

头屯河第二引水枢纽除险加固工程设计研究

高阳

新疆维吾尔自治区头屯河流域水利管理中心

DOI:10.12238/hwr.v9i7.6482

[摘要] 本文聚焦头屯河第二引水枢纽除险加固工程设计展开研究。该枢纽历经长期运行,存在诸多安全隐患,严重影响其正常运行与区域水资源调配。通过全面深入的现场勘察与检测,精准识别枢纽存在的病害问题,如结构老化、局部破损等。在此基础上,依据相关规范标准,结合枢纽实际运行状况与区域水情特点,进行科学合理的除险加固设计。设计涵盖多个方面,包括对枢纽主体结构进行加固处理,增强其稳定性与承载能力;优化防渗排水系统,提升防渗效果与排水效率;完善监测系统,实现对枢纽运行状态的实时动态监测。经设计研究,提出的除险加固方案能够有效消除枢纽安全隐患,保障其安全稳定运行,为区域水资源合理利用与经济社会可持续发展提供有力支撑。

[关键词] 头屯河; 第二引水枢纽; 除险加固; 工程设计; 安全隐患

中图分类号: TB21 **文献标识码:** A

Design and Research on the Risk Removal and Reinforcement Project of the Second Diversion Hub of Toutun River

Yang Gao

Toutun River Basin Water Conservancy Management Center, Xinjiang Uygur Autonomous Region

[Abstract] This study focuses on the design of the risk mitigation and reinforcement project for the Second Water Diversion Hub of the Toutu River. The hub, having operated for an extended period, has accumulated numerous safety hazards that severely impact its normal functioning and regional water resource allocation. Through comprehensive on-site investigations and testing, structural issues such as aging components and localized damage were accurately identified. Based on these findings and in accordance with relevant standards, the design integrates practical operational conditions and regional hydrological characteristics to implement scientifically sound reinforcement measures. The proposed solutions encompass multiple aspects: strengthening the main structure to enhance stability and load-bearing capacity; optimizing the seepage-proof drainage system to improve waterproofing effectiveness and drainage efficiency; and upgrading monitoring systems for real-time dynamic tracking of operational status. The research demonstrates that this risk mitigation plan effectively eliminates safety risks, ensures stable operation, and provides robust support for rational utilization of regional water resources and sustainable socio-economic development.

[Key words] Toutun River; The second water diversion hub; Risk elimination and reinforcement; Engineering design; potential safety hazard

引言

头屯河第二引水枢纽位于头屯河水库大坝下游约150m 的河道上,是一座Ⅲ等中型拦河式引水枢纽,控制灌溉面积12.91 万亩,主要由引水闸、泄洪冲沙闸、泄洪闸及上、下游导流堤组成。已建设运行60余年,2022年被鉴定为“四类闸”,存在建筑物结构冲蚀与金属结构设备老化,在校核洪水工况下过流能力不足,闸前铺盖及闸后护坦损毁,抗震设防措施及标准不满足抗震要求,未设置机电设备接地装置及建筑防雷设施,无自动化控

制设备和安全监测设施等问题。小型的维修养护已无法解决枢纽存在的根本问题,亟需通过实施除险加固来消除工程险情、提高引水保证率,促进下游灌区农业经济发展。

1 引水枢纽设计流量计算

第二引水枢纽主要是给红岩水库供水,引水时段主要集中在洪水期,通过红岩水库调节后解决水库下游12.91万亩耕地的灌溉用水问题。因此,本次第二引水枢纽设计流量按灌水率法、最大月引水流量法计算。

1.1 灌水率法

项目区设计水平年的设计灌水率值为 $0.367(\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{万亩})$, 渠道流量按以下公式计算求得:

$$Q_s = A_s q / \eta_s$$

式中: Q_s —渠道的设计流量(m^3/s);

q —设计灌水率 $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{万亩})$;

A_s —该工程控制灌溉面积(万亩);

η_s —该枢纽至田间的灌溉水利用系数(采用综合灌溉水利用系数0.68)。

经计算可得, 水平年枢纽设计流量为 $6.9\text{m}^3/\text{s}$ 。

1.2 最大月引水流量法

根据供需平衡计算, 最大月引水量为 1814.4万m^3 , 则相应引水流量为 $7.0\text{m}^3/\text{s}$ 。各月引水量及引水流量见表1。

表1 各月引水流量计算表

月份	最大引水量(万 m^3)	引水流量(m^3/s)
1月	0.0	0.0
2月	0.0	0.0
3月	0.0	0.0
4月	477.3	1.84
5月	820.0	3.16
6月	1226.0	4.73
7月	1814.4	7.00
8月	1063.9	4.10
9月	470.4	1.81
10月	211.4	0.82
11月	0.0	0.0
12月	0.0	0.0
合计	6083.4	

综合考虑两种计算方法的结果, 本次第二引水枢纽设计引水流量取值 $7.0\text{m}^3/\text{s}$ 。

2 工程规模与总体设计

2.1 工程规模

头屯河第二引水枢纽工程等别为III等中型, 采取原引水枢纽拆除重建方式, 主要包含引水闸、泄洪冲沙闸、泄洪闸及上下游导流堤等。进水闸设计流量为 $7.0\text{m}^3/\text{s}$, 设计洪水位为 945.25m ; 校核洪水位 945.26m 。下面主要对枢纽型式及闸基处理方案进行比选。

2.2 枢纽型式比选

2.2.1 闸堰结合方案

闸堰结合渠首由左到右依次布置溢流堰、泄洪冲沙闸、引水闸及上下游导流堤等。溢流堰位于河道左侧与冲沙闸呈“一”字型布置。溢流堰采用宽顶堰, 堰长 24m , 堰高 3.50m , 顶宽 1.5m , 堰体采用“金包银”形式, 表层 0.5m 厚为C35钢筋混凝土, 内部为细粒混凝土砌卵石, 迎水面采用直墙形式, 背水面边坡为 $1:2.0$ 。溢流堰下游为钢筋混凝土护坦, 护坦末端设置重力式防冲墙。泄洪冲沙闸1孔, 宽 5m , 高 6m 。引水闸2孔, 宽 2.5m , 高 3.4m 。

2.2.2 拦河闸引水枢纽方案

拦河引水枢纽布置方案由引水闸、泄洪冲沙闸、泄洪闸及上下游导流堤组成。引水闸布置于河道右岸, 与河道水流方向呈

34° 布置, 泄洪冲沙闸和泄洪闸布置在同一条轴线上并与河道水流方向垂直, 泄洪闸布置于河道左岸, 泄洪冲沙闸布置于引水闸和泄洪闸之间, 以便于枢纽冲沙^[1]。引水闸2孔, 宽 2.5m , 高 3.4m 。泄洪冲沙闸1孔, 宽 5m , 高 6m 。泄洪闸3孔, 宽 6m , 高 5.5m 。

由于拦河闸引水枢纽方案中泄洪闸、泄洪冲沙闸相结合运行即可下闸引清水, 又可以开闸泄水冲沙, 并能灵活地调节水位和流量, 还可利用不同闸门的启闭来冲刷上游河道泥沙, 使取水口始终保持良好的引水条件。因此采用拦河闸壅水, 引水防沙效果良好, 管理运用方便, 且投资便宜, 推荐采用拦河闸引水枢纽方案。

2.3 闸基处理方案比选

依据闸室基础所在地下方地层岩性主要为卵石混合土及砂岩, 既要考虑经济性, 又要考虑防渗排水、抗渗安全等因素, 对以下两个闸基处理方案进行比选。

2.3.1 方案一: 天然级配砂砾石基础

依据地勘成果, 本次对闸基下部密实程度、均一性较差的地基进行清除, 厚度为 2m , 采用 2m 厚砂砾石进行换填。枢纽上游铺盖长 18.0m , 宽 $29\sim 33.7\text{m}$, 纵坡 $I=0$, 采用C35钢筋混凝土护砌, 厚 0.8m , 铺盖上下游处各设有一道齿墙, 齿墙深 1.0m , 宽 1.0m 。拦河闸闸室长 16m , 底板厚 1.5m , 上下游齿墙深 1m 。闸后消能防冲采用“护坦+防冲墙”消能型式, 护坦长 10m , 宽 5.5m , 坡比 $1:10$, 护坦末端设反滤层及排水孔。枢纽顺水流向纵断面设计见图1。

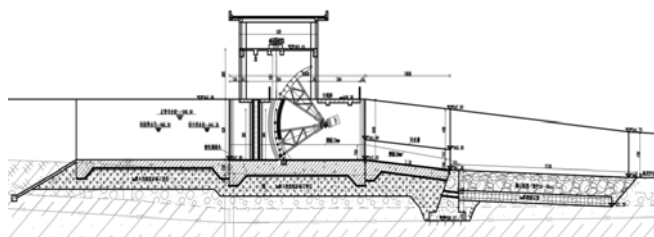


图1 方案一闸室纵剖面设计图

2.3.2 方案二: C20 埋石混凝土基础

依据地勘成果, 本次对闸基下部的卵砾石、卵石混合土进行清除, 采用C20 埋石混凝土进行换填。由于闸基与砂岩之间为埋石混凝土基础, 上游两侧导流堤下部坐于基岩之上, 闸室上游从物理上隔断了渗径, 枢纽不存在渗透破坏问题, 故无需设上游铺盖。拦河闸闸室长 16m , 底板厚 1.5m , 上下游齿墙深 1m 。闸后消能防冲采用“护坦+防冲墙”消能型式, 护坦长 10m , 宽 5.5m , 坡比 $1:10$, 护坦末端设反滤层及排水孔^[2]。枢纽顺水流向纵断面设计见图2。

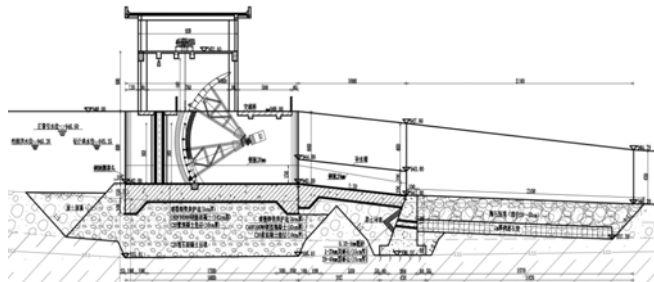


图2 方案二闸室纵剖面设计图

方案一中闸前设长铺盖,铺盖易受水流磨蚀,后期维修养护复杂。由于方案二中闸基与砂岩之间为埋石混凝土基础,上游两侧导流堤下部坐于基岩之上,闸室上游从物理上隔断了渗径,枢纽不存在渗透破坏问题,故无需设上游铺盖,无需设置渗压计,枢纽后期运行管理及维修养护工作相对方便。枢纽区域地震烈度为Ⅷ度,枢纽闸房为两层框架结构高11m,由于引水闸底板比泄洪冲砂闸底板高2.6m,二闸闸室建基面高差较大,且基坑较近,为保障枢纽闸室及上部闸房的抗震安全,结合上述比选结论,本次枢纽基础换填处理方案采用C20埋石混凝土进行换填。

3 结论

(1)头屯河第二引水枢纽运行多年后已存在严重的病险问题,如枢纽下游右岸浆砌石扭面存在长达6m的贯穿裂缝,泄洪闸与泄洪冲沙闸上游闸墩底部及底板混凝土冲刷剥落严重,启闭柱有多处纵向裂缝和横向裂缝,启闭平台底部横梁有多处交叉裂缝,引水闸闸墩因冰蚀存在混凝土缺损等问题,影响枢纽的安全运行,因此对其进行除险加固改造是必要的。本文对阐释了枢纽设计流量的计算,并就枢纽型式和闸基处理方案进行比选,最终选择拦河闸引水枢纽方案,基础换填处理方案采用C20埋石混凝土进行换填^[3]。

(2)随着数字孪生水利建设的加速推进,对水闸建设提出了更高标准与严要求。不仅需强化险情监测感知技术装备的研发应用,实现水闸全生命周期在线管理,加强闸门启闭风险分析预警,更要全方位确保水闸安全。在此背景下,头屯河第二引水枢纽除险加固项目将信息化建设与工程标准化管理紧密结合。

(3)项目严格遵循工程标准化管理流程开展信息化建设。在前期规划阶段,依据相关水利工程建设标准与规范,科学制定信息化建设方案,明确各环节的技术指标与质量要求。实施过程中,在干渠精准安装自动化流量监测站,其选型与安装均符合行业标准,确保流量数据采集的准确性与可靠性。

(4)对引水闸、泄洪冲沙闸、泄洪闸进行改造时,严格按标准化施工工艺操作,实现本地与远程控制功能,保障闸门操作的安全性与稳定性。同时,构建全面的监测体系,对闸门开度、闸门荷重、闸室沉降位移变形进行实时监控,视频监测设备也按标准布局,确保无监测盲区。

此外,项目配备的信息化管理平台,其功能模块设置与数据接口均遵循统一标准,实现数据的互联互通与共享。通过充分利用这些数字化手段,并依托工程标准化管理,确保工程安全、稳定和长期可持续运行,最终达成智能化的供水管理目标。

[参考文献]

- [1]张凌峰.某引水工程不同取水方案引水防沙试验研究[D].华北水利水电大学,2020.
- [2]杨帆.小型病险水库除险加固方案研究[J].江西建材,2025(3):253-256.
- [3]邱士茂.中村水库除险加固工程中水土保持设计[J].黑龙江水利科技,2024,52(5):75-78.

作者简介:

高阳(1991—),女,汉族,新疆奇台县人,本科,工程师,研究方向:水利工程建设与生产运行管理。