

DOI: 10.19364/j.1674-9405.2019.04.008

ADCP 测流在巢湖流域水资源监测中的应用

程嫒嫒¹, 金晨曦²

(1. 安徽省水利水电勘测设计院, 安徽 合肥 230088;

2. 云南省水文水资源局, 云南 昆明 650106)

摘要: 为满足巢湖湖(河)长制考核验收的需要, 需对巢湖43个考核断面建设水资源监测站, 对ADCP测流技术, 以及走航式、水平式和垂线式3种测流设备进行介绍和比较, 根据各种测流设备的适用范围和测流断面的特征, 选择合适的建设方案, 方案实施后, 可以实现水质和水量同步监测, 控制河流入湖污染总量, 为湖(河)长制考核验收提供数据支持。

关键词: 湖(河)长制; ADCP; 走航式ADCP; H-ADCP; V-ADCP

中图分类号: P335

文献标识码: A

文章编号: 1674-9405(2019)04-0047-04

0 引言

巢湖流域^[1]位于安徽省中部, 东濒长江, 西北为江淮分水岭, 东北邻滁河流域, 南与陈瑶湖、菜子湖及皖河流域毗连, 属长江下游左岸水系, 为全国第五大淡水湖。目前, 安徽省正在全面推行湖(河)长制, 为满足巢湖湖(河)长制考核验收的需要, 在巢湖入湖一级、二级支流共26条河流设置了43个考核断面, 目前各考核断面的水质监测已建设完成且实现水质监测数据信息共享, 但水量监测站建设尚不完善, 数据也未共享。根据省级巢湖湖(河)长制的考核验收要求, 需在各考核断面, 建设水资源监测站, 实现水质和水量同步监测。

近年来, ADCP^[2-3]测流技术发展飞速, 在很多地区都有广泛的应用并取得成功, 其中走航式ADCP^[4]测流技术相对成熟, 测量精度和时效性均能达到水文测验要求, 但不能实现实时在线测流; 水平式ADCP(H-ADCP)^[5]和垂线式ADCP(V-ADCP)^[6-7]可以实现实时在线测流, 但对断面的复杂程度有一定的要求, 且需要进行比测率定后方可使用。根据各考核断面的实际情况, 选择适合的测流方式, 满足湖(河)长制考核的精度和时效性要求。

1 测流方式比较

1.1 ADCP 测流原理

ADCP即声学多普勒流速剖面仪, 根据多普勒频移原理测量水体流速, 是目前世界上先进的河流流速流量实时测量设备。ADCP设备上安装多个换能器, 每个换能器既是发射器又是接收器, 发射某一固定频率的声波, 然后接收被水中颗粒物散射回来的声波。假定颗粒物的运动速度等于水体流速, 当颗粒物的运动方向接近换能器时, 换能器接收到的回波频率比发射波频率高; 当颗粒物的运动方向远离换能器时, 换能器接收到的回波频率比发射波频率低。发射声波频率与回波频率之差由公式(1)确定:

$$F_d = 2Fv/C, \quad (1)$$

式中: F_d 为声学多普勒频移, kHz; F 为发射波频率, kHz; v 为颗粒物沿声束方向的移动速度, m/s; C 为声波在水中的传播速度, m/s。

目前ADCP设备测流方法有以下3种: 1) 走航式ADCP, 即由船体搭载ADCP设备; 2) H-ADCP, 设备安装在岸边边坡或桥墩上, 声束水平发射; 3) V-ADCP, 设备安装在河底或水面, 声束垂直向上或向下发射。

收稿日期: 2019-04-12

作者简介: 程嫒嫒(1988-), 女, 安徽金寨人, 工程师, 研究方向: 水利水电工程规划与设计。E-mail: fengzhengcyy@126.com

1.1.1 走航式 ADCP

走航式 ADCP 是采用 ADCP 设备代替传统的机械式流速仪, 由船体搭载 ADCP 设备, 船体可以采用无动力船, 由揽道拖弋船体测流, 也可以采用有动力船, 在水体条件不适合人工驾驶船体的情况下, 可采用无人船自动航行, 沿测流断面方向按照设定的测量周期在河道断面上建立多条垂线, 在每条垂线处测量水深、起点距和垂线多点的流速, 然后计算垂线部分流量, 获得断面流量, 在测流的同时可以获得断面剖面图。走航式 ADCP 具有测验速度快、精度高等优点, 但仍需人工操作, 无法实现实时在线监测。

1.1.2 H-ADCP

H-ADCP 的流速传感器通常安装在河流或渠道的岸边, 由多个超声波探头组成, 其中 1 个探头上发射 (采用压力传感器等其他方式测量水深的 ADCP 无该探头), 用来测量水深, 另外 2 个超声波探头在同一平面上成一定角度向对岸发射, 水平发射波束涵盖部分或整个宽度的水体, 超声波遇到水中和水一起流动的悬浮物会产生反射, 根据接收到的反射回来的声波频率大小可计算出各层水流某一段上各点的二维矢量流速。只要测验范围达到断面主槽, 利用指标流速法可计算断面实时流量。

指标流速法即用局部流速 (单点、垂直平均或水平平均等流速) 作为指标流速推算断面平均流

速, 为了得到断面平均流速与指标流速的关系, 采用人工船测或走航 ADCP 测出流量和断面面积, 得到断面平均流速的数据, 根据同步测量的指标流速和水位数据, 进行回归分析, 得到断面平均流速与指标流速的关系, 即 H-ADCP 的率定过程。

1.1.3 V-ADCP

V-ADCP 的流速传感器可以安装在水面, 由水面往水底测量, 也可安装在河底往水面测量。目前, 国内研究人员研制了二垂线式 (又称二线能坡法) ADCP 测流方式, 采用以曼宁公式为基础的二线能坡法的垂线流速计算模型, 通过实测河道断面上 2 条垂线的平均流速, 再采用能坡法计算出 2 条垂线处比降, 通过 2 条垂线的比降, 推算出断面 n 条垂线的垂线流速, 把原来在断面中实测 n 条垂线流速变成计算 n 条垂线流速, 通过断面 2 条垂线流速的在线监测, 从而实现全断面流量的实时在线监测。二垂线式 ADCP 测流具有测量速度快、全自动测量等特点, 适应于河底形状不适合安装 H-ADCP 的地方。

1.2 各种测流方式对比

目前, 3 种 ADCP 设备在流量监测中均有应用, 适应范围各有不同, 以下从安装方式、测量精度、对通航的影响及适用断面情况等方面进行对比分析, 如表 1 所示。

表 1 3 种 ADCP 测流方式对比表

测流方式	走航式 ADCP	H-ADCP	V-ADCP
能否实时监测	否	是	是
安装方式	船载	岸边	河底或水面
安装维修难易程度	安装简单, 维修方便	安装简单, 维修方便	安装有一定难度, 维修较水平式较难
防盗及意外损坏情况	安全	较安全	较安全, 需注意行船影响
适用河道断面情况	适用于河宽大于 10 m 河道, 适宜航行	适用于河宽小于 100 m 规则河道, 无滩地, 岸坡较陡	用于河宽 10~500 m 规则河道, 冲淤变化小
适用河道流速	适用于流速小于 3 m/s 的河道	适用于平均流速 0.2 m/s 以上、流场稳定河道	适用流速范围较大, 特别是低流速河道
安装位置	船体	水面以下, 安装在水深 0.6 m 处测量精度最佳	距离两岸 20%~30% 的位置
适用河道水深	水深大于 0.3 m	水深与河道宽度比要大于 1:40, 水浅河道、水位变幅大河道不适用	水深 0.2~20.0 m
对通航影响	无	基本无影响	对通航有一定影响, 行船抛锚可能会拉断电缆或设备安装拉杆, 需在水面放置警示标记, 并作通航影响评价
后期率定工作	无	需对高、中、低不同水位级均进行率定	需与传统流速仪或走航 ADCP 进行对比观测, 分析相关关系
测量精度	高	较高	较高

2 建设方案

通过对巢湖流域 43 个考核断面情况进行梳理,断面情况分为 3 类: 1) 考核断面附近有水文站, 利用现有水文站测流的断面, 计 11 个断面, 该类断面在水文站现有设备的基础上, 增加走航式 ADCP 设备, 取代传统机械式流速仪, 提高测流的时效性; 2) 控制流域面积较小, 排污量不大的断面, 计 9 个断面, 该类断面由于排污量不大, 采用巡测方式, 配备走航式 ADCP 或手持电波流速仪, 与水质采样同期测流; 3) 需新建水量在线监测站的断面, 计 23 个断面, 首先对断面中距离较近且没有出入流的断面进行合并建站, 合并后需新建 18 个监测站, 站址选择在河道断面规整、冲淤变化不大、河道顺直流态稳定的河段, 尽量与水质监测站同站址, 便于同步观测和管理, 再根据断面等情况, 结合 1.2 节

所述 3 种测流方式的优劣, 选择合适的测流方式。

以 3, 4# 断面为例, 两断面相距较近且没有支流汇入, 可合并建设, 站址所在断面宽度 110 m, 滩地宽约 20 m, 高程 7.5 m 左右, 河底高程约 4.2 m, 底宽 40 m, 为宽浅型河道。断面两岸均有较大滩地, 如采用水平法测流, 根据枯水位和测流设备束角开度要求, 测流传感器探头最低安装高程为 7.0 m, 需对河道切滩扩挖, 滩地需切至 6.0 m 高程左右, 切滩后对河势影响较大, 流场、流态将产生变化, 测流精度无法保证, 综合考虑上述因素, 该断面采用垂线法测流方式, 传感器探头分别布置在左右岸河槽。本次新建 18 个监测站点中, 有 11 个断面选用二垂线式 ADCP, 6 个断面选用 H-ADCP, 1 个断面即姚家河断面因属于山区河流, 枯水期经常断流且河床遍布鹅卵石, 采用电波流速仪。建设方案如表 2 所示。

表 2 巢湖流域水资源监测站网建设方案

序号	河流名称	断面名称	断面宽度/m	水资源站设站建议	监测方式
1	南淝河	施口	180	新建, 1, 2# 共用	二垂线式 ADCP
2		板桥码头	180	三汊河水文站站址	
3		合钢二厂下游	110	新建, 3, 4# 共用	
4		长江东大街与南淝河交口	110		
5	二十埠河	二十埠河下游	60	新建	H-ADCP
6	塘西河	塘西河入湖口	140	新建	二垂线式 ADCP
7		希望桥	90		
8	十五里河	京台高速断面	70	新建, 前杨村希望桥水质自动站址, 12~15# 共用	H-ADCP
9		绕城高速断面	100		
10		十五里河金寨路桥	100		
11	派河	肥西化肥厂下游	200	新建	二垂线式 ADCP
12		经开区污水厂下游	200	新建	二垂线式 ADCP
13	杭埠河	三河镇新大桥	220	新建	二垂线式 ADCP
14	姚家河 (杭埠河上游)	姚河村象形组拦河堰	60	新建, 桥拱	雷达多普勒
15	丰乐河	双河镇出境	80	新建, 丰枯水位变化大	二垂线式 ADCP
16	兆河	庐江缺口	140	新建	二垂线式 ADCP
17	白石天河	石堆渡口	200	新建	二垂线式 ADCP
18	西河	杨柳村	120	新建	二垂线式 ADCP
19	清溪河	清溪河桥	110	新建	二垂线式 ADCP
20	汤河	入清溪河口	60	新建	H-ADCP
21	双桥河	双桥河入湖口	70	新建	H-ADCP
22	鸡裕河	入湖口	60	新建	H-ADCP
23	炯场河	入湖口	80	新建	H-ADCP

3 结语

随着新时代水利工作重心转向“水利行业强监管”的要求、河湖长制管理体系的形成及“互联网+”等信息化智慧水利的发展趋势,亟需利用新技术对水文水资源信息进行采集、分析和管理,提高水文水资源管理水平,巢湖流域水资源监测站网建设势在必行。目前,巢湖流域水资源监测站已部分建设完毕,数据已上传安徽省巢湖管理局信息平台,ADCP设备的应用对水资源监测工作提供了更方便、快捷的手段,应用前景广阔,具体如下:1)通过对各考核断面的流量进行监测,对省级巢湖湖(河)长制考核验收提供数据支持;2)巢湖流域水污染治理的重点是对入湖污染物进行控制,实现水质和水量同步监测,计算污染物入湖通量,对入湖污染物控制有积极的监管作用,对国内类似湖泊的水资源水环境管理有借鉴作用;3)ADCP测流设备近年来在安徽省内部分水文站有局部试点应用,但在巢湖流域这么大范围内的使用在省内尚属首例,

对ADCP测流技术具有积极的推广意义,对设备后期研究改善提供实测数据支撑。

参考文献:

- [1] 袁晓继. 巢湖流域水资源监测站网建设工程初步设计报告[R]. 合肥: 安徽省水利水电勘测设计院, 2018: 40-79.
- [2] 廖文凯. 水文测验方式改革创新初探[J]. 广西水利水电, 2013 (4): 26-27.
- [3] 赵胜凯, 王志芳. ADCP基本原理及应用[J]. 河北水利, 2007 (11): 1.
- [4] 徐文杰, 梁维富, 刘富生. 走航式ADCP流量测验[J]. 河南水利与南水北调, 2011 (4): 49-51.
- [5] 李德标, 刘永亮. H-ADCP在平原水网区河道站流量测验中的应用试验[J]. 江苏水利, 2015 (4): 38-44.
- [6] 刘正伟, 陆德智. 一种底座式ADCP流量自动监测探头支撑装置的研制与应用[J]. 水文, 2016, 36 (2): 82-84.
- [7] 梁后军, 刘小虎. 二垂线式ADCP流量测量系统[J]. 水利信息化, 2013 (4): 26-29.

Application of ADCP flow measurement in water resources monitoring on Chaohu Lake Basin

CHENG Yuanyuan¹, JIN Chenxi²

(1. Anhui Survey and Design Institute of Water Conservancy and Hydropower, Hefei 230088, China;

2. Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan Province, Kunming 650106, China)

Abstract: In order to meet the needs of the examination and acceptance of Chaohu Lake (river) long-term system, water resources monitoring stations need to be constructed at 43 sections of Chaohu Lake. This paper introduces and compares ADCP flow measuring technology and three kinds of flow measuring equipment: shipboard-type, horizontal-type and vertical-type. According to the applicable scope of various flow measuring equipment and the characteristics of flow measuring section, suitable construction schemes are selected. After the implementation of the scheme, water quality and quantity can be monitored synchronously. The total amount of pollution from rivers into lakes can be controlled. And it provides the data support for the examination and acceptance of the long-term system of lakes (rivers).

Key words: lake (river) long system; ADCP; shipboard-type ADCP; H-ADCP; V-ADCP

广告索引

华自科技股份有限公司

贵州东方世纪科技股份有限公司

贵州东方世纪科技股份有限公司

封 2

前插 1

前插 2

杭州海康威视系统技术有限公司

岛津企业管理(中国)有限公司

封 3

封底