

锦屏一级电站厂房防渗帷幕灌浆施工工艺

黄 辉¹, 蒋乐聚²

(1. 四川准达岩土工程有限责任公司, 四川 成都 610072; 2. 深圳市南华岩土工程有限公司, 广东 深圳 518020)

摘 要: 锦屏一级水电站地下厂房地应力高, 分布存在 f_{13} 、 f_{14} 、 f_{18} 等断层, 裂隙发育, 地下水丰富。为了厂房开挖期间的安全进行, 需对厂房排水廊道进行帷幕灌浆, 主要介绍了帷幕灌浆施工工艺。

关键词: 锦屏一级电站; 地下厂房; 排水廊道; 防渗; 帷幕灌浆

中图分类号: TV731.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2008)05-0033-05

1 概况

1.1 工程概述

锦屏一级水电站位于四川省凉山彝族自治州盐源县和木里县境内的雅砻江干流上, 是雅砻江干流下游卡拉至河口河段水电规划梯级开发的龙头水库, 距河口 358 km, 距西昌市直线距离约 75 km, 其下游梯级有锦屏二级、官地、桐子林水电站和已建成的二滩水电站。锦屏一级水电站主要由双曲拱坝(包括水垫塘及二道坝)、右岸泄洪洞、右岸引水发电系统及开关站等建筑物组成, 水库总库容为 77.6 亿 m^3 , 电站总装机为 6×600 MW。

地下厂房第一、二层排水廊道围岩地层为杂谷脑组第二段的第 2~4 层, 岩层产状 $N30^\circ \sim 70^\circ E$, $NW \angle 25^\circ \sim 40^\circ$ 局部变化大, 岩性大理岩。分布存在 f_{13} 、 f_{14} 、 f_{18} 等断层。廊道区地下水受 NW、NNW 向张裂隙发育程度控制, 具有明显不均一的特点。排水廊道区为高地应力区, 最大主应力 σ 值达 25~35 MPa, 其方向与洞轴线近于平行。排水廊道桩号 PS1(支 2)0+085.18~PS1(支 1)0+184.48 段和 PS2 0+316.14~561.20 段, 因穿越 f_{13} 上盘, 施工期需要进行防渗封堵处理。根据招标文件技术条款及第一、二层排水廊道布置及开挖支护设计图, 需对 f_{13} 上盘区域进行防渗帷幕灌浆处理。

1.2 地下厂房排水廊道帷幕灌浆工程布置及工程量

地下厂房排水廊道灌浆帷幕由单排灌浆孔组成, 设计孔径为 76 mm, 孔距为 3.0 m, 分别布置在第一层排水廊道 PS1(支 2)0+085.18~PS1(支 1)0+184.48 段桩号和第二层排水廊道 PS2 0+316.14

~561.20 桩号段。帷幕灌浆工程量见表 1。

表 1 帷幕灌浆工程量表

工程部位	孔数/个	孔深/m	总深度/m
PS1(支 2)0+085.18~ PS1(支 1)0+184.48	91	28	2548
PS2 0+316.14~561.20	82	44	3608

2 抬动观测装置安装与基岩抬动变形观测

2.1 抬动观测装置安装

在施工图纸或监理工程师指示的位置安设抬动观测装置, 在灌浆前安装调试完毕。抬动观测孔采用 $\varnothing 75$ mm 金刚石钻具回转钻进, 一径到底(入基岩 10 m), 钻完后即安设抬动观测装置。

2.2 抬动变形观测

(1) 监测基岩抬变动形的目的是为了避开灌浆压力过大致使基岩抬动变形超过规定值。

(2) 采用千分表观测。当某段灌浆(压水)压力增大时, 千分表指针指示数值将发生变化; 当某一压力基本稳定后, 千分表上指示的终值减去初始值即为该压力下基岩的抬动值。

(3) 设有抬动变形观测装置的部位, 其观测孔临近 10~20 m 范围内的灌浆孔段在裂隙冲洗、压水试验及灌浆过程中均进行观测, 并将观测成果报监理工程师审查。

(4) 抬动变形观测派专人进行观测记录, 在裂隙冲洗、压水试验及灌浆等作业过程中, 当变形值接近变形允许值(0.1 mm)或变形值上升速度较快时, 及时报告各工序操作人员采取降低压力措施, 防止发生抬动破坏。如施工中发现超过规定的允许值, 及时分析引起抬动的原因(如灌浆压力过高或注浆

收稿日期: 2007-08-13

作者简介: 黄辉(1978-), 男(汉族), 江西宜春人, 四川准达岩土工程有限责任公司助理工程师, 勘察技术与工程专业, 四川省成都市浣花北路 1 号; 蒋乐聚(1981-), 男(汉族), 湖南岳阳人, 深圳市南华岩土工程有限公司助理工程师, 勘察技术与工程专业, 广东省深圳市田贝一路华丽园 14 号 7B。

量过大),采取降低灌浆压力、降低注浆率等措施,并及时报告监理工程师。

3 帷幕灌浆工艺流程

“孔内循环、孔口封闭、自上而下、分段灌浆”法进行灌浆施工时,在孔口段1 m,埋设孔口管,而后自上而下分段钻进,其下各段安设孔口封闭器进行分段灌浆,如此循环钻灌直至结束。该法灌浆的优点如下:

(1)除了主要对新钻段进行灌浆以外,还可以使以上各段都能得到若干次的重复灌浆,最终都会受到最高压的“考验”,有利于提高灌浆质量;

(2)利用钻杆作为射浆管,孔内不需下入灌浆栓塞,避免了起、下栓塞和堵塞不严等问题;

(3)每段灌浆结束后,一般不需待凝,即可开始下一段的钻孔,加快了进度;

(4)使用孔口封闭器有利于使用大的灌浆压力。

根据现场实际情况,帷幕灌浆采用“孔内循环、孔口封闭、自上而下、分段灌浆”法进行灌浆。工艺流程见图1。

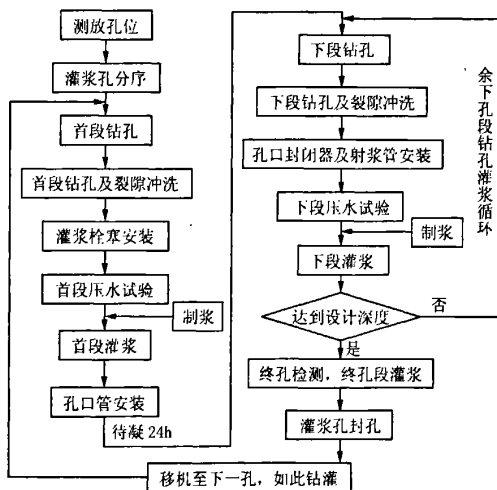


图1 帷幕灌浆施工工艺流程

3.1 测放孔位

严格按照孔位布置图布置孔位,孔位偏差 ≥ 10 cm,在所测放孔位处设置明显标记。

3.2 灌浆孔分序

由于设计为单排帷幕灌浆,分为I、II序孔施工。

3.3 灌浆孔钻灌段长划分

(1)灌浆段长确定。

第一层排水廊道帷幕28 m深孔[PS1(支2)0+85.18~PS1(支1)0+184.48]:第一段2 m,第二段3 m,第三~五段均为5 m,第六段6 m。

第二层排水廊道帷幕44 m深孔(PS2 0+316~561.2):第一段2 m,第二段3 m,第三~五段均为5 m,第六~九段均为6 m。

(2)在钻灌过程中,可根据被灌岩石的裂隙发育程度、破碎情况、渗透性,结合钻孔过程中岩性变化情况等因素来调整钻灌段长。

①地层的透水性和吸浆率愈大,则灌浆段的长度愈短;反之,则可长些。

②在保证设备的供浆能力大于全灌浆段的吸浆率,并可使灌浆很快达到要求压力的条件下,灌浆段可以适当加长。

③在钻遇大裂隙及严重不返水地段时,立即停止钻进,作为一段进行灌浆。

④根据试验段灌浆情况建议:当灌浆段灌前进行压水试验吕荣值 < 5 Lu,对该段不进行灌浆,继续下一段钻灌施工,在下一段灌浆时对上段进行综合循环灌浆。

3.4 钻孔

3.4.1 钻孔方向

灌浆孔为斜孔,设计沿洞轴线外倾 5° 。

3.4.2 钻孔孔斜

垂直或倾角 $< 6^\circ$ 的帷幕灌浆孔,除设计图纸另有规定外,其孔底的偏差不大于表2中的规定。

表2 帷幕灌浆孔孔底允许偏差

孔深/m	最大允许偏差值/m	孔深/m	最大允许偏差值/m
20	0.25	40	0.70
30	0.45	50	1.00

3.4.3 钻孔方法

(1)帷幕灌浆先导孔(每单元1个I序孔)、检查孔采用 $\varnothing 75$ mm金刚石单动双管钻具回转钻进;

(2)帷幕灌浆孔采用 $\varnothing 75$ mm金刚石单管钻具回转钻进成孔。

3.4.4 孔口管埋设

(1)各灌浆孔首段钻孔采用 $\varnothing 110$ mm金刚石钻头开孔;

(2)安装长1 m左右的 $\varnothing 108$ mm孔口管,在孔口管与孔壁之间充填水灰比0.5掺速凝剂的水泥浓浆,并轻敲孔口管以使周围浆液充填密实,而后待凝等强24 h。

3.4.5 金刚石回转钻进工艺

3.4.5.1 主要设备和机具

XY-2PC、XY-2 型液压回转地质钻机;3SNS 型灌浆泵; $\varnothing 50$ mm 钻杆; $\varnothing 75$ 、91、110 mm 金刚石钻具;电镀金刚石钻头,基本参数为 HRC = 25 ~ 30、金刚石粒度 60 ~ 80 目、金刚石浓度 100%、聚晶保径。

3.4.5.2 冲洗介质

采用清水冲洗循环。

3.4.5.3 钻进参数

钻压 4.5 ~ 8 kN,转速 450 ~ 800 r/min,泵量 32 ~ 45 L/min。

3.4.6 钻孔质量保证措施

(1) 钻孔孔斜控制,尤其深孔钻进时,严格控制孔深 20 m 以内的偏差。

① 钻机固定牢固,严禁钻机机台木底面与地面呈“点”接触状态;

② 校正立轴方向,按要求的孔向对准孔位开孔;

③ 严格执行金刚石钻进操作规程;

④ 严格控制回次进尺,在规定的钻灌段长范围内;

⑤ 技术人员须熟悉灌区内地质资料和有关钻探资料,并跟班,以便根据钻进过程中采取的岩心、孔内返出岩粉颗粒及返水颜色对地层进行预测和判断,为及时变更钻进工艺参数提供依据;

⑥ 使用较长钻具;

⑦ 硬岩体换层进入软岩体时,适当降低泵量,增加转速高速钻进,如果钻速持续不降,适当增加压力,使岩心堵塞后,提取岩心;

⑧ 金刚石单动双管钻具下入孔内距孔底 0.5 m 左右时,开泵冲孔,这样既保证孔底清洁,同时还可避免因岩粉进入内外管环状间隙之间而影响冲洗液通道及钻具的单动性能。

(2) 灌浆孔(段)在钻进结束后,进行钻孔冲洗,保证孔底沉渣厚度 ≥ 20 cm。

(3) 钻孔作业暂时中止时,孔口妥加保护。

3.4.7 地下水位的测定

(1) 利用先导孔测定一次地下水位,作为该区域内的代表。

(2) 每 5 min 测读一次孔内水位,当水位下降速度连续两次均小于 5 cm/min 时,可认为稳定,以最后的观测值作为地下水位值。

3.5 钻孔冲洗

在钻孔作业完成后,用钻杆导入水流,使孔内钻渣随循环水流悬浮带出孔外,直至回水清静,肉眼观察无岩粉,孔底沉积厚度 < 20 cm 为止。

根据钻进方法、钻孔深度、钻遇地层情况等,选择压力水冲洗。宽大裂隙孔段可不进行冲洗。

压力水冲洗,即是利用灌浆泵,通过下入孔内的灌浆管向孔底压送水流,使一部分水挟带着岩粉和岩屑返出地面,一部分水进入岩缝将充填物冲刷出和推移充填物。冲洗的水压不大于灌浆压力的 80%,并不大于 1 MPa。

裂隙冲洗至回水澄清后 10 min 结束,且要求总的时间 ≤ 30 min,孔底残渣厚度 ≥ 20 cm。

3.6 压水试验

先导孔采用单点法压水试验,其余各次序孔做简易压水试验。

帷幕灌浆孔单点法压水试验按《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(DL/T 5148 - 2001)附录 A (灌浆工程压水试验)执行。压力值参照先导孔选取(表 3)。

表 3 帷幕灌浆孔单点法压水试验压力

灌浆压力/MPa	压水压力/MPa
≥ 1	1
< 1	0.3
< 0.3	灌浆压力

压入流量稳定标准:在稳定的压力下,每 3 ~ 5 min 测读一次压入流量,连续 4 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 < 1 L/min 时,本阶段试验即可结束,取最终值作为计算值。

简易压水试验压力为灌浆压力的 80%,该值若大于 1 MPa 时,采用 1 MPa。压水 20 min,每 5 min 测读一次压入流量,取最后的流量值作为计算流量,其成果以透水率 q 表示算。

3.7 制浆

3.7.1 灌浆材料

采用普通硅酸盐水泥,强度等级不低于 P. O 42.5,水泥细度要求为通过 80 μ m 方孔筛的筛余量 $\geq 5\%$ 。不使用受潮结块的水泥,水泥不存放过久,出厂期超过 2 个月的水泥不使用。

符合拌制水工混凝土用水,水温 ≥ 40 $^{\circ}$ C。

在水泥浆液中掺入掺合料经监理工程师批准。各种掺合料质量符合《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(DL/T 5148 - 2001)第 5.1.6 条规定,其掺入量通过试验确定,报监理工程师批准。

3.7.2 浆液制备

采取集中制浆、统一送浆、现场配浆的模式。

在洞内制浆站制备原浆(水灰比 0.5)。普通水

泥浆液使用 ZJ-400 型高速搅拌机搅拌,按配合比先将计量好的水加入高速搅拌机中,再将袋装水泥倒入,搅拌均匀,用密度计测定浆液密度。高速搅拌机搅拌时间 ≤ 1 min。制浆时,按规定配比称量材料,控制称量误差 $< 5\%$ 。

使用输浆系统将原浆输送到灌浆现场。采用储浆桶储浆,3SNS 型泵送浆,1 in($\varnothing 25.4$ mm)或 1½ in($\varnothing 31.75$ mm)管路输浆。

在灌浆现场,严格按照设计配比进行按需配浆。利用双层搅拌桶的上桶配制浆液,下桶与灌浆泵相连作灌浆桶。配浆时,测定原浆密度,根据浆液调制表,用上桶刻度控制原浆加量,浆液配制好后放入下桶进行灌注。

浆液自制备至用完的时间 < 4 h。

3.8 灌浆

3.8.1 灌浆方法及器具

采用孔内循环灌浆方式,灌浆方法采用孔口封闭、自上而下分段灌浆法。

灌浆器具有:孔口封闭器,射浆管,灌浆塞,高压管路及接头,压力表,灌浆自动记录仪等。

孔口封闭器及射浆管安装:孔口封闭器安装前检查密封圈、胶垫等是否完好;射浆管管口距孔底 ≥ 50 cm;在灌浆过程中,射浆管能够在孔口封闭器中心灵活低速转动和适时升降,不漏浆。

3.8.2 灌浆压力

3.8.2.1 根据灌浆试验结果确定灌浆压力

第一段 0.5 MPa,第二段 1.0 MPa,第三段 1.5 MPa,以下各段 2.0 MPa,实际灌浆压力可根据地质情况作适当调整。

3.8.2.2 灌浆压力与注入率控制

(1)当地层吸浆量较小(注入率 ≤ 10 L/min)时,尽快将灌浆压力升到规定值,在规定的灌浆压力下灌注。

(2)当地层吸浆量较大时,将灌浆压力分为几个阶段,逐级升高到规定的压力值,并严格控制升压速度,升压速度与注入率协调(见表 4)。灌浆开始,如果吸浆量大时,使用最低一级的压力灌注,当注入率减少到一定限度,则将压力升高一级,如此进行下去,直到在规定压力下,灌至注入率减少到结束标准时,可结束灌浆。

(3)当抬动变形值超过规定值时,采取降低灌浆压力或停止灌浆,并按指示进行。

3.8.3 浆液比级及变换

(1)选用水灰比 3、2、0.8、0.5 四个比级。

表 4 灌浆压力与注入率关系

灌浆吸浆率/(L·min ⁻¹)	灌浆压力最大使用值/MPa
> 30	0.4P
30~20	0.6P
20~10	0.8P
< 10	P

注:P 为对应孔段的灌浆压力。

(2)浆液比级变换原则:浆液比级由稀至浓,逐级变换。

①当灌浆压力保持不变,注入率持续减少时,或当注入率不变压力持续升高时,不得改变水灰比。

②当某级浆液注入量达 300 L 以上或灌注时间达 30 min,而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时,改浓一级。

③当注入率 > 30 L/min 而灌浆压力又低于设计压力,水灰比 > 1 时可越级变浓。

3.8.4 回浆返浓

灌浆过程中,随时测量进浆和回浆密度,当回浆变浓时,换用与进浆相同比级的新浆进行灌注。若效果不明显,延续灌注 30 min,即可停止灌注。

3.8.5 回浆量控制

灌浆过程中经常转动和上下活动灌浆管,且保持回浆量 > 15 L/min,防止灌浆管在孔内被水泥凝住,造成灌浆中断。

3.9 灌浆结束标准

在该灌浆段最大设计压力下,注入率 ≥ 1 L/min 时,再继续灌注 60 min 即可结束灌浆。

3.10 特殊情况处理

3.10.1 冒浆、漏浆

灌浆过程中,发现冒浆、漏浆时,根据具体情况采用嵌缝、表面封堵、低压、浓浆、限量、间歇灌浆等方法进行处理。

3.10.2 串浆

灌浆过程中发生串浆时,如串浆孔具备灌浆条件,可一泵一孔同时进行灌浆。否则,塞住串浆孔,待灌浆孔灌浆结束后,再对串浆孔进行扫孔、冲洗,而后继续钻进或灌浆。

3.10.3 灌浆中断

灌浆须连续进行,若因故中断,按下述原则处理:

(1)尽快恢复灌浆,否则立即冲洗钻孔,而后恢复灌浆。若无法冲洗或冲洗无效,则扫孔后复灌。

(2)恢复灌浆时,使用开灌比级的水泥浆灌注;若注入率与中断前的相近,采用中断前的比级水泥

浆灌注;如注入率较中断前减少较多,则逐级加浓浆继续灌注;如注入率较中断前减少很多,且在短时间内停止吸浆,则采取补救措施。

3.10.4 涌水孔段

孔口有涌水的灌浆孔段,灌浆前测记涌水压力和涌水量,根据涌水情况,综合选用纯压式灌浆、提高灌浆压力、浓浆、闭浆、待凝等措施处理。

3.10.5 大吃浆量孔段

灌浆段注入量大而难以结束时,可采用下列措施处理:

- (1)低压、浓浆、限流、限量、间歇灌浆;
- (2)加速凝剂。

3.11 封孔

(1)灌浆孔采用全孔灌浆封孔法封孔,即全孔灌浆完毕后,先采用灌浆管将孔内余浆置换成为水灰比 0.5 的浓浆,而后将灌浆塞塞在孔口,继续使用这种浓浆进行纯压式灌浆封孔,封孔灌浆的压力可使用该孔最大灌浆压力,屏浆 30 min。

(2)待孔内水泥浆液凝固后,对钻孔空余部位使用干硬性水泥砂浆封填密实。

3.12 灌浆工程质量检查

(1)帷幕灌浆工程的质量以检查孔压水试验成

果为主,结合对施工记录、成果资料和检验测试资料的分析,进行综合评定。

(2)检查孔压水试验在该部位灌浆结束 14 天后进行,自上而下分段卡塞进行压水试验。

(3)检查孔采用 $\varnothing 75$ mm 金刚石单动双管钻具按照要求钻进取心,并进行岩心编录。

(4)本工程质量检验合格标准为 3 ~ 5 Lu。

(5)检查孔检查工作结束后,按技术要求进行检查孔灌浆和封孔。

4 结语

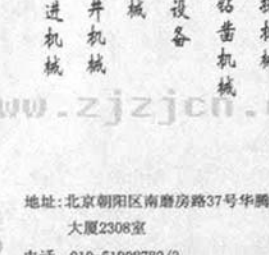
通过压水试验检查,一层排水廊道孔压水试验平均吕荣值为 2.98 Lu,其中最大孔压水吕荣值为 3.4 Lu,最小吕荣值为 2.3 Lu;二层排水廊道孔压水试验平均吕荣值为 2.37 Lu,其中最大孔压水吕荣值为 2.8 Lu,最小吕荣值为 2.1 Lu。由以上数据可知,此工程部位防渗帷幕灌浆完全能满足设计要求的质量检验标准(3 ~ 5 Lu),灌浆质量优良。

通过此部位帷幕灌浆的工艺技术分析,可以积累一定的施工经验,为后期厂房大量帷幕灌浆打好施工技术基础。


中国桩机钻网®
www.zjzjcn.com

中国桩机钻网和多家媒体均建立了信息共享合作关系,涵盖国内最完整的设备制造商,各基础工程施工单位信息资料数据库体系,收录行业发展情况,政策,服务和行业动态信息等。





<http://www.zjzjcn.com>

加入中国桩机钻网
多一条交易渠道,多一份收获!

地址: 北京朝阳区南磨房路37号华腾北塘商务大厦2308室
 电话: 010-51908782/3
 传真: 010-51908780
 E-mail: alan.zjzjcn@163.com; nvday@163.com

● 隧道掘进机械

● 石油钻井机械

● 桩工机械

● 非开挖设备

● 工程及钻井机械

● 地质勘探机械