

垂向声学多普勒流速剖面仪自动测流 系统警示标志应用

唐春生¹, 李聂贵^{2,3}, 李 刚¹, 蒋新新^{2,3}

(1. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029; 2. 水利部南京水利水文自动化研究所, 江苏 南京 210012;
3. 水利部水文水资源监控工程技术研究中心, 江苏 南京 210012)

摘要:流量在线自动监测已成为实现水文监测现代化的关键,垂向声学多普勒流速剖面仪(V-ADCP)自动测流系统得到广泛应用,为保障V-ADCP自动测流系统可靠运行,结合江苏省水文水资源勘测局部分V-ADCP自动测流系统损坏和恢复应用的案例,探讨V-ADCP自动测流系统安装及运行过程中存在的短板问题,提出在测流断面安装浮球式警示标志的方案,为进一步提高V-ADCP在线测流系统运行稳定性提供保障。

关键词:V-ADCP; 在线测流; 警示标志

中图分类号:TV131.66

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)09-0033-03

Application of warning signs for V-ADCP automatic flow measurement system

TANG Chunsheng¹, LI Niegui^{2,3}, LI Gang¹, JIANG Xinxin^{2,3}

(1. Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Nanjing 210029, China;

2. Nanjing Automation Institute of Water Resources and Hydrology, Ministry of Water Resources, Nanjing 210012, China;

3. Research Center on Hydrology and Water Resources Monitoring Engineering Technology, the Ministry of Water Resources, Nanjing 210012, China)

Abstract: Online automatic monitoring of flow has become the key to realize the modernization of hydrological monitoring, and the Vertical Acoustic Doppler Current Profiler (V-ADCP) automatic flow measurement system has been widely promoted and applied. Combined with some cases of damage and restoration of the V-ADCP automatic flow measurement system of Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau, the short board problems in the installation and operation of the V-ADCP automatic flow measurement system were discussed, and the installation of floats on the flow measurement section was proposed, which could provide a guarantee for further improving the operational stability of the V-ADCP online current measurement system.

Key words: Vertical Acoustic Doppler Current Profiler (V-ADCP); online flow measurement; warning signs

流量是反映江河湖库水量变化的基本水文资料,更是支撑防汛防旱、最严格水资源管理、生态河湖建设管理的重要水文要素,流量测验的目的是取得天然河流及水利工程调节控制后的各种径流资料。伴随水文现代化的推进,传统的人工测流正在

逐步向自动测流转变,流量在线自动监测已成为实现水文监测现代化的关键,流量自动监测主要有垂向声学多普勒流速剖面仪(V-ADCP)测流、横向声学多普勒流速剖面仪(H-ADCP)测流、超声波时差法测流、雷达波测流等几种方法。2017年,连云港

收稿日期:2020-05-07

作者简介:唐春生(1977—),男,高级工程师,工程硕士,主要从事水文水资源工程规划设计与建设管理等工作。E-mail: 11420326@qq.com

水文分局在小许庄水文站恢复部署了 1 套垂向式基于二线能坡法的声学多普勒自动测流系统,本文结合该案例主要探讨一下 V-ADCP 自动测流系统警示标志的应用。

1 V-ADCP 自动测流系统应用形势

随着国外新技术和设备的引进,自动测流技术飞速发展,声学多普勒流量在线监测系统已在我国很多地区得到应用^[1-2]。该自动测流是在河道岸边利用自记台、水工建筑物,或者在河底安装一种可以发射和接收声波的自动测流设备,用来测验断面的部分流速,然后根据比测率定得到代表流速与断面平均流速的关系,之后便可以达到不间断自动测流的目的。该方法适用于测流断面的河宽、水深、流速和含沙量等满足自动测流仪器的应用条件,可以长时间连续地全自动测量。目前,声学多普勒流量在线监测系统主要有 V-ADCP 和 H-ADCP 两种,其测流原理为:声学多普勒传感器发射的超声波遇到水中和水一起流动的悬浮物会产生反射,部分声波反射至发射端被声学多普勒流速测量传感器接收,且反射回来的声波频率随流速的大小而发生变化,根据频率大小可计算出各层水流某一段上各点的矢量流速,通过比测率定建立稳定的层流速与断面平均流速的关系,测量水深并根据水深和仪器安装高程算出水位,由“水位-过水面积关系表”得到过水面积,现场数据采集仪利用声学多普勒流速测量传感器提供的流速数据及水位数据采用“指标流速法”实时计算流量,或用流量计算模型直接计算流量。由于 V-ADCP 采用垂向式安装、代表垂线测流,与人工测流普遍使用的流速仪代表垂线法测流原理一致,因此得到了较为广泛的推广应用,江苏省水文水资源勘测局在全省多处水文测站建设了 V-ADCP 自动测流系统,仅在连云港水文分局就安装部署了 5 套,分别位于大兴镇、小许庄、临洪、临洪(东)、小吴场 5 个测流断面。

V-ADCP 自动测流系统是在测流断面的测速垂线起点距的河床^[3-4],采用混凝土块或混凝土桩或其他材料进行施工,构造固定垂向式 ADCP 的基础,为了便于安装、调整、维护维修,一般在固定垂向式 ADCP 的基础上安装升降套件,从而可以方便地把 V-ADCP 传感器从河底升至水面,从水面降至河底,V-ADCP 自动测流系统设备安装剖面示意图如图 1 所示。

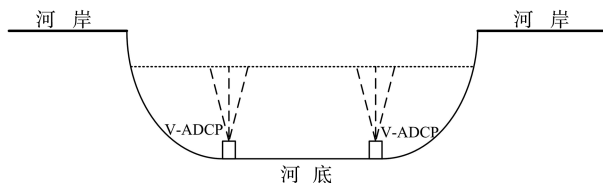


图 1 V-ADCP 自动测流系统设备安装剖面示意图

2 V-ADCP 自动测流系统应用存在问题

2015 年,水文部门在蔷薇河小许庄水文站、苏鲁省界断面新沭河大兴镇水文站各建设安装了 1 套基于二线能坡法的在线流量自动监测系统。

小许庄水文站属国家基本水文站,位于江苏省东海县房山镇尚仁庄村,设立于 1956 年 7 月,集水面积 477 km²,该站属省级重要水文站,也是连云港市防汛调度的重要报讯站,担负着蔷薇河的水情测报任务。测验河段基本顺直段长度约 1 000 m,测验断面为复式断面,总宽 176 m,主槽宽 60 m,两岸滩地宽共 90 m,滩地为杂草。断面两岸为黏土,河底为砂礓,河床冲淤变化不大。

大兴镇水文站属国家基本水文站,位于山东省临沭县大兴镇大兴一村,设立于 1951 年 4 月,集水面积 5 108 km²,该站为石梁河水库上游干流入库控制站、国家级重要水文站,也是石梁河水库防汛调度的重要报讯站及水文预报重要站。测验河段基本顺直段长度约 1 100 m,测验断面为复式断面,总宽 379 m,右岸 60 m 为滩地。断面左岸为风化砂岩,右岸为沙壤土,右岸有坍塌现象。河床冲淤变化较大,加上采砂影响,测验断面河底高程有逐渐降低趋势,中泓左右摆动,中高洪水时断面水流流向不正。

每套系统均配备 2 个 ADCP 传感器及 1 个 V-ADCP 主机,ADCP 传感器固定安装在河道断面底部距两岸约 1/4 处,因 V-ADCP 控制柜安装在测站缆道房内,考虑到安装成本,数据线缆沿河底从同侧河堤上岸敷设至监测站房。主机可以连接计算机进行数据采集,或者连接测流控制器进行在线实时数据采集。建成初期正常运行,之后在很短的时间内,由于河道疏浚以及行船拖拽等影响,小许庄和大兴镇水文站自动测流设备均损坏,分析原因主要有:一是传感器安装在水下,水面以上没有任何警示标志,河道疏浚施工人员及船只驾驶人员不知道水下有传感器及过河线缆,因而造成与水下传感器的碰擦;二是线缆从一侧河堤上岸,右岸一侧传

传感器线缆穿过中泓从左岸侧接入站房,行船在拖锚行驶的情况下会拽断中泓底部的传感器线缆。损坏的设备主要有:水下支持平台、水下信号线缆、水下气管以及 ADCP 传感器等,其中大兴镇水文站右岸 1 个 ADCP 传感器遭行船拖拽后丢失,ADCP 传感器单价约 10 万元,损失较大。上述 2 站 V-ADCP 自动测流系统设备安装平面示意图如图 2 所示。

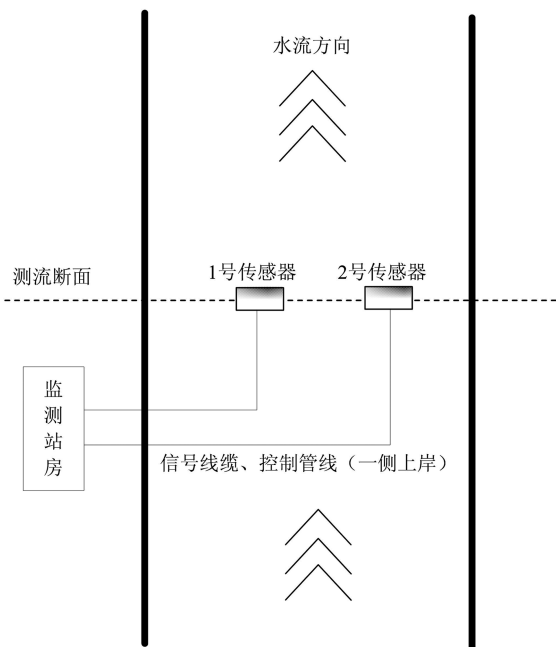


图2 V-ADCP 自动测流系统设备安装示意图(恢复前)

3 V-ADCP 自动测流系统警示标志设置

小许庄水文站位于江水北调入连云港市的蔷薇河枢纽工程下游,是外引水进入市区的上游重要控制站,由于该站所处蔷薇河河段为通航河道,为避免重蹈覆辙,以问题为导向,充分吸取以往失败教训,2017 年与淮委水文局专家会商研讨,为了保障水下设备安全,必须设置警示标志提示过往船只避让。有两种方案:方案一是在水下传感器位置设置 2 个警示桩,钢管桩、混凝土桩等硬质桩;方案二是在水下传感器所在的河面位置设置 2 个警示漂浮物,浮球、浮筒等软质警示标志。

方案一需要在河道内打钢管桩或混凝土桩,航道主管部门批准手续难以办理,施工较为麻烦,成本较高,由于该河道属通航河道,一方面大吨位船只会撞坏钢管桩或混凝土桩,另一方面硬质的钢管桩或混凝土桩会刮擦过往船只,对行船安全造成影响。方案二是在河底配重或打桩钉,水体用锚链连接水面浮球或浮筒,施工较为简便,成本很低,浮

球、浮筒等软质漂浮物对行船安全不会造成影响。经论证比选,决定采用方案二,在小许庄水文站测流断面采取设置警示浮球方案。做法如下:

在水下传感器下游 10 m 处安装 2 个浮球标志,标志系统由浮球、锚链、水下固定物组成。浮球采用一次成型滚塑塑料制品,里面添加聚氨酯发泡材料,直径 120 cm。河底固定装置采用配重或打桩钉,浮球与河底固定装置采用直径 10 mm 锚链,长度略长于水深。同时为了保证水下信号线缆和控制管线的安全,采用线缆两地上岸的方式。警示浮球安装好后,笔者多次到该站见到行船行驶到该断面时均主动避让,甚至 2 条船对驶在该断面交汇时也避让得非常好,均从 2 个浮球中间的河道行驶,从而确保了该自动测流系统的安全运行,小许庄水文站 V-ADCP 自动测流系统警示浮球示意图如图 3 所示,恢复之后 V-ADCP 自动测流系统设备安装平面示意图如图 4 所示。

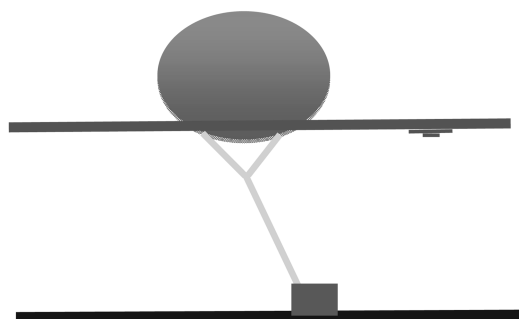


图3 V-ADCP 警示浮球示意图

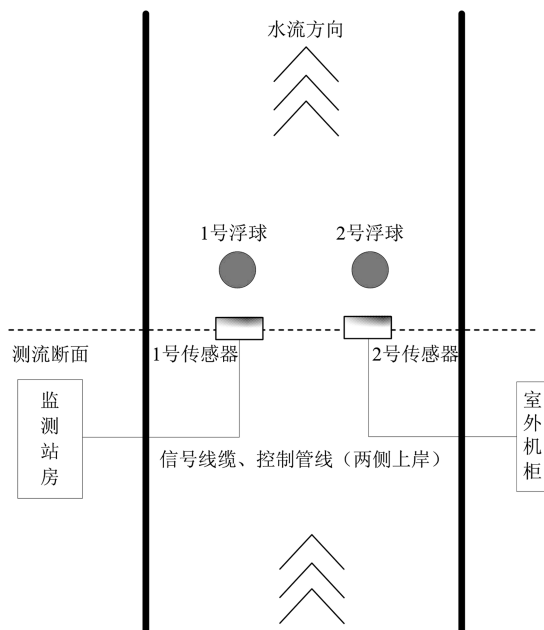


图4 V-ADCP 自动测流系统设备安装示意图(恢复后)

(下转第 40 页)

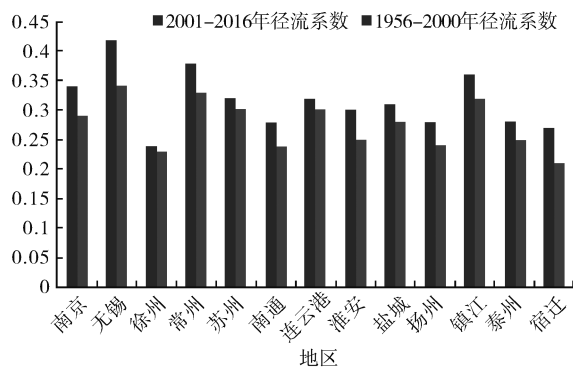


图 4 江苏省行政分区径流系数变化

5 结 语

下垫面是降雨产流计算的基础,下垫面变化与降雨产汇流规律改变、洪涝灾害发生等有密切关系。采用国土土地利用变更数据作为基础数据源,根据土地的降雨产流特性,建立降雨产流下垫面与土地分类之间的对应关系,确定分类统计原则,统计形成江苏省降水产流下垫面分类成果,为降水产流下垫面调查统计提供新的思路和方法。为及时反映下垫面变化情况,掌握其变化情势,需要建立下垫面动态更新机制,并结合水资源、生态保护等新需求进一步研究下垫面分类,为防洪、治涝、水资

源、水生态等相关规划及河湖管理、水生态空间预警管控等提供基础支撑。

参考文献:

- [1] 贾凤. 下垫面变化对径流及洪水影响分析[J]. 水利科技与经济, 2017, 23(4):45-48.
- [2] 管莉莉, 卢扣, 黄云. 遥感解译样本在里下河下垫面调查中的应用[J]. 资源环境与工程, 2016, 30(3): 275-278.
- [3] 高华峰. 晋中市水文下垫面对产流的影响研究[J]. 山西水土保持科技, 2017(1):18-20.
- [4] 王育红, 蔡典雄, 姚宇卿, 等. 保护性耕作对豫西黄土坡耕地降水产流、土壤水分入渗及分配的影响[J]. 水土保持学报, 2008(2):29-37.
- [5] 陶国芳, 蒋兆恒. 城市下垫面对地表水文循环过程的影响分析——以通化市辖区为例[J]. 通化师范学院学报, 2019, 40(6):91-96.
- [6] 苏爱芳, 施东雷, 葛旭阳. 下垫面对郑州城市强降水的影响:城市化及地形影响的数值模拟研究[J]. 大气科学学报, 2019, 42(3):434-446.
- [7] 葛晓通. 邯郸市典型下垫面产汇流特性试验研究[D]. 邯郸:河北工程大学, 2018.

(上接第 35 页)

2018 年,连云港水文分局先后在小吴场、临洪、临洪(东)3 个测流断面应用 2 个警示浮球(筒)成果安装部署了 3 套 V-ADCP 自动测流系统,运行至今测流系统均稳定正常。

4 结 语

2019 年 9 月,水利部印发《水文现代化建设技术装备有关要求》,针对流量测验技术和设备配置明确提出应以在线或自动监测为主总要求,V-ADCP 自动测流系统将会大量应用,鉴于 V-ADCP 自动测流系统警示标志在连云港小吴场、临洪、临洪(东)3 个测流断面应用效果良好,为自动测流系统的安全运行提供了保障,减少了经济损失,有很大

的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 谢运山, 赵德友, 张泉荣, 等. 单波束声学多普勒流速仪垂向在线测流应用研究[J]. 水利信息化, 2018(6):44-48.
- [2] 王红光, 储华平. V-ADCP 在亭下水口下游河道中的应用[J]. 水利科技与经济, 2014, 20(9):5-6.
- [3] 苏海松, 梁军, 崔军, 等. 江苏省中小河流流量自动监测方案分析[J]. 江苏科技信息, 2015(13):65-67.
- [4] 刘正伟, 张丽花, 华郦敏. 底座式多普勒测流仪在渠道自动监测中的应用[J]. 人民长江, 2017, 48(1): 30-31.