

雷达波流速仪比测分析及应用

刘为国 彭丽

(湖南省娄底水文水资源勘测局 湖南 娄底 417000)

摘要:通过山溪性河流代表站涟源水文站对雷达波流速仪与转子式流速仪对比测验,经分析发现,两者流量有着良好的相关关系,对流量关系系数率定后,得出断面流量,资料精度高,测验安全可靠,能节约大量人力物力,有利于流量自动化遥测的发展。

关键词:水文;应急监测;雷达波流速仪测流;对比分析;遥测

中图分类号:P335

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2015)13-0112-02

引言

随着中小河流水文监测系统的实施,水文监测站网密度和功能已基本趋于合理,水文监测工作任务会越来越重,但应用传统的转子式流速仪或浮标法施测断面流量尤其是高洪流量存在诸多不便,难以满足水文应急监测工作的开展和流量自动化遥测的发展。本文以山溪性河流代表站涟源水文站利用雷达波流速仪非接触方式施测水面流速,并与测验精度较高的转子式流速仪对比测验,通过对比分析,建立满足水文技术规范要求的相关关系,以此解决高洪测流,应急监测和中小河流水文测站尤其是山溪性河流测站的测流困难问题。

1 雷达波流速仪基本原理

雷达波流速仪测速的原理是应用多普勒效应(即移动物体对所接收的电磁波有频移的效应),根据接收到的反射波频移量计算得出被测物体的运动速度。使用雷达波流速仪测量流速时仪器不需接触水体,即可测得水体表面运动速度(水面流速),属非接触式测量。

测速时仪器在岸上或桥上,也可固定安装在水文缆道上。工作时雷达波流速仪发射的微波射到被测水体的水面上,一部分微波被水体吸收,一部分微波被水面波浪的迎波面反射回来,产生多普勒频移信息被仪器天线接收,据此测出反射信号和发射信号的频率差,计算出水面流速。

雷达波流速仪特点是测量速度快,适合在洪水期使用。由于测速时不受水面漂浮物、水质、水流状态的影响,而且流速愈大,漂浮物愈多,反射波愈强,有利于雷达波流速仪工作。

本文雷达波流速仪测流设备采用美国 ACI 公司多普勒雷达波测速传感器,以非接触方式测量水流表面流速,借助水文站现有水文缆道设施,故称为缆道雷达波流速仪。室外设备有多普勒雷达波测速传感器、超声波铅鱼高度计、无线控制模块及放大天线、锂电池及充电器,室内设备主要有:无线收发器及天线、中文专业测流软件及 U 盘钥匙、设备检测软件等。

2 涟源水文站基本情况

涟源水文站是湘江一级支流涟水上游控制站及小河流域代表站,集水面积 152km²。该站属山溪性河流,洪水期水位暴涨暴落,漂浮物多,水位陡涨陡落引起流量测验误差较大,高洪时流量测验较为困难。

水位级划分(年特征值法): $Z \geq 139.09\text{m}$ 为高水, $139.09\text{m} > Z \geq 137.65\text{m}$ 为中水, $137.65\text{m} > Z$ 为低水。

3 雷达波流速仪与转子式流速仪比测分析

由于雷达波流速仪与转子式流速仪的工作原理不同,所以两种仪器测量结果之间存在系统偏差。通过两种仪器对比测量资料的收集,在分析中将两者建立相关关系,找出相关系数,再用系数改正后的雷达波流速仪流量与转子式流速仪流量进行单值关系检验和随机不确定度控制分析,以达到随机误差和系统误差都在允许范围内。

3.1 比测仪器

该站雷达波流速仪固定安装在缆道行车架上,与流速仪同步进行流速测量。

主要根据《河流流量测验规范》(GB50179-93)有关技术要求,用转子式流速仪与雷达波流速仪进行了流量的对比试验,转子式流速仪型号为:LS(25-1)型、LS(25-3A)型、LS(10)型。

3.2 比测方法

在进行缆道雷达波流速仪与转子式流速仪比测试验时,测流时机一

般选定在水势相对平稳时期同步进行,其方法是:将雷达波流速仪固定在缆道行车架上。比测时转子式流速仪采用水面 0.0 或 0.6 一点法施测,这样就可以同时开始测量流速,这样保证了时间一致性,水位变化一致性。

3.3 资料系列

本次分析样本共收集比测资料 50 次,与流速仪同步比测 37 次,雷达波单独施测 13 次。其中舍弃有明显问题的测次共 5 次。最后分析资料系列的次数为 45 次。

在比测过程中,实测最高水位 139.67m,实测最低水位 137.66m,实测水位变幅 2.03m,占历年水位最大变幅(5.84m)的 34.9%;

3.4 误差计算

误差计算包括相对偏差、标准差、系统误差和随机不确定度等计算,计算公式如下:

$$\text{相对偏差: } P_i = \frac{(Q_i - Q_{ci})}{Q_{ci}} \times 100\%$$

标准差:

$$S_c = \left[\frac{1}{n-2} \sum \left(\frac{Q_i - Q_{ci}}{Q_{ci}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

系统误差:

$$\rho = \frac{1}{n} \sum P_i$$

随机不确定度:

$$X_Q' = 2S_c$$

式中: Q_i ——雷达波流速仪流量;

Q_{ci} ——转子式流速仪流量。

4 分析结果

比测资料收集后,利用计算机 Excel 有关计算功能,对资料进行分析计算,以推求出合理的雷达波流速仪水面系数。

(1)从分析来看,雷达波流速仪测定的点流速与转子式流速仪测定的点流速,其相关关系并不稳定,呈散乱状态,见图 1。

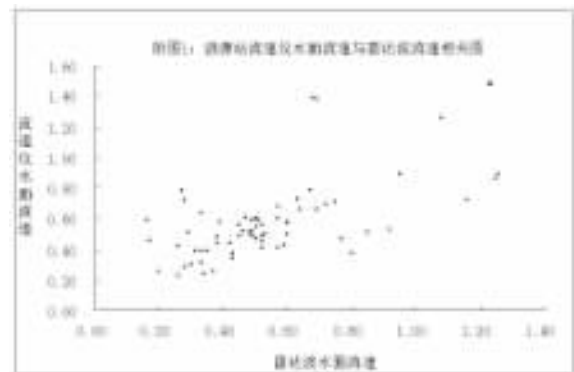


图 1

(2)将雷达波流速与流速仪同步测定的各垂线流速进行分析,其结果仍然不太理想,但靠近中泓位置的第 5 垂线要好一些,见图 2-5。

(3)将雷达波流速仪水面系数按 0.84~0.88 试算后得出断面流量,试

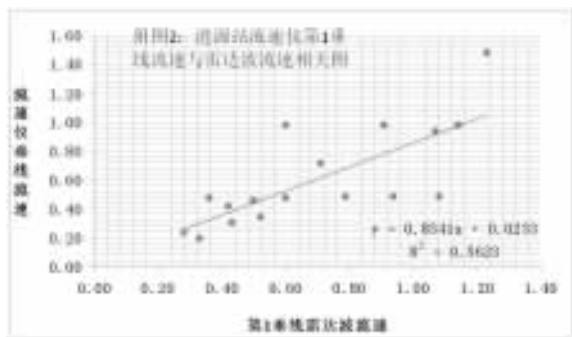


图 2

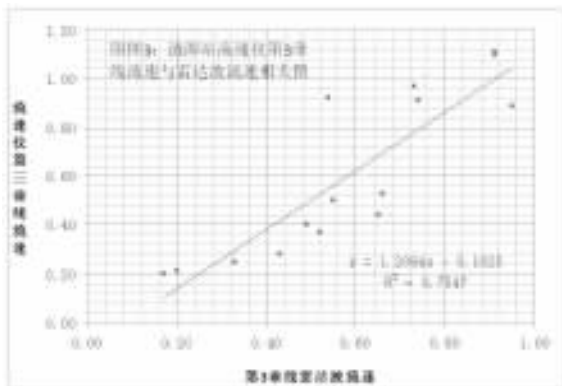


图 3

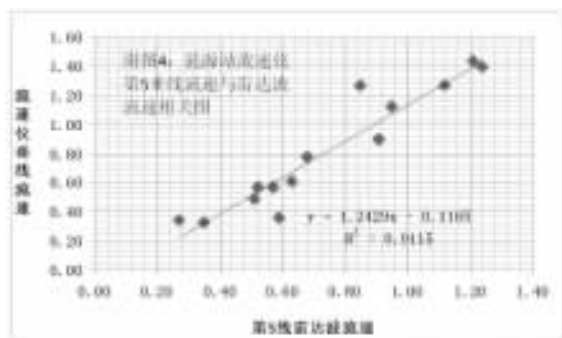


图 4

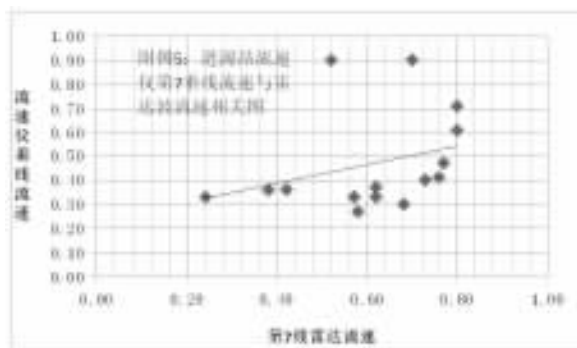


图 5

算后的各断面流量再与流速仪测定流量进行分析比较。

通过分析, 雷达波水面系数(水位 138.50m 以上)按 0.84~0.88 试算后, 其雷达波水面流速系数取 0.85 时, 经计算的系统误差、标准差、不确定度为最小。其系统误差为 0.1%, 标准差为 5.4%, 不确定度为 10.8%, 二者流量相关关系良好, 见图 6。

5 存在的问题

(1) 涟源水文站历年水位变幅 137.05~143.04m 之间, 比测资料变幅

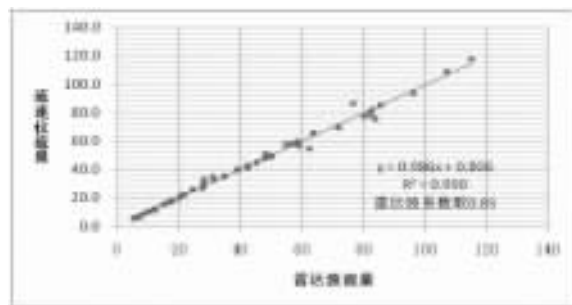


图 6

(水位在 137.63~139.67m 之间)未涵盖全变幅, 从资料的完整性和代表性而言, 需要进一步收集高水位级的比测资料, 来充实比测分析方案。

(2) 按理雷达波流速仪测定的水面流速与转子式流速仪同步测定的水面流速应有良好的相关关系, 但从该站比测资料的分析情况来看, 其测点流速、垂线流速的相关关系并不稳定, 呈散乱状态。由于该站的雷达波流速仪安装于水文缆道的行车架上, 在同步比测时缆道铅鱼不断受到洪水冲击, 致使安装于行车架上的雷达波流速仪稳定性不够好, 从而影响了测点流速的代表性。因此有待进一步收集资料进行分析和探索。

6 主要结论

(1) 通过涟源站流量测验对比分析, 雷达波流速仪具有传感器信息采集数据较可靠, 内置电台通讯畅通、软件操作和设备安装简便, 易行易学易会, 能够在特殊水情下(漂浮物多)和大雨、黑夜等恶劣自然环境中稳定地工作, 完成流量测验, 是解决基层测站高洪流量测验和中小河流应急监测的可选设备。

(2) 根据雷达波流速仪的测速范围和测验精度要求, 建议涟源水文站雷达波流速仪在中高水位以上使用, 采用水面流速系数 0.85。

(3) 从分析的雷达波水面流速系数 0.85 与涟源站流速仪水面流速系数 0.82 对比, 两系数相互接近, 符合该站的水流特性。

(4) 在今后的测验中, 应尽量收集高水比测资料, 完善分析方案。

(5) 由于雷达波流速仪每年使用的时间不长, 在枯水季节应取下收入室内, 并进行保养。汛期再装回行车架上, 同时进行使用前预检测工作, 保证投入使用的正常运转。

参考文献

- [1] 林祚顶. 水文现代化与水文新技术[M]. 北京: 中国水利出版社, 2008.
- [2] 吴 昊, 宋丽琼. 雷达测速仪水文测验的应用研究[J]. 水文, 2014, 7.

收稿日期: 2015-4-22

作者简介: 刘为国(1967-), 男, 湖南邵阳人, 工程师, 大专, 主要从事水文监测和研究工作。

彭 丽(1982-), 女, 湖南娄底人, 助理工程师, 本科, 主要从事水文监测工作。