

# 在线雷达测流系统在水文监测中的比测研究

时青<sup>1</sup>,牟佳<sup>2</sup>,吕欣<sup>1</sup>

(1.青岛市水文中心,山东 青岛 266300;2.日照市水文中心,山东 日照 276800)

**【摘要】**作为河道流量实时监测的重要手段,在线雷达测流系统实现了全天候、全自动、连续性的实时在线流量自动监测,有效推进了水文监测现代化水平。本文以东韩水文站为例,对该站近几年在线雷达的监测数据与流速仪监测数据进行比测率定,结果表明流量监测误差满足规范要求。同时,在实际应用中,不断探索在线雷达测流系统投产应用的适用条件,扩大在线监测数据的应用范围,提出提升水文流量新技术、新装备运用效率与可靠性的改进方法,为推进水文监测装备现代化提供实践参考。

**【关键词】**在线雷达测流系统;流量监测

**【中图分类号】**P336

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1009-6159(2025)-12-0038-03

## Comparative Measurement Study of Radar Online Current Measurement System in Hydrological Monitoring

SHI Qing<sup>1</sup>, MU Jia<sup>2</sup>, LV Xin<sup>1</sup>

(1. Hydrological Center of Qingdao Municipality, Qingdao, Shandong 266300, China;  
2. Hydrological Center of Rizhao Municipality, Rizhao, Shandong 276800, China)

**Abstract:** As an important real-time monitoring of river discharge, the online radar current measurement system realizes all-weather, fully automatic and continuous real-time online automatic discharge monitoring, effectively promoting the modernization of hydrological monitoring. Taking Donghan Hydrological Station as an example, this paper conducts comparative measurement and rating of the online radar monitoring data and the current meter monitoring data of the station in recent years. The results show that the discharge monitoring error meets the specification requirements on errors. At the same time, in practical application, the applicable conditions for the commissioning and application of the online radar current measurement system are continuously explored, the application scope of online monitoring data is expanded, and improvement methods to enhance the application efficiency and reliability of new technologies and equipment for hydrological discharge are proposed, providing practical references for promoting the modernization of hydrological monitoring equipment.

**Key words:** Online radar current measurement system; Discharge monitoring; Comparative measurement study

近几年,在线雷达测流系统已广泛运用到青岛地区各基层水文测站,在防汛测报尤其是高洪测报、应急监测方面发挥了积极的作用。但因青岛地区季节性洪水较多,大洪水频次较少,流量比测数据不足,大多流量在线设备还停留在比测阶段,正式投产应用、监测数据参与整编的测站还比较少。固定雷达在线测流系统通过雷达探头设备,采集固定垂线的定点水面流速,再根据流速面积法计算得到流量,实现流量的实时在线监

测。青岛市现有19处水文测站安装了雷达波在线测流系统,占水文站总数的57.6%。因固定雷达在线测流设备可安装在桥梁或专门的支柱上,土建工程量较少,安装简单方便,广泛应用于青岛地区安装条件适宜的基层测站,占安装在线测流系统测站的70%以上。

此文选取东韩水文站作为研究对象,根据

收稿日期:2025-03-13

作者简介:时青(1979—),女,高级工程师

《河流流量测验规范》(GB 50179—2015) 的相关要求,将雷达测流设备监测数据与常规流速仪测量数据进行比测率定,分析流量监测误差是否满足规范要求,探索雷达在线测流系统在水文测站流量监测中的可行性及适用条件,提出提升水文流量新技术、新装备运用效率与可靠性的改进方法,使监测数据运用到资料整编中,让先进的仪器设备发挥应有的作用。

## 1 水文测站及测验河道概况

东韩水文站位于青岛市崂山区中韩街道办事处东韩社区。该站设立于2010年6月,流域面积42.2 km<sup>2</sup>。作为张村河干流控制站,东韩站承担着为防汛工作提供水位、流量实测数据。东韩水文站所在的张村河属城市河道,来水快、流速急,本站全年大多采用流速仪法测流,水位流量关系呈临时单一关系。

东韩水文站流速仪测流断面位于基本水尺断面下游80 m处的公路桥上,左右岸距离82 m,河床由沙土组成,两岸由块石护坡,2022年实测大断面成果见图1,断面较规整,类似于矩形。按照《河流流量测验规范》,根据布设的测深、测速垂线,借助测流车采用流速仪法进行流量测验。

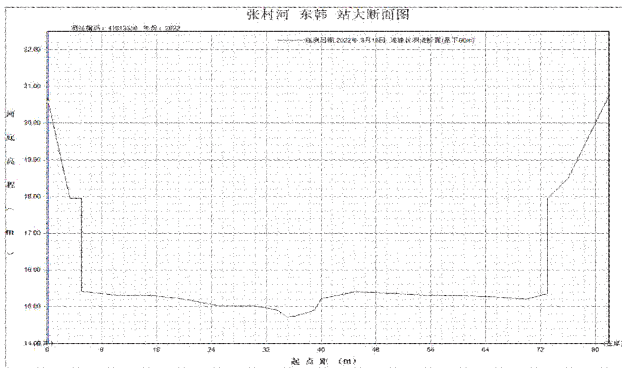


图1 东韩站流速仪测流断面大断面图

## 2 流量比测方法

### 2.1 在线雷达测流断面布设

2020年,东韩水文站在基本水尺断面下游40 m处的公路桥梁上安装固定雷达在线测流系统,3个雷达波探头分别安装在起点距15 m、35 m、55 m处。该系统由多个测流传感器组成、测流控制器、水位计和太阳能供电系统等组成,雷达波探头指向上游。实测雷达测流断面即流速仪测流断

面(基下40 m)成果如图2所示。

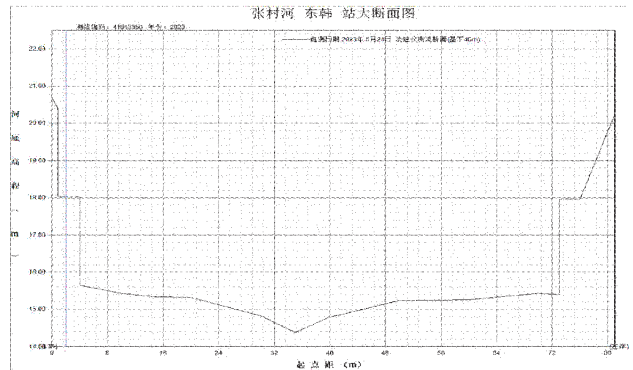


图2 东韩站雷达测流断面大断面图

### 2.2 比测内容与方法

根据该站实际,采用东韩站常规测验方法—流速仪测流与雷达测流同步进行流量比测。雷达测流的误差统计以2020—2022年常规流速仪法测验成果为“真值”,利用数理统计方法统计各项误差。

1)比测时间。比测时,将雷达测流系统施测的流量成果与流速仪施测的实测流量成果进行比较。在线雷达测流系统平水期设置为每小时测流一次,洪水期间随时召测,测流历时1 min左右,与实际流速仪测流时段并非完全一致,在雷达流量过程线上查找与实际测流平均时间对应的雷达流量,进行对比分析。

2)起点距定位。雷达测流断面(基下40 m)与流速仪测流断面(基下80 m)的起点距均在公路桥上,两者起点距定位基本一致。3个雷达波固定探头分别安装在起点距15 m、35 m、55 m处,因距离较近,且中间没有支流汇入,2020—2022年,直接借用流速仪测流断面(基下80 m)的测量成果,2023年,采用实测雷达测流断面即流速仪测流断面(基下40 m)成果。

## 3 数据比测分析

### 3.1 比测资料选用

根据在线雷达测流系统主要适合高洪流量的特点,将比测时段选在2020—2022年中高水位16.06~17.44 m之间,水位变幅1.38 m。比测次数30次,实测流量27.3~114 m<sup>3</sup>/s。

### 3.2 水位比测

2010年7月,东韩水文站安装了DY.YDJ-3型号的雷达水位计,测量范围为15.10~19.80 m。

经过 2019 年 5 月至 9 月与基本水尺对比观测, 置信水平 95%的综合不确定度为 3 cm, 系统误差为 0.2 cm, 满足《水位观测标准》(GBT50138-2010)相关要求, 经青岛水文部门批准, 于 2020 年 1 月投产应用。东韩站在线雷达测流系统采用雷达水位计实测水位进行流量计算。

### 3.3 在线雷达流量与实测流量相关分析

点绘雷达流量与实测流量两者关系线如图 3 所示。可以看出, 两者线性关系较好, 流量相关系数 0.994 1, 线性函数关系率定出在线雷达与流速仪施测流量间的折算系数为 0.846 3。

根据《河流流量测验规范》规定: 比测随机不确定度不应超过 6%, 比测条件较差的不应超过

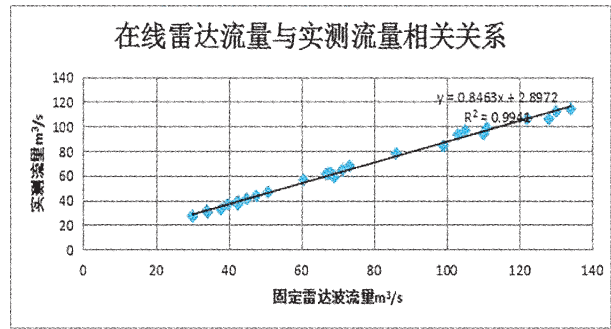


图 3 东韩站在线雷达与流速仪施测流量相关关系(中高水)

7%; 系统误差不应超过±1%, 条件较差的不应超过±2%。东韩水文站流量比测系统误差 0.3%, 随机不确定度为 6.8%, 详见表 1、表 2。系统误差、随机不确定度符合要求, 可以投产应用。

表 1 东韩站在线雷达流量比测成果表

序号	年	月	日	时分	水位/m	流量/(m³·s <sup>-1</sup> )	雷达流量/(m³·s <sup>-1</sup> )	系数	雷达折算流量/(m³·s <sup>-1</sup> )	误差%
1	2020	7	23	0:18	16.08	32.5	37.9	0.846 3	35.0	7.6
2	2020	7	23	0:53	16.52	61.9	68.0	0.846 3	60.4	-2.3
3	2020	7	23	1:24	16.92	93.8	110	0.846 3	96.0	2.3
4	2020	7	23	1:36	17.12	106	122	0.846 3	106.1	0.1
5	2020	7	23	1:40	17.26	112	130	0.846 3	112.9	0.8
6	2020	7	23	2:06	17.44	114	134	0.846 3	116.3	2.0
7	2020	7	23	2:18	17.40	106	128	0.846 3	111.2	4.9
8	2020	7	23	2:57	17.09	84.2	99	0.846 3	86.7	2.9
9	2020	8	4	7:25	16.83	93.3	103	0.846 3	90.1	-3.5
10	2020	8	4	7:50	16.86	96.5	105	0.846 3	91.8	-4.9
11	2020	8	4	8:00	16.88	98.7	111	0.846 3	96.8	-1.9
12	2020	8	4	10:00	16.48	58.6	69.0	0.846 3	61.3	4.6
13	2021	8	31	10:33	16.06	27.3	30.0	0.846 3	28.3	3.6
14	2021	8	31	10:50	16.19	31.2	34.0	0.846 3	31.7	1.5
15	2021	8	31	11:25	16.44	46.5	50.8	0.846 3	45.9	-1.3
16	2021	8	31	13:02	16.7	64.4	71.2	0.846 3	63.2	-1.9
17	2021	8	31	13:29	16.69	61.8	68.3	0.846 3	60.7	-1.8
18	2021	8	31	16:00	16.34	38.4	42.2	0.846 3	38.6	0.5
19	2021	9	20	8:52	16.3	36.6	42.5	0.846 3	38.9	6.2
20	2021	9	20	10:00	16.43	43.5	47.6	0.846 3	43.2	-0.7
21	2021	9	20	10:25	16.61	56.4	60.6	0.846 3	54.2	-3.9
22	2021	9	20	11:48	16.39	41.1	44.9	0.846 3	40.9	-0.5
23	2021	9	20	13:50	16.08	26.9	30.1	0.846 3	28.4	5.5
24	2022	6	26	17:51	16.24	36.8	39.8	0.846 3	36.6	-0.6
25	2022	7	13	4:12	16.68	67.9	73.2	0.846 3	64.8	-4.5
26	2022	8	11	10:06	16.58	61.2	66.8	0.846 3	59.4	-2.9
27	2022	8	12	8:36	16.14	30.1	34.2	0.846 3	31.8	5.8
28	2022	8	12	9:06	16.58	61.5	67.4	0.846 3	59.9	-2.5
29	2022	8	12	12:36	16.29	38.6	42.7	0.846 3	39.0	1.1
30	2022	9	15	23:03	16.78	78.0	86.0	0.846 3	75.7	-3.0