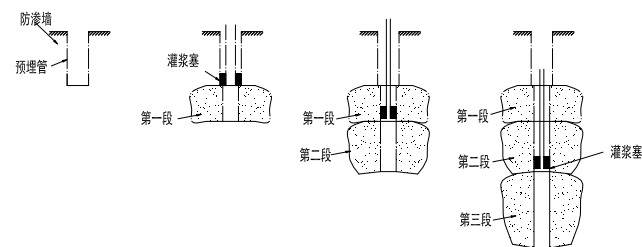
(1) 灌浆方式由“孔口封闭、自上而下分段、孔内循环灌浆”改变为“自上而下分段卡塞、分段灌浆”的施工方法。

(2) 墙下预埋管扫孔后，向基岩钻进 2m 作为第一灌浆段，灌浆塞卡至预埋管管底位置进行接触段灌浆。

(3) 待凝 48 小时后钻进 3m 作为第二灌浆段，灌浆塞卡至第一灌浆段位置（第二段灌浆段段顶 0.5m）进行第二段灌浆。

(4) 继续进行第 3、4……段钻进及灌浆，直至终孔，每段灌浆时灌浆塞均卡至本段段顶 0.5m 位置。

(5) 第二段及以下各段均不需待凝。



自上而下、分段卡塞、分段灌浆示意图

4.2 灌浆压力

针对试验灌浆压力偏大情况，后期方案降低了灌浆压力，施工过程正常。

灌浆压力一览表

灌浆段深度 (m)	0~2	2~5	>5
压力 (MPa)	0.2	0.5	0.8

4.3 封孔方法

因“全孔灌浆封孔法”采取全孔最大灌浆压力，对于接触段来说极易再次引起防渗墙墙底击穿，故变更封孔方法为“分段灌

浆封孔法”。

“分段灌浆封孔法”即全孔灌浆结束后，自下而上进行分段灌浆封孔，浆液为 0.5:1 的浓浆；第一段灌浆塞卡于第二段段底位置，封孔压力为 0.8MPa，当注入率小于 1L/min 时延续 60min 停灌，第二段封孔灌浆塞卡于预埋管孔口位置，封孔压力为 0.2MPa，当注入率小于 1L/min 时延续 60min 停灌^[4]。

5 质量检查

帷幕灌浆 14 天后，选取 10 个试验孔中 2 个灌浆孔进行压水试验，除 83 号孔第一段接触段压水吕容值 4.7，稍好于设计要求外，其余各段压水试验吕容值均小于 3，远满足设计要求，说明改进方案可行，且能够较好的保证质量。

6 孔口封闭灌浆法无法运用于防渗墙下原因分析

6.1 孔口封闭灌浆法工艺分析

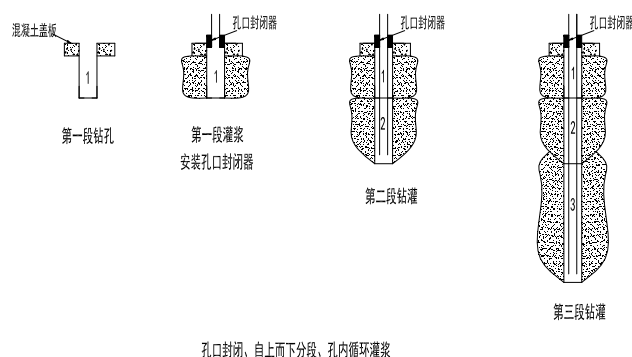
“孔口封闭灌浆法”第一段即孔口段灌浆并非通过“孔口封闭”来实现，而是先行钻进，通过孔内卡塞来实现，此时要求灌浆塞卡至混凝土盖板与基岩接触段，并深入基岩 0.5m 左右，以便于达到设计灌浆压力。

第一段灌浆结束后，镶筑孔口管，孔口管需深入基岩 1m 以上，并露出盖板 10cm 左右，管壁与孔壁充填 0.5:1 浓浆，并待凝 72h 以上。

第二段及以下各段均通过安装在管口处的孔口封闭器进行灌浆，灌浆过程中不需待凝。

参考文献:

- [1] 黑龙江省尚志市幸福沟水库工程土石坝设计技术要求.
- [2] 《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》，SL62-2014.
- [3] 孙钊，《大坝基础灌浆》，2013.12 出版.
- [4] 张景秀，《坝基防参与灌浆技术》，2002 年第二版.
- [5] 夏可风，孔口封闭灌浆法讨论，《水工建筑物水泥灌浆与边坡支护技术》暨第 9 次水利水电地基与基础工程学术会议论文集，2017 年期.



6.2 孔口封闭灌浆法墙下灌浆弊端

孔口封闭灌浆法要求孔口管要求深入基岩一定深度，而防渗墙中预埋灌浆管位于防渗墙墙底，并未深入基岩。钢管是否深入基岩是孔口封闭灌浆法无法运用于防渗墙下帷幕灌浆的根本原因，同时也是造成浆液自墙下接触段反复露失，以及防渗墙底被击穿的根源所在^[5]。

7 结语

防渗墙下帷幕灌浆因墙体预埋管未深入基岩之内决定其无法使用“孔口封闭、自上而下分段、孔内循环灌浆”的施工方法，而只能运用“自上而下分段卡塞，分段灌浆”的施工方法。但综合其他文献资料，有一变通方法，较为少用，此处只作简单说明，即在预埋管底部做一变径管深入基岩，在此基础上采用孔口封闭灌浆法。

目前墙下帷幕灌浆除“孔口封闭、自上而下分段、孔内循环灌浆”、“自上而下分段卡塞，分段灌浆”施工方法外，甚至存在灌浆过程中始终将灌浆塞卡至预埋管底部进行变相的“孔口封闭灌浆法”。在实际施工过程中，项目技术人员不能一味图省事、方便，而需针对项目不同特点，采取更加科学、有效的灌浆方法，在保证灌浆质量的前提下，提高工作效率。