

高压旋喷三重管法在儒乐湖水闸中的应用

黄 鸿

中国水利水电第十六工程局有限公司 福建 福州 350000

摘 要: 本文主要从高压旋喷三重管法的施工工艺流程及技术要点进行总结, 本文结合南昌儒乐湖水闸项目的实际情况, 重点介绍高压旋喷三重管法施工方法以及现场施工技术, 为高压旋喷桩在深基坑支护工程中的应用提供经验。

关键词: 高压旋喷; 三重管法; 施工方法

1 概述

南昌儒乐湖水闸为Ⅱ等大(2)型工程, 正常水位时库容为435万 m^3 , 50年一遇和100年一遇洪水流量分别为850 m^3/s 和九972 m^3/s , 水闸在儒乐湖水位二十一点八零m和赣江水水位二十一点五六m时可满足五零年一遇($P = 2\%$)的洪水泄洪条件, 儒乐湖水位22.39m和赣江水水位22.11m时可满足100年一遇($P = 1\%$)洪水泄洪要求。根据地质勘察成果, 本工程地基主要为粉质粘土和细砂层, 为保证水闸基坑施工安全, 防止地下水渗漏, 采用高压旋喷灌浆法形成防渗墙。防渗墙成桩直径60cm, 高压旋喷桩共计1131根, 总长12440m。

2 高压旋喷桩介绍

高压喷射灌浆法是先通过钻头造孔, 然后将带喷嘴的注浆成型管下至土壤的规定部位, 用高压将泥浆或水从喷嘴上喷射而出, 同时产生的喷射水流冲击地面破坏地下水位, 当土粒从土体中剥离下来时, 一些细碎土粒随泥浆冒出地面, 其余部分和灌进的泥浆混合掺搅, 在混凝土体上产生混凝土体, 从而改善地面屋顶漏水的承载性能的施工方法。其基本原理是通过射流原理切割掺搅的土层结构, 并灌入水泥浆或混合浆液中产生混凝土体, 借以实现强化土壤与防渗工程的目的。其最大好处是不需要对地面进行施工, 可以在地面的某一深度建立满足设计条件的防水渗漏体。按照高压喷射灌浆的方式不同, 可分成旋喷、摆喷和定喷三类。旋喷的喷嘴在发射后, 若一面上升一面旋转则产生圆柱状凝结体; 摆喷是指一面上升, 一面做相应高度的摆动则构成哑铃型凝结体; 定喷是指一面上升一面喷射, 喷射角度恒定不变时产生板状凝聚物^[1]。高压喷射注浆成型的基本方法分为单管法、双管法、三管法和多管法四个方式, 本项目选择了三管法进行的, 三管法分别通过输入液、气、泥浆三类介质的三大注浆方法管(或三管), 在由高压水泵等高压发生设备形成的高压水喷射流的附近, 环绕一个

圆筒形气流, 进行高压水喷射流与气流同轴喷射冲切混凝土体, 产生很大的间隙, 然后另由泥浆泵灌注泥浆填充, 使喷嘴同时做回转和上升的动作, 最后便在土壤中产生体积很大的圆柱状凝结体。

3 防渗墙施工技术

3.1 施工工艺流程

使用三管法的旋喷, 需先给高压供水、后给水泥浆和压缩空气断路器; 喷射后先应满足设定的喷水水压、喷浆施工水量后, 再逐渐上升注浆材料管, 注浆方法管分段上升的搭设距离不能少于100mm; 当超过设置桩顶标高或地基发生溢浆情况后, 应立即终止当前桩的旋喷运行, 同时将旋喷管拔除或冲洗管路。三重管法是把水泥浆和压缩空气断路器一起喷出, 除了可延长喷出距离、提高切削力之外, 也能提高废土的排除, 减小固体单位容积的比重。

3.2 施工准备

3.2.1 场地准备及生产条件

检查高压装置的管道控制系统, 其电压和电流应符合设计规定, 注浆管道和喷头中不能有其他杂质, 注浆接口封闭良好, 现场安装便道、设备、物料存放地点和供水用电要求全部完成。

施工主要机械设备配置表:

序号	设备名称	型号及规格	技术参数	
			直径	150mm
1	地质钻机	XY-150	深度	150m
			孔深	30 ~ 50m
2	高喷台车	XP-30B	动力头提升力/加压力	60KN/30KN
			动力头钻进提升速度	1 ~ 4.7m/min
			动力头旋喷提升速度	0 ~ 500m/min
3	拌浆机	WJG-80	拌制浆量	100L/min
			最大浆液比重	1.5g/cm ³
			灌浆量	50 ~ 80L/min

续表:

序号	设备名称	型号及规格	技术参数	
			流量	150L/min
4	泥浆泵	BW-150	泵送压力	7Mpa
5	高压泵	3DZ-5Z	/	
6	灌浆泵	HB-80	8m ³ /h	

3.2.2 材料准备

开工之前, 确保建筑所需的各类建筑材料符合设计规定, 并经取样检测合格, 进场的数量、质量符合施工规定。工程建设需要的各类零星物料在开工之前准备齐全, 且数量、品质符合工程建设规定。

3.2.3 修建排污和灰浆拌制系统

废泥浆进入沉降罐内, 沉降后的预制水泥被无公害的排出, 沉淀的泥浆将在施工基坑中一起运出, 灰浆拌制设备大多安装在距施工作业面不远处, 方便作业。

3.3 桩位放样

按照设计图的位置网点测量放出的轴线, 在轴线上确定孔深, 编好点编号、孔号和序号, 按照标高点计算各孔的基础标高。桩定位时要严格地根据图样进行测设并加以复核, 桩的打入用木桩以短的直径进行标记。

3.4 钻机就位

钻机按位置施工就地时, 应在技师帮助下, 调节船桅和刀具之间的高度, 在装置到位后进行精确调平, 以确定刀具应和桩定位高度相符, 误差范围应在10个mm之内, 如果钻机的垂直度误差低于百分之零点三, 在钻孔时要调整空压机、泥浆泵, 以确保机械工作正常, 并校验刀具的尺寸, 使用红油漆在钻孔塔上标记深度线, 以确保洞底高度达到规定深度^[2]。

3.5 钻进成孔

3.5.1 先导孔钻孔

正式钻孔施工前, 依据设计图纸标注的先导孔点位(点位之间相隔16.8m), 采用地质钻机进行先导孔钻孔, 钻孔直径为110~130mm, 钻进至强风化带下限, 根据先导孔芯样取样, 核对地层、确定桩长。

3.5.2 钻孔引进

钻机主钻杆对准孔位, 用水平尺测量机体水平、立轴垂直, 垫稳、垫平、垫牢机架, 保证钻孔倾斜率不超过百分之一。钻孔深入基岩零点五m, 钻孔时要慢速运行, 了解岩性地层对钻头的影响状况, 钻孔过程中出现孔倾斜率过大时, 应及时调节钻头水平面积和钻杆垂直程度, 终钻孔孔深精度宜限制在±10个cm之内。钻孔检测验证合格后, 可实施高压喷射灌浆施工。为保证成墙效果, 高喷灌浆分Ⅲ序施工, 桩序顺序为Ⅰ序桩→Ⅱ序

桩→Ⅲ序桩, 相邻次序桩施工时间间隔不少于48h。

3.6 喷射管下放

钻孔检验通过后, 才能实施高压喷射灌浆, 为提高浇灌效率, 可将喷射管放置至规定深度, 喷嘴对准喷射方向并不倾斜。为避免边下管的喷嘴阻塞, 可使用边低压赠亲、气、浆, 边下管, 或临时加防护的方法。

3.7 搅拌制浆

搅拌器的速度和混合均匀能力应分别与所混合泥浆种类以及水泥灌浆泵的排浆量相适应, 并能确保平衡、持续地拌制泥浆, 确保高压喷射灌浆连续供浆需量。

3.8 旋喷提升

喷射头采用双嘴喷头, 当混凝土灌浆管下至设计深度, 喷嘴达设计标高时, 起动高压水射流泵、灌浆泵和空压机进行旋喷作业, 混凝土浆液流速为80~120L/min内。在土底停浆大约1~3min内后, 按15~25cm/min的速率徐徐上升钻杆, 借喷射旋转提升的协调效果, 使水泥浆与原土中的粗粒子和新的冲切体旋转为一, 凝固为墙。

3.9 冒浆

旋喷过程中, 往往有相当量的土壤颗粒, 随着一部分浆液顺着灌浆管管壁冒出地面, 通过对冒浆液的观测, 可以准确把握土壤情况, 确定旋喷的大致效果, 并判定了参数的正确性。冒浆(内有土粒、水及浆液)的总量低于注浆总量百分之二十属一般情况, 如果高于百分之二十以上或根本没有冒浆的, 则要找出问题并采取相应方法。

3.10 充填回灌

在下一个钻孔的高压喷射灌浆进行时, 为了克服凝结体上部由于浆液层析水所产生的塌陷, 必须在改孔喷射完成后, 立即对喷射口进行充填灌浆, 直到孔口泥浆层不再下陷为止。

3.11 清洗

喷射结束后, 应当及时冲洗注浆成型泵和输浆管道, 以免冲洗不准确、不完全, 造成泥浆在输浆管道中沉积结块, 阻塞注浆管道和喷头, 影响下一孔的施工。

4 施工质量控制

4.1 原材料质量控制

原材料质量是工程质量的根本, 应选用有早强功能的P.O四十二点五普通硅酸盐材料, 且必须对材料进行取样检验合格后方可进行应用。

4.2 中间质量检验

在开始压水试验之前必须进行试验类压水, 在试错性压水完成之后, 才能完成正式压水试验。正式的压水测试每隔2~5min进行一次, 如果压力并无继续上升趋势

势，且连续五次流量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^[3]。检查过程中，如发现存在问题，应及时在未施工的高喷防渗墙进行调整。单点法压水试验的透水率可按下式计算：

$$q = \frac{Q}{PL}$$

式中：q——试段透水率，Lu；
 Q——压入流量，L/min；
 P——作用于试段内的全压力，Mpa；
 L——试段长度，m。

5 防渗墙效果分析

5.1 设计合格标准

经检查孔钻芯检查，高压旋喷防渗墙连续、完整、胶结良好，无松散、夹泥或分层现象；透水率≤5Lu，最小成墙厚度≥50cm、合格率应不小于95%。

5.2 先导孔透水检测

高压旋喷抗渗墙浇筑之前，根据设计条件，每隔十六点八m浇筑一个先导孔，以确定地质状况，每个先导孔在强风化层和弱风化层作透水性测试。按照《水利水电工程钻孔压水试验规程》(SL31-2003)规范规定，经检测，弱风化层未经高喷施工就已满足透水率≤5Lu设计要求，无需进行处理^[1]。本次效果分析截取水闸闸室段14个先导孔强风化层的试验成果，以及采用先导孔压水力测试得出的强风化层岩块渗透率均超过了防水渗漏标准，渗漏水量超过五Lu的段数为全部段数的百分之五十七点一四，表明岩块裂缝发育发达，部分岩块比较破碎，渗漏强度大。

5.3 防渗墙成墙效果检测

防渗墙施工结束后，对板墙进行了钻孔取芯，并做抗压强度和墙板厚度检测试验。经检测，芯样表面光滑、无缺损，固体均匀，强度较高；防渗墙连续完整、胶结良好，无松散、夹泥或分层现象，满足设计厚度要求。

水泥土抗压强度检测报告：

取样日期	试验日期	龄期(天)	芯样尺寸φh*dcm	强度实测值(MPa)	强度平均值(MPa)	使用部位
2018.4.22	2018.4.23	29	8.5×8.5	2.9	3.3	儒乐湖水闸防渗墙XD17
				2.9		
				4.0		
样品描述		表面光滑、无缺损				
检测依据		SL352-2006、CECS03:2007				
检测环境		常温检测				
检测仪器		WA-300B电液式万能试验机				

高压旋喷防渗墙板墙厚度检测表(闸室段)

序号	桩位编号	厚度(mm)	序号	桩号	厚度(mm)
1	ZK302~ZK303	554	5	ZK456~ZK457	543
2	ZK367~ZK368	561	6	ZK531~ZK532	539
3	ZK423~ZK424	538	7	ZK583~ZK583	547
4	ZK491~ZK492	547	8	ZK614~ZK615	553

5.4 防渗墙透水检测

本次透水试验效果分析为质监站随即抽取水闸闸室

段3个孔的试验成果。

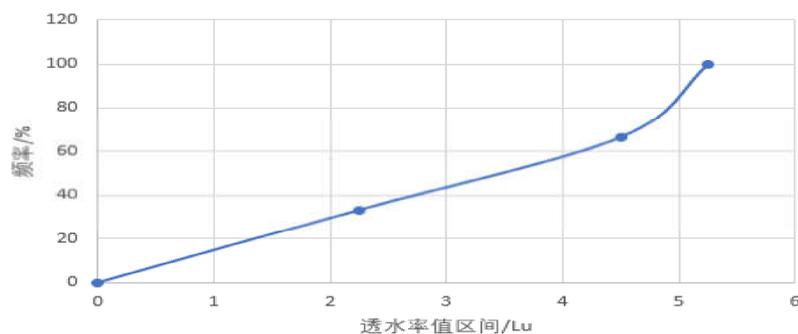
高压旋喷防渗墙板墙透水率实验结果(闸室段)

单元名称	孔序	孔数	灌浆长度/m	平均透水率/Lu	总段数	透水率(Lu) 区段数/频率(%)						
						≤0.75	0.75~1.5	1.5~2.25	2.25~3	3~3.75	3.75~4.5	>4.5
闸室段板墙	ZK411、ZK423、ZK463	3	31.85	3.41	3	0	0	1	0	0	1	1
						0	0	33.33	0	0	33.33	33.33

经前后透水率检测可以明显看出，灌浆前闸室段岩体透水率较大，表明该部位岩体裂隙发育，灌浆后水泥浆液将岩体裂隙填充饱满，使透水率大幅降低，并且随

即抽取的检测点透水率为2.11Lu、3.78Lu、4.33Lu，均满足防渗标准(透水率≤5Lu)。

防渗墙板透水率曲线图



6 结语

儒乐湖水闸高压旋喷防渗墙通过严格的施工质量控制,在汛期赣江洪水水位21.7m高程的情况下(水闸赣江侧度汛标准为50年一遇($P=2\%$),儒乐湖侧度汛标准为10年一遇($P=10\%$)),未发生渗漏和管涌现象,达到了预期的防渗效果。表明了高压喷水注浆成型工艺在水松散地层透水地基的防渗管理中,运用得非常成熟,具有费用较少,技术简便,工期短的优势;但和传统的帷幕注浆成型、固结水泥灌浆法等来比较,它具有处理效果更明显和彻底的优势。同时,该技术在水利工程以及

其他建筑行业在防参与地面加固施工中都可以获得非常普遍的运用,值得总结经验并推广应用。

参考文献

- [1]任博,柴永辉,雷晶.高水头动水防渗帷幕灌浆试验[C].土石坝技术2019年论文集,2021.
- [2]杨志.全方位高压喷射工法桩施工废浆处置及再利用技术研究[J].工程质量,2020
- [3]黄强.高压旋喷桩新式三重管法的应用[J].珠江水运,2019.