

# 江阴水利枢纽水平位移 自动监测系统应用分析

卢沈煜,包 界,苏 睿,何 清

(江苏省太湖地区水利工程管理处,江苏 苏州 215000)

**摘要:**采用全站仪极坐标法进行江阴水利枢纽水平位移自动监测,每块底板布置2个测点,闸站5块底板共布置10个棱镜,安装于泵站节制闸排架上。配套自动化监测系统,具有数据采集、管理、通讯、浏览等功能,亦具备人工控制条件,自动监测和人工比测精度相当,均满足规范要求。系统应用以来稳定可靠,为工程安全监测提供了技术支撑。

**关键词:**水平位移; 安全监测; 自动全站仪; 极坐标法

中图分类号:TV698

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2024)05-0070-0003

## Analysis of application of horizontal displacement automatic monitoring system on Jiangyin Water Conservancy project

LU Shenyu, BAO Jie, SU Rui, HE Qing

(Water Conservancy Engineering Management Office of Taihu Region of Jiangsu Province, Suzhou 215000, China)

**Abstract:** The horizontal displacement of Jiangyin water conservancy project is automatically monitored by using the polar coordinate method of total station. Two measuring points are arranged in each base plate, and 10 prisms are arranged in 5 base plates of gate station, which are installed on the control gate rack of pumping station. Supporting automatic monitoring system, with data collection, management, communication, browsing and other functions, but also with manual control conditions, the accuracy of automatic monitoring and manual comparison is equivalent, all meet the requirements of the specification. Since its application, the system has been stable and reliable, providing technical support for engineering safety monitoring.

**Key words:** horizontal displacement; safety monitoring; automatic total station; polar coordinate method

### 1 工程概况

江阴水利枢纽位于无锡江阴市申港镇,是新沟河拓浚延伸工程入江口的控制性水工建筑物,主要建筑物为2级,工程具有挡潮、防洪、排涝、航运、改善水环境等综合功能。2013年12月开工建设,2020年12月通过竣工验收。枢纽为闸站工程合建,采用集中布置方式,节制闸布置在西侧,3块底板5孔水闸,规

模为中型。泵站布置在东侧,共2块底板6台机组(单向泵组靠岸、双向泵组临闸),规模为大(2)型。

### 2 水平位移监测的必要性

水工建筑物在重力、水压力、土压力等荷载综合作用下,会产生一定的位移和变形,稳定可靠时的安全监测对工程的安全健康诊断和运行管理尤为重要,也是了解工程安全状态的主要依据。《水

收稿日期: 2024-01-29

作者简介: 卢沈煜(1992—),男,工程师,本科,主要从事水利工程运行管理工作。E-mail:jjlusy@qq.com

水利水电工程安全监测设计规范》(SL725—2016)规定建筑物级别为2级的变形监测项目应包括水平位移监测。江阴水利枢纽为大(2)型泵站和中型水闸的闸站一体工程,主要建筑物均为2级,同时,工程是新沟河拓浚延伸通江口门上的重要控制性建筑物,是直武地区防洪安全的重要屏障,因此开展水平位移监测十分必要。

### 3 总体构思

#### 3.1 监测要求

江阴水利枢纽水平位移自动监测设施要求如下:

(1)监测方法、点位布置及系统功能应满足国家规范或行业技术标准的要求。

(2)监测项目实现实时自动监测,同时具备人工比测条件,两者监测精度相当。

(3)自动化监测系统具备设备控制、测量学习、误差校验、数据采集、存储计算、资料分析、预警预报、安全防护等功能。

(4)符合工程实际情况,不违背工程整体风格,便于观测与设备维护,结构稳定。

#### 3.2 技术方案选择

目前,常用的水平位移监测方法有视准线法、三角网前方交会法、静态GPS法以及全站仪极坐标法<sup>[1]</sup>。视准线法精度较好,但江阴水利枢纽水闸和泵站中心线不在同一条直线上,且视准线过长时无法瞄准读数,难以实现自动化。静态GPS法具有安装方便、定位速度快等优点,但监测精度较低,受卫星信号影响较大。三角网前交会法测量精度不高,易受外界条件和人为因素干扰。

全站仪极坐标法,是在已知点上架设全站仪,通过后视已知点来确定观测目标点与已知方向间的水平夹角、垂直角和斜距,通过这些观测量和设站点的坐标来求得目标点的三维坐标,继而根据三维坐标推算位移量。该方法实施方便、精度满足要求,且自动化监测技术成熟,可应用于江阴水利枢纽闸站水平位移自动监测。

#### 3.3 监测仪器以及工作原理

自动全站仪又称测量机器人,是一种集自动目标识别、自动目标跟踪、自动照准、自动测角与测距、自动记录于一体的测量平台。自动全站仪的基本特征是配置了动力驱动系统、CCD(电荷耦合元件,Charge-coupled Device)相机<sup>[2]</sup>以及相应的目标识别软件。测量时首次粗略瞄准目标并通过软件向自动全站仪下达指令,自动全站仪中的CCD相机

可自动借助目标识别软件对返回的信号进行逻辑分析,准确判断出棱镜中心的位置,然后再进行自动测量、自动记录、数据自动传输。再次测量时,只需下达指令,自动全站仪即启动软件,自动完成系列测量。

自动全站仪工作流程如图1所示。

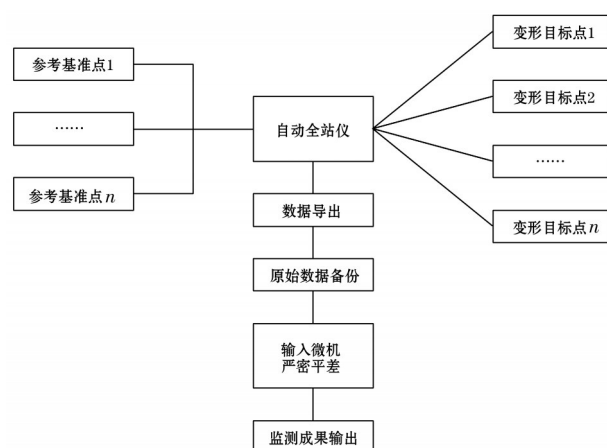


图1 自动全站仪工作流程

### 4 监测设施布设

#### 4.1 基准点及工作站布设

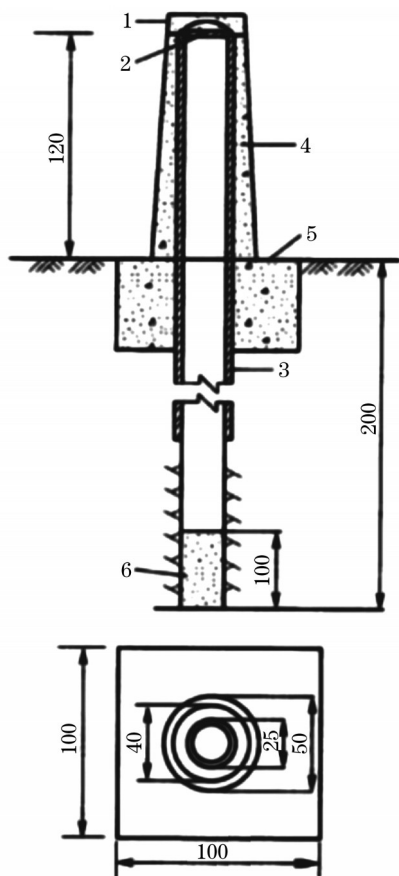
控制网采用边角网的形式建立,控制网中各点按其使用功能分为基准点和工作站,且均设置在变形影响区域之外。根据监测目的及精度要求,江阴水利枢纽工程布设2个基准点、1座工作站,即在闸站主体结构区域外四周选3处稳定且不易受变形影响的位置布设,基准点及工作站布设后按规范要求稳定一段时间再启用。此外,基准点和工作站均采用强制对中装置的观测墩(图2),同时为保护自动全站仪,设置自动升降防护罩。

#### 4.2 监测点布设

考虑到大气折射率及棱镜折射率对测量精度的影响<sup>[3]</sup>,江阴水利枢纽工程水平位移变形监测点采用常数为0 mm的棱镜,采用植筋法埋设在建筑物排架上。监测点埋设完成后,按照规定要求稳定一段时间再启用。

#### 4.3 监测控制网布设

为确保监测过程中监测数据的连续性和可追溯性且降低测量误差,故在工程测区范围内建立可靠的平面和高程监测系统。江阴水利枢纽工程水平位移独立平面坐标系统即平面基准网为独立网。例如在工作站观测墩上架设仪器,固定一点一



1—标盖; 2—强制对中基座; 3—钢管; 4—混凝土围井;  
5—围井垫座; 6—水泥砂浆

图2 深覆盖双层钢筋混凝土观测墩(单位:cm)

方向,假设基准点G1为已知点,观测墩K1到基准点G1为 $X$ 轴方向(顺水流方向),在观测墩K1上观测其余点位,可计算出各监测点位在独立坐标系下的坐标。由于观测受温度气压等外界环境因素影响较大,故在该系统布设时选取不同时段采用多测回测角的方式进行重复观测,剔除粗差求得平均值后设置为初始坐标。

## 5 自动监测系统布设

### 5.1 电源布设

为避免由于一般电力系统不稳定等因素的影响,使电源受到污染而至供电中断,设备无法正常运行,江阴水利枢纽水平位移监控设备供电选用集中供电方式。全站仪供电选自节制闸出线柜水平

位移专用抽屉箱,具备常用电和节制闸UPS用电“双保险”。

### 5.2 通信布设

江阴水利枢纽水平位移自动监测采用的是自动全站仪的监测方式,该设备输出为RS-232接口,通过串口转光纤转换器(MOXA, 5110),转换为光口,然后通过子系统光纤传输至服务器,由自动全站仪外置的监测管理模块进行控制、数据处理及预警,具备双数据中心备份及同步接收的功能。

### 5.3 自动监测系统

江阴水利枢纽水平位移自动监测系统是以1台计算机作为服务器,根据其固有的IP地址,基于TCP/IP协议模型<sup>[4]</sup>,编写的图视化可操作系统,为保证数据的安全,目前通过固定连接方式仅在本地操作。该系统具备测量学习、测项设置、误差校验、数据分析、报表生成、过程线绘制、预警预报等功能。自该系统布设以来,运行情况良好,能够有效反映闸站工程水平位移的变化规律。

## 6 结 语

江阴水利枢纽水平位移自动监测因泵站、节制闸中心线不重合而选择自动全站仪极坐标法观测,通过固定测站、基准点、监测点以及相对成熟的自动监测程序,基本实现了自动实时监测,总体上达到了预期效果。该方法是人工观测方法的自动化、智能化升级,观测精度均达到有关标准及要求,相关数据准确可靠。同时,该系统具备分析预警功能,保障了工程的安全运行,也为同类型工程在水平位移安全监测领域提供了技术参考。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 宋文松. CCD相机与激光雷达的空间位姿标定方法研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2023.
- [3] 张宏, 袁星星, 胡磊. 大气折射率和棱镜折射率对全站仪测距的影响[J]. 徐州工程学院学报, 2019, 34(1): 15-18.
- [4] 马国强. 全站仪自动监测系统的构建及在地铁监测中的应用研究[D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2017.

(上接第69页)

- 投资, 2013, 5(3): 95.
- [3] 张衡, 聂桂梅, 王军. 堵漏王在煤气设施泄漏的应急应用[C]//2009年全国冶金燃气专业年会论文集. 郑州:

全国冶金动力信息网, 2009.

- [4] 问泽杭, 张合朋. 泵站技术供水系统的改造途径[J]. 江苏大学排灌机械工程学报, 2003(21): 20-22.