

土坝培厚及排渗沟在西吉县什字水库工程中的应用

杨 军

固原市水利勘测设计院有限公司 宁夏 固原 756000

【摘 要】：什字水库下游坝坡稳定安全系数不满足规范要求、压实度达不到规范要求、坡脚渗漏等问题严重威胁水库安全，为消除水库病险问题，文中通过充填灌浆、后坝坡培厚和坡脚排渗沟相结合的处理方案，消除坝体安全隐患，注重介绍土坝培厚和排渗沟在土石山区水库除险加固工程中的应用，培厚增加坝体稳定，排渗沟防止坝址下游沼泽化，同时达到降低坝体浸润线，增加坝的稳定，使坝基渗水及时排出，对今后同类水库除险加固方案提供技术经验和借鉴。

【关键词】：西吉县；什字水库；渗漏；培厚；排渗沟；应用

1 基本情况

固原市西吉县什字水库位于葫芦河左岸一级支流什字路河上，坝址地理位置东经 $105^{\circ} 57' 1.1''$ ，北纬 $35^{\circ} 44' 0.3''$ ，水库控制流域面积 175km^2 。水库始建于 1959 年，为黄土均质土坝，设计总库容 2237万 m^3 ，2003 年水库除险加固，土坝加高 2.4m ，总库容为 2763.8万 m^3 ，2017 年水库除险加固后总库容为 2710.4万 m^3 。水库属中型水库，设计洪水标准 50 年一遇，校核洪水标准 1000 年一遇，最大坝高 29.4m ，坝顶长 1366m ，坝顶宽度为 5.0m ，上游坝坡坡比 1:2.75，下游坝坡坡比 1:2.0、1:2.25、1:2.5。什字水库是一座以防洪为主、兼顾灌溉的中型水库，水库由土坝、泄洪建筑物和输水建筑物三大件组成。

2 存在问题及原因分析

坝址处主要地层岩性第四系全新统洪积(Q_4^{pl})角砾，属强透水层，其渗透系数 $K=0.009\text{cm/s}$ ，大于 20mm 粒径的占 32.5%， $2.0-20\text{mm}$ 的占 49.5%，小于 2.0mm 的占 18.0%，厚度 $3.5-5.9\text{m}$ 左右，允许承载力 $[R]=200\text{KPa}$ ，开挖边坡比 1:1.50；角砾层上部为第四系全新统洪积(Q_4^{pl})壤土层，其渗透系数 $K=4.7\times 10^{-5}\text{cm/s}$ ，厚度 $1.5-4.5\text{m}$ 左右，开挖边坡比 1:1.25，允许承载力 $[R]=120\text{Kpa}$ 。

什字水库为中型水库，土坝为 3 级建筑物，长期运行水位和正常蓄水位计算的下游坝坡最小安全系数分别为 1.11、1.06，不满足在正常运用条件工况下规范规定的最小安全系数 1.3 的规范要求；在地震工况下计算的下游坝坡最小安全系数为 0.89，也不满足在地震工况下下游坝坡稳定安全系数 1.15 的规范要求；坝基下部存在厚度 $3.5-5.9\text{m}$ 的强透水角砾层，坝基渗漏较严重，在正常蓄水位 1896.2m 情况下，年渗漏量达 116.29万 m^3 ，严重影响水库蓄水；主坝坝顶有多条横向裂缝，坝顶中间有 1 条贯穿纵向裂缝，坝体的施工质量较差，碾压不均匀，压实度达不到设计规范要求。

坡脚渗漏严重，在原主河槽位置存在较严重渗漏现象，形成泉眼，该泉眼宽约 1.0m ，深至坝基，与库水连通，渗漏量较大，为清水，已造成该位置渗透破坏，临近边坡塌陷；根据水库运行管理记录，在上世纪八十年代，为满足下游灌溉用水需要，曾在坝脚开挖 13 口机井，后对这些机井进行了封堵，前述渗漏位置为 2013 年水库高水位运行期间（最高水位超过 1895.00m ）出现，怀疑为原封堵机井被库水冲开，造成了目前坝脚渗漏异常，工程防渗系统不完善，运行中原主河槽及左岸下游坡脚多处渗漏、坝后沼泽化严重。

坝顶裂缝可能是由于 2003 年除险加固时坝前淤泥面加高 2.4m ，新老坝体接触面滑裂以及坝体不均匀沉降形成的纵横向裂缝；虽然库区淤泥层形成了天然铺盖，但由于坝基为强透水层，水库高水位运行时，水库回水通过坝基角砾层渗水至坝后，致使坝后坡脚水位抬高，沼泽化严重，两侧基本农田含水率高，无法耕作，同时后坝坡不稳定，威胁坝体稳定安全。

3 加固措施

坝顶整平后充填灌浆；坝顶恢复为沥青混凝土路面；下游坝坡进行削坡培厚处理，采用混凝土框格+草皮护坡的防护方式；坡脚增设排渗沟。

(1) 充填灌浆：坝体充填灌浆的目的主要是堵塞裂缝、洞穴、孔洞和渗漏通道，还可以促进坝体的变形稳定，改善坝的应力条件和提高抗渗能力，坝体采用充填式灌浆处理裂缝，沿坝轴线方向布置 1 排灌浆孔，孔距 2.0m ，坝轴线与泄洪建筑相交处沿泄洪建筑物两侧布置 2 排灌浆孔，孔距 1.0m ，孔径 75mm ，钻孔深度至新老坝体接触面以下 3.0m ，单排灌浆孔分两序施工，先进行 I 序孔，再进行 II 序孔，灌浆采用自下而上一次性灌注，布置灌浆孔 703 个，钻孔深度至高程 1891.48m ，灌浆孔平均孔深 8.32m 。设计采用泥浆灌注坝体裂缝，浆液由粘性土制成，不能用壤土，泥浆中不可掺入水

泥,灌浆孔口压力控制在 $0.05\sim 0.1\text{MPa}$ 。

(2) 坝顶防护:坝顶整平后坝顶高程 1899.80m ,最大坝高 29.4m ,坝顶恢复为沥青混凝土路面,坝长 1366m ,坝顶宽度为 5.0m ,向下游倾斜 2% 坡度,坝顶道路结构层为:沥青混凝土路面 6cm ,其下为 20cm 厚 5% 水泥稳定层、 20cm 厚级配砂砾石,路面上下游侧设C25 砼预制块路缘石。

(3) 后坝坡培厚及坡面防护:原下游坝坡 $1:2.0$,对下游坝坡修整,首先对下游坝坡及坝脚雨淋沟、塌坑和冲沟进行开挖、回填处理,对其局部扩大开挖,开挖坡比为 $1:1.5$,然后采用机械分层夯实回填,压实度不小于 0.98 ;现状下游坝坡为柠条或沙棘护坡,对下游坝坡清基削坡处理,从高程 1897.4m (2003 年除险加固坝顶高程)开始削坡,削坡坡比 $1:2.25$,削坡至高程 1885.00m ,从高程 1885.00m 开始培厚后坝坡,培厚坝顶宽 3.0m ,培厚坡比 $1:2.5$,下游坝坡修整后坡比 $1:2.0$ 、 $1:2.25$ 、 $1:2.5$;料场土料的天然含水率(8.1%)基本上均低于最优含水率控制下限(13.1%),不能直接使用,需要泡水处理后上坝,上坝土料含水率应控制在最优含水率 13.3% 的 $-2\%\sim +3\%$ 之间,培厚坝体严格执行碾压式土石坝设计规范及设计要求,坝体回填压实度不小于 0.98 。下游坝坡修整后采用混凝土框格+草皮护坡的防护方式,混凝土框格净间距 $6.0\text{m}\times 6.0\text{m}$,砼格条宽 0.25m ,深 0.3m ,砼隔条配构造钢筋,格条内种植草皮护坡,混凝土格条标号为C25、F150、W4 钢筋混凝土。

(4) 后坝坡坡脚排渗水:排渗沟适用于坝基表层有一层相对不透水层以及有一定渗流量的情况,但不可超过允许水力坡降。在下游坝坡坡脚主河床段(坝 $0+500\sim$ 坝 $0+900$)设排渗沟,两侧渗水排至主河床坝 $0+700$ 桩号处导入主河道内,排渗沟是指设置在坝址下游的挖穿坝基表部较不透水土层,且底部坐落于透水砂砾石层的排水沟,加强土坝及其坝

基的抗渗能力。排渗沟的目的是避免坝址下游沼泽化,避免坝址下游发生管涌或流土,降低坝体浸润线,增加坝的稳定,使坝基渗水按指定位置排走。

排渗沟紧邻下游坡脚布置,深度深入透水砂砾石层 1.0m ,上游侧开挖坡比 $1:2.0$,下游侧开挖坡比 $1:1.5$,排渗沟沟底宽 0.5m ,沟顶宽 5.75m ,排渗沟底部及边坡与透水层接触处先铺筑 $300\text{g}/\text{m}^2$ 土工布,再铺筑一层砂滤层,厚 30cm ,粒径 $5\sim 10\text{mm}$,再铺筑一层砾石滤层,厚 40cm ,粒径 $10\sim 50\text{mm}$,砂砾石垫层经筛分符合要求后不得含有草根等杂物,从料场用 10T 自卸汽车将集料运至施工现场,人工配合装载机整平,适量洒水初压后,碾平至设计压实度,要求相对密度达到 0.7 ;其上再铺筑干砌较为紧密的大卵石或块石,厚 80cm ,粒径 $50\sim 300\text{mm}$,石料的质量、规格必须符合设计要求和施工规范的规定,料石放置平稳,块石缝宽超过 5cm 时,应填塞小块石,保证砌筑完孔隙率达到规范要求,干砌料石应保持砌缝密实平整,石板接缝间的不平整度不得超过 1.0cm 。

4 实施效果及建议

什字水库自2017 年除险加固后运行5 年,现坝后沼泽化基本消除,两侧基本农田恢复耕作,坝后排渗沟也有效地降低了坝体浸润线,增加了坝的稳定,使坝基渗水按指定位置排走,加强土坝及其坝基的抗渗能力,目前水库运行正常。

由于工程所在地为土石山区,土质疏松,易于冲刷,平均输沙模数 $3500\text{t}/\text{km}^2$,含沙量高,降雨易使排渗沟反滤料淤堵,无法发挥滤土排水作用,水库运行单位应加强监测,定时清理排渗沟内淤泥。由于水库坝后为基本农田,水库运行单位应加强管理,防止占用原始河床范围,封堵排渗沟排水通道,致使排渗沟无法达到预期效果。

参考文献:

- [1] 国家发改委.碾压式土石坝设计规范[S].中国水利出版社,2002.(SL274—2020)
- [2] 国家水利部.土坝灌浆技术规范[S].中国水利出版社,2014.(SL564-2014)
- [3] 国家水利部.土石坝施工组织设计规范[S].中国水利出版社,2013.(SL648-2013)
- [4] 国家水利部.土石坝养护修理规程[S].中国水利出版社,2015.(SL210—98)
- [5] 李继业,邱春华.水库除险加固工程设计[M].北京:化学工业出版社,2012.12.(ISBN 978-7-122-15519-1)
- [6] 张启岳.土石坝加固技术[S].北京:中国水利水电出版社,1999.(ISBN 7-5084-0045-3)