

# 混凝土防渗墙在水库大坝防渗设计中的应用

白亚栋

654125199705220512

**摘要:**为解决水库大坝运行使用过程的渗漏问题,本文选取了X水库大坝作为实际案例,对混凝土防渗墙在水库大坝防渗设计中的具体应用进行了探讨与研究,分析了该水库大坝在实际使用过程中出现的渗漏与安全隐患,并提出两种解决方案,即混凝土防渗墙与高压喷射灌浆。通过对比确定各混凝土防渗墙作为防渗加固方案并加以阐述与验算,以期为类似工程提供参考。

**关键词:**混凝土防渗墙;水库大坝;防渗设计

## Application of concrete impervious wall in impervious design of reservoir dam

Yadong Bai

654125199705220512

**Abstract:** To address the leakage issue in the operation and use of a reservoir dam, this paper selected the X reservoir dam as a case study to investigate the specific application of concrete impermeable walls in the anti-seepage design of the reservoir dam. It analyzed the leakage and safety hazards that occurred during the actual use of the reservoir dam and proposed two solutions, namely concrete impermeable walls and high-pressure injection grouting. By comparing and determining the concrete impermeable walls as the anti-seepage reinforcement scheme and elaborating and verifying them, this study aims to provide reference for similar engineering projects.

**Keywords:** concrete cutoff wall; Reservoir dam; Anti-seepage design

### 引言

在水库大坝工程建设与设计中,混凝土防渗墙属于一种比较常见的技术形式。利用混凝土防渗墙能够有效改善水库大坝的防渗能力,提高其牢固程度,从而提高水库大坝工程的使用寿命与整体性能水平,创造客观的综合效益。在水库大坝建设与使用过程中,受到多方面因素的影响,混凝土防渗墙技术的设计与应用难度较大,针对此,我们有必要结合实际案例就混凝土防渗墙在水库大坝防渗设计中的应用进行探讨与研究。

### 一、混凝土防渗墙在水库大坝设计中的应用要点

#### 1.1 地质与水文条件

在水库大坝混凝土防渗墙的设计中,首先应该考虑的就是坝址的地质和水文条件。一般情况下,防渗墙布置区域应避免在一些不利的地质构造,墙底应该向不透水且坚固的粘性土层中嵌入,并与整个防渗系统形成一个整体<sup>[2]</sup>。

#### 1.2 连接原有防渗系统与建筑物

混凝土防渗墙在水库大坝中的应用中,应该按照楔形的形式来与原有的土质防渗体进行连接,确保二者趋于光滑。墙体向土质防渗体插入高度也要严格按照规范要求,根据土料允许比降来控制接触面允许比。在墙体设计时,还要考虑坝体混凝土构筑物的防渗措施,在混凝土防渗墙布置时应该

与坝体混凝土构筑物尽可能错开,否则就会增加接头,加大处理难度<sup>[3]</sup>。

#### 1.3 优化两岸设计与成本

水库大坝混凝土防渗墙的设计与应用,优先充分考虑其与两岸的连接方式,确保在施工过程中采取最合理的方案,将施工成本与工程量控制在一个较小的范围内,在保证混凝土防渗墙性能的前提下,为工程创造可观的综合效益。

## 二、混凝土防渗墙在水库大坝防渗设计中的具体应用

### 2.1 工程概况

某水库(以下简称X水库),控制流域面积约为20km<sup>2</sup>,库容量达到了1300×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,根据X水库的使用功能与性质,其属于中型水库,主要用于灌溉同时兼顾发电与防洪。水库枢纽工程涉及到坝体、泄洪道、涵管、电站以及灌区等。X水库大坝的坝体采用的是粘土心墙,坝顶高度与宽度分别为40m与7.5m,底部宽度为13m。在水库投入使用后采用了悬挂式冲抓粘土防渗墙对其进行了加固处理,左右坝肩选择单排孔布置形式。水库将0.5m厚的浆砌块防浪墙布置在坝顶,坝上游坡比约为1:2.6,护坡选择块石,坝下游布置了二级马道,护坡选择草皮形式。

### 2.2 大坝问题分析

#### 2.2.1 安全条件

首先, 基于大坝渗流理论对大坝工况进行了分析, 得出结论: 在稳定渗流期, 大坝浸润线从高坝脚排水棱体逸, 渗透坡降也没有超出限定值, 在运行期间没有发生过渗透问题。大坝采用的全风化花岗岩来修筑两侧坝肩, 在运行期间有渗漏与绕坝渗漏的情况发生。其次, 在完全清理坝基后, 其坐落区域的材质均为全风化花岗岩, 这种材质具有比较突出的透水性, 因此坝基上部基岩的渗漏风险相对较大。此外, 通过抗滑稳定测试结果发现, 坝体上下游坡并没有出现异常。

### 2.2.2 地勘条件

通过多次勘察与分析形成的资料显示, X水库大坝上下游两侧坝体采用含砂低液限粉土作为填充料, 这种材料的压缩性与透水性适中, 填充质量并不高; 粘土心墙土同样采用这种材质, 同时还掺加了低液限粘土, 根据现场注水试验结果发现, 这部分土体的特点在于干密度不高, 局部存在较多水分, 孔隙比较高, 大部分区域压缩性适用, 有局部得到压缩性与透水性较高, 相较于现行规范, 其防渗性能并没有达到标准, 坝体粘土心墙有渗漏风险; 冲抓粘土心墙的材质与粘土心墙相同, 土体含水量与孔隙比较高, 压缩性适中但透水性偏弱, 与现行规范相比其防渗性能也未达到要求。

## 2.3 水库大坝防渗设计

### 2.3.1 防渗方案

根据大坝实际情况与分析, 在防渗设计方案的制定上主要考虑混凝土防渗墙与高压喷射灌浆两种。具体阐述如下:

第一种方案为混凝土防渗墙, 这种防渗加固技术主要是利用机械进行造孔, 然后采用导管在孔中灌注泥浆, 从而形成防渗体系<sup>[4]</sup>。根据X水库大坝实际情况, 在施工过程中首先在坝体顶部沿着轴线进行造孔, 然后在孔中灌注泥浆以形成墙体。大坝两岸坝肩与坝体中部布置的防渗墙要求进行延伸, 连接坝基防渗帷幕。由于坝顶宽度在8m内, 根据现场条件采用混凝土防渗墙难度较大, 因此需要对坝顶进行开挖, 拓宽其宽度后再进行施工。在完成混凝土防渗墙作业后, 选择黏土对坝顶进行填筑, 然后对上下游护坡与坝顶道路进行恢复处理。

第二种方案为高压喷射灌浆。这种技术的原理就是对坝体进行钻孔, 然后利用特定的注浆设备在高压条件下喷射浆液直到凝固, 最终形成防渗体系。在施工过程中, 首先要沿着坝体顶部的轴线按照一定间距进行钻孔, 采用水泥粘土浆作为喷射材料, 墙体厚度应该超过60cm, 防渗体成型后28d内的抗压强度与抗折强度应该分别达到最低6MPa与0.6MPa。

### 2.3.2 方案对比

通过对比, 采用混凝土防渗墙对水库大坝进行防渗加固处理, 需要完成超过1600m<sup>3</sup>的土方挖填作业, 同时适用超过15t的钢筋, 总投资约为430万元。这种技术的优势就在于适应性较强, 对土层要求不高, 具有比较可靠的性能, 并且施工也相对简单, 能够起到比较持久的防渗效果。当然, 混凝土防渗墙也存在一定的劣势, 就是整体施工进度偏慢, 对工期要求较长。采用高压喷射灌浆来处理水库大坝的防渗加固问题, 则需要完成约4500m的造孔作业以及4500m的高喷灌浆作业, 总成本约为380万元。高压喷射灌浆的优势就在于不需要布置过于复杂的场地, 对施工设备布置要求也不高。然而高压喷射灌浆也存在一些问题, 例如因为粘土吃浆量问题会影响到防渗体系的整体性能, 并且采用水泥浆容易破坏环境。基于高压喷射灌浆形成的防渗体系需要采用相对复杂的施工工艺, 想要控制其质量难度较大。此外, 在坝基帷幕灌浆给施工过程中, 整体精度把控也相对困难, 容易造成坝体与坝基防渗衔接不到位的问题。

### 2.3.3 大坝防渗设计

在确定防渗方案后, 采用混凝土防渗墙对水库坝体进行防渗加固。根据相关标准要求确定防渗墙高程、墙体深度以及深入基岩深度后, 根据坝体防渗处理要求, 采用帷幕灌浆作为两侧坝肩的防渗形式。

## 2.4 渗流设计

通过地勘资料以及渗流计算对方案进行分析, 确定X水库大坝的防渗加固为混凝土防渗墙与帷幕灌浆相结合的形式<sup>[4]</sup>。如前文所述, 大坝河床坝基基岩与右侧坝肩的透水性适中, 渗漏风险较大。X水库工程的建筑物等级为3级, 根据坝高及相关规范对基岩相对不透水层的伸入深度、帷幕灌浆的造孔形式与孔距等加以确定。由于在施工过程中存在断层破碎带, 因此这部分区域要采取强化处理措施。在确定大坝防渗加固设计方案后, 分别对设计断面的渗流与坝坡稳定性进行计算, 得出结论满足要求。

## 2.5 施工工艺

在水库大坝防渗处理的施工阶段, 混凝土防渗墙的施工工艺首先划分墙体槽段, 根据具体的长度来布置现场。每个槽段造孔成型后才能够进入到下个槽段施工。主孔成型采用液压抓斗机, 主要工序为: 测量定位→导墙构筑→抓孔成型→清底→混凝土灌注。具体阐述如下。

### 2.5.1 接头处理

基于整体性与抗渗性要求, 需要处理好防渗墙的接头位置。考虑到X水库工程的防渗墙的深度, 在接头管施工时容易有卡管或拔管困难的情况发生。针对这一问题, 在施工过程中应该优先考虑冲凿接头法, 如此可以保证抗渗性能, 同时在施工成本上也能够得到一定的控制。具体的施工方法为: 按照规范标准确定套接厚度后, 对中端孔与接头孔垂直度加以控制, 在钻进一定深度后需要对孔斜率进行测量, 确保接头孔与端孔达到重合条件。在不同深度条件下, 接头套接墙体的厚度都应该在40cm以上。在接头位置应该确保混凝土连接的密实性达到要求, 在混凝土灌注前还要清理好接头, 避免有杂质混入。

### 2.5.2 测量定位

混凝土防渗墙在水库大坝防渗施工过程中, 测量定位这道工序意义重大。在现场施工之前, 应该提前安排人员复核确认测量基准点与基准线的精度, 基于此对施工控制网进行构建。在施工过程中还要按照不同施工区段对控制网点进行构建, 以此为基础来完成防渗墙中心线的施测与放样。

### 2.5.3 导墙构筑

在防渗墙施工时导墙也是非常重要的临时构筑物。其主要作用就在于挡土、承台以及维持结构液面的稳定性。在导墙拆模后应该按照一定间距设置支撑来控制其形变。

### 2.5.4 制备泥浆

泥浆的作用在于维持槽壁的稳定性, 并且可以对钻具进行冷却与润滑, 此外还能够带走悬浮的钻渣, 因此控制好泥浆制备质量会对防渗墙施工质量产生重大影响。在施工阶段, 应该严格按照物理与流变性能要求对泥浆质量加以控制, 确保其稳定性、抗水泥污染能力达到一定标准。此外, 在确定泥浆配比时, 还要做好现场试验, 严格按照时间要求进行泥浆制备与试验。

### 2.5.5 槽孔开挖

防渗墙施工中钻孔这一工序也非常重要。根据X水库大坝的地质水文条件, 在开挖槽孔时选择SG35A液压抓斗与冲击钻等设备。按照“两钻一抓”的方式进行钻孔, 在钻进过程中需要对垂直度加以控制。导墙上应该对槽段孔位进行标记。在钻进过程中, 如果防渗塌孔事故, 则应该在第一时间内停止钻孔, 并将供浆量增加, 确保液面维持在一个稳定的状态, 减小事故造成的影响并分析原因, 提出相应的处理方法。

### 2.5.6 清槽

在完成钻孔成槽后, 为了确保防渗墙的承载力与抗渗性能够达到要求, 还要做好槽孔的清理工作。在清孔时应该持续将泥浆关注到槽孔内, 促使液面维持在一个稳定状态, 避免有塌孔现象发生。在清空时应该严格控制泥浆水位, 同时做好置换工作。

### 2.5.7 混凝土灌注

在防渗墙成孔作业准备完毕后, 则可以进入到混凝土灌注环节。防渗墙施工采用的是水下混凝土, 在施工过程中应该采用导管进行灌注。在质量控制方面, 应该做好混凝土配比设计与试验, 并根据施工标准对同一槽段内的导管数量与间距进行合理确定, 在灌注混凝土时还要对其上升高度加以严格控制, 避免提升导管时与混凝土面相分离。

## 三、结束语

总而言之, 混凝土防渗墙在水库大坝防渗设计中具有较高的应用价值, 尽管其施工成本较高, 但施工难度较小, 对材料、场地要求不高, 并且防渗性能也比较突出, 因此在水库大坝防渗加固处理中能够发挥比较理想的效果、鉴于此, 在未来工程实践中, 我们有必要针对该项技术的应用与发展进行更加深入的探索与研究。

## 参考文献:

- [1]嘎玛. 高寒地区土石坝坝基渗流分析与防渗加固处理技术 研究[D]. 华北水利水电大学, 2020.
- [2]李江, 柳莹. 新疆山区水库电站建设与“四新”技术的应用实践[C]. //中国大坝工程学会2018学术年会 论文集. 2018:201-210.
- [3]曾小波. 混凝土防渗墙在水库大坝防渗设计中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2022, 50(7):133-136.
- [4]倪乐峰. 混凝土防渗墙在龙门口水库大坝防渗加固设计中的应用[J]. 水利科学与寒区工程, 2022, 5(11):121-124.
- [5]武艳芳. 塑性混凝土防渗墙在米茂水库大坝除险加固工程中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2013(1):251-253.
- [6]陈文锐. 塑性混凝土防渗墙结合帷幕灌浆在长湾河水库大坝防渗处理中的应用分析[J]. 建筑技术开发, 2022, 49(19):130-132.
- [7]陈国光, 李卓, 方艺翔, 等. 监测资料与探地雷达在均质土坝渗漏分析中的应用[J]. 人民黄河, 2022, 44(10):127-132, 158.