

三河闸水平位移监测系统研究与应用

陆美凝, 郭 军, 陈培然, 张 状, 顾益洋

(江苏省洪泽湖水利工程项目管理处, 江苏 淮安 223100)

摘要:采用“引张线+倒垂线”法进行三河闸水平位移监测,每块底板设置2个测点,共设置42套引张线仪,安装在启闭机房墙面。配套自动化监测系统,具有数据采集、管理、通讯、浏览等功能,亦具备人工比测条件,自动监测和人工比测精度相当,均达到有关标准要求。系统应用以来稳定可靠,为工程安全监测提供了技术支持。

关键词:水平位移;水闸;引张线;倒垂线

中图分类号:TV66

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2023)07-0046-0005

Research and application of horizontal displacement monitoring system of Sanhe Sluice

LU Meining, GUO Jun, CHEN Peiran, ZHANG Zhuang, GU Yiyang

(Hongze Lake Hydraulic Project Management Division of Jiangsu Province, Huai'an 223100, China)

Abstract: The method of “tension line plus inverted vertical line” is used to monitor the horizontal displacement of Sanhe Sluice. Each base plate is provided with 2 measuring points, and 42 sets of tension drawing line meters are installed on the wall of the hoist room. Equipped with automatic monitoring system, it has the functions of data collection, management, communication, browsing, etc., and also has the conditions for manual comparison measurement. The accuracy of automatic monitoring and manual comparison measurement is equivalent, and both meet the requirements of relevant standards. The system has been stable and reliable since its application, providing technical support for engineering safety monitoring.

Key words: horizontal displacement; sluice; tension drawing line; inverted perpendicular line

1 工程概况

三河闸位于江苏省淮安市洪泽区与盱眙县交界处,洪泽湖的东南角,是淮河下游入江水道的控制口门,为大(1)型水闸,是控制洪泽湖下泄流量并确保入江水道及里下河地区防洪安全的重要水工建筑物。闸身为钢筋混凝土结构,共63孔,每孔净

宽10 m,总宽697.75 m,底板高程7.5 m(废黄河高程系),宽18 m,共21块底板,胸墙底高程13.7 m,闸孔高6.2 m。设钢结构弧形门,配卷扬式启闭机,左右岸墙为空箱结构。

2 水平位移监测的必要性

水工建筑物在重力、水压力、土压力等荷载综

收稿日期:2022-11-22

作者简介:陆美凝(1986—),女,高级工程师,硕士,主要从事水利工程管理工作。E-mail:83025677@qq.com

合作用下,会产生一定的位移和变形,稳定可靠的安全监测对工程的安全健康诊断和运行管理尤为重要,也是了解工程安全性态的主要依据。《水闸安全监测技术规范》(SL768—2018)规定大(1)型水闸变形监测项目应包括垂直位移、水平位移、倾斜、裂缝和结构缝等^[1]。三河闸作为大(1)型水闸,是下游地区防洪安全的重要屏障,开展水平位移监测十分必要。

3 总体构思

3.1 基本要求

拟定三河闸水平位移监测设施建设基本要求如下:

(1)监测项目、测点布置、设备选型及系统功能应满足国家或行业技术标准的要求。

(2)所有监测项目实施自动监测,同时具备人工比测条件,两者监测精度相当。

(3)自动化监测系统除具有常规的数据采集、存储、计算等功能外,还应具有资料分析、整编、报警等功能。

(4)紧密结合工程实际特点,环境友好,便于观测维护,安全稳定。

3.2 技术方案比选

目前,常用的水平位移监测方法有GNSS、经纬仪、全站仪交会法、视准线法、引张线法、倒垂线法、正垂线法等。GNSS具有方便简捷、定位速度快等优点,但精度较低;使用经纬仪、全站仪进行交会法测量,测量精度不高,受外界条件和人为因素干扰较大^[2];视准线法精度较好,但水闸过长时无法瞄准读数且难以实现自动化;正垂线法在本工程不具备安装条件;倒垂线法精度满足要求,但用于闸身对闸底板有损伤,投资也高。

引张线法,是在建筑物的左右两侧外各设立1个监测基点,在监测基点之间张拉1根引张线,将引张线作为基准线,监测建筑物水平位移的方法^[3-4]。该方法精度满足要求,便于实施,自动监测技术成熟,可用于三河闸闸身相对水平位移监测。考虑到监测基点相对于大地也会发生水平位移,为了对监测基点进行校测,对2个监测基点采用倒垂线法进行位移监测。三河闸水平位移监测系统包含两部分,一是采用引张线法监测闸身相对于监测基点的位移,二是采用倒垂线法监测2个基点相对于大地的水平位移,两者叠加即为闸身的绝对水平位移,该方法简称为“引张线+倒垂线”法。

4 引张线方案

4.1 安装位置与测点布置

引张线装置(包括引张线仪、专用浮船、引张线、套管、重锤等)由精密仪器设备组成,宜安装在室内,并应方便检查、观测、维护。经反复比选,将引张线装置布置在启闭机房内上游墙面距离底面1.3 m处,环境洁净,方便管理,干扰较少,有利于维护设备运行稳定,保证监测精度。

三河闸共有21块底板,每块底板设置2个测点,共设置42套引张线仪。引张线一头固定在右岸桥头堡上,作为右侧监测基点,另一头连在左岸桥头堡,配重锤张紧,作为左侧监测基点。

4.2 引张线仪

现阶段所用引张线仪有电容式、电感式、电磁式、步进式、CCD式5种。三河闸工程选用RY-40S电容式引张线仪,采用电容感应式原理,在引张线上安装遥测RY型电容式引张线仪的中间极,在测点仪器底板上装有2块极板。中间极和极板是感应部件,当测点变位时,极板与中间极之间发生相对位移,从而引起两极板与中间极间电容比值变化,测量电容比即可测定测点相对于引张线的位移。RY-40S电容式引张线仪结构简单,测值准确,输出为485标准信号,能避免信号传输中的衰减及干扰影响,其原理示意图如图1所示。

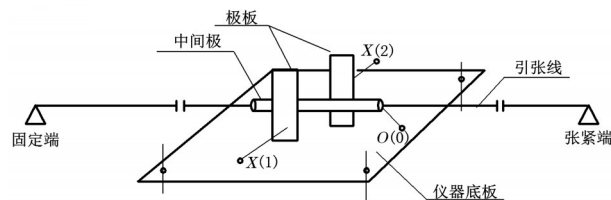


图1 RY-40S电容式传感器工作原理

4.3 引张线准直系统

引张线准直系统有无浮托式引张线(用于短距离单向或双向引张线)和浮托式引张线2种,三河闸较长,选用浮托式引张线准直系统。引张线准直装置由固定端点、测点、引张线、保护部分、张紧端点等5个部分组成,其系统构成如图2所示。

4.3.1 固定端点部分

三河闸闸身两侧设有空箱岸墙,岸墙之上建有桥头堡,闸身与岸墙间设有结构缝,适宜在桥头堡设置监测基点。选择在右侧桥头堡混凝土立柱上适当位置植筋,安装引张线夹线装置,最后加装不

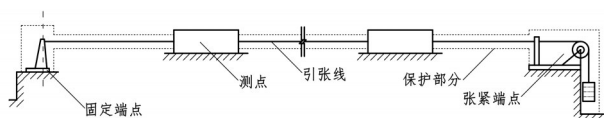


图2 引张线准直系统

锈钢保护罩。

4.3.2 测点部分

测点部分由浮托装置、不锈钢标尺、RY-S型电容式单向引张线仪(智能型)、保护箱等部分组成,如图3所示。测点箱安装在启闭机房内上游面墙壁上,箱体由不锈钢制作,整体喷塑,箱盖配钢化玻璃,以方便箱体观察。箱体与保护管采用特制有机玻璃法兰连接,采用特制不锈钢支架固定安装。

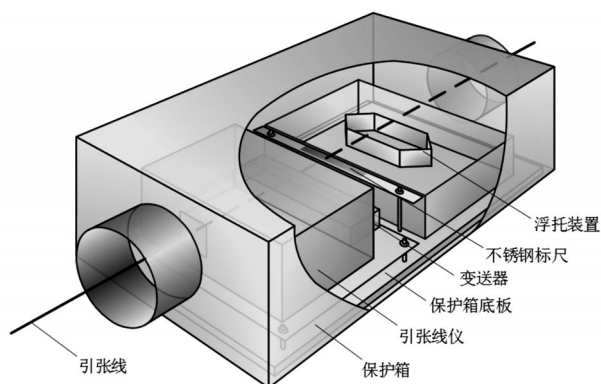


图3 引张线测点示意

4.3.3 线体

引张线装置的线体一般采用直径0.8~1.2 mm的不锈高强钢丝,要求线径均匀,有较大的抗拉强度。在安全可靠的前提下,线径宜尽可能地选细一些,线径越粗,线体本身有较大的偏心差,且有较大的振幅,影响线体的定位精度。三河闸引张线长超过700 m,为降低垂度,选择直径1.0 mm高强度碳纤维丝。

4.3.4 保护管

保护管的直径是依据引张线材质垂度、测点的位移变化量及施工时测点的高程误差而定。综合考虑规范要求、实用性与美观性,三河闸保护管选用直径100 mm、壁厚5 mm的浇筑透明亚克力管,每段管长2 m,管与管之间采用直径110 mm、壁厚5 mm的灰色亚克力管外接,支架需专门设计定制。

4.3.5 张紧端点

引张线张紧端点部分由支架、夹线装置、滑轮和重锤及调线装置组成。

(1)支架和夹线装置。在左侧桥头堡混凝土立

柱上适当位置植筋,安装支架,固定夹线装置,作为左侧监测基点。安装引张线夹线装置,最后加装不锈钢保护罩。

(2)滑轮和重锤。其作用是张紧引张线,为防锈防腐,选用不锈钢滑轮,铸铁重锤,表面喷塑。重锤一般应视选用钢丝的直径、许用应力、长度及测点之间的距离而定,三河闸挂重60 kg。

(3)调线装置。调线装置用于调整引张线长度,也解决了直接挂重的问题。

5 倒垂线方案

为监测闸身水平位移绝对变化量,在三河闸两侧桥头堡适当位置各安装1套倒垂装置。倒垂装置主要由锚头、浮筒、垂线坐标仪、垂线瞄准仪等组成,倒垂装置示意图见图4。

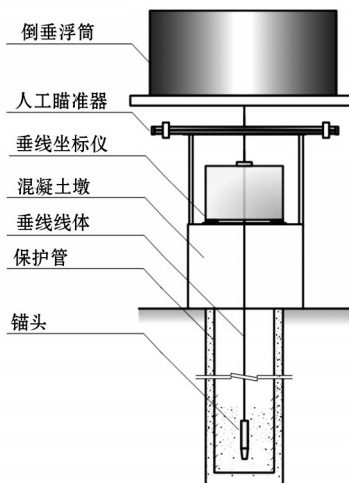


图4 倒垂装置示意

5.1 锚头与浮筒

锚头位于倒垂装置底部,将垂线线体下端固定于地面,采用水泥浆锚固。浮筒位于倒垂装置上部,包括油桶和桶内浮体,垂线线体上端通过铜制咬合装置固定于浮体,向油桶中加入适量清油,油桶内的浮体部分淹没产生浮力张紧垂线,形成1条铅直的垂线,作为校核基点。安装时,倒垂钻孔孔径220 mm,钻孔深度15 m,在成孔口安装直径168 mm保护管。成孔后的孔口做好保护,防止杂物进入。

5.2 垂线坐标仪

三河闸选用RZ-50S型电容式双向垂线坐标仪,为避免信号传输影响,仪器输出为485标准信号。仪器采用差动电容感应原理非接触的比率测

量方式。在垂线上固定1个中间极板,在测点仪器内分别有上下游向的极板1、2和左右岸向的极板3、4,每组极板与中间极板组成差动电容感应部件,当线体与测点之间发生相对变位时则2组极板与中间板间的电容比值会相应发生变化,分别测量2组电容比变化值即可测出测点相对于垂线体的水平位移变化量。

5.3 人工垂线瞄准仪

垂线可采用垂线瞄准仪进行人工测量。MZ-1型垂线瞄准仪与垂线配套使用,安装在倒垂线装置的测点处,用于水闸垂线人工观测,既可人工目测垂线位移的变化,也可作为自动化仪器的校核装置。该设备具有结构简单、使用方便、性能可靠等特点。

6 自动化监测与人工比测

6.1 采集单元

采集单元是水闸安全监测自动化系统的关键设备,是分布式数据采集网络的节点装置,它决定了系统的规模、功能和性能。根据对三河闸安全监测自动化系统的选型要求,结合现有工程安全监测系统的实际情况并考虑后期系统扩展,选用MCU-32型测控装置。它由密封机箱、智能数据采集模块、电源模块和防雷模块等组成,各功能模块布局合理、标志清楚、维修方便。该装置用于系统中各种类型监测仪器(传感器)的数据测量、存储和传输,安装在监测仪器附近,适合于在恶劣的水工环境下长期使用,可靠性高。

6.2 数据采集

数据采集软件是在Windows环境下运行的图视化窗口软件,所有监测点均可显示在布置图上,每个测点都与数据库相连接,同时布置图上的每个测点又与现场测控装置的对应仪器相通,操作和选择屏幕布置图上的测点或采集模块,就可以完成对该测点或模块的数据采集、换算、处理、入库等全部过程。对自动采集的数据自动入库,对人工测量的数据提供人机界面窗口,可通过键盘输入入库。数据采集软件用于单机采集和网络采集,如果计算机被设计为Windows NT局域网的一个节点,则局域网(甚至广域网)上的任意一台计算机可以控制该计算机进行数据采集,并把采集的数据传送到本地计算机上。三河闸安全监测自动化系统数据采集软件功能模块主要包括系统工具、数据采集、数据管理和数据通讯,采集软件可以图形化显示。

6.3 自动监测

本次上下游方向水平位移观测资料序列为2022年10月17日至11月8日,水平位移符号规定, X 方向向下游为正,向上游为负, Y 方向向右岸为正,向左岸为负。通过对试运行期间的自动监测数据过程线进行分析可知,水平位移监测系统数据量较少,现有监测数据呈现小幅波动变化,整体变化量微小,变化主要受外部气温影响,符合建筑物变形的一般规律。目前,42套引张线仪、2套垂线坐标仪运行良好,能有效反映出水闸表面水平位移变化规律。

6.4 人工比测

6.4.1 人工引张线观测

作为RY-40S型电容式单向引张线仪的比测装置,可利用安装在测点箱内的标尺进行人工观测。调正标尺面至引张线间距为0.5 mm左右,用读数显微镜进行人工比测。测读方法先通过目测在标尺上读取毫米数 K ,然后将读数显微镜置于引张线通过的标尺上,测读毫米以下的小数。调节视度并转动显微镜内测管,使显微镜测微标尺像刻划线与引张线平行。左右移动显微镜,使引张线像落在测微标尺像上某两整分划线间,且较小的分划线与钢尺刻划线(即 K)重合。转动测微鼓轮使显微镜分划线对准引张线像的左边缘,读取测微鼓轮读数 a ,再转动测微鼓轮使分划线对准引张线像的右边缘,读取测微鼓轮读数 b ,由此可得引张线中心在标尺上的读数为 $K+[(a+b)/2]$ 。显微镜2次观测值之差应等于引张线直径,完成人工测量后应将钢标尺调低,尺面离引张线约1~2 cm。

6.4.2 人工垂线瞄准仪观测

仪器由瞄准针、主尺、游标尺及底板组成,垂线瞄准仪结构图见图5。移动游标尺,通过瞄准孔用目视线将瞄准孔与垂线钢丝及瞄准针三点瞄准排列在一条直线上,即可利用左、右标心的刻度值来确定垂线位置的坐标值。

7 结 语

三河闸工程因其闸宽的特殊性,选用“引张线+倒垂线”法进行水平位移监测。于左右岸桥头堡各设1个监测基点,基点之间张拉1根引张线,每块底板设置2个测点,共42套引张线仪安装在启闭机房墙面。将引张线作为基准线,通过监测引张线与引张线仪之间的位移来监测闸身与桥头堡之间的相对位移。同时,在两侧桥头堡各安装1套倒垂装置,

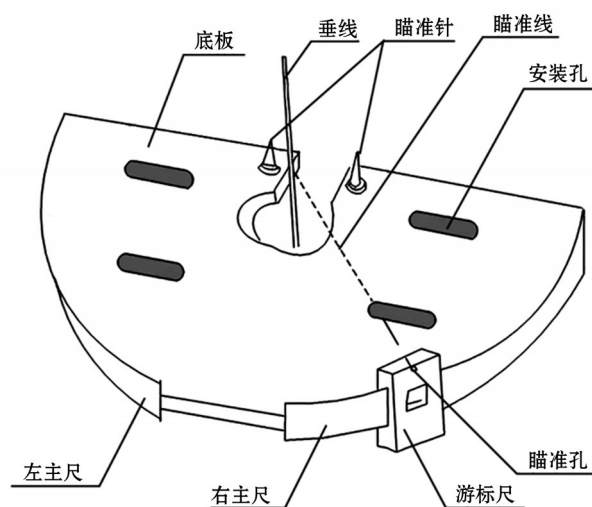


图5 垂线瞄准仪结构

用于监测桥头堡与大地之间的相对位移。将引张线法监测的闸身相对于桥头堡的位移,与倒垂线法

监测的桥头堡相对于大地的水平位移相叠加,即为闸身的绝对水平位移。配套了自动化监测系统,亦具备人工比测条件,自动监测和人工比测精度相当,均达到有关标准要求。三河闸水平位移监测系统能实时监测各测点水平位移,提供动态化、可视化界面,具有报警功能,测值稳定可信,系统运行正常,有助于工程安全运行,提升了科学管理水平。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部. 水闸安全监测技术规范: SL 768—2018[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018.
- [2] 黄海. GNSS-RTK技术在港口工程围堤水平位移监测中的应用分析[J]. 珠江水运, 2022(7): 17-19.
- [3] 王宏晖. 浅谈引张线系统在外走马埭海堤水闸监测中的应用[J]. 运行管理, 2018(11): 67-70.
- [4] 张清杰, 黄善和, 万永波, 等. 引张线法在船闸闸墙水平位移监测中的实践[J]. 水利水电自动化, 2005(9): 44-47.

(上接第27页)

表2 工程量分析

序号	类型	DN160/m	DN250/m	人均管道长度 / m	人均管长 / m
1	松散型	5.5	6.2	11.7	11.2~14.4
2	一般型	2.3	2.6	4.9	4.3~6.5
3	密集型	2.4	1.7	4.1	3.7~5.3
4	高度密集型	1.5	1.8	3.3	3.0~3.9

线收集系统, 保证村内的污水收集率, 再根据当地村庄形态、居住密度等, 按照大市政、小集中、分散式处理等多种模式布局灵活运用提升泵站、污水收集池、污水处理站等设施, 最大程度实现污水的收集、处理。

参考文献:

- [1] 薛楠, 葛会超, 邓子决. 分散式农村生活污水处理模式与管理分析[J]. 给水排水, 2021, 57(增刊1): 180-182.
- [2] 刘星, 柳文莉, 姜霞, 等. 嘉兴地区农村生活污水时空分布及处理设施现状分析[J]. 环境工程, 2020, 38(12):

38-44.

- [3] 孔令为, 邵卫伟, 叶红玉, 等. 农村生活污水处理技术应用的浙江经验及发展方向[J]. 中国给水排水, 2021, 37(2): 12-17.
- [4] 武毛妮. 陕南农村生活污水处理实例[J]. 中国给水排水, 2018, 34(24): 95-99.
- [5] 张金良, 樊新颖, 蔡明, 等. 我国城镇生活污水源分离技术实施途径探究[J]. 水资源保护, 2022, 38(5): 1-7.
- [6] 张景波. 浙江省桃峙村污水治理工程设计[J]. 中国给水排水, 2015, 31(10): 91-94.