

新建增容高位水池在胶东调水调蓄中的应用

王国涛¹, 李 婷², 王义锐¹

(1. 山东省调水工程运行维护中心烟台分中心, 山东 烟台 264003;

2. 山东省调水工程运行维护中心蓬莱管理站, 山东 烟台 265600)

【摘要】 胶东调水工程管道段线路长、高差大、水工建(构)筑物复杂,在历年运行中,压力管道有时会发生事故工况,高位水池的调蓄功能直接影响胶东调水工程的运行安全。文章以新建增容高位水池为研究对象,介绍该水池建成前的工程概况及调蓄功能,同时结合闭水试验结果进行水位、水量分析,以及增容高位水池建成后发挥的调蓄功能效益,旨在为其在今后的调水任务中发挥功能效益进行探索。

【关键词】 胶东调水;高位水池;高喷泵站;调度运行

【中图分类号】 TV85

【文献标志码】 A

【文章编号】 1009-6159(2025)-09-0036-03

Application of Newly-built and Capacity-increased High-level Water Tanks in Water Diversion and Regulation in Jiaodong Area

WANG Guotao¹, LI Ting², WANG Yirui¹

(1. Yantai Branch Center, Water Diversion Project Operation and Maintenance Center of Shandong Province, Yantai, Shandong 264003, China; 2. Penglai Management Station, Water Diversion Project Operation and Maintenance Center of Shandong Province, Yantai, Shandong 265600, China)

Abstract: The pipeline section of the Water Diversion Project from Yellow River to Jiaodong Area features a long route, large height difference, and complex hydraulic structures (buildings). During the practice over the years, accidental working conditions have occasionally occurred in the pressure pipelines, and the regulation and storage function of high-level water tanks is directly related to the operation safety. Taking the newly-built and capacity-increased high-level water tank as the research object, this paper introduces the project overview and regulation-storage function before the completion of the water tank. Meanwhile, it analyzes the water level and volume based on the results of the water-tightness test, as well as the regulation-storage function benefits exerted after the completion of the capacity-increased high-level water tank, aiming to explore its functional benefits in water diversion in the future.

Key words: Water Diversion Project from Yellow River to Jiaodong Area; High-level water tank; Gaotuan Pumping Station; Dispatching and operation

山东省胶东地区引黄调水工程是山东省“T”字形调水大动脉的重要组成部分,是实现全省水资源优化配置、缓解胶东地区水资源供需矛盾、改善沿线地区生态环境的战略性水利基础设施。近年来,胶东地区用水总体形势发生显著变化,新形势对胶东调水工程各方面提出了新要求,新建增容高位水池就是在这—背景下对既有工程的优化配置项目。文章以新建增容高位水池为研究对象,从既有工程概况及调蓄功能分析、闭水

试验、增容高位水池建成后调蓄功能分析等方面探究该工程在胶东调水运行中发挥的效益。

1 原高位水池

1.1 工程概况

胶东调水工程自 2015 年 12 月实现全线贯通,管道段原建设有高位水池 1 座(以下称“原高

收稿日期:2025-04-16

作者简介:王国涛(1991—),男,工程师

位水池”),向上游承接高瞳泵站加压供水,作为管道段高程最高点向下游提供重力势能。原高位水池位于胶东调水桩号 4+708.4 处,水池净尺寸为 20 m×10 m×10.02 m(长×宽×高),池底板厚 1.0 m,侧墙厚 0.5 m,顶部为梁板结构,主梁高 0.7 m,次梁高 0.5 m,顶板厚 80 mm。底板顶高程为 83.80 m,设计水位为 87.53 m,最高水位 93.50 m。进水管直径为 DN2000,管中心线高程为 85.60 m,出水管直径为 DN2200,管中心线高程为 85.60 m,出水管管顶高程 86.70 m,室外地面高程为 89.00 m,水池基础为全风化片麻岩,管道设计流量为 5.5 m³/s。原高位水池位置逻辑如图 1 所示。



图 1 原高位水池位置逻辑图

1.2 调蓄功能分析

高瞳泵站下游段管道在运行时,一般工况时原高位水池蓄水位控制在 89~90 m,本文取 89.5 m 进行分析。由表 1 可知,为防止下游管道进气须保证原高位水池蓄水位不低于其出水管管顶高程,以此高程为下限计算相应蓄水量仅为 560 m³;假设原高位水池蓄水放空,以池底板高程为下限计算相应蓄水量仅为 1 140 m³。

表 1 调蓄水量计算表

项目	一般蓄水位/m	下限水位/m	水位差/m	蓄水量/m ³
以出水管管顶高程为下限	89.5	86.7	2.8	560
以池底板高程为下限	89.5	83.8	5.7	1 140

1.3 事故工况下水池水位趋势分析

高瞳泵站一般输水工况下流量为 4.5~5.5 m³/s,当高瞳泵站因非正常工况停机,且假设桂山调流调压站未做应急处置,原高位水池水位下降趋势非常迅速。在 4.5 m³/s 工况条件下运行,高瞳泵站停机且不考虑调流站反应,原高位水池水位约 3 min 降至出水管进气水位,超 5 min 降至水池底板高程水位;在 5.5 m³/s 工况条件下运行,高瞳泵站停机且不考虑调流站反应,原高位水池水位在 3 min 之内降至出水管进气水位,5 min 之内降至水池底板高程水位。

1.4 新建增容高位水池的必要性

经上述分析及历年调度运行实践可知,原高位水池调蓄水量不能满足管道段常规运行流量工况,若高瞳泵站发生事故工况,原高位水池会迅速失水,下游桂山调流调压站因设计原因无法瞬间完全关闭,造成下游管道进气继而可能引发管道水锤事故。原高位水池已不能满足胶东调水工程新形势下的调蓄功能要求。

2 新建增容高位水池

2.1 建设历程

胶东调水工程烟台段新建增容高位水池(以下称“增容高位水池”)于 2020 年 6 月经上级部门批复建设,2021 年 8 月工程开工,2022 年 5 月完成完工验收工作,2024 年 3 月完成竣工验收。自完工验收至今,因烟威地区雨水充沛,高瞳泵站下游段工程未实施调水任务,增容高位水池只在 2023 年 7 月及 2024 年 5 月实施过 2 次试运行任务。

2.2 工程概况

增容高位水池为矩形水池,长 60 m(池内侧净长),宽 20 m(池内侧净宽),高 7.2 m,水池底板高程为 83.80 m。水池边壁与底板为分离式,边壁采用悬臂式挡墙结构,边壁与底板之间设分缝,缝内设置紫铜片止水,缝外侧为板式橡胶止水带。通过在原高位水池出水管与新建高位水池连通。增容高位水池设计水位为 87.53 m,最低水位 83.82 m,下游出水管从集水井中引出,出水管中心线高程为 81.60 m,集水井尺寸为 6.0 m×6.0 m,集水井高程为 78.98 m。新建高位水池进水管与原高位水池出水管连接,管道中心高程为 85.60 m。增容高位水池位置逻辑如图 2 所示。

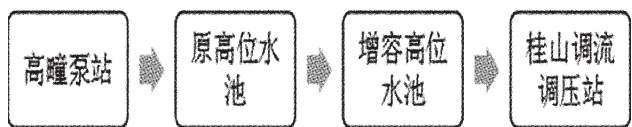


图 2 增容高位水池位置逻辑图

3 闭水试验

3.1 试验目的

闭水试验是检验一座新建调蓄水池的必要步骤,能够有效检测出池体是否存在渗漏问题。为验证增容高位水池的密闭性功能是否达标,山

东省调水工程运行维护中心烟台分中心于2024年5月对其组织实施了闭水试验。

3.2 试验控制原则

增容高位水池闭水试验水位取设计水位87.53 m,向水池内分3次进行充水。第1次观测时将水位控制在设计水位的1/3,水位为85.04 m;第2次观测时将水位控制在设计水位的2/3,水位为86.28 m;第3次观测时将水位控制在设计水位。在进行水池充水时,水位上升速度不宜超过2 m/d,相邻两次充水的时间间隔不小于24 h。

3.3 相关措施

增容高位水池出水口处采取焊接钢板措施进行完全封闭,因需要通过进水管进行充水作业,采用充水后完全关闭增容高位水池上游临近阀门井中蝶阀的措施。由现场管理人员负责现场观测工作,调度指挥中心负责总体调度工作。

3.4 过程及结果

1)第1次观测。调度指挥中心下发指令通知高疃泵站开启2台充水泵,流量为400 m³/h(约为0.1 m³/s),充水至设计水位的1/3后,关闭2台充水泵,停泵后关闭水池上游临近蝶阀,做好观测记录工作。观测结果为观测起点水位85.07 m,静置24 h后观测终点水位为85.05 m,观测期间水位下降0.02 m。

2)第2次观测。第1次观测结束后,打开增容高位水池上游临近蝶阀,重新开启2台充水泵,流量400 m³/h(约为0.1 m³/s),充水至设计水位的2/3(水位为86.28 m)后关闭充水泵,停泵后关闭水池上游临近蝶阀,做好观测记录工作。观测结果为观测起点水位为86.37 m,静置24 h后观测终点水位为86.31 m,观测期间水位下降了0.06 m。

3)第3次观测。第2次观测结束后,打开增容高位水池上游临近蝶阀,重新开启2台充水泵,流量400 m³/h(约为0.1 m³/s),充水至设计水位后关闭充水泵,停泵后关闭水池上游临近蝶阀,做好观测记录工作。观测结果为观测起点水位为87.57 m,静置24 h后观测终点水位为87.52 m,观测期间水位下降了0.05 m。

3.5 试验结论

1)两座水池水位的关系。通过闭水试验观测过程可发现,增容高位水池充水至某一特定水位

后,原高位水池水位与其相同,且任一观测阶段的水位降幅也相同。经分析,观测过程中2座高位水池可以看作一个连通器模型,在任何时刻的水位都是相同的。这一结论为分析事故工况下2座水池联合运行时水位趋势提供了计算依据。

2)密闭性功能。通过闭水试验观测结果可知,在同样时间间隔条件下,增容高位水池在蓄水至3种不同水位后水位下降幅度分别为0.02 m、0.06 m、0.05 m,对应水量仅为24 m³、72 m³、60 m³。水量损失与增容高位水池调蓄水量相比占比微小,因此可以得出结论,增容高位水池密闭性功能达标。

4 增容高位水池建成后调蓄功能分析

4.1 分析控制原则

增容高位水池建成后,与原高位水池串联布置、联合运行,在不损失原高位水池调蓄水量的基础上,又增加了增容高位水池所能承载的调蓄水量。在设计增容高位水池时,进一步考虑了水位下降至出水管管顶造成下游管道进气的问题,故增容高位水池出口处设计了下沉式集水井。但增容高位水池与原高位水池中间连通管道高程与原高位水池出水管高程一致,低于此水位时连通管道将处于非满管运行状态,不在正常工况讨论之列,故在计算增容高位水池调蓄水量时依然按照86.7 m的界限进行分析。同时,增容高位水池的池底板高程与原高位水池一致,其总调蓄水量计算界限值依然为83.8 m。同理,增容高位水池在一般工况下的调蓄水位依然取值89.5 m。

4.2 调蓄功能分析

增容高位水池调蓄水量计算见表2。

表2 调蓄水量计算表

项目	一般蓄水位/m	下限水位/m	水位差/m	蓄水量/m ³
以连通管顶高程为下限	89.5	86.7	2.8	3 360
以池底板高程为下限	89.5	83.8	5.7	6 840

4.3 联合运行调蓄功能分析

综合表1和表2,高疃泵站下游段2座高位水池总调蓄水量见表3。

4.4 事故工况下联合运行水位趋势分析

由表3可知,在当前原高位(下转第46页)

变特性显著的粉土地基环境。

4 结语

该研究系统揭示了灰色粉土地基泵站在长期荷载作用下的流变沉降机制,证实次固结沉降占比随运行年限显著升高(2 271 d 达 68%),裂缝扩展速率达 0.38~0.41 mm/a,揭示了流变效应引发的渐进性结构损伤规律。通过构建桩土耦合有限元模型,验证了高压旋喷桩加固技术的有效性:最大沉降量由 96.78 mm 降至 55.20 mm(降幅 43.0%),桩顶应力 12 年仅增长 2.7%,表明桩基通过荷载分散与刚度提升显著抑制流变变形。加固后次固结系数降低 42%,沉降曲线由指数型转为线性,证实该技术对粉土地基的长期稳定性提升作用。研究创新融合反演分析与实测数据,建立流变-结构相互作用模型,使沉降预测精度提高 15%以上,为同类工程提供了设计优化依据与

施工控制范式。实践表明,需在设计阶段预判流变沉降趋势、动态调整桩体参数,并建立多指标监测体系以实现安全预警。未来需进一步探究极端水文条件下桩体耐久性对长期性能的耦合影响。

参考文献

- [1] 李瑞清,别大鹏,沈兴华,等.汉江中下游闸站改造工程基础处理关键技术[J].水利水电技术,2016,47(7):3.
- [2] 熊利红.沙井河排涝泵站水闸基坑支护的设计与施工[J].中国农村水利水电,2012(8):155-157.
- [3] 王晓升,陈毓陵,孙靖康.分水闸站枢纽分水池流态改善措施研究[J].灌溉排水学报,2018,37(12):107-113.
- [4] 熊利红.沙井河排涝泵站、水闸基坑支护的设计与施工[J].中国农村水利水电,2012(8):155-157.
- [5] 李晓作.水利工程中水闸泵站的施工质量管理与技术运用[J].珠江水运,2022(24):47-49.

(责任编辑 张玉燕)

(上接第 38 页)

表 3 总调蓄容积计算表

项目	一般蓄水位/m	下限水位/m	水位差/m	蓄水量/m ³
以连通管顶 高程为下限	89.5	86.7	2.8	3 920
以池底板高 程为下限	89.5	83.8	5.7	7 980

水池和增容高位水池联合蓄水的条件下,分别以连通管道顶高程和池底板高程为下限,总的调蓄水量可达到 3 920 m³ 和 7 980 m³。在 4.5 m³/s 工况条件下运行,高瞳泵站停机且不考虑调流站反应,原高位水池和增容高位水池水位超 15 min 降至管道进气水位,超 30 min 降至水池底板高程水位;在 5.5 m³/s 工况条件下运行,高瞳泵站停机且不考虑调流站反应,原高位水池和增容高位水池水位超 12 min 之内降至管道进气水位,超 25 min 降至水池底板高程水位。

4.5 对防止管道出现进气工况的意义

高瞳泵站以设计流量 5.5 m³/s 运行时,在不考虑管道水损的情况下,桂山调流调压站相应匹配流量为 5.5 m³/s。经分析可知,如果桂山调流调压站不做应急处置,有超过 25 min 的时间保证

增容高位水池出水口下沉式集水井为满水状态,下游管道不会大量进入空气。如果高瞳泵站以低于设计流量的流量进行运行,防进气的相应时间又会在 25 min 的基础上延长,这在一定程度上给调度指挥中心和桂山调流调压站创造了应急处置的窗口期,极大地提升了高瞳泵站下游段安全运行系数。

5 结语

综上所述,增容高位水池的布置位置、密闭性功能、调蓄功能皆能满足胶东调水工程管道段新形势下的运行要求,尤其是与原高位水池联合运行后显著增加了调蓄水量,为安全运行提供了保障,进一步助力胶东调水工程为烟威地区的发展提供战略性水资源支撑。

参考文献

- [1] 杨前程,胶东地区引黄调水管道段管理与维护.陕西水利[J].2021(12):103-104.
- [2] 王国涛,胶东调水工程管道段运行方法及应急策略.水电站机电技术[J].2022,45(5):92-95.

(责任编辑 崔春梅)