

# 水闸工程观测典型年数据处理与成果分析

梁豪杰, 李 猛, 刘 涛

(江苏省灌溉总渠管理处, 江苏 淮安 223200)

**摘要:** 工程观测是水闸工程管理的重要内容之一, 尤其对于建成时间早、运用频次高的水闸, 工程安全监测尤为重要。本文对阜宁腰闸典型年(工程完工 5 年后的每 5 年)工程观测的数据成果进行处理, 分析其变化规律及趋势, 并根据分析对工程的运行状态进行评价, 为工程后期控制运用和维修加固提出初步意见。

**关键词:** 水闸; 工程观测; 数据处理; 典型年

**中图分类号:** [TV123]      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1007-7839 (2017) 07-0052-05

## Typical year data processing and results analysis of sluice engineering observation

LIANG Haojie, LI Meng, LIU Tao

(Main Irrigation Channel Management Division of Jiangsu Province, Huaian 223200, Jiangsu)

**Abstract:** Engineering observation is one of the important contents of sluice project management, it is particularly important for those early built frequently used sluice gates. This paper processes the engineering observed data from typical year (every 5th year after the project is completed for 5 years) of Funing Waist Gate. The regularity and trend of data is analyzed and the running state of the project is accordingly evaluated. Preliminary opinions for the late use of the project control and maintenance are also proposed.

**Key words:** sluice gates; engineering observation; data processing; typical year

## 1 概述

工程观测数据的整编分析是评价水闸工程能否安全运用、发挥设计效益的重要依据<sup>[1]</sup>, 尤其对于建设在软土地基上, 建成时间早、运用频次高的水闸, 其工程观测典型年或称大年的数据成果和分析预测, 对了解工程水工建筑物及其它设施的稳定及安全具有十分重要的意义。

阜宁腰闸位于阜宁县境内陈集镇闸东村与芦蒲镇范荡村交界的苏北灌溉总渠上, 是总渠上继洪泽高良涧闸、淮安运东闸之后的第三级水节制闸, 2 级建筑物, 设计抗震烈度为 6 度。该闸始

建于 1956 年 12 月, 建成于 1957 年 5 月。闸身分 7 块底板, 底板长 18.0 m, 3 孔一联, 共 21 孔, 每孔净宽 3.0 m, 设计流量为  $800 \text{ m}^3/\text{s}$ 。因原闸址处为粉质粘土地基, 土质较松软, 建闸时换用沙土地基, 闸身为轻型框架矩形箱式涵洞结构, 两侧各设 3 节空箱岸墙。2004 年 2 月至 2005 年 9 月, 在淮河流域 2003 年灾后重建应急工程中对该工程实施除险加固。

## 2 观测主要内容及方法

### 2.1 垂直位移观测

收稿日期: 2017-04-10

作者简介: 梁豪杰 (1987-), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为水利工程管理与结构优化。

垂直位移观测设施主要包括工作基点和垂直位移标点<sup>[2-3]</sup>, 阜宁腰闸(以下称腰闸)工程单独设置工作基点, 数量为 3 个, 首先对起算工作基点(腰 NBM)进行连测考证, 根据观测成果判断起算基点的可靠性。考证前, 采用 AXXB(AB 是标尺位置, X 是仪器位置)法, 对所用仪器 i 角进行误差校验, 校验结果为  $-4.5''$ , 满足水准测量仪器 i 角要求。其次根据垂直位移标点布置和工程现场情况安排观测线路, 腰闸垂直位移观测采用二等往返几何水准测量法, 风向东南、风力 1~2 级, 平均气温约 17℃, 闸门全关, 利用莱卡 DNA03 型电子水准仪按既定的观测线路进行测量, 最终将水准观测数据导出, 经计算线路闭合差  $\Delta h=-0.2\text{ m}$ , 允许闭合差  $\Delta f=1.4\sqrt{N}=1.4\sqrt{26}=7.14\text{ mm}$ ( $N$  为测站数),  $|\Delta h|<\Delta f$  测量精度符合要求, 进行数据处理结果的近 5 年垂直位移成果统计分析。

2.2 河道断面观测

河道观测包括河道地形和固定断面观测, 固定断面观测包括过水断面和大断面观测, 大断面是指过水断面及向两侧延伸至堤防背水侧堤脚外一定范围的断面, 每 5 年观测一次。腰闸上下游引河共设 17 个测量断面, 分别从闸孔中心线(0+000)向上下游(0+400)范围布设, 上游 8 个, 下游 9 个, 断面布置情况见图 1。施测时天气多云, 风向西北, 风力 1~2 级, 闸门全关, 上游水位为 5.93 m, 下游水位为 2.33 m。首先采用几何水准测量法, 利用莱卡 DNA03 型电子水准仪对河道两岸断面桩

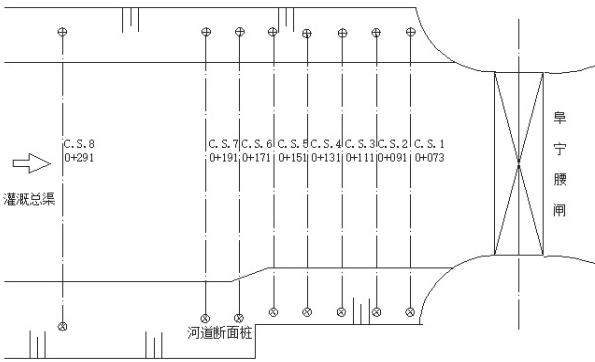


图 1 腰闸上游河道断面布置示意图

桩顶高程进行考证, 并沿堤防向背水侧堤脚进行陆上断面测量; 其次采用过河索法观测, 测深锤测量水深, 观测精确至 0.01 m, 对河道过水断面和 水下地形进行测量; 最后对观测数据进行整理处理, 绘制河道断面比较图和河道水下地形图。

2.3 测压管观测

测压管是水闸观测的重要设施, 通过对其水位的经常性观测, 可对水闸闸底板扬压力的分布情况有所掌握, 进而可以验证水闸安全运用的可靠性<sup>[4-5]</sup>。测压管灵敏度试验每 5 年进行一次, 测压管水位等于测压管管口高程减管口至测压管水面的距离, 水位值应独立观测两次, 最小读数至 0.01 m, 两次读数差不得大于 0.02 m, 取其平均值。腰闸现保留测压管 4 根, 管号为左 11、右 11、061、062。每月观测 2 次, 上下半月各 1 次, 采用测钎法人工进行观测。典型年观测时, 天气晴, 风向南, 风力 1~2 级, 平均气温约 24℃, 闸门全关闭, 上下游水位分别为 5.49 m、1.79 m。首先, 采用电子水准仪, 按四等水准, BFFB 测法, 对测压管口高程进行考证, 测时测量闭合差为 0.4 mm, 允许闭合差为 8.85 mm, 测量精度符合要求; 其次, 采用注水法进行测压管灵敏度试验, 经检验测压管灵敏度较合格; 最后, 对全年测压管水位观测值进行统计处理。

3 结果与分析

3.1 垂直位移结果分析

腰闸垂直位移工作基点高程考证结果见表 1, 开始计算各垂直位移观测标点的高程, 并计算其相邻两次间隔位移量和累计位移量(单位: mm, 下同), 最后据此绘制上下游观测标点的垂直位移横断面分布图, 如图 2、图 3。根据近五年观测数据绘制闸底板垂直位移过程线, 在此取 7 块底板中的两块为代表, 底板 1 和 6, 如图 4、图 5 所示。

闸室底板垂直位移观测标点位移量区间为 [1, 4], 位移量较为均匀, 闸室底板稳定。两侧空箱岸墙标点(除标点左 1-1、左 1-2 外)位移量区间为 [1,

表 1 阜宁腰闸垂直位移工作基点高程考证表

标点编号	原始观测		上次观测		本次观测	
	观测日期	高程 (m)	观测日期	高程 (m)	观测日期	高程 (m)
腰 NBM	2011.10.12	8.3473	2014.11.17	8.3324	2015.10.20	8.3286

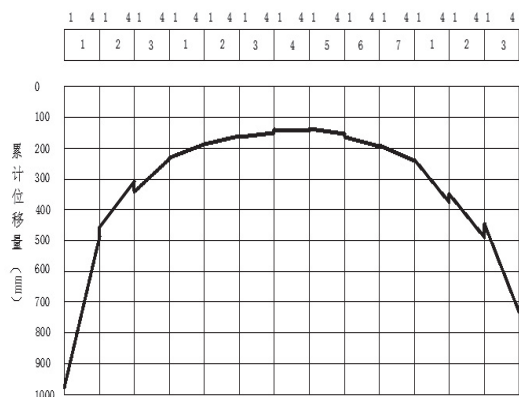


图2 腰闸上游垂直位移量横断面分布图

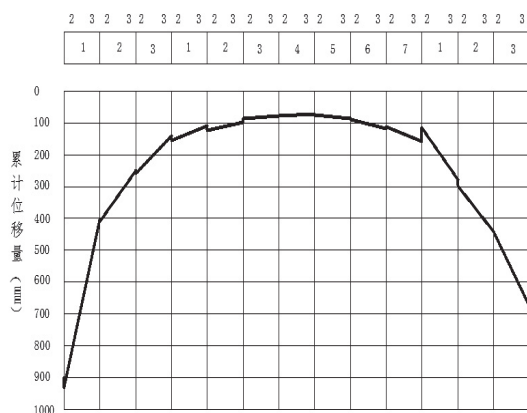


图3 腰闸下游垂直位移量横断面分布图

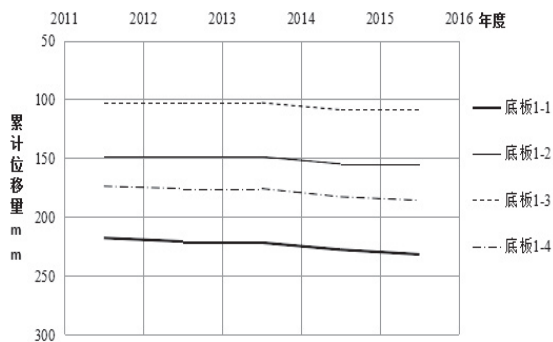


图4 1号底板垂直位移过程线

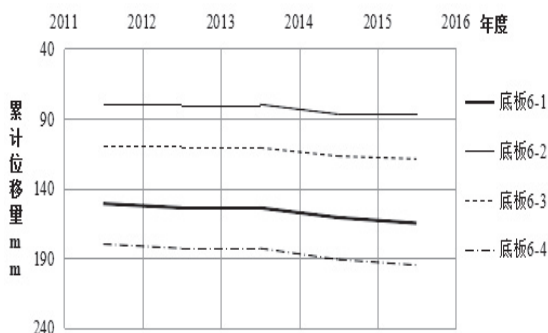


图5 6号底板垂直位移过程

及左 1-2 沉降量分别为 7 mm 和 6 mm, 前 4 年每年沉降量均在 10 mm 以上, 此次沉降量有所减小, 但值仍较大, 分析原因为两标点所在空箱部位上方有入海水道堆堤土荷载, 导致沉降较大。

由图 2、图 3 可知, 两侧底板较中间底板沉降量较大, 最大相差 167 mm, 每块底板沉降不均匀, 但相邻底板相邻标点的沉降值相差不大, 沉降分布整体大致成对称反拱; 岸墙呈越远离底板沉降量越大的状态, 且两边沉降量不一致, 且靠近入海水道侧沉降量很大, 最大沉降量为 979 mm。由图 4、图 5 可知, 近 5 年闸室底板仍在不断沉降, 沉降速率较为缓慢, 闸室同一块底板上游侧较下游侧沉降量较大, 最大相差 82 mm, 平均相差约 70 mm, 分析原因是闸室底板下为粉质粘土地基, 虽经换沙处理, 但沉降仍在持续, 下游侧存在沙土流失的可能性, 两侧岸墙侧由于堆土荷载作用, 沉降位移量较底板处大。

### 3.2 河道断面结果分析

根据河道断面观测数据, 计算河道断面冲淤量, 见表 2, 与上次观测(2014 年 12 月 9 日)成果相比, 上游河道各断面间均有淤积, 间隔淤积量平均增加 170 m<sup>3</sup>, 断面间累计淤积量最大为 6750 m<sup>3</sup>, 平均每断面间增加 2234 m<sup>3</sup>, 总累计淤积量为 15635 m<sup>3</sup>。绘制河道断面比较图, 在此取一个典型大断面进行分析, 如图 6。C.S.1 上至 C.S.3 上断面均有淤积, 距河道中心线 30 m 范围内淤积深度约为 15 cm, C.S.4 上和 C.S.5 上断面在河道右侧略有淤积, C.S.6 上、C.S.7 上和 C.S.8 上断面与上次测量淤积情况基本一致, 下游河道 C.S.2 下断面右侧有淤积, 淤积深度约 10 cm, 其余断面基本与上次测量淤积情况一致。从总体上看, 河道迎水坡无较大冲刷, 背水坡坡线符合原设计稳定情况, 水闸上游河道淤积较重, 下游河道存在冲刷, 冲刷量区间为 [200, 1530] m<sup>3</sup>, 全年工程运行较少, 且无较大泄洪流量, 全年最大流量仅为 216 m<sup>3</sup>/s, 是导致河道淤积加重的主要原因。

### 3.3 测压管观测结果分析

腰闸测压管管口高程考证结果见表 3, 根据测压管水位统计数据, 绘制各测压管水位过程线, 在此取测压管左 11、061 和 062 进行分析, 如图 7、图 8 所示, 从水位过程线可以看出, 左 11、右 11 两测压管能很好地反映水位变化趋势, 且相关性很好, 几乎无滞后时间; 底板 061、062 测压管水

7], 位移量相对均匀, 变化较往年正常。标点左 1-1

表 2 腰闸上游河道断面冲淤量比较表

断面编号	里程桩号	断面间距 (m)	河床容积 (m <sup>3</sup> )			间隔冲淤量 (m <sup>3</sup> )	累计冲淤量 (m <sup>3</sup> )
			标准断面	上次观测	本次观测		
C.S.1 上	0+073	18	7155	6003	5760	-243	-1395
C.S.2 上	0+091	20	8430	6720	6510	-210	-1920
C.S.3 上	0+111	20	8430	6770	6560	-210	-1870
C.S.4 上	0+131	20	7900	6730	6500	-230	-1400
C.S.5 上	0+151	20	7600	6720	6620	-100	-980
C.S.6 上	0+171	20	8130	6860	6810	-50	-1320
C.S.7 上	0+191	100	40900	34300	34150	-150	-6750

注：冲淤量以正为冲，以负为淤。

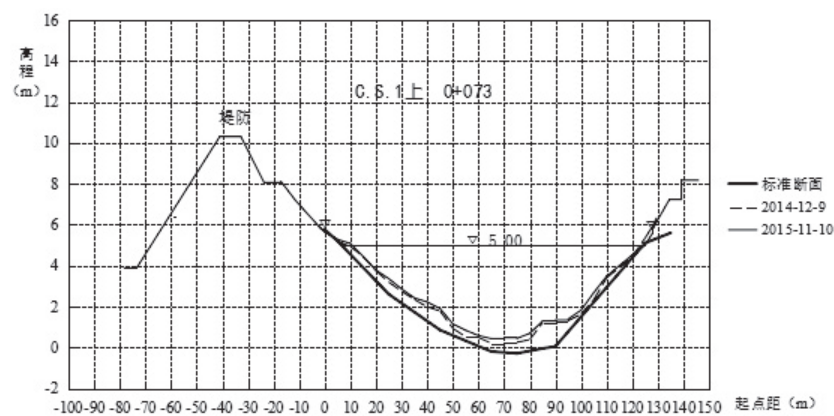


图 6 腰闸上游 C.S.1 上河道断面比较图

表 3 阜宁腰闸测压管考证表

编号	埋设日期			埋设位置	基础情况	观测日期			管口高程 (m)
	年	月	日			年	月	日	
左 11	1957	02	15	上左导流墙	中粉质壤土	2015	4	22	8.88
右 11	1957	02	15	上右导流墙	中粉质壤土	2015	4	22	9.02
061	1957	02	15	6# 底板上游	细 砂	2015	4	22	8.78
062	1957	02	15	6# 底板下游	细 砂	2015	4	22	8.87

位基本与下游水位变化趋势一致,从往年管内淤积高程来看,两管底高程低于始测高程(约 40 cm),且在日常水工建筑物检查时,发现闸体部分缝墩止水处存在漏水现象,推断底板 061、062 两根测压

管处可能存在不稳定渗流或已失效。

4 对策与建议



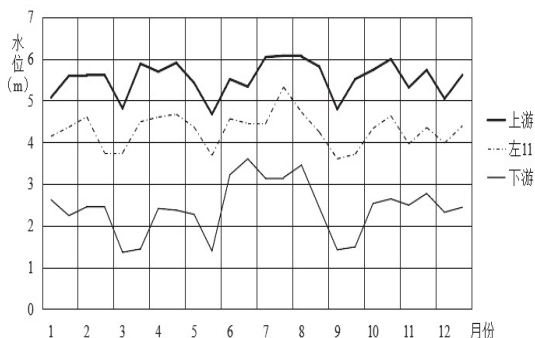


图7 测压管左11水位过程线

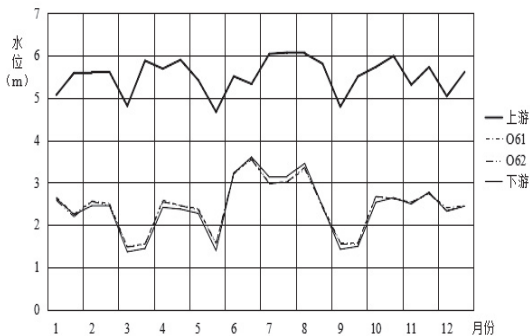


图8 底板测压管061、062水位过程线

对阜宁腰闸工程观测典型年数据进行整理与分析,推断工程存在一些安全隐患,需采取一定措施排除安全隐患,确保工程安全稳定运行。

(1) 闸室底板位移仍存在继续下降趋势,且靠近入海水道侧岸墙沉降很大,需对水闸加强垂直位移观测,由每年汛后观测1次改为每季度观测1次,深入分析沉降原因,必要时立项进行专项研究,确保闸体安全稳定。

(2) 底板处测压管可能已经失效,需对测压管进行恢复,加强渗流分析,验算闸体扬压力和抗渗稳定性,水闸上游河道淤积较重,需结合开闸泄水,采取必要的措施进行冲淤、清淤。

(3) 水闸运行已近60年,且2004年除险加固时并未对水下结构进行改造处理,需结合工程实际对水闸进行系统的安全鉴定,进行综合安全评价。

## 5 结语

通过对阜宁腰闸工程典型年的观测数据进行处理分析,基本掌握了工程水工建筑物及其它设施的稳定及安全状态:垂直位移分析预测闸基仍存在继续沉降趋势,两侧岸墙沉降超过设计值,上游河道淤积较重,底板处测压管存在失效可能。以上观测数据分析为今后水闸日常检查、水下检查,安全鉴定等提供了必要的支撑,对采取措施排除水闸安全隐患具有重要的现实意义。

## 参考文献:

- [1] 王晓晶,张桂芸,张松涛,修永富.基于SVM的中国北方水闸工程垂直位移观测的数据分析与预测[J].计算机工程与科学,2008(10).
- [2] DB32/T 1713-2011 水利工程观测规程[S].江苏:江苏省质量技术监督局,2011.
- [3] 张元刚,刘曾敏.浅谈水闸观测基点保护考证与测压管口高程考证的方法[J].水利建设与管理,2007(1):44-45.
- [4] 吴明祥.水闸测压管装置在设计、施工和管理工作中应注意的一些问题和建议[J].现代经济信息,2016(33):325-326.
- [5] 张宇.龙凤山水库大坝测压管安全监测系统设计的探讨[J].黑龙江水利,2014(04):116-117.

(责任编辑:徐丽娜)