

# 固原市彭阳县西庄水库泄洪洞渗水处理方案

杨 军

固原市水利勘测设计院有限公司 宁夏回族自治区 756000

**摘要:** 西庄水库泄洪洞渗水问题严重影响水库蓄水, 为消除水库病险问题, 文中通过充填灌浆和衬砌相结合的处理方案, 封堵围岩与混凝土间缝隙, 阻断渗水通道, 整体补强加固受损混凝土结构, 彻底解决泄洪洞渗水、原混凝土受损及强度不足等问题, 对今后同类水库除险加固方案借鉴和提供技术经验。

**关键词:** 彭阳县; 西庄水库; 泄洪洞; 渗水; 灌浆; 衬砌

## 一、基本情况

固原市彭阳县西庄水库坐落在茹河流域, 茹河流域支流较多, 其茹河一级支流李家沟沟口1.5km处就是西庄水库, 坝址地理位置为东经 $106^{\circ} 52' 1.9''$ , 北纬 $36^{\circ} 48' 51.2''$ , 西庄水库上游有广阔的流域, 汇流面积积达 $266\text{km}^2$ , 2005年, 西庄水库开始投入建设, 为黄土均质土坝, 水库总库容 $1459.6\text{万m}^3$ 。2021年水库除险加固后总库容为 $1269.34\text{万m}^3$ 。西庄水库属中型水库, 设计洪水标准2%, 校核洪水标准0.1%, 最大坝高49.9m, 坝宽6.0m, 顶长180m, 上游坝坡坡比自上而下依次为1: 2.75、1: 3.0、1: 3.25、1: 3.5, 下游坝坡坡比自上而下依次为1: 2.75、1: 3.0、1: 3.25。西庄水库主要职能能为灌溉和防洪, 水库主体主要有三部分, 包括均质土坝、泄洪建筑物和输水建筑物。

## 二、泄洪洞所处地层岩性

地层岩性为粗砂岩( $K_{1j}$ ), 粗砂岩分布范围广且岩层厚实, 主要呈紫红色和微红色。粗砂岩层状分布, 质地轻薄, 不容易成为岩石, 多裂缝, 节理不发育。该层1.8m以下为微风化, 天然容重 $2.23\text{g/cm}^3$ , 凝聚力 $0.1\text{Mpa}$ , 弹性模量 $E=1.2 \times 10^3\text{Mpa}$ , 泊松比 $\mu=0.32$ , 允许承载力 $[R]=1000\text{kpa}$ 。由于此处多为粗砂岩, 该岩层节理裂隙不发育, 无地下水, 岩石属IV类。

## 三、泄洪洞存在问题及原因分析

洞身混凝土浇筑质量差, 表层混凝土有剥落、露筋、钢筋锈蚀, 部分混凝土抗压强度小于设计强度, 原衬砌混凝土与围岩间空隙可能充填不密实, 洞身分缝处止水失效, 渗漏水现象严重, 洞身施工缝渗漏水现象严重, 存在大面积渗水现象, 洞身明显渗漏水点20余处, 洞身白色析出物较多, 局部灌浆孔被白色析出物堵住。根据地质勘探, 泄洪洞洞身位于粗砂岩层中, 该岩层无地下水, 渗水通道可能为洞身与岩石见空隙, 判断原衬砌混凝土与围岩间空隙可能充填不密实, 同时原衬砌混凝土施工质量差, 导致止水处、施工缝处、洞身整体渗

水严重。

## 四、处理措施

对泄洪洞进行充填灌浆, 封堵围岩与混凝土间缝隙, 阻断渗水通道; 原泄洪洞衬砌厚度0.4m, 再对泄洪洞衬砌0.25m, 解决洞身剥落、露筋、钢筋锈蚀、混凝土抗压强度不足等问题, 整体补强加固受损混凝土结构。

(1) 泄洪洞灌浆: 现状泄洪洞内径4.0m, 总长270m, 对泄洪洞进行孔口封闭充填灌浆, 在现状泄洪洞内新打灌浆孔, 灌浆孔倾斜 $60^{\circ}$ 成孔, 灌浆管长1.3m, 孔径5cm, 灌浆孔梅花型布设, 横向设灌浆孔7排, 纵向间距1.5m, 考虑原衬砌混凝土与围岩间空隙可能充填不密实, 本次灌浆孔深入岩石30cm以上, 共计布置灌浆孔1323个。地质钻机钻孔后, 在灌浆前应对灌浆孔冲洗干净, 并进行简易压水试验, 再用灰浆搅拌机制作水泥浆, 水泥浆比例宜为1: 1, 水灰比0.45 ~ 0.5, 水泥浆强度不能低于 $30\text{MPa}$ , 在使用灌浆泵进行灌浆的时候, 要将压力调成0.3 ~ 0.5MPa, 等待查看孔口是否还在排气以及孔口溢出的浆液是否为浓浆作为注浆结束的标准, 灌浆任务完成后要及时对灌浆孔封孔, 再转移至下一灌浆孔, 循环灌浆作业。充填灌浆施工工艺流程: 场地清理 ~ 搭设工作平台 ~ 测量定位 ~ 安装钻机钻孔 ~ 冲洗 ~ 简易压水试验 ~ 制浆 ~ 灌浆 ~ 封孔 ~ 孔位转移。

(2) 泄洪洞内衬: 现状泄洪洞内径4.0m, 总长270m, 原衬砌厚度0.4m, 对泄洪洞充填灌浆后内衬0.25m钢筋混凝土, 内衬前对原混凝土面凿毛处理2~3cm, 再植入锚杆, 锚杆涂抹植筋胶, 呈梅花型布置, 间距@1000mm, 锚杆长0.4m, 螺纹钢直径 $\phi 22\text{mm}$ , 再进行泄洪洞内衬, 结构材料为C30、F200、W6钢筋混凝土, 水泥均采用中抗硫水泥。泄洪洞锚杆施工工艺流程: 泄洪洞内场地清理→搭设工作平台→测量定位→安装钻机→钻孔→清孔→制作锚杆→涂抹植筋胶→安装锚杆→注浆。

永久缝: 泄洪洞衬砌按10m设置一道永久缝, 缝宽

3cm, 缝内设1.5mm厚铜止水, 伸缩缝上方填进沥青油漆, 厚度不能少于3.0cm, 同时下方填进高密苯板。同时应该将施工缝设置在侧墙(侧拱)段, 这里衬砌结构弯矩及剪应力均较小, 环向施工缝设4道, 位置位于泄洪洞45°、135°、225°、315°断面位置附近, 施工缝缝面需凿毛处理, 顶拱衬砌在侧墙(侧拱)完成后施工, 施工缝处增设300\*3mm钢板止水。

### 五、泄洪洞水压计算

改造后泄洪洞内径3.5m, 总长270m, 按校核洪水水位情况计算, 水库校核洪水水位1379.68m, 隧洞出口轴线处水位为1347.5m, 则总压力水头为32.18m, 隧洞泄量149.21m/s。

水力半径:  $R=A/\omega=D/4=3.5/4=0.875\text{m}$ ;  $c=(R)^{1/6}$   
 $n=1^{1/6}/0.015=65.2$ ;

沿程损失:  $h_f=64Q^2/(\pi^2 D^5 c^2)=64 \times 149.21^2 \times 270 / (3.14^2 \times 3.5^5 \times 65.2^2)=17.48\text{m}$ ;

局部损失:  $h_j=\sum \xi_j v^2/(2g)=0.956 \times 12.2 \times 12.2 / (2 \times 9.8)=7.27\text{m}$ ;

总水头损失:  $h_\omega=h_f+h_j=17.48+7.27=24.75\text{m}$ ;

隧洞进口和门槽局部阻力系数 $\xi_1$ 为0.8, 则隧洞进口水头为:  $H-\xi_1 v^2/(2g)=32.18-0.8 \times 12.2 \times 12.2/2/9.8=26.09\text{m}$ ; 隧洞出口水头为:  $H-h_\omega=32.18-24.75=7.43\text{m}$ 。计算水头满足规范要求洞顶处最小压力水头大于2.0m, 还要保证没有明满流交替出现的流态。

### 六、泄洪洞结构计算

(1) 隧洞基本参数: 隧洞从泄洪建筑物水塔接出, 采用圆形断面, 加固后泄洪洞直径为3.5m, 进口底高程1348.45m, 总长270m, 隧洞设计比降为1/100。

(2) 隧洞衬砌结构计算: 本文采用理正软件进行隧洞衬砌的结构计算。

1) 荷载计算: 荷载分基本和特殊。基本荷载是指衬砌上长期存在的荷载, 他主要有衬砌自重、围岩压力、设计条件下的内水压力以及稳定渗流情况下的地下水压力等。特殊荷载是偶然出现在衬砌上的荷载, 主要是因为地震的影响, 校核水位时的内水压力和相应的地下水压力、施工荷载、灌浆压力以及温度作用等。对大坝建设最不利的是基本荷载和特殊荷载交互或同时存在的情况, 在实际的施工过程中, 衬砌自重、围岩压力、地下水压力、灌浆压力、温度荷载要通过采取相应的施工措施来解决, 同时, 应该就相应的构造及环境择取, 地震等不稳定因素在施工中通常不考虑。泄水隧洞结构计算考虑的设计荷载及荷载组合如下。基本荷载组合: 山岩压力(垂直、水平)、衬砌自重、内水压力、外水压力;

特殊荷载组合: 衬砌自重、外水压力和灌浆压力。

沿洞轴线取单宽1m为计算单元, 作用在其上的荷载分项计算如下。

A、衬砌自重 $q_1=\gamma d=25d$  (kN/m), 式中:  $d$ —衬砌厚度, m; 衬砌总厚度为0.65m, 则 $q_1=\gamma d=25 \times 0.65=16.25$  (kN/m)。

B、围岩压力: 垂直山岩压力 $q_v=(0.2\sim 0.3)\gamma_r B$ , 侧向水平山岩压力 $q_h=(0.05\sim 0.1)\gamma_r H$ ; 式中:  $\gamma_r$ —岩体重度, 取 $\gamma_r=22.3\text{kN/m}^3$ ;  $B$ —隧洞开挖宽度, m;  $H$ —隧洞开挖高度, m; 隧洞为圆形断面,  $B=4.8\text{m}$ ,  $H=4.8\text{m}$ ; 垂直山岩压力系数取0.25, 侧向水平山岩压力系数取0.075, 则: 垂直围岩压力 $q_v=0.25\gamma_r B=0.25 \times 22.3 \times 4.8=26.8\text{kN/m}$ ; 侧向水平山岩压力 $q_h=0.075\gamma_r H=0.075 \times 22.3 \times 4.8=8.0\text{kN/m}$ 。

C、外水压力 $p_e=\beta_e \gamma_w H_e$ , 式中:  $\gamma_w$ —水的重度, 取 $\gamma_w=9.81\text{kN/m}^3$ ;  $\beta_e$ —外水压力折减系数, 取 $\beta_e=0.4$ ;  $H_e$ —地下水水位线至隧洞中心的作用水头,  $0.4 \times 11.8=4.72\text{m}$ ; 外水压力 $p_e=\beta_e \gamma_w H_e=0.4 \times 11.8 \times 9.81=46.3\text{kN}$ 。

D、内水压力: 隧洞进口水头 $H=26.09\text{m}$ ; 内水压力 $p=\gamma_w H=9.81 \times 26.08=255.8\text{kN}$ 。

E、灌浆压力: 根据《水工隧洞设计规范》, 洞顶回填灌浆压力采用0.3~0.5MPa, 计算中灌浆压力取0.3MPa。

2) 结构计算: 最大裂缝宽度允许值0.30mm, 配筋率 $\leq 2.5\%$ , 截面尺寸满足抗剪验算要求。隧洞计算工况组合为: 工况一(施工期): 山岩压力+衬砌自重+灌浆压力+外水压力; 工况二(运行期): 山岩压力+衬砌自重+外水压力+内水压力; 工况三(检修期): 山岩压力+衬砌自重+外水压力; 其中, 外水压力折减系数 $\beta_e=0.2\sim 1.0$ , 取 $\beta_e=0.4$ , 灌浆压力取0.3MPa。

通过软件的计算分析, 配筋以施工工况时衬砌自重和灌浆压力特殊荷载组合计算成果作为设计控制条件。抗剪验算截面尺寸满足相应要求, 并根据裂缝限制调整纵筋面积, 衬砌内侧纵筋最大面积 $A_{s1}=2794.3\text{mm}^2$ , 外侧纵筋最大面积 $A_{s2}=2794.3\text{mm}^2$ , 拉结筋最大面积 $A_v=400.6\text{mm}^2$ 。

### 参考文献:

- [1]《水工隧洞设计规范》(SL279-2016)
- [2]《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(SL/T62-2020)
- [3]《土石坝施工组织设计规范》(SL648-2013)
- [4]《水工预应力锚固设计规范》(SL212-2012)
- [5]《水工混凝土结构设计规范》(SL191-2008)
- [6]《水工混凝土建筑物修补技术及应用》-北京: 中国水利水电出版社, 1998, ISBN7-80124-694-2