

某水库除险加固塑性混凝土防渗墙设计

何瑞毅

宁夏水利水电勘测设计研究院有限公司 宁夏 银川 750001

摘要: 针对某水库主坝0+270~0+300m段出现了严重的漏水现象, 后经过现场查勘, 坝现有的防渗效果差, 坝体填土下部存在砂砾、泥岩等中等透水层, 部分坝段土工膜不完好且存在渗漏通道等问题, 坝后实际渗流量大于设计值, 发生了渗透破坏, 存在严重的渗流安全隐患。根据经济性、安全性、可靠性比选, 最终选择塑性混凝土防渗墙方案除险加固处理。

关键词: 除险加固; 塑性混凝土; 配合比

1 工程概况

水库主要利用天然沟道地形开挖围建而成, 总容积123.90万 m^3 , 库底高程1652.50~1662.10m。设计蓄水位1663.00m, 最大水深10.50m, 最大坝高13.00m, 坝轴线长度375.80m, 坝顶宽度为6.0m。大坝断面形式采用梯形断面, 大坝迎水面坝坡坡比为1:2.5, 背水面坝坡坡比为1:2.25。

2022年4月中旬当蓄水水位达到高程1661.0m(水深8m)时, 主坝0+270~0+300m段出现了严重的漏水现象, 下游排水沟一侧多处冒浑水现象, 发生了渗透破坏。6天后库水位为1659.40m, 观测主坝坝后渗流量为1.15L/s。

2 主坝工程地质条件

2.1 建设前地质情况

场地地形有起伏, 主沟道上游有宽度为5-15cm的裂缝及落水洞, 平行于沟道发育, 发育长度约15.0m, 垂直可见深度0.4-0.7m, 间断分布。未发现其它滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等不良地质现象, 场地稳定性好。

场地主要出露的地层有第四系全新统冲洪积壤土、砂壤土、粉质粘土(Q_4^{2al}), 第四系上更新统马兰组(Q_3^m)黄土, 古近系始新统寺口组(E_{2s})泥岩、泥质砂岩等地层。

表1 坝轴线岩体透水性高程分布表

位置	分布高程(m)	岩体透水性(Lu)	透水类型
左坝肩	1662.50~1684.50	13.3~100	中等-强透水层
	1684.50以下	4.61~9.47	弱透水层
沟道	1629.7~1641.2	16.7~27.3	中等透水层
	1629.7以下	7.0~9.5	弱透水层

主坝沟道土层具有湿陷性, 湿陷量324-1155.5mm, 自重湿陷量184.8-404.4mm, 湿陷厚度3.0-9.5m, 为II(中等)~IV(很严重)自重湿陷性场地^[1]。

2.2 主坝存在地质问题

根据补充地勘成果, 主坝坝体坝基存在的主要问题:

坝体以中等透水性为主, 渗透系数均大于 10^{-4} cm/s, 坝体填土整体防渗性能较差, 不满足设计要求。坝体以下砂砾、泥岩、砂岩透水性均小于10Lu, 为弱透水~中等透水为主, 大坝基岩透水性^[1]不满足设计要求。坝体探井原装样中存在压实度^[2]不满足设计要求。

高密度电法^[3]检测结果存在主要问题:

坝体存在低电阻率区域, 尤其是中间坝段、高程1656.00m以下坝体与坝基, 出现多个低阻闭合区域。右坝段坝体压实度不足、坝基岩体中等透水性。左坝段坝

基岩土体电阻率低于坝体, 富水区域主要位于建基面以下, 坝基岩体中等透水性, 该区域富水主要为地下水。

综上, 现有的防渗效果差, 填土下部存在砂砾、泥岩等中等透水层, 部分坝段土工膜不完好且存在渗漏通道等问题, 坝后实际渗流量大于设计值, 发生了渗透破坏, 存在严重的渗流安全隐患。高水位情况下, 大坝渗流性态必定进一步恶化, 大坝防渗体系的完善、重建势在必行。

3 塑性混凝土防渗墙设计

经过比选并结合国内采取这种防渗模式的水库有发生了渗透破坏处理方案, 最终在塑性混凝土防渗墙、混凝土防渗墙+复合土工膜防渗、水平铺盖+复合土工膜防渗方案中选择塑性混凝土防渗墙的垂直防渗方案, 彻底解决了病险问题。

3.1 防渗墙布置

塑性混凝土防渗墙轴线沿大坝轴线布置，总长度435.6m，布置在坝体上游侧，距坝顶上游边线0.8m。由于基岩面具有1.5~2.0m的强风化层，要求墙底伸入截渗槽底部基岩不小于2.5m，且基岩透水率小于10Lu。

3.2 防渗墙墙厚确定

塑性混凝土防渗墙的厚度应满足墙体抗渗性、耐久性、满足墙体应力和变形的要求^[4]，同时还应考虑到地质情况及施工设备等因素。根据防渗墙允许渗透比降确定墙体厚度，计算公式如下：

$$B = \frac{H}{J_p}$$

式中：H为作用在塑性混凝土防渗墙上的最大水头差(m)； J_p 为塑性混凝土防渗墙允许渗透比降，参考相关

资料取值60。作用在防渗墙上的最大水头差主要是考虑截渗墙上下游侧的水位差，上游侧为水库正常蓄水位，即1663.00m；设计墙设计最小高程1631.00m，墙后水位为1632.00m。据此计算墙厚为0.52m，考虑成槽机施工机械的成槽宽度，墙厚设计取值为0.6m。

3.3 防渗墙设计指标确定

塑性混凝土由石子、砂子、水、水泥、膨润土和粘土等组成。只不过水泥用量少，而粘土用量多而已，变形能力比普通混凝土大的多。

塑性混凝土胶凝材料的总量不宜少于240kg/m³，其中水泥用量不宜少于80kg/m³，膨润土用量不宜少于40kg/m³，水泥与膨润土的合计用量不宜少于160kg/m³，砂率不宜小于45%。在满足流动性要求的前提下，宜减少用水量，塑性混凝土宜采用一级配骨料^[5]。

表2 国内外塑性混凝土配合比和性能指标对照表

项目	水泥用量 (kg/m ³)				水胶比		渗透系数 (cm/s)	抗压强度 (MPa)
	最高	最低	平均	最高	最低	平均		
国外	195	47	97.9	1.97	1.23	1.74	$n \times 10^{-6} \sim n \times 10^{-7}$	1~2
国内	210	80	143.1	1.30	0.78	0.99	$n \times 10^{-7} \sim n \times 10^{-9}$	2~5

塑性混凝土组成重量配比最终确定为水泥：粉煤灰：砂：石子：膨润土：水 = 140：150：750：870：120：258。塑性混凝土渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-7}$ cm/s，塑性混凝土28d抗压强度要求为2.5~3.5MPa，弹性模量与28d抗压强度的比值一般为150~500；28抗拉强度要求为0.7~2.5MPa；防渗墙弹性模量要求介于1500~2000MPa之间。

4 塑性混凝土防渗墙施工

4.1 防渗墙槽段划分及槽段连接

塑性混凝土防渗墙槽段间连接为防渗墙的薄弱环节

节，为防渗质量的关键部位，也是防渗墙施工中的重点和难点。接缝质量不合格已经成为塑性混凝土防渗墙防渗加固中的重大渗漏隐患之一。在防渗墙施工中必须保证接缝质量。划分槽段越长，槽段数越少，套接接缝越少，墙体防渗性能越好。槽段间主要采用接头拔管法、搭接法或者套管法，通过经济性、成墙工效等综合评价，本方案选择接头拔管法。按两序槽段分序施工划分槽段，共划分I序和II序各33个，合计66个槽段，单个槽段长度6.6m，接缝处理及槽段划分见图1。

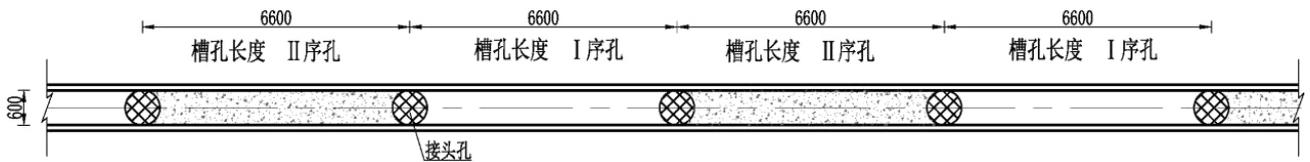


图1 塑性混凝土防渗墙槽段划分平面示意

4.2 塑性防渗墙槽施工工艺和方法

塑性混凝土防渗主要施工工序为测量定位→临时平台及导墙建造→抓斗成槽→槽孔验收→灌注塑性混凝土等，各个主要步骤的施工工艺分析如下。

(1) 测量定位。采用使用全站仪一台套和S3水准仪一套进行测量放线，按照施工设计图纸提供数据，进场后测量基准点、基准线进行复核。在原基准点和水准点的基础上建立施工控制网。防渗墙施工段按需要在施工区内及区外施测建立1个控制网点，并根据此控制网点按

设计图纸提供的防渗墙中心线特征坐标进行施测、放样防渗墙中心线。

(2) 临时平台及导墙建造。现状坝顶宽度6m，布置防渗墙后无法满足机械设备作业需求，需要增加临时作业平台，增加临时作业平台宽度为3m，临时平台按照1：1.5的边坡向外坝坡培厚，压实系数不小于0.9，临时平台施工完毕后挖除，恢复坝顶混凝土路面。导墙要作用是抓斗机械的施工导向、控制标高、支承施工机械、容蓄泥浆护壁、防止槽壁顶坍塌，起挡土、承台、结构

维持稳定液面的作用。导墙与塑性混凝土防渗墙中心重合，导墙高度为0.9m，厚度为0.5m，槽顶部0.3m为钢筋

混凝土，槽顶高出工作平台18cm，防止施工中产生的废水、废液、废渣入内。

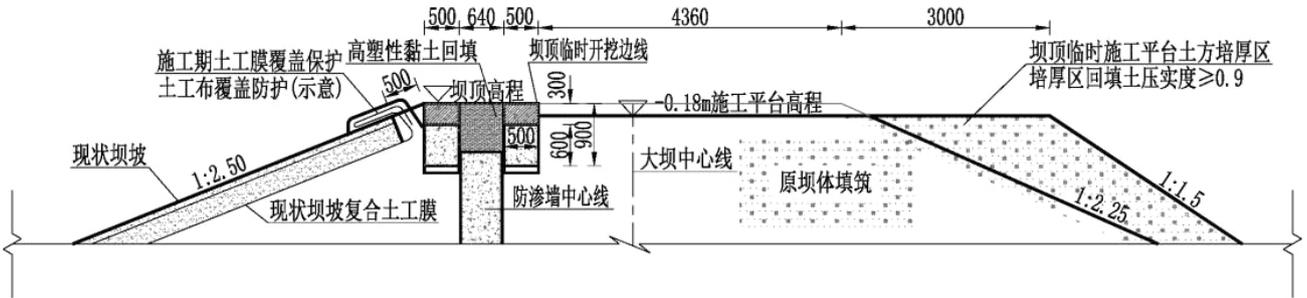


图2 临时平台及导墙剖面

(3) 抓斗成槽。成槽地质主要为人工填土及坝体建基面下部泥岩，根据地层情况、墙体结构及设备性能，选择抓斗成槽，其成槽效率高、成槽均匀度高、减少冲击钻孔泥浆护壁溢出等优点。采用金泰SG50型液压抓

斗，成槽厚度为0.6m，成槽深度按照伸入坝体截渗槽底部基岩不小于2.5m控制。

(4) 槽孔验收。主要检验槽孔深度、槽位、槽孔垂直度满足设计和规范要求，具体要求见下表。

表3 塑性砼防渗墙成槽允许偏差

序号	项目	测试方法	允许偏差
1	深度	测绳2点/幅	0~100mm
2	槽位	钢尺1点/幅	0~30mm
3	墙厚	100%超声波2点/幅	0~50mm
4	垂直度	100%超声波2点/幅	≤ 1/300
5	沉渣厚度	100%测绳2点/幅	≤ 200mm

(5) 灌注塑性混凝土。灌注塑性混凝土前应埋设灌浆导管，导管采用DN200钢管，壁厚4.5mm，每个槽段设置2套导管，导管间距3m。导管中心与槽孔端部或接头管壁面的距离不大于1.5m，开始灌注时导管底端距槽底不大于0.5m，导管内应放置隔水栓。灌注塑性混凝土防渗墙的混凝土必须具有良好的和易性、流动性、缓凝性，混凝土塌落度控制在180~220mm，缓凝时间宜为6~8h。塑性混凝土浇筑时导管上下小幅度运动，以密实混凝土，但不得使导管横向移动，也不得将导管移出混凝土上表面；浇筑过程中断灌注时间不得超过30min；浇筑时注意控制导管提升速度和各处高差，槽内混凝土上升速度不得小于2m/h，并在混凝土初凝前灌注完毕；当浇注顶面塑性混凝土时，减低灌注速度，可减少插入深度，顶面需要比设计标高超浇0.5m以上。

5 建议与结论

塑性混凝土防渗墙中采用墙塑性混凝土是一种性能优异的防渗材料，在水利工程中得到了广泛应用，尤其

在土石坝的除险加固中。塑性混凝土防渗墙设计中要重点关注材料的选择、配合比的设计、墙厚的确定等。在做好设计的同时也要注重施工质量的控制，对施工技术要点与质量控制关键点加强管控，按序施工，确保能塑性混凝土墙的防渗质量。

塑性混凝土墙施工完毕后，进行蓄水运行，目前主坝监测数据正常，达到了预期防渗效果。

参考文献

[1] GB 50487-2008, 水利水电工程地质勘察规范[S].2008.
 [2] GB 274-2020, 碾压式土石坝设计规范[S].2020.
 [3] NB/T 10224-2019, 水电工程物探技术规程[S].2019.
 [4] 张汛娣. 水利工程中土坝混凝土防渗墙的设计[J]. 四川建材. 2010, 36(02): 65+67.
 [5] SL 174-2014, 水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规程[S].2014.