

乌江渡水电站岩溶地区高压灌浆施工特殊情况的处理

马 新¹, 陈宝义¹, 刘三虎²

(1. 吉林大学 建设工程学院, 吉林 长春 130026; 2. 北京振冲工程股份有限公司, 北京 100024)

摘 要: 乌江渡水电站扩机地下厂房防渗帷幕工程身处岩溶发育地区, 工程地质条件复杂, 地质构造以层间错动断层为主, 并有部分陡倾角断层发育, 岩层受构造挤压强烈, 断层、节理、破碎带发育; 水平岩溶、垂直岩溶发育。以此工程为例介绍了高压灌浆施工工艺, 阐述了岩溶地区高压灌浆过程中出现的特殊问题并提出了处理措施。

关键词: 乌江渡水电站; 岩溶地区; 高压灌浆; 防渗帷幕

中图分类号: TV543⁺.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2005)01-0013-03

Disposal Method for Special Condition in High Pressure Grouting Engineering at Karst Area/ MA Xin¹, CHEN Baoyi¹, LIU Sanhu² (1. Jilin University, Changchun Jilin 130026, China; 2. Zhenchong Engineering Company, Beijing 100024, China)

Abstract: The anti-seepage curtain engineering for expansion of underground building of Wujiangdu generating set is situated at the place where Karst is well development, which reflects the complex engineering geology conditions. Furthermore, the geological structure mainly consists of deflected faultage within strata, accompanied with some mature vertical obliquity faultages, intensively extruded rock strata, mature faultages, joints, and fragmentation, mature horizontal Karst and vertical Karst. This paper takes this engineering as an example to introduce the process of highpressure-grouting, and elaborates some special problems in highpressure-grouting and puts forward disposal methods.

Key words: Wujiangdu hydroelectric station; Karst area; high pressure grouting; anti seepage curtain

1 工程概况与工程地质概况

1.1 工程概况

乌江渡水电站位于贵州省遵义市境内的乌江中游, 电站于 1970 年开工, 1983 年竣工。电站原装机 630 MW, 为坝后全封闭式厂房; 拦河坝为混凝土拱形重力坝, 坝顶高程 765.00 m, 最大坝高 165.00 m, 坝顶全弧长 350.00 m, 最大底宽 119.50 m; 水库正常高水位 760.00 m, 死水位 720.00 m, 设计洪水位 760.30 m。乌江渡水电站扩机工程扩大装机容量 250 × 2 MW, 采用地下式厂房, 引水发电系统布置在坝下左岸山体内部。

为尽可能减少乌江河水及岩溶地下水对地下厂房系统的影响, 确保扩机工程地下厂房系统安全, 在地下厂房上、下游各布置一线防渗帷幕: 上游帷幕位于山体内侧, 分两层布置, 即高程 680 m 和 640 m 两层灌浆廊道内; 下游帷幕布置于露天, 现高程 680 m 公路上; 上、下游帷幕与大坝防渗帷幕、九级滩页岩共同组合形成地下厂房的防渗系统。

上游防渗帷幕长 247 m, 由东、西两段组成, 灌浆起始高程 680 m, 终灌高程 590 ~ 600 m。东段防渗

帷幕长 79 m, 走向 N68°W, 与暗河导流洞东段走向基本平行, 平行距离 12.0 m; 西段防渗帷幕长 168 m, 走向 N75°E, 与地下厂房、暗河导流洞西段走向基本平行, 北距暗河导流洞 12 m, 平行长度约 20 m, 南距地下厂房约 35 m, 平行长度约 85 m; 东段与隔水层九级滩页岩衔接, 西段与大坝防渗帷幕衔接。

下游防渗帷幕长 106 m, 沿左岸高程 680 m 公路路面布置, 灌浆起始高程 670 m, 终灌高程 590 m。帷幕走向 N60°~80°E, 与主厂房、主变洞走向大致平行。帷幕距主变洞、主厂房分别约为 60、100 m。东段与隔水层九级滩页岩衔接, 西段与老厂房左岸侧向帷幕搭接。

1.2 工程地质概况

乌江渡水电站扩机工程布置于对称的 V 字形河谷左岸的山体内, 地质构造以层间错动断层为主, 并有部分陡倾角断层发育, 岩层受构造挤压强烈, 断层、节理、破碎带发育。断层带普遍充填方解石, 破碎带较薄且被胶结, 断层长度大、顺断层溶蚀比较强烈(一般呈串珠状)。节理走向主要有 N15°~25°E、NEE/EW、NW 等 3 组, 多被方解石胶结, 局部溶蚀充

收稿日期: 2004-07-21

作者简介: 马新(1969-), 男(汉族), 内蒙古赤峰人, 吉林大学建设工程学院讲师、在职博士, 地质工程专业, 主要从事地质工程专业的教学及科研工作, 吉林省长春市西民主大街 6 号, (0431) 8502290, jdmxin2003@163.com。

填黄泥。

帷幕身处岩溶发育的玉龙山灰岩段,岩溶管道连通条件较好,水平岩溶、垂直岩溶发育,岩溶相互串通水平距离、垂直距离均可达数十米。地下厂房上游防渗帷幕段岩性以玉龙山灰岩段之灰岩夹极少量炭质页岩为主,下游防渗帷幕段岩性为九级滩页岩、灰岩;岩体中的溶蚀主要顺层面和陡倾角断层发育,以 KW42 暗河附近的水平管道及沿 F_{202} 断层发育的垂直岩溶带为最发育,主要分布高程为 630 ~ 680 m;枯水期地下水位分布高程为 640 ~ 680 m,低槽位于 KW42 暗河附近。

施工过程的情况表明,本施工区内岩溶洞穴充填状态有 3 种:(1)空洞;(2)半充填;(3)全充填。充填物有 3 种:(1)粘土;(2)粉细砂;(3)砂砾石粘土。

2 高压灌浆工艺

2.1 施工顺序

(1)先导孔施工 下游排灌浆孔施工 上游排灌浆孔施工 检查孔施工。

(2)各排帷幕灌浆孔的施工顺序:序孔 序孔 序孔。

(3)各灌浆孔的施工顺序:定孔位 钻机定位 钻进第一段 第一段钻孔冲洗及压水试验 第一段孔内阻塞法灌浆 筑孔口管 孔口管待凝 钻进第二段 第二段钻孔冲洗及压水试验 第二段孔口封闭法灌浆 孔口封闭灌浆法钻灌以下各段 终孔封孔。

2.2 施工方法

钻孔采用金刚石钻头或硬质合金钻头清水钻进。

3 高压灌浆施工技术

3.1 筑孔口管

钻孔第一段灌浆结束后,下入孔口管,孔口外露 0.10 m。拧上孔口管盖头注入水灰比为 0.5 的浓水泥浆,待孔壁与孔口管间返出浓浆后,停止注浆,导正孔口管并加以固定,待凝 72 h 后完成。

3.2 钻孔取心

帷幕灌浆先导孔、检查孔均进行了钻孔取心,按取心次序统一编号,填牌装箱,进行岩心编录,并绘制钻孔柱状图,心样和水泥结石均拍彩色照片。

3.3 钻孔孔径

帷幕灌浆先导孔、检查孔终孔及灌浆孔孔径均不小于 59 mm。

3.4 钻孔孔深

灌浆孔孔深、帷幕灌浆检查孔孔深均按设计要求进行控制。

3.5 钻孔冲洗和压水试验

各灌浆段钻孔结束后进行钻孔冲洗,当回水澄清 10 min、孔内沉积厚度 < 20 cm 后结束钻孔冲洗。

帷幕灌浆孔及先导孔在每一段次灌浆前,均按《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(SL 62 - 94)附录 A 做“单点法”压水试验。

帷幕灌浆检查孔每一段次均按《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(SL 62 - 94)附录 A 要求做“五点法”压水试验,并做出各段压水试验的 $P - Q$ 曲线图。

3.6 灌浆

(1)浆液制备:集中制浆站统一配制水灰比为 0.5 的纯水泥浆液,经输浆管路送至中转站,中转站根据各机组用浆情况经输浆管路将浆液输送到施工现场各灌浆机组的低速搅拌机内,各机组再根据需要调制成所需要的浆液配比进行灌注。

(2)浆液配比:浆液配比采用 5、3、2、1、0.8、0.6、0.5 七个比级。

(3)浆液变换标准:

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,不改变水灰比;

当某一比级浆液的注入量已达到 300 L 以上或灌注时间已达到 1 h,而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时,改浓一级;

当注入率 > 30 L/min 时,根据具体情况采取相应措施进行处理。

(4)灌浆结束标准:在规定压力下,当注入率 0.4 L/min 时继续灌注 60 min,或注入率 1 L/min 时继续灌注 90 min,可以结束灌浆。

3.7 封孔

灌浆孔质量检查孔采用“置换和压力灌浆封孔法”封孔。封孔灌浆结束后,闭浆 24 h。

4 特殊情况及处理措施

4.1 灌浆段注入量大,灌浆难以结束

灌浆过程中,尤其是在下游排 序孔施工过程中,遇到一些注入量大且不起压的孔段,灌浆难以结束。

施工中一般采用了低压浓浆、限流限量、间歇待凝、加速凝剂灌注法。低压浓浆灌注法是大吸浆孔段灌浆的首选方法,当低压浓浆法仍无法达到结束

标准时,再采用限流、限量灌注法,限流、限量灌注时,其注入率多控制在 20 L/min 左右,灌入水泥限量为 1.5 t/m。在采用“低压浓浆”、“限流限量”两种方法仍不能达到结束标准时,再采用间歇待凝、复灌或掺加速凝剂的方法进行灌注,待凝后,再扫孔复灌,直至达到灌浆结束标准。速凝剂的掺加量一般为水泥质量的 3%~7%。

4.2 串浆

灌浆施工过程中,尤其是在序孔施工时,串浆现象较多。出现此种情况是因为钻孔之间存在相互连通的通道。

灌浆施工过程中遇串浆情况时,采用以下措施进行处理。

(1)正在钻进的孔串浆,立即停机起钻,防止因串浆而埋钻。并将串浆孔从孔口封堵,待灌浆孔灌浆结束后,再对串浆孔进行扫孔、继续钻进和灌浆。

(2)具备灌浆条件的串浆孔,采用一孔一泵对灌浆孔和串浆孔同时灌注。

4.3 跑、冒浆或涌浆

在灌浆过程中,在 680 m 灌浆廊道内勘探平硐、640 m 灌浆廊道、地下厂房、1~7 号施工支洞、KW42 暗河导流洞等部位均出现过跑、冒浆或涌浆等现象。

对于集中跑、冒浆或涌浆现象采取了以下措施进行处理:直接用或改用 0.5 1 的浓浆进行灌注,待跑、冒浆或涌浆部位串出浓浆时,停止该孔灌浆并对漏浆部位进行封堵,封堵完毕后再继续灌注。

4.4 灌浆中断

施工中,偶尔会发生灌浆中断。发生灌浆中断的原因有机械设备出故障、停水、停电、钻杆在孔内被水泥浆凝住等原因。

施工过程中遇灌浆中断时,采用以下措施进行处理。

(1)迅速排除故障,缩短中断时间,及时恢复灌浆。

(2)中断时间 > 30 min 时,立即以压力水冲洗钻孔和管路,而后恢复灌浆;中断时间过长,或无法冲洗,或冲洗无效的孔段,则进行扫孔、复灌。

(3)恢复灌浆时,先采用最稀一级的浆液进行灌注,如注入率与中断前相近,改为中断前的水灰比;注入率较中断前减少较多的孔段,则逐级变浓。

4.5 回浆变浓

灌浆过程中,回浆变浓时,换用相同水灰比的新浆进行灌注,改用新浆灌注后回浆再次变浓,则继续

灌注 30 min 后,结束该段灌浆。

4.6 孔口涌水

灌浆过程中,经常遇到涌水孔段,如高程 680 m 灌浆廊道下游排 241 号孔。采用浓浆结束,灌浆结束后屏浆、闭浆等措施综合处理。

4.7 遇到溶洞、溶缝

钻孔遇溶洞、溶缝时,常常表现为灌浆时注入率大,不起压。对于小型溶洞一般可在较短时间内结束灌浆,而对于大型溶洞往往需要经过较长时间处理才能取得成效。

对溶洞、溶缝灌浆,应先查明溶洞的充填类型和规模,可采用如下措施进行处理。

(1)溶洞、溶缝内无充填物时,首先采用自流式灌注水泥砂浆,当孔口浆面不下降时,改用纯压灌注,在 1.0 MPa 压力下吸浆量 < 1.0 L/min 时,才终止灌注水泥砂浆,待凝 24 h,扫孔后能进行正常灌浆时,则对钻孔进行正常施工;否则,继续灌注水泥砂浆,直至能正常高压灌浆为止。

(2)对含泥溶洞、溶缝内有充填时,则直接灌注水泥浆。

(3)在采取以上措施后,灌浆时吸浆量仍然很大、不起压力,可采用间歇灌浆的方法处理,直至通道堵塞为止,扫孔后重新灌浆,直至结束。

4.8 流砂层

由钻孔揭露和灌浆情况看,在 640 帷幕线范围内存在流砂层,下游排 1 - - 7 号孔至 2 - - 11 号孔之间各孔均在孔深 14.0~18.0 m 间有少量的返砂现象;而 1 - - 9 和 2 - - 9、2 - - 8 均在孔深 27~41 m 间的不同深度返出大量细砂,其中 2 - - 9 和 2 - - 8 在孔深 36.5~41 m 段返砂最特殊,不仅返砂量大,而且间断地返出黄泥块和水泥结石块,并时有粒径 < 0.5 cm 的卵石返出。

灌浆时由于返砂常把回浆管堵死,致使灌浆中断。一种非常有效的处理方法是:当回浆管堵死后继续灌注,使注入的浆液成为承压液,然后卸掉回浆管,使孔内的承压液带出大量的细砂,反复多次,直至孔内返砂量极少时再恢复灌浆。在刚开始恢复灌浆时,要控制灌浆压力不使回浆带出大量细砂为宜,然后逐渐升压至灌浆结束。

4.9 廊道底板出现抬动

这种情况多发生在序孔的孔口三段,这可能与廊道底板质量有关。

(下转第 17 页)

动、蹩管处理无效时,应及时提起导管进行疏通,同时要及时测出砼的灌注上升高度及灌入的砼量,准确掌握事故发生位置。

(2) 导管堵塞后,会被砼充满,提起卸管前应将砼灌注架首先覆盖,防止卸管时由于砼散落孔内,加厚孔内残渣量。最好在远离孔口处设置溜槽,将管内砼溜至远离孔口处。

(3) 导管疏通后应及时下入孔内,下入深度以测得的砼面准确位置再向下深入 1.8 ~ 2.0 m 为宜。导管下入过深不仅难度大,而且灌注首斗水泥砂浆时,从导管内挤出的泥浆会对下部砼侵蚀过多,增厚孔内浮灌层,使导管难以畅通,导管下入过浅会导致桩身连接处夹泥沙。

(4) 在下入导管同时,现场指挥人员要合理安排时间,通知搅拌台配制高标号水泥砂浆,数量根据所需导管的容积而定,为了保证首斗水泥砂浆有足够的冲击力和压差作用力,首斗灌注量 0.5 m³,水泥砂浆要求密度大、和易性好,配比时水泥、黄砂、水之比为 1 1.3 0.5。

(5) 灌注水泥砂浆前向管内投设隔水球,隔水球选用质量较好且能承受一定压力的塑料球或球内胆均可,切记不得使用水泥制品或较易被卡住的隔水塞,防止当水泥砂浆灌注时被卡堵塞住管底。水泥砂浆灌注应将导管上提 0.8 ~ 1.0 m 卡坐于灌注架上,进行高架灌注,当水泥砂浆灌注推动隔水球下行时便于挤出导管内的泥浆,泥浆被挤出后孔口会大

量返浆,等返浆完毕时,将导管下插到原下入深度,此时可轻微活动导管,增加导管内水泥砂浆自下压差的推动力,改变事故连接处的砼初凝状态,然后进行正常砼灌注。

(6) 砼灌注中应勤串动导管,高度为 200 ~ 300 mm 为宜,并反复插捣,目的是加大砼排出时的推挤作用,使桩身事故接合处彻底被新鲜砼置换,达到完整的桩身结构。接桩用砼要求和易性能好,坍落度 18 ~ 20 cm。由于堵管接桩处理后的桩上端浮灌混合层会加厚,因此要求导管在新鲜砼中的埋入深度 3 m,不得轻易减管,防止混合物进入桩身影响成桩质量。

(7) 在处理过程中除注意准确测定事故部位、提卸管,灌注等各个环节外,特别强调要抓紧时间,掌握好所使用砼的标号、缓凝剂类型和砼的实际初终凝时间,做到处理步骤合理,处理措施得当,并充分利用时间,才能起到减少费用,提高效率之功效。

3 结语

钻孔灌注桩为地下隐蔽工程,施工中受诸多因素制约,虽然采取积极防范措施,仍可能发生导管堵塞事故,通过实践探索,发生严重堵塞事故后接桩采用首斗灌注高标号水泥砂浆置换方法对提高桩身质量是非常有效的方法之一,但必须严格按施工步骤实施,并且一定要抓紧时间,才能提高成功率。

(上接第 15 页)

廊道底板出现抬动时,降低灌浆压力直至无抬动,采用低压力灌浆并对抬动情况进行观测。低压灌浆一段时间后逐步提高灌浆压力,同时观测抬动情况,在无抬动的情况下采用设计灌浆压力至灌浆结束。对于因基础抬动原因无法在设计压力下结束灌浆时可采用低压结束灌浆。

5 结语

本工程身处岩溶发育地区,工程地质条件复杂,施工过程中遇到的特殊情况较多。针对施工过程中遇到的不同情况及时采取处理措施进行了处理。帷

幕灌浆质量检查结果表明,工程质量完全达到了设计要求,同时表明施工过程中所采取的措施是有效的。从地下厂房开挖情况看,在上游防渗帷幕没有施工前,地下厂房上游墙有多处明显的渗流进入正在开挖的地下厂房。帷幕灌浆施工完成后,地下厂房内上游墙的渗流明显减少,而且防渗帷幕经受住了几次大雨的考验,地下厂房上游墙除暗河段部位略有浸湿外,绝大部分地下厂房上游墙是干燥的,说明防渗帷幕起到了明显的效果。

参考文献:

- [1] DL/T 5148 - 2001, 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S].
- [2] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1988.