

静压套管控制灌浆在渗漏围堰处理中的应用

任海军¹, 王桂珍¹, 张可能², 童克强¹

(1. 长江科学院, 湖北 武汉 430010; 2. 中南大学地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘要:静压套管控制灌浆法,就是从钻孔工艺出发,针对土石围堰结构的特点,采用跟管钻进,有效地解决了松散岩层和填筑地基中钻孔施工的护壁问题,不易发生塌孔埋钻等事故,提高钻孔成孔效率。另外,由于开孔孔径比一般的地质钻孔大,在灌浆时,增大浆液接触孔壁的面积,有利于浆液的扩散,提高灌浆效果。从灌浆控制性理论出发,结合套管定位,调整灌浆压力和浆液配比,控制灌浆浆液的扩散半径,使得灌浆部位和效果得到有效的控制。介绍了静压套管控制灌浆法在贵州董管水电站围堰防渗堵漏中的应用。

关键词:静压套管;控制灌浆;围堰;防渗堵漏;董管水电站

中图分类号:TV551 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)08-0047-04

Application of Grouping with Static Pressure Casing in Treatment of Cofferdam Leakage/REN Hai-jun¹, WANG Gui-zhen¹, ZHANG Ke-neng², TONG Ke-qiang¹ (1. Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan Hubei 430010, China; 2. School of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University, Changsha Hunan 410083, China)

Abstract: According to the characteristics of cofferdam, control of grouting with static pressure casing was used for wall protection of borehole construction in unconsolidated formation and filled foundation to increase efficiency of borehole completion. Combined with casing location, grouting pressure and slurry ratio were adjusted to control the diffusion radius of grouting slurry and control the grouting location and grouting effect. The paper also introduced the application of control of grouting method with static pressure casing in anti-seepage for cofferdam of Dongqing hydropower station in Guizhou.

Key words: static pressure casing; control of grouting; cofferdam; anti-seepage; Dongqing hydropower station

1 工程概况

董管水电站位于贵州省西南部的北盘江(茅口以下)下游镇宁县与贞丰县交界河段,右岸属于贞丰县,左岸属于镇宁县,该电站上游为马马崖电站,下游为龙滩电站。本枢纽建筑物主要由钢筋砼面板堆石坝、左岸开敞式溢洪道、右岸放空洞、右岸引水系统、右岸岸边式地面厂房组成。本工程的导流方式是采用大基坑方式,围堰断流,隧洞导流,按全年20年一遇重现期洪水作为导流设计标准,相应导流流量为7920 m³/s。

岸边式地面厂房布置在钢筋砼面板堆石坝坝后,大坝下游围堰内。厂房基坑内施工为全年施工,防洪度汛主要依靠下游围堰保护。大坝下游围堰是粘土心墙土石围堰,河床水位以下为高压旋喷灌浆帷幕,轴线长230 m,堰顶高程EL383 m,堰高28 m。由于汛期河床水位的抬升,围堰局部出现渗漏,造成厂房开挖中断,影响整个发电工期。因此,下游围堰的防渗堵漏的成败是厂房结构工程正常施工的关键。

2 工程地质情况

由于围堰河床较宽敞,呈开阔的“V”形,两岸坡度在28°~35°,河床覆盖层主要由块石、砾石、砂卵石及粘土组成,厚度一般8~13.8 m,最厚达15.0 m,基岩面高程349.4~357.1 m,基岩面沿倾向方向凹凸不平,呈波浪状起伏。围堰基岩以砂质泥岩地层为主,为裂隙含水层的顺层状水文地质结构。其特征主要表现在岩体的渗透性随深度增加和岩层厚度增大,透水率逐渐变小,相对隔水层埋藏浅,并具有连续性。一般在上部20~40 m厚的风化带范围内,岩体中等透水,局部孔段为强透水。其下的新鲜基岩,一般透水性微弱。

通过钻孔取心发现,大坝下游围堰地质结构层由上往下主要有:石渣层,厚度6 m;粘土心墙层,厚度为11 m;泥夹石层(局部有砼心墙),厚度1~3 m;砼心墙,厚度为3~5 m;砂砾岩层,厚度6~7.5 m;破碎灰岩层、灰岩层,厚度1~3 m。泥夹石、砂砾岩岩层破碎,裂隙发育比较大,未胶结,表层灰岩比较破碎,岩性比较差。

收稿日期:2008-01-22; 改回日期:2008-06-09

作者简介:任海军(1980-),男(汉族),甘肃白银人,长江科学院监理公司,地质工程专业,硕士,从事岩土工程的科研与监理工作,湖北省武汉市黄埔大街23号,renavy@163.com。

3 围堰渗水分析

通过几次下游河床水位涨落,观察围堰渗水发现,整个下游围堰在桩号 0+70~198 m 之间存在大量的渗水。在下游水位较低时,围堰基坑内仅看见清澈的渗水;当下游水位涨至 EL360 m 以上,围堰龙口部位开始出现涌水,随着下游水位的抬升,渗漏点逐渐增加,渗水量逐渐加大,且渗水变的混浊、与下游河床水的颜色一致。结合围堰填筑过程中的施工情况和下游水位引起的围堰渗漏及钻孔取心情况分析,围堰的主要渗漏高程在 EL360~366 m 的填筑龙口位置和局部砂砾岩。围堰填筑过程中,由于工期紧、抢进度,造成围堰基础存在的诸多问题未进行处理解决,便开始施工。围堰二期龙口(桩号 0+70~107.6 m)处,在水毁的一期防渗帷幕墙未及时修复,就开始进行填筑合拢,且未考虑防渗处理,加上填筑的多为洞渣块石,造成渗水孔隙较大,基本与下游水位形成通道。围堰一期龙口(桩号 0+191.7~198.9 m)处,在填筑过程中多采用洞渣填筑,填筑层中水流较大,防渗帷幕粘土心墙未做,造成帷幕灌浆浆液控制性很差,帷幕砼心墙效果较差。另外,在砂砾岩层中帷幕灌浆施工,由于浆液控制较差造成帷幕墙搭接效果欠佳,局部渗水。下游围堰渗水直接导致厂房基坑被淹,施工暂停,给厂房施工工期造成很大的损失。

4 施工方案的确定

为了确保厂房基坑的开挖工程尽快恢复施工,必须对下游围堰渗水进行处理,经过多个方案对比确定,采用灌浆法。

目前在砂砾岩地层中钻孔灌浆采用方法有:打管灌浆、套管灌浆、循环钻灌、预埋花管灌浆等。结合施工现场实际施工情况,土石围堰的灌浆应考虑以下因素:(1)土石围堰由粘土心墙、洞渣填筑碾压而成,下部为砂砾岩地层,一般的钻进造孔容易塌孔、卡钻,影响施工进度;(2)灌浆段均为孔隙较大的砂砾岩层,对浆液的流动控制效果直接关系到围堰堵漏效果和工程造价。因此,考虑到高成孔率、高钻进效率,钻孔采用偏心振动、套管护壁方法;考虑到浆液控制效果,结合回填灌浆、固结灌浆、帷幕灌浆的特点,采用低压堵漏控制灌浆。

经研究讨论,最终确定施工方案为:采用“偏心振动,静压套灌跟进,自下而上,孔内分段循环,低压堵漏控制灌浆法”,即静压套管控制灌浆法。

根据围堰各个部位渗水的大小和龙口位置,堵

漏灌浆分 3 期进行施工:第一期主要是龙口位置,桩号为 0+070~107.6 m 和 0+191.7~198.9 m;根据围堰渗水的大小分为第二期和第三期,第二期桩号为 0+130~191.7 m,第三期桩号为 0+107.6~130 m。在未堵漏灌浆段(桩号 0+000~070 m、0+198.9~230 m)打勘探孔检查,发现渗水比较小,满足设计要求。

5 主要施工程序和方法

5.1 偏心振动,套管跟进钻孔

(1)钻头。全部采用金刚石钻头,分为直柄硬质合金钻头和偏心硬质合金钻头。直柄硬质合金钻头孔径 146 mm,适用于基岩部位和大孤石钻孔;偏心硬质合金钻头孔径 150 mm,在钻头尾部的管靴,与套管的管靴相连接,在钻孔过程中,使套管不应掉下来,适用于石渣层、粘土层、泥夹层、砂砾岩层、破碎灰岩层等钻孔。

(2)钻杆。 $\varnothing 90$ mm 地质钻杆:内径 70 mm,壁厚 10 mm,单根长 1.5 m。

(3)套管。内径 138 mm,壁厚 8 mm,单根长 1.5 m,在使用偏心钻头时,套管可以跟进。

(4)孔的间排距。为了达到快速施工,保证施工质量,堵漏灌浆孔布置成单排;根据灌浆控制效果,为使各孔之间的浆液形成帷幕,不存在渗水通道,形成连续的帷幕墙,采用孔距为 80 cm。

(5)孔深。以进入基岩 0.5~1 m。通常在靠近河床两岸的孔的孔深为进入基岩 1 m;河床中间的孔深为进入基岩 0.5 m。

(6)钻孔施工。根据围堰渗水的部位、桩号及前期高喷灌浆的轴线,用测量仪器放出本次堵漏灌浆轴线、找出控制点桩号,进行布置单排孔,孔距为 80 cm,分为 I、II 序孔施工。钻机就位以后,利用地质罗盘进行校正,采用 SM3000 型潜孔钻机造孔,开孔孔径 150 mm,要求钻机就位准确,偏差 ≥ 10 cm;钻孔要保持铅直,用水平尺校正。为了防止塌孔,用套管跟进以提高成孔率。对土层和砂层采用偏心钻头造孔,跟管钻进,直至钻入基岩面正常返水为灰白色(参考基岩颜色),改用直柄钻头钻进。造孔时根据钻孔返水颜色和孔内返出的碎渣来确定钻孔达到围堰内部地质层。

5.2 压水试验

在灌浆前,进行压水试验,目的是检查原围堰内各地层的渗水情况。经分段压水试验表明:在粘土里,透水率为 8~12 Lu;在其它各层填筑骨料中,压

水时没有回水,说明渗水比较大,有可能形成通道。

5.3 灌浆

验孔后下射浆管直至距孔底 50 cm,用拔管机按灌浆分段长度拔出套管,采用孔口封闭、孔底循环,由下往上,分段灌注。I 序孔主要采用水泥浓浆或水泥浓砂浆、化学控制浆液,按计划灌入浆液量,低压灌浆完成对土石体的回填、挤压和密实。II 序孔施工应结合 I 序孔的灌浆效果和围堰渗漏水情况有针对性的局部加强和防渗堵漏,浆液主要采用水泥浓浆,以低压灌浆为主。

5.3.1 灌浆原材料

水泥采用 PO32.5 普通硅酸盐水泥,细度要求通过 80 μm 方孔筛余量 ≥5%;灌浆用的砂应为质地坚硬清洁的天然砂或人工砂,不得含泥团和有机物,粒径 ≥2.5 mm,细度模数 ≥2.0;水玻璃的模数宜为 2.4~3.0,波美度为 30~45 Be。

5.3.2 水灰比及各种材料的配合比

表 1 水灰比及各种材料掺量配比^[1]

序号	水灰比	吸浆量/L	时间/min	开始浆液流速/(L·min ⁻¹)	各种掺和料(质量比)/%			浆液类型	可灌比 M
					水玻璃	砂	粘土		
1	0.5	≤300	30	≤20				纯水泥浆	≥15
2	0.5	300~800	30~60	20~40	1~3	3~5		速凝浆液	10~15
3	0.5	≥800	≥60	≥40	3~5	5~8	25~40	膏状浆液	≤10

5.3.3 灌浆孔深

大坝下游围堰堰顶高程为 EL383 m,根据设计规定下游洪峰流量为 3200 m/s,其对应的洪水高程为 EL372 m,故灌浆高程是由 EL372 m 至孔底。

5.3.4 灌浆压力设计

灌浆压力的大小与孔深、岩层性质和灌浆段上 有无压重等因素有关,目前国内一般根据下面公式计算:

$$P = P_0 + mD + K\gamma gh$$

式中: P ——灌浆压力; P_0 ——基岩表层的允许压力,可由文献[2]查得; m ——灌浆段以上岩层每增加 1 m 所能增加的灌浆压力,可由文献[2]查得; D ——灌浆段以上岩层的厚度; K ——系数,取 1~3; γ ——压重的容重; g ——重力加速度; h ——灌浆孔以上压重的厚度。

按灌浆孔深及分段长度计算确定,围堰灌浆压力应控制在 $(1.65 \sim 4.5) \times 10^5$ Pa 之间,在没有加压情况下,灌浆最小压力符合常用压力,故浆液自重能形成低压堵漏灌浆压力。

5.3.5 分段灌浆

根据现场实际钻孔与灌浆情况,灌浆分为 3 段,

根据钻孔返出来碎渣,可以判断渗水部位的主要地层是砂砾石,对于砂砾石基础的可灌性主要决定于地层的颗粒级配、灌浆材料的细度、灌浆压力和灌浆工艺。通常用可灌比 M 进行衡量,可灌比 M 计算公式如下:

$$M = D_{15}/H_{85}$$

式中: M ——可灌比; D_{15} ——砂砾石地层颗粒级配曲线上含量为 15% 的粒径,mm; H_{85} ——灌浆材料颗粒级配曲线上含量为 85% 的粒径,mm。

可灌比愈大,接受颗粒浆材的可灌性愈好,当 $M \geq 10$ 时,可以灌注水泥粘土浆液;当 $M \geq 15$ 时,可以灌注水泥浆液。

不同的部位围堰渗水的大小不一样。可以判定 M 值在不同部位的值是大小不一样。为此,根据吸浆量和浆液流速,来判定水灰比及各种材料的配比。

目前,对于堵漏灌浆,国内施工经验,水灰比通常采用 0.5,各种材料掺量百分比见表 1。

每段段长一般为 5 m 左右。灌浆前,先用拔管机拔出套管 5 m,然后下灌浆管,距孔底 50 cm,开始灌浆。开灌水灰比为 0.5。当浆液注入 1200~1500 L 之间,吸浆量无明显变化,可加大浆液浓度(掺水玻璃、锯木屑)。待第一段灌浆达到灌浆结束标准要求后,然后进行起钻和拔出套管 5 m。如此自下而上,逐段灌浆,直至结束,如图 1。

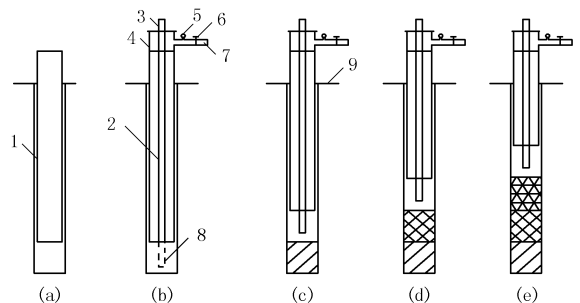


图 2 堵漏灌浆分段示意图

1—护壁套管;2—灌浆管;3—进浆管;4—孔口封闭器;5—压力表;6—高压阀;7—回浆管;8—射浆花管;9—堰顶

5.4 特殊情况处理

5.4.1 孤石与基岩判定

根据现场试验孔发现,在破碎灰岩层钻孔,孔内

返水比较大,且返水颜色泥灰色,碎渣的粒径比较大,成颗粒状;在灰岩层钻孔,孔内返水比较小,且返水颜色灰色,碎渣的粒径比较小,成粉状。偏心硬质合金钻头在破碎灰岩层钻孔进尺比较快,在灰岩层钻孔进尺比较慢,当用钻头钻穿破碎灰岩层时,钻孔进尺就会慢,因此,可换成直柄硬质合金钻头,钻入灰岩 1 m。而在砂砾岩层钻孔中,可能突然遇到返水逐渐减小或者没有返水,从孔内返上的碎渣可以判定钻孔深度达到灰岩层,但根据相邻孔深判定,此孔深未达到灰岩层,说明在钻孔过程中可能遇到比较大的孤石。先用直柄硬质合金钻头钻穿大孤石,然后用偏心硬质合金钻头继续钻孔至基岩面。

5.4.2 灌浆注入量大,难以结束孔段

在钻孔过程中,如发现钻孔返水特别大,且返水颜色与下游河床水颜色一样,或发现基坑内渗水颜色变浑浊,则该段存在渗水通道,具体处理方法如下。

(1) 低压、浓浆、限量、间歇灌浆:浆液流量 < 20 L/min,且难以结束灌浆,可采用间歇控制灌浆,间歇时间为 20 ~ 25 min,多次间歇控制灌浆。

(2) 灌注速凝浆液:浆液流量在 20 ~ 40 L/min,灌浆难以结束,可掺水玻璃和细砂,用砂浆泵或者多级离心泵灌入。

(3) 灌注混合浆液或膏状浆液:浆液流量 > 40 L/min,很难结束灌浆,可掺砂、水玻璃、粘性土(锯木屑)、粉煤灰,形成膏状浆液,用多级离心泵灌入。

6 灌浆效果评价

下游土石围堰工程是一种临时工程,但对厂房基坑全年施工起到防洪度汛的作用,围堰防渗要求比较高,因此围堰渗水检查要求更高,最终处理效果需采用多种方法予以校核,确保质量。

(1) 直观检查:对基坑内的水进行强排水,待水位降至下游水位以下,现场观察发现围堰局部有渗水,但返水很小,清亮透明。

(2) 钻孔取心检查:通过检查孔钻取岩心检查

灌浆效果,取心表明堵漏段灌浆密实。

(3) 压水试验检查:对检查孔进行分段压水试验,压水试验结果满足设计要求。

(4) 打观察孔检查:在围堰灌浆轴线上和渗水通道处(左、中、右三处)打 2 ~ 3 个观察孔,孔深参照相邻的孔深。预埋花管,测绳测量堰体内的水位,测量结果表明,帷幕内部水位远远低于帷幕上下游水位。

(5) 围堰运行检查:2007 年 7 月 30 日,下游洪峰流量达到 $4632.4 \text{ m}^3/\text{s}$ (设计流量为 $3200 \text{ m}^3/\text{s}$),相应的下游水位高程到 EL376 m 时,经现场检查,发现下游围堰渗水极小。在超过设计流量 $1400.4 \text{ m}^3/\text{s}$ 情况下,围堰运行正常。

7 结语

围堰堵漏灌浆是比较复杂的隐蔽工程,对施工质量要求比较高,应结合多种灌浆模式,结合现场施工的原始资料、围堰具体渗水部位、国内的施工经验进行总结分析,选用合适的施工方案。在施工过程中,要不断的完善、优化施工方案。静压套管控制灌浆法结合钻孔工艺和灌浆控制理论,成功地应用于土石围堰的堵漏灌浆中,其效果明显,工程应用性较强,为土石围堰这一特定结构的防渗堵漏处理提供新思路,作为一项有效的基础处理方法,值得进一步研究和推广。

作为新型工艺,在施工中存在许多需要改进的地方。通过现场施工实例,静压套管的拔管问题和浆液扩散半径与浆液配比、压力之间的关系将是静压套管控制灌浆法进一步研究的重点。特别是透水性比较大的岩层、有动水的岩层,如何有效控制浆液的堵漏扩散半径,也是灌浆施工一个难点。

参考文献:

- [1] 袁光裕. 水利水电工程施工[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1995.
- [2] DL/T 5148 - 2001, 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S].

使用 PDC 钻头打开大井眼深表层

渤海钻探大港第二钻井公司 2008 年狠抓“大井眼深表层快速钻井技术”科研项目开发,PDC 钻头在打开表层施工中广泛应用,平均机械钻速提高了 69%。这项技术主要是推广 PDC 钻头在 $\varnothing 311.1 \text{ mm}$ 井眼和 $\varnothing 444.5 \text{ mm}$ 井眼以及表层井深超过 300 m 的井段使用,以解决钻头泥包、进尺慢等问题,并可增加钻头重复利用的次数。该公司在承钻的 108 口

井中,使用 PDC 钻头开表层 50 口井,总进尺 23674 m,平均钻井深度 473 m,平均机械钻速 39.76 m/h。

另外,该公司承担的“超深层高温高压井钻井工艺研究”,有效解决了北大港东翼及千米桥潜山超深井安全优快钻进难题,确保了歧深 6、千 18 - 19H、千 16 - 16 重点探井和超深水平井的施工任务顺利实施。

(据 中国矿业网 2008 - 07 - 23)