

# 断面流量测验方法对比研究

邹志科, 潘红忠, 王娜, 徐小婷

(长江大学地球环境与水资源学院, 武汉 430100)

**摘要:** 文章介绍了3种常见的断面流量测验方法及其工作原理, 并对3种方法进行对比研究, 综合分析了3种方法的适用范围、各自的优缺点, 对断面流量测验方法的改进和研究具有一定的指导意义。

**关键词:** 断面流量; 测验; 对比

**中图分类号:** P332    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1006-009X(2014)02-0030-03

## Comparisons on measurement methods of discharge in river segment

Zou Zhike, Pan Hongzhong, Wang Na, Xu Xiaoting

(School of Earth Environment and Water Resources, Yangtze University, Wuhan 430100)

**Abstract:** This paper introduces three common measurement methods of discharge in river segment and its working principles. Then, a comparison is made out among three measurement methods. The applicable scope, advantages and disadvantages of each method are analyzed comprehensively, which have a guiding significance for improving and researching measurement methods of discharge in river segment.

**Key words:** discharge in river segment; measurement; comparison

## 0 引言

流量测验是水文、水利及工程建设中极为重要的一项工作内容, 流量测验成果是极其宝贵的工程设计依据, 也是确定水资源分配和管理的必备资料<sup>[1]</sup>。河流流量测量是防洪预报、水资源管理和水质控制、水库管理、国家水资源结构、水资源保护、水利运输发展调查和河床演变研究等不可缺少的条件。流量测验是水文站最重要的工作内容, 其成果质量是衡量一个水文站工作好坏的主要指标。

在水文站日常工作中, 流量测验及相关工作占用了水文职工的大部分时间, 尤其是洪水期流量测验, 劳动强度大且具危险。所以, 研究改进流量测验方法迫在眉睫<sup>[2]</sup>。

## 1 几种常见断面流量测验方法

断面测量测验的方法很多, 常用方法为流速面积法, 其中包括流速仪测流法、浮标测流法、比降面积法等, 这是我国目前使用的基本方法。此外还有水力学法、化学法、物理法、直接法等<sup>[3]</sup>。本文主要介绍流速仪法、浮标法、ADCP测流法。

### 1.1 流速仪法

流速仪法是一种较古老的测流方法, 它有非常成熟的实际应用经验, 成果可靠, 使用广泛, 因此常作为一种基础方法用来比对其他测流方法<sup>[4]</sup>。

流速仪测流原理:

$$Q = \int_0^F V dF = \int_0^B \int_0^h V dh dB \quad (1)$$

$$V = kN/T + c = kn + c \quad (2)$$

收稿日期: 2013-10-08.

作者简介: 邹志科(1990-), 男, 大学, 专业方向: 测流仪器研究.

通讯作者: 潘红忠(1981-), 男, 硕士, 讲师. 研究方向: 水资源管理.

式中:  $V$  为测点流速;  $T$  为测速时段历时;  $N$  为测速时段内旋桨的总转数;  $n$  为流速仪旋桨转速;  $k$  为流速仪的倍常数;  $c$  为流速仪的摩阻系数。

流速仪法虽具有较好的可靠性,但也有其缺点:一是耗时耗力,流速仪是静态方法,河流断面只布设多条垂线,流速仪固定于水中不同深度逐点施测,一般采用二点法或五点法,一个点 100 s,按公式求出流速,再求出垂线流速,并且对测流断面通常要求垂直于河岸,平稳入水,避开风浪和循序渐进施测;二是安全性较差,实践中,要求普通吊车或水文测船将水文工作者和流速仪运送到指定测量点,然后由水文工作者现场操作测量,在汛期或洪水时期,根本无法使用,只适用河流流速较小的时候。

### 1.2 浮标法

浮标法是一种简便、有效的流量测验方法。当测站测流断面出现较大洪水或者水面漂浮物较多致使流速仪法无法应用时,可使用浮标测流法;当流速、水深较小致使流速仪的灵敏度无法达到使用要求时,也往往应用水面浮标法进行流量测验。浮标法采用的浮标有水面浮标、浮杆、双浮标等多种形式。一般情况下,浮标法的测流精度较流速仪法低。

浮标法测流一般需设置 3 个断面:浮标上断面、浮标中断面、浮标下断面。从河流上游投放浮标,测定其流经上、下断面的历时及流经中断面的位置,以上、下断面间距除以历时,求得浮标流速,再乘以系数,即可求得垂线平均流速。用类似流速仪法计算方法,计算部分流量及断面流量<sup>[5]</sup>:

$$Q = FV_f K_f \quad (3)$$

式中:  $Q$  为断面流量;  $F$  为浮标测流河段的断面平均面积;  $K_f$  为浮标系数;  $V_f$  为浮标平均流速。

浮标测流法也存在自身的缺点:

- (1) 准确度较差,人工读数主观性较强,且受环境影响较大,易产生视差;
- (2) 断面面积受河流冲淤影响,容易产生误差;
- (3) 浮标系数是一个多因素影响的综合参数,与河流的水力因素、气候因素及浮标类型等有密切关系,在不同的情况下选用不同的浮标系数,不容易确定,现在一般采用半经验半理论系数。

### 1.3 ADCP 测流法

声学多普勒流速剖面仪(简称 ADCP)测流技术的出现被认为是河流测量领域的一次革命,是

近年来国际上流行的、最为先进的一种流量测验方法,分走航式和固定式。

ADCP 测流原理:ADCP 上有 4 个按一定规则排列的声波换能器,能够向水中发射脉冲声波,同时接收被水体中颗粒物散射回来的声波。根据声学多普勒原理:假定水体中颗粒物运动速度与水体流速相同,依据反射信号的多普勒频移计算得到水中颗粒物沿声束方向的移动速度;利用测河底的脉冲测量水深及测船相对地球的速度矢量,两者的矢量差值就是测得的流速矢量。用测船横穿测流断面的航行速度乘以航行时间计算得到水面宽。通过水深、水面宽和流速即可计算流量<sup>[6]</sup>:

$$F = 2F_s V / C \quad (4)$$

$$Q = AF \quad (5)$$

式中:  $F$  为声学多普勒频移;  $F_s$  为发射声波的频率;  $V$  为水体中颗粒物沿声速方向的移动速度;  $C$  为声波在水体中的传播速度。

ADCP 测流具有瞬时快速、精度较高、方法简单、计算工作量少、有流向判别等优点。但也存在以下不足之处:

- (1) 价格昂贵,单价十几万到几十万,不利于其大规模投入使用,现在国内使用有限;
- (2) 河底走沙条件下,ADCP 的“底跟踪”方式测得船舶相对于河底的速度严重失真,导致流量测验不准确;
- (3) 在水体中高含沙量区域,回波强度衰减过快,易导致测流失败;
- (4) 目前 ADCP 测流还存在盲区,水体表层、底层以及两岸岸边非实测区的测量精度有待提高。

## 2 测验方法比较

从方法原理、优缺点、适用范围 3 个方面进行比较分析,其结果如表 1 所示。

通过对比分析可知,浮标法在现行水文测验中使用最为广泛,其操作简单,适用范围大,但需要人为操作,精度较差;而 ADCP 是水文测量走向自动化的重要仪器,其测量精度相对前者有较大提高,但在站址要求上较为局限,后期还需进一步改善<sup>[7,8]</sup>;流速仪法具有非常成熟的实际操作经验,成果可靠,应用广泛,常作为一种基础方法用于比对其他测流方法,但其耗时耗力、安全性较差。

表 1 常见流量测验方法比较表

名称	原理	优点	缺点	适用范围	备注
浮标法	以浮标流速表征河流流速	实用性强 适应性强	精度较差	适用范围广泛	特别适用于高洪时期
ADCP	对水中悬沙连续发射超声波,利用多普勒效应接收悬沙的反射波	测验时间短、分辨率高、精度好、资料完整、信息量大等	站址要求严格;在水位变化急剧、含沙量大等情况下,可能带来较大的误差;存在盲区	适用范围较广泛	是实现江河测流自动化的、最有前途的方法之一
流速仪法	利用转子的转速与水的流速之间的相关关系,得到水的流速而推求流量	有非常成熟的实际操作经验,成果可靠,应用广泛	需要将流速仪固定在测量断面上,且测流时间较长,安全性较差	适用于河流流速较小的时候	常作为一种基础方法用于比其他测流方法

### 3 结束语

综上所述,目前在断面流量测验中存在的核心问题是流速测量的精度与安全性、可操作性以及经济性不相适应的问题。近年来,不断有新技术新方法引入,尤其是电子信息技术的飞速发展对流量测验方法变革影响深远。解决的方向是将高精度的测速技术特别是声测速技术和光测速技术应用到测流装置上,并引用数据控制、传输和计算系统,即时对测流装置进行远程控制,实现可回收多次使用,降低使用成本;对测得的数据进行实时的传输和计算,提高自动化程度和安全性。

目前,在断面流量测验方法及其改进和新测验方法方面的研究和尝试,虽然还不能完全解决高洪流量测验中存在的难题,但已经有了一些可喜的理论性成果。科学技术的发展与断面流量测验方法的实践,为断面流量测验的研究提供了更多新的思路和发展途径,但还需要进一步总结实际操作经验。将传统的测流方法原理与现代高新

技术相结合,研制精确、安全、经济、可靠的测流装置是水文测验今后的重点研究方向。

#### 参考文献:

[1] 李学勤,史秀光,吕文婷. 几种特殊情况下流量测验方法探讨[J]. 农业与技术,2010,30(5):71-72.  
 [2] 石玉和,石元旭. 用正交试验法优选测流方案[J]. 科技信息,2008(21):231-234.  
 [3] 赵志贡,岳利军,赵彦增,等. 水文测验学[M]. 郑州:黄河水利出版社,2005.  
 [4] 李效贤. 大型渠道超声波法与流速仪法测流比对试验[J]. 中国农村水利水电,2006(8):107-108.  
 [5] 王和荣. 流量测验误差浅析[J]. 水文水资源,2012(5):24-26.  
 [6] 冯建军. ADCP 原理及数据处理方法[J]. 港工技术,2007(3):53-55.  
 [7] 刘双林,宋树东. ADCP 定点测流方法应用[J]. 人民长江,2009,10(20):79-81.  
 [8] 韩友平,黄双喜,魏进春. ADCP 在长江内河流量比测试验与精度研究[J]. 水利水文自动化,2005(3):1-12.

(上接 29 页)

插值法而边缘有毛刺的情况下就不太适合用这种方法,毛刺难以剔除。

(4) 中值滤波法对晴空模式和降雨模式的径向边缘无毛刺的径向干扰订正效果好,但是出现干扰方位边缘有毛刺的情况,毛刺难以剔除。

(5) 多功能插值法同时对径向边缘有毛刺和没有毛刺的不同情况都能很好的订正,但是对雷达扫描边缘回波点比较稀疏的地方,该方法会使这部分稀疏的边缘回波微量削弱,会对真实回波有微量减弱。

径向干扰回波识别与订正问题仍然比较复杂,多学科理论、多算法和多观测资料的综合应用是十分必要的。

#### 参考文献:

[1] 江源. 新一代天气雷达气象回波与非气象回波识别方

法的研究[D]. 中国气象科学研究院硕士学位论文,2008.

[2] 俞小鼎. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京:气象出版社,2006.  
 [3] BERENQUER M, SEMPERE T D, CORRAL C, et al. A fuzzy logic technique for identifying nonprecipitating echoes in radar scans[J]. Journal of Atmospheric & Oceanic Technology, 2006, 23(9):1157-1180.  
 [4] BERENQUER M, SEMPERE T D, SNCHEZ D R, et al. Identification of clutter echoes using a fuzzy logic technique[C]//Preprints, 32d Conf. on Radar Meteorology, Albuquerque, NM, Amer. Meteor. Soc., CD-ROM, P4R, 2005, 1.  
 [5] 周红根,柴秀梅,胡帆,等. 新一代天气雷达回波异常情况分析[J]. 气象,2008,34(6):112-115.  
 [6] 谭浩强. C 语言程序设计[M]. 气象:清华大学出版社,2008.  
 [7] 张培昌. 雷达气象学[M]. 北京:气象出版社,2008.