

苏州河河口水闸工程监测

吕永宁, 郑晓红

(中国水电顾问集团华东勘测设计研究院 浙江 杭州 310014)

摘要 简要介绍苏州河河口水闸概况。主要介绍针对该水闸特点所设计选择的监测项目以及各项
目的施测情况, 这些项目包括: 闸墩变形情况、闸门轴变形情况、闸底板垂直位移、闸门轴应力、钢筋
应力、渗压、土压力, 以及水闸运行时的水位、气温。介绍了监测仪器的布置情况、仪器设备选型以
及对水闸信息管理系统的要求。监测结果表明, 本工程实施设计的监测成果较真实地反映了水闸
的运行状态。

关键词 水闸监测; 监测项目; 监测仪器; 真空激光准直系统; 苏州河河口水闸

中图分类号 TV66; TV698.1 **文献标识码** B **文章编号** 1006-764X(2007)S1-0082-03

苏州河河口水闸位于上海市苏州河入黄浦江的
河口, 为外滩风貌保护区, 水闸周边毗邻外白渡桥、
俄罗斯领事馆、上海大厦、人民英雄纪念塔等历史著
名建筑, 是上海市苏州河综合整治二期工程的标志
性项目, 其景观要求极高, 周边环境十分复杂。

水闸为单孔, 闸孔净宽 100 m, 与河口同宽; 闸底
槛高程 - 1.50 m; 闸门顶高程 6.26 m; 主体挡水结构
采用底轴驱动式翻板闸门, 闸门尺度 100 m ×
9.76 m, 底轴直径 $\varnothing 2\,000\text{ mm}$; 启闭设备为 $2 \times 2 \times$
 $6\,300/4\,000\text{ kN}—5\,100\text{ mm}$ 液压启闭机。该水闸作为
挡水结构可防御 1 000 年一遇的高潮位, 这在国内和
国际均属首例。

水闸主要由闸门、闸墩、基础钢管桩、闸底板、启
闭机室、防渗钢板桩、上下游护坦、翼墙等水工建筑
物组成。除启闭机室、水闸底板支承墩及上下游护
坦等部分建筑物在现场施工外, 其余均采用预制构
件, 在船坞内制造完竣后经黄浦江浮运至闸址现场
沉放。在水闸施工期间, 要求苏州河河道不断流、航
道不断航。因此, 整座水闸的制造、加工、水上打桩、
水下施工等工程量均比较大, 施工难度较高, 闸门的
制作、安装及调试的技术要求很高。同时, 加强对水
闸运行情况监测, 也是一项十分重要的工作。

1 监测项目设计

为了了解和掌握水闸在各种工况下的工作状态,
综合分析水闸的运行状况, 提出改善水闸的运行条

件, 达到监控水闸安全运行的目的, 参照 SL 170—96
《水闸工程管理设计规范》要求, 并结合水闸工程的
具体情况, 对水闸主要建筑物进行有效监测。

在水闸监测设计时, 选择的监测项目和仪器布
置部位应能较全面地反映水闸各结构物的工作状
态。测点布置做到少而精, 选用质量可靠、性能稳定
且精度满足要求的仪器, 监测方法简捷直观。同时,
测点布置还应与周围的环境协调。在水闸建筑物上
设置的监测项目主要有: 变形监测、渗流监测、应力
和应变监测, 另外还有水位、气温等监测。

1.1 闸墩变形监测

由于本水闸的主要结构物均在水下, 日常只能
对左右岸边闸墩(也称南北边墩)的变位情况进行监
测。在每个边墩的顶部各布置 4 个表面位移测点,
在水闸附近相对不动的岸坡上各设置 2 个工作基
点。边墩的水平位移采用极坐标法观测, 垂直位移
采用精密水准法观测, 工作基点的变位由附近的水
准基点校测。

1.2 闸门轴变形监测

鉴于本水闸的结构比较特殊和复杂, 闸门宽度
达 100 m, 闸门底轴也很粗, 外径 $\varnothing 2\,000\text{ mm}$, 内径
 $\varnothing 1\,760\text{ mm}$, 翻板闸门由底轴直接驱动旋转, 转角范
围 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。而底轴作为门叶纵向悬臂梁的固端和
闸门启闭驱动轴, 是水闸最重要的构件之一, 因此,
监测闸门底轴的变形十分关键, 是监测的重点。经
过多方调研比较, 认为真空激光准直系统的设备结

构能够适应闸门轴的运行特点,用其来监测闸门底轴的变形比较适合,且易于在底轴内布置和安装。

真空激光准直系统具有监测精度高、可靠性好、防潮及抗干扰能力强等优点,可同时自动监测水平和垂直两个方向的变位。该系统主要由发射端、接收端、测点、真空泵及真空管道等设备组成。

根据水闸轴的安装特点,真空激光准直系统的真空泵安装在左边墩的工作室内,其他设备均安装在闸门轴内,系统中心布置在轴的中心线上,真空泵通过软管与真空管道连接。系统的发射端和接收端分别布置在闸门轴的左右端,根据闸门轴设计计算成果,确定在整条轴的中心线上共布置7个测点。测点与测点、测点与管道间设真空管道(包括波纹管),真空管道每隔4~5m设1个支撑架,管道固定在可以调整的支撑架上,支撑架与闸门轴的内壁焊接,从而保证了在闸门轴运行的各种工况下其内所有的设备稳固,端点及测点设备的物理测量中心在相应各断面几何中心上,同时设备结构能够适应闸门轴各断面间的相对扭转。系统测控终端布置在右边墩的工作室内,系统测控终端至测点及发射端的电源、通讯电缆布置于真空管道内,通过真空密封接线法兰接入、接出。系统采集终端与控制室间的通讯采用电缆连接。

由真空激光准直系统所测的变形为闸门轴相对于轴两端的挠曲变形,而轴两端的变形情况则由边墩的位移测点进行校测。

1.3 闸底板垂直位移监测

水闸闸底板为单体钢筋混凝土预制沉箱,底板沉箱尺寸为99m×14m×6.35m(长×宽×高),闸底板是在船坞内浇筑的,在安装完孔口部分底轴和闸门后浮运至现场沉放,搁置在闸墩沉井支座上。为监测闸底板的沉降情况,在沉箱的底部选择5个断面(即左、右边墩,中墩及沉箱左、右1/4处),在每个断面沿上下游方向设置3个测点,每个测点安装1套沉降仪,用于监测结构物的倾斜情况。传感器通过充液管线连接到右边墩工作室内的储液罐上,并与现场测控装置连接,实现监测数据的自动采集,这样就可以监测各断面测点相对于水闸右边墩的沉降情况。右边墩的沉降由墩顶的表面位移点进行校测。

1.4 闸门轴应力监测

为监测闸门轴的受力情况,根据结构设计时轴的应力计算成果,在整条闸门轴上4个监测断面,即选取左、右边墩的支铰处、边墩与中墩的中间部位。在左边墩、左边墩与中墩的中间部位的每个观测断面上各布置4组三向应变计组,在右边墩、右边墩与

中墩的中间部位的观测断面上布置4组二向应变计组。应变计组对称布置在闸门轴的内壁上。

1.5 钢筋应力监测

在左、右墩闸门轴支铰处钢筋混凝土的钢筋上各布置3支钢筋计,以监测支铰处钢筋混凝土的受力情况。另外,在与闸门轴应力监测断面相对应的混凝土预制底板沉箱的钢筋上安装钢筋计,共设置28支仪器,用于监测沉箱的结构受力情况。

1.6 渗压监测

本水闸采用拉森钢板桩加定位钢管桩组成的联合水下防渗体,在底板与钢板桩间用水下不分散混凝土充填,注浆后形成防渗帷幕。为监测左右边墩、中墩底部及预制钢筋混凝土底板沉箱底板的扬压力变化情况,同时检验防渗体的防渗效果,在整个水闸的底板上共布置16支渗压计,测点的布设位置与闸底板垂直位移监测点相对应。

1.7 土压力监测

为监测左右边墩侧墙所受土压力的情况,在每个边墩的侧墙上各布设5套土压力计,土压力计按2个断面设置,安装在3个高程上。

1.8 环境量观测

在右边墩迎水面侧墙的上、下游各安装1支自记水位计,观测水闸运行时的上、下游水位。另在控制室的屋顶上安装1支温度计,用于观测气温。

上述所有仪器的电缆均就近牵引到右边墩工作室内的现场测控装置(即MCU)上,实现监测数据的自动采集。

根据水闸中监测仪器布置的情况及数量,为实现监测数据的自动采集,现场需配置3套现场测控装置(MCU),其中:左边墩工作室1套,右边墩工作室2套。MCU之间、MCU与控制室主机之间通过电缆以RS232/485方式连接,组成分布式数据采集网络,实现水闸安全监测的自动化。闸门轴内的真空激光准直系统作为独立的监测系统,对水闸底轴进行变形监测。

2 仪器设备选型

为保证水闸中的监测仪器能够长期稳定地工作且观测精度满足要求,在仪器设备选型时,经过充分的调研和经济技术比较,确定闸门轴中的真空激光准直系统采用长春市朝阳监测技术有限公司生产的CZJ200型真空激光准直系统,该系统已在国内许多水电工程中应用,运行情况良好。水闸中的其他仪器均采用美国Geokon公司生产的进口原装弦式仪器,该类仪器具有性能稳定可靠、观测精度高等优点。现场测控装置采用美国Gemation公司的2380

系统,该系统除具备测量、控制、存储、通讯、保护等基本功能外,还具有防雷、防潮、抗干扰等能力,从而保证整个监测系统能在潮湿环境中长期稳定地工作。

3 水闸信息管理系统

根据水闸运行管理的需要,并为了掌握水闸的运行情况,特别提出了开发网络化的水闸安全监控与信息管理系统的要求:使开发的系统具有水闸安全监控与综合评价、水闸安全监测资料转入、换算、管理、水闸安全监测图表制作、水闸安全监测资料分析等功能。

(上接第 78 页)备用泵组将闸门恢复至下滑前的位置,并发出声光报警;如继续下滑到极限值,在启动工作泵组的同时,控制系统将向上位机发送声光报警信号。

c. 同步纠偏功能。根据左右侧闸门油缸内置式检测的数字量信号经 PLC 处理后输入差动放大器,当产生差动信号(正、负信号)时差动放大器有输出,使闸门一侧的电液比例方向调速阀(通过放大器工作)动作,调整闸门一侧的速度,达到自动跟踪纠偏的目的。

d. 闸门锁锭控制功能。为保证闸门各个位置的状态,系统设置了一组锁锭梁,控制系统具有上锁、解锁控制功能。

e. 系统保护功能。当闸门超调、超位、压力超常和闸门下滑超值时,控制系统停止闸门运行并发出事故报警信号。当液压系统压力超高、超低,油箱油位过高、过低,油箱温度过高、过低,滤油器堵塞,主电源消失和闸门下滑超位值时,控制系统发出故障报警信号。

2.5 系统的主要特点

a. 本系统 PLC 采用了双 CPU 模块、双通信模块和双通信网络,大幅度提高了控制系统的可靠性,所以本控制系统不设置常规的手动控制回路作为 PLC 的备用。

本工程地处上海市中心,技术力量雄厚,PLC 选择了带电插拔型,当其中某一模块出现故障时,操作人员可在极其短的时间内更换新模块,不会因 PLC 的故障引发系统无法操作闸门的运行;PLC 有两套 CPU 互热备、两路通信网络,从而进一步提高了控制系统的可靠性。

目前 PLC 已广泛应用在不同的生产领域,据统计和有关刊物的报道,由 PLC 故障引起系统不能运

4 结 语

2005 年 7 月苏州河河口水闸成功地进行了带载调试试验,随后投入试运行,水闸的监测系统也实现了自动化。从监测的成果看,该系统运行正常,监测资料真实、可靠,能较好地反映水闸的运行状态,达到了预期的监测目的,可以为水闸的安全运行提供可靠的监测资料。本工程的监测情况表明,在进行水闸的监测设计时,应结合水闸的结构特点、布置情况及施工方法等具体情况,有针对性地确定监测项目,选择重点监测部位,采取简捷有效和可靠的方法加以监测。

(收稿日期 2007-01-15 编辑 高建群)

行的几乎为零。如按常规配置手动控制回路,对本系统而言,会使原本简单的接线变得非常复杂,不利于运行管理单位的日常维护和管理。为保证 PLC 控制系统的正常运行,PLC 模块和部分易损设备可按不同的类型进行适当数量的备份。

b. 针对采集信号分散的特点选择带远程 I/O 功能的 PLC,在节省电缆的同时,能够提高运行的可靠性。

c. 重视闸门行程检测装置的测量精度,采用外置式磁致伸缩位移传感器(绝对值型)和油缸自带的 CIMS 检测装置互备,利用 PLC 模块对信号进行直接处理,确保了检测信号的可靠性。

d. 与以往的液压控制系统不同的是本系统为减少换向阀动作时引起的压力冲击,使系统启停更平稳,采用了电液比例换向阀,电液比例换向阀的控制直接受 PLC 输出模块信号的控制,提高了控制精度。

e. 如何确保系统在运行过程中闸门两侧同步运行是整个控制系统设计时所要考虑的重点问题,本系统在两侧液压系统中各设置了一组比例流量控制阀,通过放大板接到 PLC 的输出模块中,PLC 根据检测信号量的变化,控制比例流量控制阀的开度,达到两侧同步的目的。从目前运行的情况看,闸门两侧同步性很好,达到了设计要求,而且使用可靠,得到了使用单位的好评。

3 结 语

苏州河河口水闸工程已于 2005 年底投入运行,到目前为止运行情况良好,达到了预期的设计目标,该水闸工程的成功建成为超宽型闸门的控制设计积累了宝贵的经验。

(收稿日期 2007-01-15 编辑 高建群)