

RQ30D 多传感器在线测流系统 在高原地区的应用

郁 婷¹, 杨 溯¹, 邹 巍¹, 嵇海祥², 尼玛扎西³

(1. 江苏南水科技有限公司, 江苏 南京 210012; 2. 水利部南京水利水文自动化研究所, 江苏 南京 210012;
3. 西藏自治区水文水资源局阿里分局, 西藏 阿里 859000)

摘要:针对西藏高原河流流量监测的特殊性,无法实现突发洪水高流速下的流量水位自动测量要求,利用非接触雷达波谱技术对河流水位和流速开展自动测验,在阿里地区建立一套非接触式流量在线自动监测站(RQ30D)。在极其恶劣的条件下,能不间断地测量并记录数据,对比分析实测资料,在线测流设备各项指标符合《河流流量测验规范》要求,流速流量站装置结构精简,支架安装简单,实现全天候全自动测流,更好地为高原地区特殊条件下防汛决策指挥、水资源管理和水文测验等提供技术支撑,为将来特殊条件下河流测流技术应用打下基础。

关键词:RQ30D; 流量; 高原地区; 应用

中图分类号:TP274

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2020)06-0032-04

Application of RQ30D multi – sensor online flow measurement system in plateau area

YU Ting¹, YANG Su¹, ZOU Wei¹, JI Haixiang², NIMA Zhaxi³

(1. Jiangsu Naiwch Corporation, Nanjing 210012, China;

2. Nanjing Automation Institute of Water Resources and Hydrology, Ministry
of Water Resources, Nanjing 210012, China;

3. Ali Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Tibet Autonomous Region, Ali 859000, China)

Abstract: In view of the particularity of river flow monitoring on the Tibetan plateau, it is impossible to meet the requirements for automatic measurement of the flow of water at high flow rates in sudden floods. Using non – contact radar spectroscopy technology to automatically test the river water level and flow rate, a set of non – contact flow online automatic monitoring station (RQ30D) was established in the Ali area. Under extremely harsh conditions, it could continuously measure and record data, compare and analyze the measured data, and the indicators of the online flow measurement equipment met the requirements of the "River Flow Test Specification". With simple structure and simple installation of supports, the flow velocity and discharge station could realize all – weather automatic flow measurement, which could better provide technical support for flood control decision – making command, water resource management and hydrological test under special conditions in the plateau region, and lay a foundation for the application of river flow measurement technology under special conditions in the future.

Key words: RQ30D; flow; plateau area; application

收稿日期:2020-03-02

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(Y518009)

作者简介:郁婷(1990—),女,工程师,硕士,主要从事水情遥测工作。E-mail:864519131@qq.com

西藏阿里地区常年平均气温为 0°C , 狮泉河镇冬季极端最低气温 -41°C , 夏季极端最高气温 21°C , 昼夜温差相当大。狮泉河, 藏语称“森格藏布”, 发源于冈底斯山脉主峰冈仁波齐北部的森格卡巴林附近, 其源头海拔 $5\,164\text{ m}$, 流域洪水来源于冈底斯山和喜马拉雅山两大山系的融雪洪水, 水流速很大, 它穿行在高山深谷之间, 河床狭窄且两岸石崖壁立, 形成许多急流险滩^[1-2]。狮泉河流经的地方绝大部分是无人区, 主汛期洪水出现在 8 月, 平均流量占全年的 32%, 年均径流量为 3 亿 m^3 , 具有山洪多发、洪水含沙量大及陡涨陡落的特点, 其河流流量监测与预警需求迫切, 为此在阿里地区选择测验河道, 建立一套非接触式流量在线自动监测站。利用非接触雷达波谱技术对河流水位和流速开展自动测验, 经过两年汛期的运行, 与实测资料对比分析, 能满足快速应对高原自然灾害变化突发水事件要求, 满足高原地区水文、防汛部门迅速启动应急水文监测和实施应急预案的要求。

1 RQ30D 工作原理

RQ30D 是一种非接触式、国定式、低维护的全自动流量监测传感器。它利用非接触式波谱技术对河流水位和流速开展自动测验, 并将数据传输到中心站^[3-4], 其特点是利用两个以上测流传感器在一个河流断面测流, 从而应对更较宽跟复杂的断面环境。RQ30D 测流原理图如图 1 所示。

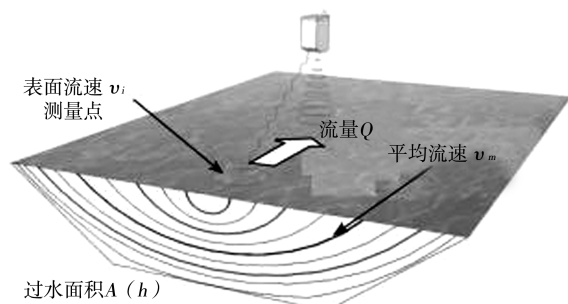


图1 测流原理

RQ30D 测流原理利用多普勒频移效应, 仪器发送固定频率雷达波 (24GHz) 斜向射到水面, 一部分雷达波被水面波浪反射回来, 反射回来的雷达波产生多普勒频移信息被仪器接收, 测出反射和发射信号的频差, 就可以计算出水面波浪的流速, 由于水的表面是波浪的载体, 可以认为波浪和水面流速相同。计算公式为

$$v = \frac{C}{2f_0 \cos \theta} f_D \quad (1)$$

式中: v 为水面流速; C 为电波在空气中的传播速度, 一个常数; f_D 为多普勒频移; f_0 为发射的雷达波频率; θ 为发射波与水流方向的夹角。

测速雷达测出的测量点局部流速与断面平均流速关系计算公式为

$$v_m = v_l k(h) \quad (2)$$

式中: v_l 为测量点局部流速, k 为校正因子, h 为河流水位。

据连续性原理^[5], 断面过水面积乘以断面平均流速即得流量, 河道流量 Q 计算公式为

$$Q = A(h) v_m \quad (3)$$

由公式(1-3)可得河道流量 Q 为

$$Q = A(h) \frac{C}{2f_0 \cos \theta} f_D k(h) \quad (4)$$

式中: $A(h)$ 为断面过水面积, 可由断面与实际水位测量得出。

2 系统组成

系统主要由两部分组成: 中心站以及测站, 中心站主要由接收设备(服务器、串口卡, 软件等)、供电设备(UPS、稳压电源)、通信设备(北斗卫星)等组成。测站主要由 RQ30D、供电系统(太阳能 + 蓄电池)、保温设备机箱、RTU 等组成。数据传输方式采用 GPRS 公网以及北斗卫星作为通信信道, GPRS 通道为主通道, 北斗卫星通道为辅助信道。系统架构组网如图 2 所示。

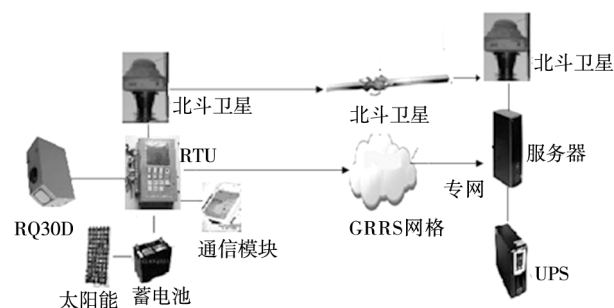


图2 系统架构

3 比测分析

狮泉河 RQ30D 监测站选择的断面所在位置两岸岸坡经过固化, 河底为鹅卵石构成, 河床稳定。利用走航式 ADCP 流量测验^[6-8], 对其进行比测, 从流量测验比测结果看, 两者之间还有一定偏离, 比测结果如表 1。

由表 1 可知, RQ30D 与人工观测数据误差最大不超过 2cm , 符合自动水位监测《河流流量测验规

表 1 狮泉河水位流量比测

序号	日期	实测 开始时间	实测 结束时间	人工数据		RQ30 数据		水位绝对 误差/m	流量相对 误差/%
				水位/ m	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	水位/ m	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)		
1	2018-08-28	18:35	19:05	5.8	122	5.8	123	0	0.82
2	2018-08-29	14:30	15:10	5.75	120	5.75	115.5	0	-3.72
3	2018-08-28	20:20	21:00	5.78	128	5.79	124.7	0.01	-2.61
4	2018-08-28	21:10	21:50	5.8	125	5.8	127	0	1.63
5	2018-08-29	08:50	09:30	5.77	133	5.79	129	0.02	-3.05
6	2018-08-29	08:50	19:25	5.25	52.1	5.25	49.94	0	-4.15
7	2018-08-30	11:15	11:55	5.33	65.3	5.33	63.81	0	-2.28
8	2018-08-30	09:40	10:20	5.33	63.2	5.34	61.3	0.01	-3.01
9	2018-08-30	16:10	16:50	5.35	62.1	5.33	63.54	-0.02	2.32
10	2018-08-31	10:00	10:50	5.33	66.5	5.34	64.21	0.01	-3.44
11	2018-08-31	17:00	17:50	5.33	62.3	5.31	62.27	-0.02	-0.05
12	2018-09-01	08:55	09:40	5.29	64.6	5.31	61.49	0.02	-4.81
13	2018-09-01	13:45	14:25	5.33	63.5	5.35	61.2	0.02	-3.62
14	2018-09-02	12:10	12:50	5.35	64.3	5.37	67.68	0.02	5.26
15	2018-09-02	19:00	19:50	5.37	63.3	5.35	62.97	-0.02	-0.52
16	2018-09-03	09:55	10:35	5.35	65.2	5.34	62.8	-0.01	-3.68
17	2018-09-04	09:05	09:45	5.34	58.7	5.33	61.2	-0.01	4.26
18	2018-09-04	20:35	21:15	5.33	61.5	5.33	61.02	0	-0.78
19	2018-09-08	12:25	13:10	4.97	18.7	4.97	20.4	0	9.09
20	2018-09-08	14:05	14:55	4.94	16.7	4.93	18.1	-0.01	8.38

范》规范要求^[9-10]。同时,分析了随着各水位的误差绝对值分布,在线测流与人工数据的水位误差并没有随着水位上升而增大,可以认为 RQ30D 系统中的雷达水位计消浪较好,可以满足使用要求。

3.1 水位对比

图 3 分析了水位的误差绝对值分布,在线测流与人工数据的水位误差并没有随着水位上升而增大,可以认为 RQ30D 系统中的雷达水位计可以满足使用需求。从图 4 可知,RQ30D 与人工水位变化趋势一致。

3.2 流量过程对比

从流量过程线对比图 5 可知,RQ30D 与人工流量变化趋势一致,没有分歧现象。

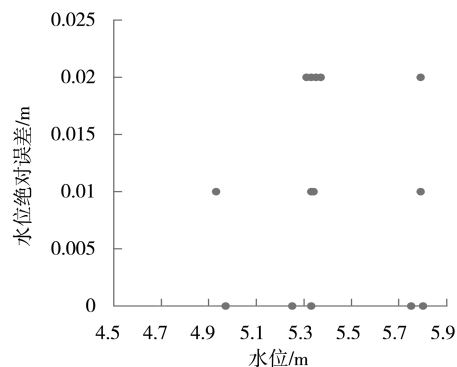


图 3 水位误差分布

3.3 流量相关性对比

从图 6 可知,人工流量数据与在线测流的流量数据相关性极强,说明 RQ30D 反应的流量规律与人

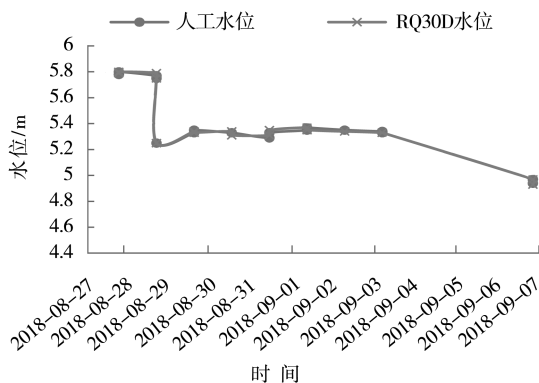


图4 水位过程线对比

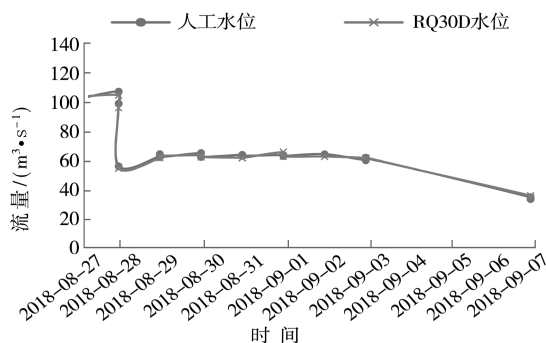


图5 流量过程对比

工实测数据一致,符合该站流量变化的事情情况。

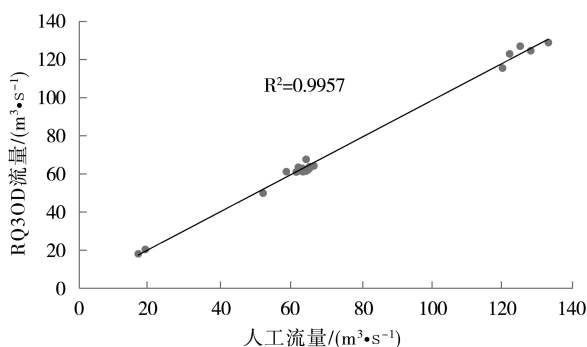


图6 流量相关性对比

3.4 水位流量关系线对比

由图7可知,人工流量数据与在线测流的流量数据的水位流量关系曲线非常接近,吻合度很高。

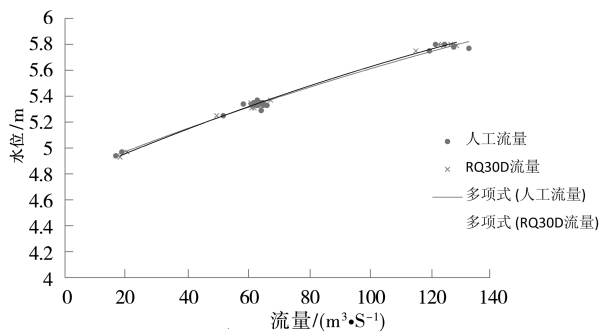


图7 水位流量关系线对比

4 结 语

由于西藏地区温度低、温差大、气压低、日照强、河流湍急等,常规水文测验无法实现高流速下的洪水流量水位自动测量。非接触式雷达测流技术,利用非接触雷达波谱技术对河流水位和流速开展自动测验,能解决高海拔地区恶劣环境下或危险河道的洪水过境监测需求问题,为水文分析提供依据。

非接触河流流量自动测验系统装置适于在河流环境下安装使用,免维护,实现发生突发山洪高流速时自动化采集传输与分析评估,测量数据根据时间和事件的变化随时自动采集和传输。非接触式自动测流系统在高海拔地区狮泉河站得到良好的应用,具有安全低损、少维护、无泥沙影响等优势,可更好地为高原地区特殊条件下水文监测、防汛决策指挥、水资源管理等提供技术支撑,因此系统在高原地区具有一定的推广价值。

参考文献:

- [1] 次仁尼玛. 西藏狮泉河断面水环境评价[J]. 人民珠江, 2018(2):65-68.
- [2] 朱江, 田景元. 狮泉河水电站枢纽布置方案研究[J]. 水力发电, 2008(12):78-80.
- [3] 李庆平, 秦文安, 毛启红. 非接触式流量在线监测技术在山区性河流的应用研究[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2013, 31(3):354-356.
- [4] 屠佳佳, 李莎, 刘锋, 等. 雷达流量站在线监测系统的设计与实现[J]. 浙江水利科技, 2019, 223(3):72-74.
- [5] 杨建东, 方金鑫, 姜敏. 雷达波实时在线测流系统在丽江市的应用[J]. 水利信息化, 2017(2):50-53.
- [6] 蒋松年. ADCP 的观测及资料处理技术[J]. 海洋技术, 1992(1):274-276.
- [7] 肖林. 组合式流量在线监测系统在变动回水断面的应用[J]. 水文, 2018, 36(3):69-72.
- [8] 秦福清. 雷达波流速仪在中小河流流量测验中的应用分析[J]. 水利信息化, 2012(4):42-48.
- [9] 中华人民共和国水利部. GB 50179—2015 河流流量测验规范[S]. 北京:中国计划出版社, 2016:29.
- [10] 中国机械工业联合会. GB/T 27759—2011 流体流量测量不确定度评定程序[S]. 北京:中国标准出版社, 2012:1.