

玄武岩夹层复杂地层灌浆 防渗堵漏技术研究

王 林 申国涛 熊丽娜

(岩土工程事业部工程公司)

〔摘要〕 在内蒙古前天子水库右岸库区防渗堵漏施工中,地层结构主要为“三岩三土”,岩层整体风化破碎、垂直裂隙发育;个别部位地层复杂,渗漏严重,通过对玄武岩夹层复杂地层分析,总结出一套针对玄武岩夹层的灌浆施工技术,供类似工程借鉴及使用,以便提高施工质量,加快施工进度,降低施工成本和工程造价。

〔关键词〕 玄武岩 三岩三土 灌浆技术

1 概述

前天子水库位于黄河一级支流浑河中游,坐落在内蒙古自治区和林格尔县新店子镇下恼亥村,距和林格尔县城44 km。水库工程规模为中型,工程等别为Ⅲ等,是一座以防洪、灌溉为主综合利用的中型水利枢纽工程,水库总库容 $9000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

该水库于2003年8月20日开始下闸蓄水试运行,2004年发现主坝右坝肩和水库右岸坡渗漏严重,且有流土。根据内蒙古自治区水利水电勘测设计院2007年5月编制的《内蒙古自治区呼和浩特市和林格尔县前天子水库大坝安全鉴定评价报告》、呼和浩特市水务局2007年5月28日鉴定的《大坝安全鉴定报告书》、以及2010年8月13日水利部大坝安全管理中心的三类坝鉴定成果核查意见,前天子水库大坝安全类别评定为Ⅲ类坝,急需进行除险加固。

从整体上分析,水库大坝右岸渗漏水带的渗流量大,渗径长,局部地层透水性强,地层构造较发育,右岸玄武岩中,垂直节理、裂隙较为发育,下伏花岗片麻岩陡倾角节理较发育,同时右岸局部玄武岩地层中央有低液限粘土、级配不良砾隔层,地质条件较为复杂。根据右岸库区地形、地质等相关条件,确定采用帷幕灌浆对该部位进行防渗堵漏处理,防渗标准为透水率 $q \leq 10 \text{ Lu}$ 。

2 地质情况描述

该工程灌浆区因受构造体系的影响,构造较发

育,有宽张裂隙带破坏了岩体完整性,增大了透水性,且有多条断层破碎带通过,存在绕坝渗漏问题。灌浆区域地质条件复杂,玄武岩夹层地层统称为“三岩三土”,“三岩”主要指两层喷发性玄武岩和一层花岗片麻岩。岩层整体风化破碎、垂直裂隙发育;“三土”则指地表低液限粘土,以及下部三层岩石间所夹的两层含有级配不良砾的低液限粘土。其中下部两层粘土受玄武岩喷发时的高温影响,局部已烧结成块,硬度较大。组成工程灌浆区的岩石主要为太古界桑干群(Ar1sn)花岗片麻岩、闪长岩,第三系中、上新统玄武岩($\beta \text{N1}-2$),第四系地层上部为低液限粘土,局部夹级配不良砾。基于此情况,在灌浆施工过程中不好控制,灌浆工艺复杂,灌浆施工难度大。

3 施工工艺

3.1 灌浆施工顺序及工艺

帷幕灌浆按分序加密的原则进行。灌浆施工的一般总体顺序为:先导孔 $\rightarrow$ Ⅰ序孔 $\rightarrow$ Ⅱ序孔 $\rightarrow$ Ⅲ序孔 $\rightarrow$ 质量检查孔。相邻的两个次序孔之间,同一排在岩石中钻孔灌浆的间隔高差不得小于15 m。

钻灌施工工艺流程如图1所示。

3.2 灌浆方式

采用自上而下孔内循环灌浆法进行灌浆。

3.3 灌浆浆液

灌浆浆液的浓度应由稀到浓,逐级变换。帷幕灌浆浆液水灰比采用5:1、3:1、2:1、1:1、0.8:1、

作者简介:王 林(1982),男,河南省温县人,工程师,从事水利水电工程施工与管理工作。

0.6:1、0.5:1 水泥浆,0.5:1 加速凝剂(水玻璃)水泥浆(或速凝水泥砂浆)等八个比较级。

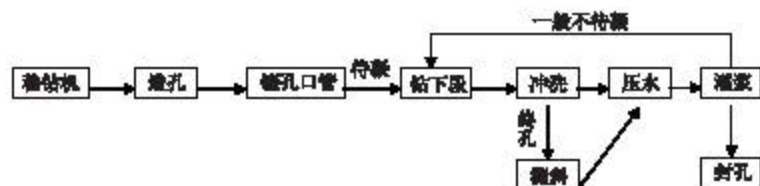


图1 单孔灌浆工艺流程图

4 针对玄武岩夹层采取相应的灌浆技术措施

4.1 开灌水泥灰比

在灌浆工程施工中,灌浆水灰比的确定,需要考虑多方面的影响因素,如地层、灌浆压力、设计扩散半径等;针对本工程地质条件的特点,根据现场实际情况选取开灌水泥灰比;灌前压水试验透水率小于 20 Lu 时,开灌水泥灰比采用 5:1;灌前压水试验透水率大于等于 20 Lu 时,开灌水泥灰比采用 3:1。经灌浆试验结果证明,浆液性能通过调节均能满足不同的地层灌浆的目的,在水库防渗施工中,应是可考虑选用的方法之一,同时,应当大力开发新的灌浆技术,使之能适应于除险加固工程防渗堵漏施工中。

4.2 可控灌浆工艺^[1-3]

可控灌浆工艺是采用既具有一定流动可灌性、又具有一定高塑性变形强度及时变性的特殊复合膏浆,利用浆液可控凝结及时变的特性,采用全液压无级调速高压脉动灌浆泵,借助脉动瞬间高压促使浆液通过特殊灌浆头灌注,能有效控制浆液的扩散范围,保证浆体在钻孔周围较均匀扩散充填透水孔隙,从而使强透水地层内快速形成防渗效果较好的连续帷幕体。

本工程断层带部位,渗漏量大,渗径长,局部地层透水性强,地层构造较发育,在帷幕灌浆施工过程中,当灌浆孔段灌前压水试验岩石透水性较强(如段长 5 m 时,压入流量 ≥ 50 L/min)或灌浆过程中吸浆量较大时,采用可控灌浆工艺进行灌注。

(1)可控灌浆起灌水泥灰比 1:1。当 1:1 水泥浆液注入量已达 300 L 以上,而灌浆压力和注入率均无显著改变时,应变换 CS 双液浆进行灌注。CS 双液浆采用 1:1 水泥基浆(浆液密度 $1.5 \sim 1.6$ g/cm³),掺入水玻璃速凝剂比例为 3~6%。水玻璃加量应根据现场试验确定,一般可按 3%、4%、5%、6% 顺序加入。每一比较级的浆液注入量按 ≥ 300 L 控制。当灌浆压力逐渐增大时停止速凝剂比较级变换,防止灌浆压力过快增大。

(2)对吸浆量较大的孔段,当水泥砂浆无效时灌注 CS 双液浆、速凝水泥砂浆或水泥粘土混合浆液(加入水玻璃基外加剂)。

(3)可控灌浆采用纯压式灌注方式。灌浆压力选取设计压力的高端值;灌浆段长度 ≤ 5 m。

(4)灌注速凝浆液或膏状浆液时。当灌浆压力升高至 0.5 MPa 或者灌注时间达到 20 min 时,宜迅速终止灌浆;较高粘度的速凝浆液灌注量达到 500 L/m 即可结束灌浆。当灌注速凝水泥浆液无效时,可采用速凝砂浆或其他方式进行灌注。水泥砂浆的基浆配比 1:1~0.6:1,加砂率按 20~30% 控制。当速凝水泥砂浆无效时,采用投入不同级配的石子、间歇待凝、扫孔复灌等方式进行处理。

可控灌浆工艺相比其它灌浆方法,能较好地解决常规工艺在复杂地层成孔困难、灌浆扩散不均一、防渗堵漏效果不理想等一系列技术难题,在本工程断层带部位防渗堵漏中起到了一定的效果。

4.3 大渗漏通道部位施工工艺^[4-6]

本工程大渗漏通道是指在钻孔过程中出现岩层、岩性变化,发生掉块、塌孔、钻进速度变化、回水变色、失水、涌水等异常变化的地段。

(1)示踪试验

判断为大渗漏通道部位后,停钻先进行渗漏示踪试验,以查找渗漏通道是否与右岸山体后侧的渗漏点连通。采取环保型有色试剂或有机溶剂作为示踪试验外加剂,延长向通道内注水时间,跟踪观察染色水流的出露点,计算渗流时长,结合地质情况进一步分析渗漏通道的形成机理,设计具有针对性的截水堵漏方案。进行示踪试验时,还有注意观测渗漏通道附近灌浆孔地下水位变化情况中,在下游渗漏点安装量水堰,观测分析库水位与渗漏点出水量的变化关系,同时便于随时检验灌浆效果。

(2)大渗漏通道部位施工工艺

灌浆过程中开灌水泥灰比直接采用比较级为 1:1,采取分流的灌浆方式,尽可能降低注入率(小于 30 L/min);采用孔口直流式灌浆,当累积水泥量达到 3 t 时,仍无变化的,采取相应的措施,如灌浆时

采取适当缩短段长,灌浆过程中采取间歇、限流、物理堵漏(填入砂石料)、添加速凝剂或增稠交联等技术方法,特殊部位使用水泥粘土混合膏状浆液进行灌注;当透水率小时,灌浆应采用孔口封闭循环式。

(3)大渗漏通道部位灌浆时,采取纯压式灌注方式。

灌浆浆液材料根据该工程的要求和实际情况进行现场试验,通过大量的浆液材料配合比试验得到适合该工程所需要的灌浆材料后,进行该部位大规模施工。该方法在满足设计要求的前提下有效控制灌浆材料的扩散半径,提高了施工进度,且防渗堵漏效果明显。

4.4 低液限粘土及级配不良砾夹层灌浆

(1)冲洗钻孔时,为防止上覆岩体失稳,不宜群孔联合冲洗。

(2)对于低液限粘土层,根据试段透水率情况,采取适当施工措施。当透水率小于或等于设计防渗标准时,用较稀的纯水泥浆液进行补强灌注;当透水率大于防渗标准时,渗漏量较大,用浓浆灌注;如遇夹砂层“吃水不吸浆”时,采取灌注水玻璃浆液的形式。

(3)对于级配不良砾隔层,尽量采用纯水泥浆液灌注;如长时间灌注难以达到设计压力,或一旦升至设计压力流量就突变,采用混合浆液或进行封堵。

5 帷幕灌浆效果分析

5.1 灌浆质量检查

帷幕灌浆检查孔的数量为灌浆孔总数的10%,一个单元工程内布置一个检查孔。帷幕灌浆检查孔在该部位灌浆结束14 d后进行,检查孔的孔径为 $\phi 75$ mm,按规定提取岩芯。本工程共计46个单元,从46个帷幕检查孔的取芯情况看,每个检查孔都有多处水泥充填物,在断层带及大渗漏通道部位水泥充填物较多;从灌后压水成果资料分析,透水率 $q \leq 10$ Lu,满足设计要求。

5.2 灌前灌后右岸山体渗漏点效果分析

现场观测数据显示,2014年灌浆前水库蓄水至1209.93高程时,库区右岸渗漏量为 $0.11 \text{ m}^3/\text{s}$,年总渗漏量约为347万 m^3 。之后因下游灌溉需求放水量较大,水库一直在1206 m高程以下低水位运行,库区右岸渗水量也随之减少,直至不漏。自2014年9月中旬起重新蓄水至2015年4月7个多月时间内,库水位缓慢回升至1209.93 m高程,库区右岸原渗漏点滴水不漏,说明进行灌浆防渗堵漏工作已取得了显著效果。如图2、图3所示。



图2 灌浆前右岸山体渗漏严重,三角量水堰观测几乎满堰



图3 灌浆后水位高程右岸山体已滴水不漏

6 结论

综上所述,在整个施工过程中,准确把握灌浆施工过程中的难点和重点,针对玄武岩夹层复杂地层中帷幕钻孔灌浆的施工难度,制定相应的灌浆技术措施,通过调整开灌水灰比和可控灌浆工艺的施工方法,更好的解决玄武岩夹层复杂地层中灌浆的技术难题;对于大渗漏通道的灌浆施工方法,不仅有效的提高了钻灌速度,并且节省不必要的浆液损耗,提高施工的灌浆质量,有效解决了大坝渗漏问题,具有十分广泛的应用和发展。

参考文献

- [1] 龙爱华. 张掖市酥油口水库除险加固施工中存在问题与处理措施[J]. 水利规划与设计, 2015.
- [2] 徐安诺. 帷幕灌浆在水库除险加固工程大坝坝基处理中的应用[J]. 水利规划与设计, 2016.
- [3] 马坤, 倪志刚, 徐利. 帷幕灌浆施工技术在库区大坝基础防渗加固处理中的应用[J]. 水利建设与管理, 2017.
- [4] 王成. 不同地质条件下大坝基础帷幕灌浆的对策和效果[J]. 西北水电, 2001.
- [5] 韦恩斌, 劳武. 广西大龙潭水库防渗堵漏灌浆新技术应用[J]. 水利水电技术, 2009.
- [6] 赵瑞峰, 沈增良, 张纳新. 黄壁庄水库副坝防渗墙6号坝段堵漏灌浆施工技术[J]. 水利水电施工, 2010.