

渠首工程除险加固设计

Design of Risk Removal and Reinforcement for Canal Head Engineering

邓红军

Hongjun Deng

新疆疆南水利勘测设计研究院有限责任公司 中国·新疆喀什 844000

Xinjiang Jiangnan Water Resources Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Kashgar, Xinjiang, 844000, China

摘要: 为了满足各种各样的用水需求,会根据用水需求量、地质条件、水源分布等建设不同的水利工程。其中渠首工程作为一种从河流或水库取水的水利建筑物,可以在安全的前提下合理引流,使水资源高效利用。但是中国早期建设的这类引水工程,由于年代久远,长期运行,或是当初的设计、施工等问题,已经出现了不同程度的病害,无法适应当前的用水、防洪等方面的要求。为此,需要对存在的问题、原因进行分析和归纳总结,及时有效地开展除险加固工作,以延长渠首工程使用寿命,使其能健康安全运行。

Abstract: In order to meet various water needs, different types of water conservancy projects will be constructed based on water demand, geological conditions, water source distribution, etc. The canal head project, as a water conservancy structure that draws water from rivers or reservoirs, can reasonably divert water under the premise of safety, making efficient use of water resources. However, the early construction of such water diversion projects in China has suffered from varying degrees of diseases due to their long history, long-term operation, or problems with the original design and construction, making them unable to meet the current requirements for water use, flood control, and other aspects. Therefore, it is necessary to analyze and summarize the existing problems and reasons, and carry out timely and effective reinforcement work to extend the service life of the canal head project and ensure its healthy and safe operation.

关键词: 渠首工程; 除险加固; 设计

Keywords: canal head engineering; risk removal and reinforcement; design

DOI: 10.12346/edwch.v1i3.8397

1 引言

各类水利工程安全运行是国民幸福生活,促进国家经济发展的重要基础保障。因此,国家对于水利工程建设运营一直非常关注,2021年更是明确指出,要加快中小型病险水库除险加固工作。而目前看来,中国有不少的水利工程出现了蓄水能力不足、渗漏、稳定性下降等问题,各式各样的险情不断出现并逐步加重^[1]。为提高水利工程除险加固项目的设计和 implementation 水平,保障除险加固成果。论文以实际工程为参考,就渠道工程的病险状况及除险加固设计进行了说明。

2 工程基本情况介绍

2.1 工程概况

该工程为新疆喀什地区岳普湖县盖孜河合理闸除险加固工程,合理闸是盖孜河上的第三级渠首,承担着63.86万亩农田的灌溉面积引水任务。喀什噶尔灌区位于新疆维吾尔自治区西南部,喀什噶尔灌区行政区划范围包括7县市、4团场。

2.2 工程地质情况

工程区位于盖孜河中下游冲积平原区,地形特征西高东低,由西向东平缓倾斜,地形平坦开阔,地面坡度

【作者简介】邓红军(1989-),男,中国四川蓬溪人,本科,工程师,从事水利专业、规划设计与技术咨询研究。

1/1500~1/1300之间。项目区起伏不大,大部分通过Ⅰ级阶地,部分通过Ⅱ级阶地。水闸左右岸是沼泽、草滩。项目区地层均为第四系全新统(Q4al+pl)冲积物。地震烈度为Ⅷ度。

2.3 水文

盖孜河属典型冰川消融型河流,盖孜河克勒克站以上冰川面积为1439.6km²,冰川覆盖率为14.8%,其中冰川融水为6.220×10⁸m³,占年径流量的65.6%,是盖孜河径流补给的主要来源。

2.4 渠首工程情况

该引水枢纽工程采用一字型排开的布置形式,主要建筑物包括:上下游整治段、泄洪冲砂闸、高渠进水闸、社教干渠进水闸、阿其克渠进水闸等。上游整治段:上游两岸导流堤护坡共长2050m,其中左右岸共120m采用砼护坡。泄洪冲砂闸为6孔,单孔净宽6m,闸底板高程为1246.60m。高渠进水闸2孔,单孔净宽3m,闸底板高程为1248.10m;社教干渠进水闸1孔,单孔净宽4.5m,闸底板高程为1247.00m;阿其克渠进水闸1孔,单孔净宽4.5m,闸底板高程为1247.60m。

原设计工程等别为三等中型工程,主要建筑物为3级,次要建筑物为4级,临时建筑物为5级,设计洪水标准为30年一遇,相应流量为270m³/s,校核洪水标准为100年一遇,相应流量为340m³/s。

3 渠首工程现状分析

该渠首工程在2009年就进行了一次安全鉴定,鉴定为三类闸,同时指出该渠首工程各部分都出现了不同程度的损坏,管理系统也非常不完善。2021年该项目被列入喀什地区重点实施项目,同年12月进行了第二次安全鉴定,结论为:安全管理评定为“差”;工程质量评定为C级;防洪标准安全评定为B级;渗流安全评定为A级;结构安全评定为B级;抗震安全评定为C级;金属结构安全评定为C级;机电设备安全评定为C级。依据有关规定,岳普湖县盖孜河合理闸工程质量与抗震、金属结构、机电设备安全性评定为C级,评定为“三类闸”^[2]。

本次的除险加固正是以2021年的安全鉴定为依据,鉴于该工程部分运用指标达不到现行规范和设计要求,存在安全隐患,需除险加固后,复核洪水标准,方能正常运行。

4 渠首工程现状复核计算简要说明

4.1 闸顶高程确定

本工程为Ⅲ等,工程规模为中型,根据《水闸设计规范》,该工程水闸闸顶高程计算结果得知:考虑现状河道淤积,挡水时计算闸墩墩顶高程为1251.92m,泄水时闸墩墩顶高程为1252.12m,现状实测闸墩墩顶高程为1251.10m。因此通过复核,考虑闸前淤积以及与上下游防洪堤高程衔接等因素,本次设计闸墩高程取值为1252.10m,需对原闸墩进行

加高1m处理,方可满足过流需求。

4.2 闸后消能防冲计算

4.2.1 消力池深度计算

消力池深度利用以下公式计算:

$$d = \sigma_0 h_c'' - h_c' \Delta Z;$$

$$h_c'' = \frac{h_c}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{gh_c^3}} - 1 \right) \left(\frac{b_1}{b_2} \right)^{0.25};$$

$$h_c^3 - T_0 h_c^2 + \frac{\alpha q^2}{2g\phi^2} = 0;$$

$$\Delta Z = \frac{\alpha q^2}{2g\phi^2 h_s'^2} - \frac{\alpha q^2}{2gh_c'^2}.$$

式中: d ——消力池深度(m);

σ_0 ——水跃淹没系数,采用1.05~1.10;

h_c'' ——跃后深度(m);

H_c ——收缩水深(m);

α ——水流动能校正系数,采用1.0~1.05;

q ——过闸单宽流量(m²/s);

b_1 ——消力池首段宽度(m);

b_2 ——消力池末端宽度(m);

T_0 ——由消力池底板顶面算起的总势能(m);

ΔZ ——出池落差(m);

h_s' ——出池渠道水深(m)。

根据计算泄洪冲砂闸需设消力池,计算池深0.42m。但根据喀什地区的实际运行情况考虑到安全运行方面,消力池设计池深需大于计算值,本次泄洪闸后消力池池深设计为1.0m。

4.2.2 消力池长度计算

$$L_{sj} = L_s + \beta L_j;$$

$$L_j = 6.9(h_c'' - h_c').$$

式中: L_{sj} ——消力池长度(m);

L_j ——水跃长度(m);

L_s ——消力池斜坡段水平投影长度(m);

β ——水跃长度校正系数,采用0.7~0.8。

4.2.3 消力池底板厚度可根据抗冲和抗浮的要求计算
消力池底板厚度可根据抗冲和抗浮的要求分别按以下公式计算:

$$\text{抗冲: } t = k_1 \sqrt{q \sqrt{\Delta H}};$$

$$\text{抗浮: } t = k_2 \frac{U - W \pm P_m}{\gamma_b}$$

式中: t ——消力池底板始端厚度(m);

ΔH ——闸孔泄水时的上、下游水位差(m);

k_1 ——消力池底板计算系数,可采用0.15~0.2;

k_2 ——消力池底板计算系数,可采用1.1~1.3;

U ——作用在消力池底板底面的扬压力(kPa);

W ——作用在消力池底板顶面的水重(kPa);

P_m ——作用在消力池底板上的脉动压力(kPa)；

γ_b ——消力池底板的饱和重度(kN/m³)。

分别将相应的参数代入公式,可得到消力池的长度和底板厚度计算结果,并参照消力池池深计算成果表进行整理,以便得出消力池防冲复核结论。

4.2.4 消力池防冲复核结论

经计算泄洪冲砂闸现消力池长度、深度均不满足要求,故需拆除重建。新建25m长钢筋砼结构消力池,其中斜坡段长10m,水平段长15m,池深0.5m,底板厚0.8m,底板高程为1245.10m。原有沉井保留;而社教渠闸、阿其克渠闸和高渠闸现长度、深度、底板厚均满足要求,可保留。

4.3 上游铺盖始端河床冲刷深度的复核

经计算得出:闸前铺盖现状为钢筋砼结构,长5m,厚0.3m,铺盖始端下设6m深定喷板桩,经计算,铺盖始端冲刷深度不满足要求,本次设计原定喷板桩防冲全部保留。经渗流稳定计算,铺盖长度不满足要求,故将铺盖加长20m,新建钢筋砼结构铺盖厚0.3m;根据地质结论,闸室及周边导流堤等建筑物基础液化层深度在9~12m(高程1240.72~1237.72m);原设计已处理旋喷桩基底高程为1240.60m,不满足地震液化处理深度。因此铺盖始端下设10m深旋喷桩(基底高程1235.60m),新建铺盖末端与原铺盖连接。

5 渠首工程除险加固设计方案

5.1 设计思路

本次设计工程布置仍按原闸布置不变,只是在原建筑物上进行加固改建。

主要建筑物包括上下游整治段、泄洪冲砂闸、高渠进水闸、社教干渠进水闸、阿其克渠进水闸等。

5.2 除险加固设计

5.2.1 上下段除险加固

①渠首上、下游河道清淤。

由于合理闸经过多年运行,渠首上、下游淤积严重。上游平均清淤深度为2m,平均清淤宽80m,边坡采用1:2.5,长度为300m。由于闸室上游整个河床淤积严重,本次仅对上游300m进行清淤,让上游河床与闸室底板平顺连接。自泄洪闸底板高程(高程1246.60m)开始清淤,现状平均高程1249.30m,清淤至1246.60m,清淤坡度为1/110,清淤终点高程为1249.32m,与现状河道平顺连接。

闸室下游河床泥沙淤积最深处达2.5m左右,平均泥沙淤积深度为2.0m。为保障渠首安全运行,本次合理闸除险加固工程对下游平均清淤深度为2m,平均清淤宽70m,边坡采用1:2.5,长度为1.8km,自泄洪闸消力池出口(高程1246.60m)开始清淤,现状平均高程1249.10m,清淤至1246.60m,清淤坡度按河道自然整体坡度1/1300,清淤终点高程为1245.20m,与现状河道平顺连接。

②新增上下游砼护坡导流堤。

新增上游砼护坡导流堤:拆除重建原有上游各60m砼护坡导流堤,现浇砼护坡板厚20cm,砼板下设厚40cm砂砾石垫层。现浇砼板尺寸规格3m×3m,板缝宽2cm,采用聚氨酯和高压闭孔板填充,砼指标:强度C45、抗渗W8、抗冻F350。砼护坡顶高程1252.10m,砼护坡下设现浇砼斜墙,厚0.2m,深4m,再下设1m×1m阻滑墙。

新增下游混凝土护坡导流堤:新增混凝土护坡导流堤共387m,其中左岸200m,右岸187m,左、右岸堤顶宽均为5m。导流堤采用梯形断面,迎水面坡比1:2,背水面坡比1:1.75。现浇混凝土护坡板厚20cm,混凝土板下设厚40cm砂砾石垫层,混凝土板缝采用聚氨酯和高压闭孔板填充。导流堤下深至河床以下5.5m,坡脚处设1m×1m阻滑墙。混凝土等级采用C45F350W8。

5.2.2 闸前铺盖加长

闸前铺盖现状为钢筋混凝土结构,长5m,厚0.3m,铺盖首端下设6m深定喷板桩,本次设计全部保留,并在原铺盖前增设长20m,铺盖下设10m深旋喷板桩,新建钢筋砼结构铺盖厚0.3m,在加长铺盖的首端下设10m深高压旋喷桩,铺盖底板高程统一为1246.60m,铺盖前设现浇混凝土斜墙,厚0.2m,深4m,坡脚设1m×1m阻滑墙。混凝土等级采用C45F350W8。

5.2.3 泄洪冲砂闸闸后消力池拆除重建

本次拆除原消力池末端鼻坎,改建钢筋混凝土结构消力池总长25m,其中斜坡段长10m。新建消力池池深1.0m,底板厚0.8m,消力池底板高程为1245.10m。混凝土等级采用C45F350W8。

5.2.4 地基处理设计

经液化判别,项目区建筑物基土在Ⅷ度近震条件全断面发生地震液化,因此需进行地震液化处理。

由于该工程为除险加固工程,原建筑物主体结构完好,不需要拆除重建。结合该工程的特点和工程经验,对比振冲碎石桩、水泥土搅拌桩、围封、混凝土灌注桩几种方案,该工程建筑物基础防液化加固处理措施采用围封的方案。且由于高压灌浆围封方案能对液化土层有效地围封、阻隔,同时也起到很好的垂直防渗的作用,防液化效果好,在经济上、施工技术上是合理的、可行的,因此该工程选择了采用高压旋喷灌浆防渗墙围封防地震液化处理方案。防渗墙厚0.3m。沿上游铺盖、下游消力池及闸室两侧边缘线布置,距离建筑物基础边缘1~2m,底部伸入非液化土层1.0m,单排孔布置,孔距为0.6m,成墙厚度不小于0.8m。

5.2.5 闸室临水面补强措施

由于该工程复核闸墩高度后发现需对闸墩进行加高处理,同时各闸闸后两侧翼墙部位的砼部分脱落,磨损厚度在2.5cm左右,因此需对其进行环氧树脂灌浆处理。泄洪闸、阿其克渠闸、社教干渠闸、高渠闸闸墩均加高1m,设计闸

墩墩顶高程为 1252.10m, 拆除重建闸室上部结构。闸墩及底板内侧破损部位环氧砂浆修补, 采用人工凿毛, 用喷灯烘烤, 使混凝土基面干燥, 然后涂抹一层环氧基液, 并在 1h 内完成环氧砂浆抹面^[3]。

5.2.6 增加和完善机械设备

①拆除重建交通桥及启闭工作桥。

本次设计工作桥为框架式结构, 长 60.1m, 宽 3m, 板厚 0.2m, 主梁 0.4m×0.5m, 框架柱 0.4m×0.4m, 桥面板高程为 1256.30m; 工作桥上设闸房 333.85m², 增设检修门启闭设施; 工作楼梯采用钢结构, 高 5.5m, 更换工作闸门, 增设检修门及吊葫芦。

②完善电气系统。

增设 SCRB-200/10/0.4 变压器、配电柜、进线柜、电容柜、出线柜、低压综合配电箱 1 面、闸门配电箱 10 台、照明配电箱 2 台、摄像头、40 盏路灯、10kV 架空输变电路 1.5km 等输配电设施。增设自动化控制系统; 增设管理站房 173.7m², 新增闸房 333.85m²。

5.2.7 加强安全监测

采用水准测量、组成水准网对垂直位移进行监测; 安装测压管, 按垂直水流向监测断面布置在齿墙、地下轮廓线转

折处, 顺水流向监测断面布置在闸室段、岸坡闸室段处的原则设置测点, 对渗流进行监测; 采用自动水位计, 与工程自动化监测系统结合对上、下游水位进行监测。

6 结语

该工程的任务为通过各项检查和加固措施, 解决渠首的安全隐患, 提高社教干渠、阿其克渠、高渠的灌溉引水保证率, 提高渠首的防汛度汛的能力。通过对该水利枢纽工程的安全鉴定, 确认合理闸存在诸多隐患, 威胁到整个工程的安全运行及河道防洪安全, 于是提出了上下游清淤、拆除重建、基础固结灌浆等除险加固措施, 并顺利落实各项措施, 促使工程后续可以安全稳定运行。且该工程成功的除险加固案例为类似工程除险加固修复施工提供了重要参考。

参考文献

- [1] 臧少慧, 张明占, 刘仲秋, 等. 我国水库除险加固研究进展[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2019, 50(6): 109-113.
- [2] 于芳, 曲军超, 郑店节制闸除险加固工程设计及结构计算[J]. 吉林水利, 2019(7): 46-49+55.
- [3] 朱家胜, 池昌静. 水库除险加固主要技术措施探析[J]. 黑龙江水利科技, 2022, 50(1): 170-171.