

# Application of Cableway Radar Wave in Over-Standard Flood

Xiao Gui, Jianfeng Xu

Jiangxi Jingdezhen Hydrology Bureau, Jingdezhen Jiangxi  
Email: 273833101@qq.com, 20539945@qq.com

Received: Sep. 30<sup>th</sup>, 2020; accepted: Oct. 21<sup>st</sup>, 2020; published: Oct. 28<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

S3-SVR type cableway radar wave is a kind of non-contact channel flow measurement equipment, which can make use of the existing cableway facilities of hydrological stations. Taking Dufengkeng hydrological station as an example, this paper introduces the application of cableway radar wave in the Yangtze River super standard flood in July 2020. The measurement accuracy and applicable conditions of cableway radar wave was analyzed and explored. The purpose of this study is to use advanced measurement technology which can provide technical support for flood control in key period.

## Keywords

Radar Wave, Flood Measuring Ability, Over-Standard Flood

---

# 缆道雷达波在超标准洪水中的应用

桂 笑, 徐剑峰

江西省景德镇市水文局, 江西 景德镇  
Email: 273833101@qq.com, 20539945@qq.com

收稿日期: 2020年9月30日; 录用日期: 2020年10月21日; 发布日期: 2020年10月28日

---

## 摘 要

S3-SVR型缆道雷达波是一种非接触式河道流量测验设备, 它能借助水文站现有缆道设施, 测量垂线水面流速, 并通过自带测流软件自动计算断面流量。本文以渡峰坑水文站为例, 介绍缆道雷达波在2020年7月昌江超标准洪水中应用情况, 分析缆道雷达波测验精度, 探索缆道雷达波适用条件, 目的是利用先进的测验技术, 提升现

作者简介: 桂笑, 男, 1981年出生, 大学本科, 从事水文监测、水文资料计算、分析工作。

有缆道测洪能力和测验时效性，为关键时期防汛工作提供技术支持。

## 关键词

雷达波，测洪能力，超标准洪水

Copyright © 2020 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## 1. 概述

昌江发源于安徽省祁门县的大洪岭、分水岭、吊木岭等诸大山间，自北向南流经江西省浮梁县、景德镇市(珠山区和昌江区)和鄱阳县。流域集水面积 6260 km<sup>2</sup>，主河道长 254 km，呈扇形，水系发达。渡峰坑水文站建于 1941 年 4 月，东经 117°12' 北纬 29°16'，位于江西省景德镇市西郊垦殖场庄屋下村，集水面积 5013 km<sup>2</sup>。测验项目包括水位、流量、含沙量、降水、蒸发、水温、岸温，属一类精度站，资料系列水位(流量)自 1950 (1953)年至今。渡峰坑水文站是江西省“五河七口”站之一，昌江流域的控制站，对景德镇市城区防洪具有重要意义，水文监测和报讯任务很重要。洪水来源为上游降水；一次洪水过程 2~3 天，洪峰持续时间 2~3 h，具有暴涨暴落山区河流特性；洪水一般为单峰型，间断性暴雨时也会出现复式或连续多个复式峰型，水位在 25.50 m 以上时，主要受洪水涨落影响水位流量关系为逆时针绳套。目前流量测验采用缆道流速仪法、走航式 ADCP 法，在线 ADCP 法。于 2020 年 6 月完成缆道雷达波安装调试，并在 2020 年 7 月昌江超标准洪水中收集数据。

## 2. 缆道雷达波设备简介

### 2.1. 组成及功能

缆道雷达波测流设备采用远距离非接触方法测量水面流速，测量时不受水中含沙量，漂浮物，气候等影响。适用于一般河流，污水流速等测量，特别适宜于夹带污物的排水，高洪和含沙量很大的湍急河流的流速测量。利用水文站现有水文缆道，把系统硬件安装于铅鱼、吊箱等运动物体进行测量，起点距沿用水文站实际断面资料，不改变原有的缆道驱动形式和控制形式，配合计算机、软件、电台等组成流量自动测量系统。数据采集、传输、接收见图 1。

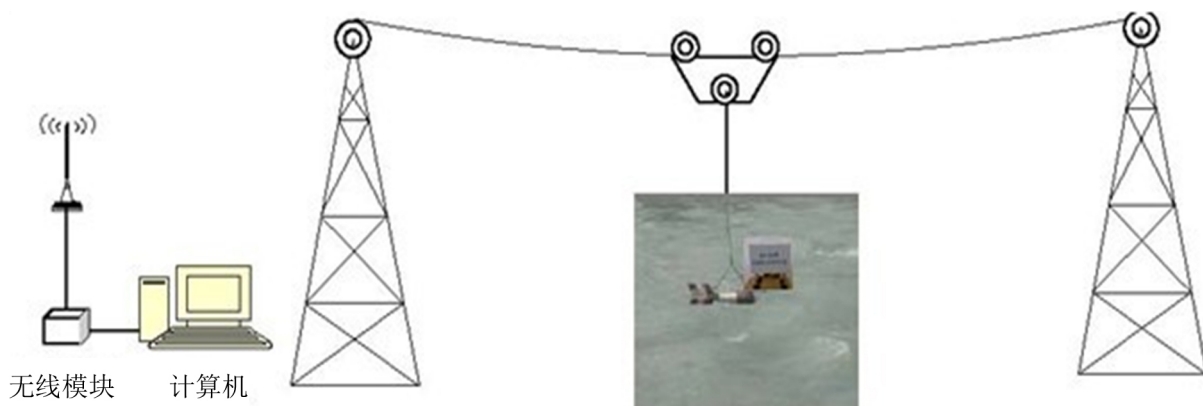


Figure 1. Schematic diagram of acquisition, transmission and computer receiving  
图 1. 采集、传输与计算机接收示意图

## 2.2. 测流基本原理

缆道雷达波测流设备是利用多普勒效应原理，以非接触方式测量水面流速的一种新型测流仪器。通过雷达波天线向水面发射约 37 GHz 频率的一束雷达波，部份电磁波能量折射入水中，一小部份能量被水面反射回来，由于接收到的回波频率相对于发射频率有一定偏移，由多普勒频率方程可求得水面流速。测流过程为，由雷达波传感器得到测量数据，通过倾角传感器自动测量俯角数据，通过短波电台和 USB\_RS232 通讯接口将测量数据传输到计算机，通过软件滤波分析计算出水流表面的流速[1]。

## 2.3. 主要技术指标

- 1) 流速范围：0.2~18 m/s；
- 2) 流速精度：±0.03 m/s；
- 3) 平均时长：0-99.9 s；
- 4) 俯角范围：0°~70°可设置；
- 5) 雨中测流：可在强降雨环境中正常测流；
- 6) 波束宽度：12° (锥度角)；
- 7) 雷达频率：Ka 波段(34.7 GHz)；
- 8) 工作温度：-30℃~+70℃。

## 3. 缆道雷达波数据分析

### 3.1. 测验情况

2020 年 7 月，渡峰坑站共收集缆道雷达波实测资料 13 次，其中有同步流速仪测速数据 41 组，同步缆道流速仪测流比测资料 6 次，与在线 ADCP 比测资料 7 次。

### 3.2. 测速精度分析

计算 41 组同步测速的系统误差与不确定度，成果见表 1，从表中可以看出，缆道雷达波与流速仪测速相对误差于标准差较小，系统偏差不大，个别点据受垂线定位、垂线定位影响误差超过 10%，缆道雷达波测速精度较高。

**Table 1.** Accuracy analysis of radar wave velocity measurement in cableway  
**表 1.** 缆道雷达波测速精度分析表

项目	数值
标准差	±5.2%
系统误差	-1.3%
±3%以内误差点据数	17 个
±5%以内误差点据数	27 个
±8%以内误差点据数	33 个
75%以上点据最大误差绝对值	-7.7%
最大相对误差	11.1%
最小相对误差	0%

### 3.3. 流量比测分析

#### 3.3.1. 垂线横向流速分布

选取风力较小，水位相近，施测时段相近的雷达波流量测验资料和流速仪流量测验资料各两次，点绘流速

断面横向分布图，见图 2，可以看出，流速仪和雷达波所测流速分布趋势一致，无明显突出点，流速分布区间较为集中。由上可知，雷达波所测流速代表性较好。

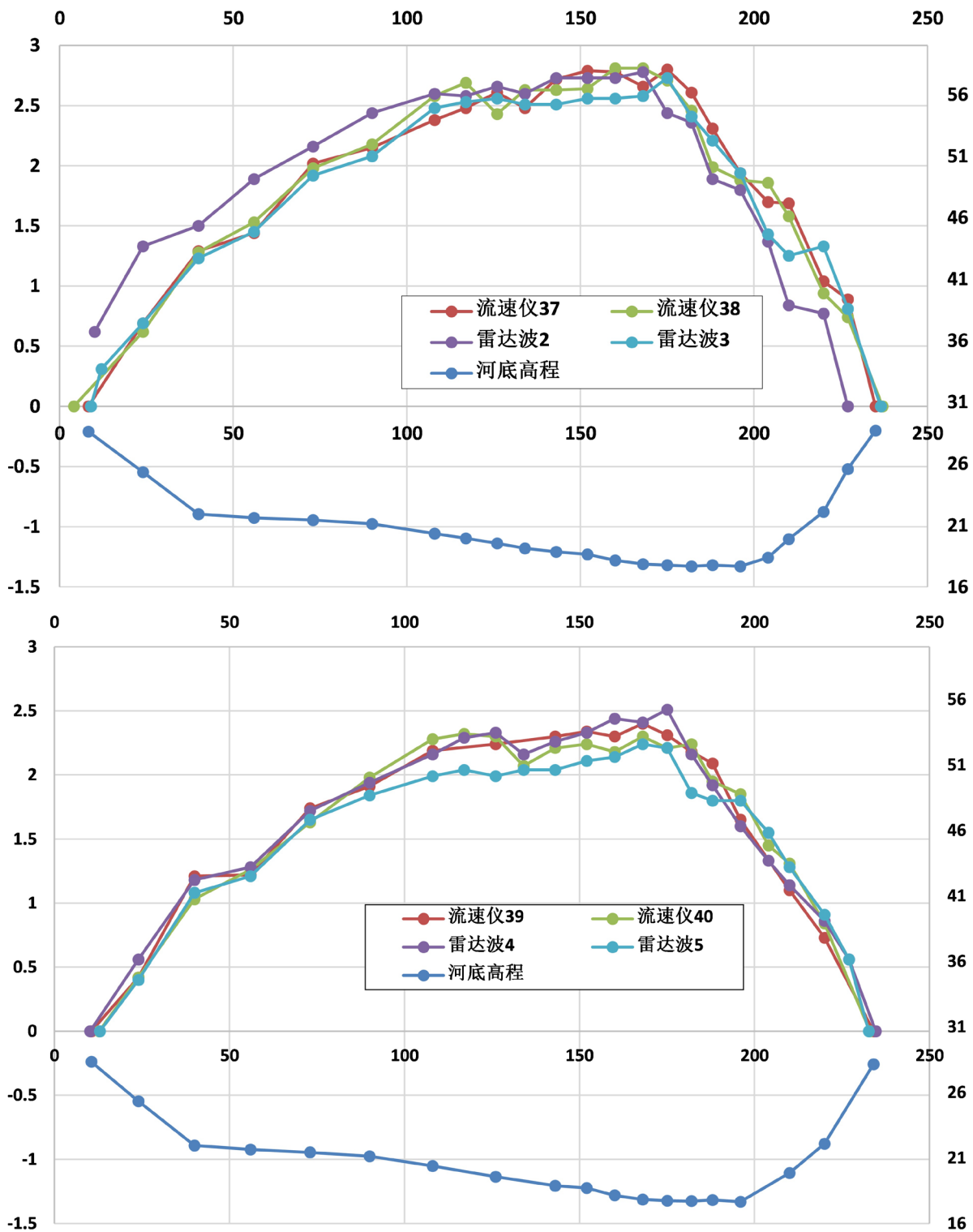


Figure 2. Transverse distribution of velocity  
图 2. 流速横向分布图

### 3.3.2. 流量误差分析

将 13 次缆道雷达波实测流量与缆道流速仪及在线 ADCP 流量进行误差比较, 见表 2, 从表中可以看出在风力小于 4 级的情况下, 雷达波与流速仪最大误差-5.6%, 最小误差 0.3%, 与在线 ADCP 最大误差-9.0, 最小误差-2.1%, 误差较小, 满足资料整编要求, 当风力大于 4 级由于受雷达波波束角度与铅鱼尾部摆动影响, 误差较大, 无法满足资料整编要求。

**Table 2.** Error analysis table of measured flow of cableway radar wave

**表 2.** 缆道雷达波实测流量误差分析表

测次	平均时间	流量	测次	缆道流速仪实测流量	在线 ADCP 流量	误差(%)		风力
						流速仪	在线 ADCP	
1	2020-7-3 17:41	3350			3447		-2.8	2
2	2020-7-3 21:43	3710	37	3700	3770	0.3	-1.6	1
3	2020-7-4 03:11	3800	38	3910	4028	-2.8	-5.6	3
4	2020-7-4 08:55	3160	39	3020	3293	4.6	-4.0	2
5	2020-7-4 11:44	2650	40	2760	2740	-4.0	-3.3	2
6	2020-7-5 12:13	2820	41	3230	3200	-12.7	-11.9	4
7	2020-7-6 16:35	1150	44	1490	1440	-22.8	-20.1	5
8	2020-7-7 21:18	7120			6880		3.5	0
9	2020-7-8 02:39	7880			7280		8.2	3
10	2020-7-9 05:37	7600			8350		-9.0	3
11	2020-7-9 13:01	5890			6200		-5.0	3
12	2020-7-9 16:37	4790			5300		-9.6	3
13	2020-7-10 15:48	1880			1920		-2.1	1

## 4. 结语

根据以上对比分析结果, 得出以下结论:

- 1) 缆道雷达波是一种先进的、技术含量高的测验设备, 它具有安装简便, 不接触水面即可测得流速等优点, 在风力较小(小于 4 级)时测速精度较高, 垂线流速分布代表性好。
- 2) 缆道雷达波可以提高高洪测验时的安全性, 减少测验时间, 提高了测洪能力, 根据渡峰坑站测算, 安装缆道雷达波后缆道测洪能力可由原来的 33.50 m 提升至 36.00 m, 原 20 年测洪能力提升至 50 年, 可以在作为各水文站超标准洪水应急预案的选择方法。
- 3) 缆道雷达波在风力较小时(小于 4 级)影响时高洪实测流量误差较小, 符合相关测验规范, 测验精度满足定线整编要求。

根据应用情况提出以下在使用中注意的建议:

- 1) 渡峰坑水文站在水位较高、漂浮物较多、夜间大雾等环境下, 高洪时可根据条件优先选择采用缆道雷达波法施测流量。
- 2) 采用缆道雷达波法施测测点流速应密切注意外界条件对仪器的影响, 发现回波测试时信号强度不满足要求时及风力大于等于 4 级时, 不可采用缆道雷达波法测验。
- 3) 在使用同时注意收集缆道流速仪法流量与缆道雷达波法测验资料, 积累资料, 验证仪器数据的准确性及

可靠性。

## 参考文献

- [1] 林祚顶. 水文现代化与水文新技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.  
LIN Zuoding. Hydrological modernization and new hydrological technologies. Beijing: China Water Resources and Hydro-power Publishing House, 2008. (in Chinese)