

鱼背山水库(电站)挡水工程固结(帷幕)灌浆施工工艺

张光熙, 楼日新, 张道云

(国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司, 四川 成都 610072)

摘 要: 介绍了鱼背山水库(电站)挡水工程固结(帷幕)灌浆孔的布置、施工工艺、故障处理以及效果评价等, 实践证明该工程的钻、灌参数选用合理, 效果良好。

关键词: 挡水工程; 固结(帷幕)灌浆; 施工工艺

中图分类号: TV 543.5

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(1999)03-0049-03

1 工程概况

鱼背山水库(电站)位于万县市磨刀溪中段, 为一高 70 m 的堆石坝, 坝前设置有深入基岩的趾板。趾板与基岩的接触带及基岩本身需要进行固结和防渗处理, 以形成帷幕, 隔绝渗漏, 确保大坝安全。

坝区地层为上沙溪庙组的砂岩、泥岩互层, 产状 $N 65^{\circ} \sim 75^{\circ} E \sim NW 20^{\circ} \sim 25^{\circ}$; 岩层厚度变化大。右岸为长石石英砂岩, 岩性坚硬、完整, 河床和左岸为砂、泥岩互层。泥岩岩性软弱, 失水易崩解, 遇水易膨胀, 易风化剥落。主要发育两组陡裂和一组缓裂(层面)裂隙, 两组陡裂倾坡外和近垂直于河流方向发育, 因卸荷风化而张开, 故连通性较好, 是本工程帷幕灌浆的控制性结构面, 泥岩中层面积隙发育, 性状较差。

2 方案设计及施工工艺

2.1 钻孔布置

根据坝区地层特点, 灌浆施工难度较大, 为达到设计要求, 满足经济安全的施工目的, 灌孔设计在坝基趾板上, 单排帷幕孔孔距为 2 m, 分三序施工; 帷幕上、下游各布置一排固结孔, 孔距为 2.5 m, 孔深为贯穿趾板混凝土后 8 m, 分二序施工。

2.2 施工工序

按先固结后帷幕, 分排、分序逐渐加密的原则施工, 即先进行下游排, 后进行上游排固结孔的施工, 最后进行帷幕孔的施工。每一个趾板的固结和帷幕都设计有一个先导孔, 并先行施工, 借以了解该趾板

段的地层情况和渗透特性并指导下步的灌浆作业。

2.3 灌浆方法

采用循环式灌浆法。即灌浆泵以一定的排量压送浆液, 进入孔段内的浆液一部分沿裂隙扩散, 一部分经回浆管路返回搅拌机内。这种灌浆方式可使浆液始终保持流动状态, 减少段内沉淀, 有利于保证灌浆质量。全孔自下而上进行分段灌浆, 段长一般为 5 ~ 6 m。钻进、灌浆两道工序连续施工, 无需待凝。

2.4 钻孔歪斜和冲洗要求

帷幕灌浆孔孔深为 20~ 60 m 不等。需在坝基形成帷幕, 隔绝坝基渗漏, 因而对孔斜要求较高, 按照《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》的规定, 其孔底偏差值不得大于表 1 中规定值。

表 1 钻孔孔底最大偏差值表

孔深/m	20	30	40	50	60
最大允许偏差值/m	0.25	0.50	0.80	1.15	1.50

两个孔在终孔开灌前都必须进行全孔冲洗和灌前压力水冲洗, 其压力值为该段灌浆压力的 80%, 但最大不得超过 1 MPa。

2.5 浆液材料及比级

制浆材料为 425 号普通硅酸盐水泥, 特殊情况下可掺入经清洗的、粒径小于 2.5 mm、质地坚硬的天然沙, 或促凝剂氯化钙(掺用量一般为水泥用量的 3%~ 5%)。浆液为纯水泥浆。采用 5:1, 3:1, 2:1, 1:1, 1:0.8, 1:0.6, 1:0.5, 1 等 7 个水灰比级。灌浆时浆液浓度严格按照《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》的要求, 由稀到浓逐级变换, 并需定时检测浆液的比重, 掌握所灌浆液的浓度。

2.6 灌浆压力

坝基灌浆的目的在于形成帷幕, 因而灌浆压力是关键因素。灌浆压力不足, 孔间浆液难以扩散重叠形成连续墙; 灌浆压力过大则造成不必要的材料消

耗,甚至危及基础安全。根据地质情况和布孔间距,各孔段灌浆压力以接触段灌浆压力为基数,孔深每增加 1 m,其灌浆压力增加 0.05 MPa,即:

$$P = \{ [a + (b - a)] / 2 \times L \} \times 0.05 + c$$

式中 P —— $a \sim b$ 段灌浆压力值 (MPa);

a ——灌浆段段顶孔深 (m);

b ——灌浆段段底孔深 (m);

L ——接触段段长 (m);

c ——接触段灌浆压力值 (MPa)。

接触段段长:帷幕孔一般为 2 m,固结孔一般为 3 m。由于趾板混凝土厚度大部分仅为 50~100 cm,因此,接触段灌浆压力不能太大,否则将抬动趾板混凝土,造成重大事故。但过小又不能使趾板混凝土与基岩间形成一个整体。经试验验证,取定接触段灌浆压力值如表 2。

表 2 接触段灌浆压力表

接触段岩层	固结灌浆孔/MPa	帷幕灌浆孔/MPa
泥岩	0.15	0.2
砂岩	0.2	0.3

3 施工中特殊情况的分析和处理

3.1 孔斜的测量

初期采用顶角测量误差为 30 的 JGC-40 感光记录测斜仪,但由于操作困难,测量时间长,且易出故障,后改用操作简便,顶角测量误差为 1 的 CO-1 型磁球定向测斜仪。孔斜测量表明少部分钻孔因操作原因造成孔斜过大。经研究,采取如下补救措施:其一是将检查孔布置在孔斜较大的地方,一方面检查灌浆效果,另一方面进行补充灌浆,以弥补帷幕因孔斜造成的影响。其二是补打灌浆孔,直接补强帷幕的薄弱部位。

3.2 钻孔的冲洗

每个钻孔都必须进行全泵量全孔段冲洗和压力水裂隙洗孔。我们采用的是自下而上循环式分段灌浆的方法。为了将灌浆内管下到距孔底不超过 50 cm 处,我们使用 $\varnothing 32 \times 6$ 的无缝钢管加工成灌浆内管,并在每根内管外壁适当位置,堆焊一夹持点以便于夹持。关于洗孔压力:如选用孔底段灌浆压力的 80%,对裂隙冲洗效果虽好,但将抬动趾板混凝土。如按接触段灌浆压力的 80% 压力洗孔,虽可保证趾板混凝土的安全,但难以满足裂隙冲洗要求。为兼顾两方面的因素,决定采用接触灌浆压力作为裂隙洗孔压力,从而保证了裂隙冲洗效果。

3.3 冒浆、串浆、漏浆的处理

进行左岸高趾板段灌浆时,由于趾板混凝土与基岩表面部分结合不良,局部出现裂缝和孔隙,灌浆时出现冒浆。其处理方法是:暂停灌浆,用清水冲洗冒浆处,然后用棉纱或干水泥加速凝剂搅拌捣压封堵冒浆处,再行灌浆,此法实用可行,效果良好。

在进行左岸第 8 趾板灌浆时,由于裂隙发育,且与山体裂隙相连接,灌浆压力高于某一压力值时,吸浆量猛增。此时可停止灌浆,待凝 1、2 d 后再继续,即能顺利结束。在进行左岸 13 趾板段灌浆时,出现裂隙与大坝坝体相连,漏浆十分严重,经采用限流、限压、短时间间歇灌浆的方法,仍无效果,后采用限流、限压长时间间歇待凝后,逐渐升压灌浆,遂达到结束标准。

对于串浆现象的处理,首先要严格按照各序孔分次序钻、灌的原则,如出现相邻孔串浆,即用栓塞堵住被串浆孔段,待灌浆结束后,对被串浆孔段进行扫孔、裂隙压力冲洗,而后进行该段的灌浆,效果仍然较好。

表 3 挡水工程帷幕灌浆成果统计表

灌浆次序	孔数	灌浆段长/m	注入量/kg	平均单位注入量/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$	总段数	单位注入量/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$, 分级[频率%/段数]					
						5	5~10	10~50	50~100	100~500	>500
I 序孔	59	1 892.34	87 802.45	46.40	405	$\frac{58}{234}$	$\frac{15}{61}$	$\frac{16}{64}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{5}{21}$	$\frac{3}{14}$
II 序孔	55	1 849.50	47 612.68	25.74	401	$\frac{68}{273}$	$\frac{16}{62}$	$\frac{9}{34}$	$\frac{3}{13}$	$\frac{3}{14}$	$\frac{1}{5}$
III 序孔	106	3 411.21	64 564.94	18.93	730	$\frac{75}{54.1}$	$\frac{12}{87}$	$\frac{8}{59}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{3}{20}$	$\frac{1}{7}$
加密孔	16	388.10	2 719.15	7.00	88	$\frac{92}{81}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{0}{0}$
检查孔	34	882.12	6 331.00	7.20	193	$\frac{92}{178}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{0}{1}$
合计	270	8 423.27	209 030.22	24.14	1 817	$\frac{72}{1.310}$	$\frac{12}{220}$	$\frac{9}{163}$	$\frac{2}{37}$	$\frac{3}{60}$	$\frac{1}{27}$

4 帷幕灌浆效果分析

4.1 各序孔单位注入量及频率分析

表 3 所示各灌序单位注入量随灌序的递进而显著减少, 频率增高, I 灌序孔单位注入量 (G_1) 为 46.40 kg/m, II 灌序孔单位注入量 (C_2) 为 25.74 kg/m, III 灌序孔单位注入量 (C_3) 为 18.93 kg/m, 加密孔单位注入量 ($C_{检}$) 为 7.2 kg/m, 即 $C_1 > C_2 > C_3 > C_{检}$ ($C_{密}$)。小于 10 kg/m 单位注入量频率 I 灌序孔 (m_1) 为 73%, II 灌序孔 (m_2) 为 84%, III 灌序孔为 (87%), 检查孔和加密孔 $m_{检}$ ($m_{密}$) 为 96%, 即 $m_1 < m_2 < m_3 < m_{检}$ ($m_{密}$)。以上统计数据表明, 单位注入量随灌序的递进而减少, 小于 10 kg/m 段单位注入量频率随灌序的增进而增大, 说明灌浆质量效果良好。见图 1。

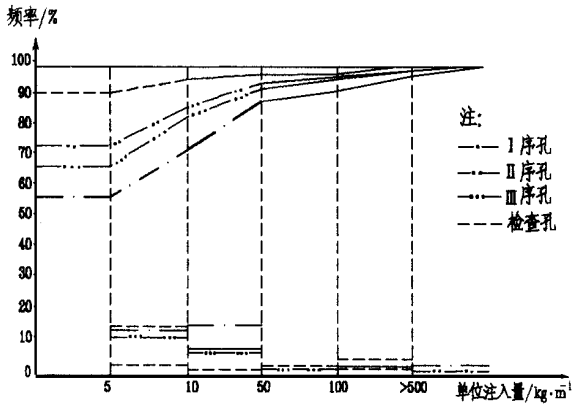


图 1 挡水工程帷幕灌浆单位注入量频率曲线与频率累计曲线

4.2 灌浆前后压水试验透水率频率分析

表 4 所示灌浆前先导孔和灌浆后检查孔的透水率随着灌浆的增加而显著减少。不大于 3 Lu 的透水率频率灌前 ($\omega_{前}$) 为 57%, 灌后 ($\omega_{后}$) 为 95%, 即 $\omega_{前} < \omega_{后}$, 说明帷幕灌浆后透水率明显降低, 防渗能力大大增强, 达到设计的防渗要求, 见图 2。

表 4 挡水工程灌浆后压水试验成果统计表

灌浆次序	孔数	压水段数	透水率/Lu 分级, [频率%/段数]				
			$q < 1$	$1 < q < 3$	$3 < q < 5$	$q > 5$	
先导孔	42	240	27	30	15	28	
			66	71	35	68	
检查孔	31	194	72	23	2	3	
			140	45	/3	6	
合计	73	434	47	27	9	17	
			206	116	38	74	

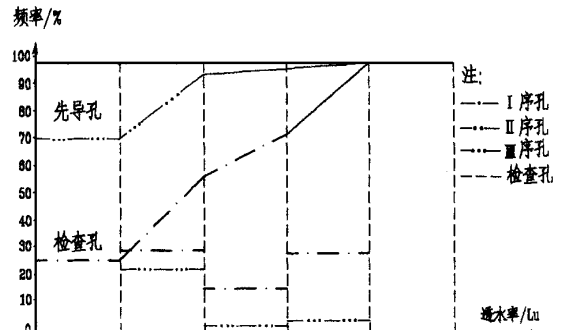


图 2 灌浆前后透水率频率曲线与频率累计曲线

5 结束语

鱼背山水电站大坝坝基灌浆工程 36 个灌浆单元, 共计施工灌浆帷幕孔 336 个, 固结孔 386 个, 灌浆孔总长 14 000 余 m, 灌注水泥 700 t, 平均单位注入量为 50 kg/m。70 个检查孔的检查效果表明各段压水的单位吸水量均不大于 3 Lu, 全部达到了设计规定的防渗标准。鱼背山电站挡水工程采用单排帷幕辅以上、下游固结灌浆孔位布置基本合理, 效果良好。施工中各排钻孔分次序交叉钻灌, 对避免或减少串浆现象, 节约时间、材料, 减少人力消耗, 提高工作效率, 具有重要作用。

作者简介:

张光熙, 男, 国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司, 工程师, 学士

楼日新, 男, 国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司三公司经理, 工程师, 硕士

张道云, 男, 国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司二公司经理, 工程师, 学士