

樟树水文站落差指数法流量推算的研究

杨莹¹, 朱嘉俊¹, 黄敏¹, 刘永红¹, 熊能¹, 熊凡迪², 张紫君¹

¹赣江下游水文水资源监测中心, 江西 宜春

²南昌工程学院, 江西 南昌

收稿日期: 2022年7月2日; 录用日期: 2022年8月1日; 发布日期: 2022年8月31日

摘要

樟树水文站受上下游水利工程及洪水涨落、变动回水等多重因素影响, 水位流量关系紊乱, 定线推流需要较多流量测次, 难以满足实时流量推求和水文情报预报的时效性要求。本文采用落差指数法对其水位流量关系进行分析研究, 提出此方法在樟树水文站的使用条件, 解决受多重因素影响情况下的流量推求问题。

关键词

多重因素影响, 变动回水, 洪水涨落, 水位流量关系, 落差指数法

Study on Discharge Calculation by Drop Index Method at the Zhangshu Hydrological Station

Ying Yang¹, Jiajun Zhu¹, Min Huang¹, Yonghong Liu¹, Neng Xiong¹, Fandi Xiong², Zijun Zhang¹

¹Hydrology and Water Resources Monitoring Center of Lower Ganjiang River, Yichun Jiangxi

²Nanchang Institute of Technology, Nanchang Jiangxi

Received: Jul. 2nd, 2022; accepted: Aug. 1st, 2022; published: Aug. 31st, 2022

Abstract

Zhangshu hydrology station is affected by multiple factors, such as upstream and downstream water conservancy projects, flood fluctuation, variable backwater and so on. The relationship between water level and flow is disordered. In this paper, the relationship between water level and flow is analyzed by using drop index method, and the application conditions of this method in Zhangshu hydrology station are proposed to solve the problem of pushing flow under the influence of multiple factors.

作者简介: 杨莹, 女, 江西樟树人, 1994年7月出生, 大学本科, 四级主任科员, 从事水文监测、资料整编、分析工作, Email: 1403821977@qq.com

文章引用: 杨莹, 朱嘉俊, 黄敏, 刘永红, 熊能, 熊凡迪, 张紫君. 樟树水文站落差指数法流量推算的研究[J]. 水资源研究, 2022, 11(4): 437-444. DOI: 10.12677/jwrr.2022.114048

Keywords

Influence of Multiple Factors, Variable Backwater, Flood Fluctuation, Water Level Flow Relationship, Drop Index 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/>



1. 引言

落差指数法是以落差法为基础,通过优选落差指数 β ,并建立水位与流量同落差 β 次方之比的关系曲线来推求流量[1]。根据《水文资料整编规范》(SL/T247-2020)(以下简称《规范》),6.4.12规定,该法适用于断面基本稳定,落差具有代表性,受变动回水或受变动回水及洪水涨落综合影响的测站[2]。近年来,樟树水文站受上、下游水电站枢纽工程及洪水涨落等多种因素影响,水位流量关系紊乱,目前采用连时序法推流,需要较多流量测次,尤其是不能满足水文情报预报的及时性。为提高测报精度、解放生产力、提高工作效率、减少成本支出,本文选用近年来樟树水文站具有代表性的水位流量资料,采用落差指数法进行单值化分析,建立流量推求模型,实时、准确地推求樟树站流量变化过程。

2. 樟树水文站概况

樟树水文站建于1930年12月,为鄱阳湖区赣江下游大河站(一类站),控制流域面积71,324 km²,经纬度分别为115°32'E, 28°04'N,地处江西省樟树市铁路桥上游650 m,赣江的右岸;观测项目有水位、流量、降水、泥沙、水质、墒情、地下水等。测验河段顺直长约2 km,上游约25 km处有新干航电枢纽,上游约8.5 km有袁水汇入;下游30 km处有龙头山航电枢纽。河床由细沙组成,基本稳定;洪水过程受上游新干航电枢纽、下游龙头山航电枢纽调蓄及袁水来水影响;水位流量关系中低水受龙头山航电枢纽影响,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,表现为逆时针绳套曲线关系。目前资料整编主要采用连实测流量过程线和连时序法定线,无法满足实时流量推求的时效性。

3. 落差指数法基本原理

3.1. 适用条件

落差指数法实质上是落差开方根法的扩展,已成为处理受洪水涨落、变动回水影响的水位流量关系的一种可行方法,其适用条件为:测站河段顺直,河槽控制断面稳定,落差有代表性[3]。在断面稳定条件下,受变动回水或受变动回水及洪水涨落综合影响的测站可采用落差指数法定线推流。

3.2. 分析方法

1) 假定同水位不同落差的流量符合公式:

$$\frac{Q_1}{(\Delta Z_1)^\beta} = \frac{Q_2}{(\Delta Z_2)^\beta} = q \quad (1)$$

式中: Q_1 、 Q_2 分别为同水位不同落差的流量, m³/s; ΔZ_1 、 ΔZ_2 分别为与 Q_1 、 Q_2 相应的落差, m; β 为落差指数; q 为流量与落差 β 次方之比(或称校正流量因数)。

2) 优选落差指数 β 值: β 值的变化范围为 0.2~0.8, 在此区间内可采用试错法或优选法, 以定出的 $Z-q$ 关系曲线, 通过适线检验、符号检验、反曲检查且不确定度最小时的 β 为最优 β 值。

3) 确定 $Z-q$ 关系曲线: 根据优选的 β 值所定的 $Z-q$ 关系曲线, 定线精度符合单一曲线的定线精度要求, 即为推求流量采用的曲线。

4) 根据落差参证站的水位过程计算的落差 ΔZ 和优选的 β 值, 用本站水位推得 q 值, 与相应的 ΔZ^β 的乘积即为推求的流量 $Q_{推}$ 。

4. 樟树水文站落差指数法应用情况分析

樟树水文站测验河段顺直, 测验断面较稳定, 且在新干航电枢纽以下、龙头山航电枢纽以上区间布设有四处水位观测站点, 进行落差指数法推流计算分析具备《规范》的基本要求。

4.1. 参证站选择

本次落差指数法模型构建前期共选取 3 个水位站做为参证站进行分析, 分别为上游的程家水位站, 下游的丰城水位站, 泉港水位站。通过对三个水位站的落差相关性分析, 程家站与樟树站之间有支流汇入, 对其相关性有影响, 效果不佳; 泉港站与丰城站通过全量程以及分落差级分析对比, 丰城站落差指数相关关系效果更好, 故本文主要分析樟树站与丰城站水位落差相关性, 进行模型构建及参数率定。

4.2. 分析资料的选用

水位参证站丰城站采用长期水位自记仪器记录水位, 受龙头山航电枢纽开关闸发电影响, 部分时段水位呈

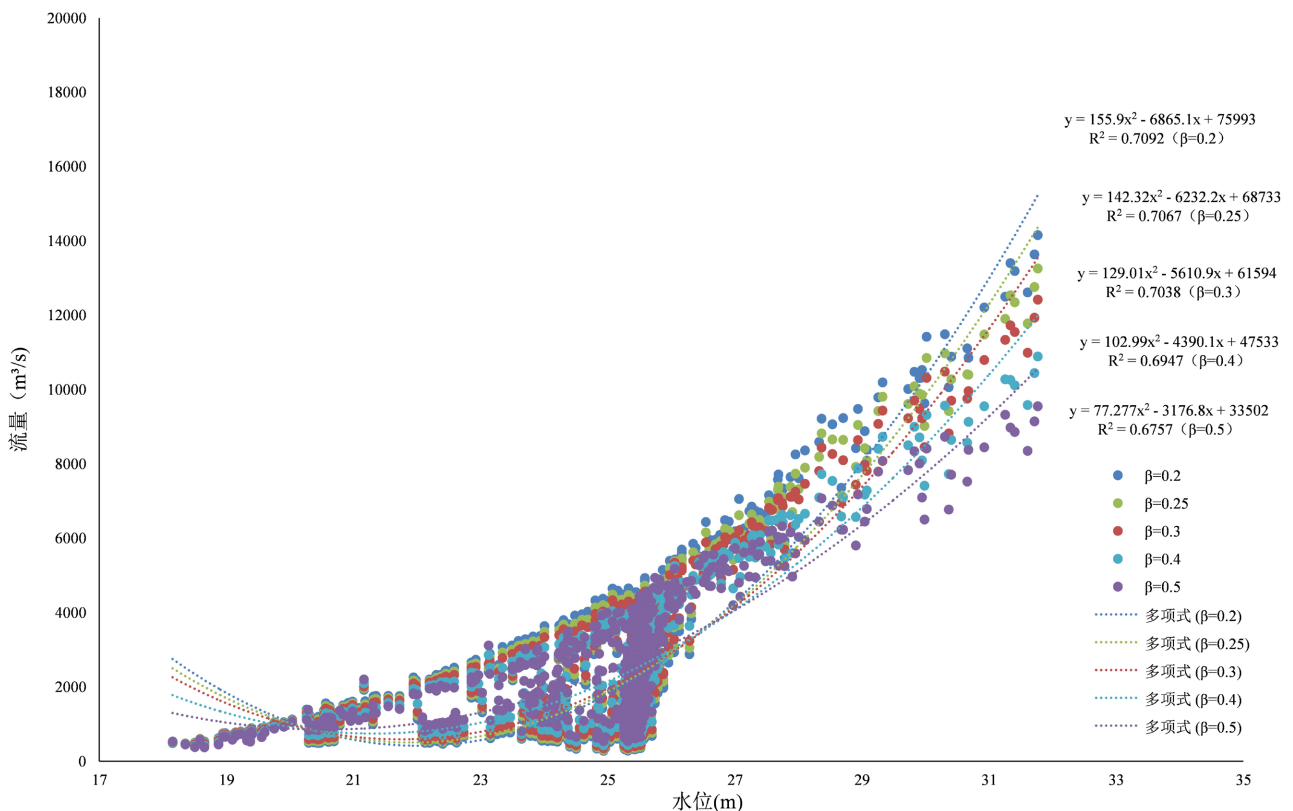


Figure 1. Correlation analysis chart of measured point flow from 2019 to 2021

图 1. 2019~2021 年实测点流量相关关系分析图

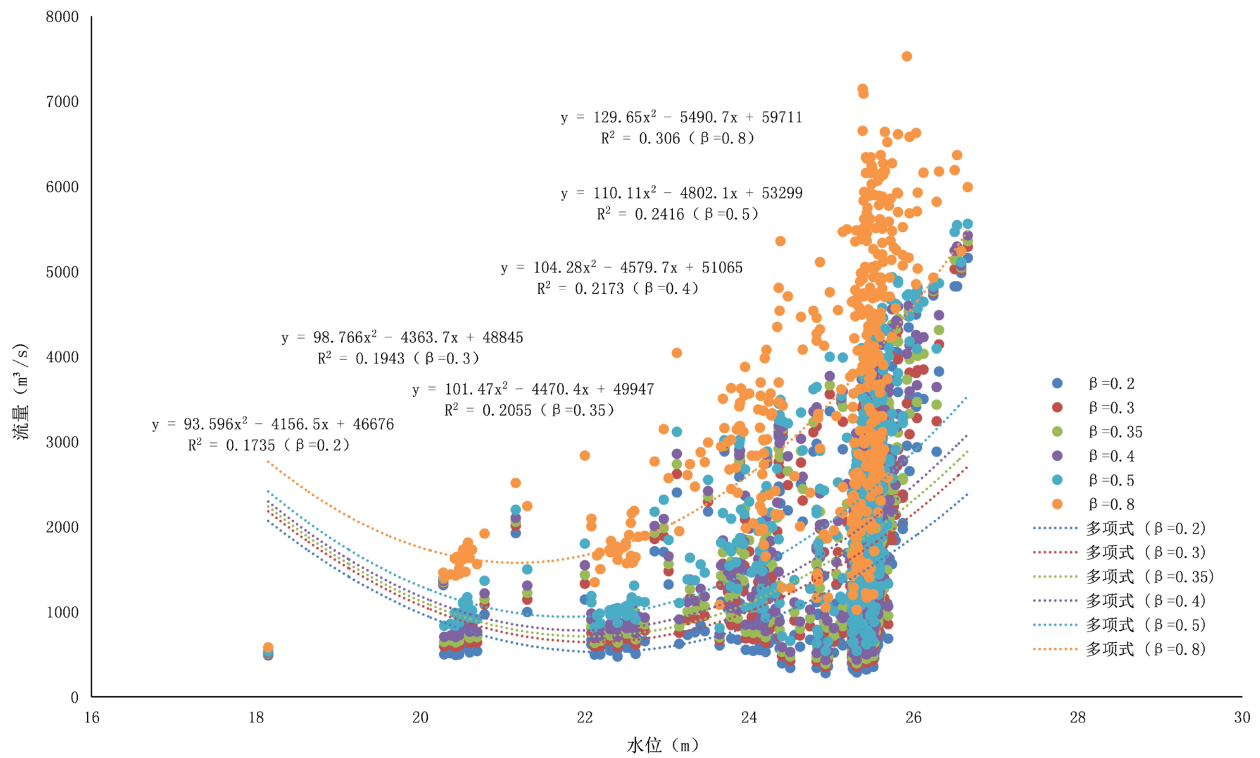


Figure 2. Correlation analysis diagram of flow with drop less than 0.7 m
图 2. 落差小于 0.7 m 流量相关关系分析图

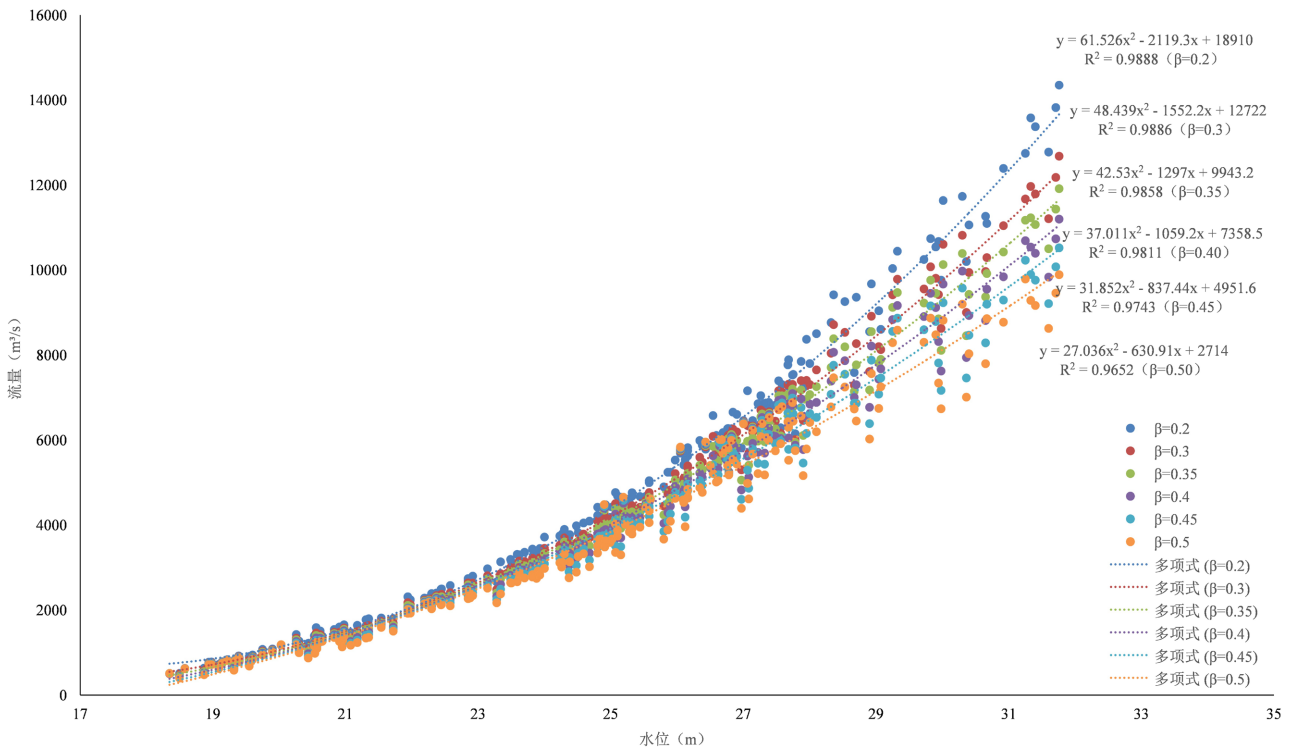


Figure 3. Correlation analysis diagram of flow with drop ≥ 0.7 m
图 3. 落差 ≥ 0.7 m 流量相关关系分析图

明显的锯齿状，考虑到上下游数据同步，分析数据采用实时水位数据经摘录后进行数据分析[4]。落差指数法分析的流量测验数据全部来源于樟树水文站 ADCP 实测流量数据，分析资料为 2019 年~2021 年实测水位、流量，及参证站的同时水位数据共 658 组。

4.3. 落差指数法分析

通过点绘实测水位流量关系图发现，在受下游龙头山航电枢纽影响后，不同落差下(Z,q)点据分布规律不同，见图 1。根据点据分布可以看出，落差小于 0.7 m 时，点据散乱无规律，见图 2；当落差 ≥ 0.7 m 时，水位流量关系呈明显的带状分布见图 3。

通过对所有实测点、落差小于 0.7 m 实测点及落差 ≥ 0.7 m 实测点进行分段定线。1 号线对应所有实测点关系曲线，2 号线对应落差小于 0.7 m 实测点关系曲线，3 号线对应落差 ≥ 0.7 m 实测点，见图 4。

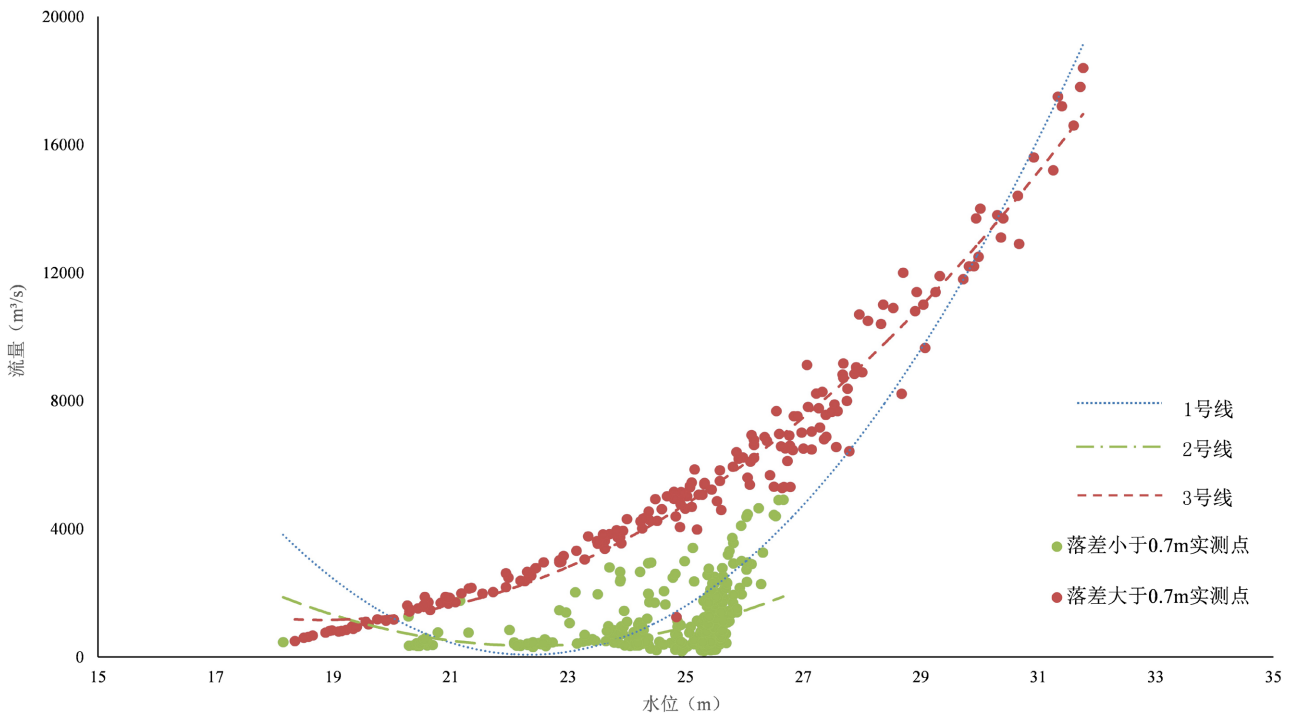


Figure 4. Segmented alignment analysis diagram of measured points

图 4. 实测点分段定线分析图

经统计分析：1、2 号曲线相关关系差，明显不成带状，三种检验无法通过，其系统误差与置信水平为 95% 的随机不确定度不能达到水文资料整编规范一类精度站的要求。3 号线 $\Delta Z \geq 0.7$ m 时，实测数据共 193 组，通过分析剔除受测验误差影响的 4 组数据，参与分析的数据 189 组，图形明显成带状，如图 4 中 3 号线。通过试错分析，此可得到落差指数与标准差的关系落差指数在 0.2~0.5 之间，其相关关系均达到 0.96 以上，落差指数大于 0.5 以上，其相关关系明显下降。通过采用 $\beta = 0.20, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45$ 进行试算，每假设一 β 值，由实测流量及相应落差可计算 q_i ，点绘一条 $z_i - q_i$ 关系线，然后计算关系点偏密关系线的标准差 Se ，由此可得到落差指数与标准差的关系，见图 5。在 193 次样本系列中，采用标准差检验样本数据，公式如下[4]：

$$Se = \left[\frac{1}{n-2 \sum \left(\frac{q_i - q_{ci}}{q_{ci}} \right)^2} \right] / 2 \quad (2)$$

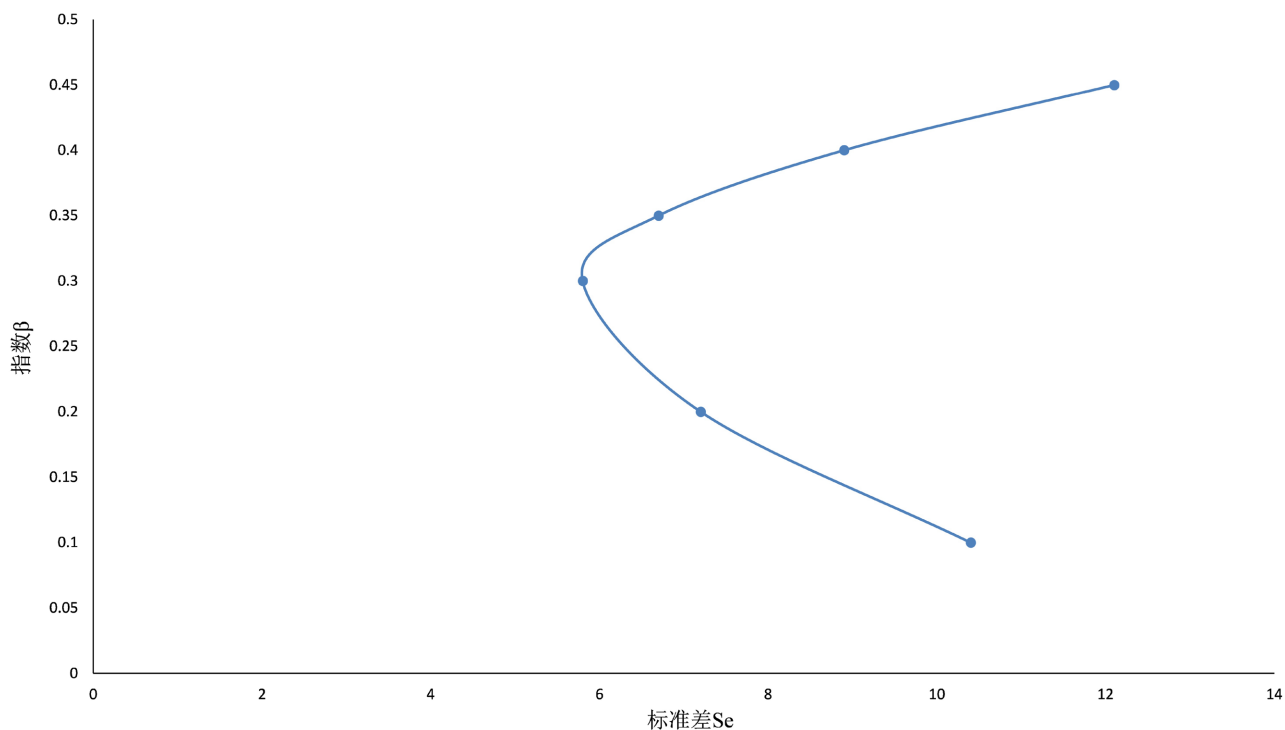


Figure 5. The relation line between standard deviation Se and index β when the fall ≥ 0.7 m
图 5. 落差 ≥ 0.7 m 时标准差 Se 与指数 β 关系线

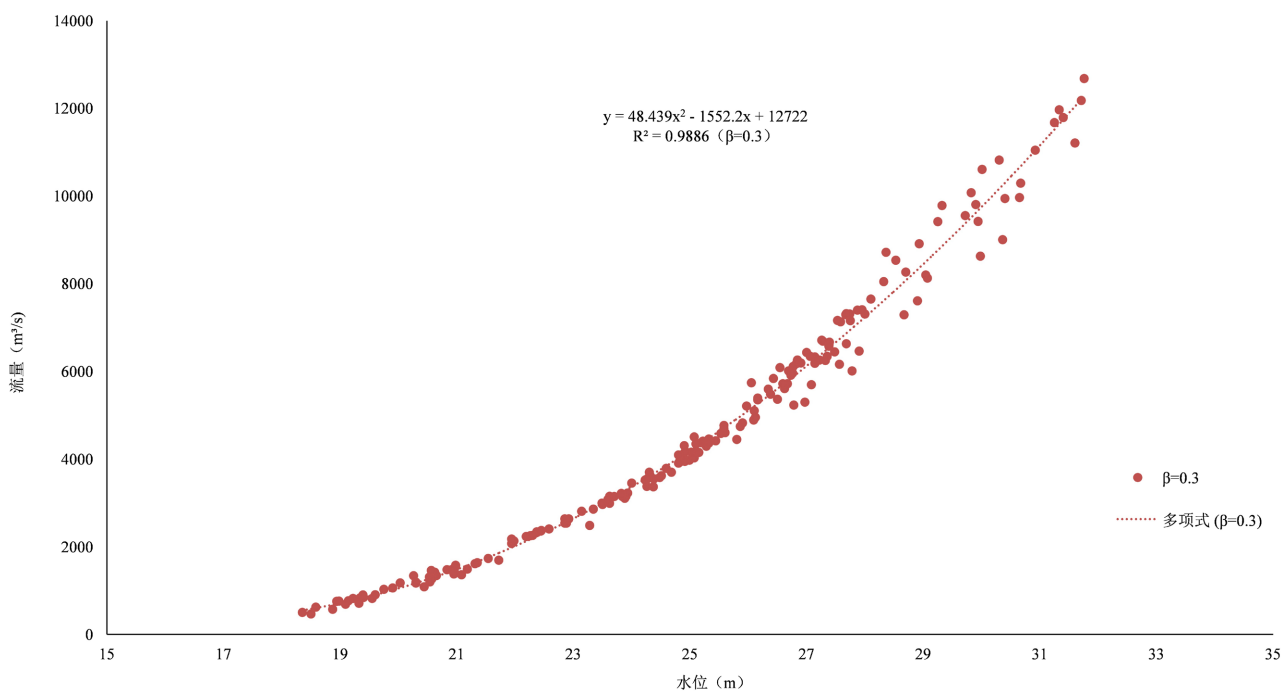


Figure 6. Z-Q relation curve of Zhangshu Station drop index method ($\Delta Z \geq 0.7$)
图 6. 樟树站落差指数法 Z-Q 关系曲线 ($\Delta Z \geq 0.7$)

式中： Se 是实测点标准差； q_i 是第 i 次流量(作为单值化处理的单一线中第 i 次校正流量)； q_{ci} 是第 i 次实测流量对应单一线上的流量； n 是测点总数。

通过对各指数率定公式进行三检计算,发现指数为 0.30 时,其误差及随机不确定度最小。故其最优指数为 0.30, $Z-q$ 关系曲线的系统误差与置信水平为 95% 的随机不确定度全部达到水文资料整编规范一类精度站的要求。

5. 落差指数法推流计算

5.1. 精度误差评定

经过试验优选,当落差值 ≥ 0.7 m, β 值取 0.30 时,数据线性程度最好,离散最小,如图 6。统计得到,推算流量值与实测值之间系统误差 0.4%,随机不确定度 11.6%,三检成果见表 1。

Table 1. Zhangshu station alignment accuracy results three check table (drop index 0.30 drop $\Delta \geq 0.7$ m)

表 1. 樟树站落差指数 0.30 落差 $\Delta \geq 0.7$ m 定线精度成果三检表

检验类型	测点数	k 值	U(t)值	临界值	是否合理	标准差(Se%)	系统误差(%)	合格率(%)
符号检验	189	101.5	0.95	1.15	是			
适线检验	189	85	1.24	1.28	是	5.8	11.6	70.9
偏离数值检验	189		0.02	1.28	是			

5.2. 次洪流量误差评定

次洪流量分析:选取樟树水文站 2020 年及 2021 年各一次满足其水位与丰城站水位落差 ≥ 0.7 m 的较大洪水过程,计算其落差指数法推求的次洪流量。从流量过程线上看如图 7,落差指数法推求流量基本与原整编流量过程一致,其误差为-0.19%,亦均满足规范要求。

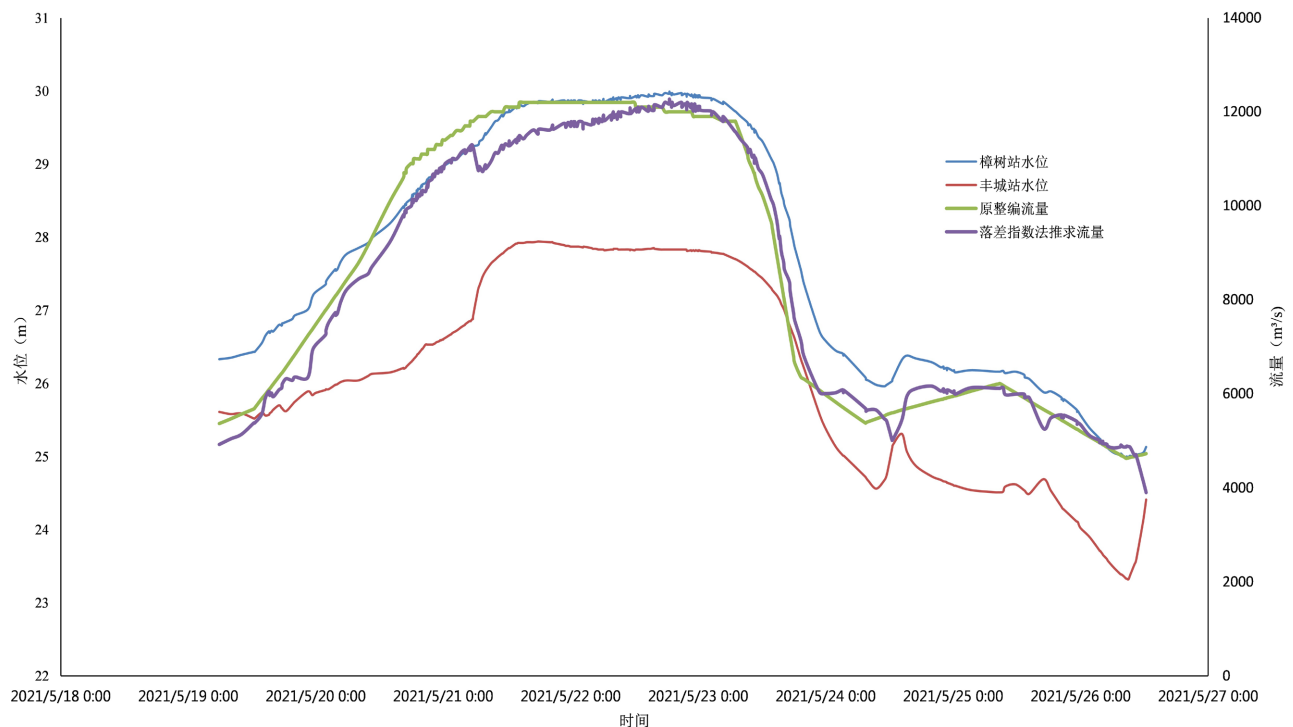


Figure 7. Flood level flow process line in 2021

图 7. 2021 年洪水水位流量过程线

6. 结论与建议

通过参证站分析、模型构建及参数率定,经试验优选,选择丰城水位站作为参证站,当落差值 ≥ 0.7 m, β 值取 0.30 时,数据线性程度最好,精度误差评定和次洪流量误差评定符合整编规范要求,可用于樟树水文站水位流量关系推流。

落差指数法可以用于受水利工程、变动回水等多重因素影响的水文站的流量推算,但对于像樟树水文站这样流量精度高的测站,通过分析仅部分落差范围能达到要求。影响相关参数确定的因素主要有落差计算,采用的参证站水位准确性非常重要,在采用落差指数法推算流量时,必须确保水位数据的准确性。对于受变动回水影响的测站,部分时间的水位波动,应为河流水体的真实反映,在对水位数据的处理及取用方法必须能真实反映水位的变化情况。落差指数法在樟树水文站的应用,实现全量程流量推算还存在一定的难度,还需进一步进行分析,找到其他更为合适的方法,比如尝试分析等落差法或者通过在线测流系统等技术手段解决。

参考文献

- [1] 罗国平. 水文资料整编[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2017.
LUO Guoping. Reorganizing hydrological data. Beijing: China Water and Power Press, 2017. (in Chinese)
- [2] 水利部长江水利委员会水文局. SL/T247-2020, 水文资料整编规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2020.
Hydrology Bureau of Yangtze River Water Resources Committee, Ministry of Water Resources. SL/T247-2020, code of hydrological data consolidation. Beijing: China Water and Power Press, 2020. (in Chinese)
- [3] 苑晓燕, 王伟. 鲁台子站综合落差指数法推流初步分析[J]. 科技论坛, 2008(9): 16-18.
YUAN Xiaoyan, WANG Wei. Preliminary analysis of thrust current of Lutaizi Station by comprehensive drop index method. Science and Technology Forum, 2008(9): 16-18. (in Chinese)
- [4] 黄俊雄. 落差指数法在受多种因素影响水文站流量推求中的应用[J]. 中国高新科技, 2017(2): 129-134.
HUANG Junxiong. Application of drop index method in hydrologic station flow estimation affected by various factors. China High-Tech, 2017(2): 129-134. (in Chinese)