

# 校正因数法及其在水位流量关系定线中的应用

张 华<sup>1</sup>, 刘铁林<sup>2</sup>, 黄 敏<sup>2</sup>, 刘永红<sup>2</sup>, 龙 斌<sup>1</sup>

<sup>1</sup>赣江下游水文水资源监测中心, 江西 宜春

<sup>2</sup>江西省水文监测中心刘铁林工作室, 江西 南昌

收稿日期: 2022年2月12日; 录用日期: 2022年4月11日; 发布日期: 2022年4月29日

## 摘 要

由于洪水涨落影响造成同水位下, 涨水面河道附加比降 $i > 0$ , 即由于洪水上涨引起的水面比降大于稳定流下水面比降(河槽坡度), 而退水面时反之, 造成同水位下, 洪水涨落时的流量 $Q_{涨} > Q_c > Q_{退}$ , 表现在水位流量关系图上为逆时针绳套曲线。根据《水文资料整编规范》规定, 受洪水涨落影响的测站, 可采用校正因数法定线推流。本文以樟树水文站为例, 就校正因数法的应用方法进行详细阐述, 为受洪水涨落影响的测站进行流量资料定线整编提供参考。

## 关键词

洪水涨落影响, 附加比降, 逆时针绳套曲线, 校正因数法

# Correction Factor Method and Its Application in Stage-Discharge Relation Alignment

Hua Zhang<sup>1</sup>, Tielin Liu<sup>2</sup>, Min Huang<sup>2</sup>, Yonghong Liu<sup>2</sup>, Bin Long<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hydrology and Water Resources Monitoring Center of Lower Reaches of Ganjiang River, Yichun Jiangxi

<sup>2</sup>Liu Tielin Innovation Studio, Jiangxi Hydrology Monitoring Center, Nanchang Jiangxi

Received: Feb. 12<sup>th</sup>, 2022; accepted: Apr. 11<sup>th</sup>, 2022; published: Apr. 29<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Caused by the flood fluctuation effect with the water level, the higher the water level the additional slope  $i > 0$ , that is caused by the rising flood water surface slope is greater than the situation in steady flow, and on the contrary,  $i < 0$ . At the same water level, flood fluctuation will show that flow rate  $Q_r > Q_c > Q_f$ , and stage-discharge relation will display a counterclockwise rope curve. According to "the hydrological

作者简介: 张华,男,江西樟树人,1984年11月出生,工程硕士,二级主任科员,从事水文监测、资料整编、分析工作,Email: 303008002@qq.com

文章引用: 张华, 刘铁林, 黄敏, 刘永红, 龙斌. 校正因数法及其在水位流量关系定线中的应用[J]. 水资源研究, 2022, 11(2): 194-199. DOI: 10.12677/jwrr.2022.112021

Data Consolidation Code”, for hydrologic stations affected by flood fluctuation, the discharge could be derived by single curve fitting with correction factor method. Taking Zhangshu hydrology station as an example, this paper expounds the application method of correction factor method in detail, and provides reference for flow data alignment and rearrangement of stations affected by flood fluctuation.

## Keywords

Flood Fluctuation Effect, Additional Slope, Counterclockwise Rope Curve, Correction Factor Method

Copyright © 2022 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/>



Open Access

## 1. 引言

根据曼宁公式  $Q = A/n * R^{2/3} * J^{1/2}$ , 天然河道(明渠)稳定流状态下流量  $Q$  与水位(断面面积  $A$  和水力半径  $R$  均可表示为以水位为变量的线性函数)呈单值关系。但由于洪水涨落影响造成同水位下, 涨水面河道附加比降  $i > 0$ , 即由于洪水上涨引起的水面比降大于稳定流下水面比降(河槽坡度), 而退水面时反之, 造成同水位下, 洪水涨落时的流量  $Q_{涨} > Q_c > Q_{退}$ , 表现在水位流量关系图上为逆时针绳套曲线。逆时针绳套曲线定线要求测点多, 且需要控制关键点位, 对流量测验时机的把握要求高, 对单次流量测验精度要求严, 对定线整编人员素质要求硬, 为精简流量测次、降低对测验时机的要求、提高定线精度, 以适应现代水文监测方式方法改革的要求, 根据《水文资料整编规范》SL/T 247-2020, 6.4.13 规定, 受洪水涨落影响的测站, 可采用校正因数法定线推流[1]。本文以樟树水文站为例, 就校正因数法的应用方法进行详细阐述, 为受洪水涨落影响的测站进行流量资料定线整编提供参考。

## 2. 樟树站概况

樟树水文站建于 1930 年 12 月。115°32'E, 28°04'N, 位于江西省樟树市沿江路, 在铁路桥上游 650 m, 为赣江控制站, 集水面积 71,324 km<sup>2</sup>。测验项目包括降雨、水位、流量、悬移质含沙量, 属一类精度水文站[2]。

测验河段的顺直长约 2 km, 上游约 25 km 处有新干航电枢纽, 上游约 8.5 km 处有袁水汇入; 下游约 30 km 处有龙头山航电枢纽。河床由细沙组成, 基本稳定; 水流方向自南向北。

洪水来源为上游降水; 一次洪水过程 12~18 d, 洪峰持续时间 5~8 h; 洪水一般为单峰型, 同时受上游新干航电枢纽、下游龙头山航电枢纽调蓄以及袁水来水影响; 水位流量关系: 中低水受龙头山航电枢纽, 其蓄放水引起的回水变化对樟树水文站水位流量关系定线有较大的影响, 关系点据散乱, 高水主要受洪水涨落影响, 表现为逆时针绳套关系。目前资料整编采用连实测流量过程线和连时序法定线。

## 3. 校正因数法简介

### 3.1. 校正因数法原理

为消除因洪水涨落引起附加比降变化导致的同水位下涨退水面流量不相同现象, 特引入以稳定流时比降  $s_c$  和洪水传播速度  $u$  以及涨落率  $\Delta z/\Delta t$  为因子的流量校正因数—— $[1 + (1/us_c)(\Delta z/\Delta t)]^{1/2}$ 。并假定同水位不同涨落率的流量符合如下公式:

$$Q_m/Q_c = [1 + (1/us_c)(\Delta z/\Delta t)]^{1/2} \quad (1)$$

式中： $Q_m$ ——受洪水涨落影响时的流量， $m^3/s$ ；

$Q_c$ ——与  $Q_m$  同水位的稳定流流量， $m^3/s$ ；

$u$ ——洪水波传播速度， $m/s$ ；

$s_c$ ——稳定流时比降；

$\Delta z$ —— $\Delta t$  时间内水位增量， $m$ ；

$[1+(1/us_c)(\Delta z/\Delta t)]^{1/2}$ ——校正因数。

### 3.2. 校正因数法应用研究思路

1) 根据水文学原理及《资料整编规范》SL/T 247-2020 的相关规定，对 2020 年后收集的流量资料进行筛选分析，选择只受洪水涨落影响期的流量测验资料作为校正因数法研究对象，即不受上、下游闸门启闭影响的天然畅流状态下的流量测验资料。

2) 对筛选出的资料进行定线并分析合理性。

3) 计算水位过程线上各摘录水位点的涨落率  $\Delta z/\Delta t$ ，求出各点对应流量，进一步计算出该次洪水洪量，并与原定绳套曲线所采用的连时序法所求得洪量进行比较。

本文重点介绍校正因数法该方法本身，对后续洪量计算限于篇幅不再详细展开。

### 3.3. 应用校正因数法步骤：

1) 确定需采用校正因数法进行校正的流量测次：水位流量关系呈单式绳套，对复式绳套分割后分别进行校正。

2) 初步绘制  $z-Q_c$  关系曲线：通过实测的水位流量关系点据中心定一条稳定时期的水位流量关系曲线。

3) 绘制  $z-1/us_c$  关系曲线：根据水位过程计算各测点涨落率，由实测点的水位推得  $Q_c$  值，按上述公式计算各测点的  $1/us_c$  值，绘出  $z-1/us_c$  关系曲线。

4) 检验  $z-Q_c$  关系曲线：用各实测点的水位推得  $1/us_c$ ，用上述公式反算出  $Q_c$  值，如果  $Q_c$  与  $z-Q_c$  关系曲线的偏差符合定单一曲线的要求，则认为原定  $z-Q_c$  关系曲线合格。否则应根据  $Q_c$  对原关系曲线进行修正。

5) 根据水位过程计算涨落率  $\Delta z/\Delta t$ ，再由水位推得  $Q_c$  和  $1/us_c$  值按上述公式计算  $Q_m$  即为所求流量。

## 4. 实测流量资料的筛选

根据《水文年鉴》第六卷第 17 册，樟树水文站 2020 流量定线整编情况，全年有 1 个单式绳套曲线，流量测次为 50~59 次。2020 年樟树水文站实测流量成果[3]见表 1。

Table 1. Actual flow results of Zhangshu Hydrological Station in 2020

表 1. 2020 年樟树水文站实测流量成果表

测次	月/日	时：分	流量( $m^3/s$ )	水位(m)	涨落率(m/h)
50	7/09	18:29	4590	25.60	0.10
51	7/10	7:38	11,000	28.36	0.33
52	7/10	11:42	11,400	29.25	0.20
53	7/10	17:05	13,800	30.30	0.15
54	7/11	7:02	15,200	31.25	-0.01
55	7/11	17:52	12,900	30.67	-0.10
56	7/12	6:56	8220	28.67	-0.20
57	7/12	13:36	6560	27.56	-0.15
58	7/12	18:44	5310	26.78	-0.16
59	7/13	7:24	3410	25.12	-0.07

樟树水文站 2020 水位流量关系图及其相应测次水位过程线分布图分别如图 1 和图 2 所示。

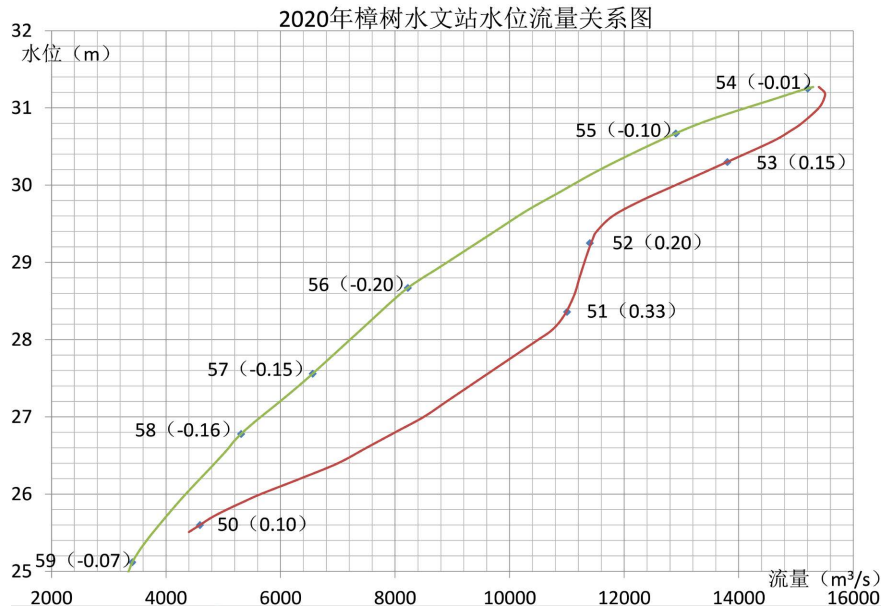


Figure 1. Relationship diagram of water level and flow of Zhangshu Hydrological Station in 2020

图 1. 2020 年樟树水文站水位流量关系图

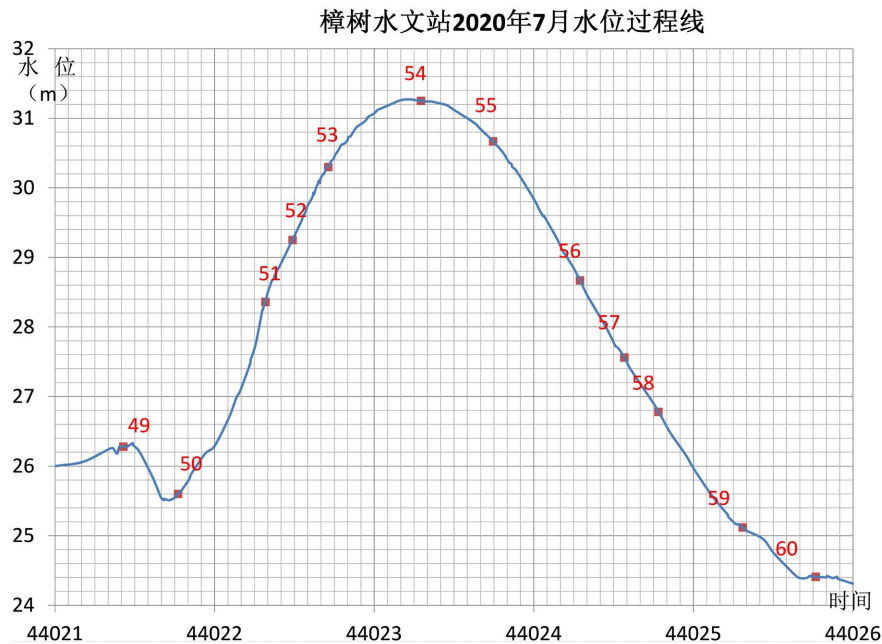


Figure 2. Water level process line of Zhangshu Hydrological Station in July 2020

图 2. 樟树水文站 2020 年 7 月水位过程线

## 5. 分析计算

### 5.1. 绘制 2020 年 $z-Q_c$ 关系曲线

绘制 2020 年  $z-Q_c$  关系曲线，如下图 3 所示。

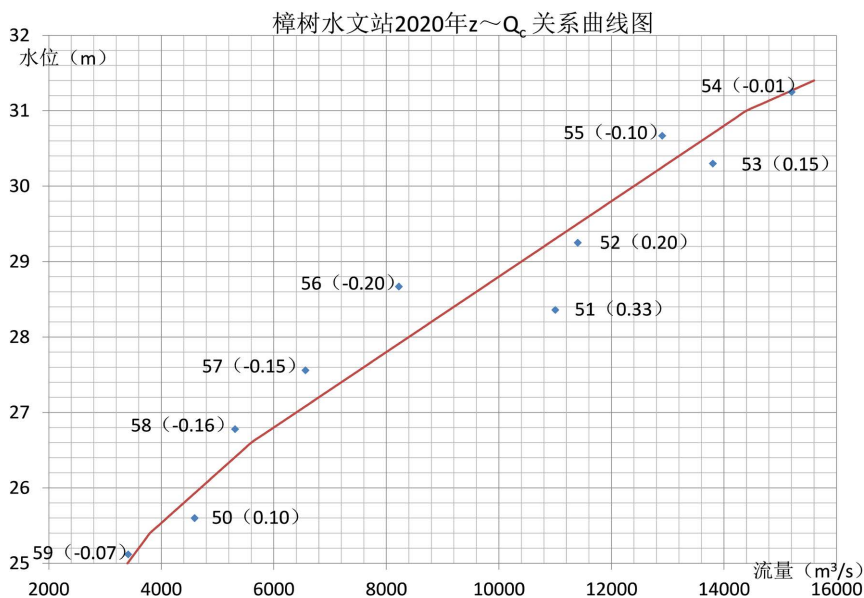


Figure 3. Relationship curve of  $z-Q_c$  of Zhangshu Hydrological Station in 2020  
图 3. 樟树水文站 2020 年  $z-Q_c$  关系曲线图

### 5.2. 绘制 $z-1/us_c$ 关系曲线

根据水位过程计算各测点涨落率，由实测点的水位查图 3 关系曲线得  $Q_c$  值，按校正因数法公式计算各测点的  $1/us_c$  值，绘出  $z-1/us_c$  关系曲线如下图 4。

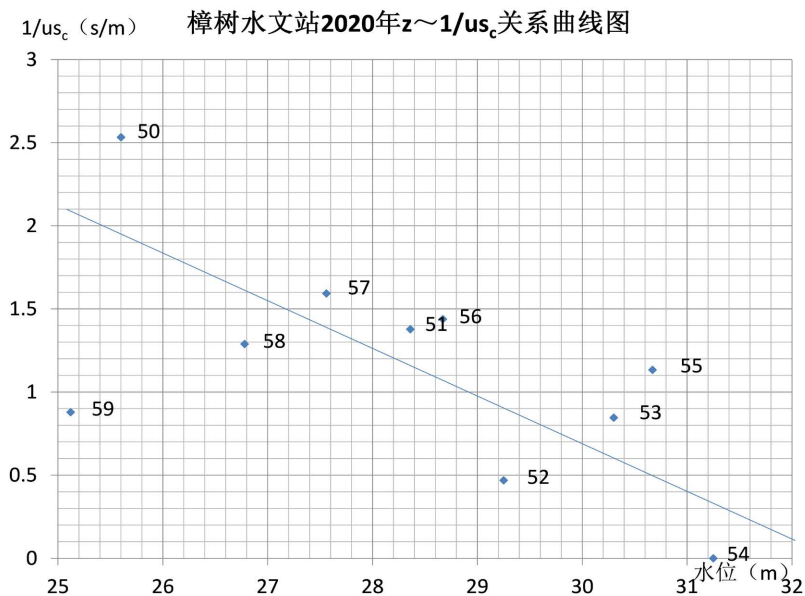


Figure 4. Relationship curve of  $z-1/us_c$  of Zhangshu Hydrological Station in 2020  
图 4. 樟树水文站 2020 年  $z-1/us_c$  关系曲线图

### 5.3. 检验 $z-Q_c$ 关系曲线

用各实测点的水位推得  $1/us_c$ ，用校正因数法公式反算出  $Q_c$  值，并计算反算出的  $Q_c$  对  $z-Q_c$  关系曲线进行检验，计算标准差、系统误差及随机不确定度结果如下表 2。

**Table 2.** Test table of  $z-Q_c$  relationship curve in 2020  
**表 2.** 2020 年  $z-Q_c$  关系曲线检验表

测次	流量(m <sup>3</sup> /s)	水位(m)	涨落率(m/h)	查线 $Q_c$ (m <sup>3</sup> /s)	计算 $1/us_c$ 值(s/m)	查线 $1/us_c$ 值(s/m)	计算 $Q_c$ (m <sup>3</sup> /s)	误差%
50	4590	25.60	0.10	4100	2.53	1.94	4200	2.44
51	11000	28.36	0.33	9120	1.38	1.18	9330	2.30
52	11400	29.25	0.20	10900	0.47	0.94	10500	-3.67
53	13800	30.30	0.15	13000	0.85	0.66	13200	1.54
54	15200	31.25	-0.01	15200	0.00	0.4	15200	0.00
55	12900	30.67	-0.10	13700	1.13	0.56	13300	-2.92
56	8220	28.67	-0.20	9740	1.44	1.1	9310	-4.41
57	6560	27.56	-0.15	7520	1.59	1.4	7380	-1.86
58	5310	26.78	-0.16	5960	1.29	1.61	6160	3.36
59	3410	25.12	-0.07	3520	0.88	2.07	3690	4.83
							标准差=	3.4
							系统误差=	0.2
							随机不确定度=	6.8

## 5.4. 结果评定

从上述 2020 年  $z-Q_c$  关系曲线计算结果可以看出, 该关系曲线系统误差小于 1, 随机不确定度小于 8, 符合《资料整编规范》SL/T 247-2020 关于一类精度站单一线定线要求, 该  $z-Q_c$  关系曲线定线合理。

## 6. 结论建议

通过对樟树水文站 2020 年一次单式绳套曲线试算, 验证了校正因数法可以较好的应用于仅受洪水影响下单式绳套曲线的水位流量关系定线推流。本次着眼于本站资料, 不需要辅助站点, 在缺乏辅助站点不能采用落差指数法(定落差法、综合落差指数法等)的情况下也可以对绳套曲线进行单值化, 对于站点数量较少或被过水建筑物割裂的河道站点是不错的选择。

对樟树水文站而言, 由于其位于两梯级电站之间, 受上下两电站日调节影响较大, 水位流量关系单值化只在水高部分或与下游辅助水位站落差较大时效果明显。用单值化方法可以部分解决中高水水位流量关系定线问题, 从全量程解决定线的要求着眼, 建议樟树水文站也可探索辅助水位站的设立, 或发展在线流量监测, 如 H-ADCP 等。

## 参考文献

- [1] 水利部长江水利委员会水文局. SL/T 247-2020, 水文资料整编规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2020. Hydrology Bureau of Changjiang Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources. SL/T 247-2020, code for hydrologic data processing. Beijing: China Water Power Press, 2020. (in Chinese)
- [2] 张华. 水位后移法在樟树水文站的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2017. ZHANG Hua. Application research of water level backshift method in Zhangshu Hydrology Station. Nanchang: Nanchang University, 2017. (in Chinese)
- [3] 中华人民共和国水利部. 中华人民共和国水文年鉴[M]. 潍坊: 山东水文印务有限公司, 2021. Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Annual hydrological report P.R. China. Weifang: Shandong Hydrologic Printing Co. Ltd., 2021. (in Chinese)