

# 滨海闸安全监测自动化改造设计

朱斌 李冠豪 陈浩军

浙江省水利水电勘测设计院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v8i7.5603

**[摘要]** 安全监测是水闸安全的重要保证条件之一,也是工程设计、施工和运行的重要组成部分。文章针对滨海闸现有监测设施及监测成果进行分析,对其已损坏的设施进行修复并新增变形监测设施;对监测数据的采集、分析、管理等进行自动化升级。为后期智慧水利建设奠定基础,并为类似水闸加固项目安全监测设施的改造提供借鉴。

**[关键词]** 水闸; 监测; 改造提升

**中图分类号:** TV66 **文献标识码:** A

## Automation Transformation Of Binhai Sluice Safety Monitoring

Bin Zhu Guan hao Li Hao jun Chen

Zhejiang Design Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power Co.,Ltd

**[Abstract]** Sluice safety monitoring is one of the important conditions for ensuring the safety of sluices, and it is also an important part of engineering design, construction and operation. The existing monitoring facilities and monitoring results of the Binhai Gate were analyzed, and the damaged facilities were repaired and new deformation monitoring facilities were added. The collection, analysis, and management of monitoring data are automatically upgraded. It lays the foundation for the construction of smart water conservancy in the later stage, and provides a reference for the transformation of safety monitoring facilities in similar sluice reinforcement projects.

**[Key words]** sluice; monitoring; retrofit and upgrade

安全监测是及时掌握水闸在运行过程中安全状态的重要手段之一,是科学调度、安全运行的前提。及时、准确地了解水闸的运行状态,对确保整个水工建筑物的安全具有重要意义。然而,受建设时期经济社会和技术条件限制,我国水闸普遍存在标准偏低、质量较差、配套设施不完善等问题,受“重建轻管”思想影响,多数水闸建成后缺乏有效管理和维护修养,经过长期运行,目前存在较多安全隐患,安全运行风险突出<sup>[1-3]</sup>。及时准确对水闸安全监测成果进行分析,可动态随时了解水闸安全状况,为水闸的运行提供科学依据,保障工程运行安全。

### 1 工程概况

滨海闸位于钱塘江边,规模为3孔,每孔净宽8.00m,闸室上设有交通桥和工作桥,采用预应力钢筋混凝土闸门。挡潮闸顺水流方向总长246.00m,布置有上游抛石防冲槽、上游C20砼灌砌石护底、C30钢筋砼护底、闸室段、下游消力池、下游海漫和下游抛石防冲槽。

水闸于2008年6月开工建设,2010年9月通过完工验收,2010年1月正式投入试运行。水闸在运行期间发现的主要问题如下:

(1)2010年水闸开闸运行过程中上下游水位差过大,上游河道来水在闸前迅速收缩,流速过快,造成上游右岸翼墙底脚冲刷,但排涝过程中缺乏及时观测和检查,最终导致上游右岸圆弧段

翼墙滑移外倾。之后对该段上游右岸圆弧翼墙进行了拆除重建,同时延长上游护坦至翼墙位置以外10m,目前运行基本正常。(2)下游两侧空箱式翼墙不均匀沉降,空箱间分缝宽度逐渐增大,由于水闸外江侧潮位差较大,翼墙后土体长期处于渗透排水过程中,造成空箱背后粉砂土流失,导致平台局部混凝土面板塌陷。(3)闸室与左右两侧桥头堡沉降不均匀,造成检修闸门移动吊机轨道梁之间错开,移动吊机无法正常通行,导致检修闸门无法启闭。(4)2016年3月,管理单位发现闸室与下游右侧翼墙分缝间存在渗水现象。(5)闸室上部建筑不同部位不均匀沉降过大,部分结构出现裂缝,伸缩缝宽度变大。

根据《水闸安全评价导则》(SL214-2015),2020年10月对滨海闸进行安全鉴定。根据鉴定的结论,水闸安全类别评定为“二类闸”,因此需对水闸进行维修加固。为规范水闸安全监测,掌握水闸运行状态,指导工程施工与运行管理,降低水闸风险,根据相关技术规范<sup>[2]</sup>,需针对工程实际特点,为满足现代化水闸管理要求,在现有工程条件下对滨海闸监测设施进行自动化升级改造。

### 2 安全监测现状分析

滨海闸目前监测内容有沉降位移监测、渗流监测、水位监测。安全监测方法为人工现场检查 and 仪器监测。

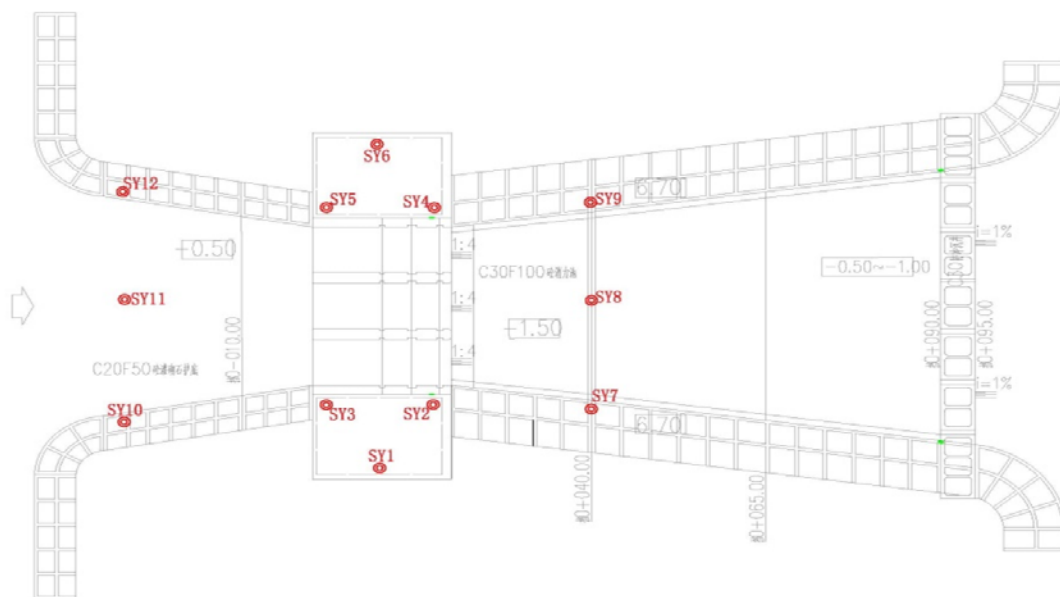


图 2.2-1 滨海闸渗流监测测点布置示意图

2.1 沉降位移监测。滨海闸沉降测点共计24个,上下游翼墙各布置8个测点,闸站主体结构布置8个测点,采用电子水准仪进行人工观测,每月一次。水平位移测点共计6个,上下游翼墙各布置2个测点,闸站主体结构布置2个测点,采用全站仪进行人工观测,每月一次。

从多年的变形监测成果来看,水闸左右岸墙基础沉降较闸室大,主要原因是两侧门库常年积水至6.5m高程,门库内积水通过隔墙孔洞流入岸墙空箱,空箱基础在最大进水高度(6.5m)情况下,基础最大应力为205.74kPa,大于原设计地基承载力要求,导致岸墙沉降较大。除岸墙空箱荷载增大外,由于闸堤连接段的海塘沉降,导致空箱下地基土沉降,以及空箱侧摩擦力,进一步导致岸墙不均匀沉降,地基土沉降,以及空箱侧摩擦力,进一步导致岸墙不均匀沉降。根据对现状水闸闸室、岸墙沉降监测数据分析,现状水闸闸室最终沉降量为37cm,岸墙最终沉降量为58cm,岸墙沉降远高于闸室沉降。根据已有监测成果显示,左岸空箱岸墙累计沉降量为34.8cm,远大于闸室段最大沉降16.9cm,目前闸室段与空箱岸墙段最大累计沉降差为19cm。

两侧副厂房建于两侧岸墙上,由于岸墙倾斜,导致主厂房与副厂房之间不均匀沉降过大,达到20cm,伸缩缝倾斜拉开扩大。闸室上层建筑(启闭机房)不同部位之间不均匀沉降过大、部分结构出现裂缝。

下游侧右岸翼墙墙后填土较为松散,雨水进行土体后,和回填土沿着塘脚结构缝隙流失,产生局部沉降,最大沉降约为25cm。

2.2 渗流监测。为监测挡潮闸基础、上下游护坦扬压力,在挡潮闸左右岸空箱底部和上下游护坦底部布设渗压计,具体布置如下:

挡潮闸左、右岸空箱岸墙底部分别布置3只渗压计,编号为SY1~SY6;下游混凝土灌砌石底部布置3只渗压计,编号为SY7~SY9;上游混凝土护坦底部布置3只渗压计,编号为渗压计

SY10~SY12,共计12只渗压计。

滨海闸渗压计共计12支,施工期损坏2支,编号为SY1和SY12,运行期间损坏1支编号为SY9,目前仪器完好率为75%,测压管运行正常。

经过对渗压数据的多年监测,未见明显的绕闸渗漏现象,位于下游护坦的测点SY7,SY8受下游潮位影响呈周期性波动,随着距下游距离的增加,渗压水位受潮位影响逐渐减小,变幅也逐渐减少。滞后性逐渐明显,符合一般渗流规律。位于上游混凝土护底下的测点SY10,SY11渗流情况较稳定,无明显趋势性变化。

2.3 水位监测。在滨海闸上下游各布置一支水位计,采用超声波水位计自动采集,水位计运行正常。本次运行期监测设施升级改造将水位计纳入自动化系统管理平台。

### 3 监测设施改造方案

3.1 渗流监测。滨海闸渗流监测内容包括闸基扬压力监测和水闸侧向绕渗监测。目前闸基扬压力测点运转正常;侧向绕渗监测有3支渗压计损坏,需采用埋设测压管并在测压管内安装渗压计的方式对其进行修复。修复后的渗压计通过四芯屏蔽电缆连接至自动采集装置内,通过采集单元将监测数据传输至监测平台实现自动化监测。

3.2 变形监测。从监测时效性和现代化水平来看,滨海闸变形监测均为人工观测,监测内容较为单一。根据工程历史监测情况及水闸自动化监测的实际需求,新增沉降位移自动化监测、土体分层沉降以及水闸主体结构间的错位监测。

(1) 分层沉降监测:水闸两侧共布置6个沉降监测点,分别布置于上游翼墙、闸室段及下游翼墙,每个监测点布置1个沉降管,每管布置8个电磁沉降仪,共48支电磁沉降仪,实现对翼墙、闸室的沉降分层沉降监测。(2) 表面沉降位移监测:上下游左右两侧翼墙各布置一个GNSS测点,共计4个。(3) 接缝监测:在上游、下游闸室与翼墙连接段各布置1支位移计,分别监测开合度、左右搓动、上下搓动。变形监测点具体布置情况如下图所示。

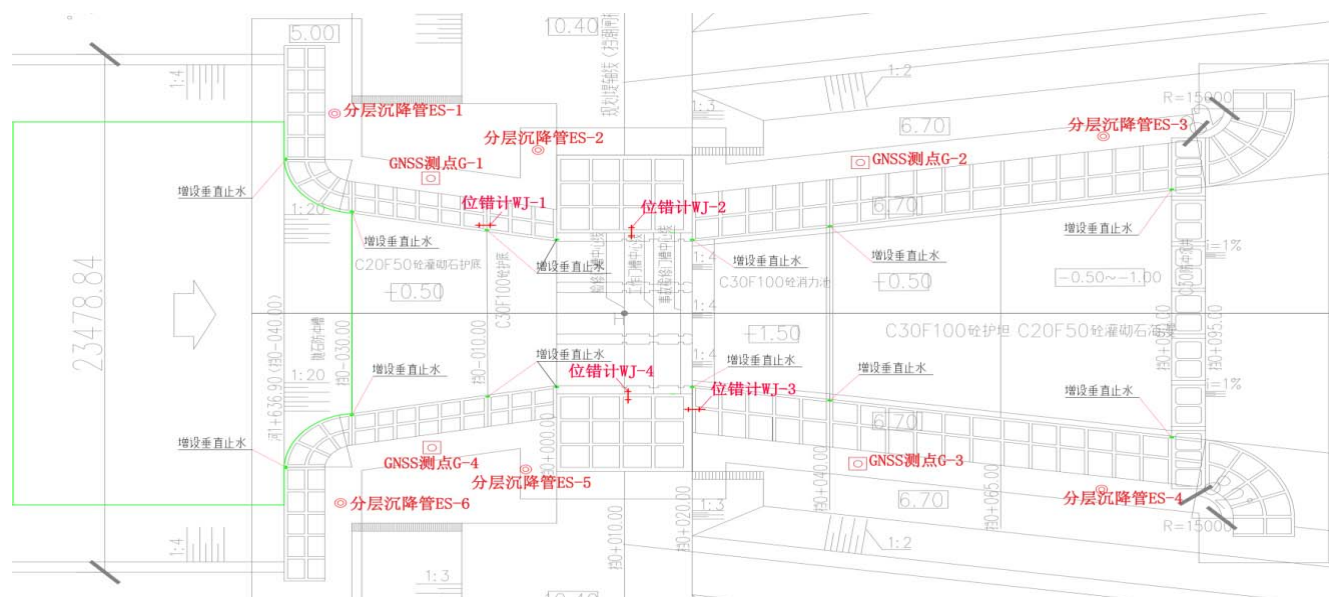


图 3.2-1 滨海闸变形监测测点布置示意图

3.3 监测自动化设计。随着物联网、云计算、大数据、人工智能、移动互联网的发展,将为水闸安全监测提供极大的便利,水闸安全监测方法将不断进步,面对大量水闸安全监测数据的复杂性,新技术的引入,将逐渐实现水闸安全监测数据的智能化采集、智能化分析,水闸安全监测将朝着智能化、数字化、信息化的方向发展,以便于更加快速、直观的获得水闸的安全状况,从而为水闸安全智能化决策提供依据。

滨海闸安全监测自动化前端设备主要包括北斗位移监测设备4套、滨海闸电磁沉降仪48支、测缝计4支以及渗压计12支。其中北斗监测设备自身具备数据传输能力,其余传感器需额外配置现场采集监测站,对相关数据进行采集传输。

根据本项目工程安全监测建设内容,综合考虑施工难度以及后期维护维修条件,渗压计可通过原有电缆连接至自动采集装置内,采用485通讯方式有线连接至监测平台实现自动化监测。对于本项目由于传感器分布较分散,且在水闸主体结构上钻孔开槽布线难度较大,因此利用微尘系列智能数据网关进行数据采集。位错计、分层沉降监测每个测点单独布设1套智能数据网关,内置4G传输模块和大容量电池,外装微光太阳能板,无需供电电网,现场可快速部署。其可以接入各类RS485监测设备,并为设备供电,简化现场安装,快捷方便。

滨海闸安全监测系统采用同禾公司开发的同感云结构物监测系统,主要由三部分构成:传感层、采集传输层、数据管理层。

传感层是由采集结构物物理参数的传感器组件组成的,采集传输层与传感层通过有线或者无线的方式连接,将传感层所感知的数据汇总并传输至云端,在云端进行计算,最终可以通过数据管理层在远程对现场的数据进行查看。

在监测数据分析中,对各监测点数据进行实时分析,判定工程运行状态,并根据有关规范以及运维要求,拟定总变形量或变

化速率控制指标。当测值达到设置的报警值后即启动预警程序,实现监测预警,为管理者提供决策支持。

#### 4 结语

滨海闸安全监测自动化改造按照规范“相关监测项目应配合布置、突出重点、兼顾全面、关键部位测点冗余设置”的要求,根据工程部分监测设施需完善以及水闸前期运行过程中存在的问题及难点,结合当前水利数字化前沿技术,在综合考虑监测设施的耐久性、可靠性、自动化性能及稳定性等因素的前提下,使仪器的布置既能满足工程各阶段的安全要求,又能全面反映工程的运行安全状态。

通过增设变形监测设施,修复完善扬压力监测设施,同时保留已有的人工变形监测标点,对监测成果进行及时动态分析,开发安全监测自动化管理系统等安全监测改造提升方案。实现水闸安全监测从人工观测到自动化及智能化监测转变,提高智慧水利技术在滨海闸的应用水平,保障工程安全运行,不断提升现代化管理水平,为后期智慧水利建设奠定基础,同时为类似水闸加固项目安全监测设施的改造提供借鉴。

#### 【参考文献】

- [1]马福恒,王国利,俞扬峰,等.我国大中型水闸安全监测现状与对策研究[J].工程建设与管理,2023(13):36-40.
- [2]中华人民共和国水利部.SL768-2018.水闸安全监测技术规范[S].北京:中国水利水电出版社,2018.
- [3]黄建,余歆睿.安全自动监测系统在裴家圩闸站工程的应用[J].水利水电自动化,2007,(01):18-21.

#### 作者简介:

朱斌(1988—),男,汉族,浙江安吉人,专科,中级工程师;研究方向:岩土工程安全监测。