



HS-40 气泡压力式水位计 在长江数字航道水位监测中的应用

陈 卫, 冯能操, 罗维新

(长江水利委员会水文局, 湖北 武汉 430010)

摘要: 分析长江数字航道系统对水位信息的基本需求, 介绍 HS-40 气泡压力式水位计原理、组成及特点, 结合长江航道地形特点和水位变化规律以及 HS-40 气泡水位计的应用特点, 阐述 HS-40 气泡压力式水位计在长江航道水位测量中的应用条件、范围、测量精度以及遇到的技术难题、解决方案和成功经验。

关键词: 气泡压力式水位计; 长江数字航道系统; 水位监测

中图分类号: U 61

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2014)11-0064-05

Application of HS-40 bubble pressure stage gauge in the Yangtze digital waterway stagemonitoring

CHEN Wei, FENG Neng-cao, LUO Wei-xin

(Bureau of Hydrology, Yangtze Source Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract: This paper analyzes the basic demands for water information in the Yangtze River digital waterway system and introduces the principle, composition and characteristics of HS-40 gas purge compressor + bubbler system. Combining with the topographic features, stage variation law, and application characteristics of HS-40 bubble pressure stage gauge in the waterway, this paper expounds the application condition, scope and measurement accuracy of the gauge, together with problems encountered, countermeasures and successful experience in the Yangtze River stage measurement by the HS-40 bubble pressure stage gauge.

Keywords: gas purge compressor + bubbler system; the Yangtze River digital waterway system; stage measurement

航道水位信息是航道维护管理部门实现科学决策的信息支撑, 是航道通行公共信息的重要内容。2012 年以来, 长江航道局加快了长江干线数字航道水位监测系统的建设, 现已实施 3 个项目——长江干线重点水位站项目、长江干线数字航道兰家沱—鳊鱼溪段水位站建设项目、长江干线数字航道鳊鱼溪—大埠街段水位站建设项目, 共建成 60 个水位监测站点, 实现了航道水位自动采集、传输、及时发布等建设目标。HS-40 气泡压力式水位计是水位自动测量的关键设备, 其性

能稳定可靠, 在航道水位监测系统中得到了广泛应用。

1 长江数字航道水位信息需求分析

水位是指江河湖海以及水库等自由水面对某一基面的高程。一般以某个基准面为标准, 如黄海基面。目前长江航道水位以国家 85 高程基准面作为标准。数字航道水位监测系统实时测量航道水位变化情况, 同时长江航道测量中心定期测量航道地形图, 以掌握长江航道演变情况。通过

收稿日期: 2014-09-09

作者简介: 陈卫 (1970—), 男, 高级工程师, 从事长江流域水情自动测报系统研发工作。

航道地形图和航道水位信息, 就可以计算出航道水深, 作为通航指挥的重要依据。进入 21 世纪以来, 智能传感器技术和无线通信技术取得了长足发展, 为长江航道水位自动监测提供了技术保障。按照测量原理分, 水位传感器主要有压力式水位传感器、雷达水位传感器、浮子式水位传感器。各种水位传感器的测量原理不同, 适用场合也因此不同。项目规划和现场踏勘结果表明, 大部分长江航道水位监测站点具有边坡长不适宜建水位观测井、泥沙含量低淤积不明显、水位变化过程平缓等特点, 结合气泡压力式水位计在此种测量场合的优势, 航道水位实时监测系统选用了 HS-40 气泡压力式水位计作为该系统主打类型的水位计。

2 HS-40 气泡压力式水位计的工作原理、组成及特点

HS-40 气泡压力式水位计由澳大利亚陆地水文服务公司生产, 2011 年前后进入中国市场, 内部结构和软件经历多次完善, 是该公司前一代产品 WL3100 的升级换代产品。HS-40 气泡水位计继承了 WL-3100 水位计的优点, 并对水位传感器的感压和气路系统进行整合设计, 使水位自动测量更加经济方便。传感器自带储气罐, 能有效解决气源自动补给的问题。其外观如图 1 所示。



图 1 HS-40 气泡压力式水位计外观

其测量原理是基于所测液体静压与该液体的高度成比例的原理, 即水面下某一深度处的压强

$$P = \rho g H + P_o \tag{1}$$

式中: P 为水下深度为 H 处的压强; ρ 为水的密

度; g 为当地重力加速度; P_o 为水面上大气压强; H 为水的深度。

传感器一面(迎液面)与被测液体连通, 与迎液面相反的一面与大气连通, 以抵消大气压强 P_o , 使传感器测得压力为 $\rho g H$, 通过测量压力 P , 可以得到液位深度(水深) H , 根据水深即可换算出水位 $L = H + H_o$, 其中 H_o 表示测量点的高程(对 HS-40 气泡水位计而言, H_o 表示感压气管出口处的高程)^[1]。该类型水位计内部结构如图 2 所示。主要由气瓶、气泵、气瓶气压控制单元、气瓶气压调节反馈装置、气泡率调节单元、传感器 WL3100 等 6 部分组成。

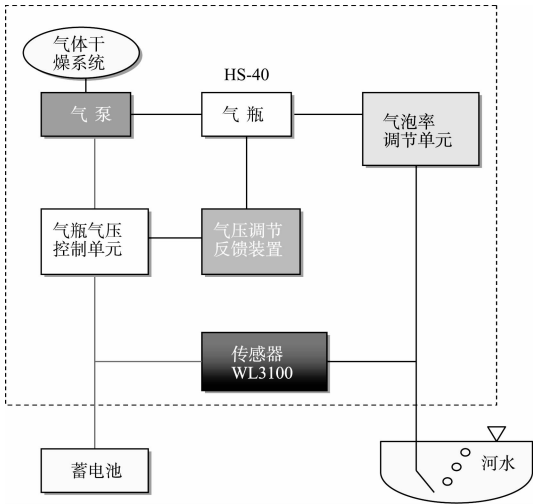


图 2 HS-40 气泡压力式水位计内部结构

各部件作用如下:

- 1) 气瓶: 用于装测量用的高压空气, 允许储存的最大压强为 7.5 个标准大气压;
- 2) 空气泵: 用于向储气瓶补给空气;
- 3) 气瓶气压反馈装置: 用于检测气瓶的气体压强;
- 4) 气瓶气压控制单元: 根据气瓶气压反馈装置反馈的信号, 决定何时该给气瓶补给空气, 何时停止补给空气;
- 5) 气泡率调节单元: 气瓶内的高压气体通过气泡率调节单元减压后缓慢匀速释放到感压气管, 气体的释放速度通常称作气泡率, 气泡率调节单元保证任何时候河水都不会因为气体释放速度过慢而进入感压气管中;

6) 传感器 WL-3100: 用于测量感压气管内的气体压强, 并换算出水面距离感压气管出口的高度。

正常工作时气瓶气压范围在 400 ~ 750 kPa, 随着气瓶内的气体通过气泡率调节单元向外释放, 气瓶气压逐渐降低, 当管内气压下降到 400 kPa (58 psi) 时, 压缩机将开始启动泵气, 直至表显示在 750 kPa (110 psi) 时泵气结束。图 3 显示了气瓶气压随时间的变化过程^[2]。

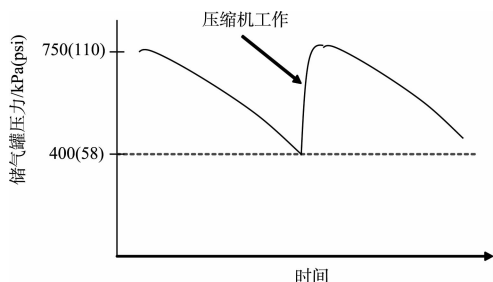


图 3 气瓶气压变化过程

HS-40 水位计主要有如下功能特点:

- 1) 量程为 0 ~ 40 m, 可以同时满足航道高洪期和枯水期水位测量要求。测量精度达到 0.1 mm, 测量误差小于 1 cm, 满足航道水位监测的精度要求;
- 2) 允许最大气管长度为 200 m, 适应航道边坡、漫滩较长条件下的水位测量;
- 3) 标准 SDI-12 通信接口 (三线制), 与当今行业流行标准接轨;
- 4) 功耗低, 采用 12 V 蓄电池供电, 平均功耗仅 24.2 mA;
- 5) 内置显示装置和参数选择/设置按钮, 水位查询直观, 可以很方便的修改设备参数, 操作简单;
- 6) 具有自动补给气瓶气体的功能, 人工维护成本很低;
- 7) 气体恒流输出, 能最大程度降低测量误差, 实现水位信息即时测量即时输出。

3 HS-40 气泡水位计在水位测量中的应用

3.1 水位测量

实现水位测量仅需要 HS-40 气泡水位计、蓄

电池和感压气管 3 部分 (图 2), 蓄电池为 HS-40 气泡水位计提供正常工作所需电能。HS-40 气泡水位计和蓄电池都安装在航道岸边水面以上 (如堤坝上、灯塔上), 感压气管从气泡水位计的出气口引出, 一直延伸到河底。为了保证测量的稳定性和耐久性, 气管一般采用耐腐蚀、抗老化、硬度、韧性、气密性都较好的高分子材料制成。气管的安装情况对测量效果影响明显, 必须遵循如下基本要求: 1) 气管安装时必须外套钢管加以保护, 避免因河水冲击和行船撞击导致气管破损; 2) 气管敷设应该尽量顺直, 长度尽可能短, 且不能出现负坡, 避免管内出现水栓, 影响测量效果; 3) 气管必须固定牢固, 以免影响测量效果; 4) 气管口应距离河床一定距离, 一般 30 ~ 50 cm 为宜, 避免因为河床淤积堵塞气管。根据以上安装要点进行安装就可以实现水位的自动测量, 测量结果自动显示在水位计的液晶显示屏上。

3.2 水位数据传输

根据长江数字航道总体建设内容: 需要建设两级数字航道中心 (一主六分)、统一的电子航道图、航道动态监测平台、航道维护管理平台、航道应急指挥平台、航道综合信息服务系统等, 初步构建长江数字航道管理框架。其首批要实现的目标是: 以多功能电子航道图为基础, 全面建成长江干线数字航道, 实现航道的动态监测和及时维护, 大幅提升航道信息服务的时效性、准确性和服务水平。电子航道图建立后正常运行, 需要实时测报沿程的水位站点的水位变化信息, 实现全航道管理调度。因此需要将水位信息通过通信网络将测量数据汇集到航道中心的水位数据接收系统。图 4 为水位数据自动传输图。

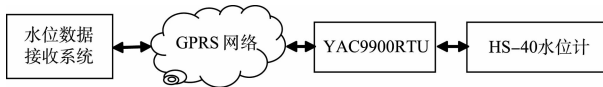


图 4 水位数据自动传输

图 4 中 YAC9900RTU 是实现航道水位数据自动获取和传输的核心部件。YAC9900RTU 通过 SDI-12 接口与 HS-40 水位计相连, YAC9900RTU

与水位数据接收系统通过 GPRS 网络互连。YAC9900RTU 定时向 HS-40 发送水位获取命令, HS-40 收到水位获取命令后将最新测量的水位结果及时呈报给 YAC9900RTU, YAC9900RTU 将收到的水位数据再通过 GPRS 网络转发给水位数据接收系统, 即实现了水位自动监测。在实际安装过程中 YAC9900RTU 和 HS-40 水位计集成在一个仪器柜里, 采用太阳能电池板给蓄电池浮充供电, 仪器柜放置在灯塔或码头等位置, 实现无人值守, 有人看管。

3.3 HS-40 气泡水位实用情况

自 2012 年长江数字航道水位监测系统建设以来, 累计投入 40 余套 HS-40 气泡水位计应用于水位测量。大部分水位计试用时间已经超过 1 a, 测量的水位数据都存入了水位数据库系统, 期间系统运行管理人员对各个水位监测站点的水位进行人工同步观测, 并将同一测点同一时刻的仪器测量水位和人工观测水位进行比较分析, 二者吻合性较高, 95% 的水位数据差值小于 3 cm, 考虑到波浪、行船等因素的影响和人工观测误差, 二者吻合性更高。在比较分析过程中, 将同一个水位计高水期和低水期的水位数据样本方差进行比较(二者样本容量相等), 两个样本方差近似相等, 表明 HS-40 气泡水位计的传感部件线性良好。同时将同一个水位计夏季(高温期)和冬季(低温期)的水位数据的样本方差进行比较(二者样本容量相等), 两个样本方差近似相等, 表明 HS-40 气泡水位计的温度漂移小。

相比澳大利亚陆地水文服务公司早期产品 WL3100 气泡水位计, HS-40 气泡水位计在供气系统上进行了改进, 用空气取代氮气作为测量气源带来了一些问题, 需要技术攻关进行解决。由于空气中含有较大比例的氧气和水蒸气, 容易在气管中产生水栓, 在气泵(压缩机)及气路系统的零件上形成氧化物凝结, 造成腐蚀, 从而造成设备的损坏, 影响其使用寿命。实际应用过程中, 已经有几个水位计因为此类原因导致压缩机损坏

或不能正常工作, 气瓶压力不足, 最终影响水位正常测量。

4 HS-40 气泡压力式水位计在应用中遇到的问题及解决方案

4.1 泥沙淤积

为解决断面泥沙淤积气管口堵塞而引起水位观测连续性的问题, 采用在不同的水位高度分别敷设多级压力感压管道保证水位观测的连续性和实时性。

4.2 观测误差校正

由于传感器受分散性、非线性、水密度差异性等因素的影响, 其测量的水位与实际观测值相比较存在着一定的误差。为提高信息采集的准确性和减少这些因素的影响度, 在实际使用中进行了线性修正。在传感器使用前, 通过室内实验比测台, 对压力传感器进行有效的率定, 并计算压力传感器的修正系数。YAC9900RTU(数据采集终端)进行数据采集时, 根据所计算的修正系数自动进行校正, 使数据采集准确率达到规范要求。

4.3 特别环境下的应用

气泡式压力水位计以其建设成本低、性能稳定、低故障率、便于维护等优点广泛应用于水位观测。从水位观测实践来看, 在天然河道、水库、湖泊及长江中下游水流平缓的河段按常规安装方法安装的气泡式水位计测量精度均能满足国家技术规范要求。但是, 在长江中上游河段如果按常规安装不能满足水位测量对精度的要求, 其原因是长江中上游河段水流湍急, 水位计气室所处位置水流紊乱以及气室的阻水扰动等因素, 使气室内的气体受到脉动产生一定的负压, 导致其测量的水位数值系统性偏小, 水流越是紊乱, 其测量误差越大。需要构造一种能够在长江中上游河段等水流紊乱情况下使用, 并且能够在水位计气室周围形成相对平缓的水流和类似静水小环境的装置, 以提高气泡式压力水位计在水流湍急情况下的测量精度。根据气泡式压力水位计在水库、湖泊及

长江中下游水流平缓的河段等水流环境中测量精度较高的特点，如果在水流湍急的大环境中，通过人工装置形成水流平缓 and 类似静水的小环境便可提高气泡式压力水位计在水流湍急条件下的测量精度。根据这一思路，研制了用于在水流湍急条件下采用气泡式压力水位计测量水位的静水装置，采用了该静水装置后气泡式压力水位计收集的水位资料精度有所提高，满足水位技术规范要求。

5 结 语

1) HS-40 气泡压力式水位计适用于边坡漫滩较长航道水位监测系统，初次安装土建施工工程量小，运行成本也低，维护方便，适合监测长江中下游水流平缓、变率不大的航道水位变化情况，和其它类型水位计相比，有明显的性价比优势。

2) HS-40 气泡压力式水位计量程达 40 m，大于长江中下游航道水位变化范围，因此既能满足洪水期测量要求，也能满足枯水期的测量需求，保证了航道水位全年自动观测。

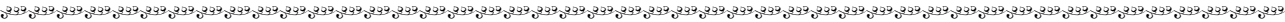
3) HS-40 气泡压力式水位计测量效果受泥沙淤积和水位变率影响明显，使用过程中应避免感压气管管口淤积，合理调整感压气管的气体释放速度，保证管内气压能够真实反应管口的水头，才是准确测量的关键。

参考文献：

[1] 王俊,熊明. 长江水文测报自动化技术研究[M] . 北京: 中国水利水电出版社, 2009.

[2] Model HS40V/HS40V-DO, Advanced Bubbler System Installation and Operation Manual[S] .

(本文编辑 郭雪珍)



(上接第 63 页)

3 结 语

从顺应控制河段远程通行指挥和信号台无人化值守的发展趋势出发，运用 DirectSound、VFW 和 Socket 通信技术对反映控制河段通行状况和指挥过程的音视频以及信号揭示控制命令的多源数据的实时传输进行了设计，对反映控制河段通行状况和指挥过程的音视频以及信号揭示控制命令的多源数据进行实时传输，使航道行政管理部门可以随时了解控制河段的通行动态，及时应急介入通行指挥工作，最终实现控制河段船舶远程通行指挥。

参考文献：

[1] 毕慧博. 神背嘴信号台智能辅助指挥系统设计与实现[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.

[2] 甘少君. 控制河段通行信号自动揭示系统设计与实现[D]. 重庆: 重庆大学, 2013.

[3] Xue M, Zhu C. The socket programming and software design for communication based on client/server [C]// Circuits, Communications and Systems, 2009. PACCS 09. Pacific-Asia Conference on. IEEE, 2009: 775-777.

[4] 吴梦雯. 基于 Socket 通信的卫星通信地球站监控系统的设计与实现[D]. 南京: 南京邮电大学, 2012.

[5] Conklin G J, Greenbaum G S, Lillevold K O, et al. Video coding for streaming media delivery on the Internet [J]. Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, 2001, 11(3) : 269-281.

[6] 彭佩. 基于 VFW 的视频媒体捕捉方法的实现[J]. 电脑知识与技术: 学术交流, 2006 (6) : 160-161.

(本文编辑 郭雪珍)