

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2023382

王元, 何力, 雷建平, 等. 江西省抚河廖家湾河段冲淤变化特征及其驱动因素分析[J]. 中国防汛抗旱, 2024, 34(12): 68-72. WANG Yuan, HE Li, LEI Jianping, et al. Analysis of the characteristics and driving factors of erosion and sedimentation changes in the Liaojiawan Section of the Fuhe River in Jiangxi Province[J]. China Flood & Drought Management, 2024, 34(12): 68-72. (in Chinese)

# 江西省抚河廖家湾河段冲淤变化特征及其驱动因素分析

王元<sup>1</sup> 何力<sup>2</sup> 雷建平<sup>2</sup> 刘海凤<sup>2</sup>

(1. 江西水利职业学院, 南昌330013; 2. 抚河水文水资源监测中心, 抚州344000)

**摘要:** 廖家湾河段是江西省抚河中游重要控制河段, 近年来受人类活动影响显著, 冲淤变化剧烈, 研究其变化特征及驱动因素对涉水工程安全、洪涝灾害防治等具有重要意义。通过分析廖家湾河段1965—2022年大断面数据和1956—2022年水文数据, 采用定量和定性相结合的方法, 分析确定河段冲淤变化特征和驱动因素。结果表明: ①廖家湾河段冲淤具有明显的时段特征, 1965—2004年河道总体稳定, 2005—2018年急剧冲刷或淤积, 2019—2022年河道趋于稳定; ②河道采砂、上下游水利工程影响等人类活动是河道冲淤的主要驱动因素, 径流变化影响相对较小。

**关键词:** 抚河廖家湾河段; 河道冲淤; 驱动因素; 非参数检验; 趋势分析; 江西省

中图分类号: TV147

文献标识码: A

文章编号: 1673-9264(2024)12-68-05

## 0 引言

抚河是江西省第二大河流, 流域面积16 493 km<sup>2</sup>, 多年平均降水量1 732.2 mm, 多年平均径流量165.8亿 m<sup>3</sup>。抚河流域主要为沙质河床, 2000年后水沙条件发生较大变化, 干流河道冲刷严重, 控制站沙子岭水文站、廖家湾水文站平均河底高程分别下降2.20 m和3.50 m。目前, 对抚河水文要素演变情况研究较少, 主要集中在径流变化、水沙关系演变等方面。黄彬彬等<sup>[1]</sup>、罗蔚等<sup>[2]</sup>、黄丽虹等<sup>[3]</sup>研究了抚河径流变化趋势, 指出抚河流域近50多年来径流量经历了相对稳定、明显上升和下降3个阶段; 王巧焕等<sup>[4]</sup>研究了抚河流域泥沙变化特征, 指出抚河流域多年平均含沙量、输沙模数符合干流上游大于中下游的规律, 年输沙量变化幅度远比年径流量变化幅度大; 刘仁娜<sup>[5]</sup>研究了水库建设对水沙变化过程影响, 指出抚河李家渡水文站输沙量

距平呈总体先减少、后增长、再减少的趋势, 1983年、2007年的两次变化均与大型水库建设有关。在河道冲淤研究方面, 刘同宦等<sup>[6]</sup>研究了抚河李家渡水文站入鄱阳湖水沙通量及断面形态变化, 认为1956—2018年李家渡水文站入湖泥沙通量无明显变化, 但2010年前河床呈明显冲刷态势, 之后趋于稳定。本文选择抚河中游控制站廖家湾水文站河段, 分析研究1965—2022年断面冲淤变化特征, 并分析确定驱动因素, 为抚河中上游防洪和河道治理提供参考。

## 1 研究河段概况

廖家湾水文站是抚河中游的控制站, 控制流域面积8 723 km<sup>2</sup>, 上游42 km处有大(2)型水库廖坊水库, 控制流域面积7 060 km<sup>2</sup>; 下游8 km处有玉茗湖橡胶坝, 水位在37.50 m以下时受橡胶坝蓄水回水顶托影响严重。本文研

收稿日期: 2023-09-30

第一作者信息: 王元, 女, E-mail: 123771514@qq.com。

通信作者信息: 何力, 男, E-mail: heli\_18@163.com。

基金项目: 江西省水利厅科技项目(202324YBKT12)。

究的廖家湾河段顺直长约 1 200 m, 河槽呈 U 形, 中高水主槽宽度约 800 ~ 900 m, 主河道纵比降 0.111‰。该段河床为沙质性河床, 主流左右摆动, 高水时有漫滩, 两岸有堤防保护。流域内丘陵与河谷盆地相间, 土壤以红壤为主, 2022 年森林覆盖率达到 67.3%。流域内年均降水量 1 738.0 mm, 年内分布不均, 4—6 月降水量可达全年 50% 以上, 暴雨比较集中, 洪涝灾害频发。

## 2 数据及方法

### 2.1 数据

本文选用抚河廖家湾水文站 1956—2022 年历年径流量、输沙量和平均含沙量数据, 1965—2022 年历年大断面的实测数据进行分析, 数据资料均来源于《江西省水文资料》和实测资料。

### 2.2 方法

本文通过分析廖家湾水文站历年深泓点高程、平均河底高程及不同水位级对应断面面积, 定量分析河段断面和河道冲淤变化特征。采用 Mann-Kendall 趋势检验法判断历年径流量和输沙量变化趋势, 通过突变检验确定输沙量突变年份, 定性比较分析确定河道冲淤的主要驱动因素。

## 3 结果与分析

### 3.1 河道冲淤状况

#### 3.1.1 垂向冲淤变化分析

廖家湾河段垂向冲淤主要表现为平槽水位时深泓点高程和平均河底高程变化。为揭示廖家湾水文站 1965 年有实测大断面资料以来平槽水位时深泓点高程和平均河底高程变化趋势, 绘制高程变化曲线(图 1)。从图中可以看出, 抚河廖家湾河段冲淤交替变化, 平槽水位时平均河底高程和深泓点高程变化趋势基本一致, 总体呈下切趋势, 深泓点高程变化更为剧烈, 且时段变化特点明显。分时段变化特征为: ①1965—2004 年, 河床冲淤交替变化, 深泓点高程和平均河底高程变幅总体不大, 最大变幅分别为 0.92 m、0.20 m, 且时段变化趋势基本一致, 河床总体保持稳定。②2005—2009 年, 河床急剧下切, 深泓点从 2005 年开始急剧下切, 时段累计下切 5.24 m, 其中 2006 年、2008 年分别下切 1.33 m 和 3.30 m; 河底平均高程下切相对滞后且幅度较小, 2007 年开始急剧下切, 2008 年、2009 年

分别下切 1.27 m 和 1.69 m。③2010 年, 河床急剧淤积, 深泓点高程和平均河底高程分别比上一年升高 2.05 m 和 2.07 m。④2011—2017 年, 河床冲淤交替, 总体呈急剧下切趋势, 其中 2012 年下切最为严重, 深泓点高程和平均河底高程分别下切 1.94 m 和 1.86 m, 且深泓点高程和平均河底高程变化不一致, 如 2013 年平均河底高程下降 0.76 m, 而深泓点高程上升 0.62 m, 说明河床整体下切、局部淤积, 2017 年平均河底高程和深泓点高程下切至有实测资料以来最低点。⑤2018—2022 年, 河床冲淤交替, 河床基本稳定, 总体呈淤积趋势, 深泓点高程和平均河底高程分别较 2017 年上升 0.71 m 和 0.46 m。

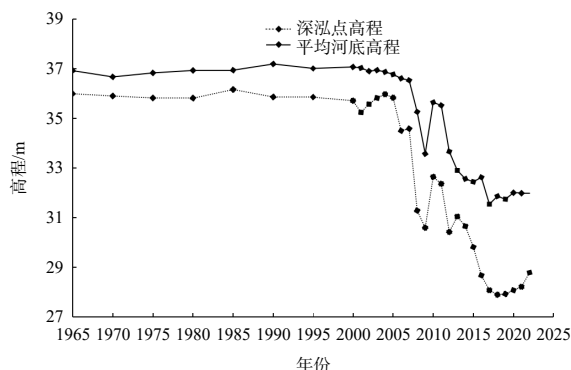


图 1 1965—2022 年廖家湾水文站断面深泓点和平均河底高程变化趋势

#### 3.1.2 横向冲淤变化分析

同水位级断面面积变化既能反映断面垂向冲淤, 也能反映断面横向冲淤。为揭示廖家湾水文站 1965 年后断面面积变化情况, 绘制 37 m 以下、37 ~ 38 m 和 38 ~ 40 m 高程对应断面面积曲线(图 2)及典型年大断面图(图 3)。从图中可以看出, 河段冲淤交替, 以冲刷为主, 断面面积呈总体增大趋势, 其中 37 m 以下断面面积变化明显, 37 ~ 38 m 和 38 ~ 40 m 高程对应断面面积基本稳定。分时段看 37 m 高程以下面积变化情况为: ①1965—2004 年河段交替冲淤, 断面面积年际变幅小于 50 m<sup>2</sup>, 冲淤相对不明显。②2005—2018 年河段急剧冲淤, 断面面积迅速增大或缩小, 总体以冲刷为主, 其中 2008—2014 年变化最为剧烈, 2008 年、2009 年表现为横向和纵向同时急剧冲刷, 断面面积迅速增大, 分别较上年增加了 224% 和 98%, 实际增加 920 m<sup>2</sup> 和 1 330 m<sup>2</sup>; 2010 年则急剧淤积, 断面面积缩减到上年的 42%, 实际缩减 1 530 m<sup>2</sup>; 2012 年、2013 年又急剧冲刷, 断面面积迅速增加, 较上年分别增加了 115% 和

27%, 实际增加 1 390 m<sup>2</sup> 和 710 m<sup>2</sup>。③2019—2022 年, 河床冲淤交替, 面积总体变化不大, 河床冲淤趋于稳定。④从典型年大断面图可以看出存在明显不符合河道演变规律的变化, 即 2008 年左侧河道、2012 年河道中央沙洲出现多个深槽, 2010 年与 2008 年相比左岸近 30 m 宽边滩消失。

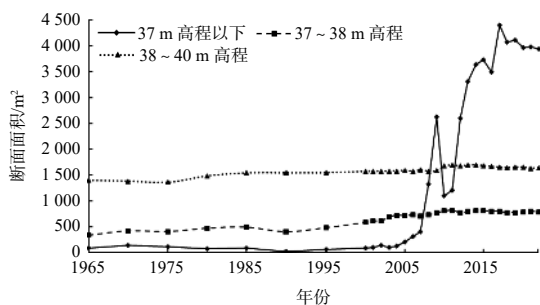


图2 1965—2022年廖家湾站不同水位级断面面积趋势

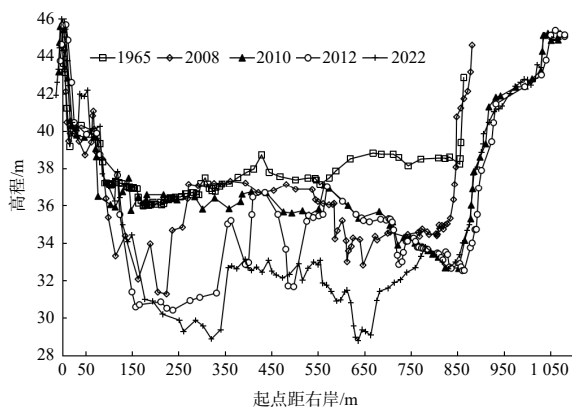


图3 廖家湾站典型年大断面图

## 3.2 河道冲淤驱动因素分析

### 3.2.1 径流变化影响分析

径流是输沙的主要动力, 径流—输沙过程是引起河道冲淤变化的重要因素。为判断抚河中上游年径流量与断面冲淤的关系, 绘制了廖家湾水文站 1956—2022 年径流量变化曲线图(图4)。从图中可以看出, 1956年后廖家湾水文站径流量呈增加趋势。采用 Mann-Kendall 趋势检验法检验, 廖家湾水文站年径流量统计量  $Z=1.86$  大于零且小于显著水平( $\alpha=0.05$  时)的临界值 1.96, 表明廖家湾水文站径流量呈不明显的增加趋势。径流量呈不明显增加趋势, 河床总体呈显著下切趋势, 具体到典型年份, 2012 年、1998 年廖家湾水文站径流量分别排有实测资料以来第 1 大、第 2 大, 1963 年、2011 年分别排有实测资料以来第 1 小、第

2 小, 但是 1963 年和 1998 年河段冲淤均不明显, 而 2011 年和 2012 年河段均表现为急剧冲刷。由此可以看出, 研究河段径流量与该河段冲淤无明显相关性, 不是主要驱动因素。

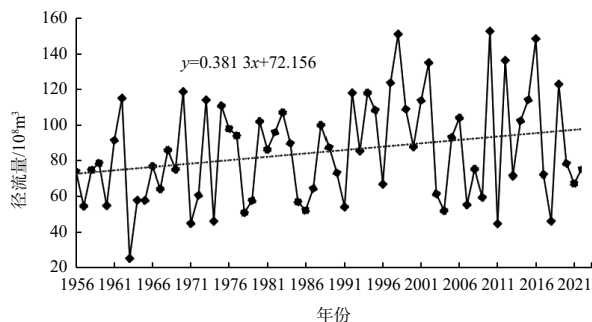


图4 1956—2022年廖家湾水文站年径流量趋势图

### 3.2.2 上下游水利工程影响分析

(1)廖坊水利枢纽工程影响分析。廖坊水利枢纽工程 2002 年开工建设, 2005 年 12 月下闸蓄水。据《江西省廖坊水库水利枢纽初步设计报告(枢纽工程)》预测, 库内泥沙淤积量大致与淤积年限呈线性关系, 淤积年限为 20 年时, 入库沙量为 1 542 万 m<sup>3</sup>, 淤积量为 1 003 万 m<sup>3</sup>, 排沙比为 35%<sup>[7]</sup>。为分析廖坊水利枢纽建设实际对廖家湾河段输沙量的影响, 绘制廖家湾水文站 1956—2022 年输沙量曲线(图5)。从图中可以看出, 1956年后廖家湾水文站输沙量呈减少趋势。采用 Mann-Kendall 趋势检验法检验廖家湾水文站年输沙量变化趋势, 年输沙量统计量  $Z=-2.62$  小于零且绝对值大于显著水平( $\alpha=0.05$  时)的临界值 1.96, 表明抚河中上游年输沙量呈显著的下降趋势。

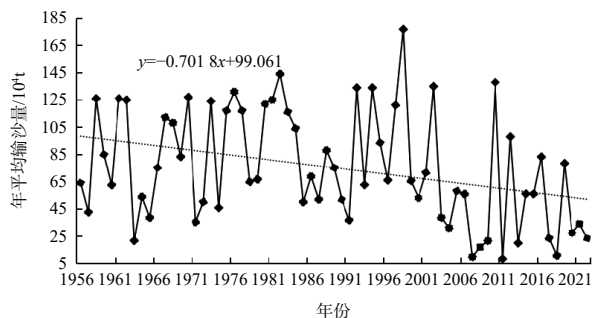


图5 1956—2022年廖家湾水文站年输沙量趋势图

由输沙量 Mann-Kendall 突变检验曲线(图6)可以看出:  $UF$  统计量和  $UB$  统计量的交点为 2004 年, 表明上游来沙在 2004 年发生突变。根据冯华斌等<sup>[8]</sup>研究, 2004 年 9 月

19日廖坊水利枢纽工程二期围堰截流后,大坝右岸的河道水位迅速升高,表明廖坊水利枢纽工程建设过程中库区水位已经抬升,造成部分泥沙在库区沉积。廖坊水利枢纽工程建设过程和建成后清水下泄,造成下游水流挟沙能力处于非饱和状态,需通过冲刷河床补充。2005年开始廖家湾断面输沙量急剧减少,同期河段开始急剧冲刷,这表明廖坊水利枢纽工程建设是造成廖家湾河段冲刷的重要驱动因素之一。

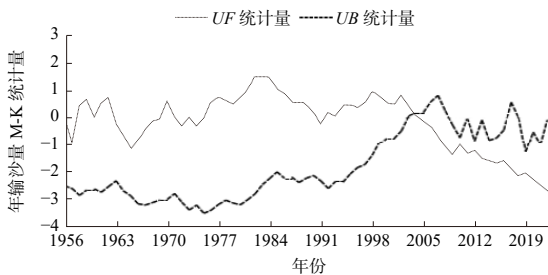


图6 输沙量Mann-Kendall 突变检验曲线

(2)玉茗橡胶坝影响。玉茗橡胶坝2010年蓄水,廖家湾河段位于其库区,蓄水后库区流速减小,可能造成上游大颗粒泥沙在库区沉积,河段淤积,悬浮在水中的泥沙粒径减小。对泥沙粒径影响分析。为分析玉茗橡胶坝对廖家湾水文站断面泥沙影响,利用已有实测资料绘制1972—2022年廖家湾水文站泥沙平均粒径和最大粒径变化趋势图(图7)。从图中可以看出,泥沙粒径变化有明显时段特征,2010年前平均粒径基本稳定,最大粒径从1995年开始减小;2010—2020年,其中2012年抚河流域降水量为有气象记录以来最大,较多年平均降水量多828mm,造成廖家湾水文站泥沙平均粒径和最大粒径增大,其余年份均呈迅速减小趋势,2020年泥沙平均粒径和最大粒径分别仅为2010年的17%和42%;2021年开始呈增大趋势。2004—2010年廖家湾水文站泥沙最大粒径基本稳定,不受廖坊水利枢纽工程影响,主要是区间来沙最大粒径未发生显著变化。结合前文分析,在其他条件未发生明显变化的情况下,2010年廖家湾河段急剧淤积,河底平均高程和深泓点高程分别比上一年增高2.07m和2.05m,37m水位以下断面面积减少1530m<sup>2</sup>。由此分析可知,玉茗橡胶坝蓄水后上游来沙部分在库区沉积,造成部分大粒径泥沙在河段沉积,进而导致河段淤积。因此,玉茗橡胶坝蓄水是2010年河段急剧淤积的主要驱动因素。

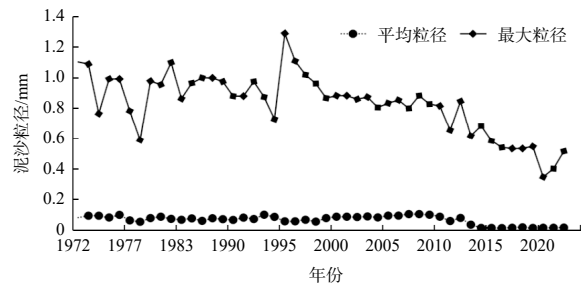


图7 1972—2022年廖家湾水文站泥沙平均粒径和最大粒径变化趋势图

综上所述,廖坊水利枢纽工程和玉茗橡胶坝是影响廖家湾河段输沙量和泥沙粒径的主要因素,是河段冲刷的重要驱动因素。

### 3.2.3 河道采砂影响

根据抚河中下游干流河道采砂规划<sup>[9-10]</sup>,廖家湾水文站上下游河段分别划定了抚州市城区I采区和抚州市城区孝桥采区,2009—2013年控制开采量分别为68万t和47万t,2014—2018年控制开采量均为40万t,实际开采量可能更大。玉茗橡胶坝至廖家湾水文站间河段2017年5月开始停止采砂。因实际采砂量缺乏准确统计数据,难以定量分析,因此结合前文内容进行定性分析。①玉茗橡胶坝蓄水初期廖家湾河段应持续淤积,但2011—2017年河段表现为冲刷。根据邓安军等<sup>[11]</sup>研究,我国水库淤损率、年均淤损率分别为11.28%和0.41%~0.49%,长江流域水库分别为4.25%和0.25%,水库年均淤损率随水库运行时间增加而减小,在运行10年以内的水库年均淤损率较高。②2008年左侧河道、2012年河道中央沙洲形成多个不符合河道演变规律的深槽及左岸近30m宽边滩消失。分析表明,即使在下游玉茗橡胶坝对河段冲刷影响最大的蓄水初期,采砂活动仍是廖家河段河道冲刷的主要驱动因素。

## 4 结论

(1)1965年后抚河廖家湾河段整体表现为冲刷,河段冲刷变化表现出明显的时段性差异,1965—2004年冲刷和淤积变化幅度较小,断面总体稳定;2005—2018年呈急剧冲刷或淤积状态,河道总体呈严重下切趋势;2019—2022年冲刷和淤积变化幅度较小,河道总体稳定。

(2)1956年后抚河廖家湾水文站径流量呈不明显增加趋势;输沙量呈明显减少趋势,并在2004年廖坊水利枢纽工程建设过程中发生突变,说明廖坊水利枢纽工程是河段

输沙量变化的主要驱动因素;输沙最大粒径和平均粒径在玉茗橡胶坝蓄水后迅速减小,说明玉茗橡胶坝是河段输沙粒径变化的主要驱动因素。

(3)抚河廖家湾河段冲淤变化受多种因素影响,在研究河段采砂活动停止前,采砂活动是河道冲淤的主要驱动因素;采砂活动停止后,玉茗橡胶坝是河段淤积的主要驱动因素;廖坊水利枢纽工程对河段冲刷有重要影响,已基本趋于稳定;上游来水对河段冲淤影响较小。

(4)2018年以后上述因素对抚河廖家湾河段冲淤影响基本趋于稳定,河段冲淤总体保持平衡。

### 参考文献

- [1] 黄彬彬, 张晓慧. 抚河流域水文要素演变特征与驱动因素分析[J]. 南昌工程学院学报, 2016, 35(3): 43-47.
- [2] 罗蔚, 张翔, 邹大胜, 等. 鄱阳湖流域抚河径流特征及变化趋势分析[J]. 水文, 2012, 32(3): 75-81.
- [3] 黄丽虹, 吴敦银, 王鹏. 江西抚河流域年径流变化特征研究[J]. 人民长江, 2012, 43(S2): 38-40.
- [4] 王巧焕, 何春锋. 抚河流域泥沙变化特征分析[J]. 吉林水利, 2011, 3(7): 42-44.
- [5] 刘仁娜. 抚河流域水库建设对水沙变化过程影响分析[J]. 江西水利科技, 2022, 48(6): 414-418.
- [6] 刘同宦, 安智伟, 柴朝晖, 等. 鄱阳湖五河入湖水沙通量及典型断面形态变化特性分析[J]. 长江科学院院报, 2020, 37(11): 8-13.
- [7] 李世勤, 祝水贵, 邱启勇. 2010年抚河特大洪水廖坊水库调度分析[J]. 中国防汛抗旱, 2011, 21(4): 31-33, 36.
- [8] 冯华斌, 邓彪. 廖坊水利枢纽工程大坝监测观测资料初步分析[J]. 科技信息, 2006, 5(S5): 62-63.
- [9] 江西省水利规划设计研究院. 江西省抚河中下游干流河道采砂规划(2009—2013年)[R]. 2009.
- [10] 江西省水利规划设计研究院. 江西省抚河中下游干流河道采砂规划(2014—2018年)[R]. 2014.
- [11] 邓安军, 陈建国, 胡海华, 等. 我国水库淤损情势分析[J]. 水利学报, 2022, 53(3): 325-332.

## Analysis of the characteristics and driving factors of erosion and sedimentation changes in the Liaojiawan Section of the Fuhe River in Jiangxi Province

WANG Yuan<sup>1</sup>, HE Li<sup>2</sup>, LEI Jianping<sup>2</sup>, LIU Haifeng<sup>2</sup>

(1. Jiangxi Water Conservancy Vocational College, Nanchang 330013;

2. Fuhe Rive Hydrology and Water Resources Monitoring Center, Fuzhou 344000)

**Abstract:** The Liaojiawan section is an important control section of the middle reaches of the Fuhe River in Jiangxi province. In recent years, it has been significantly affected by human activities and has undergone drastic changes in erosion and sedimentation. Studying its characteristics and driving factors is of great significance for the safety of water projects and the prevention and control of flood disasters. This article analyzes the large cross-section data and hydrological data from 1956 to 2022 of the Liaojiawan section, and uses a combination of quantitative and qualitative methods to analyze and determine the characteristics and driving factors of erosion and sedimentation changes in the reach. The results show that: ① the erosion and sedimentation of the Liaojiawan section have obvious temporal characteristics, with the overall stability of the river channel from 1965 to 2004, rapid erosion or sedimentation from 2005 to 2018, and the river channel tending to stabilize from 2019 to 2022; ② Human activities such as sand mining in river channels and the impact of upstream and downstream water projects are the main driving factors for river erosion and sedimentation, while the impact of runoff changes is relatively small.

**Keywords:** Liaojiawan Section of Fuhe River; river erosion and sedimentation; driving factors; non parametric testing; trend analysis; Jiangxi Province

编辑 姚力玮