

大沽河倒虹枢纽应急修复加固工程实践

胡 琼, 徐洪庆, 赵凌云

(山东省水网运行调度中心青岛分中心, 山东 青岛 266000)

【摘要】大沽河倒虹枢纽系引黄济青工程输水渠穿大沽河工程,承担着输水调蓄、防洪泄洪、服务周边交通需求等重要功能。文章以大沽河倒虹枢纽应急修复加固工程为背景,重点阐述了倒虹吸管道的方案比选、尺寸设计、连接安装、闭水试验,给出了溢流坝设计和施工的技术参数,提出了安全监测设施的布设方法,总结了应急修复加固工程的科学统筹、队伍组建、责任划分、风险管控等管理经验,经实践检验效果良好,可为类似工程提供参考与借鉴。

【关键词】大沽河倒虹吸;溢流坝设计;工程加固;工程建设

【中图分类号】TV672

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2026)-08-0049-03

Engineering Practice of Emergency Repair and Reinforcement for Dagou River Inverted Siphon Hub

HU Qiong, XU Hongqing, ZHAO Lingyun

(Qingdao Branch, Water Grid Operation and Dispatching Center
of Shandong Province, Qingdao, Shandong 266000, China)

Abstract: The Dagou River Inverted Siphon Hub is a key structure of the Yellow River Diversion to Qingdao Project, which carries important functions such as water diversion and regulation, flood control and discharge, and supporting surrounding traffic demands. Taking the emergency repair and reinforcement project of the Dagou River Inverted Siphon Hub as the background, this paper focuses on the scheme comparison, dimension design, connection and installation, and impound test of inverted siphon pipelines, presents the technical parameters for overflow dam design and construction, and puts forward the layout method of safety monitoring facilities. It summarizes management experience in overall scientific planning, team organization, responsibility division and risk control for emergency repair and reinforcement projects. The practice has achieved good effects and can provide references for similar projects.

Key words: Dagou River inverted siphon; Overflow dam design; Engineering reinforcement; Project construction

大沽河倒虹枢纽位于山东省青岛市胶州市东北约 20 km 的王珠乡小高村东大沽河上,主要由倒虹吸、溢流坝、漫水路、漫水生产桥、泄洪闸、冲砂闸、引水闸、明渠及穿堤涵洞等部分组成,其中倒虹吸为混凝土箱涵结构。

大沽河倒虹枢纽建成时间长,设计标准低,部分设施不能满足现行规范的要求^[1],且目前运行工况发生变化,河流瞬时洪峰流量更大、流速更快。2024 年夏季,大沽河上游产芝水库、北墅水库等同时提闸泄洪,短时间内形成洪峰,大沽河沙梁水文站监测流量达到 1 500 m³/s,为 1986 年以来第二大洪峰流量,由此给大沽河倒虹枢纽造

成重大安全挑战^[2]。为保障大沽河防汛安全和雨洪资源利用,保障青岛市供水安全,特对大沽河倒虹枢纽进行应急修复加固。

1 应急修复加固方案

1.1 倒虹吸修复加固

设置场地围堰,采用钢板桩在围堰外进行截渗,同时在围堰内增设明沟、井点、大功率水泵等排水设施设备,以保证干地作业。对承载能力不足、耐久性差、出现不可修复损伤等部位,使用液

收稿日期:2026-03-27

作者简介:胡琼(1993—),男,助理工程师

压钳进行拆除。开挖并清理管道基坑至设计底高程-2.0 m,基础采用 C20 混凝土灌砌石结构。

1)方案比选。对倒虹吸拟定两种修复加固方案,并进行综合比选。方案一:采用混凝土箱涵结构,内容包括对新旧混凝土交界面进行清理、钢筋绑扎、模板支设、混凝土浇筑、对混凝土进行自然养护。方案二:采用钢管替代原结构,内容包括钢管尺寸设计、预制、运输、吊装、焊接、检测。两种方案优缺点对比见表 1。

表 1 修复方案优缺点对比

方案	主体工程投资/万元	优点	缺点
混凝土箱涵	426.22	投资较低、耐久性好	施工速度慢、养护时间长
钢管	764.97	预制、安装速度快	投资较高

表 2 修复方案计算结果

方案	过流断面/m ²	雷诺数	流态	局部水头损失/mm	沿程水头损失/mm	总水头损失/mm
混凝土矩形箱涵	15.125	4.8×10 ⁶	紊流粗糙区	0	81	81
DN2900 钢管	13.204	5.8×10 ⁶	紊流粗糙区	31	67 71	98 102
DN3000 钢管	14.130	5.6×10 ⁶	紊流粗糙区	27	56 60	83 87
DN3100 钢管	15.088	5.4×10 ⁶	紊流粗糙区	23	47 51	70 74

钢管尺寸较大且管壁较厚,为减小焊接引起的应力集中,先多点焊接固定,再采用多层、多道的焊接方法,同时内部设置支撑以减小变形并保证连接精度。为加快施工速度,管道采用由两侧向中间合拢的施工顺序,错开施工面后,左管、右管同时安装,最大限度地减少安装时间。

4)闭水试验。为检验钢管管道的整体密封性、结构稳定性、水流平稳性,根据《给水排水管道工程施工及验收规范》^[9]第 9.3 条款规定,管道环缝焊接经无损检测合格后,实施无压管道的闭水试验。试验期间,对于管道的连接处、转弯处、最低水位处等特殊节点,安排专人专岗全程观测,每隔 1 h 记录位移、变形、渗漏等参数,一旦发生险情立即启动应急预案。

1.2 溢流坝修复加固

溢流坝主要由上游连接段、主坝段、下游连接段组成。

上游连接段端部过渡区设置长 10.0 m 的抛

为满足引黄济青工程短期内通水的迫切需求,同时考虑科学性、可行性、经济性等多维度指标,采用钢管替代原结构的方案。

2)尺寸设计。预选 DN2900、DN3000、DN3100 三种型号钢管,原混凝土矩形箱涵尺寸为 2 孔 2.75 m×2.75 m,加大流量 26.4 m³/s,修复段计算长度 82 m。利用相关水力学公式对钢管水头损失进行计算,计算结果见表 2。

根据表 2 计算结果,DN3000 钢管方案与原管道的过流能力和水头损失基本相当,且为常用尺寸,投资预算适中,因此本工程采用此方案,钢管规格为 2 根 DN3000 钢管(φ3 048×25 mm),材质为 Q235B,每节长度为 9 m。

3)连接安装。钢管之间采用双面焊,外侧坡口焊后,背部碳弧气刨清根并进行封底焊,由于

石防冲槽作为抗冲刷防护体系,厚 1.0 m,后接长 28.9 m 的 C30 钢筋混凝土铺盖,末端以 1:6 坡度与主坝段连接。考虑上游水流冲刷等不稳定因素,为降低渗流坡降,在上游铺盖齿墙下设置一道防渗墙。

本工程倒虹吸管道为无压自流管(压力水头<10 m),外包 C20 钢筋混凝土对管道进行固定,主体坝段采用溢挡结合式布置,以实现防洪标准与坝体应力分布的双重控制目标。

下游连接段布置长 2.6 m 的 C30 钢筋混凝土护坦,下设 0.1 m 厚的 C15 素混凝土垫层,后接两级 C30 钢筋混凝土跌水,二级跌水后为海漫段。海漫末端布置长 12.0 m 的抛石防冲槽。

1.3 增设安全监测设施

为保证建筑物在施工阶段和使用阶段安全正常运行,实时监测建筑物的沉降、形变、扬压力及水位等指标,增设安全监测设施。在导流墙等便于通视观测且不影响其他建筑物的部位设置

沉降位移观测标点 26 个,监测水平及垂直位移、外部形变;在溢流坝部位(包括坝身、铺盖、护坦、跌水等)设置振弦式渗压计 4 组,进行渗流监测;在翼墙部位设置水位标尺 2 处,进行水位观测。通过多参数数据采集系统,建立异常工况分级上报程序,完善闭环处置预案,实现工程安全的动态管控。

2 工程建设管理经验

2.1 科学统筹

总揽全局,快速响应,组建经验丰富的专家组,对工程状况开展详尽的调查研究,充分分析讨论应急修复加固方案,拟定建设内容,提高工程建设的科学性、合理性和可行性。针对质量、成本、进度、安全等重点目标,充分考虑工程规模、投资预算、目标需求、经济效益等内部因素,统筹工程建设各项内容,制定详细的项目规划。同时考虑工程建设可能涉及的政府、企业、环境、社会效益等外部因素,会同政府相关部门开展项目的报建、审批、建设、管理等工作,加强内外部相关部门、人员的对接,畅通信息沟通渠道。

2.2 队伍组建

大沽河巨大洪峰流量给倒虹枢纽带来严峻复杂汛情和严重安全隐患,且引黄济青工程通水在即,根据《中华人民共和国政府采购法》^[4]规定,本应急修复加固工程特采用紧急政府采购,成立采购工作小组,由具备专业知识和采购经验的人员组建供应商评估临时机构。同时建立“三位一体”政府采购管理制度架构,前端形成项目筛选与方案论证制度,中端实施采购质量动态监测评估机制,末端构建应急采购标准化操作指南,并配套建立重大事项垂直汇报管理体系,实时接受有关部门监督,确保采购活动合法、合规、有序地进行。

2.3 责任划分

应急修复加固工程具有复杂性、特殊性、紧急性等特点,往往牵涉诸多工作量、工作面的界定问题,为此由建设单位主导形成参建单位责任共同体,充分结合工程实际,明确各方权责关系,避免出现责任真空区。同时对于建设过程中的变动,及时出具书面说明并盖章留存,避免纠纷。严

格落实新修订的《工程管理考核办法》,在参考借鉴引黄济青工程历年应急修复加固工作经验的基础上,将好的经验做法上升为制度规范,为工程建设提供政策和技术保障。

2.4 风险管控

成立现场工作组,落实 24 h 值班值守,确保现场各类建设需求与突发状况均能及时响应。本工程建设期正值河流汛期,且主施工场地位于大沽河主河道中,钢板桩围堰的设计顶标高高于汛期水位 1 m,但河流因上游泄洪、下游蓄水、汛期降水、波浪高差等原因,水位随时可能发生变动,实际最高水位距离围堰顶标高仅 0.4 m,为此建立安全联动机制,加强与当地水利主管部门的沟通协调,提前预报上游水库和橡胶坝泄水流量,同时制定应急管理预案,健全防汛组织机构,加强雨情、水情监测,以保证工程安全。

3 结 语

综上所述,对于大沽河倒虹枢纽这类大中型水利工程的应急修复加固,在技术层面,严格执行国家、地区、行业的相关规范、标准和规程,同时参考相关案例,借鉴有益经验,充分结合工程实际确定修复加固方案;在管理层面,总揽全局科学统筹,提升参建队伍素质水平,明确责任划分,建立健全风险管控体系,强化工程建设的全生命周期管理,严把工程质量关、成本关、进度关。通过以上措施使工程充分发挥经济效益、社会效益、环境效益。

参考文献

- [1] 董晓莉,颜文珠.大沽河枢纽工程标准化管理实践与探讨[C]//中国水利学会.2023 中国水利学术大会论文集(第七分册).北京:中国水利学会,44-47.
- [2] 郑志国,孙楠思,李艳梅.青岛市大沽河流域近 20 年水文情势变化分析[J].山东水利,2022(11):10-12.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.给水排水管道工程施工及验收规范:GB50268-2008[S].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [4] 全国人民代表大会常务委员会.中华人民共和国政府采购法:中华人民共和国主席令第 68 号(2014 年修正)[S].北京:中国法制出版社,2002.

(责任编辑 赵其芬)