

6 沉降原因分析

输水箱涵沿途卫星监测显示,地面沉降呈两个漏斗状,且卫星观测的地面沉降与人工监测的建筑物沉降结果一致。

参考研究成果,地下水过度开采改变含水层应力状态^[4],降低孔隙压力、增加骨架有效应力,引发砂层弹性压实与粘土层非弹性固结^[5],造成地面沉降。结合区域地层、水文地质等条件,可知地下水位变化与沉降存在关联。

(1) 序号1至序号2段为松散冲积砂性土中等富水段。

2005年之后序号1段浅层地下水一直处于回升状态,深层地下水先降后升,结合砂层弹性压实特性,这与实测建筑物顶高程和InSAR卫星地面沉降监测成果反应的小幅抬升趋势一致,说明地下水位变化与沉降存在一定关联性。

2005年之后序号2段浅层地下水先升后降再升,至2020年之后处于高水位状态;深层地下水下降9m之后小幅波动,结合砂层弹性压实特性,这与实测建筑物顶高程和InSAR卫星地面沉降监测成果反应的小幅沉降趋势一致,说明地下水位变化与沉降存在一定关联性。

(2) 序号3至序号9段为冲湖积粘性土弱富水段,主要包括两处大沉降区域。

2005年后,A区大沉降范围浅层地下水先降后升,现状略高于2005年水位;深层地下水下降13m后趋于稳定。B区大沉降范围浅层地下水先降后升,已恢复至2005年水位附近;深层地下水先升后降,2020年较2005年下降20m。

结合粘性土非弹性固结特性,两区地下水位变化趋势均与实测建筑物顶高程、InSAR卫星地面沉降监测反映的大沉降趋势一致,表明地下水位变化与沉降存在关联。

此外,2019-2020年两区均处最低水位,此后水位回升,这与InSAR监测显示的2021年后沉降速率减缓、部分区域沉降停止并趋于稳定的趋势相符,进一步证实二者关联性。

7 结论与建议

(1) 根据2005年之后两处大沉降区域地下水位资料,A区大沉降范围浅层地下水先降后升,现状略高于2005年水位;B区大沉降范围浅层地下水先降后升,现状恢复2005年水位附近。在长距离输水箱涵沿途所形成的“漏斗”,与浅层地下水的降低存在相关性。

(2) 地下水位变化与沉降存在一定关联性^[6],2021年之后沉降速率有减缓趋势,这与输水线路沿线地区地下水限采政策密切相关,建议管理部门加强沿线地区宣传力度,将地下水限采政策长期坚持实施。

(3) 输水线路沿线沉降速率有减缓趋势,但不排除将来沉降速率增速的可能,建议加强沉降监测,根据沉降情况提出相应对策措施,确保输水工程安全。

两处大沉降区域浅层和深层地下水位变化表 单位:m

时间	A区		B区		备注
	浅层地下水	深层地下水	浅层地下水	深层地下水	
1959年	10				
1980年		8		-12	
1984年	0				
2005年	-15	-15	-4	-50	
2017年12月	-15	-28		-36	
2018年6月	-15				
2018年12月	-10				
2019年6月	-25	-30	-5	-70	最低水位区间
2019年12月	-20	-30	-20	-70	
2020年6月	-25	-25	-25	-75	
2020年12月	-20	-25	-25	-70	
2021年6月	-10				
2021年12月	-10		-5		
2022年6月	-10		-5		

参考文献

- [1] 张帆.新建工程下穿南水北调配套工程沉降监测方法的探讨与应用[J].河北水利,2024,(12):32-33.
- [2] 孙鹏.基于Stacking-InSAR和SBAS-InSAR地面沉降监测方法研究——以新疆阿勒泰地区为例[J].经纬天地,2023,(06):58-64.
- [3] 梁培林.水利堤防运行中沉降分析与加固监测提升管理[J].云南水力发电,2024,40(11):49-52.
- [4] 杨浩,汤树海.水利工程沿线地下水超采区地面不均匀沉降监测技术[J].水利科技与经济,2022,28(09):50-55.
- [5] 邱浩扬,钱泱,朱悦林,等.基于云平台的变电站沉降监测管理系统[J].水电与新能源,2022,36(01):34-42.
- [6] 肖让,张永玲,梁越力,等.双树寺水库多年沉降监测与分析[J].水利规划与设计,2020,(08):58-61.

Influence and Treatment of Large-scale Settlement on Long-distance Water Transmission Box Culvert

Wei Zhu Hang Chen Jia Guo

Sinohydro North China Engineering Corporation Limited, Tianjin, 300222, China

Abstract

The along-the-way settlement of long-distance water transmission box culverts features wide range and large magnitude, affecting the hydraulic characteristics and structural safety of the culverts. The influence of settlement on hydraulic characteristics is analyzed from two aspects: the safety freeboard of buildings and the water-retaining performance of water-retaining weirs. Based on the current settlement amount, the current internal water pressure is calculated, and structural safety review calculations are conducted on the box culverts to analyze their structural safety. The analysis shows that large-scale settlement has resulted in smaller safety freeboard of some buildings and weakened water-retaining performance, posing hidden dangers of overflow and alternation between open-channel flow and full-flow. The stress on the box culverts exceeds the original design conditions, and some sections reach the bearing limit under the ultimate limit state of bearing capacity. The current operating conditions meet the normal use requirements. In the later stage, setting warning values and reasonable dispatching are prioritized to solve the problems, and no engineering measures are needed at present.

Keywords

large-scale settlement; water transmission box culvert; hydraulic characteristics; structural safety

大范围沉降对长距离输水箱涵影响及处理

朱卫 陈航 郭佳

中水北方勘测设计研究有限责任公司, 中国·天津 300222

摘要

长距离输水箱涵沿程沉降范围广、沉降量较大,影响箱涵水力特性和结构安全。从建筑物的安全超高和保水堰的保水性能两方面分析沉降对水力特性的影响;根据现状沉降量,计算现状内水压力,对箱涵进行结构安全复核计算,分析箱涵结构安全情况。分析表明大范围沉降造成部分建筑物安全超高较小、保水性能减弱,存在漫溢和明满流交替的隐患;箱涵受力超出原设计条件,承载能力极限状态下部分断面达到承载极限。当前运行工况下满足正常使用要求,后期优先采用设置预警值、合理调度解决问题,目前不需采取工程措施。

关键词

大范围沉降;输水箱涵;水力特性;结构安全

1 引言

长距离输水箱涵沿程大范围沉降影响显著,导致箱涵水力特性改变与结构安全风险^[1]。本文从安全超高和保水堰性能分析沉降对水力特性的影响,通过计算现状内水压力复核结构安全,为工程处理提供依据。

2 总体布置

本工程采用全箱涵无压接有压全自流输水方案,全长约155km,其中,调节池以上以无压流为主,称为无压输水段,

调节池以下均为有压流,称为有压输水段。考虑到箱涵设计承压所限,为避免由于操作尾闸或中间闸门而引起箱涵内产生水击,危及箱涵安全,在纵断布置上根据地形条件并满足水力压坡线要求,分段阶梯状设置10座保水堰,保证在任何输水工况下,有压段箱涵均处于有压流输水状态。如图1所示。

3 沉降情况

通过出露建筑物实测顶高程与设计顶高程对比,计算建筑物现状沉降情况,根据沉降情况,建筑物沉降趋势见图2。

由沉降监测情况可知,输水线路大沉降区段有两处,分别为:

(1) A区:大致位于4#保水堰至6#保水堰,最大沉降发生在:33#通气孔沉降1.00m和34#通气孔沉降0.97m;

(2) B区:大致位于7#保水堰至10#保水堰,最大沉降发生在:57#通气孔沉降1.04m。

【作者简介】朱卫(1985-),男,中国江苏大丰人,硕士,高级职称,从事水利水电工程安全监测设计、施工、分析评价、技术咨询等研究。

4 沉降对水力特性影响

4.1 建筑物安全超高

有压段沿线控制性建筑物安全超高下限值取值如下：
最高正常运行压力线：1.0m；事故工况最高压力线：0.50m。

两处大沉降范围内建筑物沉降较大，4# 保水堰至 5# 保水堰、5# 保水堰至 6# 保水堰、7# 保水堰至 8# 保水堰、8# 保水堰至 9# 保水堰、9# 保水堰至 10# 保水堰这 5 段基本处于大沉降范围，受建筑物沉降较大影响，均出现安全超高不足的情况。运行过程中应加强建筑物水位监测，避免出现漫溢现象。其他区段均满足或略小于建筑物安全超高要求，目前没有影响，见图 3。

4.2 保水堰的保水性能

大沉降范围内保水堰有一定下沉，保水堰堰顶高程可

能低于上段箱涵内顶高程，达不到原设计保水条件，对有压段 10 个保水堰段落分别进行保水性能分析。

调节池至 1# 保水堰、2# 保水堰至 3# 保水堰、3# 保水堰至 4# 保水堰、5# 保水堰至 6# 保水堰、8# 保水堰至 9# 保水堰、9# 保水堰至 10# 保水堰这 6 段保水堰保水性能满足原设计规定堰顶高程高于上段箱涵进口内顶 0.5m 要求，无影响。

1# 保水堰至 2# 保水堰、6# 保水堰至 7# 保水堰这 2 段保水堰保水性能略小于原设计规定堰顶高程高于上段箱涵进口内顶 0.5m 要求，目前没有影响。

4# 保水堰至 5# 保水堰、7# 保水堰至 8# 保水堰这 2 段保水堰受沉降影响，出现保水堰上游部分箱涵内顶接近甚至略高于堰顶高程的情况，目前基本无影响，加强关注此段箱涵的沉降情况，见图 4。

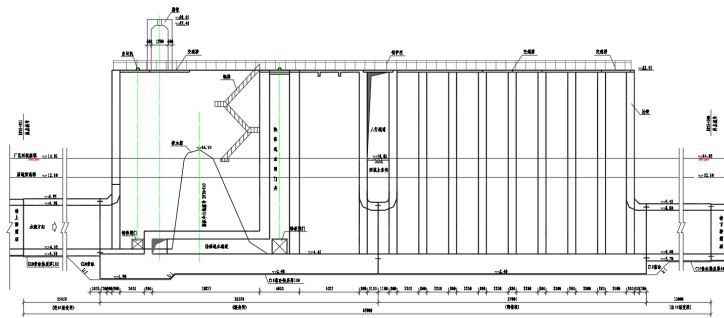


图 1 3# 保水堰纵剖面图

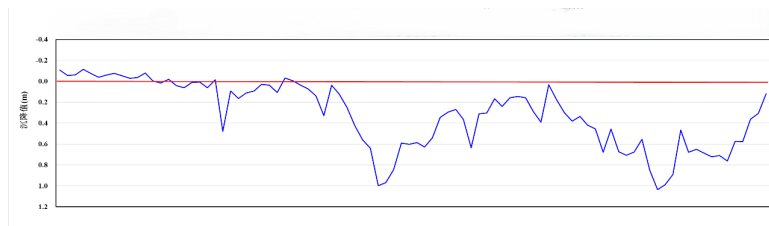


图 2 建筑物沉降趋势示意图

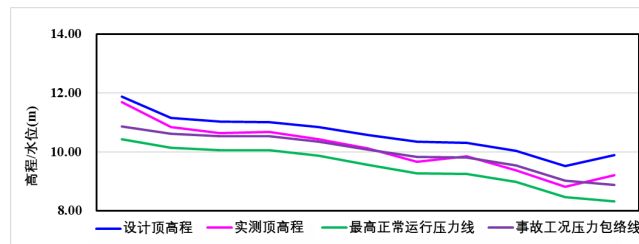


图 3 7# 至 8# 保水堰建筑物安全超高分析图

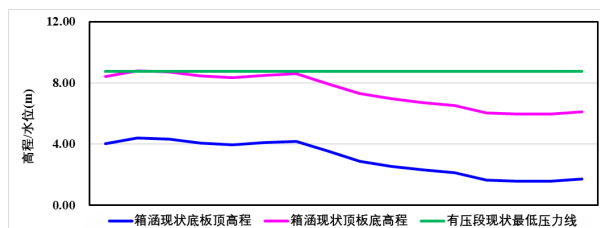


图 4 4# 至 5# 保水堰保水性能分析图