

地震崩塌堆积天然坝体灌浆施工技术

王申旺, 周 晓, 王 栋

(黄河水利委员会勘测规划设计研究院地质勘探总队, 河南 洛阳 471002)

摘 要 重庆小南海天然坝体为地震堆积体, 结构疏松, 存在架空结构。帷幕灌浆无成功的经验可供参考。灌浆工艺复杂, 施工难度大。我单位克服地层与施工工艺方面的困难, 取得了地震堆积体灌浆技术的施工经验, 对类似地层的灌浆施工有一定的参考价值。

关键词 地震堆积体 孤石 架空结构 渗漏 沙窝 粘土水泥浆 小口径泥浆护壁钻进技术 金刚石复合片全断面钻进 不提钻连续钻灌工艺 孔口旋升封闭器

中图分类号: TV698.2+33 文献标识码: B 文章编号: 1000-3746(2003)S1-0142-04

1 工程概况

小南海水库是 1956 年地震引起山崩堵塞溪流形成的一座天然水库, 坝址枢纽位于重庆市黔江区南海乡境内。水库位于阿蓬江右岸一级支流段溪河上游, 控制集雨面积 98.8 km²。水库正常蓄水位 670.50 m, 相应库容 7087 万 m³, 有效库容 2930 万 m³。

小南海水库天然坝体是地震堆积体, 渗漏严重, 为加强天然坝体的防渗性能, 减少水库渗漏, 确保坝体安全, 经多种方案对比, 决定采用帷幕灌浆法对天然坝体进行防渗整治。

2 工程地质条件

小南海天然坝坝体主要为地震崩塌堆积的页岩及粉砂质页岩碎石夹孤石, 即天然坝为页岩及粉砂质页岩堆积坝。天然堆积体顶部宽 200~300 m, 底部宽 1200~1300 m, 长约 1800 m, 平均厚 50~80 m, 堆积体呈倒石锥形态, 锥顶指向北西。组成天然坝体的地震崩塌堆积的碎石夹孤石垂向上存在明显的差异。上部孤石含量较大, 碎石粒径较大, 结构疏松, 存在架空结构, 下部孤石含量小, 碎石粒径亦小, 结构较上部密实。天然坝的物质组成的结构特征及相关参数见坝体结构示意图 1。

坝体地质结构示意图		孤石含量/%	渗透系数/(m·d ⁻¹)	透水特性
EL675		28.09~56.52	39.38~176.31	强~极强
EL633		0.00~17.96	6.53~60.80	较强~强
EL604		灰绿色页岩	0.02~0.04	弱

图 1 重庆小南海天然坝体地质结构示意图

收稿日期 2003-04-30

作者简介: 王申旺(1975-), 河南范县人, 黄河水利委员会勘测规划设计研究院地质勘探总队地质勘探二队副队长, 钻探工程专业, 从事水电工程勘察及施工工作, 河南省洛阳市启明西路 40 号, (0379) 3558173、13502098529。

3 灌浆帷幕设计

由于地震堆积体的帷幕灌浆国内尚无先例,国际也属罕见,没有成熟的经验可供借鉴,设计和施工难度很大,因此在施工前进行了帷幕灌浆试验,用以论证采用帷幕灌浆在技术上的可行性,效果上的可靠性及经济上的合理性。天然坝体物质结构的特殊性和复杂性决定了其灌浆帷幕技术设计的特殊性和复杂性。其灌浆帷幕设计特点如下:

- (1) 采用小口径粘土泥浆护壁钻进技术,不用清水,灌前不做冲孔和压水,以保证钻孔质量。
- (2) 采用水泥粘土浆做主要灌注浆材及限用多种类、多比级的其它浆液,在技术可行的基础上体现经济的合理性。
- (3) 采用三排帷幕,梅花形布孔,孔距 3.0 m,排距 1.5 m,钻孔全部深入基岩 1 m,分三序施工,以保证悬挂式幕体的密实、闭合。灌浆孔布置见图 2。
- (4) 短段长、低压力、多工艺体现技术设计的适用性和灵活性。

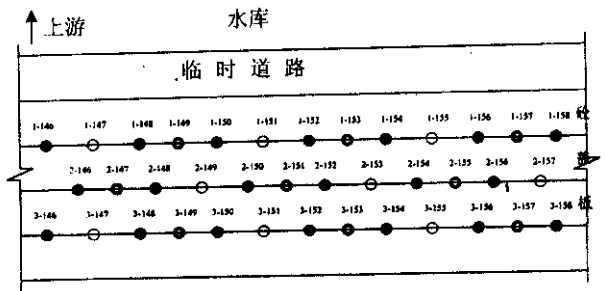


图 2 钻孔平面布置图(局部)
○一序孔;◐二序孔;●三序孔

4 帷幕灌浆施工

4.1 成孔工艺

采用泥浆护壁、硬质合金或金刚石取心钻进技术。

4.2 灌浆工艺

4.2.1 灌浆方法

采用孔口封密自上而下循环式灌浆法。

4.2.2 灌浆段长和压力见表 1。

表 1 灌浆段长和压力

段号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...
段长/m	2	2	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
边排压力/MPa	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
中排压力/MPa	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4

注:(1)第一段为砼盖板下 2 m;(2)接触段灌浆压力为 0.1 MPa。

4.2.3 浆材种类与配比

天然坝体地质条件的特殊性决定了其灌浆工艺的复杂性,小南海帷幕灌浆采用水泥粘土浆为主要浆材,除所有孔接触段灌注 1: 0.4(水泥质量: 粘土质量)的水泥粘土浆外,边排孔采用 1: 0.6(水泥质量: 粘土质量)的水泥粘土浆,中排孔采用 1: 0.4(水泥质量: 粘土质量)的水泥粘土浆,采用水固比 3、2、1 三个比级。特殊情况下可使用纯水泥浆,但必须备以说明。纯水泥浆采用水灰比 2、1、0.8、0.6、0.5 五个比级,水泥粘土砂浆采用水固比 1: 1、0.8: 1 两个比级。

4.2.4 浆液变换标准

4.2.4.1 纯水泥浆液变换标准

- (1) 当灌浆压力保持不变,注入率持续减小时,或当注入率不变而压力持续升高时,不得改变水灰比;
- (2) 当某一比级浆液的注入量已达 500 L 以上或灌注时间已达 1 h,而灌注和注入率均无改变或改变不显著时,应改浓一级;
- (3) 当注入率 > 40 L/min,可根据具体情况越级变浓。

变浓。

4.2.4.2 水泥粘土浆及水泥粘土砂浆变换标准

- (1) 当 3: 1 级浆液灌注 500 L,而注入率和压力无明显变化时变浓一级;
- (2) 当 2: 1 级浆液灌注 800 L,而注入率和压力无明显变化时变浓一级;
- (3) 当注入率 > 40 L/min 时,灌注 800 L,可越一级变浓;
- (4) 孔口一直不回浆的灌段,可直接灌注最浓一级浆液;
- (5) 压力保持不变,吸浆量均匀减少,或者吸浆量不变,压力均匀升高时不得改变水灰比,继续灌注。

4.2.5 灌浆结束标准

- (1) 纯水泥浆:在设计压力下,当注入率 $\neq 0.4$ L/min 时,继续灌注 30 min 结束。
- (2) 水泥粘土浆:在设计压力下,当注入率 $\neq 2$ L/min 时,继续灌注 40 min 结束。
- (3) 水泥粘土砂浆:达到设计压力下,注入率 $\neq 1$ L/min 时,稳定 3 ~ 5 min 结束。

5 特殊情况处理

5.1 大漏浆的处理

(1) 架空段的处理。钻孔遇到架空且长时间护壁泥浆漏失时,即停止钻进并提钻,根据架空高度投入碎石,碎石投入量应进行计算,然后压塞灌浆。

(2) 漏浆段的处理。不架空而长时间不返泥浆的孔段,及时停钻,然后采用水泥粘土浆进行灌注;对于注入量大灌浆难以结束时,可采用水泥粘土砂浆灌注。在用水泥砂浆灌注难以结束时,采用纯水泥或水泥砂浆掺水玻璃的办法灌注直至结束。

5.2 塌孔的处理

首先停钻,然后换用泥浆粘度 40 s 以上、密度 1.20 kg/L 以上的泥浆护壁钻进,并控制进尺速度,如不能继续钻进,则灌注该段,待凝后扫孔继续钻进。

5.3 中断处理

灌浆工作正常情况应连续进行,若因故造成不能连续进行时应按下述原则进行处理:

- (1) 尽可能缩短中断时间,并及早恢复灌浆;
- (2) 恢复灌浆时,如注入率与中断前的接近,则可继续按规定进行灌浆;
- (3) 恢复灌浆后,如注入率较中断前的减少很多,则应重新进行扫孔,而后恢复灌浆。

5.4 冒浆、漏浆处理

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

5.4 串浆处理

帷幕灌浆过程发生串浆时,如串浆孔具备灌浆条件,可以同时进行灌浆,应一泵灌一孔。否则应将串浆孔用塞塞住,待灌浆孔灌浆结束后,串浆孔再行扫孔,而后继续钻进灌浆。

6 灌浆施工中工艺的探索和应用

该工程主要施工难题是破碎、坍塌地层的护壁钻进问题和沙窝、碎石渗漏通道灌浆问题。我单位在十、十一单元工程实践中进行了大胆的改进和创新。

6.1 水泥粘土浆护壁和金刚石复合片全断面钻进技术的应用

众所周知,塌孔抱钻主要是因为孔内静压不平衡、钻具扰动孔壁所至,实践证明采用水固比 2: 1 的水泥粘土浆作为钻孔冲洗液较密度为 1.2 kg/L 的粘土浆效果好。前者具有较多优势:前者密度大易于平衡孔内静压,利于孔壁稳定,粘度相对低,流动性好携粉能力强,减少塌孔抱钻事故,钻速高。两种浆液的性能对比见表 2。

表 2 两种浆液对比

浆液名称	水固比	密度/(kg·L ⁻¹)	粘度/s	流动性	携粉能力	搅拌时间/min	作用
水泥粘土浆	2: 1	1.29	40	较好	相对强	15	预灌早强
粘土浆	2.81: 1	1.20	35	相对差	相对差	6	相对较差

由于崩塌堆积的风化页岩及粉砂质页岩碎石呈颗粒状,硬质合金或金刚石钻具和孔壁环状间隙小,排粉不畅,重复破碎严重,砂质页岩颗粒滞涩聚集研磨钻具,易使岩心管脱落,提下钻拧卸钻具辅助时间长,停钻或灌前下钻扰动塌孔,影响钻速;页岩层理多为竖向,钻进时,轴向压力平行于岩石层理,水平方向上转动阻力大,易使硬质合金崩刃。岩石的层理对其强度的影响具有明显的异向性,垂直于层理

抗压强度最大,平行于岩石层理抗压强度最小,层理发育的页岩,极易体积破碎,破碎颗粒对金刚石胎体磨损大,而使金刚石脱落失去作用。

在该地层中钻进,如果减少提下钻次数,采用密度较大的冲洗液,增大孔壁与钻具环状间隙、排粉通畅可能解决成孔问题。使用平顶山全断面复合片钻头 and 粘土水泥浆护壁,从多个钻孔实践情况来看效果良好。使用前后情况对比见表 3。

表 3 全断面复合片钻头使用前后效果对比

项目	钻头寿命 /(m·只 ⁻¹)	钻速 /(m·h ⁻¹)	孔故率 /%	辅助时间 /[h·(5 m) ⁻¹]	岩心管与接头	不提钻钻灌连续作业
使用前	15	2.2	20	2.5	用	不能
使用后	150	6.8	3	0.5	钻杆与钻头连接	能

效果分析:

(1) 复合片钻头是由金刚石聚晶层与碳化钨硬

质合金层烧结而成,金刚石层厚 0.5 mm,硬质合金层厚 3 mm,圆片状直径 10 mm,整片包镶在钻头基

座上,保径好,提高了抗磨强度和抗冲击性能,负斜镶压入阻力小,减少崩刃现象,钻头水口宽,排粉通畅,减少了重复破碎现象,故钻头寿命长,机械钻速高;

(2)降低了材料消耗,节约成本;

(3)钻进过程无需提钻,只加钻杆,降低了劳动强度;

(4)基岩以上部分可不提钻钻灌连续作业,降低了辅助时间,提高了工效。

6.2 孔口旋升封闭器的应用与沙窝灌浆

在小南海大坝帷幕灌浆工地会集了 4 家灌浆队伍,我单位是唯一拥有并使用孔口旋升封闭器的队伍。它的特点是在整个灌浆过程中可以不中断灌浆过程,同时使射浆管在孔口灵活旋转和升降,在沙窝灌浆最大难点是它吃水不吃浆,浆液在压力作用下极易失水变浓,与围岩沙粒包裹絮凝,造成抱管“焊管”事故,孔口封闭器通过射浆管的旋升作用,能有效破坏这种絮凝结构,解决因此而造成的“焊管”事故。我单位在两个单元 3600 余米的灌浆施工过程中,是唯一没有发生严重“焊管”而造成钻孔报废的队伍,其“焊管”率最低。

工程实践证明,在浆液里掺加一定量钠土和减水剂可以提高浆液稳定性和流动性,为达到这个效果,在沙窝灌注的浆液里添加 0.8% (与水泥的质量比) 钠土和减水剂来改善浆液性能。减缓浆液在压力作用下失水变浓,利用击穿、挤密原理使浆液在超过地层临界压力 (此地临界压力回浆管口表压 0.5 ~ 0.8 MPa) 的情况下,击穿沙窝层侵入浆液,经过反复击穿和挤密作用,使围岩形成脉状结构,提高围岩结构强度,达到防渗效果。

6.3 碎石层灌浆

碎石层灌浆的难点是漏浆、不起压,灌注时间长,吃浆量大,浆液扩散远,重复灌注很难结束,人力

(上接第 141 页)

5 结语

在堤防的治理过程中,一定要考虑河流的演变状况,其中包括水流对河势的影响、河流泥沙的淤积的形成以及新的河道产生的规律、历史上河势的变迁,因势利导地全面规划河道治理方案。对于不同的堤岸现状采用相适应的护岸方式,提倡生态型的

物力材料浪费严重。分析原因是因为通道较大而且长,粘土水泥浆强度增长过慢,有试验资料显示 3: 1 的水泥粘土浆初凝时间为 92 h (地上室温条件下),灌浆设计压力与其强度增长不匹配等,后经申请提交专家会议讨论决定边排孔最高灌浆压力由 1.2 MPa 降到 0.8 MPa。利用充填、挤密原理,凡在钻孔时发现漏浆或不返浆的灌段 (非架空) 开灌即用 1: 1 水泥粘土砂浆进行灌注,因砂浆相对流动性较差,沉淀速度较快,能尽快将大的通道填充,同时适量加大砂浆灌注量,回浆后,逐渐减少含砂量,直至注入率 15 L/min 左右时,即停灌砂浆,根据具体情况采用 2: 1 或 1: 1 的水泥粘土浆直至灌注结束。用水泥粘土浆补灌的目的是防止水泥粘土砂浆在碎石中的分离形成空隙,进一步充填挤密,提高防渗质量。

7 灌浆质量检查

灌浆终孔结束 1 个月后,进行灌浆质量检查,检查孔孔径 110 mm,每 15 m 一段进行了静水头注水试验,试验水头第一段为 10 m,其余各段为 30 m。

8 结论

该工程特殊而复杂的地质条件对国内防渗帷幕灌浆技术来说本身就是一个具有挑战性的课题,该工程帷幕方案是在灌前试验定量分析,参照土坝和基岩灌浆技术规范的基础上确立的,它的普遍适用性经规模灌浆实践检验和最终质量检查达到了设计防渗标准要求。

参考文献:

[1] 孙志峰. 水利水电岩土钻凿技术 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2001.

护岸型式。真正做到在整个堤防的治理过程中,遵循环境、经济、社会效益统筹兼顾的原则。

参考文献:

[1] 周刚炎. GPS 新技术在长江防洪减灾中的应用 [A], 长江水利科技论文集 [C]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001.
[2] 李峻, 李运栋. 长江中下游干流河道治理规划的回顾与展望 [A]. 长江水利科技论文集 [C]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001.