

# 安全监测系统在海口闸工程中的应用分析

李 猛, 刘 智, 万 青, 徐晨轩

(江苏省灌溉总渠管理处, 江苏 淮安 223200)

**摘要:**针对淮河入海水道海口闸工程现状,增设安全监测设施,并将各子系统整合进安全监测自动化平台系统,对工程进行持续不断的监测,并对监测数据进行分析,提供预警信息,确保工程稳定运行。

**关键词:**海口闸; 安全监测; 系统功能; 预警

中图分类号:TV698.1

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2024)09-0043-0005

## Application analysis of safety monitoring system in Haikou Sluice Engineering

LI Meng, LIU Zhi, WAN Qing, XU Chenxuan

(General Irrigation Canal Management Office of Jiangsu Province, Huai'an 223001, China)

**Abstract:** In response to the current situation of the Huai River estuary sluice project, safety monitoring facilities will be added, and various subsystems will be integrated into the safety monitoring automation platform system to continuously monitor the project, analyze the monitoring data, provide warning information, and ensure the stable operation of the project.

**Key words:** Haikou Sluice; safety monitoring; system function; early warning

淮河入海水道工程于2003年6月建成,整个工程包括相应的河道工程以及4座大型拦河枢纽(二河、淮安、滨海、海口)和淮阜排涝控制等。工程采用南、北两泓布置,结合毗邻的灌溉总渠,建立了三片相对独立的排水系统,实现了“高低分排、清污分流”,有效解决了长期以来困扰工程沿线地区的排涝和水环境问题。随着经济社会的发展,水闸工程管理从规范化、制度化、信息化到精细化,管理水平不断迭代升级,对于水闸安全性态的分析也越来越受到管理人员的重视<sup>[1]</sup>。

淮河入海水道海口闸工程是入海水道的末级控制性枢纽工程,安全监测系统可实现对建筑物进行全天候、连续性、实时性监测<sup>[2]</sup>,并通过监测数据及时、准确分析、预测海口闸运行情况,为工程安全使用及淮河入海水道稳定运用提供了保障。

## 1 工程概况

淮河入海水道海口闸工程位于江苏省滨海县东北48 km,是入海水道的末级枢纽,具有挡潮、减

淤、泄洪、排涝、连接南北交通的功能,为II等2级水工建筑物,海口闸工程包括海口南闸和海口北闸。海口南闸共5孔,3孔一联底板和2孔一联底板各1块,海口北闸共11孔,3孔一联底板3块和2孔一联底板1块,南、北闸单孔净宽10 m,底板顺水流方向长度16.0 m,底板高程-3.0 m,边墩外设空箱扶壁式岸墙。闸门采用斜支臂弧形钢闸门,支铰中心高程4.0 m,胸墙底高程4.0 m(北闸北侧孔为通航孔,上下扉门结构)。闸身上游侧设交通桥,下游侧设工作便桥,闸室两侧岸墙为钢筋混凝土空箱扶壁式结构。

## 2 安全监测系统平台介绍

安全监测系统根据相关技术规范<sup>[3-4]</sup>,将GNSS沉降监测系统、扬压力自动监测系统、冲淤监测系统、扬压力自动监测系统、冲淤监测系统等6个子系统进行了整合,实现多传感器融合,实现各个传感器无缝接入,进度数据结算和存储、分析,最终通过数字化屏显界面进行显示。同时根据用户实际情况设定各个监测设备巡视采样周期,实

收稿日期:2024-05-10

作者简介:李猛(1990—),男,工程师,主要从事水利工程运行管理工作。E-mail:568981926@qq.com

现数据高度自动化处理。

安全监测系统还运用以测量平差为基础的网内自探测技术,解决了测量机器人在自动化监测应用中的精度、稳定性不满足要求的问题,通过融合中国北斗系统,实现三星多频系统高精密监测解算,从而达到垂直、水平位移监测毫米级精度要求。同时根据现场终端设备采集的数据,进行相关分析处理,对比设定的设备阈值上限,自动生成相应的预警信息,并通过网络将数据发送至预警信息发布平台。可实时监测自动化监测数据,发现异常及时通知,保障工程安全稳定运行。

安全监测系统还集成了工程观测处理软件,按照相关规程<sup>[3]</sup>要求,对自动监测数据进行处理,通过对时间节点的选取,可以形成规范的成果表、过程线等资料;同时,通过系统平台集成软件,还可以通过人工数据输入方式,对河床断面、垂直位移等自动化监测未涉及的内容进行数据处理分析,形成整编资料。

### 3 海口闸监测系统布置、系统功能及成果分析

#### 3.1 监测系统布置

淮河入海水道海口闸工程安全监测设施建设内容为沉降监测、伸缩缝监测、扬压力监测、安全监测系统平台等。安全监测设施布设情况:

##### 3.1.1 沉降监测设施

闸室每个闸墩上、下游端部各设1个沉降观测点,岸墙4个角点各设1个沉降观测点,翼墙两端各设1个沉降观测点,海口南闸共布置58个沉降观测点(图1),海口北闸共布置74个沉降观测点(图2),并配备GNSS主机(基站)1台、GNSS主机(测站)3台、全站仪等自动监测设备。

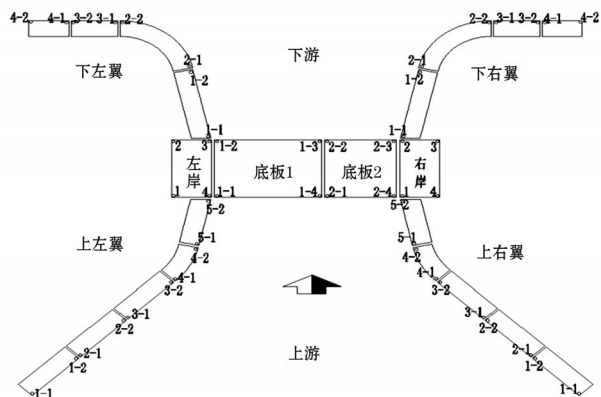


图1 海口南闸沉降观测点布置

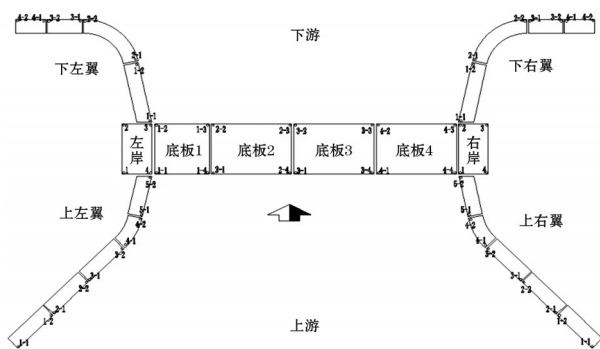


图2 海口北闸沉降观测点布置

##### 3.1.2 伸缩缝监测设施

在岸墙、闸室分缝处安装振弦式测缝计共计8套,用于监测伸缩缝垂直水流方向变形和顺水流方向变形。其中海口南闸安装3套振弦式测缝计(图3),海口北闸安装5套振弦式测缝计(图4)。

##### 3.1.3 扬压力监测设施

在岸翼墙、底板处安装振弦式渗压计21只,用于监测岸翼墙、底板下扬压力。其中海口南闸安装9只,安装于上游第一节翼墙、岸墙、下游第一节翼墙3只1组,闸室第1块底板闸墩位置3只1组(图5);海口北闸安装12只,安装于上游第一节翼墙、岸墙、下游第一节翼墙3只1组,闸室第2块、第4块底板闸墩位置3只1组(图6)。

#### 3.2 系统功能及预警

##### 3.2.1 GNSS沉降监测设施

功能介绍:分别对水平位移、垂直位移的累计位移量和间隔位移量进行实时展示和按月周日趋

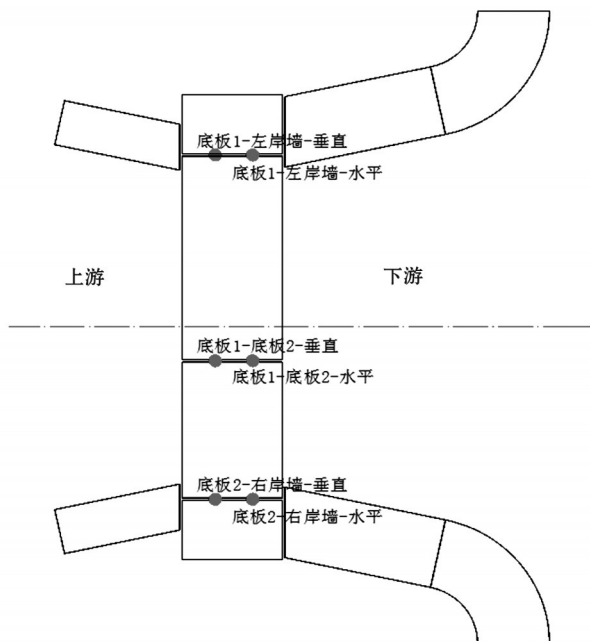


图3 海口南闸测缝计布置

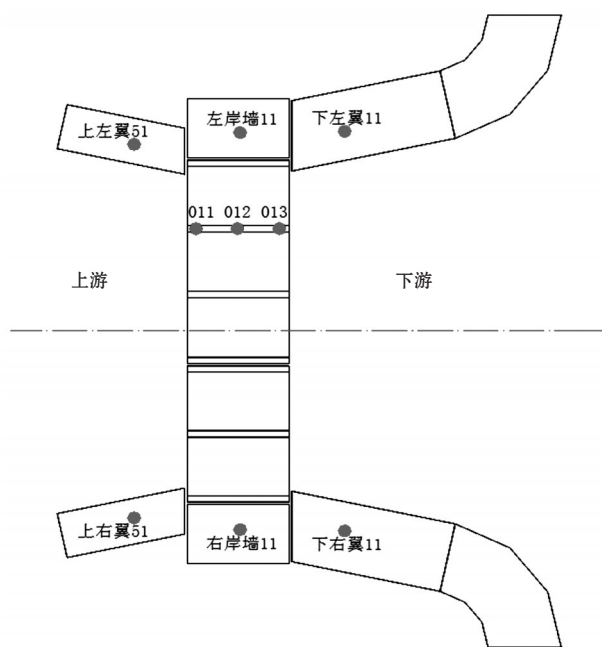


图4 海口北闸测缝计布置

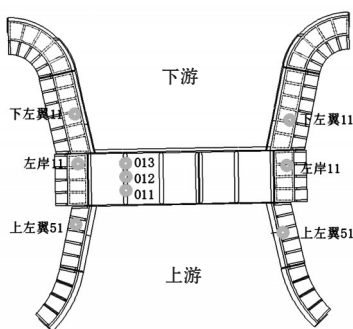


图5 海口南闸测缝计布置

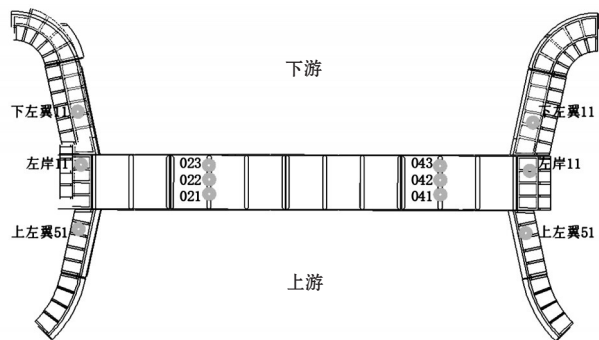


图6 海口北闸测缝计布置

势展示;垂直位移相邻点变化分析展示;对水平位移全年统计展示;对表面变形预警信息进行实时刷新;能够通过平面图展示各监测点位置;能够导出历史/成果数据。

预警条件:当日间隔位移变化量大于 $\pm 5$  mm;3个月内垂直位移沉降量大于 $\pm 0.02$  mm/d;累计位移量大于 $\pm 2$  cm。

### 3.2.2 伸缩缝监测设施

功能介绍:对伸缩缝垂直和水平放线数据进行实时展示,并可进行按月周实时统计展示;伸缩缝分南北闸可以通过平面图直观展示;能够导出历史/成果表格。

预警条件:每天变化量大于 $\pm 2$  mm。

### 3.2.3 扬压力监测设施

功能介绍:对底板扬压力水位数据进行实时展示,并可进行按年月周日实时统计展示;对底板扬压力温度数据进行实时展示,并可进行按年月周统计展示;对压力温度数据进行滚动刷新;报警情况实时刷新,并可以对误报历史数据进行删除操作;扬压力水位数据分南北闸对比一览,并可以通过平面图直观展示;能够导出历史/成果表格。

预警条件:每天持续6 h,测压管管中高于上游水位,低于下游水位。

## 3.3 监测成果分析

安全监测系统启用以来,系统平台通过实时记录数据,自动生成的部分数据分析见表1~2。

根据沉降监测成果表可以看出,海口闸建筑物间隔位移量不大,小于间隔位移变化量5 mm。闸室底板的平均沉降速率为0.002~0.01 mm/d,小于预警值0.02 mm/d,系统启用以来底板上的累计沉降量最大为5 mm,在海口北闸底板3~2处,小于预警值2 cm,通过系统自动判定,工程沉降变化无异常。

根据伸缩缝变化过程线(图7~8)可以看出,海口闸工程各伸缩缝监测点位缝宽变化是随着温度变化的,温度升高,缝宽减小,反之,缝宽变大,且每天伸缩缝变化量小于预警值 $\pm 2$  mm,系统判定,海口闸伸缩缝变化无异常。

根据系统生成的测压管水位过程线(图9~10)可以看出,海口闸工程测压管水位下游水位随着潮位变化而变化的,能够准确反映出底板扬压力与上、下游水位符合基底渗透规律,未产生持续6h,测压管管中高于上游水位,低于下游水位的情况,表明基底渗透路径完好、无短路,系统判定,扬压力变化无异常。

## 3 结 语

通过对海口闸自动化安全监测平台的使用,能够及时、准确掌握工程的运行情况及安全状态,实现了水闸安全监测信息应用从人工观测到自动化及智能化监测的转变,保障了工程安全稳定运行,提升了水闸工程现代化管理水平,为今后工程数字

表1 海口南闸沉降监测成果

标点编号	高程 / m			间隔位移量 / mm		累计沉降量/mm	平均沉降速率/(mm/d)
	2023年10月	2023年11月	2023年12月	10—11月	11—12月	2023年全年	2023年全年
底板1-1	5.969	5.969	5.968	0	1	1	0.003
底板1-2	6.445	6.445	6.444	0	1	1	0.003
底板1-3	6.629	6.629	6.628	0	1	-1	-0.003
底板1-4	6.151	6.152	6.152	-1	0	-2	-0.005
底板2-1	6.155	6.156	6.156	-1	0	-2	-0.005
底板2-2	6.637	6.637	6.636	0	1	-1	-0.003
底板2-3	6.446	6.446	6.445	0	1	1	0.003
底板2-4	5.990	5.990	5.989	0	1	1	0.003

表2 海口北闸沉降监测成果

标点编号	高程 / m			间隔位移量 / mm		累计沉降量/mm	平均沉降速率/(mm/d)
	2023年10月	2023年11月	2023年12月	10—11月	11—12月	2023年全年	2023年全年
底板1-1	6.0089	6.0078	6.0093	1.1	-1.5	1.8	0.005
底板1-2	6.3841	6.3832	6.3842	0.9	-1.0	3.4	0.009
底板1-3	6.6154	6.6147	6.6173	0.7	-2.6	0.2	0.001
底板1-4	6.1717	6.1708	6.1738	0.9	-3.0	-2.1	-0.006
底板2-1	6.1738	6.1729	6.1757	0.9	-2.8	-2.1	-0.006
底板2-2	6.6140	6.6135	6.6162	0.5	-2.7	-0.3	-0.001
底板2-3	6.6155	6.6144	6.6182	1.1	-3.8	-3.6	-0.010
底板2-4	6.2079	6.2067	6.2102	1.2	-3.5	-4.4	-0.012
底板3-1	6.2054	6.2044	6.2077	1.0	-3.3	-4.3	-0.012
底板3-2	6.6244	6.6232	6.6272	1.2	-4.0	-3.6	-0.010
底板3-3	6.6256	6.6246	6.6286	1.0	-4.0	-4.4	-0.012
底板3-4	6.1896	6.1886	6.1923	1.0	-3.7	-5.0	-0.014
底板4-1	6.1895	6.1887	6.1922	0.8	-3.5	-5.0	-0.014
底板4-2	6.6204	6.6196	6.6236	0.8	-4.0	-4.5	-0.012
底板4-3	6.4126	6.4118	6.4134	0.8	-1.6	-0.8	-0.002
底板4-4	5.9717	5.9709	5.9725	0.8	-1.6	-1.3	-0.003

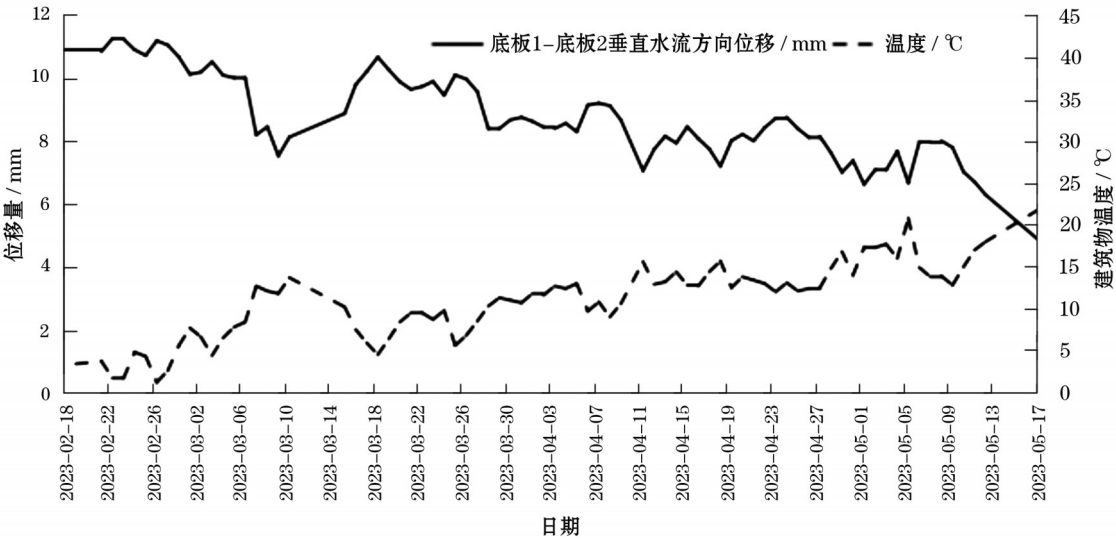


图7 海口南闸底板1-底板2伸缩缝变化过程线



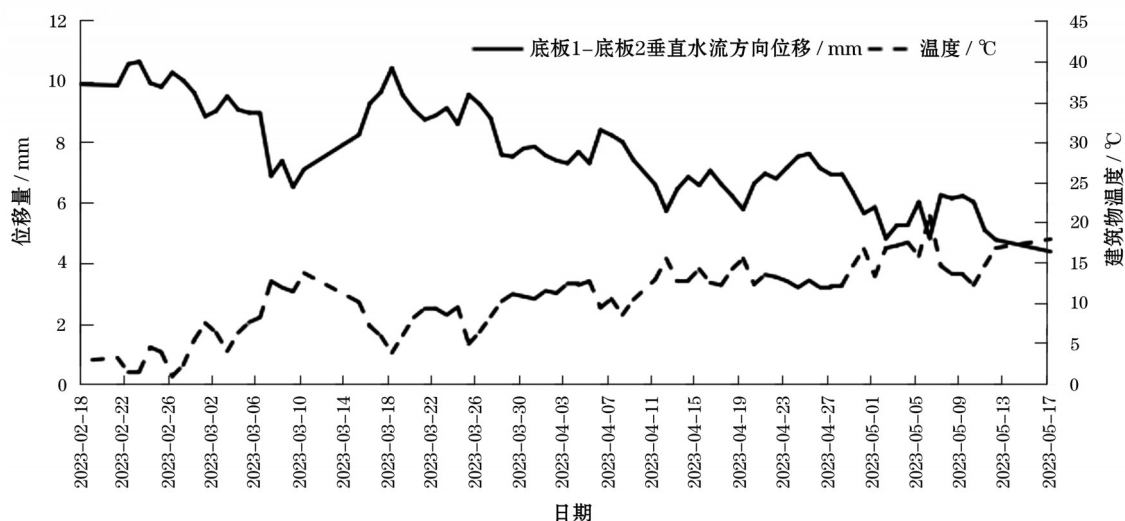


图8 海口北闸底板1-底板2伸缩缝变化过程线

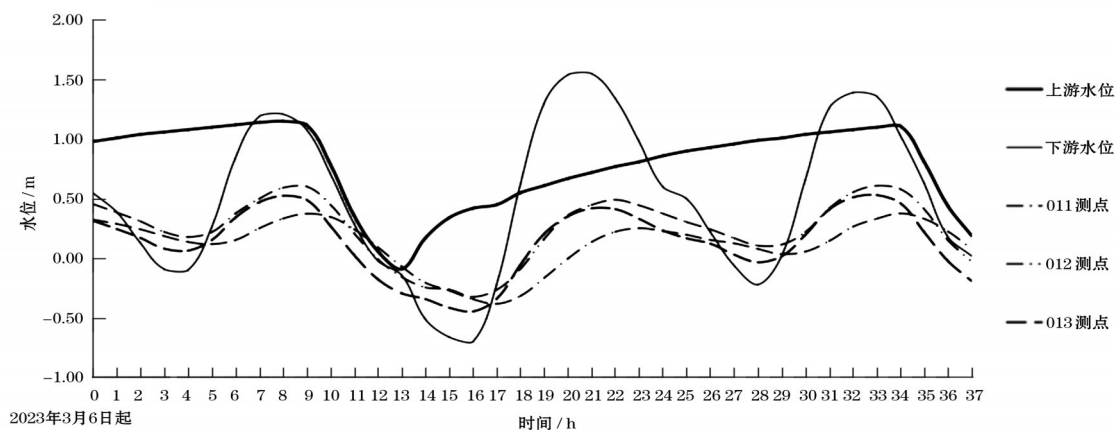


图9 海口南闸底板(测点011、012、013)水位过程线

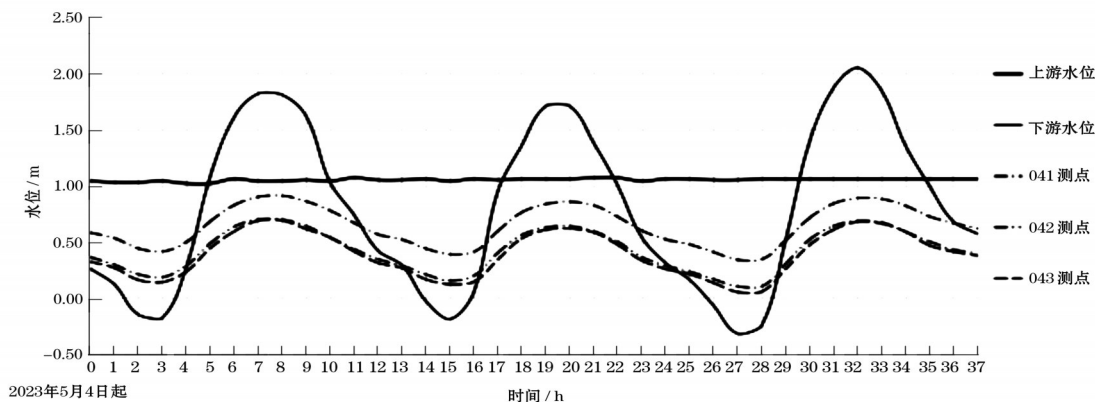


图10 海口北闸底板(测点041、042、043)水位过程线

化、智能化管理打下基础;同时,为淮河入海水道二期工程水利枢纽智能化系统建设提供了参考。

#### 参考文献:

- [1] 梁豪杰,夏晶,唐颖,等.高良涧闸安全监测现状分析与对策研究[J].江苏水利,2023(12):60-63.
- [2] GNSS技术在开敞式离岸码头自动化变形监测中的应用[J].中国水运,2023(9):29-30,111.
- [3] 江苏省水利厅.水利工程观测规程:DB32/T 1713—2011[S].南京:江苏省质量技术监督局,2011.
- [4] 中华人民共和国水利部.水闸安全监测技术规范:SL768—2018[S].北京:中国水利水电出版社,2018.