

静力水准系统 在水工建筑物沉降监测中的应用

侯 煜, 廖 月

(江苏省泰州引江河管理处, 江苏 泰州 225321)

摘要:静力水准系统具有自动化性能好、够实时、高频次及精度高等优点,被广泛运用于水工建筑物沉降的监测中。通过介绍静力水准系统工作原理,结合在高港枢纽泵站的应用,分析系统监测成果。

关键词:沉降监测; 测量原理; 应用分析

中图分类号:TV131.66

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2019)12-0055-04

Application of hydrostatic leveling system in settlement monitoring of hydraulic structures

HOU Yu, LIAO Yue

(Jiangsu Taizhou Leading River Administrative Office, Taizhou 225321, Jiangsu)

Abstract: The hydrostatic leveling system has the advantages of good automation performance, real time, high frequency and high accuracy, which is widely used in the settlement monitoring of hydraulic structures. By introducing the working principle of the hydrostatic leveling system, combined with the application of the pumping station at the Gaogang pivot, the system monitoring results was analyzed.

Key words: settlement monitoring; principle of measurement; application analysis

1 概述

随着社会经济的快速发展以及水利行业的发展需求,越来越多的泵站、水闸及大坝等水工建筑物在各种苛刻地质环境下建成,对安全监测的精度及时效性提出了越来越高的要求。在水工建筑物安全监测中,垂直位移量是最重要的监测内容,是判断工程结构是否稳定的重要指标。而传统的人工观测,不仅工作效率低,受环境限制大,还不能实时反馈数据,对工程安全运行提出了严峻的挑战。因此具有自动化性能好、够实时、高频次及精度高等优点的静力水准系统逐渐广泛应用于水工建筑物沉降监测中。

2 静力水准系统

2.1 静力水准系统测量原理

静力水准系统,是一种应用于监测多点相对沉降的监测系统。其工作原理是各测点与基准点通过连通管连接,内部液体保持同一水平面的原理。在使用中,每一容器的液位由一精密传感器测出,该传感器挂有自由浮筒,当监测点高程变化引起仪器内液位同步变化时,浮筒的悬浮力即被传感器感应,就可以得到监测点和基准高程面的相对高程变化。基准高程面的垂直位移应是相对恒定的或者是可用其它人工观测手段准确确定,以便能精确计算静力水准系统各测点的沉降变化。

收稿日期:2019-04-23

作者简介:侯煜(1992—),男,本科,主要从事水利工程观测工作。

2.2 静力水准系统初始状态

静力水准系统由若干静力水准仪组成,分别安装在各个监测点位上,用连通管将存液浮筒连接成整体,然后往浮筒中注入含有一定比例防冻液的系统充液。当液面静止后,各仪器内浮筒液位在同一大地水准面上,此时静力水准系统的液位状态称为初始状态^[1]。

2.3 静力水准系统模型

为推导静力水准系统的沉降监测模型,现假设布有 n 个测点,1 号点为相对基准点,其它测点安装高程相对于基准面高程 H_0 的距离为 $H_1, H_2, H_3 \cdots H_i \cdots H_n$,各测点安装高程与液面间的距离为 $h_1, h_2, h_3 \cdots h_i \cdots h_n$,可得出^[2]:

$$H_1 + h_1 = H_2 + h_2 = H_3 + h_3 = \cdots = H_i + h_i = \cdots = H_n + h_n \quad (1)$$

当发生不均匀沉降时,假设各测点安装高程相对于基准面高程 H_0 的变化量分别为 $\Delta H_{j1}, \Delta H_{j2}, \Delta H_{j3}, \Delta H_{j4} \cdots \Delta H_{ji} \cdots \Delta H_{jn}$ (j 为测次代号),各测点安装高程与液面间的距离为 $h_{j1}, h_{j2}, h_{j3}, h_{j4} \cdots h_{ji} \cdots h_{jn}$,由静力水准系统原理(如图 1)可得:

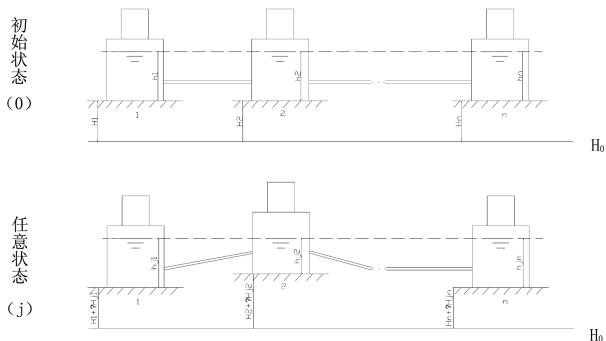


图 1 静力水准系统原理示意图

$$(H_1 + \Delta H_{j1}) + h_{j1} = (H_2 + \Delta H_{j2}) + h_{j2} = \cdots = (H_i + \Delta H_{ji}) + h_{ji} = \cdots = (H_n + \Delta H_{jn}) + h_{jn} \quad (2)$$

以 j 次 i 点测量点数据为例,相对于基准点 1 的沉降量 H_{i1} 为:

$$H_{i1} = \Delta H_{ji} - \Delta H_{j1} \quad (3)$$

由式(2)可得:

$$\Delta H_{j1} - \Delta H_{ji} = (H_i + h_{ji}) - (H_1 + h_{j1}) = (H_i - H_1) + (h_{ji} - h_{j1}) \quad (4)$$

由式(1)可得:

$$H_i - H_1 = h_1 - h_i = -(h_i - h_1) \quad (5)$$

由式(5)代入式(4)可得:

$$H_{i1} = (h_{ji} - h_{j1}) - (h_i - h_1) \quad (6)$$

因此,从式(6)可以得出:只要在任意时间内测得静力水准仪安装高程与液面间的距离 h_{ji} ,就可以

得到该测点相对于基准高程面的高程变化量;只要确保基准点的高程相对恒定或者能够准确测量基准点的沉降量,可以测得待测建筑物上各监测点相对于基准点的沉降量。

2.4 静力水准系统测量的优缺点

(1)静力水准系统可以有效避免传统人工光学水准观测漏测情况的发生,提高观测效率,减少人工外业工作。

(2)静力水准系统观测精度高、自动化性能好,同时能够准确和及时反应建筑物的变形情况。

(3)静力水准系统在实际安装过程中,受到外部环境的制约,只能按照固定的线路铺设,具有一定的局限性;同时,系统的数据传输信号受到天气及距离的影响,需要在前期设计中综合考虑,将其对静力水准系统影响降到最低。

(4)静力水准系统基准点仍然需要人工进行修正,制约了系统实时的监测,无法真正做到完全意义的全自动监测,但是系统还是能够直接反应各个测量点的差异沉降。

3 工程实例及分析

泰州引江河是国家南水北调东线规划的水源工程之一,位于高港至泰州一线西侧 3 km 处,南起长江,北接新通扬运河,全长 24 km,是一项以引水为主,灌溉、排涝、航运、生态综合利用,效益覆盖整个苏北地区的大型水利基础工程。高港泵站等级为大(1)型,泵站安装 9 台立式开敞式轴流泵,设计正反向抽排能力 $300 \text{ m}^3/\text{s}$,具有灌溉、排涝及引水功能。泵站东西方向长约 100 m,南北方向宽约 50 m。

泵站作为保障国民经济持续发展的重要基础设施,其运行安全直接关系到国民经济发展、社会秩序及人民生命财产安全,一旦失事,所造成的损失及影响将极其严重,因此本泵站采用静力水准自动化监测系统进行沉降监测,以保证工程安全运行。

3.1 静力水准系统布设

为监测泵站底板沉降情况,在泵站上、下游侧分别铺设 1 条静力水准系统,测点间间距为 15 m,每条系统上布置 8 个监测点。上游监测点编号 1—1 至 1—7,测点 1 为基准点;下游监测点编号 2—1 至 2—7,测点 2 为基准点(布置图详见图 2)。本系统静力水准仪器采用 BGK-4675 型振弦式静力水准仪,测点 1 及测点 2 作为基准点利用光学水准进行

修正,各静力水准仪之间采用直径32 mm的PVC管连接。

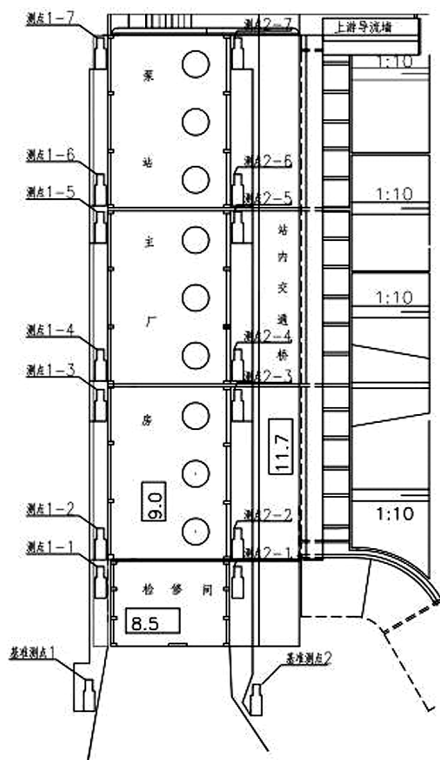


图2 静力水准平面布置图

3.2 系统安装

(1)施工时按照设计要求具体放样,按要求将各托架用螺栓固定于墙面上或者测墩上。

(2)利用水准仪放置仪器托架,使其处于同一水平位置,保证所有容器安装在相同的标高上。

(3)托架安装完毕后,再在托架上安装储液筒。托架和储液筒用三螺纹支撑杆相连,在储液筒上面放一水平尺抄平,调节螺纹支撑杆上的螺帽使储液筒水平。

(4)将静力水准管路和仪器相连通,连接处涂密封硅胶使其稳固、密封。

(5)通过任意储液桶对系统充液,操作时应小心排除管内空气的气泡;同时检查系统的密封性,观察各接头部位有无液体渗出,如无渗漏可进行下一步操作。

(6)按照编号将浮筒放入储液桶中,将传感器保护罩安装于储液桶顶部后将其固定。

(7)连接通气管,保证使所有容器内液面以上压力保持恒定。

(8)安装静力水准数据采集保护箱,以保护静力水准系统仪器。

(9)将仪器电缆接入相应的测量单元中。

(10)根据基准测点的高程值校正储液桶内高程值,保证其在量程的中间位置。

(11)安装 BGK-MICRO-40 自动化数据采集仪,数据通过通讯模块传递到计算机监测系统中。

3.3 静力水准系统监测成果

高港泵站水工建筑物垂直位移自动监测系统改造于2016年12月完成,2017年1月正式投入运行。以1月份的基准测点1及2的人工测值为自动化初始值,对泵站厂房垂直位移变化情况进行自动化监测。

由于前期系统安装中为仪器安装了不锈钢保护箱,箱内铺设了保温材料,仪器处于相对干燥及温暖的环境中,再加上在安装过程中对孔洞、接头进行了封闭,保证了测量单元在复杂恶劣环境下连续工作,观测人员在办公室即可查询到自动化监测数据。

以时间为横坐标,测点沉降值及温度为纵坐标绘制曲线,以1-1至1-3测点数据分别绘制如图3、图4及图5所示。对比气温对该静力水准仪的关系曲线(见图3、图4及图5),可知:

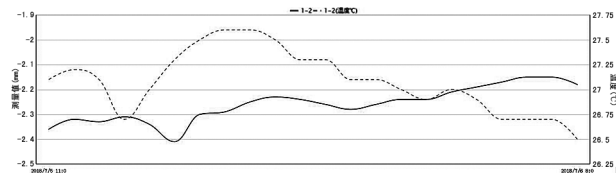


图3 测点1-1关系曲线

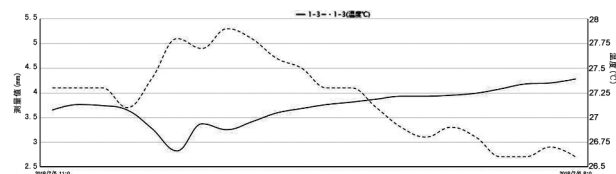


图4 测点1-2关系曲线

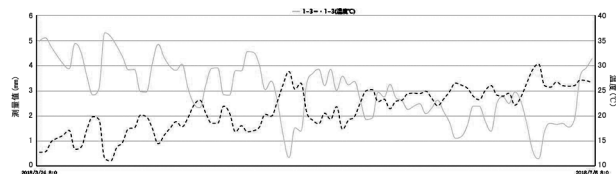


图5 测点1-3关系曲线

(1)垂直位移测值与气温呈现比较明显负相关关系,即随着气温升高,各监测点有一定的沉降;随着温度的降低,各监测点有一定的上升。(2)未存在个别点大幅、随意的跳动,表明该系统整体密封性较好,连通管通畅且无气泡,气温的影响表现为同时影响各静力水准仪中液面的升降。(3)各个静力水准仪在某一时间段内垂直位移曲线趋势基本一

致,说明该静力水准系统各测点变化规律基本一致^[3-4]。

通过对比某日人工光学水准监测与静力水准自动化监测的数据(表1),可见整体数据基本一致,未见数据偏差过大,说明静力水准系统能够较为准确地反映沉降情况。同时由于静力水准系统能够实时监测数据,能采集到更多数据,可以更详细反应泵站厂房的沉降情况。

实时测量等特点,在水利工程的沉降监测中得到较为成功的应用。

(2)由于人工监测不能随时实施,在环境恶劣时也会受到限制,自动化监测较好弥补了人工监测的不足,能实时监测测量点的变形情况,保证工程安全运行。

(3)应充分考虑温度对系统的影响,确保静力

表1 静力水准系统与光学水准测量结果对比

项目	测点						
南侧	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7
静力水准系统(mm)	-1.8	-2.2	2.4	1.7	-2.5	-2.8	-3.6
光学水准(mm)	-1.7	-1.9	2.1	1.5	-2.1	-2.3	-2.7
北侧	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7
静力水准系统(mm)	-4.2	-3.8	-2.6	-1.7	-1.4	-2.6	-2.9
光学水准(mm)	-3.7	-3.5	-2.1	-1.2	-1.3	-2.4	-2.3

3.4 系统检查与维护

影响静力水准系统的因素很多,为保证系统的正常工作,应做好如下工作。

(1)系统安装后,应定期对干燥剂进行检查。通常干燥剂为蓝色,吸收水分后,蓝色变浅,最后变成浅粉红色。当干燥剂变为浅粉红色时,应及时将干燥剂拆下,更换备用干燥剂,或进行烘干处理。

(2)定期通过系统软件测试判别传感器是否正常工作。

(3)定期通过液面观察管检查液面高度,以免液面过高,液体进入传感器,造成传感器损坏。

(4)静力水准仪容器要求具有良好的密封性,防止传压液体挥发或外部气体进入容器。

4 结语

(1)静力水准系统具有精度高、自动化性能好、

水准整个管路处于同一环境中,温度始终保持同步变化,减小整个系统的测量误差。

(4)定期对静力水准系统进行检查与维护,保证静力水准仪容器的密封性能,提高静力水准系统精度。

参考文献:

- [1] 胡云龙,汪大超. 静力水准系统在沉降监测中的应用[J]. 城市勘测, 2017, 6(3):154-157.
- [2] 戴加东,王艳玲,褚伟洪. 静力水准自动化监测系统在工程中的应用[J]. 工程勘察, 2009, 37(5):80-84.
- [3] 张建坤,陈昌彦,白朝旭,等. 影响静力水准监测质量的关键技术问题探讨[J]. 工程勘察, 2012, 40(9):73-82.
- [4] 李啸啸,张晓松. 静力水准系统在水工建筑物沉降监测中的应用[J]. 大坝与安全, 2014(6):62-65.