

坝体后坝坡脚渗水盲沟排水措施研究

尹萍香 龚开亮

云南省曲靖市麒麟区水务局, 云南曲靖, 655000;

摘要: 由于大坝坝体和坝坡脚渗水的复杂性, 渗水冒水情况经常发生, 妥善处理大坝坝体和坝坡脚渗水问题是保证大坝安全的前提。本文针对古城水库除险加固施工过程中出现坝体基岩裂隙渗水, 结合工程实例, 采用盲沟排水对渗水进行妥善引排, 保证了工程施工质量和后期运行。通过经验总结, 为后期类似工程提供参考经验。

关键词: 坝体后坝坡脚; 进库公路; 渗水; 盲沟; 排水措施

DOI: 10. 69979/3060-8767. 25. 12. 067

1 工程概况

1.1 项目概况

古城水库位于曲靖市麒麟区寥廓街道沙坝村委会小古城村西南方向 0.8km 处, 距原潇湘乡政府 15km, 距曲靖市主城区 24km。地理坐标为东经 $103^{\circ} 44' 12.06''$ - $103^{\circ} 44' 26.24''$, 北纬 $25^{\circ} 20' 40.28''$ - $25^{\circ} 20' 52.11''$ 之间。水库地处珠江流域西江水系南盘江支流的潇湘河上游, 水库控制径流面积 3.2km², 库区多年平均降雨量为 1008mm。正常蓄水位为 2189.30m, 死水位 2176.438m; 水库总库容 28.3 万 m³, 兴利库容 20 万 m³, 死库容 0.4 万 m³。古城水库是一座以农田灌溉为主, 兼顾防洪调节的小(二)型水库, 水库枢纽工程主要由大坝、溢洪道、输水涵洞等建筑物组成。

大坝坝型为均质土坝, 坝轴线全长 113.2m, 最大坝高 15.95m, 坝顶顶宽 3m。溢洪道位于大坝左坝肩, 为正槽开敞式溢洪道, 全长 67.8m。输水涵洞位于大坝右侧坝下, 全长 76.1m。

2012 年 5 月麒麟区水利水电勘察设计研究所对古城水库病险进行安全评价, 经现场勘察和查阅资料, 古城水库工程始建于 1958 年 10 月, 于 1960 年 5 月基本完成, 由于受资金、技术、历史等因素影响, 坝基及岸坡的处理不彻底; 坝体的填筑土料差, 碾压质量差; 输、泄水建筑物及金属结构布置不合理, 施工安装质量一般, 历经 52 余年的运行, 大坝输水涵洞、左岸坝脚漏水严重, 漏水面积达 55.6m², 坝体左侧与山体接合部、坝脚出现集中渗漏点二处, 长满水草, 大坝渗漏总量为 1.6 L/s。溢洪道底板和侧墙部分断裂, 消力池淤积, 泄洪断面小, 不能满足泄洪要求; 输水涵洞金属结构老化、变形、启闭困难。当地政府不得限制水库蓄水水位, 使得水库不能发挥其应有的功能。鉴定结论古城水库属三类坝。

经过积极争取项目资金, 2013 年 8 月 5 日至 2014 年 4 月 16 日, 针对古城水库病险情况对水库进行除险加固。工程历经 10 多年的运行, 运行情况良好, 达到除险加固预期目标。

1.2 工程地质

枢纽区出露地层主要为寒武系下统沧浪铺组 ($\in 1c$), 坝址区地层较简单, 岩性单一, 区内断裂不发育, 无断层线从坝址区内穿越, 坝址区内基岩节理裂隙较不发育, 一般其延伸都不远。坝轴线与岩层走向大角度斜交, 岩层倾向北西, 倾角 19° , 岩层倾向左岸。

坝基 $\in 1c$ 地层表层风化强烈, 节理裂隙发育, 含风化裂隙水, 富水性弱; 深部微风化~新鲜基岩, 富水性微弱, 为相对隔水层。坝址区地下水均接受大气降水补给, 以散流形式向就近的河谷排泄。

两坝肩均由砂岩夹页岩地层组成, 岩体较完整, 节理裂隙发育, 坝轴线与岩层走向大角度斜交。岩层倾向左岸。左岸为斜向逆向坡, 边坡较稳定, 右岸为斜向顺层坡, 岩层倾角大于坡度角, 稳定性好。两坝肩均无断裂构造通过, 岸坡稳定性及抗滑稳定性较好。

坝基清基彻底, 下伏基岩为寒武系下统沧浪铺组 ($\in 1c$) 灰、浅黄色长石岩屑石英砂岩夹灰色泥质、粉砂质页岩, 强~弱风化, 属硬质岩类, 强度较高。

坝基及坝肩基岩上部节理裂隙发育, 存在一定的渗漏问题, 尤以左岸坝基渗漏为甚。大坝存在左岸坝体渗漏及坝肩与山体结合部渗漏。坝体为均质坝, 其土料取自周围山体第四系坡残积层、全~强风化砂岩风化石, 施工时其碾压强度不够, 其物理力学指标达不到均质坝防渗土料的要求。坝土主要为黏性土组成, 该层中的 12 组试样黏粒含量平均值 20.7%, 大于《水利水电工程地质勘察规范》七度设防区产生液化的黏粒含量上限 17%, 工程正常运行时坝土不会产生液化现象。

2 坝体后坝坡脚渗水情况

古城水库建于1958年,2012年对水库进行安全鉴定,该水库被鉴定为三类坝。2013年对古城水库进行除险加固,水库水放完后,坝体左侧与山体接合部和大坝后坝坡脚0+033.8~040.8处仍然有水渗出和冒出,经过勘察,渗水位置在水库除险加固前铺设了干砌石导滤体排水,除险加固后,对坝体进行整形和培厚,背水面坝坡向后移动,原干砌石导滤体需拆除,该位置要进行坝体培厚,由于渗水没有排水通道,加上原先坝坡脚渗水,于是出现了渗水从大坝脚的进库公路冒出。进一步勘察,发现是左坝体山体构造裂隙形成渗漏通道,导致大坝后坝坡脚有水渗出,渗水从大坝脚的进库公路冒出,使得进库公路路面潮湿,不仅严重影响坝体施工安全运行,还影响周边生产和后期运行管理。

在对该位置坝体进行整形培厚时,发现该位置基岩缝隙仍有水渗出,严重影响坝体的后续土方回填施工。按照《碾压式土石坝施工技术规范》要求,对坝体中的渗水要处理后保证后续填土基面干燥后,才能在继续填土施工。

3 研究分析

3.1 研究目的

本工程大坝为均质土坝,坝体回填时需要后续填土基面干燥施工和坝体坡脚积水会导致坝坡失稳及渗水流经进库公路,导致进库道路路面积水问题,影响工程施工和后期运行。降低坝体浸润线和孔隙压力,防止产生渗透变形,保护坝土不产生冻胀破坏。工程后期运行要求坝体坡脚和进库公路路面要干燥,无积水,不能留隐患。

根据上述要求,针对左坝体山体构造裂隙形成渗漏通道,使坝体和坝脚出现渗水情况,结合工程实际情况,坝体内出现渗水,需要采取适合工程实际的引排水措施,该措施要能保证把坝体和坝脚渗水及进库公路路面积水排除,保证在对坝体回填时基岩干燥,不影响工程施工。

3.2 方法研究

根据项目实际情况和以往工作经验,该工程渗水情况和渗水位置,按照《碾压式土石坝施工技术规范》要求,排水形式的选择必须结合坝基排水的需要及形式,经技术经济比较确定,故选择坝体排水方式中的水平排水措施,计划采用盲沟排水方法排出渗水。盲沟可用于排除坝体和坝脚积水,在工程施工时,保证基岩干燥,不影响坝体回填,降低坝体浸润线和孔隙压力,防止产

生渗透变形,保护坝土不产生冻胀破坏,建后防止坝体滑坡和渗漏,在公路的路基下方设置盲沟,能够有效排除地下水,防止路基沉降和翻浆,提高道路稳定性。

该盲沟的技术要点为:从大坝后坝体基岩裂隙渗水点起到进库公路边的山洪沟开挖盲沟,再铺块石或碎石填筑的透水暗沟,沟壁设置反滤层结构以实现过滤功能,通过粗骨料空隙形成排水通道,把大坝后坝体基岩裂隙的渗水引到进库公路边的山洪沟里。

4 研究应用

4.1 盲沟布置原则

选择盲沟以“高效排水、适配场地、经济耐用”为原则,盲沟的位置和走向直接决定排水效率,需遵循以下原则:

顺坡布置:沿渗水自然流动方向(由勘察报告确定),坡度 $\geq 0.5\%$ (保证水流速度,确保沟道不被淤积)。

汇流区优先:布置在渗水点,土体含水量高的区域。

根据古城水库大坝渗水情况和地形条件,决定在渗水区域设2条长为39.8m和31m的主盲沟和1条长为28m的次盲沟,把后坝体基岩裂隙渗水引排到山洪沟。

4.2 盲沟设计原则

根据大坝后坝坡脚渗水盲沟引排水方法思路,需要从大坝后坝体基岩裂隙渗水点开挖沟槽,形成引排沟槽联通系统。盲沟设计要结合渗水区域水文地质条件、荷载要求、汇水量三大要素,重点考虑排水能力、沟体尺寸、材料选择、滤层设计、沟道设置、维护便利性等方面。

排水能力:设计时需考虑渗水量和水流速度,以确盲沟能够满足区域的排水需求。

沟体尺寸:透水盲沟的尺寸包括深度、宽度和长度,需要根据实际地质条件和排水需求来确定。通常,盲沟的宽度和深度应保证足够的储水容量和排水能力,同时考虑土壤的渗透性。

材料选择:透水盲沟的材料需具有良好的透水性和耐久性。常用的材料包括透水混凝土、聚酯纤维或塑料管道,这些材料应能够抵御土壤腐蚀和机械压力,同时保持长期的透水性能。

滤层设计:在透水盲沟的设计中,通常会设置过滤层,以防止泥沙和杂物堵塞管道。滤层材料可以是砂、砾石或专用的过滤布,设计时需要确保过滤层的厚度和材料能够有效阻止泥沙进入盲沟。

沟道设置:盲沟的布局和设置应合理安排,通常采用网格状或条带状布置。

维护便利性:设计时需要考虑透水盲沟的维护和检修便利性。应设置清理口或检查井,方便定期检查和清理滤层和管道中的积污物,以保证系统的正常运行。

4.3 盲沟设计

根据工程勘察地质报告,以过现场抽水试验,确定渗水量,再按达西定律 $Q=K \cdot A \cdot (h_2-h_1)/L$ 推算盲沟的断面面积。

式中: Q 表示单位时间内的渗流量(体积流量),单位为 m^3/s ; K 为渗透系数,表示介质的渗透能力,单位为 m/s ; A 是水流方向的截面积,单位为 m^2 ; h_2 和 h_1 分别为上下游的水头高度,单位为 m ; $(h_2-h_1)/L$ 表示水力梯度,即水头差与渗流路径长度的比值,它反映了水力坡降的大小。

通过计算,该工程的盲沟设计为:主盲沟设计断面为 $1.5m \times 0.8m$,次盲沟设计断面为 $1.0m \times 0.8m$ 。盲沟出水口高度要高于山洪沟的高度。

在盲沟底部及两侧沟壁铺无纺土工布($300g/m^2$)并预留顶部覆盖所需的土工布(搭接长 $30cm$),在土工布上填碎石或卵石(粒径 $30 \sim 50mm$),分段回填压实。

4.4 盲沟施工

测量放样——开挖沟槽——铺设土工布——回填碎石及夯实——土工布回包碎石——设置封闭层

施工阶段严格按照盲沟施工平面布置图进行施工测量放线。挖沟槽时采取人工配合挖掘机从排水终点挖到渗水起点,在开槽过程中经常检查槽帮稳定性,确保施工安全。开挖完成后,测量沟槽断面是否达到设计要求,达标后在沟槽里底部及两侧沟壁铺好土工布,并预留顶部覆盖所需的土工布,拉直平顺紧贴下垫层,所有纵向或横向的搭缝应交替错开,搭接长度均不得小于 $30cm$ 。土工布铺好后依次铺填碎石(粒径 $30 \sim 50mm$)和较细颗粒的料(中砂、粗砂、砾石),砂石料颗粒小于 $0.15mm$ 的含量不应大于 5% 。最后把预留的土工布盖在砂石料上,在土工布上夯填不小于 $0.50m$ 的粘土防水层。

5 应用效果

古城水库左坝体山体构造裂隙形成渗漏通道出现坝基和坝坡脚渗水情况通过采取盲沟排水措施把坝基和坡脚的渗水排到山洪沟里,保证坝体工程回填施工,建后防止后坝坡塌方,避免了进库公路路基湿润,影响路面安全。大坝培厚整形筑填前,基岩裂隙水被排干,达到坝体土方回填的要求,可以进行坝体土方回填,有

力保证工程正常进行施工建设。

通过多年运行,进库公路路面干燥,坝脚没见渗水,达到预期效果,得到业主的好评。

6 结束语

通过该项技术的总结和应用,总结出了一套切实可行的施工工艺措施。由于大坝坝体和坝坡脚渗水的复杂性,渗水冒水情况经常发生,妥善处理大坝坝体和坝坡脚渗水问题是保证大坝安全的前提。

经过实践证明,针对大坝坝体和坝坡脚渗水,采用盲沟引排水措施排除大坝坝体和坝坡脚渗水的施工技术提供了宝贵的经验,是经济、安全、实用、有效的技术,为后期类似工程提供参考经验。

参考文献

- [1]《碾压式土石坝施工技术规范》(SL 274—2001). 北京:中国水利水电出版社,2002.3.
- [2]《土工合成材料应用技术规范》(GB50290-98). 北京:中国计划出版社,1999.1.
- [3]《云南省曲靖市麒麟区古城水库大坝安全评价报告》. 云南省曲靖市:麒麟区水利水电勘察设计研究所,2012.5.
- [4]《云南省曲靖市麒麟区古城水库除险加固工程初步设计报告》. 云南省曲靖市:麒麟区水利水电勘察设计研究所,2012.7.
- [5]刘祥.煤矿排矸场地下盲沟疏排效果物理模型试验研究[D].长安大学[2025-11-03].
- [6]李攀峰,刘宏,张倬元.某机场高填方地基的地下水问题探讨[J].中国地质灾害与防治学报,2005,16(2):136-139.
- [7]乔军,丛晓飞.高寒阴湿区高速铁路基冻害特征及整治效果分析[J].施工技术(中英文),2024,53(5):146-150.
- [8]申丽敏,关键春,都永海.土工织物在护岸工程中的应用[J].水利天地,2001(6):1.
- [9]刘赛赛,张玉飞,叶剑,等.我国高厨余垃圾填埋场渗滤液高效导排方法与实践[J].环境卫生工程,2024,32(S01):121-127.

作者简介:尹萍香(1975—),女,汉,云南曲靖人,本科,高级工程师,研究方向:水利工程勘察设计。

龚开亮(1977—),男,汉,云南曲靖人,本科,高级工程师,研究方向:水利工程勘察设计。