

堆石心墙坝加固修复施工方法

骆进军¹ 刁永庆² 吴永松³

1 高淳区水务局 2 江苏水工建设集团有限公司 3 江苏省水利科技咨询股份有限公司

DOI:10.12238/hwr.v6i6.4480

[摘要] 针对传统水库坝体加固技术的不足,提供一种堆石心墙坝加固修复施工方法;针对不同的坝段,在满足现行规范要求的坝体渗透系数条件下,选择适宜的灌浆加固方法,通过复合灌浆加固技术,提高堆石心墙坝体防渗系数,从而更好的发挥社会效益。

[关键词] 堆石心墙坝; 加固修复; 施工方法

中图分类号: U455.4 **文献标识码:** A

Construction Method for Reinforcement and Repair of Rockfill Core Dam

Jinjun Luo¹ Yongqing Diao² Yongsong Wu³

1 Gaochun District Water Affairs Bureau 2 Jiangsu Hydraulic Construction Group Co., Ltd

3 Jiangsu Water Conservancy Engineering Science and Technology Consulting Co., Ltd

[Abstract] Aiming at the shortcomings of traditional reinforcement technology of large-scale reservoir dams, a construction method for reinforcement and repair of rockfill core dams is provided. For different dam sections, under the condition of meeting the permeability coefficient of the dam body required by the current specifications, the appropriate grouting and reinforcement method is selected, and the anti-seepage coefficient of the dam body of the rockfill core dam is improved through the composite grouting reinforcement technology, so as to better exert social benefits.

[Key words] rockfill core dam; reinforcement repair; construction methods

前言

堆石心墙土石坝,可以就地取材、施工方便、结构设计简单、安全可靠经济实用特点,在我国得到广泛的推广应用。我国的土石坝中,由于长期运行,堆石心墙土石坝都发生了老化现象;坝体渗透情况严重,不满足规范设计要求,无法正常运转。为了维持水库的防洪、灌溉、养殖、发电等功能,均是在既有水库坝身上采取对部分坝体拆除重建、修复、帷幕灌浆等改造加固提升技术。但是,不够经济、环保,施工周期长。

部分坝体拆除重建+修复技术需要办理水环手续,就地取材需要寻找原材料场地和弃土场,对生态环境影响大;并且施工周期较长;整个坝段纵向采用帷幕灌浆技术也不够经济。

1 堆石心墙坝加固修复施工方法

堆石心墙坝加固修复施工包括以下步骤:(1)坝顶:拆除重建,使坝顶高程满足现行规范要求;(2)坝坡沉陷、隆起部位:整修,采用开挖后再回填的方法进行整治,恢复外观质量;(3)坝体:采用可控复合膏浆高压脉动灌浆;(4)主河床坝基:采用静压注浆;(5)两岸坝基、坝肩:采用帷幕灌浆;(6)溢流堰沿线基础:采用帷幕灌浆;(7)下游护脚:加固,并恢复排水;(8)渗漏的溢洪道泄槽底板分缝进行防渗处理。

北大堰库的具体施工为例。其中,坝体灌浆轴线靠心墙上游与坝轴线平行布置。

如图所示,左坝肩起点与溢洪道帷幕灌浆终点相接,右坝肩为岩土分界线向下偏移1m与495.82m高程的交点,总长度360.00m。

在中间坝高 ≥ 30 m坝段及大坝与溢洪道连接处设二排孔;排距0.7m,孔距1.0m,梅花形布置;两坝肩堆石心墙坝高 < 30 m坝段设单排灌浆孔;布置在上排,第一排孔布置在坝轴线上游1.5m位置,第二排布置在堆石心墙坝轴线上游0.8m位置;灌浆孔分三序布置,第一序孔间距5m,堆石心墙,第二序孔间距5m,第三序孔间距2m。灌浆深度深入坝基接触面以下1.0m,采用自下而上、分小段纯压式灌浆。其中,钻孔终孔孔径不小于91mm。初拟灌浆压力1.5~3.0MPa,坝顶下5m范围为防止对心墙造成破坏,采用灌稳定浆液,初拟灌浆压力0.5MPa。可以理解的是,在施工时,灌浆压力在灌浆过程中根据实际钻孔灌浆资料进行校核及修正;同时,灌浆压力不允许超过临界破坏压力,以免影响灌浆效果。在施工前进行生产性试验。具体在本工程中,选择右岸比较高的坝段进行试验;以验证高压脉动灌浆技术在本工程中的可灌性,以及对心墙、反滤料的影响;获取相应膏浆扩散范围及渗透系数等关键

参数。因心墙粉质黏土可灌性较差，且灌浆时库水位较高，灌浆浆液粘聚力在满足要求的前提下，尽量取小值。施工时先施工下游排，后施工上游排。灌浆完成要求防渗体有效厚度：双排孔不小于1.3m，单排孔不小于0.5m，渗透系数不大于 $1.0\times 10^{-5}\text{cm/s}$ 。

需要注意的是，在施工前需探明高涵、低涵的准确位置，尤其是涵管与坝体、坝基灌浆轴线相交位置的坐标和高程；为保证坝体灌浆时不影响原涵管结构，在高涵、低涵管周1m范围不允许进行可控复合膏浆高压脉动灌浆。采用可控复合膏浆高压脉动灌浆进行大坝坝体防渗施工中，膏浆浆液配合比为：低流动性膏浆中组分质量比为，粘土100kg、水泥100kg、外加剂15kg、早凝结构剂5kg、水160kg、改性剂5kg；稳定复合膏浆中组分质量比为，粘土100kg、水泥100kg、外加剂12kg、早凝结构剂6.5kg、水160kg、改性剂3.5kg。

如下表1所示。

编号	粘土 (kg)	水泥 (kg)	外加剂 (kg)	早凝剂 (kg)	水 (kg)	改性剂 (kg)	备注
1	100	100	15	5	160	5	低流动性膏浆
2	100	100	12	6.5	160	3.5	稳定性膏浆

膏浆浆液物理力学指标，如下表2所示。

密度 (g/cm^3)	流动性 (mm)	析水性 (%)	初凝 时间 (h:min)	终凝 时间 (h:min)	结石体 28d 强度 (MPa)	初始屈 服强度 (Pa)	弹性 模量 (MPa)
>1.45	60-140	<1	5:00	12:00	1.5-3.0	≥ 150	100-3000

其中，膏浆材料质量要求：

粘土中，粘粒含量不小于25%，塑性指数大于14，含砂量不大于5%，有机物含量不大于3%；

水泥采用普通硅酸盐水泥，等级选用P0425级。

灌浆压力与灌浆量控制标准，如下表3。

孔深(m)	0-80			
提升间隔(m)	0.5			
控制参数	Pmin (Mpa)	Vmax (L)	Pmax (Mpa)	Vain (L)
一序孔	1.5	400	2.0	350
二序孔	2.0	300	2.5	250
三序孔	2.5	200	3.0	150

施工中，控制浆液配比及变换。

浆液流动度控制在60~140mm之间，浆液流动度一般由大到小进行变换；浆液初始流动度采用90~140mm，如灌浆压力长时间达不到设计压力，浆液流动度可变换至60~90mm。灌浆方法及施工次序：采用“可控挤入复合膏浆防渗灌浆法”，实施钻孔内浆体自阻塞、自下而上、分小段纯压式灌浆；每个灌段长为0.5m，当该灌段满足灌浆结束标准时，实施下一灌段灌浆。堆石心墙控灌浆孔施工顺序按照分排分序，应先施工下游排，后施工上游排，逐次加密原则进行。单排可控灌浆堆石心墙先施工先导孔，再施工一序孔，后施工二序孔，堆石心墙最后施工三序孔；其中，堆石心墙部分一序孔作为先导孔。在相应部位灌浆结束12d后，堆石

心墙再进行检查孔施工。

而达不到设计压力限时，可以进行下一段的注浆。大坝坝基防渗采用主河床坝段静压注浆+两岸坝肩帷幕灌浆，钻孔与坝体可控复合膏浆高压脉动灌浆堆石心墙上游排轴线同轴，即堆石心墙坝轴线上游1.2m位置；堆石心墙布置单排孔，孔距2.0m；分三序布置，第一序孔间距8m，第二序孔间距8m，第三序孔间距4m。堆石心墙帷幕灌浆按弱透水下带上限线以下1.5m控制。施工前布置先导孔，先导孔在一序孔中选取，其间距为15-20m，或堆石心墙按该排孔数的9%布置。堆石心墙静压注浆为低压浓浆注浆，其深度需通过先导孔试验确定，以不打穿坝基隔水层为原则，最大深度不超过8m；静压注浆钻孔坝基5m以下，建议分1m小段钻进。时刻关注岩层变化情况，并在钻进过程中时时关注钻进速度和回水情况；一旦出现钻进速度突然加快或者回水浑浊现象，应立即停止钻进，防止在坝基灌浆过程中打穿隔水层而穿透至采空区。

2 采用静压注浆及帷幕灌浆进行大坝坝基及坝肩防渗施工,包括以下步骤

2.1钻孔

钻孔位置与设计位置偏差不得大于10cm，孔深符合设计规定。

灌浆孔应进行孔斜测量，发现偏斜超过要求应及时纠正或采用补救措施。

2.2灌浆方法灌浆方式

灌浆孔的基岩段长小于6m时，采用全孔一次灌浆法；大于6m时采用自上而下分段灌浆法。

2.3灌浆压力和浆液变换

帷幕灌浆压力0.8~1.2MPa，静压注浆初拟灌浆压力为0.3~0.5MPa。

帷幕灌浆造孔后，灌浆之前在坝基面处采用静压注浆，以增强坝基接触带防渗效果；保证坝基灌浆与坝体可控复合膏浆高压脉动灌浆搭接长度不小于1m，并在坝基接触部位搭接良好。

灌浆应尽快达到设计压力，但注入率大时应分级升压；灌浆浆液的浓度应由稀到浓，逐级变换。

灌浆过程中，灌浆压力或注入率突然改变较大时，应立即查明原因，采取相应的措施处理。

2.4灌浆结束标准和封孔方法

灌浆之前在坝基面处采用静压注浆，以增强坝基接触带防渗效果；保证坝基灌浆与坝体可控复合膏浆高压脉动灌浆搭接长度不小于1m，并在坝基接触部位搭接良好。

全孔灌浆结束后，应以水灰比为0.5的新鲜普通水泥浆液置换孔内稀浆或积水，采用全孔灌浆封孔法封孔。

封孔灌浆压力：采用自上而下分段灌浆法和自下而上分段灌浆法时，可采用全孔段平均灌浆压力2MPa。

在施工前需探明高涵、低涵的准确位置，尤其是涵管与坝体、坝基灌浆轴线相交位置的坐标和高程；为保证坝体灌浆时不影响原涵管结构，在高涵、低涵管周1m范围不允许进行可控复

合膏浆高压脉动灌浆。

2.5 工程质量检查

帷幕灌浆检查孔压水试验在帷幕灌浆结束14天后进行。

检查数量为总灌浆孔数的10%,设计要求检查孔内的压水试验 $q < 5 \text{Lu}$ 为合格标准。

经检测,渗透系数为 $0.86 \times 10^{-5} \text{cm/s}$,小于设计标准;可在土石坝、土石围堰加固工程施工中进行广泛的推广及应用,其适用性强。

3 结语

针对不同的坝段,在满足现行规范要求的坝体渗透系数条件下,选择适宜的灌浆加固方法,通过复合灌浆加固技术,从而

提高坝体防渗系数,达到降低施工成本,缩短施工周期、尽快发挥社会效益的目的。

[参考文献]

[1]刘崇熙,汪在芹.坝工混凝土耐久寿命的现状和问题[J].长江科学院院报,2000,(01):17-20.

[2]王年香,章为民,顾行文,等.高心墙堆石坝地震反应复合模型研究[J].岩土工程学报,2012,34(05):798-804.

[3]张雪东,李纲,魏迎奇,等.心墙堆石坝坝顶加筋措施的动力离心模型试验研究[J].中国水利水电科学研究院学报,2018,6(06):591-597.