

# Application of Portable Radar Surface Current Measurement System in Hydrological Monitoring

Junhua Liu<sup>1,2</sup> Xiong Yang<sup>1</sup> Haigen Li<sup>1</sup>

1. Hydrology and Water Resources Monitoring Center in the Middle Reaches of Ganjiang River, Ji'an, Jiangxi, 343000, China

2. Key Laboratory of Hydrological and Ecological Monitoring and Research of Poyang Lake, Ji'an, Jiangxi, 343000, China

## Abstract

The portable radar wave surface flow measurement system (hereinafter referred to as the portable radar wave) is a non-contact surface flow measurement instrument, which is controlled by a computer. The instrument is easy to operate and has strong flow measurement timeliness. It can avoid the safety problem of personnel testing in high flood, effectively solve the problem of flow measurement in high flood, emergency monitoring and flow measurement stations in small and medium-sized rivers, especially in mountainous rivers. At the same time, it provides reference for the popularization and application of portable radar wave.

## Keywords

hydrological monitoring; high flood current measurement; emergency monitoring; radar wave; non-contact method

## 便携式雷达波表面测流系统在水文监测中的应用

刘军华<sup>1,2</sup> 杨雄<sup>1</sup> 李海根<sup>1</sup>

1. 赣江中游水文水资源监测中心, 中国·江西吉安 343000

2. 鄱阳湖水文生态监测研究重点实验室, 中国·江西吉安 343000

## 摘要

便携式雷达波表面测流系统(以下简称便携式雷达波)是一种非接触式水面测流仪器,通过电脑进行控制,仪器操作便捷、测流时效性强,可以避免高洪时人员测验的安全问题,有效解决高洪测流、应急监测和中小河流水文测站尤其是山区性河流测站的测流困难问题,同时为便携式雷达波的推广应用提供参考。

## 关键词

水文监测; 高洪测流; 应急监测; 雷达波; 非接触方式

## 1 引言

随着水文行业的不断发展,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水文科技化的发展。便携式雷达表面测流系统(以下简称便携式雷达波)是一种非接触式水面测流仪器,通过电脑进行控制,仪器操作便捷、测流时效性强,可以避免高洪时人员测验的安全问题。但其在陡涨陡落以及山区性河流是否适用是本实验研究的内容之一。通过利用便携式雷达波非接触方式施测水面流速,与传统流速仪进行对比分析,寻找两者间最佳相关关系。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

山区性河流测站的测流困难问题,同时为便携式雷达波的推广应用提供参考。

## 2 试验目的与内容

### 2.1 试验目的

为适应现代化水文发展和防汛工作需要,及时向各级防汛部门提供准确的水文信息,特别是在大洪水陡涨陡落情况下,要能快速准确地采集河流水文数据,对水文测验尤其是流量测验工作提出了更高的要求。便携式雷达波为非接触测流系统,可连续施测、测流历时短的特点,能够减轻测验强度,缩短测验历时,提高测验流量的时效性,是目前比较先进的流量测验设备。通过开展便携式雷达波在白沙站的比测分析<sup>[1]</sup>,达到以下目的:

①检验不同测验环境下尤其是漂浮物较多的情况下,便携式雷达波测验精度,发挥新仪器设备的作用,达到减轻劳动强度的目的。

【作者简介】刘军华(1991-),男,中国江西永丰人,本科,工程师,从事水文水资源研究。

②检验便携式雷达波的稳定性。通过施测流量整编<sup>[2]</sup>成果与原整编成果比较分析,在满足规范要求时,可作为常规测流仪器<sup>[3]</sup>使用,替代传统流速仪法进行流量测验。

## 2.2 试验内容

本次试验研究选择在中国吉安市吉水县白沙水文站。白沙水文站为山区性河流代表站,洪水期陡涨陡落,漂浮物较多,测验河段顺直长约450 m,河槽呈W型,河床组成为岩石、卵石。

在进行便携式雷达波与流速仪比测试验时,流速仪测流时间长,水位变幅较大,相反,便携式雷达波测流时间短,测流效率高,能在短时间内把握测流时机,测流水位变幅小。所以在选择对比资料时,先将流速仪测法的所有测次进行水位流量关系定线,再采用便携式雷达波实测流量测次相应水位对应水位流量关系线上的流量与便携式雷达波实测流量进行对比,这样保证了对比资料时间上的一致性,水位变化一致性。

## 3 试验分析

由于便携式雷达波与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。通过两种仪器监测的流量数据的收集,在分析中将两者建立相关关系,找出相关系数,再利用关系式计算后的便携式雷达波监测的流量数据与流速仪施测的流量数据间进行误差评定,看其成果是否在规范允许的误差范围内。

### 3.1 试验样本

2021年1—9月流速仪法共施测流量测次36次。实测最高水位86.41 m,实测最低水位81.92 m,实测水位变幅4.49 m,占当年水位变幅的99.8%。

2021年1—9月便携式雷达波共施测流量测次11次,实测最高水位86.07 m,实测最低水位82.53 m,实测水位变幅3.54 m,占当年水位变幅的78.7%。

### 3.2 试验分析

①点绘水位流量关系线。将白沙水文站2021年1—9月流速仪测次的实测流量点绘在图上,绘制水位流量关系曲线,并进行三个检验。三检结论见表1。

表1 水位流量关系线检验结论表

测点总数: 3; 正点子个数: 19; 负点子个数: 16; 0点子个数: 1
系统误差 (%) 0.4; 标准差 (%) 3.8; 不确定度 (%) 7.6
符号检验: 总点数 36; k=19.5; U=0.33; 临界值 1.15; 是否合理: √
适线检验: 总点数 3; k=14.0; U=1.01; 临界值 1.28; 是否合理: √
偏离数值检验: 总点数 36; t=0.67; 临界值 1.32; 是否合理: √

从三检结论来看,标准差系统误差和三个检验均符合规范要求,水位流量关系线定线合理,符合要求。

②根据便携式雷达波虚流量测次的时间和水位,从上述水位流量关系线上查读线上流量,点绘 $Q_{\text{线}}-Q_{\text{雷达}}$ 关系图,并建立两者关系式,通过分析,最优关系式为: $Q_{\text{线}}=0.80Q_{\text{雷达}}$ ,

$R_2=0.9997$ 。

③关系式检验。将便携式雷达波虚流量数据,采用上述关系式换算为实测流量,再与流速仪水位流量关系线上流量之间进行误差评定,并进行三个检验,检验结论见表2。从结论看,误差均在规范规定的范围内,说明关系式合理。

表2  $Q_{\text{换算}}-Q_{\text{线}}$ 关系检验结论表

测点总数: 11; 正点子个数: 6; 负点子个数: 4; 0点子个数: 1
系统误差 (%) 0.2; 标准差 (%) 2.6; 不确定度 (%) 5.2
符号检验: 总点数 9; k=6.5; U=0.30; 临界值 1.15; 是否合理: √
适线检验: 总点数 9; k=8.0; U=2.21; 临界值 1.28; 是否合理: √
偏离数值检验: 总点数 9; t=0.30; 临界值 1.37; 是否合理: √

利用关系式将便携式雷达波虚流量转换为实测流量,与流速仪水位流量关系线上流量点绘 $Q_{\text{线}}-Q_{\text{换算}}$ 关系图,雷达波虚流量经换算后,与线上流量成 $45^\circ$ 关系线( $Q_{\text{线}}=1.0065Q_{\text{换算}}$ ,  $R_2=0.9997$ ),详见图1。从三检结论来看,雷达波虚流量通过关系式换算后,与流速仪水位流量关系线系统误差、标准差和三种检符合规范要求,说明 $Q_{\text{线}}-Q_{\text{换算}}$ 关系式合理。

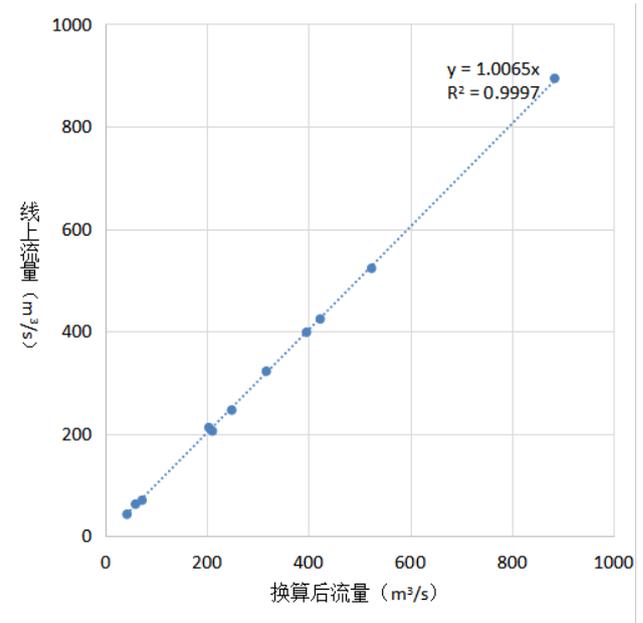


图1  $Q_{\text{线}}-Q_{\text{换算}}$ 关系图

④整编成果检验。将便携式雷达波虚流量数据,采用上述换算公式,换算成流速仪法关系线流量,与流速仪实测流量测次一起点绘水位流量关系图,分析雷达波换算后测点系统偏离情况,并进行三个检验,检验结论见表3。

表3 合并定线关系检验结论表

测点总数: 47; 正点子个数: 24; 负点子个数: 22; 0点子个数: 1
系统误差 (%) 0.3; 标准差 (%) 3.5; 不确定度 (%) 7.0
符号检验: 总点数 47; k=24.5; U=0.15; 临界值 1.15; 是否合理: √
适线检验: 总点数 47; k=20.0; U=0.74; 临界值 1.28; 是否合理: √
偏离数值检验: 总点数 26; t=0.70; 临界值 1.30; 是否合理: √

从三检结论来看,雷达波虚流量经换算后,系统误差、标准差和三个检验均符合规范要求,说明雷达波虚流量经关系式换算后,数据可作为正常流量测点。

### 3.3 分析结论

①雷达波虚流量经换算后,与流速仪水位流量关系线上流量呈 $45^\circ$ 关系线。从三检结论来看,雷达波虚流量通过关系式换算后,与流速仪水位流量关系线系统误差、标准差和三种检符合规范要求检验结果系统误差、标准差和三检均符合规范要求。

②便携式雷达波可以在白沙水文站作常规仪器使用,使用范围为 $82.50\sim 91.00\text{ m}$ ,以及水面流速大于 $0.35\text{ m/s}$ ,其换算关系为: $Q_{\text{线}}=0.80 Q_{\text{雷达}}$ 。

## 4 存在问题和议

### 4.1 存在问题

①运行稳定性。据统计,便携式雷达波自今年运行以来,发生故障1次,经返厂检查发现是电机故障,更换电机后运行正常,运行稳定性较好。

②常见故障。从发生的故障来看,主要常见故障为电机故障。

③售后服务。出现故障时,通过电话联系要求维修,公司技术人员一般在 $1\sim 3$ 天内能及时回复与维修。对较大故障,维修时间最长不超过20个工作日,工作态度和售后服务较好。

### 4.2 建议

①及时施测大断面。因便携式雷达波是借用断面计算出来的流量,所以断面面积是影响断面流量的主要因素,后

续在使用中每年至少施测3次大断面(汛前、汛中、汛后),大洪水过后及时增加大断面施测次数。

②考虑主要误差因素。雷达波测量水面流速时,仪器本身测得的数据没有问题,但水面如果受风向风速的影响,顺风水面流速会偏大,逆风水面流速会偏小。这就要求编制测流软件时,在成果资料整理上,考虑对风向、风速并进行合理性处理。

③加强养护。便携式雷达波作为一种现代化的监测仪器,而且是跟随测验人员进行监测,在使用完仪器后,或长时间不使用时,要加强养护,对电池进行充放电,对步机进行打油,每月检查仪器运行情况,确保在大洪水来临时可以随时开展流量测验。

## 5 结论

①通过分析,由便携式雷达波采集的流量,整编成果与原整编成果一致,便携式雷达波测流系统可以在白沙水文站测验河段作常规仪器使用。

②便携式雷达波是一种非接触式测流系统,具有其他测验方法不可比拟的优越性:测量精度较高,现代化水平高,安全性、时效性强,运行稳定性良好,能有效节省人力、物力、财力,解放生产力。

③便携式雷达波测流系统对解决高洪测流、应急监测和中小河流水文测站尤其是山区性河流测站的测流,具有较高的推广应用价值。

### 参考文献

- [1] GB50179—2015 河流流量测验规范[S].
- [2] SL/T 247—2020 水文资料整编规范[S].
- [3] SL/T 415—2019 水文基础设施及技术装备管理规范[S].